www.789pdf.com 789书库网

电气工程项目策划与管理技术手册

DIANQI GONGCHENG
XIANGMU CEHUA YU GUANLI
JISHU SHOUCE

白玉岷　赵颖捷　主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电气工程项目策划与管理技术手册

主　　编　白玉岷　赵颖捷

副 主 编　刘　洋　宋宏江　戴文涛　陈　斌
高　英　张艳梅　田　明　桂　垣
董蓓蓓　武占斌　王振山　赵洪山
张　璐　莫　杰　田　朋　谷文旗
李云鹏　刘晋虹　白永军　王　建

主　　审　悦　英　赵颖捷　桂　垣

土建工程顾　问　李志强

机 械 工 业 出 版 社

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

本书以电气工程安装及调试、策划与管理实践经验为主、从标准规范要求出发，详细讲述电气工程从投标中标或承接到工程项目后，一直到工程竣工交验试运行的全过程中的策划与管理技术，是从事电气工程管理工作人员的必读之物。

主要内容有电气工程项目策划与管理技术概述、基本要点及投标常用电气参数计算，电气设备元件材料的核算及选择，读图及审图，工程预算编制，物资供应计划的编制，施工组织设计编制及实施，开工前的协调组织及准备工作，监督管理方法要点，安全管理及实施，预埋管路箱盒、照明及单相电气设备、低压动力装置、低压发电设备、电动起重机械、架空线路、电力电缆、变配电装置、特殊环境电气工程、防雷与接地、电梯工程、自动化仪表及空调、弱电工程、加工制作等工程的技术、质量、安全、进度、投资的监督、管理以及竣工交验等。

本书适合于从事电气工程管理工作的技术人员、项目经理、工科院校师生阅读，也可作为管理人员培训或自学的实践教材。

图书在版编目（CIP）数据

电气工程项目策划与管理技术手册／白玉岷，赵颖捷主编. —北京：机械工业出版社，2014. 8

ISBN 978-7-111-47646-7

Ⅰ. ①电…　Ⅱ. ①白…　②赵…　Ⅲ. ①电气工程—项目管理—技术手册　Ⅳ. ①TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 175920 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）
策划编辑：牛新国　　责任编辑：牛新国　闫洪庆
责任校对：薛　娜　　封面设计：鞠　杨
责任印制：乔　宇
北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）
2014 年 8 月第 1 版・第 1 次印刷
184mm×260mm・87 印张・2 插页・2162 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-47646-7
定价：298. 00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：（010）88361066	教材网：http://www.cmpedu.com
销售一部：（010）68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销售二部：（010）88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：（010）88379203	**封面无防伪标均为盗版**

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

前　言

《电气工程安装及调试技术手册》1998 年第 1 版、2008 年第 2 版，至今已有十几个年头了，该书的出版和发行受到了广大读者的青睐和推崇，它确确实实给读者解决了很多工程技术方面的实际问题。特别是对一些刚刚踏入电工技术这一行业的青年人来讲更是如鱼得水，从中学到了很多原本需要很长时间才能学到的技术技能。作者曾多次接到读者们的来电，也看到过许多网上的评论，他们最多的一句话就是："读您的书解渴"，真正为他们的实际工作解决了难题。同时他们对本书也提出了很多宝贵的意见和建议，并对本书的再版寄予了厚望，我感到非常欣慰，这里我和本书的全体编写人员向广大读者表示衷心的感谢！

我们编写本书的目的就是使读者特别是电专业的大学生能在较短的时间内掌握从事电气工程师这个职业应该具备的技术技能，缩短从理论到实践的时间和距离，使其成为一部电工技术的"实用手册"，在遇到难题时查阅本书相关章节内容便可即时找到方法。今天，我们这个目的和愿望得以实现，真正能为读者解决工作中的实际难题，正是我们的初衷。这里祝愿所有读者，在通往电工技术技能职业技术高峰的道路上勇往直前。

随着时代的进步和科学技术的发展，电工技术、电气工程技术、电气设备元件材料都在发展，为了适应读者的需求，尽快地全面掌握电工技术，《电气工程安装及调试技术手册》接受了读者的建议，从结构、内容、系统上都有了较大的变化，主要体现在以下几个方面：

1. 将原书版面分为两部单独出版，第一部为《电气工程安装及调试技术手册》，第二部为《电气工程项目策划与管理技术手册》。第一部《安装及调试技术》专门讲述电气工程的安装、调试、试运行的技术技能，从电工安装调试基本技术技能、制作加工技术、配合土建管理施工讲起，讲述照明、动力、低压发电、起重机械、架空线路、电缆、变配电所、特殊环境电气工程、防雷接地、电梯、自动化仪表、空调电气、弱电系统等安装、调试实际操作技术技能，循序渐进、由易到难、由简单到复杂，便于初学者阅读并指导实践，同时又可查阅不同电气工程的安装调试技术技能指导工程施工。万丈高楼平地起，必须从最基础开始，点点滴滴积累经验技术，才能完成重大、复杂的工程，急于求成便会一败涂地。

第二部《项目策划与管理技术》专门讲述电气工程开工前的准备工作及技术技能，主要有审图、常用计算方法、投标、设备元件材料选择、施工组织设计编制、预算及物资供应、质量环境安全管理体系建立及实施、现场质量安全环境管理、开工前的协调组织及准备工作等工程管理方面的内容，以确保工程的质量、安全、进度、投资、环境，创造优质工程。

2. 第二部《项目策划与管理技术》在原版第一章～第七章的基础上做了较大的改动，主要是：

（1）第一章概述指出工程安装调试及策划管理的实践经验是电气工程的两大法宝，规范、标准是保证电气工程质量安全的法律文件，职业道德是保证工程质量安全的基本条件。详尽讲述工程投标相关环节和内容。

（2）第二章在原版第一章上做了删减，保留了保证质量、安全、进度、投资的手段方

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

法，简述了管理技术的主要内容以及管理技术的规性和规则。

（3）第三章、第四章基本保持了电工常用计算和设备、元件、材料核算和选择的内容。

（4）第五章读图审图变化较大，在原基础上增加了读图程序要点方法、图形文字符号及标准应用、读图实例等内容，有助于读者读图审图。

（5）第六章预算编制在其原来基础主要是增加2008《全国统一安装工程预算定额（电气安装工程）》的内容，并以实例分析2003版与2008版的差异应其应用指南，同时也增加电缆头制作等内容。

（6）第七章物资供应计划、第八章施工组织设计、第九章施工前准备工作变更不大。

（7）第十章监管方法为新增内容，主要讲述总体上的监管方法。第十一章安全管理是在原第二十五章基础上做了较大修改。

（8）第十二章～第二十五章是按电气工程安装调试的工艺程序，分门别类。详细讲述配合土建工程、照明、动力……直到加工制作等14项电气工程安装调试工艺过程中质量、技术、进度的监督管理方法及数据、标准要求等。这里说明一点，本书提供的检测监检数据以国家标准规范最新版本为准。

（9）第二十六章没有变化。

（10）新增结束语一章，以亲身经历、成功经验介绍策划与管理、监督监管的经典内容。

当前，我们的国家正处于改革开放、经济腾飞的伟大转折时代。在这样的大好形势下，我们可以看到电工技术突飞猛进的发展，新技术、新材料、新设备、新工艺层出不穷、日新月异。电子技术、计算机技术以及通信、信息、自动化、控制工程、电力电子、传感器、机器人、机电一体化、遥测遥控等技术及装置已与电力、机械、化工、冶金、交通、航天、建筑、医疗、农业、金融、教育、科研、国防等行业技术及管理融为一体，并成为推动工业发展的核心动力。特别是电气系统，一旦出现故障将会造成不可估量的损失。2003年8月美国、加拿大大面积停电，几乎使整个北美瘫痪。我国2008年南方雪灾，引起大面积停电，造成1110亿人民币的经济损失，这些都是非常惨痛的教训。

电气系统的先进性、稳定性、可靠性、灵敏性、安全性是缺一不可的，因此电气工作人员必须具有精湛高超的技术技能，崇高的职业道德以及对专业工作认真负责、兢兢业业、精益求精的执业作风。因此，电气工程的策划及管理、监督及监检从某种意义讲更为重要。

本书汇集了众多安装及调试、策划与管理方面实践经验极为丰富、理论知识精通扎实、能够将科研成果转化为实践、能够解决工程实践难题的资深高工、教授、技师承担编写工作。其中，本书由白玉岷、赵颖捷任主编，第一章由刘洋、宋宏江编写，第二章由陈斌、高英编写，第三章由戴文涛、张艳梅、田明编写，第四章由戴文涛、余剑青、吕琪珺、杨世敬编写，第五章由赵颖捷编写，第六章由白玉岷、武占斌、王振山编写，第七章由赵洪山、张璐编写，第八章由白玉岷、桂垣、董蓓蓓、莫杰、田朋编写，第九章由谷文旗、李云鹏编写，第十章由白永军、王建编写，第十一章由白玉岷、张海亮、李红军编写，第十二章由白玉岷、任秉富、张连兵编写，第十三章由白玉岷、张文武、耿华编写，第十四章由白玉岷、闫文垣、杨玉明编写，第十五章由白玉岷、刘广大、马媛编写，第十六章由徐金玉、冯永志编写，第十七章由黄小河、于江编写，第十八章由王世东、张小峰编写，第十九章由吕英华、刘凯、戴文涛编写，第二十章由李晓华、康洪编写，第二十一章由史有进、王玉斌编写，第二十二章由杨晓华、姚义编写，第二十三章由杨爱、徐阳编写，第二十四章由王大志、吕琪珺、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

杨世敬、刘小环编写，第二十五章由刘晋虹、王玉洁、胡志朋编写，第二十六章由赵颖捷、郝海东编写，全书由白玉岷、赵颖捷统稿。他们分别来自设计单位、安装单位、工矿企业、高等院校、通信单位、供电公司、生产现场、监理单位、技术监督部门等。他们将电气工程及自动化工程中设计、安装、调试、运行、维护、检修、保养以及安全技术、读图技能、施工组织、预算编制、质量管理监督、计算机应用等实践技术技能由浅入深、由易至难、由简单到复杂、由强电到弱电以及实践经验、绝活窍门进行了详细的论述，供广大读者，特别是青年工人和电气工程及自动化专业的学生们学习、模仿、参考，以期在技术技能上取得更大的成绩和进步。

本书的特点是实用性强，可操作性强，通用性强。但需要说明，本书讲述的技术技能及方法不是唯一的，也可能不是最先进、最科学的，然而按照本书讲述的方法，一定能将各种工程，包括复杂且难度大的工程顺利圆满地完成。读者及青年朋友们在遇到技术难题时，只需翻阅相关章节的内容便可找到解决难题的办法。

从事电气工作是个特殊的职业，从前述分析可以得知电气工程及自动化工程的特点，主要是：安全性强，这是万万不容忽视的；专业理论性强，涉及自动控制、通信网络、自动检测及复杂的控制系统；从业人员文化层次较高；技术技能难度较大，理论与实践联系紧密；工程现场条件局限性大，环境特殊，如易燃、易爆等；涉及相关专业广，如机、钳、焊、铆、吊装、运输等；节能指标要求严格；系统性、严密性、可靠性、稳定性要求严密，从始至终不得放松；最后一条是法令性强，规程、规范、标准多，有 150 多种。电气工作人员除了技术技能的要求外，最重要的一条则是职业道德和敬业精神。只有高超的技术技能与高尚的职业道德、崇高的敬业精神结合起来，才能保证电力系统及自动化系统的安全运行及其先进性、稳定性、可靠性、灵敏性和安全性。

因此，作为电气工程工作人员，特别是刚刚进入这个行业的年轻人和刚毕业的电专业的大学生，应该加强电工技术技能的学习和锻炼，深入实践，不怕吃苦、不怕受累；同时应加强或加深电工理论知识的学习，并与实践紧密结合，提高技术水平。在工程实践中加强职业道德的修养，加强和规范作业执业行为，才能成为电气行业的技术高手。

在国家经济高速发展的过程中，作为一名电气工作者肩负着非常重要的责任。国家宏观调控的重要目标就是要全面贯彻落实科学发展观，加快建设资源节约型、环境友好型社会，把节能减排作为调整经济结构、转变增长方式的突破口。在电气工程、自动化工程及其系统的每个环节和细节里，每个电气工作者只要能够尽心尽责，兢兢业业，确保安装调试的质量，做好运行维护工作，就能够减少工程费用，减小事故频率，降低运行成本，削减维护开支；就能确保电气系统的安全、稳定、可靠运行。电气工作人员便为节能减排、促进低碳经济发展，保增长、保民生、促稳定做出巨大的贡献。

在这中华民族腾飞的时代里，每个人都有发展和取得成功的机遇，倘若这部《电气工程项目策划与管理技术手册》能为您提供有益的帮助和支持，我们全体作者将会感到万分欣慰和满足。祝本书的所有读者，在通往电工技术技能职业高峰的道路上，乘风破浪、一帆风顺、马到成功。

白玉岷

2014 年 6 月

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　　录

前言
第一章　电气工程项目策划与管理技术概述 …… 1
一、电气工程项目策划与管理人员应具备的技术技能 …… 1
二、电气工程实施的程序要点及投标 …… 2
三、实践经验是电气工程项目策划与管理的法宝 …… 5
四、电气工程的标准、规范、规程及图册 …… 6
五、崇尚职业道德，确保质量安全 …… 7
六、质量和安全是电气工程的灵魂 …… 11
第二章　电气工程项目策划与管理技术基本要点 …… 13
一、保证电气工程安装调试质量、安全、进度、投资的手段和方法 …… 13
二、电气工程管理技术必备条件 …… 20
三、电气工程管理技术规程 …… 23
四、电气工程管理技术规则 …… 43
第三章　电气工程常用电气参数的计算 …… 46
第一节　基础参数的计算 …… 46
一、电阻 R 的计算 …… 46
二、电容 C 的计算 …… 50
三、电感 L 的计算 …… 53
四、阻抗 Z 的计算 …… 55
五、电动势 E/电压 U 的计算 …… 59
六、电流 I 的计算 …… 59
七、直流电路的计算 …… 60
八、交流电路的计算 …… 62
第二节　电动机的计算 …… 65
一、电动机的原理 …… 65
二、交流异步电动机及其计算 …… 65
三、异步电动机修理常用计算 …… 71
第三节　变压器的计算 …… 78
一、基本计算方法 …… 78
二、小型变压器的计算 …… 79
三、单相及三相干式电力变压器的计算 …… 86
第四节　电磁铁的计算 …… 89
第五节　电力负荷的计算及应用 …… 90
一、三相负荷的计算 …… 90

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

二、单相负荷的计算 …… 94
三、电力系统/工厂用户计算负荷的确定 …… 97
四、负荷计算的应用 …… 99
五、尖峰电流的计算及应用 …… 100
第六节　电力系统短路电流的计算及应用 …… 100
一、短路电流的计算 …… 101
二、两相短路电流的计算 …… 106
三、短路动稳定度的校验及计算 …… 106
四、短路热稳定度的校验及计算 …… 107
五、动稳定校验计算步骤 …… 108
六、热稳定校验计算步骤 …… 108
第七节　架空线路的计算 …… 108
一、导线的力学计算 …… 108
二、绝缘子的计算 …… 114
三、横担的计算 …… 117
四、电杆强度的计算 …… 121
五、拉线的计算 …… 124
六、基础的计算 …… 126
第八节　直流电动机的计算 …… 129
第九节　电子电路的常用基础计算 …… 130
一、二极管及其整流电路的计算 …… 130
二、晶体管及其模拟电路的计算 …… 132
三、数字电路的计算 …… 135
第四章　电气设备、元件、材料的核算及选择 …… 142
一、工业用电设备计算负荷核算的程序及方法 …… 142
二、民用建筑用电负荷核算的程序及方法 …… 148
三、电力变压器的选择 …… 152
四、高压电器的选择 …… 154
五、电力变压器保护装置的设置 …… 156
六、输电线路保护装置的设置 …… 156
七、电动机保护装置的设置 …… 158
八、低压电器的选择 …… 159
九、电动机起动器的选择 …… 162
十、灯具及民用电器的选择 …… 163
十一、导线、电缆、母线的选择 …… 165
十二、自备电源的选择 …… 179
十三、架空线路杆型、金具、绝缘子及拉线的选择 …… 183
十四、火灾自动报警设备的选择 …… 190
十五、防盗报警设备元件的选择 …… 199
十六、电缆电视元件的选择 …… 202
十七、微机自动监控系统设备元件的选择 …… 205

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

十八、电工仪表的选择 …… 210
十九、自动化仪表的选择 …… 212
二十、空调系统电气及自动装置设备元件的选择 …… 223
二十一、特殊环境电气设备、元件及装置的选择 …… 223
二十二、关于负荷电流的估算方法及应用 …… 223
第五章　电气工程项目的读图及审图 …… 224
一、工程类别 …… 225
二、负荷级别 …… 227
第一节　读图程序、要点、方法 …… 228
一、电气工程的图样类别 …… 229
二、读图程序 …… 230
三、读图要点 …… 230
四、读图步骤及方法 …… 246
五、读图注意事项 …… 247
六、分析复杂电路的方法及技巧 …… 250
七、电气工程读图应具备的知识及技能 …… 252
第二节　图形符号、文字符号、标注方法及其应用 …… 254
一、图形符号 …… 255
二、文字符号 …… 296
三、电气设备及线路的标注方法及其使用 …… 314
四、自动化仪表及自动装置工程图的符号及标注 …… 320
第三节　读图审图实例及解读 …… 331
一、电动机常用起动控制保护电路的审阅 …… 331
二、高层建筑电气工程图的识读 …… 332
三、一般工业车间电气线路图的识读 …… 359
四、10kV 变配电装置微机继电保护装置电路解读 …… 363
五、继电保护及自动控制装置 …… 366
六、新型微机控制保护装置高压开关柜电路的识读 …… 390
七、自动化仪表及自动装置线路图的识读 …… 398
第四节　电源进户和变配电装置审图要点 …… 424
一、电源进户方式及其装置 …… 424
二、变电装置及保护方式 …… 425
三、配电装置及保护方式 …… 426
四、电力系统通信方式 …… 427
第五节　动力电路及照明电路审图要点 …… 428
一、动力电路及控制 …… 428
二、照明电路 …… 433
三、特殊场所电气工程 …… 434
第六节　弱电系统审图要点 …… 437
一、火灾自动报警及消防系统 …… 437
二、通信广播系统 …… 438

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

三、电缆电视系统 …… 440
四、防盗保安系统 …… 440
五、网络系统 …… 442
六、楼宇/小区/厂区集中监控系统 …… 443
七、办公自动化系统 …… 443
八、微机控制及管理系统 …… 444
第七节　空调自控系统审图要点 …… 446
一、风机盘管自控系统 …… 446
二、新风及空气处理机组自控系统 …… 447
三、制冷机组自控系统 …… 448
四、空调系统的微机控制 …… 449
第八节　自动化仪表系统审图要点 …… 457
一、温度测量及控制 …… 457
二、压力测量及控制 …… 457
三、流量测量及控制 …… 457
四、物位测量及控制 …… 457
五、机械量测量及控制 …… 457
六、仪表柜及仪表室设置 …… 457
七、调节器及自控系统 …… 458
八、微机加仪表自动控制系统 …… 458
第九节　防雷与接地系统审图要点 …… 459
一、防雷系统 …… 459
二、接地系统 …… 459
第六章　电气工程预算编制方法及技能 …… 462
第一节　2008 版电气工程预算定额简介 …… 463
第二节　专用名词术语及应用 …… 467
一、安装工程预算定额（综合基价） …… 467
二、实体消耗项目和措施性消耗项目 …… 468
三、最小子项目 …… 468
四、综合基价 …… 469
五、人工费 …… 469
六、材料费及材料 …… 469
七、施工机械台班及施工仪器仪表台班 …… 472
八、人工工日 …… 472
九、综合费用 …… 473
十、直接成本 …… 473
十一、间接成本 …… 473
十二、施工技术措施费 …… 474
十三、施工组织措施费 …… 476
十四、利润、税金及风险金、规费 …… 478
十五、安装工程计价程序明细 …… 480

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

十六、工程类别的划分和工程费率应用范围 …… 483
十七、主材消耗表 …… 484
十八、安装工程费用项目组成 …… 485
十九、安装工程费用参考计算方法 …… 488
二十、其他说明 …… 491
第三节 编制预算依据、方法和步骤 …… 495
一、编制依据及条件 …… 495
二、编制方法和步骤 …… 495
三、用计算机编制预算和材料单 …… 526
四、2008 版预算定额简析 …… 526
第四节 工程量计算和套用综合基价的方法及规则 …… 558
一、总则和具体方法 …… 559
二、变配电工程 …… 561
三、低压控制设备及低压电器安装 …… 574
四、电机检查、接线、干燥及调整 …… 577
五、电动起重机及其滑触线装置 …… 581
六、电缆工程 …… 583
七、防雷与接地装置 …… 587
八、10kV 及以下架空线路 …… 589
九、电气调整试验 …… 594
十、配管配线 …… 600
十一、照明灯具安装 …… 604
十二、电梯安装 …… 611
十三、火灾自动报警系统安装 …… 612
十四、自动化控制仪表安装 …… 621
十五、建筑智能化系统（包括弱电系统）设备安装 …… 648
第五节 工程结（决）算的编制 …… 673
一、结（决）算依据 …… 674
二、编制方法 …… 674
第六节 工程预算的管理及监督 …… 677
一、工程变更 …… 677
二、工程追加 …… 678
三、预算的管理及监督 …… 678
第七章 物资供应计划的编制 …… 680
一、编制依据及原则 …… 680
二、材料计划（单）的编制 …… 680
三、机具计划的编制 …… 681
四、设备物资供应计划的编制 …… 681
第八章 施工组织设计的编制及实施 …… 687
第一节 施工组织设计编制规则 …… 687
一、编制依据 …… 687

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

二、现场情况调查资料 …… 688
三、编制原则 …… 688
四、编制程序 …… 688
五、施工组织设计的类别 …… 689
第二节　施工组织设计的主要内容 …… 689
一、工程概况 …… 689
二、采用标准、规范及标准图册 …… 690
三、施工总体部署计划/方案 …… 690
四、施工工艺程序及施工方案（方法） …… 690
五、质量目标、质量计划及技术措施 …… 690
六、工程进度计划及保证措施 …… 690
七、安全目标、安全管理方案及措施 …… 691
八、环境目标、环境管理方案及措施 …… 691
九、工程预算及投资计划 …… 691
十、管理机构、施工组织及人员设置 …… 691
十一、机具计划及管理措施 …… 692
十二、人力计划及管理措施 …… 692
十三、物资供应计划及物资管理 …… 692
十四、安装技术措施及技术交底 …… 692
十五、安全技术措施及安全交底 …… 693
十六、安全事故/质量事故应急预案 …… 693
十七、施工平面布置图 …… 693
十八、经济技术分析及目标 …… 693
十九、附实施记录 …… 694
第三节　施工工艺程序及施工方案（方法）的确定 …… 694
一、施工工艺/方法的类别 …… 694
二、流水施工工艺法 …… 695
三、电气安装工程的流水施工工艺 …… 697
四、电气工程安装工序的确定 …… 698
第四节　施工组织管理机构的设置及管理文件的编制 …… 699
一、施工组织管理机构及人员的设置 …… 699
二、质量计划的编制及保证措施 …… 701
三、安全管理方案的编制及实施措施 …… 704
四、环境管理方案的编制及实施措施 …… 706
五、安全事故、质量事故应急预案的编制及演练 …… 707
第五节　施工现场平面图及布置 …… 709
一、施工现场平面布置的原则 …… 710
二、施工现场平面布置需解决的问题 …… 710
三、电气工程安装平面布置的依据 …… 710
四、平面图绘制要求 …… 711
五、平面图绘制步骤及方法 …… 711

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

六、施工平面图的管理及变更 …… 711
第六节 工程进度计划及编制 …… 712
一、施工总进度计划的编制 …… 713
二、单位工程施工进度计划的编制条件及依据 …… 713
三、单位工程施工进度计划的内容 …… 714
四、编制依据和步骤 …… 714
五、编制方法 …… 718
六、网络技术在施工进度计划中的应用 …… 734
第七节 人力计划的编制及人力资源管理 …… 738
一、编制依据 …… 738
二、编制步骤和方法 …… 738
三、编制注意事项 …… 739
四、人力资源管理 …… 739
第八节 技术安全交底 …… 740
一、安装技术措施交底及组织学习 …… 740
二、冬雨季施工措施 …… 740
三、特殊场所施工措施 …… 741
四、安全技术措施交底及组织学习 …… 742
第九节 施工组织设计的实施及修订 …… 764
一、实施方法及要求 …… 764
二、修订及管理监督 …… 765
第九章 开工前的协调组织及准备工作 …… 768
一、确定项目经理和各类人员的职责 …… 768
二、质量、环境、安全管理体系和施工管理体系的建立及实施计划 …… 770
三、开工前的准备工作 …… 791
四、开工前的动员会议 …… 792
第十章 电气工程监督管理方法要点 …… 794
一、质量控制及监督的实施 …… 794
二、技术监督及实施 …… 797
三、进度计划的实施 …… 807
第十一章 电气工程安全管理及实施 …… 808
第一节 概述 …… 808
一、电气安全措施 …… 808
二、常用安全警句 …… 808
三、全面落实安全保证体系 …… 811
第二节 电工作业安全措施及安全操作规程 …… 811
一、电气作业安全技术措施及实施 …… 812
二、电工作业安全操作规程 …… 829
三、电梯安全操作规程 …… 867
四、不安全行为和习惯性违章作业 …… 874

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第三节　电气安装调试工程现场安全技术 …… 883
一、总体要求 …… 883
二、安装工程中单相电气设备安全使用要点 …… 888
三、电气安装工程安全防护装置的设置及安全技术 …… 894
第四节　电气火灾消防技术及安全规定 …… 919
一、电气设备及线路引起火灾或爆炸的原因 …… 919
二、电气火灾消防规定 …… 921
三、电气火灾消防技术技能 …… 924
四、防止电气火灾发生的措施 …… 927
第十二章　配合土建工程预埋管盒的监督管理 …… 930
一、总则 …… 930
二、准备工作及注意事项 …… 931
三、具体要求 …… 932
第十三章　照明装置及单相电气设备监督管理 …… 936
一、总则 …… 936
二、测试及试验 …… 936
三、配电线路 …… 937
四、照明装置 …… 937
五、单相设备 …… 937
六、照明装置、元件的接线 …… 938
七、质量标准及检验试验方法 …… 939
第十四章　低压动力装置及低压配电室监督管理 …… 943
一、总则 …… 943
二、旋转电机 …… 943
三、低压配电室及盘、柜 …… 943
四、成套配电柜、控制柜（屏、台）和动力、照明配电箱（盘） …… 944
五、低压电器 …… 945
六、安装过程技术要求及标准 …… 945
七、电动机的测试及试验 …… 949
八、低压动力电路及配电室安装调试质量标准及检验方法 …… 952
第十五章　低压发电设备监督管理 …… 972
一、柴油发电机组安装质量总体要求 …… 972
二、UPS 大容量不间断电源 …… 980
三、余热发电机组 …… 981
四、风力发电机组 …… 982
五、低压发电设备安装质量标准及检验方法 …… 982
第十六章　电动起重机械电气设备及装置监督管理 …… 983
一、总体要求 …… 983
二、滑接线和滑接器 …… 988
三、配线要求 …… 992

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

四、电气设备及保护装置 …… 992
五、质量标准及检验方法 …… 993
第十七章 电力架空线路及箱变、变台监督管理 …… 1000
一、总体要求 …… 1000
二、基础工程 …… 1001
三、杆塔组装 …… 1006
四、电杆立杆技术要求 …… 1009
五、挂线、紧线技术要求 …… 1010
六、导线在绝缘子上的固定 …… 1020
七、拉线 …… 1020
八、杆上变压器及高压设备检查与测试 …… 1021
九、质量标准及检验方法 …… 1022
第十八章 电力电缆线路监督管理 …… 1027
一、总体要求 …… 1027
二、电缆的敷设 …… 1030
三、电缆附件的制作安装 …… 1037
四、电缆线路防火阻燃设施 …… 1040
五、工程交接验收 …… 1041
六、电力电缆试验 …… 1042
七、电缆工程质量检验标准及方法 …… 1045
第十九章 变配电装置及变配电所监督管理 …… 1056
一、总体要求 …… 1056
二、设备的检查、验收和保管 …… 1057
三、变压器监控要点 …… 1057
四、高压电器及软母线监控要点 …… 1058
五、电气设备的试验及标准要求 …… 1063
六、变电所通信系统质量监控要点及标准 …… 1138
七、变电所计算机监控装置质量监控要点 …… 1147
第二十章 特殊环境电气工程及装置监督管理 …… 1151
一、总体要求 …… 1151
二、防爆电气设备安装质量要求 …… 1151
三、爆炸危险环境电气线路 …… 1158
四、火灾危险环境电气设备安装质量要求 …… 1161
五、特殊环境电气装置的接地 …… 1163
六、其他特殊环境电气设备 …… 1165
七、质量检验标准及方法 …… 1165
第二十一章 防雷与接地系统监督管理 …… 1170
一、总体要求 …… 1170
二、接地电阻值的要求和测量 …… 1171
三、特殊装置及设施的防雷接地 …… 1177

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

四、防雷与接地技术监督的要求及注意事项……1184
五、质量标准及检验方法……1187
第二十二章　电梯工程监督管理 ……1193
一、总体要求及土建工程要求……1193
二、设备清点及试验……1194
三、机房设施……1196
四、井道设施……1200
五、厅门安装要求……1207
六、电气设备……1209
七、电梯安装质量的检测……1212
八、电梯安装质量监理、质量监督要点……1223
九、电梯电气装置安装及调整质量检查及标准……1246
第二十三章　自动化仪表及空调自控系统监督管理 ……1249
一、总体要求……1249
二、自动化仪表工程标准规范要求……1251
三、自动化仪表的校验和检定……1253
四、仪表线缆及保护管……1254
五、元件安装要求……1258
六、仪表设备……1263
七、仪表系统管路、管道……1274
八、空调系统……1278
第二十四章　弱电系统及装置监督管理 ……1279
一、总体要求……1279
二、火灾自动报警及自动消防系统……1281
三、通信广播系统……1287
四、有线电视系统……1294
五、防盗保安系统……1298
六、防盗保安报警系统……1303
七、出入监控系统……1305
八、电子巡更系统……1306
九、停车场（库）管理系统 ……1306
十、保安集中监控系统……1307
十一、综合布线系统……1312
十二、楼宇设备自控系统……1321
十三、计算机监控管理系统……1324
第二十五章　电气工程常用装置制作加工监督管理 ……1333
一、制作加工总则……1333
二、一般金属构件……1333
三、电气箱柜屏制作……1335
四、新型电气箱柜屏制作监控要点……1348

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

五、自动化仪表控制柜的制作监控要点 …… 1357
第二十六章 电气工程的竣（交）工及验收 …… 1361
第一节 总体要求 …… 1361
第二节 竣（交）工验收的准备、要点及内容 …… 1361
一、竣（交）工验收准备 …… 1361
二、竣（交）工及验收的主要内容 …… 1361
第三节 验收时的检查、试验及试运行 …… 1362
一、参与工程交接验收、检查试验及试运行（转）时有关单位及人员 …… 1362
二、工程交接验收中，对于验收人员提出的有关问题的处理办法 …… 1362
三、工程交验中的注意事项 …… 1363
第四节 交验竣工资料及有关安装调试记录技术文件及要求 …… 1363
一、竣（交）工资料的一般规定 …… 1363
二、安装工程对技术文件资料的要求 …… 1364
三、工程竣（交）工技术文件的目录及主要内容 …… 1364
第五节 竣（交）工验收阶段的管理 …… 1371
第六节 竣（交）工结算 …… 1372
结束语 …… 1373
参考文献 …… 1375

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第一章　电气工程项目策划与管理技术概述

在近200年的历史上，人类的进步和文明的发展都围绕着一个核心，那就是电及电工技术的进步和发展。由于电能具有效率高、传输快、污染小、控制方便等优点，除了空气、阳光、水及大自然以外，电已是人类生产和生活当中不可缺少的伙伴了。电气化的程度已成为衡量一个国家或地区是否发达的标志之一，随着电子技术的发展和微机的普及，电已深入到国民经济和人们生活的各个领域当中，并发挥着越来越大的作用。其中，电气工程安装调试是实现电工技术进步和发展的重要手段。为了确保电气工程安装调试顺利、安全、保质保期的进行，电气工程开工前的工程策划、部署等一系列准备工作以及开工后的工程质量、安全、工期、环保、人员、机具、原材料、突发事件等管理工作更为重要。这是电气工程技术人员、管理人员必须具备的技术技能，也是电气工程安装调试必须具备的条件。

电气工程项目管理与策划技术主要包括电气工程实施程序要点、投标及中标、审图及读图、工程预算及物资供应、施工组织设计及实施、开工前准备工作、质量安全环境管理体系的建立及实施、质量管理方法要点、技术监督方法要点、安全管理及实施、进度管理及实施、突发事件处理方法要点、技能技术培训及考核、人员配备及使用要点、常用计算方法及设备元件材料的选择、工程交验等。

一、电气工程项目策划与管理人员应具备的技术技能

1. 具有丰富的电气工程安装及调试技能和实践经验，能解决工程中的疑难问题。

2. 掌握常用电气设备、元件、材料估算技术及方法，正确选择电气设备、元件及材料。

3. 熟练掌握读图和审图的技能，根据上述两条能发现施工图中的不妥或贻误。

4. 编制施工组织设计，并能指导施工，部署施工，解决工程中贵重、重要、关键设备或部位的安装调试难点。

5. 编制工程预算，熟练掌握工程预算定额（综合基价），工程预算误差一般应在标的的±10%左右。

6. 编制工程物资供应计划，实践中物资供应计划不应造成停工待料现象。

7. 具有投标经验，参与技术标和商务标的编制并有一定的中标率。

8. 熟悉开工前的一系列准备工作，确保工程顺利开工。

9. 参与管理体系的建立并负责其中相应的工作，能在工程实践中取得成效。

10. 具有技术监督的实践经验，能在贵重、重要、关键设备或部位上把关和监督。

11. 具有质量管理和监督的实践经验，能在工程中及时发现不合格或瑕疵。

12. 熟悉电气工程施工验收规范的条文实施细则，能在工程中准确运用。

13. 具有安全管理和监督的实践经验，能在工程中及时发现并阻止不安全行为，并制订相应的技术管理措施。

14. 具有进度管理和监督的实践经验，能在工程中及时发现有碍工期的事态、行为和现象，并制订相应的措施确保工期的进行。

15. 具有对施工人员进行技能培训考核的能力，并针对工程特点及时对施工人员进行技

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

能、规范、标准、质量、安全操作要点的讲述和技术交底、安全交底，做到防患于未然。

16. 其他与工程相关的策划与管理技术技能。

上述内容我们可以用几个简单汉字总结一下，这就是干、讲、写、读、管、算、记，这是一名电气工程策划及管理人员必须具备的技术技能；当然这些技能不是一时一事就能掌握的，而是在实践中从简到难逐步掌握，循序渐进，特别的，第一条是一个重要的基础，没有这个基础在工程策划管理上、特别是工程现场是没有发言权的。另一条重要的是一个策划管理人员应该有自己的强项，所谓强项是指别人解决不了的难题在你手下应该迎刃而解，否则仍然是没有发言权的。

二、电气工程实施的程序要点及投标

电气工程的实施主要有六个主要程序，一是投标或承揽工程程序，二是工程的前期准备工作程序，三是工程开工及安装调试程序，四是工程策划及现场监督管理，五是竣工验收程序，六是试运行程序。其中三和五我们在《电气工程安装及调试技术手册》已进行了详尽的讲述，本书主要是讲述投标、前期准备、工程现场监督管理、竣工交验等内容，见图1-1。

（一）投标或承揽工程程序

投标或承揽工程的概念基本是一样的，不同的是投标一般由政府主管部门（招标办）主持，并设立工程的标的，由多家安装单位投标（标书内容主要有商务标和技术标两种，商务标指安装单位对工程造价的一个报价，技术标指安装单位对工程实施过程中的施工组织设计、施工方案、质量指标、工期指标、安全指标及其具体保证措施等，实质是用文字表述工程安装调试的全过程。）然后由评标委员会或评标小组对多家的商务标和技术标进行评审或实施调查，最后选出最佳投标单位为中标单位。

而承揽工程一般由安装单位与建设单位两家协商，最后由建设单位决定施工单位，承揽工程只适用于小型、非重点工程。

投标或承揽工程的安装单位均应合理、正确地进行以下实质性的工作：

1. 审图及读图，通过审图及读图掌握工程的主要设备、元件、材料，初步确定施工工程或方案，为工程预算、物资供应、工期计划、施工组织设计做准备。

2. 编制工程预算，确定工程造价，为商务标做准备。

3. 编制物资（包括施工用的机具）供应计划和人力资源计划，并与进度计划吻合。

4. 编制施工组织设计，确定工程施工工艺，解决安装调试的各种关键问题，为技术标做准备。

5. 编制工程进度计划，确定质量指标。

6. 必要时应到拟定的工程现场考察交通、运输、电源等级、给水设施及条件、生活基础设施、原材料供应条件、气象水文、当地风土人情等等。

7. 其他与投标或承揽工程相关的事宜。

上述七条一是确定工程造价，二是用书面文字描述工程从开工前的准备工作到工程完工交验、试运行的全过程，让建设单位掌握施工单位经济、技术、装备、人员的实力，以便拿到标的中标或施工任务，同时也是施工单位宣传、扩大影响力的一个手段，一个机会，可见策划管理人员在施工单位的地位是何等重要。

（二）开工前的准备工作

中标或承揽工程后，要进行一系列的准备工作，主要是策划工程安装调试的每个细节及其相应的管理工作。

www.789pdf.com 789书库网

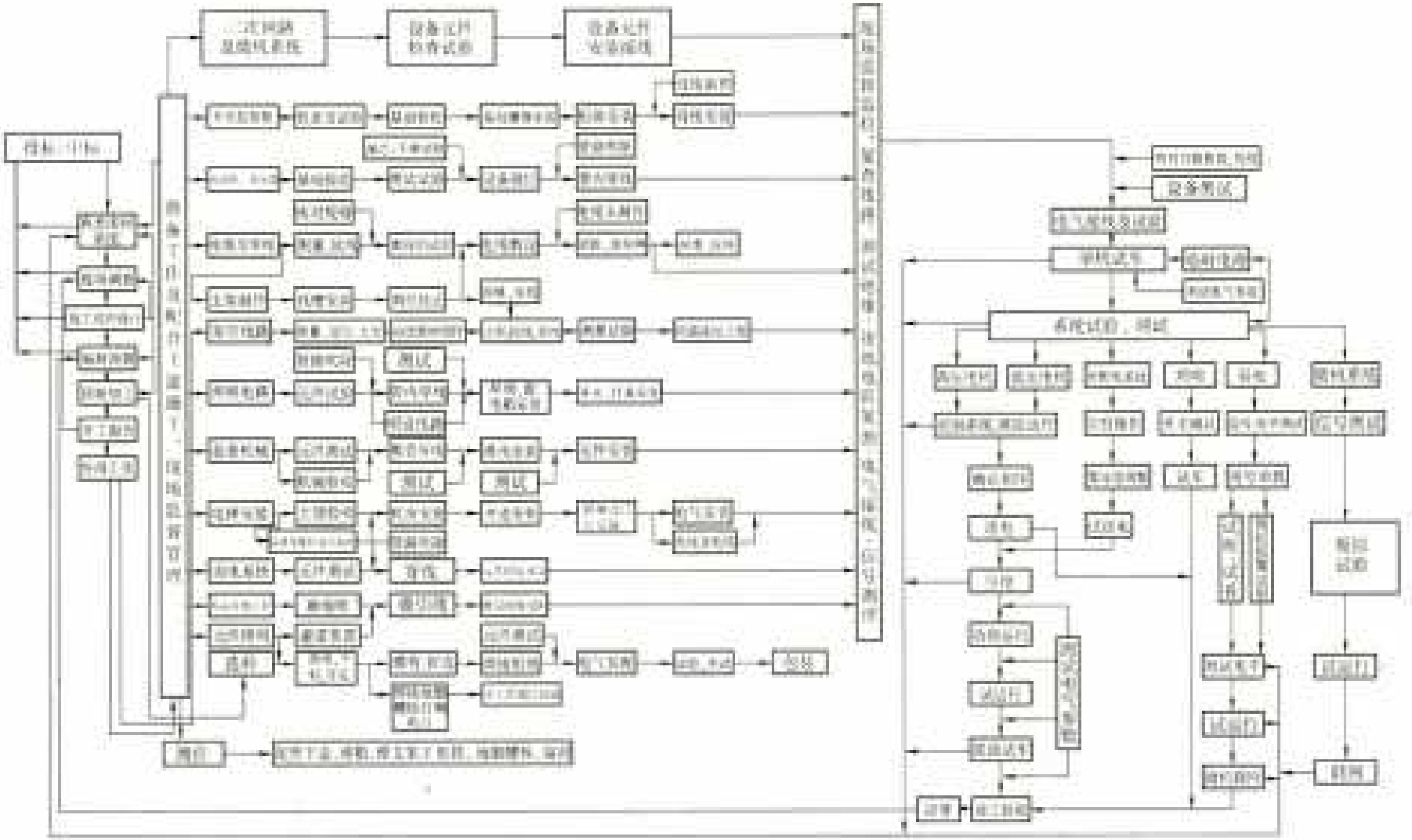


图1-1 电气工程程序框图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1. 与建设单位签订合同/协议，确定质量等级、工期目标、设备元件原材料供应协议、工程造价、执行标准及其他相关事宜。

2. 确定工程负责人（项目经理）及相关人员。

3. 施工现场调查，充分收集现场条件及相关资料。

4. 详细编制工程预算及新增加工程量的预算。

5. 详细编制设备、元件、材料清单，分清甲供（建设单位供）和乙供（施工单位供）的细目。

6. 详细编制设备、元件、材料供应计划及到货日期、供货单位。

7. 详细编制施工组织设计，主要内容有：

① 采用标准、规范、标准图册

② 工程总体部署计划/方案

③ 施工工艺程序及施工方案（方法），特别是贵重、重要、关键、大型、新型设备的安装、测试、调试等内容。

④ 质量目标、质量计划及技术保障措施。

⑤ 工程进度计划及保障措施。

⑥ 安全目标、安全管理方案及保障措施。

⑦ 环境目标、环境管理方案及保障措施。

⑧ 工程管理机构、施工组织及人员设置。

⑨ 施工机具计划及管理措施。

⑩ 人力计划及管理措施，特别是贵重、重要、关键、大型、新型设备的安装测试调试人员。

⑪ 物资供应计划及管理措施，特别是与工期计划的同步性。

⑫ 安装调试技术措施及技术交底，特别是贵重、重要、关键、大型、新型设备材料。

⑬ 安生技术措施及安全交底。

⑭ 安全事故/质量事故及其他突发事件应急预案及细则。

⑮ 施工平面布置。

⑯ 后勤、生活、娱乐、休息等方面的措施。

⑰ 其他与工程相关的措施或方案。

⑱ 工程经济技术分析及目标。

8. 办理开工审批相关手续、证件。

9. 确定项目经理和各类施工人员的职责。

10. 质量、安全、环境管理体系和施工管理体系的建立及实施计划。

11. 落实上述十条并组织相关人员学习部署准备。

12. 开工前的动员会议。

（三）沟通策划工作

1. 参加建设单位组织的图样会审和技术交底，随时掌握设计变更，及时记录并添加到相应技术文件中去。

2. 及时掌握甲供设备材料情况，随时检测、测试、试验并妥善保管。

3. 随时掌握乙供设备材料情况，及时进行检测、测试、试验并妥善保管。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4. 跟踪工程进度并核实与进度计划比对，及时调整，增减人力、物力，确保工程进度。

5. 编制预制加工清单和预埋铁构件清单，绘制图样，按工期要求制作。

6. 跟踪土建工程进度，及时预埋管件。

7. 与建设单位、监理单位、主管单位、设计单位、验收单位、沟通、座谈，落实、商讨工程相关事宜。

8. 其他工程相关事宜。

（四）进程工程现场

1. 落实办公、供水、供电、运输、住宿、食堂等情况。

2. 落实安全技术措施情况。

3. 落实检查预埋管路铁件和预制加工件。

4. 落实物资、机具到货情况及保管情况。

5. 其他与工程相关情况。

（五）工程安装调试程序（详见《电气工程安装及调试技术手册》一书）

（六）现场监督管理

1. 质量监督及管理。

2. 安全监督及管理。

3. 进度监督及管理。

4. 环境监督及管理。

5. 处理突发事件。

6. 设备元件、材料到货及检测试验。

7. 协调与其他兄弟单位相关事宜。

8. 监管资金到位及施工人员工资发放等事宜。

9. 掌握施工人员动态及技能状况，及时调整。

10. 其他工程现场事宜的处理。

（七）竣工验收（详见《电气工程安装及调试技术手册》一书）

（八）试运行

试运行分两种情况，一种是竣工验收时的试运行，一般条件是72h；另一种是受甲方委托，交验后由安装单位主持运行，时限由双方约定。同时甲方配备相应的运行人员介入，由乙方负责培训。培训期间甲方人员应听从乙方技术人员的教育和指挥，通过实际操作和规程培训且经考核合格且能独立操作、主持运行能力达到时，由甲方人员接收运行，由乙方人员监督运行。再经过一定时限的监督运行后，确认甲方有运行技术能力后，正式交付甲方，乙方退出。受甲方委托的运行方式，甲方支付乙方一定的费用。

三、实践经验是电气工程项目策划与管理的法宝

实践经验一是电气工程安装及调试技术技能的实践经验，二是电气工程策划及管理的实践经验，只有这两者完美地结合在一起才是策划及管理的法宝。也就是说只有安装调试技术技能实践经验是搞不了工程策划及管理的；而只有策划及管理的实践经验、没有安装调试的实践经验是搞不好策划管理的。

如果没有安装调试的实践经验，就不知道安装的工艺程序和质量的关键部位；就不知道调试测试的主要方法和指标，甚至连仪器仪表的配备也不知道；就不知道安装时应配备的机

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

具及其安装的要点等等。没有安装调试实践经验在现场就没有发言权，怎么发现质量瑕疵，怎么发现安全隐患，怎么处理技术难点，怎么让安装人员信服等等。没有安装调试实践就去编制施工组织设计、进度计划、质量计划、安全方案、应急预案、物资供计划等等更是无从谈起，即使有也是一纸空文，毫无意义，投标时便一票否决。

同样，没有策划管理的实践经验，就不知道审图读图的要点，就难以做出精准的工程预算、设备材料清单；难以发现设计上的不妥，进而使工程停滞不前；其他的开工准备、体系建立及实施、质量技术监督要点方法、人力调配、技能培训等等更是一塌糊涂，会使工程杂乱无章，无法进行。

当上述两种实践经验均具备时，便会使工程井然有序、有条不紊、滴水不漏、万无一失、顺利进行、预算精准、物资齐全、监管到位、保证质量、安全施工、体系建立、运行正常、确保进度、人尽其才。这样就能交付一个符合国家标准规范、工程质量优异、建立单位满意、设计单位监理单位认可的运行正常的电气工程，这对提升安装单位声誉和社会地位、提高中标率、扩大社会影响力以及确保整个电气系统的正常运行都是一个强大的支持，对国家建设、地域发展、单位及每个参与工程的人都是一个非常有益的事情，本书编著的宗旨和目的也是这样的，其内容主要是工程实践经验的总结和传授，没有上述两种实践经验完美结合的电气工程我是不愿看到的。

四、电气工程的标准、规范、规程及图册

电气工程的标准、规范、规程及图册是保证电气工程质量和安全的最重要的指导性法律文件，任何人、任何单位在任何条件下均不得放宽或随意改动，否则造成的损失和影响要负法律责任的。

随着国家经济建设的发展、科学技术的进步，标准、规范、规程在不断更新，贯彻执行新的标准、规范、规程是电气工作人员的首要职责，也是保证工程质量安全的重要手段。国家、省部委颁布的电气工程标准、规范、规程很多，涉及面很广。此外还有地方标准、行业标准、标准图册，这些一般均比国标更为严格。这些标准从理论和法律上保证了电气工程的质量，进而保证了工程的安全性、可靠性、灵敏性、稳定性、准确性，但是决不能作为摆设，这也是往往会出现质量问题、安全问题的基点。同时，电气工作人员除了认真学习掌握和贯彻执行外，还要从网上随时掌握标准的变更动态，了解最新的条文。

这里将电气工程部分常用标准列出，供读者查询。

1）GB 50147—2010　电气装置安装工程　高压电器施工及验收规范

2）GB 50148—2010　电气装置安装工程　电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范

3）GB 50149—2010　电气装置安装工程　母线装置施工及验收规范

4）GB 50168—2006　电气装置安装工程　电缆线路施工及验收规范

5）GB 50169—2006　电气装置安装工程　接地装置施工及验收规范

6）GB 50170—2006　电气装置安装工程　旋转电机施工及验收规范

7）GB 50171—2012　电气装置安装工程　盘、柜及二次回路接线施工及验收规范

8）GB 50172—2012　电气装置安装工程　蓄电池施工及验收规范

9）GB 50173—1992　电气装置安装工程　35kV 及以下架空电力线路施工及验收规范

10）GB 50254—1996　电气装置安装工程　低压电器施工及验收规范

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

11）GB 50255—1996　电气装置安装工程　电力变流设备施工及验收规范
12）GB 50256—1996　电气装置安装工程　起重机电气装置施工及验收规范
13）GB 50257—1996　电气装置安装工程　爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范
14）GB 50303—2002　建筑电气工程施工质量验收规范
15）GB 50150—2006　电气装置安装工程　电气设备交接试验标准
16）GB 50310—2002　电梯工程施工质量验收规范
17）GB 50093—2013　自动化仪表工程施工及质量验收规范
18）GB 50312—2007　综合布线系统工程验收规范
19）GB 50198—2011　民用闭路监视电视系统工程技术规范
20）GB 50339—2013　智能建筑工程质量验收规范
21）GB 50233—2005　110～500kV 架空送电线路施工及验收规范
22）GB 50194—1993　建设工程施工现场供用电安全规范
23）GB 50252—2010　工业安装工程施工质量验收统一标准
24）GB 50300—2013　建筑工程施工质量验收统一标准
25）GB 7588—2003　电梯制造与安装安全规范
26）GB/T 10059—2009　电梯试验方法
27）GB 50200—1994　有线电视系统工程技术规范
28）GB/T 50326—2006　建设工程项目管理规范
29）GB 50231—2009　机械设备安装工程施工及验收通用规范
30）GB/T 50328—2001　建设工程文件归档整理规范
31）GB/T 4728—2005～2008　电气简图用图形符号
32）GB 50166—2007　火灾自动报警系统施工及验收规范
33）全国通用电气装置标准图集
34）建筑电气安装工程图集（中国电力出版社出版，吕光大主编）
35）安装工人技术等级标准（中国建筑工业出版社出版）
36）自动控制安装图册（化学工业出版社出版）
37）各部、委有关电气工程（包括弱电工程）的施工验收规范、设计规定及标准等
38）DL/T 5161.1～DL/T 5161.17—2002　电气装置安装工程　质量检验及评定规程
39）自控系统成套设备选型样本
40）JGJ 33—2012　建筑机械使用安全技术规程
41）常用高低电器手册、产品样本、安装使用说明书等
42）DL 5009—2002～2013 电力建设安全工作规程
43）GY/T 106—1999　有线电视广播系统技术规范
44）GY/T 121—1995　有线电视系统测量方法
45）GB 50500—2013　建设工程工程量清单计价规范
46）GB 50278—2010　起重设备安装工程施工及验收规范
47）GB 50601—2010　建筑物防雷工程施工与质量验收规范

五、崇尚职业道德，确保质量安全

在实际工程中，有很多人对职业道德的认识较为模糊，更不知职业道德的内涵；有些

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

人则认为职业道德无所谓；有些人不具备相应职业道德的底线等，从而导致了工程不同程度的受损；轻的是工期延误、费用增加；重的则是质量不合格、存在安全隐患以致出现房倒桥塌、火灾爆炸、人员伤亡等严重事故，造成重大经济损失及恶劣影响。近些年来，从各种媒体上看到的这方面的报道已不计其数，其根本原因主要是偷工减料、以次充好、假冒伪劣、简化工艺、技术技能低劣、不学无术；学历学位证是假的、工程师证是假的、技工证是假的、资格证是假的、资质证是假的、执业证是假的、生产（制造）许可证也是假的。用这些“假”来搞工程，来搞建设、来搞经济，能不出事故吗？归根结底这是职业道德或者社会公德出现了问题，也可以说是出现了危机，这是每一个电气工程从业人员必须立即引起重视的问题，否则，重蹈覆辙、故技重演，还会频频发生事故，导致更大的损失和影响。

当今，我们的国家正处在一个千载难逢的大好时代。在这个时代里，国家经济在腾飞、在变革，各项事业蒸蒸日上，日新月异，人民生活有了极大的提高和改善。嫦娥一号、北京奥运、广州亚运、上海世博、跨海大桥、载人飞船、青藏铁路、高速铁路、战胜非典、抗震救灾、维和部队、打击海盗、应对金融危机、国际金融论坛、建设小康社会、建设社会主义新农村等已向全世界展示了中华民族的实力，我们有能力、有信心在21世纪末进入发达国家行列。在这雄伟宏大的事业中，正是每个人、特别是年轻一代展现才华、施展能力、开动智慧、创建功勋、取得成功的大好时机。正所谓天高任鸟飞、海阔凭鱼跃、道路由人选、事业由人创。我们一定要珍惜这个时代，这个赋予每个人机遇的时代，一定要为这个时代做出贡献。因为这个时代是由几代先辈们用鲜血和生命、拼搏奋斗、自强不息、英勇斗争换来的。我们赶上了这样一个大好时代，不要贪图享乐，最重要的是要接过先辈们未完成的大业，使中华民族立足于世界先进民族之林，去创造更大的成就，创造更美好的业绩。我们应该去从事与国、与民、与单位、与每个人有益无害的事情，这是每个人职业道德的底线。

然而，一些人在这样千载难逢的大好时代里，利欲熏心、得意忘形，总想一夜暴富、急功近利，总是往钱眼儿里钻，忘记了加强技术技能的提升、忘记了做人的基本道德、淡漠了职业道德的修养，更忘记了先辈们的丰功伟绩、大恩大德，而导致在工作上、在执业行为上偷奸取巧、心怀叵测，最后导致发生重大事故，造成不可弥补的经济损失，以及不作为、贪污腐败，最后导致身败名裂、遗臭万年。

（一）职业道德的概念

什么是职业道德，它的定义是什么，恐怕到目前还没有一个准确的定义，不妨我们在这里给出一个定义，无论准确、完整与否，重要的是让人们更为深刻地知道职业道德的内涵。

职业道德就是从业人员保证工作（工程）的质量及其过程中的先进性、稳定性、灵敏性、可靠性、安全性、可观性以及环保、低碳方面应尽的责任及其作业行为的规范总则。

人们也许会说，你对职业道德的理解太完美或者是太求全责备了。然而确确实实是这样，因为职业道德是每个生活在这个社会里的人的最基本的道德底线。往大里说，每个从业人员都肩负着国家经济发展以及科研、国防、教育、环境保护等重大命脉中的装备和设施的设计、建设、运行、维护、保养、检修的责任，都肩负着众多科研成果转化到工程实践中去并转化为生产力的责任，都肩负着生产（工作）正常安全运行并去解决技术/管理难题的责任，都肩负着产品（工作）质量及其检验、改进质量的责任，都肩负着系统安全和环境保

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

护的责任。往小里说，社会上的每个人都肩负着孝敬父母、教育培养儿女的责任，都肩负着家庭和单位正常平稳运转的责任，都肩负着邻里和睦相处、小区平平安安的责任，都肩负着道路交通安全、市场繁荣公平、社会和谐的责任。

这些责任的保证条件之一便是道德的底线和职业道德的底线。作为电气从业人员，职业道德的内涵是什么呢？

1. 保证系统的先进性　所谓先进性就是采用先进技术、先进设备、先进材料，并使其在5～10年内不至于落后并能在今后的检修、维护、运行中不断改进而达到技术领先的境地。

2. 保证系统的稳定性　所谓稳定性就是在设定的数值、参数、定值及环境、条件、状态下，系统长期无故障、缺陷而精准运行，特别是控制系统复杂、重要负荷、特殊环境要求更为严格。

3. 保证系统的可靠性　所谓可靠性就是系统在非正常运行的状态下，其保护装置、报警系统、自动调节、自动控制、自动检测及安全保护自动装置、智能识别及其控制系统能够及时、可靠地动作或将系统牵引到正常状态，确保系统长久可靠运行。

4. 保证系统的灵敏性　所谓灵敏性就是系统的保护、报警、调节、控制、检测、安全、识别装置在设定的数值、时间、环境、条件、智能转换之内迅速、精确动作，确保系统可靠安全运行。

5. 保证系统的安全性　所谓安全性就是系统在正常条件下或在非正常条件下都能稳定、可靠地运行，并能及时、可靠、准确地排除故障，使系统安全运行。

6. 保证系统的可观性　可观性又称观瞻性，其内涵就是工程（工作）的造型壮观、优美、大气，给人们带来美感、工整、愉悦及艺术的享受，鸟巢、国家大剧院、跨海大桥等工程已经做出了非凡的典范。

7. 保证系统环保方面　环保方面是指工程（工作）从策划、设计、建设到运行以及维护、检修、改造的全过程中，对环境不造成任何的污染、损害、破坏，并能促进环境的美化、清洁、绿色。环保方面是职业道德的瓶颈，有时是很难做到的。

8. 保证系统低碳方面　低碳方面是指工程（工作）的设计、建设、运行、检修、改造的全过程中，能够节约能源，节约原材料，能够循环利用，变废为宝，能够利用风能、光能等自然能源，并与环保结合，创造绿色工程。低碳方面同样是职业道德的瓶颈，它比环保方面更难做到。

电气工作人员应更多地去了解、认识、修养、磨炼职业道德，为把工程（工作）做得具有先进性、稳定性、灵敏性、可靠性、安全性、可观性以及环保、低碳尽到自己的责任。

（二）电气工作人员职业道德行为规范常识一览

（1）热爱电气工作这个职业，有事业心，有责任心，为电气工程及自动化专业始终不渝。

（2）对技术精益求精，一丝不苟，在实践中不断学习进取，积累丰富的实践经验，提高技术技能，同时从理论上要不断提高自己，具备扎实的理论基础和分析问题的能力。

（3）关注电气工程技术发展动态，积极参与科技成果转化及应用工作，推广新技术、新工艺、新材料、新设备。

（4）解决工程项目中的技术难题是义不容辞的职责，练就一身过硬的技术技能，成为一把金钥匙，打开每一把技术难题之锁。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（5）甘当设计师、施工人员、制造人员之间的桥梁，传递信息，破译信息，确保工程项目的质量、安全、工期、投资，成为工程项目的中流砥柱。

（6）对电气工作认真负责，兢兢业业，对自己从事的电气工作必须做到准确无误，滴水不漏，天衣无缝，在工程的关键时刻能挺身而出，充当抢险队的一员。

（7）长期深入实践，虚心向工人师傅学习、向书本学习、向实践学习，做到不耻下问，探索研究新工艺、新方法。

（8）在职业生涯中，要善于发现人才、重用人才、厚爱人才、推举人才、培养人才。特别是工人队伍中的技术能手，要把他们作为工人工程师委以重任，加以重用。

（9）工作要身先士卒，一马当先。要做到干净利落、美观整洁。工作完毕后要清理现场，及时将遗留杂物清理干净，避免环境污染，杜绝妨碍他人或运行的事发生。

（10）任何时候、任何地点、任何情况，工作必须遵守安全操作规程，设置安全措施，确保设备、线路、人员的安全，时刻做到质量在手中，安全在心中。

（11）工程项目的安装、研制、修理、保养的过程要做到“严”，要严格要求，严格执行操作规程、试验标准、作业标准、质量标准、管理制度及各种规程、规范、标准，严禁粗制滥造。做到自检、自验，不要等到质检人员检查出来才去改正，才去修复。

（12）工程项目的运行维护必须做到“勤”，要防微杜渐，对电气设备、线路、元件的每一部分、每一参数要勤检、勤测、勤校、勤查、勤扫、勤紧、勤修，把事故、故障消灭在萌芽状态。科学合理制订巡检周期，确保系统安全运行。

（13）工程项目中用到的所有电气设备、元件、材料及其他辅件，使用前应认真核实其使用说明书、合格证、生产制造许可证、试验报告或型式试验报告，对其质量有怀疑的及其贵重、关键、重要部件要全部进行测试和检验试验，杜绝假冒伪劣产品混入电气系统。

（14）凡是自己参与的工程项目，应建立相应的技术档案，记录相关数据和关键部位的内容，记录相应的具体责任人，做到心中有数，并按周期进行回访，掌握工程项目的动态，及时修正调整相关参数，为后续工程项目奠定良好的基础。

（15）对用户诚信为本、终身负责，通过回访或用户反馈意见，改进工作，提高技术水平。

（16）积极宣传指导节约用电技术和安全用电技术，制止用电当中的不当行为和错误做法。

（17）电气工程项目中，要节约每一米导线、每一颗螺钉、每一个垫片、每一团胶布，严禁大手大脚，杜绝铺张浪费。不得以任何形式将电气设备及其附件、材料、元件、工具、电工配件赠予他人或归为己有。

（18）编制技术文件（主要有工程预算、物资计划、原材料清单、进度计划、施工组织设计等）要切合实际，使其具有可操作性、实用性和指导性，杜绝空话、假话、套话。

（19）认真学习研究电气工程安全技术，并将其贯彻于设计、安装、研制、调试、运行、维修中去，对用户、设备、线路、系统的安全运行负责。

（20）养成良好的工作习惯和学习习惯（包括实践的学习），惯于总结，善于分析。将工作中、生活中与专业有关的事物详细地记录下来，进行分析总结，去其糟粕，取其精华，进一步提高和充实自己的技术技能和实践经验，为电气工程事业做出更大贡献。

（21）在工程现场或在从事与工程相关的工作时，所有的行为或操作要围绕一个核心，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

这个核心就是对工程有利、有益，杜绝一切对工程有害无益的行为和操作，并能够及时纠正他人的违规操作、损害工程行为及一切人为的、自然的对工程有害无益的事物。

（22）在工作过程中、不怕困难、不怕难题、不怕自然原因带来的障碍，专心致志、细心精致、细处着手、坚持不懈，直到解决完成。

（23）在工作过程中，永远把质量、安全、进度、投资、环保、低碳放在首位，把个人得失放在第二位。做到质量在我手中，安全在我心中。

（24）在工作过程中，做到互相学习、互相帮助、精诚团结、目标一致，人人都是质检员，做到相互尊重、爱护、体谅、平等。

（25）在实践中学习，提高技术技能水平，磨炼职业道德修养，做一名“德艺双馨”的电气工作人员。

电气工作人员职业道德行为常识只是一个衡量电气工作人员职业道德和行为的准则，大家可以在实践中体会。同时一个良好的职业道德和行为也不是、也不可能在一时一事上体现出来，而是在长期的工作实践中，通过各种事态和反复思考、锤炼而渐渐形成的。

在本书中，我们将详细地讲述电气工程的策划及管理技术技能，这是电气工作人员必须具备的，也是在电气工程领域取得成绩的基本保证。同时，作为一名优秀的电气工作人员必须具备相应的职业道德，这是保障在电气工程领域取得成就的最重要的基本条件。只有这两个条件同时具备后，才能取得更大的成功，确保工程质量、安全运行。有关职业道德详尽内容，敬请读者参阅《电气工作人员职业道德修养概论》一书。

六、质量和安全是电气工程的灵魂

质量和安全是一个永恒的主题，是电气工程的灵魂，前述五个内容都是围绕着这个主题，同时在后续章节中要详细讲述保证工程质量和安全的策划及管理技术技能。其中，安全有两方面的内容，一是电气工程本身的安全性，再就是工程实施过程的安全性。同样，质量也有两方面的内容，一是电气工程包括设备元件材料的质量，二是工程实施过程中策划及管理的质量。工程质量保证了，也就保证了工程在今后运行中的安全性，可以看出是一对孪生兄弟，缺一不可的。

我们每项工程都应具备前述五大条件，管理人员具有相当的策划及管理技术技能并有崇高的职业道德；严格遵守安装工艺程序施工，把测试和试验列为工程的重中之重；严格执行工程的标准、规范、规程，做到滴水不漏；把工程质量和安全作为永恒的主题，每个管理人员都能做到质量在我手中，安全在我心中，电气工程就一定会具有先进性、稳定性、可靠性、灵敏性、安全性，就会安全可靠运行。我想，每个电气工作人员都会这样做的，让电气工程在国民经济、人民生活中发挥更大的作用，确保国家经济腾飞，立足世界民族之林。

最后，我们还要特别强调一点，随着国家经济的发展、技术的进步，新型的电气设备，自动化仪表及各种自动装置将不断涌上市场，这样就需要我们电气工作人员特别是管理人员一定要不断地学习，不断地洞察市场动态，及时地去掌握这些新技术、新设备、新工艺。这样，只有这样才能跟随时代的步伐而立足于电气工程及自动工程的领域。在学习的过程中，传统的设备元件，材料及工艺技术是学习的基础，这里随便举一个很简单的例子，我们常见的手动胶盖刀开（俗称胶盖闸）在20世纪50年代乃至40年代就有了，而在今天一些工程中仍在运用，并且今后也不会被很快淘汰，这就是说，传统的技

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

术是永远不能丢失的，也不要刻意地追求新的时髦的东西，一定要扎扎实实地去学习，掌握新的，又要把传统的、优异的保留下来。在学习的过程中，不要急于求成，要正确掌握任何复杂的新颖的设备技术都是由简单的设备技术及单元组成的这个千真万确的道理，要掌握它的最基础的单元和接口，难点就会不攻自破，由难变易，由复杂变简单。同样，我们在策划及管理电气工程时，在编制各种技术文件、在监督管理过程中、在工程实施的每个环节时，都要使传统与先进结合，简单与复杂结合，这样才能更好地策划管理工程，确保工程质量和安全，使工程顺利进行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第二章　电气工程项目策划与管理技术基本要点

由前述内容可以看到策划及管理技术是贯穿电气工程的全过程的，从接到工程项目或中标后，一直到工程竣工验收试运行无处不存在策划及管理的技术工作，也可以说电气工程从始到终都是在监督管理的过程中完成的，其目的就是确保工程的质量、安全、进度和投资，使工程顺利进行，直到成功试运行。

电气工程策划及管理技术是一项复杂的、系统的管理技术，主要包括保证电气工程质量、安全、进度、投资的手段和方法，电气工程管理的必备条件，电气工程管理技术规程、电气工程管理技术规则四大内容。

一、保证电气工程安装调试质量、安全、进度、投资的手段和方法

工程建设项目的主要指标是投资、进度、质量、安全。质量是建设项目的中心，百年大计，质量第一，而安全则是保障建设项目顺利进行的手段，是保证质量的首要条件。工程质量和安全生产在工程建设中有着举足轻重的位置，同时两者又具有内在的不可分割的联系，这是每个安装施工企业和每个参与工程建设项目的各类人员不可忽视的。怎样才能保证工程质量、保证安全生产，怎样才能维护质量和安全之间的这种联系呢？这是安装企业和安装人员都要遇到的而且是必须得很好解决的问题。实践证明，建立企业的质量保证体系和安全保证体系，能够很好地解决上述的难题。进度是工程合同的重要条款，在保证质量和安全的前提下，保证进度，才能按合同条款交付优良工程。投资是企业保证效益的根本手段，在保证质量、安全、进度的前提下，最大限度地节约成本才是企业发展的基本手段。

1. 安装工程质量保证体系

质量保证体系是一个单位或一个系统为了保证产品或作业的质量、保障工艺程序正常进行，对质量工作实行全面管理和系统分析而建立的一种科学管理的网络，它不是机械管理的滞后体系，而是一个动态的、超前的、全面的、系统的保证质量的体系，图 2-1 给出了一个安装单位的质量保证体系，供读者参考。

质量保证体系的主要内容及作用如下：

（1）任务　根据生产工艺的特点、程序，从每个影响质量的因素出发，实行生产工艺及产品的中间检测及控制或超前控制，加强质量检查监督，保证产品或安装质量，进而达到计划的质量等级。

（2）体系的组成　质量保证体系一般由五个支系统组成，即由总工程师主持的质量监督管理系统、由总工程师和质量保证工程师主持的质量保证系统、由主管生产厂长（经理）主持的生产作业系统及物资供应系统、由主管劳动调配厂长（经理）主持的劳动管理系统。这五个支系统有着密切的联系，保证了体系的正常运行。

（3）中心环节　生产作业系统是保证质量的中心环节，是工程质量的制造系统。安装工程是生产工人用技术技能、机具设备按照国家工程的标准规范进行作业而逐步完成。安装工艺过程中间，质量保证系统和监督管理系统要进行检测和控制，并形成循环的反馈系统，直到达到质量计划等级。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

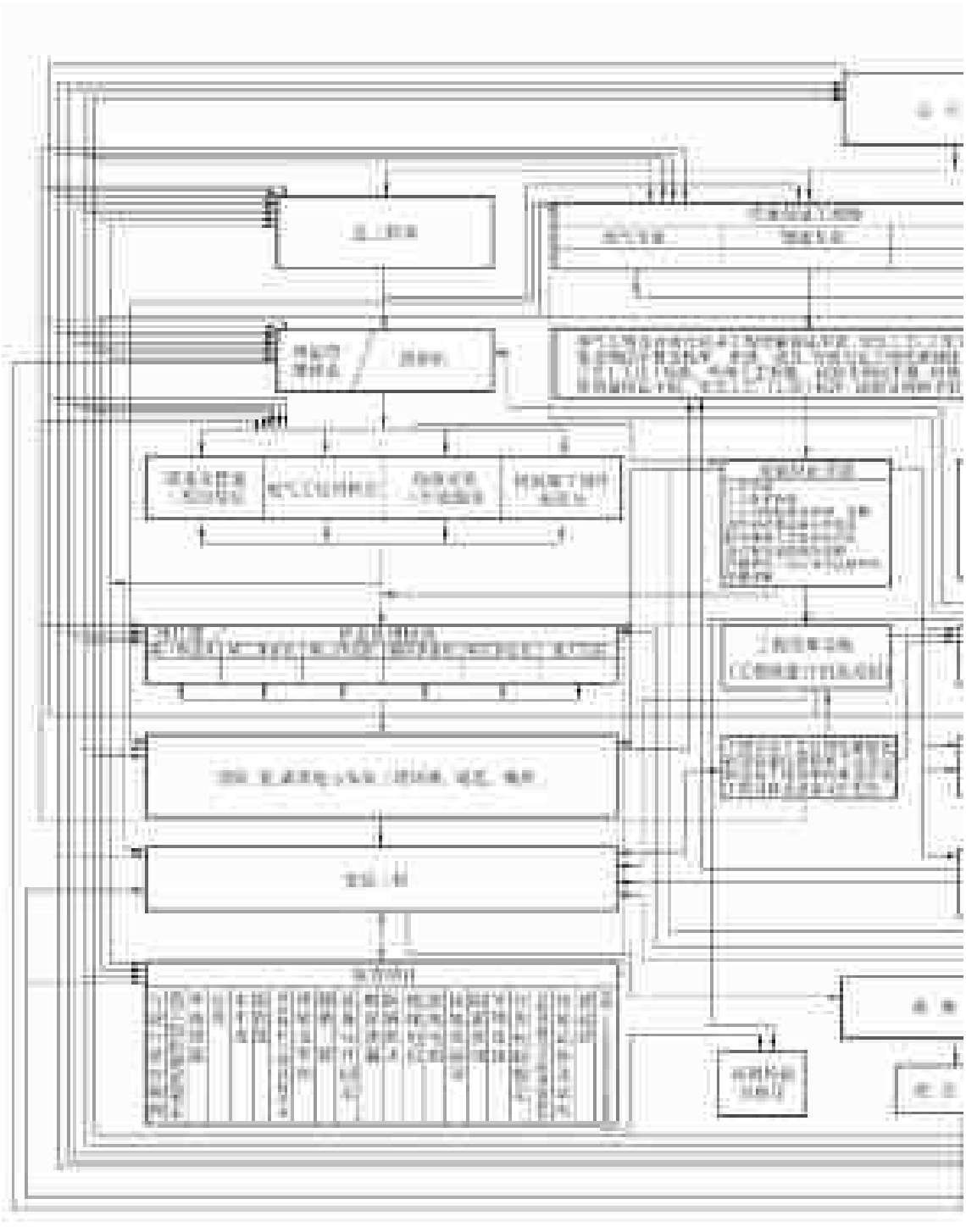
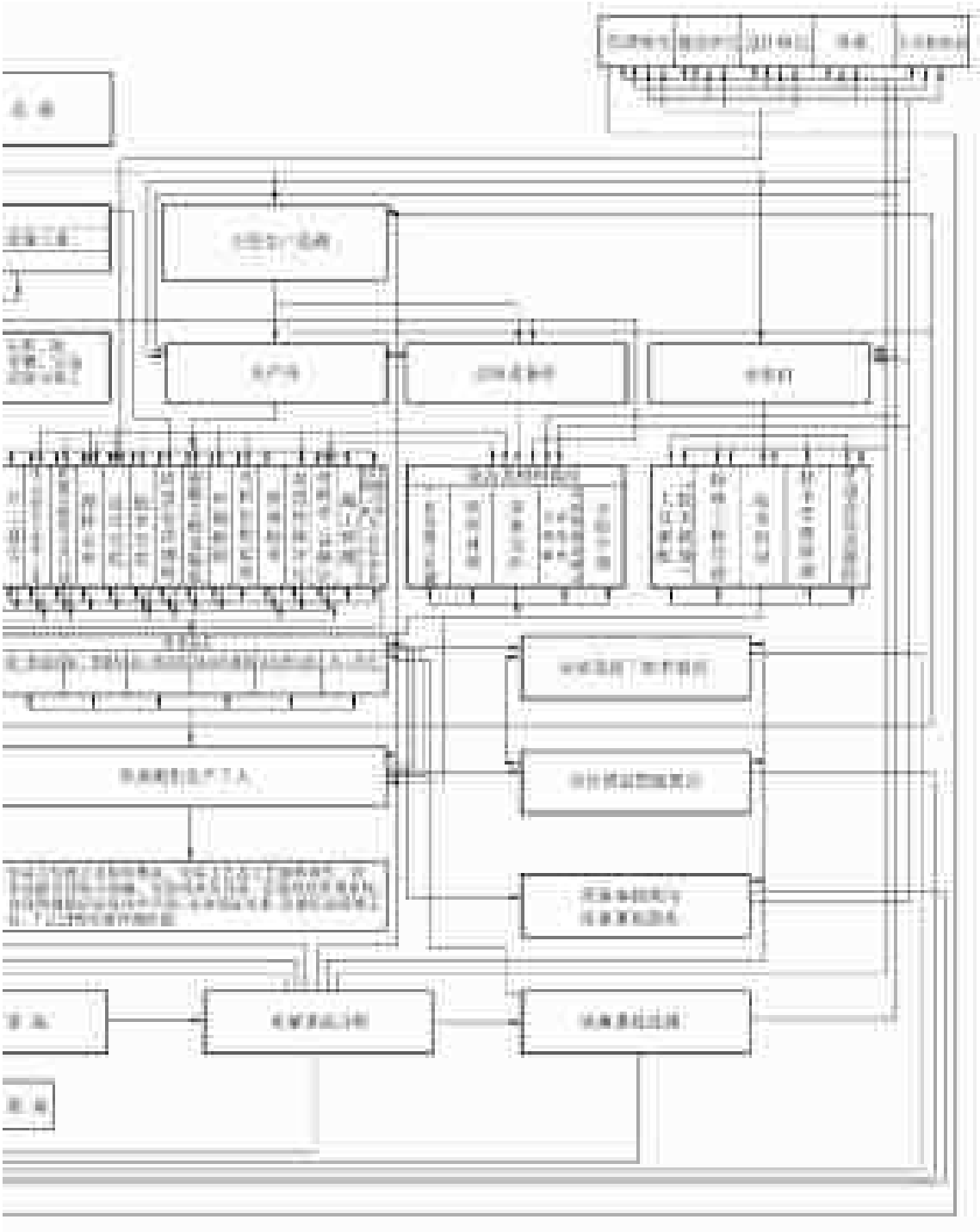


图 2-1　某安装单位

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



质量保证体系图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（4）保证中心环节的条件　首先是要建立一支由生产一线工人组成的质量信息管理系统，也就是说生产一线工人要树立自我质量意识并参与质量及其信息反馈，把生产细节当中不利于质量的因素（人及技能、材料、工艺操作规程、工具设备等）及时反映出来，这样来做到超前控制，将质量事故倾向及隐患消灭在形成事实以前，这是一个动态的过程。再者是物资供应系统，所提供的物资必须保证质量、保证到货日期、不得使假冒伪劣产品进入工地。同时在保证质量和货期的条件下，要尽量降低物资的价格。

（5）全面质量管理　企业实行全面质量管理，每个人的工作行为都与工程质量有关。

（6）安装技术技能培训　提高所有工作人员及工人的技术技能、业务素质，保障质量保证系统的正常运行。

（7）质量事故分析及处理　质量事故发生后要在24h内反馈到各有关部门并从26个影响工程质量的环节分析，找出事故原因，然后用中心环节的手段修复，达到质量计划等级。对涉及的人和事要进行严肃处理。

（8）制订应急预案　及时处理重大质量事故。平时应对应急人员和预案进行演练，一旦发生事故，能确保工程顺利进行和工程质量。

电气工程安装质量是整个工程的重要组成部分，是建设项目功能实现的基本保证条件。

2. 安装工程安全保证体系

安全保证体系是一个单位或一个系统为了保证安全生产、保障作业人员的安全及各类设施的安全，对安全工作实行全面管理系统分析而建立的一种科学管理的网络，它不是机械滞后的管理体系，而是一个动态的、超前的、全面的、系统的保证安全的体系，图2-2给出了一个安装单位的安全保证体系，供读者参考。

安全保证体系的主要内容及作用如下：

（1）任务　根据生产工艺的特点、程序，从每个影响安全的因素出发，进行安全预防和超前预测，加强安全检查监督管理，保障安全生产，保障作业人员和设施的安全。

（2）体系的组成　安全保证体系一般四个支系统组成，即由总工程师主持的安全管理监督系统、由主管生产厂长（经理）主持的安全生产作业系统、由工会主持的劳动保护监督系统、由主管劳动调配厂长（经理）主持的劳动管理系统。另外，还有两个辅助系统，即由主管财务工作的厂长（经理）或总会计师、总经济师负责的安全技术措施经费和生产厂长（经理）负责的物资供应系统。这几个子系统有着密切的联系，这些联系保证了系统的安全工作正常进行。

（3）中心环节　安全生产系统是安全的中心环节，安全是生产作业工人及与生产相关的各类工作人员在生产过程中，全面贯彻安全法规、规程、细则，执行安全制度、操作规程及安全技术措施制造出来的。生产作业过程中，安全管理监督系统和安全保证系统要进行检测和控制，配以安全防护用品，建立安全信息管理系统，发现事故倾向和隐患及时反馈并进行分析处理，做到超前控制和预防，形成循环的反馈网络，保障生产、设施及作业工人的安全。

其中安全信息管理系统是将生产作业中不安全的因素（人、防护措施及用品、安全操作规程、工具设备、作业环境、安全技术措施等）全部反映出来，做到超前控制，将事故倾向及隐患消灭在形成事实前，这是一个动态的过程。物资系统提供的安全防护用品、作业机具设备必须是合格品。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（4）全面安全管理　企业实行全面安全管理，每个人的工作行为都与安全有关，进行全员安全教育。

（5）安全技术培训　提高所有工作人员的安全技术水平及自我保护意识，保障安全保证体系的运行。

（6）安全事故分析及处理　安全事故发生后要在 1h 内反馈到各有关部门并从 20 个影响安全的环节分析，找出事故原因加以解决。要从每个细小事故教育所有工作人员，及时修订安全措施及安全操作规程，对事故的直接责任者要进行严肃处理。

（7）制订应急预案　发生严重漏电、触电、漏水、塌方、煤气泄漏、火灾、爆炸等事故时，启动应急预案，及时处理重大安全事故。平时应对应急人员和预案进行演练，一旦发生重大安全事故，能够及时处理，确保工程顺利进行，尽量减少伤亡和损失。

3. 保证工期进度的基本要点

1）按工期总进度计划，详细排出每个分项工程的月进度、周进度、日进度，除不可抗拒的自然原因外，凡每日、每周未完成的工作量必须在第二天、第二周补齐，并分析原因、采取相应措施，保证月进度圆满完成，同时在以后的工作日/周内，保证完成工作量。

2）为了保证进度，严把材料、设备检验检测关，杜绝假冒伪劣产品进入安装工程。任何时候都不能因为材料设备质量问题影响工期。

3）为了保证进度，合理进行专业班组的建立，形成流水作业，一方面保证进度，另一方面又可保证质量。

4）合理增加作业班次、作业人数、作业机具设备，并统筹安排。

5）合理进行并行作业，增加开工面，只要具备开工条件，就安排班组进入现场。

6）应协调好班组间及与兄弟单位之间的关系，同心协力。同时做好后勤工作，安排好饮食住行，激发施工人员的积极性。

7）全力保证关键部位、关键路线、隐蔽工程、贵重设备的安装和试验，以免返工。如果返工既耽误工期，又影响进度。

8）工期很紧时，可进行交叉作业。交叉作业时必须做好施工方案，特别是安全条款必须明确责任、划清范围、协调沟通。

9）调整供应计划，畅通供应渠道，必要时紧缺物资应由三个渠道供应，确保供应渠道畅通。

10）选调精兵强将，合理调配劳力，强化项目班子建设。关键部位、关键路线、隐蔽工程、贵重设备、材料供应、设备到货、安全管理、班组人选、管理人员等必须由得力人选充当。同时在工程实施时及时发现问题，随时纠正，做到小事不过夜，大事不过周，并随时对不称职的人选进行调换。全体同心协力，确保工期。

4. 确保投资的基本要点

1）按工期总进度计划、月进度计划、周进度计划、日进度计划，详细排出设备材料供应计划和到货日期，杜绝二次搬运及二次供货。

2）做好设备材料供应工作，做到货比三家，询价到位，价格合理，质量优良，杜绝在材料设备供应上出现以次充好，以假混真，高估冒算，瞒天过海，收受回扣。做到货真价实，买卖公平。

3）精心细致编写并确定施工方案和工艺程序，一次安装调试成功，杜绝返工。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

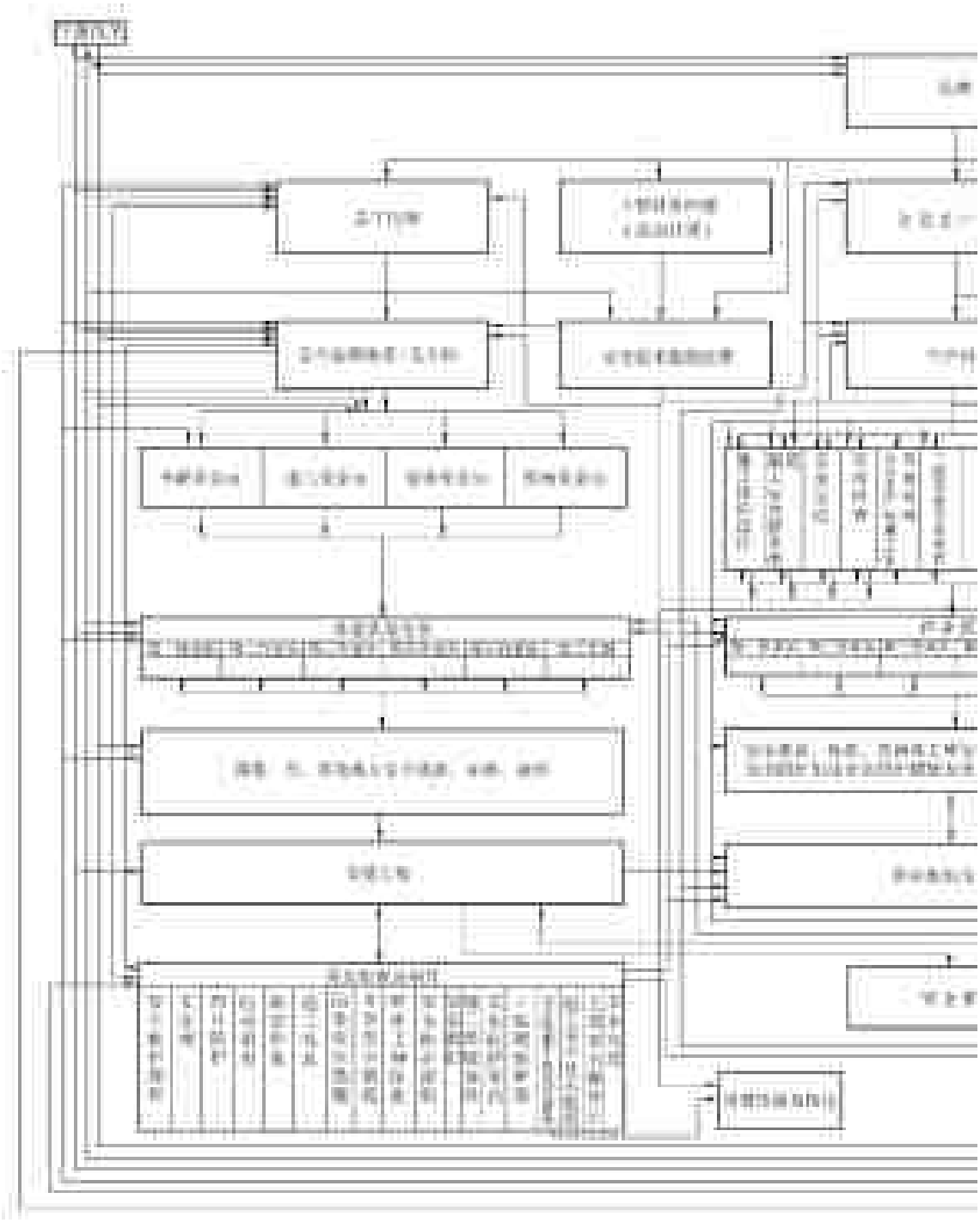
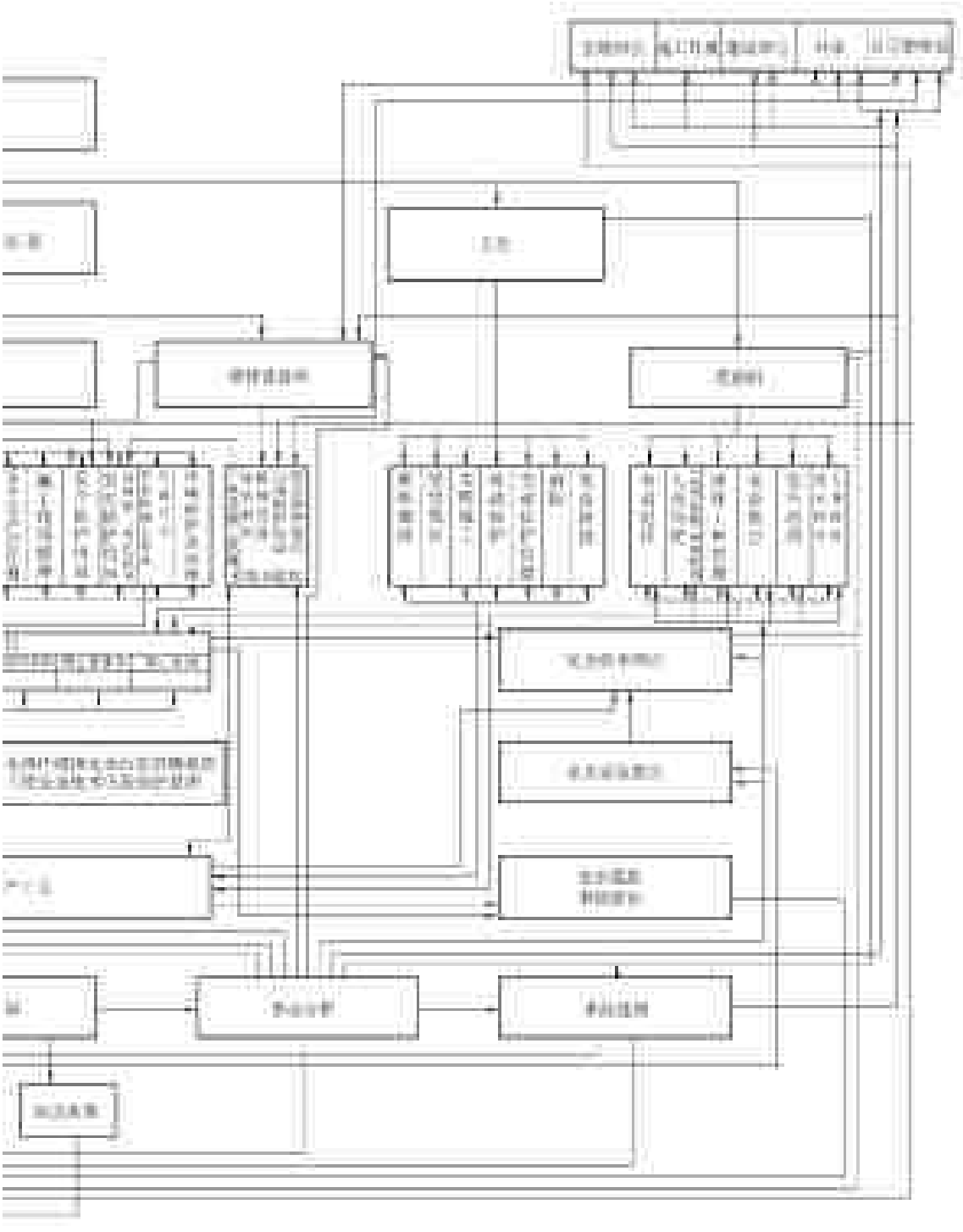


图 2-2　某单位安全

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



保证体系图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）在施工中，每个人要做到节约每一米导线、每一个螺栓、每一个垫片、每一团胶布和每一个工时，严禁大手大脚，杜绝铺张浪费。不得以任何形式或理由将施工材料、物资赠予他人或占为己有。严格管理制度和保卫制度，杜绝丢失，做好四防工作。工时的节约才是最大的节约。

5）做好现场物资管理工作，随时清理收回余料，及时收回工具，严格物资借用、发放、保管、维修制度。

6）选派认真负责、大公无私、经验丰富的物资管理人员管理物资，做到层层把关，人人负责。

7）教育现场施工人员，做到人人尽心尽责，事事节约为先。

8）开工前要精心策划投资方案，确定每个部分工程的工时和物资材料供应计划，同时在工程中按实际情况调整，松了的要减，宽了的要加，要让施工人员心服口服。

9）做好施工人员的后勤服务工作。

10）精选核算员、会计员、统计员、施工管理员，深入现场及时发现问题，及时纠正。

这里我们对保证电气工程安装质量、安全、进度和投资的手段和方法只进行一个简单的描述。实际上我们的管理者必须做好三项工作，一是有一个合理明朗的奖惩制度，奖惩必须让人心服口服；二是要有一个良好的用人制度，让每个人都能发挥出最大的潜力去真心实意的工作；三是要关注员工的生活、学习、休息、娱乐和个人发展，要让他们体会到在这里工作是一种幸福。只要做到了这三点，工程一定会质量优良、按期交验、安全可靠。

二、电气工程管理技术必备条件

（一）电气工程的设计及施工图

电气工程的设计必须由相应资质并由主管部门颁发相应等级设计许可证书的设计单位进行设计，特别是重点工程、大中型工程或对本地区有较大影响的工程，必须审核设计单位的资质证书，设计单位的设计人员资格必须符合资质证书等级的要求。

设计单位提供的施工图必须在中标后、开工前进行审核、提出会审意见备案。参加会审的应有设计单位、安装单位、监理单位、建设单位、供货单位，大型或国家重点工程必须由省部主管部门主管技术的人员参加。会审应对图中不妥、缺项、疑问等内容由设计单位做出反应，同时在施工中发现不妥而及时更正，确保施工图的正确、完善和可实施性。

（二）电气工程的施工组织设计

施工组织设计应在标书中的施工组织设计基础上细化，特别是施工工艺程序及施工方案（方法）、保证质量目标及措施、计划的技术措施、保证工期的安全目标及保证措施、环境目标及保证措施、工程预算及投资计划、机具计划和人力计划及管理措施、物资供应计划及物资管理、安装技术措施及技术交底、安全技术措施及技术交底、应急预案、施工管理组织及人员设置应具有可操作性，能真正指导施工。

施工组织设计实际就是一种安装工程的模拟演练，就是工程的管理组织者在开工前对整个工程进展的一种设想，并对主要工艺方法、质量保证、安全管理、环境保护、施工进度、投资经费及人员配置等做出预言，并在实际施工中得证实。

（三）电气工程的施工预算及承包合同价（中标价）

施工预算应在标书中的报价基础上细化，找出哪些部分高报了，哪些部分低报了，然后按照核实后的工程量详细计算，把施工预算定格在一个基数上。特别是关键设备及材料、贵

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

重设备及材料必须核实并经有实践经验的人审核后准确报价。工程量的核算同样必须经预算人员互核，然后确定预算额。在工程进行中，要及时将由于设计变更、建设单位增/减项及实际工程变化而变化了的工程量补充到预算中去，使工程预算能较准确地反映出整个工程的实际工程量。

施工预算是企业经济核算的基础，是亏盈的重要依据，企业必须加强预算人员能力素质的提高，确保企业利润的实现。

（四）施工材料清单计划

材料清单计划与施工预算是相辅相成的，也是成本核算的主要依据。材料清单计划应由材料人员按实际施工图、设计变更、增项等详细计算并按预算定额留有余量，然后由材料人员互核。同时，材料清单计划必须超前进度计划，紧缺材料须有三个进货渠道，以免延误工期。因此，编制材料清单计划时必须按进度计划确定到货日期。任何安装工程均不得因材料未到而停工待料，这将是一个重大的损失。

（五）施工机具计划

除定额中规定的机具以外，还有很多工程中常用的机具。因此，编制机具计划时必须考虑周全，一般应由项目经理主持。同样机具计划必须超前进度计划，另外编制机具计划的同时应有机具维护保养方面的管理制度。

（六）施工人力计划及技术力量的配备

人力计划和技术力量的配备是施工组织的中心议题，一些管理者或项目经理往往是由于用人不当或不会用人而导致了工程不同程度的受损，这个议题是每个管理者不容忽视的。

人力计划是按照工程量参照劳动定额编制的，为了节约成本，其原则是能用普工的而不用技工，能用低一级的技工而不用高一级的技工。人数的多少应按劳动定额计算，进行估算时应由有实践经验且多年从事该项工作的管理人员估算。

技术力量的配备是按工程及其设备安装的难易程度而定的，为了保证工程的质量、安全进度及投资，一般条件下应选高素质的技术人员参与工程。

（七）设备清单及到货计划

工程合同中应彻底分清哪些设备由建设单位供，哪些设备由安装单位供，以免互相扯皮推诿。哪方有困难时必须提前（紧缺设备应三个月）告知。设备的到货计划必须超前进度计划，给检测、试验留有充分的空间。其他与施工材料清单计划相同。

（八）质量计划

质量计划是按工程合同约定的质量目标或安装企业预想的质量目标制定的。质量计划的制订就是将这些质量目标逐步分解到分部、分项及单位工程中去，用分部工程的质量去保证分项工程的质量，用分项工程的质量保证单位工程的质量。这样在制定安装工艺程序的时候，就分部、分项工程要提出质量要求，并用专职质量检查员和制度来检查，保证分部、分项工程的质量。另外，还应对机具、人员技术素质、材料质量提出相应的要求，以保证质量目标的实现。质量是企业的生命之本，管理者必须将其列为工作的重中之重。

（九）环境管理方案

环境管理方案是按国家环保标准和当地环保部门对施工现场环境保护的要求制定的。环境管理方案主要是对施工现场易污染环境的油品、废料、污水（生活和生产）、有害气体、固体废弃物、噪声、灰尘、烟尘等进行治理和清除的办法和制度。环境保护问题往往被人忽

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

视，企业管理者和项目经理有义务宣传环境保护并加强这方面的治理，以保护环境。

（十）安全管理方案

安全管理方案是按建设部门安全条例和当地安全主管部门对施工现场安全生产的要求制定的。安全管理方案主要是对施工现场有碍安全生产的各种不安全因素进行提前防护，设置安全装置及设施，制定安全管理制度和相应的安全操作规程。施工现场不安全因素主要有高空坠落、物体打击、漏电触电、危险品、易燃易爆品、塌方、塌陷等。安全生产已被列入考核企业的主要指标。企业管理者和项目经理必须在这方面下大力气，增加投入，确保安全生产。

（十一）施工管理机构设置及技术人员的配备

一个好的项目班子，一个好的施工管理机构，再配备一个由技术过硬且实践经验丰富的技术人员组成的后盾，就已经决定了这项工程的前景是美好的。其中，人是起决定作用的因素。因此，在确定项目班子人选的时候，应选用那些对工作认真负责、兢兢业业，对技术精益求精、一丝不苟，对同志满腔热忱、关怀备至，有责任心、有事业心的人，并由其组织项目班子，设置管理机构，选用技术人员。这样就奠定了这项工程成功的基础。机构的设置，人员的配备要少而精，要一专多能。企业的管理者必须要学会用人，懂得怎样用人。知道什么人可用，什么人不可用，什么人可重用，什么人不可重用，并且要敢于用比自己能力高的人。同时要敢于给这些人发展的机会，提供发展的条件。

（十二）施工用的标准、规范及规程

项目经理及其技术人员应收集并熟悉该项工程所用到的国家、部委、省地相关安装、调试、安全、质量的标准、规范及规程，应将其重要条款宣贯到作业层，使现场人人的作业行为有约束、有标准、有规范，以确保工程的进展。

（十三）现场安装条件

开工前、开工后，项目经理及其技术人员必须熟悉现场的安装条件及变化情况，做到心中有数。现场条件主要有土建进度、道路、供电、供水、供气、空地、特殊环境、危险爆炸场所、地理气候环境、风土人情等，要按现场条件调整进度计划或作业方案等，做到千变万化全在心中，工程进度了如指掌，保证工程进度正常进行。

（十四）现场应急预案和参加保险

施工现场千变万化，随时都有发生意外的可能，一名优秀的项目经理或技术管理人员应该做到临危不惧。为了保证工程顺利进行，必须做到两点：一是要编制应急预案，二是要参加工程及施工保险。

应急预案主要是针对重大质量、安全、环境事故发生时临时应急的处理方案，不至于手忙脚乱，无所适从，而是有条不紊、有秩序、有方法地去处理，并等候救援人员的到来。

参加保险主要是对现场施工人员讲的，企业管理者和项目经理应积极为其投保，确保发生意外时将其损失降到最低。对于工程难度较大、危险系数或风险较大的工程，应考虑为整个工程施工投保。

（十五）沟通与策划

这个问题本应先讲，但是我们把它放到最后，目的是让读者详细了解安装工程的全部内容和过程后，再去沟通和策划，一定可以得心应手。

沟通的内容很多，有内有外，如兄弟单位、设计单位、建设单位、监理单位、上部主管

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

部门、当地政府及管理单位、当地农民、当地服务单位等。内部有上下沟通、班组沟通、专业沟通、工种与工种沟通等。沟通的目的是达到相互信任、相互理解、相互帮助，以利工程进展。

策划的内容更多，其实前面讲述的就是一项工程的总体策划，这些事情都想到了、做好了，并且是万无一失，那么工程也就万无一失了。

三、电气工程管理技术规程

1. 一般规定

1）电气工程施工现场的质量技术管理，除应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB 50300—2013）和电气装置安装工程施工验收规范的规定外，尚应符合下列规定：

① 安装电工、焊工、起重吊装工和电气调试人员等，按有关要求持证上岗。

② 安装和调试用各类计量器具，应检定合格，使用时在有效期内。

2）除设计要求外，承力建筑钢结构构件上，不得采用熔焊连接固定电气线路、设备和器具的支架、螺栓等部件；且严禁热加工开孔。

3）额定电压交流 1kV 及以下、直流 1.5kV 及以下的应为低压电器设备、器具和材料；额定电压大于交流 1kV、直流 1.5kV 的应为高压电器设备、器具和材料。

4）电气设备上计量仪表和与电气保护有关的仪表应检定合格，当投入试运行时，应在有效期内。

5）电气动力工程的空载试运行和电气照明工程的负荷试运行，应按规范规定执行；电气动力工程的负荷试运行，依据电气设备及相关设备的种类、特性，编制试运行方案或作业指导书，并应经施工单位审查批准、监理单位确认后执行。

6）动力和照明工程的漏电保护装置应做模拟动作试验。

7）接地（PE）或接零（PEN）支线必须单独与接地（PE）或接零（PEN）干线相连接，不得串联连接。

8）高压电气设备和布线系统及继电保护系统的交接试验，必须符合现行国家标准《电气装置安装工程　电气设备交接试验标准》（GB 50150—2006）的规定。

9）低压电气设备和布线系统的交接试验，应符合规范的规定。

10）送至建筑智能化工程变送器的电量信号精度等级应符合设计要求，状态信号应正确；接收建筑智能化工程的指令应使建筑电气工程的自动开关动作符合指令要求，且手动、自动切换功能正常。

2. 主要设备、材料、成品和半成品进场验收

1）主要设备、材料、成品和半成品进场检验结论应有记录，确认符合规范规定，才能在施工中应用。

2）因有异议送有资质试验室进行抽样检测，试验室应出具检测报告，确认符合规范和相关技术标准规定，才能在施工中应用。

3）依法定程序批准进入市场的新电气设备、器具和材料进场验收，除符合规范规定外，应有 3C 认证证书，尚应提供安装、使用、维修和试验要求、型式试验报告等技术文件。

4）进口电气设备、器具和材料进场验收，除符合规范规定外，尚应提供商检证明和中文的质量合格证明文件、规格、型号、性能检测报告以及中文的安装、使用、维修和试验要

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

求等技术文件。

5）经批准的免检产品或认定的名牌产品，当进场验收时，宜不做抽样检测。

6）变压器、箱式变电所、高压电器及电瓷制品应符合下列规定：

① 查验合格证和随带技术文件，变压器有出厂试验记录。

② 外观检查时，有铭牌，附件齐全，绝缘件无缺损、裂纹，充油部分不渗漏，充气高压设备气压指示正常，涂层完整。

7）高低压成套配电柜、蓄电池柜、不间断电源柜、控制柜（屏、台）及动力、照明配电箱（盘）应符合下列规定：

① 查验合格证和随带技术文件，实行生产许可证和安全认证制度的产品，有许可证编号和安全认证标志。不间断电源柜有出厂试验记录；技术文件包括型式试验报告。

② 外观检查时，有铭牌，柜内元器件无损坏丢失、接线无脱落脱焊，蓄电池柜内电池壳体无碎裂、漏液，充油、充气设备无泄漏，涂层完整，无明显碰撞凹陷。

8）柴油发电机组应符合下列规定：

① 依据装箱单，核对主机、附件、专用工具、备品备件和随带技术文件，查验合格证和出厂试运行记录，发电机及其控制柜有出厂试验记录和型式试验报告。

② 外观检查时，有铭牌，机身无缺件，涂层完整。

9）电动机、电加热器、电动执行机构和低压开关设备等应符合下列规定：

① 查验合格证和随带技术文件（包括型式试验报告），实行生产许可证和安全认证制度的产品，有许可证编号和安全认证标志。

② 外观检查时，有铭牌，附件齐全，电气接线端子完好，设备器件无缺损，涂层完整。

10）照明灯具及附件应符合下列规定：

① 查验合格证，新型气体放电灯具有随带技术文件。

② 外观检查时，灯具涂层完整，无损伤，附件齐全。防爆灯具铭牌上有防爆标志和防爆合格证号，普通灯具有安全认证标志。

③ 对成套灯具的绝缘电阻、内部接线等性能进行现场抽样检测。灯具的绝缘电阻值不小于2MΩ，内部接线为铜芯绝缘电线，芯线截面积不小于0.5mm^2，橡胶或聚氯乙烯（PVC）绝缘电线的绝缘层厚度不小于0.6mm。对游泳池和类似场所灯具（水下灯及防水灯具）的密闭和绝缘性能有异议时，按批抽样并送有资质的试验室检测。

11）开关、插座、接线盒和风扇及其附件应符合下列规定：

① 查验合格证，防爆产品有防爆标志和防爆合格证号，实行安全认证制度的产品有安全认证标志。

② 外观检查时，开关、插座的面板及接线盒盒体完整、无碎裂、零件齐全，风扇无损坏，涂层完整，调速器等附件适配。

③ 对开关、插座的电气和机械性能进行现场抽样检测。

a. 不同极性带电部件间的电气间隙和爬电距离不小于3mm。

b. 绝缘电阻值不小于5MΩ。

c. 用自攻锁紧螺钉或自切螺钉安装的，螺钉与软塑固定件旋合长度不小于8mm，软塑固定件在经受10次拧紧退出试验后，无松动或掉渣，螺钉及螺纹无损坏现象。

d. 金属间相旋合的螺钉螺母，拧紧后完全退出，反复5次仍能正常使用。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

④ 对开关、插座、接线盒及其面板等塑料绝缘材料阻燃性能有异议时，按批抽样并送有资质的试验室检测。

12）电线、电缆：

① 按批查验合格证，合格证有生产许可证编号，按《额定电压450/750V及以下聚氯乙烯绝缘电缆》标准生产的产品有安全认证标志。

② 外观检查时，应包装完好，抽检的电线绝缘层完整无损，厚度均匀。电缆无压扁、扭曲，铠装不松卷。耐热、阻燃的电线、电缆外护层有明显标识和制造厂标。

③ 按制造标准，现场抽样检测绝缘层厚度和圆形线芯的直径；线芯直径误差不大于标称直径的1%；常用的BV型绝缘电线的绝缘层厚度不小于表2-1的规定。

表2-1　常用的BV型绝缘电线的绝缘层厚度

序　　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
电线芯线标称截面积/mm^2	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400
绝缘层厚度规定值/mm	0.7	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.2	1.2	1.4	1.4	1.6	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6

④ 对电线、电缆绝缘性能、导电性能和阻燃性能有异议时，按批抽样送有资质的试验室检测。

13）线缆导管应符合下列规定：

① 按批查验合格证。

② 外观检查时，钢导管无压扁、内壁光滑。非镀锌钢导管无严重锈蚀，按制造标准油漆出厂的油漆完整；镀锌钢导管镀层覆盖完整、表面无锈斑；绝缘导管及配件不碎裂、表面有阻燃标记和制造厂标。

③ 按制造标准或产品出厂合格证现场抽样检测导管的管径、壁厚及均匀度。PVC管应使用中型及以上产品。对绝缘导管及配件的阻燃性能有异议时，按批抽样并送有资质的试验室检测。

14）型钢和电焊条应符合下列规定：

① 按批查验合格证和材质证明书；有异议时，按批抽样并送有资质的试验室检测。

② 外观检查时，型钢表面无严重锈蚀，无过度扭曲、弯折变形；电焊条包装完整，拆包抽检，焊条尾部无锈斑。

15）镀锌制品（支架、横担、接地极、避雷用型钢等）和外线金具应符合下列规定：

① 按批查验合格证或镀锌厂出具的镀锌质量证明书。

② 外观检查时，镀锌层覆盖完整、表面无锈斑，金具配件齐全，无砂眼。

③ 对镀锌质量有异议时，按批抽样并送有资质的试验室检测。

16）电缆桥架、线槽应符合下列规定：

① 查验合格证。

② 外观检查时，部件齐全，表面光滑、不变形；钢制桥架涂层完整，无锈蚀；玻璃钢制桥架色泽均匀，无破损碎裂；铝合金桥架涂层完整，无扭曲变形，不压扁，表面不划伤。

17）封闭母线、插接母线应符合下列规定：

① 查验合格证和随带安装技术文件。

② 外观检查时，防潮密封良好，各段编号标志清晰，附件齐全，外壳不变形，母线螺

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

栓搭接面平整、镀层覆盖完整、无起皮和麻面；插接母线上的静触头无缺损、表面光滑、镀层完整。

18）裸母线、裸导线应符合下列规定：

① 查验合格证。

② 外观检查时，包装完好，裸母线平直，表面无明显划痕，测量厚度和宽度符合制造标准；裸导线表面无明显损伤，无松股、扭折和断股（线），测量线径符合制造标准。

19）电缆头部件及接线端子应符合下列规定：

① 查验合格证。

② 外观检查时，部件齐全，表面无裂纹和气孔，随带的袋装涂料或填料不泄漏。

20）钢制灯柱应符合下列规定：

① 按批查验合格证。

② 外观检查时，涂层完整，根部接线盒盒盖紧固件和内置熔断器、开关等器件齐全，盒盖密封垫片完整。钢柱内设有专用接地螺栓，地脚螺孔位置按提供的附图尺寸，允许偏差为 ±2mm。

21）钢筋混凝土电杆和其他混凝土制品应符合下列规定：

① 按批查验合格证。

② 外观检查时，表面平整，无缺角露筋，每个制品表面有合格印记；钢筋混凝土电杆表面光滑，无纵向、横向裂纹，杆身平直，弯曲不大于杆长的 1/1000。

3. 工序交接确认和验证

1）架空线路及杆上电气设备安装应按以下程序进行：

① 线路方向和杆位及拉线坑位测量埋桩后，经检查确认，才能挖掘杆坑和拉线坑。

② 杆坑、拉线坑的深度和坑型，经检查确认，才能立杆和埋设拉线盘。

③ 杆上高压电气设备交接试验合格后，才能通电。

④ 架空线路做绝缘检查，且经单相冲击试验合格后，才能通电。

⑤ 架空线路的相位经检查确认后，才能与接户线连接。

2）变压器、箱式变电所安装应按以下程序进行：

① 变压器、箱式变电所的基础验收合格，且对埋入基础的电线导管、电缆导管和变压器进、出线预留孔及相关预埋件进行检查，才能安装变压器、箱式变电所。

② 杆上变压器的支架紧固检查后，才能吊装变压器且就位固定。

③ 变压器及接地装置交接试验合格后，才能通电。

3）成套配电柜、控制柜（屏、台）和动力、照明配电箱（盘）安装应按以下程序进行：

① 埋设的基础型钢和柜、屏、台下的电缆沟等相关建筑物检查合格，才能安装柜、屏、台。

② 室内外落地动力配电箱的基础验收合格，且对埋入基础的电线导管、电缆导管进行检查，才能安装箱体。

③ 墙上明装的动力、照明配电箱（盘）的预埋件（金属埋件、螺栓），在抹灰前预留和预埋；暗装的动力、照明配电箱的预留孔和动力、照明配线的线盒及电线导管等，经检查确认到位，才能安装配电箱（盘）。

④ 接地（PE）或接零（PEN）连接完成后，核对柜、屏、台、箱、盘内的元件规格、型号，且交接试验合格，才能投入试运行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）低压电动机、电加热器及电动执行机构应与机械设备完成连接，绝缘电阻测试合格，经手动操作符合工艺要求，才能接线。

5）柴油发电机组安装应按以下程序进行：

① 基础验收合格，才能安装机组。

② 地脚螺栓固定的机组经初平、螺栓孔灌浆、精平、紧固地脚螺栓、二次灌浆等机械安装程序；安放式的机组将底部垫平、垫实。

③ 油、气、水冷、风冷、烟气排放等系统和隔振防噪声设施安装完成；按设计要求配置的消防器材齐全到位；发电机静态试验、随机配电盘控制柜接线检查合格，才能空载试运行。

④ 发电机空载试运行和试验调整合格后，才能加上负载试运行。

⑤ 在规定时间内，连续无故障负载试运行合格，才能投入备用状态。

6）不间断电源按产品技术要求试验调整，应检查确认，才能接至馈电网路。

7）低压电气动力设备试验和试运行应按以下程序进行：

① 设备的可接近裸露导体接地（PE）或接零（PEN）连接完成，经检查合格后，才能进行试验。

② 动力成套配电（控制）柜、屏、台、箱、盘的交流工频耐压试验、保护装置的动作试验合格后，才能通电。

③ 控制回路模拟动作试验合格，盘车或手动操作，电气部分与机械部分的转动或动作协调一致，经检查确认，才能空载试运行。

8）裸母线、封闭母线、插接式母线安装应按以下程序进行：

① 变压器、高低压成套配电柜、穿墙套管及绝缘子等安装就位，经检查合格后，才能安装变压器和高低压成套配电柜的母线。

② 封闭、插接式母线安装，在结构封顶、室内底层地面施工完成或已确定地面标高、场地清理、层间距离复核后，才能确定支架设置位置。

③ 与封闭、插接式母线安装位置有关的管道、空调及建筑装修工程施工基本结束，确认扫尾施工不会影响已安装的母线，才能安装母线。

④ 封闭、插接式母线每段母线组对接续前，绝缘电阻测试合格，绝缘电阻值大于20MΩ，才能安装组对。

⑤ 母线支架和封闭、插接式母线的外壳接地（PE）或接零（PEN）连接完成，母线绝缘电阻测试和交流工频耐压试验合格后，才能通电。

9）电缆桥架安装和桥架内电缆敷设应按以下程序进行：

① 测量定位，安装桥架的支架，经检查确认后，才能安装桥架。

② 桥架安装检查合格后，才能敷设电缆。

③ 电缆敷设前绝缘测试合格后，才能敷设。

④ 电缆电气交接试验合格，且对接线去向、相位和防火隔堵措施等进行检查确认后，才能通电。

10）电缆在沟内、竖井内支架上敷设应按以下程序进行：

① 电缆沟、电缆竖井内的施工临时设施、模板及建筑废料等清除，测量定位后，才能安装支架。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 电缆沟、电缆竖井内支架安装及电缆导管敷设结束，接地（PE）或接零（PEN）连接完成，经检查确认后，才能敷设电缆。

③ 电缆敷设前绝缘测试合格，才能敷设。

④ 电缆交接试验合格，且对接线去向、相位和防火隔堵措施等进行检查确认后，才能通电。

11）电线导管、电缆导管和线槽敷设应按以下程序进行：

① 除埋入混凝土中的非镀锌钢导管外壁不做防腐处理外，其他场所的非镀锌钢导管内外壁均做防腐处理，经检查确认后，才能配管。

② 室外直埋导管的路径、沟槽深度、宽度及垫层处理经检查确认后，才能埋设导管。

③ 现浇混凝土板内配管在底层钢筋绑扎完成，上层钢筋未绑扎前敷设，且经检查确认后，才能绑扎上层钢筋和浇捣混凝土。

④ 现浇混凝土墙体内的钢筋网片绑扎完成，门、窗等位置已放线，经检查确认后，才能在墙体内配管。

⑤ 被隐蔽的接线盒和导管在隐蔽前检查合格，才能隐蔽。

⑥ 在梁、板、柱等部位明配管的导管套管、埋件、支架等检查合格后，才能配管。

⑦ 吊顶上的灯位及电气器具位置先放样，且与土建及各专业施工单位商定后，才能在吊顶内配管。

⑧ 顶棚和墙面的喷浆、油漆或壁纸等基本完成，才能敷设线槽、槽板。

12）电线、电缆穿管及线槽敷线应按以下程序进行：

① 接地（PE）或接零（PEN）及其他焊接施工完成，经检查确认，才能穿入电线或电缆以及线槽内敷线。

② 与导管连接的柜、屏、台、箱、盘安装完成，管内积水及杂物清理干净，并经检查确认后，才能穿入电线、电缆。

③ 电缆穿管前绝缘测试合格，才能穿入导管。

④ 电线、电缆交接试验合格，且对接线去向和相位等进行检查确认后，才能通电。

13）钢索配管的预埋件及预留孔，应预埋、预留完成；装修工程除地面外基本结束，才能吊装钢索及敷设线路。

14）电缆头制作和接线应按以下程序进行：

① 电缆连接位置、连接长度和绝缘测试经检查确认后，才能制作电缆头；电缆头制作后耐压试验必须合格，否则不得使用。

② 控制电缆绝缘电阻测试和校线合格后，才能接线。

③ 电线、电缆交接试验和相位核对合格后，才能接线。

15）照明灯具安装应按以下程序进行：

① 安装灯具的预埋螺栓、吊杆和吊顶上嵌入式灯具安装专用骨架等完成，并按设计要求做承载试验合格后，才能安装灯具。

② 影响灯具安装的模板、脚手架拆除；顶棚和墙面喷浆、油漆或壁纸等及地面清理工作基本完成后，才能安装灯具。

③ 导线绝缘测试合格后，才能进行灯具接线。

④ 高空安装的灯具，地面通断电试验合格后，才能安装。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

16）在进行照明开关、插座、风扇安装时，吊扇的吊钩应预埋完成，电线绝缘测试应合格，顶棚和墙面的喷浆、油漆或壁纸等应基本完成。

17）照明系统的测试和通电试运行应按以下程序进行：

① 电线绝缘电阻测试前电线的接续完成。

② 照明箱（盘）、灯具、开关、插座的绝缘电阻测试在就位前或接线前完成。

③ 备用电源或事故照明电源做空载自动投切试验前拆除负载，空载自动投切试验合格后，才能做有载自动投切试验。

④ 电气器具及线路绝缘电阻测试合格后，才能通电试验。

⑤ 照明全负荷试验必须在本条的①、②、④完成后进行。

18）接地装置安装应按以下程序进行：

① 建筑物基础接地体：底板钢筋敷设完成，按设计要求做接地施工，经检查确认后，才能支模或浇捣混凝土。

② 人工接地体：按设计要求位置开挖沟槽，经检查确认后，才能打入接地极和敷设地下接地干线。

③ 接地模块：按设计位置开挖模块坑，并将地下接地干线引到模块上，经检查确认后，才能相互焊接。

④ 装置隐蔽：检查验收且接地电阻合格后，才能覆土回填。

19）引下线安装应按以下程序进行：

① 利用建筑物柱内主筋作引下线，在柱内主筋绑扎后，按设计要求施工，经检查确认后，才能支模。

② 直接从基础接地体或人工接地体暗敷埋入粉刷层内的引下线，经检查确认不外露后，才能贴面砖或刷涂料等。

③ 直接从基础接地体或人工接地体引出明敷的引下线，先埋设或安装支架，经检查确认后，才能敷设引下线。

20）等电位联结应按以下程序进行：

① 总等电位联结：对可作导电接地体的金属管道入户处和供总等电位联结的接地干线的位置检查确认后，才能安装焊接总等电位联结端子板，按设计要求进行总等电位联结。

② 辅助等电位联结：对供辅助等电位联结的接地母线位置检查确认，才能安装焊接辅助等电位联结端子板，按设计要求进行辅助等电位联结。

③ 对特殊要求的建筑金属屏蔽网箱：网箱施工完成，经检查确认后，才能与接地线连接。

21）接闪器安装：接地装置和引下线应施工完成，才能安装接闪器，且与引下线连接。

22）防雷接地系统测试：接地装置施工完成测试接地电阻应合格；避雷接闪器安装完成，整个防雷接地系统连成回路，才能系统测试。

23）电动起重机械、电梯、特殊环境电气工程、弱电系统、自动化仪表、空调系统电气工程、制作加工等应按相应的标准规范进行，并参照前述内容做好程序交接和验证。

24）其他电气设备、装置或新产品，应按照以上条款进行测试和验证。

4. 安装过程检验与试验

（1）绝缘电阻测试　绝缘电阻测试包括各类电气设备装置、动力、照明、电缆线路及其他必须进行绝缘电阻测试的电气装置，绝缘电阻一般应测试三次，安装前、安装后、调试

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

前分别测一次。

安装过程的检验与试验，必须由具有相应资质的单位或个人进行，检验与试验必须有监理认可的记录。安装过程的检验、试验是电气工程中最重要的检验试验，一般可分为自检、互检、专检和监检。

（2）接地电阻测试　接地电阻测试包括电气设备、系统的防雷接地、保护接地、工作接地、防静电接地以及设计要求的接地电阻测试，检测工作必须在接地装置敷设完毕回填土之前进行，测试和回填必须由监理在场监督。

（3）电气设备、元件通电安全检查　电气设备、元件安装后应按层、按部位、按子系统进行通电全数检查，如开关控制相线，相线接螺口灯座的灯芯，插座左零右相上接保护零线，电气设备外壳接地（零），核对电源电压及相序等。

（4）电气设备空载试运行　成套配电（控制）柜、台、箱、盘通电试运行，电压、电流应正常，各种仪表指示应正常。

电动机及其拖动的设备应试通电空转，检查转向和机械转动有无异常情况，测试空转电流，以判定试运行是否正常，电动机空载试运行时要记录其电流、电压和温升以及噪声是否有异常撞击声响，空载试运行电动机一般为2h，记录空载电流，且检查机身和轴承的温升。变压器空载运行、检查温升、声响、电位、电压相序等应正常。

（5）照明通电试运行　公用照明系统通电连续试运行时间为24h，民用住宅照明系统通电连续试运行时间为8h，所有照明灯具均应开启，且每2h记录一次。

（6）大型照明灯具承载试验记录　大型灯具在预埋螺栓、吊钩、吊杆或吊顶上嵌入式安装专用骨架时，应全数按2倍于灯具的重量做承载试验。

（7）高压设备及电动机调整试验记录　应由有相应资格的单位进行试验并记录。

（8）漏电开关模拟试验　动力和照明工程的漏电保护装置应全数使用漏电开关检测仪做模拟动作试验，应符合设计要求的额定值。

（9）发电机组应试发电　电压、电流、频率、相序应正常。

（10）电能表检定记录　电能表在安装前送有相应检定资格的单位全数检定，应有由检定单位出具的法定记录。

（11）大容量电气线路节点测温记录　大容量（630A及以上）导线、母线连接处或开关，在设计计算负载运行情况下应做温度抽测记录，采用红外线遥测温度仪进行测量，温升值稳定且不大于设计值。

（12）避雷带支架拉力测试　避雷带支架应按照总数量的30%检测，10m之内测三点，不足10m的全部检测。检测时使用弹簧秤。

（13）架空线路试验　架空线路应有详细的安装和试验记录，应有绝缘电阻、耐压试验等。

（14）弱电系统自动化仪表、空调自控等调整试验　各系统应有详细的安装、调整、试验、投运记录。

（15）其他电气工程的记录等。

现场常用检验、试验工具及仪器见表2-2。

电气工程安装质量监控要点见表2-3。

电气装置安装工程质量检验及评定范围见表2-4。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 2-2　现场常用检验、试验工具及仪器

名　　称	规格/型号	名　　称	规格/型号
皮尺	100m	弹簧秤	10kg
钢卷尺	3m	漏电开关检测仪	5406A 型
千分尺	0.01mm	红外线测温仪	MT2
万用表	MF47	钳形电流表	UT205
绝缘电阻	ZC-7500V、1000V、5000V	水准仪	DS3
接地电阻测试仪	ZC-8	经纬仪	JDJ2E

表 2-3　电气工程安装质量监控要点

项　目	质量监控要点
施工准备阶段	（1）审查承建单位及其分包单位的资质证书、质量管理体系、现场管理制度、特殊工种人员资质证书、上岗证书，审查程序及要求按《从业资质验证实施细则》办理 （2）检查承建单位在施工中所使用施工机械的完好状态，计量器具的精密度和校验证件是否符合规定，审核计量管理制度 （3）协助承建单位对土建设施进行交底验收 （4）审查电气专业施工组织设计、施工方案、大件吊装方案、作业指导书以及各项施工文件，审查程序及要求按《施工指导文件审查实施细则》办理 （5）审核承建单位提交的单位工程/分部工程开工申请报告，检查施工准备情况，图样交付及会审情况、设备材料供应情况、施工指导文件编审情况、加工配制情况、劳动力和资金到位情况、热能供应、土建交底情况等开工条件 （6）审核专业（二级）施工进度网络图是否和一级网络图相一致，对其可实施性提出意见
开箱点件验证	验证以下设备开箱质量和装箱文件 （1）发电机定子的检验和复验 （2）发电机转子的检验和复验 （3）发电机附件的检验和复验 （4）主变、厂高变和起备变检验，特别是充氮气压真空记录，放残油试验 （5）SF_6 断路器检验，特别是充油充氮记录 （6）220kV 及以上断路器（GIS）检验 （7）电压互感器检验 （8）电流互感器检验 （9）避雷器检验 （10）盘、柜箱检验 （11）大型电动机检验 （12）直流设备检验 （13）事故保安电源设备检验
原材料、半成品、成品件审验	审验以下项目的生产许可证和质量证明材料，对新产品应检验鉴定资料和试验报告 （1）封闭母线外形及密封检验 （2）电缆桥架外形检验 （3）硬母线外观检验 （4）硬铜、铝矩（管）母线，电阻率检验 （5）绝缘油品质检验 （6）开关油品质检验 （7）蓄电池用浓硫酸品质检验 （8）蓄电池用蒸馏水品质检验 （9）SF_6 气体品质检验 （10）合金钢材料的检验和化验 （11）重要装置材料的检验和化验 （12）高压高温焊料检验 （13）设备二次灌浆（土建单位提供试块）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　目	质量监控要点
高压电器安装	高压电器装置主要包括交流500kV及以下室内、外空气断路器，油断路器，SF_6断路器，SF_6封闭式组合电器，真空断路器，断路器的操动机构，隔离开关，负荷开关及高压熔断器，电抗器，避雷器，电容器等装置。施工监理要点如下 （1）安装应固定牢靠，外表清洁完整，无渗漏；动作性能符合规定 （2）电气连接应可靠且接触良好 （3）断路器、开关等其操动机构的联动应无卡阻现象；分、合闸指示正确；辅助开关动作正确可靠。液压、空压系统应无渗漏，压力表指示正确 （4）断路器基础或支架安装允许偏差 1）基础的中心距离及高度的误差不应大于10mm 2）预留孔或预埋铁板中心线的误差不应大于10mm 3）预埋螺栓中心线的误差不应大于2mm （5）密度继电器的报警，闭锁定值应符合规定；电气回路传动正确 （6）SF_6气体压力、泄漏率和含水量应符合规定 （7）油断路器应无渗油，油位正常，真空断路器灭弧室的真空度应符合产品的技术规定 （8）接地必须良好且符合规定 （9）绝缘部件及瓷件应完整无损，表面清洁，油漆应完整，相色标志正确 （10）相关的交接验收试验项目完整，技术指标应符合设计规定，调整试验报告真实可靠
电力变压器、油浸电抗器安装	1. 设备外观检查 （1）油箱及所有附件应齐全、无锈蚀及机械损伤，密封良好 （2）油箱箱盖或钟罩法兰及封板的连接螺栓应齐全，紧固良好，无渗漏；浸入油中运输的附件，其油箱应无渗漏 （3）充油套管的油位应正常、无渗漏、瓷体无损伤 （4）充气运输的变压器、电抗器，油箱应为正压，其压力为0.01～0.03MPa （5）装有冲击记录仪的设备，应检查并记录设备在运输和装卸中的受冲击情况 2. 器身检查 器身检查是一项重要的工序和蔽遮工程，除施工单位外应有包括制造厂和业主单位的代表参加，并认真、及时地做好有关施工技术记录，对检查结果，各方认可后应及时签证。当满足下列条件之一时，可不进行器身检查 （1）制造厂规定可不进行器身检查，且合同中明确说明者 （2）容量为1000kVA以下、运输过程中无异常情况者 （3）就地生产仅作短途运输的变压器、电抗器，如果事先参加了制造厂器身总装，质量符合要求，而且在运输过程中进行了有效监督，无紧急制动、剧烈振动、冲撞或严重颠簸等异常情况者 3. 器身检查的主要项目和要求 （1）运输支撑和器身各部位应无移动现象，运输用的临时防护装置及临时支撑应予拆除，并经过清点做好记录以备检查 （2）所有螺栓应紧固，并有防松措施；绝缘螺栓应无损坏，防松绑扎应完好 （3）铁心检查 1）铁心应无变形，铁轭与夹件间的绝缘垫应良好 2）铁心应无多点接地

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　目	质量监控要点
电力变压器、油浸电抗器安装	3）铁心外引接地的变压器，拆开接地线后铁心对地绝缘应良好 4）打开夹件与铁轭接地片后，铁轭螺杆与铁心、铁轭与夹件、螺杆与夹件间的绝缘应良好 5）当铁轭采用钢带绑扎时，钢带对铁轭的绝缘应良好 6）打开铁心屏蔽接地引线，检查屏蔽绝缘应良好 7）打开夹件与线圈连接片的连接，检查紧固螺栓绝缘应良好 8）铁心拉板及铁轭拉带应紧固，绝缘应良好 （4）绕组检查 1）绕组绝缘层应完整，无缺损、变位现象 2）各绕组应排列整齐，间隙均匀，油路无堵塞 3）绕组的紧固螺栓应紧固，防松螺母应锁紧 （5）绝缘围屏绑扎牢固，围屏上所有线圈引出处的封闭应良好 （6）引出线绝缘绑扎牢固，无破损、拧弯现象；引出线绝缘距离应合格，牢固可靠 （7）无励磁调压切换装置各分接头与线圈的连接应紧固正确；各分接头应清洁，且接触紧密，弹力良好；所有接触到的部分，用0.05mm×10mm塞尺检查，应塞不进去；转动接点应正确地停留在各个位置上，且与指示器所指位置一致；切换装置的拉杆、分接头凸轮、小轴、销子等应完整无损；转动盘动作应灵活，密封良好 （8）有载调压切换装置的选择开关、范围开关应接触良好，分接引出线应连接正确、牢固，切换开关部分密封良好。必要时抽出切换开关芯子进行检查 （9）绝缘屏障应完好且固定牢固，无松动现象 （10）检查强油循环管路与下轭绝缘接口部位的密封情况 （11）检查各部位应无油泥、水滴和金属屑末等杂物 注意，变压器有围屏者，可不必解除围屏，本条中由于围屏遮蔽而不能检查的项目，可不予检查。铁心检查时，其中的3）～7）项无法拆开的可不测 4. 带电试运行前检查 （1）变压器、电抗器按交接验收的全部电气试验项目应合格；保护装置整定值符合规定并应投入；操作及联动试验正确；调整试验报告真实可靠 （2）接于中性点接地系统的变压器，进行冲击合闸时，其中性点必须接地 （3）储油柜、冷却装置、净油器等油系统上的油门均应打开，且指示正确 （4）接地引下线及其主接地网的连接应满足设计要求，且接地应可靠 （5）铁心和夹件的接地引出线套管应按要求接地，套管的接地小套管及电压抽取装置不用时其抽出端子均应接地；备用电流互感器二次端子应短接接地；套管顶部结构的接触及密封应良好 （6）本体、冷却装置及所有附件均应无缺陷，且不渗油 （7）基础及轮子的制动装置应牢固 （8）油漆应完整、相色标志正确，顶盖上无遗留杂物 （9）事故排油设施应完好，消防设施齐全 （10）测温装置指示应正确，整定值符合要求 （11）冷却装置试运行正常，联动正确；水冷却装置的油压应大于水压；强迫油循环的变压器、电抗器应起动全部冷却装置，进行循环4h以上，放完残留空气 （12）储油柜和充油套管的油位应正常 （13）分头的位置应符合运行要求；有载调压切换装置的远方操作动作应可靠，指示正确 （14）变压器的相位及绕组的接线组别应符合并列运行要求 （15）空载全电压冲击合闸，规定为五次应均无异常；第一次受电后持续时间不应少于10min，励磁涌流不应引起保护装置的误动作，并应对各部进行检查，如声音是否正常、各连接处有无放电等异常情况

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　目	质量监控要点
电力变压器、油浸电抗器安装	（16）变压器并列前，应注意先核对相位 （17）变压器、电抗器带电投入前，应有经批准的安全措施及调试和运行的操作细则 （18）第一次带电投入时，可全电压冲击合闸，如有条件时应从零起升压；冲击合闸时，变压器宜由高压侧投入；对发电机变压器组接线的变压器，当其间无操作断开点时，可不进行全电压冲击合闸
互感器安装	（1）互感器的电压比分接头的位置和极性应符合规定 （2）二次接线板应完整，引线端子应连接牢固，绝缘应良好，标志清晰 （3）具有吸湿器的互感器，其吸湿剂应干燥，油封油位正常 （4）互感器的呼吸孔的塞子带垫片时，应将垫片取下 （5）油位指示器、瓷套法兰连接处、放油阀均应无渗油现象 （6）隔膜式储油柜的隔膜和金属膨胀器应完整无损，顶盖螺栓紧固（产品出厂时已封好，不允许打开，注意保持铝封完好） （7）油浸式互感器应水平安装，排列应整齐，同一组的极性方向应一致 （8）具有等电位弹簧支点的母线贯穿式电流互感器，其所有弹簧支点应牢固，并与母线接触良好，母线应位于互感器中心 （9）零序电流互感器的安装，不应使构架或其他导磁体与互感器铁心直接接触，或与其构成分磁回路 （10）互感器需补油时，应按制造厂规定进行 （11）安装时应将出厂时加上的保护罩、附加的防爆膜及临时支撑拆除 （12）电容式互感器必须根据产品的组件编号安装，不得互换。各组件连接处的接触面，应除去氧化层，并涂以电力复合脂；阻尼器装于室外时，应有防雨措施 （13）具有均压环的互感器，均压环应安装牢固、水平、且方向正确。具有保护间隙的，应按制造厂规定调好距离 （14）互感器外壳、铁心引出接地端子等应按制造厂的规定接地良好 （15）交接验收电气试验项目齐全、合格、试验报告真实可靠
母线装置安装	1. 母线装置的开箱检查 母线装置多为易损的瓷件或易受腐蚀的非铁（有色）金属材料，开箱检查应按以下要求进行 （1）设备和器材包装及密封良好，开箱检查按装箱单中逐一检查、清点、验收，不得遗漏 （2）硬母线应平直、无变形、扭曲，外观光洁无裂纹、折皱。软母线不得有扭结、松股、断股、明显损伤及严重腐蚀等缺陷；扩径导线不得有明显凹陷和变形 （3）支持绝缘子和套管表面光滑无裂纹、破损，交流耐压试验合格 （4）金具表面光滑、无裂纹、伤痕、砂眼、锈蚀、滑扣等缺陷，镀锌层无脱落，规格应与设计图样相符、零配件配套应齐全 （5）成套供应的封闭母线各段标志清晰，附件齐全，外壳无变形，内部无损伤。母线搭接面平整，镀银层完好 2. 室内、外配电装置的安全净距离 室内、外配电装置的安全净距离应符合电气装置安装工程母线装置施工及验收规范的规定。在施工中，应对这些部位按规定进行核对，保证母线的安全距离符合要求，避免发生设备或人身事故 3. 交接验收电气试验项目齐全、合格，试验报告、真实可靠
电缆线路工程	1. 电缆架和电缆沟 （1）电缆架安装位置正确，平整牢固，连接可靠，间距均匀，排列整齐一致。镀锌层或油漆完整色泽均匀 （2）抽查测量托架及支吊架和桥架的垂直和水平偏差应在规范的规定范围内

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　目	质量监控要点
电缆线路工程	（3）电缆桥架跨越建筑物的沉降缝、伸缩缝处应有补偿装置 （4）金属桥架的连接处跨接地线可靠；金属桥架（托）架和支（吊）架的接地保护良好，与接地干线的连接符合规定 （5）电缆沟走向、深度、沟槽底宽符合要求，且沟内无杂物，无积水，盖板齐全；隧道内照明、通风排水等设施符合设计 2. 电缆敷设与接线 （1）按照设计图样检查电缆规格、型号、截面；电缆外观无机械损伤、绞扭、护层破裂现象 （2）电缆与热力管道、热力设备之间的净距应符合规定 （3）电缆与热管道（沟）、油管道（沟）、可燃气体及易燃液体管道（沟）、热力设备或其他管道（沟）净距应符合设计规定 （4）检查直埋电缆回填土的施工及验收记录，旁站回填土分层夯实电缆埋设深度应符合规定 （5）电缆终端、电缆接头及充油电缆的供油系统安装牢固，无渗漏现象；充油电缆的油压及表计整定值符合要求；电缆终端的相色正确；三芯电力电缆终端处的金属护层接地良好 （6）充油电缆及护层保护器的接地电阻符合要求 （7）防火封堵按设计规定设置 （8）防火阻燃措施符合设计要求，封堵严实可靠，无明显的裂缝或可见的孔隙；阻火墙的防火门严密，两侧电缆有防火包带或涂料 3. 电气试验项目齐全、合格，试验报告真实可靠
电气装置接地	（1）地下敷设的接地装置的埋设深度及间距应符合设计规定。当无规定时，埋设深度不宜小于0.6m。除接地体外接地体引出线的垂直部分和接地装置焊接部分应进行防腐处理；垂直地极间距不宜小于其长度的2倍；水平地极不宜小于5m。回填土内不应加有石块、垃圾及腐蚀物，应分层夯实 （2）接地极和接地线材质、规格等应符合设计要求 （3）接地网的外缘应闭合，外缘各角应成圆弧 （4）明装地线的支持件间距，水平直线部分为0.5～1m；垂直部分宜为1.5～3m；转弯部分宜为0.3～0.5m。接地线沿建筑物墙壁水平敷设时，离地面距离应为250～300mm；其间隙宜为10～15mm；当跨越建筑伸缩缝、沉降缝时，应弯成弧状作为补偿器 （5）接地体（线）的焊接应牢固无虚焊，焊接搭接长度及形式（扁钢与钢管、角钢的焊接）等均应符合规定 （6）施焊处应进行防腐处理 （7）各种电气设备，应分别按设计和产品的说明书要求可靠接地 （8）整个接地网外露部分的连接可靠，接地线规格正确，防腐层完好，标志齐全明显 （9）避雷针（带）的安装位置及高度符合设计要求 （10）供连接临时接地线用的连接板的数量和位置符合设计要求 （11）工频接地电阻值及设计要求的其他测试参数均应符合设计的规定，数据真实可靠。为确保测量值的正确性，雨后不应立即测量接地电阻
旋转电机安装及试运行	1. 设备开箱检查见证 设备和器材到达现场后，应在合同规定的期限内监理工程师会同建设单位、施工单位、制造厂代表共同检查。并做开箱检查记录 （1）设备包装及密封良好，在运输过程中无碰撞损坏现象 （2）设备的规格、型号应符合设计要求，附件、备件以及根据合同规定提供的专用工具齐全 （3）水内冷电机的定子、转子进出水管管口的密封完好 （4）汽轮发电机、调相机的铁心、转子等的表面及轴颈的保护层完整、无损伤和锈蚀现象 （5）充氮运输的电机，氮气压力符合产品的技术要求

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　目	质量监控要点
旋转电机安装及试运行	（6）产品的技术文件齐全，符合合同规定的要求 2. 旋转电机安装 （1）在进入发电机定子工作时，一定要严格检查着装，应保持清洁，严禁遗留金属物件；不得损伤绕组端部和铁心；不得碰伤定子绕组或铁心。穿转子时，要监督不得碰伤定子绕组或铁心 （2）线圈绝缘层完好，无伤痕，绑线牢靠；槽无断裂，不松动；引线焊接牢固；内部清洁，通风孔道无堵塞 （3）轴承工作面光滑清洁，无裂纹锈蚀，润滑油脂的型号、规格和数量符合要求；风扇叶片完好无裂纹 （4）电机的外壳接地必须可靠、良好；采用条形底座的电机应有两个及以上的接地点 （5）电刷和换向器或集电环接触良好，在刷握内能上下活动，电刷上的压力正常，引线和电刷连接紧密可靠 （6）绕线转子电动机的电刷抬起装置动作可靠；短路刀片接触良好，动作方向与标志一致 （7）电机电刷在运行时，无明显火花 （8）电机接线端子与导线端子连接紧密，不受外力；连接用的锁紧装置完整齐全 （9）电机接线盒内不同相的导线间和导线对地间的裸露部分的最小距离符合规定 （10）电机的接线应符合电机铭牌的要求 3. 电动机试运行 （1）监视电动机的温度。温度不应超过电动机铭牌上允许的限度 （2）监视电动机在运行中的声音、振动和气味。正常运行，声音均匀，运转平稳，无绝缘漆气味和焦臭味 （3）电动机的振动和电动机的轴窜动都应不超过规定 （4）监视轴承的工作情况。注意轴承的发热和声响情况，当使用温度计法测量时，滚动轴承发热温度不允许超过95℃，滑动轴承发热温度不允许超过80℃ （5）测量电动机运行时的振动情况，电动机双倍振幅值不应大于表2-5的要求 4. 交接验收电气试验项目齐全、合格，试验报告真实可靠
盘、柜及二次回路接线	1. 盘、柜的安装 （1）基础型钢安装牢固，顶部和侧面平直度每米偏差不超过1mm，全长偏差不超过5mm （2）盘、柜与基础型钢连接紧密，固定牢固，接地可靠 （3）盘、柜间接缝平整，使用塞尺检查接缝间距不超过2mm （4）盘、柜垂直度每米偏差不超过1.5mm （5）成排盘、柜顶平直度，相邻两盘、柜不超过2mm，盘、柜面平整度不超过1mm （6）盘、柜顶平直度和盘、柜面平整度，成排都不超过5mm （7）盘、柜面标志牌、标志框齐全、正确、清晰 （8）手车和抽屉式开关柜推拉灵活，无卡阻碰撞现象，动、静触头中心一致，接触紧密，二次回路切换触头和机械、电气闭锁动作准确、可靠 （9）接地触头接触良好，动作程序符合要求 （10）盘、柜油漆完整均匀，盘、柜清洁；照明装置齐全 2. 盘、柜内的设备及接线 （1）设备元件完整齐全、固定牢固，操作部分灵活、准确 （2）二次接线排列整齐美观，线路走向合理，接线准确，固定牢靠，导线与端子排的连接紧密，标志清晰、齐全 （3）盘柜接地及绝缘合格 3. 电气试验应合格，试验报告真实可靠

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　目	质量监控要点
低压电器安装	（1）安装方式符合产品技术文件的规定。安装牢靠、排列整齐；电器活动部件动作灵活、可靠；导电接触部分紧密良好，触头压力符合电器技术要求；操动机械动作灵活，触头动作一致，各联锁传动装置动作正确 （2）母线与电器连接时，接触面应符合设计要求，见表2-6和表2-7，连接处不同相的母线最小电气间距应符合表8-54和表8-55的要求 （3）电源进线和负荷出线的接线位置应符合规定 （4）连接处不同相的母线最小电气间距应符合要求 （5）低压断路器裸露在箱体外部且易触及的导线端子，应有绝缘保护 （6）接线应排列整齐、牢固、美观 （7）电器的接地、接零可靠；绝缘电阻符合要求 （8）标志齐全完好、字迹清晰，标识符合设计要求 （9）操作灵活可靠、无卡阻；电磁铁心吸合、释放正常，无异常声响；联锁传动装置的动作应准确无误 （10）线圈及接线端子的温度不超过规定允许值 （11）触头压力、接触电阻不超过规定值 （12）电气试验应合格，试验报告真实可靠

表2-4　电气装置安装工程质量检验及评定范围

工程编号			工程项目名称	性质	质检机构验评范围			
					施工单位			监理单位
单位工程	分部工程	分项工程			班组	施工队	项目部	
1			主变压器系统设备安装			✓	✓	✓
	1		主变压器安装			✓	✓	✓
		1	主变压器本体安装		✓	✓	✓	✓
		2	主变压器检查	主要	✓	✓	✓	✓
		3	主变压器附件安装		✓	✓	✓	✓
		4	主变压器注油及密封试验	主要	✓	✓	✓	✓
		5	主变压器整体检查	主要	✓	✓	✓	✓
	2		主变压器系统附属设备安装			✓	✓	✓
		1	中性点隔离开关安装		✓	✓		
		2	中性点电流互感器、避雷器安装		✓	✓		
		3	控制柜及端子箱检查安装		✓	✓		
		4	软母线安装		✓	✓		
	10		主变压器带电试运	主要		✓	✓	✓
2			主控及直流设备安装			✓	✓	✓
	1		主控室设备安装			✓	✓	✓
		1	控制及保护和自动化屏安装		✓	✓		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工程编号			工程项目名称	性质	质检机构验评范围			
					施工单位			监理单位
单位工程	分部工程	分项工程			班组	施工队	项目部	
		2	直流屏及充电设备安装		✓	✓		
		3	二次回路检查及接线		✓	✓		
	2		蓄电池组安装			✓	✓	✓
		1	蓄电池安装		✓	✓	✓	✓
		2	充放电及容量测定		✓	✓	✓	✓
3			×××kV 配电装置安装			✓	✓	✓
	1		主母线及旁路母线安装			✓	✓	✓
		1	绝缘子串安装		✓	✓		
		2	软母线安装		✓	✓	✓	✓
		3	支柱绝缘子安装		✓	✓		
		4	管形母线安装	主要	✓	✓	✓	✓
		5	接地开关安装		✓	✓		
	2		电压互感器及避雷器安装			✓	✓	✓
		1	避雷器安装		✓	✓		
		2	电压互感器安装		✓	✓		
		3	隔离开关及接地开关安装		✓	✓	✓	✓
		4	支柱绝缘子安装		✓	✓		
		5	引下线及跳线安装		✓	✓	✓	✓
		6	箱柜安装		✓	✓		
	3		进出线（母联、分段及旁路）间隔安装			✓	✓	✓
		1	隔离开关安装		✓	✓	✓	✓
		2	断路器安装	主要	✓	✓	✓	✓
		3	电流互感器安装		✓	✓		
		4	避雷器安装		✓	✓		
		5	穿墙套管安装		✓	✓		
		6	支柱绝缘子安装		✓	✓		
		7	引下线及跳线安装		✓	✓	✓	✓
		8	就地控制设备安装		✓	✓		
	4		铁构架及网门安装			✓	✓	✓
		1	铁构架及网门安装		✓	✓		
	10		×××kV 配电装置带电试运	主要		✓	✓	✓
4			×××kV 封闭式组合电器安装			✓	✓	✓
	1		封闭式组合电器检查安装			✓	✓	✓

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工程编号			工程项目名称	性质	质检机构验评范围			
					施工单位			监理单位
单位工程	分部工程	分项工程			班组	施工队	项目部	
		1	基础检查及设备支架安装		✓	✓		
		2	封闭式组合电器本体检查安装	主要	✓	✓	✓	✓
		3	电压互感器、避雷器安装	主要	✓	✓	✓	✓
	2		配套设备安装			✓	✓	✓
		1	电压（流）互感器安装		✓	✓		
		2	避雷器安装		✓	✓		
		3	软母线及引下线安装		✓	✓	✓	✓
	3		就地控制设备安装			✓	✓	✓
		1	控制柜及就地箱安装		✓	✓		
		2	二次回路检查及接线		✓	✓		
	10		×××kV 封闭式组合电器带电试运	主要		✓	✓	✓
5			××kV 及站用配电装置安装			✓	✓	✓
	1		工作变压器安装			✓	✓	✓
		1	变压器本体安装		✓	✓		
		2	变压器检查	主要	✓	✓	✓	✓
		3	变压器附件安装		✓	✓		
		4	变压器注油及密封试验	主要	✓	✓	✓	✓
		5	控制及端子箱安装		✓	✓		
		6	变压器整体检查	主要	✓	✓	✓	✓
	2		备用变压器安装			✓	✓	✓
		1	变压器本体安装			✓	✓	
		2	变压器检查	主要	✓	✓	✓	✓
		3	变压器附件安装		✓	✓		
		4	变压器注油及密封试验	主要	✓	✓	✓	✓
		5	控制及端子箱安装		✓	✓		
		6	变压器整体检查	主要	✓	✓	✓	✓
	3		××kV 配电柜安装			✓	✓	✓
		1	基础型钢安装		✓	✓		
		2	配电盘安装		✓	✓		
		3	母线安装	主要	✓	✓	✓	✓
		4	断路器检查	主要	✓	✓	✓	✓
		5	二次回路检查接线		✓	✓		
	4		站用低压配电装置安装		✓	✓	✓	✓

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工程编号			工程项目名称	性质	质检机构验评范围			
					施工单位			监理单位
单位工程	分部工程	分项工程			班组	施工队	项目部	
		1	低压变压器安装		✓	✓		
		2	低压盘安装		✓	✓	✓	✓
		3	母线安装		✓	✓	✓	✓
		4	二次回路检查接线		✓	✓		
	10		××kV 系统设备带电试运	主要		✓	✓	✓
6			无功补偿装置安装			✓	✓	✓
	1		电抗器安装			✓	✓	✓
		1	电抗器安装	主要	✓	✓	✓	✓
		2	引下线安装		✓	✓	✓	✓
	2		电容器间隔安装			✓	✓	✓
		1	电容器安装		✓	✓	✓	✓
		2	放电线圈安装		✓	✓	✓	✓
		3	引下线安装		✓	✓	✓	✓
	10		电容器组带电试运			✓	✓	✓
7			全站电缆施工			✓	✓	✓
	1		电缆管配制及敷设			✓	✓	✓
		1	电缆管配制及敷设		✓	✓		
	2		电缆架制作及安装			✓	✓	✓
		1	电缆架安装		✓	✓		
	3		电缆敷设			✓	✓	✓
		1	屋内电缆敷设		✓	✓		
		2	屋外电缆敷设		✓	✓		
	4		电力电缆终端及中间接头制作			✓	✓	✓
		1	电力电缆终端制作及安装		✓	✓		
		2	电力电缆接头制作及安装		✓	✓		
	5		控制电缆终端制作及安装			✓	✓	✓
		1	控制电缆终端制作及安装		✓	✓		
	6		35kV 及以上电缆线路施工			✓	✓	✓
		1	35kV 及以上电缆线路	主要	✓	✓	✓	✓
	7		电缆防火与阻燃			✓	✓	✓
		1	电缆防火与阻燃	主要	✓	✓	✓	✓
8			全站防雷及接地装置安装			✓	✓	✓
	1		避雷针及引下线安装			✓	✓	✓

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工程编号			工程项目名称	性质	质检机构验评范围			
					施工单位			监理单位
单位工程	分部工程	分项工程			班组	施工队	项目部	
		1	避雷针及引下线安装	主要	✓	✓	✓	✓
	2		接地装置安装			✓	✓	✓
		1	屋外接地装置安装	主要	✓	✓	✓	✓
		2	屋内接地装置安装	主要	✓	✓	✓	✓
9			全站电气照明装置安装			✓	✓	✓
	1		屋外开关站照明安装			✓	✓	✓
		1	管路敷设		✓	✓		
		2	管内配线及接线		✓	✓		
		3	照明配电箱（板）安装		✓	✓		
		4	照明灯具安装		✓	✓		
	10.1		屋外开关站照明回路通电检查	主要		✓	✓	✓
	2		屋外道路照明安装			✓	✓	✓
		1	电缆敷设接线		✓	✓		
		2	照明灯具安装		✓	✓		
	10.2		屋外道路照明回路通电检查	主要		✓	✓	✓
10			通信系统设备安装			✓	✓	✓
	1		通信系统一次设备安装			✓	✓	✓
		1	通信系统一次设备安装		✓	✓	✓	✓
	2		微波通信设备安装			✓	✓	✓
		1	微波天线安装		✓	✓	✓	✓
		2	微波馈线安装		✓	✓	✓	✓
		3	微波机、光端及设备安装		✓	✓	✓	✓
		4	程控交换机安装		✓	✓	✓	✓
	3		通信蓄电池安装			✓	✓	✓
		1	免维护蓄电池安装		✓	✓	✓	✓
		2	通信蓄电池充放电签证			✓	✓	✓
	4		通信系统接地			✓	✓	✓
		1	通信站防雷接地施工		✓	✓	✓	✓

表 2-5　电动机的振动标准

同步转速/（r/min）	3000	1500	1000	750 及以下
双振幅值/mm	0.05	0.085	0.10	0.12

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 2-6 矩形母线搭接要求

搭接形式	类别	序号	连接尺寸/mm			钻孔要求		螺栓规格
			b_1	b_2	a	ϕ/mm	个数	
	直线连接	1	125	125	b_1 或 b_2	21	4	M20
		2	100	100	b_1 或 b_2	17	4	M16
		3	80	80	b_1 或 b_2	13	4	M12
		4	63	63	b_1 或 b_2	11	4	M10
		5	50	50	b_1 或 b_2	9	4	M8
		6	45	45	b_1 或 b_2	9	4	M8
	直线连接	7	40	40	80	13	2	M12
		8	31.5	31.5	63	11	2	M10
		9	25	25	50	9	2	M8
	垂直连接	10	125	125		21	4	M20
		11	125	100～80		17	4	M16
		12	125	63		13	4	M12
		13	100	100～80		17	4	M16
		14	80	80～63		13	4	M12
		15	63	63～50		11	4	M10
		16	50	50		9	4	M8
		17	45	45		9	4	M8
	垂直连接	18	125	50～40		17	2	M16
		19	100	63～40		17	2	M16
		20	80	63～40		15	2	M14
		21	63	50～40		13	2	M12
		22	50	45～40		11	2	M10
		23	63	31.5～25		11	2	M10
		24	50	31.5～25		9	2	M8
	垂直连接	25	125	31.5～25	60	11	2	M10
		26	100	31.5～25	50	9	2	M8
		27	80	31.5～25	50	9	2	M8
	垂直连接	28	40	40～31.5		13	1	M12
		29	40	25		11	1	M10
		30	31.5	31.5～25		11	1	M10
		31	25	22		9	1	M8

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 2-7　钢制螺栓的紧固力矩值

螺栓规格/mm	力矩值/（N·m）	螺栓规格/mm	力矩值/（N·m）	螺栓规格/mm	力矩值/（N·m）
M8	8.8～10.8	M14	51.0～60.8	M20	156.9～196.2
M10	17.7～22.6	M16	78.5～98.1	M24	274.6～343.2
M12	31.4～39.2	M18	98.0～127.4		

四、电气工程管理技术规则

电气工程是一项复杂的系统工程，特别是工程项目较大时或者是新设备、新材料、新工艺、新技术在工程中应用较多时，更是体现出其复杂和难度。

为保证电气工程的施工安装质量、保证工期进度、保障安全生产、保障施工现场环境以及投入使用后的安全运行，从事电气工程工作的单位或个人必须遵守电气工程技术规则。

（一）工程管理

1）电气工程安装调试应按已批准的工程设计文件图样及产品技术文件安装施工。

2）电气工程安装调试的设计单位必须是取得国家建设或电力主管部门核发的相应资质的单位，无证设计或越级设计是违法行为。

3）电气或电力产品（设备、材料、附件等）的生产商必须是取得主管部门核发的生产制造许可证的单位，其产品应有型式试验报告或出厂检验试验报告、合格证、安装使用说明书，无证生产是违法行为。

4）承接电气工程安装调试的单位必须是取得国家建设主管部门或省级建设主管部门核发的相应资质的单位，无证施工或越级施工是违法行为。

5）承接电气工程安装调试的安装单位中标后应做好以下工作：

① 组织技术人员、施工人员审核图样，提出对图样的意见和建议，为会审图样做准备。

② 组织技术人员、管理人员、施工人员对图样中的设备、元件、材料进行核算，编制制作加工计划，提出意见和建议，为会审图样做准备。

③ 组织技术人员、施工人员、管理人员实地勘察施工现场，掌握施工条件，了解当地风情民俗、气候环境等，为会审图样和施工组织设计做准备。

④ 图样会审，向建设单位、设计单位提出安装单位的意见和建议，达成一致性的图样会审纪要，作为安装工程实施的重要依据。

⑤ 按会审后的图样和会审纪要组织工程预算人员和原材料供应部门的人员编制工程施工预算书和设备、材料供应计划，并提交企业主管部门、主管经理批准。

⑥ 与建设单位签订施工合同。

⑦ 编写施工组织设计，从人、机、料、法、环及标准规范出发详细编写，中心内容是施工安装工艺及质量标准、施工进度计划、机具计划、人力计划、投资计划、物资供应计划、安装技术及安全技术交底、现场管理机构设置和质量计划、安全管理方案、环境管理方案及其保证实施措施等。

⑧ 组织项目班子，建立管理体系，确定人员，组织施工队伍。进行人力资源分工并确定其职责，确定人选要基于能力，技术测试不是评出来的，也不是鉴定出来的，而是在实践中干出来、练出来的。安装人员、调试人员应分别具备相应的资格。

⑨ 施工准备时，进一步落实机具计划、人力计划、物资供应计划及施工现场设置和设施。组织全体施工人员学习施工组织设计、质量计划、安全方案、环境方案、标准规范及安

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

装技术，安全技术交底。

⑩ 配合土建工程施工预埋管路及铁件。

⑪ 按图样设计及要求、标准图册进行预制加工。

⑫ 开工前的组织协调及动员大会。

（二）工程实施及现场管理

1）项目经理、技术员、工长、班长要精读图样，掌握设计意图及工程的功能，确定安装调试工艺方法，特别是新设备、新材料、新工艺、新技术除图样上的内容外，要精读其产品安装使用说明书，并按其要求及标准确定安装调试工艺方法。

2）项目经理组织相关人员检查并落实施工组织设计中的各项条款和安全设施设置，没落实的要查明原因，敦促落实，定期检查。

3）项目经理要记录现场每天发生的各种事宜，特别是人员分工、进度、质量、安全、建设单位、设计单位、监理单位、上级主管部门以及与其上述几点相关的事宜。变更、追加应有监理（第三方）的认可文件。

4）设备、元件、材料进入现场的检验和试验是把好工程质量的第一道关口，要从以下四方面检验：

① 包装完整，密封件密封应良好。

② 开箱检查清点，规格应符合设计要求，附件、备件应齐全。

③ 产品的技术文件应齐全。

④ 外观检查应无损坏、变形、锈蚀。

同时进行测试和试验，杜绝假冒伪劣产品进入安装工程。

检验、试验和测试必须有监理（第三方）在场，检验、试验和测试的人员必须是有相应资格的人员。现场使用的检验、试验和测试的仪器、仪表、量具必须是在其检定周期内的合格品，且在使用前应进行检查。

检验、试验和测试应有详细记录，贵重、大型的设备应有生产商在场。

5）线缆敷设必须测试绝缘电阻，隐蔽部位和绝缘电阻的测试应有监理（第三方）的认可文件。

6）设备的安装及吊装（无论大小、无论价格高低）应遵守下列规定：

① 基础必须牢固，支持件或铁件应经拉力试验。基础应经监理验收，混凝土基础应有土建施工人员在场。

② 设备的吊装就位必须由起重工配合，特别是大件吊装就位应以有经验的起重工为主，电工配合。设备就位后经检测（水平、竖直、几何尺寸等）合格后方可紧固。

③ 设备就位后安装人员应进行测试或试验，正常后应进行机械传动或（和）通电（没条件的可通临时电，临时电的电压、频率等参数必须与设备铭牌标注相符）试验，结果应符合规范或设计、产品技术文件的规定或要求。

7）接线必须正确无误，并经非本人进行核对，接线必须牢固，电流较大的必须用塞尺检测或测试接触电阻。

8）接地及接地装置的设置，其隐蔽部分应经监理验收，接地电阻应符合规范要求。

9）加工制作的部件及电缆头制作在安装前必须进行检测和试验，并遵守上述规定。

10）上述4）~9）条的过程中安装人员、专职质检人员、监理人员必须进行过程的检测及

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

验收，凡不符合规范要求的要立即进行修复，严重不合格的要重新进行安装。过程检测包括：

① 班组自检。

② 班组互检。

③ 质检员专检。

④ 监理工程师监检。

过程检测是安装工程最重要的检测手段，必须有详尽记录和签证，作为验收的依据。

11）单体调整试验的要求如下：

① 单体调整试验应由调试人员进行，并出具调整试验报告。

② 单体调试包括设备、元件功能、性能、传动、通电、模拟动作试验，检查接线和单体功能调整试验。

③ 单体调整试验应有监理（第三方）在场签证。

12）系统调整试验的要求如下：

① 系统调整试验必须由调试人员进行，并出具调整试验报告，为竣工验收提供依据。

② 系统调整试验应先进行各个子系统功能、性能、传动、通电试验或模拟动作，然后再进行全系统的调整试验，均应符合设计及规范要求。

③ 系统调整试验应有监理（第三方）在场签证。

13）系统送电及试运行的要求如下：

① 系统送电及试运行必须在安装检测检验合格、单体及系统调整试验合格并有监理（第三方）签证的基础上进行。

② 系统送电及试运行应编制送电及试运行方案（包括应急预案），工程较大时文件应由上级主管部门批准。

③ 系统送电及试运行应按其工程大小级别邀请相应主管部门（供电、电信、消防、技术监督、生产商、建设主管部门等）的技术人员、管理人员、监检人员参加。

④ 系统送电及试运行应按子系统分别一一进行，每个子系统送电后应开动该子系统的全部设备（按正常的开车率，开车率由建设单位提供），并进行电流、电压、功能、转速等参数的测试应正常。

⑤ 每个子系统单一送电试运行正常后，即可将所有子系统全部送电投入运行，并进行系统和各个子系统的电流、电压、功能、转速等参数的测试，全系统应正常。

⑥ 系统送电试验时若子系统不合格应立即组织人员进行处理，直到合格并经送电和试运行检验。

⑦ 系统送电及试运行正常后应投入正式运行，至少应进行 72h 的运行，进而观测有无不妥，并将其移交建设单位。

14）竣工验收的要求如下：

① 实物验收：实物验收已在系统送电及试运行步骤中验收，建设单位应派人接收，建设单位暂时不能接收时，运行 72h 后应停运。

② 资料验收：安装单位应提供完整的安装调试及试运行记录，并有监理（第三方）签证。

15）总体要求：上述 4）～14）条均应按相应的国家标准和规范进行；新设备、新材料、新技术、新工艺暂无标准和规范时，应按产品安装使用说明书进行，必要时应组织厂商及专家和主管部门暂订标准规范。暂订标准规范应按一定的法定程序进行，并报上一级主管部门批准。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第三章　电气工程常用电气参数的计算

电气工程、自动化工程、弱电工程之所以有着无穷的魅力，除了它在国民经济、人民生活中具有重要的特殊的位置和作用外，更重要的是其本身要求从事电气工作的人员必须具备丰富的实践经验和高深的理论基础，才能胜任各类复杂的电气工作。实践已经证明，只具备实践经验或者只具备电工理论基础单一才能的人员是不会在电工事业上有太大发展的，同样实践也已经证明，电气工作人员首先是一名体力劳动者，同时又是一名脑力劳动者，只有这样，并且也只有这样才能担当起电气工程的重任。

电气工程常用计算方法的掌握在工程实践中有着非常重要的作用和意义，特别是在图样的审核、图样的设计、现场处理故障、解决技术难题时尤为重要。通过计算/核算可以清楚地掌握设计图样中各种设备、元件、材料的选择及其安全系数的选择，特别是有无错算、漏算的地方，这对工程的安全运行有着非常重要的意义。通过计算/核算，首先是在设计中对设备、元件、材料各种参数确定的尺度的确定，其次是为审图、设计变更提供有力的数据，最后是为安装、调试、运行、维护铺平道路、消除疑虑，大胆放心地去施工、去工作。

因此，电气工程常用计算方法及应用是从事电气工作的所有人员必须掌握的技术技能，而有的人往往会做出轻视理论计算、只重视工程实践技术技能的结论，也有的人会轻视工程实践技术技能，只重视电工理论及计算的结论，这都是错误的。这样做不仅会给工程带来难以估计的损失，也会限制个人的发展，这是每一个从事电气工作的人员必须引起高度重视的事情。

对于电气工程可将其一分为二，即理论知识和工程实践，每个人都可分析和了解自己的专长，是擅长基础理论，还是擅长工程实践，并在工作中能做到互补。而在工程中则必须将其合二为一，进而确保工程的质量，确保安全运行，这是每个电气工作人员必须尽到的责任。本章将详细介绍电工基础参数、电动机、变压器、电磁铁、电力负荷、电力系统短路电流、架空线路、直流电动机、电子电路的计算及其在工程实践中的应用为电气设备、元件、材料的核算及选择，为审图、设计、施工、调试提供有力的科学方法。

第一节　基础参数的计算

一、电阻 *R* 的计算

电阻是导体的固有性质，与导体的材质、几何形状有关。一般条件下，成线状的导体，其电阻除与材质有关外，还与导体的长度成正比，与导体的截面积成反比。也就是说，导线越长，其电阻越大，反之越小；导线越细，其电阻越大，反之越小。一般可用式（3-1）来表示，即

$$R = \rho \frac{l}{S} \tag{3-1}$$

式中　R——导线的电阻，单位为 Ω；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

ρ——导线材质的电阻率，单位为 $\Omega \cdot mm^2/m$；

l——导线的长度，单位为 m；

S——导线的截面积，单位为 mm^2。

这里列出常用导线的电阻率及平均电阻温度系数，见表 3-1。

表 3-1　常用导线的电阻率及平均电阻温度系数

材　料	电阻率 ρ_{20}/（$\Omega \cdot mm^2/m$）（20℃）	平均电阻温度系数 α/（1/℃）（0～100℃）
银	0.0162	0.0035
铜	0.0175	0.0041
铝	0.0285	0.0042
黄铜（铜锌合金）	0.02～0.06	0.002
铁（铸铁）	0.5	0.001
钨	0.0548	0.0052
铂	0.0266	0.00247
钢	0.13	0.00577
汞	0.048	0.00057
康铜	0.44	0.000005
锰铜	0.42	0.000005
镍铬合金	1.08	0.000013
铁铬铝合金	1.2	0.00008
碳	10.0	－0.0005

1. 电阻的单位

电阻的单位是欧姆（Ω），工程中则常用兆欧（MΩ）、千欧（kΩ）、欧姆（Ω）、毫欧（mΩ）来表示不同的电阻量。

（1）MΩ　常用来作为绝缘电阻的单位。因为绝缘电阻是表示绝缘材料及电气设备、线路在不同电压下绝缘强度的量，因此，这个量在一般条件下越大越好，这个量越大表示绝缘强度越强。例如，低压系统的绝缘电阻规定为不小于 0.5MΩ，10kV 系统的绝缘电阻规定为不小于 300MΩ，35kV 系统的绝缘电阻规定为不小于 500MΩ。所不同的是，绝缘电阻是用绝缘电阻表（习称兆欧表）测出来的。而在电子电路中，常用 MΩ 来作为较大电阻的计量单位。这些电阻可用来限流、分流、稳压及组成阻容耦合或产生不同的脉冲电路。

实际上，绝缘电阻表测出来的是漏电流（或绝缘电流），对绝缘材料及电气设备线路来说，这个漏电流越小越好。这个量与绝缘电阻成反比，因此，在绝缘电阻表内用比率计将其换算成了绝缘电阻值，用来衡量绝缘强度。

（2）kΩ　常用来作为电子电路中电阻的单位。电阻除限流、分流、稳压、阻容耦合外，还用来作为数字电路的元件，与其他元件组成不同功能的电路。

（3）Ω　常用来作为接地电阻的单位。接地电阻是表示接地装置（一般指打入地下的钢钎）与大地接触的电阻。这是一个很重要的量，关系到电气系统的安全运行及人身的安全。一般情况下，要求接地电阻越小越好，能安全迅速地将事故电流引到大地中，使故障点的电位为零。例如，变压器中性点的工作接地的接地电阻不大于 4Ω；重复接地工作零线的接地电阻不大于 4Ω；电气设备机架及外壳的保护接地的接地电阻不大于 4Ω；电子设备的接

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

地电阻不大于1Ω；防雷接地的接地电阻一般为不大于10Ω，最大不得大于30Ω；防静电接地的接地电阻一般为不大于100Ω。接地电阻是用接地电阻表（习称接地摇表）来测量的，有时也用电流表-电压表法。另外，在电气工程中及电子线路中，一般自动保护装置也常用Ω来衡量，如限流电阻、保护电阻等。有时Ω也常用来表示长导线的阻抗，见表3-2。

表3-2 LJ型铝绞线的主要技术数据

标称截面积/mm^2	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
50℃的电阻$\frac{R_0}{\Omega/km}$	2.07	1.33	0.96	0.66	0.48	0.36	0.28	0.23	0.18	0.14
线间几何均距/mm	线路电抗$\frac{X_0}{\Omega/km}$									
600	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.28
800	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30
1000	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.31
1250	0.41	0.40	0.39	0.37	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.33
1500	0.42	0.41	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.35	0.34	0.33
2000	0.44	0.43	0.41	0.40	0.40	0.39	0.37	0.37	0.36	0.35
室外气温25℃导线最高允许温度70℃时的允许载流量/A	105	135	170	215	265	325	375	440	500	610

（4）mΩ　常用来作为电气连接接触电阻的单位，如开关触头闭合的接触电阻、导线连接的接触电阻、线鼻子压接的接触电阻、导线与接线柱/螺栓压接的接触电阻等。接触电阻是一个很重要的量，关系到设备及线路的安全运行，要求越小越好。如果接触电阻较大，接点就会在运行中发热或把导线或设备端子烧坏，给运行带来很大的麻烦。因此，规定接触电阻应在0.01mΩ以下。接触电阻测量起来较麻烦，一般情况下应用电桥来测量，也可用电流表-电压表法。

变压器绕组、电动机的绕组、电磁铁的线圈一般在mΩ～Ω数量级之间，一般用电桥或精密数字万用表来测量。

（5）电阻的进位关系　进位关系如下：

1Ω（欧姆）＝1000mΩ（毫欧）

1kΩ（千欧）＝1000Ω（欧姆）

1MΩ（兆欧）＝1000000Ω（欧姆）

2. 电阻连接的计算及应用

（1）电阻的串联　见表3-3。

（2）电阻的并联　见表3-3。

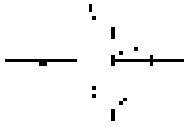
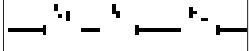
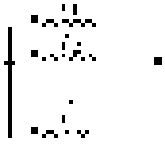
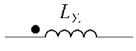
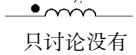
3. 电阻计算的应用

1）高压系统短路电流的计算，若为小截面架空线路或电缆线路时，通常要计算该线路的直流电阻，用截面积Ω/km乘以导线长度千米数即可。通过短路电流的计算，正确选用电气设备及材料，使其具有足够的动稳定性和热稳定性，以保证在发生最大短路电流时而不致损坏。同时选择切除短路故障的断路器或限制短路电流的电抗器或整定短路保护继电器。这样，在发生短路时，可自动切断短路电流或限制短路电流增加的速度或整定短路保护继电器动作，保护电气设备及线路。高压系统短路电流的计算在后边还要详细说明。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-3　电阻、电容、电感的连接

类型 / 元件	连接方式	图　　形	等效图形	基本计算公式	特性、用途及要求
电阻	并联			$\frac{1}{R_\Sigma}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\cdots+\frac{1}{R_n}$ $R_1=R_2=\cdots=R_n$ 时 $R_\Sigma=\frac{1}{n}R_1$	电阻越并越小，并且小于其中最小的阻值（因越并截面积越大） 并联电阻电路的电压相等 $U_{R_1}=U_{R_2}=\cdots=U_{R_n}$ 并联电阻电路有分流作用，总电流为各分路电流之和，即 $I_\Sigma=I_1+I_2+\cdots+I_n$ 一般的电器都是并联使用的，电器两端的电压与额定电压相等
	串联			$R_\Sigma=R_1+R_2+\cdots+R_n$ $R_1=R_2=\cdots=R_n$ 时 $R_\Sigma=nR_1$	电阻越串越大，且大于其中最大阻值（因越串越长） 串联电阻电路的电流相等 $I_{R_1}=I_{R_2}=\cdots=I_{R_n}$ 串联电阻电路有分压作用，总电压为各电阻上电压之和，即 $U_\Sigma=U_1+U_2+\cdots+U_n$ 常用于电子电路或分压电路
电容	并联			$C_\Sigma=C_1+C_2+\cdots+C_n$ $Z_\Sigma=Z_1+Z_2+\cdots+Z_n$ 当 $C_1=C_2=\cdots=C_n$ 时 $C_\Sigma=nC_1$，$Z_\Sigma=nZ_1$	电容越并越大，且大于其中最大电容值（因极板面积越并越大） 并联电容电路的电压相等 $U_1=U_2=\cdots=U_n$ $Z=X_C=\frac{1}{2\pi fC}$ 常用于功率因数补偿电路
	串联			$\frac{1}{C_\Sigma}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\cdots+\frac{1}{C_n}$ $\frac{1}{Z_\Sigma}=\frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_2}+\cdots+\frac{1}{Z_n}$ 当 $C_1=C_2=\cdots=C_n$ 时 $C_\Sigma=\frac{1}{n}C_1$，$Z_\Sigma=\frac{1}{n}Z_1$	电容越串越小，且小于最小电容值（因 d 越来越大） 串联电容电路的充电电流相等 $I_1=I_2=\cdots=I_n$ $Z=X_C=\frac{1}{2\pi fC}$ 常用于电子电路或分压电路中
电感	并联		 只讨论没有互感作用下的并联	$\frac{1}{L_\Sigma}=\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}+\cdots+\frac{1}{L_n}$ $\frac{1}{Z_\Sigma}=\frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_2}+\cdots+\frac{1}{Z_n}$ 当 $L_1=L_2=\cdots=L_n$ 时 $L_\Sigma=\frac{1}{n}L_1$，$Z_\Sigma=\frac{1}{n}Z_1$	电感越并越小，总阻抗也越来越小，$Z=X_L=2\pi fL$ 并联电感的电压相等 常用于电动机绕组的制作，连接时首尾必须正确
	串联		 只讨论没有互感作用下的串联	$I_\Sigma=L_1+L_2+\cdots+L_n$ $Z_\Sigma=Z_1+Z_2+\cdots+Z_n$ 当 $L_1=L_2=\cdots=L_n$ 时， $L_\Sigma=nL_1$，$Z_\Sigma=nZ_1$	电感越串越大，总阻抗也越来越大，$Z=X_L=2\pi fL$ 串联电感的电流相等 常用于电动机绕组的制作，连接时首尾必须正确

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）低压系统保护接零。为了线路上的保护装置能在漏电或短路时迅速切断电源，必须保证有足够大的单相短路电流。因此，相零回路的直流电阻必须限制在一定的范围之内，通常用单位长度的直流电阻 Ω/km 乘以导线长度即可。低压单相回路有时使用低压断路器或熔断器，该设备的动作电流必须满足单相短路电流。

3）电压表扩大量程要计算串联的电阻值，这也是万用表电压挡的分压测量原理。

如图 3-1 所示，电压表 V_1 可测量 U_1，其内阻为 r_1，内阻可以测出或由产品文件中查出，现在要测量 U_2，而且 $U_2 > U_1$，试计算串联电阻 R 的值。

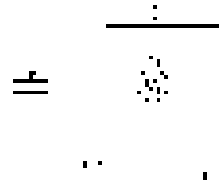


图 3-1 电压表扩大量程的计算

由图可知

$$U_2 = \frac{U_1}{r_1}R + \frac{U_1}{r_1}r_1$$

$$U_2 = \frac{U_1}{r_1}R + U_1$$

$$R = \frac{U_2 - U_1}{U_1}r_1 \tag{3-2}$$

这里用到了串联电阻分压和串联电路电流相等的规则。

4）电流表扩大量程要计算并联的电阻值，这也是万用表电流挡分流测量的原理。

如图 3-2 所示，电流表 A_1 可测出 I_1，其内阻为 r_1，现在要测量 I_2，而且 $I_2 > I_1$，试计算并联电阻 R 的值。

图 3-2 电流表扩大量程的计算

由图可知

$$I_1 r_1 = (I_2 - I_1)R$$

$$R = \frac{I_1}{I_2 - I_1}r_1 \tag{3-3}$$

这里用到了并联电阻分流和并联电路电压相等的规则。

5）电阻是随温度变化的量，一般条件下可忽略这个变化。但当需要时则要考虑由于温度变化而引起的电阻变化，通常用式（3-4）来表示，即

$$R_t = R_{20}[1 + \alpha(t - 20)] \tag{3-4}$$

式中 R_t——任意温度下导体的电阻，单位为 Ω；

R_{20}——20℃时导体的电阻，单位为 Ω；

α——电阻温度系数，见表 3-1；

t——任意温度，单位为℃。

6）电路中其他电阻的计算还很多，通常用欧姆定律的较多，如电子电路、电动机的起动电阻等，计算也较复杂。

二、电容 *C* 的计算

“电容”就是能把电荷存储起来的意思，将这种能够把电荷存储起来的装置叫做电容器。实际的电容器是被绝缘体分隔开的两个导体的总称，其中，导体叫做极板，中间的绝缘体叫做介质。电容是电容器固有的性质，与电容器的结构有关，而与所加的电压无关。一般条件下，电容器的电容与极板的面积成正比，与极板的间距成反比，并且与介质有关。也就是说，极板的面积越大，其电容值越大，反之越小；而极板的间距越小，其电容值越大，反

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

之越小。一般可用下式来表示，即

$$C = \varepsilon \frac{S}{d} \tag{3-5}$$

式中　C——电容，单位为 F；

S——极板面积，单位为 m^2；

d——极板间的距离，单位为 m；

ε——电容率，也称介电常数，与介质有关的量，常写成 $\varepsilon_0\varepsilon_r$ 的形式，ε_0 为真空电容率，ε_r 相对电容率，$\varepsilon_0 \approx 8.85 \times 10^{-12}$F/m，常用电介质的相对电容率 ε_r 见表 3-4。

表 3-4　常用电介质的相对电容率

材料	空气	六氟化硫	变压器油	硅油	瓷	环氧树脂	有机玻璃
ε_r	1.00058	1.002	2.3～2.5	2.6	5.5～6.5	3.8	3～3.6

1. 电容的单位

电容的单位是法拉（F），因为法拉这个单位很大，工程中常用微法（μF）、皮法（pF）来表示不同的电容量。定义极板电压为 1V，而存储的电荷为 1C 时，电容器的电容为 1F。

（1）μF　常用来作为电力补偿电容的单位，而在工程选用电力补偿电容时则是按式（3-6）来计算的，即

$$C = \frac{P \times 10^{-6}}{2\pi f U^2}(\tan\varphi_1 - \tan\varphi) \tag{3-6}$$

式中　C——补偿电容的电容量，单位为 μF；

P——系统的有功功率，单位为 W；

U——系统的电压，单位为 V；

f——电源的频率，单位为 Hz，一般为 50Hz；

φ_1——并联电容前的功率因数角；

φ——并联电容后的功率因数角。

其中，功率因数角是利用功率因数 $\cos\varphi$ 的反函数查出的。如 $\cos\varphi_1 = 0.85$，$\varphi_1 = \arccos(\cos\varphi_1) = 32°$；$\cos\varphi = 0.95$，$\varphi = \arccos(\cos\varphi) = 18°$。

μF 在电子电路也常用来作为较大电容的单位，如电解电容。

（2）pF　常用来作为电子电路中较小电容的单位，如旁路电容、耦合电容等。

（3）电容的进位关系　进位关系如下：

$$1\text{F（法拉）} = 10^6\,\mu\text{F（微法）}$$
$$1\,\mu\text{F（微法）} = 10^6\,\text{pF（皮法）}$$
$$1\text{F（法拉）} = 10^{12}\,\text{pF（皮法）}$$

2. 电容连接的计算及应用

（1）电容的串联　见表 3-3。

（2）电容的并联　见表 3-3。

3. 分布电容及计算

分布电容的形成较为复杂，我们常把高压带电体（线路或设备）与地之间形成的电容称为分布电容，分布电容是由于空气为绝缘材料而形成的。因此，可以用以下方法计算。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）单根架空输电导线对地电容（F）由式（3-7）计算，即

$$C = \frac{2\pi\varepsilon l}{\ln\left[\frac{h}{a} + \sqrt{\left(\frac{h}{a}\right)^2 - 1}\right]} \tag{3-7}$$

当 $h \gg a$ 时

$$C = \frac{2\pi\varepsilon l}{\ln\left(\frac{2h}{a}\right)} \tag{3-8}$$

式中 h——导线中心轴线与地面的距离，单位为 m；

a——导线的半径，单位为 m；

l——输电导线的长度，单位为 m；

ε——电容率，见表 3-4 和式（3-5）。

2）三相输电线路每相的电容（F）由式（3-9）计算，即

$$C = \frac{2\pi\varepsilon l}{\ln\left(\frac{d}{a}\right)} \tag{3-9}$$

式中 $d = \sqrt[3]{d_{12}d_{23}d_{31}}$，导线轴线间距的几何平均值，单位为 m。

3）这里将几种典型结构的电容计算公式列入表 3-5，供读者参考。

表 3-5 几种典型结构的电容计算公式

项　目	图　形	电　容 C	说　明
平板电容		$C = \frac{\varepsilon S}{d}$	S——极板面积，单位为 m^2 d——极板间的距离，单位为 m，且远小于 S 每边的尺寸
球形电容		$C = \frac{4\pi\varepsilon r_a r_b}{r_b - r_a}$ $r_b \to \infty$ 时，即为孤立导体球的电容 $C = 4\pi\varepsilon r_a$	r_a、r_b——内球外表面与外球内表面的半径，单位为 m
圆柱形电容		$C = \frac{2\pi\varepsilon l}{\ln\frac{r_b}{r_a}}$	l——电容器长度，单位为 m r_a、r_b——内柱外表面与外柱内表面的半径，单位为 m
两输电线间的电容（地面影响忽略不计）		$C = \frac{\pi\varepsilon l}{\ln\left[\frac{h}{a} + \sqrt{\left(\frac{h}{a}\right)^2 - 1}\right]}$ $a \ll h$ 时 $C = \frac{\pi\varepsilon l}{\ln\left(\frac{2h}{a}\right)}$	l——输电导线长度，单位为 m $2h$——导线中心轴线间的距离，单位为 m a——导线的半径，单位为 m

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	图　　形	电　容　C	说　　明
单根架空输电线的对地电容		$C=\dfrac{2\pi\varepsilon l}{\ln\left[\dfrac{h}{a}+\sqrt{\left(\dfrac{h}{a}\right)^2-1}\right]}$ $a\ll h$ 时 $C=\dfrac{2\pi\varepsilon l}{\ln\left(\dfrac{2h}{a}\right)}$	h——导线中心轴线与地面的距离，单位为 m a——导线的半径，单位为 m l——输电导线长度，单位为 m
三相输电线间的电容（地面影响忽略不计）		每相电容 $C_\phi=\dfrac{2\pi\varepsilon l}{\ln\left(\dfrac{d}{a}\right)}$	d——导线轴线间距离的几何平均值，单位为 m，$d=\sqrt[3]{d_{12}d_{23}d_{31}}$

三、电感 L 的计算

“电感”就是能把电感应出来的意思，将这种能够感应出电来的装置叫做电感器，简称电感。实际上电感器就是用导线绕制的线圈。电感是电感器的固有性质，它与线圈的匝数、几何形状及线圈内的材料有关，与所加的电压无关，但感应出来的电压则与电源有关。这里以长螺管线圈的电感公式为例，说明电感的特性，见式（3-10），即

$$L\approx\frac{\mu N^2\pi R^2}{l} \tag{3-10}$$

式中　μ——线圈内材料的磁导率，单位为 H/m；

N——线圈匝数；

R——螺线管的半径，单位为 m；

l——螺线管的长度，单位为 m；$l/R>40$。

常用材料的相对磁导率见表 3-6。

表 3-6　常用材料的相对磁导率

材　　料	相对磁导率（近似值）	材　　料	相对磁导率（近似值）
铝	略大于 1	镍	50～60
铋	略小于 1	坡莫合金	3000～30000
钴	60～70	银	略小于 1
铁氧体	100～3000	钢	300～600
自由空间	1	超坡莫合金	100000～1000000
铁	60～100	石蜡	略小于 1
提纯的铁	3000～8000	干木材	略小于 1

1. 电感的单位

电感的单位是亨利（H），工程中常用亨利（H）、毫亨（mH）、微亨（μH）来表示不同的电感量。我们定义，流过线圈的电流为 1A，线圈则产生 1Wb 磁通的变化，该线圈的电感为 1H。

（1）H　常用来作为大型线圈（如电力变压器、电动机、电抗器）电感的单位。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）mH 及 μH　常用来作为小型或微型线圈电感的单位，如电子电路或小型电子电路中的电源变压器等。

（3）电感的进位关系　进位关系如下：

1H（亨利）＝1000mH（毫亨）

1mH（毫亨）＝1000μH（微亨）

1H（亨利）＝1000000μH（微亨）

2. 电感连接的计算方法及应用

（1）电感的串联　见表 3-3。

（2）电感的并联　见表 3-3。

（3）典型结构的电感计算公式　见表 3-7。

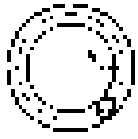
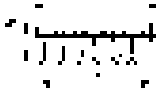
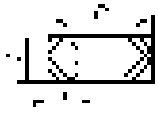
表 3-7　典型结构的电感计算公式

项　　目	图　　形	电　感　L	说　　明
圆截面直导线段的自感		$L=\frac{\mu_0 l}{2\pi}\left(\ln\frac{2l}{r_0}-0.75\right)$	$r_0 \ll l$
同轴电缆的电感		$L=\frac{\mu_0 l}{2\pi}\left(\frac{1}{4}+\ln\frac{r_2}{r_1}\right)$	l——电缆长度 电缆外层导体厚度忽略不计
两平行直导线段间的互感		$M=\frac{\mu_0 l}{2\pi}\left(\ln\frac{2l}{D}-1\right)$	导线半径$\ll D$ $D \ll l$
矩形线圈的自感		$L=\frac{\mu_0}{\pi}\left[a\ln\frac{2ab}{r_0(a+d)}+b\ln\frac{2ab}{r_0(b+d)}-2(a+b-d)\right]+\frac{\mu_0}{\pi}\left(\frac{a+b}{4}\right)$	r_0——圆形导线半径 $d=\sqrt{a^2+b^2}$ $r_0 \ll a$ $r_0 \ll b$
两对输电线间的互感		$M=\frac{\mu_0 l}{2\pi}\ln\frac{R_{12'}R_{1'2}}{R_{12}R_{1'2'}}$	l——输电线长度 导线半径$\ll$线间距离 线间距离$\ll l$
两线制输电线的电感		$L=\frac{\mu_0 l}{\pi}\left(\ln\frac{D}{R}+\frac{1}{4}\right)$	l——输电线长度 $R \ll D$ $D \ll l$
三线制输电线的电感		三线间距离不等时，一相等效电感 $L_\varphi=\frac{\mu_0 l}{2\pi}\left(\ln\frac{D'}{R}+\frac{1}{4}\right)$ 三线间距离相等时，一相等效电感 $L_\varphi=\frac{\mu_0 l}{2\pi}\left(\ln\frac{D}{R}+\frac{1}{4}\right)$	l——输电线长度，$R \ll D$ $D'=\sqrt[3]{D_{AB}D_{BC}D_{CA}}$　$D \ll l$ $D=D_{AB}=D_{BC}=D_{CA}$　$D \ll l$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	图　　形	电　感　L	说　　明
圆环的电感		$L=\mu_0 R\left(\ln\frac{8R}{a}-1.75\right)$	a——圆环截面的半径 $a\ll R$
长螺管线圈的自感		$L\approx\frac{\mu_0 N^2 A}{l}$	A——螺管线圈截面积 N——匝数 $l/R>40$
短螺管线圈的自感		$L=\frac{6.4\mu_0 N^2 D^2}{3.5D+8l}\cdot\frac{D-2.25d}{D}$	N——匝数

注：设导体与导体外面空间都是非铁磁媒质，故取其磁导率为μ_0。

小结：电阻、电容、电感是电工学中的三大元件，任何电路都可用其模拟出来。由于三大元件的特性不同，因此在电路中，对交流、直流的作用也不同。但是，对交流和直流来讲，电阻是耗能元件，电流流过后要做功；电容是储能元件，电流流过后要将电能存储起来，当条件满足时再释放出来；电感也是储能元件，电流流过后要将电能转变成磁能存储起来，当条件满足时再将磁能转变成电能释放出来。在今后的计算中要特别注意这几点。

四、阻抗 Z 的计算

阻抗是对交流电而言的。对直流电来讲，电阻阻碍电流流过，并符合欧姆定律；电容则不能使直流流过，有隔直的作用，只有在电路接通或断开的瞬间，才能通过一个尖峰电流；电感能使直流流过（对电流的阻碍作用也仅仅是线圈本身的电阻起作用），只有在电路接通或断开的瞬间才能起阻碍作用。也就是说，对直流电来讲，电容是断开的，电感是接通的。

1. 电阻对交流电的阻抗

电阻对交流电的阻抗就是电阻 R 本身，单位是欧姆（Ω），所不同的是流过电阻的电流（A）是随时间变化的量，符合正弦规律，可用式（3-11）来表示，即

$$i_R=\frac{U_m}{R}\sin(\omega t+\varphi) \tag{3-11}$$

式中　U_m——交流电的电压最大值，单位为 V，低压 220V 的最大值为 $220\sqrt{2}=310$V，380V 的最大值为 537V；

U_m/R——流过电阻的最大电流，单位为 A，$U_m/(R\times\sqrt{2})$ 是流过电阻的有效值，即实际电流。

式（3-11）说明流过电阻的电流与加在其两端的交流电同相。

2. 电容对交流电的阻抗

电容对交流电的阻抗叫做容抗（X_C），容抗是与交流电频率有关的一个量，可用式（3-12）来计算，即

$$X_C=\frac{1}{2\pi fC} \tag{3-12}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

式中 X_C——电容的容抗，单位为 Ω；

f——交流电的频率，单位为 Hz，一般为 50Hz；

C——电容，单位为 F。

流过电容的电流(A)可用式（3-13）来表示，即

$$i_C = \frac{U_m}{X_C}\sin\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) \tag{3-13}$$

式中 U_m/X_C——流过电容的最大电流，单位为 A，$U_m/(X_C \times \sqrt{2})$ 是有效值；

$\pi/2$——电容电流超前电压 90°，即 0.005s。

3. 电感对交流电的阻抗

电感对交流电的阻抗叫做感抗（X_L），感抗是与交流电频率有关的一个量，可用式（3-14）来计算，即

$$X_L = 2\pi fL \tag{3-14}$$

式中 X_L——电感的感抗，单位为 Ω；

f——交流电的频率，单位为 Hz，一般为 50Hz；

L——电感，单位为 H。

流过电感的电流（A）可用式（3-15）来表示，即

$$i_L = \frac{U_m}{X_L}\sin\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right) \tag{3-15}$$

式中 U_m/X_L——流过电感的最大电流，$U_m/(X_L \times \sqrt{2})$ 是有效值；

$\pi/2$——电感电流滞后电压 90°，即 0.005s。

交流电流对 R、L、C 的作用及计算见表 3-8。

表 3-8 交流电流对 R、L、C 的作用及计算

元件	简图	相量图	相位	相位的含义	功率及单位	阻抗 Z
R		$\dot{I}_R$ $\dot{U}_R$	电流电压同相	电流和电压是同时到达的，因此相位是一致的	P_R 有功功率 千瓦（kW） 瓦（W）	电阻 R $R = \rho\frac{l}{S}$
L			电流滞后电压 90°	电流和电压不是同时到达的，电流到达的时间比电压滞后 90°，即 0.02/4 = 0.005s，即先有电压后有电流	Q_L 无功功率 千乏（kvar） 乏（var）	感抗 X_L $X_L = 2\pi fL$
C			电流超前电压 90°	电流和电压不是同时到达的，电流到达的时间比电压超前 90°，即 0.02/4 = 0.005s，也就是先有电流，后有电压	Q_C 无功功率 千乏（kvar） 乏（var）	容抗 X_C $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$

4. R、L 串联对交流电的阻抗

R、L 串联后对交流电流的阻抗是一个复数，可用 $a + jb$ 的形式来表示，见式（3-16），

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

也可用式（3-17）来计算，即 R、L 串联的复数为

$$R + jX_L \tag{3-16}$$

$$Z_{R+L} = \sqrt{R^2 + X_L^2} \tag{3-17}$$

而 R、C 串联后的复数为 $R - jX_C$（Ω），这里要注意，jX_C 前面的是负号，是表示流过 C 的电流是超前的，这与 jX_L 不同。

1）从式（3-16）可以看出 R、L 串联后阻抗是一个矢量，这个矢量是由 R 和 X_L 组成的直角三角形的斜边，斜边与直角边的夹角 φ_{RL} 叫做移相角，其大小可用式（3-18）来确定，即

$$\varphi_{RL} = \arctan\frac{X_L}{R} \tag{3-18}$$

同时，我们定义 φ 为交流电路的功率因数角，这是一个很重要的量，功率因数用 $\cos\varphi$ 来表示。

2）从式（3-17）可以看出 R、L 串联后阻抗值是一个矢量和，可用图 3-3 来说明。

3）流过 R、L 串联后的电流可用式（3-19）来表示，即

$$i_{R+L} = \frac{U_m}{Z_{R+L}}\sin(\omega t + \varphi - \varphi_{RL}) \tag{3-19}$$

式中　U_m/Z_{R+L}——流过 $R+L$ 的最大电流，$U_m/(Z_{R+L}\times\sqrt{2})$ 为有效值；

φ_{RL}——移相角或功率因数角，表示电流滞后电压的角度数。

由式（3-19）可以看出电流滞后电压小于 90°，可与式（3-15）来比较，如 R 远小于 X_L，电流滞后接近 90°；当 R 相对增大，滞后角度减小；当 R 远大于 X_L 时，电流滞后则很小而接近于零。

4）R、L 串联电路模拟了变压器、电动机的绕组结构，其中 L 为绕组的电感，R 为绕组的直流电阻，在制造变压器、电动机的时候，尽量地使其 L 大一点，以便使更多的磁能转变成电能或机械能，而使 R 尽量小一点，以减小其热量的产生，以提高效率。一般情况下，把 R 放出的热量叫做铜损，这也是变压器、电动机在运行中发热的原因，也是寻求变压器、电动机结构更新改造的唯一出路，当 R 很小很小但不能是零的时候，正是效率最大的时候。

5. R、L 串联又并联电容（$R+L$）∥C 后对交流电的阻抗

（$R+L$）∥C 后的阻抗计算较为复杂，通常都采用复数的计算方法。举例如图 3-4 所示，若 $R=3\Omega$，$L=4\text{mH}$，$C=200\mu\text{F}$，$u=100\sqrt{2}\cos1000t$（这里设 $\omega t=1000t$ 完全是为了计算方便），$\omega=1000$，$2\pi f=1000$，$f=500/\pi$，这与市电 $f=50\text{Hz}$ 是不同的，计算时要注意。则

$$\begin{aligned} Z_1 &= (3 + j10^3\times4\times10^{-3})\ \Omega \\ &= (3+j4)\ \Omega = 5\angle53.1^\circ\Omega \end{aligned}$$

$$Z_2 = -j\frac{10^6}{10^3\times200}\Omega = j\frac{10^3}{200}\Omega = -j5\Omega$$

$$\begin{aligned} Z &= \frac{Z_1Z_2}{Z_1+Z_2} = \frac{5\angle53.1^\circ\times5\angle-90^\circ}{3+j4-j5}\Omega \\ &= \frac{25\angle-36.9^\circ}{3.15\angle-18.4^\circ}\Omega \\ &= 7.94\angle-18.5^\circ\Omega = (7.52-j2.5)\ \Omega \end{aligned}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

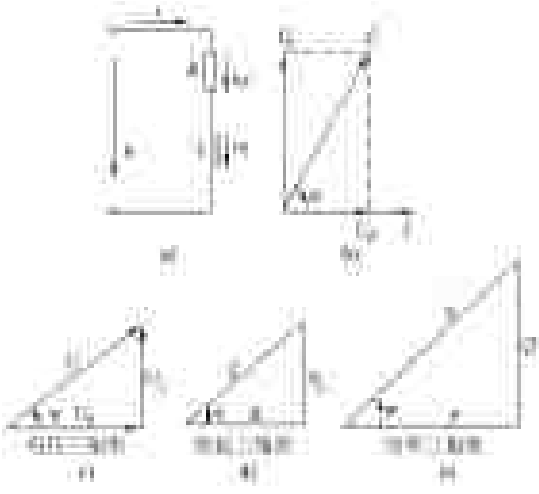


图 3-3 R、L 串联电路及参数关系

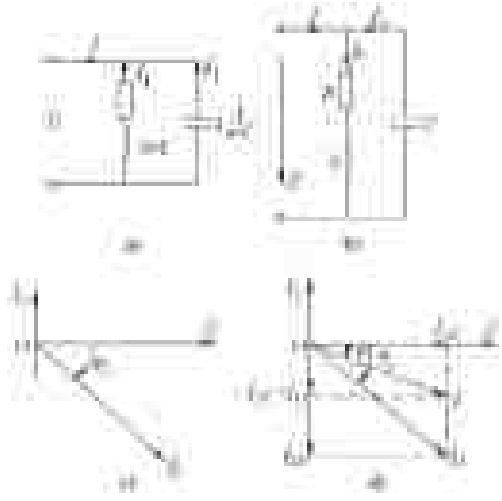


图 3-4 $(R+L)/\!/C$ 电路及参数关系

1）对 $R+L$ 分路来讲，设 $u=100\sqrt{2}\cos 1000t$

$$\dot{I}_1=\dot{U}/Z_1=100\sqrt{2}\angle 0°/5\angle 53.1°\text{A}=20\sqrt{2}\angle -53.1°\text{A}$$

$$i_1=20\sqrt{2}\cos(1000t-53.1°)\ \text{A}$$

i_1 是一个滞后的电流，功率因数 $\cos\varphi=\cos\left(\arctan\dfrac{4}{3}\right)=\cos 53.1°=0.60$。

2）对 C 分路来讲，同样 $u=100\sqrt{2}\cos 1000t$

$$\dot{I}_2=\dot{U}/Z_2=100\sqrt{2}\angle 0°/5\angle -90°\text{A}=20\sqrt{2}\angle 90°\text{A}$$

$$i_2=20\sqrt{2}\cos(1000t+90°)\ \text{A}$$

i_2 是一个超前的电流，这个电流与 i_2 合成为 i，同时又补偿了 i 中相位滞后的电流。

3）电流 i 有两种方法计算：

① $\dot{I}=\dot{U}/Z=100\sqrt{2}\angle 0°/7.94\angle -18.5°\text{A}=12.6\sqrt{2}\angle 18.5°\text{A}$

② $\dot{I}=\dot{I}_1+\dot{I}_2=(20\sqrt{2}\angle -53.1°+20\sqrt{2}\angle 90°)\ \text{A}$

$=(12\sqrt{2}-\text{j}16\sqrt{2}+\text{j}20\sqrt{2}=12\sqrt{2}+\text{j}4\sqrt{2})\ \text{A}$

$=12.6\sqrt{2}\angle 18.5°\text{A}$

$i=12.6\sqrt{2}\cos(1000t+18.5°)\ \text{A}$，这是一个超前 i_L 的电流，图 3-4 中 $\dot{I}$ 超前 $\dot{I}_L$。

4）从上述计算可以看出，流过 $R+L$ 的电流有效值是 $20\sqrt{2}/\sqrt{2}\text{A}=20\text{A}$，而并联电容后流过 $(R+L)/\!/C$ 的电流有效值是 $12.6\sqrt{2}/\sqrt{2}\text{A}=12.6\text{A}$，电流没有增大，反而减小了，这就是并联电容的结果，起到了补偿的作用。

这里再计算一下 $(R+L)/\!/C$ 电路的功率因数，$\cos\varphi=\cos\left(\arctan\dfrac{2.5}{7.52}\right)=\cos 18.5°=0.9$。

同时，可以看到 $i_1=20\sqrt{2}\cos(1000t-53.1°)$、$i=12.6\sqrt{2}\cos(1000t+18.5°)$ 中的 53.1°和 18.5°正是功率因数角，并联电容后不但减小了总电流，也提高了电路的功率因数，这正是交流电路中并联电容的意义。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

五、电动势 E/电压 U 的计算

电压是电源固有的能输出电流的能力、它是由电源的结构决定的。定义电源空载时输出端的电位差叫做电动势 E，把输出端引出线路上的电位差叫做电压 U。

1. 法拉第定律

$$E = Blv\sin\alpha \tag{3-20}$$

式中　E——导线切割磁力线时两端产生的电动势，单位为 V；

B——磁感应强度，单位为 T、Wb/m^2 或 $V \cdot s/m^2$；

l——导线在磁场中切割磁力线的长度，单位为 m；

v——导线在磁场中运动的速度，单位为 m/s；

α——导线运动方向与磁力线的夹角，单位为（°）。

法拉第定律也可用式（3-21）来表示，即

$$E = \frac{d\Phi}{dt} \tag{3-21}$$

式中　$d\Phi/dt$——磁通的变化率；

d——微分的符号；

Φ——磁通，单位为 Wb 或 V · s；

t——时间，单位为 s。

2. 实用公式

$$U = 4.44fBSN \tag{3-22}$$

式中　U——线圈的电压，单位为 V；

f——电源频率，单位为 Hz（50Hz）；

B——铁心磁感应强度，单位为 T、Wb/m^2、$V \cdot s/m^2$，可取 1.2 ~ 1.4T；

S——铁心的截面积，单位为 m^2；

N——绕组/线圈的匝数。

式（3-22）是一个很有用的公式，变压器、电动机、电磁铁的计算都要用到它，只要能查到设备的 B、S、N，就可方便地计算出电压 U。同样，知道了 U，还可以算出 N（匝），即

$$N = U/(4.44fBS) \tag{3-23}$$

六、电流 I 的计算

电流的计算最常用到的就是欧姆定律，在阻抗的计算中已经用到了它，可用式（3-24）表示，即

$$I = U/Z \tag{3-24}$$

式中　I——流过导体或设备的电流，单位为 A；

U——加在导体两端或电气设备输入端的电压，单位为 V；

Z——导体或设备的阻抗，单位为 Ω。

同时欧姆定律还可以写成下列形式，即

$$U = IZ \tag{3-25}$$

$$Z = U/I \tag{3-26}$$

1. 应用欧姆定律时的注意事项

1）对于直流电路来讲，只有线路或元件的电阻 R，而没有电抗 X，因此，欧姆定律应

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

写成式（3-27）的形式，即

$$I = U/R \tag{3-27}$$

其中，R 包括电源本身的内阻 r，精确计算应考虑内阻 r；当电源直接接在元件上时，U 应改作为 E。一般条件下，电源的内阻很小，有时也采用直流电源并联的形式，以减小其电源组的内阻。

2）对交流来讲可分以下几种情况：

① 纯电阻电路见式（3-11）。

② 纯电容电路见式（3-12）。

③ 纯电感电路见式（3-14）。

④ $R+L$ 电路见式（3-19）。

⑤（$R+L$）$/\!/C$ 电路见本章四、5。

在进行电流计算时，必须先考虑负荷的性质，然后考虑负荷的阻抗，再考虑加在负荷两端或输入端上的电压的性质（交流、直流），最后考虑所求的目的（i、I_m、I），这样才能准确地选用上述公式进行计算。

2. 欧姆定律的实用价值

欧姆定律在实践中有着重要的实用价值，由式（3-24）可知：

1）在正常条件下，电路的电压一般是比较稳定的，因此电路中的电流主要由其阻抗决定。当阻抗趋向于无穷大的时候，电流则变得很小甚至为零，这时电路为开路（断路）状态。电路开路有两种情况：一种情况是电路的开关断开或者导线被烧断、被拉断、连接处松动断开等；另一种情况是电路接入的是绝缘材料，电流不能流过，这时电路开关虽然闭合，但电流为零，相当于开路。但这时如果将电压升高到一定程度，电路中将出现很小的电流，这个电流称为漏电流，可用来衡量绝缘材料的绝缘性能，对于绝缘材料或开关来讲，漏电流越小越好。当电压再升高时，绝缘材料被电压击穿而导致绝缘损坏，这就是耐压试验的原理。击穿时的电压称为该材料的击穿电压，不同绝缘材料的击穿电压是不同的。

2）当电路中的阻抗趋向于无穷小甚至是零的时候，电流则变得很大或无穷大，这时电路为短路状态。电路的短路也有两种情况：一种情况是由于绝缘的损坏、电路的错接、设备元件的损坏、自然条件使导线相互碰撞而导致的短路，这是不允许的，否则电流的热效应将会把电路、设备、元件烧坏而酿成事故，因此电路中必须装设短路保护装置，如熔断器、断路器等，以便发生短路时将电路自动切断。另一种情况是人为短路，如电炉是直接使电源的两个极相接，利用短路电流放出的巨大热量进行冶炼；电焊机直接使电源两极相接短路，利用这个短路电流放出的热量进行焊接等。

3）欧姆定律可以指导人们在电工作业中正确地选择导线及元件，从而保证在正常条件下电气系统的安全运行。

七、直流电路的计算

1. 电阻电路

1）电流流过电阻，电阻放出热量可用式（3-28）来计算，即

$$Q = I^2Rt \tag{3-28}$$

式中 Q——电流流过电阻放出的热量，单位为 J；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

I——电阻上流过的电流，单位为 A；

R——电阻，单位为 Ω；

t——电流流过电阻的时间，单位为 h。

式（3-28）还可以写成下列形式，即

$$Q = \left(\frac{U}{R}\right)^2 Rt = U^2/(Rt) \quad Q = I^2 \frac{U}{I} t = IUt \tag{3-29}$$

2）电功率的计算可用式（3-30）来进行，即

$$P = UI = U^2/R = I^2 R \tag{3-30}$$

式中　P——电阻消耗的功率，单位为 W；

U——电阻两端的电压，单位为 V；

I——流过电阻的电流，单位为 A；

R——电阻，单位为 Ω。

功率的进位关系为

1kW（千瓦）＝1000W（瓦）

3）电能的计算可用式（3-31）来进行，即

$$W = Pt = UIt = U^2/Rt = I^2 Rt \tag{3-31}$$

式中　W——电阻消耗的电能，单位为 W·h；

U——电阻两端的电压，单位为 V；

I——流过电阻的电流，单位为 A；

t——电阻工作时间，单位为 h。

电能的进位关系为

1kW·h（千瓦时）＝1000W·h（瓦时）

这里要注意，千瓦时（kW·h）就是人们常说的度，是用电时间内消耗的电能，而瓦（W）或千瓦（kW）是单位时间内（每秒）消耗的电能。

可以看出式（3-28）、式（3-29）与式（3-31）是一致的，因此热量 Q 也是能量 W 的一种形式。

上述式（3-28）～式（3-31）也适合交流电路，只是电流应为流过电阻的有效值，在选用时应特别注意。其中，电阻的概念一般指用电器，但是专指电阻性的，如白炽灯、电炉、电熨斗、电烙铁、电热水器、电暖器等电热装置。计算时应与欧姆定律结合起来，其中还要正确地选取电压、电流及时间的单位。

2. 电感电路

直流电流流过电感时是一个通路，但电感本身并不消耗电能，而是把电能转换成磁能存储起来，这个能量可用式（3-32）来表示，即

$$W_L = \frac{1}{2} L I^2 \tag{3-32}$$

式中　W_L——流过电感的电流稳定后电感存储的能量，单位为 J；

L——电感，单位为 H；

I——流过电感的电流，单位为 A。

严格地讲，电感也要消耗很小的电能，因为电感线圈的导线也是有电阻的，这个能量可

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

用式（3-28）来计算，这个消耗掉的能量叫做铜损。但是往往由于其阻值远远小于 X_L，因而忽略不计。

电感进行能量转换的时间可用式（3-33）进行计算，即

$$\tau_L = L/R \tag{3-33}$$

式中 τ_L——电感电流达到稳态的时间常数，单位为 s；

L——电感，单位为 H；

R——电感电路的总电阻，单位为 Ω。

3. 电容电路

直流电流不能流过电容，对直流电来讲是一个断路元件，因此，电容不消耗电能。当电源接通后，电压加在电容的两极，这时电容则把电能存储在极板上，这个能量可用式（3-34）来表示，即

$$W_C = \frac{1}{2}CU^2 \tag{3-34}$$

式中 W_C——电容器存储的能量，单位为 J；

C——电容，单位为 F；

U——电容两端的电压，单位为 V。

严格地讲，电容不消耗电能，但是由于介质的性能和空气潮湿的原因，电容易出现漏电现象，这就是漏电流，是衡量电容好坏的主要指标。漏电流大，电容则易发热，因此，运行中的电容器必须监视它的温度和几何形状的变形。

电容进行能量转换的时间可用式（3-35）计算，即

$$\tau_C = RC \tag{3-35}$$

式中 τ_C——电容充电/放电的时间常数，单位为 s；

R——充电/放电回路的总电阻，单位为 Ω；

C——电容，单位为 F。

八、交流电路的计算

1. 单相交流电路

单相交流电压和电流可以用下式来表示为

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi) \tag{3-36}$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi) \tag{3-37}$$

对低压 220/380V 系统，$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 50 = 314$。

因此，式（3-36）、式（3-37）可以写成

$$u = 220\sqrt{2}\sin(314t + \varphi)/u = 380\sqrt{2}\sin(314t + \varphi) \tag{3-38}$$

$$i = 220\sqrt{2}/Z\sin(314t + \varphi)/i = 380\sqrt{2}/Z\sin(314t + \varphi) \tag{3-39}$$

式中 U_m、$220\sqrt{2}$、$380\sqrt{2}$——单相电压的极大值，单位为 V；

I_m、$220\sqrt{2}/Z$、$380\sqrt{2}/Z$——单相电流的极大值，单位为 A；

U、220、380——单相电压的有效值，单位为 V；

I、$220/Z$、$380/Z$——单相电流的有效值，单位为 A。

（1）电阻电路　电阻电路的电流 i_R 可用式（3-11）来表示。式（3-28）～式（3-31）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

均可在交流电路的计算中使用，其中 U 和 I 均为有效值，且 $I=U_R/R$。

对电阻来讲，交流电流流过后放出热量而做了功。因此，定义电阻所消耗的功率为有功功率（P）。

（2）电容电路

1）电容电路的电流 i_C 可用式（3-13）来表示。流过电容的电流有效值可用式（3-40）来表示，即

$$I_C = U_C/X_C \tag{3-40}$$

式中　I_C——流过电容电流的有效值，单位为 A；

U_C——电容两端电压的有效值，单位为 V；

X_C——电容的容抗，单位为 Ω，可用式（3-12）计算。

2）电容器不消耗电能，只进行能量/电能的转换，因此定义这个转换的能量为无功功率（Q_C），可用式（3-41）来计算，即

$$Q_C = U_C I_C = I_C^2 X_C = U_C^2/X_C \tag{3-41}$$

式中　Q_C——电容器的无功功率，单位为 var；

U_C——电容两端的电压，单位为 V；

I_C——流过电容的电流，单位为 A；

X_C——电容器的容抗，单位为 Ω。

（3）电感电路

1）电感电路的电流 i_L 可用式（3-15）来计算。流过电感的电流有效值可用式（3-42）来计算，即

$$I_L = U_L/X_L \tag{3-42}$$

式中　I_L——流过电感电流的有效值，单位为 A；

U_L——电感两端电压的有效值，单位为 V；

X_L——电感的感抗，单位为 Ω，可用式（3-14）计算。

2）电感不消耗电能，只进行电能/能量的转换，因此定义这个转换的能量为无功功率，无功功率可用式（3-43）来计算，即

$$Q_L = U_L I_L = I_L^2 X_L = U_L^2/X_L \tag{3-43}$$

式中　Q_L——电感的无功功率，单位为 var；

U_L——电感两端的电压，单位为 V；

I_L——电感通过的电流，单位为 A；

X_L——电感的感抗，单位为 Ω。

为了计算方便，一般不作说明时，规定英文小写的 u、i 为瞬时值，英文大写的 U、I 为有效值，一般不使用 U_m 和 I_m 等最大值。

（4）（$R+L$）电路　如图 3-3 所示。

$$\begin{aligned} U &= \sqrt{U_R^2 + U_L^2} = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L)^2} \\ &= I\sqrt{R^2 + X_L^2} \end{aligned} \tag{3-44}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = U/I \tag{3-45}$$

$$I = U/Z \tag{3-46}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$P = U_R I = UI\cos\varphi = S\cos\varphi \tag{3-47}$$

$$Q = U_L I = UI\sin\varphi = S\sin\varphi \tag{3-48}$$

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} \tag{3-49}$$

$$\varphi = \arccos\frac{U_R}{U} = \arccos\frac{R}{Z} \tag{3-50}$$

$$\cos\varphi = U_R/U = R/Z = P/S \tag{3-51}$$

式中 U——电源电压，单位为 V；

Z——线路 $R+L$ 总阻抗，单位为 Ω；

I——线路电流，单位为 A；

P——线路有功功率，单位为 W；

Q——线路无功功率，单位为 var；

S——线路视在功率，单位为 VA；

φ——功率因数角，单位为（°）；

$\cos\varphi$——功率因数。

（5）（$R+L$）∥C 电路的计算　见本章四、5。根据计算结果及式（3-44）～式（3-51），可计算相应参数。

2. 三相交流电路

三相交流电压（V）可用下式来表示，即

$$u_A = \sqrt{2}U\sin(314t + \varphi) \tag{3-52}$$

$$u_B = \sqrt{2}U\sin(314t + \varphi + 120°) \tag{3-53}$$

$$u_C = \sqrt{2}U\sin(314t + \varphi - 120°) \tag{3-54}$$

三相平衡负载即为每相的负载相同，每相计算可采用以上计算方法。因此

$$\begin{aligned}
P_{三} &= 3P_{单} = 3U_\phi I_\phi\cos\varphi(\text{下角标 }\phi\text{ 表示相},L\text{ 表示线}) \\
&= 3\frac{U_L}{\sqrt{3}}I_L\cos\varphi(\text{Y联结中},U_\phi = U_L/\sqrt{3},I_\phi = I_L) \\
&= \sqrt{3}U_L I_L\cos\varphi \\
&= 3U_L\frac{I_L}{\sqrt{3}}\cos\varphi(\triangle\text{ 联结中},U_\phi = U_L,I_\phi = I_L/\sqrt{3}) \\
&= \sqrt{3}U_L I_L\cos\varphi
\end{aligned}$$

因此

$$P = \sqrt{3}UI\cos\varphi \tag{3-55}$$

$$Q = \sqrt{3}UI\sin\varphi \tag{3-56}$$

$$S = \sqrt{3}UI \tag{3-57}$$

式中，P 的单位为 W，Q 的单位为 var，S 的单位为 VA。

上述公式中有$\sqrt{3}$者必定是三相电路，U、I 必定是线值；公式中无$\sqrt{3}$者必定是单相电路，U、I 必定是相值。凡没有特别指出时，U、I 均为线值。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第二节　电动机的计算

一、电动机的原理

电动机的原理是建立在通电导线在磁场中受力而运动的基础上的。根据电动机左手定则，如果把导线做成矩形线圈并把中心轴线用绝缘支架支承起来，由于两个边中的电流方向不同，则受力方向不同而形成转矩，线圈便以中心轴线为中心而转动起来，这就是电动机的雏形，如图 3-5 所示。

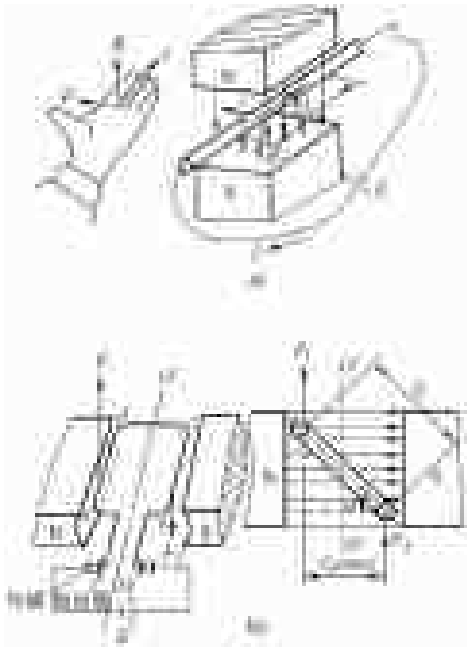


图 3-5　左手定则及电动机原理

a）左手定则　b）电动机原理

通电导线在磁场中受力的大小可用式（3-58）计算，通电线圈在磁场中转矩的大小可用式（3-59）来计算，N 匝线圈的转矩用式（3-60）计算。转矩是指力与受力点至转动中心距离的乘积，单位是 N·m。

$$F = BIL\sin\alpha \tag{3-58}$$

式中　F——导线受到的磁力，单位为 N；

B——磁感应强度，单位为 T、Wb/m^2 或 $V \cdot s/m^2$；

I——导线中的电流，单位为 A；

L——导线在磁场中的长度，单位为 m；

α——导线与磁力线的夹角，单位为（°）。

$$T = BIS\cos\alpha \tag{3-59}$$

式中　T——线圈的电磁转矩，单位为 N·m；

B——磁感应强度，单位为 T、Wb/m^2 或 $V \cdot s/m^2$；

I——线圈中的电流，单位为 A；

S——线圈所包络的面积，单位为 m^2；

α——线圈平面与磁力线的夹角，单位为（°）。

$$T_N = NBIS\cos\alpha \tag{3-60}$$

二、交流异步电动机及其计算

交流异步电动机的原理是建立在旋转磁场的基础上的，而旋转磁场是由于三相交流电相与相之间的相位不同输入到电动机三相绕组后而形成的。

1）旋转磁场转速（即同步转速）与电流的频率和磁极对数有关，可用式（3-61）计算，即

$$n_1 = 60f_1/p \tag{3-61}$$

式中　n_1——同步转速/旋转磁场转速，单位为 r/min；

f_1——交流电流的频率，单位为 Hz，一般为 50Hz；

p——绕组的磁极对数（1，2，3，…）。

2）转差率是指同步转速与电动机实际转速的差与旋转磁场转速的比值，用式（3-62）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表示，即

$$s = (n_1 - n)/n_1 \times 100\% \tag{3-62}$$

式中 s——转差率（%）；

n_1——同步转速，单位为 r/min；

n——电动机实际转速，单位为 r/min。

3）电动机的电磁转矩是电动机转动且能带动负载的基本条件，可用式（3-63）计算，即

$$M = K_m \Phi I_2 \cos\varphi_2 \tag{3-63}$$

式中 M——电动机的电磁转矩，单位为 N·m；

Φ——气隙合成旋转磁场每极磁通量，单位为 Wb；

I_2——转子相电流，单位为 A；

$\cos\varphi_2$——转子电路功率因数；

K_m——与电动机结构有关的系数，即转矩常数。

4）电动机的额定转矩用式（3-64）计算，即

$$M_e = 9550 P_e/n \tag{3-64}$$

式中 M_e——电动机额定转矩，单位为 N·m；

P_e——电动机额定功率，单位为 kW；

n——电动机的额定转速，单位为 r/min。

5）电动机的最大转矩用式（3-65）计算，即

$$M_m = \lambda_m M_e \tag{3-65}$$

式中 M_m——电动机的最大转矩，单位为 N·m；

λ_m——电动机的最大过载倍数，λ 一般为1.8～2.5。

6）绕线转子异步电动机转子每相绕组电阻、电压比、转子绕组每相电阻折算值可按式（3-66）、式（3-67）、式（3-68）计算，即

$$r_2 = \frac{sE_{2e}}{\sqrt{3}I_{2e}} \tag{3-66}$$

式中 r_2——绕线转子异步电动机每相绕组电阻值，单位为 Ω；

s——转差率（%）；

E_{2e}——转子额定线电压，单位为 V；

I_{2e}——转子额定线电流，单位为 A。

$$k = \frac{0.95U_{1e}}{E_{2e}} \tag{3-67}$$

式中 k——电压比；

U_{1e}——定子额定线电压，单位为 V；

E_{2e}——转子额定线电压，单位为 V。

$$r_2' = r_2 k^2 \tag{3-68}$$

式中 r_2'——转子绕组每相电阻折算值，单位为 Ω；

k——电压比。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7）电动机定子每相绕组电阻值可用式（3-69）计算，即

$$r_1 = \frac{0.95U_{1e}s}{\sqrt{3}I_{1e}} \tag{3-69}$$

式中　r_1——定子每相绕组电阻值，单位为 Ω；

U_{1e}——定子额定线电压，单位为 V；

I_{1e}——定子额定线电流，单位为 A；

s——转差率（%）。

8）电动机临界转差率用式（3-70）计算，即

$$s_m = s(\lambda_m + \sqrt{\lambda_m^2 - 1}) \tag{3-70}$$

式中　s_m——临界转差率；

s——转差率；

λ_m——电动机最大过载倍数。

9）电动机总电抗可用式（3-71）计算，即

$$X = \sqrt{\left[\frac{(U_{1e}/\sqrt{3})^2 \times p}{210\lambda_m M_e} - r_1\right]^2 - r_1^2} \tag{3-71}$$

式中　X——电动机总电抗，单位为 Ω；

p——磁极对数；

λ_m——电动机最大过载倍数；

M_e——额定转矩，单位为 N·m；

r_1——定子绕组每相电阻值，单位为 Ω。

同时总电抗与定子电抗、转子电抗折算值见式（3-72），即

$$x_1 \approx x_2' \approx 0.5X \tag{3-72}$$

式中　x_1——定子电抗，单位为 Ω；

x_2'——转子电抗折算值，单位为 Ω。

10）电动机转子每相电抗 x_2 一般用式（3-73）计算，即

$$x_2 = x_2'/k^2 \tag{3-73}$$

式中　x_2——转子每相电抗，单位为 Ω；

k——电压比。

11）电动机空载电流一般用式（3-74）计算，即

$$I_0 = I_{1e}(\sin\varphi_{1e} - \cos\varphi_{1e}\tan\varphi_{2e}) \tag{3-74}$$

式中　I_0——电动机空载电流，单位为 A；

$\cos\varphi_{1e}$——电动机功率因数，$\sin\varphi_{1e} = \sqrt{1 - \cos^2\varphi_{1e}}$；

$\tan\varphi_{2e}$——系数，可用式（3-75）计算；

I_{1e}——电动机额定电流，单位为 A。

$$\tan\varphi_{2e} = \frac{x_1 + x_2'}{r_1 + r_2'/s} \tag{3-75}$$

式中　x_1——定子电抗，单位为 Ω；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

x_2'——转子电抗折算值，单位为Ω；

r_1——定子每相电阻，单位为Ω；

r_2'——转子每相电阻折算值，单位为Ω；

s——额定转差率。

12）电动机励磁电抗一般用式（3-76）计算，即

$$x_0 = \frac{0.95U_{1e}}{\sqrt{3}I_0} \tag{3-76}$$

式中 x_0——电动机励磁电抗，单位为Ω；

U_{1e}——电动机额定电压，单位为V；

I_0——电动机空载电流，单位为A。

13）电动机串联电阻起动时串联电阻的计算，可分两种情况，即减小起动电流或减小起动转矩，可按电动机实际情况选用。

① 减小起动电流时每相串接电阻可按式（3-77）计算，即

$$R_Q = \sqrt{(a^2-1)x^2 + a^2r^2} - r \tag{3-77}$$

式中 R_Q——每相串接的起动电阻，单位为Ω；

a——不串电阻与串电阻起动电流的比值 I_Q/I_{RQ}；

x——电动机电抗值，单位为Ω，$x \approx (0.91 \sim 0.97)Z$，$Z$ 为电动机阻抗，可按式（3-78）或式（3-79）计算；

r——电动机电阻值，单位为Ω；$r \approx (0.25 \sim 0.4)Z$。

$$Z_Y = \frac{U_{1e}}{\sqrt{3}I_Q} \tag{3-78}$$

式中 Z_Y——电动机为星形联结时的阻抗，单位为Ω；

U_{1e}——额定电压，单位为V；

I_Q——起动电流，单位为A，起动电流一般为（4～7）I_{1e}，重载起动时为（8～12）I_{1e}，可按实际情况选取，重载及容量较大时取上限，轻载及容量较小时取下限。

$$Z_\triangle = \frac{\sqrt{3}U_{1e}}{I_Q} \tag{3-79}$$

式中 $Z_\triangle$——电动机为三角形联结时的阻抗，单位为Ω。

电动机容量较小（<75kW）或轻载时每相串接起动电阻可用简便式（3-80）计算，结果与式（3-77）相比有误差。

$$R_Q = 190\frac{I_Q - I_{RQ}}{I_Q I_{RQ}} \tag{3-80}$$

式中 R_Q——每相串接的起动电阻，单位为Ω；

I_Q——起动电流，单位为A；

I_{RQ}——串接电阻预计的起动电流，单位为A，一般取 $I_{RQ} = (1.5 \sim 2)I_{1e}$。

② 减小起动转矩时每相串接电阻可按式（3-81）计算，即

$$R_Q = \sqrt{(b-1)x^2 + br^2} - r \tag{3-81}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

式中　b——不串电阻与串联电阻时起动转矩的比值 M_Q/M_{RQ}。

14）起重运输机构小型或中型电动机定子电路单相串接起动电阻的计算可用以下计算方法，见式（3-82）～式（3-84）。根据 δ_M 及电动机的 $\cos\varphi$ 值，按图 3-6 查 R_Q/Z 的值 K 及 I_{RQ}/I_Q 的比值 C。

$$\delta_M = \frac{M_{RQ}}{M_Q} \tag{3-82}$$

$$R_Q = KZ \tag{3-83}$$

$$I_{RQ} = I_Q C \tag{3-84}$$

式中　δ_M——相对起动转矩倍数；

M_{RQ}——串联电阻后起动转矩，单位为 N·m；

M_Q——起动转矩，单位为 N·m；

R_Q——起动电阻，单位为 Ω；

Z——电动机的阻抗，单位为 Ω，见式（3-78）和式（3-79）；

I_{RQ}——串联电阻后起动电流，单位为 A；

I_Q——起动电流，单位为 A。

计算中，对于一般的电动机来讲，可采用 $\cos\varphi = 0.8$ 来计算。

如计算结果，$\delta_M = 0.4$，$\cos\varphi = 0.74$，由图 3-6 横轴 $\delta_M = 0.4$ 与 $\cos\varphi = 0.8$ 交点向左看纵轴 $K = 2.1$，再由 2.1 向左看 $C = 0.5$。如 $\delta_M = 0.4$，$\cos\varphi = 0.8$，则 $K = 2.7$，$C = 0.7$，以此类推。δ_M、K、C 的计算式见式（3-82）～式（3-84）。

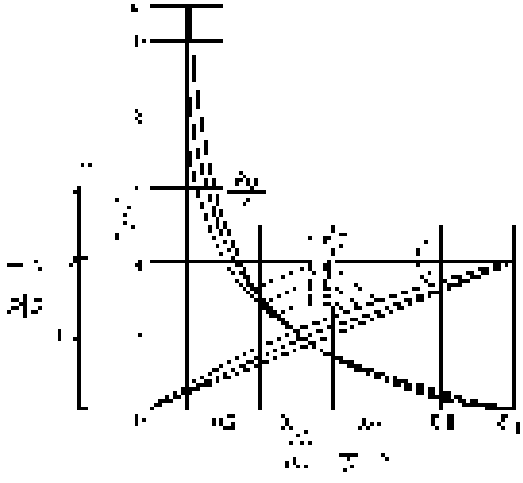


图 3-6　电动机单相串联电阻 R、I、M 曲线

15）绕线电动机转子串联起动电阻的计算可用以下方法，见式（3-85）～式（3-91）。

$$\beta = \sqrt[m]{M_e/sM_m} \tag{3-85}$$

式中　β——系数；

m——起动级数；

M_e——电动机额定转矩，单位为 N·m；

s——转差率；

M_m——起动最大转矩，单位为 N·m，见式（3-65）。

$$M_\alpha = M_m/\beta \tag{3-86}$$

$$M_\alpha = \lambda_m/M_e/\beta \tag{3-87}$$

式中　M_α——切换转矩，单位为 N·m；

M_e——电动机额定转矩，单位为 N·m；

λ_m——电动机最大过载倍数；

β——系数，见式（3-85）。

$$R_1 = r_2(\beta - 1) \tag{3-88}$$

$$R_2 = \beta R_1 \tag{3-89}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$R_3 = \beta R_2 \tag{3-90}$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \tag{3-91}$$

式中 R_1——每相的第一段电阻，单位为 Ω；

R_2——每相的第二段电阻，单位为 Ω；

R_3——每相的第三段电阻，单位为 Ω；

R——每相总电阻，单位为 Ω；

r_2——转子绕组每相电阻，单位为 Ω，见式（3-66）。

16）绕线电动机转子串联调速电阻的计算可用以下方法，见式（3-92）～式（3-95）。

$$s_m = 2\lambda_m s_e \tag{3-92}$$

$$s'_m = \frac{2M_m}{M_x} s_x \tag{3-93}$$

$$s_x = \frac{n_0 - n_x}{n_0} \tag{3-94}$$

$$R_{fB} = \left(\frac{s'_m}{s_m} - 1\right) r_2 \tag{3-95}$$

式中 s_m——电动机最大转差率；

λ_m——电动机最大过载倍数；

s_e——额定转差率；

s'_m——临界转差率；

M_m——最大转矩，单位为 N·m；

M_x——负载的转矩，单位为 N·m；

n_x——要求调到的转速，单位为 r/min；

s_x——要求调到转速的转差率；

R_{fB}——转子需要串联的电阻，单位为 Ω；

r_2——转子每相电阻值，单位为 Ω，由式（3-66）计算。

17）绕线电动机从电动状态切换到反接制动状态，转子每相串接电阻的计算方法可用式（3-96）～式（3-99）进行计算。

$$s_m = 2\lambda_m s_e \tag{3-96}$$

$$s'_m = \frac{-2M_m}{-M_x} s_x \tag{3-97}$$

$$s_x = \frac{-n_0 - n_e}{-n_0} \tag{3-98}$$

$$R_{fB} = \left(\frac{s'_m}{s_m} - 1\right) r_2 \tag{3-99}$$

式中字母含义与式（3-92）～式（3-95）相同，所不同的是注意 M 与 n 的方向，因为切换后为反转，因此，M_m 为负（－），M_x 为负（－），n_0 为负（－），n_e 为正（＋）。

18）绕线转子电动机为位能负载，要求稳定速度下放，转子每相串接电阻的计算方法一般用式（3-100）～式（3-103）进行计算。

$$s_m = 2\lambda_m s_e \tag{3-100}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$s'_m = \frac{2M_m}{M_x}s_x \tag{3-101}$$

$$s_x = \frac{n_0 - (-n_x)}{n_0} \tag{3-102}$$

$$R_{fD} = \left(\frac{s'_m}{s_m} - 1\right)r_2 \tag{3-103}$$

式中字母含义与式（3-92）～式（3-95）相同，这里要注意下放的稳定速度为反转，反转为负（－）。

从式（3-77）～式（3-103）的计算中要注意以下几点：

① 电阻计算的结果只是电阻值的确定，在选用时要考虑电阻的功率，因为电阻通过的电流较大，若电阻功率小则易将其烧坏。因此，常选用铸铁电阻或镉镍电阻，功率应不小于 I^2R。

② 计算应掌握电动机的相关数据，如功率 P_e，额定电流 U_1，额定电流 I_1，额定转速 n_e，功率因数 $\cos\varphi$，过载系数 λ，额定效率 η_e，绕线转子电动机还应掌握转子额定电动势 E_2、额定电流 I_2 等。

③ 当电动机反转时，其转速为负（－），转矩为负（－），但由正转切换到反转时，n_0、n_e 均为负（－）。

三、异步电动机修理常用计算

电动机进行修理时，应精心测量以下基本数据，如图 3-7e、f 所示（仅以此为例，定子槽形还有其他类型）。

D_{1N}——定子铁心内径，单位为 mm；

D_{1W}——定子铁心外径，单位为 mm；

L——定子铁心长度，单位为 mm；

h——定子铁心轭高，单位为 mm；轭高指平底槽底至定子铁心外圆边的距离或指圆底槽$1/3R_1$处至定子铁心外圆边的距离，R_1 指圆底槽圆半径；

b_z——定子铁心齿宽，单位为 mm；齿宽指齿与齿相邻边的边距；

Z_1——定子铁心槽数；

Z_2——转子铁心槽数；Z_1 与 Z_2 配合见表 3-9。

D_2——转子铁心外径，单位为 mm；

δ——气隙宽度，单位为 mm，指转子与定子的间隙；

R_1——圆底槽大圆半径，单位为 mm；

R_2——圆底槽小圆半径，单位为 mm；

b_1——平底槽下底宽，单位为 mm；

b_0——定子槽口宽度，单位为 mm；

h_1——槽深，单位为 mm；

h_α——定子槽高，单位为 mm；

h_0——槽口高度，单位为 mm。

下叙述计算内容，将用到这些数据。

交流三相异步电动机空壳重绕计算如下：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

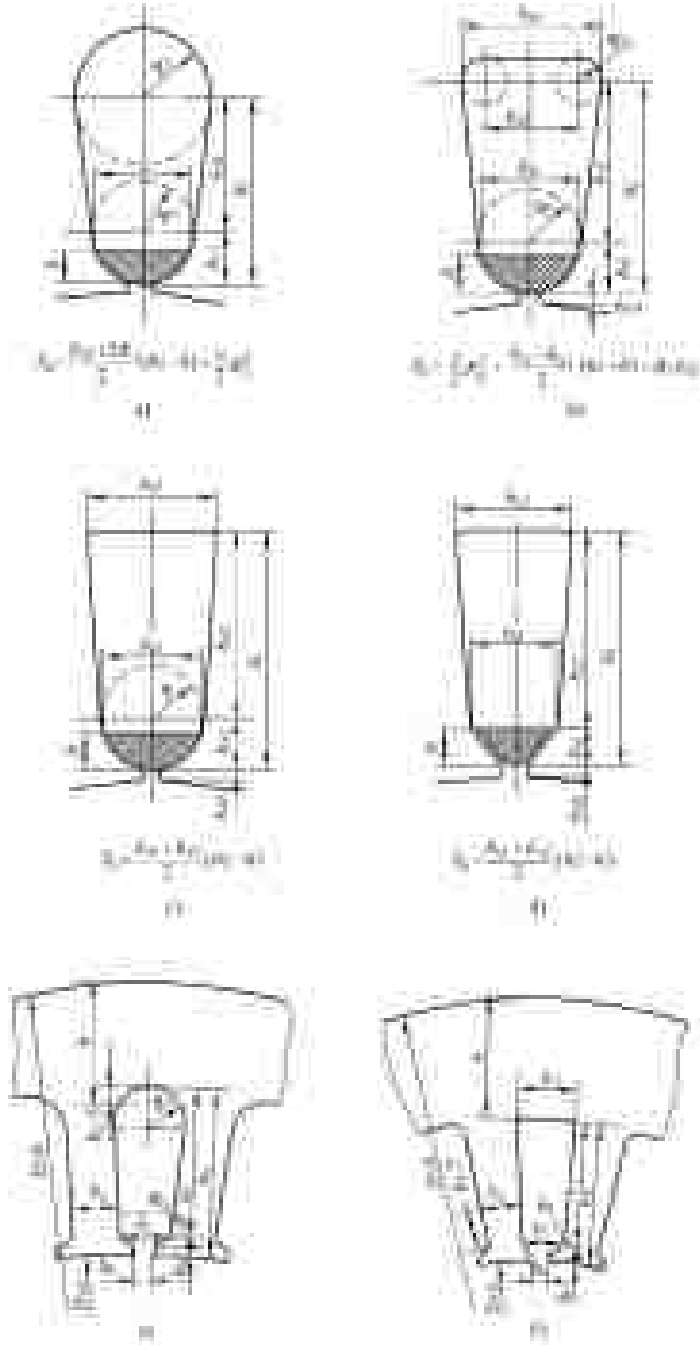


图 3-7　定子槽形及几何尺寸

a）圆顶圆底梯形槽　b）圆顶双圆底梯形槽　c）圆顶平底梯形槽　d）斜顶平底梯形槽　e）半开口圆底梨形槽　f）半开口平底梯形、矩形槽

1）磁极数按式（3-104）计算，即

$$2p = (0.35 \sim 0.40)\frac{Z_1 b_z}{h} \tag{3-104}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-9　笼型电动机推荐使用的定子及转子槽数

极数	定子槽数	转子槽数（直槽）	转子槽数（斜槽）
2	18		16，24
	24	32	20，31，33，34，35
	30	22，38	20，21，23，37，39，40
	36	28，44，46	25，27，29，43，45，47
	42	32，34，50，52	
	48	38，40，56，58	37，39，41，55，57，59
4	24		16，22，30，33，34，35，36
	36	26，44，46	27，28，30，45，48
	42	52，54	34，53
	48	34，38，56，58，62，64	40，57
	60	50，52，68，70，74	48，49，51，56，64，69，71
	72	62，64，80，82，86	61，63，68，76，81，83
6	36	26，42	33，47，49，50
	54	44，64，66，68	42，43，65，67
	72	56，58，62，82，84，86，88	57，59，60，61，83，85，87
8	48	34，62	35，44，46，61，63，65
	54		58，62
	72	58，86，88，90	56，57，59，85，87，89

注：计算结果取 2、4、6、8、10 等相近整偶数。

2）容量的估算按式（3-105）进行，即

$$P = \frac{D_{1N}^3 LK}{1000} \tag{3-105}$$

式中　P——电动机估算容量，单位为 kW；

K——为容量系数，2 极电动机取 0.28，4 极取 0.14，6 极取 0.08；8 极取 0.054。若为封闭式电动机再乘以系数 0.6。

注：D_{1N}、L 应按厘米（cm）计入，计算结果取最接近电动机容量标准系列的整数。

3）绕组线电流按式（3-106）计算，即

$$I = \frac{P \times 10^3}{\sqrt{3}U\eta\cos\varphi} \text{ 或 } I \approx 2P \tag{3-106}$$

使用 $I \approx 2P$ 计算电流时，2 的单位为 A/kW。

式中　I——绕组线电流，单位为 A；用估算式 $I \approx 2P$ 时，P 单位为 kW；

P——电动机估算容量，单位为 kW；

U——定子线电压，单位为 V；

$\cos\varphi$——功率因数，一般取 0.8～0.85；

η——效率，一般取 0.9～0.95。

4）绕组导线截面积按（3-107）计算。

$$A = I_\phi / j \tag{3-107}$$

式中　A——导线截面积，单位为 mm^2；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

I_ϕ——绕组相电流，单位为 A，Y联结时取式（3-108）I 值；△联结时 I_ϕ 为 $I/\sqrt{3}$；

j——电流密度，铜线取（0.5～6.5）A/mm^2，铝线取（2.5～3.5）A/mm^2。

注：计算结果取最相近的且不小于导线截面标准系列的整数。

5）每槽导线匝数按式（3-108）或式（3-109）计算。

Y联结时
$$N_Y = \frac{2.61Upa \times 10^4}{\sqrt{3}D_{1N}LZ_1B_\delta k} \tag{3-108}$$

△联结时
$$N_\triangle = \sqrt{3}N_Y \tag{3-109}$$

式中 N——每槽导线匝数；

U——线电压，单位为 V；

p——磁极对数，见式（3-104），取 1，2，3，4，…；

a——并联支路数；

k——绕组系数，见表 3-10 和表 3-11；

B_δ——气隙磁通密度，单位为 T，见表 3-12。

注：定子铁心内径 D_{1N}、长度 L 均以 mm 为单位。

表 3-10 三相双层绕组系数 k

每极每相槽数 q	槽节距	节距比 $\beta=\frac{y}{\tau}$	短距系数 k_p	绕组系数 k	每极每相槽数 q	槽节距	节距比 $\beta=\frac{y}{\tau}$	短距系数 k_p	绕组系数 k
$1\frac{1}{5}$	1～4	0.835	0.97	0.924	$2\frac{7}{8}$	1～9	0.927	0.994	0.948
$1\frac{1}{4}$	1～4	0.8	0.95	0.910		1～8	0.81	0.956	0.913
$1\frac{2}{5}$	1～5	0.95	0.985	0.953	3	1～10	1	1	0.96
$1\frac{1}{2}$	1～5	0.89	0.985	0.94		1～9	0.89	0.985	0.945
$1\frac{4}{5}$	1～6	0.926	0.994	0.948		1～8	0.778	0.94	0.902
$1\frac{7}{8}$	1～6	0.89	0.985	0.94		1～7	0.667	0.866	0.831
2	1～6	0.833	0.966	0.934	$3\frac{1}{5}$	1～10	0.938	0.995	0.95
$2\frac{1}{10}$	1～7	0.952	0.998	0.953		1～9	0.833	0.966	0.922
	1～6	0.794	0.955	0.912		1～10	0.923	0.993	0.948
$2\frac{1}{8}$	1～7	0.94	0.992	0.95		1～9	0.82	0.959	0.916
	1～6	0.784	0.943	0.90		1～8	0.718	0.903	0.862
$2\frac{1}{7}$	1～7	0.933	0.995	0.95	$3\frac{3}{7}$	1～10	0.875	0.981	0.937
	1～6	0.778	0.94	0.90		1～9	0.778	0.94	0.902
$2\frac{1}{5}$	1～7	0.91	0.99	0.945	$3\frac{1}{2}$	1～11	0.952	0.997	0.953
	1～6	0.76	0.925	0.887		1～10	0.857	0.974	0.93
$2\frac{1}{2}$	1～8	0.933	0.995	0.95	$2\frac{4}{7}$	1～8	0.907	0.989	0.944
	1～7	0.8	0.951	0.907		1～7	0.778	0.94	0.90
	1～6	0.667	0.866	0.827	$3\frac{3}{5}$	1～11	0.925	0.99	0.945
$2\frac{4}{5}$	1～9	0.952	0.997	0.953		1～10	0.835	0.97	0.923
	1～8	0.833	0.966	0.922		1～9	0.743	0.917	0.877
	1～7	0.715	0.902	0.862	$3\frac{3}{4}$	1～11	0.89	0.985	0.97
						1～10	0.8	0.951	0.907
					$3\frac{4}{5}$	1～11	0.88	0.98	0.937
						1～10	0.79	0.945	0.903

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

每极每相槽数 q	槽节距	节距比 $\beta=\frac{y}{\tau}$	短距系数 k_p	绕组系数 k	每极每相槽数 q	槽节距	节距比 $\beta=\frac{y}{\tau}$	短距系数 k_p	绕组系数 k
$3\frac{6}{7}$	1～11	0.865	0.978	0.934	$4\frac{1}{2}$	1～13	0.89	0.985	0.94
	1～10	0.778	0.94	0.902		1～12	0.815	0.959	0.916
	1～12	0.916	0.991	0.95		1～11	0.74	0.917	0.877
4	1～11	0.833	0.966	0.926	$4\frac{3}{4}$	1～13	0.84	0.97	0.926
	1～10	0.75	0.924	0.885		1～12	0.733	0.935	0.894
	1～9	0.667	0.866	0.831	$4\frac{4}{5}$	1～14	0.902	0.988	0.943
$4\frac{1}{8}$	1～10	0.89	0.985	0.94		1～13	0.833	0.966	0.922
	1～11	0.808	0.955	0.911	$4\frac{7}{8}$	1～14	0.89	0.985	0.94
$4\frac{1}{5}$	1～12	0.872	0.98	0.935		1～13	0.82	0.959	0.916
	1～11	0.792	0.948	0.905	5	1～14	0.866	0.978	0.935
$3\frac{1}{2}$	1～9	0.762	0.93	0.884		1～13	0.8	0.951	0.91
	1～8	0.667	0.866	0.831		1～12	0.733	0.914	0.875
$4\frac{1}{4}$	1～12	0.854	0.98	0.933	$5\frac{1}{2}$	1～14	0.79	0.944	0.902
	1～11	0.785	0.944	0.901		1～15	0.848	0.972	0.928
					6	1～16	0.833	0.966	0.925
						1～15	0.778	0.94	0.9

表 3-11　三相单层绕组的绕组系数 k_{dp}

q \ y	同心式绕组	链形绕组节距							
		3	5	7	9	11	13	15	17
$1\frac{1}{2}$	0.960	0.831	(0.945)	—	—	—	—	—	—
2	0.966	0.757	(0.966)	0.966	0.707	—	—	—	—
$2\frac{1}{2}$	0.957	—	0.892	0.951	0.910	0.711	—	—	—
3	0.960	—	0.735	0.902	0.960	0.902	0.735	—	—
$3\frac{1}{2}$	0.956	—	—	0.828	0.932	(0.953)	0.890	0.747	—
4	0.958	—	—	0.766	0.892	(0.958)	0.958	0.892	0.766
$4\frac{1}{2}$	0.955	—	—	0.695	0.827	(0.915)	(0.954)	0.941	0.877
5	0.957	—	—	—	0.774	0.874	(0.936)	(0.957)	0.936
6	0.956	—	—	—	0.679	0.786	(0.870)	(0.927)	(0.956)

注：对所推荐的节距数值，取用括号内的绕组系数。

气隙磁通密度取值高低与定子铁心直径以及磁极数有关，一般定子铁心直径越大，磁极数越多，所取的气隙磁通密度值则越高。其取值范围可参考表 3-12。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-12 异步电动机定子电磁部分计算参数

数值名称		符号	单位	定子铁心外径/mm		
				150～250	250～350	350～450
气隙磁通密度		B_δ	T	0.6～0.7	0.65～0.75	0.7～0.8
定子轭铁磁通密度		B_e	T	1.1～1.5	1.2～1.5	1.3～1.5
定子齿磁通密度		B_z	T	1.3～1.6	1.4～1.7	1.5～1.8
电流密度	防护式	j	A/mm^2	5～6	5～5.6	5～5.6
	封闭式	j	A/mm^2	4.5～5.6	4.2～5.2	3.7～4.2

绕组中每个线圈的匝数，若采用单层绕组，则匝数为 N；采用双层绕组时，则匝数为 $0.5N$。一般条件下，10kW 以下电动机采用单层绕组，10kW 以上电动机采用双层绕组。

6）线圈相关数据的计算按式（3-110）～式（3-113）计算，即

$$q = Z_1/(2pm) \tag{3-110}$$

$$k_c = Z_1/q \tag{3-111}$$

$$k_\phi = k_c/m \tag{3-112}$$

$$\tau = Z_1/(2p) \tag{3-113}$$

式中 q——每极每相槽数；

k_c——绕组极相组数；

k_ϕ——每相极相组数；

τ——线圈极距（槽数）；

m——相数，$m=3$。

7）气隙极距面积用式（3-114）计算，即

$$A_\delta = 0.01\frac{\pi D_{1N}Lk}{2p} \tag{3-114}$$

式中 A_δ——气隙极距面积，单位为 mm^2；

k——铁心压装系数，可按硅钢片的绝缘选取。涂漆时为 0.92，氧化膜时为 0.95；旧电动机按铁心叠压松紧选取，无松动时为 0.93，如松动必须压紧，同时 k 取较低值。

8）每极磁通量用式（3-115）计算，即

$$\Phi = k_\delta A_\delta B_\delta \tag{3-115}$$

式中 Φ——每极磁通量，单位为 Wb；

k_δ——极弧系数，与极数、磁饱和有关，见表 3-13；

A_δ——气隙极距面积，单位为 mm^2，见式（3-114）；

B_δ——气隙磁通密度，单位为 T，见表 3-12。

表 3-13 极弧系数 k_δ

极弧系数	2	4	6	8
k_δ	0.66～0.67	0.67～0.70	0.69～0.72	0.70～0.73

9）定子轭铁的双倍高度（mm）用式（3-116）计算，即

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$2h = D_{1W} - (D_{1N} + 2h_1) \tag{3-116}$$

10）定子轭铁双倍截面积用式（3-117）计算，即

$$2A_e = 0.009 \times 2hL \tag{3-117}$$

式中　$2A_e$——定子轭铁双倍截面积，单位为 mm^2。

11）定子轭铁磁通密度用式（3-118）计算。

$$B_e = 10^{-4} \times \frac{\Phi}{2A_e} \tag{3-118}$$

式中　B_e——定子轭铁磁通密度，单位为 T；

Φ——每极磁通量，单位为 Wb，见式（3-115）。

注意，B_e 计算结果必须符合表 3-12 的要求，否则重新选取 B_δ，直至使 B_e 值符合要求。如果 B_e 与表 3-12 的范围相差较大，当超过最大值时，应增加极数再计算，反之减少极数再算。

12）定子齿的宽度（mm）用式（3-119）计算，即

$$b_z = \frac{\pi(D_{1N} + 2h_0 + 2R_1)}{Z_1} - 2R_1 \tag{3-119}$$

13）每极齿截面积用式（3-120）计算，即

$$A_z = 0.01\frac{Z_1}{2p}b_z(0.9L) \tag{3-120}$$

式中　A_z——齿截面积，单位为 mm^2。

14）定子齿磁通密度用式（3-121）计算，即

$$B_z = \frac{1.57\Phi}{A_z} \times 10^{-4} \tag{3-121}$$

式中　B_z——定子齿通密度，单位为 T。

注：当 B_z 值与表 3-12 的要求不符时，应重新选取 B_δ 值计算。改极电动机，B_z 可略高于表 3-12 中的值，但一般不宜超过 1.7T。老式电动机一般在 1.3～1.5T。

15）定子槽截面用式（3-122）～式（3-124）计算，如图 3-7 所示。其中，图 3-7d 中定子槽截面积与图 3-7c 的计算方法相同；图 3-7e 和图 3-7f 是定子铁心的剖面图，是为了说明铁心及槽的位置而设置的，其标注不同，读图时要注意。

图 3-7a 中

$$A_a = \frac{b_{s1} + 2R_1}{2}(h_s' - h) + \frac{\pi}{2}R_2^2 \tag{3-122}$$

图 3-7b 中

$$A_b = \frac{\pi}{2}R_2^2 + \frac{b_{s1} + b_{s2}}{2}(h_s' - h) + R_2 b_{s2}' \tag{3-123}$$

图 3-7c 中

$$A_c = \frac{b_{s1} + b_{s2}}{2}(h_s' - h) \tag{3-124}$$

A_a、A_b、A_c 单位为 mm^2。

16）定子槽内导线总截面积按式（3-125）计算，即

$$A_z = A_D N \tag{3-125}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

式中 A_z——槽内导线总截面积，单位为 mm^2；

A_D——每根导线的截面积，单位为 mm^2；

N——每槽导线匝数。

17）定子槽内带绝缘导线总截面积按式（3-126）计算，即

$$A = \frac{\pi d^2}{4} N \tag{3-126}$$

式中 A——槽内带绝缘导线的总截面积，单位为 mm^2；

d——槽内带绝缘导线的直径，单位为 mm，见表 3-14；

N——导线匝数。

表 3-14 各种圆电磁线直径及绝缘厚度

导线名称	导线直径/mm			
	0.51～0.69	0.72～0.96	1.0～1.62	≥1.68
	绝缘厚度/mm			
氧化膜铝线	0.02	0.02	0.02	0.02
高强度漆包线 薄绝缘/厚绝缘	0.03/0.05	0.04/0.06	0.06/0.08	0.07/0.09
单玻璃丝漆包线	0.20	0.22	0.22	0.24
双玻璃丝漆包线	0.25	0.25	0.27	0.28
聚酰胺-酰亚胺为基的高强度漆包线	0.03	0.04	0.06	0.07
耐冷冻漆包线	0.05	0.06	0.08	0.09

18）定子槽内填充系数用式（3-127）计算，即

$$k_T = A/A_z \tag{3-127}$$

式中 k_T——填充系数，一般应控制在 0.6～0.75。

第三节 变压器的计算

一、基本计算方法

通常变压器的电动势 E/电压 U 与电源频率 f、绕组匝数 N、铁心磁感应强度 B、铁心截面积 S 有关，可用式（3-22）来表示，由此可以写出变压器有关电压 U、电流 I、匝数 N、阻抗 X 的关系式，见式（3-128）和式（3-129）。

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \tag{3-128}$$

$$\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = n^2 = \frac{X_1}{X_2} \tag{3-129}$$

式中 N_1——变压器一次绕组的匝数；

N_2——变压器二次绕组的匝数；

X_1——变压器一次绕组及线路的等效阻抗，单位为 Ω；

X_2——变压器二次绕组及负载的等效阻抗，单位为 Ω。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

二、小型变压器的计算

小型变压器指容量很小，且常用于电气设备上作为电源用变压器、控制用变压器及行灯变压器等，电源一般为380V/220V、容量小于2kVA。

1）变压器二次侧输出的总视在功率计算见式（3-130），即

$$S_2 = U_{21}I_{21} + U_{22}I_{22} + U_{23}I_{23} + \cdots \tag{3-130}$$

式中　S_2——变压器二次侧输出的总视在功率，单位为VA；

U_{21}、U_{22}、U_{23}——变压器二次侧每个绕组的额定电压，单位为V；

I_{21}、I_{22}、I_{23}——变压器二次侧每个绕组的额定电流，单位为A。

2）变压器一次侧输入的总视在功率计算见式（3-131），即

$$S_1 = S_2/\eta \tag{3-131}$$

式中　S_2——变压器一次侧输入的总视在功率，单位为VA；

η——变压器的效率，一般取0.8～0.9。

3）变压器一次输入的电流计算见式（3-132），即

$$I_1 = \frac{S_1}{U_1}(1.1 \sim 1.2) \tag{3-132}$$

式中　I_1——变压器一次侧输入的电流，单位为A；

U_1——变压器一次侧额定电压，单位为V，220V或380V。

4）变压器铁心截面积计算见式（3-133），即

$$A = K_0\sqrt{S_1} = ab \tag{3-133}$$

式中　A——变压铁心截面积，单位为cm^2，如图3-8所示；

K_0——系数，按表3-15选取；

a——铁心中柱宽，单位为cm；

b——铁心净叠厚，单位为cm。

注意，a的选取应按标准小型变压器硅钢片中柱宽选取，b还应考虑硅钢片间的漆膜和间隙，一般为b的1.1倍；a与1.1倍b的比值大小应不大于1.2，尽量使铁心截面为方形。

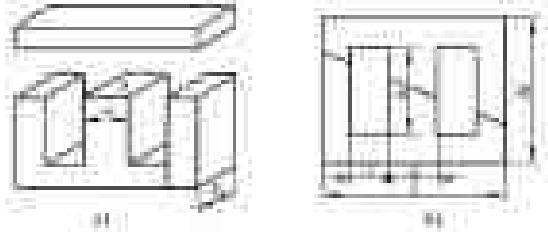


图3-8　小型变压器的铁心截面及心片尺寸

a）铁心截面　b）心片尺寸

表3-15　系数K_0参考值

P_s/VA	0～10	10～50	50～500	500～1000	1000以上
K_0	2	2～1.75	1.5～1.4	1.4～1.2	1

5）绕组匝数的计算按式（3-134）、式（3-135）进行，即

$$N_0 = \frac{45}{B_m A} \tag{3-134}$$

$$\begin{aligned} N_1 &= U_1 N_0 \\ &\vdots \\ N_x &= U_x N_0 \end{aligned} \tag{3-135}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

式中 N_0——每伏匝数；

B_m——铁心磁感应强度最大值，单位为 T；

$U_1 \cdots U_x$——每个绕组的额定电压，单位为 V；

$N_1 \cdots N_x$——每个绕组的匝数，实际中应增加 5% 的匝数，以补偿电压降。

6）绕组导线截面积按式（3-136）计算，即

$$A_T = I/j \tag{3-136}$$

式中 A_T——绕组导线的截面积，单位为 mm^2；

I——每个绕组的额定电流，单位为 A，由负载需要计算；

j——电流密度，单位为 A/mm^2，一般取 $j = 2 \sim 3\ A/mm^2$，短时工作时可取 $4 \sim 5\ A/mm^2$。

注意，由截面积 A_T 查表 3-16 选取相近截面积的导线直径 d_1，再由表 3-17 查得漆包线带漆膜的线径 d_2。

表 3-16 常用圆铝、铜线的规格

直径 /mm	截面积 /mm^2	铝			铜		
		每 1km 的净重 /kg	20℃时每 1km 的直流电阻 /Ω	75℃时每 1km 的直流电阻 /Ω	每 1km 的净重 /kg	20℃时每 1km 的直流电阻 /Ω	75℃时每 1km 的直流电阻 /Ω
0.05	0.00196				0.0175	8970	11060
0.06	0.00283				0.0252	6210	7660
0.07	0.00385				0.0342	4570	5640
0.08	0.00503				0.0447	3500	4320
0.09	0.00636				0.0565	2760	3410
0.10	0.00785				0.0698	2240	2770
0.11	0.00950				0.0845	1854	2290
0.12	0.01131				0.1005	1556	1918
0.13	0.0133				0.1179	1322	1630
0.14	0.0154				0.1368	1142	1410
0.15	0.01767				0.157	995	1227
0.16	0.0201				0.179	875	1080
0.17	0.0227				0.202	775	956
0.18	0.0255				0.226	690	852
0.19	0.0284				0.262	620	765
0.20	0.0314	0.085	901	1100	0.279	560	692
0.21	0.0346	0.097	820	1000	0.308	506	628
0.23	0.0415	0.112	682	835	0.369	424	524
0.25	0.0491	0.133	577	705	0.436	359	443
0.27	0.0573	0.155	494	604	0.509	307	379
0.29	0.0661	0.178	428	524	0.587	266	329

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

直径/mm	截面积/mm²	铝			铜		
		每1km的净重/kg	20℃时每1km的直流电阻/Ω	75℃时每1km的直流电阻/Ω	每1km的净重/kg	20℃时每1km的直流电阻/Ω	75℃时每1km的直流电阻/Ω
0.31	0.0755	0.204	375	458	0.671	233	285
0.33	0.0855	0.231	331	405	0.760	206	254
0.35	0.0962	0.260	294	360	0.855	183	226
0.38	0.1134	0.306	250	305	1.008	156.0	191.3
0.41	0.1320	0.357	214	262	1.170	133.0	164
0.44	0.1521	0.411	186	227	1.352	116.0	142.5
0.47	0.1735	0.469	163	199.5	1.54	101.0	125.0
0.49	0.1886	0.509	150	183.5	1.68	93.3	115.0
0.51	0.204	0.550	138.6	169.5	1.81	86.0	106.2
0.53	0.221	0.600	128.0	156.5	1.98	79.4	98.2
0.55	0.238	0.643	119.0	145.5	2.12	73.7	91.2
0.57	0.255	0.689	111.0	135.5	2.27	68.8	85.2
0.59	0.273	0.734	103.6	127	2.42	64.2	79.5
0.62	0.302	0.813	93.8	114.7	2.68	58.0	72.0
0.64	0.322	0.868	88.0	107.5	2.86	54.5	67.4
0.67	0.353	0.950	80.2	98.0	3.13	49.6	61.5
0.69	0.374	1.01	75.7	92.5	3.32	47.0	58.0
0.72	0.407	1.10	69.5	85.0	3.62	43.0	53.3
0.74	0.430	1.16	65.8	80.5	3.82	40.6	50.5
0.77	0.466	1.26	60.7	74.4	4.14	37.6	46.5
0.80	0.503	1.36	56.3	68.9	4.47	34.9	43.1
0.83	0.541	1.46	52.4	64.0	4.81	32.4	40.1
0.86	0.581	1.57	48.7	59.6	5.16	30.2	37.3
0.90	0.636	1.72	44.5	54.5	5.66	27.5	34.1
0.93	0.679	1.83	41.7	51.7	6.04	25.8	31.9
0.96	0.724	1.95	39.1	47.8	6.43	24.3	30.0
1.00	0.785	2.12	36.1	44.1	6.98	22.3	27.6
1.04	0.849	2.28	33.3	40.9	7.55	20.7	25.6
1.08	0.916	2.47	30.9	37.8	8.14	19.20	23.7
1.12	0.985	2.65	28.8	35.1	8.75	17.80	22.0
1.16	1.057	2.85	26.8	32.8	9.40	16.6	20.6
1.20	1.131	3.05	25.0	30.6	10.05	15.50	19.17
1.25	1.227	3.31	23.1	28.2	10.91	14.3	17.68

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

直径/mm	截面积/mm^2	铝			铜		
		每1km的净重/kg	20℃时每1km的直流电阻/Ω	75℃时每1km的直流电阻/Ω	每1km的净重/kg	20℃时每1km的直流电阻/Ω	75℃时每1km的直流电阻/Ω
1.30	1.327	3.58	21.5	26.1	11.80	13.2	16.35
1.35	1.431	3.86	19.8	24.2	12.73	12.30	14.10
1.40	1.539	4.15	18.4	22.5	13.69	11.40	13.90
1.45	1.651	4.45	17.15	20.9	14.70	10.60	13.13
1.50	1.767	4.77	16.00	19.6	15.70	9.33	12.28
1.56	1.911	5.15	14.80	18.1	17.0	9.18	11.35
1.62	2.06	5.56	13.73	16.8	18.32	8.53	10.5
1.68	2.22	5.98	12.75	15.6	19.7	7.90	9.78
1.74	2.38	6.40	11.95	14.54	21.1	7.37	9.12
1.81	2.57	6.95	11.00	13.45	22.9	6.84	8.45
1.88	2.78	7.49	10.2	12.45	24.7	6.31	7.80
1.95	2.99	8.06	9.46	11.60	26.5	5.88	7.26
2.02	3.20	8.65	8.85	10.8	28.5	5.50	6.78
2.10	3.46	9.34	8.18	10.0	30.8	5.11	6.27
2.26	4.01	10.83	7.05	8.63	35.7	4.39	5.41
2.44	4.68	12.64	6.05	7.40	41.6	3.76	4.63
2.63	5.43	14.65	5.22	6.37	48.3	3.24	4.00
2.83	6.29	16.98	4.50	5.50	55.9	2.80	3.45
3.05	7.31	19.75	3.88	4.74	65.0	2.41	2.97
3.28	8.45	22.8	3.35	4.10	75.1	2.08	2.57
3.53	9.79	26.4	2.89	3.54	87.0	1.80	2.22
3.80	11.34	30.6	2.49	3.05	100.8	1.55	1.915
4.10	13.20	35.6	2.14	2.62	117.3	1.332	1.642
4.50	15.90	43.0	1.78	2.18	141.4	1.108	1.362
4.80	18.1	48.9	1.56	1.91	160.9	0.973	1.198
5.20	21.2	57.4	1.33	1.627	188.8	0.827	1.020

注：表中计算公式如下：每1km的净重 $G=1000\text{m}\times$ 截面积（mm^2）$\times$ 密度 $\times 10^{-3}$kg，其中铜的密度为8.9g/cm^3；铝密度为2.7g/cm^3。

每1km的直流电阻：$R_t=\dfrac{\text{电阻率}\times 1000}{\text{截面积}\ (\text{mm}^2)}\Omega\times 1000\text{m}$，其中当温度 $t=20$℃时，铜的电阻率为0.0175Ω·mm^2/m；铝的电阻率为0.0283Ω·mm^2/m。

温度 $t=75$℃时，铜的电阻率为0.0217Ω·mm^2/m；铝的电阻率为0.0346Ω·mm^2/m。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-17　常用漆包线规格

裸线直径/mm	漆包线最大外径/mm			漆包线单位长度重量/（kg/km）				
	Q	QQ	QZ、QZL、QY	Q	QQ	QZ	QZL	QY
0.05	0.065	—	—	0.018	—	—	—	—
0.06	0.075	0.09	0.09	0.026	0.028	0.028	0.01140	0.029
0.07	0.085	0.10	0.10	0.036	0.037	0.037	0.01458	0.039
0.08	0.095	0.11	0.11	0.046	0.047	0.047	0.01828	0.050
0.09	0.105	0.12	0.12	0.058	0.059	0.059	0.02241	0.063
0.10	0.120	0.13	0.13	0.072	0.074	0.074	0.02690	0.076
0.11	0.130	0.14	0.14	0.087	0.087	0.087	0.03111	0.092
0.12	0.140	0.15	0.15	0.104	0.104	0.104	0.03721	0.108
0.13	0.150	0.16	0.16	0.120	0.120	0.120	0.04302	0.126
0.14	0.160	0.17	0.17	0.140	0.140	0.140	0.04931	0.145
0.15	0.170	0.19	0.19	0.161	0.161	0.161	0.05918	0.167
0.16	0.180	0.20	0.20	0.183	0.183	0.183	0.06646	0.189
0.17	0.190	0.21	0.21	0.206	0.206	0.206	0.07415	0.213
0.18	0.200	0.22	0.22	0.230	0.230	0.230	0.08222	0.237
0.19	0.210	0.23	0.23	0.256	0.256	0.256	0.09081	0.264
0.20	0.225	0.24	0.24	0.285	0.285	0.285	0.09968	0.292
0.21	0.235	0.25	0.25	0.314	0.314	0.314	0.10916	0.321
0.23	0.255	0.28	0.28	0.376	0.376	0.376	0.1334	0.386
0.25	0.275	0.30	0.30	0.443	0.443	0.443	0.1555	0.454
0.27	0.31	0.32	0.32	0.519	0.519	0.519	0.1793	0.529
0.29	0.33	0.34	0.34	0.598	0.599	0.598	0.2046	0.608
0.31	0.35	0.36	0.36	0.685	0.685	0.685	0.2318	0.693
0.33	0.37	0.38	0.38	0.775	0.775	0.775	0.2604	0.784
0.35	0.39	0.41	0.41	0.871	0.871	0.871	0.2984	0.884
0.38	0.42	0.44	0.44	1.025	1.025	1.025	0.3478	1.04
0.41	0.45	0.47	0.47	1.195	1.195	1.195	0.4012	1.21
0.44	0.49	0.50	0.50	1.374	1.374	1.374	0.4582	1.39
0.47	0.52	0.53	0.53	1.566	1.566	1.566	0.5192	1.58
0.49	0.54	0.55	0.55	1.701	1.701	1.701	0.5618	1.72
0.51	0.56	0.58	0.58	1.846	1.843	1.843	0.6168	1.87
0.53	0.58	0.60	0.60	1.992	1.987	1.987	0.6638	2.02
0.55	0.60	0.62	0.62	2.144	2.144	2.144	0.7114	2.17
0.57	0.62	0.64	0.64	2.302	2.302	2.302	0.7614	2.34
0.59	0.64	0.66	0.66	2.466	2.466	2.466	0.8127	2.50
0.62	0.67	0.69	0.69	2.720	2.720	2.720	0.8935	2.76
0.64	0.69	0.72	0.72	2.897	2.897	2.987	0.9485	2.94
0.67	0.72	0.75	0.75	3.173	3.163	3.163	1.0181	3.21
0.69	0.74	0.77	0.77	3.374	3.374	3.374	1.1080	3.41
0.72	0.78	0.80	0.80	3.637	3.640	3.640	1.2010	3.70

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

裸线直径/mm	漆包线最大外径/mm			漆包线单位长度重量/（kg/km）				
	Q	QQ	QZ、QZL、QY	Q	QQ	QZ	QZL	QY
0.74	0.80	0.83	0.83	3.882	3.882	3.882	1.2814	3.92
0.77	0.83	0.86	0.86	4.196	4.196	4.196	1.3821	4.24
0.80	0.86	0.89	0.89	4.427	4.527	4.527	1.4867	4.58
0.83	0.89	0.92	0.92	4.870	4.842	4.842	1.5941	4.92
0.86	0.92	0.95	0.95	5.227	5.227	5.227	1.7059	5.27
0.90	0.96	0.99	0.99	5.721	5.709	5.709	1.8612	5.78
0.93	0.99	1.02	1.02	6.107	6.107	6.107	1.981	6.16
0.96	1.02	1.05	1.05	6.525	6.493	6.493	2.1055	6.56
1.00	1.07	1.11	1.11	7.069	7.069	7.069	2.3166	7.14
1.04	1.12	1.15	1.15	7.643	7.620	7.620	2.4982	7.72
1.08	1.16	1.19	1.19	8.240	8.240	8.240	2.6850	8.32
1.12	1.20	1.23	1.23	8.860	8.860	8.860	2.8786	8.94
1.16	1.24	1.27	1.27	9.50	9.510	9.510	3.081	9.95
1.20	1.28	1.31	1.31	10.16	10.161	10.161	3.2893	10.4
1.25	1.33	1.36	1.36	11.02	11.021	11.021	3.5547	11.2
1.30	1.38	1.41	1.41	11.91	11.912	11.912	3.8360	12.1
1.35	1.43	1.46	1.46	12.84	12.832	12.832	4.1262	13.0
1.40	1.48	1.51	1.51	13.81	13.819	13.819	4.4276	14.0
1.45	1.53	1.56	1.56	14.81	14.802	14.802	4.7420	15.0
1.50	1.58	1.61	1.61	15.84	15.847	15.847	5.0617	16.0
1.56	1.64	1.67	1.67	17.13	17.130	17.130	5.4658	17.3
1.62	1.71	1.73	1.73	18.51	18.456	18.456	5.8800	18.6
1.68	1.77	1.79	1.79	19.82	19.843	19.843	6.3123	20.0
1.74	1.83	1.85	1.85	21.22	21.262	21.262	6.7506	21.4
1.81	1.90	1.93	1.93	23.11	23.030	23.030	7.3168	23.3
1.88	1.97	2.00	2.00	24.93	24.845	24.845	7.886	25.2
1.95	2.04	2.07	2.07	26.73	26.730	26.730	8.4626	27.0
2.02	2.12	2.14	2.14	28.77	28.659	28.659	9.065	29.0
2.10	2.20	2.23	2.23	30.88	31.002	31.002	9.820	31.3
2.26	2.36	2.39	2.39	32.37	35.892	35.892	11.324	36.1
2.44	2.54	2.57	2.57	34.54	41.802	41.802	13.161	42.2

7）按绕组匝数 N，线径 d、绝缘纸厚度 δ 等数据来核算变压器绕组所占铁心窗口的面积，它应小于窗口实际面积 hc，以保证绕组能可靠放入。计算方法见式（3-137）～式（3-140）。

$$n_i = \frac{0.9[h-(2\sim 4\text{mm})]}{d_2} \tag{3-137}$$

式中 n_i——每个绕组每层可绕的匝数，i 取 1、2、3…；

h——选定的铁心片窗口高度，单位为 mm；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2～4mm——窗口裕量；

d_2——计算漆包线的外径，单位为 mm。

$$m_i = \frac{N_x}{n_i} \tag{3-138}$$

式中　m_i——每个绕组需绕制的层数，i 取 1、2、3…；

N_x——每个绕组需绕制的匝数，x 取 1、2、3…。

$$B_i = m_i(d_2 + \delta) + \gamma \tag{3-139}$$

式中　B_i——每个绕组绕制的厚度，单位为 mm，i 取 1、2、3…；

δ——每层绕完后垫以上的层间绝缘厚度，单位为 mm，0.2mm 及以上导线采用 0.02～0.04mm 厚的透明玻璃纸；0.2mm 以上的导线采用 0.05～0.07mm 厚的电缆纸/牛皮纸，大于 0.5mm 的导线采用 0.12mm 厚的青壳纸/厚牛皮纸。

γ——绕组间绝缘厚度，单位为 mm，每个绕组绕完后垫以的绝缘，电压不大于 500V 时，用 0.12mm 的青壳纸或 2～3 层电缆纸或 2 层黄蜡布均可。

$$B_z = (B_0 + B_1 + B_2 + \cdots) \times (1.1 \sim 1.2) \tag{3-140}$$

式中　B_z——所有绕组的总厚度，单位为 mm；

B_0——绕组骨架的厚度，单位为 mm，骨架是绕组绕制时的载体，用纸板或钢纸或玻璃纤维板等绝缘材料制成，分为无框和有框两种，如图 3-9 和图 3-10 所示。骨架在中柱的四周及上下都要占一定的体积，因此必须将其计入。

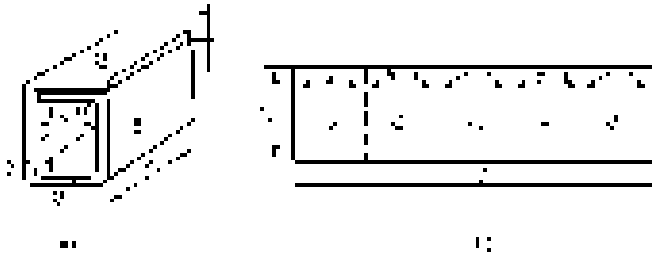


图 3-9　纸质无框骨架

a）粘叠后骨架　b）弹性纸尺寸

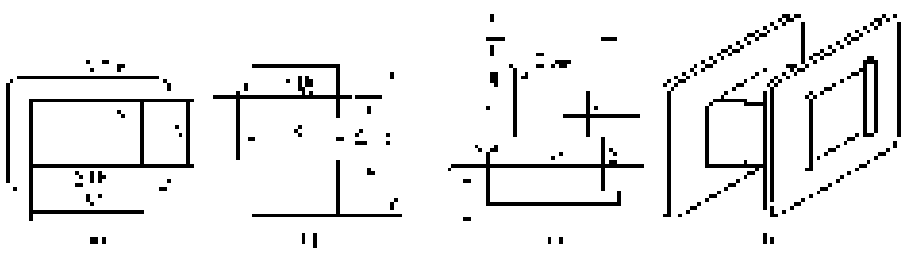


图 3-10　玻璃纤维板骨架

注：t—夹板厚度。

8）上述计算结果，如果 B_z 小于铁心窗口宽度 c，则计算可行。如果 $B_z > c$，一是要加大铁心叠厚，使绕组匝数减小，但必须使 $b_z = (1 \sim 2)\ a$；二是重新选用硅钢片的尺寸，再进行计算。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

三、单相及三相干式电力变压器的计算

大型及高压变压器的计算较复杂，这里仅介绍电压低于500V、试验电压5kV以下、容量为100kVA及以下的干式变压器的计算。计算时应确定以下参数及单位：

S——视在功率，单位为VA；

m——相数，单相或三相；

f——频率，单位为Hz，一般为50Hz；

U_ϕ——相电压，单位为V；

U——额定电压，单位为V，指线电压，单相变压器指相电压。

另外，还有联结方式、绝缘等级、冷却方式等。

1）变压器电压和电流的计算可用式（3-141）～式（3-148）进行。

单相变压器

$$I_1 = \frac{S}{U_1} \tag{3-141}$$

$$I_2 = \frac{S}{U_2} \tag{3-142}$$

式中 I_1——变压器一次侧的额定电流，单位为A；

I_2——变压器二次侧的额定电流，单位为A。

三相变压器

星形联结

$$I = S/(\sqrt{3}U) \tag{3-143}$$

$$U = \sqrt{3}U_\phi \tag{3-144}$$

$$I = I_\phi \tag{3-145}$$

式中 I——变压器一次侧或二次侧的额定线电流，单位为A；

I_ϕ——变压器一次侧或二次侧的额定相电流，单位为A；

U——变压器线电压，单位为V，计算一次侧的额定线电流时，U为一次侧的线电压；计算二次侧的额定线电流时，U为二次侧的线电压；

U_ϕ——变压器相电压，单位为V，计算一次侧的额定线电流时，U_ϕ为一次侧的相电压；计算二次侧的额定线电流时，U_ϕ为二次侧的相电压。

三角形联结

$$I = S/(\sqrt{3}U) \tag{3-146}$$

$$U = U_\phi \tag{3-147}$$

$$I = \sqrt{3}I_\phi \tag{3-148}$$

式中 I——变压器一次侧或二次侧的线电流，单位为A；

I_ϕ——变压器一次侧或二次侧的额定相电流，单位为A；

U——变压器线电压，单位为V，计算一次侧的额定线电流时，U为一次侧的线电压；计算二次侧的额定线电流时，U为二次侧的线电压；

U_ϕ——变压器相电压，单位为V，计算一次侧的线电流时U_ϕ为一次侧的相电压；计算二次侧的线电流时，U_ϕ为二次侧的相电压。

2）变压器铁心截面积用式（3-149）～式（3-152）计算。

单相变压器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

日字形中柱绕组式壳式　$A_T = 32\sqrt{S}$　(3-149)

口字形边柱绕组式心式　$A_T = 32\sqrt{S/2}$　(3-150)

三相变压器　$A_T = 32\sqrt{\frac{S}{3}}$　(3-151)

$$A_{TD} = \frac{A_T}{K_D} \quad (3\text{-}152)$$

式中　A_T——铁心净截面积，单位为 cm^2；

A_{TD}——铁柱毛面积，单位为 cm^2；

K_D——叠片系数，0.35mm 厚冷轧硅钢片不涂漆取 0.94，热轧硅钢片涂漆取 0.91；0.5mm 厚硅钢片不涂漆取 0.96，涂漆取 0.93；

S——变压器视在功率，单位为 kVA。

注意，口字形边柱绕组式的二次绕组应平均分别绕在两个边柱上。

多级阶梯形铁心柱的外接圆直径、毛面积、净面积及各级尺寸如图 3-11 所示并见表 3-18。

3）变压器铁轭截面及轭高（边框铁心柱）用式（3-153）～式（3-157）进行计算。

表 3-18　多级阶梯形变压器铁心柱尺寸表

外接圆直径 D /mm	视在面积（毛面积）A_{TD}/cm^2	净面积 A_T/cm^2			铁心柱宽度/mm								铁心柱厚度/mm								
		0.91 A_{TD}	0.92 A_{TD}	0.95 A_{TD}	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	T
70	34.30	31.21	31.56	32.95	65	60	50	35	20				26	5	6	6	3				66
75	39.90	36.31	36.71	37.91	70	65	55	40	25				27	5	7	6	4				71
80	45.30	41.22	41.68	43.04	75	65	55	40	25				28	9	6	5	4				76
85	51.00	46.41	46.92	48.45	80	70	60	45	25				28	10	6	6	4				80
90	57.75	52.55	53.13	54.86	85	75	65	50	30				29	10	7	6	5				85
95	64.30	58.52	59.16	61.09	90	80	65	50	30				30	11	9	5	5				90
100	70.95	64.57	65.27	67.40	95	85	70	55	30				31	11	9	6	6				95
105	79.50	72.35	73.14	75.53	100	90	80	65	50	30			32	11	7	7	5	4			100
110	87.15	79.31	80.18	82.79	105	95	85	70	55	30			33	11	7	8	5	5			105
115	95.00	86.45	87.40	90.25	110	100	90	75	55	30			34	11	8	7	7	5			110
120	104.10	94.73	95.77	98.90	115	105	90	75	60	35			34	12	11	7	5	5			114
125	112.80	102.65	103.78	107.16	120	110	95	80	60	35			35	12	11	8	6	5			119
130	122.55	111.52	112.75	116.42	125	115	100	85	65	35			35	13	11	8	7	6			125
135	132.00	120.12	121.44	125.40	130	115	105	85	65	40			37	17	7	10	7	5			129
140	141.95	129.18	130.59	134.85	135	120	110	90	70	40			37	18	7	10	7	7			135
145	152.20	138.50	140.02	144.59	140	125	110	95	70	40			38	18	10	8	8	7			140
150	165.00	150.15	151.80	156.75	145	135	120	105	90	65	40		38	14	12	9	6	8	4		144
155	175.80	159.99	161.74	167.01	148	140	125	110	90	70	40		45	11	12	9	9	6	5		149
160	188.30	171.35	173.24	178.89	155	145	130	115	95	70	40		40	14	13	9	8	8	6		156
165	199.46	181.51	183.50	189.49	160	148	135	115	95	70	35		41	16	11	12	8	7	6		161
170	211.55	192.51	194.63	200.97	165	155	140	120	100	75	45		41	14	14	12	8	8	5		163
175	224.30	204.11	206.36	213.09	170	160	140	125	100	75	45		41	15	17	9	10	8	5		169
180	237.30	215.94	218.32	225.44	175	160	145	125	105	80	45		42	20	12	12	8	8	6		174

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

外接圆直径 D /mm	视在面积（毛面积）A_{TD}/cm²	净面积 A_T/cm²			铁心柱宽度/mm								铁心柱厚度/mm								
		0.91 A_{TD}	0.92 A_{TD}	0.95 A_{TD}	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	T
185	250.44	227.90	230.40	237.92	180	165	148	130	110	80	45		43	20	14	10	9	9	6		179
190	263.65	239.92	242.56	250.47	185	170	155	135	110	85	50		43	21	12	12	11	7	7		183
195	278.50	253.44	256.22	264.58	185	175	160	140	115	85	50		62	12	13	12	11	9	6		188
200	292.50	266.18	269.10	277.88	195	180	160	140	115	85	50		44	21	17	11	11	8	7		194
205	308.60	280.83	283.91	293.17	200	185	165	145	120	90	50		45	22	16	12	11	9	7		199
210	322.08	293.09	296.31	305.98	200	185	170	148	120	90	55		64	18	11	13	12	9	6		202
215	339.20	308.67	312.06	322.24	210	195	175	148	125	95	55		45	23	17	15	10	8	8		208
220	353.60	321.78	325.31	335.92	210	200	180	155	130	95	55		66	13	17	15	11	10	7		212
225	372.65	339.11	342.84	354.02	215	200	180	160	130	100	55		67	18	16	15	13	9	8		219
230	387.10	352.26	356.13	367.75	220	205	185	160	135	100	55		67	19	16	14	10	11	8		223
235	404.20	367.82	371.86	383.99	225	210	185	165	135	100	65		68	19	19	12	12	10	7		226
240	422.90	384.84	389.07	401.76	230	215	195	170	140	105	65		69	19	17	14	13	11	7		231
245	445.10	403.22	407.65	420.95	235	220	200	180	155	130	100	60	68	20	16	13	11	10	8	7	238
250	460.90	419.42	424.03	437.86	240	225	210	185	165	135	100	60	70	20	13	16	10	11	9	7	242
255	480.70	437.44	442.24	456.67	245	230	215	185	165	135	100	60	72	19	14	19	10	10	9	7	248
260	500.34	455.31	460.31	475.32	248	235	220	195	170	140	105	65	78	17	14	16	13	11	9	7	252
265	517.10	470.56	475.73	491.25	255	240	225	200	175	140	110	60	70	21	14	17	12	13	8	9	258
270	539.60	491.04	496.43	542.62	260	245	225	205	175	145	110	65	76	18	13	15	11	11	9	8	262
275	557.83	507.63	513.20	529.94	265	248	230	205	180	145	110	65	73	16	16	12	13	13	9	8	267
280	581.06	528.76	534.58	552.01	270	255	235	210	180	148	115	65	74	19	16	15	11	11	9	8	272
285	600.80	546.73	552.74	570.76	275	260	240	215	185	155	115	70	74	19	17	15	11	11	10	8	276
290	621.90	565.93	572.15	590.81	280	265	245	220	185	155	120	70	76	19	16	17	12	12	9	9	282
295	643.16	585.28	591.71	611.00	285	270	248	220	185	155	120	70	76	21	18	17	11	11	9	8	286
300	663.20	603.51	610.14	630.04	290	275	255	225	195	160	115	70	77	19	20	15	13	13	12	7	291

单相日字形（壳式）

$$A_E \geqslant \frac{1}{2}A_T \qquad (3\text{-}153)$$

单相口字形心式 $A_E = A_T$ (3-154)

多阶铁心柱截面

$$A_E = (1.05 \sim 1.10)A_T \qquad (3\text{-}155)$$

三相三柱式 $A_E = (1.05 \sim 1.10)A_T$ (3-156)

$$h_E = \frac{A_E}{K_D d} \qquad (3\text{-}157)$$

式中 A_E——变压器铁轭截面积，单位为 cm²；

h_E——铁轭高，单位为 cm；

K_D——叠片系数；

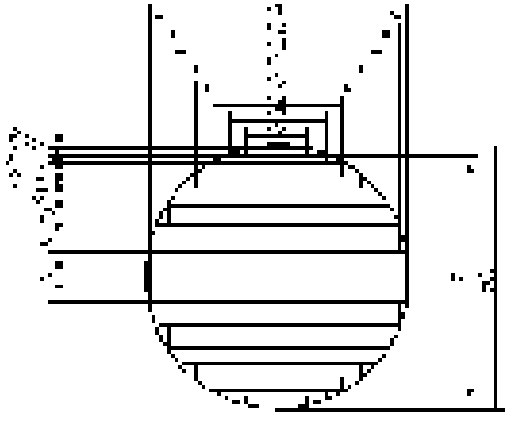


图 3-11 多级阶梯形变压器铁心柱尺寸示意图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

d——叠片厚度，单位为 cm。

4）绕组匝数的计算用式（3-158）和式（3-159）进行，即

$$U_z = 4.44fB_mA_T \times 10^{-8} \tag{3-158}$$

$$N = U_\phi / U_z \tag{3-159}$$

式中　U_z——每匝电压值，单位为 V；

B_m——铁心柱磁通密度，冷轧钢片取 1.3～1.5T，热轧钢片取 1.0～1.3T，变压器容量小时取下限，反之取上限；

f——电源频率，单位为 Hz，一般取 50Hz；

N——一次或二次绕组匝数；

U_ϕ——一次或二次空载额定相电压，单位为 V。

注意，通常先计算 N_2，然后再按电压比计算 N_1，这样既方便又准确。

5）绕组导线截面积可用式（3-160）计算。

$$A_T = I/j \tag{3-160}$$

式中　I——一次侧或二次侧的额定相电流，单位为 A，由负载计算；

j——电流密度，单位为 A/mm^2，内层绕组取 1.6～1.9A/mm^2，外层绕组取 2.4～2.8A/mm^2，铝线降低 30%，一般条件下，平行绕制应取小值，通风条件好的取大值，容量小取小值，容量大取大值。

根据导线截面和线径由表 3-16 和表 3-17 查出。

变压器不同铁心结构图例如图 3-12 所示。

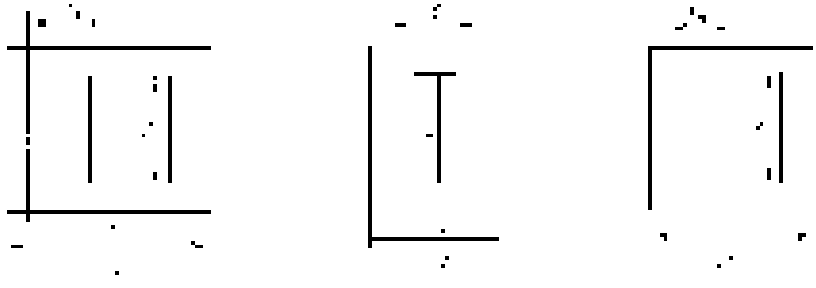


图 3-12　变压器不同铁心结构图例

a）三柱铁心式　b）单相心式　c）单相壳式

第四节　电磁铁的计算

电磁铁的计算较为复杂，这里仅给出简式供读者参考。

1）直流电磁铁吸力的计算见式（3-161），即

$$F = 40B^2A \tag{3-161}$$

式中　F——电磁铁吸力，单位为 N；

B——铁心磁感应强度，单位为 T；

A——铁心截面积，单位为 cm^2。

2）交流电磁铁吸力的计算见式（3-162）和式（3-163），即

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$F_m = 40B_m^2A \tag{3-162}$$

$$F = 20B_m^2A \tag{3-163}$$

式中 F_m——一个周期内电磁铁吸力的最大值，单位为 N；

F——一个周期内电磁铁吸力的平均值，单位为 N；

B_m——铁心磁感应强度最大值，单位为 T；

A——铁心截面积，单位为 cm^2。

第五节 电力负荷的计算及应用

一、三相负荷的计算

1. 需要系数法

1）三相用电设备（组）有功负荷按式（3-164）计算，即

$$P_{30} = K_dP_e \tag{3-164}$$

式中 P_{30}——三相用电设备（组）有功负荷，单位为 kW；

K_d——需要系数，见表 3-19；

P_e——用电设备（组）所有设备的额定容量 P_N 之和，但不包括备用设备的容量，可用 $P_e = \sum P_N$ 来计算，$\sum$即相加，单位为 kW。

注意，式（3-164）适用于车间、工地负荷较多的环境中同类用电设备（组）的计算，如机床组、锅炉组、电炉组等，详见表 3-19。如计算支线或分支线上的负荷时，K_d 应取上限，当只有一台或两台设备时，K_d 可取 1。计算时还应确认负荷的性质。

表 3-19 用电设备组的需要系数、二项式系数及功率因数值

用电设备组名称	需要系数 K_d	二项式系数		最大容量设备台数 x①	cosφ	tanφ
		b	c			
小批生产的金属冷加工机床电动机	0.16～0.2	0.14	0.4	5	0.5	1.73
大批生产的金属冷加工机床电动机	0.18～0.25	0.14	0.5	5	0.5	1.73
小批生产的金属热加工机床电动机	0.25～0.3	0.24	0.4	5	0.6	1.33
大批生产的金属热加工机床电动机	0.3～0.35	0.26	0.5	5	0.65	1.17
通风机、水泵、空压机及电动发电机组电动机	0.7～0.8	0.65	0.25	5	0.8	0.75
非联锁的连续运输机械及铸造车间整砂机械	0.5～0.6	0.4	0.4	5	0.75	0.88
联锁的连续运输机械及铸造车间整砂机械	0.65～0.7	0.6	0.2	5	0.75	0.88
锅炉房和机加工、机修、装配等类车间的起重机（ε=25%）	0.1～0.15	0.06	0.2	3	0.5	1.73
铸造车间的起重机（ε=25%）	0.15～0.25	0.09	0.3	3	0.5	1.73
自动连续装料的电阻炉设备	0.75～0.8	0.7	0.3	2	0.95	0.33
实验室用的小型电热设备（电阻炉、干燥箱等）	0.7	0.7	0	—	1.0	0
工频感应电炉（未带无功补偿装置）	0.8	—	—	—	0.35	2.67
高频感应电炉（未带无功补偿装置）	0.8	—	—	—	0.6	1.33
电弧熔炉	0.9	—	—	—	0.87	0.57

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

用电设备组名称	需要系数 K_d	二项式系数		最大容量设备台数 x①	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
		b	c			
点焊机、缝焊机	0.35	—	—	—	0.6	1.33
对焊机、铆钉加热机	0.35	—	—	—	0.7	1.02
自动弧焊变压器	0.5	—	—	—	0.4	2.29
单头手动弧焊变压器	0.35	—	—	—	0.35	2.68
多头手动弧焊变压器	0.4	—	—	—	0.35	2.68
单头弧焊电动发电机组	0.35	—	—	—	0.6	1.33
多头弧焊电动发电机组	0.7	—	—	—	0.75	0.88
生产厂房及办公室、阅览室、实验室照明②	0.8～1	—	—	—	1.0	0
变配电所、仓库照明②	0.5～0.7	—	—	—	1.0	0
宿舍（生活区）照明②	0.6～0.8	—	—	—	1.0	0
室外照明、事故照明②	1	—	—	—	1.0	0

① 如果用电设备组的设备总台数 $n<2x$ 时，则最大容量设备台数取 $n/2$，且按“四舍五入”规则取整数。

② 这里的 $\cos\varphi$ 和 $\tan\varphi$ 值为白炽灯照明的数值。如为荧光灯照明，则 $\cos\varphi=0.9$，$\tan\varphi=0.48$；如为高压汞灯、钠灯，则 $\cos\varphi=0.5$，$\tan\varphi=1.73$。

2）三相用电设备（组）无功负荷按式（3-165）计算，即

$$Q_{30}=P_{30}\tan\varphi \tag{3-165}$$

式中　Q_{30}——三相用电设备（组）无功负荷，单位为 kvar；

$\tan\varphi$——用电设备（组）$\cos\varphi$ 对应的正切值，见表 3-19。

3）三相用电设备（组）视在负荷按式（3-166）计算，即

$$S_{30}=P_{30}/\cos\varphi \tag{3-166}$$

式中　S_{30}——三相用电设备（组）视在负荷，单位为 kVA；

$\cos\varphi$——用电设备（组）平均功率因数，见表 3-19。

4）三相用电设备（组）计算电流按式（3-167）计算，即

$$I_{30}=S_{30}/(\sqrt{3}U_N) \tag{3-167}$$

式中　I_{30}——三相用电设备（组）计算电流，单位为 A；

U_N——三相用电设备（组）额定电压，单位为 V。

注意，I_{30}的计算可用来选择导线、母线的截面积及开关设备、继电器、互感器等设备，当只有一台或两台设备时，I_{30}可用其额定电流来代替，即 $I_{30}=I_{N1}$或 $I_{30}=I_{N1}+I_{N2}$。

5）设备性质及容量的确认及计算如下：

① 长期连续工作制是指设备长期连续运行，负荷比较稳定，如通风机、水泵、机床电动机、空气压缩机、电动发电机组、电炉及照明装置等。

短时工作制是指设备工作时间很短，停歇时间较长，而负载也较稳定，如机床或调节系统的某些电动机，如进给电动机、步进电动机等。

对于长期连续工作制和短时工作制的用电设备（组），其设备容量就是所有用电设备铭牌之中的额定容量之和，即 $P_e=\sum P_N$。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 断续周期工作制是指设备周期性地时而工作，时而停歇，如此反复运行，如电焊机、起重机等。这类电动机常用负荷持续率（暂载率）来说明其工作性质。这类负荷计算时，设备容量要统一换算到一个规定的负荷持续率下的功率之和，才能进入计算负荷。

负荷持续率应用式（3-168）进行计算，即

$$\varepsilon = \frac{t}{t + t_0} \times 100\% \tag{3-168}$$

式中 ε——负荷持续率；

t——工作周期内的工作时间，单位为 min；

t_0——工作周期内的停歇时间，单位为 min。

电焊机组应统一换算到 $\varepsilon = 100\%$ 下，其设备容量用式（3-169）计算，即

$$\begin{aligned} P_e &= P_N \sqrt{\varepsilon_N / \varepsilon_{100}} = S_N \cos\varphi \sqrt{\varepsilon_N / \varepsilon_{100}} \\ &= P_N \sqrt{\varepsilon_N} = S_N \cos\varphi \sqrt{\varepsilon_N} \end{aligned} \tag{3-169}$$

式中 P_e——电焊机组换算后的设备容量，单位为 kW；

P_N——电焊机铭牌上的额定有功容量，单位为 kW；

S_N——电焊机铭牌上的额定视在容量，单位为 kvar；

ε_N——与铭牌容量对应的负荷持续率（%）；

ε_{100}——100% 的负荷持续率（%），计算时取 100；

$\cos\varphi$——铭牌规定的功率因数。

起重机电动机组应统一换算到 $\varepsilon = 25\%$ 下，其设备容量用式（3-170）计算，即

$$P_e = P_N \sqrt{\frac{\varepsilon_N}{\varepsilon_{25}}} = 2P_N \sqrt{\varepsilon_N} \tag{3-170}$$

式中 P_e——起重机电动机组换算后的设备容量，单位为 kW；

P_N——起重机电动机铭牌上的额定有功容量，单位为 kW；

ε_N——与铭牌容量对应的负荷持续率（%）；

ε_{25}——25% 的负荷持续率（%），计算时取 25。

6）多组三相用电设备（组）负荷的计算。不同的用电设备组接在干线或车间变电所母线上时，计算负荷时要考虑各组用电设备（组）中最大负荷不同时出现的因素。一般条件下，对 P_{30}、Q_{30} 分别计入一个同时系数 $K_{\sum P}$、$K_{\sum Q}$。$K_{\sum P}$、$K_{\sum Q}$ 的取值见表 3-20。

表 3-20 同时系数 $K_{\sum P}$、$K_{\sum Q}$ 的取值范围

用电设备接线部位	$K_{\sum P}$	$K_{\sum Q}$
车间干线或进户总线	0.85～0.95	0.9～0.97
低压母线（计算负荷直接相加）	0.8～0.9	0.85～0.95
场所车间干线（计算负荷直接相加）	0.9～0.95	0.93～0.97

多组三相用电设备（组）负荷计算按式（3-171）～式（3-174）进行，即

$$P_{\sum 30} = K_{\sum P} \sum P_{30n} (n \text{ 取 } 1、2、3\cdots) \tag{3-171}$$

$$Q_{\sum 30} = K_{\sum Q} \sum Q_{30n} (n \text{ 取 } 1、2、3\cdots) \tag{3-172}$$

$$S_{\sum 30} = \sqrt{P_{\sum 30}^2 + Q_{\sum 30}^2} \tag{3-173}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$I_{\sum 30} = S_{\sum 30}/\sqrt{3}U_N \tag{3-174}$$

式中　$P_{\sum 30}$——总的有功计算负荷，单位为 kW；

$\sum P_{30n}$——各用电设备组有功负荷之和，将式（3-164）计算结果一一相加，单位为 kW；

$Q_{\sum 30}$——总的无功计算负荷，单位为 kvar；

$\sum Q_{30n}$——各用电设备组无功负荷之和，将式（3-165）计算结果一一相加，单位为 kvar；

$S_{\sum 30}$——总的视在计算负荷，单位为 kVA；

$I_{\sum 30}$——总的计算电流，单位为 A；

U_N——额定电压，单位为 V，指线电压。

这里要特别注意，由于各组用电设备的功率因数不同，$S_{\sum 30}$和$I_{\sum 30}$的计算不能用各组的S_{30}和I_{30}相加来计算，$S_{\sum 30}$更不能用式（3-166）来计算。多组设备计算时，各组的设备台数不论多少，均按表3-19中的K_d和$\cos\varphi$来计算，一般不考虑设备台数少而适当增大K_d和$\cos\varphi$值。

需要系数法适用于用电设备台数较多而容量相差不大的场所计算负荷时使用。

2. 二项式系数法

1）三相用电设备（组）计算负荷按式(3-175）～式（3-178）计算，即

$$P_{30} = bP_e + cP_x \tag{3-175}$$

式中　P_{30}——三相用电设备（组）有功负荷，单位为 kW；

bP_e——用电设备（组）平均负荷，$P_e = \sum P_N$，即用电设备（组）所有设备额定容量P_N之和，单位为 kW；

cP_x——用电设备（组）中x台容量最大的设备投入使用时增加的附加负荷，P_x是x台中最大容量设备的总容量，$P_x = \sum P_{mn}$（n取1、2、3…），不包括备用设备的容量，x见表3-19；

b、c——二项式系数，见表3-19。

$$Q_{30} = P_{30}\tan\varphi \tag{3-176}$$

$$S_{30} = P_{30}/\cos\varphi \tag{3-177}$$

$$I_{30} = S_{30}/\sqrt{3}U_N \tag{3-178}$$

注意，式（3-177）～式（3-178）与式(3-165）～式（3-167）使用相同。

使用式（3-175）时，如果实际设备台数n少于表3-19中规定的最大容量设备台数x的2倍时，取$x = n/2$并按“四舍五入”法取整数计入。如一机床电动机组电动机只有9台，则$x = 9/2 \approx 5$。

如果设备台数只有2～3台时，则$P_{30} = P_e$，单台时$P_{30} = P_N/\eta$，同时$\cos\varphi$应取大一点。

计算步骤及公式应用：

① 确定设备总容量$P_e = \sum P_N$。

② 按用电设备（组）的类别查表3-19并与其名称相应，写出该栏内的b、c、x、$\cos\varphi$、$\tan\varphi$的值。

③ 确定x的值，并计算P_x。如果最大容量设备的台数大于等于栏内x的值，则按栏内的值确定x（5、3、2），则P_x=（5、3、2）P_{max}，P_{max}为最大容量设备的容量；如果最大容量设备的台数小于栏内x的值，则按容量的大小顺序排出，然后P_x=最大容量台数×P_{max}+（x－最大容量台数）×较P_{max}小一级的容量，并以此类推，且设备总台数应等于x，如P_{30}=

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

13kW ×2 +10kW ×3。

④ 按式（3-175）写出 P_{30}的算式，$P_{30}=b\sum P_N+cP_x$，其中 b、c 可由表 3-19 查出。

⑤ 按式（3-176）写出 Q_{30}的算式，$Q_{30}=P_{30}\tan\varphi$，其中 $\tan\varphi$ 可由表 3-19 查出。

⑥ 按式（3-177）写出 S_{30}的算式，$S_{30}=P_{30}/\cos\varphi$，其中 $\cos\varphi$ 可由表 3-19 查出。

⑦ 按式（3-178）写出 I_{30}的算式，$I_{30}=S_{30}/\sqrt{3}U_N$。

2）多组用电设备（组）的计算负荷按式（3-179）～式（3-182）计算，即

$$P_{30D}=\sum(bP_e)_n+(cP_x)_{max} \tag{3-179}$$

$$Q_{30D}=\sum(bP_e\tan\varphi)_n+(cP_x)_{max}\tan\varphi_{max} \tag{3-180}$$

式中 $\sum(bP_e)_n$——各组用电设备（组）有功平均负荷之和，n 取 1、2、3…，单位为 kW；

$(cP_x)_{max}$——各组用电设备（组）中最大的一个有功附加负荷，单位为 kW；

$\sum(bP_e\tan\varphi)_n$——各组用电设备（组）无功平均负荷之和，n 取 1、2、3、…，单位为 kvar；

$\tan\varphi_{max}$——$(cP_e)_{max}$设备组的功率因数角的正切值。

$$S_{30D}=\sqrt{P_{30D}^2+Q_{30D}^2} \tag{3-181}$$

$$I_{30D}=S_{30D}/\sqrt{3}U_N \tag{3-182}$$

式中 P_{30D}——多组用电设备组的总有功负荷，单位为 kW；

Q_{30D}——多组用电设备组的总无功负荷，单位为 kvar；

S_{30D}——多组用电设备组的总视在负荷，单位为 kVA；

I_{30D}——多组用电设备组的总计算电流，单位为 A。

这里要注意，多组用电设备组的计算负荷时，不论各组设备台数的多少，其 b、c、x、$\cos\varphi$、$\tan\varphi$ 等均按表 3-19 中选取，不必换算。

计算步骤及公式应用如下：

① 求出各组的 bP_e 和 cP_x，并指出 $(cP_x)_{max}$，计算详细步骤同三相用电设备（组）计算负荷的步骤中的①～⑤，同时应按编号列出，如 $bP_{e(1)}$、$cP_{x(1)}$、$bP_{e(2)}$、$cP_{x(2)}$等。

② 列出 P_{30D}的算式，$P_{30D}=bP_{e(1)}+bP_{e(2)}+bP_{e(3)}+\cdots+(cP_x)_{max}$。

③ 列出 Q_{30D}的算式，$Q_{30D}=bP_{e(1)}\tan\varphi_1+bP_{e(2)}\tan\varphi_2+bP_{e(3)}\tan\varphi_3+\cdots+(cP_x)_{max}\tan\varphi_x$。

④ 列出 S_{30D}的算式，见式（3-181）。

⑤ 列出 I_{30D}的算式，见式（3-182）。

二项式系数法适用于设备台数较少而容量差别较大的低压干线和分支线的计算负荷时使用。实践证明，同样的用电设备（组）或多组用电设备组计算负荷时，二项式系数法较需要系数法计算结果偏大一点，使用时应按实际情况掌握。

二、单相负荷的计算

单相负荷的计算在三相四线制或五线制中是一个非常麻烦的问题，一般情况下，如果容量较小可不去考虑。但是单相负荷除了照明装置外，还有一些容量较大的单相负荷，如电焊机（380V/220V 均有），电炉（380V/220V 均有）及其他电热设备等。这些容量较大的单相设备，在负荷计算中如果处理不妥，将会给运行带来很大麻烦。因此，在负荷计算中必须慎重对待。

单相负荷计算的原则通常是使单相设备不论是接在相电压上还是线电压上，只要三相负荷不平衡，应以最大单相负荷的 3 倍作为等效三相有功负荷，以便满足三相线路中安全运行的要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）单相负荷接于相电压时等效三相设备容量的计算见式（3-183），即

$$P_{e3\phi}=3P_{\phi max} \tag{3-183}$$

式中　$P_{e3\phi}$——等效三相设备容量，单位为 kW；

$P_{\phi max}$——某单相设备容量最大一台的容量，单位为 kW。

接入后，三相等效计算负荷应用式（3-164）～式（3-167）分别计算 P_{30}、Q_{30}、S_{30}和 I_{30}。

2）单相负荷接于同一线电压时等效三相设备容量的计算见式（3-184），即

$$P_{e3\phi}=\sqrt{3}P_{e\phi} \tag{3-184}$$

式中　$P_{e3\phi}$——等效三相设备容量，单位为 kW；

$P_{e\phi}$——某接于线电压上的设备容量，单位为 kW。

接入后，三相等效计算负荷应用式（3-164）～式（3-167）分别计算 P_{30}、Q_{30}、S_{30}和 I_{30}。

3）单相设备同时有接于线电压的又有接于相电压的负荷计算。

① 计算原则是先将接于线电压的单相设备容量换算到接于相电压的设备容量，然后分别计算各相的设备容量和计算负荷。其中，哪一相的有功负荷最大，其值的 3 倍就是等效三相有功计算负荷，该相无功计算负荷的 3 倍，就是等效三相无功计算负荷，见式（3-185）和式（3-186），S_{30}和 I_{30}分别按式（3-173）和式（3-174）计算。

$$P_{30}=3P_{30\cdot\phi\cdot max} \tag{3-185}$$

$$Q_{30}=3Q_{30\cdot\phi\cdot max} \tag{3-186}$$

式中　P_{30}——等效三相有功计算负荷，单位为 kW；

$P_{30\cdot\phi\cdot max}$——最大有功负荷相的有功计算负荷，单位为 kW；

Q_{30}——等效三相无功计算负荷，单位为 kvar；

$Q_{30\cdot\phi\cdot max}$——最大有功负荷相的无功计算负荷，单位为 kvar。

② 线电压上单相设备容量换算到相电压上设备容量的计算方法是将跨接于该相与另外两相相间的有功负荷/无功负荷分别乘以一个换算系数，然后将其相加即为该相换算后的有功负荷/无功负荷，计算公式见式（3-187）～式（3-192）。

对于 A 相是指 AB 相和 CA 相的换算

$$P_A=p_{AB-A}P_{AB}+p_{CA-A}P_{CA} \tag{3-187}$$

$$Q_A=q_{AB-A}P_{AB}+q_{CA-A}P_{CA} \tag{3-188}$$

对于 B 相是指 BC 相和 AB 相的换算

$$P_B=p_{BC-B}P_{BC}+p_{AB-B}P_{AB} \tag{3-189}$$

$$Q_B=q_{BC-B}P_{BC}+q_{AB-B}P_{AB} \tag{3-190}$$

对于 C 相是指 CA 相和 BC 相的换算

$$P_C=p_{CA-C}P_{CA}+p_{BC-C}P_{BC} \tag{3-191}$$

$$Q_C=q_{CA-C}P_{CA}+q_{BC-C}P_{BC} \tag{3-192}$$

式中　P_A、P_B、P_C——换算为 A、B、C 相的有功负荷；

Q_A、Q_B、Q_C——换算为 A、B、C 相的无功负荷；

P_{AB}、P_{BC}、P_{CA}——换算于 AB、BC、CA 相间的有功负荷；

p_{AB-A}、q_{AB-A}…——有功/无功换算系数见表 3-21。

4）有 220V 单相负荷、又有 380V 单相负荷，分别接于 A、B、C 三相及 AB、BC、CA 相上计算负荷的计算步骤及公式应用。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 220V 单相负荷的各相计算负荷如下：

a. 按用电设备的类别查表 3-19 并与其名称相应，列出 K_d、$\cos\varphi$、$\tan\varphi$。

b. 按用电设备在每相接的负荷大小计算 P_{30A}、P_{30B}、P_{30C}，分别列出算式，为了区别加上了下角（1），即

$$P_{30A(1)} = K_d \sum P_A$$
$$P_{30B(1)} = K_d \sum P_B$$
$$P_{30C(1)} = K_d \sum P_C$$

② 380V 单相负荷的各相计算负荷如下：

a. 对于断续周期工作制的 380V 单相负荷应先按式（3-169）和式（3-170）进行设备容量的换算。

b. 按用电设备的类别查表 3-19 并与其名称相应，列出 K_d、$\cos\varphi$，并按表 3-21 查得换算系数。

c. 按式(3-187）～式（3-192）计算每相换算后的设备容量，列出算式计算 P_A、Q_A、P_B、Q_B、P_C、Q_C。

d. 按换算后的相设备容量计算每相的有功计算负荷及无功计算负荷，列出算式

$$P_{30A(2)} = K_d \sum P_A$$
$$Q_{30A(2)} = K_d \sum Q_A$$
$$P_{30B(2)} = K_d \sum P_B$$
$$Q_{30B(2)} = K_d \sum Q_B$$
$$P_{30C(2)} = K_d \sum P_C$$
$$Q_{30C(2)} = K_d \sum Q_C$$

表 3-21 相间负荷换算为相负荷的功率换算系数

功率换算系数	负荷功率因数								
	0.35	0.4	0.5	0.6	0.65	0.7	0.8	0.9	1.0
P_{AB-A}、P_{BC-B}、P_{CA-C}	1.27	1.17	1.0	0.89	0.84	0.8	0.72	0.64	0.5
P_{AB-B}、P_{BC-C}、P_{CA-A}	-0.27	-0.17	0	0.11	0.16	0.2	0.28	0.36	0.5
Q_{AB-A}、Q_{BC-B}、Q_{CA-C}	1.05	0.86	0.58	0.38	0.3	0.22	0.09	-0.05	-0.29
Q_{AB-B}、Q_{BC-C}、Q_{CA-A}	1.63	1.44	1.16	0.96	0.88	0.8	0.67	0.53	0.29

③ 计算各相总的有功计算负荷和无功计算负荷如下：

$$P_{30A} = P_{30A(1)} + P_{30A(2)}$$
$$Q_{30A} = Q_{30A(1)} + Q_{30A(2)}$$
$$P_{30B} = P_{30B(1)} + P_{30B(2)}$$
$$Q_{30B} = Q_{30B(1)} + Q_{30B(2)}$$
$$P_{30C} = P_{30C(1)} + P_{30C(2)}$$
$$Q_{30C} = Q_{30C(1)} + Q_{30C(2)}$$

④ 比较 P_{30A}、P_{30B}、P_{30C}的大小，选出有功负荷计算最大相，运用式（3-185）、式（3-186）、式（3-173）及式（3-174）计算总的等效三相计算负荷

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$P_{30}=3P_{30\cdot\phi\cdot\max}$$
$$Q_{30}=3Q_{30\cdot\phi\cdot\max}$$
$$S_{30}=\sqrt{P_{30}^2+Q_{30}^2}$$
$$I_{30}=S_{30}/\sqrt{3}U_N$$

这里要强调一点，负荷的计算，特别是单相用电设备负荷的计算，不能怕麻烦，否则将会给计算结果带来更大的麻烦。

三、电力系统/工厂用户计算负荷的确定

35kV 供电系统可由图 3-13 来表示。

电力系统/工厂计算负荷的确定是从低压 380V/220V 最基本单元（动力及照明）开始计算的，并按图 3-13 中 P_{30} 的序号逐级计算。

1）用电设备组的负荷计算 $P_{30\cdot1}$。

$P_{30\cdot1}=K_dP_e$，详见式（3-164）；

$Q_{30\cdot1}=P_{30\cdot1}\tan\varphi$，详见式（3-165）；

如有单相负荷则按式（3-183）～式（3-192）进行计算，最后与 $P_{30\cdot1}$、$Q_{30\cdot1}$ 之和（$\sum P_{30\cdot1}$ 及 $\sum Q_{30\cdot1}$）即为最基本单元的计算负荷。

2）用电设备组母线上的负荷计算 $P_{30\cdot2}$，见式（3-193）和式（3-194）。

$$P_{30\cdot2}=K_{\sum P}\sum P_{30\cdot1} \quad (3\text{-}193)$$
$$Q_{30\cdot2}=K_{\sum Q}\sum Q_{30\cdot1} \quad (3\text{-}194)$$

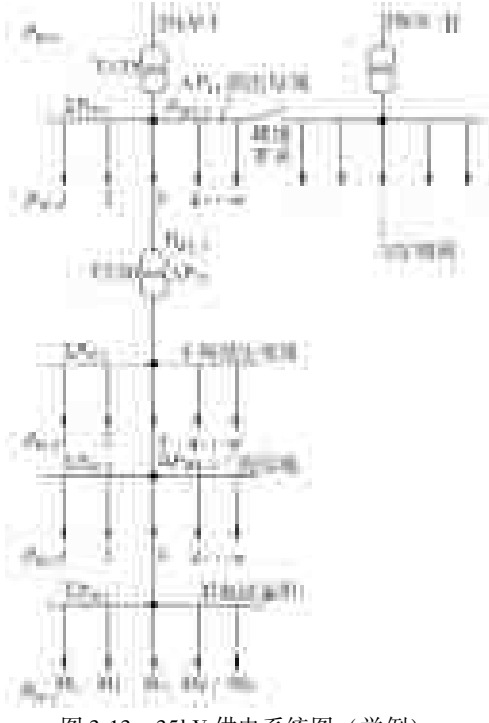


图 3-13　35kV 供电系统图（举例）

式中　$K_{\sum P}$——有功负荷的同时系数，一般为 0.8～0.95；

$K_{\sum Q}$——无功负荷的同时系数，一般为 0.85～0.97；

$\sum P_{30\cdot1}$——用电设备组母线上所有有功计算负荷，单位为 kW；

$\sum Q_{30\cdot1}$——用电设备组母线上所有无功计算负荷，单位为 kvar。

3）变压器低压母线（380V/220V）的负荷计算 $P_{30\cdot3}$，见式（3-195）～式（3-200）。

$$P_{30\cdot3}=K_{\sum P}(\sum P_{30\cdot2}+\sum\Delta P_{WL\cdot3}) \quad (3\text{-}195)$$
$$Q_{30\cdot3}=K_{\sum Q}(\sum Q_{30\cdot2}+\sum\Delta Q_{WL\cdot3}) \quad (3\text{-}196)$$
$$\Delta P_{WL}=3I_{30}^2R_{WL} \quad (3\text{-}197)$$
$$\Delta Q_{WL}=3I_{30}^2X_{WL} \quad (3\text{-}198)$$
$$R_{WL}=R_0l \quad (3\text{-}199)$$
$$X_{WL}=X_0l \quad (3\text{-}200)$$

式中　$\sum P_{30\cdot2}$——所有用电设备组母线上有功计算负荷的和，单位为 kW；

$\sum Q_{30\cdot2}$——所有用电设备组母线上无功计算负荷的和，单位为 kvar；

ΔP_{WL}、ΔQ_{WL}——变压器低压母线送至用电设备组母线线路的有功功率损耗、无功功率损耗，单位分别为 kW、kvar；

$\sum\Delta P_{WL}$、$\sum\Delta Q_{WL}$——所有低压母线送至用电设备组母线线路有功损耗的和、无功损耗的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

和，单位分别为 kW、kvar；

R_{WL}——线路每相的电阻，单位为 Ω；

X_{WL}——线路每相的电抗，单位为 Ω/m 或 Ω/km；

R_0——线路单位长度的阻值，单位为 Ω/m 或 Ω/km，可按其截面积查表，见表 3-2；

X_0——线路单位长度的电抗值，单位为 Ω/km，按其截面积及导线的排列方式查表，见表 3-2；

l——线路长度，单位为 m 或 km；

I_{30}——线路的计算电流，可按式（3-174）计算，单位为 A。

注意，导线的排列方法决定其几何均距，如图 3-14 所示。所谓线间几何均距，是指三相线路各相导线之间距离的几何平均值。如图 3-14a 所示三相线路，其线间几何均距为

$$a_{av} = \sqrt[3]{a_1 a_2 a_3}$$

如导线为等边三角形排列（见图 3-14b），则$a_{av} = a$；

如导线为水平等距排列（见图 3-14c），则 $a_{av} = \sqrt[3]{2}a = 1.26a$。

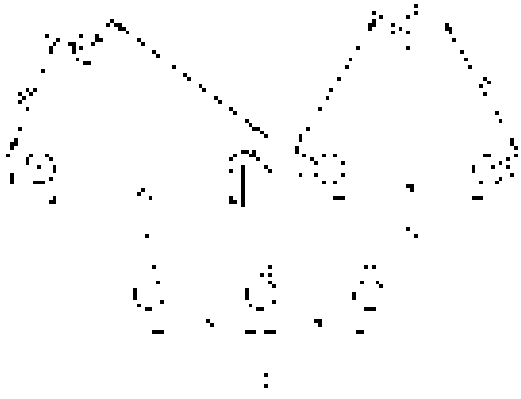


图 3-14 三相线路导线的排列方式

a）一般情况 b）等边三角形排列 c）水平等距排列

4）变压器高压母线（10kV）的负荷计算 $P_{30\cdot4}$，见式（3-201）～式（3-202），即

$$P_{30\cdot4} = K_{\sum p}(\sum P_{30\cdot3} + \sum \Delta P_{T2} + \sum \Delta P_{WL\cdot2}) \tag{3-201}$$

$$Q_{30\cdot4} = K_{\sum q}(\sum Q_{30\cdot3} + \sum \Delta Q_{T2} + \sum \Delta Q_{WL\cdot2}) \tag{3-202}$$

式中 $\sum P_{30\cdot3}$——所有低压母线上有功计算负荷之和，单位为 kW；

$\sum Q_{30\cdot3}$——所有低压母线上无功计算负荷之和，单位为 kvar；

$\sum \Delta P_{T2}$——所有 10kV 变压器有功功率损耗之和，单位为 kW，其中 2 是变压器的序号；

$\sum \Delta Q_{T2}$——所有 10kV 变压器无功功率损耗之和，单位为 kvar，其中 2 是变压器的序号。

关于变压器的损耗，可按 SJL_1 变压器 $\Delta P_T \approx 0.02S_{30}$，$\Delta Q_T \approx 0.08S_{30}$；$SL_7$ 低损变压器 $\Delta P_T \approx 0.015S_{30}$，$\Delta Q_T \approx 0.06S_{30}$计取，$S_{30}$为变压器二次侧计算出的视在功率，由式（3-173）计算。

5）35kV 电源的负荷计算 $P_{30\cdot5}$见式（3-203）和式（3-204），即

$$P_{30\cdot5} = \sum P_{30\cdot4} + \Delta P_{WL1} + \Delta P_{T1} \tag{3-203}$$

$$Q_{30\cdot5} = \sum Q_{30\cdot4} + \Delta Q_{WL1} + \Delta Q_{T1} \tag{3-204}$$

式中 $\sum P_{30\cdot4}$——高压母线上所有有功计算负荷之和，单位为 kW；

$\sum Q_{30\cdot4}$——高压母线上所有无功计算负荷之和，单位为 kvar；

ΔP_{WL1}、ΔQ_{WL1}——高压母线上的有功损耗、无功损耗，单位分别为 kW、kvar；

ΔP_{T1}、ΔQ_{T1}——35kV 变压器有功损耗、无功损耗，单位分别为 kW、kvar。

上述 1）～5）电力系统/工厂计算负荷中，其每级的 S_{30}及 I_{30}均按式（3-173）、式（3-174）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

进行计算，即

$$S_{30}=\sqrt{P_{30}^2+Q_{30}^2}$$

$$I_{30}=S_{30}/\sqrt{3}U_N$$

6）用较简单的方法进行电力系统/工厂负荷计算，一般是采用需要系数法，见式（3-164）～式（3-167）。

$$P_e=\sum P_N$$

$$P_{30}=K_dP_e$$

$$Q_{30}=P_{30}\tan\varphi$$

$$S_{30}=P_{30}/\cos\varphi$$

$$I_{30}=S_{30}/\sqrt{3}U_N$$

式中　P_e——用电设备总容量，单位为 kW；

$\sum P_N$——将所有用电设备容量相加，但不包括备用设备的容量，单相或周期间断性设备应按前述进行换算，单位为 kW；

K_d——需要系数，按表 3-22 选取；

$\tan\varphi$——对应于表 3-22 中 $\cos\varphi$ 其 φ 角的正切值，可查三角函数表。

需要系数法只能确定总计算负荷，其他各级的计算负荷仍用前述方法进行。

表 3-22　部分工厂的全厂需要系数、功率因数及年最大有功负荷利用小时参考值

工厂类别	需要系数	功率因数（cosφ）	年最大有功负荷利用小时数
汽轮机制造厂	0.38	0.88	5000
锅炉制造厂	0.27	0.73	4500
柴油机制造厂	0.32	0.74	4500
重型机械制造厂	0.35	0.79	3700
重型机床制造厂	0.32	0.71	3700
机床制造厂	0.2	0.65	3200
石油机械制造厂	0.45	0.78	3500
量具刃具制造厂	0.26	0.60	3800
工具制造厂	0.34	0.65	3800
电机制造厂	0.33	0.65	3000
电器开关制造厂	0.35	0.75	3400
电线电缆制造厂	0.35	0.73	3500
仪器仪表制造厂	0.37	0.81	3500
滚珠轴承制造厂	0.28	0.70	5800

四、负荷计算的应用

负荷的计算主要是用来选择导线或电缆、开关、母线或母排、变压器、继电器等，这些装置除了满足工作电压的要求外，还必须满足负荷电流的要求，只有这样，电气设备及导线电缆才会在正常运行时不会使发热温度超过允许值，才能正常连续运行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）用电设备（组）与其母线上连接的导线或电缆及其开关元件应按其本身的额定电流 I_N 选择。

2）用电设备（组）的母线及其开关元件应按式（3-193）及式（3-194）计算出的 $I_{30\cdot2}$ 选取。

由变压器低压母线送电与用电设备组母线的电缆及断路器应按 $I_{30\cdot2}$ 及 ΔP_{WL2} 进行选择。

3）10kV 变压器低压母线及其低压总断路器应按式（3-195）和式（3-196）计算出的 $I_{30\cdot3}$ 选择。

4）10kV 变压器的容量应按 $\sum P_{30\cdot3}$ 及 $\sum Q_{30\cdot3}$ 计算出来的 $S_{30\cdot3}$ 再加上 ΔP_{T2} 与 ΔQ_{T2} 计算出的 ΔS_{T2} 进行选择。而 10kV 变压器与 10kV 母线连接的电缆或导线及其断路器则应按变压器的额定容量加上 P_{WL2} 及 Q_{WL2} 选取。

5）10kV 变压器高压母线及其总断路器应按式（3-201）和式（3-202）计算出来的 $I_{30\cdot4}$ 选择。

6）35kV 变压器则应按式（3-203）和式（3-204）计算出的 $S_{30\cdot5}$ 选择。其进线断路器及导线或电缆应按 $I_{30\cdot5}$ 并参照变压器的容量进行选择。

五、尖峰电流的计算及应用

尖峰电流一般指容量较大电动机起动时的短时（最大不大于 30s）的负荷电流。这个电流可用来作为选择该回路的熔断器、断路器、过电流保护装置的依据及其整定的参考值。

1）单台电动机尖峰电流的计算一般按式（3-205）进行，即

$$I_{sc} = K_{sc} I_N \tag{3-205}$$

式中 I_{sc}——电动机的起动电流，单位为 A；

I_N——电动机铭牌额定电流，也可用 2 乘以其 kW 数估算，单位为 A；

K_{sc}——电动机起动电流倍数，笼型电动机一般为 4～7 倍，重载起动可达 8～12 倍；绕线转子电动机一般为 2～3 倍，重载起动可达 5～10 倍；直流电动机一般为 1.5～2 倍；电焊机一般为 3～5 倍。

2）多台电动机尖峰电流的计算一般按式（3-206）进行，即

$$I_{scD} = I_{30} + (I_{scm} - I_{Nm}) \tag{3-206}$$

式中 I_{scD}——引至多台电动机的线路上的尖峰电流，单位为 A；

I_{30}——该线路的计算电流，单位为 A；

I_{scm}——该线路中起动电流与额定电流之差为最大的电动机的起动电流，单位为 A；

I_{Nm}——该线路中起动电流与额定电流之差为最大的电动机的额定电流，单位为 A。

注意，起动电流与额定电流之差为最大的电动机一般是指容量较大且为重载起动的电动机，如无重载起动的电动机多为容量较大者。实践中起动电流一般应进行实测，即用钳形电流表测量电动机起动时的实际电流，如为重载起动则应带荷起动。起动时应先按估算的起动电流将钳形电流表的挡位选好，一般应大于估算的起动电流值。

第六节 电力系统短路电流的计算及应用

负荷的计算是指电力系统在正常运行时的相关电气参数的计算。短路电流的计算是指系统在非正常条件下运行的相关电气参数的计算。同时，短路电流的计算给出了系统稳定性能

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的保证条件，也为消除短路故障提供了整定参数。短路电流计算的基本方法是欧姆定律，即 $I=U/Z$。

一、短路电流的计算

1. 基本公式

基本公式见式（3-207）～式（3-209）。

$$I_k^{(3)}=U_c/(\sqrt{3}Z_\Sigma) \tag{3-207}$$

即 $I_k^{(3)}=U_c/(\sqrt{3}\sqrt{R_\Sigma^2+X_\Sigma^2})$，当 $X_\Sigma/3>R_\Sigma$ 时，忽略 R，则

$$I_k^{(3)}=U_c/\sqrt{3}X_\Sigma \tag{3-208}$$

$$S_k^{(3)}=\sqrt{3}U_cI_k^{(3)} \tag{3-209}$$

式中　$I_k^{(3)}$——三相短路电流，单位为 kA；

U_c——短路点的短路计算电压，单位为 kV，按额定电压的 105% 计算；

Z_Σ——短路电路的总阻抗，单位为 Ω；

R_Σ——短路电路的总电阻，单位为 Ω；

X_Σ——短路电路的总电抗，单位为 Ω；

$S_k^{(3)}$——三相短路容量，单位为 MVA。

2. 阻抗的计算

1）电力系统的阻抗按式（3-210）计算，即

$$X_s=U_c^2/S_{oc} \tag{3-210}$$

式中　X_s——电力系统的电抗，单位为 Ω；

U_c——短路点的短路计算电压，单位为 kV；

S_{oc}——系统出口断路器的断流容量，单位为 MVA，可按表 3-23 和表 3-24 选择。

2）变压器的阻抗按式（3-211）和式（3-212）计算，即

$$R_T=\Delta P_k\left(\frac{U_c}{S_N}\right)^2 \tag{3-211}$$

$$X_T=\frac{U_z\%}{100}\cdot\frac{U_c^2}{S_N} \tag{3-212}$$

式中　R_T——变压器的电阻，单位为 Ω；

U_c——短路点短路计算电压，单位为 kV；

S_N——变压器额定容量，单位为 kVA；

ΔP_k——变压器短路损耗，单位为 W，见表 3-25；

X_T——变压器的电抗，单位为 Ω；

$U_z\%$——变压器阻抗电压（%），见表 3-25。

3）电力线路的阻抗按式（5-36）和式（5-37）进行计算，电力线路每相单位长度电抗平均值见表 3-26。

3. 其他计算

1）短路次暂态电流有效值 I'' 是短路后第一个周期的短路电流周期分量 i_p 的有效值，因此有下列关系，见式（3-213）～式（3-215），即

$$i_p=\sqrt{2}I'' \tag{3-213}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-23 高压多油断路器技术数据

名称	型号	额定电压/kV	额定电流/A	断流容量/MVA			额定断流量/kA			极限通过电流/kA		热稳定电流/kA			固有分闸时间/s	合闸时间/s	三相油重/kg	总重/kg	使用操作机构型号	使用说明
				3/kV	6/kV	10/kV	3/kV	6/kV	10/kV	峰值	有效值	1s	5s	10s						
户内多油断路器	DN3-10	10	200	50	100	100	9.7	9.7	5.8	25	15			6	0.07	0.1	50	100	CS2 CD2G	直接起动高压电动机,控制电弧炼钢变压器,也可切断电容器组
		10	400	50	100	100	9.7	9.7	5.8	25	15			10	0.07	0.1	50	125		
		10	600	50	100	100	9.7	9.7	5.8	25	15			10	0.07	0.1	50	125		
		10	800	50	100	100	9.7	9.7	5.8	25	15			10	0.07	0.1	50	130		
	DN3-10	10	400	75	150	200	14.5	14.5	11.6	37	14.2		13		0.08	0.15	14	86	CS13 CD2①	同上,并可进行一次快速自动重合闸
柱上油断路器	DW4-10	10	100 200 400	50			2.88			12.8	7.4	7.4	4.2	3	0.1		45	145	钩棒或绳索操作	装有过电流脱扣装置:用于高压配电线路的控制和保护
	DW5-10G	10	50 100 200	50			2.9			7.4	4.2	4.2	2.9	2.05			60	210		装有过电流脱扣装置:还装有重锤式的重合闸机构
	DW7-10	10	30、50 75、100、200、400	25			1.5			5.6	2.3	1.8	1.6	1.15	0.2		55	135	钩棒或绳索操作	装有过电流脱扣装置:具有延时跳闸装置
户外多油断路器	DW6-35	35	400	350 400			5.6 6.6			19	11	11	6		0.1	0.27	360	1050 1068	CS2、CD2或CT4-G	套管电流互感器4组(每相2个LR-35及LRD-35),适用于35kV输配电系统的控制和保护
	DW8-35	35	600 800 1000	100			16.5			41	29		16.5 (4s)		0.07	0.3	380	1300	CD13-X	

① 表示开断电流不大于6kA，关合电流不大于15kA，同时必须保证开合速度不小于0.5m/s，必须保证一次合到底，否则不能采用CS13。35kV及以下的断路器，当断流容量符合要求时，无需校验其动稳定和热稳定。

表 3-24 高压少油断路器技术参数

型号	额定电压/kV	额定电流/A	断流容量/MVA			额定断流量/kA	极限通过电流/kA		热稳定电流/kA			固有分闸时间/s	合闸时间/s	三相油重/kg	总重/kg	使用操动机构型号
			3/kV	6/kV	10/kV		峰值	有效值	1s	5s	10s					
SN10-10Ⅰ	10	600	100	200	350	20.2	52	30		20.2(4s)		0.05	0.2	6.5	104	CD10、CS2、CT4-G
SN10-10Ⅱ	10	1000	150	300	350	20.2	52	30		20.2(4s)		0.05	0.2	6.5	104	CD10、CS2、CT4-G
SN10-10Ⅲ	10	1000	150	300	500	28.9	74	42		28.9(4s)		0.05	0.2	8	120	CD10、CS2、CT4-G

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

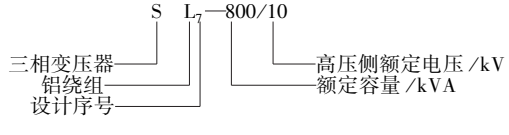
型　号	额定电压/kV	额定电流/A	断流容量/MVA			额定断流量/kA	极限通过电流/kA		热稳定电流/kA			固有分闸时间/s	合闸时间/s	三相油重/kg	总重/kg	使用操动机构型号
			3/kV	6/kV	10/kV		峰值	有效值	1s	5s	10s					
SN13-10/600～1000	10	600～1000	—	—	350	20	52	30	30	20	14					CD12
SN9-10/900	10	600	—	—	250	14.4	36.8			14.4(4s)		0.05	0.2	5	85	CD10-G
SN8-10/600	10	600			200	11.6	33	19		11.6(4s)		0.05	0.25	5	100	CD2 或 CT4-G
SN3-10/2000	10	2000		300	500	29	75	43.5	43.5	30	21	0.14	0.5	20	600	CD3
SN3-10/3000	10	3000		300	500	29	75	43.5	43.5	30	21	0.14	0.5	20	620	CD3
SN4-10G/5000	10	5000		1800		105	300	173	173	120	85	0.15	0.65	50	2150	CD8、CD6-G、CT6-XG
SN4-20G/6000	20	6000		3000		87	300	173	173	120	85	0.15	0.65	50	2345	CD8、CD6-G、CT6-XG
SN4-20G/8000	20	8000		3000		87	300	173	173	120	85	0.15	0.65	55	2500	CD8、CD6-G
SN3-10/600	10	600		150	200		37	22		14.5(4s)		0.05	0.15		200	CT2 或 CT4-G
SW3-35	35	1000		1500		24.8	63.4	39.2		24.8(4s)		0.06	0.4	100	1200	CD3-XG 或 CT3-XG
SW3-35C	35	1500		1500		24.8	63.4	39.2		24.8(4s)		0.06	0.4	100	1200	CD3-XG 或 CT3-XG
SW3-35/600	35	600		400		6.6	17	9.8		6.6(4s)		0.06	0.12	37	663	液压机构（无型号）
SW4-35	35	1200		1000		16.5	42	24.8		16.5(4s)		0.08	0.35	51	1000	CD150
SW4-35C	35	1200		1000		16.5	42	24.8		16.5(4s)		0.08	0.35	51	1000	CD150

表 3-25　SL_7 系列低损耗电力变压器的主要技术数据

额定容量 S_N/kVA	空载损耗 ΔP_0/W	短路损耗 ΔP_k/W	阻抗电压 U_2(%)	空载电流 I_0(%)	额定容量 S_N/kVA	空载损耗 ΔP_0/W	短路损耗 ΔP_k/W	阻抗电压 U_2(%)	空载电流 I_0(%)
100	320	2000	4	2.6	500	1080	6900	4	2.1
125	370	2450	4	2.5	630	1300	8100	4.5	2.0
160	460	2850	4	2.4	800	1540	9900	4.5	1.7
200	540	3400	4	2.4	1000	1800	11600	4.5	1.4
250	640	4000	4	2.3	1250	2200	13800	4.5	1.4
315	760	4800	4	2.3	1600	2650	16500	4.5	1.3
400	920	5800	4	2.1	2000	3100	19800	5.5	1.2

注：1. 电力变压器的一次额定电压为 6～10kV，二次额定电压为 230V/400V，联结组别号均为 Yyn0。

2. 电力变压器全型号的表示和含义



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-26 电力线路每相的单位长度电抗平均值 （单位：Ω/km）

线路结构	线路电压	
	6～10kV	220V/380V
架空线路	0.38	0.32
电缆线路	0.08	0.066

$$I'' = I_k \tag{3-214}$$

$$I_\infty = I_k \tag{3-215}$$

式中 i_p——短路后第一个周期的短路电流周期分量；

I''——短路次暂态电流的有效值；

I_∞——短路稳态电流；

I_k——短路电流。

在无限大容量系统中，由于系统馈电母线电压维持不变，所以其短路电流的周期分量有效值（习惯上用 I_k 表示）在短路的全过程中也维持不变，即 $I''=I_\infty=I_k$。

2）短路冲击电流的计算有如下几种情况：

① 高压电路发生三相短路时，短路冲击电流有下列关系，见式（3-216）～式（3-217），即

$$i_{sk} = 2.55I'' \tag{3-216}$$

$$I_{sk} = 1.51I'' \tag{3-217}$$

式中 i_{sk}——短路冲击电流；

I_{sk}——短路冲击电流有效值。

② 1000kVA 及以下变压器二次侧及低压电路发生三相短路时，短路冲击电流有下列关系，见式（3-218）和式（3-219），即

$$i_{sk} = 1.84I'' \tag{3-218}$$

$$I_{sk} = 1.09I'' \tag{3-219}$$

3）阻抗的换算。短路电路阻抗的计算如有变压器，则电路内各元件的阻抗值都应统一换算到短路点的短路计算电压中去。换算用式（3-220）和式（3-221）进行，即

$$R' = R(U_c'/U_c)^2 \tag{3-220}$$

$$X' = X(U_c'/U_c)^2 \tag{3-221}$$

式中 R、X、U_c——换算前元件的电阻、电抗和元件所在处的短路计算电压；

R'、X'、U_c'——换算后元件的电阻、电抗和短路点的短路计算电压。

4. 短路电流的计算步骤

1）短路电路图及其短路电路元件的确定如下：

① 画出单线系统图，并标出元件，如图 3-15 所示。

图 3-15 短路电路的单线系统图举例

② 确定电源及电力系统的断流容量，如设计未直接给出，则按电源出口断路器的断流容量计，见表 3-23 和表 3-24。

2）确定短路点的电压。短路点的短路计算电压按短路点电源方向的第一级电压计，如：35kV（37kV）；10kV（10.5kV）；0.38kV（0.4kV）。注意，括号内数字为短路计算电压，括号外数字为短路点的额定电压。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）短路点到电源方向无变压器时，短路电流及短路容量的计算（一般不考虑元件的电阻）。

① 电力系统的电抗用式（3-210）计算，即$X_1 = U_{c1}^2/S_{oc}$，量纲（kV）^{2}/MVA = Ω。

② 架空线路的电抗用式（5-37）计算，即$X_2 = X_0 L$，量纲 Ω/km · km = Ω。

③ 总电抗 $X_{\sum 1} = X_1 + X_2 + \cdots$。

注：如果考虑系统的电阻 $R_{\sum}$，则总阻抗应为$Z_{\sum} = \sqrt{R_{\sum}^2 + X_{\sum}^2}$。

④ 三相短路电流周期分量有效值（kA）用式（3-208）计算，即

$$I_{k1} = U_{c1}/\sqrt{3}X_{\sum 1}$$

⑤ 三相次暂态短路电流和短路稳态电流（kA）用式（3-214）和式（3-215）计算，即

$$I_1'' = I_{\infty 1} = I_{k1}$$

⑥ 三相短路冲击电流及第一个周期短路冲击电流有效值（kA）按式（3-216）、式（3-217）计算，即

$$i_{sk} = 2.55I''$$

$$I_{sk} = 1.51I''$$

⑦ 三相短路容量（MVA）用式（3-209）计算，即

$$S_{k1} = \sqrt{3}U_{c1}I_{k1}$$

4）短路点到电源方向有变压器时，短路电流及短路容量的计算（一般不考虑元件的电阻），这里要注意，因为短路电路内有变压器，因此要进行电抗的换算。

① 电力系统的电抗用式（3-210）计算，但电压值应按 U_{c2}，则有

$$X_1' = U_{c2}^2/S_{oc}$$

② 架空线路的电抗用式（3-216）计算，但要进行换算，见式（3-221），则有

$$X_2' = X_o L(U_{c2}/U_{c1})^2$$

③ 电缆线路的电抗与②相同，则有

$$X_3' = X_o L(U_{c2}/U_{c1})^2$$

④ 变压器的电抗用式（3-212）计算，即

$$X_4 = \frac{U_k\%}{100} \cdot \frac{U_c^2}{S_N}$$

⑤ 总电抗 $X_{\sum 2} = X_1' + X_2' + X_3' + X_4$。

⑥ 三相短路电流周期分量有效值（kA）用式（3-208）计算，但电压为 U_{c2}，即

$$I_{k2} = U_{c2}/\sqrt{3}X_{\sum 2}$$

⑦ 三相次暂态短路电流和短路稳态电流（kA）用式（3-214）、式（3-215）计算，即

$$I_2'' = I_{\infty 2} = I_{k2}$$

⑧ 三相短路冲击电流及第一周期短路冲击电流有效值（kA）应按式（3-216）、式（3-217）计算，即

$$i_{sk} = 2.55I''$$

$$I_{sk} = 1.51I''$$

如果变压器容量为1000kVA 及以下且为二次侧或低压电路发生短路，则应按式（3-218）、式（3-219）计算，即

$$i_{sk} = 1.84I''$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$I_{sk} = 1.09I''$$

⑨ 三相短路容量（MVA）用式（3-219）计算，但电压按 U_{c2} 计入，则有 $S_{k2} = \sqrt{3}U_{c2}I_{k2}$。

二、两相短路电流的计算

两相短路电流与三相短路电流的计算基本相同，一般可按三相的方法计算，然后按式（3-222）计算两相短路电流，即

$$I_k^{(2)} = 0.866I_k^{(3)} \tag{3-222}$$

式中 $I_k^{(2)}$——两相短路电流。

两相短路电流的计算一般是为了校验相间短路保护装置在短路的情况下能否精确灵敏起动去切断电源。

三、短路动稳定度的校验及计算

1. 一般电器的动稳定度校验条件

$$i_{max} \geqslant i_{sk} \text{ 或 } I_{max} \geqslant I_{sk} \tag{3-223}$$

式中 i_{max}——电器允许通过的极限电流（峰值），可由电器产品样本或说明书查出；

i_{sk}——三相短路冲击电流，见式（3-216）；

I_{max}——电器允许通过的极限电流（有效值），可由电器产品样本或说明书查出；

I_{sk}——三相短路冲击电流有效值，见式（3-217）。

2. 绝缘子的动稳定度校验条件

$$F_{max} \geqslant F_c^{(3)} \tag{3-224}$$

式中 F_{max}——绝缘子最大允许载荷，由其产品样本或说明书查得，当样本或说明书给出的为其抗弯破坏载荷时，则应乘以 0.6 即为 F_{max}；

$F_c^{(3)}$——短路电流在母线之间产生的最大电动力，即短路时作用在绝缘子上的计算力，单位为 N，可按式（3-225）计算。

$$F^{(3)} = \sqrt{3}i_{sk}^2(L/a) \times 10^{-7} \tag{3-225}$$

式中 $F^{(3)}$——三相短路电流在母线中间相产生的最大电动力（N）；

L——同相相邻两绝缘子支持点的距离或档距（m）；

a——相邻两相绝缘子中心距离（m）。

当绝缘子上的母线（铜排/铝排）为平放时（），$F_c^{(3)} = F^{(3)}$；当绝缘子上的母线为立放时（ ），$F_c^{(3)} = 1.4F^{(3)}$。

3. 母线等硬导体动稳定度校验条件

$$\sigma_{max} \geqslant \sigma_c \tag{3-226}$$

式中 σ_{max}——母线材质最大允许应力，单位为 Pa，$\sigma_{铜} = 137\text{MPa}$，$\sigma_{铝} = 69\text{MPa}$；

σ_c——母线通过三相短路冲击电流时的最大计算应力。

$$\sigma_c = M/W \tag{3-227}$$

式中 M——母线流过短路电流 i_{sk} 时的受到弯曲力矩（N·m），由式（3-228）、式（3-229）决定；

W——母线的截面系数，单位为 m^3，由式（3-230）决定。

当母线的档数为 1～2 时（只有两个绝缘子支撑或三个绝缘子支撑）

$$M = F^{(3)} \cdot L/8 \tag{3-228}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

式中　$F^{(3)}$——短路电流在母线中间相产生的最大电动力，单位为 N；

L——母线两绝缘子间的距离，单位为 m。

当母线的档数大于 2 时（4 个及以上绝缘子支撑）

$$M = F^{(3)}L/10 \tag{3-229}$$

当母线为水平设置时

$$W = b^2h/6 \tag{3-230}$$

式中　b——矩形母线放置时（不论平放或立放）水平方向的宽度，单位为 m；

h——矩形母线放置时（不论平放或立放）竖直方向的高度，单位为 m。

四、短路热稳定度的校验及计算

1. 一般电器热稳定度的校验条件

$$I_t^2 t \geqslant I_\infty^2 t_{ic} \tag{3-231}$$

式中　I_t——电器热稳定试验电流，单位为 A 或 kA，由电器产品样本或说明书中查出；

t——电器热稳定电流试验时间，单位为 s，由电器产品样本或说明书查出；

I_∞——短路电流稳态值；

t_{ic}——短路发热假想时间，单位为 s，一般取短路保护动作时间与断路器动作时间之和，断路器动作时间油断路器取 0.2s，真空断路器取 0.1～0.15s。

2. 母线、导线、电缆的校验条件

$$A_{min} = I_\infty \sqrt{t_{ic}}/C \tag{3-232}$$

式中　A_{min}——母线、导线、电缆允许最小截面积，单位为 mm^2；

t_{ic}——短路发热假想时间，单位为 s；

C——母线、导线、电缆的热稳定系数，见表 3-27。

表 3-27　导体在正常和短路时的最高允许温度及热稳定系数

导体种类和材料			最高允许温度/℃		热稳定系数 C
			正常 θ_γ	短路 θ_k	
母线	铜		70	300	171
	铜（接触面有锡层时）		85	200	164
	铝		70	200	87
油浸纸绝缘电缆	铜芯	1～3kV	80	250	148
		6kV	65	220	145
		10kV	60	220	148
	铝芯	1～3kV	80	200	84
		6kV	65	200	90
		10kV	60	200	92
橡皮绝缘导线和电缆		铜　芯	65	150	112
		铝　芯	65	150	74
聚氯乙烯绝缘导线和电缆		铜　芯	65	130	100
		铝　芯	65	130	65
交联聚乙烯绝缘电缆		铜　芯	80	230	140
		铝　芯	80	200	84
有中间接头的电缆（不包括聚氯乙烯绝缘电缆）		铜　芯		150	
		铝　芯		150	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

五、动稳定校验计算步骤

1）计算短路电流，见短路电流计算步骤。

2）计算母线、绝缘子短路时受到的最大电动力。

① 确定 L、a；

② 列出算式，见式（3-225）。

3）计算母线受到的弯曲力矩，列出算式，见式（3-228）或式（3-229）。

4）计算母线的截面系数，列出算式，见式（3-230）。

5）计算母线受到的应力，列出算式，见式（3-227）。

6）根据母线材质进行比较。

对于绝缘子，只进行受力的比较，见式（3-224）。

六、热稳定校验计算步骤

1）计算短路电流，见短路电流计算步骤。

2）计算短路发热假想时间，见式（3-231）。

3）查表 C 取值，见表 3-27。

4）计算最小允许截面积，列出算式，见式(3-232)。

5）根据母线的实际截面积进行比较。

由负荷计算和短路计算的过程及分析方法可以知道，一般条件下，先用正常的负荷计算方法及数据去选择电器、导线、母线、电缆、绝缘子及开关元件。然后再进行短路计算，并用其计算结果去校验选取的电器能否在短路条件下正常工作，否则，应重新选取，直到能满足正常使用条件，并能满足非正常条件的使用。只有这样，经过计算选取的电器才能满足安全使用，满足系统的运行。

在进行短路计算时还要注意一点，就是短路计算点近 20m 的范围内若有容量为 100kW 及以上的电动机运行时，要考虑电源进线端短路时电动机电压骤降，而引起的由电动机定子向短路点反馈的短路电流，这个电流在计算时应与计算的短路电流相加。电动机的反馈短路电流按式（3-233）计算，即

$$i_{sk \cdot M} = CK_{sk}I_N \tag{3-233}$$

式中 $i_{sk \cdot M}$——电动机反馈短路电流瞬时值，单位为 A；

C——电动机反馈冲击倍数，交流电动机取 6.5，同步电动机取 7.8；

K_{sk}——电动机短路电流反馈冲击系数，高压电动机取 1.4～1.6，低压电动机取 1；

I_N——电动机额定电流，单位为 A。

第七节 架空线路的计算

架空线路的计算很复杂，因为要涉及很多力学计算。因此，架空线路的计算要用到很多力学知识，这对一般读者来讲可能会陌生一点。架空线路计算的内容很多，这里只就较为常用且较为简单的计算进行说明。

一、导线的力学计算

1. 最大应力计算

导线在其弧垂的最低点应力最大，应按式（3-234）计算，即

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_p}{K} \tag{3-234}$$

式中　σ_{max}——导线最大使用应力，单位为 N/mm²；

σ_p——导线的瞬时破坏应力，单位为N/mm²，见表 3-28；

K——导线的安全系数，见表 3-28。

表 3-28　常用导线最大允许拉力

导线型号	计算截面积 A/mm²	导线直径 d/mm	瞬时破坏应力 σ_p/（10N/mm²）	安全系数 K	最大使用应力 σ_{max}/（10N/mm²）	最大允许拉力 T_m/N
LJ-16	15.89	5.10	15	2.5	6	95
LJ-25	24.71	6.36	15	2.5	6	148
LJ-35	34.36	7.50	15	2.5	6	206
LJ-50	49.48	9.00	15	2.5	6	297
LJ-70	69.29	10.65	14	3	4.67	324
LJ-95	93.27	12.50	15	3	5	466
LJ-120	116.99	14.00	15	3	5	585
LJ-150	148.07	15.75	15	4	3.75	555
LJ-185	182.80	17.50	15	4	3.75	686
LJ-240	236.38	19.90	14	4	3.5	827
LGJ-16	17.81	5.40	27	3	9	160
LGJ-25	26.61	6.60	27	3	9	239
LGJ-35	43.11	8.40	27	3	9	388
LGJ-50	56.30	9.60	27	3	9	507
LGJ-70	79.39	11.40	27	4	6.75	536
LGJ-95	112.04	13.68	29	4	7.25	812
LGJ-120	138.33	15.20	29	4	7.25	1003
LGJ-150	167.37	16.72	29	5	5.8	971
LGJ-185	216.76	19.02	29	5	5.8	1257
LGJ-240	271.11	21.28	29	5	5.8	1572

2. 导线的比载计算

1）典型气象区的划分及适用地区见表 3-29 和表 3-30。

2）比载是指折算到导线单位长度、单位截面积的荷重，单位是 kgf/（m·mm²）。比载的计算见表 3-31 中的公式（3-235）～式（3-243）。常用铝导线的比载见表 3-32 和表 3-33。

3. 导线应力和弧垂的计算

1）状态方程、临界档距、代表档距、临界温度的计算见表 3-34 中的式（3-244）～式（3-247）。常用导线的临界档距（参考值）见表 3-35。

2）导线弧垂、应力和长度的计算见表 3-36 中的式（3-248）～式（3-260）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-29 配电线路典型气象区

气象区		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
大气温度/℃	最高	+40						
	最低	-5	-10	-5	-20	-20	-40	-20
	导线覆冰	—	-5					
	最大风速	+10	+10	-5	-5	-5	-5	-5
风速/(m/s)	最大风速	30	25	25	25	25	25	25
	导线覆冰	10						
	最高、最低气温	0						
覆冰厚度/mm		—	5	5	5	10	10	15
冰的密度/(kg/cm³)		0.9						

表 3-30 典型气象区适用地区

序号	适用地区	气象区	最大风速/(m/s)	覆冰厚/mm	最低气温/℃
1	南方沿海受台风侵袭地区，如浙江、福建、广东、广西、上海	Ⅰ	30	—	-5
2	华东大部分地区	Ⅱ	25	5	-10
3	西南非重冰地区，福建、广东等台风影响较弱地区	Ⅲ	25	5	-5
4	西北大部分地区，华北京津唐地区	Ⅳ	25	5	-20
5	华北平原，湖北，湖南，河南	Ⅴ	25	10	-20
6	东北大部分地区，河北的承德、张家口一带	Ⅵ	25	10	-40
7	覆冰严重地区，如山东、河南部分地区、湘中、鄂北、粤北重冰地带	Ⅶ	25	15	-20

表 3-31 导线各种比载计算公式

名称		公式	符号说明
g_1(自重比载)/[kgf/(m·mm²)]	单股线	$g_1=\frac{W}{S}=\frac{r}{1000}$ (3-235)	W——线材重量，单位为 kg/m S——线材实际截面积，单位为 mm² S_1——铝线截面积，单位为 mm² S_g——钢线截面积，单位为 mm² r——导线比重，单位为 t/m³ r_1——铝材比重 2.7，单位为 t/m³ r_g——钢材比重 7.85，单位为 t/m³
	多股线	$g_1=\frac{W}{S}=1.025\frac{r}{1000}$ (3-236)	
	钢芯铝线	$g_1=\frac{W}{S}=1.025\frac{r_1S_1+r_gS_g}{1000S}$ (3-237)	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

名　　称	公　　式	符号说明
g_2（冰重比载）/[kgf/(m·mm²)]	$g_2 = 0.00283\dfrac{b(d+b)}{S}$　(3-238)	b——冰层厚度，单位为mm d——线材外径，单位为mm α_f——风速不均匀系数，对≤10kV线路$\alpha_f=1$ K_k——空气动力系数，$d<17$mm时，$K_k=1.2$，$d\geqslant17$mm时，$K_k=1.1$，覆冰时不论直径大小，$K=1.2$ V——最大风速，单位为m/s V_1——覆冰时风速，单位为m/s
g_3（自重、冰重综合比载）/[kgf/(m·mm²)]	$g_3 = g_1 + g_2$　(3-239)	
g_4（风压比载）/[kgf/(m·mm²)]	$g_4 = \dfrac{\alpha_f K_k V^2 d}{16S}\times10^{-3}$　(3-240)	
g_5（覆冰时风压比载）/[kgf/(m·mm²)]	$g_5 = \dfrac{\alpha_f K_k V_1^2(d+2b)}{16S}\times10^{-3}$　(3-241)	
g_6（无冰综合比载）/[kgf/(m·mm²)]	$g_6 = \sqrt{g_1^2+g_4^2}$　(3-242)	
g_7（有冰综合比载）/[kgf/(m·mm²)]	$g_7 = \sqrt{g_3^2+g_5^2}$　(3-243)	

表 3-32　LJ 型铝绞线在各种气象条件下的比载［单位：$\times10^{-3}$kgf/（m·mm²）］

比载	LJ-16	LJ-25	LJ-35	LJ-50	LJ-70	LJ-95	LJ-120	LJ-150	LJ-185	LJ-240
g_1	2.768	2.768	2.768	2.768	2.768	2.768	2.768	2.768	2.768	2.768
g_2（$b=5$）	8.994	6.505	5.148	4.004	3.196	2.655	2.298	1.983	1.742	1.491
g_2（$b=10$）	26.893	18.737	14.414	10.867	8.434	6.827	5.806	4.921	4.257	3.580
g_2（$b=15$）	53.697	36.695	27.798	20.590	15.714	12.516	10.523	8.816	7.547	6.267
g_3（$b=5$）	11.762	9.273	7.916	6.772	5.964	5.423	5.066	4.751	4.510	4.259
g_3（$b=10$）	29.661	21.505	19.182	13.635	11.202	9.595	8.574	7.689	7.025	6.348
g_3（$b=15$）	56.465	39.463	30.566	23.358	18.482	15.284	13.291	11.584	10.315	9.035
g_4（$V=25$）	15.045	12.065	10.232	8.526	7.205	6.282	5.609	4.988	4.114	3.617
g_4（$V=30$）	21.665	17.374	14.734	12.278	10.375	9.046	8.078	7.180	5.923	5.209
g_5（$b=5$，$V=10$）	7.127	4.966	3.820	2.880	2.235	1.809	1.539	1.304	1.034	0.870
g_5（$b=10$，$V=10$）	11.847	8.001	6.003	4.396	3.318	2.613	2.180	1.811	1.410	1.160
g_5（$b=15$，$V=10$）	16.567	11.036	8.185	5.911	4.400	3.417	2.821	2.317	1.786	1.451
g_6（$V=25$）	15.298	12.378	10.600	8.964	7.718	6.865	6.255	5.703	4.959	4.555
g_6（$V=30$）	21.841	17.593	14.992	12.586	10.738	9.460	8.539	7.695	6.538	5.899
g_7（$b=5$，$V=10$）	13.753	10.519	8.790	7.359	6.369	5.717	5.295	4.927	4.627	4.347
g_7（$b=10$，$V=10$）	31.940	22.945	18.200	14.326	11.683	9.944	8.847	7.899	7.165	6.453
g_7（$b=15$，$V=10$）	58.845	40.977	31.643	24.094	18.999	15.395	13.587	11.813	10.468	9.151

表 3-33　LGJ 型钢芯铝绞线在各种气象条件下的比载　［单位：$\times10^{-3}$kgf/（m·mm²）］

比载	LGJ-16	LGJ-25	LGJ-35	LGJ-50	LGJ-70	LGJ-95	LGJ-120	LGJ-150	LGJ-185	LGJ-240
g_1	3.520	3.521	3.522	3.521	3.522	3.607	3.607	3.606	3.605	3.607
g_2（$b=5$）	8.263	6.168	4.398	3.669	2.923	2.359	2.066	1.836	1.568	1.372
g_2（$b=10$）	24.471	17.654	12.079	9.852	7.628	5.981	5.155	4.517	3.788	3.265
g_2（$b=15$）	48.623	34.458	23.042	18.548	14.116	10.866	9.268	8.044	6.661	5.681

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

比载	LGJ-16	LGJ-25	LGJ-35	LGJ-50	LGJ-70	LGJ-95	LGJ-120	LGJ-150	LGJ-185	LGJ-240
g_3（$b=5$）	11.783	9.689	7.920	7.190	6.445	5.966	5.673	5.442	5.173	4.979
g_3（$b=10$）	27.991	21.175	15.601	13.373	11.150	9.588	8.762	8.123	7.393	6.872
g_3（$b=15$）	52.143	37.979	26.564	22.069	17.638	14.473	12.875	11.650	10.266	9.288
g_4（$V=25$）	14.213	11.626	9.134	7.993	6.731	5.723	5.151	4.683	3.766	3.373
g_4（$V=30$）	20.466	16.742	13.152	11.510	9.693	8.242	7.417	6.743	5.429	4.857
g_5（$b=5$，$V=10$）	6.485	4.679	3.201	2.611	2.022	1.585	1.366	1.197	0.920	0.793
g_5（$b=10$，$V=10$）	10.696	7.497	4.941	3.943	2.966	2.255	1.908	1.645	1.238	1.047
g_5（$b=15$，$V=10$）	14.907	10.316	6.681	5.275	3.911	2.924	2.451	2.094	1.555	1.300
g_6（$V=25$）	14.642	12.147	9.790	8.210	7.597	6.765	6.288	5.910	5.213	4.938
g_6（$V=30$）	20.767	17.108	13.615	12.037	10.313	8.997	8.248	7.647	6.517	6.050
g_7（$b=5$，$V=10$）	13.450	10.760	8.542	7.649	6.755	6.173	5.835	5.572	5.254	5.042
g_7（$b=10$，$V=10$）	29.965	22.463	16.365	13.942	11.538	9.850	8.967	8.288	7.496	6.951
g_7（$b=15$，$V=10$）	54.232	39.355	27.391	22.691	18.066	14.765	13.106	11.837	10.383	9.379

表 3-34　状态方程式、代表档距、临界档距、临界温度计算公式

名称	计算公式	符　号　说　明	说　明
状态方程式	$\sigma_a - \frac{l_{lb}^2 g_n^2 E}{24\sigma_n^2} = \sigma_m - \frac{l_{lb}^2 g_m^2 E}{24\sigma_m^2} - aE(t_n - t_m)$ （3-244）	g_m、g_n——在 m、n 气象条件下的比载，单位为 kgf/（m·mm²） t_m、t_n——在 m、n 气象条件下的温度，单位为℃ σ_m、σ_n——在 m、n 气象条件下的应力，单位为 kgf/mm² α——导线的线膨胀系数，单位为 1/℃ E——导线的弹性系数，单位为 kgf/mm² l_{lb}——耐张段的代表档距，单位为 m l_1、l_2、l_3…——耐张段中各档距的长度，单位为 m l_{lj}——临界档距，单位为 m σ_{max}——最大使用应力，单位为 kgf/mm² t_{hmax}——最大外部荷重时温度，单位为℃ t_{min}——最低温度，单位为℃ g_{hmax}——最大外部荷重时比载，单位为 kgf/（m·mm²） g_1——自重比载，单位为 kgf/（m·mm²） t_{lj}——临界温度，单位为℃ t_3——覆冰时温度，单位为℃ σ_3——对应于 g_3 的应力，单位为 kgf/mm² g_3——自重、冰重综合比载，单位为 kgf/（m·mm²）	如温度 t_m 和比载 g_m 及其相应的应力 σ_m 已知，就可求出在已知的温度 t_n 和比载 g_n 条件下的应力 σ_n
代表档距	$l_{lb} = \sqrt{\frac{l_1^3 + l_2^3 + l_3^3 + \cdots}{l_1 + l_2 + l_3 + \cdots}} = \sqrt{\frac{\sum l_i^3}{\sum l_i}}$ （3-245）		
临界档距	$l_{lj} = \sigma_{max}\sqrt{\frac{24\alpha(t_{hmax} - t_{min})}{g_{hmax}^2 - g_1^2}}$ （3-246）		当代表档距小于临界档距，导线的最大使用应力发生在最低温度时；当代表档距大于临界档距，导线的最大使用应力发生在最大外部荷重时
临界温度	$t_{lj} = t_3 + \sigma_3 \frac{1}{\alpha E}\left(1 - \frac{g_1}{g_3}\right)$ （3-247）		当地区最高温度大于临界温度，导线的最大弧垂发生在最高温度时；当最高温度小于临界温度，导线的最大弧垂发生在最大外部荷重时

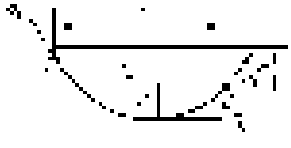
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-35　常用导线临界档距　（单位：m）

导线型号	安全系数 K_x	最大使用应力 σ_{max}/（kgf/mm²）	≤10kV 线路气象区						
			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
LJ-16	2.5	6	25.2	23.4	0	40.5	17.2	26.2	9.3
LJ-25	2.5	6	31.4	31.1	0	53.8	24	36.6	13.4
LJ-35	2.5	6	37.1	37.8	0	65.4	30.4	46.4	17.3
LJ-50	2.5	6	44.5	46.2	0	80.1	38.8	59.3	22.8
LJ-70	3	4.67	41	42.8	0	74.1	37.4	57.2	22.6
LJ-95	3	5	50.3	52.5	0	91	47.6	72.8	30
LJ-120	3	5	56.3	58.2	0	100.8	54.1	82.7	34.2
LJ-150	4	3.75	47.5	48.3	0	83.7	46.1	70.5	29.7
LJ-185	4	3.75	57.6	53.1	0	92	51.6	78.9	33.8
LJ-240	4	3.5	61.1	58.8	0	96	54.6	83.5	36.5
LGJ-16	3	9	36.4	33.1	0	57.3	25	38.2	13.8
LGJ-25	3	9	44.5	42.3	0	73.2	33.6	51.3	19
LGJ-35	3	9	56.6	55.2	0	95.7	46.6	71.1	27.4
LGJ-50	3	9	64.7	63.3	0	109.6	55.2	84.3	33.2
LGJ-70	4	6.75	57.6	55.9	0	96.9	50.8	77.6	31.5
LGJ-95	4	7.25	72.8	69.1	0	119.7	65.4	99.9	41.9
LGJ-120	4	7.25	80.8	75.5	0	130.7	73	111.6	47.6
LGJ-150	5	5.8	71.1	65.2	0	112.9	64.3	98.2	42.6
LGJ-185	5	5.8	88.4	72.5	0	125.5	73	111.5	49.3
LGJ-240	5	5.8	98.8	78.6	0	136.2	80.7	123.3	55.4

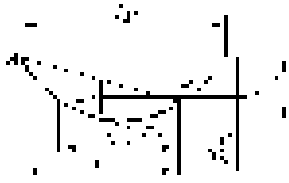
表 3-36　导线弧垂、任一点应力、导线长度计算公式

名　称		计　算　公　式	简　图	符号说明
导线弧垂/m	悬挂点等高时	档距中任意一点对悬挂点的弧垂 $f_x = \frac{g_0 x(l-x)}{2\alpha_0}$　(3-248) 档距中点对悬挂点的弧垂 $f_0 = \frac{gl^2}{8\sigma_0}$　(3-249)		σ_0——导线最低点应力，单位为 kgf/mm² g_0——与计算 σ_0 相应的比载，单位为 kgf/(m·mm²) l——档距，单位为 m x——任意一点至电杆的距离，单位为 m l_d——等效档距，等于 l_{dA} 或 l_{dB}，单位为 m
	悬挂点不等高时	档距中任意一点对悬挂点的弧垂 $f_x = \frac{gx(l_d-x)}{2\sigma_0}$　(3-250) 档距中最低点对悬挂点的弧垂 $f_{0A} = \frac{gl_{dA}^2}{8\sigma_0}$　(3-251) $f_{0B} = \frac{gl_{dB}^2}{8\sigma_0}$　(3-252) 档距中点斜弧垂 $f_0' \approx f_0 = \frac{gl^2}{8\sigma_0}$　(3-253)		
		等效档距　$l_{dA} = l + \frac{2\sigma_0 h}{gl}$　(3-254) 等效档距　$l_{dB} = l - \frac{2\sigma_0 h}{gl}$　(3-255)		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

名　称	计　算　公　式	简　图	符号说明
任一点应力/（kgf/mm²）	档距中任意一点应力　$\sigma_x = \sigma_0 + gf_y$ 当悬挂点不等高时的悬挂点应力 $\sigma_A = \sigma_0 + \frac{g^2 l_{dA}^2}{8\sigma_0} = \sigma_0 + \frac{g^2 l^2}{8\sigma_0} + \frac{\sigma_0 h^2}{2l^2} + \frac{gh}{2}$　（3-256） $\sigma_B = \sigma_0 + \frac{g^2 l_{dB}^2}{8\sigma_0} = \sigma_0 + \frac{g^2 l^2}{8\sigma_0} + \frac{\sigma_0 h^2}{2l^2} - \frac{gh}{2}$　（3-257） 当悬挂点等高时的悬挂点应力 $\sigma_A = \sigma_B = \sigma_0 + \frac{gl^2}{8\sigma_0}$　（3-258）		h——两悬挂点高差，单位为 m f_y——档距中任意一点对最低点的弧垂，单位为 m g——比载，与计算 f_y 用的比载一致，单位为 kgf/（m·mm²） σ_A，σ_B——悬挂点应力，单位为 kgf/mm² L——导线长度，单位为 m
导线的长度/m	悬挂点等高时 $L = l + \frac{g^2 l^3}{24\sigma_0} = l + \frac{8f_0^2}{3l}$　（3-259） 悬挂点不等高时 $L = l + \frac{g^2 l^3}{24\sigma_0} + \frac{h^2}{2l}$　（3-260）		

注：等效档距 l_{dB} 如为负值，表示导线的最低点在档距外。

二、绝缘子的计算

1. 安全系数计算

绝缘子安全系数按式（3-261）确定，即

$$K_c = T_{cp}/T_{c\cdot max} \tag{3-261}$$

式中　T_{cp}——绝缘子的破坏荷载，单位为 kg，对针式绝缘子为铁脚抗弯破坏荷载，对悬式绝缘子为 1h 机电试验的试验荷载，对蝴蝶式绝缘子为瓷件破坏荷载，查产品样本或说明书；

$T_{c\cdot max}$——绝缘子最大使用荷载，单位为 kg，对针式绝缘子按机械强度校验时，因铁脚抗弯强度小于瓷抗弯破坏荷载，所以应满足铁脚抗弯强度要求；

K_c——绝缘子安全系数，针式绝缘子取 2.5，悬式绝缘子取 2.0，蝴蝶式绝缘子取 2.5，瓷横担绝缘子取 3.0。

2. 绝缘子最大使用荷载的计算

1）悬式绝缘子、蝴蝶式绝缘子的最大使用荷载按式（3-262）计算，即

$$T_{c\cdot max} = T_m \tag{3-262}$$

式中　$T_{c\cdot max}$——绝缘子最大使用荷载，单位为 kg；

T_m——导线最大允许拉力，单位为 N，使用时要进行单位换算，1kgf≈10N，见表 3-28。

2）直线杆针式绝缘子最大使用荷载按式（3-263）计算，即

$$T_{c\cdot max} = gAL \tag{3-263}$$

式中　$T_{c\cdot max}$——绝缘子最大使用荷载，单位为 kgf；

g——导线风压比载，单位为 kgf/（m·mm²），在不同气象区，g_4、g_5 取其中最大者；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

A——导线的计算截面积，单位为 mm^2，见表 3-28；

L——线路档距，单位为 m。

城区配电线路档距为 50m 时，$T_{c \cdot max}$见表 3-37。

表 3-37　档距为 50m 时直线杆导线在不同气象区受风压产生的水平推力（单位：kgf）

导线型号	气　象　区		
	Ⅰ	Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ	Ⅶ
LJ-16	17.21	11.95	13.17
LJ-25	21.47	14.91	14.91
LJ-35	25.31	17.58	17.58
LJ-50	30.38	21.09	21.09
LJ-70	35.94	24.96	24.96
LJ-95	42.19	29.30	29.30
LJ-120	47.25	32.81	32.81
LJ-150	53.16	35.43	35.43
LJ-185	54.14	37.6	37.6
LJ-240	61.57	42.75	42.75

3）转角杆针式绝缘子最大使用荷载用式(3-264)和式（3-265）计算。

① 实际档距大于临界档距时

$$T_{c \cdot max} = 2T_m \sin\frac{\beta}{2} + g_5 AL \sin\frac{\beta}{2} \tag{3-264}$$

式中　$T_{c \cdot max}$——导线作用于绝缘子的最大荷载，单位为 kgf；

T_m——导线最大允许拉力，单位为 N，见表 3-28；

β——线路的转角；

g_5——导线覆冰时风压比载，单位为kgf/(m·mm^2)；

A——导线截面积，单位为 mm^2；

L——线路档距，单位为 m。

② 实际档距小于临界档距时

$$T_{c \cdot max} = 2T_m \sin\frac{\beta}{2} \tag{3-265}$$

导线在不同转角时，导线张力产生的侧向水平拉力见表3-38，在不同气象区档距为50m 各种导线转角时，导线张力及风力（小于临界档距风力不计）所产生的侧向水平拉力见表 3-39。

档距为 50m 时，高压针式绝缘子、低压绝缘子适用转角范围分别见表 3-40 和表 3-41。

表 3-38　不同转角杆导线张力产生的水平拉力　（单位：kgf）

导线型号	安全系数	导线允许最大拉力	线　路　转　角						
			5°	10°	15°	20°	30°	45°	60°
LJ-16	2.5	95.34	8.31	16.63	24.88	33.10	49.95	72.97	95.34
LJ-25	2.5	148.26	12.93	25.86	38.70	51.48	76.74	113.48	148.26
LJ-35	2.5	206.16	17.98	35.95	53.81	71.58	106.71	157.80	209.44
LJ-50	2.5	296.88	25.89	51.78	77.49	103.08	153.67	227.23	296.88

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

导线型号	安全系数	导线允许最大拉力	线路转角						
			5°	10°	15°	20°	30°	45°	60°
LJ-70	3.0	323.58	28.22	56.43	84.46	112.35	167.49	247.67	323.58
LJ-95	3.0	466.35	40.67	81.33	121.72	161.92	241.38	356.94	466.35
LJ-120	3.0	584.95	51.01	102.02	152.67	203.10	302.77	447.72	584.95
LJ-150	4.0	555.26	48.42	96.84	144.92	192.79	287.40	425.00	555.26
LJ-185	4.0	685.5	59.78	119.55	178.92	238.01	354.82	524.68	685.5
LJ-240	4.0	827.33	72.14	144.29	215.93	287.25	428.23	633.24	827.33

表 3-39　不同转角杆导线张力及风力产生的侧向水平拉力　（单位：kgf）

档距/m	导线型号	线路转角						
		5°	10°	15°	20°	30°	45°	60°
50	LJ-16	9.89	17.76	26.60	35.39	53.36	78.01	101.93
	LJ-25	13.52	27.05	40.48	53.84	80.27	118.70	155.08
	LJ-35	18.59	37.18	55.64	74.02	110.35	163.18	213.20
	LJ-50	26.53	53.05	79.39	105.62	157.45	232.83	304.20
	LJ-70	28.91	57.76	86.44	115.00	171.43	253.51	331.21
	LJ-95	41.36	82.72	123.80	164.68	245.89	363.04	474.32
	LJ-120	51.73	103.45	154.83	205.96	307.04	454.04	593.20
	LJ-150	49.17	98.33	147.16	195.77	291.84	429.56	563.84
	LJ-185	60.49	120.97	181.05	240.84	359.04	528.91	593.66
	LJ-240	72.89	145.78	218.17	290.23	432.66	637.68	835.91

表 3-40　档距为 50m 时高压针式绝缘子适用转角范围

导线型号	线路转角													
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
LJ-25	P-10T							P-15T						
LJ-35														
LJ-50														
LJ-70														
LJ-95														
LJ-120														
LJ-150	2×（P-10T）													
LJ-185														
LJ-240						①						2×（P-15T）		

① 采用耐张型绝缘子。

表 3-41　档距为 50m 时低压绝缘子适用转角范围

导线型号	线路转角						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
LJ-16	PD-1T						
LJ-25							
LJ-35							
LJ-50							
LJ-70				2×（PD-1T）			
LJ-95							
LJ-120							
LJ-150						ED	
LJ-185							

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3. 瓷横担绝缘子计算步骤

1）已知条件包括导线型号、截面积、气象区、档距、瓷横担型号规格。

2）查配电线路典型气象区，见表 3-29 和表 3-30，得风速、覆冰厚度、覆冰时风速。

3）查表 3-33 或表 3-32，比较 g_4、g_5 大小。

4）按式（3-263）$T_{c\cdot max}=gAL$（g 为 g_4、g_5 较大者）计算绝缘子最大使用荷载。

5）按表 3-42 或表 3-43 查得其抗弯破坏荷载 T_{cp}。

表 3-42　固定型瓷横担绝缘子

型　　号	工频湿闪络电压/kV	泄漏距离/mm	抗弯破坏荷载/kgf
CD10-1	57	350	250
CD10-2	57	350	250
CD10-3	50	380	250
CD10-4	50	380	250
SC-10/250	50	350	250
SC-10/250D	50	350	250
SCQ-10/250	60	400	250
SCQ-10/250D	60	400	250

注：SCQ 为全瓷加强式；SC 为全瓷式；D 为顶相用。

表 3-43　转动型 10kV 横担绝缘子

型　　号	工频湿闪络电压/kV	泄漏距离/mm	抗弯破坏荷载/kgf	重量/kg
CD10-5	50	350	250	6
CD10-6	50	350	250	6
DC3-200/400	75	350	400	5
DDC3-200/400	75	350	400	5
DC3-230/250	75	380	250	4.8
DDC3-230/250	75	380	250	4.8
CD10-7	50	380	250	
CD10-8	50	380	250	
SQ-10/250	60	400	250	
SQ-10/2500	60	400	250	

注：DC 为瓷横担绝缘子；DDC 为顶相用；SQ 为胶装加强式。

6）按式（3-261）计算安全系数 K_c，计算结果与规定要求比较，见式（3-261），确定满足还是不满足。

7）得出结论。

瓷绝缘子的计算可参照上述步骤，选用式（3-261）～式（3-265）进行计算。

三、横担的计算

1. 横担类型及基本要求

1）计算横担时，应尽量使同一种导线用的单横担与双横担，采用相同规格的钢材，在同一区段内的同一种横担的线间距应尽量相同，以便减少横担的规格种类。

2）横担根据受力情况可分为中间型、耐张型和终端型横担。中间型横担只承受导线的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

垂直荷载，耐张型横担主要承受两侧导线的拉力差。终端型横担主要承受导线的最大允许拉力。横担结构类型与之相适应的杆型及受力情况见表3-44。

表3-44 横担结构类型与之相适应的杆型及其受力情况分析表

横担类型	杆型	承受荷载
单横担	直线杆，15°以下转角杆	导线的垂直荷载
双横担	15°~45°转角杆，耐张杆（两侧导线拉力差为零）	导线的垂直荷载
	45°以上转角杆、终端杆，分支杆	1. 一侧导线最大允许拉力的水平荷载 2. 导线的垂直荷载
	耐张杆（两侧导线有拉力差），大跨越杆	1. 两侧导线拉力差的水平荷载 2. 导线的垂直荷载
带斜撑的双横担	终端杆、分支杆，终端型转角杆	1. 一侧导线最大允许拉力的水平荷载 2. 导线的垂直荷载
	大跨越杆	1. 两侧导线的拉力差的水平荷载 2. 导线的垂直荷载

2. 横担强度的计算

1）中间型横担。正常情况下且导线覆冰时，横担承受垂直荷载时的最大弯矩用式（3-266）计算（见图3-16）。

$$M_{CQ3} = Q_3 l \tag{3-266}$$

当考虑活动荷载时用式（3-267）计算，即

$$M_{CQ1} = Q_1 l + Q_H \frac{l}{2} \tag{3-267}$$

图3-16 中间型横担的计算

式中 M_{CQ}——横担承受垂直荷载的最大弯矩，单位为kgf·cm；

Q_3——导线自重加覆冰重的垂直荷载，单位为kgf；

Q_1——导线自重的垂直荷载，单位为kgf；

Q_H——活动荷载，单位为kgf；

l——导线距电杆中心的距离，单位为cm。

取上述两种情况M_{CQ}较大者选用横担，见式（3-268），即

$$\sigma_{CQ} = \frac{M_{CQ}}{W_a} < \sigma_R \tag{3-268}$$

式中 σ_{CQ}——横担角钢承受的应力，单位为kgf/cm^2；

W_a——角钢净截面系数，单位为cm^3，见表3-45；

σ_R——角钢允许应力，单位为kgf/cm^2，见表3-45。

表3-45 等边角钢常用技术数据

角钢尺寸（$b \times d$）/mm×mm	40×4	50×5	63×6	75×8	90×8
重量/（kg/m）	2.422	3.77	5.721	9.030	10.946
截面面积A/cm^2	3.086	4.803	7.288	11.503	13.944
惯性矩I_x/cm^4	4.60	11.21	27.12	59.96	106.47

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

惯性半径 I_i/cm	1.22	1.53	1.93	2.28	2.76
允许应力 σ_R/（kgf/cm²）	1600	1600	1600	1600	1600
尺寸 Z_0/cm	1.13	1.42	1.78	2.15	2.52
截面系数 W_a/cm³	1.60	3.13	6.00	11.20	16.42
危险断面处开孔直径为18mm时的净截面系数 W'_x/cm³	1.31	2.65	5.29		
危险断面处开孔直径为22mm时的净截面系数 W'_x/cm³				9.81	14.88
允许弯矩 M_R/（kgf·m）	25.60	50.08	84.64	156.96	238.08

注：b 为边宽；d 为边厚。

2）终端型横担。正常情况下，横担断面承受的水平拉力最大弯矩用式（3-269）计算，如图3-17所示。

$$M_{CT} = T_m l \tag{3-269}$$

式中　M_{CT}——横担断面承受的最大弯矩，单位为kgf·cm；

T_m——导线最大允许拉力，单位为N，见表3-28；

l——导线距电杆中心距离，单位为cm。

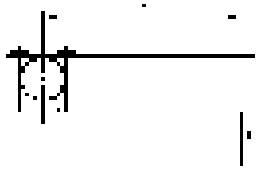


图3-17　终端型横担的计算

横担断面（图3-18的 C 处）承受的垂直荷载最大弯矩的计算与中间型横担相同，见式（3-266）~式（3-268）。

3）不带斜撑耐张型横担。其承受的水平拉力最大弯矩和垂直荷载的最大弯矩平均分配在两根角钢上，横担的应力按式（3-270）和式（3-271）计算，如图3-18所示。

$$\sigma = \frac{1}{2} \times \frac{M_{CT}}{W_{aT}} + \frac{1}{2} \times \frac{M_{CQ}}{W_{aQ}} = \frac{1}{2}(\sigma_{CT} + \sigma_{CQ}) \tag{3-270}$$

若为等边角钢则为

$$\sigma = \frac{1}{2} \times \frac{M_{CT} + M_{CQ}}{W_a} < \sigma_R \tag{3-271}$$

图3-18　不带斜撑耐张型横担的计算

式中　σ——不带斜撑横担角钢承受的应力，单位为kgf/cm² 或N/cm²；

σ_{CT}——水平拉力在断面产生的应力，单位为kgf/cm² 或N/cm²；

σ_{CQ}——垂直荷载在断面产生的应力，单位为kgf/cm² 或N/cm²；

M_{CT}——水平拉力最大弯矩，单位为kgf·cm或N·cm；

M_{CQ}——垂直荷载最大弯矩，单位为kgf·cm或N·cm；

W_a——角钢净截面系数，见表3-45。

4）带斜撑耐张型横担。其承受应力按式（3-272）~式（3-274）计算，如图3-19所示。

$$\sigma = \sigma_{CT} + \frac{1}{2}\sigma_{CQ} < \sigma_R \tag{3-272}$$

$$\sigma_{CT} = \frac{\sum T}{A\phi} \tag{3-273}$$

$$\sum T = T\frac{l}{2a_q} \tag{3-274}$$

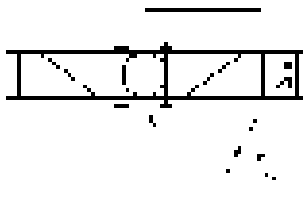


图3-19　带斜撑耐张型横担的计算

式中　$\sum T$——横担受压件承受的压力，单位为N；

T——横担承受的水平拉力，单位为N；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

A——角钢截面积，单位为 cm^2，见表 3-45；

ϕ——纵向弯曲系数，见表 3-46；

a_q——横担距电杆中心距离，单位为 cm；

l——导线距电杆中心距离，单位为 cm。

5）ϕ 的选择应按杆件的长细比由表 3-46 中选择，其中长细比按式（3-275）计算，即

$$\lambda = \frac{ml}{I} \tag{3-275}$$

式中 λ——杆件的长细比；

m——长度系数，两端固定取 0.5，一端固定、另一端自由放置取 2，一端固定、另一端铰接取 0.75，两端铰接取 1；

I——惯性半径，角钢惯性半径见表 3-45；

l——导线距电杆中心距离，单位为 cm。

3. 角钢横担计算步骤

1）已知条件是横担类型、导线型号规格、覆冰厚度、档距、活动荷载。

2）先按不带斜撑的计算，但当导线截面积较小又为直线杆时可按中间型单横担计算。

3）查表 3-28，得导线最大允许拉力 T_m。

4）查表 3-32 或表 3-33，得到 g_1、g_3 等需要值。

5）计算导线自重垂直荷载 Q_1 和导线自重加覆冰重的垂直载荷 Q_3（$Q = gAL$）。

6）按式（3-267）计算有活动荷载时横担承受的垂直荷载最大弯矩 $M_{CQ1} = Q_1 l + Q_H \frac{l}{2}$，其中 Q_H 按 100kg 计入。

7）按式（3-266）计算导线覆冰横担承受的垂直荷载最大弯矩 $M_{CQ3} = Q_3 l$。

8）比较 M_{CQ1}、M_{CQ3} 的大小，取大值。

9）按式（3-269）计算横担承受的最大弯矩 $M_{CT} = T_m l$。

10）按表 3-44 及表 3-45 先试选估算的角钢规格，并查得 W_a、σ_R。

11）按式（3-267）计算不带斜撑下的 σ，$\sigma = \frac{1}{2}\frac{M_{CT} + M_{CQ}}{W_a}$，并与 σ_R 比较，如 $\sigma < \sigma_R$，试选成立；如 $\sigma > \sigma_R$ 则应重选或改用带支撑双横担。

12）按带支撑双横担计算，先确定角钢规格、横担距电杆中心距离 a、导线距电杆中心距离 l，并查表 3-45 得角钢相关数据 A、I_i、W_a。

13）按式（3-274）计算横担受压件所受压力 $\sum T = T_m \frac{l}{2a_q}$。

14）按式（3-275）计算横担长细比 $\lambda = \frac{ml}{I_i}$。

15）按 λ 查表 3-46 得 ϕ 值；

表 3-46 钢结构构件纵向弯曲系数 ϕ

钢 号	长 细 比 λ															
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	200	220
3 号钢	0.89	0.84	0.79	0.73	0.67	0.60	0.54	0.45	0.40	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.19	0.16

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

16）按式（3-273）计算 $\sigma_{CT}=\sum T/A\phi$。

17）按式（3-270）$\sigma_{CQ}=\frac{1}{2}\times\frac{M_{CQ}}{Wa}$（只取公式的后半部分）。

18）将 $\sigma_{CT}+\sigma_{CQ}$ 与先确定的角钢的 σ_R 进行比较，如果 $\sigma_R>(\sigma_{CT}+\sigma_{CQ})$ 则确定成立；如果 $\sigma_R<(\sigma_{CT}+\sigma_{CQ})$ 则应重新选择再进行计算。

计算时要特别注意单位之间的换算及各种符号代表的意义。

四、电杆强度的计算

1. 风荷载

电杆所受风荷载、导线上的风荷载按式（3-276）计算，即

$$W=CS\frac{v^2}{16} \tag{3-276}$$

式中　W——电杆或导线受的风荷载，单位为 kgf；

C——风载系数：环形截面混凝土杆取 0.6，矩形截面混凝土杆取 1.4，直径 <17mm 的导线取 1.2，直径≥17mm 的导线取 1.1，覆冰导线（不考虑线径）取 1.2；

S——电杆杆身侧面的投影面积或导线直径与水平档距的乘积，单位为 m^2；

v——设计风速，单位为 m/s。

计算时均按风向与线路方向垂直的情况计算。

电杆标准规定见表 3-47 和表 3-48。常用导线风荷载计算值见表 3-49，常用圆形混凝土电杆的风荷载计算见表 3-50。

表 3-47　国家标准锥形杆杆段允许弯矩　（单位：kgf·m）

长　度/m				梢　径　/mm													
				150				170					190				
锥形杆	L	l_1	l_2	A	B	C	D	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
	6.0	4.25	1.5	600	800	1000	1200	1100	1300	1500			1500	1700	1900		
	6.5	4.75	1.5	600	800	1000	1200	1100	1300	1500			1700	1900	2100		
	7.0	5.25	1.5	900	1100	1300	1500	1250	1450	1650			2000	2300	2600		
	7.5	5.75	1.5	1100	1300	1500	1700	1250	1450	1650	1850	2050	2000	2300	2600	2900	3200
	8.0	6.25	1.5	1200	1400	1600	1800	1500	1700	1900	2100	2300	2000	2300	2600	2900	3200
	8.5	6.75	1.5	1200	1400	1600	1800	1500	1700	1900	2100	2300	2000	2300	2600	2900	3200
	9.0	7.25	1.5	1300	1500	1700	1900	1650	1850	2050	2250	2450	2000	2400	2800	3200	3600
	10.0	7.95	1.8	1500	1800	2100	2400	1900	2100	2300	2500	2700	2100	2500	2900	3300	3700
	11.0	8.75	2.0					2000	2400	2800	3200	3600	2500	3000	3500	4000	4500
	12.0	9.75	2.0					2100	2500	2900	3300	3700	2700	3200	3700	4200	4700
	15.0	12.25	2.5										3600	4200	4800	5400	6000

注：1. 表中允许弯矩即表图中支持点断面处的允许弯矩，将允许弯矩除以荷重点高度，即折算成允许荷载。

2. 破坏弯矩为允许弯矩的两倍。

3. A、B、C、D、E 是表示同种杆型的不同允许弯矩的代号。

4. L 为杆长，l_1 为荷载点最高高度，l_2 为支持点长度，l_3 为梢端至荷载点最高高度处的距离为 0.25m。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 直线杆

直线杆受力计算图如图 3-20 所示。电杆在地面处的弯矩按式（3-277）计算，并用式（3-278）验算，即

$$M_d = W_1h_1 + W_2h_2 + W_3h_3 = n_1w_1Lh_1 + n_2w_2Lh_2 + W_3h_3 \quad (3\text{-}277)$$

$$M_d \leqslant M_{yd} \quad (3\text{-}278)$$

$M_d > M_{yd}$ 则应重新选择再计算。

式中 W_1、W_2——上、下层导线风荷载，单位为 kgf；

w_1、w_2——单根导线风荷载，单位为 kgf/m，见表 3-49；

n_1、n_2——导线根数；

h_1、h_2——导线安装高度，单位为 m；

L——档距，单位为 m；

h_3——地面以上电杆重心高度，单位为 m，一般取 $H/2$；

W_3——圆形混凝土电杆风荷载，单位为 kgf，见表 3-50；

M_{yd}——电杆地面处允许弯矩，单位为kgf·m，见表 3-48。

图 3-20 直线杆受力计算图

表 3-48 环形预应力钢筋混凝土电杆相关数据

标 志	梢 径 /mm	底 径 /mm	杆 长 /m	埋 深 /m	地面处允许弯矩 /t·m	距杆顶 1.0m 处允许弯矩/t·m	计算杆重 /t
杆 51	150	237	6.5	1.5	1.10	0.67	0.31
杆 52	150	243	7.0	1.5	1.16	0.67	0.34
杆 53	150	250	7.5	1.5	1.22	0.68	0.38
杆 54	150	257	8.0	1.6	1.30	0.68	0.41
杆 55	150	263	8.5	1.7	1.34	0.68	0.45
杆 71	170	263	7.0	1.5	1.33	0.83	0.39
杆 72	170	276	8.0	1.6	1.75	1.01	0.46
杆 73	170	283	8.5	1.7	1.82	1.02	0.50
杆 74	170	290	9.0	1.8	1.88	1.02	0.54
杆 75	170	303	10.0	2.0	2.08	1.02	0.62
杆 76	170	316	11.0	2.0	2.20	1.03	0.71
杆 91	190	323	10.0	2.0	2.29	1.23	0.68
杆 92	190	350	12.0	2.0	2.66	1.24	0.87

注：电杆锥度为 1/75，壁厚 4cm。

表 3-49 单根导线风荷载 （单位：kgf/m）

导线型号	覆冰时风速/（10m/s）			无冰时风速/（m/s）	
	$b=5$mm	$b=10$mm	$b=15$mm	25	30
LJ-16	0.113	0.188	0.263	0.239	0.344
LJ-25	0.123	0.198	0.273	0.298	0.429
LJ-35	0.131	0.206	0.281	0.352	0.506
LJ-50	0.142	0.218	0.293	0.422	0.608
LJ-70	0.155	0.230	0.305	0.499	0.719
LJ-95	0.169	0.244	0.319	0.586	0.844
LJ-120	0.180	0.255	0.330	0.656	0.945
LJ-150	0.193	0.268	0.343	0.738	1.063
LJ-185	0.206	0.281	0.356	0.752	1.083
LJ-240	0.224	0.299	0.374	0.855	1.231

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

导线型号	覆冰时风速/（10m/s）			无冰时风速/（m/s）	
	$b=5$mm	$b=10$mm	$b=15$mm	25	30
LGJ-16	0.116	0.191	0.266	0.253	0.365
LGJ-25	0.125	0.200	0.275	0.309	0.446
LGJ-35	0.138	0.213	0.288	0.394	0.567
LGJ-50	0.147	0.222	0.297	0.450	0.540
LGJ-70	0.161	0.236	0.311	0.534	0.770
LGJ-95	0.178	0.253	0.328	0.642	0.923
LGJ-120	0.189	0.264	0.339	0.713	1.026
LGJ-150	0.200	0.275	0.350	0.806	1.129
LGJ-185	0.218	0.293	0.368	0.817	1.177
LGJ-240	0.235	0.310	0.385	0.831	1.317

表 3-50　圆形混凝土电杆风荷载　（单位：kgf）

电杆梢径/mm	电杆全长/m	埋　深/m	地面高度/m	受风面积/m^2	风　速/（m/s）		
					10	25	30
150	8.0	1.5	6.5	1.26	4.7	29.5	42.5
	9.0	1.6	7.4	1.48	5.6	34.7	50.0
	10.0	1.7	8.3	1.70	6.4	39.8	57.4
170	8.0	1.5	6.5	1.39	5.2	32.6	46.9
	9.0	1.6	7.4	1.62	6.1	38.0	54.7
	10.0	1.7	8.3	1.87	7.0	43.8	63.1
	11.0	1.8	9.2	2.13	8.0	49.9	71.9
	12.0	1.9	10.1	2.40	9.0	56.3	81.0
190	10.0	1.7	8.3	2.04	7.7	47.8	68.9
	11.0	1.8	9.2	2.31	8.7	54.1	78.0
	12.0	1.9	10.1	2.60	9.8	60.9	87.8
	13.0	2.0	11.0	2.90	10.9	68.0	97.9
	15.0	2.2	12.8	3.52	13.2	82.5	118.8
	18.0	2.5	15.5	4.55	17.1	106.6	153.6

3. 转角杆

1）装有合力拉线的转角杆受力分析如图 3-21 所示。转角杆的计算应按式（3-279）～式（3-283）进行，即

$$T_h = 2T_m \sin\frac{\alpha}{2} \tag{3-279}$$

式中　T_h——导线拉力的合力，单位为 N；

T_m——导线最大拉力，单位为 N，见表 3-28；

α——线路转角，单位为（°）。

$$F = \frac{n_1 T_1 h_1 + n_2 T_2 h_2}{h_5 \sin\theta} \tag{3-280}$$

式中　F——拉线承受的拉力，单位为 N；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

n_1、n_2——上、下层导线根数；

T_1、T_2——上、下层导线拉力的合力，单位为 N；

h_1、h_2——上、下层导线安装高度，单位为 m；

h_4——横担安装部位最上层到最下层的距离，单位为 m；

h_5——拉线安装高度，单位为 m；

θ——拉线与电杆的夹角，单位为（°）。

$$M_c = n_1P_1(h_1 - h_5) + n_2P_2(h_2 - h_5) \quad (3\text{-}281)$$

$$M_{yc} = M_{y1} + \frac{H - h_5 - 1}{H - 1}(M_{yd} - M_{y1}) \quad (3\text{-}282)$$

$$M_c \leqslant M_{yc} \quad (3\text{-}283)$$

式中 M_c——电杆在 C 点的弯矩，单位为 kgf·m；

M_{yc}——电杆在 C 点的允许弯矩，单位为kgf·m；

M_{yd}——电杆在地面处的允许弯矩，单位为kgf·m，见表3-47和表 3-48；

M_{y1}——电杆距顶 1m 处的允许弯矩，单位为kgf·m，见表3-47和表 3-48。

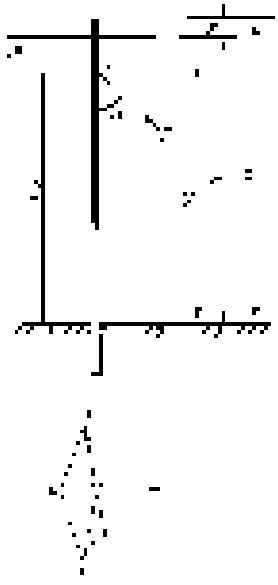


图 3-21 转角杆受力计算图

2）对于大于 30°的转角杆应在导线正反方向分别打拉线，计算同上。

4. 耐张杆

横向风荷载与直线杆计算相同。正常条件下的水平纵向荷载按导线最大允许拉力计算，断线时的导线拉力为其最大允许拉力的 0.7 倍。

导线拉力差按式（3-284）计算，即

$$\Delta T = T_1 - T_2 (T_1 > T_2 \text{ 时}) \quad (3\text{-}284)$$

式中 ΔT——电杆两侧导线拉力差，单位为 N；

T_1、T_2——电杆两侧导线最大允许拉力，单位为 N，由表 3-28 查得。

断线时的最大拉力按式（3-285）计算，即

$$T_D = 0.7T_1 \quad (3\text{-}285)$$

式中 T_D——断线时最大拉力，单位为 N。

比较 ΔT 和 T_D，其中较大者用于计算水平纵向荷载。其余计算同转角杆，耐张杆一般采用两侧拉线，如图 3-22 所示。

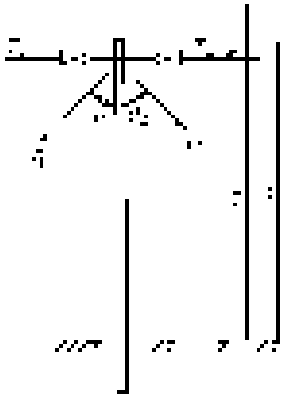


图 3-22 耐张杆受力分析示意图

5. 终端杆

终端杆一般仅考虑一侧导线水平纵向荷载，可接导线最大允许拉力计算。

五、拉线的计算

拉线一般按表 3-51 ~ 表 3-54 选择，不必计算。

表 3-51 拉线的强度设计安全系数及最小截面

拉线材料	镀锌钢绞线	镀锌铁线
强度安全系数	≥2.0	≥2.5
最小截面积	25mm²	3×ϕ4mm

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-52　每根导线所需拉线的拉力　（单位：kgf）

导线型号	安全系数	转角杆，线路转角 α									终端杆		
		0°～15°			16°～30°			31°～45°					
		拉线与电杆夹角 θ											
		30°	45°	90°	30°	45°	90°	30°	45°	90°	30°	45°	90°
LJ-16	2.5	54	38	27	106	75	53	156	110	78	204	144	102
LJ-25	2.5	82	58	41	164	116	82	242	171	121	316	223	158
LJ-35	2.5	114	81	57	228	161	114	336	238	168	440	311	220
LJ-50	2.5	164	116	82	328	232	164	484	342	242	634	448	317
LJ-70	3.0	170	120	85	336	238	168	496	351	248	648	459	324
LJ-95	3.0	224	158	112	484	343	242	714	505	357	934	662	467
LJ-120	3.0	306	216	153	606	430	303	896	635	448	1170	828	585
LJ-150	4.0	290	205	145	576	408	288	852	602	426	1110	786	555
LJ-185	4.0	360	255	180	712	503	356	1052	744	526	1374	970	687
LJ-240	4.0	436	308	218	868	615	434	1282	907	641	1674	1185	837
LGJ-16	3.0	84	59	42	166	118	83	244	173	122	320	226	160
LGJ-25	3.0	126	89	63	248	176	124	366	259	183	478	338	239
LGJ-35	3.0	202	143	101	400	283	200	592	419	296	774	548	387
LGJ-50	3.0	264	187	132	524	371	262	776	550	388	1014	718	507
LGJ-70	4.0	280	198	140	554	392	277	818	580	409	1070	758	535
LGJ-95	4.0	428	303	214	850	602	425	1256	890	628	1640	1160	820
LGJ-120	4.0	518	367	259	1028	728	514	1520	1077	760	1986	1405	993
LGJ-150	5.0	528	374	264	1050	743	525	1548	1096	774	2024	1432	1012
LGJ-185	5.0	654	464	327	1298	920	649	1934	1370	967	2500	1770	1250
LGJ-240	5.0	852	605	426	1692	1196	846	2494	1765	1247	3260	2310	1630

注：1. 水平拉线可用拉线与电杆夹角 $\theta=90°$ 时的数据，拉线柱的拉线可用 $\theta=30°$ 时的数据。

2. 大于 45° 的转角杆、横担为终端结构的电杆拉线，可用终端杆的数据。

表 3-53　拉线允许最大拉力

拉线型号		计算截面积 /mm²	瞬时破坏应力 /（kgf/mm²）	安全系数	拉线最大允许拉力 /kgf
镀锌铁线	T-3/ϕ4	37.7	37	2.5	560
	T-5/ϕ4	62.8	37	2.5	930
	T-7/ϕ4	88.0	37	2.5	1300
镀锌钢绞线	GJ-25	26.6	120	2.0	1600
	GJ-35	37.2	120	2.0	2200
	GJ-50	49.5	120	2.0	3000
	GJ-70	72.2	120	2.0	4300
	GJ-100	101.0	120	2.0	6000

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-54 拉线棒选择

拉线棒直径/mm	有效直径/mm	有效截面积/mm^2	允许应力/（kgf/mm^2）	拉线棒允许拉力/kgf	配合拉线型号	拉线最大允许拉力/kgf
16	14	154	16	2460	GJ-25	1600
					GJ-35	2200
19	17	227	16	3630	GJ-50	3000
22	20	314	16	5000	GJ-70	4300
25	23	491	16	7850	GJ-100	6000
28	26	531	16	8490	2×GJ-70	8600
34	32	804	16	12800	2×GJ-100	12000

六、基础的计算

1. 电杆埋深的计算

埋深的计算可用式（3-286）进行，即

$$h = \sqrt[3]{\frac{\mu MK}{mb}} \tag{3-286}$$

式中 h——电杆的埋深，单位为 m；

μ——系数，$3 < \frac{h_p}{h} < 4$ 时，μ 取 12.7；$4 < \frac{h_p}{h} \leqslant 5$ 时，μ 取 12；$5 < \frac{h_p}{h} < 7$ 时，μ = 11.5，h_p 为外力合力矩地面高度；

M——外作用力矩，单位为 $\times 10^3$kgf·m，电杆受力计算得出；

K——安全系数，直线杆取 1.5，耐张杆取 1.8，转角杆、终端杆取 2；

m——被动土抗力，单位为 $\times 10^3 kgf/m^3$，见表 3-55；

b——电杆埋入地下部分的计算宽度，单位为 m，为埋入部分直径的两倍（指单杆）。

表 3-55 土壤分类和计算参数

土壤分类		计算容重 γ /（t/m^3）	计算上拔角 α	计算抗剪角 β	被动土抗力 $m=\gamma\tan^2\left(45°+\frac{\beta}{2}\right)$ /（$\times 10^3 kgf/m^3$）	允许承载力 σ_t /（$\times 10^3 kgf/m^2$）	电杆埋深增减百分数（%）	拉线盘埋深增减百分数（%）
大块碎石		2.0	32°	40°	9.20	30～50	－12	－20
粗砂		1.8	30°	37°	7.20	35～45	－5	－13
中砂		1.7	28°	35°	6.27	25～35	0	－6
细砂		1.6	26°	32°	5.22	15～30	＋6	＋3
粉砂		1.5	22°	25°	3.69	10～25	＋19	＋16
粘性土	坚硬	1.8	30°	45°	10.50	30	－16	－13
	硬塑	1.7	25°	35°	6.27	20～25	0	0
	可塑	1.6	20°	30°	4.80	15	＋9	＋18
	软塑	1.5	10°～15°	15°～22°	2.72～3.52	10	—	—

注：表中各类土壤的计算参数，系指采用原来的土壤回填，如换土回填时，就不应按原土参数计算。

电杆的埋深，一般采用表 3-56 推荐数值，但必须进行倾覆稳定验算。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3-56　一般土质电杆推荐埋深

电杆高度/m	8	9	10	11	12	13	15
电杆推荐埋深/m	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.3

2. 电杆倾覆稳定计算

1）不带卡盘时单杆的极限倾覆力矩用式（3-287）计算，并按其确定卡盘。

$$M_{Q1} = \frac{mbh^3}{\mu} \tag{3-287}$$

式中　M_{Q1}——无卡盘单杆极限倾覆力矩，单位为 $\times 10^3$kgf·m；

h——电杆埋深，单位为 m，用表 3-56 中的数值。

当 $M_Q/M \geqslant K$ 时，电杆可不加卡盘。

当 $M_Q/M < K$ 时，电杆必须加卡盘。

2）带卡盘时单杆的极限倾覆力矩用式（3-288）计算，并按其确定卡盘。

$$M_Q = M_{Q1} + y(l - D)(mb_1 + 2\gamma b_2 \tan\beta) \tag{3-288}$$

式中　M_Q——带卡盘时单杆极限倾覆力矩，单位为 $\times 10^3$kgf·m；

y——卡盘埋深，单位为 m；

l——卡盘全长，单位为 m，一般按杆埋深 1/3 计入；

D——主杆直径，单位为 m；

m——被动土抗力，单位为 $\times 10^3$kgf/m^3，见表 3-55；

b_1——卡盘高度，单位为 m；

b_2——卡盘宽度，单位为 m；

γ——土壤计算容重，单位为 $\times 10^3$kgf/m^3，见表 3-55；

$\tan\beta$——土壤计算抗剪角正切值，见表 3-55。

当 $M_Q/M \geqslant K$，则选择的卡盘适用，否则重新选择卡盘再计算。

3. 底盘的计算

底盘的计算应按式（3-289）进行，即

$$G/S \leqslant \sigma \tag{3-289}$$

式中　G——基础所承载的重力，单位为 $\times 10^3$kgf；

S——底盘底面积，单位为 m^2；

σ——土壤允许承载力，单位为 $\times 10^3$kgf/m^2，见表 3-55。

其中 G 按式（3-290）计算，即

$$G = G_0 + G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 \tag{3-290}$$

$$G_1 = g_3 AL \tag{3-291}$$

$$G_2 = F_m \sin\varphi \times 10^{-3} \tag{3-292}$$

$$G_5 = \left[ab - \frac{\pi}{12}(d_1^2 + d_1 d_2 + d_2^2)\right] h\gamma \tag{3-293}$$

式中　G_0——电杆自重力，单位为 $\times 10^3$kgf；

G_1——导线的最大垂直荷载，单位为 $\times 10^3$kgf；

G_2——拉线的垂直荷载，单位为 $\times 10^3$kgf，两根拉线乘以 0.8，三根拉线乘以 0.7，四

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

根拉线乘以 0.6；

F_m——拉线最大允许拉力，单位为 N，见表 3-53；

G_3——横担及附件重力，单位为 $\times 10^3$kgf；

G_4——底盘重力，单位为 $\times 10^3$kgf；

G_5——底盘上部土重，单位为 $\times 10^3$kgf；

a——底盘长度，单位为 m；

b——底盘宽度，单位为 m；

d_1——电杆地面处直径，单位为 m；

d_2——电杆底部直径，单位为 m；

h——电杆埋深，单位为 m；

γ——土壤计算容重，单位为 $\times 10^3$kgf/m^3，见表 3-55。

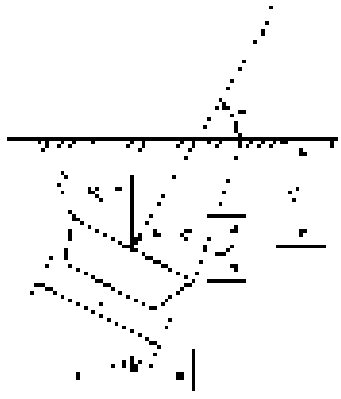


图 3-23 拉线盘受力分析示意图

4. 拉线盘的计算（见图 3-23）

1）抗拔验算应用式（3-294）～式（3-296）进行，即

$$R_l/F_m \geqslant K_l \tag{3-294}$$

$$R_l = \frac{Q_l + G_l}{\sin\varphi} \tag{3-295}$$

$$G_l = \frac{\gamma h_l}{6}[(3a_l\sin\varphi + 2h_l\tan\alpha)L_l + (3a_l\sin\varphi + 4h_l\tan\alpha)(L_l + 2h_l\tan\alpha)] \tag{3-296}$$

式中 R_l——沿拉线方向土壤极限抗力，单位为 $\times 10^3$kgf；

F_m——拉线最大允许拉力，单位为 $\times 10^3$kgf，见表3-53；

K_l——基础稳定安全系数，一般为 2；

Q_l——拉线盘自重，单位为 $\times 10^3$kgf；

G_l——拉线盘上部堆土土重，单位为 $\times 10^3$kgf；

φ——拉线与地面夹角，单位为（°）；

γ——土壤计算容重，单位为 $\times 10^3$kgf/m^3，见表3-55；

h_l——拉线盘埋深，单位为 m；

a_l——拉线盘宽，单位为 m；

α——土壤计算上拔角，见表 3-55；

L_l——拉线盘长，单位为 m。

2）倾覆稳定验算应用式（3-297）和式（3-298）进行，即

$$P_l/F_m \geqslant K_l \tag{3-297}$$

$$P_l = \frac{mh_lL_la_l\cos\varphi + F_m\sin\varphi\tan\beta}{\cos\varphi} \tag{3-298}$$

式中 P_l——拉线盘受水平拉力控制时沿拉线方向的土壤极限抗力，单位为 $\times 10^3$kgf；

F_m——拉线最大允许拉力，单位为 $\times 10^3$kgf；

K_l——基础稳定安全系数，一般为 2；

m——被动土抗力，单位为 $\times 10^3$kgf/m^3，见表 3-55；

L_l——拉线盘长，单位为 m；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

a_l——拉线盘宽，单位为 m；

φ——拉线与地面夹角，单位为（°）；

β——土壤的计算抗剪角，单位为（°），见表 3-55。

第八节　直流电动机的计算

1）电流的计算。直流电动机的电枢电流的计算见式（3-299）～式（3-301），即

$$I_a = \frac{U_N - E_a}{R_a} \tag{3-299}$$

对于他励电动机

$$I_a = I_N \tag{3-300}$$

对于并励电动机

$$I_a = I_N - \frac{U_N}{R_f} \tag{3-301}$$

式中　I_a——电枢电流，单位为 A；

U_N——额定电压，单位为 V；

E_a——电动机反电动势，单位为 V；

R_a——电枢绕组直流电阻，单位为 Ω；

I_N——电动机额定电流，单位为 A；

R_f——励磁绕组直流电阻，单位为 Ω。

2）反电动势（V）的计算见式（3-302），即

$$E_a = U_N - I_a R_a = C_e \Phi n \tag{3-302}$$

式中　C_e——电动机电动势常数，由电动机的结构决定；

Φ——电动机主磁通，单位为 Wb；

n——电动机额定转速，单位为 r/min。

3）额定转速的计算见式（3-303）和式(3-304)，即

$$n = \frac{U_N - I_a R_a}{C_e \Phi} \tag{3-303}$$

$$n = \frac{U_N}{C_e \Phi} - \frac{R_a}{C_e \Phi^2 C_M} M \tag{3-304}$$

4）电磁转矩 M 按式（3-305）计算，即

$$M = C_M \Phi I_a \tag{3-305}$$

式中　C_M——电磁转矩常数，由电动机的结构决定。

5）C_M 由式（3-306）决定，即

$$C_M = pN/(2\pi a) \tag{3-306}$$

式中　p——磁极对数；

N——电枢绕组总导线根数；

a——支路对数。

6）C_e 由式（3-307）决定，即

$$C_e = pN/(60a) \tag{3-307}$$

7）输出转矩 M_2 用式（3-308）计算，即

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$M_2 = 9.55P_N/n \tag{3-308}$$

式中 P_N——电动机额定功率，单位为 W。

8）电动机功率（W）用式（3-309）计算，即

$$P_N = I_N U_N \eta \tag{3-309}$$

式中 η——电动机效率。

第九节 电子电路的常用基础计算

电子电路的计算内容很多，这里只就其基本计算方法进行说明，其他内容应参阅电子电路相关专著。

一、二极管及其整流电路的计算

1. 单相半波整流的电路（见图 3-24）

单相半波整流输出电压 U_D 按式（3-310）计算，即

$$U_D = \frac{\sqrt{2}}{\pi}U_2 = 0.45U_2 \tag{3-310}$$

式中 U_2——变压器二次电压，单位为 V。

2. 单相全波整流电路（见图 3-25）

单相全波整流输出电压 U_D 按式（3-311）计算，即

$$U_D = 2 \times 0.45U_2 = 0.9U_2 \tag{3-311}$$

式中 U_2——变压器二次侧加在二极管两端的电压，单位为 V。

3. 单相桥式整流电路（见图 3-26）

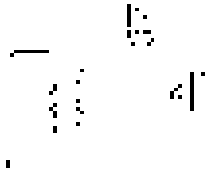


图 3-24 单相半波整流电路

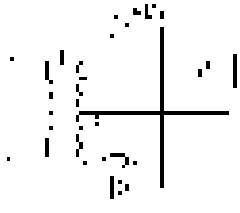


图 3-25 单相全波整流电路

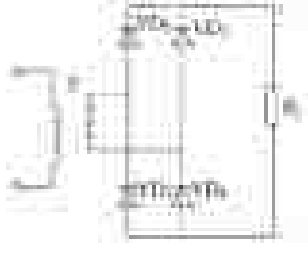


图 3-26 单相桥式整流电路

单相桥式整流输出电压的计算同单相全波，见式（3-311）。

4. 倍压整流电路（见图 3-27）

图 3-27 倍压整流电路

a）二倍压整流电路 b）多倍压整流电路

1）二倍压整流电路输出电压的计算见式（3-312），即

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$U_{VD_2} = 2U_{VD_1} \tag{3-312}$$

2）多倍压整流电路输出电压的计算见式（3-313），即

$$U_{VD_n} = 2\sqrt{2}nU_2 - \frac{i_{VD}}{fC}\left(\frac{2}{3}n^3 + \frac{3}{4}n^2 + \frac{n}{12}\right) \tag{3-313}$$

式中　n——倍压整流段数；

f——电源的频率，单位为 Hz；

U_2——变压器二次电压，单位为 V；

C——电容，单位为 μF；

i_{VD}——负荷电流，单位为 A，一般可用输出电压 U_{VD_n} 与负荷电阻 R_L 的比值来表示，即 $i_{VD} = U_{VD_n}/R_L$，这样式（3-313）可以写成下面的形式，见式（3-314），即

$$U_{VD_n} = 2\sqrt{2}nU_2 - \frac{U_{VD_n}}{fCR_L}\left(\frac{2}{3}n^3 + \frac{3}{4}n^2 + \frac{n}{12}\right) \tag{3-314}$$

5. 三相半波整流电路（见图 3-28）

整流输出电压 U_D 按式（3-315）计算，即

$$U_D = 1.17U_2 \tag{3-315}$$

6. 三相全波整流电路（见图 3-29）

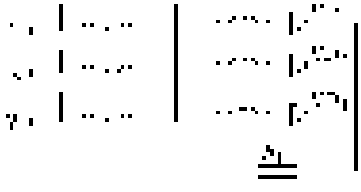


图 3-28　三相半波整流电路

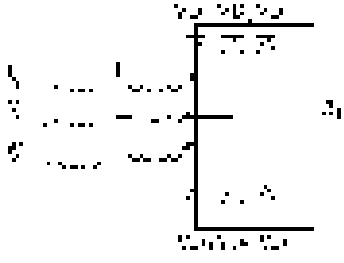


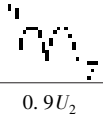
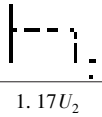
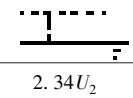
图 3-29　三相全波整流电路

整流输出电压 U_D 按式（3-316）计算，即

$$U_D = 2 \times 1.17U_2 = 2.34U_2 \tag{3-316}$$

其中，单相半波、单相全波、单相桥式整流常用于电流较小的电路中，三相半波、三相全波则常用于电流较大的电路中，详见表 3-57。

表 3-57　常用整流电路参数比较

电路名称	单相半波	单相全波	单相桥式	三相半波	三相桥式
线路图					
输出波形					
输出直流电压 U_L	$0.45U_2$	$0.9U_2$	$0.9U_2$	$1.17U_2$	$2.34U_2$
输出直流电流 I_L	$0.45\frac{U_2}{R_L}$	$0.9\frac{U_2}{R_L}$	$0.9\frac{U_2}{R_L}$	$1.17\frac{U_2}{R_L}$	$2.34\frac{U_2}{R_L}$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

电路名称	单相半波	单相全波	单相桥式	三相半波	三相桥式
二极管承受的最大反向电压	$1.41U_2$	$2.83U_2$	$1.41U_2$	$2.45U_2$	$2.45U_2$
流过每个二极管的平均电流	I_L	$\frac{1}{2}I_L$	$\frac{1}{2}I_L$	$\frac{1}{3}I_L$	$\frac{1}{3}I_L$

二、晶体管及其模拟电路的计算

（一）交流放大器

1. 基本放大电路（见图3-30）

（1）静态工作点的计算

1）基极静态电流的计算按式（3-317）进行，即

$$I_{BQ} = \frac{E_C - U_{BE}}{R_b} \tag{3-317}$$

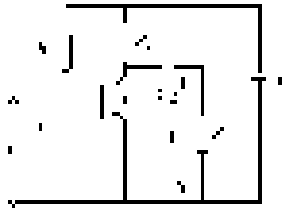


图3-30 晶体管基本放大电路

式中 I_{BQ}——基极静态工作电流，单位为mA；

E_C——集电极回路直流电源电压，单位为V；

U_{BE}——基极-发射极工作电压，硅管取0.6～0.8V，锗管取0.1～0.2V；

R_b——基极电阻，按管子的规格选取，并使I_{BQ}的计算结果满足管子静态工作点的需求，单位为kΩ。

2）集电极静态工作电流按式（3-318）计算，即

$$\begin{aligned} I_{CQ} &= \beta I_{BQ} + I_{CEO} \\ &\approx \beta I_{BQ} \end{aligned} \tag{3-318}$$

式中 I_{CQ}——集电极静态工作电流，单位为mA；

β——晶体管电流放大倍数，可由相关资料中查出，一般为10～200；

I_{CEO}——基极开路时C-E间的穿透电流μA，也称漏电流，越小越好。

3）集电极-发射极静态工作压按式（3-319）计算，即

$$U_{CEQ} = E_C - I_{CQ}R_c \tag{3-319}$$

式中 U_{CEQ}——集电极-发射极静态工作电压，单位为V；

R_c——集电极电阻，单位为kΩ，按管子规格选取，使U_{CEQ}的计算结果满足静态工作点的需求。

（2）微变等效电路的计算（交流通路）

1）交流通路电压放大倍数按（3-320）计算，即

$$A_u \approx \beta R'_L / r_{be} \tag{3-320}$$

式中 A_u——电压放大倍数；

R'_L——负载电阻R_L与集电极电阻R_c的并联值，单位为kΩ；

r_{be}——基极与发射极间微变电阻，单位为kΩ。

2）输入电阻按式（3-321）计算，即

$$r_i = r_{be} \tag{3-321}$$

式中 r_i——输入电阻，单位为kΩ。

3）基极与发射极间微变电阻用式（3-322）计算，即

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$r_{be} = r_{bb}' + (1+\beta)\frac{26}{I_E} \tag{3-322}$$

式中　r_{be}——基极与发射极间微变电阻，单位为 kΩ；

r_{bb}'——基区体电阻，单位为 Ω，由管子本身决定，一般低频小功率管约为几百欧，高频大功率约为几十欧，有时更小，一般取 300Ω；

I_E——静态发射极电流，单位为 mA，一般由相关资料中查出。

4）输出电阻按式（3-323）计算，即

$$r_o \approx R_c \tag{3-323}$$

式中　r_o——输出电阻，单位为 kΩ；

R_c——集电极电阻，单位为 kΩ。

2. 静态工作点稳定放大电路（见图 3-31）

（1）静态工作点的计算

1）基极对地电压按式（3-324）计算，即

$$U_B \approx \frac{R_{b1}}{R_{b1}+R_{b2}}E_C \tag{3-324}$$

式中　U_B——基极对地电压，单位为 V，由于采取了电阻 R_{b1}、R_{b2} 分压电路，且 I_B 很小，因此 U_B 是恒定不变的；

R_{b1}、R_{b2}——基极分压电阻，单位为 kΩ。

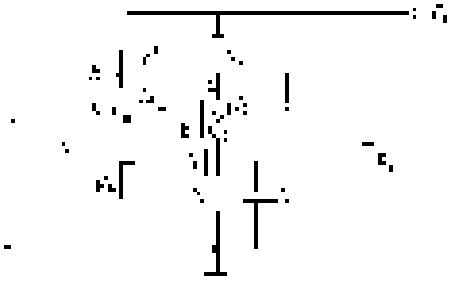


图 3-31　静态工作点稳定电路

2）发射极电流按式（3-325）计算，即

$$I_E = \frac{U_B - U_{BE}}{R_E} \tag{3-325}$$

式中　I_E——发射极电流，单位为 mA，实际上是反馈电流；

R_E——发射极电阻，单位为 kΩ。

3）集电极电流按式（3-326）计算，即

$$I_C \approx I_E \tag{3-326}$$

或

$$I_C \approx \frac{U_B}{R_E} \tag{3-327}$$

（2）电压放大倍数

电压放大倍数按式（3-320）计算。有时，当 β、I_E、R_L' 已知时也可用查图的方法，如图 3-32 所示。先找出 β 线与 I_E 值的交点，然后从左侧 β/r_{be} 上对应找到 $\beta/r_{be}=M$（1/kΩ），则 $A_u=-MR_L'$，其中“－”号是反相的意思。

3. 阻容耦合的多级放大器（见图 3-33）

由于电容有隔直的作用，因此在计算方面有很大的方便，主要特点是静态工作点互不影响可单独计算。

1）静态工作点的计算可用式（3-317）～式(3-327)进行。

2）输入电阻的计算见式（3-328）～式(3-333)，即

$$r_i = r_{i1} \parallel R_1 \tag{3-328}$$

$$r_{i1} = r_{be1} + (1+\beta)R_{e1}' \tag{3-329}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

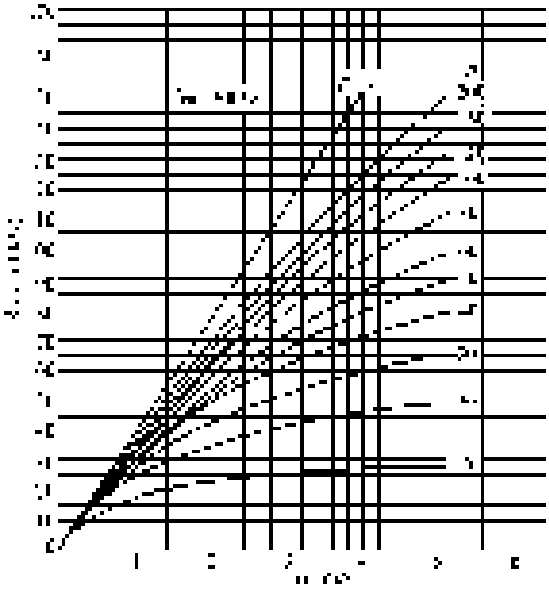


图 3-32 晶体管 β、r_{be} 和 I_E 的关系

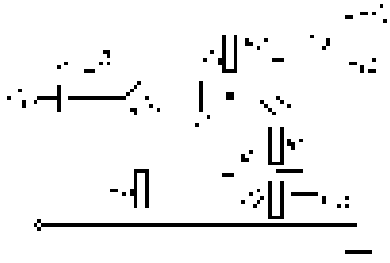


图 3-33 阻容耦合多级放大器电路

$$R'_{e1} = R_{e1} \parallel r_{i2} \tag{3-330}$$

$$r_{i2} = [r_{be2} + (1+\beta)R'_{e2}] \parallel R_2 \parallel R_3 \tag{3-331}$$

$$r_{be2} = 300 + (1+\beta)\frac{26}{I_{E2}} \tag{3-332}$$

$$r_{be1} = 300 + (1+\beta)\frac{26}{I_{E1}} \tag{3-333}$$

3）输出电阻按式（3-334）～式（3-335）计算，即

$$r_o = r_{o2} \tag{3-334}$$

$$r_{o2} \approx R_{c2} \tag{3-335}$$

4）电压放大倍数按式（3-336）～式（3-338）计算，即

$$A_u = A_{u1}A_{u2} \tag{3-336}$$

$$A_{u1} = \frac{\beta R'_{e1}}{r_{be1} + \beta_1 R'_{e1}} \tag{3-337}$$

$$A_{u2} = -\frac{R_{c2}}{R'_{e2}} \tag{3-338}$$

说明：A_{u1} 是正值，因此晶体管基极与发射极同相位，而耦合的输入是由 U_{e1} 引入的，有时也称为射极跟随器输入。当 R_e 在 200～300Ω 以上时，其放大倍数可用 R_c/R_e 的比值，以简化计算。

（二）直流放大器

1. 基本放大电路（见图 3-30）

将 C_1、C_2 取掉，其计算与交流放大器相同，见前述内容。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 直接耦合的多级放大器（见图 3-34）

准确地讲，直接耦合放大器前后级直流通道是相通的，因此每级静态工作点不能单独计算，而是从末级向前进行计算，见式（3-339）～式（3-347），即

$$U_{BE2} = 0.7(\text{硅管}) \tag{3-339}$$

$$U_{C1} = U_{BE2} + U_z(U_z\text{ 稳压管工作电压}) \tag{3-340}$$

$$I_{Rc1} = \frac{E_C - U_{C1}}{R_{c1}} \tag{3-341}$$

$$I_{B1} \approx \frac{E_C}{R_{b1}} \tag{3-342}$$

$$I_{C1} = \beta_1 I_{B1} \tag{3-343}$$

$$I_{B2} = I_{Rc1} - I_{C1} \tag{3-344}$$

图 3-34　直接耦合多级放大器电路

$$I_{C2} = \beta_z I_{B2} \tag{3-345}$$

$$U_o = U_{C2} = E_C - I_{C2}R_{c2} \tag{3-346}$$

$$U_{CE2} = U_{C2} - U_{E2} \tag{3-347}$$

如果从末级找不到向前计算的突破点，只能按实际条件进行建立方程组的形式求解，前述的计算公式均可运用。

三、数字电路的计算

1. 数字电路简介

在前述内容中，主要是通过放大器将微弱的信号放大而实现控制的需要以及其信号的产生、变换和反馈等。而数字电路主要是通过各个基本单元电路的状态（导通/截止、I/O）及其相互之间的逻辑关系，电路的功能可以对信号进行算术运算，所不同的是不同于习惯上的十进制而是二进制，同时还可进行逻辑推演和逻辑判断，并且有相应的逻辑思维能力，这就是计算机的基础。这里仅介绍一些常用单元电路及其简单的算术运算和逻辑运算。

晶体管和二极管有截止和导通的工作状态，因此可作为开关来用，不但开关速度快，而且无触头，不会有电弧产生。二极管每秒可以开关 2×10^8 次，晶体管每秒可开关 10^8 次，而机械开关每秒开关 5 次都难以达到，一是开关的力学性能达不到，二是操作人员的手也受不了。晶体管开关电路的出现补偿了这方面的功能，因此得到了广泛的应用。

（1）倒相器（反相器）　倒相器电路如图 3-35 所示，当输入为 0V 时，晶体管截止，而输出端为 12V；当输入为 3V 时，晶体管饱和导通，输出端为 0V。可以定义为：0V 为低电平，为 0；3V 为高电平，为 1。图 3-35b 是在倒相器上加了一个跟随器的电路，目的是为了提高倒相器的带负载能力。倒相器可以用来检测信号的大小、有无、高低、快慢、1 或 0、上下、是非等，是常用电路。

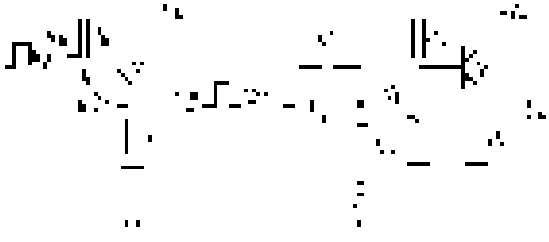


图 3-35　倒相器和带射极跟随器的倒相器

（2）双稳态触发器　双稳态触发器如图 3-36 所示，这是两个倒相器组成的对称二级倒相器，管子及阻容元件的参数是对应相等的，负电源 $-E_b$ 是为了保证管子更好地截止，从绝对数值上讲 $E_c > E_b$。由于两只管子参数不可能绝对相等，所以在电源接通瞬间集电极电

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

流稍大一点的那只即先导通，而另一只必然截止。这样一只管子的导通就是另一只管子的截止条件，而另一只管子的截止又保证了第一只管子的饱和导通。假如在饱和导通管子的基极加一负电压脉冲信号或者在截止管子的基极加一正电压脉冲信号，这时原来导通的管子立即截止，而原来截止的管子则立即导通。这种功能叫做状态的翻转，所加的电压脉冲信号叫做触发信号，触发信号常采用尖脉冲。如果脉冲是方波脉冲，则必须经过阻容元件和二极管变成尖脉冲直接送到管子的基极，如图 3-36a、d 所示。

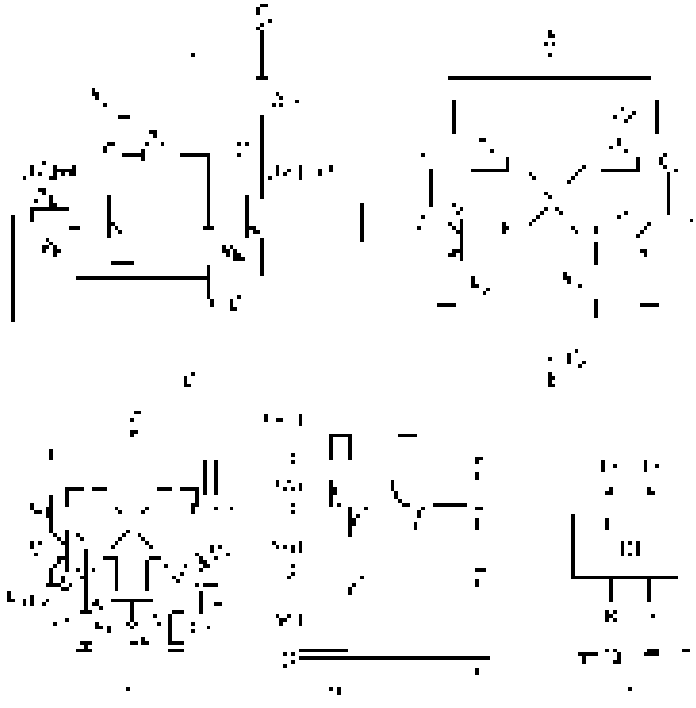


图 3-36　集基耦合双稳态触发器

由以上分析可知，电路有两个稳定状态，V_1 导通，V_2 截止和 V_1 截止、V_2 导通，同时又能触发翻转，因此，称为双稳态触发器。

实际工程中，常用图 3-36e 的符号来代表双稳态触发器，其中 Q 和 $\overline{Q}$ 分别为 V_2 和 V_1 的集电极，R 和 S 分别为 V_1 和 V_2 的输入端。把 V_2 截止、V_1 导通、V_2 集电极 Q 为高电位时定义为触发器为“1”状态；把 V_2 导通，V_1 截止，V_2 集电极 Q 为低电位时定义为触发器为“0”状态。R 端为置“0”端，S 端为置“1”端。同样可知，Q 为“1”时，$\overline{Q}$（读做 Q 反）为“0”；Q 为“0”时，$\overline{Q}$ 为“1”。

双稳态触发器可实现第一个脉冲到来时，电路接通；第二个脉冲到来时电路断开；第三个脉冲到来时电路又接通；第四个脉冲到来时电路又断开，只要发出脉冲（或工作指令）电路就能工作，只要发出第二个脉冲（或停止指令）电路就停止工作。双稳态触发器的功能很多，常用于计数和分频上，分频就是把较高的频率降为较低的频率。

（3）单稳态触发器　单稳态触发器如图 3-37 所示。

由图 3-37 可知，这也是由两个倒相器交叉耦合而成的电路，但由于元器件和连接与双稳态不同，因此功能作用也不同。当电源接通后，V_1 饱和导通，V_2 截止，这是电路的一个

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

稳定状态。当外加触发脉冲由输入端引至 V_1 基极时，V_1 截止而 V_2 饱和导通。但是，这是一个暂稳状态，一旦 C 上的电能放完后，电路又自动翻转到原来 V_1 导通、V_2 截止的稳定状态。因为电路只有一个稳定状态，故称单稳态触发器。其中，暂稳状态主要取决于 C 容量的大小，以及放电回路阻值的大小，这是因为放电时间 $\tau = RC$。

实际工程中，常用图 3-37b 的符号来表示单稳态触发器，其中，脉冲 CP 的输入只将其带入暂稳状态。单稳态触发器常用于脉冲波形的整形、分频、延时。

这时可以看出，双稳就是一扇闸门，打开后不能自动关闭，要关闭必须重新启动关闭装置。而单稳就是一扇自动闸门，打开后能自动关闭，打开的时间是设定的，不必重新启动。单稳和双稳在自动装置中有着重要的位置。

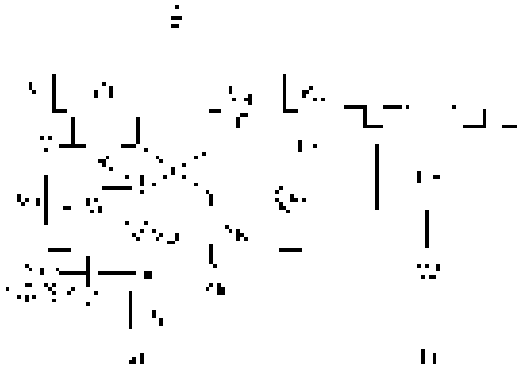


图 3-37　基极耦合单稳态触发器

（4）多谐振荡器　多谐振荡器电路如图 3-38c 所示。

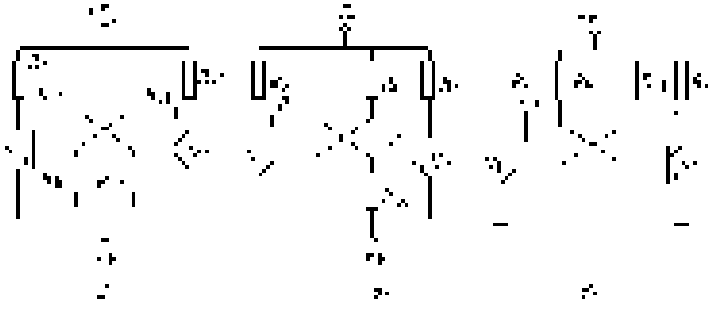


图 3-38　单、双稳态触发器和多谐振荡器的电路比较

a）双稳态触发器　b）单稳态触发器　c）多谐振荡器

由图 3-38c 可知，这也是由两个倒相器交叉耦合而成的电路，只是耦合元件及连接不同，因而功能也不同。当电源接通后，同样由于电路设置和管子不同，总有一只管子导通，一只管子截止，设 V_1 饱和导通、V_2 截止，这是电路的一个工作状态。由于电容 C_1 的放电，电路很快翻转为 V_1 截止，V_2 饱和导通，这又是电路的一个新的工作状态。同样，这个状态也是一个暂稳态。由于 C_2 的放电，电路很快又翻转为 V_1 导通、V_2 截止。同样由于电容的放电，电路总是翻转，每个工作状态都是暂稳状态，而且两个暂稳态按周期交替工作，每翻转一次，V_1 和 V_2 集电极电压就要跳变一次，由 1 变为 0 或由 0 变为 1。由于输出的波形是方波脉冲，多谐振荡器也叫做方波发生器，其幅值的大小直接与电源电压有关，因此，多谐振荡器常用来产生方波脉冲或矩形脉冲信号。

上述四种电路，由于电容在电路中的不同应用，倒相器只能用做倒相，而双稳态触发器则有两个稳定状态。单稳态触发器引用了一只电容而只有一个稳定状态，多谐振荡器引用了两只电容便没有了稳定工作状态，成了暂稳态。

（5）门电路　门电路也称逻辑电路，符合一定的客观规律且有因果关系。电路的输入

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

必须满足设定的条件后电路才有输出。门电路好像一扇门一样，只有满足一定的条件后才能打开。

1）二极管与门电路。由图 3-39 可知，当三个输入端都为低电平 0（或 0V）时，三只二极管都导通，输出端 P 为低电平 0，三只二极管相当于三只并联的开关，把输入端与 P 接通。如果输入端有一端或二端为低电平 0，其他为高电平 1（或 6V）时，这时输入端为 0 的二极管两端电位差最大而最先使其导通，P 端被钳位在了低电平 0 上。就是说输入端有一端为 0，输出端则为 0。当输入端三端都为高电平 1 时，三只二极管均导通（三只并联开关均闭合），把输出端 P 锁定在高电平 1 上。就是说输入端全为 1 时输出端则为 1，可以用 $P = A \cdot B \cdot C$ 来表示输入端与输出端与的关系，其中 · 表示与，如果用算术方法来计算，$P = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$，$P = 1 \cdot 1 \cdot 0 = 0$，即全 1 为 1，有 0 则为 0。

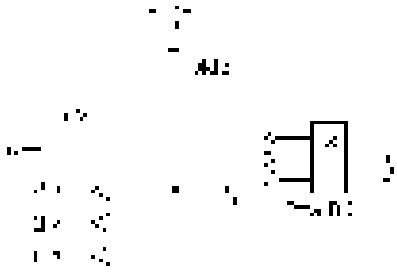


图 3-39　二极管与门电路

2）二极管或门电路。由图 3-40 可知，当三个输入端都为 0 时，三只二极管都导通，输出端 P 为 0。如果输入端有一端或两端为 0，其他为 1 时，这时输入端为 1 的二极管两端电位差最大，而使其最先导通，P 端被钳位在高电平 1 上。就是说输入端有一端为 1，则输出端为 1。当输入端都为 1 时，P 也为 1。同样，可以用 $P = A + B + C$ 来表示或的关系，其中 + 表示或，如果用算术方法来计算，$P = 0 + 0 + 0 = 0$，$P = 1 + 0 + 0 = 1$，即全 0 为 0，有 1 则为 1。

这时可以看到，在与门中的 $P = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$ 和或门中的 $P = 0 + 0 + 0 = 0$ 的逻辑关系是一样的，与门中的 $P = 1 \cdot 1 \cdot 0 = 0$ 和或门中的 $P = 1 + 0 + 0 = 1$ 的逻辑关系是一样的。这可用生活中的一个实例来说明，如果一个门用三把锁来锁，且每只锁都能将门锁住，那么锁门过程就是一个或的关系，也就是说有一把锁锁了就可以将门锁住；但是三把锁都锁好后开门过程就是一个与的关系了，也就是说只有三把锁都打开才能把门打开。同样，一个门用三把锁来锁，且三把锁都锁好后（三把锁串起来锁）才能把门锁住，这样逻辑关系又变了，锁门则成了与的关系，而开门则成了或的关系。也就是说或门和与门在一定的条件下是可以相互转换的。因此，在实际工作中，要特别注意这一点，要正反两方面看问题。

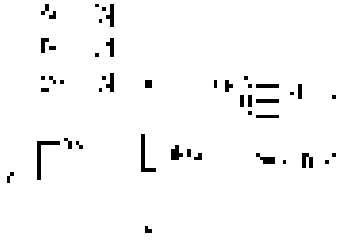


图 3-40　二极管或门电路

3）晶体管非门电路。由图 3-41 可知，非门电路就是倒相器，就是说输入为 1，输出为 0，如果用数学方式来表达可以写成 $P = \overline{A}$，入 1 出 0，入 0 出 1。

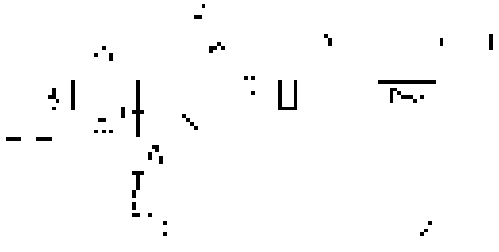


图 3-41　晶体管非门电路

4）与非门电路。由图 3-42 可知，与非门电路是二极管与门电路和晶体管非门电路组合而成的，也可用两个倒相器组合而成。用数学方式来表达可写成 $P = \overline{A \cdot B \cdot C}$，即全 1 出 0，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

有 0 出 1。

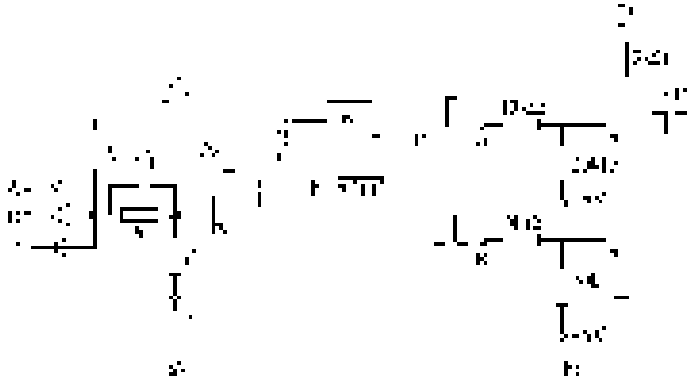


图 3-42　晶体管与非门电路

5）或非门电路。由图 3-43 可知，或非门电路是二极管或门电路和晶体管非门电路组合而成的，或者用两个倒相器直接组成。用数学方式来表达可写成$P=\overline{A+B+C}$，即全 0 出 1，有 1 出 0。

数字电路的内容还有很多，因为涉及的基础知识和篇幅的关系，这里只简单地介绍一下基本电路及运算，如用双稳态触发器组成的计数器及其数显电路、编码器及译码器、比较器、全加器、寄存器、各类触发器、存储器、数－模转换器、模－数转换器等以及其功能的集成电路。用数字电路的逻辑功能可以组成数字控制装置，用于工业生产过程的自动控制和仪表检测装置，并且发展到计算机技术，读者可以参阅相关专著。

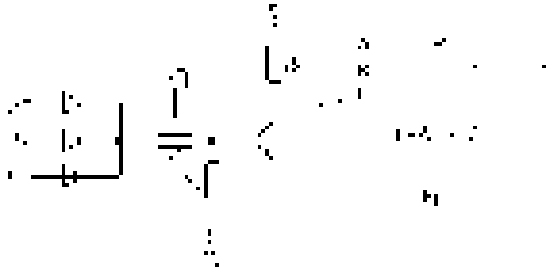


图 3-43　晶体管或非门电路

2. 逻辑函数

（1）与门　若以 A、B、C 表示与门的输入逻辑变量，则输出逻辑函数 Z 的逻辑表达式为

$$Z = A \cdot B \cdot C \tag{3-348}$$

表 3-58 是与门的真值表，图 3-44 是常见的与门逻辑符号。

表 3-58　与门的真值表

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

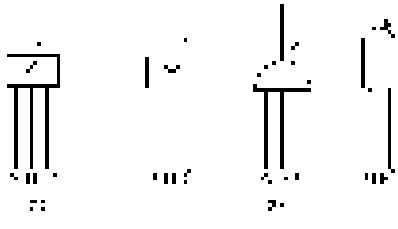


图 3-44　与门的逻辑符号

a）标准符号　b）其他常见的符号

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）或门　当 A、B、C 为输入而 Z 为输出时，输出与输入的逻辑关系可以写成逻辑表达式

$$Z = A + B + C \tag{3-349}$$

或门的真值表及逻辑符号分别示于表 3-59 与图 3-45 中。

表 3-59　或门的真值表

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

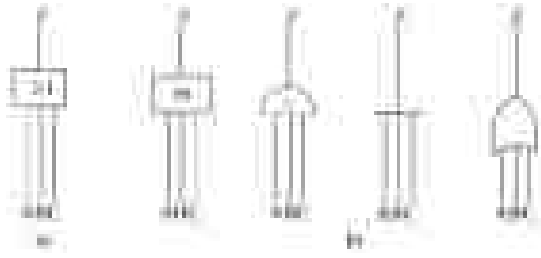


图 3-45　或门的逻辑符号

a）标准符号　b）其他常见的符号

（3）非门　如以 A 代表输入 Z 代表输出时，非门的逻辑表达式可写成

$$Z = \overline{A} \tag{3-350}$$

非门的真值表见表 3-60，常见逻辑符号如图 3-46 所示。

表 3-60　非门的真值表

A	Z
0	1
1	0

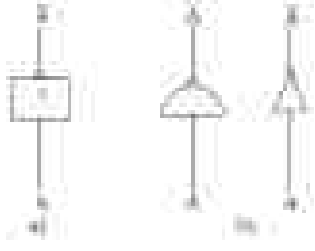


图 3-46　非门的逻辑符号

a）标准符号　b）其他常见的符号

（4）复合门

1）与非门。输入逻辑变量 A、B 与输出 Z 之间关系的逻辑表达式为

$$Z = \overline{A \cdot B} \tag{3-351}$$

表 3-61 是与非门的真值表，图 3-47 是与非门常见的逻辑符号。

表 3-61　与非门的真值表

A	B	Z
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

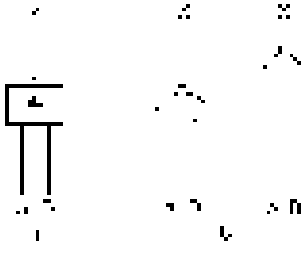


图 3-47　与非门的逻辑符号

a）标准符号　b）其他常见的符号

2）或非门。输入、输出之间的逻辑表达式可写为

$$Z = \overline{A + B} \tag{3-352}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

或非门的真值表见表 3-62，常见逻辑符号如图 3-48 所示。

表 3-62　或非门的真值表

A	B	Z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

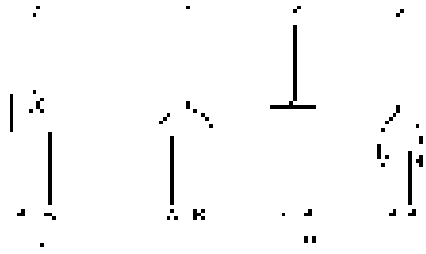


图 3-48　或非门的逻辑符号

a）标准符号　b）其他常见的符号

3）与或非门。输入、输出之间的逻辑表达式可写为

$$Z = \overline{A \cdot B + C \cdot D} \tag{3-353}$$

其中　A、B、C、D 为输入，Z 为输出。与或非门的真值表见表 3-63，其常见的逻辑符号如图 3-49 所示。

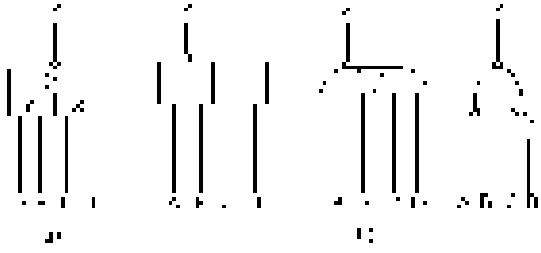


图 3-49　与或非门的逻辑符号

a）标准符号　b）其他常见的符号

表 3-63　与或非门的真值表

A	B	C	D	Z
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第四章　电气设备、元件、材料的核算及选择

电气设备、元件、材料的选择主要考虑的因素有电流承载能力（最大允许电流）、电压承载能力（最高允许电压）、短路电流承载能力（故障时的承载能力）以及单位时间内操作/动作次数、对环境温度要求等。

在电气工程中，为了保证工程的质量及电气设备的安全运行，为会审图样提供充足的依据，为提高安装技术水平，必须对主要/贵重设备材料进行核算。这样做一是为了避免出现设备损坏和人身伤亡事故，二是为了电气设备调整试验及安全运行。特别是对于大型工程，容量大、电压高、控制和保护复杂、弱电与强电结合紧密、技术要求较高时，必须进行核算。

本章仅对主要设备和材料的核算方法进行经验性的介绍，详细计算方法敬请读者参阅相关专著及本书第三章相关内容。往往估算方法在现场更为适用。

一、工业用电设备计算负荷核算的程序及方法

1. 计算负荷核算的程序

计算负荷的核算应从供电系统图的最末级用电设备出发，逐级计算，一直到供电电源的进口处，其中，P_{30}的单位为 kW，Q_{30}的单位为 kvar，S_{30}的单位为 kVA，电流的单位为 A，电压的单位为 kV，如图 4-1 所示。

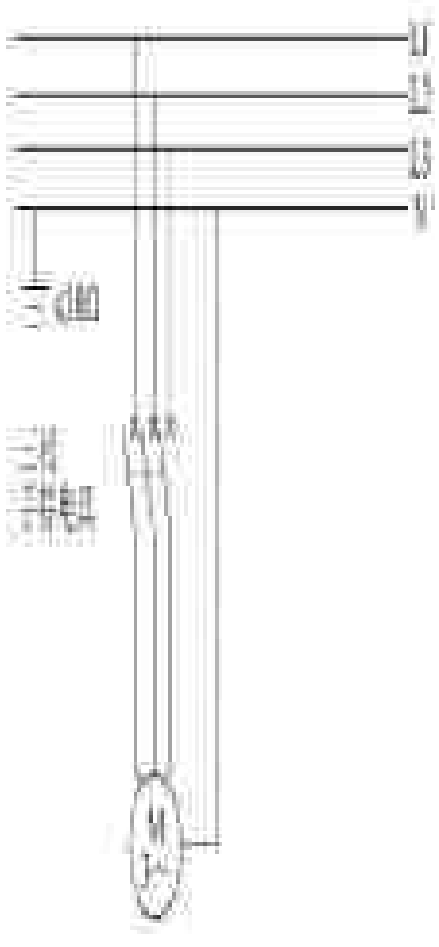


图 4-1　高压变电所负荷核算程序系统图

1）确定 380/220V 各个用电设备的设备容量 P_e，P_e 不包括备用设备在内，同时 P_e 是按一定法则折算的。根据 P_e 通过查表即可选择该设备的导线、穿管和开关元件，保护装置则应按其额定电流来选择。

2）根据用电设备的性质、用处、效率、工作制及拖动设备等因素将用电设备分组，并将同组设备的 P_e 相加，即为用电设备组的设备容量 ΣP_e。

3）查表 4-1 ~表 4-3，选取需要系数 K_x、$\cos\varphi$、$\tan\varphi$，即可确定用电设备组的计算负荷 $P_{30.6}$、$Q_{30.6}$、$S_{30.6}$和 $I_{30.6}$。

$$P_{30.6} = K_x \Sigma P_e \tag{4-1}$$

$$Q_{30.6} = P_{30.6} \tan\varphi \tag{4-2}$$

$$S_{30.6} = P_{30.6} / \cos\varphi \tag{4-3}$$

$$I_{30.6} = S_{30.6} / (\sqrt{3} U_N) \tag{4-4}$$

4）将该回路（干线）上各用电设备组的计算负

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-1　各用电设备组的需要系数 K_x 及功率因数

用电设备组名称	K_x	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
单独传动的金属加工机床			
1. 冷加工车间	0.14～0.16	0.50	1.73
2. 热加工车间	0.20～0.25	0.55～0.6	1.52～1.33
压床、锻锤、剪床及其他锻工机械	0.25	0.60	1.33
连续运输机械			
1. 联锁的	0.65	0.75	0.88
2. 非联锁的	0.60	0.75	0.88
轧钢车间反复短时工作制的机械	0.3～0.40	0.5～0.6	1.73～1.33
通风机			
1. 生产用	0.75～0.85	0.8～0.85	0.75～0.62
2. 卫生用	0.65～0.70	0.80	0.75
泵、活塞式压缩机、鼓风机、电动发电机组、排风机等	0.75～0.85	0.80	0.75
透平压缩机和透平鼓风机	0.85	0.85	0.62
破碎机、筛选机、碾砂机等	0.75～0.80	0.80	0.75
磨碎机	0.80～0.85	0.80～0.85	0.75～0.62
铸铁车间造型机	0.70	0.75	0.88
搅拌器、凝结器分级器等	0.75	0.75	0.88
水银整流机组（在变压器一次侧）			
1. 电解车间用	0.90～0.95	0.82～0.90	0.70～0.48
2. 起重机负荷	0.30～0.50	0.87～0.90	0.57～0.48
3. 电气牵引用	0.40～0.50	0.92～0.94	0.43～0.36
感应电炉（不带功率因数补偿装置）			
1. 高频	0.80	0.10	10.05
2. 低频	0.80	0.35	2.67
电阻炉			
1. 自动装料	0.7～0.80	0.98	0.20
2. 非自动装料	0.6～0.70	0.98	0.20
小容量试验设备和试验台			
1. 带电动发电机组	0.15～0.40	0.70	1.02
2. 带试验变压器	0.1～0.25	0.20	4.91
起重机			
1. 锅炉房、修理、金工、装配车间	0.05～0.15	0.50	1.73
2. 铸铁车间、平炉车间	0.15～0.30	0.50	1.73
3. 轧钢车间、脱锭工部等	0.25～0.35	0.50	1.73
电焊机			
1. 点焊与缝焊用	0.35	0.60	1.33
2. 对焊用	0.35	0.70	1.02

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

用电设备组名称	K_x	cosφ	tanφ
电焊变压器			
1. 自动焊接用	0.50	0.40	2.29
2. 单头手动焊接用	0.35	0.35	2.68
3. 多头手动焊接用	0.40	0.35	2.68
焊接用电动发电机组			
1. 单头焊接用	0.35	0.60	1.33
2. 多头焊接用	0.70	0.75	0.80
电弧炼钢炉变压器	0.90	0.87	0.57
煤气电气滤清机组	0.80	0.78	0.80

表 4-2　3～6～10kV 高压用电设备需要系数及功率因数表

序号	高压用电设备组名称	K_x	cosφ	tanφ	序号	高压用电设备组名称	K_x	cosφ	tanφ
1	电弧炉变压器	0.92	0.87	0.57	9	试验电动机组	0.50	0.75	0.88
2	铜炉	0.90	0.87	0.57	10	高压给水泵（异步电动机）	0.50	0.80	0.75
3	转炉鼓风机	0.70	0.80	0.75	11	高压输水泵（同步电动机）	0.80	0.92	-0.43
4	水压机	0.50	0.75	0.88	12	引风机、送风机	0.8～0.9	0.85	0.62
5	煤气站、排风机	0.70	0.80	0.75	13	有色金属轧机	0.15～0.20	0.70	1.02
6	空压站压缩机	0.70	0.80	0.75					
7	氧气压缩机	0.80	0.80	0.75					
8	轧钢设备	0.80	0.80	0.75					

表 4-3　各种车间的低压负荷需要系数及功率因数（供参考）

序号	车间名称	K_x	cosφ	tanφ
1	铸钢车间（不包括电炉）	0.3～0.4	0.65	1.17
2	铸铁车间	0.35～0.4	0.7	1.02
3	锻压车间（不包括高压水泵）	0.2～0.3	0.55～0.65	1.52～1.17
4	热处理车间	0.4～0.6	0.65～0.7	1.17～1.02
5	焊接车间	0.25～0.3	0.45～0.5	1.98～1.73
6	金工车间	0.2～0.3	0.55～0.65	1.52～1.17
7	木工车间	0.28～0.35	0.6	1.33
8	工具车间	0.3	0.65	1.17
9	修理车间	0.2～0.25	0.65	1.17
10	锻锤车间	0.2	0.6	1.33
11	废钢铁处理车间	0.45	0.68	1.08
12	电镀车间	0.4～0.62	0.85	0.62
13	中央实验室	0.4～0.6	0.6～0.8	1.33～0.75
14	充电站	0.6～0.7	0.8	0.75
15	煤气站	0.5～0.7	0.65	1.17
16	氧气站	0.75～0.85	0.8	0.75
17	冷冻站	0.7	0.75	0.88

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	车间名称	K_x	cosφ	tanφ
18	水泵站	0.5～0.65	0.8	0.75
19	锅炉房	0.65～0.75	0.8	0.75
20	压缩空气站	0.7～0.85	0.75	0.88
21	乙炔站	0.7	0.9	0.48
22	试验站	0.4～0.5	0.8	0.75
23	发电机车间	0.29	0.60	1.32
24	变压器车间	0.35	0.65	1.17
25	电容器车间（机械化运输）	0.41	0.98	0.19
26	高压开关车间	0.30	0.70	1.02
27	绝缘材料车间	0.41～0.50	0.80	0.75
28	漆包线车间	0.80	0.91	0.48
29	电磁线车间	0.68	080	0.75
30	线圈车间	0.55	0.87	0.51
31	扁线车间	0.47	0.75～0.78	0.88～0.80
32	圆线车间	0.43	0.65～0.70	1.17～1.02
33	压延车间	0.45	0.78	0.80
34	辅助性车间	0.30～0.35	0.65～0.70	1.17～1.02
35	电线厂主厂房	0.44	0.75	0.88
36	电瓷厂主厂房（机械化运输）	0.47	0.75	0.88
37	电表厂主厂房	0.40～0.50	0.80	0.75
38	电刷厂主厂房	0.50	0.80	0.75

注：序号1～20各项的cosφ系指自然平均功率因数。

荷相加，并选取同时系数 $K_{\Sigma P}$、$K_{\Sigma Q}$，即可确定该回路的计算负荷 $P_{30.5}$、$Q_{30.5}$、$S_{30.5}$ 和 $I_{30.5}$

$$P_{30.5}=K_{\Sigma P}\Sigma P_{30.6} \tag{4-5}$$

$$Q_{30.5}=K_{\Sigma Q}\Sigma Q_{30.6} \tag{4-6}$$

$$S_{30.5}=\sqrt{P_{30.5}{}^2+Q_{30.5}{}^2} \tag{4-7}$$

$$I_{30.5}=S_{30.5}/\sqrt{3}U_N \tag{4-8}$$

式中　$K_{\Sigma P}=0.85\sim0.95$，$K_{\Sigma Q}=0.9\sim0.97$。

5）如果从低压母线到干线的距离 WL_2 较长，应计取线路的功率损耗 ΔP_{WL_2} 和 ΔQ_{WL_2}，即可确定该回路的总计算负荷 $P_{30.4}$、$Q_{30.4}$、$S_{30.4}$ 和 $I_{30.4}$

$$P_{30.4}=P_{30.5}+\Delta P_{WL_2} \tag{4-9}$$

$$Q_{30.4}=Q_{30.5}+\Delta Q_{WL_2} \tag{4-10}$$

$$S_{30.4}=\sqrt{P_{30.4}{}^2+Q_{30.4}{}^2} \tag{4-11}$$

$$I_{30.4}=S_{30.4}/\sqrt{3}U_N \tag{4-12}$$

6）将低压母线上各个回路的计算负荷相加，并选取同时系数 $K_{\Sigma P}$、$K_{\Sigma Q}$，即可确定低压母线上的计算负荷 $P_{30.3}$、$Q_{30.3}$、$S_{30.3}$ 和 $I_{30.3}$

$$P_{30.3}=K_{\Sigma P}\Sigma P_{30.4} \tag{4-13}$$

$$Q_{30.3}=K_{\Sigma Q}\Sigma Q_{30.4} \tag{4-14}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$S_{30.3}=\sqrt{P_{30.3}{}^2+Q_{30.3}{}^2} \tag{4-15}$$

$$I_{30.3}=S_{30.3}/\sqrt{3}U_N \tag{4-16}$$

式中 $K_{\Sigma P}=0.8\sim0.9$，$K_{\Sigma Q}=0.85\sim0.95$；如果不计线路损耗，$K_{\Sigma P}=0.9\sim0.95$，$K_{\Sigma Q}=0.93\sim0.97$。

上述各级即可根据 I_{30} 选取导线、开关和保护装置。同时，根据 $P_{30.3}$、$Q_{30.3}$ 及低压补偿电容 Q_C 确定变压器 T 的容量 $S_{N.T}$，$S_{N.T}\geqslant\sqrt{P_{30.3}{}^2+(Q_{30.3}-Q_C)^2}$，其中 $Q_C=P_{30}x$（并联电容器前 φ_1 的正切值－并联容器后需要达到的 φ_2 的正切值）$=P_{30}$（$\tan\varphi_1-\tan\varphi_2$）。

7）将低压母线的计算负荷加上变压器的损耗 ΔP_T 和 ΔQ_T 以及高压线路上的损耗 ΔP_{WL_1} 和 ΔQ_{WL_1} 即可确定高压母线上送出回路的计算负荷 $P_{30.2}$、$Q_{30.2}$、$S_{30.2}$ 和 $I_{30.2}$

$$P_{30.2}=P_{30.3}+\Delta P_{WL_1}+\Delta P_T \tag{4-17}$$

$$Q_{30.2}=Q_{30.3}+\Delta Q_{WL_1}+\Delta Q_T \tag{4-18}$$

$$S_{30.2}=\sqrt{P_{30.2}{}^2+Q_{30.2}{}^2} \tag{4-19}$$

$$I_{30.2}=S_{30.2}/\sqrt{3}U_N \tag{4-20}$$

式中 $\Delta P_{WL_1}=3I_{30}^2R_{WL_1}$；

$\Delta Q_{WL_1}=3I_{30}^2X_{WL_1}$；

$\Delta P_T=0.02S_{30.3}$（低损变压器取 0.015）；

$\Delta Q_T=0.08S_{30.3}$（低损变压器取 0.06）；

I_{30}——该回路的计算电流；

R_{WL}——该回路每相导线的直流电阻；

X_{WL}——该回路每相导线的电抗。

R_{WL} 和 X_{WL} 的值可从表 4-6～表 4-9 中先查出每 km 的值，然后乘以输电距离 l 即可。

8）将高压母线上各个回路的计算负荷相加、并选取同时系数 $K_{\Sigma P}$、$K_{\Sigma Q}$，即可确定送电回路的计算负荷 $P_{30.1}$、$Q_{30.1}$、$S_{30.1}$ 和 $I_{30.1}$

$$P_{30.1}=K_{\Sigma P}P_{30.2} \tag{4-21}$$

$$Q_{30.1}=K_{\Sigma Q}Q_{30.2} \tag{4-22}$$

$$S_{30.1}=\sqrt{P_{30.1}{}^2+Q_{30.1}{}^2} \tag{4-23}$$

$$I_{30.1}=S_{30.1}/\sqrt{3}U_N \tag{4-24}$$

式中 $K_{\Sigma P}=0.85\sim1$，$K_{\Sigma Q}=0.95\sim1$。

如果该计算负荷上一级为 35kV 总降压变电所，即可用该计算负荷确定 35kV 变电所变压器的容量及台数。

用上述的方法亦可核算更高一级的计算负荷。

9）工厂的计算负荷还可以用以下几种方法进行核算，所不同的是只能确定总的计算负荷，而不能确定各个点的计算负荷。

① 将全厂各个用电设备的容量 P_e（不包括备用设备容量）相加，然后乘以需要系数 K_d，即可得到 P_{30}

$$P_{30}=K_d\Sigma P_e \tag{4-25}$$

$$Q_{30}=P_{30}\tan\varphi \tag{4-26}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$S_{30}=P_{30}/\cos\varphi \tag{4-27}$$

$$I_{30}=S_{30}/\sqrt{3}U_{N} \tag{4-28}$$

其中 K_d、$\cos\varphi$ 可由表4-4中查到，$\tan\varphi$ 可根据 $\cos\varphi$ 的反函数查三角函数表得到。

② 将全厂年产量 A 乘以单位产品电耗 a 即可得到全厂年耗电量，然后除以全厂年最大有功负荷利用小时数 T_{max} 即可得到 P_{30}

$$W_a=Aa \tag{4-29}$$

$$P_{30}=W_a/T_{max} \tag{4-30}$$

Q_{30}、S_{30}、I_{30} 与①相同，其中 T_{max} 可由表4-4查到。

表4-4　部分工厂的全厂需要系数、功率因数及年最大有功负荷利用小时参考值

工厂类别	需要系数 K_d	功率因数 $\cos\varphi$	年最大有功负荷利用小时数	工厂类别	需要系数 K_d	功率因数 $\cos\varphi$	年最大有功负荷利用小时数
汽轮机制造厂	0.38	0.88	5000	量具刃具制造厂	0.26	0.60	3800
锅炉制造厂	0.27	0.73	4500	工具制造厂	0.34	0.65	3800
柴油机制造厂	0.32	0.74	4500	电机制造厂	0.33	0.65	3000
重型机械制造厂	0.35	0.79	3700	电器开关制造厂	0.35	0.75	3400
重型机床制造厂	0.32	0.71	3700	电线电缆制造厂	0.35	0.73	3500
机床制造厂	0.2	0.65	3200	仪器仪表制造厂	0.37	0.81	3500
石油机械制造厂	0.45	0.78	3500	滚珠轴承制造厂	0.28	0.70	5800

③ 将全厂年产值 B 乘以单位产值耗电量 b 即可得到全厂年耗电量，然后用②中的方法即可得到该厂的计算负荷。

②和③中的 a、b 通常由同类工厂实测统计资料确定，或从有关设计资料查找。

2. 工业用电设备其设备容量 P_e 确定的法则

设备容量 P_e 不包括备用设备的容量，P_e 的计入与用电设备的工作制有关。在有些情况下，不是设备的额定容量，则应进行折算。而三相设备和单相设备的折算方法是不同的。

1）长期连续工作制和短时工作制的三相用电设备或用电设备组，其设备容量 P_e 就是该用电设备铭牌的额定容量（功率）或其额定容量之和。

2）断续周期工作制的三相用电设备或用电设备组，设备容量 P_e 就是将设备在不同负荷持续率下的铭牌额定容量统一换算到一个规定的负荷持续率下的功率或功率之和。

① 电焊机类负载要统一换算到负荷持续率 ε 为100%时的负载，持续率记为 ε_{100}

$$P_e=P_N\sqrt{\varepsilon_N/\varepsilon_{100}}=S_N\cos\varphi\sqrt{\varepsilon_N/\varepsilon_{100}} \tag{4-31}$$

$$P_e=P_N\sqrt{\varepsilon_N}=S_N\cos\varphi\sqrt{\varepsilon_N} \tag{4-32}$$

式中　ε_N——与铭牌额定容量对应的持续率；

$\cos\varphi$——铭牌规定的额定功率因数。

② 起重吊车类电动机负载要统一换算到 $\varepsilon=25\%$ 时的负载，记为 ε_{25}

$$P_e=P_N\sqrt{\varepsilon_N/\varepsilon_{25}}=2P_N\sqrt{\varepsilon_N} \tag{4-33}$$

上述计算中 ε 宜采用小数或分数，持续率有时也称暂载率。

3）电炉变压器类负载的设备容量为额定功率因数时的有功负荷

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$P_e = S_N \cos\varphi \tag{4-34}$$

式中 S_N——电炉变压器的额定容量。

4）整流器负载的设备容量为其额定直流功率，即 $P_e = P_N$。

5）照明装置的设备容量通常指铭牌标出的额定功率 P_N，但对使用镇流器类的照明装置，P_e 应为 P_N 的 1.2 倍。

6）单相用电设备的 P_e 应根据其接法折算到三相负荷中去

① 均匀分配在三相上的单相负载，其 P_e 为全部单相负载额定容量之和。

② 单相负载接于相电压上时，等效三相设备容量 P_e 应为最大负荷相上所接单相设备容量总和的 3 倍；只有一台时则为其额定容量的 3 倍。负荷计算均按式（4-1）～式（4-4）计算。

③ 单相负载接于同一线电压上时，等效三相设备容量 P_e 一般为该线电压上所有负荷设备容量总和的$\sqrt{3}$倍；只有一台时则为其额定容量的$\sqrt{3}$倍，负荷计算均按式（4-1）～式（4-4）计算。

④ 单相设备分别接于线电压和相电压时，先将线负荷换算为相负荷，然后分相计算各相的设备容量和计算负荷，总的等效三相有功计算负荷就是其中相负荷量大的计算负荷 $P_{30\cdot m\varphi}$、$Q_{30\cdot m\varphi}$的 3 倍，即有

$$P_{30} = 3P_{30\cdot m\varphi} \tag{4-35}$$

$$Q_{30} = 3Q_{30\cdot m\varphi} \tag{4-36}$$

$$S_{30} = \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2} \tag{4-37}$$

$$I_{30} = S_{30} / (\sqrt{3}U_N) \tag{4-38}$$

接于线电压的单相设备容量换算为接于相电压的设备容量，换算一般由下式各确定，即

$$P_A = p_{AB-A} \cdot P_{AB} + p_{CA-A} \cdot P_{CA} \tag{4-39}$$

$$Q_A = q_{AB-A} \cdot P_{AB} + q_{CA-A} \cdot P_{CA} \tag{4-40}$$

$$P_B = p_{BC-B} \cdot P_{BC} + p_{AB-B} \cdot P_{AB} \tag{4-41}$$

$$Q_B = q_{BC-B} \cdot P_{BC} + q_{AB-B} \cdot P_{AB} \tag{4-42}$$

$$P_C = p_{CA-C} \cdot P_{CA} + p_{BC-C} \cdot P_{BC} \tag{4-43}$$

$$Q_C = q_{CA-C} \cdot P_{CA} + q_{BC-C} \cdot P_{BC} \tag{4-44}$$

式中 P_{AB}、P_{BC}、P_{CA}——接于 AB、BC、CA 相同的有功负荷；

P_A、P_B、P_C——换算为 A、B、C 相的有功负荷；

Q_A、Q_B、Q_C——换算为 A、B、C 相的无功负载；

p_{AB-A}、q_{AB-A}…——接于 AB、…等相间的负荷换算为 A、…等相负荷的有功及无功换算系数，见表 4-5。

二、民用建筑用电负荷核算的程序及方法

民用建筑用电负荷的核算通常用需要系数法计算，然后再用负荷密度法或单位指标法去验证。

1. 用电设备容量的处理法则

1）反复短时工作制的用电设备应折算到负荷持续率为 25% 以下的有功功率。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-5　相间负荷换算为相负荷的功率换算系数

功率换算系数	负荷功率因数								
	0.35	0.4	0.5	0.6	0.65	0.7	0.8	0.9	1.0
p_{AB-A}、p_{BC-B}、p_{CA-C}	1.27	1.17	1.0	0.89	0.84	0.8	0.72	0.64	0.5
p_{AB-B}、p_{BC-C}、p_{CA-A}	-0.27	-0.17	0	0.11	0.16	0.2	0.28	0.36	0.5
q_{AB-A}、q_{BC-B}、q_{CA-C}	1.05	0.86	0.58	0.38	0.3	0.22	0.09	-0.05	-0.29
q_{AB-B}、q_{BC-C}、q_{CA-A}	1.63	1.44	1.16	0.96	0.88	0.8	0.67	0.53	0.20

2）消防泵、专用消防电梯以及在消防状态下才使用的送风机、排烟机等非正常状态下才投入运行的用电设备均不列入总设备容量之内。

3）备用生活水泵、备用电热水器、备用空调制冷机组及其他备用设备不列入设备容量之内。

4）夏季有制冷空调系统，冬季用锅炉采暖的建筑物，其设备功率不同时计取，应选择其中较大的一项计入总设备容量之内。

在进行负荷核算时要均衡考虑环境及社会因素、人民生活及收入的影响，将来发展也作为考虑的因素。为了核算方便，这里给出常用裸导线和电缆的相关数据，见表 4-6 ~ 表 4-9。

表 4-6　LJ 型铝绞线的电阻和感抗值　（单位：Ω/km）

截面积/mm²			16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
导线工作温度/℃	50	电阻	2.069	1.331	0.957	0.664	0.475	0.355	0.283	0.225	0.183	0.142
	55		2.106	1.354	0.974	0.676	0.483	0.361	0.288	0.229	0.186	0.144
	60		2.143	1.378	0.991	0.688	0.492	0.368	0.294	0.233	0.189	0.147
	65		2.180	1.402	1.008	0.700	0.500	0.374	0.299	0.237	0.193	0.143
导线几何均距/m	0.6	50Hz 时感抗	0.363	0.349	0.339	0.327	0.317	0.304	0.297	0.289	0.283	0.275
	0.8		0.381	0.367	0.357	0.345	0.335	0.322	0.315	0.307	0.301	0.293
	1.0		0.395	0.381	0.371	0.359	0.349	0.336	0.329	0.321	0.315	0.307
	1.25		0.408	0.395	0.385	0.373	0.363	0.350	0.343	0.335	0.329	0.321
	1.5		0.420	0.407	0.396	0.385	0.374	0.361	0.354	0.347	0.340	0.332
	2.0		0.438	0.425	0.414	0.403	0.392	0.379	0.372	0.365	0.358	0.350

表 4-7　LGJ 型钢芯铝绞线的电阻和感抗值　（单位：Ω/km）

截面积/mm²			35	50	70	95	120	150	185	240
导线工作温度/℃	50	电阻	0.892	0.682	0.484	0.353	0.286	0.238	0.184	0.147
	55		0.907	0.694	0.493	0.359	0.291	0.242	0.187	0.150
	60		0.923	0.706	0.501	0.365	0.296	0.246	0.191	0.152
	65		0.939	0.719	0.510	0.372	0.301	0.251	0.194	0.155
导线几何均距/m	1.5	50Hz 时感抗	0.385	0.376	0.365	0.354	0.347	0.341	0.333	0.326
	2.0		0.403	0.394	0.384	0.372	0.365	0.359	0.351	0.344
	2.5		0.417	0.408	0.398	0.386	0.379	0.373	0.365	0.358
	3.0		0.428	0.420	0.409	0.398	0.391	0.385	0.377	0.370
	3.5		0.438	0.429	0.419	0.407	0.401	0.395	0.387	0.379
	4.0		0.446	0.438	0.427	0.416	0.409	0.403	0.395	0.388
	4.5		0.454	0.445	0.434	0.423	0.416	0.410	0.402	0.395

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-8 TJ 型铜绞线的电阻和感抗值 （单位：Ω/km）

截面积/mm²			16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
导线工作温度/℃	50	电阻	1.344	0.829	0.605	0.437	0.314	0.224	0.177	0.137	0.116	0.088
	55		1.368	0.844	0.616	0.445	0.319	0.228	0.180	0.141	0.118	0.090
	60		1.392	0.858	0.626	0.452	0.325	0.232	0.183	0.144	0.120	0.091
	65		1.416	0.873	0.637	0.460	0.330	0.236	0.186	0.146	0.123	0.093
导线几何均距/m	0.6	50Hz 时感抗	0.364	0.349	0.340	0.328	0.314	0.304	0.297	0.289	0.282	0.274
	0.8		0.381	0.367	0.357	0.346	0.332	0.322	0.315	0.307	0.300	0.292
	1.0		0.396	0.381	0.371	0.360	0.346	0.336	0.329	0.321	0.314	0.306
	1.25		0.410	0.395	0.385	0.374	0.360	0.350	0.343	0.335	0.328	0.320
	1.5		0.421	0.407	0.396	0.385	0.371	0.362	0.354	0.347	0.340	0.331
	2.0		0.439	0.425	0.415	0.403	0.389	0.380	0.372	0.365	0.358	0.349
	3.0		0.465	0.450	0.440	0.429	0.415	0.405	0.398	0.390	0.383	0.375

表 4-9 电缆的电阻和感抗值 （单位：Ω/km）

截面积/mm²			2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
线芯工作温度/℃	55	铝芯电阻	14.384	8.990	5.997	3.596	2.209	1.414	1.010	0.707	0.505	0.372	0.294	0.238	0.195	0.152
	60		15.128	9.445	6.307	3.782	2.248	1.438	1.028	0.719	0.514	0.378	0.299	0.243	0.199	0.155
	75						2.364	1.513	1.081	0.756	0.540	0.398	0.315	0.255	0.209	0.163
	80						2.403	1.538	1.099	0.769	0.549	0.404	0.320	0.259	0.212	0.166
	55	铜芯电阻	8.538	5.336	3.561	2.134	1.311	0.839	0.600	0.420	0.300	0.221	0.174	0.142	0.116	0.091
	60		8.979	5.612	3.745	2.245	1.334	0.854	0.610	0.427	0.305	0.225	0.178	0.144	0.118	0.092
	75						1.403	0.898	0.642	0.449	0.321	0.237	0.187	0.152	0.124	0.097
	80						1.426	0.913	0.652	0.456	0.326	0.241	0.190	0.154	0.126	0.098
油浸纸绝缘三芯电力电缆	1kV	50Hz 时感抗	0.098	0.091	0.087	0.081	0.077	0.067	0.065	0.063	0.062	0.061	0.062	0.062	0.062	0.062
	6kV						0.099	0.088	0.083	0.079	0.076	0.074	0.072	0.072	0.070	0.069
	10kV						0.110	0.098	0.092	0.087	0.083	0.080	0.078	0.077	0.075	0.073
聚氯乙烯绝缘三芯电力电缆	1kV		0.100	0.093	0.093	0.087	0.082	0.075	0.072	0.072	0.069	0.069	0.069	0.070	0.070	0.070
交联聚乙烯绝缘三芯电力电缆	6kV						0.124	0.111	0.105	0.099	0.093	0.089	0.087	0.085	0.082	0.080
	10kV						0.133	0.120	0.113	0.107	0.101	0.096	0.095	0.093	0.090	0.087

2. 计算方法

（1）需要系数法

1）用电设备组的计算负荷为

$$P_{30.1}=K_x'P_e \tag{4-45}$$

$$Q_{30.1}=P_{30}\tan\varphi \tag{4-46}$$

$$S_{30.1}=\sqrt{P_{30}^2+Q_{30}^2} \tag{4-47}$$

$$I_{30.1}=S_{30}/(\sqrt{3}U_N) \tag{4-48}$$

2）配电干线或变电所的计算负荷为

$$P_{30.2}=K_{\Sigma P}\Sigma(K_x'P_e) \tag{4-49}$$

$$Q_{30.2}=K_{\Sigma Q}\Sigma(K_x'P_e\tan\varphi) \tag{4-50}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$S_{30.2}=\sqrt{P_{30.2}{}^2+Q_{30.2}{}^2} \tag{4-51}$$

$$I_{30.2}=S_{30.2}/(\sqrt{3}U_N) \tag{4-52}$$

式中　P_e——用电设备组的设备容量；

K'_x——需要系数，见表4-10和表4-11；

$\cos\varphi$、$\tan\varphi$——用电设备的功率因数及正切值，见表4-11，$\tan\varphi$由$\cos\varphi$反函数查三角函数得到；

$K_{\Sigma P}$、$K_{\Sigma Q}$——同时系数，分别取0.8～0.9、0.93～0.97。

表4-10　全国建筑电气情报网推荐的10层及以上高层民用建筑需要系数K'_x

户　数	需用系数	户　数	需用系数
20户以下	0.6以上	50户～100户	0.5～0.4
20户～50户	0.6～0.5	100户以上	0.4以下

表4-11　中国民用建筑电气负荷研究专题组提供的旅游宾馆及主要用电设备组的需要系数及功率因数表

序号	用电设备组名称	K'_x		$\cos\varphi$	
		平均值	推荐值	平均值	推荐值
1	全馆总负荷	0.45	0.4～0.5	0.84	0.8
2	全馆总电力	0.55	0.5～0.6	0.82	0.8
3	全馆总照明	0.4	0.35～0.45	0.9	0.85
4	冷冻机房	0.65	0.65～0.75	0.87	0.8
5	锅炉房	0.65	0.65～0.75	0.8	0.75
6	水泵房	0.65	0.6～0.7	0.86	0.8
7	通风机	0.65	0.6～0.7	0.83	0.8
8	电梯	0.2	0.18～0.22	DC0.5/AC0.8①	DC0.4/AC0.8①
9	厨房	0.4	0.35～0.45	0.7～0.75	0.7
10	洗衣机房	0.3	0.3～0.35	0.6～0.65	0.7
11	窗式空调器	0.4	0.35～0.45	0.8～0.85	0.8
		全馆同时使用系数 $K_0=0.92\sim0.94$			

① DC（　）/AC（　）表示直流梯（　）/交流梯（　）。

（2）负荷密度法

$$P_{30}=\frac{W/m^2\cdot A}{1000} \tag{4-53}$$

式中　W/m^2——平均每平方米计算有功功率，单位为W；

A——建筑面积，单位为m^2。

（3）单位指标法

$$P_{30}=\frac{W/x\cdot N}{1000} \tag{4-54}$$

式中　W/x——平均用电有功功率，单位为W；x为人、床、户；

N——人数、床数、户数。

W/m^2、W/x的选取见表4-12和表4-13。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-12 某设计院提供的北京地区民用住宅用电指标推荐值

住宅类别	用电指标/（W/户）	备　注
普通住宅	370～433	当住户面积为 $56m^2$ 时，负荷密度为 6.6～7.7W/m^2
普通高层住宅	480～526	当住户面积为 $56m^2$ 时，负荷密度为 8.5～9.4W/m^2
中级住宅	3500	按每户一台空调器、一台电热水器考虑
高级住宅	4500	按每户两台空调器、两台电热水器、一台烘干洗衣机、没有电灶考虑
高级住宅	5800	按每户两台空调器、两台电热水器、一台烘干洗衣机、有电灶考虑

注：中级及高级住宅指外交公寓一类的建筑。

表 4-13 旅游宾馆的负荷密度及单位指标

序号	用电设备组名称	K/（W·m^{-2}）	K_n/（W·床）		
		平均	推荐范围	平均	推荐范围
1	全馆总负荷	72	65～79	2242	2000～2400
2	全馆总照明	15	13～17	928	850～1000
3	全馆总电力	56	50～62	2366	2100～2600
4	冷冻机房	17	15～19	969	870～1100
5	锅炉房	5	4.5～5.9	156	140～170
6	水泵房	1.2	1.2	43	40～50
7	风机	0.3	0.3	8	7～9
8	电梯	1.4	1.4	28	25～30
9	厨房	0.9	0.9	55	30～60
10	洗衣机房	1.3	1.3	48	45～100
11	窗式空调器	10	10	357	320～400

有时用户的用电负荷常用估算的方法进行估算

$$S_g = K_c A + M \tag{4-55}$$

式中 S_g——住户的每户估算视在负荷，单位为 VA；

K_c——住户的估算负荷密度（除去大型用电设备），单位为 VA/m^2；

A——住户的建筑面积，单位为 m^2；

M——住户的大型用电设备，单位为 VA；

K_c 一般取 30～40VA/m^2；M 取 2500～3500VA。

民用用电负荷的计算，其各种系数的选取，是随着工业的发展和人民生活水平的提高而应不定期进行修订。照明负荷的功率因数，一般在 0.6～0.9，水泵负荷率一般在 0.7～0.8，风机一般在 0.75～0.85。

三、电力变压器的选择

电力变压器的选择有三个方面，即容量、台数和型号的选择。

1. 容量 S 的选择

1）变电所只装一台变压器时。主变压器的额定容量 S_{NT} 应满足全部用电设备的总计算负荷 S_{30}，即

$$S_{NT} \geqslant S_{30} \tag{4-56}$$

2）变电所装设两台变压器时。每台变压器的额定容量 S_{NT} 应同时满足如下两个条件：

① 任一台变压器单独运行时，宜满足总计算负荷 S_{30} 的 70% 左右的需要，即有

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$S_{NT} \approx 0.7S_{30} \tag{4-57}$$

② 任意一台变压器单独运行时，应满足全部一、二级负荷 $S_{30(\mathrm{I}+\mathrm{II})}$ 的需要，即有

$$S_{NT} \geqslant S_{30(\mathrm{I}+\mathrm{II})} \tag{4-58}$$

3）变压器的容量有时用 $S_{NT} \geqslant \dfrac{P_{30}}{\beta \cdot \cos\varphi_2}$ 来确定，P_{30} 为全部用电设备总有功计算负荷，β 为变压器的效率，一般取 0.9～0.95，$\cos\varphi_2$ 为补偿后的功率因数，一般取 0.90 以上。

将上述计算结果套入变压器容量标准系列 R10，最后确定变压器的容量。

变压器的容量确定后应根据系统中最大负荷冲击的条件进行验算，特别是低压电动机直接起动更要引起重视。

电源容量允许全压起动电动机最大功率见表 4-14 和表 4-15。

表 4-14　10（6）/0.4kV 变压器允许全压起动的笼型电动机最大功率（单位：kW）

起动时的母线电压平均允许值（%）	供电变压器的容量/kVA													
	100	125	160 [180]	200	250	315	[320]	400	500	[560]	630	[750]	800	1000
90	20	22	30	40	55	75	55	90	110	115	135	155	155	200
85	30	40	55	75	90	100	100	155	185	185	225	240	260	280

注：1. 变压器高压侧短路容量假定为变压器额定容量的 50 倍。

2. 表中数据系指电动机与变压器低压母线直接相连，并且变压器的预接负荷为变压器容量的 60%，其功率因数为 0.8 时的数据。

3. 表中[　]中的数值为 R8 容量系列。

表 4-15　按电源容量估算的允许全压起动的电动机最大功率

电动机连接处电源容量的类别		允许全压起动的电动机最大功率/kW
配电网络在连接处的三相短路容量 S_{dl}/kVA		（0.2～0.3）①S_{dl}
10（6）/0.4kV 变压器的额定容量 S_b/kVA（假定变压器高压侧短路容量≥50S_b）		经常起动 0.2S_b 不经常起动 0.3S_b
小型发电机功率 P_f/kW		（0.12～0.15）P_f
P_f≤200kW 的柴油发电机组	手动调压	0.1P_f
	炭阻式自动调压	（0.12～0.15）P_f
	带励磁机的晶闸管调压	（0.12～0.25）P_f
	晶闸管、相复励自励调压	（0.15～0.13）P_f
	三次谐波励磁调压	（0.15～0.5）P_f

① 对应于电动机起动电流与额定电流的倍数为 7～4.5 倍时。

2. 变压器台数的选择

1）一、二级负荷的变电所（室）应选用两台或两台以上的变压器。

2）超过 1000kVA 的一般性负荷宜选用两台或两台以上的变压器。

3）35kV 或 35kV 以上的变电所（室）应选用两台或两台以上变压器。

4）单相负荷较多，使变压器三相负荷的不平衡率超过 25% 时，或严重影响照明质量

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

时，可单设单相变压器或照明变压器专供单相负荷。

5）冲击性负荷较大，严重影响供电质量时，应专门设置变压器对冲击性负荷供电。

6）对于运输条件差、环境恶劣的场所应减小变压器容量而适当增加变压器的台数。

3. 变压器型号的选择

1）一般的场所宜选用低损耗铜线变压器；对于通风散热条件好、负荷不太大的一般场所可选用低损耗铝线变压器。

2）高层建筑、地铁、隧道等场所应选用环氧树脂干式电力变压器。

3）对于供电质量要求较高的场所应选用有载调压变压器。

4）对于多雷区、易遭雷击的地方及接地电阻较大的地区应选用防雷变压器。

5）环境恶劣、粉尘较多或腐蚀严重的场所应选用全密闭式变压器。

6）单相供电场所应选用单相变压器。一般不宜选用三台单相变压器组成三相供电电源。

四、高压电器的选择

高压电器主要指高压系统中断路器、负荷开关、隔离开关、熔断器、电抗器、互感器、绝缘子及穿墙套管、母线、移相电容器等。

高压电器的选择应先按安装地点、工作环境、使用要求选择其型号，然后按正常工作条件选择其额定电压和额定电流，再按非正常工作条件来进行校验，否则应重新选择。高压电器选择时应校验的项目见表 4-16。

表 4-16 选择高压一次设备应校验的项目

电气设备名称	电压 /kV	电流 /A	断流能力 /kA	短路电流校验	
				动稳定度	热稳定度
高压熔断器	✓	✓	✓	—	—
高压隔离开关	✓	✓	—	✓	✓
高压负荷开关	✓	✓	✓	✓	✓
高压断路器	✓	✓	✓	✓	✓
电流互感器	✓	✓	—	✓	✓
电压互感器	✓	—	—	—	—
高压电容器	✓	—	—	—	—
母　　线	—	✓	—	✓	✓
电　　缆	✓	✓	—	—	✓
支柱绝缘子	✓	—	—	✓	—
绝缘套管	✓	✓	—	✓	—
应满足的条件	设备的额定电压应不小于装置地点的额定电压	设备的额定电流应不小于通过设备的计算电流	电器的最大开断电流应不小于它可能开断的最大电流	按 $i_{sh}^{(3)}$ 或 $I_{sh}^{(3)}$ 校验满足动稳定度的条件	按 I_{∞}^{3} 校验满足热稳定度的条件

注：1. 表中“✓”表示必须校验，“—”表示不要校验。

2. 选择变电所高压侧的电气设备和导体（包括母线、导线和电缆）时，其计算电流应按主变压器高压侧（一次）额定电流考虑，以适应负荷的发展，充分发挥主变压器的设备能力。

3. 对高压负荷开关，其最大开断电流应不小于它可能开断的最大过负荷电流；对高压断路器，其最大开断电流应不小于实际开断时间（继电保护动作时间与断路器固有分闸时间之和）的短路电流周期分量。

1. 型号的选择

安装于户外的应选用户外型，安装于户内的应选用户内型。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

根据安装环境和工作条件的不同选用普通型、防爆型、湿热型、高原型、防污型、封闭型等。

2. 按正常工作条件选择电器的额定电压和额定电流

高压电器的额定电压 U_N 应等于或大于所在回路里的额定工作电压 U_S。通常熔断器、避雷器、互感器的额定电压应等于所在回路的额定工作电压。

高压电器的额定电流 I_N 应大于或等于所在回路或通过设备的计算电流 I_{30}。

当电器装置的实际环境温度和其允许的环境温度不一致时，电器的最大允许工作电流应按表 4-17 进行修正。

表 4-17　高压电器最高工作电压及在不同环境温度下的允许最大工作电流

项　目		支持绝缘子	穿墙套管	隔离开关	断路器	电流互感器	电抗器	负荷开关	熔断器	电压互感器	移相电容器
最高工作电压		$1.15U_N$①				$1.1U_N$		$1.15U_N$		$1.1U_N$	$1.05U_N$
最大工作电流	当 θ③ $<\theta_N$④时	—	环境温度每降低 1℃，可增加 0.5% I_N②，但最大不得超过 20% I_N				I_N			—	
	当 $\theta_N<\theta\leq 60$℃时	—	环境温度每增高 1℃，应减少 1.8% I_N						—		

① U_N 为高压电器额定电压，单位为 kV。

② I_N 为高压电器额定电流，单位为 A。

③ θ 为实际环境温度，单位为℃。

④ θ_N 为额定环境温度，普通型和湿热带型为 +40℃；干热带型为 +45℃。

3. 按短路状态校验其稳定性

1）断路器、负荷开关、隔离开关及电抗器等的极限通过电流 i_{max}（可在产品说明书或电气设备相关手册中查出）应大于或等于装设点该回路三相短路时设计计算所得的三相短路冲击电流 $i_{sh}^{(3)}$（三相短路冲击电流 $i_{sh}^{(3)}$ 应由设计给出）。

2）断路器、负荷开关、隔离开关、电抗器的热稳定电流 I_t 的二次方与其对应时间 t 的乘积应大于或等于短路稳态电流 $I_\infty^{(3)}$ 的二次方和短路假设时间 t_{ima} 的乘积，其中 I_t 和 t 可在产品说明书或电气设备手册中查出，$I_\infty^{(3)}$ 一般为三相短路电流 $I_k^{(3)}$，应由设计给出，$I_k^{(3)}$、$I_\infty^{(3)}$ 与 $i_{sh}^{(3)}$ 的关系由下列决定。

① 高压电路三相短路时

$$i_{sh}^{(3)}=2.55I_\infty^{(3)}=2.55I_k^{(3)} \tag{4-59}$$

② 1000kVA 及以下电力变压器二次侧及低压电路三相短路时

$$i_{sh}^{(3)}=1.84I_\infty^{(3)}=1.84I_k^{(3)} \tag{4-60}$$

假设时间 t_{ima} 等于短路时间 t_k 加上 0.05s，即 $t_{ima}=t_k+0.05$s，而 t_k 为短路保护装置实际整定的最长动作时间 t_{op} 与断路器或开关的断路时间 t_{oc} 之和。而 t_{oc} 为断路器固有分闸时间与其电弧延续时间之和，因此一般的断路器或高压开关的 t_{oc} 为 0.2s，高速断路器（真空断路器）t_{oc} 取 0.1～0.15s。t_{op} 由设计给出。

4. 按安装地点的三相短路容量或三相短路电流来校验断流能力

断路器（自动空气开关）、熔断器、高压负荷开关在其额定电压下允许的开断电流 I_{oc} 或断流容量（均可在手册或说明中查到）应大于装设点的三相短路电流 $I_k^{(3)}$ 或三相短路容量

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（均由设计给出）。

上述1. ~4. 可用以下公式进行小结：

开关元件参数≥装设地点电气参数，即

$$U_N \geqslant U_s \tag{4-61}$$

$$I_N \geqslant I_{30} \tag{4-62}$$

$$I_{oc} \geqslant I_k^{(3)} \tag{4-63}$$

$$i_{max} \geqslant i_{sh}^{(3)} \tag{4-64}$$

$$I_t^2 t\ (\text{对应时间}) \geqslant I_\infty^{(3)2} t_{ima} \tag{4-65}$$

5. 互感器、绝缘子、套管的选择及校验方法

1）电流互感器应按安装地点的条件及额定电压、一次电流、二次电流、精度等级来进行选择，并按下面的方法进行短路校验。

① 短路时动稳度应满足

$$K_{es}\sqrt{2}I_{1N} \geqslant i_{sh}^{(3)} \tag{4-66}$$

式中 K_{es}——动稳定倍数，可由互感器设备手册或说明书查到；

I_{1N}——互感器一次额定电流。

② 短路时热稳定度应满足

$$K_i I_{1N} \geqslant I_\infty^{(3)} \sqrt{t_{ima}} \tag{4-67}$$

式中 K_i——热稳定倍数（1s），可由相关手册或说明书查到；

t_{ima}——短路假设时间。

2）电压互感器一般由熔断器保护，不校验短路稳定度，只按安装地点的条件及一次电压、二次电压、精度等级进行选择即可。

3）支柱绝缘子、绝缘套管应按安装地点的电压等级选择，套管还应满足计算电流 I_{30}，然后校验其短路动稳定度。动稳定度校验的条件为

$$F_{a1} \geqslant F_c^{(3)} \tag{4-68}$$

式中 F_{a1}——绝缘子或套管最大允许载荷，可由产品样本查到，如只查到抗弯破坏载荷值，则乘以0.6即为 F_{a1}；

$F_c^{(3)}$——短路时作用于绝缘子或套管上的计算力。

母线在绝缘子或套管上平放（指截面）$F_c^{(3)}$ 应按下式计算，即

$$F_c^{(3)} = \sqrt{3} i_{sh}^{(3)2}\ (L/a)\ \times 10^{-7}\ (\text{N/A}^2) \tag{4-69}$$

式中 L——母线相邻两支点间的距离；

a——母线相与相之间轴线距离。

母线在绝缘子上立放（指截面），其 F_c 为 $F_c^{(3)}$ 的1.4倍。

五、电力变压器保护装置的设置

变压器应根据其容量和负荷级别装置保护装置，电力变压器保护装置可按表4-18来设置。

六、输电线路保护装置的设置

输电线路应根据其电压等级和负荷级别装设保护装置，输电线路保护装置可按表4-19来设置。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-18　电力变压器的继电保护装置

<table>
<tr><th rowspan="2">变压器容量/kVA</th><th colspan="7">保护装置名称</th><th rowspan="2">备注</th></tr>
<tr><th>过电流保护</th><th>电流速断保护</th><th>纵联差动保护</th><th>瓦斯保护</th><th>单相接地保护</th><th>过负荷保护</th><th>温度信号</th></tr>
<tr><td><400</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>高压熔断保护</td></tr>
<tr><td>400～630</td><td rowspan="2">一次侧采用断路器时装设</td><td rowspan="2">一次侧采用断路器且过电流保护延时大于 0.5s 时装设</td><td rowspan="2">—</td><td>车间内变压器装设</td><td rowspan="2">低压侧为四线制的 Yyn0 联结变压器装设</td><td rowspan="4">并列运行的变压器装设
作为其他备用电源的变压器根据过负荷的可能性装设</td><td rowspan="2">—</td><td rowspan="2">一般采用 GL 型继电器作过电流及电流速断保护</td></tr>
<tr><td>800</td><td rowspan="3">装设</td></tr>
<tr><td>1000～1800</td><td rowspan="2">装设</td><td rowspan="2">过电流保护延时大于 0.5s 装设</td><td>—</td><td rowspan="2">—</td><td rowspan="2">≥5330kVA 的单相变压器宜装设远距离测温装置</td></tr>
<tr><td>2000～6300</td><td>当电流速断保护不能满足灵敏度要求时装设</td></tr>
<tr><td>6300～8000</td><td>单独运行的变压器或负荷不太重要的变压器装设</td><td>并列运行的变压器或重要变压器或当电流速断保护不能满足灵敏度要求时装设</td><td>—</td><td>≥8000kVA 的变压器宜装设远距离测温装置</td></tr>
</table>

表 4-19　3～35kV 线路保护装置的设置

<table>
<tr><th rowspan="2">电压等级</th><th rowspan="2">线路型式</th><th colspan="3">相间短路保护</th><th colspan="2">过电流保护</th><th rowspan="2">纵联保护</th><th rowspan="2">横联差动保护</th><th rowspan="2">单相接地保护</th><th rowspan="2">自动重合闸装置</th><th rowspan="2">备注</th></tr>
<tr><th>无时限电流速断①</th><th>带时限电流速断</th><th>电流电压速断②</th><th>有方向元件</th><th>过电流保护</th></tr>
<tr><td rowspan="3">3～10kV</td><td>单线回路</td><td>自重要配电所引出的线路装设</td><td>当无时限速断不能满足选择性时装设</td><td></td><td></td><td rowspan="9">✓</td><td></td><td></td><td rowspan="3">根据需要装设</td><td rowspan="9">6kV 及以上线路宜装设</td><td>当过电流保护的时限不大于 0.7s 且没有保护配合上的要求时，可不装设电流速断</td></tr>
<tr><td>双侧电源或环形网络</td><td></td><td></td><td></td><td>✓</td><td>✓</td><td></td><td>纵联保护为主保护，过电流保护为后备保护</td></tr>
<tr><td>平行线路</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>✓</td><td>横联差动保护为主保护，过电流保护为后备保护</td></tr>
<tr><td rowspan="3">35kV</td><td>单线回路</td><td></td><td></td><td>✓</td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3">✓</td><td></td></tr>
<tr><td>双侧电源或环形网络</td><td></td><td></td><td></td><td>✓</td><td>✓</td><td></td><td>同 3～10kV</td></tr>
<tr><td>平行线路</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>✓</td><td>同 3～10kV</td></tr>
</table>

注：1. 6～10kV 混凝土铁横担架空线路应装设带速断的过电流保护。
2. 经常出现过负荷的电缆线路，宜装设过负荷保护。
3. 本表根据电力设计技术规程整理。

① 无时限电流速断保护范围，应保证切除所有使该母线残压低于 60% 额定电压的短路。为满足这一要求，必要时保护装置可无选择地动作，并以自动装置来补救。

② 电流电压速断一般指电流速断或电流闭锁、电压速断。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

七、电动机保护装置的设置

电动机应根据其电压等级、容量、负荷级别及运行方式设置继电保护装置。

1）高压电动机的保护装置应按表4-20来设置。

2）低压电动机的保护装置应按表4-21来设置。

表4-20 高压电动机的继电保护装置

<table>
<tr><th rowspan="2">电动机容量/kW</th><th colspan="7">保护装置名称</th></tr>
<tr><th>电流速断保护</th><th>纵联差动保护</th><th>过负荷保护</th><th>单相接地保护</th><th>低电压保护</th><th>失步保护①</th><th>防止非同步冲击的断电失步保护②</th></tr>
<tr><td>异步电动机<2000</td><td>装设</td><td>当电流速断保护不能满足灵敏性要求时装设</td><td rowspan="4">生产过程中易发生过负荷时，或起动、自起动条件严重时应装设</td><td rowspan="4">单相接地电流>5A时装设，≥10A时一般动作于跳闸，5~10A时可动作于跳闸或信号</td><td rowspan="2">根据需要装设</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>异步电动机≥2000</td><td></td><td>装设</td></tr>
<tr><td>同步电动机<2000</td><td>装设</td><td>当电流速断保护不能满足灵敏性要求时装设</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">装设</td><td rowspan="2">根据需要装设</td></tr>
<tr><td>同步电动机≥2000</td><td></td><td>装设</td></tr>
</table>

① 下列电动机可以利用反应定子回路的过负荷保护兼作失步保护：短路比在0.8及以上且负荷平稳的同步电动机、负荷变动大的同步电动机，但此时应增设失磁保护。

② 大容量同步电动机当不允许非同步冲击时，宜装设防止电源短时中断再恢复时造成非同步冲击的保护。

表4-21 低压电动机保护装置的设置

<table>
<tr><th>保护方式</th><th>电动机类别</th><th>保护元件或设备</th><th>保护方式</th><th>电动机类别</th><th>保护元件或设备</th></tr>
<tr><td>短路保护</td><td>所有的交流电动机（以下简称电动机）</td><td>小型电动机可采用熔断器，大中型电动机应采用断路器</td><td rowspan="2">低电压保护</td><td rowspan="2">1. 当电源电压短时降低或短时中断时允许断开的电动机，一般装设瞬时动作的低电压保护，当电动机功率不超过10kW且工艺或安全条件允许自起动时，可不装设
2. 不需要或不允许自起动的重要电动机，应装设短延时的低电压保护，其时限一般为0.5s
3. 需要自起动的重要电动机，不宜装设低电压保护，但按工艺或安全条件在长时间停电后不允许自起动时，应装设长延时的低电压保护，其时限一般为5~10s</td><td rowspan="2">断路器的低电压脱扣器或起动器的电压吸引线圈</td></tr>
<tr><td>过负荷保护</td><td>1. 容易过载运行的电动机
2. 由于起动或自起动条件较差而可能引起起动失败或需要限制起动时间的电动机
3. 长时间运行且无人监视的电动机
4. 3kW及以上的电动机</td><td>一般用热继电器或自动开关长延时过电流脱扣器，必要时可用反时限或定时限过电流继电器</td></tr>
<tr><td rowspan="2">单相运行保护</td><td rowspan="2">连续运行的三相交流电动机，但Y联结且装有三相或两相过负荷保护的电动机或3kW以下的笼型电动机可不装设</td><td rowspan="2">带断相保护的三相热继电器或专用保护装置</td><td>失步保护失磁保护</td><td>同步电动机</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>直流电动机应装设短路保护、失磁保护、超速保护、过负荷保护、堵转保护</td><td></td></tr>
</table>

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

八、低压电器的选择

低压电器主要指低压系统中刀开关、熔断器、断路器、接触器、电动机起动器、继电器及导线电缆等。

低压电器选择的原则同高压电器一样，首先按安装地点、使用环境及要求选择其型号和防护等级，然后按正常工作条件选择其规格（包括额定电压、额定电流、有的继电器还要选择调节范围等），再按非正常工作条件来进行校验，校验方法与高压电器相同，但只校验断流能力 I_{oc}。

对于熔断器、接触器、断路器、热继电器、电动机起动器等的选择还要注意系数 K 的选取，合理选择 K 值使电器能在正常工作条件下承载负荷电流，并能躲过电动机起动时的冲击电流，也能在非正常工作条件下（除接触器）切断事故电流而自动跳闸，保护电气系统。

1. 熔断器的选择

熔断器主要作为电气系统短路保护元件，小容量（3kW 以下）可兼作过载保护，熔断器的选择有三个内容，一是型号的选择，二是熔管（熔体壳）额定电流的选择，三是熔体额定电流的选择。

1）熔断器的型号很多，一般根据使用场所的条件进行选择。

RM10 系列无填料封闭管式熔断器适用于低压交直流动力网络、成套配电设备中，作为短路保护和防止连续过负荷用。额定电流为 15 ~ 1000A。

R1 系列熔断器适用于 220V 交直流及以下、额定电流 10A 及以下控制电路及信号电路的室内电气设备中，作为短路或过负荷保护之用。

RC1A 系列瓷插式熔断器适用于交流 380V 及以下一般线路末端和一般电气设备的短路保护。额定电流为 1 ~ 200A。

RT0 系列有填料封闭管式熔断器适用于交直流低压短路电流大的电力网络及配电系统中，作为电缆、导线及电气设备（中型电动机、变压器及开关等）的短路保护及导线、电缆的过负荷保护。尤其适用供电线路或断流能力要求较高的场所，如电厂用电、变电所的主电路及靠近电力变压器出线端的供电线路。额定电流为 50 ~ 1000A。

RT10 系列有填料封闭管式熔断器适用交直流 500V 及以下、额定电流 100A 及以下的大短路电流的电力网络和配电装置中，作为电缆、线路及电气设备的短路保护和电缆、导线的过负荷保护。

RT11 系列高分断能力熔断器适用于交直流 500V 及以下额定电流 400A 及以下、短路电流大的电力网络和电气配电装置中，作为电缆导线及电气设备的短路保护和电缆导线的过负荷保护。

RL1 系列螺旋式熔断器适用于低压交直流额定电流 200A 及以下的电路中，作为过载及短路保护元件，尤其适用小容量电动机频繁起动电路。

RT14 圆筒帽形有填料熔断器适用于低压交直流额定电流 63A 及以下的配电系统短路保护用。

管式 B 型 13A 熔断管适用于交流 240V 及以下、额定电流 13A 及以下，作为电路短路保护用。

RLS1 系列螺旋式快速熔断器适用于低压交直额定电流 100A 及以下的电路中作为硅整

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

流器件，或由硅整流器件组成的成套装置中短路或过负荷保护。

RS0 系列有填料封闭管式快速熔断器适用于交流 750V 及以下额定电流 480A 及以下电路中，作为半导体整流器件或由其组成的成套装置的短路保护及某些不允许过电流的过负荷保护。

RS3 系列有填料封闭管式快速熔断器适用于交流 1000V 及以下额定电流 700A 及以下的电路中，作为晶闸管器件及其成套装置的短路及某些不允许过电流的过负荷保护。

2）熔体额定电流的选择，有如下 5 种情况：

① 单台直接起动的中小型电动机，熔体额定电流可根据负荷性质和轻载起动、中载起动、重载起动的不同，选择在电动机额定电流的 2 ~ 3. 5 倍之间。

② 线路中几台电动机都为直接起动且不同时起动，总熔体额定电流应大于或等于 2 ~ 3 倍容量最大一台的额定电流再加上其他电动机的额定电流和其他负荷的额定电流；工艺上要求有几台电动机同时起动，且总容量超过线路中最大一台，总熔体额定电流还应加上这几台电动机额定电流和的 2 ~ 3 倍。

③ 减压起动的笼型电动机，熔体额定电流应为电动机额定电流的 1. 5 ~ 2. 5 倍，并按负载性质和起动形式不同选取。

④ 绕线转子电动机熔体额定电流应为电动机额定电流的 1. 25 ~ 2 倍，并按负载性质和起动形式不同选取。

⑤ 照明电路中，对于白炽灯、荧光灯、卤钨灯、卤化物灯熔体额定电流应为线路中计算电流的 1 倍；对于高压汞灯熔体额定电流应为计算电流的 1. 3 ~ 1. 7 倍；对于高压钠灯应为 1. 5 倍。

3）熔体确定之后可按其确定熔管的额定电流，熔管的额电流应大于或等于熔体的额定电流，对于电流很大的回路应选择大于熔体额定电流的熔管。

2. 低压开关元件的选择

低压开关元件主要包括断路器、接触器、刀开关：断路器是接通电流和断开电流的开关元件，它具有短路保护和过载保护的功能；接触器是能频繁接通电流和断开电流的开关元件，它具有欠电压和失电压保护的功能；断路器和接触器都属断路器，但接触器必须与熔断器串联使用。刀开关是接通电压和断开电压的开关元件，它属隔离开关。

1）断路器型号的选择：DW15 系列额定电流 200 ~ 4000A，具有过负荷长延时（3 倍整定电流 1h 动作、2 倍整定电流小于 10min 动作、3 倍整定电流小于 8s 动作）、短路短延时、特大短路瞬时三段保护特性，一般适用于低压配电、线路和电源设备的过负荷、欠电压和短路保护，600A 及以下又可作为电动机起动和过载、短路、欠电压保护用。

DWX15 系列框架式限流断路器，额定电流为 200 ~ 600A，适用于可能发生特大短路电流的网络中，具有快速断开和限制短路电流上升的功能，作为配电和起动、保护电动机之用。

DW10 系列框架式断路器适用于低压交直流配电线作为过负荷、短路及欠电压保护用。额定电流为 200 ~ 4000A。

DW5 系列框架式断路器适用于低压交流配电或电动机过负荷、欠电压和短路保护，具有长延时、短延时、瞬时保护特性，额定电流为 200 ~ 600A。

SO60 系列塑料外壳式断路器适用于低压交流线路，作为照明、电动机的过负荷和短路

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

保护用。额定电流为6～40A。

DZ15L系列漏电断路器适用于交流低压、电流60A及以下线路中作为漏电保护，并可保护线路和电动机的过载和短路。DZ5-20L型漏电自动开关具有上述功能，额定电流为1～20A。

DZ系列塑料壳式断路器具有短路、过载保护功能，其中DZ6、DZ12、DZ13主要用于照明电路；DZ10适用于交流500V、直流220V电路；DZ15可作为硅元件交流侧短路保护；DZX10为限流自动开关，适用于集中配电、变压器并联运行或采用环形供电时，要求高分断能力的分支线路中。

2）接触器型号的选择：接触器分交流接触器和直流接触器两种。

CJ10系列交流接触器适用于交流低压150A及以下电力线路中，供远距离接通和分断电路和频繁起动和控制交流电动机之用。CJ10X系列交流接触器适用于条件较差、频繁起动和反接制动的电动机。

CJ12系列交流接触器主要用于冶金、轧钢及起重等环境恶劣、频繁起动、停止和反转的电动机用。额定电流为100～600A。其中，CJ12B具有灭弧性能可靠、飞弧距离小的特点。CJ12B-S具有正常工作时吸引线圈不通电、无噪声的特点。

CJ20系列交流接触器适用于交流660V及以下（有的适用1140V）、电流630A及以下供远距离通断电路并适用于频繁起动和控制电动机。

CJZ系列交流接触器主要用于冶金、轧钢、起重及振动冲击较大的场合，频繁起动、停止、反转和反接制动电动机。

CJ15系列交流接触器适用于交流低压、额定电流为1000～4000A大电流系统，供远距离通断，灭弧性能好。

B系列交流接触器适用于交流660V及以下、475A及以下电力线路和频繁起动电动机用，有多种电压线圈可选用，并配有多种辅助触头、延时继电器、机械联锁装置等辅件。B系列交流接触器的结构分正装式和倒装式两种。正装式电触头系统在前面，磁系统在后面（安装板面）；倒装式电触头系统在后面，磁系统在前面，更换线圈方便，主接线距离短且方便，便于安装附件，扩大功能。

CZ0系列直流接触器适用于直流440V及以下电流600A及以下的电力线路、供远距离接通与分断电路之用，且适用于频繁起动、停止、换向、反接制动直流电动机用、可用于冶金、机床电气控制中。

CZ0-40C系列直流接触器主要供远距离瞬时接通与分断35kV及以下的高压油断路器电磁操动机构CD2、CD3、CD10、CD11、CD14型，且适用于瞬时接通与分断快速断路器的合闸线圈。

CZ0-40D系列直流接触器主要供远距离瞬时通断35kV及以下高压油断路器电磁操动机构及ZN-10、ZN-35型真空断路器电磁操动机构中额定电压220V及以下的直流电磁线圈，且适用于电力系统自动重合闸线路。

CZ3系列直流接触器主要用于直流220V及以下转换电路（如电器的电压线圈、伺服电动机）、纯电阻负载电路（如照明、电阻、电炉）、信号电路及励磁电路。

CHZ-1型直流接触器适用于电压32V、电流100A及以下直流电路的远距离通断用。

3）刀开关型号的选择：HD、HS系列刀开关适用于低压交直流、额定电流1500A及以

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

下的成套配电装置中，作为不频繁通断交直流电路或作隔离开关用。其中 HD12、HD13、HS12、HS13 带灭弧罩的可切断额定电流以下的负载电流，HD14 可用于动力配电箱中，其中带灭弧罩的刀开关可带负荷操作。

HR3 系列熔断器式刀开关适用于交直流低压、额定电流 600A 及以下，作为电气设备及线路的过负荷和短路保护用，并可在正常情况下不频繁地接通和切断电流，具有熔断器和刀开关的基本性能，熔断器常用 RT0 型。

4）低压开关规格的选择：低压开关规格的选择一般是先按负荷或线路的计算电流，负荷不确定时，可按“一个千瓦、两个电流”估算负荷的电流，然后选择不同的可靠系数 K，用以乘以计算电流或负荷电流，再对照产品系列规格，最后选定开关元件的规格。

断路器 K 值经验上取 1.5～2.5；接触器 K 值经验上取 1.5～2.5；刀开关 K 值经验上取 1.1～1.5；其中轻载起动、无较大的动力设备的线路及照明电路或无感性负荷的电路取下限，重载起动、线路中有较大动力设备取上限。

规格确定后应按短路电流校验的条件进行短路校验。

3. 热继电器的选择

热继电器适用于连续工作、断续工作及某些短时工作电动机的过载保护，有反接制动及频繁通断工作的电动机不宜采用热继电器保护过载。有的可兼作断相保护和短路保护。断相保护的热继电器有 JR0-□/3D、JR16-□/3D 等。

热继电器的额定电流应大于被保护电器额定电流，一般为 1.5 倍。

热元件的额定电流应大于被保护电器的额定电流，一般大于一个等级，如 18.5kW 电动机，额定电流为 36A，对照热元件系列规格选 45A 热元件，整定在 0.95～1.1 倍电动机的额定电流，热继电器可选用 60A 的。

使用环境温度较高时一般应降一级使用。

在选用热继电器时，对于Y联结电动机不宜选用带断相保护的热继电器，△联结的电动机可选用带断相保护的热继电器。

热继电器的选择一般不宜选用大于额定电流 60A 的。若大于 60A 时，应和电流互感器配合使用，热继电器和电流互感器配合使用时，热继电器的额定电流应选最小等级的，热元件选用 5A 的。

九、电动机起动器的选择

起动器的选择应按负载的性质、电动机的起动方式、电动机起动时负载的大小来综合考虑，经验证明各类起动器一般应降级使用，起动器的额定功率应大于电动机功率一个等级，如 55kW 的起动器适用于 45kW 电动机。

小型电动机（10kW 及以下）一般选用磁力起动器直接起动；在电源容量允许的情况下，轻载起动的电动机（55kW 及以下）也可采用磁力起动器直接起动。

10kW 以上的电动机轻载起动可选用Y-△起动器减压起动，但只适用于△联结的电动机。

10kW 以上的电动机重载起动应选用自耦减压起动器起动或串联阻抗减压起动，不宜选用Y-△起动器。也可选用变频起动器或软起动器。

绕线转子电动机用在起重设备上应选用凸轮控制器和磁力控制盘配合的综合起动柜，用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在通用设备上应选用频敏起动控制器（柜）或串联阻抗起动器起动。40kW 及以下的还可以选用无触点减压起动器起动，型号为 QJW6-22，并适用于多尘及振动的场所。

对于拖动负荷变动大的风机类负载、泵类负载的电动机宜采用变频调速起动器或软起动器。没有条件的也可采用频敏变阻器间接起动（仅限于绕线转子电动机）或自耦变压器减压起动、串联电抗器间接起动（仅限于笼型电动机）。

延边三角形联结的电动机应选用延边三角形起动器。

十、灯具及民用电器的选择

1. 灯具分类

照明灯具分类方法很多，以下是几种比较有代表性的分类方法。

1）根据使用的光源进行分类，如白炽灯灯具、荧光灯灯具、高压气体放电灯灯具。

2）根据灯具的安装形状进行分类，如台灯、落地灯、吊灯、花灯、吸顶灯、嵌入式灯具、壁灯、路灯、高杆灯、草坪灯等。

3）根据灯具的功能进行分类，按这种分类方法可以有以下几种：

① 根据对水和异物的侵入的保护程度进行分类。对水的保护程度分为防滴型、防雨型、防溅型、防喷射型、耐水型、防浸型、水中型、防湿型等，总称为防水型。

从异物侵入的保护程度，区分名称为防尘型和耐尘型。电器的防护等级，分类“IP”为国家防护等级符号，其后有两位数字。“IP”后的第一位数字表示指防止人体触及或接近外壳内部的带电部分，防止异物进入外壳内部的防护等级，见表 4-22。

“IP”后的第二位特征数字表示外壳防止由于进水而对设备造成有害影响的防护等级，见表 4-23。

表 4-22　对固体异物的防护等级

第一位特征数字	防护等级	
	简要说明	含义
0	无防护	—
1	防止直径不小于 50mm 的固体异物	直径 50mm 球形物体试具不得完全进入壳内①
2	防止直径不小于 12.5mm 的固体异物	直径 12.5mm 球形物体试具不得完全进入壳内①
3	防止直径不小于 2.5mm 的固体异物	直径 2.5mm 的物体试具完全不得进入壳内①
4	防止直径不小于 1.0mm 的固体异物	直径 1.0mm 的物体试具完全不得进入壳内①
5	防尘	不能完全防止尘埃进入，但进入的灰尘量不得影响设备的正常运行，不得影响安全
6	尘密	无尘埃进入

① 物体试具的直径部分不得进入外壳的开口。

表 4-23　对水的防护等级

第二位特征数字	防护等级	
	简短说明	含义
0	无防护	—
1	防止垂直方向滴水	垂直方向滴水应无有害影响
2	防止当外壳在 15°范围内倾斜时垂直方向滴水	当外壳的各垂直面在 15°范围内倾斜时，垂直滴水应无有害影响

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

第二位特征数字	防护等级	
	简短说明	含义
3	防淋水	各垂直面在60°范围内淋水，无有害影响
4	防溅水	向外壳各方向溅水无有害影响
5	防喷水	向外壳各方向喷水无有害影响
6	防强烈喷水	向外壳各个方向强烈喷水无有害影响
7	防短时间浸水影响	浸入规定压力的水中经规定时间后外壳进水量不致达有害程度
8	防持续潜水影响	按生产厂和用户双方同意的条件（应比数字为7时严酷）持续潜水后外壳进水量不致达有害程度

如只需单独标志一种防护形式的等级时，则被略去数字的位置以“X”补充，例如IPX3或IP3X。

② 根据灯具抗电击程度进行分类，这是重要的分类。

0级灯具为不进行接地的灯具。

Ⅰ级灯具为进行接地的灯具。

Ⅱ级灯具为不接地，它是在一般绝缘上进行附加绝缘，称为双重绝缘灯具或外层绝缘灯具。

Ⅲ级灯具为交流供电在30V以下，直流在45V以下的灯具，称为人接触带电部件后，没有电击危险的灯具。

③ 根据其他保护结构分类，如防爆型、防蚀型灯具等。

④ 根据光学特性或功能进行分类。

a. 灯具按光通量在上下空间分布的比例分为直接型、半直接型、全漫射型、半间接型、间接型五类。

b. 按灯具光源在下半球的分布，分为10种类型，给出了BZ类的光源分布曲线，并可用公式表示轴线光强 I_0 与其他方向光强 I_0 的关系，这种分类方法称为BZ分类法。

c. 按1/2照度角对灯具分类，如特窄照型、窄照型、中照型、广照型、特广照型。

d. 投光灯均以光束角的大小进行分类。光束角是指灯具1/10最大光强之间的夹角。如窄光束、中光束、宽光束三类。

⑤ 按功能分类，如信号灯具、指示灯具、标识灯具等。

⑥ 根据灯具的使用目的进行分类，可分为医疗用的灯具、展览用的灯具、舞台用的灯具、道路用的灯具等。

⑦ 根据使用场所进行分类，如住宅用照明灯具、商业用照明灯具、厂矿用的照明灯具等。

2. 灯具选用要点

1）首先明确制定办公楼、体育场馆、酒店等的用途和使用目的，然后确定设计照明目的，是以功能为主的明视照明和以舒适感为主的气氛照明。

2）建筑景观照明设计应服从城市景观照明设计的总体要求。景观亮度、光色及光影效果应与所在区域整体光环境相协调，并能显出构筑物的特征和立体感。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）照明设计应优先采用长寿命、高光效节能灯光源和高效灯具。

4）照明设计中，应选择既能满足使用功能和照明质量的要求，又便于安装维护、长期运行费用低的灯具。

5）作为设计照明要求，决定照度是非常必要的，应按国家现行照度标准中查找。

6）光源选择，各种光源在效率、光色、显色性、点灯特性等方面各有特色，根据新设计的建筑物特点选择光源。

7）按照明方式、光源的种类、照度、设备费等选择合适的照明灯具，应当采用效率高、清扫和更换灯泡容易的灯具。

8）灯具布置是根据计算出灯具台数，考虑距建筑物柱和梁的位置，先试用有规则的布置方法。一般计算所需灯具台数同布置的数量是不一致的，如有明显差别，就要改变瓦数，再进行计算，重新布置灯具到大体一致，此时计算出的最终照度，就是房间所需的照度。

9）根据灯具布置，确定配电回路，设计出与灯具相适应的导线及断路器或熔断器。

10）光学特性，如配光，眩光控制等。

11）经济性，如灯具效率、初始投资及长期运行费用等。

12）特殊的环境条件，如有火灾危险、爆炸危险的环境，有灰尘、潮湿、振动和化学腐蚀的环境等。

13）灯具外形应与建筑物、设施的用途和功能相协调。

14）灯具使用的光源推荐使用节能型的。

3. 民用电器

民用电器主要指漏电开关和插座，民用的插座一般应选用 5 ~ 10A 的，电热、厨具、空调应选 10A 的，其他小型电器可选 5A 的。插座的选用最好选用两用的，即单相（两孔）和单相（三孔，即相线、零线、保护线三孔）。民用的开关一律使用带漏电保护的断路器（漏电开关），其容量可按用电负荷选用，总断路器一般为 10 ~ 15A，支路断路器一般为 5A。

十一、导线、电缆、母线的选择

导线、电缆、母线的选择应先选择材质。然后按持续工作电流选择其截面积和型号再按非正常工作条件来进行校验。

1. 导线电缆的选择

（1）导体材质的选择　导线电缆一般应采用铝芯线、架空线常采用钢芯铝绞线，低压架空线路常用裸铝导线，海边及有严重盐雾地区架空线路应采用防腐型钢芯铝绞线，低压电气动力设备及照明线路应采用绝缘导线。下列场所宜采用铜芯导线或铜芯电缆：

1）电气系统的操作回路、二次回路及信号检测回路。

2）移动设备的线路及剧烈振动场所的线路。

3）对铝有严重腐蚀而对铜无腐蚀的场所。

4）爆炸危险场所有特殊要求者。

5）电流较大而保护管的截面积又不允许加大的场所。

6）一级负荷的重要场所及重要设备。

7）弱电系统，特别是火灾报警系统、保安系统、微机系统。

（2）绝缘及护套的选择

1）塑料绝缘导线不宜在室外敷设，橡皮绝缘导线可在室外明设，氯丁橡皮绝缘导线可

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

代替橡皮绝缘导线，但机械强度较差。

2）油浸纸绝缘电力电缆耐热耐电压性能好，但弯曲性能差，不能在低温下敷设，电缆头制作工艺复杂。铅包护套韧性较好，不影响弯曲，但价格高，比重大；铝包护套比重小价格低，但加工复杂。

3）聚氯乙烯绝缘及护套电力电缆可代替油浸纸绝缘电力电缆，但电气性能差，含三氯乙烯、苯等化工场所不宜采用。

4）橡皮绝缘电缆适用了气候严寒地区和水平高差大或垂直敷设的场所，主要用于移动设备，但耐油性差、耐热性差。

5）交联聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆性能好、重量轻、电缆头制作简单、敷设不受限制，但延燃性差、价格较贵。

（3）外护层及铠装的选择　在大型建筑物、构筑物附近、土壤可能发生位移的地段直埋电缆时，应选用能承受机械外力的钢丝铠装电缆，各种电缆外护层及铠装的适用敷设场所见表4-24。

表4-24　各种电缆外护层及铠装适用敷设场所

护套或外护层	铠装	代号	敷设方式							环境条件					备注
			室内	电缆沟	隧道	管道	竖井	埋地	水下	易燃	移动	多砾石	一般腐蚀	严重腐蚀	
裸铝护套（铝包）	无	L	✓	✓	✓					✓					
裸铅护套（铝包）	无	Q	✓	✓	✓	✓				✓					
一般橡套	无		✓	✓	✓	✓					✓		✓		
不延燃橡套	无	F	✓	✓	✓	✓				✓	✓		✓		耐油
聚氯乙烯护套	无	V	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓		✓	✓	
聚乙烯护套	无	Y	✓	✓	✓	✓		✓			✓		✓	✓	
普通外护层（仅用于铅护套）	裸钢带	20	✓	✓	✓					✓					
	钢带	2	✓	✓	○			✓							
	裸细钢丝	30					✓			✓					
	细钢丝	3					○	✓	✓	○		✓			
	裸粗钢丝	50					✓			✓					
	粗钢丝	5					○	✓	✓	○		✓			
一级防腐外护层	裸钢带	120	✓	✓	✓					✓			✓		
	钢带	12	✓	✓	○			✓		○		✓	✓		
	裸细钢丝	130					✓			✓			✓		
	细钢丝	13					○	✓	✓	○		✓	✓		
	裸粗钢丝	150					✓			✓			✓		
	粗钢丝	15					○	✓	✓	○		✓	✓		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

护套或外护层	铠装	代号	敷设方式							环境条件					备　注
			室内	电缆沟	隧道	管道	竖井	埋地	水下	易燃	移动	多砾石	一般腐蚀	严重腐蚀	
二级防腐外护层	钢带	22						✓		✓		✓		✓	
	细钢丝	23					✓	✓	✓	✓		✓		✓	
	粗钢丝	25					○	✓	✓	○		✓		✓	
内铠装塑料外护层（全塑电缆）	钢带	29	✓	✓	✓			✓		✓		✓		✓	
	细钢丝	39					✓	✓	✓	✓		✓		✓	
	粗钢丝	59					✓		✓	✓		✓		✓	

注：1. “✓”表示适用；“○”表示外被层为玻璃纤维时适用，无标记者不推荐采用。

2. 裸金属护套一级防腐外护层由沥青复合物加聚氯乙烯护套组成。

3. 铠装一级防腐外护层由衬垫层、铠装层和外被层组成。衬垫层由两个沥青复合物、聚氯乙烯带和浸渍皱纸带的防水组合层组成。外被层由沥青复合物、浸渍电缆麻（或浸渍玻璃纤维）和防止粘合的涂料组成。

4. 裸铠装一级防腐外护层的衬垫层与铠装一级外护层的衬垫层相同，但没有外被层。

5. 铠装二级防腐外护层的衬垫层与铠装一级外护层的衬垫层相同，钢带及细钢丝铠装的外被层由沥青复合物和聚氯乙烯护套组成。粗钢丝铠装的镀锌钢丝外面挤包一层聚氯乙烯护套或其他同等效能的防腐涂层，以保护钢丝免受外界腐蚀。

6. 如需要用于湿热带地区的防霉特种护层可在型号规格后加代号“TH”。

7. 单芯钢带铠装电缆不适用于交流线路。

（4）截面积的选择　导线截面积的选择取决于其构造型式、敷设方法和敷设环境温度条件，同类型同截面积的导线在不同的环境温度采用不同的敷设方法时其载流量不同。

截面的选择必须满足三个条件：

第一是发热条件，导线和电缆在通过最大连续负荷电流时，工作温度不应超过允许值，否则会损坏绝缘、造成事故。

第二是电压损失，导线和电缆在通过最大连续负荷电流下产生的电压损失不应超过允许值，否则线路末端电压太低，影响负荷的运行。

第三是机械强度，导线和电缆，特别是架空线路，应能承受最恶劣环境下的最大拉力，不致拉断。因此选择截面积时不应小于各种敷设安装条件下规定的最小允许截面积。

根据运行经验，一般低压送电线路，负荷电流大，送电距离较短时（不超过200m）先按发热条件选择截面积，再用电压损失和机械强度来进行校验。送电距离较长时（超过200m）先按允许电压损失选择截面积，再用发热条件和机械强度来进行校验。10kV及以上架空线路一般用经济电流密度选择截面积，再用发热条件、电压损失和机械强度来校验。经校验未能满足校验条件的，再选大一级截面积的导线重新校验，直到满足校验条件。

1）按发热条件选择截面积。按发热条件选择截面积应使导线或电缆长期允许通过的最大电流 I_y 大于或等于线路的计算电流 I_{30} 或设备的额定电流 I_N。

导线或电缆的允许载流量与环境温度、敷设方式有关，必要时要进行修正。当敷设环境温度不同于规定数值时，载流量应乘以校正系数 K_t，K_t 值见表4-25。

穿电线的钢管多根并列时，其载流量应乘以校正系数 K_g，K_g 值见表4-26。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-25 不同环境温度时载流量的校正系数 K_t 值

线芯工作温度/℃	环境温度/℃								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
90	1.14	1.11	1.08	1.03	1.0	0.960	0.920	0.875	0.830
80	1.17	1.13	1.09	1.04	1.0	0.954	0.905	0.853	0.798
70	1.20	1.15	1.10	1.05	1.0	0.940	0.880	0.815	0.745
65	1.22	1.17	1.12	1.06	1.0	0.935	0.865	0.791	0.707
60	1.25	1.20	1.13	1.07	1.0	0.926	0.845	0.756	0.655
50	1.34	1.26	1.18	1.09	1.0	0.895	0.775	0.633	0.447

表 4-26 穿电线的钢管或塑料管在空气中多根并列敷设时载流量的校正系数 K_g 值

管子并列敷设根数	载流量校正系数 K_g 值
2～4	0.95
>4	0.90

注：电线穿管敷设时，对于不载流的或正常情况下载流很小的中性线不计入根数。

多根电线共管敷设时，若电线同时负荷率为100%，则电线根数为5～8根时的载流量，可按电线明敷载流量乘以修正系数0.6；当电线根数为9～12根时，修正系数为0.45。

电缆直埋时，当土壤系数不同时，其载流量应乘以校正系数 K_{tr}，K_{tr} 值见表4-27。

表 4-27 不同土壤热阻系数时直埋地电缆载流量的校正系数 K_{tr} 值

电缆线芯截面积/mm²	土壤热阻系数 ρ_t/（℃·cm/W）				
	60	80	120	160	200
2.5～16	1.06	1.0	0.90	0.83	0.77
25～95	1.08	1.0	0.88	0.80	0.73
120～240	1.09	1.0	0.86	0.78	0.71
土壤情况	潮湿地区；沿海、湖、河畔地带，雨量多的地区，如华东、华南地区等		普通土壤：如东北大平原夹杂质的黑土或黄土，华北大平原黄土、黄粘土、砂土等	干燥土壤：如高原地区，雨量少的山区、丘陵、干燥地带	

电缆多根并列敷设时，载流量应乘以表4-28和表4-29的校正系数。

为了使导线和电缆在短路时不致烧坏，通常保护装置动作电流与导线或电缆的允许载流量有一定的倍数关系，其数值见表4-30。

表 4-28 电缆在空气中多根并列敷设时载流量的校正系数 K_{lk} 值

电缆中心距 s/mm	根数及排列方式						
	1	2	3	4	6	4	6
	○	○○	○○○	○○○○	○○○○○○	○○ ○○	○○○ ○○○
d	1.0	0.9	0.85	0.82	0.80	0.8	0.75
$2d$	1.0	1.0	0.98	0.95	0.90	0.9	0.90
$3d$	1.0	1.0	1.0	0.98	0.96	1.0	0.96

注：d 为电缆外径，当电缆外径不同时，可取平均值。

2）按电压损失条件选择截面积。按电压损失条件选择截面积 S 应满足下式（假设 $\cos\varphi=1$），即

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-29　电缆直埋地多根并列敷设时载流量的校正系数 K_{ld} 值

电缆间净距/mm	电缆根数							
	1	2	3	4	5	6	7	8
100	1.00	0.88	0.84	0.80	0.78	0.75	0.73	0.72
200	1.00	0.90	0.86	0.83	0.81	0.80	0.80	0.79
300	1.00	0.92	0.89	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84

表 4-30　保护装置动作电流与导线允许电流的倍数关系

回路名称	导线、电缆种类及敷设方式	电流倍数		符号说明
		熔断器	断路器	
动力支线	裸线、穿管绝缘线及电缆	$\frac{I_{N\cdot r}}{I_y}\leqslant 2.5$	$\frac{I_{dz\cdot y}}{I_y}\leqslant 1.0$	$I_{N\cdot r}$——熔体额定电流，单位为 A I_y——导体允许截流量，单位为 A $I_{dz\cdot y}$——带长延时脱扣的动作电流，单位为 A I_{dz}——具有瞬时脱扣的动作电流，单位为 A
动力干线		$\frac{I_{N\cdot r}}{I_y}\leqslant 1.5$		
动力支线	明设单芯绝缘线	$\frac{I_{N\cdot r}}{I_y}\leqslant 1.5$	$\frac{I_{dz}}{I_y}\leqslant 4.5$	
照明线路		$\frac{I_{N\cdot r}}{I_y}\leqslant 1.0$		

$$S\geqslant\frac{PL}{C\Delta U\%} \tag{4-70}$$

式中　S——导线或电缆截面积，单位为 mm^2；

P——负荷的有功功率，单位为 kW；

L——线路长度，单位为 m；

$\Delta U\%$——线路允许电压损失，见表 4-31，一般取 5%；

C——电压损失常数，见表 4-32。

表 4-31　线路允许电压损失

名　称	允许电压损失（%）
从配电变压器二次侧母线算起的低压线路	5
从配电变压器二次侧母线算起的供给有照明负荷的低压线路	3～5
从 110（35）/10（6）kV 变压器二次侧母线算起的 10（6）kV 线路	5

表 4-32　电压损失常数 C 值

线路系统及电流种类	额定电压/V	C 的表达式	C 值	
			铜线	铝线
三相四线制	380/220	$rU_N^2/100$	77	46.3
单相交流或直流	220	$rU_N^2/2\times 100$	12.8	7.75
	110		3.2	1.9

3）按导线机械强度选择导线最小允许截面积宜采用表 4-33 中的数据。

4）按经电流密度选择截面积。按经电流密度选择截面积 S 应满足下式，即

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$S \geqslant \frac{I_{30}}{I_i} \tag{4-71}$$

式中 I_{30}——为线路计算电流，单位为 A；

I_i——为经济电流密度，单位为 A/mm^2。

经济电流密度按表 4-34 选取。

表 4-33 按机械强度要求导线最小允许截面积 （单位：mm^2）

导线敷设方式	最小截面积		
	铜芯软线	铜线	铝线
照明用灯头线			
1. 室内	0.5	0.8	2.5
2. 室外	1	1	2.5
穿管敷设的绝缘导线	1	1	2.5
塑料护套线沿墙明敷设		1	2.5
敷设在绝缘支持件上的绝缘导线			
1. 室内，支持点间距为 2m 及以下		1	2.5
2. 室外，支持点间距为 2m 及以下		1.5	2.5
3. 室外，支持点间距为 6m 及以下		2.5	4
4. 室外，支持点间距为 12m 及以下		2.5	6
电杆架空线路			
1. 10kV 高压		25	35
2. 380V 低压		16	25
架空引入线			
1. 10kV 高压（绝缘导线长度不大于 30m）		25	35
2. 380V 低压（绝缘导线长度不大于 25m）		6	10（绞线）
电缆在沟道内敷设、埋地敷设、明敷设			
1. 10kV 高压		10	16
2. 380V 低压		2.5	4

表 4-34 经济电流密度值

导体材料	最大负荷年利用时间/h		
	3000 以下	3000～5000	5000 以上
铜裸导线或母带	3	2.25	1.75
铝裸导线或母带	1.65	1.15	0.9
铜芯电缆	2.5	2.25	2
铝芯电缆	1.92	1.73	1.54

2. 母线的选择

（1）材质的选择 除了有关规程要求和特殊场所必须采用铜母线外，一般应采用铝母线，在负荷很小或正常工作时无电流通过的母线，在校验其电压损失允许的条件下可采用钢母线。

（2）截面积的选择 一般按持续工作电流选择，根据实际通过母线最大长期负载电流并考虑允许过载电流和安装方式、环境温度在表 4-35 中查找和其相等或稍大的最大允许持续电流值，再看其对应的母线截面积即为所选母线的截面积，同时用表 4-36 去校正。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

对于全年平均负荷较大、母线较长、传输容量大及负荷稳定的回路均应按经济电流密度选择，但对汇流主母线则应按持续工作电流选择。按经济电流密度选择方法与导线的选择相同，根据计算结果再去表 4-35 中去查找相近或稍大截面积的母线。

表 4-35　单条矩形母线载流量

母线截面积（宽×厚）/mm	最大允许持续电流/A					
	25℃	35℃	40℃			
	平放	竖放	平放	竖放	平放	竖放
铝母线 LMY						
15×3	156	165	138	145	127	134
20×3	204	215	180	190	166	175
25×3	252	265	219	230	204	215
30×4	347	365	309	325	285	300
40×4	456	480	404	425	375	395
40×5	518	540	452	475	418	410
50×5	632	665	556	585	518	545
50×6	703	740	617	650	570	600
60×6	826	870	731	770	680	715
60×8	975	1025	855	900	788	830
60×10	1100	1155	960	1010	890	935
80×6	1050	1150	930	1010	860	935
80×8	1215	1320	1060	1155	985	1070
80×10	1360	1480	1190	1295	1105	1200
100×6	1310	1425	1160	1260	1070	1160
100×8	1495	1625	1310	1425	1210	1315
100×10	1675	1820	1470	1595	1360	1475
120×8	1750	1900	1530	1675	1420	1550
120×10	1905	2070	1685	1830	1620	1760
铜母线 TMY						
15×3	200	210	176	185	162	171
20×3	261	275	233	245	214	225
25×3	323	340	285	300	271	285
30×4	451	475	394	415	366	385
40×4	593	625	522	550	484	510
40×5	665	700	588	551	551	580
50×5	816	860	721	760	669	705
50×6	906	955	797	840	735	775
60×6	1069	1125	940	990	873	920
60×8	1251	1320	1101	1160	1016	1070
60×10	1395	1475	1230	1295	1133	1195
80×6	1360	1480	1195	1300	1110	1205
80×8	1553	1690	1361	1480	1260	1370
80×10	1747	1900	1531	1665	1417	1540
100×6	1665	1810	1557	1592	1356	1475
100×8	1911	2080	1674	1820	1546	1685
100×10	2121	2310	1865	2025	1720	1870
120×8	2210	2400	1940	2110	1800	1955
120×10	2435	2650	2152	2340	1996	2170

表 4-36　温度校正系数 K_θ 值

实际环境温度/℃	母线最高允许温度为 70℃											
	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_θ	1.29	1.24	1.20	1.15	1.11	1.05	1.00	0.94	0.88	0.81	0.74	0.67

（3）母线短路稳定度的校验

1）通常按短路时母线受到的最大应力来校验动稳定度，应满足

$$\sigma_{al} \geqslant \sigma_c \tag{4-72}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

式中 σ_{al}——母线材料最大允许应力，硬铜 σ_{al} 为 137MPa，硬铝 σ_{al} 为 69MPa；

σ_c——母线通过 $i_{sh}^{(3)}$ 时受到的最大计算应力。

其中

$$\sigma_c = M/W$$

式中 M——母线通过 $i_{sh}^{(3)}$ 时受到的弯曲力矩，单位为 N·m，当母线的档数为 1～2 时（即支持点为 2～3），$M = F^{(3)} \cdot l/8$，$F^{(3)}$ 由式（4-69）计算；当档数大于 2 时，$M = F^{(3)} \cdot l/10$，l 为档距，单位为 m；

W——母线截面系数，单位为 m^3，当母线水平放置时，不论其截面平放或立放，$W = b^2h/6$，其中 b 为母线截面放置时的宽度，h 为截面放置时的高度，单位为 m。

电缆一般不校验短路动稳定度。

2）通常按导体短路时热稳定度要求的最小允许截面积来校验热稳定度，应满足

$$A_{min} = I_{\infty}^{(3)} \sqrt{t_{ima}}/C \tag{4-73}$$

式中 C——导体的热稳定系数，由表 4-37 查出。

表 4-37 导体在正常和短路时的最高允许温度及热稳定系数

导体种类和材料			最高允许温度/℃ 正常 θ_0	最高允许温度/℃ 短路 θ_k	热稳定系数 C
母线	铜		70	300	171
	铜（接触面有锡层时）		85	200	164
	铝		70	200	87
油浸纸绝缘电缆	铜芯	1～3kV	80	250	148
		6kV	65	220	145
		10kV	60	220	148
	铝芯	1～3kV	80	200	84
		6kV	65	200	90
		10kV	60	200	92

导体种类和材料		最高允许温度/℃ 正常 θ_0	最高允许温度/℃ 短路 θ_k	热稳定系数 C
橡皮绝缘导线和电缆	铜芯	65	150	112
	铝芯	65	150	74
聚氯乙烯绝缘导线和电缆	铜芯	65	130	100
	铝芯	65	130	65
交联聚乙烯绝缘电缆	铜芯	80	230	140
	铝芯	80	200	84
有中间接头的电缆（不包括聚氯乙烯绝缘电缆）	铜芯		150	
	铝芯		150	

当选择的母线截面积≥A_{min}时，即满足短路热稳定度，导线及电缆均可用此校验。

工程中常用估算的方法选择导线，特别是在现场或临时用电选择导线时一般用估算的方法。估算选择导线应注意以下六点：

1）电动机负荷线的选择一般按电动机的额定电流选取，习惯上按“一个千瓦、两个电流”计算，即 2A/kW，10kW 电动机 20A 电流。电流确定后，按照敷设方式、环境温度、导线材质、绝缘条件等，对照导线长期连续允许最大载流量的表格选取，或者参照电动机起动保护设备及管线选择表直接选取，见表 4-38。如 10kW 电动机可选用 $4mm^2$ 的绝缘铝线。通常 10kW 以下的电动机一律选用 $2.5mm^2$ 的导线，因为除了载流量这个因素外，还得考虑导线的机械强度。因此，工程上规定了各种用途导线的最小截面积，见表 4-39 和表 4-40。

2）照明装置负荷线的选择同样按装置的额定电流选取，习惯上按一个千瓦五个电流计算，即 5A/kW，因为照明装置一般为单相设备，电流确定后，同样按电动机选择导线的方法进行选取。但是，一般的照明装置容量较小，因此民用建筑中照明装置的线路都选用 $2.5～4mm^2$ 的导线，只有在每户的进户总线上可选用 $4～6mm^2$ 或 $10mm^2$ 的导线。而工业建筑或公共事业的照明线路则选用 $4～6mm^2$ 的导线，总线一般选用 $10～16mm^2$ 的导线，当

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-38　常用电动机起动保护设备及管线选择表

电动机				选用熔断器				封闭式开关熔断器组	QC8	QC10	QC12	低压断路器	25℃	30℃	35℃
型号	功率/kW	额定电流/A	起动电流/A	RC1A	RL1	RM10	RT0	HH3 或 HH4	电磁起动器等级			DZ5-20	BLV 导线截面积/mm^2		
Y				额定电流/A				额定电流/A	热元件额定电流/A			热脱扣器额定电流/A	钢管直径/mm		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
801-4	0.55	1.6	10	10/5	15/4	15/6	50/10	15/5	2/6 2.4	2/6 2.4	2H 2.4	3	2.5 G15	2.5 G15	2.5 G15
801-2 802-4 90S-6	0.75	1.9 2.1 2.3	13 14 14	10/6	15/6	15/6	50/10	15/6	2/6 2.4	2/6 2.4	2/H 2.4	3			
802-2 90S-4 90L-6	1.1	2.6 2.7 3.2	18 18 19	10/10	15/10	15/10	50/10	15/10	2/6 3.5	2/6 3.5	2/H 3.5	4.5			
90S-2 90L-4 100L-6	1.5	3.4 3.7 4.0	24 24 24	15/10	15/10	15/10	50/10	15/10	2/6 5	2/6 5	2/H 5	4.5			
90L-2 100L1-4 112M-6 132S-8	2.2	4.7 5.0 5.6 5.8	33 35 34 32	15/15	15/15	15/15	50/15	15/15	2/6 7.2	2/6 7.2	2/H 7.2	6.5			
100L-2 100L2-4 132S-6 132M-8	3.0	6.4 6.8 7.2 7.7	45 48 47 43	15/15	60/20	60/20	50/20	15/15	2/6 11	2/6 11	2/H 11	10			
112M-2 112M-4 132M1-6 132M1-8	4.0	8.2 8.8 9.4 9.9	57 62 61 59	30/20	60/25	60/25	50/30	30/20	2/6 11	2/6 11	2/H 11	10			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

电动机				选用熔断器				封闭式开关熔断器组	QC8	QC10	QC12	低压断路器	25℃	30℃	35℃
型号	功率/kW	额定电流/A	起动电流/A	RC1A	RL1	RM10	RT0	HH3 或 HH4	电磁起动器等级			DZ5-20	BLV 导线截面积/mm^2		
Y				额定电流/A				额定电流/A	热元件额定电流/A			热脱扣器额定电流/A	钢管直径/mm		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
132S1-2 132S-4 132M2-6 160M2-8	5.5	11 12 13 13	78 81 82 80	30/30	60/35	60/35	50/30	30/30	3/6 16	3/6 16	3/H 16	15	2.5 G15	2.5 G15	2.5 G15
132S2-2 132M-4 160M-6 160L-6	7.5	15 15 17 18	105 108 111 97	60/40	60/50	60/45	50/40	60/40	3/6 24	3/6 24	3/H 22	20	2.5 G15	2.5 G15	2.5 G15 4 G20
160M1-2 160M-4 160L-6 180L-8	11	22 23 25 25	153 158 160 151	60/60	100/80	60/60	50/50	60/60	4/6 33	4/6 35	4/H 32	30	4 G20	4 G20	6 G20
160M2-2 160L-4 180L-6 200L-8	15	29 30 32 34	206 212 205 205	100/80	100/80	100/80	100/60	60/60	4/6 45	4/6 35 4/6 45	4/H 45	40	10 G25	10 G25	10 G25 16 G25
160L-2 180M-4 200L1-6 225S-8	18.5	36 36 38 41	249 251 245 248	100/80	100/80	100/80	100/80	—	4/6 45	4/6 45	4/H 45	50	16 G25	16 G25	16 G25
180M-2 180L-4 200L2-6 225M-8	22	42 43 45 48	295 298 290 280	100/100	100/100	100/80	100/80	—	5/6 57	5/6 50	5/H 63	50	16 G25	10 G25 25 G32	25 G32

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

电动机				选用熔断器				封闭式开关熔断器组	QC8	QC10	QC12	低压断路器	25℃	30℃	35℃
型号	功率/kW	额定电流/A	起动电流/A	RC1A	RL1	RM10	RT0	HH3 或 HH4	电磁起动器等级			DZ5-20	BLV 导线截面积/mm^2		
Y				额定电流/A				额定电流/A	热元件额定电流/A			热脱扣器额定电流/A	钢管直径/mm		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
200L1-2 200L-4 225M-6 250M-8	30	57 57 60 63	398 398 387 378	—	—	200/160	200/120	—	5/6 86	5/6 72	5/H 63	60	25 G32	25 G32	35 G40
200L2-2 225S-4 250M-6 280S-8	37	70 70 72 79	489 489 468 472	—	—	200/160	200/120	—	6/6 86	6/6 100	6/H 85	80	35 G40	35 G40	50 G50
225M-2 225M-4 280S-6 280M-8 315S-10	45	84 84 85 93 98	587 589 555 559 637	—	—	200/160	200/150	—	6/6 125	6/6 100	6/H 120	100	50 G50	50 G50	70 G70
250M-2 250M-4 280M-6 315S-8 315M-10	55	103 103 105 109 120	719 718 682 709 780	—	—	200/200	200/200	—	7/6 125	7/6 150	7/H 160	120 140	70 G70	70 G70	70 G70
280S-2 280S-4 315S-6 315M1-8 315M3-10	75	140 140 142 148 160	981 978 923 962 1040	—	—	350/260	400/250	—	7/6 176	7/6 150 —	7/H 160	170	95 G70	95 G70 120 G70	95 G70 120 G70

注：>75kW 的电动机设备及管线选择请参考相关专著。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-39 架空裸导线的最小截面积

导线种类	最小允许截面积/mm^2		备 注
	高压（至 10kV）	低压	
铝及铝合金线	35	16*	* 与铁路交叉跨越时应为 $35mm^2$
钢芯铝线	25	16	

表 4-40 绝缘导线线芯的最小截面积

用途或敷设方式			线芯最小截面积/mm^2	
			铜芯	铝芯
照明用灯头引下线			1.0	2.5
敷设在绝缘支持件上的绝缘导线，其支持点间距 L/m	室内	$L \leqslant 2$	1.0	2.5
敷设在绝缘支持件上的绝缘导线，其支持点间距 L/m	室外	$L \leqslant 2$	1.5	2.5
		$2 < L \leqslant 6$	2.5	4
		$6 < L \leqslant 15$	4	6
		$15 < L \leqslant 25$	6	10
穿管敷设，槽板，护套线线卡明敷；线槽			1.0	2.5
PE 线或 PEN 线	有机械保护时		1.5	2.5
	无机械保护时		2.5	4

然这也要根据实际负荷的大小来选取。

3）一般电器通常指家用电器、电热装置、热水器、空调装置、办公机械设备等，它们一般均由插头插座连接。因此，民用建筑中插座的导线都选用 4～6mm^2 的导线，而工业建筑中插座的导线都选用 6～10mm^2 的导线，甚至使用 16mm^2 的导线，同样也根据实际负荷的大小来确定。

4）支路线路上接有很多动力和照明的负荷，由于它们的通电率不尽相同，因此支路线路的导线采用系数法。通常是把支路上的所有负荷按动力照明分别相加，然后把单相的照明负荷均匀地分配到三相上去，如有 6kW 单相照明负荷，则在每相上分配 2kW，容量还是 6kW，然后和动力一起按 2A/kW 计算负荷，最后仍按 1）中的方法算出总支路电流 I_{30z}，这时选取一个同时系数 $K_{\Sigma P}$（0.75～0.9），这样

$$I_{30z'} = K_{\Sigma P} I_{30z}$$

即为支路上的计算电流。用这个电流按 1）中的方法再选择支线上的导线。

5）干路线路上的导线选择就是把所有支线上的 $I_{30z'}$ 相加，选择一个同时系数 $K_{\Sigma P'}$（0.80～0.95），然后按 1）中的方法选取。

6）中性线的选择应遵循如下规则：

① 单相电路中，中性线的截面积与相线相同。

② 三相四线电路中，中性线的截面积一般为相线的 50%。

③ 保护线一般应选择铜质导线，截面积一般为相线的 50%，当相线截面积 $\leqslant 16mm^2$ 时，中性线应和相线截面积相同。

④ 中性线和保护线共用一根线时，应按其最大值选取。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

最后说明一点，线路较长时要考虑电压降，可进行导线的校验，如果 $A \geqslant$ 前述选择值，则可使用；$A <$ 前述值，则应按 A 值选择。A 可用下式计算

$$A = \frac{\Sigma M}{C \Delta U\%}$$

式中　A——导线截面积，单位为 mm^2；

$\Delta U\%$——允许电压损耗百分比；

ΣM——线路的所有功率矩之和，$M = PL$，P 为功率，单位为 kW，L 为与路线首端的距离，单位为 m；

C——计算系数，由表 4-41 查出。

表 4-41　公式 $\Delta U\% = \Sigma M/CA$ 中的计算系数 C 值

线路额定电压/V	线路接线及电流类别	C 的计算式	C/（kW·m/mm²）	
			铝线	铜线
220/380	三相四线	$\gamma U_N^2/100$	46.2	76.5
	两相三线	$\gamma U_N^2/225$	20.5	34.0
220	单相及直流	$\gamma U_N^2/220$	7.74	12.8
110			1.94	3.21

注：表中线路接线的线数均不含 PE 线，表中 γ 为导线电导率。

一般条件下，低压线路 200m 以内，可不做上述电压损耗的验算。

为了读者在选用导线时的方便，这里给出了导线长期连续最大载流量和允许穿管根数及最小管径，见表 4-42～表 4-46。

表 4-42　铜芯绝缘导线长期连续允许最大载流量

导线截面积/mm²	线芯结构			单根导线明敷设				橡皮绝缘导线多根同穿在一根管内时允许负荷电流/A											
	股数	单芯直径/mm	成品外径/mm	25℃		30℃		25℃						30℃					
				橡皮	塑料	橡皮	塑料	穿金属管			穿塑料管			穿金属管			穿塑料管		
								2根	3根	4根	2根	3根	4根	2根	3根	4根	2根	3根	4根
1.0	1	1.13	4.4	21	19	20	18	15	14	12	13	12	11	14	13	11	12	11	10
1.5	1	1.37	4.6	27	24	25	20	20	18	17	17	16	14	19	17	16	16	15	13
2.5	1	1.76	5.0	35	32	33	30	28	25	23	25	22	20	26	23	22	23	21	19
4	1	2.24	5.5	45	42	42	39	37	33	30	33	30	25	35	31	28	31	28	24
6	1	2.73	6.2	58	55	54	51	49	43	39	43	38	34	46	40	36	40	36	32
10	7	1.33	7.8	85	75	79	70	68	60	53	59	52	46	64	56	50	55	49	43
16	7	1.68	8.8	110	105	103	98	86	77	69	76	68	60	80	72	65	71	64	56
25	19	1.28	10.6	145	138	135	128	113	100	90	100	90	80	106	94	84	94	84	75
35	19	1.51	11.8	180	170	168	159	140	122	110	125	110	98	131	114	103	117	103	92
50	19	1.81	13.8	230	215	215	201	175	154	137	160	140	123	163	144	128	150	131	115
70	49	1.33	17.3	285	265	266	248	215	193	173	195	175	155	201	180	162	182	163	145
95	84	1.20	20.8	345	320	322	304	260	235	210	240	215	195	241	220	197	224	201	182
120	133	1.08	21.7	400	375	374	350	200	270	245	278	250	227	280	252	229	260	234	212
150	37	2.24	22.0	470	430	440	402	340	310	280	320	290	265	318	290	262	299	271	248
185				540	490	504	458	385	355	320	360	330	300	359	331	299	336	308	280

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

导线截面积/mm²	线芯结构			单根导线明敷设				塑料绝缘导线多根同穿在一根管内时允许负荷电流/A											
	股数	单芯直径/mm	成品外径/mm	25℃		30℃		25℃						30℃					
				橡皮	塑料	橡皮	塑料	穿金属管			穿塑料管			穿金属管			穿塑料管		
								2根	3根	4根	2根	3根	4根	2根	3根	4根	2根	3根	4根
1.0	1	1.13	4.4	21	19	20	18	14	13	11	12	11	10	13	12	10	11	10	9
1.5	1	1.37	4.6	27	24	25	20	19	17	16	16	15	13	18	16	15	15	14	12
2.5	1	1.76	5.0	35	32	33	30	26	24	22	24	21	19	24	22	21	22	20	18
4	1	2.24	5.5	45	42	42	39	35	31	28	31	28	25	33	29	26	29	26	23
6	1	2.73	6.2	58	55	54	51	47	41	37	41	36	32	44	38	35	38	34	30
10	7	1.33	7.8	85	75	79	70	65	57	50	56	49	44	61	53	47	52	46	41
16	7	1.68	8.8	110	105	103	98	82	73	65	72	65	57	77	68	61	67	61	53
25	19	1.28	10.6	145	138	135	128	107	95	85	95	85	75	100	89	80	89	80	70
35	19	1.51	11.8	180	170	168	159	133	115	105	120	105	93	124	107	98	112	98	87
50	19	1.81	13.8	230	215	215	201	165	146	130	150	132	117	154	136	121	140	123	109
70	49	1.33	17.3	285	265	266	248	205	183	165	185	167	148	192	171	154	173	156	138
95	84	1.20	20.8	345	320	322	304	250	225	200	230	205	185	234	210	187	215	192	173
120	133	1.08	21.7	400	375	374	350	285	266	230	265	240	215	266	248	215	248	224	201
150	37	2.24	22.0	470	430	440	402	320	295	270	305	280	250	299	276	252	285	262	234
185				540	490	504	458	380	340	300	355	375	280	355	317	280	331	289	261

注：导电线芯最高允许工作温度为+65℃。

表 4-43　铝芯绝缘导线长期连续允许最大载流量

导线截面积/mm²	线芯结构			单根导线明敷设				橡皮绝缘导线多根同穿在一根管内时允许负荷电流/A											
	股数	单芯直径/mm	成品外径/mm	25℃		30℃		25℃						30℃					
				橡皮	塑料	橡皮	塑料	穿金属管			穿塑料管			穿金属管			穿塑料管		
								2根	3根	4根	2根	3根	4根	2根	3根	4根	2根	3根	4根
2.5	1	1.76	5.0	27	25	25	23	21	19	16	19	17	15	20	18	15	18	16	14
4	1	2.24	5.5	35	32	33	30	28	25	23	25	23	20	26	23	22	23	22	19
6	1	2.73	6.2	45	42	42	39	37	34	30	33	29	26	35	32	28	31	27	24
10	7	1.33	7.8	65	59	61	55	52	46	40	44	40	35	49	43	37	41	37	33
16	7	1.68	8.8	85	80	79	75	66	59	52	58	52	46	62	55	49	54	49	43
25	7	2.11	10.6	110	105	103	98	86	76	68	77	68	60	80	71	64	72	64	56
35	7	2.49	11.8	138	130	129	121	106	94	83	95	84	74	90	88	78	89	79	69
50	19	1.81	13.8	175	165	163	154	133	118	105	120	108	95	124	110	98	112	101	89
70	19	2.14	16.0	220	205	206	192	165	150	133	153	135	120	154	140	124	143	126	112
95	19	2.49	18.3	265	250	248	234	200	180	160	184	165	150	187	168	150	172	154	140
120	37	2.01	20.0	310	285	290	266	230	210	190	210	190	170	215	196	177	196	177	159
150	37	2.24	22.0	360	325	336	303	260	240	220	250	227	205	241	224	206	234	212	192
185				420	380	392	355	295	270	250	282	255	232	275	252	233	263	238	216

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

导线截面积/mm²	线芯结构			单根导线明敷设				塑料绝缘导线多根同穿在一根管内时允许负荷电流/A											
	股数	单芯直径/mm	成品外径/mm	25℃		30℃		25℃						30℃					
				橡皮	塑料	橡皮	塑料	穿金属管			穿塑料管			穿金属管			穿塑料管		
								2根	3根	4根	2根	3根	4根	2根	3根	4根	2根	3根	4根
2.5	1	1.76	5.0	27	25	25	23	20	18	15	18	16	14	19	17	14	17	15	13
4	1	2.24	5.5	35	32	33	30	27	24	22	24	22	19	25	22	21	22	21	18
6	1	2.73	6.2	45	42	42	39	35	32	28	31	27	25	33	30	26	29	25	23
10	7	1.33	7.8	65	59	61	55	49	44	38	42	38	33	46	41	36	39	36	31
16	7	1.68	8.8	85	80	79	75	63	56	50	55	49	44	59	52	47	51	46	41
25	7	2.11	10.6	110	105	103	98	80	70	65	73	65	57	75	66	61	68	61	53
35	7	2.49	11.8	138	130	129	121	100	90	80	90	80	70	94	84	75	84	75	65
50	19	1.81	13.8	175	165	163	154	125	110	100	114	102	90	117	103	94	106	95	84
70	19	2.14	16.0	220	205	206	192	155	143	127	145	130	115	145	133	119	135	121	107
95	19	2.49	18.3	265	250	248	234	190	170	152	175	158	140	177	159	142	163	148	131
120	37	2.01	20.0	310	285	290	266	220	200	180	200	185	160	206	187	168	187	173	154
150	37	2.24	22.0	360	325	336	303	250	230	210	240	215	185	234	215	196	224	201	182
185				420	380	392	355	285	255	230	265	235	212	266	238	215	247	219	198

注：导电线芯最高允许工作温度为+65℃。

十二、自备电源的选择

1. 选择自备电源时应考虑的条件

自备电源的选择一般应考虑以下条件：

1）自备电源供电范围、容量及性质（单相、三相、动力、照明、办公设备）。

2）自备电源的使用环境是否受噪声管理的限制，气候条件。

3）自备电源使用单位的条件（长期使用、临时使用）。

4）自备电源一般的额定电压为220/380V。

5）自备电源的维修和控制方式。

2. 自备电源的选择方法

1）确定供电范围，计算供电容量。

2）确定供电负荷性质。

3）单相负荷（或三相负荷）容量不大时，一般选择汽油发电机组，汽油发电机组的容量在3～20kW之间。

4）三相动力负荷较大且与照明系统共用时应选用柴油发电机组，柴油发电机组容量在50～1000kW之间。长期使用的应选用室内固定安装型，临时使用的应选用可移动型。

5）办公设备应选用不间断电源（UPS），不宜选用发电机组，UPS的容量从500W可到几百kW。

发电机组、UPS额定功率的确定：

发电机组的容量或UPS的容量应大于供电范围内供电容量的总和再乘以需要系数，且能满足最大电动机的起动。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-44　500V BV、BLV 型塑料绝缘导线允许穿管根数及最小管径

截面积/mm²	2 根单芯					3 根单芯					4 根单芯					5 根单芯					6 根单芯				
	DG	G	GG	BYG	VG	DG	G	GG	BYG	VG	DG	G	GG	BYG	VG	DG	G	GG	BYG	VG	DG	G	GG	BYG	VG
	最小管径/mm																								
1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
1.5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	15	15	20	20	20	15	15	20	20
2.5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	15	15	20	15	20	15	15	20	20	25	20	20	20	20
1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	15	15	20	20	25	20	20	20	20	25	20	20	25	25
6	15	15	15	15	15	20	15	15	20	20	25	20	20	25	20	25	20	20	25	25	25	20	20	32	25
10	25	20	20	25	20	25	25	25	32	25	32	25	25	32	32	32	32	32	32	32	40	32	32	40	40
16	25	20	20	25	25	32	25	25	32	32	40	32	32	40	40	40	32	32	32	40	50	40	40	50	40
25	32	25	25	32	32	40	32	32	40	40	50	40	40	50	40	50	40	40	50	50	50	50	50	50	50
35	40	32	32	40	40	50	40	40	50	40	50	50	50	50	50	50	50	50	—	70	—	50	50	—	70
50	50	32	32	40	40	50	50	50	50	50	—	50	50	—	70	—	—	70	—	80	—	—	70	—	80
70	50	50	50	50	50	—	—	70	—	70	—	—	70	—	80	—	—	80	—	80	—	—	80	—	—
95	—	50	50	—	70	—	—	70	—	80	—	—	80	—	—	—	—	100	—	—	—	—	100	—	—
120	—	—	70	—	70	—	—	70	—	80	—	—	80	—	—	—	—	100	—	—	—	—	100	—	—
150	—	—	70	—	—	—	—	80	—	—	—	—	100	—	—	—	—	100	—	—	—	—	100	—	—

注：1. 表中代号：DG 为薄壁钢电线管；G 为厚壁钢电线管；GG 为水煤气钢管；BYG 为难燃型聚氯乙烯半硬型塑料管；VG 为聚氯乙烯硬型塑料管。

2. 管内导线截面积为 1～6mm² 时，按不大于 33% 内孔总面积计算；10～50mm² 时，按不大于 27.5% 内孔总面积计算；70～150mm² 时，按不大于 22% 内孔总面积计算。

3. 敷设在自然地面上的素混凝土内的管路，均应采用水煤气钢管（GG）；利用电线管管壁兼作接地线时应用厚壁钢电线管（G）；无前述情况，一般均用薄壁钢电线管（DG）。

4. 当采用铜芯导线穿管时，25mm² 及以上的导线应按表中管径加大一级。

5. 表中最小管径：DG、BYG 指外径，G、GG、VG 指内径。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-45　500V BX、BLX 型橡胶绝缘导线允许穿管根数及最小管径

截面积/mm²	2 根单芯					3 根单芯					4 根单芯					5 根单芯					6 根单芯				
	DG	G	GG	BYG	VG	DG	G	GG	BYG	VG	DG	G	GG	BYG	VG	DG	G	GG	BYG	VG	DG	G	GG	BYG	VG
	最小管径/mm																								
1	15	15	15	15	15	20	15	15	20	20	20	15	15	20	20	25	20	20	25	25	25	20	20	25	25
1.5	15	15	15	15	15	20	15	15	20	20	25	20	20	20	20	25	20	20	25	25	25	20	20	25	25
2.5	20	15	15	20	15	20	15	15	20	20	25	20	20	25	25	25	20	20	25	25	25	25	25	32	25
4	20	15	15	20	20	25	20	20	25	25	25	20	20	25	25	32	25	25	32	32	32	25	25	32	32
6	20	15	15	20	20	25	20	20	25	25	25	25	25	32	25	32	25	25	32	32	40	25	25	40	32
10	25	25	25	32	25	32	25	25	32	32	40	32	32	40	40	40	32	32	40	40	50	40	40	50	50
16	32	25	25	32	32	40	32	32	40	40	50	32	32	40	40	50	40	40	50	50	50	50	50	50	50
25	40	32	32	40	40	50	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	—	70	—	50	50	—	70
35	40	32	32	40	40	50	40	40	50	50	50	50	50	—	70	—	—	50	—	70	—	—	70	—	70
50	50	40	40	50	50	—	50	50	—	70	—	—	70	—	70	—	—	70	—	80	—	—	80	—	80
70	—	50	50	—	70	—	—	70	—	80	—	—	80	—	80	—	—	80	—	—	—	—	100	—	—
95	—	—	70	—	80	—	—	80	—	—	—	—	100	—	—	—	—	100	—	—	—	—	100	—	—
120	—	—	70	—	80	—	—	80	—	—	—	—	100	—	—	—	—	100	—	—	—	—	100	—	—
150	—	—	70	—	—	—	—	100	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-46　500V BXF、BLXF 型氯丁橡胶绝缘导线允许穿管根数及最小管径

截面积/mm²	2 根单芯					3 根单芯					4 根单芯					5 根单芯					6 根单芯				
	DG	G	GG	BYG	VG	DG	G	GG	BYG	VG	DG	G	GG	BYG	VG	DG	G	GG	BYG	VG	DG	G	GG	BYG	VG
	最小管径/mm																								
1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	15	15	20	20	20	15	15	20	20
1.5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	15	15	20	15	20	15	15	20	20	25	20	20	20	20
2.5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	15	15	20	20	20	20	20	20	20	25	20	20	25	25
4	15	15	15	15	15	20	15	15	20	20	25	20	20	20	20	25	20	20	25	25	25	20	20	25	25
6	20	15	15	20	20	25	20	20	25	20	25	20	20	25	25	25	25	25	32	25	32	25	25	32	32
10	25	20	20	25	25	32	25	25	32	32	32	25	25	32	32	40	32	32	40	40	50	32	32	40	40
16	32	25	25	32	32	32	32	32	40	32	40	32	32	50	40	50	40	40	50	50	50	40	40	50	50
25	32	32	32	40	32	40	32	32	50	40	50	40	40	50	50	50	50	50	—	50	50	50	50	—	70
35	40	32	32	40	40	50	40	40	50	50	50	50	50	—	50	—	50	50	—	70	—	—	70	—	70
50	50	40	40	50	50	50	50	50	—	50	—	50	50	—	70	—	—	70	—	70	—	—	70	—	80
70	50	50	50	—	70	—	—	70	—	70	—	—	70	—	80	—	—	80	—	—	—	—	100	—	—
95	—	—	70	—	70	—	—	70	—	80	—	—	80	—	—	—	—	100	—	—	—	—	100	—	—

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）工业企业锅炉容量较大且负荷波动较大时可选用余热发电机组，实施热电联产，发电机组的容量应与锅炉容量匹配。

7）不宜选用单台容量很大的机组，如果负荷较大则可选取多台并联的方式。多台并联时每台机组的型号、容量应相同，调压调速特性应相近，转速宜为1000～1500r/min。

十三、架空线路杆型、金具、绝缘子及拉线的选择

架空线路的计算及选择很复杂，前面已经讲述了这部分内容，这里仅按经验公式说明一般条件下35kV及以下架空线路的选择。

1. 架空线路的选择应考虑的条件

1）额定电压、输送容量及输送距离。

2）路径条件、气候条件。

3）远景发展。

2. 杆型的选择

1）一般条件下，市区、厂区10kV和低压可同杆架设，不宜采用35kV、10kV、低压同杆架设。市区外35kV、10kV线路应分别架设。

2）市区、厂区10kV和低压同杆架设或低压单独架设时应采用三相五线制。

3）一般条件下，应采用单杆架设，只有在终端或设变压器台时可使用双杆。

在市区外，若架设距离较长且负荷较大时，可考虑双杆架设，必要时在跨越、转角或终端，可考虑铁塔架设。

4）市区、厂区杆距一般不大于50m，市区外一般不大于80m。

5）杆体材质一般为砼杆，有条件的可选用铁杆。

3. 金具横担的选择

1）横担的选择可按表4-47～表4-50进行。

2）其他配套金具铁件应与横担匹配。

在市区外，当送电距离小、容量小时，可选用瓷横担。

4. 绝缘子的选择

（1）常用绝缘子

1）针式绝缘子多用于10kV及以下的直线杆和转角合力不大的转角杆。

2）蝶式绝缘子用于380V线路终端、耐张及转角杆上，在6～10kV线路中还可以与悬式绝缘子组成绝缘子串，从而简化金具结构。因这种绝缘子耐电性能较差，故不宜单独用作高压线路绝缘元件。

3）悬式绝缘子适用于6kV及以上的线路上。

4）拉紧绝缘子用于拉线上作为拉线绝缘和连接用。

5）瓷横担绝缘子适用于10kV以上线路中作支持导线和绝缘之用，可取代针式绝缘子及部分悬式绝缘子。

常用绝缘子技术数据见表4-51～表4-55。

（2）按绝缘子强度选择绝缘子

1）采用针式绝缘子时，一般可按表4-56选用。

PQ-10T（PQ-10M）型针式绝缘子是由10kV线路上P-10T（P-10M）型绝缘子改进的。其特点是泄漏距离大、易于清扫、有较好的防秽性能，故适宜于污秽地区的10kV线路上采用。

www.789pdf.com 789书库网

表 4-47　高压单回路横担选择

档距	50m												90m											
杆型	直　线				耐　张				终　端				直　线				耐　张				终　端			
覆冰/mm	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
LJ-25	63×6				2×63×6				2×63×6				63×6				2×63×6				2×63×6			
LJ-35																								
LJ-50									2×75×8												2×75×8			
LJ-70																								
LJ-95									2×90×8												2×90×8			
LJ-120																								
LJ-150																								
LJ-185					2×75×8				2×63×6*						75×8		2×75×8				2×63×6*②			
LJ-240																								
LGJ-16	63×6				2×63×6				2×63×6				63×6				2×63×6				2×63×6			
LGJ-25									2×75×8												2×75×8			
LGJ-35																								
LGJ-50									2×90×8												2×90×8			
LGJ-70																								
LGJ-95					2×75×8				2×63×6*								2×75×8							
LGJ-120																					2×63×6*			
LGJ-150																								
LGJ-185			①		2×90×8						②		75×8				2×90×8							
LGJ-240																					2×75×8*			

注：* 为带斜撑的横担。

①为　75×8。

②为 2×　75×8*。

www.789pdf.com 789书库网

表 4-48　低压横担选择

类　型	2 线 横 担											
杆　型	直线杆				<45°转角杆、耐张杆				终端杆			
覆冰/mm	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
LJ-16	∟40×4				2×∟40×4				2×∟40×4			
LJ-25									2×∟50×5			
LJ-35												
LJ-50												
LJ-70									2×∟63×6			
LJ-95					2×∟50×5							
LJ-120				①								
LJ-150									2×∟75×8			
LJ-185												

类　型	4 线 横 担											
杆　型	直线杆				<45°转角杆、耐张杆				终端杆			
覆冰/mm	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
LJ-16	∟50×5				2×∟50×5				2×∟63×6			
LJ-25												
LJ-35					2×∟63×6				2×∟75×8			
LJ-50												
LJ-70									2×∟90×8			
LJ-95												
LJ-120	∟63×6				2×∟75×8				2×∟75×8*			
LJ-150												
LJ-185				②								

类　型	6 线 横 担											
杆　型	直线杆				<45°转角杆、耐张杆				终端杆			
覆冰/mm	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
LJ-16	∟63×6				2×∟63×6				2×∟75×8			
LJ-25									2×∟90×8			
LJ-35					2×∟75×8							
LJ-50									2×∟63×6*			
LJ-70												
LJ-95					2×∟90×8							
LJ-120									2×∟75×8*			
LJ-150	∟75×8			③								
LJ-185					2×∟75×8*				2×∟90×8*			

注：* 为带斜撑的横担。

①为∟50×5。

②为∟75×8。

③为∟90×8。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-49　高压双回路横担选择(档距 50m)

种类	上横担												下横担											
杆型	直线杆				耐张杆				终端杆				直线杆				耐张杆				终端杆			
覆冰/mm	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
LJ-25	∟63×6				2×∟63×6				2×∟63×6				∟63×6				2×∟63×6				2×∟75×8			
LJ-35																					2×∟90×8			
LJ-50																					2×∟63×6*			
LJ-70									2×∟75×8								2×∟75×8							
LJ-95									2×∟90×8								2×∟90×8				2×∟75×8*			
LJ-120									2×∟63×6*				∟75×8											
LJ-150																								
LJ-185				①	2×∟75×8											②	2×∟75×8*				2×∟90×8*			
LJ-240																								
LGJ-16	∟63×6								2×∟63×6				∟63×6				2×∟63×6							
LGJ-25					2×∟63×6				2×∟75×8												2×∟90×8			
LGJ-35																	2×∟75×8				2×∟63×6*			
LGJ-50									2×∟90×8															
LGJ-70																	2×∟90×8							
LGJ-95																					2×∟75×8*			
LGJ-120					2×∟75×8				2×∟63×6*				∟75×8				2×∟63×6*							
LGJ-150				①																	2×∟90×8*			
LGJ-185					2×∟90×8			③									2×∟75×8*							
LGJ-240									2×∟75×8*						∟90×8					④				

注：* 为带斜撑的横担。

① 为∟75×8。

② 为∟90×8。

③ 为 2×∟63×6*。

④ 为 2×∟90×8*。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-50　高压双回路横担选择(档距 90m)

种类	上横担												下横担											
杆型	直线杆				耐张杆				终端杆				直线杆				耐张杆				终端杆			
覆冰/mm	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
LJ-25	∟63×6				2×∟63×6				2×∟63×6				∟63×6			②	2×∟63×6				2×∟90×8			
LJ-35									2×∟75×8								2×∟75×8				③			
LJ-50													∟75×8											
LJ-70																	2×∟90×8							
LJ-95					2×∟75×8				2×∟90×8												2×∟75×8*			
LJ-120																2×∟90×8				2×∟90×8*				2×∟90×8
LJ-150		∟75×8							2×∟63×6*								2×∟75×8*							
LJ-185				①	2×∟90×8																			
LJ-240											2×∟75×8*		∟90×8								2×∟90×8*			
LGJ-16					×∟63×6				2×∟63×6							②	2×∟63×6				2×∟90×8			
LGJ-25									2×∟75×8				∟63×6											
LGJ-35									2×∟90×8								2×∟75×8							
LGJ-50	∟63×6																				2×∟75×8*			
LGJ-70													∟75×8				2×∟90×8							
LGJ-95					2×∟75×8				2×∟63×6*															
LGJ-120			∟75×8														2×∟75×8*				2×∟90×8*			
LGJ-150					2×∟90×8																			
LGJ-185				①					2×∟75×8*				∟90×8		2×∟90×8		2×∟90×8*							
LGJ-240					2×∟75×8*							④												

注：* 为带斜撑的横担。

① 为 ∟90×8。

② 为 ∟75×8。

③ 为 2×∟63×6*。

④ 为 2×∟90×8*。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-51 高压线路针式绝缘子

型号	泄漏距离（不小于）/mm	工频电压有效值/kV			铁脚代号	瓷抗弯破坏荷载/kg	铁脚抗弯强度/kg	绝缘子重量/kg
		干闪络	湿闪络	击穿				
P-6T	150	50	28	65	6T	1400	160	1.25
P-6M	150	50	28	65	6M			1.4
P-10T	185	60	32	78	10T			2.15
P-10M	185	60	32	78	10M			2.2
PQ-10T	290	70	40	100	10T			
PQ-10M	290	70	40	100	10M			
P-15T	280	75	45	98	15T		250	3.57
P-15M	280	75	45	98	15M			3.6

注：1. 铁脚抗弯强度指铁脚受力时，中心轴线偏移5°时的荷载值。

2. PQ型为加强绝缘子，其泄漏距离较大。

3. 绝缘子重量包括铁脚重量。

表 4-52 低压线路针式绝缘子

型号	额定电压/V	铁脚代号	瓷抗弯破坏荷载/kg	铁脚抗弯强度/kg	绝缘子重量/kg
PD-1T	500	1TD	1000	70	0.45
PD-1M		2MD			0.55
PD1-1T		—	1000	—	1.1
PD1-1M		—		—	1.2
PD1-2T		—	800	—	0.69
PD1-2M		—		—	0.79
PD1-3T		—	300	—	—
PD1-3M		—		—	—

表 4-53 悬式绝缘子

型号	工频电压有效值/kV			抗张荷载/kg		绝缘子重量/kg
	干闪络	湿闪络	击穿	1h机电	机电破坏	
X-3	220	30	90	3000	4000	3.35
X-4.5	290	45	110	4500	6000	5.0
XP-4	200	30	90	3000	4000	2.5
XP-7	290	45	120	5000	7000	4.0
X-3C	220	30	90	3000	4000	3.7
X-4.5C	270	45	110	4500	6000	5.2
XP-4C	200	30	90	3000	4000	2.6
XP-7C	290	45	120	5000	7000	4.2
XW-4.5	440	50	110	4500	6000	7.1
XW-4.5C	440	50	110	4500	6000	7.5

注：1. XW型为防污绝缘子。

2. C表示槽型连接。

3. 在XP型中，XP-4可代替X-3，XP-7可代替X-4.5。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-54　蝶式绝缘子

型　　号	额定电压/kV	工频电压有效值/kV			瓷机械破坏荷载/kg	绝缘子重量/kg
		干闪络	湿闪络	击穿		
ED-1	0.5	—	—	2	1800	1.0
ED-2	0.5	—	—	2	1500	0.5
ED-3	0.5	—	—	2	1000	0.25
E-6	6	50	26	65	1200	1.8
E-10	10	60	32	78	1500	3.5
E_1-6	6	50	26	65		
E_1-10	10	60	32	78		

表 4-55　拉紧绝缘子

型号	试验电压/kV	机械破坏荷载/t	重量/kg
J-2	10	2	0.2
J-4.5	15	4.5	1.1
J-9	25	9	2.0

表 4-56　按线路电压和横担材料选用针式绝缘子

线路电压/kV	木横担	铁横担
10	P-10M	P-15T
6	P-6M	P-10T
0.38	PD-1M	PD-1T

2）在采用悬式绝缘子串时，如无污秽空气影响，悬式绝缘子串片数可按表 4-57 选用。

3）架设在一般地区的线路，其绝缘子或绝缘子串的单位工作电压（额定线电压）泄漏距离不应小于 1.6cm/kV，架设在空气有工业污秽地区或接近海岸、盐场、盐湖和盐碱地区的线路，应根据运行经验和可能污染的程度，增加绝缘泄漏距离，并宜采用防污型绝缘子或采取其他有效措施。如无运行经验，可参照表 4-58。重雾地区按一般地区考虑，不增加绝缘。

（3）按机械强度选择绝缘子　详见第七章绝缘子的计算。

表 4-57　悬式绝缘子串（X-4.5 型）的绝缘子片数

线路电压/kV	6～10
悬垂绝缘子串	1
耐张绝缘子串	4

一般条件下，380V 低压架空线路中，档距 50m 时，低压蝶式绝缘子的选用可按表 4-59 进行。

拉紧绝缘子的选用可按表 4-60 进行。

5. 拉线的设置和选择

架空线路中，终端杆、转角杆、耐张杆及直线杆设置的防风段均应设置拉线。影响拉线选择的因素很多，其主要是克服纵向及横向的拉力。另外拉线选择与线路的电压等级、导线截面、杆型、风载大小及覆冰等因素有关。

一般条件下，拉线应按表 3-51～表 3-54 进行选择。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-58 空气污秽地区线路绝缘子要求的绝缘水平

污秽等级	污秽情况	单位泄漏距离/（cm/kV）
1	空气污秽的工业区，盐碱污秽，炉烟污秽	2.0～2.5
2	空气污秽较严重地区，沿海地带及盐场附近，重盐碱污秽，空气污秽而又有重雾地带，距化学性污源 300m 以外的污秽较严重地区	2.6～3.2
3	导电率很高的空气污秽地区（如大工厂和冶金工厂附近），发电厂的烟囱附近且附近有水塔，严重的盐雾地区，距化学性污源 300m 以内的地区	≥3.8

表 4-59 蝶式绝缘子的选用

导线规格	蝶式绝缘子型号
LJ185mm^2 以下	ED-2
LJ185mm^2 以上	ED-1

表 4-60 拉紧绝缘子的选用

拉线规格	拉紧绝缘子型号
镀锌钢绞线 25mm^2 或镀锌铁线 3/ϕ4～5/ϕ4mm	J2
镀锌钢绞线 35mm^2 或镀锌铁线 2/ϕ4mm	J4、5
镀锌钢绞线 50mm^2	J9

十四、火灾自动报警设备的选择

1. 火灾探测器的分类形式

火灾探测器的分类见表 4-61。

表 4-61 火灾探测器的分类

感烟火灾探测器	点型	离子式	双源型	感光（火焰）火灾探测器	紫外火焰型		
			单源型		红外火焰型		
		光电式	散射型		红外/紫外复合型		
			减光型		双频红外火焰型		
	线型	红外光束型			三频红外火焰型		
		激光型		复合式火灾探测器	感温感烟型		
感温火灾探测器	点型	定温式	水银接点型		感温感光型		
			易熔合金型		感烟感光型		
			玻璃球型		感温感烟感光型		
			双金属型	图像型火灾探测器	双波段火焰探测器		
			热敏电阻型		光截面感烟探测器		
		差温式	热敏电阻型	高灵敏度感烟探测顺	空气管取样型感烟探测器		
			膜盒型				
		差定温式	双金属型	可燃气体探测器	气敏半导体型		
			热敏电阻型		铂丝型		
			膜盒型		光电型		
	线型	定温式	感温电缆型		固体电介质型		
		差温式	空气管型	防爆型探测器	本安型		
					隔爆型		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 选用要点

（1）火灾探测器的选用

1）在绝大多数的一般场所，如宾馆客房、商场、办公楼等处，应选用点型感烟火灾探测器，并宜优先选用光电式感烟火灾探测器。在黑烟较多的场合，宜选用离子式感烟火灾探测器。

2）在不适宜安装或安装感烟火灾探测器可能造成误报的场所，或火灾发生时产生的烟少、温升快的场所，应选用感温或火焰等类型的火灾探测器。

3）在高大空间、如展览厅、候机大厅、高大厂房等处，一般宜选用红外光束感烟探测器。有条件时，宜与电视监控系统相结合，选用图像型火灾探测器（双波段火焰探测器、光截面感烟探测器）。

4）在特殊重要的或火灾危险性较高、需要及早期发现火灾的场所，如重要通信机房、大型计算机房、电磁兼容实验室（微波暗室）、大型立体仓库等处，宜选用高灵敏度的空气管取样型感烟探测器。

5）在对报警的准确率要求高，或误报会造成损失的场所，宜选用复合式火灾探测器（感温感烟型、感温感光型等）。

6）在需要联动进行灭火控制的场所，如控制计算机房气体灭火，控制雨淋系统灭火等，为防止误动作，应选用两种或两种以上探测器与门控制灭火，如点型感烟与感温火灾探测器，红外光束型感烟火灾探测器与线型感温火灾探测器，感烟与火焰探测器等。

7）在不需要详细按探测区域作为报警区域的大开间场所，如汽车库等处，为节约投资，宜选用非地址码型探测器，几个探测器合用一个地址。

8）根据《汽车库、修车库、停车场设计规范》和目前汽车尾气排放标准要求较高的情况，为实现早期报警，在通风良好的汽车库，宜选用感烟火灾探测器，但需将其设置在较低的灵敏度。

（2）可燃气体探测器的选用

1）智能建筑中的燃气锅炉房、燃气表房、燃气阀门处、公共厨房、公寓厨房、住宅厨房、地下室或设备层中燃气管线沿途等处，应设置可燃气体探测器。

2）厨房等处可选用非防爆的家用型探测器，并需根据所用燃气种类选用相应的探测器。

3）气体爆炸危险场所和重要场所应选用防爆型工业用探测器，探测器的报警灵敏度应按照所要探测的气体进行标定。

4）公共厨房内应在靠近灶具、燃气管道、阀门处设置探测器。

5）在地下室、设备层等处燃气管道沿途，应在阀门、法兰盘连接处、焊接处、拐弯处等可能存在泄漏点的位置设置探测器。

6）高度超过6m的空间，当可燃气体比空气轻时，宜设置上下两层探测器，其下层探测器距燃气用具上端不宜小于1.5m，并应设集气罩。

（3）可燃气体报警系统的联动控制

1）公共厨房等处宜设置为：当任何一个探测器报警时起动厨房排风机，当两个探测器同时报警时自动控制关闭有关燃气管道的自动切断阀。对重要的、关闭后影响比较大的切断阀，应设置为由消防控制中心及现场两地均可控制，确认漏气后手动关闭的方式。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）在燃气锅炉房、燃气表房等重要场所，宜选用工业用防爆型可燃气体探测器。当低限报警时，应自动起动通风装置，当高限报警时，应自动关闭有关燃气管道的自动切断阀。或当一个探测器报警时起动通风装置，两个探测器同时报警关闭阀门。可由消防控制室和现场手动控制关阀。

3）公共厨房等处的可燃气体探测器宜接入火灾自动报警系统，经火灾报警器编程控制起动有关风机及声光报警等。

4）住宅厨房的可燃气体探测器报警后应自动起动本厨房排风机，宜自动控制关闭本厨房燃气管道的自动切断阀。

5）装有分户供暖的家用燃气锅炉的封闭空间（含封闭阳台）应设置家用可燃气体探测器，报警后联锁控制关闭本户燃气管道切断阀，并强制起动通风。

（4）可燃气体探测器的安装位置与线路选择

1）可燃气体探测器的安装高度应根据所要检测的燃气的比重确定。燃气密度比空气轻时（如天然气、城市煤气），应安装在燃气设备或管线的上方，安装高度距离顶棚应不超过300mm，可吸顶或贴墙安装；燃气比空气重时（如液化石油气），安装高度应距离地面300mm左右。水平安装位置应靠近燃气阀门、燃气表、灶具附近等燃气可能泄漏的场所。

2）可燃气体探测器不应安装在有强气流通过的位置，与通风口之间的距离应不小于500mm。

3）安装在住宅厨房、公共厨房操作间内的自动切断阀的工作电压应选为直流24V及以下。

4）因可燃气体探测器正常工作时耗电量较大，其直流电源应单独供电，并应根据所连接的探测器数量和耗电量计算导线截面积。可燃气体探测器的电源不应取自火灾报警系统的控制回路电源线，以免影响火警控制模块的动作。

3. 系统的控制功能分析

（1）控制主机部分

1）确定控制主机的结构型式、扩展功能、CPU的备份、故障情况下的运行方式。

2）确定显示器图形显示中心的显示内容、控制方式、运行环境以及文件报表的打印。

（2）报警装置

1）火灾报警和记忆功能：收到火灾信号时的声光报警，显示火灾发生的部位，区分初次、二次报警信号，自动记忆各报警点及时间，记录报警点等功能要求。

2）故障报警和记忆功能：当区域报警控制器有故障信号或区域控制器与主控机（集中报警控制器）之间数据总线断线，或当系统其他部位出现断电、开路、接地、接线或元件的任何差错，均应能发出故障声光报警信号，且能显示故障发生区域并自动记录。

3）火灾报警优先，短路隔离功能，自动巡检等功能的要求，从而提高了系统的安全性。当同时出现火灾和故障信号时，应首先转入火灾声光报警，火灾信号消失后再发出故障声光报警。

4）网络接口增扩功能，与其他系统的联网功能，业主对系统软件的修改权等。

5）线路的连接方式，分支连接要求。

（3）联动控制方式

1）联动控制柜（台）主要是指控制，显示内容以及对控制柜加工制造方面的要求。

2）消火栓灭火系统具体内容如下：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 主要是指消火栓按钮、消防控制室控制按钮、泵房控制按钮之间的控制关系以及消火栓按钮报警、水泵起停、运行、水泵故障等信号的显示功能。

② 对完成上述控制的控制模块及相应的直接控制线提出具体要求。

③ 明确消防稳压泵平时工作要求及与消防泵之间的联动关系。

3）自动喷洒灭火系统具体内容如下：

① 主要是指水流指示器、水管检修阀门、湿式报警阀门的报警显示功能。

② 对手动、自动、模块及控制线控制起停泵的具体要求，以及水泵运行、故障的信号显示功能。喷淋稳压泵平时工作要求及与喷淋泵之间的联动关系。

4）水幕灭火系统具体内容如下：

① 雨淋阀的控制要求，如手动、自动、现场紧急启动等。

② 对手动、自动、模块及控制线控制起停泵的具体要求，以及水泵运行故障的信号显示要求。

③ 水幕稳压泵平时工作要求及与水幕水泵之间的联动关系。

5）排烟系统具体内容如下：

① 按排烟分区划分的排烟阀和排风阀，在火灾时的动作要求及与排烟风机和其相关的送风机（排风机等）的联动关系。

② 通风管道上的70℃防火阀及风机入口处的防火阀动作显示及联动功能。

③ 排烟管道上排烟防火阀动作显示及联动控制功能。

④ 系统通过模块自动控制及直接控制线控制要求及排烟风机运行故障信号显示要求。

6）正压送风机具体内容如下：

① 电动正压送风口与其联动的控制关系。

② 系统通过模块自动控制和直接控制线控制要求及正压送风机的运行、故障信号显示要求。

7）消防补风机具体内容如下：系统通过模块自动控制及直接控制线控制要求及消防补风机的运行、故障信号显示要求。

8）电动防火卷帘门具体内容如下：

① 仅用于分隔防火分区及同时也用于疏散的卷帘门，应分别提出动作要求。

② 消防控制室控制就地联动、声光报警，当发生火灾时，电源故障卷帘门应具备靠感温元件控制大门自动落下等功能。

③ 防火卷帘门两侧声光报警装置的要求以及在门两边设手动控制按钮的防误操作措施要求。

9）电动防火门具体内容如下：

① 与探测器的联动关系，接受返回信号及手动就地控制等功能。

② 对常闭（或常开）门的操作装置要求。

10）应急照明：控制接通相关区域的应急照明灯和疏散标志灯功能。

11）停非消防电源：按顺序切断相关区域的非消防电源（相关区域指防火分区或楼层）功能。

12）电梯应急控制具体内容如下：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 确定消防电梯玻璃按钮和钥匙开关的要求。

② 确定普通电梯消防控制程序。

③ 明确如何与电梯接口。

13）警报装置与楼层显示器：包括警铃、声光警报器、楼层显示器等警报装置的安装及联动方式。

14）应急广播具体内容如下：

① 明确应急广播机的容量、备用设备容量以及设备专用性。

② 确定扬声器的功率及电阻要求。

③ 系统的强切及音量控制器的切换功能。

④ 线路敷设应遵循的原则。

⑤ 确定火灾应急广播的播放顺序。

15）闭路电视监控：可根据建筑物管理程序的要求，确定在火灾时，由消防控制室输出信号到闭路电视监控中心，联动摄像机对火灾进行实时录像，对火灾报警点进行图像复核。

16）手动报警按钮及消防专用电话具体内容如下：

① 明确手动报警按钮的安装方式及数量。

② 对讲电话插孔的设置方式及数量。

③ 独立式对讲电话设置方式及数量。

④ 确定独立式对讲电话机的要求。

⑤ 专用 119 电话的设置要求。

⑥ 消防电话交换机的选型、容量、专用性等方面要求。

⑦ 电话总机与专用对讲电话以及对讲电话插孔之间的通话方式。

17）区域报警控制器及复示屏具体内容如下：

① 区域报警控制器的设置方式和数量以及与主控机的数据通信方式。

② 正常情况下及总线故障情况下区域报警控制器的功能，包括报警、报故障、联动控制等方面。

③ 区域控制器电源的配置要求。

④ 复示屏上的图形的要求并确定复示屏防护等级。

⑤ 根据工程特性，明确需要设置复示屏的安装方式及数量。

⑥ 复示屏的显示内容及声、光报警，操作功能。

⑦ 区域报警控制器、复示屏加工工艺要求。

18）供电电源具体内容如下：

① 明确消防控制室的交流主电源的条件及接续供电方式。

② 配置不间断电源（UPS）及后备蓄电池组的电压和不间断供电时间的要求，包括容量、故障情况下的工作时间等。

③ 对所有参与联动的设备装置所需的操作电源提出具体容量要求。

19）配线：包括随系统提供的传输线，以及控制、广播、通信等线路的耐热、阻燃及屏蔽等要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4. 主要设备、元件及其技术要求

（1）探测器一般要求

1）系统总线方式的要求。

2）确认灯、电子编码、功耗、可靠性、环境适应性、结构的要求。

3）探测器的诊断、报警的确认的要求。

4）探测器的互换性、拆卸的要求。

5）火灾探测器的类型及灵敏度的确定。

6）在危险仓库或易燃物品存储库（例如油箱间）应安装防爆型探测器。

（2）探测器

1）感烟探测器：允许使用的环境温度、湿度以及对报警遮暗、抗高风速能力、保护类型的具体数据要求。

2）感温探测器：温度和速率以及保护类型等。

3）线性光束探测器：光束的工作距离、工作宽度、工作温度、报警遮暗及保护类型等要求。

4）遥距指示灯：当设计需要安装遥距指示灯时，应对灯体材料、尺寸、字标、安装方式以及与探测器连线的接口提出具体要求。

（3）报警器

1）手动报警器：明确接线型式、地址设置、按动按钮后复位型式、电话插孔、面板字标、安装方式、后备玻璃数量、保护类型等要求。

2）消火栓破玻璃报警器：明确接线型式、地址设置、破玻璃报警器、破碎按钮后联动功能、信号返回（包括节点电压及电流）、安装方式、后备玻璃数量、保护类型等要求。

3）警铃：警铃的颜色、材料、尺寸、工作电压、接线方式及字标。

4）声光报警器：声光报警器的材料、工作电压、电源消耗、接线方式、灯光频闪频率、亮度、字标、安装方式以及与其配套的蜂鸣器的安装方式等。

（4）控制与信号模块　输入输出节点数量、节点容量、运行模式、接线方式、编码形式、内部设置元件内容、形式以及模块与主控机的关系，另外对模块的电源、安装、拆卸方面也应提出具体要求。

（5）辅助继电器　工作电压、节点数量、容量以及强弱电隔离和安装底座拆卸、维修等方面的要求。

（6）消防控制室设备

1）微机及其配套设备：主频、内存、硬盘、显示器、键盘、鼠标、打印机、驱动器、CDROM、通信接口、网络卡等配置要求。

2）控制主机：对字节数、结构型式、CPU 的备份状况、系统的存储量、报警、联动控制能力、系统的扩展性、通信接口、总线通信方式、接线方式、后备电源容量的要求。

3）主控屏包括如下几部分：

① 显示部分：明确显示内容、显示整个系统资料、报警显示区域等。

② 发光指示器部分：电源开启、系统开启、系统故障、报警信号、电池故障等内容。

③ 按钮：报警、系统测试、信号灯测试、系统复位、蜂鸣器消声、警报消声、输入系统参数及联动程序等内容。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

④ 报警及故障蜂鸣器：报警启动及手动消声功能。

4）联动控制柜：包括设备控制按钮及状态信号显示、按钮带标签指示、指示灯。消防广播、手动分区选择按键。对讲电话总机、手动选择按键、专用119电话。

① 所有设备和元件应需牢固安装，内部电线的连接和排列应便于以后的维修和更换部件等工作。

② 所有接线柱应有护罩，其中带电的接线柱连同其分开的控制板上应设有适当的警告牌。所有电路应装上可拆装的熔断器，以便分隔、检测和维修。

③ 明确联动柜体的钢板厚度、钢板表面处理、防护等级的要求。

④ 系统中不同电压等级的元件应隔离。

⑤ 联动控制柜通风、散热、接地的要求。

5）消防设备与其他设备供货界面及接口原则：对灭火、防排烟、疏散、运输等动作所需的接口设备元件的要求，包括控制方式、控制节点电压、电流、数量等。

6）对系统软件的基本要求：中心系统的操作平台、人机对话界面、图形处理功能、控制功能、数据自由编程、软件查询自诊断等功能以及对软件应用语言、信号处理方式、系统通用性、兼容性、扩展、改造、升级、抗干扰、响应速度、数据存储容量等的要求。

5. 探测器的选择

1）火灾初期有阴燃阶段，产生大量的烟和少量的热，很少或没有火焰辐射，应选用感烟探测器。

2）火灾发展迅速，产生大量的热、烟和火焰辐射，可选用感温探测器、感烟探测器、火焰探测器或其组合。

3）火灾发展猛烈，有强烈的火焰辐射和少量的烟、热，应选用火焰探测器。

4）火灾形成特点不可预见，可进行模拟试验，根据试验结果选择。

5）对不同高度的房间应按表4-62选择火灾探测器。

表4-62 根据房间高度选择火灾探测器

房间高度 h/m	感烟探测器	感温探测器			火焰探测器
		一级	二级	三级	
$12<h\leqslant20$	不适合	不适合	不适合	不适合	适合
$8<h\leqslant12$	适合	不适合	不适合	不适合	适合
$6<h\leqslant8$	适合	适合	不适合	不适合	适合
$4<h\leqslant6$	适合	适合	适合	不适合	适合
$h\leqslant4$	适合	适合	适合	适合	适合

6）在散发可燃气体和可燃蒸气的场所，宜选择可燃气体探测器。

7）下列场所宜选用离子感烟探测器或光电感烟探测器：饭店、旅馆、教学楼、办公楼的厅堂、卧室、办公室等；电子计算机房、通信总机房、电影或电视放映室等；楼梯、过道、电梯机房、书库、档案库及有电气火灾危险的场所。

8）下列情形或场所宜选用感温探测器：相对湿度经常高于95%的场所，可能发生无烟火灾的场所，有大量粉尘的场所，正常情况下有烟和蒸气滞留的场所，厨房、锅炉房、发电机房、烘干车间、汽车库、吸烟室、小会议室及不宜安装感烟探测器的厅堂和公共场所。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）下列情形的场所，不宜选用离子感烟探测器：相对湿度长期大于95%的场所，气流速度大于5m/s的场所，有大量粉尘、水雾滞留的场所；可能产生腐蚀性气体的场所，正常情况下有烟滞留的场所，产生醇类、醚类、酮类等有机物质的场所。

10）下列情形的场所，不宜选用光电感烟探测器：可能产生黑烟的场所，大量积聚粉尘的场所，可能产生蒸气和油雾的场所，在正常情况下有烟滞留的场所，存在高频电磁干扰的场所。

11）可能产生阴燃火或者如发生火灾不及早报警将造成重大损失的场所，不宜选用感温探测器；温度在0℃以下的场所，不宜选用定温探测器，正常情况下温度变化较大的场所，不宜选用差温探测器。

12）有下列情形的场所，宜选用火焰探测器：火灾时有强烈的火焰辐射的场所，无阴燃阶段的火灾场所、需要对火焰作出快速反应的场所。

13）有下列情形的场所，不宜选用火灾探测器：可能发生无焰火灾的场所，在火焰出现前有浓烟扩散的场所，探测器的镜头易被污染的场所，探测器的“视线”易被遮挡住的场所，探测器易受阳光或其他光源直接或间接照射的场所，在正常情况下有明火作业以及X射线、弧光等影响的场所。

14）有自动联动装置或自动灭火系统时，宜采用感烟、感温、火焰探测器同类型或不同类型的组合。

6. 火灾报警控制器和火灾报警装置的选择

1）区域报警控制器的容量不应小于报警区域内探测器的总数，集中报警控制器的容量不宜小于保护范围内探测区域总数。

2）音响报警装置发出的音响，应与其他音响有明显的区别，灯光报警信号宜作为音响报警的辅助手段，并且其中一种有故障时不得影响另一种正常工作。

7. 火灾探测器的设置和布局

1）探测区域内每个房间至少应设置一只火灾探测器。

2）感烟、感温探测器的保护面积和保护半径应按表4-63确定。

表4-63　感烟、感温探测器的保护面积和保护半径

火灾探测器的种类	地面面积 S /m²	房间高度 h /m	探测器的保护面积 A 和保护半径 R					
			屋顶坡度 θ					
			$\theta \leqslant 15°$		$15° < \theta \leqslant 30°$		$\theta > 30°$	
			A/m²	R/m	A/m²	R/m	A/m²	R/m
感烟探测器	$S \leqslant 80$	$h \leqslant 12$	80	6.7	80	7.2	80	8.0
	$S > 80$	$6 < h \leqslant 12$	80	6.7	100	8.0	120	9.9
		$h \leqslant 6$	60	5.8	80	7.2	100	9.0
感温探测器	$S \leqslant 30$	$h \leqslant 8$	30	4.4	30	4.9	30	5.5
	$S > 30$	$h \leqslant 8$	20	3.6	30	4.9	40	6.3

3）感烟、感温探测器的安装间距，不得超过图4-2中极限曲线 $D_1 \sim D_{11}$ 所规定的范围。

4）一个探测区域内所需设置的探测器数量 N（取整数），应按下式计算，即

$$N \geqslant \frac{S}{KA} \tag{4-74}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

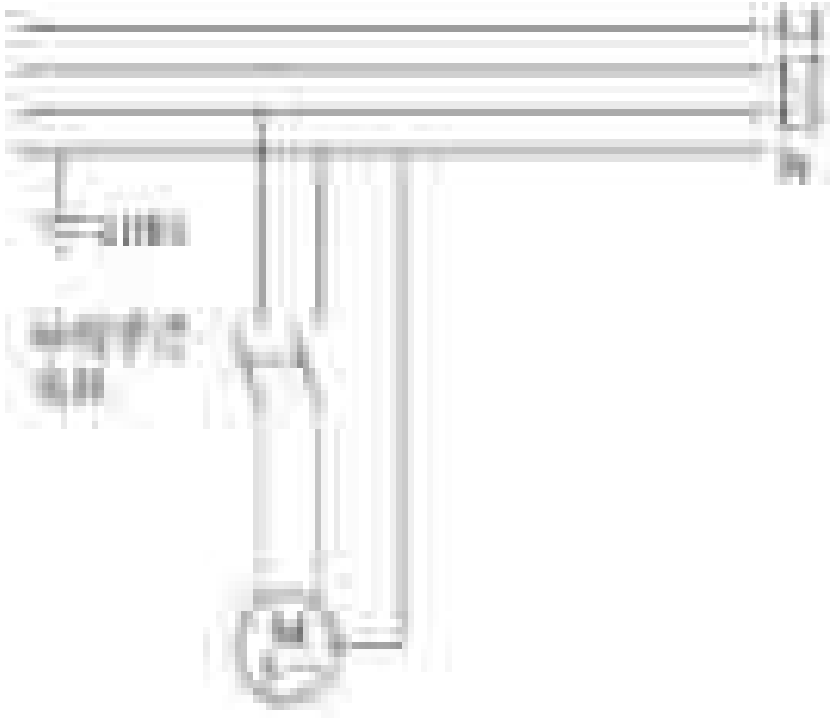


图 4-2 探测器安装间距极限曲线图

A—探测器的保护面积，单位为 m^2 a、b—探测器的安装间距，单位为 m

注：在 Y 和 Z 两点间的曲线范围内，保护面积可得到充分利用。

式中 S——一个探测区域的面积，单位为 m^2；

A——一个探测器的保护面积，单位为 m^2；

K——修正系数，重点保护建筑取 0.7 ~ 0.9，非重点保护建筑取 1.0。

5）在梁突出顶棚的高度小于 200mm 的顶棚上设置感烟、感温探测器时，可不考虑梁对探测器保护面积的影响。当梁突出顶棚的高度在 200 ~ 600mm 时，应按图 4-3 和表 4-64 确定梁的影响和一只探测器能够保护的梁间区域的个数。

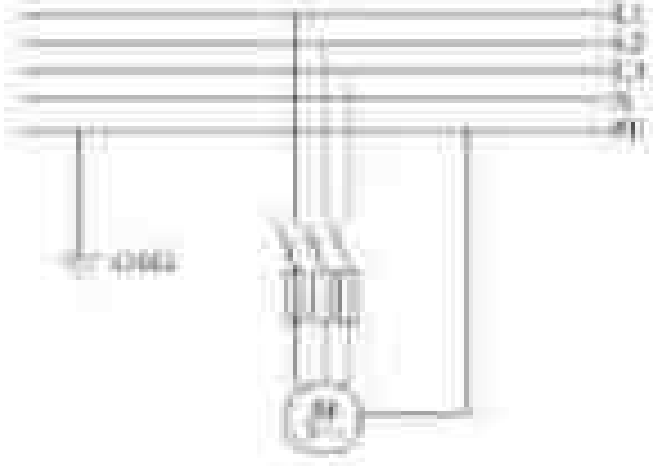


图 4-3 不同房间高度下梁高对探测器设置的影响

当梁突出顶棚的高度超过 600mm 时，被梁隔断的每个梁间区域至少应设置一只探测器。

当被梁隔断的区域面积超过一只探测器的保护面积时，则应将被隔断的区域视为一个探测区域，并按式（4-74）去计算探测器的设置数量。

当梁间净距离小于 1m，可视为平顶棚。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）在宽度小于3m的内走道顶棚上设置探测器时，宜居中布置。感温探测器的安装间距不应超过10m，感烟探测器的安装间距不应超过15m。探测器至端墙的距离，不应大于探测器安装间距的一半。

表4-64　按梁间区域面积确定一只探测器能够保护的梁间区域的个数

探测器的保护面积 A/m^2		梁隔断的梁间区域面积 Q/m^2	一只探测器保护的梁间区域的个数	探测器的保护面积 A/m^2		梁隔断的梁间区域面积 Q/m^2	一只探测器保护的梁间区域的个数
感温探测器	20	$Q>12$	1	感烟探测器	60	$Q>36$	1
		$8<Q\leqslant12$	2			$24<Q\leqslant36$	2
		$6<Q\leqslant8$	3			$18<Q\leqslant24$	3
		$4<Q\leqslant6$	4			$12<Q\leqslant18$	4
		$Q\leqslant4$	5			$Q\leqslant12$	5
	30	$Q>18$	1		80	$Q>48$	1
		$12<Q\leqslant18$	2			$32<Q\leqslant48$	2
		$9<Q\leqslant12$	3			$24<Q\leqslant32$	3
		$6<Q\leqslant9$	4			$16<Q\leqslant24$	4
		$Q\leqslant6$	5			$Q\leqslant16$	5

7）一般情况下，探测器至墙壁、梁边的水平距离，不应小于0.5m；探测器周围0.5m内，不应有遮挡物；探测器至空调送风口边的水平距离不应小于1.5m，至多孔送风顶棚孔口的水平距离不应小于0.5m。

8）房间被其他物体隔断分离，物体顶部至顶棚或梁的距离小于房间净高的5%时，则每个被隔开的部分至少应安装一只探测器。

9）当房屋顶部有热屏障时，感烟探测器下表面至顶棚的距离，应符合表4-65中的规定。

表4-65　感烟探测器下表面距顶棚（或屋顶）的距离

探测器的安装高度 h/m	感烟探测器下表面距顶棚（或屋顶）的距离 d/mm					
	顶棚（或屋顶）坡度 θ					
	$\theta\leqslant15°$		$15°<\theta\leqslant30°$		$\theta>30°$	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大
$h\leqslant6$	30	200	200	300	300	500
$6<h\leqslant8$	70	250	250	400	400	600
$8<h\leqslant10$	100	300	300	500	500	700
$10<h\leqslant12$	150	350	350	600	600	800

10）锯齿型屋顶和坡度大于15°的人字形屋顶，应在每个屋脊处设置一排探测器，探测器的个数由屋脊长度和探测器保护半径而定，探测器下表面距屋顶最高处的距离，应符合表4-65中的规定。

11）下列场所可不设火灾探测器：厕所、浴室、不能有效探测火灾的场所、不便维修和使用（重点部位除外）的场所。

十五、防盗报警设备元件的选择

防盗报警设备元件的种类很多，其选择方法较为简单，主要是看其投资情况，这里仅以

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电视监控系统和对讲系统为例进行讲述。

1. 电视监控系统选择要点

（1）摄像机

1）宜选用 CCD 黑白、彩色摄像机。

2）黑白摄像机水平清晰度不低于 400 线，彩色摄像机水平清晰度不低于 270 线。

3）信噪比要求不低于 46dB。

（2）镜头

1）镜头应与摄像机的工业接口一致。

2）镜头规格应与摄像机靶面规格一致。

3）镜头的焦距应根据视场大小和镜头与监视目标的距离确定。

（3）传输电（光）缆　一般情况下，图像信号用同轴电缆传输。当长距离传输或需避免强电磁场干扰的传输，采用光缆传输。

（4）控制器　要求控制器具有摄像机选择、镜头控制、云台控制等功能。

（5）电动云台

1）根据摄像机的重量，选择电动云台的承载能力。

2）根据所监视的范围，选择电动云台的旋转范围。

3）根据响应时间的要求，选择电动云台的旋转速度。

4）在室外安装的电动云台应选择具有防雨或抗风能力。

（6）切换控制器

1）视频输入路数要求≥摄像机的数量 + 预留扩展的数量。

2）视频输出路数要求≥监视器的数量 + 预留扩展的数量。

（7）画面分割处理器　画面分割处理器的选用与监视器的规格有关，通常采用 35cm 及以下屏幕的监视器时，相应选用 4 画面分割处理器；采用 35cm 以上屏幕的监视器时，相应选用 9 画面或 16 画面分割处理器。

（8）监视器

1）监视器的类型应与摄像机的类型相匹配。

2）监视器的清晰度应略高于系统中摄像机的清晰度。

3）宜采用 23 ~ 51cm 屏幕的监视器。

（9）录像机

1）可供实时以标准速度和多种选择的间歇式录像和重放。

2）具有按指定时间开始和停止录像功能，并内附日期时间和摄像机位置编码发生器以记录日期、时间和位置编码，并可在监视器上显示。

3）根据实时录像或非实时录像要求，选择数字硬盘录像机信号压缩方式及硬盘的容量。

4）数字硬盘录像机可根据系统功能的需要，选择画面分割处理、摄像机控制、报警联动等技术指标。

2. 注意事项

（1）电视监视系统的设置　在下列场所应设置电视监视系统：

1）银行、证券交易所及金融大厦。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）省、市级及以上级博物馆、展览馆。

3）大型百货商场、自选商场、首饰店。

4）三星级及三星以上级宾馆、饭店及高档写字楼。

5）停车楼及大型地下车库、大型停车场。

6）大型火车站、民用航空港、客运港口。

7）智能化住宅小区。

（2）摄像部分

1）应根据监视目标的照度选择不同灵敏度的摄像机。监视目标的最低环境照度应高于摄像机最低照度的10倍。

2）摄像机镜头的选择应符合下列规定：

① 镜头的焦距应根据视场大小和镜头目标的距离确定，并按如下两式计算，即

$$F = \frac{AL}{H} \tag{4-75}$$

$$W = \frac{4}{3}H \tag{4-76}$$

式中　F——焦距，单位为mm；

A——像场高，单位为mm；

L——物距，单位为mm；

H——视场高，单位为mm；

W——视场宽，单位为mm。

摄取固定监视目标时，可选用定焦镜头；当视距较小而视角较大时，可选用广角镜头；当视距较大时，可选用望远镜头；当需要改变监视目标的观察视角或视角范围较大时，宜选用变焦距镜头。

② 当需要遥控时，可选用具有光对焦、光圈开度、变焦距的遥控镜头装置。

（3）传输部分　系统的图像信号传输方式应符合下列规定：

1）传输距离较近，可采用同轴电缆传输视频基带信号的视频传输方式。

① 当传输黑白电视基带信号，在5MHz点的不平坦度大于3dB时，宜增加电缆均衡器；当大于6dB时，应加电缆均衡放大器。

② 当传输彩色电视基带信号，在5.5MHz点的不平坦度大于3dB时，宜增加电缆均衡器；当大于6dB时，应加电缆均衡放大器。

2）传输距离较远，监视点分布范围广，或需进电缆电视网时，宜采用同轴电缆传输射频调制信号的射频传输方式。

3）长距离传输或需避免强电磁场干扰的传输，宜采用传输光调制信号的光缆传输方式。当有防雷要求时，应采用无金属光缆。

（4）显示部分

1）切换控制器：切换控制器要求具有手动视频切换和自动视频切换功能。

2）监视器具体要求如下：

① 监视器屏幕的大小应与图像相匹配，宜采用23～51cm屏幕的监视器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 在射频传输方式中，可采用电视接收机作监视器。

③ 有特殊要求时，可采用大屏幕监视器或投影电视。

3）录像机

① 在同一系统中，录像机的制式和磁带规格应一致。

② 录像机输入、输出信号，视、音频指标均应与整个系统的技术指标相适应。

③ 当长时间记录监视画面时，可采用长时间记录的录像机。

（5）控制部分

1）电动云台：当摄像机需做多方位场景监视时，应配备遥控电动云台。

2）控制器：要求控制器应具有视频信号放大与分配、图像信号校正与补偿、图像信号的切换、摄像机及云台的控制功能。

（6）系统供电　电视监视系统供电应符合下列规定：

1）电视监视系统应设置专用的统一供电电源，采用交流单相220V、50Hz电源，电压允许偏移±10%，频率允许偏移±1%。

一类建筑应按一级负荷要求供电，二级建筑应按二级负荷的两回路要求供电。监控室设置专用的双电源自动转换配电盘。

2）当电源电压波动超过允许值时，应设置稳压设备，稳压设备的标称功率不宜小于系统使用功率的1.5倍。

3）摄像机电源宜由监控室引专线集中供电。远端摄像机集中供电确有困难时，摄像机可就近从事故照明盘引专用回路供电，但必须由监控室电源配电箱同相位分路电源供电，并应由监控室操作通断。

十六、电缆电视元件的选择

电缆电视元件的选择是通过计算选择的，为了保证用户接收电平在57～83dBμV以内，通常是从天线频道接收场强往下，经混合器、放大器、分配器、分支器、直到用户端，逐级计算，合理选择元件，进而保证每户电平在规定范围以内。现以一计算实例说明计算方法和元件选择方法。

例：某居民楼6层，层高为2.7m，距电视发射天线15km，试计算选择元件（见图4-4）。

采用分配器串接单元型式，元件用GT型，同轴电缆干线用SYV-75-9型，支线选SYV-75-5-1型。

1. 前端计算

实测现场的场强值，低频二频道82dB，高频八频道90dB，天线可选T2、T8型，天线输出电平可按下式计算，即

$$U_R = E + 20\lg\lambda/\pi + G - L_f - 7 \tag{4-77}$$

式中　U_R——天线输出电平；

E——场强；

$20\lg\lambda/\pi$——波长修正系数；

G——天线增益；

L_f——馈线损耗。

修正波长系数可按表4-66选取。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

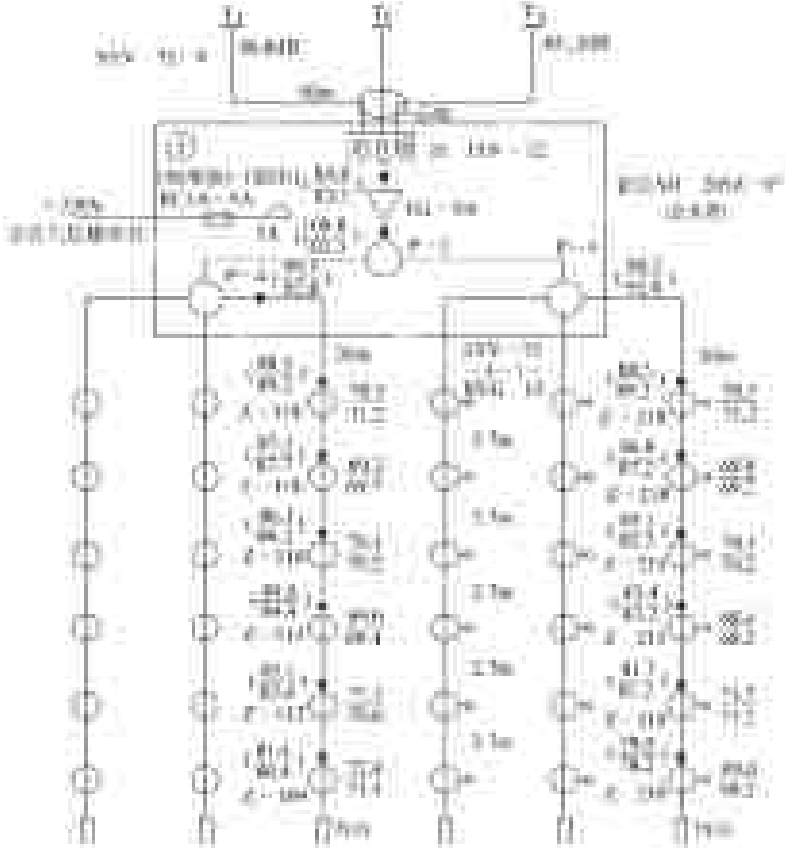


图 4-4　共用天线电视系统图

表 4-66　波长修正系数　（单位：dB）

频　　道	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$20\lg\lambda/\pi$	+5.4	+4.3	+3.2	+1.9	+1.0	−4.9	−5.3	−5.7	−6.1	−6.4	−6.8	−7.1

$$U_{R2} = (82 + 4.3 + 8 - 10 \times 0.05 - 7)\ \text{dB}\mu\text{V} = 86.8\text{dB}\mu\text{V}$$

$$U_{R8} = (90 - 5.7 + 9 - 10 \times 0.1 - 7)\ \text{dB}\mu\text{V} = 85.3\text{dB}\mu\text{V}$$

可选五频道混合器，经混合后的电平值为（通常将输出电平值写成分数形式，分子表示低频道输出电平，分母表示高频道输出电平）

$$\left[\frac{86.8 - 2\ (\text{混合器插入损耗})}{85.3 - 2\ (\text{混合器插入损耗})}\right]\text{dB} = \frac{84.8}{83.3}\text{dB}$$

混合后的电平偏低，加一级功率放大器，选用 FGVA 型，调整二频道增益为 16dB，八频道增益为 20dB，放大器输出电平值为

$$\left[\frac{84.8 + 16\ (\text{放大器增益})}{83.3 + 20\ (\text{放大器增益})}\right]\text{dB} = \frac{100.8}{103.3}\text{dB}$$

一般将前端设备的输出电平调整在 90～100dB 之间，如果天线输出电平较高，在 95dBμV 以上，前端就不必再放大了。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

二分配器输出电平为（选 P-2 型）

$$\left[\frac{100.8-3.5\text{（分配器分配损耗）}}{103.3-3.5\text{（分配器分配损耗）}}\right]\text{dB}=\frac{97.3}{99.8}\text{dB}$$

四分配器输出电平为（选 P-4 型）

$$\left[\frac{97.3-7\text{（分配器分配损耗）}}{99.8-7\text{（分配器分配损耗）}}\right]\text{dB}=\frac{90.3}{92.8}\text{dB}$$

2. 元件的计算选择

（1）六层的输入电平（以图 4-4 上右侧为例）

$$\left[\frac{90.3-20\times0.09\text{（水平线路损耗）}}{92.8-20\times0.18\text{（水平线路损耗）}}\right]\text{dB}=\frac{88.5}{89.2}\text{dB}$$

式中的 0.09 和 0.18 分别为低频和高频每米同轴电缆的损耗，单位为 dB，20 为前端箱到六层分支器的距离，单位为 m。

（2）六层的输出电平（用户电平，选用 Z-218 分支器）

$$\left[\frac{88.5-18\text{（分支器衰耗）}}{89.2-18\text{（分支器衰耗）}}\right]\text{dB}=\frac{70.5}{71.2}\text{dB}$$

（3）五层的输入电平

$$\left[\frac{88.5-1.5\text{（插入损耗）}-2.7\times0.09\text{（竖直线路损耗）}}{89.2-1.5\text{（插入损耗）}-2.7\times0.18\text{（竖直线路损耗）}}\right]\text{dB}=\frac{86.8}{87.2}\text{dB}$$

式中的 2.7 为层高，即六层分支器到五层分支器的距离，单位为 m。

（4）五层的输出电平（用户电平，选用 Z-218 分支器）

$$\left[\frac{86.8-18\text{（分支器衰耗）}}{87.2-18\text{（分支器衰耗）}}\right]\text{dB}=\frac{68.8}{69.2}\text{dB}$$

（5）四层的输入电平

$$\left[\frac{86.8-1.5\text{（插入损耗）}-2.7\times0.09\text{（竖直线路损耗）}}{87.2-1.5\text{（插入损耗）}-2.7\times0.18\text{（竖直线路损耗）}}\right]\text{dB}=\frac{85.1}{85.2}\text{dB}$$

（6）四层的输出电平（用户电平）选用 Z-215 分支器

$$\left[\frac{85.1-15\text{（分支器衰耗）}}{85.2-15\text{（分支器衰耗）}}\right]\text{dB}=\frac{70.1}{70.2}\text{dB}$$

（7）三层的输入电平

$$\left[\frac{85.1-1.5\text{（插入损耗）}-2.7\times0.09\text{（竖直线路损耗）}}{85.2-1.5\text{（插入损耗）}-2.7\times0.18\text{（竖直线路损耗）}}\right]\text{dB}=\frac{83.4}{83.2}\text{dB}$$

（8）三层的输出电平（用户电平，选用 Z-215 分支器）

$$\left[\frac{83.4-15\text{（分支器衰耗）}}{83.2-15\text{（分支器衰耗）}}\right]\text{dB}=\frac{68.4}{68.2}\text{dB}$$

（9）二层的输入电平

$$\left[\frac{83.4-1.5\text{（插入损耗）}-2.7\times0.09\text{（竖直线路损耗）}}{83.2-1.5\text{（插入损耗）}-2.7\times0.18\text{（竖直线路损耗）}}\right]\text{dB}=\frac{81.7}{81.2}\text{dB}$$

（10）二层的输出电平（用户电平，选用 Z-210 分支器）

$$\left[\frac{81.7-10\text{（分支器衰耗）}}{81.2-10\text{（分支器衰耗）}}\right]\text{dB}=\frac{71.7}{71.2}\text{dB}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（11）一层的输入电平

$$\left[\frac{81.7-2.5\text{（插入损耗）}-2.7\times0.09\text{（竖直线路损耗）}}{81.2-2.5\text{（插入损耗）}-2.7\times0.18\text{（竖直线路损耗）}}\right]\text{dB}=\frac{79}{78.2}\text{dB}$$

（12）一层的输出电平（用户电平，选用 Z-210 分支器）

$$\left[\frac{79-10\text{（分支衰耗）}}{78.2-10\text{（分支衰耗）}}\right]\text{dB}=\frac{69}{68.2}\text{dB}$$

将计算结果和选择元件的型号标注在系统图上。如果在计算过程中发现某点电平值较低（一般情况下输入电平低于 70dB，输出电平即用户电平接近 60dB）则说明该点的上一点电平已经低了。为了保证信号的正确传输，保证用户电平在 70dB 左右，则应在上一点和这点间加接线路延长放大器，计算方法和选择方法与天线放大器相同。

3. 大系统的计算方法

如果系统较大，可将建筑总平面图分成几个区域，每个区域最多不超过 1000 户，信号传输电平的计算同前，当电平降到一定数值时应在该点加设线路放大器，如图 4-5（平面图）和图 4-6（系统图）所示。

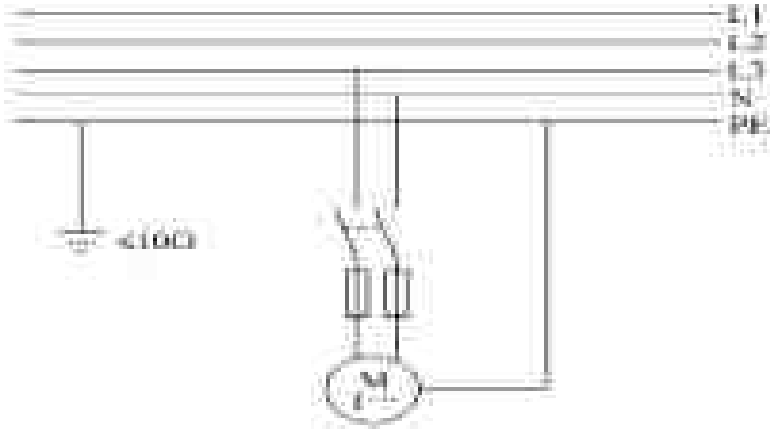


图 4-5　大系统电缆电视平面布置图

这里要说明几点，有线电视推广以来，由广电部门电缆输送的电视信号基本能满足接收电平的要求，只要将与其配套的调制器（分配器）按要求安装，即可收到很好的图像。其实有线电视就是一个系统很大的电缆电视传输系统，其系统元件选择基本相同，不同的是由广电部门将电视信号调好。

十七、微机自动监控系统设备元件的选择

1. 工业或建筑群楼宇控制系统

利用直接数字控制器（DDC），通过测量/控制元件，对温度、湿度、流量、液位、电能、照度电量、机械量等物理量进行测量，配以相应的控制程序，实现工业或建筑物内各类机电系统的运行、安全、节能等要求，并通过中央监控站对各类机电设备实施自动监测。

（1）元件与系统选用要点　依据工程设计要点或相关专业的工艺资料确定被控对象，确定单台被控设备所需控制点，根据被控设备所在建筑平面设置控制箱（内设 DDC）位置，选择 DDC 控制器，绘制系统图。

（2）监控对象　根据工程特点可对下列系统的全部或部分实施监控。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

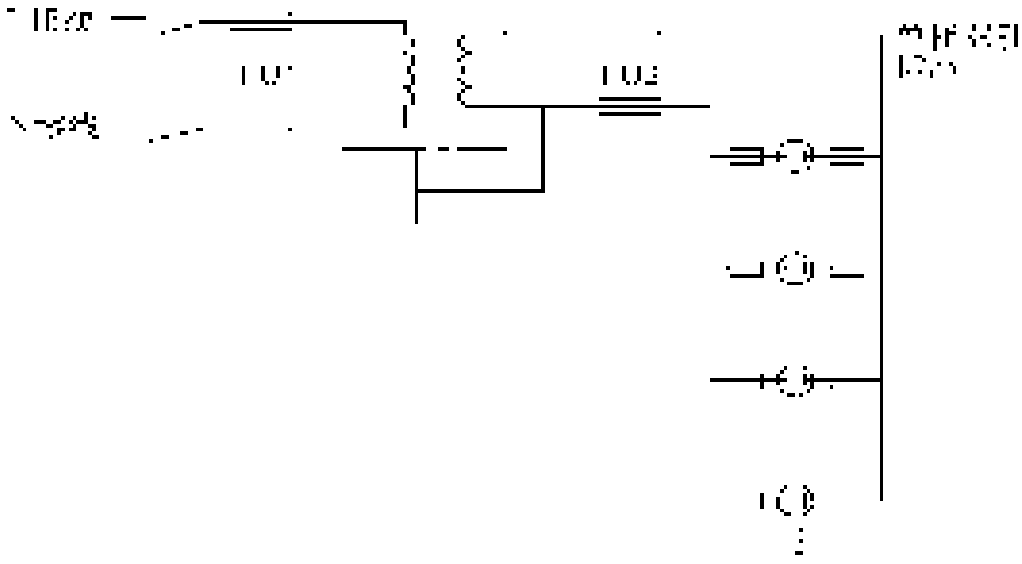


图 4-6 大系统电缆电视传输分配系统图

1）对给水系统的监视与控制：市政给水压力的显示；生活水池高/低水位的显示和报警；高位水箱高/低水位的显示和报警；生活水泵运行状态显示和故障报警；水泵的运行时间记录等。

2）对排水系统的监视与控制：集水坑各水位显示；集水坑高水位报警；潜水泵运行状态显示和故障报警；水泵的运行时间记录等。

3）对开水器的控制：时间程序控制其电源的通、断等。

4）对空调制冷（供热）系统的监视与控制：冷水机起、停控制，运行状态显示和故障报警；冷冻水泵起、停控制，运行状态显示和故障报警；冷却水泵起、停控制，运行状态显示和故障报警；冷却塔风机起、停控制，运行状态显示和故障报警；冷却水供、回水温度测量；冷冻水供、回水温度测量；冷冻水水流量测量；冷冻机、冷却泵、冷冻泵、冷却塔风机的顺序起、停控制；冷负荷计算；根据冷负荷确定冷水机组开启台数；根据冷冻水系统供、回水总管压差，控制其旁通阀的开度；热水泵起、停控制，运行状态显示或故障报警等。

5）对新风机组的监视与控制：风机起、停控制，运行状态显示和故障报警；送风温度测量；根据送风温度调节冷/热水阀开度；过滤器淤塞报警；防冻保护；防火阀动作联锁停风机；送风湿度测量；根据送风湿度调节蒸气阀开度或开启加湿机。

6）对空调机组的监视与控制：风机启、停控制，运行状态显示和故障报警；送、回风温度测量；根据送、回风温度调节冷/热水阀开度；过滤器淤塞报警等；防冻保护；防火阀动作联锁停风机；送、回风湿度测量；根据送、回风湿度调节蒸气阀开度或开启加湿机等。

7）对排风机、进（送）风机的监视与控制：风机起、停控制，运行状态显示和故障报警等。

8）对高压配电系统的监视：进、出线开关，母联开关的状态显示；进、出线电流，电压显示；功率因数显示；有功、无功功率显示；计算。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）对低压配电系统的监视：进线开关、母联开关的状态显示；进线电流、电压显示；功率因数显示；计量等。

10）对变压器的监视：温度显示及超温报警等。

11）对柴油发电机的监控：状态显示及故障报警等。

12）高、低压配电系统模拟图显示等。

13）对照明系统的控制：办公照明控制；室外照明控制；节日照明控制；走廊照明控制；车库照明控制；航空障碍灯的控制、状态、频率、故障报警等。

14）对空气质量的监测：地下车库一氧化碳含量的监测；室内二氧化碳含量的监测等。

15）大楼管理：出入口管理；车库管理；扶梯、电梯的运行状态、故障报警等。

16）大型电动机、主要设备电动机、主要电气设备的监控：运行状态；电流和电压；转速；振动；声音；外壳温度；功率。

17）消防系统。

18）保安系统。

2. 智能家居监控系统

智能家居监控系统是以 HFC、以太网、现场总线、公共电话网、无线网的传输网络为物理平台，计算机网络技术为技术平台，现场总线为应用操作平台，构成一个完整的集家庭通信、家庭设备自动监控、家庭安全防范等功能于一体的监控系统。智能家居监控系统的总体目标是通过采用计算机技术、网络技术、控制技术和集成技术，建立一个由家庭到小区乃至整个城市的综合信息服务和管理系统，以此来提高住宅高新技术的含量和居民居住环境水平。

系统一般由系统服务器、家庭控制器（各种模块）、各种路由器、电缆调制解调器前端设备 CMTS、交换机、通信器、控制器、无线收发器、各种探测器、各种传感器、各种执行机构、打印机等主要部分组成。

（1）系统采用的类型　智能家居监控系统的结构及功能见表 4-67。

新建、扩建的智能化住宅（小区）工程，一般采用 LonWorks 的智能家居控制系统、以太网的智能家居控制系统或采用 RS485 的智能家居控制系统。改造的智能化住宅（小区）工程，一般采用公共电话网的智能家居控制系统、HFC 的智能家居控制系统或无线网的智能家居控制系统。

（2）家庭控制器类型　家庭控制器的类型及功能见表 4-68。

表 4-67　智能家居监控系统的结构及功能

系统类型	基本特点	系统组成	系统功能	适用范围
采用公共电话网的智能家居控制系统	家庭智能控制器内配置了与电话线连接的收发器，利用电话网络作为信息传输网。该系统不仅在功能上能完全满足要求，而且大大地简化了布线，可以节省布线的投资	由系统服务器、家庭控制器（内置与电话线连接的收发器）、路由器、收发器、各种探测器、各种传感器、各种执行机构、打印机等组成	实现家庭通信、家庭设备自动控制、家庭安全防范	适用于新建、扩建的智能化住宅（小区）工程，且特别适用于改造的智能化住宅（小区）工程，利用原有的电话线就可实现数据信号的共网传输

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

系统类型	基本特点	系统组成	系统功能	适用范围
采用HFC的智能家居控制系统	家庭智能控制器内配置了Cable Modem，利用有线电视的HFC网络作为信息传输网。该系统不仅在功能上能完全满足要求，而且大大地简化了布线，可以节省布线的投资 HFC网络采用共享方式，其共享带宽为36Mbit/s。当上网人数较多时，上网的速度会变慢。由于Cable Modem设备费用较高，用户网络的开通费用高	由系统服务器、家庭控制器（内置了Cable Modem）、路由器、电缆调制解调器前端设备CMTS、有线电视传输网络、各种探测器、各种传感器、各种执行机构、打印机等组成	实现家庭通信、家庭设备自动控制、家庭安全防范	适用于新建、扩建的智能化住宅（小区）工程，且特别适用于改造的智能化住宅（小区）工程，仅将原有的有线电视HFC网络进行双向改造，就可实现数据和图像信号的共网传输
采用以太网的智能家居控制系统	家庭智能控制器内配置了以太网网卡，利用以太网作为信息传输网。以太网同时支持住户计算机和智能家居控制系统。该系统不仅在功能上能完全满足要求，而且大大地简化了布线，可以节省布线的投资。以太网传输速率较高，传输速率有10Mbit/s、100Mbit/s等。根据传输距离的要求，由小区物业管理中心至各楼交换机采用5类以上4对对绞线、多模光缆或单模光缆，由交换机至家庭控制器采用5类4对对绞电缆	由系统服务器、家庭控制器、路由器、交换机、各种探测器、各种传感器、各种执行机构、打印机等组成	实现家庭通信、家庭设备自动控制、家庭安全防范	适用于新建、扩建和改造的智能化住宅（小区）工程，用以太网实现数据和图像信号的双向传输
采用LonWorks的智能家居控制系统	采用一个覆盖全部ISO/OSI标准7层通信协议、开放性的LonWorks总线技术，一台系统服务器最多可连接127台LonWorks路由器，一台LonWorks路由器最多可连接63台家庭控制器。每台家庭控制器为LonWork一个通道上的网络节点，每个网络节点包括有神经元（NEURON）芯片、振荡器、电源、一个通过媒介通信的收发器和与监控设备接口的I/O设备（电路）、存储器等 LonWorks直接通信距离可达2700m（双绞线、78kbit/s），其通信传输速度最大可达1.25Mbit/s（此时有效传输距离为130m）。LonWorks路由器至小区物业管理中心线路长度超过2700m时，需在总线上加装中继器 传输线通常采用双绞线，根据需要也可采用同轴电缆或电力线	由系统服务器、家庭控制器、路由器、LonWorks路由器、交换机、各种探测器、各种传感器、各种执行机构、打印机等组成	实现家庭通信、家庭设备自动控制、家庭安全防范	特别适用于新建、扩建的智能化住宅（小区）工程

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

系统类型	基本特点	系统组成	系统功能	适用范围
采用无线网的智能家居控制系统	利用无线作为信息传输网，该系统不仅在功能上能完全满足要求，而且从系统服务器至家庭控制器、家庭控制器至各种现场末端装置均采用无线传输方式，小区、楼内、户内无需布线，施工简单，可以节省施工的投资。无线网的工作频率符合IEEE 802.11b标准要求	由系统服务器、家庭控制器、无线收发器、各种探测器、各种传感器、各种执行机构、打印机等组成	实现家庭通信、家庭设备自动控制、家庭安全防范	适用于新建、扩建的智能化住宅（小区）工程，且特别适用于改造的智能化住宅（小区）工程，不用敷设线路就可实现数据信号的传输
采用RS485的智能家居控制系统	RS485串行接口总线为主从式网络，它的通信为半双工、采用双向单信道连接方式。RS485串行接口总线的传输介质采用双绞线，它可以高速地进行远距离传输，传输速度与传输距离的技术指标如下：传输速率为10Mbit/s时，最大传输距离是12m；传输速率为1Mbit/s时，最大传输距离是120m；传输速率为100kbit/s时，最大传输距离是1200m	由系统服务器、家庭控制器、路由器、通信器、控制器、各种探测器、各种传感器、各种执行机构、打印机等组成	实现家庭通信、家庭设备自动控制、家庭安全防范	特别适用于新建、扩建的智能化住宅（小区）工程

表4-68　家庭控制器的类型及功能

级别	消防	安防	访客对讲	通信网络	信息网络	家电监控	表具数据远传
基本级（1A）		1. 在住户内安装紧急按钮 2. 在住户内安装入侵报警探测器	具有语音对讲及控制开启楼道入口处防盗门功能	接入2条外线，电话插座安装在起居室、主卧室、主卫生间、书房	接入1条外线，数据插座安装在起居室或卧室	1~2点	热能表、燃气表、水表、电能表的自动抄收及远传、超限判断、自动检查、分时计费、实时计量、管理功能
提高级（2A）	在室内安装可燃气体泄漏自动报警装置，且能就地发出声光报警信号	1. 在住户内两处安装紧急按钮 2. 在住户内安装入侵报警探测器，在户门、阳台门、外窗安装入侵报警装置	具有话音对讲及控制开启楼道入口处防盗门功能，可实现住户与安防监控中心的直接联系	接入2条外线，电话插座安装在起居室、主卧室、次卧室、主卫生间、次卫生间、书房	接入1条外线，可加装集线器或信息交换机，数据插座安装在起居室、主卧室、次卧室、书房或根据建设方需求设计	2点以上	
先进级（3A）	1. 在室内安装可燃气体泄漏自动报警装置，当气体泄漏报警后能自动切断气源、打开排气装置，且能就地发出声光报警信号 2. 在住户内设置火灾自动报警装置	1. 在住户内不少于两处安装紧急按钮开关 2. 在住户内安装入侵报警探测器，在户门及阳台门、外窗安装入侵报警装置	具有语音、可视对讲及控制开启楼道入口处防盗门功能，可实现住户与安防监控中心的直接联系	接入2~3条外线，电话插座安装在起居室、餐厅、主卧室、次卧室、厨房、主卫生间、次卫生间、书房	接入1条外线，应安装信息交换机或集线器（HUB），数据插座安装在起居室、主卧室、次卧室、书房或根据建设方需求设计	2点以上	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（3）家庭控制器功能的选用　家庭控制器通常具有以下功能：家庭防盗报警；家庭火灾报警；家庭燃气泄漏报警；家庭紧急求助；远程设防与撤防；远程报警；访客对讲；家用电器监控；家用表具数据采集及处理；空调机监控；接入网接口；小区电子公告；信息查询；家用设备报修等。

（4）总线技术及模块　家庭控制器一般采用总线技术，如 LonWorks、RS485、BACnet、CANBus、CEBus、X-10 等。

家庭控制器一般采用模块，以便用户可以根据需求选择不同的模块完成不同的功能。

（5）扩展功能　家庭控制器要有一定的扩展功能，考虑能适应今后发展的需要。

（6）可按用户的基本要求进行配置　应能根据用户提出有哪些被控设备及监视控制要求（功能要求）等因素，来对家庭控制器组成进行配置，包含模块种类的选择和各种模块数量的选择。

3. 微机自动监控系统元件选择说明

1）系统所用到的各类传感器、变送器、配电器、执行器、仪表装置、电气装置，可按本章相关内容选择。

2）微机及其配套设备元件、模块等可按系统要求及其功能进行选择，因篇幅的原因，不再赘述。

十八、电工仪表的选择

1. 电压表的选择通常应考虑的因素

（1）量程

1）对于低压表应使其量程大于额定电压，如 380V 一般选 500V 的电压表，220V 一般选 250V 的电压表。

2）对于高压表应使其量程与额定电压对应，并选用电压互感器，电压互感器与电压表的电压比应相同。如电压比为 10000/100 的电压表应选用电压比为 10000/100 的电压互感器，并用在额定电压为 10000V 的线路或设备上；电压比为 35000/100 的电压表应选用电压比为 35000/100 的电压互感器，并用在额定电压为 35000V 的线路或设备上。

（2）准确度等级　电压表按测量准确度要求一般选用 1.5 ~ 2.5 级；电压互感器按测量精度要求一般选用 1.0 ~ 3.0 级，若与电能计量表共用时，则应选用 0.5 级。

（3）型号或型式　型号或型式应与其使用环境、柜体要求相匹配，如可选用指针式、数字式，可选用方形的、长方形的或圆形的。

（4）几何尺寸　几何尺寸应与柜体及其他元器件相匹配，型号、型式、几何尺寸应与电流表、电能表、频率表相匹配。

直流电压表除上述要求外，通常可选用零刻度在中间的双向指示的电压表，以区分正负界限。

根据负荷需要，对重要负荷应选用具有上下限报警功能的电压表。

2. 电流表的选择一般应考虑的因素

（1）量程

1）电流表的量程应在正常运行时最大量值的 1.5 倍左右，同时应考虑过负荷或事故运行时其指示不得超过满刻度。如正常运行为 100A 的负荷，可选用 150 ~ 200A 量程的电流表。

2）一般大于 20A 的低压负荷，其电流测量回路应选用电流互感器与其电流表相匹配，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电流互感器与电流表的电流比应相同。如电流比为150/5的电流互感器应与电流比为150/5的电流表相匹配使用；电流比为250/5的电流互感器应与电流比为250/5的电流表相匹配使用。同时在高压系统中，应选用与其使用电压相对应的电流互感器。

（2）准确度等级　准确度等级与电压表的要求相同。

（3）型号或型式　型号或型式与电压表要求相同，同一室内或柜上的电压表、电流表的型号、型式必须一致。

（4）几何尺寸　几何尺寸与电压表的要求相同。

直流电流表除上述要求外，一般可选用零刻度在中间的双向指示的电流表，以区分正负界限。

根据负荷要求，对重要负荷应选用具有上下限报警功能的电流表。

3. 电压互感器选择的注意事项

电压互感器除应遵守电压表选择的相应条款外，还应注意以下3点：

1）电压互感器的额定电压必须与线路或设备的额定电压相符，选择三只单相电压互感器组成电压互感器组时，应注意其额定电压，应使其能接成星形联结或三角形联结而便于测量。

2）电压互感器的容量应满足系统测量仪表所有电压线圈、电压继电器以及信号系统容量和的需要，并有足够的裕量。

3）电压互感器必须满足现场安装条件的需要，如户内式、户外式、防爆式、防污式等。

4. 电流互感器选择的注意事项

电流互感器除应遵守电流表选择的相应条款外，还应注意以下4点：

1）电流互感器的额定电压必须与线路或设备的额定电压相符。

2）电流互感器分线圈式和穿心式，可根据实际需要选用，通常选用穿心式的较多。

3）电流互感器的容量应满足系统测量电流仪表、继电器电流线圈容量和的需要，并有足够的裕量。计量用只能连接一只线圈，与继电保护共用时只能连接两只线圈，一般的检测最多不能超过三只线圈。

4）电流互感器必须满足现场安装条件的需要，如户内式、户外式、防爆式、防污式等。

5. 电能表（包括有功、无功两种）的选择

（1）供电线制

1）单相供电系统应选用单相电能表。

2）三相供电系统应选用三相三线两元件电能表。

3）三相四线制供电系统应选用三相四线电能表。

（2）电压等级

1）400/230V低压系统可按供电线制选用。

2）10kV及以上高压系统一律选用5A的电能表，并配备相应的互感器。其中，电压互感器的一次电压必须与供电电压相符，二次电压一律为100V；电流互感器的电压等级应与供电电压相符。

（3）负荷大小

1）一般的低压负荷，50A以下时可选用相应电流等级的电能表。如负荷电流为20A，可选用20A（80A）或30A（100A）的电能表，其中括号内的数值为电能表短时允许最大负

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

荷电流。

负荷电流在50A以上时，必须选用5A的电能表，并配备相应的电流互感器。电流互感器的一次电流应大于负荷的额定电流，（如负荷电流为200A，则应选用250/5A或300/5A的电流互感器）二次电流一律为5A。

2）重要的低压负荷必须选用5A的电能表，并配备相应的电流互感器，电流互感器的一次电流应大于负荷的额定电流。

3）高压负荷不论负荷大小必须选用5A的电能表，并配备相应电压等级的互感器。

（4）电流的性质

1）交流电路必须选用交流电能表。

2）直流电路必须选用直流电能表。

（5）电能表的用途

1）电能表用于企业或单位内部的一般经济核算时，可选用2.0级的电能表。

2）电能表用于企业或单位内部重要经济核算时，应选用1.5级的电能表。

3）电能表作为收费依据时，应选用1.0级的电能表。

4）电能表作为重要的收费依据或用于高压供电线路上时，应选用0.5级的电能表。

5）电能表作为标准器时，必须选用0.1～0.5级的电能表。

6）电流/电压互感器的准确度等级应与电能表的准确度等级相符。

根据供电部门的要求，应选择定量、限时、高峰低谷等不同计价方式的电能表。应正确选用两元件、三元件三相电能表。

一般来讲，当三相电力负荷非常平衡，且在运行中能够保证每相负荷不变的情况下，宜选用两元件三相电能表，通常应配备电流表监视每相的负荷。

当三相电力负荷不太平衡，且在运行中每相负荷有波动变化时，一般应选用三元件三相电能表。

三相负荷一般条件下，是变动的。因此，供电部门通常给用户配备三相三元件电能表，以保证计费的准确。而在一个单位内，为了减少电能表的费用，一般给三相负荷配备两元件电能表。

选用两元件、三元件电能表时，可根据其电力负荷的大小，有装电流互感器和不装电流互感器之分。一般条件下，大于20A时应配备电流互感器。

十九、自动化仪表的选择

自动化仪表习惯上指对于非电量测量、显示、控制的仪表，非电量一般指温度、压力、流量、物流、机械量、成分分析等。自动化仪表的选择很复杂，各种非电量测量仪表的相关技术资料，见表4-69～表4-78。

自动化仪表选择的原则，第一是可靠性高，提供的数据真实可靠，控制系统不会失灵，事故率低，一般条件下平均故障间隔的时间要在5000h以上；第二是稳定性好，应在不同场所稳定工作，如可适应环境温度变化、抗电磁干扰、防冲击、防振动、防尘、防腐、防潮湿、防爆、防射线等；第三是准确度要高，准确度必须满足被测量的要求，并应具有高分辨率；第四是响应时间要短，要求仪表有较高的灵敏度以及较高的响应速度，能即时提供数据；第五是维护保养简便，本身耐用，质量好。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-69　常用温度测量仪表

类别	品种	基本原理	主要特点	应用范围
玻璃液体温度计①	工业型 电触点型 标准型 实验室型	利用液体受热膨胀的性质	结构简单，准确度较高，稳定性好，使用方便。但感温液体多为汞，是有毒物质	用于实验室或工业上单点测量的场合
双金属温度计①	螺旋形 盘旋形 杆形 悬臂形	利用固体受热膨胀的性质，一般用两种不同膨胀系数的金属或合金做成	耐振动，抗冲击，结构简单，使用方便，维护容易，价格便宜，可代替玻璃水银温度计	适用于飞机、轮船、机车等振动较大的场合
压力式温度计①	充液型 充气型 充蒸发液体型	利用气体、液体或蒸气的体积或压力随温度变化的性质	成本低，结构简单，对环境要求不高，性能可靠。但温包尺寸大，毛细管易折断	用于就地指示或几十米远的测量点，可实现指示记录、调节、报警及远传
热电偶	贵金属型 普通金属型 难熔金属型 非金属型	基于两种不同材质的导体所组成的回路受热后产生热电效应的原理	结构简单，测温范围广，准确度高，可就地显示或远传	可测气体、液体、固体的温度，是使用最广泛的测温元件之一
热电阻	铜热电阻 铂热电阻 半导体热电阻	利用金属或半导体的电阻值随温度变化的性质	结构简单，价格低廉，测温范围广，准确度高。与电桥配合可就地显示或远传	用于集中控制，也可用于计量工作中，是使用最广泛的测温元件之一
石英晶体类	石英晶体温度计	利用一定切向石英晶体的谐振频率随温度变化的原理	高分辨力（10^{-4}℃），高准确度，高稳定度，小型化，频率信号输出易于数字处理	用于作标准温度计和高准确度温度计
核四重共振类	NQR（核四重极共振吸收）温度计	利用 $KClO_3$ 晶体中的 Cl^{35} 原子核的共振频率随温度上升而下降的原理	极高准确度，高灵敏度，仅限于测液体，尺寸不太小，时间常数大，价格贵	用于作标准温度计或高准确度温度计，用于海洋、气象、医用、电子等领域
热噪声类	铂条 约瑟夫逊结	基于热噪声输出电压的均方值与热力学温度成正比的原理	高准确度，高灵敏度	可用作标准温度计，用于高温、高压、高辐射线等恶劣环境下工作
半导体	PN 结	基于 PN 结电动势随温度变化的原理	体积小，耗能少，灵敏度高	用于测量体温及一般温度测量

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类别	品种	基本原理	主要特点	应用范围
非接触式测温仪表	光学高温计	利用灼热体光谱辐射亮度随温度升高而增长的原理	量程较宽，准确度较高，但刻度非线性，人观察易带主观误差，只能指示，不能记录	用于测量浇铸、轧钢、锻压、热处理与玻璃熔融等的温度
	全辐射温度计（热电堆）	利用物体的热辐射效应	性能稳定，使用方便，可自动记录或远传	用于测量熔炉、高温窑、盐浴炉等的温度以及对象表面温度
	部分辐射温度计	利用光敏元件在有限波段内的光谱响应来检测某一波段内的辐射能量，以实现温度测量	灵敏度、准确度高，稳定性好，测量下限低，可测微小目标的温度，但结构复杂，被测物前不能有烟雾、水汽等	用于指示和记录静止或运动物体的灼热表面温度，有的产品可测100℃左右，直至-50℃的温度
	比色温度计	根据两种不同波长下的物体辐射强度的比值来进行测量	反应速度快，测量温度接近真实温度，粉尘、水汽、烟雾等对仪表示值的影响小	测量800～2000℃范围内轧钢板表面温度、水泥窑焙烧温度、熔炉坩埚壁的温度

① 为非电测量方法。

表4-70 常用体积流量仪表

仪表类别	节流式（压差）流量计			容积式流量计			
	孔板型	喷嘴型	文丘里管型	椭圆齿轮型	腰轮型	旋转活塞型	皮囊式型
被测介质	液体、气体、蒸气			液体	液体	液体	气体
管径/mm	50～1000	50～400	150～400	10～250	15～300	15～100	15～25
量程范围/（m^3/h） 液体 气体	1.5～9000 50～10000	5～2500 50～26000	30～1800 240～18000	0.005～500	0.4～100	0.2～90	0.2～10
工作压力/kPa	19600	19600	2450	6272～9800	6272	6272	392
工作温度/℃	可达500	可达500	可达500	可达120	可达120	可达120	可达40
准确度（%）	±（1～2）	±（1～2）	±（1～2）	±（0.2～0.5）	±（0.5～1）	±（0.5～1）	±2
最低雷诺数或黏度界限/（$\times10^{-6}m^2/s$）	>5000	>20000	>80000	500cst	500cst	500cst	—

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

仪表类别	节流式（压差）流量计			容积式流量计			
	孔板型	喷嘴型	文丘里管型	椭圆齿轮型	腰轮型	旋转活塞型	皮囊式型
量程比	3:1	3:1	3:1	10:1	10:1	10:1	10:1
压力损失/kPa	<20	<20	<20	<20	<20	<20	127.4×10^{-3}
安装要求	需装直管段	需装直管段	需装直管段	装过滤器	装过滤器	装过滤器	—
体积、质量	小	中等	重	重	重	小	小
价格	低	较低	中等	中等	高	低	低
使用寿命	中等	长	长	中等	中等	中等	长

仪表类别	转子流量计		靶式流量计	电磁流量计	旋涡流量计		超声波流量计	
	玻璃管转子型	金属管转子型			旋进旋涡型	卡门旋涡型	传播速度差法	多普勒效应法
被测介质	液体、气体		液体	导电液体	气体	气体		
管径/mm	4～100	15～150	15～200	6～1200	50～150	150～1000	10～5000	
流量范围/（m^3/h） 液体 气体	0.001～40 0.016～1000	0.012～100 0.4～3000	0.8～4000	0.1～20000	10～5000	1～30m/s		
工作压力/kPa	1568	6272	6272	1568	1568	6272	6800	
工作温度/℃	120	150	200	100	60	150	−184～260	
准确度（%）	±（1～2.5）	±2	±（0.5～1）	±（1～1.5）	±1	±1		
最低雷诺数或黏度界限/（$\times10^{-6}m^2$/s）	>1000	>100	>2000	无限制	—	—		
量程比	10:1	10:1	3:1	10:1	30:1～100:1	30:1～100:1	40:1	
压力损失/Pa	98～6860	2940～5880	<24500	极小	107.8	极小	极小	
安装要求	要垂直安装	要垂直安装	要装直管段	无要求	要较短的直管段	要装直管段且不准倾斜	无要求	
体积、质量	轻	中等	中等	大	中等	轻	轻	
价格	低	中等	较低	高	中等	中等	较低	
使用寿命	中等	长	长	长	长	长	长	

注：1. 液体流量范围按20℃水计算。

2. 气体流量范围按20℃及101.32kPa时的空气计算。

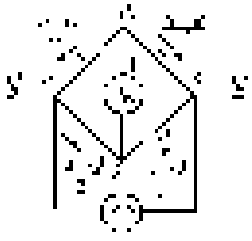
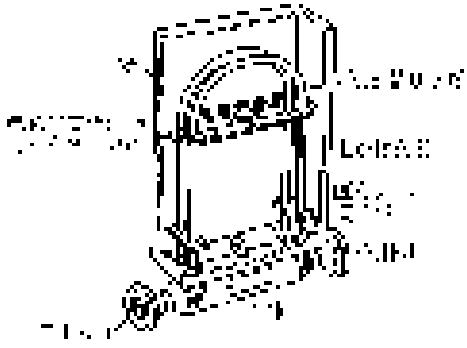
3. 节流装置流量范围及压力损失按液体压差为24500Pa、气体压差为1568Pa计算。

4. 上述表内温度和压力是基本型品种允许的最大值。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-71 直接型质量流量计

类别	流体桥路式质量流量计（差压式）	科里奥利质量流量计（动量变化式）	分流细管式质量流量计（温差式）
示意图	 $Q<q$（小流量）的场合 Q—待测体积流量 q—定流量泵体积流量 pQ—待测质量流量		
工作原理	用一台定流量泵及四块同样孔板组成类似于直流单臂电桥的流体桥路，在流入端、流出端之间设置测量压差装置（小流量时，即主管道待测流量 Q 小于定流量泵流量 q 时），据测得的压差 $\Delta p=(p_2-p_1)$ 可确定质量流量 pQ	将待测流量的流体导管接入尺寸对称的两根 U 形（或环形、直形等）管，使流体在两管内等量分流，用电磁振荡器使两分流管以固有频率、一定振幅做相对振动，当待测流体流过时，U 形（或环形、直形等）管受到科里奥利力作用，产生与流体质量流量成正比的扭曲，将两管直边扭曲角度，通过装置在其上的测瞬态位移的装置，输出相应于质量流量的电压信号相位差，据此可确定待测的质量流量值	在主管路旁设一旁路细管，细管外中央部位绕有加热器，另在其前后各放置一个温度传感器，加热器加热后，在管内无流体流过时，旁路细管内温度呈对称分布，即用对称位置的温度传感器测得温度相等 $T_1=T_2$，当有流体流过时，在两温度传感器处流体产生温差 ΔT（T_2-T_2），ΔT 与质量流量成正比
备注	如 $Q>q$（大流量时），则测压差的位置改在泵的两端。量程比最大为 1400∶1，瞬时质量流量测量误差小于 0.5%。现已广泛用于各种发动机性能测试及飞机的控制等	测量范围：0～1kg/min 至 0～10^4kg/min 准确度：可达 ±0.2% 工作温度范围：－200～200℃ 工作压力：20～30MPa 压力损失小，安装维护简便，可测量各种流体，如涂料、染料、磁性悬浮液、乳化液、液溴、液钠、重油、树脂、化妆品、油汁、油墨、排污液等	无压力损失，需保持流体流动呈层流状态，测量准确度取决于温度传感器的选取与安装以及旁路细管的结构

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-72　常用物位仪表

比较项目		仪表				输出方式		被测对象					
		量程范围/m	测量允许误差	可动部位	与被测介质接触否	连续测量/定点控制	操作条件	所控物位	工作压力/kPa	介质工作温度/℃	防爆要求	对黏结晶性悬浮介质物	对沸腾多泡沫介质
直读式	玻璃管液位计①	<1.5		无	接	连接	就地目视	液	<1568	100～150	安全		
	玻璃板液位计①	<3		无	接	连续	就地目视	液	<3920	100～150	安全		
差压式	压力式液位计			无	接（否）	连续	远传，显示，调节	液界	常压		可隔爆	法兰式可用	适用
	吹气式液位计			无	接	连续		液	常压		本质安全		适用
	差压式液位计	20	±1%	无	接	连续	显示远传，记录调节	液界		-20～200	气动防爆	法兰式可用	适用
	油缸称重仪		±0.1%	有	接	连续	数字显示远传	液			可隔爆		适用
浮力式	带钢丝绳浮子式液位计	20		有	接	连续	有记数远传	液	常压		可隔爆		
	杆杠带浮球式液位计		±1.5%	有	接	定点；连续	报警	液界	1568	<150	本质安全隔爆		适用
	浮筒式液位计	2.5	±1%	有	接	连续	指示，记录，调节	液界		<200	有隔爆		适用
电子式	电接触式(电阻式)物位计		±10mm	无	接	多连续	定点报警控制	液料	31360				
	电容式物位计	液2.5；料30	±2%	无	接	连续；定点	指示	液料界	31360	-200～200			
	电感式物位计			无	接（否）	定点	报警控制	液	≥6272				
声学式	气介式超声物位计	30	±3%	无	否	连续	数字显示	液料		200		适用	
	液介式超声物位计	10	±5mm	无	接(否)	连续	数字显示	液界				适用	
	固介式超声物位计			无	接	连续		液		高温		适用	适用
	超声波物位信号器		±2mm	无	否	定点		液料				适用	适用
核辐射式	核辐射物位计	15	±2%	无	否	连续	要防护指示，远传	液料	由容器定		不接触介质	适用	适用
	核辐射物位信号器		±2.5mm	无	否	定点	要防护远传，控制	液料	由容器定	1000	不接触介质	适用	适用
	中子物位计				否		要防护		由容器定			适用	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

比较项目		仪表				输出方式		被测对象					
		量程范围/m	测量允许误差	可动部位	与被测介质接触否	连续测量/定点控制	操作条件	所控物位	工作压力/kPa	介质工作温度/℃	防爆要求	对黏结晶性悬浮介质物	对沸腾多泡沫介质
其他形式物位仪表	射流液位控制装置			无	接	定点	控制报警	液			安全	适用	
	激光物位控制器			无	否	定点	控制报警	液料	常压	不接触1500	不接触介质	适用	
	微波物位控制器			无	否	定点		液料					
	振弦式物位仪表			有	接	定点		液料	常压				
	重锤式料位测量仪			有	接	连续		液料	常压				
	旋转翼板物位信号器			有	接	定点		料位	常压				

① 为非电测量方法。

表 4-73　常用力检测仪表的分类、原理与特点

产品分类	测量原理	特　　点	典型产品
电阻应变式称重测力仪	把负载转换成受压体的应变，用电阻应变片测出应变的大小	准确度高，反应时间快，结构强度比磁弹性式的高，故承受附加侧向能力较强。输出信号低，过载能力较低，不均匀负载对测量准确度影响较大	各类电子秤、轧制力测量仪、张力计等
磁弹性式测力称重仪	直接利用承受负载的软磁材料的电磁性质的变化	输出功率大，内阻低，抗干扰能力强，过载能力强，能消除不均匀负载的影响。准确度低，对安装接触面的加工准确度要求高，安装时要注意防止侧向力和扭力的作用，反应时间较慢	轧制力测量仪、张力计、电子吊秤、电子料斗秤等
电容式测力称重仪	把负载转换成电容极板的位移，使电容量发生变化	结构强度高，过载能力强，能消除不均匀负载的影响，准确度较高。测量电路复杂，温度影响较大	轧制力测量仪、电子吊秤等
振弦式测力称重仪	把负载转换成振弦张力变化，使振弦固有频率发生变化	输出频率信号，能远传，抗干扰能力强，长期稳定性好	拉力计、张力计、电子台秤等
陀螺式测力称重仪	把负载转换成陀螺进动运动，使进动角速度发生变化	在动平衡测量过程中，作用力方向无位移、无滞后，刚度大，线性好，响应快。输出频率信号，抗振动干扰能力强，稳定性好。结构较复杂	电子秤、测力仪

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-74　常用转矩检测仪表的分类、原理与特点

产品分类	测量原理	量程范围	准确度（%）	特　点	典型产品
电阻应变式转矩仪	把转矩转换成与测量轴线成45°夹角方向上产生的最大应变量（扭应力）的变化	5～50000 N·m	±（0.2～0.5）	测量准确度高，量程宽，信号传输大多为集流环接触式测量，安装要求高，调试技术复杂，易受温度影响，高速测量误差大。也可用电感耦合和无线传输非接触测量	集流环电阻应变式转矩仪、电感传输应变式转矩仪、无线传输应变转矩仪
相位差转矩仪	采用两个间隔一定距离并安装于接受转矩轴上的转角传感器，把轴的扭转角转换成具有相位差的两个电信号输出变化	0.2～100000 N·m	±0.2	非接触测量，测量准确度高，转速的变化会引起传感器的测量误差	磁电相位差转矩仪、光电相位差转矩仪
振弦式转矩仪	通过转矩耦合环把转矩变换成测量轴扭转角（线位移）变化，再用振弦位移传感器变换成频率信号的变化	轴直径 ϕ50～ϕ6000mm 传输的转矩	±1	转矩耦合环卡装式结构，安装方便，适用面广，频率信号传递，抗干扰性能好	原轴式功率测量仪
磁弹性式转矩仪	把转矩转换成转轴（由铁磁材料制成）扭转时与测量轴线成45°夹角方向上产生的最大磁导率（扭应力）的变化	50～50000 N·m	±（1～1.5）	非接触测量，转矩测量与转速无关，没有导电集电环，可靠性高，寿命长，输出电压信号大（10V）	轧机主轴转矩测量仪
脉冲调宽式转矩仪	采用两个相同的开孔圆盘安装于转矩轴上，将受转矩轴扭转的角转换成两个相对位置差的光电流脉冲宽度信号输出的变化	100～6000 脉冲数/r	±1	转速的变动不引起测量误差，温度变化影响较大，需要稳压供电，以提高测量准确度	脉冲宽度转矩仪

表 4-75　常用位移检测仪表的分类、原理与特点

产品分类	测量原理	特　点	准确度（%）	量程范围	典型产品
滑动电阻式	位移使电阻线工作长度变化，从而改变电阻值	结构及电路简单，价格低，输出大，一般不需放大，受环境影响小，性能稳定。动态响应差，不耐振，由于磨损，使可靠性变差，寿命短	0.1	（线）0～1～300mm；（角）0～300°	线绕式电位器结构
			0.5	（线）0～1～100mm；（角）0～40°	非线绕式电位器结构
应变片式	电阻应变效应（位移引起应变，从而改变电阻值）	尺寸小，价格低，重量轻，灵敏度、准确度及分辨率高，测量范围大，适于静态测量。半导体应变片输出大，但稳定性差，非线性大。非粘贴式结构不够牢固，阻值及灵敏度系数分散性较大	0.1	ε：0～0.15%	非粘贴式
			0.1；2～3	ε：0～0.3%	粘贴式
			2～3	ε：0～0.25%	半导体式

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

产品分类	测量原理	特　　点	准确度（%）	量程范围	典型产品
差动变压器式	将位移转换成线圈互感量变化	测量力小,无滞后,线性度好(0.05%),输出灵敏度高(0.1～5V/mm),负载阻抗范围宽，但有零点残余电压，有相位差	0.5	0～2.5～750mm	直线位移测量仪
差动电感式	将位移转换成线圈电感量变化	同差动变压器式位移测量仪，但无相位差	3	0～2.5～5×10^3mm	直线位移测量仪
感应同步器	将位移转换成两个平面形印制电路绕组的互感量变化	非接触，寿命长，检测准确度高，分辨力高（可达1μm），测量长度不受限制，温度影响小。但测量电路较复杂，输出信号小	1；0.1～0.7	长感应同步器时为1050 mm，圆感应同步器时为ϕ385mm	圆感应同步器、长感应同步器
光栅式	将位移转换成随标尺光栅移动而产生的横向莫尔条纹移动数的变化	测量准确度高（0.2μm），输出数字信号，光栅刻度工艺要求高，光电信号中夹杂慢变化的干扰信号	0.1μm；0.15	直线时为200mm，圆光栅时为ϕ70～ϕ100mm	直线光栅位移测量仪、圆光栅位移测量仪
电容式	将位移转换成极板电容量的变化	结构强度高，动态响应好，测量准确度高（0.01%），分辨力高（0.01μm）。但测量电路复杂，输出阻抗高，易受干扰影响	0.05	0～100mm	直线位移测量仪
激光式	光波干涉效应	结构复杂，测量范围大，准确度、分辨率高，可用于距离、工作尺寸、位移等的精密测量	<0.1μm	0～10～15^5m	
霍尔式	位移通过霍尔元件引起磁感应强度变化，因而改变霍尔电动势	灵敏度及分辨率很高，测量范围小，适用于微位移机械振动测量	0.5	0～0.5～2mm	
光导纤维式	位移改变接收光量	分辨力、准确度高，量程小	0.25μm	0～0.1mm	
增量型轴角编码器	通过编码器将角位移（转角）转换成脉冲信号	结构简单，易进行零位调整和旋转方向判别。但抗干扰能力差，不能停电记忆		6000脉冲数/r	辊间距测量仪
绝对型轴角编码器	通过编码器将角位移（转角）转换成二进制数码信号	能停电记忆，抗干扰能力较强。但结构较复杂，不易判别旋转方向		2^{14}位	辊间距测量仪

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4-76　常用速度检测仪表的分类、原理与特点

产品分类	测量原理	量程范围	特　点	典型产品
透光式速度检测仪	利用两刻线盘的相对运动，形成明暗的窗口，通过光电作用，把速度变换成频率的脉冲	(6～7)×10^5r/min	能测量极低转速，输出大，加工方便	光电转速仪、手持式数字转速表
反射式速度检测仪	利用被测点由反光面到无反光面（或相反变化时），通过光电作用，把速度变换成频率的脉冲	30～4.8×10^5r/min	不增加被测轴的负载，但被测轴直径应大于2mm	光纤转速仪
霍尔元件式速度检测仪	利用磁性元件转动时与霍尔元件交链的磁通发生变化，把速度转变成霍尔电动势的变化	6000r/min	无触点，频率范围宽，寿命长	霍尔测速仪
激光式速度检测仪	利用多普勒频偏原理	0.01mm/s～1000m/s	能直接测量线速度，准确度高，量程宽，频率响应快，实时性能好	激光式线速度测量仪
磁电式速度检测仪	利用感应齿轮与感应齿座相对角位移时磁路中产生的磁阻变化	30～5000r/min	环境适应性强，温度变化不影响测量准确度，结构简单，刚性寿命长（半永久性）。但低速测量性能差	传送带传送速度测量仪

表 4-77　常用机械振动检测仪表的分类、原理与特点

分类	测量原理	量程范围	准确度（%）	特　点	典型产品
电阻应变式加速度传感器	质量和加速度使弹性元件变形，粘贴其上的应变片随之变形，因质量是固定的，所以输出信号正比于加速度	50～1500g	±(2～3)	温度影响小，测量电路简单，结构简单	电阻应变式测振仪
压电式加速度传感器	根据压电晶体物质所受压力大小，产生一可变的电信号，当晶体被一加速度力加载时，所得到的电信号正比于力，从而也正比于加速度	3×10^{-3}～5000g	±5	使用频率范围宽，质量小，测量电路较复杂	压电式测振仪
磁电式加速度传感器	利用被测体振动时，壳体也随之振动，但线圈阻尼器、芯杆等组成的质量系统基本不动，因此线圈与磁钢产生相对位移，感应电动势大小与振动加速度成正比	1～10000g	±(2～3)	在测量低频（1Hz）振动时，误差大；当频率大于20Hz时，仪表指示与频率基本无关	磁电式测振仪

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

分类	测量原理	量程范围	准确度（%）	特　点	典型产品
电涡流位移传感器	被测导体接近传感器时，产生电涡流，两者之间距离位移变化时，传感器输出信号也随之变化	0.5～30mm	±（1～1.5）	非接触式测量，抗干扰能力强，输出信号大	电涡流式测振仪

注：g—自由落体加速度。

表 4-78　常用成分分析仪表

仪表类型		基本原理	主要特点	使用范围
热导式气体分析仪		基于混合气体的热导率随其组分变化而变化的物理特性	结构简单，性能稳定，使用维护方便	分析氢、二氧化碳、二氧化硫等气体
热磁式氧分析仪		基于热磁对流现象	量程宽，反应速度快，不消耗被分析气体，稳定性好	混合气体中的氧含量，制氧设备中的氧气纯度
光电色计		加入适当色剂，根据溶液或气体的颜色深浅，来确定其中某种物质的含量	方法简单，但要求能自动添加显色试剂，消除干扰组分的影响有困难	测定某些金属离子及锅炉水中磷、硅等的含量
电导式分析仪		利用溶液的成分与电导率之间有一定关系的特殊性来分析溶液的成分	电极式：结构简单，工作可靠，体积小，电极易被腐蚀极化，准确度较低 电磁感应式：耐腐蚀，准确度较高，但体积大，不宜测低浓度的溶液	分析酸、碱溶液浓度的称浓度计，分析锅炉给水及蒸气中盐的含量的称盐量计或工业电导仪
黏度测量仪	超声波式黏度计	超声波探头置于被测液体中，液体的阻尼变化使信号电压幅度变化，从而测量黏度	测量范围为 5×10^{-3}～5×10^{-7} Pa·s，准确度为±（2%～5%），可测腐蚀性液体，但被测液体中不能有气泡及固体颗粒	化工、石油、造纸、橡胶、塑料、油漆、重油等
	毛细管黏度计	用齿轮泵将被测液体以一定流量通过毛细管，测量毛细管两端的压差，则反应黏度	测量范围为 10^{-2}～10^{3}Pa·s，准确度为±（1%～3%），准确度较高，维护简单，可用于高压，但对液体清洁度要求高	润滑油、掺合燃料油、沥青
电阻式湿度计		铂丝电极间涂有氯化锂溶液，测其电极电导	测量范围：15%～100%，温度范围为：－30～100℃，准确度：±2%	固体颗粒及气体的湿度

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

二十、空调系统电气及自动装置设备元件的选择

空调系统电气及自动装置、设备、元件的选择，其实在前述内容中已有讲述，电气部分可参照本章的七、八、九、十一的相关内容，自动装置可参照十七和十九的相关内容。不同的是，空调系统有很多设备元件与暖通专业紧密相连，如手动对开多叶调节阀、电动对开多叶调节阀、电磁阀、电动两通阀、电动三通阀、加湿器、限位开关等。因此，在选用时应与暖通专业人员进行沟通，以避免出现混淆不清或选择有误等问题。

二十一、特殊环境电气设备、元件及装置的选择

特殊环境电气设备、元件及装置的选择很复杂，为了讲述的完整性和系统性，参见新版《电气工程安装及调试技术手册》。

二十二、关于负荷电流的估算方法及应用

在工程实践中，特别是在现场，负荷电流的计算经常采用估算的方法，往往会给工程带来很大的方便。估算值比计算值偏大，但应用后安全性更强一些。

1）低压单相（220V）的负荷，一般1kW按5A计算，计作5A/kW，如负荷是2kW，其负荷电流则为2kW×5A/kW=10A。

2）低压单相（380V）的负荷，一般1kW按2.5A计算，计作2.5A/kW，如负荷是3kW，其负荷电流则为3kW×2.5A/kW=7.5A。

3）低压三相（380V）平衡负荷，一般1kW按2A计算，计作2A/kW，如负荷是40kW，其负荷电流则为40kW×2A/kW=80A。不平衡负荷则应按最大负荷计算，如A相负荷为80kW，B相负荷为90kW，C相负荷为75kW，则应按90kW×3=270kW负荷计算。

4）高压三相（6kV）平衡负荷，一般1kW按0.11~0.12A计算，计作0.11~0.12A/kW，如负荷是2500kW，其负荷电流则为2500kW×0.11A/kW=275A，查表可知实际额定电流是283A，近似相同。

5）高压三相（3kV）平衡负荷，一般1kW按0.23~0.25A计算，计作0.23~0.25A/kW，如负荷是125kW，其负荷电流则为125kW×0.25A/kW=31.35A，查表可知实际额定电流是33.5A，近似相同。

6）高压三相（10kV）平衡负荷，一般1kW按0.06~0.07A计算，计作0.06~0.07A/kW，如负荷是1000kW，其负荷电流则为1000kW×0.07A/kW=70A，查表可知实际额定电流是69A，近似相同。

在现场利用估算值选择电气设备、元件、材料时应注意以下两点：

1）对于高压设备元件，除了满足电流的需要外，最主要的是要考虑设备元件的绝缘以及及时断开接地电流、短路电流，使之不至于在故障电流时烧坏。而对于高压导线及电缆，除了满足电流的需要外，主要是考虑其绝缘。

2）对于低压设备元件，除满足绝缘的需要外，主要是考虑设备元件的导流能力，使之在运行中不至于发热而影响使用。而对于导线及电缆，除了绝缘外主要是考虑线材的导流能力，使之在运行中不至于发热而影响系统的安全运行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第五章　电气工程项目的读图及审图

读图和审图是电气工作人员最重要的技术技能之一，通过读图，熟悉图样，全面掌握图中的细节，这是工程安装调试的第一步；通过审图或者核算，找出瑕疵或错误，掌握项目的关键、重要、贵重部位，这是第二步；而下一步则是工程的具体实施了。

电气工程中标、承包或接到安装任务书（单）和全套工程图样后，第一项重要的工作就是熟悉图样及审核图样，为组织施工、安装、调整试验和编制施工预算提供依据。

熟悉图样主要是从施工图上了解工程的类别、级别，掌握工程的主要施工项目、主要设备材料、施工难易程度和主要技术问题等。为编制施工组织设计、编制材料计划、机具计划、人力资源计划以及质量管理方案、安全管理方案等准备第一手资料。

审核图样主要是从安装、调试的角度上，对施工设计图样进行安装施工的可行性、安全性、合理性、节约和环保方面的审核。同时要进行主要或贵重设备材料的核算，审核有无不妥之处等，同时将其整理为文字资料，为图样会审提供可靠的信息，以利于顺利施工。

熟悉图样、审核图样是项目经理、工程负责人、工程技术负责人及班组长必须具备的基本技能，是保证工程质量、安全、进度和投资的第一步。

有些工程由于安装人员对图样掌握和了解不够，因而造成安装项目遗漏或错误安装，小则刨墙打洞、浪费工时材料；大则返工重装，致使设备损坏，拖延工期，严重影响安装质量、造成经济损失，给企业和个人带来不可估量的影响。因此熟悉图样是整个工程的重要一步，必须给予高度重视。

熟悉图样及审图的程序见图 5-1。

熟悉图样及审图时应准备好铅笔、记录纸、设备元件标高表、预制加工部件清单、材料表、设备清单（见图样），对发现的问题及时标注在图样上并做好记录；把看完图样上的主要材料（管、线、电缆除外）电缆保护管、箱、盒，设备和需要预制加工的部件分别填写在材料表、设备元件标高表、设备清单和预制加工部件清单上。在填写上述表格时要避免重记和漏记，看其他和该图有联系的图样时，已经填写了的设备、元件、材料、加工部件不得重记。

熟悉图样一般是先强电后弱电、先系统后平面、先动力后照明、先下层后上层、先室内后室外、先简单后复杂，依次一一仔细阅读。

先看图样目录、工程说明、图例和系统图，掌握工程概况，然后根据系统图对照相应的平面图分别落实系统图上的回路和动力单元，结合电缆平面敷设图，检查各个回路的标号及设备元件是否统一，并查阅电缆与电缆清册上的标注是否统一；变配电间或复杂系统要对照立体图、剖面图、大样图审阅，都应和系统图、平面图对应统一。

再看控制系统和自动调节系统的框图、控制原理图、展开图、接线图、盘面布置图和结构图，应和系统图、平面图对应，编号一致。

动力图看完以后再看照明平面图，方法和顺序基本相同；这里要注意高层建筑应先看变配电室的层号，然后从这里向上一层一层阅读，再从这里往下一层一层阅读。如果是两台及以上变压器，应分清供电范围，分别阅读。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

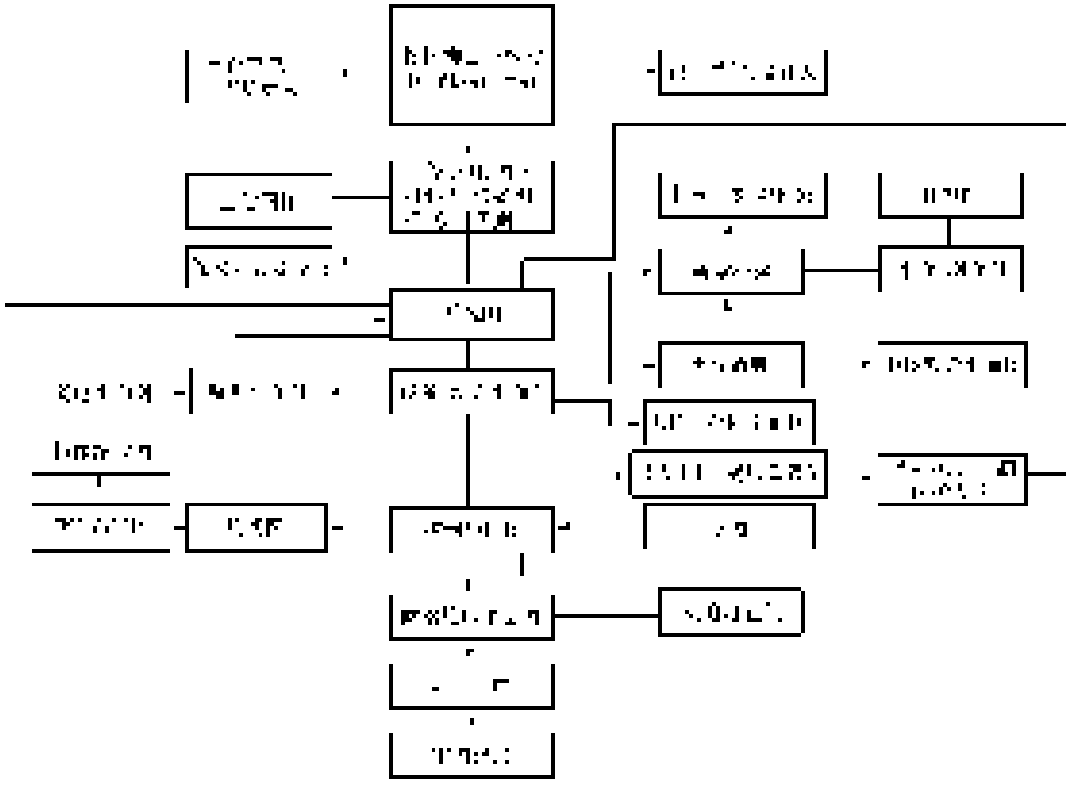


图 5-1　熟悉图样及审图的程序

以后再看防雷接地平面图、输电线路平面图等。

看完强电后再看弱电系统图、平面图，与照明系统方法相同，此处从略。

对于新设备、新元件、新材料或没有接触到的装置应熟悉其产品样本或说明书，掌握其功能结构、接线方式、接口电路、电源设置及保护方式、安装要求、调整方法、特殊要求、操作要点、信号显示等内容。

先讲一下，工程类别及负荷级别，这对读图、审图很重要。

一、工程类别

掌握工程项目是属于工业安装项目的电气工程还是属于民用安装项目的电气工程。

1）工业安装项目是指以工业生产为目的、生产一定产品的工程项目，它以动力为主、照明为辅，同时配备一定的服务性设施和相应的弱电工程，一般应掌握下列几点：

① 工业安装项目的隶属部委，并按此确定工程执行的标准、规范、规程、定额等。

② 工业安装项目的主要产品及其标准。

③ 主要车间及布局和土建概况，以及和供电系统图的对应情况。

④ 主要产品的工艺流程及原理、原材料等。

⑤ 是否属爆炸和火灾危险场所及其等级。

2）民用安装项目是指以居住、办公、金融商业、教学科研、文艺体育、医疗卫生及第三产业、服务行业为主的工程项目。以照明为主、动力为辅，同时配备小型的生产性设施和相应的弱电工程，一般应掌握下列几点：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 民用建筑电气设备种类及负荷级别，见表 5-1。

表 5-1 民用建筑电气设备种类及负荷级别

序号	项目种类	建筑物名称	用电设备及部位名称	负荷级别	备注
1	住宅建筑	高层普通住宅	客梯电力、楼梯照明	二级	
2	宿舍建筑	高层宿舍	客梯电力、主要通道照明	二级	
3	旅馆建筑	一、二级旅游旅馆	经营管理用电子计算机及其外部设备电源，宴会厅电声、新闻摄影、录像电源，宴会厅、餐厅、娱乐厅、高级客房、厨房、主要通道照明，部分客梯电力、厨房部分电力	一级	
			其余客梯电力、一般客房照明		
		高层普通旅馆	客梯电力主要通道照明	二级	
4	办公建筑	省、市、自治区及部级办公楼	客梯电力、主要办公室、会议室总值班室、档案室及主要通道照明	二级	
		银行	主要业务用电子计算机及其外部设备电源、防盗信号电源	一级	①
			客梯电力	二级	②
5	教学建筑	高等学校教学楼	客梯电力，主要通道照明	二级	②
		高等学校的重要实验室	照明、仪器电源设置	一级	②
6	科教建筑	科研院所的重要实验室	照明、仪器电源设置	一级	③
		市（地区）级以上气象台	主要业务用电子计算机及其外部设备电源、气象雷达、电报及传真收发设备、卫星云图接收机、语言广播电源、天气绘图及预报照明	二级	
			客梯电力	二级	②
		计算中心	主要业务用电子计算机及其外部设备电源	一级	
			客梯电力	二级	②
7	文娱建筑	大型剧院	舞台、贵宾室、演员化妆室照明、电声、广播及电视转播新闻摄影电源	一级	
8	博览建筑	省、市、自治区以上的博物馆、展览馆	珍贵展品展室的照明及防盗信号电源	一级	
			商品展览用电	二级	
9	体育建筑	省、市、自治区级以上的体育馆、体育场	比赛厅（场）主席台、贵宾室、接待室、广场照明、计时记分、电声、广播及电视转播、新闻摄影电源	一级	
10	医疗建筑	县（区）级以上的医院	手术室、分娩室、婴儿室、急诊室、监护病房、高压氧舱、病理切片分析、区域性中心血库的电力及照明	二级	②
11	商业建筑	省辖市及以上的重点百货大楼	营业厅部分照明	一级	
			自动扶梯电力	二级	
12	商业仓库建筑	冷库	大型冷库、有特殊要求的冷库、氨压缩机及其附属设备电力、库内照明	二级	
13	司法建筑	监狱	警卫照明	一级	
14	公用附属建筑	区域采暖锅炉	动力、照明	二级	

① 在面积较大的银行营业厅中，供暂时继续工作用的事故照明为一级负荷。

② 仅当建筑物为高层建筑时，其载客电梯电力、楼梯照明为二级负荷。

③ 此处系指高等学校、科研院所中一旦中断供电将造成人身伤亡或重大政治影响、重大经济损失的实验室，例如生物制品实验室等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 层数、层高、建筑面积、土建工程概况等以及和系统图的对应情况。

③ 装饰标准和等级。

④ 安装项目的保密性、安全性，如防盗报警系统、司法部门的保安系统等。

二、负荷级别

掌握工程项目及电气设备的负荷级别，常用用电设备和部门的负荷级别见表5-2。

表5-2　常用用电设备和部门的负荷级别

序号	厂房或车间名称	用电设备名称	负荷级别	备注
1	热煤气站	鼓风机、发生炉传动机构	二级	
2	冷煤气站	鼓风机、排风机、冷却通风机发生炉传动机构、中央仪表室计量屏、冷却塔风扇、高压整流器、双带式输送系统的机械化输煤系统	二级	
3	部定重点企业中总蒸发量超过0.1MW/h的锅炉房	给水泵、软化水泵、鼓风机、引风机、二次鼓风机、炉箅机构	二级	
4	部定重点企业中总排气量超过40m³/min的压缩空气站	压缩机、独立励磁机	二级	
5	铸钢车间	平炉气化冷却水泵、平炉循环冷却水泵、平炉加料起重机、平炉所用的75t以上浇铸起重机、平炉鼓风机、平炉用其他用电设备（换向机构、炉门卷扬机构、计量屏），5t、10t电弧炼钢炉低压用电设备（电梯升降机构、倾炉机构）及其浇铸起重机	二级	
6	铸铁车间	30t及以上的浇铸起重机、部定重点企业冲天炉鼓风机	二级	
7	热处理车间	井式炉专用淬火起重机、井式炉油槽抽油泵	二级	
8	30MN以下的水压机车间	锻造专用设备、起重机、水压机、高压水泵	二级	
9	水泵房	供二级负荷电设备的水泵	二级	
10	大型电机试验站	主要机组、辅助机组	二级	20×10^4kW及以上发电机的试验站
11	刚玉冶炼车间	刚玉冶炼电炉变压器、低压用电设备（循环冷却水泵、电极提升机构、电炉传动机构、卷扬机构）	二级	
12	磨具成形车间	隧道窑鼓风机、卷扬机构	二级	
13	油漆树脂车间	反应釜及其供热锅炉	二级	2500L及以上
14	层压制品车间	压机及其供热锅炉	二级	
15	动平衡试验站	动平衡试验装置的润滑油系统	二级	
16	线缆车间	熔炼炉的冷却水泵、鼓风机、连铸机的冷却水泵、连轧机的水泵及润滑泵 压铅机、压铅机的熔炼炉、高压水泵、水压机 交联聚乙烯加工设备的挤压交联、冷却、收线用电设备 漆包机的传动机构、鼓风机、漆泵干燥浸油缸连续电加热、真空泵、液压泵	二级	
17	熔烧车间	隧道窑鼓风机、排风机、窑车推进机、窑门关闭机构、油加热器、油泵及其供热锅炉	二级	

注：事故停电将在经济上造成重大损失的多台大型电热装置，应属于一级负荷。

对于由双回路供电的一、二级负荷应掌握以下几点：双回路供电的电源来自哪几个变电站或发电厂；投切方式是自动还是手动；投切装置的规格、型号及原理图是否正确等。

最后指出，电气工程及自动化工程读图、审图的内容很多，随着电工技术的进步和发

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

展，随着各门类工程专业的进步和发展，新型的、科技含量更多更高的产品、工程将层出不穷，因此，要掌握电气工程及自动化工程的读图、审图技术是一个不断学习的过程，除了工程中遇到的图样外，要特别注重电气产品说明书、安装调试维修手册的学习和收集，要注重相关电气产品的新技术书籍或刊物的学习，这样才能适应新技术的需要，才能在工程实践中取得成就。作为电气工作人员及电气技术人员，读图和审图是技术技能的首选，对于图样，应该做到会画、会看、会讲、会干，并且是画得好、画得准，看得懂、能挑出毛病，讲得好、别人听了能懂，干得好、干得快、一次送电或试验成功。这些技术技能的获取并非一日之功，必须在工程实践中长期磨炼，汲取各方的技术信息，才能达到很高的境界。

第一节　读图程序、要点、方法

电气工程的门类繁多，有几十种。其中，常把电气装置安装工程中的照明、动力、变配电装置（有的建筑工程变配电装置已涉及 110kV 变配电所）、35kV 及以下架空线路及电缆线路、天车或桥式起重机电气线路、电梯、通信系统、广播系统、电缆电视、火灾自动报警及自动消防系统、防盗保安系统、建筑物内微机监测控制系统及自动化仪表、空调及冷库电气装置等与建筑物关联的新建、扩建和改造的电气工程统一称作建筑电气工程。而把变配电工程、输电架空线路工程、发电工程及其附属配套工程称为电力工程。

建筑电气工程在电气工程中占有很重要的地位，并且涉及土建、暖通、设备、管道、装饰、空调制冷等专业。因此，从技术的角度上讲，要求高而难度大。同时，建筑电气在建筑物中更占据显赫位置，它是建筑物功能能否实现的重要保证，像高层建筑、工业车间及其生产线、宾馆饭店、民用住宅、体育场馆、剧院会堂、经贸商厦、教学课堂、实验楼、写字楼等建筑物内，电气功能俱全，照明动力、电热空调、通信广播、防灾保安、微机监控、仪表监测、自动装置等应有尽有，构成了错综复杂的电气系统，使建筑物的功能实现了自动化，并使之完美无缺。特别是电梯空调、火灾报警、防盗保安、微机管理等进入建筑物，更使其如虎添翼，锦上添花，加快了人们工作和生活的节奏，丰富了人们的业余生活，使建筑物的功能更完善、更舒适、更安全。

电力工程在电气工程中占有非常显赫的位置，它是从发电开始，将电能输送到用户的系统工程，包括发电、升压、输电、降压、配电直到用户。电力工程在国民经济中是“先行官”，只有电力工程上去了、搞好了，其他各行业才能搞上去，没有电或电力系统出现故障频率较高，那么一切均是空谈。

但是，往往由于对图样的误读或疏忽，导致安装上的失误，致使建筑物的电气功能不能完美实现，更有甚者，则是因为一点很小的错误而导致了很大的功能上的损害。

因此，对于电气安装人员来说，必须精读图样，理解设计意图，熟悉建筑物的各种电气功能；掌握设备、元件、材料的规格、型号、数量及安装方式、位置、标高；熟练掌握建筑物内电气管线的走向、布置、敷设方式、位置、标高；掌握控制、联动、联锁、监控、监测、计量、报警、显示、摄录等电路的原理及线路；掌握各类机房（如变配电室、电梯机房、电话总机、消防中心、保安中心、微机室、电视及广播机房、空调机房、仪表室等）的布置及功能；掌握系统保护方式及防雷接地等，只有这样才能准确编制施工组织设计（施工方案），编制工程预决算，编制设备、材料、机具清单；只有这样才能统配人力、物

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

力、财力进行施工，才能正确安装电气设备及线路，保证其安全运行；只有这样才能节约原材料、节约工时，才有利于工程的质量、工期、投资的控制，也就是说才能完美地干好一项工程，从而保证其功能的实现。

综上所述，读图是电气安装工程中最重要的一步，也是审图的基本技术技能。图样是工程的依据，是指导人们安装的技术文件，同时，工程图样具有法律效力，任何违背图样的施工或误读而导致的损失对于安装人员来说都要负法律责任。因此，对于电气安装人员要通过读图审图，熟悉图样、熟悉工程、正确安装，这是半点也不能含糊的，特别是对于初学者来说尤为重要，作为一名电气工作人员首先必须要做到的就是这一点，任何时候、任何情况、任何条件下绝对不能违背。需要说明的一点，就是在读图、审图过程中要互相借鉴，不要死读，要联想，这样既能提高自己，也能正确找出图中之误。

一、电气工程的图样类别

电气工程的图样一般有电气总平面图、电气系统图、电气设备平面图、控制原理图、接线图、大样图、电缆清册、图例及设备材料表等。

（一）电气总平面图

电气总平面图是在建筑总平面图上表示电源及电力负荷分布的图样，主要表示各建筑物的名称或用途、电力负荷的装机容量、电气线路的走向及变配电装置的位置、容量和电源进户的方向等。通过电气总平面图可了解该项工程的概况，掌握电气负荷的分布及电源装置等。一般大型工程都有电气总平面图，中小型工程则由动力平面图或照明平面图代替。

（二）电气系统图

电气系统图是用单线图表示电能或电信号按回路分配出去的图样，主要表示各个回路的名称、用途、容量以及主要电气设备、开关元件及导线电缆的规格型号等。通过电气系统图可以知道该系统的回路个数及主要用电设备的容量、控制方式等。建筑电气工程中系统图用得很多，动力、照明、变配电装置、通信广播、电缆电视、火灾报警、防盗保安、微机监控、自动化仪表等都要用到系统图。

（三）电气设备平面图

电气设备平面图是在建筑物的平面图上标出电气设备、元件、管线实际布置的图样，主要表示其安装位置、安装方式、规格型号数量及接地网等。通过平面图可以知道每幢建筑物及其各个不同的标高上装设的电气设备、元件及其管线等。建筑电气平面图用得很多，动力、照明、变配电装置、各种机房、通信广播、电缆电视、火灾报警、防盗保安、微机监控、自动化仪表、架空线路、电缆线路及防雷接地等都要用到平面图。

（四）控制原理图

控制原理图是单独用来表示电气设备及元件控制方式及其控制线路的图样，主要表示电气设备及元件的起动、保护、信号、联锁、自动控制及测量等。通过控制原理图可以知道各设备元件的工作原理、控制方式，掌握建筑物的功能实现的方法等。控制原理图用得很多，动力、变配电装置、火灾报警、防盗保安、微机监控、自动化仪表、电梯等都要用到控制原理图，较复杂的照明及声光系统也要用到控制原理图。

（五）二次接线图（接线图）

二次接线图是与控制原理图配套的图样，用来表示设备元件外部接线以及设备元件之间接线的。通过接线图可以知道系统控制的接线及控制电缆、控制线的走向及布置等。动力、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

变配电装置、火灾报警、防盗保安、微机监控、自动化仪表、电梯等都要用到接线图。一些简单的控制系统一般没有接线图。

（六）大样图

大样图一般是用来表示某一具体部位或某一设备元件的结构或具体安装方法的，通过大样图可以了解该项工程的复杂程度。一般非标的控制柜、箱，检测元件和架空线路的安装等都要用到大样图，大样图通常采用标准通用图集。其中剖面图也是大样图的一种。

（七）电缆清册

电缆清册是用表格的形式表示该系统中电缆的规格、型号、数量、走向、敷设方法、头尾接线部位等内容的，一般使用电缆较多的工程均有电缆清册，简单的工程通常没有电缆清册。

（八）图例

图例是用表格的形式列出该系统中使用的图形符号或文字符号的，目的是使读图者容易读懂图样。

（九）设备材料表

设备材料表一般都要列出系统主要设备及主要材料的规格、型号、数量、具体要求或产地。但是表中的数量一般只作为概算估计数，不作为设备和材料的供货依据。

（十）设计说明

设计说明主要标注图中交代不清或没有必要用图表示的要求、标准、规范等。

上述图样类别具体到工程上则按工程的规模大小、难易程度等有所不同，其中系统图、平面图、原理图是必不可少的，也是读图的重点，是掌握工程进度、质量、投资及编制施工组织设计和预决算书的主要依据。

二、读图程序

实践中读图的程序一般按设计总说明、电气总平面图、电气系统图、电气设备平面图、控制原理图、二次接线图和电缆、设备清册、大样图、设备材料表和图例并进的程序进行，详见图 5-2。

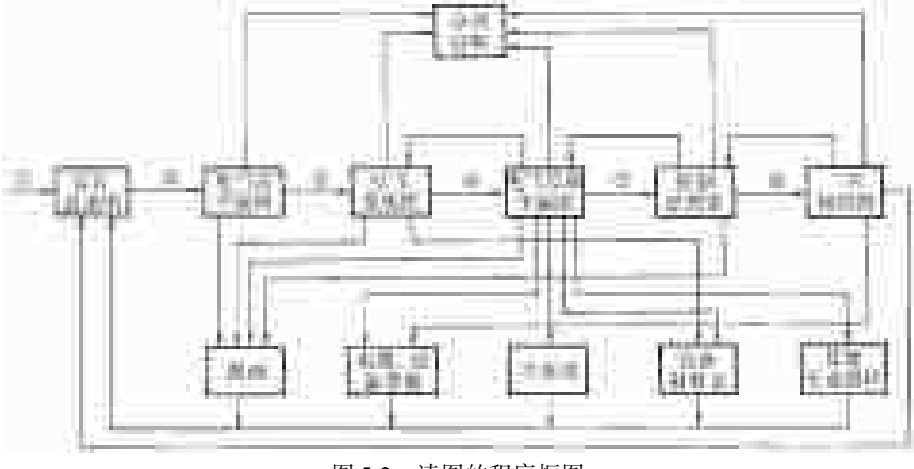


图 5-2　读图的程序框图

三、读图要点

（一）设计说明

阅读设计说明时，要注意并掌握下列内容：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）工程规模概况、总体要求、采用的标准规范、标准图册及图号、负荷级别、供电要求、电压等级、供电线路及杆号、电源进户要求和方式、电压质量、弱电信号分贝要求等。

2）系统保护方式及接地电阻要求、系统防雷等级、防雷技术措施及要求、系统安全用电技术措施及要求、系统对过电压和跨步电压及漏电采取的技术措施。

3）工作电源与备用电源的切换程序及要求、供电系统短路参数、计算电流、有功负荷、无功负荷、功率因数及要求、电容补偿及切换程序要求、调整参数、试验要求及参数、大容量电动机起动方式及要求、继电保护装置的参数及要求、母线联络方式、信号装置、操作电源、报警方式。

4）高低压配电线路型式及敷设方法要求、厂区线路及户外照明装置的型式、控制方式、某些具体部位或特殊环境（爆炸及火灾危险、高温、潮湿、多尘、腐蚀、静电、电磁等）安装要求及方法、系统对设备、材料、元件的要求及选择原则，动力及照明线路的敷设方法及要求。

5）供电及配电采用的控制方式、工艺装置采用的控制方法及联锁信号、检测和调节系统的技术方法及调整参数、自动化仪表的配置及调整参数、安装要求及其管线敷设要求、系统联动或自动控制的要求及参数、工艺系统的参数及要求。

6）弱电系统的机房安装要求、供电电源的要求、管线敷设方式、防雷接地要求及具体安装方法，探测器、终端及控制报警系统安装要求，信号传输分贝要求、调整及试验要求。

7）铁构件加工制作和控制盘柜制作要求、防腐要求、密封要求、焊接工艺要求、大型部件吊装要求及其混凝土基础工程施工要求及其标号、设备冷却管路试验要求、蒸馏水及电解液配制要求、化学法降低接地电阻剂配制要求等非电气的有关要求。

8）所有图中交代不清、不能表达或没有必要用图表示的要求、标准、规范、方法等。

9）除设计说明外，其他每张图上的文字说明或注明的个别、局部的一些要求等，如相同或同一类别元件的安装标高及要求等。

10）土建、暖通、设备、管道、装饰、空调制冷等专业对电气系统的要求或相互配合的有关说明、图样，如电气竖井、管道交叉、抹灰厚度、基准线等。

（二）总电气平面图

阅读总电气平面图时，要注意并掌握以下有关内容：

1）建筑物名称、编号、用途、层数、标高、等高线、用电设备容量及大型电机容量台数、弱电装置类别、电源及信号进户位置。

2）变配电所位置、变压器台数及容量、电压等级、电源进户位置及方式、系统架空线路及电缆走向、杆型及路灯、拉线布置、电缆沟及电缆井的位置、回路编号、主要负荷导线截面及根数、电缆根数、弱电线路的走向及敷设方式、大型电动机及主要用电负荷位置以及电压等级、特殊或直流用电负荷位置、容量及其电压等级等。

3）系统周围环境、河道、公路、铁路、工业设施、电网方位及电压等级、居民区、自然条件、地理位置、海拔等。

4）设备材料表中的主要设备材料的规格、型号、数量、进货要求、特殊要求等。

5）文字标注、符号意义、其他有关说明、要求等。

（三）电气系统图

1）阅读变配电装置系统图时，要注意并掌握以下有关内容：

① 进线回路个数及编号、电压等级、进线方式（架空、电缆）、导线电缆规格型号、计

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

量方式、电流互感器、电压互感器及仪表规格型号数量、防雷方式及避雷器规格型号数量。

② 进线开关规格型号及数量、进线柜的规格型号及台数、高压侧联络开关规格型号。

③ 变压器规格型号及台数、母线规格型号及低压侧联络开关（柜）规格型号。

④ 低压出线开关（柜）的规格型号及台数、回路个数用途及编号、计量方式及表计、有无直控电动机或设备及其规格型号台数起动方法、导线电缆规格型号，同时对照单元系统图和平面图查阅送出回路是否一致。

⑤ 有无自备发电设备或 UPS，其规格型号容量与系统连接方式及切换方式、切换开关及线路的规格型号、计量方式及仪表。

⑥ 电容补偿装置的规格型号及容量、切换方式及切换装置的规格型号。

2）阅读动力系统图时，要注意并掌握以下内容：

① 进线回路编号、电压等级、进线方式、导线电缆及穿管的规格型号。

② 进线盘、柜、箱、开关、熔断器及导线规格的型号、计量方式及表计。

③ 出线盘、柜、箱、开关、熔断器及导线规格的型号、回路个数用途、编号及容量，穿管规格、起动柜或箱的规格型号、电动机及设备的规格型号容量、起动方式，同时核对该系统动力平面图回路标号与系统图是否一致。

④ 有无自备发电设备或 UPS，内容同前。

⑤ 电容补偿装置，内容同前。

3）阅读照明系统图时，要注意并掌握以下内容：

① 进线回路编号、进线线制（三相五线、三相四线、单相两线制）、进线方式、导线电缆及穿管的规格型号。

② 照明箱、盘、柜的规格型号、各回路开关熔断器及总开关熔断器的规格型号、回路编号及相序分配、各回路容量及导线穿管规格、计量方式及表计、电流互感器规格型号，同时核对该系统照明平面图回路标号与系统图是否一致。

③ 直控回路编号、容量及导线穿管规格、控制开关型号规格。

④ 箱、柜、盘有无漏电保护装置，其规格型号、保护级别及范围。

⑤ 应急照明装置的规格型号台数。

4）阅读通信系统图时，要注意并掌握以下内容：

① 总机规格型号及门数、外线进户对数、电源装置的规格型号、总配线架或接线箱的规格型号及接线对数、外线进户方式及导线电缆穿管规格型号。

② 各分路送出导线对数、房号插孔数量、导线及穿管规格型号，同时对照平面布置图，核对房号及编号。

③ 发射天线规格型号、根数、引入电缆规格型号。

5）阅读广播音响系统图时，要注意并掌握以下内容：

① 广播音响设备规格型号、电源装置规格型号，送出回路个数及其开关规格型号，导线及管路规格型号，自办节目的设备规格型号及天线规格、型号、电缆引入方式。

② 各分路送出导线回路数、房号、编号、对照平面图，核对房号及编号。

6）阅读电缆电视系统图时，要注意并掌握以下内容：

① 天线个数及其规格型号、天线引入信号的 dB 值、前端设备的规格型号及输出信号的 dB 值、自办节目的设备规格型号、电缆的规格型号、电源装置规格型号及功能。

② 系统的回路个数及电缆的规格型号、各回路从顶层至最底层各房间信号 dB 值及编

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

号、中间放大器、线路放大器规格型号、送至架空电缆的规格型号及信号的 dB 值、各插孔规格型号。

③ 对照平面图核对编号及信号 dB 值。

④ 系统与保安系统的联络方式及控制功能。

7）阅读火灾自动报警及消防系统图时，要注意并掌握以下内容：

① 集中报警控制器、区域报警控制器规格型号台数、电源装置规格型号台数、火警报警装置和消防控制设备规格型号、消防通信设置规格型号、火灾事故广播设备型号规格、信号盘及操作控制柜规格型号功能、监视器规格型号台数，上述各设备送出的回路个数、编号及导线或电缆的规格型号、被控制设备的名称规格型号及编号、机房及其他设施规格型号及管线电缆规格型号。

② 各区域报警控制器输入回路个数、探测器规格型号数量编号及房号、输出回路个数、导线及穿管规格型号。

③ 集中报警控制器输入回路个数、导线或电缆穿管规格。

④ 喷洒灭火系统中喷洒头规格型号个数及编号和房号、水流报警阀规格型号个数及编号、气压水罐规格型号，泵房动力系统图（水泵、稳压泵、消防泵等）同动力系统图。

⑤ 卤代烷灭火系统中喷头规格型号个数及编号房号、瓶头阀、分配阀及储罐规格型号个数及编号。

⑥ 二氧化碳、泡沫、干粉、蒸气及氮气等灭火系统主要设备的型号、规格及分布的编号房号等。

⑦ 防排烟系统中防火阀、送风机、排风机、排烟机规格型号编号房号及其电气动力系统图。

⑧ 安全疏散系统中疏散指示标志、防火门、防火卷帘的规格型号编号及房号，以及上述设施中的管线规格型号。事故照明系统图和消防电源系统图及消防电梯系统图同前。

⑨ 通风空调系统中的动力系统图。

⑩ 消防栓系统中的消防水泵、气压水罐、稳压泵的规格型号及动力系统图。

⑪ 系统中其他设施的规格型号及管线缆的规格型号。

⑫ 火灾事故广播系统及消防通信系统同 4）和 5）。

⑬ 对照平面图核对送入回路及探测器的编号、房号。

8）阅读保安防盗系统图时，应注意并掌握以下内容：

① 机房监视器规格型号台数、信号报警装置型号规格、传输电缆规格型号、送入信号回路个数、编号及房号、摄像探测器型号规格及个数、电源装置的规格型号。

② 电门锁系统中控制盘的规格型号、监控回路个数、编号、房号、电源装置、管线缆规格型号。

③ 系统与电视和通信广播系统的联络方式。

④ 对照平面图核对回路的编号、房号等。

9）阅读微机监控系统图，应注意并掌握以下内容：

① CPU 主机规格型号台数、打印机、监视器、模拟信号装置的规格型号台数、电源装置及 UPS 规格型号、接线箱规格型号、引入回路个数、编号及房号、引入回路的管线电缆规格型号。

② 数据采集器规格型号台数及功能、电磁量传感器及执行器规格型号台数、热工量和机械量传感器及执行器规格型号及台数、爆炸危险环境探测器及传感器执行器的规格型号台

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

数、火灾探测器及传感器执行器的规格型号台数，有毒有害气体及环境保护监测传感器和执行器规格型号及台数，其他传感器、探测器、执行器规格型号及台数，传输信号管线电缆规格型号，各类传感器、探测器、执行器的编号及房号，并对照弱电平面图核对编号、房号。

③ 系统电源装置、系统与其他系统的联络及其管线缆等。其他系统指火灾自动报警、防盗保安、通信广播、电缆电视、自动化仪表系统等。

10）阅读自动化仪表系统图时，应注意并掌握以下内容：

① 被测量的类别（温度、压力、流量、物位、机械量、化学量等），被测介质（蒸气、水、烟气、空气、风、CO_2、CO、SO_2、pH 值等）、一次仪表及取样装置的规格型号及编号、就地安装仪表及变送器的规格型号及编号、一次导线导管的规格型号及长度及编号、接线盒及二次导线或电缆导管的规格型号和长度及编号走向、仪表盘上仪表及二次仪表的规格型号、仪表盘上切换开关、信号指示、报警装置及其他电气装置的规格型号。

② 仪表、电动调整装置与其他装置或电气设备的联锁条件及方式、调节阀或调节挡板与仪表或仪表盘上装置的关系、执行器的规格型号用途及其联锁控制方式。

③ 现场就地仪表接线盒接线图、现场其他非仪表件的规格型号、个数（包括截止阀、针型阀、冷凝器、平衡器、保温箱等）。

④ 仪表电源装置及连线方式。

（四）电气平面图

1. 变配电装置平面图

1）阅读户外变电所平面布置图时，要注意并掌握以下有关内容：

① 变电所在总平面图上的位置及其占地面积的几何形状及尺寸，电源进户回路个数、编号、电压等级、进线方位、进线方式及第一接线点的形式（杆、塔）、进线电缆或导线的规格型号、电缆头规格型号，进线杆塔规格、悬式绝缘子的规格片数及进线横担的规格。

② 混凝土构架及其基础的布置、间距、比例、高度、形式（门型、单杆支柱）、中心线位置、数量、规格、用途及其结构型式，避雷针的位置、个数、规格、型式结构，电缆沟的位置、盖板结构及其沟断面布置，控制室及室内部分配电装置、电容器室以及休息室、检修间、备品库等房间的位置、面积、几何尺寸、开间布置等。

③ 隔离开关、避雷器、电流互感器、电压互感器及其熔断器、断路器、电力变压器、跌落熔断器、所用变压器、阻波器、滤波器、耦合电容器等室外主要设备的规格、型号、数量、安装位置。

④ 一次母线、二次母线的规格及组数，悬式绝缘子规格片数组数，穿墙套管规格、型号、组数、安装位置及标高，二次侧母线桥的结构型式、标高材料规格、支柱绝缘子型号规格及数量、安装位置、间距。

⑤ 控制室信号盘、控制盘、电源柜、直流柜、模拟盘规格型号、数量、安装位置，室内电缆沟位置。

⑥ 二次配电室进线柜、计量柜、开关柜、控制柜、联络柜、避雷柜的规格、型号、台数安装位置，室内电缆沟位置，引出线的穿墙套管规格、型号、编号、安装位置及标高，引出电缆的位置、编号。室内敷设管路的规格及导线电缆规格根数。

⑦ 修理间电源柜、动力配电柜的规格、型号、安装位置、电缆沟位置，管路布置及其规格、导线及电缆规格。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

⑧ 电容器室电容柜或台架的规格、型号、安装位置、电缆沟位置。

⑨ 接地极、接地网平面布置及其材料的规格、型号、数量、引入室内的位置及室内布置方式、接地电阻要求、与设备接地点连接要求、敷设要求。

⑩ 上述各条内容有无与设计规范不符，有无与土建、采暖、通风、给排水等专业冲突矛盾之处。

变配电所对建筑、采暖、通风、给排水的要求见表 5-3 ~ 表 5-5，变压器布置要求见表 5-6 ~ 表 5-9。

表 5-3　变配电所各房间对建筑的要求

<table>
<tr><th>房间名称</th><th>高压配电室
（有充油设备）</th><th>高压电
容器室</th><th>油浸变压器室</th><th>低　压
配电室</th><th>控制室</th><th>值班室</th></tr>
<tr><td>建筑物耐
火 等 级</td><td>二级</td><td>二级
（油浸式）</td><td>一级</td><td colspan="3">二级</td></tr>
<tr><td>屋　面</td><td colspan="6">应有保温、隔热层及良好的防水和排水措施</td></tr>
<tr><td>顶棚</td><td colspan="6">刷　　白</td></tr>
<tr><td>屋檐</td><td colspan="6">防止屋面的雨水沿墙面流下</td></tr>
<tr><td>内墙面</td><td colspan="2">邻近带电部分的内墙面只刷白，其他部分抹灰刷白</td><td>勾缝并刷白，墙基应防止油浸蚀，与有爆炸危险场所相邻的墙壁内侧应抹灰并刷白</td><td colspan="3">抹灰并刷白</td></tr>
<tr><td>地坪</td><td>水泥压光</td><td>水泥压光采用抬高地坪方案通风效果较好</td><td>低式布置采用卵石或碎石铺设，厚度为250mm
高式布置采用水泥地坪，应向中间通风及排油孔做 2% 的坡度</td><td>水泥压光</td><td>水磨石或水泥压光</td><td>水泥压光</td></tr>
<tr><td>采光和
采光窗</td><td>宜有自然采光，允许用木窗，能开启的窗应设置纱窗，第一层开向变电所范围以外的窗应加保护网，其窗台高度应不大于 1.8m，靠近带电部分的窗应为固定窗，在空气污秽或风沙大的地区，不宜设置可开启的窗</td><td>可设采光窗，其要求与高压配电室相同</td><td>不设采光窗</td><td>允 许 用
木窗</td><td colspan="2">允许用木窗
能开启的窗应设置纱窗，在寒冷或风沙大的地区采用双层玻璃窗</td></tr>
<tr><td>通风窗</td><td>允许用木制百叶窗加保护网（网孔不大于 10mm × 10mm），防止小动物进入</td><td>通风窗用百叶窗并设有网孔不大于 10mm × 10mm 的铁丝网</td><td>车间内变压器室的通风窗应为非燃烧材料制成，其他变压器室则允许用木制。出风窗应有防止雨、雪进入的措施，进风窗应有防止小动物进入的措施
门上的进风窗可采用百叶窗，内设网孔不大于10mm × 10mm 的铁丝网，当进风有效面积不能满足要求时，可只装设网孔不大于 10mm × 10mm 的铁丝网</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

房间名称	高压配电室（有充油设备）	高压电容器室	油浸变压器室	低压配电室	控制室	值班室
门	门向外开，当相邻房间都有电气设备时，门应能向两个方向开或开向电压较低的房间					
	通往室外的门一般为非防火门，当室内总油量不低于60kg，且门开向建筑物内时，门应用非燃烧体或难燃烧体做成	与高压配电室相同	采用铁门或木门内侧包铁皮 单扇门宽不小于1.5m时，应在大门上加开小门，小门上应装弹簧锁，锁的高度应考虑室外开启方便。大门及大门上的小门应向外开启，其开启角度为180°，同时要尽量降低小门的门槛高度，使在室内外地坪标高不同时，出入方便	允许用木制	允许用木制 在南方炎热地区经常开启的通向屋外的门内还宜设置纱门	
电缆沟	水泥抹光并采取防水、排水措施 若采用钢筋混凝土盖板，要求平整光洁，重量不大于50kg			水泥抹光并采取防水、排水措施		

2）阅读户外变压器台平面布置图时，要注意并掌握以下有关内容：

① 变压器台的容量及安装位置、电源电压等级、回路编号、进户方位、进线方式、第一接线点型式、进线规格型号、电缆头规格、进线杆规格、悬式绝缘子规格、片数及进线横担规格。

② 变压器安装方式（落地、杆上）、变压器基础面积高度、围栏形式（墙、栏杆或网）高度及设置、跌开式熔断器和避雷器规格型号安装位置、横担构件支撑规格及要求、杆头金具布置形式、接地引线及接地板的布置、接地电阻要求、悬式绝缘子及针式绝缘子数量及规格、高低压母线规格及安装方式、电杆规格及数量、卡盘和底盘、隔离开关规格型号及安装方式、低压侧熔断器的规格型号、低压侧总柜或总箱的位置、规格、结构型式以及低压出线方式、计量方式等。

3）阅读户内变配电所平面布置图时，要注意并掌握以下有关内容：

① 见户外变配电所平面图的①。

② 变配电所的层数、开间布置及用途、楼板孔洞用途及几何尺寸。

③ 各层设备平面布置情况、开关柜、计量柜、控制柜、联络柜、避雷柜、信号盘、电源柜、操作柜、模拟盘、电容柜、变压器等的规格、型号、台数、安装位置，首层电缆沟位置、引出线穿墙套管规格、型号、编号、安装位置、引出电缆的位置编号、母线及母线桥结构型式及规格型号组数等。室内敷设管路的规格及导线电缆的规格型号根数。

④ 见户外变配电所的⑨和⑩。

2. 阅读动力平面图时，应注意并掌握以下有关内容：

① 设备基础及电动机位置、电动机容量、电压、台数及编号、控制柜箱的位置及规格型号、从控制柜箱到电动机安装位置的管路、线槽、电缆沟的规格型号及线缆规格型号根数和安装方式、直控大型电动机线缆敷设方式及引入位置、规格型号。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-4　变压器室通风窗有效面积　（单位：m^2）

进出风窗中心高度/m	进出风窗面积之比	SJL_1-630				SJL_1-1250				SJ_1-560				SJ_1-1000			
		进风温度 30℃		进风温度 35℃		进风温度 30℃		进风温度 35℃		进风温度 30℃		进风温度 35℃		进风温度 30℃		进风温度 35℃	
		进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积	进风窗有效面积	出风窗有效面积
3.0	1:1	1.12	1.12	1.96	1.96					1.36	1.36	2.38	2.38				
	1:1.5	0.91	1.36	1.59	2.38					1.10	1.65	1.92	2.88				
	1:2	0.82	1.64	1.43	2.86					0.99	1.98	1.74	3.48				
3.5	1:1	1.04	1.04	1.82	1.82	1.97	1.97	3.45	3.45	1.26	1.26	2.20	2.20	2.06	2.06	3.61	3.61
	1:1.5	0.84	1.26	1.47	2.20	1.59	2.38	2.79	4.18	1.02	1.53	1.78	2.67	1.67	2.50	2.92	4.38
	1:2	0.76	1.52	1.33	2.66	1.44	2.88	2.52	5.04	0.92	1.84	1.61	3.22	1.51	3.02	2.64	5.28
4.0	1:1	0.97	0.97	1.70	1.70	1.84	1.84	3.23	3.23	1.17	1.17	2.06	2.06	1.93	1.93	3.38	3.38
	1:1.5	0.79	1.18	1.37	2.05	1.49	2.23	2.61	3.91	0.95	1.42	1.67	2.50	1.56	2.34	2.73	4.09
	1:2	0.71	1.42	1.24	2.48	1.34	2.68	2.36	4.72	0.86	1.72	1.50	3.00	1.41	2.84	2.47	4.94
4.5	1:1	0.92	0.92	1.60	1.60	1.73	1.73	3.04	3.04	1.11	1.11	1.94	1.94	1.82	1.82	3.19	3.19
	1:1.5	0.74	1.11	1.30	1.95	1.40	2.10	2.46	3.69	0.90	1.35	1.57	2.35	1.47	2.20	2.58	3.87
	1:2	0.67	1.34	1.17	2.34	1.27	2.54	2.22	4.44	0.81	1.62	1.42	2.84	1.33	2.66	2.33	4.66
5.0	1:1					1.65	1.65	2.88	2.88					1.73	1.73	3.02	3.02
	1:1.5					1.32	1.99	2.33	3.49					1.40	2.10	2.45	3.67
	1:2					1.20	2.40	2.11	4.22					1.26	2.52	2.21	4.42

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-5 变配电所内各房间采暖、通风、给排水要求

项目	房间名称				
	高压配电室（有充油电气设备）	高压电容器室	油浸变压器室	低压配电室	控制室、值班室
通风	宜有自然通风，当装有事故通风装置时，其换气量每小时应不少于6次，事故排风机的控制开关宜装在便于开启处	应有良好的自然通风，按排风温度不高于40℃计算，当自然通风不能满足要求时，应增设机械通风	应有良好的自然通风，按排风温度不高于45℃计算，当自然通风不能满足要求时，应增设机械通风	一般靠自然通风	
采暖	一般不采暖	一般不采暖，当温度低于制造厂规定值以下，应采暖		一般不采暖，当兼作控制室或值班室时，在规定采暖区采暖	在规定采暖区要采暖
水道	有人值班的配电所一般设给、排水管道；车间变电所一般不设给、排水管道				

表 5-6 户外变压器基础尺寸 （单位：mm）

变压器型号	电压/kV		容量/kVA	尺寸（见图5-3）				
				L	c	b/a		
	高压	低压				混凝土	砖	块石或毛石混凝土
SJL（R8系列）	6，10	0.4	180～240 320～560 750～1000	1000 1200 1600	550 660 820	300/250 300/360 300/520	370/180 370/290 370/450	400/150 400/260 400/420
SJL（R10系列）	6，10	0.4	200～315 500～630 800～1000	1000 1200 1600	550 660 820	300/250 300/360 300/450	370/180 370/290 370/520	400/150 400/260 400/420
SJL_1（R10系列）	6，10	0.4	200～315 400～630 800～1000	1000 1200 1600	550 660 820	300/250 300/360 300/520	370/180 370/290 370/450	400/150 400/260 400/420
SJ（R8系列）	6，10	0.4	180～320 420～1000	1200 1600	660 820	300/360 300/520	370/290 370/450	400/260 400/420
BSJL	6	0.4	320 560 750	1000 1200 1200	660 820	300/360 370/520	370/290 370/450	400/260 400/420
BSJ	6	0.4	1000	1600	820	300/520	370/450	400/420

注：本表适用于混凝土（100号）、砖（75号砖、50号水泥砂浆）、石（200号块石、50号水泥砂浆），基础顶面做法与屋内变压器相同。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-7　普通型电力变压器基础尺寸　（单位：mm）

变压器容量/kVA		尺寸（见图 5-4）			
		F_1	F_2	F_0	H
铝线	200～630（180～560）	550	660	605	500
	800～1250（750～1000）	660	820	740	300
铜线	180～560	660	820	740	500
	750～1000	820	1070	945	300

注：图 5-4 所示为不抬高地坪方案，当采用抬高地坪方案时，图中轨距仍然适用。

表 5-8　控制室各屏间及通道距离　（单位：mm）

简　图	符　号	名　称	一般值	最小值
	b_1	屏正面—屏背面	1300～1500	1200
	b_2	屏背面—墙	1000～1200	800
	b_3	屏边—墙	1000～1200	800
	b_4	主屏正面—墙	3000	—

表 5-9　变压器外廓与变压器室墙壁和门的最小净距　（单位：m）

变压器容量/kVA	≤1000	1250
至后壁和侧壁的净距	0.6	0.8
至门的净距	0.8	1.0

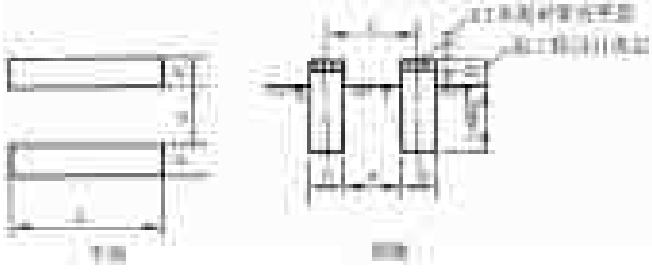


图 5-3　户外变压器基础示意图

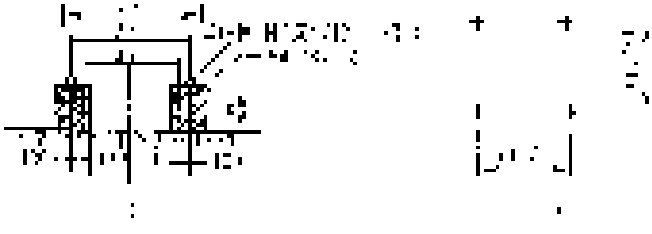


图 5-4　户内变压器基础示意图

a）变压器基础　b）荷重分布

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 电源进户位置、方式、线缆规格型号、第一接线点位置及引入方式、电源总柜规格型号及安装位置、总柜与各控制柜箱的连接形式及线缆规格型号。

③ 接地母线、引线、接地极的规格型号数量、敷设方式、接地电阻要求。

④ 控制回路、检测回路的线缆规格型号数量及敷设方式，控制元件、检测元件规格型号及安装位置。

⑤ 核对系统图与动力平面图的回路编号、用途名称、容量及控制方式是否相同。

⑥ 建筑物为多层结构时，上下穿越的线缆敷设方式（管、槽、插接或封闭母线、竖井等）及其规格、型号、根数、相互联络方式。单层结构的不同标高下的上述各有关内容及平面布置图。

⑦ 系统采用的接地保护方式及要求。

⑧ 单独设立控制室的动力平面图，应掌握控制室的位置、控制回路数、控制柜结构或规格型号，并对照控制原理图及电缆清册核对控制方式、联锁回路，控制柜排列安装位置、电缆沟或线槽的安装位置和安装方式。

⑨ 具有仪表检测的动力电路应对照仪表平面布置图核对联锁回路、调节回路的元件及线缆的布置及安装敷设方式。

⑩ 室内采用明装架空母线的规格、绝缘子规格型号、电源引入及引下线规格、安装方式、对应设备及开关箱柜的规格型号等。

⑪ 各类特殊环境电气设备及管线的上述内容。

3. 阅读照明平面图时，应注意并掌握以下有关内容：

① 灯具、插座、开关的位置、规格型号、数量，控制箱的安装位置及规格型号、台数、从控制箱到灯具插座、开关安装位置的管路（包括线槽、槽板、明装线路等）的规格走向及导线规格型号根数和安装方式，上述各元件的标高及安装方式和各户计量方法等。

② 电源进户位置、方式、线缆规格型号、第一接线点位置及引入方式、总电源箱规格型号及安装位置，总箱与各分箱的连接形式及线缆规格型号。

③ 核对系统图与照明平面图的回路编号、用途名称、容量及控制方式（集中、单独控制）是否相同。

④ 建筑物为多层结构时，上下穿越的线缆敷设方式（管、槽、竖井等）及其规格、型号、根数、走向、连接方式（盒内、箱内等）。单层结构的不同标高下的上述各有关内容及平面布置图。

⑤ 系统采用的接地保护方式及要求。

⑥ 采用明装线路时，其导线或电缆的规格、绝缘子规格型号、钢索规格型号、支柱塔架结构、电源引入及安装方式、控制方式及对应设备开关元件的规格型号等。

⑦ 其他特殊照明装置的安装要求及布线要求、控制方式等。

⑧ 土建工程的层高、墙厚、抹灰厚度、开间布置、梁窗柱梯井厅的结构尺寸、装饰结构型式及其要求等土建资料。

⑨ 各类机房照明要求及上述有关内容。

⑩ 各类特殊环境照明布置要求及上述有关内容。

4. 阅读通信、广播、音响平面图时，应注意并掌握以下有关内容：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 机房位置及平面布置、总机柜、配线架、电源柜、操作台的规格型号及安装位置要求，交流电源进户方式、要求、线缆规格型号，天线引入位置及方式。

② 市局外线对数、引入方式、敷设要求、规格型号，内部电话引出线对数、引出方式(管、槽、桥架、竖井等)、规格型号、线缆走向。

③ 广播线路引出对数、引出方式及线缆的规格型号、线缆走向、敷设方式及要求。

④ 各房间话机插座、音箱及元器件安装位置标高、安装方式、规格型号及数量、线缆管路规格型号及走向；多层结构时，上下穿越线缆敷设方式、规格型号根数、走向、连接方式。

⑤ 屋顶天线布置位置、天线规格型号数量、安装方式，信号线缆引下及引入方式及引入位置、信号线缆规格型号。

⑥ 核对系统图与平面图的信号回路编号、用途名称等。

⑦ 见照明平面图中的⑧。

5. 阅读电缆电视平面布置图时，应注意并掌握以下有关内容：

① 机房位置及平面布置、前端设备规格型号、台数、电源柜和操作台规格型号及安装位置要求，交流电源进户方式、要求、线缆规格型号，天线引入位置及方式、天线数量。

② 信号引出回路数、线缆规格型号、电缆敷设方式及要求、走向。

③ 各房间电视插座安装位置标高、安装方式、规格型号数量、线缆规格型号及走向、敷设方式；多层结构时，上下穿越电缆敷设方式及线缆规格型；有无中间放大器，其规格型号数量、安装方式及电源位置等。

④ 有自办节目时，机房、演播厅平面布置及其摄像设备的规格型号、电缆及电源位置等。

⑤ 屋顶天线布置、天线规格型号数量、安装方式、信号电缆引下及引入方式、引入位置、电缆规格型号、天线电源引上方式及其规格型号，天线安装要求（方向、仰角、电平等）。

⑥ 见通信广播音响平面图的⑥和⑦。

6. 阅读火灾自动报警及自动消防平面图时，应注意并掌握以下有关内容：

① 机房平面布置及机房（消防中心）位置、集中报警控制柜、电源柜及 UPS 柜、火灾报警柜、消防控制柜、消防通信总机、火灾事故广播系统柜、信号盘、操作柜等机柜室内安装排列位置、台数、规格型号、安装要求及方式，交流电源引入方式、相数及其线缆规格型号、敷设方法，各类信号线、负荷线、控制线的引出方式、根数、线缆规格型号、敷设方法，电缆沟、桥架及竖井位置、线缆敷设要求。

② 火灾报警及消防区域的划分、区域报警器、探测器、手动报警按钮安装位置标高、安装方式，引入引出线缆规格型号根数及敷设方式、管路及线槽安装方式及要求、走向。

③ 消防系统中喷洒头、水流报警阀、卤代烷喷头、二氧化碳等喷头安装位置标高房号、管路布置走向及电气管线布置走向导线根数、卤代烷及二氧化碳等储罐或管路安装位置标高房号等。

④ 防火阀、送风机、排风机、排烟机、消防泵及设施、消火栓等设施安装位置标高、安装方式及管线布置走向、导线规格根数、台数、控制方式。

⑤ 疏散指示灯、防火门、防火卷帘、消防电梯安装位置标高、安装方式及管线布置走向、导线规格根数、台数及控制方式。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

⑥ 多层建筑结构时见动力平面图的⑥。

⑦ 系统采用的接地保护方式及要求。

⑧ 核对系统图与平面图的回路编号、用途名称、房间号、管线槽井是否相同。

7. 阅读保安防盗平面图时，应注意并掌握以下内容：

① 机房平面布置及机房（保安中心）位置、监视器、电源柜及 UPS 柜、模拟信号盘、通信总柜、操作柜等机柜室内安装排列位置、台数、规格型号、安装要求及方式，交流电源引入方式、相数及其线缆规格型号、敷设方法，各类信号线、控制线的引入引出方式、根数、线缆规格型号、敷设方法、电缆沟、桥架及竖井位置、线缆敷设要求。

② 各监控点摄像头或探测器、手动报警按钮的安装位置标高、安装及隐蔽方式、线缆规格型号、根数、敷设方法要求，管路或线槽安装方式及走向。

③ 电门锁系统中控制盘、摄像头、电门锁安装位置标高、安装方式及要求，管线敷设方法及要求、走向，终端监视器及电话安装位置方法。

④ 对照系统图核对回路编号、数量、元件编号。

⑤ 同火灾系统平面图的⑥和⑦。

8. 阅读微机监控平面图时，应注意并掌握以下内容：

① 机房（计算机中心）平面布置及位置、CPU 主机、打印机、监视器、终端机、模拟信号装置的规格型号台数及安装位置，电源装置及 UPS、接线箱规格型号及安装位置，引入信号回路个数、编号、房号、引入方式、线缆规格型号，机房铜排接地网布置及其结构型式。

② 各房间、监控区域内，数据采集器、传感器、探测器、执行器的回路编号、房号、安装方式及位置标高，管线槽架布置方式及走向、安装方式，竖井及槽架位置及其内部线槽排列方式、密封隔离要求，线缆管槽上下引入方式及要求。线缆槽架规格型号、根数、敷设要求。各元件电源管路布置走向及线缆规格型号、安装敷设方式等。

③ 消防中心、保安中心、通信广播机房、电缆电视机房，电气及仪表控制室与计算机中心联络的管线槽架规格型号、安装方式、敷设要及走向。

④ 对照系统图核对回路编号、房号，上下穿越及接地要求等。

9. 阅读自动化仪表平面布置图时，应注意并掌握以下有关内容：

① 仪表控制室（机房）平面布置及位置、仪表柜、操作台、模拟盘、电源柜及 UPS 安装位置、排列方式、安装方式，线缆管架敷设位置标高、安装方式，引入引出管线规格型号、根数，电缆沟、竖井位置，电源引入方式及线缆规格型号。

② 不同标高下，一次仪表及取样元件或传感器、变送器、就地仪表、执行器及非仪表元件（截止阀、针型阀、冷凝器、平衡器、保温箱等）的规格型号、个数、安装位置标高及方法，管线缆架规格型号、敷设方式及走向、回路编号、用途名称、上引下引位置及方式。

③ 各类仪表电源装置及其管线缆架平面布置、规格型号、走向、安装敷设方式等。

（五）控制原理图（包括二次回路、自动装置、微机综合控制保护装置）

1）阅读动力（主要指电动机）控制原理图时，应注意并掌握以下有关内容：

① 电动机及起动柜、规格型号、电压等级、起动方式（直接、串联阻抗、自耦变压器、星形-三角形、延边三角、软起动、变频起动等）、被施负载的机械特性（恒转矩、恒功率、反抗性通风机）、冷却方式（风冷、油循环、水循环）、油路水路提供的检测信号型式（压

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

力、温度、流速）、被拖负载的运行方式（连续、间断、周期性间断）、电动机及设备的基础是否与电动机容量及转速相符等。

② 开关（断路器、接触器、开启式负荷开关、变频器、软起动器）规格型号及台数用途（起动、运转、切换），保护方式（熔断器、热继电器、断路器延时脱扣器、过电流继电器、电压继电器、差动保护）及其保护元件的规格型号、功能作用，切换方式及切换元件（时间继电器、速度继电器、电流继电器）的规格型号、功能作用。

③ 电子调节及控制设备的双向晶闸管、触发电路、电源装置、保护元件及其他形式电子电路元件的规格型号、功能作用。

④ 调速方式（变极、调压、调频）及其控制电路中各个元件的规格型号、功能及调速要求。非电类信号或触点的位置和功能。

⑤ 系统报警指示元件的规格型号、功能，系统联锁装置的功能及各继电器触点的分布，通断后的功能作用及对电路的影响。

2）阅读断路器控制及信号回路的原理时，应注意并掌握以下有关内容：

① 断路器规格型号、操作机构的类别（手动操作机构、电磁操作机构、电动操作机构、重锤操作机构、压缩空气操作机构、液压传动操作机构）规格型号，机构内熔断器、继电器、信号灯、操作转换开关、接触器、小型电动机、各类线圈、整流器件（二极管）的规格型号及作用功能。

② 操作电源类别（交流、直流）名称及电压、各开关辅助触点和继电器触点的分布位置及其作用功能、保护回路的作用功能及其来自继电保护回路的接点编号、位置、接入方式。

③ 断路器事故跳闸后，中央事故音响信号回路的工作状态。

④ 继电保护回路动作后，断路器跳闸过程及信号系统的工作状态。

⑤ 继电保护回路与断路器控制回路的连接方式、接点编号。

3）阅读接地信号监察装置原理图时，应注意并掌握以下有关内容：

① 电压互感器、继电器规格型号及各继电器的功能作用。

② 继电器触点分布情况。

4）阅读操作电源原理图时，应注意并掌握以下有关内容：

① 操作电源的类别（交流、直流）、元件规格型号及功能作用。

② 直流操作电源的类别（电容储能、镉镍蓄电池组、复式整流）、整流器、继电器、闪光装置、绝缘监察装置、蓄电池组规格型号及功能作用。

③ 各组操作电源的型号及作用。

5）阅读备用电源自动投入装置的原理图时，应注意并掌握以下有关内容：

① 自投开关的类别（断路器、接触器）及继电器的规格型号、功能作用。

② 继电器及自投开关辅助触点的分布情况，其动作后对电路所产生的影响。

6）阅读自动重合闸装置的原理图时，应注意并掌握以下有关内容：

① 重合闸继电器工作原理、功能作用、规格型号，各继电器功能作用、触点分布，转换开关的规格型号及功能作用。

② 自动重合闸回路与断路器控制回路及保护回路的关系和控制功能。

③ 重合闸装置的电源回路。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7）阅读电力变压器继电保护控制原理图时，应注意并掌握以下内容：

① 变压器规格型号、继电保护的方式（差动保护、瓦斯保护、过电流保护、低电压保护、过载保护、温度保护低压侧单相接地）、各继电器规格型号及功能作用、继电器触点分布以及触点动作后对电路所产生的影响、电流互感器规格型号及装设位置。

② 继电保护回路与控制跳闸回路的连接方式、信号系统功能作用。

8）阅读电力线路继电保护原理图时，应注意并掌握以下内容：

① 线路电压等级、继电保护方式（电流速断、过电流、单相接地、距离保护、横联差动保护）、各继电器规格型号及功能作用，继电器触点分布、电流互感器规格型号及装设位置。

② 保护回路与控制跳闸回路的连接方式，信号系统功能作用。

9）母线继电保护同电力线路继电保护。

10）阅读电力电容器组继电保护原理图时，应注意并掌握以下内容：

① 电力电容器规格型号及数量、继电保护方式（过电流保护、横联差动保护、过电压保护、单相接地保护）、各继电器规格型号及功能作用、继电器触点分布、电流互感器规格型号及装设位置。

② 保护回路与控制跳闸回路的连接方式，信号系统功能作用。

11）阅读开关柜控制原理图时，应注意并掌握以下内容：

① 开关柜规格型号、电压等级、功能作用及所控设备、采用的继电保护方式（短路、过电流、断相、温度等）、控制开关作用功能、继电器触点分布、电流互感器规格型号及装设位置。

② 保护回路与控制跳闸回路的连接方式、信号系统功能作用。

12）阅读火灾自动报警装置的控制原理图时，应注意并掌握以下内容：

① 报警控制器、探测器规格型号及工作原理、线制（多线制、两线制）、编码方式、联动系统的功能作用。

② 探测器的分布、区域报警控制器与集中报警控制器（消防中心）联络方式。

13）阅读电梯控制原理图时，应注意并掌握以下内容：

① 继电器逻辑控制原理图

a. 电动机调速原理（变极、调压）、系统保护装置（极限、行程、超重、断绳、错相、过电流、超速、短路、欠电压、弱磁、断相等）工作原理、元件规格型号及安装位置、触点分布、功能作用、与机械配合的各种安全装置（选层器钢带张紧轮、限速器、超重装置、门关闭或门锁、安全绳等）的工作原理及与电气保护的配合、安装位置、功能作用。

b. 各接触器、继电器的功能作用、触点分布及通断后对电路的影响。

c. 电动机主回路、主操作回路、呼梯召唤回路、开门机回路、平层回路、信号回路、各保护回路的功能作用及工作原理。

② 微机控制原理图

a. 微机控制分微机、可编程序控制器、微处理器、单片机等几种，一般情况下，这些部件的主控板和控制板是为电梯专门设计生产的，为了调速的方便通常配用变频器与曳引电机连接，同时设置旋转编码器与主机同轴，记录层站位置，进而准确减速、平层、停梯。开关门机构有采用变频门机系统的，与主控板配合使用。微机控制电梯也都配置一些接触器、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

继电器、行程开关、按钮、信号装置、速度信号感应器等，有些设置与继电器相同。

b. 主控板规格型号、电源型式及电压，主控板与接触器、继电器、按钮、行程限位开关、楼层显示器、信号装置、感应器、指令控制信号等器件端子的连接方式。

c. 主回路元器件及变频器规格型号，连接方式、主回路控制及保护方式，主机与编码器连接方式，变频器与主控板指令控制信号的连接方式，主机及主回路的保护方式及元件的规格型号。

d. 系统保护回路中运行计数器、急停继电器、门联锁继电器的保护方式、保护内容以及元器件的连接方式，与主控板、主电路的联系方式。

e. 门机系统采用的门机型式及与主控板的联系方式。

f. 掌握系统与继电器控制方式的相同之处，对继电器控制系统的理解有助于对微机控制系统的理解。

g. 上述继电器控制电梯的相关内容。

h. 接线图有助于对整机的理解。

14）阅读自动化仪表调节控制原理图时，应注意并掌握以下内容：

① 调节框图，变送器、调节器、伺服放大器、执行器、操作器规格型号及功能作用、反馈回路作用功能。

② 调节参数、各元件之间接线方式。

15）微机综合控制保护装置包括：

① 微机综合控制保护装置的规格、型号、用途；

② 电流信号采集和输入方式；

③ 电压信号采集和输入方式；

④ 其他信号采集和输入方式；

⑤ 接线方式；

⑥ 产品相应要求或产品说明书；

⑦ 安装、调试及运行维护注意事项等。

16）阅读其他控制、调整原理图时，主要是掌握元件功能作用、辅助触点分布、接线方式、工艺系统要求、信号指示系统的功能作用等。

（六）安装接线图

阅读接线图必须对照上述各类原理图，弄清元件型号规格及接线端子是否一致，要正确区分哪些接线已在设备本身或元件内部接好，哪些接线应另用导线或电缆进行重新接线；必须正确掌握每段导线的头和尾与设备或元件的连接点；当标有引至×××或来自×××时，应立即找出×××的位置或其接线端子板，认真核对线芯数和接线点位置；当读较为复杂的安装接线图时，应将其分割为几部分；连接导线或电缆的线芯数必须满足接线端子的数量；要弄清楚元件或设备安装位置及端子板安装位置。

（七）电缆清册

阅读电缆清册时，应注意并掌握以下内容：

安装单位名称（指使用这条电缆的设备，如风机、水泵、压力变送器等）、电缆编号、电缆类别（电力电缆、信号或控制电缆，交流电缆、直流电缆）、电压等级、规格型号芯

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

数、电缆走向及起止位置地点、电缆计算长度（这个数值只作为参考数值，不作为割锯电缆的凭证，割锯电缆一般应实测实量）、电缆的用途。核对电缆清册上的电缆应与平面图和接线图上的编号、规格型号、芯数是否相等。

（八）大样图

阅读大样图时，应注意并掌握以下内容：

材料及材质要求，几何尺寸、加工要求、焊接防腐要求、安装具体位置、内部结构型式、元件规格型号及功能作用、具体接线部位及接线方式、元件排列安装位置、制作比例、开孔要求及其部位尺寸、螺纹加工要求、安装操作程序及要求、组装程序、与其他图样的联系及要求等。

（九）架空线路施工图

阅读架空线路施工图时，应注意并掌握以下内容：

1）电压等级、输送距离及容量、线路形式（单杆、双杆、铁塔、混合）、起止地点及主要路径。

2）杆塔编号、杆塔形式（直线、转角、耐张、终端）、标志高、档距、耐张段长度、转角角度、跨越物（河、渠、树林、道路、田地、土埂、草坪、碱滩、沙丘、山坡等）。

3）杆塔形式的结构、主要材料、数量，拉线结构、主要材料、数量，三盘（底盘、卡盘、拉线盘）规格数量，各类金具、横担、抱箍、栏杆、叉梁、支撑、拉板、垫板、垫块、拉环等零件加工大样图，杆头及整杆、绝缘子串组装图等。

4）线路始端从变配电所引出示意图、末端引入变配电所示意图、引入引出装置的结构、材料、加工图。

5）避雷线接地要求、接地杆数量及具体接地部位、连接方式、接地要求，大跨越具体安装技术要求等。

（十）设备材料表

阅读设备材料表时，主要是掌握工程中的设备、材料、元件的规格型号、数量或质量、由指定厂家供货，并应与前述各图相符。需要说明的是，设备材料表中的内容不作为工程施工备料或安装的依据。施工备料的依据，必须是经过会审后的施工图、会签的设计变更、现场实际发生的经甲方或监理或设计签发的技术文件。

四、读图步骤及方法

阅读电气工程施工图时，一般可分三个步骤：

（一）粗读

所谓粗读就是将施工图从头到尾大概浏览一遍，主要了解工程的概况，做到心中有数。粗读应掌握工程所包含的项目内容（变配电、动力、照明、架空线路或电缆、电动起重机械、电梯、通信、广播、电缆电视、火灾报警、保安防盗、微机监控、自动化仪表等项目）、电压等级、变压器容量及台数、大电机容量和电压及起动方式、系统工艺要求、输电距离、厂区负荷及单元分布、弱电设施及系统要求、主要设备材料元件的规格型号、联锁或调节功能作用、厂区平面布置、防爆防火及特殊环境的要求及措施、负荷级别、有无自备发电机组及 UPS 及其规格型号容量、土建工程要求及其他专业要求等。粗读除浏览外，主要是阅读电气总平面图、电气系统图、设备材料表和设计说明。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（二）细读

所谓细读就是按本节的读图程序和读图要点即每项应注意并掌握的内容仔细阅读每一张施工图，达到读图要点中的要求，并对以下内容做到了如指掌：

1）每台设备和元件的安装位置及要求；

2）每条管线缆的走向、布置及敷设要求；

3）所有线缆的连接部位及接线要求；

4）所有控制、调节、信号、报警工作原理及参数；

5）系统图、平面图及关联图样标注一致，无差错；

6）系统层次清楚、关联部位或复杂部位清楚；

7）土建、设备、采暖、通风等其他专业分工协作明确。

（三）精读

所谓精读就是将施工图中的关键部位及设备、贵重设备及元件、电力变压器、大型电机及机房设施、复杂控制装置的施工图重新仔细阅读，系统掌握中心作业内容和施工图要求，不但做到了如指掌，而且应做到胸有成竹、滴水不漏。

对于一般小型且较简单或项目单一的工程，在读图时可直接进行精读，而对大、中型且项目较多的工程，在读图时应按粗读—细读—精读的步骤进行。通过这三个步骤后，我们心中便会有一个活地图，就像录了像一样，随时脑海里都会浮现任何一个部位的图样。当然，在读图过程中，有时对某一部门还要进行复读或翻来覆去的阅读，除了正确理解图样外，主要目的是为了加强对施工图的印象，这样对编制预算、编制设备材料清单、编制施工组织设计、进行安装调试是有绝大益处的，常言道，磨刀不误砍柴工就是这个道理。当然，每个人都有自己读图的习惯和方法，与他人不尽相同，但是其目的是一样的，只要能做到上述几点，目的是会达到的。

五、读图注意事项

1）读图切忌粗糙，而应精细，读图忌讳囫囵吞枣，而应细嚼慢咽。我们说的粗读，是读图的一个步骤，粗读而不粗，必须掌握一定的内容，了解工程的概况，做到心中有数。如果按前述的三个步骤读图，那么就应按其要求，扎扎实实地一步一个脚印读下去，掌握全部内容。如果不按前述的三个步骤读图，那么一开始便应进行细读，细读而要精，并按其要求掌握施工图的全部内容。

2）读图时要准备好记录，要做到边读边记。做好读图记录，一方面是帮助记忆，另一方面为了便于携带，以便随时查阅及会审图样时提出。记录的主要内容有：主要设备规格型号及台数、变压器控制及保护方式、大型电动机起动方式、机房设施平面布置及引入引出管线缆的分布走向和编号、管线缆及设备与其他专业交叉打架部位、标注前后不符、图样前后不符、缺项或漏项、图样表达不清或不齐全不能施工部位、图样有误或功能不能实现、图样与标准不符或经核算后设备材料规格有较大出入者、图样与国家政策有较大误差及偏离者、读图者认为图样有误或不清有疑问等部位。记录除上述内容外，应记录图号并在该图上用铅笔标注，以便核查。

3）读图切忌无头绪，杂乱无章。一般应以房号、回路、车间、某一子系统、某一子项为单位，按读图程序一一阅读。一张图全部读完后再读下一张图，如读该图中间，遇有与另

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

外图有关联或标注说明时，应找出另一张图，但只读到关联部位了解连接方式即可，然后返回来再继续读完原图。

4）读图时，对图中所有设备、元件、材料的规格、型号、数量、备注要求要准确掌握。其中材料的数量要按工程预算的规则计算，图中列出的材料数量只是一个概算估计数，不以此为准。同时手头应有常用电气设备及材料手册，以便及时查阅。

5）读图时，凡遇到涉及土建、设备、暖通、空调等其他专业的问题时要及时翻阅对应的其他专业的图样，读图后除详细记录外，还应与其他专业技术负责人取得联系，对其中交叉跨越、并行打架或其他需要互相配合的问题要取得共识，并且在会审图样纪要上写明责任范围，共同遵守。

6）读图时要尊重原设计，不得随意更改图中的任何内容，因为施工图的设计者是负有法律责任的。对于图中确为不妥之处须经有经验的第三人证实后且应做好笔录，以便在图样会审时提出；对于图中确为错误部分除经第三人证实外，还应进行核算。经核算证实为误时，应与设计者进行商榷，由设计者提出设计变更。当设计者不能接纳时，可在会审图样时提出，由设计回复。所谓不妥，是指按图中的要求和方法去施工将会浪费大量原材料、增加施工工期、有碍安全施工或工程质量。对于那些这样做也行、那样做也行，对工程质量、安全、工期、投资没有什么太大影响，只是个人意见不统一的地方，不得按不妥处理。所谓错误，是指按图中的要求和方法去施工将会造成电气功能不能实现、酿成施工事故或发生危险、对生产工艺有不良影响或对投入使用后的运行有不良影响。要严格区分不妥和错误，但无论怎样都要妥善解决，对图样提出疑义时必须有足够的证据，要讲究方法，一是要以理服人，二是要感情上过得去。这里举几个这方面的例子，供参考。

1988 年某煤气站工程，电源容量为两台 10/0.4kV 800kVA 变压器，四台 380V 240kW 加压机，原设计采用 DW10-1500 断路器直接起动。当时看过图后，觉得空压机直接起动有问题，应采用减压起动，便与另外一电气技术人员商讨，他也觉得直起有问题。这样，这个问题拿到了图样会审会上。当场设计人员一口认为没问题，说电源容量够，距离很近，能起动。工程按设计进行，但是等到试车时便出现了问题，一是起车时间太长，电动机发热，起不了车，如坚持起动就有烧电动机的可能，谁也不敢起车。二是一起车其他接触器跳闸，电压降太大。这时建设单位找安装单位，安装单位说是设计原因，最后只能修改设计，改原设计为补偿起动。但是在原柜上加补偿器已没有空间，最后只能将自耦变压器装在地下的通道里。修改后的起动柜，起动时间 18s，一起就成功，对系统没任何影响，至今运行良好。

1987 年华北某电厂起动锅炉房炉排电动机为一台三速笼型电动机，在看控制原理图时，发现主回路接线有错误，照此接线安装电动机不会起动。图中主要错误是三条横向的三相回路与三条竖向的三相回交叉处没有涂上圆点“┼”，导致主回路不能正确接通。通过建设单位找到原设计本人，当即承认图中有误，出据变更后进行安装接线，试车时电动机调速正常，运行良好。

1992 年某厂锅炉房 55kW 引风机电动机原设计为星—三角起动，读图时觉得不妥，建议改为减压补偿器起动。但原设计人认为没有改的必要，坚决不改，照图施工后勉强起动，有时很困难，起动时间长、电流大。交工后在系统试运行时，便出现接触器烧坏、起动困难、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

引起其他设备跳闸等故障，最后电动机绕组被烧。建设单位提出索赔，安装单位推到设计，设计不服，最终告到法院，对簿公堂，设计败诉，不但赔偿建设单位的损失，也失去了自己的市场。更换后的原型号原厂家同批 55kW 电动机采用 75kW 补偿器起动，一次起动成功，至今运行良好。

7）读图必须弄清各种图形符号和文字符号，弄清各种标注的意义。对于一些不规范或旧标准的符号和标注，应查阅依据或经人旁证，不得随意定义其含义。必要时应询问设计人。

8）读图时应注意图中采用的比例，特别是图多时，各图上的比例都不同，否则对编制预算和材料单将会有很大影响。导线、电缆、管路、槽钢、防雷线等以长度单位计算工作量的都要用到比例。

9）读图时应注意图中采用的标准、规范、标准图册或图集，凡是涉及的都应按读图要点的要求仔细阅读，不能漏掉，同时应及早准备图中涉及的标准和图册。

10）读控制原理时，特别是较复杂的原理图时，必须先弄清图中各种元件（包括继电器、转换开关、机械触点等）的功能及得电、失电后的动作状况以及每副触点在图上的分布位置，分析操作后或得电失电后每个回路（指每个继电器及其串接的各种触点与电源形成的回路）的动作情况，然后再分析联动情况。一个回路一个回路的分析，就把一个很复杂的电路分解成了数个简单的回路，同时看该回路涉及的触点所接成的回路动作情况，这样便于分析电路。

11）读图切忌烦躁、切忌急于求成，对于大型工程或工期很紧的工程，可按子系统分开，分别设人读图、分工协作，有利于取长补短，有利于互相研究探讨。单独一人读较大工程的施工图时，要注意时间上的安排，注意劳逸结合，读图时要精力充沛。读图一定要一张一张、一个回路一个回路、一个子系统一个子系统、一个单元一个单元、一个房号一个房号地逐一阅读，不得求成心切。

12）读图切忌不懂装懂、切忌只知其一、不知其二，对于图中不懂之处应及时查找资料或咨询他人，要做到不耻下问，以免影响下面的读图。读图如写文章一样，要一气呵成、不留死角、不留尾巴。

13）读图时要根据电源或变压器的容量、回路个数、负荷分布、线路的距离，考虑末端压降，必要时要进行核算，以防末端电压太低，造成电动机起动困难或发生其他事故。

14）读平面图时要考虑管线缆在竖直高度上的敷设情况，多层建筑时，要考虑相同位置上的元件、设备、管路的敷设，考虑标准层和非标准层的区别。对于图中由此穿上，由此引下，由下经此引上及由上经此引下等标注及箭头所指具体位置应一一对应，并且应正确无误。

15）读图时，对于回路较多、系统较复杂、且工程较大的要注意回路编号，柜、箱、盘编号及其他按顺序标注的符号应前后一致，如有差错要及时纠正，并在会审图样时提出。各图之间的衔接点应标注明确，正确无误。

16）读接线图时要对照原理图和电缆清册，要正确区分哪些线已在柜内接好，哪些线是用电缆或导线重新配线连接，电缆编号、图中所指由×××引来或去×××必须核查，应正确无误。要核对电缆线芯数与端子板数是否适应，要正确区分电力电缆和控制电缆的使用。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

17）读大样图时，几何尺寸的标注与安装位置的具体尺寸应适应，要核查安装位置的图样及尺寸，同时要核查加工件的质量（重量）与安装位置的承载能力是否适应。

18）读控制原理图时要注意控制电源小母线的标注及系统的接线方式，要掌握各类小母线从控制电源引出的方式，一是不要记错，二是要记住它们的作用，三是要记住它们的极性，这样读图会得心应手。

19）读图时要核对图样目录所列与实际图数是否相符，如漏装或错装要及时与设计者取得联系，得以更正。工程中应有的图而设计没有出图的应经过图样会审向设计索取。

20）读图时要核查施工图的设计与国家有关设计技术规范、规程是否相符；图与图之间有无矛盾或标注编号是否统一；各设备元件之间的联系是否清楚；工程规模及难度与施工队伍的技术水平、技术装备是否适应，能否实现设计要求，如有困难应进行协商解决。

21）图中的设备、材料、元件规格型号繁多，与市场行情有无矛盾，有无特殊器件市场难以满足。上述器件能否改为通用器件，加快工程进度。在不影响工程质量且能满足设计要求时可建议设计进行修订，以市场通用器件为主，以降低成本，缩短工期。

22）对图中交代不明确的地方和疑问点经他人核实且解决不了的应及时请设计者解释清楚，需要用图表示的，可向设计者索取补充图样。对于能降低成本、缩短工期、保证系统功能正常安全使用的合理化建议应在会审图样时提出，当好建设单位的参谋。

23）读图时要注意原设计是否符合国家建设方针和政策；设计图样安全性能是否合理，能否保证今后运行安全；设计与当地的施工条件是否一致；埋地线缆与原地下管道有无矛盾；电气安装与土建施工的配合上存在哪些技术问题及矛盾，安装技术的一些特殊要求，土建施工水平能否达到等。

24）读图时要特别注重各类机房设施及布置、40kW 以上电动机及其控制线路、压力等涉及安全的各类仪表、电子控制设备及大型整流设备或逆变装置、各类高压电气设备及线路、自备发电装置及并网或同期装置、电梯及电动起重机的安全装置及保护系统、火灾自动报警及其联动系统、防盗保安系统及其装置、爆炸火灾环境的电气装置、贵重设备、进口电气设备等，上述问题搞好了、清楚了，该项工程也就有保证了。必要时，上述设备的图样应由专业工程师负责且由两人及两人以上的技师或技术人员读图。

六、分析复杂电路的方法及技巧

任何复杂的事物都是由简单的事物组成的，在电气工程图中也不例外，这是分析复杂电路的基本出发点。电气工程及自动化工程中，主要包括发电、电能传输、电能转换、控制技术、电能存储、电能利用六大内容，其中控制技术（包括继电保护）是核心技术，也是难点，有时也很复杂。前述读图步骤及方法、读图注意事项中，对一般的电路已进行了详尽的讲述，这里就控制电路、继电保护电路、微机控制检测保护电路的分析方法及技巧进行具体的讲述。

（一）分析方法及思路

对于较为复杂的电路，其分析的第一步是将其解剖成一个单元电路或组件。一般条件下，功能及作用为同一效果的会经常画在一起（但实物却不一定放在一起，这里要注意!）。第二步是确定每个单元或组件中各个元件的功能和作用。第三步是确定每个元件的电源设置，如交流、直流、电压等。第四步是确定各个元件的输入及输出是什么信号，以及信号值或范

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

围，如接点信号（常开、常闭及其在电路中的分布情况）、模拟信号（0～10mA、4～20mA、1～5V）并判断其信号性质［交流（AC）、直流（DC）、脉动］、数字信号（输入点数、输出点数及触点容量，如 DC30V、DC0.1A）、输入或输出阻抗（如 250Ω、75Ω 等）。不要过多考虑或分析各个元件的内部构造和原理，主要是掌握其功能和输入输出信号，这是分析的关键。第五步是确定单元或组件内各个元件间的接口元件或电路及其功能，如变送器、转换器、安全栅、配电器及其输入输出信号。第六步是确定单元或组件间的接口元件或电路及其功能。第七步是确定各元件间、各单元间的反馈回路及其元件或电路，并确定其反馈信号的性质。第八步是将其上述分析画在一个框图中，并标出元件或电路间的信号。第九步是按框图分析出该电路的功能和作用。第十步是确定上述分析，解剖要细致，不要漏掉任何一个环节。

（二）接触器—继电器控制电路

接触器—继电器配以行程开关、主令电器、按钮和检测装置或仪表提供的信号接点，可以组成复杂的控制电路，如电梯、电动起重机、大型锅炉风机、给水泵电动机、重要负荷的大型电动机及供配电系统的继电保护等。按照上述方法即可进行分析和识读。

1）确定接触器、继电器（包括电流、电压、错相、接地、差动、短路、温度、压力、流量、时间、功率、瓦斯、环流、中间、信号、闪光、重合闸、阻抗、零序、频率等继电器）的功能作用及其触点（常开、常闭、延时等）的分布情况（这个分布很重要，是分析复杂电路的关键，不能漏掉一个）。

2）确定接触器、继电器得电或失电后其触点的动作结果在所在回路里起到的作用，是断开、接通及回路元件的动作情况。

3）2）中的回路触点的动作引起其他回路的动作情况。

4）其他回路的动作又引起各个回路的动作情况。

5）按 1）～4）逐一分析每个回路的动作情况，最后即可分析出整个电路的动作结果。在分析过程中应确定继电器的整定值或动作值。

（三）自动化仪表检测控制电路

自动化仪表检测控制电路是由传感器（如热电偶、热电阻、压力传感器、孔板等）、变送器或转换器或配电器、安全栅、计算器、给定器、调节器、显示器、辅助单元和执行器组成的，除了控制外，该电路还要显示被测量的值或记录累计被测量的值。

1）确定被测量和传感器的输出信号值（mV 或 mA 或 Ω），确定被测量的类别和个数。

2）确定各台变送器将被测量或传感器的输出信号变换成统一的标准直流信号值，并确定将标准信号引入显示仪表或调节器的位置及显示仪表或调节器的功能。

3）确定各台转换器将被测量的 DC 0～10mA、DC 0～10mV 或 20～100kPa 信号转换后与其他系列仪表的连接方式。

4）确定计算单元各计算器将标准直流信号进行加、减、乘、除、开方、积算等运算后，将其信号与其调节器的连接方式。

5）确定定值器的给定值，将上述计算后的信号与给定值比较得出偏差。

6）确定偏差引入的位置及调节器的性质（比例、积分、微分），运算后发出的调节控制信号给执行器，实现闭环控制。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7）执行器按调节控制信号动作驱动调节机构改变操纵变量，进行自动控制。

8）确定其他装置，如操作器、选择器、阻尼器、限幅器、安全栅的功能及其电源、输入和输出信号等。

9）确定指示、记录、积算、报警等辅助装置的功能和接线。

10）按1）~9）逐一分析每个检测系统及其与其他系统的连接或关系。

11）熟练掌握仪表自检系统所有元件的功能、作用以及输入和输出信号，其中配电器是连接变送器到微机控制装置的枢纽。实质上它是一个模-数转换器，是把模拟信号转换成数字信号的装置，微机控制装置只识别数字信号，然后根据设定的程序输出相应的信号，通过电动操作器、伺服放大器去驱动执行器。

（四）微机控制、保护、检测电路

微机控制、保护、检测电路是在上述电路上发展起来的，不同的是它简化了电路的结构。如果不考虑微机本身的结构原理和运行程序，微机控制、保护、检测电路则是最简单的电路。

1）确定控制量的性质（是开关量，如断开、闭合；还是数字量，如电压、电流、频率、功率、温度、压力、流量、物位、机械量、成分分析量等）。

2）确定变送器或传感器，它将会把控制量转换成统一的电信号（mA或mV或Ω）。

3）确定模-数转换器，它将会把电信号转换成微机能识别的数字信号。

4）微机控制装置一般都是专门为特定的控制、检测系统而设计制造的，它的程序控制系统是随机配置的，是按控制或检测要求而设计编制的。

5）确定微机的输出信号及与执行装置之间的接口，一般由操作器、放大器构成。

6）确定机房及总线的设置，如打印、显示器及常用操作程序等。

7）微机型继电保护电路系统监控网络是近几年发展起来的新技术，110kV的变电装置均设置微机型继电保护电路，它的实际电路比继电器继保电路简单得多。

① 变压器保护柜的主要元件是测控装置，如变压器差动保护装置、变压器后备保护装置、非电量保护装置。非电量保护装置的信号来自温度、瓦斯、油分析等传感器经转换器引来的信号；差动保护和后备保护装置的信号来自互感器，这与继电器保护是相同的。

② 线路保护柜的主要元件是线路保护装置和线路测控保护装置，它们的信号来自互感器，同样与继电器保护是相同的。

③ 电能计量装置的信号来自互感器。

④ 上述三种装置的输出分别经过以太网网关装置接至网络交换机，穿过间隔层引至以太网。也就是说将所有的信号都引到了以太网，以太网说得通俗一点就是计算机通信网络的总线。

⑤ 以太网上连接的主要是主控室的设备，如GPS（Global Positioning System，全球定位系统）、远动通信装置、操作人员的计算机、并配有打印机、电话，接受远方调度员的指令，工作人员均在计算机上进行操作。

七、电气工程读图应具备的知识及技能

作为一名优秀的电气安装工作者阅读建筑电气工程图应具备多方面的知识及技能，才能准确无误地阅读图样、掌握图样。这里用到的不仅仅是电气专业方面的知识及技能，还涉及

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

其他几个专业方面的知识及技能，这与其他电气专业是不同的。阅读建筑电气工程图应具备哪些知识及技能呢？

（一）电气专业方面的知识及技能

1）熟练掌握电气（包括自动化仪表及其弱电工程）图形符号、文字符号、标注方法及其含义，熟悉建筑电气工程制图标准、常用画法及图样类别。

2）熟悉建筑电气工程经常采用的标准图册图集、电气装置安装工程施工及验收规范、设计规范、安装工程质量验评标准及有关部委标准规范等。

3）掌握电力变压器、变配电装置的设置及其常用的控制保护电路和方式，掌握各种电动机起动控制电路及保护方式，掌握架空线路和电缆线路常用的安装方法，掌握室内电气线路、电气设备常用的安装方法及设置，掌握防雷接地技术及电气系统常用的保护方式；熟悉特殊环境电气线路及设备的设置，熟悉电梯控制线路及各种保护功能，熟悉火灾自动报警及自动消防、电缆电视、通信广播等弱电技术及线路的设置，熟悉电子技术、微机技术、自动化仪表技术及其线路的设置，能分析电子线路的工作原理及电气系统中常用控制调节原理图。

4）熟练掌握电气工程中常用的电气设备、元件、材料（如变压器、电动机、开关柜、导线电缆、起动柜、绝缘子、继电器、各类开关和接触器、探测器、传感器、管材、钢材、电气仪表、灯具、信号装置、低压电器、熔断器、避雷器、小五金件、电气控制装置等）的性能作用、工作原理、规格型号，了解其生产厂家和市场价格。

5）熟悉电气工程有关设计的规程规范及标准，了解设计的一般程序、内容及方法。

6）熟悉一般电气工程的安装工艺、程序、方法及调试方法，详细内容见由机械工业出版社出版的《电气工程安装及调试技术手册（新版）》一书。

（二）土建专业方面的知识

熟悉土建工程、装饰工程和混凝土工程施工图中常用的图形符号、文字符号和标注方法；了解土建工程的制图标准及常用画法，了解一般土建工程施工工艺和程序。

（三）工业管道和采暖通风专业方面的知识

熟悉工业管道、采暖卫生、通风空调工程施工图中常用的图形符号、文字符号和标注方法；了解制图标准及常用画法；熟悉工业管道、采暖卫生、通风空调工程施工工艺和程序，掌握与电气关联部位及其一般要求。

（四）设备安装专业方面的知识

熟悉工业设备、锅炉、破碎粉磨设备、压缩机、风机、泵类设备、起重设备、连续输送设备、制冷空气分离设备、金属切削机床、锻压设备、铸造设备等安装工程施工图常用图形符号、文字符号和标注方法；了解制图标准及常用画法，熟悉工程施工工艺和程序，掌握与电气关联部位及其一般要求。

综上所述，可以看出一名电气安装工作人员必须具备多方面的知识和技术技能，其中电气专业方面的知识和技能是必须具备的，有关土建、管道、设备等方面的知识和技能是应该具备的。但是，上述各方面的知识和技能对于一个人来讲，不可能同时一下子具备，这是随着时间而积累起来的，这就要求我们在平时要加强这方面的学习，不要等到了读图时才学习，那时已不适应读图的要求了。对于初学者或院校的学生来讲，正值青春时代，风华正

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

茂，精力充沛，正是学习的好机会，为了适应国家经济建设的发展和市场经济的需要，具备多个专业方面知识和技能，才能立足于时代的风口浪尖上，才能使我们的电气工程技术与世界接轨，与世界发达国家同步，才能参与国际市场的竞争。万丈高楼平地起，我们必须扎扎实实地从第一个台阶起步。

第二节　图形符号、文字符号、标注方法及其应用

电气工程的施工图样是用各种图形符号、文字符号以及各种文字标注来表达的。其中文字符号和标注方法适用于系统图、平面图、原理图等各种图样，而图形符号则不同，有的仅适用于系统图和原理图，有的仅适用于平面图，使用和读图时要注意区别。常用的符号及标注应熟练掌握并深刻记忆，不常用的应该会查找，并能准确使用。

电气工程的图形符号、文字符号及标注方法在我国已经历了五代，20 世纪 50 年代是套用前苏联的标准，到了 60 年代中叶编制了我们国家的标准。为了与国际标准 IEC 和 ISO 接轨，参与国际市场的竞争，从 1984 年到 1988 年我国逐步颁布了新的按国际标准制定的电气工程制图标准。但是由于种种原因，到了 90 年代中期，新的标准才得以较全面的贯彻和执行，然而并不排除个别设计中仍沿用部分旧的标准，这样也给我们读图带来一些困难，特别是对一些年轻的初学者更是这样。2005 年，我国颁布了 GB/T 5094.1～4—2002～2005 新的标准，随后又颁布了 GB/T 4728.1～13—2005～2008 标准，该标准并没有禁止旧符号的使用，因为有的旧符号新标准中未列出制定的新符号，从某种意义上讲未列出的是可以使用的。读者在学习过程中一定要注意新旧标准的替代。这里讲到的图形符号、文字符号及标注方法全部使用新标准，个别的地方列出了新旧对照，便于读者学习、使用和参考。

本节只讲述电气工程和自动化仪表及自动化装置的各种符号及标注，限于篇幅，其他相关专业的图形符号、文字符号和标注方法没有列出。

GB/T 4728.1～13—2005～2008 标准是将 IEC 标准转化为国家标准的电气工程简图用图形符号标准，主要包括以下内容：

GB/T 4728.1—2005　电气简图用图形符号　第 1 部分：一般要求

GB/T 4728.2—2005　电气简图用图形符号　第 2 部分：符号要素、限定符号和其他常用符号

GB/T 4728.3—2005　电气简图用图形符号　第 3 部分：导体和连接件

GB/T 4728.4—2005　电气简图用图形符号　第 4 部分：基本无源元件

GB/T 4728.5—2005　电气简图用图形符号　第 5 部分：半导体管和电子管

GB/T 4728.6—2008　电气简图用图形符号　第 6 部分：电能的发生与转换

GB/T 4728.7—2008　电气简图用图形符号　第 7 部分：开关、控制和保护器件

GB/T 4728.8—2008　电气简图用图形符号　第 8 部分：测量仪表、灯和信号器件

GB/T 4728.9—2008　电气简图用图形符号　第 9 部分：电信：交换和外围设备

GB/T 4728.10—2008　电气简图用图形符号　第 10 部分：电信：传输

GB/T 4728.11—2008　电气简图用图形符号　第 11 部分：建筑安装平面布置图

GB/T 4728.12—2008　电气简图用图形符号　第 12 部分：二进制逻辑元件

GB/T 4728.13—2008　电气简图用图形符号　第 13 部分：模拟元件

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

本标准适用于不同种类及不同细节层次的电气工程简图，主要有：

概略图（含框图、单线简图等）

表示系统、分系统、装置、部件、设备、软件中各项目之间的主要关系和连接的相对简单的简图，通常用单线表示法，也叫做系统图。

功能图（包括逻辑功能简图、等效电路图等）

用理论的或理想的电路而不涉及实现方法来详细表示系统、分系统、装置、部件、设备、软件等功能的简图。

电路图（包括端子功能图、示意图等）

表示系统、分系统、装置、部件、设备、软件等实际电路的简图，采用按功能排列的图形符号来表示各元件和连接关系，以表示功能而不需考虑项目的实体尺寸、形状或位置。

接线图（包括接线图、单元接线图、互连接线图、端子接线图、电缆图等）

表示或列出一个装置或设备的连接关系的简图。

安装简图表示各项目之间连接的安装图，包括平面布置图、原理图、接线图、系统图等。

网络图在地图上表示诸如发电站、变电站和电力线、电信设备和传输线之类的网络的概略图。

在应用新标准、新图形符号时应注意以下几点：

1. 凡是新标准、新图形符号已经规定了的新符号（包括图形符号、文字符号）在应用中必须使用，而不得使用旧符号（包括图形符号、文字符号）。

2. 凡是新标准、新图形符号中没有列出的符号（包括图形符号、文字符号）在应用中可以使用旧符号（包括图形符号、文字符号），但必须随时查阅新标准的颁布，一旦发布就应该使用新符号。

3. 电气工作人员应加强新标准的学习和贯彻，及时纠正图样中的不正确使用，因为标准的贯彻是在最基层的，制定标准的部门和制定人员是不可能到基层这个层面的，因此，新标准的贯彻也是电气工作人员的责任。

4. 如果已有符号或组合现有符号仍不能满足需求，可能需要组合新符号，并使其标准化。这时按适当的程序是向行业主管部门或产品标委会说明此种需要。最好有建议，包括符号及文字说明，使用数据库中的信息作为模型。

行业主管部门或产品标委会将新符号建议向 SAC/TC 27 提出，在可能的讨论和协调之后，该符号作为“建议”进入到数据库中，然后进入相应的程序。

同样，这也是电气工作人员的责任。

一、图形符号

电气工程图形符号的种类很多，一般都画在电气系统图、平面图、原理图和接线图上，用以标明电气设备、装置、元器件及电气线路在电气系统中的位置、功能和作用。为了读者自学和读图的需要，也列出了旧标准中的图形符号。

电气工程图中通用的图形符号见表 5-10 和表 5-11。

电气工程平面图中常用图形符号见表 5-12。

表 5-10 ~ 表 5-12 中的各种图形符号全部采用 GB/T 4728. 1 ~ 13—2005 ~ 2008 中的规定。

火灾报警系统常用图形符号也在表 5-12 中。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-10 常用电气简图用图形符号

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名 称	图形符号	名 称	图形符号	名 称	图形符号
1)限定符号和常用的其他符号						
S01401	直流		直流		直流电	——或
S01403	交流		交流		交流电	
S00069	交流(示出频率)	～50Hz	交流(示出频率)	～50Hz		
S00076	具有交流分量的整流电流		具有交流分量的整流电流		脉动电流	
S00073	低频(工频)		低频(工频)		中频	
S00074	中频(音频)		中频(音频)		低频	
S00075	高频(超声频、载频或射频)		高频(超声频、载频或射频)		高频	
S00077	正极	+	正极	+	正极	+
S00078	负极	-	负极	-	负极	-
S00200	接地,一般符号		接地一般符号		接地一般符号	
S00201	功能性接地		无噪声接地(抗干扰接地)			
S00202	保护接地		保护接地			
S01409 S01410	功能等电位联结		接机壳、接底板		接机壳	
S00210	永久磁铁		永久磁铁		永久磁铁 注:允许不注字母N、S	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
2）导线和连接器件						
S00001	连线，一般符号		导线、电缆和母线一般符号		导线及电缆	
					母　线	
S00002 S00003	导线组（示出导线数）		三根导线的单线表示		三根导线的单线表示	
			交流母线		母线伸缩接头	
			直流母线			
			装在支柱上的封闭式母线			
			母线伸缩接头			
S00007	屏蔽导体		屏蔽导线		屏蔽的导线或电缆	
S00011	同轴电缆		同轴电缆		同轴电缆	
S00017	端子		端子		端子	
S00019 S00020	T型连接		导线的连接		导线的单分支	
S00021 S00022	导线的双T连接		导线的多线连接		导线的双分支	
S00033	插头和插座		插头和插座		插接器一般符号	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
			插座（内孔的）或插座的一个极		插座（内孔的）或插座的一个极	
			插头（凸头的）或插头的一个极		插头（凸头的）或插头的一个极	
S00044 S00045	接通的连接片		接通的连接片		连接片	
S00046	断开的连接片		断开的连接片		换接片	
3）电阻器及传感器						
S00555	电阻器，一般符号		电阻器的一般符号		电阻器的一般符号	
S00557	可调电阻器		可变电阻器		变阻器	
S00558	压敏电阻器		压敏电阻器		压敏电阻	
			热敏电阻器		热敏电阻	
S00559	带滑动触点的变阻器		滑线式变阻器		可断开电路的电阻器	
S00563	带固定抽头的电阻器		有固定抽头的电阻器		有抽头的固定电阻	
			带固定抽头的可变电阻器		带抽头的可变电阻	
S00564	带分流和分压端子的电阻器		分流器		分流器	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00561	带滑动触点的电位器		滑动触点电位器		电位器的一般符号	
S00562	带滑动触点和预调的电位器		预调电位器		微调电位器	
S00566	加热元件		加热元件			
S00688	具有四根引出线的霍尔发生器		有四个欧姆接触的霍尔发生器			
S00689	磁[电]阻器		磁敏电阻器（示出线性型）			
			带开关的滑动触点电位器			
S00560	带滑动触点和断开位置的电阻器		带滑动触点和断开位置的电阻器			
			0.125W 电阻器			
			0.25W 电阻器			
			0.5W 电阻器			
			1W 电阻器 注：大于1W 电阻器都用阿拉伯数字表示			
			熔断电阻器			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
4）电容器						
S00567	电容器，一般符号		电容器的一般符号		电容器的一般符号	
S00571	极性电容器		极性电容器		有极性的电解电容器	
S00573	可调电容器		可变电容器		可变电容器	
S00575	预调电容器		微调电容器		微调电容器	
			双联同调可变电容器			
5）电感器						
S00583	线圈；绕组，一般符号		电感器、线圈、绕组、扼流圈		电感线圈、绕组	
S00585	带磁心（铁心）的电感器		带磁心（铁心）的电感器		有铁心的电感线圈	
S00586	磁心有间隙的电感器		磁心（铁心）有间隙的电感器		铁心有空气隙的电感线圈	
S00587	带磁心连续可变的电感器		带磁心（铁心）连续可变的电感器			
S00588	带固定抽头的电感器		有两个抽头的电感器		带抽头的电感线圈	
S00590	可变电感器		可变电感器			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
6）晶体管及电流变换器						
S00641	半导体二极管，一般符号		半导体二极管一般符号		半导体二极管、半导体整流器	
S00642	发光二极管（LED），一般符号		发光二极管			
S00644	变容二极管		变容二极管		变容二极管	
S00645	隧道二极管		隧道二极管		隧道二极管	
S00646	单向击穿二极管		单向击穿二极管（稳压管）		雪崩二极管	
					稳压二极管	
S00057	三极闸流晶体管（未规定类型）		GB/T 2900.32 三极晶闸管 注：没必要规定门极类型时，用于表示反向阻断三极晶闸管		普通晶体闸流管	
S00654	反向阻断三极闸流晶体管，P栅（阴极侧受控）		反向阻断三极晶闸管（阴极侧受控）		普通晶体闸流管	
S00657	可关断三极闸流晶体管，P栅（阴极侧受控）		可关断三极晶闸管（阴极侧受控）		可关断晶体闸流管	
S00666	具有P型双基极的单结晶体管		具有P型双基极单结型晶体管		P型单结晶体管	
S00667	具有N型双基极的单结晶体管		具有N型双基极单结型晶体管		N型单结晶体管	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00655	可关断三极闸流晶体管，未指定栅极		可关断三极晶体闸流管，未规定控制极			
S00656	可关断三极闸流晶体管（阳极侧受控）		可关断三极晶体闸流管，N型控制极（阳极侧受控）			
S00658	反向阻断四极闸流晶体管		反向阻断四极晶体闸流管			
S00659	双向三极闸流晶体管		双向三极晶体闸流管三端双向晶体闸流管			
S00660	逆导三极闸流晶体管，未指定栅极		反向导通三极晶体闸流管，未规定控制极			
S00661	逆导三极闸流晶体管N栅（阳极侧受控）		反向导通三极晶体闸流管，N型控制极（阳极侧受控）			
S00662	逆导三极闸流晶体管P栅（阴极侧受控）		反向导通三极晶体闸流管，P型控制极（阴极侧受控）			
			光控晶体闸流管			
S00893	直流/直流变换器		直流变流器			
S00894	整流器		整流器			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00895	桥式全波整流器		桥式全波整流器			
S00896	逆变器		逆变器			
S00897	整流器/逆变器		整流器/逆变器			
S00647	双向击穿二极管		双向击穿二极管(双向稳压二极管)		双向稳压二极管	
S00649	双向二极管		双向二极管、交流开关二极管		双向二极管	
S00648	反向二极管(单隧道二极管)		反向二极管(单隧道二极管)			
			阶跃恢复二极管			
			体效应二极管			
S00650	反向阻断二极闸流晶体管		反向阻断二极晶闸管			
S00651	逆导二极闸流晶体管		反向导通二极晶闸管			
S00652	双向二极闸流晶体管;双向二极晶闸管		双向二极晶闸管			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00653	反向阻断三极闸流晶体管，N栅（阳极侧受控）		反向阻断三极晶体闸流管，N型门极（阳极侧受控）			
			磁敏二极管			
S00643	热敏二极管		利用温度效应的二极管 注：θ 可以用 $t°$ 代替			
S00663	PNP晶体管		PNP型晶体管		PNP型半导体管	
			NPN型晶体管		NPN型半导体管	
S00664	集电极接管壳的NPN晶体管		集电极接管壳的NPN型晶体管			
S00666	具有P型双基极的单结晶体管		具有P型基极单结型半导体管			
S00667	具有N型双基极的单结晶体管		具有N型基极单结型半导体管			
S00668	具有横向偏压基极的NPN晶体管		有横向偏压基极的NPN型半导体管			
S00669	与本征区有接触的PNIP晶体管		与本征区有欧姆接触的PNIP型半导体管			
S00670	与本征区有接触的PNIN晶体管		与本征区有欧姆接触的PNIN型半导体管			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00675	绝缘栅场效应晶体管（IGFET），增强型、单栅、P型沟道、衬底有引出线		增强型、单栅、P沟道和衬底有引出线的绝缘栅场效应半导体管			
S00676	绝缘栅场效应晶体管（IGFET）增强型、单栅、N型沟道，衬底与源极内部连接		增强型、单栅、N沟道和衬底与源极在内部连接的绝缘栅场效应半导体管			
			耗尽型、双栅、N沟道和衬底有引出线的绝缘栅场效应半导体管 注：在多栅的情况下，主栅极与源极的引线应在一条直线上			
			NPN型磁敏半导体管			
S00672	P型沟道结型场效应晶体管		P型沟道结型场效应晶体管		P沟道结型场效应晶体管	
S00671	N型沟道结型场效应晶体管		N型沟道结型场效应晶体管		N沟道结型场效应晶体管	
S00673	绝缘栅场效应晶体管（IGFET），增强型，单栅，P型沟道，衬底无引出线		增强型单栅P型沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应晶体管		增强型P沟道场效应晶体管	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00674	绝缘栅场效应晶体管(IGFET)，增强型，单栅，N型沟道，衬底无引出线		增强型单栅N型沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应晶体管		增强型N沟道场效应晶体管	
S00678	绝缘栅场效应晶体管(IGFET)，耗尽型，单栅，P型沟道，衬底无引出线		耗尽型单栅P型沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应晶体管		耗尽型P沟道场效应晶体管	
S00677	绝缘栅场效应晶体管(IGFET)，耗尽型，单栅，N型沟道，衬底无引出线		耗尽型单栅N型沟道和衬底无引出线的绝缘栅场效应晶体管		耗尽型N沟道场效应晶体管	
			N沟道结型场效应半导体对管			
7)光电子、光敏器件						
S00684	光敏电阻(LDR)；光敏电阻器		光敏电阻		光敏电阻	
S00685	光电二极管		光敏二极管		光电二极管	
S00686	光生伏打电池		光电池		光电池	
S00687	光电晶体管		PNP型光敏晶体管			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00691	光耦合器		光耦合器 光隔离器			
			光电二极管型光耦合器			
			达林顿型光耦合器			
			光电二极管和半导体管(NPN型)光耦合器			
			集成电路光耦合器			
			磁耦合器 磁隔离器			
			半导体激光器			
			发光数码管			
8)电机、变压器						
S00806	三角形联结的三相绕组		三角形联结的三相绕组		三角形连接的三相绕组	
S00807	开口三角形联结的三相绕组		开口三角形联结的三相绕组		开口三角形连接的三相绕组	
S00808	星形联结的三相绕组		星形联结的三相绕组		星形连接的三相绕组	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00809	中性点引出的星形联结的三相绕组		中性点引出的星形联结的三相绕组		有中性点引出的星形连接的三相绕组	
S00813	星形联结的六相绕组		星形联结的六相绕组		星形连接的六相绕组	
S00815（废除）	电机绕组（区别换向或补偿功能）		换向绕组或补偿绕组		（1）换向绕组 （2）补偿绕组	（1） （2）
S00816（废除）	电机绕组（区别串励绕组功能）		串励绕组		串励绕组	
S00817（废除）	电机绕组（区别并励和他励功能）		并励或他励绕组		并励或他励绕组	
			交流测速发电机			
			直流测速发电机			
			交流力矩电动机			
			直流力矩电动机			
S00823	直流串励电动机		直流串励电动机		串励式直流电机	
S00824	直流并励电动机		并励直流电动机		并励式直流电机	
			他励直流电动机		他励式直流电机	
S00825	短分路复励直流发电机		复励直流发电机		复励式直流电机	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
			永磁直流电动机		永磁直流电机	
S00828	单相串励电动机		单相交流串励电动机		单相交流串励换向器电动机	
S00830	三相串励电动机		三相交流串励电动机		三相串励换向器电动机	
			单相永磁同步电动机		永磁单相同步电动机	
			三相永磁同步电动机		永磁三相同步电动机	
S00836	三相鼠笼式感应电动机		三相笼型异步电动机		三相鼠笼异步电动机	
S00837	单相鼠笼式感应电动机		单相笼型异步电动机		单相鼠笼异步电动机	
S00838	三相绕线式转子感应电动机		三相绕线转子异步电动机		三相滑环异步电动机	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
			变压器的铁心		变压器的铁心	
S00841 S00842	双绕组变压器，一般符号		双绕组变压器（黑点表示瞬时电压极性）		双绕组变压器	
S00843	双绕组变压器（带瞬时电压极性指示）					
S00844 S00845	三绕组变压器，一般符号		三绕组变压器		三绕组变压器	
S00846 S00847	自耦变压器，一般符号		单相自耦变压器		单相自耦变压器	
S00848 S00849	电抗器，一般符号		电抗器、扼流圈		电抗器	
S00850 S00851	电流互感器，一般符号		电流互感器		单次级绕组电流互感器	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00880	具有两个铁心，每个铁心有一个次级绕组的电流互感器		具有两个铁心和两个二次绕组的电流互感器			
S00881	具有两个铁心，每个铁心有一个次级绕组的电流互感器					
S00882	在一个铁心上具有两个次级绕组的电流互感器		在一个铁心上具有两个二次绕组的电流互感器			
S00883	在一个铁心上具有两个次级绕组的电流互感器					
S00858 S00859	星形-三角形联结的三相变压器		三相变压器星形-三角形联结		有铁心的三相双绕组变压器绕组连接：星形-三角形	
S00864 S00865	具有分接开关的三相变压器		具有有载分接开关的三相变压器星形-三角形联结		可带负荷调整有铁心的三相双绕组变压器绕组连接：星形-三角形	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00866	中性点引出的星形-曲折形联结的三相变压器		三相变压器星形-曲折形联结		三相变压器星形-曲折形联结	
S00867						
			具有有载分接开关的三相三绕组变压器，有中性点引出线的星形-三角形联结		具有有载分接开关的三相三绕组变压器，有中性点引出线的星形-三角形联结	
			三相三绕组变压器，两个绕组为有中性点引出线的星形，中性点接地，第三绕组为开口三角形联结		三相三绕组变压器，两个绕组为有中性点引出线的星形，中性点接地，第三绕组为开口三角形联结	
S00872	三相自耦变压器，星形联结		三相自耦变压器星形联结		有铁心的三相自耦变压器，绕组连接为星形	
S00873						

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00874 S00875	可调压的单相自耦变压器		可调压的单相自耦变压器		连续调压有铁心的单相自耦变压器	
			频敏变阻器			
			分裂电抗器			
9）电池						
S00898 S01341	原电池或蓄电池		原电池或蓄电池		原电池或蓄电池	
S01342	原电池或蓄电池组		蓄电池组或原电池组 注：注明电压值时允许的画法		蓄电池组或原电池组 注：注明电压值时允许的画法	
			带抽头的原电池组或蓄电池组		带抽头的原电池组或蓄电池组	
10）开关控制和保护装置						
S00227	动合（常开）触点，一般符号；开关，一般符号		动合（常开）触点		开关和转换开关的动合（常开）触头	
					继电器的动合（常开）触头	
					接触器控制器的动合（常开）触头	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00229	动断（常闭）触点		动断（常闭）触点		开关和转换开关的动断（常闭）触头	
					继电器的动断（常闭）触头	
					接触器（辅助触头）、起动器、控制器的动断（常闭）触头	
S00230	先断后合的转换触点		先断后合的转换触点		开关和转换开关的切换触点	
					接触器和控制器的切换触点	
					单极转换的2个位置	
S00231	中间断开的转换触点		中间断开的双向触点		单极转换开关的3个位置	
S00232 S00233	先合后断的双向转换触点		先合后断的转换触点（桥接）		不切断转换开关的触点	
					继电器先合后断的触点	
					接触器、起动器、控制器的不切断切换触点	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
			开关（机械式）		开关（机械式）	
			当操作器件被吸合或释放时，暂时闭合的过渡动合触点		当操作器件被吸合或释放时，暂时闭合的过渡动合触点	
S00243	延时闭合的动合触点		延时闭合的动合（常开）触点		时间继电器延时闭合的动合（常开）触点	
					接触器延时闭合的动合（常开）触点	
S00244	延时断开的动合触点		延时断开的动合（常开）触点		时间继电器延时开启的动合（常开）触点	
					接触器延时开启的动合（常开）触点	
S00245	延时断开的动断触点		延时断开的动断（常闭）触点		时间继电器延时开启的动断（常闭）触点	
					接触器延时开启的动断（常闭）触点	
S00246	延时闭合的动断触点		延时闭合的动断（常闭）触点		时间继电器延时闭合的动断（常闭）触点	
					接触器延时闭合的动断（常闭）触点	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00247	延时动合触点		吸合时延时闭合和释放时延时断开的动合（常开）触点		时间继电器延时闭合和延时开启动合（常开）触点	
					接触器延时闭合和延时开启动合（常开）触点	
S00253	手动操作开关，一般符号		手动开关的一般符号			
S00254	自动复位的手动按钮开关		动合（常开）按钮开关（不闭锁）		带动合（常开）触点，能自动返回的按钮	
			动断（常闭）按钮开关（不闭锁）		带动断（常闭）触点，能自动返回的按钮	
			带动断（常闭）和动合（常开）触点的按钮开关（不闭锁）		带动断（常闭）和动合（常开）触点，能自动返回的按钮	
S00255	自动复位的手动拉拔开关		拉拔开关（不闭锁）			
S00256	无自动复位的手动旋转开关		旋钮开关、旋转开关（闭锁）		带闭锁装置的按钮	
			液位开关		液位继电器触点	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00259	带动合触点的位置开关		位置开关，动合触点 限制开关，动合触点		与工作机械联动的开关动合（常开）触点	
S00260	带动断触点的位置开关		位置开关，动断触点限制开关，动断触点		与工作机械联动的开关动断（常闭）触点	
S00261	组合位置开关		对两个独立电路作双向机械操作的位置或限制开关			
S00263	带动合触点的热敏开关		热敏开关动合触点（θ 可用动作温度代替）		温度继电器动合（常开）触点	
S00266	有热元件的气体放电管		具有热元件的气体放电管、荧光灯起动器		荧光灯触发器	
			惯性开关（突然减速而动作）		离心式非电继电器触点	
					转速式非电继电器触点	
S00265	带动断触点的热敏自动开关		热敏自动开关，动断触点 注：注意区别此触点和下图所示热继电器的触点		热敏自动开关，动断触点 注：注意区别此触点和下图所示热继电器的触点	
S00374	保护用充气放电管		保护用充气放电管			
S00375	保护用对称充气放电管		保护用对称充气放电管			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00271	多位开关，最多四位		单极四位开关		单极四位转换开关	
			三极开关单线表示		三极开关单线表示	
			三极开关多线表示		三极开关多线表示	
S00284	接触器；接触器的主动合触点		接触器（在主电路中非动作位置触点断开）		接触器动合（常开）触点	
					带灭弧装置接触器动合（常开）触点	
					带电磁吸弧线圈接触器动合（常开）触点	
S00286	接触器；接触器的主动断触点		接触器（在主电路中非动作位置触点闭合）		接触器动断（常闭）触点	
					带灭弧装置接触器动断（常闭）触点	
					带电磁吸弧线圈接触器动断（常闭）触点	
S00290	负荷开关；负荷隔离开关		负荷开关（负荷隔离开关）		带灭弧罩的单线三极开关	
					单线三极高压负荷开关	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00288	隔离开关；隔离器		隔离开关		单极高压隔离开关	
					单线三极高压隔离开关	
S00291	带自动释放功能的负荷隔离开关		具有自动释放的负荷开关		自动开关的动合（常开）触点	
S00287	断路器		断路器		自动开关的动合（常开）触点	
					高压断路器	
S00297	电动机起动器，一般符号		电动机起动器一般符号			
S00298	步进起动器		步进起动器			
S00299	调节-起动器		调节-起动器			
			带自动释放的起动器			
S00301	可逆直接在线起动器		可逆式电动机：直接在线接触器式起动器或满压接触器式起动器			
S00302	星-三角起动器		星-三角起动器			
S00303	带自耦变压器的起动器		自耦变压器式起动器			
S00304	带可控硅整流器的调节-起动器		带可控整流器的调节起动器			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00305	驱动器件，一般符号；继电器线圈，一般符号		操作器件的一般符号		接触器、继电器和磁力起动器的线圈	
S00307	驱动器件；继电器线圈（组合表示法）		具有两个绕组的操作器件组合表示法		双线圈接触器和继电器的线圈	
			具有两个绕组的操作器件分离表示法		双线圈	
					有 n 线圈时相应画出 n 个线圈	
S00311	缓慢释放继电器线圈		缓慢释放（缓放）继电器线圈		时间继电器缓放线圈	
S00312	缓慢吸合继电器线圈		缓慢吸合（缓吸）继电器线圈		时间继电器缓吸线圈	
S00313	延时继电器线圈		缓吸和缓放继电器线圈			
S00314	快速继电器线圈		快速继电器（快吸和快放）的线圈			
S00323 S00324	剩磁继电器线圈		剩磁继电器的线圈			
			过电流继电器线圈		过流继电器线圈	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
			欠电压继电器线圈		欠压继电器线圈	
			电磁吸盘		电磁吸盘	
S00352	瓦斯保护器件、气体继电器		气体继电器		气体继电器	
S00353	自动重闭合器件；自动重合闸继电器		自动重闭合器件		自动重闭合器件	
			电磁阀		电磁阀线圈	
			电磁离合器		电磁离合器	
			电磁转差离合器或电磁粉末离合器		电磁转差离合器或电磁粉末离合器	
			电磁制动器		电磁制动器	
S00354	接近传感器		接近传感器			
S00359	接近开关		接近开关动合（常开）触点			
S00357	接触传感器		接触传感器			
S00358	接触敏感开关		接触敏感开关动合（常开）触点			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00355	接近传感器件		接近传感器件方框符号 注：操作方法可以表示出来			
S00356	容性接近传感器件		示例：固体材料接近时操作的电容性的接近检测器			
S00360	磁控接近开关		磁铁接近时动作的接近开关，动合触点			
S00361	铁控接近开关		铁接近时动作的接近开关，动断触点			
S00325	热继电器驱动器件		热继电器的驱动元件（热元件）		热继电器热元件	
			热继电器动断（常闭）触点		热继电器常闭触头	
S00362	熔断器，一般符号		熔断器一般符号		熔断器	
S00363	熔断器		供电端用粗线表示的熔断器			
S00364	熔断器；撞击器式熔断器		带机械连杆的熔断器（撞击器式熔断器）			
S00368	熔断器开关		熔断器式开关		刀开关-熔断器	
			跌落式熔断器		跌落式熔断器	
S00369	熔断器式隔离开关；熔断器式隔离器		熔断器式隔离开关		隔离开关-熔断器	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00370	熔断器负荷开关组合电器		熔断器式负荷开关			
S00366	独立报警熔断器		具有独立报警电路的熔断器		有信号的熔断器	
S00367	带撞击式熔断器的三极开关		任何一个撞击器式熔断器熔断而自动释放的三相开关			
S00371	火花间隙		火花间隙		火花间隙	
S00372	双火花间隙		双火花间隙			
S00373	避雷器		避雷器		避雷器的一般符号	
11）测量仪表						
S00910	指示仪表，一般符号 注：星号必须由字母代替，例如 Hz—频率表 φ—相位表 $\cos\varphi$—功率因数表		指示仪表 注：星号必须由字母代替，例如 Hz—频率表 φ—相位表 $\cos\varphi$—功率因数表			
S00913	电　压　表		电　压　表		无功功率	
S00916	无功功率表		无功功率表			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00933	电度表（瓦时计）		电能表（瓦时计）		瓦时计	
S00924	检流计		检流计		检流计	
S00922	示波器		示波器		示波器	
			电流表		电流表	
S00914	无功电流表		无功电流表		无功电流表	
S00915	带最大需量指示器		最大需量指示器（由一台积算仪表操纵的）		最大需量指示器（由一台积算仪表操纵的）	
S00917	功率因数表		功率因数表		功率因数表	
S00919	频率计		频率表		频率表	
S00926	温度计；高温计		温度计、高温计（θ 可由 $t°$ 代替）		温度计、高温计（θ 可由 $t°$ 代替）	
S00927	转速表		转速表		转速表	
S00912	积算仪表，一般符号		积算仪表、电能表（星号必须按照规定予以代替）		积算仪表、电能表（星号必须按照规定予以代替）	
S00932	安培小时计		安培小时计		安培小时计	
S00940	带发送器电度表		带发送器电能表		带发送器电能表	
S00941	从动电度表（转发器）		由电能表操纵的遥测仪表（转发器）		由电能表操纵的遥测仪表(转发器)	
S00942	从动电度表（转发器）带打印器件		由电能表操纵的带有打印器件的遥测仪表(转发器)		由电能表操纵的带有打印器件的遥测仪表（转发器）	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
12）灯和信号器件						
S00965	灯，一般符号		灯的一般符号		照明灯	
					信号灯	
S01417	音响信号装置，一般符号		电喇叭		电喇叭	
			电铃		电铃一般符号	
13）其他及操作器件						
S00145	机械连接（力或运动）		机械的连接 气动的连接 减压的连接 示例：具有力或运动指示方向的机械连接 示例：具有指示旋转方向的机械连接 注：箭头应视作从连接符号前面向里旋转			
S00146	机械连接（旋转）					
S00147	连接					
S00148	延时动作		延时动作 注：从圆弧向圆心方向移动的延时动作			
S00149	延时动作					
S00150	自动复位		自动复位 注：三角为指向返回方向			
S00151	自锁		定位 非自动复位 维持给定位置的器件			
S00152	脱开自锁		脱离定位			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00153	进入自锁		进入定位			
S00154	机械联锁		两器件间的机械联锁			
S00155	脱扣的闭锁器件		脱扣的锁扣器件			
S00156	锁扣的闭锁器件		扣住的锁扣器件			
S00157	阻塞器件		堵塞器件			
S00158	处于阻塞状态的阻塞器件		向左边移动被堵塞的已堵住的堵塞器件			
S00159	离合器，机械联轴器		机械联轴器、离合器			
S00160	机械联轴器，脱开的		脱开的机械联轴器			
S00174	操作件，应急		紧急开关（蘑菇头安全按钮）			
S00175	操作件（手轮操作）		手轮操作			
S00176	操作件（脚踏操作）		脚踏操作			
S00177	操作件（杠杆操作）		杠杆操作			
S00178	操作件（用可拆卸平柄操作）		可拆卸的手柄操作			
S00179	操作件（钥匙操作）		钥匙操作			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00180	操作件（曲柄操作）		曲柄操作			
S00181	操作件（滚子操作）		滚轮（滚柱）操作			
S00182	操作件（凸轮操作）		凸轮操作 注：需要时，可示出详细凸轮图，对仿形样板也适用 示例：仿形凸轮 示例：仿形样板，仿形凸轮（展开图） 示例：凸轮和滚轮（滚柱）操作			
S00183	操作件（仿形凸轮操作）					
S00184	操作件（仿形样板，仿形凸轮操作）					
S00185	操作件（仿形凸轮和滚子操作）					
S00186	操作件（贮存机械能操作）		贮存机械能操作 注：贮存能的方式可以填入方框符号内			
S00187	操作件（单向作用的气动或液压驱动）		单向作用的气动或液压控制操作			
S00188	操作件（双向作用的气动或液压驱动）		双向作用的气动或液压控制操作			
S00190	操作件（电磁器件操作）		过电流保护的电磁操作			
S00189	操作件（电磁效应驱动）		电磁执行器操作			
S00191	操作件（热器件驱动）		热执行器操作（如热继电器、热过电流保护）			
S00192	操作件（电动机操作）		电动机操作			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00193	操作件（电钟操作）		电钟操作			
S00195	操作件（液位控制）		液位控制			
S00196	操作件（计数器控制）		计数控制			
S00197	操作件（流体控制）		流体控制 示例：气流控制			
S00198	操作件（气流控制）					
S00199	操作件（相对湿度控制）		相对湿度控制			
			温度控制 注：θ 可用 $t°$ 代替			
			压力控制			
			转速控制			
			线性速率或速度控制			
S00161	连接着的机械联轴器		联接的机械联轴器 示例：转动（活轮）用的单向联轴器			
S00162	旋转用的单向联轴器					
S00163	制动器		制动器 示例：带制动器并已制动的电动机 示例：带制动器未制动的电动机			
S00164	制动着的制动器					
S00165	未制动的制动器					
S00166	齿轮装置		齿轮啮合			
S00167	手动操作件，一般符号		一般情况下手动控制			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
S00168	手动操作件（带防护）		受限制的手动控制			
S00169	操作件（拉拔操作）		拉拔操作			
S00170	操作件（旋转操作）		旋转操作			
S00171	操作件（推动操作）		推动操作			
S00172	操作件（接近效应操作件）		接近效应操作			
S00173	操作件（接触操作）		接触效应操作			
S00446	中性线		中性线		中性线	
S00447	保护线		保护线			
S00448	保护线和中性线共用线		保护和中性共用线			
S00449	带中性线和保护线的三相线路		具有保护线和中性线的三相配线			
			滑触线		滑触线	
S00407	地下线路		地下线路		地下线路	
S00409	架空线路		架空线路		架空线路	
S00410	套管线路		管道线路		管道线路	
S00411	六孔管道的线路		多孔（如6孔）管道线路		多孔（如6孔）管道线路	
S00413	带接头的地下线路		具有埋入地下连接点的线路		具有埋入地下连接点的线路	
S00408	水下线路		水下线路		水下线路	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
			沿建筑物明敷设通信线路		沿建筑物明敷设通信线路	
			沿建筑物暗敷设通信线路		沿建筑物暗敷设通信线路	
			电气排流电缆		电气排流电缆	
			挂在钢索上的线路		挂在钢索上的线路	
			用单线表示的多回路线路（或电缆管束）		用单线表示的多回路线路（或电缆管束）	
			屏、盘、架一般符号 注：可用文字符号或型号表示设备名称		屏、盘、架一般符号 注：可用文字符号或型号表示设备名称	
			列架一般符号		列架一般符号	
			人工交换台、中继台、测量台、业务台等一般符号		人工交换台、中继台、测量台、业务台等一般符号	
			总配线架		总配线架	
			中间配线架		中间配线架	
S01449	在电缆梯架上的布线		走线架，电缆走道		走线架，电缆走道	
			地面上明装走线槽		地面上明装走线槽	
			地面下暗装走线槽		地面下暗装走线槽	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

GB/T 4728—2005～2008			GB/T 4728—1996～2000		旧符号	
标识号	名　称	图形符号	名　称	图形符号	名　称	图形符号
			事故照明线			
			50V 及其以下电力及照明线路			
			控制及信号线路（电力及照明用）			
S00204	保护等电位联结		等电位		等电位	
			电缆终端头		电缆终端头	
S00052	直通接线盒（多线表示）		电力电缆直通接线盒		电力电缆直通接线盒	
S00053	直通接线盒（单线表示）					
S00054	接线盒（多线表示）		电力电缆连接盒 电力电缆分线盒		电力电缆连接盒 电力电缆分线盒	
S00055	接线盒（单线表示）					

表 5-11　其他常用图形符号

图形符号	名称及说明
	动力控制器 示出有两个无灭弧装置的动断（常闭）触点，四个有灭弧装置的动合（常开）触点和一个有灭弧装置的动断（常闭）触点，共七段电路

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

图形符号	名称及说明
	自动复归控制器或操作开关 示出两侧自动复位到中央两个位置，黑箭头表示自动复归的符号
	控制器或操作开关 示出五个位置的控制器或操作开关。以“0”代表操作手柄在中间位置，两侧的数字表示操作位置数，此数字处亦可写手柄转动位置的角度。在该数字上方可注文字符号表示操作（如向前、向后、自动、手动等）。短划表示手柄操作触点开闭的位置线，有黑点“·”者表示手柄（手轮）转向此位置时触点接通，无黑点者表示触点不接通。复杂开关允许不以黑点的有无来表示触点的开闭而另用触点闭合来表示。多于一个以上的触点分别接于各线路中，可以在触点符号上加注触点的线路号（本图例为4个线路号）或触点号。若操作位置数多于或少于五个时，线路号多于或少于四个时可仿本图形增减。一个开关的各触点允许不画在一起

表 5-12　电气工程平面图常用图形符号

图形符号	说　　明	备注	图形符号	说　　明	备注
	单相插座 暗装 密闭（防水） 防爆	S00457		带接地插孔的三相插座 暗装	
	带保护接点插座 带接地插孔的单相插座 暗装 密闭（防水） 防爆	S00460		带接地插孔的三相插座 密闭（防水） 防爆	
				插座箱（板）	
				多个插座（示出三个）	S00458 S00459

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

图形符号	说　　明	备注
	具有护板的插座	S00461
	具有单极开关的插座	S00462
	具有联锁开关的插座	S00463
	具有隔离变压器的插座（如电动剃刀用的插座）	S00464
	电信插座的一般符号 注：可用文字或符号加以区别 如：TP——电话 ——扬声器 TX——电传 M——传声器 TV——电视 FM——调频	S00465
	带熔断器的插座	
	开关一般符号	S00466
	单极开关 暗装 密闭（防水） 防爆	
	双极开关 暗装 密闭（防水） 防爆	S00469

图形符号	说　　明	备注
	三极开关 暗装 密闭（防水） 防爆	
	单极拉线开关	S00474
	单极双控拉线开关	
	单极限时开关	S00468
	双控开关（单极三线）	S00471
	具有指示灯的开关	
	多拉开关（如用于不同照度）	S00470
	中间开关 等效电路图	S00472
	调光器	S00473
	限时装置	S00478
	定时开关	S00479

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

图形符号	说明	备注
	钥匙开关	
	灯或信号灯的一般符号	S00483
	投光灯一般符号	S00487
	聚光灯	S00488
	泛光灯	S00489
	示出配线的照明引出线位置	S00481
	在墙上的照明引出线（示出配线向左边）	S00482
	荧光灯一般符号	S00484
	三管荧光灯	S00485
	五管荧光灯	S00486
	防爆荧光灯	
	在专用电路上的事故照明灯	S00491
	自带电源的事故照明灯装置（应急灯）	S00492
	气体放电灯的辅助设备 注：仅用于辅助设备与光源不在一起时	=
	警卫信号探测器	
	警卫信号区域报警器	
	警卫信号总报警器	

图形符号	说明	备注
	电缆交接间	
	架空交接箱	
	落地交接箱	
	壁龛交接箱	
	分线盒的一般符号 注：可加注 $\frac{A-B}{C}D$ A——编号 B——容量 C——线序 D——用户数	
	室内分线盒	
	室外分线盒	
	分线箱	
	壁龛分线箱	
	避雷针	
	电源自动切换箱（屏）	
	电阻箱	
	鼓形控制器	
	自动开关箱	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

图形符号	说　明	备注	图形符号	说　明	备注
	刀开关箱			局部照明灯	
	带熔断器的刀开关箱			矿山灯	
	熔断器箱			安全灯	
	组合开关箱			隔爆灯	
	深照型灯			天棚灯	
	广照型灯（配照型灯）			花灯	
	防水防尘灯			弯灯	
	球形灯			壁灯	
	电风扇			电钟	
	空调器			电阻加热装置	
	电铃			电热水器	S00493
	配电箱一般符号			照明配电箱	
	动力配电箱			事故照明配电箱	
	信号板、箱			多种电源配电箱	
	（1）向上配线	S00450		带配线的用户端	S00455
	（2）向下配线	S00451		配电中心	S00456
	（3）垂直通过配线	S00452		连接盒或接线盒	S00454

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

平面图中常用火灾报警系统图形符号			
	控制和指示设备		照明信号
	报警启动装置（点式－手动或自动）		手动报警器
	线型探测器		感烟火灾探测器
	火灾报警装置		感温火灾探测器
	热		气体火灾探测器
	烟		火警电话机
	易爆气体		报警发声器
	手动启动		有视听信号的控制和显示设备
	电铃		逃生路线、逃生方向
	扬声器		逃生路线，最终出口
	发声器		二氧化碳消防设备辅助符号
	电话机		氧化剂消防设备辅助符号
			卤代烷消防设备辅助符号

二、文字符号

文字符号原来采用的标准是 GB/T 5094—1985 规定的项目种类的字母代码（即文字符号中的首字母或单字母），而对应的新标准为 GB/T 5094. 2—2003 和等同采用 IEC PAS 62400：2005 的 GB/T 20939—2007《技术产品及技术产品文件结构原则字母代码　按项目用途和任务划分的主类和子类》。GB/T 20939—2007 规定了按用途和任务划分的项目类别及字母代码，扩展了 GB/T 5094. 2—2003 表“按用途和任务划分的项目类别及字母代码”内容，并增加了子类（即文字符号中第二字母代码）。新旧 GB/T 5094 中“字母代码”对照见表 5-13。

从表 5-13 可以看出，新旧标准中的字母代码相差极大，例如气体继电器、保护继电器、热过载继电器单字母符号在旧标准中均采用 K，而在新标准中为 B；接触器在旧标准中也为 K，而在新标准中为 Q，等等。考虑到旧标准规定的文字符号在我国生产图样、图书出版（包括教科书）、技术文献等中已得到广泛采用，涉及面甚广，因此在未制定出结合我国国情的、贯彻新标准的文字符号实施方案的过渡期间，建议暂时仍可沿用 GB/T 7159—1987

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（已被 GB 315—1964 替代）规定的文字符号。

电气工程文字符号分基本文字符号和辅助文字符号两种。一般标注在电气设备、装置和元器件图形符号上或其近旁，以标明电气设备、装置和元器件的名称、功能、状态和特征。

电气工程中常用的基本文字符号见表 5-14。该符号由 GB/T 7159—1987《电气技术中的文字符号制订通则》引出，并补充了一些工程中常用的文字符号。这些文字符号与旧标准的文字符号是根本不同的，旧标准使用的是汉语拼音的字头。

（一）单字母基本文字符号

单字母符号是按拉丁字母将各种电气设备、装置和元器件分为 23 大类，每大类用一个专用单字母表示，如电容器类用“C”表示，电动机用“M”表示，单字母应优先使用。

（二）双字母基本文字符号

双字母符号是由一个表示种类的单字母符号与另一个进一步详细具体表示电气设备、装置和元器件名称、功能、状态和特征的字母组成，种类字母在前，功能名称字母在后，如 KA 表示交流继电器，KM 表示接触器。

（三）辅助文字符号

辅助文字符号是用来表示电气设备、装置和元器件以及线路的功能、状态和特征的，基本上使用的是英文名称的缩写，如异步的英文全称为 asynchronizing，其文字符号为 ASY，一般用大写；又如闭合的英文是 Close. on，而文字符号为 ON。辅助文字符号可单独使用，如 OFF 表示断开，P 表示压力等。

电气工程中常用的辅助文字符号见表 5-15，同样由 GB/T 7159—1987 引出。这里将电气工程图中常用的电气设备、元件及标注的文字符号新旧对照列出，供读图时参考，见表 5-16。

表 5-13　GB/T 5094 新旧标准“字母代码”对照

按用途或任务划分的项目类别及字母代码（GB/T 5094. 2—2003/IEC 61346-2：2000）（新）					项目种类的字母代码（GB/T 5094—1985/IEC 60705：1983）（旧）		
代码	项目的用途或任务	描述项目或功能件的用途或任务的术语举例	典型的机械/液压、气动产品举例	典型的电气产品举例	字母代码	项目种类	举　例
A	两种或两种以上的用途或任务 注：此类别仅供不能鉴别主要用途或任务的项目使用			触屏	A	组件、部件	分立元件放大器、磁放大器、激光器、微波激射器、印制电路板
B	把某一输入变量（物理性质、条件或事件）转换为供进一步处理的信号	探测、测量（值的采集）监控、感知、加重（值的采集）	孔板（供测量用）、传感器	气体继电器、检波器、火灾探测器、气体探测器、测量元件、测量继电器、测量分路器、测量变换器、传声器（话筒）、运动探测器、光电池、监控开关、位置开关、接近开关、接近传感器、保护继电器、传感器、烟雾传感器、测速发电机、温度传感器、热过载继电器、视频摄像机	B	换能器（从非电量到电量或相反）	热电传感器、热电池、光电池、测功计、晶体换能器、送话器、拾音器、扬声器、耳机、自整角机、旋转变压器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

按用途或任务划分的项目类别及字母代码（GB/T 5094.2—2003/IEC 61346-2：2000）（新）					项目种类的字母代码（GB/T 5094—1985/IEC 60705：1983）（旧）		
代码	项目的用途或任务	描述项目或功能件的用途或任务的术语举例	典型的机械/液压、气动产品举例	典型的电气产品举例	字母代码	项目种类	举例
C	材料、能量或信息的存储	记录、存储	桶、缓冲器、贮水器、容器、蓄热水器、纸卷座、蓄压器、蓄汽器、箱、罐	缓冲器（存储）、缓冲器电池、电容器、事件记录器（主要存储）、硬盘、存储器、RAM、蓄电池、磁带机（主要存储）、录像机（主要存储）、电压记录器（主要存储）	C	电容器	
D	为将来标准化备用				D	二进制元件、延迟器件、存储器件	数字集成电路和器件、延迟线、双稳态几件、单稳态元件、磁心存储器、寄存器、磁带记录机、盘式记录机
E	提供辐射能或热能	冷却、加热、发光、辐射	锅炉、冷冻机、加热器、煤气灯、热交换器、核反应堆、煤油灯、散热器、冰箱	锅炉、荧光灯、电热器、灯、灯泡、激光器、发光设备、微波激射器、辐射器	E	杂项	光器件、热器件、本表其他地方未提及的器件
F	直接防止（自动）能量流、信号流、人身或设备发生危险的或意外的情况 包括用于防护的系统和设备	吸收、防护、防止、保护、保安、隔离	气囊、减振器、栅栏、防护罩、管道安全阀、安全隔膜、安全带、安全阀、护板、真空阀	阴极保护阳极、法拉第罩、熔断器、小型断路器、浪涌保护器、热过载释放器	F	保护器件	熔断器、过电压放电器件、避雷器
G	启动能量流或材料流 产生用作信息载体或参考源的信号 生产一种新能量、材料或产品	装配、破碎、拆卸、生成、分馏、材料移动、磨碎、混合、生产、粉碎	鼓风机、插元件机、传送带（被驱动）、破碎机、风扇、混合器、泵、真空泵、通风机	干电池组、电机、燃料电池、发生器、发电机、旋转发电机、信号发生器、太阳电池、波发生器	G	发电机、电源	旋转发电机、旋转变频机、电池、振荡器、石英晶体振荡器
H	为将来标准化备用				H	信号器件	光指示器、声指示器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

按用途或任务划分的项目类别及字母代码（GB/T 5094.2—2003/IEC 61346-2：2000）（新）					项目种类的字母代码（GB/T 5094—1985/IEC 60705：1983）（旧）		
代码	项目的用途或任务	描述项目或功能件的用途或任务的术语举例	典型的机械/液压、气动产品举例	典型的电气产品举例	字母代码	项目种类	举　例
I	不用	—	—	—	I	不用	
J	为将来标准化备用				J	—	—
K	处理（接收、加工和提供）信号或信息（用于防护的物体除外，见F类）	闭合（控制电路）、连续控制、延迟、开断（控制电路）、搁置、切换（控制电路）、同步	流体回流控制器、引导阀、阀定位器	有或无继电器、模拟集成电路、自动并联装置、数字集成电路、接触器继电器、CPU、延迟元件、延迟线、电子阀、电子管、反馈控制器、滤波器、感应搅拌器、微处理器、过程计算机、可编程序控制器、同步装置、时间继电器、晶体管	K	继电器、接触器	
L	为将来标准化备用				L	电感器、电抗器	感应线圈、线路陷波器、电抗器（并联和串联）
M	提供驱动用机械能（旋转或线性机械运动）	激励、驱动	内燃机、液压执行器、液压缸、液压马达、热机、机械执行器、弹簧承载执行器、涡轮机、水轮机、风轮机	执行器、励磁线圈、电动机、直线电动机	M	电动机	
N	为将来标准化备用				N	模拟集成电路	运算放大器、模拟/数字混合器件
O	不用	—	—	—	O	不用	
P	提供信息	告（报）警、通信、显示、指示、通知、测量（量的显示）、呈现、打印、警告	音响信号装置、衡器（称重用）、铃、钟、显示器、流量表、气量表、玻璃量具、压力表、机械指示器、打印机、窥视孔、温度计、水表	音响信号装置、安培表、铃、钟、连续行记录器、显示器、机电指示器、事件计数器、盖氏计数器、LED（发光二极管）、扬声器、光信号装置、打印机、记录式伏特表、信号灯、信号振动器、同步示波器、伏特表、瓦特表、瓦时表	P	测量设备、试验设备	指示、记录、积算、测量器件，信号发生器、时钟

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

按用途或任务划分的项目类别及字母代码（GB/T 5094.2—2003/IEC 61346-2：2000）（新）					项目种类的字母代码（GB/T 5094—1985/IEC 60705：1983）（旧）		
代码	项目的用途或任务	描述项目或功能件的用途或任务的术语举例	典型的机械/液压、气动产品举例	典型的电气产品举例	字母代码	项目种类	举例
Q	受控切换或改变能量流、信号流或材料流 （对于控制电路中的信号，请参见K类和S类）	断开（能量、信号和材料流）、闭合（能量、信号和材料流）、切换（能量、信号和材料流）、连接	制动器、控制阀、离合器、门、闸门、大门、关闭阀、百叶窗、水闸门、锁	断路器、接触器（电力）、隔离开关、熔断器开关、熔断体隔离器式开关、电动机起动器、功率晶体管、集电环短路器、开关（电力）晶闸管（若主要用途为防护，请参见F类）	Q	电力电路的开关	断路器、隔离开关
R	限制或稳定能量、信息或材料的运动或流动	阻断、阻尼、限制、限定、稳定	阻断装置、单向（止回）阀、阻尼装置、棘爪、互锁装置、闭锁装置、小孔板（限流）、压力控制阀、限制器、减振器、消声器、自动脱扣机构	二极管、电感器、限定器、电阻器	R	电阻器	可变电阻器、电位器、变阻器、分流器、热敏电阻
S	把手动操作转变为进一步处理的信号	影响、手动控制、选择	按钮阀、选择开关	控制开关、差值开关、键盘、光笔、鼠标器、按钮、选择开关、设定点调节器	S	控制电路的开关、选择器	控制开关、按钮、限位开关、选择开关、拨号接触器、连接级
T	保持能量性质不变的能量变换 已建立的信号保持信息内容不变的变换 材料形态或形状的变换	放大、调制、变换、铸造、压缩、转变、切割、材料变形、膨胀、锻造、磨削、碾压、尺寸放大、尺寸缩小、镟削	射流放大器、齿轮箱、测量变换器、测量发送器、压力增强器、力矩变换器、铸造机、锤锻、磨床（尺寸缩小）、车床、锯	AC/DC变换器、放大器、天线、解调器、变频器、测量变换器、测量发射机、调制器、电力变压器、整流器、整流器站、信号变换器、信号传变器、电话机、变换器	T	变压器	电压互感器、电流互感器
U	保持物体在一定的位置	支承、承载、保持、支持	横梁、轴承、阻塞块、电缆梯架、电缆托盘、托架、支架、固定架、地基、吊架、隔离体、安装板、安装架、塔架、滚动轴承	绝缘子	U	调制器、变换器	鉴频器、解调器、变频器、编码器、逆变器、变换器、电报译码器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

按用途或任务划分的项目类别及字母代码（GB/T 5094.2—2003/IEC 61346-2：2000）（新）					项目种类的字母代码（GB/T 5094—1985/IEC 60705：1983）（旧）		
代码	项目的用途或任务	描述项目或功能件的用途或任务的术语举例	典型的机械/液压、气动产品举例	典型的电气产品举例	字母代码	项目种类	举　例
V	材料或产品的处理（包括预处理和后处理）	涂覆、清洗、脱水、除锈、干燥、过滤、热处理、封装、预处理、恢复、再精饰、密封、分离、分选、搅拌、表面处理、包装	离心机、脱脂设备、脱水设备、过滤器、研磨机（表面处理）、封装机、搅拌棒、分离器、自动喷涂机、真空清洗机、洗涤机、加湿器	过滤器	V	电真空器件、半导体器件	电子管、气体放电管、二极管、晶体管、晶闸管
W	从一地到另一地导引或输送能量、信号、材料或产品	传导、分配、导引、导向、安置、输送	输送器（无驱动）、导管、软管、梯、链（机械）、镜、滚动台（无驱动）、管道、传动轴、往复式输送机	汇流排、电缆、导体、信息总线、光纤、穿墙套管、波导	W	传输通道、波导、天线	导线、电缆、母线、波导、波导定向耦合器、偶极天线、抛物面天线
X	连接物	连接、啮合、连结	法兰、钩、软管配件、管线配件、快脱扣联接器、连轴节、端子板	连接器、插头、端子、端子板、端子排	X	端子、插头、插座	插头和插座、测试塞孔、端子板、焊接端子片、连接片、电缆封端和接头
Y	为将来标准化备用				Y	电气操作的机械装置	制动器、离合器、气阀
Z	为将来标准化备用				Z	终端设备、混合变压器、滤波器、均衡器、限幅器	电缆平衡网络、压缩扩展器、晶体滤波器、网络

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-14 电气工程及电气设备常用基本文字符号

设备、装置和元器件种类	举例	基本文字符号		IEC
	中文名称	单字母	双字母	
组件 部件	分离元件放大器 激光器 调节器	A		=
	本表其他地方未提及的组件、部件			
	电桥		AB	
	晶体管放大器		AD	=
	集成电路放大器		AJ	=
	磁放大器		AM	=
	电子管放大器		AV	=
	印制电路板		AP	=
	抽屉柜		AT	=
	支架盘		AR	=
	电流调节器	ACR		
	频率调节器	AFR		
	磁通调节器	AMR		
	速度调节器	ASR		
	电压调节器	AUR		
	励磁电流调节器	AMCR		
非电量到电量变换器或电量到非电量变换器	热电传感器 热电池 光电池 测功计 晶体换能器 送话器 拾音器 扬声器 耳机 自整角机 旋转变压器 模拟和多级数字 变换器或传感器 （用作指示和测量）	B		=

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

设备、装置和元器件种类	举　例	基本文字符号		IEC
	中文名称	单字母	双字母	
非电量到电量变换器或电量到非电量变换器	电流变换器		BC	=
	压力变换器		BP	
	磁通变换器		BM	
	光耦合器		BO	=
	位置变换器		BQ	
	旋转变换器（测速发电机）		BR	=
	温度变换器		BT	=
	速度变换器		BV	=
	触发器	BPF		
	电压－频率变换器	BUF		=
电容器	电容器	C		
二进制元件 延迟器件 存储器件	数字集成电路和器件； 延迟线 双稳态元件 单稳态元件 磁心存储器 寄存器 磁带记录机 盘式记录机	D		=
其他元器件	本表其他地方未规定的器件	E		=
	发热器件		EH	=
	光器件		EL	=
	照明灯			
	空气调节器		EV	=
保护器件	过电压放电器件 避雷器	F		=
	具有瞬时动作的限流保护器件		FA	=
	具有延时动作的限流保护器件 热保护器		FR	=
	具有延时和瞬时动作的限流保护器件		FS	=
	熔断器		FU	=
	快速熔断器		FF	
	限压保护器件		FV	=

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

设备、装置和元器件种类	举例	基本文字符号		IEC
	中文名称	单字母	双字母	
发生器 发电机 电源	旋转发电机 振荡器	G		=
	发生器		GS	=
	同步发电机			
	异步发电机		GA	
	给定积分器		GI	
	蓄电池		GB	=
	函数发生器 旋转式或固定式 变频机		GF	=
	绝对值发生器	GAB		
	压频（变换）器	GVF		
	石英晶体振荡器			
信号器件		H		=
	声响指示器		HA	=
	光指示器		HL	=
	指示灯		HL	=
继电器 接触器		K		=
	瞬时接触继电器		KA	=
	瞬时 有或无继电器		KA	=
	交流继电器		KA	
	闭锁接触继电器 （机械闭锁或永 磁铁式有或无继电器）		KL	=
	双稳态继电器		KL	=
	接触器		KM	=
	极化继电器		KP	=
	簧片继电器		KR	=
	延时 有或无继电器		KT	=
	逆流继电器		KR	=
电感器 电抗器	感应线圈 线路陷波器 电抗器（并联和串联）	L		=
	桥臂电抗器		LA	
	平衡电抗器		LB	
	平波电抗器		LF	
	进线电抗器		LL	
	饱和电抗器		LS	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

设备、装置和元器件种类	举　例	基本文字符号		IEC
	中文名称	单字母	双字母	
电动机	电动机	M		=
	异步电动机		MA	
	同步电动机		MS	
	可做发电机或电动机用的电机		MG	
	力矩电动机		MT	
模拟元件	运算放大器 混合模拟/数字器件	N		=
测量设备 试验设备	指示器件 记录器件 积算测量器件 信号发生器	P		=
	电流表		PA	=
	（脉冲）计数器		PC	=
	电度表		PJ	=
	记录仪器		PS	=
	时钟、操作时间表		PT	=
	电压表		PV	=
	电动、制动检测环节	PET		
	环形计数器	PRC		
电力电路的开关器件		Q		=
	断路器　快速开关		QF	=
	电动机保护开关 自动开关		QM	=
	隔离开关		QS	=
电阻器	电阻器	R		=
	变阻器			
	电位器		RP	=
	测量分路表		RS	=
	分流器		RT	=
	热敏电阻器			
	压敏电阻器		RV	=

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

设备、装置和元器件种类	举例	基本文字符号		IEC
	中文名称	单字母	双字母	
控制、记忆、信号电路的开关器件选择器	拨号接触器 连接级	S		=
	控制开关		SA	=
	选择开关、转换开关		SA	=
	按钮		SB	=
	机电式有或无传感器 （单级数字传感器）			
	行程开关 液体标高传感器 极限开关		SL	=
	主令开关		SM	=
	压力传感器		SP	
	位置传感器（包括接近传感器）		SQ	=
	转数传感器		SR	=
	温度传感器		ST	=
变压器		T		=
	电流互感器		TA	=
	控制电路电源用变压器		TC	=
	逆变变压器		TI	
	电力变压器		TM	=
	脉冲变压器		TP	
	整流变压器		TR	=
	磁稳压器 同步变压器		TS	
	电压互感器		TV	=
调制器 变换器	鉴频器	U		=
	解调器		UD	
	变频器		UF	
	编码器			
	变流器		UI	
	逆变器		UR	
	整流器		UT	
	电报译码器			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

设备、装置和元器件种类	举　例	基本文字符号		IEC
	中文名称	单字母	双字母	
电子管 晶体管	气体放电管 二极管 晶体管 晶闸管 单结晶管	V	VD VT	=
	电子管		VE	
	控制电路用电源的整流器		VC	=
	稳压管		VS	
	可关断晶闸管	VTO		
传输通道 波导 天线	导线 电缆 母线 波导 波导定向耦合器 偶极天线 抛物天线	W		=
端子 插头 插座	连接插头和插座 接线柱 电缆封端和接头 焊接端子板	X		=
	连接片		XB	=
	测试插孔		XJ	=
	插头		XP	=
	插座		XS	=
	端子板		XT	=
电气操作的机械器件	气阀	Y		=
	电磁铁		YA	=
	电磁制动器		YB	=
	电磁离合器		YC	=
	电磁吸盘		YH	=
	电动阀		YM	
	电磁阀		YV	=

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

设备、装置和元器件种类	举　例	基本文字符号		IEC
	中文名称	单字母	双字母	
终端设备 混合变压器 滤波器 均衡器 限幅器	电缆平衡网络 压缩扩展器 晶体滤波器 网络	Z		=

注：凡文字符号与 IEC 相一致即标示“ = ”。

表 5-15　电气工程中常用辅助文字符号

序　号	文字符号	名　称	IEC
1	A	电　流	
2	A	模　拟	
3	AC	交　流	=
4	A AUT	自　动	
5	ACC	加　速	
6	ADD	附　加	
7	ADJ	可　调	
8	AUX	辅　助	
9	ASY	异　步	
10	B BRK	制　动	
11	BK	黑	=
12	BL	蓝	=
13	BW	向　后	
14	C	控　制	
15	CW	顺时针	
16	CCW	逆时针	
17	D	延时（延迟）	
18	D	差　动	=
19	D	数　字	
20	D	降	
21	DC	直　流	=
22	DEC	减	
23	E	接　地	=
24	EM	紧　急	
25	F	快　速	
26	FB	反　馈	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序　　号	文字符号	名　　称	IEC
27	FW	正，向前	
28	GN	绿	=
29	H	高	=
30	IN	输　入	
31	INC	增	
32	IND	感　应	
33	L	左	
34	L	限　制	
35	L	低	=
36	LA	闭　锁	
37	M	主	
38	M	中	
39	M	中间线	=
40	M MAN	手　动	
41	N	中性线	=
42	OFF	断　开	
43	ON	闭　合	
44	OUT	输　出	
45	P	压　力	
46	P	保　护	
47	PE	保护接地	=
48	PEN	保护接地与中性线共用	=
49	PU	不接地保护	=
50	R	记　录	
51	R	右	
52	R	反	
53	RD	红	=
54	R RST	复　位	
55	RES	备　用	=
56	RUN	运　转	
57	S	信　号	
58	ST	起　动	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序　　号	文字符号	名　　称	IEC
59	S SET	置位，定位	
60	SAT	饱　和	
61	STE	步　进	
62	STP	停　止	
63	SYN	同　步	
64	T	温　度	
65	T	时　间	
66	TE	无噪声（防干扰）接地	=
67	V	真　空	
68	V	速　度	
69	V	电　压	
70	WH	白	=
71	YE	黄	=

注：凡文字符号与 IEC 相一致即标示“ = ”。

表 5-16　常用电气设备、元件文字符号新旧对照表

设备名称	文字符号		
	新　符　号	IEC	旧　符　号
发电机	G	=	F
直流发电机	GD		ZF
交流发电机	GA		JF
同步发电机	GS		TF
异步发电机	GA		YF
永磁发电机	GM		YCF
水轮发电机	GH		
汽轮发电机	GT		
电动机	M	=	D
直流电动机	MD		ZD
交流电动机	MA		JD
同步电动机	MS		TD
异步电动机	MA		YD
笼型电动机	MC		LD
励磁机	GE		L
绕组	W		
电枢绕组	WA		SQ
定子绕组	WS		DQ
转子绕组	WR		ZQ
励磁绕组	WC		KQ
变压器	T		
电力变压器	TM	=	B

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

设备名称	文字符号		
	新　符　号	IEC	旧　符　号
控制变压器	TC		KB
升压变压器	TU		
降压变压器	TD		
自耦变压器	TA		OB
整流变压器	TR		ZB
电炉变压器	TF		LB
稳压器	TS		WY
互感器	T		
电流互感器	TA	=	LH
电压互感器	TV	=	YH
熔断器	FU	=	RD
断路器	QF	=	DL
接触器	KM	=	C
调节器	A	=	T
继电器	K	=	J
电阻器	R	=	R
压敏电阻器	RV	=	YR
起动电阻器	RS		QR
制动电阻器	RB		ZDR
附加电阻器	RA		
频敏变阻器	RF		PR
电感器	L	=	L
电抗器	L	=	DK
起动电抗器	LS		QK
电容器	C	=	C
整流器	U	=	ZL
变流器	U		BL
逆变器	U		NB
变频器	U		BP
变换器	B		
压力变换器	BP		YB
位置变换器	BQ		WZB
温度变换器	BT		WDB
速度变换器	BV		SDB
自整角机	B		
避雷器	F		B
母线	W	=	M
电压小母线	WV	=	YM
控制小母线	WCL	=	KM
合闸小母线	WCL	=	HM
信号小母线	WS	=	XM

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

设备名称	文字符号		
	新符号	IEC	旧符号
事故音响小母线	WFS	=	SYM
预告音响小母线	WPS	=	YBM
闪光小母线	WF	=	（+）SM
直流母线	WB	=	ZM
电力干线	WPM	=	LG
照明干线	WLM	=	MG
电力分支线	WP	=	LFZ
照明分支线	WL	=	MFZ
应急照明干线	WEM	=	YJG
应急照明分支线	WE	=	YJZ
插接式母线	WIB	=	CJM
继电器	K	=	J
电流继电器	KA	=	LJ
电压继电器	KV	=	YJ
时间继电器	KT	=	SJ
差动继电器	KD	=	CJ
功率继电器	KPR	=	GJ
接地继电器	KE	=	JDJ
瓦斯继电器	KB	=	WSJ
逆流继电器	KR	=	NLJ
中间继电器	KM	=	ZJ
信号继电器	KS	=	XJ
闪光继电器	KFR	=	DMJ
热继电器（热元件）	KH	=	RJ
温度继电器	KTE	=	WJ
重合闸继电器	KRr	=	CJ
阻抗继电器	KZ	=	ZKJ
零序电流继电器	KCZ	=	NJ
频率继电器	KF		PJ
压力继电器	KP		YLJ
控制继电器	KC		KJ
电磁铁	YA		DT
制动电磁铁	YB		ZDT
电磁阀	YY		DCF
电动阀	YM		DF
牵引电磁铁	YT		QYT
起重电磁铁	YL		QZT
电磁离合器	YC		CLH
断路器（开关）	Q	=	K
隔离开关	QS	=	G
控制开关	SA	=	KK

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

设备名称	文字符号		
	新　符　号	IEC	旧　符　号
选择开关（转换开关）	SA	=	KZ
负荷开关	QL	=	FK
自动开关	QA		ZB
刀开关	QK		DK
行程开关	ST		CK
限位开关	SL		XK
终点开关	SE		ZDK
脚踏开关	SF		
微动开关	SS		WK
接近开关	SP		JK
按钮	SB	=	AN
合闸按钮	SB	=	HA
停止按钮	SBS	=	TA
试验按钮	SBT	=	YA
合闸线圈	YC	=	HQ
跳闸线圈	YT	=	TQ
接线柱	X	=	JX
连接片	XB	=	LP
插座	XS	=	CZ
插头	XP	=	CT
端子板	XT	=	DB
测量设备（仪表）	P	=	—
电流表	PA	=	A
电压表	PV	=	V
有功功率表	PW	=	W
无功功率表	PR	=	var
电能表	PJ	=	Wh
有功电能表	PJ	=	Wh
无功电能表	RJR	=	varh
频率表	PF	=	HZ
功率因数表	PPF	=	cosφ
指示灯	HL	=	D
红色指示灯	HR	=	HD
绿色指示灯	HG	=	LD
蓝色指示灯	HB	=	LAD
黄色指示灯	HY	=	UD
白色指示灯	HW	=	BD
照明灯	EL		ZD
蓄电池	GB	=	XDC
光电池	B		GDC
电子管	VE		G
电子管放大器	AV		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

设备名称	文字符号		
	新符号	IEC	旧符号
二极管	VD		D
晶体管	V		BG
晶体管放大器	AD		
稳压管	VS		WY
晶闸管	VT		GZ
单结晶管	V		BG
电位器	RP		W
调节器	A		T
放大器	A		FD
磁放大器	AM		
测速发电机	BR		CSF
送话器	B		S
受话器	B		SH
扬声器	B		Y

三、电气设备及线路的标注方法及其使用

电气工程图中常用一些文字（包括英文、汉语拼音字母）和数字按照一定的格式书写，来表示电气设备及线路的规格型号、编号、容量、安装方式、标高及位置等。这些标注方法必须熟练掌握，在读图中有很大用途。

电气设备及线路的标注方法见表5-17。

（一）用电设备的标注

用电设备的标注一般为$\frac{a}{b}$或$\frac{a}{b}+\frac{c}{d}$，如$\frac{15}{75}$表示这台电动机在系统中的编号为第15，电动机的额定功率为75kW；如$\frac{15}{75}+\frac{200}{0.8}$，表示这台电动机的编号为第15，功率为75kW，自动开关脱扣器电流为200A，安装标高为0.8m；再如$\frac{6}{7}+\frac{30}{1.5}$，表示编号第6，功率7kW，熔丝电流30A，安装标高1.5m。

自动开关脱扣器与熔丝的判断区别，一是电动机容量，二是标注数值与电动机额定电流的倍数（倍数≤2时为自动开关脱扣器，倍数>2时为熔丝），其中，额定电流取额定功率数值的2倍。第一例$\frac{15}{75}+\frac{200}{0.8}$，电机功率较大，标注数C为200，为额定电流2×75的1.33倍，因此，200为自动开关脱扣器的整定值；第二例$\frac{6}{7}+\frac{30}{1.5}$，电机功率较小，C为30，为额定电流2×7的2.14倍，因此，30为熔丝电流。

（二）电力和照明设备的标注

1. 一般标注方法为$a\frac{b}{c}$或$a-b-c$，如$5\frac{\text{Y200L}-4}{30}$或5－（Y200L－4）－30，表示这台电动机在该系统的编号为5，型号是Y系列笼型感应电动机，机座中心高200mm，机座为长机座，四极，同步转速为1500r/min，额定功率为30kW。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 需要标注引入线时的标注为 $a\dfrac{b-c}{d\ (e\times f)\ \ -g}$，如 $5\dfrac{(\mathrm{Y200L-4})\ \ -30}{\mathrm{BL}\ (3\times35)\ \ \mathrm{G40-DA}}$，表示这台电动机在系统的编号为第 5，Y 系列笼型电动机，机座中心高 200mm，机座为长机座，四极，同步转速 1500r/min，功率 30kW，三根 35mm^2 的橡皮绝缘铝芯导线穿直径为 40mm 的水煤气钢管沿地板埋地敷设引入电源负荷线。其中，DA（汉语拼音）也可写作 FC（英文）。

表 5-17 中有关 g 的表达含义见表 5-18 和表 5-19。

表 5-17　电气设备及线路标注方法

标 注 方 式	说　　明	IEC
$\dfrac{a}{b}$或$\dfrac{a}{b}+\dfrac{c}{d}$	用电设备 a——设备编号 b——额定功率，单位为 kW c——线路首端熔断片或自动开关释放器的电流，单位为 A d——标高，单位为 m	
（1）$a\dfrac{b}{c}$或 $a-b-c$ （2）$a\dfrac{b-c}{d\ (e\times f)\ \ -g}$	电力和照明设备 （1）一般标注方法 （2）当需要标注引入线的规格时 a——设备编号 b——设备型号 c——设备功率，单位为 kW d——导线型号 e——导线根数 f——导线截面积，单位为 mm^2 g——导线敷设方式及部位	
（1）$a\dfrac{b}{c/i}$或 $a-b-c/i$ （2）$a\dfrac{b-c/i}{d\ (e\times f)\ \ -g}$	开关及熔断器 （1）一般标注方法 （2）当需要标注引入线的规格时 a——设备编号 b——设备型号 c——额定电流，单位为 A i——整定电流，单位为 A d——导线型号 e——导线根数 f——导线截面积，单位为 mm^2 g——导线敷设方式	
$a/b-c$	照明变压器 a——一次电压，单位为 V b——二次电压，单位为 V c——额定容量，单位为 A	
（1）$a-b\dfrac{c\times d\times L}{e}f$ （2）$a-b\dfrac{c\times d\times L}{-}$	照明灯具 （1）一般标注方法 （2）灯具吸顶安装 a——灯数 b——型号或编号 c——每盏照明灯具的灯泡数 d——灯泡容量，单位为 W e——灯泡安装高度，单位为 m f——安装方式 L——光源种类	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

标 注 方 式	说　　明	IEC
	最低照度⊙（示出 15lx）	
	照明照度检查点 （1）a：水平照度，单位为 lx （2）$a-b$：双测垂直照度，单位为 lx 　　c：水平照度，单位为 lx	
	电缆与其他设施交叉点 a ——保护管根数 b ——保护管直径，单位为 mm c ——管长，单位为 m d ——地面标高，单位为 m e ——保护管埋设深度，单位为 m f ——交叉点坐标	
	安装或敷设标高（m） （1）用于室内平面、剖面图上 （2）用于总平面图上的室外地面	
	导线根数，当用单线表示一组导线时，若需要示出导线数，可用加小短斜线或画一条短斜线加数字表示 例：（1）表示 3 根 　　（2）表示 3 根 　　（3）表示 n 根	
（1）$\frac{3\times16}{}\times\frac{3\times10}{}$ （2）$\frac{}{}\times\frac{\phi2\frac{1}{2}''}{}$	导线型号规格或敷设方式的改变 （1）$3\times16mm^2$ 导线改为 $3\times10mm^2$ （2）无穿管敷设改为导线穿管（$\phi2\frac{1}{2}$in）敷设	
V	电压损失（%）	
−220V	直流电压 220V	
$m\sim fV$ 3N～50Hz，380V	交流电 m ——相数 f ——频率，单位为 Hz V ——电压，单位为 V 例：示出交流，三相带中性线 50Hz 380V	
L_1（可用 A） L_2（可用 B） L_3（可用 C） U V W	相　序 交流系统电源第二相 交流系统电源第一相 交流系统电源第三相 交流系统设备端第一相 交流系统设备端第二相 交流系统设备端第三相	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

标注方式	说　　明	IEC
N	中性线	
PE	保护线	
PEN	保护和中性共用线	

表 5-18　电气工程图中表达线路敷设方式标注的文字代号

表达内容	标注代号	
	英文代号	汉语拼音代号
用轨型护套线敷设		
用塑制线槽敷设	PR	XC
用硬质塑制管敷设	PC	VG
用半硬塑制管敷设	FEC	ZVG
用可挠型塑制管敷设		
用薄电线管敷设	TC	DG
用厚电线管敷设		
用水煤气钢管敷设	SC	G
用金属线槽敷设	SR	GC
用电缆桥架（或托盘）敷设	CT	
用瓷夹敷设	PL	CJ
用塑制夹敷设	PCL	VT
用蛇皮管敷设	CP	
用瓷瓶式或瓷柱式绝缘子敷设	K	CP

表 5-19　电气工程图中表达线路敷设部位标注的文字代号

表达内容	标注代号	
	英文代号	汉语拼音代号
沿钢索敷设	SR	S
沿屋架或层架下弦敷设	BE	LM
沿柱敷设	CLE	ZM
沿墙敷设	WE	QM
沿天棚敷设	CE	PM
在能进入的吊顶内敷设	ACE	PNM
暗敷在梁内	BC	LA
暗敷在柱内	CLC	ZA
暗敷在屋面内或顶板内	CC	PA
暗敷在地面内或地板内	FC	DA
暗敷在不能进入的吊顶内	AC	PNA
暗敷在墙内	WC	QA

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（三）配电线路的标注

配电线路的标注一般为 $a-b(c\times d+n+h)e-f$，如 24－BV(3×70＋1×50)G70－DA，表示这条线路在系统的编号为第 24，聚氯乙烯绝缘铜芯导线 70mm² 的三根、50mm² 的一根穿直径为 70mm 的水煤气钢管沿地板埋地敷设。

在工程中若采用三相四线制供电一般均采用上述的标注方式；如为三相三线制供电，则上式中的 n 和 h 则为 0；如为三相五线制供电，若采用专用保护零线，则 n 为 2；若用钢管作为接零保护的公用线，则 n 为 1。

上述三例的回路编号在实际工程中有时不单独采用数字，有时在数字的前面或后面常标有字母（英文或汉语拼音），这个字母是设计者为了区分复杂而多个回路时设置的，在制图标准中没有定义，读图时应按设计者的标注去理解。如 M1 或 1M 或 3M1 等。

（四）照明灯具的标注

照明灯具的标注通常有两种。

1）一般标注方法为 $a-b\dfrac{c\times d\times L}{e}f$，如 8－YZ40RR $\dfrac{2\times 40}{2.5}L$，表示这个房间或某一区域安装 8 只型号为 YZ40RR 的荧光灯，直管形、日光色，每只灯 2 根 40W 灯管，用链吊安装，吊高 2.5m，指灯具底部与地面距离。其中光源种类 L，设计者一般不标出，因为灯具型号已示出光源的种类。

光源种类 L 主要指：白炽灯（IN）、荧光灯（FL）、荧光高压汞灯（Hg）、金属卤化物灯、高压钠灯（Na）、碘钨灯（I）、氙灯（Xe）、弧光灯（ARC）及用上述光源组成的混光灯、红外线灯（IR）、紫外线灯（UV）等。如果需要时，则在光源种类 L 处标出代表光源种类的括号内的字母。

有关标注方法中，f 表达照明灯具安装方式标注的代号及意义见表 5-20。

表 5-20　电气工程图中表达照明灯具安装方式标注的代号及意义

表达内容	标注代号	
	英文代号	汉语拼音代号
线吊式	CP	
自在器线吊式	CP	X
固定线吊式	CP1	X1
防水线吊式	CP2	X2
吊线器式	CP3	X3
链吊式	Ch	L
管吊式	P	G
吸顶式或直附式	S	D
嵌入式（嵌入不可进入的顶棚）	R	R
顶棚内安装（嵌入可进入的顶棚）	CR	DR
墙壁内安装	WR	BR
台上安装	T	T
支架上安装	SP	J
壁装式	W	B
柱上安装	CL	Z
座装	HM	ZH

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）灯具吸顶安装标注方为 $a-b\frac{c\times d\times L}{-}$，各种符号的意义同1），因为吸顶安装，所以安装方式 f 和安装高度就不再标注。如某房间灯具的标注为 $2-\mathrm{JXD6}\frac{2\times 60}{-}$，表示这个房间安装两只型号为JXD6的灯具，每只灯具2个60W的白炽灯泡，吸顶安装。

这里需要强调说明一点，一般的设计不在图上标注出电气设备、电动机、绝缘导线及灯具的型号，其型号都随图标注在图上的设备及材料表内，这样前述的几种标注即为以下方式，但意义同上：

$5\frac{\mathrm{Y200}L-4}{30}$ 或 $5-(\mathrm{Y200}L-4)-30$ 简化为 $\frac{5}{30}$；

$5\frac{(\mathrm{Y200}L-4)-30}{\mathrm{BL}(3\times 35)\mathrm{G40-DA}}$ 简化为 $5\frac{30}{(3\times 35)\mathrm{G40-DA}}$；

$24-\mathrm{BV}(3\times 70+1\times 50)\mathrm{G70-DA}$ 简化为

$24(3\times 70+1\times 50)\mathrm{G70-DA}$；

$8-\mathrm{YZ40RR}\frac{2\times 40}{2.5}L$ 简化为 $8\frac{2\times 40}{2.5}L$；

$2-\mathrm{JXD6}\frac{2\times 60}{-}$ 简化为 $2\frac{2\times 60}{-}$。

另外，图中有关一些电气设备及材料的内容应及时查找电气设备及材料手册，以便核对。

（五）开关及熔断器的标注

1）一般标注方法为 $a\frac{b}{c/i}$ 或 $a-b-c/i$，如 $\mathrm{m_1}\frac{\mathrm{DZ20Y-200}}{200/200}$ 或 $\mathrm{m_1}-(\mathrm{DZ20Y-200})-200/200$，表示设备编号为 $\mathrm{m_1}$（m是设计者为区分回路而设置的），开关的型号为DZ20Y－200，即为额定电流为200A的低压断路器，断路器的整定值为200A。

2）需要标注引入线时的标注方法为 $a\frac{b-c/i}{d(e\times f)-g}$，如 $\mathrm{m_1}\frac{(\mathrm{DZ20Y-200})-200/200}{\mathrm{BV}\times(3\times 50)\mathrm{CP-LM}}$，表示为设备编号为 $\mathrm{m_1}$，开关型号为DZ20Y－200低压断路器，整定电流为200A，引入导线为橡皮绝缘铜线，三根50mm²，用绝缘子沿屋架敷设。

同样，上述的标注也可以用下列方式表达：

$\frac{\mathrm{m_1}}{200/200}$ 或 $\mathrm{m_1}-200/200$；

$\mathrm{m_1}\frac{200/200}{(3\times 50)\mathrm{CP-LM}}$。

（六）电缆的标注方式

电缆的标注方式基本同配电线路标注的方式相同，如 $n20-\mathrm{YJLV}(3\times 185)\mathrm{CT-WE}$，表示编号为第20，3×185mm² 的交联聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套10kV电力电缆，用电缆桥架沿车间墙壁敷设。其中CT. WE采用的是英文标注，见表5-18和表5-19。

当电缆与其他设施交叉时的标注用下面的方式，$\frac{a-b-c-d}{e-f}$，如 $\frac{4-100-8-1.0}{0.8-f}$，表示4根保护管，直径100mm，管长8m于标高1.0m处且埋深0.8m，交叉点坐标 f 一般用文字

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

标注，如与××管道交叉，××管应见管道平面布置图。

（七）有关变更的表示方法

导线或电缆型号规格及敷设方式的改变可采用$\frac{3\times16}{}\times\frac{3\times10}{}$及——×$\frac{\phi40}{}$的方式标注，但在工程中一般则采用设计变更或图样会审纪要的方法来用文字说明，且须由设计者签字。

（八）其他的标注方法

有关其他的标注方法详见表5-17～表5-20。

四、自动化仪表及自动装置工程图的符号及标注

相比电气图形符号，自动化仪表及自动装置的图形符号要简单些，它主要分检测点、检测元件、执行元件、调节元件以及文字代号等。

（一）图形符号

1. 检测点

1）检测点一般由过程设备轮廓线或管道直线引至仪表或检测元件的直线组成，我们把这条直线的起点叫做检测点或测量点，见表5-21。

2）当必须标注检测点在过程设备中的位置时，直线应引到过程设备轮廓线内的适当位置上并在起点加画一个直径为2mm的小圆，见表5-21。

这里要注意，检测点的位置在功能及过程顺序上必须正确，一般情况下不表示确切的测量位置。

2. 检测元件

检测元件一般用仪表圆圈和仪表位号表示，也可用表5-22的图形符号表示。表中嵌在管道中的检测元件是指检测元件本身占有一段管道。其中变送器为一检测元件。

3. 仪表圆圈

仪表一般用直径10mm的细实圆表示，有时也可适当放大或缩小，当仪表的位号字数较多时，圆圈可断开，见表5-21。

仪表圆圈的使用应注意以下几点：

1）一台仪表一般只有一个仪表圆圈来表示，必要时，一台仪表可用两个或多个仪表圆圈来表示。

2）仪表的安装位置可按表5-23的方法来表示。

3）检测两个或多个变量的仪表或检测一个变量但有多个功能的仪表，可用两个或多个相切的仪表圆圈表示，见表5-21。但当两个检测点在图样上相距较远，或不在同一张图面上时，可在两个检测点附近分别用两个相切的圆圈表示，其中一个为虚线圆圈，见表5-21。

4. 执行器

执行器本身是由执行机构和调节机构组合的，因此，其图形符号则是由这两部分的图形符号组合而成。

1）执行机构的通用图形符号是直径5mm的细实线圆和与调节机构图形符号相连接的细实线，见表5-24。区分执行机构型式时，一般采用表5-24中所列的图形符号。

2）调节机构的通用图形符号是边长5mm的等边三角形，见表5-25。当调节机构为阀时，一般采用表5-25中所列的图形符号。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-21　仪表的一般符号

意　　义	一 般 符 号
检测点	
检测点在过程设备中的位置（必须标注时使用）	
仪表圆	
检测两个或多个变量的仪表、检测一个变量多功能的仪表	
两个测量点相距较远、两个测量点不在同一图面上	

表 5-22　常用检测元件图形符号

序　　号	检测元件名称	图 形 符 号	备　注
1	热电偶		
2	热电阻		
3	热敏电阻	θ	
4	嵌在管道中的检测元件*		圆圈内应标志仪表位号
5	取压接头（无孔板）		
6	取压口		
7	孔板		
8	文丘里管及喷嘴		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-23　仪表安装位置的图形符号

序　　号	安 装 位 置	图 形 符 号	备　注
1	就地安装		
			嵌在管道中
2	盘上安装		
3	就地盘上安装		

表 5-24　执行机构的图形符号

序　　号	执行机构型式	图 形 符 号	备　注
0	通用图形符号		
1	薄膜执行机构		
2	活塞执行机构		
3	电动机执行机构		
4	电磁执行机构		

表 5-25　调节机构的图形符号

序　　号	阀 的 型 式	图 形 符 号	备　注
0	通用图形符号		
1	二通阀		
2	三通阀		
3	蝶阀、风阀、百叶窗		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（二）文字符号

自动化仪表及自动装置的文字符号可分仪表（装置）位号和字母代号两种，其中位号是表示被测量及其功能以及装置的安装位置的，而字母代号则是用英文字母表示装置的功能及作用的。一般情况下，文字符号均写在仪表圆圈内。

1. 仪表位号

仪表位号由字母代号和数字编号组成，两部之间用一短划线（－）隔开，有时数字编号之后可附加尾缀。其中，字母代号是由表示被测量或初始量的第一位英文字母和表示功能作用的若干个后继字母组成，字母代号应符合 2. 中字母代号的规定。

数字编号由区域编号和回路编号组成，其中，区域编号为一位数字，用来表示车间、工段、装置、系统、设备等，或者表示其中两者。回路编号为两位数字。数字编号一律为阿拉伯数字，有时数字位数可以增减，也可省略区域编号。

尾缀一般为大写英文字母或短划线之后的阿拉伯数字。

仪表位号的举例，如：TRC-302A 或 TRC-302-2

其中，T 表示温度；

RC 表示记录调节；

3 表示区域；

02 表示回路；

$\begin{matrix}A\\2\end{matrix}$ 表示尾缀。

2. 字母代号

字母代号应按规定选用表 5-26 中的字母，使用及识别时应注意以下几点：

表 5-26　字母代号及其意义

字　母	第一位字母		后继字母(6)
	被测变量或初始变量	修饰词	功能
A	分析(2)		报警(4)(8)
B	喷嘴火焰		
C	电导率		控制(调节)
D	密度或比重	差(1)	
E	电压(电动势)		检测元件
F	流量	比(分数)(1)	
G	尺度(尺寸)		玻璃
H	手动(人工触发)		
I	电流		指示(4)(7)

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

字　母	第一位字母		后继字母(6)
	被测变量或初始变量	修饰词	功能
J	功率	扫描	
K	时间或时间程序		操作器
L	物位		灯(4)
M	水分或湿度		
N			
O			节流孔
P	压力或真空		试验点(接头)
Q	数量或件数	积分、累计(1)	积分、累计
R	放射性		记录或打印(7)
S	速度或频率	安全	开关或联锁(8)
T	温度		传送,变送器
U	多变量(3)		多功能
V	粘度		阀、风门、百叶窗
W	重量或力		套管
X			
Y			继电器(5)
Z	位置		驱动、执行或未分类的执行器

注:括号中的数字见正文中2. 字母代号中相应注意几点的序号。

1）第一位字母中的修饰词字母“d”（差）、“f”（比）、“q”（积分、累计）之一与被测量或初始量的字母组合后便构成另一种意义的被测量，因此，应看成一个字母，如TdI为温差指示，而TI则为温度指示。其中，修饰字母一律小写，字母组合的意义见表5-27。

2）第一位字“A”（分析）包括表中未规定的分析项目，必须注明分析项目时，仪表圆圈中必须写明“A”，只是在圆圈外上方注明分析项目。如氧的分析应写“O_2”，但不能用O_2代替圆圈中的“A”。

3）第一位字母“U”（多变量）用来表示多个被测量，而后继字母“U”（多功能）用来表示多个功能。

4）后继字母“L”（灯）和“A”（报警）的区别，A指不正常状态的声、光报警。

5）继动器包括计算器、转换器、选择器、放大器等元器件。

6）后继字母的书写顺序为：

I　R　C　T　Q　S　A

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-27　字母代号组合示例

被测变量及文字符号 / 仪表功能	温度 T	温差 Td	压力或真空 P	压差 Pd	流量 F	流量比率 Ff	液位或料位 L	分析 A	密度或相对密度 D	位置 Z	数量或件数 Q	速度或频率 S	多变量 U	粘度 V	重量或力 W
检测元件	TE		PE		FE		LE	AE	DE	ZE	QE	SE		VE	WE
变送	TT	TdT	PT	PdT	FT		LT	AT	DT	ZT	QT	ST		VT	WT
指示	TI	TdI	PI	PdI	FI	FfI	LI	AI	DI	ZI	QI	SI		VI	WI
扫描指示	TJI	TdJI	PJI	PdJI	FJI	FfJI	LJI	AJI	DJI	ZJI	QJI	SJI	UJI	VJI	WJI
扫描指示、报警	TJIA	TdJIA	PJIA	PdJIA	FJIA	FfJIA	LJIA	AJIA	DJIA	ZJIA	QJIA	SJIA	UJIA	VJIA	WJIA
指示、变送	TIT	TdIT	PIT	PdIT	FIT	FfIT	LIT	AIT	DIT	ZIT	QIT	SIT		VIT	WIT
指示、调节	TIC	TdIC	PIC	PdIC	FIC	FfIC	LIC	AIC	DIC	ZIC	QIC	SIC		VIC	WIC
指示、报警	TIA	TdIA	PIA	PdIA	FIA	FfIA	LIA	AIA	DIA	ZIA	QIA	SIA		VIA	WIA
指示、联锁、报警	TISA	TdISA	PISA	PdISA	FISA	FfISA	LISA	AISA	DISA	ZISA	QISA	SISA		VISA	WISA
指示、开关	TIS	TdIS	PIS	PdIS	FIS	FfIS	LIS	AIS	DIS	ZIS	QIS	SIS		VIS	WIS
指示、积算					FIQ						QIQ				WIQ
指示、自动-手动操作	TIK	TdIK	PIK	PdIK	FIK	FfIK	LIK	AIK	DIK	ZIK	QIK	SIK		VIK	WIK
指示、自力式调节阀	TICV	TdICV	PICV	PdICV	FICV		LICV					SICV			WICV
记录	TR	TdR	PR	PdR	FR	FfR	LR	AR	DR	ZR	QR	SR		VR	WR
扫描记录	TJR	TdJR	PJR	PdJR	FJR	FfJR	LJR	AJR	DJR	ZJR	QJR	SJR	UJR	VJR	WJR
扫描记录、报警	TJRA	TdJRA	PJRA	PdJRA	FJRA	FfJRA	LJRA	AJRA	DJRA	ZJRA	QJRA	SJRA	UJRA	VJRA	WJRA
记录、调节	TRC	TdRC	PRC	PdRC	FRC	FfRC	LRC	ARC	DRC	ZRC	QRC	SRC		VRC	WRC
记录、报警	TRA	TdRA	PRA	PdRA	FRA	FfRA	LRA	ARA	DRA	ZRA	QRA	SRA		VRA	WRA
记录、联锁、报警	TRSA	TdRSA	PRSA	PdRSA	FRSA	FfRSA	LRSA	ARSA	DRSA	ZRSA	QRSA	SRSA		VRSA	WRSA
记录、开关	TRS	TdRS	PRS	PdRS	FRS	FfRS	LRS	ARS	DRS	ZRS	QRS	SRS		VRS	WRS
记录、积算				PdC	FRS						QRQ				WRQ

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

被测变量及文字符号 / 仪表功能	温度 T	温差 Td	压力或真空 P	压差 Pd	流量 F	流量比率 Ff	液位或料位 L	分析 A	密度或相对密度 D	位置 Z	数量或件数 Q	速度或频率 S	多变量 U	粘度 V	重量或力 W
调节	TC	TdC	PC	PdC	FC	FfC	LC	AC	DC	ZC	QC	SC		VC	WC
调节、变送	TCT	TdCT	PCT	PdCT	FCT		LCT	ACT	DCT	ZCT	QCT	SCT		VCT	WCT
自力式调节阀	TCV	TdCV	PCV	PdCV	FCV		LCV					SCV			
报警	TA	TdA	PA	PdA	FA	FfA	LA	AA	DA	ZA	QA	SA	UA	VA	WA
联锁、报警	TSA	TdSA	PSA	PdSA	FSA	FfSA	LSA	ASA	DSA	ZSA	QSA	SSA	USA	VSA	WSA
积算指示					FqI（FQ）						QqI（QQ）				WqI（WQ）
开关	TS	TdS	PS	PdS	FS	FfS	LS	AS	DS	ZS	QS	SS		VS	WS
指示灯	TL	TdL	PL	PdL	FL	FfL	LL	AL	DL	ZL	QL	SL		VL	WL
多功能	TU	TdU	PU	PdU	FU	FfU	LU	AU	DU	ZU	QU	SU	UU	VU	WU
阀、挡板	TV	TdV	PV	PdV	FV	FfV	LV	AV	DV	ZV	QV	SV		VV	WV
继动器	TY	TdY	PY	PdY	FY	FfY	LY	AY	DY	ZY	QY	SY	UY	VY	WY

其　他	TW	带有套管的测试接头	FqA	流量积算报警	CJR	电导率扫描记录	MR	水分或湿度记录
			FqY	流量积算继动器	CIA	电导率指示报警	MIC	水分或湿度指示调节
	HS	手动开关	BE	火焰检测元件	CIS	电导率指示开关	MRC	水分或湿度记录调节
	HIC	带指示的手动操作器或给定器	BS	火焰检测开关	KI	时间或时间程序指示	QqIS	数量或件数积算指示开关
	PP	压力或真空试验点	BA	火焰报警	KIC	时间程序指示控制	QqSA	数量或件数积算联锁报警
	PfI	压缩比指示	CI	电导率指示	MT	水分或湿度变送		
	FO	限流孔板	CE	电导率检测元件	MI	水分或湿度指示	WqT	重量积算变送

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7）仪表同时具有指示（I）和记录（R）功能时，字母代号只写出 R，不必再写出 I。

8）后继字母 S 是指开关或联锁，而 SA 是专指联锁加报警，如果是经过开关触发报警，则 S 可省略，只写 A。

9）在串级调节系统中，执行器回路编号的第一个字母一般是按主要被调节量选用的。

10）在回路编号的后继字母中，仪表功能中的多笔记录应选用 R，多点自动巡回记录或扫描应选用 JR。各种功能的自力式调节阀应选用 CV，双通调节阀、三通调节阀及风门调节阀应选用 V。

11）双支感温元件在图形符号上与单支的表示没有区别，仅表示两支而已，在设备明细表中应注意写法。如单支写为 TE-120 或 TE-120-1，而双支则写成 TE-120-1/2 或TE-120/121。

12）对被测量值进行放大、衰减或线化等组合单元时，如放大器、开方器、阻尼器、缓冲器等，在回路中一般可不表示，但在设备明细中应列出。

13）书中图形符号及文字代号是按 GB/T 2625—1981 制定的，只表达仪表所处理的参量和功能，不能说明仪表的具体名称、规格、型号等内容。因此，检测、控制、调节系统图必须附有明细表，详细说明仪表的名称、规格、型号以至厂家等内容。

3. 仪表位号的书写规则

1）在仪表圆圈中，字母代号写在圆圈的上半圆中，数字编号和尾缀写在下半圆中，如就地仪表，盘上或柜内仪表。

2）其中数字编号的区域编号和回路编号应从 1 开始按序排列，但中间可为空号，不同被测量的仪表可合在一起统一连续排列回路编号。

3）同一回路有 1 个以上相同字代号的仪表，仪表的被测量及其功能相同，则应在回路编号之后加大写英文字以示区分，如 FT-201A、FT-201B 则表示回路中的两台流量变送器。

4）不同区域的多个检测元件共用一台仪表时，检测元件可略去区域编号，并在回路编号后加短划线，再加数字顺序号，如 TE-25-1、TE-25-2 则表示回路中的两个温度检测元件。

5）具有两个或多个被测量的仪表应给出全部仪表号位，如附有压力记录 PR-104 的流量记录仪 FR-104，应写为 FR-104/PR-104，或写为 UR-104；两笔压力记录仪应写为 PR-107A/PR-107B，双支感温元件应写为 TE-109-1/109-2。

6）当表示高、低、中时（常用于报警、联锁），一般是在仪表圆圈的右上方、右下方和左方中部写 H（高位）、L（低位）、M（中位），或 HH（高高位）和 LL（低低位）。其中 HH 表示有 H 和 HH，LL 表示有 L 和 LL，当表示双重意义时，则略去 H 或 L，只标注 HH 或 LL。H 和 L 除上述意义外，还用来表示阀或其他开关元件的状态，其中 H 表示阀位于或趋于全开位置、开关闭合位置；L 表示阀位于或趋于全闭位、开关断开位置。

（三）图形符号和仪表位号常用举例

这里将自动化仪表及装置的常用的图形符号画法、仪表号位表注列出，供读者读图时参考，见图 5-5 ~ 图 5-10。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

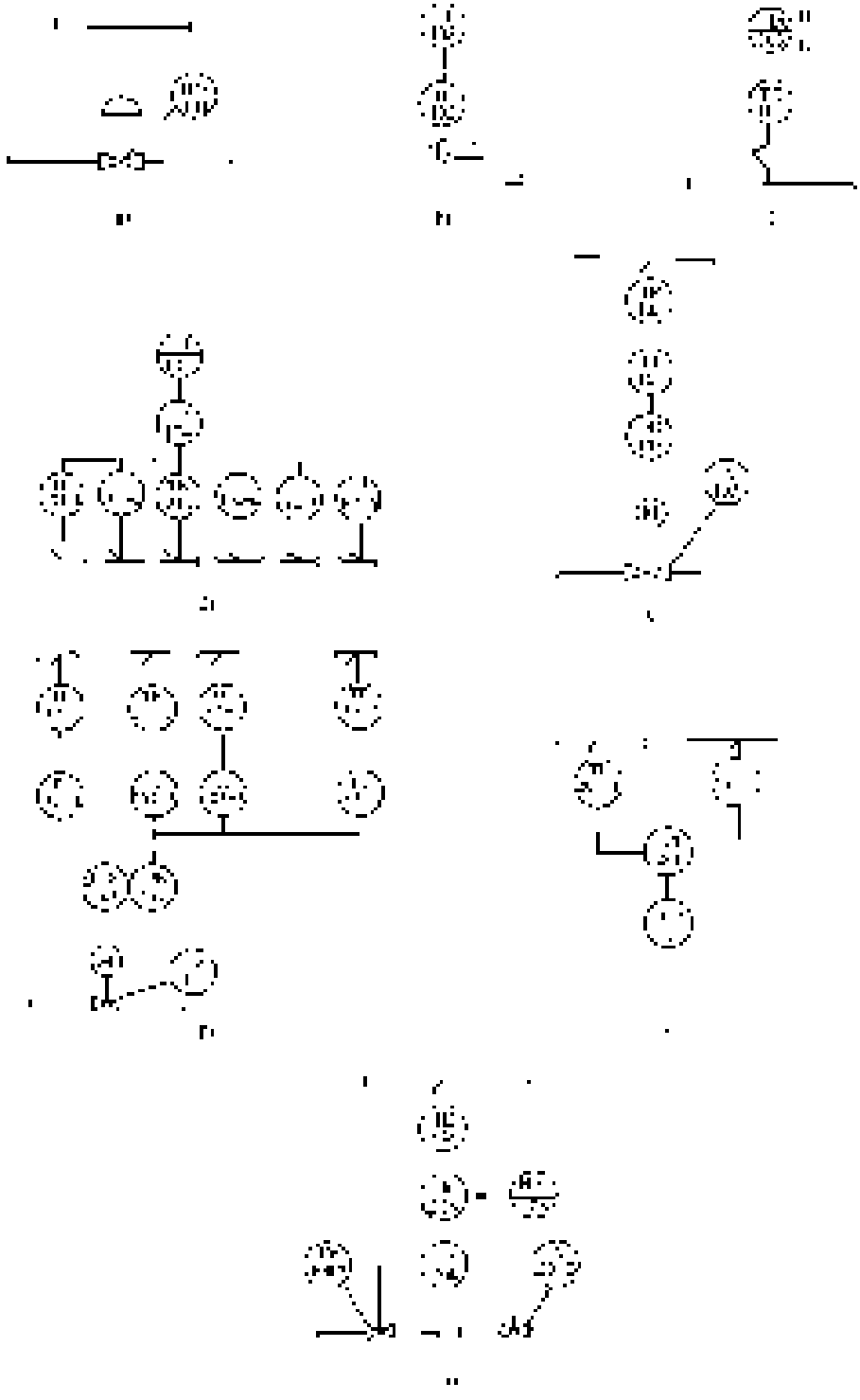


图 5-5 温度仪表常用图例

a）自力式温度调节阀 b）温度指示 c）温度指示带报警 d）温度指示（六点温度手动切换）
e）带变送器的温度指示、记录和调节 f）带变送器的六点温度巡回记录，其中 1 点带调节
g）温度指示带报警（带变送器） h）带手动切换的温度指示调节系统

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

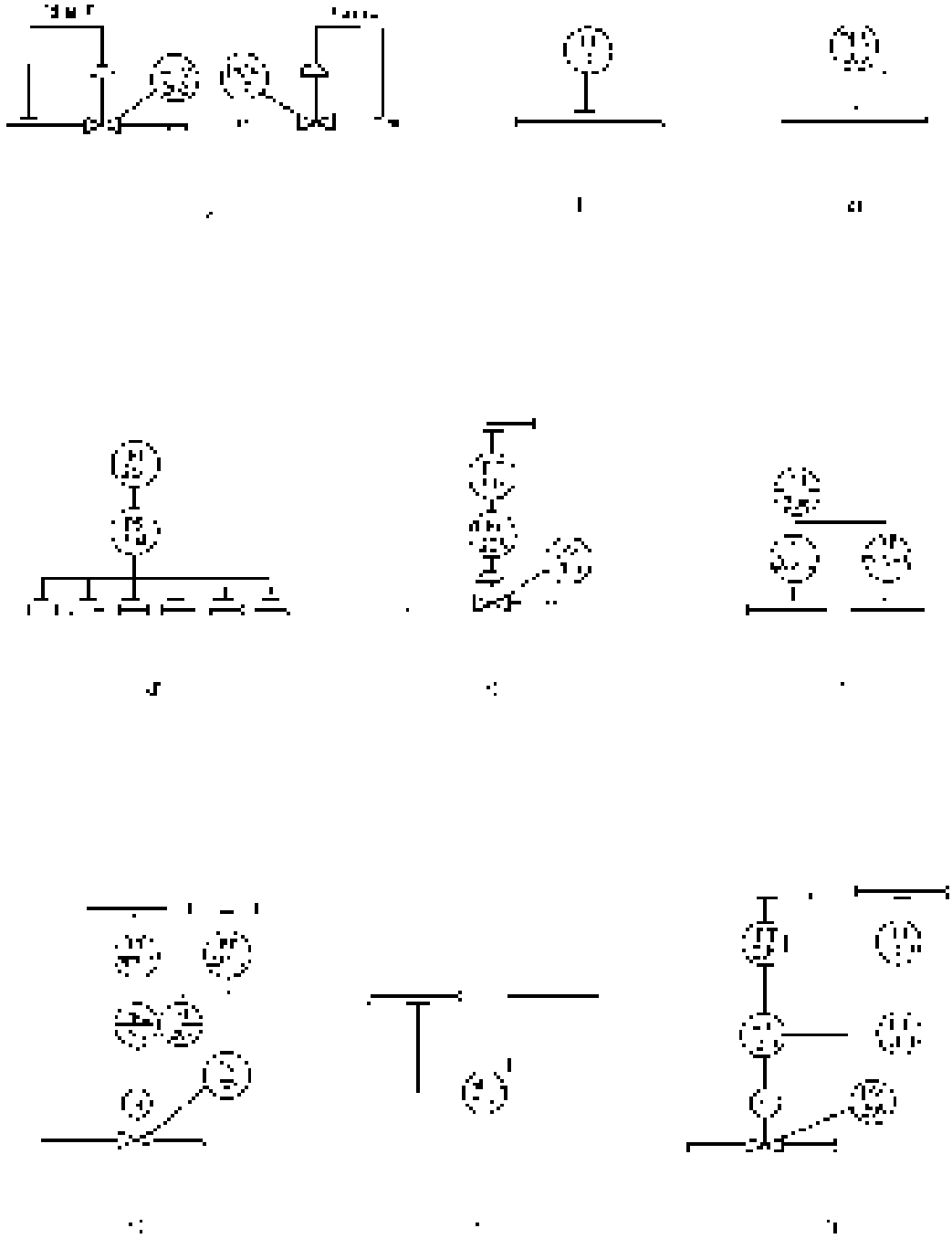


图 5-6　压力或真空常用图例

a）自力式压力调节阀　b）压力（或真空）指示　c）压力（或真空）指示带报警

d）压力（或真空）指示（六点手动切换）　e）带变送器的压力（或真空）指示、记录、调节

f）带变送器的压力（或真空）双笔记录　g）带变送器的压力（或真空）双笔记录其中 1 点带调节

h）压差记录带高位报警　i）带变送器的温度、压力串级调节

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

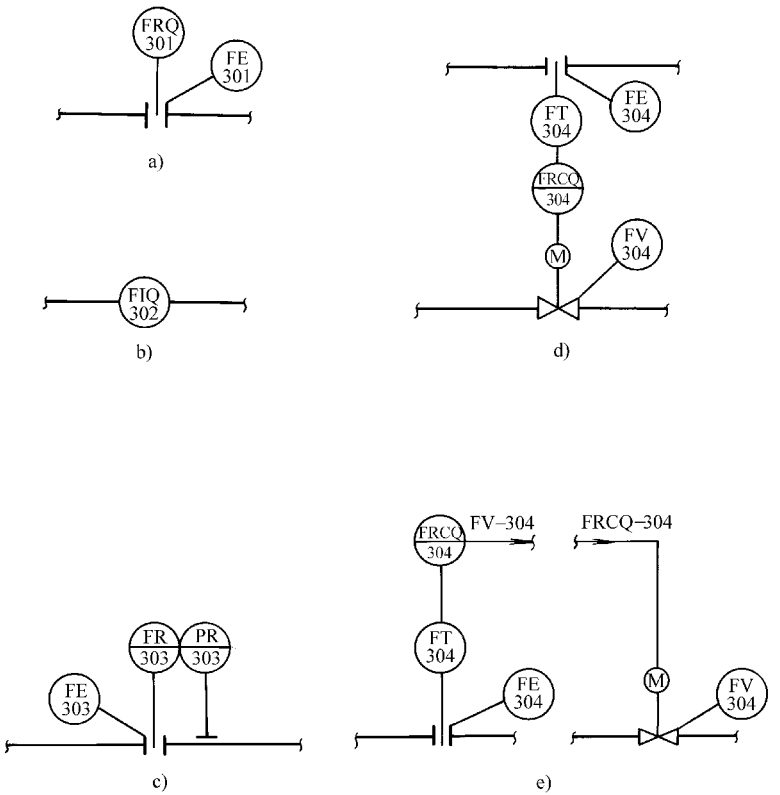


图 5-7　流量仪表常用图例

a)流量记录带积算　b)就地安装流量指示带积算　c)流量、压力双笔记录

d)带变送器的流量记录、积算和调节　e)同 d),但不在同一张图样的表示方法

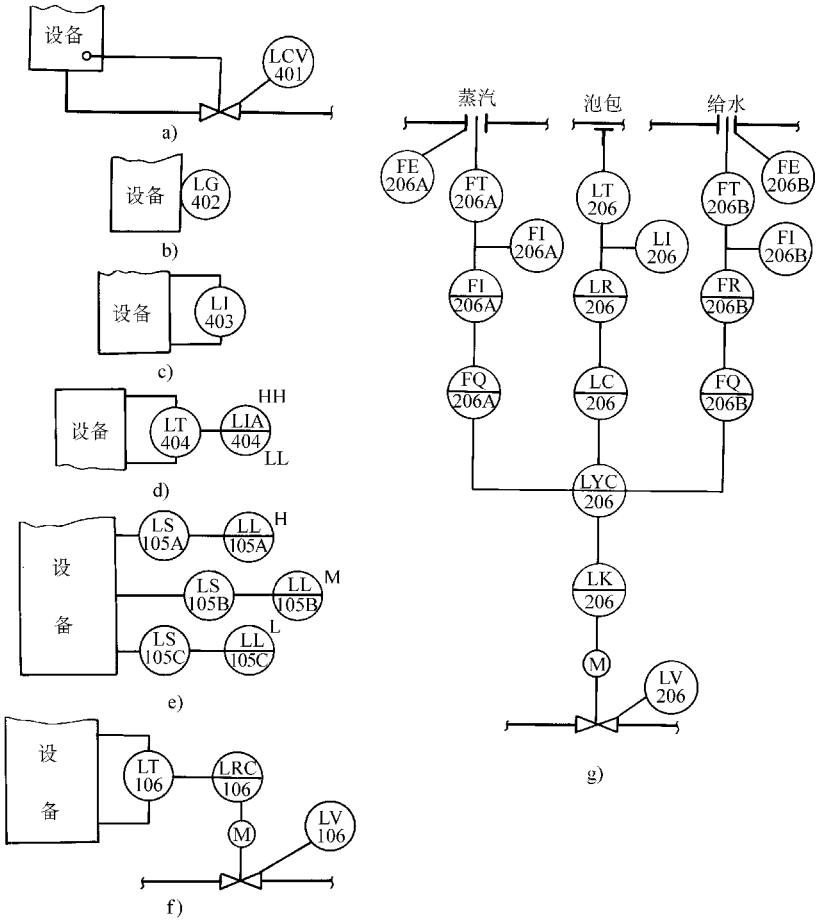


图 5-8　物位仪表常用图例

a)机械联动自力式液位调节　b)设备外壁上的玻璃液位计

c)设备外壁的玻璃(或磁性)液位计

d)带变送器的液位指示和高、低报警　e)液位高度指示灯

f)带变送器的液位指示、记录和调节　g)三冲量锅炉锅筒水位调节

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

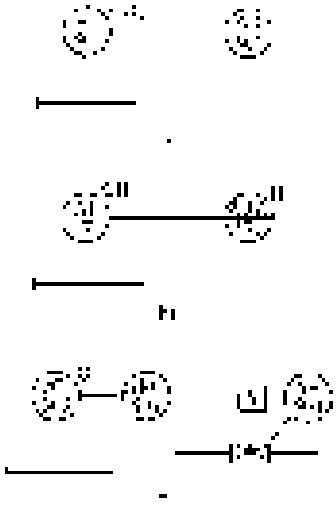


图 5-9　分析仪表常用图例

a）带变送器的分析记录

b）带变送器的分析记录和报警

c）带变送器的分析记录调节

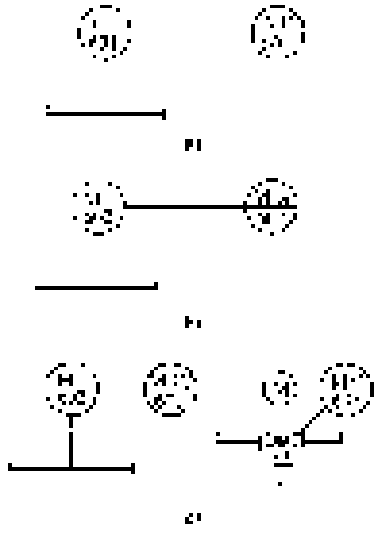


图 5-10　水分或温度仪表用图例

a）带变送器的水分（或湿度）指示和调节

b）带变送器的相对湿度指示和报警

c）带变送器的相对湿度记录和调节

第三节　读图审图实例及解读

一、电动机常用起动控制保护电路的审阅

电动机作为一种动力装置在工业生产、人民生活中有着非常重要的地位。在电气工程中，特别是工业电气工程中占据显赫的位置，对电气工作人员来讲是工程中的重中之重。电动机的起动控制保护电路对电动机安全运行、可靠工作有着非常重要的意义。

电动机起动电路主要有直接起动和间接起动两种，其中间接起动包括自耦变压器起动、串联电抗起动、星形—三角形起动、频敏变阻器起动、软起动器起动和变频起动器起动等。其中频敏变阻器起动仅适用于绕线转子异步电动机；自耦变压器、串联电抗、星形—三角形起动仅适用于笼型异步电动机；软起动器、变频起动器对于笼型异步电动机及绕线转子异步电动机均适用。其中，直接起动只适用于小型电动机，一般在 10kW 以下，当电源容量较大时也只适用 20kW 以下的电动机。高压电动机一般都采用直接起动或变频起动。

在电气工程中，电动机都配备起动柜，起动柜的规格、型号、功能及起动方式应与上述相符，起动柜的容量最好应大于电动机容量一个等级，如 40kW 电动机的起动柜应选用 55kV 容量的起动柜，我们在第二节和第三章中都提到了这个问题，特别是起动转矩大的负载必须采用这种方式，否则将会给试运行及交付后运行带来不利。因此，对于电动机起动柜审图时，一定要了解被拖负荷的起动转矩，如风机、空压机、球磨机、破碎机等重载起动的电动机其起动柜均应大于电动机容量一个等级。

有关上述各种电动机起动柜的电路分析技术因内容太多，敬请读者参阅白公编著，机工版《电气工程读图常用技术技能手册》一书。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

二、高层建筑电气工程图的识读

高层建筑是指十层及以上的住宅及高度超过24m的其他民用建筑物和工业厂房。高层建筑的电气工程几乎包罗了我们前述各章节的内容，特别是智能型的高层建筑，电气系统很复杂。但是，往往复杂的系统都是由简单的小系统组合而成的，民用住宅、综合楼、锅炉房、工业车间、变配电装置、电梯、空调等内容都要用到。特别是综合楼中的火灾自动报警及消防系统、电缆电视系统、通信广播系统以及锅炉房、变配电装置、电梯、空调系统中的微机部分，加上本书未介绍的中央计算机系统和防盗保安系统、应急照明系统、地下室（车库）及人防系统、报警系统等，构成了大厦的主导系统及控制中枢，这是高层建筑电气工程图样的重点和难点。

另外，对于高层建筑要掌握设备层、机房、竖井以及分布到各个房间部位线缆管的敷设。高层建筑的图样很多，限于篇幅的关系，这里仅以某三十六层金霞大厦部分图样为例重点分析，以便使读者掌握基本技能，这样才能更好更正确地去分析工程中的图样。

（一）工程设施概况

金霞大厦地上三十四层，地下二层，现浇混凝土框架结构。从功能上区分有4个部分，即商场，办公写字楼、民用住宅及其配套的附属工程，其外形结构见图5-11和图5-12。

1）地下二层为第一设备层，设有空调机房、消防泵房、给水泵房、自备发电机房、通风机房、冷冻机房、变配电间、冷却水处理车间、燃油锅炉房、修理间、中央控制室等，是大厦电力负荷的中心，酷似一个大型的工业车间，层高6.0m，平面布置见图5-13。

2）地下一层至地上四层为综合商场，设有直梯六部（二～九层）、消防梯三部、每层扶梯八部，首层有电动卷帘，全部为电动门，除照明（包括装饰照明）外，设有火灾自动报警及自动消防装置、闭路电视及防盗保安装置、通信广播装置、空调装置、电缆电视装置、微机管理及监控装置等。除卫生间淋浴间外，全部吊顶，层高6m。消防中心和防盗保安中心设在一层，一层的室外还设有洗车库、消防泵等。平面布置见图5-14～图5-16。

3）地上五层至八层为办公管理中心，设有电动门、照明、电话、广播、空调、火灾报警、电缆电视、防盗保安、微机及现代办公设备等。除卫生间、淋浴间外全部吊顶，层高3.8m，从五层开始，建筑物外廓的轴线向内缩小，其中⑬轴缩到⑫轴，①轴缩到②轴，Ⓐ轴缩到Ⓒ轴，Ⓖ轴未动。这样，上述缩回的轴与轴之间即为五层的平台，设有厅院柱灯、立体投光照明、扬声器、柱灯等，可作为公共娱乐场所。见图5-17，其他动力、防雷、弱电图样略去。

4）地上九层为第二设备层，设有加压泵站、2×800kVA变配电间、电缆电视机房、电话机房、广播机房、电梯中转站以及中央调度室和计算机中心、演播厅以及照明、弱电系统和空调装置等。除泵站、变电间、卫生淋浴间外全部吊顶，层高6m，楼梯间设电动门，见图5-18～图5-20。

5）十层至三十六层为高级住宅，设有照明、有线电视、电话、火灾报警、电梯、防盗报警等现代家庭设备。分三个单元，一、三单元每层5户，二单元每层7户，层高2.8m。见图5-21～图5-23。

6）楼顶有电梯机房、卫星抛物面天线、电视共用天线、无线寻呼电话天线塔、防雷设施、航空障碍灯等。见图5-24～图5-26。

7）楼前和两侧为停车场，有立面投光照明、广场照明、水下喷泉照明及消防泵、洗车

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图 5-11　三十六层金霞大厦正立面外形示意图

图 5-12　三十六层金霞大厦侧立面外形示意图

泵等。楼后为地下一层、地上四层的立体仓库，有货梯 8 部、消防梯 2 部，配有照明、火灾自动报警及消防系统、防盗保安系统、电动门、电话等，层高和主楼对应相等，并有锅炉房和住宅入口通道及自用车库等设施，上述内容未用图表示。

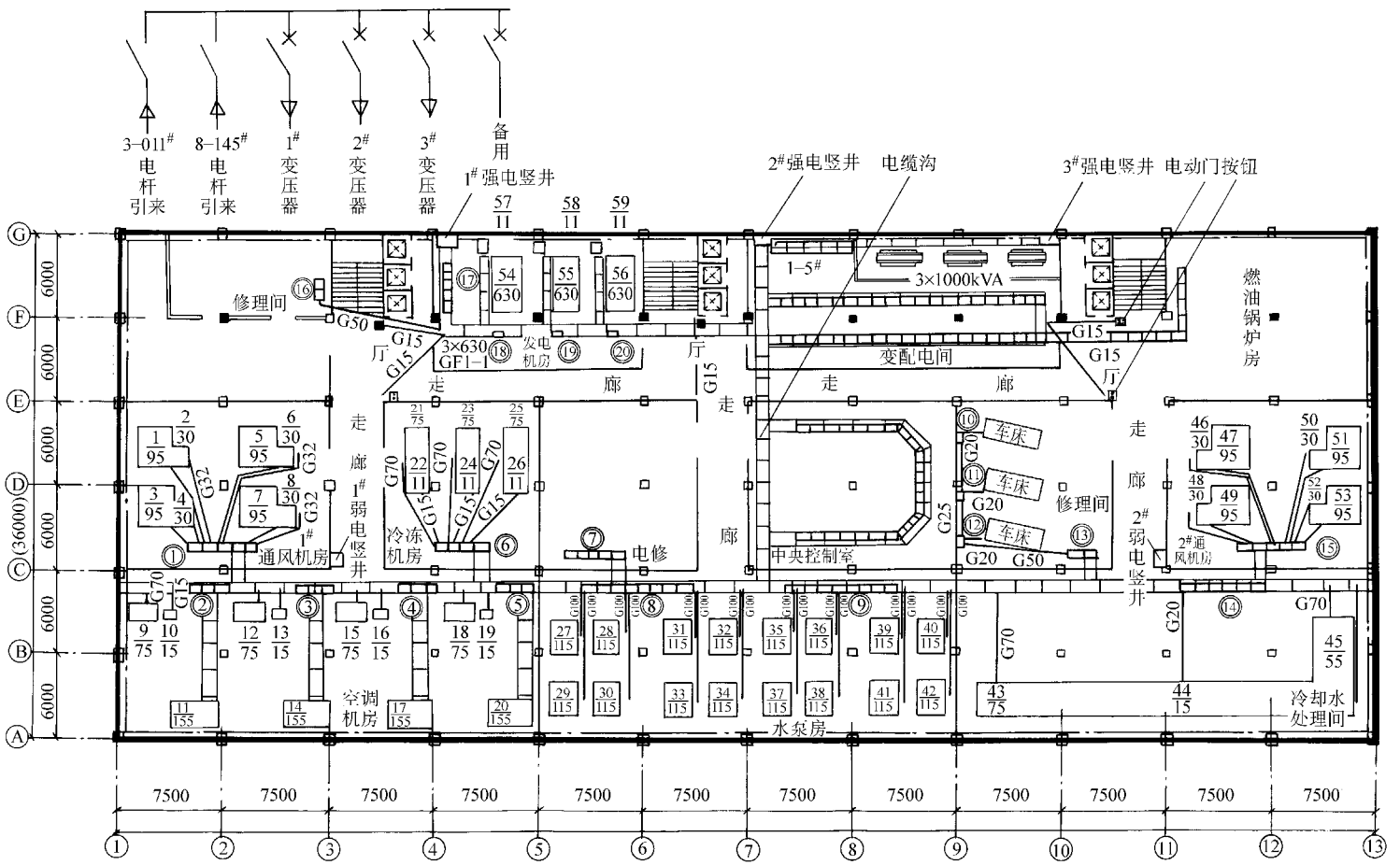
8）电气竖井有强电竖井三个，弱电竖井两个，变压器采用干式变压器，在电梯机房、电话机房、电视中心、广播机房、消防中心、保安中心、调度中心、计算机中心和变配电间分别配有容量相应的 UPS。另外，这些负荷的电源与发电机电源是互锁的。

9）本建筑物只给出部分图样。这里只就高层建筑的特点及不同之处进行讲述。

10）最后说明一点，本建筑物是一模拟建筑物，主要是为了讲述的方便而设置的，不妥之处敬请读者指正。图中用斜线引出的并标有文字说明的元件、管线、设施的名称等原施工图样中没有标注，这是作者为了讲述的方便临时加上去的，在阅读工程实际图样时，应及时对照图例、工程说明、元件设备及电缆清册等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



注：管路直径及线径见系统图。

图 5-13　地下二层（第一设备层）平面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

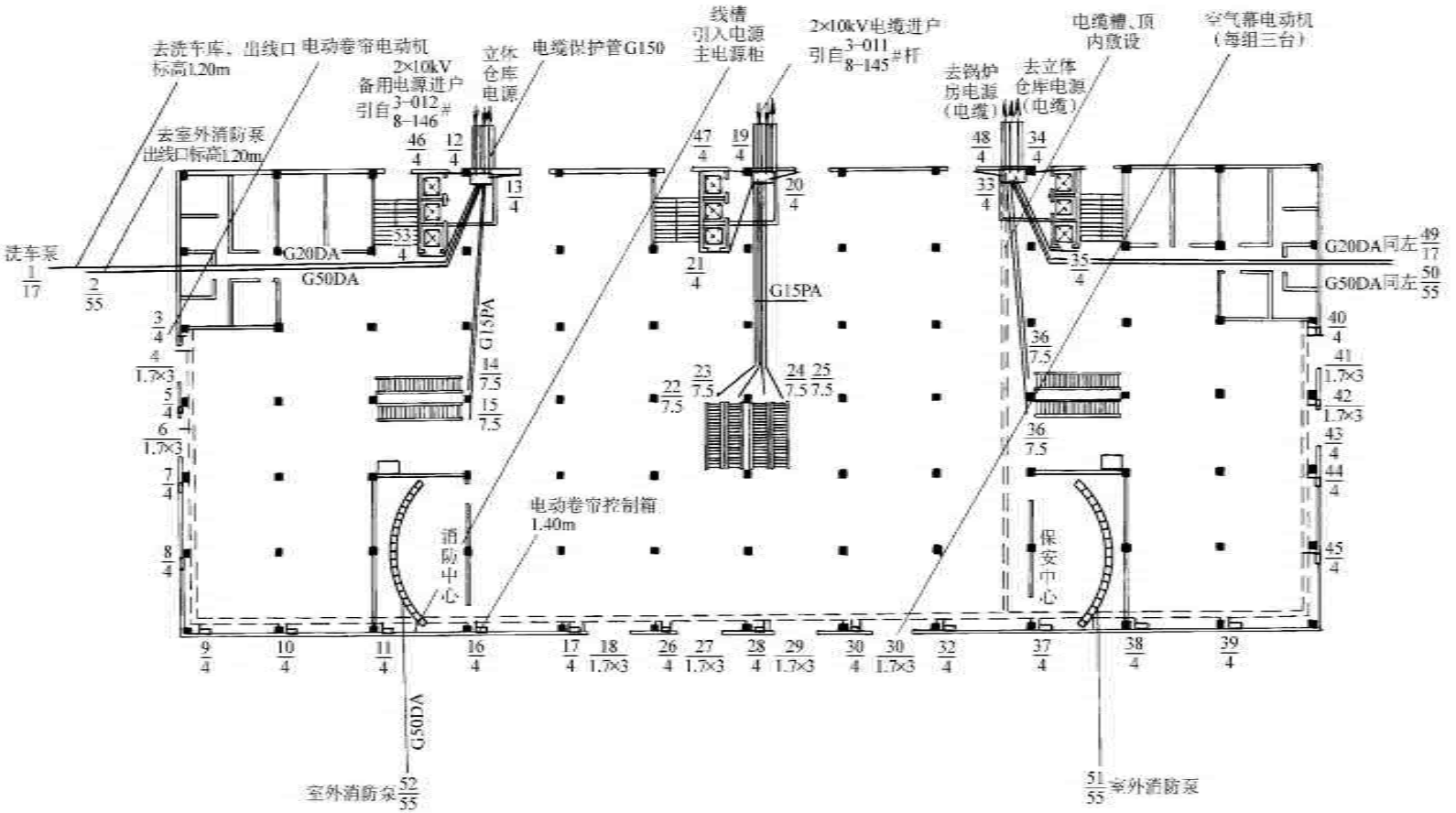


图 5-14　地上一层动力平面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

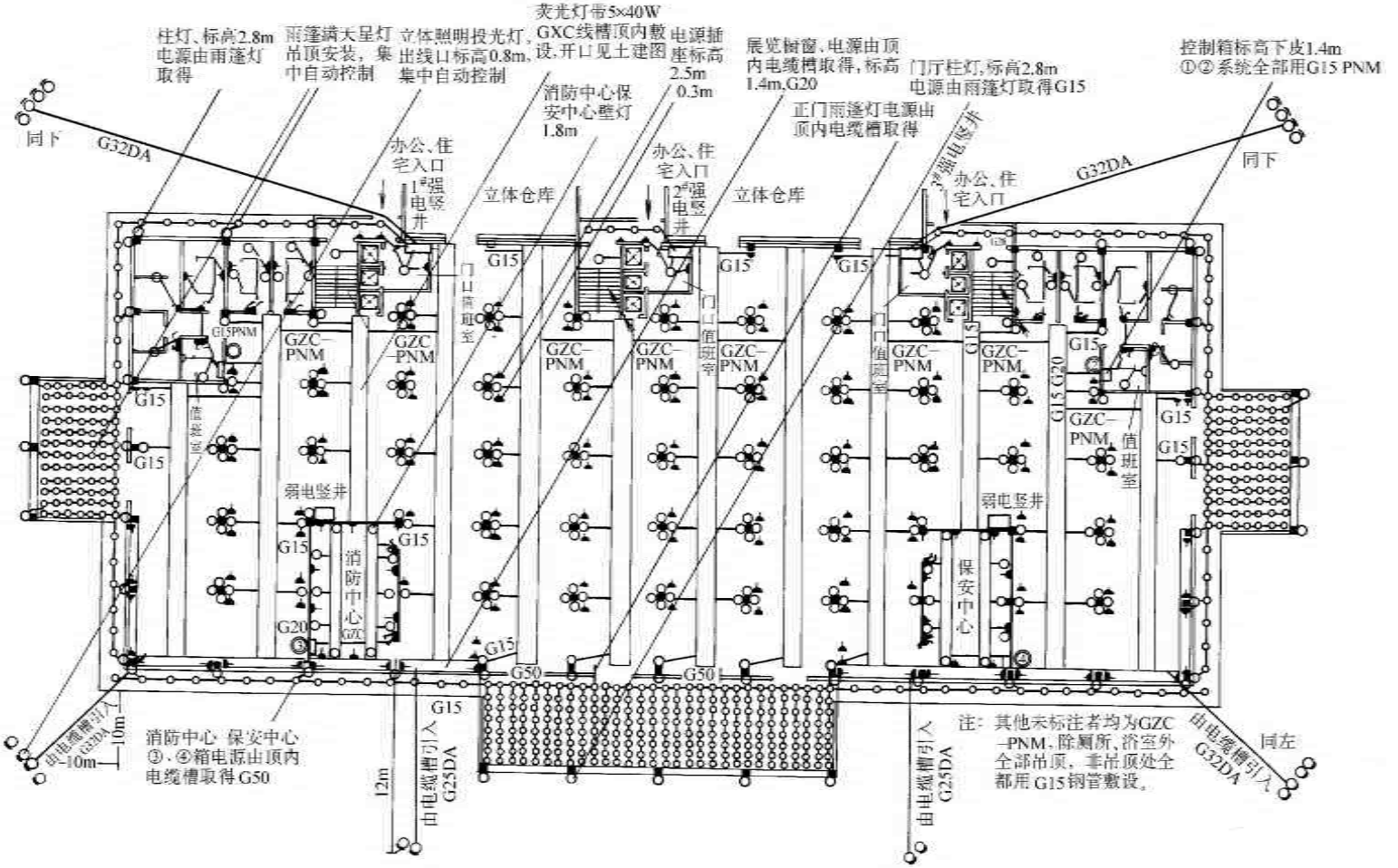


图 5-15　地上一层照明平面图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

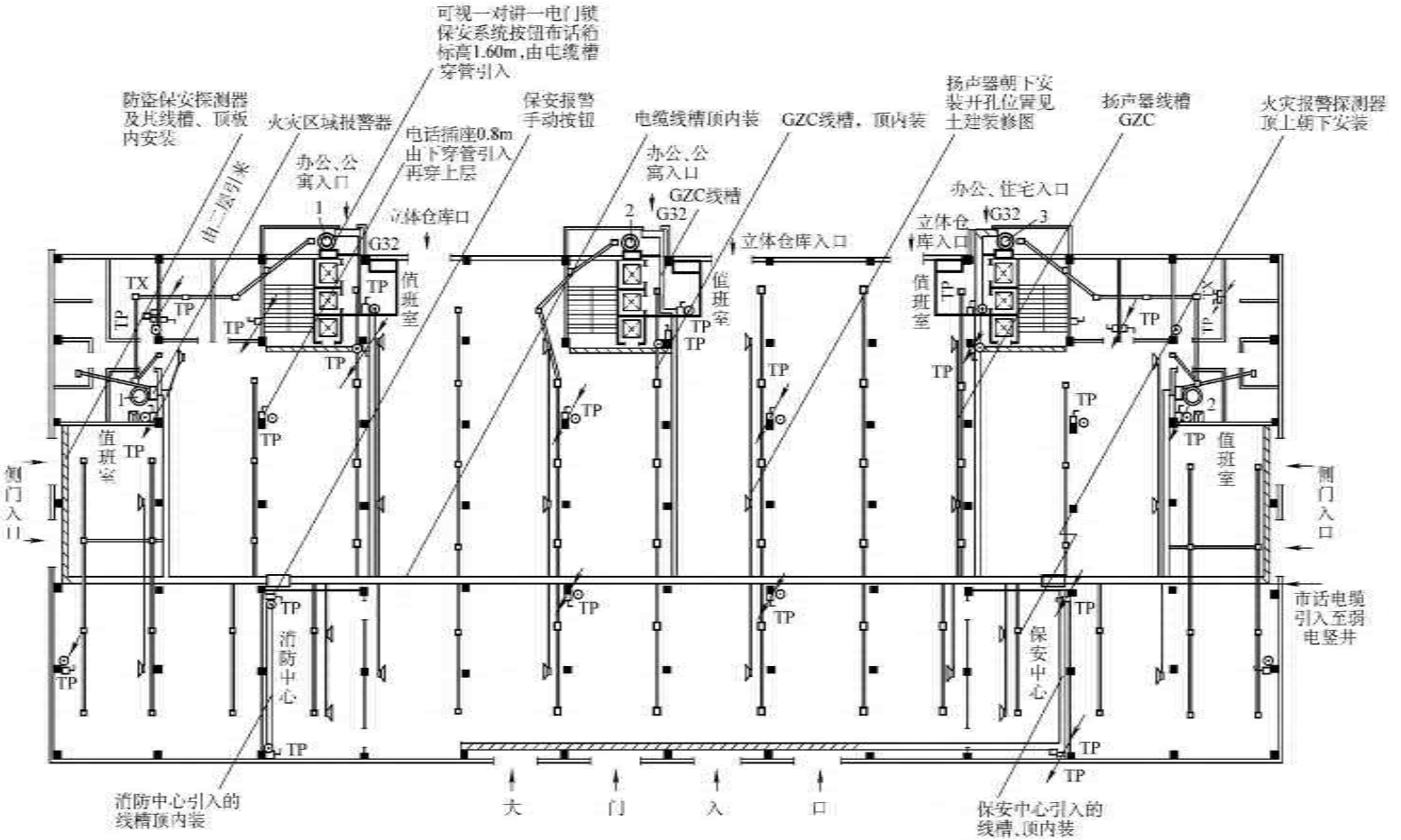


图 5-16　地上一层弱电平面图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

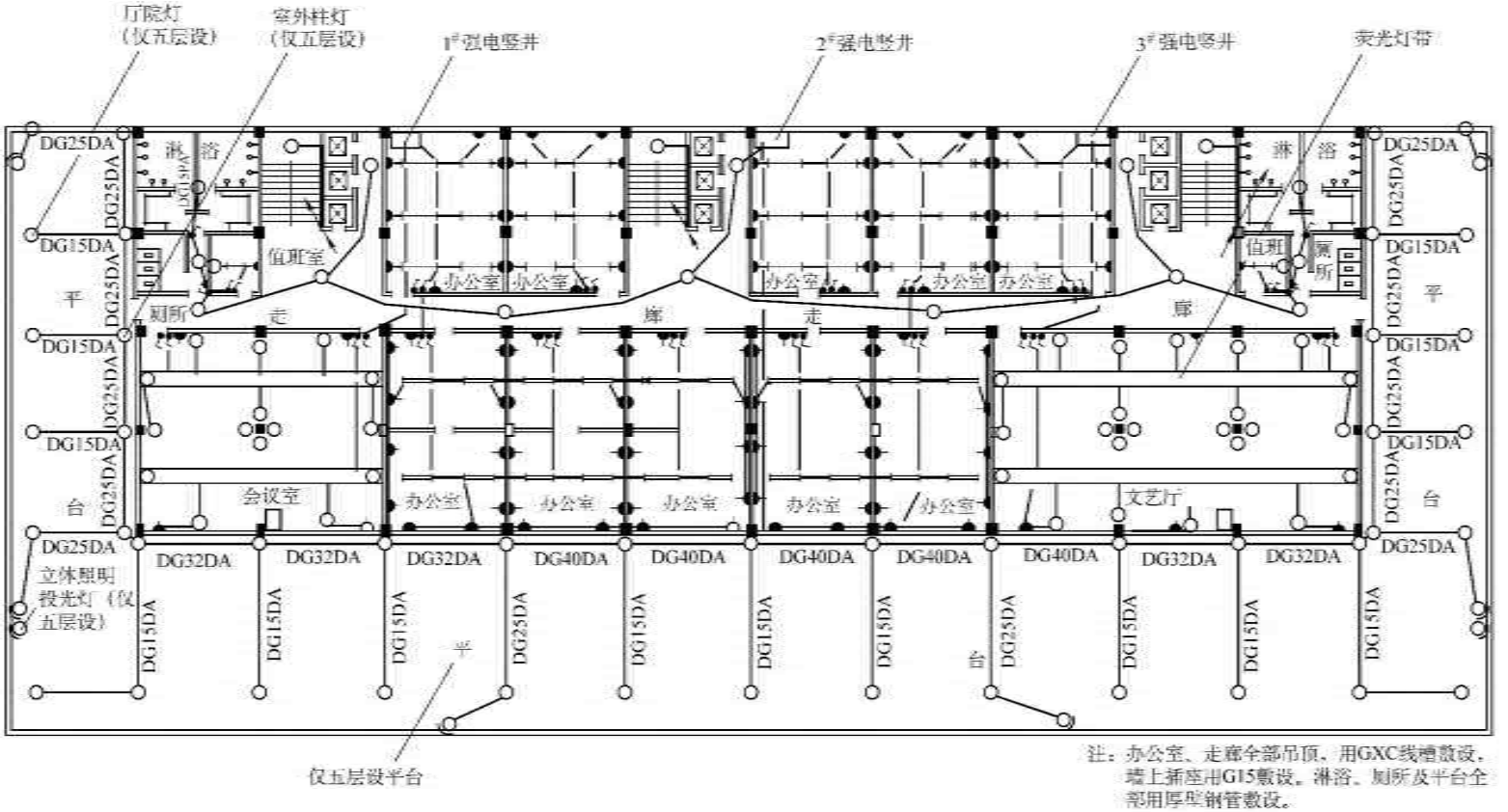


图 5-17　五层照明平面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

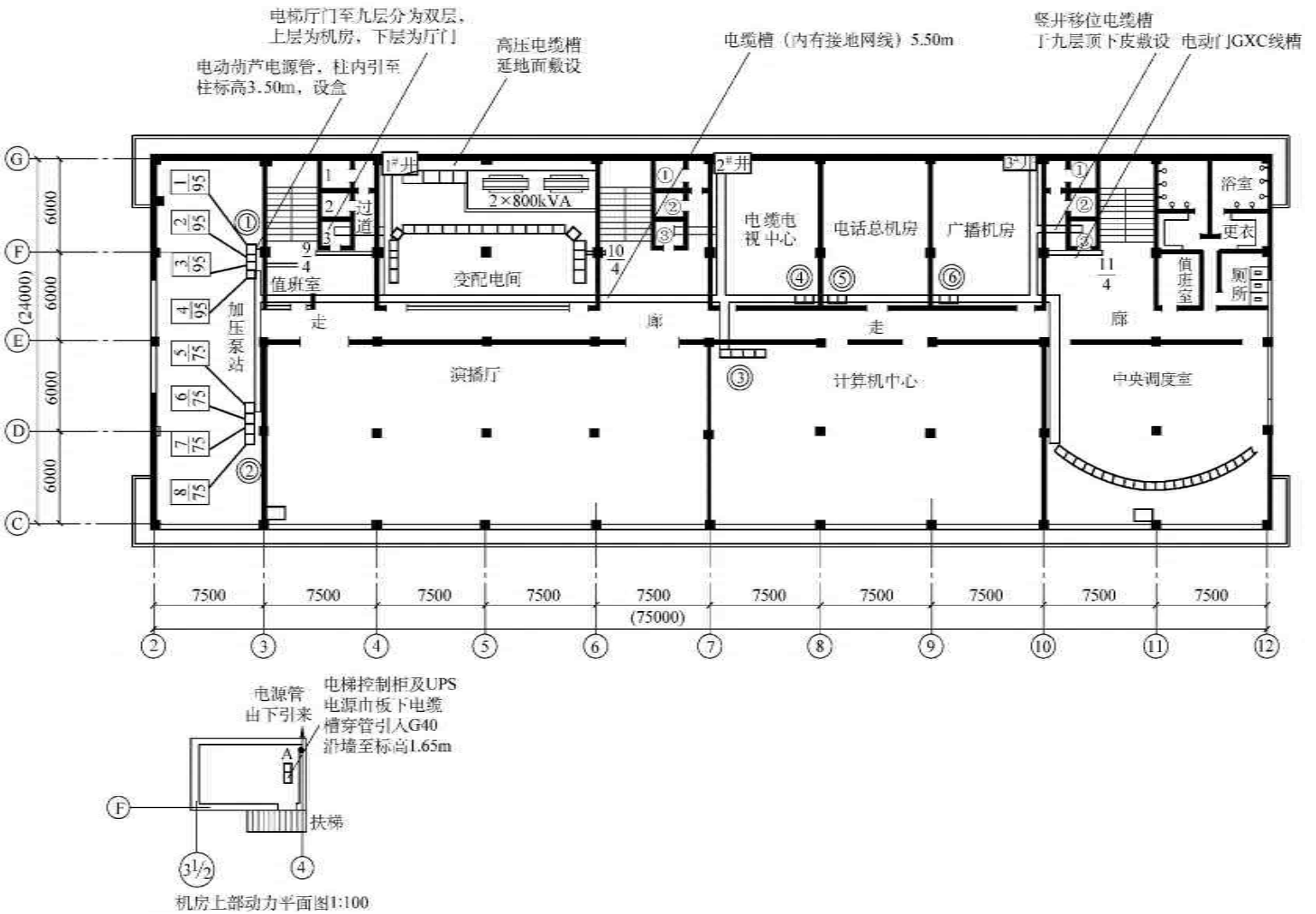


图 5-18　九层（第二设备层）动力平面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

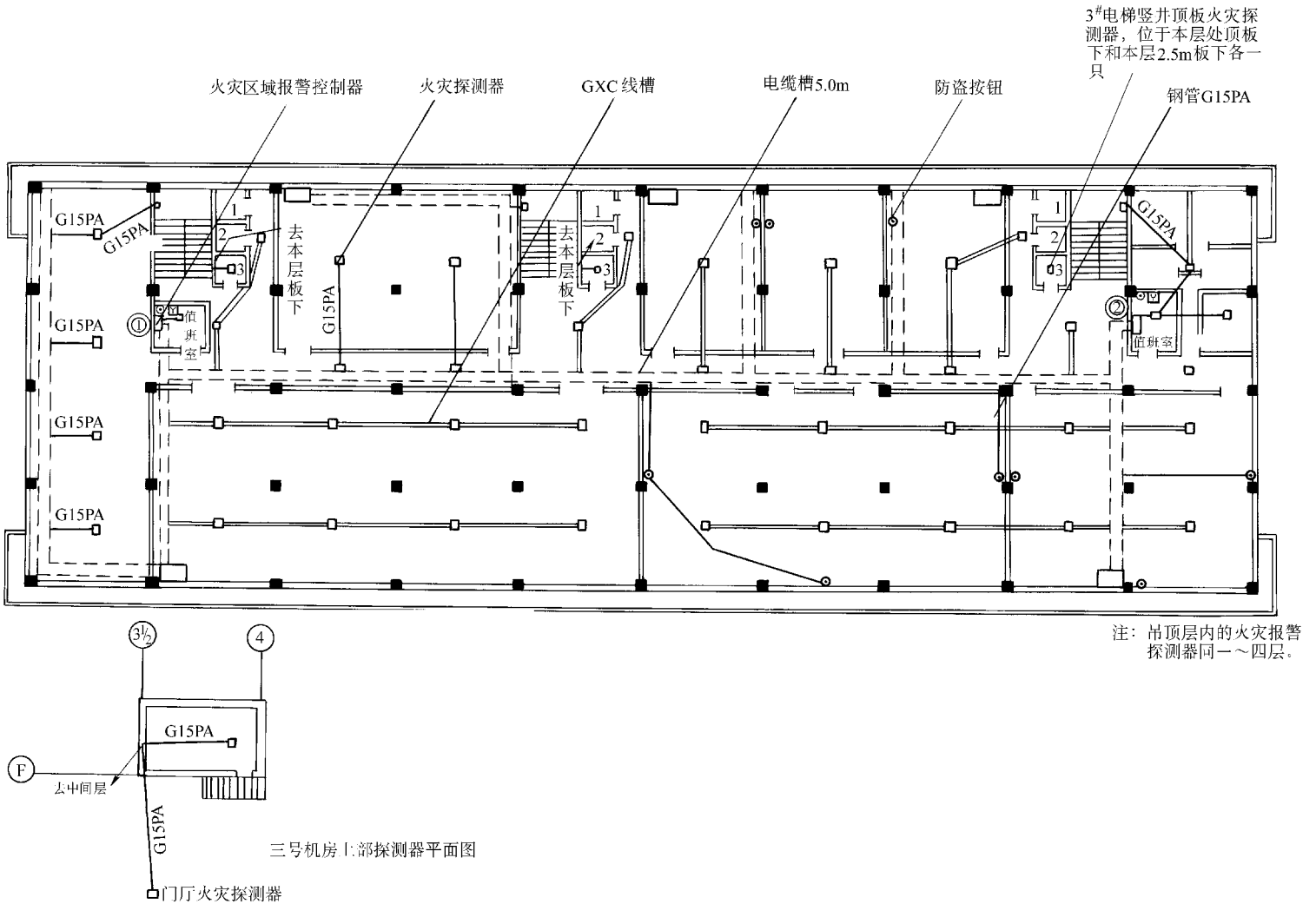
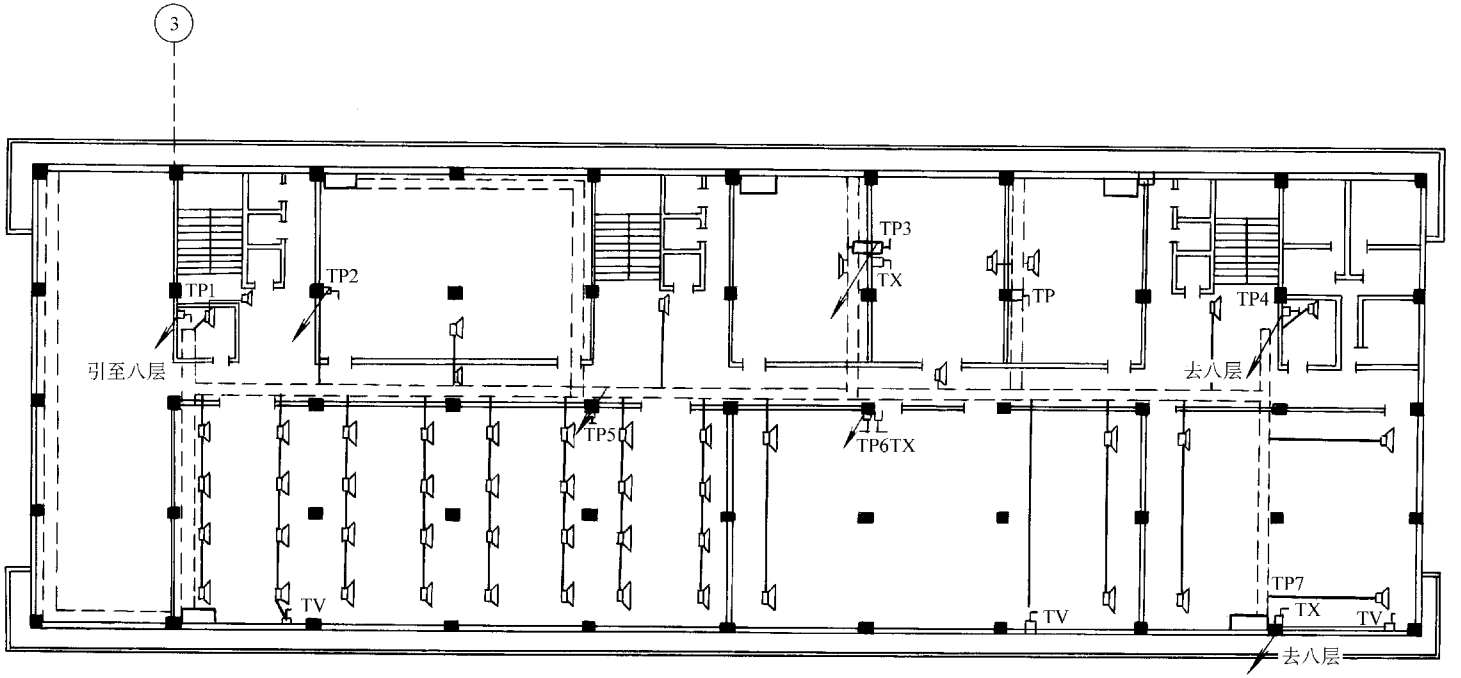


图 5-19　九层（第二设备层）火灾报警、防盗报警平面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



注：九层的电话、电视机插座都用槽或管引入主电缆槽进入机房，计算机中心和中央调度室的调度电话由主机直接引入电缆槽。

图 5-20 （第二设备层）广播、电话、有线电视平面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

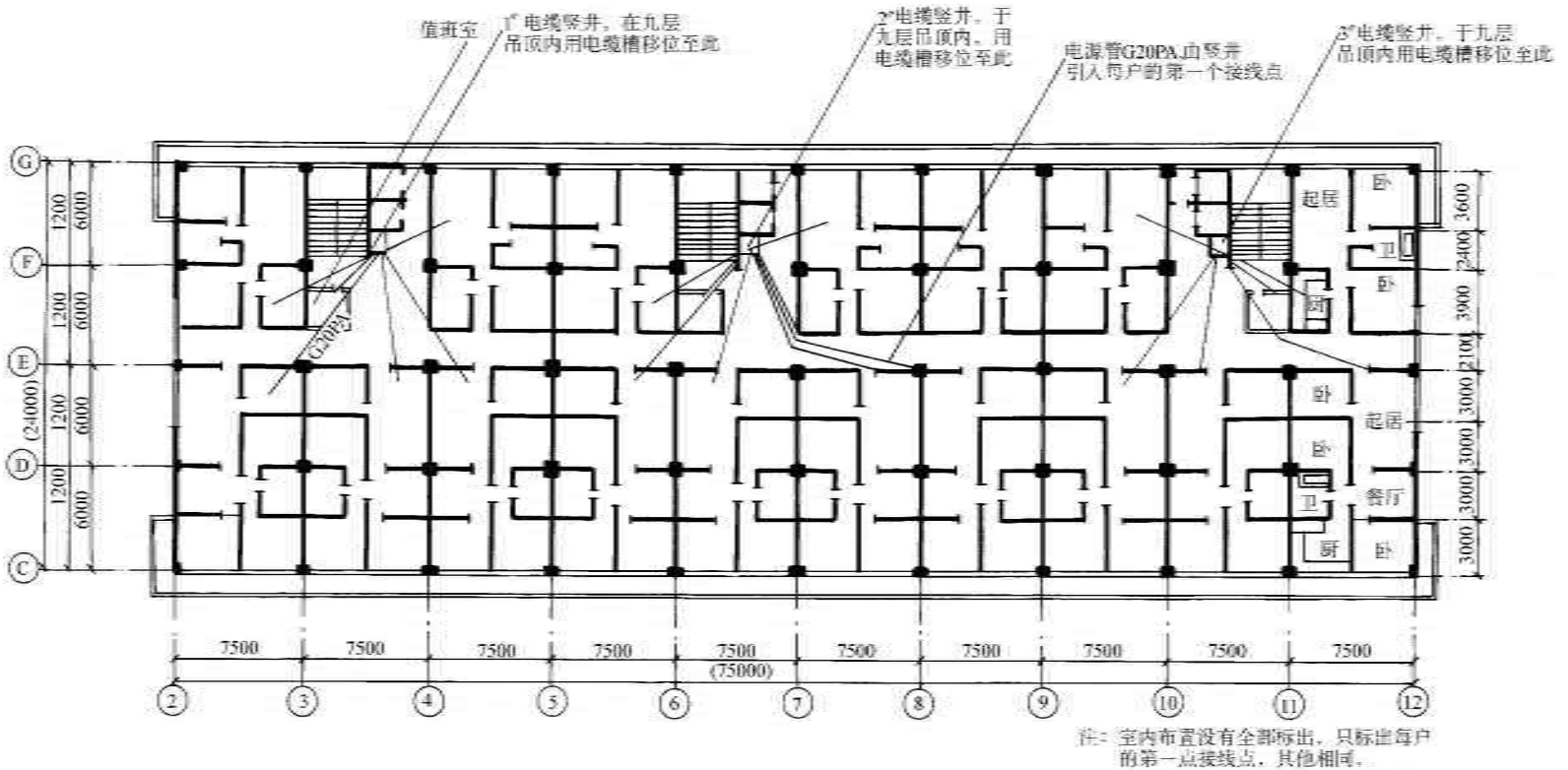


图 5-21　十～三十六层照明进户管路平面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

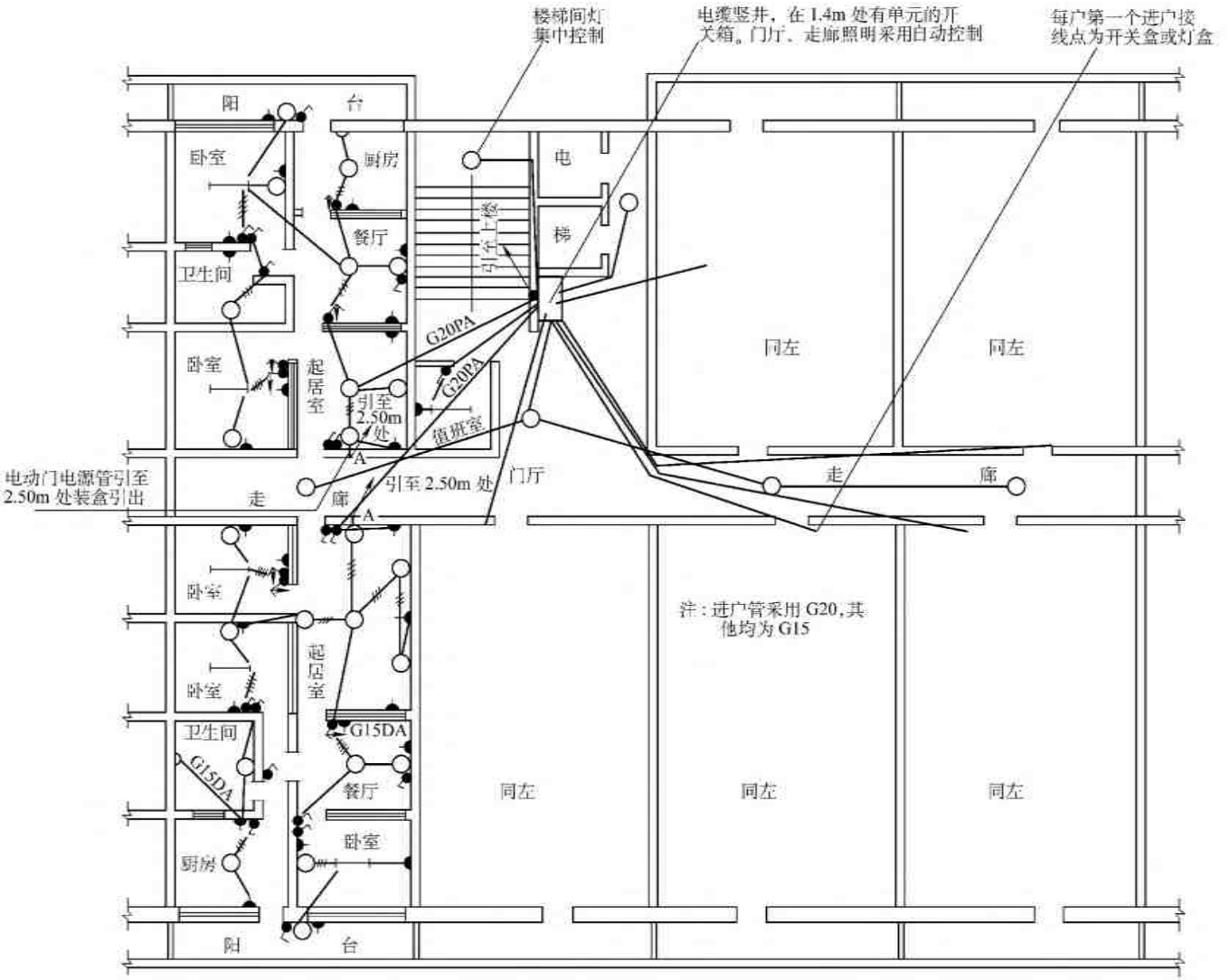


图 5-22　十～三十六层照明平面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

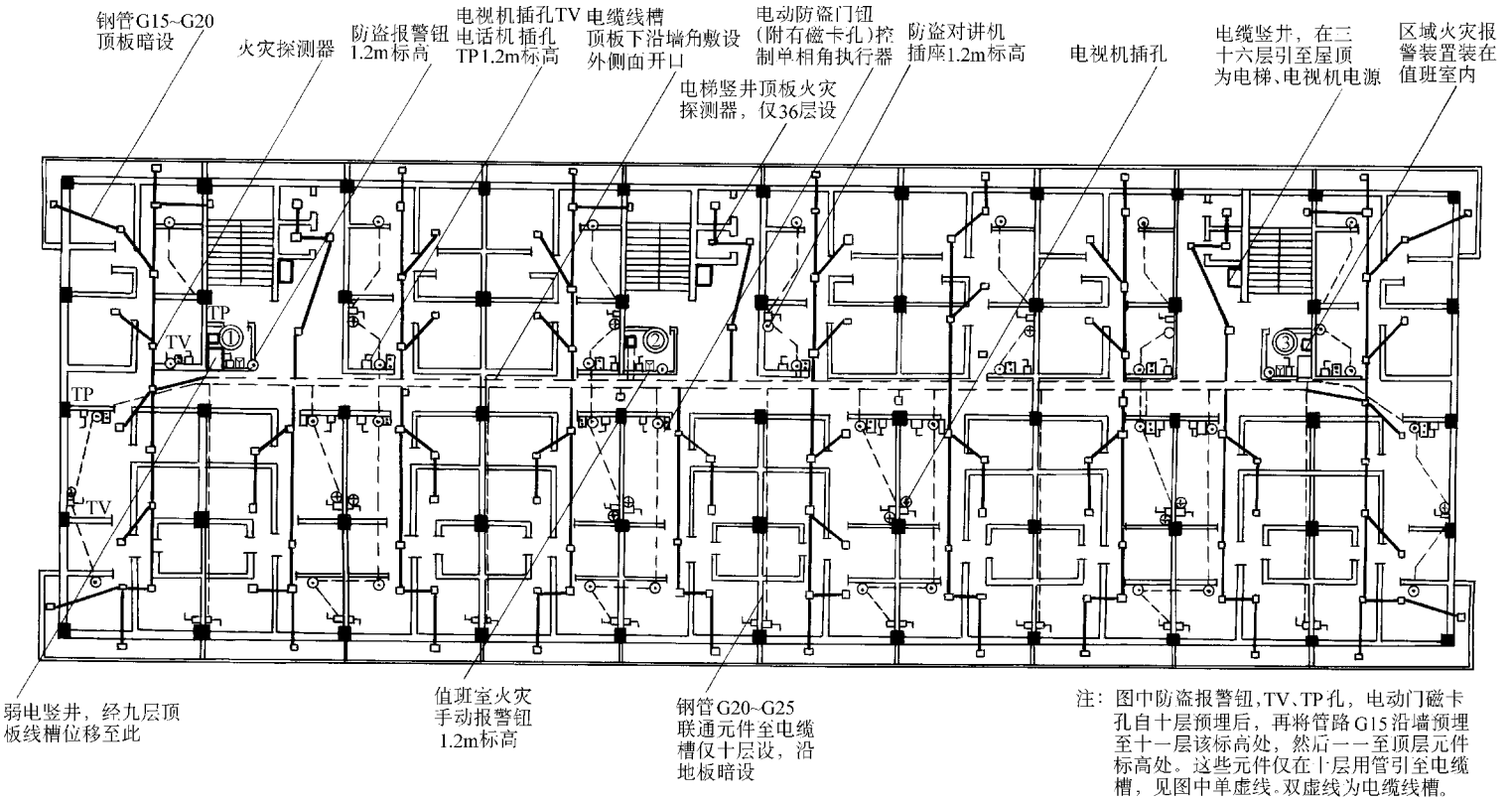


图 5-23　十～三十六层弱电系统平面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

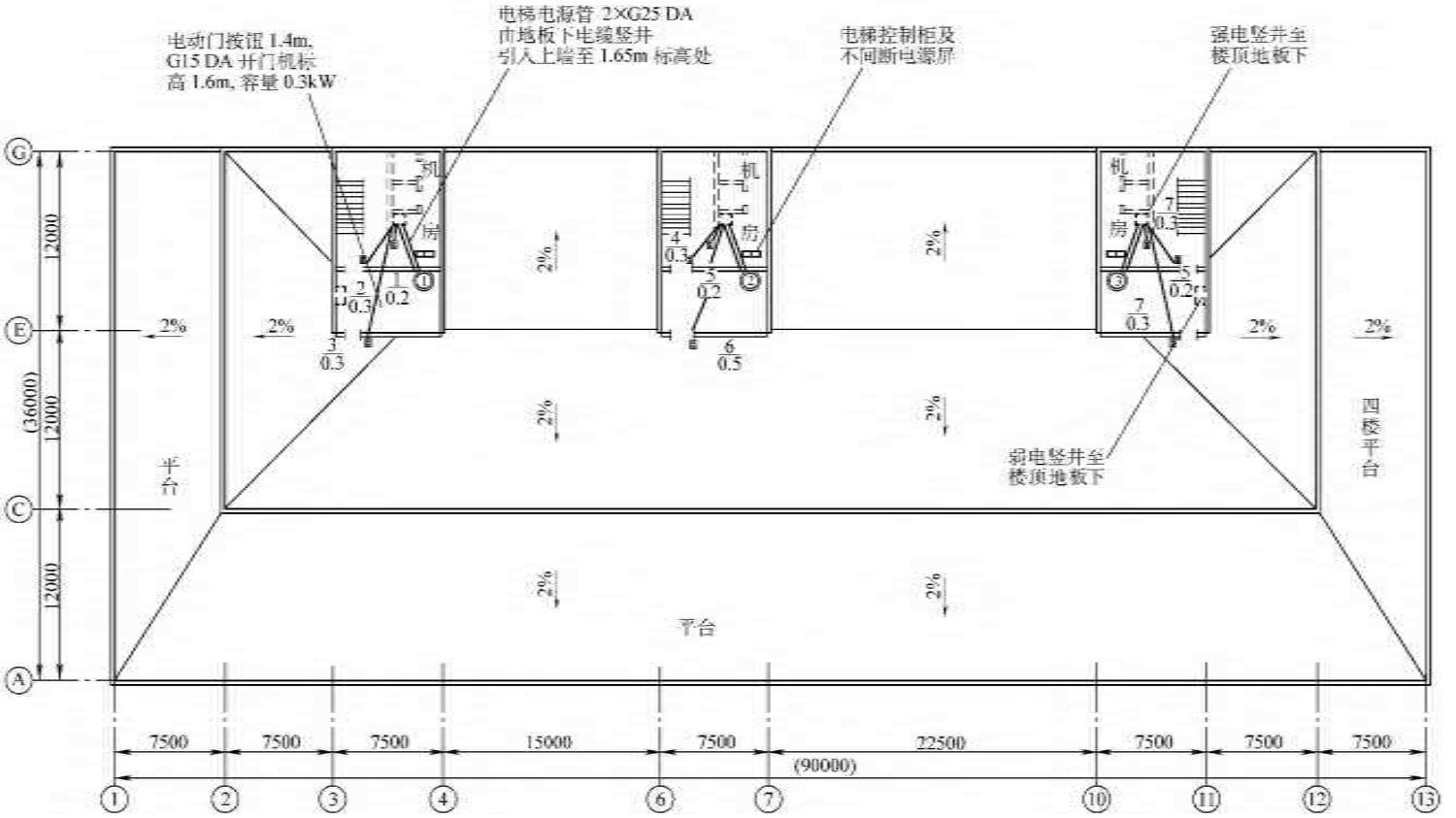


图 5-24　楼顶电梯机房动力管路平面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

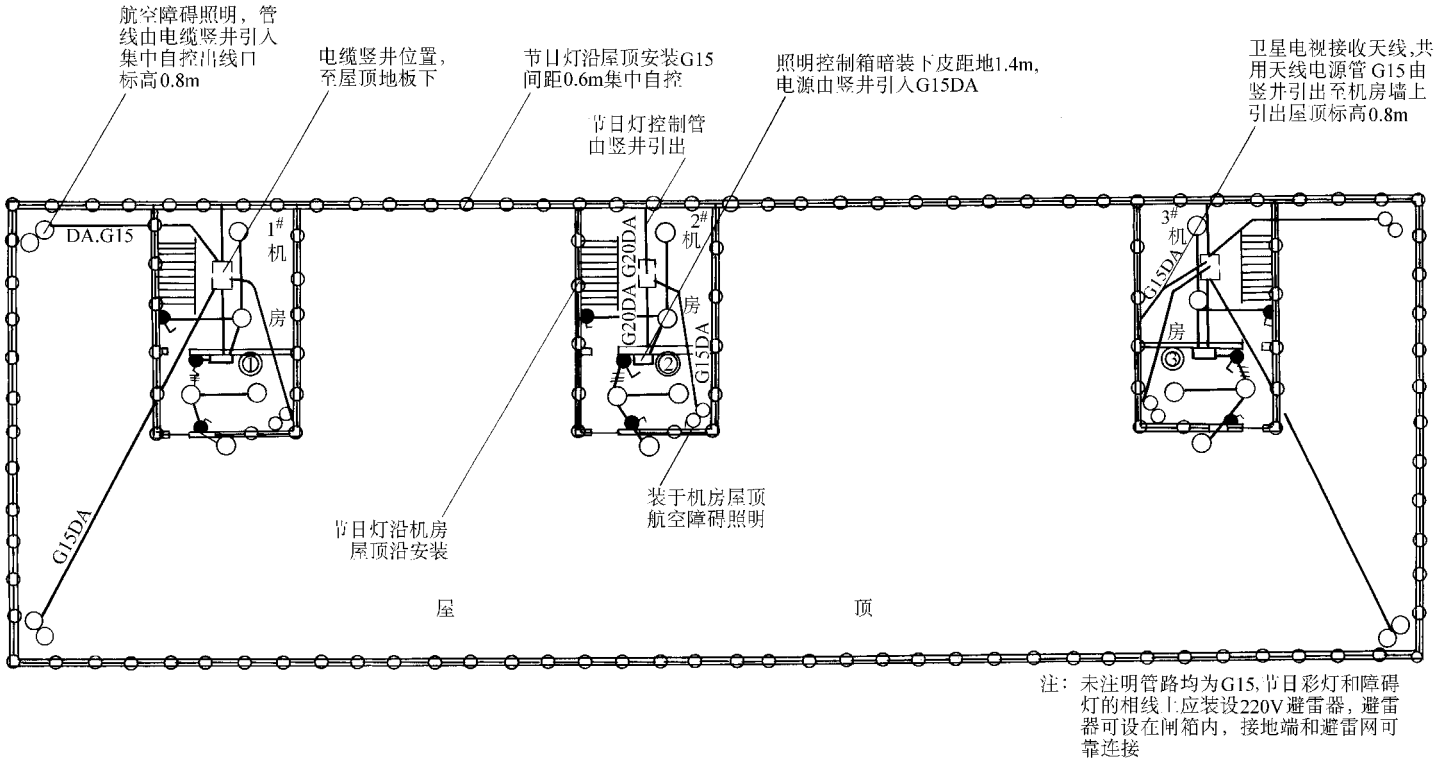


图 5-25　楼顶照明平面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

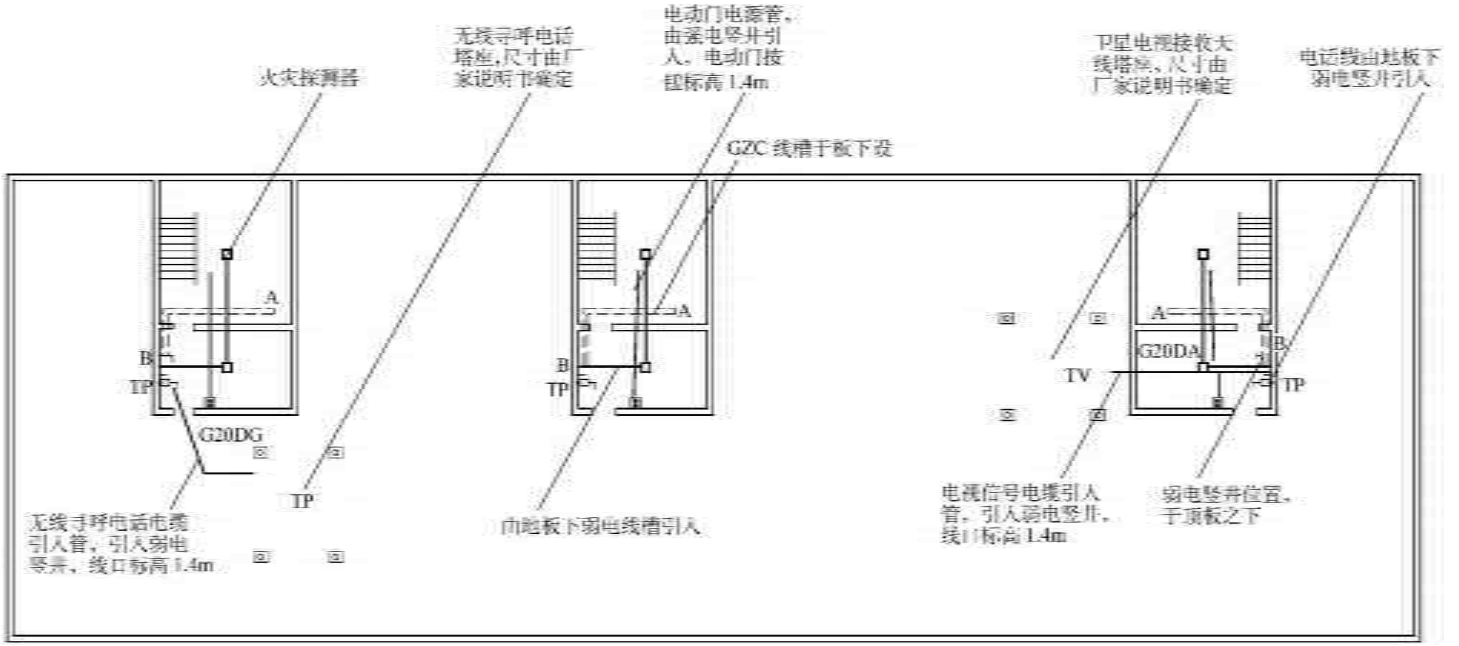


图 5-26　楼顶弱电管路平面图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（二）电气竖井

竖井是高层建筑最主要的电气通道，竖井中敷有电缆、管线、插接母线、封闭母线、线槽等，且每层的竖井处又是该层的一个小配电间或为一接线箱。竖井有强电和弱电之分，本设计中有三个强电竖井，两个弱电竖井。掌握竖井是分析高层建筑线路分布的关键。

1. 分布及用途

1）由图 5-13 可知，三个强电竖井分别位于Ⓖ轴和④轴、⑦轴、⑩轴的交点上，并由地下二层一直通到地上九层。从十层开始强电竖井由上述的位置分别移至电梯间原 3#电梯的位置，见图 5-21 和图 5-22，这个位移是在九层吊顶内用电缆由原来位置引至这里而完成的，这个电缆的始端是九层变配电间，电缆敷设在九层 5.50m 标高处的电缆槽内，见图 5-18。

强电竖井主要是用来传送交流电、高电压、大电流的动力及照明回路的线缆的。由图 5-14 及其他图可知以下内容：

① 1#强电竖井有两路 10kV 电源进户，这是引至九层（第二设备层）变配电间的电源，同时由此引出立体仓库的电源，电缆保护管均采用 G150。由 1#竖井引出的还有室外洗车泵、消防泵、楼梯间及立体仓库电动门和室内扶梯的电源。

② 2#强电竖井也有两路 10kV 电源进户，这是引至地下二层（第一设备层）变配电间的电源，同时由此引出立体仓库的电源，还有楼梯间电动门及立体仓库电动门和扶梯的电源。

③ 3#强电竖井向室外引出两路去锅炉房的电源和一路立体仓库的电源。同时还有引至室外消防泵、洗车泵及电动门和扶梯的电源。3#竖井还有一路用电缆槽吊顶内敷设引至门口电动卷帘、电动空气幕、室外消防泵以及消防中心和保安中心的电源。

④ 前述各图样中，动力及照明的管线回路均由强电竖井引出，动力及照明装置的分布及管线的敷设读者可自行分析。

2）由图 5-13 可知，两个弱电竖井分别位于Ⓒ轴与③轴、⑪轴的交点上，并由地下二层一直通到地上九层。从十层开始弱电竖井由上述位置分别移至每层值班室内，即 1/2Ⓕ轴与③轴、⑪轴的交点上的值班室内，见图 5-23。同样，这个位移是在九层吊顶内用电缆敷设在线槽内完成的。

弱电竖井主要是用来传送直流或脉动交流、低电压、小电流的电话、广播、火灾报警、防盗报警、微机网络、电视及其他弱电信号的线缆的，由图 5-16、图 5-19、图 5-20、图 5-23、图 5-26 及其他弱电图样中可以知道以下内容：

① 延Ⓒ轴顶内设置电缆线槽将两竖井连通，同时在①、②、④、⑦、⑩、⑫、⑬轴顶内设置部分电缆线槽，将主槽引入到门口、值班室等弱电集中部位，弱电元件的布置即可从槽引管接入，同时将消防中心和保安中心连接起来。

② 市话电缆由室外经顶板内线槽引入到弱电竖井，然后引至到九层的电话机房，经中继后再经竖井及管路引至用户盒处；如果是直拨电话不经中继，引入后经线槽及竖井直接引至用户盒处。

③ 消防中心、保安中心、中央调度室、计算机中心、电缆电视中心、电话总机房、广播机房、加压泵站、变配电间及第一设备层各个房间的所有弱电部位及其信号均可经管路、线槽、竖井联成一个立体网，在建筑物内上下左右、四通八达。

④ 屋顶无线寻呼电话电缆、电视信号电缆从天线塔用电缆经管路直接引入竖井，再引至机房。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 重点说明及注意事项

需要说明的是，线槽、管路、电缆、导线必须是阻燃型的，有的部位是防火电缆。无论是强电竖井，还是弱电竖井，竖井内的层与层之间必须用阻燃材料封堵严实，层与层之间是隔绝的，应有安装大样图或说明，详见标准图册。

（三）设备层

设备层是高层建筑的关键部位，是建筑物功能能否实现的基本保证。本例中的第一设备层、第二设备层以及地上一层的消防中心、保安中心是该系统的设备集中部位，是高层建筑的读图重点。

1. 第一设备层

由图 5-13 可以知道以下内容：

（1）变配电间

1）设 3 台 1000kVA、10/0.4kV 干式变压器，电源由 2#强电竖井双回路引入，经 5 台高压手车柜接入变压器。其中两台柜分别是两路电源的总隔离开关柜，并设有总计量仪表及避雷器、电流互感器、电压互感器，另 3 台分别为 3 台变压器的开关柜，每路电源的高压母线共用，且总隔离开关柜互锁，两路电源相序相同，高压供电见系统图 5-13。

2）设 42 台低压抽屉式配电柜，供 1 ~ 8 层用电，因篇幅关系，低压供电系统图没有列出。

3）高压和低压设在同一房间内，变压器与柜之间设有 2.5m 高的金属防护网，金属网设有门，金属网可靠接地。

4）变电间及全层设电缆沟，所有房间的电源均由沟内取得，有的则设管路从沟内取得电源。变配电间的柜体均设在电缆沟上，电缆将 3 个竖井沟通，地下一层到地上八层的负荷线均可由竖井引至用电部位。沟内设与柱子主筋可靠连接的接地母线，5mm × 50mm 镀锌扁钢。

（2）发电机房

1）设 3 台 630kW、400V 柴油发电机组，供系统一级负荷当市电或电源故障时使用， 、 、 #柜是发电机的电源输出柜，该柜与变配电间低压柜的一级负荷回路是并联且互相联锁的，因篇幅关系，供电系统图未列出。为了保证一级负荷的正常用电，发电机组应保持热态，室内温度不得低于机组的要求，投入运行后，每月至少应起动一次，同时检查有无其他故障，并及时修理。

2） #柜列是机组的仪表、励磁柜，由设备自带，每台机组两台。所有的电气柜均安装在电缆沟上，经电缆引入到变配电间。

3）机组及柜体应可靠接地。

（3）通风机房

1）设两个通风机房，每机房内设 4 台通风机组，每机组有 95kW 和 30kW 电动机各一台。每台机组设一台起动控制柜，并设一台备用柜，电源由电缆沟引入。每台电动机的负荷线穿管埋地引至接线盒处。

2）起动控制柜设在电缆沟上，机组外壳、电动机外壳、柜体应可靠接地。

（4）冷冻机房

1）设冷冻机组 3 台，因机型未定，考虑其电气容量的通用性，每台设 75kW、11kW 的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

预留容量。每台机组设起动控制柜一台，仪表继电器柜一台，并设备用柜一套，电源由电缆沟引入，负荷线穿管埋地引至负荷处。

2）电气柜设在电缆沟上，机组、柜体、电动机应可靠接地。

（5）空调机房

1）设空调机组4台，每台机组设155kW、75kW、15kW电动机各一台，每台机组设起动控制柜3台，电源由电缆沟引入，负荷线除155kW采用电缆沟外，其他穿管埋地引至负荷处。

2）电气柜设在电缆沟上，机组、柜体、电动机应可靠接地。

（6）水泵房　设115kW电动机16台，每台设起动控制柜一台，其他同冷冻机房。

（7）冷却水处理间　设75kW、55kW、15kW电动机各一台，设起动控制柜3台，仪表柜3台，其他同水泵房。

（8）锅炉房　锅炉房是设计变更后增加的项目，采用燃油锅炉，但设备未定型，只将电缆沟引至室内，设备到货后按设备要求设置控制柜、仪表柜及管线，但要求同上。

（9）中央控制室

1）中央控制室设各种电气柜25台，成π形安装在电缆沟上，柜体可靠接地。

2）中央控制室监控本设备层所有设备的运行状况，所有信号的输出是经过电缆桥架敷设电缆而完成的，电缆桥架的设置见图5-27。

3）监控地下一层到地上八层主要设备的运行状况，信号是经电缆槽及竖井（直流信号经过弱电竖井）完成的。其中包括地上一层的消防中心和保安中心。

4）与第二设备层的计算机中心、中央调度室、变配电间、电话总机房、电缆电视中心、加压泵站经过竖井及电缆槽或桥架敷设的电缆进行联络，其中电缆电视中心除收视电视信号外，还有防盗保安监控系统的功能。

（10）修理间共设两处

1）机钳修理设电源柜两台，电源由沟内引入。设车床电源箱三台 ~ ，墙上暗装，标高1.4m，管路如图标注。

2）铆焊修理设电源柜两台。

（11）电修间设电气柜5台，其中4台柜是用来试验楼内各类电动机起动用的。

（12）电梯及弱电系统后面统一叙述。

2. 第二设备层

由图5-18可以知道以下内容：

（1）变配电间

1）设2台800kW、10/0.4kV干式变压器，电源由1#强电竖井双回路引入，经4台高压手车柜接入变压器，高压柜的设置与第一设备层变配电间相同，其中2台总隔离开关柜，2台变压器开关柜。

2）设22台低压抽屉式配电柜，供9~36层用电，低压系统图未列出。

3）高低压开关设在同一房间内，并设金属网隔离，设置同第一设备层变配电间。

4）变电间及全层设电缆槽，高压电缆槽延地面敷设；低压电缆槽延墙敷设，敷设高度5.50m，并与强电竖井连通，槽内设有接地网线的镀锌扁钢。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

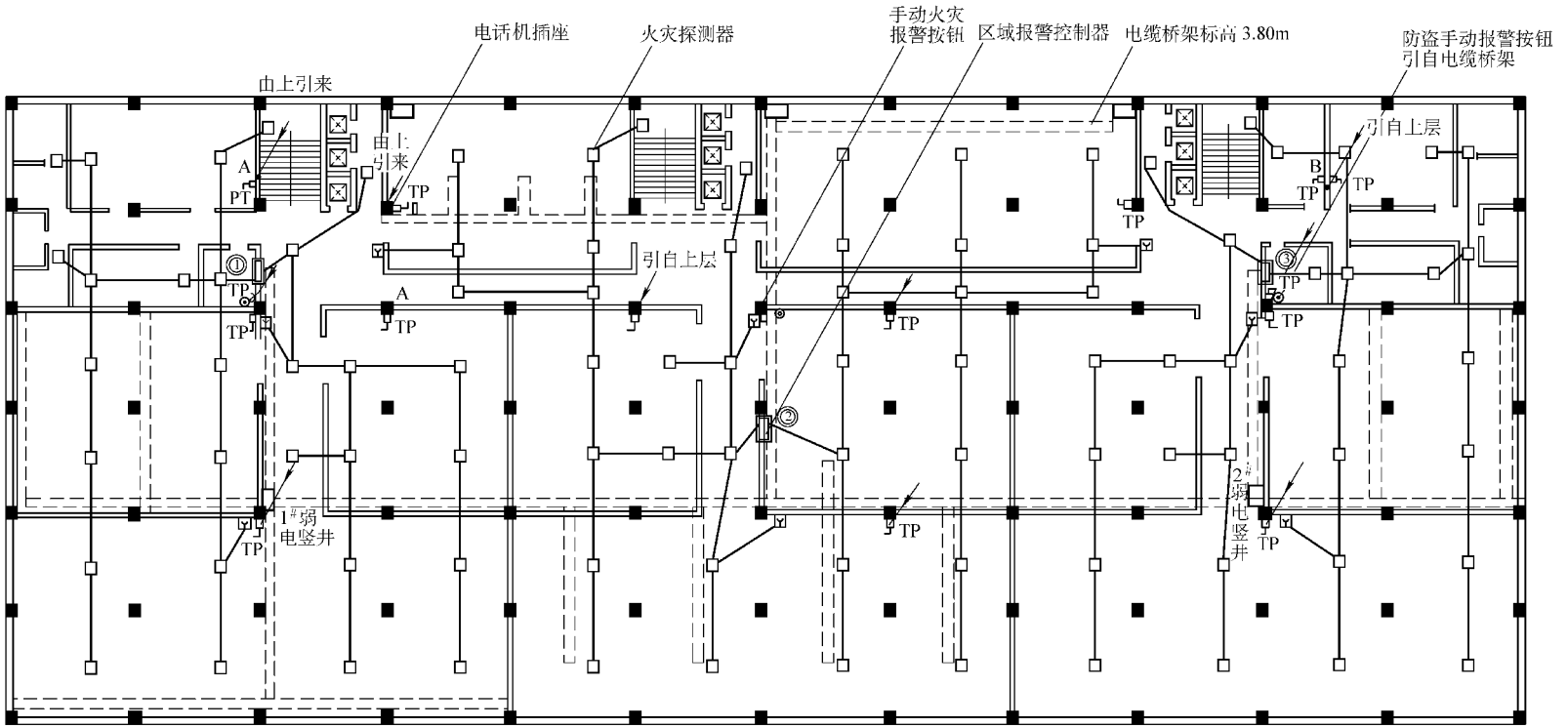


图 5-27　地下二层（第一设备层）弱电平面图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）加压泵站

1）设75kW电动机4台，95kW电动机4台，分别由单独的控制柜起动，见 和 柜组，电源由电缆槽内取得。

2）电动机负荷线穿管引入，管设在防滑木板地面的夹层里，起动柜、钢管、钢板可靠接地。

3）设电动葫芦，在柱内由第一台柜引管至3.50m处设盒。

（3）电缆电视中心、广播机房、电话总机房、计算机中心均设电源柜 ~ ，电源由电缆槽引入，机房设施及木地板或防静电地板布置另列图样。

（4）中央调度室设监控屏21台成弧形安装，所有信号线分别由电缆槽及弱电竖井引入，见图5-19和图5-20。中央调度室设防静电地板，地板下面可设置电缆和接地铜排网，接地铜排网的设置见图5-28。

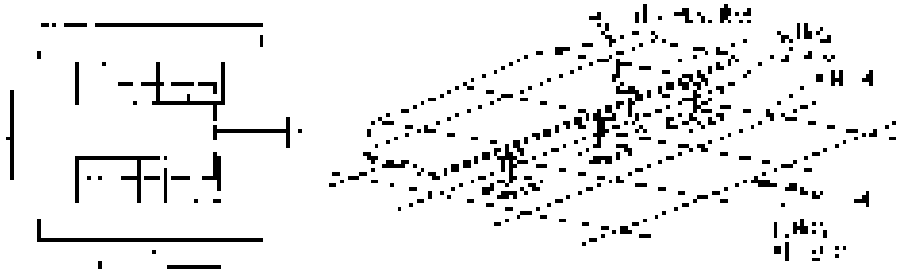


图5-28 接地铜排网的设置

（四）机房

高层建筑的机房内容很多，除了设备层讲过的内容外，还包括电梯机房、消防中心、保安中心等。

1. 电梯机房

本设计设置了九部直升电梯，其中三个电梯间的1#、2#电梯是全程电梯，而三个电梯间的3#电梯则是半程电梯，它的行程是从地下二层到地上九层，这样在九层电梯竖井的位置上就变成了3#电梯的机房（上半部分）和九层的厅门（下半部分）。全程电梯的机房布置见图5-24，九层电梯机房布置见图5-18~图5-20。

1）图5-24可以知道以下内容：

① 机房设电梯控制柜及不间断电源，电源由竖井经地板穿管引至墙上1.65m标高处的极限开关上。由极限开关到控制柜以及控制柜到电动机的负荷线、控制线的布置见电梯安装相应图样。

② 机房门、楼道门、屋顶出口门均设电动门，开门机安装标高1.6m，电动机容量为0.3kW，其开门按钮为密码式按钮。

2）图5-18可以知道半程电梯机房同样设控制柜、UPS柜各一台，电缆由板下的电缆槽穿管沿墙引至室内1.65m标高处的极限开关上，其他布置见电梯安装相应图样。在极限开关旁设照明小开关箱，电源是由变配电间A点穿管沿墙由下引来的。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 消防中心

消防中心设在地上一层，见图 5-14 和图 5-16，室内共设各种火灾集中报警柜、显示柜、操作柜、电源柜及 UPS 柜、控制柜、火警电话及总机柜、微机柜（台）20 台，呈弧形布置，电源由顶内线槽引入。所有信号线、控制线、弱电线缆均由顶板内弱电线槽引出或引入并与弱电竖井相通。

3. 保安中心

保安中心设在地上一层，见图 5-14、图 5-16，室内共设各种监视屏、操作柜、电源柜及 UPS 柜、控制柜、微机柜（台）20 台，呈弧形布置，电源及信号线、控制线、同轴电缆等线缆布置同消防中心。

（五）电梯

本设计除了上述的 9 部直升梯外，还设置了斜梯（扶梯），从地下一层到地上四层每层 8 部，见图 5-14。扶梯的控制较简单，一般只设短路、过载、断相、错相、堵转保护，因电动机容量较小，起动电路为直接起动，并为集中控制。电源是从强电竖井经敷设在顶板内的管路引入的。

（六）火灾自动报警及自动消防系统

1. 火灾自动报警

这里仅以图 5-16 说明火灾自动报警的读图方法，其他图样，读者可自行分析。一般条件下，火灾自动报警的设计思路是由火灾探测器到区域报警器，然后将所有区域报警器的信号送至集中报警器，然后再由集中报警器发出信号进行自动灭火或消防。

1）区域报警器的设置：本设计将每层分为两个报警区域，并在每层的值班室（图中两个侧门入口的值班室）设置火灾区域报警器，见图中的和。区域报警器的形式很多，可直接明装或暗装在墙上，距地 1.2m，也可装在单独设立的柜或台上，也可落地安装，这是由设计及供货来决定的。敷设在吊顶内或顶板下的电缆线槽直接由线槽沿墙引至报警器的接线箱处。电缆线槽的设置已在“电气竖井”中进行了介绍。

2）探测器的设置

① 探测器的设置是有一定规范标准要求的，详见国家标准 GB 50166—2007。图中“方框□”的位置即为探测器位置。的位置为火灾手动报警按钮。

② 房间吊顶时，探测器安装在装饰板上，并用 GZC 线槽沿板上敷设并由主电缆线槽引来；房间非吊顶时，探测器安装在建筑物的顶板上，并用钢管敷设于顶板内由主电缆线槽引来，这时线槽是明装的，而钢管是暗设的，因此与线槽的接口要处理好，一般伸出顶板的管口长度不超过 30mm。

③ 图中大厅内的探测器管路均由主线槽引出，共 21 路。在图中左上角和右上角的会议室、办公室、值班室、卫生间及住宅、办公入口处的探测器这一路则由区域报警器直接接出，同样使用 GZC 线槽。

④ 区域报警器汇总了区域内火灾报警器的信号，经电缆线槽和弱电竖井引至消防中心。同样消防中心汇总了每层及每个区域的信号。

⑤ 区域报警器和集中报警器的电气原理图较为复杂，限于篇幅的关系这里没有列出，请读者参阅产品厂家提供的资料。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 火灾自动消防

火灾自动消防一般设置水喷淋、干粉、CO_2、Cl_4 等专业消防设施，这些均由给水或管道专业完成，其中干粉、CO_2、Cl_4 灭火通常只限于用在机房或库房灭火，它们的工作状态及起动则与消防中心的区域报警器或控制屏联动，这里没有列出图样。因此，阅读火灾自动报警及自动消防系统的图样时，必须阅读给水或管道专业的图样及其提出的联锁要求和信号。

同样，我们在阅读这些图样的时候还要注意到上下层配电系统、排烟、送风、防火门、电梯系统等与它的联锁要求和信号。有关内容详见《电气工程安装及调试技术手册》一书。

（七）保安防盗系统

保安防盗系统的图样一般是保密的，这里仅以图 5-16 简要说明一下读图方法。图中管线槽的设置与火灾自动报警系统相同。

1）在大门和侧门入口处及其他隐蔽部分设置防盗保安探测器（摄像头），经线槽及竖井引入到保安中心的监视屏上，并与录像机相接。

2）在办公住宅入口处设置可视—对讲—电门锁系统的按钮盒。这个系统与电话、有线电视连接成网，在房间内可监视来访的客人，有关图样应以生产厂家提供的资料为准。

3）在大厅、值班室及有关部位设置防盗报警按钮⊙，并用管线槽将其引至保安中心。

4）在大厅巡更路线上设置电话机插孔，并用管线槽引至保安中心。

5）保安中心的屏、柜及监视器的接线图应以生产厂商提供的资料为准，限于篇幅的关系，这里不再列出。

（八）通信及电视系统

通信包括电话、电传、广播，电视指有线电视或闭路电视，这些内容在该项工程中是画在一张图上的。其中电话可分三个部分：一是市内直拨电话，即外线电话，是由电信局引来的；二是系统内部电话，即内线电话，除内部通话外，还可通过总机接通外线电话，亦可自动或手动，均由总机设置；三是移动电话，在楼顶设置发射接收天线，见图 5-26。

1. 电话及电传

（1）市内直拨电话　由图 5-16 可知，市话电缆是从右下角引入弱电竖井的，室外应设置接线箱。市话电缆接在接线箱的进线端子上，而出线则分两个部分，其中直拨电话端子的电缆经线槽及竖井直接引至装设直拨电话房间的电话插座上（ ，其中 TP 为电话插座，TX 为电传插座），但图中未标出哪部电话机是直拨电话及其部数，这应与建设单位协商并确定准确，一经确定便不得更改，进线电缆的线芯对数也由此确定，并有一部数量的备用线。

而另一部分为系统内部电话接通市内电话电缆的端子，这条电缆经线槽和竖井直接引至第二设备层的电话总机房进线接线架（柜）上，见图 5-20，但图中未画出接线架。

（2）系统内部电话　系统内部电话均由九层的电话总机房引出，见图 5-20。

1）九层顶内（标高 5m）设置电缆槽，这个电缆槽是弱电系统公用的，它经过走廊，把两个弱电竖井、值班室、三个机房以及监控信号较多的变配电间和一个强电竖井联络起来。

2）图中 TP1 ~ TP7 是电话机插座，它是用管路从电缆槽引入的，同时从该插座盒处引

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

管至八层同一标高处的电话机插座盒，同样方法一直到地下二层，见图 5-27 和图 5-29。

3）图中未标注序号的 TP 只在本层设置并由电弱槽直接设管引入。

4）在图 5-29 中，我们可以看到以下内容与前述有所不同：

① ③轴的 TP1 由原来的位置移至 C 点，并从该点引至四层，然后直至地下二层。这是常用的位置平移变动方法。但是这里必须有隔断墙，否则必须经竖井或电缆槽重新设置。

② ⑩轴增设电话机及电传 TP、TX 插座，这是由八层顶内弱电电缆槽设管引入的，并由此引至下层直到地上一层。

③ ④轴增设电话机及电传共三部，同样由八层顶内弱电电缆槽引入，但只引至五层。

5）在图 5-16 中，可以看到以下内容：

① ②轴增设及值班室的电话机插座是从四层开始引入的，一直到一层，四层的引入方法同上。

② ⑦轴增设的电话机同②轴，但⑦轴值班室的电话机是从弱电电缆槽直接引入的且不下引或上引，仅此一层。

③ ⑫轴值班室增设的电话机是从四层按上述方法引入的。

④ ③轴、⑪轴 TP1 和 TP2 是从四层按上述方法引入的，直到一层。

⑤ Ⓒ轴、Ⓐ轴的 TP 引入方法同上。

6）图 5-23，可以看到以下内容：

① 十层顶板下设电缆线槽并沿墙角敷设，开口于侧面。

② 十层的电话机插座是用管埋于顶板经墙引至 1.20m 标高处的，然后沿墙将管引至十一层、十二层直至顶层同一标高处。

2. 广播

广播仅在地下一层至地上九层设置，广播线路的管路均由本层设置的弱电线槽用管或线槽引入并在吊顶内敷设，除五层平台上的扬声器于墙上安装外，吊顶上的扬声器一律口朝下安装，见图 5-29。每层线缆均经线槽和竖井引至九层的机房。

3. 电视

电视插座的设置基本同电话，读者可参照前述进行分析。电视信号的引入是从楼顶设置的卫星电视接收天线用电视信号电缆经弱电竖井及弱电线槽引入九层机房的，见图 5-26。

（九）微机系统

设备层的中央控制室、中央调度室、计算机中心、各类机房、5～8 层的办公间、地下一层至地上四层、保安中心、消防中心以及 10～36 层的有关房间内均设有微机或终端装置，其线路的敷设基本同电话、广播和电视系统，在终端位置一般用线槽从顶内的弱电电缆槽直接引下即可。

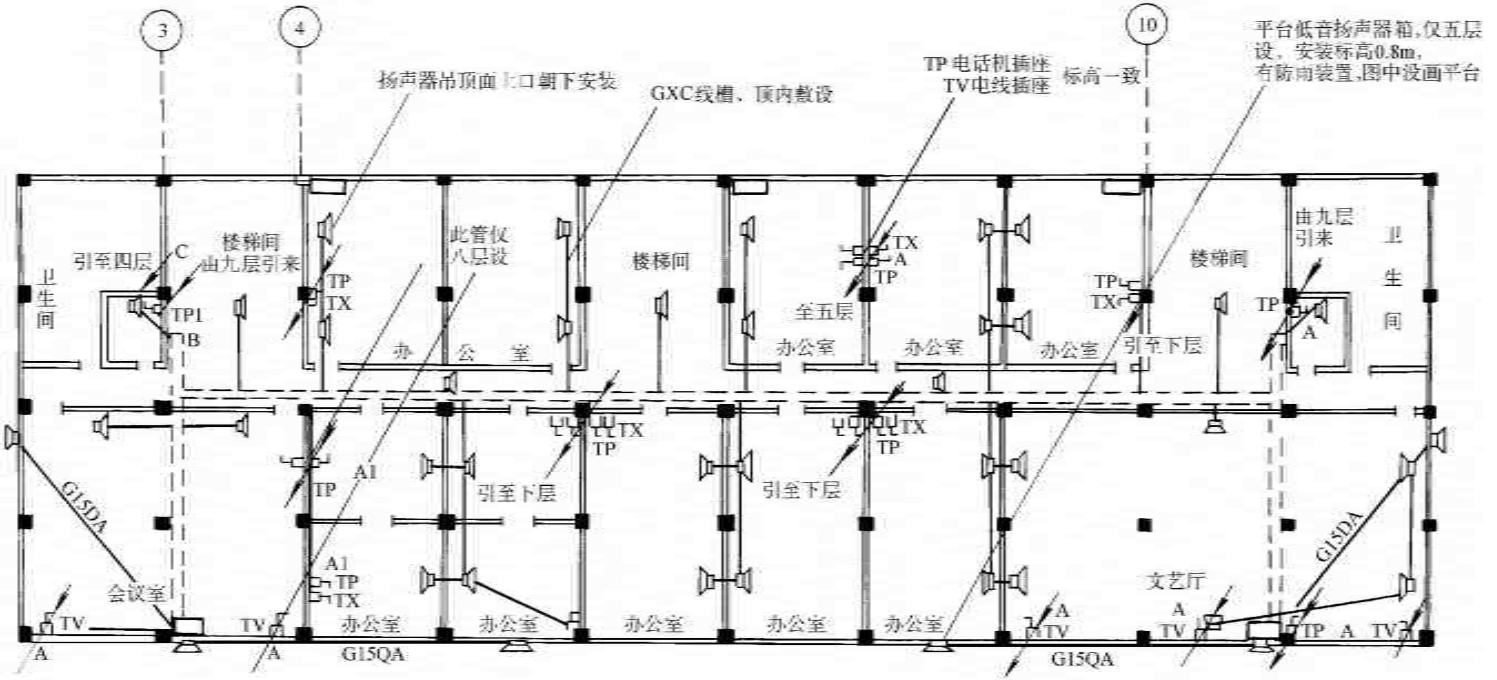
其中，中央控制室、中央调度室、计算机中心、各类机房、保安中心、消防中心等弱电线路较集中的房间的地面上均设有具有龙骨的木制或可消除静电的地板，所有引入、引出的线缆均在板下敷设，然后再引入弱电竖井，当有电源引入时，应与弱电线缆隔离。

（十）屋顶设施

1）电梯电源、电动门电源均由顶板下电气竖井直接引入，因电梯设置极限开关，因此两路电路管先引至墙上至极限开关，详见图 5-24。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

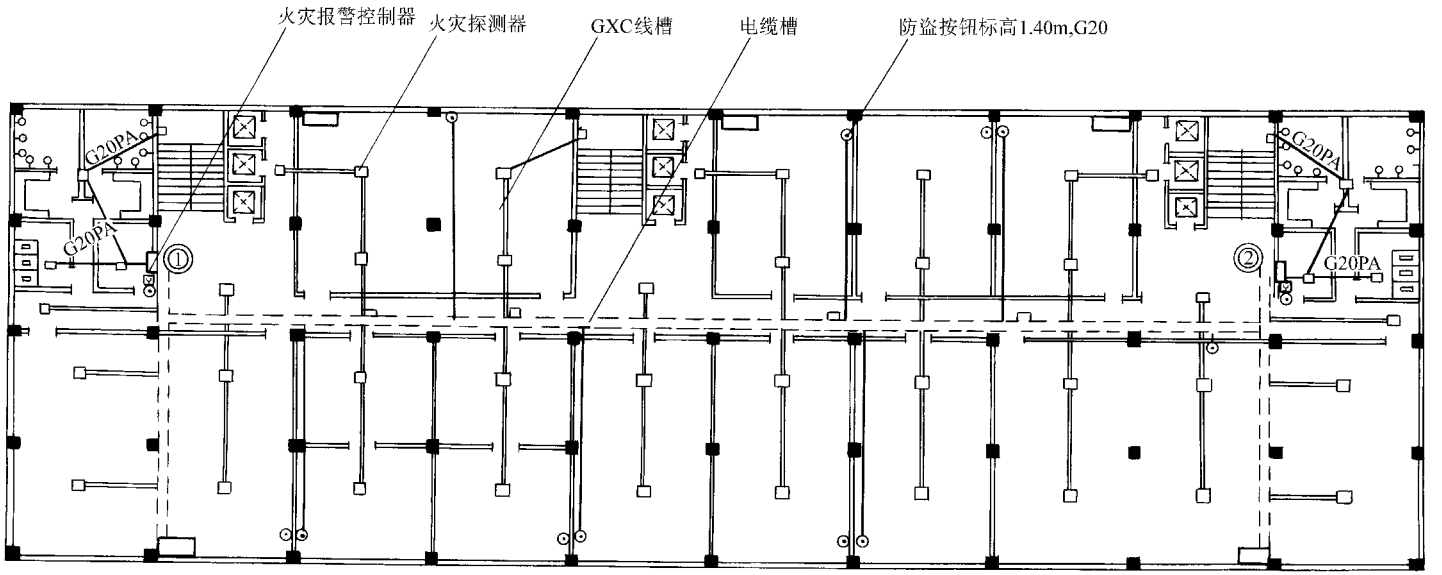


注:凡在柱子上的插座则由下层引来,凡在墙上的插座则应在第五层开始下盒下管并由此上引至九层机房。
微机联网线槽图中没有标出,安装时根据房间内布置,用线槽由顶内电缆槽引下即可。
八层不往上引的电话电视插座应在八层引入主电缆槽,再经竖井进入机房。

a)

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



注:顶内火灾探测器和吊顶上布置相同,将盒及管预埋在顶板上,经电缆槽上方的盒用软金属管引入电缆槽内,图中不便画出

b)

图 5-29　5～8 层弱电系统平面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）屋顶及电梯机房顶部设航空障碍照明，屋顶四周及电梯机房四周设节日彩灯，其电源均由竖井引入并集中自动控制。卫星电视接收天线的电源，机房照明闸箱电源也由竖井直接引入，见图 5-25 和图 5-26。

3）屋顶板下 GZC 线槽的设置，见图 5-26 的虚线，是为了将电梯运行的信号引入中央调度室及消防中心，图中 A 点为电梯控制柜的安装位置。无线寻呼的电话电缆、电视信号的电缆用钢管直接引入弱电竖井，见图中 B 点。其塔座的尺寸必须由厂家提供的尺寸为准，以免误贻。

（十一）室内吊顶及基础接地工程

室内吊顶及基础接地工程是电气工程，特别是高层建筑的电气工程中与土建工程密切配合的工程项目，其中，吊顶的图样是土建图样的范围，由土建人员掌握。电气人员主要是核对开孔的尺寸和轴线，其开孔尺寸最好是用灯具或设备的实物进行比对，在施工前和施工过程中与土建人员密切协商配合，特别是在顶内安装管或槽时更要特别注意，这里不再列出图样进行分析。

基础接地工程常用基础接地平面图表示，金霞大厦基础接地平面图见图 5-30。由图可以知道以下内容。

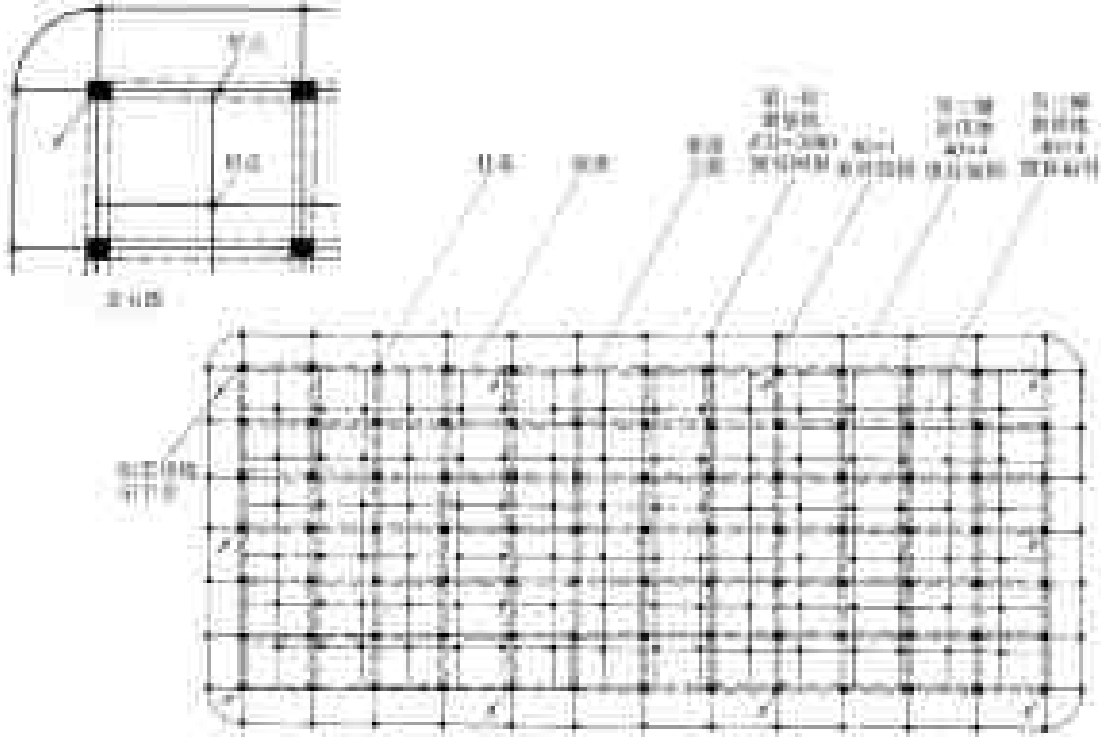


图 5-30　金霞大厦基础接地平面图

1）图中柱基或桩基均由地梁连接，柱基或桩基内的主筋必须与地梁内主筋可靠焊接。

2）柱基或桩基的主筋作为垂直接地体，其规格见土建图样。

3）地梁的主筋作为水平接地线，规格见土建图样。基础四角处应作成圆弧形水平接地线。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）柱基或桩基主筋与地梁主筋焊接后，从地下二层开始向上层层柱内主筋必须用电焊可靠焊接，一直到顶层，作为防雷接地的下引线。

5）从地下二层开始向上层层圈梁内主筋的连接必须电焊焊接并与柱内主筋可靠焊接，一直到顶层，作为防侧雷的接闪器。

6）地下二层最外圈柱内主筋用40mm×4mm镀锌扁钢焊接后引出外缘3.5m并在此用一根ϕ25mm×3000mm镀锌圆钢垂直打入地下，上端部与扁钢焊接，作为第一辅助接地，如果1～5条可保证接地电阻在1Ω及以下时，可不采用第一辅助接地。

7）地下二层外引垂直镀锌圆钢可用40mm×4mm镀锌扁钢水平连接起来，全部采用焊接，作为第二辅助接地，如果1～6条可保证接地电阻在1Ω及以下时，可不采用第二辅助接地。

8）地下二层混凝土垫层之下，纵横方向每隔5m用一根ϕ25mm×3000mm镀锌圆钢垂直打入地下，上端部用40mm×4mm镀锌扁钢焊接连接，形成一网格接地网，该接地网与地梁主筋可靠焊接，焊接点一般选在最外缘的地梁内。该接地网为第三辅助接地，如果1）～7）条可保证接地电阻在1Ω及以下时，可不采用第三辅助接地。

三、一般工业车间电气线路图的识读

工业车间的电气线路多种多样，根据其生产功能流程和产品类别的不同其复杂程度也不同。但是，工业车间电气线路又有很多相同的地方，工业车间是以动力线路为主的，辅以部分生产照明，有的还有自动化仪表。工业车间电路的敷设以电缆沟为主，并配以电缆桥架；多层结构时则以桥架、封闭插接母线和竖井为主，辅以部分照明管线；容量较大的工业车间均设变配电室和控制室，电动机的容量有时很大，有时采用高压电动机，高压电源由厂区总变电所引来。这里我们以一实例说明工业车间电气线路的识读，需要说明的一点就是前面已详细讲过的系统图、自动化仪表、接线图等限于篇幅的关系不再介绍，只从动力和照明平面布置。

（一）动力线路工程设施概况

该车间单层框架结构，局部三层，设有室外变压器两台，10kV 800kVA，供低压动力照明用；215kW的电动机采用10kV高压电动机，电源由总变电缆引来，并设有配电室、控制室，采用集中和就地控制，所有信号均引入控制室。系统采用柱内主筋为接地引线，接地体室外单设，接地电阻不大于4Ω，动力平面及设备布置见图5-31。

（二）动力线路的敷设

1）电源电缆共8根，由厂区总变电所埋地引来，其中VV 29（3×25）两根为变压器电源引至变压器高压侧，VV 29（3×16）两根为高压电动机电源，引入后沿电缆沟送至高压电动机起动柜处，见图中[illegible]柜，另外两根为备用，引入到电缆沟里即可。

2）电缆沟把配电室、控制室及车间两边路连通，送往各柜、箱的电缆和导线均经过电缆沟敷设。通往215kW电动机的负荷电缆也是经电缆沟敷设的，这一段电缆沟是为其单独设置的，沟通了起动柜和电动机的连接。

3）通往[illegible]开关箱的电源是穿管G32和G50由电缆沟引入的。由各开关箱到电动机的负荷管均为G20埋地且穿过电缆沟引至电动机接线盒处，出线口标高由设备安装高度确定。由高压电动机起动柜引至15kW电动机的负荷管G20直接埋地引至电动机接线盒处。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

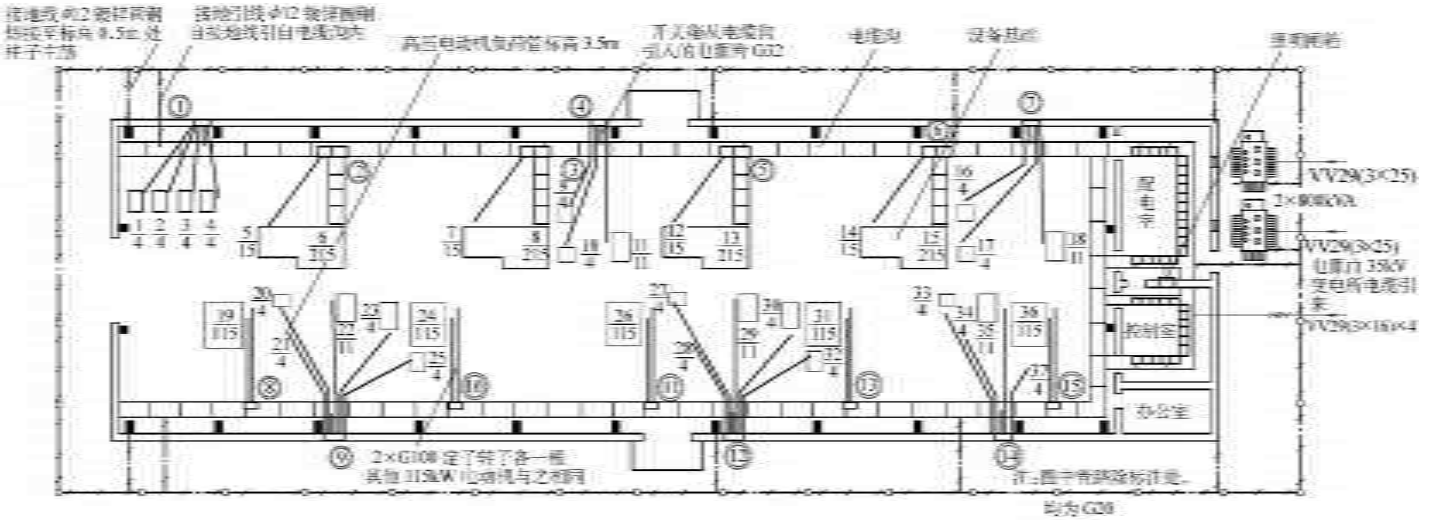


图 5-31　某车间动力平面及设备布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）由[illegible]起动柜引至115kW电动机的负荷管2×G100埋地引至电动机接线盒处，115kW电动机采用绕线转子电动机，定子、转子各一根，出线口标高由设备安装高度确定。

5）电气信号、运行参数、反馈信号、仪表导管线缆等直流或弱电电缆均敷设在电缆桥架上，桥架的布置见图5-32。桥架通往每台大型电动机处，并引至配电室（交流电源部分、电流表及电压表等）和控制室（上述所有信号）。桥架安装分三种标高，主桥3.5m，引至电动机2.5m，引入控制室2.2m。

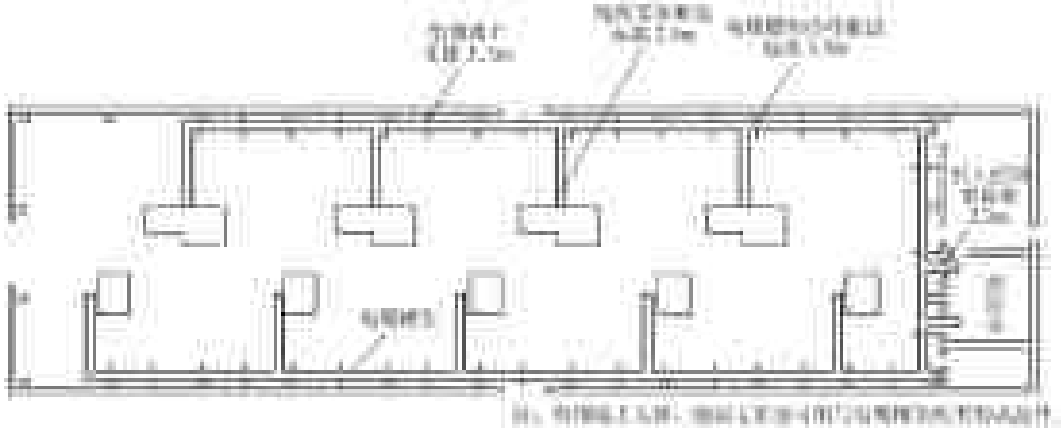


图5-32　某车间电缆桥架布置图

（三）动力设备的安装

开关箱[illegible]均安装在墙上，明装，下底距地1.2m。起动柜[illegible]及控制室、配电室的盘柜均安装在电缆沟上端面的槽钢架上，落地式安装。变压器安装在室外基础上，图中未标注标高，因此按一般规定，标高0.5m，距墙1.2m，并与低压引入窗口对正。

（四）电动机起动控制线路

本工程电动机的控制分为5类，215kW、10kV电动机采用断路器直接起动，115kW绕线转子电动机采用频敏变阻器间接起动，[illegible]箱控制的电动机为直接起动循环定时工作，[illegible]箱控制的电动机其中三台为程序控制直接起动，其他电动机为接触器直接起动。车间设天车，有关天车的内容及各类电动机起动控制保护电路详见《电气工程安装及调试技术手册》新版一书。

（五）照明线路工程装置概况

该车间的照明系统，低处采用柱上荧光灯照明，高处采用高压钠灯照明，均为集中控制。配电室、控制室及办公间采用荧光灯照明，单独控制，分三层布置，层高3.5m。同时，在照明平面图上标注了电话的管线盒，这也是一种常用画法，但只适用于较简单的电话线路中。照明平面图见图5-33。

（六）车间及附设照明线路的设置

1. 车间内的线路

1）每柱2.5m处设三管荧光灯，电源由电缆沟穿管引入，由控制室照明柜分相集中控

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

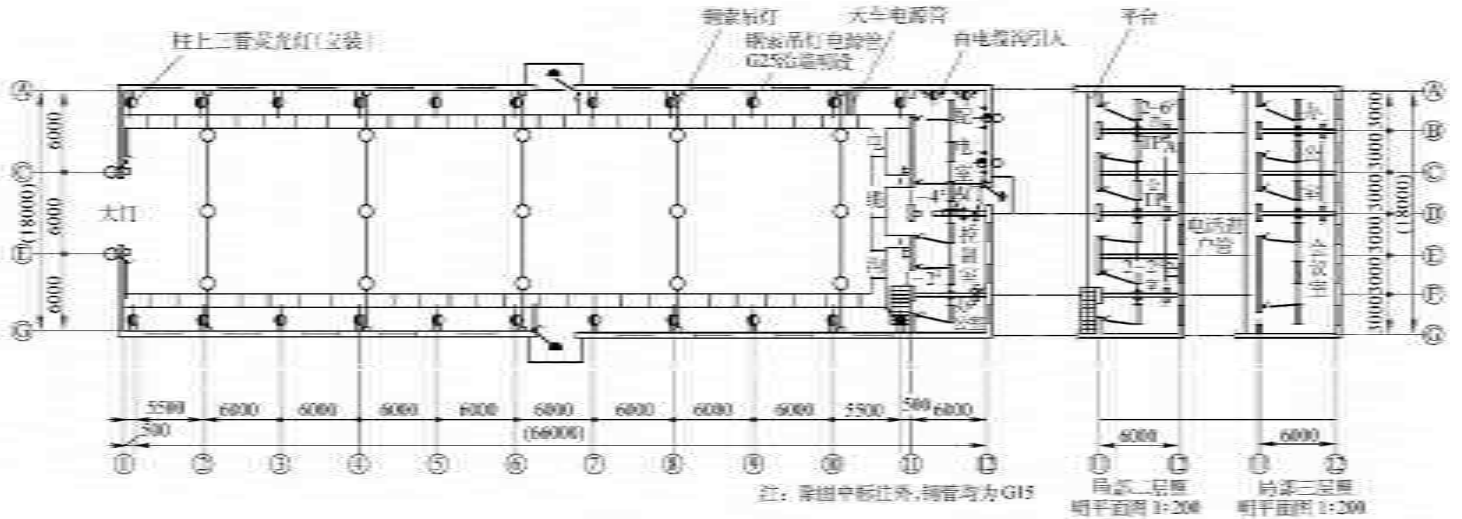


图 5-33　某车间照明、电话平面图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

制，边门设雨篷吸顶灯，单独控制，电源由电缆沟引至门柱 1.4m 处的照明开关，然后再引至雨篷。大门处设室外柱灯，标高 3.5m，电源由电缆沟引至门柱 1.4m 处的照明开关，然后再上引至 3.5m 处。

2）2、4、6、8、10 轴的 9.5m 处的柱上设钢索吊灯三套，电源由 10 轴电缆沟穿管引至 9.5m 处并由此水平设管至 2 轴，且上述各轴设接线盒，钢索由每轴上的耳环牵引，吊灯由控制室分三相集中控制。

3）天车电源管由电缆沟穿管引至 7m 处的天车母线上。

2. 配电室、控制室、办公间的线路

1）照明闸箱设在首层 D 轴墙上，暗装距地 1.4m，电源由电缆沟穿管从下皮引入，见图 5-31。

2）由闸箱引管至首层顶板，设荧光灯和插座，同时再引管至二层三层顶板并设荧光灯，单独分相控制，管线布置读者自行分析。

3）电话进户管由二层顶上 0.8m 的 D 轴引入至距 12 轴 0.8m 处，并由该处设管垂直下引至首层 0.8m 处，同时上引至三层 0.8m 处。在二层地板设管将电话引至 B 轴、F 轴的 0.8m 处，二层 B 轴、D 轴电话盒处设管上引至三层的 0.8m，所有电话盒距地 0.8m。

其他读者可自行分析。

四、10kV 变配电装置微机继电保护装置电路解读

这里以四方公司生产的 CSL-2□A 型和 CSP-2□A 微机保护装置用于 10kV 配电装置的保护为例，讲述该系统读图的方法。

CSL-216A 型微机保护装置，具有三段式相间电流、电压保护及三相一次重合闸及分布式单相接地故障选线、低频减载功能，并备有遥控、遥测、遥信接口。

CSP-25A 和 CSP-26A 型微机保护装置，具有两段相间过电流保护、电流闭锁、失电压保护、过电压保护及不平衡电压保护（25A 型）、不平衡电流（26A 型）保护，同时具有遥控、遥测、遥信接口。

该保护装置在原开关柜上并联且接在总线网上，通过总线网该装置上送有有关运行状态及数据，从而在主控室实现集中监控，事故信号和预告信号一方面通过装置本身报警，另一方面通过中央信号装置报警。

该保护装置及其技术仍在发展之中，同时也存在着一些缺陷，如抗低温问题。这需要制造厂商及有关设计、制造、运行人员总结经验，不断完善产品的性能，提高产品的质量及抗干扰能力，使微机保护装置进入良好发展状态，保证变配供电系统稳定安全运行。

微机保护装置在变电所二次回路中图样很多，这里仅以 10kV 为例进行说明，与前述内容相同部分不再重复。

1. 图 5-34 是某变电所 10kV 配电系统图，该图与前述高压配电系统图基本相同，所不同的是该系统采用的主变压器是三线圈电力变压器，其中 110kV 为进线，35kV 为第一出线，是供距变电所较远的公共变电所（35/10kV）及 35kV 用户的；10kV 为第二出线，是供距变电所较近的公共变电所（10/0.4kV）及 10kV 用户的。该图也常用于集中监控调度画面模拟图，并用监视器显示，供运行人员监控。

2. 图 5-35 是图 5-34 配电系统保护测量配置一览图，该图可表达以下内容。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

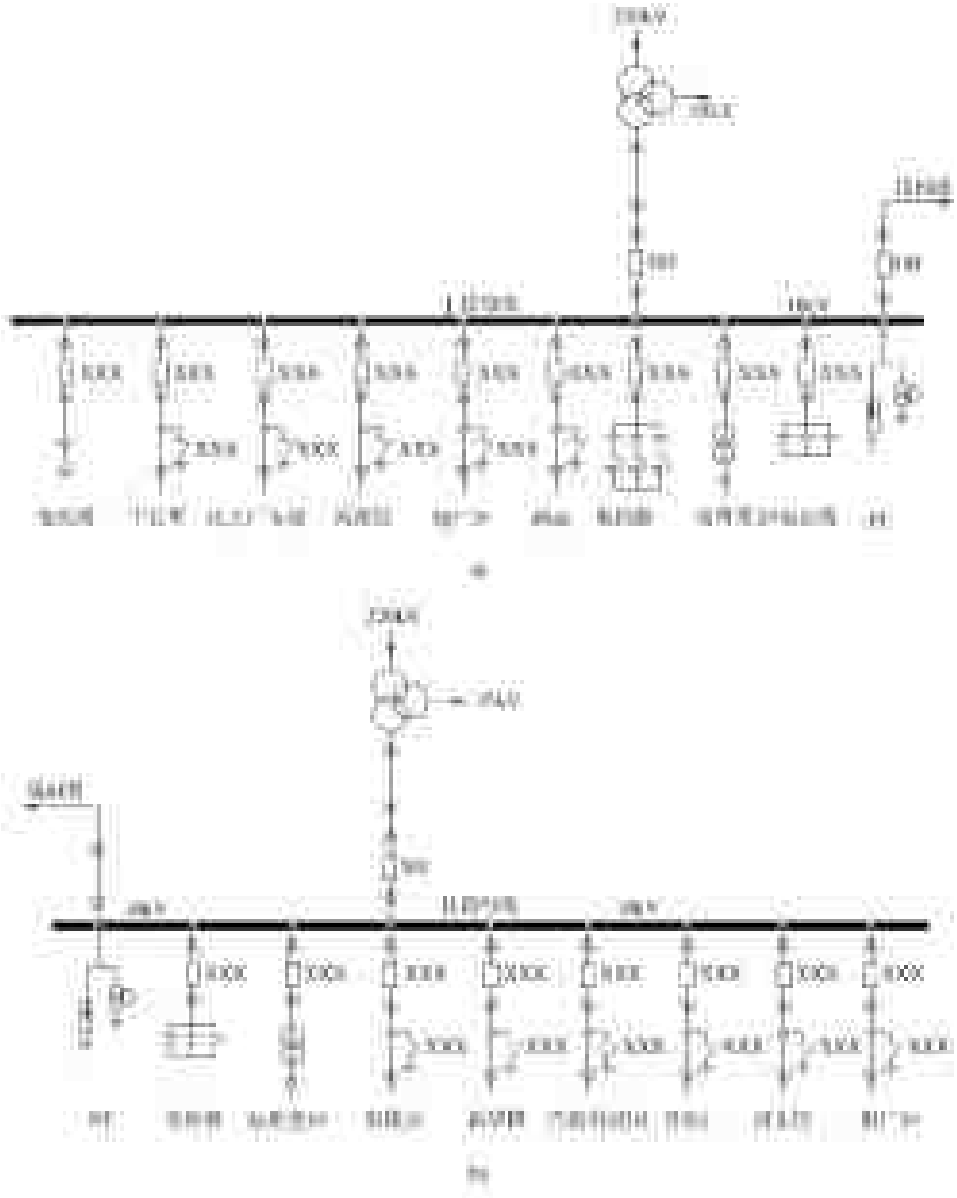


图 5-34 某变电所 10kV 配电系统图（模拟板图）

a）Ⅰ段母线 b）Ⅱ段母线

（1）两路电容器回路采用 CSP-25A 微机保护装置，一路电容器回路采用 CSP-26A 微机保护装置。

（2）两台主变压器的 10kV 出线采用纵联差动保护。

（3）两台站用变压器采用 CSL-216A 微机保护装置。

（4）两段 10kV 母线的联络开关回路采用 CSL-216A 微机保护装置。

（5）一路电抗器回路采用 CSL-216A 微机保护装置。

（6）10kV 母线送出的 11 个用电回路均采用 CSL-216A 微机保护装置。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

说明：

控制，保护分布在开关柜，具有计算机集中监控功能，并留有“三遥”接口。

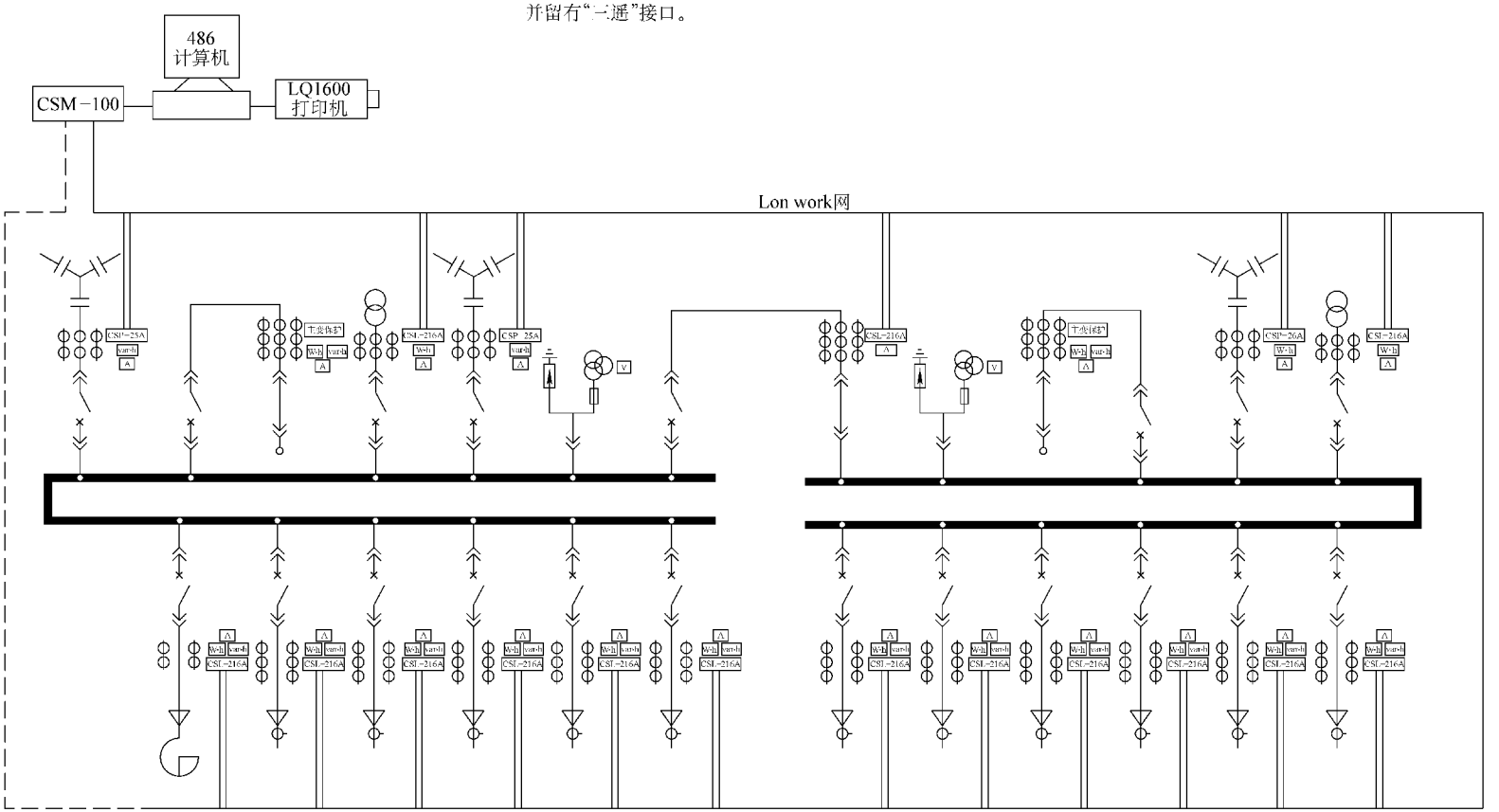


图 5-35　10kV 配电系统保护及测量配置一览图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（7）所有微机保护装置的网络通信信号均引入 Lon Work（监控总线网）并送至计算机中心且为闭环监控或调度。

3. 图 5-36 是该 10kV 配电系统交流控制及微机保护回路的接线图，图中所示以下内容。

（1）主回路采用断路器控制，并设有测量用、保护用、接地选线用和备用四组电流互感器，作为检测电流信号用。

（2）电流回路中，测量电流回路与前述相同，而保护电流回路则将电流互感器的电流信号送到 CSL-216A 型微机保护装置的相应端子上。

（3）电压回路中，测量电压回路与前述相同，而电压保护回路则将电压小母线的电压信号送到 CSL-216A 微机保护装置的相应端子上。

（4）断路器的控制线路与前述相同，所不同的是跳闸回路的跳闸信号是由微机保护装置提供的，见图中 n35# ~ n55#接点。

有关微机保护装置端子板接线图见图 5-37。

4. 图 5-37 是 10kV 开关柜端子板及微机保护装置端子板接线图，图中有三种标号：

（1）n × × 为 CSL-216A 端子号；

（2）b × × 为 10kV 开关柜端子号；

（3）控制回路中接点的编号，如 A411、101、102 等。

读图时除注意编号外，还应注意 CSL-216A 端子上的文字标注，这对看懂图 5-37 有很大益处，在读图时应一一对照，并且能熟悉 CSL-216A 的功能。

这里我们仅用 10kV 微机保护装置简单地说明了微机在供配电系统中应用的一个侧面，其实微机在电力系统中的应用是一专门的学科，内容很多且很复杂，有些内容已超出了本书的范围，限于篇幅的关系，其他有关内容请读者参阅计算机技术在电力系统中应用的其他专著。

五、继电保护及自动控制装置

继电保护及自动控制装置主要指高压变配电系统中的测量、保护、信号、控制、直流电源及自动装置等，是主体变配电设备及装置的辅助电路，也称为二次回路。

目前，继电保护及自动装置可分为传统的继电器保护方式和现代的微机继电保护两种，它们的取源部件是相同的，由电流/电压互感器组成；继电器保护主要由不同功能的继电器组成相应的逻辑电路，对系统的短路、过电流、接地等进行保护。而微机保护系统是专门为电气系统保护制造的模块装置，这个装置模拟了继电器保护装置，具有保护、测控、遥控、通信、调度、记录、打印等功能，可以把复杂的、技术含量极高的继电器保护装置简化，并使其进入数字控制系统。在原继电器继保装置的基础上，审阅这样的电路并不困难。

继电保护及自动装置的工作状态及其逻辑功能决定着电气系统的正常运行，同时继电保护及自动装置的工作状态更是决定着主体设备的工作状态并监控和保护主体设备，它们使用低电压、小电流却控制着主电路的高电压、大电流。它们构成了复杂的线路，是变配电装置中的难点。

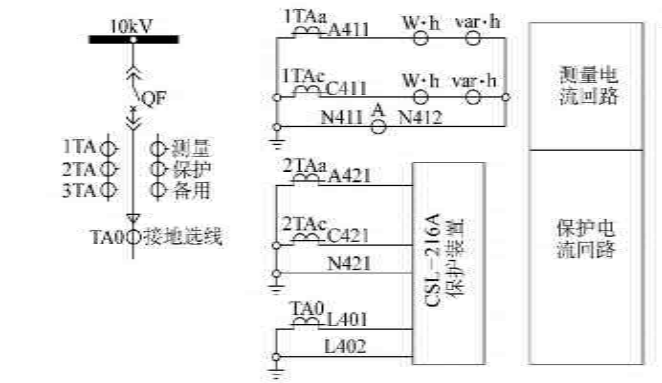
（一）主控制室及小母线

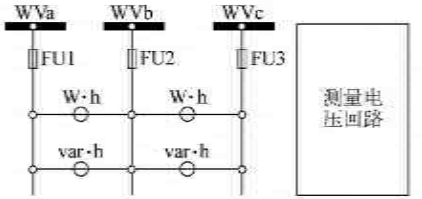
1. 主控制室

35kV 及以上的变配电装置均设置主控制室，主控制室一般包括操作台、保护屏、控制

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

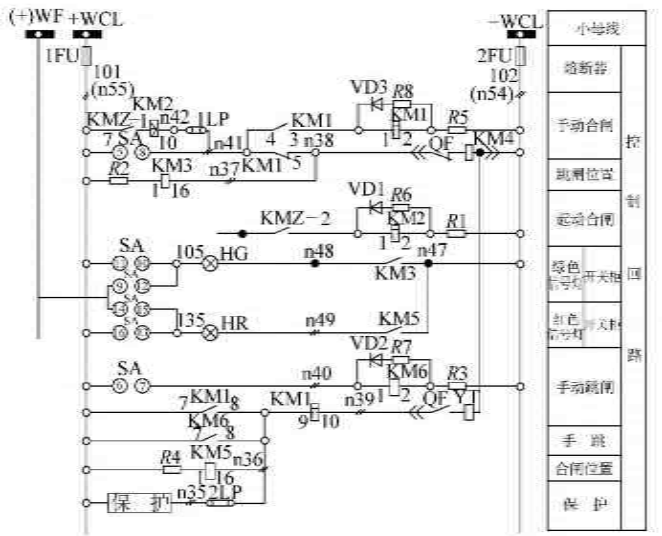




设　备　表

符号	名称	型式	技术特性	数量	备注
出线开关柜上设备					
	微机保护装置	CSL-216A		1	
HG	绿色信号灯	AD11-25/21	220V	1	
HR	红色信号灯	AD11-25/21	220V	1	
SA	控制组合开关	LW2-Z-1a,4,6a,40,20,6a/f8		1	
1LP,2LP	连片	YY1-D		2	
1FU,2FU	熔断器	RT-10	6A	2	
A	电流表	72L02-30	见变比一览表	1	尺寸 110×110

注：1. 电能表利用原来的。
　　2. 本图也适用于站用变，电抗器开关柜。
　　但到电能表电缆不接线。



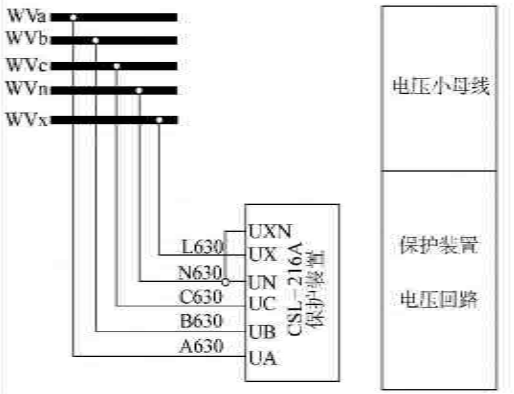
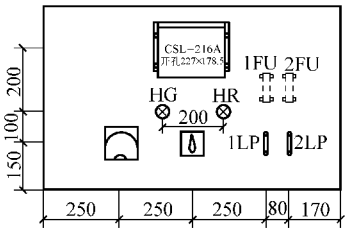


图 5-36　10kV 配电系统交流控制及微机保护回路接线图

www.789pdf.com 789书库网

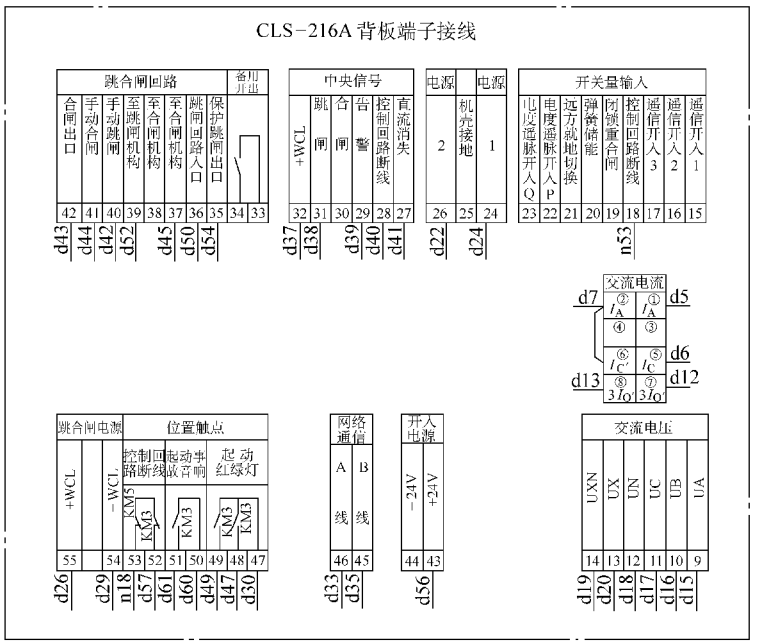
www.789pdf.com 789书库网



进线开关柜面板布置

设　备　表

符　号	名　称	型　式	技术特性	数量	备　注
出线开关柜上设备					
	微机保护装置	CSL 216A		1	
HG	绿色信号灯	AD11 25/2	220V	1	
HR	红色信号灯	AD11-25/2	220V	1	
SA	控制组合开关	LW2-Z-1a,4,6a,40,20,6a/f8		1	
1LP,2LP	连片	YY1-D		2	
1FU,2FU	熔断器	R1-10	6A	2	装在继电器小室内
A	电流表	Z2102-30	见变比一览表	1	尺寸 110×110
	合闸电流端子			4	



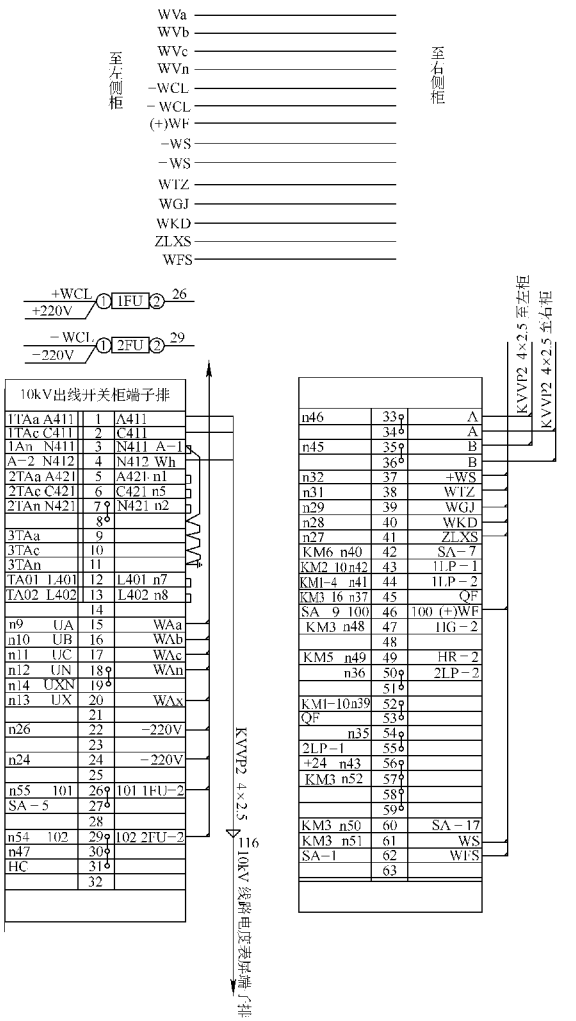


图 5-37　10kV 开关柜端子板及微机保护装置端子板接线图

注：1. 端子排中标号 n××为 CSL－216A 端子号；d××为开关柜端子号。　2. 本图也适用于站用变开关柜。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

屏、继电器屏、中央信号屏、计量屏、直流屏、所内装置模拟屏、UPS 屏等，并配有电缆沟或电缆桥架，见图 5-33 ~ 图 5-37。主控室内均为低压设备，它是通过电缆沟或电缆桥架将系统中的所有电气信号及参数引到主控室内相应的屏或柜内，以便控制、保护、报警或计量。10kV 配电室一般不设控制室，但有些设计也设置主控室。主控室是变配电装置的心脏。

2. 小母线

二次回路图样的识读必须弄懂什么是小母线，小母线是指配电装置中屏柜之间二次回路电源干线连接所采用的一种铜棒或铜管，它是由直流屏引出的（指直流操作）供控制、保护、报警、计量用的一种特殊的母线。

（1）小母线的类别及用途

1）控制回路电源小母线 + WCL 和 - WCL，是供操作回路使用的电源母线，如断路器的控制回路及合闸接触器电源，它是由直流屏直接供给的。

2）闪光信号小母线 + WF，是供系统闪光信号使用的电源，它是由直流屏中闪光装置提供的。

3）信号回路电源 + WS 和 - WS，是供系统信号回路使用的电源母线，如事故信号、预告信号等，它是由直流屏直接提供的。

4）预告信号小母线 WPS，是由信号母线派生的小母线，一般经预告信号接点接入，如熔断器熔丝熔断接点，变压器瓦斯或温度接点等，作为信号预告母线。

5）事故音响信号小母线 WFS、WAS，是由信号母线派生的小母线，WFS 由 + WS 直接接入；WAS 由 WFS 经转换开关或断路器辅助触点接入，它们是用来驱动音响信号直接报警的。

6）“掉牌未复归”光字牌小母线 WSF，是由信号母线 + WS 派生的，直接接入。

7）电源电压小母线 WVa、WVb、WVc，在 35/10kV 系统中设两组电源电压小母线，用来指示电压和电能测量用，它们分别由 35kV 和 10kV 电压互感器提供。

8）合闸小母线 + WO 和 - WO，是专供断路器合闸线圈工作的电源母线，是由直流屏直接提供的。

其他小母线应参考图样中的标注及说明。

（2）小母线的连接一般可用图 5-38（见书后插页）来表示，该图与 1 中的内容是相符的。

（二）35kV 主进线断路器控制及保护二次回路原理图

图 5-39 是 35kV 变电所主进线断路器控制及保护二次回路原理图，表 5-28 是该图的材料设备表。图 5-39 可表达五个方面的内容。

1. 电气主接线

断路器 QF 与母线的连接采用了高压插头和插座，省略了隔离开关，这说明 QF 是装设在柜内，且为手车柜或固定式开关柜，此接线适用于室内变电所。QF 下闸口设两组电流互感器，其中 1TA 为测量回路所用，2TA 为保护回路所用。

2. 测量回路

测量回路是由电压继电器、电流互感器、表计和继电器组成的，该图测量回路分两部分。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

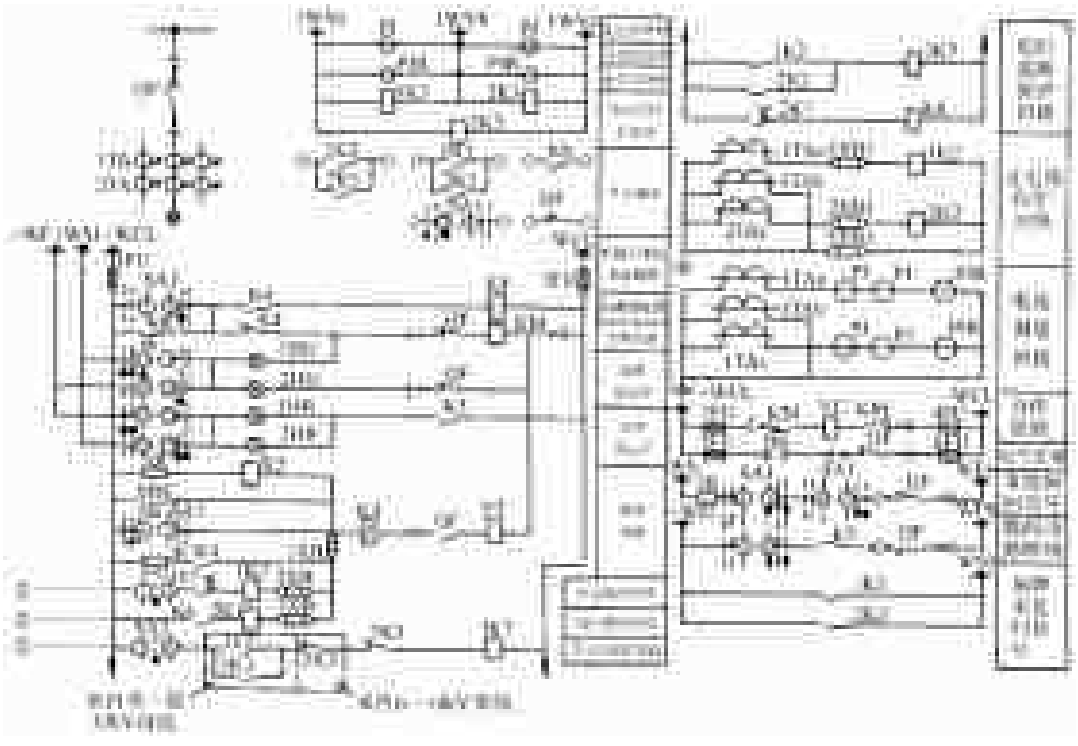


图 5-39　35kV 变电所主进线断路器控制及保护二次回路原理图

表 5-28　图 5-39 设备表

符号	名称	规格	数量	符号	名称	规格	数量
安装在 35kV 柜上的设备				安装在保护屏上的设备			
				1～2K1	信号继电器	DX－11/1A	2
2HG	指示灯	XD5－□V，绿	1	1～2K2	电流继电器	DL－11/□	2
2HR	指示灯	XD5－□V，红	1	1～2K3	电压继电器	DY－37/160	2
P2	电流表	1T1－A□A	1	K4	中间继电器	DZB－14B□	1
SBS、SB	按　钮	LA2	2	K5	中间继电器	DZ－51/220□V	1
5～6FU	熔断器	R1－10/□A	2	K6	中间继电器	DZ－17□V	1
KM	直流接触器	CZ0－40D/□V	1	1K7	时间继电器	DS－113C□V	1
3～4FU	熔断器	RL1－60/□A	2	2K7	时间继电器	DS－115□V	1
安装在控制屏上的设备				2R	电阻	ZG11－50，1Ω	1
				1R	电阻	ZG11－50，5kΩ	1
SA1	控制开关	LW2－□	1	1～3XB	连接片	YY1－D	3
P1	电流表	16T2－A□A	1	3K3	电压继电器	DY－34/60C	1
3R	电阻	ZG11－50，1kΩ	1	安装在 BZT 装置屏上的设备			
1～2FU	熔断器	R1－10/□A	2	SA2	转换开关	LW5－15P0627/2	1
1HG	指示灯	XD5－□V，绿	1	安装在进线隔离开关操作机构上的设备			
1HR	指示灯	XD5－□V，红	1	DS	电锁	BY1，220V	1

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（1）电压测量回路的电源是由电压小母线 WVa、WVb、WVc 得到的，并用两元件的有功电能表 PJ 和两元件的无功电能表 PJR 的电压线圈并接在小母线上，作为电能表的电压信号。同时在电压小母线上分别并接三只电压继电器 1～3K3，作为失电压保护的测量元件，其中 3K3 的动断触点串接在失压保护回路里，见图中标注①（这些标注原图没有，只是为了讲述的方便），当 3K3 失电时，动断触点闭合，使时间继电器 1K7 得电吸合并开始延时，准备跳闸回路动作。另外两只继电器 1K3、2K3 的动合触点并联后，接至另一段 35kV 母线的控制回路里，并与 10kV 母线段的电压继电器 3K3 的动断触点串联，作为失电压保护的动作回路，见图中虚线框内图示。

（2）电流测量回路的电源是由电流互感器 1TA 得到的，除了串接两元件电能表的电流线圈外，还串接两只电流表 P1 和 P2。

电压测量回路中，如在电压继电器 1～3K3 两端分别并联一只电压表（35000/100）即可测量三相的电压，图中没有标出。

3. 保护回路

保护回路由电流互感器 2TA 和电流继电器 1～2K2、时间继电器 2K7、中间继电器 K6 构成。1～2K2 分别串接在 2TAa、2TAc 的回路中，作为电流信号检测元件。当某相过电流时，1K2 或 2K2 动作，其动合触点闭合，时间继电器 2K7 得电吸合并开始延时，准备跳闸回路动作。过电流时间超过整定时间后，2K7 动合触点闭合，中间继电器 K6 得电吸合，其串接在延时跳闸回路里的动合触点闭合，见图中标注②，信号继电器 2K1 吸合其触点发出信号并使跳闸线圈 YT 动作。

4. 断路器控制回路

断路器的控制回路较为复杂，由控制开关 SA1、按钮 SB 和 SBS、直流接触器 KM、时间继电器 1K7、中间继电器 K4 和 K5、断路器跳闸线圈 YT 和合闸线圈 YC、各种熔断器和电阻器、电锁 DS、转换开关 SA2 等组成，其中 SA1 和 K4 为关键元件且功能独特。

（1）SA1 是 LW2－Z 型控制开关，这是一种封闭式万能转换开关，其转动手柄有 6 个不同位置，在不同位置时，各触点有不同的通断情况。断路器在跳闸位置时，开关的手柄在水平位置即“跳闸后”位置，合闸时先将手柄顺时针转动 90°到垂直位置即“预备合闸”位置，然后再继续转动 45°即“合闸”位置，这时将手柄松开，手柄自动返回到垂直位置即称为“合闸后”位置。跳闸时先将手柄逆时针转动 90°到水平位置即“预备跳闸”位置，然后再继续转动 45°即“跳闸”位置，松开手柄后手柄自动返回到水平位置即“跳闸后”位置，详见表 5-29。

（2）K4 是一种特殊的中间继电器，它有两只线圈，其中电流起动线圈串联在跳闸回路中，额定电流与断路器跳闸线圈的动作电流匹配，灵敏度高于跳闸线圈。另外一只为电压保持线圈，经过自身的动合触点并联在合闸接触器 KM 的线圈上，其动断触点串联在 KM 的线圈回路里。无论哪组线圈得电都会使继电器的触点动作，因此常用在防跳回路中。

当断路器合闸时，由于种种原因造成 SA1 手柄未自动返回或触点粘连，此时如有短路存在，继电保护装置则使断路器自动跳闸，但合闸回路未断开，则会出现多次“跳—合”现象，这种跳跃会使断路器损坏，造成事故扩大。K4 的设置则是为了防止这种跳跃的发生，因此称 K4 为跳跃闭锁继电器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-29 LW2－YZ－1a、4、6a、40、20/F1 触点图表

在“跳闸后”位置的手柄（正面）的样式和触点盒（背面）的接线图																
手柄和触点盒的形式		F1	灯	1a		4		6a			40			20		
触点号		—	—	5－7	6－8	9－12	10－11	13－14	13－16	14－15	17－18	18－19	17－20	21－23	21－22	22－24
位置	跳闸后			—	×	—	—	—	—	×	—	×	—	—	—	×
	预备合闸			×	—	—	—	×	—	—	×	—	—	—	×	—
	合闸			—	—	×	—	—	×	—	—	—	×	×	—	—
	合闸后			×	—	—	—	×	—	—	—	—	×	×	—	—
	预备跳闸			—	×	—	—	—	—	×	×	—	—	—	×	—
	跳闸			—	—	—	×	—	—	×	—	×	—	—	—	×

K4 在电路中是这样工作的：合闸时，如正逢短路，继保动作，YT 得电吸合，使断路器跳闸，这时串联在 YT 回路的 K4 电流线圈也通以电流则使 K4 吸合，其动断触点断开了 KM 的得电回路，使其不能得电，而动合触点闭合接通了 K4 的电压线圈，断开了 KM，使其不能得电再次吸合，防止了跳跃的发生。只有当 SA1 或合闸信号恢复正常后，K4 电压线圈断电，才能正常合闸起动。

（3）断路器的合闸跳闸过程

1）SA1 的手柄在“跳闸后”位置且断路器 QF 也在跳闸位置时，其触点 10－11 闭合，绿灯 1HG 与 KM 串联，将信号小母线＋WS1 与控制小母线－WCL 接通，1HG 点亮，表示断路器在跳闸位置，但 KM 不吸合，因为被 1HG 分压，KM 两端的电压不足以使其吸合。1HG 点亮一是说明 KM 回路完好，二是说明 1FU、2FU 完好。在触点 10－11 闭合的同时，2HG 经 QF 的辅助动断触点将闪光小母线＋WF 与－WCL 接通，这时 2HG 将闪光，提醒运行人员注意。有关闪光小母线的内容将后面介绍。

2）按 1. 中的要求将手柄经“预备合闸”位置转到“合闸”位置时，触点 5－8 闭合，KM 得到全部控制电压而吸合，其主触头闭合将合闸线圈 YC 与合闸母线 WO 连接，YC 动作，QF 合闸。1HG、2HG 熄灭。

3）松开手柄，SA1 返回“合闸后”位置，触点 16－13 闭合，2HR、1HR 经 K5 常开点分别与－WCL 和＋WF 连接。K5 为一中间继电器，其线圈经 1R、K4 电流线圈、YT 电流线圈及 QF 的辅助动合触点（QF 合闸后已闭合）接于控制母线上而吸合，其动合触点闭合，2HR 点亮，1HR 闪光，指示 QF 已合闸完毕。K5 的吸合还表示 YT 回路正常，但不足以 YT 动作。

4）按 1. 中的要求将手柄转到“跳闸”位置时，触点 6－7 闭合，YT 经 K4 电流线圈和 QF 动合触点与控制电源连接，YT 动作，QF 跳闸。松开手柄后，手柄自动返回到“跳闸后”位置，1HG、2HG 重新点亮、闪光。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5. 信号装置

（1）当失压保护回路 1K7 动作、当过流时间继电器 2K7 动作，都能使 YT 得电跳闸，并由信号继电器 1K1 和 2K1 发出跳闸信号，掉牌未复归光字牌发光。因故障继保动作而使 QF 跳闸后，SA1 未动作，由表 5-29 可知 SA1 的触点 9－10 在“预备合闸”及“合闸后”位置均为闭合，这时 QF 辅助动断触点复位，因此 1HG 点亮而 2HG 闪光，表示 QF 事故跳闸。

（2）事故跳闸还发出音响信号，图 5-39 是利用“合闸后”SA1 的触点 1－3 和 19－17 的接通完成的，但 QF 辅助动断触点合闸后是断开的，但事故跳闸后，QF 辅助常闭复位，SA1 保持原合闸后位置，这时事故跳闸音响回路接通起动，发出音响，表示事故跳闸，有关事故音响小母线 WFS 的内容将在后面介绍。

（3）跳闸回路断线报警信号，图 5-39 是利用“合闸后”SA1 的触点 9－10 的接通和 K5 的常开完成的，当事故发生时，如①、②、③回路不足以引起 YT 动作时，K5 吸合，这时 SA1 的 9－10 闭合、QF 闭合，只要 K5 吸合，便起动信号预告小母线 WPS，发生警铃信号。有关 WPS 小母线将在后面介绍。

在跳闸、合闸控制回路有时可用按钮 SBS、SB 来实现，直接将 YT、YC 接通，使 QF 跳闸、合闸，其他同前述。

（三）35kV 主变压器控制及保护二次回路原理图

图 5-40 是 35kV 变电所主变压器控制及保护二次回路原理图，表 5-30 是该图的材料设备表。图 5-40 可表达五个方面的内容。

1. 电气主结线

主变压器 T 的一次用插头和插座式断路器 QF 与 35kV 母线连接，一次侧设置两组电流互感器 1TA 和 2TA；二次侧也设两组电流互感器 3TA 和 4TA，其中 1TA 和 3TA 是构成差动保护的取样元件，用来保护变压器内部、套管及引出线上的各种短路故障，4TA 是构成6～10kV 侧过电流、过负荷保护的取样元件，用来保护低压侧母线、线路过负荷的。同时在变压器进口侧又设两组电流互感器 TA，是用来计量电能的。

2. 差动保护的结线

一次侧电流互感器 1TAa、1TAb、1TAc 接成三角形后与差动继电器 1～3K2 连接，二次侧电流互感器 3TAa、3TAb、3TAc 接成星形后与 1～3K2 连接，相序与一次是对应的，星点可靠接地。

过电流、过负荷保护回路的接线是与电流继电器 1～4K1 连接的，其中 4K1 是保护过负荷的，连接后的星点是接地的。

3. 控制合闸回路

控制合闸回路基本与图 5-39 相同，可自行分析。

4. 保护回路

（1）差动继电器 1～3K2 有一只动作时，中间继电器 K5 动作，串接在跳闸回路的动合触点闭合使跳闸线圈 1YT 动作跳闸，同时信号继电器 1K7 发出跳闸信号，2K7 发出差动信号。中间继电器 K5 是双线圈（电压、电流）继电器，有防跳功能。

（2）瓦斯继电器 K2（装在变压器油管道上）动作时也可使 K5 动作，致使跳闸，同时信号继电器 3K7 动作发出瓦斯信号；如果 3K7 接在 XB 上，6K7 动作发出瓦斯动作信号。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

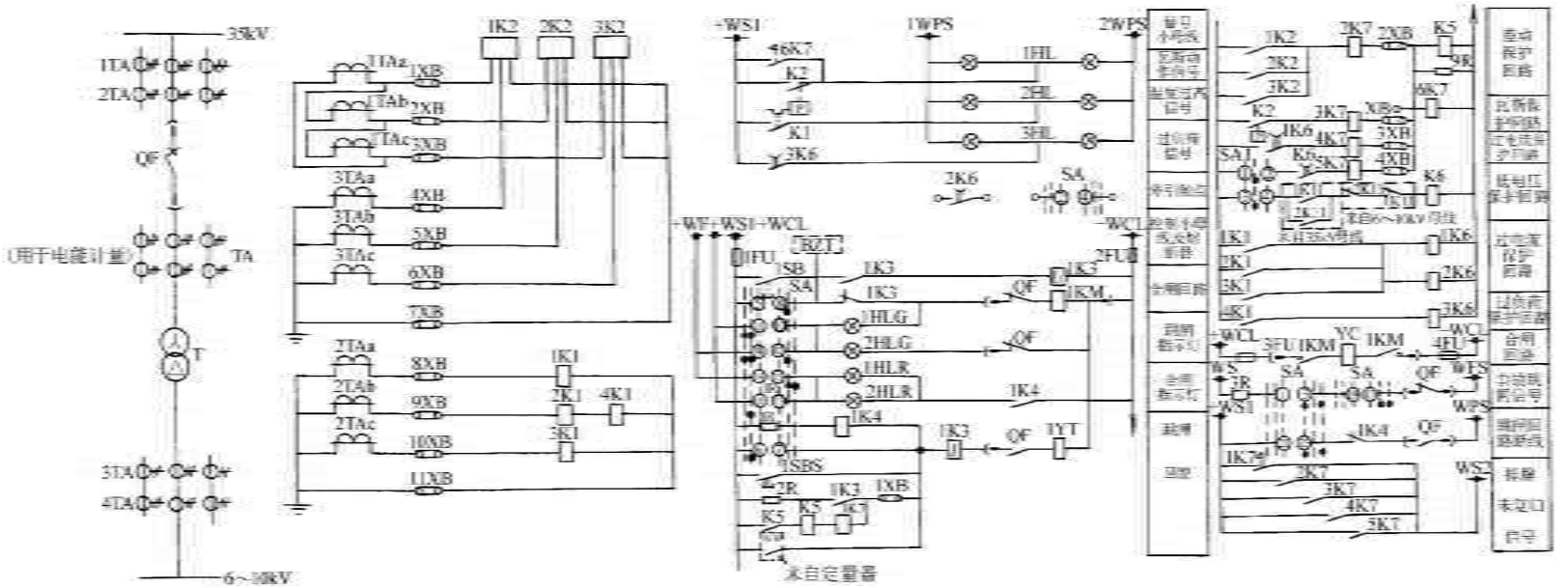


图 5-40　35kV 变电所主变压器控制及保护二次回路原理图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-30　图 5-40 设备表

符号	名称	规格	数量	符号	名称	规格	数量
安装在 35kV 开关柜上的设备				安装在变压器自投装置屏上的设备			
2HLG	指示灯	XD5－□V，绿	1	SA1	转换开关	LW2－111/F4	1
2HLR	指示灯	XD5－□V，红	1	安装在保护屏上的设备			
1KM	直流接触器	CZ0－40D□V	1	1K3	中间继电器	DZB－14B□V	1
3～4FU	熔断器	RL1－60□A	2	1K4	中间继电器	DZ－51/22□V	1
1SB	按钮	LA2	1	K5	中间继电器	DZB－12B□V	1
1SBS	按钮	LA2	1	1～2K6	时间继电器	DS－112□V	2
安装在控制屏上的设备				3K6、K6	时间继电器	DS－113C□V	2
SA	控制开关	LW2－□	1	1K7	信号继电器	DX－11/1A	1
1HLG	指示灯	XD5－□V，绿	1	2～6K7	信号继电器	DX－11/□A	4
1HLR	指示灯	XD5－□V，红	1	1～3K1	电流继电器	DL－11/□	3
1～3HL	光字牌	XD10－□V	3	4K1	电流继电器	DL－11/□	1
1～2FU	熔断器	R1－10/□	2	1～3K2	差动继电器	BCH－2	3
3R	电阻	ZG11－50，1kΩ	1	XB	切换片	YY1－S	1
变压器自带设备				1～4XB	连接片	YY1－D	4
K1	温度继电器	WTZ－288	1	1R	电阻	ZG11－15.5kΩ	1
K2	瓦斯继电器	QJ1－80	1	2R	电阻	ZG11－50，1Ω	1

（3）过电流继电器 1～3K1 有一动作时，时间继电器 1K6 动作并开始延时，当过电流时间大于整定时间时，其动合触点闭合，也能使 K5 动作，致使跳闸，同时信号继电器 4K7 发出过电流信号。同时会使时间继电器 2K6 的外引动合触点延时动作，将信号引自别处。

（4）低电压保护回路动作时，时间继电器 K6 动作，当低电压时间大于 K6 整定时间时，K6 动合触点延时闭合，也能使 K5 动作至使跳闸，同时信号继电器 5K7 动作，并发出低电压信号。

5. 其他信号报警回路读者可自行分析

（四）35kV 电压互感器二次回路原理图

图 5-41 是 35kV 电压互感器二次回路原理图，表 5-31 是该图的材料设备表，图 5-41 可表达三个方面的内容。

1. 主接线

电压互感器 TV 与母线的连接是采用插头插座式并用熔断器 FU 进行保护。

2. 接线方式

（1）电压互感器的一次接成星形，二次有两组线圈，一组线圈接成星形，作为电压小母线的引出线。另一组线圈接成开口三角形，作为绝缘监视回路。

（2）电压小母线相与相间分别接一只电压继电器 1～3K1，作为断相保护的检测原件，每相接一只电压表，监视电压是否正常，绝缘监视回路在三角形开口处接一只电压继电器 K2，监视母线是否有接地故障。正常运行时，三相电压对称，三只电压表读数相等，电压继电路 K2 不动作。当母线发生接地故障时，系统失去平衡，电压表指示不同且 K2 动作，发出接地故障信号，并转动 SA2 可找出接地故障相。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

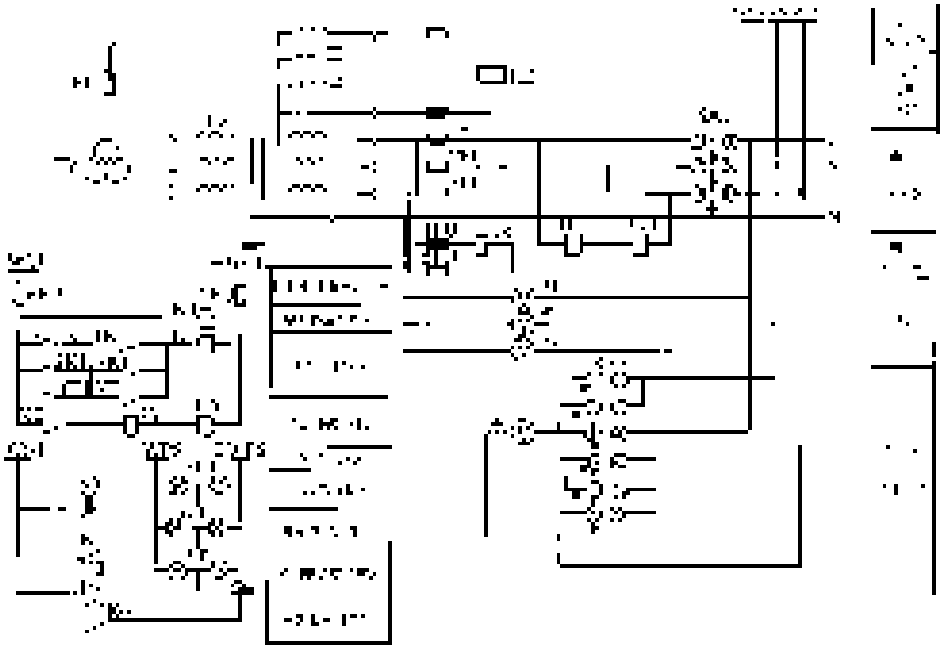


图 5-41　35kV 电压互感器二次回路原理图

表 5-31　图 5-41 设备表

符　　号	名　　称	规　　格	数　量
安装在 35 千伏开关柜上的设备			
1～3K1	电压继电器	DJ－132/160	3
K2	电流继电器	DJ－131/60CN	1
K3	中间继电器	DZS－115□V	1
K4	中间继电器	DZ－15□V	1
K5	时间继电器	DS－113C□V	1
K6	信号继电器	DX－31/□	1
SA1	转换开关	LW2－111/F4	1
1～3、6～7FU	熔断器	R1－10/4A	5
P1～P3	电压表	1T1－V，42/0.1kV	3
4～5FU	熔断器	R1－10/10A	2
安装在控制屏上的设备			
P4	电压表	16T2－V，42/0.1kV	1
SA2	电压表转换开关	LW2－5.5/F4	1
安装在中央信号屏上的设备			
13～15HL	光字牌	XD10－□V，白	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3. 信号回路

（1）K3 作为控制小母线熔丝熔断的检测元件，正常时 K3 吸合，其动断触点打开，信号灯 15HL 熄灭，当 6FU 或 7KU 有一熔断时，K3 失电，其动断触点延时闭合，15HL 点亮报警。

（2）K4 作为断相的检测元件，正常时 1～3K1 全部吸合，1～3K1 的常闭并联后与 1～3K1 的常开串联，有一相断相，其 1～3K1 则有一只失电，常闭有一只闭合复位，而对应的常开则有一只打开，K4 接通电源动作，其常开闭合，14HL 点亮报警。

（3）K2 动作时，其常开闭合，接通接地保护回路，时间继电器 K5 动作，其常闭延时闭合，使 13HL 点亮报警，同时信号继电器 K6 动作，发出掉牌未复归信号。

（五）闪光装置原理图

图 5-42 是变配电装置中常用的闪光装置，当断路器 QF 和控制开关 SA 状态不对应时，信号灯被接到闪光母线（+）WF 上，并开始闪光。

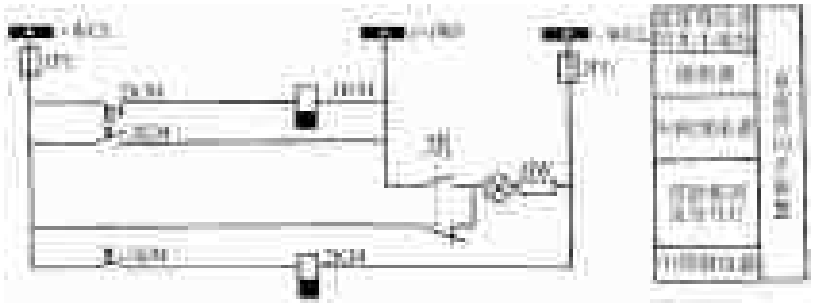


图 5-42　闪光装置原理图

1. 闪光装置一般由两个中间继电器、一个按钮、一个信号灯组成，其中中间继电器有延时功能，型号 JT3－11/1 型－220V。

2. 当 QF 的位置与 SA 的位置不对应时，负直流主电源－W 即通过“不对应”回路与闪光母线＋WF 接通，使中间继电器 1KM 有电，1KM 动作电压较低，即使回路中有信号灯 1HG、1HR 及线圈，也能吸合。其动合触点闭合，接通 2KM，2KM 的常闭断开 1KM，2KM 的常开闭合将正直流主电源＋W 直接接到＋WF 上，使不对应回路的信号灯发出强光，1KM 失电后，其动合触点延时返回又切断了 2KM 的回路，这时 2KM 动合触点、动断触点延时切换，动合打开切断了正直流主电源＋W 与 WF 的连接，动断复位使 1KM 再次通电，“不对应”回路中的信号灯由于 1KM 线圈的串联接入而变暗。这样连续重复下去，信号灯将明暗闪光。SB 是试验按钮，信号灯 HW 平时经 SB 常闭接于±W 之间，监视直流主电源±W 和 1FU、2FU。按下 SB 时，HW 接至 WF 上，SB 动合触点充当了不对应回路，HW 充当了断路器的位置指示灯，正常时 HW 应明显闪光。

3. 图 5-43 是闪光装置和“不对称”起动回路画在一起的原理图，供分析时参考。因为配电系统中有很多控制回路，有一个出现不对称，闪光装置将进入工作状态进行闪光。

（六）直流系统绝缘监察装置原理图

图 5-44 是变配电装置中常用的直流系统绝缘监察装置原理图，它是利用电桥平衡的原理进行正常工作的。由图可知，1R＝2R，调节 3R 使 V_1 的读数为零，信号继电器 KS 不动作，这时 V_2 的读数为母线电压。操作母线电压表转换开关时 V_2 应指示正母线或负母线的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

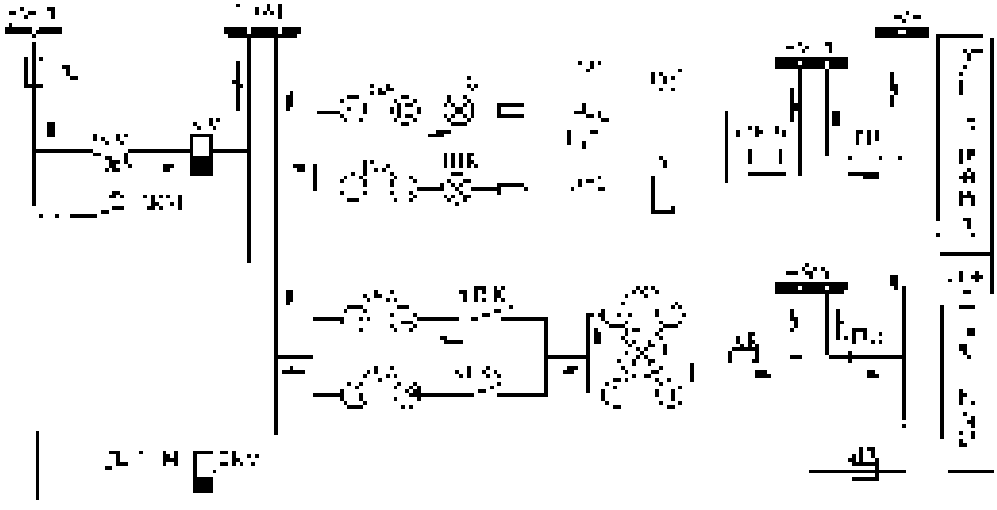


图 5-43 闪光装置及起动回路

电压，这两个电压应相等。

当正负母线有一接地时，电桥失去平衡，KS 动作，V_1 有指示 1HL 点亮报警。将母线电压表转换开关打在测量位置Ⅰ或Ⅱ，V_2 的指示应为零，表示该母线已接地。这时先调节 3R，使 V_1 读数为零，然后再把转换开关打在与前面操作相反的Ⅱ或Ⅰ上，这时 V_1 的指示即为直流系统对地的总绝缘电阻。V_1 采用有双刻度（电压、电阻）的电表。

（七）直流母线电压监察装置原理图

其中低电压继电器 1KV 的返回电压整定为 $0.75U_N$，过电压继电器 2KV 的动作电压为 $1.25U_N$，U_N 为直流母线额定电压。当实际电压小于 $0.75U_N$ 时，1KV 失电，1KV（5－7）动断触点复位，3HL 点亮报警；当大于 $1.25U_N$ 时，2KV（1－3）动合触点闭合，2HL 点亮报警。

（八）中央信号系统接线原理图

图 5-45 是变配电装置中央信号系统常用电路，可分两个部分的内容。

1. 事故信号

事故信号是指断路器因继电保护动作或其他原因使断路器误断开而发出的音响信号，一般是由蜂鸣器或电喇叭发出。

由图可以看出，断路器辅助触点 QF 与控制开关 1SA“不对应”回路是通过事故信号小母线 WFS、WAS 并联于音响试验按钮 2SB 上的，只要断路器事故跳闸，其辅助动断触点复位便接通 HA1 发出音响，同时可按动解除按钮 1SB，3KM 吸合后，其动断触点 3KM（727－731）打开，可将音响切除。

2. 预告信号

预告信号是指某些设备出现不正常工作情况时，如轻瓦斯、油温过高、接地等，而发出的音响信号，但是由警铃发出的，以便与事故信号区别。

由图可以看出，起动警铃 HA2 的有关触点是经过预告信号小母线 WFS、WPS 并联在预告信号音响试验按钮上的，只要这些触点有一闭合，便接通 HA2，同样可用 3SB 解除。其中触点 6KM、5KM 是来自电压互感器回路的，KS 是来自母线绝缘监察回路信号继电器 KS

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

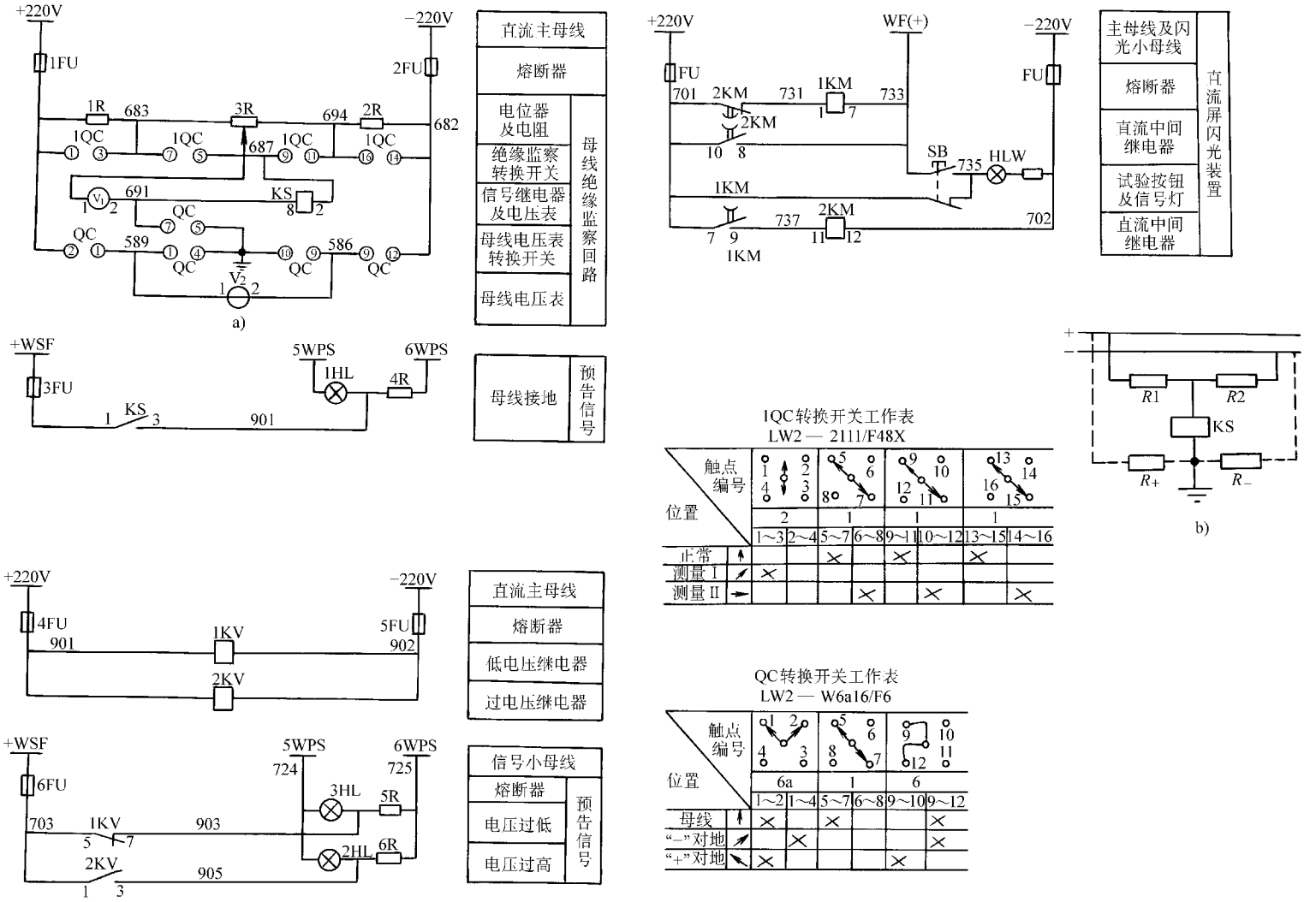


图 5-44　直流系统绝缘监察装置原理图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

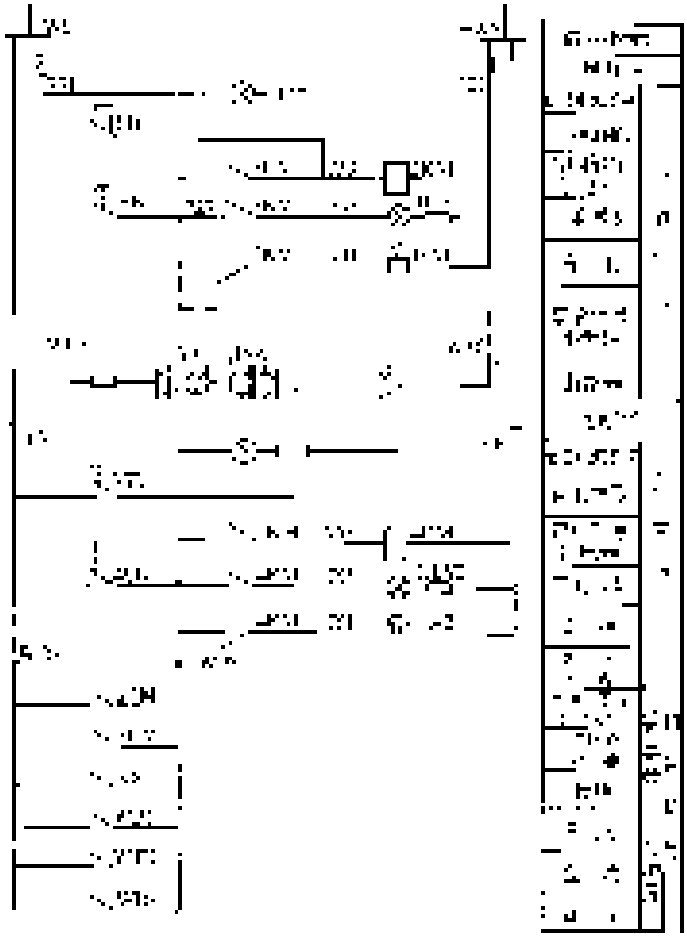


图 5-45 中央信号系统接线原理

的，瓦斯信号 WB1、WB2 是来自变压器上瓦斯继电器的，温度信号 WTE 是来自变压器上油温计上的。

有的设计在预告信号接点回路里串联光字牌（能写上字的信号灯），铃报警时光字牌可点亮，见图 5-46。

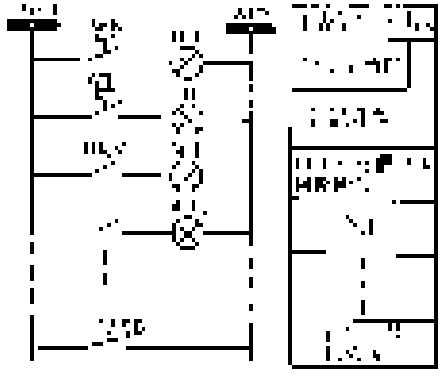


图 5-46 预报音响及光字牌信号起动回路

中央信号系统及变压器、断路器控制系统还常用到掉牌未复归信号，这个信号取自信号继电器的触点，并将其接在辅助小母线 WAUX 与掉牌未复归光字牌小母线 WSF 之间，见图 5-47。信号继电器动作时掉牌，动断触点接通 WAUX（WS1）和 WSF（WS2）见图 5-39 和图 5-40，信号灯 1HL 点亮，指示信号继电器掉牌，亦说明保护装置动作。这时运行人员可手动复位掉牌，处理故障。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

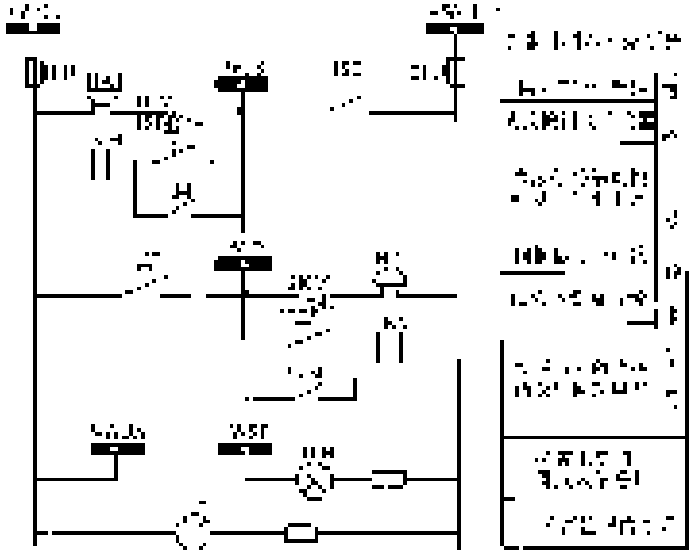


图 5-47　掉牌未复归信号起动回路

（九）高压架空引出线路控制保护二次回路原理图

图 5-48 是 10kV 输电线路控制保护二次回路原理图，该图可分三部分内容。

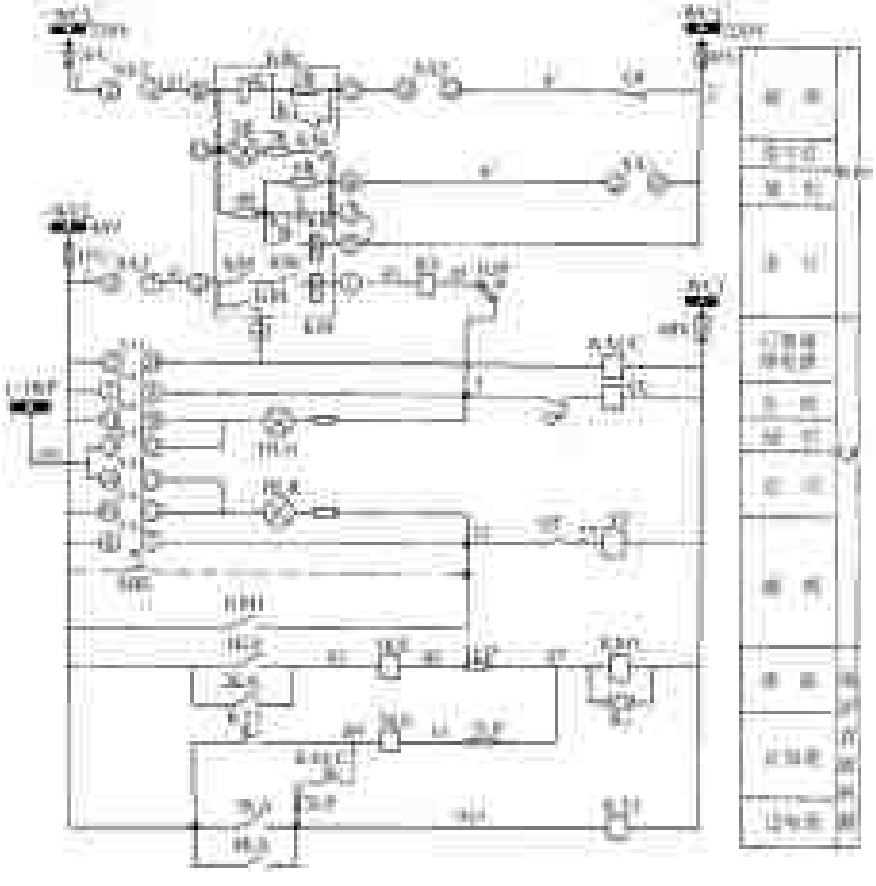


图 5-48　10kV 输电线路控制保护二次回路原理图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1. 自动重合闸回路

对于架空线路暂时性的故障，如雷电过电压、大风使导线短路、风筝或异物使导线短路等常采用自动重合闸继电器进行保护，这样当断路器跳闸后，由于故障被短路电路消除烧毁或过电压消失，重合闸继电器动作使断路器自动合闸。一般情况下，只重合一次，若为永久性故障，保护装置再次动作后将不再重合。

（1）当线路正常工作时，断路器 QF 合闸，重合闸继电器 KRr 投入工作，转换开关 SA2 置于投入位置，KRr 中的电容 C 处于被充电状态，充电回路是经 SA2（1－3）—4R—C—③到电源，同时信号灯 HL 继中间继电器 KM 的动断触点接通经 C 充电的回路到电源而使 HL 点亮，一方面监视电源电压及熔断器，同时说明 C 处于充电状态。

（2）由于线路故障继保动作使断路器 QF 跳闸后，其辅助动断触点 QF（4′－2′）闭合，打破原来 SA2 与 QF 的不对应，使起动回路接通，回路是经 SA2（1－3）—KT 线圈—5R 及并联的 KT 瞬时动断触点—SA2（21－23）—QF（4′—2′）到电源，这时 KT 瞬时动断触点打开，时间继电器 KT 开始延时。当整定时间到达时，其延时闭合的动合触点闭合，将 DZB 型中间继电器 KM 的电压线圈与电容 C 并联接通，C 即向 KM 冲击放电，KM 吸合。

（3）KM 电压线圈吸合后，其动断触点打开，HL 熄灭，而动合触点（两个动合触点串联）闭合，将出口回路接通，回路是经 SA2（5－7）—②—两个动合触点 KM 串联—KM 电流线圈—①—信号继电器 KS—1QP—QF 辅助常闭—合闸线圈 YC 到电源，YC 吸合后断路器重合。同时由于 KM 电流线圈的接入而实现了自保，而合闸后，QF 辅助常闭打开而解除自保，其中信号继电器 KS 的接入是为了记录 KRr 动作的继电信号。

（4）中间继电器 KM 动作时，触点 KM②—④闭合接通了后加速继电器 KACC，其延时打开的动合触点立即闭合，如为永久性故障，电流继电器 3KA，4KA 动作，其触点直接起动出口中间继电器 KM1，使 QF 不经时间继电器 KT1 延时而迅速动作而跳闸。SA2⑤—⑦并联了 SA1㉕—㉘，该触点在 SA1 合闸位置上是接通的，它的作用是当线路上本来就有故障存在时，而操作 SA1 合闸则可使加速断开线路。

（5）重合闸继电器只能动作一次，当故障为暂时性的断路器可重合闸，使线路恢复正常运行。若为永久性故障，一次重合闸再次由保护装置动而跳闸则不会重合，这是因为电容器 C 重新充足电需 15～20s 的时间，当重合闸继电器再次起动时 KT 动作，C 来不及充足电使 KM 冲击动作，故重合闸继电器的出口回路不会接通，这样保证了只能动作一次。

2. 断路器控制回路

断路器控制回路与前述基本相同，只是在 3～10kV 线路一般不设防跳回路，这里只将防跳回路的接线列出，用于 35kV 及以上的线路，断路器控制回路的接线请读者自行分析。

3. 继电保护回路

继电保护回路较简单，读者按前述方法自行分析。

（十）二次回路的接线图

二次回路接线图是按照二次回路的原理图绘制的一种供二次回路安装时使用的施工图样，一般由盘面布置图、安装接线图、端子排接线图组成。

1. 盘面布置图

盘面布置图是表明二次设备元件（继电器、仪表、信号装置、主令开关等）在控制盘、保护盘、信号盘上安装排列位置和相互间距离尺寸以及盘面几何尺寸的图样，一般按一定的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

比例画出，图 5-49 是某变电所继电器屏盘面布置图。盘面布置图直观简单，识读时要掌握元件的规格型号。

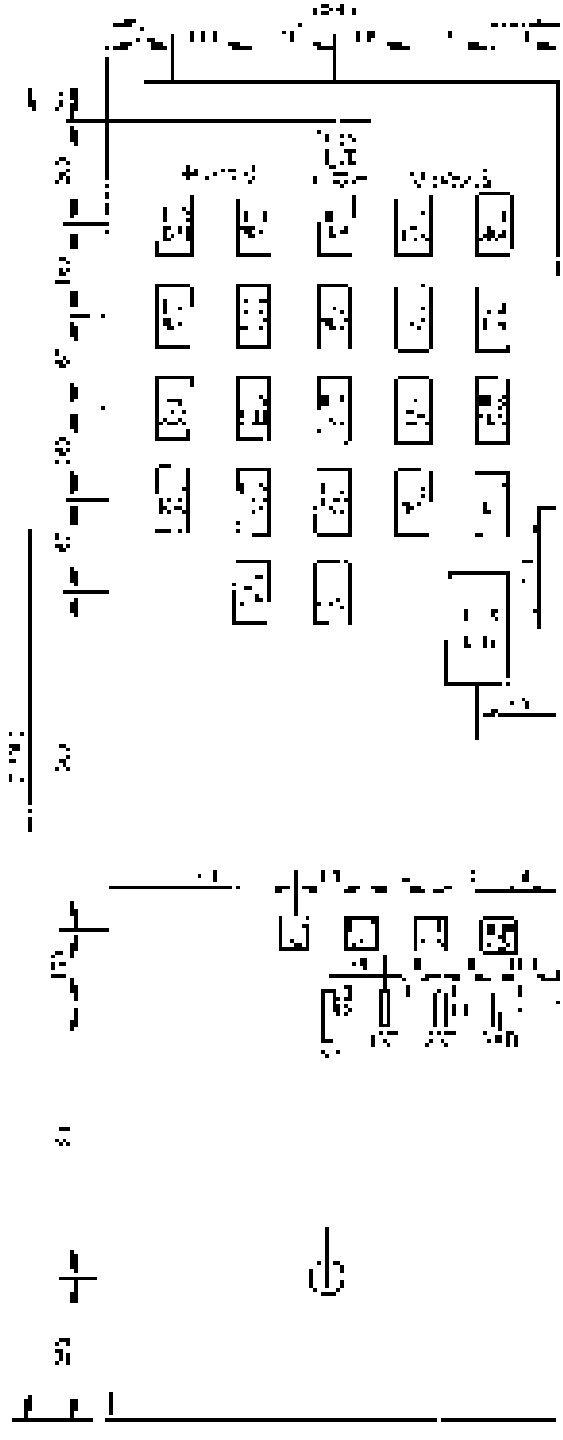


图 5-49　某变电所继电器屏盘面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 安装接线图

安装接线图表明盘面布置图上二次设备元件内部接线及相互之间接线的图样，其中较简单的元件可不画出其内部接线。一般情况下，二次设备元件装设在盘的正面，但接线在盘的背面，因此安装接线图则是盘的背视图。元件之间的接线和元件与外部的接线是经过端子排进行的，因此，端子排的接线成了二次回路接线图的主要接线图。

3. 端子排接线图

（1）端子排标注的意义及方法见图 5-50。

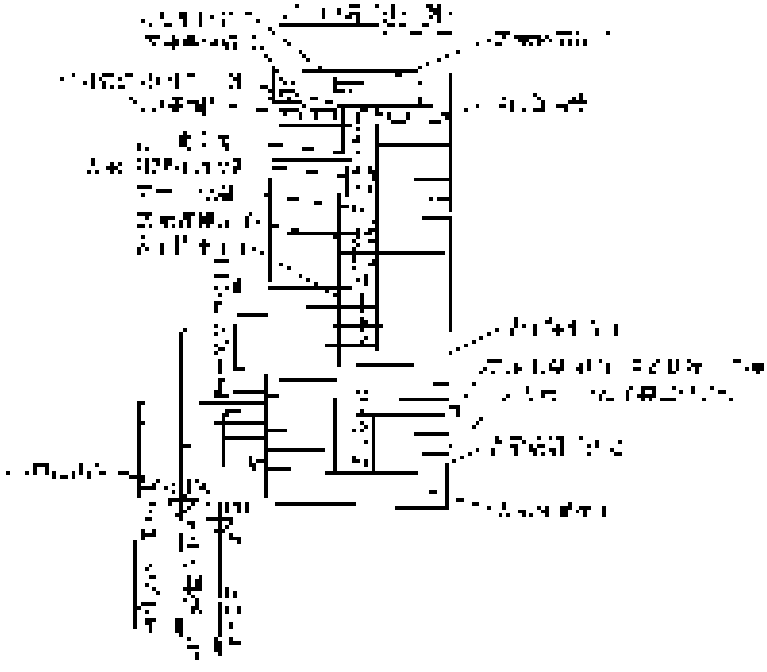


图 5-50　端子排标注的意义及方法

（2）二次接线的标号　二次回路中，对所有二次设备、原理图中的所有连接导线、端子排及它们之间的连接导线，都要进行统一标号。标号可说明设备或回路的性质和用途。

1）二次设备的标号　同一盘柜上常常安装着来自不同装置的二次设备，如发电机、变压器、线路、母线、断路器等装置，这些装置叫做安装单位。为了区分同一盘柜上不同安装单位的设备，采用罗马数字Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、……来表示安装单位的编号。同一安装单位的所有设备，则按其在盘上的位置，依次用阿拉伯数字编出顺序号，见图 5-51。

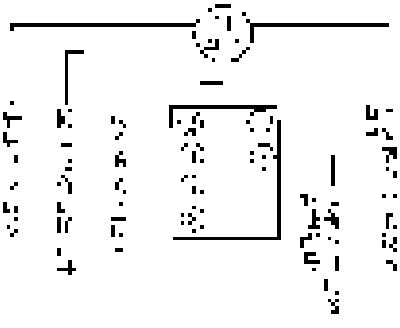


图 5-51　安装接线图中设备编号举例

2）二次接线的回路标号实际上是对二次接线的导线进行编号，编号采用等电位原则，即在回路中连接到同一点的全部支路只使用同一数字编号，由二次设备的线圈、接点或电阻等元件所间隔的线段，要作为不同电位的线段，给以不同数字的编号。二次回路按用途分组，每组给以一定的数字范围，交流回路在数字前要加上相别 A、B、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

C、N、P。数字编号一般不超过三位数，表 5-32 ~ 表 5-34 给出了不同用途和回路类别的编号数字范围，下面举例说明一下用法。

表 5-32　二次回路数字标号范围表

回路类别		标号范围
直流回路	保护回路	01 ~ 099（或 J1 ~ J99）
	控制回路	1 ~ 599
	励磁回路	601 ~ 699
	信号及其他回路	701 ~ 999
交流回路	控制、保护及信号回路	1 ~ 399
	电流互感器回路	400 ~ 599
	电压互感器回路	600 ~ 799

表 5-33　交流回路数字标号组

回路名称	互感器的文字符号	回路标号组				
		A 相	B 相	C 相	中线（N）	零序（L）
保护装置及测量表计的电流回路	TA	A401 ~ A409	B401 ~ B409	C401 ~ C409	N401 ~ N409	L401 ~ L409
	1TA	A411 ~ A419	B411 ~ B419	C411 ~ C419	N411 ~ N419	L411 ~ L419
	2TA	A421 ~ A429	B421 ~ B429	C421 ~ C429	N421 ~ N429	L421 ~ L429
	⋮	⋮　⋮	⋮　⋮	⋮　⋮	⋮　⋮	⋮　⋮
保护装置及测量表计的电压回路	TV	A601 ~ A609	B601 ~ B609	C601 ~ C609	N601 ~ N609	L601 ~ L609
	1TV	A611 ~ A619	B611 ~ B619	C611 ~ C619	N611 ~ N619	L611 ~ L619
	2TV	A621 ~ A629	B621 ~ B629	C621 ~ C629	N621 ~ N629	L621 ~ L629
控制、保护及信号回路		A1 ~ A399	B1 ~ B399	C1 ~ C399	N1 ~ N399	—
绝缘监察电压表的公共回路		A700	B700	C700	N700	—

表 5-34　直流回路数字标号组

回路名称	数字标号组			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
控制回路“+”电源	1	101	201	301
控制回路“-”电源	2	102	202	302
合闸回路	3 ~ 31	103 ~ 131	203 ~ 231	303 ~ 331
绿灯或合闸回路监视继电器回路	5	105	205	305
跳闸回路	33 ~ 49	133 ~ 149	233 ~ 249	333 ~ 349
红灯或跳闸回路监视继电器回路	35	135	235	335
备用电源自动合闸回路	50 ~ 69	150 ~ 169	250 ~ 269	350 ~ 369
开关器具的信号回路	70 ~ 89	170 ~ 189	270 ~ 289	370 ~ 389
事故跳闸音响信号回路	90 ~ 99	190 ~ 199	290 ~ 299	390 ~ 399
信号回路“+”电源	701，703，705			
信号回路“-”电源	702，704，706			
事故跳闸信号小母线	707，708			
预告信号小母线	709，710，711，712			
掉牌未复归小母线	716			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 表 5-32 中电流互感器回路的数字范围是 400 ~ 599，对于第二组电流互感器 2TA，A 相电流互感器的引出线段就记作 A421，经电流表线圈后记作 A412。C 相记作 C421、C422，地线记作 N421。

② 有两组电流互感器 1TA、2TA，1TA 的 A 相回路用 A411、A412……来标注，2TA 的 A 相则用 A421、A422……来标注，也就是同类电器的回路标号互相用十位数或百位数来区别。

③ 某些主要回路则标以固定的编号，如控制回路正电源用 1，负电源用 2；信号回路正电源用 701，负电源用 702；直流正极回路按奇数顺序编号，负极回路按偶数顺序编号；回路中，从正电源开始每经过电压线圈、电容、电阻等，回路极性改变，编号则由奇变偶。

4. 二次回路接线图实例

这里仅以某 35kV 线路控制、保护、信号回路二次回路接线图为例，说明二次回路接线图的读图方法。图 5-52 是某 35kV 线路控制保护原理图，图 5-53 是该 35kV 线路控制屏盘面布置图，图 5-54 是该 35kV 线路控制屏端子排接线图。

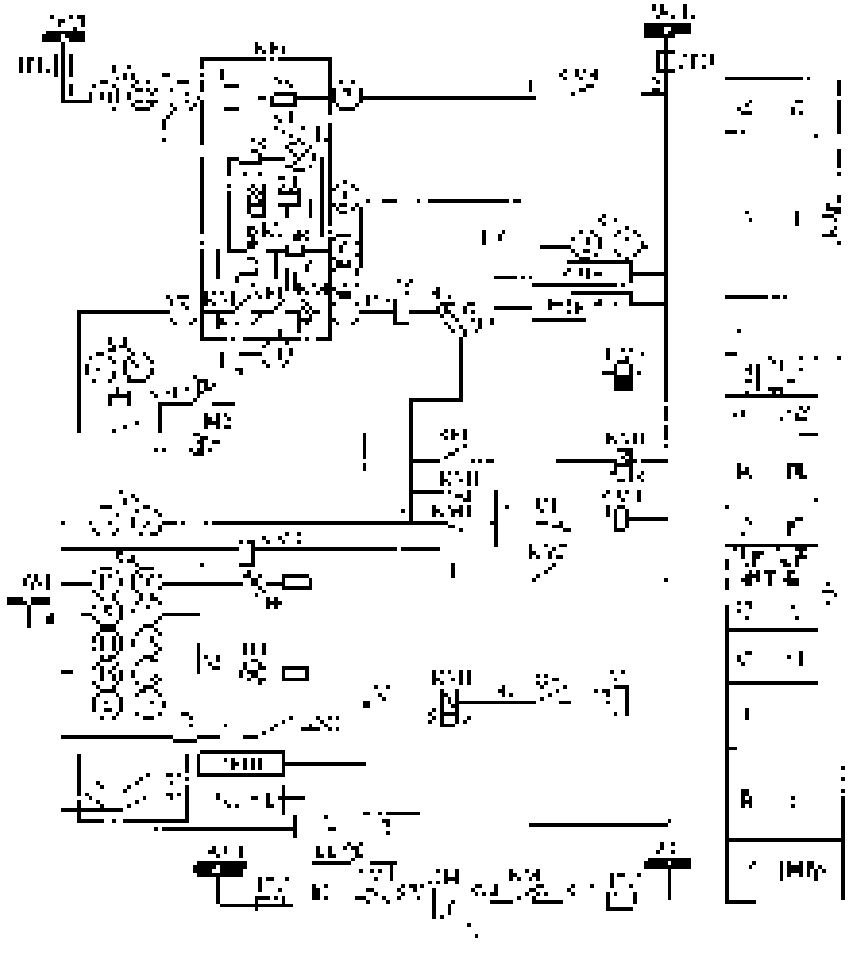


图 5-52　35kV 线路控制保护原理图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

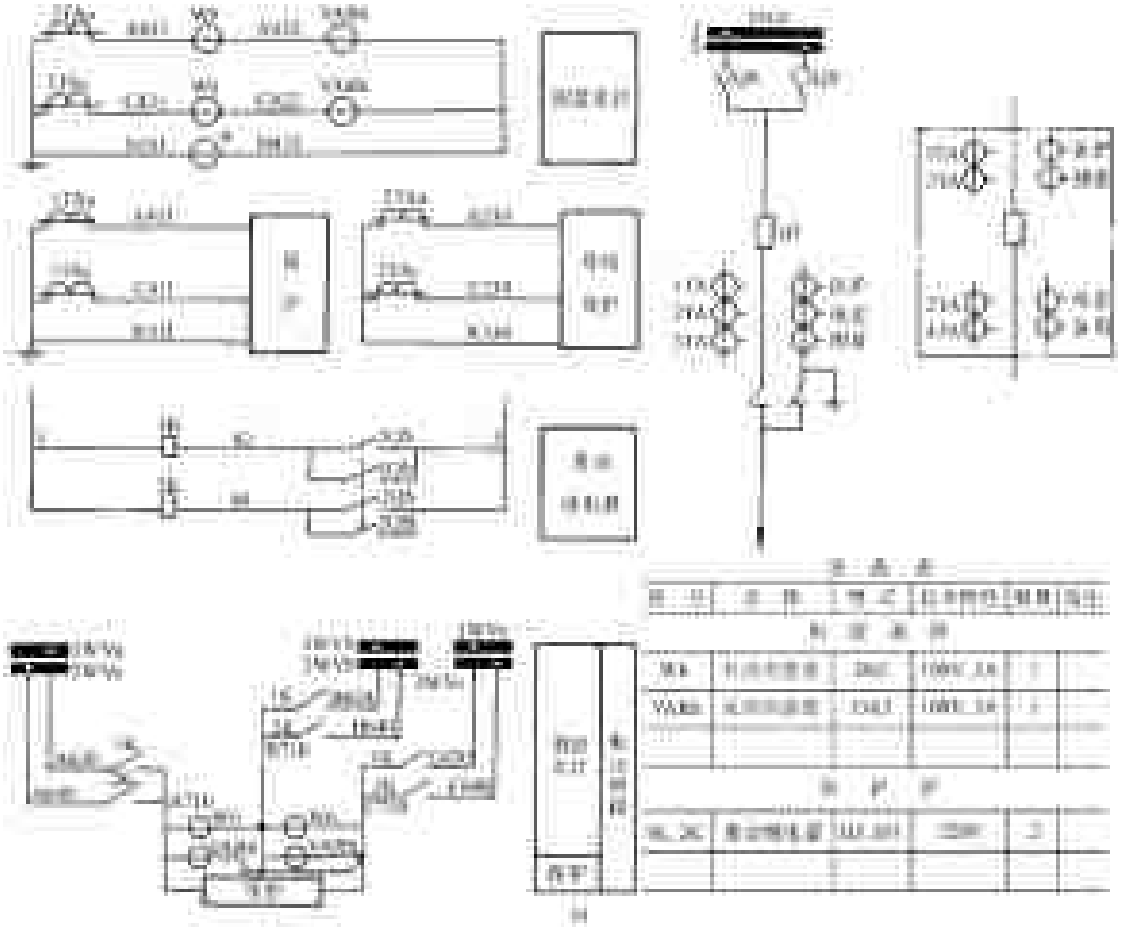


图 5-52　35kV 线路控制保护原理图（续）

（1）图 5-52 与图 5-48 有很多相同之处，同时在前述内容中已详细介绍了电压、电流回路。因此，这里不讲述其电路原理，读者可参考前述内容看懂该图的每个部分。

（2）图 5-53 是用于四条 35kV 线路控制屏的盘面控制图，有四个安装单位（Ⅰ～Ⅳ），图中只标出了Ⅰ#安装单位设备的编号，其他三个回路与之相同。而电阻、熔断器、刀开关、继电器等不在盘面上画出的设备则装在了屏的背面。

（3）这里我们将详细介绍端子排接线图的识读，前面就识图基本知识做了介绍，这里要对照应用，见图 5-52 和图 5-54。

1）读端子排接线图时，应先弄清端子排的用处，是用在保护屏上、还是控制屏上、还是计量屏上或其他屏上，然后看懂控制保护原理图，并正确确定哪些元器件在控制屏上，哪些在保护屏上，哪些在计量屏上或其他屏上，这两点结合起来就能看懂端子排接线图。这里还要注意到屏与屏之间的联系，有些元件是保护屏上的，但是控制屏或计量屏上也要用到这些元件的端子，这样就必须用电缆将这些不同屏上的相同端子连接起来，这些电缆也有特定的编号，编号方法见表 5-35。

2）下列回路一般应经过端子排：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

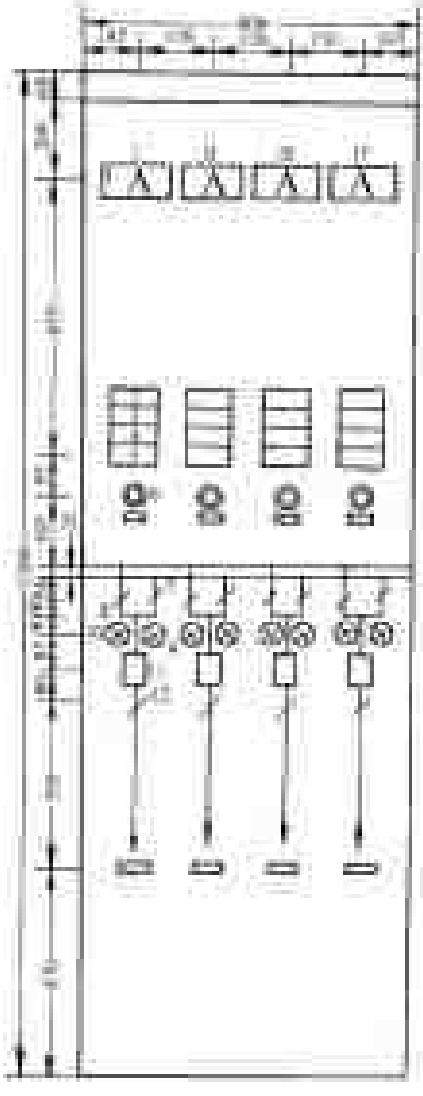


图 5-53　35kV 线路控制屏盘面布置图

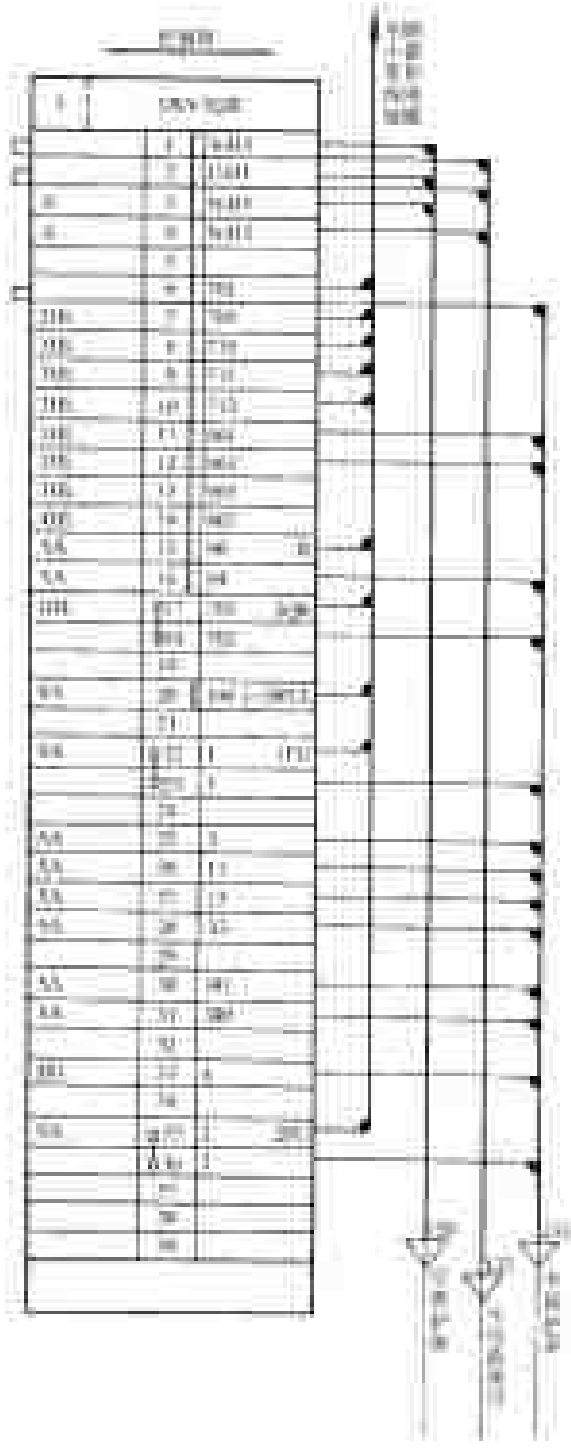


图 5-54　35kV 线路控制屏端子排接线图

① 屏内设备与屏外设备之间连接，其中交流回路应经过试验端子，事故音响信号回路及预告信号回路及其他在运行中需要方便断开的回路应经过特殊端子或试验端子；

② 屏内设备与直接接至小母线的元件（如附加电阻、熔断器或小断路器等）的连接；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-35　电缆数字标号组

序　号	电　缆　起　止　点	电　缆　号
1	主控制室到汽机房	100～110
2	主控制室到 6～10kV 配电装置	111～115
3	主控制室到 35kV 配电装置	116～120
4	主控制室到 110kV 配电装置	121～125
5	主控制室到变压器	126～129
	其中：	
5.1	控制屏到变压器端子箱	126
5.2	控制屏到变压器调压装置	127
5.3	控制屏到变压器套管电流互感器	128
6	主控制室内屏间联系电缆	130～149
	其中：	
6.1	用于 6～10kV 母线保护屏	145
6.2	用于 35kV 母线保护屏	146
6.3	用于 110kV 母线保护屏	147
7	汽机间内联系电缆	150～159
8	35kV 配电装置内联系电缆	160～169
9	其他配电装置内联系电缆	170～179
10	110kV 配电装置内联系电缆	180～189
11	变压器处联系电缆	190～199

③ 各安装单位主要保护的正电源应由端子排上接引保护的负电源则应在屏内设备元件间布置成环形，而环形的两端应接至端子排；

④ 同一屏上各安装单位之间的连接；

⑤ 为节约控制电缆，需要经本屏转接的回路等。

3）由图可知，电流表 A 在控制屏上，有功表 Wh 和无功表 VARh 在计量屏上，中间继电器 1K、2K 在保护屏上，因此 A 的端子 N431、N432 在该屏端子排上，但是由于电流互感器的信号来自保护屏上，因此设 A431、C431 及 N432 并用电缆 130#由保护屏引来，为了节约电缆再由此用电缆 132#转接至计量屏上去。图中 1#～4#端子为交流回路，5#空置备用。

4）6#～10#、15#、17#、20#、22#、35#端子为接至屏顶小母线熔断器和电阻的端子，其中：

① 6#端子接 701，控制屏上元件并不接至 701，信号继电器 KS 原本装在保护屏上，但保护屏上不设辅助母线 WAUX，这样 6#端子引至屏顶经小开关 1SH 接至 +WAUX 上，然后再转接到保护屏上，KS 的触点一端也按图接在 701 上。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 7～10#端子引至屏顶预告信号小母线 1～4WPS 上，左侧接到光字牌 2～3HL 上。11#～14#端子为光字牌的回路，编号 901、903、905、907，虽 905、907 未用上但应引至端子排。

③ 15#～16#端子为事故音响信号回路端子，编号 90 和 94，电阻 R 和小母线 WFS 都在本屏屏顶，而跳闸位置继电器 KM3 的触点在保护屏上，因此要经端子排，左侧接 SA。

④ 17#端经小开关 2QK 引至信号负电源－WAUX 上，编号 702、左侧接光字牌 1HL。利用 18#端子将 702 引至保护屏，以便 KM3 触点接线。

⑤ 20#端子是接至闪光小母线（＋）WF 的编号 100，左侧接 SA；22#端子接控制正电源＋WCL，左侧接 SA，并经 23#端子引至保护屏，保护屏也需要＋WCL。

⑥ 35#端子是接－WCL 的，编号 2，左侧接 SA，同样经 36#引至保护屏。

5）6#、11#、12#、16#、18#、23#、25#～28#、30#、31#、33#、36#端子是引至保护屏的端子，其中 6#、16#、18#、23#、36#已在（4）中转至保护屏。

① 11#端子编号 901 线是连接装在控制屏上的光字牌 HL 和装在保护屏上的 KS 的引出端子，12#与 11#相同。

② 25#～28#端子分别接编号 3、11、13、33 线，其中 25#端子 3#线是将保护屏上的中间继电器 KM1 的接点一端引入控制屏；26#端子 11#线是把保护屏上的重合闸继电器 KRr 的端子④引入到控制屏；27#端子 13#线和 28#端子 33#线是把保护屏上的中间继电器 KM2 的接点两端分别引入到控制屏，同时 33#线也把其他的保护屏上的接点引入到控制屏。

③ 30#端子 J41#线是把 KRr 的端子⑧引入到控制屏上，31#端子 J40#线把 KRr 的端子⑥引入到控制屏上。

④ 36#端子 2#线是把保护屏上的 KM3 接点的一端引入到控制屏上的 2FU 下端。

⑤ 5#、19#、24#、29#、32#、34#及 37#～39#端子为备用端子。前述端子可按组分开，以便识别。

限于篇幅的关系，有关 10kV 电容柜、10/0.4kV 变电室二次回路等内容，读者可按前述的内容自行分析。这里需要特别指出的是，对于复杂的线路，尤其是二次回路，读图时应先弄懂元件本身的作用、功能和工作原理。如，元件在什么条件下工作，什么条件下不工作；工作过程中，条件变化了，元件是何种状态，非工作过程中，条件变化了，元件又是何种状态以及有无延时报警功能等。这样便要求读图时，应备有元件手册，以便及时查找或翻阅。

六、新型微机控制保护装置高压开关柜电路的识读

（一）KYN28A-12（直流操作）进出线开关柜

1）图 5-55 是 KYN28A-12（直流操作）进出线柜二次原理图和接线图（抽出式、继电器保护），该图用电流互感器 2TA 采集系统电流信号，并将其引入到电流继电器 KA 中去，其中 1KA～3KA 为速断保护继电器，当系统电流（只要有一相）突增到极限允许值时，KC 吸合，立即发出信号，信号继电器 1KS 动作，光字牌显示速断信号，同时 KC 动合触点（1-03）接通中间继电器 KCF 的回路，使断路器 QF 分闸，线闸 TQ 得电吸合，QF 分闸断开；而 4KA～6KA 为过电流保护继电器，当系统的电流达到过电流保护整定值时（一般为额定电流的 1.3～1.5 倍），时间继电器 1KT 吸合并开始延时，当整定时间达到时，1KT（1-07）接通 2KS，光字牌显示过电流信号，同时 1KT 接通 KCF 的回路，使断路器分闸。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

这里要注意的是，KCF 是一种既具有电流线圈、又具有电压线圈的中间继电器，也称防跳继电器。（该电路点划线框内是断路器自身的电路，断路器用转换开关 SA 控制，可手动合闸、分闸。）

2）图 5-56 是 KYN28A-12（交直流操作）进出线柜二次回路原理图（抽出式，综合微机保护）。图 5-55 和图 5-56 是两个功能完全相同的图样，但是图 5-56 却简单了许多，该图微机保护装置 ZWB 代替了复杂的继电器保护系统。

该图同样用电流互感器 2TA 采集电流信号，并引入到 ZWB，这里一定要注意到 ZWB 虽然是微机保护装置，但能接收或输出强电信号（0～5A 电流信号），然后将其进行模－数（A－D）转换变成微机能接收和识别的数字信号，引入到计算和程序系统，按设定的程序再发出相应的信号。

这里一定要注意到，综合微机保护装置是专门为该柜研制的继电保护装置，它是以计算机技术为主的，同时又设置了一些与继电器功能相同的强电装置，包括以模块为主的微型继电器和触点。该装置的抗干扰性能有很多，实践证明，在应用中还未发现过控制和继保方面的缺陷。

在读图时不要刻意去追寻它本身的构造和原理，因为这些知识用几本书是难以讲清楚的，有兴趣的读者应去阅读计算机原理结构及其在电力系统中应用方面的书籍，同样会找到答案的，但学习起来要比继电器保护复杂几百倍。这就是技术的一种进步，形式上简单了，功能上增加了，但原理上结构则更为复杂了。

图 5-56 中，ZWB 的 X2-7 和 X2-8 的 HJ 动合触点便是微机保护装置的合闸触点，可以遥控，而 ZWB 的 X2-9 和 X2-10 的 TJ 动合触点便是微机保护装置的分闸触点，可以遥控、也可在过流时自动切断断路器。同时，ZWB 设置了开关量输入触点，以确定断路器的位置（合或分）、手车工作位置（推进或推出）、手车试验位置（工作或试验）等。

图 5-56 同样应用了 KCF（双线图防跳继电器），其内容与图 5-55 相同。

有一个不同点，就是该图有一个电压回路，ZWB 接收电压信号，小母线电压信号经熔断器 3～5FU 接入到 ZWB 的 X2-1、X2-2、X2-3、X2-4 触点，这些信号同样要进行模－数（A－D）转换，引入到计算和程序系统，按设定的程序再发出相应的信号。

其他内容读者可沿用这样的分析方法去进行分析和解读。

（二）KYN28A-12（直流操作）**隔离联络柜**

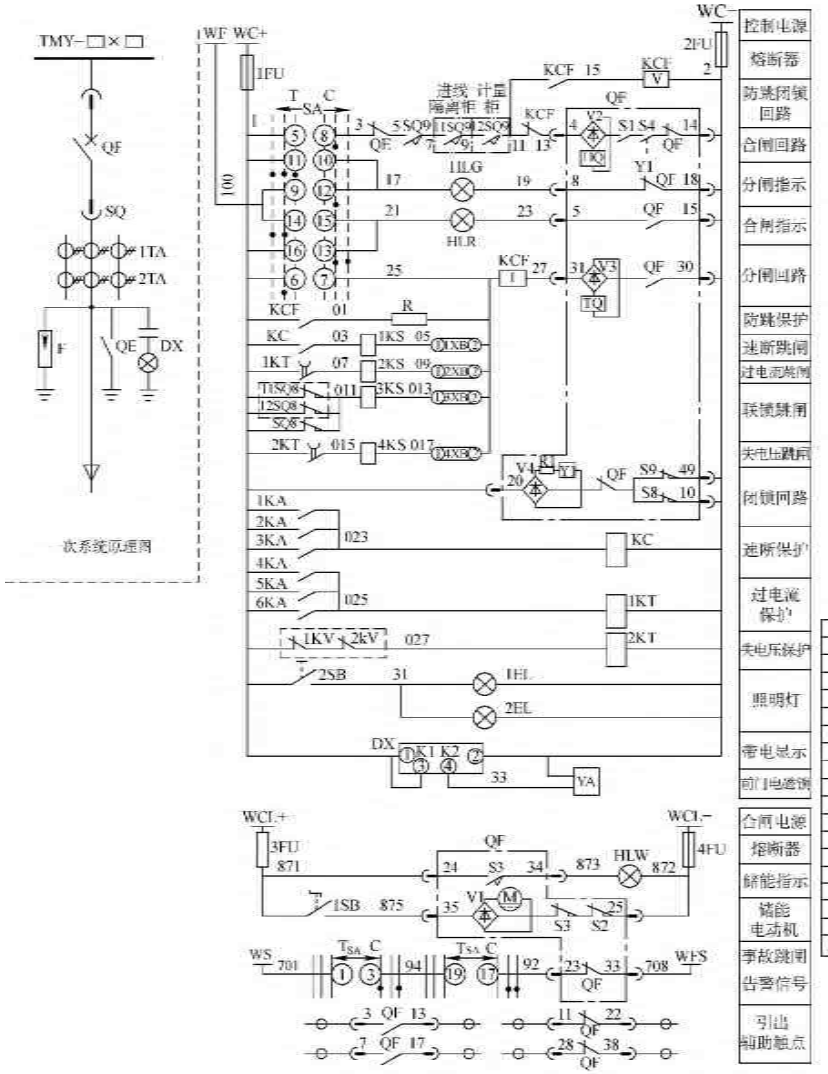
1）图 5-57 是 KYN28A-12（直流操作、继电器）隔离联络柜（继电器保护）二次原理图。隔离联络柜是串联在同等电压两段母线之间以备其中一段母线由于停电、负荷过重或其他情况下另一段母线自动投入以保证故障段母线各路负载或重要负载正常工作的开关柜，它的工作状态可以是断开的也可以是闭合的，但其中一段母线出现故障时必须是闭合的。

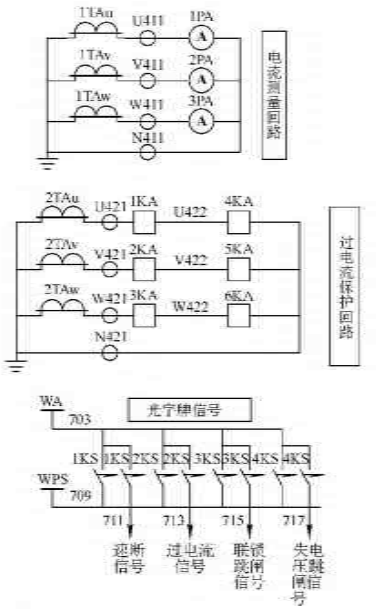
图 5-57 与图 5-55 有很多相似之处，不同的是它只设置了过电流保护（1KA～3KA），有一相过载则经过时间继电器 KT 延时后分闸；该电路设置了重合闸继电器 KRr 和后加速继电器 KCC，用来解决由于两段母线出现短路故障时断路器 QF 的分闸。该图同样由转换开关 SA 进行主操作，点划线内为 QF 的内部线路。

2）图 5-58 是 KYN28A－12（交直流操作微机、综合保护）隔离联络柜（微机综合保护装置）二次原理图，与图 5-57 相比已简化了很多，而与图 5-56 则有很多相似之处，读者可自行分析解读。高科技产品帮助人们把复杂的继电器继保系统变得简单了。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



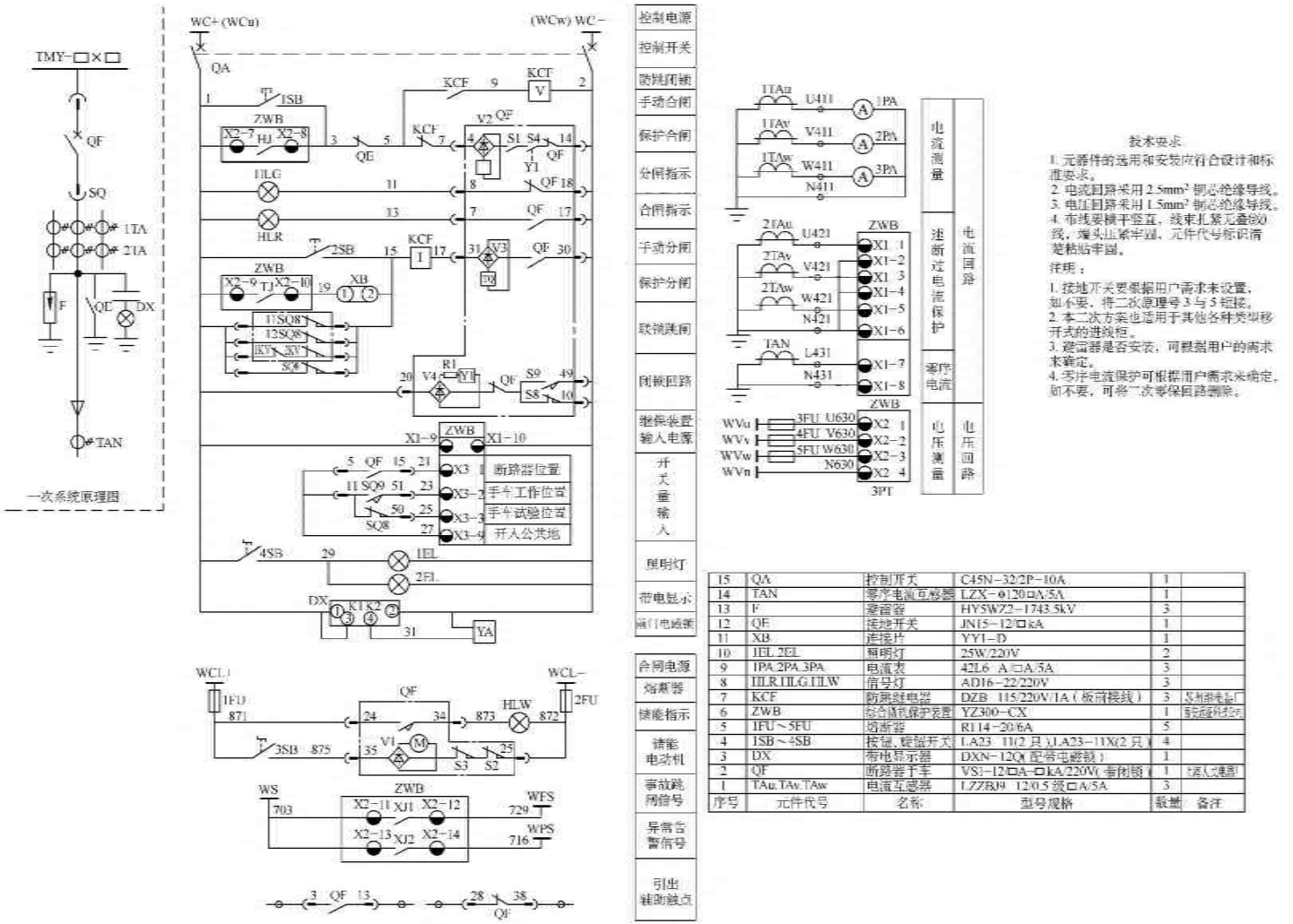


序号	元件代号	名 称	型号规格	数量	备注
18	F	避雷器	HY5WZ2-17/43.5kV	3	
17	QE	接地开关	JN15-12/□kA	1	
16	R	电阻	ZG11-50W/4Ω	1	
15	1XB,2XB,3XB	连接片	YY1-D	3	
14	1EL,2EL	照明灯	25W/220V	2	
13	1PA,2PA,3PA	电流表	42L6-A/1A/5A	3	
12	HLG,HLR,HLW	信号灯	AD16-22/220V	3	
11	1KS~4KS	信号继电器	DX-31B/1A(嵌入式板后接线)	4	苏州继电器厂
10	1KT,2KT	时间继电器	BS-72B/220V(板前接线)	2	北京继电器厂
9	KCF	中间继电器	DZB-115/220V/1A(板前接线)	1	苏州继电器厂
8	KC	中间继电器	DZ-17/220V(板前接线)	1	苏州继电器厂
7	1KA~6KA	电流继电器	DL-31/20A/10A(板前接线)	6	苏州继电器厂
6	SA	转换开关	LW2-Z-1a,4,6a,40,20/F8	1	上海精益电器
5	1FU~4FU	熔断器	RT14-20/6A	4	
4	1SB,2SB	旋钮开关	LA23-11X	2	
3	DX	带电显示器	DXN-12Q(配带电磁锁)	1	
2	QF	断路器手车	VS1-12/□A-□kA/DC220V 带闭锁	1	上海人民电器厂
1	TAu,TAv/TAw	电流互感器	LZZBJ9-12/0.5级 □A/5A	3	

图 5-55　KYN28A-12（直流操作）进出线柜二次原理图和接线图（抽出式、继电器保护）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

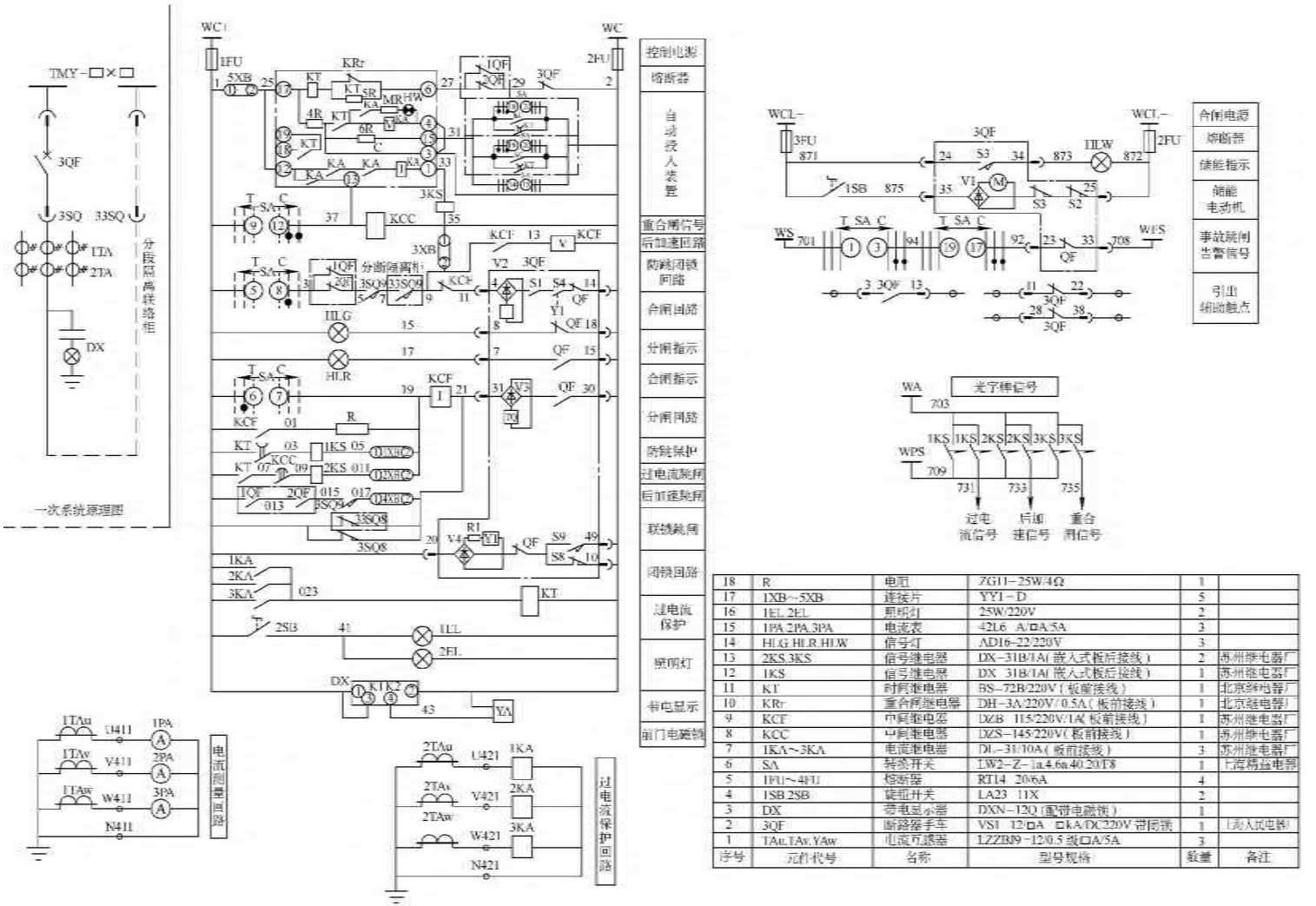


序号	元件代号	名称	型号规格	数量	备注
15	QA	控制开关	C45N-32/2P-10A	1	
14	TAN	零序电流互感器	LZX-φ120□A/5A	1	
13	F	避雷器	HY5WZ2-1743.5kV	3	
12	QE	接地开关	JN15-12/□kA	1	
11	XB	连接片	YY1-D	1	
10	1EL.2EL	照明灯	25W/220V	2	
9	1PA.2PA.3PA	电流表	42L6 A□A/5A	3	
8	1ILR.1ILG.1ILW	信号灯	AD16-22/220V	3	
7	KCF	防跳继电器	DZB 115/220V/1A（板前接线）	3	苏州继电器厂
6	ZWB	综合微机保护装置	YZ300-CX	1	南京盛弘科技有限
5	1FU～5FU	熔断器	RL14-20/6A	5	
4	1SB～4SB	按钮、旋钮开关	LA23 11(2 只)LA23-11X(2 只)	4	
3	DX	带电显示器	DXN-12Q(配带电磁锁)	1	
2	QF	断路器手车	VS1-12□A-□kA/220V(带闭锁)	1	与进入柜配
1	TAu.TAv.TAw	电流互感器	LZZBJ9 12/0.5 级□A/5A	3	

图 5-56　KYN28A-12（交直流操作）进出线柜二次回路原理图（抽出式、综合微机保护）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

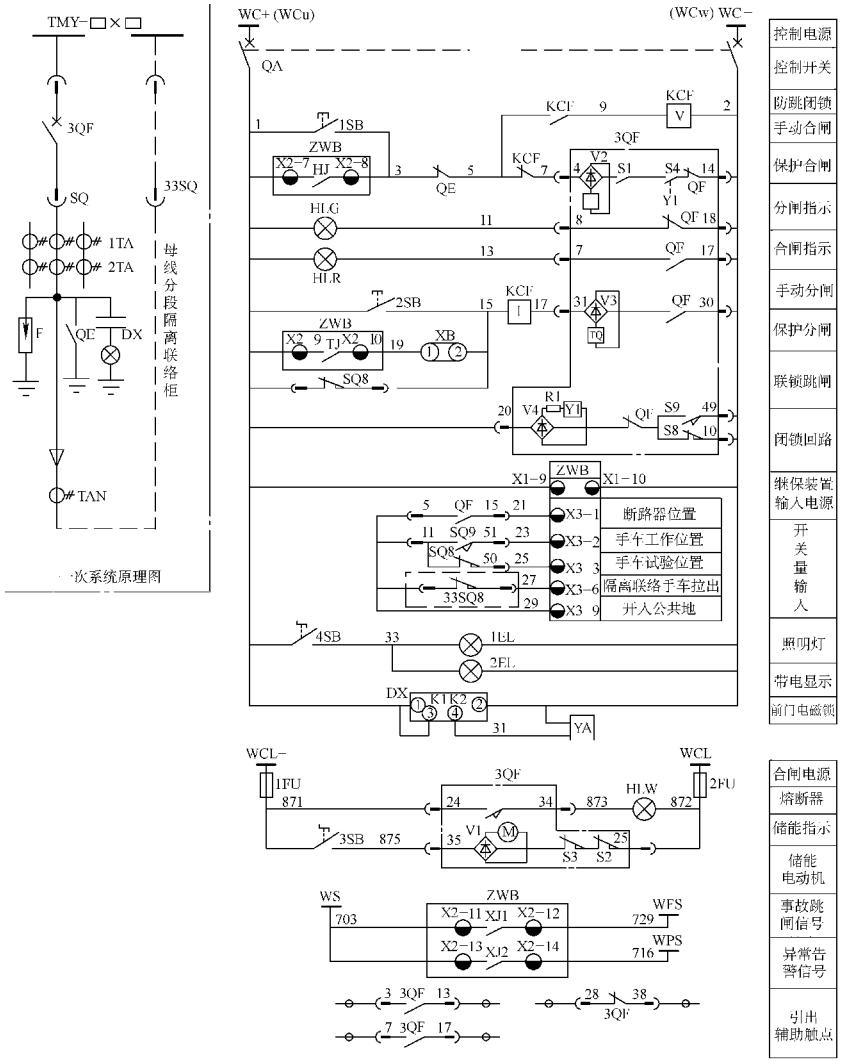


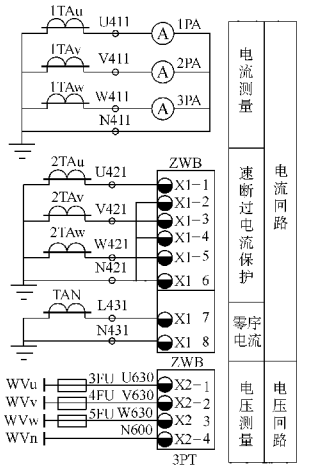
序号	元件代号	名称	型号规格	数量	备注
18	R	电阻	ZG11-25W/4Ω	1	
17	1XB～5XB	连接片	YY1-D	5	
16	1EL 2EL	照明灯	25W/220V	2	
15	1PA 2PA 3PA	电流表	42L6 A/□A/5A	3	
14	HLG HLR HLW	信号灯	AD16-22/220V	3	
13	2KS 3KS	信号继电器	DX-31B/1A(嵌入式板后接线)	2	苏州继电器厂
12	1KS	信号继电器	DX 31B/1A(嵌入式板后接线)	1	苏州继电器厂
11	KT	时间继电器	BS-72B/220V(板前接线)	1	北京继电器厂
10	KRr	重合闸继电器	DH-3A/220V/0.5A(板前接线)	1	北京继电器厂
9	KCF	中间继电器	DZB 115/220V/1A(板前接线)	1	苏州继电器厂
8	KCC	中间继电器	DZS-145/220V(板前接线)	1	苏州继电器厂
7	1KA～3KA	电流继电器	DL-31/10A(板前接线)	3	苏州继电器厂
6	SA	转换开关	LW2-Z-1a.4.6a.40.20/T8	1	上海精益电器
5	1FU～4FU	熔断器	RT14 20/6A	4	
4	1SB 2SB	按钮开关	LA23 11X	2	
3	DX	带电显示器	DXN-12Q(配带电磁锁)	1	
2	3QF	断路器手车	VS1 12/□A □kA/DC220V 带闭锁	1	(嵌入式电器)
1	TAu.TAw.YAw	电流互感器	LZZBJ9-12/0.5 级□A/5A	3	

图 5-57　KYN28A-12（直流操作、继电器）隔离联络柜二次原理图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网





技术要求

1. 元器件的选用和安装应符合设计和标准要求。
2. 电流回路采用 2.5mm² 铜芯绝缘导线。
3. 电压回路采用 1.5mm² 铜芯绝缘导线。
4. 布线要横平竖直，线束扎紧无叠(绞)线，端头压紧牢固，元件代号标识清楚粘贴牢固。

注明：

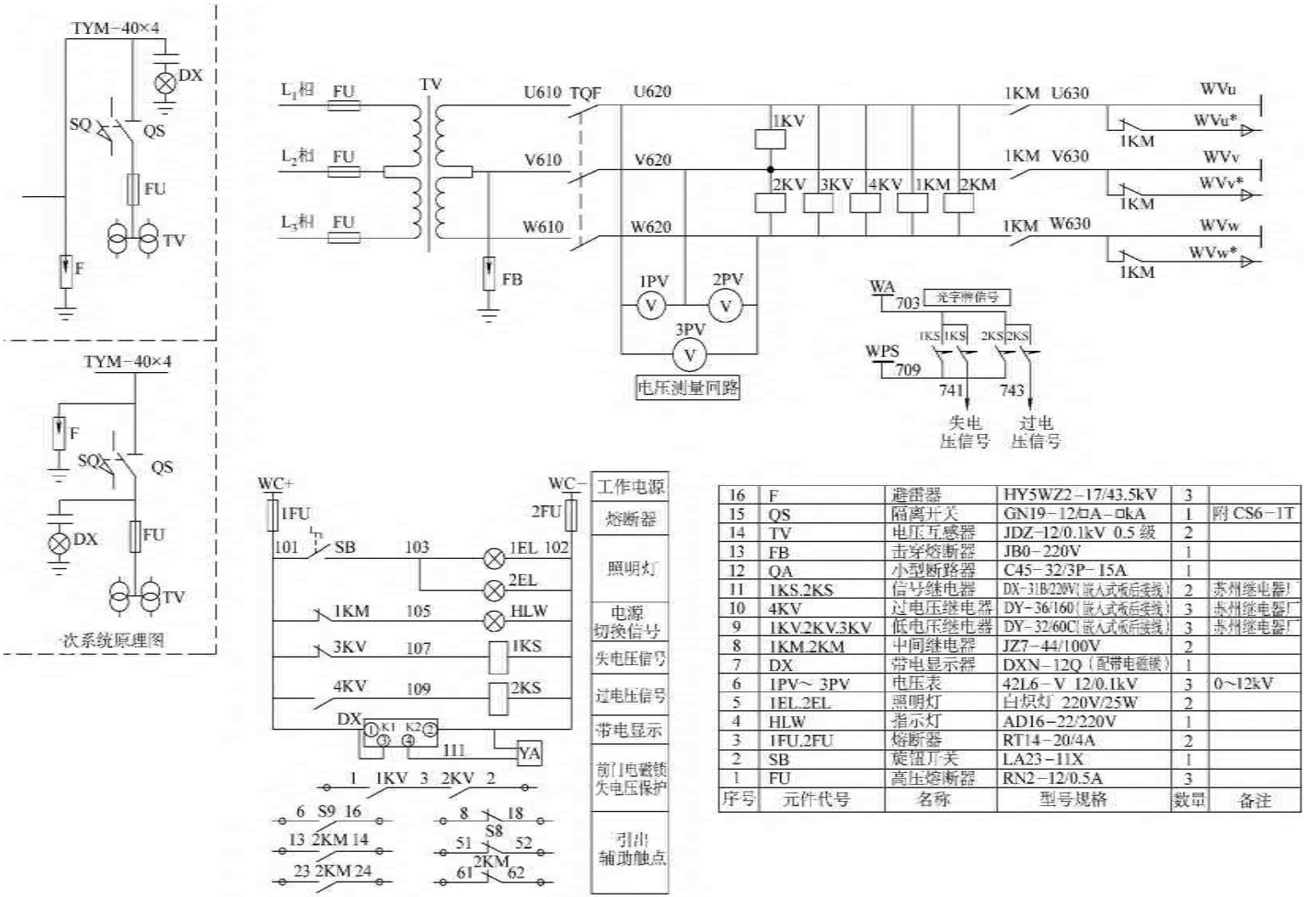
1. 接地开关要根据用户需求来设置，如不要，将二次原理号 3 与 5 短接。
2. 本二次方案也适用于其他各种类型移开式的母线分段联络柜。
3. 避雷器是否安装，可根据用户的需求来确定。
4. 零序电流保护可根据用户需求来确定，如不要，可将二次零保回路删除。

序号	元件代号	名称	型号规格	数量	备注
15	QA	控制开关	C45N-32/2P-10A	1	
14	TAN	零序电流互感器	LZX　φ120□A/5A	1	
13	F	避雷器	HY5WZ2　17/43.5kV	3	
12	QE	接地开关	JN15-12/□kA	1	
11	XB	连接片	YY1-D	1	
10	1EL.2EL	照明灯	25W/220V	2	
9	1PA.2PA.3PA	电流表	42L6-A/□A/5A	3	
8	HLR.HLG.HLW	信号灯	AD16　22/220V	3	
7	KCF	防跳继电器	DZB-115/220V/1A（板前接线）	3	苏州继电器
6	ZWB	综合微机保护装置	YZ300　MF	1	西安远恒科技公司
5	1FU～5FU	熔断器	RT14　20/6A	5	
4	1SB～4SB	按钮、旋钮开关	LA23-11(2 只),LA23-11X(2 只)	4	
3	DX	带电显示器	DXN-12(X 配带电磁锁)	1	
2	3QF	断路器手车	VS1-12/□A-□kA/220V(带闭锁)	1	上海人民电器厂
1	TAu.TAv.TAw	电流互感器	LZZBJ9-12/0.5 级□A/5A	3	

图 5-58　KYN28A-12（交直流操作微机、综合保护）隔离联络柜（微机综合保护装置）二次原理图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

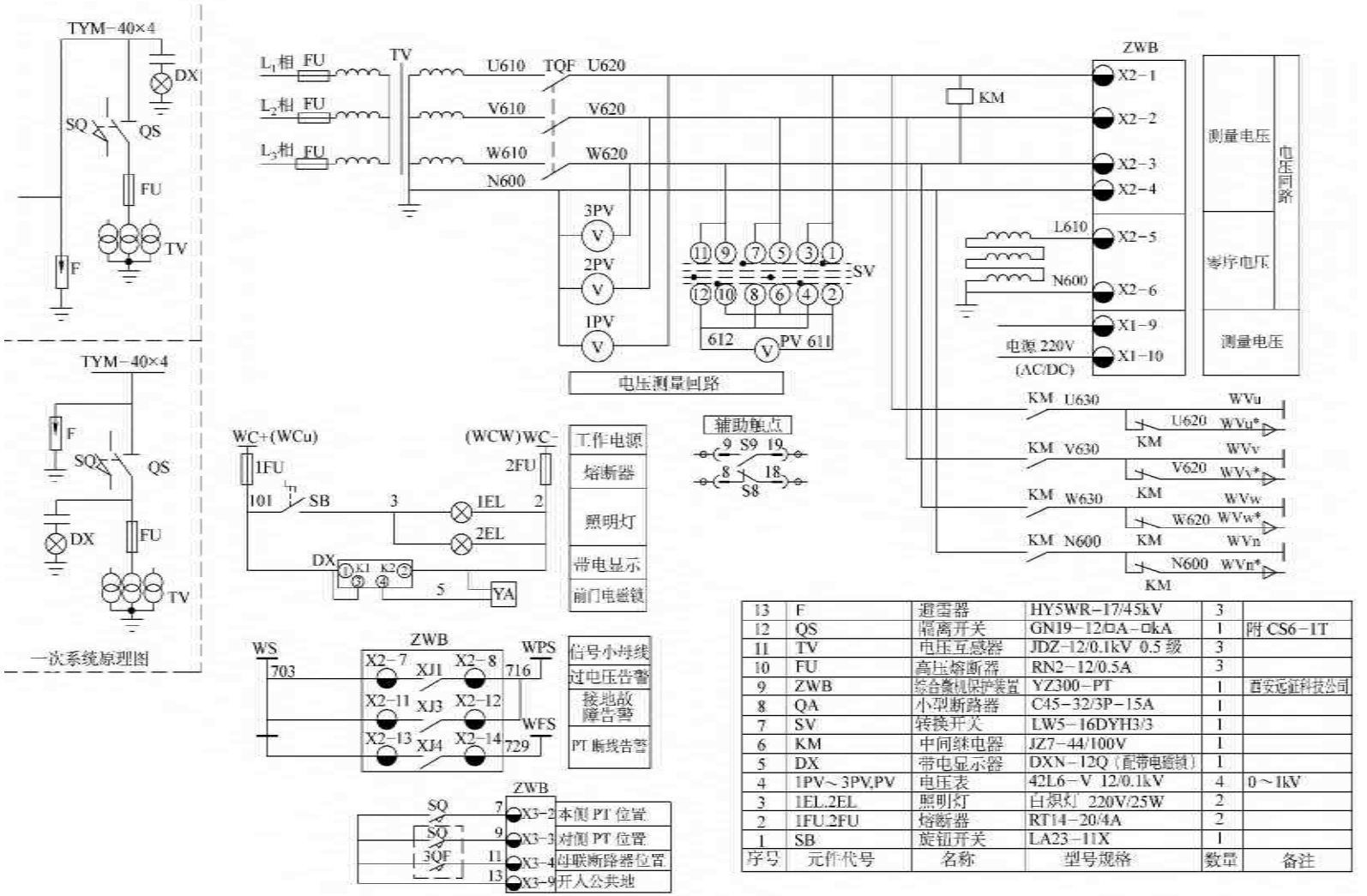


序号	元件代号	名称	型号规格	数量	备注
16	F	避雷器	HY5WZ2-17/43.5kV	3	
15	QS	隔离开关	GN19-12/□A-□kA	1	附 CS6-1T
14	TV	电压互感器	JDZ-12/0.1kV 0.5 级	2	
13	FB	击穿熔断器	JB0-220V	1	
12	QA	小型断路器	C45-32/3P-15A	1	
11	1KS.2KS	信号继电器	DX-31B/220V(嵌入式板后接线)	2	苏州继电器厂
10	4KV	过电压继电器	DY-36/160(嵌入式板后接线)	3	苏州继电器厂
9	1KV.2KV.3KV	低电压继电器	DY-32/60C(嵌入式板后接线)	3	苏州继电器厂
8	1KM.2KM	中间继电器	JZ7-44/100V	2	
7	DX	带电显示器	DXN-12Q(配带电磁锁)	1	
6	1PV~3PV	电压表	42L6-V 12/0.1kV	3	0~12kV
5	1EL.2EL	照明灯	白炽灯 220V/25W	2	
4	HLW	指示灯	AD16-22/220V	1	
3	1FU.2FU	熔断器	RT14-20/4A	2	
2	SB	旋钮开关	LA23-11X	1	
1	FU	高压熔断器	RN2-12/0.5A	3	

图 5-59　GG1A-12F（直流操作、继电器）电压互感器、避雷器柜二次原理图（固定式）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



序号	元件代号	名称	型号规格	数量	备注
13	F	避雷器	HY5WR-17/45kV	3	
12	QS	隔离开关	GN19-12□A-□kA	1	附 CS6-1T
11	TV	电压互感器	JDZ-12/0.1kV 0.5 级	3	
10	FU	高压熔断器	RN2-12/0.5A	3	
9	ZWB	综合微机保护装置	YZ300-PT	1	西安远征科技公司
8	QA	小型断路器	C45-32/3P-15A	1	
7	SV	转换开关	LW5-16DYH3/3	1	
6	KM	中间继电器	JZ7-44/100V	1	
5	DX	带电显示器	DXN-12Q（配带电磁锁）	1	
4	1PV～3PV,PV	电压表	42L6-V 12/0.1kV	4	0～1kV
3	1EL,2EL	照明灯	白炽灯 220V/25W	2	
2	1FU,2FU	熔断器	RT14-20/4A	2	
1	SB	旋钮开关	LA23-11X	1	

图 5-60　GG1A-12F（交直流操作、微机综合保护）电压互感器、避雷器柜二次原理图（固定式）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（三）GG1A－12F（直流操作）避雷器柜

1）图5-59是GG1A－12F（直流操作、继电器）电流互感器、避雷器柜二次原理图，是最常用的为系统提供电压信号的柜，并将其引至电压小母线上（WV），系统中的电压信号、低压交流电源都是这里引接的，在前述内容中已有详尽说明。同时在母线上设置避雷器。

2）图5-60是与图5-59相同的避雷柜，型号是GG1A－12F（交直流操作、微机综合保护），不同的是采用了微机综合保护装置，代替了继电器，再是采用了三组电压互感器，其中一组是零序电压互感器。

由图可知，电流互感器经过断路器TQF引入到微机综合保护装置ZWB，ZWB同时接收零序电流互感器的信号，并将电压小母线（WV）经中间继电器KM接引到电压互感器上，作为系统的控制电源。

ZWB输出过电压告警信号、接地故障告警信号，电压互感器断线信号，并确定电压互感器、母线断路器的信号，供运行人员参考。

七、自动化仪表及自动装置线路图的识读

工业锅炉房自动化仪表及自动装置通常称为热工仪表，主要包括温度、压力、流量、水位的测量及锅筒水位自动调节、与电动机联锁、各类仪表接线等。此外，还有除氧给水系统的仪表及电缆清册等。工业锅炉房的仪表装置很复杂，也是一个难点，它与电动机的联锁构成了锅炉房内复杂的控制系统。

（一）热工测量控制系统图及仪表导管电缆连接图

热工测量控制系统和导管电缆连接图是热工测量中最重要的图样，它给出了测量参数、仪表型式、安装位置、控制方式、管线缆型号规格、调节方式、工艺流程等重要数据。

1）图5-61是锅炉房常用仪表及自动装置图例，由图可以看出，一般仪表均用一个圆表

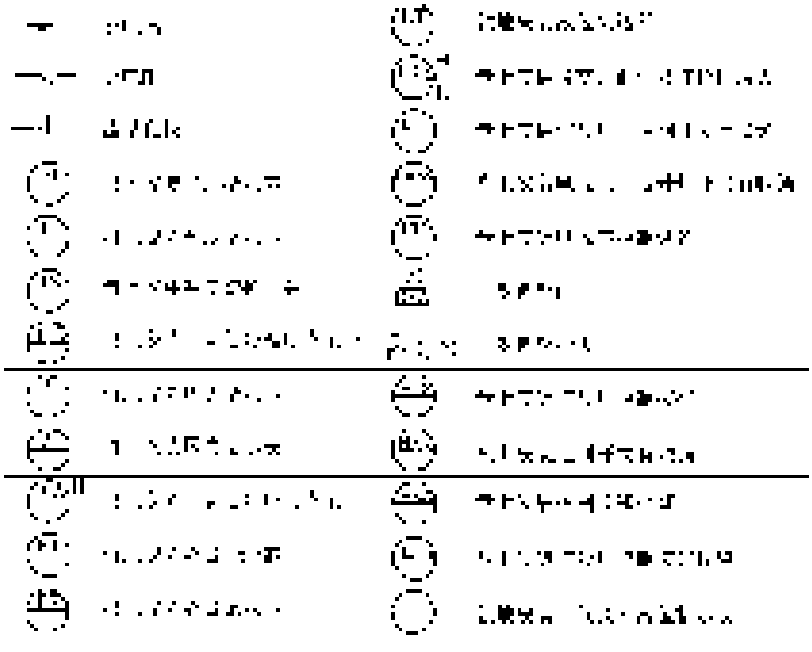


图5-61　工业锅炉房常用仪表及自动装置图例

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

示，其中在盘上安装的仪表均用⊖表示，而在现场安装的仪表只用一个○表示，并且用英文字母来表示仪表的用途，如，E 表示电压或电源或元件，T 表示温度（有时表示变送器）、P 表示压力、F 表示流量、L 表示液（物）位、R 表示记录、Q 表示积算、A 表示报警、S 表示开关或按钮、I 表示指示、C 表示调节、H 表示高、L 表示低，M 表示电动等。一般用这些字母的组合表示仪表或装置的功能。

2）图 5-62 是锅炉正面的热工测量控制系统图，图 5-63 是锅炉平面的热工测量控制系统图，图 5-64 是锅炉热工仪表导管电缆连接图，由图可以知道以下内容：

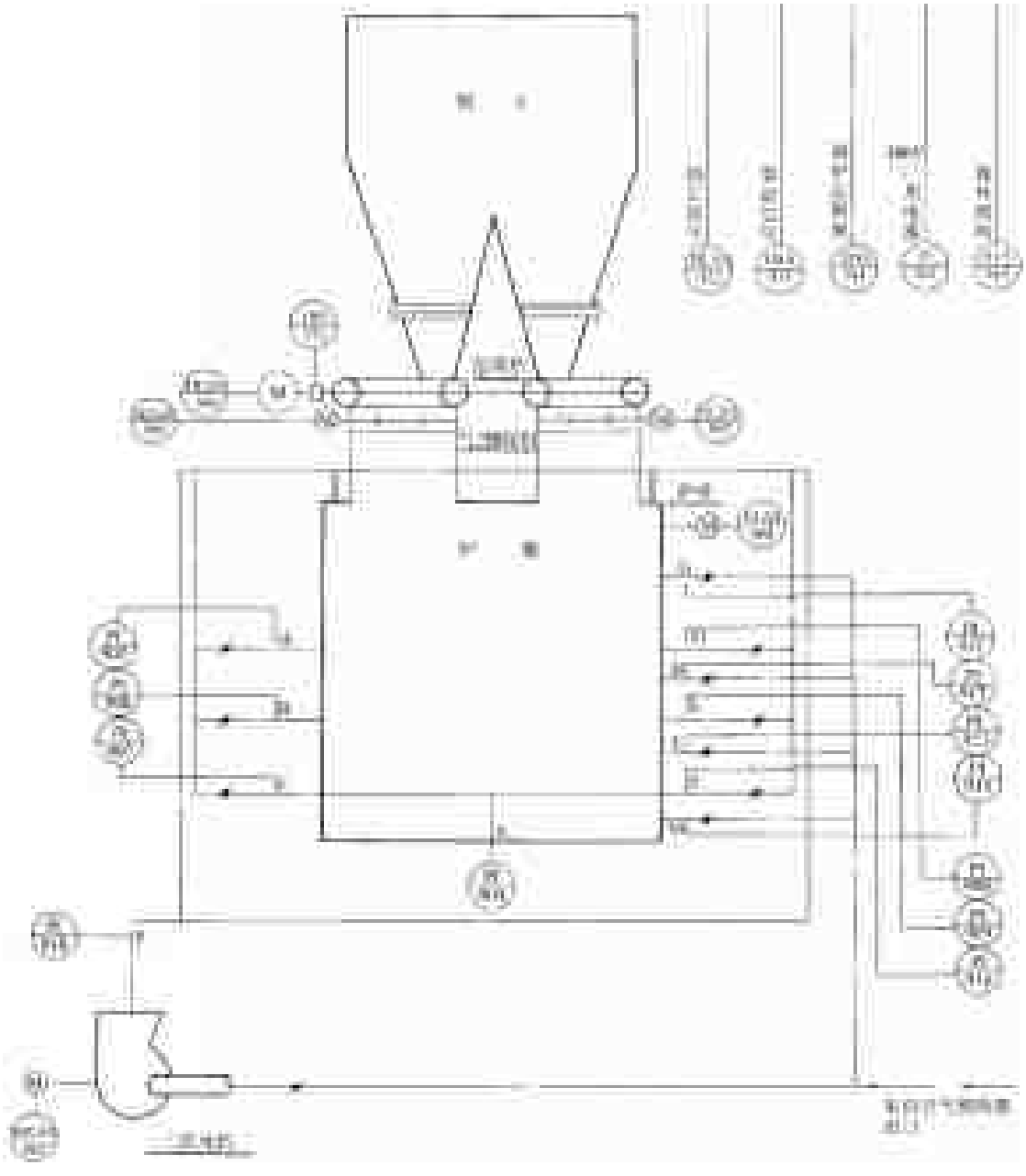


图 5-62　某工业锅炉正面热工测量控制系统图（正面）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 温度的测量有4个点

a. 主蒸汽温度的测量，测量元件为热电偶，热电偶编号TE－902－1，用补偿导线接至冷端补偿器WPRB上，然后用控制电缆KVV将信号引至锅炉控制盘（简称控制盘）上的 H 即带高信号报警的温度指示仪表上（动圈指示仪）。其中，WPRB的～220V电源由控制电缆引入（A63、N63），WPRB和热电偶为就地现场安装，热电偶的安装位置于主蒸汽管道出口后的水平直管段上，见图5-63中的A点。

b. 给水温度的测量，测量元件为热电阻，编号TE－901－1，用塑铜线接至接线盒WPX－12上，然后用控制电缆将信号引至控制盘上的 即温度指示表上，这个仪表是用切换开关控制度的，切换开关为 。热电阻和接线盒就地安装，其中热电阻安装位置于给水进口孔板之后的直管段上，见图5-63中的B点。

c. 烟道尾部烟气温度的测量，测量元件为热电阻，编号TE－901－2，其他与b. 中给水温度的测量相同，并与其共用一个切换开关，共用一只温度指示仪表，安装位置为烟道尾部，见图5-63中的C点。

d. 空气预热出口风道空气温度的测量，测量元件热电阻，编号TE－901－3，其他与c. 中烟气温度测量相同，安装位置见图5-63中的D点。

② 流量的测量有两个点

a. 主蒸汽管道中蒸汽流量的测量，测量元件为孔板—|—，用导压管与冷凝器连接，经阀门组用导压管引至流量变送器 ，流量变送器现场就地安装，变送器输出的电信号用BVV铜塑线接至接线盒WPX－12，然而用控制电缆引至控制盘上的记录仪 上并引至调节器。其中导压管为10#钢 ϕ14无缝管。为了保证测量的精度，变送器放置于保温箱中，保温箱由供电箱供电。变送器的电源是由控制盘经控制电缆得到的，见WPX-12中的FR901 A63和FR901 N63，电压220V，FR902-B1和FR902-B2为变送器输出的信号线。孔板的安装位置应于水平直管段上，见图5-63中的E点。

b. 给水管道中给水流量的测量，测量元件为孔板，其他与D中蒸汽流量测量相同，变送器共用一个保温箱，孔板安装位置于给水进口水平直管段上，见图5-63中的F点。

③ 锅筒水位的测量只有一点，直接将水位信号（差压）用导压管经平衡容器和阀门组引至液位变送器 ，变送器与流量变送器供同一个保温箱，其他基本同流量变送器。变送器的输出信号用电缆引至控制盘上的有高低信号报警的液位记录仪 H L 上并引至调节器上。锅筒水位信号、给水流量信号和蒸汽流量信号引至调节器后构成了三冲量水位自动调节系统，这是工业锅炉一个重要的调节方式。安装位置见图5-63锅筒两端，另一端的变送器 的设置是为了现场观察水位的，直接用导压管引至现场的低读水位表。

④ 压力的测量有三个部分，这就是给水压力、锅筒蒸汽压力和主蒸汽管道压力。压力的测量均用导压管经阀和环形管引至控制盘上的压力指示仪表，其中主蒸汽管道的压力为带高位信号的压力表 H ，取压点位于主蒸汽管道温度测量点A和流量测量点E之间，见

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

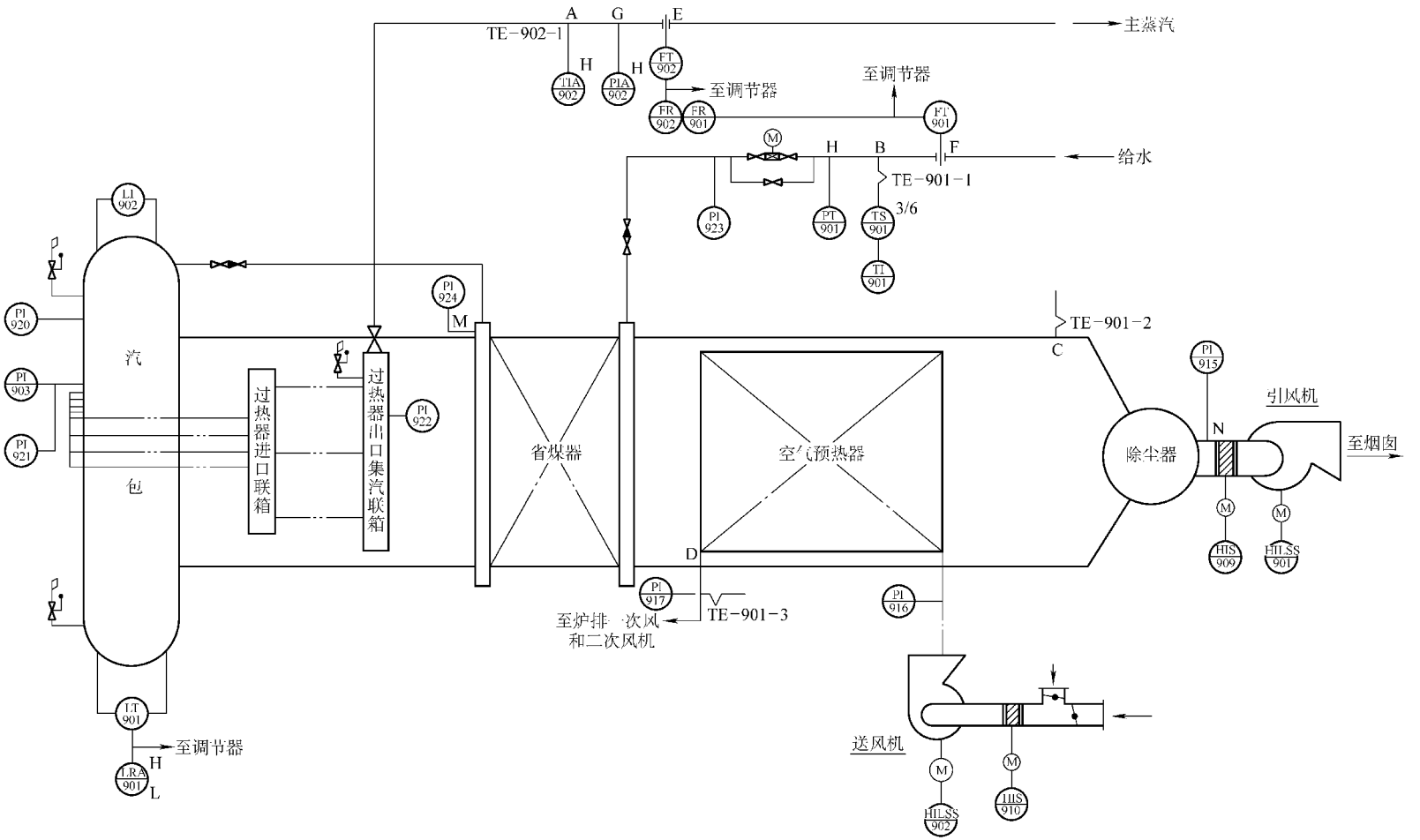


图 5-63 某工业锅炉平面热工测量控制系统图（平面）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图 5-63 的 G 点。给水压力测量的取压点位于给水管道电动调整门的前端（进水端），是图 5-63中的 H 点，同时其后端（出水端）安装就地压力表。而锅筒的蒸汽压力取压点设在锅筒的中部，同时设置了两块就地测量压力的仪表和，见图 5-63 中的锅筒。此外，在过热器出口集气联箱上设就地压力表一块，在省煤器上设就地压力表一块，见图 5-63 的 Z、M 点。

⑤ 二次风压的测量共有 6 个点，均为用导压管直接引至控制盘上的压力表上，其中取压点见图 5-62 中的 A、B、C、D、E、F 点。

⑥ 炉排一次风压的测量点共有 4 个点，用导压管直接引至控制盘上的压力表上，取压点见图 5-62 的 G、H、L、M 点。

⑦ 负压的测量共有两个点

a. 除尘器前烟道负压的测量，用导压管直接引至控制盘上的压力表上，取压点见图 5-63 的 N 点。

b. 炉膛负压的测量，用导压管直接引至控制盘上的压力表上，取压点见图 5-62 的 N 点。

⑧ 风压的测量共有三个点，均由导压管直接引至控制盘上的压力表上，其中空气预热器入口风压取样点见图5-63 的送风机出口，空气预热器出口风压取样点见图5-63 的 D 点，二次风机出口风压取样点见图 5-62 的 P 点。

⑨ 蒸汽流量、给水流量、锅筒水位三个参量经一个调节器进行自动调节，随时根据蒸汽流量的大小和锅筒水位的高低自动调节给水的流量，给水总阀门为电动调整门并受调节器的控制。

⑩ 送风机设有联锁的转换开关，手动操作并设电流表和信号灯监视，见图 5-63 送风机的标注，这个功能在实际中是由三个元件完成的，即转换开关、电流表和指示灯。送风机入口的挡板设电动调整挡板，设按钮操作，电流表监视，见图 5-63 送风机的标注。

⑪ 引风机控制的设置与送风机相同，见图 5-63 的标注和。

⑫ 二次风机控制的设置有联锁的转换开关，手动操作并设电流表和信号灯监视，见图 5-62二次风机的标注，二次风机不设电动挡板。

⑬ 炉排控制的设置有联锁的按钮开关和信号灯监视，手动操作换速。

⑭ 给煤机控制的设置有联锁的转换开关，手动操作并设信号灯监视，见图 5-62 给煤机的标注，同时给煤机速度的控制由控制器完成，见图 5-62 的标注，由手动控制。

⑮ 抛煤机由两台电动机拖动，分别设置有联锁的转换开关控制并设有信号灯监视，手动控制，见图 5-62 的标注和。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

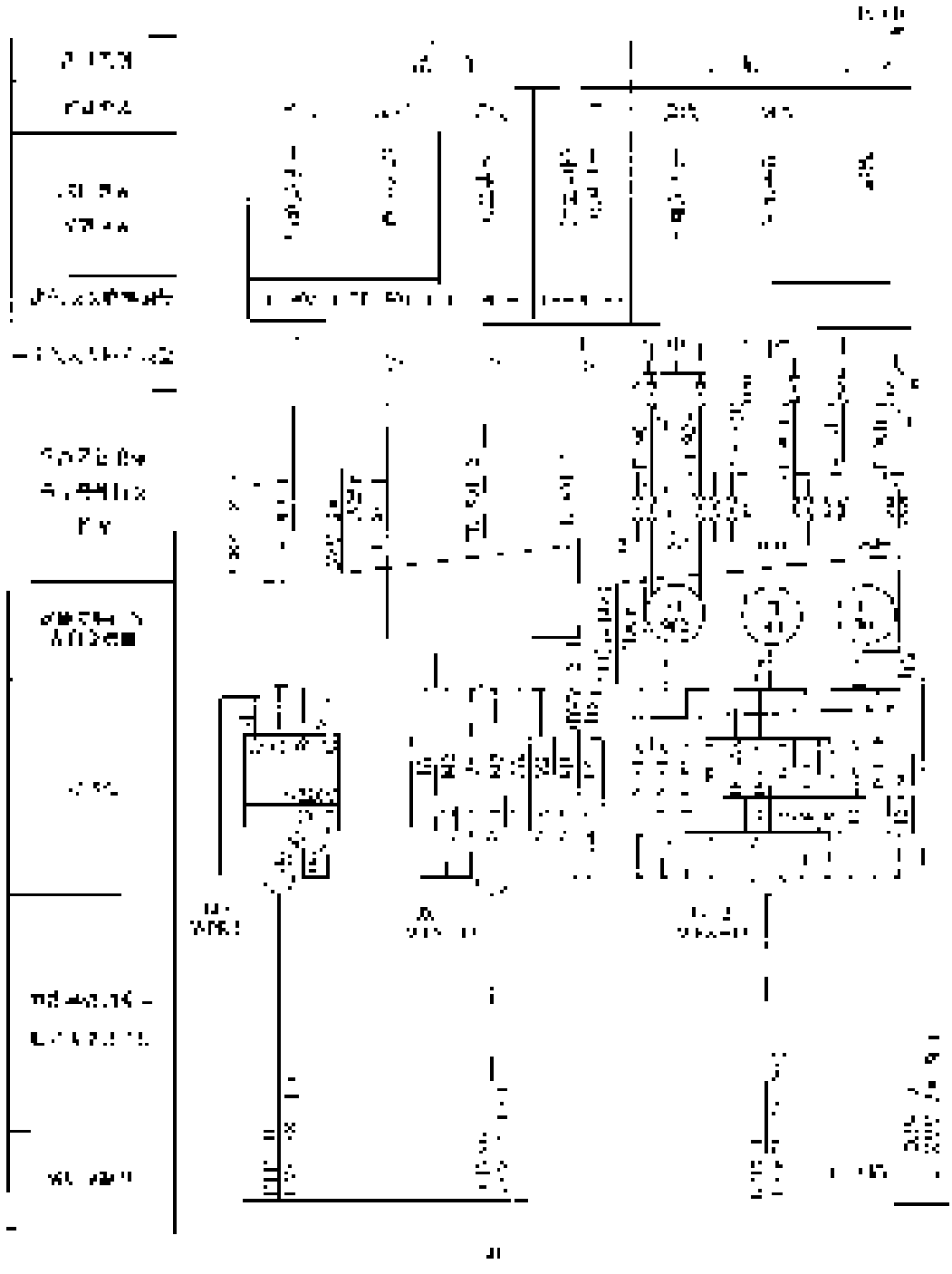


图 5-64　某工业锅炉热工仪表导管电缆连接图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

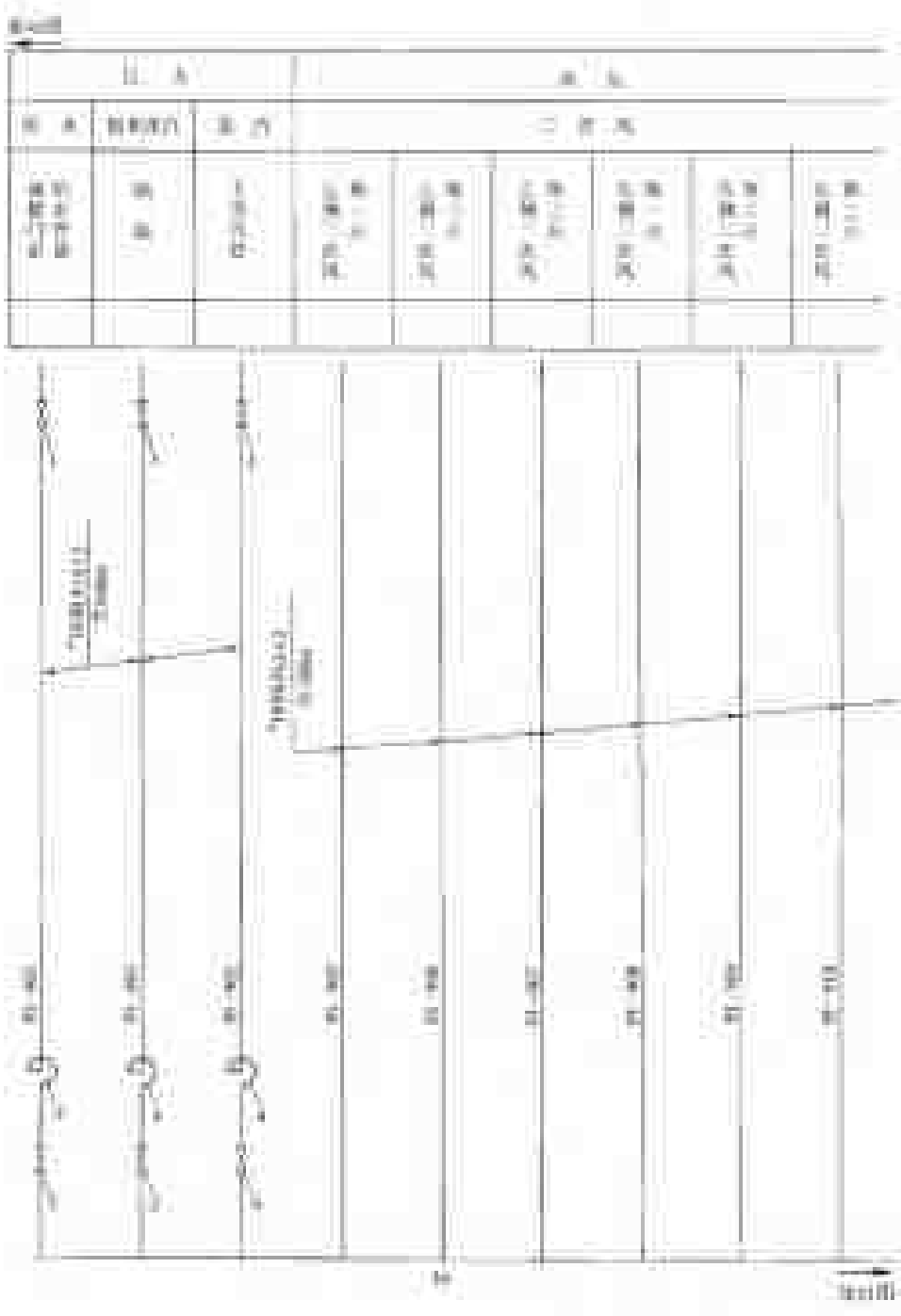


图 5-64　某工业锅炉热工仪表导

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

管电缆连接图（续）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（二）锅炉控制盘正面元件布置图

图 5-65 是锅炉房热工仪表控制盘正面元件布置及柜体尺寸图，它给出了仪表及元件的

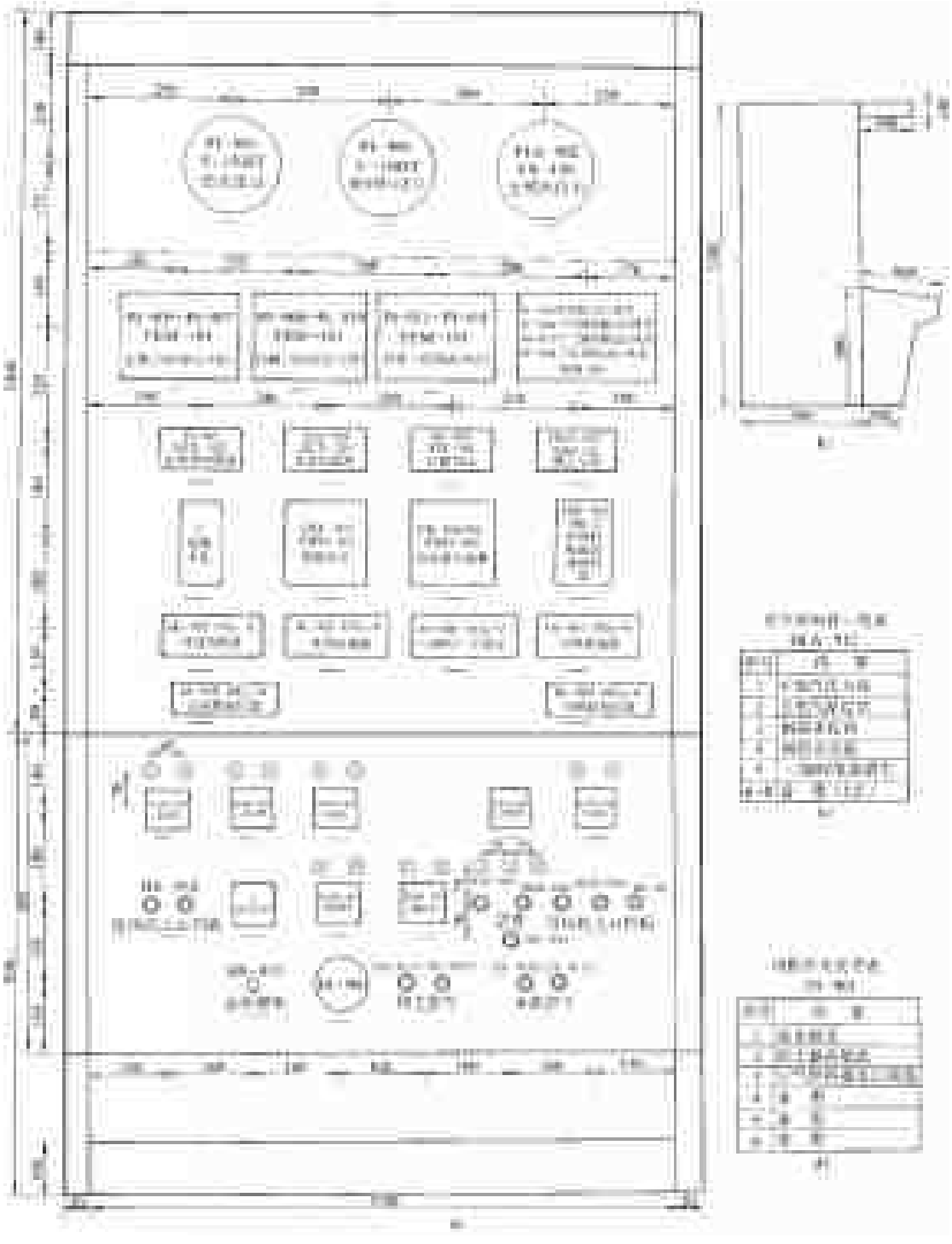


图 5-65　锅炉控制盘正面元件布置及柜体尺寸图

a）正视图　b）侧视图　c）光字牌内容一览表　d）切换开关次序表

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

规格型号及其控制单元的组合情况，读者可根据图 5-65 和表 5-36 分析上述内容，同时由图我们可知以下内容。

表 5-36　图 5-65 设备元件表（仅供参考）

编号	名　称	型　式　规　格	数量	备　注
PI－901	弹簧管压力表	Y－150ZT 0～4MPa	1	
PI－903	弹簧管压力表	Y－150ZT 0～2.5MPa	1	
PIA－902	电接点压力表	YX－150 0～2.5MPa	1	
PI－905－PI－907 PI－908－PI－910	集装式压力指示表	YEM－101 0～8kPa	2	3 台装
PI－911－PI－914	集装式压力指示表	YEM－101 0～4kPa	1	4 台装
PI－915－PI－918	集装式压力指示表	YEM－101PI－915－4～0kPa PI－916,917:0～4kPa, PI－918:0～8kPa	1	4 台装
LRA－901	小型长图平衡记录仪	XWD－102 0～10mA 0～2.5kPa	1	
FR－901/902	小型长图平衡记录仪	XWD－200 0～10mA 0～25t/h	1	
TI－901	动圈式温度指示仪	XCZ－102 0～300℃ BA2	1	
TIA－902	动圈式温度指示调节仪	XCT－121 0～400℃ EA－2	1	
PI－904	矩形膜盒压力表	YEJ－101 －3～＋3kPa	1	
TS－901	切换开关	FK－6 切换六点	1	
C	比例积分调节器	DTL－231 0～10mA 四通道	1	
K	操作器	DFD－05 0～10mA	1	
HLA－912	闪光信号报警器	XXS－02	1	
	标志框		36	
HIS－911	控制器	DK－2	1	锅炉厂供
HSS－911	转换开关	LW5－P 1587/5	1	
HLSS－901～ 904,906～907	转换开关	LW5－15 B4815/5	6	
HI－909 HI－910	电流表	46C2－A 0～10mA 0～100%	2	
HI－901	电流表	16T2－A 300/5A	1	
HI－902	电流表	16T2－A 150/5A	1	
HI－903	电流表	16T2－A 75/5A	1	
EI－901	电压表	16T2－V 0～450V 380/100V	1	
HSS－908/4 HLSS－908/1、2、3	按钮	LA18－22 红、绿、白色	各 1	其中 1 个 HSS－908/4 为黑色按钮
HLS－909 HLS－910	按钮	LA18－22 红、绿色	各 2	
HS－912/1、2 HS－913/1、2	按钮	LA18－22 红、绿色	各 2	热工事故信号试验及解除
HS－915	钮子开关	KN3－A/1Z1D 单刀单掷	1	
	信号灯	XD5 红色、绿色	各 6	附 2.2kΩ 电阻灯泡 12V12W
	信号灯	XD5 蓝、黄、白色(控制炉排用)	各 1	
	电铃	～220V 75mm	1	
	蜂鸣器	DDZ1 ⎓ 220V	1	
	荧光灯	～220V 100W 带灯具	2	用作盘外照明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）主蒸汽管道的温度测量信号经控制电缆 KVV-5×1.5 由冷端补偿器接至控制盘上主蒸汽温度仪表 XCT-121 上，该表是动圈调节指示仪，可高位报警，测量范围 0～400℃，分度号 EA-2，与热电偶配套。

2）给水管道给水温度测量信号、尾部烟道烟气温度信号、空气预热出口风道空气温度信号同时经控制电缆 KVV-7×1.5 由 1#接线盒接至控制盘上 TS-901 切换开关上，型号FK-6，而后再接至温度仪表 XCZ-102 上，该表是动圈指示仪，测量范围 0～300℃，分度号 BA2，与热电阻配套。

3）主管蒸汽道蒸汽流量、给水管道给流量和锅筒水位的测量信号经控制电缆 KVV29-14×1.5 由 2#接线盒引至控制盘上分别接至盘上的小型长图平衡记录仪 XWD-200、XWD-102 和锅筒水位调节器 DTL-231 上，进行流量的记录、水位的记录和三冲量的比例积分调节（三冲量指蒸汽流量、给水流量和锅筒水位）。其中 XWD-200 是双笔记录仪，可同时记录两个参数，信号 0～20mA，流量 0～25t/h；XWD-102 为单笔，信号 0～10mA，记录锅筒水位并设有高低水位报警。DTL-231 为比例积分调节器，信号 0～10mA，可进行 4 个参数的调节，同时设 DFD-05 操作器一只。

4）给水压力、锅筒蒸汽压力和主管道蒸汽压力由取样点经导压管分别直接引至盘上的压力表 Y-150ZT0～4MPa、Y-150ZT0～2.5MPa 和 YX-150 0～2.5MPa 上，其中 Y-150ZT 为普通弹簧管压力表，而 YX-150 为电接点压力表，设有高位报警功能。

5）风压和负压的测量信号均由取样点经导压管分别直接接至盘上的集装式压力指示仪表上，其中二次风按左右用两块表、炉排一次风用一块表、空气出口风压和烟气负压共用一块表。集装式压力指示仪表型号 YEM－101，是几块压力表装设在一起的压力测量装置，其规格见表 5-36。

6）炉膛负压的测量由取样点经导压管直接引至盘上的 YEJ－101 膜盒式压力表上，规格－3～＋3kPa。

7）送风机电动机的控制由 16T2－A、信号灯 XD_5 和转换开关 LW5－15 B4815/5 组成，电动调整挡板的控制由按钮 LA18－22 和电流表 $46C_2$－A 组成，其中电流表 $46C_2$－A 是 0～10mA，用 0～100% 来表示挡板的开度。

8）引风机电动机及其电动挡板与送风机相同，其中电流表 16T2－A 为主机电流，需配互感器。

9）二次风机电动机的控制与送风机相同。

10）炉排电动机的控制由按钮 LA18－22 和信号灯 XD_5 组成。

11）给煤机电动的控制由转换开关 LW5－15、B4815/5、信号灯及控制器 DK－2 组成，其中 DK－2 控制其转速，是与电磁调速电动机配套的。

12）抛煤电动机的控制由转换开关 LW5－15$B_4$815/5 和信号灯组成。

13）控制盘设热工信号，由闪光信号报警器 XXS－02 完成，当主蒸汽压力或温度过高、锅筒水位过高或过低、电源消失均闪光报警，并由热工信号按钮试验，由事故信号按钮解除。

14）控制盘设盘上照明，220V100W 荧光灯。

15）有关控制盘及其元件的接线见下述内容。

16）控制盘设总联锁转换开关 LW5－P1587/5。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

综上所述，在系统图中标注的一些复杂的控制及测量回路，有时不是由一个元件完成的，而是由几个元件的组合来完成，但各个元件的功能应符合控制回路的要求，如 则由 HI 和 HLSS 来完成。这是自动化仪表中常用的方法。

（三）仪表及控制元件的接线图

锅炉控制盘上的诸多仪表除了各类压力仪表外大多为电动仪表，这类仪表必须按照接线图进行接线（包括电源的接线），才能正常工作，才能实现其显示、记录、调节、报警的功能。因此，接线图是自动化仪表的重要图样。这些图与前述的二次回路有着错综复杂的联系，并与其构成了复杂的控制系统。另外，接线图还包括控制盘本身的一些接线。

1. 锅筒水位自动调节接线图

锅筒水位的调节是锅炉运行时最重要的一项技术措施，它的目的和作用是保证运行的锅炉锅筒水位永远保持在安全的允许范围之内。它的工作原理见图 5-66，表 5-37 是主要设备表。由框图可以看出，蒸汽流量、锅筒水位、给水流量经变送器 *T* 变成 0～10mA 的电信号后送入比例积分调节器，经比例积分运算后将 0～10mA 的电信号送给伺服放大器和操作器，这个信号经放大器放大后，送给操作器，如果操作器在“自动”位置，电动执行器则按这个信号动作，加大或减小阀门的开度；如果在“手动”位置，执行器则由操作器的控制开关操作。这个过程中，执行器要把动作情况反馈给操作器和放大器，同时操作器也将把信号反馈给调节器，见图 5-66 的反馈信号线 fX1 和 fX2。

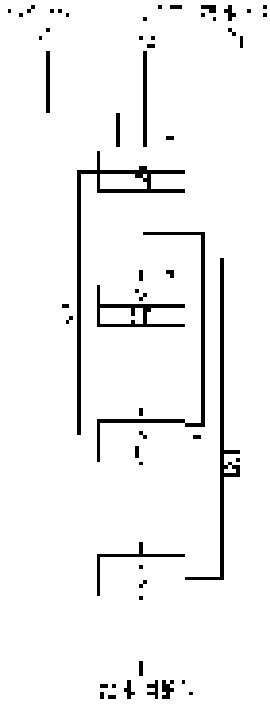


图 5-66　锅筒水位三冲量自动调节框图

图 5-67 是锅筒水位三冲量自动调节的原理接线图，图中将记录仪也画在一起，这是一种常用的接线方法。如果我们把开方器和记录仪取掉，得到的框图则和图 5-66 相同。图中的“+”和“-”号表示信号的极性；“ ”号表示接地端子；“～220V”表示交流电源，其附近的 0 则表示工作零线端子；“ ”则表示并接的电阻。这里我们介绍了另外一种三冲量调节原理图，见图 5-67b，读者可与图 5-67a 和图 5-66 进行比较，这是一种标准的图样。

图 5-68 是控制盘内锅筒水位调节的接线图，该图不包括记录仪和开方器的接线，图中 CA、CN、KA、KN 是交流 220V 电源，N 为工作零线，C－1～C－6 信号线的引入是由 FR901 给水流量记录仪、FR902 蒸汽流量记录仪和 LRA901 锅筒水位记录仪引来的。我们把图 5-67 中开方器和记录仪的接线短接后所得到图便是图 5-68。图中线束中的 、 表示线束导线的根数。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-37 锅筒水位调节设备表

序号	符　号	名　称	型式规格	数量	备　注
控制盘上设备					
1	C	比例积分调节器(PI)	DTL－231 0～10mA	1	
2	K	操作器(C)	DFD－05 0～10mA	1	
3		普通端子	D－1	19	
4		连接端子	D－2/D－3	5/5	
5		名牌端子	D－9	1	
墙挂设备					
1	Y	伺服放大器(SF)	FC－01 0～10mA	1	
就地安装设备					
1	Z	电动机执行器(Z)	ZKJ－31F 250N·m 0～10mA	1	
2	J	端子盒	JD－1	1	与执行器配套设备

2. 记录仪接线图

该锅炉房蒸汽流量和给水流量是由 XWD－200 双笔记录仪记录的，接线图见图 5-69，图中 1B1 和 1B3、2B1 和 2B3 并联的电阻 R_0 为调整电阻，至调节器就是指接到调节器相应的端子上。

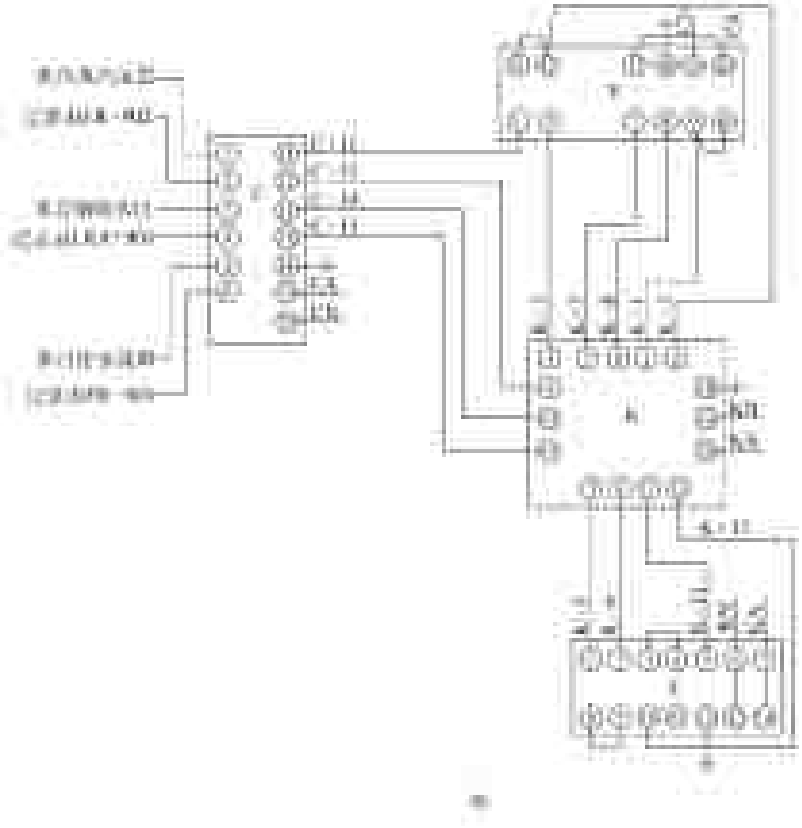
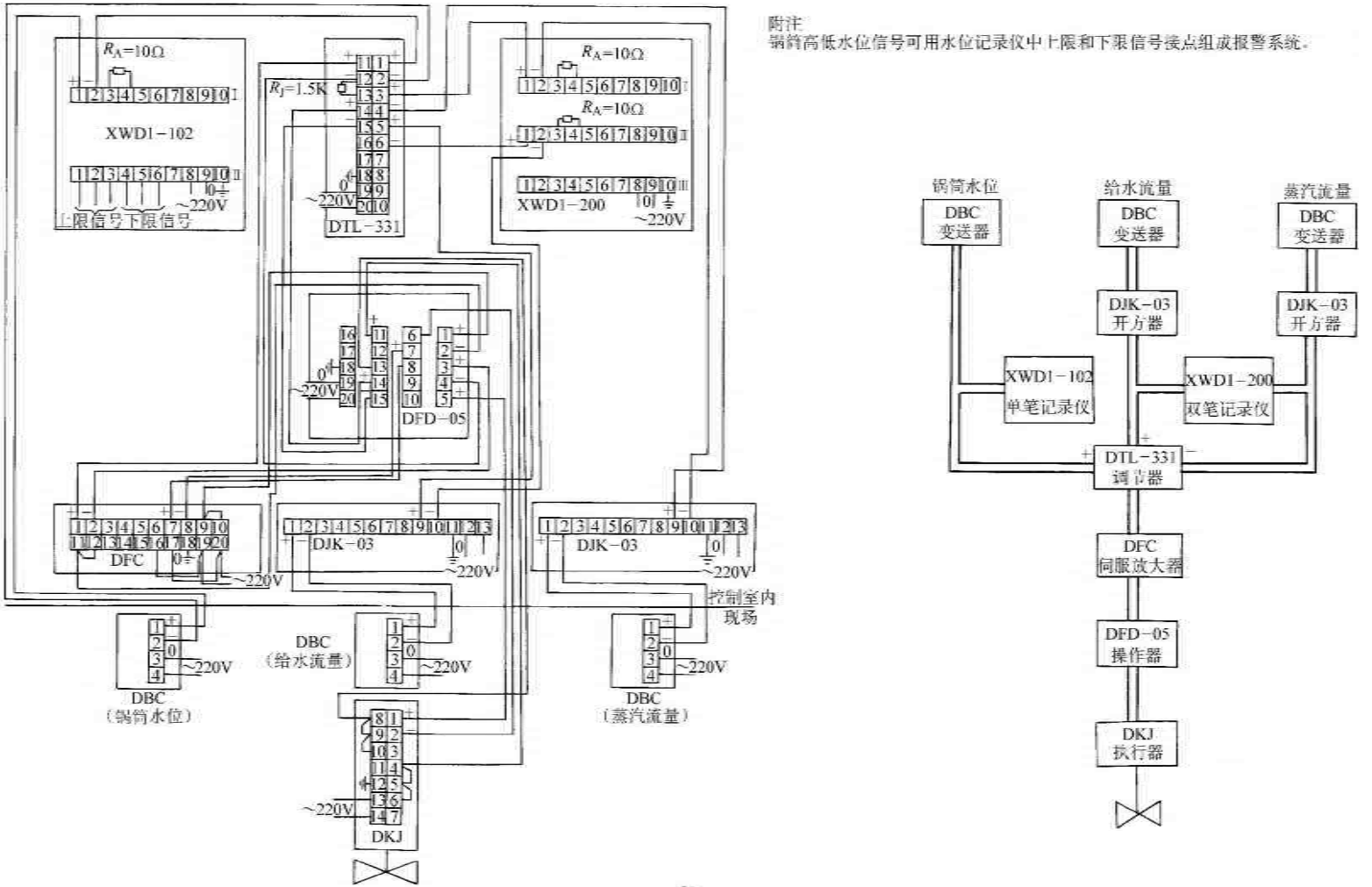


图 5-67 锅筒水位三冲量自动调节原理接线图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



b)

图 5-67　锅筒水位三冲量自动调节原理接线图（续）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

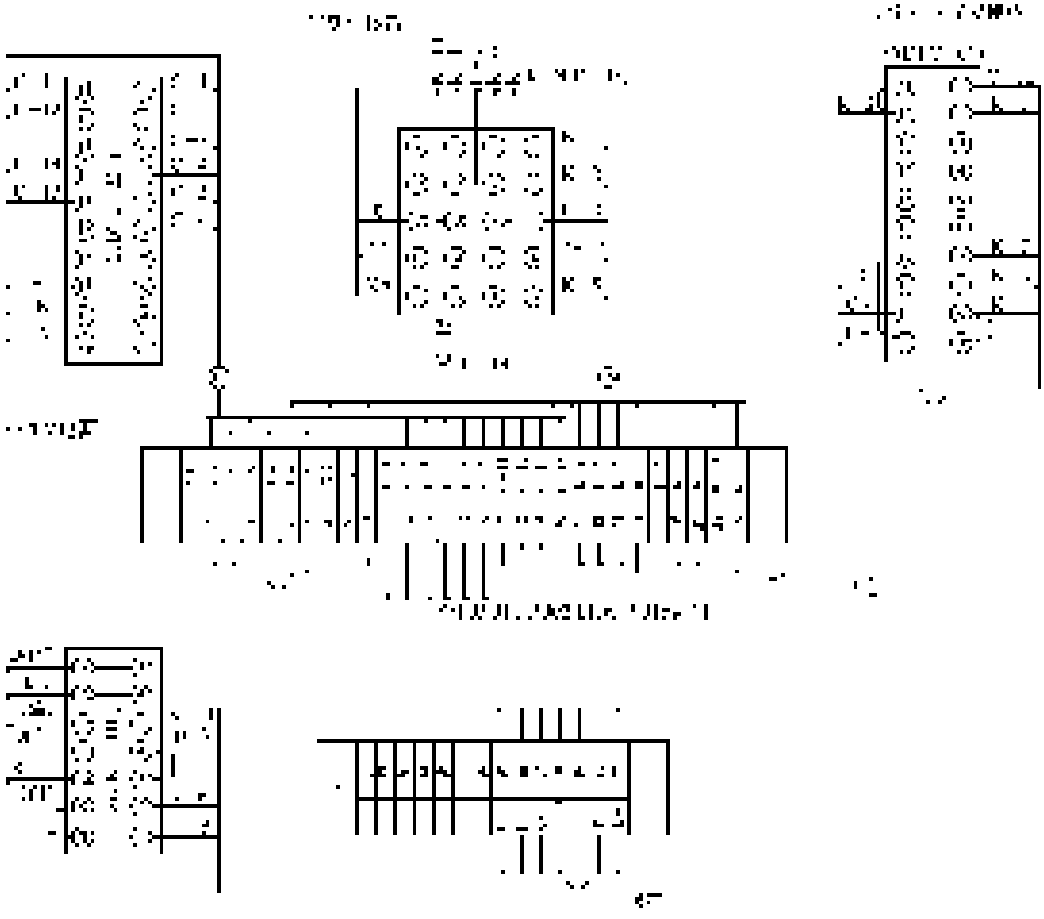


图 5-68 控制盘内锅筒水位调节接线图

锅筒水位是由 XWD－102 单笔记录仪记录的，接线图见图 5-70，其中端子板上的 9～11（G、D、Z）端子是引至热工信号的报警信号，上限高位和下限低位均报警，其他同图 5-69。两台记录仪由现场到盘上的连接是用电缆完成的，电缆详见电缆清册。

3. 动圈温度仪表的接线

该锅炉房蒸汽温度的测量是由传感元件热电偶和动圈调节仪表完成的，其接线图见图 5-71，图中有上、下限报警功能，并由 8#、9#端子引至热工报警信号。而给水温度、排烟温度、风温三个温度量则由三只热电阻和一只动圈表完成，接线图见图 5-72。该图是六只热电阻共用一块动圈温度表测量六个点的接线图，用 FK－6 型切换开关单点显示，本锅炉只用三只热电阻。其中，XCZ－102 动圈温度表画了两只，这是因为各地厂商制造时表的端子编号不一致而画的，A 端子为相线，N 端子为工作零线，O 端子为接地线，零位电阻和调整电阻是动圈表单独设置的。

4. 电动执行机构控制接线图

电动执行机构是控制风机电动调整挡板（门）的开闭程度并用 0～10mA 和 0～100% 双刻度盘的直流电流表显示其开闭程度（位置指示）。图 5-73 是 ZKJ 电动执行机构的原理接线图，图 5-74 是控制盘控制、显示及执行机构的接线图，表 5-38 是设备元件表。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

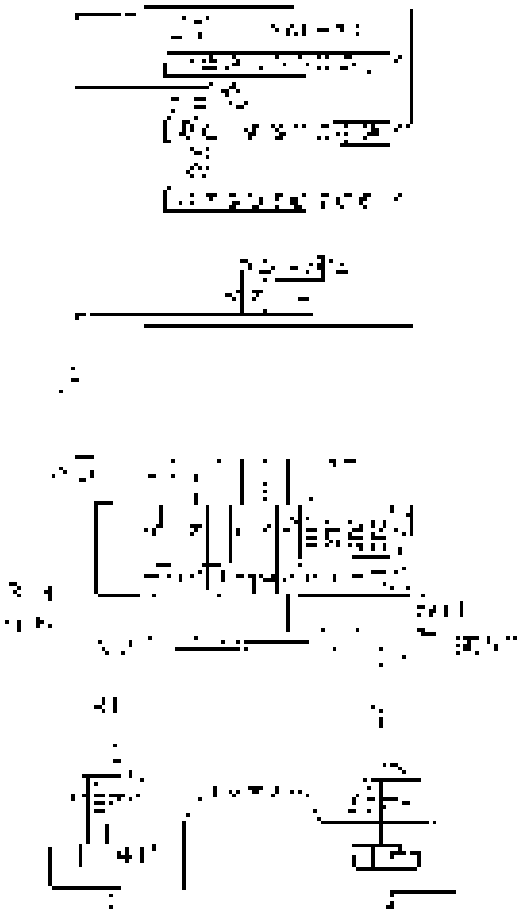


图 5-69　XWD－200 双笔记录仪接线图

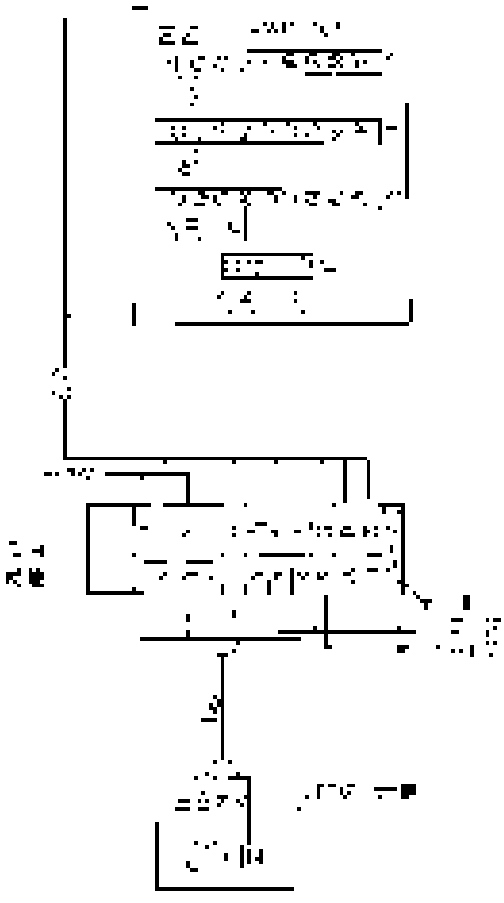


图 5-70　XWD－102 单笔记录仪接线图（上下限报警）

由图 5-73 可知，执行机构本身设行程开关两只 STON（开）和 STOF（关）控制开度的极限，并有直流电流输出以显示其开度的大小，可用直流电流表显示。按钮 SBON 动作时电动机正转，开度增大，到极限位置行程开关动作，电动机停转，按钮 SBOF 动作时与上述相反。

图 5-74 中，A 为相线，N 为工作零线，盘上与现场用 6 芯电缆连接。这根电缆详见电缆清册。

5. 给煤机电磁调速异步电动机控制器的接线图

给煤机是用可无级调速的电磁调速异步电动机拖动的，该电动机的控制分两部分，一部分是将三相交流电送入定子，这与一般异步电动机相同；另一部分是与异步电动机同轴的离合器电磁线圈供电的晶闸管直流调速装置，这就是电磁调速控制器，其接线图见图 5-75。AN 为交流 220V 电源，O 为接地端子，DK－11、DK－13 为直流输出给电磁线圈，DK－6、DK－7、DK－8 为与异步电动机同轴的测速发电机（三相）的三根相线。

6. 锅炉机组总联锁及引风、送风机电动机控制接线图

引风机电动机是用转换开关 SA 控制的，与其他机组是用联锁开关 SLA 联锁的，SA 和 SLA 均安装在控制盘上，其接线图见图 5-76。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图 5-71 热电偶与动圈调节仪 XCT－121 的接线图

由图可知，B412 和 N411 是由厂用配电装置的保护及测量表计引来的，电压 220V 是供电动机控制回路的电源，至邻近端子排是指事故音响的小母线电源 1WFS 和 2WFS，45 和 33 端子是联锁端子。因为送风机电动机与引风机电动机的二次回路相同，我们在前面省略了送风机电动机的二次回路。

7. 二次风机电动机控制接线图

见图 5-77，我们可用 6 中的方法分析，同样抛煤机和给煤机及给水泵电动机的控制接线图与之基本相同，因此也没有列出，主要区别是未装电流表。

8. 三速炉排电动机控制接线图

见图 5-78。

9. 锅炉热工信号接线图

见图 5-79，图中闪光信号报警器 HLA－912 是显示锅炉运行中压力、温度、水位极限位置的装置，当出现极限位置时，报警器信号灯闪光且盘上电铃响动报警，其中主蒸汽压力高

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

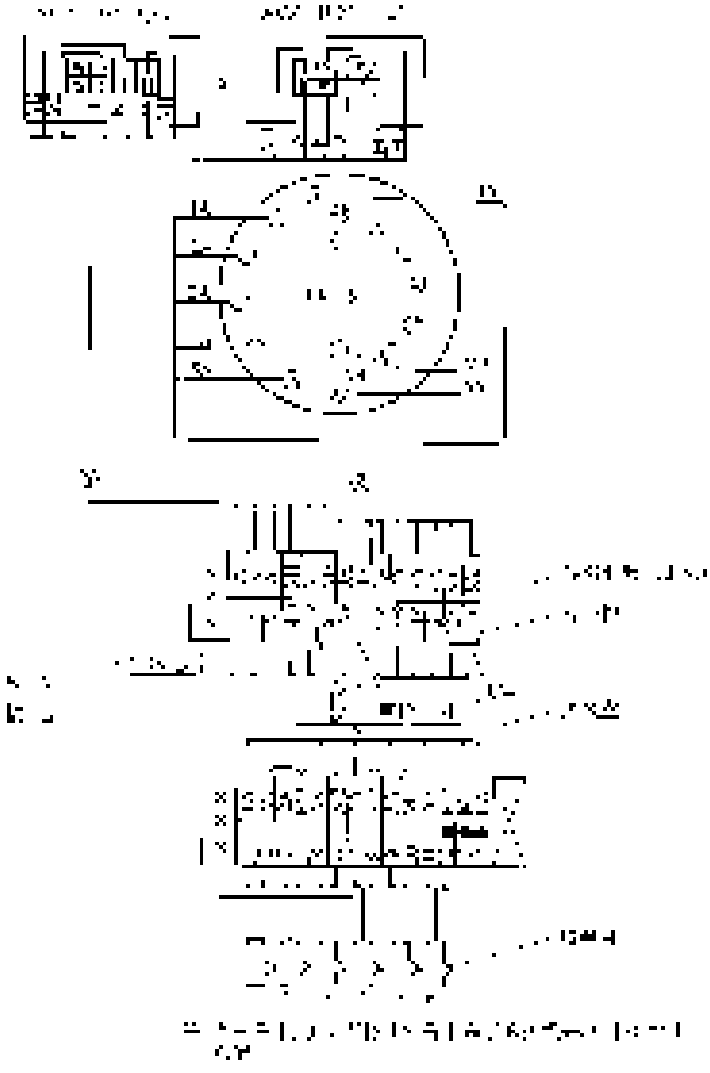


图 5-72　一只动圈表 XCZ－102 测量多点温度时的接线图（六点）

的信号来自控制盘上的高位信号压力表 YX－150，主蒸汽温度信号来自盘上动圈温度表 XCT－121，锅筒水位信号来自盘锅筒水位记录仪 XWD－102，在前述我们已提到了这点，其中两只按钮为试验按钮和消除按钮。

10. 锅炉事故信号回路及其安装接线图

锅炉设置事故信号回路，见图 5-80，其安装接线图见图 5-81，信号回路将在变配电装置一章中讲述，读者可用上述方法分析图 5-81，进一步了解接线图与原理图的关系。

（四）锅炉房热工仪表及电缆主通道布置图

热工仪表与电气设备一样用电缆布置图来表达其安装位置及电缆、导压管的布置，有关一次元件我们已在图 5-62 和图 5-63 中做了介绍，其他设备及电缆、导压管及其桥架则用图 5-82来表达。图中标明了伺服放大器、供电箱、锅炉控制盘、接线盒、保温箱、给水阀执行器、送风挡板和引风挡板执行器、冷端补偿器及给煤机电磁调速器的安装位置及标高，同

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图 5-73　ZKJ 电动执行机构原理接线图

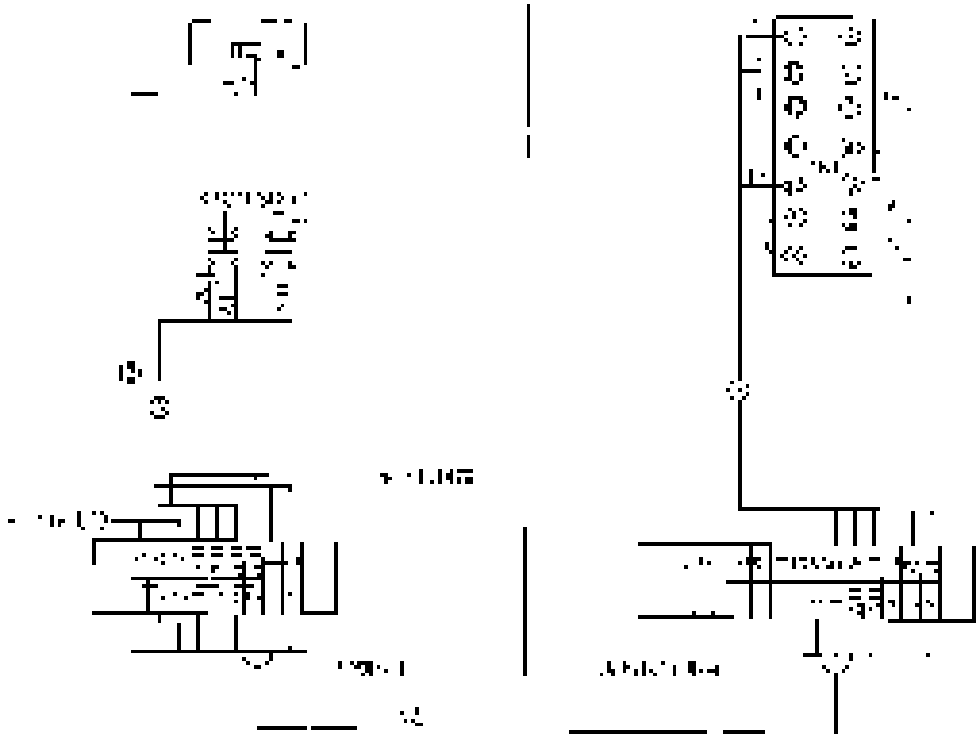


图 5-74　控制盘控制、显示及执行机构接线图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

时给出双层桥架的安装位置和标高，注明了上层为导压管，下层为电缆。该图除与图 5-62 和图 5-63 有联系外，还应与图 5-83（见书后插页）、图 5-84 同时阅读，便能掌握更多的东西。

表 5-38　图 5-74 设备元件表

序号	符　　号	名　　称	型式规格	数量	备　　注
控制盘(台)上的设备					
1	SBON SBOF	控制按钮(红、绿各一)	LA18－22	2	
2	%	位置指示	46C2－A,0～100% 0～10mA	1	
3		名牌端子	D－9	1	
4		普通端子	D－1	3	
5		连接端子	D－2	3	
6		连接端子	D－3	3	
电动执行器处的设备					
1		电动执行器	ZKJ－XXT	1	
2	ZDK、ZDG	开向、关向行程开关		2	随电动执行器供货
3		端子盒	JD－1	1	与执行器配套设备
4		2 号附件	AT－14－7 接线组件	1 套	与执行器配套设备

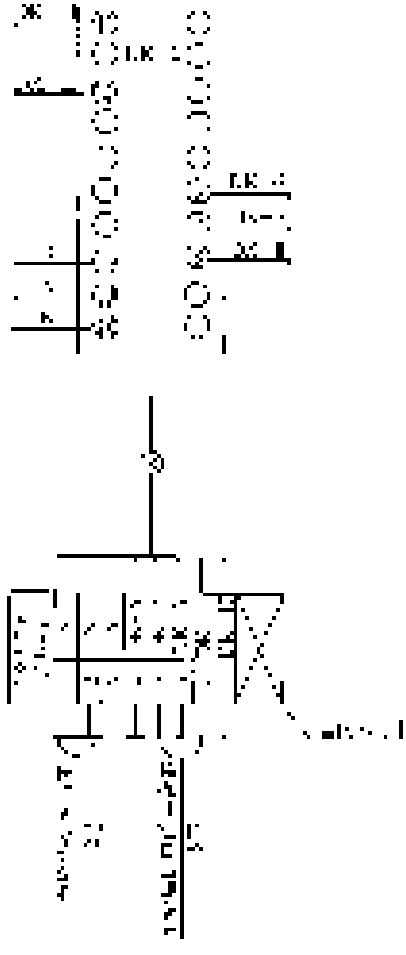


图 5-75　DK－2 型电磁调速控制器接线图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

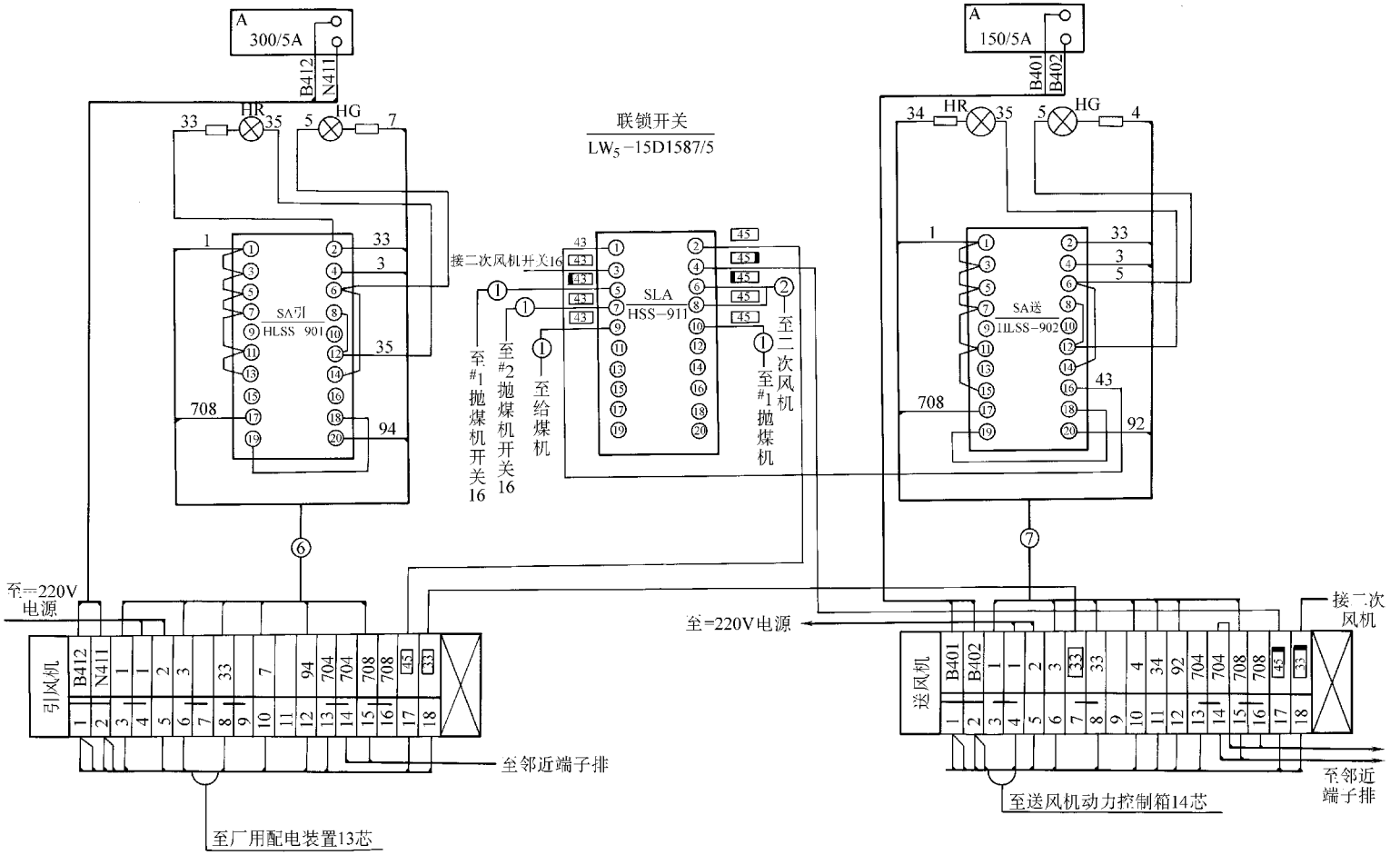


图 5-76　锅炉机组总联锁及引风、送风机电动机控制接线图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

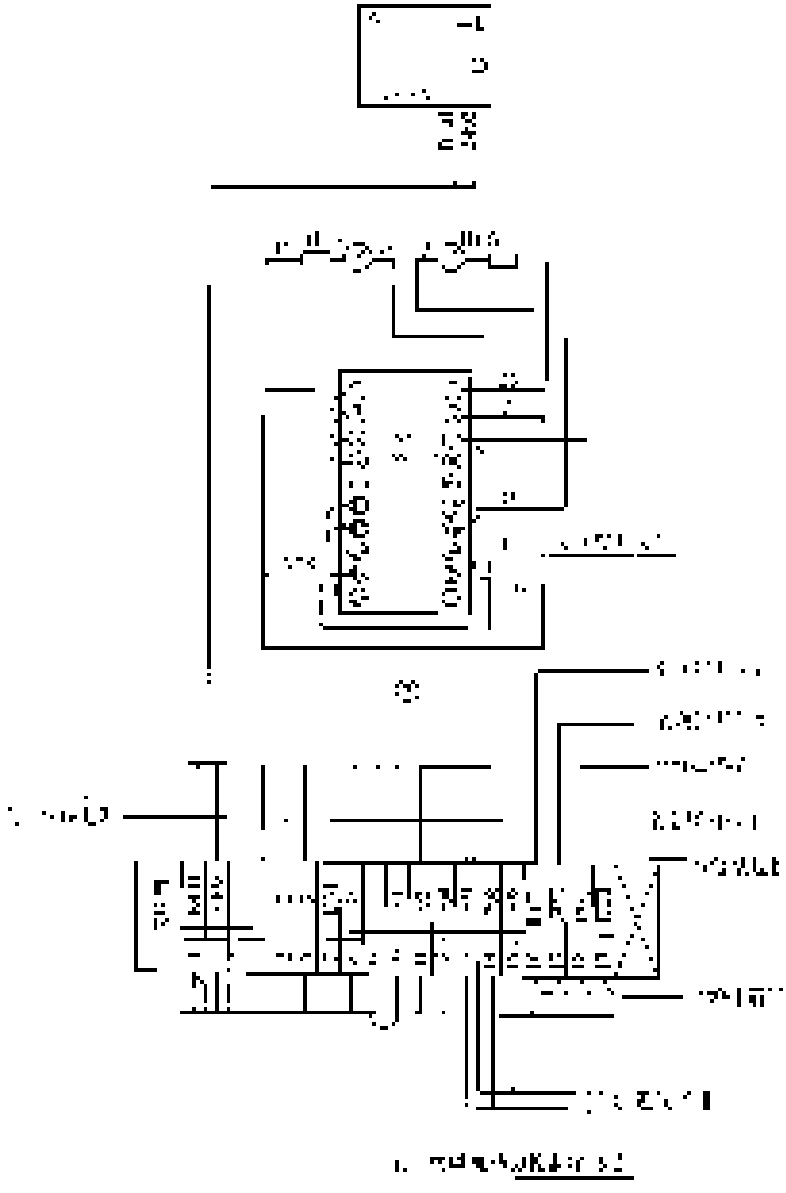


图 5-77　二次风机电动机控制接线图

（五）电缆清册

热工仪表与电气设备一样用电缆清册来表达电缆的根数、型号、规格、起始位置，见表 5-39。

（六）锅炉除氧给水系统图

工业锅炉房都设置了除氧给水系统，有时也称作水处理系统，这些图样与锅炉热工仪表的图样是对应一致的，只是测量的参数不同，管线不同，接线方法不同，限于篇幅的关系，这里不再一一列出讲述，读者可按前述方法和工程提供的图样进行分析，只要掌握了前述内容则是轻而易举之事。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

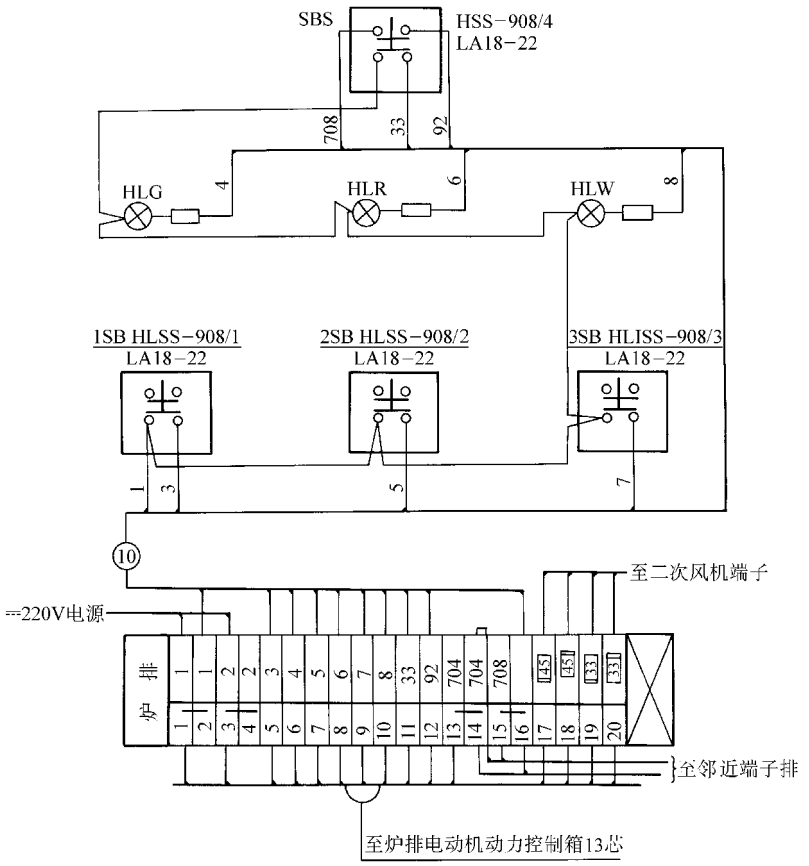


图 5-78　三速炉排电动机控制接线图

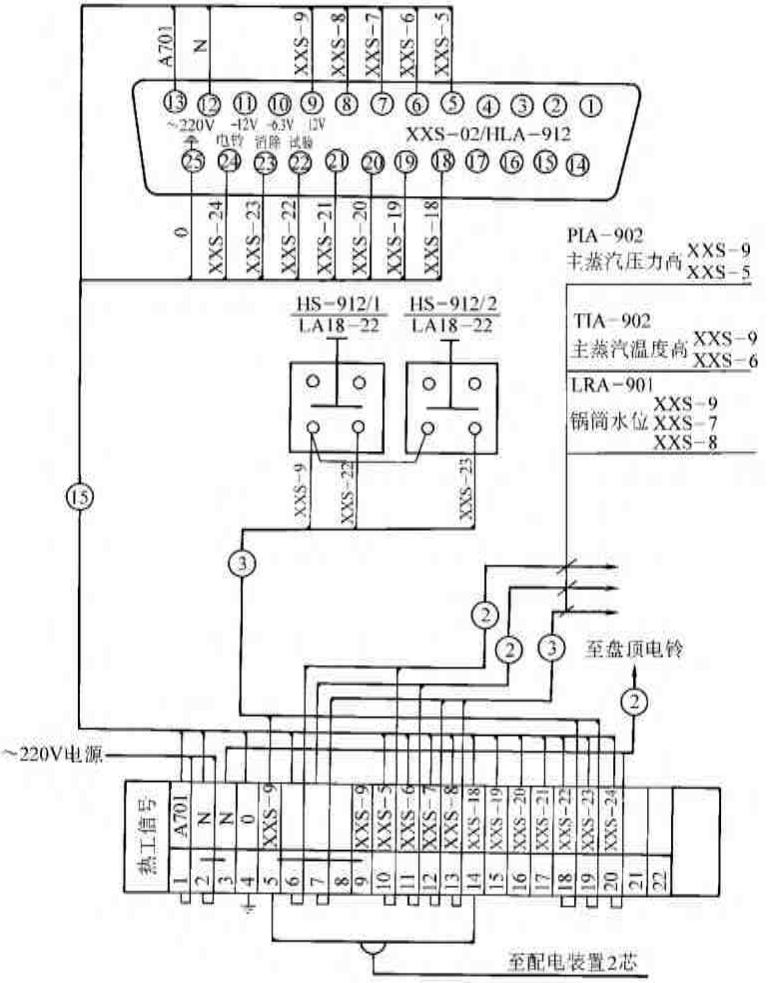


图 5-79　锅炉热工信号接线图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

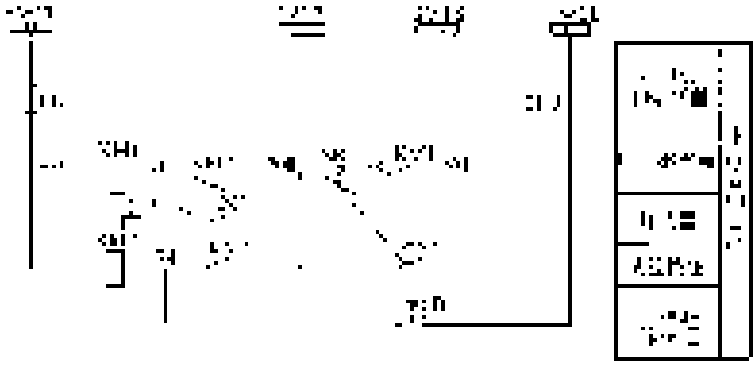


图 5-80　锅炉事故信号回路

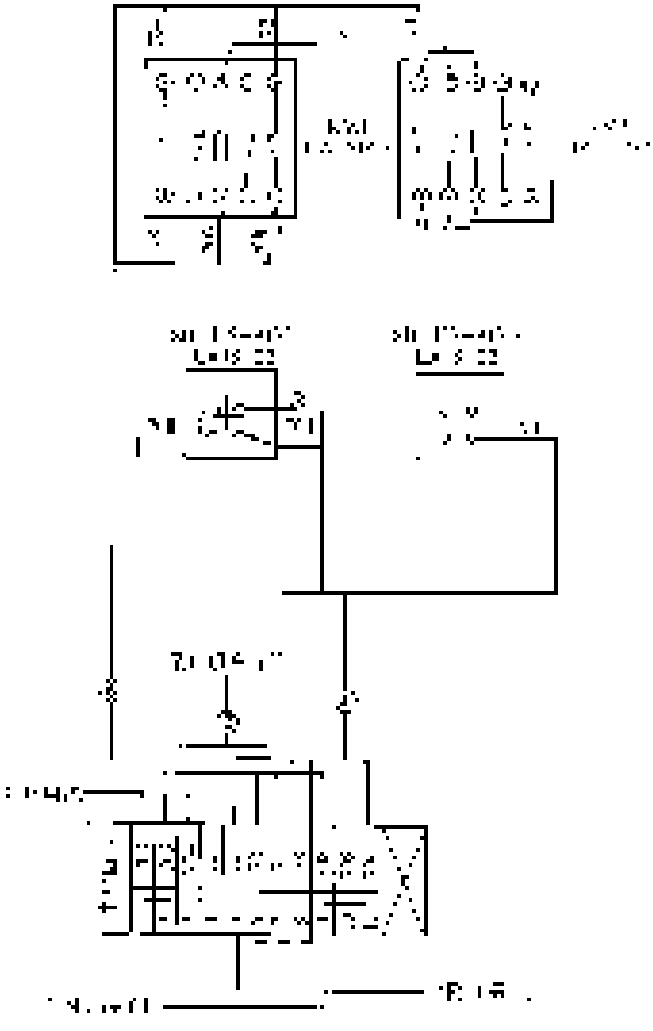


图 5-81　锅炉事故信号回路接线图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

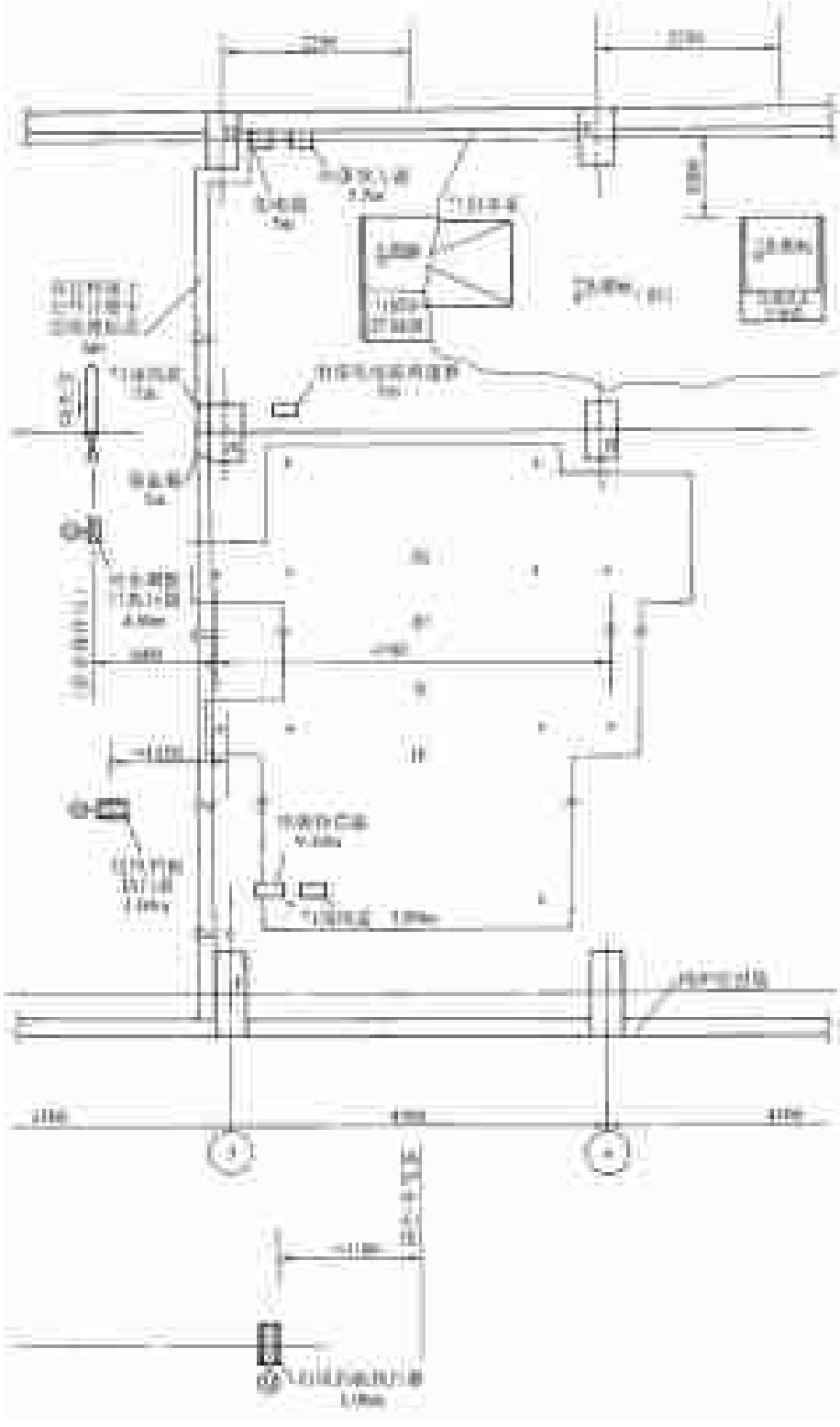


图 5-82　锅炉房热工仪表及电缆主通道布置图（局部）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

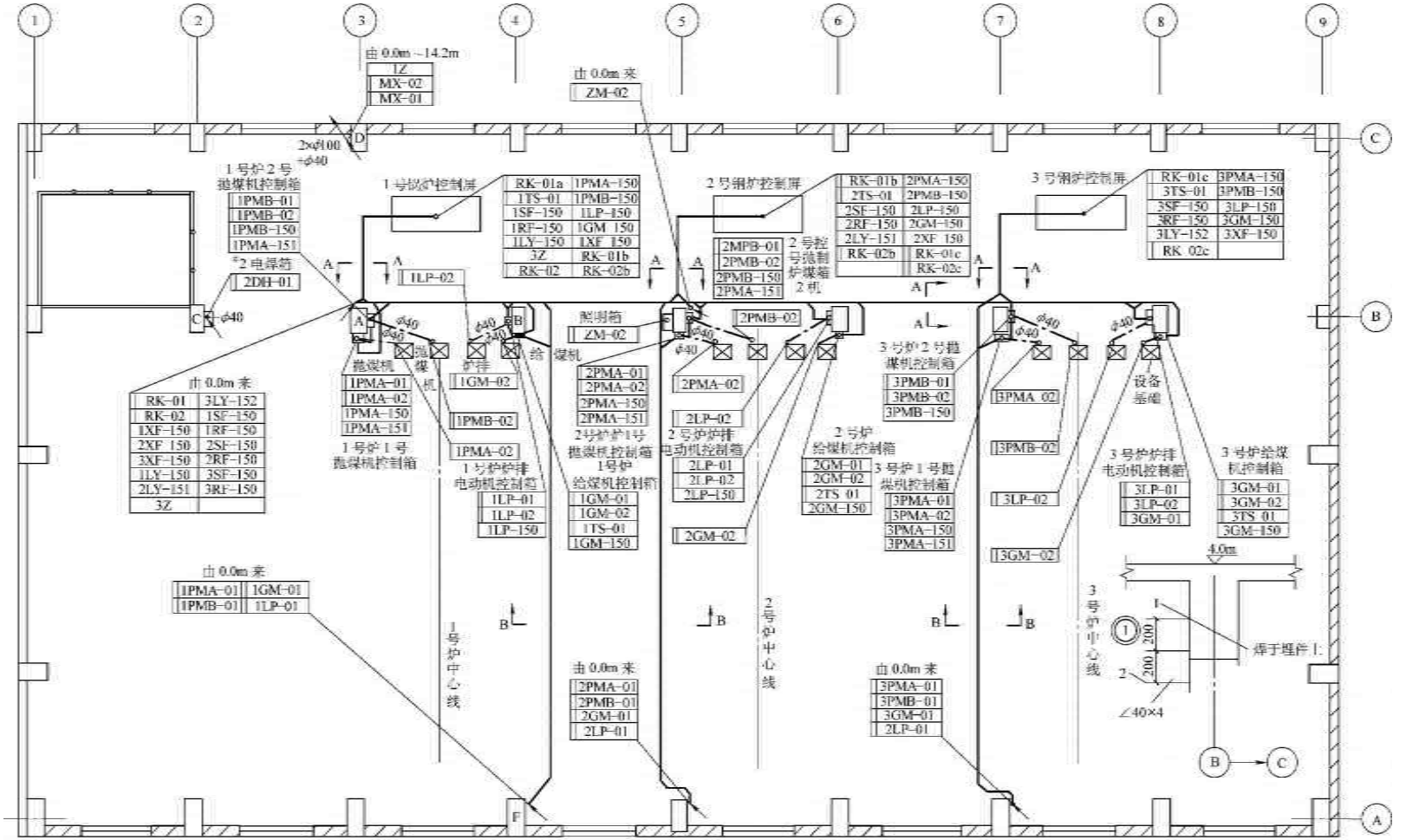


图 5-84　锅炉房 4m 标高（运转层）电缆敷设平面图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-39 锅炉房热工仪表电缆清册（局部）

序号	安装单位名称	电缆编号	电缆型号及截面	备用芯数	电缆去向		长度/m				
							KVV29		KVV		
					起　点	终　点	14×1.5	10×1.5	4×1.5	5×1.5	7×1.5
锅炉房热控　部分控制电缆											
1	主蒸汽温度	DLD－01	5×1.5	1	冷端补偿器	锅炉控制盘右侧				25	
2	给水、烟气、风温	D1JX－01	7×1.5	1	#1 接线盒	锅炉控制盘右侧					20
3	给水、蒸汽、流量、锅筒水位	D2JX－01	14×1.5	2	#2 接线盒	锅炉控制盘右侧	10				
4	给水、蒸汽、流量、锅筒水位	DBW－01	5×1.5	1	保温箱	供电箱				2	
5	锅筒水位调节	DZ－01	7×1.5	1	执行机构	锅炉控制盘右侧					15
6	送风远方操作	DZ－03	7×1.5	1	执行机构	锅炉控制盘右侧					30
7	引风远方操作	DZ－03	7×1.5	1	执行机构	锅炉控制盘右侧					50
8	盘间电缆	DP－01	4×1.5	2	供电箱	锅炉控制盘右侧			10		
9	盘间电缆	DP－02	10×1.5	1	伺服放大器	锅炉控制盘右侧		5			
10	除氧水箱水温	D3JX－01	7×1.5	1	#3 接线盒	除氧给水控制盘右侧					15
11	除氧水箱水位	D4JX－01	5×1.5	1	#4 接线盒	除氧给水控制盘右侧				15	
12	盘间电缆	DP－03	7×1.5	2	给煤机电磁离合器	锅炉控制盘右侧					15

第四节　电源进户和变配电装置审图要点

一、电源进户方式及其装置

电源进户是指把供电线路的电源引入用户变配电装置的第一个接线点的这段线路；电源进户装置是指这段线路所有设备元件、杆塔、导线或电缆等的总称。电源进户及装置应掌握以下几点：

1. 电源进户方式

电缆进户，架空线路进户。

2. 电压等级及型式

单相 220V、三相四线 220/380V、三相五线 220/380V、三相三线 380V、高压 6kV、10kV、35kV、110kV 等。

3. 接线部位

电源侧接线部位应位于供电线路杆塔标有编号或杆塔号侧。

负荷侧接线部位于变配电装置的方位及标高、接户型式。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4. 接线型式

有否隔离开关、断路器、跌落式熔断器、避雷器，接地方式、接地电阻要求，电气元件、电瓷件的规格、型号，接线装置的型式、金具的规格及构架的型式，图样能否说明是否采用标准图及图号，接线装置的标高、位置。

5. 电缆进户

进户时可用的电缆敷设方式包括直埋、电缆沟、架空。

对直埋、电缆沟敷设要看其途径情况、是否有采取技术措施的必要，如主要材料、构件、穿管规格。

对架空电缆要看其电杆距离，以及电杆、钢索或钢绞线的规格型号，必要时还要核算其强度；金工件及加工图是否齐全可行，如拉线结构型式及主要原材料的型号规格。电缆头、电缆中间接头的位置标高、个数、固定方式、技术要求，以及电缆的规格型号根数。

6. 架空线路进户及架空线路

要看其输电距离、采用的杆型或塔型、档距，导线和避雷线规格型号、垂度要求，拉线的位置、根数、型式结构，金具加工图是否齐全可行，电瓷元件规格、型号，接地方式及要求，平面图、标高图是否齐全，途径有否障碍或不利因素，必要时对垂度、导线、金具要重新计算或核算。

有关计算或核算的内容详见本书第三章《电气工程常用电气参数的计算》和第四章《电气设备、元件、材料的核算及选择》。

二、变电装置及保护方式

变电装置是指电源进户第一个接线点经变压器到低压总柜（总开关）所有电气装置的总称。变电装置应掌握以下内容：

1）是室内变电还是室外变电，室外变电是杆上变电还是落地变电；变压器的规格、型号、容量、电压等级及电压比、台数、是否有载调压、一次线路和二次线路的接线型式、继保装置、计量方式、母线型式、操作方式、有否自动重合闸装置、信号系统以及变压器安装位置、标高、技术要求等。

2）断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器、避雷器、电抗器、熔断器、操作机构、高压开关柜、墙上负荷开关、母线、电瓷件、补偿电容等设备的安装位置、标高、技术要求及规格、型号、数量、操作方式及控制电路。

3）金具、金工件、避雷针（塔）加工图是否完整，按图加工是否有问题；是否采用标准图及其编号等。避雷针的个数、高度、重量、安装位置是否正确。

4）变压器运行方式是单列运行还是并列运行，联络方式是自动还是手动以及控制电路是否可行，联络电路中设备的规格、型号、安装位置、是否符合技术要求。

5）接地极及接地引线的敷设是否满足防雷接地的要求及材料规格、技术要求。

6）室内外平面布置、电缆沟位置、变压器进入道路及条件、通信方式等是否符合要求。

7）仔细分析继电保护、电能计量、控制电路的功能原理及其可靠性、稳定性、灵敏性。对变压器、断路器等主要设备的选择、继电保护的整定、避雷针的设置要进行核算。

8）继电保护及自动化装置是否采用微机型继电保护及自动化装置，其接口电路及方式、电源设置、保护方式、信号指示的设置等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

三、配电装置及保护方式

配电装置是指变压器低压侧总开关到各路开关柜输出回路直至用电设备电源开关的上闸口（小容量系统指受电总开关到用电设备电源开关的上闸口）这段电气装置的总称。其作用是把变压器输出的电能根据负荷（用户）的需要按回路分配出去，送到用户。

一般大型企业供电电压为35kV，经变电所、站（简称一变）降压到10kV或6kV（10kV或6kV是由厂内高压电动机的电压决定的）。10kV或6kV有两种用途：一种是由电缆或架空线路将10kV或6kV电源送至车间或设备附近的变电室或变电台（简称二变）降压到380/220V，再分配到低压电气设备（用户）的电源开关上去；另一种为10kV或6kV高压电动机提供电源，往往高压电动机就在一变附近，直接由一变控制。另外，在变电站内设一台小容量的站用变压器，将35kV直接降为380/220V，供站内用电。

这种用户总容量很大，往往在2000kVA以上。

一般中型企业供电电压有两种，即35kV和10kV，大容量低压电动机较多的用户常采用35kV进户，经变电站直接降至380/220V，再经配电室分配出去，这种用户容量较大，在1600kVA以上。10kV进户经变电室（台）降至380/220V由配电室分配出去，这种用户容量不等，一般在1000kVA左右。

一般小型企业供电电压也有两种，即10kV和380/220V。容量稍大的用户由10kV进户经变压器降至380/220V，再经配电室分配给用户，容量一般在500kVA左右；容量较小的用户由低压380/220V直接进户，经配电盘分配出去，容量一般在200kVA以下。

熟悉配电装置时应掌握以下内容：

1）输出回路个数、容量、用电单位、负荷性质，架空输出还是电缆输出，输电距离、回路中隔离开关（刀开关）、负荷开关、断路器、电流互感器、继电器、电工仪表的规格、型号、接线方式是否符合技术要求。

2）开关柜的规格、型号、台数、平面布置型式（双列、单列），联络开关的位置、柜的编号，直接控制设备起动柜的位置、柜的编号、电压等级、起动方式、电动机容量、负载类别性质、电动机型号、控制原理、保护装置、是否调速、仪表检测装置及原理图和接线图、仪表盘面布置图、信号报警系统等，要仔细分析控制原理图，主要电气元件的规格、型号、接线方式是否符合技术要求。

3）配电间平面布置、电缆沟位置及几何尺寸、沟内布置，接地网布置及接地方式、接地要求，母线或母线槽布置、母线的规格、型号、加工要求，电瓷件规格、型号个数，穿墙套管位置、标高、窗口材质、几何尺寸、套管安装方式及规格型号、个数，直流装置、总控装置、模拟盘等柜、屏的位置、安装方式、型号、规格应符合技术要求，进行接线图、原理图及与开关柜的联系、控制系统的可靠性、稳定性的分析；配电室内管线布置、规格、型号、根数、标高、位置也应符合技术要求。

4）高层建筑常采用10kV双回路供电（个别采用35kV或一路高压、一路低压备用电源供电）、一级配电，变压器多为干式有载调压变压器，变配电间力求简化，减小平面面积。熟悉高层建筑供配电装置时除以上变电、配电装置的有关内容以外还应熟悉以下内容：

① 电缆竖井的位置、截面积、预埋附件的规格和位置或封闭式母线的位置。

② 变配电间的层次、个数、位置、平面布置、各个回路的供电范围。

③ 低压配电屏出线位置（从上出、从左出、从右出、从下出），引至电缆竖井的方式

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（电缆隧道、电缆沟、电缆托架、托盘等）及托架、托盘的规格、型号、技术要求、安装方式、预埋件位置和材料。

④ 典型的低压配电系统如图 5-85 所示，具有备用电源的配电系统如图 5-86 所示。

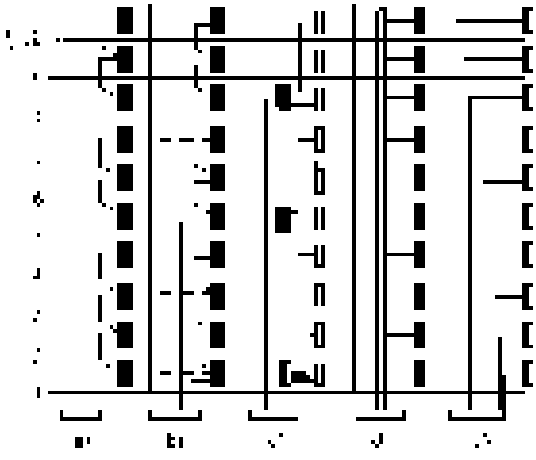


图 5-85　典型的低压配电系统

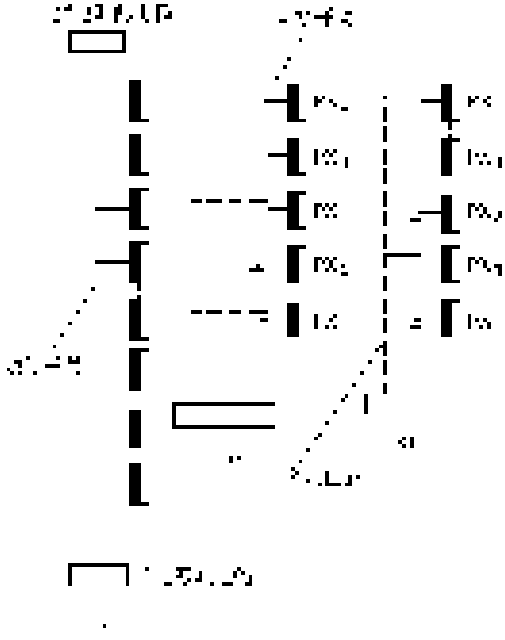


图 5-86　具有备用电源的配电系统

5）必要时对重要负荷和大容量负荷回路的开关、导线或电缆进行核算。

四、电力系统通信方式

35kV 及以上的变配电（升压/降压）所均设置与电力系统的通信装置。通信方式应掌握以下内容：

1. 采用电信通信方式

通信线路或电缆进户方式、机型（一般为录音电话）、设置及要求等。

2. 采用电力载波通信

电力载波耦合装置型号，其中阻波器、耦合电容、综合滤波器、高频电缆的连接方式，耦合方式采用的是相地耦合、相相耦合还是线路间耦合及机房安装要求等。

3. 采用电力线复合光纤通信

光纤通信的光发送机、光接收机、光纤或光电缆的型号、连接方式、光纤电缆的架设方式，是否采用架空地线复合光缆等。其中应掌握太阳电池、连接盒、终端盒、光中继器、电池组、机房及控制室的安装要求等。

4. 采用电力系统专用数据通信网

该数据通信网较为复杂，除通信功能外还有调度自动化计算机系统、能量管理系统、电能计量系统、继电保护和安全自动装置、电网保护及故障信息管理系统、计算机网络等。

应了解各个系统的设备、主机、光缆连接方式、接口电路及方式、设备型号及其电源设置和保护方式等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第五节 动力电路及照明电路审图要点

一、动力电路及控制

动力电路一般指三相交流电动机和采用三相电源的电气设备及其开关、电气控制电路的总称。动力电路一般容量大、导线粗、三相电流易平衡、控制系统复杂。现在说明低压动力电路应该掌握的内容：

1）电动机的安装位置、标高、编号、容量、台数、额定电流、接法、转速、起动方式、保安型式，被拖负载的名称、机械特性、重载起动还是轻载起动、传动方式是带传动还是联轴器传动，电动机型式是同步还是异步、交流还是直流、是否多速或调速电动机，调速方式是变极、转差、整流子、交磁放大机、变频等，同步电动机的励磁装置和直流电动机的整流装置是否和电动机配套，以及直流装置的规格、型号、原理等。

2）电动机控制柜的安装位置、标高、编号、台数、排列方式，进出线位置方式编号，看懂控制原理图，是否多地控制、是否多台电动机联锁控制及控制方式、有否调速、制动、正反转功能及调速制动方式、有否和仪表联动控制和反馈装置、信号显示及报警装置、联动装置，有否程序控制及型式（矩阵、步进、时间、可编程）、是否微机控制及其传感器、传输电路、A－D 转换、D－A 转换、执行元件、主机型号、软件编制情况、附属部件接线方式和技术要求，柜内元件规格型号和调试要求等。

3）管路布置情况、位置、标高、出线口标高，有否电缆沟及位置、几何尺寸，有否桥架、托架，托盘及其位置、标高、规格，了解土建地面、墙面保护层厚度且能否保护暗设管路，校对管径、线径、导线根数或电缆规格、根数，管路敷设要求、接地方式等。

管路布置是否有障碍，是否有与其他热力管道交叉并行以及管路较长时应考虑分线盒的设置等。

4）有否起重机、龙门吊等起重设备及其吨位、吊高、跨度、行程，电动机型号、规格、台数、控制起动方式（凸轮控制器、按钮），变速装置、制动装置、直流装置，电源滑触线安装方式及其材质、位置、标高，电源引入方式，电气控制屏的功能原理及平面布置、看懂控制原理图，保护和控制继电器、限位开关规格、型号、个数、安装位置，管路布置及其固定方式、校对管径、线径、根数及导线规格，安装要求、调试要求等。

5）有否自备电源，自备电源的型式是哪一种（柴油发电机组、汽油发电机组、静态不间断电源装置）。对发电机组应掌握机组的容量、型号、台数、机房布置、切换开关及切换要求、有否自动切换装置、主要负载的回路编号及位置、容量、控制柜引入引出的回路及管路布置、排气系统及结构，冷却系统及结构、消声系统及结构、防震设施，此外对控制柜要掌握其原理、元件的功能、盘面布置、仪表配置，核算回路的容量和电缆的规格。对静态不间断电源装置应掌握装置的型号规格、屏面个数、布置方式、投切方式、调试要求、供电范围、蓄电池个数及充电要求等。

6）是否有电容补偿装置，电容器规格型号数量、连接方式、投切方式，是否有自动投切装置，电容补偿柜的规格型号、控制仪的型号规格及工作原理、保护装置，是否有集中补偿及其安装方式等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7）有否集中空调机组，规格型号、电动机起动方式、机房布置、有否自动装置或微机控制系统，主机是否变频调速及变频装置的规格型号；温度与湿度、空气含氧浓度检测元件型号规格、安装位置及方式，信号传输线路的布置，接口电路的安装方式；有关冷却水循环泵、冷冻水循环泵、风机、风扇等设备的电动机平面布置、控制方式、联锁装置、管路布置；控制原理图、自控原理图、仪表设置以及调试要求等。

8）有否电热设备，所谓电热设备是指用电能直接产生热量去完成某种功能或加工制造某种产品的装置，对电热设备应看其规格、型号、加热方式（电阻加热、电弧加热、感应加热、红外加热或其他加热）、供电电压及型式，有否专用变配电装置及其变压器、断路器、电抗器、控制装置、温度检测元件、温度控制仪表、自动装置、外围辅助设备的规格、型号、平面布置、管路分配、安装位置及标高、调试要求等。此外，对电热设备应根据其加热方式的不同注意以下几点：

① 电阻加热炉与电网之间的连接有几种型式：一般用铁铬铝合金或镍铬合金作加热元件的炉子大都和电网直接连接；用碳化硅元件、二硅化钼元件、石墨、钼、钨等材料作加热元件的炉子和电极盐浴炉大都采用380V进户经专用变配电装置和炉子连接；少数碳化硅烧结炉、石墨化炉等直接加热电阻炉则用高于380V电源经变压器降压供电。

功率小于15kW的加热炉常采用单相380V或220V供电，15kW以上的常采用三相380V供电。供电电路上应装有过电流保护，必要时应有过热保护。对真空电阻炉工作电压一般应小于100V，通常不采用晶闸管功率调节器来控制输入功率。电阻加热炉供电主电路接线如图5-87所示。

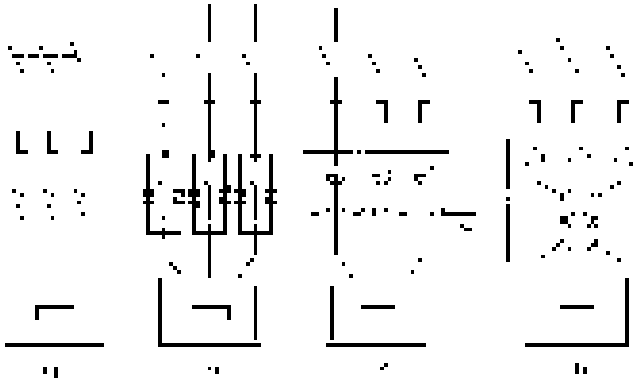


图5-87　电阻加热炉供电主电路

a）位式　b）晶闸管式　c）饱和电抗器式　d）磁性调压器式

电阻加热炉炉温控制方式及特点见表5-40。一次元件常用热电偶，超过1600℃时则采用光电高温计或辐射高温计，仪表常用动圈式或电子电位差计式的指示调节仪，也可用温度程序控制仪、微处理器测温控制仪及微机控温系统。

② 电弧炉都由专用的电炉变压器直接供电，容量大、电流高，一次电压为10kV或35kV，二次电压在100～500V内可调；一次的开关配电装置同前，二次侧一般没有配电装置，把电炉变压器二次出线直接引至电炉电极，这种方式叫做大电流线路或短网。这段线路长度一般为10～15m，母线的型式有矩型铜排、铜软电缆、水冷铜电缆、水冷铜管等。由于

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5-40 电炉温度控制方式及特点

控制位式	调节规律	执行机构	温控精度	主 要 特 点
位式	二位式	接触器或晶闸管	约 ±10℃	系统简单、价格低；但温度控制精度低、炉温波动大、采用接触器时有噪声、通断频率高，接触器等开关元件寿命较短
	三位式			可实现部分切断输入功率或加热元件接法的 Y-△转换、温度控制精度稍高、炉温波动较二位式的小，其余同二位式
	时间-比例			温度控制精度比二位式的稍高，但通断频繁，对接触器要求较高
晶闸管移相触发式	比 例（P）、比例-积分（PI）、比例-积分-微分（PID）	晶闸管	一般在 ±3℃ 范围内	与位式控制相比，温度控制精度高、无噪声；与饱和电抗器式和磁性调压器式相比，体积小、重量轻、反应时间快，但对电网的干扰是各种控制方式中最严重的
晶闸管零位触发式		晶闸管		与晶闸管移相触发式相比，对电网的干扰要小得多，但电路较复杂，其他与晶闸管移相触发式相同
饱和电抗器式		饱和电抗器		比晶闸管移相触发式或晶闸管零位触发式简单可靠性好，过载能力大，对电网的干扰很小，但体积、重量以及铜和钢的消耗量都大
磁性调压器式		磁性调压器		基本上与饱和电抗器式相同，但体积略小，材料消耗较少

电流很大，对电气参数影响严重，一般情况下要尽力缩短短网的长度，母线的厚度要小，矩形母线采用多片并联，电流方向不同的导线要尽量靠近，使其磁场相互抵消，母线支撑采用非磁性材料，母线应采用空间正三角形布置或修正型平面布置，以保证三相平衡。主电路见图 5-88。

电弧炉的控制系统主要是电极升降自动调节系统，其他同高压配电和动力电路。电极升降自动调节系统能自动点弧且能消除电极与炉料间的短路，能自动保持每相电弧功率为给定功率，任何一相调节系统发生故障时能迅速切换到备用相，电极升降自动控制和手动控制能相互迅速切换，该系统能与程序控制器或微机接口。其框图见图 5-89，要看懂并分析原理图。

③ 感应电炉由专用变压器或变频装置供电，辅助电气设备有补偿电容、控制设备、传动系统、三相平衡系统及冷却系统。工频电炉一般采用电力电容器，中频电炉一般采用电热电容器，高频电炉采用高频高压瓷介电容器。控制设备包括控制、操作、测量和保护设备。保护设备一般应有短路、过电流、过电压、水温、水压和漏炉报警系统。

④ 其他电子束炉、等离子炉、远红外加热装置、等离子热处理设备等应详细阅读设备说明书。

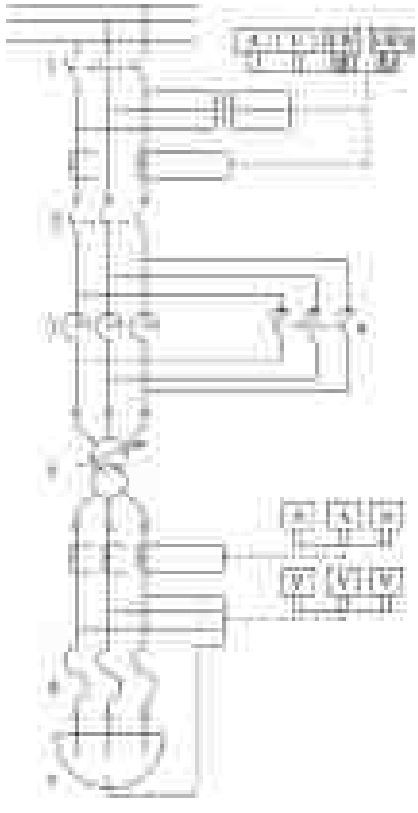


图 5-88 炼钢电弧炉主电路图

1—隔离开关 2—高压断路器 3—电抗器 4—电抗器短接开关 5—电炉变压器 6—软电缆 7—电弧炉炉体

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）是否为高层建筑。高层建筑是指10层及10层以上的住宅及建筑高度超过24m的其他民用建筑物和工业厂房，其电气工程和常规电气工程相比，既有不少相似之处，又有其自身的特点。高层建筑消防要求高，设有火灾自动报警和自动消防系统，保安要求高，设有保安防盗自动报警系统，这些系统和管理系统有的用微机控制，形成了自动化很高的复杂的控制系统。高层建筑用电负荷量大，供电可靠性要求高，一般有两条独立高压进户，并设有自备发电机组或静态不间断电源装置。高层建筑人员密集、功能复杂、业务活动繁多，设有公用天线电缆电视系统、对讲系统、保安系统、广播音响系统、程控电话、电传等弱电工程及电梯系统。

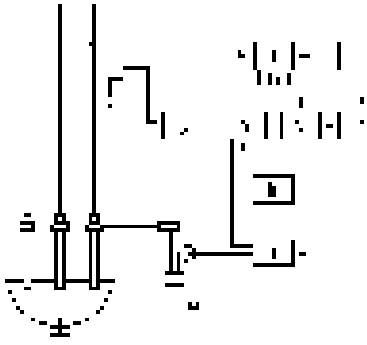


图5-89　电极升降自动调节系统框图

1—测量比较环节　2—放大环节　3—执行环节　4—给定环节　5、6、7、8—反馈环节

上述特点决定了高层建筑电气工程的难度和复杂性，这是要引起高度重视的。高层建筑的动力设备主要有水泵、空调机组、电梯、锅炉设施、通风机、洗衣机、卷帘机、关门机、厨房设备等。在审阅高层电气动力电路时应注意以下几点：

① 看其电缆竖井的位置、大小，每层竖井位置是否一致，竖井小配电间平面布置，配电屏（板、箱）的规格、型号、数量、回路数，回路容量，电气元件的参数、控制电路的设置，是否有直接控制设备及其容量、起动方式、起动设备等。

② 从竖井小配电间看其通往本层各个动力配电箱和设备起动控制柜的管路桥架、线槽布置、敷设方式、管径、导线根数及规格，是否有伸缩缝和敷设障碍及特殊要求，敷设标高位置等。吊顶房间电缆线槽的敷设位置。

③ 每个动力配电箱控制的回路个数、控制元件、被控设备的容量、位置标高、管路布置、导线规格根数、起动方法、是否有控制柜及控制电路的主要元件及控制电路原理等。

10）电梯系统。看其电梯台数、位置、提升层数或高度、用途、速度、曳引机类别、电动机型号规格、控制方式（继电器逻辑控制、微机控制、程序控制器控制），调速方式（变极、调压、变频）、电源位置、进户方式及其线路敷设型式、井道规格（几何尺寸、底坑深度、顶站高度、土建结构等）、厅门型式（中分、双折、直分、手动、自动等）、轿厢规格（包括载重、装饰、材质等）、安全装置及种类等。

机房布置方式以及曳引机、配电屏、控制柜、选层器，限速器等设备的具体安装位置和尺寸、固定方式及线路敷设方式（管、槽）、电源开关（即极限开关）的位置标高、导向轮的安装位置及穿通地板孔洞的位置。桥厢内操作盘位置标高、盘面布置、楼层显示器位置及管路布置、门行程开关安装位置、照明装饰灯具、排风扇、电话机安装位置及管路布置等。轿厢外各类保护开关、平层感应器、接线箱、极限开关碰铁等安装位置等。井道极限开关、每层的平层感应器、中间接线盒、线槽以及厅门呼梯按钮盒和厅门楼层显示器的接线盒位置等。

看懂电梯电气控制原理图，先分析电源及主电路，然后根据电梯控制方式和调速方式分析控制电路。目前，继电器逻辑控制系统，调压调速控制系统的电梯已被逐步淘汰，取而代之的是电梯程序控制系统和微机变频调速控制系统，特别是微机变频调速控制系统的应用越

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

来越普及，这里就其典型电路进行分析，因各厂商图样上标注的符号不尽相同，这里我们采用汉字英文双标注。

① 曳引电动机主变频器（UFC）：除变频器外与其连接的还有主控电脑板（SEC-01）、制动单元（BKU）包括其制动电阻（RB）、旋转编码器（PG）及反馈卡（PG-B2），另外还有电源装置、接触器、继电器及曳引电动机以及这些设备元件的安装位置，接线方式、管线敷设、规格型号、接线端子位置等。

② 控制电源接线图：电源进线电压、出线端子及其交流/直流电压值及熔断器设置等。

③ 主控电脑板（SEC-01）接线图：与主控板连接的元件主要有开关电源（TPB）、上平层感应器（SQU）、下平层感应器（SQD）、抱闸接触器（KMB）线圈、抱闸强励接触器（KMZ）线圈、主接触器（KMC）线圈、辅助接触器（KMY）线圈、厅门锁继电器（KAD）线圈、关门继电器（KAC）线圈、串行通信线及相关开关的触点，相关开关主要有上下强迫停车开关（SLUT、SLDT）、上下强迫慢车开关（SSU、SSD）、消防开关（SWFI）、锁梯钥匙开关（SRK）及安全回路继电器（KAS）的常开触点、厅门锁继电器常开触点，辅助继电器（KMY）常开触点、抱闸接触器（KMB）常开触点，这些元件、触点的安装位置、接线方式、电源设置、线缆型式及安装方法等。

④ 检修回路接线图：主控电脑板（SEC-01）引出的接线端子及与其连接的控制柜检修开关（SRP）、控制柜上下行按钮（SBPU、SBPD）、轿厢内检修开关（SRC）、轿厢内上下行按钮（SBCU、SBCD）、轿厅检修开关（SRT）、轿厅上下行按钮（SBTU、SBTD）安装位置、接线方式、电源设置、线缆型式、管路设置及安装方法等。

⑤ 呼梯回路接线图：呼梯回路均由主控电脑板（SEC-01）引出，上下召唤按钮（SBU、SBD）、上下召唤指示灯（HU、HD）的安装位置标高、个数（层数）、接线方式、缆线及管路设置。

⑥ 显示回路接线图：召唤和显示板（SM-04）、厅外7段码显示板其安装位置、个数、接线方式、线缆布置及与主控电脑板（SEC-01）的接线方式。

⑦ 轿厢板SM-02-B接线图：与SM-02-B板连接的主要元件有开关门到位开关（SLO、SLC）、安全触板开关（SQE）、超载开关（SSOL）、满载开关（SSFU）、司机/自动转换开关（SWD）、独立运行开关（SWV）、直驶按钮（SBPS）及上下站钟（HAU、HAD）、蜂鸣器（HAB）、超载警示灯（HOL）、照明继电器（KAE）的线圈、开关门按钮和开关门指示灯（SBOP、SBCL、HOP、HCL）的安装位置、安装接线方式、管线缆设置等。同时串行通信的接线方式和与指令板（SM-03-B）的接入方式也在该图上。

⑧ 指令板SM-03-B：SB-03-B安装在轿厢内，每块板控制点数、与指令灯及指令按钮（HC、SBC）接线方式，缆线规格等。

⑨ 安全制动回路：安全回路继电器（KAS）连接的控制保护触点主要有轿厢急停开关（STC）、轿顶急停开关（STT）、安全窗开关（SSAW）、安全钳开关（SSAN）、限速器开关（SSLS）、底坑急停开关（STL）、轿厢缓冲器开关（SSCB）、对重缓冲器开关（SSBB）、断绳保护开关（SSRG）、上下极限开关（SLUL、SLDL）、相序继电器KAP常开触点，控制柜急停开关（STP），这些继电器、开关、触点的位置、线缆连接方式及保护原理。

与门锁继电器（KAD）连接的主要有轿门锁（SMC）、1～N层厅门锁（SMH1～SMHn），这些继电器、开关触点的位置、线缆连接方式及保护原理。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

抱闸线圈（YBK）回路连接的主要元件和触点有抱闸维持电位器（PZ1）、抱闸强激接触器触点（KMZ）、主接触器触点（KMC）、辅助接触器（KMY）触点，门锁继电器（KAD）触点及抱闸接触器（KMB）主触点。元件、触点位置、线缆连接方式及电源设置。

⑩ 照明回路：插座（XS）、风扇（HFN）照明灯（EL）的电压、安装位置、管线设置等。

⑪ 对讲机回路：对讲母机（PHO-M）、对讲子机（PHO-S）安装位置、电压设置、线缆及接线方式。

⑫ 门机接线图：门机变频器（UFD）、电源设置、去轿厢板（SM-02-B）线缆布置、接线方式，与 UFD 连接的门锁继电器（KAD）、关门继电器（KAC）、门机电动机（MDO）、安装位置、线缆及接线方式等。

⑬ 电缆布线图：电梯图样中有很多电缆布线图，如井道的、井道分支的，厅门锁的、呼梯的、随行电缆的、轿顶的、轿厢的、机房的，我们在前述中多次提到线缆布置及接线方式，因此对这些图要掌握接线端子号、连接元件设备，并与前述元件图一一对应。

⑭ 电梯系统结构图：电梯系统图按机房、井道、轿厢厅门、底坑上下顺序详细描述了整个系统机房设备（控制柜、电源、曳引主机、限速器、变频器、主控板等）、井道设备及线缆（极限开关、安全元件、层门锁等）、轿厢（轿顶控制箱、安全元件、门机、随行电缆、轿厢板、指令板等）、厅门（外选呼梯盒等）、底坑（保护元件）的布置、缆线走向和接口，应与前述元件图一一对应。微机控制电梯系统结构图如图 5-90 所示。

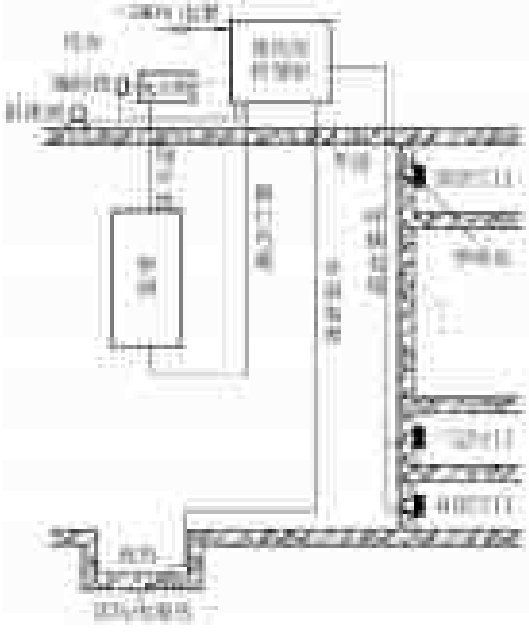


图 5-90　微机控制电梯系统结构图

⑮ 电梯的电气系统还应注意非电元件的布置，如限速器、安全钳、缓冲器等，应了解其工作原理、保护功能以及和电气系统的联系。

11）其他方面。有无特殊类别的动力设备及其特殊要求，其规格型号、安装位置、管线布置等，必要时要进行导线、开关、保护的核算。

系统的接地方式、接地要求、接地极（网）的布置、接地电阻及主要材料的技术要求，规格型号等。

二、照明电路

照明电路通常指照明灯具和采用单相电源的电气设备（如单相电动机、电热设备等）及其开关、电气控制回路的总称。照明电路容量较小、导线细、控制简单，但三相电流不易平衡，控制回路多，管路复杂、装饰要求高，给施工也带来了一定的难度。照明在工业生产车间占总耗电量的比率并不高，但在民用建筑，尤其是在高层建筑中，它的耗电量已高达 50%，同样在安装中要引起重视。照明电路应掌握以下内容：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）供电方式。民用建筑常采用三相四线制重复接地方式供电，也有的采用三相五线制供电；工业建筑则根据其容量大小、电费结算方式等因素采用不同的供电方式，如和动力供电共用的三相四线制重复接地方式供电、和动力供电分开单独的三相四线制、三相五线制供电方式。

进户方式要注意进户后的第一个接线点（总配电箱）的位置、标高、规格型号、控制回路个数、容量、主要开关元件等。工业建筑中有的和动力供用一个配电箱（柜），有的则单独设一个照明配电箱。

2）从总配电箱送出的回路采用的敷设方式、标高位置、敷设材料的规格、导线根数、有无分配电箱及其型号规格和控制回路个数，每个回路控制的灯具分布及个数，敷设途径有无障碍，并在平面图上标出分线盒或接线盒的位置标高。控制方式是集中控制还是单独控制，集中控制通常是一个回路只有一个控制开关，控制灯具的个数较多，这种方式一般用在车间、大厅、公共场所。单独控制通常是一个控制开关只控制一个灯具，一般不超过两个灯具，这种方式多用于住宅、办公室或小面积的房间。根据三相负载的容量看其是否平衡及电路分布的情况。

3）灯具布置情况（包括插座、开关），看其安装方式、标高位置、容量型号、配线布置（管路、线槽、桥架、明敷及规格）、导线规格及根数，回路分布情况，并在图上标出接线盒的位置。管路布置有否交叉和障碍，地面敷设管路要根据管径参照土建施工图，看其水泥抹面厚度能否可靠保护管路，管路分布应参照设备专业图样，要避开热源、气源、水源的管路等。

4）高层建筑主要是电缆竖井内照明配电箱（柜）的安装位置、回路个数容量、元件参数、通往本层分配电箱的配线布置、规格、线径、标高、位置，有否伸缩缝或障碍。对于分配电箱及其回路分布如前所述。对于一般的民用楼房主要是电源管路的上下敷设的位置、数量、管径、导线规格及根数，屋内灯具布置同前。

5）照明电路应注意特殊房间和特殊灯具的布置及管路敷设方式、标高、电源的柜号、导线规格、安装要求等。特殊房间如楼梯间、卫生间、门厅、吊顶房间和大型豪华装饰的房间等；特殊灯具如障碍灯、诱导灯、节日灯、防潮灯、大型华灯、装饰灯、霓虹灯、探照灯等。大型重型灯具、广场照明灯具不但要考虑其管路、导线、控制，还要考虑吊装和安装方法及金工件的加工等。吊顶房间的灯具布置要参照土建图样、核实线槽位置、规格、出线口、导线根数及吊顶开孔的位置和几何尺寸等。

6）对于重要照明、大容量照明，特别是荧光灯列（群）应对其导线规格、根数、管径、开关元件等进行核算。照明电路要注意系统采用的保安方式以及接地网的设置等。

三、特殊场所电气工程

特殊场所通常指有气体、蒸气、粉尘、静电、纤维等爆炸性混合物和火灾危险物质的场所。熟悉特殊场所电气工程的图样和前述基本相同，现在就几个特殊问题说明如下：

1）特殊场所的管路或电缆一般为明设且密封良好，导线一般为铜线，电缆应用铠装，采用铝线或非铠装电缆时及整个工程应符合设计规范 GB 50257—1996 和 GB 50058—1992 中的要求。

2）设计提供的电气设备和材料的型号规格应和安装场所划分的等级相符，并应核实其生产厂家资质，为物资材料部门订货提供可靠的依据。爆炸危险环境电气设备的选择应符合

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表5-41中的规定。火灾危险环境电气设备的选择应符合表5-42中的规定。其中爆炸性粉尘环境防爆电气设备的选型，除可燃性非导电粉尘环境和可燃纤维的11区环境采用防尘结构（标志为DP）的粉尘防爆电气设备外，爆炸性粉尘环境10区及其他爆炸性粉尘环境的11区均采用尘密结构（标志为DT）的粉尘防爆电气设备，并按粉尘的不同引燃温度选择不同引燃温度组别的电气设备。

3）特殊场所对接地或接零的要求和常规场所不同，其要求应符合GB 50257—1996和GB 50058—1992的要求。

表5-41　爆炸危险环境电气设备选择表

电气设备种类	旋转电机						
防爆结构 / 爆炸危险区域 / 电气设备	1区			2区			
	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	无火花型② n
笼型异步电动机	○	○	△	○	○	○	○
绕线转子异步电动机①	△	△		○	○	○	×
同步电动机①	○	○	×	○	○	○	
直流电动机	△	△		○	○		
电磁转差离合器(无电刷)	○	△	×	○	○	○	△

电气设备种类	低压变压器						
防爆结构 / 爆炸危险区域 / 电气设备	1区			2区			
	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	充油型 o
变压器(包括起动用)	△	△	×	○	○	○	○
电抗线圈(包括起动用)	△	△	×	○	○	○	○
仪表用互感器	△		×	○		○	○

电气设备种类	低压开关和控制器										
防爆结构 / 爆炸危险区域 / 电气设备	0区	1区					2区⑤				
	本质安全型 ia	本质安全型 ia,ib	隔爆型 d	正压型 p	充油型 o	增安型 e	本质安全型 ia,ib	隔爆型 d	正压型 p	充油型 o	增安型 e
刀开关、断路器			○					○			
熔断器			△					○			
控制开关及按钮	○	○	○		○		○	○		○	
电抗起动器和起动补偿器③			△				○				○
起动用金属电阻器			△	△		×		○	○		○
电磁阀用电磁铁			○			×		○			○
电磁摩擦制动器④			△			×		○			△
操作箱、柱			○	○				○	○		
控制盘			△	△				○	○		
配电盘			△					○			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

电气设备种类	灯具			
防爆结构 / 爆炸危险区域 / 电气设备	1 区		2 区	
	隔爆型 d	增安型 e	隔爆型 d	增安型 e
固定式灯	○	×	○	○
移动式灯	△		○	
携带式电池灯	○		○	
指示灯类	○	×	○	○
镇流器	○	△	○	○

电气设备种类	信号、报警装置等电气设备								
防爆结构 / 爆炸危险区域 / 电气设备	0 区	1 区				2 区			
	本质安全型 ia	本质安全型 ia，ib	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	本质安全型 ia	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e
信号、报警装置	○	○	○	○	×	○	○	○	○
插接装置			○				○		
接线箱（盒）			○		△		○		○
电气测量表计			○	○	×		○	○	○

注：表中符号：○为适用；△为慎用；×为不适用。

① 绕线转子异步电动机及同步电动机采用增安型时，其主体是增安型防爆结构，发生电火花的部分是隔爆或正压型防爆结构。

② 无火花型电动机在通风不良及户内具有比空气重的易燃物质区域内慎用。

③ 电抗起动器和起动补偿器采用增安型时，是指将隔爆结构的起动运转开关操作部件与增安型防爆结构的电抗线圈或单绕组变压器组成一体的结构。

④ 电磁摩擦制动器采用隔爆型时，是指将制动片、滚筒等机械部分也装入隔爆壳体内者。

⑤ 在 2 区内电气设备采用隔爆型时，是指除隔爆型外，也包括主要有火花部分为隔爆结构而其外壳为增安型的混合结构。

表 5-42　火灾危险环境电气设备防护结构的选型

防护结构 / 火灾危险区域 / 电气设备		21 区	22 区	23 区
电机	固定安装	IP44	IP54	IP21
	移动式、携带式	IP54		IP54
电器和仪表	固定安装	充油型、IP54、IP44	IP54	IP44
	移动式、携带式	IP54		IP44
照明灯具	固定安装	IP2X	IP5X	IP2X
	移动式、携带式	IP5X		
配电装置				
接线盒				

注：1. 在火灾危险环境 21 区内固定安装的正常运行时有集电环等火花部件的电机，不宜采用 IP44 型结构。

2. 在火灾危险环境 23 区内固定安装的正常运行时有集电环等火花部件的电机，不应采用 IP21 型结构，而应采用 IP44 型结构。

3. 在火灾危险环境 21 区内固定安装的正常运行时有火花部件的电器和仪表，不宜采用 IP44 型结构。

4. 移动式和携带式照明灯具的玻璃罩，应有金属网保护。

5. 表中防护等级的标志应符合现行国家标准中外壳防护等级分类的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第六节　弱电系统审图要点

所谓弱电系统是相对交流电力电路和直流电力电路而言的，在实际生产当中，习惯上把传输电流或负载电流以安培（A）计的电路叫做强电系统，也就是三相或单相交流电路及直流电力电路。而把传输电流或负载电流以毫安（mA）计、电压以毫伏（mV）计或传输数字信号的电路并且往往是直流脉动信号的电路叫做弱电系统。弱电和强电经常是互相依存的，特别是在电气控制系统、电力保护系统和自动控制系统中用弱电（主要是电子技术、微机技术）控制强电，实现自动控制和继电保护的电路越来越多，有以弱控强的趋势，正如前面讲述的电力继电保护装置、电动机及电气控制系统和电梯电路，把强电和弱电有机地结合起来，实现自动控制和保护功能。而我们这里要讲述的弱电系统主要以弱电信号为主的工作系统，有火灾自动报警及消防系统、通信广播系统、电缆电视系统、防盗报警系统、微机控制系统和管理系统。

弱电系统在现代建筑中占有很重要的地位，决定着建筑物功能的实现，读图时要参照照明电路，特别是各种设备、元件的电源和安装位置，避免混乱。弱电系统的新元件、新设备、新材料层出不穷，必须查看说明书等技术文件。

一、火灾自动报警及消防系统

该系统包括自动报警和自动消防两个子系统，自动报警是将探测器安装在现场，当有火灾即将发生时，探测器发出电信号给报警器，报警器则显示火灾地点并发出声光信号。自动消防系统是接受到报警器的火灾信号后由执行器开启现场的消防设施，将火熄灭。工作人员接到报警器的信号后可手动开动执行器，也可赶到火灾现场处理事故。熟悉图样有以下内容：

1）消防中心在建筑物中的位置（一般设在首层）、电源进户方式、电源部位柜号及电缆规格型号、室内设备布置、是否有微机系统等。室内主要设备有集中报警装置、电源柜、直流柜、消防泵起动柜、操作信号柜、电话、广播设备等及其规格型号、接口电路及模块、安装要求。电缆沟布置、进出管路布置排列、照明空调布置，要注意弱电和强电管路的区分。

首层有否区域报警器，首层报警器一般由集中报警器代替，但往往大面积的建筑物，每层将分成几个火警区域，每个区域各设一个区域报警器。应看其位置、标高、安装方式（明、暗、落地、台上、墙内等），由集中报警器至区域报警器管路的敷设、标高位置、管径规格、导线型号规格及根数，有无敷设障碍、交叉、伸缩缝等。

2）首层各个区域和房间火灾探测器的布置、型号、规格及数量、安装方式、接口电路及模块、标高位置、管路型号规格及布置、导线型号规格及根数、有无特殊房间及其探测器的布置排列、吊顶房间探测器的开孔位置大小及其顶内管路布置，吊顶层内有否探测器及其管路布置。有无自动消防装置，采用的自动灭火方式是洒水系统还是干粉系统，其管路布置、控制方式、和消防控制中心的联络方式等。洒水系统要看其与消防泵的通水管路和电路的联络及喷头、水流指示器、湿式报警阀的布置和安装要求等。干粉系统要看其灭火剂、贮气瓶、选择器、手动阀等元件的安装位置、要求及和消防中心电气的联络等。

3）再看由首层通往二层的电气管路及二层的区域报警器，在高层建筑中通常将电缆直接敷设在电缆竖井中，这个竖井是弱电竖井，它和前面讲的强电竖井是分开设置的，一般的建筑由电气管路来完成。其他内容和首层相同，不再赘述，然后再看三层、四层……，依此

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

类推。在熟悉该类图样时还要结合给水专业的图样，或与给水专业的技术人员一起读图，这样更有助于对图的理解。有关消防泵等有关动力内容和前述动力电路相同。

火灾报警和消防系统的关键在于探测器和报警器产品本身的可靠性和系统设计方案选择的正确性，因此要核实探测器的选择、报警器的选择、方案的选择以及管路、导线型号规格及根数等。对于探测器、报警器的生产厂家要核实其资质，对其电路要看懂原理和功能，特别是报警器，它是一种逻辑电路，元件多、电路复杂，要有很好的电子技术基础才能看懂，请读者参阅有关专著。另外，要看清系统采用的是多线制还是少线制，少线制系统还要熟悉元件的编码方法。

二、通信广播系统

通信广播系统分室内、室外两种。一般民用建筑只有室内一种，而工业建筑既有室内部分又有室外部分。近几年通信广播设备越来越先进，但其传送线路仍和照明线路基本相同。

1. 室内通信

先看机房位置、电源进户方式、供电方式、接地方式、机房设备布置、电缆沟布置、电话局通信外线进户方式和第一个接线点位置（室外交接箱、室内交接箱、电话分线盒）及接至主机的方式布置，出线管路布置排列及敷设方法等。机房设备交换机、交流电源屏、直流屏、配线架、诊断台、打印机、话务台、自备电源等的规格型号，了解其功能原理。

再看线路敷设方式、线槽管路布置、规格型号、导线对数、特别要注意上通下通线路的敷设。高层建筑弱电竖井对应每层有接线与分线处，并且注意通往每个房间或电话间的管路布置敷设等。

最后看电话插座或用户盒的布置、位置、标高、个数、规格型号及安装方式等。

2. 室外通信

室外通信本书只讲述一般工业厂区，市政通信网络不在本书讲述范围。室外通信主要是厂区线路部分，进户后见室内通信，通信线路有架空线路和通信电缆两种，通信电缆又分架空电缆和地下电缆两种，架空线路和架空电缆一般都和电力线路用杆架设，在经过建筑物最近的杆上，装有电话分线盒。地下电缆又分为直埋和电缆沟（或电缆隧道）两种，在进户处有分线盒。要看电缆、电线、分线盒的规格型号，数量、架设标高或埋设深度、途径及电缆沟（隧道）的结构布置、金工件规格数量及加工图等。

3. 室内广播音响

1）先看机房位置、电源进户方式、接地方式、机房设备布置、电缆沟设置、出线管路布置、回路个数、高层建筑弱电竖井对应每层的分线盒及通往房间或用户的管路敷设，机房设备扩声机、前级增音设备、音频处理设备等的规格型号，有否不间断电源，有否节目演播厅及其照明、电源插座布置等。回路控制板的结构加工图、盘面控制开关布置、安装位置标高及和管路的衔接等。

2）再看每层扬声器或音响的布置、安装位置标高方式、个数、规格型号、房间的管路布置敷设方式及其和扬声器的衔接，管路规格型号、层与层之间上下管路的布置及连接、导线规格型号及根数等。对照回路控制板及系统图分清每个房间的回路、扬声器有否开关控制及其开关的安装位置和安装方式，公共场所和普通房间要分开，和照明及其他弱电系统要区分开等。

3）看广播系统、信号传输系统采用的方式。通常将广播系统输出功率馈送方式分为有线 PA 式和 CAFM 式两种，其中 PA 式又分为高电平和低电平信号传输系统两类。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

有线 PA 式高电平信号传输系统如图 5-91 所示。因为有功率放大器，则能直接驱动扬声器，且为定压输出，故为高电平信号传输系统。

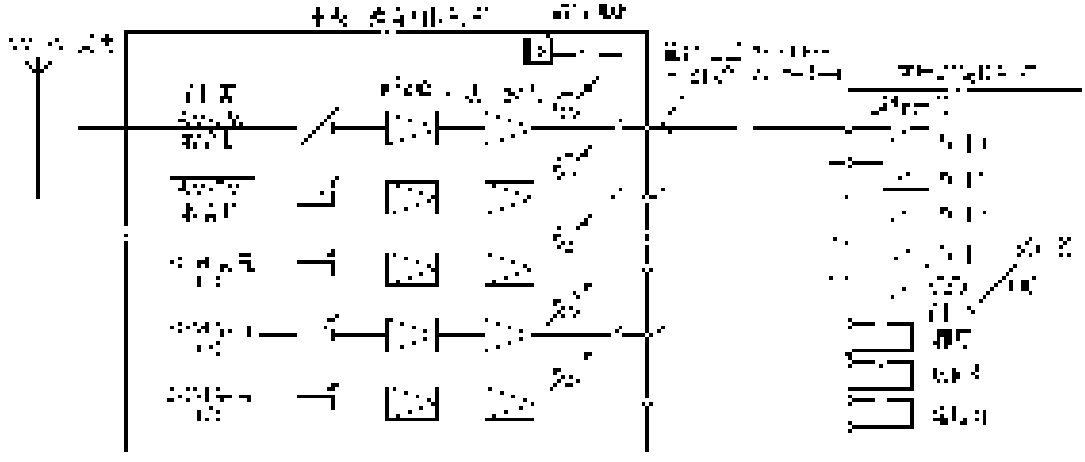


图 5-91　有线 PA 式高电平信号传输系统

有线 PA 式低电平信号传输系统如图 5-92 所示。系统将功率放大器设在用户终端，中央系统输出 0dB 不能直接驱动扬声器，故为低电平信号传输系统。该系统线路上不产生串音，但终端设有放大器，费用偏高。

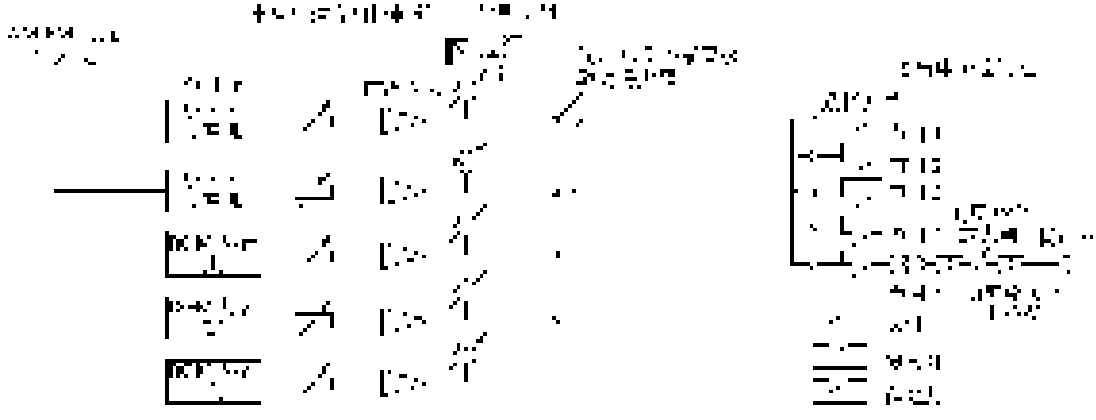


图 5-92　有线 PA 式低电平信号传输系统

CAFM 调频信号传输系统如图 5-93 所示。它是将节目源的输出信号，通过调制器将音频调制到射频并以调频频率 88～108MHz 按所规定的固定频段进行分配，将节目源的信号调制成 VHF（甚高频）频段的载波频率信号，再与电视频道信号混合后接到共用天线电视接收系统的电缆线路中去，用户终端设置调频收音机，将其天线插入电视机插座的 FM 孔内即可收听调频广播，电视机天线插入 TV 孔内可收看电视节目。

4. 室外广播音响

室外广播音响和室外通信基本相同，前有详述，现在说明一些未曾涉及的问题。主要是扬声器安装的杆号、数量、安装方式、线间变压器配置等，和电力线路同杆架设时要结合电力线路的杆型结构图查出广播通信线路横担的设置及标高及金具等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

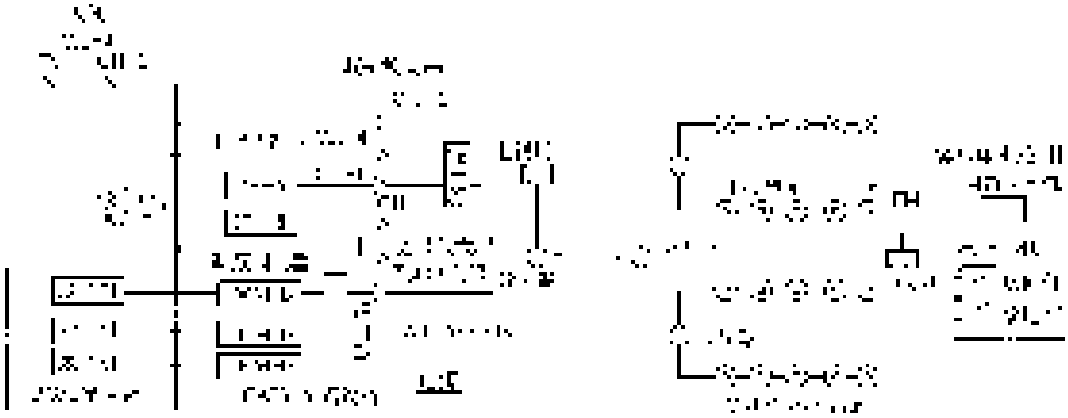


图 5-93 CAFM 调频信号传输系统

对扩声机、扬声器、线间变压器主要元件要进行核算。

三、电缆电视系统

电缆电视系统是将共用天线接收来的电视信号先经过处理，然后由专用部件再将信号合理地分配给多台电视接收机。电缆电视分有闭路电视和无闭路电视两种。

1）天线位置、高度、结构、形式、接收频道数量、引下电缆穿管的位置、管径、敷设方法、有无天线放大器及其设置位置方法、有无避雷装置及其引下线的敷设方法、缆风绳的设置、根数和材料等。

2）机房设置、电视信号引下电缆的位置、敷设方法、电源引入方式及位置、设备平面布置、前端设备型号规格、安装方式（墙挂式、台式和立柜式）、电视信号输出电缆回路数、敷设方法、位置等。演播室的布置及和机房的联络、控制台、信号发生器、监视器、电影机、伴音设备、录像机、摄像机的位置及电源、灯光设置等。

3）从顶层往下逐层查看各个房间分配器、分支器、线路放大器、电视插座的位置、安装方式、标高、个数、型号规格、电缆管路的敷设方法、走向、管径、型号规格及上下层穿引方法、位置等，高层建筑的弱电竖井及其在各层的分支设置和通至用户盒的管路布置等。标准房间和特殊房间的布置不同，要分别查看。

4）一般无闭路电视的系统主要看其前端设备的安装位置、标高、引出电缆的根数和敷设方法等，其他同前。

电缆电视系统要核实设备、电缆、元件的选择。读图时要将需要加分线盒或接线盒的位置标出以便统计。

四、防盗保安系统

防盗保安系统种类很多，现以两种常见的为例，说明读图应掌握的内容。

1. 对讲机-电锁门保安系统

对讲机-电锁门保安系统如图 5-94 和图 5-95 所示。

1）电锁、总按钮盘的位置、标高、安装方式、管路布置、导线根数、管路敷设有无障碍交叉；按钮盘的盘面布置、型号规格，回路个数、电源供电方式，分析按钮盘的功能原理。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

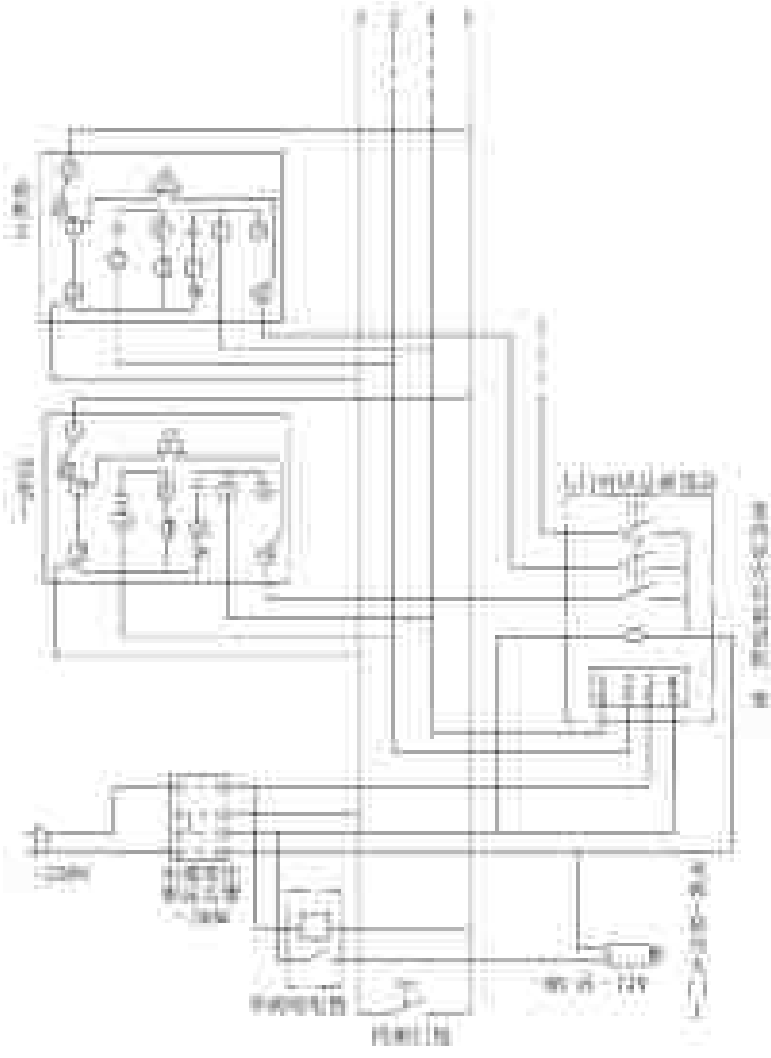


图 5-94　对讲机-电锁门保安系统原理图

2）从首层向上逐层查看每个单元的对讲机插座的位置、标高、安装方式，一层中途接线箱的位置、标高、安装方式及其送出至该层每个对讲机的管路布置，直至二层、三层……。中途接线箱一般每十层设置一个，并且安装位置在纵向轴线上是相同的。

3）有无电视摄像机和传声器，其安装位置、电源位置、安装方式、调制器箱安装位置及电源，其视频输出同轴电缆和音频输出电缆通往 CATV 前端的管路布置等。这样对讲机-电锁门保安系统便构成了可视-对讲-电锁门保安系统，在这个系统中，其用户对讲机插座应在电视天线插座同一标高且相隔不大于 30cm。

2. 闭路电视保安系统

1）被监视目标个数（也就是摄像机台数）、安装位置、安装方式、管路敷设、电源位置、隐蔽方法、通往保安控制中心的途径有无障碍、注意标出中间分线盒和接线盒的位置及数量。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

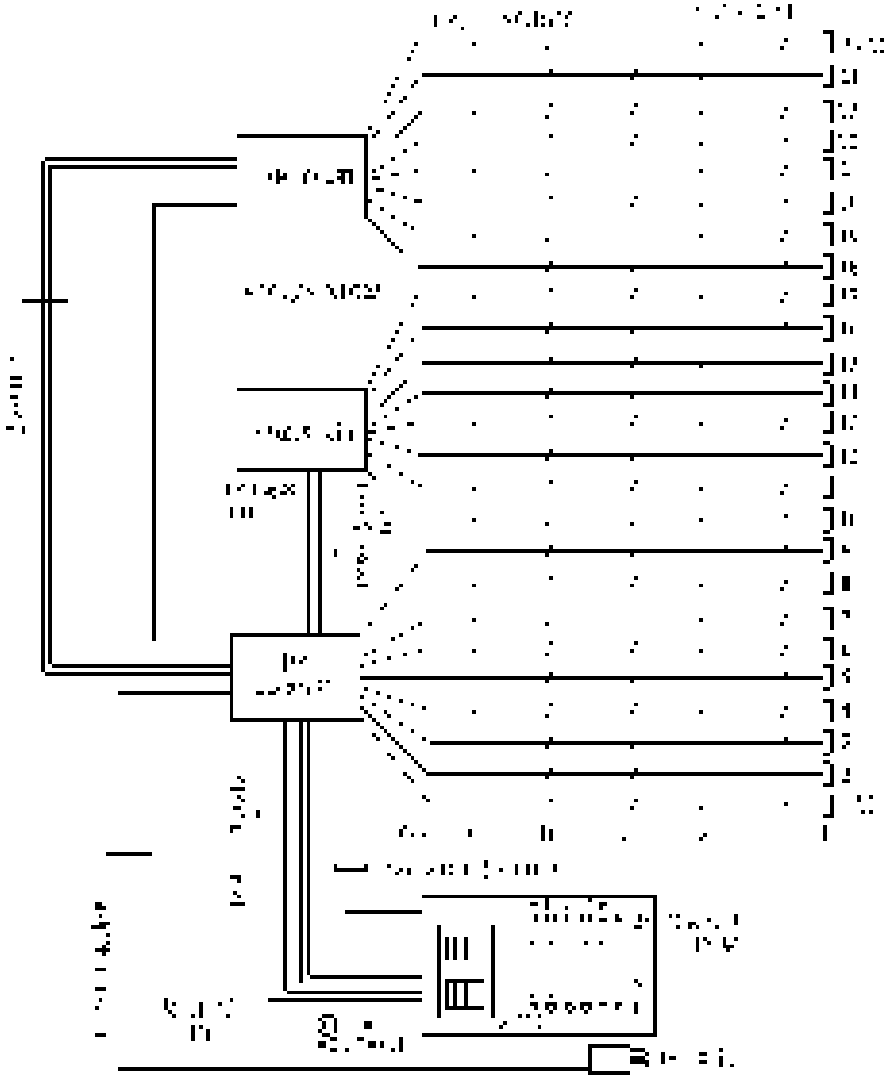


图 5-95 对讲机-电锁门保安系统线路布置图

2）监视器台数、集中监控还是分散监控；保安控制中心的位置、设备布置、电源进户供电方式、电缆及管路布置、电源柜、控制台、电话交换机、直流屏等设备的规格型号、进出管路布置及导线规格根数等。高层建筑要注意弱电竖井通往各层和保安中心的管路及线槽的布置。

五、网络系统

1）光缆/电缆进线方式、标高位置，第一进户点位置及装置名称，线缆、装置的规格、型号、数量。

2）综合布线系统图及平面布置、层数、房号及进线方式，调制解调器型号、电源及接线方式。

3）机房布置、电源位置、进出线缆方式位置及数量，计算机、网络管理站、UPS、服

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

务器、数据存储设备、路由器、防火墙、交换机等的规格、型号、台数、接线方式、电源电压、连接线缆的型号和规格等。

4）接地要求、方式，网点、设备之间的通信方式及设备。

5）综合布线系统使用的型材、管材、铁件、对绞电缆、光缆、光电转换器、接插件、机柜的规格、型号、敷设安装要求，与机房接口电路及方式等。

六、楼宇/小区/厂区集中监控系统

1）监控范围主要有变配电系统、防盗保安系统、火灾自动报警及消防系统、通风空调系统、公共照明系统、给排水系统、供热及其交换系统、冷冻及冷却水系统、电梯及扶梯系统、厂内主要设备运行状态等子系统。

2）电气设备、材料、成品（半成品）、传感器、变送器、执行器、电动阀门、现场控制器、网络系统设备、接口电路或模块、线缆等的型号、规格、数量、安装/敷设方式、位置、标高、信号规范、接地方式及要求等。

3）监控的主要要求及目的如下：

① 变配电系统主要有电压、电流、功率、功率因数、电能负荷及其曲线、大型电机、变压器、UPS、自备发电机组的运行温度、油位、工作状态等。

② 防盗保安系统各监测部位的人流、事态、有无异常等。

③ 火灾报警及消防系统各监测部位有无火灾信号、喷淋系统、消防系统工作状态、有无异常等。

④ 通风空调系统各部位的温度、湿度、新风量、预定时间自动启停、节能优化控制工作状态及重点测控点的温度、相对湿度、压差、压力、风机、风阀、百叶窗、加温器、电动阀门的工作状态。

⑤ 公共照明系统中公共区域、过道、园区、景观等监控部位的照度、时间控制准确度、开关动作正确性等。

⑥ 给排水系统的液位、压力、水流、水泵、电动机运行状态、报警功能及自动调节水泵转速、投运水泵切换、管道堵塞、溢流、故障报警、保护功能等。

⑦ 供热系统负荷调节、预定时间自动启停、节能优化控制状态及设备运行状态参数、故障异常状态、百叶窗开闭等。

⑧ 冷却及冷却水系统的系统负荷调节、预定时间自动启停、节能优化控制及设备运行状态参数、故障异常报警功能等。

⑨ 电梯及扶梯系统运行状态、故障异常、人流情况等。

⑩ 监控系统与子系统通信接口、连接方式、线缆的型号及规格等。

⑪ 主要设备及大中型电动机运行状态、振动、声音、转速、外壳温度、电流、功率，主要系统的温度、压力、流量、液位、仪表指示及运行情况等。

⑫ 各类传感器、执行器、变送器、控制箱、变频器、接口电路及模块、电源设置、接线方式等。

⑬ 其他与监控系统相关的设备、线缆、管道、接口方式、电源设置等。

⑭ 系统接地方法及要求。

七、办公自动化系统

1）有无局域网、总线设置敷设方式及距离、层数、房间数、接口电路及路由器、微机

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

台数、机房设置、电源接地等。

2）每层各房间引入线缆方式、调制控制器设置、电源及办公设备配置情况（如打印机、扫描仪、传真机等）。

3）局域网涉及范围，如财务、设备、档案资料、工程预决算、会议或会话、人事管理、技术管理、安全管理、策划及投标、商务往来、技术开发、员工培训、工资管理、统计报表、自办节目、招商广告、招聘信息、客户来访等。

八、微机控制及管理系统

微机控制及管理系统主要指高层建筑或大型建筑物（群）中各种机电设备、消防系统、保安系统、办公作业系统、业务经营系统、通信系统等实现自动化管理和监控的系统；在工业生产中实现自动控制也常用微机来实现。

1. 微机管理和监控系统

1）中央控制室的位置、地板结构、供电方式、接地方式及要求、室内设备布置。主要设备中央处理器（CPU），包括存储器、磁带机、数字输入/输出控制器、调制解调控制器、电源等、CRT 屏幕显示器、CCRT 彩色图像显示器、PRT 打印机、记录仪、模拟显示板、不间断电源（UPS）、紧急广播系统、电梯监控台、闭路电视保安监控系统、紧急电话系统、对讲电话系统、柜式空调机组、可燃气体监控屏、电源柜等的规格型号及其进出管线电缆布置走向、回路，照明、火灾报警、防静电装置等设备的布置。

2）DGP 数据收集站的个数、分布位置、安装方式、输入和输出回路的电缆管线的敷设方式、管径及线径根数、了解 DGP 的功能等。DGP 主要是将传感器的模拟输入标准信号转换成数字信号送入主机 CPU。

3）每个 DGP 的控制点数、检测元件、执行元件和变送器个数、分布、安装位置、安装方式、管线敷设，一般信号采用 0.5 ~ 1.5mm^2 的铜芯导线或控制电缆，紧急广播、紧急电话火灾系统、电气设备系统一般用防火电缆或耐热电缆竖井的明设。

DGP 框图如图 5-96、图 5-97 和图 5-98 所示。

微机管理和监控系统根据建筑物的用途不同常对以下项目进行监控：消防系统、空调及通风系统、变配电及备用紧急电源、动力和照明系统、自动装置控制系统、电梯系统、紧急广播和电话系统、保安系统、给排水系统、锅炉运行系统、巡更对讲系统等。微机系统监控点多有的要上万点、管路复杂，与其他动力、照明、弱电混在一起形成了很大的繁杂网络，要分清每一管线的用途、规格、导线根数及应加设的分线盒，还有弱电竖井内各条电缆的走向及用途等，最后还应了解软件及操作系统。

2. 微机自动控制系统

微机自动控制系统和微机管理监控系统相比要简单得多，检测点多则几十个，少则几个，管线少而短，一般应掌握以下内容：有无控制室、电源位置、主机和主要设备（包括打印机、显示器、A－D 板、D－A 板、交流稳压电源）规格型号、安装位置及方式、信号回路的敷设方法及电缆导线型号规格、接地要求及方式等。

传感器、变送器、执行器的型号、规格、个数、安装位置、传输管线的敷设走向、有无屏蔽保护等。

了解软件和操作系统，对照原理框图掌握系统的工作原理。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

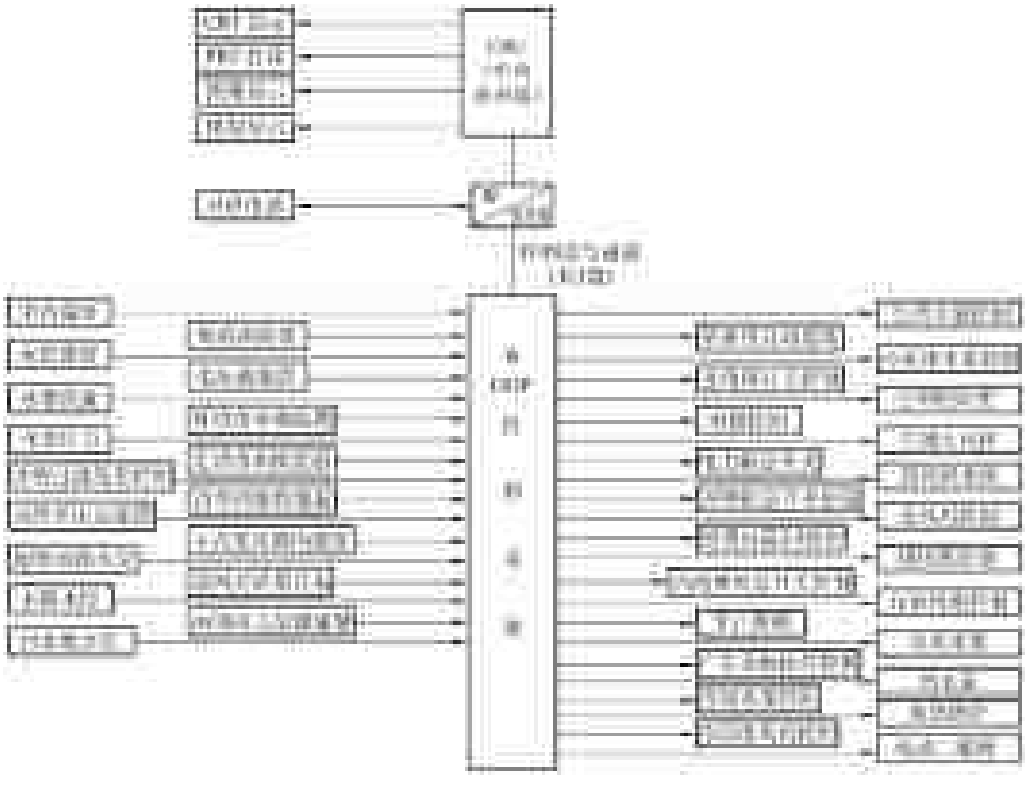


图 5-96　设备监控系统主框图

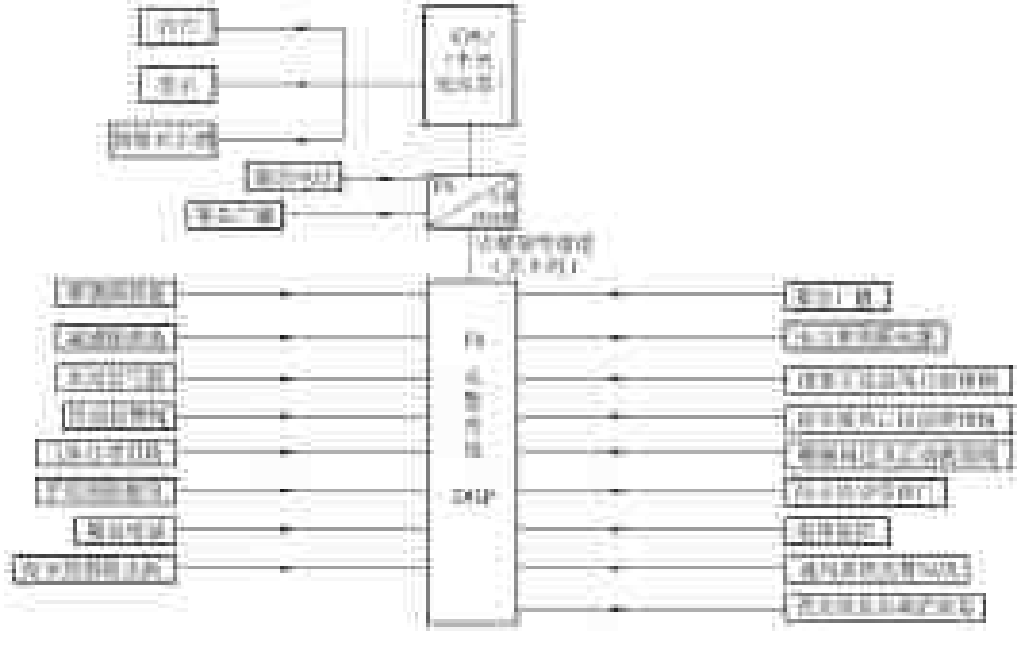


图 5-97　火灾报警系统监控框图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

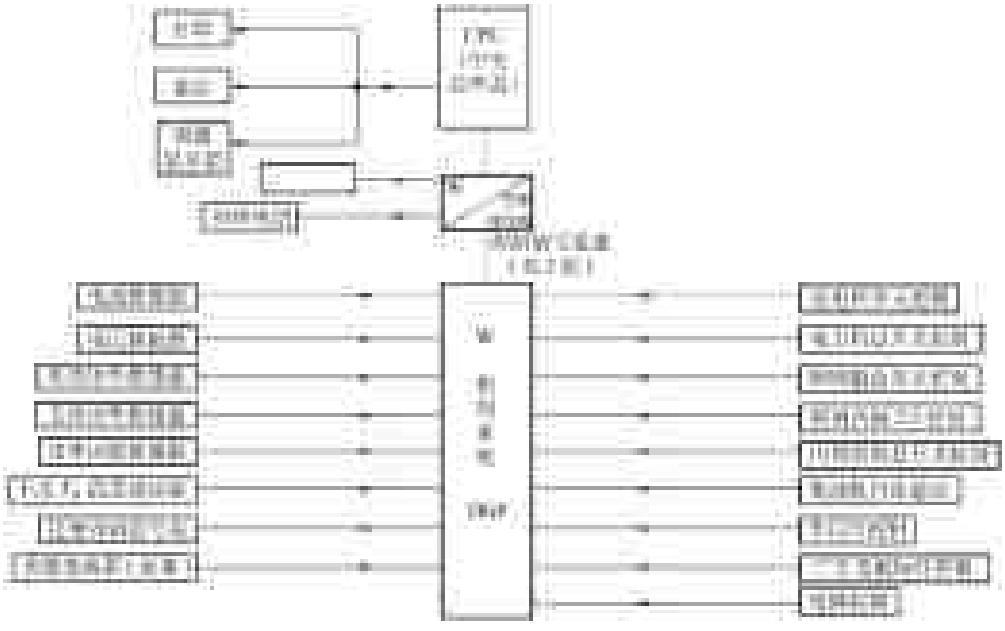


图 5-98 电气系统监控框图

第七节 空调自控系统审图要点

空气调节自动控制系统对空气的风量、湿度、温度、二氧化碳浓度等参数或某些参数进行调节、指示报警而达到舒适要求；工艺上和给水专业密切联系，并配以传感器、变送器、电动阀、仪表装置，与电气装置组成闭环控制系统，实现对空气的自动调节。因此审阅这些图样时应与给水专业图样相结合，这里仅对电气及自控图样的审图要点加以说明。

一、风机盘管自控系统

1. 风机盘管自控系统的控制方式

我们把场所的温度测出（实际值）与场所需要温度（设定值）进行比较后去调节风机的转速和进水阀门的开度或通断，这样就构成了最简单的自动控制系统。风机盘管是空调系统的末端设备，其控制方式可分为三种：一是仅手动控制风机的风速；二是既控制风机的风速又控制供水阀门通断的位式调节；三是既控制风机的风速又控制供水阀门开度的比例调节。

2. 风机盘管自控系统采用的管制形式

1）两管制手动控制风速控制。进出水管路共两根，可通热水（冬天）或冷水（夏天），管路无阀门控制，仅用三速开关控制风机的转速，分高、中、低人工调节温度。

2）两管制送冷风控制。进出水管路共两根，只通冷水，管路水流由电动阀门控制，用温度三速开关控制器控制风机的转速和阀门的开度或通断，分高、中、低自动调节温度，适用于夏季。

3）两管制送热风控制。与 2）相同，但只通热水，适用于冬季。

4）两管制送冷风/热风控制。进出水管路共两根，可通热水或冷水，管路设电动调节

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

阀，用温度三速开关控制风机转速和阀门，并用工况转换开关确定冷热工作状况，也分高、中、低自动调节温度，可用于冬季或夏季。

5）四管制送冷风/热风控制。进出水管路共四根，冷水、热水分别用其两根管进出，冷水管热水管分别设电动调节阀，用温度三速开关控制风速和阀门，分高、中、低自动调节，夏季开冷水，冬季开热水。

3. 两管制送冷风/热风控制

两管制送冷风/热风控制电气原理图如图 5-99 所示。

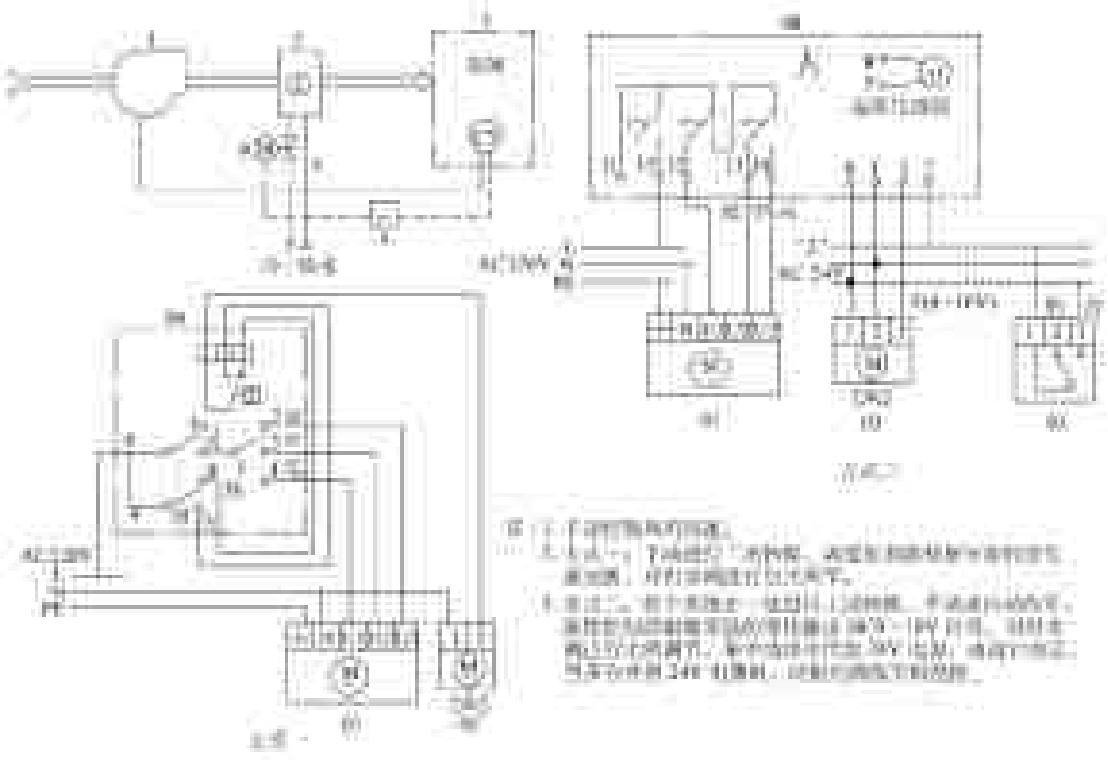


图 5-99　两管制送冷风/热风控制电气原理图

1）风机电机容量、额定电压、电源及管路设置，盘管形式，温控三速开及接线方式和线缆规格，工况开关型号、接线方式及其管线设置，电动调节阀规格、电源电压及其管线设置。

2）采用的调节方式，调节系统采用的电源电压、温度传感器型号及其信号性质，调节电源电压的线缆及管路设置。

3）工况开关、温控三速开关安装位置，标高、线路设置。

4）其他供水专业相关图样。

5）四管制基本与上述内容相同。

二、新风及空气处理机组自控系统

机组分两大类，即新风处理机组（简称新风机组）和空气处理机组，这两类有很多相同之处，所不同的是新风机组只设一路风管，即新风—送风管，而空气处理机组则设两路风管，即新风—送风管和回风—排风管。另外新风机组无二氧化碳浓度的测量，而空气处理机

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

组设置了二氧化碳浓度的测量和调节装置，提高了空气品质，这也是空气处理名称的由来。在自动控制和调节上，两类机组也有较大的差异。

1. 新风机组按供水管路分类的形式

1）两管制送冷风控制，冷冻水管共设两根，并由电动三通阀控制，风管设电动对开调节阀、空气过滤器、送风机、温度传感器等，并设有报警、联锁、信号及仪表装置。

2）两管制送冷/热风控制，冷冻水和热水共用两根管路并由工况转换开关确定工况，增设温度限位装置，其他与1）基本相同。

3）两管制送冷/热风且加湿控制，增设蒸汽加湿器，并由电动阀门控制，其他基本与2）相同。

4）四管制送冷风和热风控制，冷却水和热水分别由各自的两根管路输送到冷却器和加热器，均用电动阀控制，其他基本与1）相同。

5）四管制送冷风和热风且加湿控制，基本与3）和4）相同，并设最大信号选择器。

2. 空气处理机组按供水管路分类的形式

1）两管制送冷风控制，新风送风管上设置与新风机组1）相同，回风排风管上设排风机和排风电动对开调节阀，风管均设温度传感器。室内设温度、二氧化碳传感器，进行温度、二氧化碳调节指示，系统进行自动调节。

2）两管制送冷/热风控制，供水管路冷热水共用，工况由工况开关确定，其他与1）相同。

3）两管制送冷/热风且加湿控制，新风送风管增蒸气加湿器，由电动阀控制，并设湿度传感器，其他与2）相同。

4）四管制送冷和热风控制，冷却水和热水分别由各自的两根管道输送到冷却器和加热器，均用电动阀控制，其他与1）相同。

5）四管制送冷风和热风且加湿控制，基本与3）和4）相同。

3. 新风机组两管制送冷/热风加温控制系统

1）新风机组两管制送冷/热风加温控制系统图如图5-100所示。

2）电动对开多叶调节阀、送风电动机、温湿度传感器、温湿度调节器、电动风阀、压差开关、温度开关、湿度开关及其电气元件规格、电源电压及设置、管线敷设、接线方式、安装位置、输出信号和接口电路等，电动机控制方式、起动方式、保护装置、联锁装置等。

3）空气处理机组除上述内容外，又增加了显示仪表、焓值调节器、补偿调节器、电压给定器等。参照前述内容记录相关数据。

三、制冷机组自控系统

制冷机组是为空气调节系统提供冷冻水及其他制冷装置提供冷源的机械装置，有着整套的自动控制系统。系统设置各类电动阀、电磁阀、调节器、传感器、压差或压力控制器、水流信号装置、仪表及配套元件等，加之常规的电气控制装置，构成了复杂的自动控制系统。

1. 机组的分类

机组一般是按机组的机械结构分类的，可分为活塞式、螺杆式、离心式、溴化锂吸收式及其他形式的制冷机组。其中活塞式、螺杆式、离心式机组一般由制冷机、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔风机组成机泵（附泵）系统，几个机泵系统又组成一个大系统，可分为：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）一台制冷机一套附泵系统（简称一台制）。

2）两台制冷机两套附泵系统（简称两台制）。

3）三台制冷机三套附泵系统（简称三台制）。

溴化锂吸收式制冷机组由发生泵、冷剂泵、真空泵及配套的冷却水泵、冷水泵及冷却塔风机组成。

2. 溴化锂吸收式制冷机组

1）发生泵、冷剂泵、真空泵的容量、管线布置，规格型号，控制柜回路个数、安装位置、电源设置等。

2）温度仪表、液位仪表、压差调节器、电动阀等型号、规格、台数、安装位置、管线设置、电源电压及设置等。

3）信号装置及其管线设置电源电压、供水专业接口等。

溴化锂吸收式制冷机组示意如图 5-101 和图 5-102 所示。

3. 其他型式的制冷机组

除泵及其电气系统外，主要掌握仪表及自动装置方面的设置，如温度传感器、调节器、二步继电器、差压控制器、水流开关等型号、规格、分数、安装位置、管线设置、电流装置及电压等。

四、空调系统的微机控制

1）空调系统采用的 DDC（直接数字控制器）控制系统由一个中央处理器 MPU 通过总线与各个区域的 DDC 构成，被控参数的传感器、执行器是通过 DDC 与系统连接的，既进行数据采集，又进行闭环控制，在 MPU 的控制下操纵系统协调工作，同时可与中央计算机连接。DDC 之间可以进行点对点的通信并交换数据，共用区域信息，在无中央处理器时可单独工作。DDC 功能单一，组合形式多样，易于组合和扩展，同时有丰富的软件及汉语编程。DDC 既识别数字信号，又识别模拟信号，在控制系统用途很广。DDC 采用后，空调系统的工艺设置及电气系统变化不大，只是用 DDC 代替了原系统的调节控制装置，前述一～三的内容是识读微机控制系统的基础，往往对前述内容掌握不够或将前述内容舍去直接去读微机控制系统的图样是困难的，是不能完全掌握系统的内容和原理的，对图样的识读是不利的，就是说知识的积累必须循序渐进。

2）DDC（直接数字控制器）台数、监控点数及监控位置、安装位置、电源及管线设置、系统要求、接线方式、接地方式及要求。

3）识别运行信号。在微机监控系统中，我们常把信号分为两种：以数值表达的量叫做模拟量，如温度、湿度、CO_2 浓度、电动阀门的开度、压力及差压、电压、电流等；以开关状态表达的量叫做数字量，如电动机的起停、电动机的过载信号、各种参量的限位开关信号、蝶式阀门的开或关等。同时用英文字头 A 表示模拟量，用 D 表示数字量，用 IN（英语：进入）的字头 I 表示输入、用 OUT（英语：引出）的字头 O 表示输出。图中按上述的规定将信号接到 DDC 的输入、输出端。

4）多变传感器、变送器、执行器、风流检测限位开关、低水位报警开关、泵及设备电动机的起停等信号与 DDC 的接线方式、线缆设置等。

DDC 端子板接线图如图 5-103 所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

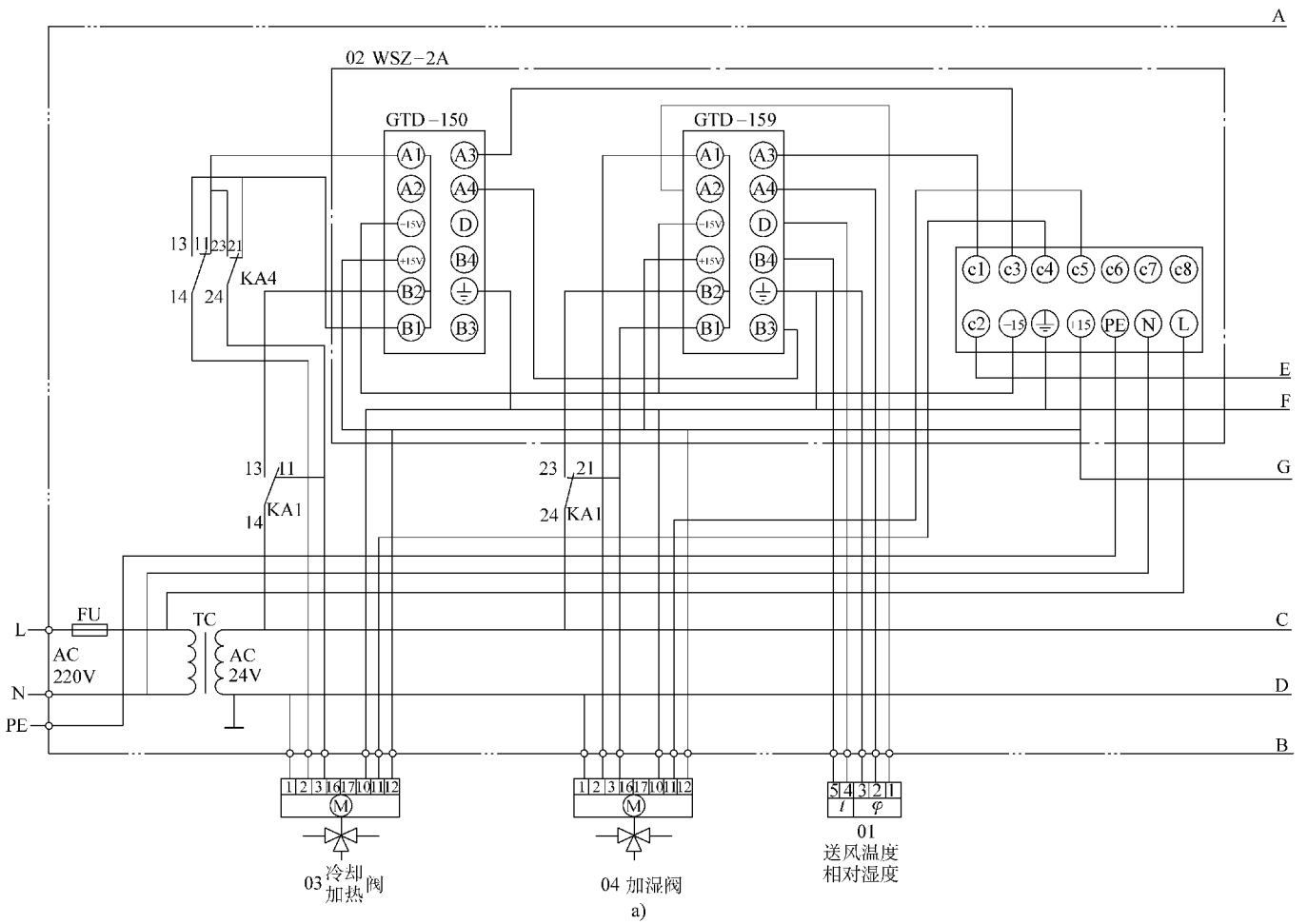


图 5-100　新风机组两管制送冷/热风加温控制系统图

a）温度调节器接线图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

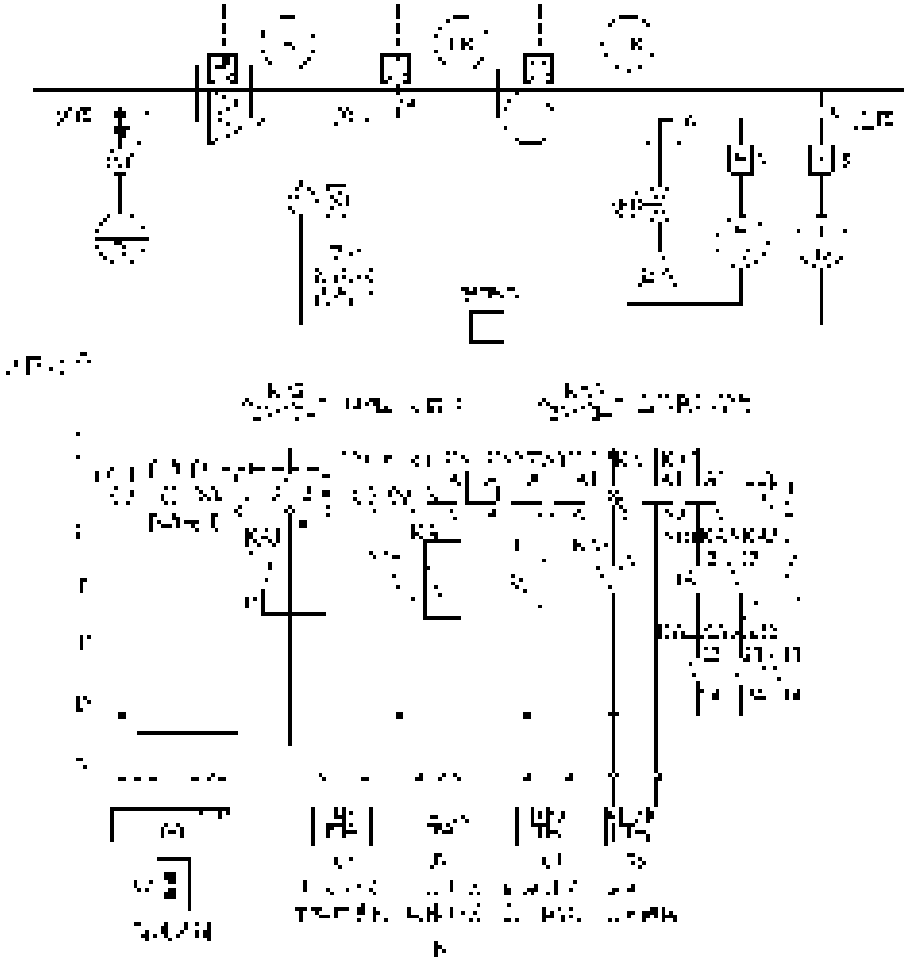


图 5-100　新风机组两管制送冷/热风加温控制系统图(续)

b）系统及控制原理图

所需器件：

编号	器件名称	型号	符号	器件名称	型号
01	温湿度传感器（送风）	DWS－6P（10～40℃ 30%～90% RH）	FU	熔断器	RT9－20/6A
02	温湿度调节器	WSZ－2A（GTD－150 GTD－159）	TC	控制变压器	DBK2－250VA AC 220V/24V
03	电动调节阀（冷却/加热）	EGSVD（AC 24V）	KA1 KA4	中间继电器	HH54W AC 24V
04	电动调节阀（加湿）	EGSVD（AC 24V）	KA2 KA3 KA5	中间继电器	HH54 AC 24V
05	电动风阀（新风）	ESM（AC 24V）	KT	时间继电器	JSF－12 AC 24V
06	压差开关（过滤网）	CYM（AC 24V）	SB1	控制按钮	LA101－P11－2230
07	压差开关（风机）	CYM（AC 24V）	SB2	控制按钮	LA101－P11－2250
08	温度开关（工况转换）	A190HK	SA	主令开关	LS2－3
09	温度开关（盘管防冻）	A11D－4	HLG	信号灯	AD11－10/11　绿色
			HLB	信号灯	AD11－10/11　蓝色
			HLR1 HLR2	信号灯	AD11－10/11　红色
			HA	电铃	UC4－75 AC 24V

注：1. KA 为风机起动装置引来的风机起动信号。

2. 阀位显示信号电源为 DC＋15V，应将反馈电阻调整为输出 DC 0～10V。

3. 01 温湿度传感器接线应采用有绝缘护套的四芯屏蔽导线（如 RVVP 型），端子 3 接屏蔽层。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

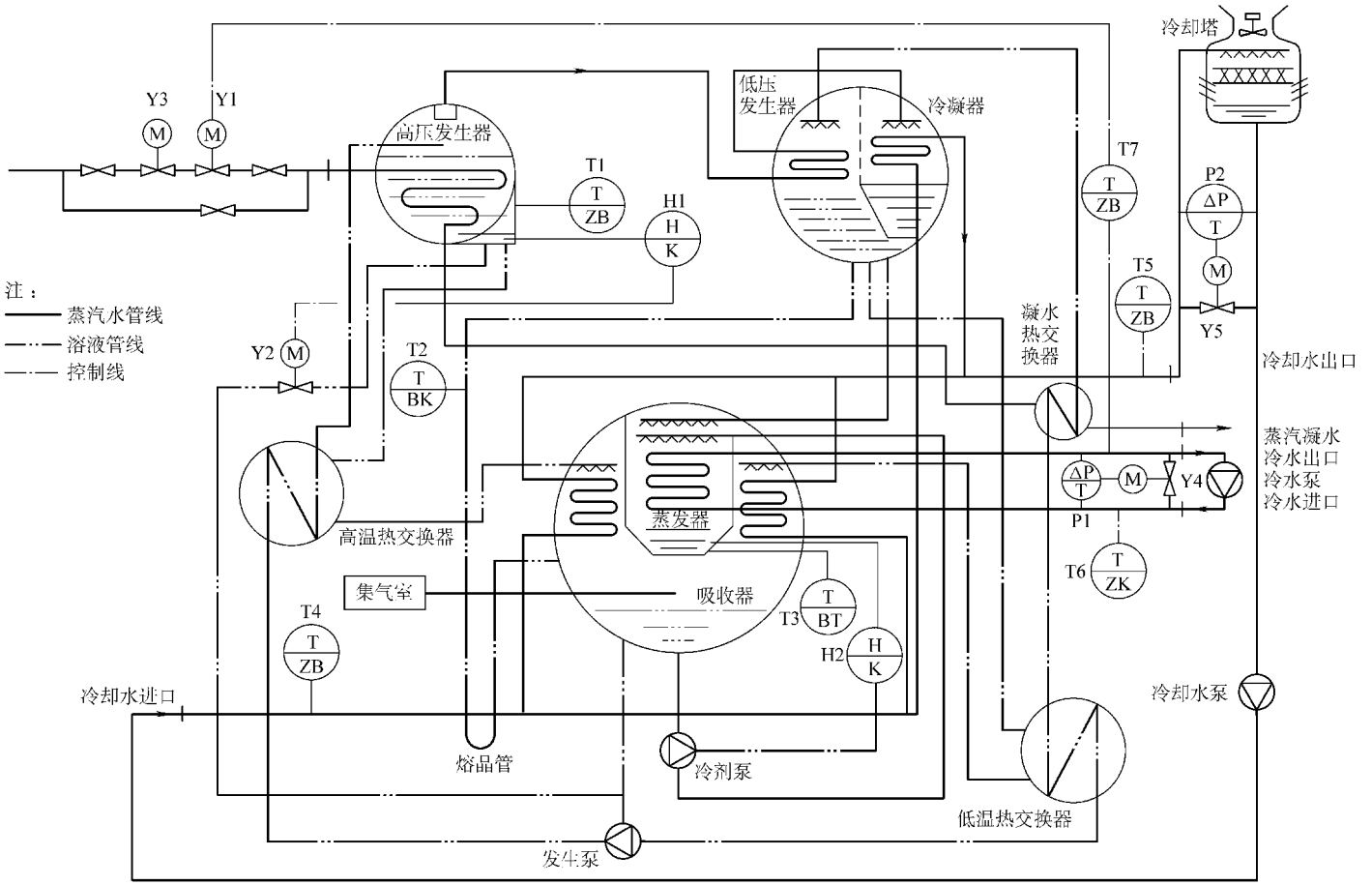


图 5-101　溴化锂吸收式制冷机组工艺流程及仪表配置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

文字符号	名称	型号	数量
FU1	熔断器	RT9－20/6A	1
QT	选择开关	LA101Z－FXB20	
QT1、QT2	主令开关	LS2－2	1
KA1～KA8	中间继电器	JDZ1－44	15
KT	时间继电器	JS23－31/2	5
SB1,SB3,SB5	控制按钮	LA101－P11－2220	3
SB2、SB4		LA101－P11－2230	2
HLG1	信号灯	AD11/21	1
HLR1～HLR4		AD11/21	3
HLY1～HLY6		AD11/21	2
HA	电铃	65－1－75	1
X1	接线座	JH2－2.5L/=400mm	1

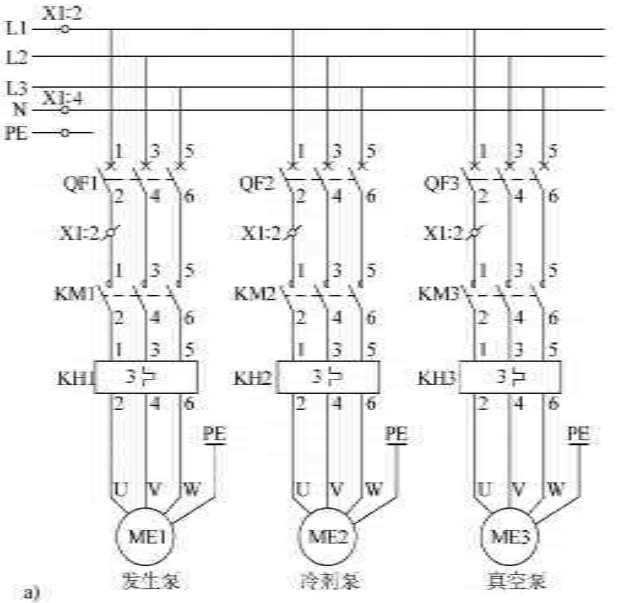
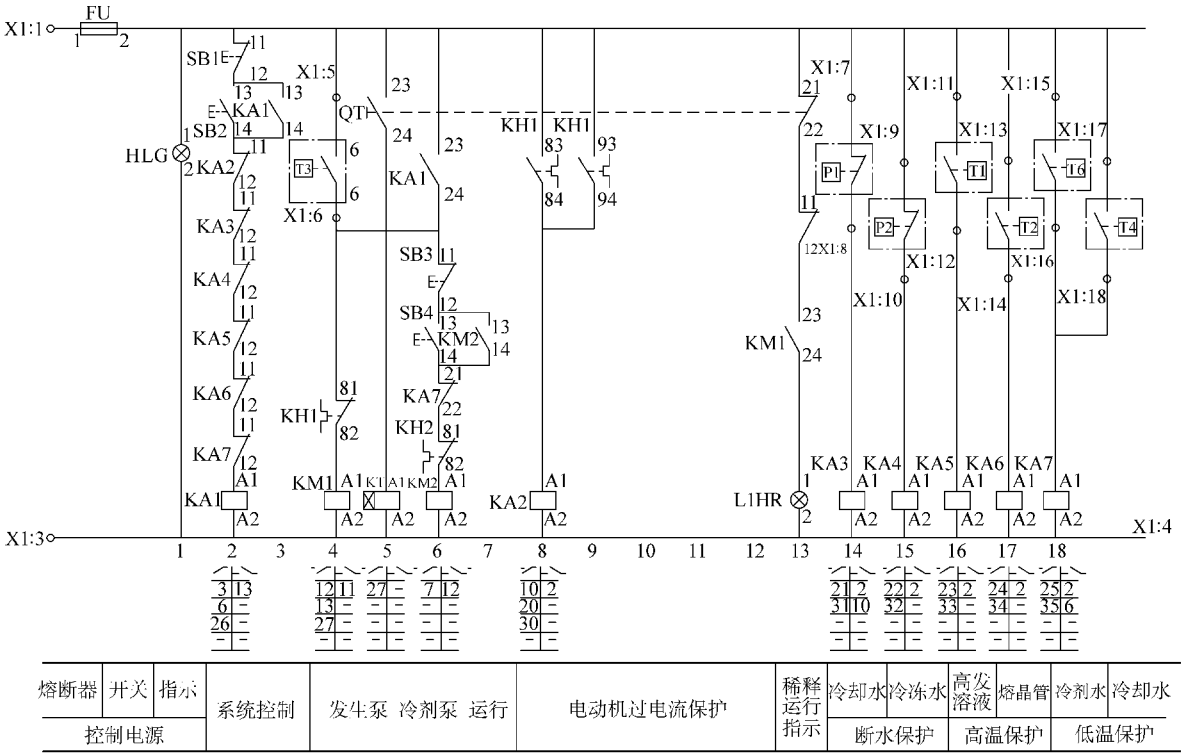


图 5-102　溴化锂吸收式制冷机组控制原理图

a）主电路及元件表

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



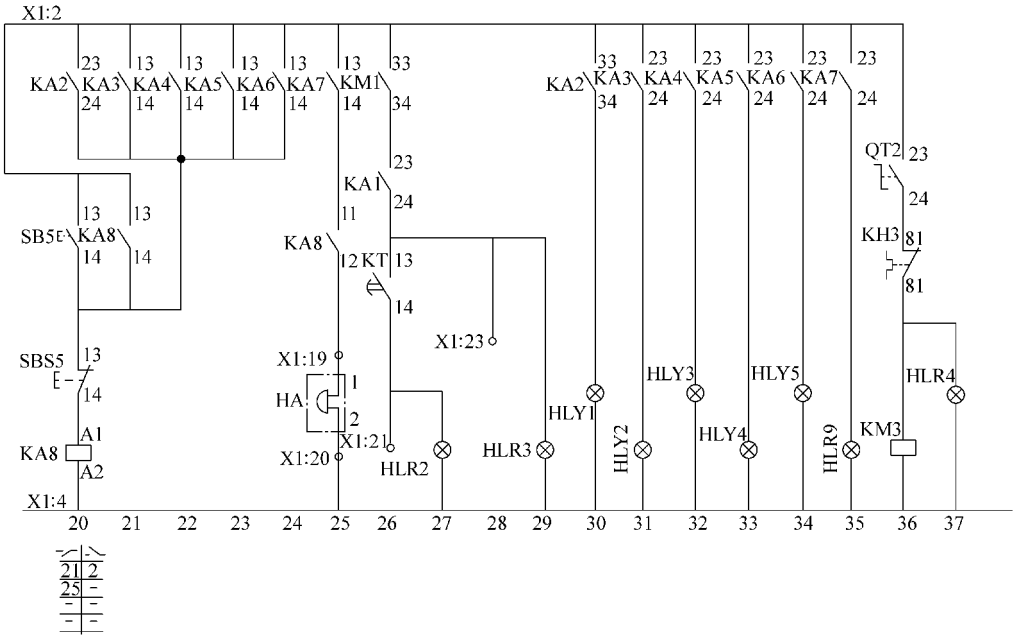
b)

图 5-102　溴化锂吸收式制冷机组控制原理图（续）

b）控制原理图（一）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



故障停机报警	蒸汽电磁阀	凝水电磁阀	电动机过热	冷却水断水	冷冻水断水	高发溶液高温	熔晶管高温	冷却水冷剂水低温	起停	运行指示
	指示								真空泵	

c)

图 5-102　溴化锂吸收式制冷机组控制原理图（续）

c）控制原理图（二）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

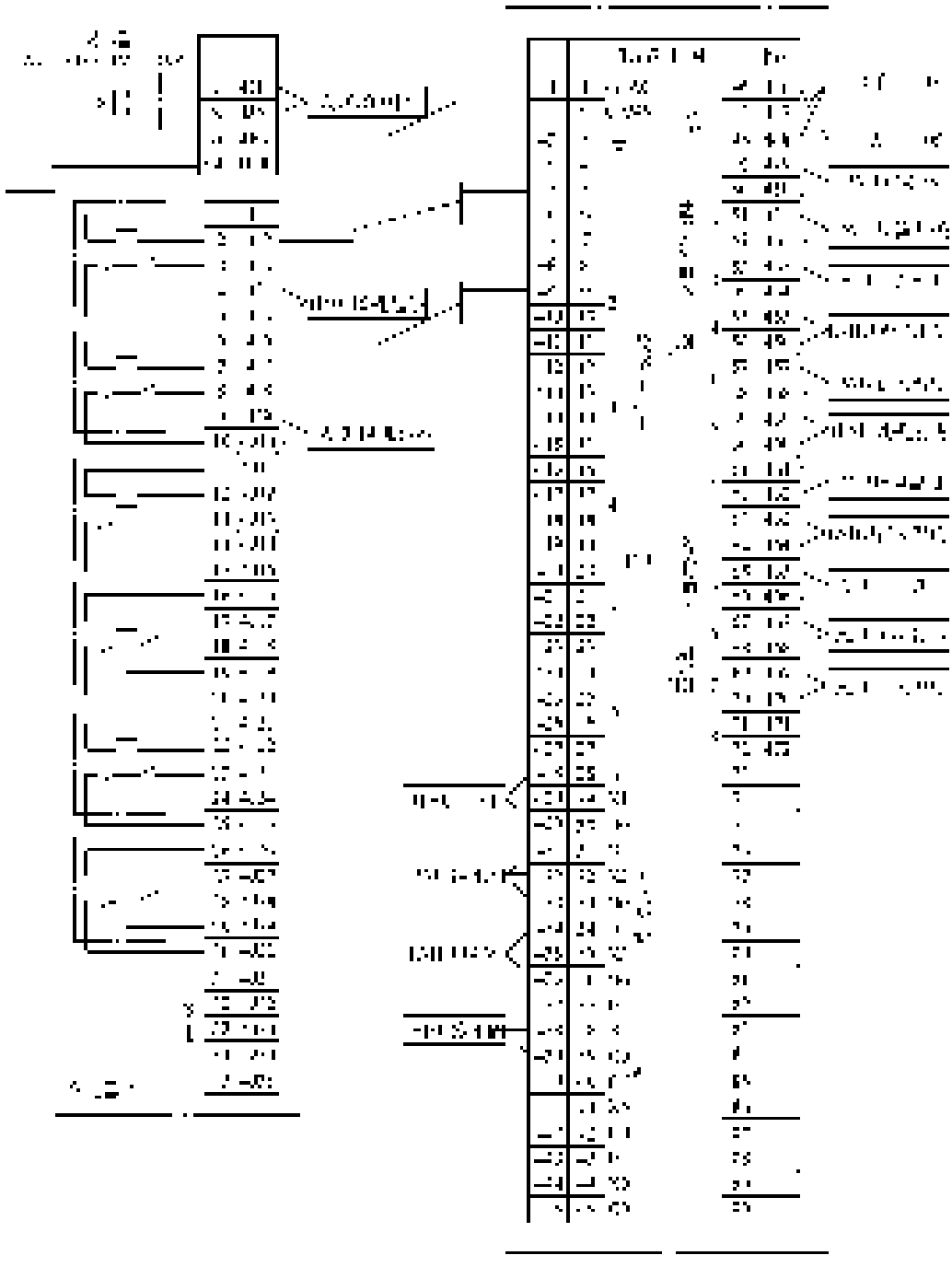


图 5-103　DDC 端子板接线图（样图）

注：本图为 4 号分站接线端子图。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第八节　自动化仪表系统审图要点

自动化仪表系统主要是针对生产工艺过程或自动控制系统对非电量的测量、显示、调节及控制而言的。非电量主要包括温度、压力、流量、物位、机械量及其他非电量，这些量往往是通过一次仪表（也称传感器或检测元件）测量，并将其测量结果的模拟量送到变送器或调节器，转换为标准的电流或电压或数字信号，然后一方面由二次仪表显示记录测量结果，另一方面则由调节器发出调节信号到执行器，由执行器进行输入或输出量的调节，以达到自动控制的目的。微机的应用使自动化仪表系统如虎添翼，简化了系统设置，并且更完善、更及时、更全面、更精确。

一、温度测量及控制

1）测量元件、变送器、测量点数、管线设置、指示记录仪表、补偿装置规格型号、安装地点及方式、电源及电压等。有无反馈装置或联锁装置。

2）二次仪表、记录仪、调节仪表、反馈装置、切换开关、接线方式、安装位置、导线要求等。

二、压力测量及控制

1）测量介质、测量元件、测量参数、变送器、测量点数、管路设置、有无补偿装置、有无反馈装置及联锁装置等。

2）二次仪表、记录仪、调节仪表、反馈装置、切换开关、安装位置、接线方式等。

三、流量测量及控制

1）测量介质、测量元件类别、安装位置、变送器、保温箱、管路设置、有无补偿、反馈及联锁装置、电源设置。

2）二次仪表、记录仪、调节器、规格型号、接线方式、电源装置及电压。

四、物位测量及控制

1）测量介质、测量元件、测点数量、变送器、测量参数（如差压）、管路设置、平衡容器、安装方式、线缆敷设等。

2）液位记录仪、调节器、接线方式、电源等。

五、机械量测量及控制

1）测量参数（长度、厚度、振幅、位移、弹性、硬度、力或重量、转矩、速度等）、传感器、管线设置、接线方式、安装位置等。

2）显示器、测量电路、调节器、反馈装置、接线方式、电源设置等。

其他量的测量及控制可参照上述内容进行。

六、仪表柜及仪表室设置

1）仪表室平面布置、盘柜安装方式、线缆及管路引入/引出形式（包括从测量现场到仪表室全部路径）、电缆清册（根数、型号、规格、起始位置、标高、敷设方式）、电源装置、盘柜元件布置、接线方式。

2）仪表及控制元件接线图、如汽包水位自动调节接线图、记录仪接线图、动圈表接线图、电动执行器接线图、调速系统接线图、设备之间联锁接线图、电动机与自动装置间接线图、信号/报警系统接线图等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

七、调节器及自控系统

调节器在自动控制系统中有着极为重要的作用，特别是多个参量控制的系统，如锅炉锅筒水位的控制是由蒸汽流量、锅筒水位、给水流量三个参数决定的，每个量的调节器是按设定的方式，由变送器将三种模拟信号都变成0～10mA的电信号后输入比例积分调节器，经其运算后再将输出的0～10mA电信号输入伺服放大器，而后由伺服放大器去开启操作器，最后由操作器去驱动执行器（电动阀门）加大/减小阀门的开度，去决定给水的流量，将水位保持在安全允许范围内，如图5-66所示。

调节器及自控系统给出了自动控制系统的详细控制方式，这对后面的微机加仪表控制系统是一个基础。

八、微机加仪表自动控制系统

微机技术引入到仪表自动控制后，电气部分基本与前述相同，而仪表及自动装置部分变化较大，变化最大的就是由变送器输出的0～10mA信号要经过一个模－数转换器（配电器）变成数字信号后引入微机，由微机运算后输出控制信号，去使电动操作器、伺服放大器及执行器工作，以达到自动控制的目的。这里仅以工业锅炉微机控制系统为例加以说明。

1. 系统概况

1）工业锅炉微机控制系统一般采用专为工业锅炉控制开发的微机控制系统。

2）控制软件采用C语言，也可采用其他语言，运用模块化结构对锅炉和除氧器的运行进行检测、控制，控制周期为1s。

3）水位控制。通过传感器测量锅筒水位、蒸汽流量、给水流量，经过微机的运算后控制给水调节阀。由于采用了非线性及去耦合调节，使控制精度达到±5mm。

4）锅筒压力与燃烧控制。通过传感器测量锅筒压力，用自适应算法，控制炉排给煤速度和送风量，保证蒸汽压力。并利用氧化锆氧量分析仪校正风量煤量的配比，实现最佳燃烧，压力控制精度±0.05MPa，对负荷较大时的调整具有很强的适应性。

5）炉膛负压控制。通过传感器测量炉膛负压，控制鼓风量和引风量，炉膛负压控制精度为±5Pa。

6）运行的监视。运行过程中随时可将运行模拟画面、参数报表、控制参数、直方图负荷曲线等画面在监视器上进行分析和监控，掌握锅炉的运行情况。

7）测量参数有给水、蒸汽、压力、水位、氧含量、炉膛负压、阀门开度及各点温度以及除氧器的压力、温度、水位等，并对水位、压力、温度等参数的上下限报警。

8）设置后备仪表，保证调试和检修时使用。

2. 温度的测量控制

带热电偶一体化温度变送器、配电器、数字显示仪表及微机控制装置的台数、测量点位置、安装位置、接线方式、接线要求及线缆布置、电源电压等。

3. 给水流量测量控制

$\sqrt{\Delta P}$流量变送器、模－数转换器、数显仪表及微机控制装置的台数、测量点位置、安装位置、接线方式、接线要求、电源及管线布置等。

4. 压力/差压的测量

压力/差压变送器、模－数转换器、显示仪表及微机控制装置的台数、测量点位置、安装位置、接线方式、电源及管线布置等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5. 水位测量控制

单室平衡容器、差压变送器、电接点液位测量筒、电接点液位计、色带指示仪、模/数转换器及微机控制装置的台数、测量点数、安装位置，接线方式、电源及管线布置等。

6. 含氧量测量

氧化锆探测器、氧量变送器、模－数转换器、台数、点数、安装位置、接线方式、电源及管线等。

上述几点都是将被测信号转换后送入微机控制装置，然后由软件和程序支持去进行运算、判断，再发出控制信号。

7. 电动调节阀或电动执行器的控制

微机控制装置、电动操作器、伺服放大器、电动调节阀或电动执行器的台数、控制点数量、安装位置、接线方式、电源及管线布置等。

8. 炉排调速控制

微机装置、控制器、电磁调速电动机的控制点数、安装位置、接线方式、电源及管线布置等。

典型图样请读者参见本书图 5-76～图 5-84。

第九节　防雷与接地系统审图要点

防雷接地系统是保证建筑物及其电气系统正常运行的保安系统，从安装讲没有难度，没有复杂的设备，更没有高深的技术，但是它是一个很重要的系统。往往有些建筑物和电气系统在防雷和接地上没有处理好，造成了极大的损失。

一、防雷系统

1）建筑物和电气系统无论采用哪种防雷方式，都应掌握其引下线的组数、引下方法、接地极根数及敷设方法、接地电阻要求以及材料加工防腐要求、焊接方法等。有些建筑物的引下线常采用建筑物的柱或剪力墙内主钢筋作为引下线，读图时应对照土建图样并指明主钢筋连接点要焊接成一整体，保证接地电阻符合要求。

2）采用避雷针方式应看其高度、结构型式、材料规格、个数、有无铁塔、安装位置、加工精度、铁塔的加工图等。

3）采用避雷网或避雷带方式应看其距屋顶高度、支撑的间距、屋顶网格布置、屋顶突出物（如烟囱等）防雷的处理、材料规格等。

4）采用避雷器方式应看其电压等级、规格型号、安装方式、金工件或基础加工图等。

5）采用避雷线方式应看其避雷距离、杆塔的档距、杆顶支持绝缘子的设置及型号、导线的规格型号、接地点设置、金工件加工图等，并应参照架空线路的图样查看有关内容。

二、接地系统

在电气系统中常将变压器二次侧中性点不接地系统中的电气设备的金属外壳、金属管路及构件和大地可靠地连接，其接地电阻不大于 4Ω，这样的做法称作接地或保护接地。在变压器二次侧中性点接地系统中将电气设备的金属外壳、金属管路及构件和工作零线（中性线）可靠连接，其接地电阻不大于 4Ω，这样的做法称作接零或保护接零。在接零系统中通常将工作零线在进户处或线路中再次多点接地，接地电阻不大于 10Ω，这样的做法称作重复

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

接地，并且接零系统必须重复接地。

此外还有为了消除雷电和过电压的危害而设置的过电压保护接地，为了消除在设备运行生产中的静电而设置的防静电接地，为了防止电磁感应而对电气设备的金属外壳、屏蔽罩、屏蔽线外皮或建筑物金属屏蔽体等进行的屏蔽接地。

在低压供电系统中以往常采用三相四线制配电系统，如图 5-104 所示。

近几年来为了改善和提高安全用电程度，在中性点接地配电系统中应采用三相五线制配电系统，如图 5-105 所示。

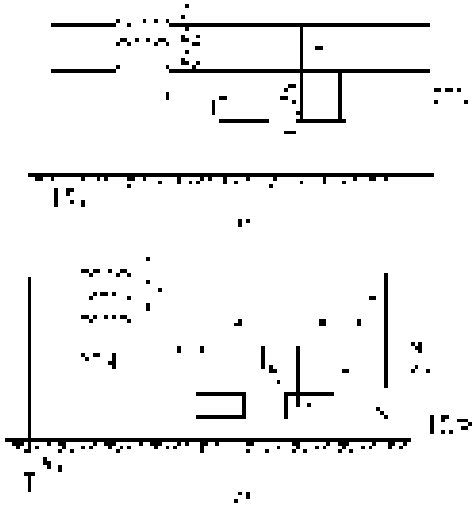


图 5-104　三相四线制配电系统

a）TN-C　b）TN-C-S

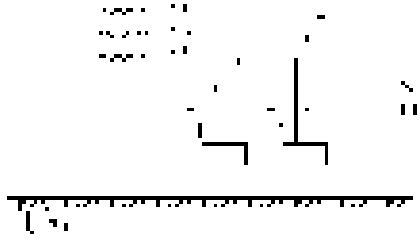


图 5-105　三相五线制配电系统（TN-S）

1—单相设备　2—三相设备

在住宅配电系统中常推荐使用漏电保护器。

对于接地系统应先看采用的方式是保护接地，还是保护接零，供电方式是三相四线制还是三相五线制，是否有漏电保护装置。

保护接地系统要看其接地极（网）的设置、根数、接地引线的敷设、连接要求、接地设备的接引装置、所有材料的加工要求、规格、加工图是否完整、系统的整体布置、敷设要求、防腐镀锌及接地电阻要求等。

保护接零系统除了上述内容外还要看其重复接地点的设置、接地零线的敷设、接零设备的接引装置等。

其他过电压保护接地、防静电接地、屏蔽保护和上述基本相同。

在熟悉图样的过程中，对图中不妥之处、存在问题和有碍施工的部位要做详细记录，对图中有怀疑或一时弄不清的部位要在图上用铅笔标出并做好记录，结合下节核算的内容，提出改进建议，以便在会审图样时提交给设计单位和建设单位。在熟悉图样时还应注意以下几点：

1）图样与图样之间、图样与说明之间、图样或说明与国家标准、规程、规范之间有无矛盾之处。

2）电气施工图样与土建、管道、通风、设备、机装等其他专业的施工图样有无矛盾之处，特别是电气管路、电气竖井在总体设置上和其他专业有无交叉、有无布置不合理之处，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

如管路的交叉影响结构强度或超越垫层所允许的厚度等。

3）主要设备的几何尺寸、标高、位置有无差错，预埋管路和铁件及预留孔洞的位置尺寸是否正确，主要负重部位的土建结构是否合理，按图样施工有无实际困难等。

4）主要设备材料的选择有无出入，控制电路是否正确，逻辑功能是否完善，继保系统设置是否正确，接地防雷系统是否可靠，和电气系统的负荷等级是相符。

5）“安全用电”是否安全；加工部件图及说明能否满足加工制作的要求等。

6）设计说明是否详细，选用的标准图、图册是否正确可用；图样中有无不能满足安装施工需要的部分等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第六章　电气工程预算编制方法及技能

电气工程及自动化工程在国民经济、生产过程和人民生活当中占据着相当重要的地位，因此，设计的质量、安装的质量、运行维护的质量、设备材料的质量、工程预算的质量是保证电气系统正常运行的头等大事，工程预算的质量是保证工程质量的一个基础。

工程预算实际上是工程造价的一个预先设想，往往是随着工程的进展和变化而动态变化的，特别是大型工程更是这样，追加预算也就成了工程中的一项重要手段。工程预算是按照工程设计图样、根据国家颁布的预算定额，经过周密计算做出的，是投标、结算的基数，也是建设单位、安装单位盈亏的一个账单。实际工程中，有些预算出入太大，给工程造成了不良影响。同时，随着国家经济的发展和市场经济的需求，国家颁布的预算定额也在不断地修订，这样就对工程预算人员提出了更高的要求。只有工程安装调试经验丰富，熟练阅读工程图样，具备一定的资质和职业道德，掌握定额细则才能做出准确可行的预算。

电气及自动化工程的预算是确定工程造价的，是准备工作中不可缺少的一部分。它是根据施工图中设备、材料的规格、型号、数量、安装方法，套用或查对国家及有关部委颁布的预算定额、附加各种费率以及地方政策性的费用而编制的。

物资供应计划是根据施工图中表现出来的主要设备、材料和图中或说明中注明的材料以及安装过程中使用的辅助材料组成的，它是物资供应的主要凭证。

我国进入市场经济以来，人们常以单位平方米造价来估算工程造价，进行工程的承包，好像工程预算和劳动定额失去了作用，其实不然。无论采用哪种方法承包工程，工程预算和劳动定额仍是承包商在工程内部进行经济指标核算、技能考核、劳动效率、材料节约、设备周转利用率及以各类经济技术指标考核的主要依据，并作为工程估价、概算、投标以及经济往来的依据。只有这样，并且只能这样，才能对人、财、物进行全面的考核，对于提高经济效益和技术水平，保证工程质量以及保证工期都具有极大的意义，忽视工程预算和劳动定额，将对工程造成不可估量的损失，这也就是本书要讲述工程预算的目的。

编制预算及材料单，首先要看懂图样，熟悉安装工艺、安装方法和测试方法；其次要熟悉定额，掌握套用方法及规则；再者是了解现行基建工程的法令、法规以及当地政府部门的相关取费规定。

预算不仅是计算工程成本，更重要的是它具有法律效力，也是管理科学在工程中的体现。一个高水平的预算书能决定招投标中标，能促进企业的经营管理，能调动员工的积极性，进而提高经济效益。

工程预算一般由直接成本、间接成本、利润、风险金、规费、税金六个部分组成。直接成本包括人工费、材料费、施工机械使用费和其他直接成本。其中人工费、材料费、施工机械使用费（以下简称机械费）可在定额中查找，定额已分门别类地列出了电气安装工程各个小项的定额；而间接成本、利润、风险金、规费和税金均以直接成本中某种量为取费基数，然后按规定的百分数提取。

材料费包括主要材料（主材）费和辅助材料（辅材）费两种，主材在图中都能表现出

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

来，但是其数量则应按规定的计算方法计算出来；辅材在图中不表现，而是在定额中查找，同样定额也分门别类地对应电气安装的各个小项列出了该项中需用的辅材。

第一节　2008 版电气工程预算定额简介

电气工程预算定额是国家、省部建设相关管理部门和建设工程造价管理部门根据建设市场的实际情况组织编制的，2008 版是在 2003 版基础上改编的，变动不是太大，各省市定额不尽相同，使用时应注意。

（一）新增加的项目

1. 重型铝母线接触面加工。
2. 风机盘管检查接线。
3. 电缆沟挖填、人工开挖路面。
4. 套接紧定（扣压）式钢管导管敷设。
5. 钢管刷油防腐。
6. 凿槽、刨沟、打透孔。
7. 烘手器安装。
8. 床头控制柜安装。
9. 不可竞争措施项目。

（二）变更项目

1. 将 2003 版的施工技术措施费和施工组织措施费合并为“可竞争措施项目”。
2. 人工费由 2003 版的 27 元提高到了 40 元，变化较大。
3. 其他机械费也有变化。
4. 有的计取系数也有变化。

总之，熟悉 2003 版的预算人员若采用 2008 版进行工程预算没有太大问题，但初学者必须按本书的内容要求仔细进行，不可急于求成。

（三）其他

1. 2008 版定额中消耗量（除可竞争措施项目消耗量外）是编制施工图预算、最高限价、标底的依据；是工程量清单计价、投标报价、进行工程拨款、竣工结算、衡量投标报价合理性、编制企业定额和工程造价管理的基础或依据；是编制概算定额、概算指标和投资估算指标的主要资料。

2. 2008 版定额是按目前各省大多数施工企业采用的施工方法、机械化装备程度、合理的工期、施工工艺和劳动组织、正常的施工条件制定的，它反映了社会平均消耗水平，并考虑了下列正常的施工条件：

（1）设备、材料、成品、半成品、构件完整无损，符合质量标准和设计要求，附有合格证书和试验记录。

（2）安装工程和土建工程之间的交叉作业正常。

（3）安装地点、建筑物、设备基础、预留孔洞等均符合安装要求。

（4）水、电供应均满足安装施工正常使用。

（5）正常的气候、地理条件和施工环境。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3. 2008 版定额中各项目的工作内容包括全部施工过程，除说明主要工序外，次要工序虽未说明但均已包括在内。

4. 人工工日消耗量及单价的确定：

（1）定额的人工工日不分列工种和技术等级，一律以综合工日表示，内容包括基本用工、超运距用工和人工幅度差。每工日按 8 小时计算。

（2）定额人工采用综合工日二类、综合工日三类两种，人工工日单价分别为：综合工日二类：40. 00 元/工日；综合工日三类：30. 00 元/工日。

5. 材料消耗量及价格的确定：

（1）定额中的材料消耗量包括直接消耗在施工过程中的主要材料、辅助材料和零星材料等，并计入了相应损耗，其范围包括：从工地仓库、现场集中堆放地点或现场加工地点到操作或安装地点的运输损耗、施工操作损耗、施工现场堆放损耗。

（2）材料价格采用《各省建设工程材料价格》（2008 年）。

（3）凡材料数量加括号的均为未计价材。

（4）用量很少的零星材料，其材料费合并为其他材料费，计入材料费内。

6. 施工机械台班消耗量及台班单价的确定：

（1）每台班按 8 小时计算。

（2）本定额的机械台班消耗量是按正常合理的机械配备和大多数施工企业的机械化装备程度综合取定的。

（3）凡单位价值在 2000 元以内，并且使用年限在两年以内的不构成固定资产的小型施工机械或工具、用具未计入实体项目消耗量内，已在生产工具、用具使用费中考虑。

（4）施工机械台班单价，采用《各省建设工程施工机械台班单价》（2008 年）。

7. 施工仪器仪表台班消耗量及台班单价的确定：

（1）定额的施工仪器仪表消耗量是按各省大多数施工企业的现场校验仪器仪表配备情况综合取定的。

（2）定额的施工仪器仪表台班单价是在 2000 年建设部颁发的《全国统一安装工程仪器仪表台班费用定额》基础上，结合各省施工企业的实际情况计算的。

（3）仪器仪表台班列在施工机械台班栏内。

8. 2008 版定额分实体项目和措施项目两部分，措施项目分可竞争措施项目、不可竞争措施项目。实体项目、不可竞争措施项目消耗量不得调整，可竞争措施项目消耗量在投标报价时投标人可以合理调整。

9. 2008 版定额适用于工料单价法，也可用于综合单价法。

10. 工料单价法的计价方式，在不同的计价阶段使用本定额应符合以下规定：

（1）在编制最高限价或标底时人工、材料、机械台班单价根据市场行情或造价信息调整，可竞争措施项目按照常规、科学、合理的施工方法计算。

（2）在报价时投标人可将人工、材料、机械台班单价根据市场行情或造价信息进行调整，可竞争措施项目按照施工方案计算，消耗量可以合理调整。

（3）在价款调整、结算时依据各省建设行政主管部门的规定、合同约定进行调整。

11. 综合单价法的计价方式，在不同的计价阶段使用本定额应符合以下规定：

（1）在编制最高限价或标底时人工、材料、机械台班单价根据市场行情或造价信息调

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

整，可竞争措施项目按照常规、科学、合理的施工方法计算。

（2）在报价时投标人可将人工、材料、机械台班单价根据市场行情或造价信息、所承担的风险情况进行调整，可竞争措施项目按照施工方案计算，消耗量可以合理调整。

（3）在价款调整、结算时依据各省建设行政主管部门的规定、合同约定进行调整。

12. 2008 版定额中的模板及脚手杆、脚手板等周转性材料在同一城市内工地之间的转移场外运输所需的人工和机械台班已包括在相应子项目内；钢模板回库维修费包括在其单价内。

13. 不可竞争措施项目包括：安全防护、文明施工；可竞争措施项目包括操作高度增加费、超高费、脚手架、系统调整费、大型机械一次安拆及场外运输费用、其他措施项目（包括生产工具、用具使用费，检验试验配合费，冬雨季施工增加费，夜间施工增加费，二次搬运费，停水、停电增加费，工程定位复测配合费及场地清理费，已完工程及设备保护费，安装与生产同时进行增加费，有害环境中施工增加费等），具体项目详见各册。

14. 措施项目说明。

（1）不可竞争措施项目

安全防护、文明施工费：为完成工程项目施工，发生于该工程施工前和施工过程中安全生产、环境保护、临时设施、文明施工的非工程实体的措施项目费用。

临时设施费是指承包人为进行工程施工所必需的生活和生产用的临时建筑物、构筑物和其他临时设施的搭设、维修、拆除、摊销费用。

临时设施包括临时宿舍、文化福利及公用事业房屋与构筑物，仓库、办公室、加工厂以及规定范围内道路、水、电、管线等临时设施和小型临时设施。

（2）其他措施项目

1）生产工具、用具使用费：是指施工生产所需而又不属于固定资产的生产工具、用具等的购置、推销和维修费用，以及支付给工人自备工具的补贴费用。

2）检验试验配合费：配合工程质量检测机构取样、检测所发生的费用。

3）冬雨季施工增加费：在冬雨季施工的工程，为了保证工程质量所采取的保温、防寒、防雨、防滑、排雨水、冬季施工需要提高混凝土和砂浆强度所增加的费用以及因气候影响的人工、机械降低工效等费用（搭设暖棚、雨季防洪、外加剂费用不包括在内）。

4）夜间施工增加费：在合理工期内，必须连续施工而进行夜间施工发生的费用。包括照明设施安拆及使用费、劳动降效、夜间补助费用和白天在塔、炉内施工的照明费用，不包括建设单位要求赶工而采用夜班作业施工所发生的费用。

5）二次搬运费：除定额已列运输项目外的工程所需材料、成品、半成品由工地仓库不能一次运至安装地点，必须再次搬运、装卸所发生的费用。不包括自建设单位仓库至工地仓库的搬运以及施工平面布置变化所发生的搬运费。

6）停水、停电增加费：是指施工期间由非承包人原因引起的停水和停电每周累计在 8 小时内而造成的停工、机械停滞费用。

7）工程定位复测配合费及场地清理费：是指工程开、竣工时配合定位复测、竣工图绘制的费用及移交时施工现场一次性的清理费用。

8）已完工程及设备保护费：是指工程完工后至正式交付发包人前对已完工程、设备进行保护所采取的措施费及养护、维修费用。

9）安装与生产同时进行增加费：指安装与生产同时进行时，因降效而增加的人工费。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10）有害环境中施工增加费：指在有害人身健康的环境（包括高温、多尘、噪声超过标准和在有害气体等有害环境）中施工时，因降效而增加的人工费（不含其他费用）。

15. 关于水平和垂直运输

（1）设备：包括自安装现场指定堆放地点运至安装地点的水平和垂直运输。

（2）材料、成品、半成品：包括自施工单位现场仓库或现场指定堆放地点运至安装地点的水平和垂直运输。

（3）垂直运输基准面：室内以室内地坪面为基准面，室外以安装现场地平面为基准面。

16. 施工用电是按市供电考虑，施工用水是按自来水考虑。自发电、自备水源或运水另计。

17. 施工现场使用发包人水、电时，水、电费按下列规定计算：

（1）单独设置水表、电表的按表数量结算。

（2）未单独设置水表、电表的，以本定额实体项目和措施项目的人工费 + 机械费为基数参考表 6-1 系数结算。

表 6-1　水费、电费扣除系数

序号	工程项目	计算基数	扣除系数（%）
1	机械设备安装工程（第一册）	人工费与机械费之和	7. 86
2	电气设备、自动化控制仪表安装工程（第二、十册）		2. 38
3	工业管道、消防设备安装工程（第六、七册）		8. 65
4	给排水、采暖、燃气工程（第八册）		4. 56
5	通风空调工程（第九册）		5. 86
6	静置设备与工艺金属结构制作安装工程（第五册）		13. 68
7	热力设备安装工程（第三册）		10. 43
8	炉窑砌筑工程（第四册）		3. 91

18. 有关《自动化控制仪表安装工程 2008 版预算定额》、《建筑智能化系统设备安装工程 2008 版预算定额》、《火灾自动报警系统安装 2008 版预算定额》等的变更同上述基本相同，增加的项目较多，这里不一一列举，请读者使用时，仔细阅读详尽说明，以免贻误。

19. 做好电气工程预算书及物资供应计划的编制，必须做到以下几点：

1）熟悉电气及自动化工程施工工艺及安装方法。

2）熟练掌握安装工程预算定额（综合基价）上所有的说明、规定、规则。具体指本章第二节内容及每个项目的主要说明和计算规则。

3）掌握工作内容、主要材料和另计价材料及表末的附加说明。

4）掌握施工技术措施、施工组织措施中的内容。

5）安装工程项目繁多，综合基价不同，但是综合基价中有些项目是可套用的。凡是综合基价中规定了的项目可直接套用，如工程中的项目综合基价中没有具体规定，套用时必须由建设单位、造价管理部门认可，并出具相关签证；也可由建设单位、造价管理部门和安装单位协商解决。凡是综合基价中没有规定的不得随意使用。

6）全国统一安装工程预算定额（综合基价）除“电气设备安装工程”分册外，包括“机械设备安装工程”分册，“工业管道、消防设备安装工程”分册、“给排水、采暖、燃气工程”分册、“通风空调工程”分册，预算人员应加强这方面知识的学习和实践，还要学习土建工程及相关预算知识，当电气工程出现相应项目时应参照其定额进行预算编制。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

20. 套用工程预算定额技术技能技巧

工程预算人员除了掌握电气工程安装及调试技术技能和熟练掌握读图技术内容外，套用工程预算定额技能技巧就是实实在在的能力了，这也是本书的重中之重。套用工程预算定额必须掌握熟读以下几点：

1）总说明和预算定额的每章第一页的说明，主要有计取系数，定额中已经包括的项目和没有计入的项目，其每章明确不包括的工作内容及其发生时另计的项目。因此，熟读说明是非常重要的。

2）每一定额的定额编号、工作内容、项目名称、单位、基价，人工工日及单价、数量，材料的单位、单价及数量，机械台班、单价及数量。每页的工作内容是最重要的，凡是工作内容中没有的项目如果实际发生必须另套定额计入。

3）每页最下面的“注”，必须按其说明另计或不计。其中，主要材料必须另计，包括项目和不包括项目必须计清，计取系数规定不得改动。

4）预算定额的附录中的相关规定和表末的“注”，其中损耗率不得变更。

第二节　专用名词术语及应用

一、安装工程预算定额（综合基价）

安装工程预算定额（综合基价）是国家建设行政主管部门组织有关专家、安装权威人士及具有丰富安装经验的技术人员和管理人员，按照现行的电气安装工程设计、施工、验收规程规范、质量评定标准和安全操作规程，选用具有代表性的施工图、标准图集及已推广的新技术、新材料、新工艺的实际数据，同时考虑到在正常施工条件下，国内大多数施工企业采用的施工方法、机械化程度、合理的工期及合理的劳动组织条件制定的，而用此确定的分项工程中最小子项目安装的人工费、材料费和机械费的标准价格表。预算定额估价表有一定的法律效力(以下简称为基价)。除定额中的规定外，均不得因有差异而对定额进行调整或换算。

1）综合基价中的消耗量是完成规定计量单位分项工程计价所需的人工、材料、施工机械台班的消耗量标准，是编制施工图预算和招标标底的依据。综合基价是工程量清单计价、编制企业定额、投标报价、确定合同价、进行工程拨款、竣工结算和工程造价管理的基础，是编制概算定额、概算指标和投资估算指标的主要资料。

其中，正常施工条件是指以下几方面：

① 设备、材料、成品、半成品、构件完整无损，符合质量标准和设计要求，附有合格证书和试验记录。

② 安装工程和土建工程之间的交叉作业正常。

③ 安装地点、建筑物、设备基础、预留孔洞等均符合安装要求。

④ 水、电供应均满足安装施工正常使用。

⑤ 正常的气候、地理条件和施工环境。

在特殊的自然地理条件下进行安装的工程，如高原、高寒、沙漠、沼泽地区以及洞库工程，其增加的费用应按省部级有关规定执行；如果省部级无规定，可按当地有关政府部门规定或和建设单位协商，取得一致性的意见。一般情况下，安装单位不能擅自决定。

在套用定额时，应先仔细阅读文本上的说明及每项定额上的作业内容。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）电气设备安装工程预算定额（综合基价）仅适用于工业与民用新建、扩建工程中10kV及以下变配电设备及线路安装工程、车间动力电气设备及电气照明器具、防雷及接地装置安装、配管配线、电梯电气装置、电气调整试验等的安装工程。这与原预算定额不同，如有10kV以上的电气工程应按电力工程预算定额套用，其方法和规定与之基本相同，套用时要详细阅读其说明。

3）综合基价的工作内容除各章节已说明的工序外，还包括施工准备，设备器材、工器具的场内搬运，开箱检查，安装，调整试验，收尾，清理，配合质量检验，工种间交叉配合、临时移动水、电源的停歇时间。

4）综合基价不包括以下内容：

① 10kV以上及专业专用项目的电气设备安装。

② 电气设备（如电动机等）配合机械设备进行单体试运转和联合试运转工作。

5）套用电气设备安装工程预算定额（综合基价）时应注意以下几点：

① 工程量计算必须严格按其要求的规则进行，为了确保预算的精度，不得随意变动或估算。

② 使用定额前要仔细阅读其说明，不得遗漏。

③ 预算编制其难点在材料上，必须按工程量、损耗率一一计入，同时必须正确区分设备、材料、主要材料、辅助材料、零星材料、未计划材料及其价格。

④ 综合费用的确定，必须按定额出示的标准提取，不得随意变动或估算。

⑤ 综合基价中注有“×××以内”或“×××以下”者均包括×××本身，“×××以外”或“×××以上”者，则不包括×××本身。

二、实体消耗项目和措施性消耗项目

1）实体消耗项目是指综合基价中，按变压器、配电装置、母线及绝缘子、控制设备及低压电器、蓄电池、电机、滑触线、电缆、防雷接地、架空线路、电气调试、配管、配线、照明器具、电梯等分门别类地列出的直接用于安装工程成品上的综合基价，包括人工费、材料费、机械费和综合费用。

2）措施性消耗项目是完成实体消耗项目、安装工程成品时需要采取的施工措施及其必须消耗的项目，包括技术措施和施工组织措施，并且按规定的费用加在实体消耗项目的费用上，而形成完整的工程预算。实体项目的消耗量，除项目中另有规定者外，不做调整；措施性项目的消耗量作为参考，企业可自行确定。

措施性消耗项目包括施工技术措施费和施工组织措施费，2008版称为“可竞争措施项目”。施工技术措施费包括脚手架搭拆费、超高费、操作高度增加费、系统调试费。施工组织措施费包括生产工具用具使用费、检验试验费、冬雨季施工增加费、夜间施工增加费、工程定位复测及场地清理费、成品保护费、二次搬运费、临时停水停电费、临时设施费、安装施工与生产同时进行增加费、在有害身体健康环境中施工降效增加费。这些项目，定额中都做了详细的规定。2008版的“不可竞争措施项目”是专指安全防护、文明施工的新增项目。

三、最小子项目

最小子项目就是以定额编号表示的电气安装工程中不同类别、不同规格的设备或元件的安装项目，是定额中的最小基本单元，内容包括每个项目名称的综合费用和人工费、材料费、机械费以及其计算单位、单价、辅助材料明细单、机械台班明细单等。在定额中，我们

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

把人工费、材料费、机械费的和称为基价，把基价和综合费用的和称为综合基价。

四、综合基价

综合基价是安装工程计费的最基本元素，它是由基价和综合费用组成的。当按最小子项目的编号找到某一安装项目时，其单台安装计费标准即为其综合基价。如果是5台，则应用综合基价乘以5，即为5台的计费标准。

五、人工费

人工费指完成定额中最小子项目应收取的以货币为单位的劳动价值，即工资；用最小子项目中综合工日的个数乘以综合工日的单价即为该子项目的人工费。人工费也叫做定额工资。其中，综合工日的单价是一个综合性的单价，在编制综合基价时，充分考虑了各地的具体情况。

人工费仅指直接从事工程施工的生产工人，包括现场材料运输人员、辅助人员开支的各项费用，内容包括：

1）基本工资是指发放生产工人的基本工资。

2）工资性补贴是指按规定标准发放的物价补贴，煤、燃气补贴，交通费补贴，住房补贴，流动施工津贴，地区津贴等。

3）生产工人辅助工资是指生产工人年有效施工天数以外非作业天数的工资，包括职工学习、培训期间的工资，调动工作、探亲、休假期间的工资，因气候影响的停工工资，女工哺乳期间的工资，病假在6个月以内的工资及产、婚、丧假期间的工资。

4）职工福利费是指按规定标准计提的职工福利费。

5）生产工人劳动保护费是指按规定标准发放的劳动保护用品的购置费及修理费、防暑降温费，在有碍身体健康环境中施工的保健费用等。

人工费中不包括材料采购、保管人员、驾驶运输工具人员以及材料、设备到达现场以前的保管、搬运、装卸人员和其他由施工管理费支付工资人员的工资。

六、材料费及材料

材料费是指施工过程中耗用的构成工程实体的原材料、辅助材料、构配件、零件、半成品的费用和周转使用材料的摊销（或租赁）费用，内容包括材料原价（或供应价），供销部门手续费，包装费，材料自来源地运至工地仓库或指定堆放地点的装卸费、运输费及途耗，采购及保管费。

材料费及材料预算在工程中是一项政策性很强、而在处理上又很复杂的工作。在套用定额编制工程预算时要统一口径，上下一致，避免漏洞，这样才能编制出经得起任何部门或任何人审查的预算。因此，在套用定额、编制材料计划时必须注意以下几点：

1）材料包括主材、辅材和零星材料等。其中，辅材在图样中是不表现出来的而在安装中又必须用的材料，如胶布、焊锡、电焊条、砂布、汽油、凡士林油、棉纱、乙炔气、氧气、锯条、木螺钉、机制螺栓（大型或数量较多时另计）、油漆、卡子、绑线、端子等消耗性材料或起固定作用的小型紧固材料，这些辅材对应于综合基价的每个子项目都详细列出其数量和价格，套用时要注意单位的应用。同时辅材在任何情况下，不做调整。而零星材料用量很少，是辅材不包括的材料，而在工程中又必须用到，其材料费合并为其他材料，计入材料费中。

2）主材是图中表现出来的材料以及施工说明、标准图册中注明的材料，如导线、电缆、母线、钢管或钢材、绝缘子、金具、灯具、线槽、桥架、电杆、穿墙套管、绝缘制品、电缆终端盒、钢结构支架及盒箱等。主材的型号规格是按图样给出的参数确定，主材的数量

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

是根据图样、图册、施工说明等要素按规定的计算规则计算出来的，并计入规定的损耗，见本节的“十七、主材消耗表”。

3）主材分以下三种情况：

① 在综合基价材料栏内只注明名称、单位、数量（数量的值是用括号括起来的），但未注明单价，这种材料我们称之为未计价材料。主要有灯具（单位为10套）、绝缘导线（分单芯和多芯两种，单位分别为100m单线和100m/束）、钢管（单位为100m）、电线管（单位为100m）、裸铝绞线或钢芯铝绞线（单位为1km/单线）、电缆终端头（单位为个）、电动机用金属软管及其活接头（单位为m和套）、各种钢材（单位为kg，包括型钢、角钢、钢板、圆钢、扁钢等）。如综合基价表中括号内数字各个位的数值均为已计入的消耗量，不得重复计。使用时必须注意单位的对应。

② 有的综合基价表的下方注明的主材，如绝缘子安装中的绝缘子、金具、线夹；软母线安装中的软导线、金具、绝缘子；带型母线安装中的母线、金具；铁构件制作安装及箱盒制作中的所用钢材、网门、保护网框架、钢材、门锁、门把；滑线安装中的导轨、支架、集电器及其附件等装饰性材料；电缆头制作安装中的支架及防护罩；防雷接地制作安装中的钢管、圆钢、钢板、铜板、扁钢等；电杆组立中的电杆、地横木；横担安装中的横担、铁件、螺栓；导线架设中的金具、绝缘子；杆上变配电设备安装中的台架铁件、连引线、瓷绝缘子、金具、接线端子、熔断器等，如有上述材料发生，应按计算规则计入。

③ 标准图册、设计说明中的主要材料。

4）预算编制必须正确区分各种材料的性质，通常有以下几种方法：

① 凡是综合基价表上材料栏内的材料，不论大小贵贱均为辅材，综合基价中已计入其价格的，不得另计。

② 凡是综合基价表上材料栏内带（）的数字所对应的材料为另计价材料，应另计入材料费，其数量均按（）内的数为准或按（）内的数值倍数计取。

③ 凡是综合基价表上没有表现出来的且为该项必须使用的或在表下注明为主材的材料均为主材，另行计费。

5）预算编制必须正确区分各种作业内容的性质，一般有以下几种方法：

① 凡是工作内容包括的作业项目，无论大小，不进行调整。

② 凡是工作内容中没有的作业项目，但在施工中又必须做的较大项目应另计费用。

③ 主材中的某个材料进行安装而作业内容中又未曾提到的应另计费用。

（一）材料价格

主材确定后，其价格也是一个较复杂的问题，一般条件下是采用下述办法执行的。

1）各省出台《省建设工程材料价格》，随综合基价一同下发，也称预算价，作为工程预算最基本的法律依据。该材料价格规定了建设及安装工程最常用材料的价格，一般情况下，应按其计入主材的材料费。

2）预算价是一个随市场行情变化的价格，各个省市造价站每月或每季都要公布当月或当季各种材料的调价系数和工程造价指数，见表6-2和表6-3。要随时掌握这个信息。预算价也是一个折中的价格，有的比市场价低，有的比市场价高，在预算中究竟执行预算价还是市场现行实际价，得和建设单位协商，取得一致性的意见，尽量避免纠纷。一般是先按定额价计算，然后乘以相应系数或指数。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-2　某市 2005 年四季度工程造价指数

工程类别	结构类型	测算时间	直接费指数	人工费指数	机械费指数	材料费指数	土建直接费指数	安装直接费指数	备注
住宅楼	砖混	四季度	104.67	100	100	106.62	105.42	98.56	
教学楼	框架	四季度	107.35	100	100	110.64	107.74	101.40	
办公楼	框架	四季度	106.72	100	100	109.69	107.27	101.29	
车间	排架	四季度	107.20	100	100	110.96	107.54	100.20	

表 6-3　某市 2004 年四季度建筑、安装工程材料调价系数表

工程类型		系数（%）	工程类型		系数（%）
土建	土建工程	-0.21	土建	钢筋砼化粪池	-0.9
	砖围墙	-2.58	安装	电气设备安装工程	1.79
	室外暖气沟	0		给排水工程	-1.4
	检查井及排水管道	0		采暖工程	-0.13
	砖砌化粪池	-0.26			

3）预算价中没有规定的主材，按市场价执行。执行市场价时，必须先向各生产厂商进行询价，由生产厂商报价，然后按同质、同价、供货距离较近的市场价同建设单位协商，最终确定。必要时由建设单位一同询价。

（二）计算规则

材料价格是由材料原价、材料供销部门综合费、材料包装费、材料运输费和材料采保费组成，即材料在施工工地仓库的出库价格。

材料原价是指直接向生产厂采购的材料出厂价；材料供销部门综合费是指材料不能直接向生产厂采购，必须经过当地物资部门或供销部门采购时，所附加的手续费、管理费等；材料包装费是指材料出厂时为了便于材料运输或为保护材料而进行包装所需的费用；材料运输费是指材料从来源地起运至施工工地仓库全部运输过程中所支付的全部费用，包括车船等运输费、出入库费、装卸费、调车费、专用线折旧费，加长、加重等附加费，腐蚀、易碎物资和泥泞、坡道等加成费，以及过路桥费、场外运输损耗和运输保险费。材料采保费是指建设单位或施工单位的材料部门在组织采购供应和保管材料过程中所发生的各项费用。

材料供应价 = 材料原价 + 材料供应部门综合费 + 包装费

材料运输费 = 材料到库价 - 材料供应价

= 材料供应价 × 运输费率

材料采保费 = 材料运到工地仓库价格 × 采保费率

= (材料供应价 + 运输费) × 采保费率

材料的采保费率分为两种情况：有色金属和25类设备为1.3%，其他建设工程材料为2%。

材料价格 = 材料运到工地仓库价格 × (1 + 采保费率)

= 材料供应价 × (1 + 运输费率) × (1 + 采保费率)

其中，25类设备包括锅炉、泵类、通风机、引风机、暖风机、冷风机、空压机、除尘及过滤设备、空调设备、制冷设备、变压器、互感器、避雷器、断路器、起动器、高低压开关（包括操作机构）、高低熔断器、高压开关柜、低压配电屏、电容器柜、成型配电箱照明箱、电机、仪表、离子交换器、250mm 以上阀门、成品水箱水罐、电梯、太阳能热水器、火灾自动报警器自动灭火设备。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（三）设备购置费

设备购置费是指电气设备本身的价格，如变压器、电动机、开关柜、配电柜、控制柜、各类开关元件、蓄电池、避雷器、互感器、仪表等，要区分设备和主材的范围，不能混淆。凡是在综合基价表材料栏提及的一律视为材料。设备购置费只有当安装单位大包工程、负责设备的采购时才计入预算，否则只按规定的费率提取一定的保管费用，即2.5%。

七、施工机械台班及施工仪器仪表台班

（一）施工机械台班消耗量及价格的确定

1）定额中已经规定了每个安装工程中使用到的机械台班及费用，用机械台班数量乘以机械台班单价即可，一般不做调整。因施工环境复杂，确实需要其他大型机械时，应与建设单位协商计入费用。

2）施工机械台班消耗量及价格的确定：

① 综合基价的机械台班消耗量是按正常合理的机械配备和本省大多数施工企业的机械化装备程度综合取定的。

② 凡单位价值在2000元以内，使用年限在两年以内的不构成固定资产的小型施工机械或工具、用具未计入实体项目消耗量内，已在施工组织措施费中考虑。

③ 施工机械台班单价，采用各省《建设工程施工机械台班单价》。

3）机械台班指安装工程中机械施工用的工日，并包括操作机械的人工工日。机械费包括设备折旧费、大中小修及维护保养费、替换设备、工具及附件费、润滑擦拭费、安装拆卸费、管理费、动力燃料费、养路费和驾驶员的人工费、车船使用税及保险费等。

施工机械指汽车吊、起重机车、载重汽车、焊接机械、滤油机、焊条烘干箱、真空泵、空压机、卷扬机、液压机、剪板机、卷边机、车床、台钻、母线撼弯机等。手提电钻、千斤顶、砂轮、手拉葫芦等小型机具，不按台班计入。

（二）施工仪器仪表台班消耗量及价格的确定

1）本综合基价的施工仪器仪表消耗量是按本省大多数施工企业的现场校验仪器仪表配备情况综合取定的。

2）本综合基价的施工仪器仪表台班单价是在2000年建设部颁发的《全国统一安装工程仪器仪表台班费用定额》基础上，结合本省施工企业的实际情况计算的。

3）安装子项目中仪器仪表台班的单价乘以其台班的数量即为该子项目的仪器仪表费，一般不做调整。

4）其他参照机械台班执行。

八、人工工日

1）本综合基价的人工工日不分列工种和技术等级，一律以综合工日表示，内容包括基本用工、超运距用工和人工幅度差。

2）本综合基价采用本省二类综合工日的单价，每工日23元，包括基本工资和工资性津贴等。

有关人工单价、材料价格、机械/仪器仪表台班单价必须注意：

综合基价中的人工单价、材料价格、机械台班单价和仪器仪表台班单价为指导性价格，作为承、发包双方在安装工程计价时参考，承、发包双方可以根据市场价、自身情况进行调整。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

九、综合费用

综合基价中的综合费用包括费用及利润。费用包括现场管理费、企业管理费、财务费用及社会劳动保险费用，不包括规费和税金。规费和税金应按规定另计。

综合基价中的综合费用是按三类工程取定的，使用时可按照2003年《各省建筑、安装、市政、装饰装修工程费率》的规定结合工程实际及企业的具体情况另行确定。

有关费用及利润的详细内容将在本节的“十四、利润、税金及风险金、规费”中讲述。

十、直接成本

直接成本是指施工过程中直接消耗在构成工程实体和有助于工程形成的费用，包括人工费、材料费、施工机械使用费及仪器仪表使用费、措施费。

有关人工费、材料费、施工机械/仪器仪表使用费，在前述内容中已做了详细讲述，不再赘述。

十一、间接成本

间接成本是指完成工程或有助于工程形成的施工措施性成本和施工经营性成本。

1. 施工措施性成本

内容包括施工技术措施费和施工组织措施费。

1）施工技术措施费内容包括脚手架工程、垂直运输工程、超高费等各专业“综合基价”相关章、节、项目费用。

2）施工组织措施费内容包括冬雨季施工增加费、临时设施费、夜间施工增加费、检验实验费等各专业“综合基价”相关章、节、项目费用。

2. 施工经营性成本

内容包括现场管理费、企业管理费、财务费用和社会劳动保险费。

1）现场管理费，是指为组织施工生产和管理所需费用。内容包括：

① 现场管理人员的基本工资、工资性补贴、职工福利费、劳动保护费等。

② 办公费，是指现场管理办公用的文具、纸张、账表、印刷、邮电、书报、会议、水、电、烧水和集体取暖（包括现场临时宿舍取暖）用煤等费用。

③ 差旅交通费，是指职工因公出差期间的旅费，住勤补助费，市内交通费和误餐补助费，职工探亲路费，劳动力招募费，职工离退休、退职一次性路费，工伤人员就医路费，工地转移费以及现场管理使用的交通工具的油料、燃料、养路费及牌照费。

④ 固定资产使用费，是指现场管理及试验部门使用的属于固定资产的设备、仪器等的折旧、大修理维修费或租赁费等。

⑤ 工具用具使用费，是指现场使用的不属于固定资产的工具、器具、家具、交通工具和检验、试验、测绘、消防用具等的购置、维修和摊销费。

⑥ 保险费，是指施工管理用财产、车辆保险，高空、井下、海上作业等特殊工种安全保险等。

⑦ 工程保修费，是指工程竣工交付使用后，在规定保修期以内的修理费用。

⑧ 工程排污费，是指施工现场按规定交纳的排污费用。

⑨ 其他费用。

2）企业管理费，是指工程承包商为组织施工生产经营活动所发生的管理费用，内容包括：

① 管理人员的基本工资、工资性补贴及按规定标准计提的职工福利费。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 差旅交通费，是指企业管理人员因公出差、工作调动的差旅费，住勤补助费，市内交通及误餐补助费，职工探亲路费，离退休职工一次性路费及交通工具油料、燃料、牌照、养路费等。

③ 办公费，是指企业办公用文具、纸张、账表、印刷、邮电、书报、会议、水、电、燃煤（气）等费用。

④ 固定资产折旧、修理费，是指企业属于固定资产的房屋、设备、仪器等折旧及维修等费用。

⑤ 工具用具使用费，是指企业管理使用不属于固定资产的工具、用具、家具、交通工具、检验、试验、消防用具等的摊销及维修费用。

⑥ 工会经费，是指企业按职工工资总额2%计提的工会经费。

⑦ 职工教育经费，是指企业为职工学习先进技术和提高文化水平按职工工资总额的1.5%计提的费用。

⑧ 保险费，是指企业财产保险，管理用车辆等保险费用。

⑨ 税金，是指企业按规定交纳的房产税、车辆使用税、土地使用税、印花税及土地使用费等。

⑩ 其他费用，包括技术转让费、技术开发费、业务招待费、排污费、绿化费、广告费、公证费、法律顾问费、审计费、咨询费、企业支付的投标费和民兵训练费等。

3）财务费用，是工程承包商为筹集资金而发生的各项费用，包括承包商经营期间发生的短期贷款利息净支出、汇兑净损失、调剂外汇手续费、金融机构手续费，以及承包商筹集资金发生的其他财务费用。

4）社会劳动保险费，是指承包商按规定比例支付给社会劳动保险管理部门的在职职工养老、失业保险、基本医疗保险基金的费用。

十二、施工技术措施费

施工技术措施费主要是指安装工程中作业人员实际操作高度超过地坪后不同情况下采用技术措施后应增加的费用。

1）技术措施费，一般情况下除另有注明外，均以综合基价中实体消耗项目的人工费为基础计算。

2）操作高度增加费（已考虑了操作高度增加因素的项目除外）是指操作物高度离楼地面5m以上、20m以下时施工发生的降效费用，以高度增加部分的人工费、机械费之和为计算基数。

3）超高费是指高度在6层或20m以上的工业与民用建筑施工时发生的降效费用。

4）脚手架搭拆费项目中不包括装饰灯具安装和10kV以下架空线路，均另计。

5）为高层建筑供电的变电所和供水等动力工程，如装在高层建筑的底层或地下室的，不计取超高费；装在6层以上的变配电工程和动力工程，计取超高费。

6）技术措施费的计取系数比例按表6-4的规定执行。

① 实体消耗项目中如有脚手架搭拆，则按该项目人工费的4.73%计取。

② 实体消耗项目如在5～20m高度施工时，则按该项目人工费的57.09%计取。

③ 实体消耗项目在6层/20m以上施工时，则按其层数/米数，对应表6-4中的综合基价百分数乘以该项目的人工费计取。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-4　技术措施费计取系数比例综合基价表

项目编号					2-1928	2-1929	2-1930	2-1931	2-1932
项目名称					脚手架搭拆费	操作高度增加费	超高费（层数/m 以下）		
							9/30	12/40	15/50
综合基价（%）					4.73	57.09	9.73	11.46	15.92
其中	基价（%）				4.00	33.00	9.00	10.00	13.00
	其中	人工费（%）			4.00	33.00	1.00	2.00	4.00
		材料费（%）			—	—	—	—	—
		机械费（%）			—	—	8.00	8.00	9.00
	综合费用（%）				0.73	24.09	0.73	1.46	2.92
名称			单位	单价/元	数量				
综合费用	90010001	费用	%	—	0.53	17.49	0.53	1.06	2.12
	90010002	利润	%	—	0.20	6.60	0.20	0.40	0.80

项目编号					2-1933	2-1934	2-1935	2-1936	2-1937
项目名称					超高费（层数/m 以下）				
					18/60	21/70	24/80	27/90	30/100
综合基价（%）					20.38	25.84	29.30	36.49	42.68
其中	基价（%）				16.00	20.00	22.00	27.00	31.00
	其中	人工费（%）			6.00	8.00	10.00	13.00	16.00
		材料费（%）			—	—	—	—	—
		机械费（%）			10.00	12.00	12.00	14.00	15.00
	综合费用（%）				4.38	5.84	7.30	9.49	11.68
名称			单位	单价/元	数量				
综合费用	90010001	费用	%	—	3.18	4.24	5.30	6.89	8.48
	90010002	利润	%	—	1.20	1.60	2.00	2.60	3.20

项目编号					2-1938	2-1939	2-1940	2-1941	2-1942
项目名称					超高费（层数/m 以下）				
					33/110	36/120	39/130	42/140	45/150
综合基价（%）					48.87	55.06	60.25	67.44	70.63
其中	基价（%）				35.00	39.00	42.00	47.00	48.00
	其中	人工费（%）			19.00	22.00	25.00	28.00	31.00
		材料费（%）			—	—	—	—	—
		机械费（%）			16.00	17.00	17.00	19.00	17.00
	综合费用（%）				13.87	16.06	18.25	20.44	22.63
名称			单位	单价/元	数量				
综合费用	90010001	费用	%	—	10.07	11.66	13.25	14.84	16.43
	90010002	利润	%	—	3.80	4.40	5.00	5.60	6.20

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编号					2-1943	2-1944	2-1945	2-1946	2-1947
项目名称					超高费（层数/m 以下）				
					48/160	51/170	54/180	57/190	60/200
综合基价（%）					74.82	78.01	82.20	85.39	88.58
其中	基价（%）				50.00	51.00	53.00	54.00	55.00
	其中	人工费（%）			34.00	37.00	40.00	43.00	46.00
		材料费（%）			—	—	—	—	—
		机械费（%）			16.00	14.00	13.00	11.00	9.00
	综合费用（%）				24.82	27.01	29.20	31.39	33.58
名称			单位	单价/元	数量				
综合费用	90010001	费用	%	—	18.02	19.61	21.2	22.79	24.38
	90010002	利润	%	—	6.80	7.40	8.00	8.60	9.20

7）垂直运输费指安装工程施工时发生的垂直运输机械费用。层高在 5m 以内的单层建筑（无地下室）内的安装工程不计垂直运输费。

十三、施工组织措施费

施工组织措施费主要指安装工程中，组织施工而发生的费用。其计算规则有以下几点：

1）施工组织措施费，一般情况下除另有注明外，均以本综合基价中实体消耗项目中的人工费与施工技术措施费中的人工费之和为基础计算。

2）未包括工程中可能发生的其他组织措施费，若发生可按经批准的施工组织设计方案计算。

3）生产工具、用具使用费是指施工、生产所需要的不属于固定资产的生产工具、检验、试验用具等的购置、摊销和维修费以及支付给工人自备工具的补贴费。

4）检验试验费是指对建筑材料、构件和建筑安装物进行一般鉴定、检查所发生的费用（包括自设试验室进行试验所耗用的材料和化学药品费作用）以及技术革新和研究试验费等。不包括新结构、新材料的试验费和建设单位要求对具有出厂合格证明的材料进行检验、对构件进行破坏性试验及其他特殊要求检验试验的费用。

5）冬雨季施工增加费是指冬、雨施工的工程，为了保证工程质量所采取的保温、防寒、防雨、防滑、排雨水等措施所增加的费用以及因气候影响的人工、机械降低工效等费用。

6）夜间施工增加费是指在合理工期内，因施工工序需要必须连续施工而进行夜间施工发生的费用。包括照明设施安拆费、劳动降效、夜间补助费用和白天在塔、炉内施工的照明费用，不包括建设单位要求赶工而采用夜班作业施工所发生的费用。

7）成品保护费是指工程竣工验收前，为保护已安装完毕的设备器具采取的措施费用。

8）工程定位复测、场地清理费用是指工程开、竣工时的定位复测及场地内清理施工垃圾所发生的费用。

9）二次搬运费是指因施工场地狭小，或由于现场施工情况复杂，工程所需材料、成品、半成品由工地仓库不能一次运至安装地点，必须再次搬运、装卸所发生的费用。不包括自建设单位仓库至工地仓库的搬运以及施工平面布置变化所发生的搬运费。

10）停水、停电增加费是指施工现场由于非承包人原因引起临时停水、停电每周累计

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8h 以内所造成的工地停工、机械停滞等费用。

11）临时设施费是指工程承包方为进行安装工程施工所必需的生活和生产用的临时建筑物、构筑物和其他临时设施费用等。

临时设施包括临时宿舍、文化福利及公用事业房屋与构筑物，仓库、办公室、加工厂以及规定范围内道路、水、电、管线等临时设施和小型临时设施。

临时设施费包括临时设施的搭设、维修、拆除费和摊销费。

临时设施费考虑了正常施工必要的临时设施费用，达到文明施工工地标准的工程，其临时设施费乘以系数 1.62。

12）安装与生产同时进行增加费是指改扩建工程在生产车间或装置内施工，因生产操作或生产条件限制（如不准动火）干扰了安装工作正常进行而降效的增加费用。不包括为了保证安全生产和施工所采取的措施费用。如安装工作不受干扰，不应计取此项增加费。

13）在有害身体健康的环境中施工降效增加费是指在民法通则有关规定允许的前提下，改扩建工程由于车间、装置范围内有害气体或高分贝的噪声超过国家标准以致影响身体健康而降效的增加费用。不包括劳保条例规定应享受的工种保健费。

施工组织措施费的计取比例系数按表 6-5 的规定进行。

表 6-5　施工组织措施费计取系数比例综合基价表

项目编号					2-1948	2-1949	2-1950	2-1951
项目名称					生产工具用具使用费	检验试验费	冬雨季施工增加费	夜间施工增加费
综合基价（%）					6.03	2.37	7.18	2.59
其中	基价（%）				6.03	1.83	5.15	1.80
	其中	人工费（%）			—	0.73	2.78	1.08
		材料费（%）			6.03	1.10	2.37	0.72
		机械费（%）			—	—	—	—
	综合费用（%）				—	0.54	2.03	0.79
名称			单位	单价/元	数量			
综合费用	90010001	费用	%	—	—	0.39	1.47	0.57
	90010002	利润	%	—	—	0.15	0.56	0.22

项目编号					2-1952	2-1953	2-1954
项目名称					成品保护费	二次搬运费	工程定位、复测场地清理费
综合基价（%）					1.33	6.62	2.39
其中	基价（%）				1.09	4.75	1.66
	其中	人工费（%）			0.33	2.57	1.00
		材料费（%）			0.76	2.18	0.66
		机械费（%）			—	—	—
	综合费用（%）				0.24	1.87	0.73
名称			单位	单价/元	数量		
综合费用	90010001	费用	%	—	0.17	1.36	0.53
	90010002	利润	%	—	0.07	0.51	0.20

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编号					2-1955	2-1956	2-1957	2-1958
项目名称					停水停电增加费	安装与生产同时进行增加费	有害环境中施工增加费	临时设施费
综合基价（%）					6.51	17.30	17.30	11.97
其中	基价（%）				4.67	10.00	10.00	10.00
	其中	人工费（%）			2.52	10.00	10.00	2.70
		材料费（%）			2.15	—	—	6.30
		机械费（%）			—	—	—	1.00
	综合费用（%）				1.84	7.30	7.30	1.97
名称			单位	单价/元	数量			
综合费用	90010001	费用	%	—	1.34	5.30	5.30	1.43
	90010002	利润	%	—	0.50	2.00	2.00	0.54

十四、利润、税金及风险金、规费

1）利润是指工程承包商完成所承包工程应收取的酬金。本费率按工程类别实行差别利润率。利润的计取以人工费为基数，按规定的百分比计入，见表6-6。包工不包料安装工程费率见表6-7。

2）税金是指国家税法规定的应计入建筑、安装、市政、装饰装修工程造价内的营业税、城市维护建设税及教育费附加。税金费率是工程所在地在市区的执行3.43%；工程所在地在县城、镇的执行3.36%；工程所在地不在市区、县城、镇的执行3.24%。税金的计入以工程直接措施性成本、各项费率合计、造价调整和规费的和为基数，按工程类别计入，见表6-6。包工不包料安装工程费率见表6-7。

表6-6 安装工程费率（包工包料）

序号	费用项目		计费基数	费率（%）		
				一类工程	二类工程	三类工程
1	工程直接、措施性成本		直接、措施性成本中人工费	—	—	—
2	现场管理费			18	16	14
3	企业管理费			25	24	22
4	财务费用			6	5	4
5	社会劳保	职工养老失业保险费		12	11	10
6		职工基本医疗保险费		4	3	3
7	利润			24	22	20
8	费率小计：2+3+4+5+6+7			89	81	73
9	造价调整	按合同确认的方式、方法计算				
10	规费	（1+8+9）×0.22%				
11	税金	（1+8+9+10）×3.43（市区）/3.36（县城、镇）/3.24（非市区、县城、镇）				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-7　包工不包料工程费率

序号	费用项目		计费基数	费率（%）
1	工程直接、措施性成本中的人工费		直接、措施性成本中人工费	—
2	现场管理费			7
3	企业管理费			8
4	社会劳保	职工养老失业保险费		4
5		职工基本医疗保险费		1
6	利润			6
7	费率小计：2+3+4+5+6			26
8	造价调整	按合同确认的方式、方法计算		
9	规费	（1+7+8）×0.22%		
10	税金	（规定的基数）×3.43%/3.36%/3.24%		

3）风险金是指工程建设过程中，不可预测因素发生的费用。风险金的计入是由发包、承包方在工程计价时，根据工程实际情况在施工合同中具体约定。一般情况下，只有该项工程施工安装风险较大时才会确定。

4）规费是指国家和省级以上政府管理部门规定必须缴纳的费用。内容包括定额测定管理费、河道工程修建维护管理费等。

规费、税金费率不参与投标报价竞争，该费用按工程中标总造价与工程结算造价调整之和计取，列入工程总造价，按规定上交有关部门。

本费率规费包含定额测定管理费、河道工程修建维护管理费，其费率为税前工程造价的0.22%。

这里给出某市规费计取标准，见表6-8。

表 6-8　某市规费计取标准

序号	项目名称	计取基数	费率标准（%）
1	工程排污费	分部、分项清单措施项目清单及其他项目清单计价合计	0.623
2	工程定额测定费		0.125
3	社会保障费		3.858
其中	养老保险费		2.82
	失业保险费		0.184
	医疗保险费		0.854
4	住房公积金		0.56
5	危险作业意外伤害保险		0.226

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电气安装工程费用明细如下：

十五、安装工程计价程序明细

安装工程计价程序是按取费基数不同及工料单价法、综合单价法的不同而不同的。其中，按取费基数是基本方法，单价法和综合单价法是国家建设部规定的发包与承包计价程序。

（一）按基数取费计价程序

1）以直接、措施性成本中的人工费与机械费的和为取费基数的工程按表 6-9 的程序计价。

2）以直接、措施性成本中的人工费为取费基数的工程应按表 6-10 的程序计价。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-9　计价程序表（一）　（%）

序号	费　用　项　目		计算方法
1	直接、措施性成本		由预算而得
2	直接、措施性成本中的人工费 + 机械费		由预算而得
3	现场管理费		2 × 费率
4	企业管理费		2 × 费率
5	财务费用		2 × 费率
6	社会劳动保险费	职工养老失业保险费	2 × 费率
7		职工基本医疗保险费	2 × 费率
8	利润		2 × 费率
9	造价调整	按合同确认的方式、方法计算	
10	规费	（1 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9）× 费率，并按相关规定计算	
11	税金	（1 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10）× 费率	
12	工程造价	1 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11	

表 6-10　计价程序表（二）　（%）

序号	费　用　项　目		计算方法
1	直接、措施性成本		由预算而得
2	直接、措施性成本中的人工费		由预算而得
3	现场管理费		2 × 费率
4	企业管理费		2 × 费率
5	财务费用		2 × 费率
6	社会劳动保险费	职工养老失业保险费	2 × 费率
7		职工基本医疗保险费	2 × 费率
8	利润		2 × 费率
9	造价调整	按合同确认的方式、方法计算	
10	规费	（1 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9）× 费率，并按相关规定计算	
11	税金	（1 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10）× 费率	
12	工程造价	1 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11	

（二）工料单价法计价程序

工料单价法是以分部分项工程量乘以单价后的合计为直接工程费，直接工程费以人工、材料、机械的消耗量及其相应价格确定。直接工程费汇总后另加间接费、利润、税金生成工程发承包价，其计算程序分为三种，见表 6-11 ~ 表 6-13。

表 6-11　以直接费为计算基础主价程序

序号	费用项目	计算方法	序号	费用项目	计算方法
1	直接工程费	按预算表	5	利润	[（3）+（4）] × 相应利润率
2	措施费	按规定标准计算	6	合计	（3）+（4）+（5）
3	小计	（1）+（2）	7	含税	（6）×（1 + 相应税率）
4	间接费	（3）× 相应费率			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-12 以人工费加机械费为计算基础计价程序

序号	费用项目	计算方法	序号	费用项目	计算方法
1	直接工程费	按预算表	6	人工费小计	(2)+(4)
2	直接工程费中人工费	按预算表	7	间接费	(6)×相应费率
3	措施费	按规定标准计算	8	利润	(6)×相应利润率
4	措施费中人工费	按规定标准计算	9	合计	(5)+(7)+(8)
5	小计	(1)+(3)	10	含税造价	(9)×(1+相应税率)

表 6-13 以人工费为计算基础计价程序

序号	费用项目	计算方法	序号	费用项目	计算方法
1	直接工程费	按预算表	6	人工费小计	(2)+(4)
2	直接工程费中人工费	按预算表	7	间接费	(6)×相应费率
3	措施费	按规定标准计算	8	利润	(6)×相应利润率
4	措施费中人工费	按规定标准计算	9	合计	(5)+(7)+(8)
5	小计	(1)+(3)	10	含税造价	(9)×(1+相应税率)

（三）综合单价法计价程序

综合单价法是分部分项工程单价，即全费用单价，全费用单价经综合计算后生成，其内容包括直接工程费、间接费、利润和税金（措施费也可按此方法生成全费用价格）。

各分项工程量乘以综合单价的合价汇总后，即成为工程发包或承包价。

由于各分部分项工程中的人工、材料、机械含量的比例不同，各分项工程可根据其材料费占人工费、材料费、机械费合计的比例（以字母 C 代表该项比值）在以下三种计算程序中选择一种计算其综合单价。

当 $C>C_0$（C_0 为本区原费用定额测算所选典型工程材料费占人工费、材料费和机械费合计的比例）时，可采用以人工费、材料费、机械费合计为基数计算该分项的间接费和利润，见表 6-14。

表 6-14 以直接费为计算基础计价程序

序号	费用项目	计算方法
1	分项直接工程费	人工费+材料费+机械费
2	间接费	(1)×相应费率
3	利润	[(1)+(2)]×相应利润率
4	合计	(1)+(2)+(3)
5	含税造价	(4)×(1+相应税率)

当 $C<C_0$ 值的下限时，可采用以人工费和机械费合计为基数计算该分项的间接费和利润，见表 6-15。

如该分项的直接费仅为人工费，无材料费和机械费时，可采用以人工费为基数计算该分项的间接费和利润，见表 6-16。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-15　以人工费和机械费为计算基础计价程序

序号	费用项目	计算方法	序号	费用项目	计算方法
1	分项直接工程费	人工费 + 材料费 + 机械费	4	利润	(2) × 相应利润率
2	其中人工费和机械	人工费 + 机械费	5	合计	(1) + (3) + (4)
3	间接费	(2) × 相应费率	6	含税造价	(5) × (1 + 相应税率)

表 6-16　以人工费为计算基础计价程序

序号	费用项目	计算方法	序号	费用项目	计算方法
1	分项直接工程费	人工费 + 材料费 + 机械费	4	利润	(2) × 相应利润率
2	其中人工费和机械费	人工费	5	合计	(1) + (3) + (4)
3	间接费	(2) × 相应费率	6	含税造价	(5) × (1 + 相应税率)

十六、工程类别的划分和工程费率应用范围

(一) 工程类别划分

1. 一类工程

1) 台重 35t 及其以上的各类机械设备（不分整体或解体），自动、半自动、程控机床，引进设备。

2) 自动、半自动电梯，输送设备，起重 50t 及其以上的起重设备及相应的轨道安装。

3) 净化、超净、恒温和集中空调设备及其空调系统。

4) 自动化控制装置和仪表安装工程。

5) 砌体总实物量在 $50m^3$ 及以上的炉窑、塔、设备砌筑工程和耐热、耐酸碱砌体衬里。

6) 热力设备（蒸发量 10t/h · 台以上的锅炉）及其附属设备。

7) 1000kVA 以上的变配电设备。

8) 化工制药和炼油装置。

9) 各种压力容器的制作和安装。

10) 煤气发生炉、制氧设备、制冷量 20 万大卡㊀/h 以上的制冷设备，高中压空气压缩机，污水处理设备及其配套的气柜、储罐、冷却塔等。

11) 焊口有探伤要求的厂区（室外）工艺管道，热力管网、煤气管网、供水（含循环水）管网及电缆敷设工程。

12) 附属于本类型工程各种设备的配管、电气安装、金属梯子、栏杆及刷油、绝热、防腐蚀工程。

13) 一类建筑工程的附属设备、照明、采暖、通风、给排水及消防等工程。

2. 二类工程

1) 台重 35t 以下的各类机械设备（不分整体或解体）。

2) 小型杂物电梯，起重量 50t 以下的起重设备及相应的锅炉安装。

3) 蒸发量 10t/h · 台及其以下的低压锅炉安装。

4) 1000kVA 及其以下的变配电设备。

5) 工艺金属结构，一般容器的制作和安装。

㊀ 1 大卡 = 4186.8J，后同。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）焊口无探伤要求的厂区（室外）热力管网，供水（含循环水）管网。

7）共用天线安装和调试。

8）低压空气压缩机、乙炔发生设备、各类泵、供热（换热）装置以及制冷量20万大卡/h及其以下的制冷设备。

9）附属于本类型工程各种设备的配管、电气安装和调试以及刷油、绝热、防腐蚀工程。

10）砌体总实物量在$20m^3$及以上的炉窖、塔、设备砌筑工程和耐热、耐酸碱砌体衬里。

11）二类建筑的附属设备、照明、采暖、通风、给排水等工程。

3. 三类工程

1）除一、二类工程以外均为三类工程。

2）三类建筑工程的附属设备、照明、采暖、通风、给排水等工程。

说明：上述单位工程中同时安装两台或两台以上不同类型的热力设备、制冷设备、变配电设备以及空气压缩机等，均按其中较高类型费率计算。

（二）费率适用范围

安装工程费率适用于工业与民用新建、扩建的安装工程。范围包括机械设备安装、电气设备安装、工艺管道、给排水、采暖、煤气、通风空调、自动化控制装置及仪表、工艺金属结构、炉窑砌筑、热力设备安装、化学工业设备安装、非标设备制作工程以及上述工程的刷油、绝热、防腐蚀工程。

十七、主材消耗表

主材在计算量时应加损耗，损耗率见表6-17。

表6-17 主材损耗率表

序号	材料名称	损耗率（%）
1	裸软导线（包括铜、铝、钢线、钢芯铝线）	1.3
2	绝缘导线（包括橡皮铜、塑料铅皮、软花线）	1.8
3	电力电缆	1.0
4	控制电缆	1.5
5	硬母线（包括钢、铝、铜，带型、管型、棒型、槽型）	2.3
6	拉线材料（包括钢绞线、镀锌铁线）	1.5
7	管材、管件（包括无缝、焊接钢管及电线管）	3.0
8	板材（包括钢板、镀锌薄钢板）	5.0
9	型钢	5.0
10	管体（包括管箍、护口、锁紧螺母、管卡子等）	3.0
11	金具（包括耐张、悬垂、并沟、吊接等线夹及连板）	1.0
12	紧固件（包括螺栓、螺母、垫圈、弹簧垫圈）	2.0
13	木螺栓、圆钉	4.0
14	绝缘子类	2.0
15	照明灯具及辅助器具（成套灯具、镇流器、电容器）	1.0
16	荧光灯、高压汞灯、氙气灯等	1.5
17	白炽灯泡	3.0
18	玻璃灯罩	5.0
19	胶木开关、灯头、插销等	3.0

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	材　料　名　称	损耗率（%）
20	低压电瓷制品（包括鼓绝缘子、瓷夹板、瓷管）	3.0
21	低压熔断器、瓷闸盒、开启式负荷开关	1.0
22	塑料制品（包括塑料槽板、塑料板、塑料管）	5.0
23	木槽板、木护圈、方圆木台	5.0
24	木杆材料（包括木杆、横担、横木、桩木等）	1.0
25	混凝土制品（包括电杆、底盘、卡盘等）	0.5
26	石棉水泥板及制品	8.0
27	油类	1.8
28	砖	4.0
29	砂	8.0
30	石	8.0
31	水泥	4.0
32	封闭式负荷开关	1.0
33	砂浆	3.0
34	木材	5.0
35	橡胶垫	3.0
36	硫酸	4.0
37	蒸馏水	10.0

注：1. 绝缘导线、电缆、硬母线和用于母线的裸软导线，其损耗率中不包括为连接电气设备、器具而预留的长度，也不包括因各种弯曲（包括弧度）而增加的长度。这些长度均应计算在工程量的基本长度中。

2. 用于10kV以下架空线路中的裸软导线的损耗率中已包括因弧垂及因杆位高低差而增加的长度。

3. 拉线用的镀锌铁线损耗率中不包括为制作上、中、下把所需的预留长度。计算用线量的基本长度时，应以整根拉线的展开长度为准。

十八、安装工程费用项目组成

（一）直接费

由直接工程费和措施费组成。

1. 直接工程费

是指施工过程中耗费的构成工程实体的各项费用，包括人工费、材料费、施工机械使用费。

（1）人工费　指直接从事建筑安装工程施工的生产工人开支的各项费用，内容包括：

1）基本工资：发放给生产工人的基本工资。

2）工资性补贴：按规定标准发放的物价补贴，煤、燃气补贴，交通补贴，住房补贴，流动施工津贴等。

3）生产工人辅助工资：生产工人年有效施工天数以外非作业天数的工资，包括职工学习、培训期间的工资，调动工作、探亲、休假期间的工资，因气候影响的停工工资，女工哺乳时间的工资，病假在六个月以内的工资及产、婚丧假期的工资。

4）职工福利费：按规定标准计提的职工福利费。

5）生产工人劳动保护费：按规定标准发放的劳动保护用品的购置及修理费，服装补

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

贴，防暑降温费，在有碍身体健康环境中施工的保健费用等。

（2）材料费　指施工过程中耗费的构成工程实体的原材料、辅助材料、构配件、零件、半成品的费用，内容包括：

1）材料原价（或供应价格）。

2）材料运输费：材料自来源地运至工地仓库或指定堆放地点所发生的全部费用。

3）运输损耗费：材料在运输装卸过程中不可避免的损耗。

4）采购及保管费：为组织采购、供应和保管材料过程中所需要的各项费用。包括采购费、仓储费、工地保管费、仓储损耗。

5）检验试验费：对建筑材料、构件和建筑安装物进行一般鉴定、检查所发生的费用，包括自设试验室进行试验所耗用的材料和化学药品等费用。不包括新结构、新材料的试验费和建设单位对具有出厂合格证明的材料进行检验，对构件做破坏性试验及其他特殊要求检验试验的费用。

（3）施工机械使用费　指施工机械作业所发生的机械使用费以及机械安装拆卸费和场外运费。

施工机械台班单价应由下列七项费用组成：

1）折旧费：施工机械在规定的使用年限内，陆续收回其原值及购置资金的时间价值。

2）大修理费：对施工机械按规定的人修理间隔台班进行必要的大修理，以恢复其正常功能所需的费用。

3）经常修理费：施工机械除大修理以外的各级保养和临时故障排除所需的费用。包括为保障机械正常运转所需替换设备与随机配备工具附具的摊销和维护费用，机械运转中日常保养所需润滑与擦拭的材料费用及机械停滞期间的维护和保养费用等。

4）安拆费及场外运费：安拆费指施工机械在现场进行安装与拆卸所需的人工、材料、机械和试运转费用以及机械辅助设施的折旧、搭设、拆除等费用；场外运费指施工机械整体或分体自停放地点运至施工现场，或由一施工地点运至另一施工地点的运输、装卸、辅助材料及架线等费用。

5）人工费：施工机械上的司机（司炉）和其他操作人员的工作日人工费及上述人员在施工机械规定的年工作台班以外的人工费。

6）燃料动力费：施工机械在运转作业中所消耗的固体燃料（煤、木柴）、液体燃料（汽油、柴油）及水等。

7）养路费及车船使用税：施工机械按照国家规定和有关部门规定应缴纳的养路费、车船使用税、保险费及年检费等。

2. 措施费（2008 版称为不可竞争措施项目和可竞争措施项目两种）

是指为完成工程项目施工，发生于该工程施工前和施工过程中非工程实体项目的费用，内容包括：

（1）环境保护费　指施工现场为达到环保部门要求所需要的各项费用。

（2）文明施工费　指施工现场文明施工所需要的各项费用。

（3）安全施工费　指施工现场安全施工所需要的各项费用。

（4）临时设施费　指施工企业为进行建筑工程施工所必须搭设的生活和生产用的临时

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

建筑物、构筑物和其他临时设施费用等。

临时设施包括：临时宿舍、文化福利及公用事业房屋与构筑物、仓库、办公室、加工厂以及规定范围内道路、水、电、管线等临时设施和小型临时设施。

临时设施费用包括：临时设施的搭设、维修、拆除费或摊销费。

（5）夜间施工费　指因夜间施工所发生的夜班补助费，夜间施工降效、夜间施工照明设备摊销及照明用电等费用。

（6）二次搬运费　指因施工场地狭小等特殊情况而发生的二次搬运费用。

（7）大型机械设备进出场及安拆费　指机械整体或分体自停放场地运至施工现场或由一个施工地点运至另一个施工地点，所发生的机械进出场运输转移费用及机械在施工现场进行安装、拆卸所需的人工费、材料费、机械费、试运转费和安装所需的辅助设施的费用。

（8）混凝土、钢筋混凝土模板及支架费　指混凝土施工过程中（如设备基础、杆塔基础）需要的各种钢模板、木模板、支架等的支、拆、运输费用及模板、支架的摊销（或租赁）费用。

（9）脚手架费　指施工需要的各种脚手架搭、拆、运输费用及脚手架的摊销（或租赁）费用。

（10）已完工程及设备保护费　指竣工验收前，对已完工程及设备进行保护所需费用。

（11）施工排水、降水费　指为确保工程在正常条件下施工，采取各种排水、降水措施发生的各种费用。

（二）间接费

间接费由规费、企业管理费组成。

1. 规费

是指政府和有关权力部门规定必须缴纳的费用（简称规费），内容包括：

（1）工程排污费　指施工现场按规定缴纳的工程排污费。

（2）工程定额测定费　指按规定支付工程造价（定额）管理部门的定额测定费。

（3）社会保障费

1）养老保障费：企业按国家规定标准为职工缴纳的基本养老保险费。

2）失业保险费：企业按照国家规定标准为职工缴纳的失业保险费。

3）医疗保险费：企业按照国家规定标准为职工缴纳的基本医疗保险费。

（4）住房公积金　指企业按国家规定标准为职工缴纳的住房公积金。

（5）危险作业意外伤害保险　指按照建筑法规定，企业为从事危险作业的建筑安装施工人员支付的意外伤害保险费。

2. 企业管理费

是指建筑安装企业组织、施工生产和经营管理所需费用，内容包括：

（1）管理人员工资　指管理人员的基本工资、工资性补贴、职工福利费、劳动保护费等。

（2）办公费　指企业管理办公用的文具、纸张、账表、印刷、邮电、书报、会议、水电、烧水和集体取暖（包括现场临时宿舍取暖）用煤等费用。

（3）差旅交通费　指职工因公出差、调动工作的差旅费、住勤补助费，市交通费和误

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

餐补助费，职工探亲路费，劳动力招募费，职工离退休、退职一次性路费，工伤人员就医路费，工地转移费以及管理部门使用的交通工具的油料、燃料、养路费及牌照费。

（4）固定资产使用费　指管理和试验部门及附属生产单位使用的属于固定资产的房屋、设备仪器等的折旧、大修、维修和租赁费等。

（5）工具用具使用费　指管理使用的不属于固定资产的生产工具、器具、家具、交通工具和检验、试验、测绘、消防用具等的购置、维修和摊销费。

（6）劳动保险费　指由企业支付离退休职工的异地安家补助费、职工退职金、六个月以上的病假人员工资、职工死亡丧葬补助费、抚恤费、按规定支付给离退休干部的各项经费。

（7）工会经费　指企业按职工工资总额计提的工会经费。

（8）职工教育经费　指企业为职工学习先进技术和提高文化水平，按职工工资总额计提的费用。

（9）财产保险费　指施工管理用财产、车辆保险。

（10）财务费　指企业为筹集资金而发生的各种费用。

（11）税金　指企业按规定缴纳的房产税、车船使用税、土地使用税、印花税等。

（12）其他　包括技术转让费、技术开发费、业务招待费、绿化费、广告费、公证费、法律顾问费、审计费、咨询费等。

（三）利润

是指施工企业完成所承包工程获得的盈利。

（四）税金

是指国家税法规定的应计入建筑安装工程造价内的营业税、城市维护建设税及教育费附加等。

十九、安装工程费用参考计算方法

各组成部分参考计算公式如下：

（一）直接费

1. 直接工程费

直接工程费 = 人工费 + 材料费 + 施工机械使用费

（1）人工费

$$人工费 = \sum(工日消耗量 \times 日工资单价)$$

$$日工资单价（G）= \sum_{1}^{5} G_i$$

1）基本工资（G_1）$= \dfrac{生产工人平均月工资}{年平均每月法定工作日}$

2）工资性补贴（G_2）$= \dfrac{\sum 年发放标准}{全年日历日 - 法定假日} + \dfrac{\sum 月发放标准}{年平均每月法定工作日}$

3）生产工人辅助工资（G_3）$= \dfrac{全年无效工作日 \times （G_1 + G_2）}{全年日历日 - 法定假日}$

4）职工福利费（G_4）$=（G_1 + G_2 + G_3）\times$ 福利费计提比例（%）

5）生产工人劳动保护费（G_5）$= \dfrac{生产工人年平均支出劳动保护费}{全年日历日 - 法定假日}$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）材料费

$$材料费=\sum(材料消耗量\times材料基价)+检验试验费$$

1）材料基价 $=\{(供应价格+运杂费)\times[1+运输损耗率(\%)]\}\times[1+采购保管费率(\%)]$

2）检验试验费 $=\sum(单位材料量检验试验费\times材料消耗量)$

（3）施工机械使用费

$$施工机械使用费=\sum(施工机械台班消耗量\times机械台班单价)$$

机械台班单价 = 台班折旧费 + 台班大修费 + 台班经常修理费 + 台班安拆费及场外运费 + 台班人工费 + 台班烯料动力费 + 台班养路费及车船使用税

2. 措施费

本规则中只列通用措施费项目的计算方法，各专业工程的专用措施费项目的计算方法由各地区或国务院有关专业主管部门的工程造价管理机构自行制定。

（1）环境保护

$$环境保护费=直接工程费\times环境保护费费率(\%)$$

$$环境保护费费率(\%)=\frac{本项费用年度平均支出}{全年建安产值\times直接工程费占总造价比例(\%)}$$

（2）文明施工

$$文明施工费=直接工程费\times文明施工费费率(\%)$$

$$文明施工费费率(\%)=\frac{本项费用年度平均支出}{全年建安产值\times直接工程费占总造价比例(\%)}$$

（3）安全施工

$$安全施工费=直接工程费\times安全施工费费率(\%)$$

$$安全施工费费率(\%)=\frac{本项费用年度平均支出}{全年建安产值\times直接工程费占总价比例(\%)}$$

（4）临时设施费

临时设施费由以下三部分组成：周转使用临建（如活动房屋）；一次性使用临建（如简易建筑）；其他临时设施（如临时管线）。

$$临时设施费=(周转使用临建费+一次性使用临建费)\times[1+其他临时设施所占比例(\%)]$$

1）周转使用临建费 $=\sum\left[\frac{临时面积\times每平方米造价}{使用年限\times365\times利用率(\%)}\times工期(天)\right]+一次性拆除费$

2）一次性使用临建费 $=\sum临建面积\times每平方米造价\times[1-残值率(\%)]+一次性拆除费$

3）其他临时设施在临时设施费中所占比例，可由各地区造价管理部门依据典型施工企业的成本资料经分析后综合测定。

（5）夜间施工增加费

$$夜间施工增加费=\left(1-\frac{合同工期}{定额工期}\right)\times\frac{直接工程费中的人工费合计}{平均日工资单价}\times\frac{每工日夜间}{施工费开支}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（6）二次搬运费

$$二次搬运费 = 直接工程费 \times 二次搬运费费率（\%）$$

$$二次搬运费费率(\%) = \frac{年平均二次搬运费开支额}{全年建安产值 \times 直接工程费占总造价的比例（\%）}$$

（7）大型机械进出场及安拆费

$$大型机械进出场及安拆费 = \frac{一次进出场及安拆费 \times 年平均安拆次数}{年工作台班}$$

（8）混凝土、钢筋混凝土模板及支架

1）模板及支架费 = 模板摊销量 × 模板价格 + 支、拆、运输费

$$摊销量 = 一次使用量 \times (1 + 施工损耗) \times [1 + (周转次数 - 1) \times 补损率/周转次数 - (1 - 补损率 50\%/周转次数)]$$

2）租赁费 = 模板使用量 × 使用日期 × 租赁价格 + 支、拆、运输费

（9）脚手架拆费

$$脚手架搭拆费 = 脚手架摊销量 \times 脚手架价格 + 搭、拆、运输费$$

$$脚手架摊销量 = \frac{单位一次使用量 \times (1 - 残值率)}{耐用期 \div 一次使用期}$$

$$租赁费 = 脚手架每日租金 \times 搭、拆、运输费$$

（10）已完工程及设备保护费

$$已完工程及设备保护费 = 成品保护所需机械费 + 材料费 + 人工费$$

（11）施工排水、降水费

$$排水降水费 = \sum 排水降水机械台班费 \times 排水降水周期 + 排水降水使用材料费、人工费$$

（二）间接费

间接费的计算方法按取费基数的不同分为以下三种：

1. 以直接费为计算基础

$$间接费 = 直接费合计 \times 间接费费率（\%）$$

2. 以人工费和机械费合计为计算基础

$$间接费 = 人工费和机械费合计 \times 间接费费率（\%）$$

$$间接费费率(\%) = 规费费率（\%）+ 企业管理费费率（\%）$$

3. 以人工费为计算基础

$$间接费 = 人工费合计 \times 间接费费率（\%）$$

（1）规费费率

根据本地区典型工程发承包价的分析资料综合取定规费计算中所需数据：①每万元发承包价中人工费含量和机械费含量；②人工费占直接费的比例；③每万元发承包价中所含规费缴纳标准的各项基数。

规费费率的计算公式如下。

1）以直接费为计算基础时为

$$规费费率(\%) = \frac{\sum 规费缴纳标准 \times 每万元发承包价计算基数}{每万元发承包价中的人工费含量} \times 人工费占直接费的比例（\%）$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）以人工费和机械费合计为计算基础时为

$$规费费率(\%)=\frac{\sum 规费缴纳标准\times每万元发承包价计算基数}{每万元发承包价中的人工费含量和机械费含量}\times 100\%$$

3）以人工费为计算基础时为

$$规费费率(\%)=\frac{\sum 规费缴纳标准\times每万元发承包价计算基数}{每万元发承包价中的人工费含量}\times 100\%$$

（2）企业管理费费率　企业管理费费率计算公式如下：

1）以直接费为计算基础时为

$$企业管理费费率(\%)=\frac{生产工人年平均管理费}{年有效施工天数\times人工单价}\times 人工费占直接费比例(\%)$$

2）以人工费和机械费合计为计算基础时为

$$企业管理费费率(\%)=\frac{生产工人年平均管理费}{年有效施工天数\times(人工单价+每一日机械使用费)}\times 100\%$$

3）以人工费为计算基础时为

$$企业管理费费率(\%)=\frac{生产工人年平均管理费}{年有效施工天数\times人工单价}\times 100\%$$

（三）利润

利润计算公式见建筑安装工程计价程序。

（四）税金

$$税金=(税前造价+利润)\times税率(\%)$$

税率计算公式如下。

1. 纳税地点在市区的企业

$$税率(\%)=\frac{1}{1-3\%-(3\%\times 7\%)-(3\%\times 3\%)}-1$$

2. 纳税地点在县城、镇的企业

$$税率(\%)=\frac{1}{1-3\%-(3\%\times 5\%)-(3\%\times 3\%)}-1$$

3. 纳税地点不在市区、县城、镇的企业

$$税率(\%)=\frac{1}{1-3\%-(3\%\times 1\%)-(3\%\times 3\%)}-1$$

二十、其他说明

1. 关于水平和垂直运输

1）设备：包括自安装现场指定堆放地点运至安装地点的水平和垂直运输。

2）材料、成品、半成品：包括自施工单位现场仓库或现场指定堆放地点运至安装地点的水平和垂直运输。

3）垂直运输基准面：室内以室内地坪面为基准面，室外以安装现场地坪面为基准面。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 关于施工用电、用水费用的计取

综合基价中施工用电按市供电考虑，所用水均按自来水为供水源考虑。施工现场使用建设单位水、电时，水、电费按下列规定计算：

1）单独设置水、电表的按计数结算。

2）不单独设置水、电表的，以综合基价实体项目和措施项目的人工费为基数，见表6-18中的系数结算。

表6-18 安装工程使用电、水计入系数

序号	工程项目（相应预算定额分册）	计算基数	扣除系数（%）	
			2003 预算	2008 预算
1	机械设备安装工程（第一册）	人工费	10	7.86
2	电气设备、自动化控制仪表安装工程（第二、十册）		4	2.38
3	工业管道、消防设备安装工程（第六、七册）		11	8.65
4	给排水、采暖、燃气工程（第八册）		7	4.56
5	通风空调工程（第九册）		9	5.86
6	静置设备与工艺金属结构制作安装工程（第五册）		23	13.68
7	热力设备安装工程（第三册）		16	10.43
8	炉窑砌筑工程（第四册）		6	3.91

注：1. 刷油、绝热、防腐蚀工程已包括在各专业系数内。

2. 使用多册综合基价的工程选用主要专业册相应系数。

3. 册是指综合基价中不同专业的综合基价。

3. 安全施工、文明施工措施费的计取

安装工程安全防护及文明施工措施费以临时设施费的1.62倍计取（含临时设施费）。大型或综合性的工程只计取一次。

4. 其他费用

1）安装施工过程中使用的构件或配件等的价格，凡是由实行独立核算、有法人地位的单位供货的，应将其价格列入材料预算价格表中，计入材料费。凡是由安装企业内部实行内部核算的附属单位、没有法人地位的单位供货的，应按有关定额规定的材料用量和材料预算价格计入材料费中。

2）主材的费用叫做主材费，辅材的费用叫做辅材费，辅材费在定额和预算中叫做材料费，千万要注意材料费不包括主材费，而主材费不包括设备购置费。当主材及设备由建设单位提供时，安装单位只提取一定比例的费用。

3）有时实际价格高于预算价时则按差价补充，其中补充部分则按上述比例、按类别提取采购保管费。

执行市场现行价格时，如果甲供材料，安装单位同样按比例提取材料保管费或设备保管费；安装单位组织采购进货时，同样按上述比例提取采购保管费，市场现行价格同样包括市场供应价、运费和采购保管费。

无论执行哪种价格，当安装单位参与设备或材料的考察，特别是大型或新型设备及用量大的新材料时，这一系列的差旅、咨询费用等要加到预算中去，并提取采保费。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5. 关于2008预算定额中可竞争措施项目和不可竞争措施项目的说明

在2008预算定额中将原2003预算定额中的施工技术措施费（见表6-4）和施工组织措施费（见表6-5）合并为“可竞争措施项目”，同时新增加了“不可竞争措施项目”一栏。

（1）可竞争措施项目将原来的编号2－1958临时措施费取消，同时新增了“垂直运输费”一项，其他变化只有数据的变化，可竞争措施项目计取系数比例见表6-19。

表6-19　2008预算定额可竞争措施项目计取系数

定额编号		2-1875	2-1876	2-1877	2-1878	2-1879
项目名称		脚手架搭拆费	操作高度增加费	超高费（层数/m以下）		
				9/30	12/10	15/50
基价（%）		**3.36**	**27.72**	**7.56**	**8.40**	**10.92**
其中	人工费（%）	0.84	27.72	0.84	1.68	3.36
	材料费（%）	2.52	—	—	—	—
	机械费（%）	—	—	6.72	6.72	7.56

定额编号		2-1880	2-1881	2-1882	2-1883	2-1884
项目名称		超高费（层数/m以下）				
		18/60	21/70	24/80	27/90	30/100
基价（%）		**13.44**	**16.80**	**18.48**	**22.68**	**26.04**
其中	人工费（%）	5.04	6.72	8.40	10.92	13.44
	材料费（%）	—	—	—	—	—
	机械费（%）	8.40	10.08	10.08	11.76	12.60

定额编号		2-1885	2-1886	2-1887	2-1888	2-1889
项目名称		超高费（层数/m以下）				
		33/110	36/120	39/130	42/140	45/150
基价（%）		**29.40**	**32.76**	**35.28**	**39.48**	**40.32**
其中	人工费（%）	15.96	18.48	21.00	23.52	26.04
	材料费（%）	—	—	—	—	—
	机械费（%）	13.44	14.28	14.28	15.96	14.28

定额编号		2-1890	2-1891	2-1892	2-1893	2-1894
项目名称		超高费（层数/m以下）				
		48/160	51/170	54/180	57/190	60/200
基价（%）		**42.00**	**42.84**	**44.52**	**45.36**	**46.20**
其中	人工费（%）	28.56	31.08	33.60	36.12	38.64
	材料费（%）	—	—	—	—	—
	机械费（%）	13.44	11.76	10.92	9.24	7.56

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号		2-1895	2-1896	2-1897	2-1898
项目名称		生产工具、用具使用费	检验试验配合费	冬雨季施工增加费	夜间施工增加费
基价（%）		**3.51**	**1.07**	**3.00**	**1.05**
其中	人工费（%）	—	0.43	1.62	0.63
	材料费（%）	3.51	0.64	1.38	0.42
	机械费（%）	—	—	—	—

定额编号		2-1899	2-1900	2-1901
项目名称		已完工程及设备保护费	二次搬运费	工程定位复测配合费及场地清理费
基价（%）		**0.63**	**2.77**	**0.97**
其中	人工费（%）	0.19	1.50	0.59
	材料费（%）	0.44	1.27	0.38
	机械费（%）	—	—	—

定额编号		2-1902	2-1903	2-1904	2-1905
项目名称		停水、停电增加费	安装与生产同时进行增加费	有害环境中施工增加费	垂直运输费
基价（%）		**2.72**	**6.17**	**6.17**	**1.20**
其中	人工费（%）	1.47	6.17	6.17	—
	材料费（%）	1.25	—	—	—
	机械费（%）	—	—	—	1.20

（2）不可竞争措施项目是指安全防护、文明施工费，是为了环境保护而新增加项目，其计取基数是实体消耗项目（指预算中的人工费、材料费、机械费的总和，但不包括其他措施项目）中的人工费、机械费之和，不可竞争措施项目计取系数比例见表6-20。

表6-19、表6-20列出的是使读者在使用2008预算定额时注意项目的变化和数据的变化，其具体方法没有改动，只是项目的增加、减少而已，使用时要注意文字的书写，要准确。读者可对比两表之间的差异。

表6-20　2008预算定额不可竞争措施项目计取系数

定额编号		2-1906
项目名称		安全防护、文明施工费
基价（%）		**9.24**
其中	人工费（%）	2.50
	材料费（%）	5.82
	机械费（%）	0.92

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第三节　编制预算依据、方法和步骤

一、编制依据及条件

1）经过会审后和设计单位交底的各有关专业的成套施工图、设计说明、有关标准安装图册、图样会审纪要。

2）经批准后的施工组织设计、施工方案或施工技术措施，它是确定施工方法、材料加工及堆放、存储等有关项目的凭证。

3）经建设单位同意并和建设项目专业对口的有关部、委、省的《全国统一安装工程综合基价》第二册《电气设备安装工程》、第七册《消防设备安装工程》、第十册《自动化控制装置及仪表工程》、第十二册《智能化系统设备安装工程》。一般情况下采用工程所在省（市）的综合基价。

当工程中涉及机械设备安装、热力设备安装、给排水、采暖、燃气工程、或通风空调工程时，其安装项目则应采用综合基价中的第一册《机械设备安装工程》、第三册《热力设备安装工程》、第八册《给排水、采暖、燃气工程》、第九册《通风空调工程》。35kV 及以上输变电工程应采用电力部门相应的工程预算定额。

其他专业的电气工程应采用相应部门的工程预算定额。

4）现行的地区或地方材料预算价格表及材料预算价格调整表。

5）国家、省、地区颁发的建筑安装工程费用标准文件，也称工程间接费及其他费用定额，上面规定了各种费用取费的百分比数。

6）工程协议或工程合同书。经验证明，只有依据齐全充足，精心编制的预算才质量好误差小，否则脱离实际，误差太大，失去预算的意义。

7）国家标准 GB 50500—2013《建设工程工程量清单计价规范》是招投标工程编制招标标底，投标报价、确定合同价款、调整工程结算而制订的，按其配合综合基价进行计算工程量，一般不会造成缺项、漏项或多计，是编制重要依据。为了便于读者学习，我们在每个项目后面列出了部分清单计价的内容，供读者阅读时参考。

二、编制方法和步骤

熟悉并掌握施工图样，详细阅读各种文字说明，理解各类代号的含意，对图中涉及的标准通用图册应详细阅读并掌握其有关内容。读图时应结合该项工程执行的施工验收规范、标准、规程和规定及施工组织设计中的施工顺序安排、施工方法、技术交底、技术措施等内容一一对照，仔细阅读。有关熟悉图样的内容方法参见本书第五章读图及审图相关内容。读图时要结合土建施工图，掌握建筑结构、层高、比例、开间及管线在竖向和平面内的走向和距离，有时还得参阅一些其他专业的施工图样，特别是有交叉打架、冲突障碍等，并确定解决办法。

读图时一般是边读边记录有关事宜，并把电气设备及主要材料一一填入设备清单、材料单和材料分析表内，其表样见表 6-21、表 6-22 和表 6-23，作为草稿，其数量可暂不填写，等会审完图样后再根据有无变化经计算后再填写，请注意这里指主材。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-21 电气安装工程设备预算明细表

建设单位_____

工程名称_____ 年 月 日

设备名称	规格型号	单位	计划单价/元	合计		分项数量						备注
				数量	金额/元							
电力变压器	10kV 1800kVA	台	250000	4								
电力变压器	10kV 800kVA	台	65000	2	130000							
高压环网框		台	20000	4	80000							
高压母线框		台	18000	4	72000							

部门主管 审核 编制 第（ ）页

表 6-22 安装工程材料预算明细表（主材）

建设单位_____

工程名称_____ 年 月 日

材料名称	规格	单位	计划单价/元	合计		分项数量						备注
				数量	金额/元							
16#槽钢	160	m	89	150	1335							
普通钢板	1.5	kg	4	180	720							
铜芯电缆	3×185+2×95	100m	69500	0.35	24325							
镀锌钢管	50	100m	2390	0.40	956							

部门主管 审核 编制 第（ ）页

表 6-23 单项工程材料分析表（辅材）

工程名称：变电站 2007 年 6 月 7 日

序号	定额编号	工程项目	单位	工程量	主要材料分析					
					材料名称规格、单位	直角挂板	碗头挂环	棉纱	汽油	
					定额数量或系数	1.01	1.01	0.4	0.2	
					数量					
1	2-107	悬式绝缘子串		10/306	定额数量或系数	306×1.01=309 个	306×1.01=309 个	10×0.4=4kg	10×0.2=2kg	
					数量	309 个	309 个	4kg	2kg	
					定额数量或系数					
					数量					
					定额数量或系数					
					数量					
		合计								

审 核 制 表

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

填写时应按工程项目的大小顺序填写，大中型工程应按自然单元或单位、分部、分项工程为单元填写，小型工程一般可一并填写。填写的顺序一般为先电源侧，后用电侧；先动力后照明；先强电后弱电；先敷管后穿线；先室内后室外；先电缆后架空线路；最后为防雷接地等。

参加由建设单位组织的技术交底和图样会审，指出图样上设计不合理或错误的地方及影响安装的部分，并解决图中疑难问题。凡图中变更部分及重要部位的技术交底、注意事项都应有设计单位签发的正式文件和图样变更，图样会审应有甲、乙方和设计单位参加人员签字的会议纪要。上述两个技术文件应装入工程资料袋内妥善保管，作为预算和决算的凭证。图样会审时应确定该项工程套用的预算定额和各种费用提取的费率，建设单位应认可，并写入会议纪要。

到施工现场和建设单位了解工程的有关情况，学习施工组织设计，掌握施工方案、技术措施和施工进度计划、平面布置等内容。并掌握以下内容：

1）选址报告及厂区测量报告：有关厂区的水文、地质、地震、气象、地理环境等资料。

2）与本工程相关的工程（如土建、道路交通等）和本工程覆盖区域内的其他工程的安排和进展情况。

3）建设单位、其他主辅施工单位的基本情况及施工任务的划分，设计单位及其施工图交付进度，设备制造厂家及其主要设备到货进度等。

4）施工地区的运输条件及能力、当地材料的质量、产量及供应方式；当地施工企业和制造加工企业可能提供的服务能力及形式；施工区域内的地形、地物、水源、电源、通信方式；当地生活物资供应情况、居住情况以及文化娱乐状况等。

5）主要材料、施工机具的技术资料和供货状况、到货日期。

6）与之类似工程的施工方案及工程总结资料，其他有关工程本身的资料及文件。

将变更部分的设备材料填入设备清单、材料单和材料分析表内。

（一）计算工程量

所谓工程量就是按不同种类规格型号划分的安装工程中具体安装项目的作业内容。计算工程量就是按照一定的顺序和计算规则将工程设计图样中的工程量确定计算出来。工程量是编制预算的原始数据，其精确程度直接影响预算的准确性，因此必须按照一定的顺序和规则进行，这能防止重计和漏算，也便于校对和审核。工程量的计算一般量大而繁琐，要求计算人员细致耐心，不得急于求成，并且有丰富的实际经验。一般大中型安装企业都配备电子计算机来完成，最后打印出预算书来。

工程项目的确定和计算顺序应按预算定额单位估价表中定额编号的顺序进行，一一计算，图中没有的项目不计，隔过去继续一一对照计算；定额中没有的项目而在图中表现出来时可参照其他或相近专业的定额、劳动定额进行，必要时要进行换算，有时则通过建设单位协商解决；小型的可自行处理，但应注明。

同时把计算和统计结果分别一一填入表 6-21 ~ 表 6-23 和表 6-24 的前四栏中，其单位的使用，应和定额一致。

定额中的单位有的和日常工作中使用的不一样，填入数字时要注意换算，定额中的单位使用见表 6-25。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-24 （　　）设备安装工程（　　）算书

建设单位_____

工程名称_____　　第____页共____页

序号	定额编号	分部分项工程名称	单位	数量	主材设备	子目单价（基价）	合价		
							人工费	材料费	机械费

编制人：　　20　年　月　日

表 6-25 综合基价单位制

序号	工程项目名称	计算单位	序号	工程项目名称	计算单位
1	变压器安装	台/组	29	铁构件、箱盒制作安装	100kg
2	断路器安装	台	30	电缆沟铺砂、盖砖	100m
3	隔离开关安装、负荷开关安装	组	31	网门制作、喷漆	m^2
4	成套开关柜	台	32	电机检查、接线、调试	台
5	单极接地开关安装	组	33	起重设备电气安装	台
6	高压熔断器安装	组	34	滑触线安装	100m/单相
7	避雷器安装	组	35	滑触线支架安装	10 副
8	电抗器安装	组	36	各类电缆	100m
9	互感器安装	台	37	电缆头制作安装	个
10	电力电容器安装	个	38	各种类管路敷设	100m
11	各类开关、控制屏柜	台	39	金属软管敷设	10m
12	悬式绝缘子安装	10 串/个	40	管内穿线（单线）	100m
13	户内支持绝缘子安装	10 个	41	绝缘子配线（单线）	100m
14	户外支持绝缘子安装	10 个	42	多芯软导线穿线	100m/束
15	穿墙套管安装	个	43	槽架安装	10m
16	软母线安装	跨/三相	44	线槽配线（单相）	100m
17	引下线、跳线、高压设备连接	组/三相	45	接线盒安装	10 个
18	带形母线安装	10m/单相	46	灯具安装（各种类）	10 套
19	带形母线引下线安装	10m/单相	47	各类电梯	部
20	槽型母线安装	10m/单相	48	接地极制作安装	根
21	槽型母线与设备连接	台或组	49	接地母线敷设引线	10m
22	重型母线安装	t	50	横担安装	组
23	电器、仪表、低压开关、小母线	个	51	电杆	根
24	基础型钢安装	10m	52	拉线	组
25	穿通板制作安装	块	53	导线架设（单线）	1000m
26	盘柜配线	10m	54	导线跨越及进户线架设	100m/单相
27	端子板安装接线	10 个头	55	变、配电系统调试	系统
28	铜、铅接线端子	10 个	56	变频电机调试	系统

注：组是指电气设备或有关电气安装的设施在三相电路中三个极安装的全部装置。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

工程量计算的方法及规则见本书第四章工程量计算和套用综合基价的方法及规则。

（二）套用基价确定并计算直接费

1）按工程量计算的结果在综合基价表中按顺序找出相应的定额，并把项目编号、项目名称、计量单位、数量（注意换算）、人工费、材料费、主材费填写在预算书表内，见表6-26。其中子目单价即为定额中的基价，而合价即为单价乘以数量（计算出来的工程量）。这里要注意，工程量计算已计了消耗量，直接换算即可。为了便于审查，一般将未计价材料和（　）内的材料直接写在所属工程项目下面。

2）将设备价格填在设备价值栏内，见表6-21；并计算合价，填入表内（本工程为甲供设备，故没有设备价，这里只是为了分析总造价）。

与此同时，应将材料（包括定额中的辅材），机械台班的机械、设备等明细填入材料表、机具统计表、设备表内，详见本书第七章。

这里是某厂中心变电所电气设备安装调试工程的部分预算，并将计算结果填写在表6-26中，套用基价见表6-27～表6-40。

①4台高压环网柜安装套用2-93#基价，子目单价（基价）是243.72元，人工费是152.49元，材料费是27.63元，然后将其乘以4计算出合价，分别是974.88元、609.96元、110.52元，机械费单价中未列出，直接将单价机械费63.60×4元=254.40元填入合价机械费中。

②4台10kV、1800kVA干式变压器安装套用2-13#基价，子目单价分别是873.45元、392.38元、131.13元和349.94元，然后分别乘以4填入合价，分别是3493.80元、1569.52元、524.52元和1399.76元。

③4台高压母线柜安装套用2-95#基价，基本同①，找出单价，然后乘以4，分别填入表内。

④2台10kV、800kVA油浸变压器安装套用2-3#基价，基本同②，查出单价，乘以2，分别填入表内。

⑤基础槽钢安装，单位是10m，数量是15，也就是150m，16#槽钢每10m的单价是89.00元（按当地价），然后将基价83.65元、人工费41.63元、材料费21.66元、机械费20.36元分别乘以15，填入合价内，计算量的时候，已经计入了槽钢5%的损耗，这里我们要注意，其正好是整数150完全是为了计算的方便。分别是1335.00元、1254.75元、624.45元、324.90元和305.40元。这里要注意，我们把主材的数量和价格也填入了预表内了。

⑥6台配电箱制作（这里要注意基价工作内容只包括制作，不包括安装，安装要另计）套用2-362#基价。经按施工图出具的图样计算，普通钢板（t1.5）每台要用30kg，40mm×40mm角钢每台要用20kg，共计钢板180kg，角钢120kg，按当地价钢板4元/kg，角钢5.50元/kg，分别为720.00元和660.00元，共计1380.00元，并将其填入表内主材一栏。然后查表基价、人工费、材料费、机械费分别是802.47元、490.82元、150.70元、160.95元，分别乘以3（单位是100kg）得出合价2407.41元、1472.46元、452.10元和482.85元，并填入表内。这里要注意，钢板180kg、角钢120kg在计算量时已计入了50%的损耗。

⑦60m基础角钢安装套用2-357#基价，基本同⑤基础型钢安装，角钢与槽钢的价格不同。

⑧60m、$(3\times300+2\times150)mm^2$铜质五芯电缆敷设套用2-616#基价，将子目单价、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-26　单位工程预算表

工程名称：某厂中心变电所电气设备安装调试

序号	定额编号	分部分项工程名称	单位	数量	单价/元				合价/元				
					主材设备	子目单价（基价）	其中：		主材设备	子目合价	其中：		
							人工费	材料费			人工费	材料费	机械费
1	2-93	高压环网柜安装	台	4.000	—	243.72	152.49	27.63	—	974.88	609.96	110.52	254.40
2	2-13	10kV、1800kVA 干式变压器安装	台	4.00	—	873.45	392.38	131.13	—	3493.80	1569.52	524.52	1399.76
3	2-95	高压母线柜安装	台	4.000	—	179.35	67.85	32.77	—	717.40	271.40	131.08	314.92
4	2-3	10kV、800kVA 油浸变压器安装	台	2.000	—	1146.63	459.31	237.04	—	2293.26	918.62	474.08	900.56
5	2-356	基础槽钢安装	10m	15.000	89.00	83.65	41.63	21.66	1335.00	1254.75	624.45	324.90	305.40
		主材：型钢（槽钢 16）	m	15.000	89.00	—	—	—	1335.00	—	—	—	—
6	2-362	配电箱制作	100kg	3.00	—	802.47	490.82	150.70	1380.00	2407.41	1472.46	452.10	482.85
		主材：普通钢板	kg	180.00	4.00	—	—	—	720.00	—	—	—	—
		主材：角钢	kg	120.00	5.50	—	—	—	660.00	—	—	—	—
7	2-357	基础角钢安装	10m	6.000	19.00	68.41	30.13	19.48	114.00	410.46	180.78	116.88	112.80
		主材：型钢	m	6.000	19.00	—	—	—	114.00	—	—	—	—
8	2-616	截面（$3\times300+2\times150$）mm^2 铜芯电力电缆敷设	100m	0.600	112000.0	1461.57	632.73	184.87	67200.00	876.94	379.64	110.92	386.38
9	2-615	截面（$3\times185+2\times95$）mm^2 铜芯电力电缆敷设	100m	0.350	69500.00	800.66	410.78	132.29	24325.00	280.23	143.77	46.30	90.16
10	2-1058	镀锌钢管公称口径 50	100m	0.400	2390.00	861.57	446.89	359.76	956.00	344.63	178.76	143.90	21.97
11	2-1056	镀锌钢管公称口径 32	100m	0.500	1600.00	659.44	342.93	275.68	800.00	329.73	171.47	137.84	20.42
12	2-1239	$4mm^2$ 铜芯塑线照明管内穿线	100m	60.00	50.00	26.76	16.10	10.66	3000.00	1605.60	966.00	639.60	—
13	2-1245	$25mm^2$ 铝芯动力管内穿线	100m	28.00	65.00	41.10	29.44	11.66	1820.00	2691.00	1913.60	757.90	—
14	2-32	3000A 油断路器安装	台	10.00	—	613.47	310.04	221.42	—	6134.70	3100.40	2214.20	820.10
15	2-37	1800A SF_6 断路器安装	台	12.00	—	286.33	146.97	131.53	—	3435.96	1763.64	1578.36	93.96
16	2-107	悬式绝缘子串安装	10 串	10.00	600.00	36.33	33.81	2.52	6000.00	363.30	338.10	25.20	—
17	2-458	300kW 电动机检查接线	台	5.00	—	1397.00	404.34	269.18	—	6985.00	2021.70	1345.90	3617.40

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	定额编号	分部分项工程名称	单位	数量	单价/元				合价/元				
					主材设备	子目单价（基价）	其中：		主材设备	子目合价	其中：		
							人工费	材料费			人工费	材料费	机械费
18	2-828	13m 混凝土电杆组立	根	100.00	1200.00	69.20	43.70	3.91	120600.00	6920.00	4370.00	391.00	215.90
19	2-905	1kV 以下交流供电（综合）系统调试	系统	7.000	—	219.37	161.00	4.61	—	1535.59	1127.00	32.48	376.11
20	2-936	1kV 以下母线系统调试	段	4.000	—	166.42	96.60	2.79	—	665.68	386.40	11.16	268.12
21	2-942	系统接地网调试	段	1.000	—	259.27	161.00	4.64	—	259.27	161.00	4.64	93.63
22	2-900	10kV、1800kVA 变压器系统调试	系统	4.000	—	2280.61	1384.60	39.94	—	9122.44	5538.40	159.76	3424.28
65	2-906	负荷隔离开关 10kV 以下交流供电系统调试	系统	4.000	—	557.16	402.50	11.61	—	2228.64	1610.00	46.44	572.20
		工程实体项目合计	—	—	—	—	—	—	2535053.00	85932.48	41076.77	23387.91	21467.80
		电气设备安装工程脚手架搭拆费（3000A 断路器及绝缘子串安装）	—	—	—	—	—	—	—	1643.07	410.77	1232.30	—
		工程实体及技术措施成本总计	—	—	—	—	—	—	2535053.00	87575.55	41487.54	24620.21	21467.80
		电气设备安装工程一类工程取费表	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ZJF	直接及技术措施性成本	—	—	—	—	—	—	—	2622628.55	—	—	—
	ZCF	其中：主材费	—	—	—	—	—	—	—	2535053.00	—	—	—
	QTF	施工组织措施费	—	36.980	—	—	—	—	—	15342.09	—	—	—
	QTR	施工组织措施费中的人工费	—	13.710	—	—	—	—	—	5687.94	—	—	—
	GLF	管理费	—	65.000	—	—	—	—	—	30664.06	—	—	—
	LR	利润	—	24.000	—	—	—	—	—	11322.12	—	—	—
	GDFY	规费	—	0.220	—	—	—	—	—	5895.91	—	—	—
	SJ1	税金	—	3.430	—	—	—	—	—	92124.75	—	—	—
	HJ	合计	—	—	—	—	—	—	—	2777977.48	—	—	—

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-27 油浸电力变压器安装基价表

工作内容：开箱、检查、本体就位、器身检查、套管、油枕及散热器清洗、油柱试验、风扇油泵电动机解体检查接线、附件安装、垫铁止轮器制作、安装、补充注油及安装后整体密封试验、接地、补漆、配合电气试验。

（单位：组）

项目编号					2-1	2-2	2-3	2-4
项目名称					10kV/容量（kVA 以下）			
					250	500	1000	2000
综合基价/元					810.06	973.33	1481.92	1857.74
其中	基价/元				660.12	779.58	1146.63	1421.87
	其中	人工费/元			205.39	265.42	459.31	597.08
		材料费/元			144.53	178.99	237.04	291.75
		机械费/元			310.20	335.17	450.28	533.04
	综合费用/元				149.94	193.75	335.29	435.87
名称			单位	单价/元	数量			
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	8.930	11.540	19.970	25.960
材料	EA1－2001	变压器油	kg	6.90	7.000	10.000	13.000	16.000
	ZE1－0497	乙炔气	kg	12.80	—	—	0.340	0.340
	EB1－0109	氧气	m^3	3.00	—	—	0.800	0.800
	ZD1－0009	棉纱头	kg	4.70	0.400	0.500	0.600	0.800
	IE2－0043	铁砂布 0#～2#	张	0.50	0.250	0.500	0.500	0.500
	BK5－0024	塑料布聚乙烯 0.05	m^2	0.50	1.500	1.500	3.000	3.000
	CA1－0004	电焊条结 422ϕ3.2	kg	3.15	0.300	0.300	0.300	0.400
	EA1D0062	汽油 70#	kg	3.20	0.300	0.400	0.600	1.200
	IF2－2007	镀锌铁丝 8#～12#	kg	2.67	1.000	1.000	1.000	2.500
	ZC1－0009	白布	m	2.00	0.450	0.450	0.540	0.630
	ZE1－0193	滤油纸 300×300	张	0.46	20.000	30.000	50.000	70.000
	DQ1 C0005	调和漆	kg	15.00	1.000	1.200	1.800	2.500
	DQ1 C0008	防锈漆 C53－1	kg	13.00	0.600	0.900	1.300	1.600
	QD9－0066	钢板垫板	kg	4.12	5.000	5.000	6.000	6.000
	DC1 C0001	酚醛磁漆（各种颜色）	kg	17.00	0.200	0.200	0.200	0.300
	EA1－0070	电力复合酯一级	kg	20.00	0.050	0.050	0.050	0.050
	ZE1－0668	白纱带 20mm×20m	卷	2.69	1.000	1.500	1.500	2.000
	AC1－0026	镀锌扁钢－40×4	kg	2.37	4.500	4.500	4.500	4.500
	ZE1－0262	青壳纸 t0.1－1	kg	20.89	0.150	0.150	0.200	0.200
	IA1－0152	镀锌精制带帽螺栓 M18×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	35.39	0.410	0.410	0.410	0.410
机械	00003017	汽车式起重机 5t	台班	359.85	0.600	0.640	0.200	0.260
	00003018	汽车式起重机 8t	台班	506.74	—	—	0.500	0.510
	00004005	载重汽车 5t	台班	264.40	0.100	0.140	0.160	—
	00004007	载重汽车 8t	台班	362.30	—	—	—	0.190
	00009001	交流电焊机 21kVA	台班	78.32	0.300	0.300	0.300	0.300
	00012072	滤油机	台班	59.14	0.750	0.750	1.000	1.500
综合费用	90010001	费用	元	—	108.860	140.670	243.430	316.450
	90010002	利润	元	—	41.080	53.080	91.860	119.420

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编号			2-5	2-6	2-7
项目名称			10kV/容量（kVA 以下）		
			4000	8000	10000
综合基价/元			3004.97	5355.88	6145.85
其中	基价/元		2215.67	4196.02	4753.79
	其中	人工费/元	1081.23	1588.84	1906.93
		材料费/元	436.29	1265.32	1384.17
		机械费/元	698.15	1341.86	1462.69
	综合费用/元		789.30	1159.86	1392.06

名称			单位	单价/元	数量		
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	47.010	69.080	82.910
材料	EA1－2001	变压器油	kg	6.90	30.000	50.000	60.000
	ZE1－0497	乙炔气	kg	12.80	0.520	0.650	0.700
	EB1－0109	氧气	m^3	3.00	1.200	1.500	1.600
	ZD1－0009	棉纱头	kg	4.70	1.200	1.500	1.500
	IE2－0043	铁砂布 0#～2#	张	0.50	0.750	0.750	1.000
	BK5－0024	塑料布聚乙烯 0.05	m^2	0.50	6.000	6.000	7.000
	CA1－0004	电焊条结 422ϕ3.2	kg	3.15	0.400	0.400	0.500
	EA1D0062	汽油 70#	kg	3.20	1.500	3.000	3.600
	IF2－2007	镀锌铁丝 8#～12#	kg	2.67	2.500	4.000	4.000
	ZC1－0009	白布	m	2.00	0.900	1.080	1.300
	ZE1－0193	滤油纸 300×300	张	0.46	100.000	140.000	170.000
	EA1－0023	黄干油	kg	8.70	—	—	1.500
	DQ1 C0005	调和漆	kg	15.00	3.000	6.000	6.500
	DQ1 C0008	防锈漆 C53－1	kg	13.00	2.200	4.800	5.000
	QQ9－0066	钢板垫板	kg	4.12	8.000	8.000	9.000
	IE1－0215	钢锯条	根	0.31	—	—	2.000
	DC1 C0001	酚醛磁漆（各种颜色）	kg	17.00	0.300	0.400	0.400
	EA1－0070	电力复合酯一级	kg	20.00	0.050	0.050	0.050
	ZE1－2201	枕木 2500×200×160	根	76.00	—	4.800	4.800
	ZE1－0668	白纱带 20mm×20m	卷	2.69	2.000	2.500	2.500
	BM1－0032	橡胶垫 t0.8	m^2	13.00	—	—	0.050
	AC1－0026	镀锌扁钢－40×4	kg	2.37	4.500	4.500	5.000
	ZE1－0262	青壳纸 t0.1－1	kg	20.89	0.300	0.400	0.500
	BA3－0123	木材（方材、板材）	m^3	1764.00	—	0.090	0.090
	IA1－0152	镀锌精制带帽螺栓 M18×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	35.39	0.410	0.410	0.410
	IA2－0057	扒钉	kg	5.20	—	10.00	10.000
机械	00003017	汽车式起重机 5t	台班	359.85	0.480	1.400	1.600
	00003018	汽车式起重机 8t	台班	506.74	0.520	1.000	1.000
	00004005	载重汽车 5t	台班	264.40	—	0.200	0.200
	00004007	载重汽车 8t	台班	362.30	0.250	—	—
	00009001	交流电焊机 21kVA	台班	78.32	0.300	0.300	0.350
	00005009	卷扬机（单筒慢速）3t	台班	67.61	—	0.500	0.500
	00012072	滤油机	台班	59.14	2.500	3.500	4.200
	00012013	液压千斤顶 100t	台班	7.08	—	2.000	2.500
综合费用	90010001	费用	元	—	573.050	842.090	1010.670
	90010002	利润	元	—	216.250	317.770	381.390

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-28 干式变压器安装基价表

工作内容：开箱、检查、本体就位、垫铁及止轮器制作、安装、附件安装、接地、补漆、配合电气试验。

（单位：台）

项目编号					2-8	2-9	2-10	2-11
项目名称					容量（kVA 以下）			
					100	250	500	800
综合基价/元					467.13	503.87	629.90	742.56
其中	基价/元				345.91	367.37	447.39	525.13
	其中	人工费/元			166.06	186.99	250.01	297.85
		材料费/元			93.93	94.46	98.97	110.15
		机械费/元			85.92	85.92	98.41	117.13
	综合费用/元				121.22	136.50	182.51	217.43
名称			单位	单价/元	数量			
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	7.220	8.130	10.870	12.950
材料	ZD1－0009	棉纱头	kg	4.70	0.500	0.500	0.500	0.500
	ZE1－0047	破布	kg	2.70	—	—	0.100	0.100
	IE2－0043	铁砂布 0#～2#	张	0.50	—	—	2.000	2.000
	BK5－0024	塑料布聚乙烯 0.05	m^2	0.50	2.000	2.000	2.000	2.000
	CA1－0004	电焊条结 422ϕ3.2	kg	3.15	0.300	0.300	0.300	0.300
	EA1D0062	汽油 70#	kg	3.20	0.300	0.300	0.500	1.000
	IF2－2007	镀锌铁丝 8#～12#	kg	2.67	0.800	1.000	1.000	1.500
	DQ1 C0005	调和漆	kg	15.00	2.500	2.500	2.500	2.500
	DQ1 C0008	防锈漆 C53-1	kg	13.00	0.300	0.300	0.500	0.500
	QD9－0066	钢板垫板	kg	4.12	4.000	4.000	4.000	6.000
	IE1－0215	钢锯条	根	0.31	1.000	1.000	1.000	1.000
	EA1－0070	电力复合酯一级	kg	20.00	0.050	0.050	0.050	0.050
	AC1－0026	镀锌扁钢－40×4	kg	2.37	4.500	4.500	4.500	4.500
	IA1－0153	镀锌精制带帽螺栓 M20×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	40.69	0.410	0.410	0.410	0.410
机械	00003017	汽车式起重机 5t	台班	359.85	0.100	0.100	0.120	0.150
	00004005	载重汽车 5t	台班	264.40	0.100	0.100	0.120	0.150
	00009001	交流电焊机 21kVA	台班	78.32	0.300	0.300	0.300	0.300
综合费用	90010001	费用	元	—	88.010	99.100	132.510	157.860
	90010002	利润	元	—	33.210	37.400	50.000	59.570

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编号					2-12	2-13	2-14
项目名称					容量（kVA 以下）		
					1000	2000	2500
综合基价/元					1001.82	1159.89	1344.91
其中	基价/元				761.22	873.45	999.88
	其中	人工费/元			329.59	392.38	472.65
		材料费/元			125.73	131.13	133.84
		机械费/元			305.90	349.94	393.39
	综合费用/元				240.60	286.44	345.03
名称			单位	单价/元	数量		
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	14.330	17.060	20.550
材料	ZD1－0009	棉纱头	kg	4.70	0.500	0.500	0.500
	ZE1－0047	破布	kg	2.70	0.100	0.100	0.100
	IE2－0043	铁砂布 0#～2#	张	0.50	2.000	2.000	2.000
	BK5－0024	塑料布聚乙烯 0.05	m^2	0.50	2.500	2.500	3.000
	CA1－0004	电焊条结 422ϕ3.2	kg	3.15	0.300	0.300	0.300
	EA1D0062	汽油 70#	kg	3.20	1.000	1.500	1.500
	IF2－2007	镀锌铁丝 8#～12#	kg	2.67	2.000	2.650	2.800
	DQ1 C0005	调和漆	kg	15.00	3.000	3.000	3.000
	DQ1 C0008	防锈漆 C53-1	kg	13.00	1.000	1.000	1.000
	QD9－0066	钢板垫板	kg	4.12	6.000	6.500	7.000
	IE1－0215	钢锯条	根	0.31	1.000	1.000	1.000
	EA1－0070	电力复合酯一级	kg	20.00	0.050	0.050	0.050
	AC1－0026	镀锌扁钢－40×4	kg	2.37	4.500	4.500	4.500
	IA1－0153	镀锌精制带帽螺栓 M20×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	40.69	0.410	0.410	0.410
机械	00003018	汽车式起重机 8t	台班	506.74	0.400	0.450	0.500
	00004007	载重汽车 8t	台班	362.30	0.220	0.250	0.300
	00009001	交流电焊机 21kVA	台班	78.32	0.300	0.400	0.400
综合费用	90010001	费用	元	—	174.680	207.960	250.500
	90010002	利润	元	—	69.920	78.480	94.530

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-29 油断路器安装基价表

工作内容：开箱、解体检查、组合、安装及调整、传动装置安装调整、动作检查、消弧室干燥、注油、接地。

（单位：台）

项目编号					2-31	2-32	2-33	2-34
项目名称					油断路器（电流 A 以下）			
					1000	3000	8000	12000
综合基价/元					369.92	839.80	1968.02	2310.47
其中	基价/元				262.13	613.47	1434.94	1677.49
	其中	人工费/元			147.66	310.04	730.25	867.10
		材料费/元			62.13	221.42	578.99	662.04
		机械费/元			52.34	82.01	125.70	148.35
	综合费用/元				107.79	226.33	533.08	632.98
名称			单位	单价/元	数量			
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	6.420	13.480	31.750	37.700
材料	EA1－2001	变压器油	kg	6.90	2.000	4.000	6.000	8.000
	ZD1－0009	棉纱头	kg	4.70	0.250	0.350	0.500	0.650
	IE2－0043	铁砂布 0#～2#	张	0.50	2.000	2.000	2.000	3.000
	CA1－0004	电焊条结 422φ3.2	kg	3.15	0.220	0.550	0.550	0.650
	EA1D0062	汽油 70#	kg	3.20	0.500	0.800	1.500	2.000
	IF2－2007	镀锌铁丝 8#～12#	kg	2.67	1.300	1.500	2.000	2.500
	OZ2－0002	钢管 φ25	kg	2.48	—	5.000	24.000	36.000
	DQ1 C0005	调和漆	kg	15.00	0.100	0.350	0.750	0.850
	DQ1 C0008	防锈漆 C53-1	kg	13.00	0.100	0.350	0.750	0.850
	QD9－0066	钢板垫板	kg	4.12	1.000	21.000	69.000	75.000
	IE1－0215	钢锯条	根	0.31	1.000	2.000	2.000	3.000
	CZ1－0011	焊锡丝	kg	54.10	0.140	0.250	0.400	0.500
	CZ1－0003	焊锡膏瓶装 50g	kg	35.55	0.030	0.050	0.080	0.100
	EA1－0070	电力复合酯一级	kg	20.00	0.050	0.100	0.120	0.150
	EA1－0053	液压油	kg	4.80	0.800	1.000	1.100	1.200
	AC1－0024	镀锌扁钢－25×4	kg	2.37	2.500	2.500	2.500	2.500
	IA1－0144	镀锌精制带帽螺栓 M12×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	13.36	0.410	—	—	—
	IA1－0148	镀锌精制带帽螺栓 M16×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	20.18	0.410	—	—	—
	IA1－0154	镀锌精制带帽螺栓 M20×200 以内 2 平 1 弹垫	10 套	45.00	—	0.410	—	—
	IA1－0155	镀锌精制带帽螺栓 M22×250 以内 2 平 1 弹垫	10 套	66.00	—	0.410	0.410	0.410
	IA1－0156	镀锌精制带帽螺栓 M24×300 以内 2 平 1 弹垫	10 套	90.00	—	—	1.020	1.020
机械	00003017	汽车式起重机 5t	台班	359.85	0.060	0.100	0.170	0.200
	00009001	交流电焊机 21kVA	台班	78.32	0.190	0.250	0.250	0.300
	00004005	载重汽车 5t	台班	264.40	0.060	0.100	0.170	0.200
综合费用	90010001	费用	元	—	78.260	164.320	387.030	459.560
	90010002	利润	元	—	29.530	62.010	146.050	173.420

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-30　真空断路器、SF_6 断路器安装基价表

工作内容：开箱、解体检查、组合、安装及调整、传动装置安装调整、动作检查、消弧室干燥、注油、接地。

（单位：台）

项目编号					2-35	2-36	2-37	2-38
项目名称					真空断路器（A 以下）		SF_6 断路器（A 以下）	
					2000	4000	2000	4000
综合基价/元					269.71	414.81	393.61	596.87
其中	基价/元				177.19	295.43	286.33	459.02
	其中	人工费/元			126.73	163.53	146.97	188.83
		材料费/元			42.63	57.73	131.53	196.02
		机械费/元			7.83	74.17	7.83	74.17
	综合费用/元				92.52	119.38	107.28	137.85
名称			单位	单价/元	数量			
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	5.510	7.110	6.390	8.210
材料	ZD1－0009	棉纱头	kg	4.70	0.200	0.250	0.200	0.250
	IE2－0043	铁砂布 0#～2#	张	0.50	2.000	2.000	2.000	2.000
	CA1－0004	电焊条结 422ϕ3.2	kg	3.15	0.100	0.150	0.100	0.150
	EA1D0062	汽油 70#	kg	3.20	0.300	0.400	0.300	0.400
	IF2－2007	镀锌铁丝 8#～12#	kg	2.67	1.300	2.000	1.300	2.000
	DQ1 C0005	调和漆	kg	15.00	0.120	0.180	0.120	0.180
	DQ1 C0008	防锈漆 C53-1	kg	13.00	0.120	0.180	0.120	0.180
	QD9－0066	钢板垫板	kg	4.12	1.000	2.000	1.000	2.000
	IE1－0215	钢锯条	根	0.31	2.000	2.000	2.000	2.000
	CZ1－0011	焊锡丝	kg	54.10	0.200	0.300	0.200	0.300
	CZ1－0003	焊锡膏瓶装 50g	kg	35.55	0.040	0.060	0.040	0.060
	EA1－0070	电力复合酯一级	kg	20.00	0.070	0.100	0.070	0.100
	AC1－0024	镀锌扁钢－25×4	kg	2.37	2.500	2.500	2.500	2.500
	IA1－0148	镀锌精制带帽螺栓 M16×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	20.18	0.410	0.410	0.410	0.410
	EB9－0013	六氟化硫	kg	49.39	—	—	1.800	2.800
机械	00003017	汽车式起重机 5t	台班	359.85	—	0.100	—	0.100
	00009001	交流电焊机 21kVA	台班	78.32	0.100	0.150	0.100	0.150
	00004005	载重汽车 5t	台班	264.40	—	0.100	—	0.100
综合费用	90010001	费用	元	—	67.170	86.670	77.890	100.080
	90010002	利润	元	—	25.350	32.710	29.390	37.770

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-31 高压成套配电柜安装基价表

工作内容：开箱、检查、安装固定、放注油、导电接触面的检查调整、附件的拆装、接地。

（单位：台）

项目编号					2-92	2-93	2-94	2-95	2-96	2-97	2-98
项目名称					单母线柜				双母线柜		
					断路器柜	互感器柜	电容器柜其他柜	母线桥（组）	断路器柜	互感器柜	电容器柜其他柜
综合基价/元					447.32	355.04	246.58	228.88	540.60	453.13	307.72
其中	基价/元				307.12	243.72	180.77	179.35	370.01	315.45	230.99
	其中	人工费/元			192.05	152.49	90.16	67.85	233.68	188.60	105.11
		材料费/元			36.34	27.63	27.01	32.77	40.57	31.09	30.12
		机械费/元			78.73	63.60	63.60	78.73	95.76	95.76	95.76
	综合费用/元				140.20	111.32	65.81	49.53	170.59	137.68	76.73
名称			单位	单价/元	数量						
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	8.350	6.630	3.920	2.950	10.160	8.200	4.570
材料	EA1－2001	变压器油	kg	6.90	0.430	0.200	0.200	—	0.570	0.200	0.200
	ZD1－0009	棉纱头	kg	4.70	0.200	0.200	0.100	0.200	0.200	0.200	0.100
	IE2－0043	铁砂布 0#～2#	张	0.50	0.500	0.500	0.200	0.500	1.000	1.000	0.400
	CA1－0004	电焊条结 422φ3.2	kg	3.15	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
	EA1D0062	汽油 70#	kg	3.20	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	ZC1－0009	白布	m	2.00	0.300	0.300	0.300	—	0.200	0.300	0.200
	DQ1C0005	调和漆	kg	15.00	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
	DQ1C0008	防锈漆 C53-1	kg	13.00	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
	QD9－0066	钢板垫板	kg	4.12	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
	IE1－0215	钢锯条	根	0.31	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000
	CZ1－0011	焊锡丝	kg	54.10	0.250	0.150	0.150	0.250	0.300	0.200	0.200
	CZ1－0003	焊锡膏瓶装 50g	kg	35.55	0.050	0.030	0.030	0.050	0.060	0.040	0.040
	EA1－0070	电力复合酯一级	kg	20.00	0.100	0.050	0.050	0.100	0.100	0.050	0.050
	IA1－0144	镀锌精制带帽螺栓 M12×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	13.36	0.610	0.610	0.610	0.610	0.610	0.610	0.610
机械	00003017	汽车式起重机 5t	台班	359.85	0.120	0.100	0.100	0.120	0.160	0.160	0.160
	00009001	交流电焊机 21kVA	台班	78.32	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
	00004005	载重汽车 5t	台班	264.40	0.090	0.060	0.060	0.090	0.100	0.100	0.100
综合费用	90010001	费用	元	—	101.790	80.820	47.780	35.960	123.850	99.960	55.710
	90010002	利润	元	—	38.410	30.500	18.030	13.570	46.740	37.720	21.020

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-32　绝缘子安装基价表

工作内容：开箱、检查、清扫、绝缘摇测、组合安装、固定、接地、刷漆。

（单位：10 串/10 个）

项目编号					2-107	2-108	2-109	2-110	2-111	2-112	2-113
项目名称					10kV 以下						
					悬式绝缘子串	户内式支持绝缘子			户外式支持绝缘子		
						1 孔	2 孔	4 孔	1 孔	2 孔	4 孔
综合基价/元					61.01	86.45	154.73	212.70	90.60	147.08	197.09
其中	基价/元				36.33	74.70	122.50	170.55	82.71	122.56	165.02
	其中	人工费/元			33.81	16.10	44.16	57.73	10.81	33.58	43.93
		材料费/元			2.52	46.85	66.59	101.07	56.24	73.32	105.43
		机械费/元			—	11.75	11.75	11.75	15.66	15.66	15.66
	综合费用/元				24.68	11.75	32.23	42.15	7.89	24.52	32.07
名称			单位	单价/元	数量						
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	1.470	0.700	1.920	2.510	0.470	1.460	1.910
材料	ZD1－0009	棉纱头	kg	4.70	0.400	—	—	—	0.100	0.300	0.300
	ZE1－0047	破布	kg	2.70	—	0.100	0.200	0.300	—	—	—
	CA1－0004	电焊条结 422ϕ3.2	kg	3.15	—	0.280	0.280	0.280	0.200	0.300	0.300
	EA1D0062	汽油 70#	kg	3.20	0.200	0.100	0.200	0.200	0.100	0.150	0.200
	DQ1C0005	调和漆	kg	15.00	—	0.030	0.030	0.030	0.120	0.120	0.120
	AC1－0026	镀锌扁钢－40×4	kg	2.37	—	12.600	12.600	12.600	15.500	15.500	15.500
	IA1－0144	镀锌精制带帽螺栓 M12×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	13.36	—	1.020	—	—	—	—	—
	IA1－0147	镀锌精制带帽螺栓 M14×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	15.36	—	—	2.040	4.080	1.020	2.040	4.120
	ID1－0030	合金钢钻头 ϕ16	个	7.20	—	0.200	0.400	0.800	—	—	—
	IE1－0215	钢锯条	根	0.31	—	—	—	—	2.000	2.000	2.000
机械	00009001	交流电焊机 21kVA	台班	78.32	—	0.150	0.150	0.150	0.200	0.200	0.200
综合费用	90010001	费用	元	—	17.920	8.530	23.400	30.600	5.730	17.800	23.280
	90010002	利润	元	—	6.760	3.220	8.830	11.550	2.160	6.720	8.790

注：主要材料为绝缘子、金具、线夹。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-33 基础槽钢、角钢安装基价表

工作内容：平直、下料、钻孔、安装、接地、油漆。

（单位：10m）

项目编号			2-356	2-357
项目名称			槽钢	角钢
综合基价/元			114.04	90.41
其中	基价/元		83.65	68.41
	其中	人工费/元	41.63	30.13
		材料费/元	21.66	19.48
		机械费/元	20.36	18.80
	综合费用/元		30.39	22.00

名称			单位	单价/元	数量	
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	1.810	1.310
材料	AC9W0006	型钢	m	—	(10.500)	(10.050)
	AA1C3006	圆钢 ϕ5.5－9	kg	2.14	4.110	4.110
	CA1－0004	电焊条结 422ϕ3.2	kg	3.15	0.660	0.550
	DQ1C0005	调和漆	kg	15.00	0.100	0.100
	IE1－0215	钢锯条	根	0.31	4.000	2.000
	AB1－3042	普通钢板 t2.0－2.5	kg	2.43	1.000	0.500
	AC1－0026	镀锌扁钢－40×4	kg	2.37	2.370	2.370
机械	00009001	交流电焊机 21kVA	台班	78.32	0.260	0.240
综合费用	90010001	费用	元	—	22.060	15.970
	90010002	利润	元	—	8.330	6.030

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-34　铁构件制作、安装及箱、盒制作基价表

工作内容：制作、平直、划线、下料、钻孔、组对、焊接、刷油（喷漆）、安装、补刷油。

（单位：100kg）

项目编号					2-358	2-359	2-360	2-361
项目名称					一般铁构件		轻型铁构件	
					制作	安装	制作	安装
综合基价/元					589.00	324.98	731.29	375.29
其中	基价/元				421.77	218.36	518.56	251.22
	其中	人工费/元			229.08	146.05	291.41	169.97
		材料费/元			117.46	18.45	120.19	18.59
		机械费/元			75.23	53.86	106.96	62.66
	综合费用/元				167.23	106.62	212.73	124.07
名称			单位	单价/元	数量			
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	9.960	6.350	12.670	7.390
材料	JA1W0101	圆钢 ϕ10～14	kg	—	(8.000)	—	—	—
	AB1W0064	普通钢板 t1.0～1.5	kg	—	—	—	(104.000)	—
	AC1W0013	扁钢－25×4	kg	—	(22.000)	—	—	—
	AC4W0108	角钢（综合）	kg	—	(75.000)	—	—	(4.600)
	CA1－0004	电焊条结 422ϕ3.2	kg	3.15	1.400	1.800	1.200	0.600
	ZE1－0047	破布	kg	2.70	0.200	0.200	0.350	0.200
	IE2－0043	铁砂布 0#～2#	张	0.50	5.000	—	3.000	—
	IA1－0142	镀锌精制带帽螺栓 M10×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	8.19	6.300	0.580	1.820	0.900
	EA1－0083	溶剂汽油 200#	kg	2.78	0.440	0.100	0.750	0.100
	DQ1C0005	调和漆	kg	15.00	1.400	0.200	2.400	0.200
	DQ1C0008	防锈漆 C53－1	kg	13.00	1.770	0.300	3.000	0.400
	IE1－0215	钢锯条	根	0.31	2.000	1.000	2.000	1.000
	EB1－0095	松香水	kg	4.20	0.500	—	0.850	—
	ZE1－0269	清油 C01－1	kg	17.44	0.600	—	1.020	—
机械	00010011	电动空气压缩机 0.6m^3/min	台班	60.10	—	—	0.400	—
	00013034	扳边机 2×1500	台班	23.09	—	—	0.250	—
	00009001	交流电焊机 21kVA	台班	78.32	0.740	0.670	0.650	0.800
	00007067	冲剪机 16	台班	131.20	0.100	—	0.200	—
	00013138	台式砂轮机 ϕ250	台班	13.85	0.300	0.100	—	—
综合费用	90010001	费用	元	—	121.410	77.410	154.450	90.080
	90010002	利润	元	—	45.820	29.210	58.280	33.990

注：主要材料：铁构件制作用钢材，网门、保护网框架钢材，门锁、把手。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编号			2-362	2-363	2-364
项目名称			箱盒制作	网门、保护网制作、安装/m^2	二次喷漆/m^2
综合基价/元			1160.76	123.46	55.11
其中	基价/元		802.47	88.37	43.02
	其中	人工费/元	490.82	48.07	16.56
		材料费/元	150.70	19.37	14.44
		机械费/元	160.95	20.93	12.02
	综合费用/元		358.29	35.09	12.09

名称			单位	单价/元	数量		
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	21.340	2.090	0.720
材料	AB1W0064	普通钢板 t1.0～1.5	kg	—	(104.000)	—	—
	AC4W0108	角钢（综合）	kg	—	(4.600)	(31.000)	—
	IF2－2007	镀锌铁丝 8#～12#	kg	2.67	—	0.200	—
	IF1－0203	镀锌铁丝网 20×20×1.6	m^2	6.10	—	1.100	—
	CA1－0004	电焊条结 422ϕ3.2	kg	3.15	1.500	0.060	—
	ZE1－0047	破布	kg	2.70	0.400	0.200	0.200
	IE2－0043	铁砂布 0#～2#	张	0.50	3.000	3.000	3.000
	IA1－0142	镀锌精制带帽螺栓 M10×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	8.19	1.820	—	—
	AM1C0055	紫铜皮（各种规格）	kg	40.00	—	0.070	—
	EA1－0083	溶剂汽油 200#	kg	2.78	0.300	—	—
	DQ1C0005	调和漆	kg	15.00	—	0.100	—
	ZE1－0148	铰链	副	1.20	—	2.000	—
	DQ1C0008	防锈漆 C53-1	kg	13.00	3.600	0.100	0.200
	IE1－0215	钢锯条	根	0.31	2.000	0.500	—
	DA1－0051	香蕉水	kg	5.00	4.800	—	0.700
	ZE1－0269	清油 C01－1	kg	17.44	—	0.100	—
	DQ1－0034	喷漆	kg	18.00	3.100	—	0.350
	CA1－2000	石膏粉特制	kg	0.60	0.720	—	—
机械	00000011	电动空气压缩机 0.6m^3/min	台班	60.10	0.600	0.200	0.200
	00003034	扳边机 2×1500	台班	23.09	0.380	—	—
	00009001	交流电焊机 21kVA	台班	78.32	0.980	0.030	—
	00007067	冲剪机 16	台班	131.20	0.300	0.050	—
综合费用	90010001	费用	元	—	260.130	25.480	8.780
	90010002	利润	元	—	98.160	9.610	3.310

注：主要材料：铁构件制作用钢材，网门、保护网框架钢材，门锁、把手。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-35　大中型电机检查接线基价表

工作内容：检查定子、转子、吹扫、调整和研磨电刷、测量空气间隙、用机械盘车检查电机转动情况、接线、接地、空载试运转。

（单位：台）

项目编号					2-457	2-458	2-459	2-460	2-461
项目名称					中型电机检查接线（重量 t/台以下）				大型电机检查接线（平均每吨）
					5	10	20	30	
综合基价/元					998.97	1692.17	2645.76	3576.16	109.69
其中	基价/元				790.60	1397.00	2216.78	3015.37	93.74
	其中	人工费/元			285.43	404.34	587.65	768.20	21.85
		材料费/元			139.51	269.18	547.82	808.04	28.17
		机械费/元			365.66	723.48	1081.31	1439.13	43.72
	综合费用/元				208.37	295.17	428.98	560.79	15.95
名称			单位	单价/元	数量				
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	12.410	17.580	25.550	33.400	0.950
材料	OM7W0254	金属软管活接头 ϕ75	套	—	(2.040)	—	—	—	—
	OM7W0249	金属软管活接头 ϕ100	套	—	—	(2.040)	(4.080)	(6.120)	(0.200)
	OM7W0248	金属软管 ϕ75	m	—	(0.800)	—	—	—	—
	OM7W0243	金属软管 ϕ100	m	—	—	(0.800)	(1.600)	(2.400)	(0.130)
	ZA1－0005	电	kW·h	0.65	105.000	270.000	640.000	1000.000	35.000
	CA1－0004	电焊条结 422ϕ3.2	kg	3.15	0.100	0.100	0.100	0.100	0.010
	CZ1－0011	焊锡丝	kg	54.10	0.400	0.500	0.600	0.700	0.020
	CZ1－0003	焊锡膏瓶装 50g	kg	35.55	0.080	0.100	0.120	0.140	0.010
	EA1－0070	电力复合酯一级	kg	20.00	0.100	0.200	0.250	0.300	0.010
	ZE1－0571	自黏性橡胶带 20mm×5m	卷	2.59	1.000	1.500	2.000	2.500	0.080
	AC1－0026	镀锌扁钢－40×4	kg	2.37	5.000	5.000	5.000	5.000	0.150
	ED1－0170	聚四氟乙烯带 1×30	kg	83.74	0.300	0.420	0.700	0.850	0.030
	ZG1－0001	其他材料费	元	1.00	4.900	7.850	14.130	19.370	0.680
机械	00009001	交流电焊机 21kVA	台班	78.32	0.100	0.100	0.100	0.100	0.010
	00003019	汽车式起重机 10t	台班	655.55	0.500	1.000	1.500	2.000	0.060
	00010011	电动空气压缩机 0.6m^3/min	台班	60.10	0.500	1.000	1.500	2.000	0.060
综合费用	90010001	费用	元	—	151.280	214.300	311.450	407.150	11.580
	90010002	利润	元	—	57.090	80.870	117.530	153.640	4.370

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-36 电杆组立基价表

工作内容：立杆、找正、绑地横木、根部刷油、工器具转移。

（单位：根）

项目编号				2-823	2-824	2-825	2-826	2-827	2-828	2-829
项目名称				木杆（m 以内）			混凝土杆（m 以内）			
				9	11	13	9	11	13	15
综合基价/元				18.72	26.29	35.83	56.10	71.22	101.10	130.54
其中	基价/元			12.51	16.88	22.40	40.15	48.89	69.20	86.22
	其中	人工费/元		8.51	12.88	18.40	21.85	30.59	43.70	60.72
		材料费/元		4.00	4.00	4.00	3.91	3.91	3.91	3.91
		机械费/元		—	—	—	14.39	14.39	21.59	21.59
	综合费用/元			6.21	9.41	13.43	15.95	22.33	31.90	44.32
名称			单位	单价/元	数量					
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	0.370	0.560	0.800	0.950	1.330	1.900	2.640
材料	IF2－2007	镀锌铁丝 8#～12#	kg	2.67	1.015	1.015	1.015	—	—	—	—
	DC1C0001	酚醛磁漆(各种颜色)	kg	17.00	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
	FA1－0007	石油沥青 10#	kg	1.46	0.500	0.500	0.500	—	—	—	—
	BA3－0123	木材（方材、板材）	m^3	1764.00	—	—	—	0.002	0.002	0.002	0.002
	ZG1－0001	其他材料费	元	1.00	0.220	0.220	0.220	0.040	0.040	0.040	0.040
机械	00003017	汽车式起重机 5t	台班	359.85	—	—	—	0.040	0.040	0.060	0.060
综合费用	90010001	费用	元	—	4.510	6.830	9.750	11.580	16.210	23.160	32.180
	90010002	利润	元	—	1.700	2.580	3.680	4.370	6.120	8.740	12.140

注：主要材料：电杆、地横木。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-37　电力变压器系统调试基价表

工作内容：变压器、断路器、互感器、隔离开关、风冷及油循环冷却系统电气装置、常规保护装置等一、二次回路的调试及空投试验。

（单位：系统）

项目编号					2-899	2-900	2-901	2-902	2-903	2-904
项目名称					10kV 以下变压器（容量 kVA 以下）					
					560	2000	4000	8000	20000	40000
综合基价/元					1526.62	3291.37	3802.32	4493.75	5904.46	6997.08
其中	基价/元				1080.01	2280.61	2721.04	3259.68	4223.78	4975.56
	其中	人工费/元			611.80	1384.60	1481.20	1690.50	2302.30	2769.20
		材料费/元			17.65	39.94	42.73	48.76	66.41	79.88
		机械费/元			450.56	856.07	1197.11	1520.42	1855.07	2126.48
	综合费用/元				446.61	1010.76	1081.28	1234.07	1680.68	2021.52
名称			单位	单价/元	数量					
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	26.600	60.200	64.400	73.500	100.100	120.400
材料	ZG1－0008	校验材料费	元	1.00	17.647	39.938	42.725	48.762	66.409	79.877
机械	00836117	高压试验变压器全套装置 YDJ	台班	131.95	0.700	1.400	2.100	2.800	3.500	4.200
	00836115	轻型试验变压器 TSB	台班	18.39	0.700	1.400	2.100	2.800	3.500	4.200
	00801089	直流高压发生器 ZGF－200	台班	26.35	0.700	1.400	2.100	2.800	3.500	4.200
	00836112	电压、电流互感升流器 HJ－12E	台班	25.05	1.050	2.100	2.800	3.500	4.200	4.900
	00836087	高压绝缘电阻测试仪 3124	台班	29.27	0.700	1.400	2.100	2.800	3.500	4.200
	00840003	变比自动测量仪 AOJ－2	台班	8.03	1.050	2.100	2.800	3.500	4.200	4.900
	00836138	数字高压表 GYB－Ⅱ	台班	4.30	0.700	2.100	2.800	3.500	4.200	4.900
	00836118	高压整流硅堆、滤波器	台班	7.47	1.050	2.100	2.800	3.500	4.200	4.900
	00836156	数字毫秒计 DM3－802H	台班	5.10	1.050	3.500	2.800	3.500	4.200	4.900
	00836150	电能校验仪 ST9040	台班	36.68	1.050	2.100	2.800	3.500	4.200	4.900
	00807016	相位频率计 704－3	台班	9.31	1.050	2.100	2.100	2.800	2.800	2.800
	00836063	继电器检验仪 RLC－50	台班	10.63	1.050	2.100	2.800	3.500	4.700	4.900
	00803012	数字万用表 F－87	台班	4.05	1.050	2.450	2.800	3.500	4.200	4.900
	00836119	变压器直流电阻测试仪 JD2520	台班	37.21	1.050	2.100	3.500	4.200	4.900	5.600
	00836022	电压电流表（各种量程）	台班	15.10	1.050	2.450	2.800	3.500	4.900	4.900
	00836060	继电保护测试仪 JBC	台班	22.47	0.700	2.450	2.800	3.500	4.900	4.900
	00806017	精密电桥 YY2814	台班	13.40	0.700	2.100	3.500	4.900	6.300	7.700
	00808001	光导介损测量仪	台班	24.05	0.700	1.400	3.500	2.800	3.500	4.200
	00836155	真空断路器测试仪 VIDAR	台班	135.53	0.700	0.700	0.700	1.050	1.050	1.050
综合费用	90010001	费用	元	—	324.250	733.840	785.040	895.970	1220.220	1467.680
	90010002	利润	元	—	122.360	276.920	296.240	338.100	460.460	553.840

注：不包括避雷器、自动装置、特殊保护装置和接地装置的调试。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-38 送配电装置系统调试基价表

工作内容：自动开关或断路器、隔离开关、常规保护装置、电测量仪表、电力电缆等一、二次回路系统的调试。

（单位：系统）

项目编号					2-905	2-906	2-907	2-908	2-909	2-910
项目名称					1kV 以下交流供电	10kV 以下交流供电			直流供电（V 以下）	
					（综合）	负荷隔离开关	断路器	带电抗路	500	1650
综合基价/元					336.90	850.99	1488.60	1697.62	308.13	666.12
其中	基价/元				219.37	557.16	1018.48	1156.98	214.11	454.57
	其中	人工费/元			161.00	402.50	644.00	740.60	128.80	289.80
		材料费/元			4.64	11.61	18.58	21.36	3.72	8.36
		机械费/元			53.73	143.05	355.90	395.02	81.59	156.41
	综合费用/元				117.53	293.83	470.12	540.64	94.02	211.55
名称			单位	单价/元	数量					
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	7.000	17.500	28.000	32.200	5.600	12.600
材料	ZG1－0008	校验材料费	元	1.00	4.644	11.610	18.576	21.362	3.715	8.359
机械	00836115	轻型试验变压器 TSB	台班	18.39	—	0.700	1.050	1.400	—	—
	00801089	直流高压发生器 ZGF－200	台班	26.35	—	0.700	1.050	1.400	—	0.700
	00836112	电压、电流互感升流器 HJ－12E	台班	25.05	0.700	—	1.050	1.400	—	—
	00836087	高压绝缘电阻测试仪 3124	台班	29.27	—	0.700	0.700	0.700	—	0.700
	00836138	数字高压表 GYB－Ⅱ	台班	4.30	—	0.700	1.050	1.400	—	0.700
	00836118	高压整流硅堆、滤波器	台班	7.47	—	0.700	1.050	1.400	—	—
	00836150	电能校验仪 ST9040	台班	36.68	0.700	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
	00803012	数字万用表 F－87	台班	4.05	1.400	1.400	1.400	1.400	1.050	1.400
	00836022	电压电流表（各种量程）	台班	15.10	—	1.400	1.400	2.100	1.400	1.400
	00836060	继电保护测试仪 JBC	台班	22.47	—	—	1.400	1.400	—	1.400
	00806017	精密电桥 YY2814	台班	13.40	—	—	1.400	1.400	—	—
	00808001	光导介损测量仪	台班	24.05	—	—	0.700	0.700	—	—
	00836155	真空断路器测试仪 VIDAR	台班	135.53	—	—	0.700	0.700	—	—
	00832001	电缆测试仪 JH5132	台班	6.92	0.700	0.700	1.400	1.400	0.700	0.700
综合费用	90010001	费用	元	—	85.330	213.330	341.320	392.520	68.260	153.590
	90010002	利润	元	—	32.200	80.500	128.800	148.120	25.760	57.960

注：1. 不包括特殊保护装置的调试。

2. 当断路器为六氟化硫断路器时，基价乘以系数 1.3。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-39　钢管敷设基价表

工作内容：测位、划线、打眼、埋螺栓、锯管、套丝、揻弯、配管、接地、刷漆。

（单位：100m）

项目编号					2-1053	2-1054	2-1055	2-1056	2-1057	2-1058
项目名称					钢管公称口径（mm 以内）					
					15	20	25	32	40	50
综合基价/元					747.33	794.99	844.84	909.78	1096.83	1187.80
其中	基价/元				554.42	589.65	609.61	659.44	790.08	861.57
	其中	人工费/元			264.27	281.29	322.23	342.93	420.21	446.89
		材料费/元			262.74	280.95	246.55	275.68	314.95	359.76
		机械费/元			27.41	27.41	40.83	40.83	54.92	54.92
	综合费用/元				192.91	205.34	235.23	250.34	306.75	326.23
名称			单位	单价/元	数量					
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	11.490	12.230	14.010	14.910	18.270	19.430
材料	ZK1W0215	钢管（按实际规格）	m	—	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)
	OB1－0031	管接头 5×15	个	0.52	16.480	—	—	—	—	—
	OB1－0032	管接头 5×20	个	1.04	—	16.480	—	—	—	—
	OB1－0033	管接头 6×25	个	1.45	—	—	16.480	—	—	—
	OB1－0034	管接头 6×32	个	2.17	—	—	—	16.480	—	—
	OB1－0035	管接头 7×40	个	2.60	—	—	—	—	16.480	—
	OB1－0036	管接头 7×50	个	3.73	—	—	—	—	—	16.480
	AC4－3214	镀锌锁紧螺母 3×15	个	0.21	15.450	—	—	—	—	—
	AC4－3216	镀锌锁紧螺母 3×20	个	0.26	—	15.450	—	—	—	—
	AC4－3217	镀锌锁紧螺母 3×25	个	0.38	—	—	15.450	—	—	—
	AC4－3218	镀锌锁紧螺母 3×32	个	0.52	—	—	—	15.450	—	—
	AC4－3219	镀锌锁紧螺母 3×40	个	0.75	—	—	—	—	15.450	—
	AC4－3220	镀锌锁紧螺母 3×50	个	1.09	—	—	—	—	—	15.450
	BK5－0039	塑料护口（钢管用）15	个	0.12	15.450	—	—	—	—	—
	BK5－0041	塑料护口（钢管用）20	个	0.12	—	15.450	—	—	—	—
	BK5－0042	塑料护口（钢管用）25	个	0.25	—	—	15.450	—	—	—
	BK5－0043	塑料护口（钢管用）32	个	0.25	—	—	—	15.450	—	—
	BK5－0044	塑料护口（钢管用）40	个	0.50	—	—	—	—	15.450	—
	BK5－0045	塑料护口（钢管用）50	个	0.50	—	—	—	—	—	15.450
	QC7－0147	管卡子（钢管用）15	个	1.34	123.600	—	—	—	—	—
	QC7－0148	管卡子（钢管用）20	个	1.34	—	123.600	—	—	—	—
	QC7－0149	管卡子（钢管用）25	个	1.34	—	—	85.490	—	—	—

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编号					2-1053	2-1054	2-1055	2-1056	2-1057	2-1058
项目名称					钢管公称口径（mm 以内）					
					15	20	25	32	40	50
综合基价/元					747.33	794.99	844.84	909.78	1096.83	1187.80
其中	基价/元				554.42	589.65	609.61	659.44	790.08	861.57
	其中	人工费/元			264.27	281.29	322.23	342.93	420.21	446.89
		材料费/元			262.74	280.95	246.55	275.68	314.95	359.76
		机械费/元			27.41	27.41	40.83	40.83	54.92	54.92
	综合费用/元				192.91	205.34	235.23	250.34	306.75	326.23
名称			单位	单价/元	数量					
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	11.490	12.230	14.010	14.910	18.270	19.430
材料	QC7－0150	管卡子（钢管用）32	个	1.34	—	—	—	85.490	—	—
	QC7－0151	管卡子（钢管用）40	个	1.34	—	—	—	—	67.980	—
	QC7－0152	管卡子（钢管用）50	个	1.34	—	—	—	—	—	67.980
	IA2－0083	木螺钉 ϕ4×65 以下	10 个	0.13	24.960	24.960	17.264	17.264	6.864	6.864
	AA1C3006	圆钢 ϕ5.5～9	kg	2.14	0.730	0.730	0.900	0.900	2.780	2.780
	CA1－0004	电焊条结 422ϕ3.2	kg	3.15	0.690	0.690	0.900	0.900	1.130	1.130
	IF2C0101	镀锌铁丝 13#～17#	kg	2.88	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660
	IE1－0261	锯条（各种规格）	根	0.62	3.000	3.000	2.000	2.000	3.000	3.000
	DE1－3000	醇酸防锈漆 C53－1	kg	11.40	1.860	2.330	2.970	3.760	4.440	5.560
	EA1－0083	溶剂汽油 200#	kg	2.78	0.460	0.570	0.740	0.940	1.090	1.370
	EA1C0047	铅油	kg	10.00	0.570	0.710	1.020	1.290	1.450	1.810
	ZE1－0269	清油 C01－1	kg	17.44	0.260	0.330	0.420	0.530	0.600	0.740
	BK5－0067	塑料胀管 ϕ6～8	个	0.08	252.000	252.000	174.300	174.300	69.300	69.300
	ID1－3003	冲击钻头 ϕ6～12	个	7.20	1.660	1.660	1.150	1.150	0.920	0.920
	DD1－0006	沥青清漆	kg	8.00	—	—	0.530	0.530	0.630	0.630
	IA1－0284	膨胀螺栓 M6	套	0.60	—	—	—	—	67.320	67.320
	ZG1－0001	其他材料费	元	1.00	7.880	8.460	8.310	9.230	11.320	12.670
机械	00009001	交流电焊机 21kVA	台班	78.32	0.350	0.350	0.470	0.470	0.590	0.590
	00013125	电动撅弯机 100 以内	台班	67.00	—	—	0.060	0.060	0.130	0.130
综合费用	90010001	费用	元	—	140.060	149.080	170.780	181.750	222.710	236.850
	90010002	利润	元	—	52.850	56.260	64.450	68.590	84.040	89.380

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-40　管内穿线基价表

工作内容：穿引线、扫管、涂滑石粉、穿线、编号、接焊包头。

（单位：100m 单线）

项目编号					2-1235	2-1236	2-1237	2-1238	2-1239
项目名称					照明线路				
					导线截面（mm^2 以内）				
					铝芯 2.5	铝芯 4	铜芯 1.5	铜芯 2.5	铜芯 4
综合基价/元					44.52	31.63	47.97	50.28	38.51
其中	基价/元				27.73	19.88	31.51	33.49	26.76
	其中	人工费/元			23.00	16.10	22.54	23.00	16.10
		材料费/元			4.73	3.78	8.97	10.49	10.66
		机械费/元			—	—	—	—	—
	综合费用/元				16.79	11.75	16.46	16.79	11.75
名称			单位	单价/元	数量				
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	1.000	0.700	0.980	1.000	0.700
材料	ZE1W0167	绝缘导线	m	—	(116.000)	(110.000)	(116.000)	(116.000)	(110.000)
	AE1－0011	钢丝 ϕ1.6	kg	7.67	0.090	0.090	0.090	0.090	0.130
	ZD1－0009	棉纱头	kg	4.70	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	ZE1－2079	铝压接管 ϕ4	个	0.14	16.240	—	—	—	—
	ZE1－4034	铝压接管 ϕ6	个	0.21	—	7.110	—	—	—
	CZ1－0001	焊锡	kg	28.78	—	—	0.150	0.200	0.200
	CZ1－0003	焊锡膏瓶装 50g	kg	35.55	—	—	0.010	0.010	0.010
	EA1D0062	汽油 70#	kg	3.20	—	—	0.500	0.500	0.500
	BK5－0050	塑料胶布带 25mm×10m	卷	2.50	0.250	0.200	0.250	0.250	0.200
	ZG1－0001	其他材料费	元	1.00	0.200	0.160	0.440	0.520	0.510
综合费用	90010001	费用	元	—	12.190	8.530	11.950	12.190	8.530
	90010002	利润	元	—	4.600	3.220	4.510	4.600	3.220

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编号					2-1240	2-1241	2-1242	2-1243	2-1244	2-1245
项目名称					动力线路（铝芯）					
					导线截面（mm^2 以内）					
					2.5	4	6	10	16	25
综合基价/元					29.22	31.43	38.57	50.35	54.78	62.59
其中	基价/元				18.13	19.68	25.14	33.73	36.31	41.10
	其中	人工费/元			15.18	16.10	18.40	22.77	25.30	29.44
		材料费/元			2.95	3.58	6.74	10.96	11.01	11.66
		机械费/元			—	—	—	—	—	—
	综合费用/元				11.09	11.75	13.43	16.62	18.47	21.49
名称			单位	单价/元	数量					
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	0.660	0.700	0.800	0.990	1.100	1.280
材料	ZE1W0167	绝缘导线	m	—	(105.000)	(105.000)	(105.000)	(105.000)	(105.000)	(105.000)
	AE1-0011	钢丝 ϕ1.6	kg	7.67	0.100	0.100	0.100	0.130	0.130	0.140
	ZD1-0009	棉纱头	kg	4.70	0.200	0.300	0.300	0.400	0.400	0.500
	ZE1-2079	铝压接管 ϕ4	个	0.14	5.070	—	—	—	—	—
	ZE1-4034	铝压接管 ϕ6	个	0.21	—	4.060	—	—	—	—
	ZE1-2080	铝压接管 ϕ10	个	1.28	—	—	3.050	—	—	—
	SC1-0527	钳接管 QL-10	个	2.36	—	—	—	3.050	—	—
	SC1-0509	钳接管 QL-16	个	2.36	—	—	—	—	3.050	—
	SC1-0511	钳接管 QL-25	个	2.36	—	—	—	—	—	3.050
	BK5-0050	塑料胶布带 25mm×10m	卷	2.50	0.160	0.160	0.170	0.200	0.220	0.250
	ZG1-0001	其他材料费	元	1.00	0.130	0.150	0.230	0.380	0.380	0.410
综合费用	90010001	费用	元	—	8.050	8.530	9.750	12.070	13.410	15.600
	90010002	利润	元	—	3.040	3.220	3.680	4.550	5.060	5.890

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

人工费、材料、机械费查出后乘以0.6填入表内，这里要注意合价少于单价，合价只是单价的0.6倍。该电缆的价格是112000元/100m，乘以0.6后为67200.00元，填入主材栏内。这里要注意，60m电缆计算时已计入了1%的损耗。

⑨ 35m、$(3\times185+2\times95)mm^2$ 钢质五芯电缆敷设套用2-615#基价，计算与⑧基本相同。

⑩ ϕ50、40m镀锌钢管明配套用基价2-1058#，单位为100m、数量为0.4，即为40m，百米主材价格为2390.00元，40m即为956.00元，填入表内。查出子目单价然后乘以0.4填入表内，同样合价少于单价，仅为其0.4倍。这里要注意，40m镀锌管计算时已计入了3%的损耗。

⑪ ϕ32、50m镀锌钢管明配套用基价2-1056#，计算与⑩基本相同。

⑫ $4mm^2$、6000m铜芯塑线照明管内穿线套用基价2-1239#，单位是100m，百米主材价格为50.00元，6000m即为3000.00元，填入表内。查出子目单价然后乘以60后填入表内，这里要注意穿线没有机械费，6000m这个数值是按图样表现用计算规则算出来的，已包括了1.8%的损耗。

⑬ $25mm^2$、2800m铝芯动力管内穿线套用基价2-1245#，百米主材价格为65元，计算方法同⑫。

⑭ 10台3000A油断路器安装套用2-32#基价，计算方法基本同变压器安装。这里要注意油断路器按设备计，如为安装单位供货则应按单价乘以台数计入并填入表内。

⑮ 12台1800A SF_6 断路器安装套用2-37#基价，计算方法基本同⑭。

⑯ 悬式绝缘子串安装套用2-107#基价，单位10串、数量10，计100串，10串主材单价600.00元，计6000.00元，填入表内，其他同前。

⑰ 300kV电动机检查接线套用2-458#基价，同样数量上已计入了损耗，并包括组装金具和线夹。共5台，查出子目单价、人工费、材料费、机械费乘以5填入表内即可。

⑱ 13m混凝土杆组立套用2-828#基价，共100根，加上0.5%的损耗为100.5根，卡盘和底盘另计。电杆主材价格为1200元/根，计120600元，填入主材栏内，查基价69.20元、人工费43.70元、材料费3.91元、机械费21.59元，分别乘以100填入表内。

⑲ 1kV以下交流供电（综合）系统调试套用2-905#基价，7个系统。系统单价为219.37元、人工费161.00元、材料费4.64元、机械费53.73元分别乘以7填入表内。

⑳ 1kV以下母线系统调试套用2-36#基价，4个系统，计量同⑲。

㉑ 系统接地网调试套用2-942#基价，共1段，计量同⑲。

㉒ 10kV、1800kVA变压器系统调试套用2-900#基价，共4个系统，计算方法同⑲。

㉓～㊹ 因篇幅的关系省略掉了。

㊺ 负荷隔离开关10kV以下交流供电系统调试套用2-906#基价，共4个系统，计算方法同⑲。

这里要注意，计算的过程中，要把设备、主材和辅材的名称、规格、单位，计划单价、数量一一分别填写到表6-21～表6-23中去，作为材料设备供应计划的草表。

3）计算小计。把合价中的同类加起来，写在表内，见表6-26，其中，主材费2535053.00元、子目合价85932.48元、人工费41076.77元、材料费23387.91元、机械费21467.80元。

4）计算直接费（工程实体及技术措施成本总计）。直接费可根据承包形式不同，分

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

别有：

① 大包工程直接费 A_1：

$$A_1 = 人工费 + 材料费 + 机械费 + 主材费 + 设备价格 + 其他直接费$$

② 甲供设备直接费 A_2：

$$A_2 = 人工费 + 材料费 + 机械费 + 主材费 + 其他直接费$$

③ 甲供设备、主材直接费 A_3：

$$A_3 = 人工费 + 材料费 + 机械费 + 其他直接费$$

其他直接费的计取可按本章第二节“十二、十三”中所述计取，按安装过程中实际发生的项目计算。

本项工程由甲供设备，因此按 A_2 计算。工程中 3000A 断路器安装及绝缘子串安装因工程实际需要搭设了脚架，按本章第二节“十二、施工技术措施费”中脚手架搭拆（基价 2-1928#），按该项目人工费 34737.21 元的 4.73% 计取 1643.07 元的技术措施费，其中人工费 410.77 元、材料费 1232.30 元。

这样该项工程直接费：主要材料费为 2535053.00 元；子目合价为 87575.55 元（其中人工费 41487.54 元、材料费 24620.21 元、机械费 21467.80 元）。

这里需要说明的是表 6-26 只是举例说明方法的，而不是某一实际工程的预算，因为距实际工程的预算是按工程图计算的，还缺很多项，设备价为估算数。

（三）确定间接费和其他费用（工程取费）

计算工程取费，见表 6-26。

1. 直接及技术措施成本

$$2535053.00\text{ 元} + 87575.55\text{ 元} = 2622628.55\text{ 元}$$

其中主材费 2535053.00 元

2. 施工组织措施费

施工组织措施费是按总人工费 41487.5 元乘以 36.98% 计算出来的，其中 36.98% 是按表 6-5 中 2-1948# ~ 2-1955#综合基价（%）的和计算的。

$$41487.5\text{ 元} \times 36.98\% = 15342.09\text{ 元}$$

3. 施工组织措施中的人工费

施工组织措施中的人工费是按总人工费 41487.5 乘以 13.71% 计算出来的，其中 13.71% 是按表 6-5 中 2-1948# ~ 2-1955#人工费（%）的和计算的。

$$41487.5\text{ 元} \times 13.71\% = 5687.94\text{ 元}$$

4. 管理费

管理费是按表 6-6 的规定计算的，其中计算基数是由合价中人工费加上措施成本中的人工费计算的，65% 是由现场管理费 18%、企业管理费 25%、财务费用 6%、失业保险 12%、医疗保险 4% 相加而得的。

$$(41487.5 + 5687.94)\text{元} \times 65\% = 30664.06\text{ 元}$$

5. 利润

利润也是按表 6-6 的规定计算的，其中计算基数是由合价中人工费加上措施性成本中的人工费计算的，24% 是表中利润计划的百分数：

$$(41487.5 + 5687.94)\text{元} \times 24\% = 11322.12\text{ 元}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6. 规费

规费是按本章第二节十四中规定的0.22%计取的：

（工程直接及技术措施性成本＋管理费＋利润＋造价调整）元×0.22%＝（2622628.55＋30664.06＋11322.12＋15345.45）元×0.22%＝5895.91元

7. 税金

税金是按本章第二节十四中规定的3.43%计取的：

（工程直接及技术措施性成本＋管理费＋利润＋造价调整＋规费）元×3.43%＝（2622628.55＋30664.06＋11322.12＋15345.45）元×3.43%＝92124.75元

其中造价调整的15345.45元是按合同约定和市场价差价计算出来。规费有时双方约定计取。

8. 合计

直接及技术性成本＋管理费＋利润＋施工组织措施费＋规费＋税金元＝（2622628.55＋30664.06＋11322.12＋15342.09＋5895.91＋92124.75）元＝2777977.48元

（四）编制预算说明书

编制预算说明书是编制施工图预算的最后工作，但应放在预算书的首页，让别人看时一目了然。主要内容有以下几点：

1）介绍工程概况。内容基本同施工组织设计，但要简单扼要，主要说明设备、主要材料的规格、型号、数量以及安装现场的情况、安装条件、环境等。

2）说明各类费用、费率的选取依据和各项间接费计取的理由等。

3）材料实际价格高于预算价格的处理方法。

4）工程量统计时有关特殊部位的计算方法。

5）套用基价时有否借套和编制补充定额（基价）等。

6）安装过程中发生设计变更的处理方法及有关需要说明的问题等。

（五）装订成册

预算编制完后应进行自审自校，发现问题及时更正，然后装订成册。大中型工程的预算书应按施工的自然单元或车间分别装订，然后把分册中的直接费、间接费、计划利润、税金和其他费用、主材费、设备价值按工程项目分别填入汇总表内，见表6-41，然后计算总造价，并且把编制说明书放在表6-41前装订，同时每册都有专用的封面，其封面上应加盖公章，并把上面的数字填好。所有的编制预算页上应签字、盖章。小型工程可订成一册。装订好后送有关部门审核。

（六）预算书的审核

预算书应有上一级部门的经济师审核，大型工程应由企业的总经济师审核。审核人应具备熟练编制预算的能力和丰富的编制经验，熟练掌握定额基价、费率、有关政策文件及熟悉图样、熟悉电气安装工艺工序等。大中型工程应由总经济师主审并组织有关人员审核。

审核预算从原则上讲应该是重新做预算，按每一工程项目一一对照，但很繁琐，因此各个安装企业可根据企业的情况制定不同审核方法。

1. 审核预算时审核的主要内容

1）有无缺项、漏项的，缺项是指工程中本有的项目而没有计入，漏项是指计入的项目，而漏计了所附属的项目，如只计入了管路敷设，而没有计管内穿线；只计了悬垂安装而没有计

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

填价；有的项目应乘系数而没有乘；只计了增高费，而没有提取其中的人工费；只计了非标箱盘安装，而没有计其制作等；所有安装项目要按图样和安装工艺过程一一审查，避免缺项。

2）有无错计、重计的，错记是指工程中本没有的项目而计入了，重记是指已计入的项目或者某定额中已经包括了的内容，而又重新计入的项目。如10kV线路中横担安装已包括金具及绝缘子的安装，而在预算中又计了绝缘子的安装；电机本体安装一般已由设备专业计入预算，而在电气工程预算中又计入了电机本体安装等。

3）工程量的计算有无错误特别是以长度计量的工程量更容易发生错误，应一一按计算规则重新计算。

4）取费标准及基数掌握的是否准确，取费项目是否正确，这也是容易发生的，应一一审核。

5）书写和数字计算有无错误等。

2. 审核方法

1）单项抽查法。抽查预算中的某一项目及相关项目的完整性、正确性。抽查数量可按工程大小决定，方法同预算编制。

2）单元抽查法。常用于大型工程预算审核，抽查预算中的几个单元的预算。抽查数量不少于1/5，方法重新对该单元做预算，并和被审预算一一逐项对照。

3）专项抽查法。抽查预算中容易出错或经常出错的项目，如管线工程量计算，费率的选定和费用的计取等。

4）全查法。常用于小型工程，一一计算，逐项对照。

5）对比法。往往有些工程在进行预算编制时，分别由两人或两个编写组分别各自编制一份，然后进行比较，两预算总价的差额一般不应大于其平均值的±3%。当然这样做应事先由组织者统一组织，并对各类事宜统一规定，并认真学习定额、计算规则和取费标准等。

6）同步法。对有些工程编制预算时，每一项划分、计算、套用基价定额等工作由两人同时进行，及时纠正错误，这样的预算往往准确。

各个企业可根据企业的情况，分别选用不同的方法，也可找出经验，上述无论哪种方法，一是要认真细致计算，二是应有针对性，也就是熟悉编制预算人员的情况，知道其人易出错的地方，或者是了解预算工作中总体上易出错的地方，分别采用不同的方法。

3. 审核程序

1）分部分项是否正确，有无错划重复、漏项多计现象。

2）工程量的审核。按抽查项目的工程量，重新根据图样和工程量计算规则进行核算，并审查编写人的“工程量计算书”，掌握编制人的错误概念。

3）套用定额基价。审核单价、计算单位、项目名称、复价计算、书写有无错误，小计有无错误。

4）审查各种取费是否符合政策和标准。

5）审查合计和总计、总造价。

审核不是目的，而是手段，为了尽量减少编制错误，首先是编制人员技术素质的提高，通过培训或专业学习的方法提高文化和专业技术水平；再是编制者应熟练掌握编制技术技巧，熟悉计算规则；三是掌握有关政策法令文件和标准；四是编制前应熟读预算定额上的有关文字说明；五是编制人员应深入实践工程中去，掌握电气工程的安装工艺、方法、程序等专业技术等。

审核合格后的预算书应交付有关部门和建设单位执行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

封面样式－1：

二○　　年度

安装工程（　）算书

施工单位：	建设单位：
编制单位：	工程名称：
编 制 人：	工程造价：
部门主管：	结算总值：
工程（　）算书　　页	审核人：

年　　月　　日

表 6-41　设备安装工程（　）算书费率汇总表

建设单位_____工程名称_____总造价_____（元）

序号	费用名称		工程项目				合计
1	直接费	人工费					
		材料费					
		机械费					
2	材调系数（%）						
3	工程实体小计						
4	主要材料费						
5	技术措施性成本						
6	工程实体及技术措施合计						
7	直接及技术措施性成本						
8	施工组织措施费（%）						
9	施工组织措施费中的人工费（%）						
10	管理费（%）						
11	利润（%）						
12	规费（%）						
13							
14	据实调整的材差						
15	税金（%）						
16	材料保管费（%）						
17	设备保管费（%）						
18	合计						
19	设备价值						
20	总值						

审核　　编制　　年　月　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

三、用计算机编制预算和材料单

综上所述，编制电气工程的施工图预算是一项复杂繁琐的工作，而大部分工作又是重复劳动，施工预算人员早就想从中解脱出来，把精力放在安装上，但是由于技术和设备的原因一至没有得到解决。

微型计算机出现以后，人们立刻想到了用它来完成预算，但又受到了机型、软件和功能的限制，用起来很不方便，另外程序又很复杂。近些年来，随着微机技术的发展和普及，软件也在飞速发展，编制工程预算的软件也越来越普及了，应用较多的有 GBJ/GBG V8.0 等。

（一）设备及软件

计算机机型已不受限制，能够运行 Windows 98/2000/NT/XP 的均可，内存最好为 128MB，64MB 也可，硬盘剩余空间 100MB 以上。显示器选用 VGA、SVGA、TVGA 等彩显，显示格式最好为 1024×768，16 位真彩以上。操作系统使用简体中文 Windows 98/2000/NT/XP，还要有键盘、鼠标、打印机或绘图仪、扫描仪、汉字库及汉字处理系统、数据库及数据库管理系统等。

（二）方法

1）编制程序，并把预算定额、取费标准、工程量计算规则等比较固定的数据以软件的方式输入并安装到计算机中去，并能随时调出任何一个预算编号及其内容、任何一个项目的工程量计算规则及取费标准。

2）用键盘输入以台、件、套、组、个、块、吨、部、根等为单位的数据；以及标高、比例等图上数据用扫描器和扫描板按图输入以长度为单位的数据，边扫描、边输入、边计算，不用手工计算工程量。输入后主机开始计算工作。

3）用显示器、打印机或绘图仪出示计算结果，包括材料单、供应计划等。

（三）条件

用计算机完成电气工程的预算时，其施工图样必须是计算机绘制的标准图样，否则会给工作带来很大麻烦。操作人员应熟悉定额并熟练掌握计算机的使用方法。

这里需要郑重说明一点，计算机编制预算并不说明预算人人可行，而是对预算人员提出了更高要求，他们必须熟练掌握编制预算的基本技能、熟悉图样及各种安装工艺程序等技术技能。这两点掌握了，用计算机编制预算和材料单是轻而易举之事。

有关计算机编制预算的具体程序、方法，限于篇幅的关系不再赘述，读者可参阅其他专著。

四、2008 版预算定额简析

前述内容我们以某厂中心变电所电气设备安装调试工程的部分预算为例，详细地讲述了套用基价确定计算直接费的方法，我们没有提供图样，其设备的台数、组数，材料的用量（个、根、米、公斤、面积等）、系统的个数等都是直接给出的，读者可按其直接套用定额，确定其人工费、材料费、机械费，并做出相应的工程预算。

相信读者对列出的上述 2003 版的相应的预算基价表也有了很大程度的了解（见表 6-27～表 6-40）。为了便于大家学习 2008 版预算定额，并对其进一步的了解和掌握，这里将 2008 版预算定额中与 2003 版预算基价中我们采用过的油浸电力变压器安装等基价表（见表 6-27～表 6-40）相对应的几个表列出，以便读者进行比较和掌握，这样大家对 2008 版预算定额就会有更为明确的认识，以便在实际工作中应用，见表 6-42～表 6-56。

这里仅以新预算定额表 6-42 和旧预算定额表 6-27 进行说明，其他读者自行进行分析。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1. 标题是一致的，均为“油浸电力变压器安装”，2008 版未列出“基价表”三个字，无关大局。

2. 工作内容基本相同。

3. 2008 版单位为台，2003 版单位为组，对油浸电力变压器来说是一样的。

4. 2008 版编号为定额编号，2003 版为项目编号，其 10kV/容量 kVA 是一致的。

5. 2008 版只采用基价一种数据，其中人工费、材料费、机械费的总和为基价；而 2003 版采用综合基价，综合基价为基价和综合费用的总和，其中基价为人工费、材料费、机械费的总和，2008 版计算上较为简化一点。可以看出 2008 版取消了综合费用，提高了人工费、材料费、机械费，其基价即为 2003 版的综合基价。这里以 1000kVA 变压器为例讲读：

人工费 706.00 元 − 459.31 元 = 246.69 元，提高了 246.69 元；

材料费 344.51 元 − 237.04 元 = 107.47 元，提高了 107.47 元；

机械费 604.87 元 − 450.28 元 = 154.59 元，提高了 154.59 元；

合计为 508.75 元，即（246.69 + 107.47 + 154.59）元 = 508.75 元；

这个数比 2003 版的综合费用 335.29 元还提高了（508.75 − 335.29）元 = 173.46 元。

而用 2008 版的基价 1655.38 元减去 2003 版的综合基价 1481.92 元即为 173.46 元（1655.38 元 − 1481.92 元 = 173.46 元）。除了人工费、材料费、机械费本身的提高外，还把 2003 版的综合费用考虑进去，总体上提高了工程造价。

6. 在人工、材料、机械细则上也有不同的变化，而材料一栏无变化，仅以 1000kVA 为例：

（1）人工 2008 版为综合用工二类，单价 40 元，2003 版为综合用工二类，单价 23 元，提高了 40 元 − 23 元 = 17 元。而用工数量上 2008 版为 17.650 个工日，2003 版为 19.970 个工日，减少了 19.970 − 17.650 = 2.32 个工日，而费用上则增加了。

$$17.650 \times 40 \text{ 元} = 706.00 \text{ 元}$$

$$19.970 \times 23 \text{ 元} = 459.31 \text{ 元}$$

人工费用增加了 706 元 − 459.31 元 = 246.69 元

（2）材料一栏从名称、工日、单价、数量上一一对照，均无变化。

（3）机械一栏取消了 5t 汽车式起重机，其他台班数量也有变化：

8t 汽车式起重机增加了 0.2 个台班，0.7 − 0.5 = 0.2 个台班；

5t 载重汽车、21kVA 交流电焊机、滤油机台班没有变化。

通过上述分析，可以看出 2008 版与 2003 版相比没有太大的变化，最主要的变化是综合用二类工日单价变化较大，由 23 元提高到了 40 元；机械上也有变动，但不太大。这主要是迎合市场的变化及经济发展的需要。

其他表 6-43 ~ 表 6-56 读者可与表 6-28 ~ 表 6-40 分别进行对比分析，便可得到更为真实的变化结果，限于篇幅不再一一分析。

读者可利用表 6-42 ~ 表 6-56 重新对前述某厂中心变电所电气设备安装调试工程的部分预算进行一个预演性的使用 2008 版预算定额的实际操作，并将其结果重新填入表 6-26 内，再与原合计数额进行比较，便能更为深刻的掌握工程预算的方法和技巧，必将受益匪浅。

其中，施工组织措施费及其中的人工费、管理费、利润、规费、税金等仍可沿用原来的计取比例计入。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-42 油浸电力变压器安装

工作内容：开箱、检查、本体就位、器身检查、套管、油枕及散热器清洗、油柱试验、风扇油泵电机解体检查接线、附件安装、垫铁止轮器制作与安装、补充注油及安装后整体密封试验、接地、补漆、配合电气试验。

单位：台

定额编号				2-1	2-2	2-3	2-4
项目名称				10kV/容量（kVA 以下）			
				250	500	1000	2000
基价/元				1026.50	1213.81	1655.38	2061.71
其中	人工费/元			315.60	408.00	706.00	917.60
	材料费/元			209.84	265.35	344.51	424.77
	机械费/元			501.06	540.46	604.87	719.34
名称		单位	单价/元	数量			
人工	综合用工二类	工日	40.00	7.890	10.200	17.650	22.940
材料	变压器油	kg	14.00	7.000	10.000	13.000	16.000
	乙炔气	kg	12.80	—	—	0.340	0.340
	氧气	m^3	5.00	—	—	0.800	0.800
	棉纱头	kg	5.83	0.400	0.500	0.600	0.800
	铁砂布 0#～2#	张	0.50	0.250	0.500	0.500	0.500
	塑料布聚乙烯 0.05	m^2	0.60	1.500	1.500	3.000	3.000
	电焊条结 422φ3.2	kg	4.00	0.300	0.300	0.300	0.400
	汽油	kg	6.10	0.300	0.400	0.600	1.200
	镀锌铁丝 8#～12#	kg	5.41	1.000	1.000	1.000	2.500
	白布	m	2.00	0.450	0.450	0.540	0.630
	滤油纸 300×300	张	0.46	20.000	30.000	50.000	70.000
	调和漆	kg	12.50	1.000	1.200	1.800	2.500
	防锈漆 C53－1	kg	13.65	0.600	0.900	1.300	1.600
	钢板垫板	kg	3.12	5.000	5.000	6.000	6.000
	酚醛磁漆（各种颜色）	kg	17.00	0.200	0.200	0.200	0.300
	电力复合脂一级	kg	180.00	0.050	0.050	0.050	0.050
	白纱带 20mm×20m	卷	2.00	1.000	1.500	1.500	2.000
	镀锌扁钢－40×4	kg	5.20	4.500	4.500	4.500	4.500
	青壳纸 δ0.1～1	kg	12.75	0.150	0.150	0.200	0.200
	镀锌精制带帽螺栓 M18×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	34.00	0.410	0.410	0.410	0.410
机械	汽车式起重机 8t	台班	612.89	0.600	0.640	0.700	0.770
	载重汽车 5t	台班	372.03	0.100	0.140	0.160	—
	载重汽车 8t	台班	477.42	—	—	—	0.190
	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.300	0.300	0.300	0.300
	滤油机	台班	80.78	0.750	0.750	1.000	1.500

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号				2-5	2-6	2-7
项目名称				10kV/容量（kVA 以下）		
				4000	8000	10000
基价/元				3253.84	6160.90	7078.28
其中	人工费/元			1661.60	2441.60	2930.40
	材料费/元			667.46	1841.05	2035.97
	机械费/元			924.78	1878.25	2111.91
名称		单位	单价/元	数量		
人工	综合用工二类	工日	40.00	41.540	61.040	73.260
材料	变压器油	kg	14.00	30.000	50.000	60.000
	乙炔气	kg	12.80	0.520	0.650	0.700
	氧气	m^3	5.00	1.200	1.500	1.600
	棉纱头	kg	5.83	1.200	1.500	1.500
	铁砂布 0#～2#	张	0.50	0.750	0.750	1.000
	塑料布聚乙烯 0.05	m^2	0.60	6.000	6.000	7.000
	电焊条结 422ϕ3.2	kg	4.00	0.400	0.400	0.500
	汽油	kg	6.10	1.500	3.000	3.600
	镀锌铁丝 8#～12#	kg	5.41	2.500	4.000	4.000
	白布	m	2.00	0.900	1.080	1.300
	滤油纸 300×300	张	0.46	100.000	140.000	170.000
	黄干油	kg	11.35	—	—	1.500
	调和漆	kg	12.50	3.000	6.000	6.500
	防锈漆 C53-1	kg	13.65	2.200	4.800	5.000
	钢板垫板	kg	3.12	8.000	8.000	9.000
	钢锯条	根	0.50	—	—	2.000
	酚醛磁漆（各种颜色）	kg	17.00	0.300	0.400	0.400
	电力复合脂一级	kg	180.00	0.050	0.050	0.050
	枕木 2500×200×160	根	110.00	—	4.800	4.800
	白纱带 20mm×20m	卷	2.00	2.000	2.500	2.500
	橡胶垫 δ0.8	m^2	15.00	—	—	0.050
	镀锌扁钢 -40×4	kg	5.20	4.500	4.500	5.000
	青壳纸 δ0.1～1	kg	12.75	0.300	0.400	0.500
	木材（方材、板材）	m^3	2174.37	—	0.090	0.090
	镀锌精制带帽螺栓 M18×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	34.00	0.410	0.410	0.410
	扒钉	kg	5.20	—	10.000	10.000
机械	汽车式起重机 8t	台班	612.89	1.000	2.400	2.600
	载重汽车 5t	台班	372.03	0.200	0.200	—
	载重汽车 8t	台班	477.42	—	—	0.250
	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.300	0.300	0.350
	滤油机	台班	80.78	2.500	3.500	4.200
	液压千斤顶 100t	台班	7.32	—	2.000	2.500

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-43 干式变压器安装

工作内容：开箱、检查、本体就位、垫铁及止轮器制作与安装、附件安装、接地、补漆、配合电气试验。

单位：台

定额编号				2-8	2-9	2-10	2-11
项目名称				容量（kVA 以下）			
				100	250	500	800
基价/元				497.83	530.91	652.66	767.81
其中	人工费/元			255.20	287.20	384.00	457.60
	材料费/元			108.60	109.68	114.93	126.93
	机械费/元			134.03	134.03	153.73	183.28
名称		单位	单价/元	数量			
人工	综合用工二类	工日	40.00	6.380	7.180	9.600	11.440
材料	棉纱头	kg	5.83	0.500	0.500	0.500	0.500
	破布	kg	3.00	—	—	0.100	0.100
	铁砂布 0#～2#	张	0.50	—	—	2.000	2.000
	塑料布聚乙烯 0.05	m^2	0.60	2.000	2.000	2.000	2.000
	电焊条结 422φ3.2	kg	4.00	0.300	0.300	0.300	0.300
	汽油	kg	6.10	0.300	0.300	0.500	1.000
	镀锌铁丝 8#～12#	kg	5.41	0.800	1.000	1.000	1.500
	调和漆	kg	12.50	2.500	2.500	2.500	2.500
	防锈漆 C53-1	kg	13.65	0.300	0.300	0.500	0.500
	钢板垫板	kg	3.12	4.000	4.000	4.000	6.000
	钢锯条	根	0.50	1.000	1.000	1.000	1.000
	电力复合脂一级	kg	180.00	0.050	0.050	0.050	0.050
	镀锌扁钢 -40×4	kg	5.20	4.500	4.500	4.500	4.500
	镀锌精制带帽螺栓 M20×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	40.00	0.410	0.410	0.410	0.410
机械	汽车式起重机 8t	台班	612.89	0.100	0.100	0.120	0.150
	载重汽车 5t	台班	372.03	0.100	0.100	0.120	0.150
	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.300	0.300	0.300	0.300

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号				2-12	2-13	2-14
项目名称				容量（kVA 以下）		
				1000	2000	2500
基价/元				1035.14	1196.87	1377.26
其中	人工费/元			506.40	603.20	726.40
	材料费/元			143.01	151.13	153.80
	机械费/元			385.73	442.54	497.06
名称		单位	单价/元	数量		
人工	综合用工二类	工日	40.00	12.660	15.080	18.160
材料	棉纱头	kg	5.83	0.500	0.500	0.500
	破布	kg	3.00	0.100	0.100	0.100
	铁砂布 0#～2#	张	0.50	2.000	2.000	2.000
	塑料布聚乙烯 0.05	m^2	0.60	2.500	2.500	3.000
	电焊条结 422ϕ3.2	kg	4.00	0.300	0.300	0.300
	汽油	kg	6.10	1.000	1.500	1.500
	镀锌铁丝 8#～12#	kg	5.41	2.000	2.650	2.800
	调和漆	kg	12.50	3.000	3.000	3.000
	防锈漆 C53-1	kg	13.65	1.000	1.000	1.000
	钢板垫板	kg	3.12	6.000	6.500	7.000
	钢锯条	根	0.50	1.000	1.000	1.000
	电力复合脂一级	kg	180.00	0.050	0.050	0.050
	镀锌扁钢 -40×4	kg	5.20	4.500	4.500	4.500
	镀锌精制带帽螺栓 M20×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	40.00	0.410	0.410	0.410
机械	汽车式起重机 8t	台班	612.89	0.400	0.450	0.500
	载重汽车 8t	台班	477.42	0.220	0.250	0.300
	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.300	0.400	0.400

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-44 油断路器安装

工作内容：开箱、解体检查、组合、安装及调整、传动装置安装调整、动作检查、消弧室干燥、注油、接地。

单位：台

定额编号				2-31	2-32	2-33	2-34
项目名称				油断路器（电流 A 以下）			
				1000	3000	8000	12000
基价/元				411.46	898.49	2001.29	2395.01
其中	人工费/元			226.80	476.40	1122.00	1332.40
	材料费/元			103.06	293.98	682.24	830.09
	机械费/元			81.60	128.11	197.05	232.52
名称		单位	单价/元	数量			
人工	综合用工二类	工日	40.00	5.670	11.910	28.050	33.310
材料	变压器油	kg	14.00	2.000	4.000	6.000	8.000
	棉纱头	kg	5.83	0.250	0.350	0.500	0.650
	铁砂布 0#～2#	张	0.50	2.000	2.000	2.000	3.000
	电焊条结 422φ3.2	kg	4.00	0.220	0.550	0.550	0.650
	汽油	kg	6.10	0.500	0.800	1.500	2.000
	镀锌铁丝 8#～12#	kg	5.41	1.300	1.500	2.000	2.500
	钢管 φ25	kg	6.50	—	5.000	24.000	36.000
	调和漆	kg	12.50	0.100	0.350	0.750	0.850
	防锈漆 C53-1	kg	13.65	0.100	0.350	0.750	0.850
	钢板垫板	kg	3.12	1.000	21.000	69.000	75.000
	钢锯条	根	0.50	1.000	2.000	2.000	3.000
	焊锡丝	kg	54.00	0.140	0.250	0.400	0.500
	焊锡膏瓶装 50g	kg	34.50	0.030	0.050	0.080	0.100
	电力复合脂一级	kg	180.00	0.050	0.100	0.120	0.150
	液压油	kg	10.00	0.800	1.000	1.100	1.200
	镀锌扁钢 -25×4	kg	5.20	2.500	2.500	2.500	2.500
	镀锌精制带帽螺栓 M12×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	13.00	0.410	—	—	—
	镀锌精制带帽螺栓 M16×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	28.00	0.410	—	—	—
	镀锌精制带帽螺栓 M20×200 以内 2 平 1 弹垫	10 套	65.00	—	0.410	—	—
	镀锌精制带帽螺栓 M22×250 以内 2 平 1 弹垫	10 套	70.00	—	0.410	0.410	0.410
	镀锌精制带帽螺栓 M24×300 以内 2 平 1 弹垫	10 套	80.00	—	—	1.020	1.020
机械	汽车式起重机 8t	台班	612.89	0.060	0.100	0.170	0.200
	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.190	0.250	0.250	0.300
	载重汽车 5t	台班	372.03	0.060	0.100	0.170	0.200

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-45　真空断路器、SF_6 断路器安装

工作内容：开箱、解体检查、组合、安装及调整、传动装置安装调整、动作检查、消弧室干燥、注油、接地。

单位：台

定额编号				2-35	2-36	2-37	2-38
项目名称				真空断路器(A 以下)		SF6 断路器(A 以下)	
				2000	4000	2000	4000
基价/元				274.60	456.47	395.76	635.83
其中	人工费/元			194.80	251.20	225.60	290.00
	材料费/元			67.95	89.01	158.31	229.57
	机械费/元			11.85	116.26	11.85	116.26
名称		单位	单价/元	数量			
人工	综合用工二类	工日	40.00	4.870	6.280	5.640	7.250
材料	棉纱头	kg	5.83	0.200	0.250	0.200	0.250
	铁砂布 0#～2#	张	0.50	2.000	2.000	2.000	2.000
	电焊条结 422φ3.2	kg	4.00	0.100	0.150	0.100	0.150
	汽油	kg	6.10	0.300	0.400	0.300	0.400
	镀锌铁丝 8#～12#	kg	5.41	1.300	2.000	1.300	2.000
	调和漆	kg	12.50	0.120	0.180	0.120	0.180
	防锈漆 C53-1	kg	13.65	0.120	0.180	0.120	0.180
	钢板垫板	kg	3.12	1.000	2.000	1.000	2.000
	钢锯条	根	0.50	2.000	2.000	2.000	2.000
	焊锡丝	kg	54.00	0.200	0.300	0.200	0.300
	焊锡膏瓶装 50g	kg	34.50	0.040	0.060	0.040	0.060
	电力复合脂一级	kg	180.00	0.070	0.100	0.070	0.100
	镀锌扁钢 -25×4	kg	5.20	2.500	2.500	2.500	2.500
	镀锌精制带帽螺栓 M16×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	28.00	0.410	0.410	0.410	0.410
	六氟化硫	kg	50.20	—	—	1.800	2.800
机械	汽车式起重机 8t	台班	612.89	—	0.100	—	0.100
	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.100	0.150	0.100	0.150
	载重汽车 5t	台班	372.03	—	0.100	—	0.100

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-46 高压成套配电柜安装

工作内容：开箱、检查、安装固定、放注油、导电接触面的检查调整、附件的拆装、接地。

单位：台

定额编号				2-91	2-92	2-93	2-94
项目名称				单母线柜			
				断路器柜（台）	互感器柜（台）	电容器柜、其他柜(台)	母线桥（组）
基价/元				475.44	372.91	276.57	278.02
其中	人工费/元			295.20	234.40	138.80	104.40
	材料费/元			55.44	37.13	36.39	48.82
	机械费/元			124.80	101.38	101.38	124.80
名称		单位	单价/元	数量			
人工	综合用工二类	工日	40.00	7.380	5.860	3.470	2.610
材料	变压器油	kg	14.00	0.430	0.200	0.200	—
	棉纱头	kg	5.83	0.200	0.200	0.100	0.200
	铁砂布 0#～2#	张	0.50	0.500	0.500	0.200	0.500
	电焊条结 422φ3.2	kg	4.00	0.150	0.150	0.150	0.150
	汽油	kg	6.10	0.200	0.200	0.200	0.200
	白布	m	2.00	0.300	0.300	0.300	—
	调和漆	kg	12.50	0.100	0.100	0.100	0.100
	防锈漆 C53－1	kg	13.65	0.100	0.100	0.100	0.100
	钢板垫板	kg	3.12	0.500	0.500	0.500	0.500
	钢锯条	根	0.50	0.500	0.500	0.500	0.500
	焊锡丝	kg	54.00	0.250	0.150	0.150	0.250
	焊锡膏瓶装 50g	kg	34.50	0.050	0.030	0.030	0.050
	电力复合脂一级	kg	180.00	0.100	0.050	0.050	0.100
	镀锌精制带帽螺栓 M12×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	13.00	0.610	0.610	0.610	0.610
机械	汽车式起重机 8t	台班	612.89	0.120	0.100	0.100	0.120
	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.150	0.150	0.150	0.150
	载重汽车 5t	台班	372.03	0.090	0.060	0.060	0.090

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号				2-95	2-96	2-97
项目名称				双母线柜		
				断路器柜	互感器柜	电容器柜、其他柜
基价/元				572.97	483.70	354.22
其中	人工费/元			359.20	290.00	161.60
	材料费/元			60.74	40.67	39.59
	机械费/元			153.03	153.03	153.03
名称		单位	单价/元	数量		
人工	综合用工二类	工日	40.00	8.980	7.250	4.040
材料	变压器油	kg	14.00	0.570	0.200	0.200
	棉纱头	kg	5.83	0.200	0.200	0.100
	铁砂布 0#～2#	张	0.50	1.000	1.000	0.400
	电焊条结 422ϕ3.2	kg	4.00	0.150	0.150	0.150
	汽油	kg	6.10	0.200	0.200	0.200
	白布	m	2.00	0.200	0.300	0.200
	调和漆	kg	12.50	0.100	0.100	0.100
	防锈漆 C53-1	kg	13.65	0.100	0.100	0.100
	钢板垫板	kg	3.12	0.500	0.500	0.500
	钢锯条	根	0.50	1.000	1.000	1.000
	焊锡丝	kg	54.00	0.300	0.200	0.200
	焊锡膏瓶装 50g	kg	34.50	0.060	0.040	0.040
	电力复合脂一级	kg	180.00	0.100	0.050	0.050
	镀锌精制带帽螺栓 M12×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	13.00	0.610	0.610	0.610
机械	汽车式起重机 8t	台班	612.89	0.160	0.160	0.160
	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.150	0.150	0.150
	载重汽车 5t	台班	372.03	0.100	0.100	0.100

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-47 绝缘子安装

工作内容：开箱、检查、清扫、绝缘摇测、组合安装、固定、接地、刷漆。

定额编号				2-106	2-107	2-108	2-109
项目名称				10kV 以下			
				悬式绝缘子串(10 串)	户内式支持绝缘子(10 个)		
					1 孔	2 孔	4 孔
基价/元				61.15	129.96	197.57	256.03
其中	人工费/元			57.60	27.60	75.60	98.40
	材料费/元			3.55	84.59	104.20	139.86
	机械费/元			—	17.77	17.77	17.77
名称		单位	单价/元	数量			
人工	综合用工二类	工日	40.00	1.440	0.690	1.890	2.460
材料	棉纱头	kg	5.83	0.400	—	—	—
	破布	kg	3.00	—	0.100	0.200	0.300
	电焊条结 422ϕ3.2	kg	4.00	—	0.280	0.280	0.280
	汽油	kg	6.10	0.200	0.100	0.200	0.200
	调和漆	kg	12.50	—	0.030	0.030	0.030
	镀锌扁钢 -40×4	kg	5.20	—	12.600	12.600	12.600
	镀锌精制带帽螺栓 M12×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	13.00	—	1.020	—	—
	镀锌精制带帽螺栓 M14×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	14.00	—	—	2.040	4.080
	合金钢钻头 ϕ16	个	17.00	—	0.200	0.400	0.800
机械	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	—	0.150	0.150	0.150

注：主要材料：绝缘子、金具、线夹。

定额编号				2-110	2-111	2-112
项目名称				10kV 以下		
				户外式支持绝缘子(10 个)		
				1 孔	2 孔	4 孔
基价/元				141.46	196.41	243.84
其中	人工费/元			18.40	57.20	75.20
	材料费/元			99.37	115.52	144.95
	机械费/元			23.69	23.69	23.69
名称		单位	单价/元	数量		
人工	综合用工二类	工日	40.00	0.460	1.430	1.880
材料	棉纱头	kg	5.83	0.100	0.300	0.300
	电焊条结 422ϕ3.2	kg	4.00	0.200	0.300	0.300
	汽油	kg	6.10	0.100	0.150	0.200
	调和漆	kg	12.50	0.120	0.120	0.120
	镀锌扁钢 -40×4	kg	5.20	15.500	15.500	15.500
	镀锌精制带帽螺栓 M14×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	14.00	1.020	2.040	4.120
	钢锯条	根	0.50	2.000	2.000	2.000
机械	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.200	0.200	0.200

注：主要材料：绝缘子、金具、线夹。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-48　穿墙套管安装

工作内容：开箱、检查、清扫、安装固定、接地、刷漆。

单位：个

定额编号				2-113
项目名称				电压 10kV 以下
基价/元				44.42
其中	人工费/元			7.60
	材料费/元			24.97
	机械费/元			11.85
名称		单位	单价/元	数量
人工	综合用工二类	工日	40.00	0.190
材料	穿墙套管	个	—	(1.010)
	破布	kg	3.00	0.030
	铁砂布 0#～2#	张	0.50	0.100
	电焊条结 422φ3.2	kg	4.00	0.060
	汽油	kg	6.10	0.100
	调和漆	kg	12.50	0.040
	防锈漆 C53-1	kg	13.65	0.040
	钢板垫板	kg	3.12	0.500
	钢锯条	根	0.50	0.100
	电力复合脂一级	kg	180.00	0.010
	镀锌扁钢 -40×4	kg	5.20	2.650
	镀锌精制带帽螺栓 M14×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	14.00	0.410
机械	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.100

表 6-49　基础槽钢、角钢制作、安装

工作内容：平直、下料、钻孔、安装、接地、油漆。

单位：10m

定额编号				2-355	2-356
项目名称				槽钢	角钢
基价/元				146.29	120.14
其中	人工费/元			71.20	51.60
	材料费/元			44.29	40.11
	机械费/元			30.80	28.43
名称		单位	单价/元	数量	
人工	综合用工二类	工日	40.00	1.780	1.290
材料	塑钢	m	—	(10.500)	(10.500)
	圆钢 φ5.5-9	kg	5.01	4.110	4.110
	电焊条结 422φ3.2	kg	4.00	0.660	0.550
	调和漆	kg	12.50	0.100	0.100
	钢锯条	根	0.50	4.000	2.000
	普通钢板 δ2.0～2.5	kg	5.48	1.000	0.500
	镀锌扁钢 -40×4	kg	5.20	2.370	2.370
机械	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.260	0.240

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-50 铁构件制作、安装及箱、盒制作

工作内容：制作、平直、划线、下料、钻孔、组对、焊接、刷油（喷漆）、安装、补刷油。

单位：100kg

定额编号				2-357	2-358	2-359	2-360
项目名称				一般铁构件		轻型铁构件	
				制作	安装	制作	安装
基价/元				619.91	350.87	770.53	404.59
其中	人工费/元			391.20	249.20	497.60	290.40
	材料费/元			117.80	20.30	121.15	19.42
	机械费/元			110.91	81.37	151.78	94.77
名称		单位	单价/元	数量			
人工	综合用工二类	工日	40.00	9.780	6.230	12.440	7.260
材料	普通钢板 δ1.0～1.5	kg	—	—	—	(105.000)	—
	扁钢 -25×4	kg	—	(22.000)	—	—	—
	角钢(综合)	kg	—	(75.000)	—	—	(4.600)
	圆钢 φ10～14	kg	—	(8.000)	—	—	—
	电焊条结 422φ3.2	kg	4.00	1.400	1.800	1.200	0.600
	破布	kg	3.00	0.200	0.200	0.350	0.200
	铁砂布 0#～2#	张	0.50	5.000	—	3.000	—
	镀锌精制带帽螺栓 M10×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	8.00	6.300	0.580	1.820	0.900
	调和漆	kg	12.50	1.400	0.200	2.400	0.200
	防锈漆 C53-1	kg	13.65	1.770	0.300	3.000	0.400
	钢锯条	根	0.50	2.000	1.000	2.000	1.000
	松香水	kg	9.80	0.550	—	0.850	—
	清油 C01-1	kg	13.00	0.600	—	1.020	—
	溶剂汽油 200#	kg	7.60	0.440	0.100	0.750	0.100
机械	电动空气压缩机 0.6m³/min	台班	81.65	—	—	0.400	—
	板边机 2×1500	台班	30.47	—	—	0.250	—
	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.740	0.670	0.650	0.800
	冲剪机 16	台班	172.54	0.100	—	0.200	—
	台式砂轮机 φ250	台班	20.00	0.300	0.100	—	—

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号				2-361	2-362	2-263
项目名称				箱盒制作（100kg）	网门、保护网制作、安装（m^2）	二次喷漆（m^2）
基价/元				1226.83	141.58	59.85
其中	人工费/元			838.00	82.00	28.40
	材料费/元			160.41	31.07	15.12
	机械费/元			228.42	28.51	16.33
名称		单位	单价/元	数量		
人工	综合用工二类	工日	40.00	20.950	2.050	0.710
材料	普通钢板 δ1.0～1.5	kg	—	(105.000)	—	—
	角钢(综合)	kg	—	(4.600)	(31.000)	—
	镀锌铁丝 8#～12#	kg	5.41	—	0.200	—
	镀锌铁丝网 20×20×1.6	m^2	12.92	—	1.100	—
	电焊条结 422φ3.2	kg	4.00	1.500	0.060	—
	破布	kg	3.00	0.400	0.200	0.200
	铁砂布 0#～2#	张	0.50	3.000	3.000	3.000
	镀锌精制带帽螺栓 M10×100 以内 2 平 1 弹垫	10 套	8.00	1.820	—	—
	紫铜皮(各种规格)	kg	89.61	—	0.070	—
	调和漆	kg	12.50	—	0.100	—
	铰链	副	1.50	—	2.000	—
	防锈漆 C53-1	kg	13.65	3.600	0.100	0.200
	钢锯条	根	0.50	2.000	0.500	—
	香蕉水	kg	5.25	4.800	—	0.700
	清油 C01-1	kg	13.00	—	0.100	—
	喷漆	kg	18.90	3.100	—	0.350
	石膏粉特制	kg	1.30	0.720	—	—
	溶剂汽油 200#	kg	7.60	0.300	—	—
机械	电动空气压缩机 0.6m^3/min	台班	81.65	0.600	0.200	0.200
	板边机 2×1500	台班	30.47	0.380	—	—
	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.980	0.030	—
	冲剪机 16	台班	172.54	0.300	0.050	—

注：主要材料：门锁、把手。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-51 大、中型电机检查接线

工作内容：检查定子、转子、吹扫、调整和研磨电刷、测量空气间隙、用机械盘车检查电机转动情况、接线、接地、空载试运转。

定额编号				2-454	2-455	2-456	2-457	2-458
项目名称				中型电机检查接线(重量 t/台以下)				大型电机检查接线(平均每吨)
				5	10	20	30	
基价/元				1157.04	1964.33	3049.18	4088.81	126.18
其中	人工费/元			487.20	690.40	1003.60	1311.60	37.20
	材料费/元			219.50	385.09	718.25	1011.38	35.18
	机械类/元			450.34	888.84	1327.33	1765.83	53.80
名称		单位	单价/元	数量				
人工	综合用工二类	工日	40.00	12.180	17.260	25.090	32.790	0.930
材料	金属软管	根	—	(1.000)	(1.000)	(1.000)	(1.000)	(1.000)
	金属软管专用接头	个	—	(2.040)	(2.040)	(4.080)	(6.120)	(0.200)
	电	kWh	0.65	105.000	270.000	640.000	1000.000	35.000
	电焊条结 422φ3.2	kg	4.00	0.100	0.100	0.100	0.100	0.010
	焊锡丝	kg	54.00	0.400	0.500	0.600	0.700	0.020
	焊锡膏瓶装 50g	kg	34.50	0.080	0.100	0.120	0.140	0.010
	电力复合脂一级	kg	180.00	0.100	0.200	0.250	0.300	0.010
	自黏性橡胶带 20mm×5m	卷	2.59	1.000	1.500	2.000	2.500	0.080
	镀锌扁钢 -40×4	kg	5.20	5.000	5.000	5.000	5.000	0.150
	聚四氟乙烯带 1×30	kg	250.00	0.300	0.420	0.700	0.850	0.030
	其他材料费	元	1.00	4.900	7.850	14.130	19.370	0.680
机械	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.100	0.100	0.100	0.100	0.010
	汽车式起重机 12t	台班	795.34	0.500	1.000	1.500	2.000	0.060
	电动空气压缩机 0.6m³/mm	台班	81.65	0.500	1.000	1.500	2.000	0.060

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-52　电杆组立　　单位：根

1. 单杆

工作内容：立杆、找正、绑地横木、根部刷油、工器具转移。

定额编号				2-778	2-779	2-780	2-781	2-782	2-783	2-784
项目名称				木杆(m 以内)			混凝土杆(m 以内)			
				9	11	13	9	11	13	15
基价/元				21.95	29.55	39.15	90.96	106.16	153.08	181.88
其中	人工费/元			14.40	22.00	31.60	37.20	52.40	74.80	103.60
	材料费/元			7.55	7.55	7.55	4.73	4.73	4.73	4.73
	机械费/元			—	—	—	49.03	49.03	73.55	73.55
名称		单位	单价/元	数量						
人工	综合用工二类	工日	40.00	0.360	0.550	0.790	0.930	1.310	1.870	2.590
材料	镀锌铁丝 8#～12#	kg	5.41	1.015	1.015	1.015	—	—	—	—
	酚醛磁漆(各种颜色)	kg	17.00	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
	石油沥青 10#	kg	3.00	0.500	0.500	0.500	—	—	—	—
	木材(方材、板材)	m^3	2174.37	—	—	—	0.002	0.002	0.002	0.002
	其他材料费	元	1.00	0.220	0.220	0.220	0.040	0.040	0.040	0.040
机械	汽车式起重机 5t	台班	612.89	—	—	—	0.080	0.080	0.120	0.120

注：主要材料：电杆、地横木。

2. 接腿杆

定额编号				2-785	2-786	2-787	2-788	2-789	2-790	2-791
项目名称				单腿接杆(m 以内)			双腿接杆(m 以内)	混合接腿杆(m 以内)		
				9	11	13	15	9	11	13
基价/元				79.71	87.31	96.91	180.18	48.75	56.35	66.35
其中	人工费/元			53.60	61.20	70.80	132.00	47.20	54.80	64.80
	材料费/元			26.11	26.11	26.11	48.18	1.55	1.55	1.55
	机械费/元			—	—	—	—	—	—	—
名称		单位	单价/元	数量						
人工	综合用工二类	工日	40.00	1.340	1.530	1.770	3.300	1.180	1.370	1.620
材料	镀锌铁丝 8#～12#	kg	5.41	4.060	4.060	4.060	7.610	—	—	—
	酚醛磁漆(各种颜色)	kg	17.00	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
	石油沥青 10#	kg	3.00	1.000	1.000	1.000	1.400	0.400	0.400	0.400
	其他材料费	元	1.00	0.810	0.810	0.810	2.470	0.010	0.010	0.010

注：主要材料：木电杆、水泥接腿杆、地横木、圆木、连接铁件及螺栓。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

3. 撑杆及钢圈焊接

工作内容：木杆加工、根部刷油、立杆、装包箍、焊缝间隙轻微调整、挖焊接操作坑、焊接及焊口清理、钢圈防腐防锈处理、工器具转移。

定额编号				2-792	2-793	2-794	2-795	2-796	2-797	2-798
项目名称				木撑杆(m以内)(根)			混凝土撑杆(m以内)(根)			钢圈焊接(个)
				9	11	13	9	11	13	1个焊口
基价/元				52.13	72.93	94.93	101.83	117.03	171.95	73.15
其中	人工费/元			36.40	57.20	79.20	52.80	68.00	98.40	48.40
	材料费/元			15.73	15.73	15.73	—	—	—	24.75
	机械费/元			—	—	—	49.03	49.03	73.55	—
名称		单位	单价/元	数量						
人工	综合用工二类	工日	40.00	0.910	1.430	1.980	1.320	1.700	2.460	1.210
材料	碳钢气焊条	kg	5.20	—	—	—	—	—	—	0.710
	乙炔气	kg	12.80	—	—	—	—	—	—	0.690
	氧气	m^3	5.00	—	—	—	—	—	—	1.600
	铁砂布 0#～2#	张	0.50	—	—	—	—	—	—	0.500
	镀锌铁丝 8#～12#	kg	5.41	2.540	2.540	2.540	—	—	—	—
	调和漆	kg	12.50	—	—	—	—	—	—	0.100
	防锈漆 C53－1	kg	13.65	—	—	—	—	—	—	0.200
	石油沥青 10#	kg	3.00	0.500	0.500	0.500	—	—	—	—
	其他材料费	元	1.00	0.490	0.490	0.490	—	—	—	—
机械	汽车式起重机 8t	台班	612.89	—	—	—	0.080	0.080	0.120	—

注：主要材料：撑杆、圆木、连接铁件及螺栓。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-53　电力变压器系统调试

工作内容：变压器、断路器、互感器、隔离开关、风冷及油循环冷却系统电气装置、常规保护装置等一、二次回路的调试及空投试验。

单位：系统

定额编号				2-854	2-855	2-856	2-857	2-858	2-859
项目名称				10kV 以下变压器(容量 kVA 以下)					
				560	2000	4000	8000	20000	40000
基价/元				1511.29	3218.81	3788.03	4509.55	5875.68	6940.60
其中	人工费/元			940.40	2128.00	2276.40	2597.60	3538.00	4255.60
	材料费/元			17.65	39.94	42.73	48.76	66.41	79.88
	机械费/元			553.24	1050.87	1468.90	1863.19	2271.27	2605.12
名称		单位	单价/元	数量					
人工	综合用工二类	工日	40.00	23.510	53.200	56.910	64.940	88.450	106.390
材料	校验材料费	元	1.00	17.647	39.938	42.725	48.762	66.409	79.877
机械	高压试验变压器全套装置 YDJ	台班	150.36	0.700	1.400	2.100	2.800	3.500	4.200
	轻型试验变压器 TSB	台班	20.08	0.700	1.400	2.100	2.800	3.500	4.200
	直流高压发生器 ZGF-200	台班	45.62	0.700	1.400	2.100	2.800	3.500	4.200
	电压、电流互感升流器 HJ-12E	台班	31.06	1.050	2.100	2.800	3.500	4.200	4.900
	高压绝缘电阻测试仪 3124	台班	37.12	0.700	1.400	2.100	2.800	3.500	4.200
	变比自动测量仪 AOJ-2	台班	10.90	1.050	2.100	2.800	3.500	4.200	4.900
	数字高压表 GYB-Ⅱ	台班	6.50	0.700	2.100	2.800	3.500	4.200	4.900
	高压整流硅堆、滤波器	台班	10.90	1.050	2.100	2.800	3.500	4.200	4.900
	数字毫秒计 DM3-802H	台班	7.32	1.050	3.500	2.800	3.500	4.200	4.900
	电能校验仪 ST9040	台班	43.02	1.050	2.100	2.800	3.500	4.200	4.900
	相位频率计 704-3	台班	12.10	1.050	2.100	2.100	2.800	2.800	2.800
	继电器检验仪 RLC-50	台班	13.76	1.050	2.100	2.800	3.500	4.700	4.900
	数字万用表 F-87	台班	4.86	1.050	2.450	2.800	3.500	4.200	4.900
	变压器直流电阻测试仪 JD2520	台班	44.30	1.050	2.100	3.500	4.200	4.900	5.600
	电压电流表(各种量程)	台班	17.23	1.050	2.450	2.800	3.500	4.900	4.900
	继电保护测试仪 JBC	台班	25.96	0.700	2.450	2.800	3.500	4.900	4.900
	精密电桥 YY2814	台班	15.08	0.700	2.100	3.500	4.900	6.300	7.700
	光导介损测量仪	台班	30.80	0.700	1.400	3.500	2.800	3.500	4.200
	真空断路器测试仪 VIDAR	台班	165.65	0.700	0.700	0.700	1.050	1.050	1.050

注：不包括避雷器、自动装置、特殊保护装置和接地装置的调试。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-54 送配电装置系统调试

工作内容：自动开关或断路器、隔离开关、常规保护装置、电测量仪表、电力电缆等一、二次回路系统的调试。

单位：系统

定额编号				2-860	2-861	2-862	2-863	2-864	2-865
项目名称				1kV 以下交流供电	10kV 以下交流供电			直流供电(V 以下)	
				(综合)	负荷隔离开关	断路器	带电抗器	500	1650
基价/元				317.01	811.83	1453.18	1656.37	297.68	650.04
其中	人工费/元			247.20	618.40	989.60	1138.00	198.00	445.20
	材料费/元			4.64	11.61	18.58	21.36	3.72	8.36
	机械费/元			65.17	181.82	445.00	497.01	95.96	196.48
名称		单位	单价/元	数量					
人工	综合用工二类	工日	40.00	6.180	15.460	24.740	28.450	4.950	11.130
材料	校验材料费	元	1.00	4.644	11.610	18.576	21.362	3.715	8.359
机械	轻型试验变压器 TSB	台班	20.08	—	0.700	1.050	1.400	—	—
	直流高压发生器 ZGF-200	台班	45.62	—	0.700	1.050	1.400	—	0.700
	电压、电流互感升流器 HJ-12E	台班	31.06	0.700	—	1.050	1.400	—	—
	高压绝缘电阻测试仪 3124	台班	37.12	—	0.700	0.700	0.700	—	0.700
	数字高压表 GYB-Ⅱ	台班	6.50	—	0.700	1.050	1.400	—	0.700
	高压整流硅堆、滤波器	台班	10.90	—	0.700	1.050	1.400	—	—
	电能校验仪 ST9040	台班	43.02	0.700	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
	数字万用表 F-87	台班	4.86	1.400	1.400	1.400	1.400	1.050	1.400
	电压电流表(各种量程)	台班	17.23	—	1.400	1.400	2.100	1.400	1.400
	继电保护测试仪 JBC	台班	25.96	—	—	1.400	1.400	—	1.400
	精密电桥 YY2814	台班	15.08	—	—	1.400	1.400	—	—
	光导介损测量仪	台班	30.80	—	—	0.700	0.700	—	—
	真空断路器测试仪 VIDAR	台班	165.65	—	—	0.700	0.700	—	—
	电缆测试仪 JH5132	台班	9.30	0.700	0.700	1.400	1.400	0.700	0.700

注：1. 不包括特殊保护装置的调试。2. 当断路器为六氟化硫断路器时，基价乘以系数 1.3。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-55　钢管敷设　单位：100m

1. 砌体、混凝土结构明配

工作内容：测位、划线、留堵洞口、埋螺栓、锯管、套丝、揻弯、配管、接地。

定额编号				2-1008	2-1009	2-1010	2-1011	2-1012	2-1013
项目名称				钢管公称直径(mm 以内)					
				15	20	25	32	40	50
基　价　/元				611.90	671.43	763.06	852.93	1046.30	1151.34
其中	人工费/元			435.20	463.20	530.80	564.80	692.00	736.00
	材料费/元			135.24	166.77	171.56	227.43	273.53	334.57
	机械费/元			41.46	41.46	60.70	60.70	80.77	80.77
名　称		单位	单价/元	数　量					
人工	综合用工二类	工日	40.00	10.880	11.580	13.270	14.120	17.300	18.400
材料	钢管(按实际规格)	m	—	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)
	管接头 5×15	个	0.78	16.480	—	—	—	—	—
	管接头 5×20	个	1.56	—	16.480	—	—	—	—
	管接头 6×25	个	2.18	—	—	16.480	—	—	—
	管接头 6×32	个	3.26	—	—	—	16.480	—	—
	管接头 7×40	个	3.90	—	—	—	—	16.480	—
	管接头 7×50	个	5.60	—	—	—	—	—	16.480
	镀锌锁紧螺母 3×15	个	0.31	15.450	—	—	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×20	个	0.36	—	15.450	—	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×25	个	0.48	—	—	15.450	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×32	个	0.62	—	—	—	15.450	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×40	个	0.87	—	—	—	—	15.450	—
	镀锌锁紧螺母 3×50	个	1.20	—	—	—	—	—	15.450
	塑料护口(钢管用)15	个	0.12	15.450	—	—	—	—	—
	塑料护口(钢管用)20	个	0.14	—	15.450	—	—	—	—
	塑料护口(钢管用)25	个	0.25	—	—	15.450	—	—	—
	塑料护口(钢管用)32	个	0.30	—	—	—	15.450	—	—
	塑料护口(钢管用)40	个	0.50	—	—	—	—	15.450	—
	塑料护口(钢管用)50	个	0.60	—	—	—	—	—	15.450
	管卡子(钢管用)15	个	0.30	123.600	—	—	—	—	—
	管卡子(钢管用)20	个	0.40	—	123.600	—	—	—	—
	管卡子(钢管用)25	个	0.50	—	—	85.490	—	—	—
	管卡子(钢管用)32	个	0.80	—	—	—	85.490	—	—
	管卡子(钢管用)40	个	1.00	—	—	—	—	67.980	—
	管卡子(钢管用)50	个	1.20	—	—	—	—	—	67.980
	木螺钉 ϕ4×65 以下	10 个	0.13	24.960	24.960	17.264	17.264	6.864	6.864
	圆钢 ϕ5.5～9	kg	5.01	0.730	0.730	0.900	0.900	2.780	2.780
	电焊条结 422ϕ3.2	kg	4.00	0.690	0.690	0.900	0.900	1.130	1.130
	镀锌铁丝 13#～17#	kg	5.57	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660
	锯条(各种规格)	根	0.50	3.000	3.000	2.000	2.000	3.000	3.000
	铅油	kg	25.00	0.570	0.710	1.020	1.290	1.450	1.810
	塑料胀管 ϕ6～8	个	0.10	252.000	252.000	174.300	174.300	69.300	69.300
	冲击钻头 ϕ6～12	个	5.00	1.660	1.660	1.150	1.150	0.920	0.920
	膨胀螺栓 M6	套	0.35	—	—	—	—	67.320	67.320
	清油 C01-1	kg	13.00	0.260	0.330	0.420	0.530	0.600	0.740
	其他材料费	元	1.00	12.690	13.520	12.440	13.750	16.450	18.420
机械	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.350	0.350	0.470	0.470	0.590	0.590
	电动揻弯机 100 以内	台班	83.69	—	—	0.060	0.060	0.130	0.130

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号				2-1014	2-1015	2-1016	2-1017	2-1018
项目名称				钢管公称直径(mm 以内)				
				70	80	100	125	150
基　价　/元				1580.68	2152.31	2425.86	2681.34	2970.23
其中	人工费/元			1102.40	1554.80	1652.40	1812.80	1912.80
	材料费/元			369.07	484.95	660.90	588.00	726.96
	机械费/元			109.21	112.56	112.56	280.54	330.47
名称		单位	单价/元	数量				
人工	综合用工二类	工日	40.00	27.560	38.870	41.310	45.320	47.820
材料	钢管(按实际规格)	m	—	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)
	管接头 8×70	个	6.98	15.450	—	—	—	—
	管接头 8×80	个	9.65	—	15.450	—	—	—
	管接头 10×100	个	17.78	—	—	15.450	—	—
	管接头 10×125	个	26.13	—	—	—	8.240	—
	管接头 10×150	个	38.42	—	—	—	—	8.240
	镀锌锁紧螺母 3×70	个	1.60	15.450	—	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×80	个	3.84	—	15.450	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×100	个	3.97	—	—	15.450	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×125	个	4.31	—	—	—	15.450	—
	镀锌锁紧螺母 3×150	个	4.58	—	—	—	—	15.450
	塑料护口(钢管用)70	个	0.70	15.450	—	—	—	—
	塑料护口(钢管用)80	个	0.80	—	15.450	—	—	—
	塑料护口(钢管用)100	个	1.20	—	—	15.450	—	—
	塑料护口(钢管用)125	个	0.90	—	—	—	15.450	—
	塑料护口(钢管用)150	个	1.00	—	—	—	—	15.450
	管卡子(钢管用)70	个	1.30	51.500	—	—	—	—
	管卡子(钢管用)80	个	1.80	—	51.500	—	—	—
	管卡子(钢管用)100	个	2.00	—	—	51.500	—	—
	管卡子(钢管用)125	个	2.25	—	—	—	28.840	—
	管卡子(钢管用)150	个	2.50	—	—	—	—	28.840
	圆钢 ϕ5.5～9	kg	5.01	4.310	4.310	4.310	4.310	4.310
	电焊条结 422ϕ3.2	kg	4.00	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360
	镀锌铁丝 13#～17#	kg	5.57	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660
	锯条(各种规格)	根	0.50	3.000	4.500	4.500	—	—
	铅油	kg	25.00	2.060	2.380	3.060	3.760	4.430
	冲击钻头 ϕ6～12	个	5.00	0.680	0.680	0.680	5.440	5.440
	膨胀螺栓 M6	套	0.35	102.000	102.000	102.000	81.600	81.600
	清油 C01-1	kg	13.00	0.930	1.090	1.410	1.730	2.040
	其他材料费	元	1.00	23.840	25.740	36.430	24.340	28.330
机械	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.710	0.710	0.710	—	—
	管子切断机 ϕ60～150	台班	42.85	—	—	—	0.520	0.800
	直流弧焊机 20kW	台班	135.48	—	—	—	0.920	1.200
	电动揻弯机 100 以内	台班	83.69	0.300	0.340	0.340	—	—
	钢材电动揻弯机 ϕ500～1800	台班	121.47	—	—	—	1.100	1.100

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

2. 砌体、混凝土结构暗配

工作内容：测位、划线、锯管、套丝、揻弯、刨沟、配管、接地。

定额编号				2-1019	2-1020	2-1021	2-1022	2-1023	2-1024
项目名称				钢管公称直径(mm 以内)					
				15	20	25	32	40	50
基　价　/元				312.51	343.61	430.80	473.31	727.85	800.19
其中	人工费/元			238.80	255.60	308.00	329.20	534.40	571.20
	材料费/元			32.25	46.55	62.10	83.41	112.68	148.22
	机械费/元			41.46	41.46	60.70	60.70	80.77	80.77
名　称		单位	单价/元	数　量					
人工	综合用工二类	工日	40.00	5.970	6.390	7.700	8.230	13.360	14.280
材料	钢管(按实际规格)	m	—	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)
	管接头 5×15	个	0.78	16.480	—	—	—	—	—
	管接头 5×20	个	1.56	—	16.480	—	—	—	—
	管接头 6×25	个	2.18	—	—	16.480	—	—	—
	管接头 6×32	个	3.26	—	—	—	16.480	—	—
	管接头 7×40	个	3.90	—	—	—	—	16.480	—
	管接头 7×50	个	5.60	—	—	—	—	—	16.480
	塑料护口(钢管用)15	个	0.12	15.450	—	—	—	—	—
	塑料护口(钢管用)20	个	0.14	—	15.450	—	—	—	—
	塑料护口(钢管用)25	个	0.25	—	—	15.450	—	—	—
	塑料护口(钢管用)32	个	0.30	—	—	—	15.450	—	—
	塑料护口(钢管用)40	个	0.50	—	—	—	—	15.450	—
	塑料护口(钢管用)50	个	0.60	—	—	—	—	—	15.450
	镀锌锁紧螺母 3×15	个	0.31	15.450	—	—	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×20	个	0.36	—	15.450	—	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×25	个	0.48	—	—	15.450	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×32	个	0.62	—	—	—	15.450	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×40	个	0.87	—	—	—	—	15.450	—
	镀锌锁紧螺母 3×50	个	1.20	—	—	—	—	—	15.450
	圆钢 ϕ5.5～9	kg	5.01	0.730	0.730	0.900	0.900	2.780	2.780
	电焊条结 422ϕ3.2	kg	4.00	0.690	0.690	0.900	0.900	1.130	1.130
	镀锌铁丝 13#～17#	kg	5.57	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660
	锯条(各种规格)	根	0.50	3.000	3.000	2.000	2.000	3.000	3.000
	其他材料费	元	1.00	1.160	1.520	2.110	2.690	3.620	4.500
机械	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.350	0.350	0.470	0.470	0.590	0.590
	电动揻弯机 100 以内	台班	83.69	—	—	0.060	0.060	0.130	0.130

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号				2-1025	2-1026	2-1027	2-1028	2-1029
项目名称				钢管公称直径(mm 以内)				
				70	80	100	125	150
基　价　/元				1125.13	1628.33	1843.89	2077.93	2303.34
其中	人工费/元			834.00	1255.20	1334.40	1463.20	1542.40
	材料费/元			181.92	260.57	396.93	334.19	442.46
	机械费/元			109.21	112.56	112.56	280.54	318.48
名称		单位	单价/元	数量				
人工	综合用工二类	工日	40.00	20.850	31.380	33.360	36.580	38.560
材料	钢管(按实际规格)	m	—	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)
	管接头 8×70	个	6.98	15.450	—	—	—	—
	管接头 8×80	个	9.65	—	15.450	—	—	—
	管接头 10×100	个	17.78	—	—	15.450	—	—
	管接头 10×125	个	26.13	—	—	—	8.240	—
	管接头 10×150	个	38.42	—	—	—	—	8.240
	塑料护口(钢管用)70	个	0.70	15.450	—	—	—	—
	塑料护口(钢管用)80	个	0.80	—	15.450	—	—	—
	塑料护口(钢管用)100	个	1.20	—	—	15.450	—	—
	塑料护口(钢管用)125	个	0.90	—	—	—	15.450	—
	塑料护口(钢管用)150	个	1.00	—	—	—	—	15.450
	镀锌锁紧螺母 3×70	个	1.60	15.450	—	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×80	个	3.84	—	15.450	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×100	个	3.97	—	—	15.450	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×125	个	4.31	—	—	—	15.450	—
	镀锌锁紧螺母 3×150	个	4.58	—	—	—	—	15.450
	圆钢 ϕ5.5～9	kg	5.01	4.310	4.310	4.310	4.310	4.310
	电焊条结 422ϕ3.2	kg	4.00	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360
	镀锌铁丝 13#～17#	kg	5.57	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660
	锯条(各种规格)	根	0.50	3.000	4.500	4.500	—	—
	其他材料费	元	1.00	6.330	6.830	9.390	7.670	8.960
机械	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.710	0.710	0.710	—	—
	管子切断机 ϕ60～150	台班	42.85	—	—	—	0.520	0.520
	直流弧焊机 20kW	台班	135.48	—	—	—	0.920	1.200
	电动揻弯机 100 以内	台班	83.69	0.300	0.340	0.340	—	—
	钢材电动揻弯机 ϕ500～1800	台班	121.47	—	—	—	1.100	1.100

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

3. 钢结构支架配管

工作内容：测位、划线、留堵洞口、上卡子、锯管、套丝、揻弯、配管、接地。

定额编号				2-1030	2-1031	2-1032	2-1033	2-1034	2-1035
项目名称				钢管公称直径(mm 以内)					
				15	20	25	32	40	50
基　价　/元				527.58	580.93	643.51	761.80	991.93	1094.02
其中	人工费/元			313.20	333.60	385.20	447.60	632.40	672.40
	材料费/元			173.92	205.87	197.61	253.50	277.92	340.01
	机械费/元			41.46	41.46	60.70	60.70	81.61	81.61
名称		单位	单价/元	数量					
人工	综合用工二类	工日	40.00	7.830	8.340	9.630	11.190	15.810	16.810
材料	钢管(按实际规格)	m	—	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)
	管接头 5×15	个	0.78	16.480	—	—	—	—	—
	管接头 5×20	个	1.56	—	16.480	—	—	—	—
	管接头 6×25	个	2.18	—	—	16.480	—	—	—
	管接头 6×32	个	3.26	—	—	—	16.480	—	—
	管接头 7×40	个	3.90	—	—	—	—	16.480	—
	管接头 7×50	个	5.60	—	—	—	—	—	16.480
	镀锌锁紧螺母 3×15	个	0.31	15.450	—	—	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×20	个	0.36	—	15.450	—	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×25	个	0.48	—	—	15.450	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×32	个	0.62	—	—	—	15.450	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×40	个	0.87	—	—	—	—	15.450	—
	镀锌锁紧螺母 3×50	个	1.20	—	—	—	—	—	15.450
	塑料护口(钢管用)15	个	0.12	15.450	—	—	—	—	—
	塑料护口(钢管用)20	个	0.14	—	15.450	—	—	—	—
	塑料护口(钢管用)25	个	0.25	—	—	15.450	—	—	—
	塑料护口(钢管用)32	个	0.30	—	—	—	15.450	—	—
	塑料护口(钢管用)40	个	0.50	—	—	—	—	15.450	—
	塑料护口(钢管用)50	个	0.60	—	—	—	—	—	15.450
	管卡子(钢管用)15	个	0.30	123.600	—	—	—	—	—
	管卡子(钢管用)20	个	0.40	—	126.600	—	—	—	—
	管卡子(钢管用)25	个	0.50	—	—	85.490	—	—	—
	管卡子(钢管用)32	个	0.80	—	—	—	85.490	—	—
	管卡子(钢管用)40	个	1.00	—	—	—	—	67.980	—
	管卡子(钢管用)50	个	1.20	—	—	—	—	—	67.980
	镀锌半圆头螺钉 M6～12×12～50	套	0.29	249.600	249.600	172.640	172.640	137.280	137.280
	圆钢 ϕ5.5～9	kg	5.01	0.730	0.730	0.900	0.900	2.780	2.780
	电焊条结 422ϕ3.2	kg	4.00	0.690	0.690	0.900	0.900	1.130	1.130
	镀锌铁丝 13#～17#	kg	5.57	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660
	锯条(各种规格)	根	0.50	3.000	3.000	2.000	2.000	3.000	3.000
	铅油	kg	25.00	0.570	0.710	1.020	1.290	1.510	1.910
	清油 C01-1	kg	13.00	0.260	0.330	0.420	0.530	0.600	0.740
	其他材料费	元	1.00	14.730	15.780	13.850	15.180	15.520	17.530
机械	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.350	0.350	0.470	0.470	0.590	0.590
	电动揻弯机 100 以内	台班	83.69	—	—	0.060	0.060	0.140	0.140

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号				2-1036	2-1037	2-1038	2-1039	2-1040
项目名称				钢管公称直径(mm 以内)				
				70	80	100	125	150
基　价　/元				1486.23	2049.45	2313.41	2357.46	2594.71
其中	人工费/元			1019.20	1463.20	1551.20	1736.40	1840.40
	材料费/元			357.82	473.69	649.65	465.16	598.41
	机械费/元			109.21	112.56	112.56	155.90	155.90
名称		单位	单价/元	数量				
人工	综合用工二类	工日	40.00	25.480	36.580	38.780	43.410	46.010
材料	钢管(按实际规格)	m	—	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)
	管接头 8×70	个	6.98	15.450	—	—	—	—
	管接头 8×80	个	9.65	—	15.450	—	—	—
	管接头 10×100	个	17.78	—	—	15.450	—	—
	管接头 10×125	个	26.13	—	—	—	8.240	—
	管接头 10×150	个	38.42	—	—	—	—	8.240
	镀锌锁紧螺母 3×70	个	1.60	15.450	—	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×80	个	3.84	—	15.450	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×100	个	3.97	—	—	15.450	—	—
	塑料护口(钢管用)70	个	0.70	15.450	—	—	—	—
	塑料护口(钢管用)80	个	0.80	—	15.450	—	—	—
	塑料护口(钢管用)100	个	1.20	—	—	15.450	—	—
	管卡子(钢管用)70	个	1.30	51.500	—	—	—	—
	管卡子(钢管用)80	个	1.80	—	51.500	—	—	—
	管卡子(钢管用)100	个	2.00	—	—	51.500	—	—
	管卡子(钢管用)125	个	2.25	—	—	—	28.840	—
	管卡子(钢管用)150	个	2.50	—	—	—	—	28.840
	镀锌半圆头螺钉 M6～12×12～50	套	0.29	104.000	104.000	104.000	58.240	58.240
	圆钢 ϕ5.5～9	kg	5.01	4.310	4.310	4.310	4.310	4.310
	电焊条结 422ϕ3.2	kg	4.00	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360
	镀锌铁丝 13#～17#	kg	5.57	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660
	锯条(各种规格)	根	0.50	3.000	4.500	4.500	—	—
	铅油	kg	25.00	2.060	2.380	3.060	3.760	4.430
	清油 C01-1	kg	13.00	0.930	1.090	1.410	1.730	2.040
	其他材料费	元	1.00	21.530	23.420	34.120	20.870	24.860
机械	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.710	0.710	0.710	—	—
	电动揻弯机 100 以内	台班	83.69	0.300	0.340	0.340	—	—
	管子切断机 ϕ60～150	台班	42.85	—	—	—	0.520	0.520
	钢材电动揻弯机 ϕ500～1800	台班	121.47	—	—	—	1.100	1.100

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

4. 钢索配管

工作内容：测位、划线、锯管、套丝、揻弯、上卡子、配管、接地。

定额编号				2-1041	2-1042	2-1043	2-1044
项目名称				钢管公称直径(mm 以内)			
				15	20	25	32
基　价　/元				566.33	623.22	751.56	843.62
其中	人工费/元			394.80	420.40	508.80	541.20
	材料费/元			130.07	161.36	182.06	241.72
	机械费/元			41.46	41.46	60.70	60.70
名　称		单位	单价/元	数　量			
人工	综合用工二类	工日	40.00	9.870	10.510	12.720	13.530
材料	钢管(按实际规格)	m	—	(103.000)	(103.000)	(103.000)	(103.000)
	管接头 5×15	个	0.78	16.480	—	—	—
	管接头 5×20	个	1.56	—	16.480	—	—
	管接头 6×25	个	2.18	—	—	16.480	—
	管接头 6×32	个	3.26	—	—	—	16.480
	镀锌锁紧螺母 3×15	个	0.31	15.450	—	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×20	个	0.36	—	15.450	—	—
	镀锌锁紧螺母 3×25	个	0.48	—	—	15.450	—
	镀锌锁紧螺母 3×32	个	0.62	—	—	—	15.450
	塑料护口(钢管用)15	个	0.12	15.450	—	—	—
	塑料护口(钢管用)20	个	0.14	—	15.450	—	—
	塑料护口(钢管用)25	个	0.25	—	—	15.450	—
	塑料护口(钢管用)32	个	0.30	—	—	—	15.450
	管卡子(钢管用)15	个	0.30	123.600	—	—	—
	管卡子(钢管用)20	个	0.40	—	123.600	—	—
	管卡子(钢管用)25	个	0.50	—	—	103.000	—
	管卡子(钢管用)32	个	0.80	—	—	—	103.000
	镀锌半圆头螺钉 M6～12×12～50	套	0.29	124.800	124.800	104.000	104.000
	圆钢 ϕ5.5～9	kg	5.01	0.730	0.730	0.900	0.900
	电焊条结 422ϕ3.2	kg	4.00	0.690	0.690	0.900	0.900
	镀锌铁丝 13#～17#	kg	5.57	0.660	0.660	0.660	0.660
	锯条(各种规格)	根	0.50	3.000	3.000	2.000	2.000
	铅油	kg	25.00	0.570	0.710	1.020	1.290
	清油 C01-1	kg	13.00	0.260	0.330	0.420	0.430
	其他材料费	元	1.00	8.080	8.660	9.450	10.600
机械	电动揻弯机 100 以内	台班	83.69	—	—	0.060	0.060
	交流电焊机 21kVA	台班	118.46	0.350	0.350	0.470	0.470

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-56 管内穿线

工作内容：穿引线、扫管、涂滑石粉、穿线、编号、接焊包头。

单位：100m 单线

定额编号				2-1136	2-1137	2-1138	2-1139	2-1140
项目名称				照明线路				
				导线截面(mm^2 以内)				
				铝芯 2.5	铝芯 4	铜芯 1.5	铜芯 2.5	铜芯 4
基价/元				46.97	45.28	51.85	54.17	42.54
其中	人工费/元			39.20	27.60	38.40	39.20	27.60
	材料费/元			7.77	17.68	13.45	14.97	14.94
	机械费/元			—	—	—	—	—
名称		单位	单价/元	数量				
人工	综合用工二类	工日	40.00	0.980	0.690	0.960	0.980	0.690
材料	绝缘导线	m	—	(116.000)	(110.000)	(116.000)	(116.000)	(110.000)
	钢丝 ϕ1.6	kg	13.97	0.090	0.090	0.090	0.090	0.130
	棉纱头	kg	5.83	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	铝压接管 ϕ4	个	0.14	16.240	—	—	—	—
	铝压接管 ϕ6	个	1.80	—	7.110	—	—	—
	焊锡	kg	28.78	—	—	0.150	0.200	0.200
	焊锡膏瓶装 50g	kg	34.50	—	—	0.010	0.010	0.010
	汽油	kg	6.10	—	—	0.500	0.500	0.500
	塑料胶布带 25mm×10m	卷	11.50	0.250	0.200	0.250	0.250	0.200
	其他材料费	元	1.00	0.200	0.160	0.440	0.520	0.510

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号				2-1141	2-1142	2-1143	2-1144	2-1145	2-1146
项目名称				动力线路(铝芯)					
				导线截面(mm^2 以内)					
				2.5	4	6	10	16	25
基价/元				31.24	40.04	40.84	52.83	57.46	65.75
其中	人工费/元			26.00	27.60	31.60	38.80	43.20	50.40
	材料费/元			5.24	12.44	9.24	14.03	14.26	15.35
	机械费/元			—	—	—	—	—	—
名称		单位	单价/元	数量					
人工	综合用工二类	工日	40.00	0.650	0.690	0.790	0.970	1.080	1.260
材料	绝缘导线	m	—	(105.000)	(105.000)	(105.000)	(105.000)	(105.000)	(105.000)
	钢丝 ϕ1.6	kg	13.97	0.100	0.100	0.100	0.130	0.130	0.140
	棉纱头	kg	5.83	0.200	0.300	0.300	0.400	0.400	0.500
	铝压接管 ϕ4	个	0.14	5.070	—	—	—	—	—
	铝压接管 ϕ6	个	1.80	—	4.060	—	—	—	—
	铝压接管 ϕ10	个	1.28	—	—	3.050	—	—	—
	钳接管 QL-10	个	2.36	—	—	—	3.050	—	—
	钳接管 QL-16	个	2.36	—	—	—	—	3.050	—
	钳接管 QL-25	个	2.36	—	—	—	—	—	3.050
	塑料胶布带 25mm×10m	卷	11.50	0.160	0.160	0.170	0.200	0.220	0.250
	其他材料费	元	1.00	0.130	0.150	0.230	0.380	0.380	0.410

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号				2-1147	2-1148	2-1149	2-1150	2-1151	2-1152
项目名称				动力线路（铝芯）					
				导线截面（mm^2 以内）					
				35	50	70	95	120	150
基价/元				77.54	101.62	139.58	174.84	176.76	245.40
其中	人工费/元			57.20	78.40	114.00	130.40	141.20	196.40
	材料费/元			20.34	23.22	25.58	44.44	35.56	49.00
	机械费/元			—	—	—	—	—	—
名称		单位	单价/元	数量					
人工	综合用工二类	工日	40.00	1.430	1.960	2.850	3.260	3.530	4.910
材料	绝缘导线	m	—	(105.000)	(105.000)	(105.000)	(104.000)	(104.000)	(104.000)
	钢丝 φ1.6	kg	13.97	0.140	0.240	0.240	0.250	0.250	0.300
	棉纱头	kg	5.83	0.500	0.600	0.600	0.700	0.700	0.800
	钳接管 JT-35L（QL-35）	只	3.86	3.050	—	—	—	—	—
	钳接管 QL-50	个	4.93	—	2.030	—	—	—	—
	钳接管 QL-70	个	4.93	—	—	2.030	—	—	—
	钳接管 JT-95L（QL-95）	只	13.23	—	—	—	2.030	—	—
	钳接管 QL-120	个	15.23	—	—	—	—	1.020	—
	钳接管 JT-150L（QL-150）	只	25.01	—	—	—	—	—	1.020
	塑料胶布带 25mm×10m	卷	11.50	0.270	0.500	0.700	0.800	1.000	1.200
	其他材料费	元	1.00	0.590	0.610	0.670	0.810	0.950	0.830

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号				2-1153	2-1154	2-1155	2-1156	2-1157	2-1158
项目名称				动力线路（铝芯）		动力线路（铜芯）			
				导线截面（mm^2 以内）					
				185	240	1.5	2.5	4	6
基价/元				316.76	500.46	43.85	45.14	49.98	53.16
其中	人工费/元			267.20	451.60	27.20	27.60	29.60	31.60
	材料费/元			49.56	48.86	16.65	17.54	20.38	21.56
	机械费/元			—	—	—	—	—	—
名称		单位	单价/元	数量					
人工	综合用工二类	工日	40.00	6.680	11.290	0.680	0.690	0.740	0.790
材料	绝缘导线	m	—	(104.000)	(104.000)	(105.000)	(105.000)	(105.000)	(105.000)
	钢丝 φ1.6	kg	13.97	0.330	0.350	0.090	0.090	0.100	0.100
	棉纱头	kg	5.83	0.900	1.000	0.200	0.200	0.300	0.300
	塑料胶布带 25mm×10m	卷	11.50	1.300	1.400	—	—	—	—
	钳接管 QL-185	个	22.96	1.020	—	—	—	—	—
	钳接管 JT-240L（QL-240）	只	19.37	—	1.020	—	—	—	—
	汽油	kg	6.10	—	—	0.500	0.500	0.600	0.600
	焊锡	kg	28.78	—	—	0.100	0.110	0.120	0.120
	焊锡膏瓶装 50g	kg	34.50	—	—	0.010	0.010	0.010	0.010
	塑料胶布带 20mm×10m	卷	11.50	—	—	0.650	0.700	0.800	0.900
	其他材料费	元	1.00	1.330	2.280	0.480	0.510	0.580	0.610

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号				2-1159	2-1160	2-1161	2-1162	2-1163	2-1164
项目名称				动力线路（铜芯）					
				导线截面（mm² 以内）					
				10	16	25	35	50	70
基价/元				62.26	69.44	83.46	87.73	147.03	156.38
其中	人工费/元			37.20	43.20	54.00	56.80	111.60	118.80
	材料费/元			25.06	26.24	29.46	30.93	35.43	37.58
	机械费/元			—	—	—	—	—	—
名称		单位	单价/元	数量					
人工	综合用工二类	工日	40.00	0.930	1.080	1.350	1.420	2.790	2.970
材料	绝缘导线	m	—	(105.000)	(105.000)	(105.000)	(105.000)	(105.000)	(105.000)
	钢丝 ϕ1.6	kg	13.97	0.130	0.130	0.140	0.140	0.240	0.240
	棉纱头	kg	5.83	0.400	0.400	0.500	0.500	0.600	0.600
	汽油	kg	6.10	0.700	0.700	0.800	0.800	0.900	0.900
	焊锡	kg	28.78	0.130	0.130	0.140	0.150	0.160	0.180
	焊锡膏瓶装 50g	kg	34.50	0.020	0.020	0.030	0.030	0.040	0.050
	塑料胶布带 20mm×10m	卷	11.50	1.000	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500
	其他材料费	元	1.00	0.710	0.740	0.840	0.880	1.000	1.080

定额编号				2-1165	2-1166	2-1167	2-1168	2-1169
项目名称				动力线路（铜芯）				
				导线截面（mm² 以内）				
				95	120	150	185	240
基价/元				181.19	192.14	298.22	317.10	506.38
其中	人工费/元			140.40	149.20	251.20	267.20	451.60
	材料费/元			40.79	42.94	47.02	49.90	54.78
	机械费/元			—	—	—	—	—
名称		单位	单价/元	数量				
人工	综合用工二类	工日	40.00	3.510	3.730	6.280	6.680	11.290
材料	绝缘导线	m	—	(105.000)	(105.000)	(105.000)	(105.000)	(105.000)
	钢丝 ϕ1.6	kg	13.97	0.250	0.250	0.300	0.330	0.350
	棉纱头	kg	5.83	0.700	0.700	0.800	0.900	1.000
	汽油	kg	6.10	1.000	1.000	1.100	1.100	1.300
	焊锡	kg	28.78	0.190	0.210	0.230	0.240	0.280
	焊锡膏瓶装 50g	kg	34.50	0.060	0.070	0.080	0.090	0.100
	塑料胶布带 20mm×10m	卷	11.50	1.600	1.700	1.800	1.900	2.000
	其他材料费	元	1.00	1.180	1.260	1.380	1.470	1.620

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号				2-1170	2-1171	2-1172	2-1173
项目名称				多芯软导线（芯以内）			
				二芯			
				导线截面（mm^2 以内）			
				0.75	1.0	1.5	2.5
基价/元				40.72	43.16	43.31	44.07
其中	人工费/元			31.20	32.40	32.40	32.80
	材料费/元			9.52	10.76	10.91	11.27
	机械费/元			—	—	—	—
名称		单位	单价/元	数量			
人工	综合用工二类	工日	40.00	0.780	0.810	0.810	0.820
材料	铜芯多股绝缘导线	m	—	(108.000)	(108.000)	(108.000)	(108.000)
	钢丝 ϕ1.6	kg	13.97	0.090	0.090	0.090	0.090
	棉纱头	kg	5.83	0.170	0.220	0.220	0.220
	汽油	kg	6.10	0.480	0.550	0.550	0.550
	焊锡	kg	28.78	0.100	0.110	0.110	0.120
	焊锡膏瓶装 50g	kg	34.50	0.010	0.010	0.010	0.010
	塑料黏胶带	盘	1.50	0.750	0.900	1.000	1.050

定额编号				2-1174	2-1175	2-1176	2-1177	2-1178	2-1179
项目名称				多芯软导线（芯以内）					
				四芯				八芯	
				导线截面（mm^2 以内）					
				0.75	1.0	1.5	2.5	0.75	1.0
基价/元				48.60	51.54	52.16	53.72	62.80	66.21
其中	人工费/元			37.20	38.40	38.80	39.60	48.80	50.00
	材料费/元			11.40	13.14	13.36	14.12	14.00	16.21
	机械费/元			—	—	—	—	—	—
名称		单位	单价/元	数量					
人工	综合用工二类	工日	40.00	0.930	0.960	0.970	0.990	1.220	1.250
材料	铜芯多股绝缘导线	m	—	(108.000)	(108.000)	(108.000)	(108.000)	(108.000)	(108.000)
	钢丝 ϕ1.6	kg	13.97	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090
	棉纱头	kg	5.83	0.190	0.240	0.240	0.240	0.210	0.260
	汽油	kg	6.10	0.580	0.660	0.660	0.660	0.640	0.730
	焊锡	kg	28.78	0.120	0.130	0.130	0.140	0.140	0.160
	焊锡膏瓶装 50g	kg	34.50	0.010	0.020	0.020	0.030	0.030	0.040
	塑料黏胶带	盘	1.50	1.130	1.350	1.500	1.580	1.700	2.000

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

定额编号				2-1180	2-1181	2-1182	2-1183	2-1184
项目名称				多芯软导线（芯以内）				
				八芯		十六芯		
				导线截面（mm^2 以内）				
				1.5	2.5	0.75	1.0	1.5
基价/元				67.39	69.00	80.51	84.67	86.44
其中	人工费/元			50.80	51.60	63.20	64.80	66.00
	材料费/元			16.59	17.40	17.31	19.87	20.44
	机械费/元			—	—	—	—	—
名称		单位	单价/元	数量				
人工	综合用工二类	工日	40.00	1.270	1.290	1.580	1.620	1.650
材料	铜芯多股绝缘导线	m	—	(108.000)	(108.000)	(108.000)	(108.000)	(108.000)
	钢丝 ϕ1.6	kg	13.97	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090
	棉纱头	kg	5.83	0.260	0.260	0.230	0.290	0.290
	汽油	kg	6.10	0.730	0.730	0.700	0.800	0.800
	焊锡	kg	28.78	0.160	0.170	0.170	0.190	0.190
	焊锡膏瓶装 50g	kg	34.50	0.040	0.050	0.050	0.060	0.060
	塑料黏胶带	盘	1.50	2.250	2.370	2.550	3.000	3.380

第四节　工程量计算和套用综合基价的方法及规则

工程量的计算和综合基价套用其准确度、精确度对工程建设项目的计划、统计、编制施工组织设计、技术装备、安排工程安装进度、组织劳力、物资供应以及财务会计、银行金融结算、工程造价等都有重要的影响，任何情况下都不容许忽视。因此工程量的计算和套用定额有一定的方法、程序和规则，这是每一个施工员和预算员应该遵守的，并且只有这样才能保证预算和工程量的质量，对建设单位和安装单位都是合理的、公平的，否则将影响甲乙方的关系，直至影响工程的进度、质量和工程建设项目的投产使用。因

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

为综合基价的内容很多，我们仅以代表性的内容详细讲述，其他列出其编号、工作内容及套用时的注意事项，特别是主材费和另计价材料费。工程量计算时或套用基价定额时，必须仔细阅读各个部分的主要说明、工程量计算规则、项目名称、工作内容、主材费及不包括的工作内容。

现以一个最简单的例子来说明，见图 6-1。图中只有一只电门，标高 1.4m；普通平盘吊灯一只，吊高 2.5m；一根从电门到灯的 G15 钢管，BV1.5 的导线两根；全部暗装，房间高 2.8m，宽 3.3m。导线和管的长度可根据比例用尺子量出，管的长度为 1.65m，导线为 1.65 × 2m = 3.3m。但是，实际发生的材料除上述外还有，铁接线盒三只，圆木一只，吊盒一只，花线 1m、紧锁螺母 4 个、木螺钉 6 条、接线盒盖一个、胶布等。管除了水平方向的 1.65m 以外还包括竖直方向上的标高 1.4m 处向上到顶部的一根，长度为（2.8 − 1.4）m = 1.4m，共计工程量为（1.65 + 1.4）m = 3.05m，按百米为单位为 0.0305×10^2m，实际材料为 $0.0305 \times 10^2 \times 1.03$m = 0.0314×10^2m，即 3.14m，此工程量 3.05m 多出的 0.09m 即为预算定额综合考虑的余量。导线工程量为 $2 \times 0.0305 \times 10^2$m = 0.061×10^2m，实际材料为 $0.061 \times 10^2 \times 1.1648$m = 0.071×10^2m，（0.071 − 0.061）$\times 10^2$m = 0.01×10^2m，即 1.0m 为预算定额综合考虑的余量。

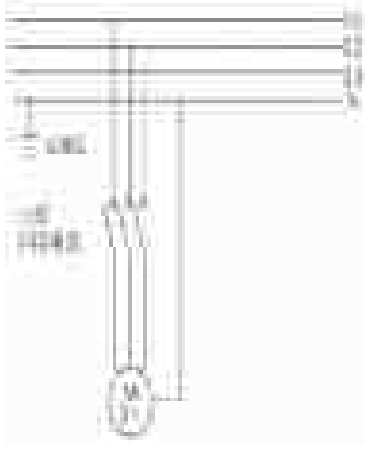


图 6-1　某楼某房间照明平面图（节选）

此外，除了上述的材料外，在安装过程中还需要一些消耗性材料，如固定管、盒的 ϕ6 圆钢、电焊条、红丹漆锯条、ϕ1.5 镀锌铁丝（带线用）等，管路较长时还要考虑管接头、跨接线等，管径在 ϕ32 及以上还要考虑揻弯事宜等。

一个简单的例子说明了预算工程量的计算及定额的套用是一个复杂而规律的工作，这也是为什么在审阅图样时要参看土建或其他专业的图样，为什么要强调参加安装实践，了解安装内容。经验证明，安装经验丰富的预算员所出具的预算一般不会有问题。

一、总则和具体方法

1）综合基价项目的技术特征及工作内容与设计要求相符时，可直接套用；基本相符时，应做适当调整或换算才能套用，但调整或换算应经当地政府部门的定额管理站、建行认可，必要时应和甲方协商，经几方认可同意后方可执行。

2）根据设计要求，既无可直接套用的综合基价项目，又无经过调整或换算可套用的综合基价，可按相近综合基价进行分析比较，并经上述部门认定合理后才可套用。

3）如果上述两条仍不能满足要求，则应编制补充综合基价，也称临时综合基价或一次性综合基价。编制方法是按安装工程的实际测算，由定额管理站、建行、安装单位、建设单位组织有关专家或经验丰富的技术人员编写，合理公平编制，并经甲乙方商定认可签字生效后启用。补充综合基价应经上述部门同意、备案后执行。

4）采用任何综合基价时，首先应熟悉综合基价、掌握适用范围、项目划分，工作内容、操作或作业高度以及环境、条件等，然后仔细阅读每章的文字说明以及每页的注释，充分理解各种表格的应用，单位的应用，最后再套用。任何时候和条件下，应杜绝高估冒算、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

弄虚作假、凭空想象和不正之风。

5）选定需要套用的综合基价后，应仔细核对技术特征、工作内容及综合基价中已计价的材料，这是正确使用综合基价的关键。综合基价中已经包括了的材料不得重算，工作内容已经包括了的安装工序及项目，不得再套用综合基价；综合基价中不包括的材料及未计价材料，应按规定的规则及方法去计算，工作内容不包含的安装工序及项目，应另套综合基价计算，无论大小、多少都不得忽视。

6）关于综合基价中材料损耗的计取必须按综合基价中有关规定执行，不得另行编造或凭空想象；综合基价中的单位不得缩小或扩大，避免计算错误。

7）有些工程项目套用综合基价时，如需经调整或换算才能采用，或采用补充综合基价时，则应在调整、换算、补充的综合基价项目一栏中注明，写上“调”、“换”、“补”字样，以便审核时注意。

8）电气设备安装工程定额中不包括的内容应另行套用综合基价。我们采用的综合基价不包括专业专用项目的电气设备安装，如 X 光机、铁路电气设备等。也不包括电气设备（如电动机）配合机械设备进行单体试运行和联动试车运转工作，应按实际发生用工数量计算，列入决算。

9）具体方法。工程量的计算顺序通常是按定额编号的顺序并按照图样设计内容一一进行。对图样来讲，无论电源进户电压的大小，都应该按照电源进户线及进户装置——变配电装置——各分路配电装置——按回路编号，直至动力设备、照明电路及各个用电器，逐个顺序计算，计算完一个回路，再计算下一个回路，最后计算外围设施、防雷接地装置等。

电缆工程和架空线路一般按综合基价编号和安装工艺顺序进行计算。

计算过程常采用工程量计算表进行，表样见表 6-57，此表应内部保存，作为核对时的依据。

表 6-57　工程量计算表

建设单位：_____

工程名称：_____　　共　　页　第　　页

顺序号	定额编号	分项工程名称	单位	计　算　公　式	备注

审核：　　编制：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

凡是以台、件、套、组、个、块、部、根等为单位的应对照图样（平面图和系统图）和图样中提供的设备材料表，按照上述顺序，分门别类地一一数清，并把其规格、型号、数量、计量单位写入工程量计算表；

凡是以长度或面积为计量单位的应使用比例尺按照平面图的比例精确测量平面上的长度，按顺序一一测量并写入工程量计算表；对于竖直方向上的以长度计量的应根据建筑物的层高和安装标高进行计算，这时关键是掌握竖直方向上电气设备或元件的管路走向，是由上引来，还是由下引来。将计算好的数据写入工程量计算表，并和平面上的长度相加。计算完一个管路应先接着计算该管路的导线，这样不易漏掉。

计算式立好后，先检查一次有无缺项或重计错误，然后计算。把结果写入预算单时，要注意单位的换算，因为我们在测量和计算时，习惯于以“m”或以“个”为单位，换算时要注意进制，见表6-6和前例。任何时候都不得用心算或以平面图的尺寸估算，否则将给预算带来很大误差，导致经济损失。

为了便于读者学习，本书正文中的定额编号是和全国统一安装工程预算定额（综合基价）中的定额编号是一致的。

二、变配电工程

变配电工程包括变压器、配电装置、母线、绝缘子、变配电控制设备及控制屏、保护屏、蓄电池及整流装置等电气设备的安装。

（一）变压器安装

1. 主要说明

1）油浸电力变压器安装项目同样适用于自耦式变压器、带负荷调压变压器的安装。电炉变压器按同容量电力变压器项目乘以系数2.0，整流变压器按同容量电力变压器项目乘以系数1.60。

2）变压器的器身检查：4000kVA以下是按吊芯检查考虑，4000kVA以上是按吊钟罩考虑，如果4000kVA以上的变压器需吊芯检查时，机械台班乘以系数2.0。

3）干式变压器如带有保护外罩，人工和机械乘以系数1.2。

4）整流变压器、消弧线圈、并联电抗器的干燥，执行同容量变压器干燥项目，电炉变压器按同容量变压器干燥项目乘以系数2.0。

5）变压器油是按设备带来考虑的，但施工中变压器油的过滤损耗及操作损耗已包括在有关项目中。

6）变压器安装过程中放注油、油过滤所使用的油罐，已摊入油过滤定额中。

7）变压器干燥，需通过试验，判定绝缘受潮时，才能计取此项费用。试验由具有相应资质的单位进行，并出具试验报告。

8）本项目不包括下列工作内容：

① 变压器干燥棚的搭拆工作，发生时应按实计算，另套定额计算。

② 变压器铁梯及母线铁构件的制作、安装。另执行铁构件制作、安装项目。

③ 气体继电器的检查及试验已列入变压器系统调整试验项目内，不得重计。

④ 端子箱、控制箱的制作、安装，另执行相应项目。

⑤ 二次喷漆及喷字，另执行相应项目。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 工程量计算规则

1）变压器安装，按不同容量以“台”为计量单位。

2）变压器干燥，以“台”为计量单位。

3）消弧线圈的干燥按同容量电力变压器干燥项目执行，以“台”为计量单位。

4）变压器油过滤不论过滤多少次，直到过滤合格为止，以“t”为计量单位，其具体计算方法如下：

① 变压器安装项目未包括绝缘油的过滤，需要过滤时，可按制造厂提供的油量计算，或按表6-58和表6-59计入。

表6-58 SFL系列铝线变压器油重

型号	容量/kVA	电压/kV		连接组别	油重/kg	型号	容量/kVA	电压/kV		连接组别	油重/kg
		高压	低压					高压	低压		
SFL1-400/10、6.3	400	10，6.3	0.4	Yyn0	280	SFL1-6300/10	6300	10	6.3	Yd11	2650
SFL1-500/10、6.3	500	10，6.3	0.4	Yyn0	320	SFL1-8000/10、35	8000	10，35	10，6.3	YNd11	2900/3000
SFL1-630/10、6.3	630	10，6.3	0.4	Yyn0	350	SFL1-10000/35	10000	35	10，6.3	YNd11	3200
SFL1-800/10、6.3	800	10，6.3	6.3，3.15	Yd11	615/870	SFL1-12500/10	12500	10	10，6.3	YNd11	3500
SFL1-1000/10、6.3	1000	10，6.3	6.3，3.15	Yd11	715/980	SFL1-15000/35	15000	35	10，6.3	YNd11	5800
SFL1-1800/10	1800	10	0.4，6.3	Yd11	1620/1305	SFL1-20000/10、35	2000	10，35	10，6.3	YNd11	3500/6800
SFL1-2000/10、35	2000	10，35			1240/1500	SFL1-31500/10、35	31500	10，35			5800/7500
SFL1-3200/10	3200	10	6.3	Yd11	2160	SFL1-40000/10	40000	10			6600
SFL1-4000/10、35	4000	10，35			2050/2230	SFL1-8000/10	8000	10	6.3	Yy0	2900
SFL1-5600/10	5600	10	6.3	Yd11	3180	SFL1-10000/10	10000	10	6.3	Yy0	3500
						SFL1-15000/10	15000	10	6.3	Yy0	4650

注：油重为变压器运输中所带油重与安装后添加油重之和。

表6-59 SJL1、SJL、SJ1系列变压器油重

序号	变压器型号	容量/kVA	油重/kg	总重/kg	序号	变压器型号	容量/kVA	油重/kg	总重/kg
一、	SJL1型				4	SJL1-315/10，6.3	315	255	1300
1	SJL1-160/10.35	160	175	810	5	SJL1-400/10，6.3	400	280	1515
2	SJL1-200/15，6.3	200	200	940	6	SJL1-500/10，6.3	500	320	1815
3	SJL1-250/10，6.3	250	224	1080	7	SJL1-630/10，6.3	630	350	2020

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	变压器型号	容量/kVA	油重/kg	总重/kg
8	SJL1-800/10,6.3,35	800	645/1045	2920/3700
9	SJL1-1000/10,6.3,35	1000	750/1125	3440/4170
10	SJL1-1250/10,6.3,35	1250	905/1205	4000/4670
11	SJL1-1600/10,6.3,35	1600	1225/1380	5200/5470
12	SJL1-2000/10,6.3,35	2000	1235/1500	5560/6300
13	SJL1-2500/10,6.3,35	2500	1465/1600	6475/7040
14	SJL1-3150/10,6.3,35	3150	1800/1880	7400/8330
15	SJL1-4000/10,6.3,35	4000	2050/2230	8720/9560
16	5000/10,6.3,35	5000	2360/2520	10320/11220
17	6300/10,6.3,35	6300	2650/2770	12030/12830
二、	SJL 型			
1	SJL-180/10,6,35	180	210/547	990/1620
2	SJL-320/10,6,35	320	300/605	1490/2260
3	SJL-560/10,6,35	560	400/773	2155/3086
4	SJL-750/10,6,35	750	650/1660	3114/4810
5	SJL-1000/10,6,35	1000	730/1790	3775/4475
6	SJL-1800/10,6,35	1800	1035/2310	6175/7820
7	SJL-2400/35	2400	1780	7730
8	SJL-3200/35	3200	2160/2960	9460/9578
9	SJL-4000/10,35	4000	2050/5700	/11995
10	SJL-5600/35	5600	3180/3900	13380/14870
11	SJL-7500/35	7500		19670
三、	SJ1 型			
1	SJ1-180/6,10（铜芯）	180	284	1145
2	SJ1-320/6,10（铜芯）	320	370	1650
3	SJ1-560/6,10（铜芯）	560	540	2510
4	SJ1-750/6,10（铜芯）	750	920	3480
5	SJ1-1000/6,10,35（铜芯）	1000	1150/1480	4380/5200
6	SJ1-1250/6,10	1250		
7	SJ1-1600/6,10	1000		
8	SJ1-1800/6,10	1800	2030	7140
9	SJ1-2000/6,10	2000		
四、	110kV 三相双圈/三圈			
1		6300	4200/6000	15700/20000
2		10000	5050/9000	19900/31000
3		16000	5900/10300	25500/37800
4		25000	7800/9700	35200/42700
5		40000	10000/13000	51700/63200
6		60000	11000/15700	67400/82700
五、	220kV 三相双圈/三圈			
1		20000	14300	44000
2		40000	17000	64400
3		63000	18900/27000	81000/102000
4		120000	27200/30900	114000/159500
5		180000	36700	159000
6		260000	39800	175600
7		360000	44200	223900
8	三双	31500	14000	62500
9	三双	9000	29500	129000
10	三双	150000	34000 油 46800	178600
11	SFP7-240000/220/10	24000	上节油箱 14000	

注：油重和总重栏内的数字，分子为10kV、6kV油重量，分母为35kV油重量。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 油断路器及其他充油设备的绝缘油过滤，可按制造厂规定的充油量计算或参考表6-60和表6-61的规定。

表6-60 高压油断路器绝缘油重参考表

序号	型 号	容 量	油重/kg	总重/kg	序号	型 号	容 量	油重/kg	总重/kg
1	DW5-10	10kV/100～200A	60		5	DW8-35	35kV/1000	380	
2	DW7-10(柱上用)	10kV/30～400	55	190	6	DN3-10	10kV/400	14	
3	DW9-10(柱上用)	10kV/	14	84	7	DN1-10	10kV/		
4	DW6-35	35kV/400	360		8	DN2-6	10kV/200		

表6-61 高压少油断路器绝缘油量参考表

序号	型 号	容 量	油重/kg	总重/kg	序号	型 号	容 量	油重/kg	总重/kg
1	SN10-10Ⅰ	10kV/600A	5		8	SN4-10 20	10 20 kV/5000 6000	50	
2	SN10-10Ⅱ	10kV/1000	8						
3	SN11-10	10kV/600～10000			9	SW2-35	35kV/1000～1500	100	
4	SN9-10	10kV/600	5		10	SW3-35	35kV/		
5	SN8-10	10kV/600	5		11	SW4-35	35kV/1200	51	
6	SN3-10	10kV/2000	20		12	SW4-110	110kV/1000	120	
7	SN3-10	10kV/3000	20		13	SW4-220	220kV/1000	310	

计算公式：

油过滤量(t)＝设备油重(t)×(1＋损耗率)

3. 油浸电力变压器安装

1）综合基价项目编号2-1～2-7，见表6-27。

2）工作内容包括：

① 开箱检查、本体就位、器身检查（指变压器吊罩或吊芯检查）。

② 套管、储油柜及散热器的清洗。

③ 注油试验，补充注油及安装后整体密封试验。

④ 风扇、油泵电机解体、检查、接线。

⑤ 附件安装，垫铁及止轮器制作安装。

⑥ 接地、补漆，配合电气试验。

3）工作内容不包括：

① 变压器铁梯及母线铁构件的制作安装，应另套铁构件制作安装基价编号2-358～2-359。

② 端子箱的制作安装，应另套铁构件制作安装基价和端子箱安装基价编号2-362和2-324，2-325。

③ 油样的试验、化验及色谱分析，应另套编号2-1028。

④ 二次喷漆，应套用铁构件制作安装基价编号2-364。

4）变压器的水冷却系统以冷却器为界，冷却器至变压器的管道已包括在变压器安装定额内，冷却器及外部的管道安装应另套《工艺管道工程》有关定额。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4. 干式变压器安装

1）综合基价项目编号 2-8 ~ 2-14，见表 6-28。

2）工作内容包括开箱检查、本体就位、垫铁及止轮器制作安装，附件安装、接地、补漆、配合电气试验。

3）其他同油浸电力变压器。

5. 消弧线圈安装

因电气安装工程综合基价的内容很多，书中前述引用过的，写成书中表的编号（如表 6-27 ~ 表 6-40），未引用过的，这里仅写出综合基价中的项目编号，请读者详细阅读综合基价正版。

1）项目编号 2-15 ~ 2-22。

2）工作内容包括开箱检查、本地就位、器身检查、垫铁及止轮器制作安装、附件安装、补充注油及安装后整体密封试验、接地补漆、配合电气试验。

3）其他同油浸电力变压器。

6. 电力变压器干燥

1）项目编号 2-23 ~ 2-29。

2）工作内容包括准备、干燥及维护检查、整理记录、清扫、收尾及注油。其中准备指准备油筒、油泵、接电源等。干燥方法一般是采用涡流干燥法，即泄油后给变压器绕组通以低压电流，常使用交流电焊机。

7. 变压器油过滤

1）项目编号 2-30。

2）工作内容包括前期准备、过滤、清理、取油样，配合电气试验。

变压器安装其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表 6-62 的规定执行。

表 6-62　变压器安装（编码：030201）

<table>
<tr><th>项目编码</th><th>项目名称</th><th>项目特征</th><th>计量单位</th><th>工程量计算规则</th><th>工程内容</th></tr>
<tr><td>030201001</td><td>油浸电力变压器</td><td rowspan="2">1. 名称
2. 型号
3. 容量（kVA）</td><td rowspan="5">台</td><td rowspan="5">按设计图示数量计算</td><td>1. 基础型钢制作、安装
2. 本体安装
3. 油过滤
4. 干燥
5. 网门及铁构件制作、安装
6. 刷（喷）油漆</td></tr>
<tr><td>030201002</td><td>干式变压器</td><td>1. 基础型钢制作、安装
2. 本体安装
3. 干燥
4. 端子箱（汇控箱）安装
5. 刷（喷）油漆</td></tr>
<tr><td>030201003</td><td>整流变压器</td><td rowspan="3">1. 名称
2. 型号
3. 规格
4. 容量（kVA）</td><td rowspan="3">1. 基础型钢制作、安装
2. 本体安装
3. 油过滤
4. 干燥
5. 网门及铁构件制作、安装
6. 刷（喷）油漆</td></tr>
<tr><td>030201004</td><td>自耦式变压器</td></tr>
<tr><td>030201005</td><td>带负荷调压变压器</td></tr>
</table>

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030201006	电炉变压器	1. 名称 2. 型号 3. 容量（kVA）	台	按设计图示数量计算	1. 基础型钢制作、安装 2. 本体安装 3. 刷油漆
030201007	消弧线圈				1. 基础型钢制作、安装 2. 本体安装 3. 油过滤 4. 干燥 5. 刷油漆

（二）配电装置安装

1. 主要说明

1）设备本体所需的绝缘油、六氟化硫气体、液压油等均按设备带有考虑。

2）设备安装项目不包括下列工作内容，另执行相应项目：

① 端子箱安装。

② 设备支架制作及安装。

③ 绝缘油过滤。

④ 基础槽（角）钢安装。

⑤ 电气设备以外的加压设备和附属管道的安装。

3）设备安装所需的地脚螺栓按土建预埋考虑，不包括二次灌浆。

4）互感器安装项目是按单相考虑的，不包括抽芯及绝缘油过滤，特殊情况应另作处理。

5）电抗器安装项目是按三相叠放、三相平放和二叠一平的安装方式综合考虑的。干式电抗器安装项目适用于混凝土电抗器、铁心干式电抗器和空心电抗器等干式电抗器的安装。

6）高压成套配电柜安装项目是综合考虑的，不分容量大小，也不包括母线配制及设备干燥。

7）低压无功补偿电容器屏（柜）安装列入本节“三、低压控制设备及低压电器安装”。

8）配电设备的端子板外部接线，应按本节“三、低压控制设备及低压电器安装”相应项目另行计算。

9）组合型成套箱式变电站主要是指10kV以下的箱式变电站，一般布置形式为变压器在箱的中间，箱的一端为高压开关位置，另一端为低压开关位置。组合型低压成套配电装置其外形像一个大型集装箱，内装6～24台低压配电箱（屏），箱的两端开门，中间为通道，称为集装箱式低压配电室，列入本节“三、低压控制设备及低压电器安装”。

2. 工程量计算规则

1）断路器、电流互感器、电压互感器、油浸电抗器、电力电容器及电容器柜的安装以“台（个）”为计量单位。

2）隔离开关、负荷开关、熔断器、避雷器、干式电抗器的安装以“组”为计量单位，每组按三相（台）计算。

3）交流滤波装置的安装以“台”为计量单位。每套滤波装置包括三台组架安装，不包

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

括设备本身及铜母线的安装，其工程量应按本章相应项目另行计算。

4）高压设备安装项目内均不包括绝缘台的安装，其工程量应按施工图设计另行计算。

5）高压成套配电柜和箱式变电站的安装以“台”为计量单位。

6）配电设备安装的支架、抱箍及延长轴、轴套、间隔板等，按施工图设计的需要量计算，执行本节“三、低压控制设备及低压电器安装”“铁构件制作安装”项目或成品价。

3. 油断路器的安装

1）综合基价项目编号 2-31 ~ 2-34。

2）工作内容包括开箱、解体检查、组合、安装及调整、传动装置安装调整、动作检查、消弧室干燥、注油、接地。

4. 真空断路器、SF_6 断路器安装

1）综合基价项目编号 2-35 ~ 2-38。

2）工作内容同油断路器。

5. 大型空气断路器、真空接触器安装

1）综合基价项目编号 2-39 ~ 2-44。

2）工作内容包括开箱检查、划线、安装固定、绝缘柱杆组装、传动机构及接点调整、接地。

6. 隔离开关、负荷开关安装

1）综合基价项目编号 2-45 ~ 2-52。

2）工作内容包括开箱检查、安装固定、调整、拉杆配制安装、操作机构联锁装置和信号装置接头检查、安装、接地。

7. 互感器、熔断器、避雷器的安装

1）综合基价项目编号 2-53 ~ 2-60。

2）工作内容包括开箱检查、支架上开孔、安装固定、接地，其中每组包括三台。

8. 电抗器安装

1）综合基价项目编号 2-61 ~ 2-68。

2）工作内容包括开箱检查、安装固定、接地。其中，干式按组，每组三台，油浸式按台。

9. 电抗器干燥

1）综合基价项目编号 2-69 ~ 2-76。

2）工作内容包括准备、通电干燥、维护值班、测量、记录、清理。

10. 电力电容器安装

1）综合基价项目编号 2-77 ~ 2-83。

2）工作内容包括开箱检查、安装固定、接地。

11. 并联补偿电容器组架及交流滤波装置安装

1）综合基价项目编号 2-84 ~ 2-91。

2）工作内容包括开箱检查、安装固定、接线、接地。其中，进线保护柜安装套用本节“三、低压控制设备及低压电器安装”中的 3，电抗器单独安装时另套安装项目。

12. 高压成套配电柜安装

1）综合基价项目编号 2-92 ~ 2-98。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）工作内容包括开箱检查、安装固定、放注油、导电接触面检查调整、附件的拆装、接地。

13. 组合型成套箱式变电所安装

1）综合基价项目编号 2-99 ~ 2-106。

2）工作内容开箱检查、安装固定、接线、接地。

3）分不带高压开关柜和带高压开关柜两种，不带高压开关柜的高压进线侧一般采用高压负荷开关。

配电装置安装其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表 6-63 的规定执行。

表 6-63　配电装置安装（编码：030202）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030202001	油断路器	1. 名称 2. 型号 3. 容量（A）	台	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 油过滤 3. 支架制作、安装或基础槽钢安装 4. 刷油漆
030202002	真空断路器				1. 本体安装 2. 支架制作、安装或基础槽钢安装 3. 刷油漆
030202003	SF_6 断路器				
030202004	空气断路器				
030202005	真空接触器				1. 支架制作、安装 2. 本体安装 3. 刷油漆
030202006	隔离开关	1. 名称、型号 2. 容量（A）	组		
030202007	负荷开关				
030202008	互感器	1. 名称、型号 2. 规格 3. 类型	台		1. 安装 2. 干燥
030202009	高压熔断器	1. 名称、型号 2. 规格	组		安装
030202010	避雷器	1. 名称、型号 2. 规格 3. 电压等级			
030202011	干式电抗器	1. 名称、型号 2. 规格 3. 质量			1. 本体安装 2. 干燥
030202012	油浸电抗器	1. 名称、型号 2. 容量（kVA）	台		1. 本体安装 2. 油过滤 3. 干燥

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030202013	移相及串联电容器	1. 名称、型号 2. 规格 3. 质量	个	按设计图示数量计算	安装
030202014	集合式并联电容器				
030202015	并联补偿电容器组架	1. 名称、型号 2. 规格 3. 结构	台		
030202016	交流滤波装置组架	1. 名称、型号 2. 规格 3. 回路			
030202017	高压成套配电柜	1. 名称、型号 2. 规格 3. 母线设置方式 4. 回路			1. 基础槽钢制作、安装 2. 柜体安装 3. 支持绝缘子、穿墙套管耐压试验及安装 4. 穿通板制作、安装 5. 母线桥安装 6. 刷油漆
030202018	组合型成套箱式变电站	1. 名称、型号 2. 容量（kVA）			1. 基础浇筑 2. 箱体安装 3. 进箱母线安装 4. 刷油漆
030202019	环网柜				

（三）母线和绝缘子安装

1. 主要说明

1）该项目不包括支架、铁构件的制作、安装，发生时执行本节“三、低压控制设备及低压电器安装”15 中的相应项目。

2）软母线、槽型母线的安装项目内不包括母线、金具、绝缘子等主材，具体可按设计数量加损耗计算。

3）组合软母线安装项目不包括两端铁构件制作、安装和支持瓷瓶、带形母线的安装，发生时应执行相应项目；其跨距是按标准跨距综合考虑的。

4）软母线安装项目是按单串绝缘子考虑的，如设计为双串绝缘子，人工乘以系数 1.08。

5）软母线的引下线、跳线、设备连线均按导线截面分别执行项目。不区分引下线、跳线和设备连线。

6）带形钢母线安装执行相应铜母线安装项目。

7）带形母线伸缩节头和铜过渡板均按成品考虑，项目中只考虑安装。

8）高压共箱母线和低压封闭式插接母线槽均按制造厂供应的成品考虑，项目内只包含现场安装。封闭式插接母线槽在竖井内安装时，人工和机械乘以系数 2.0。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 工程量计算规则

1）悬垂绝缘子串安装，指垂直或V形安装的提挂导线、跳线、引下线、设备连接线或设备等所用的绝缘子串安装，以“10串”为计量单位，每串的片数不计，但计入主材费。耐张绝缘子串的安装，已包括在软母线安装项目内。

2）支持绝缘子安装分别按安装在户内、户外、单孔、双孔、四孔固定，以“10个”为计量单位。

3）穿墙套管安装不分水平、垂直安装，均以“个”为计量单位。

4）软母线安装，指直接由耐张绝缘子串悬挂部分，按软母线截面大小分别以“跨/三相”为计量单位。导线、绝缘子、线夹、弛度调节金具等均按施工图设计用量加项目规定的损耗率计算。

5）软母线引下线，指由T形线夹或并沟线夹从软母线引向设备的连接线，以“组”为计量单位，每三相为一组；软母线经终端耐张线夹引下（不经T形线夹或并沟线夹引下）与设备连接的部分均执行引下线项目。

6）两跨软母线间的跳引线安装，以“组”为计量单位，每三相为一组。不论两端的耐张线夹是螺栓式或压接式，均执行软母线跳线项目。

7）设备连接线安装，指两设备间的连接部分。不论引下线、跳线、设备连接线，均应分别按导线截面、三相为一组计算工程量。

8）组合软母线安装，按三相为一组计算。跨距（包括水平悬挂部分和两端引下部分之和）按45m以内考虑，跨度的长与短不作调整。导线、绝缘子、线夹、金具按施工图设计用量加项目规定的损耗率计算。

9）软母线安装预留长度按表6-64计算。

表6-64 软母线安装预留长度 （单位：m/根）

项目	耐张	跳线	引下线、设备连接线
预留长度	2.5	0.8	0.6

10）带型母线安装及带型母线引下线安装包括铜排、铝排，分别以不同截面和片数以“10m/单相”为计量单位，母线和固定母线的金具均按设计量加损耗率计算。

11）母线伸缩接头及铜过渡板安装均以“个”为计量单位。

12）槽型母线安装以“10m/单相”为计量单位。槽型母线与设备连接分别以连接不同的设备以“台”为计量单位。槽型母线及固定槽型母线的金具按设计用量加损耗率计算。壳的大小尺寸以“m”为计量单位，长度按设计共箱母线的轴线长度计算。

13）低压（指380V以下）封闭式插接母线槽安装分别按导体的额定电流大小以“10m”为计量单位，长度按设计母线的轴线长度计算，分线箱以“台”为计量单位，分别以电流大小按设计数量计算。

14）重型母线安装包括铜母线、铝母线，分别按截面大小以母线的成品重量以“t”为计量单位。

15）重型铝母线接触面加工指铸造件需加工接触面时，可以按其接触面大小，分别以“片/单相”为计量单位。

16）硬母线配置安装预留长度按表6-65计算。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

17）带型母线、槽型母线安装均不包括支持瓷瓶安装和钢构件配置安装，应分别按设计成品数量执行相应项目。

表 6-65　硬母线配置安装预留长度　（单位：m/根）

序号	项目	预留长度	说　明
1	带型、槽型母线终端	0.3	从最后一个支持点算起
2	带型、槽型母线与分支线连接	0.5	分支线预留
3	带型母线与设备连接	0.5	从设备端子接口算起
4	多片重型母线与设备连接	1.0	从设备端子接口算起
5	槽型母线与设备连接	0.5	从设备端子接口算起

3. 绝缘子安装和穿墙套管安装

1）项目名称编号 2-107～2-114。

2）工作内容包括开箱检查、清扫、摇测绝缘、组合安装、固定、接地、刷漆。

3）绝缘子、金具、线夹、穿墙套管另计主材费。其中，穿墙套管每台按 1.01 计取。

4. 软母线安装

1）项目编号 2-115～2-117。

2）工作内容包括检查下料、压接端子、组装悬挂、调整弛度、紧固、配合绝缘子测试。

3）软导线、金具、端子、绝缘子另计主材费。

5. 软母线引下线、跳线及设备接线

1）项目编号 2-118～2-120。

2）工作内容包括测量、下料、压接、安装连接、弛度调整。

3）软导线、线夹另计主材费。

6. 组合软母线安装

1）项目编号 2-121～2-126。

2）工作内容包括检查、下料、压接、组装、悬挂紧固、弛度调整，横担装置安装。

3）导线、金具、绝缘子另计主材费，绝缘子每个按 1.01 考虑。

7. 带形母线安装（铜质或铝质）

1）项目编号 2-127～2-146。

2）工作内容包括平直、下料、揿弯、母线安装、接头、刷分相漆、按每相片数区分。

3）硬母线、金具另计主材费。

8. 带形母线引下线安装（铜质、铝质）

1）项目编号 2-147～2-166。

2）工作内容包括平直、下料、开孔、安装固定。刷相色漆。按每相片数区分。

3）母线金具另计主材料费。

9. 带形母线用伸缩接头及铜过渡板安装

1）项目编号 2-167～2-177。

2）工作项目开孔、锉面、挂锡、安装。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）伸缩接头、过渡板为另计主材料，每个按1.01考虑计入。

10. 槽形母线安装及与设备连接

1）项目编号2-178～2-197。

2）工作内容包括平直、下料、揻弯、开孔、锉面、锯割、对口、焊接、安装连接固定，刷分相漆。

3）母线、金具另计主材费。

11. 共箱母线安装（6～10kV）

1）项目编号2-198～2-205。

2）工作内容包括配合基础铁件安装、清点检查、吊装就位、调整箱体、连接固定、母线连接、接地、刷漆、配合试验。

3）按铜质、铝质区分，共箱母线本身为另计主材费。

12. 低压封闭式插接母线槽安装

1）项目编号2-206～2-214。

2）工作内容包括开箱检查、接头清洗处理、绝缘测试、吊装就位、线槽连接、固定接地。

3）按母线槽（按10m为单位）、进出分线箱（按分路单位）区分，其中母线槽，分线箱为另计主材费，每节之间的连接地线按设计规格不同可进行换算。

13. 重型母线安装（包括伸缩器、导板制作安装）

1）项目编号2-215～2-235。

2）工作内容包括平直下料、揻弯开孔、接触面加工、搪锡、焊接、组合、伸缩器和导板制作、安装。

3）按铜质、铝质区分，铜铝母线及带螺栓、夹具、绝缘板、低压磁钢压板、绝缘管、垫板垫圈为另计价主材，材料费另计。

变配电工程还包括控制、继电、模拟及配电屏、硅整流柜、晶闸管柜、直流屏及其电气屏/柜及蓄电池的安装，因为其计算规则和主要说明与建筑电气工程有较大区别，因此除蓄电池外，其他与低压动力安装一并讲述，读者应注意顺序。

母线安装其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-66的规定执行。

表6-66 母线安装（编码：030203）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030203001	软母线	1. 型号 2. 规格 3. 数量（跨/三相）	m	按设计图示尺寸以单线长度计算	1. 绝缘子耐压试验及安装 2. 软母线安装 3. 跳线安装
030203002	组合软母线	1. 型号 2. 规格 3. 数量（跨/三相）			1. 绝缘子耐压试验及安装 2. 母线安装 3. 跳线安装 4. 两端铁构件制作、安装及支持瓷瓶安装 5. 油漆

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030203003	带形母线	1. 型号 2. 规格 3. 材质	m	按设计图示尺寸以单线长度计算	1. 支持绝缘子、穿墙套管的耐压试验、安装 2. 穿通板制作、安装 3. 母线安装 4. 母线桥安装 5. 引下线安装 6. 伸缩节安装 7. 过渡板安装 8. 刷分相漆
030203004	槽形母线	1. 型号 2. 规格			1. 母线制作、安装 2. 与发电机变压器连接 3. 与断路器、隔离开关连接 4. 刷分相漆
030203005	共箱母线	1. 型号 2. 规格		按设计图示尺寸以长度计算	1. 安装 2. 进、出分线箱安装 3. 刷（喷）油漆（共箱母线）
030203006	低压封闭式插接母线槽	1. 型号 2. 容量（A）			
030203007	重型母线	1. 型号 2. 容量（A）	t	按设计图示尺寸以质量计算	1. 母线制作、安装 2. 伸缩器及导板制作、安装 3. 支承绝缘子安装 4. 铁构件制作、安装

（四）蓄电池安装

1. 主要说明

1）该项目适用于220V以下各种容量的碱性和酸性固定型蓄电池及其防震支架安装、蓄电池充放电。

2）蓄电池防震支架按随设备供货考虑，安装按地坪打眼装膨胀螺栓固定考虑，超高另计。

3）蓄电池电极连接条、紧固螺栓、绝缘垫均按设备带有考虑。

4）该项目不包括蓄电池抽头连接用电缆及电缆保护管的安装，发生时应执行相应项目。

5）碱性蓄电池补充电解液按厂家随设备供货考虑。铅酸蓄电池的电解液已包括在项目内，不另行计算。

6）蓄电池充放电电量已计入，不论酸性、碱性电池均按其电压和容量执行相应项目。

2. 工程量计算规则

1）铅酸蓄电池和碱性蓄电池安装，分别按容量大小以单体蓄电池“个”为计量单位，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在施工图设计的数量计算工程量。

2）免维护蓄电池安装以“组件”为计量单位，其具体计算如下例：

某项工程设计一组蓄电池为220V/500Ah，由12V的组件18个组成，那么就应该套用12V/500Ah的项目18组件。

3）蓄电池充放电按不同容量以“组”为计量单位。

3. 蓄电池防震支架安装

1）项目编号2-379～2-382。

2）工作内容包括开孔、固定、组装、焊接。

3）支架按成品随设备一起供货考虑，不得另计，如到货无支架则按铁构件制作计入。

4. 碱性蓄电池安装

1）项目编号2-383～2-389。

2）工作内容包括检查测试、安装固定、极柱连接、补充注液。

5. 固定密闭式铅酸蓄电池安装

1）项目编号2-390～2-403。

2）工作内容包括搬运、开箱、检查、安装固定、接线、配注电解液、标注标号。

6. 免维护铅酸蓄电池安装

1）项目编号2-404～2-412。

2）工作内容包括搬运、开箱、检查、支架固定、蓄电池就位、整理检查、连接接线、护罩安装、标注标号。

7. 蓄电池充放电

1）项目编号2-413～2-426。

2）工作内容包括直流回路检查、放电设施准备、初充电、放电、再充电、测量、记录数据。

蓄电池安装其工程量清单项目设备及工程量计算规则，应按表6-67的规定执行。

表6-67 蓄电池安装（编码：030205）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030205001	蓄电池	1. 名称、型号 2. 容量	个	按设计图示数量计算	1. 防震支架安装 2. 本体安装 3. 充放电

三、低压控制设备及低压电器安装

1. 主要说明

1）该项包括电气控制设备、低压电器的安装，盘、柜配线，焊（压）接线端子，穿通板制作、安装，基础槽（角）钢及各种铁构件、支架制作、安装。

2）控制设备安装，除限位开关及水位电气信号装置外，其他均未包括支架制作安装。发生时可执行本节相应项目。

3）控制设备安装未包括的工作内容：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 二次喷漆及喷字。

② 电器及设备干燥。

③ 焊、压接线端子。

④ 端子板外部（二次）接线。

4）屏上辅助设备安装，包括标签框、光字牌、信号灯、附加电阻、连接片等，但不包括屏上开孔工作。

5）设备的补充油按设备自带考虑。

6）各种铁构件制作，均不包括镀锌、镀锡、镀铬、喷塑等其他金属防护费用。发生时应另行计算。

7）轻型铁构件指结构厚度在3mm以内的构件。

8）铁构件制作、安装项目适用于综合基价范围内的各种支架、构件的制作、安装。

9）铜（铝）线焊（压）接线端子项目只适用于导线，电力（控制）电缆终端头制作安装项目中已含压接线端子。

10）端子板外部接线、控制电缆头制作安装项目中已含接线工作，不应重复计算。

11）盘、柜配线项目只适用于盘上小设备元件的少量现场配线，不适用于工厂的设备修、配、改工程。

2. 工程量计算规则

1）控制设备及低压电器安装均以“台”为计量单位。以上设备安装均未包括基础槽钢、角钢的制作安装，应按相应项目另行计算。

2）铁构件制作安装均按施工图设计尺寸，以成品重量“100kg”为计量单位。

3）网门、保护网制作安装，按网门或保护网设计图示的框外围尺寸，以“m^2”为计量单位。

4）盘柜配线分不同规格，以“10m”为计量单位。

5）盘、箱、柜的外部进出线预留长度按表6-68计入。

6）配电板制作安装及包铁皮，按配电板图示外形尺寸，以“m^2（块）”为计量单位。

7）端子板外部接线按设备盘、箱、柜、台的外部接线图计算，以“10个”为计量单位。

表6-68　盘、箱、柜的外部进出线预留长度

（单位：m/根）

序号	项目	预留长度	说　明
1	各种箱、柜、盘、板、盒	高+宽	盘面尺寸
2	单独安装的负荷开关、断路器、刀开关、起动器、箱式电阻器、变阻器	0.5	从安装对象中心算起
3	继电器、控制开关、信号灯、按钮、熔断器等小电器	0.3	从安装对象中心算起
4	分支接头	0.2	分支线预留

3. 控制、继电、模拟及配电屏、直流屏及其他电气屏/柜、控制台控制箱的安装

1）项目编号2-236～2-242和2-252～2-261。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）工作内容包括开箱检查、安装就位、电器、表计及继电器等附件的拆装、送交试验、盘内整理及一次接线标线。

3）工作内容不包括蓄电池的拆除与安装，另计。

4. 硅整流柜和晶闸管柜的安装

1）项目编号 2-243 ~ 2-251。

2）工作内容包括开箱检查、安装就位、一次接线、接地。

3）可控变频调速柜按其项目人工费应乘以系数 1.20。接线端子、接线用导线另计主材费。

5. 成套配电箱、控制开关、熔断器、按钮、电笛、电铃安装

1）项目编号 2-262 ~ 2-287 和 2-299 ~ 2-303。

2）项目工作内容包括开箱检查、安装接线、查线校线、接地。

3）未包括支架制作安装另计，刀开关、负荷开关、漏电开关、熔断器、限位开关、漏电开关、组合开关、按钮、电笛、电铃接线端子为另计主材费，断路器按设备计。

4）接地端子已包括在辅助材料内。

6. 控制器、接触器、起动器、电磁铁、快速断路器、电阻器、变阻器安装

1）项目编号 2-88 ~ 2-98。

2）工作内容包括开箱检查、安装就位、触头调整、油、接线，接地。

3）接线端子另计主材料，但接地端子已包括在辅材中，不得另计，上述元件均按设备计入。

7. 水位电气信号装置安装

1）项目编号 2-304 ~ 2-306。

2）工作内容包括测量定位、划线、安装、配管、穿线、接线、刷油。

3）本项目不包括水泵房电控设备、继电器安装及水泵房到水塔/水箱的管敷设，应另计。浮球为另计价材料，塑料管为另计价材料，且为 3 根计入。

8. 仪表、电器、小母线安装

1）项目编号 2-307 ~ 2-312。

2）工作内容包括开箱检查、盘上划线、开孔、安装固定、写字编号、下料布线、上卡子。

3）小母线另计主材料，仪表、继电器、电磁锁、屏上辅助设备、互感器均按设备计入。

9. 分流器安装

1）项目编号 2-313 ~ 2-316。

2）工作内容包括接触面加工、开孔、连接、固定。

10. 盘柜配线

1）项目编号 2-317 ~ 2-323。

2）工作内容包括放线、下料、排线、卡线、校线、包绝缘带/套绝缘管、接线。

3）接线端子另计主材费，绝缘导线另计且每 10m 按 10.13m 计入。

11. 端子箱、端子板安装及端子板接线

1）项目编号 2-324 ~ 2-330。

2）工作内容包括开箱检查、安装固定、表计拆装、试验校线、套绝缘管、压端子、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

接线。

3）注意项目名称，正确区分其类别。

12. 铜导线焊/压铜接线端子、铝导线焊/压铝接线端子

1）项目编号 2-331 ~ 2-351。

2）工作内容包括削导线头、套绝缘管、焊/压接线端子、包绝缘带。

3）材料已全部计入，不得另计，铜导线压铜接线端也适用于铜铝过渡端子。

13. 穿通板制作安装

1）项目编号 2-352 ~ 2-355。

2）主要工作内容包括平直、下料、制作、焊接、开孔、安装、接地、刷油漆。

3）电木板、环氧树脂板另计主材费，石棉水泥板、塑料、钢板已计入基价中。

14. 基础槽钢、角钢安装

1）项目编号 2-356 ~ 2-357。

2）工作内容包括平直、下料、开孔、安装、接地、刷油漆。

3）槽钢、角钢、型钢以 10m 为单位，每 10m 计入为 10.500m，槽钢、角钢、型钢为另计价材料。

15. 铁构件制作安装及箱盒制作

1）项目编号 2-258 ~ 2-364。

2）工作内容包括平直、划线、下料、开孔、制作、组对、焊接、刷油/喷漆、安装、补刷油漆。

3）铁构件制作用的钢材、网门、保护网框架钢材、门锁、把手为另计主料费，其中圆钢、扁钢、角钢计入表中（　）内的数值，而普通钢板每 100kg 计入 104.00kg，且圆钢、扁钢、角钢、钢板均为另计价材料。

16. 木配电箱制作、配电板制作安装（该项目现工程中已很少用）

1）项目编号 2-365 ~ 2-378。

2）工作内容包括选料、下料、做榫、拼缝、净面开孔、拼装、砂光、油漆，配电板还包括钉包锁皮、安装、接线、接地。

3）该项目中用到的电气设备元件及端子板外部接线应套用相应基价，材料、设备元件另计。制作本身已包括了用到的所有材料。

控制设备及低压电器安装。工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表 6-69 的规定执行。

四、电机检查、接线、干燥及调整

1. 主要说明

1）该项目中的“电机”是指发电机和电动机的统称，如小型电机检查接线项目，适用于同功率的小型发电机和小型电动机的检查接线，项目中的电机功率系指电机的额定功率。

2）微型电机分为 3 类：

① 驱动微型电机（分马力电机）系指微型异步电动机、微型同步电动机、微型交流换向器电动机、微型直流电动机等。

② 控制微型电机系指自整角机、旋转变压器、交直流测速发电机、交直流伺服电动机、步进电动机、力矩电动机等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-69 控制设备及低压电器安装（编码：030204）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030204001	控制屏	1. 名称、型号 2. 规格	台	按设计图示数量计算	1. 基础槽钢制作、安装 2. 屏安装 3. 端子板安装 4. 焊、压接线端子 5. 盘柜配线 6. 小母线安装 7. 屏边安装
030204002	继电、信号屏				
030204003	模拟屏				
030204004	低压开关柜				1. 基础槽钢制作、安装 2. 柜安装 3. 端子板安装 4. 焊、压接线端子 5. 盘柜配线 6. 屏边安装
030204005	配电（电源）屏				
030204006	弱电控制返回屏				1. 基础槽钢制作、安装 2. 屏安装 3. 端子板安装 4. 焊、压接线端子 5. 盘柜配线 6. 小母线安装 7. 屏边安装
030204007	箱式配电室	1. 名称、型号 2. 规格 3. 质量	套		1. 基础槽钢制作、安装 2. 本体安装
030204008	硅整流柜	1. 名称、型号 2. 容量/A	台		1. 基础槽钢制作、安装 2. 盘柜安装
030204009	晶闸管柜	1. 名称、型号 2. 容量/kW			
030204010	低压电容器柜	1. 名称、型号 2. 规格			1. 基础槽钢制作、安装 2. 屏（柜）安装 3. 端子板安装 4. 焊、压接线端子 5. 盘柜配线 6. 小母线安装 7. 屏边安装
030204011	自动调节励磁屏				
030204012	励磁灭磁屏				
030204013	蓄电池屏（柜）				
030204014	直流馈电屏				
030204015	事故照明切换屏				
030204016	控制台				1. 基础槽钢制作、安装 2. 台（箱）安装 3. 端子板安装 4. 焊、压接线端子 5. 盘柜配线 6. 小母线安装

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

<table>
<tr><th>项目编码</th><th>项目名称</th><th>项目特征</th><th>计量单位</th><th>工程量计算规则</th><th>工程内容</th></tr>
<tr><td>030204017</td><td>控制箱</td><td rowspan="2">1. 名称、型号
2. 规格</td><td rowspan="2">台</td><td rowspan="17">按设计图示数量计算</td><td rowspan="2">1. 基础型钢制作、安装
2. 箱体安装</td></tr>
<tr><td>030204018</td><td>配电箱</td></tr>
<tr><td>030204019</td><td>控制开关</td><td>1. 名称
2. 型号
3. 规格</td><td rowspan="3">个</td><td rowspan="15">1. 安装
2. 焊压端子</td></tr>
<tr><td>030204020</td><td>低压熔断器</td><td rowspan="11">1. 名称、型号
2. 规格</td></tr>
<tr><td>030204021</td><td>限位开关</td></tr>
<tr><td>030204022</td><td>控制器</td><td rowspan="10">台</td></tr>
<tr><td>030204023</td><td>接触器</td></tr>
<tr><td>030204024</td><td>磁力起动器</td></tr>
<tr><td>030204025</td><td>Y-△自耦减压起动器</td></tr>
<tr><td>030204026</td><td>电磁铁（电磁制动器）</td></tr>
<tr><td>030204027</td><td>快速自动开关</td></tr>
<tr><td>030204028</td><td>电阻器</td></tr>
<tr><td>030204029</td><td>油浸频敏变阻器</td></tr>
<tr><td>030204030</td><td>分流器</td><td>1. 名称、型号
2. 容量（A）</td></tr>
<tr><td>030204031</td><td>小电器</td><td>1. 名称
2. 型号
3. 规格</td><td>个（套）</td></tr>
</table>

③ 电源微型电机系指微型电动发电机组和单枢变流机等。

④ 其他凡功率在0.75kW以下的小型电机均执行微型电机项目，但一般民用小型交流电风扇安装另执行照明器具的风扇安装项目。风机盘管接线检查适用于空气幕项目。

3）各类电机的检查接线项目均不包括控制装置的安装和接线；除发电机和调相机外，均不包括电机干燥，发生时应按电机干燥项目另行计算。

4）电机的接地线材质是按镀锌扁钢（25mm×4mm）考虑的，如采用铜接地线时，主材（导线和接头）应换算，但安装人工和机械不变。

5）电机的检查接线和干燥执行本项目，电机本身的安装另行计算，套用设备安装基价。

6）各种电机的检查接线，规范要求均需配有相应的金属软管，综合取定平均每台电机配0.8m金属软管，如设计有规定的按设计规格和数量计算，同时扣除原项目中金属软管和专用接头含量。譬如，设计要求用包塑金属软管、阻燃金属软管或采用铝合金软管接头等，均按设计计算。其中，人工、机械不变。

7）电机的电源线为导线时，应执行低压电器的压（焊）接线端子项目。

8）风机盘管检查接线，执行微型电机检查接线项目。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）电机干燥项目系按一次干燥所需的工、料、机消耗量考虑的，在特别潮湿的地方，电机需要进行多次干燥，应按实际干燥次数计算。在气候干燥、电机绝缘性能良好、符合技术标准而不需要干燥时，则不计算干燥费用。

10）电机解体检查项目，应根据需要选用。如不需要解体时，应只执行电机检查接线项目。

2. 工程量计算规则

1）发电机、调相机、电动机的电气检查接线，均以“台”为计量单位。直流发电机组和多台组合的机组，按单台电机分别执行。

2）电机项目的界线划分：单台电机重量在3t以下的为小型电机；单台电机重量在3t以上至30t以下的为中型电机；单台电机重量在30t以上的为大型电机。

3）小型电机按电机类别和功率大小执行相应项目，大、中型电机不分类别一律按电机重量执行相应项目。

3. 发电机、调相机检查接线

1）项目编号2-427～2-432。

2）工作内容包括检查定子和转子、研磨电刷和集电环、安装电刷、测量轴外绝缘、配合密封试验、接线、接地、干燥、整修清理整流子。

4. 电机检查接线

包括小型直流电机、小型交流异步电动机、小型交流同步电动机、小型防爆电动机、小型立式电动机，大中型电机、微型电机、变频机组、电磁调速电动机。

1）项目编号2-433～2-471。

2）工作内容包括检查定子、转子和轴承，吹扫、调整和研磨电刷、测量定子转子间的间隙、手动盘车检查电机转动情况、接线、接地、空载试运转。

3）金属软管及其活接头直接套用表中（　）内的数值，均为另计价材料。

5. 电机干燥

1）项目编号2-472～2-481。

2）工作内容包括前期准备、接电源、安装加热装置和保温措施设置、加温干燥和值班、检查记录绝缘情况、拆除清理。

电机检查接线及调试的工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-70的规定执行。

表6-70　电机检查接线及调试（编码：030206）

<table>
<tr><th>项目编码</th><th>项目名称</th><th>项目特征</th><th>计量单位</th><th>工程量计算规则</th><th>工程内容</th></tr>
<tr><td>030206001</td><td>发电机</td><td rowspan="2">1. 型号
2. 容量（kW）</td><td rowspan="4">台</td><td rowspan="4">按设计图示数量计算</td><td rowspan="2">1. 检查接线（包括接地）
2. 干燥
3. 调试</td></tr>
<tr><td>030206002</td><td>调相机</td></tr>
<tr><td>030206003</td><td>普通小型直流电动机</td><td rowspan="2">1. 名称、型号
2. 容量（kW）
3. 类型</td><td rowspan="2">1. 检查接线（包括接地）
2. 干燥
3. 系统调试</td></tr>
<tr><td>030206004</td><td>可控硅调速直流电动机</td></tr>
</table>

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030206005	普通交流同步电动机	1. 名称、型号 2. 容量（kW） 3. 起动方式	台	按设计图示数量计算	1. 检查接线（包括接地） 2. 干燥 3. 系统调试
030206006	低压交流异步电动机	1. 名称、型号、类别 2. 控制保护方式			
030206007	高压交流异步电动机	1. 名称、型号 2. 容量（kW） 3. 保护类别			
030206008	交流变频调速电动机	1. 名称、型号 2. 容量（kW）			
030206009	微型电机、电加热器	1. 名称、型号 2. 规格			
030206010	电动机组	1. 名称、型号 2. 电动机台数 3. 联锁台数	组		
030206011	备用励磁机组	名称、型号			
030206012	励磁电阻器	1. 型号 2. 规格	台		1. 安装 2. 检查接线 3. 干燥

五、电动起重机及其滑触线装置

1. 主要说明

1）起重机的电气装置是按未经生产厂家成套安装和试运行考虑的，因此未列入起重机整台安装项目，如有按机械设备安装计入，电气部分则应按电机和各种开关、控制设备、管线及灯具等分别执行相应项目。

2）滑触线支架的基础铁件及螺栓，按土建预埋考虑。

3）滑触线及支架的油漆，均按涂一遍考虑。

4）移动软电缆敷设未包括轨道安装及滑轮制作。

5）滑触线的辅助母线安装，执行“车间带型母线”安装项目。

6）滑触线伸缩器和坐式电车绝缘子支持器的安装，已分别包括在“滑触线安装”和“滑触线支架安装”项目内，不另行计算。

7）滑触线及支架安装是按10m以下标高考虑的，如超过10m时应计算操作高度增加费。

8）铁构件制作，执行低压电器中铁构件制作的相应项目。

2. 工程量计算规则

1）滑触线安装以“100m/单相”为计量单位，其附加和预留长度按表6-71计算。

2）其他参阅其他各部分内容。

3. 轻型滑触线安装

1）项目编号2-482～2-484。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-71 滑触线安装附加和预留长度 （单位：m/根）

序号	项目	预留长度	说 明
1	圆钢、铜母线与设备连接	0.2	从设备接线端子接口起算
2	圆钢、铜滑触线终端	0.5	从最后一个固定点起算
3	角钢滑触线终端	1.0	从最后一个支持点起算
4	扁钢滑触线终端	1.3	从最后一个固定点起算
5	扁钢母线分支	0.5	分支线预留
6	扁钢母线与设备连接	0.5	从设备接线端子接口起算
7	轻轨滑触线终端	0.8	从最后一个支持点起算
8	安全节能及其他滑触线终端	0.5	从最后一个固定点起算

2）工作内容包括平直、除锈刷油漆、支架制作安装、滑触线安装、补偿器安装。

3）滑触线、补偿器另计主材费。

4. 安全节能型滑触线安装

1）项目编号 2-485 ~ 2-490。

2）工作内容包括开箱检查、测量划线、调直固定、组装、导电器及滑触线安装。

3）滑触线及其导轨、支架、集电器及其辅件等装置性材料另计主材费，三相组合为一根的滑触线，按单相滑触线项目乘以系数 2.0 计入。

5. 角钢、扁钢、圆钢、工字钢滑线安装

1）项目编号 2-491 ~ 2-503。

2）工作内容包括调直、下料、除锈、安装、连接伸缩器、安装拉紧装置。

3）上述钢材滑触线、伸缩器拉紧装置另计主材费。

6. 滑触线支架安装

1）项目编号 2-504 ~ 2-509。

2）工作内容包括测量定位、放线、支架及支持器安装、底板开孔、指示灯安装。

3）滑触器支架、支持器另计主材费。

7. 滑触线拉紧装置及挂式支持器制作安装

1）项目编号 2-510 ~ 2-513。

2）工作内容包括划线、下料、开孔、刷油、绝缘子灌注螺栓、组装固定、拉紧装置组装成套。

8. 移动软电缆安装

1）项目编号 2-514 ~ 2-520。

2）工作内容包括装配钢索、装拉紧装置、吊挂、滑轮及托架、电缆敷设、接线。

3）软电缆、滑轮及托架另计主材费。

滑触线装置安装其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表 6-72 的规定执行。

表 6-72 滑触线装置安装（编码：030207）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030207001	滑触线	1. 名称 2. 型号 3. 规格 4. 材质	m	按设计图示单相长度计算	1. 滑触线支架制作、安装、刷油 2. 滑触线安装 3. 拉紧装置及挂式支持器制作、安装

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

六、电缆工程

1. 主要说明

1）电缆敷设项目适用于10kV以下的电力电缆和控制电缆敷设，项目内容系按平原地区和厂内电缆工程的施工条件编制的，未考虑在积水区、水底、井下等特殊条件下的电缆敷设，厂外电缆敷设工程按架空线路有关内容另计工地运输。

2）电缆在一般山地、丘陵地区敷设时，其项目人工乘以系数1.3。该地段所需的施工材料如固定桩、夹具等按实另计。

3）电力电缆头项目未考虑双屏蔽电缆头制作，如发生可按同截面电缆头制作、安装项目执行，人工乘以系数1.05。

4）电力电缆敷设项目是按3芯（包括3芯连地）考虑的，5芯电力电缆敷设按同截面电缆项目乘以系数1.3，6芯电力电缆乘以系数1.6，每增加1芯增加30%，以此类推。单芯电力电缆敷设按同截面电缆项目乘以0.67。截面400mm^{2}以上至800mm^{2}的单芯电力电缆敷设按400mm^{2}电力电缆项目执行；截面800～1000mm^{2}的单芯电力电缆敷设按400mm^{2}电力电缆乘以系数1.25执行。240mm^{2}以上的电缆头的接线端子为异型端子，需要单独加工，应按实际加工价计算（或调整项目价格）。

5）桥架安装：

① 桥架安装包括运输、组对、吊装、固定；弯通或三、四通修改、制作组对，切割口防腐，桥架开孔，上管件、隔板安装、盖板安装、接地、附件安装等工作内容。

② 桥架支撑架项目适用于立柱、托臂及其他各种支撑架的安装。项目中已综合考虑了采用螺栓、焊接和膨胀螺栓3种固定方式。

③ 玻璃钢梯式桥架和铝合金梯式桥架项目均按不带盖考虑，如这两种桥架带盖，则分别执行玻璃钢槽式桥架和铝合金槽式桥架项目。

④ 钢制桥架主结构设计厚度大于3mm时，项目人工、机械乘以系数1.2。

⑤ 不锈钢桥架按本节钢制桥架项目乘以系数1.1执行。

6）电缆敷设项目已将裸包电缆、铠装电缆、屏蔽电缆等因素考虑在内，因此凡10kV以下的电力电缆和控制电缆均不分结构形式和型号，一律按相应的电缆截面和芯数执行。

7）电缆敷设及其相配套的项目中凡未包括主材（又称装置性材料）消耗量的，应另按设计和工程量计算规则加上规定的损耗率计算主材费用。

8）直径ϕ100以下的电缆保护管敷设按本节“十、配管配线”有关项目执行。

9）该项未包括下列工作内容：

① 隔热层、保护层的制作安装。

② 吊电缆的钢索及拉紧装置。

③ 电缆冬季施工的加温工作和在其他特殊施工条件下的施工措施费和施工降效增加费。

10）电缆沟的挖、填方，开挖路面、顶管等工作按省建筑/市政综合基价相应项目执行。

11）电缆敷设项目是按铜芯电缆计入的，铝芯电缆应按相应截面电缆的项目计入，其人工、机械按0.7计入。

12）电缆头制作、安装是按3芯（包括接地芯）计入的，五芯电缆头制作、安装按相应截面电缆头制作、安装定额乘以1.3计入；6芯电缆头乘以1.6计入，每再增加一芯，定额增0.3，以此类推，相应端子数量据实调整计入。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

13）户内冷缩式电力电缆终端头制作、安装按户内热缩电力电缆终端头制作、安装项目计入，人工乘以0.8计入。

14）电力电缆敷设分别按电缆敷设、电缆沿墙敷设、电缆沿钢索敷设、电缆沿垂直通道敷设计入。其中，电缆敷设、电缆沿垂直通道敷设已包括了沿地沟、支架、托架、桥架、电缆槽、穿保护管、直埋敷设形式。

15）电缆沿垂直通道敷设高度超过20m或6层，可套用沿垂直通道敷设项目计入。

2. 工程量计算规则

1）直埋电缆的挖、填土（石）方，除特殊要求外，可按表6-73计算土方量。

表6-73 直埋电缆的挖、填土（石）方量

项 目	电缆根数	
	1～2	每增一根
每米沟长挖方量/m^3	0.45	0.153

注：1. 两根以内的电缆沟，系按上口宽度600mm、下口宽度400mm、深度900mm计算的常规土方量（深度按规范的最低标准）。

2. 每增加一根电缆，其宽度增加170mm。

3. 以上土方量系按埋深从自然地坪起算，如设计埋深超过900mm时，多挖的土方量应另行计算。

2）电缆沟盖板揭、盖项目，按每揭或每盖一次，以“100m”为计量单位，如又揭又盖，则按两次计算。

3）电缆保护管长度，除按设计规定长度计算外，遇有下列情况，应按以下规定增加保护管长度；

① 横穿道路，按路基宽度两端各增加2m；

② 垂直敷设时，管口距地面增加2m；

③ 穿过建筑物外墙时，按基础外缘以外增加1m；

④ 穿过排水沟时，按沟壁外缘以外增加1m。

4）电缆保护管埋地敷设，其土方量凡有施工图注明的，按施工图计算；无施工图的，一般按沟深0.9m、沟宽按最外边的保护管两侧边缘外各增加0.3m工作面计算。

5）电缆敷设按单根以“100m”为计量单位，一个沟内（或架上）敷设三根各长100m的电缆，应按300m计算，以此类推。

6）电缆敷设长度应根据敷设路径的水平和垂直敷设长度，按表6-74规定增加附加长度。

表6-74 电缆敷设的附加长度

序号	项 目	预留长度（附加）	说 明
1	电缆敷设弛度、波形弯度、交叉	2.5%	按电缆全长计算
2	电缆进入建筑物	2.0m	规范规定最小值
3	电缆进入沟内或吊架时引上（下）预留	1.5m	规范规定最小值
4	变电所进线、出线	1.5m	规范规定最小值
5	电力电缆终端头	1.5m	检修余量最小值
6	电缆中间接头盒	两端各留2.0m	检修余量最小值
7	电缆进控制、保护屏及模拟盘等	高+宽	按盘面尺寸
8	高压开关柜及低压配电盘、箱	2.0m	盘下进出线
9	电缆至电机	0.5m	从电机接线盒起算

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	项　　目	预留长度（附加）	说　　明
10	厂用变压器	3.0m	从地坪起算
11	电缆绕过梁柱等增加长度	按实计算	按被绕物的断面情况计算增加长度
12	电梯电缆与电缆架固定点	每处0.5m	规范最小值

注：电缆附加及预留的长度是电缆敷设长度的组成部分，应计入电缆长度工程量之内，即电缆工程量＝施工图用量＋附加及预留长度。

7）电缆终端头及中间头均以“个”为计量单位。电力电缆和控制电缆均按一根电缆有两个终端头考虑。中间电缆头设计有图示的，按设计确定；设计没有规定的，按实际情况计算（或按平均250m一个中间头考虑）。

8）桥架安装，以“10m”为计量单位。

9）钢索的计算长度以两端固定点的距离为准，不扣除拉紧装置的长度。

3. 电缆沟铺砂、盖砖及移动沟盖板

1）项目编号2-521～2-527。

2）工作内容包括调整电缆间距、铺砂、盖砖或保护板、埋设标桩、揭盖沟盖板。

4. 电缆保护管敷设

1）项目编号2-528～2-531。

2）工作内容包括测量定位，锯管、打喇叭口，敷设。

3）各种材质的管材为另计价材料，并且每10m按10.30m计入，见表中（　）内数字。

5. 桥架安装

1）项目编号2-532～2-582，按钢制、玻璃钢制、铝合金制、组合式桥架及支撑架区分。

2）工作内容包括组对、焊接/螺栓连接固定、弯头、三通/四通、盖板、隔板、附件安装、立柱、托臂膨胀螺栓/焊接固定、螺栓固定在支架立柱上。

3）主材费另计的有桥架（每10m按10.05m计入）、盖板（每10m按10.05m计入）、隔板［按表中（　）中数计入］、组合式桥架支撑架（100kg按100.5kg计入）。

6. 塑料/金属/混凝土电缆槽安装

1）项目编号2-583～2-591。

2）工作内容包括测量定位、划线、安装、接口。

3）各种接线盒材料另计主材费，电缆槽每10m按10.5m计入另计价材料费。

7. 电缆防火涂料、堵洞、隔板及阻燃槽盒安装

1）项目编号2-592～2-598。

2）工作内容包括清扫、堵洞、安装防火隔板/阻燃槽盒、涂防火材料、清理。

3）防火堵洞按处计入，每处为0.25m^2，防火隔板每平方米按1.03m^2计入，防火涂料每千克按1.03kg计入，阻燃槽盒每10m按10.2m计入均为另计价材料。

8. 电缆防腐、缠石棉绳、刷漆、剥皮

1）项目编号2-599～2-602。

2）作业内容包括配料、加热、灌注防腐料、铺砖、缠石棉绳、管道/电缆刷色漆、电缆剥皮。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）电缆防腐不包括挖沟和回填土，应另计。电缆刷相色漆按一遍计入，电缆缠麻层的人工可按电缆剥皮项计入，并另计麻层材料费。

9. 电缆敷设（分铝芯、铜芯）

1）项目编号 2-603 ~ 2-620。

2）工作内容包括开盘、检查、架盘、敷设、锯割、整理、固定、收盘、临时封头、挂牌。

3）厂外缆，包括其进厂部分敷设时，应另计工地运输，套用架空线路基价。电缆每百米均按 101m 计入，电缆为另计价材料。

10. 电缆头、电缆中间头制作安装

1）电缆头、电缆中间头类别和项目编号见表 6-74。

2）工作内容通用部分包括定位、丈量尺寸、锯割、剥保护层及绝缘层、清洗、包缠绝缘、压连接管及端子、安装接线，其他见表 6-75。

表 6-75 电力电缆头/中间头型式

材质	电缆/中间头型式	项目编号	其他部分工作内容
铝芯	户内干包式	2-621 ~ 2-628	见本节六、10 中的 2）相关项目
	户内浇注式	2-637 ~ 2-645	内屏蔽层处理、压扎锁管、接终端盒、配料浇注
	户内热缩式	2-655 ~ 2-663	内屏蔽层处理、焊接地线、压扎锁管、装热缩管、加热成形
	户外干包式	2-673 ~ 2-676	焊接地线、装终端盒/手套、安装固定
	户外热缩式	2-681 ~ 2-688	焊接地线、套热缩管、装终端盒、配料浇注
	浇注式中间头	2-611 ~ 2-705	内屏蔽层处理、焊接地线、装中间盒、配料浇注
	热缩式中间头	2-715 ~ 2-723	焊接地线、套热缩管、加热成形
铜芯	户内干包式	2-629 ~ 2-636	同铝芯
	户内浇注式	2-646 ~ 2-654	同铝芯
	户内热缩式	2-664 ~ 2-672	同铝芯
	户外干包式	2-677 ~ 2-680	同铝芯
	户外热缩式	2-689 ~ 2-696	同铝芯
	浇注式中间头	2-706 ~ 2-714	同铝芯
	热缩式中间头	2-724 ~ 2-732	同铝芯

3）户内干包式不包括终端盒、保护盒、铝套管和安装支架，应另计。干包式电缆头不装终端盒时即为简包电缆头，仅适用于一般塑料/橡皮绝缘的低压电缆。

4）浇注式不包括电缆终端盒和安装支架，应另计。浇注式主要用于油浸纸绝缘电缆。

5）户内热缩式不包括支架及防护罩，应另计。该热缩式电缆头仅适用于 0.5 ~ 10kV 的交联聚乙烯电缆和其他电缆，35kV 的应另套定额计算。其中，户内热缩电缆终端头原配件每个按 1.02 计入另计价材料费。

6）户外干包式仅适用于塑料/橡皮绝缘的低压电缆。

7）户外电力电缆（热缩）终端头不包括安装支架、托箍、螺栓和防护/防雨罩，应另计，户外热缩电缆终端头原配件和户外终端盒每个按 1.02 个计入另计价材料费。该电缆头制作仅适用于 0.5 ~ 10kV 各种电力电缆户外终端头制作安装，35kV 的另套定额计算。

8）浇注式电力电缆中间头制作安装和热缩式电力电缆中间头制作安装不包括保护盒、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

铅套管和安装支架、应另计。中间接头盒和热缩式中间接头盒每个按 1.02 个计入另计价材料费。

11. 控制电缆敷设

1）项目编号 2-733 ~ 2-740。

2）工作内容见本节六、9 中的 2）中相关项目。

3）厂外电缆敷设（包括进厂部分）另计工地运输费。控制电缆每 100m 按 101.50m 计入另计价材料。

12. 控制电缆头制作安装

1）项目编号 2-741 ~ 2-748。

2）工作内容包括定位、测量、锯割、剥切、包缠绝缘、安装、校接线。

3）不包括铅套管、固定支架、中间头保护盒，应另计。

电缆安装其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表 6-76 的规定执行。

表 6-76　电缆安装（编码：030208）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030208001	电力电缆	1. 型号 2. 规格 3. 敷设方式	m	按设计图示尺寸以长度计算	1. 揭（盖）盖板 2. 电缆敷设 3. 电缆头制作、安装 4. 过路保护管敷设 5. 防火堵洞 6. 电缆防护 7. 电缆防火隔板 8. 电缆防火涂料
030208002	控制电缆				
030208003	电缆保护管	1. 材质 2. 规格			保护管敷设
030208004	电缆桥架	1. 型号、规格 2. 材质 3. 类型			1. 制作、除锈、刷油 2. 安装
030208005	电缆支架	1. 材质 2. 规格	t	按设计图示质量计算	

七、防雷与接地装置

1. 主要说明

1）该项目适用于建筑物、构筑物的防雷接地，变配电系统接地，设备接地以及避雷针的接地装置。

2）户外接地母线敷设项目系按自然地坪和一般土质综合考虑的，包括地沟的挖填土和夯实工作，执行本项目时不应再计算土方量。如遇有石方、矿渣、积水、障碍物等情况时可另行计算。

3）该项不适于采用爆破法施工敷设接地线、安装接地极，也不包括高土壤电阻率地区采用换土或化学处理的接地装置及接地电阻的测定工作。

4）该项目中，避雷针的安装、半导体少长针消雷装置安装均已考虑了高空作业的因素。

5）独立避雷针的加工制作执行“一般铁构件”制作项目或按成品计算。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）防雷均压环安装项目是按利用建筑物圈梁内主筋作为防雷接地连接线考虑的。如果采用单独扁钢或圆钢明敷作均压环时，可执行“户内接地母线敷设”项目。

7）利用铜绞线作接地引下线时，配管、穿铜绞线执行配管配线中同规格的相应项目。

8）利用建筑物主筋作接地引下线和利用圈梁钢筋作均压环接地连线，都是按两根主筋考虑的，如超过两根可按比例调整。

9）利用建筑物主筋作为接地引下线其连接方式是按锥螺纹绑扎计入的，如主筋采用对焊方式，其乘以0.5计入。

10）高层建筑物屋顶防雷接地装置按避雷网安装计入，电缆支架接地线安装按户内接地母线敷设计入。

2. 工程量计算规则

1）接地极制作安装以“根”为计量单位，其长度按设计长度计算，设计无规定时，每根长度按2.5m计算。若设计有管帽时，管帽另按加工件计算。

2）接地母线、避雷线敷设以“10m”为计量单位，其长度按施工图水平和垂直规定长度另加3.9%的附加长度（包括转弯、上下波动、避绕障碍物、搭接头所占长度）计算。

3）接地跨接线以“10处”为计量单位，按规程规定凡需作接地跨接线的工程，每跨接一次按一处计算，户外配电装置构架均需接地，每副构架按“一处”计算。

4）避雷针的加工制作、安装，以“根”或“组”为计量单位，独立避雷针安装以“基”为计量单位。长度、高度、数量均按设计规定。

5）半导体少长针消雷装置安装以“套”为计量单位，按设计安装高度分别执行相应项目。装置本身由设备制造厂成套供货。

6）利用建筑物内主筋作接地引下线安装以“10m”为计量单位。

7）断接卡子制作安装以“10套”为计量单位，按设计规定装设的断接卡子数量计算，接地检查井内的断接卡子安装按每井一套计算。

8）高层建筑物屋顶的防雷接地装置应执行“避雷网安装”项目，电缆支架的接地线安装应执行“户内接地母线敷设”项目。

9）均压环敷设以“10m”为计量单位，工程量以设计需要作均压接地的圈梁的中心线长度按延长米计算。

10）钢、铝窗接地以“10处”为计量单位（高层建筑六层以上的金属窗设计一般要求接地），按设计规定接地的金属窗数进行计算。

11）柱子主筋与圈梁连接以“10处”为计量单位，每处按两根主筋与两根圈梁钢筋分别焊接连接考虑。如果焊接主筋和圈梁钢筋超过两根时，可按比例调整。柱子主筋与圈梁连接的“处”数按规定设计计算。

12）利用基础钢筋做接地极，以“m^2”为计量单位，按基础尺寸计算工程量。

3. 接地极/板制作安装

1）项目编号2-749～2-757。

2）工作内容包括下料、加工、焊接、尖端加工、加固帽加工、打入地下、埋设。

3）所用钢管、圆钢、铜板、钢板等金属材为主要材料，另计费。

4. 接地母线敷设

1）项目编号2-758～2-762。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）工作内容包括挖地沟、接地线调直、测量、下料、开孔、埋卡子、煨弯、敷设、焊接、刷漆、回填土夯实。

3）接地母线包括钢带、铜带或铜绞线为主材另计费，每10m按10.5m计入。

5. 接地跨接线安装

1）项目编号2-763～2-765。

2）工作内容包括：下料、开孔、撅弯、挖填土，固定、刷漆。

6. 避雷针制作

1）项目编号2-766～2-772。

2）工作内容包括下料、针尖针体加工、挂锡、校正、组焊、刷漆。

3）不包括金属底座加工，按铁构件制作另计。针尖、针体所用钢管、圆铁、铜质针尖为主要材料，另计主材费。

7. 避雷针安装

1）项目编号2-773～2-798。

2）工作内容包括预埋铁件、螺栓、支架、安装固定、补漆等。

3）装在金属容器上时针体另计，装在木杆/水泥杆上包括引下线另计。

8. 独立避雷针安装

1）项目编号2-799～2-802。

2）工作内容包括组装、焊接、吊装、找正、固定、补漆。

3）针体另计价，套用铁构件制作定额。

9. 半导体少长针消雷装置安装

1）项目编号2-803～2-805。

2）工作内容包括组装、吊装、找正、固定、补漆。

3）消雷装置按成品计，另计设备费。

10. 避雷针引下线敷设及避雷网安装

1）项目编号2-806～2-809。

2）工作内容包括调直、下料、测量定位、开孔、埋设卡子、焊接固定刷漆。

3）引下线为主材，另计主材费。圈梁钢筋焊接按两根钢筋计入，避雷网用料每10m按10.5m计入，另计价材料。

防雷及接地装置其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-77的规定执行。

八、10kV及以下架空线路

1. 主要说明

1）项目按平地施工条件考虑，如在其他地形条件下施工时，其人工和机械按表6-78地形系数予以调整。

2）地形划分的特征：

① 平地：地形比较平坦、地面比较干燥的地带。

② 丘陵：地形有起伏的矮岗、土丘等地带。

③ 一般山地：指一般山岭或沟谷地带、高原台地等。

④ 泥沼地带：指经常积水的田地或泥水淤积的地带。

3）全线地形分几种类型时，可按各种类型长度所占百分比求出综合系数进行计算。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-77 防雷及接地装置（编码：030209）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030209001	接地装置	1. 接地母线材质、规格 2. 接地极材质、规格	项	按设计图示尺寸以长度计算	1. 接地极（板）制作、安装 2. 接地母线敷设 3. 换土或化学处理 4. 接地跨接线 5. 构架接地
030209002	避雷装置	1. 受雷体名称、材质、规格、技术要求（安装部位） 2. 引下线材质、规格、技术要求（引下形式） 3. 接地极材质、规格、技术要求 4. 接地母线材质、规格、技术要求 5. 均压环材质、规格、技术要求		按设计图示数量计算	1. 避雷针（网）制作、安装 2. 引下线敷设、断接卡子制作、安装 3. 拉线制作、安装 4. 接地极（板、桩）制作、安装 5. 极间连线 6. 油漆（防腐） 7. 换土或化学处理 8. 钢铝窗接地 9. 均压环敷设 10. 柱主筋与圈梁焊接
030209003	半导体少长针消雷装置	1. 型号 2. 高度	套		安装

表 6-78 地形系数

地形类别	丘陵（市区）	一般山地、泥沼地带
调整系数	1.20	1.60

4）线路一次施工工程量按 5 基以上电杆考虑，如 5 基以内者，其全部人工、机械乘以系数 1.3。

5）如果出现钢管杆的组立，按同高度混凝土杆组立的人工、机械乘以系数 1.4，材料不调整。

6）杆上变压器安装项目不包括变压器调试、抽心、干燥工作，应另计。

7）土石方工程按各省建筑、市政综合基价相应项目执行，另计。

8）该项仅适用于 10kV 及以下架空线路，35kV 及以上架空线路应按国家电力定额进行，方法可按本项进行。

2. 工程量计算规则

1）工地运输，是指项目内的未计价材料从集中材料堆放点或工地仓库运至杆位上的工程运输，分人力运输和汽车运输，以“吨千米”为计量单位。

运输量计算公式如下：

$$工程运输量 = 施工图用量 \times (1 + 损耗率)$$

预算运输重量 = 工程运输量 + 包装物重量（不需要包装的可不计算包装物重量）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运输重量可按表6-79进行计算。

表6-79　运输重量参考表

材料名称		单位	运输重量/kg	备注
混凝土制品	人工浇制	m^3	2600	包括钢筋
	离心浇制	m^3	2860	包括钢筋
线　材	导线	kg	W×1.15	有线盘
	钢绞线	kg	W×1.07	无线盘
木杆材料		m^3	500	包括木横担
金属、绝缘子		kg	W×1.07	
螺　　栓		kg	W×1.01	

注：1. W为理论重量。

2. 未列入者均按净重计算。

2）无底盘、卡盘的电杆坑，其挖方体积计算式

$$V = 0.8 \times 0.8 \times h$$

式中　h——坑深（m）。

3）电杆坑的马道土、石方量按每坑0.2m^3计算。

4）施工操作裕度按底拉盘底宽每边增加0.1m。

5）各类土质的放坡系数按表6-80计算。

表6-80　各类土质的放坡系数

土质	普通土、水坑	坚土	松砂石	泥水、流沙、岩石
放坡系数	1:0.3	1:0.25	1:0.2	不放坡

6）冻土厚度大于300mm时，冻土层的挖方量按挖坚土项目乘以系数2.5。其他土层仍按土质性质执行相应项目。

7）土方量计算公式

$$V = \frac{h}{6}[ab + (a + a_1) \times (b + b_1) + a_1 b_1]$$

式中　V——土（石）方体积（m^3）；

h——坑深（m）；

$a(b)$——坑底宽（m），$a(b)$ = 底拉盘底宽 + 2 × 每边操作裕度；

$a_1(b_1)$——坑口宽（m），$a_1(b_1) = a(b) + 2 \times h \times$ 边坡系数。

8）杆坑土质按一个坑的主要土质而定，如一个坑大部分为普通土，少量为坚土，则该坑应全部按普通土计算。

9）带卡盘的电杆坑，如原计算的尺寸不能满足卡盘安装时，因卡盘超长而增加的土（石）方量另计。

10）底盘、卡盘、拉线盘按设计用量以“块”为计量单位。

11）杆塔组立，分别杆塔形式和高度按设计数量以“根”为计量单位。

12）拉线制作安装按施工图设计规定，分不同形式，以“根”为计量单位。

13）横担安装按施工图设计规定，分不同形式和截面，以“根”为计量单位，项目中

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

是按单根拉线考虑的，若安装V形、Y形或双拼型拉线时，按两根计算。拉线长度按设计全根长度计算，设计无规定时可按表6-81计算。

表6-81 拉线长度计算方法 （单位：m/根）

项目		普通拉线	V（Y）形拉线	弓形拉线
杆高/m	8	11.47	22.94	9.33
	9	12.46	25.22	10.10
	10	13.74	27.48	10.92
	11	15.10	30.20	11.82
	12	16.14	32.28	12.62
	13	18.69	37.38	13.42
	14	19.68	39.36	15.12
水平拉线		26.47		

14）导线架设，分别按导线类型和不同截面以“1km/单线”为计量单位计算。导线长度按线路总长度和预留长度之和计算。计算主材费时应另增加规定的损耗率。导线预留长度按表6-82规定计算。

表6-82 导线预留长度 （单位：m/根）

项目名称		长度
高压	转角	2.5
	分支、终端	2.0
低压	分支、终端	0.5
	交叉跳线转角	1.5
与设备连线		0.5
进户线		2.5

15）导线跨越架设，包括越线架的搭、拆和运输以及因跨越（障碍）施工难度增加而增加的工作量，以“处”为计量单位。在计算架线工程量时应按以下规定执行：

① 每个跨越间距均按50m以内考虑，大于50m而小于100m时按两处计算，以此类推。

② 在同跨越档内，有多种（或多次）跨越物时，应根据跨越物种类分别执行相应项目。

③ 跨越项目仅考虑因跨越而多耗的人工、机械台班和材料，在计算架线工程量时，不扣除跨越档的长度。

16）杆上变配电设备安装以“台”或“组”为计量单位，项目中包括杆上钢支架及设备的安装工作，但钢支架主材、连引线、线夹、金具等应按设计规定另行计算，设备的接地装置安装和调试应按相应项目另行计算。

3. 工地运输器材

1）项目编号2-815～2-818。

2）工作内容包括线路器外观检查、绑扎及搬运、卸到指定地点、返回；装车、支垫、运至指定地点、人力卸车、返回。

4. 三盘（底盘、拉线盘、卡盘）安装及电杆防腐

1）项目编号2-819～2-822。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）工作内容包括基坑修整、移运、安装、找平、找正、卡盘螺栓紧固、工器具转移、木杆根部刷防腐沥青。

3）三盘、拉线棒、抱箍、连接螺栓、金具均为主材，另计主材费。

5. 单杆组立

1）项目编号2-823～2-829。

2）工作内容包括立杆、找正、绑地横木/装设卡盘、根部刷油、工器具转移。

3）电杆、横木、卡盘、底盘为主要材料，另计费。电杆组立不包括土石方挖填，应另套定额另计。

6. 接腿电杆组立（仅适用于木杆）

1）项目编号2-830～2-836。

2）工作内容包括木杆加工、接腿、立杆、找正、绑地横木、根部刷沥青、工器具转移。

3）木杆、接腿、横木、圆木、连接铁件及螺栓为主材另计主材费。

7. 撑杆及钢圈焊接

1）项目编号2-837～2-843。

2）工作内容包括木杆加工、根部刷沥青、立杆、装包箍、焊缝间隙轻微调整、挖焊接操作坑、焊接及焊口清理、钢圈防腐防锈处理、工器具转移。

3）撑杆、圆木、连接铁件及螺栓为主材，另计主材费。

8. 横担安装（分10kV、1kV以下两种）

1）项目编号2-844～2-853。

2）作业内容包括测量、定位、上抱箍、装横担、支架、支撑及杆顶支座、装绝缘子、瓷绝缘子。

3）双杆担安装，基价乘以系数2.0，主要材料有横担、绝缘子、连接铁件及螺钉，另计主材费。

9. 进户横担安装

1）项目编号2-854～2-859。

2）工作内容包括测量、划线、开孔、横担安装、装瓷瓶/绝缘子、防水弯头。

3）主材有横担、绝缘子、防水弯头及钢管、支撑铁件、螺栓。

10. 拉线制作安装

1）项目编号2-860～2-865。

2）工作内容包括拉线长度测量、放线、测量与截割、装金具、拉线安装、紧拉线、调节、工器具转移。

3）拉线、金具、抱箍为主材，另计主材费。

11. 导线架设

1）项目编号2-866～2-877。

2）工作内容包括线材外观检查、架线盘、放线、直线段接头的连接、紧线、弧度观测调整、耐张终端制作、绑扎、跳线安装。

3）主要材料金具、绝缘子另计主材费。导线不论品种，每1km/单线均按1013.00m计入另计价材料。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

12. 导线跨越

1）项目编号2-878～2-880。

2）工作内容包括跨越架搭拆、架线中的监护及转移。

13. 进户线架设

1）项目编号2-881～2-884。

2）工作内容包括放线、紧线、瓷绝缘子绑扎、压接包头。

3）主要材料绝缘子另计主材费、进户导线每100m/单线按101.8m计入另计价材料费。

14. 杆上变配电设备安装

1）项目编号2-885～2-893。

2）工作内容包括支架、横担、撑铁安装，设备安装、固定、检查、调整、油开头注油、配线、接线、接地。

3）主要材料有台架、铁架、连引线、瓷绝缘子、金具、接线端子、熔断器等，另计主材费。变压器干燥、接地装置、检修平台、防护栏安装、配电箱焊/压接线端子未包括在内，另套定额。

10kV以下架空配电线路其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-83的规定执行。

表6-83 10kV以下架空配电线路（编码：030210）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030210001	电杆组立	1. 材质 2. 规格 3. 类型 4. 地形	根	按设计图示数量计算	1. 工地运输 2. 土（石）方挖填 3. 底盘、拉盘、卡盘安装 4. 木电杆防腐 5. 电杆组立 6. 横担安装 7. 拉线制作、安装
030210002	导线架设	1. 型号（材质） 2. 规格 3. 地形	km	按设计图示尺寸以长度计算	1. 导线架设 2. 导线跨越及进户线架设 3. 进户横担安装

九、电气调整试验

1. 主要说明

1）该项内容包括电气设备的本体试验和主要设备的分系统调试。不包括成套设备的整套起动调试，应按有关规定另行计算。

2）主要设备的分系统内所含的电气设备元件的本体试验已包括在该分系统调试项目之内。如变压器的系统调试中已包括该系统中的变压器、互感器、开关、仪表和继电器等一、二次设备的本体调试和回路试验。绝缘子和电缆等单体试验，只在单独试验时使用，不应重复计算。

3）送配电设备调试中的1kV以下项目适用于所有低压供电回路，如从低压配电装置至分配电箱的供电回路；但从配电箱直接至电动机的供电回路已包括在电动机的系统调试项目内。送配电设备系统调试包括系统内的电缆试验、瓷瓶耐压等全套调试工作。供电回路中的断路器、母线分段断路器皆作为独立的供电系统计算。项目中皆按一个系统一侧配一台断路

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

器考虑的，若两侧皆有断路器时，则按两个系统计算。如果分配电箱内只有刀开关、熔断器等不含调试元件的供电回路，则不再作为调试系统计算。

4）起重机电气装置、空调电气装置、各种机械设备的电气装置，如堆取料机、装料车、推煤车等成套设备的电气调试应分别按相应的分项调试项目执行。

5）该项目系按新的合格设备考虑的，不包括设备的烘干设备和设备本身缺陷造成的元件更换修理和修改，也未考虑因设备元件质量低劣对调试工作造成的影响，如遇以上情况时，应另行计算。经修配改或拆迁的旧设备调试，按相应项目乘以系数1.1。

6）该项目只限电气设备自身系统的调整试验。未包括电气设备带动机械设备的试运工作，发生时应按有关规定另行计算。

7）调试项目不包括试验设备、仪器仪表的场外转移费用，应另计。

8）该系按现行施工技术验收规范编制的，凡现行规范（指综合基价编制时的规范）未包括的新调试项目和调试内容均应另行计算。

9）调试项目已包括熟悉资料、核对设备、填写试验记录、保护整定值的整定和调试报告的整理工作。

10）电力变压器如有“带负荷调压装置”，调试项目乘以系数1.12。三圈变压器、整流变压器、电炉变压器调试按同容量的电力变压器调试乘以系数1.2。3～10kV母线系统调试含一组电压互感器，1kV以下母线系统调试项目不含电压互感器，适用于低压配电装置的各种母线（包括软母线）的调试。

11）干式变压器调试，按相应容量变压器调试项目乘以系数0.8。

12）电气调试所需的电力消耗已包括在调试项目内，不另计算。但10kW以上电动机及发电机的起动调试用的蒸气、电力和其他动力能源消耗及变压器空载试运转的电力消耗，应另行计算。

13）所谓“系统”是指与其相关的系统内的设备，而不是单体/单台设备。

2. 工程量计算规则

1）电气调试系统的划分以电气原理系统图为依据。电气设备元件的本体试验均包括在相应项目的系统调试之内，不应重复计算。绝缘子和电缆等单体试验，只在单独试验时使用。在系统调试项目中各工序的调试费用如需单独计算时，可按表6-84所列比例计算。

表6-84　电气调试系统各工序的调试费用

项目 工序	发电机调相机系统（%）	变压器系统（%）	送配电设备系统（%）	电动机系统（%）
一次设备本体试验	30	30	40	30
附属高压二次设备试验	20	30	20	30
一次电流及二次回路检查	20	20	20	20
继电器及仪表试验	30	20	20	20

2）供电桥回路的断路器、母线分段断路器，均按独立的送配电设备系统计算调试费。

3）送配电设备系统调试，适用于各种供电回路（包括照明供电回路）的系统调试。凡供电回路中带有仪表、继电器、电磁开关等调试元件的（不包括刀开关、熔断器），均按调

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

试系统计算。移动式电器和以插座连接的家电设备经厂家调试合格、不需要用户自调的设备均不应计算调试费用。

4）送配电设备系统调试，系按一侧有一台断路器考虑的，若两侧均有断路器时，则应按两个系统计算。

5）变压器系统调试，以每个电压侧有一台断路器为准。多于一个断路器的按相应电压等级送配电设备系统调试的相应项目另行计算。

6）特殊保护装置，均以构成一个保护回路为一套，其工程量计算规定如下（特殊保护装置未包括在各系统调试项目之内，应另行计算）：

① 发电机转子接地保护，按全厂发电机共用一套考虑。

② 距离保护，按设计规定所保护的送电线路断路器台数计算。

③ 高频保护，按设计规定所保护的送电线路断路器台数计算。

④ 故障录波器的调试，以一块屏为一套系统计算。

⑤ 失灵保护，按设置该保护的断路器台数计算。

⑥ 失磁保护，按所保护的电机台数计算。

⑦ 变流器的断线保护，按变流器台数计算。

⑧ 小电流接地保护，按装设该保护的供电回路断路器台数计算。

⑨ 保护检查及打印机调试，按构成该系统的完整回路为一套计算。

7）自动装置及信号系统调试，均包括继电器、仪表等元件本身和二次回路的调整试验，具体规定如下：

① 备用电源自动投入装置，按联锁机构的个数确定备用电源自投装置系统数。一个备用厂用变压器作为三段厂用工作母线备用的厂用电源，计算备用电源自动投入装置调试时，应为3个系统。装设自动投入装置的两条互为备用的线路或两台变压器，计算备用电源自动投入装置调试时，应为两个系统。备用电动机自动投入装置亦按此计算。

② 线路自动重合闸调试系统，按采用自动重合闸装置的线路自动断路器的台数计算系统数，综合重合闸也按此计算。

③ 自动调频装置的调试，以一台发电机为一个系统。

④ 同期装置调试，按设计构成一套能完成同期并车运行的装置为一个系统计算。

⑤ 蓄电池及直流监视系统调试，一组蓄电池按一个系统计算。

⑥ 事故照明切换装置调试，按设计能完成交直流切换的一套装置为一个调试系统计算，应急灯不计算调试费。

⑦ 周波减负荷装置调试，凡有一个周率继电器，不论带几个回路，均按一个调试系统计算。

⑧ 变送器屏以屏的个数计算。

⑨ 中央信号装置调试，按每一个变电所或配电室为一个调试系统计算工程量。

⑩ 不间断电源装置调试按容量以“套”为单位计算。

8）接地网的调试规定如下：

① 接地网接地电阻的测定。一般的发电厂或变电站连为一体的母网，按一个系统计算；自成母网不与厂区母网相连的独立接地网，另按一个系统计算。大型建筑群各有自己的接地网（接地电阻值设计有要求），虽然在最后也将各接地网联在一起，但应按各自的接地网计

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

算，不能作为一个网，具体应按接地网的试验情况而定。

② 避雷针接地电阻的测定。每一避雷针均有单独接地网（包括独立的避雷针、烟囱避雷针等）时，均按一组计算。

③ 独立的接地装置按组计算。如一台柱上变压器有一个独立的接地装置，即按一组计算。

9）避雷器、电容器的调试，按每三相为一组计算；单个装设的亦按一组计算，上述设备如设置在发电机，变压器，输、配电线路的系统或回路内，仍应按相应项目另外计算调试费用。

10）高压电气除尘系统调试，按一台升压变压器、一台机械整流器及附属设备为一个系统计算，分别按除尘器的除尘范围执行。

11）晶闸管整流装置调试，按一套晶闸管整流装置为一个系统计算。

12）普通电动机的调试，分别按电机的控制方式、功率、电压等级，以“台”为计量单位。

13）晶闸管调速直流电动机调试以“系统”为计量单位，其调试内容包括晶闸管装置系统和直流电机控制回路系统两个部分的调试。

14）交流变频调速电动机调试以“系统”为计量单位，其调试内容包括变频装置系统和交流电动机控制回路系统两个部分的调试。

15）微型电机系指功率在0.75kW以下的电机，不分类别，一律执行微型电机综合调试项目，以“台”为计量单位。电机功率在0.75kW以上的电机调试应按电机类别和功率分别执行相应调试项目。

16）一般的住宅、学校、办公楼、旅馆、商店等民用电气工程的供电调试应按下列规定：

① 配电室内带有调试元件的盘、箱、柜和带有调试元件的照明主配电箱，应按供电方式执行相应项目。

② 每个用户房间的配电箱（板）上虽装有电磁开关等调试元件，但如果生产厂家已按固定的常规参数调整好，不需要安装单位进行调试就可直接投入使用的，不应计取调试费用。

③ 民用电能表的调整校验属于供电部门的专业管理，一般皆由用户向供电局订购调试完毕的电能表，不应另外计算调试费用。

17）高标准的高层建筑、高级宾馆、大会堂、体育馆等具有较高控制技术的电气工程（包括照明工程中由程控调光控制的装饰灯具），应按控制方式执行相应的电气调试项目。

3. 发电机、调相机系统调试

1）项目编号2-894～2-898。

2）工作内容包括发电机、调相机、压力磁机、隔离开关、断路器、保护装置和一、二次回路的调整试验。不包括特殊保护装置、信号装置、同期装置及备用励磁机的调试，如发生应另计。

3）校验材料费统一计取，不发生其他材料，机械费主要是仪器仪表，以下相同，不再单列。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4. 电力变压器系统调试

1）项目编号 2-899 ~ 2-904。

2）工作内容变压器、断路器、互感器、隔离开关、风冷及油循环冷却系统电气装置、常规保护装置等一、二次回路的调试及空投试验。不包括避雷器、自动装置、特殊保护装置和接地装置的调试，如发生则另计。

5. 送配电装置系统调试

1）项目编号 2-905 ~ 2-910。

2）工作内容包括自动开关/断路器、隔离开关、常规保护装置、电测仪表、电力电缆等一、二次回路系统的调试，不包括特殊保护装置的调试，如发生则另计。SF_6 断路器则应按断路器基价的 1.3 倍计取。

6. 特殊保护装置

1）项目编号 2-911 ~ 2-918。

2）工作内容包括保护装置本体及二次回路的调整试验。

3）单位套/台是指所有保护装置，均以构成一个保护回路为一套。

4）故障录波器套用失灵保护一项，电机定子接地保护、负序反时限保护套用失磁保护。

7. 自动投入装置调试

1）项目编号 2-919 ~ 2-926。

2）工作内容包括自动装置、继电器及控制回路的调整试验。

3）双侧电源自动重合闸是按同期考虑的。

8. 中央信号装置、事故照明切换装置、不间断电源调试

1）项目编号 2-927 ~ 2-935。

2）工作内容包括装置本体及控制回路系统的调整试验。

3）事故照明切换装置调试仅为装置本体调试，不包括其供电回路的调试。

9. 母线、避雷器、电容器、接地装置调试

1）项目编号 2-936 ~ 2-942。

2）工作内容包括母线耐压试验、接触电阻测量，避雷器、母线绝缘监察装置、电测仪表及一、二次回路的调试，接地电阻测试。不包括特殊保护装置的调试，应另计。

3）避雷器一组指三相的避雷器。

10. 电抗器、消弧线圈、电除尘器调试

1）项目编号 2-943 ~ 2-947。

2）工作内容包括直流电阻测试、耐压试验，除尘器本体及其一、二次回路的调试。

11. 整流设备、晶闸管整流装置调试

1）项目编号 2-948 ~ 2-951。

2）开关、调压设备、整流变压器、硅整流设备及一、二次回路的调试、晶闸管控制系统调试。

3）整流设备、晶闸管整流装置均按一台考虑。

12. 普通小型直流电动机调试

1）项目编号 2-956 ~ 2-960。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）工作内容包括直流电动机/励磁机、控制开关、隔离开关、电缆、保护装置及一、二次回路的调整试验。

其中，直流电动机指用普通开关直接控制的直流电动机，励磁机套用本项目。

13. 一般晶闸管调速直流电（动）机系统调试

1）项目编号 2-961 ~ 2-968。

2）工作内容包括控制调节器的开环/闭环调试、可控整流装置调试、直流电机整组试验、调速开关、电缆及一、二次回路的调试。

14. 全数字式控制晶闸管调速电（动）机系统调试

1）项目编号 2-969 ~ 2-976。

2）工作内容包括微机配合电气系统调试。晶闸管整流装置调试、直流电机整组试验、调速开关、电缆及一、二次回路的调试。

3）可逆电机调速系统基价乘以 1.3 倍，不包括微机系统调试，另计。

15. 普通交流同步电动机调试

1）项目编号 2-977 ~ 2-984。

2）工作内容包括电动机、励磁机、断路器、保护装置、起动设备和一、二次回路调试。

16. 交流异步电动机调试（高压/低压）

1）项目编号 2-985 ~ 2-1000。

2）工作内容包括电动机、开关、保护装置、电缆及一、二次回路调试。

3）低压电动机如为一般调速、可逆控制、能耗制动、多速电机、减压起动按相应项目乘以系数 1.3。其中一系统按一台电机计入，如控制回路有两台以上电机时，每增加一台调试项目乘以系数 1.2。

17. 交流变频调速电动机（AC-AC、AC-DC-AC）系统调速（同步/异步）

1）项目编号 2-1001 ~ 2-1014。

2）工作内容包括变频装置本体、变频母线、电动机、励磁机、断路器、互感器、电力电缆、保护装置等一、二次回路的调试。

3）不包括微机本体调试，另计。微机控制的交流变频调速装置调试项目乘以系数 1.25。

18. 微型电机、电加热器调试

1）项目编号 2-1015 ~ 2-1016。

2）工作内容包括微型电机、加热器、开关、保护装置及一、二次回路的调试。

3）微型电机调速一项适用于各种类型的交、直流微型电机调试。

19. 电动机组及联锁装置调试

1）项目编号 2-1017 ~ 2-1022。

2）工作内容包括电动机组、开关、控制回路、电机联锁装置的调试。

3）电机联锁装置调试不包括电机及其起动控制设备的调试，应另计。

20. 绝缘子、套管、绝缘油、电缆试验

1）项目编号 2-1023 ~ 2-1030。

2）工作内容包括准备、取样、耐压试验，电缆临时固定、试验、电缆故障测试。

电气调整试验其工程量清单项目设备及工程量计算规则，应按表 6-85 的规定执行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-85 电气调整试验（编码：030211）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030211001	电力变压器系统	1. 型号 2. 容量（kVA）	系统	按设计图示数量计算	系统调试
030211002	送配电装置系统	1. 型号 2. 电压等级（kV）			
030211003	特殊保护装置	类型			调试
030211004	自动投入装置		套		
030211005	中央信号装置、事故照明切换装置、不间断电源		系统	按设计图示系统计算	
030211006	母线	电压等级	段	按设计图示数量计算	
030211007	避雷器、电容器		组		
030211008	接地装置	类别	系统	按设计图示系统计算	接地电阻测试
030211009	电抗器、消弧线圈、电除尘器	1. 名称、型号 2. 规格	台	按设计图示数量计算	调试
030211010	晶闸管整流设备、晶闸管整流装置	1. 名称、型号 2. 电流（A）			

十、配管配线

1. 主要说明

1）配管工程均未包括接线箱、盒及支架制作、安装，钢索架设及拉紧装置的制作、安装，插接式母线槽支架制作，槽架制作及配管支架应执行铁构件制作安装项目，均应另计。

2）布管后仅穿铁丝不穿电线时，穿线项目按 0.3 工日/100m、铁丝 0.21kg/100m 计入。

3）执行管内穿线定额时，当不需穿引线时，人工乘以 0.8，扣减全部引线耗量。

4）人工、机械开槽、刨沟、补沟槽项目可用于非施工单位造成的（如设计变更）或不能配合土建同步施工时，需要墙面刨沟、补沟项目，不包括墙面抹灰。

5）墙及楼板打透孔项目可用于非施工单位造成的（如设计变更）或其他原因需打凿的孔洞。砌块墙按墙厚 120～370mm 综合计入的，如设计采用 490mm 墙，其基价乘以 1.3 计入。混凝土结构按厚度 100～250mm 综合考虑。

2. 工程量计算规则

1）各种配管应区别不同敷设方式、敷设位置、管材材质、规格，以“100m”或“10m”为计量单位，不扣除管路中间的接线箱（盒）、灯头盒、开关盒所占长度。

2）管内穿线的工程量，应区别线路性质、导线材质、导线截面，以“100m 单线”或“100 束”为计量单位。线路分支接头线的长度已综合考虑在项目中，不应另行计算；照明线路中的导线截面大于或等于 $6mm^2$ 时，应执行动力线路穿线相应项目。

3）线夹配线工程量，应区别线夹材质（塑料、瓷质）、线式（两线、三线）、敷设位置（在木、砖、混凝土）以及导线规格，以“100m 线路”为计量单位。

4）绝缘子配线工程量，应区别绝缘子形式（针式、鼓形、蝶式）、绝缘子配线位置

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（沿屋架、梁、柱、墙，跨屋架、梁、柱、木结构、顶棚内、砖、混凝土结构，沿钢支架及钢索）、导线截面积，以“100m 单线”为计量单位。绝缘子暗配，引下线按线路支持点至天棚下缘距离的长度计算。

5）槽板配线工程量，应区别槽板材质（木质、塑料）、配线位置（木结构、砖、混凝土）、导线截面、线式（二线、三线），以“100m”为计量单位。

6）塑料护套线明敷工程量，应区别导线截面、导线芯数（二芯、三芯）、敷设位置（木结构、砖混结构、沿钢索），以“100m”为计量单位。

7）线槽配线工程量，应区别导线截面，以“100m 单线”为计量单位。

8）钢索架设工程量，应区别圆钢、钢索直径（ϕ6、ϕ9），按图示墙（柱）内缘距离，以“100m”为计量单位，不扣除拉紧装置所占长度。

9）母线拉紧装置及钢索拉紧装置制作安装工程量，应区别母线截面、花篮螺栓直径（12、16、18）以“10 套”为计量单位。

10）车间带形母线安装工程量，应区别母线材质（铝、钢）、母线截面、安装位置（沿屋架、梁、柱、墙，跨屋架、梁、柱）以“100m”为计量单位。

11）动力配管混凝土地面刨沟工程量，应区别管子直径，以“10m”为计量单位。

12）接线箱安装工程量，应区别安装形式（明装、暗装）、接线箱半周长，以“10 个”为计量单位。

13）接线盒安装工程量，应区别安装形式（明装、暗装、钢索上）以及接线盒类型，以“10 个”为计量单位。

14）灯具、明、暗开关、插座、按钮等的预留线，已分别综合在相应项目内，不应另行计算。

配线进入开关箱、柜、板的预留线，按表 6-86 规定的长度，分别计入相应的工程量。

表 6-86　连接设备导线预留线（每一根线）

序号	项　　目	预留长度/m	说　明
1	各种开关箱、柜、板	高 + 宽	盘面尺寸
2	单独安装（无箱、盘）的封闭式开关、刀开关、启动器、线槽进出线盒等	0.3	从安装对象中心算起
3	由地面管子出口引至动力接线箱	1.0	从管口计算
4	电源与管内导线连接（管内穿线与软、硬母线接头）	1.5	从管口计算
5	出户线	1.5	从管口计算

3. 电线管/钢管敷设（分砖、混凝土结构明配、暗配，钢结构支架及钢索配管、钢模板暗配）

1）项目编号 2-1031 ~ 2-1095。

2）工作内容包括测位、划线、钻孔、埋螺栓、锥管、套丝、揻弯、上卡子、支架安装、刨沟、配管、接地、刷漆。

3）电线管、铜管每 100m 均按 103m 计入另计价材料，钢索配管不包括钢索及其架设，应另计。

4. 防爆钢管敷设（分砖、混凝土结构明配、暗配，钢结构支架、塔器照明配管）

1）项目编号 2-1096 ~ 2-1125。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）工作内容包括测位、划线、钻孔、埋螺栓、锯管、套丝、揻弯、安装支架、补焊口漆、配管、接地、气密试验/试压、刷漆。

3）钢管每100m按103m计入另计价材料费。

5. 可挠金属套管敷设（分砖、混凝土结构暗配，吊棚内暗设）

1）项目编号2-1126～1143。

2）工作内容包括测位、划线刨沟、断管固定、配管、接地、清理、填补。

3）可挠金属管砖混暗配每100m按106m计另计价材料费，吊棚内暗设按108m计另计价材料费。

6. 塑料管敷设（分硬质聚氯乙烯管、刚性阻燃管、半硬质阻燃管砖混明配、暗配，吊棚内敷设等）

1）项目编号2-1154～2-1216。

2）工作内容包括测位、划线、钻孔、埋螺栓、锯弯、揻弯、接管、下胀管、连接管件、安螺钉、切割空心墙体，刨沟、抹砂浆保护层、配管、敷设，半硬质阻燃管埋地敷设还包括挖土、填实土方。

3）管材均为另计价材料，计入另计价材料费。根据敷设环境/方式不同每100m均按（ ）内数值计入，详见综合基价表。

7. 金属软管敷设

1）项目编号2-1217～2-1234。

2）丈量尺寸、断管、连接接头、钻孔、攻螺纹固定。

3）金属软管每10m按10.3m计入另计价材料费。

8. 管内穿线

1）项目编号2-1235～2-1292。

2）工作内容包括穿引线、扫管、涂滑石粉、穿线、编号、包头/焊头。

3）不论材质，每100m/单根线均按（ ）内数值计取另计价材料费，多芯软导线每100m/束按108m计取另计价材料费。

9. 配线工程

配线的方法很多，主要有瓷夹板、塑料夹板、鼓型绝缘子、针式绝缘子、蝶式绝缘子木槽板、塑料槽板、塑料护套线明设、线槽等，各适用不同的场所，计算上主要掌握导线的长度，其计入方法不同，详见表6-87，导线、木槽板、塑料槽板为另计价材料费。

10. 钢索架设

1）项目编号2-1411～2-1414。

2）工作内容包括测量定位、断料、调直、架设、绑扎、拉紧、刷漆，不包括拉紧装置制作安装。

3）圆钢、钢索每100m按105m计入另计价材料费。

11. 母线/钢索拉紧装置制作安装

1）项目编号2-1415～2-1419。

2）工作内容包括下料、钻孔、揻弯、组装、建筑物上开孔、埋螺栓、连接、固定、刷漆。

12. 车间带形母线安装

1）项目编号2-1420～2-1433。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-87　配线工程

序号	配线方法		建筑结构	项目编号	导线计入方法	工作内容
1	瓷夹板		木结构 砖混结构 砖混粘接	2-1293～2-1298 2-1299～2-1304 2-1305～2-1308	每100m线路分二线、三线和截面积按基价（　）内数计入	测量定位，划线、钻孔、下过墙管、上（粘接）瓷夹、配线、包头/焊头
2	塑料夹板		木结构 砖混粘接	2-1309～2-1312 2-1313～2-1316	同上	除第一项外还有配粘接料一项
3	绝缘子	鼓型	木结构、顶棚内砖混钢支架/钢索	2-1317～2-1322 2-1323～2-1326	每100m单线按基价（　）内数计入	除第一项外还包括螺钉、钉木楞、上绝缘子 不包括支架制作，钢索架设及拉紧装置制作安装
4		针式	沿屋架、梁、柱、墙跨屋架、梁、柱	2-1327～2-1333 2-1334～2-1340	每100m单线均按108m按截面积计入另计价材料费	除第一项外还有安装支架、上绝缘子，不包括支架制作
5		蝶式	同针式	2-1341～2-1347 2-1348～2-1354	同针式	同针式
6	木槽板		同塑料夹板	2-1355～2-1362 2-1363～2-1370	导线同瓷夹板，木槽板每100m均按105m计入另计价材料费	除第一项外还包括断料、做角弯、装盒子
7	塑料槽板		同塑料夹板	2-1371～2-1378	同木槽板	同木槽板
8	塑料护套线明设		除瓷夹板三项外，还有沿钢索	2-1379～2-1402	每100m导线按基价（　）内数计入另计价材料费	除第一项外还有上卡子、装盒子、埋螺钉、粘接底板 不包括钢索架设及拉紧装置制作安装
9	线槽		各种装构	2-1403～2-1410	每100m单线均按102m计入另计价材料费	清扫线槽、放线、编号、对号、包头/焊头，不包线槽安装另计
10						

2）工作内容包括打孔、支架安装、绝缘子灌注。安装、母线调直、揻弯、钻孔、连接、架设，夹具、木夹板、拉紧装置制作、安装、刷相漆。不包括支架制作及母线伸缩器制作安装。母线伸缩器套母线安装相应项目，编号2-222。

3）铝母线每100m按101.3m，钢母线每100m按104m计入未计价材料费。

13. 动力配管混凝土地面刨沟

1）项目编号2-1434～2-1438。

2）工作内容包括测量定位、划线、刨沟、清理、填补。

14. 接线箱安装

1）项目编号2-1439～2-1442。

2）工作内容包括测量定位、建筑物开孔、埋注螺栓、箱体开孔、刷漆、固定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）接线箱本体为另计价材料、另计费。

15. 接线盒安装

1）项目编号 2-1443 ~ 2-1447。

2）工作内容包括测量定位、固定、修孔。

3）接线盒本体每 10 个按 10.2 个计入未计价材料。

配管、配线其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表 6-88 的规定执行。

表 6-88 配管、配线（编码：030212）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030212001	电气配管	1. 名称 2. 材质 3. 规格 4. 配置形式及部位	m	按设计图示尺寸以延长米计算。不扣除管路中间的接线箱（盒）、灯头盒、开关盒所占长度	1. 刨沟槽 2. 钢索架设（拉紧装置安装） 3. 支架制作、安装 4. 电线管路敷设 5. 接线盒（箱）、灯头盒、开关盒、插座盒安装 6. 防腐油漆 7. 接地
030212002	线槽	1. 材质 2. 规格		按设计图示尺寸以延长米计算	1. 安装 2. 油漆
030212003	电气配线	1. 配线形式 2. 导线型号、材质、规格 3. 敷设部位或线制		按设计图示尺寸以单线延长米计算	1. 支持体（夹板、绝缘子、槽板等）安装 2. 支架制作、安装 3. 钢索架设（拉紧装置安装） 4. 配线 5. 管内穿线

十一、照明灯具安装

1. 主要说明

1）各型灯具的引导线，除注明者外，均已综合考虑在项目内，执行时不应换算。

2）路灯、投光灯、碘钨灯、氙气灯、烟囱或水塔指示灯，均已考虑了一般工程的高空作业因素，其他器具安装高度如超过 5m，则应计算操作高度增加费。

3）装饰灯具项目均已考虑了一般工程的超高作业因素，并包括脚手架搭拆费用。

4）装饰灯具安装项目与示意图号配套使用。

5）应急灯安装按标志灯、诱导装饰灯具计入。

6）该项目已包括利用绝缘电阻表测量绝缘及一般灯具的试亮工作，但不包括调试工作。

7）小型断路器安装定额适用于照明系统中 60A 以下的小型单联、双联、三联断路器。

2. 工程量计算规则

1）普通灯具安装的工程量，应区别灯具的种类、型号、规格，以“10 套”为计量单位。普通灯具安装项目适用范围表 6-89。

2）吊式艺术装饰灯具的工程量，应根据装饰灯具示意图集所示（综合基价后页附有装

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

饰灯具安装工程示意图，限于篇幅关系，这里不再附上，下同），区别不同装饰物以及灯体直径和灯体垂吊长度，以“10 套”为计量单位。灯体直径为装饰物的最大外缘直径，灯体垂吊长度为灯座底部到灯梢之间的总长度。

表 6-89　普通灯具安装项目适用范围

项目名称	灯具种类
圆球吸顶灯	材质为玻璃的螺口、卡口圆球独立吸顶灯
半圆球吸顶灯	材质为玻璃的独立的半圆球吸顶灯、扁圆罩吸顶灯、平圆形吸顶灯
方形吸顶灯	材质为玻璃的独立的矩形罩吸顶灯、方形罩吸顶灯、大口方罩顶灯
软线吊灯	利用软线为垂吊材料、独立的，材质为玻璃、塑料、搪瓷，形状如碗伞、平盘灯罩组成的各式软线吊灯
吊链灯	利用吊链作辅助悬吊材料、独立的，材质为玻璃、塑料罩的各式吊链灯
防水吊灯	一般防水吊灯
一般弯脖灯	圆球弯脖灯、风雨壁灯
一般墙壁灯	各种材质的一般壁灯、镜前灯
软线吊灯头	一般吊灯头
声光控座灯头	一般声控、光控座灯头
座灯头	一般塑胶、瓷质座灯头

3）吸顶式艺术装饰灯具安装的工程量，应根据装饰灯具示意图集所示，区别不同装饰物、吸盘的几何形状、灯体直径、灯体周长和灯体垂吊长度，以“10 套”为计量单位。灯体直径为吸盘最大外缘直径；灯体半周长为矩形吸盘的半周长；吸顶式艺术装饰灯具的灯体垂吊长度为吸盘到灯梢之间的总长度。

4）荧光艺术装饰灯具安装的工程量，应根据装饰灯具示意图集所示，区别不同安装形式和计量单位计算。

① 组合荧光灯光带安装的工程量，应根据装饰灯具示意图集所示，区别安装形式、灯管数量，以“10m”为计量单位。灯具的设计数量与综合基价不符时可以按设计量加损耗量调整主材。

② 内藏组合式灯安装的工程量，应根据装饰灯具示意图集所示，区别灯具组合形式，以“10m”为计量单位。灯具的设计数量与综合基价不符时，可根据设计数量加损耗量调整主材。

③ 发光棚安装的工程量，应根据装饰灯具示意图集所示，以“$10m^2$”为计量单位，发光棚灯具按设计用量加损耗量计算。

④ 立体广告灯箱、荧光灯光沿的工程量，应根据装饰灯具示意图集所示，以“$10m^2$”为计量单位。灯具设计用量与综合基价不符时，可根据设计数量加损耗量调整主材。

5）几何形状组合艺术灯具安装的工程量，应根据装饰灯具示意图集所示，区别不同安装形式及灯具的不同形式，以“10 套”为计量单位。

6）标志、诱导装饰灯具安装的工程量，应根据装饰灯具示意图集所示，区别不同安装形式，以“10 套”为计量单位。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7）水下艺术装饰灯具安装的工程量，应根据装饰灯具示意图集所示，区别不同安装形式，以“10 套”为计量单位。

8）点光源艺术装饰灯具安装的工程量，应根据装饰灯具示意图集所示，区别不同安装形式、不同灯具直径，以“10 套”为计量单位。

9）草坪灯具安装的工程量，应根据装饰灯具示意图集所示，区别不同安装形式，以“10 套”为计量单位。

10）歌舞厅灯具安装的工程量，应根据装饰灯具示意图所示，区别不同灯具形式，分别以“10 套”、“10m”、“10 台”为计量单位。

装饰灯具安装项目适用范围见表 6-90。

表 6-90　装饰灯具安装项目适用范围

项目名称	灯具种类形式
吊式艺术装饰灯具	不同材质、不同灯体垂吊长度、不同灯体直径的蜡烛灯、挂片灯、串珠（穗）、串棒灯吊杆式组合灯、玻璃罩（带装饰）灯
吸顶式艺术装饰灯具	不同材质、不同灯体垂吊长度、不同灯体几何形状的串珠（穗）、串棒灯、挂片、挂碗、挂吊蝶灯、玻璃（带装饰）灯
荧光艺术装饰灯具	不同安装形式、不同灯管数量的组合荧光灯光带，不同几何组合形式的内藏组合式灯，不同几何尺寸、不同灯具形式的发光棚，不同形式的立体广告灯箱、荧光灯光沿
几何形状组合艺术灯具	不同固定形式、不同灯具形式的繁星灯、钻石星灯、礼花灯、玻璃罩钢架组合灯、凸片灯、反射挂灯、筒形钢架灯、U 形组合灯、弧形管组合灯
标志、诱导装饰灯具	不同安装形式的标志灯、诱导灯
水下艺术装饰灯具	简易形彩灯、密封形彩灯、喷水池灯幻光型灯
点光源艺术装饰灯具	不同安装形式、不同灯体直径的筒灯、牛眼灯、射灯、轨道射灯
草坪灯具	各种立柱式、墙壁式的草坪灯
歌舞厅灯具	各种安装形式的变色转盘灯、雷达射灯、幻影转彩灯、维纳斯旋转彩灯、卫星旋转效果灯、飞蝶旋转效果灯、多头转灯、滚筒灯、频闪灯、太阳灯、雨灯、歌星灯、边界灯、射灯、泡泡发生器、迷你满天星彩灯、迷你单立（盘彩灯）、多头宇宙灯、镜面球灯、蛇光管

11）荧光灯具安装的工程量，应区别灯具的安装形式、灯具种类、灯管数量，以“10 套”为计量单位。荧光灯具安装项目适用范围见表 6-91。

表 6-91　荧光灯具安装项目适用范围

项目名称	灯具种类
组装型荧光灯	单管、双管、三管吊链式、吸顶式、现场组装独立荧光灯
成套型荧光灯	单管、双管、三管、吊链式、吊管式、吸顶式、成套独立荧光灯

12）工厂灯及防水防尘灯安装的工程量，应区别不同安装形式，以“10 套”为计量单位。工厂灯及防水防尘灯安装项目适用范围见表 6-92。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-92　工厂灯及防水防尘灯安装项目适用范围

项目名称	灯具种类
直杆工厂吊灯	配照（GC_1-A）、广照（GC_3-A）、深照（GC_5-A）、斜照（GC_7-A）、圆球（GC_{17}-A）、双罩（GC_{19}-A）
吊链式工厂灯	配照（GC_1-B）、深照（GC_3-B）、斜照（GC_5-C）、圆球（GC_7-B）、双罩（GC_{19}-A）、广照（GC_{19}-B）
吸顶式工厂灯	配照（GC_1-C）、广照（GC_3-C）、深照（GC_5-C）、斜照（GC_7-C）、双罩（GC_{19}-C）
弯杆式工厂灯	配照（GC_1-D/E）、广照（GC_3-D/E）、深照（GC_5-D/E）、斜照（GC_7-D/E）、双罩（GC_{19}-C）、局部深罩（GC_{26}-F/H）
悬挂式工厂灯	配照（GC_{21}-2）、深照（GC_{23}-2）
防水防尘灯	广照（GC_9-A、B、C）、广照保护网（GC_{11}-A、B、C）、散照（GC_{15}-A、B、C、D、E、F、G）

13）工厂其他灯具安装的工程量，应区别不同灯具类型、安装形式、安装高度，以“10 套”为计量单位。工厂其他灯具安装项目适用范围见表 6-93。

表 6-93　工厂其他灯具安装项目适用范围

项目名称	灯 具 种 类
防潮灯	扁形防潮灯（GC-31）、防潮灯（GC-33）
腰形舱顶灯	腰形舱顶灯 CCD-1
碘钨灯	DW 型、220V、300～1000W
管形氙气灯	自然冷却式 200V/380V 20kW 内
投光灯	TG 型室外投光灯
高压水银灯镇流器	外附式镇流器具 125～450W
安全灯	（AOB-1、2、3）、（AOC-1、2）型安全灯
防爆灯	CB C-200 型防爆灯
高压水银防爆灯	CB C-125/250 型高压水银防爆灯
防爆荧光灯	CB C-1/2 型单/双管防爆型荧光灯

14）医院灯具安装的工程量，应区别灯具种类，以“10 套”或“套”为计量单位。医院灯具安装项目适用范围见表 6-94。

表 6-94　医院灯具安装项目适用范围

项目名称	灯 具 种 类
病房指示灯	病房指示灯
病房暗脚灯	病房暗脚灯
无影灯	3～12 孔管式无影灯

15）路灯安装工程，应区别不同臂长、不同灯数，以“10 套”为计量单位。路灯安装项目范围见表 6-95。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-95 路灯安装项目范围

项目名称	灯具种类
大马路弯灯	臂长 1200mm 以下、臂长 1200mm 以上
庭院路灯	三火以下、七火以下

16）开关、按钮安装的工程量，应区别开关、按钮安装形式，开关、按钮种类，开关极数以及单控与双控，以“10 套”为计量单位。

17）插座安装的工程量，应区别电源相数、额定电流、插座安装形式、插座插孔个数，以“10 套”为计量单位。

18）安全变压器安装的工程量，应区别安全变压器容量，以“台”为计量单位。

19）电铃、电铃号码牌箱安装的工程量，应区别电铃直径、电铃号牌箱规格（号），以“套”为计量单位。

20）门铃安装工程量计算，应区别门铃安装形式，以“10 个”为计量单位。

21）风扇安装的工程量，应区别风扇种类，以“台”为计量单位。

22）盘管风机三速开关、请勿打扰灯，须刨插座安装的工程量，以“10 套”为计量单位。

23）红外线浴霸按光源个数，以“套”为计量单位。

3. 普通灯具安装

1）项目编号 2-1448 ~ 2-1462。

2）工作内容包括测量定位、划线、建筑物上开孔，埋注螺栓、上木台、安装灯具（支架安装上绝缘子、上保险、吊链加工）、接线、包头/焊头。

3）灯具均以每 10 套按 10.1 套计入另计价材料费。

4. 装饰灯具安装（类别很多，应仔细核对项目规格及示意图号）

1）项目编号 2-1463 ~ 2-1646。

2）工作内容包括开箱清点、测量定位、划线、建筑物上开孔、埋注螺栓、支架制作安装、灯具组装固定、挂装饰部件、接线、包头/焊头。水下艺术装饰灯具、草坪灯具，不包括其管路敷设，管路敷设另计。

3）按 10 套为单位的均按 10.1 套计入，另计价材料费；荧光艺术装饰灯具每 10m（$10m^2$）按 8.08m（$8.08m^2$）计入，另计价材料费，装饰灯具安装工程示意图图号为 55 号，95 ~ 100 号的安装金属支架制作安装，按钢结构件另计。

5. 荧光灯具安装

1）项目编号 2-1647 ~ 2-1662。

2）工作内容包括测量定位、划线、建筑物上开孔、埋注螺栓、上木台、吊链/吊管加工、灯具组装、接线、包头/焊头。

3）均以每 10 套按 10.1 套计入，另计价材料费（镇流器同）

6. 工厂灯、防水防电灯安装

1）项目编号 2-1663 ~ 2-1692。

2）工作内容同荧光灯具安装，另还有支架制作安装，灯具与镇流器组装、上底座。

3）每 10 套（个）均按 10.1 套（个）计入另计价材料费。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7. 医疗灯具、路灯安装同荧光灯具，编号2-1693～2-1700，路灯安装不包括杆、线路安装，另计按配电线路计入。

8. 开关、按钮、插座安装（类别很多、正确区分项目）

1）项目编号2-1701～2-1756。

2）工作内容包括测量、定位、划线、建筑物开孔、埋注螺栓、清扫线盒、上木台、缠钢丝弹簧垫、安装开关、按钮、插座、接线、装盖固定。

3）每10套均按10.2套计入另计价材料费。

9. 安全变压器、电铃、风扇安装

1）项目编号2-1757～2-1770。

2）工作内容包括开箱检查、清扫、测量定位、划线、建筑物上开孔、支架安装/埋木砖、上底座/埋胀管、上螺钉、安装电铃、门铃/固定吊扇、安装调速开关、接线、接地、包头/焊头。不包括支架制作，另计铁构件。

3）变压器、门铃、电铃、风扇、调速开关按个另计，并另计价材料费。

10. 盘管风机开关、请勿打扰灯、电动刮须刀插座、钥匙取电器、浴霸安装。

1）项目编号2-1771～2-1776。

2）工作内容包括开箱检查、测量定位、划线、清扫线盒、缠丝弹簧垫、接线、焊头/仓头、安装、调试、接地。

3）盘管风机开关，请勿打扰灯、电动刮须刀插座，钥匙取电器每10套均按10.2套计入另计价材料费，红外浴霸每套按1.01套计入另计价材料费。

照明器具安装其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-96的规定执行。

表6-96　照明器具安装（编码：030213）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030213001	普通吸顶灯及其他灯具	1. 名称、型号 2. 规格	套	按设计图示数量按计算规则计算	1. 支架制作、安装 2. 组装 3. 油漆
030213002	工厂灯	1. 名称、安装 2. 规格 3. 安装形式及高度			1. 支架制作、安装 2. 安装 3. 油漆
030213003	装饰灯	1. 名称 2. 型号 3. 规格 4. 安装高度			1. 支架制作、安装 2. 安装
030213004	荧光灯	1. 名称 2. 型号 3. 规格 4. 安装形式			安装
030213005	医疗专用灯	1. 名称 2. 型号 3. 规格			安装

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030213006	一般路灯	1. 名称 2. 型号 3. 灯杆材质及高度 4. 灯架形式及臂长 5. 灯杆形式（单、双）	套	按设计图示数量按计算规则计算	1. 基础制作、安装 2. 立灯杆 3. 杆座安装 4. 灯架安装 5. 引下线支架制作、安装 6. 焊压接线端子 7. 铁构件制作、安装 8. 除锈、刷油 9. 灯杆编号 10. 接地
030213007	广场灯安装	1. 灯杆的材质及高度 2. 灯架的型号 3. 灯头数量 4. 基础形式及规格			1. 基础浇筑（包括土石方） 2. 立灯杆 3. 杆座安装 4. 灯架安装 5. 引下线支架制作、安装 6. 焊压接线端子 7. 铁构件制作、安装 8. 除锈、刷油 9. 灯杆编号 10. 接地
030213008	高杆灯安装	1. 灯杆高度 2. 灯架型式（成套或组装、固定或升降） 3. 灯头数量 4. 基础形式及规格			1. 基础浇筑（包括土石方） 2. 立杆 3. 灯架安装 4. 引下线支架制作、安装 5. 焊压接线端子 6. 铁构件制作、安装 7. 除锈、刷油 8. 灯杆编号 9. 升降机构接线调试 10. 接地
030213009	桥栏杆灯	1. 名称 2. 型号 3. 规格 4. 安装形式			1. 支架、铁构件制作、安装，油漆 2. 灯具安装
030213010	地道涵洞灯				

注㊀：1. “电气设备安装工程”适用于10kV以下变配电设备及线路的安装工程。

2. 挖土、填土工程，应按土建工程相关项目编码列项。

3. 电机按其质量划分为大、中、小型。3t以下为小型，3～30t为中型，30t以上为大型。

4. 控制开关包括：断路器、刀开关、封闭式负荷开关、开启式负荷开关、组合控制开关、万能转换开关、漏电断路器等。

5. 小电器包括：按钮、照明用开关、插座、电笛、电铃、电风扇、水位电气信号装置、测量表计、继电器、电磁锁、屏上辅助设备、辅助电压互感器、小型安全变压器等。

6. 普通吸顶灯及其他灯具包括：圆球吸顶灯、半圆球吸顶灯、方形吸顶灯、软线吊灯、吊链灯、防水吊灯、壁灯等。

7. 工厂灯包括：工厂罩灯、防水灯、防尘灯、碘钨灯、投光灯、混光灯、高度标志灯、密闭灯等。

8. 装饰灯包括：吊式艺术装饰灯、吸顶式艺术装饰灯、荧光艺术装饰灯、几何型组合艺术装饰灯、标志灯、诱导装饰灯、水下艺术装饰灯、点光源艺术灯、歌舞厅灯具、草坪灯具等。

9. 医疗专用灯包括：病房指示灯、病房暗脚灯、紫外线杀菌灯、无影灯等。

㊀ 本注针对表6-62～表6-96。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

十二、电梯安装

1. 主要说明

1）本项适用于国内生产的各种客、货、病床和杂物电梯的电气装置安装，但不包括自动扶梯和观光电梯。

2）电梯是按每层一门为准，增或减时，另按增（减）厅门相应项目计算。

3）电梯安装的楼层高度，是按平均层高4m以内考虑的，如平均层高超过4m时，其超过部分可另按提升高度项目计算。

4）两部或两部以上并行或群控电梯，应按相应的项目分别乘以系数1.2。

5）该项目是以室内地坪±0.00以下为地坑（下缓冲）考虑的，如遇有“区间电梯”（基站不在首层），下缓冲地坑设在中间层时，则基站以下部分楼层的垂直搬运应另行计算。

6）电梯安装材料、电线管及线槽、金属软管、管子配件、紧固件、电缆、电线、接线箱（盒）、荧光灯及其他附件、备件等，均按设备带有考虑。

7）小型杂物电梯是以载重量在200kg以内，轿厢内不载人为准。重量大于200kg的轿厢内有司机操作的杂物电梯，应执行客货电梯的相应项目。

8）该项目中已经包括程控调试。

9）该项不包括下列各项工作，另套相应项目。

① 电源线路及控制开关的安装。

② 电动发电机组的安装。

③ 基础型钢和钢支架制作。

④ 接地极与接地干线敷设。

⑤ 电气调试，另套电气调试相应项目。

⑥ 电梯的喷漆。

⑦ 轿厢内的空调、冷热风机、闭路电视、步话机、音响设备。

⑧ 群控集中监视系统以及模拟装置。

2. 工程量计算规则

1）交流手柄操纵或按钮控制（半自动）电梯电气安装的工程量，应区别电梯层数、站数，以“部”为计量单位。

2）交流信号或集选控制（自动）电梯电气安装的工程量，应区别电梯层数、站数，以“部”为计量单位。

3）直流信号或集选控制（自动）快速电梯电气安装的工程量，应区别电梯层数、站数，以“部”为计量单位。

4）直流集选控制（自动）高速电梯电气安装的工程量，应区别电梯层数、站数，以“部”为计量单位。

5）小型杂物电梯电气安装的工程量，应区别电梯层数、站数，以“部”为计量单位。

6）电厂专用电梯电气安装的工程量，应区别配合锅炉容量，以“部”为计量单位。

7）电梯增加厅门、自动轿厢门及提升高度工程量，应区别电梯形式、增加自动轿厢门数量、增加提升高度，分别以“个”、“m”为计量单位。

3. 电梯安装分交流、直流、小型杂物、电厂专用等类别，详见表6-97。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-97 电梯安装

电梯类别		项目编号	工作内容	备注
交流	手柄操作 按钮操作（半自动）	2-1777～2-1795	开箱检查、清点、电气设备安装、管线敷设、挂电缆、接线、接地、绝缘表测绝缘。调试另计，套电气调试相应项目	按层/站计入
	信号或集选控制 （自动）	2-1796～2-1828		
直流	快速自动	2-1829～2-1861		
	高速自动	2-1861～2-1901		
小型杂物梯		2-1902～2-1907		
电厂专用电梯		2-1921～2-1923		按锅炉容量计入（t/h）
增加厅门、自动 轿门及提升高度		2-1924～2-1927		增加厅门分交直流电梯和小型杂物梯两种，增加轿门按个计入增加提升高度按 m 计入

电梯安装其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表 6-98 的规定执行。

表 6-98 电梯（编码：030107）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030107001	交流电梯	1. 名称 2. 型号 3. 用途 4. 层数 5. 站数 6. 提升高度	部	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 电梯电气安装
030107002	直流电梯				
030107003	小型杂货电梯				
030107004	观光梯	1. 名称 2. 型号 3. 类别 4. 结构、规格			
030107005	自动扶梯		台		

十三、火灾自动报警系统安装

火灾自动报警系统安装工程包括在消防设备安装工程之中，我们这里仅介绍火灾自动报警系统及其调试系统，有关水灭火、气体灭火、泡沫灭火系统不包括在电气工程之内，应另套基价计算。

同样，火灾自动报警系统安装工程，在预算编制上有很多规定均执行电气安装工程的相关规定，不再赘述。以下的相关规定与电气工程不同，是在编制时必须要执行的。凡是没有提到的都按电气工程的规定执行。

（一）火灾自动报警系统预算编制的一般规定

1. 本规定适用于工业与民用建筑中的新建、扩建和整体更新改造工程。

2. 本综合基价主要编制依据有：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

①《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116—2013
②《火灾自动报警系统施工及验收规范》GB 50166—2007
③《自动喷水灭火系统设计规范》GB 50084—2001
④《自动喷水灭火系统施工及验收规范》GB 50261—2005
⑤ 全国通用给排水标准图集
⑥《卤代烷 1211 灭火系统设计规范》GBJ 110—1987
⑦《卤代烷 1301 灭火系统设计规范》GB 50163—1992
⑧《二氧化碳灭火系统设计规范》GB 50193—1993
⑨《气体灭火系统施工及验收规范》GB 50263—2007
⑩《泡沫灭火系统设计规范》GB 50151—2010
⑪《泡沫灭火系统施工及验收规范》GB 50281—2006
⑫《建设工程工程量清单计价规范》GB 50500—2013
⑬《全国统一安装工程预算定额河北省单位估价表》（2005 年）
⑭《全国建筑安装工程统一劳动定额》（1988 年）

3. 本综合基价不包括以下工作内容，发生时执行相应项目及有关规定。

1）电缆敷设、桥架安装、配管配线、接线盒、动力、应急照明控制设备、应急照明器具、电动机检查接线、防雷接线装置等安装，均执行本节“一～十二”《全国统一安装工程预算定额》“电气设备安装工程”相应项目。

2）阀门、法兰安装，各种套管的制作安装，不锈钢管和管件，钢管和管件及泵间管道安装，管道系统强度试验、严密性试验和冲洗等，执行《全国统一安装工程预算定额》“工业管道工程”相应项目。

3）消火栓管道、室外给水管道安装及水箱制作安装，执行《全国统一安装工程预算定额》“给排水、采暖、燃气工程”相应项目。

4）各种消防泵、稳压泵等机械设备安装及二次灌浆，执行《全国统一安装工程预算定额》“机械设备安装工程”相应项目。

5）各种仪表的安装及带电信号的阀门、水流指示器、压力开关、驱动装置及泄漏报警开关的接线、校线等，执行《全国统一安装工程预算定额》“自动化控制仪表安装工程”相应项目。

6）泡沫液储罐、设备支架制作、安装等，执行《全国统一安装工程预算定额》“静置设备与工艺金属结构制作安装工程”相应项目。

7）设备及管道除锈、刷油及绝热工程，执行《全国统一安装工程预算定额》“刷油、防腐蚀、绝热工程”相应项目。

4. 施工技术措施费

1）本项目，除另有注明外，均以本综合基价中实体消耗项目的人工费为基础计算。操作高度增加费，超高费计入费率及数值与电气工程不同。

2）操作高度增加费（已考虑了操作高度增加因素的项目除外）：操作物高度离楼地面 5m 以上时施工发生的降效费用，以高度增加部分的人工费为计算基数，见表 6-99。

3）超高费：高度在 6 层或 20m 以上的工业与民用建筑施工时发生的降效费用，见表 6-100。

4）脚手架搭拆费见表 6-4，编号 2-1928。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-99 操作高度增加费计取标准

项目编号					7-225	7-226	7-227	7-228
项目名称					操作高度增加费（标高±m以内）			
					8	12	16	20
综合基价（%）					1.90	1.99	2.08	2.16
其中	基价（%）				1.10	1.15	1.20	1.25
	其中	人工费（%）			1.10	1.15	1.20	1.25
		材料费（%）			—	—	—	—
		机械费（%）			—	—	—	—
	综合费用（%）				0.80	0.84	0.88	0.91
名称			单位	单价/元	数量			
综合费用	90010001	费用	%	—	0.58	0.61	0.64	0.66
	90010002	利润	%	—	0.22	0.23	0.24	0.25

项目编号					7-229	7-230	7-231	7-232	7-228
项目名称					超高费（层数/m以下）				
					9/30	12/40	15/50	18/60	21/70
综合基价（%）					14.73	19.46	23.92	27.65	33.11
其中	基价（%）				14.00	18.00	21.00	24.00	28.00
	其中	人工费（%）			1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
		材料费（%）			—	—	—	—	—
		机械费（%）			13.00	16.00	17.00	21.00	21.00
	综合费用（%）				0.73	1.46	2.92	3.65	5.11
名称			单位	单价/元	数量				
综合费用	90010001	费用	%	—	0.53	1.06	2.12	2.65	3.71
	90010002	利润	%	—	0.20	0.40	0.80	1.00	1.40

5. 施工组织措施费与电气工程相同，不得另计。

6. 镀锌钢管（螺纹连接）管道接头零件价格已有规定，使用时应按表6-101计入。

（二）火警自动报警系统安装

1. 主要说明

（1）本项包括探测器、按钮、模块（接口）、报警控制器、联动控制器、报警联动一体机、重复显示器、警报装置、远程控制器、火灾事故广播、消防通信、报警备用电源安装等项目。

（2）本项包括以下工作内容：

1）施工技术准备、施工机械准备、标准仪器准备、施工安全防护措施、安装位置的清理。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-100　超高费计取标准

项目编号					7-229	7-230	7-231	7-232	7-233
项目名称					超高费(层数/m 以下)				
					24/80	27/90	30/100	33/110	36/120
综合基价(%)					37.57	42.03	50.22	57.41	54.60
其中	基价(%)				31.00	34.00	40.00	45.00	50.00
	其中	人工费(%)			9.00	11.00	14.00	17.00	20.00
		材料费(%)			—	—	—	—	—
		机械费(%)			22.00	23.00	26.00	28.00	30.00
	综合费用(%)				6.57	8.03	10.22	12.41	14.60
名称			单位	单价/元	数量				
综合费用	90010001	费用	%	—	4.77	5.83	7.42	9.01	10.60
	90010002	利润	%	—	1.80	2.20	2.80	3.40	4.00

项目编号					7-234	7-235	7-236	7-237	7-238
项目名称					超高费(层数/m 以下)				
					39/130	42/140	45/150	48/160	51/170
综合基价(%)					70.79	74.98	80.17	85.36	89.55
其中	基价(%)				53.00	56.00	59.00	62.00	64.00
	其中	人工费(%)			23.00	26.00	29.00	32.00	35.00
		材料费(%)			—	—	—	—	—
		机械费(%)			30.00	30.00	30.00	30.00	29.00
	综合费用(%)				17.79	18.98	21.17	23.36	25.55
名称			单位	单价/元	数量				
综合费用	90010001	费用	%	—	12.19	13.78	15.37	16.96	18.55
	90010002	利润	%	—	4.60	5.20	5.80	6.40	7.00

项目编号					7-239	7-240	7-241	7-242
项目名称					超高费(层数/m 以下)			脚手架搭拆费
					54/180	57/190	60/200	
综合基价(%)					73.74	96.93	100.12	5.91
其中	基价(%)				66.00	67.00	68.00	5.00
	其中	人工费(%)			38.00	41.00	44.00	1.25
		材料费(%)			—	—	—	3.75
		机械费(%)			28.00	26.00	24.00	—
	综合费用(%)				27.74	29.93	32.12	0.91
名称			单位	单价/元	数量			
综合费用	90010001	费用	%	—	20.14	21.73	23.32	0.66
	90010002	利润	%	—	7.60	8.20	8.80	0.25

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-101 镀锌钢管(螺纹连接)管道接头零件价格取定表 (计量单位:10m)

材料名称	DN20			DN25			DN32			DN40		
	用量	单价/元	金额/元	用量	单价/元	金额/元	用量	单价/元	金额/元	用量	单价/元	金额/元
四通	—	1.73	—	0.02	2.63	0.05	1.20	4.21	5.05	0.53	4.72	2.50
三通	1.86	1.01	1.88	2.29	1.47	3.37	3.24	2.37	7.68	4.02	2.81	11.30
弯头	3.26	0.88	2.87	4.92	1.34	6.59	0.98	2.10	2.06	1.69	2.63	4.44
管箍	1.36	0.64	0.87	—	1.01	—	2.65	1.50	3.98	5.99	2.05	12.28
合计	6.48	—	5.62	7.23	—	10.01	8.07	—	18.77	12.23	—	30.52
综合单价(元)	—	0.87	—	—	1.38	—	—	2.33	—	—	2.50	—

材料名称	DN50			DN70			DN80			DN100		
	用量	单价/元	金额/元	用量	单价/元	金额/元	用量	单价/元	金额/元	用量	单价/元	金额/元
四通	0.69	6.90	4.76	0.73	13.70	10.00	0.95	17.74	16.85	0.47	30.83	14.49
三通	4.13	4.27	17.64	3.04	10.88	33.08	2.95	14.09	41.57	2.12	24.49	51.92
弯头	1.78	3.99	7.10	1.87	7.00	13.09	1.47	9.90	14.55	1.16	18.44	21.39
管箍	2.73	2.76	7.53	3.27	4.74	15.50	2.89	6.99	20.20	1.44	11.85	17.06
合计	9.33	—	37.03	8.91	—	71.67	8.26	—	93.17	5.19	—	104.86
综合单价(元)	—	3.97	—	—	8.04	—	—	11.28	—	—	20.20	—

2）设备和箱、机及元件的搬运，开箱检查，清点，杂物回收，安装就位，接地，密封，箱、机内的校线、接线、挂锡、编码，测试、清洗，记录、整理等。

3）本项目中均包括了校线、接线和本体调试。

4）本项目中箱、机是以成套装置编制的；柜式及琴台式安装均执行落地式安装相应项目。

5）本项不包括以下工作内容，应另套相应定额。

① 设备支架、底座、基础的制作与安装。

② 构件加工、制作。

③ 电机检查、接线及调试。

④ 事故照明及疏散指示控制装置安装。

⑤ CRT 彩色显示装置安装。

2. 工程量计算规则

1）点型探测器按线制的不同分为多线制与总线制，不分规格、型号、安装方式与位置，以“只”为计量单位。探测器安装包括了探头和底座的安装及本体调试。

2）红外线探测器以“对”为计量单位。红外线探测器是成对使用的，在计算时一对为两只。项目中包括了探头支架安装和探测器的调试、对中。

3）火焰探测器、可燃气体探测器按线制的不同分为多线制与总线制两种，计算时不分规格、型号，安装方式与位置，以“只”为计量单位。探测器安装包括了探头和底座的安装及本体调试。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）线形探测器的安装方式按环绕、正弦及直线综合考虑，不分线制及保护形式，以“10m”为计量单位。项目中未包括探测器连接的模块和终端，其工程量应按相应项目另行计算。

5）按钮包括消火栓按钮、手动报警按钮、气体灭火起/停按钮，以“只”为计量单位，按照在轻质墙体和硬质墙体上安装两种方式综合考虑，执行时不应因安装方式不同而调整。

6）控制模块（接口）是指仅能起控制作用的模块（接口），亦称为中继器，依据其给出控制信号的数量，分为单输出和多输出两种形式。执行时不分安装方式，按照输出数量以“只”为计量单位。

7）报警模块（接口）不起控制作用，只能起监视、报警作用，执行时不分安装方式，以“只”为计量单位。

8）报警控制器按线制的不同分为多线制与总线制两种，其中又按其安装方式不同分为壁挂式和落地式。在不同线制、不同安装方式中按照“点”数的不同划项目，以“台”为计量单位。

多线制“点”是指报警控制器所带报警器件（探测器、报警按钮等）的数量。

总线制“点”是指报警控制器所带有地址编码的报警器件（探测器、报警按钮、模块等）的数量。如果一个模块带数个探测器，则只能计为一点。

9）联动控制器按线制的不同分为多线制与总线制两种，其中又按其安装方式不同分为壁挂式和落地式。在不同线制、不同安装方式中按照“点”数的不同划分项目，以“台”为计量单位。

多线制“点”是指联动控制器所带联动设备的状态控制和状态显示的数量。

总线制“点”是指联动控制器所带的有控制模块（接口）的数量。

10）报警联动一体机按其安装方式不同分为壁挂式和落地式。按照“点”数的不同划分项目，以“台”为计量单位。

这里的“点”是指报警联动一体机所带的有地址编码报警器件与控制模块（接口）的数量。

11）重复显示器（楼层显示器）不分规格、型号、安装方式，按总线制与多线制划分，以“台”为计量单位。

12）警报装置分为声光报警和警铃报警两种形式，均以“只”为计量单位。

13）远程控制器按其控制回路数以“台”为计量单位。

14）火灾事故广播中的功放机、录音机的安装按柜内及台上两种方式综合考虑，分别以“台”为计量单位。

15）消防广播控制柜是指安装成套消防广播设备的成品机柜，不分规格、型号以“台”为计量单位。

16）火灾事故广播中的扬声器不分规格、型号，按照吸顶式与壁挂式以“只”为计量单位。

17）广播分配器是指单独安装的消防广播用分配器（操作盘），以“台”为计量单位。

18）消防通信系统中的电话交换机按“门”数不同以“台”为计量单位；通信分机、插孔是指消防专用电话分机与电话插孔，不分安装方式，分别以“部”、“个”为计量单位。

19）报警备用电源综合考虑了规格、型号，以“台”为计量单位。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3. 火灾自动报警系统安装综合基价简介见表6-102。

表6-102 火灾自动报警系统安装综合基价简介

项目名称	项目编号	工作内容	另计价材料
点型探测器安装	7-1～7-10	校线、挂锡、底座安装，探测器（探头）编码、清洁、调试	
线型探测器安装	7-11	拉锁固定、校线、挂锡、调试	线型探测器每10m按13.2m计入另计价材料费
按钮安装	7-12	校线、挂锡、钻孔固定、安装、编码、调试	
模块（接口）安装	7-13～7-15	开箱检查、安装固定、校线、挂锡、功能检测、编码、防潮防尘处理	
报警控制器安装	7-16～7-27	开箱检查、安装固定、校线、挂锡、功能检测、防潮防尘处理、压线、标志、绑扎	
联动控制器安装	7-28～7-39	开箱检查、校线、挂锡、并线、压线、标志、安装固定、功能检测、防尘防潮处理	
报警联动一体机安装	7-40～7-47	同联动控制器安装	
重复显示器、报警装置远程控制器安装	7-48～7-53	编码，其他同联动控制器安装	
火灾事故广播安装	7-54～7-60	同联动控制器安装	
消防通信报警备用电源安装	7-61～7-66	同联动控制器安装	

注：所有设备、元件均按设备计入。

火灾自动报警系统其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-103的规定执行。

（三）消防系统调试

消防系统调试包括了水灭火系统、气体灭火系统、泡沫灭火系统的调试，调试过程中，各工种必须密切配合，特别是电工与其他项目接口关系较多，必须做好配合工作。

1. 主要说明

1）本项包括自动报警系统装置调试，水灭火系统控制装置调试，火灾事故广播、消防通信、消防电梯系统装置调试，电动防火门、防火卷帘门、正压送风阀、排烟阀、防火阀控制系统装置调试，气体灭火系统装置调试等项目。

2）系统调试是指消防报警和灭火系统安装完毕且联通，并达到国家有关消防施工验收规范、标准所进行的全系统的检测、调整和试验。

3）自动报警系统装置包括各种探测器、手动报警按钮和报警控制器，灭火系统控制装

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

置包括消火栓、自动喷水、卤代烷、二氧化碳等固定灭火系统的控制装置。

表 6-103　火灾自动报警系统（编码：030705）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030705001	点型探测器	1. 名称 2. 多线制 3. 总线制 4. 类型	只	按设计图示数量计算	1. 探头安装 2. 底座安装 3. 校接线 4. 探测器调试
030705002	线型探测器	安装方式	m		1. 探测器安装 2. 控制模块安装 3. 报警终端安装 4. 校接线 5. 系统调试
030705003	按钮	规格	只		1. 安装 2. 校接线 3. 调试
030705004	模块（接口）	1. 名称 2. 输出形式			1. 安装 2. 调试
030705005	报警控制器	1. 多线制 2. 总线制 3. 安装方式 4. 控制点数量	台		1. 本体安装 2. 消防报警备用电源 3. 校接线 4. 调试
030705006	联动控制器				
030705007	报警联动一体机				
030705008	重复显示器	1. 多线制 2. 总线制			1. 安装 2. 调试
030705009	报警装置	形式			
030705010	远程控制器	控制回路			

4）气体灭火系统调试试验时采取的安全措施，应按施工组织设计另行计算。

2. 工程量计算规则

1）自动报警系统包括各种探测器、报警按钮、报警控制器组成的报警系统，不同点数以“系统”为计量单位，其点数按多线制与总线制报警器的点数计算。

2）水灭火系统控制装置按照不同点数以“系统”为计量单位，其点数按多线制与总线制联动控制器的点数计算。

3）火灾事故广播、消防通信系统中的消防广播喇叭、音箱和消防通信的电话分机、电话插孔，按其数量以“10 只”为计量单位。

4）消防用电梯与控制中心间的控制调试以“部”为计量单位。

5）电动防火门、防火卷帘门指可由消防控制中心显示与控制的电动防火门、防火卷帘门，以“10 处”为计量单位，每樘为一处。

6）正压送风阀、排烟阀、防火阀以“10 处”为计量单位，一个阀为一处。

7）气体灭火系统装置调试包括模拟喷气试验、备用灭火器贮存容器切换操作试验，按试验容器的规格（L），分别以“个”为计量单位。试验容器的数量包括系统调试、检测和

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

验收所消耗的试验容器的总数，试验介质不同时可以换算。

3. 消防系统调试综合基价简介见表6-104。

消防系统调试其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-105的规定执行。

表6-104 消防系统调试综合基价简介

项目名称	项目编号	工作内容
自动报警系统装置调试	7-206～7-210	技术和器具准备、检查接线、绝缘检查测试、程序装载校对检查、功能测试、系统试验记录整理
水灭火系统控制装置调试	7-211～213	同上
火灾事故广播、消防通信、消防电梯系统装置调试	7-214～7-215	同上
电动防火门、防火卷帘门、正压送风阀、排风阀、防火阀控制系统调试	7-216～7-218	同上
气体灭火系统装置调试	7-219～7-224	准备工具材料、进行模拟喷气试验和对备用灭火剂贮存容器切换操作试验。其中使用的大膜片、小膜片、锥形堵块、电磁铁、金属密封垫、聚四氟乙烯垫均为另计价材料，按1片/块计入

表6-105 消防系统调试（编码：030706）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
030706001	自动报警系统装置调试	点数	系统	按设计图示数量计算（由探测器、报警按钮、报警控制器组成的报警系统；点数按多线制、总线制报警器的点数计算）	系统装置调试
030706002	水灭火系统控制装置调试			按设计图示数量计算（由消火栓、自动喷水、卤代烷、二氧化碳等灭火系统组成的灭火系统装置；点数按多线制、总线制联动控制器的点数计算）	
030706003	防火控制系统装置调试	1. 名称 2. 类型	处	按设计图示数量计算（包括电动防火门、防火卷帘门、正压送风阀、排烟阀、防火控制阀）	
030706004	气体灭火系统装置调试	试验容器规格	个	按调试、检验和验收所消耗的试验容器总数计算	1. 模拟喷气试验 2. 备用灭火器贮存容器切换器做试验

1）管道界限的划分：喷淋系统水灭火管道：室内外界限应以建筑物外墙皮1.5m为界，入口处设阀门者应以阀门为界；设在高层建筑物内的消防泵间管道应以泵间外墙皮为界。消火栓管道：给水管道室内外界限划分应以外墙皮1.5m为界，入口处设阀门者应以阀门为界。与市政给水管道的界限应以水表井为界；无水表井的，应以与市政给水管道碰头点为界。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）湿式报警装置：包括湿式阀、碟阀、装配管、供水压力表、装置压力表、试验阀、泄放试验阀、泄放试验管、试验管流量计、过滤器、延时器、水力警铃、报警截止阀、漏斗、压力开关等。

3）干湿两用报警装置：包括两用阀、碟阀、装配管、加速器、加速器压力表、供水压力表、试验阀、泄放试验阀（湿式、干式）、挠性接头、泄放试验管、试验管流量计、排气阀、截止阀、漏斗、过滤器、延时器、水力警铃、压力开关等。

4）电动雨淋报警装置：包括雨淋阀、碟阀（2 个）、装配管、压力表、泄放试验阀、流量表、截止阀、注水阀、止回阀、电磁阀、排水阀、手动应急球阀、报警试验阀、漏斗、压力开关、过滤器、水力警铃等。

5）预作用报警装置：包括干式报警阀、控制碟阀（2 个）、压力表（2 块）、流量表、截止阀、排放阀、注水阀、止回阀、泄放阀、报警试验阀、液压切断阀、装配管、供水检验管、气压开关（2 个）、试压电磁阀、应急手动试压器、漏斗、过滤器、水力警铃等。

6）室内消火栓：包括消火栓箱、消火栓、水枪、水龙头、水龙带接扣、挂架、消防按钮。

7）室外地上式消火栓：包括地上式消火栓、法兰接管、弯管底座。

8）室外地下式消火栓：包括地下式消火栓、法兰接管、弯管底座或消火栓三通。

9）凡涉及管沟及井类的土石方开挖、垫层、基础、砌筑、抹灰、地井盖板预制安装、回填、运输，路面开挖及修复、管道支墩等，应按相关项目编码列项。

十四、自动化控制仪表安装

自动化控制仪表安装工程在预算编制上有很多规定均执行电气安装工程的相关规定，这里不再赘述，下面的相关规定与电气工程不同，是在编制预算时必须要区别执行的。凡是没有提到的都按电气工程的规定执行。

（一）自动化控制仪表预算编制的一般规定

1. 本规定适用于新建、扩建项目中的自动化控制装置及仪表的安装调试工程。

2. 本综合基价主要编制依据有：

①《自动化仪表工程施工及质量验收规范》GB 50093—2013

②《自动化仪表工程施工质量验收规范》GB 50131—2007

③《分散型控制系统工程设计规定》HG/T 20573—2012

④《仪表配管配线设计规范》HG/T 20512—2014

⑤《仪表系统接地设计规范》HG/T 20513—2014

⑥《仪表及管线伴热和绝热保温设计规范》HG/T 20514—2014

⑦《仪表隔离和吹洗设计规范》HG/T 20515—2014

⑧《自动分析器设计规范》HG/T 20516—2014

⑨《计算机设备安装与调试工程施工及验收规范》YBJ—1989

⑩《全国统一安装工程预算定额》GYD—210—2000

⑪《全国统一安装工程预算定额河北省单位估价表》（2005 年）

⑫《全国建筑安装工程统一劳动定额》（1988 年）

3. 本综合基价的仪表校验材料费包括校验用消耗材料和校验材料的摊销量。

4. 本综合基价不包括以下工作内容，发生时执行相应册及有关规定：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）控制电缆敷设、电气配管、支架制作安装、桥架安装、接地系统，《电气设备安装工程》相应综合基价的项目。

2）仪表设备及管路刷油、保温、防腐蚀，执行《刷油、防腐蚀、绝热工程》相应综合基价的项目。

3）管道上安装流量计、调节阀、电磁阀、节流装置、取源部件等及在管道上开孔焊接部件，执行《工业管道工程》相应综合基价的项目。

4）火灾报警及消防控制，执行《消防设备安装工程》相应综合基价的项目。

5. 施工技术措施费只包括脚手架搭拆费一项，计入方法同电气工程，其他施工技术措施费不得计取。

6. 施工组织措施费全部执行电气工程相关规定，不得更改。

7. 第5、6项执行时确定与实际相差太大时，只能在中标后与甲方协商达成一致意见另计，否则不得另计。

8. 仪表本身及其配套供应的装置均按设备计入。

（二）过程检测仪表安装工程

1. 主要说明

（1）本项适用范围　温度、压力、流量、差压、节流装置、物位、显示仪表安装调试。

（2）本项包括的工作内容　技术机具准备、领料、搬运、清理、清洗；取源部件的保管、提供、清洗；仪表接头安装：仪表单体调试、安装、校接线、挂位号牌；配合单机试运转、安装调试记录整理。此外，还包括如下内容：

1）盘装仪表的盘修孔。

2）压力式温度计温包安装、毛细管敷设固定。

3）钢带液位计变送器、平衡锤、保护罩、浮子、钢带、导向管、保护套管安装、调整、试漏。

4）贮罐液体称重仪：钟罩安装、称重仪安装、引压管安装试压。

5）节流装置：检查椭圆度、同心度、孔板流向、正负室位置确定、环室孔板清洗、配合一次安装。管道吹除后环室清洗和孔板安装，一次垫子制作。

6）重锤探测料位计：执行器、磁力起动器、滑轮及滑轮支架安装、重锤、钢丝绳安装。

7）浮标液位计钢丝绳、浮标、滑轮及台架安装。

8）配合在工艺管道上安装流量计和流量计转换、放大、远传、显示部分调试。

9）在工业管道上插入式安装仪表。

10）可编程雷达液位计及温压补偿系统安装、检查、接线。

11）放射性仪表放射源配合安装、放射源保护管安装、安全防护、模拟安装、配合调试。

（3）不包括的内容

1）支架、支座制作安装。

2）设备开孔、焊接法兰或工业管道切断、开孔、法兰焊接、短管焊接。

3）取源部件安装、节流装置一次安装和一次垫子制作。

4）流量计校验装置的准备、配置及随机自带校验仪器仪表的台班费。

5）放射源保管和安装的特殊措施费。

6）无负荷或有负荷联动试车。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（4）其他

1）取源部件配合安装执行本有关项目，如需自行安装应执行《工业管道工程》相关项目。

2）与仪表成套的放大器等不能再重复计算工程量。

3）仪表在工业设备、管道上的安装孔和一次部件安装，按预留好和安装好考虑，并已合格，项目中已包括部件提供、配合开孔和配合安装的工作内容。

4）仪表安装用垫片按石棉橡胶垫片考虑，如实际不符时，可以换算。

5）工业管道上安装流量计等由自控仪表专业配合管道专业安装，其领运、清洗、保管的工作包括在自控仪表相应项目内。不在工业管道或设备上的仪表系统用法兰焊接，是仪表安装范围，应执行相应项目。

6）随机自带校验用专用仪器仪表，按建设单位免费无偿提供给施工单位使用考虑。

7）本项目中已包括安装、调试、配合单机试运转的工作内容，不应另行计算。

8）仪表设备支架、支座制作安装执行《电气设备安装工程》“金属铁构件制作安装”项目。

9）放射源保管和安装特殊措施费，按施工组织设计另行计算。

2. 工程量计算规则

1）检测仪表安装及单体调试均以“支”或“台（块）”为计量单位。

2）钢带液位计、贮罐液位称重仪、重锤探测料位计、浮标液位计现场安装以“台”为计量单位。

3. 温度仪表、压力仪表

1）项目编号 10-1 ~ 10-35。

2）工作内容主要包括清理、单体校验/调试、安装固定挂牌。

3）温度仪表、压力仪表本体按设备另计，温度仪表安装用的带丝堵的插座、压力仪表安装用的取源部件和仪表接头均为另计价材料，按 1 块/1 支计入另计价材料费。

4. 差压、流量仪表

1）项目编号 10-36 ~ 10-63。

2）工作内容包括开箱检查、清理单体校验、安装或配合安装、挂牌。

3）仪表按设备计入，仪表接头每台仪表按 2 套计入另计入材料费，气动远传型仪表按 4 套计入。插座（带丝堵）每台仪表按 1 套计入另计价材料费。

5. 节流装置

1）项目编号 10-64 ~ 10-74。

2）工作内容包括开箱检查清理，配合安装、一次垫制作，配合吹出后的二次清理、二次安装挂牌。

3）节流装置、文丘里管、孔板接设备计入。

6. 物位检测仪表

1）项目编号 10-75 ~ 10-103。

2）工作内容包括开箱检查、清理、上接头、安装、附件安装、检查、接线、单体校验、挂牌。

3）管材各种材料、仪表接头为另计价材料，按（　）号中数值计入另计价材料，取源部件均按每台 1 套计入另计价材料费。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7. 显示仪表

1）项目编号 10-104 ~ 10-119。

2）工作内容包括开箱检查、安装、接线、本体调试。

3）仪表本体均为设备，仪表接头按（ ）号内的数计入另计价材料费。

过程检测仪表工程量清单及计算规则见表 6-106。

表 6-106 过程检测仪表（编码：031001）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031001001	温度仪表	1. 名称 2. 类型 3. 规格	支	按设计图示数量计算	1. 取源部件制作、安装 2. 套管安装 3. 挠性管安装 4. 本体安装 5. 单体校验调整 6. 支架制作、安装、刷油
031001002	压力仪表	1. 名称 2. 类型	台		1. 取源部件安装 2. 压力表弯制作、刷油、安装 3. 挠性管安装 4. 本体安装 5. 单体校验调整 6. 脱脂 7. 支架制作、安装、刷油
031001003	流量仪表	1. 名称 2. 类型 3. 规格			1. 取源部件安装 2. 节流装置安装 3. 辅助容器制作、安装、刷油 4. 挠性管安装 5. 本体安装 6. 单体调试 7. 脱脂 8. 支架制作、安装、刷油 9. 保护（温）箱安装（包括开孔） 10. 防雨罩制作、安装、刷油
031001004	物位 检测仪表	1. 名称 2. 类型 3. 规格			1. 吹气装置安装 2. 辅助容器制作、安装、刷油 3. 挠性管安装 4. 本体安装 5. 脱脂 6. 支架制作、安装、刷油
031001005	显示仪表	1. 名称 2. 类型 3. 功能			1. 表盘开孔 2. 盘柜配线 3. 本体安装 4. 支架制作、安装、刷油

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（三）过程控制仪表

1. 说明

（1）本项适用范围

1）电动和气动单元组合仪表：变送单元、显示单元、调节单元、计算单元、转换单元、给定单元和辅助单元仪表的安装、调试。

2）组件式综合控制仪表：输入输出组件、信号处理组件、调节组件、辅助组件和盘装仪表。

3）基地式调节仪表：电动调节器、气动调节器、电（气）动调节记录仪。

4）执行仪表：气动、电动、液动执行机构、气动活塞式调节阀、气动薄膜调节阀、电动调节阀、电磁阀、伺服放大器、直接作用调节阀及阀附件。

5）回路系统调试：检测回路、调节回路。

（2）本项包括的工作内容　领料、搬运、准备、单体调试、安装、固定、上接头、校接线、配合单机试运转、挂位号牌、安装校验记录。此外，还包括如下内容：

1）法兰液位变送器、压力式温度变送器毛细管敷设固定。

2）配合在管道上安装内藏孔板流量变送器、调节阀、电磁阀、自力式阀。

3）安装液动执行机构月牙板、连杆组件、油泵油盘制作安装、油泵电机检查、充油循环试验。

4）调节阀试验器具的准备、阀体强度试验、阀芯泄漏性、膜头气密性、严密度试验、满行程、变差、线性误差、灵敏限试验。

5）仪表回路模拟调试项目中：电气线路检查、绝缘电阻测定、导压管路和气源管路检查、系统静态模拟试验、排错及回路中仪表需要再次调试的工作等。

6）仪表或回路调试中，校验仪器的准备、搬运，气源、电源的准备和接线、接管。

（3）不包括的内容

1）仪表支架、支座、台座制作安装。

2）工业管道或设备上安装的执行仪表或变送器用法兰焊接或插入式安装仪表的插座焊接。

3）管道上安装调节阀、电磁阀及短管装拆、调节阀研磨。

4）液动执行机构设备解体、清洗、油泵检查、电机干燥、油泵用油量。

5）无负荷或有负荷联动试车。

（4）其他

1）电动或气动调节阀按成套考虑，包括执行机构、阀、手轮或所带附件成套，但与之配套的阀门定位器、电磁阀要另行计算。执行机构安装调试不包括风门、挡板或阀。执行机构或调节阀还应另外配置附件，组成不同的控制方式，附件选择按基价所列项目。

所列调节阀的检查接线项目适用于蝶阀、开关阀、O 型切断阀、偏心旋转阀、多通电磁阀等在管道上已安装好的控制阀门，包括现场调整、接线、接管和接地，不应再计运输和本体安装、调试。

2）工业管道上安装电磁阀、调节阀等由自控仪表专业配合管道专业安装，其领运、清洗、保管的工作包括在自控仪表相应项目内。不在工业管道或设备上的仪表系统用法兰焊接和电磁阀安装包括在自控安装范围内，应执行相应项目。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）仪表在工业设备、管道上的安装孔和一次部件安装，按预留好和安装好考虑，并已合格，项目中已包括部件提供、配合开孔和配合安装的工作内容。

4）系统调试项目用于仪表设备组成的回路，除系统静态模拟试验外，还包括回路中管和线缆检查、排错、绝缘电阻测定及回路中仪表需要再次调试的工作等，但不适用于计算机系统和成套装置的回路调试，它们应按各有关项说明执行。

5）系统调试项目中，调节系统是具有负反馈的闭环回路。简单回路是指单参数、一个调节器、一个检测元件或变压器组成的基本控制系统，复杂调节回路是指单参数调节或多参数调节、由两个以上回路组成的调节回路，多回路是指两个以上的复杂调节回路。

6）随机自带校验用专用仪器仪表，按建设单位免费无偿提供给施工单位使用考虑。

7）信号联锁回路执行“顺序控制装置”相关项目。

2. 工程量计算规则

1）控制仪表安装及单体调试均以“台”为计量单位。

2）回路系统调试以“套”为计量单位，并区分检测系统、调节系统和手动调节系统。

3. 电动单元组合仪表安装综合基价项目见表6-107。

表6-107 电动单元组合仪表安装综合基价项目

单元名称	项目编号	主 要 项 目	工作内容
变送单元	10-120～10-136	压力式温度、温度、温差、一体化温度、压力、差压、法兰、浓度、液位、流量、智能压力、智能差压、浮筒液位、靶式流量变送器	开箱检查、清理、单体调试、安装接线
显示单元	10-107～10-143	单双针指示仪/记录仪、色带指示仪、单双针报警仪、多点指示记录仪、比例积算器、开方积算器	开箱检查、清理、盘孔修理、表计安装固定、校接线、单体调试
调节单元	10-144～10-149	指示调节器、特殊功能调节器、阀位跟踪调节器、SPC/DDC后备调节器、微分器、积分器	开箱检查、清理、表计安装固定、校接线单体调试
计算单元	10-150～10-152	加减器、乘除器、开方器	同调节单元
转换单元	10-153～10-159	电流信号、脉冲/电压、频率/电流、阻抗、函数、电/气、气/电转换器	同调节单元
给定单元	10-160～10-165	恒流、比值、比率、报警、参数程序、时间程序给定器	同调节单元
辅助单元	10-166～10-178	D型操作器、安全栅、信号选择器、配电器、隔离器/反向器/升降器、电源箱、比例偏置器、信号限幅器/阻尼器/倒相器、变化率限制器、DDC操作器、Q型操作器	同调节单元

注：插座（带丝堵）、取源部件、仪表接头、均为另计价材料、按表中（ ）内数字计入另计价材料费。仪表为设备。

4. 气动单元组合仪表（见表6-108）

5. 组装式综合控制仪表、基地式调节仪表

1）项目编号10-227～10-263。

2）工作内容包括开箱检查、单体校验、安装接线。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-108　气动单元组合仪表安装综合基价项目

单元名称	项目编号	主　要　项　目	工作内容
变送单元	10-179 ~ 10-189	温度、气动压力式温度、压力、差压、法兰液位、靶式流量、毕托管流量浮筒液位变送器	开箱检查、安装、接头安装、单体调试
显示单元	10-190 ~ 10-194	气动积算器、指示记录仪、色带/条形指示仪、气动报警器、多针指示仪	开箱检查、仪表接线安装、接头安装、单体调试
调节单元	10-195 ~ 10-202	记录/串级调节仪、指示/报警记录、指示：记录、微分/积分/比例、比例/积分、计算机给定调节器、微分器/积分器/调节器	开箱检查、安装、接头接线、单体调试
计算、给定单元	10-203 ~ 10-208	比值器、乘除器、加减器、定值器、参数时间定值器、电脉冲/气压转换器	同变送单元
辅助单元	10-209 ~ 10-226	高低值选择器、切换器、限幅器、配比器、继动器、恒差/负荷分配器、带指示手动操作器、手动/自动切换双指示操作器、Q 型操作器、大流量过滤器减压阀等	同变送单元

注：插座（带丝堵）、取源部件、仪表接头均为另计价材料，按表中（　）内数字计入另计价材料费，仪表及其配套供应的部件均按设备计。

3）组装式综合控制仪表、包括输入/出组件、信号处理组件、调节组件、其他组件、盘装仪表五部分，其组件的功能有些与电动/气动组合仪表基本相同。仪表均按设备计，无另计价材料。基地调节仪表的仪表接头每台按 3 套计入另计价材料费。

6. 执行仪表

1）项目编号 10-264 ~ 10-300。

2）工作内容包括开箱检查、接线/接管、功能试验、安装/配合安装、单体调试、调整、接地。

3）仪表按设备计入。仪表接头、连杆组件，插座（带丝堵）均为另计价材料，按表中（　）内数计入另计价材料费。

4）执行仪表分气动、电动、智能、液动、智能调节阀、流量调节、温度调节、各类定位器等，编制/套用时必须仔细对照、使其与基价表上对应，不要随意，项目表上没有的应按最相近的项目套用。

7. 仪表回路模拟试验（检测/调节回路）

1）项目编号 10-301 ~ 10-310。

2）工作内容包括管路/线路检查、单元仪表检查、设定、排错、模拟试验。

3）套用基价时应按温度、压力、流量/差压、多点检测回路、简单回路、复杂回路、手操回路套用、实际与其不相符时，应按最相近的项目套用，并写出相应说明。

过程控制仪表工程量清单及计算规则见表 6-109。

（四）集中检测装置及仪表

1. 主要说明

（1）本项适用范围

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-109 过程控制仪表工程量清单及计算规则（编码：031002）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031002001	变送单元仪表	1. 名称 2. 类型 3. 功能	台	按设计图示数量计算	1. 取源部件安装 2. 节流装置安装 3. 辅助容器制作、安装、刷油 4. 挠性管安装 5. 仪表支柱制作、安装、刷油 6. 保护（温）箱安装（包括开孔） 7. 本体安装 8. 单体调试 9. 脱脂（包括拆装） 10. 支架制作、安装、刷油
031002002	显示单元仪表	1. 名称 2. 类型 3. 功能			1. 表盘开孔 2. 盘柜配线 3. 本体安装 4. 支架制作、安装、刷油
031002003	调节单元仪表	1. 名称 2. 类型 3. 功能			1. 表盘开孔 2. 盘柜配线 3. 本体安装 4. 单体调试
031002004	计算单元仪表				1. 盘柜配线 2. 本体安装 3. 单体调试
031002005	转换单元仪表				
031002006	给定单元仪表				
031002007	辅助单元仪表				
031002008	输入输出组件	1. 名称 2. 功能	件		
031002009	信号处理组件				
031002010	调节组件				
031002011	分配、切换等其他组件				
031002012	盘装仪表		台		1. 表盘开孔 2. 盘柜配线 3. 本体安装 4. 单体调试 5. 支架制作、安装、刷油
031002013	基地式调节仪表	1. 名称 2. 类型 3. 功能 4. 安装位置			1. 表盘开孔 2. 挠性管安装 3. 仪表支柱制作、安装、刷油 4. 保护（温）箱安装(包括开孔) 5. 本体安装 6. 单体调试 7. 支架制作、安装、刷油

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031002014	执行机构	1. 名称 2. 类型 3. 功能 4. 规格	台	按设计图示数量计算	1. 挠性管安装 2. 执行仪表附件安装 3. 本体安装 4. 单体调试 5. 支架制作、安装、刷油
031002015	调节阀	1. 名称 2. 类型 3. 功能			1. 挠性管安装 2. 执行仪表附件安装 3. 阀门检查接线 4. 本体安装 5. 单体调试 6. 支架制作、安装、刷油
031002016	自力式调节阀	1. 名称 2. 类型			1. 取源部件安装 2. 本体安装 3. 单体调试 4. 支架制作、安装、刷油
031002017	仪表回路模拟试验	1. 名称 2. 类型 3. 功能 4. 点数量或回路复杂程度	回路		调试

1）机械量仪表：测厚、测宽、旋转机械检测仪表。称重仪表及称重标定、皮带跑偏、打滑检测。

2）过程在线分析仪表：电化学式、热学式、磁导式、红外线分析、光电比色分析、工业色谱分析、质谱仪、可燃气体热值指数仪、水质分析、物性分析、特殊预处理装置、分析柜、分析小屋及附件安装。

3）气象环保检测、风向、风速、雨量、日照、飘尘。

（2）本项包括的工作内容　准备、开箱、设备清点、搬运、校接线、成套仪表安装、附属件安装、常规检查、单元检查、功能测试、设备接地、整套系统试验、配合单机试运转、记录。此外，还包括如下内容：

1）配合对机械量仪表探头或传感器、传动机构、测量架、皮带秤称量框和托辊清点、安装和安全防护等。

2）成套分析仪表探头、通用预处理装置、转换装置、显示仪表安装及取样部件提供、清洗、保管。

3）分析系统数据处理和控制设备调试、接口试验。

4）分析仪表校验用标准样品标定。

5）分析小屋或柜组装、安全防护、接地、接地电阻测试。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）称重装置标定：机械部分调整零点、线性度和精度调试、电源调整、皮带速度、周长、静态复合率调整、标定数据记录整理。

（3）不包括的内容

1）设备支架、支座制作安装。

2）在管道上开孔焊接取源取样部件或法兰。

3）校验用标准气样的配制。

4）分析系统需配置的冷却器、水封及其他辅助容器的制作和安装。

5）分析小屋及分析柜通风、空调、管路、电缆、阀安装及底座、轨道制作安装，小屋或柜密封、试压、开孔、改造室内支架、台架制作、安装。

6）气象环保仪表的立杆、拉线、检修平台安装。

7）电子皮带秤标定中砝码、链码租用、运输、挂码和实物标定的物源准备、堆场。

（4）其他

1）称重仪表按传感器的数量和显示仪表成套，电子皮带秤称量框、传感器及配套的显示仪表一起调试，其他机械量仪表配合机械专业安装，作整套检查与整机调试。

2）分析仪表为在线分析装置，分为化学分析仪表和物性分析仪表。成套安装与调试包括探头、预处理装置和显示仪表及样品标定。特殊预处理装置、分析小屋和分析柜安装，应按相应项目另行计算。

3）水质分析中缩写字母表示：ORP——氧化还原电位值；TOD——总需氧量；COD——化学需氧量。

4）所列项目均为成套装置，除以上说明外，不能分开计算工程量。

2. 工程量计算规则

1）集中检测装置及仪表是成套装置，安装调试以“套”为计量单位。

2）气象环保检测仪表以“套”为计量单位。

3）分析小屋及分析柜安装以“台”为计量单位。

4）称重装置与皮带打滑、跑偏检测以“台”为计量单位。

5）电子皮带秤标定以“次/套”为计量单位。

3. 机械量仪表（包括测厚、测宽、旋转机械检测仪表、称重装置等）

1）项目编号 10-311 ~ 10-343。

2）测量测宽和旋转机械检测仪表工作内容包括开箱清点、运输、安装、接线、常规/功能检查、设备接地、整机系统调试。

3）称重装置与皮带打滑、跑偏检测工作内容包括开箱清点、安装、常规检查、校接线、接地、绝缘检查、整机系统试验。

4）电子皮带秤标定工作内容包括机械部分调整，零点、线性度、精调试，电源调整，皮带速度、周长、静态复合率调整。不包括电子皮带秤安装，另计。

4. 过程分析仪表和物性检测仪表

1）项目编号 10-344 ~ 10-367。

2）工作内容包括探测器/传感器（探头）、预处理装置、数据处理及控制设备的安装检查、调整、系统调试、标定。

3）分析仪器很多类别、仔细阅读设备说明，对号入座，套用相近项目。其中，取源部

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

件（探测器）、仪表接头均为另计价材料，按基价表内（　）数字计入另计价材料费。

5. 特殊预处理装置

1）项目编号 10-368 ~ 10-374。

2）工作内容包括准备、开箱清点、运输、安装、单元检查、调整、接地、记录。

6. 分析柜、室及附件安装

1）项目编号 10-375 ~ 10-377。

2）工作内容包括开箱清点、运输、搬运、安装就位、接地、接管/接线检查。

3）仪表接头为另计价材料。

7. 气象环保检测仪表

1）项目编号 10-378 ~ 10-381。

2）工作内容包括开箱清点、安装固定、校接线、常规检查、单元检查、系统调试。

集中检测仪表工程量清单及计算规则见表 6-110。

表 6-110　集中检测装置仪表（编码：031003）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031003001	测厚测宽装置	1. 名称 2. 类型 3. 功能 4. 规格	套	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 系统调试 3. 支架制作、安装、刷油
031003002	旋转机械检测仪表	1. 名称 2. 功能			1. 本体安装 2. 调试
031003003	称重装置	1. 名称 2. 类型 3. 功能 4. 规格	台		1. 本体安装 2. 系统调试 3. 皮带跑偏检测 4. 皮带打滑检测 5. 电子皮带秤标定
031003004	过程分析仪表	1. 名称 2. 类型 3. 功能	套		1. 取源部件安装 2. 辅助容器制作、安装、刷油 3. 水封制作、安装、刷油 4. 排污漏斗制作、安装、刷油 5. 挠性管安装 6. 本体安装 7. 系统调试 8. 脱脂（包括拆装） 9. 支架制作、安装、刷油
031003005	物性检测仪表	1. 名称 2. 类型 3. 功能 4. 安装位置			1. 取源部件安装 2. 挠性管安装 3. 本体安装 4. 支架制作、安装

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031003006	特殊预处理装置	1. 名称 2. 类型 3. 测量点数量	套	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 调整
031003007	分析柜、室	1. 名称 2. 类型	台		1. 基础槽钢制作、安装、刷油 2. 本体安装 3. 取样冷却器安装
031003008	气象环保检测仪表	1. 名称 2. 功能	套		1. 保护箱安装 2. 挠性管安装 3. 本体安装 4. 系统调试

（五）集中监视与控制装置

1. 主要说明

（1）本项适用范围

1）安全监测装置：可燃气体报警装置、火焰监视器、自动点火装置、燃烧安全保护装置、漏油检测装置、高阻检漏装置。

2）工业电视：摄像机及附属设备、显示器和辅助设备安装、调整。

3）远动装置。

4）顺序控制装置：继电联锁保护系统、逻辑监控装置、气动顺控装置、智能顺控装置。

5）信号报警装置：闪光报警器、智能闪光报警装置、继电线路报警系统、继电器箱、柜及报警装置组件、元件。

6）数据采集及巡回报警装置。

（2）本项工作内容　技术机具准备、开箱、设备清点、搬运、单体调试、安装、固定、挂牌、校接线、接地、接地电阻测试、常规检查、系统模拟试验、配合单机试运转、记录整理。此外，还包括以下内容：

1）远动装置：过程 I/O 点试验、信息处理、单元检查、基本功能（画面显示报警等）、设定功能测试、自检功能测试、打印、制表、遥测、遥控、遥信、遥调功能测试：以远动装置为核心的被控与控制端及操作站监视、变换器及输出驱动继电器整套系统运行调整。

2）顺序控制中：联锁保护系统线路检查、设备元件检查调整；逻辑监控系统修改主令功能图、输入输出信号检查、功能检查排错；凸轮式与气动顺控装置调整拨块或定时盘、设定动作程序等。

3）智能闪光报警装置：单元检查、功能检查、程序检查、自检、排错。

4）火焰监测装置探头、检出器、灭火保护电路安装调试。

5）固定点火装置的电源、励磁、连接导线火花塞安装，自动点火系统顺序逻辑控制和报警系统安装调试。

6）可燃气体报警和多点气体报警包括探头和报警器整体安装、调试。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7）继电器箱、柜安装、固定、校接线、接地及接地电阻测定。

（3）不包括的内容

1）计算机机柜、台柜安装。

2）支架、支座制作安装。

3）为远动装置、信号报警装置、顺控装置、数据采集、巡回报警装置提供输入输出信号的现场仪表安装调试。

4）漏油检测装置排空管、溢流管安装、沟槽开挖、水泥盖板制作安装、流入管埋设。

（4）其他

1）顺序控制装置中，继电联锁保护系统由继电器、元件和线路组成，由接线连接；可编程序逻辑控制器通过编制程序，实现软连接；插件式逻辑监控装置和矩阵编程控制装置是一种无触点的顺序控制装置，应加以区分，执行相应项目。其中可编程序控制装置应执行本节十四、（六）中的 PLC 项目。

2）盘上安装仪表用螺栓按仪表自带考虑。

3）继电器或组件柜、箱、机箱安装、检查及校接线内容适用于报警盘、点火盘或箱。

2. 工程量计算规则

1）集中监视及控制装置及仪表是成套装置，安装调试以“套”为计量单位。

2）顺序控制装置的继电联锁保护系统应按事故接点数以“套”为计量单位，插件式逻辑监控装置和矩阵编程逻辑控制器按容量 I/O 点以“套”为计量单位。

3）信号报警装置中的闪光报警器按台件数计算工程量，智能闪光报警装置按组合或扩展的“报警回路”或“报警点”计算工程量；继电器箱另计安装工程量，包括检查接线。

4）数据采集和巡回报警按采集的过程输入点，以“套”为计量单位。

5）远动装置按过程点 I/O 点的数量以“套”为计量单位。

6）燃烧安全保护装置、火焰监视装置、漏油装置、高阻检漏装置及自动点火装置，包括现场安装和成套调试，以“套”为计量单位。

7）工业电视以“台”为计量单位。

集中监视控制装置及仪表安装综合基价项目见表 6-111。

集中监视与控制仪表工程量清单及工程量计算规则见表 6-112。

表 6-111　集中监视控制装置及仪表安装综合基价项目

装置仪表名称	项目编号	主　要　项　目	工作内容
安全监测装置	10-382 ~ 10-389	可燃气体、智能多点气体报警器，火焰监视器、固定式自动点火装置、自动点火系统，燃烧安全保护装置、漏油检测装置、高阻检测装置	开箱清点、单元检查、调整、安装、系统调试
工业电视	10-390 ~ 10-404	摄像机安装调试、摄像机附属设备安装、显示器安装调试、辅助设备安装	开箱清点、安装接线、常规检查、单元检查、功能检查、挂牌、系统调试

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

装置仪表名称	项目编号	主 要 项 目	工作内容
远动装置	10-405～10-409	输入、输出点：60、100、300、500、1000	开箱检查、基本功能试验、设定、打印、制表系统运行
顺序控制装置	10-410～10-422	继电器联锁保护系统、矩阵编程逻辑监控装置、插件式逻辑监控装置、凸轮顺序装置、气动顺序/智能控制器	继电线路、开箱检查、单元检查、系统模拟试验、功能试验、校接线、修改功能图、排错、程序运行
信号报警装置	10-423～10-444	继电线路报警、计算机多功能组件式报警、计算机自容式报警、单回路闪光报警、八回路闪光报警装置、柜/箱组件	开箱检查、校接线、线路检查、单元检查、功能测试、模拟试验、排错
数据采集及巡回检测报警装置	10-445～10-451	过程点数（I/O 点）：40、60、100、200、300、400、600	开箱检查、安装固定、单元检查、功能检查、系统调试

表 6-112 集中监视与控制仪表（编码：031004）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031004001	安全监测装置	1. 名称 2. 功能	套	按设计图示数量计算	1. 挠性管安装 2. 本体安装 3. 系统调试 4. 支架制作、安装、刷油
031004002	工业电视	1. 名称 2. 安装位置	台		1. 挠性管安装 2. 摄像机及附属辅助设备安装 3. 本体安装 4. 支架制作、安装、刷油
031004003	远动装置	1. 名称 2. 点数量	套		1. 本体安装 2. 试运行
031004004	顺序控制装置	1. 名称 2. 类型 3. 功能 4. 点数量			1. 本体安装 2. 各类试验
031004005	信号报警装置	1. 名称 2. 类型 3. 点数或回路数			1. 本体安装 2. 模拟试验
031004006	信号报警装置柜、箱	1. 名称 2. 类型 3. 功能	台(个)		1. 本体安装 2. 柜箱组件、元件、安装 3. 基础槽钢制作、安装、刷油 4. 支架制作、安装、刷油

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031004007	数据采集及巡回检测报警装置	1. 名称 2. 点数量	套	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 系统试验

（六）工业计算机安装及调试

1. 主要说明

（1）本项适用范围

1）工业计算机硬件设备安装：机柜、台柜、外部设备。

2）管理计算机调试包括过程控制计算机硬件及功能调试、生产管理计算机硬件及功能调试。

3）基础自动化装置调试包括集散控制系统（DCS）调试、可编程序控制器（PLC）调试、直接数字控制装置（DDC）调试、I/O 卡测试、现场总线控制系统（FCS）及总线仪表安装调试。

（2）本项工作内容

1）工业计算机设备安装：准备、开箱、清点、运输、就位、设备元件检查、风机温控、电源部分检查、自检及校接线、外部设备功能测试、场地消磁、接地、安装检查记录等。

2）管理计算机调试：准备、常规检查、输入输出通道检查；系统软件装载、复原调试；时钟调整和中断检查、功能检查处理、保护功能及可靠性、可维护性检查和综合检查、检查调试记录。此外，还包括如下工作内容：

① 生产管理计算机系统、生产计划平衡、物料跟踪、生产实绩信息、调度指挥、仓库管理、技术信息、指令下达、管理优化及通信功能等主程序及子程序运行、测试、排错。

② 过程控制管理计算机系统包括生产数据信息处理、数据库管理、生产过程监控、数学模型实现、生产实绩、故障自诊及排障、质量保证、最优控制实现、与上级及基础自动化接口、通信功能等测试和实时运行、排错。

③ 基础自动化装置包括准备、硬件测试、常规检查、程序装载、组态内容或程序检查、应用功能检查、回路试验。可编程仪表包括安装。DCS、PLC 通信网络系统可用及维护功能检查、系统环境功能调试、I/O 卡输入输出信号检查、调试。DDC 输入输出转换功能、操作功能、回路试验等全部调试工作内容。

④ 现场总线控制系统包括技术准备、硬件测试、常规检查、程序装载、组态内容或程序检查、设定、排错、应用功能、通信功能检查、回路试验。此外，还包括总线仪表安装，总线仪表按设计组态、设定；通信网络过程接口、总线服务器、网桥、总线电源、电源阻抗器安装和调整工作。

（3）不包括的内容

1）支架、支座、基础安装与制作。

2）控制室空调、照明和防静电地板安装。

3）软件组成或系统组态。

4）设备因质量问题的修、配、改。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）调试工作内容不包括设计或开发单位的现场服务。

（4）其他

1）标准机柜尺寸为(600～900)mm×800mm×(2100～2200)mm(宽×深×高)，其他为非标准。

2）计算机系统应是合格的硬件和成熟的软件，对拆除再安装的旧设备应是完好的。

3）通用计算机安装是为PC设置的，其安装方式不同于固定在底座或基础上的操作站和控制站，整套安装包括操作台柜、主机、键盘、显示器、打印机的运输、安装及校接线工作。

4）工业计算机项目的设置适用多级网络控制，在本节中，第一层基础自动化（DCS、PLC、DDC、FCS）作为第一级过程控制级；第二层过程控制管理计算机作为多级控制的第二级过程优化控制的监控级；第三～五层车间和工厂级作为第三级生产管理和经营计算机系统，见图6-2。工程量计算应区分不同的控制系统和级别，分别执行相应项目。

5）基础自动化级是生产过程控制的设备级，包括DCS、DDC、PLC、FCS。基础自动化过程控制系统的网络系统与主干网和局域网资源共享。

6）DCS主要用于模拟量的连续多功能控制，并包括顺序控制功能，由操作站、控制站、通信网络和上位机接口组成。DCS规模的大小按系统实际配置情况或DCS出厂型号决定。

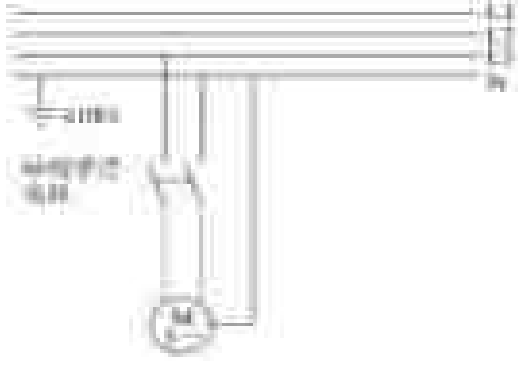


图6-2 工厂连续控制与管理计算机系统

7）通信网络是基础自动化级的主要组成部分。DCS的通信网络分为大、中、小规模，小规模为低速通信总线，中规模为中速通信总线，大规模DCS通信总线分为设备级总线和管理级总线，管理级总线是与上位机通信的总线，设备级总线是过程控制级通信总线，各级总线都可通过接口通信、传送信息以达到资源共享的目的。工程量计算应分别执行大、中、小规模的控制系统和低、中、高速网络结构，范围包括通信系统所能覆盖的最大距离和通信网络所能连接的最大结点（站）数。

8）PLC主要用于顺序控制，按过程I/O点为单位计算工程量，目前PLC也具有DCS功能，并且两者功能相互结合。工程量计算仍以PLC的主要功能为基准，执行PLC项目。工程量计算应选择PLC调试、I/O卡和操作站、通信网络，包括单体检查、系统调试、回路调试。

9）操作站、控制站或监控站调试、I/O卡检查测试及通信网络检查测试的工作内容覆盖DCS的单元检查、调整、系统调试、回路调试及系统运行的全部工作。

10）FCS过程网络控制接口具有通信功能、控制功能、桥路管理功能。

11）直接数字控制系统（DDC）是根据各个被控变量的给定值和测量的数值按一定的算法直接对生产过程几个或几十个控制回路进行在线闭环控制。系统是独立的，但可以挂在DCS的总线上作为DCS的一个节点。

12）现场总线控制系统（FCS）的核心是现场总线。本节采用现场总线基金会（FF）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的 FF 总线。现场总线 H1 为低速总线，H2 为高速总线。现场总线仪表是现场的节点设备，具有网络主站的能力，兼有 PID 等多种功能。除此之外，凡可挂在现场总线并与之通信的智能仪表，也可以作为总线仪表。

13）现场总线仪表是现场总线的节点设备，具有网络主站的功能、虚拟控制站的功能、PID 功能并兼有通信等多种功能，其中安全栅除起隔离作用外，还具有总线供电和总线放大器的作用。

FCS 组成框图见图 6-3。

14）FCS 低速通信总线节点数（网络设备）最多为 32 个，高速通信总线 H2 每段节点数最多为 124 个。H1 和 H2 调试内容包括服务器和网桥功能，可接局域网。H1 和 H2 通过网桥互联。

15）控制站的“回路数”是控制单元 I/O 卡模拟量输出点（A0）的数量，终端指智能终端，打印机、复印机、操作台均不作为终端。

16）信息传输网络为双绞线、同轴电缆、光纤。安装执行本节十四、（八）“工厂通信及供电”相应项目。

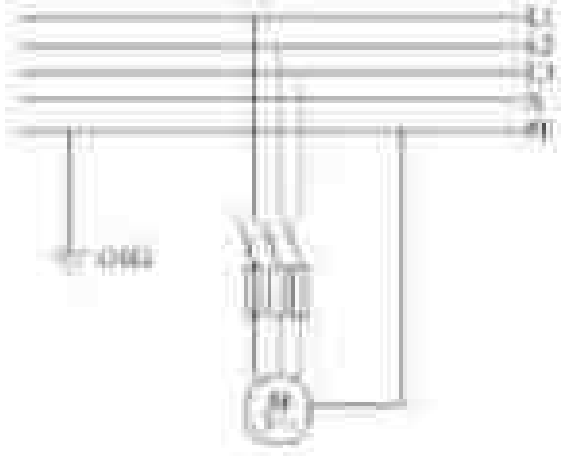


图 6-3　FCS 组成框图

2. 工程量计算规则

1）计算机硬件设备安装以“台”为计量单位。

2）非标准机柜按半周长以“m”为计量单位。

3）通用计算机安装以“套”为计量单位。

4）管理计算机调试按所带终端数计算调试工程量，以“台”或“套”为计量单位。

5）单多回路调节器或可编程仪表以“台”为计量单位。

6）DCS 以“套”为计量单位。

7）PLC 按过程控制 I/O 点的多少，以“套”为计量单位。

8）I/O 卡调试模拟量、脉冲量以“1 点”为计量单位，数字量以“8 点”为计量单位。

9）DDC 调试按过程点 I/O 点的多少，以“套”为计量单位。

10）现场总线调试以“套”为计量单位。

11）现场总线仪表调试以“台”为计量单位。

3. 工业计算机安装与调试基价简介（见表 6-113）

工业计算机安装与调试其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表 6-114 的规定执行。

（七）仪表管路敷设

1. 主要说明

（1）本项适用范围　碳钢管、不锈钢管、铝管、铜管、高压管、聚乙烯管和管缆敷设，管路伴热及脱脂。

（2）本项工作内容：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-113 工业计算机安装与调试基价简介

项目	安装调试名称	项目编号	工作内容	另计价材料
工业计算机设备安装与调试	计算机柜、台设备安装 外部设备安装调试 辅助存储装置安装	10-452～457 10-458～10-465 10-466～10-470	开箱检查、清点、场地消磁、安装就位、接地、设备元件及接线检查、校接线、硬件检查、功能测试	接地母线每 m/台按 0.65m 计入另计价材料费
管理计算机调试	过程控制管理计算机调试 生产经营管理计算机调试 双机切换及网络设备调试	10-471～10-478 10-479～10-486 10-487～10-491	常规检查、硬件检查、单元检查、功能测试、系统调试运行	
基础自动化装置调试	① 集散控制系统（DCS）调试	10-492～10-529	安装、硬件检查测试、编程、组态校对、排错、回路试验、应用功能测试、回路调试、冗余切换功能测试、监控站数据采集功能、（硬件及顺序检查②）、（网络可用及维护功能、系统环境功能检查②⑥）、（接口试验③④）、（I/O 卡检查⑤）、（总线可用及维护功能⑥）、（操作站功能、应用功能调试⑥）	
	② 可编程序控制器（PLC）调试	10-530～10-543		
	③ 过程 I/O 组件调试	10-544～10-546		
	④ 其他设备接口调试	10-547～10-549		
	⑤ 直接数字控制系统（DDC）调试	10-550～10-555		
	⑥ 现场总线控制系统（FCS）安装调试	10-556～10-564		

表 6-114 工业计算机安装与调试（编码：031005）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031005001	工业计算机柜、台设备	1. 名称 2. 类型 3. 规格	台	按设计图示数量计算	1. 基础槽钢制作、安装、刷油 2. 本体安装 3. 支架制作、安装、刷油
031005002	工业计算机外部设备	1. 名称 2. 类型 3. 功能			1. 本体安装 2. 调试
031005003	辅助存储装置	1. 名称 2. 类型 3. 规格			1. 本体安装 2. 测试
031005004	过程控制管理计算机	1. 名称 2. 类型 3. 规模			测试
031005005	生产、经营管理计算机				
031005006	管理计算机双机切换装置	1. 名称 2. 功能			
031005007	管理计算机网络设备				本体安装调试
031005008	小规模 DCS	1. 名称 2. 类型 3. 功能			1. 本体安装 2. 回路试验

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

<table>
<tr><th>项目编码</th><th>项目名称</th><th>项目特征</th><th>计量单位</th><th>工程量计算规则</th><th>工程内容</th></tr>
<tr><td>031005009</td><td>中规模 DCS</td><td rowspan="2">1. 名称
2. 类型
3. 功能
4. 回路数量</td><td rowspan="3">套</td><td rowspan="9">按设计图示数量计算</td><td rowspan="3">1. 调试
2. 回路调试</td></tr>
<tr><td>031005010</td><td>大规模 DCS</td></tr>
<tr><td>031005011</td><td>可编程序控制器（PLC）</td><td>1. 名称
2. 点数量</td></tr>
<tr><td>031005012</td><td>操作站及数据通信网络</td><td>1. 名称
2. 类型
3. 功能</td><td rowspan="2">1. 调试
2. 系统调试</td></tr>
<tr><td>031005013</td><td>过程 I/O 组件</td><td rowspan="2">1. 名称
2. 类型</td><td rowspan="2">点</td></tr>
<tr><td>031005014</td><td>与其他设备接口</td><td>调试</td></tr>
<tr><td>031005015</td><td>直接数字控制系统（DDC）</td><td>1. 名称
2. 点数量</td><td rowspan="3">套</td><td>1. 调试
2. 回路调试</td></tr>
<tr><td>031005016</td><td>现场总线（FCS）</td><td rowspan="2">1. 名称
2. 功能</td><td rowspan="2">调试</td></tr>
<tr><td>031005017</td><td>操作站（FCS）</td></tr>
<tr><td>031005018</td><td>现场总线仪表</td><td>1. 名称
2. 类型
3. 功能</td><td>台</td><td>1. 取源部件安装
2. 节流装置安装
3. 辅助容器制作、安装、刷油
4. 挠性管安装
5. 仪表支柱制作、安装、刷油
6. 保护（温）箱安装（包括开孔）
7. 本体安装
8. 回路调试
9. 脱脂（包括拆装）
10. 支架制作、安装、刷油</td></tr>
</table>

1）管路敷设：领料、搬运、准备、清扫、清洗、划线、调直、定位、锯管、揻弯、焊接、上接头或管件、固定，强度、严密性、泄漏性试验，除锈、刷油，安装试验记录。

2）仪表设备或管路伴热；电伴热电缆、伴热元件或伴热带敷设、绝缘测定、接地、控制及保护电路测试、调整记录。

3）仪表管路脱脂：拆装、浸泡、擦洗、检查、封口、保管、送检、填写记录。

（3）不包括的内容：

1）支架制作和安装。

2）脱脂液分析工作。

3）管路中截止阀、疏水器、过滤器等安装。

4）电伴热供电设备安装、接线盒安装、保温层和保温材料。

5）被伴热的管路或仪表设备的外部保温层、防护、防水层安装及防腐。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）挖填土、开挖路面。

（4）其他

1）导压管敷设范围是从取源一次阀门后，不包括取源部件及一次阀门。

2）需要银焊的管路，可执行铜管敷设项目，并进行材料换算。

3）测量管路试压与工业管道同时进行，仪表气源和信号管路只作严密性试验、通气试验，不作强度试验。

4）公称直径大于50mm的管路，应执行《工业管道工程》相应项目。

5）仪表管路和仪表设备脱脂项目适用于必须禁油或设计要求需要脱脂的工程，无特殊情况或设计无要求的，不应计算其工程量。

2. 工程量计算规则

1）仪表导压管敷设应区别不同的用途和安装方式，按图示以“10m”为计量单位，不扣除管件和阀门所占长度。

2）碳钢管敷设连接形式分为焊接和丝接，按公称直径以“10m”为计量单位。

3）伴热电缆和伴热带以“50m”为计量单位；伴热元件以“根”为计量单位；伴热管以“10m”为计量单位。

3. 钢管敷设

1）项目编号10-565～10-572。

2）工作内容包括：清理、揻弯、套丝、组对、安装、接头/管件安装、焊接、除锈、防腐、强度和气变性试验。

3）管材、仪表接头、管件为另计价材料，每10m均按综合基价表上（　）内数字计入另计价材料费。

4. 不锈钢管及高压管敷设

1）项目编号10-573～10-579。

2）工作内容包括：清理、组对、高压管车丝、焊接及焊口处理、管及管件安装、除锈、防腐、强度和气密性泄漏试验。

3）钢管、仪表接头、管件为另计价材料，每10m均按综合基价表上（　）内数字计入另计价材料费。

5. 有色金属及非金属管敷设

1）项目编号10-580～10-589。

2）工作内容包括：清洗、组对、安装、焊接/卡套连接/接头连接、固定、通气和气密性试验。

3）铜管、铝管、塑料管、仪表接头均为另计价材料、每10m按基价表上（　）内数值计入另计价材料费。

6. 管缆敷设

1）项目编号10-590～10-598。

2）工作内容包括：切断、揻弯、缆头处理、卡套连接、固定、通气试验，挂牌。

3）管缆、仪表接头均为另计价材料，每10m按基价表上（　）内数值计入另计价材料费。

7. 仪表设备、管理伴热

1）项目编号10-599～10-604。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）工作内容包括：

① 伴热管：敷设/缠绕、焊接、除锈、防腐、强度和气密性试验。

② 伴热带、敷设、绝缘接地、控制及保护电路测试。

3）管材、电热带、绝缘材料为另计价材料，均按基价表上（　）内的数值和单位计入另计价材料费。

8. 仪表设备、管路脱脂

1）项目编号 10-605～10-610。

2）工作内容包括表计拆装、浸泡、脱脂、擦洗、检查、封口送检。

仪表管路敷设其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表 6-115 的规定执行。

表 6-115　仪表管路敷设（编码：031006）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031006001	钢管敷设	1. 名称 2. 连接方式 3. 管径	m	按设计图示以延长米计算，不扣除管件、阀门所占长度	1. 管路敷设 2. 伴热管伴热或电伴热 3. 除锈、刷油 4. 保温及保护层 5. 管道脱脂 6. 支架制作、安装、刷油
031006002	高压管敷设	1. 名称 2. 材质 3. 管径			1. 管路敷设 2. 伴热管伴热或电伴热 3. 除锈、刷油 4. 保温及保护层 5. 管道脱脂 6. 支架制作、安装、刷油 7. 焊口热处理 8. 焊口无损伤
031006003	不锈钢管敷设	1. 名称 2. 管径			1. 管路敷设 2. 伴热管伴热或电伴热 3. 保温 4. 管道脱脂 5. 支架制作、安装、刷油 6. 焊口热处理 7. 焊口无损探伤 8. 焊口酸洗钝化
031006004	有色金属管及非金属管敷设	1. 名称 2. 材质 3. 管径			1. 管路敷设 2. 伴热管伴热或电伴热 3. 除锈、刷油 4. 保温及保护层 5. 管道脱脂 6. 支架制作、安装、刷油
031006005	管缆敷设	1. 名称 2. 材质 3. 芯数			1. 管路敷设 2. 支架制作、安装、刷油

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（八）工厂通信及其供电

1. 主要说明

（1）本项适用范围　工厂通信线路（系统电缆、双绞屏蔽电缆、光缆、同轴电缆）、通信设备、补偿电缆安装、不间断电源安装及其他附件安装调试。

（2）本项工作内容　领料、开箱检查、准备、运输、敷设、固定、绝缘检查、校线、挂牌、记录等，除此之外，还包括下列内容：

1）通信线路和设备：

① 系统电缆敷设带插头、揭盖地板、挂牌；

② 屏蔽电缆头制作：AC、DC 接地线焊接、接地电阻测试、套线号；

③ 光缆接头测试、熔接、接续、接头盒安装、地线装置安装、成套附件安装、复测衰耗、安装加感线圈、包封外护套、充气试验；

④ 光缆成端接头：活接头制作、固定、测试衰耗、光缆终端头固定；

⑤ 光缆堵塞：配制堵塞剂、做气闭及绝缘试验；

⑥ 中继段测试：光纤特性测试、铜导线电气性能测试、护套对地测试、障碍处理。

⑦ 通信设备：电话装置调整功放和放大级电压、电平、振荡输出电平、电源电压、工作电压及感应电话的谐振频率，以及扬声器音量、音响信号、通话、呼叫试验等。

2）不间断电源安装调试：机柜安装、外观绝缘检查、单元调试、充放电、逆变特性、静态转换、切换性能检查、极限电流保护及功能检查等。

3）金属挠性管接头连接、密封。

4）降阻剂埋设。

（3）不包括的工作内容

1）支架、机架、框架、托架制作和安装。

2）光中继器埋设。

3）挖填土工程、开挖路面工程。

4）电话装置用通信线路敷设。

5）不间断电源蓄电池安装和配套的发电机组。

（4）其他

本项所列电缆敷设为自控专用电缆，控制电缆、电力电缆、保护管和接地系统执行本节“一～十一”相关项目。

2. 工程量计算规则

1）自动指令电话装置按 40 门为一套计算安装和系统调试工程量，包括主机盘、电源盘、端机 40 个和扬声器安装校接线及整套系统调试。

2）载波电话按每一固定局或移动局各为一套计算安装工程量，再以整套安装调试计算系统调试工程量。

3）对讲电话安装按每台主机和每对分机计算工程量，并按对讲电话对讲形式，以主机和主机所带的分机为一套计算调试工程量。

4）不间断电源安装以“台柜”为计量单位。

5）不间断电源调试按输出功率以“套”为计量单位。

6）屏蔽双绞电缆、同轴电缆、光缆、补偿导线按图示长度以“100m”为计量单位，另

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

加相应预留长度。预留长度按本节“一～十一”相关规定，带专用插头的系统电缆按芯数以“根”为计量单位。

7）专用电缆工程量计算可按本节“一～十一”中电缆工程量计算规定执行。

8）屏蔽电缆头制作安装按芯数以“个”为计量单位；光缆如需要制作接头的，按“芯”以“个”为计量单位；光缆堵塞以“个”为计量单位。

9）电缆穿线盒以“10个”为计量单位。如设计有规定时按设计规定，设计无规定时，可按每10m有2.8个电缆穿线盒考虑，结算时按实计算。

10）金属挠性管以“10个”为计量单位，包括接头安装、防爆挠性管的密封。

11）降阻剂的埋设以“100kg”为计量单位。

3. 工厂通信线路综合基价简介见表6-116。

表6-116　工厂通信线路综合基价简介

项目名称	电缆类别	项目编号	工　作　内　容	未计价材料
专用电缆	专用系统电缆敷设	10-611～10-613	绝缘检查、校线、敷设固定、挂牌	系统电缆按根计入
	补偿导线敷设	10-614～10-615		补偿导线每100m按104m计入
	双绞/多绞屏蔽电缆敷设	10-616～10-621	开箱检查、架线盘、敷设、锯割、固定、临时封头	屏蔽电缆每100m按100m计入
	屏蔽电缆头制作	10-622～10-628	制作、固定、校线、套线号、绝缘测试、接地、挂牌	电缆压盖按个计入
光缆敷设	光缆敷设 光缆头制作	10-629～10-631 10-632～10-633	敷设、复测试验、接头熔接、接续、成套附件安装、固定、挂牌	光缆每100m按102m计入电缆头制作附件按个计入
	光缆成端头、光缆堵塞、光缆中继段测试、光电端机	10-634～10-637	成端头、堵头制作、固定、气密试验、绝缘测试、特性及电气性能测试、护层对地测试	光缆头及附件、接头盒每个按1.1个计入
同轴电缆敷设		10-638～10-641	运输、开箱检查、架线盘、锯割、固定临时封头	

4. 工厂通信设备安装调试

1）项目编号10-642～10-658。

2）工作内容包括：开箱检查、安装对号、校接线、单元检查、调整呼叫、通话系统试验。

5. 供电系统安装调试

1）项目编号10-659～10-666。

2）工作内容包括：开箱检查、清理、安装、绝缘检查、单元调试、分电盘检查调试、不间断电源充放电逆变试验、供电盘和供电系统试验检查。

6. 其他项目（金属挠性管、金属穿线盒安装、降阻剂埋设）

1）项目编号10-667～10-671。

2）挠性管（带接头）按根计入另计价材料费，穿线盒每10个按10.2个计入计价材料

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

费，降阻剂每100kg计入另计价材料费。

工厂通信、供电其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-117的规定执行。

表6-117 工厂通信、供电（编码：031007）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031007001	工厂通信线路	1. 名称 2. 类型 3. 敷设方式 4. 芯数	m （根）	按设计图示加规定预留长度以延长米计算，专用系统电缆按根计算	1. 电（光）缆敷设 2. 电（光）缆头制作、安装 3. 光缆其他安装项
031007002	工厂通信设备	1. 名称 2. 类型 3. 功能	套	按设计图示数量计算	1. 本体安装接线 2. 调试通话系统试验
031007003	供电系统	1. 名称 2. 类型 3. 容量	套 （台）		1. 基础槽钢制作、安装、刷油 2. 本体安装 3. 检查试验

（九）仪表盘、箱、柜及附件安装

1. 主要说明

（1）本项适用范围

1）各种仪表盘、柜、箱、盒安装。

2）仪表盘校线、接线、专用插头检查、安装。

3）盘上元件及附件安装、制作。

4）控制室密封及密封剂。

（2）本项包括的工作内容

1）盘柜安装：开箱、检查、清扫、领搬、找正、组装、固定、接地、打印标签。

2）盘配线、端子板校接线：校线、排线、打印字码、套端子号、挂焊锡或压端子头；专用插头的检查、校线、盘内线路检查。

3）控制室密封：密封剂领搬、密封、固化、检查。

4）盘上元件：安装、检查、校接线、试验、接地。

5）接线箱：安装、接线检查、套线号、接地。

6）接管箱：安装、仪表接头固定、标记挂位号牌。

（3）本项不包括的内容

1）支架制作和安装。

2）盘、箱、柜底座制作和安装。

3）盘、箱、柜制作及喷漆。

4）空调装置。

5）控制室照明。

（4）其他

盘校线项目适用于成套仪表盘柜校线，不适用接线箱、组（插）件箱、计算机机柜检

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

查接线。计算机机柜、接线箱、组（插）件箱已包括检查校线的工作。由外部电缆进入箱、柜端子板校接线的工作执行相应项目。

2. 工程量计算规则

1）仪表盘、箱、柜安装以“台”为计量单位。

2）盘上安装元件、部件应计安装工程量。

3）仪表盘开孔以“个”为计量单位，每一个开孔尺寸为 80mm × 160mm 以内，超过时，按比例增加计算。

4）密封剂以“100kg”为计量单位。

5）接线箱按端子对数、接管箱按出口点数以“台”为计量单位。

3. 盘、箱、柜安装

1）项目编号 10-672 ~ 10-687。

2）工作内容包括开箱检查、安装就位、组装找正、开孔、校接线、接地、清理、挂牌。

3）仪表接头、管件为另计价材料，均按基价表上（　）数字计入另计价材料费。

4. 盘校线及盘上元件、附件安装

1）项目编号 10-688 ~ 10-707。

2）工作内容包括组对、钻孔、安装、固定、检查、接线、校线、试验、电线剥头、打印字码、套线号、压接/焊接端子、配线、捆扎。

3）端子板、汇线槽、铜排、配线用导线、密封剂、型钢、为另计价材料，均在综合基价表上（　）内数值计入另计价材料费，注意单位的匹配。

仪表盘、箱、柜及附件安装其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表 6-118 的规定执行。

表 6-118　仪表盘、箱、柜及附件安装（编码：031008）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031008001	盘、箱、柜安装	1. 名称 2. 类型 3. 规格	台	按设计图示数量计算	1. 基础槽钢制作、安装、刷油 2. 本体安装 3. 支架制作、安装、刷油
031008002	盘柜附件、原件制作安装	1. 名称 2. 类型	个		1. 本体安装 2. 制作 3. 校接线 4. 试验

（十）仪表附件制作安装

1. 主要说明

（1）本项适用范围

1）仪表阀门安装。

2）仪表支吊架安装、仪表立柱制作安装、穿墙密封架安装、冲孔板/槽安装和混凝土基础。

3）容器附件制作安装及水封、漏斗、防雨罩制作安装。

4）在工艺管道或设备上配合安装取源部件、压力表弯制作安装、节流装置均压环制作安装。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）本项工作内容

1）仪表阀门：领取、清洗、试压、焊接或法兰连接、螺纹连接、卡套连接、焊接。螺纹连接和卡套连接包括接头安装，阀门研磨包括试压和研磨及准备工作。

2）仪表立柱的底板和加强板焊接固定。穿墙密封架和双杆吊架焊接或螺栓固定。

3）辅助容器：水封、气源分配器、防雨罩、排污漏斗制作包括领运、下料、组装、焊接、除锈、刷漆等。安装包括搬运、定位、打眼、本体固定。

4）取源部件配合安装内容包括取源部件提供、配合定位、焊接、固定。

（3）其他

1）桥架、托臂、立柱、隔板、盖板为外购件成品，安装执行《电气设备安装工程》相关项目及规定。

2）混凝土基础规格为400mm×400mm，体积为0.112m^3/个，如规格与项目不同，可计算出体积，执行土建或电力工程相应项目。

3）双杆吊架、冲孔板/槽、电缆穿墙密封架均是成品件；冲孔板/槽是电缆或管路的固定件；仪表支架安装、制作和电缆穿墙密封架制作执行《电气设备安装工程》中“一般铁构件制作”项目。

4）取源部件安装执行《工业管道安装工程》相关项目。

2. 工程量计算规则：

1）仪表阀门安装以“个”为计量单位。需要进行研磨的阀门工程量按“个”计算。口径大于50mm的阀门安装执行《工业管道工程》相应项目。

2）仪表立柱以“10个”为计量单位，项目中每个按1.5m考虑，材料费按实计算；双杆吊架以“5对”为计量单位，如单杆安装，项目乘以系数0.5；冲孔板/槽以“m”为计量单位；电缆穿墙密封架安装不分大小，以“个”为计量单位。

3）辅助容器、水封和排污漏斗制作安装以“个”为计量单位。

4）气源分配器按供气点12点，以“个”为计量单位。

5）防雨罩制作安装以“100kg”为计量单位，包括附件的重量。

3. 仪表附件制作安装综合基价简介见表6-119。

仪表附件安装工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-120的规定执行。

表6-119 仪表附件制作安装综合基价简介

项目名称	项目编号	工作内容	另计价材料
仪表阀门安装与研磨	10-708～10-722	开箱检查、清洗、试压、焊接/法兰连接、螺纹连接、卡套连接、焊接。接头安装，阀门研磨后试压，准备工作	阀门、仪表接头、高压管件、高压螺栓、透镜垫为另计价材料，均按表上（ ）内数值计入另计价材料费
仪表支吊架安装	10-723～10-727	安装、打膨胀螺栓、螺栓固定/焊接固定、立柱制作混凝土基础浇注	仪表立柱、钢板、双杆吊架、精密密封架、冲孔板、为另计价材料、计入方法同上

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目名称	项目编号	工　作　内　容	另 计 价 材 料
辅助容器附件制作安装	10-728～10-734	领用、下料、组装、焊接、除锈、刷漆、定位、开孔、本身固定	管材、板材、仪表接头为另计价材料、计入方法同上
取源部件制作安装	10-735～10-742	下料、组装、焊接、煨弯、本体安装固定	温度计套管、压力表弯、仪表接头、钢管板材、管件、镀锌紧锁螺母、丝堵为另计价材料、计入方法同上

表 6-120　仪表附件安装（编码：031009）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031009001	仪表阀门	1. 名称 2. 类型 3. 材质	个	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 研磨 3. 脱脂
031009002	仪表支吊架	1. 名称 2. 类型	个 （m、根）		1. 本体安装 2. 制作 3. 除锈、刷油 4. 混凝土浇筑
031009003	仪表附件		个		1. 本体安装 2. 制作

其他相关问题，应按下列规定处理：

1）自控仪表工程中的控制电缆敷设、电气配管配线、桥架安装、接地系统安装，应按电气设备安装工程相关项目编码列项。

2）在线仪表和部件（流量计、调节阀、电磁阀、节流装置、取源部件等）安装，应按工业管道工程相关项目编码列项。

3）火灾报警及消防控制等应按消防设备安装工程相关项目编码列项。

4）土石方工程应按土建工程相关项目编码列项。

（十一）仪表工程的措施性消耗项目说明

1）施工技术措施费只计入脚手架搭拆费，计入方法以人工费为基础计算，除另有注明外，不计入其他项目，这与电气工程不同，应注意，脚手架搭拆费计入方法同电气工程。

2）施工组织措施费与电气工程相同，不再复述。

3）仪表安装工程在计入主要材料、另计价材料时应按表 6-121 计入主要材料损耗率。计算时，先汇总同样类别材料总数量，然后按表 6-121 的损耗率计入损耗量，总数量与其加在一起为该材料的计入总量。

表 6-121　主要材料损耗率表

序号	名　　称	损耗率（%）	序号	名　　称	损耗率（%）
1	钢管	3.5	6	型钢	4.0
2	不锈钢管	3.0	7	补偿导线	4.0
3	铜管	3.0	8	绝缘导线	3.5
4	铝管	3.0	9	电缆	2.0
5	管缆	3.0			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

十五、建筑智能化系统（包括弱电系统）设备安装

建筑智能化系统设备安装工程在预算编制上很多规定都执行了电气安装工程的相关规定。但下面相关规定与电气工程不同，是在编制智能化系统工程必须执行的。凡是没有提到的都按电气工程的规定执行。

（一）一般规定

1）《建筑智能化系统设备安装工程综合基价》（以下简称本综合基价）适用于智能大厦、智能小区新建和扩建项目中的智能化系统设备的安装调试工程。

2）本综合基价主要依据标准、规范有：

①《智能建筑设计标准》GB/T 50314—2006

②《综合布线系统工程验收规范》GB 50312—2007

③《数字集群通信工程设计暂行规定》YD/T 5034—2005

④《国内卫星通信地球站工程设计规定》YD 5050—2005

⑤《通信局（站）防雷与接地设计规范》YD 5098—2005

⑥《通信电源设备安装工程验收规范》YD 5079—2005

⑦《固定智能网工程设计规范》YD/T 5036—2005

⑧《有线电视系统工程技术规范》GB 50200—1994

⑨《卫星广播电视地球站设计规范》GYJ 41—1989

⑩《民用闭路监视电视系统工程技术规范》GB 50198—2011

⑪《会议电视系统工程验收规范》YD/T 5033—2005

⑫《厅堂扩声系统声学特性指标》GYJ 25—1986

⑬《城市住宅区和办公楼电话通信设施验收规范》YD 5048—1997

⑭《建设工程工程量清单计价规范》GB 50500—2013

⑮《全国统一安装工程预算定额河北省单位估价表》（2005 年）

⑯《全国建筑安装工程统一劳动定额》（1988 年）

3）下列内容执行前述“电气设备安装工程”相应项目：

① 电源线、控制电缆敷设、电缆托架铁件制作、电线槽安装、桥架安装、电线管敷设、电缆沟工程、电缆保护管敷设，执行本节“一～十一”相关项目。

② 通信工程中的立杆工程、天线基础、土石方工程、建筑物防雷及接地系统工程执行本节“一～十一”及其他相关项目。

4）有关说明：

① 为配合业主或认证单位验收测试而发生的费用，在合同中协商确定。

② 综合基价的设备、天线、铁塔安装工程按成套购置考虑，包括构件、标准件、附件和设备内部连线。

③ 综合基价中的工作内容已说明了主要的施工工序，次要工序虽未说明，但均已包括在内。

5）施工技术措施费：

① 本项目，除另有注明外，均以本综合基价中实体消耗项目的人工费为基础计算。

② 操作高度增加费（已考虑了操作高度增加因素的项目除外）：操作物高度离楼地面 5m 以上时，施工发生的降效费用，以高度增加部分的人工费为计算基数。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

③ 超高费：高度在6层或20m以上的工业与民用建筑施工时发生的降效费用。

④ 全系统调试、联调费计算基数为相应项目实体消耗项目的人工费。

智能系统施工技术措施费见表6-122，脚手架搭拆费、超高费与电气工程相同。

6）施工组织措施费与电气工程相同，不得更改。

7）所用材料损耗率按表6-123计入。

表6-122　智能系统施工技术措施费

项目编号					12-1105	12-1106	12-1107	12-1108
项目名称					建筑设备监控系统安装工程全系统调试费	扩声全系统联调费	背景音乐全系统联调费	停车场管理系统全系统联调费
综合基价(%)					51.90	51.90	51.90	51.90
其中	基价(%)				30.00	30.00	30.00	30.00
	其中	人工费(%)			30.00	30.00	30.00	30.00
		材料费(%)			—	—	—	—
		机械费(%)			—	—	—	—
	综合费用(%)				21.90	21.90	21.90	21.90
名称			单位	单价/元	数量			
综合费用	90010001	费用	%	—	15.90	15.90	15.90	15.90
	90010002	利润	%	—	6.00	6.00	6.00	6.00

项目编号					12-1109	12-1110	12-1111	12-1112
项目名称					楼宇安全防范全系统联调费	操作高度增加费(标高m)		
						10以下	20以下	20以上
综合基价(%)					60.55	43.25	69.20	103.80
其中	基价(%)				35.00	25.00	40.00	60.00
	其中	人工费(%)			35.00	25.00	40.00	60.00
		材料费(%)			—	—	—	—
		机械费(%)			—	—	—	—
	综合费用(%)				25.55	18.25	29.20	43.80
名称			单位	单价/元	数量			
综合费用	90010001	费用	%	—	18.55	13.25	21.20	31.80
	90010002	利润	%	—	7.00	5.00	8.00	12.00

（二）综合布线系统工程

1. 主要说明

1）本项包括：双绞线、光缆、漏泄同轴电缆、电话线和广播线的敷设、布放和测试工程。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-123 材料损耗率表

序号	主 要 材 料	损耗率（%）	序号	主 要 材 料	损耗率（%）
1	各类线缆	2．00	12	接头盒保护套	1．00
2	拉线材料（包括钢绞线、镀锌铁丝）	2．00	13	用户暗盒	1．00
3	塑料护口	1．00	14	各类插头、插座	1．00
4	跳线连接器	1．00	15	开关	1．00
5	过线路盒	1．00	16	紧固件（包括螺栓、螺母、垫圈、弹簧垫圈）	2．00
6	信息插座底盒或接线盒	1．00	17	木螺钉、铆钉	4．00
7	光纤护套	1．00	18	板材（包括钢板、镀锌薄钢板）	5．00
8	光纤连接盘	1．00	19	管材、管件（包括无缝、焊接钢管、塑料管及电线管）	3．00
9	光纤连接器材	1．00	20	绝缘子类	2．00
10	磨制光纤连接器材	1．00	21	位号牌、标志牌、线号套管	5．00
11	光缆接头盒	1．00	22	电缆卡子、电缆挂钩、电缆托板	1．00

2）本项不包括的内容：钢管、PVC 管、桥架、线槽敷设工程、管道工程、杆路工程、设备基础工程和埋式光缆的填挖土工程，若发生时执行《电气设备安装工程》和有关建筑工程综合基价。

3）本项双绞线布放是按六类以下系统编制的，六类以上的布线系统工程所用项目的综合工日的用量按增加 20% 计列。

4）在已建天棚内敷设线缆时，所用项目的综合工日的用量按增加 50% 计入。

2. 工程量计算规则

1）双绞线缆、光缆、漏泄同轴电缆、电话线和广播线敷设、穿放、明布放以“米”计算。电缆敷设按单根延长米计算，如一个架上敷设 3 根各长 100m 的电缆，应按 300m 计算，以此类推。电缆附加及预留的长度是电缆敷设长度的组成部分，应计入电缆长度工程量之内。电缆进入建筑物预留长度 2m；电缆进入沟内或吊架上引上（下）预留 1.5m；电缆中间接头盒，预留长度两端各留 2m。

2）制作跳线以“条”计算，卡接双绞线缆以“对”计算，跳线架、配线架安装以“条”计算。

3）安装各类信息插座、过线（路）盒、信息插座底盒（接线盒）、光缆终端盒和跳块打接以“个”计算。

4）双绞线缆测试、以“链路”或“信息点”计算，光纤测试以“链路”或“芯”计算。

5）光纤连接以“芯”（磨制法以“端口”）计算。

6）布放尾纤以“根”计算。

7）室外架设架空光缆以“米”计算。

8）光缆接续以“头”计算。

9）制作光缆成端接头以“套”计算。

10）安装漏泄同轴电缆接头以“个”计算。

11）成套电话组线箱、机柜、机架、抗震底座安装以“台”计算。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

12）安装电话出线口、中途箱、电话电缆架空引入装置以“个”计算。

3. 项目名称、编号、另计价材料

（1）敷设双绞线缆

1）穿放、布放双绞线缆，12-1～12-10，双绞线缆按每100m以102m计入另计价材料。

2）制作和卡接跳线线缆，12-11～12-12，跳线连接器，每个按2.02个计入另计价材料。

3）跳线架、配线架安装，12-13～12-22，8位模块插座（单/双）每个按1.01个计入另计价材料。

4）过线(路)盒、信息插座底盒(接线盒)安装,12-23～12-29,过线盒每个按1.01个计入另计价材料。

5）双绞线缆测试，12-30～12-31。

（2）敷设光缆

1）穿放、布放光缆、光缆外护套、光纤束，12-32～12-39，光缆每100m按102m计入另计价材料。

2）光纤信息插座安装，12-40～12-41，光缆信息插座每个按1.01个计入另计价材料。

3）连接盘安装、光纤连接，12-42～12-48，光纤连接材料每个按1.01个计入另计价材料。

4）布放尾纤，12-49～12-52，尾纤每根按1.02根计入另计价材料。

5）安装测试光缆终端盒12-53～12-57，光缆终端盒每个按1.02个计入另计价材料。

6）室外架设架空光缆，12-58～12-61，单膜光缆每100m按102m计入另计价材料。

7）室外敷设埋式光缆，12-62～12-65，单膜光缆每100m按102m计入另计价材料。

8）室外敷设管道光缆，12-66～12-73，单膜光缆每100m按102m计入另计价材料。

9）室外光缆接续，12-74～12-83。

10）光纤测试，12-84。

11）光纤耦合器，12-85。

（3）架设漏泄同轴电缆

1）布放漏泄同轴电缆，12-86～12-89，漏泄同轴电缆每100m按102m计入另计价材料。

2）安装漏泄同轴电缆接头，12-90～12-95。

（4）敷设电话线和广播线

1）穿放、布放电话线，12-96～12-109，电缆每100m按102m计入另计价材料。

2）成套电话组线箱安装，12-110～12-115。

3）电话出线口、中途箱、电话线架空引入装置；12-116～12-121，电话出线口座每个按1.02个计入另计价材料。

4）穿放、布放广播线，12-122～12-133，屏蔽软线每100m按102m计入另计价材料。

（5）机柜、机架、抗震底座安装　12-134～12-136，机柜、机架、抗震座按个计入另计价材料。

这里将敷设光缆部分综合基价列出，供读者阅读时参考，见表6-124。

建筑与建筑群综合布线的工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-125的规定执行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-124 敷设光缆基价表（部分）

工作内容：1. 管路、暗槽内穿放光缆：检验、测试光缆、清理管（暗槽）、制作穿线端头（钩）、穿放引线、穿放光缆、出口衬垫、做标记、封堵出口等。2. 线槽、桥架、支架、活动地板内明布光缆：检验、测试光缆、清理槽道、布放、绑扎光缆、加垫套、做标记、封堵出口等。

（单位：100m）

项目编号					12-32	12-33	12-34	12-35	12-36	12-37
项目名称					管/暗槽内穿放			线槽/桥架/支架/活动地板内明布放		
					12 芯以下	36 芯以下	72 芯以下	12 芯以下	36 芯以下	72 芯以下
综合基价/元					70.19	104.58	138.96	165.07	199.45	233.84
其中	基价/元				41.65	62.60	83.55	134.85	155.80	176.75
	其中	人工费/元			39.10	57.50	75.90	41.40	59.80	78.20
		材料费/元			—	—	—	90.90	90.90	90.90
		机械费/元			2.55	5.10	7.65	2.55	5.10	7.65
	综合费用/元				28.54	41.98	55.41	30.22	43.65	57.09
名称			单位	单价/元	数量					
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	1.700	2.500	3.300	1.800	2.600	3.400
材料	ZK1W0302	光缆	m	—	(102.000)	(102.000)	(102.000)	(102.000)	(102.000)	(102.000)
	RZ5-0004	电缆卡子（综合）	个	1.50	—	—	—	60.600	60.600	60.600
机械	00822026	对讲机 C15	台班	2.55	1.000	2.000	3.000	1.000	2.000	3.000
综合费用	90010001	费用	元	—	20.720	30.480	40.230	21.940	31.690	41.450
	90010002	利润	元	—	7.820	11.500	15.180	8.280	11.960	15.640

注：凡大于 72 芯时，按照等数量的进档差值增加人工工日。

表 6-125 建筑与建筑群综合布线（编码：031103）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031103001	钢管	1. 规格 2. 程式	m	按设计图示数量计算	敷设
031103002	硬质 PVC 管				
031103003	金属软管		根		
031103004	金属线槽		m		
031103005	塑料线槽				
031103006	过线（路）盒（半周长）		个		安装
031103007	信息插座底盒（接线盒）	1. 规格 2. 程式 3. 安装地点			
031103008	吊装式桥架	1. 规格 2. 程式	m		
031103009	支撑式桥架				
031103010	垂直桥架				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031103011	砖槽	规格	m	按设计图示数量计算	砌筑
031103012	混凝土槽				
031103013	落地式机柜、机架	1. 名称 2. 规格 3. 程式	架		安装
031103014	墙挂式机柜、机架				
031103015	接线箱	1. 规格 2. 型号	个		
031103016	抗震底座	1. 规格 2. 程式			制作、安装
031103017	4 对对绞电缆	1. 规格 2. 程式 3. 敷设环境	m		1. 敷设、测试 2. 卡接(配线架侧)
031103018	大对数非屏蔽电缆				
031103019	大对数屏蔽电缆				
031103020	光缆				敷设、测试
031103021	光缆护套				敷设
031103022	光纤束	1. 规格 2. 程式			气流吹放、测试
031103023	单口非屏蔽八位模块式信息插座	1. 规格 2. 型号	个		安装、卡接
031103024	单口屏蔽八位模块式信息插座				
031103025	双口非屏蔽八位模块式信息插座				
031103026	双口屏蔽八位模块式信息插座				
031103027	双口光纤信息插座				安装
031103028	四口光纤信息插座				
031103029	光纤连接盘		块		
031103030	光纤连接	1. 方法 2. 模式	芯		接续、测试
031103031	电缆跳线	1. 名称、型号 2. 规格	条		制作、测试
031103032	光纤跳线				
031103033	电缆链路系统测试	1. 测试类别 2. 测试内容	链路		测试
031103034	光纤链路系统测试				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（三）通信系统设备安装工程

1. 主要说明

1）本项包括铁塔、天线、天馈系统，数字微波通信，卫星通信，移动通信，光纤通信，程控交换机，会议电话、会议电视等设备的安装、调试工程。

2）本项铁塔的安装工程是在正常的气象条件下施工取定的，不包括铁塔基础施工、预埋件的埋设及防雷接地施工。楼顶铁塔架设，综合工日上调25%。

3）安装通信天线：

① 楼顶增高架上安装天线按楼顶铁塔上安装天线处理。

② 铁塔上安装天线，不论有、无操作平台均执行本综合基价。

③ 安装天线的高度均指天线底部距塔（杆）座的高度。

④ 天线在楼顶铁塔上吊装，是按照楼顶距地面20m以下考虑的，楼顶距地面高度超过20m的吊装工程，计取天线安装工程超高费。

4）光纤通信。光纤传输设备安装与调测项目10Gbit/s、2.5Gbit/s、622Mbit/s系统按1+0状态编制。当系统为1+1状态时，TM终端复用器每端增加2个工日，ADM分插复用器每端增加4个工日。

5）会议电话和会议电视的音频终端执行“本节十五、（七）扩声、背景音乐系统设备安装工程计算规则”有关项目，视频终端项目执行“本节十五、（十）楼宇安全防范系统设备安装工程”相关项目。

6）有关电话线、广播线的布线项目，执行“本节十五、（二）综合布线系统工程”相关项目。

2. 工程量计算规则

1）铁塔架设，以“吨”计算。

2）天线安装、调试。以“副”（天线加边加罩以“面”）计算。

3）馈线安装、调试，以“条”计算。

4）微波无线接入系统基站设备、用户站设备安装、调试，以“台”计算。

5）微波无线接入系统联调，以“站”计算。

6）卫星通信甚小口径地面站（VSAT）中心站设备安装、调试，以“台”计算。

7）卫星通信甚小口径地面站（VSAT）端站设备安装、调试、中心站站内环测及全网系统对测，以“站”计算。

8）移动通信天馈系统中安装、调试、直放站设备、基站系统调试以及全系统联网调试，以“站”计算。

9）光纤数字传输设备安装、调试以“端”计算。

10）程控交换机安装、调试以“部”计算。

11）程控交换机中继线调试以“路”计算。

12）会议电话、电视系统设备安装、调试以“台”计算。

13）会议电话、电视系统联网测试以“系统”计算。

3. 项目名称、项目编号及另计价材料或说明

（1）铁塔、天线和馈线系统的安装、调试

1）铁塔架设，12-137～12-143，天线塔重应按设计给出计入。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）天线安装，12-144～12-163，天线及配套件按1套/副计入另计价材料。

3）馈线安装，12-164～12-169。

4）天线、馈线调试、12-170～12-174。

（2）微波无线接入通信设备安装、调试

1）微波窄带无线接入系统设备安装、调试，12-175～12-205，不包括基站主设备到交换机之间的线缆架设，如发生按相应项目计入。

2）微波宽带无线接入系统设备安装、调试，12-206～12-221。

（3）卫星通信甚小口径地面站（VSAT）设备安装、调试

1）中心站设备安装、调试，12-222～12-225。

2）端站设备安装、调试，12-226。

3）中心站站内环测及全网系统对测，12-227～12-229。

（4）移动通信设备安装、调试

1）移动通信天线、馈线系统安装、调试，12-230～12-260，天线长度4m以下按本项计入，全向天线4m以下执行该项目，4m以上时综合工日乘以1.2计入。室外放大器、分路器、匹配器安装综合工日乘以2.0计入。射频同轴电缆每10m按10.2m计入另计价材料。

2）基站设备安装、调试，12-261～12-272，其中12-263安装信道板仅适用于有机架的扩容工作。

3）寻呼控制中心设备安装、调试，12-273～12-277。

4）交换附属设备安装、调试，12-278～12-281。

5）联网调试，12-282～12-284。

（5）光纤数字传输设备安装、调试

1）光纤传输设备安装、调试，12-285～12-312。

2）网络管理系统、监控设备安装、调试，12-313～12-323。

3）数字通信通道调试，12-324～12-329。

4）同步数字网络设备安装、调试，12-330～12-332。

（6）程控交换机安装、调试

1）程控交换机安装、调试，12-333～12-337。

2）中继线调试，12-338～12-343。

3）外围设备安装、调试，12-344～12-351。

（7）会议电话、会议电视设备安装

1）会议电话设备安装、调试，12-351～12-355。

2）会议电视设备安装、调试，12-356～12-364。

这里将具有代表意义的移动通信天线、馈线系统安装调试的部分综合基价表列出，供读者阅读时参考，见表6-126。

移动通信设备工程其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-127的规定执行。

通信系统设备其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-128的规定执行。

（四）计算机网络系统设备安装工程

1. 主要说明

1）本项包括计算机（微机及附属设备）和网络系统设备，适用于楼宇、小区智能化系

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

统中计算机网络系统设备的安装、调试工程。

表 6-126 移动通信天线、馈线系统安装、调试综合基价表（部分）

工作内容：1. 安装天线：现场复勘、开箱检验、清洁搬运、起吊、安装天线、天线加固、调整方位角、调整俯仰角、清理现场等。

2. 安装馈线：开箱检验、清洁搬运、量裁布放、安装就位、做电缆头、防水处理、防雷接地、加固、整理等。

（单位：副）

项目编号				12-230	12-231	12-232	12-233	12-234	12-235	12-236	12-237
项目名称				全向天线安装						拉线塔上	支撑杆上
				楼顶铁塔挂高		地面铁塔挂高					
				20m以下	每增10m	40m以下	70m以下	90m以下	90m以上每增10m		
综合基价/元				279.47	40.73	319.26	478.42	637.58	80.52	359.05	199.89
其中	基价/元			161.94	23.94	184.94	276.94	368.94	46.94	207.94	115.94
	其中	人工费/元		161.00	23.00	184.00	276.00	368.00	46.00	207.00	115.00
		材料费/元		0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
		机械费/元		—	—	—	—	—	—	—	—
	综合费用/元			117.53	16.79	134.32	201.48	268.64	33.58	151.11	83.95
名称			单位	单价/元	数量						
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	7.000	1.000	8.000	12.000	16.000	2.000	9.000	5.000
材料	ZG1-0001	其他材料费	元	1.00	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940
综合费用	90010001	费用	元	—	85.330	12.190	97.520	146.280	195.040	24.380	109.710	60.950
	90010002	利润	元	—	32.200	4.600	36.800	55.200	73.600	9.200	41.400	23.000

注：全向天线长度在4m以下时，按本项目执行；长度在4m以上时，按本项目综合工日乘1.2系数计取。

表 6-127 移动通信设备工程（编码：031104）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031104001	全向天线	1. 规格 2. 型号 3. 塔高 4. 环境	副	按设计图示数量计算	安装
031104002	定向天线				
031104003	室内天线	1. 规格 2. 型号			
031104004	卫星全球定位系统（GPS）天线				安装、调测
031104005	射频同轴电缆		条		布放
031104006	室外馈线走道	1. 规格 2. 程式 3. 敷设环境	m		布放
031104007	避雷器	1. 规格 2. 型号	个		安装

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031104008	室内分布式天、馈线附属设备	1. 规格 2. 型号 3. 程式	个（架、单元）	按设计图示数量计算	安装、调测
031104009	馈线密封窗	规格	个		安装
031104010	基站天、馈线调测	1. 测试类别 2. 测试内容	条		调测
031104011	分布式天、馈线系统调测		副		系统调测
031104012	泄漏式电缆调测		条		调测
031104013	落地式、壁挂式基站设备	1. 规格 2. 型号 3. 程式	架		安装、检测
031104014	信道板		载频		
031104015	直放站设备		站		安装、调测
031104016	基站监控配线箱		个		安装
031104017	GSM 基站系统调测	1. 测试类别 2. 测试内容	载频/站		系统调测
031104018	CDMA 基站系统调测		扇·载/站		
031104019	寻呼基站系统调测		频点/站		
031104020	自动寻呼终端设备	1. 规格 2. 型号 3. 程式	架		安装、调测
031104021	数据处理中心设备		条		
031104022	人工台		台		
031104023	短信、语音信箱设备		架		
031104024	操作维护中心设备（OMC）		套		
031104025	基站控制器、编码器		架		安装
031104026	调测基站控制器、编码器		中继		调测
031104027	GSM 定向天线基站及 CDMA 基站联网调测	1. 测试类别 2. 测试内容	站		联网调测
031104028	寻呼基站联网调测				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-128 通信系统设备（编码：031201）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031201001	微波窄带无线接入系统基站设备	1. 名称 2. 类别 3. 类型 4. 回路数	台（个）	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 软件安装 3. 调试 4. 系统设置
031201002	微波窄带无线接入系统用户站设备				1. 本体安装 2. 调试
031201003	微波窄带无线接入系统联调及试运行	1. 名称 2. 用户站数量	系统		1. 系统联调 2. 系统试运行
031201004	微波宽带无线接入系统基站设备	1. 名称 2. 类别 3. 类型 4. 回路数	台（个）		1. 本体安装 2. 软件安装 3. 调试 4. 系统设置
031201005	微波宽带无线接入系统用户站设备	1. 名称 2. 类别			1. 本体安装 2. 调试
031201006	微波宽带无线接入系统联调及试运行	1. 名称 2. 用户站数量	系统		1. 系统联调 2. 系统试运行 3. 验证测试
031201007	会议电话设备	1. 名称 2. 类别 3. 类型	台（架、端）		1. 本体安装 2. 检查调测 3. 联网试验
031201008	会议电视设备	1. 名称 2. 类别 3. 类型 4. 回路数	台（对、系统）		1. 本体安装 2. 软硬件调测 3. 功能验证

2）本项有关缆线敷设项目执行本节“十五、（二）综合布线系统工程”有关项目。电源、防雷接地执行本节“十五、（八）电源与电子设备防雷接地装置安装工程”有关项目。本节不包括支架、基座制作和机柜的安装，发生时，执行本节“一～十一”中的相关项目。

3）试运行超过 1 个月，每增加 1 天，则综合工日、仪器仪表台班的用量分别按增加 3% 计列。

2. 工程量计算规则

1）计算机网络终端和附属设备安装，以“台”计算。

2）网络系统设备、软件安装、调试，以“台（套）”计算。

3）局域网交换机系统功能调试，以“个”计算。

4）网络调试、系统试运行、验收测试，以“系统”计算。

3. 项目名称、项目编号、另计价材料及相关说明

（1）终端和附属设备安装

1）终端设备安装，12-365～12-369。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）附属设备安装，12-369～12-389。

（2）网络系统设备安装、调试

1）网络终端设备安装、调试，12-390～12-393。

2）接口卡安装、调试，12-394～12-398，其中，12-398一项适用于无线网卡调试。

3）网络集线器设备安装、调试，12-399～12-401。

4）局域网交换机设备安装、调试，12-402～12-406。

5）路由器设备安装、调试，12-407～12-408。

6）防火墙设备安装、调试，12-409～12-411。

7）调制解调器设备安装、调试，12-412～12-414，其中，基带调制解调器指DDN、ISDN、帧中继调制解调器。

8）服务器系统软件安装、调试，12-415～12-417。

9）路由器系统功能调试，12-418～12-420，12-420一项适用于无线网桥功能调试。

10）局域网交换机系统功能调试，12-421～12-422。

11）网管系统软件安装、调试，12-423～12-427。

12）网络调试，12-428～12-430，信息点是指接入到局域网中的信息用户点。

13）系统试运行，12-431～12-434。

这里将具有代表意义的终端设备安装部分综合基价列出，供读者阅读时参考，见表6-129。

表6-129　终端设备安装综合基价表（部分）

工作内容：技术准备、开箱检查、定位安装、互联、检测调试、交验。

（单位：台）

项目编号					12-365	12-366	12-367	12-368	12-369
项目名称					微机				
					硬件	系统软件	工具软件	网络软件	应用软件
综合基价/元					37.75	75.25	60.25	32.79	72.70
其中	基价/元				21.98	59.48	44.48	22.28	51.68
	其中	人工费/元			21.60	21.60	21.60	14.40	28.80
		材料费/元			0.38	37.88	22.88	7.88	22.88
		机械费/元			—	—	—	—	—
	综合费用/元				15.77	15.77	15.77	10.51	21.02
名称			单位	单价/元	数量				
人工	10000001	综合用工一类	工日	36.00	0.600	0.600	0.600	0.400	0.800
材料	ZE1-0293	计算机盘	片	7.50	—	5.000	3.000	1.000	3.000
	ZG1-0001	其他材料费	元	1.00	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380
综合费用	90010001	费用	元	—	11.450	11.450	11.450	7.630	15.260
	90010002	利润	元	—	4.320	4.320	4.320	2.880	5.760

计算机网络系统设备安装工程其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-130的规定执行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-130 计算机网络系统设备安装工程（编码：031202）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031202001	终端设备	1. 名称 2. 类型	台	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 单体测试
031202002	附属设备	1. 名称 2. 功能 3. 规格			
031202003	网络终端设备	1. 名称 2. 功能 3. 服务范围	台（套）		1. 安装 2. 软件安装 3. 单体调试
031202004	接口卡	1. 名称 2. 类型 3. 传输速率			1. 安装 2. 单体调试
031202005	网络集线器	1. 名称 2. 类型 3. 堆叠单元量			
031202006	局域网交换机	1. 名称 2. 功能 3. 层数（交换机）			
031202007	路由器	1. 名称 2. 功能			
031202008	防火墙	1. 名称 2. 类型 3. 功能			
031202009	调制解调器	1. 名称 2. 类型			
031202010	服务器系统软件	1. 名称 2. 功能	套		1. 安装 2. 调试
031202011	网络调试及试运行	1. 名称 2. 信息点数量	系统		1. 系统测试 2. 系统试运行 3. 系统验证测试

（五）建筑设备监控系统安装工程

1. 主要说明

1）本项适用于楼宇建筑设备监控系统安装调试工程。其中包括多表远传系统、楼宇自控系统。

2）本项不包括设备的支架、支座制作，发生时，执行“电气设备安装工程”相关项目。

3）有关线缆布放按本节“十五、（二）综合布线系统工程”执行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 工程量计算规则

1）基表及控制设备、第三方设备通信接口安装、抄表采集系统安装与调试，以“个”计算。

2）中心管理系统调试、控制网络通信设备安装、控制器安装、流量计安装与调试，以“台”计算。

3）楼宇自控中央管理系统安装、调试，以“系统”计算。

4）楼宇自控用户软件安装、调试，以“套”计算。

5）温（湿）度传感器、压力传感器、电量变送器和其他传感器及变送器，以“支”计算。

6）阀门及电动执行机构安装、调试，以“个”计算。

3. 项目名称、项目编号，另计价材料及说明

（1）多表远传系统

1）基表及控制设备安装，12-435～12-440。

2）抄表采集系统安装、调试，12-441～12-452，本项设备均按墙上明装计入。

3）中心管理系统，12-453～12-455。

（2）楼宇自控系统

1）中央管理系统，12-456～12-465。

2）控制网络通信设备，12-466～12-476。

3）控制器，12-477～12-493。

4）第三方设备通信接口，12-494～12-506。

5）温、湿度传感器，12-507～12-518。

6）压力传感器，12-519～12-524。

7）电量变送器，12-525～12-535。

8）其他传感器及变送器，12-536～12-558。

9）阀门及电动执行机构，12-559～12-573。

这里将具有代表性的中央管理系统设备安装的部分综合基价列出，供读者阅读时参考，见表6-131。

楼宇、小区多表远传系统其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-132的规定执行。

楼宇、小区自控系统其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-133的规定执行。

（六）有线电视系统设备安装工程

1. 主要说明

（1）本项适用于有线广播电视、卫星电视、闭路电视系统设备的安装调试工程。

（2）本项天线在楼顶上吊装，是按照楼顶距地面20m以下考虑的，楼顶距地面高度超过20m的吊装工程，应计取超高费。

2. 工程量计算规则

（1）电视共用天线安装、调试，以“副”计算。

（2）敷设天线电缆，以“米”计算。

（3）制作天线电缆接头，以“头”计算。

（4）电视墙安装、前端射频设备安装、调试，以“套”计算。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-131 中央管理系统综合基价表（部分）

工作内容：设备开箱检验、现场就位安装、连接、软件功能检测、调试、现场测量、记录、对比、调整。

（单位：系统）

项目编号				12-456	12-457	12-458	12-459	12-460
项目名称				中央站计算机/台	楼宇自控系统调试/点			
					1000 以内	2000 以内	5000 以内	5000 以上
综合基价/元				179.66	225.79	279.00	451.31	544.03
其中	基价/元			112.50	141.84	178.26	283.41	342.55
	其中	人工费/元		92.00	115.00	138.00	230.00	276.00
		材料费/元		20.50	16.10	24.15	31.93	39.70
		机械费/元		—	10.74	16.11	21.48	26.85
	综合费用/元			67.16	83.95	100.74	167.90	201.48
名称			单位	单价/元	数量			
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	4.000	5.000	6.000	10.000	12.000
材料	ZF1-0010 ZE1-0293	打印纸 132 行(381-1) 计算机盘	包 片	5.50 7.50	1.000 2.000	0.200 2.000	0.300 3.000	0.350 4.000	0.400 5.000
机械	00803028 00822026	数字万用表 PS-56 对讲机 C15	台班 台班	2.82 2.55	— —	2.000 2.000	3.000 3.000	4.000 4.000	5.000 5.000
综合费用	90010001 90010002	费用 利润	元 元	— —	48.760 18.400	60.950 23.000	73.140 27.600	121.900 46.000	146.280 55.200

表 6-132 楼宇、小区多表远传系统（编码：031203）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031203001	远传基表	1. 名称 2. 类别	个	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 控制阀安装 3. 调试
031203002	抄表采集系统设备	1. 名称 2. 类别 3. 功能	台		1. 本体安装 2. 采集器安装 3. 控制箱安装 4. 单体调试
031203003	多表采集中央管理计算机	1. 名称 2. 功能			1. 本体安装 2. 软件安装 3. 单体调试

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-133　楼宇、小区自控系统（编码：031204）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031204001	中央管理系统	1. 名称 2. 控制点数量	台	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 系统软件安装 3. 单体调整
031204002	控制网络通信设备	1. 名称 2. 类别			1. 本体安装 2. 软件安装 3. 单体调试
031204003	控制器	1. 名称 2. 类别 3. 功能 4. 控制点数量			1. 本体安装 2. 控制箱安装 3. 软件安装 4. 单体调试
031204004	第三方设备通信接口	1. 名称 2. 类别	个		1. 本体安装 2. 单体调试
031204005	空调系统传感器及变送器	1. 名称 2. 类型 3. 功能	支（台）		1. 本体安装 2. 调整测试
031204006	照明及变配电系统传感器及变送器				1. 本体安装 2. 调整测试
031204007	给排水系统传感器及变送器				
031204008	阀门及执行机构	1. 名称 2. 类型 3. 规格 4. 控制点数量	台（个）		1. 本体安装 2. 单体调试
031204009	住宅（小区）智能化设备	1. 名称 2. 类型 3. 控制点数量	台（套）		1. 本体安装 2. 智能箱安装 3. 软件安装 4. 系统调试
031204010	住宅（小区）智能化系统	1. 名称 2. 类型	系统		1. 系统试运行 2. 系统验证测试

（5）卫星地面站接收设备、光端设备、有线电视系统管理设备、播控设备安装、调试，以“台”计算。

（6）干线设备、分配网络安装、调试，以“个”计算。

3. 项目名称、项目编号，另计价材料及说明

（1）前端设备安装、调试

1）电视共用天线安装、调试，12-576～12-580，其中共用天线按成套供应，计入设备价。

2）敷设射频传输电缆，12-581～12-602，电缆每 100m 按 102m、天线配套件按件计入另计价材料。

3）设备安装，12-603～12-616。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）光端设备安装、调试，12-617～12-623。

5）有线电视系统管理设备安装、调试，12-624～12-631。

6）播控设备安装、调试，12-632～12-647。

（2）干线设备安装、调试

1）干线设备安装，12-648～12-660。

2）干线设备调试，12-661～12-668。

（3）分配网络

1）放大器安装，12-669～12-670。

2）分支器、分配器、均衡器、衰减器安装，12-671～12-673。

3）用户终端盒安装，12-674～12-675，用户终端盒（TV·FM）每10个按10.1个计入另计价材料。

4）暗盒埋设，12-676～12-677，用户暗盒每10个按10.1个计入另计价材料。

5）楼板、墙壁穿洞，12-678～12-685。

6）网络终端调试，12-686～12-687。

这时将干线设备安装综合基价部分内容列出，供读者阅读时参考，见表6-134。

表6-134 干线设备安装综合基价表（部分）

工作内容：开箱检验、清理搬运 组装保护箱（地面）、安装紧固、组装内件、固定尾纤（尾缆）、接地、加接电源、调试设备、标记等。

（单位：个）

项目编号					12-648	12-649	12-650	12-651	12-652	12-653	12-654
项目名称					光接收机			光放大器	线路放大器		
					室外		室内		室外		室内
					地面	架空			地面	架空	
综合基价/元					437.37	874.75	349.94	1113.00	537.22	1114.67	40.52
其中	基价/元				420.58	841.17	336.51	1045.84	512.03	1047.51	23.73
	其中	人工费/元			23.00	46.00	18.40	92.00	34.50	92.00	23.00
		材料费/元			0.24	0.50	0.24	0.24	0.73	0.50	0.73
		机械费/元			397.34	794.67	317.87	953.60	476.80	955.01	—
	综合费用/元				16.79	33.58	13.43	67.16	25.19	67.16	16.79
名称			单位	单价/元	数量						
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	1.000	2.000	0.800	4.000	1.500	4.000	1.000
材料	BK5-0066	塑料膨胀管 φ6	个	0.08	—	—	—	—	4.120	—	4.120
	IA2-0151	木螺钉 M8	个	0.04	—	—	—	—	4.160	—	4.160
	IF2-2007	镀锌铁丝 8#～12#	kg	2.67	—	0.100	—	—	—	0.100	—
	ZG1-0001	其他材料费	元	1.00	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235
机械	00808016	光功率计 ML9001A	台班	54.21	0.500	1.000	0.400	1.200	0.600	1.200	—
	00840014	光时域反射仪 HP8146A	台班	732.19	0.500	1.000	0.400	1.200	0.600	1.200	—
	00805008	场强仪 RR3A	台班	8.27	0.500	1.000	0.400	1.200	0.600	1.200	—
	00803028	数字万用表 PS-56	台班	2.82	—	—	—	—	—	0.500	—
综合费用	90010001	费用	元	—	12.190	24.380	9.750	48.760	18.290	48.760	12.190
	90010002	利润	元	—	4.600	9.200	3.680	18.400	6.900	18.400	4.600

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

有线电视系统其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-135的规定执行。

表6-135　有线电视系统（编码：031205）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031205001	电视共用天线	1. 名称 2. 型号	副	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 单体调试
031205002	前端机柜	名称	个		1. 本体安装 2. 连接电源 3. 接地
031205003	电视墙	1. 名称 2. 监视器数量			1. 机架、监视器安装 2. 信号分配系统安装 3. 连接电源 4. 接地
031205004	前端射频设备	1. 名称 2. 类型 3. 频道数量	套		1. 本体安装 2. 单体调试
031205005	微型地面站接收设备	1. 名称 2. 类型	台		1. 本体安装 2. 单体调试 3. 全站系统调试
031205006	光端设备	1. 名称 2. 类别 3. 类型			1. 本体安装 2. 单体调试
031205007	有线电视系统管理设备	1. 名称 2. 类别			1. 本体安装 2. 系统调试
031205008	播控设备	1. 名称 2. 功能 3. 规格			1. 播控台安装 2. 控制设备安装 3. 播控台调试
031205009	传输网络设备	1. 名称 2. 功能 3. 安装位置	个		1. 本体安装 2. 单体调试
031205010	分配网络设备	1. 名称 2. 功能 3. 安装形式			1. 本体安装 2. 电缆头制作、安装 3. 电缆接线盒埋设 4. 网络终端调试 5. 楼板、墙壁穿孔

（七）扩声、背景音乐系统设备安装工程计算规则

1. 主要说明

1）本项包括扩声和背景音乐系统设备安装调试工程。

2）调音台种类表示程式：$\boxed{1}+\boxed{2}/\boxed{3}/\boxed{4}$

“1”为调音台输入路数；“2”为立体声输入路数；“3”为编组输出路数；“4”为主输出路数。

3）有关布线按“本节十五、（二）综合布线系统工程”的项目执行。

4）本节设备按成套购置考虑。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 工程量计算规则

1）扩声系统设备安装、调试，以“台”计算。

2）扩声系统设备试运行，以“系统”计算。

3）背景音乐系统设备安装、调试，以“台”计算。

4）背景音乐系统联调、试运行，以“系统”计算。

3. 项目名称、项目编号，另计价材料及说明

（1）扩声系统设备安装、调试

1）设备安装，12-688～12-762。

2）分系统调试，12-763～12-773，扩声系统为STS™空间成像三声道输出调音台，综合工日乘以1.3计入。

3）试运行，12-774～12-776，同2）。

（2）背景音乐系统设备安装、调试

1）设备安装，12-777～12-824。

2）分系统调试，12-825～12-831。

3）试运行，12-832。

这里列出背景音乐系统设备安装部分综合基价，供读者阅读时参考，见表6-136。

表6-136 背景音乐系统设备安装综合基价表（部分）

工作内容：开箱检查、设备间连线，设备上机柜组装，设备间输入输出电平优选配接；设备间输入输出阻抗优选配接，节目信号广播线、控制线、转接端子的正负连接及接地的辨别，供给电源；检查设备间连接线是否平衡。

（单位：台）

项目编号			12-777	12-778	12-779	12-780	12-781
项目名称			数字调谐器	LD（音频部分）	可录CD机（MD）	数字信息播放器	遥控传声器≤12路
综合基价/元			60.35	60.35	60.35	60.35	60.73
其中	基价/元		35.16	35.16	35.16	35.16	35.54
	其中	人工费/元	34.50	34.50	34.50	34.50	34.50
		材料费/元	0.38	0.38	0.38	0.38	0.76
		机械费/元	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	综合费用/元		25.19	25.19	25.19	25.19	25.19

名称			单位	单价/元	数量				
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
材料	ZG1-0001	其他材料费	元	1.00	0.380	0.380	0.380	0.380	0.760
机械	00803028	数字万用表PS-56	台班	2.82	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
综合费用	90010001	费用	元	—	18.290	18.290	18.290	18.290	18.290
	90010002	利润	元	—	6.900	6.900	6.900	6.900	6.900

扩声、背景音乐系统其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-137的规定执行。

停车场管理系统其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-138的规定执行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-137　扩声、背景音乐系统（编码：031206）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031206001	扩声系统设备	1. 名称 2. 类别 3. 回路数 4. 功能	台	按设计图示数量计算	安装
031206002	扩声系统	1. 名称 2. 类别 3. 功能	只（副、系统）		1. 单体调试 2. 试运行
031206003	背景音乐系统设备	1. 名称 2. 类别 3. 回路数 4. 功能	台		安装
031206004	背景音乐系统	1. 名称 2. 类型 3. 功能	台（系统）		1. 单体调试 2. 试运行

表 6-138　停车场管理系统（编码：031207）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031207001	车辆检测识别设备	1. 名称 2. 类型	套	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 单体调试
031207002	出入口设备				
031207003	显示和信号设备	1. 名称 2. 类别 3. 规格			
031207004	监控管理中心设备	名称	系统		1. 安装 2. 软件安装 3. 系统联试 4. 系统试运行

（八）电源与电子设备防雷接地装置安装工程

1. 主要说明

1）本项适用于弱电系统设备自主配置的电源，包括太阳能电池、开关电源。

2）有关建筑电力电源、蓄电池、不间断电源布放电源线缆，按“电气设备安装工程”相关项目计算。

3）太阳能电池安装，已含吊装太阳能电池组件的工作，使用中不论吊装高度，均执行同一项目。

4）电子设备防雷接地系统：

① 本项防雷、接地项目适用于电子设备防雷、接地安装工程。建筑防雷、接地执行“电气设备安装工程”有关项目。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 本项防雷、接地装置按成套供应考虑。

2. 工程量计算规则

1）太阳能电池方阵铁架安装，以“m^2”计算。

2）太阳能电池安装以“组”计算。

3）开关电源安装、调试、整流器、其他配电设备安装，以“台”计算。

4）天线铁塔防雷接地装置安装，以“处”计算。

5）电子设备防雷接地装置、接地模块安装，以“个”计算。

6）电源避雷器安装，以“台”计算。

3. 项目名称、项目编号，另计价材料及说明

（1）电源

1）太阳能电池安装，12-833～12-843，太阳能电池按成套配置，如需配套主材按设计计算。

2）开关电源安装、调试，12-844～12-850。

3）整流器安装，12-851～12-858。

4）其他配电设备安装，12-859～12-863。

（2）电子设备防雷接地系统

1）天线铁塔避雷装置安装，12-864～12-866，避雷针按根计入另计价材料费。

2）电子设备防雷接地装置安装，12-867～12-902。

这里将太阳能电池安装部分综合基价列出，供读者阅读时参考，见表6-139。

（九）停车场管理系统设备安装工程

1. 主要说明

1）本项设备按成套购置考虑，在安装时如需配套材料，按实际计入。

2）有关摄像系统设备安装、调试，按“本节十五、（十）楼宇安全防范系统设备安装工程”有关项目执行。

3）有关电缆布放按“本节十五、（二）综合布线系统工程”有关项目执行。

4）本项全系统联调包括：车辆检测识别设备系统，出/入口设备系统、显示和信号设备系统，监控管理中心设备系统。

2. 工程量计算规则

1）车辆检测识别设备、出入口设备、显示和信号设备、监控管理中心设备安装、调试，以“套”计算。

2）分系统调试和全系统联调，以“系统”计算。

3. 项目名称、项目编号，另计价材料及说明

1）车辆检测识别设备安装、调试，12-903～12-908。

2）出入口设备安装、调试，12-909～12-930。

3）显示和信号设备安装、调试，12-931～12-941。

4）监控管理中心设备安装、调试，12-942～12-943。

5）系统调试，12-944。

这里仅列出车辆检测识别设备安装、调试部分综合基价，见表6-140，供读者阅读时参考。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-139　太阳能电池安装综合基价表（部分）

工作内容：开箱检验、清洁搬运、起吊安装组件，调整方位和俯仰角，测试、记录，安装安全遮盖罩布，安装接线盒，组件与接线盒电路连接，子方阵与接线盒电路连接，太阳能电池与控制屏联测等。

（单位：组）

项目编号					12-835	12-836	12-837	12-838	12-839
项目名称					安装太阳能电池				
					500Wp以下	1000Wp以下	1500Wp以下	2000Wp以下	3000Wp以下
综合基价/元					233.96	281.71	340.23	443.92	605.90
其中	基价/元				166.80	194.40	229.42	309.60	404.42
	其中	人工费/元			92.00	119.60	151.80	184.00	276.00
		材料费/元			—	—	—	—	—
		机械费/元			74.80	74.80	77.62	125.60	128.42
	综合费用/元				67.16	87.31	110.81	134.32	201.48
名称			单位	单价/元	数量				
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	4.000	5.200	6.600	8.000	12.000
机械	00010001	柴油发动机 30kW	台班	239.92	0.300	0.300	0.300	0.500	0.500
	00803028	数字万用表 PS-56	台班	2.82	1.000	1.000	2.000	2.000	3.000
综合费用	90010001	费用	元	—	48.760	63.390	80.450	97.520	146.280
	90010002	利润	元	—	18.400	23.920	30.360	36.800	55.200

表 6-140　车辆检测识别设备安装、调试综合基价表（部分）

工作内容：开箱检查、器材搬运、定位切槽、下线灌封、安装调试、保护、清场。

（单位：套）

项目编号					12-903	12-904	12-905	12-906	12-907	12-908
项目名称					电感线圈车辆探测器	红外车辆探测器	车位探测器	车辆分离器	红外车型识别仪	车牌识别装置
综合基价/元					369.31	203.25	170.96	95.31	253.01	145.12
其中	基价/元				335.73	136.09	140.74	65.09	152.27	84.68
	其中	人工费/元			46.00	92.00	41.40	41.40	138.00	82.80
		材料费/元			68.63	41.27	20.47	20.87	8.63	0.47
		机械费/元			221.10	2.82	78.87	2.82	5.64	1.41
	综合费用/元				33.58	67.16	30.22	30.22	100.74	60.44
名称			单位	单价/元	数量					
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	2.000	4.000	1.800	1.800	6.000	3.600
材料	DI1-0043	环氧树脂(各种规格)	kg	20.00	3.000	—	1.000	—	—	—
	IA1-0040	膨胀螺栓 M16	套	2.00	4.080	20.400	—	10.200	4.080	—
	ZG1-0001	其他材料费	元	1.00	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470
机械	00013157	混凝土切缝机	台班	154.91	1.400	—	0.500	—	—	—
	00803028	数字万用表 PS-56	台班	2.82	1.500	1.000	0.500	1.000	2.000	0.500
综合费用	90010001	费用	元	—	24.380	48.760	21.940	21.940	73.140	43.880
	90010002	利润	元	—	9.200	18.400	8.280	8.280	27.600	16.560

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（十）楼宇安全防范系统设备安装工程

1. 主要说明

1）本项适用于新建楼宇安全防范系统设备安装工程。楼宇安全防范系统工程包括：入侵报警、出入口控制、电视监控设备安装系统工程。

2）本项设备按成套购置考虑。

2. 工程量计算规则

1）入侵报警器（室内外、周界）设备安装工程，以“套”计算。

2）出入口控制设备安装工程，以“台”计算。

3）电视监控设备安装工程，以“台”（显示装置以“m^2”）计算。

4）分系统调试、系统集成调试，以“系统”计算。

3. 项目名称、项目编号，另计价材料及相关说明

（1）入侵报警设备安装

1）入侵探测器安装（室内外、周界），12-945～12-966，其中针体制作另计价格。

2）报警控制器安装，12-967～12-978，其中超过128路的总线制报警控制器每增加一路，综合工日增加0.1个工日。

3）报警显示设备安装，12-979～12-981。

4）报警信号传输设备安装，12-982～12-991。

（2）出入口控制设备安装

1）目标识别设备安装，12-992～12-993。

2）控制设备安装，12-994～12-998。

3）执行机构设备安装，12-999～12-1001。

（3）电视监控设备安装

1）摄像设备安装，12-1002～12-1011。

2）镜头安装，12-1012～12-1017。

3）辅助机械设备安装，12-1017～12-1030，其防护罩支架按相应摄像机附件由厂商随货配套供应，若为非标产品，则按实际设计材料数量和制作工艺另计价格。

4）视频控制设备安装，12-1031～12-1038。

5）音频、视频及脉冲分配器安装，12-1039～12-1041。

6）视频补偿器安装，12-1042～12-1043。

7）视频传输设备安装，12-1044～12-1046。

8）显示记录设备安装，调试，12-1047～12-1063。

（4）安全防范分系统调试，12-1064～12-1069。

（5）安全防范系统工程试运行，12-1070～12-1072。

这里将入侵探测器安装（室内外、周界）部分综合基价列出，供读者阅读时参考，见表6-141。

楼宇安全防范系统其工程量清单项目设置及工程量计算规则，应按表6-142的规定执行。

（十一）住宅小区智能化系统设备安装工程

1. 主要说明

1）本项适用于新建住宅小区智能化系统设备安装工程。住宅小区智能化设备安装工程

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-141　入侵探测器安装（室内外、周界）综合基价表（部分）

工作内容：开箱检查、设备组装、检查基础、划线定位、安装。

（单位：套）

项目编号					12-945	12-946	12-947	12-948	12-949	12-950
项目名称					门磁开关	窗磁开关	紧急脚踏开关	紧急手动开关	紧急无线脚踏开关	紧急无线手动开关
综合基价/元					14.28	14.28	8.31	8.31	14.28	18.26
其中	基价/元				9.24	9.24	5.79	5.79	9.24	11.54
	其中	人工费/元			6.90	6.90	3.45	3.45	6.90	9.20
		材料费/元			2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06
		机械费/元			0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	综合费用/元				5.04	5.04	2.52	2.52	5.04	6.72
名称			单位	单价/元	数量					
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	0.300	0.300	0.150	0.150	0.300	0.400
材料	ZE1-0340	松香焊锡丝 ϕ2.3	kg	56.00	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	CZ1-0010	焊片 ϕ3.5	个	0.50	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
机械	00803028	数字万用表 PS-56	台班	2.82	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
综合费用	90010001	费用	元	—	3.660	3.660	1.830	1.830	3.660	4.880
	90010002	利润	元	—	1.380	1.380	0.690	0.690	1.380	1.840

注：不含针体制作。

表 6-142　楼宇安全防范系统（编码：031208）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031208001	入侵探测器	1. 名称 2. 类别	套	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 单体调试
031208002	入侵报警控制器	1. 名称 2. 类别 3. 回路数			
031208003	报警中心设备	1. 名称 2. 类别			
031208004	报警信号传输设备	1. 名称 2. 类别 3. 功率			
031208005	出入口目标识别设备	1. 名称 2. 类型			1. 本体安装 2. 系统调试
031208006	出入口控制设备		台		
031208007	出入口执行机构设备	1. 名称 2. 类别			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目编码	项目名称	项目特征	计量单位	工程量计算规则	工程内容
031208008	电视监控摄像设备	1. 名称 2. 类型 3. 类别	台	按设计图示数量计算	1. 本体安装 2. 云台安装 3. 镜头安装 4. 保护罩安装 5. 支架安装 6. 调试 7. 试运行
031208009	视频控制设备	1. 名称 2. 类型 3. 回路数			1. 本体安装 2. 单体调试 3. 试运行
031208010	控制台和监视器柜	1. 名称 2. 类型			安装
031208011	音频、视频及脉冲分配器	1. 名称 2. 回路数			1. 本体安装 2. 单体调试 3. 试运行
031208012	视频补偿器	1. 名称 2. 通道量			
031208013	视频传输设备	1. 名称 2. 类型			
031208014	录像、记录设备	1. 名称 2. 类型 3. 规格			
031208015	监控中心设备				
031208016	CRT 显示终端	1. 名称 2. 类型			
031208017	模拟盘				
031208018	安全防范系统		系统		1. 联调测试 2. 系统试验运行 3. 验交

包括：家居控制系统设备安装、家居智能化系统设备调试、小区智能化系统设备调试、小区智能化系统试运行。

2）有关综合布线、通信设备、计算机网络、家居三表、有线电视设备、背景音乐设备、防雷接地装置、停车场设备、安全防范设备等的安装、调试参照前述“（二）~（十）”相应子项目。

3）本项设备按成套购置考虑。

2. 工程量计算规则

1）住宅小区智能化设备安装工程，以“台”计算。

2）住宅小区智能化设备系统调试，以“套”（管理中心调试以“系统”）计算。

3）小区智能化系统试运行、测试，以“系统”计算。

3. 项目名称、项目编号，另计价材料及相应说明

1）家居控制系统设备安装，12-1073 ~ 12-1087，其中，12-1085 子目网络设备仅限于基

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

本安装调试，不包括跳线或输入输出线缆接头制作和连接。跳线及线缆接头制作见“（二）综合布线系统工程”相应子目。

2）家居智能化系统设备调试，12-1088～12-1092。

3）小区智能化系统设备调试，12-1093～12-1100，其中小区管理系统调试，按3000户计入，以此为基数，比例类推。

4）小区智能化系统试运行，12-1101～12-1104，小区管理分系统试运行，规模按3000户计入，以此为基数，比例类推。

这里将家居智能化系统设备安装调试的部分综合基价列出，供读者在阅读时参考，见表6-143。

表6-143　家居智能化系统设备调试综合基价表

工作内容：软件安装设置、调试、线缆整理、编号、设备加固、标号。

（单位：台）

项目编号					12-1088	12-1089	12-1090	12-1091	12-1092
项目名称					住宅安防系统（6点以内）	三表计量与远程传输系统	电器监控系统（8点以内）	可视对讲户内机	可视对讲户外机（每户）
综合基价/元					119.01	92.68	186.96	29.66	22.99
其中	基价/元				77.03	59.10	136.59	21.26	16.27
	其中	人工费/元			57.50	46.00	69.00	11.50	9.20
		材料费/元			0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
		机械费/元			19.29	12.86	67.35	9.52	6.83
	综合费用/元				41.98	33.58	50.37	8.40	6.72
名称			单位	单价/元	数量				
人工	10000002	综合用工二类	工日	23.00	2.500	2.000	3.000	0.500	0.400
材料	ZG1-0001	其他材料费	元	1.00	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235
机械	00840008	便携式计算机	台班	26.68	—	—	1.500	0.250	0.200
	00803028	数字万用表PS-56	台班	2.82	0.600	0.350	0.750	0.100	0.050
	00811030	示波器V1050F	台班	10.95	1.200	0.840	1.970	0.200	0.100
	00822026	对讲机C15	台班	2.55	1.750	1.050	1.430	0.150	0.100
综合费用	90010001	费用	元	—	30.480	24.380	36.570	6.100	4.880
	90010002	利润	元	—	11.500	9.200	13.800	2.300	1.840

第五节　工程结（决）算的编制

电气工程竣工验收签字后，要进行工程结（决）算。自甲乙方签订施工合同后，甲方应根据审定后的预算和工程进度向乙方预付一部分工程款或预付款，结算就是清理最后的工

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

程款项或工程进行到某一阶段而进行的结算，而决算是工程交验后的最后一项工作。

一、结（决）算依据

预算书和施工图是结算的主要依据。但是一个大型（中型）的工程或技术要求复杂、涉及专业和工程较多，波及面较宽的工程，以至于有些常规的工程，由于设计或其他方面的原因，很难一次图样会审就把所有的问题全部解决完善。这样，在安装过程中，设计图样出现有较大的问题或设计出现较大的工艺变更以及新增加的施工图样，应再做一次图样会审工作。预算是按原图样编制的，因此更改或新增的图样中的工程量及费用一般列入结算中去处理，对于一些量大的要编制预算，纳入决算中去。

在安装过程中，发现图样仍有差错或与实际情况不符，或因现场条件、安装工艺、材料规格及品种数量不能完全满足设计要求，或者有合理化建议，节约原料工时的、需要对图样修改的，应出具“设计变更通知单”，格式见表 6-144。但是这种情况必须严格执行技术核定或设计变更签证制度，一般由安装单位提出，设计单位签发并通知建设单位和监理单位。但重大技术核定或设计变更应由安装单位、设计单位、建设单位和监理单位，必要时还应有主管部门协同解决，并签发文件。

有些问题，如材料代换、尺寸更正、管路走向变动等问题通常由安装单位提出经建设单位代表或监理工程师核签后执行；由建设单位提出的应由安装技术负责人核签后执行，但无论哪种都应及时通知设计单位。此类问题使用“技术联络单”。

当涉及材料、设备、劳动工日、借工、试运行、机具台件等增减时，应填写“现场经济签证”，格式见表 6-145。

各种图样会审纪要、设计变更通知单、技术联络单、现场经济签证等文件应签字齐全，并分发到有关部门和人员手中，它们是工程结算的依据。

如果上述内容较多，设计变更较大，或者根据工程的性质以至甲方的要求应绘制竣工图。

竣工图是根据实际安装的结果绘制的一种工程图样，凡是施工图中发生变化的均应重新绘制。一般是将原施工图用硫酸纸描出，同时将变更部分随时绘出，并注明设备、材料的规格型号数量，管路的方向等。特别是地下、墙内或其他隐蔽部位的管路、电缆、接地网等应标注清楚，以免给维修运行带来不利。竣工图应和原施工图、各种签证变更应存档保管，作为决算和今后运行的依据。

二、编制方法

工程决算的编制，应按当地建设部门的有关规定执行，均在工程预算书的基础上进行增减调整，表格和预算书一样。

1. 方法 1

先将预算书上的各种金额填写在表内，定额编号、工程项目名称、单位、数量、金额应写全，然后逐项增减调整填写。每进行一次调增调减，应将签证表格单的名称、编号以及签章时间填写在上面，以便复查核对。有时为了便于审查，最好每一张变更表各填写一次，最后填写编制说明及费用计取。现场签证记工、零星借工以及停工、窝工费，因为管理费计取方法不同，因此应另用单独的费用计算表填写。最后汇总，填写封面，装订成册。

结算书有正本副本之分，正本应交付建设单位，并将图样会审纪要、设计变更通知单、技术联络单以及现场经济签证等有关调整增减资料的复印件附后，以便有关单位审核。副本及有关资料的原本应存档案部门保存。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-144　设计变更通知单　　质保 No：4（建）—38

工程名称：　　原图图号：　　第　　页

内容：

变更或增加项目：

主要设备、元件、材料：

图样：

主要说明：

修改人签字盖章

年　月　日

设计单位技术负责人签字：	安装单位技术负责人签字：	监理单位技术负责人签字：	建设单位技术负责人签字：
单位盖章 年　月　日	单位盖章 年　月　日	单位盖章 年　月　日	单位盖章 年　月　日

工程技术负责人：　　制表：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6-145 现场经济签证

施工单位： 年 月 日 字第 号

单位工程名称						分部（项）工程名称					
人 工 费 用						机 械 费 用					
工 种	等 级	单 位	数 量	单 价	金 额	名 称	规格型号	单 位	数 量	单 价	金 额
技 工		工 日						台班			
普 工		工 日						台班			
小 计						小 计					

材 料 费 用						签 证 原 因
材料名称	规格型号	单 位	数 量	单 价	金 额	
合 计						

施工管理费：			
共计人民币（大写）：			
建设单位现场代表（监理工程师）		施工单位代表	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 方法 2

将原图样中变更部分删掉，填入变更后图样，并将图样会审纪要、设计变更通知单、技术联络单、现场经济签证等有关资料混为一体，重新清理计算工程量、选套定额，计算各种费用，按前述预算方法编制决算，最后结果应和方法 1 的结果基本一致。这种方法适用于各种变更较多的工程。

两种方法的采用主要取决于建设单位和安装单位协商的结果。结算也应按编审程序、报批和审核，复制与图样预算相同的份数，分送各有关单位。由建设单位供给的设备和材料在结算中扣除，但设备材料的保管费应按规定系数提取。

电气工程预决算的编制以及材料单（汇总）、材料供应计划、设备到货计划的编制是一项复杂细致的综合性的技术管理工作，又是一项政策性很强的工作，其编制水平的高低对工程承包质量、进度、造价、信誉有很大的影响。特别是进入市场经济以来，建设市场竞争日趋激烈，优胜劣汰，这个自然规律越来越渗透到各个领域，预决算工作便成了安装企业的头等大事，同时也成了建筑市场的焦点。这样既要求编制人员经常深入实践、调查研究、搜集资料、分析编制预算及定额执行情况，总结经验，不断提高；又要求编制人员适应新形势的需要，不断学习新工艺、新技术，掌握新材料、新设备，及时掌握政策法令和各种材料设备价格的变化情况；同时又要求编制人员掌握计算机预算编制及其操作技能，从繁琐的事务中解放出来，去从事更新、更多的工作。也只有这样，我们的安装技术才能和世界先进技术接轨，参与国际竞争。

最后说明一点，本书中用到的综合基价和劳动定额的各种表格及数据应以国家现行的综合基价和劳动定额的表格及数据为准，本书所列数据不作为编制预（决）算书和施工进度计划的依据，这里列出的目的是为了讲述编制预（决）算书和施工进度计划的方法和技能，只作为读者在实际工作中参考。另外，综合基价和劳动定额是随着国民经济的发展而经常修订的，我们采用的是 2003 年的，还请广大读者注意。

这次修订（第 2 版）我们着重介绍了 2008 版的预算定额，其套用、规则、计算方法与前述相同，不同的是有些数据变化了，有的增加了项目，请读者在学习中和套用时仔细阅读其各章的说明，做到精准无误。

第六节　工程预算的管理及监督

工程预算是指导安装工程全过程的经济技术文件，是企业经济效益盈亏的重要凭证和依据。因此，工程预算的管理及监督是非常重要的。

一、工程变更

工程变更是正常的，关键是怎么去处理，因此，工程变更必须做到以下几点：

1）材料、设备、安装地点或路径、安装要求、基础设置、杆型设置、盘面设置等项发生变更，必须由设计或甲方出具相应的技术文件，并由设计、甲方、监理三方签字认可，凡涉及安全、环保或当地农民方面的问题，必须由相应的主管部门批准并下达批准文件，这些文件应一式六份发至相关方，安装单位应妥善存档保管，并登记造册。

2）变更后的内容应在原预算中进行更改，多退少补，并做出详细预算，由甲方认可、签字。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）变更内容不管是在原项目已安装完毕、正在进行，还是在未安装前，均由甲方认可签字，凡已安装或正在进行中的应填入拆除费用、误工、人工等内容。

4）变更较大的应重新编制预算和施工组织设计，凡影响工期、质量、安全的应与甲方沟通协商。

二、工程追加

工程追加是正常的，关键是对工期、质量、造价的要求程度及影响深度。有时追加和变更是同时进行的，因此，工程追加必须做到以下几点：

1）项目的追加应由设计出具相应的设计图样，较小的追加项目可由甲方写出便于安装的详尽说明。设计图样和说明应存档保管。

2）按追加项目的设计图样或说明编制预算，并由甲方认可后添加到原预算中去。

3）追加项目与原工程的接口，凡设计到变更的应按“一、工程变更”执行。如与原工程无关联的，应从头编制预算和施工组织设计；与原工程有关联的，应向甲方提出工期、接口方式、安装质量或变更等建议，双方协商解决，协商应有书面文件双方签字认可。如必须按原工程进度进行时，应立即做出相应的措施，以保证工期。变更部门应追加预算。

4）同样，追加的项目凡涉及安全、环保或当地农民方面的问题，必须由相关的主管部门批准并下达批准文件，一式六份发至相关方，企业应妥善保管并存档登记。

5）追加项目对原有工程影响不大的，可单独编制预算，影响较大的除编预算外，应按影响程度与甲方协商追加预算，协商结果应有书面文件，双方签字认可。

6）追加或变更所有的文件必须经双方签字认可，必要时应有第三方（监理、设计、主管部门）签字。

三、预算的管理及监督

预算作为企业的一种商业秘密，应有一套严格的管理制度，同时在做标书、投标、中标、工程前期准备、施工安装过程、竣工交验、结（决）算的全过程中必须有监督。

（一）预算的管理

1）对预算人员加强保密守纪教育，未经管理者批准，不得向外界个人或单位透露、借出工程预算的信息及资料。

2）预算编制过程中避免闲杂人员进入，预算人员应妥善保管资料，计算机应设置密码。

3）预算一经审定应存档管理，除管理者、项目经理、工长、班长、预算人员外，一般人员未经批准不得翻阅查看。

4）预算的编制应超前工程开工日一个月，大型工程应超前半年，在变更或追加发生时应及时修订预算，不得因预算延误工期。

5）预算必须有严格的审核、审批制度和程序，要层层把关。大型工程重点工程必须由两班或三班人员同时编制，其编制程序、依据、规则应保证一致，以便及时发现错误。当预算出现误差较大、漏项、错项、错算时必须及时更正，不得延误。

6）企业应提高预算人员的技术水平，一年内应培训一次或送出学习，及时掌握预算动态及国家地方相关法规，确保预算的准确、公正、合理、规范。

（二）预算的监督

1）管理者或项目管理应按进度计划每周（中小工程）或每月（大型工程）召开预算工

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

作会议，详细掌握分部、分项工程预算投入情况，工程的进度和预算的投入应基本吻合，如果超过50%，说明有问题，应责成相关人员查处。

2）预算人员应及时深入安装现场，盘查工程量，掌握预算的投入及工程进度。

3）班长可随时查阅预算，并与其安装的项目进度、质量比对，对材料规格型号及质量存在的纰漏应及时反映、及时处理。

4）工长应及时向管理者或项目经理汇报工程进度，并提出个人对预算投入的看法。

5）项目经理应按实际进度和预算投入的实际情况画出进度与预算比对图，及时调整并查处漏洞，确保工程进度和预算投入的精确性。

6）预算的监督应从下至上层层把关、层层监督，防微杜渐，及时处理，以避免出现大的漏洞。否则，当大的漏洞出现时将束手无策，以致工程严重亏损。

7）预算涉及全公司的利益，每位员工、每位现场工人都应关注，有权监督，发现问题要及时反映。企业应建立相关奖励制度和惩罚制度。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第七章　物资供应计划的编制

物资包括工程材料、设备及施工用的机具三大内容。物资供应计划是保证工程顺利进行的重要条件，是决定工程盈亏的主要因素。物资的质量、数量、价格、到货日期及其供方提供的服务和承诺都是供应计划的主要内容。

材料、设备及机具供应计划是和预算的编制同时进行的，也是关系密切、不可分割的。为了主题的明确，我们单设立一章来讲述，但在实际工作中是同步进行的。一般小型工程的预算和材料单由 1 或 2 人完成；中型工程的预算和材料单则由几人按工程的自然单元或者单项工程、单位工程划分，分别由 1 或 2 人去完成，然后汇总，必要时应有计算机系统配合；大型工程的预算和材料单往往由预算部门组织编制，和施工一样，要有一个预算编写组织设计或者编制方案，可分资料组、编制组（按不同专业划分）、审核组、统编汇总组等，并配备计算机系统，只有这样才能保证预算的准确、预算的时间、预算的标准化，以便投标中标，参与市场的竞争。

一、编制依据及原则

1）编制依据与工程预算基本相同，主要是工程图样、设计变更、建设单位提出特殊要求清单、安全设施及管理方案、工程进度计划、图样会审纪要、工程追加通知单及全国（或省、部、委）统一安装工程综合基价（预算定额）。此外，还有甲乙双方认定的材料、设备计价标准《省市建设工程材料价格》、甲方认同的供应商价位表或甲方指定供应商的价位表及特殊环境或非正常安装条件下双方认定的材料价格标准等。

2）编制原则与工程预算基本相同，此外，另有以下几点：

① 公平原则是首当其冲的一条，双方均不得以本方的利益而压低或抬高价格。双方有争议的必须进行协商或沟通。

② 物资的质量（包括安全性）是更为重要的一条，凡是因质量问题而导致工程受损要承担责任，严重的要承担法律责任。

③ 严格按工程量计算规则进行计算，凡是编制依据中没有的材料或设备一律不得计入。

④ 材料、设备价格必须保证坚持同质同价的原则方可采取不同的进货渠道，没有经过评审为合格的供应商不得作为工程的供应商。

⑤ 到货日期必须超前于工期要求，不得因材料设备而耽误工期。

⑥ 关键部位、紧缺物资应有第二或第三供应渠道。

二、材料计划（单）的编制

本书第六章第二节、第三节我们讲述预算编制的过程中已经把材料、设备的规格、名称、单位、数量、计划单价、合计等数据分别填入表 6-21 ~ 表 6-22 中，把这些表中的材料、设备分类后按类别再填入到同样的表中汇总即为材料汇总单，同时把追加、变更的材料、设备也填入到汇总表中。这里有一个需要注意的问题就是计划单价，如果误差较大则应按与建设单位的约定进行更正，否则不予变更。另外，将材料填入汇总表时，如和实际用量不符，不得调整，定额已综合考虑了诸方面因素。在实际工程中，为了保证材料的充足供应，往往

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

要将统计结果乘以一个系数，一般为1.2～1.3。

材料汇总单完成后，或工程进行当中，总有变更、追加发生，应及时补充到汇总单里去。材料员或物资部门除汇总单外，应建立各个项目的材料台账，随时添加或削减，最后即为该项目的材料总账。

三、机具计划的编制

在计入每项套用定额的材料后，应将该项定额的机械台班计入机械台班统计表中，例如定额2-1#～2-14#变压器安装，见表6-27和表6-28。这里要用工程量乘以定额台班数量即为机械台班的数量。然后填入表7-1内。把相同机械台班相加即可统计出工程各种机械的使用量。当然，在实际编制中，还要考虑现场条件决定其他机具，这主要靠个人的经验和安装技术的能力，这是需要在实践中才能取得的。定额以外需要的机械应另外统计，并将台班数补充到汇总表中去。

表7-1　机械台班统计表　（单位：台班）

序号	定额编号	工程项目	汽车吊5t	汽车吊8t	汽车吊12t	汽车吊16t	汽车吊30t	汽车吊40t	载重汽车4t	载重汽车8t	卷扬机3t	卷扬机5t	滤油机	交流电焊机	电焊条烘干箱	普通车床	液压机100t	立式钻床	氩弧焊机500A	牛头刨床
1	2-3	4000kVA变压器安装		2.4						0.5			5.4	0.6						

序号	定额编号	工程项目	桥式起重机	锯床	剪板机	母线煨弯机	折边机	空压机0.6m³	吹风机3m³	电动摵弯机	台式钻床	离心水泵	便携钻孔机	柴油发电机84kW	混凝土搅拌机	混凝土震捣器	机动绞磨3t	拖拉机	升流器	升压器
1	2-3	4000kVA变压器安装																		

审核：　　制表：

同样，设备管理部门除汇总外，应建立各个项目的机械机具统计台账，作为项目考核的依据。

四、设备物资供应计划的编制

电气工程的技术难度和复杂性一方面表现在安装工艺和调试技术上，另一方面主要表现在设备、材料和机具的供应和管理上，我们把设备、材料、机具统称为物资。大型电气工程

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

物资的门类繁多，规格型号种类达千种或近万种，小型工程也有几十种或上百种，因此物资供应和管理是一项复杂的、技术性很强的工作。

俗话说："兵马未动，粮草先行"，一个电气工程和作战一样，物资供应是一项超前工作，只有把这项工作做好，才能保证工程的质量和进度。经验证明，影响工期和质量的原因70%取决于物资的供应。一个优秀的施工者最忌讳的就是停工待料以及由于产品质量引起的无休止的纠纷。因此，物资供应及管理必须由对工作极其负责任的人担任。

物资供应必须做到以下几点。

1）物资供应部门的工作是施工准备的重要组成部分，供应部门应提前根据设计部门或施工部门提供的设备材料清册落实生产厂家和进货渠道，签订购货合同，并根据施工进度计划确定到货日期。

2）物资供应的到货日期是计划的关键，大型、复杂、贵重、主要设备及紧缺材料应提前半年，最少不得少于三个月，应留有充分的时间，并对其进行检查、试验，发现问题及时解决，以免影响工期。一般的设备材料也应提前三个月到货，最少不得少于一个月。

3）主要设备材料或不能用其他规格型号代用的设备材料，应有第二购置计划或第三购置计划，一旦第一购置计划落空，则可采用第二购置计划或第三购置计划，保证工程顺利进行。

4）设备材料的订货原则应由合格供应商供货，且质量优良、价格合理、就近、运输方便、货期准确、服务周到、信誉高尚。大型、复杂、贵重、主要设备材料的厂家应有国家颁发的生产制造许可证，电气设备应有型式试验报告，并应有产品的说明书、合格证，必要时应由设计单位或建设单位指定厂家；一般的设备材料应有合格证。严禁伪劣假冒产品混入工程。订货前必须询价，要做到货比三家。

5）编制物资供应计划人员应熟悉安装工艺、掌握工程进度，亲临实践，严禁闭门造车、脱离实际。订货采购人员应掌握市场行情，熟悉产品性能，了解厂家及物资渠道，做到心中有数。

物资管理，是一项系统工程，特别是大型电气工程，由于工期长、品种繁多，更使其专业化和复杂化，已超出了本书的专业范围，这方面的知识请读者参阅有关专著，这里只强调几点注意事项。

1）准确掌握大型设备和笨重物件的最佳卸货点，避免二次搬运或倒运，便于保管。

2）设备材料应分门别类地保管存放，贵重物品应有特别安全防盗措施；电气设备元件的保管应符合设备元件产品要求和施工及验收规范中的有关规定。

3）设备及材料进厂后应清点数量、核对型号规格，质检部门应进行外观检查，必要时要现场试验，仪器仪表、计量器具应有入库检定。外观检查应符合施工及验收规范中的有关规定。

4）怕日晒雨淋的物资应有防晒防淋的措施，露天堆放的物资应先垫道木再堆放，焊条、电石等易受潮的物品应放在通风干燥的库内。

5）不能混装的物品不能存放在同一库房内，如油漆、汽油和氧气等；易燃、易爆物品应远离工作区和生活区单独存放，并有一定的消防措施。冬季库房取暖应有相应的安全措施。

6）进货和发货手续齐全，有完整的管理制度；库区有防火、防盗、防汛等安全措施。

在实际工程中，设备材料的使用有先有后，同样规格的材料在使用上也有先有后，有多

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

有少。任何一项工程都不可能也无必要在开工前将所有材料备全，总是先备一部分，再备一部分，然后随着工程的进度，边施工边进料。这样材料供应在工程中就是一项不可忽视的技术问题和管理问题了，处理不好，当用的材料没有，造成窝工待料，影响工程进度。同样，设备和安装机械也存在着这样的问题。为了使设备、材料供应及时，使安装机械同步到位，应编制设备供应（到货）计划，材料供应计划和安装机械配备计划统称为设备物资供应计划。计划的编制是在设备清单、材料供应计划和工程进度计划的基础上进行编制的。

设备物资供应计划对工程有着决定性的影响，在保证工程质量、进度、投资上，该计划是绝对不可忽视的。该计划一般应由项目经理或工长亲自编制，对编制人来说，在能力、技术、综合素质上有很高的要求。

（一）熟练掌握电气安装的工艺和工序

物资管理人员必须掌握各类电气设备及电气工程的安装方法、工艺、工序及技术要求，从工序上可知先干什么后干什么，因此使用的材料、机械和安装的设备及其顺序也就知道了，结合施工组织设计便可编制计划，详见《电气工程安装及调试技术手册》第3版。

例如，低压动力电路安装的工序是配合土建、基础槽钢安装、柜体安装、母线制作安装、墙上电气设备安装、穿线及电缆敷设、电气测试、接线、单机试车、系统调试送电试车。其中穿线及电缆敷设也可按穿插间歇赶前错后于接线前进行即可。

1）配合土建需用的材料及机具：管材（按图样要求提供规格）、接线盒、墙内暗装配电箱的外壳、电焊条、接地用的ϕ6～8mm螺钉、氧气、电石或乙炔气、锯条、管接头或管套箍、护口、镀锌铁丝、防锈漆、溶剂汽油、沥青漆、焦炭、板牙、木柴、砂子，ϕ10～14mm柜体地脚螺栓、扁钢或圆钢、熟铁管箍、管卡子、木螺钉、铅油、清油、塑料胀管、冲击钻头、膨胀螺栓、棉丝、旧布、金属刷子、砂纸等。

机具有电焊机、吹风机、电动揻弯机、气焊气割工具、冲击钻、射钉枪、电动切管机、套丝机等。

2）基础槽钢制作安装需要的材料及机具：槽钢（按设计要求提供规格）、电焊条、锯条、铁刷子、砂布、破布、防锈漆、调和漆、水泥、砂子、碎石、圆钢、扁钢、电石、氧气、清油、溶剂汽油等。

机具有电焊机、气焊气割工具、冲击钻、电动机割机、钻床或台钻等。

3）柜体安装需要的材料及机具：钢板垫板、电焊条、螺栓、胶木线夹、塑料软管、异型塑料管、塑料带、白布带、磁漆、棉纱、锯条、黑胶布、钢精扎头、砂布、电石或乙炔气、氧气、凡士林、机油、汽油等。

机具有电焊机、汽车及汽车吊、卷扬机、气焊气割工具等。

4）母线制作安装需要的材料及机具：铝母带或铜母带（按设计要求提供规格）、绝缘子或母线夹、锯条、破布、铝或铜焊条、调和漆、凡士林、棉纱、氩气、电石或乙炔气、螺栓、绝缘清漆、钍钨极棒、母线衬垫、伸缩头、焊锡、焊药等。

机具有钻床或台钻、氩弧焊机、母线折弯机、台虎钳等。

5）墙上电气设备安装需要的材料及机具：角钢、膨胀螺栓或射钉、电焊条、锯条、扁钢、塑料板或石棉水泥板、防锈漆、调和漆、破布、砂布、清漆、砂子、水泥、电石或乙炔气、氧气、汽油、凡士林、多股编织软铜线、螺栓、钢板、圆钢等。

机具有电焊机、钻床、气焊气割工具、冲击钻、射钉枪等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）穿线需用的材料及机具：导线（按设计规格）、钢丝带线、滑石粉、破布、白布带、锡和焊药等。机具有空压机。

7）电缆敷设及电缆头干包制作需用的材料机具：电缆（按设计规格）、电缆卡子、标志牌、锯条、塑料带、塑料胶粘带、裸铜软绞线、焊锡、汽油、接线端子（线鼻子）、终端头卡子、塑料手套、封铅、硬脂酸、沥青漆、镀锌铁丝、电缆吊挂、黄蜡绸带、白布带、螺栓等。

机具有汽车及汽车吊、放线盘、油压钳、喷灯等。

8）测试接线送电试车需要的材料机具：塑料带、白布带、汽油、棉纱、砂纸、软导线、线鼻子、黑胶布、熔丝及熔断器等。

机具有油压钳以及升流器、升压器、测试仪器仪表等。

有些材料是一次使用，有的则是多次重复使用。凡一次性使用的应在该项工程开工前进入现场，多次重复使用的可分几次进入现场。

将上述相同的材料归类统计，并按材料分析表中查出数量，同时，按工艺工序的先后排列出来，这就是材料供应计划的雏形。

同时，从上述分析可以看出有些材料，几乎在安装过程中都需要，我们在施工中把它们叫做常用材料。例如，锯条、电焊条、电石或乙炔气、氧气、机螺栓、镀锌铁丝、防锈漆、溶剂汽油、沥青漆、扁铜或圆钢、冲击钻头、砂纸、塑料带、膨胀螺栓、白布带、棉纱破布、焊锡、焊药等。同样电焊机、气焊气割工具，台钻、冲击钻等叫做常用机具。

而有些材料只有在安装项目确定后才需要，如管材、接线盒、槽钢、角钢、线鼻子、绝缘子、铜铝母带、导线、电缆等，我们把它们称作专用材料。同样，汽车吊、放线盘、卷扬机、氩弧焊机、套丝机、切割机、摵弯机，母线折弯机等，我们称为专用机具。

不难发现，常用材料即为定额中的辅助材料，即辅材；专用材料即为定额中的未计价材料及另计价材料，即主材，这样我们在制定材料供应计划时，就有了主要的依据。

可以看出，常用材料应在开工前进入现场，并可按照用量和施工项目分批陆续进场；专用材料应按施工进度提前进场，用量大的也可分批进场，但是开工的第一个安装项目的专用材料，应和常用材料同时进场。常用机械和专用机械的进厂顺序和材料相同。

但是，上述的材料分析是以低压动力电路为例的，因此，要根据不同的安装项目，进行材料分析，掌握进场顺序。

大中型以上的工程应使用计算机系统进行材料分析和管理，使用的方法和原理与编制预算基本相同。

（二）掌握工程进度，适当进行调整

简单地讲，工程进度计划就是根据工程的工作量，按照劳动定额及有关因素排列的施工期限，它是施工组织设计中不可缺少的重要组成部分，是指挥生产、组织施工、确定劳力及物资供货日期、编制施工组织设计中部分内容的主要依据。它的基本任务是在已选定的施工方案的基础上，采用先进的计划理论和科学的计算方法，统筹安排各项施工活动，以最少的技术物质资源和劳动力，在规定的工期内，合理安排工程中相互衔接和穿插的配合关系，有计划地完成质量合格的工程任务。

同时，工程进度计划是控制工程进度、确定单位工程施工顺序、施工持续时间以及相互配合的依据，是工程中编制月、季、年作业计划的依据。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

掌握工程进度主要是根据工人的技术状况、熟练程度、工期要求、工人人数决定的，既要同劳动定额联系，又要考虑工人素质和现场安装条件，是一个较为复杂的问题，只有经过多次实践才能比较准确地掌握。在本书第八章施工组织设计的编制及实施中将详细地讲述施工进度计划，这个计划的实现是多方面因素决定的，往往在工程中要有变动，因此施工管理人员要经常深入现场，根据实际情况进行调整。

假定上述低压动力电路的工程进度计划是这样安排，见表7-2。

对应于进度计划，可做出如下材料供应计划，见表7-2。同时做出设备到货计划，见表7-2。

表7-2　进度计划表

安装工程进度计划		材料供应计划		设备到货计划	
5月下旬~7月	配合土建	5月下旬	管材、接线盒、箱外壳、常用材料、机具进场一部分	5~8月	组织落实设备货源及货期
8月	土建室内装修学习图样、准备工作	6月下旬~8月	根据进度安排上述材料陆续进场组织落实材料货源，并落实工程进度	8月中旬	设备陆续按工程进度提前到货 开关、控制柜、配电箱、墙上负荷开关、穿墙套管、起动柜、熔断器等
9月1日~5日	基础槽钢制作安装	8月下旬	槽钢及部分常用材料进场		
9月6日~13日	柜体安装		塑料软管，异型管、钢精扎头、凡士林、铝母带、绝缘子、母线夹、钍钨极棒、母线衬垫、伸缩头、专用机具、角钢、塑料板、多股编织软铜线、电缆、电线等材料进场		
9月14日~20日	母线制作安装，墙上电气设备安装				
9月21日~28日	电缆敷设及穿线				
9月29日~10月6日	测试、接线、调试				
10月7日~8日	机动时间				
10月9日~15日	试送电、单机试车	9月下旬	落实调试材料及专用仪器		
10月16日~20日	送电试车	10月下旬	清理余料		

上述三个计划应和预算书同步编出，并报材料部门，组织落实。

当安装开工日期临近时应提前一个月向材料部门落实供应情况，以便安排开工，中型或大型工程应提前半年或一年落实订货计划及生产厂家，关键、紧缺物资有时要提前更多的时间，必要时有第二、三计划。

开工后应按进度计划随时询问到货情况，并在每项安装工作开始前一个星期落实到货，否则应追查责任。

用同样的方法可以编制出本书第八章施工组织设计的编制及实施中35kV变电站的物资供应计划，读者可自行分析编制。

综上所述，材料单的编制、机具计划的编制和物资供应计划的制订是一项综合性的技术管理工作，要求编制者有一定的工程进度分析能力，又要求有丰富的安装实践经验以及物资范畴内的知识和管理工作经验，要会写、会算、会干，既有伸缩性又有严密性，在特殊条件下还要有应变性。这些能力的具备给技术管理人员提出了更高的要求，一是要具备扎实的专业基础知识和数学分析能力，二是要参加安装工程实践，掌握专业安装技术，熟悉工艺工序，这样才能在实际生产中指导工作，指挥生产，解决难题，进而高效优质地完成安装工程。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（三）熟悉掌握市场动态，建立经济思路

材料、设备、租赁机具等方面的价格是一个动态的，作为项目经理、工长，应有经济头脑，建立信息网络系统，随时了解市场的动态。

安装工程，特别是电气安装工程涉及材料、设备、机具达上万种，为了保证工程的质量、进度，为了节约投资以获取更大的利润，如果在物资这一块能有建树，基本做到物美价廉，或2/3乃至1/3，那么这个项目赢利是有保证的。

因此，项目经理、工长乃至技术管理人员必须加强这方面的工作和能力，以适应市场的需要，把安装工程做得更好。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第八章　施工组织设计的编制及实施

随着技术进步和社会发展，电气安装工程的标准化、专业化、装备化、机械化的程度逐步提高，而整个建筑安装业各个专业的相互依赖关系也日趋繁杂紧密，各个单位和各个部门之间必须在统一的规划和指挥下组成一个有机整体，采用先进的方法来组织、管理、指挥生产，这个过程就是施工组织设计。

施工组织设计是安装企业针对所承包工程编制的全面指挥生产和科学管理生产的纲领性文件，是指导现场安装的主要依据之一。

通过施工组织设计，把生产活动中的人、材料、设备和方法（技术）四大基本要素科学地组织好，以取得成本、时间、资源等方面的最优化。正确处理好人与物、空间与时间、工艺与设备、专业与协作、供应与消耗、生产与储备等各种矛盾，使整个安装过程做到劳力、材料均衡，工序先后衔接，施工节奏紧而稳。最后达到工期短、消耗低、质量高、文明施工、环保、安全的目标，并取得最大的经济技术效益。

施工组织设计既是施工准备的组成部分，又是指导现场准备工作、全面部署施工生产活动、控制施工进度及劳力、机械、材料调配、安全生产的基本依据。

电气工程施工组织设计是整个建设项目施工组织总设计的组成部分。一个建设项目，特别是大型项目包括土建工程、设备安装、电气工程、外围设施等，各个专业的施工组织设计必须综合考虑。

施工组织设计实际上是一个书面模拟实际施工全过程的技术文件，是衡量工程组织者、项目经理工程实施技术、经验、能力、沟通、指挥、统筹、规划等综合素质的基准。施工组织设计并非纸上谈兵，而是组织施工、工程实施、指导工程的技术文件，并具有实践性和可行性。一个好的施工组织设计是按照工程图样、设计要求、现场条件、公共环境，从施工准备、材料供应、施工设备、人员安排、工艺方法、调整试验、后勤工作、安全防护、环境保护、质量监督、突发事件、公共关系等方面详细列出条款，做到滴水不漏、面面俱到、万无一失。施工人员只要按照其设计进行施工便能保证质量、保证工期、保证安全、保证投资，使工程顺利进行。

当然，施工组织设计不是凭空想象而编制的，而是根据实践长期磨炼而造就的。电气技术人员要深入实践中去，学到真知，学到并提高处理各种复杂问题的能力，只有这样的施工组织设计才有意义，负责的工程才会顺利完工、交验而投入运行。

第一节　施工组织设计编制规则

一、编制依据

1）已经批准的计划任务书、初步设计及有关的施工图样图册等。

2）国家或上级已下达的计划文件、本工程的规划容量、规划建设年限以及对本工程投产或使用的要求、指示、文件等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）工程概算投资额和主要工程量。

4）设备及主要材料清册。

5）设备技术文件及新产品工艺性试验资料。

6）本工程与有关单位已签订的协议、合同。

7）现场情况调查资料。

8）国家或部委有关的质量标准、操作规程、技术定额及工程的规程、规范及标准等。

二、现场情况调查资料

在编制施工组织设计前要对施工现场进行调查，充分收集所需要的资料，为编制施工组织设计提供可靠依据，并为开工做好准备。

1）选址报告及厂区测量报告；有关厂区的水文、地质、地震、气象、地理环境等资料。

2）与本工程相关的工程（如土建、道路交通等）和本工程覆盖区域内的其他工程的安排和进展情况。

3）建设单位、其他主辅施工单位的基本情况及施工任务的划分，设计单位及其施工图交付进度，设备制造厂家及其主要设备到货进度等。

4）施工地区的运输条件及能力、当地材料的质量、产量及供应方式；当地施工企业和制造加工企业可能提供的服务能力及形式；施工区域内的地形、地物、水源、电源、通信方式；当地生活物资供应情况、居住情况以及文化娱乐状况等。

5）主要材料、施工机具的技术资料和供货状况、到货日期。

6）与之类似工程的施工方案及工程总结资料，其他有关工程本身的资料及文件。

三、编制原则

1）符合国家基本建设的政策法令、计划建设期限和经济技术指标的要求。

2）遵循基本建设程序和施工程序，对技术资料不全不明、图样不全或未经会审、违反基建程序的工程不许开工。

3）遵守国家规定的建设项目竣工和交付使用期限，总工期较长的大型建设项目，应根据生产需要，安排分期、分批配套投产进度，尽早形成生产能力。

4）根据工程特点和施工条件，科学安排施工程序、进行工程排队、尽量做到先地下、后地上，先三通一平（水通、电通、道路通、场地平）、后施工，并为安全生产创造条件。要考虑其他专业施工配合和协调关系。

5）采用先进的安装技术，提高工厂化、装配化和机械化程度，提高劳动生产率，确保工程质量。

6）加强综合平衡，改善劳动组织，努力降低劳动力高峰率，有效地组织二、三线工作，搞好后勤保障，做到连续均衡施工。

7）施工现场布置紧凑合理，方便施工，符合安全及防火要求，提高场地利用率，力求不占农田或尽可能少占农田。

8）实行全面质量管理，重视质量薄弱环节，提高安装工艺水平，保证工程质量。

9）采用有针对性的措施和全面安全管理，保证施工安全，实现文明施工。

10）推行确实有效的节约材料的技术措施。

四、编制程序

1）熟悉图样，审查图样，掌握重要设备和关键部位，了解主要工程内容。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）进行现场调查，写出现场调查报告。

3）选择并确定施工方案和安装方法。

4）计算工作量，编制施工进度计划、劳动力需用量计划、施工设备、机具需要量计划、材料供应计划、设备进厂进度表等。编制安全、质量、环境等方面的计划及各类计划的保证措施。

5）编制材料、构件、盘柜加工预制计划，并绘制加工图。

6）根据材料供应计划和设备进厂进度表，编制运输计划。

7）编制施工准备工作计划。

8）确定并布置施工平面图，确定临时供水、供电、供热管线，确定临时生产和生活设施，确定大件运输道路和卸车地点，确定库房、办公室、休息室的位置等。

9）计算经济技术指标。

10）审批。一般应由编写人签字、总工程师批准、工程负责人审核。

五、施工组织设计的类别

施工组织设计一般分施工组织总设计、施工组织设计、施工方案、施工技术措施四种。

一般工程项目投资较大（500 万元以上）的中型及以上建设项目，包括土建、设备安装、电气安装、外围工程等应编制施工组织总设计。

工程项目投资不大（50 万 ~500 万元）的单位工程应编制施工组织设计。

投资较少（10 万 ~50 万元）的小型工程应编制施工方案。

10 万元以下的工程应编制施工技术措施。

第二节　施工组织设计的主要内容

施工组织设计的内容主要包括工程概况，采用标准、规范及标准图册，施工总体部署计划/方案，施工工艺程序及施工方案（方法），质量目标、质量计划及技术措施，工期进度计划及保证措施，安全目标、安全管理方案及措施，环境目标、环境管理方案及措施，工程预算及投资计划，管理机构、施工组织及人员设置，机具计划及管理措施，人力计划及管理措施，物资供应计划及管理措施，安装技术措施及技术交底，安全技术措施及安全交底，安全事故/质量事故应急预案，施工平面及布置，经济技术分析及目标等。

一、工程概况

工程概况应用精练准确的语言概括叙述工程的地理位置、建筑结构和特点，工程项目的性质、规模、总投资、占地面积、空间体积，土建和安装分期建设意见、工期要求、质量等级、建设项目的生产流程、工艺特点、总平面布置及对所在区域内国民经济和生产建设的影响等。

电源进户位置、电压等级、变压器容量及台数、变配电站（室）的数量及回路个数，总装机容量。

最大容量电动机（或负荷）的规格型号、起动方式、电压等级，控制系统及控制方式，弱电系统主要设备及安装要求，电缆、导线、开关、配管、灯具等估算工作量，新设备、新材料、新技术、新工艺的项目及复杂程度，主要电气设备安装的技术要求执行标准等。

建设地区的气候、地形、地质、地理概况，生活、医疗、娱乐、服务状况，交通、水电

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

情况及地方风俗等。

主要设备、材料和特殊贵重物品到货供应情况，亟待解决的设备、材料、技工、劳力、运输工具等。

建设单位、设计单位、其他施工单位的概况、能力、提供的服务项目，有关建设项目的决议、协议、文件以及其他不妥之处和需要立即解决的问题等。

二、采用标准、规范及标准图册

施工组织设计应列出该项工程采用的、涉及的各种国家、部委、行业、地方工程标准，注明名称、标准号，必要时要注明标准的主要条款及内容，并且在工程实施过程中贯彻执行。

有关电气工程常用的标准、规范及标准图册详见本书第一章。

三、施工总体部署计划/方案

施工总体部署计划/方案是指对该项工程从施工准备到总体验收投入运行全过程的一个设想，主要阐明采用何种措施（包括人、机、料、法、环）以保证工程的质量、进度、投资、安全及其他相关工程指标/目标。

施工总体部署计划/方案应采用简便、明确、通俗的语言、直截了当地阐明承包方的观点、目标和方法，字数不宜太多，让对方一看便知道您的诚恳、承诺以及采取的措施和方法，让施工人员一看便了解该项工程必须做到什么程度及自己应该怎么去做。

四、施工工艺程序及施工方案（方法）

施工工艺程序是指每分项工程安装工艺的先后顺序，施工方案（方法）是指每一分项工程安装的工艺方法。

施工方法有顺序施工、平行施工和流水施工三种，一般采用流水施工；工期短、任务大应采用平行施工；有的工程则根据实际情况，部分采用流水施工，部分采用平行施工，或交叉进行。

安装工序安排一般按工程安装的工艺顺序，也可根据现场情况或工期要求截开同步进行。

施工方案中应明确写出施工方法的形式和工艺安排程序，哪部分流水，哪部分平行，哪部分顺序，哪部分同步以及和其他专业配合问题。

施工方案（方法），特别是工程中贵重设备、大型设备、关键设备或新设备（指以前未安装过或刚刚投放到市场的新设备）的施工方案，除写明工序外，还必须写明每道工序具体的安装方法、工艺要求、质量控制指标、检测或试验测试方法、所用仪器及单机调整试验方法、注意事项等。

五、质量目标、质量计划及技术措施

质量目标是指该项工程的质量目标，是整个工程的中心议题，质量目标是按企业质量管理目标、质量方针及标书或合同要求制定的。

质量计划是为实现质量目标而制定的指导施工作业质量的计划，列出分项、分部、单位工程的质量要求和计划，并层层分解、层层保证，以保证整个建设项目的质量。

技术措施是保证质量目标、质量计划实现的重要环节，要从人、机、料、法、环等凡能影响质量的各个环节仔细分析，并列出必须采取的措施，在整个施工过程中实施。

六、工程进度计划及保证措施

工程进度计划有两种形式，一种是工程综合进度表，一种是施工网络图。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

工程综合进度表是按照施工方案、施工日期的要求和根据工程量及劳动定额的计算，并考虑一定的裕量和可预见的工时数排列的表示工程进展情况的表格，它既表示分项工程的起止日期，又表示整个工程的起止日期，是一种直观表现工程进度的常用图表。工程综合进度表应考虑其他专业工程的进度及工期，避免相互影响。

施工网络图也称网络计划技术，它是通过网络图的形式，反映和表达计划安排、选择最优方案、组织、协调控制安装的进度和成本，使其达到预定目标的科学管理方法。施工网络图是把分项工程的先后顺序和相互关系用箭头符号从左至右绘制成图形，标出安装天数，通过时间的计算，找出关键路线并进行优化、调整，进而促进管理，这是工程综合进度表无法比拟的。

无论哪种形式的工程进度计划都应详细列出，保证进度计划实施的可行的措施，这里包括施工人员及技术人员的数量及工作的安排、施工机械工具的到位及完好、设备材料供应到货的准时及质量、安全设施的设置、施工方法及工艺程序的科学合理、现场条件的具备、后勤服务工作的到位、全体施工人员的精诚团结以及诸多能够激发全体施工人员积极性的措施等。

七、安全目标、安全管理方案及措施

安全目标是指该项工程的安全目标，是整个工程的重要议题，安全目标是按企业安全管理目标、企业对社会及上级安全承诺、标书或合同要求制定的。

安全管理方案是为实现安全目标而制定的，是指导施工作业安全的具体方案措施。它针对工程特点及环境，详细列出了可能发生的安全事故隐患、危险因素、危险源等，并制定相应的措施，实施后加以严格的管理，以保证安全施工。

安全管理方案明确指出安全第一，安全为了生产，生产必须保证安全。

八、环境目标、环境管理方案及措施

环境目标是指该项工程的环境目标，是整个工程的另一个中心议题，它是按企业环境管理目标，企业对社会及上级在环境方面的承诺、标书或合同要求制定的。

环境管理方案是为实现环境目标而制定的，是指导施工环境保持正常状态的具体方案措施。它针对工程特点、环境及现场条件详细列出影响环境的各种因素和各种危险源，如噪声、化学品、废旧料、油品等，并制定相应的技术和管理措施，实施后加以严格的管理和控制，以保证施工环境的正常状态。

九、工程预算及投资计划

工程预算是安装工程中最重要的文件，它是根据施工图、标准图册、相关技术文件，按国家工程预算定额（综合基价）编制出来的。工程预算必须详尽核算工程量及耗材料，并计入施工综合因素，它是决定工程经济效益的最基本依据。增加或减少项目必须做出预算的调整。

投资计划是按工程预算、物资供应计划、开工准备条件、安全及环境措施实施、人员进驻等相关条件，对资金投入的一个安排。投资计划必须保证物资供应到位、人员到位、安全及环境措施落实，开工准备条件充分。资金的投入包括建设单位按合同支付的款项和安装单位垫付的款项。

十、管理机构、施工组织及人员设置

管理机构是指该项工程设置的管理机构，它的规模和人员设置是按工程的大小、特点、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

技术难易程度、专业分工、工期要求、施工现场条件等设置的。主要包括项目负责人、技术负责人、各管理部门负责人及其职责分工。管理机构和人员设置，必须满足工程需要，必须职责和责任到位，但不应机构重叠。

施工组织是管理机构及其管理人员的主要任务，如确定工艺程序、施工方法、人员调配管理、控制进度、物资供应、质量监督、安全监督、环境管理、机具管理、指导施工、解决技术难题、处理现场各种事宜（包括办公、食宿、交通等）。施工组织是工程的关键。

十一、机具计划及管理措施

机具计划是指安装工程中使用的机械、设备、工具的计划，它是按照工程预算定额、工程进度计划及施工实际情况编制的机具到场作业计划。一般小型机具是工程必备的，而大型机具必须准确确定到场日期和作业时间，保证工期。

机具到场后应有管理措施，按照其使用的时间长短，进行周期维护、保养和试验，及时修复带病机具，保证工期，保证安全。

十二、人力计划及管理措施

人力计划是安装工程中各类作业人员、技术工人到场作业的计划，它是按照工程进度计划、劳动定额/预算定额及现场实际情况编制的。作业人员的人数及其技术技能必须满足安装工程的要求，以保证工程质量、进度和安全。作业人员到场后应有管理措施，特别是安全教育、技术培训、职业道德教育等应纳入工作日程，并根据每个人的实际情况安排适宜的工作，要人尽其才，发挥每个人的优势，确保工程顺利进行。

十三、物资供应计划及物资管理

“兵马未动、粮草先行”，这句话清楚地说明了物资供应计划及物资管理在安装工程中的重要地位，从某一角度上讲，物资供应计划及物资管理是保证工程质量、工程进度、工程投资的重要手段，这项工作做好了，工程也就完成了一半。

物资供应计划及物资管理主要包括设备、元件、材料、半成品、加工件、配品件、外协件、煤炭、油料等到货日期及供应计划、运输计划、施工机械及主要机具配备计划及进场日期、供货地点或单位等。物资管理包括设备、材料、机具的进厂手续、保管措施及主要保管员的职责等。同时应写明物资到货后的检验、试验的方法、内容及使用的仪器、对三证的要求等。

物资供应计划应超前工程进度，必要时应由两个不同的渠道供货。

十四、安装技术措施及技术交底

主要有关键部位及贵重设备的安装工艺方法，新技术的实施工艺过程，一般工程的技术交底，冬雨季安装技术措施以及执行的标准、规范、规程及采用的标准图册等。

如大中型变压器的运输、就位、吊芯检查、干燥处理，大截面母线的制作、焊接、安装，新型或贵重设备的安装调试，输电线路中大跨越、带电作业和不停电跨越的施工，特殊工艺（焊接、爆压、电缆头制作等），大中容量电动机的抽芯、起动设备的安装调试，复杂控制系统和继电保护系统、计算机及新型自动化装置的安装调试，施工和安装障碍的排除、技术要求、注意事项，系统调试、送电试车的技术要求和注意事项等。

特殊环境，像沼泽地、沙丘、山地、高寒地区的架空线路、火灾危险爆炸场所电气设备的安装、超静、高温、静电、多尘等场所的安装工艺、技术要求、注意事项及采取的技术措施方法等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

安装技术措施及技术交底应形成文字资料并有审批程序，开工前应下发至班组，及时组织施工人员、现场工人进行学习，必要时应有现场模拟演示示范。新技术、新工艺、新材料、新设备应组织骨干人员外出学习或将专家请来，详细进行交底演练。安装技术措施及技术交底包括安装过程中操作注意事项等。

十五、安全技术措施及安全交底

安全技术措施包括人身安全和设备安全的技术措施。安全交底是指安装过程中应注意的事项，有的应指出操作方法，有绝对禁止的事项，有应注意的事项，并指出防护措施。对高空作业、带电作业、交叉作业、冬雨季施工等应提出注意事项以及消防用品、防护用品、安全用具的使用方法，操作要领及技术措施等。安全技术措施与安全管理方案必须保证一致。其中，安全技术措施是有形实物的设备或设施，而绝非一纸空文；而安全交底则是以文字为主的资料并有审批程序。

安全技术措施在开工前必须设置完毕，并经验收合格方可开工。安全交底在开工前应下发至班组，并组织施工人员、现场工人进行学习，必要时应有模拟演练或示范。安全交底包括安装过程及操作规程中的安全注意事项。

十六、安全事故/质量事故应急预案

应急预案是指工程中出现突发事件、紧急情况和意外事故时应采取的应急处理方案，包括安全事故和质量事故两种预案，目的是有效控制、减少伤亡和损失。

应急预案必须写明安装工程中易发生的或潜在危险情况等较大事故应采取的紧急抢险方案和部署。如求救通信渠道、抢险人员调配、抢险设施调配、现场人员抢险分工、受伤人员抢救措施、物资抢救措施、救援人员到场后的安排、社会公共消防/武警到场后的相关事宜等。

应急预案编制并经审核批准后，必须组织相关人员进行学习，每年至少应进行一次实地演练，并总结经验，不断修改和完善，使其真正能在紧急情况下起到相应的作用，达到有效控制、减少伤亡和损失的目的。

十七、施工平面布置图

平面布置图指施工现场内各种设施的分布图，主要有办公机构、临建的安排，材料堆放贮存及保管措施，设备卸车存放地点及保管计划，道路及运输方式，水、电、气供应及管线布置，加工厂的设置，机动车辆及自行车的停车存放方式，生活设施及文化娱乐场所的安排，防火、防盗、废弃物堆放以及文明施工措施等。

安装工程应利用现场的可利用的各种条件，合理分布设置平面布置图。布置图应有利于施工，有利于物资进出，保证安全，保证文明施工。特别是外埠施工，平面布置就是企业的一个对外的窗口，是树立形象的一个重要组成部分，一个优秀的项目负责人必须重视这项工作。

十八、经济技术分析及目标

主要有工期及竣工日期、总预算价格、劳动生产率、质量指标、安全指标、环境指标、降本率、关键设备安装进度、原材料节约、工时数节约等指标。

经济技术分析应从这些内容中分析和预测这项工程的社会效益和经济效益。如哪些部分施工难度较大、投入较多，哪些部分工期可缩短，采取技术措施后哪些可节约成本。另外，也可对质量指标、安全指标、环境指标的可行性进行分析和论证，提出科学合理的改进建

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

议，进而保证工期，保证质量，节约成本，争取更大的效益。

十九、附实施记录

实施记录应详细、真实、按时、按人记录工程的全过程，必要时应由主要责任人、实施者签字。

第三节　施工工艺程序及施工方案（方法）的确定

为了合理组织施工，以取得更大的经济效益，安装过程应符合三个要求，即连续性、比例性、均衡性。

连续性是指安装过程中，各个工艺阶段、工序之间在时间上紧密衔接、没有或很少有不必要的停顿、间隔。

比例性是指安装的各个阶段、各道工序的生产能力（人和机械）要保持一定的比例关系。也就是各个安装环节的工人人数、生产效率、机械数量、材料消耗及供应等都应互相协调制约。

均衡性是指在规定的一段时间间隔内（年、月、旬）完成大致相同或稳定递增的工程量，使安装过程中不致出现前松后紧或经常突击加班赶工的现象，保证均衡地完成安装任务。

一、施工工艺/方法的类别

施工方法分顺序施工法、平行施工法和流水施工法。

1）顺序施工法是将工程分成若干个安装段，每个段也许是一道工序，也许是若干道工序，按照先后顺序依次进行安装，后一段安装必须在前一段全部完工后才能开始施工。这种施工方法使用劳力少，工期长，周期性起伏大，对劳力调配、施工管理以及服务性设施的投资都不利，尤其是按照专业分工，每个工种的劳力将造成严重窝工。

这种施工方法一般用在规模投资小、工期无严格要求、技术简单的小型工程上。

2）平行施工法就是将工程分段后各段同时进行施工。这种施工方法工期短、劳力机具集中且起伏更不平衡，对施工管理、质量控制、工程成本都有不利影响。

这种施工方法可用在工期要求短且规模不太大、突击性的工程中，通常不宜使用。

3）流水施工法就是将工程分段后分别由几个固定的专业安装队（班、组）依次在各段工程上完成同一内容或相近内容的安装任务，专业班组是按照一定的工艺方向循序渐进（简称流水）地作业。第一专业班组完成甲段的第一道工序后，再去乙段完成第一道工序；当第一专业班组进入乙段以后，第二专业班组立即进入甲段第二道工序，然后再去乙段完成第二道工序，这样一一传递如流水一样。

流水作业法所需劳力基本是随着各专业班组相继投入施工安装而逐渐增长，直到全面进入流水后劳力趋于稳定，最后第一个专业班组自最末段第一道工序撤下以后，直到最后一个专业班组自最末段最后一道工序撤下时，劳动力逐渐减少。工期虽然比平行施工略长，但保证了工程的顺利进行和各专业班组安装作业的连续性和均衡性，使劳动力得到了合理有效的使用，克服了窝工和劳力过度集中、不易管理的缺点。另一方面专业班组施工从技术熟练程度、质量控制、节约原材料、物资供应、安全施工、保证工期及施工管理上都比前两种方法优越，是经常使用的施工方法，尤其适用在大中型工程且工期要求严格的工程中。三种施工组织方法的进度、劳动力比较如图 8-1 所示。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

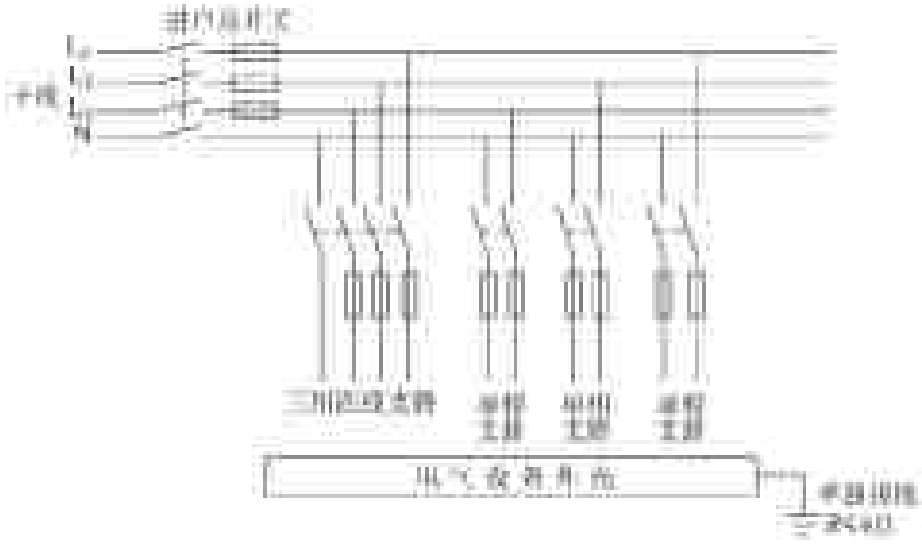


图 8-1　三种施工组织方法的进度、劳动力比较

上述三种方法各有特点，在组织施工时应根据工程的特点和现场具体情况而定，特别是要考虑与土建的配合，与其他专业的配合，因为安装工程大多是按土建的进度穿插施工，如果只按照本身的程序和特点组织施工，进度计划必然会落空。

二、流水施工工艺法

1. 基本参数

（1）安装段　将安装项目划分成大致相等的几个段落，各段的工作量大致相等，段数不宜过多，有足够的工作面，便于操作，有利安全生产及物资供应。

（2）安装层　多层建筑按垂直方划分的作业层，单层面积大且层数少可将一层或两层划为一个安装层；单层面积或小且层数多的可将几层至十层划为一个安装层。

（3）流水节拍　就是一个专业班组在一个安装段中完成作业所用的时间。流水节拍的确定有两种方法，一种是由总工期要求确定，划定每一安装段的作业时间；另一种是由安装段的工程量和现有能投入到工程上的人数、劳动定额以及材料、机械等因素综合考虑的，可用下式表示：

$$t=\frac{\sum Q}{\sum SR}=\frac{Q_1}{S_1R_1}+\frac{Q_2}{S_2R_2}+\cdots+\frac{Q_i}{S_iR_i}$$

式中　t——流水节拍；

Q——工程量；

S——劳动定额、综合因素等；

R——作业人数。

（4）流水步距　相邻两个工序或专业班组在同一安装段上开始作业的时间间隔，也就是后一个专业班组须在前一个专业班组开始作业后的多长时间再开始进入安装段与之平行作业。流水步距的大小对工期影响很大，在作业面允许、安装顺序合理、技术及设备等条件可能的情况下，流水步距尽量缩小，这样可缩短工期。

例如，变压器和开关柜安装就位后即可进行母线的测量和制作，不要等单体调试完了再

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

进行，但又要看工作面上是否允许、材料供应是否齐全，否则容易发生作业人员拥挤现象。

（5）流水展开时间　在一安装段上第一个专业班组开始作业到最后一个专业班组开始作业，其中间隔的时间称为流水展开时间。

（6）安装项目　电气工程是由很多不同的安装项目组成的复杂的生产过程，为了很好地组织流水施工，应将工程划分为若干不同的安装项目，交给各专业作业队（班组）进行流水安装。一般情况下安装项目数等于专业工作队数，也称细部流水数。

2. 流水施工法的分类

由于电气工程安装项目的不同，又限于土建工程的结构差异或其他专业的配合关系以及平面布置不同，因此，组织流水施工的方法也不尽相同。一般可分为流水段法和流水线法。

（1）流水段法　流水段法就是按前述方法把工程的安装项目分成若干工作量大致相等的安装段，组织若干个在工艺上密切联系的专业作业队，使其依次从一个安装段转到另一个安装段，以同样的时间重复完成相同的作业和工作量。当流水节拍和流水步距相等时，施工组织就会有节奏且均衡、连续地进行，叫做全等节拍流水施工法。

但是在实际工程中由于安装工程的类别不同，复杂程度也不一致，或者由于技术上或组织的原因，在各安装段上不可能用与其他项目相同的时间来完成时，则可使该工程项目的流水节拍成为某一流水节拍的整数倍，这样便成为成倍节拍流水。如果专业班组数和整数倍的数值相等，同一项目的各个专业班组就可以依次相隔整数倍时间投入施工。图 8-2 所示的三个安装项目，流水节拍分别为 6 天、4 天、2 天，6 和 4 都为 2 的整数倍，专业班组数应分别为 6/2 = 3、4/2 = 2、2/2 = 1，各班组依次相隔 2 天进入各自的安装段。

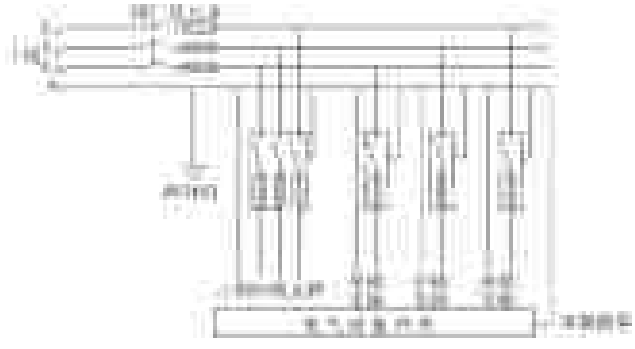


图 8-2　成倍节拍流水图

当各安装段的工程量不等、各专业班组生产效率互有差异，且不可能组织全等节拍或成倍节拍流水时，则可组织分别流水。所谓分别流水就是各施工队依次在各安装段上尽可能保持连续施工，但各安装段上并不经常都有班组在工作，又由于土建工程的进度关系，各工序之间不像节拍流水那样有一定的时间约束，在进度安排上比较灵活，这种方法在电气安装工程中应用很广。

（2）流水线法　工程中经常遇到延伸很长的线路，如架空线路、长距离电缆工程、高层建筑的电气竖井及照明、弱电等，我们将其称之为线型工程。线型工程结构上比较一致，工程量分布均匀。安装段就是一个班组在线型工程上完成某一安装过程所进展的长度，也就是流水速度。

流水线法组织施工就是由若干个在工艺上密切联系的专业班组（队），按一定的顺序相继投入安装，各个班组以不变的速度沿着线型工程不断向前移动。

组织线型工程流水，应根据工程的工艺过程，将其划分为几个安装项目和工序，选择一个时间较长的起决定作用的为主导施工过程，以此计算每班进度，并以此设计其他流水，使其和主导施工流水密切配合。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

流水线法主要是确定速度和各专业队投入安装的时间间隔。在实际工程先是规定出工期，计算施工速度，然后再组织施工力量。当规定的工期较短，施工速度不能满足工期要求，或各个专业班组速度不同时，可根据具体情况组织若干个平行的专业班组同时施工，或调整班组的人数而达到连续、均衡施工。线型工程流水施工图如图 8-3 所示。

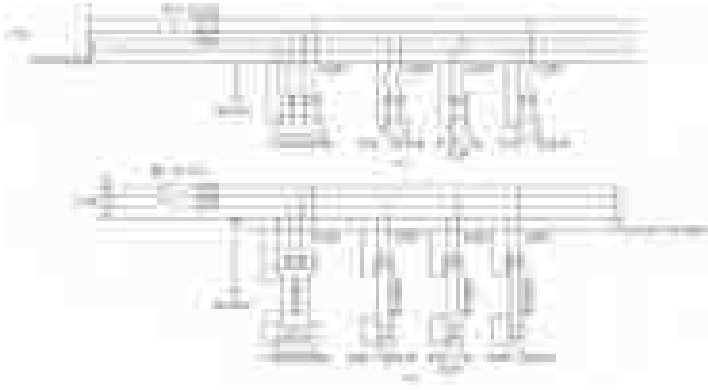


图 8-3　线型工程流水施工图

a）水平图表　b）垂直图表

三、电气安装工程的流水施工工艺

电气工程是一项复杂的技术难度高的生产活动，也是一项涉及其他专业面广，涉及材料、设备、技术门类繁多的专业，因此组织施工也有其特殊性和复杂性。只有掌握了电气工程的安装调试技术，并有较丰富的实践经验，按科学规律组织施工，才能把组织施工搞好。

1. 电气工程专业安装队（班、组）的划分

电气工程专业安装队（班、组）的划分可根据企业规模大小和性质来确定，规模大的企业可分得细一点、多一点，相应规模小的企业可分得粗一点、少一点；专业性强的企业应分得细一点、多一点，一般的企业可分得粗一点、少一点。粗细多少之分不是一成不变的，又可以在工程中互相调整补充。对于大型的工程可按细分去组织施工，小型工程又可将其粗分去组织施工；专业队的划分不是绝对不变的，各专业队应能完成其他作业队的工作，以便对小型工程施工或在工程中调整。

电气工程专业安装队（班、组）可划分为以下几种：

（1）准备作业队（班、组）　主要完成配合土建、大型重型电气设备运输及就位工作；也可分为配合土建和大件运输两个专业作业队。

（2）低压作业队（班、组）　主要完成低压动力、照明、天车、低压配变室以及开关柜、控制柜的制作等工作。

（3）高压作业队（班、组）　主要完成高压变电、配电装置和高压动力设备安装测试工作，有时又可将其分为一次作业队和二次作业队。一次作业队完成变压器、配电柜、主接线、断路器等安装工作，二次作业队完成控制回路、继电保护、测量系统及测试调整等工作。

（4）电缆作业队（班、组）　主要完成电缆敷设、电缆头制作等工作。

（5）外线作业队（班、组）　主要完成高低压架空线路及进户线的工作，又可分为测量土方、组装立杆、导线架设三个专业组。

（6）母线作业队（班、组）　主要完成变配电装置中硬质母线制作、焊接、安装等工作。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（7）弱电作业队（班、组） 主要完成电缆电视、火灾自动报警、通信广播、防盗报警、微机系统等弱电工程的安装调试工作，必要时又可细分为五个不同的专业队。

（8）电梯作业队（班、组） 主要完成电梯（包括扶梯、观光梯）的安装调试工作。

（9）调试作业队（班、组） 主要完成高低压系统变配电装置、动力照明、架空线路、电缆工程、母线工程等调试、试验等工作。

将上述九个作业队又可粗略地分为五个作业队，完成小型电气工程或单项电气工程。

1）低压班组主要完成上述（1）、（2）和电缆头制作等工作。

2）高压班组主要完成上述（3）、（6）的工作。

3）外线班组主要完成上述（5）和电缆敷设的工作。

4）弱电班组主要完成上述（7）、（8）的工作。

5）调试班组主要完成上述（9）的工作。

必要时又可将2）、3）合并，4）、5）合并成为三个专业班，即低压班、高压班、调试班。

综上所述，专业班组的划分非常灵活，主要根据工程和企业的实际情况出发，不能生搬硬套。

2. 电气工程安装段的划分

电气工程一般和土建工程联系在一起，但安装段的划分不同于土建工程段，土建工程段中电气工程的工程量也不尽相同。特别是小型工程安装段的划分比较困难，往往是按现场条件来划分，有时不详细划分。

（1）按电气工程本身的性质特点来划分

1）施工准备阶段主要工作量是配合土建下管、下盒，预埋铁件，各类金工件、管路的预制加工，各类开关柜、控制柜的制作以及设备、材料、运输机具、安装机具的准备工作和架空线路、电缆工程的测量、土方工程、立杆架线、电缆敷设等前期工作。

2）同步安装工程段详述如下：

① 高低压变配电工程。

② 低压动力、照明、天车、电梯、弱电系统等。

③ 高压动力设备。

3）调试及试车段主要工作量是电气系统的调试、送电、试车及试运行。

（2）按土建工程的自然单元划分

1）施工准备阶段内容同前。

2）同步安装工程段。大型工业建设工程中的车间、单层或几层的厂房、主机房、锅炉房、泵站、空压站、变电所、变电室、油站、污水处理站、库房及生活设施、办公楼、实验室等。

大型民用建设工程中的商场、影剧院、体育场馆、文化中心、写字楼等，大型学校、机关、高层住宅可按单元楼号划分。

小型工程一般按电气工程的性质特点来划分。

3）调试及试车段内容同前。

四、电气工程安装工序的确定

电气工程的安装工序，在一般情况下，应严格按照电气工程安装的工艺程序进行，只有

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在工期要求特别紧时，才采用平行施工法，在不影响质量的前提下，才允许打乱工序进行。但要求操作人员必须有高度的责任感和熟练的技术技能。

电气工程的安装工序从技术的角度上讲不容易打乱，否则工程将无法进行，只有个别的或者微小的打乱或调整，在实际安装中穿插进行。

第四节　施工组织管理机构的设置及管理文件的编制

一、施工组织管理机构及人员的设置

1. 大中型电气工程施工组织机构的设置

1）大型电气工程通常和土建工程、设备安装、外围设施等专业结合在一起设立××工程指挥部或项目经理部实行工程师负责制或项目经理制，设总指挥或项目经理一人，统筹管理、全面负责整个工程的工作。总指挥或项目经理应由建筑安装经验丰富、具有全面管理才能的、有相当资历的、在一定程度上能行使或沟通政府官方权力或关系的管理型人员担任，总指挥或项目经理应有一定的权威性和号召力，有解决复杂问题的能力。

设总工程师一人，具备以上条件并有高级技术职称，由技术型和管理型合一的人员担任。

设副总指挥或项目副经理若干人，分别主持各个专业工程的管理和技术工作，主要专业工程有建筑、结构、通用机械、设备、电气及自动化仪表、工业管道、钢结构、热工设备以及根据工程性质而设置的专业，如化工、冶金等。民用建筑亦可设置建筑、结构、电气、采暖卫生、通风空调、给水排水等。

副总指挥或项目副经理即为该专业的专业总工程师，也是整个工程的副总工程师，应由该专业经验丰富、具有全面管理才能和技术权威的技术管理型人员出任，应具备分析本专业复杂疑难问题并能解决本专业复杂疑难问题的能力，并有副高级技术职称。

设置总经济师、总会计师、总统计师各一名，分别负责工程中的经济、会计、统计工作。应由具有建筑安装经验的高级经济师、高级会计师、高级统计师出任，协助工程总指挥和总工程师做好财经、工程概算、预算和决算工作。

涉外、合资、外资、引进项目要设立涉外及法律事务所，应有高级翻译、律师数名，分别负责工程中的翻译、保险、法律及法规、涉外事务等工作。通常应由具有建筑安装经验的、熟悉项目专业技术的，熟练掌握外语、国际法律、涉外国家法律及国内法规的国际高级翻译、高级律师（兼职亦可）出任，协助工程总指挥或项目经理、总工程师做好涉外及法律事务工作，解决、仲裁涉外及法律纠纷，熟练翻译外文资料及口语对话以及工程中的投招标、索赔、保险等工作。

2）专业总工程师（工程副总指挥或项目副经理）的职责。协助工程总指挥或项目经理和总工程师工作；主持本专业的技术工作和管理工作，掌握工程进度，指挥调度生产，组织指导安装；决定本专业工程中及施工现场重大生产问题及处理，重要技术问题和其他重大事宜；决定本专业工程中的技术改造；参与关键部位、贵重设备、复杂系统及技术难度较大部分的施工方案的编制及其设计变更的审定签发，并主持解决工程上的技术难题；审核或编制本专业施工组织设计并落实安全措施和质保体系，参与施工组织总设计的编制；协调与其他专业间的较大技术问题及施工问题的关系，并作出决定；负责本专业工程上技术文件、各类报告的签发，审核本专业工程的预算决算；审批学习培训计划并指定负责人组织实施等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

必要时可设专业副总工程师，协助专业总工程师的工作。

输电、变配电工程涉及其他专业较少，可参照上述设置，主要有总指挥（项目经理）、总工程师各1人，副总指挥（项目副经理、副总工程师）2～3人，总工程师的职责即为上述专业总工程师的职责并协助总指挥工作，副总协助总工程师的工作，必要时可设总经济师、总会计师和总统计师，或只设一个或两个。有关设置的人选资质同前。

3）管理机构的设置。电气工程应设以下专职机构并确定机构的负责人：

供应部主要负责设备、材料、机具、零部件、外协件的供应、保管及运输工作；主要执行施工组织设计中物资供应计划和工程进度计划，并解决工程临时出现的各种供应工作。供应部是工程的核心部门。

后勤部主要负责生活后勤方面的工作，如住、饮水、洗澡、用餐、娱乐、医疗卫生、文化以及临时供水、供电、供气、工地卫生、文明施工的工作；主要是执行施工组织设计中平面布置和工程概况及现场调查部分内容。它是最先到达施工现场的部门，这是极为重要的。

施工部主要负责工程进度的安排、掌握工程进度、调度生产和劳力、解决现场施工问题、处理协调各方面的关系、编制预算书、合同及协议的签订、提供设备材料机具供应计划、劳动力需用量计划等；主要是执行施工组织设计中的工程进度计划、施工方案及施工组织的确定以及现场发生的有关施工问题等，编制安全及环境管理方案，并监督执行，编制应急预案并演练。施工部是工程的核心部门。

检查部主要负责安装质量、施工安全的监督检查和验收、编制质量计划并监督执行、安全措施的实施、提出保证质量和安全施工技术措施以及原材料、设备进厂检查验收等。对于施工组织设计主要是落实安全交底及技术措施、技术交底以及编制创优方案等。当工程实行监理时，检查部应与监理工程师配合及协调工作。

保卫部主要负责工程的安全、保卫、防火、防盗、防洪及其他部门职权以外的工作。

技术部主要负责工程的技术工作，检查监督施工方案、技术交底、安装技术措施的实施、解决技术难题以及攻关项目的研制、收集工程资料、技术培训、审核图样、签发变更、提供学习培训计划、编制施工组织设计及施工方案、审核批复质量计划、安全及环境管理方案和应急预案，并监督实施；对施工组织设计主要是落实安装技术措施、技术交底、工程进度计划等。技术部是工程的核心部门。当工程实行监理时，技术部应与监理工程师配合及协调工作。

上述施工部、技术部、检查部的负责人应由电气工程副总工程师或项目副经理担任；供应部应由物资管理熟练、有实际经验、善于外交公关且对电气专业熟悉具有中级技术职称的人出任或由总经济师担任；保卫部、后勤部应由对工作认真负责、热心于服务业的并有实际经验的干部担任。

机构的工作人员由负责人选定得力助手担任。

各部负责人组成工地或现场工程指挥部或项目经理办公室，由施工部负责人和技术部负责人任工地负责人，现场指挥生产，统管各个部门的工作、协调关系、组织施工、发现问题，及时解决。工地负责人选择熟悉安装施工的具有中级技术职称的优秀人选组成现场办公室，主持和负责工地的日常工作。

上述各个部门的人选的数量应根据工程规模的大小、工程性质、工期要求等各方面的因素确定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）专业作业队的确定。根据工程项目的作业内容、工程量确定专业作业队，明确写出作业队（班、组）的名称、编号、负责人姓名、作业人数、进入工地的日期、安装段的名称编号、自然单元或工程项目的名称工作内容、计划完工日期等。

专业作业队（班、组）负责人的职责如下：专业作业队（班、组）负责人即为工程自然单元或工程项目的专业工长或施工技术员、承包队长，负责该项工程的生产安排、施工组织以及技术工作，是整个工程中最关键的中层管理人员，是指挥员；应按照施工图和施工组设计（施工方案）、标准图册，并根据国家有关施工验收规范及工程项目的要求，组织各工种在安装段上进行施工安装，下达任务单、分配劳力、技术交底、安全交底、解决安装过程中的各种问题，及时向施工部、技术部、检查部汇报工程进展情况及出现的各种问题（设备、材料、机具、人力、技术及有关方面平衡和不平衡的问题），根据工程进度和现场条件，作出交叉配合的安排、协调和处理和其他作业队、其他专业的关系；提出需要编制施工方案和安装工艺的项目报技术部，提出新设备、新技术、新材料、新工艺学习培训计划及人选报技术部，审核图样、熟悉图样，提出合理化建议报总工程师；提出预制加工计划报施工部，提出民工或劳力需用量计划报施工部；提出设备、材料、机具及大型机械台班计划报供应部；及时掌握人员动态并向后勤部、工地办公室提出生活改善建议和措施等；领导作业队保证工程质量、同心协办，按期或超期完成安装段的工程，并详细记录施工日志、备查。

专业作业队的负责人应由具有丰富安装经验并能组织施工、能和工人同甘共苦、身先士卒的具有工程师职称或高级技师职务的人员担任。

中型电气工程比照上述内容，适当压缩人选，根据工程实际情况适当调整即可。

电气工程施工组织机构的设置如图 8-4 所示。

2. 小型电气工程施工组织机构的设置

对于小型电气工程来说安装单位不派出、也不另行设置施工组织机构，施工组织的执行机构由企业的经理或项目经理、总工程师、施工处长、主任工程师、专业工程师以及供应科、后勤处、施工科、质量安全科、保卫料、技术科担任，各对应比照上述范围的职责去工作。

小型电气工程的施工组织主要是确定工地的负责人或工程的工长（项目经理）、施工技术员及作业班组。

一般情况下工长或工程承包队长即为工地负责人，完成上述专业工长的职责，此外还要安排工地生活、保卫、物资供应等工作。较大的工地可确定几个工长，一般为 1 ~2 名。

作业班组的确定是由工程量及工程项目的内容确定的，一般有五个专业作业班组（低压、高压、外线、弱电、调试），同样应写出班组名称、负责人姓名、作业人数、进入工地日期、安装段或工程项目内容、完工日期等。较小的工程、工期要求不紧，通常确定一个作业班组即可，可在人数上调整，从施工准备直到调试送电运行，不按专业划分。但是有时工程虽小，但系统复杂，专业技术性强，有时派几名专业工人去处理，不作为专业作业队的调动，必要时还需专业队，这是根据工程和现场条件决定的。但是无论哪种确定方式都必须保证工程质量、保证工期，并按施工方案或施工技术措施去指导施工，圆满完成工程。

二、质量计划的编制及保证措施

质量计划由项目经理及工程技术负责人组织编写，编写后由技术负责人审核，由企业管理者代表/总工程师批准。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

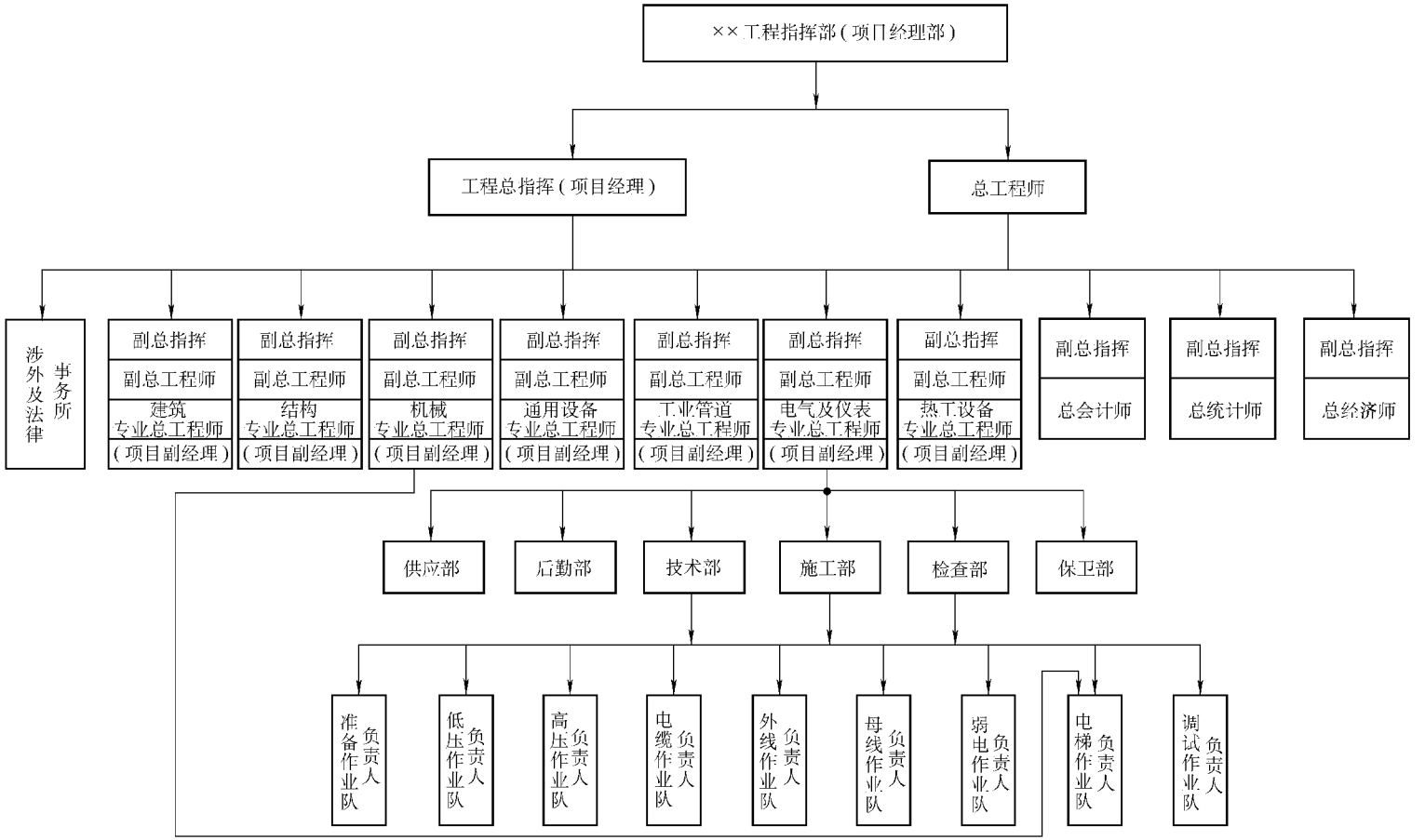


图 8-4　电气工程施工组织机构的设置

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1. 主要内容

（1）工程质量目标及保证措施　工程质量目标应按公司质量管理体系的质量管理目标、质量方针及合同要求制定，并将服务的目标列出。保证措施主要是从“人、机、料、法、环、安全”等方面详尽说明。工程质量目标应按上述要求分解到分项工程中去，对于规范中规定的保证项目以及工程中的关键过程、特殊过程、隐蔽工程、贵重设备的质量要求要一一写清楚，用分项工程的质量总和来保证分部工程的质量，用分部工程的质量总和来保证单位工程的质量，用单位工程的质量总和来保证建设项目的质量，层层分解，层层保证。质量计划应包括下列内容：

1）编制依据。

2）项目概况。

3）质量目标。

4）组织机构。

5）质量控制及管理组织协调的系统描述。

6）必要的质量控制手段，施工过程、服务、检验和试验程序等。

7）确定关键工序和特殊过程及作业的指导书。

8）与施工阶段相适应的检验、试验、测量、验证要求。

9）更改和完善质量计划的程序。

（2）确定完成工程项目所需的过程

1）施工准备，包括审图及施工组织设计。

2）现场技术复核或核定测量。

3）安装工序及工艺控制测量。

4）调整及试验。

5）试车/试运行。

6）整理工程文件资料。

7）交付及验收。

（3）完成工程所需的资源和文件

1）列出人力、设备、材料、基础设施、施工机具、检测试验工具及仪器仪表、安全设施、流动资金等内容，也可引入施工组织设计的相关内容。

2）列出施工验收规范、图样、标准图册、参考文献、法律法规、地方相关文件的目录清单。

3）其他相关内容。

（4）工程所需的验证、确认、监视、测量、检验、试验活动计划及工程验收准则条件

1）列出每个分项工程及关键过程、特殊过程、隐蔽工程、贵重设备的检测点及检测标准。列出设备、原材料检验试验标准。

2）列出分部工程中的检测点及检测标准。

3）列出单位工程中的检测项目及标准。

4）列出工程检验及验收准则及条件。

5）列出其他或监理方需检验测量的检测点。

（5）列出记录　列出证实过程及其工程符合性所需要的记录，并要求记录需与过程同步及其填写要求，其中记录包括两个方面的内容。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）质量管理体系记录。按企业质量管理体系程序文件执行，这部分记录不存入工程档案，但作为审核资料。

2）工程文件资料记录必须符合 GB/T 50328—2001《建设工程文件归档整理规范》的要求。这部分记录存入工程档案，并按要求进行收集整理。

（6）评价或确定该项工程的其他需求　例如法律顾问、涉外机构、监理资格等。

2. 质量计划的落实及实施

质量计划同施工组织设计一样，需经上级批准并组织施工人员学习，并落实每个人的责任，特别是材料、设备、管理人员及主要施工技术人员。同时报相关部门备案。

三、安全管理方案的编制及实施措施

安全管理方案的编制较为复杂，必须从工艺过程、地形、环境、气象、交通、自然条件、设备试运行及劳保规定等方面考虑，以防遗漏。

1. 危险因素的调查和确认

安装工程一般条件下有以下危险因素：

1）土方开挖坍塌。

2）坑、沟内作业时土方坍塌。

3）脚手架搭拆时物体打击或坠落。

4）物体打击。

5）交叉作业物体打击或碰撞。

6）高处作业坠落。

7）吊具、塔吊、吊车组装拆卸物体打击或坠落。

8）电动工具损伤或机械伤害。

9）吊装作业的伤害。

10）临时用电或送电调试试运行触电。

11）临时设施安装拆除机械伤害、打击或触电。

12）撅弯、加工碰撞伤害。

13）安全防护设施配置缺陷造成损伤。

14）机加工机械伤害。

15）中毒或可爆物、可污染物造成的伤害。

16）女工防护及劳动保护不到位造成的伤害。

17）其他原因造成的伤害。

项目负责人或作业人员应根据施工项目特点、环境、工期要求等条件调查、分析施工中可能出现的危险因素及伤害，并进行确定，每个危险因素应编制安全管理方案。

2. 安全管理方案的主要内容

（1）目的　针对危险因素写明控制要达到的结果，如轻伤控制在 2.4‰以下，杜绝重大伤亡等，或保证安全施工，杜绝工伤事故等。

（2）控制措施　针对危险因素，写明控制的方法、措施、设备及注意事项等。

3. 举例（仅供参考）

这里以电气工程中最常见的高处作业管理方案为例，进一步说明管理方案的编制，仅供读者参考。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（1）目的　高处作业易发生高处坠落事故，为防止事故发生，特制定本方案。

（2）控制措施

1）有如下一般规定：

① 各类高处作业必须编制有针对性的施工组织设计或施工方案。

② 施工前，应逐级进行安全技术交底，落实所有安全技术措施和人身防护用品，未经落实时不得进行施工。

③ 高处作业中的安全标志、安全设施和所用的各种设备、工具，必须在施工前加以检查验收，确认其完好后，方能投入使用。

④ 施工中对高处作业的安全技术措施，发现有缺陷和隐患时，必须及时解决；危及人身安全时，必须停止作业。

⑤ 雨天和雪天禁止高处作业；高处作业部位有水、冰、霜、雪时应及时清除，清除后方可作业。

⑥ 因作业必须临时拆除或变动安全防护设施时，必须经施工负责人同意，并采取相应的可靠措施，作业完成后应立即恢复。

⑦ 悬空作业处要有牢靠的立足处，并视具体情况，配置防护网、栏杆或其他安全设施。

⑧ 悬空作业所用的索具、脚手板、吊篮、吊笼、平台等设施，均需经过验收合格后方可使用。

2）线路铁塔制作安装、塔筒类设备高空组对焊接前，其筒节、构件应尽可能在地面组装，并应搭设进行临时固定、电焊、高强螺栓连接等工序的高空安全设施，随筒节或构件同时上吊就位。拆卸时的安全措施，亦应一并考虑和落实。高处组对焊接时作业周边必须搭设防护栏杆和张挂安全网。搭设的临时平台应稳固，有足够作业空间和强度。

（3）安装　架空线路安装时必须做到以下几点：

1）仔细检查脚扣、升降车、梯子、安全带/绳及其他安全用具的结构及其磨损情况，如有瑕疵必须更换，不得使用。

2）杆/塔上作业时除系安全带、穿防滑鞋外，必须上下、左右配合一致，传递杆件/元件时必须呼应，不得抛掷。

3）紧线前必须详细检查拉线、地锚、横担/构架，紧线时必须有专人监视地锚和拉线。

4）爆接时应遵守爆接相关的规定。

5）在杆/塔上作业时，地面必须有专人监护，及时提醒作业人员的误动作。

（4）配合土建下管下盒　配合土建下管下盒时必须做到以下几点：

1）撅弯时必须有足够的作业面，必要时应有临时护栏，步调要一致。

2）防止地面上尖锐物件扎脚，防止地上物件碰头。

3）使用梯子必须有防滑装置。

（5）油漆管路　油漆管路时，严禁站或骑在窗槛上操作，刷外开窗扇漆时，应将安全带系在牢靠的地方；油漆高处设备、管路时应站在操作平台上操作，悬空作业时应系挂好安全带。

（6）高处作业　高处作业时，应站在操作平台上作业，悬空时要系挂安全带；在紧螺栓和撅弯时，用力不得过猛；不得站在房屋结构梁上操作或行走。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

四、环境管理方案的编制及实施措施

1. 危险源和环境因素的调查和确认

(1) 危险源和环境因素调查确认的方法

1) 根据以下情况进行确认：

① 不符合职业安全卫生法律、法规、标准。

② 相关方有严重抱怨。

③ 曾经发生过事故，但未采取防范、控制措施。

④ 直接观察到可能导致危险的因素，但无适当控制措施。

2) 识别环境因素从六个方面来进行辨识：

① 向大气的排放。

② 向水体的排放。

③ 废物管理。

④ 土地污染。

⑤ 原材料和自然资源的使用。

⑥ 其他当地环境问题和社区性的问题。

3) 危险源应从以下几方面进行识别：

① 厂（场）址的工程地质、地形、周围环境、气象条件、资源交通等。

② 施工工艺过程。

③ 设备设施安装的运行、维护。

④ 有毒、有害原材料贮存与使用。

⑤ 体力劳动强度、女职工劳动保护。

⑥ 管理设施、事故应急抢险和辅助生产、生活卫生设施。

2. 安装工程中常见的危险源和环境因素

1) γ 源及其脱落。

2) X 射线。

3) 焊渣、焊剂、焊条头。

4) 化学品及油品。

5) 工业废水及生活污水。

6) 工业粉尘。

7) 工业噪声。

8) 土方沙尘。

9) 钢材、能源、原材料的使用。

10) 固体废弃物及施工垃圾等。

上述经常发生/造成人员伤害/造成较大影响/造成较大浪费/有较大危害的危险源或环境因素应制定环境管理方案。

方案由项目负责人制定，由公司技术安全部门批准实施。

3. 环境管理方案的主要内容

(1) 目的　针对危险源/环境因素写明控制要达到的效果。

(2) 目标和指标　列出执行的标准，针对各项列出要达到的最大允许值。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（3）方案和措施　详细列出各种危险源和环境因素的防治措施和实施方案，并列出完成时间、实施部门和负责人。

这里仅举一例，仅供读者参考。

4. 噪声污染管理方案实例

（1）目的　遵守法律法规，控制施工生产过程产生的噪声，使其达标排放，实现公司制定的对噪声源控制的目标和指标，保护和改善生产、生活环境，保障人体健康。

（2）目标和指标

1）目标：对噪声源进行控制，噪声限值执行国家标准 GB 12523—2011。

2）完成的指标：主要是施工场界噪声值。

① 昼间：机械施工（各种机械产生的噪声）<75dB；打桩施工（打桩机）<85dB；结构施工（振捣、电混凝土搅拌）<70dB；装修施工（电锯、升降机）<65dB。

② 夜间（晚 22 点至次日早 6 点）：土方施工<55dB；机械开挖夜间禁止施工；机械施工<55dB；装配施工<55dB。

（3）方案和措施

1）周边环境对施工现场有特殊要求的工程，在施工前做好隔声降噪围挡、围帘。

2）现场机械加工棚，空压站进行封闭。

3）作业人员在手工敲打、装卸物料、脚手架搭拆作业时要轻拿轻放。

4）在敏感区进行电锤使用、机械开挖、割机、砂轮机使用时，应在白天施工，且应做好安全告示，取得谅解，禁止在夜间进行以上作业。

5）在敏感区进行金工件、柜体制作时，铆工大锤操作应在白天进行，有条件的情况下尽量采用机械方式减少大锤操作作业。

6）合理安排易产生噪声的施工工序，未经批准敏感区禁止夜间施工。

7）若因施工噪声引起居民投诉，要对居民投诉做好接待工作，并责成专人处理。

8）合理安排易产生噪声的施工工序，未经批准禁止夜间施工。

9）在居民区施工要做好告示，以取得谅解。

10）对有噪声产生的设备，按照噪声污染控制程序（企业环境管理程序）的规定采取降噪措施。并对现场噪声进行监测，做好记录。

最后写明完成时间、落实部门、主责部门、相关部门及编制日期。

五、安全事故、质量事故应急预案的编制及演练

1. 突发事故/紧急情况的确认

一般条件下，安装工程有以下突发事故/紧急情况易发生：

1）火灾、爆炸，危及人员、设备打料及周边建筑物。

2）突然停电、停水，对工程造成较大影响。

3）暴雨、洪水、雷击、特大风等自然灾害。

4）重大或较多人员工伤、伤亡事故。

5）触电，造成较大伤亡或造成较大影响。

6）较大面积人员急性中毒。

7）较多人员食物中毒。

8）化学品、放射源泄漏，造成较大影响。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）土方或建筑物坍塌，造成较大的漏水、漏电、漏气、人员伤害，危及周边建筑物。

10）大型机械设备故障造成重大人员伤亡等终止工程正常进行的突发事故/紧急情况。

针对上述可能发生的事件应制订应急预案，并根据现场情况进行实地演练。

方案一般由企业安全部门制定，由总工程师批准，由项目经理负责组织实施和演练。

2. 主要内容

（1）目的　应急响应，减少人员伤亡及财产损失。

（2）范围　列出应用的施工项目。

（3）应急准备　列出应急的准备工作，如人员、组织、物资、通信、培训、演练等。

（4）应急响应　紧急情况/突发事件发生后应急方案的启动程序、方案、实施、要求及具体操作事宜。

3. 举例（仅供参考）

例1　企业突发事故或紧急情况的应急预案

（1）目的　为对已发生的事故或紧急情况快速做出反应，最大限度地减少事故或紧急情况造成的人员伤害和财产损失，降低对环境的影响，制定本应急预案。

（2）范围　本应急预案适用于公司、分公司、项目经理部产品实现、过程、服务和办公生活区。

（3）应急准备

1）应急组织结构如下：

① 公司建立以总经理为组长、安保处为副组长的应急领导小组，办公室设在安保处。

② 分公司建立以分公司经理为组长的应急领导小组，办公室在质安科，应急领导小组名单报公司应急领导小组（安保处）。

③ 施工项目建立以项目经理为组长的应急领导小组。

④ 各级（公司机关、分公司、项目）均要建立义务消防队（抢险队）。详细列出人员名单，并规定其职责及在得到应急通知后应进行的工作。

2）职责如下：

① 各级应急领导小组负责公司、分公司、项目经理部应急准备与响应的领导工作；安排有关人员分别指导、监督、检查公司、分公司、项目经理部的应急准备与响应的控制情况；公布应急电话和通信方式，如火警119、匪警110、急救120等。

② 公司、分公司应急领导小组接到分公司、项目经理部发生事故或紧急情况的报告后，在可行或必要时，立即组织相关人员赶往现场协调组织抢救。

③ 公司、分公司应急领导小组分别组织公司、分公司机关紧急情况发生后的抢险。

④ 应急领导小组组长为现场抢险总指挥，组织指挥、协调现场抢险工作。当组长不在时，依次按副组长、成员顺序担任现场抢险总指挥，履行总指挥的职责。

⑤ 应急领导小组应组织应急预案的培训，必要时组织模拟演练，演练后对预案进行评审或修订。

⑥ 各级义务消防（抢险）队要服从指挥，调得动，拉得出，用得上。

3）应急设备、设施的配备、列出明细、存放地点、启用程序、维护保养等。

（4）应急响应　通过危害辨识与风险评价，公司确定如下伤亡事故或紧急情况：

1）火灾及爆炸。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）施工现场突然停水、停电。

3）暴雨、洪水、雷击、特大风等自然灾害。

4）因工伤亡事故（根据危害辨识确定的重大危害因素有高处坠落、物体打击、触电、坍塌、机械伤害、起重伤害、中毒窒息）。

5）急性作业中毒、食物中毒。

6）化学危险品、放射源泄漏。

针对以上列出的潜在事故或紧急情况控制措施失效的情况下，按相应的应急预案处置。

（5）记录和处理　按企业管理程序文件《应急与响应控制程序》和《事故、事件调查处理控制程序》要求进行记录、传递和处理。

例 2　因工伤亡事故应急预案

（1）目的　对潜在的事故或紧急情况控制措施失效的情况下，快速做出反应，最大限度地减少事故或紧急情况造成人员伤亡和财产损失，制定本应急预案。

（2）范围　本应急预案适用于施工项目高处坠落事故、物体打击事故、机械伤害和起重伤害事故。

（3）应急准备

1）公司、分公司的医务室要常备抢救工伤事故的药品。

2）项目要备有急救箱和抢救工伤的药品（止血带、绷带、药棉、消炎药品及担架）和有医务技能的义务人员。

（4）应急响应

1）发现事故者应立即呼救，在场的任何人员均可组织抢救伤员，并立即向项目应急领导小组成员或其他领导报告。

2）应急领导小组成员接到报告后，要立即赶赴事故现场组织抢救伤员。

3）抢救过程中要注意救助方法，应尽量用硬板担架，保护好伤者的头、颈部，如有出血要进行止血包扎，如有骨折要尽量避免大力搬动骨折部位，以免扩大伤害，不可贸然给伤者做人工呼吸。

4）在市区或距市区较近的区域施工，在抢救伤员的同时要立即拨打“120”请求救护，求助时要讲清地址、路线、受伤害人数和受伤害情况；如远离医院要组织车辆将伤者送往距离最近的医院，用电话通知医院提前做好危重病人的抢救准备，搬运伤者时要尽量使用硬板担架或其他硬质物品。

5）抢救伤员时尽量避免破坏事故现场，在抢救过程中组织者要安排人员进行监护，注意其他险情，避免造成其他伤害。

6）组织人员进行现场隐患排查，救助处于危险境地的人员，安抚现场人员，做好思想工作。

7）事故发生后要按程序立即逐级上报，如是重大或多人事故，分公司、公司应急领导小组要组织相关人员立即赶赴事故现场组织抢救，如果造成重伤、死亡以上事故要按规定向政府主管部门和行业主管部门报告。

第五节　施工现场平面图及布置

电气工程的平面布置，常和土建工程一并考虑，有的布置需等土建具备安装条件才能使

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

用。合理布置施工现场可便于施工，减少混乱，减少二次搬运，减少临时设施的设置、节约财物资金，加快工程进度。同时还可以体现文明施工，加快安装工厂化、装配化、标准化的进程，在实际施工中有很重要的意义。

施工现场平面布置，是按照施工组织安排、施工方案和工程进度要求，对现场施工用的交通道路，临时水、电、热力管线、生产和生活用临时设施、设备、材料、机具、车辆的存放和加工场地等，进行合理规划布置，以指导现场施工。

一、施工现场平面布置的原则

1）基本符合施工和安装的需要，方便生活，保护环境，有利于施工。

2）在保证施工和安装的前提下，尽量少占或不占农田耕地。

3）充分利用原有旧建筑物和新建的永久性建筑物或设施作为临时设施，尽量减少临时建设费用，临时建设费用一般控制在工程直接费用的2%以内。

4）尽量减少设备、材料的二次搬运，大件的卸车地点应靠近安装地点，如果条件允许尽量就位卸车。

5）布置整齐有条有理，符合安全操作要求及防火规范和文明施工的原则。

6）注意本期工程与后期工程的衔接、前后工序的安排，尽力减少或避免临建拆除、就地搬迁。

二、施工现场平面布置需解决的问题

1）经常保持运输设备材料的道路畅通，交叉道路应正交。应设置消防通道和安全疏散通道。

2）合理布置制作加工用的场地车间，笨重加工件要考虑运输条件。

3）安排存放设备材料的场地、库房、必要时兴建临时库房，要考虑运输保管领取的方便和安全。

4）安装用电应按用电高峰时常用机械所需容量和照明用电计算，合理选择变压器及其安装位置，应尽量位于中心地段，并有安全防护措施。合理选择用电点，采用标准化的安全配电箱，有漏电保护装置，临时线路应符合电业规范要求；使用建设单位电源时应装电能表；用电前应将有关增容手续办好。

5）安装用水应和土建工程协商好，单独电气安装工程可使用建设单位用水；临时管路应符合要求。

6）现场办公室、安装班组更衣室、休息室、娱乐文化场所、食堂餐厅、饮水锅炉、洗澡间、厕所等应按正常施工人员考虑，尽量利用已建成的建筑物，如车间内的办公室、库房、操作室、值班室、休息室等。

7）汽车停车场、自行车车棚应设在厂区之外。

8）安全、防洪、防火、防盗、防雷应符合标准规范要求。

9）大中型工程的生活区应设有排污水系统、垃圾处理系统。

10）冬季施工要考虑采暖保温措施等。

三、电气工程安装平面布置的依据

一般应收集以下资料，作为施工现场平面布置的依据：

1）厂址位置图、厂区地形图、厂区等高线测量报告、厂区总平面图、地下及地上设施管网布置图。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）工程综合进度计划（包括各个专业）。

3）主要装置、大型设备的施工方案。

4）各个专业加工预制系统的工艺流程及分区布置初步方案。

5）设备材料总量、现场储备周期、供货及运货方式、重型设备的安装位置、设备及材料的用量及供应计划、机具需用量计划、设备进厂进度表、运输计划等。

6）各类临建项目的数量、用途、外廓尺寸、结构型式。

7）原有水源、电源及新建水源、电源的走向、线路。

8）有关的施工图设计资料。

9）有关自然条件和技术经济条件的调查资料等。

四、平面图绘制要求

1）平面图应有图例、比例、坐标方格和方向图标。

2）拟建、原有建筑物的位置、标高、坐标、面积轮廓。

3）厂区的边界、地界、地理状况。

4）各种施工设施的分布及坐标、标高。

5）图线清晰，位置准确。绘制比例，大中型工程一般为 1∶1000 ~ 1∶2000，小型工程或单位工程为 1∶200 ~ 1∶500。

五、平面图绘制步骤及方法

1）调查研究，分析资料，在原基础上，熟悉图样、施工方案、进度计划要求以及现场周围情况。

2）根据原有道路和选用的运输方式、防火消防要求将道路标注在平面图上。

3）确定仓库、各种堆放场、预制加工厂的位置，并标注在平面图上。

4）确定工地办公室、生活福利设施及临建设施的位置，并标注在平面图上。

5）确定供水、供电线路以及水塔、水池、泵房、消火栓、变压器、用电点配电箱的位置、水电及其动力管线及设备的规格、数量、尺寸等，并标注在平面图上。

6）确定大型机具和其他有关设施的位置，并标注在平面图上。

7）召集施工部、技术部、供应部、保卫部等有关人员会审初步设计，提出修改建议，并通过施工平面布置设计方案，由总工程师及有关人员签发。

8）绘制，例图如图 8-5 所示。

施工总平面图的绘制组织工作一般由土建工程总承包单位主持，其他专业施工单位提供材料，通过协商编制。电气工程承包单位只绘制局部或单位工程施工平面图或以电气工程为主的工程的总平面图。小型电气工程，特别是以电气为主的小型电气工程也应绘制平面图，做到文明施工。

六、施工平面图的管理及变更

施工平面图是一个超前的规划设计，如何贯彻执行设计意图，使其发挥作用，往往是一项艰巨而复杂的工作。如果掌握不严、管理不善，就会造成现场混乱，影响工程进度。

为了建立良好的施工秩序，做到文明施工，必须加强施工平面图的管理工作，应做到下列几点：

1）由施工部派专人管理，明确职权范围，进行检查、督促、安排施工现场施工和安装。

2）建立先申请需用场地及临建设施，后进场施工的管理制度，严格管理施工现场。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

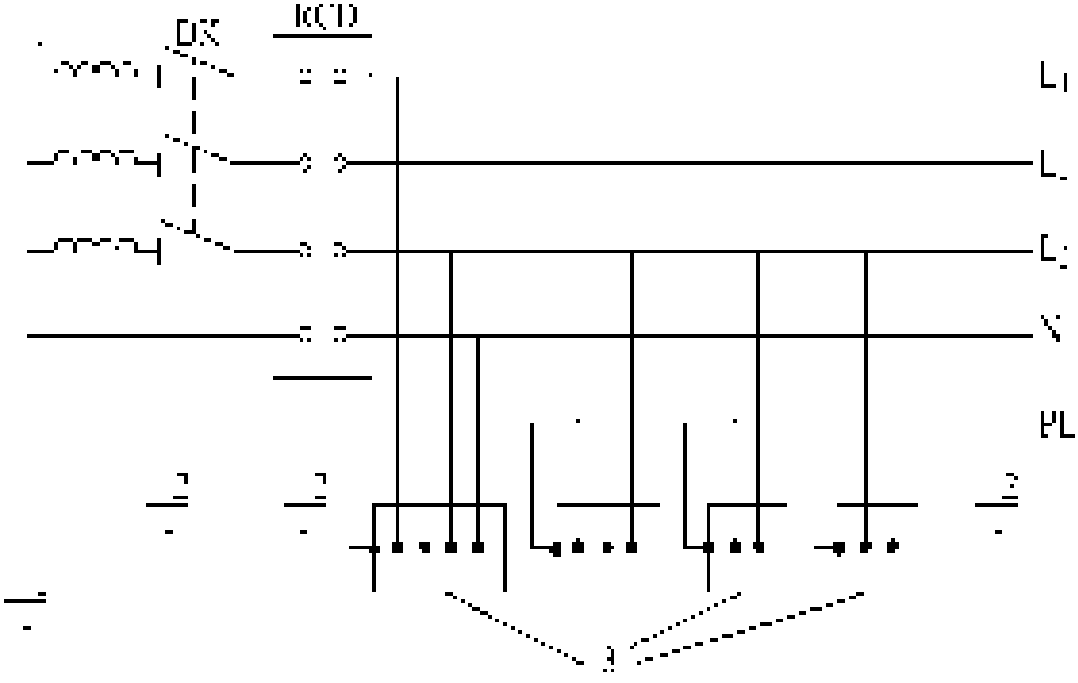


图 8-5 施工现场平面布置例图

3）严格按照平面图要求堆放材料设备，建立严密的领发手续，余料退库，废料入堆，现场无垃圾、无坑洼、做到“工完场清”；不得乱占场地、乱设水电线路或随意拆迁。

4）做好现场写实记录，掌握现场动态，及时修正平面图中的不妥之处。

5）定期召开平面图管理协调会议，针对现场实际情况，制定有关制度条款，做到文明施工。

第六节 工程进度计划及编制

简单地讲，工程进度计划就是根据工程的工作量，按照劳动定额及有关因素排列的施工期限，它是施工组织设计中不可缺少的重要组成部分，是指挥生产、组织施工、确定劳力及物资供货日期、编制施工组织设计中部分内容的主要依据。它的基本任务是在已选定的施工方案的基础上，采用先进的计划理论和科学的计算方法，统筹安排各项施工活动，以最少的技术物质资源和劳动力，在规定的工期内，合理安排工程中相互衔接和穿插的配合关系，有计划地完成质量合格的工程任务。

同时，工程进度计划是控制工程进度、确定单位工程施工顺序、施工持续时间以及相互配合的依据，是工程中编制月、季、年作业计划的依据。

工程进度计划按照不同的施工组织设计，可分为施工总进度计划、单位工程施工进度计划和分部分项工程进度计划。其中施工总进度计划是整个建设项目控制各个专业施工的，单位工程和分部分项工程进度计划一般是属于实施性的，其格式见表 8-1 和表 8-2。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-1　施工总（综合）进度计划

序号	工程名称	建筑指标		设备安装指标/t（或台）	造价（万元）					进度计划					
		单位	数量		合计	建筑工程	设备安装	管道安装	电气安装	第一年				第二年	第三年
										Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ		

表 8-2　施工进度计划表（单位工程）

序号	分部分项工程名称	工作量		定额	劳动量		机械		工作班次	每班人数	工作日	进度												
												月			月			月			月			
		单位	数量		工种	数量	名称	台班				10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20

一、施工总进度计划的编制

1）施工总进度计划应依据施工合同、施工进度目标、工期定额、有关技术经济资料、施工部署与主要工程施工方案等编制。

2）施工总进度计划的内容应包括编制说明，施工总进度计划表，分期分批施工工程的开工日期、完工日期及工期一览表，资源需要量及供应平衡表等。

3）编制施工总进度计划的步骤如下：

① 收集编制依据。

② 确定进度控制目标。

③ 计算工程量。

④ 确定各单位工程的施工期限和开工、竣工日期。

⑤ 安排各单位工程的搭接关系。

⑥ 编写施工进度计划说明书。

二、单位工程施工进度计划的编制条件及依据

1）项目管理目标责任书。

2）施工总进度计划。

3）施工方案。

4）主要材料和设备的供应能力。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）施工人员的技术素质及劳动效率。

6）施工现场条件、气候条件及环境条件。

7）已建成的同类工程实际进度及经济指标。

三、单位工程施工进度计划的内容

1）编制说明。

2）进度计划图。

3）单位工程施工进度计划的风险分析及控制措施。

4）编制单位工程施工进度计划应采用工程网络计划技术。

四、编制依据和步骤

1. 编制依据

1）国家或上级规定的开工、竣工和建成投产日期。

2）计划任务书、初步设计或有关资料中规定的分期分批配套投产的要求。

3）经过审批的总平面图、电气施工图、设备安装施工图、预算文件及经济技术勘察资料、施工验收规范等。

4）有关安装工程的劳动定额、预算定额和安装预算书。

5）主要及大型设备、关键部位的施工方案。

6）各种施工条件的准备情况，各个施工单位的施工能力、技术及装备的状况、运输能力、加工能力等。

7）土建工程进度。

8）施工组织总设计对本工程的要求等。

9）在电气安装工程中常用到两种定额，这两种定额均具有法律效力。其中预算定额是决定工程造价的，也是甲乙双方进行工程结算的主要依据，在本书第六章中单独讲述。下面说明一下劳动定额的使用方法。这两种定额不能互相替代，使用时要注意。

① 所谓劳动定额就是根据工程特点，人力和机械在规定的时间内（一个工日或台班，且每一个工日或台班按 8h 计）应该保证完成的工作量或产品的数量。

② 劳动定额是安装企业内部组织生产、编制施工作业计划、签发施工任务书、考核工效、计算超额奖金或计件工资、承包工程中计算人工和进行经济核算等方面的依据。随着市场经济的发展，劳动定额亟待修订，但绝非无用，仍是企业内部重要的经济技术资料。本书采用的劳动定额是建设部全国建筑安装工程统一劳动定额（待修订）。

③ 劳动定额是参照各地的劳动定额，经调查研究和综合分析后由国家平衡制定的。和预算定额相比，有的项目偏高，有的偏低，缺项的可参照预算定额。劳动定额分全国统一定额、地方定额、企业定额三种。劳动定额和预算定额是有区别的，使用时要注意区分。

使用劳动定额的注意事项如下：

1）使用劳动定额应仔细阅读定额中的文字说明，做到不漏、不重，该乘系数的要乘系数，注意单位的统一和使用。

2）定额中的工作内容，除各册另有说明外，均包括熟悉施工图样、布置操作地点、领退料具、队组自检互检、机械加油加水、生火加煤压火、排除常见机械故障、保养机具及操作完毕后的场地清理等。

3）工程质量要求、安全生产要求应分别符合国家现行的安装工程施工及验收规范和

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

《安全技术操作规程》的规定。

4）每一个工日或台班包括准备与结束时间、基本生产时间、辅助生产时间、不可避免的中断时间及工人必需的休息时间。特殊工种从事有毒有害的工作，定额中已计入了必要的间歇时间。

5）地面水平运输距离的计算、以取料中心点为起点，以建筑物外围地面、安装地点、建筑物入口处、材料堆放中心为终点；有垂直运输时，以脚手架斜道口或机械起吊处为终点。

6）电气工程劳动定额除各章节的规定外，均包括：

① 设备、材料、机具等现场 50m 以内水平搬运，超过 50m 时，执行超运距定额，见表 8-3。本书有关劳动定额的表格均为建设部全国建筑安装工程统一劳动定额中的表格。

表 8-3　材料、设备及易碎品超运距加工

人力抬运　　表中所示计量单位的时间定额为工日

项目	易碎品类（每箱 m^3 以内）					材料、设备　运距在（不超过）/m									
	0.04	0.1	0.2	0.3	0.4	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
	每 10 个硬纸箱/每超 10m					每 100kg									
水平运输	0.1	0.122	0.15	0.182	0.22	0.036	0.072	0.108	0.144	0.18	0.216	0.252	0.288	0.324	0.36
编号	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430

注：易碎品“每件体积”计算，按外廓最大部位尺寸之积计量；单件体积小于 $0.005m^3$ 以内，不得执行本节定额。

② 线路绝缘电阻摇测、电气设备传动部分灵活的调整、接地完整良好。

③ 通电、试车试亮所需临时电源的拆、接，但不包括电源的架设。

④ 开箱、清扫、检查、存放所安装的设备、器具等。

⑤ 常用工具高凳、梯子、立杆常用工具的搬迁等。

⑥ 定额中的焊工、起重工的配合工日。

7）未包括的工作内容有障碍物的清除、临时道路的铺设、脚手架的搭拆、设备器具的整新修理、清理泥水或抽地下水。

8）超高、超层作业的规定如下：

① 工作面操作高度，除各章节的规定外，以 3.6m 以内为准，超过 3.6m，其时间定额乘以表 8-4 中的系数。

表 8-4　超高系数表（一）

标高（+）（-）（不超过）/m	8	12	16	20
超高系数	1.1	1.16	1.22	1.3

② 建筑物高度以 6 层为准，超过 6 层时，其超过部分的时间定额应分别乘以表 8-5 中的系数。

表 8-5　超高系数表（二）

层数（不超过）/层	9	12	15	18	21	24	27	30
超层系数	1.07	1.1	1.13	1.16	1.19	1.23	1.26	1.3

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）定额以国产的材料、设备、元件、器具为准，国外产品应另行规定。

10）跨越山区、河流、丘陵及隧道等安装工程，应另行处理。

11）在小于 1.5m^2 的竖井内施工，应将相应的定额乘以系数 1.5。

12）定额中包括的除锈，均指浮锈；定额中不包括刷油、起重吊装作业和搭拆、起重机具，如发生时，应按其相应定额另套，建设部全国建筑安装工程劳动定额 26 册和 24 册。

13）在一个工号中，如全部项目用工少于 5 个工日，其时额定额应乘以 1.3；少于 10 个工日，应乘以 1.2。

14）土质分类应按架空线路的土石质分类划分。

15）作业班组的人员组成有多方面的因素，如技术水平、责任心、团结互助等，特别是班组长除了上述的品质外，还应有一定的组织能力和领导能力。在劳动定额中，不同的作业，其人员的组成不同，定额中对作业班组的组成应按表 8-6 中的规定进行。

表 8-6 作业班组人员组成表（按八级等级制）

章 名 称	小组成员（组别-人数）	平均等级
配管配线	七-1、六-1、五-1、四-1、三-2	4.67
照明及器具	七-1、六-1、五-1、四-1、三-2	4.67
电视、广播、电话、报警装置	八-1、六-1、五-2、四-1、三-2	4.86
架空线路	七-1、六-1、五-3、四-3、三-4	4.33
防雷及接地装置	六-1、五-1、四-2、三-1	4.4
电气控制设备	七-1、五-2、四-1、三-1	4.8
变配电装置	八-1、七-1、五-2、四-2、三-2	4.88
母线工程	七-1、六-1、五-1、四-1、三-2	4.67
电缆工程	八-1、六-1、五-3、四-2、三-2	4.78
起重设备电气装置	七-1、六-1、五-1、四-1、三-2	4.67
电梯电气安装	八-1、六-1、五-2、四-1、三-2	4.86
蓄电池及整流装置	七-1、五-1、四-2、三-2	4.33
辅助工程	六-1、四-1、三-2	4
劳动定额中的平均等级		4.61

注：本表中的级别应按现行级别套用，其中三级以下为初级工，六级以下至三级工为中级工，八级和七级为高级工。

2. 编制步骤

1）熟悉施工图样、施工方案、施工工序安排及有关资料、文件。

2）确定工程项目。工程项目的划分，对于施工进度总计划可分得粗一点，如××送电线路、××35kV 变电站、××主车间、××幢号大楼等单项工程；对实施性施工进度计划时应分得细一点，如金具组装、立杆、架线、变压器安装、母线制作安装、开关柜及控制柜安装等分部分项工程；安装项目的划分与名称，一般应和劳动定额的项目对应，做到详细、具体、不漏、不错。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）计算工程量。工程量的计算一般采用施工图预算的数据，计算时应注意以下几点：

① 计算单位应与现行定额的单位一致。

② 结合分部、分项工程的施工方法和安全技术要求。

③ 按流水段的划分。

④ 一般与编制预算同时进行，避免重复劳动。

4）确定分部分项工程所需要的劳动工日、机械台班、工作班次、每班机械与工人数量及安装天数。

① 基本计算公式为

$$p = \frac{Q}{S}$$

$$T = \frac{p}{nb}$$

或

$$n = \frac{p}{Tb}$$

式中　p——某分项工程所需要的劳动工日或机械台班；

Q——某分项工程的工程量；

S——采用的现行劳动定额或机械台班定额；

T——完成某分项工程的天数（或计划天数）；

n——每班安排在某分项工程上的劳力人数或机械台班数；

b——每天工作的班次数，一般为1。

如果按上式计算每天需要的劳力人数或机械台班数已超出了企业现有人力物力时，应采用相应的措施：

第一，增加人力、物力的投入或增加作业班次数，操作面狭小可采用二班制或三班制，二班制时通常将准备工作和辅助工作安排在第二班，白班完成主要安装工作。三班制一般情况下不宜采用，只有工期特别紧、各方面技术条件允许的情况下才采用，这是因为三班制涉及的问题很多，如安全、照明、材料及机械的检查维修等。

第二，最大限度地组织立体交叉、平行流水施工，充分利用作业面。

第三，采用先进技术措施，搞好技术革新，提高效率。

如果按上式计算安装天数超过了计划天数，应采用上述三点办法补救或者是按照工期要求倒排进度，确定施工天数，即先按工期要求确定施工天数，再按施工天反算出每天需要的劳力数和机械台班数和班次数。

② 确定上述工程参数时要考虑工人技术水平的现状，不能太松也不能太紧，计算时采用少舍多进的原则，并考虑一定的不可预见的因素，留有余量。

5）上表画图。在表左边按安装顺序填好序号和工程项目及有关数字，在右边将计算出的安装天数用粗实线在进度栏的起止日期中描出，前面的终止日期，就是后面的开始日期，直至将所有项目填完，初步形成了施工进度计划的方案。

6）检查、调整各个单项工程的施工进度计划，施工顺序是否合理，总工期是否满足上级要求，劳力、材料、机具需要量是否均衡，能否连续作业，有无窝工现象等。然后进行调

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

整修改，形成正式的单位工程或总施工进度计划。

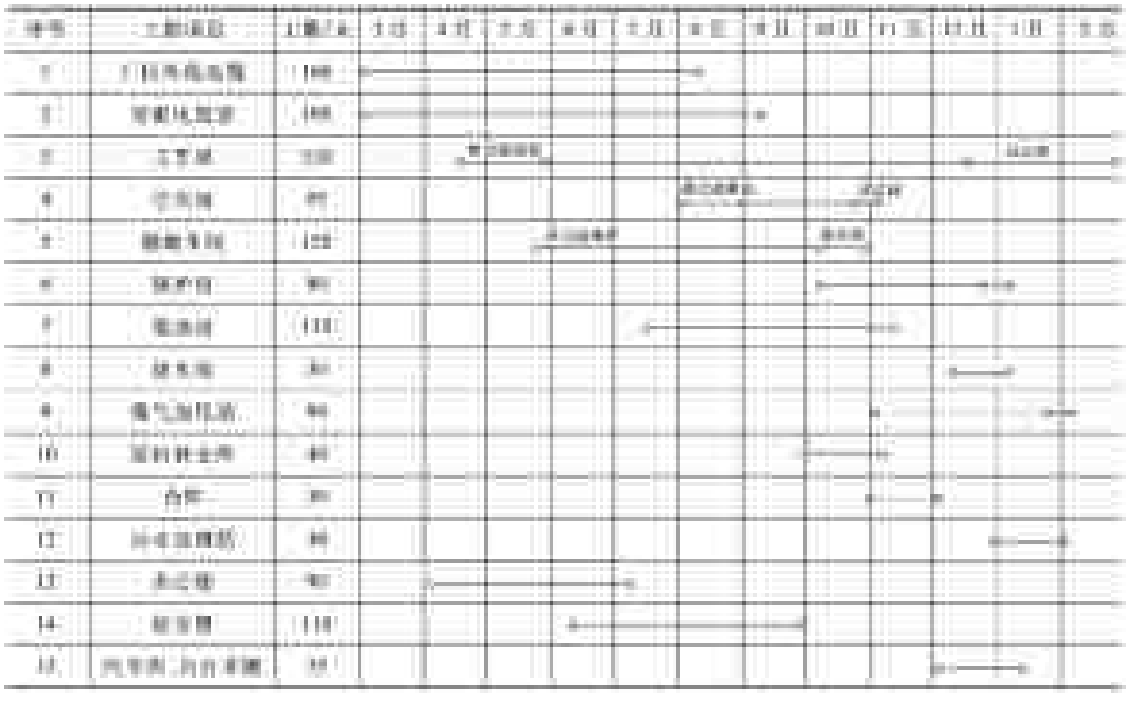
最后指出，施工进度计划受着许多条件的影响，特别是施工现场千变万化，不可能是一成不变。因此在实际安装过程中，应根据实际情况来调整和修改进度计划，不断总结经验，发现规律，进而做好今后的计划。而且只有丰富的实践经验和理论知识结合在一起才能编制好施工进度计划。

五、编制方法

现以一变电所安装实际为例，进一步说明工程进度计划的编制方法。

表8-7已列出某工程中变电站工期195天，主要设备有35/10kV、4000kVA变压器两台，并列运行；35/0.4kV、50kVA站用变压器一台，供站内用电；10/0.4kV、1000kVA变压器一台，供厂区一般动力照明用户用电，供电系统图如图8-6所示，平面布置图如图8-7（见书后插页）所示。

表8-7 电气安装工程进度表



1. 准备工作

包括熟悉图样、熟悉劳动定额、技术交底、临建安排、施工工序和施工方案等，安排7天。累计7天。

2. 室外安装项目工期计划核算方法

1）混凝土支架安装。室外变电装置常将各类开关元件、软母线架设安装在混凝土支架上（短杆），所以套用表8-8立电杆定额。

查定额431#，采用汽车吊立杆，一基门型杆1个工日（2×0.49），共15基门型杆，即15个工日，汽车吊一辆，作业队8人，作业天数 $T=\frac{15}{8}$ 天 ≈ 2 天，因为杆的固定采用混凝土浇筑，比回填土费工，综合考虑各方面因素再加一天共3天。累计天数10天。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

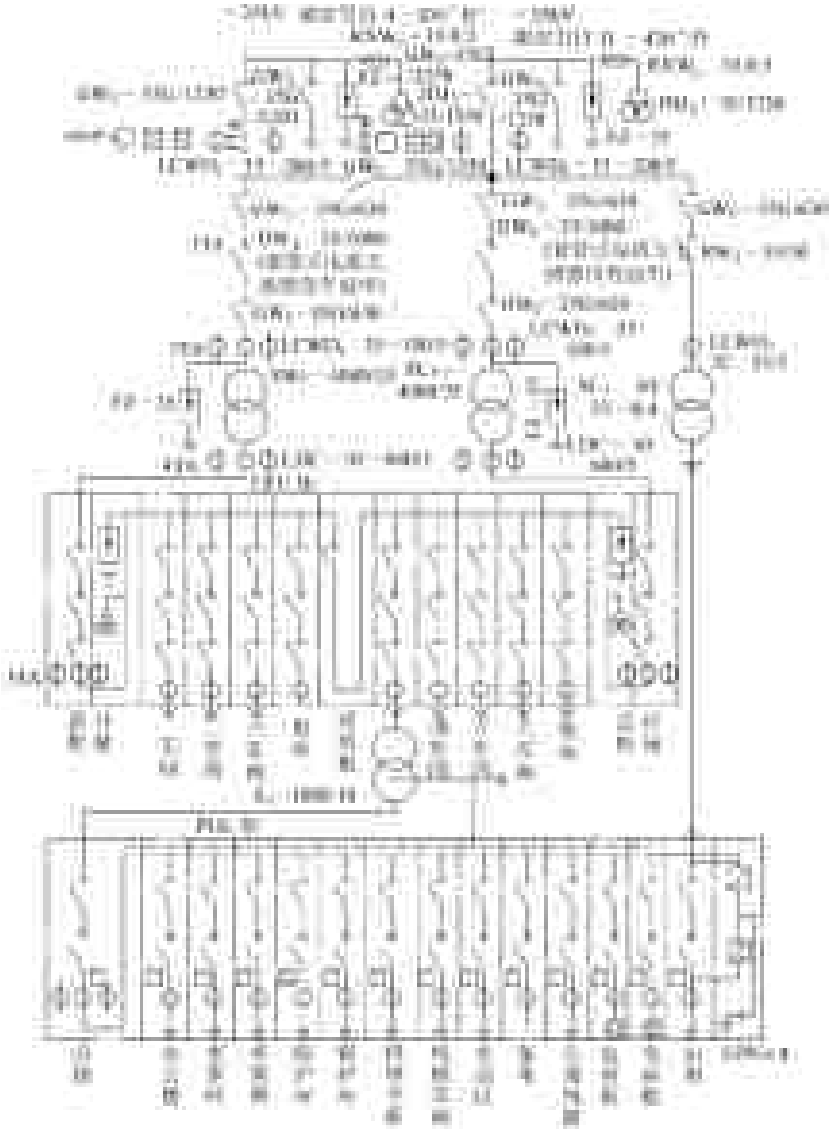


图 8-6　某 35kV 变电站供电系统图

表 8-8　立电杆

工作内容包括立杆、找正、绑地横木、杆顶抹防水坡、根部刷防腐油、回填土、夯实、机具转移等操作过程。

每 1 基的时间定额

项目		松木杆					杉木杆					序号
		杆长（不超过）/m										
		9	11	13	15	18	9	11	13	15	18	
人力立杆	单杆	0.33	0.5	0.71			0.25	0.4	0.588			一
	单接腿	0.35	0.52	0.75	1.08	1.5	0.29	0.44	0.617	0.885		二
	双接腿		0.63	0.91	1.3	1.85		0.529	0.746	1.06	1.5	三
	撑杆	0.83	1.25	1.79			0.67	1.04	1.47			四
编号		421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目		混凝土杆					序号
		杆长（不超过）/m					
		9	11	13	15	18	
人力立杆	单杆	1.04	1.38	2.19	2.65	3.11	一
	撑杆	1.38	1.73	2.53			二
汽车吊立杆	单杆	0.49	0.69	0.94	1.37	2.65	三
	撑杆	0.83	0.98	1.27			四
编号		431	432	433	434	435	

注：1. 如遇木杆根部需烧（熏）焦后再刷防腐油时，不分其直径大小、烧（熏）长短，每烧（熏）1 根增加 0.25 工日。

2. 分段混凝土杆焊接，每个口增加电工 0.55 工日，焊工 0.55 工日。

3. 立门型杆按 2 根单杆执行。

4. 排水工时另计。

5. 汽车吊立杆，包括司机在内。

6. 立杆定额包括电杆距离杆坑 10m 以内的移动。

2）变压器安装。因混凝土有至少 7 天的养护期，故先安装变压器，套用表 8-9 中变压器安装定额，查 837#，一台 35kV、4000kVA 变压器需 26 个工日，两台为 52 个工日；一台 35kV、50kVA 站用变压器套 835#定额，7.23 个工日，52 个工日 +7.23 个工日≈60 个工日，作业队分两班作业，4 人，故作业天数 $T=\frac{60}{4}$天 =15 天；累计天数 25 天。

表 8-9　变压器安装

工作内容包括检查、清点、配合起重工现场搬运、移动就位、本体组装、散热器冲洗、储油柜、防爆筒、气体继电器、温度计检查、风扇安装配线、附件、呼吸器、过滤器安装固定、补充注油、接线、接地等操作过程。

每 1 台的时间定额

项目	10kV						35kV					序号
	容量（不超过）/kVA											
	250	500	1000	2000	4000	8000	1000	2000	4000	8000	16000	
综合	1.63	3.45	3.91	4.4	20.8	24.2	7.23	8.68	26	30.2	39.5	一
本体安装	1.33	1.89	2.28	2.57	2.8	3.47	4.23	5	5.2	5.27	6.2	二
散热器					14.6	17			16.5	19.3	25	三
附件安装		1.11	1.18	1.18	2.4	2.46	2.55	3.03	3.26	4.36	6.94	四
设备压头	0.3	0.45	0.45	0.65	1	1.27	0.45	0.65	1.04	1.27	1.36	五
编号	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	

注：1. 不包括本体注油。

2. 变压器室地坪内外高差系以 1m 以内考虑的。

3）隔离开关安装（和变压器并行安装）。套用表 8-10 中 35kV 隔离开关安装定额，查 840#，每台 6.62 个工日，共 7 台，用工日 47 天，作业队 4 人，故作业天数 $T=\frac{47}{4}$天≈12 天，为了使该组作业和变压器作业同步，隔离开关安装完后，再安装一台 10kV、1000kVA 变压器，查 831#定额，3.91 个工日，4 人工作 1 天，这个作业组共工作 12 天 +1 天 =13 天，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

基本和变压器同步，剩余两天可修整或合并作业。

表 8-10　35kV 隔离开关安装

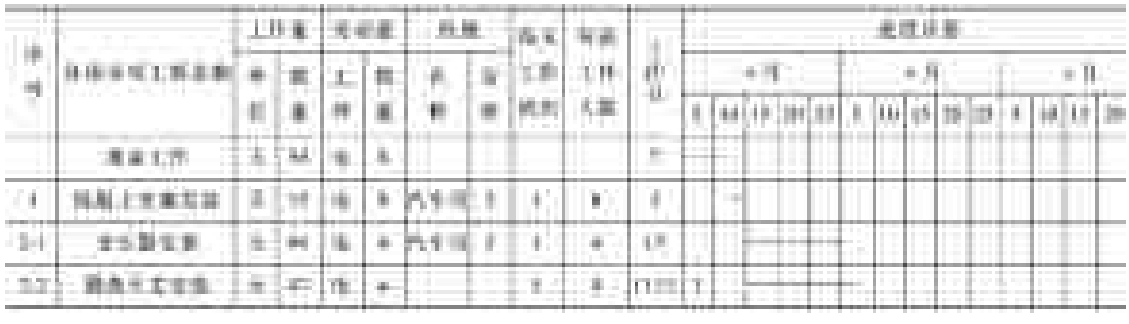
工作内容包括钢板底座、垫铁、操作机构支架制作、安装、传动联杆配制、本体移动就位、压头、辅助触点安装调整、接地等操作过程。

每 1 台（组）的时间定额

项　　目	户外式						户内式		序号
	三柱式			双柱式			电流（不超过）/A		
	三相	三相带地	单相	三相	三相带地	单相	600	2000	
合计	6.62	7.17	3.79	6.49	7.03	3.66	3.05	3.73	一
本体安装	3.12	3.57	0.59	2.99	3.43	0.46	0.65	1.23	二
钢板底座及操作机构	3	3	3	3	3	3	2.2	2.2	三
设备压头	0.5	0.6	0.2	0.5	0.6	0.2	0.2	0.3	四
编号	840	841	842	843	844	845	846	847	

将上述四项工作内容填入施工进度计划内，见表 8-11。

表 8-11　施工进度计划



4）金具安装。套用表 8-12 中横担安装定额，查 452#，一组门型杆 2 个工日，15 对门型杆共 30 个工日，作业队 8 人，作业天数 $T=\frac{30}{8}$天≈4 天，考虑绝缘子清扫、补漆、接地等作业内容，故取整数。累计天数 29 天。

表 8-12　横担安装

工作内容包括定位、排杆、锯槽、装叉梁、打杆眼、装横担、上抱箍、上瓷绝缘子、悬垂、横担、上金具等操作过程。

每 1 根的时间定额

项目	10kV 以下单杆						门　型　杆					
	混凝土杆铁横担		木杆木横担		混凝土杆木横担		无叉梁		有一个叉梁		有两个叉梁	
	三角排列	水平排列	三角排列	水平排列	三角排列	水平排列	木杆	混凝土杆	木杆	混凝土杆	木杆	混凝土杆
时间定额	0.14	0.12	0.17	0.15	0.15	0.13	1	2	1.43	4.3	2	5.99
编号	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456

注：1. 双横担按两根单横担计算。

2. 横担以地面组装为准，如在杆上组装时，杆高 11m 以内，其时间定额乘以 1.7；杆高 15m 以内，其时间定额乘以 1.75；杆高 18m 以内，其时间定额乘以 1.8。

3. 不包括铁、木横担钻眼和刷防腐层。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）断路器安装（分两组作业）。套用表 8-13 中 35kV 油断路器安装定额，查 850#，一台 15.4 个工日，两台 30.8 个工日，考虑还有一台站用跌开式熔断器，估算工日 5 天，共计（30.8 +5）工日≈36 工日，作业人数 4 人，作业时间 $T=\frac{36}{4}$天 =9 天。累计天数 38 天。

表 8-13　35kV 油断路器安装

工作内容包括测位、螺栓埋设、移动就位、本体组装、注油、传动杆配制、操作机构安装、动作检查、调整、压头、接地等操作过程。

每 1 台的时间定额

项目	断路器		SF_6 断路器	序号
	多油式	少油式		
合计	7.62	10.5	15.4	一
本体安装	5.42	7	12.4	二
操作机构安装	1.9	3	2.5	三
设备压头	0.3	0.5	0.5	四
编号	848	849	850	

6）避雷器安装。套用表 8-14 中电容器、击穿熔断器、避雷器安装定额，查 918#，每组 2 个工日，共三组 6 个工日，作业时间 $T=\frac{6}{4}$天 =1.5 天考虑支架、基础型钢制作及避雷器的检查多方面因素，故取 2 天。

表 8-14　电容器、击穿熔断器、避雷器安装

工作内容包括测位、打眼、埋支架、螺栓、基础槽钢制作、安装、清洗、放电记录器安装、本体安装、固定、接线、接地等操作过程。

表中所示计量单位的时间定额

项　目	电容器	击穿熔断器	避雷器/组						序号
	/个		35kV 座式	10kV		磁吹阀型		低压	
				座式	挂式	10kV	35kV		
合　计	0.12	0.282	2	0.91	0.825	0.97	1.8	0.4	一
本体安装	0.12	0.15	1.06	0.76	0.6	0.8	1.01	0.3	二
打眼、埋设（基础型钢制）		0.132	0.79	0.05	0.125	0.07	0.64		三
设备压头			0.15	0.1	0.1	0.1	0.15	0.1	四
编号	916	917	918	919	920	921	922	923	

注：35kV 避雷器安装，已包括基础型钢、支架制作、安装。

7）互感器安装。套用表 8-15 中互感器安装定额，查 897#和 903#，即有（1.23 ×18 + 1.34 ×3）工日 =27 工日，作业时间 $T=\frac{27}{4}$天≈7 天。

8）35kV 软母线架和接引。套用表 8-16 中 35kV 软母线架设、引下线连接安装定额，查 856#和 859#定额，架设 12 跨，引下 20 组，有（3.73 ×12 + 1.93 ×20）工日≈83 工日，作业人数 8 人，工作天数 $T=\frac{83}{8}$天≈10 天，累计天数 48 天。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-15　互感器安装

工作内容包括外观检查、测位、钻眼、安装固定、接线、接地等操作过程。

每 1 台的时间定额

项　　目	电流互感器						电压互感器				序号
	35kV	10kV		低压			油浸式			干式	
		母线型	线圈型	母线型	线圈型	LJM 型	35kV	三相	单相		
合计	1. 23	0. 6	0. 7	0. 6	0. 48	0. 993	1. 34	1. 06	0. 48	0. 33	一
本体安装	1	0. 426	0. 516	0. 392	0. 347	0. 96	1. 1	0. 885	0. 304	0. 154	二
设备压头	0. 23	0. 174	0. 184	0. 208	0. 133	0. 033	0. 24	0. 176	0. 176	0. 176	三
编号	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	

表 8-16　35kV 软母线架设、引下线连接安装

工作内容包括放线、下料、金具瓷瓶组合及耐张绝缘子安装、端子板及线夹钻孔、挂锡、压接、研磨、连接、母线架设垂度测量等操作过程。

表中所示计量单位的时间定额

项目	软母线架设			引下线连接		
	导线截面（不超过）/mm²					
	150	240	400	150	240	400
	每 1 跨/三相			第 1 组/三相		
时间定额	3. 21	3. 73	4. 19	1. 68	1. 93	2. 27
编号	855	856	857	858	859	960

注：1. 本定额均已综合考虑了高空作业的工时。

2. 不分导线材质，均执行本定额。

9）穿墙套管、辅助开关、高压熔数器、电磁锁的安装。套用表 8-17 中电磁锁、辅助开关、穿墙套管、高压熔断器安装定额，查 907#、908#、911#、913#，电磁锁、辅助开关各 9 个，高压熔断器两组、穿墙套管 10kV 三组，即有（$0.25\times9+0.77\times9+0.75\times3+0.7\times2$）工日≈13 工日，作业人数 8 人，作业时间 $T=\frac{13}{8}$天≈2 天，累计天数 50 天。

表 8-17　电磁锁、辅助开关、穿墙套管、高压熔断器安装

工作内容包括测位、划线、打眼、埋支架、盘面开孔、清洗套管、安装固定、触点检查、接线、接地等操作过程。

表中所示计量单位的时间定额

项目	电磁锁	辅助开关	穿墙套管/组			高压熔断器/组				序号
			35kV 型	10kV 型		35kV		10kV		
	/个			椭圆法兰	方形法兰	墙上	构架上	墙上	构架上	
合计	0. 25	0. 77	1. 5	0. 39	0. 75	1	0. 7	0. 564	0. 331	一
本体安装	0. 06	0. 15	1. 5	0. 39	0. 75	0. 55	0. 55	0. 24	0. 24	二
打眼、埋支架	0. 08	0. 06				0. 3		0. 233		三
设备压头	0. 11	0. 56				0. 15	0. 15	0. 091	0. 091	四
编号	907	908	909	910	911	912	913	914	915	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10）母线桥制作安装（含室内）。套用表 8-18 中母线桥基础型钢制作、安装定额，查 941#、942#，共估算 400kg，200m，包括其他零星支架制作，即有（6.51×4+1.78×20）工日=62 工日，作业时间 $T=\frac{62}{8}$天≈8 天，考虑安装绝缘子等作业，取 10 天（绝缘子量少，不再套用定额）。用焊工 2 名。累计天数 60 天。

表 8-18　母线桥基础型钢制作、安装

工作内容包括平直、下料、测位、找正、钻孔组装、焊接、安装、接地等操作过程

表中所示计量单位的时间定额

项目		母线桥	基础型钢		序号
			槽钢	角钢或扁钢	
		100kg	每 10m		
综合		6.51	1.78	1.35	一
制作	合计	4.58	1.01	0.58	二
	电工	4.12	0.75	0.34	三
	焊工	0.457	0.26	0.24	四
安装		1.93	0.77	0.77	五
编号		941	942	943	

11）避雷针及接地网安装（含室内）。塔式避雷针两座，无合适定额，结合组装、吊装、准备工作等，作业天数估计 8 人、6 天，汽车吊一辆，两台班。

接地网套用表 8-19 中接地极制作、安装和表 8-20 接地母线敷设、屏蔽室接地、接地跨接地安装定额。

查 586#有接地极 30 根即有（0.33×30×0.9）工日=9 工日，查 594#，共 200m，但取 0.25，即有 0.25×20 工日=5 工日，作业天数 $T=\frac{9+5}{8}$天≈2 天，焊工 2 名，考虑其他综合因素 2 天，共计 10 天。累计天数 70 天。这里按 596#中的 0.25 完全是为了时间的充裕。

表 8-19　接地极制作、安装

工作内容包括下料、尖端加工、卡子及极帽制作、接地极打入等操作过程。

每 1 根的时间定额

项目		角钢（50mm×50mm×5mm×2500mm 以内）		圆钢（ϕ25mm×2500mm 以内）		钢管（ϕ50mm×2500mm 以内）		序号
		二类土	三类土	二类土	三类土	二类土	三类土	
综合		0.22	0.51	0.16	0.33	0.28	0.57	一
制作	合计	0.07	0.07	0.03	0.03	0.09	0.09	二
	电工	0.03	0.03	0.01	0.01	0.04	0.04	三
	焊工	0.04	0.04	0.02	0.02	0.05	0.05	四
接地极打入		0.15	0.37	0.13	0.3	0.19	0.48	五
编号		583	584	585	586	587	588	

注：1. 本定额制作部分是以现场手工操作考虑，如集中在加工厂（场）制作，另行处理。

2. 一次工程量多于 5 根，其时间定额乘以 0.9。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-20　接地母线敷设、屏蔽室接地、接地跨接线安装

工作内容包括下料、平直、除锈、钻孔、打眼、埋卡子、撅弯、焊接、固定、刷油等操作过程。

表中所示计量单位的时间定额

项目		接地母线								屏蔽室接地	跨接地		序号
		沿砖结构		沿支架		埋地		暗设			螺栓连接	焊接	
		圆钢	扁钢	圆钢	扁钢	圆钢	扁钢	楼板	沿墙				
		(10m)									(每 10 处)		
综合		0.51	0.73										一
安装	合计	0.33	0.55	0.282	0.468	0.13	0.17	0.16	0.25	0.7	0.7	1.06	一
	电工	0.24	0.41	0.192	0.328	0.07	0.09	0.1	0.17	0.5	0.7	0.71	二
	焊工	0.09	0.14	0.09	0.14	0.06	0.08	0.06	0.08	0.2		0.35	三
打眼埋卡子		0.18	0.18										四
编号		589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	

注：圆钢（铜）是以 ϕ12mm 以内，扁钢（铜）是以 50m×5mm 以内考虑的。

12）控制电缆敷设。套用表 8-21 中电缆敷设定额，查 1050#，估计 1000m 电缆，则有 3.24×10 工日 =32.4 工日，8 人作业，作业天数 $T=\frac{32.4}{8}$天≈4 天。考虑电缆沟的盖板搬动揭盖，另加 1 天，共 5 天，累计天数 75 天。

表 8-21　电缆敷设

工作内容包括开盘、检查、架线盘、摇测绝缘电阻、穿引线、电缆敷设、整理、切断临时封头、钢索吊设、挂标志牌、上卡子、堵管口、配合耐压试验等操作过程。

每 100m 的时间定额

项目	电缆每米质量（不超过）/kg												序号
	1	2	3	4.5	6	7.5	9	10.5	12	15	18	21	
地下埋设	1.26	1.68	2.52	3.22	3.78	4.76	5.46	6.02	6.72	9.52	12.3	15.1	一
沿支架卡设	2.04	2.72	4.08	5.52	6.36	8.16	9.36	10.1	11.5	16.8	21.7	26.6	二
沿支架敷设	1.2	1.6	2.4	3.24	3.72	4.68	5.4	5.88	6.72	9.24	11.8	14.3	三
沿线槽架设	1.39	1.85	2.78	3.54	4.16	5.24	6.01	6.62	7.39	10.5			四
金属管内穿设	1.54	2.05	3.08	4.06	4.76	6.16	7	7.7	8.69	11.6			五
沿钢索吊设	5.9	6.74	8.42	9.82	10.9	12.9	14.3	15.4	16.8	22.4			六
沿竖井卡设	2.62	3.49	5.24	6.9	8.09	10.5	11.9	13.9	14.8	19.7			七
编号	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	

13）接线端子箱安装。套用表 8-22 中盘柜配线及端子箱安装定额，查 796#和 797#，有 9 个开关端子箱，2 个电压互感器端子箱，即有（0.3×9+0.26×2）工日≈4 工日，作业队 8 人，工期 1 天。累计天数 76 天。

3. 室内安装项目工期计划核算方法

1）柜体基础槽钢制作安装。套用表 8-18 中母线桥基础型钢制作、安装定额，查 942#，室内各类高压柜 24 台，控制柜、低压屏、继电器屏 44 台，即有槽钢（1.2×4×24+0.9×2+44+0.6×2×44）m=213.8m，考虑其他因素按 300m 算，则有 1.78×30 工日≈54 工日，作业人数 8 人，工作天数 $T=\frac{54}{8}$天≈7 天，并用焊工 2 人。累计天数 83 天。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-22 盘柜配线及端子箱安装

工作内容包括划线、打眼、埋螺栓、铁件钻孔、安装固定、校线、接分支线、编号配线、卡设、缠包绝缘带、套端头等操作过程。

表中所示计量单位的时间定额

项目	盘柜配线							端子箱			序号
	导线截面积（不超过）/mm²							户外		户内	
	2.5	6	10	25	50	95	150	CJ_1 型变压器及油开关	CJ_2 型电压互感器		
	每 10m							每 1 个			
综合	0.3	0.4	0.46	0.79	0.834	1.28	1.55	0.3	0.264	0.15	一
本体安装								0.3	0.264	0.15	二
校线、接线	0.1	0.18	0.18	0.29	0.334	0.631	0.9				三
配线	0.2	0.22	0.28	0.5	0.5	0.65	0.65				四
编号	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	

2）10kV 高压开关柜安装。套用表 8-23 中高压开关柜安装定额，查 894#、896#、892#、893#、895#即有（$4.8\times15+3.1\times2+6.19\times2+1.94\times4+3.04\times1$）工日≈102 工日，作业人数 8 人，作业天数 $T=\frac{102}{8}$天≈13 天，考虑其他因素取 15 天，累计天数 98 天。

表 8-23 高压开关柜安装

工作内容包括测位、移动就位、安装固定、母线连接、刷分相色、柜内接线、校线、断路器解体、补充注油、调整、接地等操作过程。

每 1 台的时间定额

项目	固定式					手车式			序号
	带断路器柜	不带断路器柜	电压互感器柜或变压器柜	电容器柜	备用柜	带断路器柜	不带断路器柜	电压互感器柜或变压器柜	
合计	4.3	2.54	4.86	6.19	1.94	4.8	3.04	3.1	一
本体安装	2.3	1.94	1.94	1.94	1.94	2.8	2.44	2.7	二
断路器解体	1.4					1.4			三
电容器及所属附件安装			2.55	3.85					四
设备压头	0.6	0.6	0.198	0.198		0.6	0.6	0.198	五
母线刷分相色			0.17	0.2				0.2	六
编号	889	890	891	892	893	894	895	896	

注：1. 双母线开关柜其时间定额乘以 1.4。

2. 油断路器如为双筒式时，其时间定额乘以 1.1。

3. 如 2000A 以上带断路器的开关柜，应分别套用不带断路器柜及操作机构的安装定额。

3）低压配电屏、继电器屏、中央信号屏、整流柜、操作台的安装。套用表 8-24 中低压配电屏、直流配电屏安装定额，查 928#、932#，即有（$2.41\times40+3.1\times4$）工日≈109 工日，作业人数 8 人，作业天数 $T=\frac{109}{8}$天≈14 天，累计作业天数 112 天。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-24　低压配电屏、直流配电屏安装

工作内容包括测位、移动就位、外观检查、安装固定、母线连接、柜内接线、校线、接地、调整等操作过程。

每 1 台的时间定额

项　　目	低压配电屏					直流配电屏		序号
	带空气开关	不带空气开关	电容器屏	屏边	抽屉式	带端电池调整屏	不带端电池调整屏	
合计	1.9	1.45	2.15	0.36	2.41	4.15	2.47	一
本体安装	1.22	1.16	2.15	0.36	1.71	2.77	2.28	二
开关及端电池切换调整	0.3					1		三
设备压头	0.375	0.292			0.7	0.375	0.187	四
编号	924	925	926	927	928	929	930	

项目	事故照明切换屏	直流充电浮充屏	自动调节励磁屏	灭磁盘	电源联络屏	序号
合计	2.4	3.1	3.9	4.6	3.1	一
本体安装	1.9	1.56	2.16	2.17	2.26	二
开关及端电池切换调整		0.8	1	1.5		三
设备压头	0.5	0.74	0.74	0.93	0.84	四
编号	931	932	933	934	935	

注：抽屉式配电屏，按三个抽屉考虑制定，如增、减一个抽屉时，增、减 0.3 工日。

4）硬母线制作安装（并行作业）。硬母线制作安装包括室外部分，平均按 800mm^2 算，套用表 8-25 中配电室带形母线安装定额，查 972#，估算 200m，即有 1.91×20 工日≈40 工日，由母线作业队作业，6 人，作业时间 $T=\frac{40}{6}$天≈7 天，考虑撅弯等作业，按 10 天计算。累计作业天数 122 天。

表 8-25　配电室带形母线安装

工作内容包括平直、量尺寸、下料、锯断、钻孔、撅平弯、研磨接触面、挂锡、螺栓连接、焊接、支持绝缘子安装、刷分相色等操作过程。

每 10m 的时间定额

项　　目		铜　母　线					铝　母　线					序号
		每相 1 片（不超过）/mm^2										
		250	500	800	1000	1200	250	500	800	1000	1200	
综　　合		1.15	1.39	1.91	2.17	2.43	0.86	1.03	1.43	1.63	1.82	一
安装	合计	1.02	1.26	1.76	2	2.25	0.73	0.9	1.28	1.46	1.64	二
	电工	0.96	1.18	1.65	1.87	2.12	0.69	0.85	1.21	1.38	1.56	三
	焊工	0.06	0.08	0.11	0.13	0.13	0.04	0.05	0.07	0.08	0.08	四
刷分相色		0.13	0.13	0.15	0.17	0.18	0.13	0.13	0.15	0.17	0.18	五
编号		970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	

注：1. 刷分相色以一遍为准。

2. 母线架设为多片时（系每相），按单片延长之和的时间定额乘以 1.15。

5）站内照明及信号安装。因站内照明量较少，且系统单一，故不套用定额；信号联络

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

系统较为复杂，和照明一起估算 10 天完成，并由高压作业队 8 人作业，不派专业队。

6）电缆敷设及电缆头制作（并行作业）。这部分电缆是由站内送出到用户去的，有的直接送到车间，有的则送到室外杆上，再由架空线送到车间或用户，因此电缆敷设部分作业不包括在变电站工程内，现在只将电缆头列入。

套用表 8-26 电力电缆中间头、终端头制作、安装定额，10kV 电缆头 18 个，400V 电缆头 30 个，查定额 1066#和 1061#（平均按 150mm² 考虑），即有（1.08×18+0.8×30）工日≈44 工日，电缆作业队 9 人，工作日 $=\frac{44}{9}$天≈5 天，考虑其他因素取 7 天。

表 8-26　电力电缆中间头、终端头制作、安装

工作内容包括定位、量尺寸、锯剥电缆、熬电缆胶、浇注、做中间头或终端头、焊接地线、套套管、缠绑包扎、压线鼻、安装固定、校相位、挂牌、写字、装配连接盒、户外电缆头制作及支架安装等操作过程。

每 1 个的时间定额

项目				1kV 以内					10kV 以内				35kV 以内（套/三相）	序号
				电缆芯截面积（不超过）/mm²										
				35	70	150	240	300	35	70	150	240		
终端头	户内	环氧树脂胶式		0.468	0.664	0.8	1.04	1.2	0.97	1.03	1.08	1.22		一
		沥青胶式		0.44	0.64	0.8	1	1.13	0.693	0.864	1.08	1.17	5.6	二
		干包式	油浸	0.33	0.48	0.6	0.75	0.85	0.5	0.71	1.1	1.4		三
			交联乙烯	0.38	0.43	0.543	0.67	0.755	0.58	0.696	0.96	1.26	4.5	四
			塑料	0.184	0.272	0.336	0.424	0.483	0.28	0.4	0.616	0.784		五
	户外	铸铁壳式		1.88	2.26	2.82	3.38	3.75	2.35	2.82	3.48	4.32	6.7	六
		交联乙烯		0.976	1.1	1.38	1.7	1.91	1.7	1.85	2.2	2.59	5.4	七
		环氧树脂胶式							1.88	2.26	2.78	3.38		八
编号				1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	
中间对接式	铸铁壳式			1.44	1.82	2.3	2.98	3.43	1.84	2.3	2.85	3.59	7.5	一
	交联乙烯								1.7	1.94	2.5	3.13	8	二
	塑料			1.01	1.28	1.61	2.04	2.32	1.36	1.74	2.19	2.8		三
编号				1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	

注：1. 一次工程量少于 2 个时，其时间定额乘以 1.25。

2. 本定额以成品（配料）考虑，如需现场配料时，其时间定量乘以 1.3。

7）其他零星作业，估计工作日 7 天，累计工作日 129 天。

8）电气调试准备工作，提前进入现场，做好充分准备。

4. 电气调试项目工期计划核算方法

为了提高效率、压缩工期和作业方便，将调试作业队分为两组，室内室外同时进行，除了专业人员外，通常由配备两名安装人员一并作业。电气调试的准备工作应在调试前进入现场准备。

（1）室外调试

1）变压器吊芯检查、试验。套用表 8-27 中变压器吊芯检查、试验定额，查 455#、454#、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

451#，即有（13×2+9.3×1+4×1）工日≈40 工日，作业人数 4 人，作业时间 $T=\frac{40}{4}$天=10 天，累计作业天数为 139 天。

表 8-27　变压器吊芯检查、试验

工作内容吊心检查包括准备工具、揭扣大盖、吊芯、放注绝缘油、电压切换开关及各部螺栓紧固、间隙检查等。吊芯试验包括穿心螺栓等绝缘电阻测量、交流耐压试验等。

每 1 台的时间定额

项目		重量（不超过）/t					序号
		1	2	3	9	20	
综合		4	5	6.5	9.3	13	一
吊芯试验		1	1	1.5	1.8	3	二
吊心检查	合计	3	4	5	7.5	10	三
	电工	2	2.7	3.5	4	5	四
	起重工	1	1.3	1.5	3.5	5	五
编号		451	452	453	454	455	

注：1. 吊芯以三脚架、人字桅杆、倒链工具考虑。

2. 变压器重量以出厂铭牌上的重量对照套用。

2）绝缘子、穿墙套管、避雷器、绝缘油试验。套用表 8-28 中绝缘子、穿墙套管、避雷器、绝缘油试验定额。查定额 480#、481#、484#、485#，即有（0.3×20+0.3×10×0.8+0.15×2+0.8×2+0.2×5）工日≈12 工日，作业人数 4 人，作业天数 $T=\frac{12}{4}$天=3 天，取 2 天，累计天数 141 天。

表 8-28　绝缘子、穿墙套管、避雷器、绝缘油试验

工作内容包括绝缘子、套管、避雷器清扫、检查、测量绝缘电阻、泄漏电流、工频击穿电压、交流耐压试验等。绝缘油取油样，做绝缘强度试验。

表中所示计量单位的时间定额

项目	绝缘子电压/kV		穿墙套管电压/kV		避雷器电压/kV		绝缘油
	10	35	10	35	10	35	
	10 个		1 组				每 1 试样
时间定额	0.15	0.3	0.15	0.3	0.4	0.8	0.2
编　　号	479	480	481	482	483	484	485

注：绝缘子试验超过 20 个时，其超过部分时间定额乘以 0.8。

3）母线、接地电阻测试。套用表 8-29 中电力电缆、母线、接地电阻试验定额，查 490#、491#、492#，即有（1×1+1.3×7+0.25×10）工日≈12 工日，作业人数 4 人，作业天数 $T=\frac{12}{4}$天=3 天，累计作业天数 144 天。

4）系统调试。套用表 8-30 中变压器系统试验调整定额，查 405#、403#、399#，共四个系统，即有（30×2+18.5×1+5.5×1）工日=84 工日，因系统较大，合并作业，8 人，作业天数 $T=\frac{84}{8}$天≈11 天，考虑其他因素取 15 天，累计作业天数 159 天。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-29 电力电缆、母线、接地电阻试验

工作内容电缆包括测量绝缘电阻、直流耐压、泄漏电流试验、开盘、割头、拆接头、检查相位。母线包括测量绝缘电阻、交流耐压试验。接地电阻包括装拆辅助接地极、测量接地电阻。

表中所示计量单位的时间定额

项目	电力电缆电压/kV				母线电压/kV		接地电阻
	10		35				
	敷设前	敷设后	敷设前	敷设后	10	35	1 组
	1 根/次				1 段		
时间定额	1	0.7	1.5	1	1	1.3	0.25
编号	486	487	488	489	490	491	492

注：35kV 电力电缆试验，如为单芯者，按 10kV 定额执行。

表 8-30 变压器系统试验调整

工作内容包括变压器、断路器、隔离开关、电流表、电度表、互感器、继电器、一、二次回路试验调整等。

每 1 系统的时间定额

项目	负荷开关操作/kVA		油断路器操作/kVA				
	315	500	315	500	1250	3150	6300
时间定额	5.5	6.5	8	8.75	18.5	24.5	30
编　　号	399	400	401	402	403	404	405

注：有载调压变压器按相应项目的时间定额乘以 1.2。

（2）室内调试

1）照明系统测试。照明系统因无合适定额，故连同室外估算 4 人作业 2 天。

2）电缆测试（包括电缆头）。套用表 8-29 中电力电缆、母线、接地电阻试验定额，查 486#、487#，即有（$1\times30+0.7\times30$）工日 $=51$ 工日，4 人作业，时间 $T=\frac{51}{4}$天≈13 天，考虑其他因素取 10 天。

3）高低压母线、绝缘子、套管避雷器的测试。套用表 8-28 和表 8-29 中定额，查 490#、479#、481#、483#有（$1\times6+0.15\times10+0.15\times6+0.4\times5$）工日$\approx10$ 工日，作业人数 4 人，作业天数 $T=\frac{10}{4}$天≈3 天。

4）至此室内、室外分组同步作业内容基本结束，考虑以下内容技术要求偏高，工作量大，故两组合并作业，接室外变压器系统调试，8 人同时作业。

高压开关柜的调试如下：因没有相应定额，套用表 8-31 中油断路器、负荷开关、隔离开关定额，查 460#、463#、464#，即有（$0.3\times24\times2+0.3\times1+2\times10+3.5\times10$）工日$\approx70$ 工日，工作时间 $T=\frac{70}{8}$天≈9 天，累计作业天数 168 天。

5）低压开关柜及中央信号系统调试。套用表 8-32 和表 8-33 中交、直流馈线系统和备用电源、事故照明、中央信号装置定额，查 406#、410#、413#，有（$2.5\times36+3\times4+1.8\times3$）工日$\approx108$ 工日，作业人数 8 人，作业天数 $T=\frac{108}{8}$天≈14 天，累计天数 182 天。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-31　油断路器、负荷开关、隔离开关

工作内容包括调整操作机构、检查触点接触情况、测量绝缘电阻、直流电阻、触点接触电阻、分合闸时间、行程、检查触点张开角度，交流耐压试验等。

每 1 台（组）的时间定额

项目	负荷开关		隔离开关		断路器			
	手动操作	手动合闸 电动分闸	10kV	35kV	多油	少油单筒	少油双筒	35kV
时间定额	0.5	0.7	0.3	0.5	1.2	2	3.5	6.5
编号	458	459	460	461	462	463	464	465

表 8-32　交、直流馈线系统

工作内容包括断路器、隔离开关、负荷开关、互感器、继电保护、测量仪表及一、二次回路试验调整等。

每 1 系统的时间定额

项目	交流			直流	
	1kV 以内	10kV 以内		35kV	0.5kV 以内
	DW 断路器	负荷开关	油断路器		
时间定额	2.5	3.5	6.5	14.5	3
编　　号	406	407	408	409	410

注：1. 单独安装的 DW 断路器试调按 1kV 时间定额乘以 0.7。

2. 10kV 以内油断路器，包括零序互感器、接地继电器试验。

表 8-33　备用电源、事故照明、中央信号装置

工作内容包括开关继电器、仪表、信号装置，一、二次回路试调、检查触点接触情况、测量绝缘电阻，动作电流时间整定等。

每 1 系统的时间定额

项目	备用电源自动装置	事故照明切换装置	中央信号装置
时间定额	4	1	1.8
编　　号	411	412	413

注：中央信号装置、不带闪光报警者，其时间定额乘以 0.6。

6）接地系统及其他。估计 3 天，累计天数 185 天。

5. 送电试运行

至此共用 185 天完成变电所安装调试工作，并且也考虑了各方面的不可预见因素，提前 10 天完成。再用 7 天做送电试运行工作，按前述安排及变配电装置安装中的要求去精心作业，7 天送电试运行，不会有任何问题。

综上所述，一座 35kV、2×4000kVA、10kV、1000kVA 变电所，安排一个高压作业班组，8 人作业，可以满足工期要求，中间加插母线作业队、电缆作业队、调试作业队作业。如果按上述安排不能满足工期，应进行调整，两个作业队室内室外同时进行，即可缩短工期，当工期预期能远远满足时，中间可撤掉一个作业队，由剩下作业队继续作业，撤掉的作业队到其他工地作业。上述安排了交叉分组并行作业，根据工程量的大小和性质合理分组作业，有助于提前工期，也有助于工作面的安排以及安装质量的提高。该变电所工程进度计划见表 8-34。需要说明的一点，本表计算出的工作量与实际工程的图 8-6 工作量有一定出入，这里主要是讲述方法。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-34 35kV 变电所

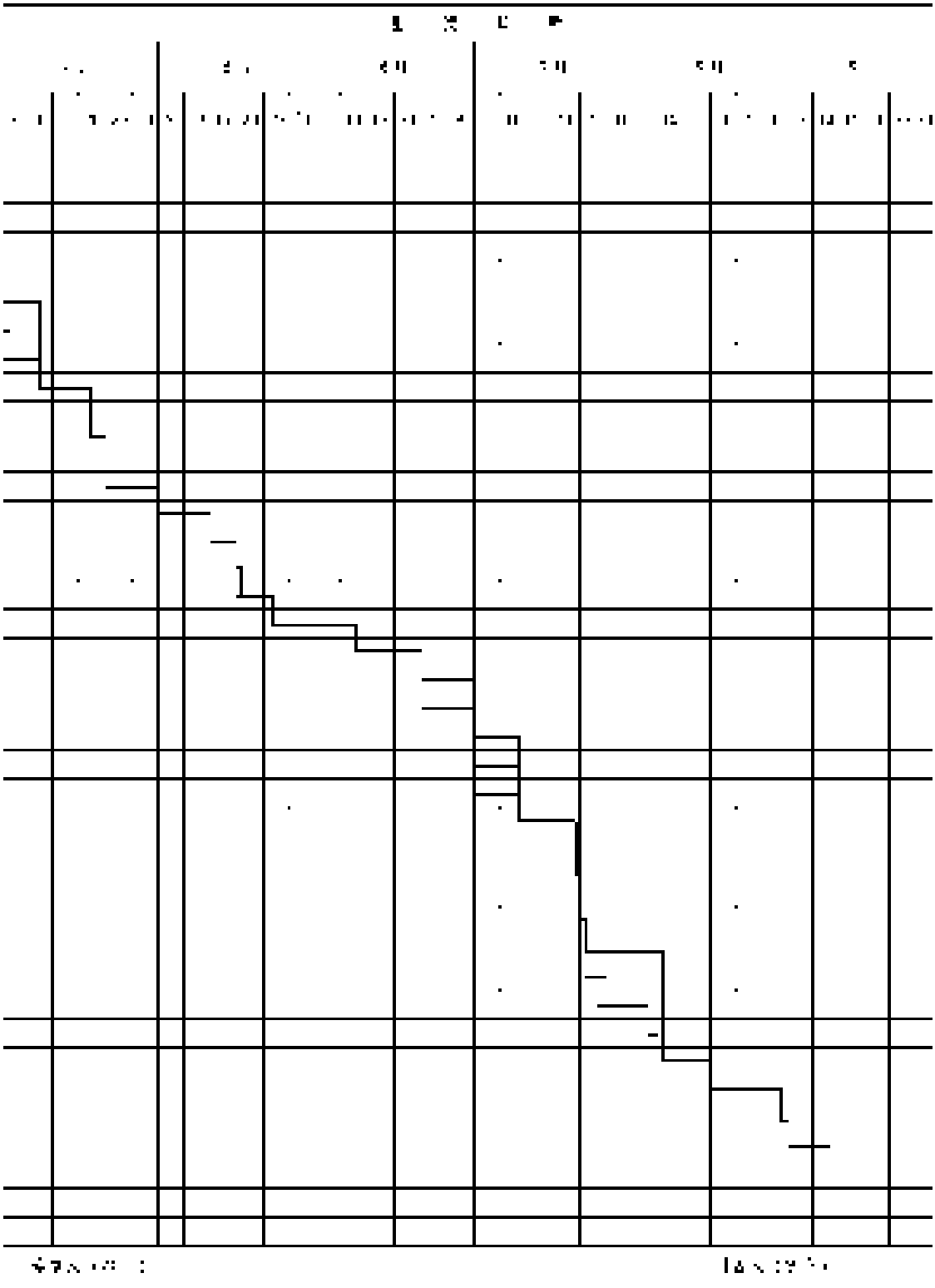
序号	专业类别	工序编号	名称工序内容	工作量	劳动定额		班组		劳动力计划人数	工作日	累计工作日	月					
					工期	劳动量	名称	人数				5	10	15	20	25	30
1			准备工作	12	天	3				3	3						
2	安装工程	1	基础工作完成	19	天	3	瓦工班	2	6	3	10						
3		2-10	变压器	16	台	3	瓦工班	2	6	10	13						
4		2-4	隔离开关	47	组	3			4	(12)	开始作业						
5		3	避雷器	16	组	3			3	6	29						
6		4-7	断路器	36	台	3			4	9	29						
7		4-8	隔离开关	12	组	3			4	(21)	开始作业						
8		4-9	互感器	27	组	3			4	(27)	开始作业						
9		5	35kV 软母线	84	处	3			4	18	38						
10		6	平面布置、高压引出线	12	处	3			9	2	40						
11		7	35kV 母线桥安装	42	处	3	电焊班	2	3	20	60						
12		8	避雷针、接地网	18	处	3	瓦工班	2	4	18	78						
13		9	控制电缆敷设	22.4	处	3			3	8	27						
14		10	接地电阻测试	3	处	3			3	1	28						
15	调试验收	1	标准单位评审	54	处	3	电焊班	2	3	3	31						
16		2	10kV 断路器	40	处	3			3	13	44						
17		3	电压互感器安装	100	台	3			3	14	112						
18		4-4	避雷针、接地网	40	处	3	（电焊班业从）		3	10	122						
19		4-5	高压断路器、隔离开关	12	台	3			3	(18)	开始作业						
20		5-6	电缆电缆头	50	处	3	（电焊班业从）		3	(17)	开始作业						
21		5-7	电缆敷设	15	处	3			3	7	139						
22		5-8	电缆接头工作	10	处	3			3	(27)	开始作业						
23	电气调试	6-1	变压器本体、试验	48	台	3	调试作业班		3	16	139						
24		6-2	继电器、仪表、保护装置	6	处	3	调试作业班		3	2	141						
25		6-3	空载、负载试验	12	处	3	调试作业班		3	5	144						
26		6-4	系统调试	60	台	3	调试作业班		3	20	159						
27		7-1	照明系统	12	处	3	调试作业班		3	(23)	开始作业						
28		7-2	母线、接地电阻	51	台	3	调试作业班		3	(45)	开始作业						
29		7-3	母线、避雷针等	18	处	3	调试作业班		3	(21)	开始作业						
30		7-5	竣工验收	18	处	3	调试作业班		3	6	168						
31		7-6	竣工图纸及计算资料	100	处	3	调试作业班		3	10	182						
32		7-8	接地系统及其连接	18	台	3	调试作业班		3	3	189						
33			送电试运行	15	处	3	调试作业班		3	5	190						
34																	
35																	
36																	

编制人（签字） 审核人（签字）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

安装进度计划　　年　月　日



www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6. 关于倒排工期

对于有些工期要求紧迫且必须在一定期限制完成的工程，往往采用倒排工期的方法编制施工进度计划。所谓倒排工期，就是从竣工日期开始向前计算逐项作业的工期，一直到开工日。当计算结果相差较大时，则把相差的工日分成几个部分，分别安插在几个工程量较大的作业里，这些作业可采用增加作业人数的方法；如果作业面不允许，则可采用增加作业班次的方法，或者采用既增加班次、又增加作业人数的方法，使工程量较大的作业缩短工期，缩短的工日即为计算结果相差的工日，同时应计入一定的余量，使工期有充分的裕量。

如果计算结果相差较小时，则可采用上述方法，缩短某一个工程量较大的作业工期。如果作业面狭窄，不允许增加作业人数，同时又没有增加作业班次的条件，则只能采取重新倒排计算。这次计算，无论工程量大小，都将在同一个作业面上，以满足从最多作业人数出发，确定作业人数；在不同的作业面上，同时由各专业作业队并行作业，并达到最多容许的作业人数；每个作业队都延长作业时间，以利用一切可以利用的作业时间，同时发挥作业人员的作业技术水平，提高作业效率和准确率，杜绝停工待料作业。这样，一般均可以满足工期要求。

当采用任何办法均不能满足时，应向甲方说明充分理由，以适当延长工期。

六、网络技术在施工进度计划中的应用

1. 网络技术的基本知识

1）网络图的基本符号。目前常使用双代号网络图，它是由若干个表示工作或工序项目的箭线和圆节点组成的。一项工作或工序用两个圆节点和一根箭线表示，如图 8-8 所示。

i 为工作开始节点，*j* 为工作结束节点，工作项目写在箭杆上面，该项工作的持续时间写在箭杆的下面。工作的代号为 *i-j*，图 8-8b 所示变压器安装的为 1-2。

由若干个用箭线和节点表示的工作即可组成一个网络图，这个图可以表示各个工作的施工顺序、彼此关系以及工作逻辑关系，如图 8-9 所示。

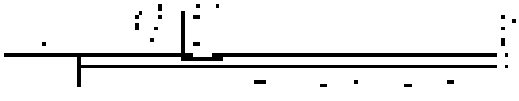


图 8-8　网络图的基本符号

图 8-9　网络示意图

在网络图中，就某一项工作而言，紧挨在它前面的工作称为紧前工作，紧挨在它后面的工作称为紧后工作。如图 8-9 的 1-2 是 2-3 的紧前工作，而 3-4 是 2-3 的紧后工作。前面工作的结束节点也就是后面工作的开始节点。如 2 是工作 1-2 的结束节点，也是2-3的开始节点。

网络图中，它的每个工作由一根箭线和两个代号表示，故称为“双代号网络图”。

2）虚工作。安装工艺之间关系有着复杂的关系，有时为了表示工艺之间的特定关系，网络图中有时要使用虚工作。虚工作用虚箭线或在实箭线下面注“0”表示，如图 8-10 所示。

在网络图中引入虚工作这个概念，是为了确切表达网络图中工作之间的相互依存和相互制约的逻辑关系，主要表示网络图中某项工作必须在另一项工作结束后才能开始。如图 8-11 所示，加虚线 2---→5 后，工作 5-6 须在工作 1-2 和 3-5 两项工作都完成后才能开始。将虚线加在 4 和 5 之间，则表示工作 5-6 有3-5和 2-4 两项紧前工作。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

图 8-10　虚箭线示意图

图 8-11　虚箭线在网络图中的作用

2. 网络图的绘制方法

（1）绘制规则

1）按工作本身的逻辑顺序连接箭线。掌握施工方案和安装工序以及整个工程的工艺流程和各个工作项目的关系。

2）不允许出现循环回路。即从一个节点出发顺着某一线路又回到原出发点，如图 8-12 中打“×”的回路是错误的。

3）不允许出现编号相同的箭线。

4）工作的起始必须在节点处，不允许在箭杆上起始。

5）网络图只能有一个起始节点和一个结束节点，即只能出现一个没有向内箭线的起始节点和一个没有向外箭线的结束节点。

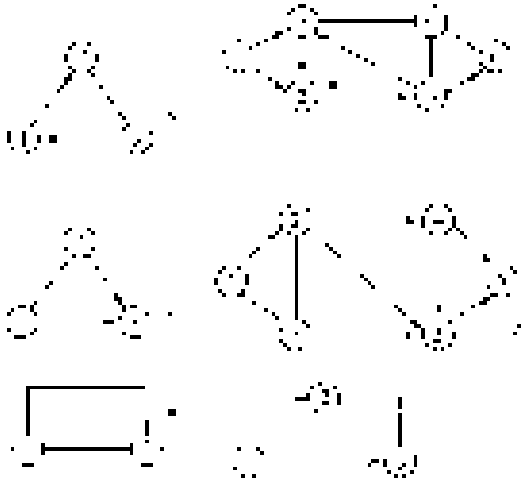
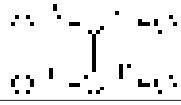
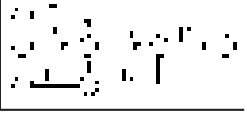


图 8-12　网络的正确和错误画法

（2）逻辑关系的正确表示方法（见表 8-35）

表 8-35　网络图中各项工作之间的关系

序号	工作之间的关系	网络图的表示方法	序号	工作之间的关系	网络图的表示方法
1	A 完成后进行 B 和 C		4	A 完成后进行 C；A、B 均完成后进行 D	
2	A、B 完成后进行 C		5	A 完成后进行 B；B、D 完成后进行 C	
3	A、B 均完成后进行 C 和 D		6	A、B 均完成后进行 D；A、B、C 均完成后进行 E；D、E 完成后进行 F	

3. 网络计划关键线路时间的计算

一个网络图往往从起始节点沿箭头方向到结束点之间有很多线路，通过时间计算便能找到一条工期最长的线路，这条线路即为关键线路，位于关键线路上的工作即为关键工作。这些工作的完成情况直接影响着整个工期。关键工作常用双箭线或粗箭线表示，如图 8-13 所示。

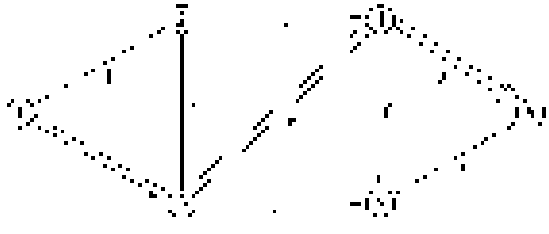


图 8-13　关键线路的确定

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

一个网络图中有时会有几条关键线路，显然它们的持续时间相等。关键线路在一定条件下，可以转化为非关键线路，而非关键线路也可以转化为关键线路。关键线路上的关键工作，都有机动时间或富裕时间，也叫做时差。时差意味着工作完成日期允许适当挪动而不影响整个工程结束日期。在时差范围内，放慢安装速度，增加工作持续时间，将部分人力和设备转移到关键工作上去，加速关键工作的进度，或者在时差范围内改变工作开始或结束时间，以达到均衡施工的目的。

由图 8-13 可以看出，从开工到完工有 5 条线路，将每个工作的时间相加有

1）$①\xrightarrow[1]{}②\xrightarrow[3]{}③\xrightarrow[6]{}④\xrightarrow[0]{}⑤\xrightarrow[3]{}⑥$ 需 13 天

2）$①\xrightarrow[1]{}②\xrightarrow[2]{}④\xrightarrow[5]{}⑥$ 需 8 天

3）$①\xrightarrow[1]{}②\xrightarrow[3]{}③\xrightarrow[5]{}⑤\xrightarrow[3]{}⑥$ 需 12 天

4）$①\xrightarrow[5]{}③\xrightarrow[5]{}⑤\xrightarrow[3]{}⑥$ 需 13 天

5）$①\xrightarrow[5]{}③\xrightarrow[6]{}④\xrightarrow[5]{}⑥$ 需 16 天

第 5 条为关键线路。

4. 电气安装施工网络图的表示方法

为了使网络图表达的施工计划更加条理化和形象化，在具体应用中，可根据不同的情况，灵活多样地排列，简化层次，使各工作之间在安装工艺上、组织施工上的逻辑关系准确清楚，便于现场人员掌握，便于计算和调整。现以某低压配电室为例，列出两种排列方法，供读者参考，如图 8-14 所示。

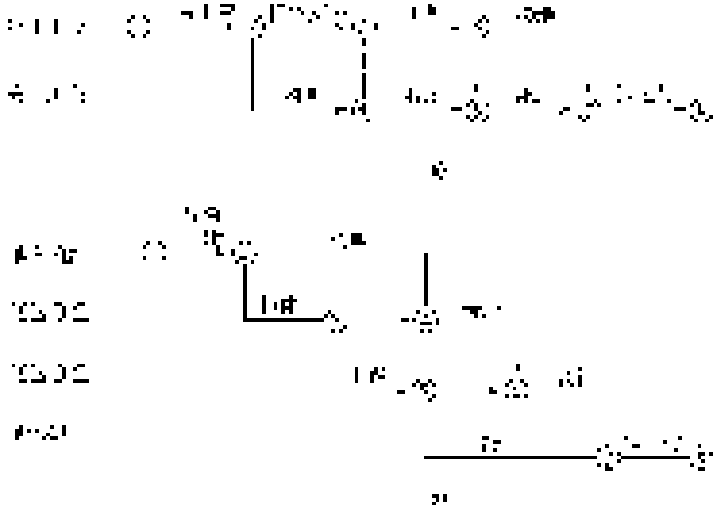


图 8-14 某低压配电室安装施工网络的两种排列方法

a）流水段排列 b）专业班组排列

根据网络图的设计要求，可画出前述变电所电气安装工程的具有时间坐标的网络图，如图 8-15 所示。

读者可根据上述方法进行时间的计算，并按指令性工期为 165 天进行调整。

有关网络计划技术的其他内容，请读者参阅有网络计划技术的专著，这里不再详细介绍。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

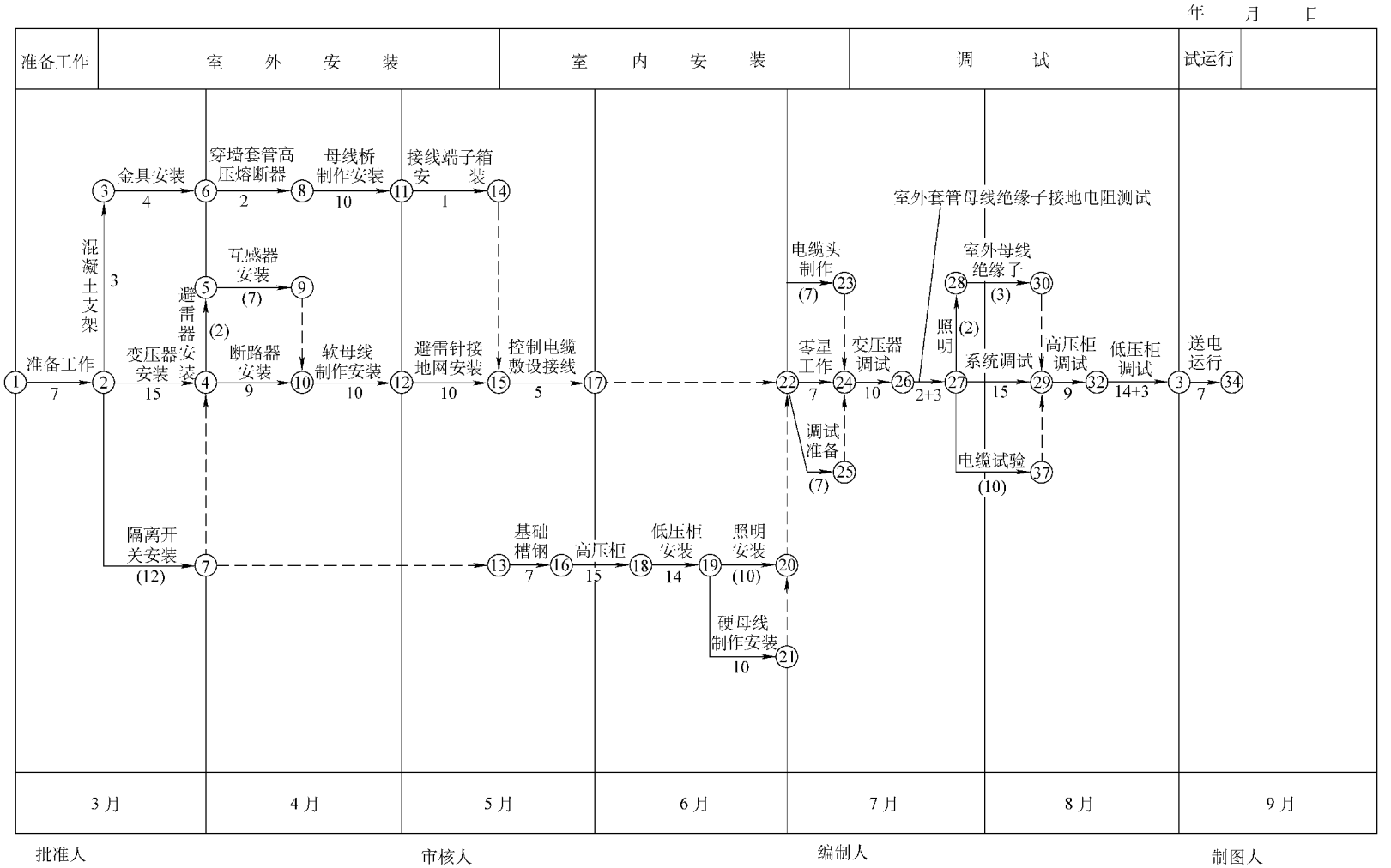


图 8-15　某 35kV 变电所安装网络计划图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第七节 人力计划的编制及人力资源管理

一、编制依据

1. 施工图

通过阅读及审核图样，对工程包括的项目和技术难度有了一定程度的了解，这样可按其难易程度派遣具有相应技术资格的技术人员、管理人员及具有相应技术等级的工人和作业人员。此外，根据图样可派遣辅助作业人员，像测量工、架子工、焊工、起重工、钳工等，以保证工程的质量。

一般情况下，中小型工程或技术难度较低的工程，可派遣工程师为技术负责人，可派遣中级、初级的工人和作业人员去完成工程。

大型或技术难度较高的工程，应派遣高级工程师为技术负责人，必要时还应派遣相关专业的中/高级工程师为分项工程的技术负责人，工程可派遣高级技师、高级工和初级工为作业人员。

2. 施工进度计划

施工进度计划限定了工程的工期，当工期很紧时应增加作业人员的数量或作业班次，以确保工期，并按作业人员的增加数量确定相应的作业方法，如平行施工、交叉施工、同步施工等。

3. 工程量

工程量是以工程预算为准的（追加、变更工程另计），可按工程量的多少确定作业人数。一般情况下，应按劳动定额进行计算最后确定作业人数。

4. 现场及自然条件

现场工作面较小而工期又紧时，应派遣技术精湛的高级技工组成多个作业队，分班作业，每班作业的时间可缩短至4～5h，并限定工作量，这个工作量是按预算确定，这样既能保证工期，又能保证质量。每班作业人数不得多于作业面最多允许人数。现场作业条件恶劣、作业面狭小时必须考虑因安全设置而必须减少作业人数的因素。

5. 工程机械化程度

工程机械化程度高时应适当减少作业人数，同时应适当增加维修人员的数量。反之应增加作业人数。

二、编制步骤和方法

1）熟悉图样、核实并列出工程量，并将其数值与工程预算的工程量比较，取其平均值。

2）查阅现行劳动定额，找出每一子（分）项各个工种需要的作业定额，即工程量/（人·日）。

3）用工程量的平均值与作业定额相除，即工程量/［工程量/（人·日）］，计算出每一子（分）项各个工种需要的作业人数，这里要四舍五入。

4）按照施工进度计划确定作业班次，一班作业不能满足进度时应增加作业人数，当施工作业面较小时应考虑两班作业或三班作业，进而确定并计算出每班的作业人数。

5）统计各个工种需要的总人数，这时可根据实践经验进行取舍，一般情况下只进不舍，如计算结果是11～14人，可按15人计入，16～19人可按20人计入。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）考虑现场搬运、清理、零星小活应适度确定壮工需要的人数。一般条件下，室外线路、电缆、变配发电装置等，壮工数量与技工数量的比例是1∶1；室内安装壮工数量与技工数量的比例是1∶2。

7）列出统计表，将各个工种的人数填在上面，统计出总人数。

8）根据施工进度计划确定每一道工序需要的各工种人数，最后画出直方图。一般是开始时人员较少，中期用人最多，最后调整试验人员较少。

这方面的内容在本书施工进度计划部分已有详细讲述，读者可参考进行编制。

三、编制注意事项

1）人力计划的编制应考虑周全，要从人数和技术能力综合考虑。

2）人力计划是按施工进度计划的需要编制的，人员进场要按施工进度计划要求逐一进场。

3）各工种要考虑周全，不得遗漏。电气工程安装一般需要电工、焊工、钳工、起重工、油工、测量工、架子工、钣金工和壮工等。

4）编制人力资源计划要考虑由于气候条件、现场条件、运输条件不利或恶劣而造成效率降低而增加的人力。

5）多班作业或平行同步作业时，除人数之外，必须考虑每班技术能力的平衡性，以保持工程的质量、进度、安全等对整个工程的影响及之间的衔接。

四、人力资源管理

人力资源管理较为复杂，有些企业处理得不够好，以至出现了人员短缺的现象，从而导致工程质量低劣、工期延误或出现不同程度的质量安全事故，极大地影响了企业在市场上的竞争力和形象，以致被市场淘汰。

人力资源是安装企业的根本，在人力资源管理上必须做到以下几点：

1）无论是经营性企业还是生产性企业，都必须有自己的骨干技术力量，包括各个技术工种，其类别和其数量应与企业经营规模相符。

2）骨干技术工人应保持相应的稳定，并有提高技术技能的策划和实施，定期进行培训及考核，不断掌握新技术、新技能、新设备、新材料，提高适应市场的技术能力。

3）必须做好新老交替和衔接，保持技术能力处于巅峰状态。当一名技术骨干工人要退休的前五年应给其配备一名经选拔确定的文化、技术、素质均较好的青年工人，订立师徒合同，师傅必须保证在几年内把全部经验技术教会徒弟，徒弟必须保证尊敬师傅，虚心学习，全部学会并且有所提高。同时企业对其目标的实现给予一定的奖励。这是非常重要的一点。

4）新招的技术工人除了人力资源部门进行培训之外，必须由师傅带领进行培训。新招工人的首要条件是其立志于做一名安装工人，不要半途而废。

5）安装技术工人必须进行职业道德的培训和考核，连同技术技能和工程业绩一起建立技术工人档案，进行年度考核和奖惩。

6）提高技术工人的待遇，应按照企业工程技术人员、各类管理人员的待遇进行，必要时应略有提高，要让企业的技术骨干工人知道自己的价值。

7）工程技术人员、技术工人是企业的宝贵财富，企业应积极创造条件，给予其施展才华的平台。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第八节　技术安全交底

一、安装技术措施交底及组织学习

安装技术措施及技术交底是电气工程施工组织设计（方案）中的一项重要内容，对安装工程起着决定性的作用。

所谓施工技术措施及技术交底就是针对工程中某一具体安装项目（特别是工人还没有十分掌握具体操作的安装项目）的安装工艺方法、操作要领、安装要点、注意事项、技术要求以及调试方法等，要在施工方案或施工组织设计中写清楚并有可操作性，特别是关键设备或贵重设备，写不清楚的或者没有安装经验、没有十分把握的要请教有经验的技术人员、老工人或者外出学习，并组织所有施工人员学习施工方案或施工组织设计。

二、冬雨季施工措施

电气安装工程在一般情况下，受季节影响并不大，但是电缆工程、外线工程、变电工程以及工程中附带的土方工程和室外安装部分等，当工期跨越冬季和雨季时，就要制定冬季施工措施和雨季施工措施，其目的就是为了保证质量、保证安全、保证工期、保证人力和物资的节约。

1. 冬季施工措施

冬季施工，因为各个地区的气温、降雪量不同，工程部位及安装内容不同、安装单位的技术条件不同，则应采用不同的技术措施。北方地区冬季施工措施必须严格周密，达到保温、防冻、改善操作条件、保证质量、控制工期、安全施工、减少浪费的目的。冬季施工采取的措施有以下几个方面。

1）土方工程的回填土，应将冻土敲碎回填并夯实，有条件的可先加热再敲碎，如将冻土在铁板上加热。

2）电缆施工应注意电缆本身的加温，电缆头制作一定要在室内进行，且有保温措施，室内不得有灰尘，室温一般不得低于10℃。

3）电焊焊接时应在焊接部位搭设防风棚，一般常用活动小毡房，小毡房可用厚度超过10mm的工业毡和角钢架制成。焊接前应将焊接部位用气焊预热，并且边焊边加热。

4）为了使气焊加热或焊接正常，应将气焊工具进行改装，方法如下：

① 将原来8mm乙炔气带改为24mm的气带，以减小阻力，增大气体流量，保证焊接时的火焰温度。

② 制作活性炭乙炔过滤器。活性炭乙炔过滤器用4mm厚钢板焊制成，如图8-16所示，活性炭室直径为350mm，高为450mm，贮水室高250mm。使用时，乙炔气先进入过滤器，水分被滤掉，再进入焊枪，纯度提高后，气体能充分燃烧，进而保证了焊接时的温度。

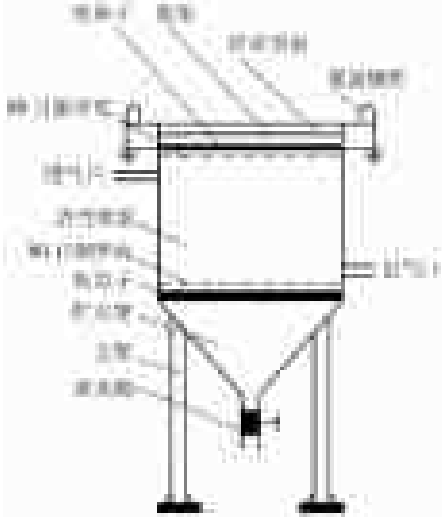


图8-16　活性炭乙炔过滤器结构示意图

③ 保温筒。在原来电石桶外边用钢板焊成一个外

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

套，间隙60mm，内装玻璃纤维、海绵等保温材料。

④ 有条件的地方尽量采用钢瓶乙炔气，同样应有保温套。

5）临建要解决好烤火取暖问题，且要注意避免煤气中毒和火灾的发生。

6）要统筹安排工程进度和工序，注意天气预报，风雪低温天气应安排室内作业，天气较好时安排室外作业。

7）架空线路的垂度要根据当地最低气温调整。

8）冬季运输作业和吊装作业要有防滑措施。

9）凡是有用水冷却的电气设备，如大中型变压器的强迫油循环中的水冷却系统，大功率晶闸管的水冷却系统，在安装调试的过程中，当作业完毕或午间、夜间休息较长时，要将水放掉，特别是在夜间或天气极冷的情况下，更要注意放水。放水时要将水放到排水沟内，不得随意乱放，以免影响第二天的工作。放水时要确认放水阀，必要时要与图样核对或经有经验的管道工确认。放水必须放尽。

10）冬季架梯作业要有防滑措施，必要时应在梯脚处垫土。

11）冬季登杆作业应用新脚扣，其橡胶包皮摩擦力大，并且边上边用手套擦拭杆体，消除杆上的冰雪。

12）冬季室外作业时间宜短不宜长，应在保证质量的前提下以效率为主，切忌计时工作制。

13）临时用电应接线良好，防止断线或短路打火，避免引起火灾或触电。

2. 雨季施工技术措施

雨季施工要根据工程所在地区的雨量、雨期及工程的特点进行。在防淋、防潮、防泡、防淹、防拖延工期等方面，分别采用遮盖、疏导、堵挡、排水、防雷、合理存放、改变施工顺序、避雨施工、加固防陷等措施。主要措施有以下几方面。

1）按时收听天气预报，掌握天气情况，决定土方工程的开挖和回填。

2）安装段要小，室外工程当天完成当天的工作量。

3）改变安装顺序，合理安排施工作业项目，晴天室外，雨天室内。

4）下班前堵管口、盖井盖、做护坡防止雨水流进，室外怕淋的电气设备应盖塑料布，并用小绳扎好。

5）雨后室外安装要彻底检查设备和现场，包括绝缘电阻、接地电阻、设备及基础有否位移、沟内有否积水或土方塌陷，有无其他不妥和不利安装之处，应查明原因并及时处理。

6）元件和设备的堆放要高于自然地坪500mm，并用1∶9灰土夯实或用道木支起，防止积水；怕淋的要用苫布盖好。

7）大中型电气工程的现场内的循环施工道路必须压实，路面铺300mm厚的干焦渣，主要干线两旁挖400mm×400mm断面的排水沟。

8）室外变电装置、架空线路或室外重要电气设施应安排在非雨季进行。

9）电缆头制作一般不安排在雨季施工，否则应有干燥措施，特别是室外应搭设苫布棚。

10）高空作业应有临时防雷措施，接地电阻应符合要求；临建要注意排水、防漏；施工现场要做好防汛工作，要有由保卫部门组织的专业抢险工作队，一旦有险情应有组织、有条理地抢险，避免乱中有失。

三、特殊场所施工措施

特殊场所施工主要是防火、防爆、防震。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

上述三点因涉及内容太多，详尽内容请参见《电气工程安装及调试技术手册》相关内容。

四、安全技术措施交底及组织学习

任何一项工程的施工和安装，首先是安全第一；所谓安全第一是指人身安全和设备安全两个方面。由于电气工程的复杂性、特别是和其他专业工种交叉或混合作业时，操作面拥挤，而电气设备本身及其运行都有安全用电的要求，电气安装工程的安全工作在施工中尤为重要。因此，在施工组织设计（方案）中，要求明确写出应注意的安全事项，有绝对禁止的事项，有应注意的事项，并指出防护措施以及消防用具、防护用品、安全器具的使用方法、操作要领和注意事项并编制安全管理方案。电气安装工程安全交底与技术措施有以下内容。

1）开工前或作业前应检查使用工具、安全用具、防护用品以及仪表等，不妥之处应提前处理；仪表应有周期检定证书并在检定周期之内；扳手、锲头、锯弓等应放在工具袋带到现场。

2）人工手动弯管器揻弯时，操作场地必须宽阔平坦，严禁站在沟旁、房沿边无栏杆处作业。操作时要集中精力，身体要移开所揻管子的垂直面，以免弯管器滑脱伤人；操作时不要用力过猛，要缓慢用力，以防管子材质受损或搬脱后伤人。严禁超越弯管器规格的操作。

3）用铁锯弓锯割管子或型钢时，应将管子或型钢夹在固定的压力钳中，管子不得使用平口虎钳或台钳。管子或型钢两端应垫平或托起，以免切断时掉落伤人。锯割时，锯条的锯齿向前方向应和锯割推力的方向一致，用力不宜过猛，压力不宜过大，以免锯条折断伤人。两人操作时，应步调一致，避免操之过急，管口毛刺应及时消除。

4）用电动无齿锯锯割管子或型钢时，应将其和锯盘垂直放置，手压锯盘下降时应缓慢，并戴防护眼镜，钢材放置根数不宜超过两根，钢材两端也应垫平，并用卡具卡好。

5）用套螺纹扳子套螺纹，操作者应站立在套螺纹扳子垂面的两侧，防止扳动时击伤头部或滑脱伤人，并随时检查扳机和压力挂钩是否扣紧，防止滑机。操作时两人要相互呼应，同时用力，松档要缓慢。取下套螺纹扳子一定要将其直立于案子旁并放稳，以免倒置伤人。管口毛刺应清除，清除毛刺或打喇叭口时要戴防护眼镜。

6）管子灌砂揻弯时，必须先清扫管子内壁（用铁丝拉动金属刷子），再将砂子过筛后用火炒干，灌入管内，管口用木塞堵死。揻弯前应先检查揻桩、绳索及起重工具是否安全可靠，管子加热时，管口前禁止站人。揻制时用力应一致，但不宜过猛。

7）丝扣接管时，应用管钳子将管卡紧，缓慢用力拧紧，不得用锤砸。管钳子扳动时不得用套管加长手柄操作，避免扳脱伤人。大管丝接时，操作人员身后不得站人。任何时候管钳子、活扳子不准代替手锤。

8）在建筑物上剔槽打眼，必须锤把结实、无松动，錾子无飞刺。操作时应戴手套和眼镜，操作的下方和墙的后面不得有人。用冲击钻、电锤在建筑上开孔，应使钻和建筑物开孔面垂直；使用射钉枪时，应用肩头顶住手柄并使其和墙面垂直才能扣动扳机，墙后严禁站人。任何时候射钉枪口不准对人，射钉及子弹应专人严格管理。

9）清扫管壁、穿带线、穿导线时，操作双方要一呼一应，有节奏进行，不要用力过猛，以免伤手。任何时候都不准眼对管口或用嘴吹管口。当穿线拉不动时切忌用猛力拉拽，应将导线退回查明原因再穿线。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10）削线头时刀口要向外，左手应戴手套垫在线下缓慢削去，将绝缘层削切成斜坡式，整体为锥形为好，不得用刀口按导线外皮圆周削切，以避损伤线芯。二次回路接线时应用剥线钳削线头。

11）登梯作业不得站在最高台阶上，梯脚、凳脚要有防滑措施，人字梯或凳下部应有两扇之间的连接装置（铁链或铁丝），所有登高用具包括脚扣，使用前应先检查，确认无破损时才能使用。登高用具一般不得外借。

12）敷设地极棍时，一般用大锤砸，要稳、准，防止飞锤；扶地极棍的人要站在侧面，不得摇晃，尽量远离地极；操作者应由有经验的人进行，不得开玩笑、嬉闹。

13）立杆作业要分工明确，专人指挥，做好充分准备工作，人人要服从指挥，没有指挥的命令不得随意作业；立杆未稳、未埋土时，吊钩或梢木不得松开或移动，当卡盘装好，埋土超过卡盘并夯实后，才能松钩或移开。

14）杆上作业必须系安全带，脚扣安全带使用前要检查，有无断痕、裂纹、扣带及插棍、挂钩是否完整、缺件；上下传递工具、材料必须用小绳并且上下呼应，严禁抛扔。杆上两人及以上操作时应相互配合，互相照应，特别是分层作业时，严禁违章作业，不用的工具应放在工具袋内，不得放在杆上别的部位，工具袋应挂好系紧，传递工具要手对手传递呼应，任何时候不得松开安全带。杆下人员必须戴安全帽，并远离电杆 3m 以外。下杆时应使用脚扣，不得从杆上或拉线、大绳滑下。

15）紧线作业时，操作人员必须闪开紧线器并在线路方向侧向操作，并将夹紧螺钉拧紧，以免滑脱伤人。紧线用的镀锌铁丝或钢丝绳，应能承受全部拉力，根数应根据导线截面大小及耐张段距离长短增减。紧有角度的导线，应在外侧作业，以免拉脱伤人。紧线时导线下侧不得站人，必要时应在紧线杆的另侧做临时拉线。调整拉线或临时拉线时，杆上不得有人。导线、镀锌铁线、钢丝油绳、拉线用的钢芯绞线质量应上乘。

16）架空线路作业，遇雷雨天气应立即停止工作，杆上人必须下杆，不得在杆上避雨。已架好未送电的线路，每隔 5 跨应将线路临时接地一次，避免后续作业触雷电，送电前必须拆除。

17）电缆敷设时，电缆盘上的电缆端头应绑扎牢固，才能滚动电缆盘。施放电缆应选择坚实平坦地面支撑电缆轴，放线架和千斤顶应转动灵活，电缆轴架起落必须保证端面圆盘垂直地面，不得倾斜，而卷筒的轴线应与地面平行，转动时按卷动电缆的反方向缓慢转动，切忌拉倒支架。木盘保护板拆除后要集中堆放，以免钉子扎脚。

18）电缆敷设应统一指挥，速度不宜快，敷设至拐弯处时，应站在外侧操作，在穿过墙洞、沟口、管口、隔层等时应距其口处以外 1m 以上操作。在电缆沟敷设时应先将沟内杂物清除干净，应将敷设途径的障碍拆除。

19）制作环氧树脂电缆头时，烘干石英粉时必须戴好口罩，配制药液应戴防护镜和医用手套。现场必须通风良好，在上风头操作。当皮肤接触胺固化剂时，应立即用水冲洗或用酒精擦净，如发现头晕或疲倦，应立即离开现场，到通风处或采取医疗措施。熔化电缆胶应用温火，高空灌电缆头，下面不得站人，操作者应在上风头。不得用锡焊容器加热电缆胶或加热变压器油，容器必须有盖有嘴，以免流出烫伤。电缆头制作时应注意防火、防尘、防烫、烧伤等。

20）送电前，对所有安全用具、测量仪表、操作工具进行详细检查和试验，保证绝缘

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

良好、安全可靠，并准备好消防器材和医务救护工作。主要有高压绝缘拉杆、绝缘靴、绝缘手套、绝缘垫、高压验电器、绝缘电阻测试仪、万用表、试电笔、钳形电流表、携带式接地线、熔蜡片等，必要时应有电业部门出示的试验报告、计量部门的检定证书。消防器材应有四氯化碳灭火剂、干粉灭火剂、二氧化碳灭火剂、一溴甲烷（1211）灭火剂等。救护车、医生及抢救药品等应进入现场。

21）送电前应熟悉系统、严格遵守送电程序和规则，并准备好通信工具。先拆除临时保护地线，检查系统有无不妥之处。停电和送电操作应有负责人签发或发布操作命令，经系统前后、送电方和受电方联系并确认无误、准备工作完毕后方可操作。送电操作程序是先总闸后分闸，先隔离后负荷。合一级检查一级，逐级合闸逐级检查。停止操作程序是先分闸后总闸，先负荷开关后隔离开关，和送电程序相反。发生紧急情况，可越级拉负荷开关或断路器，任何情况下严禁带负荷拉隔离开关。送电或停电的回路应在该回路上挂标志牌，避免误操作，并有专人看管，非工作人员一律禁止入内。操作时应两人进行，一人操作，一人监护。所有电气设备，未经检查和验电前一律当有电看待，万万不可忽视，遵守先验电、后操作的程序，切忌盲目操作。切记高压验电器验电时不得接触高压带电部位。

22）装好的配电柜、控制柜、盘不得随意通电，如必须使用，应经有关部门同意并检查合格后方可使用，然后挂好警告牌。各类开关和熔断器更换时不得随意更换规格，应按原规格更换，禁止用金属丝代替熔断器的熔体。当电路出现跳闸、熔体熔断、保护继电器动作时应查明原因，然后才能重新合闸起动，严禁盲目合闸。

23）电气设备发生故障后，检修前必须拉闸或取下熔断器，并用验电器试验，确认无电时方可进行检修，必要时要挂标志牌并有人监护，或者有临时接地装置。修复后应先试验控制电路、然后盘车，并摇测绝缘电阻合格后才允许重新起动。

24）一般不允许带电作业，必须带电作业时应经上一级部门批准并有人监护，操作人员应具备带电作业的技能，必须穿戴相应电压等级的绝缘防护用品，使用相应电压等级的绝缘工具，操作人员的任何部位与带电部分的净空距离应大于表 8-36 中的数值。

表 8-36　操作人员的任何部位与带电部分的净空距离

带电部位的额定电压/kV	净空距离/m
1.0 以下	0.5
6～10	0.7
35	1.0
35 以上	1.5

监护人员应具有带电作业经验，任何情况下都能看到操作者的每一个部位，夜间作业必须用多只手电照明或有充分的常电照明。

25）施工用的临时电气线路应严格遵守 GB 50194—1993 和 JGJ 46—2005 的规定，不得随意乱拉电气线路。三相四线低压线路应用 3.5m 以上的木杆上用绝缘物架设，严禁用金属丝绑扎、揪拉。接头要牢固，绝缘导线接头的位置相与相、相与地应错开 150mm 以上，并用绝缘带包好。多芯橡皮电缆、防水线剥线口处要加厚绝缘层，甩头不要太长。室外闸箱应有防雨措施，距地坪应在 1.4m 以上。临时用电宜用三相五线制，电动工具应用漏电开关保

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

护，并有良好的接地。在金属构件上、潮湿地段、夜间作业等易触电的环境中，照明一律使用安全电压，即36V及以下。临时供电的变压器应设在杆上或变台上，并设置围栏，接地电阻应在4Ω以下，高压侧至少应有跌开式熔断器、避雷器保护，低压侧应有熔断器或空气开关保护。近5m以内不得堆放杂物，必要时应有专职电工维护运行。主要干线和重要支线，必须按正规线路安装。临时线路长度不宜超过500m，与建筑物、树木或其他导线路距离不得小于2m，跨越马路时高度不得低于6m，导线截面应满足强度和负荷要求。架设临时线路必须用专用电杆、专用绝缘子固定，也可选用木杆、木横担，但电杆梢直径不得小于100mm，档距一般不超过25m；室内临时布线宜采用橡套电缆（防水线），布线应整齐，长度一般不宜超过10m，距地面高度不得小于2.5m。延地面敷设时，跨越道路时应穿钢管保护。用电点应有闸箱，严禁从线路上直接引线或用插销代替开关。

26）变配电装置及送电线路因故障需检修时，停电作业应遵守以下安全操作规程：

① 切断有关电源，操作手柄上应上锁或挂标志牌，并有人监护。

② 用验电器验电，验电时先按电压等级选择验电器，并戴上相应电压等级的绝缘手套，踩在高压绝缘板上，在设备进出线两侧各相分别验电。

③ 验明设备、线路确认无电后，即将把被检验设备或线路的进户端接地短路，即放电。

④ 装设接地线应由二人共同进行，先接好接地端，然后把另一端和高压拉杆端部金属部分夹好，先在设备或线路的验电处短接一下，把剩余的电荷放掉，然后再将设备或线路三相短路，并将接地线另端与其夹好。拆时顺序相反。

⑤ 接地线应使用截面积不小于25mm^{2}的多股软裸铜线和专用线夹，严禁用缠绕方法接地短路。

⑥ 检修完毕，应全面逐项检查确认无误无疑时方可拆除临时短路接地线，然后再按程序送电。一般用表8-37表示。

表8-37　停电作业操作规程

顺序	1	2	3	4	5	6	7	8
操作规程	拉闸停电	验电	放电	挂接地线	装设遮栏	挂标志牌	临护	作业

27）用高压绝缘拉杆或手柄传动机构拉、合高压开关，应戴高压手套，穿高压靴或踩高压垫。对于单极开关，拉闸时应先拉中间相，再拉边相；合闸时应先合边相，再合中间相。在有风时拉闸，应从下风头逐个顺序拉开，合闸时应从上风头逐个顺序合闸。雨雪天操作时，除穿戴相应的安全防护用品外，应装防雨伞形罩，并必须有人监护。

28）电气设备的金属外壳，必须接地或接零。接地电阻小于等于4Ω；设备的保安方式可接地或接零，在电力变压器低压侧中性点不接地系统应采用保护接地，在中性点接地系统应采用保护接零，且中性线应重复接地，但同一系统中不允许有的接地有的接零。常用设备的接地电阻允许值见表8-38。

29）进行耐压试验时，试验设备和被试设备的金属外壳应可靠接地；被试设备或电缆两端，如不在同一地点，另一端应有人看守或加锁。试验前必须对仪器仪表进行校验或检定，接好线后应由非接线人员检查，确认无误后方可升压。升压时除监护人员和操作人员外，其他人应远离现场。升压或降压应逐级缓慢进行，因故暂停作业或试验结束，应先使电源切断，然后将被试设备进行放电，并将升压设备高压侧放电后短路接地，然后将仪器恢复

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

到零位。

表 8-38 常用设备的接地电阻允许值 （单位：Ω）

接地类别	允许值	备注	接地类别	允许值	备注
大接地短路电流系统接地	$R\leqslant0.5$	短路电流 >500A	电气设备保护接地	$R\leqslant10$	引入线装有 25A 以下的熔断器
小接地短路电流系统接地	$R\leqslant10$	短路电流 <500A	低压线路杆塔接地 进户线绝缘子脚接地	$R\leqslant30$ $R\leqslant30$	 指低压
大变压器或发电机工作接地	$R\leqslant4$	容量 >100kVA	阀型避雷器（FZ）接地	$R\leqslant4$	变配电所母线上
小变压器或发电机工作接地	$R\leqslant10$	容量≤100kVA	阀型避雷器（FS）接地	$R\leqslant10$	线路出线段
零线重复接地	$R\leqslant10$	容量≤100kVA 不少于三处时可取 $R<30$	管型避雷器接地 独立避雷针接地 工业电子设备保护接地	$R\leqslant10$ $R\leqslant10$ $R\leqslant10$	 个别可取≤30Ω 包括 X 光机
电气设备保护接地	$R\leqslant4$	不带电的金属部分	烟囱防雷接地	$R\leqslant30$	包括水塔、料仓等

30）电气传动装置系统及高低压各型开关（柜）调试时，应将其他柜上有关的开关手柄取下或上锁、悬挂警告标志牌，防止误合闸。

31）用绝缘电阻表测试设备或线路的绝缘电阻，要防止有人触及被测设备或线路，测定容性或感性设备材料后，必须放电，雷电时禁止测量线路的绝缘电阻。任何时候，严禁不拉闸测试绝缘电阻。

32）电压互感器二次侧必须可靠接地，一次侧和二次侧均应有熔断器保护，严禁二次侧短路。电流互感器的二次侧应可靠接地，不允许二次侧装设开关或熔断器，严禁二次侧开路。

33）消弧线圈一般接于中性点不接地系统中变压器或发电机的中性点与大地之间。调整其分接头时，必须将其和网络断开后进行；必须严格根据信号和接地电压表的指示，证明网络中确实不存在接地故障时，才能操作消弧线圈的刀闸，并要考虑防止消弧线圈变更分接时，引起系统共振现象。正常运行时，不允许将两台变压器同时接到一个消弧线圈上。当电网发生接地故障时，不得停运消弧线圈（本身故障除外），一般允许运行 2h，如时间超过而接地故障仍不能消除，应加强监视，消弧线圈上层油温不得超过 85℃。

34）任何时候、任何情况下电气元件的接线应遵守以下原则：

三相开关包括接触器、刀开关的静插座的接线柱接三相电源，动触刀的接线柱接负载；两极开关静插座的接线柱接单相电源或两相电源，动触刀的接线柱接负载，接单相电源时面对开关右极接相线（俗称火线），左极接零线；单极开关，包括拉盒、按钮静插座的接线柱接相线，动触刀的接线柱接负载的相线端。

两孔单相插座，面对插座的右极接相线，左极接零线；三孔单相和三相四孔的接地线或接零线均应在上方，且单相的另两极为左零右相；交、直流或不同电压的插座安装时应有明显的区别，且插头均不能互相插入。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

螺口灯泡的螺口端应接零线，顶端接相线。

35）在中性点不接地电网中，应采用保护接地，而不采用保护接零。在相线和中性线上可装设开关和熔断器。在中性点接地电网中，应采用保护接零、重复接地，而不采用保护接地。而零干线上严禁装设开关和熔断器，单相设备的接零线应接在零线的干线上，而不是支线上。因此设备的接零线应单独设置（也称三相五线制），不允许将接零端子接在零线端子上，如图 8-17 所示。

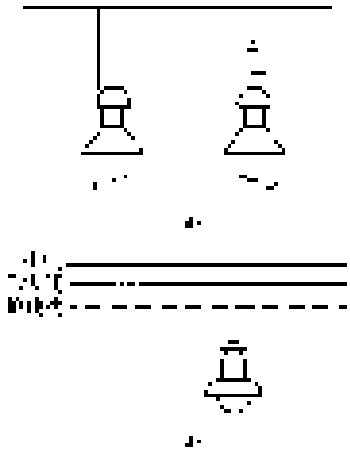


图 8-17　保护线的正确接法

a）三相四线制　b）三相五线制

36）易燃易爆火灾危险场所应严格按特殊场所的要求选择相应的电气设备或元件。

防爆电气设备在接线时须配弹簧垫，导线不得有接头。所有接头处和连接处应在接线盒或接线罩内进行，然后密封并涂耐热漆（1321 醇酸瓷漆）。电气设备不论其电压大小、安装位置高低，正常不带电的金属部分均须可靠接地或接零；生产设施、管道、贮罐等应可靠接地。接地线或接零线应单独敷设，不得利用金属管道和其他金属构架或是电气系统的工作零线或地线作为接地或接零用。高频电气设备应有屏蔽，并且设备外壳和屏蔽体应接地，其接地线一般不宜太长，应限制在 1/4 波长之内或者避开 1/4 波长的奇数倍。

在工程中常遇到一些低压电器有小故障，影响工程进度，这里将部分低压电器的常见故障处理方法列出，供参考，见表 8-39 ~ 表 8-41。

表 8-39　断路器常见故障及排除方法

故障现象	原　因	处理办法
手动操作断路器，触头不能闭合 手动拉闸不能断开	1. 失压脱扣器无电压或线圈烧坏 2. 储能弹簧变形，导致闭合力减小 3. 反作用弹簧力过大 4. 机构不能复位再扣 5. 传动机构不灵活	1. 检查线路，施加电压或更换线圈 2. 更换储能弹簧 3. 重新调整 4. 调整再扣接触面至规定值 5. 传动点上加少许机油
电动操作断路器，触头不能闭合	1. 操作电源电压不符 2. 电源容量不够 3. 电磁铁拉杆行程不够或衔铁间隙过大 4. 电动机操作定位开关失灵 5. 控制器中整流管或电容器损坏	1. 更换电源 2. 增大操作电源容量 3. 重新调整或更换拉杆或垫高铁心 4. 重新调整 5. 更换
有一相触头不能闭合	1. 一般断路器的一相连杆断裂 2. 限流元件传动机构角度不合适	1. 更换连杆 2. 调整至原技术条件规定要求
分励脱扣器不能使断路器分断	1. 线圈短路 2. 电源电压太低 3. 再扣接触面太大 4. 螺钉松动	1. 更换线圈 2. 更换电源电压或升高 3. 重新调整 4. 拧紧螺钉

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

故障现象	原　　因	处理办法
失压脱扣器不能使断路器分断	1. 反力弹簧变小 2. 如为储能释放，则储能弹簧变小 3. 机构卡死	1. 调整弹簧 2. 调整储能弹簧 3. 消除卡死原因
起动电动机时断路器立即分断	1. 过电流脱扣器瞬动整定电流太小 2. 断相保护或其他保护动作	1. 调整过电流脱扣器瞬时整定弹簧及其他保护 2. 如为空气式脱扣器，则可能阀门失灵或橡皮膜破裂，查明后更换
断路器闭合后，一定时间（约1h）自行分断	1. 过电流脱扣器长延时整定值不对 2. 热元件或半导体延时电路元件变质	1. 重新调整 2. 更换
失压脱扣器噪声	1. 反力弹簧力太大 2. 铁心工作面有油污 3. 短路环断裂	1. 重新调整 2. 清除油污 3. 更换衔铁或铁心
断路器温升过高	1. 触头压力过分降低 2. 触头表面过分磨损或接触不良 3. 两个导电零件连接螺钉松动	1. 调整触头压力或更换弹簧 2. 更换触头或清理接触面，不能更换者只好更换整台断路器 3. 拧紧螺钉
辅助开关发生故障	1. 辅助开关的动触桥卡死或脱落 2. 辅助开关传动杆断裂或滚轮脱落	1. 拨正或重新装好触桥 2. 更换传动杆和滚轮或更换整只辅助开关
半导体过电流脱扣器误动作使断路器断开	在仔细寻找故障，确认半导体脱扣器本身无损坏后，在大多数情况下可能是外界电磁干扰	仔细寻找出引起误动作的原因，例如邻近大型电磁铁的操作、接触器的分断、电焊等，予以隔离或更换线路

表 8-40　热继电器常见故障及处理方法

故障现象	造成原因	处理办法
热继电器误动作	1. 整定值偏小 2. 电动机起动时间过长 3. 反复短时工作操作次数过高 4. 强烈的冲击振动 5. 用于不适合的工作制（如通断频率过高） 6. 连接导线太细	1. 合理调整整定值，如果热继电器额定电流或热元件号不符合要求者应更换产品 2. 按电动机起动时间的要求，选择具有合适的可返回时间（t_F）级数的热继电器或从线路上采取措施（如起动过程中热继电器短接） 3. 正确合理选用 4. 对有强烈冲击振动的场合应选用带防冲装置的专用热继电器 5. 正确合理选用 6. 按技术条件规定选用标准导线

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

故障现象	造成原因	处理办法
热继电器不动作	1. 整定值偏大 2. 触头接触不良 3. 热元件烧断或脱焊 4. 动作机构卡死 5. 导板脱出 6. 连接导线太粗	1. 合理调整整定值，如果热继电器额定电流或热元件号不符合要求者应更换产品 2. 去除触头上的尘垢 3. 更换产品 4. 修理（但用户不得随意调整，否则会造成动作特性变化） 5. 重新放入，推动几次看动作是否灵活 6. 按技术条件规定选用标准导线
热元件烧断	1. 负载侧短路，电流过大 2. 反复短时工作操作次数过高 3. 机构故障，在起动过程中热继电器不能动作	1. 检查电路，排除故障或更换产品 2. 正确合理使用 3. 更换产品

表 8-41　接触器常见故障及处理办法

故障现象	可能原因	处理办法
吸不上或吸力不足（即触头已闭合而铁心尚未完全吸合）	1. 电源电压过低或波动过大 2. 操作回路电源容量不足或发生断线、配线错误及控制触头接触不良 3. 线圈技术参数与使用条件不符 4. 产品本身受损（如线圈断线或烧毁，机械可动部分被卡住，转轴生锈或歪斜等） 5. 触头弹簧压力与超程过大	1. 调高电源电压 2. 增加电源容量，更换线路，修理控制触头 3. 更换线圈 4. 更换线圈，排除卡住故障，修理受损零件 5. 按要求调整触头参数
不释放或释放缓慢	1. 触头弹簧压力过小 2. 触头熔焊 3. 机械可动部分被卡住，转轴生锈或歪斜 4. 反力弹簧损坏 5. 铁心极面有油污或尘埃粘着 6. E 形铁心，当寿命终了时，因去磁气隙消失，剩磁增大，使铁心不释放	1. 调整触头参数 2. 排除熔焊故障，修理或更换触头 3. 排除卡住现象，修理受损零件 4. 更换反力弹簧 5. 清理铁心极面 6. 更换铁心
线圈过热或烧损	1. 电源电压过高或过低 2. 线圈技术参数（如额定电压、频率、通电持续率及适用工作制等）与实际使用条件不符 3. 操作频率（交流）过高 4. 线圈制造不良或由于机械损伤、绝缘损坏等 5. 使用环境条件特殊，如空气潮湿、含有腐蚀性气体或环境温度过高 6. 运动部分卡住 7. 交流铁心极面不平或中间气隙过大 8. 交流接触器派生直流操作的双线圈，因常闭联锁触头熔焊不释放，而使线圈过热	1. 调整电源电压 2. 调换线圈或接触器 3. 选择其他合适的接触器 4. 更换线圈，排除引起线圈机械损伤的故障 5. 采用特殊设计的线圈 6. 排除卡住现象 7. 清除极面或调换铁心 8. 调整联锁触头参数及更换烧坏线圈

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

故障现象	可能原因	处理办法
电磁铁（交流）噪声大	1. 电源电压过低 2. 触头弹簧压力过大 3. 磁系统歪斜或机械上卡住，使铁心不能吸平 4. 极面生锈或因异物（如油垢、尘埃）侵入铁心极面 5. 短路环断裂 6. 铁心极面磨损过度而不平	1. 提高操作回路电压 2. 调整触头弹簧压力 3. 排除机械卡住故障 4. 清理铁心极面 5. 调换铁心或短路环 6. 更换铁心
触头熔焊	1. 操作频率过高或产品过负载使用 2. 负载侧短路 3. 触头弹簧压力过小 4. 触头表面有金属颗粒突起或异物 5. 操作回路电压过低或机械上卡住，致使吸合过程中有停滞现象，触头停顿在刚接触的位置上 6. 产品不合格，属于伪劣品	1. 调换合适的接触器 2. 排除短路故障，更换触头 3. 调整触头弹簧压力 4. 清理触头表面 5. 提高操作电源电压，排除机械卡住故障，使接触器吸合可靠 6. 进行调换
触头过热或灼伤	1. 触头弹簧压力过小 2. 触头上有油污，或表面高低不平，有金属颗粒突起 3. 环境温度过高或使用在密闭的控制箱中 4. 铜触头用于长期工作制 5. 操作频率过高，或工作电流过大，触头的断开容量不够 6. 触头的超程太小	1. 调高触头弹簧压力 2. 清理触头表面 3. 接触器降容使用 4. 接触器降容使用 5. 调换容量较大的接触器 6. 调整触头超程或更换触头
触头过度磨损	1. 接触器选用欠妥，在以下场合时，容量不足 （1）反接制动 （2）有较多密接操作 （3）操作频率过高 2. 三相触头动作不同步 3. 负载侧短路	1. 接触器降容使用或改用适于繁重任务的接触器 2. 调整至同步 3. 排除短路故障，更换触头
相间短路	1. 可逆转换的接触器联锁不可靠，由于误动作，致使两台接触器同时投入运行而造成相间短路，或因接触器动作过快，转换时间短，在转换过程中发生电弧短路 2. 尘埃堆积或粘有水气、油垢，使绝缘变坏 3. 产品零部件损坏（如灭弧室碎裂） 4. 产品不合格，属伪劣品	1. 检查电气联锁与机械联锁；在控制线路上加中间环节或调换动作时间长的接触器，延长可逆转换时间 2. 经常清理，保持清洁 3. 更换损坏零部件 4. 进行调换

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

37）煤矿井下高压不应超过7000V，低压不应超过1140V，照明、手持电器、信号装置、通信设备等额定电压不应超过127V，远距离控制线路的额定电压不应超过36V。电气设备选择见表8-42。

表8-42　井下电气设备的选择

使用场所 / 类别	煤（岩）与沼气突出的矿井和沼气喷出的巷道区域	沼气矿井			
		井底车场、总进风道或主要进风道		采区进风道	总回风巷道、主要回风道、采区回风道、工作面和工作面进风、回风道
		低沼气矿井	高沼气矿井		
一、高低压电机和控制设备	矿用防爆型（防爆安全型除外）	矿用一般型	矿用一般型	矿用防爆型	矿用防爆型（防爆安全型除外）
二、照明灯具	矿用防爆型（防爆安全型除外）	矿用一般型	矿用安全型	矿用防爆型	矿用防爆型（防爆安全型除外）
三、通信、信号、自动化装置和仪表、仪器	矿用防爆型（防爆安全型除外）	矿用一般型	矿用安全型	矿用防爆型	矿用防爆型（防爆安全型除外）

井下变压器中性点禁止接地；电气设备应装设保护接地，所有保护接地和局部接地装置，都应同主接地极连接，形成一个总接地网。接地网上任一保护接地点的接地电阻应不超过2Ω，手持移动工具不应超过1Ω；电气设备及线路应设漏电保护及检漏装置；裸导体架设高度一般为2.2m，不行人的巷道上为1.8m。

38）安全距离如下：

① 10kV及以下架空线路的线间距离不应小于表8-43所列数值。

表8-43　架空线路导线最小线间距离　（单位：m）

档距/m / 线路电压/kV	40及以下	50	60	70	80	90	100	110	120
10	0.6	0.65	0.7	0.75	0.85	0.9	1.0	1.05	1.15
低压	0.3	0.4	0.45	0.5	—	—	—	—	—

注：1. 表中所列数值适用于导线的各类排列方式。

2. 靠近电杆的两导线间的水平距离，不应小于0.5m。

② 架空线路导线与地面距离，在导线最大弛度时，不应小于表8-44所列数值。

表8-44　导线与地面的最小距离　（单位：m）

线路经过地区	线路电压/kV	
	1以下	1～10
居民区	6.0	6.5
非居民区	5.0	5.5
交通困难地区	4.0	4.5

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

③ 架空导线与街道、行道树间的距离，不能低于表 8-45 所列数值。

表 8-45 导线与街道、行道树之间的最小距离 （单位：m）

最大弛度时的垂直距离		最大风偏时的水平距离	
1kV 以下	1～10kV	1kV 以下	1～10kV
1.0	1.5	1.0	2.0

④ 架空线路与建筑物的距离不得低于表 8-46 中所列数值。

表 8-46 架空电力线路对建筑物水平和垂直最小间隔距离 （单位：m）

项　　目	线路额定电压/kV		
	0.22～0.38	1～15	20～35
在最大弧垂时的垂直距离	2.5	3	4
在最大风偏时对接近部分的水平距离	1	1.5	3

⑤ 架空导线对地面、水面及公路、铁路交叉的最小垂直距离见表 8-47。

表 8-47 架空导线对地面、水面和公路的最小垂直距离 （单位：m）

项　　目			线路额定电压/kV			项　　目			线路额定电压/kV		
			0.22～0.38	1～20	35				0.22～0.38	1～20	35
经过地区跨越项目及距离/m	对地面（水面）	居民区	6	6.5	7	经过地区跨越项目及距离/m	对铁路	标准轨	7.5	7.5	7.5
		非居民区	5	5.5	6			窄轨	6	6	6
		居民密度小、交通困难的地区	4	4.5	5		对公路和城市道路		6	7	7
		不能通航及不能浮运的河湖（冬季至冰面）	5	5	6		对河流	常年洪水位(至水面)	6	6	6
		不能通航及不能浮运的河湖的最高水位	3	3	3			至最高航行水位的最高桅顶	1	1.5	2

⑥ 架空线路交叉跨越的最小垂直距离，见表 8-48。

表 8-48 架空配电线路与各种架空电力线路交叉跨越的最小垂直距离 （单位：m）

配电线路电压/kV	电力线路/kV				
	1 以下	1～10	35～110	220	330
1～10	2	2	3	4	5
1 以下	1	2	3	4	5

⑦ 同杆架设不同线路时，高压位于低压之上，弱电线路位于电力线路之下，横担间的最小垂直距离，应不小于表 8-49 中的规定。

表 8-49 同杆架设线路横担间的最小垂直距离 （单位：mm）

架设方式	直线杆	分支或转角杆
1～10kV 与 1～10kV	800	500
1～10kV 与 1kV 以下	1200	1000
1kV 以下与 1kV 以下	600	300

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

⑧ 低压接户线的档距不宜超过 25m，超过时应架设接户杆。低压接户线的线间距离，不应小于表 8-50 中所列数值。

表 8-50　低压接户线的线间距离

架设方式	档距/m	线间距离/mm	架设方式	档距/m	线间距离/mm
自电杆上引下	25 及以下	150	沿墙敷设	6 及以下	100
	25 以上	200		6 以上	150

⑨ 低压配线与管道间最小距离应符合表 8-51 中规定。

表 8-51　低压配线与管道间最小距离

最小距离/mm　配线方式　管道名称		穿管配线	绝缘导线明配线	裸导线配线
蒸　汽　管	平行	1000 （500）	1000 （500）	1500
	交叉	300	300	1500
暖、热水管	平行	300 （200）	300 （200）	1500
	交叉	100	100	1500
通风、上下水 压缩空气管	平行	100	200	1500
	交叉	50	100	1500

注：1. 表内有括号者为在管道下边的数据。

2. 在达不到表中距离时，应采取下列措施：蒸汽管在管外包隔热层后，上下平行净距可减至 200mm，交叉距离须考虑便于维修，但管线周围温度应经常在 35℃以下；暖、热水管包隔热层；在裸导线处加装保护网。

3. 裸导线应敷设在管道的上面。

⑩ 直埋电缆与一些工程设施的最小距离，不应小于表 8-52 中的数值。

表 8-52　直接埋地敷设的电缆与各种设施的最小净距

序号	项目	最小允许净距/m		备　注
		平行	交叉	
1	电力电缆间及其与控制电缆间			① 控制电缆间平行敷设的间距不作规定，序号第 1、3 项，当电缆穿管或用隔板隔开时，平行净距可降低为 0.1m ② 在交叉点前后 1m 范围内，如电缆穿入管中或用隔板隔开，交叉净距可降低为 0.25m
	10kV 及以下	0.10	0.50	
	10kV 以上	0.25	0.50	
2	控制电缆间	—	0.50	
3	不同使用部门的电缆间	0.50	0.50	
4	热管道（管沟）及热力设备	2.00	0.50	① 虽净距能满足要求，但检修管路可能伤及电缆时，在交叉点前后 1m 范围内，尚应采取保护措施 ② 当交叉净距不能满足要求时，应将电缆穿入管中，则其净距可减为 0.25m ③ 对序号第 4 项，应采取隔热措施，使电缆周围土壤的温升不超过 10℃
5	油管道（管沟）	1.00	0.50	
6	可燃气体及易燃液体管道（管沟）	1.00	0.50	
7	其他管道（管沟）	0.50	0.50	
8	铁路路轨	3.00	1.00	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	项目		最小允许净距/m		备　注
			平行	交叉	
9	电气化铁路路轨	交流	3.00	1.00	
		直流	10.00	1.00	如不能满足要求，应采取适当防腐蚀措施
10	公路		1.50	1.00	特殊情况，平行净距可酌减
11	城市街道路面		1.00	0.70	
12	电杆基础（边线）		1.00	—	
13	建筑物基础（边线）		0.60	—	
14	排水沟		1.00	0.50	

注：当电缆穿管或者其他管道有防护设施（如管道的保温层等）时，表中净距应从管壁或防护设施的外壁算起。

⑪ 架空明设电缆之间及电缆与管道之间的最小距离不应小于下列数值：

低压电缆之间　　35mm

低压电缆与高压电缆之间　　150mm

低压电缆与热力管道之间　　1000mm

低压电缆与非热力管道之间　　300mm

⑫ 电缆在电缆沟、隧道内敷设时的最小净距见表8-53。

表8-53　电缆在电缆沟或隧道内敷设时的最小净距　　（单位：mm）

类别 \ 敷设条件	电缆隧道	电缆沟	
		沟深600mm及以下	沟深600mm以上
两边有电缆支架，支架间的水平净距（通道宽）	1000	300	500
一边有电缆支架，支架与墙壁间的水平净距（通道宽）	900	300	450
电缆支架层间的垂直净距			
电力电缆	200	150	150
控制电缆	120	100	100
电力电缆间的水平净距	35	35	35

注：电力电缆间的水平净距不应小于电缆外径。

⑬ 室外配电装置的最小安全净距见表8-54，参考图8-18、图8-19和图8-20。

⑭ 室内配电装置的最小安全净距见表8-55，参考图8-21和图8-22。

⑮ 室内变压器，其外廓与四壁之间的最小距离应符合表8-56中的规定。

⑯ 检修安全距离。在低压操作中，人体或人使用的工具与带电体之间的最小距离应不小于0.1m。

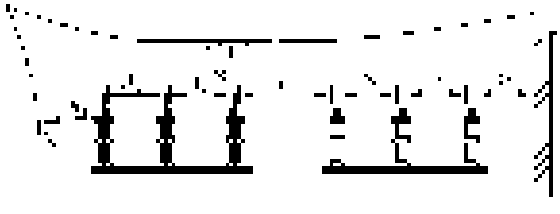


图8-18　室外A_1、A_2、B_1、D值校验示意图

在高压无遮护操作中，人体或人使用的工具与带电体之间的最小距离是，10kV及以下为0.7m；20～35kV为1.0m。否则应设临时遮栏，加以防护。如用绝缘杆操作，上述距离可分别为0.4m、0.6m。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-54　室外配电装置的安全净距　（单位：mm）

符号	适用范围	图号	额定电压/kV									
			0.4	1～10	15～20	35	60	110J	110	220J	330J	500J
A_1	1. 带电部分至接地部分之间 2. 网状遮栏向上延伸距地面2.5m处遮栏上方带电部分之间	图 8-18 图 8-19 图 8-20	75	200	300	400	650	900	1000	1800	2500	2800
A_2	1. 不同相的带电部分之间 2. 断路器和隔离开关的断口两侧引线带电部分之间	图 8-18	75	200	300	400	650	1000	1100	2000	2800	4300
B_1	1. 设备运输时，其外廓至无遮栏带电部分之间 2. 交叉的不同时停电检修的无遮栏带电部分之间 3. 栅状遮栏至绝缘体和带电部分之间 4. 带电作业时的带电部分至接地部分之间	图 8-18 图 8-19 图 8-20	825	950	1050	1150	1400	1650	1750	2550	3250	4550
B_2	网状遮栏至带电部分之间	图 8-19	175	300	400	500	750	1000	1100	1900	2600	3900
C	1. 无遮栏裸导体至地面之间 2. 无遮栏裸导体至建筑物、构筑物顶部之间	图 8-19 图 8-20	2500	2700	2800	2900	3100	3400	3500	4300	5000	7500
D	1. 平行的不同时停电检修的无遮栏带电部分之间 2. 带电部分与建筑物、构筑物的边沿部分之间	图 8-18 图 8-19	2000	2200	2300	2400	2600	2900	3000	3800	4500	5800

注：1. 110J、220J、330J、500J 系指中性点直接接地电网。

2. 栅状遮栏至绝缘体和带电部分之间，对于 220kV 及以上电压，可按绝缘体电位的实际分布，采用相应的 B 值检验，此时允许栅状遮栏与绝缘体的距离小于 B_1 值。当无给定的分布电位时，可按线性分布计算。500kV 相间通道的安全净距，亦可用此原则。

3. 带电作业时的带电部分至接地部分之间（110J～500J），带电作业时的不同相或交叉的不同回路带电部分之间，其 B_1 值可取 A_2+750mm。

4. 500kV 的 A_1 值，双分裂软导线至接地部分之间可取 3500mm。

5. 海拔超过 1000m 时，A 值应按图 8-23 进行修正。

6. 本表所列各值不适用于制造厂生产的成套配电装置。

在高压线路上作业，上述数值 10kV 及以下为 1.0m；35kV 为 2.5m，如达不到时，应停电处理。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在使用喷灯或气焊时，火焰不得喷向带电体，火焰与带电体的最小距离，1kV 以下为 1m；10kV 以下为 1.5m；10kV 以上为 3m。

在架空线路附近起重作业，起重机具及被吊物体、线索与线路的最小距离见表 8-57。

39）电气作业（包括调试）完毕或下班前，对所用的工具、仪表、材料要进行清理和查对，如有遗失和破损要妥善处理，避免遗留在设备之内或混合好料之中，发生意外事故。经两人（至少两人）检查确认无误方可离开现场。作业当中应及时清理现场中的废物、废料及脚下杂物，避免跌倒受伤，也利于文明施工。

40）变压器吊心、大电机抽心或大型电机设备吊装应有起重工配合，操作人员必须戴厚布手套。起吊后，变压器心离开法兰 20mm 时、大电机抽心吊钩刚吃力时、设备离开地面 100mm 时，必须给其予外加冲击力，并对吊装机具进行受力检查，无异常情况方可正式起吊。吊到所需位置后，在铁心底部下垂位置上加垫能够承受铁心全部重量的支承横梁或道木，然后缓慢放在横梁或道木上，并用木楔支稳后才可撤离吊钩，以免倒置或滚动。严禁在吊装中或未加支承横梁时，在吊物底部探头观察、伸手抚摸。铁心装回原位时严禁用手对位或手指伸入螺钉孔内，应用铜棒插入对位。任何时候吊物底部不准有人。

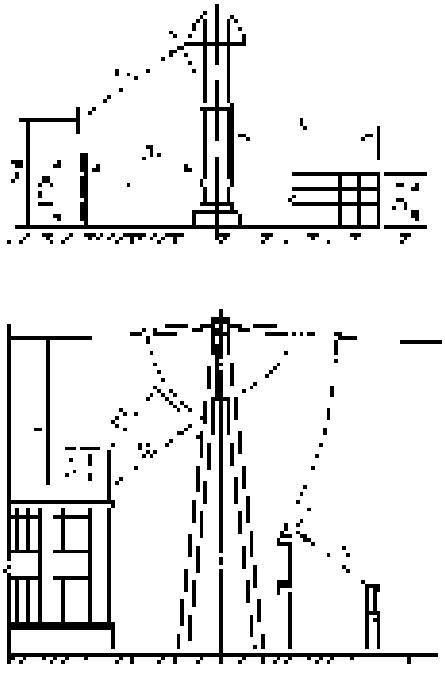


图 8-19 室外 A_1、B_2、C、B_1、D 值校验示意图

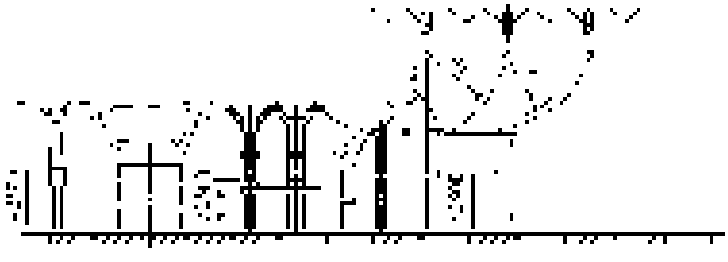


图 8-20 室外 A_2、B_1、C 值校验示意图

表 8-55 室内配电装置的安全净距 （单位：mm）

符号	适用范围	图号	额定电压/kV										
			0.4	1～3	6	10	15	20	35	60	110J	110	220J
A_1	1. 带电部分至接地部分之间 2. 网状和板状遮栏向上延伸线距地 2.3m 处与遮栏上方带电部分之间	图 8-21	20	75	100	125	150	180	300	550	850	950	1800

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

符号	适用范围	图号	额定电压/kV										
			0.4	1～3	6	10	15	20	35	60	110J	110	220J
A_2	1. 不同相的带电部分之间 2. 断路器和隔离开关的断口两侧带电部分之间	图 8-21	20	75	100	125	150	180	300	550	900	1000	2000
B_1	1. 栅状遮栏至带电部分之间 2. 交叉的不同时停电检修的无遮栏带电部分之间	图 8-21 图 8-22	800	825	850	875	900	930	1050	1300	1600	1700	2550
B_2	网状遮栏至带电部分之间	图 8-21 图 8-22	100	175	200	225	250	280	400	650	950	1050	1900
C	无遮栏裸导体至地（楼）面之间	图 8-21	2300	2375	2400	2425	2450	2480	2600	2850	3150	3250	4100
D	平行的不同时停电检修的无遮栏裸导体之间	图 8-21	1875	1875	1900	1925	1950	1980	2100	2350	2650	2750	3600
E	通向室外的出线套管至室外通道的路面	图 8-22	3650	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4500	5000	5000	5500

注：1. 110J、220J 系指中性点直接接地电网。

2. 网状遮栏至带电部分之间当为板状遮栏时，其 B 值可取 A_1+30mm。

3. 通向室外的出线套管至室外通道的路面，当出线套管外侧为室外配电装置时，其至室外地面的距离不应小于表 8-54 中所列室外部分之 C 值。

4. 海拔超过 1000m 时，A 值应按图 8-23 修正。

5. 本表所列各值不适用于制造厂生产的成套配电装置。

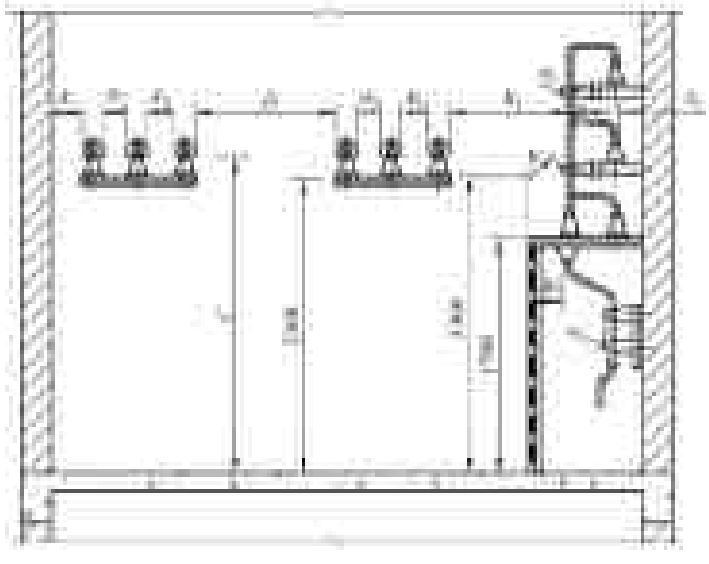


图 8-21　室内 A_1、A_2、B_1、B_2、C、D 值校验示意图

41）大型电气设备或器材运输时，左右宽度各不得超出车厢 200mm，高度由地面算起不得超过 4m，长度前后共不得超过车身 2m，超出部分不得触地，并应摆放平稳，捆扎牢

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

固。电杆运输应配备专用搁架。超宽、超高、超长的设备物件运输应事先征得交通管理部门的同意，并严格遵守交通部门的管理和规定。此外，还必须制定运输方案和安全技术措施。

42）大型电气设备材料吊装时应核定钢丝绳应力，起吊时严禁在物件上站人，吊臂和重物下不得有人，停止作业时应刹住制动器，操纵杆返回空挡，关好司机楼门、上锁，严格遵守吊装起重作业的有关规定和操作规程。

43）所有绝缘、检验工具、仪器仪表、作业工具应妥善保管、严禁他用，并定期检查、检定或校验，见表8-58、表8-59和表8-60。工程中常遇电缆故障、轴承故障、换向器故障，常用处理方法分别见表8-61、表8-62、表8-63。

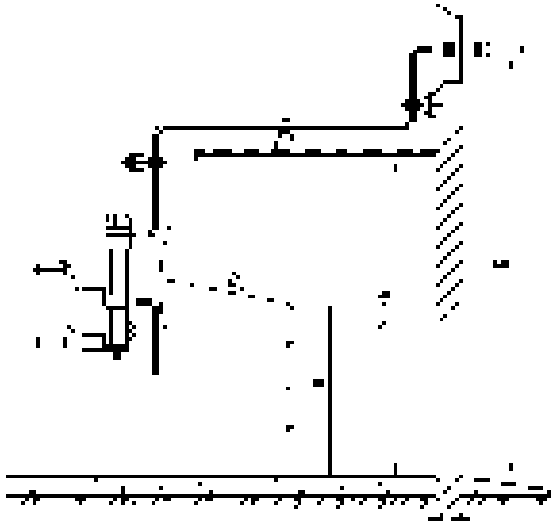


图8-22 室内 B_1、E 值校验示意图

表8-56 变压器外廓与变压器室墙壁和门的最小净距

项目 \ 变压器容量	100～1000kVA	1250kVA及以上
变压器与后壁、侧壁的净距/m	0.6	0.8
变压器与门的净距/m	0.8	1.0

表8-57 起重机具与输电线的最小距离

输电线路电压/kV	<1	1～35	60	110	154	220	330	U≥60kV
最小允许距离/m	1.5	3	3.1	3.6	4.1	4.7	5.8	0.01（U－50）＋3

注：当 U 值≥60kV时，可用“0.01（U－50）＋3”计算最小允许距离。

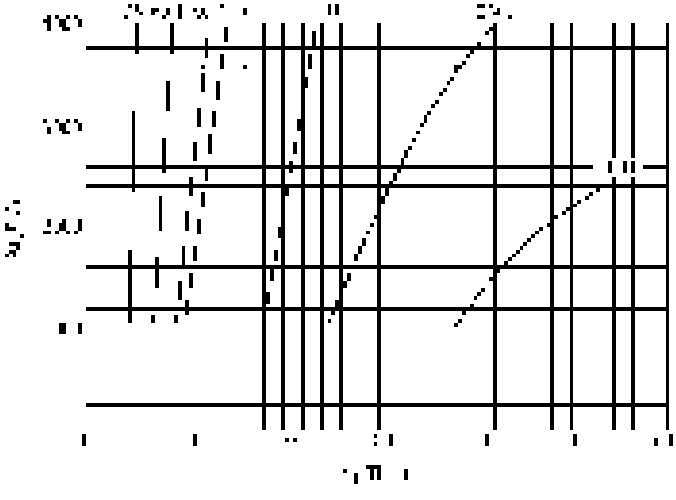


图8-23 海拔超过1000m时 A 值修正曲线

（A_2 值和室内的 A_1、A_2 值可按本图之比例递增）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-58　常用电气绝缘工具试验标准

序号	名称	电压等级/kV	周期	交流耐压/kV	时间/min	泄漏电流/mA	附注
1	绝缘杆	6～10	每年一次	44	5		
		35～110		三倍线电压			
		220		三倍相电压			
2	绝缘挡板	6～10	每年一次	30	5		
		35		80			
3	绝缘垫	35	每年一次	80	5		
4	绝缘夹钳	35 及以下	每年一次	三倍线电压	5		
		110		260			
		220		400			
5	验电笔	6～10	每六个月一次	40	5		发光电压不高于额定电压的25%
		35		105			
6	绝缘手套	高压	每六个月一次	8	1	≤9	新品按12kV
		低压		2.5		≤2.5	
7	橡胶绝缘靴	高压	每六个月一次	15	1	≤7.7	新品按20kV（2min）
8	核相器电阻管	6	每六个月一次	6	1	1.7～2.4	
		10		10		1.4～1.7	
9	绝缘绳	高压	每六个月一次	105/0.5m	5		

表 8-59　起重工具试验标准

序号	名称	试验静拉力/N	试验静重（允许工作倍数）	试验周期	外表检查周期	试荷时间/min	附注
起重工具	白棕绳		2	每年一次	每月一次	10	
	钢丝绳		2	每年一次	每月一次	10	
	倒铁链		2	每年一次	每月一次	10	
	葫芦及滑车		1.25	每年一次	每月一次	10	
	扒杆		2	每年一次	每月一次	10	
	夹头及卡环		2	每年一次	每月一次	10	
	吊钩		1.25	每年一次	每月一次	10	
	绞磨		1.25	每年一次	每月一次	10	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-60 常用仪表、仪器检定周期

仪器仪表名称、或种类	周期	仪器仪表名称、或种类	周期
标准电流表（包括各种仪器、设备上的表）	1 年	相序表	1 年
		交直流电桥	1 年
标准电压表（包括各种仪器、设备上的表）	1 年	电位差计	1 年
		频率表	1 年
万用表	1 年	示波器	1 年
钳形表	1 年	交流信号发生器	1 年
绝缘电阻测试仪	半年	转速表	1 年
接地电阻测试仪	半年	点温计	1 年

表 8-61 电缆故障类型及其检测方法

故障类型		检测方法	故障类型		检测方法
短路接地故障	1. 低阻接地故障（接地电阻在 100kΩ 以下）	1. 电桥法（QJ-23 型或 QF_1－A 型电桥） 2. 连续扫描脉冲示波器法（MST-1A 型或 LGS-1 型数字式测试仪）	断线故障	1. 完全断线故障	1. 电桥法（电容电桥 QF_1－A 型电桥） 2. 连续扫描示波器法（MST-A 型或 LGS-1 型）
	2. 高阻接地故障（接地电阻在 100kΩ 以上）	1. 高压电桥法（QF_1－A 型电桥） 2. 一次扫描示波器法（711 型） 3. 烧穿故障点，再用低压电桥法		2. 不完全断线故障	1. 高电阻断线用交流电桥法 2. 低电阻断线，先烧断，后再按完全断线测寻
			闪络性故障		1. 一次扫描示波器法（711 型）

表 8-62 轴承的常见故障和处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
滚动轴承发热和不正常杂声	1. 轴承内润滑脂过多或过少 2. 滚珠（滚柱）磨损 3. 轴承与轴配合过松（走内圈）或过紧 4. 轴承与端盖配合过松（走外圈）或过紧	1. 维持适当的润滑脂（一般为轴承室内部容积的 2/3～3/4） 2. 更换轴承 3. 过松时，可用金属喷镀或镶套筒；过紧时，则需重新加工 4. 过松时，可用金属喷镀或镶套筒；过紧时，则需重新加工
滑动轴承发热，漏油	1. 轴颈与轴瓦间隙太小，轴瓦研刮不好 2. 油环运转不灵活，压力润滑系统的油泵有故障，油路不畅通 3. 润滑油牌号不合适，油内有杂质 4. 油箱内油位太高 5. 轴承挡油盖密封不好；轴承座上下接合面间隙过大	1. 研刮轴瓦，使轴颈与轴瓦间障合适 2. 更换新油环，排除油路系统故障，保证有足够的润滑油量 3. 换用合适的润滑油清除杂质 4. 减少油量 5. 改进轴承挡油盖的密封结构，研刮轴承座上下接合面使之密合

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8-63　换向器常见故障的处理

故障现象	可能原因	处理方法
片间短路	1. 片间云母损坏 2. 换向器 3°锥面因涂封绝缘处理不好，进入金属异物	1. 更换片间云母 2. 清除金属异物，3°锥面间隙处作绝缘涂封处理
接地	1. V 形绝缘环 30°锥面损坏 2. 换向器内部进入金属异物 3. 换向器 V 形绝缘环 3°锥面有粉尘，产生爬电	1. 更换 V 形绝缘环 2. 清除异物（解体后） 3. 清除粉尘，加强绝缘涂封，提高表面绝缘电阻
外圆变形	1. 片间绝缘、V 形绝缘环产生热收缩 2. 换向器压圈，螺母等紧固件松动	1. 在换向器热态下对称均匀地旋紧螺母 2. 换向器外圆偏摆超过规定时，应采取措施车削外圆
升高片断裂	1. 电动机扭振和机械力反复冲击，使升高片根部疲劳而断裂 2. 升高片材质硬脆 3. 升高片机械碰场	1. 改进升高片结构，提高固有频率，防止发生谐振 2. 局部更换升高片 3. 局部更换升高片

44）熔化焊锡、锡块、加热变压器油的容器工具应干燥，防止爆溅。

45）喷灯不得漏气漏油，有漏气漏油应及时修修，直至不泄漏才能使用。喷灯不得在易燃、易爆或火灾危险场所点火使用。喷灯使用完毕后应立即灭火放气。应按喷灯规定的燃料加油，不得混装。任何时候喷嘴不得对人。

46）有人触电或电气着火应立即切断电源，再进行急救。切断电源一是拉闸断电，二是用绝缘物挑开电线，严禁直接推拉触电者；可穿绝缘鞋并站在绝缘垫上用绳子拉开，或者用绝缘钳子、木柄斧头，站在绝缘垫上剪断或砍断电源线。切断电源后应妥善处理电源侧的开关，避免二次触电。

① 对触电者应根据触电程度不同分别采用适当的现场急救方法。

a. 对神志清醒，能回答问话，感到心慌无力，四肢发麻的轻度触电者，可采用让其就地休息的办法，并请医生到现场诊断、观察、并做好急救准备。切忌立刻走动，2h 之后无异常可送回休息。

b. 对神志不清、失去知觉，但呼吸正常的触电者，可用担架或门板将其抬到附近空气清新、流通的干燥地方，解开衣服休息静卧，暂不做人工呼吸，并迅速请医生到现场诊断治疗。

c. 对失去知觉、呼吸困难并逐渐微弱的触电者，应立即进行人工呼吸，同时应立即请医生迅速到现场急救，并迅速准备送触电者到医院，在送医院途中不得停止人工呼吸。

d. 对呼吸、脉搏和心跳都已停止的触电者，应立即进行人工呼吸和胸外心脏挤压术，直到医生赶来。严禁听心音、量血压时停止抢救和停止人工呼吸。同时应迅速送往医院，途中不得停止人工呼吸和胸外心脏挤压术。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

现场急救时应先将触电者衣扣解开，裤带松脱，用耳贴在其胸部仔细听有无心音，如没有，立即进行胸外心脏按压术。用头发、棉花毛、纸屑等轻微小物放在其鼻孔处，观察有无呼吸，如没有，应立即进行人工呼吸。同时应检查并清除触电者口腔内的食物或呕吐物，取出假牙。检查触电者呼吸道和喉头有无分泌物，如有，抢救者应用口吸出。

现场急救一般不得使用药物，任何药物都不能代替人工呼吸和胸外心脏挤压，必要时要适量用呼吸中枢兴奋剂和克拉明。不得使用肾上腺素，只有心电图显示心跳确已停止时，方可适量应用。

对于外伤严重、危及生命者应同步进行抢救，一般轻伤应先使触电者恢复呼吸和心跳，然后再进行外伤治疗。在进行人工呼吸的同时，可对触电者使用氧气口罩或氧气袋，这对恢复呼吸有很大帮助。

② 电气设备着火，应根据电气设备的不同，分别采用不同的灭火方法。

a. 充油电气设备外部着火，可用 CO_2、CCl_4、1211、干粉等灭火机灭火。用四氯化碳灭火时，消防人员应站在上风头，灭火后要注意通风。如油箱破坏，喷油燃烧，火势很大时，应将油引放入贮油坑，并用上述灭火机灭火，要防止燃烧着的油流入电缆沟中。

b. 电动机发生火灾时，可用喷雾水枪灭火，并使其慢慢转动，防止轴和轴承变形，也可用 CO_2、1211 灭火，不宜用干粉、砂子、泥土灭火。

c. 电缆沟内电缆着火，可将电缆沟的隔火门关闭或将其两端封堵死，采用窒息法灭火；也可用干粉、1211、CO_2 灭火机灭火；火势太大可向沟内灌水，直到将故障点用水封住。电缆沟内灭火应戴防毒面具、绝缘手套，穿绝缘靴，严禁用手直接触及电缆。

明敷电缆着火一般用干粉、1211、CO_2 灭火，也可用喷雾水枪灭火。

d. 一般电气设备或盘、柜着火可选用 CO_2、1211、CCl_4、干粉灭火，也可用喷雾水枪灭火，严禁用水或泡沫灭火机灭火。

电气火灾发生后，应用绝缘工具拉闸，切断电源的范围要选择适当，不得影响消防照明。剪断电源线时，每相应在不同部位，避免短路；架空线路应在电源侧的支持物附近，剪断，避免短路和落下。如有电源线落在地面，要划出警戒区，防止跨步电压；对空中设备灭火时，人体的位置与带电体之间的仰角不应大于 45°，以防带电体落下。

发生重大设备人身事故时，除及时将触电者送医院抢救和扑灭火灾外，要尽力保留现场，待消防部门赶到后处理。

47）安装高压油开关、断路器等有返回弹簧的开关设备时，应将开关置于断开位置；安装配电柜时，手指不得放在两盘接缝处，更不得伸入连接螺孔和地脚螺孔内；顶棚内或吊顶内安装不准直接在板条天棚或隔声板上通行及堆放材料，必要时应在龙骨上铺设脚手板。

48）电杆用小车搬运时应捆扎牢固并用木楔左右挤死，人抬时动作要一致，电杆距地不得离地太高，一般为 300mm；设备开箱时严禁敲打或撬取，应谨慎小心，不得损坏内部物件；搬运电气设备时应轻拿轻放。对贵重、稀有、关键设备应由经验丰富的、负责任的技工进行搬运和安装；对不熟悉的设备要详细阅读说明书和有关资料，切忌乱拆乱放。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

49）电焊作业时，电焊机外壳应接地良好，电源的装拆应由电工进行，焊钳与把线必须绝缘良好，更换焊条应戴手套，操作时应穿绝缘鞋；高空作业时应将把线和地线用绳子吊往高处，不得手持把线登高；地线应连接良好，不得打火；雷雨天气应停止露天焊接；作业前应检查机件各部分是否完整，电流调节器是否灵活，导线有无破损；收放把线和地线时应关掉电源；单相焊机应用双极开关；电焊机调节分头、更换零件、或较长时间停止使用，以及工作人员距开现场均应切断电源；长期停用的焊机使用前应摇测绝缘。电焊作业时严禁乱扔焊条头，防止造成短路、管路堵塞。

50）气焊作业时，乙炔发生器必须设有防止回火的安全装置，浮桶必须装设厚度为1～1.5mm、直径不少于浮桶断面60%～70%的胶皮；氧气瓶及气嘴、氧气表、焊割工具把和扳手严禁油脂；压力表及安全减压阀应定期校验和检定；氧气瓶应放在阴凉处，搬运时轻拿轻放，严禁碰撞、振动和曝晒，放气嘴不得对人。乙炔发生器不得放置在电线的下方，与氧气瓶不得放在一处，距离应大于10m；乙炔发生器之间应相离至少10m。氧气瓶、乙炔发生器四周10m以内不应有明火及易燃易爆品；检验是否漏气应用肥皂水，严禁用明火；氧气瓶、防水回火器冻结应用热水加热，严禁火烤。电石应放在金属桶中并密封，并置于通风、干燥、无漏雨的库房保管；开桶时要避免明火和火花。工作完毕应将气阀关好，拧紧安全罩，乙炔浮桶提出，提出时头部应避开桶的上方，拔出后要卧放，严禁扣在地上。有条件的地区应使用乙炔瓶气，逐渐淘汰电石桶。乙炔瓶气应有乙炔表及减压阀（注意事项同电石桶和氧气瓶）。气焊设备不得与电线、高温物接近，气焊把、氧气表不得乱放，以防堵塞。乙炔管用氧气吹除后，应把管内氧气排除净再用。由于焊嘴过热或堵塞而发生回火或爆鸣，应先关乙炔阀后关氧气阀，然后放在冷水中冷却后用钢针使其畅通。点火时应先开氧气阀，后开乙炔阀并之即点火。使用中乙炔管着火，应先弯折软管，然后关乙炔阀；氧气管着火，应先松顶针，后关氧气阀。

51）焊接作业时，焊工应穿工作服，口袋应有遮盖、裤腿及油口不得卷起，应系鞋盖，戴工作帽及手套。必须在易燃易爆场所作业时，应取得有关部门签发的动火证并有相应的技术措施。焊接作业完毕后要检查作业地点，确认无着火危险后，才能离开现场。

52）油漆作业时应穿戴好防护用品，若进行有毒油漆作业，要体格检查，并戴好防毒面具，制定具体安全措施。储存油漆应设专门仓库，要通风、加锁、严禁烟火、不得住人，油漆作业不得靠近火源及容易发生火花的设备，靠近盘柜作业或油刷盘柜，其电气盘柜不得送电。倾倒、搬运油漆及溶剂，要轻拿轻放，不得发生撞击。作业地点应通风，使用空压机喷漆作业时压力不得超过规定，操作前必须检查胶管有无漏气，接头是否牢固，发现破裂者不得使用。

53）天车、桥式起重机上检修作业应测量车身的接地电阻，至少应小于1Ω。

54）起重、吊装、装卸、运输作业时，起重机械，如绞磨、汽车吊、卷扬机、手摇绞车必须放平放稳，并有制动逆止装置；起吊时应先试吊离地100mm，检查无误方可再正式起吊；使用开口滑车时，应将开门勾环扣紧；起重时，在绞磨起重机的滚桶上，至少应绕有五圈钢丝绳，拖尾钢丝绳应随时拉紧，并应由有经验的人负责；起重机具应按铭牌使用，不

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

得超重使用；钢丝绳应定期检查和浸油，当有断股者、或钢丝绳磨损严重或退火电弧烧伤者应予以报废。

55）使用行灯变压器应为双线圈变压器、二次电压不超过36V，环境恶劣时应为12V及以下；一次电源线不应大于3m，并为绝缘护套线或橡胶电缆；二次线和金属壳应可靠接地；不常使用的行灯变压器，使用前应测绝缘电阻、电压，并进行外观检查。

56）使用手持电动工具或移动电具时，电源线必须绝缘良好，一般为多股防水线，其中有一股为接地线并可靠接地。不常使用的电动工具，使用前应测绝缘电阻；更换部件时，应关掉电源，任何时候不得用手触及旋转部分，使用时应穿绝缘鞋、戴防护眼镜。手持电动工具或移动式电器应装设漏电保护器。

57）电气工作人员上岗时应戴安全帽、戴手套、穿工作服、穿绝缘鞋，并携带相应工作的安全防护用品及工具。

58）送电试车应编制作业方案及技术措施，并经上级部门审核批准严格执行。

59）涉及其他专业的安全措施应参阅有关资料执行。

60）根据具体工程性质不同，参照上述条款，灵活制定安装过程中的安全防护措施，做好安全交底，保证安全施工。有关安全用电技术详见机械工业出版社出版的《电工安全技术365问》一书和本书第十一章相关内容。

施工组织设计是全面做好施工前各项准备工作和用科学方法系统地组织各项施工活动的技术经济文件。其目的是遵循国家法律和方针政策，适应现代施工技术和科学管理的客观规律，制定先进的施工方案和组织措施，合理安排施工顺序，确定资金、劳力、物资、机械设备供应计划，协调各方面的工作，把工程搞好。

电气安装工程的施工组织，要从实际出发，遵照科学规律，精心编制施工组织设计，有计划、有节奏地组织施工，达到保证安全、保证质量、保证工期，圆满完成电气安装工程的目的。

第九节　施工组织设计的实施及修订

施工组织设计必须经过工程实践才能证明它的可实施性及可操作性。作为一名项目经理或电气工程师，只要认真编写，全面考虑，并经实践检验，查漏补缺、防微杜渐、积累经验，就能够使施工组织设计越来越具有可实施性及可操作性。实际上施工组织设计本身就是经验的一个积累，熟能生巧。

一、实施方法及要求

1）组织所有施工人员学习，并组织相关人员重点学习。例如，班组长、技术骨干工人要重点学习施工工艺方法和质量计划、技术交底、安全交底及其控制部分；材料员、采购员要重点学习机具计划、物资供应计划、物资管理部分；预算人员要重点学习预算部分；工长、班长、项目经理要重点学习工期、进度计划、人力计划部分；现场技术人员要重点学习上述所有内容；安全管理人员要重点学习安全管理方案、环境管理方案、技术交底、安全交

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

底、应急预案等内容，并对相关人员提出要求，落实其职责，确定考核办法。凡对要求、职责、考核办法不能接受的人员应劝其另谋工作岗位。

2）进入工地后，班长、工长、项目经理、材料员、技术人员、安全管理人员，应颁布相关纪律及要求，进行分工，组织自己的人员进入工作角色，恪尽职守，认真负责，按质、按量完成工作，有问题及时向负责人反映。

3）项目经理或负责人每天开工前应向相关人员提出工作重点、时间要求、质量要求、安全注意事项：班长、工长、材料员、技术人员、安全管理人员每天下班后应向项目经理或负责人汇报当天的工作情况，有无质量、安全、材料、设备、机具、人力、技术或外界关系及生活方面的问题，并与进度计划、材料计划、人力计划、机具计划进行比较，作出相应措施，凡是未按计划完成（除不可抗力外）或违背施工组织设计的问题应在第二天补齐完成，不得拖延。

4）开工后的每周末、月末、季末或年末（指大型跨年工程）工程负责人或项目经理应召集相关人员举行沟通调度会议，检查施工组织设计执行情况，提出存在问题和具体困难，制定相应的措施，修订或调整计划，调剂人力、物力及财力，解决外界关系及生活方面的问题，并责成责任人必须在下周、下月、下季完成，不得延误。同时应表彰在本周、本月、本季或本年工作业绩突出的人员，并把表彰重点放在现场作业人员和管理人员上。

5）工程负责人、项目经理、技术管理人员必须现场办公，随时到工地检查指导，发现问题，并及时解决处理计划外或突发事件，并与作业人员同甘共苦。工程负责人及项目经理应协调与兄弟单位、建设单位、监理单位、设计单位、周边相关单位的关系。同时记录、做好施工日志。同时应及时向上级主管部门、政府相关部门反映问题，及时解决。

6）班组作业人员应及时向工长、技术人员反映过程中的质量、安全、技术、进度、材料、能力、人力、机具等方面存在的问题，并对照施工组织设计进行分析，一般问题当天解决，特殊问题当周解决。

7）材料员、安全员、质检员、统计员、资料员及现场维修人员、保卫人员应及时向项目经理反映过程中存在的质量、安全、技术、进度、材料、人力、机具、能源消耗、环境保护、道路交通、水电能源、职工生活等方面的问题，并对照施工组织设计进行分析，一般问题当天解决，特殊问题当周解决。

8）遇有天气恶劣、意外事情应停工，组织施工人员学习相关施工技术；遇有突发紧急质量、安全、环境事故时应启动应急预案。

9）全体施工人员应同心协力、团结一致、严格执行施工组织设计及相关规定，顺利完成工程安装任务。

二、修订及管理监督

1）施工组织设计遇有下列情况时应予以修订：

① 设计变更较大、建设单位增项较大的。其中，较大指变更或增项预算超过原工程预算的10%。

② 建设单位在合同中承诺的对工程有决定性影响的条款有较大变化或不能兑现的，有

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

关法律方面的影响应由企业法律顾问解决，不在本书范围之内。

③ 施工现场平面布置有较大变化的。

④ 由于不可抗力、恶劣气候时间较长，突发事件等原因使工程无法进展的。

⑤ 具有其他需要修订的原因或情况的。

2）修订方法如下：

① 变更/增项修订方法较为简单，一般条件下只编制变更或增项部分，并将其涉及的预算、材料、工期、质量、技术、人力、机具、设备、安全、环境等方面的内容增加或补充到原施工组织设计中去。在实际操作当中，就是编制一个新的施工方案，并把原工期进度计划延伸或重排工期进度计划，其他内容附在原计划相应部分即可。

② 建设单位承诺条款变化或不能兑现的修订方法较复杂，要按具体情况进行修订。如发生的时间是未开工前、还是开工后，初始阶段、还是中后期；变化内容是哪方面的（预算、工期进度、场地提供、大件运输条件、甲供设备材料未到、型号容量变化或出现其他状况、现场能源水电不能提供等）。

a. 若发生时间在未开工前，应按变化后的情况重新编制，凡变化未影响的部分只进行小的调整。

b. 若发生时间在开工后的初始阶段，针对变化部分和影响部分进行编写或调整。

c. 若发生时间在开工后中后期，只对变化部分进行调整。

d. 变化内容对工期进度有较大影响的，必须与建设单位沟通协商，最后确定总工期，然后重排工期。

e. 变化内容在预算方面的，除重编预算外，要看其对材料、工期、质量、技术、人力、机具、设备、安全、环境等方面的影响程度，影响较大时应重新调整或编制各方面的计划；影响较小时可不进行调整。

f. 场地提供发生较大变化时，应重新调整平面布置图，调整后的平面布置图必须保证施工人员休息室、设备材料存放库、能源水电、安全生产和环境保护等方面的调整。

g. 大件运输条件发生较大变化时，必须实地考察道路交通情况，重新编制运输方案，保证快捷、方便、安全。同时因运输条件变化而延误的工期必须调整作业方法，保证在季内完成。

h. 甲供设备材料变化时，应调整作业过程进度计划，安排其他已到设备材料的生产，不能调整的应与甲方沟通顺延工期，同时到货后要重新调整作业方法，在保证质量、安全的前提下尽力压缩工期，保证在季内、年内完成。

i. 能源水电供应发生变化时，应重新布置管线，尽快恢复生产。一般应在周内完成，并将重新布置的管线标注在施工平面布置图上。

j. 其他变化应按实际情况进行调整和修订。同时，应保证小变化在周内完成，较大变化在月内完成，大变化在年内完成，尽量不增加工期，条件允许时应调整作业班次、人数、流程，保证工期、质量、安全。

3）施工组织设计的管理如下：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 项目经理、技术负责人应随时掌握工程状态及施工组织设计的进度情况，并随时调整。

② 施工的各类人员应关注施工组织设计，并对其提出建议、意见和疑问。

③ 修订后的施工组织设计应组织相关人员进行讨论，发现问题应及时更正。

④ 施工组织设计应发放到班组及各管理部门。

⑤ 经审核、批准的施工组织设计未经修订不得擅自更改。

⑥ 施工组织设计未经批准不得转借给外单位或个人。

⑦ 施工组织设计应随施工技术资料、验收文件一同存档。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第九章　开工前的协调组织及准备工作

经过熟悉图样、设备材料核算、编制施工组织设计和工程预算书后，对工程已有充分的了解并且应胸有成竹，下一步要对施工现场进行调查，并与设计单位、建设单位进行一系列的协调组织工作和开工前的准备工作。开工前的协调组织工作主要包括确定项目经理和各类人员的职责、质量、环境、安全管理体系和施工管理体系的建立计划及实施、开工动员会议和一系列的开工准备工作。这些工作最主要的是要落实到位，并与奖、惩制度挂钩，不能成为形式。

一、确定项目经理和各类人员的职责

项目经理、工长、班长、施工人员和施工技术管理人员是保证项目顺利进行、保证质量、保证安全、保证工程进度、保证环境的关键人员。项目经理的选用非常重要，项目经理必须具备符合该项目施工管理要求的能力，具有相应施工项目管理的经验和业绩，具有承担施工项目管理任务的专业技术、管理、经济、法律、法规知识，具有良好的职业道德品质，具备项目经理或建造师或工程师资格。其他人员的选用同样重要，其管理能力、专业素质、职业道德、技术技能应符合该项目施工安装的要求。

为了保证工程顺利进行，保证质量、安全、环保及进度，应制定相应的职责和制度，来约束各类人员的工作行为和职业行为。

（一）项目经理的职责和权限

1）代表企业实施施工项目管理。贯彻执行国家法律、法规、方针、政策和强制性标准，执行企业的管理制度，维护企业的合法权益。参与企业进行的施工项目投标和签订施工合同。

2）履行“项目管理目标责任书”规定的任务。

3）组织编制项目管理实施规划（施工组织设计）。

4）对进入现场的生产要素进行优化配置和动态管理。

5）建立质量管理体系和安全管理体系并组织实施。

6）在授权范围内负责与企业管理层、劳务作业层、各协作单位、建设单位、分包人和监理工程师等的协调，解决项目中出现的问题。

7）按“项目管理目标责任书”处理项目经理部与国家、企业、分包单位以及职工之间的利益分配。

8）进行现场文明施工管理，发现和处理突发事件，启动应急预案。

9）参与工程竣工验收，准备结算资料和分析总结，接受审计。

10）处理项目经理部的善后工作。

11）协助企业进行项目的检查、鉴定和评奖申报。

12）经授权组建项目经理部确定项目经理部的组织结构，选择、聘任管理人员，确定管理人员的职责，并定期进行考核、评价和奖惩。

13）在企业财务制度规定的范围内，根据企业法定代表人授权和施工项目管理的需要，决定资金的投入和使用，决定项目经理部的计酬办法。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

14）在授权范围内，按物资采购程序性文件的规定行使采购权。

15）根据企业法定代表人授权或按照企业的规定选择、使用作业队伍。

16）主持项目经理部工作，组织制定施工项目的各项管理制度。

17）根据企业法定代表人授权，协调和处理与施工项目管理有关的内部与外部事项。

（二）项目管理目标责任书的主要内容

1）企业各业务部门与项目经理部之间的关系。

2）项目经理部使用作业队伍的方式；项目所需材料供应方式和机械设备供应方式。

3）应达到的项目进度目标、项目质量目标、项目安全目标和项目成本目标。

4）在企业制度规定以外的、由法定代表人向项目经理委托的事项。

5）企业对项目经理部人员进行奖惩的依据、标准、办法及应承担的风险。

6）项目经理解职和项目经理部解体的条件及方法。

（三）各类人员的职责和权限

各类人员的职责和权限应按其具体岗位制定，其核心是保证工程的质量、安全、技术、环保、进度，这里不一一列出。为了保证职责和权限的有效性，项目部各类人员应遵守相应的规章制度，主要有：

1）项目管理人员岗位责任制度。

2）项目技术管理制度。

3）项目质量管理制度。

4）项目安全及环保管理制度。

5）项目计划、统计与进度管理制度。

6）项目成本核算制度。

7）项目材料、机械设备管理制度。

8）项目现场管理制度。

9）项目分配与奖励制度。

10）项目例会及施工日志制度。

11）项目分包及劳务管理制度。

12）项目组织协调制度。

13）项目信息管理制度。

这里我们仅把施工日志的主要内容列出，供读者参考。

施工日志的主要内容如下：

施工日志是项目经理、工长、班长现场管理的主要内容之一，是电气安装工程安装现场的原始记录，是真实反映工程质量、安全、环保、进度、技术、管理、内外沟通的主要凭证。因此，作为工程的管理者，必须记好施工日志。

施工日志应按日记录，记录当天现场与工程有关的各种事件、人员、时间、地点、详细经过及最后结果。施工日志应如实记录，不得加入个人感情色彩。

1）天气情况、水、电、道路情况及食住情况等。

2）作业分工、分项工程的负责人姓名及主要作业人员姓名、作业进度、质量情况、存在问题及处理结果，是否具有可追溯性，材料使用上有无不妥或存在问题。

3）现场安全生产情况，有无不安全因素。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）材料、设备到场情况，名称、数量、质量检验情况，送货单位、质检人员姓名、有无不合格或不符合要求的情况。

5）机具使用情况、维护保养情况。

6）有无设计变更、项目追加等文件，送件人姓名、收件人姓名、具体时间。

7）监理工程师监督检验的项目、结果、记录、签证情况。

8）建设单位有无新的要求，来人姓名、事由、文件、具体时间、处理结果。

9）技术监督部门、安全管理部门、质量检查部门、消防公安部门、行业管理部门等上级单位有无检查、监督事宜，来人姓名、具体时间、处理结果。

10）公司各管理部门有无检查、监督事宜，来人姓名、具体时间、事由、处理结果。

11）兄弟单位、协作单位、供应商、设计单位、当地政府部门等来访人员姓名、事由、时间、沟通主要事宜、处理结果。

12）现场发生的对工程质量、安全、进度、环保、投资有影响事件，具体时间，当事人姓名，事件详情及事态结果。

13）材料代用情况、批准人姓名、时间、项目及事由、监理认可及签证情况。

14）现场会议情况、具体时间、地点、参加人员、事由、处理结果。

15）现场人员、材料变更情况、当事人姓名、变更原因、结果。

16）其他需要记录的事情等。

二、质量、环境、安全管理体系和施工管理体系的建立及实施计划

项目经理、各类人员确定后，项目部应按企业质量、环境、安全管理体系建立该项工程的分支体系，确定主控人员、确定职责、确定工作流程、确定体系运行文件、资料、记录及传递、确定不合格处置流程及整改或纠正措施的实施方法、确定检查及审核方法等，并将其纳入“一”中各类人员的职责中，确保体系正常运行，进而保证工程的质量、安全、环保及进度。

（一）质量管理体系的运行及质量控制

1. 总体要求

1）工程质量控制应按国家标准和企业质量管理体系的要求进行。

2）工程质量控制应坚持“质量第一，预防为主”的方针和“计划、执行、检查、处理”循环工作方法，不断改进过程控制。

3）工程质量控制应满足工程施工技术标准规范和企业“项目管理目标责任书”的要求。

4）工程质量控制因素应包括人、材料、机械、方法、环境。项目部应对施工人员、材料、施工机具、施工方法提出要求，并保证或创造适宜的施工环境。

影响工程质量的因素主要有人、材料、机械、方法和环境（4M1E），因此，事先应对这5个因素给予严格控制。对人的控制应注意加强教育培训，提高人的管理水平、技术水平和操作水平，防止违纪违章及错误行为产生。材料质量是工程质量的基础，只有材料质量符合要求，工程质量才有可能符合标准。材料质量控制包括材料采购质量、运输质量、储存质量及使用质量。对施工机械设备的控制，应着重从机械设备选型、主要性能参数确定和操作三方面予以控制。对方法的控制是指项目施工期间所采用的技术方案、工艺流程、组织措施、检验手段等的控制。对环境因素控制主要有工程技术环境，如工程地质、气象、水文等；工程管理环境，如质量管理体系、质量管理制度等；劳动环境，如劳动条件、劳动工具、劳动组合等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）工程质量控制必须实行样板制。施工过程均应按要求进行自检、互检和交接检。隐蔽工程、贵重设备安装、指定部位和分项工程未经检验或已经检验定为不合格的，严禁转入下道工序。

6）项目经理部应建立工程质量责任制和考核评价办法。项目经理应对项目质量控制负责。过程质量控制应由每一道工序和该岗位的责任人负责。

7）分项工程完成后，必须经监理工程师检验和认可。

8）项目经理应对工程质量和质量保修工作向企业负责。分包工程的质量应由分包人向项目经理负责。项目经理应对分包人的工程质量向企业承担连带责任。

9）分包人必须接受项目部的质量管理，并纳入企业质量管理体系。

10）质量控制应按下列程序实施：

① 确定工程质量目标。

② 编制工程质量计划。

③ 实施工程质量计划：施工准备阶段质量控制；施工阶段质量控制；竣工验收阶段质量控制。

为保证工程施工质量，应对施工全过程进行质量控制，包括各项施工准备工作质量控制、施工过程中的质量控制和竣工阶段的控制。施工准备阶段的质量控制环节包括：索取设计图样、设计图样会审、控制桩复测、选择分包人及编制作业指导书；施工阶段质量控制的环节包括技术交底、测量、材料、设备、计量、设计变更控制、环境保护控制、项目质量计划验证、持续改进、项目竣工评价等；竣工验收阶段质量控制的环节包括最终检验和试验、质量缺陷处理、整理质量记录、编制竣工文件、企业自检、建设单位验收、竣工验收报告等。

2. 质量计划及实施要求

（1）质量计划的编制要求

1）应由项目经理主持编制项目质量计划。

2）质量计划应体现从工序、分项工程、分部工程到单位工程的过程控制，且应体现从资源投入到完成工程质量最终检验和试验的全过程控制。

3）质量计划应成为对外质量保证和对内质量控制的依据。

4）质量计划应有可操作性和实施性。目的是达到事前控制。

项目质量管理的基本原则之一是，施工项目质量是通过质量计划的实施所开展的质量保障活动达到的，而不是通过事后的质量检查得到的。项目质量管理是从对项目质量计划安排开始的，是通过对项目质量计划的实施实现的。

（2）质量计划的实施要求

1）质量管理人员应按照分工控制质量计划的实施，并应按规定保存控制记录。质量计划所涉及的范围是项目的全过程，故对工序、分项工程、分部工程到单位工程全过程的质量控制，必须以质量计划为依据。项目的各级质量管理人员必须按照分工，对影响工程质量的各环节进行严格的控制，并按规定保存好质量记录、质量审核、用于分析项目质量的图表等。

2）当发生质量缺陷或事故时，必须分析原因、分清责任、进行整改。一旦发生质量缺陷或事故，按质量事故处理程序，停止有质量缺陷部位和与其有关联的部位及下道工序的施工，尽快进行质量事故的调查，正确判断事故原因，研究制定事故处理方案，实施处理方案，分清质量责任。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（3）质量计划的验证要求

1）项目技术负责人应定期组织具有资格的质量检查人员和内部质量审核员验证质量计划的实施效果。即将实施结果与质量要求和控制标准进行对照，从而发现质量问题及隐患，并采取项目质量纠偏措施，使项目质量保持在受控状态。当项目质量控制中存在问题或隐患时，应提出解决措施。

项目质量验证方法可分为自检、互检、交接检、预检、隐检等。每次验证应做出记录，并给予保存。

2）对重复出现的不合格和质量问题，责任人应按规定承担责任，并应依据验证评价的结果进行处罚。

3. 施工准备阶段的质量控制

1）施工合同签订后，项目经理部应索取设计图样和技术资料，指定专人管理并公布有效文件清单。

施工合同中规定了企业在质量控制方面的权利和义务，以及对建设单位做出的质量承诺。因此，在合同签订后，应及时将合同副本交给项目经理部。

2）项目经理部应依据设计文件和设计技术交底的工程控制点进行复测。当发现问题时，应与设计人协商处理，并应形成记录。工程测量控制是事前质量控制的一项基础工作，它也是施工准备阶段的一项重要内容，因此要做好基准点、基准线、标高、施工测量控制网复核、复测工作并记录下来。复核、复测中发现问题应及时与设计人员协商处理。

3）项目技术负责人应组织工长、班长对图样审核，并应形成会审记录。设计图样是施工单位进行质量控制的重要依据。为了在施工前能发现和减少图样的差错，能事先消灭图样中的质量隐患，在项目质量计划编制前，由项目技术负责人主持图样审核工作。审核出图样中存在的问题后，应与设计人和发包人进行讨论、协商解决，并写出会议纪要。

4）项目经理应按质量计划中工程分包和物资采购的规定，选择并评价分包人和供应人，并应保存评价记录。

目的是为了确保分包工程及所采购的物资符合规定的要求，使分包工程和采购工作处于受控状态并有计划地进行。主要是评价他们的质量保证能力。对评价为合格的分包人和供应人，应建立档案，作为选用、采购的依据。

5）企业应对全体施工人员进行质量知识培训，并应保存培训记录。培训内容主要包括各分部分项工程的技术交底、质量要求、质量计划及指标等。

人员素质对质量管理体系的有效运行起着极其重要的作用。加强全体施工人员质量意识和劳动技能，是搞好质量工作的最根本保证。项目经理部应制定各类人员的培训计划，加强质量知识、专业知识、管理知识和技能的教育和培训。

4. 施工阶段的质量控制

（1）技术交底的要求

1）单位工程、分部工程和分项工程开工前，项目技术负责人应向承担施工的负责人或分包人进行书面技术交底。技术交底资料应办理签字手续并归档。

技术交底应层层交底，凡由项目经理部编制的施工组织设计，由项目经理部主管工程师向参加施工的技术负责人和项目有关技术人员进行交底，交底后将主管工程师签署的技术交底文件交给子项目技术负责人作为指导施工的技术依据。子项目技术负责人在施工前根据施

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

工进度，按部位和操作项目向工长及班组长进行技术交底。

2）在施工过程中，项目技术负责人对建设单位或监理工程师提出的有关施工方案、技术措施及设计变更的要求，应在执行前向执行人员进行书面技术交底。

（2）工程测量的要求

1）在项目开工前应编制测量控制方案，经项目技术负责人批准后方可实施，测量记录应归档保存。

2）在施工过程中应对测量点线妥善保护，严禁擅自移动。

（3）材料的质量控制

1）材料的质量取决于供应商的质量保证能力及产品的质量标准，因此，要对供应商的质量保证能力进行评审。对评审合格的厂家，应建立档案，并列入合格供应商名录，作为选用、采购的依据。项目经理部应在质量计划确定的合格材料供应商名录中按计划招标采购材料、半成品和构配件。非合格供应商的产品不得采购，招标计划外的产品必须经过评审且确定为合格供应商后才能提供产品，杜绝假冒伪劣产品进入安装工程。

2）材料的搬运和贮存应按其搬运储存规定进行，并应建立台账。并应建立材料运输、贮存管理制度，避免材料损失、变质，这是节约材料的重要措施。

3）项目经理部应对材料、半成品、构配件进行标识，严禁混料。标识应标明其来源、加工过程、安装交付后的分布和场所。

4）未经检验和已经检验为不合格的材料、半成品、构配件和工程设备等，不得投入使用。

5）对建设单位提供的材料、半成品、构配件、工程设备和检验设备等，必须按规定进行检验和验收。不合格的应退货，必须使用的应由建设单位出具书面材料，并签字盖章。

建设单位提供的原材料、半成品、构配件、工程设备和检验设备的控制是企业和建设单位共同的责任，建设单位应保证提供的材料、半成品、构配件、工程设备和检验设备满足合同规定的要求，企业应进行验证，验收后进行控制。企业的验证不能因此而免除建设单位提供合格材料、半成品、构配件、工程设备和检验设备的责任，建设单位应对其提供的上述产品负责。

监理工程师应对该工程所有采用的物资进行验证。

企业应加强对材料质量的检查验收，严把材料质量关。材料质量抽样和检验的方法，应符合现行《建筑材料质量标准与管理规程》的要求。不能因为监理工程师对采购物资的验证，而免除自己的责任。

（4）施工机械设备的质量控制

1）应按设备进场计划施工进度计划进行施工设备的调配。

2）现场的施工机械应满足施工需要，并有周期检修记录。

应根据施工现场条件、结构模式、机械设备性能、施工工艺和方法、施工组织与管理、技术经济等因素，使现场的施工机械合理配备、配套使用，以充分发挥机械的效能。

3）应对机械设备操作人员的资格进行确认，无证或不符合资格者，严禁上岗。机械设备操作人员应进行专业知识和技能的培训、考核，坚持资格认证和持证上岗。合理使用机械设备，正确进行操作，对机械设备经常进行检查、保养，保证设备运转灵活。

（5）计量器具的控制

计量人员应按规定控制计量器具的使用、保管、维修和检定校验，计量器具应符合当地

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

技术监督部门的有关规定。

（6）工序控制

1）施工作业人员应按规定经考核后持证上岗。

施工工艺、操作规程是进行施工操作的依据，是确保工序质量的前提，施工人员必须按施工工艺、操作规程、作业指导书和技术交底的要求进行施工。持证上岗是达到上述要求的条件。

2）施工管理人员及作业人员应按操作规程、作业指导书和技术交底文件进行施工。应按检验和试验计划或“过程检验和试验的工作程序”的有关规定，对工序进行检验和试验，以避免出现不合格的工序产品流入下个工序。应确保不符合要求的工序得到识别和控制；对不合格工序应予以纠正，并在纠正后再次验证以证实其符合性；当在下道工序开始后发现不合格时，应采取相应措施予以纠正。

3）工序的检验和试验应符合过程检验和试验的规定，并符合施工验收规范的要求，对查出的质量缺陷应按不合格控制程序及时处置。

4）施工管理人员应记录工序施工情况，详细填写施工日志。

（7）特殊过程控制

1）对在项目质量计划中界定的特殊过程贵重设备，应设置工序质量控制点进行控制。隐蔽工程必须由质量检查人员、监理工程师、工长现场验收核定。

2）对特殊过程贵重设备安装的控制，除应执行一般过程控制的规定外，还应由专业技术人员编制专门的作业指导书，经项目技术负责人审批后执行。

施工过程中的“特殊过程”是指该施工过程或工序施工质量不易或不能通过其后的检验和试验而得到充分的验证，或者万一发生质量事故则难以挽救的施工对象。特殊过程是施工质量控制的重点，在这些工序或部位上应设置质量控制点，事先分析影响质量的原因，提出相应的措施，以便进行主动的、预防性的控制。

（8）其他方面

1）工程变更应严格执行工程变更程序，经有关单位批准后方可实施。一般应先向监理申请，监理与相关方确定后签发变更通知方可实施。

2）安装产品或半成品应采取有效措施妥善保护。成品保护主要是护、包、盖、封，其中护就是对其采取防护措施，如专人看护；包就是将其包裹起来；防止损伤或污染；盖就是将其表面用他物覆盖起来；防止堵塞损伤；封就是将其局部封闭起来。

3）施工中发生的质量事故，必须按《建设工程质量管理条例》的有关规定处理。

5. 竣工验收阶段的质量控制

1）单位工程竣工后，必须进行最终检验和试验并出具检验和试验报告。项目技术负责人应按编制竣工资料的要求收集、整理质量记录。

2）项目技术负责人应组织有关专业技术人员按最终检验和试验规定，根据合同要求进行全面验证和试车试运行。

3）对查出的施工质量缺陷，应按不合格控制程序进行处理。

4）项目经理部应组织有关专业技术人员按合同要求编制工程竣工文件，并应做好工程移交准备。

5）在最终检验和试验合格后，应对安装产品采取防护措施。

6）工程交工后，项目经理部应编制符合文明施工和环境保护要求的撤场计划。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6. 质量持续改进

工程竣工交验后，项目经理应组织技术负责人、工长、质检员、材料员、班长、工人技师等相关人员对该工程全过程进行评价，确定质量持续改进措施和方案。其中，纠正措施是立即执行实施的措施，预防措施是今后应做到的措施。

1）项目经理部应分析和评价项目管理现状，识别质量持续改进区域，确定改进目标，实施选定的解决办法。

2）质量持续改进应按全面质量管理的方法进行。

3）项目经理部对不合格控制应符合下列规定：

① 应按企业的不合格控制程序，控制不合格物资进入项目施工现场，严禁不合格工序未经处置而转入下道工序。

② 对验证中发现的不合格产品和过程，应按规定进行鉴别、标识、记录、评价、隔离和处置。

③ 应进行不合格评审。

④ 不合格处置应根据不合格严重程度，按返工、返修或让步接收、降级使用、拒收或报废四种情况进行处理。构成等级质量事故的不合格，应按国家法律、行政法规进行处置。

⑤ 对返修或返工后的产品，应按规定重新进行检验和试验，并应保存记录。

⑥ 进行不合格让步接收时，项目经理部应向建设单位提出书面让步申请，记录不合格程度和返修的情况，双方签字确认让步接收协议和接收标准。

⑦ 对影响工程主体结构安全和使用功能的不合格，应邀请建设单位代表或监理工程师、设计人，共同确定处理方案，报建设主管部门批准。

⑧ 检验人员必须按规定保存不合格控制的记录。

4）纠正措施要求：

① 对建设单位或监理工程师、设计人、质量监督部门提出的质量问题，应分析原因，制定纠正措施。

② 对已发生或潜在的不合格信息，应分析并记录结果。

③ 对检查发现的工程质量问题或不合格报告提及的问题，应由项目技术负责人组织有关人员判定不合格程度，制定纠正措施，限期整改，整改后由建设单位、监理单位验收。

④ 对严重不合格或重大质量事故，必须立即实施纠正措施。

⑤ 实施纠正措施的结果应由项目技术负责人验证并记录；对严重不合格或等级质量事故的纠正措施和实施效果应验证，并应报企业管理层，并由建设单位或监理单位验收。

⑥ 项目经理部或责任单位应定期评价纠正措施的有效性。

5）预防措施要求如下：

① 项目经理部应定期召开质量分析会，对影响工程质量潜在原因，采取预防措施。

② 对可能出现的不合格，应制定防止再发生的措施并组织实施。

③ 对质量通病应采取预防措施。

④ 对潜在的严重不合格，应实施预防措施控制程序。

⑤ 项目经理部应定期评价预防措施的有效性。

7. 检查、验证

1）项目经理部应对项目质量计划执行情况组织检查、内部审核和考核评价，验证实施

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

效果。

2）项目经理应依据考核中出现的问题、缺陷或不合格，召开有关专业人员参加的质量分析会，并制定整改措施。

3）项目经理应组织相关人员对该项工程质量计划执行情况和实际状况认真总结，成功的、好的作为经验保留下来，做好笔录和总结，失败的、不好的作为教训详细记录，作为会后工程的实训。只有这样，才能达到质量持续改进的目的；也只有这样，企业才能生存、发展、壮大。

（二）安全管理体系的运行及安全控制

1. 总体要求

1）项目安全控制必须坚持“安全第一、预防为主”的方针。项目经理部应建立安全管理体系和安全生产责任制。安全员应持证上岗，保证项目安全目标的实现。项目经理是项目安全生产的总负责人。

2）项目经理部应根据项目特点，制定安全施工组织设计或安全技术措施。

3）项目经理部应根据施工中人的不安全行为，物的不安全状态，作业环境的不安全因素和管理缺陷进行相应的安全控制。

4）实行分包的项目，安全控制应由承包人全面负责，分包人向承包人负责，并服从承包人对施工现场的安全管理。

5）项目经理部和分包人在施工中必须保护环境。

6）在进行施工平面图设计时，应充分考虑安全、防火、防爆、防污染等因素，做到分区明确，合理定位。

7）项目经理部必须建立施工安全生产教育制度，未经施工安全生产教育的人员不得上岗作业。

8）项目经理部必须为从事危险作业的人员办理人身意外伤害保险。

9）施工作业过程中对危及生命安全和人身健康的行为，作业人员有权抵制、检举和控告。

10）项目安全控制应遵循下列程序：

① 确定施工安全目标。

② 编制项目安全保证计划。

③ 项目安全计划实施。

④ 项目安全保证计划验证。

⑤ 持续改进。

⑥ 兑现合同承诺。

2. 安全保证计划及实施要求

1）项目经理部应根据项目施工安全目标的要求配置必要的资源，确保施工安全，保证目标实现。专业性较强的施工项目，应编制专项安全施工组织设计并采取安全技术措施。

2）项目安全保证计划应在项目开工前编制，经项目经理批准后实施。

3）项目安全保证计划的内容应包括工程概况、控制程序、控制目标、组织结构、职责权限、规章制度、资源配置、安全措施、检查评价及奖惩制度。

4）项目经理部应根据工程特点、施工方法、施工程序、安全法规和标准的要求，采取可靠的技术措施，消除安全隐患，保证施工安全。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）对结构复杂、施工难度大、专业性强的项目，除制定项目安全技术总体安全保证计划外，还必须制定单位工程或分部、分项工程的安全施工措施。

6）对高空作业、井下作业、水上作业、水下作业、深基础开挖、爆破作业、脚手架上作业、有害有毒作业、特种机械作业等专业性强的施工作业，以及从事电气、压力容器、起重机、金属焊接、井下瓦斯检验、机动车和船舶驾驶等特殊工种的作业，应制定单项安全技术方案和措施，并应对管理人员和操作人员的安全作业资格和身体状况进行合格审查。

7）安全技术措施应包括防火、防毒、防爆、防洪、防尘、防雷击、防触电、防坍塌、防物体打击、防机械伤害、防溜车、防高空坠落、防交通事故、防寒、防暑、防疫、防环境污染（即 17 防）等方面的措施。

8）安全保证计划中的安全技术措施、防护用品、安全装置、安全生产培训、安全技术措施交底必须落实。

9）安全保证计划的实施要进行全程控制，见图 9-1。

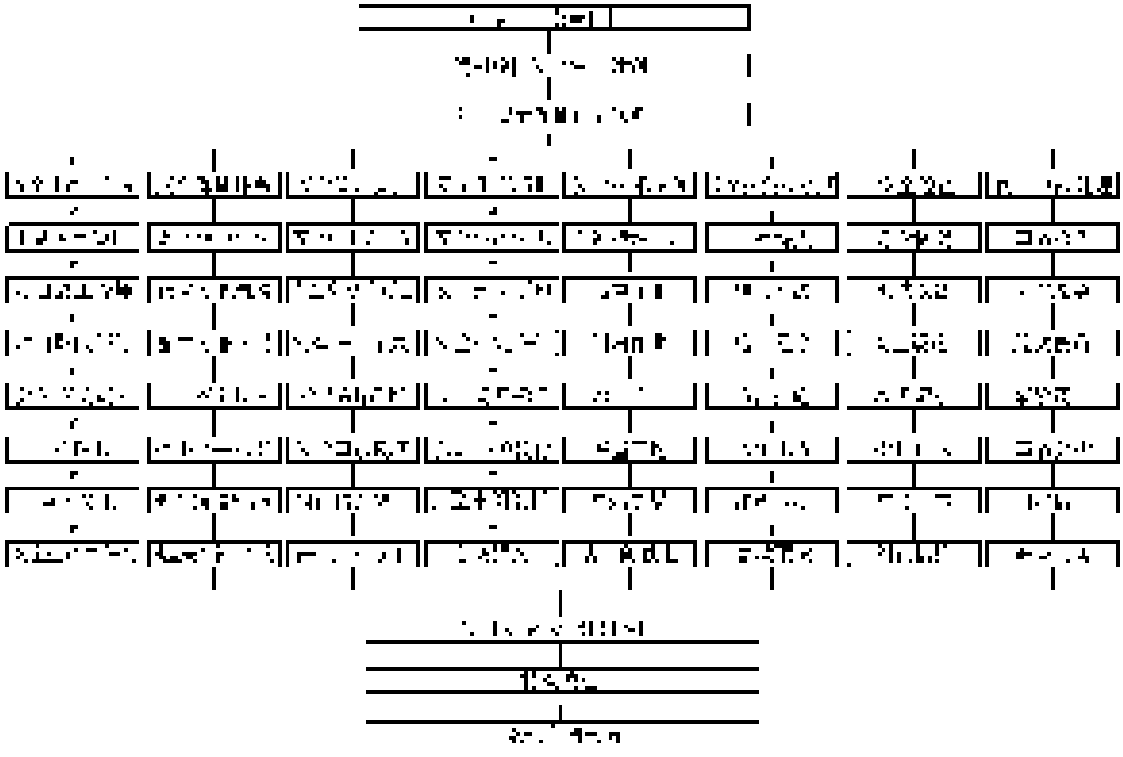


图 9-1　安全控制管理程序图

3. 安全保证计划的实施

（1）安全职责

项目经理部应根据安全生产责任制的要求，把安全责任目标分解到岗，落实到人。安全生产责任制必须经项目经理批准后实施。

1）项目经理安全职责应包括认真贯彻安全生产方针、政策、法规和各项规章制度，制定和执行安全生产管理办法，严格执行安全考核指标和安全生产奖惩办法，严格执行安全技术措施审批和施工安全技术措施交底制度；定期组织安全生产检查和分析，针对可能产生的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

安全隐患制定相应的预防措施；当施工过程中发生安全事故时，项目经理必须按安全事故处理的有关规定和程序及时上报和处置，并制定防止同类事故再次发生的措施。

2）安全员安全职责应包括落实安全设施的设置；对施工全过程的安全进行监督，纠正违章作业，配合有关部门排除安全隐患，组织安全教育和全员安全活动，监督劳保用品质量和正确使用。

3）作业队长安全职责应包括向作业人员进行安全技术措施交底，组织实施安全技术措施；对施工现场安全防护装置和设施进行验收；对作业人员进行安全操作规程培训，提高作业人员的安全意识，避免产生安全隐患；当发生重大或恶性工伤事故时，应保护现场，立即上报并参与事故调查处理。

4）班组长安全职责应包括安排施工生产任务时，向本工种作业人员进行安全技术措施交底；严格执行本工种安全技术操作规程，拒绝违章指挥；作业前应对本次作业所使用的机具、设备、防护用具及作业环境进行安全检查，消除安全隐患，检查安全标牌是否按规定设置，标识方法和内容是否正确完整；组织班组开展安全活动，召开上岗前安全生产会；每周应进行安全讲评。

5）操作工人安全职责应包括认真学习并严格执行安全技术操作规程，不违规作业；自觉遵守安全生产规章制度，执行安全技术交底和有关安全生产的规定；服从安全监督人员的指导，积极参加安全活动；爱护安全设施；正确使用防护用具；对不安全作业提出意见，拒绝违章指挥。

6）企业对分包人的安全生产责任应包括审查分包人的安全施工资格和安全生产保证体系，不应将工程分包给不具备安全生产条件的分包人；在分包合同中应明确分包人安全生产责任和义务；对分包人提出安全要求，并认真监督、检查；对违反安全规定冒险蛮干的分包人，应令其停工整改；企业应统计分包人的伤亡事故，按规定上报，并按分包合同约定协助处理分包人的伤亡事故。

7）分包人安全生产责任应包括分包人对本施工现场的安全工作负责，认真履行分包合同规定的安全生产责任；遵守承包人的有关安全生产制度，服从承包人的安全生产管理，及时向承包人报告伤亡事故并参与调查，处理善后事宜。

8）施工中发生安全事故时，项目经理必须按国务院安全行政主管部门的规定及时报告并协助有关人员进行处理。

（2）实施安全教育的具体要求

1）项目经理部的安全教育内容应包括学习安全生产法律、法规、制度和安全纪律，讲解安全事故案例。

2）作业队安全教育内容应包括了解所承担施工任务的特点，学习施工安全基本知识、安全生产制度及相关工种的安全技术操作规程；学习机械设备和电器使用、高处作业等安全基本知识；学习防火、防毒、防爆、防洪、防尘、防雷击、防触电、防高空坠落、防物体打击、防坍塌、防机械伤害等知识及紧急安全救护知识；了解安全防护用品发放标准，防护用具、用品使用基本知识。

3）班组安全教育内容应包括了解本班组作业特点，学习安全操作规程、安全生产制度及纪律；学习正确使用安全防护装置（设施）及个人劳动防护用品知识；了解本班组作业中的不安全因素及防范对策、作业环境及所使用的机具安全要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（3）安全技术交底的实施及要求

1）单位工程开工前，项目经理部的技术负责人必须将工程概况、施工方法、施工工艺、施工程序、安全技术措施，向承担施工的作业队负责人、工长、班组长和相关人员进行交底。

2）结构复杂的分部分项工程施工前，项目经理部的技术负责人应有针对性地进行全面、详细的安全技术交底。

3）项目经理部应保存双方签字确认的安全技术交底记录。

4. 安全检查

1）项目经理应组织项目经理部定期对安全控制计划的执行情况进行检查考核和评价。对施工中存在的不安全行为和隐患，项目经理部应分析原因并制定相应整改防范措施。

2）项目经理部应根据施工过程的特点和安全目标的要求，确定安全检查内容。

3）项目经理部安全检查应配备必要的设备或器具，确定检查负责人和检查人员，并明确检查内容及要求。

4）项目经理部安全检查应采取随机抽样、现场观察、实地检测相结合的方法，并记录检测结果。对现场管理人员的违章指挥和操作人员的违章作业行为应进行纠正。

5）安全检查人员应对检查结果进行分析，找出安全隐患部位，确定危险程度。

6）项目经理部应编写安全检查报告。

5. 安全隐患和安全事故处理

（1）安全隐患处理的具体要求

1）项目经理部应区别“通病”、“顽症”、首次出现、不可抗力等类型，修订和完善安全整改措施。

2）项目经理部应对检查出的隐患立即发出安全隐患整改通知单。受检单位应对安全隐患原因进行分析，制定纠正和预防措施。纠正和预防措施应经检查单位负责人批准后实施。

3）安全检查人员对检查出的违章指挥和违章作业行为向责任人当场指出，限期纠正。

4）安全员对纠正和预防措施的实施过程和实施效果应进行跟踪检查，保存验证记录。

（2）项目经理部进行安全事故处理的具体要求

1）安全事故处理必须坚持“事故原因不清楚不放过，事故责任者和员工没有受到教育不放过，事故责任者没有处理不放过，没有制定防范措施不放过”的原则。

2）安全事故应按以下程序进行处理：

① 报告安全事故：安全事故发生后，受伤者或最先发现事故的人员应立即用最快的传递手段，将发生事故的时间、地点、伤亡人数、事故原因等情况，上报至企业安全主管部门。企业安全主管部门视事故造成的伤亡人数或直接经济损失情况，按规定向政府主管部门报告。

② 事故处理：抢救伤员、排除险情、防止事故蔓延扩大，做好标识，保护好现场。

③ 事故调查：项目经理应指定技术、安全、质量等部门的人员，会同企业工会代表组成调查组，开展调查。

④ 调查报告：调查组应把事故发生的经过、原因、性质、损失责任、处理意见、纠正和预防措施撰写成调查报告，并经调查组全体人员签字确认后报企业安全主管部门。

（三）环境管理体系的运行及环境保护

1）项目部应按企业环境管理体系建立项目环境监控分支体系，不断反馈监控信息，采取整改措施，保护环境。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）施工现场泥浆和污水未经处理不得直接排入城市排水设施和河流、湖泊、池塘。处理方案应经当地环保部门审核批准实施。

3）除有符合规定的装置外，不得在施工现场熔化沥青和焚烧油毡、油漆，亦不得焚烧其他可产生有毒有害烟尘和恶臭气味的废弃物，禁止将有毒有害废弃物作土方回填。

4）安装垃圾、渣土、废料、弃料应在指定地点分类堆放，每日进行清理。高空施工的垃圾及废弃物应采用密闭式串筒或其他措施清理搬运。装载建筑材料、垃圾或渣土的车辆，应采取防止尘土飞扬、洒落或流溢的有效措施。施工现场应根据需要设置机动车辆冲洗设施，冲洗污水应进行处理。

5）在居民和单位密集区域进行爆破、打桩使用安装机具喷漆、设置柴油发电机组、大型设备吊装、安装等施工作业前，项目经理部应按规定申请批准，还应将作业计划、影响范围、程度及有关措施等情况，向受影响范围的居民和单位通报说明，取得协作和配合；对施工机械的噪声与振动扰民，应采取相应措施予以控制。

6）经过施工现场的地下管线，应由建设单位在施工前通知企业，标出位置，加以保护。施工时发现文物、古迹、爆炸物、电缆等，应当停止施工，保护好现场，及时向有关部门报告，按照有关规定处理后方可继续施工。

7）施工中需要停水、停电、封路而影响环境时，必须经有关部门批准，事先告示。在行人、车辆通行的地方施工，应当设置沟、井、坎、穴覆盖物和标志。

8）温暖季节宜对施工现场进行绿化布置。

9）与当地环境检测部门建立沟通渠道，自觉接受检查和测试，并采取相应措施减小、清除对环境的污染。

10）建立检查制度，全天候对环境进行检查，及时发现隐患和环境因素并制定相应措施。

（四）施工进度计划实施及进度检测

1. 总体要求

1）项目进度控制应以实现施工合同约定的竣工日期为最终目标。

2）项目进度控制总目标应进行分解。可按单位工程分解为交工分目标，可按承包的专业或施工阶段分解为完工分目标，亦可按年、季、月计划期分解为时间目标。

3）项目进度控制应建立以项目经理为责任主体，由子项目负责人、计划人员、调度人员、作业队长及班组长参加的项目进度控制体系。

4）项目经理部应按下列程序进行项目进度控制：

① 根据施工合同确定的开工日期、总工期和竣工日期确定施工进度目标，明确计划开工日期、计划总工期和计划竣工日期，并确定项目分期分批的开工、竣工日期。

② 编制施工进度计划。施工进度计划应根据工艺关系、组织关系、搭接关系、起止时间、劳动力计划、材料计划、机械计划及其他保证性计划等因素综合确定。

③ 向监理工程师提出开工申请报告，并应按监理工程师下达的开工令指定的日期开工。

④ 实施施工进度计划。当出现进度偏差（不必要的提前或延误）时，应及时进行调整，并应不断预测未来进度状况。

⑤ 全部任务完成后应进行进度控制总结并编写进度控制报告。

2. 施工进度计划的实施

1）项目的施工进度计划应编制年、季、月、旬、周施工进度计划，将计划细化容易控

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

制及调整。

2）年、季、月、旬、周施工进度计划应逐级落实，最终通过施工任务书由班组实施。

3）施工进度计划实施的过程

① 跟踪计划的实施进行监督，当发现进度计划执行受到干扰时，应采取调度措施。

② 在计划图上进行实际进度记录，并跟踪记载每个施工过程的开始日期、完成日期，记录每日完成数量、施工现场发生的情况、干扰因素的排除情况。

③ 执行施工合同中对进度、开工及延期开工、暂停施工、工期延误、工程竣工的承诺。

④ 跟踪进度对工程量、总产值、耗用的人工、材料和机械台班等的数量进行统计与分析，编制统计报表。

⑤ 落实控制进度措施应具体到执行人、目标、任务、检查方法和考核办法。

⑥ 处理进度索赔。如因建设单位、供应商或其他外界原因延误工期较大时应进行索赔，并及时收集证据。

4）企业应根据项目施工进度计划编制分包工程施工进度计划并组织实施。项目经理部应将分包工程施工进度计划纳入项目进度控制范畴，并协助分包人解决项目进度控制中的相关问题。

5）在进度控制中，应确保资源供应进度计划的实现。当出现下列情况时，应采取措施处理：

① 当发现资源供应出现中断、供应数量不足或供应时间不能满足要求时。

② 由于工程变更引起资源需求的数量变更和品种变化时，应及时调整资源供应计划。

③ 当建设单位提供的资源供应进度发生变化不能满足施工进度要求时，应敦促建设单位执行原计划，并对造成的工期延误及经济损失进行索赔。同时应索取证据。

3. 施工进度计划的检查与调整

1）对施工进度计划进行检查应依据施工进度计划实施记录进行。

2）施工进度计划检查应采取日检查或定期检查的方式，检查内容有：

① 检查期内实际完成和累计完成工程量。

② 实际参加施工的人力、机械数量及生产效率。

③ 窝工人数、窝工机械台班数及其原因分析。

④ 进度偏差情况。

⑤ 进度管理情况。

⑥ 影响进度的特殊原因及分析。

3）实施检查后，应向企业提供月度施工进度报告，月度施工进度报告应包括下列内容：

① 进度执行情况的综合描述。

② 实际施工进度图。

③ 工程变更、价格调整、索赔及工程款收支情况。

④ 进度偏差的状况和导致偏差的原因分析。

⑤ 解决问题的措施。

⑥ 计划调整意见。

4）施工进度计划在实施中的调整必须依据施工进度计划检查结果进行。施工进度计划调整应包括下列内容：施工内容、工程量、起止时间、持续时间、工作关系、资源供应。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）调整施工进度计划应采用条件允许的合法的科学的调整方法，并应编制调整后的施工进度计划。

6）在施工进度计划完成后，项目经理部应及时进行施工进度控制总结。总结时应依据下列资料：

① 施工进度计划。

② 施工进度计划执行的实际记录。

③ 施工进度计划检查结果。

④ 施工进度计划的调整资料。

7）施工进度控制总结应包括下列内容：

① 合同工期目标及计划工期目标完成情况。

② 施工进度控制经验。

③ 施工进度控制中存在的问题及分析。

④ 科学的施工进度计划方法的应用情况。

⑤ 施工进度控制的改进意见。

（五）材料管理及控制

施工项目所需的主要材料和大宗材料应由企业物资部门订货或市场采购，按计划供应给项目经理部。企业物资部门应制定采购计划，审定供应商，建立合格供应商目录，对供应方进行考核，签订供货合同，确保供应工作质量和材料质量。项目经理部应按施工进度计划及时向企业物资部门提供材料需要计划。远离企业本部的项目经理部，可在法定代表人授权下就地采购。

施工项目所需的特殊材料和零星材料应按授权由项目经理部采购。项目经理部应按施工进度计划编制采购计划，报企业物资部门批准，按计划采购。特殊材料和零星材料的品种，在“项目管理目标责任书”中约定。

项目经理部的材料管理要求：

1）按计划保质、保量、及时供应材料。

2）材料需要量计划应包括材料需要量总计划、年计划、季计划、月计划、日计划。

3）材料仓库的选址应有利于材料的进出和存放，符合防火、防雨、防盗、防风、防变质的要求。

4）进场的材料应进行数量验收和质量认证，做好相应的验收记录和标识。不合格的材料应更换、退货或让步接收（降级使用），严禁使用不合格的材料。质量认证应由监理工程师主持并签字。

5）材料的计量设备必须经具有资格的机构定期检验，确保计量所需要的精确度。检验不合格的设备不允许使用。

6）进入现场的材料应有生产厂家的材质证明（包括厂名、品种、出厂日期、出厂编号、试验数据）和出厂合格证。要求复检的材料要有取样送检证明报告。新材料未经试验鉴定，不得用于工程中。现场配制的材料应经试配，使用前应经认证。

7）材料储存应满足下列要求：

① 入库的材料应按型号、品种分区堆放，并分别编号、标识。

② 易燃易爆的材料应专门存放，专人负责保管，并有严格的防火、防爆措施。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

③ 有防湿、防潮要求的材料，应采取防湿、防潮措施，并做好标识。

④ 有保质期的库存材料应定期检查，防止过期，并做好标识。

⑤ 易损坏的材料应保护好外包装，防止损坏。

8）应建立材料使用限额领料制度。超限额的用料，用料前应办理手续，填写领料单，注明超耗原因，经项目经理部材料管理人员审批。

9）建立材料使用台账，记录使用和节超状况。

10）应实施材料使用监督制度。材料管理人员应对材料使用情况进行监督；做到工完、料净、场清；建立监督记录；对存在的问题应及时分析和处理。分部工程的领料应与计划基本相符，相差较大时应拒付。

11）班组应办理剩余材料退料手续。设施用料、包装物及容器应回收，并建立回收台账。

12）制定周转材料保管、使用制度。

13）项目经理、工长、班组长应严守材料关，对工程用料应进行检查和监督，避免浪费或挪为他用。

（六）机具设备管理及控制

1）项目所需机械设备可从企业自有机械设备调配，或租赁，或购买，提供给项目经理部使用。远离公司本部的项目经理部，可由企业法定代表人授权，就地解决机械设备来源。

2）项目经理部应编制机械设备使用计划报企业审批。对进场的机械设备必须进行安装验收，并做到资料齐全准确。进入现场的机械设备在使用中应做好维护和管理，并保存相关记录。

3）项目经理部应采取技术、经济、组织、合同措施保证施工机械设备合理使用，提高施工机械设备的使用效率，用养结合，降低项目的机械使用成本。

4）机械设备操作人员应持证上岗、实行岗位责任制，严格按照操作规范作业，搞好班组核算，加强考核和激励。

5）机具设备主要用于施工，应有严格的领用、借用制度，当个人使用时应由项目经理批准。

（七）技术管理及控制

1）项目经理部应根据项目规模设项目技术负责人。项目经理部必须在企业总工程师和技术管理部门的指导下，建立技术管理体系。技术负责人大型工程应有正高职称，中型项目应有副高职称，小型工程应有中级职称。

2）项目经理部的技术管理应执行国家技术政策和企业的技术管理制度。项目经理部可自行制定特殊的技术管理制度，并报企业总工程师审批。

3）项目经理部的技术管理工作内容有：

① 技术管理基础性工作。

② 施工过程的技术管理工作。

③ 技术开发管理工作。

④ 技术经济分析与评价。

4）项目技术负责人的主要职责：

① 主持项目的技术管理。

② 主持制定项目技术管理工作计划。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

③ 组织有关人员熟悉与审查图样，主持编制项目管理实施规划的施工方案并组织落实。

④ 负责技术交底。

⑤ 组织做好测量及其核定。

⑥ 指导质量检验和试验。

⑦ 审定技术措施计划并组织实施。

⑧ 参加工程验收，处理质量事故。

⑨ 组织各项技术资料的签证、收集、整理和归档。

⑩ 领导技术学习，交流技术经验。

⑪ 组织专家进行技术攻关，解决技术难题。

5）项目经理部的技术工作要求：

① 项目经理部在接到工程图样后，按过程控制程序文件要求进行内部审查，并汇总意见。

② 项目技术负责人应参与建设单位组织的设计会审，提出设计变更意见，进行一次性设计变更洽商。

③ 在施工过程中，如发现设计图样中存在问题，或因施工条件变化必须补充设计，或需要材料代用，可向设计人提出工程变更洽商书面资料。工程变更洽商应由项目技术负责人签字。

④ 编制施工方案。

⑤ 技术交底必须贯彻施工验收规范、技术规程、工艺标准、质量检验评定标准等要求。书面资料应由签发人和审核人签字，使用后归入技术资料档案。

⑥ 项目经理部应将分包人的技术管理纳入技术管理体系，并对其施工方案的制订、技术交底、施工试验、材料试验、分项工程预检和隐检、竣工验收等进行系统的过程控制。

⑦ 对后续工序质量有决定作用的测量与放线、管路预埋、设备验收、设备试验、设备吊装、设备基础验收、各种基层、预留孔、预埋件、箱盒、隐蔽工程等应进行施工预验并做好记录。

⑧ 各类隐蔽工程应进行隐检，做好隐验记录，办理隐验手续，参与各方责任人应确认签字。

⑨ 项目经理部应按项目管理实施规划和企业的技术措施纲要实施技术措施计划。

⑩ 项目经理部应设技术资料管理人员，做好技术资料的收集、整理和归档工作，并建立技术资料台账。

（八）施工现场管理及文明施工

1. 总体要求

1）项目经理部应认真搞好施工现场管理，做到文明施工、安全有序、整洁卫生、不扰民、不损害公众利益。

2）现场门应设置企业的标志。项目经理部应设专人负责施工现场场容文明形象管理的总体策划和部署；各分包人应在承包人项目经理部的指导和协调下，按照分区划块原则，搞好分包人施工用地区域的场容文明形象管理规划，严格执行，并纳入承包人的现场管理范畴，接受监督、管理与协调。

3）项目经理部应在现场入口的醒目位置，公示下列内容：

① 工程概况牌，包括工程规模、性质、用途，建设单位（发包人）、设计人、安装单位（承包人）和监理单位的名称，施工起止年月等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 安全纪律牌。

③ 防火须知牌。

④ 安全无重大事故计时牌。

⑤ 安全生产、文明施工牌。

⑥ 施工总平面图。

⑦ 项目经理部组织架构及主要管理人员名单图。

4）项目经理应把施工现场管理列入经常性的巡视检查内容，并与日常管理有机结合，认真听取邻近单位、社会公众的意见和反映，及时抓好整改。

5）项目经理、项目部应协调好各方面的关系，以利施工。

2. 场容场貌的建立

1）施工现场场容规范化应建立在施工平面图设计的科学合理化和物料器具定位管理标准化的基础上。项目经理应根据本企业的管理水平，建立和健全施工平面图管理和现场物料器具管理标准，为项目经理部提供场容管理策划的依据。

2）项目经理部必须结合施工条件，按照施工方案和施工进度计划的要求，认真进行施工平面图的规划、设计、布置、使用和管理。

① 施工平面图宜按指定的施工用地范围和布置的内容，分别进行布置和管理。

② 单位工程施工平面图宜根据不同施工阶段的需要，分别设计成阶段性施工平面图，并在阶段性进度目标开始实施前，通过施工协调会议确认后实施。

3）项目经理部应严格按照已审批的施工总平面图或相关的单位工程施工平面图划定的位置，布置施工项目的主要机具设备、脚手架及密封式安全网、围挡、加工制作场地、施工临时道路、供水、供电、供气管道或线路、施工材料制品堆场及仓库、废弃物及施工垃圾、变配电间及配电箱、消火栓、警卫室、现场的办公、生产和生活临时设施等。

4）施工物料器具除应按施工平面图指定位置就位布置外，尚应根据不同特点和性质，规范布置方式与要求，并执行码放整齐、限宽限高、上架入箱、规格分类、挂牌标识等管理标准。

5）在施工现场周边应设置临时围护设施。市区工地的周边围护设施高度不应低于1.8m。临街脚手架、高压电缆、起重把杆回转半径伸至街道的，均应设置安全隔离棚。危险品库附近应有明显标志及围挡设施。

6）施工现场应设置畅通的排水沟渠系统，场地不积水、不积泥浆，保持道路干燥坚实。工地地面应做硬化处理。

3. 防火及保安

1）现场应设立门卫，根据需要设置警卫，负责施工现场保卫工作，并采取必要的防盗措施，严禁非施工人员进入。施工现场的主要管理人员在施工现场应当佩戴证明其身份的证卡，其他现场施工人员宜有标识。有条件时可对进出场人员使用磁卡管理。保安人员应24h巡视监控。

2）承包人必须严格按照《中华人民共和国消防法》的规定，建立和执行防火管理制度。现场必须有满足消防车出入和行驶的道路，并设置符合要求的防火报警系统和固定式灭火系统，消防设施应保持完好的备用状态。在火灾易发地区施工或储存、使用易燃、易爆器材时，应当采取特殊的消防安全措施。特殊环境施工现场严禁吸烟，必要时可设吸烟室。设

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

置适宜的灭火装置和消防设施。

3）施工现场的通道、消防出入口、紧急疏散楼道等，均应有明显标志或指示牌。有高度限制的地点应有限高标志。

4）施工中需要进行爆破作业的，必须经政府主管部门审查批准，并提供爆破器材的品名、数量、用途、爆破地点、四邻距离等文件和安全操作规程，向所在地县、市（区）公安局申领“爆破物品使用许可证”，由具备爆破资质的专业队伍按有关规定进行施工。

5）物资进出应有严格的登记制度，运出物资必须有项目经理或相关管理人员的签字。

6）现场有条件的应设火警119电话、报警110电话。

4. 卫生防疫及其他事项

1）施工现场不宜设置职工宿舍，必须设置时应尽量和施工场地分开。现场应准备必要的医务设施。在办公室内显著位置应张贴急救车和有关医院电话号码。根据需要采取防暑降温和消毒、防毒措施。施工作业区与办公区应分区明确。

2）承包人应明确施工保险及第三者责任险的投保人和投保范围。

3）项目经理部应对现场管理进行考评，考评办法应由企业按有关规定制定。

4）项目经理部应进行现场节能管理。有条件的现场应下达能源使用指标。

5）现场的食堂、厕所应符合卫生要求，现场应设置饮水设施。

6）文化娱乐设施应远离施工现场，严禁扰民。

5. 组织和协调

1）组织协调应分为内部关系的协调、近外层关系的协调和远外层关系的协调。

2）组织协调应能排除障碍、解决矛盾、化解矛盾、保证项目目标的顺利实现。严禁过激行为和语言，杜绝矛盾激化，不得唯我独尊、欺上瞒下。一要坚持原则，二要友情为重，三要以礼相待，四要先人后己，五要求同存异，六要互赢互利，七要感情投资，八要抓大放小，九要以理服人。

3）组织协调内容：

① 人际关系应包括施工项目组织内部的人际关系，施工项目组织与关联单位的人际关系。协调对象应是相关工作结合部中人与人之间在管理工作中的联系和矛盾。

② 组织机构关系应包括协调项目经理部与企业管理层及劳务作业层之间的关系。

③ 供求关系应包括协调企业物资供应部门与项目经理部及生产要素供需单位之间的关系。

④ 协作配合关系应包括协调近外层单位的协作配合，内部各部门、上下级、管理层与劳务作业层之间的关系。

4）组织协调的内容应根据在施工项目运行的不同阶段中出现的主要矛盾做动态调整。

5）处理外部关系必须严格守法、遵守公共道德，充分利用中介组织、当地政府相关部门和社会管理机构的力量。

6）内部人际关系的协调应依据各项规章制度，通过做好思想工作，加强教育培训，提高人员素质等方法实现。

7）项目经理部与企业管理层关系的协调应依靠严格执行“项目管理目标责任书”；项目经理部与劳务作业层关系的协调应依靠履行劳务合同及执行“施工项目管理实施规划”。

8）项目经理部处理内部供求关系时，一要做好供需计划的编制、平衡，并认真按计划执行，意外事件要补充计划，协商沟通；二要充分发挥调度的作用，加强调度工作，排除

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

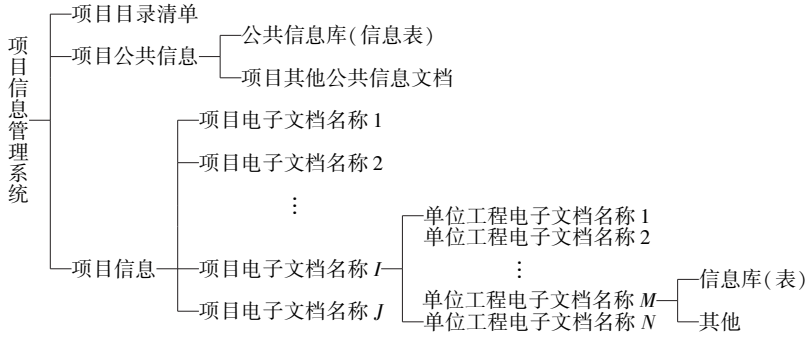
障碍。

（九）建立信息系统，加强信息管理

市场经济就是一个信息经济，任何企业、任何个人都要在信息上投资，建立信息系统，加强信息管理，这是企业发展的必由之路。企业或项目经理可责成某个部门或某个人进行信息方面的工作。

信息可通过多方面的渠道或手段获取，如：电话、电视、报纸、广告、网络、文件、拜访、聚会、出行出差、与人交流谈话、参加会议等。

1）建立项目信息管理系统可按以下细目建立：



2）在收集项目信息时，首先应填写项目目录清单。其作用是通过此表让信息管理员或信息使用者尽快地找到所需项目的信息。项目目录清单的格式见表9-1。

表9-1　项目目录清单的格式

序号	项目名称	项目电子文档名称	内存/盘号	单位工程名称	单位工程、电子文档名称	负责单位	负责人	日期	附注
1									
2									
3									
⋮									
N									

3）信息内容及结构见图9-2。

（十）投资计划及成本控制

1. 总体要求

1）项目成本控制包括成本预测、计划、实施、核算、分析、考核、整理成本资料与编制成本报告。

2）项目经理部应对施工过程发生的、在项目经理部管理职责权限内能控制的各种消耗和费用进行成本控制。项目经理部承担的成本责任与风险应在“项目管理目标责任书”中明确。

3）企业应建立和完善项目管理层作为成本控制中心的功能和机制，并为项目成本控制创造优化配置生产要素，实施动态管理的环境和条件。

4）项目经理部应建立以项目经理为中心的成本控制体系，按内部各岗位和作业层进行成本目标分解，明确各管理人员和作业层的成本责任、权限及相互关系。

5）成本控制的程序如下：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

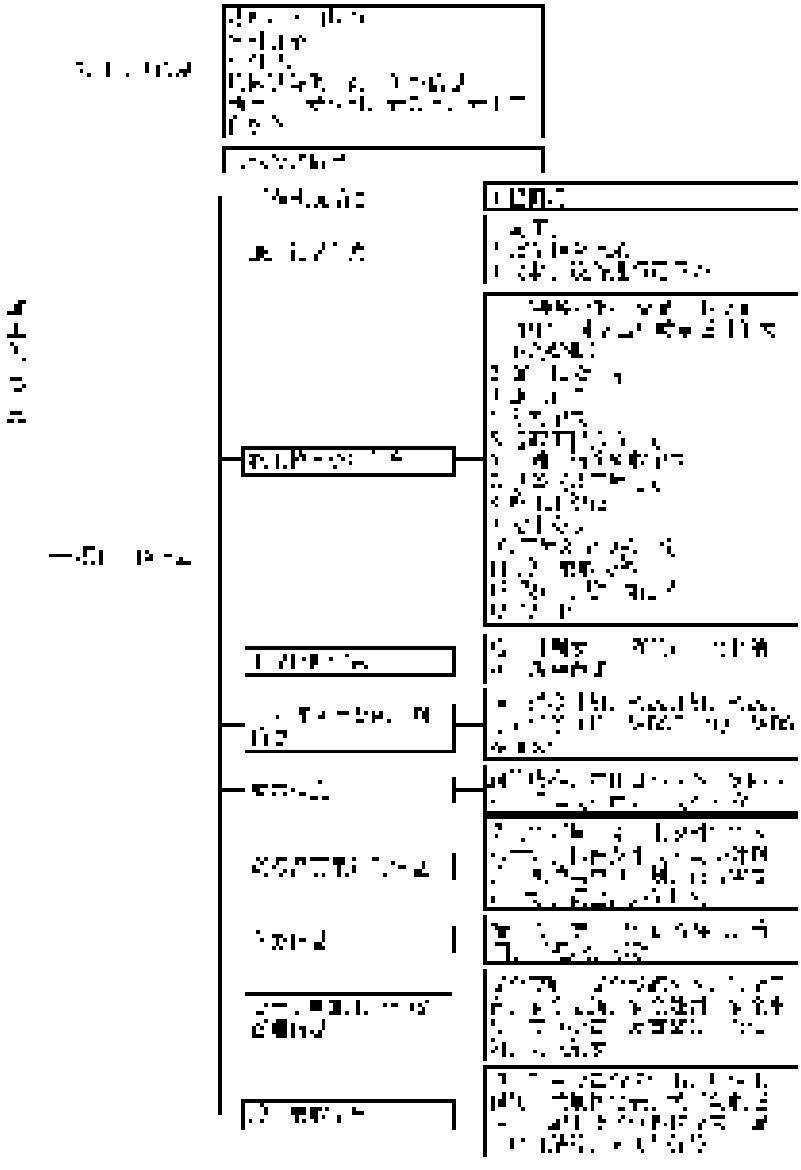


图 9-2　施工项目信息结构

① 企业进行项目成本预测。

② 项目经理部编制成本计划。

③ 项目经理部实施成本计划。

④ 项目经理部进行成本核算。

⑤ 项目经理部进行成本分析并编制月度及项目的成本报告。

6）编制成本资料并按规定存档。

2. 成本投资计划

1）企业应确定项目经理部的责任目标成本：

① 在施工合同签订后，由企业根据合同造价、施工图和招标文件中的工程量清单，确

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

定正常情况下的企业管理费、财务费用和制造成本。

② 将正常情况下的制造成本确定为项目经理的可控成本，形成项目经理的责任目标成本。

2）项目经理在接受企业法定代表人委托之后，应通过主持编制项目管理实施规划寻求降低成本的途径，组织编制施工预算，确定项目的计划目标成本。

3）项目经理部编制施工预算的要求如下：

① 以施工方案和管理措施为依据，按照本企业的管理水平、消耗定额、作业效率等进行工料分析，根据市场价格信息，编制施工预算。

② 当某些环节或分部分项工程施工条件尚不明确时，可按照类似工程施工经验或招标文件所提供的计量依据计算暂估费用。

③ 施工预算应在工程开工前编制完成。

4）项目经理部进行目标成本分解要求：

① 按工程部位进行项目成本分解，为分部分项工程成本核算提供依据。

② 按成本项目进行成本分解，确定项目的人工费、材料费、机械台班费、其他直接费和间接成本的构成，为施工生产要素的成本核算提供依据。

5）项目经理部应编制“目标成本控制措施表”，并将各分部分项工程成本控制目标和要求、各成本要素的控制目标和要求，落实到成本控制的责任者，并应对确定的成本控制措施、方法和时间进行检查和改善。

3. 成本控制运行

1）项目经理部应坚持按照增收节支、全面控制、责权利相结合的原则，用目标管理方法对实际施工成本的发生过程进行有效控制。

2）项目经理部应根据计划目标成本的控制要求，做好施工采购策划，通过生产要素的优化配置、合理使用、动态管理，有效控制实际成本。采购或劳务分包，实施量和价的预控，贯彻“先算后买”和“先询价，后采购，货比三家”的原则。

3）项目经理部应加强施工定额管理和施工任务单管理，控制活劳动和物化劳动的消耗。用工和材料、设备消耗控制，既要按照施工定额和施工任务单，控制实际消耗量的发生，如合理用工、用料和节约用工、用料等，也要控制施工的结果（产品）符合质量要求。

4）项目经理部应加强施工调度，避免因施工计划不周和盲目调度造成窝工损失、机械利用率降低、物料积压等而使施工成本增加。

① 周密地进行施工部署，使各专业工种连续均衡施工。

② 随时掌握施工作业进度变化及时差利用状况，健全施工例会，及时加强调度，搞好施工协调。

③ 合理配备主、辅施工机械，明确划分使用范围和作业任务，提高其利用率和使用效率。

④ 合理确定劳动力和机械设备的进场和退场时间，减少盲目调集而造成的窝工损失。

5）项目经理部应加强施工合同管理和施工索赔管理，正确运用施工合同条件和有关法规，及时进行索赔。在项目成本控制过程中，项目经理部应及时按规定程序做好变更签证、施工索赔所引起的施工费用增减变化的调整处理，防止施工效益流失。

4. 成本核算

1）项目经理部应根据财务制度和会计制度的有关规定，在企业职能部门的指导下，建立项目成本核算制，明确项目成本核算的原则、范围、程序、方法、内容、责任及要求，并

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

设置核算台账，记录原始数据。

2）施工过程中项目成本的核算，宜以每月为一核算期，在月末进行。核算对象应按单位工程划分，并与施工项目管理责任目标成本的界定范围相一致。项目成本核算应坚持施工形象进度、施工产值统计、实际成本归集“三同步”的原则。否则应分析原因，找出失步在哪里，以便后期纠正。

① 应按照统计人员提供的当月完成工程量的价值及有关规定，扣减各项上缴税费后，作为当期工程结算收入。

② 人工费应按照劳动管理人员提供的用工分析和受益对象进行账务处理，计入工程成本。

③ 材料费应根据当月项目材料消耗和实际价格，计算当期消耗，计入工程成本；周转材料应实行内部调配制，按照当月使用时间、数量、单价计算，计入工程成本。

④ 机械使用费按照项目当月使用台班和单价计入工程成本。

⑤ 其他直接费应根据有关核算资料进行账务处理，计入工程成本。

⑥ 间接成本应根据现场发生的间接成本项目的有关资料进行账务处理，计入工程成本。

3）项目成本核算应采取会计核算、统计核算和业务核算相结合的方法，并应做下列比较分析：

① 实际成本与责任目标成本的比较分析。

② 实际成本与计划目标成本的比较分析。

4）项目经理部应在跟踪核算分析的基础上，编制月度项目成本报告，上报企业成本主管部门进行指导检查和考核。

5）项目经理部应在每月分部分项成本的累计偏差和相应的计划目标成本余额的基础上，预测后期成本的变化趋势和状况；根据偏差原因制定改善成本控制的措施，控制下月施工任务的成本。

5. 成本分析与考核

1）项目经理部进行成本分析方法：

① 按照量价分离的原则，用对比法分析影响成本节超的主要因素。包括实际工程量与预算工程量的对比分析，实际消耗量与计划消耗量的对比分析，实际采用价格与计划价格的对比分析，各种费用实际发生额与计划支出额的对比分析。

② 在确定施工项目成本各因素对计划成本影响的程度时，可采用连环替代法或差额计算法进行成本分析。

2）项目经理部应将成本分析的结果形成文件，为成本偏差的纠正与预防、成本控制方法的改进、制定降低成本措施、改进成本控制体系等提供依据。

3）项目成本考核应分层进行，企业对项目经理部进行成本管理考核，项目经理部对项目内部各岗位及各作业队进行成本管理考核。

4）项目成本考核内容应包括计划目标成本完成情况考核及成本管理工作业绩考核。

5）项目成本考核应公正、公平、真实、准确，方法如下：

① 企业对施工项目经理部进行考核时，应以确定的责任目标成本为依据。

② 项目经理部应以控制过程的考核为重点，控制过程的考核应与竣工考核相结合。

③ 各级成本考核应与进度、质量、安全等指标的完成情况相联系。

④ 项目成本考核的结果应形成文件，为奖罚责任人提供依据。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

三、开工前的准备工作

1）施工现场调查。

① 土建进展情况以及土建施工队伍的技术力量、装备、工人的素质能力、企业资质等，并索取土建工程施工进度计划，对于以电气为主的工程，像变配电工程，还应索取施工组织设计等技术文件。

② 向建设单位或监理工程师了解工程概况以及对电气工程的要求，主要有投资规模、工期要求、生产工艺过程、产品质量标准、主要设备的技术要求和自动化程度，关键设备的注意事项等。

③ 视察安装条件，原材料堆放地点、现场办公地点、休息场所等有关平面布置的事宜；临时电源的方位、距离、电压等级、进户条件；设备和材料的运输条件、有无特大障碍、道路状况、有无与铁路交叉等；电缆和架空线路施工的条件，有无大型障碍，路径及运输条件等。

④ 了解当地的风土人情、文化状态、当地材料供应情况、劳动力情况、气候、土壤、水源等。

2）结合现场调查和熟悉图样的记录，审查图样有无以下问题：

① 图样之间，图样与说明、图例、材料表之间有无矛盾。

② 电气图样与土建、管道、设备机装等其他专业图样之间有无矛盾。

③ 主要尺寸、位置、标高有无差错，预埋、预留位置尺寸是否正确。

④ 主要设备材料选择有无错误，控制电路是否正确，能否达到控制目的；继保系统整定值是否正确；接地、防雷、保安系统是否可靠正确以及对施工图的改进建议或方案等。

⑤ 按图施工有无实际困难。

3）参加建设单位组织的图样会审和设计交底，根据熟悉图样、审核设备材料计划、现场调查和审查图样，结合设计交底，指出设计中的不足之处，并对图样存在的问题取得一致性的意见，如须变更，应和设计单位会签变更，由设计更改设计出图，或写入会审纪要之中，作为施工及竣工交接、结算的依据。

4）和材料员一起会同建设单位了解主要设备到货情况，其规格型号与图样是否相符，缺项的能否保证该项安装前到货，并能保证是合格品且与设计相符。主要材料应基本到齐，并具备安装条件。

5）将工程预算书经总经济师或生产经营部门审批后，分别送往有关部门和施工工长，并在工程中比照施工进度计划执行，同时送档案部门备案。

6）将施工组织设计经总工程师、技术部门审批后，分别送往有关部门、工长和作业班组，并向每个人交底，使其掌握安装工程的具体要求，落实施工方案的各种事宜，使工程按计划进行。

7）将材料单汇总后交材料部门备料，没有的材料应及时采购。关于材料供应根据工程承包型式不同供应方式也不同，大型工程的主要材料一般由建设单位供应，中小型工程有的由建设单位供应，有的则由安装单位自己供应。材料部门应及时掌握材料的有无，保证材料供应。

8）编制预制加工清单，绘制加工图，交物资部门组织加工和预制，技术部门、检查部门进行监督，保证质量和货期。

9）编制标高元件表。在熟悉图样和审查图样的过程中，对于大中型工程且埋设元件较

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

多的工程应按标高统计每一房号或单元中每一标高安装电气元件的图表，见表 9-2。标高元件表应指出该标高预埋、预留、预置的金属构件、保护管、接线盒或分线盒、开关箱等，结合元件的存放地点，配合土建时做到不漏不误，有利于安装。通常应发至班组。

表 9-2　标高元件表　　（单位：mm）

标高 / 元件 / 安装地点	-800			-400			+300			+1400			+1800			+2200			+2800		
	名称	存放地点	完成情况	名称	存放地点	完成情况	名称	存放地点	完成情况	名称	存放地点	完成情况	名称	存放地点	完成情况	名称	存放地点	完成情况	名称	存放地点	完成情况
10kV 配电室	干路电源出线管	露天库	完成	电缆沟支架	露天库	待完	10个电源插座	器材库	完成	10个照明开关	器材库	完成	8盏壁灯	器材库	完成	低压套管	电气库	完成	负荷开关	电气库	完成
甲车间																					
乙车间																					
维修车间																					
空压站																					
水泵站																					

审核　　制表

10）组织作业班组的人力、机具，并落实在负责人上，限定日期，根据土建进度，准备进入安装现场。按照保质保量保安全保工期的原则，组织全体安装员工研究实现全优工程的技术措施、人员的组织分工、学习施工组织设计，特别是技术交底、安全交底，做到万无一失。

11）落实安全技术措施及其设施的到位情况，落实施工机械工具检测仪器仪表的到位情况及其状态，落实环境保护措施及其设施的到位情况，落实施工组织设计中提及到的相关事宜到位情况，落实开工费用支出的情况及工资发放、福利待遇、奖励基金等，落实施工用的标准、规范、规程的到位情况，落实人员到位情况、后勤工作准备情况及其精神风貌等相关事宜。

12）与建设单位沟通或座谈，落实建设单位能够提供的协作条件，如住宿、食堂、供电、供水、运输、办公条件等。

13）召开开工动员会议。

上述 13 条在进入现场前应全部落实，并有后续的相关工作在一一进行，否则不能开工。

四、开工前的动员会议

开工前应由企业管理者或项目经理召开全体施工人员动员大会，其目的就是要大家振奋精神、鼓足干劲、同心协力、克服困难、安全生产、完成工程质量计划、保证工程工期进度，在社会上树立企业的良好形象，创造更大的经济和社会效益。会议主要的内容应有以下几点：

1）质量目标、质量计划及保证措施。

2）安全目标、安全计划及保证措施。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）工期目标、进度计划及保证措施。

4）环境目标、环境计划及保证措施。

5）施工纪律、文明施工的要求及注意事项。

6）管理体系、管理机构职能及各类人员岗位职责。

7）与建设单位、设计单位、监理单位、兄弟单位、地方政府、协作单位、供货服务单位、分包单位等沟通协商的程序、方式及要求。

8）材料、能源、工时的节约及措施。

9）后勤、生活、文化、娱乐等保证措施及要求。

10）奖罚制度及办法。

在强调这十点以外，要特别强调从企业管理者到施工安装人员必须责任落实到位，界限清楚，并且与奖惩挂钩，无论是谁都必须受到责任的制约，同时要负责到底。作为管理者必须要以身作则，处处应有表率的作用，在工程管理及技术的范围内不能让施工人员提出异议或毛病，这样，并且只有这样才能把工程的质量、技术、安全、投资等各方面的工作搞好，按时交付。否则，工程将会出现其他大大小小不同的故障或事故，到那时将会带来更大损失。

与此同时，更要强调职业道德，从上至下形成一支技术力量过硬，职道道德高尚，文明施工的安装队伍，打一仗胜一仗，搞一项工程就是优质工程，这样才能赢得市场和公众的认可，才能长盛不衰，勇往直前。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第十章　电气工程监督管理方法要点

前述章节我们对电气工程的策划及管理主要内容进行了详细的讲述，特别是施工组织设计及实施、开工前的准备工作、管理体系的建立及实施、管理技术规程及规则等更为工程中管理技术的经典。这里要特别强调的是这些内容绝不能成为摆式，也绝不能成为一纸空文，而是要在工程实施过程中认认真真地落实、去实施，最重要的一点是要落实到每个具体安装调试人员以及相关人员身上，真正做到从点滴做起，每个人都把质量放在手中，安全放在心中，只有这样才能确保工程的质量、安全、进度。

因此，每一级的管理人员必须以身作则，言传身教，深入工程现场，成为质量、安全的表率，同时更重要的是要在实践中发现人才，发现认真负责、技术精湛、具有影响力的一线工人，让他们成为安全质量的铜墙铁壁。一方面要培养他们自律和职业道德，另一方面要提高他们的文化程度以及教会别人技术技能的素质，同时提高他们的待遇和地位，这样一级一级传承下去，工程的质量安全才能得到永久深远的保障。在实际中这方面做得是很差的。

一、质量控制及监督的实施

电气工程及自动化工程的质量控制及监督是由安装人员和质量监督人员、安装单位和质量监督单位共同完成的，而安装单位和安装人员占比更大一点。因此，提高安装单位、设计单位技术人员及技术工人的技术技能，管理监督能力，职业道德及规范其执业行为能力更为重要，因为安装工程的质量最关键的是安装过程。

1. 电气工程及自动化工程质量控制要点

安装阶段质量控制是工程项目全过程质量控制的关键环节。工程质量很大程度上决定于安装阶段的质量控制。其中心任务是要通过建立健全有效的质量监督工作体系来确保工程质量达到合同规定的标准和等级要求。根据工程质量形成的时间阶段，安装阶段的质量控制又可分为质量的前期控制、过程控制和事后控制。

（1）前期控制要点

1）确定质量标准，明确质量要求。

2）建立本项目的质量监督控制体系。

3）施工场地的质量验收：现场障碍物的拆除、迁建及清出后的验收；现场定位轴线及高程标桩的测设、验收。

4）审查承包商的资质：总承包商的资质在招标阶段业已进行了审查，开工时应检查工程主要技术负责人是否到位；审查分包商资质。

5）督促承包商建立并完善质量保证体系。

6）检查工程使用的设备、元件、原材料、半成品：审核工程所用材料、半成品的出厂证明、技术合格证或质量保证书；抽检材料、半成品质量；对采用的新材料、新型制品，应检查技术鉴定文件；对重要原材料、制品、设备的生产工艺、质量控制、检测手段应实地考察，督促生产厂家完善质量保证体系和质量保证措施；核查结构构件生产厂家生产许可证，考察其生产工艺；设备安装前，按相应技术说明书的要求检查其质量。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7）施工机械的质量控制：对影响工程质量的施工机械，按技术说明书检验其相应的技术性能，不符合要求的，不得在工程中使用；检查施工中使用的计量器具是否有相应的技术合格证，正式使用前应进行校验或校正。

8）审查施工单位提交的施工组织设计或施工方案：审查施工组织设计或施工方案对保证工程质量是否有可靠的技术和组织措施；结合建立工程项目的具体情况，要求施工单位编制重点分部（项）工程的施工工法文件；要求施工单位提交针对当前工程质量通病制定的技术措施；要求施工单位提交为保证工程质量而制定的质量预控措施；要求总包单位编制工程施工标准工艺流程图；审核施工单位关于材料、制品试件取样及试验的方法或方案；审核施工单位制定的成品保护的措施、方法；考核施工单位实验室的资质；完善质量报表、质量事故的报告制度等。

（2）过程控制要点

1）编制各专业施工过程中的H（停工待检）、W（现场见证）、S（旁站监督）、R（文件验证）等质量监控点，并与承建单位质检站协调一致按制定的质量监控点和见证方式进行现场记录和见证。实行现场跟踪检查监督，坚持工序交接制度和现场见证。对隐蔽工程和停工待检点坚持未经检验确认不得进入下道工序的原则。

2）工程安装质量执行安装单位、监理单位、质监机构三级管理制度和四级验收制度，项目监理机构负责Ⅳ级验收，参加重要工序交接检查。

3）对于隐蔽工程在进行隐蔽前进行检验并签证，对于隐蔽后难于检查和出现质量问题难于返工或返工影响很大的重要过程和部位，对重点项目要旁站监督，未经验收不得覆盖封闭。

4）重视设备缺陷管理、发现问题及时向业主主管部门反映；协助承建方制定处理方案并落定。对无法在现场处理的缺陷，建议业主要求供货厂方来人处理并落实处理后的质量标准。

5）质量监督人员应及时对设备材料存放进行检查，设备材料应能保证温度湿度要求。已经安装就位的设备应有保护措施，确保不损伤、锈蚀、防雨、防冻，发现问题及时与相关单位协商处理、纠正。

6）按规定的程序确认设计变更，对承建单位提出的工程洽商材料代用等工程变更要严格审查和控制，及时答复不拖延，对重大工程变更或变更费用较大者要严格审查程序，须经建设单位批准。

7）检查工程中多工种配合和工程衔接工作，对土建、机械与设备就地安装间出现的不协调问题协调解决。

8）参加质量监督机构主持进行的重要阶段质量监督检查，按其下达的质监大纲进行预检、出具报告或整改通知单，确认整改质量合格后，参加正式检查。

9）审查分部试运大纲及系统调试大纲，参加调试大纲和调试方案的讨论及审查工作，提出意见及补充漏项。

10）及时填写《监理日记》和《每月大事记》，做好每周设备安装计划实施审查工作。

（3）事后控制要点

1）核查承建单位对分部、分项、分段工程质量等级评定，协助质监部门做好各单位工程、扩大工程质量等级评定工作。

2）督促承建单位按照调试网络图程序安排未完工程项目的施工。

3）组织有关单位进行试运前的检查，对施工进行工程盘点，对起动条件进行确认，参

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

加分部试运和机组整套起动试运工作，对重要试运项目要旁站监督。

4）在试运中，督促承建单位及时处理设备和安装中出现的缺陷。

5）督促承建单位及时填写施工文件，做好质量原始记录和竣工资料的填写编制，按档案管理规定进行审查，验证资料的真实性、完整性、符合性和正确性，要求及时向建设单位移交。

6）督促承建单位清点备品备件，整理造册后移交给建设单位。

7）做好质量保修期的维护工作，督促承建单位定期维护，及时消除缺陷。

2. 安装过程质量监控方法

质量监督人员在过程中对质量控制的方法：一是审核有关工程资料；二是现场检查监督，其中现场检查监督是最重要的方法，也是衡量质量监督人员执业能力、技术技能的最好方法。从某种意义上来讲，质量监督人员的技术能力应高于施工人员的技术能力。

（1）审核相关工程资料

1）在安装过程中，质量监督人员应对进场的设备、元件材料、半成品和构配件应审核有关质量证明文件（出厂合格证、质量保证书、试验报告、准用证、备案证明资料等），确保工程质量有可靠的物质基础。

2）审核施工单位提交的有关工序生产的质量证明文件（检验记录和试验报告）。

3）隐蔽工程的自检、报验记录。

4）安装自检记录以及阶段验收记录。

5）审批有关设计变更、修改设计图样等工作。

6）审核应用新技术、新工艺、新材料、新结构等技术鉴定书，审批其应用申请报告，确保新技术质量。

7）审批工程质量缺陷或质量事故的处理报告，确保工程质量缺陷或质量事故处理的质量。

（2）现场检查监督

1）工序施工中的跟踪监督、检查与控制，主要检查安装过程中人员、机械设备、材料、施工方法和工艺、施工环境条件、工程质量等均符合规范要求，确保质量目标的实现。

2）对于重要的对工程质量有重大影响的工序还应在现场进行安装过程的旁站监督，确保施工质量。

3）隐蔽工程施工检查，在安装单位自检的基础上，质量监督人员应进行工序质量检查验收，确认其质量合格后，才允许覆盖。重要部位的隐蔽工程应全程监督。

4）遇到有质量问题暂时无法解决时，应下达停工令，整改完毕，达到质量标准后，根据施工单位的复工申请，质量监督人员应现场验收后批复开工。

5）进行检验批、分项、子分部、分部工程验收以及工程阶段验收。

6）对于安装难度或技术难度大的工程或容易产生质量问题的部位，质量监督人员应现场监督，跟踪检查。

3. 现场质量检验

现场质量检验工作，是根据相关标准、借助仪器设备、检测手段来评价工程产品的性能特征或质量状况的工作。

现场质量检验的作用，是保证和提高安装阶段的质量，主要作用有以下几个方面。

1）现场质量检查是质量控制的重要手段。在质量控制中，需要将进场的设备、元件、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

材料、半成品、构配件等的实际质量与规定的相应标准进行比较，判断其质量状况是否符合标准，这就需要进行现场检验。

2）现场质量检验是质量分析、质量控制和质量保证的基础。因为质量检验为质量分析与质量控制提供了所需依据的有关技术数据和信息。

3）现场质量检验可避免质量事故的发生。因为现场质量控制过程中，对设备、元件、材料、半成品、构配件及其他器材设备均进行检查验收，可以达到监督与保证承包单位使用质量合格的材料与物资，在安装过程中，对各工序均进行严格的质量把关，能够保证承包单位按设计、按规范安装。

4）现场质量检验可对质量问题及时补救。因为安装过程中监理工程师对各个安装环节都要进行检验，发现问题能及时处理与补救。

5）现场质量检验可控制工程关键部位的质量。因为在关键部位、贵重设备、隐蔽工程中，要求监督人员进行旁站监督，确保关键部位工程质量达到规范要求。

4. 技术能力的提高

技术能力的提高包括电气技术人员、质量监督人员、技术工人、设备元件材料管理采购人员，其中最关键的是现场安装技术工人。安装技术工人的技术能力提高了，自身能确认质量标准要求，并能用其约束安装过程和作业行为，安装工程就有了最基本的保证。为此，应做到以下几点：

1）定期考核、考评，按各类人员的业绩、职业道德及作业行为规范由专家评审，群众评议，确保评审的公正性。

2）定期培训，按各类人员技术、技能不同层次进行培训。由同行高级技术人员讲述并实习相关培训内容，确保培训的有效性。

3）按照新技术、新设备、新材料、新工艺的发展状态，对各类人员进行技术、技能提高的培训，由同行专家或厂家技术人员讲述并进行实践考核，将成绩列为晋升的依据。

4）按照各类人员学历、职称、岗位的不同进行分期分批的外派学习或培训，提高学历，提高岗位技术，特别是实践技术。使质量监督人员的技术能力高于现场工程师，高于现场技术工人；使现场工程师的技术能力高于设计师；使现场技术工人的能力与时俱进，确保培训效果和质量。

5）职业道德及作业行为规范的培训及实践考核。

6）对于不合格的各类人员调离岗位去从事技术要求较低的工作，对于合格的各类人员给予奖励和晋级。

7）上述各类人员包括安装工人、现场工程师、设计师、技术监督人员、质量检查员，质量监督员及监理工程师等。

二、技术监督及实施

电气工程中往往会有一些贵重、重要、关键、新型设备或材料的安装及调试，会给工程带来安装调试上的难点。作为电气工程的技术管理人员，除了在施工组织设计中写明其安装调试的详细方法步骤外，在安装调试过程中必须到现场进行技术监督或现场亲自指挥，必要时或关键工艺要亲自动手。一是给施工人员言传身教，让他们牢记这个工艺方法及重要参数，二是让施工人员永远铭记安全、质量、技术是电气工程生命线的这个真理。下面我说几个小故事，具体说明一下现场技术监督的过程。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2005 年在华北最大风力发电场的工地上有一件使人人都感到震惊的事情。该风电场有两台主升压变压器，690/35000V、16000kVA，单台重量 160t，有两间房子大。生产厂家按照合同将其运到现场，本应将其直接卸到基座上，省时省工，两全其美。但是因为土建工程进度较慢，变压器基座刚刚浇注完工仅仅两天，尚不具备承载变压器的条件。这样变压器只能卸在基座的旁边，卸车时用的是吊装风机塔筒的 400t 的起重吊车。就这样工程照常进行，站内、线路、风机发电机一一安装就绪，只等主升压变压器安装就位了。然而这时站内设备已安装完毕、机房、配电间、办公楼已完工，就是有 400t 的起重机也无济于事，因为站内已没有停放起重机的位置了，何况风机、塔筒已吊装完毕，400t 的起重机已迁至北京鸟巢。竣工期临近，怎么吊装变压器已成了当务之急。

当工程师们为之着急不知所措时，一位近 50 岁的老电工张师傅提出了一个方案，经过质检工程师和项目经理论证，认为可行，第二天就开始了准备工作，主要机具有道木、直径 300mm 长 10m 的抱杆、30t 的倒链、100t 的千斤顶、长 4m 的厚壁滚杠，以及钢丝绳、缆风绳等。

升压变压器正式吊装就位的那天人们都看到，在变压器的四周均匀布置了 8 根 10m 的抱杆，每杆头均有缆风绳并挂着一个 30t 的倒链，当 8 个人同时手拉倒链时，庞然大物的变压器则徐徐升起，当升高高度超过 2m 基础高度时则停止升高，这时人们在变压器升起的位置上用道木搭起了与变压器基座等高的平台，并放置了滚杠，然后变压器徐徐地落在了滚杠上。这时人们用撬棍轻轻撬动器身底板，使变压器慢慢地移到了基座之上。这时人们又将四只千斤顶均匀放置于器身底部，四人同步手压千斤顶，变压器又微微升起 10mm，这时人们迅速抽掉了滚杠，又同时将千斤顶卸压，变压器稳稳地落在了基座之上，这时人们举起右手伸出大拇指，高呼工人万岁的口号，在场的人无一不为之感动。经检测试验，变压器完好无损。说句大话，这和奥运会拿了金牌一样，空前无比，精彩绝伦，这就是中国的技术工人，这就是攻克难关的勇士，这就是冲锋陷阵的战士。

2006 年华北最大钢铁企业的 110/35kV 变电中心，一台刚刚安装好了的 110kV、300A 的 SF_6 断路器出现了程序混乱故障，手动合闸时，自动不能拉闸；手动拉闸时，自动不能合闸；反之自动拉闸，手动不能合闸；自动合闸，手动不能拉闸。这时厂商代表语无伦次，只会说设备没问题；安装单位的项目经理更是急得焦头烂额，汗下如雨，因为他的得力工人已离开现场，调试单位的人员更是束手无策。顿时现场一片哗然。临近送电发生这样的故障还是第一次。这时，一个 30 多岁的青年工人，向质检工程师悄悄地说了几句，然后说了一句让我试试，并果断地打开了接线盒，用表进行了测试，然后回到控制中心，打开计算机，进行了操作程序的校正，并输入英文程序进行扫描，不到一个小时屏幕显示“可以操作”。

这时他用布话机联络断路器旁的另一位年轻人并进行操作，布话机不时传出“进行手动合闸，正常！”，“手动拉闸，正常！”“进行自动合闸，正常！自动拉闸，正常！”

“进行手动合闸，自动拉闸，正常！”

“进行手动拉闸，自动合闸，正常！”

“进行自动合闸，手动拉闸，正常！”

“进行自动拉闸，手动合闸，正常！”

正常了，正常了，人们异口同声地说。

一个工作了十几年的年轻电工，当着众多高人的面完成了并解决了令他们束手无策的难

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

题，保证了送电的正常进行，这就是中国年轻工人的风采，挑战困难的年轻勇士。

2007 年在华北坝上高原石油天然气输送管道安装现场，因为没有公用电源，电焊机是用柴油发电机组带动的，十几台机组带动几十台电焊机一字排开，机组间距 1.5km，工期紧、任务大，气候也较为恶劣。然而就是这个时候，一台机组出现了故障，不能发电了。从下午 4 点钟到 6 点多，几个人寻找故障无结果，第二天怎么办？

晚饭后，一名机手和另外三个人向质检工程师请示，决定连夜抢修，确保明天使用。这是一台进口十多年的老机组，技术资料也不全，修理用的备品备件也不全，修理难度较大，几个人就是靠着 4 只手电筒和 4 盏马蹄灯，一直干到晚上 12 点多仍无结果，所有的部件都检查过了，就是不能发电。这时一个人提出甩掉复杂的控制系统，能发电就行的办法，四人一致同意，又干了 4 个小时，凌晨 4 点发电机开始发电了，并且也很稳定。当沉睡的人们被“嗾”“嗾”“嗾”的声音惊醒来到机组旁时，发现四人已困卧草原、酣然大睡，盛夏的坝上晚上也很凉，露水已湿透了他们的衣服，为了不惊动他们，便给他们就地支起了帐篷，让这四位英雄、四位勇士美美地睡吧！他们的身上体现了团队精神，体现了崇高的职业道德。

这就是英雄主义的精神，这就是集体主义的精神，为了草原的建设，为了西气东送，他们献出了青春，还有比这更精彩的镜头吗？这样的故事太多了，他们感人、动人，准确地讲，他们是当代最可爱的人，这就是攻无不克、战无不胜的当代中国工人。

这里我们小结一下他们职业道德修养的要点：

1. 对工程的质量要终身负责，确保系统的安全性，做到质量时时刻刻在手中，安全时时刻刻在心中。

2. 任何操作和作业行为均以标准、规范、规程为准绳，任何情况下不得低于标准、规范、规程的要求，兢兢业业，一丝不苟。

3. 不辞劳苦、不怕艰险、不怕流血流汗，在工程实践中提高技术技能，掌握高端技术。

4. 把工程视为个人的职业儿女，排除万难，解决难题、扫除障碍，使之顺利、平安。

5. 虚心学习，向别人学习、向书本学习、在实践中学，向设计师、工程师学习，争做技术技能高手。

6. 反对不懂装懂，追求实事求是，诚恳求教。

7. 确保个人的操作行为不对别人、环境、安全造成任何影响。

8. 忠诚于团队，发扬集体优势，低调做人、高调做事。

9. 甘当战士，维护团队、集体的利益，敢于阻止一切有损有害于质量、安全、进度、投资、环境的行为。

我们可以清楚地看到，作为一名电气工作人员肩负重任而任重道远，这是一个漫长、艰苦、需要付出更多代价和努力的过程，这是一个职业道德磨炼和修养的过程，特别是要在这个岗位上取得成就，需要走更长的路，需要付出更多的精力，还需提升自身职业道德的修养。尤其是在提升职业道德修养上是考验能否成为一名优秀的电气工作人员（包括电气设计师、工程师、技术工人、其他相关电气工作人员等）的重要关口，过了这一关，优秀电气工作人员的花环就会降临到你的头上。有些人在这方面表现得较为脆弱，吃不了苦、受不了累、经受不了各种利益带来的诱惑，享受不了“高调做事、低调做人”的那种清贫的乐趣，最终徒有虚名。如果能放下架子、丢掉面子，真诚地投入到火热而极有挑战性的电气工程中去，拜高人为师、向同事虚心学习，勤奋好学、杜绝浮躁，做到严、管、勤，学会观

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

察、善于模仿，学会总结、善于分析，防微杜渐、循序渐进而得到全面发展，增加职业生涯的阅历，提升职业道德的修养磨炼，你就必将成为一名真正的、优秀的、名副其实的电气工作人员。与你工作相关联的每个人都会永远记住你的名字，因为你是一名技术技能高超、职业道德高尚的诚实有信的工作人员，是一名职业道德的楷模。

（一）拜高人为师，与同事融为一体

拜高人为师，向同事学习最重要的一点就是要与同事交朋友，和他们融为一体，要让他们把你当做亲兄弟，要让他们知道你是真心实意地和大家交朋友，只有这样的亲密关系你才有可能从他们的手中学到技术技能，提升自己的职业道德水平，积累实践经验。如果看不起他们，你将永远不会学到真正的技术技能，也不能提升自己的职业道德，人们是最忌讳这点的，这里我们还是讲一个小故事。

事情发生在20世纪70年代，正在筹建的华北某地中国最大的化工厂，有一批从上海来援建的工人，其中有个电工，姓王，技术高超，人称“电王”。这个人性情随和、爱开玩笑、平时大大咧咧。他最看不惯那些自以为是、高高在上、有权有势的人，所以在有的场合，只要有机会就要让这些人出洋相，逗得大家捧腹大笑。自从厂里分配来大学生后，让他带了一个徒弟，这个徒弟谨小慎微、唯命是从，他很满意，也真心实意地教徒弟，徒弟也进步很快。但是，有些大学生由于出身、家庭或者其他条件优越等原因，没有把实践锻炼当回事，他很看不惯，渐渐地他便成了专挑这些大学生毛病的人，有时候还真让他们下不了台。有一次DDT车间的自动包装线坏了，他专让那些平时看不惯的学电气控制专业的大学生们去修，结果折腾了两天也没有结果。最后这些大学生们硬着头皮来求他，他说，你们早干什么去了，平时见面连个招呼都不打，你们本事大，你们去修呀，找我干什么，我还有我的工作。时间不等人啊！最后这些学生央求他说，师傅我们错了，今后绝不那样了，别让我们在这儿丢脸了。好说歹说，总算答应去修了。他带着他的徒弟和这些学生，边修边给他们讲，并让徒弟给他们做示范，不到两个小时，系统就正常工作了。

事后，他说，原来我就想治一治他们，煞煞他们的傲气，让他们今后好好学技术，没有别的用意。从此，那些大学生们醒悟了，都开始认真学技术了，并从他身上学了不少东西，其中最主要的就是那种对工作认真负责，对技术精益求精的高尚的职业道德和职业行为作风。

一般条件下，资格较老的高人们都有自己的一套教技育人的方法，而我们则应尊敬他们、学习他们、体谅他们、宽容他们，目的是早一天把接力棒接过来，把自己锤炼成一名技术技能全面精湛、职业道德高尚的人。

（1）放下架子，甘当徒弟，甘当学生。做到尊敬高人，关系密切无间，帮助别人，取得同事同志们的信任，让他知道你是要诚心诚意地学技术，不是来这里镀金作秀，让他们把你当成“哥们”，活要抢着干，不怕脏、不怕累，做到能吃苦。

（2）同事之间做到互补，生活上要主动帮助关心，解决一些困难，也可以帮助他们的家人、子女在生活、学习上的一些困难。在技术技能上要相互虚心求教，不懂的、不会的要多学多问，千万不能盲目瞎干或不懂装懂，自己干完后要主动请同事验收、挑毛病，然后积极改动，即使他们有时说得过分些，也要虚心接受。

（3）学习同行，看到同行在工作要仔细观察，吸纳不同风格的技术技能，取长补短。在技术技能上应与其他同龄人或不同年龄的人进行交流、沟通，进一步丰富自己。

（4）对待同事、对待同行、对待有工作关系的所有人都要以诚相待，一视同仁，不要

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

亲近一部分而疏远另一部分。别人有事找到你帮忙要热情上心，力所能及。不要拉帮结派，你的目的是要在实践中学习技术技能和磨炼职业道德，要集所有人的技能之长。

（5）实践过程中要虚心求教，低调为人，自己会的、懂的同样要虚心接受，比较不同风格之间的优和劣、长和短，然后吸取精华，去其糟粕，让别人愿意同你交流，永远把自己推在风口浪尖上，采取温和态度，去掌握最先进、最成熟、最安全、最可靠、最便捷的技术技能和高尚的职业道德，这是永远立足于电工行业的法宝。

（6）一定要办好上级或同事交给的每一件事、每一项工作，尽量做到天衣无缝、滴水不漏。要让大家知道你是一个非常细心、非常敬业的人。在实践上养成良好的工作习惯，对于一名电气工作人员来讲非常重要。

当上述6点你都能做到的时候，也正是大家可以完全信任你的时候，因为他们有了一个好兄弟，有了一个热心、虚心、细心、甘心的同事，这样他们会把浑身技艺绝招都毫无保留地教给你，帮助你顺利地到达通向电工技术道路的巅峰，早日成才。

（二）勤奋好学、杜绝浮躁

（1）勤奋是取得成功最有力的保证，在工作岗位上应做到勤奋好学，除了本专业方面的技术技能外，要学习钻研与本专业相关的专业知识，如吊装、大件运输、焊接、钳工制作、机械加工、涂装、测量及常用仪器使用，并应分别拜访这方面的同事，虚心求教。同时应在实践的过程中，探索或发现某个专业方面的缺陷，用理论推导它，进而找到合理科学的办法。

（2）坚持不懈、始终如一是取得成功的精神支柱。在实践的过程中，不要因为一点挫折、一次失败或是受到不公正的待遇、遇到不顺心的事情就心灰意冷或暴跳如雷，一定要正确对待，不要轻易放弃。因为你的目的是要在实践掌握技术技能和提升职业道德，其他的事情都是无关紧要的，最重要的是你是否学习到了。只有掌握高超的技术技能，具备高尚的职业道德，才是取得成功的有力保证。

（3）杜绝浮躁，脚踏实地，只有这样同事才能知道并了解你是干事业的人，他们才会把你当成自家人，才会教你、才会帮助你。要先当水手，后当船长。一夜成名、一夜暴富的思想已经害了不少年轻人，所以一定要远离赌博，远离那些很有诱惑力的捷径，兢兢业业、脚踏实地去学技术、学技能，在事业上勇往直前，直到顶点。天上有没有馅饼，准确地讲是有的，但是，馅饼的个数和想得到这馅饼的人的比例是千万分之一，乃至亿万分之一，如果每个人都懂得这个道理，那些馅饼的诱惑不是不攻自破吗？

（4）抵制诱惑、专心致志。抵制诱惑是一个人最大的优点，如果你能做到这一点，无论从事什么专业，你一定是最棒的。当今社会在各种工作岗位上，形形色色的、精神的、物质的诱惑总在你周边盘旋，稍不留神便会被卷进去，造成一生的遗憾。对于本职工作、对于技术技能的学习要做到专心致志，排除一切干扰，这时候一定要记住你的目的只有一个，就是掌握实践技术技能，磨炼职业道德修养和工作作风。直到你已经掌握专业技术技能的真谛，大家认为你达到他们的要求后，才可微微地短时间地松一口气，否则必须一心一意地干下去，直到大家满意。

（5）防微杜渐、循序渐进。这两个词是大家非常熟悉的，究竟做得怎么样、理解得怎么样，这里我们不必细问。但是，从踏上工作岗位后，从与大家结识的那天起你必须做到。从小事做起，从第一件事做起，防止细微的失误和错误，逐渐地锻炼自己严谨、细致的职业

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

作风，养成一个良好的工作习惯和职业特点。这样，今后你才能担当起大型工程项目实施的重任。

（6）注重过程，杜绝急于求成。对于上级或同事交给的每项工作要列出详细的工艺程序和要点及注意事项，要把重点放在过程上，把好工艺程序的每个要点，时刻牢记注意事项，把工艺过程干好，结果会水到渠成。往往有些人急于求成，不研究工艺过程，只贪图结果，最后酿成大错。这里我们再讲一个真实的故事。

还是那个华北国内最大的化工厂，有一台6300kVA 35/0.22电解炉变压器，该炉是熔化石料的。电炉变压器的二次侧只有220V，但二次侧的母线却是用宽360mm厚24mm的紫铜板做成的，母线成型后分三组，每组相与相之间用绝缘材料板绝缘。其中绝缘板在安装时应烘干，一般为72h。当时负责这项工作的电工工长只图工程干得快没有进行烘干。等到送电时，一测二次侧相与相短路，查了半天也没有结果。质检工程师把这名电工叫来，问他烘干没有？他支支吾吾地说烘了，工程师不相信，当即将二次母线拆开取出绝缘板，用表一测绝缘为零，大怒之下立即把这名电工送交主管部门。后来几经返工，工期整整地延误了一个多月。这就说明，这名电工工长职业道德修养低下，只图干完活了事，没有注重过程，其中绝缘性能是电气工程中最重要的指标，任何时候都绝不能忽视。

上述6点你都做到的时候，证明你成熟了，不但有了技术技能，还有了职业道德修养，可以担起工程的重任了，同事们露出微笑，同志们投来羡慕的眼光，领导也会送来掌声，因为他们又有了一个支撑工程技术的好苗子、好梁柱。

（三）做到严、管、勤

这里的“严”就是要严格要求自己，处处用优秀电气工作人员的最高标准来衡量自己，在技术技能的学习上要严格，杜绝弄虚作假、不懂装懂。自己不懂的、不会的，一定要限期弄懂学会；自己懂的、会的一定要知道别人是怎样理解的、是怎样干的，博众家之长。

这里的“管”就是要服从管理，服从调配。别人不愿意干的、难干的、不好干的，只要与自己专业相关就要去干。越是难干的、不好干的越能锻炼自己、越能丰富自己的阅历，越能增加自己的实践经验，同时也能锤炼自己的意志品质。坚强的意志品质是人生最宝贵的财富。

这里的“勤”就是勤劳、就是多干，年轻的时候，勤劳多干，积累经验，是你今后职业生涯的宝贵财富。只有这样，你成为一名真正的工程师、高级工程师或技师、高级技师之后才能去解决工程实践中的技术难题，你才能去进行科技成果的转化及应用，你才能在工程项目承担桥梁般的荷载，你才能是一把金钥匙，你才能在紧要关头充当抢险队长，你才能是工程项目中的中流砥柱。

在取得成功之后，你的担子很重，只有年轻的时候，做到了严、管、勤，才能担起这副重担，才能无愧于工程师这个称号。在年轻的时候，在实践中锻炼的时候，受到点挫折、遇到点困难、甚至是不公正的待遇以及很多不顺心的事，这都是无关紧要的，也是正常的，这也是人生的必经之路。要把这些挫折、困难、不公正的待遇、不顺心的事，当做职业生涯中的考试、阶梯和动力，及格了、上去了，你就成功了。

在实践过程中，千万要切记不要急于过早地进入管理岗位，作为电气工作人员最好是在工程实践中干几年，把技术技能练得娴熟以后，否则你会半途而废。如果确实需要，你进入管理岗位后除了你的本职工作外，你还要深入实践中去。特别是那些没干过的、不太熟悉

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的、有新设备或新技术新工艺的你一定不要错过，保持与技术工人的关系。虽然工作关系上远了，但是要心系实践、心系工程、心系技术、心系技能，让他们永远把你当做他们当中的一员。同时，进入管理岗位后，你必须学会用人，关心群众、立足基层、善于总结、设计未来。

实践经验是工程技术人员的最大资本，有了实践经验，你便能解决技术难题，便能进行科技成果转化和应用，这也是为什么工人工程师能长期在实践中落脚的根本原因，他们在工程项目实施中的地位和作用是其他人永远无法替代的。如果你继承了他们的传统优势，又有扎实的理论基础，那么你会永远站在专业技术及技能的最高点，这也是本书为什么总是强调实践经验的原因。

（四）学会观察、善于模仿

学会观察是摄取技术技能的最好途径，因此，你只要见到与专业有关的事物就要去仔细观察，如果能进行询问更好，然后进行详细记录，这样如果以后一旦遇上这样的工程项目，你就不会感到生疏。这里有一个小故事：

虽说光缆存在的年头不少了，但真正使用还是近几年的事。那是在某市区首次铺设光缆时，我总看到一个人在电缆井口、在电杆旁边转来转去，还不时地与施工人员进行交谈。我很好奇、不自觉地也就加入到他的行列，后来我们还成了好朋友。原来他是一名退休的电气工程师，在他的那个年代还没有光缆，虽然退休了，遇上没经历过的事总是要去凑凑热闹，一方面丰富了自己的阅历，另一方面一旦有人问到也会知道，两全其美。

一名退休的老工程师仍然在孜孜不倦地学习，这是一个绝好的学习方法。

再一个就是善于模仿，观察了就得去模仿，干不成再去观察，反复几次，再难的事也成了。模仿不是低三下四，而是一种学习方法，模仿的过程也是创新的过程，因为经过模仿你可以知道哪些地方是对的，是应该保留的；哪些地方是不妥的，是应该改进的。

观察也好，模仿也好，其实都是非常简单的事情，关键是你愿意不愿意做，去做了，你就成功了，没有去做就是半途而废了。

我的一个徒弟，自尊心很强，很爱面子。一次电动机坏了，需重新绕线修理，我知道他不会修，我偏让他修，我倒要看看他行不行。接受任务后，他在车间里憋了一天，第二天他打来电话说家里有事请两天假。第四天准时上班，下班的时候，我已看到他绕制好的线圈和拆为空壳的定子，我心里说，这小子有种。第五天我看他已经开始下线了，第六天，下班的时候，他已经开始空试电机了，还沾沾自喜地说，师傅修好了。我说还差一道工序呢？他便随口说，没有，人家就是这样干的。话音未落，自觉失言。我便说，老实说，这两天干什么去了。“师傅，我在电机修理部整整待了两天，看人家修电机去了。”修理部一般都是晚上烘干浸漆，当然没看到了，他只看了前面的工序。尔后，我又把烘干浸漆的事跟他讲了一遍，第二天他就高高兴兴地去干了。无论怎样，他通过观察、模仿总算把那台电机修好了，这是很大的进步。对任何一名电气技术人员来讲都应该这样，因为观察和模仿确实是学习技术技能的一个最好途径，同时展现了你的敬业爱业精神，在这个过程中，职业道德也得到了熏陶。

（五）学会总结、善于分析

总结是件很容易的事，这和写日记一样，但是大多数人做不到这点，理由有两点，懒惰和没有志向。总结就是把每天从事过的、看到的、想到的与专业技术技能相关的事情记录下

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

来，也可以画图表示，特别是程序、注意事项及用到的仪器仪表、设备等要详细记录。看到的是指其他人从事的技术技能方面的事，你看到后更要详细记录。

分析就是对这些记录进行分析，哪些是对的、哪些是好的、哪些是错的、哪些更安全、哪些安全性差、哪些别人行而自己不行，哪些自己行而别人不行、哪些是传统的、哪些是新颖的等等。每天就像看录像一样，一一过脑、一一判断、一一分析。这样你就会在成为工程师的道路上缩短时间，在实践经验上极大地丰富自己，这在你的职业生涯中将是一大快事。

这里我们再讲一个小故事，说明怎样分析一些较复杂的控制系统。复杂的事情都是由简单的事情组成的，简单与简单的接口很重要，是分析事物的关键。前不久，我带着学生处理了一件40多年来从未遇到过的难题，提高了自己，也锻炼了学生。

国内某知名煤矿机械制造厂的一台德国进口机加工中心坏了，厂内组织技术人员修了一个月也没有结果且越修越坏，向制造商求救对方要十万美元，厂内顿时一片哗然，怎么办？对方是按出厂价10%索要费用的，并非不合理。这时我曾教过的也参加了他们修理队伍的一个学生向厂方建议，提出先请作为他老师的我看看。我接到这个长途电话后，也觉得难办，去还是不去，不去也许这辈子连这台设备是什么模样也不知道，去了，处理不了至少也对其有了一个了解。不入虎穴，焉得虎子，最后我决定去，并且承诺一个月内修好，两万元酬金，修不好分文不取。就这样抱着试一试的心理去了，说句实话心里没底。

第一天，在我的学生的带领下，我手捧设备说明书和图样详细地观察了设备的每一部分，包括电脑控制台，并且详细地询问他们修理的经过和结果，同时作了记录，并在图上进行了标注，心里有了些底。但这设备很大，修理难度太大。

当天晚上便开始熟悉图样，把图样的十六大系统进行详细的分解，分解到最后一层再也不能分解的基本单元电路为止，然后把这些基本电路一一列出，并确认它的功能，确认它的输入输出端子上的信号及其信号的性质、大小及功能。

接下来分析单元之间的接口及其电路，用上述同样方法，确认每台电机驱动的信号、来源。

然后分析设备的工作原理及来龙去脉，并不时地去现场核实。

这样一干就是十八天，到第十九天的时候，对设备已经滚瓜烂熟。这时按图样分析设备的结构，在现场与设备核对，并按他们修理过程询问的记录，仔细分析。同时对设备操作师进行了非常详细的询问，这时我心里有底了。

第二十三天的时候，已经初步确定六个部位为故障点，又经过两天排除了四个，并对电脑上的程序进行了确认和修正。

第二十五天的时候，将最后一个故障排除了，这时我们请来了设备操作师，开始试车和调整，又排除了几个小而简单的故障。他当下说，比以前好用多了。

第二十六、二十七天，开动设备，将需要加工的试件运来进行正式开车加工，操作师很兴奋，质检员对加工后的机件也进行了检测，非常好，全是优质品。

第二十八天叫来车间主任和车间总工程师进行验收。第二十九天，叫来厂主管生产厂长、厂总工程师、总工艺师进行验收，大家非常兴奋，他们想不到事情终于仅仅用了29天就完成了，当下表示再追加8000元酬金算做奖励。当天晚上厂内一片欢腾，灯火通明，机加工中心开始工作了，上半年的任务没问题了。

其实，看起来复杂、难度较大的项目，经过分解和分析便变得简单而容易了。这就叫在

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

战略上藐视它，而在战术上重视它，这都归功于总结和分析这两大法宝。

对一名电气工程技术人员来讲，总结和分析是他战胜一切难题的法宝，因此，在工程实践中你必须学会它，这在今后的职业生涯道路上是非常有用的。

（六）循序渐进、防微杜渐

作为一电气工作及其相关人员，首先要掌握本专业方面的技术技能，从简单学起，循序渐进，直到专业的最高点。当掌握本专业基本技术技能之后，则应拓展，向与本专业关联的专业方面发展。因为，电专业涉及的面很广，涉及的学科、专业也很多，这也是为什么我们总强调永远不脱离实践的原因，一般条件下，至少应在基层实践十年左右。纵使有了新的岗位，也不要脱离实践，因为这是一个与实践永远紧密相关的职业。

电气工程及自动化专业需要学习的专业技术技能很多，这里我们将其目录列出，供大家在实践中参考，但是必须做到循序渐进，防微杜渐。

（1）学习电气专业、自动化仪表专业等方面的标准、规范及规程，熟悉主要条款并在实践中应用。

（2）熟悉电工原材料、设备及市场行情，掌握名牌产品及厂家。

（3）掌握电气工程及自动化专业中设计、策划、安装、调试、运行、维护、检测、修理等项目的关键部位、重要部位及其工艺程序、主要要求等。

（4）掌握原材料、元件、设备的检验、试验方法，掌握用到的仪器仪表及其标准等。

（5）一般的电气工作人员至少应学会常用的设计、画图和读图，主要有电气控制、电机控制、35kV 及以下变配电装置、架空线路、动力电路、照明电路及弱电系统等。

（6）学会电气工程及自动化专业工程项目的工程预算理论，掌握常见项目的估算方法。

（7）编制专业方面的技术文件，如施工组织设计、施工方案、机具计划、人力计划、进度计划、电气设备维护保养计划、安全管理方案、质量计划及管理方案、环境管理方案、应急预案、设备吊装方案、电气作业工艺程序及要求、材料及设备供应计划、制作标书等。

（8）电气设备、元件、材料的估算及选择。

（9）电气系统安全运行技术。

（10）电气系统检修技术及电器修理。

（11）电气系统缺陷处理及事故处理。

（12）常见电气设备安装调试运行技术，主要有变配电装置、架空线路、低压动力电路及设备、照明电路及设备、锅炉电气装置、电梯电气装置、起重机械电气装置、自动化仪表及控制系统、弱电系统、空调系统电气装置、生产工艺系统自动装置等。

（13）电气工程及自动化专业在实践中的难点是控制系统，如电动机的控制、生产工艺的自动控制、变配电中的继电保护回路及微机控制系统。其中，电动机及其控制、变压器及其控制保护是重点。要抓住一切机会和可能充实这些方面的知识、技术和技能，这在职业生涯中有着很重要的作用和意义。

（14）电气系统中，缺陷处理、事故处理、电器修理是随机变化的，有时同样的条件下，出现的事故也不尽相同，特别是电动机、控制系统故障千变万化。要掌握这方面的技术技能必须长期深入实践、向工人师傅学习。我们不妨再讲一个小故事：一台低压 2500A 的断路器经检测所存数据正常，电动合闸、拉闸也正常，但手动合闸、拉闸就是不行，有好多人来处理都没有效果。后来请了一位老电工，他看了半天也没办法，第二天他又来了，手里

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

拿着一个给缝纫机加油的油壶，在断路器所有传动部位点了几滴缝纫机油，然后操作合闸手把晃动了几下，一合闸合上了，又一拉闸拉开了。这是电工技术吗？这是经验，经验就是最高超的技术，能解决问题就行。他笑着说，我也没谱，试着来嘛。这就是说，人们在处理过程中，不能只盯着电的方面，只在电的方面找毛病，没有拓宽思路。

（15）电气工程试车、送电、试运行技术及其程序要点。电气工程试车、送电是非常重要的，但是往往容易被人们忽略，在这个阶段出现故障是最大的失误。因此，必须学会这方面的技术技能，做到万无一失，这就用到了数学知识，你要把所有的项目分得很细，使每个小项目都经过检测和试验证明没有问题才行。然后再检测和试验大项目。

这样从下往上一层一层地检测和试验，就能保证不会有问题，忽略了某一点，那点就可能出问题。

这里我们再讲一个故事，还是我们在本章前述中提到的那台6300kVA 35/0.22电解炉变压器。由于出现了相间绝缘板未烘干的事故，说明还有其他问题。那时建设单位也在催进度，安装单位质检工程师认为，不得急于投产，建议把所有项目彻底检测一次，以免发生更大事故，很多人不同意，工程师坚持说，我保留我的建议，谁不同意谁去送电、试车。结果谁也不敢去，最后单位决定由张工程师去处理这个问题。张工程师从单位挑选了10名优秀的电工师傅，携带检测试验用的仪器仪表，分成四组将35kV变电所、线路、电炉控制室、电炉变压器、直流屏、电动机及控制柜、电炉变压器控制柜以及各路导线电缆等等系统所有的与电炉相关的电气部分彻底地检测试验了一次，共发现十一处严重事故隐患，并亲自检测试验变压器及高低压侧的所有装置和高压柜，确保万无一失，将送电试车日推迟了一个月，在此期间安排了昼夜保卫值班，这样就排除了其他人为因素。试车那天上午又将几处重要部位重测了一次，测完后已近11:30，这时包括建设单位的负责人要急于送电。张工程师说，已经快到吃饭的时候了，人心涣散，不宜送电，下午再说，同时安排了午间值班，以防不测。

下午上班后，又将重要部位测了一次，与上午数据相同，决定3:00正式送电试车。把人员和防护措施布置好后，谁也不愿意去监护变压器，他和徒弟说，没人去咱俩去，并下达了合闸的指令，顺利合闸，变压器及系统一切正常。建设单位负责人说，多亏张工了，不然真要出事了。张工程师说，我心里有数，工期延误了，但工程保住了。

电气工程就是这样，必须做到万无一失，滴水不漏。如果当时不听张工程师的，恐怕至少有两个人承担重大责任，甚至面临牢狱之灾。特别是高电压、大电流、容量大、控制系统复杂、设备贵重、机要部位必须要谨慎小心，不得听信别人，必要时必须亲自动手，要做到心里有数、点点到位，这样才能泰然自若、百倍放心。

（16）电气工程交验。交验只是一个形式，只要上述条款做好了，资料齐备了，交验就没问题。交验主要是程序要走对，该请的部门、该履行的手续、该准备的资料，国家规范上都有明细，一一对应即可。

这里强调指出，在电气工程中需要向同事学习的东西太多了，除了技术、技能、经验之外，他们那种对技术工作认真负责、精益求精、不怕困难、永不言败的精神和职业道德更需要我们去学习，技术、技能难学，而这精神和职业道德，有些人学了一辈子也没有学会，更难学。

在技术监督及实施的过程中应注意以下几点：

1）对于贵重、重要、关键、新型设备的安装调试方案要经过论证，必要时应到与其相

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

关设备的现场进行考察，取得相应的经验和数据，特别是第一次安装调试这样的设备更要做到这点，万无一失是电气工作人员永恒的主题。

2）对于技术监督及实施过程应有详尽的记录，设备型号、规格、厂商、安装调试工艺及参数、参与人员、时间、地点、发生或遇到的问题及解决方案等。贵重、重要、关键、新型设备的记录应存入工程档案。

3）安装调试方案确定后要向所有参与工程的人员进行详尽交底（包括工艺参数），对于使用到的新型仪器仪表更要注意，必要时要现场演练操作，对于一些技能低下、操作不熟练的可让其参与较为简单操作，以确保质量，避免发生意外。

4）技术监督及实施的过程要详细列出注意事项，必要时要有现场监督，及时纠正错误或不当操作，在试运行或带电操作时更要注意这一点，任何情况下不得粗心大意。

三、进度计划的实施

电气工程进度计划及实施是工程中的难点，因为进度受到客观条件影响的程度较大，主要有甲供设备材料到货日期或延误、天气或外界因素的突发事件、停电停水或交通堵塞、当地行政部门的管理或监督等。

1. 主观条件方面

（1）严格按施工组织设计、工艺流程、人员安排及调动监督工程进度的实况，当发现滞后情况发生时应及时调整人员、物资，查明原因，及时补齐；当有当天不能补齐的，必须及时策划组织调配人力、物资、技术方面的资源，第二天补齐，如仍不能补齐必须在本周补齐。当滞后较大或难度较大时，必须及时组织技术人员、施工人员商榷策划工程进度补赶计划，调动人力、物力、技术、装备等方面的资源，在下周或下月补齐，并制定相应措施和方法杜绝类似事情发生，及时追查滞后的责任人，其主要责任人应受到相应处罚。

（2）天天或周周检查人力、物资、技术的实况，当发现与进度有差异时，查明原因及时补救，不能延误，有违者应受到相应处罚。

（3）认真详细填写施工日志，记录现场人力、物资、原材料供应、技术等方面的实况，及时发现问题及时调整，做到防微杜渐。

（4）召开现场会议，及时商讨质量、安全、进度、技术等方面的事宜，做到防患未然。提高所有人员的责任和意识，做到一丝不苟。

2. 客观条件方面

（1）客观条件较为复杂，也是工程进度中的难点，必须做好沟通、商榷工作，相互理解、相互支持，保证工程。

（2）详细记录甲供设备材料到货日期，并由甲方人员签字；详细记录天气或外界因素的突发事件，并由相关人签字；详细记录停水停电或交通堵塞情况；详细记录当地监管部门到现场的情况等。

（3）客观条件方面造成的延误应组织相关施工及管理人商讨对策，想尽一切可能的办法去尽力减少工期延误的时间，取得客观方的认可，这样即可在争取顺延工期上取得主动。

（4）协调各方关系，团结一致，确保工程。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第十一章　电气工程安全管理及实施

电气工程从策划管理到开工前准备、从安装调试到竣工试运行，安全是一个非常重要的指标，也是电气工程管理人员最基本的职责，它同质量一样，是电气工程的生命线。这也是我们单列一章的目的和初衷。

电气工程安全管理及实施最主要的是要落实安全技术措施，要让人人掌握安全操作技术，要从工程前期准备到竣工验收试运行全过程中保持安全状态，要做到质量在手中，安全在心中，时时刻刻保持安全状态，管理和监督准时到位，确保工程顺利进行。

第一节　概　　述

一、电气安全措施

保证电气安全主要有组织管理措施和技术措施两种。

组织管理措施又分管理措施、组织措施和急救措施三种。其中管理措施主要有安全机构及人员设置，制定安全措施计划，进行安全检查、事故分析处理、安全督察、安全技术教育培训，制定规章制度、安全标志以及电工管理、资料档案管理等。

组织措施主要是针对电气作业、电工值班、巡回检查等进行组织实施而制定的制度。

急救措施主要是针对电气伤害进行抢救而设置的医疗机构、救护人员以及交通工具等，并经常进行紧急救护的演习和训练。

技术措施包括直接触电防护措施、间接触电防护措施以及与其配套的电气作业安全措施、电气安全装置、电气安全操作规程、电气作业安全用具、电气火灾消防技术等。

组织管理措施和技术措施是密切相关、统一而不可分割的。电气事故的原因很多，有时也很复杂，如设备质量低劣、安装调试不符合标准规范要求、绝缘破坏而漏电、作业人员误操作或违章作业、安全技术措施不完善、制度不严密、管理混乱等都会造成事故发生，这里面有组织管理的因素，也有技术的因素。经验证明，虽然有完善先进的技术措施，但没有或欠缺组织管理措施，也将发生事故；反过来，只有组织管理措施，而没有或缺少技术措施，事故也是要发生的。没有组织管理措施，技术措施将实施不了，且得不到可靠的保证；没有技术措施，组织管理措施只是一纸空文，解决不了实际问题。只有两者统一起来，电气安全才能得到保障。因此，电气安全工作中，一手要抓技术，使技术手段完备，一手要抓组织管理，使其周密完善，只有这样，才能保证电气系统、设备和人身的安全。

二、常用安全警句

（1）电气作业完毕后，必须清点工具、材料、人员，如有遗漏不得合闸送电。

（2）高空作业必须系安全带。

（3）电工作业时，必须戴安全帽、穿工作服、穿绝缘鞋。

（4）电气作业完毕后，必须对线路、设备进行测试，如有不合格不得合闸送电。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（5）电气作业，严禁穿拖鞋进入现场。

（6）在架空线路下面进行作业时，必须有人监护，必须有确实可行的安全防护措施。

（7）电气作业必须执行安全技术防护条例（或措施）。

（8）电气作业中，不得以任何借口违背安全操作规程进行作业。

（9）雷雨天气禁止室外电气作业。

（10）施工用临时电源，必须经验收合格后方可使用。

（11）拆除临时电源时，必须有人监护。

（12）夜间作业必须有足够的照明，完善的安全措施以及监护人。

（13）夜间严禁高压作业。

（14）在起吊、牵引电杆等构件的过程中，受力钢丝绳的周围、上下方、转角内侧和起吊物的下面，严禁人员逗留和通过。

（15）严禁在电流互感器二次回路中带电工作。

（16）严禁对运行中的电动机进行维修工作。

（17）严禁使用无风扇护罩、无靠背轮护罩及无轴端盖的电动机。

（18）严禁带电移动电动机。

（19）严禁使用皮尺或线尺测量带电线路的对地距离。

（20）高处工作传递物件或工具时不得抛掷。

（21）雷雨天气禁止在室内、外电气设备上进行操作和维护。

（22）严禁带电移动或维修、试验各种电器设备和家用电器。

（23）在带电设备周围严禁使用钢卷尺、皮卷尺和线尺（夹有金属丝者）进行测量。

（24）严禁私自改变低压系统运行方式。

（25）禁止采用“一相一地”用电。

（26）严禁私设电网防盗和捕鼠狩猎、捕鱼。

（27）严禁使用挂钩线、破股线、地爬线和绝缘不合格的导线接电。

（28）严禁攀登、跨越电力设施的保护围墙或遮栏。

（29）发现有人触电不要赤手拉触电者。

（30）发现电力线路断落时，不要靠近导线落地点 8m 以内。

（31）家庭用电禁止拉临时线和使用带插座的灯头。

（32）发现有线广播喇叭发生怪叫时，不准乱动设备，要先断开广播开关，再处理。

（33）擦拭灯头、开关、电器时，要断开电源后进行；在换灯泡时，要站在干燥凳子等绝缘物上。

（34）用电器具外壳、手柄开关，机械防护有破损、失灵等有碍安全情况时，应及时修理，未经修复不得使用。

（35）发生电气火灾时，要先断开电源开关再灭火，严禁用水熄灭电气火灾。

（36）严禁利用大地作相线、中性线和保护中性线。

（37）电力线路严禁跨越易燃、易爆物的场院和仓库。

（38）电力线路的导线禁止使用单股、破股（拆股）线和铁线。

（39）低压接户线严禁采用裸铝线，必须采用耐气候型绝缘电线。

（40）低压接户线禁止有接头。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（41）严禁使用普通型塑料绝缘电线代替地埋线，因为普通型塑料绝缘电线达不到地埋线的绝缘标准。

（42）雷电时严禁操作跌落式熔断器和进行更换熔丝的工作。

（43）禁止用一根保护接地线连接几个需要接地的受电设备。

（44）单人巡视时不应做任何登杆工作，以防无人监护而造成触电事故。

（45）事故巡视时，无论线路是否停电，均应视为带电。

（46）严禁用隔离开关拉开接地故障和故障电容器、电压互感器及避雷器。

（47）遇有5级以上的大风时，严禁在杆塔多回线路中进行部分线路停电检修工作。

（48）刚参加工作的人员不得一人单独巡线、单独值班、单独操作。

（49）偏僻山区和夜间巡线必须由两人进行。

（50）暑天、大雪天巡线必须由两人进行。

（51）风力大于5级时，一般不宜进行带电作业。

（52）断落的树枝等接触高压导线时，严禁用手直接去取。

（53）单人值班时不得单独从事修理工作。

（54）在同一时间内，一个工作负责人只能发给一张工作票。

（55）如遇雷电（听见雷声、看见闪电）、雪雹、雨雾不得进行带电作业。

（56）工作许可人不得签发工作票。

（57）负责监护人不得兼做其他工作。

（58）在未办理工作票终结手续以前，值班员不准将施工设备合闸送电。

（59）装设接地线必须由两人进行。

（60）装设接地线必须先接接地端，后接设备端。

（61）拆除接地线必须先拆设备端，后拆接地端。

（62）装拆接地线均应使用绝缘棒和戴绝缘手套。

（63）禁止使用不符合规定的导线作接地线或短路线之用。

（64）严禁工作人员在工作中移动或拆除遮栏、接地线和标示牌。

（65）等电位作业时，在瓷横担线路上严禁挂梯作业。

（66）等电位作业人员在作业中严禁用酒精、汽油等易燃品擦拭带电体及绝缘部分，防止起火。

（67）等电位作业人员严禁带负荷断接引线。

（68）等电位作业人员严禁同时接触未接通的或已断开的导线两个断头，以防人体串入电路。

（69）等电位作业时，严禁用断、接空载线路的方法使两电源解列或并列。

（70）低压带电作业上杆前应先分清相、地线，选好工作位置。

（71）低压带电作业人员断开导线时，应先断开相线，后断开中性线。搭接导线时，顺序相反。

（72）低压带电作业时，人体不得同时接触两根线头。

（73）试验用刀闸必须带罩，禁止从运行设备上直接取试验电源。

（74）高压试验工作不得少于两人。

（75）试验现场应装设遮栏或围栏，向外悬挂“止步，高压危险”的标示牌，并派人

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

看守。

（76）高压试验人员在全部加压过程中，应精力集中，不得与他人闲谈，随时警戒异常现象发生，操作应站在绝缘垫上。

（77）使用钳形电流表在高压回路上测量时，严禁用导线从钳形电流表另接表计测量。

（78）使用绝缘电阻表测量高压设备绝缘时，应由两人担任。

（79）雷电时，严禁测量线路绝缘。

（80）雷电时，禁止在室外变电所或室内的架空引线上进行检修和试验。

（81）在带电作业时，严禁随时停用或恢复重合闸。

（82）电气工作人员在班前、班中严禁饮酒。

（83）电气工作严禁无证上岗（指资格证、安全操作证）。

（84）检修作业严禁带电进行。

（85）带电作业，必须有人监护。

（86）巡视检查线路、设备时，禁止攀登电杆或配电变压器台架。

（87）巡视检查设备时，不得越过遮栏或围墙。

（88）严禁以投切熔丝的方法对线路（干线或分支线）进行送（停）电操作。

（89）工作票签发人不得兼任该项工作的工作负责人和工作许可人。

（90）严禁约时停送电。

（91）严禁工作人员或其他人员私自移动已挂好的接地线。

（92）地线装设好以后，严禁使用其他导线作接地线。

（93）严禁工作人员和其他人员随意移动遮栏或取下标示牌。

（94）线路立杆过程中，杆坑和杆下禁止有人工作或走动。

（95）新立电杆在杆基完全牢固以前，严禁攀登。

（96）电杆上有人工作时，杆下严禁行人逗留。

（97）遇有大雾、雷雨或3级以上大风天气时，严禁登杆作业。

（98）严禁采用突然剪断导线的方法撤线。

（99）质量在手中，安全在心中。

（100）崇高职业道德，确保工程安全。

三、全面落实安全保证体系

安全保证体系是安装行业保证安全施工建立的管理体系，它从每个人、每个项目、每个工艺、每台设备、每个工程环节入手制定的严格的管理体系，只要严格执行，从严处理，不放过一个隐患，电气工程的安全就能保证，安全保证体系相关内容详见本书第二章。

第二节　电工作业安全措施及安全操作规程

为了保证电工作业的正确性、完整性、系统性和安全性，电气工程安装及调试中电工操作和作业必须按程序进行并满足规定的要求，同时设置安全装置或措施。这里有两点是最基本的要求，一是电气装置的功能性必须保证，二是安全性必须保证，否则操作和作业是毫无意义的。

电气工程安装及调试的全过程中，质量和安全始终是重中之重，从某种意义上讲安全措施

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

及安全操作规程是保证质量的一个重要因素，假如没有安全措施，没有按安全操作规程去安装调试，可能对设备、元件、材料造成不同程度的损坏，进而造成工程质量的隐患或发生事故。例如，电气设备的接地是一项非常重要的安全措施，如果没有正确接地，如果接地装置不符合要求，如果接地电阻超标（一般为 <4Ω），如果连接部位松动进而增大回路电阻，如果线径太小等原因，当发生接地故障时，就会导致设备的损坏，这是绝对不允许的。因此，本书特别强调安全第一，一是安全措施，二是安全操作规程，这两点都做到了，安全就保障了。

一、电气作业安全技术措施及实施

（一）电气设备及线路上安全作业的技术措施

停电、验电、放电、接地、悬挂标示牌和装设遮栏（围栏）是在电气设备及线路上安全作业的主要技术措施，上述措施由运行人员或有权执行操作的人员执行。

1. 停电

（1）工作地点，应停电的设备如下：

1）检修的设备。

2）与工作人员在进行工作中正常活动范围的距离小于表 11-1 规定的设备。

表 11-1　工作人员工作中正常活动范围与带电设备的安全距离

电压等级/kV	10 及以下（13.8）	20、35	66、110	220	330	500
安全距离/m	0.35	0.60	1.50	3.00	4.00	5.00

注：表中未列电压按高一档电压等级的安全距离。

3）在 35kV 及以下的设备处工作，安全距离虽大于表 11-1 规定，但小于表 11-2 规定，同时又无绝缘挡板、安全遮栏措施的设备。

表 11-2　设备不停电时的安全距离

电压等级/kV	10 及以下	20、35	66、110	220	330	500
安全距离/m	0.70	1.00	1.50	3.00	4.00	5.00

4）带电部分在工作人员后面、两侧、上下，且无可靠安全措施的设备。

5）其他需要停电的设备。

（2）检修设备停电，应把各方面的电源完全断开（任何运用中的星形联结设备的中性点，应视为带电设备）。禁止在只经断路器（开关）断开电源的设备上作业。应拉开隔离开关，手车开关应拉至试验或检修位置，应使各方面有一个明显的断开点（对于有些设备无法观察到明显断开点的除外）。与停电设备有关的变压器和电压互感器，应将设备各侧断开，防止向停电检修设备反送电。

（3）检修设备和可能来电侧的断路器（开关）、隔离开关应断开控制电源和合闸电源，隔离开关操作把手应锁住，确保不会误送电。

（4）对难以做到与电源完全断开的检修设备，可以拆除设备与电源之间的电气连接。

2. 验电

（1）验电时，应使用相应电压等级而且合格的接触式验电器，在装设接地线或合接地开关处对各相分别验电。验电前，应先在有电设备上进行试验，确证验电器良好；无法在有电设备上进行试验时可用高压发生器等确证验电器良好。如果在木杆、木梯或木架上验电，不接地线不能指示者，可在验电器绝缘杆尾部接上接地线，但应经运行值班负责人或作业负责人许可。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）高压验电应戴绝缘手套。验电器的伸缩式绝缘棒长度应拉足，验电时手应握在手柄处不得超过护环，人体应与验电设备保持安全距离。雨雪天气时不得进行室外直接验电。

（3）对无法进行直接验电的设备，可以进行间接验电。即检查隔离开关的机械指示位置、电气指示、仪表及带电显示装置指示的变化，且至少应有两个及以上指示已同时发生对应变化；若进行遥控操作，则应同时检查隔离开关的状态指示、遥测、遥信信号及带电显示装置的指示进行间接验电。

330kV 及以上的电气设备，可采用间接验电方法进行验电。

（4）表示设备断开和允许进入间隔的信号、经常接入的电压表等，如果指示有电，则禁止在设备上作业。

3. 放电

将被断开电源的设备或线路剩余的或感应的电荷放掉是安全技术措施之一。其主要内容包括以下几点。

（1）经验电确认已停电的大型电气设备和线路必须进行放电操作，目的是将剩余的电荷或停电时感应的电荷放掉，以防止在设备及线路上操作的作业人员受到意外的电击伤害或由此发生的其他伤害。

（2）必须放电的设备及线路主要包括电力变压器、油断路器、高压架空线路、电力电缆、电力电容器、大容量电动机及发电机等容量较大或电感、电容较大的电气设备及线路。

（3）放电必须使用专用的导线，并用绝缘杆或开关进行。先将导线的接地端与接地网的端子接好，然后把另一端与绝缘棒顶端的金属工作部分接好，最后手持绝缘棒，将其金属工作部分分别与电气设备的进线和出线各相接线端子、线路的各相、电缆的各相及停电前带电部位接触，即可将电荷放掉。放电前必须摇测接地点的接地电阻，一般应小于 4Ω。

（4）电力电容器应设置专用的放电装置，电容器停电后即可自行放电。

（5）放电操作，人体不得与放电导线接触或靠近。与设备端子接触时不得用力过猛，以免撞击端子导致损坏。放电的导线必须良好可靠，应使用专用的接地线。接地网的端子必须是已做好的接地网，并在运行中证明是接地良好的接地网。与设备端子的接触，与线路相的接触，应和验电的顺序相同。10kV 以上放电操作时，应穿绝缘靴、戴绝缘手套。

（6）放电操作必须认真仔细，必不可少，因为麻痹大意或怕费事在验电后不放电而直接进行作业导致发生触电事故并不是少数，作业负责人必须进行监督检查。

4. 接地

（1）装设接地线应由两人进行（经批准可以单人装设接地线的项目及运行人员除外）。

（2）当验明设备确已无电压后，应立即将检修设备接地并三相短路。电缆及电容器接地前应逐相充分放电，星形联结电容器的中性点应接地，串联电容器及与整组电容器脱离的电容器应逐个放电，装在绝缘支架上的电容器外壳也应放电。详见“3. 放电”具体内容。

（3）对于可能送电至停电设备的各方面都应装设接地线或合上接地开关，所装接地线与带电部分应考虑接地线摆动时仍符合安全距离的规定。

（4）对于因平行或邻近带电设备导致检修设备可能产生感应电压时，应加装接地线或作业人员使用个人保安线，加装的接地线应登录在作业票上，个人保安接地线由作业人员自装自拆。

（5）在门形架构的线路侧进行停电检修，如作业地点与所装接地线的距离小于 10m，作业地点虽在接地线外侧，也可不另装接地线。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（6）检修部分若分为几个在电气上不相连接的部分［如分段母线以隔离开关或断路器（开关）隔开分成几段］则各段应分别验电接地短路。降压变电站全部停电时，应将各个可能来电侧的部分接地短路，其余部分不必每段都装设接地线或合上接地开关。

（7）接地线、接地开关与检修设备之间不得连有断路器（开关）或熔断器。若由于设备原因，接地开关与检修设备之间连有断路器（开关），在接地开关和断路器（开关）合上后，应有保证断路器（开关）不会分闸的措施。

（8）在配电装置上，接地线应装在该装置导电部分的规定地点，这些地点的油漆应刮去，并划有黑色标记。所有配电装置的适当地点，均应设有与接地网相连的接地端，接地电阻应合格。接地线应采用三相短路式接地线，若使用分相式接地线时，应设置三相合一的接地端。

（9）装设接地线应先接接地端，后接导体端，接地线应接触良好，连接应可靠。拆接地线的顺序与此相反。装、拆接地线均应使用绝缘棒和戴绝缘手套。人体不得碰触接地线或未接地的导线，以防止感应电触电。

（10）成套接地线应用有透明护套的多股软铜线组成，其截面积不得小于 $25mm^2$，同时应满足装设地点短路电流的要求。

禁止使用其他导线作接地线或短路线。

接地线应使用专用的线夹固定在导体上，严禁用缠绕的方法进行接地或短路。

（11）严禁作业人员擅自移动或拆除接地线。高压回路上的工作，需要拆除全部或一部分接地线后始能进行作业者（如测量母线和电缆的绝缘电阻，测量线路参数，检查断路器（开关）触头是否同时接触），如：

1）拆除一相接地线。

2）拆除接地线，保留短路线。

3）将接地线全部拆除或拉开接地刀闸。

上述作业应征得运行人员的许可（根据调度员指令装设的接地线，应征得调度员的许可），方可进行。作业完毕后立即恢复。

（12）每组接地线均应编号，并存放在固定地点。存放位置亦应编号，接地线号码与存放位置号码应一致。

（13）装、拆接地线，应做好记录，交接班时应交代清楚。

5. 悬挂标示牌和装设遮栏（围栏）

（1）在一经合闸即可送电到作业地点的断路器（开关）和隔离开关的操作把手上，均应悬挂“禁止合闸，有人作业！”的标示牌。

如果线路上有人作业，应在线路断路器（开关）和隔离开关操作把手上悬挂“禁止合闸，线路有人作业！”的标示牌。

对由于设备原因，接地开关与检修设备之间连有断路器（开关），在接地开关和断路器（开关）合上后，在断路器（开关）操作把手上，应悬挂“禁止分闸！”的标示牌。

在显示屏上进行操作的断路器（开关）和隔离开关的操作处均应相应设置“禁止合闸，有人作业！”或“禁止合闸，线路有人作业！”以及“禁止分闸！”的标记。

（2）部分停电的作业，安全距离小于表 11-2 规定距离以内的未停电设备，应装设临时遮栏，临时遮栏与带电部分的距离，不得小于表 11-1 的规定数值，临时遮栏可用干燥木材、橡胶或其他坚韧绝缘材料制成，装设应牢固，并悬挂“止步，高压危险！”的标示牌。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

35kV 及以下设备的临时遮栏，如因作业特殊需要，可用绝缘挡板与带电部分直接接触。但此种挡板应具有高度的绝缘性能，并符合表 11-3 的要求。

表 11-3　绝缘安全工器具试验项目、周期和要求

序号	器具	项目	周期	要求				说明
1	电容型验电器	A. 起动电压试验	1 年	起动电压值不高于额定电压的 40%，不低于额定电压的 15%				试验时接触电极应与试验电极相接触
		B. 工频耐压试验	1 年	额定电压/kV	试验长度/m	工频耐压/kV		
						1min	5min	
				10	0.7	45	—	
				35	0.9	95	—	
				66	1.0	175	—	
				110	1.3	220	—	
				220	2.1	440	—	
				330	3.2	—	380	
				500	4.1	—	580	
2	携带型短路接地线	A. 成组直流电阻试验	不超过 5 年	在各接线鼻之间测量直流电阻，对于 25mm²、35mm²、50mm²、70mm²、95mm²、120mm² 的各种截面积，平均 1m 的电阻值应分别小于 0.79mΩ、0.56mΩ、0.40mΩ、0.28mΩ、0.21mΩ、0.16mΩ				同一批次抽测，不少于 2 条，接线鼻与软导线压接的应做该试验
		B. 操作棒的工频耐压试验	4 年	额定电压/kV	试验长度/m	工频耐压/kV		试验电压加在护环与紧固头之间
						1min	5min	
				10	—	45	—	
				35	—	95	—	
				66	—	175	—	
				110	—	220	—	
				220	—	440	—	
				330	—	—	380	
				500	—	—	580	
3	个人保安线	成组直流电阻试验	不超过 5 年	在各接线鼻之间测量直流电阻，对于 10mm²、16mm²、25mm² 各种截面，平均每米的电阻值应小于 1.98mΩ、1.24mΩ、0.79mΩ				同一批次抽测，不少于两条

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	器具	项目	周期	要求				说明
4	绝缘杆	工频耐压试验	1年	额定电压/kV	试验长度/m	工频耐压/kV		
						1min	5min	
				10	0.7	45	—	
				35	0.9	95	—	
				66	1.0	175	—	
				110	1.3	220	—	
				220	2.1	440	—	
				330	3.2	—	380	
				500	4.1	—	580	
5	核相器	A. 连接导线绝缘强度试验	必要时	额定电压/kV	工频耐压/kV	持续时间/min		浸在电阻率小于100Ω·m水中
				10	8	5		
				35	28	5		
		B. 绝缘部分工频耐压试验	1年	额定电压/kV	试验长度/m	工频耐压/kV	持续时间/min	
				10	0.7	45	1	
				35	0.9	95	1	
		C. 电阻管泄漏电流试验	半年	额定电压/kV	工频耐压/kV	持续时间/min	泄漏电流/mA	
				10	10	1	≤2	
				35	35	1	≤2	
		D. 动作电压试验	1年	最低动作电压应达0.25倍额定电压				
6	绝缘罩	工频耐压试验	1年	额定电压/kV	工频耐压/kV	持续时间/min		
				6～10	30	1		
				35	80	1		
7	绝缘隔板	A. 表面工频耐压试验	1年	额定电压/kV	工频耐压/kV	持续时间/min		电极间距离300mm
				6～35	60	1		
		B. 工频耐压试验	1年	额定电压/kV	工频耐压/kV	持续时间/min		
				6～10	30	1		
				35	80	1		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	器具	项目	周期	要求				说明
8	绝缘胶垫	工频耐压试验	1 年	电压等级	工频耐压/kV	持续时间/min		使用于带电设备区域
				高压	15	1		
				低压	3.5	1		
9	绝缘靴	工频耐压试验	半年	工频耐压/kV	持续时间/min	泄漏电流/mA		
				15	1	≤7.5		
10	绝缘手套	工频耐压试验	半年	电压等级	工频耐压/kV	持续时间/min	泄漏电流/mA	
				高压	8	1	≤9	
				低压	2.5	1	≤2.5	
11	导电鞋	直流电阻试验	穿用不超过200h	电阻值小于100kΩ				

（3）在室内高压设备上作业，应在作业地点两旁及对面运行设备间隔的遮栏（围栏）上和禁止通行的过道遮栏（围栏）上悬挂“止步，高压危险！”的标示牌。

（4）高压开关柜内手车开关拉出后，隔离带电部位的挡板封闭后禁止开启，并设置“止步，高压危险！”的标示牌。

（5）在室外高压设备上作业，应在作业地点四周装设围栏，其出入口要围至临近道路旁边，并设有“从此进出！”的标示牌。作业地点四周围栏上悬挂适当数量的“止步，高压危险！”，标示牌，标示牌应朝向围栏里面。若室外配电装置的大部分设备停电，只有个别地点保留有带电设备而其他设备无触及带电导体的可能时，可以在带电设备四周装设全封闭围栏，围栏上悬挂适当数量的“止步，高压危险！”标示牌，标示牌应朝向围栏外面。

严禁越过围栏。

（6）在作业地点设置“在此作业！”的标示牌。

（7）在室外构架上工作，则应在作业地点邻近带电部分的横梁上，悬挂“止步，高压危险！”的标示牌。在作业人员上下铁架或梯子上，应悬挂“从此上下！”的标示牌。在邻近其他可能误登的带电架构上，应悬挂“禁止攀登，高压危险！”的标示牌。

（8）严禁作业人员擅自移动或拆除遮栏（围栏）、标示牌。

（二）线路作业时变电站的安全技术措施

（1）线路的停、送电均应按照值班调度员或线路作业许可人的指令执行。严禁约时停、送电。停电时，应先将该线路可能来电的所有断路器（开关）、线路隔离开关、母线隔离开关全部拉开，手车开关应拉至试验或检修位置，验明无电压后，在线路上所有可能来电的各端装设接地线或合上接地开关。在线路断路器（开关）和隔离开关操作把手上均应悬挂“禁止合闸，线路有人作业！”的标示牌，在显示屏上断路器（开关）和隔离开关的操作处

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

均应设置“禁止合闸，线路有人作业!”的标记。

（2）值班调度员或线路作业许可人应将线路停电检修的作业班组数目、作业负责人姓名、作业地点和作业任务记入记录簿。

作业结束时，应得到作业负责人（包括用户）的作业结束报告，确认所有工作班组均已竣工，接地线已拆除，作业人员已全部撤离线路，并与记录簿核对无误后，方可下令拆除变电站的安全措施，向线路送电。

（3）当用户管辖的线路要求停电时，应得到用户停送电联系人的书面申请，经批准后方可停电，并做好安全措施。恢复送电，应接到原申请人的作业结束报告，做好录音并记录后方可进行。用户停送电联系人的名单应在调度和有关部门备案。

（三）带电作业安全技术措施

1. 一般规定

（1）本章的规定适用于在海拔1000m及以下交流10～500kV的高压架空电力线路、变电站（发电厂）电气设备上，采用等电位、中间电位和地电位方式进行的带电作业，以及低压带电作业。

在海拔1000m以上带电作业时，应根据作业区不同海拔，修正各类空气与固体绝缘的安全距离和长度、绝缘子片数等，编制带电作业现场安全规程，经本单位主管生产领导（总工程师）批准后执行。

（2）带电作业应在良好天气下进行。如遇雷电（听见雷声、看见闪电）、雪雹、雨雾不得进行带电作业，风力大于5级时，一般不宜进行带电作业。

在特殊情况下，必须在恶劣天气进行带电抢修时，应组织有关人员充分讨论并编制必要的安全措施，经本单位主管生产领导（总工程师）批准后方可进行。

（3）对于比较复杂、难度较大的带电作业新项目和研制的新工具，应进行科学试验，确认安全可靠，编制操作工艺方案和安全措施，并经本单位主管生产领导（总工程师）批准后，方可进行和使用。

（4）参加带电作业的人员，应经专门培训，并经考试合格，企业书面批准后，方能参加相应的作业。带电作业作业票签发人和作业负责人、专责监护人应由具有带电作业实践经验的人员担任。

（5）带电作业应设专责监护人。监护人不得直接操作。监护的范围不得超过一个作业点。复杂或高杆塔作业必要时应增设（塔上）监护人。

（6）带电作业工作票签发人或作业负责人认为有必要时，应组织有经验的人员到现场查勘，根据查勘结果作出能否进行带电作业的判断，并确定作业方法和所需工具以及应采取的措施。

（7）带电作业有下列情况之一者应停用重合闸，并不得强送电：

1）中性点有效接地的系统中有可能引起单相接地的作业。

2）中性点非有效接地的系统中有可能引起相间短路的作业。

3）作业票签发人或作业负责人认为需要停用重合闸的作业。

严禁约时停用或恢复重合闸。

（8）带电作业负责人在带电作业工作开始前，应与值班调度员联系。需要停用重合闸的作业和带电断、接引线应由值班调度员履行许可手续。带电作业结束后应及时向值班调度员汇报。

（9）在带电作业过程中如设备突然停电，作业人员应视设备仍然带电。作业负责人应

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

尽快与调度联系，值班调度员未与作业负责人取得联系前不得强送电。

2. 一般安全技术措施

（1）进行地电位带电作业时，人身与带电体间的安全距离不得小于表 11-4 的规定。35kV 及以下的带电设备，不能满足表 11-4 规定的最小安全距离时，应采取可靠的绝缘隔离措施。

表 11-4　带电作业时人身与带电体的安全距离

电压等级/kV	10	35	66	110	220	330	500
距离/m	0.4	0.6	0.7	1.0	1.8（1.6）①	2.2	3.4（3.2）②

① 因受设备限制达不到 1.8m 时，经单位主管生产领导（总工程师）批准，并采取必要的措施后，可采用括号内（1.6m）的数值。

② 海拔 500mm 以下，500kV 取 3.2m 值，但不适用于 500kV 紧凑型线路。海拔在 500～1000m 时，500kV 取 3.4m 值。

（2）绝缘操作杆、绝缘承力工具和绝缘绳索的有效绝缘长度不得小于表 11-5 的规定。

表 11-5　绝缘工具最小有效绝缘长度

电压等级/kV	有效绝缘长度/m	
	绝缘操作杆	绝缘承力工具、绝缘绳索
10	0.7	0.4
35	0.9	0.6
66	1.0	0.7
110	1.3	1.0
220	2.1	1.8
330	3.1	2.8
500	4.0	3.7

（3）带电作业不得使用非绝缘绳索（如棉纱绳、白棕绳、钢丝绳）。

（4）带电更换绝缘子或在绝缘子串上作业，应保证作业中良好绝缘子片数不得少于表 11-6 的规定。

表 11-6　带电作业中良好绝缘子最少片数

电压等级/kV	35	66	110	220	330	500
片数	2	3	5	9	16	23

（5）更换直线绝缘子串或移动导线的作业，当采用单吊线装置时，应采取防止导线脱落时的后备保护措施。

（6）在绝缘子串未脱离导线前，拆、装靠近横担的第一片绝缘子时，应采用专用短接线或穿屏蔽服方可直接进行操作。

（7）在市区或人口稠密的地区进行带电作业时，工作现场应设置围栏，派专人监护，严禁非工作人员入内。

（8）非特殊需要，不应在跨越处下方或邻近有电力线路或其他弱电线路的档内进行带电架、拆线的工作。如需进行，则应制定可靠的安全技术措施，经本单位生产领导（总工程师）批准后，方可进行。

3. 等电位作业

（1）等电位作业一般在 66kV 及以上电压等级的电力线路和电气设备上进行。若需在 35kV 电压等级进行等电位作业时，应采取可靠的绝缘隔离措施。10kV 及以下电压等级的电

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

力线路和电气设备上不得进行等电位作业。

（2）等电位作业人员应在衣服外面穿合格的全套屏蔽服（包括帽、衣裤、手套、袜和鞋），且各部分应连接良好。屏蔽服内还应穿着阻燃内衣。

严禁通过屏蔽服断、接接地电流、空载线路和耦合电容器的电容电流。

（3）等电位作业人员对地距离应不小于表 11-4 的规定，对相邻导线的距离应不小于表 11-7 的规定。

（4）等电位作业人员在绝缘梯上作业或者沿绝缘梯进入强电场时，其与接地体和带电体两部分间隙所组成的组合间隙不得小于表 11-8 的规定。

表 11-7　等电位作业人员对相邻导线的最小距离

电压等级/kV	35	66	110	220	330	500
距离/m	0.8	0.9	1.4	2.5	3.5	5.0

表 11-8　等电位作业中的最小组合间隙

电压等级/kV	35	66	110	220	330	500
距离/m	0.7	0.8	1.2	2.1	3.1	4.0

（5）等电位作业人员沿绝缘子串进入强电场的作业，一般在 220kV 及以上电压等级的绝缘子串上进行。其组合间隙不得小于表 11-8 的规定。若不满足表 11-8 的规定，应加装保护间隙。扣除人体短接的和零值的绝缘子片数后，良好绝缘子片数不得小于表 11-6 的规定。

（6）等电位作业人员在电位转移前，应得到工作负责人的许可。转移电位时，人体裸露部分与带电体的距离不应小于表 11-9 的规定。

表 11-9　等电位作业转移电位时人体裸露部分与带电体的最小距离

电压等级/kV	35、66	110、220	330、500
距离/m	0.2	0.3	0.4

（7）等电位作业人员与地电位作业人员传递工具和材料时，应使用绝缘工具或绝缘绳索进行，其有效长度不得小于表 11-5 的规定。

（8）沿导、地线上悬挂的软、硬梯或飞车进入强电场的作业应遵守下列规定：

1）在连续档距的导、地线上挂梯（或飞车）时，其导、地线的截面积不得小于：钢芯铝绞线和铝合金绞线 120mm^2；钢绞线 50mm^2（等同 OPGW 光缆和配套的 LGJ-70/40 导线）。

2）有下列情况之一者，应经验算合格，并经本单位主管生产领导（总工程师）批准后才能进行：

① 在孤立档的导、地线上的作业。

② 在有断股的导、地线和锈蚀的地线上的作业。

③ 在 1）条以外的其他型号导线、地线上的作业。

④ 两人以上在同档同一根导线、地线上的作业。

3）在导、地线上悬挂梯子、飞车进行等电位作业前，应检查本档两端杆塔处导、地线的紧固情况。挂梯载荷后，应保持地线及人体对下方带电导线的安全间距比表 11-4 中的数值增大 0.5m；带电导线及人体对被跨越的电力线路、通信线路和其他建筑物的安全距离应比表 11-4 中的数值增大 1m。

4）在瓷横担线路上严禁挂梯作业，在转动横担的线路上挂梯前应将横担固定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（9）等电位作业人员在作业中严禁用酒精、汽油等易燃晶擦拭带电体及绝缘部分，防止起火。

4. 带电断/接引线

（1）带电断/接空载线路时应遵守下列规定：

1）带电断、接空载线路时，应确认线路的另一端断路器（开关）和隔离开关确已断开，接入线路侧的变压器、电压互感器确已退出运行后，方可进行。

严禁带负荷断/接引线。

2）带电断、接空载线路时，作业人员应戴护目镜，并应采取消弧措施。消弧工具的断流能力应与被断/接的空载线路电压等级及电容电流相适应。如使用消弧绳，则其断/接的空载线路的长度不应大于表 11-10 规定，且作业人员与断开点应保持 4m 以上的距离。

表 11-10　使用消弧绳断/接空载线路的最大长度

电压等级/kV	10	35	66	110	220
长度/km	50	30	20	10	3

注：线路长度包括分支在内，但不包括电缆线路。

3）在查明线路确无接地、绝缘良好、线路上无人作业且相位确定无误后，才可进行带电断/接引线。

4）带电接引线时未接通相的导线及带电断引线时，已断开相的导线将因感应而带电。为防止电击，应采取措施后人员才能触及。

5）严禁同时接触未接通的或已断开的导线两个断头，以防人体串入电路。

（2）严禁用断/接空载线路的方法使两电源解列或并列。

（3）带电断/接耦合电容器时，应将其信号、接地开关合上并应停用高频保护。被断开的电容器应立即对地放电。

（4）带电断/接空载线路、耦合电容器、避雷器、阻波器等设备引线时，应采取防止引流线摆动的措施。

5. 带电短接设备

（1）用分流线短接断路器（开关）、隔离开关、跌落式熔断器等载流设备，应遵守下列规定：

1）短接前一定要核对相位。

2）组装分流线的导线处应清除氧化层，且线夹接触应牢固可靠。

3）35kV 及以下设备使用的绝缘分流线的绝缘水平应符合规定（见表 11-16）。

4）断路器（开关）应处于合闸位置，并取下跳闸回路熔断器，锁死跳闸机构后，方可短接。

5）分流线应支撑好，以防摆动造成接地或短路。

（2）阻波器被短接前，严防等电位作业人员人体短接阻波器。

（3）短接开关设备或阻波器的分流线截面和两端线夹的载流容量，应满足最大负荷电流的要求。

6. 带电水冲洗

（1）带电水冲洗一般应在良好天气时进行。风力大于 4 级，气温低于 -3℃，或雨天、雪天、沙尘暴、雾天及雷电天气时不宜进行。冲洗时，操作人员应戴绝缘手套、穿绝缘靴。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）带电水冲洗作业前应掌握绝缘子的脏污情况，当盐密值大于表 11-11 最大临界盐密值的规定，一般不宜进行水冲洗，否则，应增大水电阻率来补救。避雷器及密封不良的设备不宜进行带电水冲洗。

（3）带电水冲洗用水的电阻率一般不低于 1500Ω·cm，冲洗 220kV 变电设备水电阻率不低于 3000Ω·cm，并应符合表 11-11 的要求。每次冲洗前，都应用合格的水阻表测量水电阻率，应从水枪出口处取水样进行测量。如用水车等容器盛水，每车水都应测量水电阻率。

表 11-11　带电水冲洗临界盐密值①（仅适用于 220kV 及以下）

爬电比距②/（mm/kV）	发电厂及变电站支柱绝缘子或密闭瓷套管							
	14.8～16（普通型）				20～31（防污型）			
临界盐密值/（mg/cm²）	0.02	0.04	0.08	0.12	0.08	0.12	0.16	0.2
水电阻率/（Ω·cm）	1500	3000	10000	50000及以上	1500	3000	10000	50000及以上
爬电比距②/（mm/kV）	线路悬式绝缘子							
	14.8～16（普通型）				20～31（防污型）			
临界盐密值/（mg/cm²）	0.05	0.07	0.12	0.15	0.12	0.15	0.2	0.22
水电阻率/（Ω·cm）	1500	3000	10000	50000及以上	1500	3000	10000	50000及以上

① 330kV 及以上等级的临界盐密值尚不成熟，暂不列入。

② 爬电比距指电力设备外绝缘的爬电距离与设备最高工作电压之比。

（4）以水柱为主绝缘的大、中型水冲（喷嘴直径为 4～8mm 者称中水冲；直径为 9mm 及以上者称大水冲），其水枪喷嘴与带电体之间的水柱长度不得小于表 11-12 的规定。大、中型水枪喷嘴均应可靠接地。

表 11-12　喷嘴与带电体之间的水柱长度　（单位：m）

喷嘴直径/mm		4～8	9～12	13～18
电压等级/kV	66 及以下	2	4	6
	110	3	5	7
	220	4	6	8

（5）带电冲洗前应注意调整好水泵压强，使水柱射程远且水流密集。当水压不足时，不得将水枪对准被冲洗的带电设备。冲洗用水泵应良好接地。

（6）带电水冲洗应注意选择合适的冲洗方法。直径较大的绝缘子宜采用双枪跟踪法或其他方法，并应防止被冲洗设备表面出现污水线。当被冲绝缘子未冲洗干净时，严禁中断冲洗，以免造成闪络。

（7）带电水冲洗前要确知设备绝缘是否良好。有零值及低值的绝缘子及瓷质有裂纹时，一般不可冲洗。

（8）冲洗悬垂、耐张绝缘子串、瓷横担时，应从导线侧向横担侧依次冲洗。冲洗支柱绝缘子及绝缘瓷套时，应从下向上冲洗。

（9）冲洗绝缘子时，应注意风向，应先冲下风侧，后冲上风侧；对于上、下层布置的绝缘子应先冲下层，后冲上层。还要注意冲洗角度，严防临近绝缘子在溅射的水雾中发生闪络。

7. 带电清扫机械作业

（1）进行带电清扫工作时，绝缘操作杆的有效长度不得小于表 11-5 的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）在使用带电清扫机械进行清扫前，应确认：清扫机械工况（电动机及控制部分、软轴及传动部分等）完好，绝缘部件无变形、脏污和损伤，毛刷转向正确，清扫机械已可靠接地。

（3）带电清扫作业人员应站在上风侧位置作业，应戴口罩、护目镜。

（4）作业时，作业人的双手应始终握持绝缘杆保护环以下部位，并保持带电清扫有关绝缘部件的清洁和干燥。

8. 感应电压防护

（1）在330kV及以上电压等级的线路杆塔上及变电站构架上作业，应采取防静电感应措施，例如，穿静电感应防护服、导电鞋等（220kV线路杆塔上作业时宜穿导电鞋）。

（2）绝缘架空地线应视为带电体。在绝缘架空地线附近作业时，作业人员与绝缘架空地线之间的距离不应小于0.4m。如需在绝缘架空地线上作业，应用接地线将其可靠接地或采用等电位方式进行。

（3）用绝缘绳索传递大件金属物品（包括工具、材料等）时，杆塔或地面上作业人员应将金属物品接地后再接触，以防电击。

9. 高架绝缘斗臂车作业

（1）高架绝缘斗臂车应经检验合格。斗臂车操作人员应熟悉带电作业的有关规定，并经专门培训，考试合格、持证上岗。

（2）高架绝缘斗臂车的工作位置应选择适当，支撑应稳固可靠，并有防倾覆措施。使用前应在预定位置空斗试操作一次，确认液压传动、回转、升降、伸缩系统工作正常、操作灵活，制动装置可靠。

（3）绝缘斗中的作业人员应正确使用安全带和绝缘工具。

（4）高架绝缘斗臂车操作人员应服从工作负责人的指挥，作业时应注意周围环境及操作速度。在工作过程中，高架绝缘斗臂车的发动机不应熄火。接近和离开带电部位时，应由斗臂中人员操作，但下部操作人员不得离开操作台。

（5）绝缘臂的有效绝缘长度应大于表11-13的规定，且应在下端装设泄漏电流监视装置。

表11-13　绝缘臂的最小有效绝缘长度

电压等级/kV	10	35、66	110	220
长度/m	1.0	1.5	2.0	3.0

（6）绝缘臂下节的金属部分，在仰起回转过程中，对带电体的距离应按表11-4的规定值增加0.5m。工作中车体应良好接地。

10. 保护间隙

（1）保护间隙的接地线应用多股软铜线。其截面应满足接地短路容量的要求，但不得小于25mm^2。

（2）圆弧形保护间隙的距离应按表11-14的规定进行整定。

表11-14　圆弧形保护间隙整定值

电压等级/kV	220	330
间隙距离/m	0.7～0.8	1.0～1.1

（3）使用保护间隙时，应遵守下列规定：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）悬挂保护间隙前，应与调度联系停用重合闸。

2）悬挂保护间隙应先将其与接地网可靠接地，再将保护间隙挂在导线上，并使其接触良好。拆除的程序与其相反。

3）保护间隙应挂在相邻杆塔的导线上，悬挂后，应有专人看守，在有人、畜通过的地区，还应增设围栏。

4）装、拆保护间隙的人员应穿全套屏蔽服。

11. 带电检测绝缘子

使用火花间隙检测器检测绝缘子时，应遵守下列规定：

1）检测前应对检测器进行检测，保证操作灵活，测量准确。

2）针式及少于3片的悬式绝缘子不得使用火花间隙检测器进行检测。

3）检测35kV及以上电压等级的绝缘子串时，当发现同一串中的零值绝缘子片数达到表11-15的规定时，应立即停止检测。

表11-15 一串中允许零值绝缘子片数

电压等级/kV	35	66	110	220	330	500
绝缘子串片数	3	5	7	13	19	28
零值片数	1	2	3	5	4	6

如绝缘子串的片数超过表11-15的规定时，零值绝缘子允许片数可相应增加。

4）应在干燥天气进行。

12. 低压带电作业

（1）低压带电作业应设专人监护。

（2）使用有绝缘柄的工具，其外裸的导电部位应采取绝缘措施，防止操作时相间或相对地短路。作业时，应穿绝缘鞋和全棉长袖工作服，并戴手套、安全帽和护目镜，站在干燥的绝缘物上进行。严禁使用锉刀、金属尺和带有金属物的毛刷、毛掸等工具。

（3）高低压同杆架设，在低压带电线路上作业时，应先检查与高压线的距离，采取防止误碰带电高压设备的措施。在低压带电导线未采取绝缘措施时，作业人员不得穿越。在带电的低压配电装置上作业时，应采取防止相间短路和单相接地的绝缘隔离措施。

（4）上杆前，应先分清相、零线，选好作业位置。断开导线时，应先断开相线，后断开零线。搭接导线时，顺序应相反。

人体不得同时接触两根线头。

13. 带电作业工具的保管、使用和试验

（1）带电作业工具的保管：

1）带电作业工具应存放于通风良好，清洁干燥的专用工具房内。工具房门窗应密闭严实，地面、墙面及顶面应采用不起尘、阻燃材料制作。室内的相对湿度应保持在50%～70%。室内温度应略高于室外，且不宜低于0℃。

2）带电作业工具房进行室内通风时，应在干燥的天气进行，并且室外的相对湿度不得高于75%。通风结束后，应立即检查室内的相对湿度，并加以调控。

3）带电作业工具房应配备：湿度计，温度计，抽湿机（数量以满足要求为难），辐射均匀的加热器，足够的工具摆放架、吊架和灭火器等。

4）带电作业工具应统一编号、专人保管、登记造册，并建立试验、检修、使用记录。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）有缺陷的带电作业工具应及时修复，不合格的应及时报废，严禁继续使用。

6）高架绝缘斗臂车应存放在干燥通风的车库内，其绝缘部分应有防潮措施。

（2）带电作业工具的使用：

1）带电作业工具应绝缘良好、连接牢固、转动灵活，并按厂家使用说明书、现场操作规程正确使用。

2）带电作业工具使用前应根据工作负荷校核满足规程安全系数。

3）带电作业工具在运输过程中，带电绝缘工具应装在专用工具袋、工具箱或专用工具车内，以防受潮和损伤。发现绝缘工具受潮或表面损伤、脏污时，应及时处理并经试验或检测合格后方可使用。

4）进入作业现场应将使用的带电作业工具放置在防潮的帆布或绝缘垫上，防止绝缘工具在使用中脏污和受潮。

5）带电作业工具使用前，仔细检查确认没有损坏、受潮、变形、失灵，否则禁止使用。并使用2500V及以上绝缘电阻表或绝缘检测仪进行分段绝缘检测（电极宽2cm，极间宽2cm），阻值应不低于700MΩ。操作绝缘工具时应戴清洁、干燥的手套。

（3）带电作业工具的试验：

1）带电作业工具应定期进行电气试验及机械试验，其试验周期为：

电气试验：预防性试验每年一次，检查性试验每年一次，两次试验间隔半年。

机械试验：绝缘工具每年一次，金属工具两年一次。

2）绝缘工具电气预防性试验项目及标准见表11-16。

表11-16　绝缘工具预防性试验项目及标准

额定电压/kV	试验长度/m	1min工频耐压/kV		5min工频耐压/kV		15次操作冲击耐压/kV	
		出厂及型式试验	预防性试验	出厂及型式试验	预防性试验	出厂及型式试验	预防性试验
10	0.4	100	45	—	—	—	—
35	0.6	150	95	—	—	—	—
66	0.7	175	175	—	—	—	—
110	1.0	250	220	—	—	—	—
220	1.8	450	440	—	—	—	—
330	2.8	—	—	420	380	900	800
500	3.7	—	—	640	580	1175	1050

操作冲击耐压试验宜采用250/2500μs的标准波，以无一次击穿、闪络为合格。工频耐压试验以无击穿、无闪络及过热为合格。

高压电极应使用直径不小于30mm的金属管，被试品应垂直悬挂，接地极的对地距离为1.0～1.2m。接地极及接高压的电极（无金具时）处，以50mm宽金属铂缠绕。试品间距不小于500mm，单导线两侧均压球直径不小于200mm，均压球距试品不小于1.5m。

试品应整根进行试验，不得分段。

3）绝缘工具的检查性试验条件是：将绝缘工具分成若干段进行工频耐压试验，每300mm耐压75kV，时间为1min，以无击穿、闪络及过热为合格。

4）带电作业高架绝缘斗臂车电气试验标准见表11-17。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）组合绝缘的水冲洗工具应在工作状态下进行电气试验。除按表 11-16 的项目和标准试验外（指 220kV 及以下电压等级），还应增加工频泄漏试验，试验电压见表 11-18。泄漏电流以不超过 1mA 为合格。试验时间为 5min。

试验时的水电阻率为 1500Ω·cm（适用于 220kV 及以下的电压等级）。

表 11-17　带电作业高架绝缘斗臂车电气试验标准

电压等级/kV	试验部件	试验项目、标准					备　注
		交接试验		预防性试验			
		工频耐压	泄漏电流	工频耐压	泄漏电流	沿面放电	
各级电压	单层作业	50kV 1min	—	45kV 1min	—	—	斗浸水中高出水面 200mm
	作业斗内斗	50kV 1min	—	45kV 1min	—	—	
	作业斗外斗	20kV 1min	—	—	0.4m 20kV ≤0.2mA	0.4m 45kV 1min	泄漏电流试验为沿面试验
	液压油	油杯：2.5mm 电极，6 次试验平均击穿电压≥20kV，任一单独击穿电压≥10kV					更换、添加的液压油应试验合格
10	上臂（主臂）	0.4m 50kV 1min	—	0.4m 45kV 1min	—	—	耐压试验为整车试验，但在绝缘臂上应增设试验电极
	下臂（套筒）	50kV 1min	—	45kV 1min	—	—	
	整车	—	1.0m 20kV ≤0.5mA	—	1.0m 20kV ≤0.5mA	—	在绝缘臂上增设试验电极
35	上臂（主臂）	0.6m 105kV 1min	—	0.6m 95kV 1min	—	—	耐压试验为整车试验，但在绝缘臂上应增设试验电极
	下臂（套筒）	50kV 1min	—	45kV 1min	—	—	
	整车	—	1.5m 70kV ≤0.5mA	—	1.5m 70kV ≤0.5mA	—	在绝缘臂上增设试验电极
66	上臂（主臂）	0.7m 175kV 1min	—	0.7m 175kV 1min	—	—	耐压试验为整车试验，但在绝缘臂上应增设试验电极

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

电压等级/kV	试验部件	试验项目、标准					备　注
		交接试验		预防性试验			
		工频耐压	泄漏电流	工频耐压	泄漏电流	沿面放电	
66	下臂（套筒）	50kV 1min	—	45kV 1min	—	—	
	整车	—	1.5m 70kV ≤0.5mA	—	1.5m 70kV ≤0.5mA	—	在绝缘臂上增设试验电极。同时，核对泄漏表
110	上臂（主臂）	1.0m 250kV 1min	—	1.0m 220kV 1min	—	—	耐压试验为整车试验，但在绝缘臂上应增设试验电极
	下臂（套筒）	50kV 1min	—	45kV 1min	—	—	
	整车	—	2.0m 126kV ≤0.5mA	—	2.0m 126kV ≤0.5mA	—	在绝缘臂上增设试验电极。同时，核对泄漏表
220	上臂（主臂）	1.8m 450kV 1min	—	1.8m 440kV 1min	—	—	耐压试验为整车试验，但在绝缘臂上应增设试验电极
	下臂（套筒）	50kV 1min	—	45kV 1min	—	—	
	整车	—	3.0m 252kV ≤0.5mA	—	3.0m 252kV ≤0.5mA	—	在绝缘臂上增设试验电极。同时，核对泄漏表

表 11-18　组合绝缘的水冲洗工具工频泄漏试验电压值

额定电压/kV	10	35	66	110	220
试验电压/kV	15	46	80	110	220

6）屏蔽服衣裤任意两端点之间的电阻值均不得大于20Ω。

7）带电作业工具的机械试验标准：

① 在工作负荷状态承担各类线夹和连接金具荷重时，应按有关金具标准进行试验。

② 在工作负荷状态承担其他静荷载时，应根据设计荷载，按 DL/T 875—2004《输电线路施工机具设计、试验基本要求》的规定进行试验。

③ 在工作负荷状态承担人员操作荷载时：

静荷重试验：2.5 倍允许工作负荷下持续 5min，工具无变形及损伤者为合格。

动荷重试验：1.5 倍允许工作负荷下实际操作3 次，工具灵活、轻便、无卡住现象为合格。

登高工器具试验标准见表 11-19。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 11-19 登高工器具试验标准

序号	名称	项目	周期	要求			说明
1	安全带	静负荷试验	1 年	种类	试验静拉力/N	载荷时间/min	牛皮带试验周期为半年
				围杆带	2205	5	
				围杆绳	2205	5	
				护腰带	1470	5	
				安全绳	2205	5	
2	安全帽	冲击性能试验	按规定期限	受冲击力小于 4900N			使用寿命；从制造之日起，塑料帽≤2.5 年，玻璃钢帽≤3.5 年
		耐穿刺性能试验	按规定期限	钢锥不接触头模表面			
3	脚扣	静负荷试验	1 年	施加 1176N 静压力，持续时间 5min			
4	升降板	静负荷试验	半年	施加 2205N 静压力，持续时间 5min			
5	竹（木）梯	静负荷试验	半年	施加 1765N 静压力，持续时间 5min			

（四）在带电线路邻近或交叉处作业的相关安全规定

（1）带电线路杆塔上进行检修作业时，只能在与导电部分绝缘的部位上进行作业，而且与带电部分必须保持一定的安全距离，见表 11-2。

（2）与其他带电线路邻近或交叉的部位及杆塔上进行检修作业时，检修的线路必须可靠接地。作业人员与带电线路的安全距离，包括跨越架子不应小于下列数值：

10kV 及以下，1.0m；　　35kV，2.5m；

110kV，3.0m；　　220kV，4.0m；

330kV，5.0m；　　500kV，5.0m。

（3）停电检修线路在另外一带电线路上方时，原则上应将下方带电线路停电，否则必须制定安全措施，满足下列要求：

1）带电线路与停电线路之间的安全距离应符合（2）的规定。

2）必须在带电线路上方搭设跨越架或用高车等设备，并防止导线脱落、滑跑及物件坠落的措施。

（4）跨越架必须满足的条件要求：

1）跨越架应用干燥的木杆搭制。若用金属材料时，顶部必须设置防止导线滑伤的措施并包裹绝缘材料，材料的绝缘等级应与线路相适应，同时与带电线路的距离应在安全允许范围之内。

2）跨越架的搭制必须坚固可靠，并能承受导线在上面的压力及拉力。

3）搭制好的跨越架应有人看护，以免出现倒塌或损坏。

4）在跨越架上顶部铺设高于带电线路一个电压等级的绝缘垫。

5）跨越架不得影响交通，并悬挂“高压危险，严禁攀登！”的标志牌。

6）跨越架必须能满足作业的需要。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（5）使用绞车等牵引工具时，金属部件应可靠接地。绞车的地锚不得使用电杆、拉线，要求地锚牢固可靠。

（6）拆卸下来的导线必须先可靠接地，以防止感应电压电击伤人。

（7）被检修线路中的某一段与带电线路邻近或平行时，必须在被检修线路靠近带电线路的线路上挂好接地线。邻近带电的杆塔上应挂有“禁止攀登，高压危险!”的标志牌。

（8）被检修线路与带电线路平行段较长时，作业负责人应向全体作业人员指明哪是检修线路，哪是带电运行线路，并在杆塔上悬挂明显的标志，只有全体作业人员辨认清楚无误后，才能登杆作业，同时应在带电线路转角处或地形变化较大处的杆塔上悬挂“禁止攀登，高压危险!”的标志牌。

（9）同杆塔并架的线路，一路带电运行，一路停电检修，除上述有关的安全措施外，必须设专人监护。

（10）邻近带电线路的停电作业，使用非绝缘绳索时，其到带电导体的距离不应小于（2）中的规定。

（11）在带电线路上方交叉作业时，在交叉处应搭设跨越架，其架宽应比横担宽3m，其中心应与线路中心一致，且跨越架两端应有拦线柱。其他与前述相关内容相同。

二、电工作业安全操作规程

电工按其从事的工作不同，一般分为运行值班电工、维修（检修）电工、调整试验电工、安装电工等，电气工程安装及调试中几乎涵盖了这些不同的电工工种的操作，这里将列出各类电工作业或操作的安全规程，这是每个电工及操作电器人员必须遵守的，也是职业道德的标准之一。

（一）运行值班电工

1. 运行值班注意事项

运行值班电工除执行上述的相关规定外，应注意以下内容：

（1）单人值班时，不得进行高压设备清扫或检修工作，不得进行装设接地线工作。

（2）室内高压设备的隔离室应设有1.70m高的遮栏，并加锁。室内的高压开关操作机构，应用墙或金属板与开关隔开或装有远距离操作机构。单人值班时，不得进入隔离室内。

（3）高压设备带电与否，值班人员不得单独移开或越过遮栏进行工作。人体、遮栏和绝缘板与带电导体间的最小安全距离应符合前述相关的规定。

（4）高压室的钥匙至少应有三把，由值班负责人保管，按班交接。一把供紧急时使用，放在值班室固定的位置上用完后立即放归原处；一把专供值班员使用；另一把可借给许可单独巡视的人员或电气工作负责人使用，但必须登记，当日交回。

（5）任何时候禁止用手触摸带电设备的绝缘物和绝缘部分。

（6）停电后，在未断开有关电源开关和未做好安全措施前，不得触及设备或进入设备遮栏内。因为随时有未经事先通知而突然来电的可能。

（7）发生事故后，在未找出原因及未进行妥善处理前，不得恢复正常运行，必要时应电话请示电气负责人。

（8）值班时，个人的任何行为必须遵守所内规章制度及操作规程，值班室内禁止闲人进入。

2. 值班电工巡视检查中的安全规定

（1）巡视检查应熟悉并明确检查项目、周期和巡视路线，并配备必要的检查工具和通

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

信设备，如步话机或手机等。

（2）巡视高压配电装置应由两人进行。允许单独巡视高压电气设备的人员，必须经电气技术和安全管理部门考试合格并持有效证件上岗，并由本单位负责人批准公布。巡视检查过程中，不得同时进行其他工作，不得有打开间隔门、移开或越过遮栏等违章行为。

（3）巡视检查的路线一般应固定，在商讨固定路线前，应反复测量并论证其合理性和科学性。巡视路线的基本要求是路线短、巡视项目全、巡视时间少，且安全可靠。

（4）雷雨天气应增加巡视次数和项目。巡视高压设备时，应穿绝缘靴，并不得靠近避雷器、避雷针及其接地装置。

（5）高压设备发生接地故障时，室内不得靠近接地故障点4m以内，室外不得靠近接地故障点8m以内。进入上述区域内的人员，必须穿绝缘靴，接触电气设备外壳和构架时，应戴绝缘手套。巡视过程中或作业过程中，高压设备或线路如果突然发生接地故障，应单脚或双脚跳跃，跳出上述范围，避免产生电压，然后组织有关人员进行处理。

（6）巡视高压室内设备时，必须随手将门关住锁好，以防他人误入而造成危害，同时可防止小动物进入室内，造成短路故障。

（7）巡视检查电气设备及线路时，要精力集中，认真负责，仔细分析，充分发挥眼、鼻、耳、手的作用，也可用红外线测温仪，高倍望远镜等进行观测，进而分析设备的运行状态。

（8）小雨或小雪天检查室外电气设备及其连接部位时，应观测该点是否发热，可用发热点有无蒸汽冒出来判断。利用高倍望远镜在日光下可检查室外绝缘子是否有裂纹，雨后可检查是否有裂纹。高温季节和负荷高峰时，要检查重要电气设备及线路或母线的连接部位以及大电流回路的线缆是否发热。

（9）设备重新操作后要做重点检查，特别是开关跳闸后的检查。气温突然变冷或变热时，要检查注油设备。可根据历次电气设备事故进行重点检查，新装电气设备投入运行后要增加巡视次数等。

（10）巡视线路时，不论线路是否停电，均视为带电，并应沿线路上风侧行走。巡线时必须携带望远镜和脚扣，必要时应登杆于最下一层导线允许的安全距离以外，用望远镜观测各点。寻找接地故障时，应有防止跨步电压的措施。

（11）巡线时，发现高压线断落于地面或悬挂空中，应立即设置临时围栏，并悬挂警告牌，让行人远离断线处8m以外，必要时设专人看守，同时通知负责人积极组织人员迅速处理。

（12）特殊场所或天气恶劣时进行巡视，除电气安全外，还应注意其他安全事项，如坠落、塌方、水灌、水淹及其他非预料事件等。

（13）巡视检查时，如发现紧急或重大事故时必须用电话与负责人或值班员联系、求救，同时应尽最大努力减小损失或阻止其漫延，或向附近军方、警方求助。

3. 倒闸操作的具体要求

（1）倒闸操作必须根据值班调度员或值班负责人的命令，经接受命令人复述无误后执行。倒闸操作要执行操作票制度。单人值班，操作票由发令人用电话向值班员下达，并使用录音电话，值班员根据电话命令填写操作票并经复述无误后，在“监护人”签名处写上发令人的名字。

（2）倒闸操作一般应由两人进行，对电气设备及线路较熟悉、经验较丰富的为监护人，但操作人不能依赖监护人，应对操作项目内容程序熟练掌握并复述无误。单人值班的变配电

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

所允许一人进行倒闸操作，但不能进行登杆操作。重要的变配电所和较复杂的倒闸操作，必须由熟练的值班员进行，值班负责人或值班长监护。

（3）倒闸操作前，一般要根据操作票上的顺序先在一次模拟图板上进行核对性模拟操作并由监护人指导。正式操作前，核对设备名称、编号，并检查开关的原来拉、合位置与工作票所写的是否相符、接地线是否拆除、操作回路电压及熔丝是否正常等。正式倒闸操作中，要认真执行监护、复述制度，每操作完一步即由监护人在操作项目前划上符号“✓”。

（4）操作中发生疑问时，必须立即向调度员或电气负责人报告，彻底弄清后再进行操作。不得擅自更改操作票。

（5）操作人员与带电体的安全距离应符合有关检修作业的规定。必要时应穿长袖长裤，并戴绝缘手套、戴护目镜、穿绝缘靴，且有人监护，并符合表 11-2 的规定。

（6）用绝缘杆拉合隔离开关或经传动机构拉、合断路器及隔离开关时，应戴绝缘手套，操作室外设备时，还应穿绝缘靴，必要时应戴护目镜。

（7）雨天操作室外高压设备时，使用的绝缘杆应有防雨罩。雷雨时，不得进行室外的正常倒闸操作。

（8）装卸高压熔断器，应戴护目镜和绝缘手套，同时应使用绝缘夹钳，并站在绝缘垫或绝缘台上。

（9）高低压线路中，手动合刀开关时必须迅速果断，合到底时不能用力过猛，以防止合过头或损坏支持绝缘子。手动拉刀开关时应缓慢谨慎，当刀开关从固定触头脱离的时刻，如有弧光出现，必须立即合上，并停止操作，待查明产生电弧原因且排除后方可操作。

（10）用刀开关切除小容量空载变压器、线路、较小的负荷及用刀开关解环操作时，均有电弧出现，此时应迅速将刀开关拉开，以便灭弧。刀开关操作后必须检查其开、合位置是否与操作相符。

（11）非手动操作机构的断路器，不允许带电手动合闸。电动操作机构的断路器，合闸时扳动控制开关不得用力过猛，返回时也不得太快，以防止机构变形或开裂破损。断路器操作后应检查有关信号或表计指示，必要时要到现场检查开关的机械指示与各相动作情况是否相符，以防误合、漏合。

（12）操作单相刀开关或跌落式熔断器时，水平或三角形排列的操作顺序是：合闸时，先合两个边相，后合中间相；分闸时，先分中间相，后分两边相。室外操作应从下风侧向上风侧逐个一一拉开；合闸应从上风侧向下风侧逐个一一闭合。垂直排列的刀开关，拉闸时，先拉中间相，再拉上方相，最后拉下方相；合闸时，先合下方相，再合上方相，最后合中间相。

（13）停电操作的顺序是：断路器、负荷侧隔离开关、母线侧隔离开关；送电操作的顺序母线侧隔离开关，负荷侧隔离开关，最后断路器。

（14）联络开关的操作必须核相无误且无环流方可操作。

对 10kV 及以下的小型变配电所的倒闸操作可以简化不用操作票，但必须有人监护上述条款核对操作的正确性。

4. 倒闸操作的步骤

值班人员接到倒闸操作的命令且经复述无误后，并即应按下列步骤及顺序一一进行。

（1）操作准备，必要时应与调度联系，明确操作目的、任务和范围，商议操作方案，草拟操作票，准备安全用具等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）正值班员传达命令，并正确记录并复述核对无误。

（3）操作人填写操作票。

（4）监护人审查操作票。

（5）操作人、监护人签字。

（6）在模拟图板上进行模拟操作，监护人在操作票的操作项目右侧格内打蓝色的“✓”。

（7）按操作项目、顺序逐项核对设备的双重编号及设备位置。

（8）监护人下达操作令。

（9）操作人复述操作令。

（10）监护人下“准备执行”令。

（11）操作人按操作票的操作顺序进行倒闸操作。

（12）共同检查操作电气设备的结果，如断路器、刀开关的开闭状态，信号及仪表变化等。

（13）监护人在该操作项目左端格内打红色“✓”，表示操作正确完成。

（14）整个操作项目完成后，向调度回“已执行”令电话及结果。

（15）值班负责人、值班长签字并在操作票上打“已执行”印。

（16）操作票编号、存档。

（二）维修（检修）电工

1. 高压电动机检修作业安全注意事项

（1）检修维护高压电动机应填写变电站第一种作业票。

（2）在转动着的电动机上调整、清扫电刷及集电环时，应由有经验的电工担任，并遵守下列规定：

1）作业人员应特别小心，不使衣服及擦拭材料被机器挂住，扣紧袖口，发辫应放在帽内。

2）作业时站在绝缘垫上（该绝缘垫为常设固定型绝缘垫），不得同时接触两极或一极与接地部分，也不能两人同时进行作业。

（3）检修高压电动机和起动装置时，应做好下列安全措施：

1）断开电源断路器（开关）、隔离开关，经验明确无电压后装设接地线或在隔离开关间装绝缘隔板，手车开关应从成套配电装置内拉出并关门上锁。

2）在断路器（开关）、隔离开关操作把手上悬挂“禁止合闸，有人工作！”的标示牌。

3）拆开后的电缆头应三相短路接地。

4）做好防止被其带动的机械（如水泵、空气压缩机、引风机等）引起电动机转动的措施，并在阀门（风门）上悬挂“禁止合闸，有人作业！”的标示牌。

（4）禁止在转动着的高压电动机及其附属装置回路上进行作业。必须在转动着的电动机转子电阻回路上进行作业时，应先提起碳刷或将电阻完全切除。作业时要戴绝缘手套或使用有绝缘把手的工具，穿绝缘靴或站在绝缘垫上。

（5）电动机的引出线和电缆头以及外露的转动部分均应装设牢固的遮栏或护罩。

（6）电动机及起动装置的外壳均应接地。禁止在转动中的电动机的接地线上进行作业。

（7）电动机抽心时，起重设备及吊具应满足电动机重量的需要，并检查及实测合格。抽心应编制方案且把所用器具及材料准备齐全，并有足够大的场地。抽心应按起重安全规程进行，并保证不触及电动机的线圈、集电环、电刷及绝缘部分等。抽心必须由电钳工、起重工配合。进入定子内作业时，必须穿软底鞋，且不得携带任何金属物品。抽心工艺必须满足

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电机的技术要求。

（8）高压电动机起动装置的检修应按设备的检修规程进行，检修后应进行调整及试验。电动机的起动装置，必须保证能在短路、过负荷、欠电压、过热、油压或水压不够或者发生差动时可靠跳闸。检修后的起动装置空操作应正常，且模拟的跳闸信号输入后应可靠动作。

（9）现场检修作业尚未全部终结，而需要送电试验电动机或起动装置时，应收回作业票，并通知机械检修等有关人员，方可送电。送电后，必须执行电气安全有关规程和操作规程。

（10）高压电动机的起动装置安装在较潮湿的场所时，除必须有良好的外壳接地保护及防潮措施外，进行操作试验时，作业人员必须戴绝缘手套，并站在绝缘垫上进行操作。

（11）高压电动机的检修作业，必须严格执行保证安全的组织措施和技术措施。

2. 低压系统检修作业的安全注意事项

（1）低压配电盘、配电箱和电源干线上的作业，应填用变电站第二种作业票。

在低压电动机和在照明回路上的作业可不填用作业票，应做好相应记录，该作业至少由两人进行。

（2）低压回路停电的安全措施：

1）将检修设备的各方面电源断开取下熔断器，在开关（或刀开关）操作把手上挂“禁止合闸，有人作业!”的标示牌。

2）作业前应验电。

3）根据需要采取其他安全措施。

① 低压线路或设备上检修作业，至少由 2 人进行。

② 将被检修电气设备或线路的各个电源断开，取下熔断器，并在隔离开关操作手柄上挂“禁止合闸，有人作业!”的标志牌。在无人值班的配电室，应将门窗锁好，或派专人看守。

③ 作业现场的进线侧或主开关上闸口，应进行短路接地，或将进线侧的主开关的操作手柄锁住并挂“禁止合闸，有人作业”的标志牌。以防误操作。

④ 停电后先验电放电，同时作业中应确保无电。

⑤ 低压母线或低压干线上作业，应将母线或干线接地短路。柜内进线开关相间距离太小，无法进行短路接地时，除将开关断开外，可在进户处将电源线短路接地。短路接地作业后应立即拆除。

（3）低压电动机及其起动设备的检修作业，可参照高压电动机的有关内容，同时必须做到：

1）将电动机与被拖动设备的联轴器、传送带等连接的部位拆开。

2）起动设备的总开关拉开且锁住，并将控制回路的熔断器取下保管好。

3）大型电动机抽心必须严格按工艺要求进行，除电气作业安全外，还应注意起重吊装的安全措施，可参见前述内容。

4）起动设备检修后，必须进行调整、试验和空操作试验。

（4）检修后恢复送电应检查所有部位，解开短路接地部位，摘除标志信号，并按记录一一核对为防止送电至有短路或接地的回路而发生电弧，操作人员应戴手套和护目镜。熔丝的容量不得随意更换，应按原设计规定使用配备。

（5）电工及电气作业人员不得因电压低而产生麻痹思想或有对作业不负责任的态度，必须处理好低压线路中的绝缘、相间距离、保护接地及漏电、短路、过负荷、过热等保护的调整及试验。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（6）作业尚未全部终结，而需送电试验电动机或起动装置时，应收回全部作业票并通知有关机械部分检修人员后，方可送电。

（7）低压检修作业，必须严格执行保证安全的组织措施及技术措施。

3. 二次回路检修作业的安全注意事项

（1）下列情况应填用变电站第一种作业票：

1）在高压室遮栏内或与导电部分小于表 11-1 规定的安全距离进行继电保护、安全自动装置和仪表等及其二次回路的检查试验时，需将高压设备停电的。

2）在高压设备继电保护、安全自动装置和仪表、自动化监控系统等及其二次回路上作业需将高压设备停电或做安全措施者。

3）通信系统同继电保护、安全自动装置等复用通道（包括载波、微波、光纤通道等）的检修、联动试验需将高压设备停电或做安全措施者。

4）在经继电保护出口跳闸的设备保护及其相关回路上作业需将高压设备停电或做安全措施者。

（2）下列情况应填用变电站第二种作业票：

1）继电保护装置、安全自动装置、自动化监控系统在运行中改变装置原有定值时不影响一次设备正常运行的作业。

2）对于连接电流互感器或电压互感器二次绕组并装在屏柜上的继电保护、安全自动装置上的作业，可以不停用所保护的高压设备或不需做安全措施的。

3）在继电保护、安全自动装置、自动化监控系统等及其二次回路，以及在通信复用通道设备上检修及试验作业，可以不停用高压设备或不需做安全措施的。

4）在经继电保护出口的设备保护及其相关回路上作业，可以不停用高压设备的或不需做安全措施的。

（3）检修中遇有下列情况应填用二次作业安全措施票：

1）在运行设备的二次回路上进行拆/接线作业。

2）在对检修设备执行隔离措施时，需拆断/短接和恢复同运行设备有联系的二次回路作业。

（4）二次作业安全措施票执行：

1）二次作业安全措施票的作业内容及安全措施内容由作业负责人填写，由技术人员或班长审核并签发。

2）监护人由技术水平较高及有经验的人担任，执行人、恢复人由作业班成员担任，按二次作业安全措施票的顺序进行。

上述作业至少由两人进行。

（5）作业人员在现场工作过程中，凡遇到异常情况（如直流系统接地等）或断路器（开关）跳闸时，不论与本身工作是否有关，应立即停止作业，保持现状，待查明原因，确定与本作业无关时方可继续作业；若异常情况或断路器（开关）跳闸是本身作业所引起，应保留现场并立即通知运行人员，以便及时处理。

（6）作业前应做好准备，了解作业地点、作业范围、一次设备及二次设备运行情况、安全措施、试验方案、上次试验记录、图样、整定值通知单是否齐备并符合实际，检查仪器、仪表等试验设备是否完好，核对微机保护及安全自动装置的软件版本号等是否符

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

合实际。

（7）现场作业开始前，应检查已做的安全措施是否符合要求，运行设备和检修设备之间的隔离措施是否正确完成，作业时还应仔细核对检修设备名称，严防走错位置。

（8）在全部或部分带电的运行屏（柜）上进行作业时，应将检修设备与运行设备前后以明显的标志隔开。

（9）在继电保护装置、安全自动装置及自动化监控系统屏（柜）上或附近进行打眼等振动较大的作业时，应采取防止运行中设备误动作的措施，必要时向调度申请，经值班调度员或运行值班负责人同意，将保护暂时停用。

（10）在继电保护、安全自动装置及自动化监控系统屏间的通道上搬运或安放试验设备时，不能阻塞通道，要与运行设备保持一定距离，防止事故处理时通道不畅，防止误碰运行设备，造成相关运行设备继电保护误动作。清扫运行设备和二次回路时，要防止振动，防止误碰，要使用绝缘工具。

（11）继电保护、安全自动装置及自动化监控系统做传动试验或一次通电时，应通知运行人员和有关人员，并由作业负责人或由他指派专人到现场监视，方可进行。

（12）所有电流互感器和电压互感器的二次绕组应有一点且仅有一点永久性的、可靠的保护接地。

（13）在带电的电流互感器二次回路上作业时，应采取下列安全措施：

1）严禁将电流互感器二次侧开路。

2）短路电流互感器二次绕组，应使用短路片或短路线，严禁用导线缠绕。

3）在电流互感器与短路端子之间导线上进行任何作业，应有严格的安全措施，并填用“二次作业安全措施票”。必要时申请停用有关保护装置、安全自动装置或自动化监控系统。

4）作业中严禁将回路的永久接地点断开。

5）作业时，应有专人监护，使用绝缘工具，并站在绝缘垫上。

（14）在带电的电压互感器二次回路上作业时，应采取下列安全措施：

1）严格防止短路或接地。应使用绝缘工具，戴手套。必要时，作业前申请停用有关保护装置、安全自动装置或自动化监控系统。

2）接临时负载，应装有专用的隔离开关和熔断器。

3）作业时应有专人监护，严禁将回路的安全接地点断开。

（15）二次回路通电或耐压试验前，应通知运行人员和有关人员，并派人到现场看守，检查二次回路及一次设备上确无人作业后，方可加压。

电压互感器的二次回路通电试验时，为防止由二次侧向一次侧反充电，除应将二次回路断开外，还应取下电压互感器高压熔断器或断开电压互感器一次隔离开关。

（16）检验继电保护、安全自动装置、自动化监控系统和仪表的作业人员，不准对运行中的设备、信号系统、保护连接片进行操作，但在取得运行人员许可并在检修工作盘两侧断路器（开关）把手上采取防误操作措施后，可拉合检修断路器（开关）。

（17）试验用刀开关应有熔丝并带罩，被检修设备及试验仪器禁止从运行设备上直接取试验电源，熔丝配合要适当，要防止越级熔断总电源熔丝。试验接线要经第二人复查后，方可通电。

（18）继电保护装置、安全自动装置和自动化监控系统的二次回路变动时，应按经审批

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

后的图纸进行，无用的接线应隔离清楚，防止误拆或产生寄生回路。

（19）试验工作结束后，按“二次作业安全措施票”逐项恢复同运行设备有关的接线，拆除临时接线，检查装置内无异物，屏面信号及各种装置状态正常，各相关连接片及切换开关位置恢复至工作许可时的状态。

4. 在六氟化硫电气设备上的检修、维护作业

（1）装有 SF_6 设备的配电装置室和 SF_6 气体实验室，应装设强力通风装置，风口应设置在室内底部，排风口不应朝向居民住宅或行人。

（2）在室内，设备充装 SF_6 气体时，周围环境相对湿度应不大于 80%，同时应开启通风系统，并避免 SF_6 气体泄漏到工作区。工作区空气中 SF_6 气体含量不得超过 1000μL/L。

（3）主控制室与 SF_6 配电装置室间要采取气密性隔离措施。

SF_6 配电装置室与其下方电缆层、电缆隧道相通的孔洞都应封堵。SF_6 配电装置室及下方电缆层隧道的门上，应设置“注意通风”的标志。

（4）SF_6 配电装置室、电缆层（隧道）的排风机电源开关应设置在门外。

（5）在 SF_6 配电装置室低位区应安装能报警的氧量仪或 SF_6 气体泄漏报警仪，在工作人员入口处也要装设显示器。这些仪器应定期试验，保证完好。

（6）工作人员进入 SF_6 配电装置室，入口处若无 SF_6 气体含量显示器，应先通风 15min，并用检漏仪测量 SF_6 气体含量合格。尽量避免一人进入 SF_6 配电装置室进行巡视，不准一人进入从事检修工作。

（7）工作人员不准在 SF_6 设备防爆膜附近停留。若在巡视中发现异常情况，应立即报告，查明原因，采取有效措施进行处理。

（8）进入 SF_6 配电装置低位区或电缆沟进行作业，应先检测含氧量（不低于 18%）和 SF_6 气体含量是否合格。

（9）在打开的 SF_6 电气设备上工作的人员，应经专门的安全技术知识培训，配置和使用必要的安全防护用具。

（10）设备解体检修前，应对 SF_6 气体进行检验。根据有毒气体的含量，采取安全防护措施。检修人员需穿着防护服并根据需要佩戴防毒面具。打开设备封盖后，现场所有人员应暂离现场 30min。取出吸附剂和清除粉尘时，检修人员应戴防毒面具和防护手套。

（11）设备内的 SF_6 气体不得向大气排放，应采取净化装置回收，经处理合格后方准使用。回收时作业人员应站在上风侧。

设备抽真空后，用高纯度氮气冲洗 3 次［压力为 9.8×10^4Pa（1 个大气压）］。将清出的吸附剂、金属粉末等废物放入 20% 氢氧化钠水溶液中浸泡 12h 后深埋。

（12）从 SF_6 气体钢瓶引出气体时，应使用减压阀降压。当瓶内压力降至 9.8×10^4Pa（1 个大气压）时，即停止引出气体，并关紧气瓶阀门，戴上瓶帽。

（13）SF_6 配电装置发生大量泄漏等紧急情况时，人员应迅速撤出现场，开启所有排风机进行排风。未佩戴隔离式防毒面具人员禁止入内。只有经过充分的自然排风或恢复排风后，人员才准进入。发生设备防爆膜破裂时，应停电处理，并用汽油或丙酮擦拭干净。

（14）进行气体采样和处理一般渗漏时，要戴防毒面具并进行通风。

（15）SF_6 断路器（开关）进行操作时，禁止检修人员在其外壳上进行作业。

（16）检修结束后，检修人员应洗澡，把用过的工器具、防护用具清洗干净。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（17）SF_6 气瓶应放置在阴凉干燥、通风良好、敞开的专门场所，直立保存，并应远离热源和油污的地方，防潮、防阳光曝晒，并不得有水分或油污粘在阀门上。

搬运时，应轻装轻卸。

5. 电力电缆相关作业

（1）电力电缆作业的基本要求

1）作业前应详细核对电缆标志牌的名称与作业票所填写的相符，安全措施正确可靠后，方可开始工作。

2）填用电力电缆第一种作业票的工作应经调度的许可，填用电力电缆第二种作业票的作业可不经调度的许可。若进入变配电站、发电厂工作，都应经当值运行人员许可。

3）电力电缆设备的标志牌要与电网系统图、电缆走向图和电缆资料的名称一致。

4）变配电站的钥匙与电力电缆附属设施的钥匙应专人严格保管，使用时要登记。

（2）电力电缆作业时的安全措施

1）电缆施工的安全措施：

① 电缆直埋敷设施工前应先查清图样，再开挖足够数量的样洞和样沟，摸清地下管线分布情况，以确定电缆敷设位置及确保不损坏运行电缆和其他地下管线。

② 为防止损伤运行电缆或其他地下管线设施，在城市道路红线范围内不应使用大型机械来开挖沟槽，硬路面面层破碎可使用小型机械设备，但应加强监护，不得深入土层。若要使用大型机械设备时，应履行相应的报批手续。

③ 掘路施工应具备相应的交通组织方案，做好防止交通事故的安全措施。施工区域应用标准路栏等严格分隔，并有明显标记，夜间施工人员应佩戴反光标志，施工地点应加挂警示灯，以防行人或车辆等误入。

④ 沟槽开挖深度达到 1.5m 及以上时，应采取措施防止土层塌方。

⑤ 沟槽开挖时，应将路面铺设材料和泥土分别堆置，堆置处和沟槽应保留通道供施工人员正常行走。在堆置物堆起的斜坡上不得放置工具材料等器物，以免滑入沟槽损伤施工人员或电缆。

⑥ 挖到电缆保护板后，应由有经验的人员在场指导，方可继续进行，以免误伤电缆。

⑦ 挖掘出的电缆或接头盒，如下面需要挖空时，应采取悬吊保护措施。电缆悬吊应每 1～1.5m 吊一道；接头盒悬吊应平放，不得使接头盒受到拉力；若电缆接头无保护盒，则应在该接头下垫上加宽加长木板，方可悬吊。电缆悬吊时，不得用铁丝或钢丝等，以免损伤电缆护层或绝缘。

⑧ 移动电缆接头一般应停电进行。如必须带电移动，应先调查该电缆的历史记录，由有经验的施工人员，在专人统一指挥下，平正移动，以防止损伤绝缘。

⑨ 锯电缆以前，应与电缆走向图图样核对相符，并使用专用仪器（如感应法）确切证实电缆无电后，用接地的带绝缘柄的铁钎钉入电缆芯后，方可工作。扶绝缘柄的人应戴绝缘手套并站在绝缘垫上。

⑩ 开启电缆井井盖、电缆沟盖板及电缆隧道人孔盖时应使用专用工具，同时注意所立位置，以免滑脱后伤人。开启后应设置标准路栏围起，并有人看守。作业人员撤离电缆井或隧道后，应立即将井盖盖好，以免行人碰盖后摔跌或不慎跌入井内。

⑪ 电缆隧道应有充足的照明，并有防火、防水、通风的措施。电缆井内作业时，禁止

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

只打开一只井盖（单眼井除外）。进入电缆井、电缆隧道前，应先用吹风机排除浊气，再用气体检测仪检查井内或隧道内的易燃易爆及有毒气体的含量是否超标，并做好记录。电缆沟的盖板开启后，应自然通风一段时间后方可下井沟作业。电缆井、隧道内作业时，通风设备应保持常开，以保证空气流通。

⑫ 充油电缆施工应做好电缆油的收集工作，对散落在地面上的电缆油要立即覆上黄沙或砂土，及时清除，以防行人滑跌和车辆滑倒。

⑬ 在10kV跌落式熔断器与10kV电缆头之间，宜加装过渡连接装置，使工作时能与跌落式熔断器上桩头有电部分保持安全距离。在10kV跌落式熔断器上桩头有电的情况下，未采取安全措施前，不得在跌落式熔断器下桩头新装、调换电缆尾线或吊装、搭接电缆终端头。如必须进行上述作业，则应采用专用绝缘罩隔离，在下桩头加装接地线。作业人员站在低位，伸手不得超过跌落式熔断器下桩头，并设专人监护。

上述加绝缘罩的工作应使用绝缘工具。

雨天禁止进行以上作业。

⑭ 使用携带型火炉或喷灯时，火焰与带电部分的距离：电压在10kV及以下者，不得小于1.5m；电压在10kV以上者，不得小于3m。不得在带电导线、带电设备、变压器、油断路器（开关）附近以及在电缆夹层、隧道、沟洞内对火炉或喷灯加油及点火。

⑮ 制作环氧树脂电缆头和调配环氧树脂工作过程中，应采取有效的防毒和防火措施。

⑯ 电缆施工完成后应将穿越过的孔洞进行封堵，以达到防水或防火的要求。

⑰ 非开挖施工的安全措施：采用非开挖技术施工前，应首先探明地下各种管线及设施的相对位置；非开挖的通道，应离开地下各种管线及设施足够的安全距离；通道形成的同时，应及时对施工的区域进行灌浆等措施，防止路基的沉降。

2）电力电缆线路试验安全措施：

① 电力电缆试验要拆除接地线时，应征得作业许可人的许可（根据调度员指令装设的接地线，应征得调度员的许可），方可进行。作业完毕后立即恢复。

② 电缆耐压试验前，加压端应做好安全措施，防止人员误入试验场所。另一端应挂上警告牌。如另一端是上杆的或是锯断电缆处，应派人看守。

③ 电缆的试验过程中，更换试验引线时，应先对设备充分放电，作业人员应戴好绝缘手套。

④ 电缆耐压试验分相进行时，另两相电缆应接地。

⑤ 电缆试验结束，应对被试电缆进行充分放电，并在被试电缆上加装临时接地线，待电缆尾线接通后才可拆除。

⑥ 电缆故障声测定点时，禁止直接用手触摸电缆外皮或冒烟小洞，以免触电。

6. 变压器检修作业安全注意事项

（1）电力变压器及其控制装置的检修填写第一种作业票，并设置下列安全措施：

1）室内变压器应先断开低压侧的负荷，再断开高压侧的电源，将高压柜的出口及低压总柜的进口处，三相短路且挂接地线。小车拉出后，关门上锁。高压侧及低压侧的合闸手柄或控制盘上合闸转换开关的手柄上必须悬挂“禁止合闸，有人作业！”的标示牌，以防误合。

2）室外变压器与室内变压器的停运操作相同。室外变压器低压侧只用熔断器保护时，停运操作可直接拉开高压侧的柱上断路器或跌落式熔断器，然后再拆下低压侧的熔断器，并将高压侧下闸口的引线和低压侧的引线短路接地，其他同上。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）一次、二次为电缆头接线时，必须将其三相短路接地。

4）停电后的变压器应进行验电、放电操作。变压器的周围应设置遮栏或围栏，并挂标志牌以防非工作人员误入。

5）变压器控制装置安全措施的设置同高压电动机。

（2）电力变压器的检修，应随变配电装置或线路的检修同期进行。无论线路是否停电，变压器的操作及安全措施均按有电设置。

（3）变压器顶盖上作业必须穿软底鞋，工具的传递必须手对手，且轻拿轻放，任何情况下严禁抛掷。

（4）停电后的变压器与周围带电部分的距离不能满足检修作业时，必须设置遮栏，并有监护人监护。试验时，周围严禁有人，地面应设围栏，并悬挂“止步，高压危险！”的标示牌，且有监护人监护。检修及试验严禁非工作人员入内。

（5）变压器的吊心，起重设备及吊具应满足吊重的需要，并检查合格。吊心应编制方案且把工器具及材料准备齐全，并有足够大的场地，同时应考虑天气及气温条件，并应满足技术条件。吊心应按起重安全规程进行，并由起重工配合。保证不触及套管、储油柜、线圈等部分。吊心作业的场地不能满足需要，必须全部停电进行。吊心时，吊起30～50mm时，应停止起吊，观察有无不妥，并给予一定外加的冲击力，对吊具进行试验，经核实确无故障后，再继续起吊。起吊过程中以及在没有枕木或槽钢将芯子支持在油箱上时，严禁在芯子底部探头、观察和抚摸。枕木、槽钢处事先检查并处理干净，不得滴落尘屑。

（6）更换或补充变压器油时，必须同牌号且经化验试验合格，必要时应做混油试验。同时应考虑天气条件。

（7）变压器检修作业完毕必须经试验合格才能投入运行。组装变压器时，不允许将手指伸入到法兰的螺孔内。

（8）变压器检修作业，必须严格执行保证安全的组织措施和技术措施。

（9）变压器试验后，必须经试投正常后，才能正式投入运行。

7. 架空线路检修作业安全注意事项

（1）架空线路的停电检修作业应填写作业票，并按组织措施和技术措施等做好安全措施和防护工作。

（2）架空线路的倒闸操作应填写倒闸操作票，并做好安全措施。操作没有传动机构的开关及跌落式熔断器，必须使用合格的绝缘棒正确操作。

（3）登杆进行倒闸操作，必戴安全帽、系安全带。操作柱上油开关时，应穿长袖工作服。雷雨时，室外严禁倒闸操作和更换熔丝作业。登杆前必须仔细检查登杆用具。

（4）解裂或复原杆上变压器、避雷器的接地引线时，应戴绝缘手套。严禁接触与地已断开的接地线及其所连接的设备。必要时应进行验电操作。

（5）带电线路导线与地面的垂直距离、导线弛度、交叉跨越距离，可用测量仪器或在导线上用绝缘杆悬挂相应电压等级的绝缘绳的方法测量。严禁使用非绝缘或绝缘等级不符的绳索测量。使用的绝缘绳不得受潮，使用前应检查质量并进行耐压试验。

（6）同杆架设的多层电力线路进行验电时，先验低压，后验高压；先验下层，后验上层。挂接地线时，先挂低压，后挂高压；先挂下层，后挂上层。杆塔无接地引下线时，应用临时接地线，其接地棒插入地下的深度不得小于0.6m，接地电阻应小于4Ω。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（7）大风或雷雨日及夜间天气禁止在线路上作业。变台检修作业必须有足够的照明及安全措施。夜间巡视线路应沿线路外侧进行，遇大风巡线时，应沿线路的上风侧进行。事故时巡线须始终认为线路带电。特殊恶劣天气必须两人进行作业。

（8）停电线路送电开关的手柄上悬挂的“禁止合闸，线路上有人作业！”的标示牌应与该线路上作业班组的数量相同，当一个班组作业完毕并撤离现场后应同时取掉一个标示牌。任何人不得随意更动。

（9）线路检修作业完毕后，作业负责人检查质量是否合格。拆除所有接地线，清点现场工具材料，防止遗漏于杆塔线路上，全部作业人员离开工作现场并点清人数后，方可申请送电。一经申请送电，线路即视为带电，任何人不得再登杆进行作业。如需再进行作业，应重新办理停电手续。

（10）停电或送电必须办理申请手续，严禁约时停电、送电。必要时应用通信设备联络。

（三）调整试验电工

1. 高压试验

（1）高压试验应填用变电站第一种作业票。

在一个电气连接部分同时有检修和试验时，可填用一张作业票，但在试验前应得到检修作业负责人的许可。

在同一电气连接部分，高压试验作业票发出时，应先将已发出的检修作业票收回，禁止再发出第二张作业票。如果试验过程中，需要检修配合，应将检修人员填写在高压试验作业票中。

如加压部分与检修部分之间的断开点，按试验电压有足够的安全距离，并在另一侧有接地短路线时，可在断开点的一侧进行试验，另一侧可继续工作。但此时在断开点应挂有“止步，高压危险！”的标示牌，并设专人监护。

（2）高压试验作业不得少于两人。试验负责人应由有经验的人员担任，开始试验前，试验负责人应向全体试验人员详细布置试验中的安全注意事项，交代邻近间隔的带电部位，以及其他安全注意事项。

（3）因试验需要断开设备接头时，拆前应做好标记，接后应进行检查。

（4）试验装置的金属外壳应可靠接地；高压引线应尽量缩短，并采用专用的高压试验线，必要时用绝缘物支持牢固。

试验装置的电源开关，应使用明显断开的双极刀开关。为了防止误合刀开关，可在刀刃上加绝缘罩。

试验装置的低压回路中应有两个串联电源开关，并加装过载自动跳闸装置。

（5）试验现场应装设遮栏或围栏，遮栏或围栏与试验设备高压部分应有足够的安全距离，向外悬挂“止步，高压危险！”的标示牌，并派人看守。被试设备两端不在同一地点时，另一端还应派人看守。

（6）加压前应认真检查试验接线，使用规范的短路线，表计倍率、量程、调压器零位及仪表的开始状态均正确无误，经确认后，通知所有人员离开被试设备，并取得试验负责人许可，方可加压。加压过程中应有人监护并呼唱。

高压试验工作人员在全部加压过程中，应精力集中，随时警戒异常现象发生，操作人应站在绝缘垫上。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（7）变更接线或试验结束时，应首先断开试验电源、放电，并将升压设备的高压部分放电、短路接地。

（8）未装接地线的大电容被试设备，应先行放电再做试验，高压直流试验时，每告一段落或试验结束时，应将设备对地放电数次并短路接地。

（9）试验结束时，试验人员应拆除自装的接地短路线，并对被试设备进行检查，恢复试验前的状态，经试验负责人复查后，进行现场清理。

（10）变电站、发电厂升压站发现有系统接地故障时，禁止进行接地网接地电阻的测量。

（11）特殊的重要电气试验，应有详细的安全措施，并经单位主管生产的领导（总工程师）批准。

2. 使用携带型仪器的测量作业

（1）使用携带型仪器在高压回路上进行作业，至少由两人进行。需要高压设备停电或做安全措施的，应填用变电站第一种作业票。

（2）除使用特殊仪器外，所有使用携带型仪器的测量作业，均应在电流互感器和电压互感器的二次侧进行。

（3）电流表、电流互感器及其他测量仪表的接线和拆卸，需要断开高压回路者，应将此回路所连接的设备和仪器全部停电后，才能进行。

（4）电压表、携带型电压互感器和其他高压测量仪器的接线和拆卸无需断开高压回路者，可以带电作业。但应使用耐高压的绝缘导线，导线长度应尽可能缩短，不准有接头，并应连接牢固，以防接地和短路。必要时用绝缘物加以固定。

使用电压互感器进行作业时，先应将低压侧所有接线接好，然后用绝缘工具将电压互感器接到高压侧。作业时应戴手套和护目眼镜，站在绝缘垫上，并应有专人监护。

（5）连接电流回路的导线截面，应适合所测电流数值。连接电压回路的导线截面积不得小于 1.5mm^2。

（6）非金属外壳的仪器，应与地绝缘，金属外壳的仪器和变压器外壳应接地。

（7）测量用装置必要时应设遮栏或围栏，并悬挂“止步，高压危险！”的标示牌。仪器的布置应使工作人员距带电部位不小于表 11-1 规定的安全距离。

3. 使用钳形电流表的测量作业

（1）运行人员在高压回路上使用钳形电流表的测量工作，应由两人进行。非运行人员测量时，应填用变电站第二种作业票。

（2）在高压回路上测量时，严禁用导线从钳形电流表另接表计测量。

（3）测量时若需拆除遮栏，应在拆除遮栏后立即进行。工作结束，应立即将遮栏恢复原状。

（4）使用钳形电流表时，应注意钳形电流表的电压等级。测量时戴绝缘手套，站在绝缘垫上，不得触及其他设备，以防短路或接地。

观测表计时，要特别注意保持头部与带电部分的安全距离。

（5）测量低压熔断器和水平排列低压母线电流时，测量前应将各相熔断器和母线用绝缘材料加以包护隔离，以免引起相间短路，同时应注意不得触及其他带电部分。

（6）在测量高压电缆各相电流时，电缆头线间距离应在 300mm 以上，且绝缘良好，测量方便者，方可进行。

当有一相接地时，严禁测量。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（7）钳形电流表应保存在干燥的室内，使用前要擦拭干净。

4. 使用绝缘电阻表测量绝缘的作业

（1）使用绝缘电阻表测量高压设备绝缘，应由两人进行。

（2）测量用的导线，应使用相应的绝缘导线，其端部应有绝缘套。

（3）测量绝缘时，应将被测设备从各方面断开，验明无电压，确实证明设备无人作业后，方可进行。在测量中禁止他人接近被测设备。

在测量绝缘前后，应将被测设备对地放电。

测量线路绝缘时，应取得许可并通知对侧后方可进行。

（4）在有感应电压的线路上测量绝缘时，应将相关线路同时停电，方可进行。雷电时，严禁测量线路绝缘。

（5）在带电设备附近测量绝缘电阻时，测量人员和绝缘电阻表安放位置，应选择适当，保持安全距离，以免绝缘电阻表引线或引线支持物触碰带电部分。移动引线时，应注意监护，防止作业人员触电。

5. 核相作业的安全规定及注意事项

（1）使用核相杆和电压互感器进行核相作业时，应填写作业票。高压核相作业至少由4人进行，监护人必须不间断地进行监护，直到作业完毕。同时按上述要求做好安全技术措施。

（2）核相杆使用前须进行检查和擦拭，其外部不得有裂痕损伤和铅笔印，并用2500～5000kV的绝缘电阻表测量核相杆的电阻及绝缘电阻须与要求相符。不同电压等级的核相杆禁止混用。核相杆的保管与常用携带式测量仪表相同。

（3）作业操作人必须穿绝缘靴、戴绝缘手套、穿长袖工作服，并戴护目镜，必要时必须站在绝缘台上。测量时，监护人统一指挥，信号口令要清楚，操作人在操作前要复述一遍，且应准确无误。

（4）测量时，所用的仪表对地应有足够的绝缘并用支架支设，其连接线必须用线轮缠绕整齐，并要缓慢牵引，同时注意与周围的安全距离。仪表应校验或检定周期之内。

（5）核相作业在室外进行时，必须天气良好，风、雨、雪等恶劣天气停止作业。

（6）在核相地段的周围应用临时遮栏或红绳临时围栏围起来，并挂“止步，高压危险！”的标志牌，以防止非作业人接近或误入。

（7）使用电压互感器进行核相作业时，除上述有关规定外，还有以下规定：

1）电压互感器绝缘套管不应有裂痕及损伤，其金属外壳和二次侧应可靠接地。

2）电压互感器应放置在高处且平稳的绝缘台架上或绝缘垫上。

3）电压互感器应在校验或检定周期之内。

4）连接导线在满足使用的条件下，必须尽量短，并保持安全距离，其绝缘棒前端上应有螺扣并能使挂钩压紧，接触可靠。

（8）低压核相时，至少应由三人进行，且遵守上述的有关规定。禁止手持电压表进行作业，必须放置在高处而绝缘的地方并固定。与带电部位应保持安全距离，见表11-1。

6. 现场安全注意事项

（1）任何人进入生产现场（办公室、控制室、值班室和检修班组室除外），应戴安全帽。

（2）工作场所的照明，应该保证足够的亮度。在操作盘、重要表计、主要楼梯、通道、调度室、机房、控制室等地点，还应设有事故照明。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（3）变、配电站及发电厂遇有电气设备着火时，应立即将有关设备的电源切断，然后进行救火。消防器材的配备、使用、维护，消防通道的配置等应遵守 DL 5027—1993《电力设备典型消防规程》的规定。

（4）电气工具和用具应由专人保管，定期进行检查。使用时，应按有关规定接入漏电保护装置、接地线。使用前应检查电线是否完好，有无接地线，不合格的不准使用。

（5）凡在离地面（坠落高度基准面）2m 及以上的地点进行的作业，都应视作高处作业。

（6）高处作业应使用安全带（绳），安全带（绳）使用前应进行检查，并定期进行试验。安全带（绳）应挂在牢固的构件上或专为挂安全带用的钢架或钢丝绳上，并不得低挂高用，禁止系挂在移动或不牢固的物件上［如避雷器、断路器（开关）、隔离开关、电流互感器、电压互感器等支持件上］。在没有脚手架或者在没有栏杆的脚手架上作业，高度超过 1.5m 时，应使用安全带或采取其他可靠的安全措施。

（7）高处作业应使用工具袋，较大的工具应固定在牢固的构件上，不准随便乱放，上下传递物件应用绳索拴牢传递，严禁上下抛掷。

（8）在未做好安全措施的情况下，不准登在不坚固的结构上（如彩钢板屋顶）进行作业。

（9）梯子应坚固完整，梯子的支柱应能承受作业人员及所携带的工具、材料攀登时的总重量，硬质梯子的横木应嵌在支柱上，梯阶的距离不应大于40cm，并在距梯顶1m 处设限高标志。梯子不宜绑接使用。

（10）在户外变电站和高压室内搬动梯子、管子等长物，应两人放倒搬运，并与带电部分保持足够的安全距离。

在变、配电站（开关站）的带电区域内或临近带电线路处，禁止使用金属梯子。

（11）在带电设备周围严禁使用钢卷尺、皮卷尺和线尺（夹有金属丝者）进行测量工作。

（四）安装电工

1. 基本要求

（1）安装电工安全操作基本要求

1）绝缘工具、检测器具、登杆工具、安全用具、安装机具等必须妥善保管，严禁它用，并定期检查、校验、检定及维护保养。同时制定严格的管理制度并实施，以保证上述内容实施。

2）安装现场使用的高低压设备及线路，须按照施工组织设计及有关临时用电安全技术规程安装、架设及维护。低压线路应推广使用三相五线制，电气设备及电动工具应可靠接地或接零，并正确配备漏电保护装置。电气设备及电动工具的接电必须一机一闸。详见 GB 50194—1993 及前述临时用电的有关要求。

3）电气线路上禁止带负荷接电或断电，并禁止带电操作。在高压带电区域内部分线路或设备停电时进行作业，人体与带电部位应保持安全距离，并有监护人监护。高压或低压及其线路停电时进行作业，应遵守有关停电的规定。

4）熔化焊锡、锡块、电缆胶、树脂胶等器具要保持干燥以防止爆溅，严禁用锡焊容器进行熔化。喷灯不得漏气、漏油及堵塞，不得在易燃、易爆场所点火及使用。工作完毕，灭火放气。动火作业必须遵守有关动火规定办理动火证。配制环氧树脂及沥青电缆胶时，操作地点必须通风良好，戴好防护用品，遵守电缆施工的有关规定。不得使用锡焊容器盛装热电缆胶。高空浇注时，下方不得站人。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）有人触电，必须立即切断电源，再进行急救。电器着火，应立即切断有关电源，使用泡沫灭火器或干砂灭火。

6）高压变配电设备，无论带电或不带电，单人值班时不准超越遮栏或从事维护修理工作。

7）绝缘杆或开关手柄经传动装置拉、合高压开关，应戴绝缘手套。雨天室外操作时，除穿戴绝缘防护用品外，绝缘棒必须有防雨罩，并有人监护。严禁带负荷拉、合隔离开关。

8）电气设备的金属外壳，必须可靠接地或接零。同一设备可接零或接地，但同一供电系统不允许有的设备接地而有的设备接零，也就是说在同一用电系统必须采取同一保护方式，不得混用。

9）电气设备的熔断器及其熔体的额定电流应与其负荷的容量相匹配，更换时应按原设计规格更换，不得用其他金属丝代替或随意增加熔体的规格，并根据熔断情况判断故障原因。

10）作业现场夜间临时照明线路及灯具的高度应大于2.5m，易燃、易爆场所应使用防爆灯具。

11）电气安装接线时，照明开关、灯口及插座等应正确接线，即开关控制相线，相线接在灯口的舌片端子上及插座的接线必须左零右相等。

12）容量较大或重载起动的电动机应采用补偿起动，星-三角起动只适用于轻载及小型电动机起动，起动时应先空试起动电路。室外电动机及其起动装置应有防雨设施。

13）电焊机的一次电源线一般不超过5m，其截面积应大于16mm^2。其二次线的连接应采用接线鼻子，且应用绝缘良好的软铜线，其截面积应大于75mm^2。

14）电气设备的接线必须断开电源，安装完毕的电气设备及电动机在投入运行使用前必须测量绝缘电阻并进行规定的检测和试验，确保在事故情况下，跳闸保护电气设备及电动机。

15）电气安装工程中使用的材料、元件、设备必须是合格品，使用前应验明其合格证，并阅读其说明书及有关技术文件，必要时要进行检测和试验。杜绝假冒伪劣产品进入安装工程。

（2）安装电工安全注意事项

1）电气设备及内线工程

① 安装高压油断路器、断路器等有返回弹簧的开关设备时，必须将开关置于断开的位置并将其锁住，以免脱机伤人。

② 开关柜盘并列安装时，手指不得放在两盘的接缝处和底座处，更不得触摸或伸进螺栓连接孔内。

③ 剔槽打孔时，锤头不得松动，錾子不得有裂纹和卷边，戴好防护眼镜，扶錾子的手应戴手套。楼板、砖墙打透墙孔时，板下墙后不得有人靠近，孔位选择不得有碍主体结构。

④ 弯管器弯管时，应选较宽敞、较平整的场地，防止扳脱时的跌倒和坠落，操作时要侧开身子，面部避开手柄，用力应平稳。使用弯管器前应检查其完好性并确保无误。

⑤ 管子灌砂揿弯时，砂子必须烘干，装砂的架子应搭设牢固。管子加热时，管口前不得有人。灌砂时用锤敲打管壁，下方不得站人。管径较大时应尽量使用机制弯管。使用烘炉时必须注意防火，下班时必须熄灭并按动火作业要求进行。

⑥ 管子穿带线时，不得对管口呼唤、吹气，防止带线弹起触眼。穿线时，两端要相互配合，防止挤手，送线时不得触摸管，握线的手至管口至少应保持100～150mm距离。

⑦ 吊顶内安装照明线路时不得在板条、天棚、隔音板上通行或堆放材料；必须通行时，应在龙骨上铺设脚手板。吊顶内的接线必须紧固可靠运行时不得打火。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

⑧ 紧固螺栓时，应有防止扳脱而跌倒或触及他物的措施。离开地坪作业时，要找好站位并把脚下清理干净。上下交叉作业时要上下呼应，不得抛掷工具及材料。

⑨ 使用梯子时，梯脚须有防滑措施，人字梯必须有拉链。不得站于梯顶作业，同时遵守高处作业的相关规定。

⑩ 使用电动工具时必须遵守相关规定。

⑪ 室外安装必须将楼板孔洞或洞口用结实材料封堵严实。

2）外线及电缆工程

① 用车搬运电杆时，必须捆绑牢固不得左右滚动或前后窜动。采用人力抬杆时，动作必须协调一致，杆不得离地过高。

② 人力立杆，叉杆应坚固完好，操作时要配合默契，用力一致且均衡。机械立杆，两侧应设缆绳并由可靠人员拉撑。立杆时，坑内及杆下不得有人。填土埋好夯实后，方可撤去叉杆及缆绳立杆作业应执行后述吊装运输的条款。

③ 登杆前必须检查基坑是否夯实，杆身是否牢固。旧木杆杆根单侧腐朽深度达到杆根直径 1/3 以上时，应加固打邦桩后登杆。水泥杆的纵向裂纹或径向裂纹达到规定限额时应禁止使用或攀登，登塔时应检查踏步铁件是否牢固可靠。

④ 登杆的脚扣应与杆径匹配，安全带应拴于安全可靠处，保险扣环必须扣牢。工具、材料应用小绳系好传递，禁止抛掷。使用登杆工具前应仔细检查。

⑤ 杆上紧线应侧身操作，紧线器的螺栓必须拧紧。紧有角度的导线时，应在外侧作业。调整拉线时，杆上不得有人，拉线坑及底把必须牢固可靠。紧线前必须检查拉线有无不妥。

⑥ 紧线用的铁丝或钢丝绳，必须大于导线的全部拉力，与导线的连接必须牢固可靠并不得伤及导线。紧线时，导线下方不得站人，单方向紧线时，反方向应设置临时拉线。紧线时应派人随时观察拉线及拉线坑的状况，如有松动时应立即停止紧线。

⑦ 架设导线线路较长时，每 2 ~ 3km 应临时接地一次，送电前必须拆除，拆除必须有记录。雷雨天气必须停止线路作业。

⑧ 雨季线路挖坑及其他土方作业，必须有防洪防灌的措施，应做到当天开挖，当天埋土夯实，并将电缆管口封堵严实。

⑨ 电缆盘上的电缆端头应绑扎固定。放线架、牵引车及千斤顶应设置平稳牢固，线盘应缓慢转动，防止脱滚或倾倒。电缆敷设至拐角处，扶缆人应站在外侧操作。木盘及包装板应集中堆放，以免钉子扎脚。展放前，沟内或隧道内应先清理杂物。

⑩ 野外作业应做到夏季防暑、防雷，冬季作业应做到防冻、防寒。同时都应预防小动物的袭击。

3）电气调试作业：

① 耐压试验装置的金属外壳必须可靠接地。被试设备或电缆的两端不在同一安装位置，另一端必须有人看守并用话机进行联系。接线必须正确，通电前应由非接线人员检查仪表并核对接线，无误后其他人员撤离，方可通电升压。

② 升压或降压应缓慢进行，因故暂停或试验结束时，应先将调节手柄调至零位后再关掉电源，放电后将升压设备的高压侧短接后接地。升压试验开始时，必须有明显的信号警示在场人员。

③ 升流试验的连接必须可靠，连接线必须有足够的截面积，以避免发热，升流应缓慢

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

进行。试验结束后应先将调节手柄调至零位后再关掉电源，并将电流输出端短路。升流试验用的电流表必须经检定合格，以免发生误贻。

④ 电气传动设备及高低压开关设备调试时，应将有关开关的手柄锁住，并悬挂标志牌以避免误动。有弹簧装置的开关要防止手柄弹回伤人。其中，升流耐压试验应遵守前述的规定。

⑤ 绝缘电阻表测量绝缘电阻时，要防止他人触及被测物。测量容量较大的容性或感性设备、材料后必须放电。雷电时禁止测量线路的绝缘电阻。测量绝缘电阻时，被测物必须脱离电源。

⑥ 电流互感器的二次禁止开路，电压互感器的二次禁止短路。互感器的二次必须有一点可靠接地。试验前应检查所有设备的接地情况，接地必须良好。

⑦ 放电时，应穿戴绝缘防护用品，先将接地线可靠接地，另一端必须用绝缘棒与放电物相接触，接触时要准确可靠，用力适中，要有足够的接触面并尽量减小接触电阻。

⑧ 调整试验时，必须先对设备及系统的原来接线及状态进行仔细检查和确认，正确识别试验时应开路的接点和短路的接点及元件的状态，以免发生意外。

（3）安装电工作业现场的基本安全要求

1）安装电工，包括现场参加施工的学徒工、实习生、代培生和民工等，都要受三级安全教育及培训，即厂或公司级、车间或处级、班组级三级，要熟悉电工最基本的安全操作规程和基本技能。在操作或作业中，要坚守工作岗位，禁止上班前或班上饮酒。

2）电工及参与作业的焊工、起重工、机动车司机等，必须经过专门培训及考试，合格后发给操作证，方可独立操作，并应持证上岗。学徒工、实习生、代培生等的电气作业必须由师傅带领或指导，不得独立作业。

3）进入作业现场后，必须戴安全帽穿工作服，禁止穿拖鞋或光脚，冬季严禁穿硬底鞋或塑料底鞋。在高空、悬崖和陡坡作业，必须系安全带并有人监护。上下交叉作业且有危险出口时要有防护棚或其他隔离设施。距地面3m以上作业要有防护栏杆、挡板或安全网。安全帽、安全带，安全网要定期检查，不符合要求的严禁使用，更不得带入现场。进入现场后要及时清理脚下杂物。

4）作业现场设置的脚手架、防护设施、安全标志、警告牌等安全设施，任何人不得擅自拆动。需要拆动的，要经负责人同意，并验收合格。

5）作业现场的洞、坑、沟、升降口、漏斗及楼梯口、电梯口、通道口、预留洞口、高处临边等处，必须有防护装置并有明显的警告标志，如“小心坠落、小心坠落物砸伤”等。现场有限制人员进入的地方必须设标示牌，以免误入发生危险。

6）作业现场应有交通标志，交通频繁的交叉路口应设交通指挥或设岗。火车道口应设落杆。危险地区及沟、井处要挂有“危险”、“禁止通行”的标示牌，夜间应有红灯警戒。

7）作业现场的坑、沟、槽，必须经常检查其边壁土质的坚固情况，发现有裂缝、疏松、支撑移动时应即时采取加固措施。土方作业要根据土质、沟深、地下水位、机械设备的重量等现场实际情况确定与沟边距离及材料的放置。往地下坑内运送材料时，必须用规定的信号联系。雨季施工必须有防淹、灌的措施。

8）化学药品如油漆、溶剂、电缆头制作辅料等的使用要遵守操作方法及正确要求，注意通风、防毒及防腐。药品的保存应符合要求，药品的标签必须完整、字迹清晰，必须隔离保管的必须隔离，不得混装。油料、电石或乙炔气、氧气要妥善保管，并有严密的采购、搬

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

运、贮存、领用制度和手续。

9）各工种间应搞好协作关系，不得随意动用其他工种的设备，必要时要征得其他工种的认可。

10）现场应有安全总监，各工种或作业班组应有安全员。现场安全总监和安全员必须尽心尽责，做好巡视检查，预防和杜绝事故发生。

（4）安装现场对动力装置及施工机械的安全要求

1）电气方面

① 电气设备和线路的绝缘必须良好，裸导线必须安装在高于2.5m不易碰击的地方，受现场条件限制达不到要求高时应设置在安全遮栏内，并悬挂警示牌。现场电气线路推荐使用橡胶绝缘电缆，敷设在不易受到机械损伤的地方或采用穿金属管保护。

② 电气设备及其装置、机电设备的金属外壳可能由于绝缘损坏而有可能带电。因此，必须根据其技术条件采取可靠的保护接地或接零。现场设置的接地装置、接地电阻必须符合要求。

③ 设备与电源相接时，必须设开关并有短路保护装置，容量小于1.5kW的才允许使用插座并用熔断器保护。禁止乱拉乱接。露天的开关、插座应装置在防雨的箱内。

④ 行灯的电压不得超过36V，在金属容器或潮湿场所，行灯的电压不得超过12V。行灯变压器必须一次、二次均设熔断器并有一端可靠接地。

⑤ 电焊焊接物、金属工作台同大地相隔的时候，都要有保护性接地。

⑥ 电气设备、电动机械、电气照明设备等拆除后，不得留有可能带电的导线。必须保留时，应将电源处开关断开，导线端部包以与电压等级相应的绝缘并置于高处人不易触及的地方，同时挂有标志，以防不测。

⑦ 施工用的电气设备及线路的安装必须符合临时用电的要求（详见GB 50194—1993），并设专职电工定期进行维护、保养检修和试验，以保证其经常处于完好状态。修理的时候，应遵守电气线路、设备检修的安全规定。专职电工应有维护能力，工程较大的工地应配技师或技术人员。

2）锅炉及焊接

① 施工用的锅炉应有安全阀、压力表和水位计，并保证其准确有效。同时锅炉应有按照周期进行维护保养、检查修理和水压试验的制度，担任司炉人员应经过技术监督部门认可的训练并考试合格，否则不能担任司炉工作。

② 气瓶的存放及使用，要距明火10m以上，同时要避免在阳光下曝晒，要尽量避开热源，搬动时不得碰撞，要轻装轻卸，文明搬运。

③ 氧气瓶要有瓶盖，减压器上应有安全阀，严禁沾染油类，并不得与可燃气瓶放在同一处所。乙炔气瓶应有瓶盖和减压器、安全阀。作业时两者应相距5m以外。

焊接作业地点应有良好的通风条件，作业前应清除现场的易燃易爆物并有保护措施，以免火灾发生或爆炸。

3）机械设备方面

① 机械设备的机座必须安装稳固，安放移动设备时，必须使其地面平整坚固，并有防止由于自重和外部载荷作用引起的位移或倾倒。设备的传送带、明齿轮、砂轮、电锯、联轴器、传动轴、带轮、飞轮等转动危险部位，要有防护罩类的防护装置。

② 设备的转动摩擦部位应有自动加油装置，当人工加油时应用长嘴注油器，难于加油

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的设备必须停车后注油。油必须是适应设备运转的合格油，不得使用不合格的油。

③ 机械设备安装、拆洗、试运转、修理检修时，应有防止机械设备转动部位自行转动的措施，电源处应上锁或有专人看守。清洗设备及零件时，不得使用含铅的汽油。大型设备应可靠接地。一切和工作无关的人员均不得靠近。必要时应设防护围栏。应有防止设备自行。

④ 机电设备均应由经过训练并经考试取得操作证的专业人员操作，非工作人员不得操作机械。

⑤ 机械、设备、工具、仪器仪表要定期检修及试验，不得带病运转或使用。检修和试验应有详尽记录，记录应有可追溯性。

4）起重吊装机械方面

① 起重机械、牵引机械及辅助吊装器具要标明最大载荷，起重、吊装、牵引机械应标明最大安全速度，标明倾斜角度。

② 起重机械应有全套的安全装置，安全装置应试验合格，并能准确动作。应定期检查、修理、调整及试验，使其经常处于完好状态。

③ 起重机械在使用前要经过试车，同时在试车前要检查挂钩、钢丝绳、齿轮、安全保护装置及电气部分。使用时，应有专人指挥，禁止斜吊斜拉。禁止任何人站在被吊物上或在吊运物下、悬臂下停留行走。物件悬空时，驾驶员、指挥员不得离开现场。驾驶员必须持证上岗。

④ 安装吊装机械或设备时，不得将其拉线或缆风绳绑固在脚手架上，必须有其专用的地锚且应安全可靠。没有经过负责人的批准，不准利用脚手架作为起重机或滑车的附属装置及支架。

⑤ 严格执行起重机械的安全操作规程。

⑥ 详见本节相关的内容。

5）其他管理方面

① 作业负责人应制定安全责任制及安全保证体系，并确定专职安全员，带领全体作业人员做到“安全第一”，保证工程的顺利进行。通常大型安装现场要设安全总监并有安全流动检查员随时对现场进行监督检查。

② 作业前作业负责人必须向作业人员详尽进行安全交底，并设置安全措施，必要时应签订安全责任书。

③ 现场的电气工作人员或维修人员、机械设备的维修人员应定期和不定期地对所辖设备进行巡视、检查、维护、保养，及时发现安全隐患并处理，保证现场安全施工。

④ 现场工作人员应遵守各种安全规定和安全操作规程。

2. 电气安装作业

（1）登杆作业的安全事项

1）登杆前应先检查杆身是否倾斜或破损，拉线、绑桩、杆根及基础是否牢固，有无因地面受到冲刷、挖土而出现不妥，否则应先培土夯实或支好架杆并打好临时拉线，处理好后才能登杆。其中，木杆除上述检查外，还应检查杆身及埋地部分腐朽程度，杉木杆腐朽杆径达 1/2、松杆腐朽杆径达 1/3 者，应先打邦桩后再进行登杆。新立的电杆其杆基未填满夯实培土时，严禁攀登，同时登杆前还应检查杆坑周围的环境条件。

2）登杆前应先检查杆上有无障碍，杆型较复杂的要先考虑登杆的路径，同时应考虑登杆后的站位、工具袋的挂位以及作业内容等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）登杆前应先检查登杆工具，如脚扣、安全带、梯子是否牢固。安全带、脚扣、梯子、小绳等用具应符合标准的要求。使用前应进行仔细检查。

4）脚扣的基本要求：

① 脚扣的大小应与电杆的直径相适应。

② 脚扣应完整无损，混凝土杆脚扣的胶套不得破损或脱落，不得豁裂或糟朽。木杆脚扣的铁齿应完整，与杆的勾挂应牢固有力等。

③ 脚扣开口较大或过小以至歪扭都不得使用，必须修复后且经检查试验合格后再用。脚扣禁止摔落，必须用绳子从杆上送下或提上。

5）登杆用安全带的基本要求：

① 安全带应无腐朽、脆裂、老化、断股现象，金属部位应无锈蚀，金属钩环应坚固无损裂，带上的眼孔应无豁裂及严重磨损，使用前应彻底检查确认。

② 安全带上的钩环应有保险闭锁装置，且应转动灵活、无阻无卡，操作方便，安全可靠，使用前应试验合格。

③ 安全带使用时，应扎在臀部而不应扎在腰部。

④ 登杆后，安全带应拴在紧固可靠之处，禁止系在横担、拉板、杆顶、锋利部位以及即要撤换的部位或部件上。

⑤ 安全带拴好后，首先将钩环上好并将保险装置闭锁，才能作业。登上杆后的全部作业都不允许将安全带解开。

6）梯子登杆作业的基本要求：

① 梯子的高度应与作业现场的高度相适应，太高或太低都将会给操作带来不便。

② 梯子应坚固无裂纹，结构合理，梯脚必须有防滑装置。

③ 梯子的允许荷重应大于作业人员的体重及所带有的工具及材料的全部重量，一般不得多人登梯作业。

④ 梯子竖立与地面的夹角一般为60°左右，在光滑地面上应有防滑装置。人字梯必须链铰合。

⑤ 作业人员及荷重的重心不得超出梯子允许的范围。作业时，一般不要站在最上一凳上。梯子不得架在不稳固的物体上。

⑥ 梯上有人作业时，不得移动梯子根部，同时梯下不允许有人，以防脱落伤人。

⑦ 梯子架在导线、钢索上或金属构架上，应用金属钩钩住，金属钩与梯子顶部的连接必须牢固可靠。金属钩的设置不得伤及导线。

⑧ 梯子较高时，作业人员应系安全带，并将安全带拴在作业周围牢固可靠的地方。否则，应临时设置挂环。

7）登杆或梯上作业时，工具及材料的传递应用小绳系好提拉，严禁抛掷。小绳不准系在安全带上，一般可系在横担或固定可靠处，否则应临时设置固定点。

8）杆上、杆下的作业人员应戴安全帽，上下作业人员应呼应，杆下不准有人，同时应注意行人及车辆，必要时应有专人看护或设置临时围栏。

（2）立杆、换杆、撤杆作业的安全注意事项

1）立杆、换杆、撤杆作业必须由专人统一指挥。作业前，必须向全体作业人员讲明作业方案、联络信号及注意事项。作业人员应分工明确，责任到人，尽心尽责。在居民区或交

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

通要道上作业，要设专人看管行人或车辆，必要时应设置临时围栏绳。起重吊装作业必须由起重工配合。

2）立杆、换杆、撤杆要使用合格的起重工具，作业前应检查所有器具是否完好，必须在允许的使用周期之内。作业时严禁过载使用。绞车立杆的地锚必须坚固可靠。

3）吊杆过程中，坑内禁止有人。除指挥人员和直接作业人员外，其他辅助作业人员应撤至距杆坑1.2倍杆高的距离以外。杆起吊之后，一直到立杆完毕，杆下不准有人。

4）作业过程中，所有作业人员应听从指挥，行动和用力应一致。极度悲伤或深受意外刺激的人不得参加作业。

5）作业过程中，须修理杆坑或相关作业时，应暂停立杆作业，并采取防止杆身滚动或下落的措施。必须先将杆放到地面，待修理合格后重新起吊。

6）人力立杆时，坑应有马道，坑内应有滑板。使用架腿立杆，架腿不应少于两副。架腿受力应均匀，只有在杆基填平夯实后，方可撤掉架腿及拉绳。架腿的链子及底部应有防滑的措施。使用架腿前必须先检查其坚固强度，并派有经验的人持架腿。

7）利用原旧杆立新杆时，必须检查旧杆的杆根及其牢固性，必要时应设置临时拉线及采用其他加固措施。当旧杆存在重大缺陷时不得利用旧杆立杆。新杆立好并将杆上所有的作业完成后，即可利用新杆将旧杆放倒。撤换旧杆时，不得影响已完成的作业项目。

8）吊车立杆作业安全注意事项：

① 吊车停放位置应适当，吊车支腿应放稳放妥，发现下沉、倾斜时应立即停止作业，并采取补救措施。支撑吊车的地面应坚硬平整而作业面足够大、保证吊臂的回转半径。

② 吊点应设在杆重心偏上适当部位使吊起的杆身倾斜约70°；当杆坑的填土及夯实没有进行完时，不准摘钩。

③ 吊车拔杆时应先试拔，吊车拔不动时应立即停止拔杆，不得强行作业。这时应挖开杆身与吊车位置相反的一面，检查杆基有无卡盘或其他卡挤之物，只有排除这些障碍后，方可继续作业，排除障碍时不得松钩。

④ 吊车司机持证上岗并应听从指挥信号。起重臂下不准站人。起吊过程中，任何人不得影响司机，不得与司机谈话。

⑤ 吊车在带电线路及设备附近作业时，吊臂及被吊电杆应与带电部位保持允许的安全距离，并有专人监护。吊车应可靠接地。临近的带电体应有明显的标志，必要时应停电。

9）整体组立杆塔、双杆及高杆或其杆型复杂、跨越较大、地形复杂、作业环境恶劣、距离较长等作业难度大、障碍多的立杆作业，必须编制施工组织设计，并制定严格详细的安全技术措施和作业组织措施。必要时，应编制可行性技术报告，报请有关部门及上级批准，方可实施。

10）立杆中的运输及机具转移必须分工协作并注意相关的安全事项。任何时都不得只顾追求效率和进度而忽略安全。

（3）放线、架线、紧线、撤线、换线作业的安全注意事项

1）放线、架线、紧线及撤线作业均须设专人统一指挥。作业前，作业负责人或总指挥应向全体人员交代作业方案、联络信号及注意事项。作业人员应分工明确，责任到人，相互协作。在居民区或交通要道上作业，要设专人看管行人及车辆，以免发生意外。必要时应请警方协助。郊外作业要注意保护农田，并与农民搞好协作。

2）作业过程中，作业人员应听从指挥，动作及用力必须协调一致，发现异常情况及停

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

止信号时应立即停止作业。

3）跨越电力、通信线路及铁路、公路、河流或其他障碍物时，应搭设跨越架，并事先与主管部门联系，取得一致性意见并做到现场密切配合。与带电线路交叉跨越应遵守安全距离的相关规定并做好安全措施，跨越架塔好应经验收批准。

4）在作业线路的上方或邻近带电线路或带电设备时，放线、架线、紧线过程，应将作业的导线一端可靠接地，同时用绝缘大绳拴好，指定专人拉着牵引，防止导线弹起碰击上方或邻近的带电体。同时也防止弹起伤人。

5）放线、架线应将导线挂在横担上装设的滑线轮内，严禁地面拖拉，避免被划伤或锯割，拐弯处应设专人看守。紧线前，应检查导线是否被树枝、房檐、地面上的重物等卡住或紧死，以及是否被泥土埋住、被冰冻住及有无其他障碍物，避免出现事故或导线紧断。离地面一半时应再次检查，灭误后才能继续紧线。

6）紧线器紧线时，导线被挟持部分必须包铝包带。机械紧线时，如绞车、拖拉机、汽车等，应可靠有效安全地处理横担和横担上的滑轮以及地锚等，以免拉歪横担或断裂等，并制定相应的作业方案和安全措施。紧线的速度必须缓慢，并设专人在有关部位看守，以免被卡住。禁止强行紧线，大型线路紧线时，应设置拉力表，控制速度和拉力。

7）紧线、撤线前先检查拉线、拉桩。无拉线无拉桩的电杆上进行紧线作业，必须打临时拉线。紧大截面导线时，应有专人看守拉线拉桩有无变化，否则应发出信号并停止作业，经修理加固后才能继续作业。更要注意，导线的接头部位，以免卡在滑轮内或被拉断。

8）撤线作业严禁在杆上直接将导线剪断自然落下，必须先用绳索将导线拴牢并用牵引装置牵引，用紧线相反的顺序和方法，将导线慢慢松下落地，以避免将杆拉倒摔伤杆上人员。

9）架线、换线时任何人均不得改变导线的规格，不得改变拉线的规格及形式。必要时增设拉线。

10）架线作业时，当导线跨越铁路、公路、通信及低压线路时，必须使导线与铁路、公路及其他线路保持安全距离，见表11-20。

表11-20　导线与铁路、公路及其他线路的安全距离　（单位：m）

类　别	铁　路	公　路	通信线，低压线
水　平	2.5	0.6	0.6
垂　直	6.0	5.5	0.6

（4）导线爆压连接作业的安全规定

1）爆压作业前，负责人应召集全体作业人员，进行技术交底、安全交底，并确定安全监督员，规定统一的信号和口令，制定统一的安全措施，责任到人，明确分工。同时制定工艺程序并提出具体要求，公布爆炸的具体时间。同时应进行同类导线、同类药品的试爆及安全事宜的演练，做到心中有数，万无一失。

2）爆压连接用的炸药雷管、导火索应专人保管，从购置、运输、保管、使用应有严格的制度并详细记录，不得随意放置，要轻运、轻拿、轻放，运输、保管、使用中不得受到撞击，更不得使其受潮。药品、雷管的保管不得出现任何漏洞。

3）爆压连接，严禁使用金属壳雷管，应使用工业硬壳纸火雷管或电雷管。在运行中的变配电所或高压线附近及雷雨天爆压连接时，不得使用电雷管。

4）使用导火索之前应进行燃速试验，以确定其使用的长度，但最短不得小于300mm，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

并有足够的时间离开爆炸危险区域到安全区域内。

5）包炸药时，必须由有经验的人进行，并远离明火，其他人员不得靠近。缠绕炸药或导火索时，只能用锐利小刀在木板上或橡皮垫上裁切，严禁用剪刀或钳子剪夹。必要时用竹刀片进行。

6）起爆前，除点火人外，其他人必须撤离至爆压点30m以外，并由点火人鸣笛告警。点火后，点火人必须快速离开爆炸区并有足够的时间到安全区内。在杆塔上进行爆压时，应离开3m以外，点火人应背靠可阻挡爆炸冲击波的杆塔构件后面处。必要时应设置安全挡板。

7）爆压点应远离居民区50m以外，如不能满足，可在药包外包扎150g的软质聚氨酯泡沫塑料进行缓减，由50m缩短至35m。点爆时，应事先通知居民，并将玻璃门窗打开，以减少玻璃破碎，并告诫人们远离爆压点50m以外，必要时应由警卫人员清理现场。只有在全部撤出后才能点火。遇有拒爆时，必须在15min以后方可由有经验的人接近药包进行处理。处理前，任何人不得靠近。

8）运行的变配电所进行爆压作业时，可将继电保护装置暂时锁住，以免继保装置误动，爆接后再恢复原状态。

9）引爆时，操作人员只能处于雷管开口端或脚线端的反向的安全区内，以防雷管加强帽飞出伤人，也可趴在地下。

10）作业完毕后，应清理现场，清点药品、雷管及导火索工具后，不得遗漏及丢失，要有详尽登记。

（5）电杆打绑桩和换接腿作业的安全注意事项

1）受力杆、转角杆和杆根严重腐朽的木杆打绑桩时，应采取防止倒杆的措施，设置临时拉线。并事先检查终端的拉线。

2）打绑桩时，只允许从杆根的一个侧面开挖，开挖的面积和深度以适合绑桩作业为好，不得过大。绑桩的埋深应大于原杆的埋深。绑桩下好后应立即回填夯实。绑桩与原杆的连接面应与电杆直径相符。电杆与绑桩的连接件应用镀锌制品。

3）同线路的连续多基电杆需要打绑桩时，应每隔一基开挖并进行打绑桩作业。完成后再开挖剩余的杆基进行作业。双杆线路或变台杆打绑桩时，严禁两杆同时开挖，双杆线路连续多基需要打绑桩时，每基开挖的杆位相反。

4）搬运、竖立钢筋混凝土绑桩或接退时，要互相配合好，防止挤、碰、压伤，必要时应用起重工具或汽车吊。

5）对于严重的或大部分需要打绑桩或换接退的线路，必须停电作业。使用较长工具开挖时，应注意不要碰击杆上设备及导线。必要时应有专人监护。

6）打绑桩或换接腿作业，每基杆只要开挖后必须当无完成作业并回填夯实，并完成绑桩或接腿作业。大风天气或雷雨时禁止打绑桩和换接腿作业。

（6）电缆施工的安全注意事项

1）敷设电缆作业应设专人统一指挥。作业负责人作业前应向全体作业人员讲明作业要求、联络信号及注意事项。作业人员应分工明确、责任到人、相互协作。在居民区及公路、铁路交通要道附近作业，要专人看管监护，并设“前方施工、车辆绕行”标志，夜间应设红灯标志警示。大型作业或环境复杂时应编制施工方案并实施。

2）展放电缆时，必须选择坚硬平坦的地面支撑电缆轴，使用的丝杠千斤支架应转动灵活、坚固且安全可靠，能保证电缆轴架起落时端面垂直、卷筒水平。电缆轴保护板拆除后要

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

集中保管，以免钉子扎伤人脚。牵引速度不得太快，应有制动装置。

3）沟内展放时，操作人员手提或肩扛将电缆拖到终点，在拐弯处操作人员必须站在电缆的外侧，以免被电缆挂倒。在穿越墙洞口、沟口、管口或隔层敷设时，手应保持距口处1m以上，以免碰伤手指，敷设电缆必须戴手套。

4）电缆敷设时的所有过程，均必须保证电缆的弯曲半径在允许范围之内，见表11-21。

表11-21　电缆最小弯曲半径

电缆型式			多芯	单芯
控制电缆	非铠装型、屏蔽型软电缆		6*D*	—
	铠装型、铜屏蔽型		12*D*	
	其他		10*D*	
橡皮绝缘电力电缆	无铅包、钢铠护套		10*D*	
	裸铅包护套		15*D*	
	钢铠护套		20*D*	
塑料绝缘电缆	无铠装		15*D*	20*D*
	有铠装		12*D*	15*D*
油浸纸绝缘电力电缆	铝套		30*D*	
	铅套	有铠装	15*D*	20*D*
		无铠装	20*D*	—
自容式充油（铅包）电缆			—	20*D*

注：表中*D*为电缆外径。

5）沟内敷设应先将沟内杂物清除干净，垫砂内不得有坚硬锋利之物。沿墙或架空敷设时必须设置牢固可靠的支架或桥架，架空敷设应遵照架空线路施工的有关安全规定。任何时候都不得伤及电缆外绝缘。

6）同一沟内或隧道内敷设的数条电缆，工程需要移动其中运行中的电缆时，必须经电气负责人批准，同时制定现场安全措施，并有专人指挥，移动电缆的长度不应超过100m，移动距离，指平移或直线移动均不得超过2m，必要时应停电作业，10kV及以上的电缆禁止带电移动。移动过程中必须保证电缆的弯曲半径在允许范围内。

7）电缆头制作时，使用喷灯或明火加热应有防火措施，并办动火证，易燃品、化学物品及油类应妥善保管并远离热源，同时遵守动火作业的规定。

8）熔化电缆胶必须采用缓慢温火，严禁急火猛火。不得用锡焊成的容器加热，容器应有嘴有盖，避免溢出。加热时必须有防止灰尘落入容器内的措施。加热电缆胶或熔铅时，应戴口罩、手套及鞋盖，且站在上风侧，现场必须设置防止水滴入烧热的电缆胶内的措施。用勺取熔铅液时，勺应先预热，以免铅液飞溅伤人。

9）搬运加热的电缆胶时，应戴防护手套。搬运加热后的电缆胶时，应用有嘴和带盖的桶，传递时应注意不得使胶溅出或翻倒，除戴套袖外，应穿长袖工作服、戴鞋盖，必要时要戴口罩。高处加灌电缆胶时，下面不准站人，作业人员应戴防护眼镜。

10）制作环氧树脂电缆头烘干石英粉时，必须戴口罩，配制药液应戴防护眼镜和医用手套。现场通风必须良好，并在上风侧操作。当皮肤接触到胺固化剂，应立即用水冲洗并用酒精擦净，如发现头晕或疲劳时，应立即离开现场，到通风处休息。有条件的地方应尽量用热缩电缆及热缩电缆头，降低劳动强度和危险性。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

11）在杆上或高处制作电缆头时应遵守高处作业的规定，杆下不得有人，传递工具及器件时高处应停止作业。

（7）架空线路带下去树作业安全注意事项

1）直接在线路带下进行去树作业应安排在线路停电情况下进行，以免触电、造成短路接地、将导线砸断、造成直接接地等事故。去树作业应有人监护。

2）线路带电的情况下砍伐靠近线路的树木，作业负责人必须向全体作业人员说明线路是否有电和电压等级等，并布置安全措施，设置监护人。其中监护人最多监护两人作业。

3）导线两侧修剪树枝时，必须注意树枝掉落方向，有可能掉落在线路上时，应事先加绳索控制，防止落在导线上。拉绳索的作业人员应听从指挥且用力一致，避免落在导线上外，同时还要注意防止砸伤作业人员及砸坏其他物体。严禁用手直接从带电线路上拿下树枝。

4）架空线路带下的树木长势超过导线高度时，必须停电修剪。巡视人员必须掌握其长势，通常应在其不高于导线高度时进行修剪以防止触电或使作业变得复杂。

5）去树作业需携带必要的药品，以防蜂刺和止疼。上树前应观察有无蜂窝，并确定站立位置及修剪方法。上树时，不允许抓脆弱及枯死的树枝。站立时，应站在较粗大的枝干上并系安全带。禁止把安全带拴在与被锯树枝关联的树杈上，小绳不应拴在身上。树上人员与地上人员要互相配合并呼应口号。

6）在居民区或交通要道旁进行去树作业时，必须有人监护，除监护树上作业人员外，必须设置防止砸伤行人、车辆及其他物品的措施。

7）架空线路或变台附近有高大树木时，必须随时监视树木的长势及枯干树杈，必须在没有对线路构成威胁时进行修剪，以免大风或雷雨时，刮断后给线路及设备带来危险，进而造成大面积停电。在进行高大树木修剪时，必要时要聘请当地农民或有经验的人协助，并编制修剪方案且得到批准。

8）去树后的树枝应及时清理，以免造成交通堵塞或事故。去树作业必须与当地绿化部门协调一致，并办理相关手续以免产生误会。

（8）移动式电气设备、手持或携带式电动工具使用的安全规定

1）移动式电气设备、手持或推带式电动工具等统称移动手持电具。使用时，必须按环境条件选用其类别，移动手持电具必须满足相应防护等级及安全技术的要求，移动手持电动工具的接线必须满足相应要求，使用时应一机一闸，并设置漏电保护。

2）三相四线供电方式时接线要求：

① 三相四线的电源进户处，零线必须可靠接地，接地电阻小于10Ω。

② 移动式手持电动工具为三相动力设备时，三相相线必须经开关接到电动工具的电源进线端子上，电动工具外壳的接地端子应直接接在零线上，如图11-1所示。

③ 移动手持电动工具为单相设备时，三相相线的一相相线和工作零线须经开关分别接到电具电源进线的相线端子和零线端子上，电动工具的外壳接地端子应直接用导线和系统的工作零线相连接，不得接在电动工具本身零线的端子上，如图11-2所示。

④ 开关一律使用有漏电保护功能的漏电开关。

3）三相五线供电方式时接线要求：

① 三相五线电源进户处，保护零线/PE必须重复接地，接地电阻小于10Ω。

② 移动手持电动工具为三相设备时，三相相线经开关接到电动工具的电源进线端子上，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

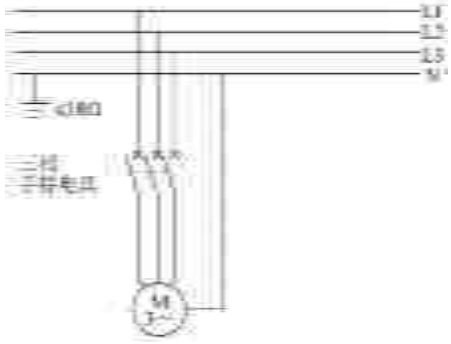


图 11-1　三相手持电具的正确接线（三相四线）

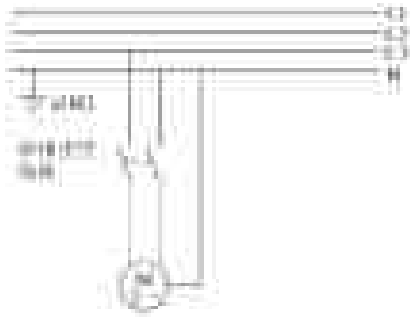


图 11-2　单相手持电具的正确接线（三相四线）

电动工具的外壳接地端子应直接接在保护零线 PE 上，如图 11-3 所示。

③ 移动手持电动工具为单相设备时，三相相线的一相相线和工作零线经开关分别接到电动工具电源进线的相线端子和零线端子上，电具的外壳接地端子应直接用导线和保护零线可靠连接，不得接在电动工具零线端子上，如图 11-4 所示。

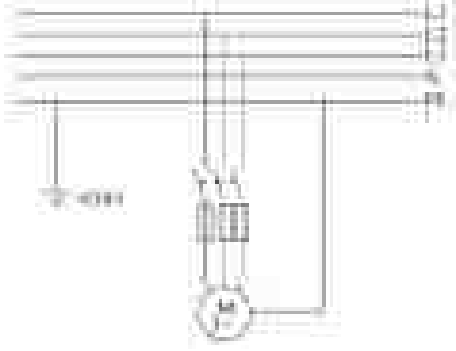


图 11-3　三相五线制时三相手持电具的正确接线

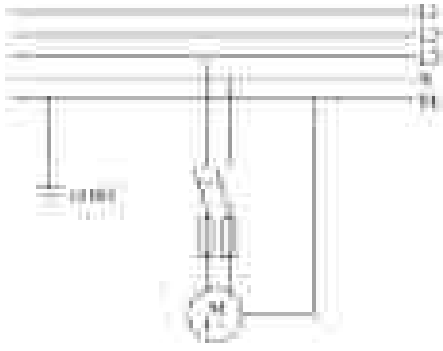


图 11-4　三相五线制时单相手持电具的正确接线

④ 开关一律使用有漏电保护功能的漏电开关。

4）移动手持电动工具采用插座与电源连接时，单相电动工具必须使用三孔插座及三柱插头，三相电动工具必须使用四孔插座及四柱插头，插座和插头的接线必须符合插座插头接线的要求，插座和插头的接线应对应正确。使用中必须保证插座、插头无损伤、无裂纹且绝缘良好。

5）移动手持电动工具的管理、使用、检查和维修，应符合现行国家标准《手持式电动工具的管理、使用、检查和维修安全技术规程》的规定，一般应设专人管理。长期停用或新领用的移动手持电动工具在使用前应进行检查，测量绝缘电阻值。通电使用前必须做好保护接零或保护接地。

6）移动手持电动工具应加装单独的电源开关和保护，如短路、漏电等，严禁 1 台开关接 2 台或 2 台以上的电动设备，必须一机一闸。移动手持电动工具中的单相电具应采用双极开关控制，三相电具采用三极开关控制。开关应安装在便于操作的地方，设备手柄上带有的按键式或翘板式开关应完好且安全可靠，接线正确。

7）移动手持电动工具在使用中，操作者因故离开现场暂停作业或突然停电后，应把电源开关拉开或将插头拔出，以防来电时转动伤及人员或设备。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8）移动手持电具的接线必须由电气工作人员（电工）进行，非电工人员严禁接线。

① 移动手持电动工具必须装设高灵敏动作的漏电保护器，动作漏电流不大于30mA，动作时间小于0.1s。潮湿、易腐蚀场所，其动作电流不大于15mA，动作时间小于0.1s。

② 移动手持电动工具的电源线，必须采用铜芯多股橡套软电缆或聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套软铜电缆。电缆应避开热源，且不得拖拉在地上。如必须敷设在地上时，应采用穿钢管或架空敷设的措施。

③ 移动手持电动工具需要移动时，不得手提电源线或提拉转动部分，使用作业完毕后，必须断开电源，使用手持电动工具时应戴绝缘手套或站在绝缘台上。使用中更换钻头、锯片、刀片或其他辅件时，必须停电进行。使用手持砂轮时，还应戴防护眼镜。

④ 移动手持电动工具在使用时，必须遵守其各自的操作规程和安全要求。

9）现场电工及安全员应监护使用，并有权制止违章操作。

（9）使用行灯时的安全规定

1）行灯变压器必须为双线圈变压器，不得使用单线圈的自耦式变压器。行灯变压器的二次电压不得超过36V，在特别潮湿的地方或金属容器内作业时，二次电压不得超过12V。

2）携带式行灯变压器一次电源线一般不得超过3m，且应使用绝缘护套线或橡胶电缆。固定安装的行灯变压器应安装在闸箱或配电柜内的支架上，不得裸露安装，行灯变压器的一次电源应设置双极开关并有熔断器保护。现场使用的行灯变压器其一次接线端子必须有防护罩，不得裸露接线端子。

3）行灯变压器二次侧线圈的一端及金属外壳应可靠接地。行灯变压器的二次侧应设置若干插座，且每个插座应有熔断器保护。二次侧到插座的导线一般应使用绝缘铜线，截面积不得小于2.5mm^2。行灯变压器的接线应由电工进行并进行监督维护。

4）手把灯应使用橡胶电缆，其长度不宜超过20m，插头与插座的连接应可靠牢固。防水线在地面上拖拉时，应有防止砸伤的措施，必要时应架空或穿管敷设。

5）任何时候均不得将行灯变压器带到金属容器中使用，以免发生感应电击伤人。

6）行灯变压器中断使用的时间超过三个月或在雨季潮湿季节，使用前应测量绝缘电阻，至少应大于0.5MΩ。

7）行灯变压器的设置如图11-5所示。

8）行灯变压器的外壳破损露出线圈时一律不得使用。

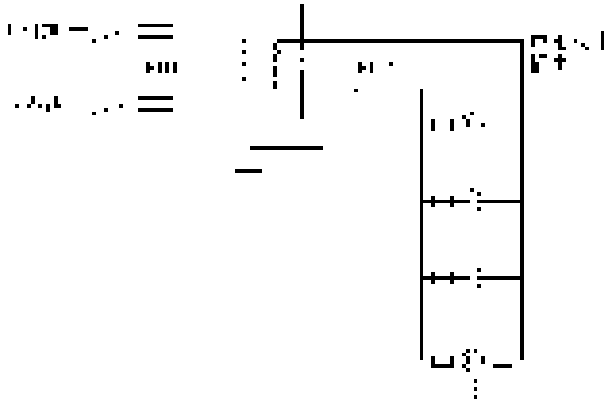


图11-5 行灯变压器的设置

（五）电气安装相关作业

1. 高处作业

（1）高处作业安全基本规定

1）高处作业是按国家标准规定的“凡在坠落高度基准面2m及以上有可能坠落的高处进行的作业。”而定义的电气工程中，高处作业面积较大、作业人数较多或技术难度大时，应编制安全施工组织设计或方案，严格组织施工。

2）高处作业的安全技术措施及所

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

需的材料、设备、机具，应列入工程的施工组织设计或方案，并落实实施。当发现高处作业的安全技术设施有缺陷和隐患时应停止作业，修复后才能继续作业。

3）作业负责人应对高处作业的安全技术负责，与作业班组建立相应的责任制，并落实实施。同时应有安全监督人员进行检查和监督，凡不符合规定的严禁开工作业。

4）作业负责人应逐级进行安全技术教育及交底，落实所有安全技术措施和人身的各种防护用品，未经落实不得上岗作业。高处作业安全措施的设置必须经电气负责人和安全员检查验收合格，办理相关认可手续，不具备条件的一律不得开工。

5）高处作业的安全标志、工具、仪表、电气设备及其他装置设施，必须在作业前进行检查或验证，确认其完好后才能投入使用。

6）攀登或高处悬空作业人员以及高处作业搭设安全设施的作业人员，必须经过专业技术培训及专业考试合格并取得资格证书才能进行该项目的作业，同时，该人员必须持有定期体检合格的证书。

7）作业现场对有可能坠落的物体，应事先清扫或加以固定。所用的材料、工具均应放置平稳固定，不得妨碍通行和作业。小型工具应随手放入工具袋，作业时的通道必须随时清理干净，拆卸下的元件、设备及余料、废料必须及时运走，不得随意放置或丢弃。传递工具或元件材料时禁止抛掷。高空多人共同作业时，必须规定信号并有呼有应，保持一致。

8）高处作业时，任何时候、任何人不得嬉戏打闹，班前严禁饮酒，违规者应立即离岗。

9）雨天和雪天应停止高处作业，必须进行时，一定要采取可靠的防滑、防淋措施，以免滑倒或使元件、材料、设备的绝缘性能降低。水、冰、雪、霜于过道上时应及时清除，以防滑倒。

10）高耸建筑物上的作业，事先应设置避雷装置，其接地良好可靠并有防止设备或材料被风刮走的措施。遇有六级以上大风、浓雾等恶劣天气时，不得进行露天攀登或高处悬空作业或室外高处作业。

11）暴风雪、雨或台风后，必须对高处作业的安全设施逐一加以检查，发现松动、变形、损坏、断裂、脱落等现象，必须立即修复。经安全员或作业负责人对安全措施进行检查合格后才能重新作业，检查和修复应有详细记录，有可追溯性。

12）临时拆除或变动安全防护措施时，必须经作业负责人许可，告知相关作业人员，并采取相应可靠的补救措施，作业后应立即恢复，影响面较大的应通知全体作业人员。安全防护措施应有签证手续。

13）参加高处作业的所有人员，事先必须进行体格检查，对患有精神病、癫痫病、高血压、低血压、心脏病及精神不振、饮酒嗜好等经医生鉴定不宜从事高处作业的人员，不得参加高处作业。

14）高处作业时，监护人或安全员应巡视检查及时纠正违章作业，不听劝阻者应责令离岗。

15）高处作业安全防护措施中主要受力杆件应经力学计算，其结构应符合现行规范的要求。高处作业所搭设的脚手架必须符合现行规范的要求。标准号为 JGJ 80—1991。

（2）电工高处作业的安全注意事项

1）高处作业必须履行作业票手续，不需填写作业票的高处作业，应建立高处作业许可制度并制定相应的安全技术措施。

2）凡能在地面上可以预先做好的作业项目，必须在地面上进行，以尽量减少高处作业

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的时间和工作量。

3）作业前均必须搭设牢固可靠且便于作业的架子或平台，并同时设有防止坠落的措施。在屋顶、杆塔等高处危险的边沿进行作业时，临空的一面，必须设安全网及防护栏杆；在没有搭设台架或在没有护栏或护网的脚手架、台上作业，高度超过1.5m时，必须使用安全带或采用其他安全可靠的措施。必要时设专人进行监护，搭好的架子、平台及其他措施必须经验收合格方可使用。

4）作业必须戴安全帽、系安全带。安全带要挂在坚固可靠的钩件上或挂在安全带专用的钢索上，挂系时必须认定其正确性、可靠性，特别是在结构复杂且较为杂乱的架子上作业必须由有经验的人确定，做到万无一失。

5）作业时必须将较小的工具、螺钉、螺母、线鼻子、垫圈等一律装入工具袋，较大的工具应将绳子拴在牢固的构架上，严禁随意乱放。不准将工具、材料上下或水平投掷，应手对手或用绳子系好传递。作业地点的下方应设围栏或采用其他措施，并设专人监护，以防止落物伤人或伤及其他设施。

6）作业时，若上下层同时交叉作业，或者与其他非电作业人员交叉作业时，中间应搭设严密牢固的防护隔板、防护罩棚或其他隔离设施，保证上下层的安全空间。

7）高处带电作业，必须严格执行带电作业安全规程和高处作业的有关规定。邻近带电体的高处作业，必须有可靠的防止触电的措施。禁止在不坚固可靠的作业面上进行任何作业。

8）作业前及中途严禁饮酒，作业负责人发现饮酒者必须命令其停止作业，并进行纪律处分。屡教不改者应清除出作业队伍。

9）电工高处作业应遵守高处作业的安全基本规定，并满足特殊高处作业的安全规定。

（3）使用脚手架及脚手板的安全规定

1）使用土建工程的脚手架时，应征得土建负责人的同意，并派有经验的人检查架子无不妥后才能上架作业，同时应遵守土建工程的有关规定，不得改动原架子的结构。其中，要特别注意设备、材料的放置要均匀，稳妥，不得集中堆放，不得超负荷堆放。

2）电气作业人员自行搭设脚手架时，应遵守脚手架搭设的规定。搭好后，作业负责人应组织安全员和班组长检查验收，合格后签证，然后方可上架作业，必要时应由架子工搭设。

3）木杆常用剥皮杉杆或落叶松，小头直径一般不小于80mm。通常选用二等材，不得用方木代替圆木。立杆、横杆的材质标准见表11-22。扣件式钢管脚手架的构件应选用标准件，并由生产厂出示资格证书及合格证。

表11-22　立杆、大、小横杆的材质标准

项次	缺陷名称	材质等级所能允许的程度
1	腐朽	不允许
2	木节 （1）构件在任何150mm长度上沿周长所有木节尺寸的总和，不得大于所测部位原木周长 （2）每个木节的最大尺寸，不得大于所测部位原木周长	1/3 1/6
3	扭纹　小头1m材长上倾斜高度不得大于	120mm
4	髓心	不限
5	虫蛀	允许有表面虫沟不得有虫眼

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）脚手板材质与木杆相同，其厚度不小于50mm，一般用二等材，其材质标准见表11-23。不得用圆木或半圆木代替脚手板。竹脚板应禁止使用。

表 11-23　脚手板材质标准

项次	缺陷名称	材质等级所能容许的程度
1	腐朽	不允许
2	木节 构件在任一面任何 150mm 长度上所有木节尺寸总和不得大于所在面宽	1/3
3	斜纹	80mm（任何 1m 材长上平均倾斜高度）
4	髓心	不允许
5	裂缝 在连接部位的受剪面及其附近	不允许
6	虫蛀	允许有表面虫沟，不得有虫眼

5）绑扎木脚手架一般用8#镀锌铁丝，某些受力不大只起固定连接作用的地方，可使用10#镀锌铁丝。无镀锌铁丝时可用直径4mm的钢丝代替，但应先进行退火处理再使用，通常是用劈柴点火将其烧红自然冷却后使用。对于已绑扎使用过的铁丝不得重复利用，以避免受力折断而发生事故。扣件式钢管脚手架的搭设应符合标准规范的要求。

6）脚手板必须铺满，采用搭接时，必须搭在小横杆上，板的端头超出小横杆的长度不得大于200mm，且所有板搭接的方向应一致。采用对接时，小横杆应设两根，其间距不应大于400mm，分别搭设两边的脚手板，两板的间距不应大于5mm，板端超出小横杆的长度不得大于200mm。脚手板铺设不得出现探头悬空板，上述两种情况中，脚手板端头超出小横杆的长度应小于200mm。

7）2m以上的架子，其外边周围应有1m高的防护栏杆，其底部周围应有0.20m高的挡板。架子的上下应用梯子，梯子的上部应与架子牢固绑扎。不准使用用钉子钉的梯子。架子$1m^2$所能承受的重量应用标牌明显标明，挂在梯子的上下明显处。

8）超过5m高的脚手架作业时，应使用安全带并在架子外侧设细目安全网。细目安全网应符合现行的标准。

9）脚手架上作业，应遵守高处作业的有关安全规定，作业人员应穿软底鞋，冬季不宜穿塑料底鞋。

10）带电设备附近的脚手架上作业时，要注意以下几点：

① 架子严禁跨越35kV及以上的设备或线路，架子与35kV及以上的设备或线路的水平距离应大于5m。

② 架子与10kV及以下设备或线路的水平或垂直距离不应小于3m。架子必须跨越时，设备或线路的上方必须有坚固的防护篷或安全可靠的措施。任何情况均不得影响电气设备线路的运行。

③ 当不能保证上述要求时，必须停电进行作业。停电应得到批准。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

④ 在带电设备附近的脚手架上作业时，必须有电气工作人员监护。

⑤ 在架子上操作时，当操作较长杆件时，应有防止触及带电导线/设备的措施。必要时应有监护人监护。

2. 动火作业

（1）动火作业总体安全要求

动火作业是指电气安装工程施工作业时需要而必须使用明火的作业，如火炉、喷灯、电焊、气焊、电炉子等装置用于作业而进行的作业。动火作业必须遵守以下安全规定：

1）厂区内动火作业，必须征得厂安全部门和施工单位安全部门的允许，并填写动火证。动火证的内容主要有作业区域或地点、作业负责人姓名、作业名称、作业起止时间、作业人数、火源类别及有何要求灭火监督等。

2）居民区、交通要道及公共场所动火作业，必须征得当地消防部门的允许，并填写动火证。野外动火作业，必须得到本单位安全部门的允许，并填写动火证。火灾危险、爆炸危险等特殊场所的动火作业，除上述规定外，还必须进行置换、通风、密封等特殊场所要求的安全措施。

3）动火作业地点的周围不得有易燃、易爆物品及其有害气体、粉尘及稠密人群等。火源不得靠近带电体，与带电体的距离，应保持下列距离：

10kV 及以下者不得小于 1.50m；

10kV 以上者不得小于 3.00m，并有防护措施。

4）动火作业地点的附近必须有消防设施，并在消防范围之内，必要时应配备灭火器。消防设施必须处于能使用的良好状态，并满足现场的消防需要。同时设专人巡视。

5）动火作业完毕后，必须将火源熄灭，并将余火彻底清除且用水浇灭埋土处理，以免复燃。作业负责人和安全员应彻底检查，确实证明无复燃的可能并签字后，才能离开作业现场，并向主管部门交回动火证。必要时应有人监督灭火过程。

6）动火作业期间，火源应有专人看管，并根据作业需要控制火势，其最大火势以满足作业最大需要为准，不得漫延或扩大火势。

7）在厂区、公共场所、居民区、交通要道等处作业时，任何时候、任何情况均不得以明火作为取暖措施。否则，应有严密的防护措施，特别是要注意一氧化碳中毒。

8）动火作业，应按其火源不同，分别遵守其安全操作规程及有关规定。动火作业人员应根据其火源不同和作业项目不同，穿戴不同的工作服、手套、鞋盖、护目眼镜、工作鞋等，其各种防护用品均应有不同程度的耐热耐火或绝缘性能。动火作业负责人应有随时拨通 119 火警电话的措施。

（2）使用火炉、电炉和喷灯的安全规定

1）必须遵守“动火作业总体安全要求”的有关规定。

2）看管火源的专职人员不得脱岗，必要时应由他人临时代替。火源必须远离易燃易爆物及人身。火炉用的煤、劈柴及喷灯的燃料及助燃剂等应妥善专人保管。

3）电炉的使用须遵守临时用电的安全要求。1kW 及以下的电炉子可以用插头和插座连接。大于 1kW 的电炉应用开关与线路或电源柜连接，并设有短路保护。容量大于 100kW 时应有过载保护。电炉用的导线、插头与插座、开关及熔断器必须满足电炉最大电流的需要，并有一定的余量。使用中不得使导线接触炉体外壳。导线与电炉的连接部位应用磁环套住导

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

线隔离，连接必须安全可靠。电炉的金属外壳应接地/接零。

4）喷灯内的油面不得高于该喷灯油桶容积的3/4处，加油孔的螺钉应拧紧。使用前，应检查外观及小压力表，应在可动火处试点、试用，保证无漏油、无漏气、无乱喷乱射现象，以免烧手或发生其他危险及意外。

5）喷灯加油、放油及拆卸喷嘴或其他零件时，必须先灭火且冷却后进行。喷灯用完后应放尽压力。使用时，打气压力不得过大，有小型压力表指示的，严禁超过红线。打气应随用随打，以免发生危险。当关闭油门不能灭火或发生意外时，应立即用棉被一类物品加湿后将喷灯捂住捂严，使其隔氧后自行熄灭。

6）禁止在使用煤油或酒精的喷灯内注入汽油。喷灯的燃料、棉丝或其他易燃品必须远离喷灯的火焰和作业范围内。

7）使用喷灯时，其火焰严禁对着带电设备或导线，禁止对着其他作业人员的面部及身体。喷灯火焰与带电部位的最小距离必须满足：

10kV及以下不小于1.50m；

10kV以上不小于3.00m。

8）喷灯、电炉及其燃料应专人保管，并进行维护保养，防止漏油漏电和意外发生。

3. 焊接作业

（1）电焊作业的安全注意事项

1）必须遵守动火作业总体安全要求的有关规定。

2）焊接作业时，应穿工作服，上衣不允许扎在裤内，口袋必须有盖，裤腿不应卷边，必须戴手套，穿绝缘鞋系鞋盖，必须戴护目镜。电焊工必须持有专业培训上岗证上岗作业。

3）禁止在有易燃物的房间内进行焊接作业。在易燃物附近焊接时，距离应大于5m，并在作业前做好防火措施。焊接变压器、油断路器等装有绝缘油的设备，应遵守充油设备焊接有关安全规定。

4）对于存有残余油脂或可燃液体的容器焊接时，应先洗净并将盖或口打开充分置换后方可进行焊接，并遵守化工类可燃液体容器焊接的规定。

5）在焊接场所附近，特别是重要危险爆炸场所，应备有消防设备或灭火器，消防设备应处于完好状态，并能满足该地点的灭火要求。

6）焊接作业时，必须有防止金属熔渣、火花飞溅而引起火灾的措施。除上述的措施外，必须将焊接现场，特别是把作业地点下方的易燃易爆物品清理干净，并设专人看管，一旦火情发生立即熄灭。

7）盛有汽油、煤油、酒精、电石等易燃易爆物质的容器，只能进行锡焊，禁止其他焊接。盛过汽油、煤油、酒精、电石等物质的容器，焊接前应先进行置换或清洗后才能进行焊接。

8）在潮湿地方或金属容器内电焊作业时，应有可靠的防止触电措施，并铺设绝缘垫板或设置等电位现场。金属容器本身应做好临时接地，接地电阻应小于4Ω。

9）电焊工作业时，必须配备深色滤光镜的防护面罩，帆布长袖皮手套，电工绝缘鞋及鞋盖，白光眼镜等防护用品。其白光眼镜用于清除焊渣时戴。

10）电焊作业必须遵守临时用电的规定及其中有关电焊机的规定。

（2）气焊作业的安全注意事项

1）气焊作业与电焊作业相同，应遵守电焊作业中1～7项注意事项。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）进行气焊、气割作业时，氧气瓶应放在阴凉地方，不得烈日暴晒并注意防火、防止高温，瓶身、瓶嘴不得沾染油脂、沥青等油类物质。搬运时应轻拿轻放。在试开检查压力表时，应站在瓶嘴方向的侧面，瓶嘴不得对人。

3）乙炔瓶的放置位置应距氧气瓶 5m 以外的阴凉地方，避免日晒并注意高温防火，严禁铜、银、汞类制品与乙炔接触，必须使用时其含量应小于 70%，其搬运及试开同氧气瓶。乙炔瓶的使用、搬运、存储时必须直立，不得倒放。

4）使用电石及乙炔发生器时，必须注意以下两点：

① 电石必须在金属桶中存放，严加密封，注意防火、防潮。开启电石桶时，必须用不能引起火花的铜制工具，不许在明火旁或吸烟时开桶。打开盖取电石后应立即将盖盖严，打碎电石时应戴眼镜。搬运时必须轻拿轻放，不得滚动，防止由于撞击摩擦而产生火花引起爆炸。

② 乙炔发生器必须设安全阀或防爆膜、水封安全器、压力表、温度计和液位计、回火防止器等，使用时应放在距明火 10m 以外处，周围严禁烟火。水封要经常检查，水位正常，电石适量，寒冷天应有防冻措施。禁止把电石粉末加入使用。使用的水应清洁无杂质。电石应完全分解后，才准打开储气室和安全室。冬季如冻结，必须用热水或蒸汽温化，严禁用火烤或敲打。

5）气焊设备及气带不得与带电导线、高温物体靠近，防止着火或爆炸。气焊与电焊在同一地点作业时，气瓶与电焊机必须距 5m 以外，必要时应在瓶底垫绝缘材料，或者将其可靠接地。与气带接触的管道和设备应可靠接地，以防静电造成燃烧或爆炸。

6）气瓶和氧气表、乙炔气表应妥善保管，并定期进行检查和试验或检定。禁止使用没有合格证或失灵的氧气表、乙炔表的气瓶。气焊工应对氧气表、乙炔表的完好负责。

7）焊枪点火时，应先开氧气调节门，后开乙炔气调节门。熄灭时与此相反。停止作业时应灭火。当焊枪有回火、鸣爆及堵嘴时，应先灭火并把焊嘴放在冷水中冷却，然后用钢针通畅。乙炔管在使用中着火时，应先将气带弯折，停止供气。氧气管着火时，应先关乙炔调节门，然后松顶风钉，后关氧气总门。

8）作业结束时，将气瓶的手阀关紧，使用乙炔发生器的，应将电石桶抽出后再倒出桶中的水，水应妥善处理，不得随意倒放以防污染环境。

9）气焊工作业时，必须配备滤光眼镜或墨镜、帆布长袖皮手套、帆布鞋盖、白光眼镜等防护用品，其中白光镜在清理焊口时用。

（3）充油电气设备进行焊接的安全规定

1）电力变压器、油断路器等充油电气设备漏渗油处进行补焊时，设备上部必须有泄压孔道。被焊接处必须低于油面 100mm 以上，漏油严重的必须放油吊芯后才能进行焊接以避发生火灾。

2）装有绝缘油的电气设备进行焊接时一律使用电焊，严禁使用气焊，禁止带油大面积烘烤和用气焊切割箱体以避发生火灾。

3）装有绝缘油的电气设备进行焊接时，周围易燃物品必须清理干净，并备有消防设施，设专人进行监护。焊接的电气设备必须停电。

4）如工程需要，必须在大型变压器上进行不停电焊接作业时，应填写小组作业票，并遵守以下规定：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 作业人员距带电导体的距离必须符合表 11-1 的规定。

② 焊接电弧及火花与带电导体的距离：

10kV 及以下　　不小于 1.5m；

10kV 以上　　不小于 3.0m。

③ 焊接箱体时，人体任何部位不允许高出变压器的顶盖，焊接顶盖时必须有可靠的安全措施或停电作业，并专人监护。

④ 焊接作业人员必须对地绝缘良好，并有人监护。

5）焊接变压器线圈的引出线及线环和油箱内部时，必须把油放净，并用石棉布将邻近部位隔开或屏蔽住，才能施焊。石棉布有隔热和绝缘作用。

6）特殊项目带油设备的焊接，如桶皮开孔机等，必须先制定安全措施，并经单位负责人批准后进行。开孔时必须放掉全部油并清洗干净。放油时应设置安全防护措施及再利用措施。

7）充油设备的焊接必须由有经验的持证焊工进行，必要时应先试焊。试件与充油设备的材质、油类、状态相同。

8）充油设备的焊接必须事先做好安全防护措施，做到面面俱到、滴水不漏，只有这样才能保证作业人员的安全，保证作业现场及设备的安全。

4. 其他相关作业

（1）吊装、起重、装卸、运输作业的安全规定

1）电气作业中，大件的起重吊装、装卸、运输必须由有经验的起重工担任，并由电气人员配合，如电杆、变压器、大型电机、整轴且截面较大的电缆及导线等。电气作业人员必须与起重吊装、装卸运输人员搞好协作，互相配合。保证设备及作业的安全。

2）起重吊装作业必须由有经验的起重工统一指挥、统一信号并分工明确，明确每个人的责任并做好安全措施。作业前，作业负责人必须对起重工具、绳索、牵引机械等进行全面检查验证确认，保证完好，如有破损或怀疑其质量问题时不得使用。

3）作业负责人作业前应向全体作业人员进行技术方案和安全交底，明确注意事项。对于起重、装卸及运输工艺较复杂、环境恶劣、地形地势凹凸不平的要编制作业的施工组织设计，必要时应进行试吊试验。其中运输作业应与交通管理部门联系，并取得运输作业许可证。起重作业若与通信线路、电气线路交叉时，应征得相关部门的允许，必要时要搭设护线架子，以避起重塔架的缆风绳造成通信线路、电气线路的短路或故障。

4）起重机械，如绞磨、汽车吊、卷扬机、手动绞车、人字架等应安放在质地坚硬的平地上，且必须平稳牢固，地锚可靠，并设有制动和逆止装置。安装好后应由负责人及起重工检查验收合格。

5）起重机械应有铭牌，标明允许工作荷重，不得超重使用。无铭牌或自制的起重机具，必须经机械部门试验合格并标注荷重后才准使用。起重机械及其作业中使用的钢索、吊具、卡子、滑轮、缆风绳等必要时要进行力学计算，核准负载荷重，任何时候不得超载使用或强行作业。

6）钢丝绳应定期检查和浸油，若有下列情况之一者应予以报废：

① 钢丝绳在一个吊距中有表 11-24 的断丝根数者。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 11-24 钢丝绳在一个吊距中的断丝根数

最初的安全系数	钢丝绳结构							
	6×19 =114+1		6×37 =222+1		6×61 =366+1		18×19 =342+1	
	逆捻	顺捻	逆捻	顺捻	逆捻	顺捻	逆捻	顺捻
小于6	12	6	22	11	36	18	36	18
6~7	14	7	26	13	38	19	38	19
大于7	16	8	30	15	40	20	40	20

② 钢丝绳断股连续严重者。

③ 钢丝绳磨损或腐蚀到原来钢丝直径的20%及以上或受到严重退火和局部电弧烧伤者。

④ 钢丝绳严重锈蚀已无油性者。

7）起吊时，当重物吊离地面100mm时，应停止起吊，作业负责人应再次检查各个受力部位，必要时停留一定的时间，无异常后方可正式起吊。起吊及牵引过程中，受力钢丝绳的周围，如上下方、内角侧和起吊重物下及吊臂下等严禁有人通过或停留。

8）起吊设备必须绑牢，吊钩吊点必须牢固可靠，其棱角或特别光滑部分与钢索的触面必须加以棉麻木类材料包垫，以防割伤钢丝绳或磨损设备。

9）起吊时，绞磨或起重机、卷扬机的滚筒上，至少应绕有5圈钢丝绳，拖尾钢丝绳应随时收紧，并由有经验的老工人负责。使用开口滑轮时，应将开口勾环扣紧，防止钢索脱出而发生危险。起吊后停留时间内应进一步从头彻底检查核对一次。

10）带电设备附近作业时，起重机具、被吊物、被搬运物与带电体的距离：10kV及以下不小于1.5m；10kV不小于3.0m；35~110kV不小于4.0m；220kV不小于6.0m。

11）运输必须保证车辆，如汽车、马车等运输不得过载。运输电杆、变压器、电线及导线线轴及宜滚动的物体必须绑扎牢固，并用垫块卡死，防止滚动。装卸人员同乘时，应站在安全地方，严禁站在运载物体易滚动的部位上。超高、超长或超载运输时必须悬挂三角小红旗于前后方，且车速适中，易停车，必要时前方应有清道监护车，服从交通管理部门的管理指挥，接受检查和监督，并办理相关通行手续。

12）人力搬运水泥电杆、水泥制件等重物时，必须集中人力、步调一致，起、放电杆时应互相呼应，用力方向相同。施工现场应尽量使用双轮小车运送电杆或水泥制件等重物，以免出现人为事故，保护电杆，保证人身安全，使用的工具必须经检查无误。

13）任何运输方式，严禁野蛮装卸电气设备及器材，以免破损断裂，造成损失，必须做到轻拿轻放，文明施工。

14）起重、吊装作业前必须进行现场清理，清除有碍作业的物件，保证一个足够大的工作面，并设置围栏，设专人看护，以防意外发生。

（2）土方挖掘作业的安全事项

1）土方作业必须先探明地下隐蔽物的情况，当在埋有地下电缆和各种管道的地方挖坑或挖电缆沟前应与有关部门取得联系并提供隐蔽工程的相关资料，办好相关手续，确切查明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

地下设施的位置埋深及其功能作用，做好必要的防护措施。挖掘过程中应特别小心谨慎，避免破坏地下设施。应使用铁锹或木制工具，不准使用机械、镐等工具。

2）土质松软地带挖坑时应有防止塌方的措施，如加挡板、撑木等。禁止从下部掏挖土层。在建筑物旁挖掘时，应事先了解地质资料和土建工程结构情况，并考虑到建筑物有无倒塌或塌陷可能，挡板、撑木必须牢固且有承载能力。

3）从坑或沟内向上掷土时，应防止土石回落在坑或沟内，砸伤作业人员，特别是坑或沟较深时更应注意，必要时应用筐提升土石，或设专人清土，并清出走道。挖好后的沟坑内，人员不得滞留或休息。

4）在居民区或通行道路附近挖掘杆坑或电缆沟，应设置围栏或坑盖，夜间必须挂红灯警示。尽量缩短作业时间或挖填不过夜，如夜间作业，必须做好噪声的防护工作。

5）挖掘前应先检查工具，并确定挖掘方法，作业时人与人间应保持最小允许的作业距离，以保安全，防止碰伤。

6）开挖坚硬土层或路面时，使用大锤和钢钎应戴护目镜。打锤人不得戴手套，扶钎人应戴手套和安全帽，且应站立在打锤人的侧面。钢钎顶端劈裂开花、下尖端钝时应及时修理。采用机械时，必须注意正确使用机械及周围的防护。

7）雨季进行土方工程时，尽量缩短工期，随挖随填，挖好的沟或坑应有防止水流入的护坡或排水明沟。冬季土方工程需动火时应注意防火安全。

8）挖电缆沟时，应防止污水或其他有害液体流入，电缆敷设好后应及时回填并夯实。

9）冬季回填土时，应将冻块砸碎，必要时应加热冻土。较大石块回填时应有避免砸伤电杆或电缆的措施。回填后应将其夯实。

10）当地表水位较浅时应有降水措施，降水施工必须遵守临时用电及机械操作规程。

（3）顶管作业的安全注意事项

1）作业前，负责人应召集全体作业人员会议，制定安全技术措施，规定统一的信号及明确每个人的责任及分工，并按顶管的机具、方法、土质不同制定施工工艺程序和具体要求。

2）确定安全员，安全员应具有安全员的资质证，并持证上岗。

3）作业坑必须适合作业要求，并满足最多作业人员的需要，有足够的工作面。坑上周边不得有杂物堆土，并设遮栏，以免异物落入，作业时应有专人看护，以免外人误向坑内投掷异物等。作业坑开挖及开挖后应设置安全保护措施，以免塌方；夏季应有防洪措施，以免淹、灌、冲。顶管作业应遵守土方挖掘作业的安全规定和措施。

4）螺旋推进法顶管时，应及时清除出土，使用链钳时应将管卡死，螺旋推进装置应安装稳固，底坑作业人员要相互照应，分工协作。千斤顶机械顶管时，必须先检查千斤顶及推进机械是否处于完好状态，并按前述要求进行作业。倒运装置时必须前后呼应，避免撞击人身。

5）锤击打桩推进法顶管时，顶管及锤击装置要安装稳固可靠，打桩必须准确，禁止打飞锤，坑上坑下作业人员要协调一致，随时观测锤击情况及其准确性。发现偏差及不妥必须即时纠正。

6）顶管作业必须注意道路上的行人及车辆，安全监护人必须随时注意坑上坑下作业人员的往来，走出作业坑后一定要提醒其行走方向及携带的工具等，任何时候，任何人不得将异物落入坑内。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7）夜间作业必须有足够的安全电压照明装置和急救措施，一律使用36V以下电源，并在路边设置红灯以示警戒，雨天应停止作业，并检查落实防淹、防灌、防冲措施，必要时应搭设顶棚并加看护人员。

8）顶管作业前，必须探明地下地质情况，有无管路及电缆或其他设施，在管路、电缆及其他设施周围1m以内的范围内禁止顶管通过。其中，地质资料必须由市政部门提供真实图纸并永久保存。

9）顶管作业深度或作业坑深度在5m以下，发现地下有水或土质发生变化时应停止作业，必须探明土质及水文情况后方可继续作业或改变作业地点。否则应设置排水装置。

10）顶管后座安装时，后背墙面必须平整，枕木的压缩应均匀，否则应及时调整，以防止顶偏。

11）拼接管段时或因故障暂停作业时，应加强前后联系和协作，管头作业人员要注意塌方并及时修整作业坑，清除出土。

12）大型顶管作业时，管子的顶进或停止，应以工具管头部位的发出信号为准，遇到顶进系统发生故障时，应有信号发给工具管头部作业的人员，并引起注意。工程中的纠偏千斤顶，应绝缘良好，操作电动高压油泵应戴绝缘手套。

13）顶管全体作业人员应分工协作尽心尽责遵守安全操作规程，安全完成任务。负责人离开现场时，必须委托临时负责人，监护人员不得离岗。

（4）隧道内作业的安全事项

1）电缆隧道内必须有充足的照明，照明一律使用安全电压，同时应有第二电源，任何时候，任何情况下均不得断电。

2）隧道内作业必须戴安全帽，以免头部碰击到支架或墙壁上的凸出物。同时应穿绝缘靴。

3）电缆隧道的井口必须有专人守护，以避免异物进入而发生意外事故。看护人员不得擅自离开现场。

4）雨季作业，应尽量缩短工期隧道井口必须有防洪防灌的措施。

5）隧道内作业使用的电动工具、动力装置必须有良好的绝缘，使用的电缆应为高强度五芯橡皮软铜电缆，设备应做好接地/零，同时必须配备漏电保护器。

6）隧道内作业必须有良好的通风干燥条件，保证有充足的氧气。进入隧道前，应先开动通风机，把内部的旧空气置换出才可进入作业。作业中应根据作业人数的多少确定开机的时间，保证隧道内空气新鲜。

7）隧道的修建到使用必须保证其结构上的强度和质量，不得因振动、车辆、洪水等外界因素导致隧井的破坏或塌陷。

8）大型电缆隧道作业必须配备消防措施，作业人员不得吸烟或携带火种。隧道内的动火必须经作业负责人批准并有监护人监护。作业间断及完毕时，必须及时熄灭火源，并由监护人确认后方可撤离。动火作业时必须开动送风机。

9）隧道井内作业应有步话机或其他通信设备，并在井口设专人与外界联系，以免混乱。同时在井口设置明显红色标志，夜间设红灯警示。

10）作业应遵守安全操作规程和作业操作规程。

（5）射钉枪的使用注意事项

1）射钉枪及其附件、子弹、射钉应专人妥善保管，用多少领多少，按工作量发放。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）射钉枪应放在干燥通风的地方保管以免受潮生锈。使用前应仔细检查各个滑动部件有无卡阻并及时修复，射钉枪应经常进行维护保养，保持内部清洁光滑。

3）射钉枪禁止空击，在易燃易爆危险场所使用时，必须经过有关部门批准。必要时应检测爆炸性气体的浓度。

4）射击现场应设专人监护，不得有行人来往，操作者应戴线手套、耳塞和防护镜。必要时应设置围栏或围栏绳。

5）射钉时，枪口必须紧贴并垂直于被射物的平面上，不得向有凹凸不平的物体上射钉。第一枪未射入时，不得在原位上补击第二枪，否则，将会发生危险。

6）建筑物射钉处的厚度，必须大于钉长3倍，被射物的另侧或下方不得有人，射钉孔与被射物的边缘的距离应大于100mm。

7）发生失灵或“臭弹”时，应将其取出弹筒，排除故障，严禁带弹检修。在高处作业时，严禁检修枪体。检修时禁止用重物或铁锤敲打，检修应由有经验的专人进行。

8）混凝土上射钉时，应了解混凝土的标号、厚度、要求射入的深度和射钉规格，以便正确选用射钉、射钉枪及子弹等，以避免出现故障。

9）射钉枪的枪口任何时候不准对人，要养成良好的习惯。射钉枪的使用者应可靠，通常由专人进行操作，以防事故。使用后的射钉枪应检查机械部分有无损伤，并将机件擦净，滑动部件涂上枪油，放入原铁箱内，妥善保管。

三、电梯安全操作规程

电梯是一种机电一体的安全要求很高的提升装置，在电气方面有着复杂的控制系统和动力系统，而机械方面除了传动装置外，还有轿厢、导轨、厅门、底坑、钢索及配重等装置。而电气与机械两者之间又有着千丝万缕的联系。这里将从电梯的安装、运行、检修等方面讲述其安全操作规程，使读者进一步了解到一是电梯本身的安全，另一是操作人员、乘坐人的安全，这是非常重要的。同时建设工地的提升机械应参考相关条款，确保安全。

（一）电梯安装

1. 电梯安装总体安全要求

（1）电梯安装是以电工和安装钳工为主，并配以焊工、起重工等多工种协作，立体交叉的高空作业，危险性很大。必须加强电梯安装作业中的安全防护工作，并设置各类安全装置及设施，保证作业安全，保证电梯的安全性能。

（2）电梯安装必须设置与外界联系的装置，如手机、步话机、火警电话等，同时设专人负责联络工作。

（3）参加电梯安装作业的各类人员，必须经过安全技术培训，熟悉安全技术规程，掌握安全技术，并经技术监督部门和安全部门的考试合格，取得与作业内容相关一致的特种作业人员操作证，并持证上岗，方可作业。不适应登高作业者，如高血压、心脏病、精神病等人员，不得从事电梯安装作业。

（4）电梯安装作业中，电工、钳工、焊工、起重工及其他作业人员，必须遵守各自的安全操作规程，并搞好相互之间的协作和配合，保证安装中的安全和人身安全。

（5）安装开工前，必须根据施工现场实际情况和该电梯安装工程的具体作业内容，编制施工方案。施工方案中必须列出安全技术措施，并向所有作业人员交底并明确每个人的责任，必要时应签字。安全措施必须落实，并经检查合格。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（6）电梯安装作业应由作业负责人统一指挥，并制定统一的信号、口语、手势等，作业人员必须遵守执行并服从命令和指挥，步调一致，同心协力。

（7）施工方案批准后，不得随意修改。在执行过程中，如果有新的安全问题，应立即上报负责人和安全部门，调整或增设相应的安全措施，否则应停止作业。

（8）作业负责人是安全的责任者，又是现场安全的监护者，必要时应设置专职的安全员，协助负责人搞好安全工作和现场安全管理。

（9）电梯安装应设专人负责清理现场、保管料具，使现场安全有序。

2. 开工前的安全措施

（1）施工现场的进出通道必须清理干净。每层厅门层门、机房等处均应设置防止杂物落入井道和防止阻碍交通的措施。机房门窗保持完好，门上上锁且挂有“非电梯安装人员不准入内”的标志牌。

（2）设备材料堆放时，必须注意以下几点：

1）重型设备及部件，不可集中放置在楼板或屋顶上，要分散放置，也可放在承重梁的上面，但必须垫以枕木或脚手板。

2）导轨、立柱、门框、型钢、轿顶、底盘等细长部件及材料不允许立放，防止倾倒伤人，并防止变形。一般应平放在平坦的地面上。

3）设备及材料的堆放不得妨碍施工及交通要道。

（3）井道内杂物和底坑积水污渍应清理干净，然后搭设脚手架。采用无脚手架施工时，应按安全规程要求制作吊笼，吊笼使用的所有型号的材料、采用的结构、焊接方法及钢索、滑轮、提升机构等应符合安全及力学要求，并检验其安全、载荷运转的安全性、可靠性和适用性。

（4）脚手架安全规定：

1）脚手架所使用的材料必须经检验合格，并由负责人签字认可，钢管、扣件必须有合格证件。

2）脚手架用钢管搭设，扣件必须应连接牢固可靠，严禁用铁丝代替扣件绑扎钢管。用杉杆搭设，应使用8#铁丝，绑扎应牢固。用优质竹竿搭设，竹竿不得劈裂，小头直径至少为70mm，绑扎应用10#铁丝或麻绳。脚手架的横杆一端必须与井壁顶死，另端用木楔卡紧。不得移动。脚手架顶部承重力应大于3000N/m^2。

3）从第三层起每隔二层应设置一层安全网，网与四角立杆可靠连接。安全网一般用细目安全网或竹芭或棘芭等材料。其中，安全必须是由国家认可的生产厂生产的并有合格证件。

4）横杆间距一般为1600～1800mm，与井壁水平间距在满足安装情况下越小越好，横杆按层交替顶住井壁以保证架体牢固。

5）脚手板的铺设量应保证安装的需要且越少越好。一般应用板厚不小于50mm、板宽不小于300m的优质木板，脚手板与横杆应绑扎固定，探头一般为200～300mm。脚手板的绑扎不得妨碍脚下行走作业。

6）钢管脚手架必须临时可靠接地，应在架子底部与建筑物接地干线可靠焊接，竣工后与架子一并拆除。一般是每根立管用钢筋可靠焊接后再与接地干线可靠焊接。

7）脚手架搭好后必须由安全管理部门和作业负责人班组长联合检查验收合格并签字认可后，方可作业。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（5）脚手架搭好后应站在脚手架上清理井道内壁上的残留模板、钢筋头、铁丝等有碍作业安全的杂物，并将井壁上的凸突物和妨碍作业的杂物清除，清除后应集中运至室外垃圾场。

（6）每层厅门口装设防护门，防护门应外开加锁，必要时防护门应将门洞封严，以防杂物坠落。门上应有“井道、危险、勿进、勿抛杂物”的警告标志，如图11-6所示。防护门一般应用钢板、木板、金属网等材料制成，但必须有足够的机械强度。

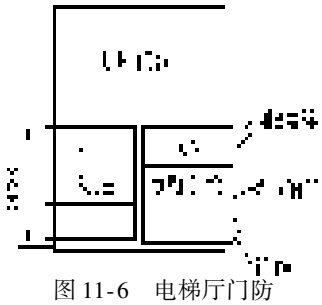


图11-6　电梯厅门防护门的设置示意图

（7）施工临时用电必须遵守用电安全规程，安全可靠，容量相符。配电箱设在井道外的厅中并上锁，也可设在机房内。照明和动力回路要分开并单设开关，每个回路应有短路、漏电保护装置且功能可靠安全。工作零线和保护零线应分开设置。井道内的临时照明线路应用36V及以下的安全电压，行灯变压器应设在总闸箱附近并设箱上锁，并遵守行灯使用的规定。井道内的照明干线应放在脚手架的外侧并与其保持一定的距离，一般应用防水线禁止使用塑料线，手把灯应有防护罩，电缆不得与架子绑扎。同时应随时检查电气设置及线路发现不妥及时纠正。

（8）手持电动工具的使用应遵守手持电动工具的相关规定，不得把220V或380V的电源插座引入井道，应加长电缆长度，室外设电源。

（9）施工用电应专职电工负责，一律使用橡皮防水电缆，引入井道内的电缆不得有接头，电缆的绝缘应良好。电缆的设置应于隐蔽处，避免砸断受损。

（10）施工现场消火栓的位置应在平面图上标明，并告知所有作业人员，消火栓应在开工前检验合格。首层、机房、顶层及井道的1/2处均应配备干粉灭火器。动火作业必须遵守前述的规定。

（11）电梯安装负责人应与土建工程、管道及设备安装工程、装饰工程等其他专业负责人取得联系，搞好协作，建立安全协作网，共同做好安全防护工作，共同遵守施工工地的安全规定，文明施工。

3. 安装过程的安全规定

（1）电梯作业人员进入现场后，不得穿凉鞋、拖鞋、硬底鞋，必须戴安全帽、穿工作服，离开地坪作业时应系安全带。严禁酒后或在精神失常时从事电梯安装作业，电梯作业人员有病应请假休息停止作业，离开现场。

（2）井道作业时，使用的小锤子、小扳手等工具及螺母、垫圈、螺栓等小型配件应放入工具袋内随身挂带，小锤或扳手应用绳子系在手腕上，以免松脱伤人。施工作业中禁止向上、向下抛掷工具或材料，必要时应用绳索传递。

（3）井道脚手架上作业，必须上下左右相互照应，相互提醒防范，较大动作前或传递杆件应呼应。作业时不要碰击为安装导轨、绳轮而设置的各条垂线及稳固好的支架，防止变形和掉落伤人。要尽量避免在井道内垂直交叉或多层作业。

（4）在井道脚手架上使用电动工具时，应戴绝缘手套并选好站立位置。电动工具应有良好的接地保护，用完后立即切断电源，并遵守电动工具的相关规定。同时应放于安全地方，以免跌落或砸坏。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（5）井道内的电焊把线和气焊皮线要经常保持理顺，同时两者之间应保持2m的距离，严禁与架子绑扎固定。要经常检查有无磨损、断裂、漏气、漏电、打火等异常现象。在进行电气焊、气割等作业时，必须遵守有关动火作业的规定严禁着火。

（6）安装中使用的汽油、煤油、油漆、乙炔气等易燃易爆品要妥善保管，分类存放，远离火源，使用时要保持安全距离。上述物品应专人负责，下班收工后不得零散滞留在现场，必须送进库房统一保管。

（7）安装中使用的吊具、绳索等承重器具在使用前要仔细检查，应做强度和试吊试用试验。吊装时要核对吊钩强度及被吊物重量。在机房进行承重梁、曳引机设备就位时，要保持操作距离，防止挤压。卷扬机吊装导轨时，吊钩采用转钩，以防钢丝绳打旋。用人力拉绳时，最少由2人操作。起吊就位导轨时，除固定导轨的作业人员外，井道内不得滞留其他人员。只有导轨架和螺栓紧固导轨后才可松开吊钩。井道作业的吊装作业应尽量减少吊装次数，尽量做到一步到位。

（8）进行对重安装作业时，除按操作规程进行外，还应注意：

1）安装对重框架时，手拉葫芦应拴挂牢固，对重框架下部严禁有人，操作人员应远离框架周边垂线500mm以上。操作人员应有防止由于框架晃动引起的碰撞或挤压的措施。

2）对重块装入框架后应立即装好框架固定装置，防止移动滑出。核对平衡系数后再允许按试运行实际情况进行调整。

（9）曳引绳安装时，除操作规程外，还有以下三点事项：

1）钢丝绳末端，当采用金属或树脂填充锥套时，在预热锥套、加热充填物过程中，应防止烫伤。浇灌锥套时，应戴防护镜和手套，且下方不得有人。加热使用喷灯时，应遵守动火作业的规定。

2）曳引绳安装前后必须以mm为单位检查钢绳，必要时应用放大镜，不得有丝毫的瑕疵和隐患。安装完毕验证无误后方可提起轿厢进行调整。

3）穿曳引绳时，要防止绳头弹起伤人，必须使用纤维绳牵引但必系牢系紧。电梯曳引绳的长度必须丈量准确并固定牢靠。

（10）在多部电梯共用的井道里作业时，必须编制安全组织设计，每部电梯的移动都应有专用的信号，以提醒作业人员不但要注意本身作业电梯的移动，还要留心相邻电梯的动态，并设专人监护。相互之间必须搞好协作，保证安全施工。

（11）轴承及滑动部位加注润滑油时，应避免溢出。加油过程中，电梯必须停运。冬季、雨季施工应注意防滑，机房门窗应关好，防止雨雪侵入。

（12）安装电梯的电气装置及线路和机械装置时应遵守安全操作规程。电梯的电气、机械等各部位安装完毕后，应由技术负责人、安全员、质检员按产品设计规范、安装验收规范、安装安全规范等技术要求逐项进行严格检查调整并验收合格。

（13）作业中，应随时清除机房、井道、轿厢、厅门等处的障碍和废料，临时用电及各防护措施应符合安全要求并随时检查。下班后应将各层门关好上锁，撤离现场时，必须清点工具器件及材料，以防遗留后发生危险。

4. 电梯调整及试运行中的安全注意事项

（1）电梯安装的调整及试运行应根据工程特点和现场情况编制调试方案并报技术监督部门批准。同时召集调试准备会，制定有关规定并向全体作业人员讲明调试方案、明确分

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

工、确定责任专人指挥、信号统一、安全措施、注意事项等。

（2）检查电梯的安全保护装置回路、信号回路、控制回路及井道、轿厢、机房等有无不妥，接线是否正确，防止错误信号或误动作造成意外伤害，防止坠落物伤及人或设备。电气部分应派非接线人员进行，机械部分应由专职检查员协同进行。

（3）调整电梯的机械、电气装置使其符合规定。安全保护装置不得随意拆除、更动、短接、阻塞。未切断电源之前，严禁更换和修理线路中的电气元件，必须更动的应经技术负责人批准，并标注在竣工图上。

（4）在轿厢顶上调整作业，必须先装好轿厢顶部的防护栏杆并验证合格，保证充足照明，轿顶安全开关应灵敏可靠投入使用。调整作业人员不得将身体重心移至栏杆之外，并注意站立位置防止滑落。不得触动移动部件和电气元件。轿厢上下运动时，要注意轿厢和对重交错时的距离及轿厢到顶时与机房地板或隔声层之间的距离。调整时必须用慢车进行。

（5）慢车试验时，必须先进行下列检查：

1）在机房切断主电动机和电磁抱闸的电源，曳引机、抱闸在电气试验中不动作，轿厢停在某一厅门位置。

2）模拟各种安全保护装置的信号（用手触动开关触点），试验各种保护装置的动作应正确即相应的继电器动作正确或用万用表测试。

3）各层层门联锁装置完好，层门呼唤正确，信号截梯可靠无误。轿厢中选层、定向开关、急停等工作正常。

4）电气回路绝缘电阻合格，接地良好。电源电压波动系数符合要求，相序正确。

（6）慢车试车应注意以下内容：

1）试车前应发出通知，张贴于明显之处，引起人们注意，避免他人误入。必要时应专人看守，以防不测。离开机房时应关窗锁门，钥匙由专人保管。

2）试车作业至少由 3 人进行，无关人员严禁开梯呼梯或进入调试现场。试车时不准载带乘客，操作人员进入轿厢前，必须确认轿厢的位置或层站。试行前必须先检查轿门、厅门的开闭应正常。试行中，轿门、厅门应关闭，安全装置应投入使用且完好正常。

3）多部电梯共用井道试车时，开启前要发出警报信号，以引起相邻电梯的注意，并保证双方的安全。

（7）只有慢车正常后方可进入快车试验，快车试验应注意以下内容：

1）快车试验必须由电梯调试人员进行，试验时，轿厢内、机房内，各设 1 人，并设一专人呼梯，试车应用对讲机进行联络。

2）所有安全装置必须全部投入使用，并灵敏可靠。轿顶禁止站人。

3）试车过程中，排除故障或修理部件时必须先确认安全条件并拉掉主机电源，才能进行。

（8）电梯的调整及试运行，首先是确认电梯的安全功能是否正常，安装质量是否合格，再检查电梯的安全装置能否正确动作，保护功能是否完整，进而确认电梯的安全性能，最后判电梯能否投入使用。调试中必须先从安全角度出发，进而保证其安装质量。

（9）调试过程中，必须处理好非电梯安装及调试人员的介入，保证他人的安全，保证调试工作的安全。

（10）调试中最忌讳的就是乱拆乱卸乱接，再者就是乱指挥，所有涉及的人员必须注意这一点。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（二）电梯运行及检修

1. 司机操作电梯运行安全操作规程

（1）司机在上班前半小时到达首层厅门，观察厅门无异常后可用钥匙插入呼梯按钮盒上的钥匙孔内接通电源，这时必须先观察层站指示器显示的轿厢位置是否在首层，否则，应用呼梯钮将电梯轿厢行驶至首层。这里要注意，一般情况下应在首层。

（2）层门自动开启后，观察轿厢内有无异常，然后才能进入轿厢，并确认轿厢平层位置。

（3）进入轿厢后，合上照明开关和电源开关。检查厢内有无异常并清扫卫生。

（4）打慢车上下一次，观测有无异常，特别是运行声音与以往有何区别，以判断是否正常。

（5）操纵电梯以正常运行速度上下行驶至少 3 次，观察各种信号、平层、开关门及保护装置的动作是否正确。确认电梯的功能正确后，才能载客。如果有异常或平层误差较大，则应进行调整修理。

（6）严禁超载、超人数、超速运行，严禁客货混装。严禁装运易燃易爆危险品。载人电梯，当需装运货物时，应避开人流高峰，并采取保护措施，同时报请有关部门批准，在专人监督下进行，但严禁超载。

（7）司机有义务提醒乘客爱护电梯设施、保持厢内干净、切勿倚靠轿厢门，切勿将重物及危险品为带入轿厢，并有权制止上述违章行为。

（8）司机因故离开轿厢时，应将轿厢停在首层或基站，断开厢内电源开关，并在层门处用钥匙关闭电源，待层门自动关闭后才能离去，并挂牌告知乘客。严禁委托乘客或他人来代替操作电梯，更不得敞门离去。

（9）司机严禁的错误操作：

1）检修、急停按钮作为正常行驶起动前的消除召唤信号。

2）检修慢速在层门、轿门开启的情况下行驶。

3）强行开门或关门。

4）超速运行。

5）开启轿顶安全门或活板门。

6）检修速度装运超重物件行驶。

7）手动轿厢门的开、关作为电梯的起动或停止功能的使用。

8）极限开关作为电梯上或下的停止运行。

9）行驶时突然换向。

10）短路某一保护接点运行。

（10）司机允许的操作：

1）当平层准确度不能满足要求时，可利用点动平层。

2）紧急情况下，可先将轿厢停止，然后再换向。

3）特殊需要时，如火警、急救病人及其他警报信号等可使用直驶按钮。

（11）电梯发生异常或故障时，司机必须立即按动急停钮、警铃钮，并告知乘客要保持镇静，利用电话与外界及时取得联系，采取救援措施。对于不听劝阻而企图逃出轿厢或擅自打开安全门的乘客应予以制止或警告。极力保证乘客的安全。

（12）司机下班时必须将轿厢停在首层或基站，检查轿厢内有无不妥后，应将操纵盘上的开关全部断开，关好层门，并在首层呼梯盒上用钥匙关闭电源，待层门自动关闭，指层灯

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

或指示灯熄灭后方可离去。

2. 无司机时由乘客自行操作电梯的操作规程

（1）按动层门处的呼梯钮，并注意方向，需上行按动上方钮，需下行按下方钮，同时应观察层门处指层灯指示的轿厢位置和行驶方向。一般情况，电梯上行时应不按动下行按钮，反之不按上行按钮。

（2）轿厢到达时，指层灯显示轿厢的运行方向并自动开门。应根据其运行方向进入轿厢，进入轿厢后按动要去层站的选层按钮，同时指示灯亮。当其上行时，欲下行不应进入，反之，上行的人不应进入。

（3）门自动关闭后，轿厢即自动行驶至要去层站，到站后门自动打开后，即可走出轿厢。

（4）进入轿厢后，不得按动关门按钮►◄，要等其自动关闭。层站到达后，不得按动开门按钮◄►，要待其自动打开。

（5）无司机的电梯上每个乘客都是司机，因此，每个乘客必须执行有司机操作的电梯中操作规程中的第（6）、（8）、（9）、（10）、（11）条的规定。

（6）任何人不得擅自更动轿厢内的各种设施及线路，人人有权制止他人的不文明行为。

（7）轿厢应建立文明公约，包括不吸烟、不随地吐痰，不抛弃废物、不大声喧哗、不损坏公共设施、不挤不拥，不违反操作规程等。

（8）电梯管理人员应在上班前执行有司机操作的第（1）～（5）条和第（12）条，无误后方可交于乘客，并做好监督管理工作。

3. 电梯使用及管理中的注意事项

（1）电梯司机必须是经过技术监督部门严格的技术培训及安全培训且合格后并取得操作证的人员，操作时必须持证上岗。无司机操作的电梯其管理人员应对本单位乘梯人员进行必要的操作技术培训，并将操作规程及注意事项印发并张挂在首层厅门处及轿厢内。

（2）电梯维修人员必须是经过省级电梯管理部门技术培训、安全培训并通过考试及实际操作考核取得资质的技术人员或技术工人、或取得维修资质的电梯生产单位的派出人员。

（3）电梯司机、维修人员必须熟悉电梯的电路及安全装置，熟练掌握一般故障的排除及维修工作。司机与维修工必须相互配合、搞好协作，保证电梯的安全运行。

（4）司机和维修人员必须在班前班后或休息日中作好日常维护、保养、巡视、检查工作，发现问题要立即解决，把故障消灭在萌芽时期，保证安全运行。

（5）电梯必须按周期进行检修，并接受技术监督部门的定期安全检查。周期检修的内容包括电气部分、机械部分和安全保护装置以及轿顶、机房、轿厢、井道、底坑清理及检查等。

（6）电梯的管理应做到以下几点：

1）机房必须设门加锁并经常检查，以防闲人进入。

2）将抱闸扳手及盘车手轮放置在机房的明显处，以便出现事故时使用。

3）机房内应张挂事故或故障处理的操作规程或说明，以便出现事故或故障时遵循规程去操作。

4）曳引机的盘车手轮处应用红漆标出轿厢上下的盘车方向。

5）机房的控制柜上，所有的元件、按钮、信号指示应标注符号及用处。

6）机房正梁上的起重吊环上应标明最大载荷。

7）同一机房设有多台曳引机时，曳引机及主开关上均应设有与电梯、轿厢对应的统一

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

编号。

8）曳引绳上应用红漆标出轿厢所在层站的位置，并准确无误。

9）机房、轿厢及厢顶应保持干净整洁。

10）安装日常维护、保养、巡视、检查、维护工作，并有详尽记录，记录应有可追溯性。

（7）停止按钮应用红色，并标有“停止”字样。报警按钮应用黄色，并标有钟形符号加以识别。红黄两色不应用于其他按钮。

（8）轿厢内应张挂安全使用及乘坐标牌，以便告诉乘客注意事项，无司机电梯则应让乘客了解安全操作规程而正确操作。

（9）设立安全标志及警告牌制度，提醒人们注意安全，如轿厢内的“禁止吸烟”“安全出口”，通往机房门、隔音层门、活动地板处的“电梯曳引机—危险！”“未经许可，禁止入内！”“谨防坠落—重新关好活地板门”，井道检修门处的“电梯井道—危险，未经许可、禁止入内”，首层厅门处的“正确操作，保证安全！”等标牌。

（10）电梯应设专人管理，除日常维护检查外，要制定检修计划并实施，并保持电梯各部件完整、安全性能及其设备元件及环境的卫生，保管紧急开门钥匙和机房钥匙，并将其放在办公室的明显固定位置上。司机和维修人员应配备这两把钥匙，便于维修和管理。同时应向乘客宣传文明公约、爱护电梯等事宜，并制止不安全、不文明行为。

（11）电梯严禁超载、超速！禁止客货混装！货梯不准载人！严禁将危险品、易燃易爆品、有毒有害品带入轿厢！

（12）禁止未成年儿童自行操作电梯或单独乘坐电梯。严禁在电梯内游戏或利用电梯追逐打闹。

（13）电梯停运时间超过 1 周时，在重新使用时必须进行检查及试运行，及时发现不妥并修复。否则，不得使用。

（14）电梯应建立单独的设备档案，保存安装调试及试运行记录、安全装置检验记录、检查修理记录、巡检记录、运行保养记录以及电梯的产品说明书、图样、改装记录等。各资料应真实，并注明日期及当事人姓名等。电梯应由设备管理部门或电梯管理人员管理。

（15）任何人不得擅自修改电梯的控制电路及保护装置或损坏电梯，电梯的改造和修理应经批准后由制造厂或省级资质的安装修理单位进行。否则，应负法律责任。

（16）乘客除乘坐外，有举报电梯安全隐患或存在问题的权利，凡举报后的事例，管理人员必须认真复核并制定相关的措施加以修复或改正，并对事例修复、改正，加以详细记录。

（17）电梯司机、维修人员、管理人员、乘客应同心协力，把电梯变成宣传文明、制造文明、安全舒适的对外窗口。

四、不安全行为和习惯性违章作业

在用电过程中，由于诸多原因，人们往往有意无意地重复着不安全的行为，重复着习惯性违章作业，这是极其危险的，无论是对人本身，还是对电气系统、电气设备、电气线路都是不允许的。作为一名电气工作者、一名电工、一名用电人员，在用电操作中必须克服和纠正这些不安全行为和习惯性违章作业，这样才能进一步保证用电安全。

（一）不安全行为

不安全状态和不完全行为见表 11-25 和表 11-26。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 11-25　不安全状态分类（据 GB/T 6441—1986）

序号	分　类	内　容
1	防护、保险、信号等装置缺乏或有缺陷	（1）无防护 （2）无防护罩 （3）无安全保险装置 （4）无报警装置 （5）无安全标志 （6）无护栏或护栏损坏 （7）（电气）未接地 （8）绝缘不良 （9）风扇无消音系统、噪声大 （10）危房内作业 （11）未安装防止“跑车”的挡车器和挡车栏
2	防护不当	（1）防护罩未在适当位置 （2）防护装置调整不当 （3）坑道掘进，隧道开凿支撑不当 （4）防爆装置不当 （5）采伐、集材作业安全距离不够 （6）放炮作业隐蔽所有缺陷 （7）电气装置带电部分裸露
3	设备、设施、工具、附件有缺陷	（1）设计不当，结构不合安全要求 （2）通道门遮挡视线 （3）制动装置有缺陷 （4）安全间距不够 （5）挡车网有缺陷 （6）工件有锋利毛刺、毛边 （7）设施上有锋利倒棱
4	强度不够	（1）机械强度不够 （2）绝缘强度不够 （3）起吊重物的绳索不合安全要求
5	设备在非正常状态下运行	（1）设备带“病”运转 （2）超负荷运转
6	维修、调整不良	（1）设备失修 （2）地面不平 （3）保养不当，设备失灵
7	个人防护用品用具——防护服、手套、护目镜及面罩、呼吸器官护具、听力护具、安全带、安全帽、安全鞋等缺少或有缺陷	（1）无个人防护用品、用具 （2）所有防护用品、用具不符合安全要求

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	分　类	内　容
8	生产（施工）场地环境不良	（1）照明光线不良 （2）照度不足 （3）作业场地烟雾弥漫，视物不清 （4）光线过强 （5）通风不良 （6）无通风 （7）通风系统效率低 （8）风流短路 （9）停电停风时放炮作业 （10）瓦斯排放未达到安全浓度放炮作业 （11）瓦斯浓度超限 （12）作业场所狭窄 （13）作业场地杂乱 （14）工具、制品、材料堆放不安全 （15）采伐时，未开“安全道” （16）迎门树、坐殿树、搭挂树未作处理
9	交通线路的配置不安全	（1）操作工序设备或配置不安全 （2）地面滑 （3）地面有油或其他液体 （4）冰雪覆盖 （5）地面有其他易滑物 （6）存储方法不安全 （7）环境温度、湿度不当 （8）标志不全或字迹不清

表 11-26　不安全行为分类（据 GB/T 6441—1986）

序号	分　类	内　容
1	操作错误、忽视安全、忽视警告	（1）未经许可开动、关停、移动机器 （2）开动、关停机器时未给信号 （3）开关未锁紧，造成意外转动、通电或泄漏等 （4）忘记关闭设备 （5）忽视警告标志、警告信号 （6）操作错误（或按钮、阀门、扳手、把柄等的操作） （7）奔跑作业 （8）供料或送料速度过快 （9）机器超速运转 （10）违章驾驶机动车 （11）酒后作业 （12）客货混载 （13）冲压机作业时，手伸进冲压模 （14）工件坚固不牢 （15）用压缩空气吹铁屑

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	分　类	内　容
2	造成安全装置失效	（1）拆除了安全装置 （2）安全装置堵塞，失掉了作用 （3）调整错误造成安全装置失效
3	使用不安全设备	（1）临时使用不牢固的设备 （2）使用无安全装置的设备
4	用手代替工具操作	（1）用手代替手动工具 （2）用手清除切屑 （3）不用夹具固定，用手拿工件进行机加工
5	物体存放不当	成品、半成品、材料、工具、切屑和生产用品等存放不当
6	冒险进入危险场地	（1）冒险进入涵洞 （2）接近漏料处（无安全设施） （3）采伐、集材、运材、装车时，未离危险区 （4）未经安全监察人员允许进入油罐或井中 （5）未“敲帮问顶”即开始作业 （6）冒进信号 （7）调车场超速上下车 （8）易燃易爆场合明火 （9）私自搭乘矿车 （10）在绞车道行车 （11）未及时瞭望
7	攀、坐不安全位置	如平台护栏、汽车挡板、吊车吊钩
8	在起吊物下作业、停留	
9	机器运转时加油、修理、检查、调整、焊接、清挡等工作	
10	有分散注意力行为	
11	在必须使用个人防护用品用具的作业或场合中，忽视其使用	（1）未戴防护目镜或面罩 （2）未戴防护手套 （3）未穿安全鞋 （4）未戴安全帽 （5）未佩戴呼吸护具 （6）未佩戴安全带 （7）未戴工作帽
12	不安全装束	在有旋转零部件的设备旁作业，穿过肥大服装；操纵带有旋转零部件的设备时戴手套
13	对易燃、易爆等危险物品处理错误	

（二）习惯性违章作业

习惯性违章作业的原因见表 11-27。

习惯性违章作业暴露的问题见表 11-28。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 11-27 习惯性违章作业的原因

序号	原　　因	说　　明
1	图省事怕麻烦	有些电工嫌做安全措施多余、麻烦，作业中想怎么干就怎么干，怎么方便就怎么干，随意性很强。长期如此，养成了错误习惯，作业中只想省事、方便，却把安全规程、安全措施统统忘到了脑后
2	心存侥幸冒险蛮干	有些人明知违章还这么干，这是对自己的生命、家庭、集体极不负责任的一种表现。因为安全规程的每一条规定都是人们在总结了无数血的教训后得来的，不按规程办，就要出事故，这只是一个时间早晚的问题
3	反习惯性违章不力	管理人员反习惯性违章不力，对习惯性违章行为视而不见，见而不管，管而不严。这是习惯性违章不能从根本上杜绝的关键。有些管理人员，每天都有很长时间在现场转，但就是发现不了问题。很重要的原因是管理人员（也包括专业管理人员）怕得罪人，不敢抓，不敢管，更不敢考核。发现违章行为不制止，不纠正，不处罚，其实质是对违章行为的认同、包庇和纵容，是对职工的生命安全极端的不负责任，更是严重的失职

表 11-28 习惯性违章作业暴露的问题

序号	问　　题	说　　明
1	“安全第一，预防为主”的方针没有落实到位	把注意力集中在如何发现、制止、处理习惯性违章上，对那些同样威胁电工安全只是没有产生不良后果的习惯性违章，从严处理、宣传教育、吸取教训
2	安全责任制没有落实到位	作业管理人员，在布置工作时要强调作业注意事项，在检查工作时要及时发现隐患，解决问题
3	从严治企的方针没有落实到位	有些管理人员口头上喊着从严管理，实际工作中却不能坚持从严检查，从严考核，对违章现象说完了事，既教育不了当事人，也教育不了大家，根本谈不上“三不放过”
4	安全培训没有落实到位	一些违章行为，不仅违章者本人没有意识到，监护人、同一作业组的人都在现场，却没有人提醒和制止。这说明大家都不知道这是违章，反映出安全基础知识还很缺乏，安全意识还很低

习惯性违章作业的预防对策见表 11-29。

电气作业习惯性违章的表现形式及纠正措施见表 11-30。

工具使用习惯性违章作业的表现形式及纠正措施见表 11-31。

起重及高处作业习惯性违章的表现形式及纠正措施见表 11-32。

其他作业习惯性违章的表现形式及纠正措施见表 11-33。

表 11-29 习惯性违章作业的预防对策

序号	对　　策	说　　明
1	提高电工安全作业的自觉性	通过加强安全基础知识培训，认清习惯性违章的危害，自觉抵制习惯性违章，养成自觉遵章守纪的好习惯
2	强化管理	要求电管理人员充分发挥作用，从严查处习惯性违章。做到事前提醒，事中纠正，事后处罚，使作业人员充分吸取教训

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 11-30　电气作业习惯性违章的表现形式及纠正措施

序号	表现形式	纠正措施
1	冒险不使用防护用具带电作业	严格禁止
2	让雇用的临时工、民工、油漆工等自由出入电气作业场所，而未按有关规定履行手续，且又无人监护	应禁止雇用的临时工、民工、油漆工等自由出入电气作业场所
3	擅自扩大工作范围，超出工作票上规定的工作范围工作	严格执行工作票上规定的工作范围工作
4	工作班成员未撤离工作现场甚至还在工作，就提前办理工作终结手续	必须在工作终结后办理工作终结手续
5	非单人值班，变电所倒闸操作单人进行	变电所倒闸操作应有监护人
6	倒闸操作不带票、不唱票、不复诵，不认真校对设备，倒闸操作任务结束后一次性打钩代替核对	严格执行倒闸操作程序
7	现场工作负责人、监护人不到位，负责人临时离开现场，未临时委托能胜任人员代替且未通知全体工作人员	现场工作负责人应带头执行有关规定
8	登杆前不核对线路名称和杆号就盲目登杆	登杆前必须核对线路名称和杆号
9	登杆前不检查 3m 画线、杆子埋深及拉线牢固程度，盲目登杆	登杆前必须先检查电杆状况
10	还未等工作人员全部下杆就提前拆除接地线	确认电杆上无人后方可拆除接地线
11	单人巡线时，发现缺陷，擅自登杆（塔）检查，又不注意安全距离	禁止擅自登杆（塔）检查
12	遇有电气设备火情或人员触电时，不先切断电源慌忙进行抢救	遇有电气设备火情和人员触电时，应先切断电源
13	接触高温物体工作，不戴防护手套，不穿专用防护服	接触高温物体时，如果不戴防护手套，不穿专用防护工作服，可能被烫伤。作业前应进行认真检查，对接触高温物体，不戴防护手套、不穿用防护工作服者，不准上岗
14	不按规定穿用工作服，穿用工作服时，衣服和袖口不扣好，女职工进入生产现场穿裙子和高跟鞋，辫子、长发不盘在工作帽内	不按规定规范着衣服或肢体可能被转动的机器绞住绞伤。在作业前，应对着装进行严格检查，不按规定着装的不准上岗作业
15	进入施工作业现场不正确佩戴安全帽；虽然戴上安全帽，却不系好帽绳；把安全帽当成小凳子坐	进入施工生产现场前，严格检查工人佩戴安全帽的情况，不正确佩戴安全帽者不准进入施工生产现场。发现把安全帽当凳子坐的现象应严肃查处
16	带电断开或接续空载线路时不戴护目镜	在作业中，不仅要带护目镜，还应采取安全措施
17	使用电动工具时不戴绝缘手套	使用电动工具时戴绝缘手套，能有效地防止电弧灼伤或电击伤。在作业前进行严格检查，对不戴绝缘手套者不允许操作电动工具
18	在室外地面高压设备上工作时，四周不设围栏	工作时，四周应立即用围网做好围栏，并悬挂相当数量的“止步！高压危险！”的标示。对不设围栏的，应给予批评教育或处罚
19	移开或越过遮栏进行工作	不论高压设备带电与否，值班人员都不得移开或跨越遮栏工作。需要移开遮栏工作时，必须与带电设备保持足够的安全距离，并有人在场监护

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	表现形式	纠正措施
20	不办理工作票盲目作业	工作票是电气作业的行动指南，也是保障安全的重要措施，对不办理工作票即展开工作的，工人有权拒绝作业
21	带负荷拉隔离开关	对违反规定带负荷拉隔离开关者，不论后果严重与否，均应从严处罚
22	接错电源相，用手触摸电气设备触电	无论是否有电，对电气设备一律视为有电，严禁用手触摸。电工应增强责任心和提高技术水平，防止接错电源相
23	进出高压室时，不随手将门锁好。结果有小动物进入，导致弧光短路事故	在巡视时进出高压室随手将门锁好
24	雷雨天气不穿绝缘靴，巡视室外高压设备	不穿绝缘靴者，不能进行雷雨天室外高压设备的巡视
25	在带电设备周围，使用钢卷尺测量	在带电设备周围进行测量工作，必须使用绝缘体的尺子
26	与带电部位安全距离小	作业前，应认真检查和测量安全距离是否合适，作业时，与带电部位的安全距离必须保持在安全规程规定的范围内
27	不采取安全措施，在带电线路下方穿越放线	如必须在带电线路下方穿越放线，必须采取万无一失的安全措施，防止导线弛度上升
28	电气设备不接地漏电	电气设备必须接地，没有接地的不能使用
29	约时停用或恢复重合闸	对约时停用或恢复重合闸的，应立即纠正，并给予责任者相应的处罚
30	随意拆除电器设备接地装置，认为电气设备绝缘没有损坏，不使用接地装置也不会触电	接地装置不能随意拆除，也不能对接地装置随意处理
31	非电工接引电源，因为不懂电的基本知识，误将黑色接地线接在 A 相相线上，使电源箱外壳带电。当其用手去扶电源箱时，当即触电倒下	严禁非电工接电源，发现非电工接电源时，应立即制止，并给予批评教育和处罚
32	非电工冒险移动电源盘	不论有电无电，严禁非电工移动电气设备
33	擅自进入变电所干私活	严禁擅自进入变电所。对擅自进入变电所干私活的，应给予批评教育和处罚
34	带电部位不设明显警告标志	带电部位必须设明显的警告标志
35	翻越栏杆，在运行的设备上行走或坐立	栏杆上、管道上、靠背轮上、安全罩上或运行中的设备上，都属于危险部分，翻越或在上面行走和坐立，容易发生摔、跌、轧、压等伤害事故
36	在机器转动时装拆或校正皮带	装拆或校正皮带必须在机器停止时进行，否则有可能绞伤手指或手臂
37	在机器未完全停止以前，进行修理工作，认为等机器完全停止，排除故障再重新启动，影响工作效率	在机器未完全停止之前，不能进行修理工作
38	在机器运行中，清扫、擦拭或润滑转动部位，导致手部或臂部被机器绞伤	在机器转动时，严禁清扫、擦拭或滑润转动部位，只有确认对工作人员确无危险时，方可用长嘴壶或油枪往油盅里注油

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 11-31　工具使用习惯性违章作业的表现形式及纠正措施

序号	表现形式	纠正措施
1	脚手架不按规定敷设立栏、斜（横）撑、不满铺竹片、不检验挂牌，不注明承载能力	脚手架必须按规定敷设立栏、斜撑等
2	使用带缺陷的梯子或底部无防滑装置的梯子进行高空作业	严禁使用有缺陷的梯子进行高空作业
3	在杆塔上作业，将安全帽挂在杆塔抱箍和横担上，或当工具包使用	应正确使用安全帽
4	不熟悉使用方法，擅自使用电气工具，如：提着电气工具的导线部位；因故离开工作场所或遇到临时停电时，不切断电源	不熟悉其使用方法的人员，不能擅自使用
5	忽视检查，使用带故障的电气用具	电线漏电、没有接地线、绝缘不良等，既有碍作业，又存在触电的危险，因此绝不能忽视对电气用具的检查。使用前必须检查电线是否完好、有无可靠接地、绝缘是否良好、有无损坏，并应按规定装好漏电保护开关和地线，对不符合要求的不能使用
6	在开挖的土方斜坡上放置物料	杜绝在土方斜坡上面放置工具材料
7	不对易燃易爆物品隔绝即从事电、火焊作业，在从事电、火焊作业时焊花飞溅，将易燃易爆物品点燃，引起火灾	在从事电火焊作业时必须办理相关工作票，对现场存有易燃易爆物品，采取可靠的隔离措施后方可作业
8	不熟悉使用方法，擅自使用喷灯	不熟悉使用方法的人员，不能擅自使用喷灯
9	电动机具带病工作	作业前，应认真检查电动机具及电源，该维修的维修，防止隐患引发事故，对带病的电动机具不得使用
10	使用有缺陷的大锤作业	工具有缺陷，不但妨碍作业，而且容易诱发伤亡事故。大锤歪斜就容易抡偏，击伤手臂，如果锤柄断裂锤头会飞出伤人

表 11-32　起重及高处作业习惯性违章的表现形式及纠正措施

序号	表现形式	纠正措施
1	利用吊物上升或下降，立足不稳，从吊物上坠落而受到伤害	严禁工作人员站在吊物上指挥上升或下降
2	在有可能突然下落的设备下面工作，抓斗或吊斗突然下落，人员被砸伤	应离开危险区域，在安全环境里工作
3	非起重人员从事起重作业	严禁非起重人员从事起重作业，对非起重工违章指挥行为应拒绝
4	把安全带挂在不牢固的物件上	选择悬挂安全带的物件，必须牢固可靠
5	安全带弹簧卡扣误扣在衣服上	系完安全带后，应认真进行检查，看是否处于安全可靠的状态
6	高处作业嫌麻烦不使用工具袋，导致高处坠物伤人	高处作业必须使用工具袋，高处作业时把工具装在袋中，较大的工具还应用绳索拴在牢固的物件上
7	高处作业时，将工具及材料随意上下抛掷	应采取绳索上下传递工具或材料
8	上爬梯不注意逐档检查	上下爬梯时，不但应逐档检查是否牢固，还应两手各抓一个梯阶，小心稳妥，以防意外

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	表现形式	纠正措施
9	肩荷重物攀登移动式梯子或软梯，因荷重失稳，从梯子滑落或从软梯上坠落而致伤	严禁肩负重物登梯，对肩负重物登梯者应立即劝止
10	将梯子放在门前使用，门被推开时，把梯子推倒，造成梯上工作的人员坠落	严禁在门前使用梯子，如果必须在门前使用时，应采取防止门突然开启的措施或指定专人看守
11	在不坚固的结构上侥幸工作	在作业前，应认真检查所处的环境是否坚固。如果不坚固，应选择坚固的物体

表 11-33　其他作业习惯性违章的表现形式及纠正措施

序号	表现形式	纠正措施
1	酒后从事各种作业	严禁酒后作业
2	着装不合劳动保护要求	着装应按劳动保护要求
3	不按工种要求着装和佩戴安全用具，如电焊工不穿电焊工作服；高压验电不戴绝缘手套；车工戴手套作业；使用砂轮时不戴防护眼镜	应严格按工种要求着装
4	电焊、架子、爆破、起重、驾驶等特殊工种不按持证的规定上岗	特种作业必须持证上岗
5	现场平台、扶梯、栏杆、孔洞盖板、照明，通道等安全设施不完善，应设遮栏、围栏、标示牌而不设	安全设施不完善时必须采取安全措施
6	在油库，危险品库、制氢站等易燃、易爆区域违章动火，违章吸烟	严禁在易燃易爆品附近动火、吸烟
7	电工上班期间穿裙子、背心、高跟鞋、拖鞋	电工上班时间着装必须规范
8	工作班负责人对工作班成员中情绪激动、家庭纠纷和明显精神状态差的不闻不问	情绪低落人员应暂停作业
9	现场触电抢救不能正确施行心肺复苏法，不能正确使用肾上腺素针剂	认真学习触电急救方法
10	电气设备着火，使用泡沫灭火器灭火，结果适得其反，越喷火焰越大	扑灭电气设备火灾，只能使用干式或二氧化碳灭火器，不得使用泡沫灭火器。泡沫灭火器只能用于扑救油类设备起火。电器设备起火时，应沉着冷静，选取干式或二氧化碳灭火器灭火
11	在带电体、带油体附近点火炉或喷灯，结果导致火灾	在点燃喷灯时，必须在安全可靠的场所，严禁在带电带油体附近点燃
12	搅拌熔化的电缆胶时，使用冰冷的金属棒，结果当将其放进滚热的胶液里，发生爆溅而被烫伤	搅拌或盛取电缆胶或焊锡液时，必须用预先加热的金属棒或勺子，以避免由于冷热不均而生成水分引起爆溅烫伤
13	敷设电缆时，用手搬动滑轮或滚轮以便尽快完成作业，结果手被滑轮或滚轮挤伤	严禁用手搬动滑轮或滚轮，并及时制止他人用手搬动滑轮或滚轮
14	电工值班时睡觉	严格禁止

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第三节　电气安装调试工程现场安全技术

电工安全技术是电工技术的一个分支，在电气工程和电工技术中占有举足轻重的地位，每一个从事电工工作的人从第一天起就必须掌握安全技术，在前述章节里也讲到了这点。一是保证自己的安全，二是保证他人的安全，三是保证电气系统的安全，四是保证电气设备的安全，这四点加上电工技术后，才是一个真正合格的电工。

作为项目经理，在电气安装调试工程里，必须做到的第一条就是安全生产，只有安全了才能正常施工，也只有安全了，才能保证工程的质量。作为电气安装调试的施工人员，应该做到安全时时刻刻在心中，也就是安全意识一点也不能淡薄，这样在施工中才能真正做到质量在手中。

安全技术是一门综合技术，它涉及电气、机械、环境、劳动保护、安全管理、心理卫生、职业健康等多个学科。这里仅对电气安装调试工程的安全技术进行讲述。

一、总体要求

电气安装调试工程必须保证安全生产，在安装调试过程中，人的安全、设备的安全、线路的安全、电力系统的安全、环境安全等涉及的安全事宜永远是第一位的。因此，所有的安装单位及个人必须做到以下10点：

1）建立完善、全面的安全生产管理体系，落实各个层次的安全生产责任制。

2）建立实践型的安全生产培训教育体系，使每个参与生产的人员具备安全生产技能，时刻保持安全生产状态。

3）编制并实施可行的各种电气安装调试作业的安全技术措施及安全设施设置的具体设置方法、材料的使用及其设施的维护保管等。

4）建立并实施实实在在的安全生产管理及检查制度和安全设施验收制度，安全员时时在现场监督指导、企业安全机构天天讲安全生产。

5）企业必须增加保障安全生产的投入，每项工程投入的安全技术措施费及劳保用品费不得低于国家规定和实践需要，费用要专款专用。

6）施工组织设计文件中的安全条款，项目经理必须落实，不得成为虚设。

7）项目经理是电气安装调试工程安全生产的第一责任人，在施工过程中实施项目安全控制。详见第八章相关内容。

8）安全生产管理体系各层次的人员在选用上要以热爱安全工作、对安全工作认真负责、兢兢业业、不辞劳苦、具有一定安装技能和权威性、秉公执法为准。

9）操作人员不违章作业，管理人员不违章指挥。

10）保证安全生产的基本条件

① 严格的安全管理制度。

② 完善的电气作业安全措施。

③ 细致的电气安全操作规程。

④ 安装人员技术技能的培养和提高。

⑤ 确保电气设备、元件、材料产品质量。

⑥ 确保电气工程设计的质量。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

⑦ 确保电气工程安装的质量。

⑧ 加强抵制自然灾害侵袭的能力及措施。

11）严禁班前、班中饮酒。

12）电工操作程序和要求

电工操作及作业时必须按照操作程序、作业程序及其具体要求进行，只有这样才能在安全上做到滴水不漏，万无一失，初学者一定要记住这点，只要操作或作业必须先想到安全。电工操作及作业的程序及要求见表 11-34。

表 11-34 电工操作/作业、程序及要求

类别	程　　序	要　　求
安装	1. 熟悉设计图样及要求或用户要求，掌握工程量及主要设备材料； 2. 准备工具、器械及元件、设备及原材料并检查测试其完好性、安全性，且确定工期； 3. 勘察现场，安全条件及设置安全措施并准备安全用具、编制作业指导书或工艺卡、指导作业； 4. 检查安全用具及仪器仪表、检测/试验电气设备、元件、导线、材料； 5. 设置固定构件、敷设线路或母线、基础检查及设置，线路作业或线路架设； 6. 安装和接线； 7. 调整和试验； 8. 通电试验； 9. 试车或试运行； 10. 检查试行状况、清理现场、整理安装记录及报告、交工验收	1. 满足设计要求，实现功能； 2. 符合国家电气工程施工验收规范要求，主要标准号：GB 50147—2010、GB 50148—2010、GB 50168 ~ 50170—2006、GB 50171 ~ 50172—2012、GB 50173—1992、GB 50150—2006、GB 50254 ~ 50257—1996、GB 50310—2002、GB 50303—2002； 3. 满足安全要求，详见《新标准电工安全技术 365 问》一书； 4. 每天下班时清理现场，清点工具和材料，并做好成品、半成品的防护工作和状态的标示； 5. 冬季、雨季施工时要满足季节的要求； 6. 安装日志、各类记录齐全、日期及签字符合要求，真实及时
维修/修理	1. 现场勘察，掌握修理部位、作业内容项目，掌握工作量； 2. 准备工具、器械及元件、设备、原材料并检查测试其完好性和安全性，确定停电日期及工期，报有关部门批准，制定安全措施及维修/修理方案； 3. 切断电源、验电、设置安全措施，检查安全用具及仪器仪表； 4. 检查/试验被检修的设备、元件、材料 〈可不拆卸的及时排除故障 拆卸原来部件、更换安装、接线〉清点工具材料； 5. 检查试验，解除安全措施； 6. 通电试验，仍有故障按 3、4、5 执行； 7. 正式送电、恢复运行或使用； 8. 检查/监视运行状况，清理现场、清点工具材料、填写施工日志、检修记录、撤离现场	1. 满足用户要求，尽快恢复送电或使用； 2. 满足安全要求； 3. 安装部位应符合上述标准要求； 4. 执行安全操作规程，详见《新标准电工安全技术 365 问》一书； 5. 当天不能完成的作业，夜间应临时恢复送电或采用替换应急措施供用户使用； 6. 恢复送电前，必须清点人员、工具、材料，以免遗忘于设备线路之上，必须拆除临时接线、接地部位； 7. 按季节及现场条件做好防护工作； 8. 做好记录，为下次检修提供依据

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类别	程　　序	要　　求
调整/试验	1. 熟悉设计图样并勘察现场，掌握作业内容及项目、核对设备元件应与图样相符； 2. 准备工具器材仪器仪表、编制调整/试验方案和安全措施； 3. 现场安全措施的设置，停电、验电、放电、接地线并布置试验设备及仪器； 4. 检查安装接线，核对图样并做好标记，然后拆除有关接线； 5. 单体测试元件并核对安装记录，及时填写单体测试记录； 6. 试验接线并经非接线人员核对正确无误； 7. 空投试验设备应正确无误，检查有无不妥并再次核对接线； 8. 接通试验设备正式试验，监视人员应及时通报试验状况； 9. 试验完毕，将试验设备回零，然后关掉电源； 10. 10kV 及以上高压变配电装置应进行倒送电试验，先从低压测接通 400V 电源，然后从低压到高压逐级闭合开关并逐级测试观察 3min，无误后直到全部闭合再观察测试 2h，无误后从高压到低压逐级断开开关，详见《电气工程安装及调试手册》一书； 11. 整理记录并判验，填写试验报告； 12. 拆除试验接线，恢复原来接线并检查无误； 13. 清理现场，清点工具材料，撤离现场	1. 满足设计和试验规程要求； 2. 满足安全要求并严格执行安全操作规程，详见《新标准电工安全技术 365 问》一书； 3. 当天不能完成或间断试验时应设专人看护否则试验应从头开始； 4. 主要标准号 GB 50150—2006； 5. 潮湿天气及雨雪天不宜进行调试作业； 6. 调整和试验必须在单体试验合格后进行； 7. 试验电容器、电缆、大型变压器及电动机时试验前后必须放电，放电时间不小于 2min； 8. 升流升压试验必须从零位开始； 9. 高压试验时必须有人监护，非工作人员不得靠近
送电试运行	1. 送电时，先送母线后送变压器，先站用变压器后主变压器，先 35kV 变压器后 10kV 变压器，先单台运行后并列运行，先总闸后分闸； 2. 闭合回路时，先合隔离开关，后合断路器或负荷开关，断开回路时，先分断断路器或负荷开关，后分断隔离开关； 3. 操作时，先发命令，再背诵命令，后进行操作，且监护与操作同步； 4. 接入变压器时，先合高压侧，后合低压侧，切除时先断低压侧后断高压侧； 5. 送出回路合闸时，先送负荷小的回路，后投负荷较大的回路，切除时相反，先送室内后送室外； 6. 变压器投入后，先空载运行后负载运行，并测电流、电压、听声音、查油路、测温度； 7. 有直控高压电动机时，先空试高压电动机，后负载运行，再送输出回路； 8. 清理现场	1. 送电试运行必须先经调整试验合格； 2. 送电前必须将负载侧的所有开关断开； 3. 送电前必须进行系统检查，特别是要注意开关内外、设备上下、母线前后有无遗漏的材料工具及它物，避免短路发生； 4. 送电前必须复查送出回路和受电单位相符，包括电压等级，导线或电缆截面等； 5. 容量较大，电压 35kV 及以上、系统较复杂的应先编制送电方案后进行试运行； 6. 送电试车一般应编制安全措施或安全作业指导书 7. 送电、试运行、试车中的故障、缺陷必须及时修复； 8. 详尽记录状况
试车	1. 先送电后试车； 2. 先单机后联动； 3. 先空载后负载； 4. 先照明后动力； 5. 先强电后弱电； 6. 先总路后分路； 7. 先厂区后厂外； 8. 先小负载后大负载； 9. 先室内后室外； 10. 先手动后自动	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类别	程　　序	要　　求
吊装/运输	1. 勘察作业现场及道路状况，掌握作业内容及项目特点； 2. 根据设备重量、提升高度、运输距离准备作业器械工具，并编写作业指导书、确定主持人、人员分工、信号制定； 3. 现场设置安全措施，安全员进入现场； 4. 现场设置吊装/运输器械，并检查无误； 5. 试吊及正式起吊，试吊高度一般为0.2m，时间10min，无误后再正式起吊，并随时观察有无不妥或障碍； 6. 就位后的固定及防护，运输中的防护、监视及报警； 7. 卸车及就位时先试吊并观察有无不妥； 8. 拆除器械、检查器械工具、撤离现场	1. 作业应由起重工主持； 2. 雨天、大风天禁止电气设备的吊装/运输作业； 3. 勘察现场及器械设置时必须注意土质情况，必要时应有防护措施并设监护人； 4. 拉线桩、绞磨桩的设置必须牢固可靠，并有专人看管或监视； 5. 吊装作业时，重物及吊臂之下不得有人，起吊后重物上不得有人，有情况时必须放下重物进行检查或重作，详见《新标准电工安全技术365问》一书； 6. 吊装运输作业必须落实每人的责任，责任必须到位
钳工或木工作业	1. 勘察现场、熟悉加工图样、掌握作业内容和材料； 2. 准备工具、器械及材料、部件并检查其完好性、安全性； 3. 现场安全条件及安全措施的设置； 4. 画线、下料、除锈、调直； 5. 操作（锯、锉、钻、折弯、焊或榫、套螺纹等及过程中的测量修试成型、除棱角、毛刺、防腐处理）并随时测量或试验； 6. 清点工具、清理现场	1. 下料时严禁用气割方法下料； 2. 开孔时严禁用气割方法开孔； 3. 焊接表面应光洁、无裂纹、毛刺、砂眼、气泡等； 4. 套好的螺纹应涂少许黄油，以免锈蚀； 5. 成品堆放时应有保护螺纹的措施； 6. 工件一般应编号、标示，这样便于安装
建筑物上开凿作业	1. 勘察现场、熟悉开凿项目及开凿部位的结构； 2. 准备工具器械并检查其完好性、安全性； 3. 现场安全条件及安全措施的设置； 4. 画线操作及过程中测量修试； 5. 和灰及埋铸、抹灰、堵塞、衬垫等操作及过程测量； 6. 修试、保养、成型保护； 7. 清点工具、清理现场	1. 开凿作业必须戴护目镜和手套； 2. 高处作业必须戴安全带，详见《新标准电工安全技术365问》一书； 3. 和灰应按其用途掌握其软硬度，用于埋铸、堵塞、衬垫时应干硬； 4. 开凿作业一般只适用于补救措施； 5. 开凿时应避开建筑物已埋设好的管线； 6. 开凿时应注意土建工程的成品保护； 7. 开凿位置必须准确
焊接	1. 勘察现场、熟悉被焊接工件及其部位； 2. 准备工具器械及现场安全条件的设置，清理现场的易燃物； 3. 试焊—调节电流—正式施焊（先点住后施焊，保证不变形）； 4. 焊接过程中及成形后的测量及保护； 5. 清点工具清理现场	1. 焊接作业前应办动火证，必要时应备有灭火器； 2. 焊接时要保证不得发生火灾； 3. 焊缝饱满、光洁，无裂纹、毛刺、砂眼、气泡等； 4. 详见《新标准电工安全技术365问》一书

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类别	程　　序	要　　求
土方作业	1. 勘察现场，熟悉开挖项目及作业内容、道路、障碍物、土质、有无地下管线等； 2. 准备工具器械并检查其完好性、安全性、适用性； 3. 现场安全条件及安全措施的设置、确定专职安全员； 4. 画线并向开挖的民工交底（规格、要求、注意事项及工期等）； 5. 开挖及过程中的测量修试及设置标记（当天不能完成时，要清点工具、清理现场及设立安全标志）； 6. 质量检查验收、回填及设置标记； 7. 清理现场、清点工具、撤离现场； 8. 整理资料并将开挖部位标注在图样上	1. 土方作业、顶管作业必须查清地下有无管线电缆，必要时应由相关单位出具凭证； 2. 必须制定防止塌土的措施，禁止从下部掏挖土层，于建设物旁开挖时，必须考虑建筑物有无倒塌或塌陷可能； 3. 土石的倒运必须有防止回落到坑内的措施； 4. 开挖后的坑、沟及夜间作业时，必须有明显的警示措施，如红灯、专人看护等； 5. 雨季作业应尽量缩短工期、随挖随填，不能填土的必须有护坡，防止灌淹； 6. 冬季回填时应将冻土打碎。回填土必须夯实，最上土层应高出地面300mm； 7. 较大石块、土块回填时应有防止砸伤电缆、电杆根部、管路的措施； 8. 顶管作业的底坑必须有遮栏及顶板防护，并有专人看护； 9. 顶管作业中，前后人员必须密切配合，使用电动工具时应遵守安全用电的规则； 10. 详见《新标准电工安全技术365问》一书
顶管作业	1. 勘察现场，熟悉顶管规格、穿越道路、障碍物的土质、有无地下管线、顶管部位及距离等； 2. 准备工具器械，检查其完好性、安全性，并编制作业指导书，确定人员； 3. 现场安全措施的设置、确定专职安全员及警戒范围、夜间作业方案； 4. 土方工程开挖并设置顶管器械并检查无误； 5. 检查被顶管材的质量及保护管的质量； 6. 顶管作业及过程中的测量及纠正； 7. 土方的倒运； 8. 拆卸器械； 9. 质量检查验收、回填及设置标记、成品保护； 10. 清理现场、清点工具、撤离现场、解除警戒； 11. 整理资料并将顶管部位标注在图样上	1. 土方作业、顶管作业必须查清地下有无管线电缆，必要时应由相关单位出具凭证； 2. 必须制定防止塌土的措施，禁止从下部掏挖土层，于建设物旁开挖时，必须考虑建筑物有无倒塌或塌陷可能； 3. 土石的倒运必须有防止回落到坑内的措施； 4. 开挖后的坑、沟及夜间作业时，必须有明显的警示措施，如红灯、专人看护等； 5. 雨季作业应尽量缩短工期、随挖随填，不能填土的必须有护坡，防止灌淹； 6. 冬季回填时应将冻土打碎。回填土必须夯实，最上土层应高出地面300mm； 7. 较大石块、土块回填时应有防止砸伤电缆、电杆根部、管路的措施； 8. 顶管作业的底坑必须有遮栏及顶板防护，并有专人看护； 9. 顶管作业中，前后人员必须密切配合，使用电动工具时应遵守安全用电的规则； 10. 详见《新标准电工安全技术365问》一书

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

二、安装工程中单相电气设备安全使用要点

（一）单相电气设备的特点

1）单相电气设备在生产、生活中应用很广，数量很大，这些电气设备与人们的生产活动和生活密切相关，人们接触的机会较多，这样，就大大增加了触电的机会，是安全用电中不可忽视的一大块。

2）单相电气设备除固定装置外，大部分具有流动性，如手持电动工具、加热电器、小型安装机具、施工照明等，由于生产活动或生活的需要，经常移动的电器运行条件较差，绝缘容易破坏，工作中一般都在操作者的手中，触电机会更多，因此，单相电气设备的绝缘及使用的导线，开关或电源装置都要求很高，安装和使用的安全要求也很多，在很大程度上，增加了费用。

3）单相电气设备的安装使用，除相线外，还必须有工作零线及保护零线（或保护地线），这与三相电气设备不同。正因为零线的设置，增加了单相电气设备的故障率，给维修带来了不便。

4）单相电气设备由于零线的设置，使其单独工作，导致了三相电源的三相电流不易平衡，造成了三相电压的偏移，因此在系统中增加了故障率，某些程度上讲也增加了人们的触电机会。

5）单相电气设备用量大、分布广，又具有移动性，安装较为方便，加之单相电气设备通用性很强，生产和生活中使用的类型又很多，导致了单相电气设备不便由电气工作人员管理，而是由使用人员随意安装使用，这样便大大增大了触电机会，据不完全统计，触电事故80%左右是单相触电。

6）由于单相电气设备单机容量小，生活应用远远大于生产应用，容易产生不被使用单位或使用人员重视的现象，这样从安装、使用及维修上，都会造成漏洞，发生危险。

综上所述，无论是从安装、使用、维修或管理上讲，都必须注意和重视单相电气设备。

（二）单相电气设备的配电与接线

鉴于单相电气设备的特点，为了保证其安全运行，在三相低压电网中，由于中性点接地或不接地的运行方式不同，单相电气设备的配电接线方式也不尽相同。

1. 中性点不接地电网

在中性点不接地电网中，单相电气设备应采用保护接地，而不采用保护接零，中性线只起工作作用，作为电流的回路，而保护接地的地线是单独设立的。为了保护短路或过载，也为了减小由于短路或过载造成的危险，在相线和中性线上均装设开关或熔断器。单相供电线路供电时，中性线上同时装设开关或熔断器；三相供电时，采用三相四线制，为了避免由于三相不平衡或发生短路而影响其他两相的正常工作，中性线上只装设开关，而不装熔断器，如图11-7所示。

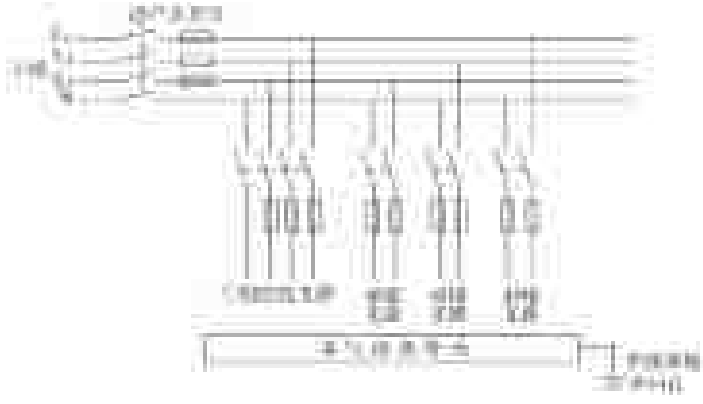


图11-7　中性点不接地电网单相设备的接线方式

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 中性点接地电网

中性点接地电网中，单相电气设备一般采用保护接零，而不采用保护接地。中性点接地电网有两种运行方式：

（1）三相四线制　三相四线制中，中性线既是工作零线，又是保护零线，因此，零干线必须保证运行中连续可靠，单相供电或三相供电，零干线上均不得装设开关或熔断器。单相设备需要接零时，只能将接零端子接在零干线上，而不得接在零支线上，避免由于零线断线，而导致电气设备外壳有电，这里要注意到，工作零线是采取重复接地的，如图 11-8 所示。

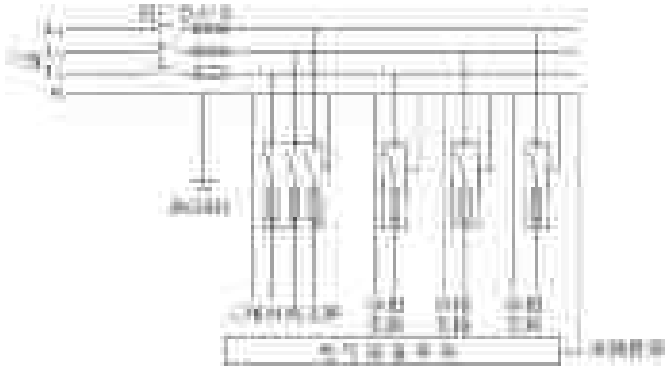


图 11-8　中性点接地电网三相四线制单相设备接线方式

（2）三相五线制　三相五线制中，工作零线和保护零线是分开设置的，工作零线提供单相用电设备的电流回路，保护零线提供单相用电设备的保护回路。工作零线和保护零线的干线上不得装设开关或熔断器。三相五线制中，单相供电或三相供电，相线支线和工作零线支线上都装置熔断器，而保护零线一般采用重复接地，用电设备的金属外壳或接地点应接保护零线，保护零线上禁止有人为的断开点（开关或熔断器），如图 11-9 所示。支线中相线和工作零线都装设熔断器时，避免了相线、零线混淆，同时增加了熔断器熔断的机会，减小了发生事故的频率。

（三）单相电气设备运行注意事项

1）单相电气设备的安装接线及其使用中都应尽量保持其三相负荷的平衡，使中性点的电压偏移保持在允许范围以内。安装接线使三相负荷平衡是容易做到的，而使用中达到平衡却不大容易。因此，必须积极宣传，使人人都知道这点，在使用中引起注意。

2）三相四线制系统中的工作零线的截面积至少应为相线截面积的 1/3，单相系统的工作零线应与相线的截面积相同，以保证回路电流畅通。

3）单相电气设备应装置漏电保护装置，移动性的单相设备或临时性的单相设备必须装设漏电保护装置，此外应加强线路及设备的绝缘并装设其他保护装置，如过负荷、短路、接地保护等。

4）单相电气设备的供电线路应采用三相五线制或单相三线制，电气设备的金属外壳必须经保护线接零。

5）加强电气设备的管理，电气设备的安装、维修应由电工进行，禁止乱接乱拉。

6）普及安全用电知识，让用户掌握安全用电技术，降低触电率。

（四）电气照明设备选择和安装注意事项

1）一般的电气照明设备的电压为 220V，其安装高度除吸顶安装外，不应小于 2.5m；危险性较大或特殊场所或人们易接触的地方（安装小于 2.5m）应使用 36V 及以下的安全电压，当使用 220V、且安装高度小于 2.5m 时，应有安全防护措施。在特别潮湿的场所或导电良好的地面上（金属地板）以及作业地点狭窄、行动不便的金属制品内作业时，应使用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

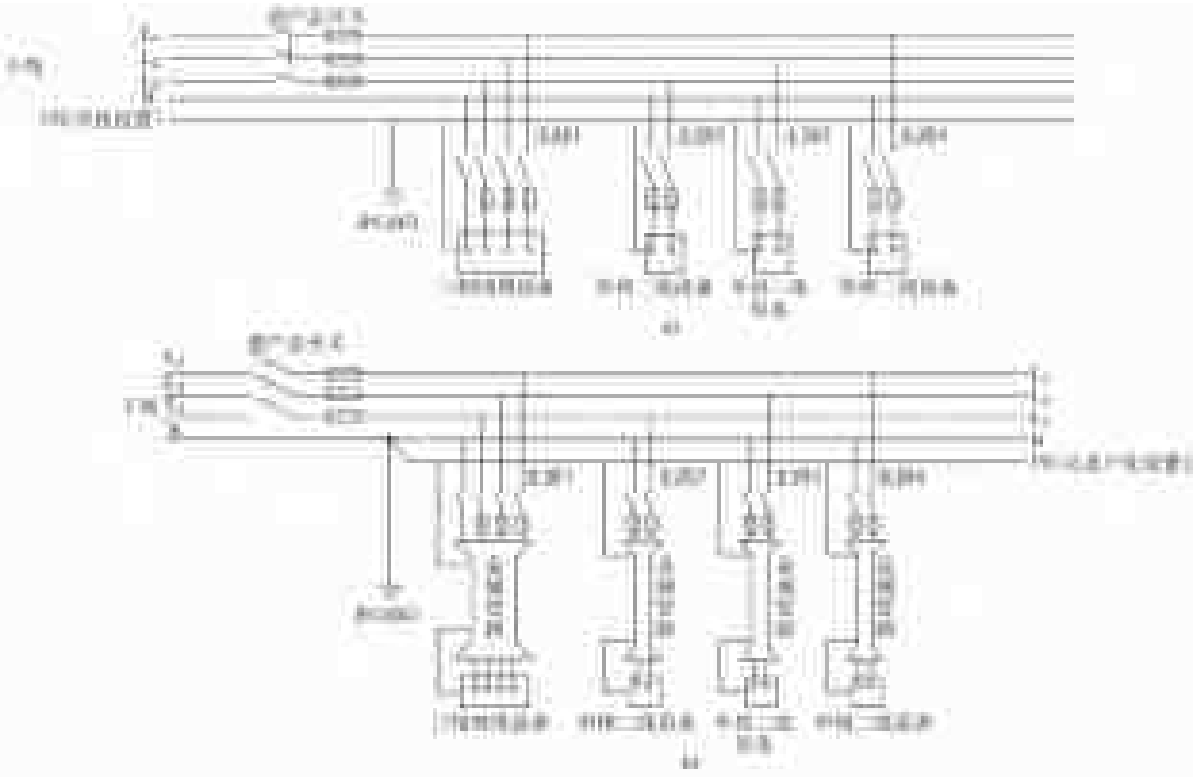


图 11-9 中性点接地电网三相五线制单相设备接线方式

a）PE 线单独设置 b）PE 线从零线引出

12V 及以下的安全电压，且导线的绝缘、载流量应有足够大的余量，灯泡容量不宜太大，手把灯应有护罩。

2）电气照明的线路应选用三相五线制的低压线路，安全电压必须由双线圈的安全变压器取得，其容量应不小于使用安全电压照明系统的容量。

3）照明线路的安全载流量可用估算的方法，对于 220V 的系统，每 100W 按 0.5A 计算，然后将总容量折算到开关和导线上去，如一般的室内照明，10A 开关，最大控制照明设备的容量不超过 2000W，熔丝的选择不大于 10A；导线的选择可按敷设方法不同查表选择。

4）照明灯具的接线原则是：电源的相线应接在开关的静触头上，经过开关的控制相线应接在螺口灯口的中间舌片上，工作零线一般不经过开关，应直接接在螺口灯口的螺口端子上；有接地端子的灯具，应将其端子直接接在保护零线上。

5）照明器具的选择应按安装的环境条件选择

① 一般的场所均使用普通的灯具和开关。

② 潮湿场所应采用防潮灯具或防水灯头。

③ 有腐蚀性气体和蒸气的场所，应采用耐腐蚀性的材料制成的密闭灯具。

④ 危险爆炸及火灾场所应选用防爆灯具及防爆开关。

⑤ 安装在易受机械损伤部位的灯具，应有金属保护网或其他防护装置。

⑥ 安装在潮湿、灰尘、腐蚀气体及蒸汽场所中的电气照明装置的开关、插座、安全变

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

压器、开关箱或配电箱，应选用防水式、封闭式或有防护装置，否则应将其安装在邻近正常的环境内。

6）灯具应安装牢固可靠，当在砖混结构中安装照明装置时，应采用预埋吊钩、螺栓、螺钉、膨胀螺栓、尼龙胀塞或塑料胀塞固定，严禁使用木楔。采用上述固定元件固定电气照明装置时，其承载能力应与电气照明装置的重量相匹配，一般情况下应大于照明装置的重量。

7）安装在绝缘台上（一般指圆木）的电气照明装置，其导线的端头绝缘部分应伸进绝缘台的表面上的灯座内。

8）电气照明装置的接线应牢固正确，需接地或接零的元件非带电部位应有明显标志“⏚”的专用接地螺钉。

9）灯具不得直接安装在可燃构件上，当灯具表面高温部位靠近可燃物时，应有隔热、散热措施。对装有白炽灯泡的灯具，灯泡不应紧贴灯罩；当灯泡与绝缘台之间的距离小于5mm时，灯泡与绝缘台之间应有隔热措施。

10）吊挂灯具的灯线不应受到拉力，灯线应与吊链编叉在一起；软线吊灯的软线两端（吊盒及灯口内）均应有保护扣，如图11-10所示固定在移动结构上的灯具，其导线宜敷设在移动构架的内侧，在移动构架活动时，导线不应受到拉力及磨损；吊灯重量大于3kg时，应采用预埋吊钩或螺栓固定；当软线吊灯灯具重量大于1kg时，应增设金属吊链。

图11-10　软线在灯口或吊盒内的结扣

11）固定花灯的吊钩，其圆钢直径不应小于灯具吊挂销、钩的直径，且不得小于6mm。对大型花灯，吊装花灯的固定及悬吊装置，应按灯具重量的1.25倍做过载试验；安装在重要场所的大型灯具的玻璃罩，应按设计要求采取防止碎裂后向下溅落的措施。

12）金属卤化物灯具、装饰灯具、霓虹灯、手术台无影灯、其他特殊灯具等，以及其他未尽安全事宜应按国家标准、电气装置安装工程电气照明装置施工及验收规范的条款执行。

（五）插座的安装和使用

1）插座安装时，公共场所距地面高度不宜小于1.3m；托儿所、幼儿园及小学校不宜小于1.8m；居室、办公室、车间及实验室不宜小于0.3m；特殊场所不应小于0.15m。

2）插座宜选用有保护板的插座，以免小孩或他人误将手指插入插座孔内。

3）插座的接线应符合下列规定：

① 单相两孔插座，面对插座的右孔或上孔与相线连接，左孔或下孔与零线连接；单相三孔插座，面对插座的右孔与相线连接，左孔与工作零线连接，上孔（保护端子）与接地线或保护零线连接。插头的接线应与插座对应。

② 三相四孔、三相五孔插座的上孔为保护端子，应与接地线成保护零线连接；同一场所的三相插座，其接线的相序必须一致，并与用电设备的插头相序一致。

③ 插座的接地端子（保护端子）不得与工作零线端子直接连接。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

④ 当交流、直流或不同电压等级的插座安装在同一场所时，应有明显的区别，且必须选用不同结构、不同规格和不能使插头互换的插座；其配套的插头，应按交流、直流或不同电压等级区别使用。

⑤ 潮湿或灰尘多的场所，应选用密封良好的防水防溅插座。

4）插座的安装必须牢固，面板上不得有外露的金属部分。插座的导线载流量应与插座额定电流相匹配。

5）使用插座时，插入的电气设备的总容量不得超过插座的额定容量。对于单相插座，其最大允许容量为插座的额定电流乘以电压（一般按220V计）；三相插座，其最大允许容量为额定电流乘以额定电压（一般按400V计），然后再乘以1.70。

6）有专用保护接零（接地）的插座，其结构能保证在插入时，其接零（接地）插头在导用插头之前接通；在拔出时，其接零（接地）插头在导电插头之后拔出；同时，其结构还应保证接零（接地）插头和导电插头与各自的插孔之间，不得互相插错。同时还应防止两孔插座仅一极插入、三孔插座仅一极或两极插入而造成事故。

7）插头只允许在没有电流时插入或拔下，其容量不应小于用电设备的额定电流。但当操作不频繁且容量在2kW及以下的电阻式电热设备，可用插头直接接通，插头和插座的容量不应小于其连接设备额定电流的1.5倍。

8）插座必须固定安装在盘、箱、盒内，不得用导线吊装。电源必须接在插座上，绝对禁止将电源接在插头上。插座的外壳应完好，暗装的插座必须装设在专用的暗盒上，暗盒的盖板应完好且应将盒盖紧密盖住且封严，不得在墙壁上留下缝隙。明装的插座一般应装设在绝缘材料上且应将盖拧紧，不得活动。

9）插头在插入和拔出时，应用另一只手将插座的面板用力按住，以免破坏插座的结构。同时手应干燥。

10）插头在插入或拔出时，手应握住插头本体，而不是其连接导线。插头插入后应牢固紧密。

11）儿童应在家长或老师的指导下使用插座。

（六）安全电压照明变压器的使用

1）安全电压照明变压器应放在固定的位置上，其一次电源线到闸箱开关的距离一般不应大于1.5m。

2）电源侧应有短路保护，其熔丝的额定电流不应大于该变压器的额定电流。

3）外壳、铁心和低压侧的任意一端或中性点，均应可靠接地或接零。

4）安全电压照明变压器必须是双线圈结构的变压器，不得使用单线圈的自耦变压器。

5）安全照明变压器的二次侧及其连接的照明器具应使用绝缘良好的导线，二次侧应设熔断器保护。

（七）携带式电气设备安全使用

1）携带式电气设备在使用前要进行检测，主要项目有外观有无破损、接线是否正确、附件是否齐全完好、绝缘电阻是否达到标准的要求，必须进行摇测。

2）携带式电气设备使用时接线必须正确，使用插头、插座连接的必须符合相应的国家标准。电源开关应一机一闸，单相设备应用双极开关。

3）携带式电气设备必须做好保护接零（接地），且保护线不宜单独敷设，应与电源线

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

采用相同的防护措施。一般采用三芯（适用于单相设备）或四芯（适用于三相设备）多股铜芯绝缘护套软电缆或护套软导线，其保护专用线芯（一般用绿黄双色区分）用作接地或接零。保护线芯严禁通过电流，严禁利用其他用电设备的零线接地。携带式电气设备的保护零线（地线）应在电源侧与保护干线或重复接地的接地网可靠连接。接地网的接地电阻应不大于4Ω。

4）在由木质或其他绝缘材料制成的地板上使用携带式电气设备时，不宜采用保护接地（接零），而使用的单相电源，则应在相线和零线上均装设熔断器，以利于短路和过载事故的消除，减轻火灾的危险，缩小故障范围。

5）携带式电气电设备在使用中应装设漏电保护装置，一般的做法是采用多芯橡皮软电缆将电源接至作业现场，而在作业现场装设带有漏电保护功能的相应插座。有时是用小型收缆卷筒将接好的漏电插座配套使用的。

6）在金属容器或构架、潮湿狭窄等导电良好的场所作业时，携带式电气设备应采用安全电压、隔离变电器或双重绝缘的设备，以保证安全。

7）移动式电气设备的电缆在穿过道路或人多、易受机械损伤的地方应穿保护管并设立明显的标志。

8）容量较大且操作较复杂的携带式电气设备在使用前应由监护人检查线路及现场安装情况，使用中应由监护人现场监护。

9）其他有关内容可参考手持电动工具的有关要求。

（八）移动式电气设备安全使用

1）移动式电气设备在使用前要进行检测及试验，主要项目包括外观有无破损、附件是否齐全完好，包括摇测绝缘电阻在内的电气试验及检查等，应按固定设备要求进行。

2）移动式电气设备必须按其使用说明书的要求接线，并按其规定的程序及要求操作和使用。

3）移动式电气设备必须设专人保管、维护保养及操作，并建立设备档案，定期检修，有关内容应参考前述章节的相关内容。

4）移动设备的电源必须符合设备的要求，因为线路经常移动换位，易受拉伸弯曲而损坏，因此应采用高强铜芯橡皮护套软绝缘电缆，且工作零线、保护线的截面应与相线相同。

5）移动式电气设备应使用与其配套的控制箱（柜），并与设备一同进行检测及试验。

6）移动电气设备的接地应符合固定电气设备的要求，但下列情况可不接地：

① 移动式机械自用的发电设备，直接安放在与机械同一金属底座上，且不供给其他设备用电。

② 当机械设备由专用的移动式发电设备供电，该机械设备不超过两台，而且距移动式发电设备的距离不大于500m，两者外壳之间有可靠的金属连接。

7）由固定电源或移动式发电机供电的移动式机械设备，应与供电电源的接地装置有金属的连接，在中性点不接地的电网中，可在移动式机械附近装设若干接地体，以代替敷设接地线，并可利用附近的自然接地体。

8）移动式电气设备的使用应有防雨设施，必要时应设临时工棚。移动时，不得手提电源线。

9）移动式发电设备，任何时候都不得与电网并网使用。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10）移动式电气设备的工作人员，必须经过相应的技术培训并取得一定资质，才能上岗操作，除应掌握一般的电工技术外，必须熟练掌握移动式电气设备的操作、维修保养、检修、测试及试验技术技能，在使用中能处理常见的故障并能保证设备的正常运行。

11）移动式电气设备应纳入全厂（公司）电气设备的管理系统，对于不常用的应妥善保管并做好周期性的检查和试运行。

12）移动式电气设备的使用应与其说明书中的使用范围相符，必须严格区分防爆电气设备与非防爆电气设备的使用范围。

三、电气安装工程安全防护装置的设置及安全技术

（一）电气安装工程安全技术措施

1. 电气安装工程施工主要安全技术措施内容

1）根据基坑、基槽、电缆沟挖土方的深度和土壤种类，选择土方开挖方法。同时确定设置边坡的坡度或采用固壁支撑的方法，以防止土方塌方。

2）脚手架、吊车、三木搭等吊装装置的强度设计及吊装过程主要安全技术措施。

3）架空线路、电缆施工临时搭设的越线架的架设要求、架设层次和段落。

4）高层作业脚手架、塔架、门式架等垂直运输设备拉线要求及防护技术措施。

5）“四口、五临边”的防护和立体交叉施工作业场的隔离防护措施。

6）高层作业及外装灯饰、避雷设施安装时外架与高压输电线路的间距，当电压为10kV、间距小于5m时，必须搭设绝缘隔离防护棚或防护网架。

7）凡高于周围避雷设施的电气工程、临设工程、吊架、吊车等金属构筑物，所采取的防雷措施。

8）电缆头制作、油漆作业等易燃、易爆、有毒作业及其场所采取的防火、防爆、防毒措施。

9）季节性施工，如雨季施工防雨、防洪，冬季施工防冻、防滑、防火、防中毒等所采取的措施：

① 夏季安全技术措施，主要是预防中暑措施。

② 雨季安全技术措施：

a. 防触电措施；

b. 防雷击措施；

c. 防脚手架、吊架、塔架倒塌及槽、坑、沟边坡坍塌的措施。

③ 冬季安全技术措施：

a. 施工及现场取暖锅炉安全运行措施，煤炉防煤气中毒措施；

b. 脚手架、吊架、塔架、高处作业、临建等的防风倒塌措施；

c. 斜道、通行道、爬梯、作业面的防滑措施；

d. 现场防火措施；

e. 防误食亚硝酸钠等防冻剂中毒的措施。

10）安装工程与周围通行道路及民房防护隔离措施。

11）安装人员在施工过程中个人的安全防护措施。

12）安装现场临时用电安全技术措施。

13）安装现场、制作加工机械使用安全技术措施。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 土方工程施工安全防护要点

1）挖土方应从上而下分层进行，两人操作间距应大于2.5m，禁止采用挖空底脚的操作方法。

2）开挖坑（槽），沟深度超过1.5m时，一定要按土质和挖的深度按规定进行放坡或加可靠支撑。如果既未放坡，也不加可靠支撑，不得施工。

3）坑（槽）、沟边1m以内不得堆土、堆料和停放机具。1m以外堆土，其高度不宜超过1.5m。坑（槽）、沟与附近建筑物的距离不得小于1.5m，危险时必须采取加固措施。

4）挖土方不得在石头的边坡下或贴近未加固的危险楼房基底下进行。操作时应随时注意上方土壤的变动情况，如发现有裂纹或部分塌落应及时放坡或加固。

5）工人上下深坑（槽）应预先搭设稳固安全的阶梯，避免上下时发生坠落。

6）开挖深度超过2m的坑（槽）、沟边沿处，必须设两道1.2m高牢固的栏杆和悬挂危险标志，并在夜间挂红色标志灯。任何人严禁在深坑（槽）、悬岩、陡坡下面休息。

7）在雨季挖土方时，必须排水畅通，并应特别注意边坡的稳定。下大雨时应暂停土方施工。

8）夜间挖土方时，应尽量安排在地形平坦、施工干扰较少和运输道路畅通的地段，施工场地应有足够的照明。

9）人工挖大孔径桩及扩底桩施工前，必须制订防坠落物、防坍塌、防人员窒息等安全措施，并指定专人负责实施。

10）机械开挖后边坡一般较陡，应用人工加以修整，达到设计要求后再进行其他作业。

11）土方施工中，施工人员要经常注意边坡是否有裂缝、滑坡迹象，一旦发现，应该立即停止，待处理和加固后才能进行施工。

3. 脚手架作业安全防护

1）钢管脚手架应用外径48～51mm、壁厚3～3.5mm、无严重锈蚀、弯曲、压扁或裂纹的钢管，木脚手架应用小头有效直径不得小于80mm，无腐枯、折裂、枯节的杉槁，脚手杆件不得钢木混搭。

2）钢管脚手架的杆件连接必须使用合格的玛钢扣件，不得使用铅丝和其他材料绑扎。

3）杉槁脚手架的杆件绑扎应使用8#铅丝，搭设高度在6m以下的杉槁脚手架可使用直径不小于10mm的专用绑扎绳。

4）竹竿脚手架应使用四年以上的毛竹、青竹，枯黄或者有裂纹、虫蛀的不得使用。立杆、大横杆小头直径不得小于75mm，小横杆小头直径不得小于90mm（对于小头直径在60mm以上不足90mm的竹竿，可以双杆合并使用）。竹脚手必须搭设双排架子。

5）结构脚手架立杆间距不得大于1.5m，大横杆间距不得大于1.2m，小横杆间距不得大于1m。竹脚手架立杆间距不得大于1.3m，小横杆间距不得大于0.75m。

6）装修脚手架立杆间距钢管不得大于1.5m，杉杆不得大于1.8m，大横杆间距不得大于1.8m，小横杆间距不得大于1.5m。

7）脚手架必须按楼层与结构拉接牢固，拉结点垂直距离不得超过4m，水平距离不得超过6m。拉结所用的材料强度不得低于双股8#铅丝的强度。高大架子不得使用柔性材料进行拉结。在拉结点处设可靠支顶。

8）脚手架的操作面必须满铺脚手板，离墙面不得大于200mm，不得有空隙和探头板、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

飞跳板。脚手板下层兜设水平网。操作面外侧应设两道护身栏杆和一道挡脚板或设一道护身栏杆，立挂安全网，下口封严，防护高度应为1m。严禁用竹芭作脚手板。

9）脚手架必须保证整体结构不变形，凡高度在20m以上的脚手架，纵向必须设置剪刀撑，其宽度不得超过7根立杆，与水平面夹角应为45°～60°。高度在20m以下的，必须设置正反斜支撑。

10）特殊脚手架和高度在20m以上的高大脚手架，必须有设计方案。

11）结构用的里、外承重脚手架，使用荷载不得超过2646N/m^2。装修用的里、外脚手架使用荷载不得超过1960N/m^2。

12）在建工程（含脚手架具）的外侧边缘与外电架空线路的边线之间的水平和垂直距离不应小于3m。

13）各种脚手架在投入使用前，必须由施工负责人组织有支搭和使用脚手架的负责人及安全人员共同进行检查，履行交接验收手续。特殊脚手架，在支搭、拆装前，要由技术部门编制安全施工方案，并报上一级技术领导审批后，方可施工。

4. 洞口、临边防护措施

洞口、临边防护应以土建工程为准，如无土建工程，则应由专人搭设。

1）孔洞防护

1.5m×1.5m以下的孔洞应预埋通长钢筋网或加固定盖板。1.5m×1.5m以上的孔洞，四周必须设两道护身栏杆，中间支挂水平安全网。

2）电梯井口防护

电梯井口必须设高度不低于1.2m的金属防护门。电梯井内首层和首层以上每隔四层设一道水平安全网，安全网应封闭严密，未经上级主管技术部门批准，电梯井内不得做垂直运输通道和垃圾通道。

3）楼梯踏步及休息平台口防护

楼梯踏步及休息平台处必须设两道牢固防护栏杆或用立挂安全网做防护。回转式楼梯间应支设首层水平安全网。

4）阳台边防护

阳台栏板应随层安装，不能随层安装的，必须设两道防护栏杆或立挂安全网封闭。

5）建筑物楼层临边四周防护

建筑物楼层临边四周，无维护结构时，必须设两道防护栏杆，或立挂安全网加一道防护栏杆。

5. 高处作业防护措施

高处作业防护应以土建工程为准，如无土建工程，则应由专人搭设。

1）无外脚手架或采用单排外脚手架和工具式脚手架的高处作业防护

凡高度在4m以上的建筑物，首层四周必须支固定3m宽的水平网（高层建筑支6m宽双层网），网底距下方物体表面不得小于3m（高层建筑物不得小于5m），高层建筑每隔四层还应固定一道3m宽的水平安全网。水平安全网接口处必须连接严密，与建筑物之间缝隙不大于10cm，并且外沿明显高于内沿。无法支搭水平网的，必须逐层设立网全封闭。支搭的水平安全网，直至没有高处作业时方可拆除。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）建筑物出入口防护

建筑物的出入口应搭设长3～6m，宽于出入通道两侧各1m的防护棚，棚顶应铺满不小于5cm厚的脚手板，非出入口和通道两侧必须封严。

3）临近施工区域的防护

临近施工区域，对人或物构成威胁的地方，必须支搭防护棚，确保人、物的安全。

4）高处作业用凳及脚手板要求

高处作业使用的铁凳、木凳应牢固，两凳间需搭设脚手板的，间距不得大于2m。

5）高处作业严禁投掷物料。

6. 电焊机安全管理规定

（1）电弧焊的一般规定

1）焊接设备上的电动机、电器、空压机等应按有关规定执行，并有完整的防护外壳，一、二次接线柱处应有保护罩。

2）现场使用的电焊机应设有可防雨、防潮、防晒的机棚，并备有消防用品。

3）焊接时，焊接和配合人员必须采取防止触电、高空坠落、瓦斯中毒和火灾等事故的安全措施。

4）严禁在运行中的压力管道、装有易燃易爆物品的容器和受力构件上进行焊接和切割。

5）焊接铜、铝、锌、锡、铅等有色金属时，必须在通风良好的地方进行，焊接人员应戴防毒面具或呼吸滤清器。

6）在容器内施焊时，必须采取以下措施：容器上必须有进、出风口并设置通风设备；容器内的照明电压不得超过12V，焊接时必须有人在场监护，严禁在已喷涂过油漆或塑料的容器内焊接。

7）焊接预热焊件时，应设挡板隔离焊件发出的辐射热。

8）高空焊接或切割时，必须挂好安全带，焊件周围和下方应采取防火措施并有专人监护。

9）电焊线通过道路时，必须架高或穿入防护管内埋设在地下，如通过轨道时，必须从轨道下面穿过。

10）接地线及手把线都不得搭在易燃、易爆和带有热源的物品上，接地线不得接在管道、机床设备和建筑物金属构架或轨道上，接地电阻不大于4Ω。

11）雨天不得露天电焊。在潮湿地带作业时，操作人员应站在铺有绝缘物品的地方并穿好绝缘鞋。

12）长期停用的电焊机在使用时，必须检查其绝缘电阻，不得低于0.5MΩ，接线部分不得有腐蚀和受潮现象。

13）焊钳应与手把线连接牢固，不得用胳膊夹持焊钳。清除焊渣时，面部应避开被清的焊缝。

14）在载荷运行中，焊接人员应经常检查电焊机的温升，如超过A级60℃、B级80℃时，必须停止运转并降温。

15）施焊现场的10m范围内，不得堆放氧气瓶、乙炔发生器、木材等易燃物。

16）作业后，清理场地、灭绝火种，切断电源，锁好电闸箱，消除焊料余热后，方可离开。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）交流电焊机

1）应注意一次、二次线，不可接错，输入电压必须符合电焊机的铭牌规定。严禁接触一次线路的带电部分。

2）二次抽头连接铜板必须压紧，接线柱应有垫圈。合闸前详细检查接线螺帽、螺栓及其他部件应无松动或损坏。

3）移动电焊机时，应切断电源，不得用拖拉电缆的方法移动电焊机，如焊接中突然停电，应切断电源。

（3）直流电焊机

1）旋转式电焊机

① 新机使用前，应将换向器上的污物擦干净，使换向器与电刷接触良好。

② 起动时，检查转子的旋转方向应符合电焊机标志的箭头方向。

③ 起动后，应检查电刷和换向器，如有大量火花时，应停机查明原因，经排除后，方可使用。

④ 数台电焊机在同一场地作业时，应逐台起动，并使三相载荷平衡。

2）硅整流电焊机

① 电焊机应在原厂使用说明书要求的条件下工作。

② 使用时，必须先开启风扇电动机，电压表指示值应正常，仔细察听应无异响。停机后，应清洁硅整流器及其他部件。

③ 严禁用绝缘电阻表测试电焊机主变压器的二次绕组和控制变压器的二次绕组。

（4）埋弧自动、半自动焊机

1）检查送丝滚轮的沟槽及齿纹应完好。滚轮、导电嘴（块）磨损或接触不良时应更换。

2）检查减速箱油槽中的润滑油，不足时应添加。

3）软管式送丝机构的软管槽孔应保持清洁，定期吹洗。

（5）对焊机

1）对焊机应安置在室内，并有可靠的接地（接零）。如多台对焊机并列安装时，间距不得少于3m，并应分别接在不同相位的电网上，分别有各自的刀形开关。导线的截面积不应小于表11-35的规定。

表11-35 对焊机电源线最小截面积

对焊机的额定功率/kVA	25	50	75	100	150	200	500
一次电压为220V时的导线截面积/mm^2	10	25	35	45			
一次电压为380V时的导线截面积/mm^2	6	16	25	35	50	70	150

2）作业前，检查对焊机的压力机构应灵活，夹具应牢固，气、液压系统无泄漏，确认正常后，方可施焊。

3）焊接前，应根据所焊钢筋截面调整二次电压，不得焊接超过对焊机规定直径的钢筋。

4）断路器的接触点、电极应定期光磨，二次电路全部连接螺栓应定期紧固。冷却水温度不得超过40℃；排水量应根据温度调节。

5）焊接较长钢筋时，应设置托架。配合搬运钢筋的操作人员，在焊接时要注意防止火花烫伤。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）闪光区应设挡板，焊接时无关人员不得入内。

7）冬季施工时，室内温度不应低于8℃。作业后，放尽机内冷却水。

（6）点焊机

1）作业前，必须清除上、下两电极的油污。通电后，机体外壳应无漏电。

2）起动前，首先应接通控制线路的转向开关并调整好极数。接通水源、气源，再接通电源。

3）电极触头应保持光洁，如有漏电时，应立即更换。

4）作业时，气路、水冷系统应畅通，气体必须保持干燥。排水温度不得超过40℃，排水量可根据气温调节。

5）严禁在引燃电路中加大熔断器。当负载过小使引燃管内电弧不能发生时，不得闭合控制箱的引燃电路。

6）控制箱如长期停用，每月应通电加热30min。如更换闸流管亦应预热30min，正常工作的控制箱的预热不得少于5min。

7. 电焊机安全技术交底

1）电焊机应放在干燥绝缘好的地方。在使用前检查一次二次线绝缘是否良好，接线处是否有防护罩。焊钳是否完好，外壳是否有接零保护。确认无问题后方可使用。

2）在潮湿的地沟、管道、锅炉内施焊时，应采取绝缘措施，可垫绝缘板或橡胶皮，穿绝缘鞋操作。应通风良好，防止出汗。

3）焊接时，操作人员必须戴绝缘手套，穿绝缘鞋，焊接时必须双线到位，不准利用架子、轨道、管道、钢筋和其他导电物作连接地线，更不准使用裸导线，应用多股铜芯电缆线。

4）操作时，必须有用火证，设消防器材，并设专人看护，清除附近易燃物，防止焊花四溅，引燃物料，发生火灾。

5）电焊工必须持证上岗操作，电焊机设专用开关箱，不准将焊机放在手推车上使用。

6）更换场地移动焊把线时，应切断电源，不得手持把线爬梯登高。

7）工作结束，切断电源，检查操作地点，确认无引起火灾危险，方可离开。

8. 乙炔气焊安全管理规定

1）一次加电石10kg或每小时有5m^3发气量的乙炔发生器应采用固定式，并建立乙炔站（房），由专人操作。乙炔站与厂房及其他建筑物的距离应符合乙炔站设计规范。

2）乙炔发生器（站）、氧气瓶及软管、阀、表均应齐全有效，紧固牢靠，不得松动、破损和漏气。氧气瓶及其附件、胶管、工具上均不得沾染油污。软管接头不得用铜质材料制作。

3）乙炔发生器、氧气瓶和焊炬间的距离不得小于10m，否则应采取隔离措施。同一地点有两个以上乙炔发生器时，其间距不得小于10m。

4）电石的贮存地点必须干燥，通风良好，室内不得有明火或敷设水管、水箱。电石桶应密封，桶上必须标明“电石桶”和“严禁用水消火”等字样。如电石有轻微受潮时，应轻轻取出电石，不得倾倒。

5）搬运电石桶时，应打开桶上小盖。严禁用钢铁工具敲击桶盖，搬运人员不得站在桶的两端。取装电石和砸碎电石时，操作人员应戴手套、口罩和眼镜。

6）电石起火时必须用干砂或二氧化碳灭火器灭火。不得用泡沫、四氯化碳灭火器或水灭火。电石粒末应在露天销毁。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7）用新品种电石时，在使用前应作温水浸试，并经试验无爆炸危险时，才能使用。

8）乙炔发生器的压力要保持正常，压力超过147kPa时应停用。用水必须清洁。发气室内壁不得用含铜材料制作。温度不得超过80℃（水入式发生器，其冷却水温不得超过50℃，浮桶式发生器水温不得超过60℃），当温度超过规定时应停止作业，并用冷水喷射降温和加入低温的冷却水。不得以金属棒等硬物敲击乙炔发生器的金属部分。

9）使用浮筒式乙炔发生器时，应装设回火防止器。在内筒顶部中间，应有防爆球或胶皮薄膜，其厚度不得超过1mm，面积应为内筒底面积的60%以上。

10）乙炔发生器应放在操作地点的上风处，不得放在高压线及一切电线的下面。不得放在强烈日光下曝晒。四周应设围栏、悬挂“严禁烟火”的标志。

11）碎电石应掺入小块电石内装入乙炔发生器中使用，不得完全使用碎电石。夜间添加电石，不得用明火照明。

12）新橡胶软管必须经压力试验。未经压力试验的或代用品及变质、老化、脆裂、漏气及沾土油脂的胶管均不得使用。

13）不得将橡胶软管放在高温管道和电线上，或将重物或热的物件压在软管上，更不得将软管与电焊用的导线敷设在一起。软管经过车行道时应加护套或盖板。

14）氧气瓶应与其他易燃气瓶、油脂和其他易燃、易爆物品分别存放，也不得同车运输。氧气瓶应有防振圈和安全帽。应平放不得倒置，不得在强烈日光下曝晒。严禁用行车或吊车吊运氧气瓶。

15）开启氧气瓶阀门时，应用专用工具，动作要缓慢，不得面对减压器，但应观察压力表指针是否灵敏正常。氧气瓶中的氧气不得全部用尽，至少应留49kPa的剩余压力。

16）严禁使用未安装减压器的氧气瓶进行作业。

17）安装减压器时，应先检查氧气瓶阀门接头不得有油脂，并略开氧气瓶阀门吹除污垢，然后安装减压器，人身或面部不得正对氧气瓶阀门出气口，关闭氧气瓶阀门时，必须先松开减压器的活门螺栓（不可紧闭）。

18）点燃焊（割）炬时，应先开乙炔阀点火，然后开氧气阀调整火焰。关闭时应先关闭乙炔阀，再关闭氧气阀。

19）在作业中，如发现氧气瓶阀门失灵或损坏不能关闭时，应让瓶内的氧气自动逸尽后，再行拆卸修理。

20）发现乙炔发生器因漏气着火燃烧时，应立即把乙炔发生器朝安全方向推倒，并用黄砂扑灭火种，不得堵塞或拔出浮筒。

21）乙炔软管、氧气软管不得错装。使用中氧气软管着火时，不得折弯软管断气，应迅速关闭氧气阀门，停止供氧。乙炔软管着火时，应先关熄炬火，可用弯折前面一段软管的办法来将火熄灭。

22）冬季在露天施工，如软管和回火防止器冻结时，可用热水、蒸汽或在暖气设备下化冻。严禁用火焰烘烤。

23）不得将橡胶软管背在背上操作。焊枪内若带有乙炔、氧气时不得放在金属管、槽、缸、箱内。

24）氢、氧、乙炔并用时，应先开乙炔气，再开氢气，最后开氧气，再点燃。熄灭时，应先关氧气，再关氢气，最后关乙炔气。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

25）作业后，应卸下减压器，拧上气瓶安全帽，将软管卷起捆好，挂在室内干燥处，并将乙炔发生器卸压，放水后取出电石篮，剩余的电石和电石渣应分别放在指定的地方。

9. 气焊安全技术交底

1）施焊场地周围应清除易燃易爆物品，或进行覆盖、隔离。

2）必须在易燃易爆气体或液体扩散区施焊时，应经有关部门检试许可后，方可进行。

3）乙炔发生器必须设有防止回火的安全装置、保险链；球式浮筒必须有防爆球；必须使用金属防爆膜，严禁用胶皮薄膜代替。

4）氧气瓶、气压表及焊割工具上，严禁沾染油脂。

5）乙炔发生器的零件和管路接头，不得采用纯铜制作。

6）高、中压乙炔发生器，应可靠接地。压力表及安全阀应定期校验。

7）碎电石应掺在小块电石中使用。夜间添加电石，严禁用明火照明。

8）乙炔发生器应每天换水，严禁在浮桶上放置物料，不准用手在浮桶上加压或摇动。

9）乙炔发生器不得放置在电线的正下方，不得与氧气瓶同放一处，距易燃、易爆物品和明火的距离不得少于10m。检验是否漏气，要用肥皂水，严禁用明火。

10）氧气瓶应有防振胶圈，旋紧安全帽，避免碰撞和剧烈振动，并防止曝晒。冻结后应用热水加热，不准用火烘烤。

11）乙炔气管用后需清除管内积水。胶管、防止回火的安全装置冻结时，应用热水或蒸汽加热解冻，严禁用火烘烤。

12）点火时，焊枪口不准对人，正在燃烧的焊枪不得放在工件或地面上。焊枪带有乙炔和氧气时，不准放在金属容器内，以防气体逸出，发生燃烧事故。

13）不得手持连接胶管的焊枪爬梯、登高。

14）严禁在带压力的容器或管道上焊、割，带电设备应先切断电源。

15）在贮存过易燃、易爆及有毒物品的容器或管道上焊、割时，应先将有毒物品清除干净，并将所有的孔、口打开。

16）电石应放在通风良好、不漏雨、干燥的地方，移动或搬运电石筒时，应将桶上的小盖打开，轻搬轻放。开桶时，头部要闪开，不得用金属工具敲击桶盖。

17）铅焊时，场地应通风良好，皮肤外露部分应涂护肤油脂。工作完毕应洗漱。

18）工作完毕，应将氧气瓶气阀关好，拧上安全罩。乙炔浮桶提出时，头部应避开浮桶上升方向，拔出后要卧放，禁止扣放在地上。检查操作场地，确认无着火危险，方准离开。

10. 手持电动工具安全管理

（1）手持电动工具可分三类

1）Ⅰ类工具。Ⅰ类手持电动工具是指工具在防止触电保护方面不仅依靠基本绝缘，而且它还包含一个附加安全预防措施。

2）Ⅱ类工具。Ⅱ类手持电动工具是指工具在防止触电保护方面不仅依靠基本绝缘，而且它还提供双重绝缘或加强绝缘的附加安全预防措施和设有保护接地或依赖安装条件的措施。Ⅱ类电动工具分绝缘外壳Ⅱ类工具和金属外壳Ⅱ类工具，在工具的明显部位标有Ⅱ类结构符号——回。

3）Ⅲ类工具。Ⅲ类手持电动工具是指工具在防止触电保护方面，依靠由安全特低电压供电和在工具内部不会产生比安全特低电压高的电压。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）安全使用条件

1）根据使用场所不同，合理选用手持电动工具的类别。

① 一般场所，应选用Ⅱ类工具。如果使用Ⅰ类工具，必须采用其他安全保护措施，包括漏电保护器、安全隔离变压器等。否则，使用者必须戴绝缘手套，穿绝缘鞋或站在绝缘垫（台）上。

② 在潮湿的场所或金属构架上等导电良好的作业场所，必须使用Ⅱ类或Ⅲ类工具。如果使用Ⅰ类工具，必须装设额定漏电动作电流不大于30mA、动作时间不大于0.1s的漏电保护器。

③ 在锅炉、金属容器、管道等狭窄且导电良好的场所内作业时，应使用Ⅲ类工具。如果使用Ⅱ类工具，必须装设额定漏电动作电流不大于15mA、动作时间不大于0.1s的漏电保护器。

上述作业时，Ⅲ类工具的安全隔离变压器、Ⅱ类工具的漏电保护器及Ⅱ、Ⅲ类工具的控制箱和电源连接器等必须放在工作场所的外面，同时应设专人监护。

④ 在特殊环境，如湿热、雨雪以及存在爆炸性或腐蚀性气体的场所，使用的电动工具必须符合相应的防护等级的安全技术要求。

2）连接工具用的导线、电缆及插座开关必须满足：

① Ⅰ类工具的电源线必须采用三芯（指单相电动工具）或四芯（指三相电动工具）多股铜芯橡皮护套软电缆或护套软线，其中黄/绿双色（或指定线芯）在任何情况下，只能做保护接地或接零线。

② 工具的软电缆或软导线及其配套的插头不得任意接长或拆换。使用完后，不得手提电源线移动电动工具。

③ 工具的插头、插座必须匹配，并与工具的额定电流相适应，同时均应符合国家有关电动工具的标准。手持电动工具必须一机一闸，且有短路、过负荷、漏电保护。

④ 插座的接地插孔端子应单独用导线接至保护地线或保护零线，不得在插座内将工作零线与接地线或保护零线连接起来。

3）使用手持电动工具的场所其保护接地的电阻必须小于4Ω。

4）手持电动工具中的运动部件，必须按有关标准装设机械防护装置（如防护罩、保护盖），不得任意拆除。

5）建立安全管理制度及维护检修制度，保障手持电动工具的正常使用及运行。

（3）手持电动工具的维护检修

1）工具在发出或收回时，必须由保管人员（具备电气知识及安全技术的有经验的人）进行日常检查或试验。

2）工具应定期由专业人员进行检查和试验，并做到以下几点：

① 每季至少全面检查一次。

② 潮湿及温差变化大的地区应相应缩短检查试验的周期。

③ 在雷雨季节前应及时进行检查。

3）工具检查试验的项目内容：

① 外壳、手柄有无裂纹或破损。

② 保护接地或保护接零的连线是否正确、牢固可靠。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

③ 软电缆或软导线是否完好无损。

④ 插头和接线是否完好无损且接线正确无误。

⑤ 开关动作是否正常、灵活，有无缺陷、破裂。

⑥ 保护装置是否良好、动作可靠。

⑦ 机械防护装置是否完好无损。

⑧ 工具转动部分是否转动灵活无障碍。

⑨ 测试绝缘电阻，电动工具的绝缘电阻（带电零件与外壳之间）Ⅰ类不小于2MΩ，Ⅱ类不小于7MΩ，Ⅲ类不小于1MΩ。

4）长期搁置不用的工具，在使用前必须摇测绝缘电阻，如果小于上述数值，必须进行干燥处理或维修，经检查合格后方可使用。

5）工具若有绝缘损坏、软电缆或软线护套破裂、保护线脱落、插头或插座开裂、机械损伤等有碍安全的故障时，应立即进行修理，在未修复前，不得使用。

6）非专业人员不得擅自拆卸和修理电动工具；使用单位及维修部门不得任意改变原设计参数，不得采用低于原材料性能的代用材料及与原有规格不符的零配件。

7）维修时，工具内部的绝缘衬垫、套管等绝缘材料不得任意拆除、调换或漏装。

8）工具的绝缘部分经修理或拆换后，必须进行下列测量及试验：

① 测量绝缘电阻，并满足前述要求。

② 耐压试验：见表11-36，耐压试验时间为1min。

表11-36　手持电动工具耐压试验电压

试验电压的施加部位	试验电压/V		
	Ⅲ类	Ⅱ类	Ⅰ类
带电零件与壳体零件之间仅由基本绝缘与带电零件隔离，由加强绝缘与带电零件隔离	380	2800	950

9）工具如不能修复或修理后不能达到上述要求或确已无修理价值，必须办报废手续，不得再用。

（4）手持电动工具的管理制度

1）手持电动工具的安全技术管理必须包括以下内容：

① 贯彻执行有关的安全技术标准及要求。

② 监督、检查工具的使用及维修。

③ 对工具的使用、保管、维修人员进行安全用电技术教育。

④ 由工具引起的触电事故应进行调查、分析，提出预防措施，并总结经验。

⑤ 制定工具的安全操作规程，安全操作规程应按照国家标准、工具的使用说明书、实际使用条件等因素制定。

⑥ 安全操作规程的主要内容有：工具的允许使用范围；工具的正确使用方法和操作程序；工具使用前必须检查的项目、部位以及使用中可能出现的危险和相应的防护措施；工具的存放要求；工具的保养方法、规程、周期、要求；工具使用中的操作注意事项。

2）建立工具、检查、维修技术档案，掌握工具的状态。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）工具必须存放在干燥、无有害气体和腐蚀性化学品的场所。

4）工具必须由具备专业技术的人员负责保管，并配备常用的检验设备、仪表、工具等。

5）工具的使用应随借随还，不得在使用中擅自转借他人，以防遗失。

11. 手持电动工具安全技术交底

1）手持电动工具在使用前应检查外壳、手柄、插头、开关、漏电防护、防护罩接零保护是否完好有效，确认完好后方可使用。

2）操作时握持要稳，戴绝缘手套，穿绝缘鞋，用力均匀，不得使劲过猛，防止钻头或部件损坏伤人。

3）搬运时，不准用缆线拖拉电动机具，以免拉断或磨破缆线及拉下插头。

4）更换钻头和部件，先拉闸断电，并拔下插头，确认无电后方可更换。操作者在操作时穿绝缘鞋戴绝缘手套，必要时还要戴上眼镜。用完的手持电动工具放在干燥处保管，防止受潮。

（二）电气安装工程临时用电安全技术及要求

临时用电对于电气安装工程来讲不是小题大做，很多从事电气安装工程的人都是因为自己是从事电类工作的而掉以轻心，麻痹大意，而发生触电事故，这样的教训是用生命换来的。这里以一个老电气工作者的名义真诚告诫所有电气安装工程的单位和个人，临时用电的安全是保证电气安装工程顺利进行的关键，因小失大将是走向失败的根源。

1. 总体要求

电气安装工程施工现场临时用电工程专用的电源中性点直接接地的220/380V三相四线制低压电力系统，必须符合下列规定：

1）采用三级配电系统。

2）采用TN-S接零保护系统。

3）采用二级漏电保护系统。

2. 接地与防雷

（1）一般要求

① 在施工现场专用变压器的供电的TN-S接零保护系统中，电气设备的金属外壳必须与保护零线连接。保护零线应由工作接地线、配电室（总配电箱）电源侧零线或总漏电保护器电源侧零线处引出，如图11-11所示。

② 当施工现场与外电线路共用同一供电系统时，电气设备的接地、接零保护应与原系统保持一致。不得一部分设备作保护接零，另一部分设备作保护接地。

采用TN系统作保护接零时，工作零线（N线）必须通过总漏电保护器，保护零线（PE线）必须由电源进线零线重复接地处或总漏电保护器电源侧零线处引出，形成局部TN-S接零保护系统，如图11-12所示。

③ 在TN接零保护系统中，通过总漏电保护器的工作零线与保护零线之间不得再做电气连接。

④ 在TN接零保护系统中，PE零线应单独敷设。重复接地线必须与PE线相连接，严禁与N线相连接。

⑤ 使用一次侧由50V以上电压的接零保护系统供电，二次侧为50V及以下电压的安全隔离变压器时，二次侧不得接地，并应将二次线路用绝缘管保护或采用橡皮护套软线。

当采用普通隔离变压器时，其二次侧一端应接地，且变压器正常不带电的外露可导电部

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

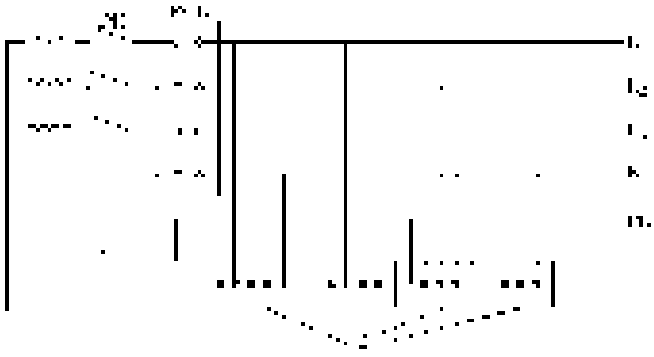


图 11-11　专用变压器供电时 TN-S 接零保护系统示意图

1—工作接地　2—PE 线重复接地　3—电气设备金属外壳（正常不带电的外露可导电部分）　L_1、L_2、L_3—相线　N—工作零线　PE—保护零线　DK—总电源隔离开关　RCD—总漏电保护器（兼有短路、过载、漏电保护功能的漏电断路器）　T—变压器

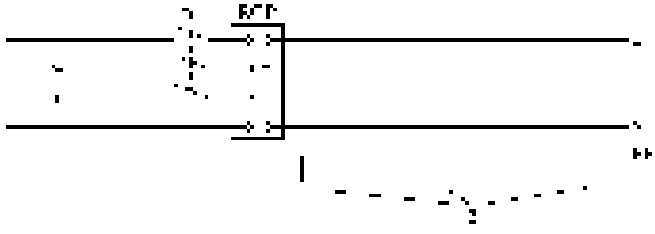


图 11-12　三相四线供电时局部 TN-S 接零保护系统保护零线引出示意图

1—PEN 线重复接地　2—PE 线重复接地　L_1、L_2、L_3—相线

N—工作零线　PE—保护零线　DK—总电源隔离开关　RCD—总漏电保护器（兼有短路、过载、漏电保护功能的漏电断路器）

分应与一次回路保护零线相连接。

以上变压器尚应采取防直接接触带电体的保护措施。

⑥ 施工现场的临时用电电力系统严禁利用大地作相线或零线。

⑦ 接地装置的设置应考虑土壤干燥或冻结等季节变化的影响，并应符合表 11-37 的规定，接地电阻值在四季中均应符合后述“（3）接地与接地电阻”的要求。但防雷装置的冲击接地电阻值只考虑在雷雨季节中土壤干燥状态的影响。

表 11-37　接地装置的季节系数 ψ 值

埋深/m	水平接地体	长 2～3m 的垂直接地体
0.5	1.4～1.8	1.2～1.4
0.8～1.0	1.25～1.45	1.15～1.3
2.5～3.0	1.0～1.1	1.0～1.1

注：大地比较干燥时，取表中较小值；比较潮湿时，取表中较大值。

⑧ PE 线所用材质与相线、工作零线（N 线）相同时，其最小截面积应符合表 11-38 的规定。

⑨ 保护零线必须采用绝缘导线。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 11-38 PE 线截面与相线截面积的关系

相线芯线截面积 S/mm^2	PE 线最小截面积/mm^2
$S \leqslant 16$	5
$16 < S \leqslant 35$	16
$S > 35$	$S/2$

配电装置和电动机械相连接的 PE 线应为截面积不小于 2.5mm^2 的绝缘多股铜线。手持式电动工具的 PE 线应为截面积不小于 1.5mm^2 的绝缘多股铜线。

⑩ PE 线上严禁装设开关或熔断器，严禁通过工作电流，且严禁断线。

⑪ 相线、N 线、PE 线的颜色标记必须符合以下规定：相线 L_1（A）、L_2（B）、L_3（C）相序的绝缘颜色依次为黄、绿、红色；N 线的绝缘颜色为淡蓝色；PE 线的绝缘颜色为绿/黄双色。任何情况下上述颜色标记严禁混用和互相代用。

（2）保护接零

① 在 TN 系统中，下列电气设备不带电的外露可导电部分应做保护接零：

a. 电动机、变压器、电器、照明器具、手持式电动工具的金属外壳；

b. 电气设备传动装置的金属部件；

c. 配电柜与控制柜的金属框架；

d. 配电装置的金属箱体、框架及靠近带电部分的金属围栏和金属门；

e. 电力线路的金属保护管，敷线的钢索，起重机的底座和轨道、滑升模板金属操作平台等；

f. 安装在电力线路杆（塔）上的开关、电容器等电气装置的金属外壳及支架。

② 城防、人防、隧道等潮湿或条件特别恶劣施工现场的电气设备必须采用保护接零。

③ 在 TN 系统中，下列电气设备不带电的外露可导电部分，可不做保护接零：

a. 在木质、沥青等不良导电地坪的干燥房间内，交流电压 380V 及以下的电气装置金属外壳（当维修人员可能同时触及电气设备金属外壳和接地金属物件时除外）；

b. 安装在配电柜、控制柜金属框架和配电箱的金属箱体上，且与其可靠电气连接的电气测量仪表、电流互感器、电器的金属外壳。

（3）接地与接地电阻

1）单台容量超过 100kVA 或使用同一接地装置并联运行且总容量超过 100kVA 的电力变压器或发电机的工作接地电阻值不得大于 4Ω。

单台容量不超过 100kVA 或使用同一接地装置并联运行且总容量不超过 100kVA 的电力变压器或发电机的工作接地电阻值不得大于 10Ω。

在土壤电阻率大于 1000Ω·m 的地区，当达到上述接地电阻值有困难时，工作接地电阻值可提高到 30Ω。

2）TN 系统中的保护零线除必须在配电室或总配电箱处做重复接地外，还必须在配电系统的中间处和末端处做重复接地。

在 TN 系统中，保护零线每一处重复接地装置的接地电阻值不应大于 10Ω。在工作接地电阻值允许达到 10Ω 的电力系统中，所有重复接地的等效电阻值不应大于 10Ω。

3）在 TN 系统中，严禁将单独敷设的工作零线再做重复接地。

4）每一接地装置的接地线应采用 2 根及以上导体，在不同点与接地体做电气连接。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

不得采用铝导体做接地体或地下接地线。垂直接地体宜采用角钢、钢管或光面圆钢，不得采用螺纹钢。

接地可利用自然接地体，但应保证其电气连接和热稳定。

5）移动式发电机供电的用电设备，其金属外壳或底座应与发电机电源的接地装置有可靠的电气连接。

6）移动式发电机系统接地应符合电力变压器系统接地的要求。下列情况下可不另做保护接零：

① 移动式发电机和用电设备固定在同一金属支架上，且不供给其他设备用电时。

② 不超过 2 台的用电设备由专用的移动式发电机供电，供、用电设备间距不超过 50m，且供、用电设备的金属外壳之间有可靠的电气连接。

7）在有静电的施工现场内，对集聚在机械设备上的静电应采取接地泄漏措施。每组专设的静电接地体的接地电阻值不应大于 100Ω，高土壤电阻率地区不应大于 1000Ω。

（4）防雷

1）在土壤电阻率低于 200Ω·m 区域的电杆可不另设防雷接地装置，但在配电室的架空进线或出线处应将绝缘子铁脚与配电室的接地装置相连接。

2）施工现场内的起重机、井字架、龙门架等机械设备，以及钢脚手架和正在施工的在建工程等的金属结构，当在相邻建筑物、构筑物等设施的防雷装置接闪器的保护范围以外时，应按表 11-39 的规定安装防雷装置。表 11-39 中地区年均雷暴日应按规范执行。

表 11-39　施工现场内机械设备及高架设施需安装防雷装置的规定

地区年平均雷暴日/d	机械设备高度/m
≤15	≥50
>15，<40	≥32
≥40，<90	≥20
≥90 及雷害特别严重地区	≥12

当最高机械设备上避雷针（接闪器）的保护范围能覆盖其他设备，且又最后退出现场，则其他设备可不设防雷装置。

3）机械设备或设施的防雷引下线可利用该设备或设施的金属结构体，但应保证电气连接。

4）机械设备上的避雷针（接闪器）长度应为 1～2m。塔式起重机可不另设避雷针（接闪器）。

5）安装避雷针（接闪器）的机械设备，所有固定的动力、控制、照明、信号及通信线路，宜采用钢管敷设。钢管与该机械设备的金属结构体应做电气连接。

6）施工现场内所有防雷装置的冲击接地电阻值不得大于 30Ω。

7）做防雷接地机械上的电气设备，所连接的 PE 线必须同时做重复接地，同一台机械电气设备的重复接地和机械的防雷接地可共用同一接地体，但接地电阻应符合重复接地电阻值的要求。

3. 配电箱及开关箱

（1）配电箱及开关箱的设置

1）配电系统应设置配电柜或总配电箱、分配电箱、开关箱，实行三级配电。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

配电系统宜使三相负荷平衡。220V 或 380V 单相用电设备宜接入 220/380V 三相四线制系统；当单相照明线路电流大于 30A 时，宜采用 220/380V 三相四线制供电。

室内配电柜的设置应符合 JGJ 46—2005 的规定。

2）总配电箱以下可设若干分配电箱；分配电箱以下可设若干开关箱。

总配电箱应设在靠近电源的区域，分配电箱应设在用电设备或负荷相对集中的区域，分配电箱与开关箱的距离不得超过 30m，开关箱与其控制的固定式用电设备的水平距离不宜超过 3m。

3）每台用电设备必须有各自专用的开关箱，严禁用同一个开关箱直接控制 2 台及 2 台以上用电设备（含插座）。

4）动力配电箱与照明配电箱宜分别设置。当合并设置为同一配电箱时，动力和照明应分路配电；动力开关箱与照明开关箱必须分设。

5）配电箱、开关箱应装设在干燥、通风及常温场所，不得装设在有严重损伤作用的瓦斯、烟气、潮气及其他有害介质中，亦不得装设在易受外来固体物撞击、强烈振动、液体浸溅及热源烘烤的场所。否则，应予清除或做防护处理。

6）配电箱、开关箱周围应有足够2 人同时工作的空间和通道，不得堆放任何妨碍操作、维修的物品，不得有灌木、杂草。

7）配电箱、开关箱应采用冷轧钢板或阻燃绝缘材料制作，钢板厚度应为 1.2 ~2.0mm，其中开关箱箱体钢板厚度不得小于 1.2mm，配电箱箱体钢板厚度不得小于 1.5mm，箱体表面应做防腐处理。

8）配电箱、开关箱应装设端正、牢固。固定式配电箱、开关箱的中心点与地面的垂直距离应为1.4 ~1.6m。移动式配电箱、开关箱应装设在坚固、稳定的支架上。其中心点与地面的垂直距离宜为 0.8 ~1.6m。

9）配电箱、开关箱内的电器（含插座）应先安装在金属或非木质阻燃绝缘电器安装板上，然后方可整体紧固在配电箱、开关箱箱体内。

金属电器安装板与金属箱体应做电气连接。

10）配电箱、开关箱内的电器（含插座）应按其规定位置紧固在电器安装板上，不得歪斜和松动。

11）配电箱的电器安装板上必须分设 N 线端子板和 PE 线端子板。N 线端子板必须与金属电器安装板绝缘；PE 线端子板必须与金属电器安装板做电气连接。

进出线中的 N 线必须通过 N 线端子板连接；PE 线必须通过 PE 线端子板连接。

12）配电箱、开关箱内的连接线必须采用铜芯绝缘导线。导线绝缘的颜色标志应按前述2.（1）⑪条要求配置并排列整齐；导线分支接头不得采用螺栓压接，应采用焊接并做绝缘包扎，不得有外露带电部分。

13）配电箱、开关箱的金属箱体、金属电器安装板以及电器正常不带电的金属底座、外壳等必须通过 PE 线端子板与 PE 线做电气连接，金属箱门与金属箱体必须通过采用编织软铜线做电气连接。

14）配电箱、开关箱的箱体尺寸应与箱内电器的数量和尺寸相适应，箱内电器安装板板面电器安装尺寸可按照表 11-40 确定。

15）配电箱、开关箱中导线的进线口和出线口应设在箱体的下底面。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 11-40　配电箱、开关箱内电器安装尺寸选择值

间距名称	最小净距/mm
并列电器（含单极熔断器）间	30
电器进、出线瓷管（塑胶管）孔与电器边沿间	15A，30 20～30A，50 60A 及以上，80
上、下排电器进出线瓷管（塑胶管）孔间	25
电器进、出线瓷管（塑胶管）孔至板边	40
电器至板边	40

16）配电箱、开关箱的进、出线口应配置固定线卡，进出线应加绝缘护套并成束卡固在箱体上，不得与箱体直接接触。移动式配电箱、开关箱的进、出线应采用橡皮护套绝缘电缆，不得有接头。

17）配电箱、开关箱外形结构应能防雨、防尘。

（2）电器装置的选择

1）配电箱、开关箱内的电器必须可靠、完好，严禁使用破损、不合格的电器。

2）总配电箱的电器应具备电源隔离、正常接通与分断电路，以及短路、过载、漏电保护功能。电器设置应符合下列原则：

① 当总路设置总漏电保护器时，还应装设总隔离开关、分路隔离开关以及总断路器、分路断路器或总熔断器、分路熔断器。当所设总漏电保护器是同时具备短路、过载、漏电保护功能的漏电断路器时，可不设总断路器或总熔断器。

② 当各分路设置分路漏电保护器时，还应装设总隔离开关、分路隔离开关以及总断路器、分路断路器或总熔断器、分路熔断器。当分路所设漏电保护器是同时具备短路、过载、漏电保护功能的漏电断路器时，可不设分路断路器或分路熔断器。

③ 隔离开关应设置于电源进线端，应采用分断时具有可见分断点，并能同时断开电源所有极的隔离电器。如采用分断时具有可见分断点的断路器，可不另设隔离开关。

④ 熔断器应选用具有可靠灭弧分断功能的产品。

⑤ 总开关电器的额定值、动作整定值应与分路开关电器的额定值、动作整定值相适应。

3）总配电箱应装设电压表、总电流表、电能表及其他需要的仪表。专用电能计量仪表的装设应符合当地供用电管理部门的要求。

装设电流互感器时，其二次回路必须与保护零线有一个连接点，且严禁断开电路。

4）分配电箱应装设总隔离开关、分路隔离开关以及总断路器、分路断路器或总熔断器、分路熔断器。其设置和选择应符合规范要求。

5）开关箱必须装设隔离开关、断路器或熔断器，以及漏电保护器。当漏电保护器是同时具有短路、过载、漏电保护功能的漏电断路器时，可不装设断路器或熔断器。隔离开关应采用分断时具有可见分断点，能同时断开电源所有极的隔离电器，并应设置于电源进线端。当断路器是具有可见分断点时，可不另设隔离开关。

6）开关箱中的隔离开关只可直接控制照明电路和容量不大于 3.0kW 的动力电路，但不应频繁操作。容量大于 3.0kW 的动力电路应采用断路器控制，操作频繁时还应附设接触器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

或其他起动控制装置。

7）开关箱中各种开关电器的额定值和动作整定值应与其控制用电设备的额定值和特性相适应。

8）漏电保护器应装设在总配电箱、开关箱靠近负荷的一侧，且不得用于起动电气设备的操作。

9）漏电保护器的选择应符合现行国家标准 GB/Z 6829—2008《剩余电流动作保护器的一般要求》和 GB 13955—2005《剩余电流动作保护装置安装和运行》的规定。

10）开关箱中漏电保护器的额定漏电动作电流不应大于 30mA，额定漏电动作时间不应大于 0.1s。

使用于潮湿或有腐蚀介质场所的漏电保护器应采用防溅型产品，其额定漏电动作电流不应大于 15mA，额定漏电动作时间不应大于 0.1s。

11）总配电箱中漏电保护器的额定漏电动作电流应大于 30mA，额定漏电动作时间应大于 0.1s，但其额定漏电动作电流与额定漏电动作时间的乘积不应大于 30mA·s。

12）总配电箱和开关箱中漏电保护器的极数和线数必须与其负荷侧负荷的相数和线数一致。

13）配电箱、开关箱中的漏电保护器宜选用无辅助电源型（电磁式）产品，或选用辅助电源故障时能自动断开的辅助电源型（电子式）产品。当选用辅助电源故障时不能自动断开的辅助电源型（电子式）产品时，应同时设置断相保护。

14）漏电保护器应按产品说明书安装、使用。对搁置已久重新使用或连续使用的漏电保护器应逐月检测其特性，发现问题应及时修理或更换。

漏电保护器的正确使用接线方法应按图 11-13 选用。

15）配电箱、开关箱的电源进线端严禁采用插头和插座做活动连接。

（三）电气安装工程安装机械的正确使用

1. 一般要求

1）操作人员应体检合格，无妨碍作业的疾病和生理缺陷，并应经过专业培训、考核合格取得建设行政主管部门颁发的操作证或公安部门颁发的机动车驾驶执照后，方可持证上岗。学员应在专人指导下进行工作。

2）操作人员在作业过程中，应集中精力正确操作，注意机械工况，不得擅自离开工作岗位或将机械交给其他无证人员操作。严禁无关人员进入作业区或操作室内。

3）操作人员应遵守机械有关保养规定，认真及时做好各级保养工作，经常保持机械的完好状态。

4）实行多班作业的机械，应执行交接班制度，认真填写交接班记录；接班人员经检查确认无误后，方可进行工作。

5）在工作中操作人员和配合作业人员必须按规定穿戴劳动保护用品，长发应束紧不得外露，高处作业时必须系安全带。

6）现场施工负责人应为机械作业提供道路、水电、机棚或停机场地等必备的条件，并消除对机械作业有妨碍或不安全的因素。夜间作业应设置充足的照明。

7）机械进入作业地点后，施工技术人员应向操作人员进行施工任务和安全技术措施交底。操作人员应熟悉作业环境和施工条件，听从指挥，遵守现场安全规则。

8）机械必须按照出厂使用说明书规定的技术性能、承载能力和使用条件，正确操作，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

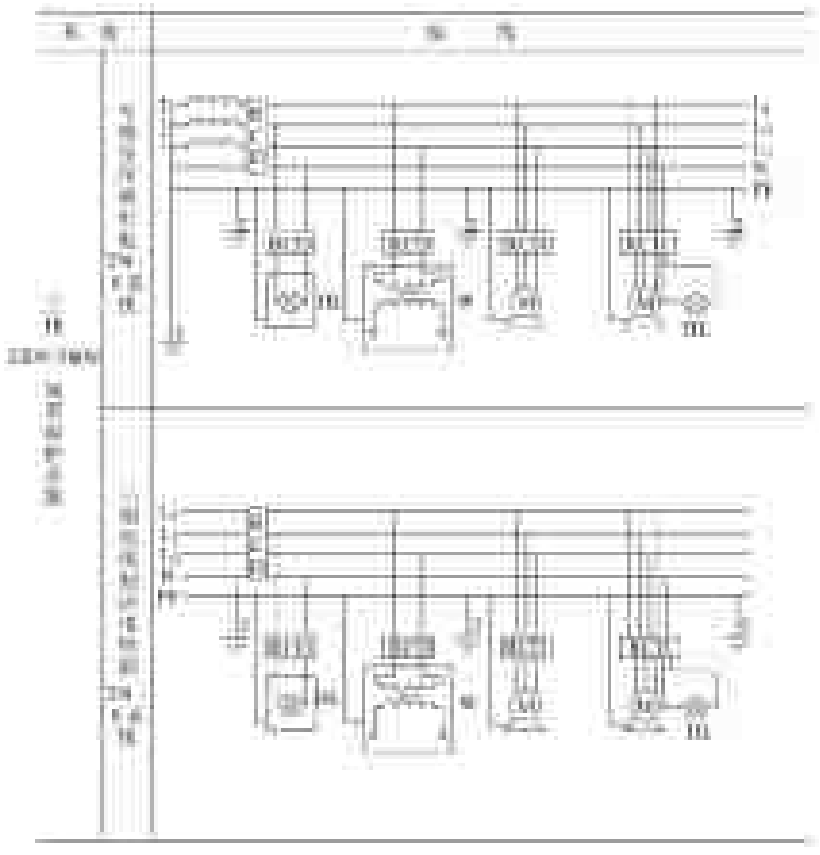


图 11-13　漏电保护器使用接线方法示意图

L_1、L_2、L_3—相线　N—工作零线　PE—保护零线、保护线　1—工作接地　2—重复接地　T—变压器　RCD—漏电保护器　HL—照明器　W—电焊机　M—电动机

合理使用，严禁超载作业或任意扩大使用范围。

9）机械上的各种安全防护装置及监测、指示、仪表、报警等自动报警、信号装置应完好齐全，有缺损时应及时修复。安全防护装置不完整或已失效的机械不得使用。

10）机械不得带“病”运转。运转中发现不正常时，应先停机检查，排除故障后方可使用。

11）凡违反规程的作业命令，操作人员应先说明理由后可拒绝执行。由于发令人强制违章作业而造成事故者，应追究发令人的责任，直至追究刑事责任。

12）新机、经过大修或技术改造的机械，必须按出厂使用说明书的要求和现行国家标准进行测试和试运转，并应符合相关标准的规定。

13）机械在寒冷季节使用，应符合规定。

14）机械集中停放的场所，应有专人看管，并应设置消防器材及工具；大型内燃机械应配备灭火器；机房、操作室及机械四周不得堆放易燃、易爆物品。

15）变配电所、乙炔站、氧气站、空气压缩机房、发电机房、锅炉房等易于发生危险的场所，应在危险区域界限处设置围栅和警告标志，非工作人员未经批准不得入内。挖掘机、起重机、打桩机等重要作业区域，应设立警告标志及采取现场安全措施。

16）在机械产生对人体有害的气体、液体、尘埃、渣滓、放射性射线、振动、噪声等

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

场所，必须配置相应的安全保护设备和三废处理装置；在隧道、沉井基础施工中，应采取措施，使有害物限制在规定的限度内。

17）使用机械与安全生产发生矛盾时，必须首先服从安全要求。

18）停用一个月以上或封存的机械，应认真做好停用或封存前的保养工作，并应采取预防风沙、雨淋、水泡、锈蚀等措施。

19）机械使用的润滑油（脂），应符合出厂使用说明书所规定的种类和牌号，并应按时、按季、按质更换。

20）当机械发生重大事故时，企业各级领导必须及时上报和组织抢救，保护现场，查明原因、分清责任、落实及完善安全措施，并按事故性质严肃处理。

21）汽车及自行轮胎式机械在进入城市交通或公路时，必须遵守国务院颁发的《中华人民共和国道路交通管理条例》。

22）这里尚未列入的新机型，企业的设备机械管理部门必须根据生产厂说明书要求，制订本企业的安全技术操作规程后，方可投入使用。

2. 动力与电气装置

1）固定式动力机械应安装在室内符合规定的基础上，移动式动力机械应处于水平状态，放置应稳固。内燃机机房应有良好的通风，周围应有 1m 以上的通道，排气管必须引出室外，并不得与可燃物接触。室外使用动力机械应搭设机棚。

2）冷却系统的水质应保持洁净，硬水应经软化处理后使用。

3）动力机械的燃油和润滑油牌号应符合该机规定，油质和加油器具应保持洁净（柴油应沉淀过滤），并应按季节要求换油。

4）电气设备的金属外壳应采用保护接地或保护接零，并应符合下列要求：

① 保护接地：中性点不直接接地系统中的电气设备，应采用保护接地。接地网接地电阻不宜大于 4Ω（在高土壤电阻率地区，应遵照当地供电部门的规定）。

② 保护接零：中性点直接接地系统中的电气设备应采用保护接零。

5）在同一供电系统中，不得将一部分电气设备作保护接地，而将另一部分电气设备作保护接零。

6）在保护接零的零线上不得装设开关或熔断器。

7）严禁利用大地作工作零线，不得借用机械本身金属结构作工作零线。

8）电气设备的每个保护接地或保护接零点必须用单独的接地（零）线与接地干线（或保护零线）相连接。严禁在一个接地（零）线中串接几个接地（零）点。

9）电气设备的额定工作电压必须与电源电压等级相符。

10）电气装置遇跳闸时，不得强行合闸。应查明原因，排除故障后方可再行合闸。

11）严禁带电作业或采用预约停送电时间的方式进行电气检修。检修前必须先切断电源并在电源开关上挂“禁止合闸，有人作业”的警告牌。警告牌的挂、取应有专人负责。

12）各种配电箱、开关箱应配备安全锁，箱内不得存放任何其他物件并应保持清洁。非本岗位作业人员不得擅自开箱合闸。每班工作完毕后，应切断电源，锁好箱门。

13）清洗机电设备时，不得将水冲到电气设备上。

14）发生人身触电时，应立即切断电源，然后方可对触电者做紧急救护。严禁在未切断电源之前与触电者直接接触。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

15）电气设备或线路发生火警时，应首先切断电源，在未切断电源之前，不得使身体接触导线或电气设备。也不得用水或泡沫灭火机进行灭火。

16）本书中所列绝缘电阻测量应采用测量60s的绝缘电阻值；吸收比的测量应采用测量60s绝缘电阻值与测量15s绝缘电阻值的比值（$R60_s/R15_s$），极化指数的测量是指测量时间10min的绝缘电阻值与测量时间1min绝缘电阻值的比值（$R10_{min}/R1_{min}$）。在测定绝缘电阻时应采用500V或1000V绝缘电阻表测定100～1000V的电气设备或回路。

3. 起重吊装机械

1）起重机的内燃机、电动机和电气、液压装置部分，应按相应设备的要求执行，并符合规范的要求。

2）操作人员在作业前必须对工作现场环境、行驶道路、架空电线、建筑物以及构件重复和分布情况进行全面了解。

3）现场施工负责人应为起重机作业提供足够的工作场地，清除或避开起重臂起落及回转半径内的障碍物。

4）各类起重机应装有音响清晰的喇叭、电铃或汽笛等信号装置。在起重臂、吊钩、平衡重等转动体上应标以鲜明的色彩标志。

5）起重吊装的指挥人员必须持证上岗，作业时应与操作人员密切配合，执行规定的指挥信号。操作人员应按照指挥人员的信号进行作业，当信号不清或错误时，操作人员可拒绝执行。

6）操纵室远离地面的起重机，在正常指挥发生困难时，地面及作业层（高空）的指挥人员均应采用对讲机等有效的通信联络手段进行指挥。

7）在露天有六级及以上大风或大雨、大雪、大雾等恶劣天气时，应停止起重吊装作业。雨雪过后作业前，应先试吊，确认制动器灵敏可靠后方可进行作业。

8）起重机的变幅指示器、力矩限制器、起重量限制器以及各种行程限位开关等安全保护装置，应完好齐全、灵敏可靠，不得随意调整或拆除。严禁利用限制器和限位装置代替操纵机构。

9）操作人员进行起重机回转、变幅、行走和吊钩升降等动作前，应发出音响信号示意。

10）起重机作业时，起重臂和重物下方严禁有人停留、工作或通过。重物吊运时，严禁从人上方通过。严禁用起重机载运人员。

11）操作人员应按规定的起重性能作业，不得超载。在特殊情况下需超载使用时，必须经过验算，有保证安全的技术措施，并写出专题报告，经企业技术负责人批准，有专人在现场监护下，方可作业。

12）严禁使用起重机进行斜拉、斜吊和起吊地下埋设或凝固在地面上的重物以及其他不明重量的物体。现场浇注的混凝土构件或模板，必须全部松动后方可起吊。

13）起吊重物应绑扎平稳、牢固，不得在重物上再堆放或悬挂零星物件。易散落物件应使用吊笼栅栏固定后方可起吊。标有绑扎位置的物件，应按标记绑扎后起吊。吊索与物件的夹角宜采用45°～60°，且不得小于30°，吊索与物件棱角之间应加垫块。

14）起吊载荷达到起重机额定起重量的90%及以上时，应先将重物吊离地面200～500mm后，检查起重机的稳定性、制动器的可靠性、重物的平稳性、绑扎的牢固性，确认无误后方可继续起吊。对易晃动的重物应拴拉绳。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

15）重物起升和下降速度应平稳、均匀，不得突然制动。左右回转应平稳，当回转未停稳前不得作反向动作。非重力下降式起重机，不得带载自由下降。

16）严禁起吊重物长时间悬挂在空中，作业中遇突发故障，应采取措施将重物降落到安全地方，并关闭发动机或切断电源后进行检修。在突然停电时，应立即把所有控制器拨到零位，断开电源总开关，并采取措施使重物降到地面。

17）起重机不得靠近架空输电线路作业。起重机的任何部位与架空输电导线的安全距离不得小于表 11-41 的规定。

表 11-41　起重机与架空输电导线的安全距离

电压/kV 安全距离/m	<1	1～15	20～40	60～110	220
沿垂直方向	1.5	3.0	4.0	5.0	6.0
沿水平方向	1.0	1.5	2.0	4.0	6.0

18）起重机使用的钢丝绳，应有钢丝绳制造厂签发的产品技术性能和质量的证明文件。当无证明文件时，必须经过试验合格后方可使用。

19）起重机使用的钢丝绳，其结构形式、规格及强度应符合该型起重机使用说明书的要求。钢丝绳与卷筒应连接牢固，放出钢丝绳时，卷筒上应至少保留 3 圈，收放钢丝绳时应防止钢丝绳打环、扭结、弯折和乱绳，不得使用扭结、变形的钢丝绳。使用编结的钢丝绳时，其编结部分在运行中不得通过卷筒和滑轮。

20）钢丝绳采用编结固接时，编结部分的长度不得小于钢丝绳直径的 20 倍，并不应小于 300mm，其编结部分应捆扎细钢丝。当采用绳卡固接时，与钢丝绳直径匹配的绳卡的规格、数量应符合表 11-42 的规定。最后一个绳卡距绳头的长度不得小于 140mm。绳卡滑鞍（夹板）应在钢丝绳承载时受力的一侧，“U”螺栓应在钢丝绳的尾端，不得正反交错。绳卡初次固定后，应待钢丝绳受力后再度紧固，并宜拧紧到使两绳直径高度压扁 1/3。作业中应经常检查紧固情况。

表 11-42　与绳径匹配的绳卡数

钢丝绳直径/mm	10 以下	10～20	21～26	28～36	36～40
最少绳卡数/个	3	4	5	6	7
绳卡间距/mm	80	140	160	220	240

21）每班作业前，应检查钢丝绳及钢丝绳的连接部位。当钢丝绳在一个节距内断丝根数达到或超过表 11-43 中的根数时，应予以报废。当钢丝绳表面锈蚀或磨损使钢丝绳直径显著减少时，应将表 11-43 报废标准按表 11-44 折减，并按折减后的断丝数报废。

表 11-43　钢丝绳报废标准（一个节距内的断丝数）

采用的安全系数	钢丝绳规格					
	6×19+1		6×37+1		6×61+1	
	交互捻	同向捻	交互捻	同向捻	交互捻	同向捻
6 以下	12	6	22	11	36	18
6～7	14	7	26	13	38	19
7 以上	16	8	30	15	40	20

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 11-44　钢丝绳锈蚀或磨损时报废标准的折减系数

钢丝绳表面锈蚀或磨损量（%）	10	15	20	25	30～40	大于40
折减系数	85	75	70	60	50	报废

22）向转动的卷筒上缠绕钢丝绳时，不得用手拉或脚踩来引导钢丝绳。钢丝绳涂抹润滑脂，必须在停止运转后进行。

23）起重机的吊钩和吊环严禁补焊。当出现下列情况之一时应更换：

① 表面有裂纹、破口。

② 危险断面及钩颈有永久变形。

③ 挂绳处断面磨损超过高度10%。

④ 吊钩衬套磨损超过原厚度50%。

⑤ 心轴（销子）磨损超过其直径的3%～5%。

24）当起重机制动器的制动鼓表面磨损达1.5～2.0mm（小直径取小值，大直径取大值）时，应更换制动鼓，同样，当起重机制动器的制动带磨损超过原厚度的50%时，应更换制动带。

4. 土石方机械

1）土石方机械的内燃机、电动机和液压装置的使用，应按相应设备的要求执行，并应符合规范的要求。

2）机械进入现场前，应查明行驶路线上的桥梁、涵洞的上部净空和下部承载能力，保证机械安全通过。

3）作业前，应查明施工场地明、暗设置物（电线、地下电缆、管道、坑道等）的地点及走向，并采用明显记号表示。严禁在离电缆1m距离以内作业。

4）作业中，应随时监视机械各部位的运转及仪表指示值，如发现异常，应立即停机检修。

5）机械运行中，严禁接触转动部位和进行检修。在修理（焊、铆等）工作装置时，应使其降到最低位置，并应在悬空部位垫上垫木。

6）在电杆附近取土时，对不能取消的拉线、地垄和杆身，应留出土台。土台半径：电杆应为1.0～1.5m，拉线应为1.5～2.0m。并应根据土质情况确定坡度。

7）机械不得靠近架空输电线路作业，并应按照前述“3. 起重吊装机械”中的第17条的规定留出安全距离。

8）机械通过桥梁时，应采用低速挡慢行，在桥面上不得转向或制动。承载力不够的桥梁，事先应采取加固措施。

9）在施工中遇下列情况之一时应立即停工，待符合作业安全条件时，方可继续施工：

① 填挖区土体不稳定，有发生坍塌危险时。

② 气候突变，发生暴雨、水位暴涨或山洪暴发时。

③ 在爆破警戒区内发出爆破信号时。

④ 地面涌水冒泥，出现陷车或因雨发生坡道打滑时。

⑤ 工作面净空不足以保证安全作业时。

⑥ 施工标志、防护设施损毁失效时。

10）配合机械作业的清底、平地、修坡等人员，应在机械回转半径以外工作。当必须

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在回转半径以内工作时，应停止机械回转并制动好后，方可作业。

11）雨季施工，机械作业完毕后，应停放在较高的坚实地面上。

12）挖掘基坑时，当坑底无地下水，坑深在5m以内，且边坡坡度符合表11-45的规定时，可不加支撑。

表11-45 边坡坡度比例

土壤性质	在坑沟底挖土	在坑沟上边挖土	土壤性质	在坑沟底挖土	在坑沟上边挖土
砂土回填土			粘土		
粉土砾石土					
粉质粘土			干黄土		

13）当挖土深度超过5m或发现有地下水以及土质发生特殊变化等情况时，应根据土的实际性能计算其稳定性，再确定边坡坡度。

14）当对石方、冻土进行爆破作业时，所有施工人员、施工机具应撤到安全地带或采取安全保护措施。

5. 水平和垂直运输机械

1）运输机械的内燃机、电动机、空气压缩机和液压装置的使用，应按相应设备的要求执行，并应符合规范的要求。

2）运送超宽、超高和超长物件前，应制定妥善的运输方法和安全措施，并必须符合《道路交通管理条例》的规定。

3）起动前应进行重点检查。灯光、音箱、指示仪表等应齐全完整；燃油、润滑油、冷却水等应添加充足；各连接件不得松动；轮胎气压应符合要求，确认无误后，方可起动。燃油箱应加锁。

4）起动内燃机应执行内燃机使用说明书的规定。严寒季节露天起动内燃机，应执行其冬季起动的规定。

5）起动后，应观察各仪表指示值、检查内燃机运转情况、测试转向机构及制动器等性能，确认正常并待水温达到40℃以上、制动气压达到安全压力以上时，方可低挡起步。起步前，车旁及车下应无障碍物及人员。

6）水温未达到70℃时，不得高速行驶。行驶中，变速时应逐级增减，正确使用离合器，不得强推硬拉，使齿轮撞击发响。前进和后退交替时，应待车停稳后，方可换挡。

7）行驶中，应随时观察仪表的指示情况，当发现机油压力低于规定值，水温过高或有异响、异味等异常情况时，应立即停车检查，排除故障后，方可继续运行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8）严禁超速行驶。应根据车速与前车保持适当的安全距离，选择较好路面行进，应避让石块、铁钉或其他尖锐铁器。遇有凹坑、明沟或穿越铁路时，应提前减速，缓慢通过。

9）上、下坡应提前换入低速挡，不得中途换挡。下坡时，应以内燃机阻力控制车速，必要时，可间歇轻踏制动器。严禁踏离合器或空挡滑行。

10）在泥泞、冰雪道路上行驶时，应降低车速，宜沿前车辙迹前进，必要时应加装防滑链。

11）当车辆陷入泥坑、砂窝内时，不得采用猛松离合器踏板的方法来冲击起步。当使用差速器锁时，应低速直线行驶，不得转弯。

12）车辆涉水过河时，应先探明水深、流速和水底情况，水深不得超过排水管或曲轴皮带盘，并应低速直线行驶，不得在中途停车或换挡。涉水后，应缓行一段路程，轻踏制动器使浸水的制动蹄片上的水分蒸发掉。

13）通过危险地区或狭窄便桥时，应先停车检查，确认可以通过后，应由有经验人员指挥前进。

14）停放时，应将内燃机熄火，拉紧手制动器，关锁车门。内燃机运转中驾驶员不得离开车辆；在离开前应熄火并锁住车门。

15）在坡道上停放时，下坡停放应挂上倒挡，上坡停放应挂上一挡，并应使用三角木楔等塞紧轮胎。

16）平头型驾驶室需前倾时，应清除驾驶室内物件，关紧车门，方可前倾并锁定。复位后，应确认驾驶室已锁定，方可起动。

17）在车底下进行保养、检修时，应将内燃机熄火、拉紧手制动器并将车轮楔牢。

18）车辆经修理后需要试车时，应由合格人员驾驶，车上不得载人、载物，当需在道路上试车时，应挂交通管理部门颁发的试车牌照。

6. 铆焊设备

1）铆焊设备上的电器、内燃机、电动机、空气压缩机等的使用应按相应设备的要求进行，并应符合规范的规定。并应有完整的防护外壳，一、二次接线柱处应有保护罩。

2）焊接操作及配合人员必须按规定穿戴劳动防护用品。并必须采取防止触电、高空坠落、瓦斯中毒和火灾等事故的安全措施。

3）现场使用的电焊机，应设有防雨、防潮、防晒的机棚，并应装设相应的消防器材。

4）施焊现场 10m 范围内，不得堆放油类、木材、氧气瓶、乙炔发生器等易燃、易爆物品。

5）当长期停用的电焊机恢复使用时，其绝缘电阻不得小于 0.5MΩ，接线部分不得有腐蚀和受潮现象。

6）电焊机导线应具有良好的绝缘，绝缘电阻不得小于 1MΩ，不得将电焊机导线放在高温物体附近。电焊机导线和接地线不得搭在易燃、易爆和带有热源的物品上，接地线不得接在管道、机械设备和建筑物金属构架或轨道上，接地电阻不得大于 4Ω。严禁利用建筑物的金属结构、管道、轨道或其他金属物体搭接起来形成焊接回路。

7）电焊钳应有良好的绝缘和隔热能力。电焊钳握柄必须绝缘良好，握柄与导线连接应牢靠，接触良好，连接处应采用绝缘布包好并不得外露。操作人员不得用胳膊夹持电焊钳。

8）电焊导线长度不宜大于 30m。当需要加长导线时，应相应增加导线的截面。当导线

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

通过道路时，必须架高或穿入防护管内埋设在地下；当通过轨道时，必须从轨道下面通过。当导线绝缘受损或断股时，应立即更换。

9）对承压状态的压力容器及管道、带电设备、承载结构的受力部位和装有易燃、易爆物品的容器严禁进行焊接和切割。

10）焊接铜、铝、锌、锡等有色金属时，应通风良好，焊接人员应戴防毒面罩、呼吸滤清器或采取其他防毒措施。

11）当需施焊受压容器、密封容器、油桶、管道、沾有可燃气体和溶液的工件时，应先消除容器及管道内压力，消除可燃气体和溶液，然后冲洗有毒、有害、易燃物质；对存有残余油脂的容器，应先用蒸汽、碱水冲洗，并打开盖口，确认容器清洗干净后，再灌满清水方可进行焊接。在容器内焊接应采取防止触电、中毒和窒息的措施。焊、割密封容器应留出气孔，必要时在进、出气口处装设通风设备；容器内照明电压不得超过12V，焊工与焊件间应绝缘；容器外应设专人监护。严禁在已喷涂过油漆和塑料的容器内焊接。

12）当焊接预热焊件温度达150～700℃时，应设挡板隔离焊件发出的辐射热，焊接人员应穿戴隔热的石棉服装和鞋、帽等。

13）高空焊接或切割时，必须系好安全带，焊接周围和下方应采取防火措施，并应有专人监护。

14）雨天不得在露天电焊。在潮湿地带作业时，操作人员应站在铺有绝缘物品的地方，并应穿绝缘鞋。

15）应按电焊机额定焊接电流和暂载率操作，严禁过载。在载荷运行中，应经常检查电焊机的温升，当温升超过A级60℃、B级80℃时，必须停止运转并采取降温措施。

16）当清除焊缝焊渣时，应戴防护眼镜，头部应避开敲击焊渣飞溅方向。

7. 混凝土机械

1）混凝土机械上的内燃机、电动机、空气压缩机以及电气、液压等装置的使用，应按相应设备的要求进行，并符合规范的规定。

2）作业场地应有良好的排水条件，机械近旁应有水源，机棚内应有良好的通风、采光及防雨、防冻设施，并不得有积水。

3）固定式机械应有可靠的基础，移动式机械应在平坦坚硬的地坪上用方木或撑架架牢，并应保持水平。

4）当气温降到5℃以下时，管道、水泵、机内均应采取防冻保温措施。

5）作业后，应及时将机内、水箱内、管道内的存料、积水放尽，并应清洁保养机械，清理工作场地，切断电源，锁好开关箱。

6）装有轮胎的机械，转移时拖行速度不得超过15km/h。

8. 钣金和管工机械

1）钣金和管工机械上的电源电动机、手持电动工具及液压装置的使用应按相应设备的要求进行，并应符合规范的规定。

2）钣金和管工机械上的刃具、胎、模具等强度和精度应符合要求，刃磨锋利，安装稳固，紧固可靠。

3）钣金和管工机械上的传动部分应设有防护罩，作业时严禁拆卸。机械均应安装在机棚内。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）作业时，非操作和辅助人员不得在机械四周停留观看。

5）作业后，应切断电源，锁好电闸箱，并做好日常保养工作。

第四节　电气火灾消防技术及安全规定

电气设备及线路除了多油断路器、油浸电力变压器、油浸电力电容器、充油套管等充油设备会发生火灾和爆炸事故外，其他设备线路发生火灾和爆炸事故的可能很小。但是，当电气设备及线路的周围充有爆炸性气体、爆炸性粉尘及火灾危险物质时，就构成了火灾和爆炸的隐患和危险，一旦爆炸性气体或粉尘的浓度达到了爆炸极限或引燃温度，就有发生火灾或爆炸的可能。资料表明，当爆炸性气体的浓度达到一定程度时，普通电话中的微小电火花都会引起爆炸。因此，火灾和爆炸危险环境必须有可靠严密的防护措施，来预防火灾和爆炸。

电气设备及线路引起火灾和爆炸的原因是多方面的，除了设备本身的缺陷外，设计不合理、安装不当、调试不准确、检修不到位、绝缘损坏老化以及电气设备和线路在运行中导体的过电流、过载过热、电弧或电火花的产生都会引起爆炸和火灾。本章将分析其原因，并说明消防技术和安全规定。

一、电气设备及线路引起火灾或爆炸的原因

1. 导体过热

导体由于电流的流过而发热是正常允许的。正确的设计、安装、调试及正常维护检修的正常运行的电气设备，其最高温度和温升都不会超过允许范围，这是由绝缘等级和散热通风条件或气候条件来保证的。但是当这些条件有某一不具备时，导体发热量增加，温度升高，热量散不出去而至烧坏设备绝缘而发生火灾或爆炸。导体过热的原因有以下几方面。

（1）设计不合理，导线选择太细、电动机与机械不匹配或容量或转矩太小，小马拉了大车，或者导线、电动机、开关元件与生产环境不符，不能及时将热量排出，或者电动机发生堵转、短路而不跳闸者。

（2）安装不当，设备及线路没有避开热源或没有采取措施，设备及材料的缺陷在安装前检查不到位或混入伪劣产品，安装不符合施工及验收规范的要求等。

（3）调试不准不精，由于设备及人员技术的问题致使自动控制、继电保护等不能按要求正确动作，过电流、过电压、断相、漏电、短路、温度升高时不能跳闸而长时工作者。

（4）维护检修不利，没有认真执行前述章节的条款，没有按维护检修计划、巡视检查计划进行电气设备及线路的维护检修，不能及时发现事故隐患并进行处理，导致带病运行。这是非常重要的一条，而往往又被人们忽视。

（5）使用或运行不合理，负荷的额定值或使用时间均超过设计能力，电气系统经常处于超负荷运行状态，造成过热而保护未动者。

（6）环境温度过高，通风散热措施不够，造成电气设备和线路过热，特别是夏季更易发生。

（7）电气设备及线路本身不合格或者是劣质产品。

（8）绝缘的损坏老化或长时间过电压，使变压器、电动机等设备的铁心涡流、磁滞增大而发热。

（9）电气设备及线路的各种事故引起设备线路过热：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）短路故障。短路线路中的电流趋向无限大，产生的热量和电流的二次方成正比，温度急剧上升，远远地超过了允许范围，一达到自燃点，即可引起燃烧，进而导致火灾或爆炸。

2）过负荷运行。长时过负荷运行将会引起电气设备、线路发热，并能破坏其绝缘或使绝缘老化。

3）开关的触头或导线的连接接触不良造成过热，严重时破坏绝缘或将触头、连接部位烧坏，而发生火灾。

2. 电火花或电弧的产生

开关元件的分断或闭合，电刷的摩擦接触、插销的拔插等产生的火花或电弧是正常的，常规环境条件下是允许的，但在火灾爆炸危险环境中，则必须采用防爆电器，使其火花电弧与外界危险环境隔绝而不会发生火灾和爆炸。但是，电气设备或线路发生短路或接地时出现的火花电弧、绝缘损坏时出现的闪络、导线母线连接部位的松动产生的火花、熔丝熔断的弧光、电动机定子与转子扫膛碰击而产生的火花或其他电气传动部件互相摩擦碰击而产生的火花等是不正常的，在任何环境内都是不允许的，必须采用适当的保护措施，消除这些不正常的电弧或火花，否则将会是危险的，将可能造成火灾或爆炸。

3. 短路的原因

（1）绝缘老化变质，或受高温、潮湿及腐蚀作用而失去绝缘能力，造成相间或对地短路。

（2）绝缘导线及线圈直接缠绕，由于摩擦振动、机械损伤或安装不当、绝缘破损而发生短路。

（3）过电压或雷击使电气设备及线路的绝缘受到破坏而造成短路。

（4）安装或检修中的接线错误或操作错误而造成短路。

（5）选用的设备额定电压太低或者设备为不合格的伪劣产品，不能满足工作电压的要求被击穿绝缘而造成短路。

（6）管理不严、维修不当，造成污秽或小动物连电，而发生短路。

（7）巡视检查力度不够，未及早发现隐患，未及时处理。

（8）意外事故造成的短路故障，如大风、爆雨、断杆、坠落物等。

4. 过负荷的原因

（1）设计选用不合理，实际负荷超过了电气设备及线路的额定负荷，出现小马拉大车现象。

（2）故障运行造成过负荷，如电动机断相运行，电力变压器三相不平衡长时间运行，机械上出现“抱轴”及“堵转”现象使负荷增大而又不被及时发现。

（3）工艺过程中负荷突然增大，超过电动机及导线的能力。

（4）保护元件选择及调整不当出现过负荷时不跳闸。

5. 接触不良的原因

（1）开关或熔断器的触头没有足够的压力或是接触面粗糙不平，而接触不良。

（2）导线或母线的连接点接触不良，螺栓松动，绑扎不牢固，铜铝过渡处理不好等。

（3）电刷压力不够或接触面粗糙造成打火发热等。

（4）巡视检查力度不够，未能及早发现隐患。

为了防止电气设备及线路的过热或产生火花电弧，除在设计、安装、调试上均严格按规程，规范进行外，必须在运行中做到认真执行巡视检查、维护检修计划，认真执行电气安全

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

操作规程。运行维修人员对于系统内或管辖内的电气设备及线路必须做到心中有数，统筹安排巡视或检修作业计划，对每个细节都要纳入工作日程中去，使任何一个细小的故障都应消灭在萌芽之中，这才是最为可靠的办法。

二、电气火灾消防规定

（一）注意事项及相关规定

（1）电气火灾发生后，电气设备可能是带电的，可能会使人们触及而发生触电伤亡事故。因此，无论带电或不带，电气火灾发生后，都必须先将电气设备的电源切断。

（2）电力变压器、油断路器、电动机起动补偿器等充油设备，当火灾发生后，可能会发生喷油或爆炸，造成火焰蔓延，扩大火灾事故范围，可能会发生烧伤事故。因此，充油电气设备发生火灾后，如不能立即扑灭，必须将油放进事故贮油池内并做好防护工作。

（3）电气火灾事故的发生原因很多，也很复杂，可能是由于电气设备及线路本身故障而引起火灾，也可能是由外界原因而引起火灾。所以，当电气火灾发生后，必须及时关闭有关的门窗、通道，以免火灾事故的蔓延和扩大。

（4）电气火灾发生后，现场电气人员应指挥现场其他人员不要慌乱，一方面要尽快切断电源；一方面要用现场的灭火器具或其他可灭火的器材，按照火源的不同情况尽快灭火。另一方面要疏散在场的妇女、儿童、老人，组织有关人员抢救有关的财物，尽量减少损失，再一方面要电话报告上级救助或拨打火警电话“119”。

（5）电气火灾发生后，火灾面积较大，现场电气人员必须做好警戒，封锁所有通道、路口，对出入人员要进行盘查询问，非消防人员禁止进入现场。

（6）电气火灾发生后，若火灾火势较大，现有灭火器材及人力难以扑灭时，必须立即拨通火警电话“119”，说明地点、火情、联系方法或电话号码，同时应积极组织人力尽力扑救和疏散物资。

（7）消防人员进入现场后，火场的扑救工作立即由消防人员统一组织指挥，现场的电气工作人员及其他人员应听从指挥，主要是介绍现场情况、提供方便及线索、疏散物资、维持秩序、救护伤员等，千万不要乱拉消防水带、水枪或者持灭火器、消防桶冲入火场，以减少不必要的损失。

（8）火场上的房屋有倒塌的危险，变配电装置及电气设备或线路周围的贮罐、受压容器及扩散开来的可燃气体有爆炸危险的时候，警戒的范围要扩大，留在现场灭火的人员不宜太多，除消防人员外均应退到安全的区域。围观群众不得妨碍消防灭火。

（9）电气火灾被扑灭后，电气工作人员应及时清理现场、扑灭余火、恢复供电。恢复供电前必须进行一系列规定的测试和试验，达不到标准要求时严禁合闸送电。

（10）电气火灾发生后，任何人不得胡乱指挥，莽撞行事，逃离现场，推脱责任，互相埋怨，胡乱猜疑，否则应追查责任。

（11）电气火灾消防灭火的程序如图 11-14 所示。

（二）切断电源时必须遵守的规定

电气火灾发生后，由于紧张、慌乱，在操作上往往会发生意外，以及由于线路的断落、绝缘的破坏而使金属体熔化或造成跨步电压，使人触电，而造成不应有的损失。因此，在切断电源时必须遵守以下规定，每个电气工作人员必须做到冷静细致果断周密，正确无误安全可靠。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

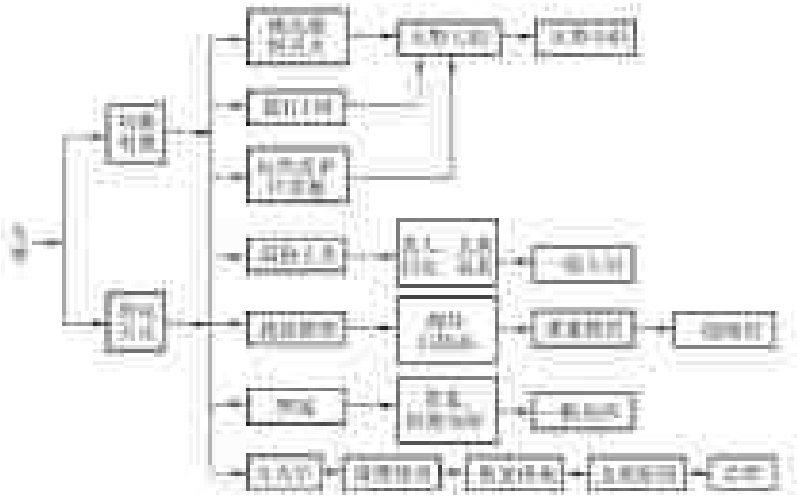


图 11-14 电气火灾消防灭火程序及内容

（1）火势较小、火灾面积不大，用就地消防器材可熄灭的火灾，应断开距火源较近的电源。火势较猛、火灾面积较大，用就地消防器材难以熄灭，只有求助外界消防力量才能熄灭的火灾，应断开距火源较远的电源。如是晚上必须考虑到断电后不影响灭火作业的照明装置和灭火动力电源。火势凶猛，面积很大，一时难以熄灭的火灾，应考虑断开远处的电源，但不切断照明及消防泵电源。上述要求应用图表贴在变量室随班室的墙上，平时要做到熟练掌握。

（2）断开电源时，必须先切断断路器，再切断隔离开关或刀开关。切断距火源较近的开关时，必须戴绝缘手套，持绝缘工具，以免由于火烤、烟熏、水淋等原因使其绝缘水平降低而触电。

（3）火势很猛，来不及用开关切断电源时，必须用绝缘钳剪断电线。不同相的电线应在不同部位剪断，以避免造成相间短路。在剪断架空电线时，断开点要选在电源方向的支持物的后侧，保证剪断的电线不会带电。

（4）剪断电线时，必须单根一一剪断，用绝缘工具且站在绝缘台上操作。剪断高压电线必须有安全防护措施和绝缘措施，并戴护目镜且有人监护。

（5）剪断电线时，必须先将着火处的负荷断开，但必须在没有负荷的条件下剪断电线。尽量先将低压负荷关掉，来不及关掉的应拉开负荷的总开关。

（6）情况紧急时允许用有干燥木柄的斧子、铁铲等有绝缘手柄的工具切断电线，但必须遵守上述的规定。

（7）切断电源时必须有第二人监护，只有在情况特别紧急或将发生重大危险时允许一人操作，但必须遵守上述的规定。

（8）切断电源时应考虑该回路上负荷的级别，避免切断后造成更大的损失。当一级负荷将电源倒闸后，方可切断火灾处电源时，通常应与一级负荷的单位取得联系。必要时应进行倒闸操作。

（9）切断电源时必须考虑居民、作业工人及现场其他人员的安全及足够的照明，必要时应启用备用电源。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（三）电气工作人员的消防职责和义务

（1）电气火灾发生后，电气工作人员必须立即投入灭火中去，根据火灾的特点及灭火程序，选用合适的灭火方法及灭火器，迅速灭火。任何退缩懦弱、逃离现场、推卸责任的言行都是错误的，情节严重的要追究刑事和法律责任。

（2）火灾发生后必须想尽办法尽快切断电源。

（3）利用现场的消防器材及可灭火的其他器材奋力扑灭火灾。

（4）电气负责人应按平时演习的部署及现场火警情况，指挥电气工作人员到位抢救，并处理火场的有关事宜，同时应详细记录现场情况。

（5）组织引导在场的妇女、儿童、老人及其他无关人员疏散，并保护他们的安全。

（6）组织有关人员抢救并疏散物资，积极投入抢救工作。

（7）担任警戒，封锁通道路口，保护现场。

（8）拨通“119”火警电话或求救电话。

（9）配合公安消防人员灭火，并向消防人员讲明火场中哪儿有电、哪儿无电、电压等级及其他现场情况及有关注意事项。

（10）处理火场紧急及意外情况，做好向导工作。

（11）火扑灭后，尽快清理现场，积极修复电气装置，迅速恢复供电。

（12）检查受损情况，积极报告有关火警、火灾现场情况，并提供火灾线索，协助有关方向调查，积极配合事后工作。

（四）电气火灾灭火的安全注意事项

电气设备及线路的类型很多，结构特点错综复杂，必须根据其特点及类型进行灭火，进而保证灭火的可行性和有效性。

1. 充油电气设备着火

（1）外部着火时，允许用 CO_2、CCl_4、1211、干粉等灭火器灭火。使用 CCl_4 灭火时，为了防止中毒，灭火人员应站在上风侧，室内灭火必须注意通风。当火势较大时，必须切断电源，用水枪灭火。

（2）油箱破坏、喷油燃烧、火势很大时，必须立即切断电源，同时打开放油阀，将油引入贮油池内，池内及地上的油火应用泡沫灭火器边排边灭，但不得使油流入电缆沟内。一旦流入电缆沟内必须立即堵塞沟口，并用泡沫灭火器将火熄灭。操作放油阀时，灭火机不得停止工作。

（3）充油电气设备的灭火，必须有足够的灭火器材及灭火人员。

2. 发电机或电动机着火

发电机或电动机着火时，必须先切断电源，为防止轴和轴承的变形，允许用盘车的方法缓慢转动转子，并用水枪喷雾灭火，使其均匀冷却。也允许用 CO_2、1211 灭火器灭火，不得用干粉、砂子、泥土灭火，以免损坏绝缘，难以修复电机。

3. 变配电装置着火

变配电装置着火时，必须先切断电源，允许用水枪喷雾灭火，也允许用 CO_2、1211 灭火，不得用干粉、砂子、泥土灭火，以免损坏设备及绝缘，难以修复。

4. 电缆电缆沟着火

（1）电缆着火，必须先切断电源，灭火的同时应寻查着火的原因。灭火时，允许用水

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

枪喷雾、CO_2、1211、干粉、砂子、黄土等。

（2）电缆沟（井、隧道）内电缆着火时，必须先把着火电缆周围的电缆电源切断，然后用手提式干粉灭火机、1211、CO_2 灭火机喷雾水枪、干砂、干燥黄土灭火。电缆灭火时，灭火人员必须戴防毒面具，戴绝缘手套，穿绝缘靴。允许将井、隧道内的隔火门关闭，用窒息方法灭火。沟内电缆较少且距离较短时，可将两端井口堵住封死窒息灭火。

（3）电缆沟内火势较大，扑灭困难较大时，先将电源切断，然后向沟内灌水，直到将着火点用水封住，火便自行熄灭。这时及时将水抽出，然后做干燥处理。

（4）电缆着火时，在没有确认停电和放电前严禁用手直接接触电缆外皮，更不准移动电缆。必要时，应戴绝缘手套、穿绝缘靴用绝缘拉杆操作。手套、靴、拉杆的电压等级要与电缆对应。

（5）室内电缆着火后，必须通风良好，小心中毒。有通风机的建筑物，电气火灾发生后应自动起动通风机。

三、电气火灾消防技术技能

（一）带电灭火安全要求

电气火灾发生后，当来不及断电，火势较小，生产需要，现场具备足够的合格灭火器材时可带电灭火。但必须注意以下问题。

（1）带电灭火必须有可带电灭火的灭火器。如 CO_2、CCl_4、1211 及其他囱代烷灭火剂、干粉灭火剂，可用于带电灭火，主要灭火器的性能见表 11-46。

表 11-46　灭火器的性能

灭火器种类	二氧化碳灭火器	四氯化碳灭火器	干粉灭火器	“1211”灭火器	泡沫灭火器
规格	2kg 以下 2～3kg 5～7kg	2kg 以下 2～3kg 5～8kg	8kg 50kg	1kg 2kg 3kg	10L 65～130L
药剂	瓶内装有压缩成液态的二氧化碳	瓶内装有四氯化碳液体，并加有一定压力	钢筒内装有钾盐或钠盐干粉，并备有盛装压缩气体的小钢瓶	钢筒内装有二氟一氯一溴甲烷，并充填压缩氮	筒内装有碳酸氢钠、泡沫剂和硫酸铝溶液
用途	不导电； 扑救电气、精密仪器、油类和酸类火灾。不能扑救钾、钠、镁、铝等物质火灾	不导电； 扑救电气设备火灾。不能扑救钾、钠、镁、铝、乙炔、二硫化碳等火灾	不导电； 可扑救电气设备火灾，但不宜扑救旋转电动机火灾。可扑救石油、石油产品、油漆、有机溶剂、天然气和天然气设备火灾	不导电； 扑救油类、电气设备，化工化纤原料等初起火灾	有一定导电性； 扑救油类或其他易燃液体火灾。不能扑救忌水和带电物体火灾
效能	接近着火地点，保持 3m 远	3kg 喷射时间 30s，射程 7m	8kg 喷射时间 14～18s，射程 4.5m。50kg 喷射时间 50～55s，射程 6～8m	1kg 喷射时间 6～8s，射程 2～3m	10L 喷射时间 60s，射程 8m，65L 喷射时间 170s，射程 13.5m

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

灭火器种类	二氧化碳灭火器	四氯化碳灭火器	干粉灭火器	“1211”灭火器	泡沫灭火器
使用方法	一手拿好喇叭筒对着火源，另一手打开开关即可	只要打开开关，液体就可喷出	提起圈环，干粉即可喷出	拔下铅封或横锁，用力压下压把即可	倒过来稍加摇动或打开开关，药剂即喷出
保养和检查方法	保管： （1）置于取用方便的地方 （2）注意使用期限 （3）防止喷嘴堵塞 （4）冬季防冻，夏季防晒 检查： （1）二氧化碳灭火机，每月测量一次，当低于原重1/10时，应充气 （2）四氯化碳灭火机，应检查压力情况，少于规定压力时应充气		置于干燥通风处，防受潮日晒。每年抽查一次干粉是否受潮或结块。小钢瓶内的气体压力，每半年检查一次，如重量减少1/10，应换气	置于干燥处，勿摔碰。每年检查一次重量	一年检查一次，泡沫发生倍数低于4倍时，应换药

（2）水枪带电灭火必须采用喷雾水枪，该装置经水柱的泄漏电流较小，带电灭火比较安全。用普通水枪带电灭火，必须将水枪喷嘴接地，一般是用专用水枪接地软铜线与附近接地体连接。水枪带电灭火，操作人员应穿绝缘靴、戴绝缘手套或穿均压服。用水枪带电灭火宜用于110kV及以上的电气设备及线路。

（3）带电灭火，人与带电体之间要保持一定的安全距离，且带电体上应有明显的标志。用水灭火时，水枪喷嘴至带电体的距离：

110kV及以下时不小于3m；

220kV及以上时不小于5m。

灭火器带电灭火时，器体及喷嘴至带电体的距离：

10kV及以下时不小于0.4m；

35kV时不小于0.6m。

（4）架空线路及空中电气设备灭火时，人体位置与灭火点的仰角不应超过45°，以防导线断路而发生触电。

（5）当有电导线断落在地面或出现跨步电压时，应划出相应的安全区，并有明显标志或派人看守，防止跨步电压或发生触电，并及时派专人妥善处理。

（6）带电灭火应由有经验的人进行，并有人监护。

（二）电气火灾灭火器的使用

灭火器的使用必须按其产品使用说明书的要求进行，由于产品的更新换代，使用方法及注意事项也不相同。

1. CO_2 灭火器

（1）使用 CO_2 灭火器时，先拔出保险销子，然后必须用手紧握喷射喇叭上的木柄，另一只手揿动鸭舌开关或旋转转动开关，提握机身，喇叭口指向火焰，即可灭火。不用时可松开鸭舌开关或关闭转动开关，即可停止喷射。

（2）CO_2 喷射时，人要站在上风侧，因为喷射距离很近，一般为3～5m，所以应尽量接近火源，灭火时先从火势蔓延最危险的一边喷起，然后向前移动，不留下一点火星，室内

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

灭火要保证通风。灭火时一定要握住喇叭口的木柄，以免将手冻坏。CO_2 灭火器的使用方法如图 11-15 所示。

2. CCl_4 灭火器的使用及注意事项

（1）泵浦式 CCl_4 灭火器使用时先旋开手柄，推动活塞，CCl_4 即从喷嘴处喷射。

（2）打气式 CCl_4 灭火器使用时，一手握住机身下端，并用其手指按住喷嘴，另一只手旋动手柄，前后抽动打气，气足后放开手指，CCl_4 就会喷出，然后边喷边打气，继续使用。

（3）贮压式 CCl_4 灭火器在使用时只要旋动气压开关，CCl_4 立即喷出。

（4）CCl_4 有毒，使用时必须注意通风，其他注意事项见 CO_2 灭火器。

CCl_4 灭火器的使用如图 11-16 所示。

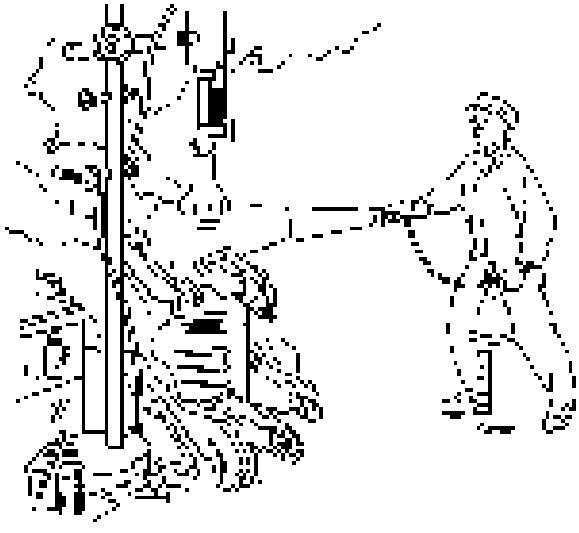


图 11-15　CO_2 灭火器使用示意图

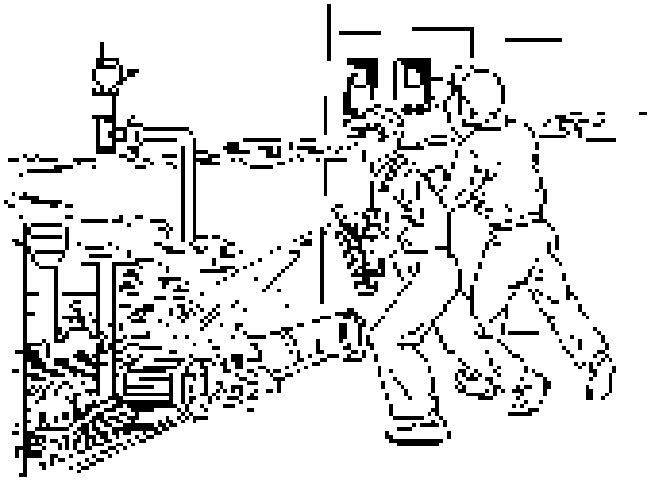


图 11-16　CCl_4 灭火器使用示意图

3. 干粉灭火器

（1）干粉灭火器使用时，先把灭火器竖立在地上，一手握紧喷嘴胶管，另一手拉住提环，用力向上一拉并向火源移动，一般保持 5m 左右，喷射出的白色粉末即可灭火。干粉灭火器如图 11-17 所示。

（2）注意事项请参考 CO_2 灭火器的使用。

4. 1211 灭火器

（1）1211 灭火器是用加压的方法将二氟一氯一溴一甲烷即 1211 液化灌装在容器里，使用时只要将开关打开，在氮气的压力下“1211”即呈雾状喷出，遇到火焰迅速成为气体，将火灭掉。

（2）1211 灭火器平时应放在明显易取的地方，不得靠近明火，不得阳光曝晒，每半年

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

应检查一次灭火器的总重量，当重量减轻10%以上，应补充药剂和充气。

手提式泡沫灭火器在使用时，一手握住提环，一手握住底边，并将其倒置过来，轻轻摇动，泡沫就喷射出来，如图11-18所示。

图11-17　干粉灭火器

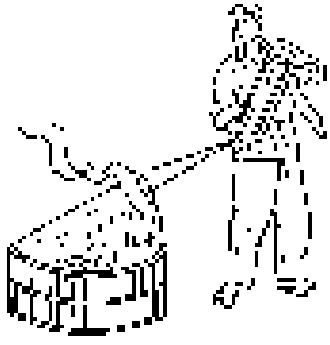


图11-18　泡沫灭火器的正确使用

泡沫灭火器在运输、保管及使用中，不得将机筒放在肩上，机身必须保持平稳，任何时候更不得倒置！盖与底不能对着人体的任何部分，防止喷嘴堵塞时导致底盖弹出伤人。使用时，必须保证其他装置灭火的水不能与泡沫同时喷射在一起，否则，泡沫溶液被水冲稀，将失去灭火作用。

（三）灭火器的维护保养

（1）灭火器材应由专人保管，并进行日常检查及维护保养，保持正常使用状态。电气设备灭火器的保管应由电气人员和现场工作人员共同进行。

（2）灭火器应6个月检查一次药剂，药剂的更换应按灭火器的类别更换，应1～2年更换一次，以免失效。

（3）灭火器的喷嘴要经常疏通，并套上护套，以防灰尘、木屑等杂物堵塞。要经常检查大型、特型灭火器的皮管，防止蜘蛛等虫类侵入或堵塞，防止本身受损而发生泄漏。

（4）露天放置的灭火机应放干燥通风处，避免曝晒、风吹、雨淋。灭火器不得置于高温场所，以防止药剂化。

（5）冬天应一般用棉絮做成护套将灭火器包裹起来防止冻裂或变质。

（6）灭火器维护保养方法，详见表11-46。

（7）使用后的灭火器应及时保养并补充药剂。机动消防车和消防水泵，要经常发动，定期试车，保持性能良好，随时准备灭火。

（8）灭火器的维护保养应列入企业设备管理范围，以确保其保管、使用有效。

四、防止电气火灾发生的措施

（1）防止发生短路。

1）电路必须合理装设断路器、熔断器、热继电器、电流继电器，当短路时可将电源切断以避免事故的扩大。

2）周期对电气设备及线路绝缘的测试和监察，周期对电气设备及线路的巡视检查和检修，及时更换电路中陈旧及绝缘老化的设备及导线，及时消除事故隐患。

3）防止导线受到机械损伤，导线及电缆易受重压或易受碰撞的部位，如穿过道路、过

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

墙或伸缩缝、过楼板、引出地面等必须加套金属保护管。

4）严禁乱拉乱接电线及电器，绝缘电线的接头必须包扎良好的绝缘，且各相接头应错开位置，架空导线的弧垂要适中。

5）任何人均不得随意增大熔丝的直径或调整继电器或开关的整定值等。

（2）禁止过负荷运行。

1）电路要合理装设断路器、熔断器、热继电器、电流继电器，并按实际负荷进行调整、确保过负荷时跳闸。

2）及时调整线路的负荷，保持三相负荷的平衡。

3）新增线路时，开关的选择必须与导线匹配。

4）系统运行时要加强对电流及温升的监视，不能随意增加用电器或调大用电器的容量而过负荷运行，防止绝缘老化。

（3）保证安装质量。

1）安装电气工程时，要合理设置线路，使电路的畅通，防止接触电阻增大，使线路中所有开关的触点、导线接头接触良好，电流通过时不致发热。

2）安装开关时，必须测量触头的接触电阻，设备或元件与导线的连接必须用端子。导线的连接要紧固可靠。

3）做好调整试验，使保护装置可靠动作。

4）做好元件、设备、材料的进货检验工作，杜绝假冒伪劣产品。

5）严格按规程规范验收工程，保证质量。

（4）加强变配室的运行工作。

1）严禁变压器超负荷运行，以免绝缘损坏。

2）变配电室要有防止小动物进入的措施，以防止短路。

3）必须做好变压器的防雷接地，防止过电压。

4）根据变压器的容量及用途，要做好短路，过负荷、差动保护的设置及调试工作。

5）变压器应有适中的供电半径，以免末端电压太低，而引起用电器、电动机烧毁。一般不应大于300～500m。

6）必须保证供电电压的质量，合理调整分接开关或有载调压变压器，保持380V±20V的电压。

（5）充油设备必须做到：

1）油断路器及充油设备的油面应适中，不应过低或过高，并保证油的质量，按周期取样化验，及时补充新油。

2）油断路器的短路容量应大于电力系统的短路容量，开断电流、断流容量必须满足使用条件。

3）做好贮油池及其验收工作。

（6）防止电弧及电火花的危害。

1）在易燃易爆场所或粉尘、麻绒、飞花多的场所必须使用防爆电器，并设置与之匹配的穿线管路、整体防燥。

2）电气线路及设备接通时，必须使用断路器或有灭弧装置的开关，电器的触点、导线的连接必须紧密可靠，以免电弧及火花的产生。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）开关设备的周围，要保持清洁，且开关设备应安装在非燃烧材料的基座上。

4）在非防爆场所，一旦出现易燃、易爆气体，电气设备必须保持原来状态，不得接通或切断电源，以免发生爆炸或着火。

（7）照明装置。

1）白炽灯泡、碘钨灯管、高压汞灯、荧光灯镇流器等发热灯具安装时应远离易燃物，存放可燃物的仓库，不能用大功率灯泡。

2）选用灯具要考虑防火。

3）电热设备，电炉、电熨斗、电暖气、电烙铁使用时要避开易燃物，用完后应拔掉电源。

4）家用电器用完后也应关掉电源。

（8）架空线路。

1）架空线路的下面不得修建房屋、堆放物料，以免因短路或断路发生火灾。

2）建筑物、物料堆应远离架空线路1.5倍杆高的水平距离。

（9）加强电气工程质量及验收工作。

1）建筑物应装设火灾自动报警及自动消防系统。

2）建筑物内电气装置的安装必须按照国家标准电气装置安装工程施工及验收规范的要求进行。

3）酒店、舞厅、会堂等特殊场所的装饰工程的电气安装必由有相应资质的单位安装，并必须按照施工验收规范进行。

（10）变配电所、动力装置、低压配电室、车间、建筑物的走廊及变配电间等应按要求配置消防器材和灭火器，电气工作人员必须熟悉其使用及功能，认真进行模拟火灾消防训练演习，应有时刻应急扑灭的思想准备，使火灾及时被扑灭，防止火灾扩大。

（11）电气工程必须严格按照设计规范进行设计，正确合理选择电气设备、导线和保护装置，设计中必须加强电气线路及设备安全运行参数的监督和审核。

（12）电气工程必须严格按照施工及验收规范进行安装、调整和试验，严格进行设备、元件、材料安装前的检验和测试、严禁假冒伪劣产品进入电气工程，施工中应保证工程安全运行措施的实施并加强过程控制，进而保证安装的质量。

（13）电气工程运行后必须严格按照安全运行规程进行检查、维护、检修、保养，严格执行各种运行管理制度，加强巡视，加强安全运行技术的教育和培训，建立一支技术过硬、纪律严明的电工队伍。

（14）人人遵守安全用电规程，人人关注安全用电，建立一个全社会的安全用电网络，保证安全用电。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第十二章　配合土建工程预埋管盒的监督管理

电气工程中的室内部分有大量的输线管路、开关盒、配电箱等装置需在土建工程进行中超前预埋，称作配合土建。其技术含量不大，但配合土建的质量关系室内电气设备的功能和安全，是每个电气作业人员、管理者、技术监督人员、监理工程师监督管理的重点。

一、总则

1. 金属的导管和线槽必须接地（PE）或接零（PEN）可靠，并符合下列规定：

（1）镀锌的钢导管、可挠性导管和金属线槽不得熔焊跨接接地线，以专用接地卡跨接的两卡间连线为铜芯软导线，截面积不小于 $4mm^2$。

（2）当非镀锌钢导管采用螺纹连接时，连接处的两端焊跨接接地线；当镀锌钢导管采用螺纹连接时，连接处的两端用专用接地卡固定跨接接地线。

（3）金属线槽不作设备的接地导体，当设计无要求时，金属线槽全长不少于 2 处与接地（PE）或接零（PEN）干线连接。

（4）非镀锌金属线槽间连接板的两端跨接铜芯接地线，镀锌线槽间连接板的两端不跨接接地线，但连接板两端不少于 2 个有防松螺帽或防松垫圈的连接固定螺栓。

2. 金属导管严禁对口熔焊连接；镀锌和壁厚小于等于 2mm 的钢导管不得套管熔焊连接。

3. 防爆导管不应采用倒扣连接；当连接有困难时，应采用防爆活接头，其接合面应严密。

4. 当绝缘导管在砌体上剔槽埋设时，应采用强度等级不小于 M10 的水泥砂浆抹面保护，保护层厚度大于 15mm。

5. 配合土建工程预埋管路、箱盒应按设计图样标注进行，其规格、标高、位置不得更改，如有改动必须经过设计者同意，并有图样或记录。

6. 室外埋地敷设的电缆导管，埋深不应小于 0.7m。壁厚小于等于 2mm 的钢电线导管不应埋设于室外土壤内。

7. 室外导管的管口应设置在盒、箱内。在落地式配电箱内的管口，箱底无封板的，管口应高出基础面 50～80mm。所有管口在穿入电线、电缆后应做密封处理。由箱式变电所或落地式配电箱引向建筑物的导管，建筑物一侧的导管管口应设地建筑物内。

8. 电缆导管的弯曲半径不应小于电缆最小允许弯曲半径，电缆最小允许弯曲半径应符合表 12-1 的规定。

9. 金属导管内外壁应防腐处理；埋设于混凝土内的导管内壁应防腐处理，外壁可不防腐处理。

10. 室内进入落地式柜、台、箱、盘内的导管管口，应高出柜、台、箱、盘的基础面 50～80mm。

11. 暗配的导管，埋设深度与建筑物、构筑物表面的距离不应小于 15mm；明配的导管应排列整齐，固定点间距均匀，安装牢固；在终端、弯头中点或柜、台、箱、盘等边缘的距离 150～500mm 范围内设有管卡，中间直线段管卡间的最大距离应符合表 12-1 的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 12-1　管卡间最大距离

敷设方式	导管种类	导管直径/mm				
		15～20	25～32	32～40	50～65	65 以上
		管卡间最大距离/m				
支架或沿墙明敷	壁厚＞2mm 刚性钢导管	1.5	2.0	2.5	2.5	3.5
	壁厚≤2mm 刚性钢导管	1.0	1.5	2.0	—	—
	刚性绝缘导管	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0

12. 线槽应安装牢固，无扭曲变形，紧固件的螺母应在线槽外侧。

13. 防爆导管敷设应符合下列规定：

（1）导管间及与灯具、开关、线盒等的螺纹连接处紧密牢固，除设计有特殊要求外，连接处不跨接接地线，在螺纹上涂以电力复合酯或导电性防锈酯。

（2）安装牢固顺直，镀锌层锈蚀或剥落处做防腐处理。

14. 绝缘导管敷设应符合下列规定：

（1）管口平整光滑；管与管、管与盒（箱）等器件采用插入法连接时，连接处结合面涂专用胶合剂，接口牢固密封。

（2）直埋下地下或楼板内的刚性绝缘导管，在穿出地面或楼板易受机械损伤的一段，采取保护措施。

（3）当设计无要求时，埋设在墙内或混凝土内的绝缘导管，采用中型以上的导管。

（4）沿建筑物、构筑物表面和在支架上敷设的刚性绝缘导管，按设计要求装设温度补偿装置。

15. 金属、非金属柔性导管敷设应符合下列规定：

（1）刚性导管经柔性导管与电气设备、器具连接，柔性导管的长度在动力工程中不大于 0.8m，在照明工程中不大于 1.2m。

（2）可挠金属管或其他柔性导管与刚性导管或电气设备、器具间的连接采用专用接头；复合型可挠金属管或其他柔性导管的连接处密封良好，防液覆盖层完整无损。

（3）可挠性金属导管和金属柔性导管不能做接地（PE）或接零（PEN）的连续导体。

16. 导管和线槽，在建筑物变形缝处，应设补偿装置。

管路敷设是电气安装工程施工的第一步，应该在土建工程的土方工程结束后，浇注和砌筑基础工程刚开始时，电气安装人员即应进入施工现场，配合土建进行管路敷设。在配合土建施工时，电气安装人员必须和土建施工人员及其他专业施工人员搞好协作关系，要互相帮助，互相理解，配合默契。只有这样，才能给后段安装打好基础；否则，将会发生堵管、丢盒等事故，会给安装带来极大的困难。这是每一个电气安装人员特别是管理人员应该引起高度重视的。

管路敷设应充分掌握土建的结构和房间的布置以及装饰的要求，特别是要掌握楼板厚、墙厚、标高、梁和柱的截面、抹灰厚度等土建的基本数据，要做到心中有数，这对配合土建施工是有极大意义的。配合土建施工要随时掌握土建工程的进度，否则要遗漏预埋的项目。管路敷设在照明工程、动力工程、变配电工程、电缆工程等工程中都要用到，是电工的基本要点，是每个从事电气工程管理人员、技术人员的监督重点。

二、准备工作及注意事项

1）开工前应将预埋的金属管路进行调查、除锈、吹除，然后内外刷防锈漆一道、风

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

干，送往现场。如采用电线管可不必刷漆，因为电线管出厂时已内外刷漆。

2）送往现场的管材、盒、箱等材料，应进行外观的质量检查，不得有裂纹、破口、开焊及明显的机械损伤。敷设的管路其规格型号应符合设计要求。

3）配合土建施工的主要机具有电焊机、气焊工具及氧气、乙炔气，揻弯器和揻弯机、烘炉及吹风机、切管机、压力案子等，应随材料运到现场，装车前应检查是否能用。

4）配合土建施工使用的主要图样，如设备平面布置图、动力平面图、照明平面图、配电系统图、电缆清册、弱电系统的平面图以及有关土建结构、建筑的图样，应带到现场。

5）预埋好的管路其管口应包扎严实，以免异物落入；进入箱、盒的管口应清除毛刺，敞口水平放置的管口，应做成喇叭口，并焊好接地螺钉；应随时摆正已下好的竖管及盒，不得由土建工人或他人移位。

管路的材料及敷设方法很多，从材料上可分为电线管（薄壁钢管）、钢管（厚壁钢管）、防爆钢管、硬塑管、半硬塑管（阻燃硫化管）、金属软管等。从敷设方法上可按土建的结构（砖结构、混凝土结构、钢结构等）分明设、暗设等。这里需要说明的是，本书以暗配为主，明设为辅，一般建筑和工业建筑采用钢管，高层建筑采用电线管，其他方法由于篇幅的关系，不再讲述，读者可参照讲述的方法进行安装预埋。

三、具体要求

1）金属管路必须可靠接地（PE）或接零（PEM），镀锌钢管不得熔焊跨接接地线，应用专用接地卡且连线为截面不小于 $4mm^2$ 的铜芯软导线。非镀锌管螺纹连接处应焊接跨接线。

2）金属管严禁对口熔焊连接，镀锌管和壁厚小于等于 2mm 的钢管不得套管熔焊连接。

3）敷设在多尘或潮湿场所的电线保护管，其管口及其连接处均应密封良好。

4）电线保护管不宜穿过设备、建筑物、及构筑物的基础。如必须穿过时，应有保护措施；暗配电线保护管时宜沿最近的线路敷设，并应尽量减少弯曲。埋入建筑物、构筑物内的电线保护管，与其表面的距离不应小于 15mm 且用强度等级不小于 M10 的水泥砂浆抹面保护、保护层厚度应大于 15mm。进入落地式柜、箱的电线保护管，应排列整齐，管口一般宜高出柜箱基础面 50～80mm。

5）电线保护管的弯曲处，不应有折皱、凹陷和裂缝，其弯扁程度不应大于管外径的 10%；电线保护管的弯曲半径应符合以下规定：

① 管路明设时，弯曲半径不宜小于管外径的 6 倍；当两个接线盒间只有一个弯曲时，其弯曲半径不宜小于管外径的 4 倍。

② 管路暗设时，弯曲半径不宜小于管外径的 6 倍；当管路埋入地下或混凝土内时，其弯曲半径不应小于管外径的 10 倍。

6）当电线保护管遇到下列情况之一时，中间应增设接线盒或拉线盒，其位置应便于穿线：

① 管路长度每超过 30m 且无弯曲。

② 管路长度每超过 20m 且有一个弯曲。

③ 管路长度每超过 15m 且有两个弯曲。

④ 管路长度每超过 8m 且有三个弯曲。

7）垂直敷设的电线保护管遇下列情况之一时，应增设固定导线用的拉线盒，其位置应便于拉线：

① 管内导线截面积为 $50mm^2$ 及以下且长度 >30m。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 管内导线截面积为 70 ~ 95mm^2 且长度 > 20m。

③ 管内导线截面积为 120 ~ 240mm^2 且长度 > 18m。

8）明设电线保护管，水平或垂直安装的允许偏差为 1.5‰，全长偏差不应大于管内径的 1/2。

9）在 TN-S、TN-C-S 系统中，当金属电线保护管、金属盒箱、塑料电线保护管、塑料盒箱混合使用时，金属电线保护管和金属盒箱必须与保护线（PE）有可靠的电气连接。

10）潮湿场所和直埋于地下的电线保护管，应采用厚壁钢管或防液型可挠金属电线保护管。干燥场所的电线保护管宜采用薄壁钢管或可挠金属电线保护管。钢管不应有折扁和裂缝，管内应无铁屑和毛刺，切断口应平整，管口应光滑。

11）钢管的内壁、外壁均应作防腐处理。当埋设于混凝土时，可不作外壁防腐处理；直埋于土层内的钢管外壁应涂两层沥青漆；采用镀锌钢管时，锌层剥落处应涂防腐漆。设计如有特殊要求，则应按设计要求进行防腐处理。

12）钢管的连接应满足下列要求：

① 采用螺纹连接时，管端螺纹长度不应小于管接头长度的 1/2；连接后，其螺纹外露宜为 2 ~ 3 扣、螺纹表面应光滑、无缺损。

② 采用套管连接时，套管长度一般为管外径的 1.5 ~ 3 倍，管与管的对口应于套管的中心。套管采用焊接连接时，焊缝应牢固严密；采用紧固螺钉连接时，螺钉应拧紧；在振动的场所，紧固螺钉应有防止松动的措施。

③ 镀锌钢管和薄壁钢管应采用螺纹连接或套管紧固螺钉连接，不得采用熔焊连接。

④ 钢管连接处的管内表面应平整、光滑。

13）钢管与盒箱或设备的连接应符合下列要求：

① 暗配的黑色钢管与盒箱连接可采用焊接连接，管口宜高出盒箱内壁 3 ~ 5mm，且焊后应补涂防腐漆；明配钢管或暗配镀锌钢管与盒箱连接应采用锁紧螺母或护圈帽固定，用锁紧螺母固定的管端螺纹宜外露锁紧母 2 ~ 3 扣。

② 当钢管与设备直接连接时，应将钢管敷设到设备的接线盒内。

③ 当钢管与设备间接连接时，对室内干燥场所，钢管端部宜增设电线保护软管或可挠金属电线保护管后引入设备的接线盒内，且管口应包扎紧密；对于室外或室内潮湿场所，钢管端部应增设防水弯头，导线应加套保护软管，且经弯成滴水弧状后再引入设备的接线盒。

④ 室外与设备连接的钢管管口与地面的距离宜大于 200mm。

14）钢管的接地连接应符合下列要求：

① 黑色钢管螺纹连接时，连接处的两端应焊接跨接接地线或采用专用接地线卡跨接。

② 镀锌钢管或可挠金属电线保护管的跨接地线宜采用专用接地线卡跨接，不应采用熔焊连接。

15）管路敷设时，在安装电器或元件的部位应设置接线盒，接线盒的敷设方式与管路相同，即管路暗设，则盒应暗设；管路明设，盒也应明设。同一建筑物内，同类电气元件及其接线盒的标高必须一致，误差 ±1.0mm。

16）绝缘导管敷设应符合下列要求：

① 管口平整光滑；管与管、管与盒（箱）等器件采用插入法连接，连接处结合面涂抹专用胶合剂，接口应牢固密封。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 埋于地下或建筑物内的刚性绝缘导管，在穿出地面或楼板处200m内应用穿钢管保护。

③ 埋设在墙内或混凝土内的绝缘导管至少应采用中型以上的导管。

17）其他未尽事宜请详见规范GB 50303—2002。

18）箱、盒预埋或预留孔位置

① 箱、盒预埋或预留位置应符合设计要求，与管路的连接应符合前述13）条的规定。

② 民用住宅、办公场所、公共场所及车间及实验场所，插座盒预埋高度为距地面不小于0.3m；空调插座盒预埋高度距地面不小于2.0m；其他弱电插座盒预埋高度均为距地面0.3m，并与强电插座有明显的距离。

③ 照明开关盒距地面高度为1.3m；照明拉线开关盒预埋高度距屋顶不大于0.3m或不小于0.1m；并排安装时，拉线开关盒相邻间距不小于0.2m。

④ 托儿所、幼儿园及小学等儿童活动场所插座高度不小于1.8m；潮湿场所插座盒高度不小于1.5m。

⑤ 墙上配电箱、开关箱预埋高度其底边距地面为1.5m，配电板底边距地面不小于1.8m。

⑥ 墙上照明灯具盒预埋高度，室外距地不小于2.5m；室内不小于2.0m；厂房不小于2.5m。

⑦ 金属箱、盒预埋应做好接地或接地引线。

⑧ 同一建筑物内箱盒或预留孔位置标高应一致。

电气工程箱盒管路预埋及预留孔质量标准及检验方法见表12-2。

表12-2 管路敷设

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
配管检查	型号、规格、材质			按设计规定	对照图样检查	
	外观	钢管	外表面		无损伤，严重锈蚀镀锌完好	观察检查
			内表面		无毛刺，无杂物	
		塑料管	外表面		无裂缝，无破损	观察检查
			内表面		无杂物	
管路配制	路径、位置、方式				按设计规定	对照图样检查
	弯曲部分	弯曲半径			按GB 50303—2002规定	对照规范检查
		弯扁度				
	管口				平整、光滑	观察检查
	管路水平、垂直误差			主要	横平、竖直	
	与热力管线的距离			主要	按GB 50303—2002规定	对照规范检查
接线盒安装	型号				与开关、插座、盖板配套	观察检查
	装设位置				按设计规定	对照图样检查
	固定（埋设）				牢固，不易损伤	观察检查
管路连接	钢管	普通螺纹连接			牢固，跨接接地线焊接可靠	观察检查
		防爆螺纹连接			涂电力复合脂均匀，接地跨接线卡可靠	
		套管连接			管口对正，焊接牢固、严密	
		紧固螺钉连接			紧密，无松动	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
管路连接	塑料管				胶合牢固	观察检查
	固定				均匀、合理	
	直引式	进盒	钢管锁母配合		外露丝扣2～3扣	观察检查
			钢管焊接配合		高出内壁3～5mm，焊接平整	
			塑料管		高出内壁3～5mm	
		进落地配电箱			高出箱底板50～80mm，排列整齐	
	过渡式	用软管保护			管口包扎紧密	观察检查
		用专用接头软管			连接可靠，密封良好	
其他	隔离密封件填充料			主要	光滑，无龟裂	观察检查
	配合处密封				良好	
	管线及附件防腐				按设计规定	对照图样检查
	接地或接零					

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第十三章　照明装置及单相电气设备监督管理

电气照明装置及单相电气设备与动力电路，变配电装置相比要简单得多。但在民用建筑，特别是高层建筑及写字楼、办公大厦、商贸场所、公共场所却占有很重要的位置，是每一个电气作业人员、管理者、技术监督人员、监理工程师不容忽视的。

一、总则

（1）为保证电气装置配线工程的施工质量，照明电路及单相电气设备安装工程的设计应由具有相应资质的单位进行。

（2）照明电路及单相设备电气安装工程应由具有相应资质的安装单位进行。

（3）配线工程及照明装置、单相设备的施工应按已批准的设计进行。当修改设计时，应经原设计单位同意，方可进行。

（4）采用的设备和器材及其运输和保管，应符合国家现行标准的有关规定；当产品有特殊要求时，还应符合产品技术文件的规定。

（5）设备和器材到达施工现场后，应按下列要求进行检查：

1）技术文件应齐全。

2）型号、规格及外观质量应符合设计要求和规范的规定。

（6）应使三相的容量尽量均衡，且保证零线有足够的容量和强度而不易断开。

（7）应控制相线（火线）。

（8）应注意有感性元件（如荧光灯镇流器、单相电动机）的回路中导线截面积的选择。

（9）应保证灯具及设备安装的美观整齐和接线的正确可靠。

（10）应注意做好接地或接零保护。

（11）照明装置及单相电气设备的安装应符合电气装置施工及验收规范的要求，标准号：GB 50303—2011、GB 50254—1996、GB 50169—2006、GB 50150—2006。

二、测试及试验

（1）绝缘导线的规格型号应符合设计要求、外观整齐美观、绝缘层完好、有合格证，必要时须测试导线的直流电阻和导线的直径，要测量芯与芯、芯与绝缘层的绝缘电阻（用500V 绝缘电阻表）。

直流电阻的测试应在整盘导线的头与尾间进行，也能查出中间是否断线。导线的直径应用千分尺测量。

（2）断路器应做过载和短路试验，并按负载的情况将其过载整定在额定电流的 1.2 ~ 1.5 倍上。单相小断路器出厂时已整定好，可不必重新整定。接触器、按钮、继电器应进行试验带漏电保护的断路器要进行漏电保护试验，通常是按动试验按钮试验，也要通电后模拟漏电试验，应动作可靠及时，必要时要用秒表计时，不合格的要退回供应商。

（3）仪表（电压表、电流表、电能表）必须校验，无检定合格证的要进行检定，特别是电能表，必须在安装前进行检定。根据经验，电能表的不合格率在 3% ~5%，有的是超

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

差，有的是停走，有的潜动（无负载时走字）不合格，这样的表对用户来说是不负责的。

（4）查校电表箱、控制箱的接线是否正确、牢固可靠，特别是电能表。根据经验，电能表的接线错误在10%以上。

（5）单相电气设备如单相电动机、风扇、窗式空调器、炊事机具等，除进行外观合格证检查外，通常应测试绝缘电阻，单相电动机要按三相电动机测试必要的项目，合格后应进行通电试验，正常运转后才能入库，以免残杂伪品混入。

三、配电线路

（1）电气线路经过建筑物、构筑物的沉降缝或伸缩缝处，应装设两端固定的补偿装置，导线应留有余量。

（2）电气线路沿发热体表面上敷设时，与发热体表面的距离应符合设计规定。

（3）电气线路与管道间的最小距离，应符合有关规定。

（4）配线工程采用的管卡、支架、吊钩、拉环和盒（箱）等黑色金属附件，均应镀锌或涂防腐漆。

（5）配线工程中非带电金属部分的接地和接零应可靠。

四、照明装置

（1）当在砖石结构中安装电气照明装置时，应采用预埋吊钩、螺栓、螺钉、膨胀螺栓、尼龙塞或塑料塞固定；严禁使用木楔。当设计无规定时，上述固定件的承载能力应与电气照明装置的重量相匹配。

（2）在危险性较大及特殊危险场所，当灯具距地面高度小于2.4m时，应使用额定电压为36V及以下的照明灯具，或采取保护措施。

（3）安装在绝缘台上的电气照明装置，其导线的端头绝缘部分应伸出绝缘台的表面。

（4）电气照明装置的接线应牢固，电气接触应良好；需接地或接零的灯具、开关、插座等非带电金属部分，应有明显标志的专用接地螺钉。

（5）电气照明装置的施工及验收，应符合国家现行的有关标准规范的规定。

五、单相设备

单相设备控制较简单，一般由普通开关、插座控制。因此，对其安装要求非常严格。

（1）当交流、直流或不同电压等级的插座安装在同一场所时，应有明显的区别，且必须选择不同结构、不同规格和不能互换的插座；配套的插头应按交流、直流或不同电压等级区别使用。单相设备的额定电压一般为220V，接线时必须核定电压。

（2）插座接线应符合下列规定：

1）单相两孔插座，面对插座的右孔或上孔与相线连接，左孔或下孔与零线连接；单相三孔插座，面对插座的右孔与相线连接，左孔与零线连接。

2）单相三孔、三相四孔及三相五孔插座的接地（PE）或接零（PEN）线接在上孔。插座的接地端子不与零线端子连接。同一场所的三相插座，接线的相序一致。

3）接地（PE）或接零（PEN）线在插座间不串联连接。

（3）特殊情况下插座安装应符合下列规定：

1）当接插有触电危险家用电器的电源时，采用能断开电源的带开关插座，开关断开相线。

2）潮湿场所采用密封型并带保护地线触头的保护型插座，安装高度不低于1.5m。

（4）照明开关安装应符合下列规定：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）同一建筑物、构筑物的开关采用同一系列的产品，开关的通断位置一致，操作灵活、接触可靠。

2）相线经开关控制；民用住宅无软线引至床边的床头开关。

（5）吊扇安装应符合下列规定：

1）吊扇挂钩安装牢固，吊扇挂钩的直径不小于吊扇挂销直径，且不小于8mm；有防振橡胶垫；挂销的防松零件齐全、可靠。

2）吊扇扇叶距地高度不小于2.5m。

3）吊扇组装不改变扇叶角度，扇叶固定螺栓防松零件齐全。

4）吊杆间、吊杆与电动机间螺纹连接，啮合长度不小于20mm，且防松零件齐全、紧固。

5）吊扇接线正确，当运转时扇叶无明显颤动和异常声响。

（6）壁扇安装应符合下列规定：

1）壁扇底座采用尼龙塞或膨胀螺栓固定；尼龙塞或膨胀螺栓的数量不少于2个，且直径不小于8mm；固定牢固可靠。

2）壁扇防护罩扣紧，固定可靠，当运转时扇叶和防护罩无明显颤动和异常声响。

六、照明装置、元件的接线

在单相电路中，元器件的安装和接线是同时进行的，接线及安装必须遵守以下原则。

（1）无论哪种照明开关（拉线、扳把、翘板、单极断路器、触摸或红外自动开关等），常相线也就是电源的进线，应接在开关的静触头的端子上；控制相线也就是开关的出线，应接在开关的动触头的端子上。任何单相电器（包括灯具）的控制开关都必须控制相线，零线一般可不加控制，而零干线上不得有人为的断开点。

（2）任何部位的螺口白炽灯，经开关后的控制相线应接在灯口内中央的舌片上，零线则应接在螺口的螺钉上。卡口灯的两个接线柱可任意接零线或接相线。

（3）单相两孔插座，面对插座的左极应接零线，右极接相线，即左零右相；单相三孔、三相四孔带接地端子的插座，其接地端子的插孔应在上方，且单相三孔下面两孔也应为左零右相。

（4）多股铜软线和电器端子的连接应先将其绝缘去掉，然后把铜芯拧成小辫镀锡处理后，才能和端子连接。独股导线可与端子直接连接。

（5）任何情况下管内导线不得有接头，导线的接头应在接线盒、分线盒、灯头盒、开关盒、端子盒中或箱内进行，同时应尽量减少导线的接头。

（6）三相供电的系统应按设计分配使每相的负载平衡，不得随意更改线路，如特殊情况者非更改不可时，应通过设计，并把更改线路及容量标注在竣工图上。

（7）任何电器元件的安装标高、安装位置应符合设计，垂直安装的元件中心轴线应垂直地面，水平安装的应与地面平行且位置应居中或分布均匀，同一建筑物中同样元件的标高应一致，总体上整齐美观，纵横做到成线、成行、成排、成列。

（8）接线必须按照预先确定的编号或记号进行，不得混用，零线就是零线，相线就是相线，否则系统将发生混乱而引起事故。

（9）任何场所灯具及照明电具的固定均不得采用木楔固定，如没有预埋固定件，通常应采用膨胀螺栓、埋注螺栓、射钉枪射钉来补救，特别是对重量较大、固定后弯矩较大或经常拔插的电具。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（10）在室外安装灯具的控制开关必须采用防护型或防水型的拉线开关；在多尘、潮湿、易腐蚀、振动环境恶劣场所应选用相应的防护灯具，管路应密封；在危险爆炸、易燃易爆及火灾易发生的场所，必须选用防爆灯具。防爆灯具或特殊场所灯具的安装见相关内容。

（11）安装好的灯具或元件应注意成品保护，以免丢失或损坏。必要时可先将盒内的线接好并甩出，而不安装元件或设备，待通电试灯前一日再将元件设备安装接线。选用的圆木应按墙壁的颜色涂刷相应的油漆。

（12）采用五线制的系统，要将设备、元件易漏电的部位可靠与保护地线连接，保护地线应采用铜线。

（13）导线的连接必须杜绝混线，所谓混线就是不是该回路的电具却接在了该回路上，而该回路的电具却接在了其他回路上，这是要绝对禁止的，特别是单独计费的民用住宅更要引起注意。

混线多发生在分路之间，特别是采用单独控制的民用住宅，管线多，在布置或穿线时很容易混线，进而导致了接线的错误。

（14）接线必须保证正确、牢固、可靠、绝缘，除明敷导线外，接线必须在盒内进行；明敷导线允许分支线在干线上接线，但不得使干线受到应力，分支线接线时，接线点应在干线上错开。干线因长度不够需要延长接线时，只允许在不受应力处的过引处连接。

七、质量标准及检验试验方法

照明电路及单相电气设备的安装中，额定电压500V及以下插座、开关、照明灯具、照明配电箱（板）的安装，其质量标准及检验试验方法见表13-1～表13-5。

表13-1　照明灯具安装

工　序	检　验　项　目	性　质	质　量　标　准	检验方法及器具
灯具检查	种类、型号、规格		按设计规定	对照图样检查
	附件		配套、齐全	核对清单
	外观		无缺损	观察检查
	连接件		配套、灵活、无卡涩	试装检查
灯架组装	装配顺序		按制造厂规定	对照厂家规定检查
	引出线截面	主要	按设计规定	对照图样检查
	引出线和灯具端子连接	主要	紧固，绝缘良好	观察检查
	组装部件		完整	
灯杆组立	中心线横向移位		≤50mm	拉线并用尺检查
	垂直误差		歪斜不明显	观察检查
电源接线	连接	主要	紧固，不承受拉力	观察检查
	螺口灯头接线		正确	用试电笔检查
	接线处绝缘处理		包扎紧密、均匀，且不低于原绝缘强度	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工　序	检　验　项　目		性　质	质　量　标　准	检验方法及器具
固定	位置			按设计规定	对照图样检查
	固定方式			按制造厂规定	对照厂家规定检查
	固定螺钉点数		主要		
调整	同一室内成排灯具			横平竖直，高度在同一平面上	观察检查
	嵌入顶棚装饰灯			边框在一条直线上	
其他	灯泡、灯管	功率		按设计规定	对照图样检查
		与灯座连接		紧密、不松动	扳动检查
	外罩			无破损，与灯具紧密结合	观察检查
	附件（辉光启动器、整流器等）			齐全、固定牢固便于灯光维修	
	应急疏散指示灯			标志清晰，指示正确	
	36V 及以下照明变压器			按 GB 50311—2007 规定	对照规范检查
	密封有特殊要求的灯具		主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
	金属外壳接地或接零		主要	按 GB 50169—2006 规定	对照规范检查

表 13-2　照明配电箱（板）安装

工　序	检　验　项　目		性　质	质　量　标　准	检验方法及器具
箱或板安装	型式及回路数			按设计规定	对照图样检查
	位置、高度				
	箱体误差	箱高 <50cm		歪斜不明显	观察检查
		箱高 >50cm		≤3mm	吊线检查
	固定强度		主要	牢固	观察检查
箱（板）接地			主要	牢固，导通良好	扳动并导通检查
内部检查	回路绝缘		主要	≥0.5MΩ	用绝缘电阻表检查
	负荷分配			按设计规定	计算
	刀开关			与负荷匹配，动作灵活、无卡涩	扳动检查
	螺旋熔断器			底座无松动，规格按 GB 50303—2011 规定	扳动并对照规范检查
	导线与端子连接			紧固	手拉检查
	零线、保护线连接			固定在汇流排上，编号齐全	观察检查
其他	箱（板）多余孔洞封堵		主要	严密	观察检查
	箱（板）内部清理			干净，无杂物	
	控制回路标识			齐全、清晰	
	暗式箱盖固定			牢固，紧贴墙面无空隙	
	焊接处防腐			完好	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 13-3　（分部工程名称）照明回路通电检查签证

通电检查验收范围		
检　验　项　目	检　验　结　果	备　　注
照明箱标识		
照明箱是否直接接地		
电缆牌是否齐全		
照明开关命名与回路对照		
熔断器容量与设计对照检查		
回路绝缘最低值 /MΩ	环境温度：　℃；湿度：　　%	
照明箱封堵及内部清洁		
漏电保护动作试验		
应急灯试投试验		
直流长明灯投入		
光电控制器试验		
交、直流电源自动切换试验		
照明灯投入 24h 时间	年　月　日　时　分　至　月　日　时　分	
插座回路通电 24h 时间	年　月　日　时　分　至　月　日　时　分	

观感质量评价：

（可就保护管、电缆、线槽排列、照明箱、开关、插座及灯具安装等是否整齐、美观等进行评价）

检查结论：

质检机构	验　收　意　见	签　　名
工　　地		年　月　日
质 检 部		年　月　日
监　　理		年　月　日
建设单位		年　月　日

表 13-4　动力和照明配线检查

工　序	检　验　项　目	性　质	质　量　标　准	检验方法及器具
配线检查	型号、电压及规格		按设计规定	对照图样检查
	材质			
	绝缘保护层		完好，无损伤	观察检查
配线	管内检查		畅通，无杂物、积水	钢丝贯通检查
	回路布置		按设计规定	对照图样检查
	导线占保护管内空间		不大于 40% 保护管内空间	观察检查
	管口护线套		齐全	观察检查
	导线穿管	主要	无损伤，无打结	
	管内导线		无接头	观察检查
	导线在补偿装置内的长度	主要	有适当余量	手拉检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工　序	检　验　项　目		性　质	质　量　标　准	检验方法及器具
接线	剥线			线芯无损伤	观察检查
	导线连接	单股铜线绞接后焊接		紧固、接触良好，焊渣清理干净	
		套管连接		导线与套管规格匹配	
	导线与设备、器具的连接			按 GB 50303—2011 规定	对照规范检查
接线后检查	导线间及导线对地绝缘		主要	≥0.5MΩ	用绝缘电阻表检查
	保护地线连接		主要	可靠	观察检查
	盖板、面板			齐全、固定牢固、严密	

表 13-5　插座、开关安装

工　序	检　验　项　目		性　质	质　量　标　准	检验方法及器具
检查	型式、容量			按设计规定	对照图样检查
	附件			齐全	清点
	外观			完好	观察检查
安装	位置、高度		主要	按设计规定	对照图样检查
	型式			同一室内力求一致	观察检查
	插座	接线	主要	按 GB 50303—2011 规定	用试电笔检查
		接地	主要		
	开关	动作情况		灵活、可靠	扳动检查
		接线方式	主要	接相线	用试电笔检查
	固定螺栓数量			按制造厂规定	观察检查
	固定强度		主要	牢靠	手扳动检查
	误差调整	同一室内		≤5mm	拉线和用尺
		成排安装		≤1mm	用尺检查
其他	暗式板面			端正、紧贴墙面	观察检查
	固定螺栓防松件			齐全	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第十四章　低压动力装置及低压配电室监督管理

低压动力装置及低压配电室是电气工程的重要组成部分，是工业生产、公共事业、现代农业整体运行的保障体系。该体系的质量是电气工程的重点，其质量要求是每一个电气作业人员、管理者、技术监督人员、监理工程师必须遵守的最低标准。

一、总则

1）为保证低压电器、旋转电机、盘、柜、低压配电室的工程质量，其工程设计必须由具有相应资质的设计单位进行设计。

2）低压电器、电机、盘、柜、低压配电室的安装应由具有相应资质的安装单位进行。

动力电路的安装应符合施工及验收规范的要求，见国家标准 GB 50170—2006、GB 50171—2012、GB 50172—2012、GB 50254—1996、GB 50255—1996、GB 50303—2011、GB 50150—2006、GB 50149—2010、GB 50169—2006 及有关标准。

二、旋转电机

1）旋转电机的安装应按已批准的设计进行施工。

2）旋转电机的运输、保管，应符合本规范规定。当产品有特殊要求时，尚应符合产品技术文件的规定。旋转电机在通电前必须进行试验及测试。

3）设备在安装前的保管要求，其保管期限应为一年及以下。当需长期保管时，应符合设备保管的专门规定。

4）采用的设备及器材应符合国家现行技术标准的规定，并应有合格证件。设备应有铭牌。

5）设备和器材到达现场后，应在规定期限内作验收检查，并应符合下列要求：

① 包装及密封应良好。

② 开箱检查清点，规格应符合设计要求，附件、备件应齐全。

③ 产品的技术文件应齐全。

④ 按本规范要求，外观检查合格。

6）设备安装用的紧固件，除地脚螺栓外，应采用镀锌制品。

7）在有爆炸或火灾危险性的场所装设旋转电动机时，除应符合本规范规定外，尚应符合现行国家标准 GB 50257—1996《电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范》的有关规定。

8）旋转电机的机械部分的安装及试运行要求，应符合国家现行的有关专业规程的规定。

9）旋转电机的施工及验收除按规范规定执行外，尚应符合国家现行的有关标准规范的规定。

三、低压配电室及盘、柜

1）盘、柜装置及二次回路接线的安装工程应按已批准的设计进行施工。

2）盘、柜等在搬运和安装时应采取防震、防潮、防止框架变形和漆面受损等安全措施，必要时可将装置性设备和易损元件拆下单独包装运输。当产品有特殊要求时，还应符合产品技术文件的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）盘、柜应存放在室内或能避雨、雪、风、沙的干燥场所。对有特殊保管要求的装置性设备和电气元件，应按规定保管。

4）采用的设备和器材，必须是符合国家现行技术标准的合格产品，并有合格证件。设备应有铭牌。

5）盘、柜上模拟母线的标志颜色，应符合表 14-1 的规定。

表 14-1　模拟母线的标志颜色

电压/kV	颜色	电压/kV	颜色
交流 0.23	深灰	交流 110	朱红
交流 0.40	黄褐	交流 154	天蓝
交流 3	深绿	交流 220	紫
交流 6	深蓝	交流 330	白
交流 10	绛红	交流 500	淡黄
交流 13.8～20	浅绿	直流	褐
交流 35	浅黄	直流 500	深紫
交流 60	橙黄		

注：1. 模拟母线的宽度宜为 6～12mm。

2. 设备模拟母线的涂色应与相同电压等级的母线颜色一致。

3. 不适用于弱电屏以及流程模拟的屏台。

6）二次回路结线施工完毕，在测试绝缘时，应有防止弱电设备损坏的安全技术措施。

7）盘、柜的施工及验收，除按规范规定执行外，尚应符合国家现行的有关标准规范的规定。

四、成套配电柜、控制柜（屏、台）和动力、照明配电箱（盘）

1）柜、屏、台、箱、盘的金属框架及基础型钢必须接地（PE）或接零（PEN）可靠；装有电器的可开启门，门和框架的接地端子间应用裸编织铜线连接，且有标识。

2）低压成套配电柜、控制柜（屏、台）和动力、照明配电箱（盘）应有可靠的电击保护。柜（屏、台、箱、盘）内保护导体应有裸露的连接外部保护导体的端子，当设计无要求时，柜（屏、台、箱、盘）内保护导体的最小截面积 S_P 不应小于表 14-2 中的规定。

表 14-2　保护导体的截面积

相线的截面积 S/mm^2	相应保护导体的最小截面积 S_P/mm^2	相线的截面积 S/mm^2	相应保护导体的最小截面积 S_P/mm^2
$S \leqslant 16$	S	$400 < S \leqslant 800$	200
$16 < S \leqslant 35$	16	$S > 800$	$S/4$
$35 < S \leqslant 400$	$S/2$		

注：S 指柜（屏、台、箱、盘）电源进线相线截面积，且两者（S、S_P）材质相同。

3）手车、抽出式成套配电柜推拉应灵活、无卡阻碰撞现象。动触头与静触头的中心线应一致，且触头接触紧密，投入时，接地触头先于主触头接触；退出时，接地触头后于主触头脱开。

4）高压成套配电柜必须按本规范的规定交接试验合格，且应符合下列规定：

① 继电保护元器件、逻辑元件、变送器和控制用计算机等单体校验合格，整组试验动

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

作正确，整定参数符合设计要求。

② 凡经法定程序批准，进入市场投入使用的新高压电气设备和继电保护装置，按产品技术文件要求交接试验。

5）低压成套配电柜交接试验，必须符合规范的规定。

6）柜、屏、台、箱、盘间线路的线间和线对地间绝缘电阻值，馈电线路必须大于0.5MΩ；二次回路必须大于1MΩ。

7）柜、屏、台、箱、盘间二次回路交流工频耐压试验，当绝缘电阻值大于10MΩ时，用2500V绝缘电阻表摇测1min，应无闪络击穿现象；当绝缘电阻值在1～10MΩ时，做1000V交流工频耐压试验，时间1min，应无闪络击穿现象。

8）直流屏试验，应将屏内电子器件从线路上退出，检测主回路线间和线对地间绝缘电阻值应大于0.5MΩ，直流屏所附蓄电池组的充、放电应符合产品技术文件要求；整流器的控制调整和输出特性试验应符合产品技术文件要求。

9）照明配电箱（盘）安装应符合下列规定：

① 箱（盘）内配线整齐，无绞接现象。导线连接紧密，不伤芯线，不断股。垫圈下螺钉两侧压的导线截面积相同，同一端子上导线连接不多于2根，防松垫圈等零件齐全。

② 箱（盘）内开关动作灵活可靠，带有漏电保护的回路，漏电保护装置动作电流不大于30mA，动作时间不大于0.1s。

③ 照明箱（盘）内，分别设置零线（N）和保护地线（PE）汇流排，零线和保护地线经汇流排配出。

五、低压电器

1）低压电器的安装，应按已批准的设计进行施工。

2）低压电器的运输、保管，应符合现行国家有关标准的规定；当产品有特殊要求时，应符合产品技术文件的要求。

3）低压电器设备和器材在安装前的保管期限，应为一年及以下；当超期保管时，应符合设备和器材保管的专门规定。

4）采用的设备和器材，均应符合国家现行技术标准的规定，并应有合格证件，设备应有铭牌。

5）设备和器材到达现场后，应及时做下列验收检查：

① 包装和密封应良好；

② 技术文件应齐全，并有装箱清单；

③ 按装箱清单检查清点，规格、型号，应符合设计要求，附件、备件应齐全；

④ 按本规范要求做外观检查；

⑤ 通电前应进行试验和测试。

六、安装过程技术要求及标准

1. 母线

母线的相序排列应符合表14-3的规定，相序的颜色应按以下的规定刷漆。

1）三相交流电A相黄色、B相绿色、C相红色。

2）单相交流母线与引出相同色：独立的单相母线，一相涂黄色，一相涂红色，排列与三相相同。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）直流母线正极为赭色，负极为蓝色。

4）直流均衡汇流母线及交流中性汇流母线，不接地者涂紫色，接地者涂紫色并带黑色条纹。

5）母线的以下各个位置应涂相色：单片母线的所有各面，多片、槽形、管形母线所有可见面；钢母线所有表面。

6）母线在以下部位不应涂色：螺栓连接及支持连接处、母线与电气的连接处以及距所有连接处10mm以内的地方、供携带型接地线连接用的触面上。不涂色漆的长度应为母线宽度或直径（指管形母线），但至少不应小于50mm，并应以宽度为10mm的黑色带与母线相色部分隔开。

7）封闭式母线的外表面及外壳内表面涂无光泽黑漆，外壳外表面涂浅色漆。

表14-3 电气装置母线相序排列规定

类别		垂直排列	水平排列	上下排列
交流	A相 L_1	左	内	上
	B相 L_2	中	中	中
	C相 L_3	右	外	下
	中性线、中性保护线	最右	最外	最下
直流	正极 +	左	内	上
	负极 -	右	外	下

注：中性线、保护线在柜内设置时，应在柜的最下部。

2. 柜内二次回路接线的检查及试验

二次回路是指电气设备的操作、保护、测量、信号等回路及其回路中的操动机构的线圈、接触器、继电器、仪表、互感器二次绕组等。对二次回路的元件和接线安装前应进行检查和试验，一是要保证接线正确可靠，二是要保证元件的质量，三是要保证柜内电气设备操作、保护、测量、信号的正确和可靠。

1）用绝缘电阻表测量绝缘电阻。

① 小母线在断开所有其他并联支路时，不应小于10MΩ；

② 二次回路的每一支路和断路器、隔离开关的操动机构的电源回路等，均不应小于1MΩ。在比较潮湿的地方，可不小于0.5MΩ。

2）进行交流耐压试验。

① 试验电压为1000V。当回路绝缘电阻值在10MΩ以上时，可采用2500V绝缘电阻表代替，试验持续时间为1min；

② 48V及以下回路可不做交流耐压试验；

③ 回路中有电子元器件设备的，试验时应将插件拔出或将其两端短接。

3）按照原理图或说明书提供的图样查线，检查接线的正确与否和连接可靠紧密程度。通过查线可进一步发现二次回路接线存在的外在缺陷。特别是对接线端子排要逐一核对。

4）对线圈、接触器、继电器、仪表、互感器等元件应进行测试和试验，确保其动作的可靠性和准确性。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）检查试验测试后必须将二次回路恢复到初始状态，然后通电试验，应正常。并用手动或模拟动作输入信号，二次回路应动作正常。

3. 开关柜

（1）成套柜。机械闭锁、电气闭锁应动作准确可靠；动触头与静触头的中心线应一致，触头接触紧密；二次回路及其辅助开关的切换接点接线正确、动作准确、接触可靠；柜内照明齐全。

（2）抽屉柜。抽屉推拉灵活轻便，无卡阻碰撞现象，抽屉有互换性；抽屉的机械联锁、电气联锁的动作正确可靠，断路器分闸后，隔离触头才能分开；抽屉与柜体间的二次回路连接插件应接线正确接触可靠良好；抽屉与柜体间的接触及柜体、框架的接地良好。

（3）手车柜。防止电气误操作的装置齐全，并动作灵敏可靠；手车推拉灵活轻便，无卡阻碰撞现象，相同型号的手车有互换性；手车推入工作位置后，动触头顶部与静触头底部的间隙应符合产品技术条件的要求；手车和柜体间的二次回路连接插件应接线正确接触可靠良好；安全隔离板开启灵活，并随手车的进出而相应动作；柜内控制电缆的位置不妨碍手车的进出，并应固定牢固；手车与柜体间的接地触头应接触紧密，当手车推入柜内时，其接地触头应比主触头先接触，拉出时接地触头比主触头后断开，且紧密可靠。

4. 母线在绝缘子上固定

1）绝缘子和盘柜、支架的固定应平整牢固，中心轴线和支持面应垂直，不应使其所支持的母线受到额外应力。

2）当母线工作电流大于1500A时，每相交流母线的固定金具或其他支持金具不应成闭合磁路，否则应按设计规定采用非磁性固定金具或其他措施。

3）母线在支持绝缘子上的固定死点应位于母线全长或两个母线补偿器间的中点。

5. 线槽安装及线缆敷设

线槽一般分为金属线槽和非金属（塑料）线槽两种。其中，金属线槽多为敷在建筑物地板内或墙内暗装，与金属管路基本相同。不同的是在地面上设定的位置有出线端或插座、接线盒等，便于设备的使用和控线系统的联络。非金属线槽多为明装于建筑物地板上或墙上明装，与槽板敷设基本相同。

1）金属线槽仅适用于环境正常的场所，可在现浇混凝土地面内、墙内或垫层内敷设。

2）金属线槽必须采用配套的配件，线槽及配件均应内外镀锌处理。转角、分支等处应设分线盒，设备电源处应设插座盒，线槽超过6m处应设接线盒。各配件与槽连接处必须做好防水密封处理。

3）同一回路的所有导线应敷设在同一线槽内，不同回路的导线也可敷设于同一线槽内，但槽内导线占据的面积不应超过槽截面的40%。

4）槽内导线不得有接头，接头应在盒内或出线口进行。

5）强电弱电线路应分槽敷设，两种线路交叉处应设置屏蔽分线板分线盒，在其盒内应分别放置不同位置，不得直接接触。

6）线槽不得作为接地体，线槽全长不少于2处与接地线PE或接零干线可靠连接。线槽连接处用连接板连接并各点不少于2个防松螺母或防松垫圈连接固定螺栓。

7）线槽在建筑物变形缝处，应有柔性补偿装置。

8）线槽可明设，要求同前。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6. 桥架安装的技术要求

1）桥架应可靠地紧固在支撑或横撑上，并应横平竖直，不得有明显的扭曲或一边倾斜，每一条棱角的直线上水平倾斜不得大于±5mm，中心线左右偏差不得大于±10mm，高低偏差不得大于±5mm。

2）桥架的延续连接宜放在两支撑间的1/4处，避免在1/2处做接头；桥架的延续连接应用专用的连接板，任何情况下不得用电焊连接；除伸缩缝外，桥架连接处的间隙不得大于10mm，桥架连接处的间隙不得大于12mm；连接处的底部应有护板条，护板条应压紧，接头处应光滑、平直无错口现象。

3）在建筑物的沉降缝处、建筑物两沉降缝之间超过50mm时及户外架设每隔30m处，均应将桥架留断缝15～20mm之间，断缝处应用铜线连接做好接地。

4）严禁将桥架直接点焊在支架上。

5）用于组合桥架延续连接及附件的紧固螺栓，均应从桥架内侧穿出、紧固螺母后露扣10mm为宜；所有的紧固螺栓，凡部件上开正方孔的，均应采用方径螺栓连接，不得以圆杆螺栓代替使用。

6）水平拐弯分支应使用成品弯头件，弯头的延续连接应接合自如，接口处不应受力，连接后不得有凸起或扭曲现象，其纵向、横向中心线应相互垂直，上下偏差均不得大于5mm。现场组合的弯头，应使用专用的转弯连接板，其弯曲角度一般为135°，但不得小于90°，弯曲半径应符合设计要求。

7）桥架变标高处的延续连接，须使用升降连接板，升降角度不得大于45°；如从水平方向转向直上或直下时，宜用各节能活动的立弯头，保证足够的弯曲半径。

8）竖井内或垂直安装的桥架，其垂直度偏差不得大于长度的0.2%，对角线的偏差不得大于对角线长度的0.5%。

9）桥架应可靠接地；

金属电缆桥架及其支架和引入或引出的金属电缆导管必须接地（PE）或接零（PEN）可靠，且必须符合下列规定：

① 金属电缆桥架及其支架全长应不少于2处与接地（PE）或接零（PEN）干线相连接；

② 非镀锌电缆桥架间连接板的两端跨接铜芯接地线，接地线最小允许截面积不小于$4mm^2$；

③ 镀锌电缆桥架间连接板的两端不跨接接地线，但连接板两端不少于2个有防松螺母或防松垫圈的连接固定螺栓。

10）桥架应在导线电缆敷设前进行质量检查并验收合格。

7. 导线在桥架上的敷设

1）核对线径、相数、回路个数、起止位置及回路标号，并用前述方法把导线放开，导线不得打扭或有死结。

2）槽内的导线一般不得有接头，如有实际困难需要接头时，可以接头，但必须采用压接法，外包绝缘要处理好，一般为两层黄蜡绸，三层黑胶布，并在桥架侧极上做好明显的标记，然后将其回路标号、导线截面、接头位置等标注在竣工图上。

导线的压接必须选用和导线材质、截面相符的连接管、连接管一般为椭圆形的长管，将导线端头的绝缘剥去，剥去长度应略大于1/2管长即可。铜导线的线芯要作镀锡处理，铝导线应将氧化膜及油污清除干净并涂上石英粉-中性凡士林油膏，同时要将连接管内壁清除干

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

净且不得有裂纹、疤症或其他不妥。

七、电动机的测试及试验

1. 交流电动机的测试及试验

（1）交流电动机的试验项目

1）测量绕组的绝缘电阻和吸收比。

2）测量绕组的直流电阻。

3）定子绕组的直流耐压试验和泄漏电流测量。

4）定子绕组的交流耐压试验。

5）绕线转子异步电动机转子绕组的交流耐压试验。

6）同步电动机转子绕组的交流耐压试验。

7）测量可变电阻器、起动电阻器、灭磁电阻器的绝缘电阻。

8）测量可变电阻器、起动电阻器、灭磁电阻器的直流电阻。

9）测量电动机轴承的绝缘电阻。

10）检查定子绕组极性及其连接的正确性。

11）电动机空载转动检查和空载电流测量。

注：电压1000V以下、容量100kW以下的电动机，可按1）、7）、10）、11）款进行试验。

（2）测量绕组的绝缘电阻和吸收比

1）额定电压为1000V以下，常温下绝缘电阻值不应低于0.5MΩ；额定电压为1000V及以上，在运行温度时的绝缘电阻值，定子绕组不应低于1MΩ/kV，转子绕组不应低于0.5MΩ/kV；绝缘电阻温度换算可按表14-4中的规定进行。

表14-4　电机定子绕组绝缘电阻值换算至运行温度时的换算系数

定子绕组温度/℃		70	60	50	40	30	20	10	5
换算系数 K	热塑性绝缘	1.4	2.8	5.7	11.3	22.6	45.3	90.5	128
	B级热固性绝缘	4.1	6.6	10.5	16.8	26.8	43	68.7	87

注：本表的运行温度，对于热塑性绝缘为75℃，对于B级热固性绝缘为100℃。

当在不同温度测量时，可按表中所列温度换算系数进行换算。例如某热塑性绝缘发电机在 $t=10$℃时测得绝缘电阻值为100MΩ，则换算到 $t=75$℃时的绝缘电阻值为 $100\text{M}\Omega/K=100\text{M}\Omega/90.5=1.1\text{M}\Omega$。

也可按下列公式进行换算：

对于热塑性绝缘：

$$R_t=R\times 2^{(75-t)/10}$$

对于B级热固性绝缘：

$$R_t=R\times 1.6^{(100-t)/10}$$

式中　R——绕组热状态的绝缘电阻值，单位为MΩ；

R_t——当温度为 t℃时的绕组绝缘电阻值，单位为MΩ；

t——测量时的温度，单位为℃。

2）1000V及以上的电动机应测量吸收比。吸收比不应低于1.2，中性点可拆开的应分相测量。

注：① 进行交流耐压试验时，绕组的绝缘应满足1）、2）款的要求。

② 交流耐压试验合格的电动机，当其绝缘电阻值在接近运行温度、环氧粉云母绝缘的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电动机则在常温下不低于其额定电压 1MΩ/kV 时，可以投入运行。但在投运前不应再拆开端盖进行内部作业。

（3）测量绕组的直流电阻

1000V 以上或 100kW 以上的电动机，各相绕组直流电阻值相互差别不应超过其最小值的 2%，中性点未引出的电动机可测量线间直流电阻，其相互差别不应超过其最小值的 1%。

（4）定子绕组直流耐压试验和泄漏电流测量

1000V 以上及 1000kW 以上、中性点连线已引出至出线端子板的定子绕组应分相进行直流耐压试验。试验电压为定子绕组额定电压的 3 倍。在规定的试验电压下，各相泄漏电流的值不应大于最小值的 100%；当最大泄漏电流在 20μA 以下时，各相间应无明显差别。试验时的注意事项：

1）试验电压为电动机额定电压的 3 倍；

2）试验电压按每级 0.5 倍额定电压分阶段升高，每阶段停留 1min，并记录泄漏电流。在规定试验电压下，泄漏电流应符合：

① 各相差别不应大于最小值的 50%，当最大泄漏电流为 20μA 以下时，各相间差值与出厂试验值比较不应有明显差别；

② 泄漏电流不应随时间延长而增大。

当①或②有一条不符合时，应找出原因并排除。

3）泄漏电流随电压不成比例显著增大时，应及时分析。

4）氢冷电动机必须在充氢气前或排尽氢气后（含量在 3% 以下时）进行试验，严禁在置换氢气过程中进行试验。

5）水内冷电动机试验时，应采用低压屏蔽法。

（5）定子绕组的交流耐压试验电压，应符合表 14-5 的规定。

表 14-5 电动机定子绕组交流耐压试验电压

额定电压/kV	3	6	10
试验电压/kV	5	10	16

（6）绕线转子异步电动机的转子绕组交流耐压试验电压，应符合表 14-6 的规定。

表 14-6 绕线转子异步电动机转子绕组交流耐压试验电压

转子工况	试验电压/V
不可逆的	$1.5U_k+750$
可逆的	$3.0U_k+750$

注：U_k 为转子静止时在定子绕组上施加额定电压，转子绕组开路时测得的电压。

（7）同步电动机转子绕组的交流耐压试验电压值为额定励磁电压的 7.5 倍，且不应低于 1200V，但不应高于出厂试验电压值的 75%。

（8）可变电阻器、起动电阻器、灭磁电阻器的绝缘电阻，当与回路一起测量时，绝缘电阻值不应低于 0.5MΩ。

（9）测量可变电阻器、起动电阻器、灭磁电阻器的直流电阻值，与产品出厂数值比较，其差值不应超过 10%；调节过程中应接触良好，无开路现象，电阻值的变化应有规律性。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（10）测量电动机轴承的绝缘电阻，当有油管路连接时，应在油管安装后，采用1000V绝缘电阻表测量，绝缘电阻值不应低于0.5MΩ。

（11）检查定子绕组的极性及其连接应正确。中性点未引出者可不检查极性。

（12）电动机空载转动检查的运行时间可为2h，并记录电动机的空载电流。当电动机与其机械部分的连接不易拆开时，可连在一起进行空载转动检查试验。

2. 同步电动机试验要点

同步电动机的试验基本同异步电动机，此外还有以下项目。

（1）同步电动机转子绕组交流耐压试验的电压为额定励磁电压的7.5倍，但应不低于1200V，不高于出厂试验电压的75%。

（2）测量可变电阻器、起动电阻器、灭磁电阻器的绝缘电阻。与回路一起进行测量，绝缘电阻值应不小于0.5MΩ。

（3）测量可变电阻器、起动变阻器、灭磁电阻器的直流电阻。所测得的电阻值与产品出厂数据相比，其差别不应超过10%。调节过程中应接触良好，无开路现象，电阻值的变化应有规律性。

（4）测量电动机轴承的绝缘电阻，当有油管路连接时，应在油管安装后，使用1000V绝缘电阻表测量，绝缘电阻值应不低于0.5MΩ。

（5）检查同步电动机励磁各磁极的分布电压，采用交流检查，在各磁极上的电压应接近一致。

（6）检查定子绕组的极性及其连接的正确性，中心点没引出者可不检查极性。

（7）励磁绕组电压分布的试验可将绕组通入适当的交流电压，一般每极10V，然后测量各极上的电压降，如果个别磁极上的压降比其他极显著减小，则说明该绕组可能存在匝间短路。

3. 直流电动机试验的要点

（1）测量励磁绕组和电枢绕组的绝缘电阻。其值不得小于0.5MΩ。

（2）测量励磁绕组的直流电阻。测量值与制造厂数据比较，其差别一般不应大于2%，补偿绕组不作规定。励磁可变电阻器的电阻差值不应超过厂家数据的10%。

（3）测量电枢整流片的直流电阻。相互间的差值应不超过最小值的10%，由于均压线或绕组结构而产生的有规律的变化时，应对各相应的片间进行比较判断。

（4）励磁绕组和电枢绕组的工频耐压试验。励磁绕组对外壳、电枢对轴的试验电压为$0.75(2U_e+1000)$V，但不应小于1200V，U_e为额定电压。

（5）测量励磁回路的绝缘电阻。绝缘电阻值应不小于0.5MΩ（不包括励磁调节装置回路，但包括该回路连同所连接设备的绝缘电阻）。

（6）励磁回路连同所连接设备的工频耐压试验。试验电压为1000V，但不包括励磁调节装置回路。

（7）检查电动机绕组的极性及其连接的正确性。极性与连接应正确。

（8）调整电动机电刷中性位置。

（9）测试空载特性和励磁机的负载特性。

（10）电动机转速-励磁电流测试特性。

（11）测量轴承绝缘电阻和轴电压。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（12）负载特性测试。

八、低压动力电路及配电室安装调试质量标准及检验方法

安装工程的质量是安装企业的生命线，是保证电气装置及线路安全运行的重要手段，这里将低压动力电路及配电室安装调试质量标准及检验方法列出，供读者在工程中参照执行。

在电气工程中，发电机、电动机的安装质量检验标准及方法见表 14-7 ~ 表 14-12。

表 14-7　发电机本体检查

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
定子铁心检查	铁心外观			清洁，无锈蚀，无损伤	触摸及观察检查
	铁心叠片间			无松动及金属性短路	观察检查
	槽楔	楔块检查	主要	无断裂，松动	扳动检查
		端部槽楔检查		牢固	
		每根槽楔的空响长度	主要	≤1/3 槽楔长	用仪器测量检查
		波纹板		按制造厂规定	用专用工具或仪器检查
	通风道通畅检查		主要	无杂物堵塞	观察及通气检查
定子绕组检查	绝缘层外观		主要	清洁，无伤痕，起泡，龟裂	观察检查
	紧固件及绑扎件			完整	
	端部绕组绑扎			紧固	扳动检查
	防松措施			齐全，可靠	
绝缘水管检查	绝缘水管与端盖间			无碰触	观察检查
	各绝缘水管间				
	绝缘水管外形			无凹瘪	
	管道畅通检查		主要	畅通	通气检查
	本体管道对外部管道绝缘电阻		主要	≥1MΩ	用 1000V 绝缘电阻表检查
转子检查	铁心	通风孔检查	主要	通畅	通气检查
		表面漆层		无脱落、锈蚀	观察检查
	绕组引线与集电环连接		主要	牢固，且接触良好	扳动检查，并检查试验报告
	平衡物检查		主要	无变动	观察检查
	集电环	外表面检查		光滑，无锈斑、伤痕	观察检查
		通风孔检查	主要	通畅	

表 14-8　发电机附件安装

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
刷架及刷握安装	绝缘衬管、绝缘垫检查		无损伤、污垢	观察检查
	对地绝缘电阻	主要	≥1MΩ	用 2500V 绝缘电阻表检查
	刷握与集电环间隙	主要	2 ~ 4mm	用尺检查
	紧固螺栓及防松措施		齐全，紧固	扳动检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检 验 项 目	性质	质 量 标 准	检验方法及器具
电刷安装	电刷型号及厂家	主要	同一型号、同一厂家	观察并检查厂家合格证件
	电刷引线连接		牢固	扳动检查
	引线与转动部分间		无碰触	观察检查
	电刷与刷握间隙	主要	0.1～0.2mm 且能上下移动	用塞尺并扳动检查
	电刷绝缘垫检查	主要	完好	观察检查
	电刷端面与集电环接触面积	主要	≥75% 单个电刷截面积	观察断面研磨痕迹
	弹簧压力		按制造厂规定	对照厂家规定检查
套管安装	套管电气试验	主要	合格	检查试验报告
	套管外观检查		无掉瓷、裂纹	观察检查
	水冷通道密封试验	主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
	套管与出线箱法兰连接	主要	螺栓紧固，密封良好	观察并用力矩扳手检查
电动机引出线与套管连接	接触面检查		清洁，镀银层完好	观察检查
	螺栓连接	主要	紧固，无闭合磁路	观察并用力矩扳手检查
	防松螺母		齐全，紧固	观察检查
	绝缘水管连接		牢固，密封良好	
	绝缘包扎处理	主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
接地	接地线连接	主要	牢固，接触良好	扳动并导通检查
	条形底座接地		接地明显，且有两点及以上接地	观察检查

表 14-9　具有换向器、集电环类电动机检查

工序	检 验 项 目	性质	质 量 标 准	检查方法及器具
外观检查	铭牌及接线图标志		完整、清晰	观察检查
	回转方向标志		清晰	
转子装配	轴承转动声响	主要	正常	盘动转子听察
	转动惯性		均匀无阻滞	观察检查
接线盒检查	引线端子连接		完好、牢固	扳动检查
	出线标号及绕组接线	主要	清楚、正确	对照接线图检查
	直流电动机并励绕组检查	主要	牢固、无开路	用万用表及扳手检查
换向器集电环检查	换向器表面不平度		<0.2mm	必要时用千分表盘车检查
	与绕组引线连接	主要	牢固、接触良好	观察及检查直流电阻
	整流片与片间绝缘顶面高差		0.5～1.5mm	观察或用钢尺检查
刷架、刷握检查及调整	螺栓防松件		齐全、可靠	观察检查
	对地绝缘电阻	主要	≥1MΩ	用 2500V 绝缘电阻表检查
	刷握对集电环或换向器表面间距		2～4mm	用尺检查
	同组各刷握中心线相对偏移	主要	≤0.5mm	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检查方法及器具
电刷安装	电刷中心线与换向器电气中心线相对位置		主要	重合	检查试验报告
	各电刷牌号及引线连接			一致、牢固	检查出厂证件及扳动检查
	电刷与刷握间隙		主要	0.1～0.2mm 且上下移动无卡阻	用塞尺及扳动检查
	电刷端面与集电环或换向器接触面积			>75%	检查研磨面
	电刷的倾斜锐角尖朝向			与转动方向相反	观察检查
	电刷弹簧压力			按制造厂规定	对照厂家规定检查
绕线转子电动机电刷提升装置	起动过程中转子回路		主要	无瞬间开路	操动检查
	状态标志			清晰、正确	观察检查
润滑脂	外观		主要	清洁，无硬化变色	观察及触摸检查
	油脂特性		主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
	填充量			填至2/3内腔高	观察检查
绝缘检查	直流电动机励磁绕组及电枢绝缘电阻		主要	≥0.5MΩ	用绝缘电阻表检查
	交流电机额定电压1kV以下绕组				用绝缘电阻表检查
	交流电动机额定电压1kV及以上	定子绕组	主要	≥1MΩ/kV	检查试验报告
		转子绕组	主要	≥0.5MΩ/kV	
	交流电动机1kV及以上电动机吸收比		主要	$\geq 1.2R_{60}/R_{15}$	
	轴承座绝缘电阻		主要	≥0.5MΩ	用绝缘电阻表检查
抽心检查	铁心检查	漆层		无脱皮、锈蚀	观察检查
		风道畅通检查	主要	无阻塞	通风检查
		转子平衡块	主要	紧固可靠	扳动检查
		槽楔装配		紧密无凸出	扳动及木锤敲击检查
		空响长度		≤1/3槽楔长	用木锤敲击检查
	磁极检查	固定螺栓连接		紧固	扳手检查
		磁极中心线与几何中心线相对位置		重合无偏移	用尺检查
	绕组检查	绝缘表面检查	主要	清洁，无破损	观察检查
		绑线扎锁	主要	紧固	扳动检查
		引线连接		牢固	
风扇	外观			无裂纹、变形	观察检查
	安装方向		主要	正确	
接地	接地连接			牢固，导通良好	扳动及导通检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-10　笼型电动机检查

工序	检验项目		性质	质量标准	检查方法及器具
外观	铭牌及接线图标志			齐全、清晰	观察检查
转子装配检查	轴承（柱）转子音响		主要	正常	盘动转子听察
	转动惯性			均匀无阻滞	
接线盒检查	接线端子绝缘外观			无损伤、受潮	观察检查
	出线标号及引线连接			正确、牢固	观察及用扳手检查
	绕组接线		主要	正确	对照接线图检查
滚动轴承检查	外圈与机座配合			紧固	扳动检查
	内圈与轴配合				
	转动试验		主要	灵活无卡阻	
	动体与内外圈间隙			按制造厂规定	对照厂家规定检查
润滑油	外观		主要	清洁，无硬化变色	观察及触摸检查
	油脂特性		主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
	填充量			填至 2/3 内腔高	观察检查
绝缘检查	绝缘绕组	1kV 以下	主要	≥0.5MΩ	用绝缘电阻表检查
		1kV 及以上	主要	≥1MΩ/kV	查试验报告
	1kV 及以上绕组吸收比		主要	$\geq 1.2R_{60}/R_{15}$	查试验报告
	轴承座绝缘电阻			≥0.5MΩ	用绝缘电阻表检查
抽心检查	铁心	漆层	主要	无脱皮锈蚀	观察检查
		风道通畅检查	主要	无阻塞	通风观察
		转子平衡块	主要	紧固可靠	扳动观察
		槽楔装配		紧固	木锤敲击检查
		每根槽楔的空响长度		≤1/3 槽楔长（或按制造厂规定）	
	笼型	端环与铜（铝）条连接		良好、无断裂	观察检查
		端环外观		无裂纹	
		绝缘层外观	主要	清洁，无破损	观察检查
	绕组	绑线扎锁	主要	紧固	扳动检查
		引线连接	主要	牢固	
风扇	外观			无断裂、变形	观察检查
	安装方向		主要	正确	
接地	接地连接			牢固，导通良好	扳动及导通检查

注：电动机、发电机按其容量不同检查内容也不同，具体区分见《电气装置安装工程施工及验收规范》。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-11 发电机检查（隐蔽）签证

型　　号		额定容量 MW		接线方式	
额定电流 A		转速 r/min		冷却方式	
额定电压 kV		频率 Hz		功率因数	
励磁电压 V		励磁电流 A		励磁方式	
制造厂家		出厂编号			
检　查　内　容				检　查　结　果	
定子铁心、绕组及机座内部清洁；各部分螺栓紧固无松动					
定子铁心外观无锈蚀、损伤及金属性短接					
定子槽楔无裂纹、凸出及松动；通风道、通风孔无杂物堵塞					
定子绕组绝缘层表面无伤痕、破损；端部紧固件和绑扎牢靠					
冷却水管外形无凹瘪、损伤，管道内畅通无阻塞					
冷却水管间及与端盖无碰撞可能；定子汇流管绝缘良好					
转子铁心防锈漆层外观无脱皮、锈蚀					
通风孔内“堵塞物”已全部拆除，各通风孔畅通					
转子上的平衡物及紧固件固定牢固，无脱落可能					
集电环表面光洁、无锈斑					
定子绕组冷却水管风压试验、转子通风试验合格					
各项电气及热控试验项目试验结果符合标准要求					

检查结论：

（经检查，本发电机上列各检查项目符合规范要求，可以进行下道工序安装）

质检机构	验　收　意　见	签　　名
班　　组		年　　月　　日
工　　地		年　　月　　日
质检部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日
建设单位		年　　月　　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-12　（主设备名称编号）电动机带电试运签证

型　　号		额定容量/kW		接线方式	
额定电压/kV		额定电流/A		转速/（r/min）	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	
检查项目		检查结果	检查项目		检查结果
盘柜内部清洁			盘内孔洞封堵		
电缆挂牌			二次回路接线标志		
测量仪表校验有效期			开关推拉及机械闭锁		
开关分、合闸指示			操作及传动试验		
一次回路绝缘值/MΩ			二次回路绝缘值/MΩ		
室内消防设施			用手盘动电动机转子		
该电动机于　　年　月　日　时　分～　时　分，空负荷试转　h					环境温度　　℃
电动机起动电流/A			电动机空载电流/A		
对轮侧轴承温度/℃			风扇侧轴承温度/℃		
对轮侧垂直振动/mm			对轮侧水平振动/mm		
风扇侧垂直振动/mm			风扇侧水平振动/mm		

试运结论：

（电动机经　h　min 空负荷试转，电流、轴承温升、电动机振动正常，控制、保护及信号正常）

质检机构	验收意见	签　　名
班　　组		年　　月　　日
工　　地		年　　月　　日
质检部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日
建设单位		年　　月　　日

电气工程中，额定电压 500V 以下低压断路器、低压接触器及电动机起动器、低压隔离开关、刀开关变阻器、电磁铁、按钮等的安装质量检查标准及方法见表 14-13～表 14-20。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-13 低压断路器、低压接触器及电动机起动器的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
外观检查	铭牌标志			清晰	观察检查
	型号及规格			按设计规定	对照图样检查
电器安装	水平及垂直度偏差		主要	≤2mm	用尺检查
	固定连接			牢固	扳动检查
	抽屉式断路器空载时抽、拉试验			无卡阻、机械联锁可靠	操动检查
	直流快速断路器极间中心距离与相邻设备或建筑物的距离			≥500mm	用尺检查
	直流快速断路器接线时母线支点与断路器之间的距离			≥1000mm	
	导体	漏电距离	主要	≥20mm	用尺检查
		电气间隙	主要	≥12mm	
导电部分检查	触头外观		主要	光洁、无毛刺	触摸及观察
	端子上连接的不同相母线距离		主要	≥10mm	用尺检查
	合闸时动静触头接触		主要	紧密	观察检查
	触头动作检查			对栅片无碰触	扳动检查
	同相两侧、相间及对地绝缘		主要	≥0.5MΩ	用绝缘电阻表检查
灭弧装置	灭弧罩完好度			无裂纹、损伤	观察检查
	灭弧室检查		主要	完整、清洁、畅通	
线圈检查	直流有极性快速开关触头线圈极性检查			和主回路极性一致	观察检查
	线圈对地绝缘值		主要	≥0.5MΩ	用绝缘电阻表检查
	引线连接			牢固	用扳手或螺钉旋具检查
辅助触点检查	固定连接			牢固	用螺钉旋具检查
	动作及接触可靠性		主要	正确、良好	导通检查
电磁铁检查	铁心结合面外观		主要	平整、无尘垢	观察检查
	合闸时铁心吻合		主要	吻合紧密，无噪声	
传动机构检查	轴销连接			可靠	观察检查
	可动部分配合			灵活、无卡阻	操动检查
	半轴与再扣板接触宽度		主要	1～1.3mm	用尺检查
	脱扣电磁铁与脱扣指间距		主要	2～3mm（或按制造厂规定）	
	分合闸可靠性		主要	无拒动	操动试验
	可逆磁力起动器联锁装置动作			正确，可靠	
	电动机构	合闸过程		开关无跳跃	操动试验
		线圈或电动机通电时间		按制造厂规定	
		联锁装置动作		可靠	
保护装置	热元件	规格		按设计规定	对照图样检查
		整定值	主要		
	过电流保护动作			准确、可靠	检查试验报告
接地	接地连接			牢固、可靠	扳动及导通检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-14　低压隔离开关、刀开关、负荷开关（铁壳开关）的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
外观检查	铭牌标志			清晰	观察检查
	型号及规格			按设计规定	对照图样检查
	安装面垂直度			无明显倾斜	观察检查
	安装孔眼横向中心线水平度			平直	
	固定连接		主要	牢固	扳动检查
开关检查	刀片绞接点弹簧压力		主要	充足	操动检查
	固定触头钳口压力		主要		
	刀口与触头钳口中心线相对位置		主要	重合	观察检查
	带弹簧的消弧触头动作试验		主要	三相一致，且动作迅速	操作观察
	带铁壳的负荷开关绝缘内衬外观			完好、无脱损	观察检查
	双投刀开关分闸时刀片位置固定			固定可靠	
	导体	漏电距离	主要	≥20mm	用尺检查
		电气间隙		≥12mm	
	底板及刀片连杆绝缘/MΩ		主要	按设计规定	用绝缘电阻表检查
	端子上连接的不同相母线间距离			≥10mm	用尺检查
	用连杆操纵的刀开关操动试验			灵活，无卡阻	操动检查
	同列布置的操作手柄分合闸位置			整齐、一致	观察检查

表 14-15　变阻器及电阻器安装

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
外观检查	型号及规格		按设计规定	对照图样检查
	装置外观		无损伤	观察检查
变阻器检查安装	电阻与固定触点连接		牢固	导通检查
	动静触头接触紧力		压力充足，接触良好	
	动静触头滑动过程接触检查		无瞬间开路或卡阻	操动检查
	对地绝缘		按制造厂规定	用绝缘电阻表检查
	分断及操作方向标志		齐全、清晰	观察及操作检查
	传动试验	主要	平滑、无卡阻	操动检查
	频敏变阻器抽头及气隙检查		按制造厂规定	对照厂家说明书检查
	电传动时终端开关及信号指示动作		正确、可靠	观察检查
	两侧齿轮位置		平行，在同一垂直面内	齿链传动时吊线检查
电阻器检查安装	片间接触面连接	主要	紧固、可靠	用试灯导通检查
	片间绝缘检查	主要	良好、无损伤	观察检查
	电阻器紧固连接		牢固	用扳手检查
	电阻片间距		中间无碰触	观察检查
	电阻值检查	主要	按铭牌标志	电桥测量
	有振动场所的防振措施		良好	观察检查
接地	接地连接	主要	牢固，导通良好	扳动并导通检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-16 电磁铁安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
外观检查	线圈及铁心外观			完好、无损伤	观察检查
	型号及规格			按设计规定	对照图样检查
	缓冲器气孔通畅检查			无堵塞	观察检查
电磁铁安装	固定连接			牢固	用扳手检查
	线圈绝缘			按制造厂规定	用绝缘电阻表检查
	直流线圈并联放电回路连接			完整、无开路	用万用表检查
	电刷对集电环接触紧力			合适	用扳手检查
	衔铁及传动机构动作试验			灵活、无卡阻	观察检查
电磁铁调整	缓冲器通电吸合冲击试验		主要	无剧烈冲击	观察检查
	铁心	声响	主要	正常	听察
		动静铁心贴合	主要	紧密、平整	观察检查
		直流电磁铁释放速度	主要	正常、无剩磁阻滞	
		动作行程		按制造厂规定	对照厂家说明书检查
		吸合时间	主要	≤0.5s	观察或秒表检查
接地	接地连接		主要	牢固，导通良好	扳动并导通检查

表 14-17 按钮及限位开关的安装

工序	检验指标	性质	质量标准	检验方法及器具
按钮及开关检查	触头通断可靠性	主要	良好	操作检查
	机械性能		灵活、无卡阻	
按钮安装	固定连接		牢固	触动观察
	壁柱上安装的就地操作按钮高度		1.3～1.5m	用尺检查
	同一场所按钮高度	主要	相互一致	用尺测量、观察
	用途标志	主要	清晰	观察检查
限位开关安装	固定连接		牢固	触动观察
	开关安装部位		按机械装置要求	观察检查
	撞杆配合定位要求	主要	开关能可靠动作	观察、试动
	撞杆固定连接		牢固	触动观察
接地	接地连接	主要	牢固，导通良好	扳动并导通检查

表 14-18 动力中心（PC）盘安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
盘体就位找正	间隔布置		主要	按设计规定	对照设计图检查
	垂直度		主要	<1.5mm/m	用铅坠检查
	水平误差	相邻两盘顶部		<2mm	拉线检查
		成列盘顶部		<5mm	
	盘面误差	相邻两盘边		<1mm	
		成列盘面		<5mm	
	盘间接缝		主要	<2mm	用尺检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检 验 项 目	性质	质 量 标 准	检验方法及器具
盘体固定	盘体固定	主要	牢固	扳动检查
	紧固件检查		完好、齐全、紧固	观察检查
	紧固件表面处理		镀锌	
	振动场所的防振措施		按设计规定	对照设计图检查
盘体接地	盘体与基础连接	主要	牢固，导通良好	观察及导通检查
	有防振垫盘的接地		每段盘有两点以上明显接地	
	装有电器可开启屏门的接地		用软铜导线可靠接地	
柜上电气部件检查	设备及表计型号规格	主要	按设计规定	对照设计图检查
	设备外观检查		完好、齐全	观察检查
	熔断器熔丝配置		按设计规定	对照设计图检查
	载流体相间及对地距离/mm	主要	按 GB 7251 的规定	用尺检查
	表面漏电距离/mm	主要	按 GB 7251 的规定	
	二次回路带电体对地距离/mm		按 GB 50171—2012 的规定	对照规范检查
	二次回路带电体表面漏电距离/mm			
其他	盘面检查		平整、齐全	观察检查
	盘前后标识		齐全、清晰	观察检查

表 14-19　电动机控制中心（MCC）盘安装

工序	检 验 项 目		性质	质 量 标 准	检验方法及器具
盘体就位找正	间隔布置		主要	按设计规定	对照设计图检查
	垂直度		主要	<1.5mm/m	用铅坠检查
	水平误差	相邻两盘顶部		<2mm	拉线检查
		成列盘顶部		<5mm	
	盘面误差	相邻两盘边		<1mm	
		成列盘面		<5mm	
	盘间接缝			<2mm	用尺检查
盘体固定	盘体固定		主要	牢固	扳动检查
	紧固件检查			完好、齐全、紧固	观察检查
	紧固件表面处理			镀锌	
	振动场所的防振措施			按设计规定	对照设计图检查
接地	盘体与基础连接		主要	牢固，导通良好	观察并导通检查
	有防振垫的盘的接地			每段盘有两点以上明显接地	
	抽屉与盘体间接地			接地可靠	
	装有电器可开启屏门的接地			用软铜导线可靠接地	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检 验 项 目	性质	质 量 标 准	检验方法及器具
盘上设备检查	盘上设备型号规格	主要	按设计规定	对照设计图检查
	设备外观		完好、无损伤	观察检查
	盘面检查		平整、齐全	
	抽屉推拉试验	主要	无卡阻碰撞	操作试验
	动、静触头中心线检查		一致	观察检查
	动、静触头接触	主要	紧密、可靠	
	机械与电气联锁装置		可靠	操动试验
	抽屉隔离触头		通断顺序正确	
	二次回路连接插件	主要	接触良好	导通检查
	熔断器熔丝配置		按设计规定	对照设计图检查
	回路名称标志		齐全、清晰	观察检查

表 14-20　就地动力控制设备箱体的安装

工序	检 验 项 目	性质	质 量 标 准	检验方法及器具
箱体安装	安装位置		按设计规定	对照设计图检查
	落地箱底座高出地面尺寸		按设计规定（无设计规定时宜为 10mm）	用尺检查
	悬挂箱中心至地面高度		按设计规定，一般为 1.2～1.5m	
	安装垂直度误差/（mm/m）		<1.5	用铅坠检查
	户外箱体的密封	主要	良好、防水、防潮、防尘	观察检查
	紧固件表面处理		镀锌	
	紧固件检查	主要	齐全、完好、紧固	用扳手检查
	箱架接地连接	主要	牢固，导通良好	扳动并导通检查
	振动场所的防振措施		按设计规定	对照设计图检查
	装有电气可开启屏门的接地		用软铜导线可靠接地	观察并导通检查
	箱面标志		齐全	观察检查
	电器元件安装		按设计规定	对照设计图检查
	熔断器、熔丝配置			

电气工程中整流逆变类盘柜、蓄电池柜、稳压器柜、隔离变压器等的安装质量检查标准及方法见表 14-21～表 14-30。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-21　盘柜基础安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
基础安装	基础型钢安装误差	不直度		<1mm/m（或<5mm/全长）	拉线检查
		水平度			用水平尺检查
	基础中心线误差		主要	±5mm	用尺检查
	盘基础与地面标高差	固定式		≤10mm	用水准仪或连通管检查
		移动式		与地面标高一致	
	基础布置			按设计规定	对照图样检查
	基础型钢接地点数			>2 点	观察检查
	接地线连接方式			焊接	
	接地连接			牢固，导通良好	扳动并导通检查

表 14-22　整流逆变类盘柜的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
柜体安装	垂直度		主要	<1.5mm/m	用铅坠检查
	柜面不平度	相邻两柜边		<1mm	拉线检查
		成列柜面		<5mm	
	柜间缝隙			<2mm	目测
	水平误差			<5mm	水平尺检查
	固定方式	固定式		螺接	观察并扳动检查
		移动式		卡子或支撑	
	固定			牢固	扳动检查
	紧固件检查			镀锌层完好,螺栓齐全、紧固	观察检查
	螺栓露扣长度			2～5 扣	
	振动场所的防振措施			可靠	
柜体接地	有防振垫的柜体接地			每列盘有两点以上明显接地	观察并导通检查
	装有电器的可开启屏门接地			用可挠导线可靠接地	观察检查
	底架与基础接触		主要	导通良好	导通检查
柜上设备检查	元件规格及数量		主要	按设计规定，且附件备件齐全	对照图样检查
	插件板、端子板检查			无断裂、变形	观察检查
	插接式扁平电缆			电缆理顺整齐无死弯	
	接触簧片弹性		主要	充足	手轻扳试验
	插件镀银层检查			完好，清洁	观察检查
	螺接导线检查			无松动	扳手检查
	焊接导线检查		主要	无脱焊、碰壳、短路	观察检查
	印制电路板检查			洁净，无腐蚀	
	整流器件固定		主要	固定牢固，在散热器接触面上涂硅脂	观察及扳动检查
	盘内导线检查			无脱焊、短路、松动	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
柜上设备检查	回路检查与接线			按 GB 50171—2012 规定	对照规范检查
	整流元件紧固力矩/（N·m）	制造厂有规定		按制造厂规定	对照制造厂或规范规定值用力矩扳手检查
		制造厂无规定		按 GB 50149—2010 规定	
	回路接线	硬母线		按 GB 50149—2010 规定	对照规范检查
		电缆接线		按 GB 50171—2012 规定	
水冷系统安装检查	阻容保护及均压回路检查			无开路	用万用表检查
	进出水管与冷却系统连接			用绝缘管连接	观察检查
	绝缘管长度（1kV 以下）			≥1.5m	用尺检查
	普通钢冷却管内部壁处理			防腐层完整，牢固	观察检查
	冷却系统清洁度			冲洗干净	
	管道内部检查			无阻塞	通气检查
	在额定压力下的流量			按产品规定值	观察检查
	冷却软管检查			无扭折，连接正确	
	系统水压试验		主要	无渗漏	2 倍额定工作压力试验 30min
风冷系统安装检查	叶片外观			完好无裂纹变形	观察检查
	转子装配检查			转子平滑无卡阻	手拨转子观察
	绝缘电阻值		主要	≥0.5MΩ	用 500V 绝缘电阻表检查
	风机旋转方向			正确	目测检查
带电部分对地距离	一次回路		主要	按 GB 50171—2012 的规定	对照规范检查
	二次回路		主要	按 GB 50149—2010 中的规定	

表 14-23　蓄电池柜安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
蓄电池柜安装检查	外观检查			设备完好，清洁，无异常	观察检查
	电池本体			完好无破损，编号齐全	
	盘内熔断器规格			按设计规定	对照图样检查
	温度监测装置			设备及引线安装牢固	观察检查
	接线			正确，牢固	对照图样检查
	绝缘电阻		主要	≥1MΩ	用绝缘电阻表测量
	电池端电压测量（输入、输出断开时）/V		主要	量值及极性按制造厂规定	用万用表测量
	输入电流测量（输出断开，首次送电）/A				用盘表或盘上显示器及万用表测量
	输出电流测量（首次使用时）/A				
	输出电压测量（首次使用时）/V	空载时	主要		
		负载时			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-24　稳压器柜的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
电压调整器柜安装检查	外观检查			设备完好，清洁，无异常	观察检查
	调压器本体固定			牢固，无松动	
	控制元件检查			固定牢固，接线正确可靠	
	绝缘电阻		主要	≥1MΩ	用绝缘电阻表测量
	柜体接地检查			牢固，导通良好	扳动并导通检查
	调压器滑动触头检查			接触良好，滑动灵活，电动调整均匀无卡阻	观察检查
	调压器电动调整	手动	主要	动作正确可靠，盘表指示正确	手动操作
		自动	主要		模拟自动操作

表 14-25　隔离变压器及输出变压器的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
隔离变压器及输出变压器安装检查	外观检查			设备良好，清洁，无异常	观察检查
	变压器本体安装			固定牢固	
	变压器接地		主要	牢固，导通良好	扳动并导通检查
	电气连接		主要	正确，可靠	观察检查
	电气试验		主要	项目齐全，试验合格	检查试验记录
	投运检查	电压值/V	主要	按设计规定	用万用表检查
		相位	主要	正确	

表 14-26　整流装置检查及带负荷试运

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
检查	主回路检查			接线牢固，开关动作灵活，触点接触可靠	观察检查
	电源相序检查			正确	用相序表检查
	快速熔断器检查			熔断器指示正确	观察检查
	控制、保护回路的动作		主要	正确可靠	操作试验观察
	信号指示及音响装置动作		主要		
	电阻元件温升/℃			按设计或制造厂规定	手感或用温度计检查
	硅整流器件温升/℃				
	输入电压/V		主要		用电压表测量
试验投运	绝缘试验	主回路	主要	≥1MΩ/kV	用绝缘电阻表测量
		二次回路	主要	一般地区≥1MΩ 潮湿地区≥0.5MΩ	
	交流耐压试验		主要	出厂试验电压值的85%	用试验仪器检查
	轻负荷试验（用外加1%～2%的额定负荷）		主要	按制造厂规定	用示波器、万用表检查
	负荷试验（用试运阶段实际可能发生的负荷）		主要		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-27 不停电电源装置检查及带负荷试验

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
主体部分检查	快速熔断器检查			熔断指示器正常	观察检查
	主回路检查			接线牢固，开关动作灵活，触点接触可靠	
	电源相序检查		主要	正确	用万能表、相序表检查
	工作、备用、旁路电源相位检查		主要		
	控制、保护回路的动作		主要	正确可靠	模拟操动试验观察
	信号指示及音响装置动作		主要		
	盘内照明			灯具及门开关工作良好	观察检查
	通风及冷却系统			风机运转良好，风道清洁无堵塞	
	电阻元件温升/℃			按设计或制造厂规定	手感或用温度计检查
	硅整流器件温升/℃				
	接触器、继电器检查			吸合正常，无噪声	观察检查
试验投运	绝缘试验	主回路	主要	1MΩ/kV	用绝缘电阻表测量
	耐压试验	主回路	主要	厂家试验电压的 0.85 倍，持续 1min	用专用仪器设备检查
	交流输入试验		主要	改变输入交流电压值其输出应按设计或制造厂规定	用万用表、盘表及显示器检查
	切换试验	工作与备用	主要	按设计或制造厂规定	
		工作与旁路	主要		
		备用与旁路	主要		
	交流电源消失试验		主要		
	轻载试验		主要	表计、显示器指示正常，各控制特性按设计或制造厂规定	
	负载试验		主要	元件发热状况负荷急剧变化时的工况均应按设计或制造厂规定	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-28　自动励磁调整装置的检查及调整试验

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
装置检查	主回路检查			接线牢固，开关动作灵活，触点接触可靠	观察检查
装置检查	快速熔断器检查			熔断指示器正常	
	电源相序检查			正确	用相序表检查
	盘内照明			灯具及门开关工作良好	观察检查
	通风及冷却系统			风机运转良好，风道清洁无堵塞	
	控制及起动用直流电源检查		主要	极性正确	用万用表检查
	控制、保护回路的动作		主要	正确可靠	操动试验观察
	信号指示及音响装置动作		主要		
	电阻元件温升/℃			按设计或制造厂规定	手感或用温度计检查
	硅整流器件温升/℃				
	绝缘检查	主回路		5MΩ（20℃±5℃，相对湿度10%～50%）	用绝缘电阻表检查
		控制回路		2MΩ（20℃±5℃，相对湿度10%～50%）	
	交流耐压试验（耐压时必须将晶体元件电子回路元件短接）		主要	出厂试验电压值的85%	用试验仪器检查
	检查输入电流相位		主要	正确	用万用表、相序表检查
	检查输入电压相位		主要		
	静态试验（调节器各单元的输入输出特性，设定工作点，增益参数）及操作程序试验			根据发电机实际参数，按制造厂规定调试	按预设设定值核对
	总体调试（调节器带模拟负载作输入输出特性），检查整组特性，调整范围，各类保护的工况			输入信号输入电源间相位极性关系，晶闸管触发脉冲波形，各表计显示器信号按制造厂规定	由外接仪表、盘表、信号显示器判别
投运试验	运行试验	备用位置	手动升降压运行	主要	电压调整范围、升压、运行、切换稳定，各项运行特性按制造厂规定	按预设定值及产品使用说明书核对各项运行特性
		工作位置	手动升降压运行	主要		
			手动自动切换	主要		
			自动运行	主要		
	灭磁试验					
	准同步并网试验					
	带几种不同无功负荷的运行			主要		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-29 变频调速装置检查及调整试验

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
装置检查	变频器固定方式			用螺栓固定在坚固的金属支架上	观察检查
	变频器安装位置			按设计或制造厂规定	
	制动用放电电阻器安装			固定在金属板上，周围留足散热空间	
	变频器接地			经变频器接地端子可靠接地，接地电阻不大于10Ω	导通检查并检查试验记录
	变频器接线			正确，牢固	按图样核对
	变频器与三相电动机连接			正确	按图样核对
	阻尼器和变频器间连接			正确；盘外连接时两根导线绞在一起，导线长度不大于5m	
	控制回路布线	导线规格		用0.75mm² 屏蔽导线或绞在一起的乙烯线	观察检查
		屏蔽层接地		一端可靠接地	导通检查
	主回路检查			接线牢固，开关动作灵活，触点接触可靠	观察检查
	快速熔断器检查			熔断指示器正常	
	控制、保护回路的动作			正确可靠	操动试验观察
	信号指示及声响装置动作				
	盘内照明			灯具及门开关工作良好	观察检查
	电阻元件温升/℃			按设计或制造厂规定	手感或温度计
	变频器温升/℃				
	通风及冷却系统			风机运转良好，风道清洁无堵塞	观察检查
	电压检查	主回路		按设计或制造厂规定	用万用表检查
		控制回路			
	回路绝缘试验	主回路	主要	>5MΩ	用绝缘电阻表检查
		控制回路	主要	>1MΩ	
	变频器运行参数设置		主要	按设计规定	按预设值核对
	操动试验	就地	主要	动作可靠，信号指示正确	操动试验检查
		远方	主要		
运行试验	电动机运转		主要	正常	观察检查
	各部件检查			无异常声响、发热现象	
	转速调整			按设计规定	对照图样检查
	带负载工况				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-30　（　　号机组）不停电电源带电试运签证

盘柜型式		额定容量/kW		输出电压/V	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

带电前设备及系统检查

检查项目	检查结果	检查项目	检查结果
盘前后标识		盘柜内清洁	
盘柜接地位置		盘内设备接地	
盘内电缆牌		二次回路接线标志	
二次回路绝缘值/MΩ		测量仪表使用有效期	
装置一次设备试验		装置保护试验	
电源相位		仪表校验	
盘内孔洞封堵		室内消防设施	

带电后运行状态检查

检查项目	检查结果	检查项目	检查结果
设备是否有异常声响		保护投入率	
表计及信号指示		保护动作情况	

带电试运结论：

（本不停电电源装置于　　年　　月　　日　　时受电并投入了运行，测量仪表指示正常，控制、保护、信号等系统工作正常。）

质检机构	验收意见	签　名
工　地		年　月　日
质检部		年　月　日
监　理		年　月　日
建设单位		年　月　日

注：动力电路的配线质量标准及检验方法见表 13-4。

电气工程中，电动机、发电机签证检查记录见表 14-31 ~ 表 14-33。

表 14-31　（单位工程名称）100kW 以下低压电动机检查记录

序号	电动机名称	型号	额定容量/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	制造厂家	出厂编号	有无抽心检查及原因	轴承牌号	轴承套内润滑脂量	润滑脂牌号	绝缘电阻/MΩ	检查日期
1													
2													
3													
4													

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	电动机名称	型号	额定容量/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	制造厂家	出厂编号	有无抽心检查及原因	轴承牌号	轴承套内润滑脂量	润滑脂牌号	绝缘电阻/MΩ	检查日期
5													
6													
7													
8													
9													
10													

检查结论：

（经检查，上列各台电动机符合规范要求，可以进行下阶段工作）

班　组	年　月　日	工　地	年　月　日
质检部	年　月　日	监　理	年　月　日

表 14-32　（单位工程名称）100kW 以下低压电动机带电试运签证

序号	电动机名称	型号	额定容量/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	制造厂家	出厂编号	有无抽心检查	试转前绝缘电阻/MΩ	起动电流/A	空载电流/A	最大振动值/mm	试转起止时间
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

检查结论：

（上列各台电动机经空负荷试转 2h 及以上，电气及机械性能工作正常，可以进行下阶段工作）

班　组	年　月　日	工　地	年　月　日
质检部	年　月　日	监　理	年　月　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 14-33　发电机引出线连接及手包绝缘的检查（隐蔽）签证

型　　号		额定容量/MW		接线方式	
额定电流/A		转速/(r/min)		冷却方式	
额定电压/kV		频率/Hz		功率因数	
励磁电压/V		励磁电流/A		励磁方式	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

检　查　内　容	检　查　结　果
发电机引线与出线接触面完好、清洁	
引线与出线连接螺栓规格、数量	
引线与出线连接螺栓紧固力矩值/(N·m)	
螺栓连接未构成闭合磁路	
绝缘包扎材料提供	
绝缘包扎工艺质量控制	
绝缘包扎质量	
引出线包扎后，耐压试验	

检查结论：

（经检查，本发电机引出线连接及绝缘包扎质量符合规范及制造厂规定，可以隐蔽）

质检机构	验收意见	签　　名
班　　组		年　月　日
工　　地		年　月　日
质检部		年　月　日
监　　理		年　月　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第十五章　低压发电设备监督管理

低压发电设备作为企业单位的备用电源或应急电源，在工业生产、公共事业、人民生活中有着重要的作用。低压发电设备主要有汽油发电机组、柴油发电机组、UPS 大容量不间断电源、余热发电机组和风力发电机组等。备用电源的安装质量是关系民生的大事，特别是一些公共场所，有着特别重大的意义。

一、柴油发电机组安装质量总体要求

1. 机组的安装

（1）室内安装必须有一个坚实的混凝土基础，基础应按机身进行设计，基础至少是厚 250～300mm，面积应大于机座每边 100mm，基础内必须配钢筋 ϕ14mm 两层。基础下面的地面必须坚实、能支承基础和机组的重量且能长期在振动下不出现任何不妥。楼内安装必将基础筑于承重梁上，梁应进行设计，其截面积至少是 $300\times400mm^2$ 且配钢筋 ϕ16mm。

（2）室外安装，固定式的机组基础应不小于室内基础及要求，移动式机组必须安装在坚实、干燥、地势偏高于周围，并经夯实整平处理的实地。

（3）固定式机组安装时必须安装减振器，减振器安装位置主要是发电机与基座间，发动机与机座间、机座与基础间。还有机身其他可拆开的连接上，主要有排烟管、排风管、供油管、电线管的连接及其他连接的支承等。

（4）安装机组周围的空气应干净、新鲜，以避灰尘、脏物，可吸微粒进入机组，必要时应采取吸附净化措施，空气滤清器必须接在机组的进风口处，并对其过滤性能进行测试。

（5）冷却、通风、排烟系统必须畅通良好，并有软连接的减振装置，系统不得有走风漏气缺陷，并设置防雨、防风、防雷、防尘装置。管路穿墙部位必须设有套管，直接伸出的管口应有向下弯曲的弯头，垂直向上伸出的必须有防雨帽。

（6）供油系统及油料周围严禁烟火或其他明火，任何人不准在此吸烟。贮油缸四壁禁止受压受挤。系统不得使用镀锌钢管，避免与油品产生化学反应，损害机组，一般应使用黑铁管。输油管的设置，其管径不得小于机身上油管开口位置的直径，溢出管应大于开口直径一个规格或者两个规格，特别是环境温度较低时更应大一些，以保证其永远畅通。与机身连接时应使用软连接，防止振开或断裂。另外，第一级过滤器应装在输送泵与发动机过滤器之间，排水阀、沉淀物排放阀应装在输送泵的逆端。

（7）噪声消除必须符合标准要求。

（8）电气系统必须符合以下要求。

1）与发电机连接的导线必须使用软导线 RX/RXS 或 RV/RVVB/软电缆（YZ 或 YZW），确保机身由于振动或移动而不损坏导线，否则应在机身以外合适部位设接线盒，该盒与机身接线端子采用软导线/软电缆连接。线缆的设置应于线槽或管路中，并符合标准要求。

2）线缆的规格应按使用环境设置，不得小于发电机输出电压、电流的要求，接点、接头必须牢固，相位必须与市电相同，否则会影响动力设备的运行。相位相同不等于与市电并网。

3）接线中要确保三相负载的平衡，应用钳形电流表实测，特别要注意单相负载的合理

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

分配。

4）装有 cosφ 自动补偿装置的机组要确保机组运行时 cosφ 滞后，其值在 0.8～0.95 之间。

5）机组本体及工作零线端子必须可靠接地，螺栓紧固、防松件齐全，并有标识，其接地极必须另设，标地电阻小于 4Ω，任何时候均不得与供电系统共用同一组接地，接地线一般采用软铜线，其规格不得小于 16mm²。

6）机组输出电压必须与市电电相相同，否则应改变发电机绕组接线。改变接线必须经相关技术人员确认。任何人不得私自改变发电机的接法。

7）发电机本身的绝缘电阻应大于 5MΩ，否则应进行干燥处理。发电机组至低压配电柜馈电线路的相间、相对地间的绝缘电阻应大于 0.5MΩ；塑料电缆直流耐压试验为 15min，电压 2.4kV，无击穿现象，泄漏电流稳定。

8）发电机须做试验，试验标准见表 15-1。

表 15-1　发电机交接试验

序号	部位 \ 内容		试验内容	试验结果
1	静态试验	定子电路	测量定子绕组的绝缘电阻和吸收比	绝缘电阻值大于 0.5MΩ 沥青浸胶及烘卷云母绝缘吸收比大于 1.3 环氧粉云母绝缘吸收比大于 1.6
2			在常温下，绕组表面温度与空气温度差在 ±3℃范围内测量各相直流电阻	各相直流电阻值相互间差值不大于最小值 2%，与出厂值在同温度下比差值不大于 2%
3			交流工频耐压试验 1min	试验电压为 $1.5U_N+750V$，无闪络击穿现象，U_N 为发电机额定电压
4		转子电路	用 1000V 绝缘电阻表测量转子绝缘电阻	绝缘电阻值大于 0.5MΩ
5			在常温下，绕组表面温度与空气温度差在 ±3℃范围内测量绕组直流电阻	数值与出厂值在同温度下比差值不大于 2%
6			交流工频耐压试验 1min	用 2500V 绝缘电阻表测量绝缘电阻替代
7		励磁电路	退出励磁电路电子器件后，测量励磁电路的线路设备的绝缘电阻	绝缘电阻值大于 0.5MΩ
8		其他	退出励磁电路电子器件后，进行交流工频耐压试验 1min	试验电压 1000V，无击穿闪络现象
9			有绝缘轴承的用 1000V 绝缘电阻表测量轴承绝缘电阻	绝缘电阻值大于 0.5MΩ
10			测量检温计（埋入式）绝缘电阻，校验检温计精度	用 250V 绝缘电阻表检测不短路，精度符合出厂规定
11			测量灭磁电阻，自同步电阻器的直流电阻	与铭牌相比较，其偏差为 ±10%
12	运转试验		发电机空载特性试验	按设备说明书比对，符合要求
13			测量相序	相序与出线标识相符
14			测量空载和负荷后轴电压	按设备说明书比对，符合要求

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）国家标准的要求：

① 发电机的试验必须符合相关规范的规定。

② 发电机组至低压配电柜馈电线路的相间、相对地间的绝缘电阻值应大于0.5MΩ；塑料绝缘电缆馈电线路直流耐压试验为2.4kV，时间15min，泄漏电流稳定，无击穿现象。

③ 柴油发电机馈电线路连接后，两端的相序必须与原供电系统的相序一致。

④ 发电机中性线（工作零线）应与接地干线直接连接，螺栓防松零件齐全，且有标识。

⑤ 发电机组随带的控制柜接线应正确，紧固件紧固状态良好，无遗漏脱落。开关、保护装置的型号、规格正确，验证出厂试验的锁定标记应无位移，有位移应重新按制造厂要求试验标定。

⑥ 发电机本体和机械部分的可接近裸露导体应接地（PE）或接零（PEN）可靠，且有标识。

⑦ 受电侧低压配电柜的开关设备、自动或手动切换装置和保护装置等试验合格，应按设计的自备电源使用分配预案进行负荷试验，机组连续运行12h无故障。

2. 设备的测试与关键部位的检查

发电机的测试方法基本同电动机，但项目和指标则有所不同，因此只列出电动机中没有讲述过的内容。

（1）发电机绕组的测试

1）定子绕组绝缘电阻：规范中未作规定，但至少应大于1MΩ/kV；各相的不平衡系数不应大于2；沥青浸胶及烘卷云母绝缘的吸收比不应小于1.3；环氧粉云母绝缘的吸比不应小于1.6。

2）定子线圈直流电阻：应在冷态下测量，测量时线圈表面温度与周围空气温度之差不应大于±3℃。在校正了由于引线长度不同而引起的误差后，相互差别不应超过最小值的2%；与出厂时测得的相应数值比较，其相对变化不应大于2%。

3）定子绕组直流耐压试验和泄漏电流的测量基本同交流耐压试验，但使用直流耐压试验设备。试验电压为发动机额定电压的3倍。试验时，先将被试物充分放电，接好线后要经专人检查，并按试验标准计算好低压侧的加压值，将其对应于试验电压的25%、50%、75%和100%分成四级。

试验时要注意被试物的温度及气候情况，一般应选择干燥晴朗天气进行，其他注意事项可参照交流耐压试验的条款进行。

在规定的试验电压下，泄漏电流应符合下列规定：

① 各相泄漏电流的差别不应大于最小值的50%；当最大泄流在20μA以下者，各相间差值不做规定，但与出厂试验值不应有显著变化。

② 泄漏电流应稳定，不随时间延长而增大，如有应找出原因并使之消除。

③ 泄漏电流随电压不成比例地显著增长时，应注意分析。

④ 氢冷发电机必须在充氢前或排氢后且含氢量在3%以下时进行试验，严禁在置换氢过程中进行试验。

⑤ 水内冷发电机试验时，应采用低压屏蔽法。

4）定子绕组交流耐压试验　试验标准见表15-2。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 15-2　定子绕组试验电压标准

容量/kW	额定电压/V	试验电压/V
10000 以下	36 以上	$0.75(2U_N+1000)$
10000 及以上	3150～6300 6300 以上	$0.75\times2.5U_N$ $0.75(2U_N+3000)$

注：U_N 为电机额定电压（V）。

5）转子绕组绝缘电阻的测量可在发电机额定转速超速试验前、后进行；当转子额定电压为 200V 以上时应用 2500V 绝缘电阻表，200V 以下时采用 1000V 绝缘电阻表；转子绕组绝缘电阻值不应低于 0.5MΩ，水内冷转子绕组使用 500V 及以下绝缘电阻表测量时不应小于 5000Ω；当定子绕组绝缘电阻已符合起动要求时，而转子绕组绝缘电阻值不小于 2000Ω 时，可允许投入运行。

6）转子绕组的直流电阻，一般应在冷态下进行，测量时线圈表面温度与周围空气温之差不应大于 ±3℃，数值与出厂试验数值差别不应超过 2%。显极式转子绕组，应对各磁极绕组进行测量。当误差超过规定时，还应对各磁极绕组间的连接点电阻进行测量。

7）转子绕组交流耐压试验应符合以下规定：

① 整体到货的显极式转子，试验电压为额定电压的 7.5 倍，且不应低于 1200V。

② 现场组装的显极式转子，单个磁极绕组的耐压试验应按制造厂规定进行。组装后试验的规定：

额定励磁电压为 500V 及以下时，为额定励磁电压的 10 倍，且不应低于 1500V；

额定励磁电压为 500V 以上时，为额定励磁电压的 2 倍再加 4000V。

③ 隐式转子绕组一般不进行交流耐压试验，应用 2500V 绝缘电阻表测量绝缘电阻来代替。

8）测量发电机和励磁机的励磁回路连同所连接的所有设备的绝缘电阻，阻值应大于 0.5MΩ，否则应查明原因并消除。回路中如有电子元器件，试验时应将其插件拔出或将其短接。

9）发电机和励磁机的励磁回路连同所连接的所有设备的交流耐压试验的试验电压为 1000V。回路中如有电子元器件，试验时应将其插件拔出或将其短接。

10）测量灭磁电阻器、自同步电阻器的直流电阻阻值与铭牌数值比较，其偏差不超过 10%。

11）定子铁心试验应符合下列规定：

① 采用 0.8～1.0T 的磁通密度进行试验。当各点温度按 1.0T 磁通密度折算时，铁心齿部的最高温升不应超过 45℃；各齿的最大温差不应超过 30℃。新机的铁心齿部温升不应超过 25℃，温差不应超过 15℃；试验持续时间为 90min。

② 当制造厂已进行过试验，且有出厂试验报告时，可不进行试验。

12）测量发电机、励磁机的绝缘轴承和转子进水支座的绝缘电阻，应符合下列规定：

① 应先装好油后测量，采用 1000V 绝缘电阻表测量，绝缘电阻不应小于 0.5MΩ。

② 氢冷发电机应测量内、外档油盖的绝缘电阻，其阻值符合制造厂的规定。

13）测量检温计的绝缘电阻并校验温度误差、并符合下列规定：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 采用250V绝缘电阻表测量。

② 检温计指示值误差不应超过制造厂的规定。

14）测量轴电压，应符合以下规定：

① 分别在空载额定电压时及带负载后测量（水轮发电机应测量轴对机座的电压）。

② 汽轮发电机的轴承油膜被短路时，轴子两端轴上电压宜等于轴承与机座间的电压。有关短路、空载特性试验将在后面介绍。

（2）集电环和电刷的检查及调整

1）集电环应与轴同心，摆度不大于0.05mm；集电环表面应光滑、无损伤、无油渍脏物。

2）电刷架及其横杆应固定牢固，绝缘管、垫应无破损、油污，绝缘电阻良好。

3）刷握与集电环表面间隙应调整为2～4mm。

4）电刷的安装调整应符合以下规定：

① 同一发电机上必须使用同一规格型号、同一厂家的电刷。

② 电刷的金属编织带应连接牢固，接触良好，不得与转动部位或弹簧片相触及，具有绝缘垫的电刷，其垫应完整且绝缘良好。

③ 电刷在刷握内应能上下自由移动，其间隙一般为0.1～0.2mm。

④ 恒压弹簧应完整无损，型号及压力应符合要求。

⑤ 电刷与集电环的接触面应按弧度吻合为准，接触面积不应小于单个电刷截面积的75%。研磨后的电刷应将炭粉末清除干净。工作时的电刷应在集电环的整个表面内工作，不得靠近集电环的边缘。

⑥ 电刷的接触压力一般应调到不使电刷冒火的最小压力，且同组电刷的压力应力求均匀，一般为0.015～0.025MPa。

（3）抽心检查

抽心方法同电动机，主要目的是检查定子和转子的绕组及内部有无不妥，部分内容与电动机相同。但当生产商有确保质量合同的可不抽心检查。

1）定子的铁心、绕组、机座内部应清洁无尘、无油污、无杂物。

2）绕组的绝缘表面应完整、无伤痕和起泡现象，端部与绑环应紧固垫实，紧固件完整，螺母锁紧。

3）铁心硅钢片应无锈蚀，无松动损伤，通风孔及风道应清洁无阻塞。

4）埋入式测温元件的引出线及端子板应清洁，且绝缘良好，安装应牢固。

5）定子槽楔无断裂，无凸出及松动现象，每根槽楔的空响长度不应超过1/3，端部槽楔必须牢固。

6）定子内严禁金属异物，进入定子内部的检查人员必须身着洁净，严禁带有易落的金属物件，不得穿硬底鞋或直接踏在线圈端部。

7）转子上的平衡块应固定牢固，不得增减或位移，平衡螺钉应锁紧牢固。风扇叶片安装牢固、旋转方向正确且牢固，应无破损、无裂纹、无焊口开裂现象，螺栓应可靠锁死。

8）磁极绕组绝缘良好，磁极稳固，磁极间的连线应绑扎牢固、稳固不动。

9）发电机的空气间隙及磁场中心应符合产品要求。

10）安装端盖前，应再次检查内部，不得有任何遗留物，气封通道应畅通。安装后，端盖接合处应紧密。装好后应再次测量绝缘电阻，不得低于前面测定的数值。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

11）引出线的接触面应平整、清洁、无油渍脏物，镀银层不得锉磨。连接应紧固可靠，接触面良好，要注意铁质螺栓的位置，避免构成闭合磁路。

（4）空载开机试验

1）空载开机试验的条件

① 上述测试和检查全部合格，并无其他不妥；干燥处理完毕。

② 场地允许，且有排气、送油条件；

③ 柴油发动机检查合格并能按要求起动，且柴油充足已运到现场。

2）空载开机试验的项目。

① 测量三相短路特性曲线，测得的数据与出厂试验相符，并在测量误差范围之内；对于发电机变压器组，如发电机有短路特性出厂试验报告时，只测取整机短路特性，其短路点应设在变压器高压侧。

② 测量空载特性曲线，测得的数据与出厂试验相符，并在测量误差范围之内。在额定转速下，试验电压的最高值为定子额定电压的130%；当发电机绕组有匝间绝缘时，应进行匝间耐压试验，在130%额定电压下持续5min应不击穿。对于发电机变压器组，如发电机有空载特性及匝间耐压出厂试验报告时，只作发电机变压器组的整组空载特性，电压加至定子额定电压值的105%。

③ 测录发电机定子开路时的灭磁时间常数，时间常数一般不作规定。

④ 励磁机特性试验。

⑤ 测量发电机自动灭磁装置分闸后的定子残压，残压值一般不作规定。

⑥ 相序、转子电压、转子绕组交流阻抗和功率损耗、超瞬态电抗和负序电抗等参数的测量。

（5）发电机的干燥处理

1）新安装或更换绕组后的以及长期停用的发电机，当绝缘电阻低于下列数值时，应进行干燥处理：

① 在温度为15～30℃时所测得的吸收比 $R_{60}/R_{15}<1.3$ 时；

② 所测得的绝缘电阻，换算到75℃时的绝缘电阻值低于定子绕组额定电压1MΩ/kV时。

2）干燥方法：发电机的干燥方法很多且与电动机干燥相同。

（6）电控保护箱（柜）的测试

基本同控制柜的测试，但要注意与市电切换装置的调整，同时要注意电控保护柜是与机组配套使用的，有的控制箱不装设切换装置。

（7）柴油发动机的检查试验

柴油发动机的检查试验应在机械专业人员为主的情况下进行。

1）检查各部件装置的正确性，各部件连接螺栓的紧固程度；联轴器与发电机的连接情况，中心位置是否正确及其螺栓紧固程度，如果传动带传动则应检查传动带是否跑偏，接头是否可靠及传动带的松紧程度。

2）检查油泵至各喷油嘴管路连接是否松动，消除漏油、漏气、漏水，擦拭油污、水迹、尘土进而发现不妥之处。检查机油油位是否正常，油量不足时应按冬夏不同季节分别加不同季节的油。

3）检查蓄电池电压及电解液比重。当气温在15℃时，电解液的比重为1.28～1.29，最

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

低不小于1.27，比重的测量应使用专用的电解液比重计。电解液面的高度一般应高出极板10～20mm。

4）检查并调整风扇和充电发电机的传动带的松紧程度。

5）检查粗滤网、空气滤清器及机油，必要时要清洗滤网和滤清器并更换机油；检查柴油滤清器，清洗气缸体盖板上通气管的滤芯，浸上机油并重新装好。

6）检查喷油泵机油的油位，不足时应添注同号机油，同时检查喷油泵、喷油嘴的喷油压力和雾化情况，必要时要进行清洗和调整。检查配气正时及喷油提前角的正确性，必要时要进行调整。其中配气正时是指活塞下降时，进气阀开启及活塞上升时进气阀关闭的程度，应调整合适，不得错前错后。

7）检查进气、排气门的密封情况，必要时要进行研磨；检查水泵溢水孔滴水情况，如滴水严重或成流时应更换水封；检查水泵的运行情况，应正常。

8）检查缸套下端气缸套水封有否漏水现象，检查并消除机油冷却器及散热器上漏油、漏水现象。

9）检查连杆螺栓、主轴承螺钉紧固及锁定情况，否则应重新紧固锁定，必要时要更换。清洗油底壳和机油冷却器芯子。

10）使用过的柴油机应检查冷却系统结垢情况，如结垢严重应除垢。

11）检查缸盖螺钉有无不妥，并按规定顺序（对角线）重新拧紧螺母。风扇、充电发电机、油泵、水泵、蓄电池组及起动电动机等辅机应能正常工作。

12）按表15-3的规定加注润滑脂和机油。

表15-3 柴油机润滑表2135G、4135G

润滑部位	点数	润滑油品种	加 油 说 明
发动机油底壳	1	冬季：HC-8 夏季：HC-14	检查油面、不足时加注 每工作百小时更换
起动电动机	2	钠基润滑脂	每工作千小时拆洗轴承后更换新油
喷油泵	1	机 油	每百小时检查，不足时加注，并放冲淡的机油
调速器	1	机 油	每百小时检查加注，加满塞口至漏油再拧紧口
空气滤清器	1	机 油	每百小时更换油盘、并加注至指示线，纸质滤芯禁止加油
充电发电机	2	钠基润滑脂	每工作千小时拆洗轴承后更换新油

注：各种机型应加规定的油。

13）盘车应灵活无卡，并监听有无杂音、撞击等不妥。

14）必要时要空载发动柴油机并进入空载转动，测试转速、有无振动、测听有无杂音、撞击等不正常现象。

（8）柴油发电机组自动投入试验

自动投入试验应有机械工程人员参加；自动投入切换电路及装置应动作要准确；具有自动投入功能的发电机应处于热态，保持热态的装置应正确无误；保证蓄电池容量充足，供油系统正常。试验签证见表15-4。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 15-4　柴油发电机机组自动投入试验签证

柴油机型号		起动方式		冷却方式	
发电机组型号		额定容量 /kW		励磁方式 /A	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	
自动投入试验前检查					
盘内部清洁		盘内孔洞封堵		电缆挂牌	
二次接线标志		仪表使用有效期		室内消防设施	
一次回路绝缘对地 /MΩ		二次回路对地绝缘 /MΩ		蓄电池容量	

自动投入试验检查

起动试验	就地起动，自动起动闭锁试验	
	开关在试验位置，厂用电源正常，发电机出口开关在分闸位置，起动试验	
	开关在维护位置，向集控室发指示信号，闭锁手动及自动起动试验	
	厂用电源恢复，手动切换恢复厂用电源，并手动停柴油发电机组试验	

跳主开关保护动作	过电流保护		就地信号	接地保护		远方信号	自起动失败	
	欠电压保护			冷却水温度高			异常总信号	
	差动保护			润滑油压低			故障总信号	
				润滑油温高				
				柴油机超速				

柴油机自起动时间 /s		柴油发电机起动至带负荷时间 /s	

自动投入试验结论：

（本柴油发电机组自动投入试验，达到制造厂及设计要求）

质检机构	验　收　意　见	签　　名
工　　地		年　月　日
质 检 部		年　月　日
监　　理		年　月　日
建设单位		年　月　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

二、UPS 大容量不间断电源

1. 安装场所应具备的条件

1）温度为 20～27℃；

2）湿度为 20%～80%；

3）尘埃等于或小于 0.1mg/m^3，尘埃粒度应小于或等于 0.5μm；

4）照明完善，防火设备齐全；

5）空调设备应投入正常运行；

6）室内水、风管路无渗漏现象。

2. 设备的检查及验收

1）规格、型号、台数应与设计相符，这里要注意，这类产品必须由厂家直接进货，并索取生产制造许可证。

2）外观完整、无任何损伤，内部元件齐全；产品说明书等技术文件齐全，附件备件符合装箱单要求，拆箱前包装必须完整无损。

3）电子元件的检查，见《电气工程安装及调试技术手册（第 3 版）》中“电气设备、元件、材料的测试和试验”那一章和本书第十四章相关内容，此外应注意以下几点：

① 柜内熔断器、继电器、信号灯及报警器、绝缘子、变压器等元件的规格、型号、数量应与图样或技术文件相符，且完整无损，端子的标号齐全、字迹清晰。二次接线整齐、美观，导线绝缘良好，无损伤。

② 柜内电子元件无损坏，插件、端子板等应无断裂变形，导线及元件的焊接固应可靠坚固，无碰壳、短路现象；印制板应清洁、无腐蚀，不变形，元器件出厂时调整的定位标志应无错位现象；晶闸管的冷却极板或散热器上的固定螺栓应无松动，接触簧片完整且弹性良好；接地正确可靠。

③ 检查柜内母线及二次导线安装的是否符合标准，所有元件的固定是否牢固可靠，元件的接线不得有外应力作用。各导电部分的距离应符合制造厂规定，元件散热风道的方向应正确，元件与散热器连接螺栓的绝缘应良好。

④ 构架、插件及抽屉导轨等所有螺栓、防松装置必须紧固，导轨畅通无卡。插件的插拔，抽屉的推拉应无阻无卡，同类型元件能互换，插件的触头（包括大电流）接触紧密可靠，同一插件各插头的接触压力应均匀一致。元件间、电子器件与发热元件间的距离应符合表 15-5 的规定。发热元件上的接线，应从侧面下方引出，接线端的绝缘层应剥去 40mm，必要时应套耐热瓷管。

表 15-5 电气元件间、电子器件与发热元件间的距离 （单位：mm）

名称＼位置	上方	侧面	下方
50W 及以下的管形电阻	100	20	20
50W 以上管形电阻及片形电阻	200	20	30

⑤ 通电前，应将晶闸管的保护熔断器的熔芯取下核对规格，并校正装好后的松紧程度，熔芯和接线端的接触必须紧密可靠。柜内的通内装置应运行良好，风扇叶的安装方向应正确。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）油冷却系统的贮油箱及管路应无漏油现象，其油面应与标定的刻度指示一致；若补充新油应与产品出厂时的油牌号、标号一致，更换油时，新油的性能不得低于产品的规定。密封用的垫应耐油。

5）水冷却系统中，整流柜和逆变柜进出口水管与冷却器之间，应有绝缘管连接；当电压在1000V以下时，绝缘管长度不宜少于1.5m；管道、阀门及管件，应吹洗干净（用高压空气、压力1MPa）；管道为无镀层的钢管时，其内壁应有防腐处理；对于水质要求，流水冷却时，电阻率不小于0.25kΩ·m，pH值为6~9，悬浮物不大于250mg/L，总硬度以碳酸钙计不大于250mg/L；强迫水冷却时，电阻率不小于2kΩ·m，pH值为6~8，无机械杂质。

6）液体冷却系统的管路应畅通，在额定压力下，其流量不低于产品规定值。柜内液体冷却系统的管路应进行水压试验，水压不低于额定值的2倍，时间30min，管路应无渗漏现象。

3. 设备的试验

应参照《电气工程安装及调试技术手册（第3版）》“电气设备、元件、材料的测试和试验”一章中“成套硅整流装置的试验要点”进行。

三、余热发电机组

1. 余热发电机组总体要求、设备的测试与关键部位检查与柴油发电机组基本相同，见本章“一、柴油发电机组安装质量总体要求”相关内容。

2. 机组控制部分，检查测试见第九章变配电装置及变配所相关内容。

3. 空载开机试验见本章相关内容，另外，“发电机一次相位与二次同期电压回路核相”。这主要是指检验发电机三相出线相位与系统电源相位是否一致，以及发电机一次相位对应二次同期电压回路是否正确，简称核相。只有核相正确后，才能允许并网。详见《电气工程安装及调试技术手册（第3版）》中“低压发电设备的安装调试”相关内容。

4. 基础检查验收。

5. 轴承的检查和清洗。

6. 轴承绝缘的检查测试。

7. 联轴器的检查和清洗。

8. 转子的检查和测试

1）检查转子各部位是否完好，有无机械损伤；线圈表面绝缘是否良好，并用绝缘电阻表测量绝缘电阻，低压电动机应用500V绝缘电阻表，其阻值应大于1MΩ；高压电动机应用2500V绝缘电阻表，其阻值应大于0.5MΩ/kV。

2）转子上的平衡块固定牢固、不得增减、变位，平衡螺钉应锁牢固。氢冷转子应进行通气检查，通气孔应无阻塞。风扇叶片安装牢固无破损裂纹或焊口开裂，螺栓应可靠锁牢。

3）在铁心内部和通风道内应无残留焊条、焊粒、铁屑和杂物，通风槽钢无松动现象。铁心硅钢片无锈蚀、松动及损伤。

4）引出线绝缘良好，并头套、升高片和相间连接线固定牢靠，槽楔和绑扎无凸出铁心圆弧表面，换向器与集电环表面无划伤，电刷压力正常，圆弧接触面光滑无痕疤划伤，换向器和集电环绝缘良好。

5）转子轴颈光滑无痕疤、划伤，若有锈蚀划伤可用专用工具修理。

6）静平衡试验。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9. 定子的检查和测试

1）定子铁心、线圈、机座内部应清洁，无尘土，油污和杂物。线圈的绝缘应完整，无伤痕和起泡现象，端部线圈与绑扎应紧密垫实牢固，紧固件完整，螺母应锁紧。铁心检查同转子。线圈绝缘良好。

2）埋入式测温元件的引出线及端子板应清洁完整，绝缘良好，固定牢靠。

3）槽楔完整无断裂、凸出及松动，可用小锤打击听音，端部伸出长度一致且不大于1cm；端部间隙垫块无松动脱落。

4）进入定子内检查时应穿着洁净，严禁携带金属器件，要穿软底胶鞋，严禁踩踏线圈端部。

5）发电机引出线完整牢固，接线盒完整，绝缘良好。

6）发电机转子为上下瓣分解结构时，其接触面应平整洁净无锈蚀。应将上瓣吊起放在下瓣上，其接触面应严密无间隙，应用0.05mm塞尺检查，或用手电筒从外向里照射触缝，然后在定子里观察触缝应无明显的光感，否则应由电动机制造厂家修复。

7）用2500V绝缘电阻测试仪摇测线圈绝缘电阻，其值应不小于1MΩ/kV。测量时应先将三相线圈按头尾串接起来，并通过1/3额定电流，使发电机的温升在65℃左右或接近运行温度，然后将电流取掉，放电后立即进行绝缘电阻的测量。

8）吸收比的测量。吸收比应大于1.2。

9）发电机的干燥。绝缘电阻和吸收比不符合要求时，发电机应进行干燥处理。

四、风力发电机组

（1）基础的检查及验收，基础的检查及测试必须从挖基础坑开始，直到浇注完成为止，中间不得中断或停歇。

（2）设备的运输应由质检人员全程监督。

（3）设备的检查和测试。

（4）塔筒、机头，风扇的吊装安装由质检人员、监理工程师全程监督。

（5）电气系统的安装，同本章一、二、三，其他见本书第十四章相关内容。

五、低压发电设备安装质量标准及检验方法

低压发电设备安装调试质量标准及检验方法与低压动力电路的方法基本相同，详见表14-7～表14-33。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第十六章　电动起重机械电气设备及装置监督管理

电动起重机械包括室内天车、室外龙门吊、塔吊及其他电动起重机械。在工业厂房、厂区及港口码头、物流集散场所有着重要的作用。其安装质量关系到上述场所正常运行及货物正常的流通，是电气安装人员、质检员、监理工程师不容忽视的。

一、总体要求

（1）为保证起重机电气装置的施工安装质量，电压0.5kV以下各式起重机的电气部分的设计必须由具有相应资质的设计单位或生产厂设计。

（2）电压0.5kV以下的各式起重机、电动葫芦的电气装置和3kV及以下滑接线安装工程的施工必须由具有相应资质的安装单位安装，并由技术监督部门的特种设备机构监督。

（3）起重机电气装置的安装，应按已批准的设计及产品技术文件进行施工，并报当地技术监督部门审批，同时报批开工报告备案。

（4）起重机电气设备的运输、保管，应符合国家现行标准的有关规定。当产品有特殊要求时，尚应符合产品的要求。

（5）采用的设备及器材，均应符合国家现行技术标准的规定，并应有合格证件，电气设备应有铭牌和型式试验报告。

（6）设备及器材到达现场后，应进行验收检查。

1）包装完整，密封件密封应良好。

2）开箱检查清点，规格应符合设计要求，附件、备件应齐全。

3）产品的技术文件应齐全。

4）外观检查应无损坏、变形、锈蚀。

（7）与起重机电气装置安装有关的建筑工程施工，应符合下列要求。

1）与起重机电气装置安装有关的建筑物、构筑物的建筑工程质量，应符合国家现行的建筑工程的施工及验收规范中的有关规定。当设备及设计有特殊要求时，尚应符合其要求。

2）设备安装前，建筑工程应具备条件：

① 起重机上部的顶棚不应渗水；

② 混凝土梁上预留的滑接线支架安装孔和悬吊式软电缆终端拉紧装置的预埋件、预留孔位置应正确，孔洞无堵塞，预埋件应牢固；

③ 安装滑接线的混凝土梁，应完成粉刷工作。

（8）起重机电气装置的构架、钢管、滑接线支架等非带电金属部分，均应涂防腐漆或镀锌。

（9）设备安装用的紧固件，除地脚螺栓外，应采用镀锌制品。

（10）起重机非带电金属部分的接地，应符合要求。

1）装有接地滑接器时，滑接器与轨道或接地滑接线，应可靠接触。

2）司机室与起重机本体用螺栓连接时，应进行电气跨接；其跨接点不应少于两处。跨接宜采用多股软铜线，其截面面积不得小于16mm^2，两端压接接线端子应采用镀锌螺栓固

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

定；当采用圆钢或扁钢进行跨接时，圆钢直径不得小于12mm，扁钢截面的宽度和厚度不得小于40mm×40mm。

3）起重机的每条轨道，应设两点接地。在轨道端之间的接头处，宜作电气跨接；接地电阻应小于4Ω。

（11）起重机电气装置的施工及验收，除按规范的规定执行外，尚应符合国家现行的起重机及电气装置有关标准规范的规定。

（12）起重机安全防护装置的设置要求见表16-1。

（13）起重机械电气设备的安装应符合电气装置施工及验收规范的要求，标准号：GB 50256—1996、GB 50150—2006、GB 50168—2006、GB 50169—2006、GB 50170—2006、GB 50171—2012、GB 50173—1992、GB 50254—1996、GB 50303—2011、GB 50278—2010等。

表16-1 安全防护装置在各种起重机上设置的要求

序号	安全防护装置名称	桥式类型起重机							
		桥式起重机			门式起重机			装卸桥	
		要求程度	要求范围		要求程度	要求范围		要求程度	要求范围
1	超载限制器	应装	额定起重量大于20t的	维修专用起重机可除外	应装	额定起重量大于10t的	维修专用起重机可除外	应装	
		宜装	动力驱动、额定起重量为3～20t的		宜装	动力驱动、额定起重量为5～10t的			
2	力矩限制器								
3	上升极限位置限制器	应装	动力驱动的		应装	动力驱动的			
4	下降极限位置限制器					同桥式起重机			同桥式起重机
5	运行极限位置限制器	应装	动力驱动的并且在大车和小车运行的极限位置（单梁吊的小车可除外）		应装	动力驱动的并且在大车和小车运行的极限位置		应装	动力驱动的并且在大车和小车运行的极限位置
6	偏斜调整和显示装置				宜装	跨度等于或大于40m时		应装	跨度等于或大于40m时
7	幅度指示器								
8	联锁保护装置	应装	由建筑物登上起重机的门与大车运行机构之间；由司机室登上桥梁的舱口门与小车运行机构之间；设在运动部分的司机室在进入司机室的通道口与小车运行机构之间					应装	设在运动部分的司机室在进入司机室的通道口与小车运行机构之间
9	水平仪								

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	安全防护装置名称	桥式类型起重机					
		桥式起重机		门式起重机		装卸桥	
		要求程度	要求范围	要求程度	要求范围	要求程度	要求范围
10	防止吊臂后倾装置						
11	极限力矩限制装置						
12	缓冲器	应装	在大车、小车运行机构或轨道端部	应装	在大车、小车运行机构或轨道端部	应装	在大车、小车运行机构或轨道端部
13	夹轨钳和锚定装置或铁靴	宜装	露天工作的	应装	露天工作的	应装	露天工作的
14	风速风级报警器						
15	支腿回缩锁定装置						
16	回转定位装置						
17	登机信号按钮	宜装	具有司机室的			应装	司机室设于运动部分的
18	防倾翻安全钩	应装	单主梁起重机在主梁一侧落钩的小车架上	应装	单主梁龙门起重机在主梁一侧落钩的小车架上		
19	检修吊笼	应装	在司机室对面靠近滑线一端				
20	扫轨板和支承架	应装	动力驱动的大车运行机构上	应装	在大车运行机构	应装	大车运行机构
21	轨道端部止挡	应装		应装		应装	
22	导电滑线防护板	应装					
23	倒退报警装置						
24	暴露的活动零部件的防护罩	宜装		宜装	同桥式起重机	应装	同桥式起重机
25	电气设备的防雨罩	应装	露天工作的	应装	露天工作的	应装	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	安全防护装置名称	流动式起重机							
		汽车起重机		轮胎起重机		履带起重机		铁路起重机	
		要求程度	要求范围	要求程度	要求范围	要求程度	要求范围	要求程度	要求范围
1	超载限制器							应装	
2	力矩限制器	宜装	起重量小于16t的	宜装	起重量小于16t的	应装		宜装	
		应装	起重量大于或等于16t的	应装	起重量等于或大于16t的				
3	上升极限位置限制器	应装		应装		应装		应装	
4	下降极限位置限制器								
5	运行极限位置限制器								
6	偏斜调整和显示装置								
7	幅度指示器	应装		应装		应装		应装	
8	联锁保护装置								
9	水平仪	应装	起重量等于或大于16t的	应装	起重量等于或大于16t的				
10	防止吊臂后倾装置	应装		应装		应装		应装	
11	极限力矩限制装置								
12	缓冲器								
13	夹轨钳和锚定装置或铁靴								
14	风速风级报警器								
15	支腿回缩锁定装置	应装		应装				应装	
16	回转定位装置	应装		应装		应装		应装	
17	登机信号按钮								
18	防倾翻安全钩								
19	检修吊笼								
20	扫轨板和支承架								

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	安全防护装置名称	流动式起重机							
		汽车起重机		轮胎起重机		履带起重机		铁路起重机	
		要求程度	要求范围	要求程度	要求范围	要求程度	要求范围	要求程度	要求范围
21	轨道端部止挡								
22	导电滑线防护板								
23	倒退报警装置	应装		应装		应装			
24	暴露的活动零部件的防护罩	应装	同桥式起重机	应装	同桥式起重机	应装	同桥式起重机	应装	同桥式起重机
25	电气设备的防雨罩	应装		应装		应装		应装	

序号	安全防护装置名称	塔式起重机		门座式起重机		升降机		电葫芦	
		要求程度	要求范围	要求程度	要求范围	要求程度	要求范围	要求程度	要求范围
1	超载限制器	宜装	起重能力小于25 t·m的	应装		宜装		宜装	动力驱动的
2	力矩限制器	应装	起重能力等于或大于25t·m的						
3	上升极限位置限制器	应装		应装				应装	
4	下降极限位置限制器		同桥式起重机		同桥式起重机				
5	运行极限位置限制器			应装	在吊臂幅度的极限位置	应装	在上下极限位置		
6	偏斜调整和显示装置								
7	幅度指示器	应装		应装					
8	联锁保护装置	应装	在动臂变幅机构与吊臂的支持停止器之间			应装	在各卸料口的门与吊篮的升降机构之间		
9	水平仪								
10	防止吊臂后倾装置	应装	动臂变幅的						

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	安全防护装置名称	塔式起重机		门座式起重机		升降机		电葫芦	
		要求程度	要求范围	要求程度	要求范围	要求程度	要求范围	要求程度	要求范围
11	极限力矩限制装置	应装	有可能自锁的旋转机构	应装	有可能自锁的旋转机构				
12	缓冲器			应装	在变幅机构	应装			
13	夹轨钳和锚定装置或铁靴	应装		应装					
14	风速风级报警器	宜装	臂架铰点高度大于50m时	应装	金属结构高度等于或大于30m时				
15	支腿回缩锁定装置								
16	回转定位装置								
17	登机信号按钮	应装	司机室在上部并且设在运动部位	宜装	司机室设于运动部位				
18	防倾翻安全钩								
19	检修吊笼								
20	扫轨板和支承架	应装		应装					
21	轨道端部止挡	应装		应装				应装	
22	导电滑线防护板			应装	采用滑线导电结构的				
23	倒退报警装置								
24	暴露的活动零部件的防护罩	应装	同桥式起重机	应装	同桥式起重机				
25	电气设备的防雨罩	应装		应装		应装	露天工作的		

二、滑接线和滑接器

滑接线的安装主要要求是，滑接线要平要直，绝缘性能良好，与滑触器的接触性能良好，能安全可靠地将电流送到电动机中去。其与周边设施安全距离见表16-2。

（1）滑接线的布置

滑接线的布置应符合设计要求；当设计无规定时，应符合下列要求：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 滑接线距离地面的高度，不得低于3.5m；在有汽车通过部分滑接线距离地面的高度，不得低于6m。

表16-2　起重机裸滑接线与周围设施的安全距离与偏差

项　　目	安全距离与偏差/mm
距地面高度	>3500
距汽车通道高度	>6000
距一般管道	>1000
距氧气管道及设备	>1500
距易燃气体和液体管道	>3000
相邻滑接线导电部分和对接地的净距	>50
滑接器距滑接线末端距离	>200
固定装设的型钢滑接线，其终端支架距滑接线末端距离	≤800
滑接线膨胀补偿装置的间隙	10～20
型钢滑接线与起重机轨道的实际中心线平行度偏差	小于或等于长度的1/1000，但最大偏差为10
滑接线接触面之间的等距偏差	同上
型钢滑接线与起重机轨道沿滑接线全长平行度的最大偏差	≤10
悬吊滑接线间的弛度偏差	≤20

② 滑接线与设备和氧气管道的距离，不得小于1.5m；与易燃气体、液体管道的距离，不得小于3m；与一般管道的距离，不得小于1m。

③ 裸露式滑接线应与司机室同侧安装；当工作人员上下有碰触滑接线危险时，必须设有遮栏保护。

（2）滑接线的支架及其绝缘子

① 支架不得在建筑物伸缩缝和轨道梁结合处安装。

② 支架安装应平正牢固，并应在同一水平面或垂直面上。

③ 绝缘子、绝缘套管不得有机械损伤及缺陷；表面应清洁；绝缘性能应良好；在绝缘子与支架和滑接线的钢固定件之间，应加设红钢纸垫片。

④ 安装于室外或潮湿场所的滑接线绝缘子、绝缘套管；应采用户外式。

⑤ 绝缘子两端的固定螺栓，宜采用高标号水泥砂浆灌注，并应能承受滑接线的拉力。

（3）滑接线

① 接触面应平正无锈蚀，导电应良好。

② 额定电压为0.5kV以下的滑接线，其相邻导电部分和导电部分对接地部分之间的净距不得小于30mm；户内3kV滑接线其相间和对地的净距不得小于100m；当不能满足以上要求时，滑接线应采取绝缘隔离措施。

③ 起重机在终端位置时，滑接器与滑接线末端的距离不应小于200m；固定装设的型钢

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

滑接线，其终端支架与滑接线末端的距离不应大于800mm。

④ 型钢滑接线所采用的材料，应进行平直处理，其中心偏差不宜大于长度的1/1000，且不得大于10mm。

⑤ 滑接线安装后应平直；滑接线之间的距离应一致，其中心线应与起重机轨道的实际中心线保持平行，其偏差应小于10mm；滑接线之间的水平偏差或垂直偏差，应小于10mm。

⑥ 型钢滑接线长度超过50m或跨越建筑物伸缩缝时，应装设伸缩补偿装置。

⑦ 辅助导线宜沿滑接线敷设，且应与滑接线进行可靠连接；其连接点之间的间距不应大于12m。

⑧ 型钢滑接线在支架上应能伸缩，并宜在中间支架上固定。

⑨ 型钢滑接线除接触面外，表面应涂以红色的油漆或相色漆。

（4）滑接线伸缩补偿装置

① 伸缩补偿装置应安装在与建筑物伸缩缝距离最近的支架上。

② 在伸缩补偿装置处，滑接线应留有10～20mm的间隙，间隙两侧的滑接线端头应加工圆滑，接触面应安装在同一水平面上，其两端间高差不应大于1mm。

③ 伸缩补偿装置间隙的两侧，均应有滑接线支持点，支持点与间隙之间的距离，不宜大于150mm。

④ 间隙两侧的滑接线，应采用软导线跨越，跨越线应留有余量，其允许载流量不应小于电源导线的允许载流量。

（5）滑接线

① 连接后应有足够的机械强度，且无明显变形。

② 接头处的接触面应平正光滑，其高差不应大于0.5mm，连接后高出部分应修整平正。

③ 型钢滑接线焊接时，应附连接托板；用螺栓连接时，应加跨接软线。

④ 轨道滑接线焊接时，焊条和焊缝应符合钢轨焊接工艺对材料和质量的要求，焊好后接触表面应平直光滑。

⑤ 圆钢滑接线应减少接头。

⑥ 导线与滑接线连接时，滑接线接头处应镀锡或加焊有电镀层的接线板。

（6）分段供电滑接线

① 分段供电的滑接线，当各分段电源允许并联运行时，分段间隙应为20mm；不允许并联运行时，分段间隙应比滑接器与滑接线接触长度大40mm；3kV滑接线，应符合设计要求。

② 分段供电不允许并联运行的滑接线间隙处，应采用硬质绝缘材料的托板连接，托板与滑接线的接触面，应在同一水平面上。

③ 滑接线分段间隙的两侧相位应一致。

（7）3kV滑接线的安装

3kV滑接线的安装除应符合上述（1）～（6）的规定外，还应符合下列要求。

① 高压绝缘子安装前应进行耐压试验，并应符合现行国家标准《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》的有关规定。

② 3kV滑接线固定装置的构件，铸铜长夹板、短夹板、托板、垫板、辅助连接板及接线板等在安装前，应按设计图制作完毕；当所采用的型钢、双沟铜线分段组装时，应按相编号，接缝应严密、平直。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（8）软电缆的吊索和自由悬吊滑接线

① 终端固定装置和拉紧装置的机械强度，应符合要求，其最大拉力应大于滑接线或吊索的最大拉力。

② 当滑接线和吊索长度小于或等于25m时，终端拉紧装置的调节余量不应小于0.1m；当滑接线和吊索长度大于25m时，终端拉紧装置的调节余量不应小于0.2m。

③ 滑接线或吊索拉紧时的弛度，应根据其材料规格和安装时的环境温度选定，滑接线间的弛度偏差，不应大于20mm。

④ 滑接线与终端装置之间的绝缘应可靠。

（9）悬吊式软电缆

① 当采用型钢作软电缆滑道时，型钢应安装平直，滑道应平正光滑，机械强度应符合要求。

② 悬挂装置的电缆夹，应与软电缆可靠固定，电缆夹间的距离，不宜大于5m。

③ 软电缆安装后，其悬挂装置沿滑道移动应灵活、无跳动，不得卡阻。

④ 软电缆移动段的长度，应比起重机移动距离长15%～20%，并应加装牵引绳，牵引绳长度应短于软电缆移动段的长度。

⑤ 软电缆移动部分两端，应分别与起重机、钢索或型钢滑道牢固固定。

（10）卷筒式软电缆

① 起重机移动时，不应挤压软电缆。

② 安装后软电缆与卷筒应保持适当拉力，但卷筒不得自由转动。

③ 卷筒的放缆和收缆速度，应与起重机移动速度一致；利用重砣调节卷筒时，电缆长度和重砣的行程应相适应。

④ 起重机放缆到终端时，卷筒上应保留两圈以上的电缆。

（11）安全式滑接线

① 安全式滑接线的安装，应按设计规定或根据不同结构型式的要求进行，当滑接线长度大于200m时，应加装伸缩装置。

② 安全式滑接线的连接应平直，支架夹安装应牢固，各支架夹之间的距离应小于3m。

③ 安全式滑接线支架的安装，当设计无规定时，宜焊接在轨道下的垫板上；当固定在其他地方时，应做好接地连接，接地电阻应小于4Ω。

④ 安全式滑接线的绝缘护套应完好，不应有裂纹及破损。

⑤ 滑接器拉簧应完好灵活，耐磨石墨片应与滑接线可靠接触，滑动时不应跳弧，连接软电缆应符合载流量的要求。

（12）滑接器

① 滑接器支架的固定应牢靠，绝缘子和绝缘衬垫不得有裂纹、破损等缺陷，导电部分对地的绝缘应良好，相间及对地的距离应符合本规范有关规定。

② 滑接器应沿滑接线全长可靠地接触，自由无阻地滑动，在任何部位滑接器的中心线（宽面）不应超出滑接线的边缘。

③ 滑接器与滑接线的接触部分，不应有尖锐的边棱；压紧弹簧的压力，应符合要求。

④ 槽型滑接器与可调滑杆间，应移动灵活。

⑤ 自由悬吊滑接线的轮型滑接器，安装后应高出滑接线中间托架，并不应小于10mm。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

三、配线要求

（1）起重机上的配线

① 起重机上的配线除弱电系统外，均应采用额定电压不低于500V的铜芯多股电线或电缆。多股电线截面面积不得小于1.5mm^2；多股电缆截面面积不得小于1.0mm^2。

② 在易受机械损伤、热辐射或有润滑油滴落部位，电线或电缆应装于钢管、线槽、保护罩内或采取隔热保护措施。

③ 电线或电缆穿过钢结构的孔洞处，应将孔洞的毛刺去掉，并应采取保护措施。

④ 起重机上的配线应排列整齐，导线两端应牢固地压接相应的接线端子，并应标有明显的接线编号。

（2）起重机上电缆

① 应按电缆引出的先后顺序排列整齐，不宜交叉；强电与弱电电缆宜分开敷设，电缆两端应有标牌。

② 固定敷设的电缆应卡固，支持点距离不应大于1m。

③ 电缆固定敷设时，其弯曲半径应大于电缆外径的5倍；电缆移动敷设时，其弯曲半径应大于电缆外径的8倍。

（3）起重机上电线管、线槽

① 钢管、线槽应固定牢固。

② 露天起重机的钢管敷设，应使管口向下或有其他防水措施。

③ 起重机所有的管口，应加装护口套。

④ 线槽的安装，应符合电线或电缆敷设的要求，电线或电缆的进出口处，应采取保护措施。

四、电气设备及保护装置

（1）电气设备安装前

起重机电气设备安装前，应核对设备尺寸；其设备安装的部位、方向及管线位置，应符合设计和设备技术条件的要求。

（2）配电屏、柜

① 配电屏、柜的安装，应符合现行国家标准《电气装置安装工程盘、柜及二次回路结线施工及验收规范》的有关规定。

② 配电屏、柜的安装，不应焊接固定，紧固螺栓应有防松措施。

③ 户外式起重机配电屏、柜的防雨装置，应安装正确、牢固。

（3）电阻器

① 电阻器直接叠装不应超过四箱，当超过四箱时应采用支架固定，并保持适当间距；当超过六箱时应另列一组。

② 电阻器的盖板或保护罩，应安装正确，固定可靠。

（4）制动装置

① 制动装置的动作应迅速、准确、可靠。

② 处于非制动状态时，闸带、闸瓦与闸轮的间隙应均匀，且无摩擦。

③ 当起重机的某一机构是由两组在机械上互不联系的电动机驱动时，其制动器的动作时间应一致。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（5）行程限位开关、撞杆

① 起重机行程限位开关动作后，应能自动切断相关电源，并应使起重机各机构在下列位置停止：

吊钩、抓斗升到离极限位置不小于100mm处；起重臂升降的极限角度符合产品规定；

起重机桥架和小车等，离行程末端不得小于200mm处；

一台起重机临近另一台起重机，相距不得小于400mm处。

② 撞杆的装设及其尺寸的确定，应保证行程限位开关可靠动作，撞杆及撞杆支架在起重机工作时不应晃动。撞杆宽度应能满足机械（桥架及小车）横向窜动范围的要求，撞杆的长度应能满足机械（桥架及小车）最大制动距离的要求。

③ 撞杆在调整定位后，应固定可靠。

（6）控制器

① 控制器的安装位置，应便于操作和维修。

② 操作手柄或手轮的安装高度，应便于操作与监视，操作方向宜与机构运行的方向一致，并应符合现行国家标准《控制电气设备的操作件标准运动方向》的规定。

（7）照明装置

① 起重机主断路器切断电源后，照明不应断电。

② 灯具配件应齐全，悬挂牢固，运行时灯具应无剧烈摆动。

③ 照明回路应设置专用零线或隔离变压器，不得利用电线管或起重机本身的接地线作零线。

④ 安全变压器或隔离变压器安装应牢固，绝缘良好。

（8）互不联系电动机的保护

当起重机的某一机构是由两组在机械上互不联系的电动机驱动时，两台电动机应有同步运行和同时断电的保护装置。

（9）联锁保护

起重机防止桥架扭斜的联锁保护装置，应灵敏可靠。

（10）音响

起重机的音响信号装置，应清晰可靠。

（11）起重量限制器的调试

① 起重限制器综合误差，不应大于8%。

② 当载荷达到额定起重量的90%时，应能发出提示性报警信号。

③ 当载荷达到额定起重量的110%时，应能自动切断起升机构电动机的电源，并应发出禁止性报警信号。

（12）各种传感器系统

对于测力传感器、测矩传感器、测速传感器、测重传感器、测风速传感器、倾斜幅度传感器、变流技术、电路技术等，应按前述内容对其外观、线路进行检查，无误后应进行测试、试验和调整，并按安装使用说明书及设计要求一一进行。具体方法也参考《电气工程安装及调试技术手册（第3版）》中“电气设备、元件、材料的测试和试验”、“自动化仪表及空调系统电气装置的安装调试”、“弱电系统的安装调试及运行”相关内容。

五、质量标准及检验方法

电动起重机械电气设备及装置安装质量标准及检验方法见表16-3～表16-10。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 16-3 型钢滑接线支架制作及安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
支架及滑接线制作	型钢检查	规格	主要	按设计规定	对照图样检查
		型钢平直度 mm		≤0.1% 且型钢长度不大于 10m	拉线检查
		中心误差		≤10mm	
		滑接面外观	主要	光滑、平整	观察检查
		锈迹清理		干净，无浮锈	
		底漆涂刷		均匀，无漏刷	
	螺孔尺寸	同相各孔间中心误差		≤1mm	用尺检查
		三相间中心误差	主要	≤2mm	
		孔径与螺栓配合		1mm	用螺栓检查
支架安装	支架位置	间距	主要	按设计规定	对照图样检查
		与滑线伸缩缝两侧距离		≤150mm	用尺检查
	各支架与滑线走向的垂直度误差			≤5mm	拉线或吊线检查
	成列支架横向中心线与轨道中心线平行度误差		主要	<10mm	拉线检查
	支架固定		主要	牢固，可靠	扳动检查
	支架接地		主要	可靠	
绝缘子安装	绝缘子检查	瓷件外观	主要	清洁，无裂纹	观察检查
		铁瓷胶合处		粘合牢固	
	绝缘套外形			完好、清洁	观察检查
	绝缘子两侧软垫配置			齐全、完好	
	安装固定			紧固	用扳手检查

表 16-4 型钢滑接线安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
滑接线安装	滑线焊接		主要	牢固，无变形	观察检查
	安装固定			牢固，且能自由伸缩	扳动检查
	接头接触面	接缝表面	主要	平整、光滑	观察检查
		两侧高低差	主要	≤0.5mm	用尺检查
	伸缩缝	间隙大小		20mm	用尺检查
		滑接面两端高低差	主要	≤1mm	
	伸缩缝跨接线	材料		软铜线	观察检查
		截面	主要	不小于电源导线容许载流量	用千分卡尺检查
		长度		有伸缩余量	观察检查
	补偿器设置			滑线长大于 50m 或跨越建筑物伸缩缝处	观察检查
	与导线连接处导电镀层			完整	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
滑接线安装	相邻导电体间及导电体对地净距			主要	≥30mm	用尺检查
	分段供电滑线	分段间隙	允许并联运行时	主要	20mm	用尺检查
			不允许并联运行时	主要	大于滑接器接触长度40mm	
		间隙绝缘托板			完好、平滑	观察检查
		间隙两侧电源相位		主要	一致	用电压表检查
	均压线连接距离				≤12m	用尺检查
	滑线末端与终端支架距离				≤800mm	
	相色标志				齐全、正确	观察检查
	支架油漆				完整，无漏刷	
	滑接面防氧化涂层				完整（薄涂中性凡士林）	触摸检查
	滑线中心线与起重机轨道中心线平行度误差			主要	<10mm	用尺检查
	滑线相间平行度误差					
整体检查	外形				平直	观察检查
	末端余长				≥200mm	起重机在终端位置时用尺检查
	整体绝缘电阻			主要	≥0.5MΩ	用绝缘电阻表检查
	安全防护装置装设				按设计规定	对照图样检查

表 16-5　圆形滑接线安装

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
滑接线安装	滑线外观检查			主要	无扭曲、变形	观察检查
	接头接触面	接缝外形		主要	平整、光滑	观察及触摸
		两侧高低误差		主要	≤0.5mm	用尺检查
	与导线连接处导电镀层				完整	观察检查
	相邻导体间及导电体对地净距				≥30mm	用尺检查
	夹线器及与滑线连接				牢固，可靠	扳动检查
	自由悬吊滑接线	终端拉紧装置			按设计规定	对照图样检查
		拉紧装置调节余量	滑线长≤25m		≥0.1m	用尺检查
			滑线长>25m		≥0.2m	
		相间弛度误差			≤20mm	拉线后用尺检查
		各档距间弛度误差				
	滑线中心线与起重机轨道中心线平行度误差			主要	<10mm	用尺检查
	滑线相间平行度误差					

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
整体检查	外形		平直	观察检查
	末端余长		≥200mm	起重机在终端位置时用尺检查
	支架油漆		完好	观察检查
	相色标志		齐全、正确	
	整体绝缘电阻值	主要	≥0.5MΩ	用绝缘电阻表检查
	安全防护装置装设		按设计规定	对照图样检查

表 16-6　滑动及卷筒型软电缆安装

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
电缆	外观检查	主要	无机械性损伤	观察检查
卷筒型软电缆	电缆与卷筒间拉力		适当（起重机停止时卷筒不能自由转动）	扳动检查
	卷筒电缆的收、放速度	主要	与起重机移动速度一致	观察检查
	调节用重砣行程		与电缆长度适应	
	电缆线芯应力检查		在全行程中线芯无应力	
	集电环及刷架固定		牢固	扳动检查
	电刷接触压力	主要	压力适当，接触良好	
	电刷与刷握间	主要	能上下自由移动	
	刷握与集电环间隙		2～4mm	用尺检查
悬吊式软电缆	吊索拉紧装置调节余量：吊索长度≤25m		≥0.1m	用尺检查
	吊索拉紧装置调节余量：吊索长度＞25m		≥0.2m	
	吊索弛度		按制造厂规定	拉线检查
	型钢滑道：滑接面外观	主要	平直、光滑	观察检查
	型钢滑道：接缝检查：两侧高低误差	主要	≤0.5mm	用尺检查
	型钢滑道：接缝检查：两侧横向误差			
	吊索（或滑道）固定连接		牢固	扳动检查
	电缆悬挂装置动作	主要	灵活无跳动、卡阻	操动试验
	电缆与电缆夹固定连接		可靠	扳动检查
	电缆夹间距		≤5m	用尺检查
	软电缆移动段长度/m		大于15%～20%起重机移动距离	
	软电缆两端与起重机、钢索连接		可靠，牢固	扳动检查
	钢索牵引的电缆受力检查	主要	无外加应力	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 16-7　安全滑接线的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
安全滑接线安装	悬吊夹间滑接线固定	有供电器或连接装置时		不装设固定夹	观察检查
		无供电器或连接装置时		装一个加强固定夹	
	悬吊夹固定		主要	牢固	扳动检查
	热膨胀伸缩装置设置			按制造厂规定	对照厂家图检查
	膨胀点补偿间隙				
	滑接线接头电气连接			可靠，导通良好	通电试验
	滑线中心线与轨道中心线平行度误差		主要	<10mm	拉线检查
	滑线间平行度误差				
整体检查	外形			无变形，无掉漆	观察检查
	滑线余留长度			≥200mm	起重机终端位置用尺检查
	整体绝缘电阻		主要	≥0.5MΩ	用绝缘电阻表检查
	安全防护装置安装			按制造厂规定	对照厂家规定检查

表 16-8　起重机控制设备安装及调整

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
电阻器安装	电阻箱叠装高度	直接叠装			≤4 箱	观察检查
		支架固定			≤6 箱	
	司机室及电器室外的电阻器防护措施				有防护罩	观察检查
控制器安装	操作手柄至操作室地面高度				1～1.2m	用尺检查
	控制器相互间及与操作室墙壁间距离				>150mm	
配线	电线管、线槽敷设安装				按 GB 50303—2011 规定	对照规范检查
	电缆敷设	易受机械损伤处；有油质浸蚀部位；穿钢结构孔洞处			有保护措施	观察检查
		规格及型号			按制造厂规定	对照厂家规定检查
		排列			整齐	观察检查
		固定			牢靠，非铠装电缆有软垫保护	
		支点距离			≤1m，且均匀	
		弯曲半径	固定电缆	主要	≥5 倍电缆直径	用尺检查
			移动电缆	主要	≥8 倍电缆直径	
	其他	电缆头制作及接引			按 GB 50168—2006 规定	对照规范检查
		回路检查			正确	试灯或操动检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
调整	电磁制动装置	动作检查		主要	迅速、准确	操动检查
		闸带或闸瓦与闸轮间隙（非制动状态时）			无摩擦，且均匀	观察检查
		两侧独立行走机构动作时间			一致	操动检查
		制动距离误差			按制造厂规定	对照厂家规定检查
	行程开关动作检查			主要	正确、可靠	操动检查
	行程开关	额定速度下被控机构停车点离行程末端距离	吊钩、抓斗及起重臂		≥100mm	用尺检查
			桥架及小车		≥200mm	
			两台起重机间		≥400mm	
其他	两侧独立行走机构的联锁保护			主要	灵敏、可靠	操动检查
	音响信号				清晰	
	照明				专用中性线或隔离变压器	观察检查
接地	每条轨道及司机室接地点数				均不少于两点	观察检查
	跨线连接			主要	牢固，导通良好	扳动及导通检查
	轨道接地线截面积/mm^2				按设计规定	用尺检查
	司机室接地线	铜编织软线			≥16mm^2	用尺检查
		扁钢截面积			≥40×4mm^2	
		圆钢直径			≥12mm	
	接地线安装				牢固，导通良好	扳动并导通检查

表 16-9 滑接器及撞杆安装

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
滑接器检查	绝缘子及绝缘套外观			主要	无裂纹、破损	观察检查
	滑接面				光滑，无尖锐边棱	
	导电部分对地绝缘电阻			主要	≥0.5MΩ	用绝缘电阻表检查
滑接器安装	固定连接				牢固	扳动检查
	滑接器沿滑线全长接触			主要	紧密可靠	操动检查
	沿滑线全长滑动				无卡阻	
	平面滑接器中心线与滑线中心线偏移	单轨吊			≤6mm	操动检查
		桥吊			≤15mm	
	槽形滑接器与可调滑杆间配合				移动灵活	操动检查
	自由悬吊滑线的轮型滑接器安装高度				高于滑线中间托架不少于10mm	用尺检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
撞杆安装	撞杆及支架固定连接		牢固	扳动检查
	撞杆安装位置		在开关滚轮或推杆轴线上	观察检查
	对开关的作用力		无冲击	
	对开关的动行程	主要	小于开关允许值	操动检查
	撞杆宽度	主要	大于机械横向窜动值	
	撞杆长度	主要	大于机械惰走量	
	可调撞杆防松件检查		齐全、紧固	用扳手检查

表 16-10　（分部工程名称）起重机电气装置带电试运签证

起重机型式		规格		控制方式	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

带电前设备及系统检查

检验项目	检验结果	检验项目	检验结果
电源箱标识		轨道、电气盘、箱、接地	
盘、箱内封堵		盘、箱内有无杂物	
电动机有未经过抽心检查		电缆挂牌	
一次回路接线		二次回路接线	
一次回路绝缘最低值	MΩ（环境温度：　℃，湿度：　%）		
二次回路绝缘最低值	MΩ（环境温度：　℃，湿度：　%）		
一次设备电气试验		保护整定	
照明系统投入检查		电动机是否经过 2h 空转	

带电后运行状态检查

检验项目	检验结果	检验项目	检验结果
大车限位开关灵敏度		小车限位开关灵敏度	
其他限位开关灵敏度		力矩开关灵敏度	
音响信号试验		紧急停车试验	
控制器操作与大车行走方向		控制器操作与小车行走方向	
控制器操作与大钩升降		控制器操作与小钩升降	
电气联锁试验			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第十七章　电力架空线路及箱变、变台监督管理

架空线路是电气系统最重要的组成部分之一。它的质量关系到电能的输送、电网的构成及工矿企业、公共事业、农田灌溉及千家万户的用电安全。任何时候、任何情况下工程人员都不得放松架空线路质量的重视。

一、总体要求

1. 总则

1）为了保证架空线路的安装质量，架空线路及装置的设计必须由具有相应资质的设计单位设计，并由具有相应资质的安装单位进行施工。

2）架空线路工程必须按照批准的设计文件和经相关方面会审的设计施工图施工，当确需变更时，应有设计单出具的设计变更。

3）架空线路采用的设备、材料、器材应符合国家现行技术标准，有合格证件，生产商应有生产制造许可证，进入现场时应进行验收。

4）架空线路的施工除符合规范要求外，尚应符合国家现行有关标准规范的规定，应按相应的电压等级与相应电压等级的规范标准对应。

2. 架空线路及杆上电气设备安装

1）电杆坑、拉线坑、塔基坑的深度允许偏差，应不深于设计坑深100mm、不浅于设计坑深500mm。

2）架空导线的弧垂值，允许偏差为设计弧垂值的±5%，水平排列的同档导线间弧垂值偏差为±50mm。

3）变压器中性点应与接地装置引出干线直接连接，接地装置的接地电阻值必须符合设计要求。

4）杆上变压器和高压绝缘子、高压隔离开关，跌落式熔断器、避雷器等必须按规范GB 50150—2006《电气装置安装工程　电气设备交接试验标准》的规定交接试验合格。

5）杆上低压配电箱的电气装置和馈电线路交接试验应符合下列规定：

① 每路配电开关及保护装置的规格、型号、应符合设计要求；

② 相间和相对地间的绝缘电阻值应大于0.5MΩ；

③ 电气装置的交流工频耐压试验电压为1kV，当绝缘电阻值大于10MΩ时，可采用2500V绝缘电阻表摇测替代，试验持续时间1min，无击穿闪络现象。

3. 变压器、箱式变电所安装

1）变压器安装应位置正确，附件齐全，油浸变压器油位正常，无渗油现象。

2）接地装置引出的接地干线与变压器的低压侧中性点直接连接，接地干线与箱式变电所的N母线和PE母线直接连接；变压器箱体、干式变压器的支架或外壳应接地（PE）。所有连接应可靠，紧固件及防松零件齐全。

3）变压器必须按规范GB 50150—2006的规定交接试验合格。

4）箱式变电所及落地式配电箱的基础应高于室外地坪，周围排水通畅。用地脚螺栓固

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

定的螺帽齐全，拧紧牢固；自由安放的应垫平放正。金属箱式变电所及落地式配电箱，箱体应接地（PE）或接零（PEN）可靠，且有标识。

5）箱式变电所的交接试验，必须符合下列规定：

① 由高压成套开关柜、低压成套开关柜和变压器三个独立单元组合成的箱式变电所高压电气设备部分，按规范 GB 50150—2006 规定交接试验合格。

② 高压开关、熔断器等与变压器组合在同一个密闭油箱内的箱式变电所，交接试验按产品提供的技术文件要求执行。

③ 低压成套配电柜交接试验应符合 2、5 中的规定。

4. 执行标准

GB 50147—2010《电气装置安装工程　高压电器施工及验收规范》

GB 50148—2010《电气装置安装工程　电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》

GB 50150—2006《电气装置安装工程　电气设备交接试验标准》

GB 50173—1992《电气装置安装工程　35kV 及以下架空电力线路施工及验收规范》

GB 50233—2005《110～500kV 架空送电线路施工及验收规范》

GB 50303—2011《建筑电气工程施工质量验收规范》

二、基础工程

1. 总体要求

（1）直线杆坑顺线路方向的位移 35kV 线路不应超过设计档距的 1%；10kV 及以下线路不超过设计档距的 3%；垂直线路方向不得超过 50mm。转角杆坑的位移不得超过 50mm。

双杆坑中心根开误差不得超过 ±30mm，坑深高差不得超过 20mm。迈步误差小于 ±30mm。

（2）坑深（电杆埋深）在设计无规定时应按表 17-1 中的数据选取。允许偏差为 +100mm、-50mm。

表 17-1　电杆埋设深度表

杆长/m	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	15.0
埋深/m	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.3

注：遇有土质松软、流沙、地下水位较高等情况时，应做特殊处理。

（3）铁塔基础的几何尺寸应按设计给出的数据挖土，拉线基础的坑深，如设计未提出施工平面时，一般应以拉线基础中心的地面标高为基准。基础坑深允许误差为 +100mm、-50mm、坑底应平整，双杆或铁塔同基基础坑在允许范围内按最深一坑操平。

（4）拉线基础坑，深度的允许误差为 -50mm，正差不控制，如超深后对拉线盘的安装位置与方向有影响时，其超深部分应填土夯实处理。

（5）塔基坑超深应填土夯实处理，应用相同的土回填，35kV 线路每层填土厚度不宜超过 300mm，并夯至与原土相同的密度，10kV 及以下线路每层填土 500mm 并夯至原土密度，否则应铲去回填土，用铺石灌浆处理。回填后应在杆根培土，高度应高于地面 300mm，且大于坑口面积。

2. 铁塔及钢管杆基础的施工及验收

铁塔及钢管杆基础的施工一般由土建专业施工队完成，并执行《钢筋混凝土工程施工及验收规范》。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（1）现场浇制基础应注意事项

1）模板内表面应平整，接缝应严密，不用模板进行浇制时，必须有防止泥土等杂物混入混凝土中的措施。支模时必须保护基础的设计尺寸。

2）地脚螺栓及预埋件的安装应牢固、位置准确，安装前应除去浮锈、螺纹部分涂裹黄油，并有防止碰撞螺纹的措施。一般常用稍大于螺纹直径的管套入，上面用螺母紧固好。

3）主角钢插入式基础的塔腿主角钢，应连同铁塔最下段结构组装找正，并加以临时固定，然后进行浇制，在浇制过程中应随时检查其位置。

4）混凝土的配比一般要根据材料来源及现场实际条件试验后确定，并应增加 15% ~ 20% 的强度余量。

5）混凝土浇制必须保证质量，质量检查应符合下列规定：

① 坍落度：每班日或每个基础至少检查两次，其数值不得大于配合比设计的规定值；

② 配合比：材料用量每班日或每基基础至少检查两次，误差应控制在施工措施规定的范围以内，同时应严格控制水灰比；

③ 强度：检查混凝土是否达到设计强度，要以试块为依据，试块的制作应符合下面的规定：

试块应在浇制现场制作，其养护条件与基础相同；试块的数量要按不同塔型、原料变化情况决定。

转角、耐张、终端和大跨越以及拉线基础，每基取一组；直线塔基础，同一施工班组每 5 基或不满 5 基取一组；高塔（80m 及以上），每腿或每个拉线基础取一组；原材料变化、配合比变更时，应另外制作一组。

6）混凝土养护应符合下列规定：

① 自浇注完后 12h 内，开始浇水养护，炎热、干燥有风天气为 3h 内开始养护。养护时应在基础表面加草袋遮盖，浇水的次数以保持混凝土表面湿润为宜。

② 一般养护时间为 7 昼夜，在特别炎热、干燥的地区应延长至 10 昼夜以上。一般条件下，应有一个月以后才能进行安装。

③ 基础拆模后应立即回填土，并在地平外露部分加草袋，按规定期限继续浇水养护。如采用养护剂，必须在拆模后立即涂刷，涂刷后可不再养护。日均气温低于 5℃时不得浇水养护。

7）拆模时，应保证混凝土表面及棱角不受损坏，且强度不低于 2.5MPa。

8）浇制塔基尺寸的误差应不超过下列规定：

① 保护层厚度 −5mm

② 立柱断面尺寸 −1%

③ 地脚螺栓偏移 ≤10mm

9）浇制拉线基尺寸的误差应不超过下列规定：

① 断面尺寸 −1%

② 拉环中心在拉线方向的前后左右的偏移 1% L

L 为拉环中心至杆塔拉线圆点的水平距离。

③ 拉环中心在基础上与设计位置的偏移 20mm。

10）铁塔基在填土夯实后，尺寸的误差不应超过表 17-2 的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 17-2　整基铁塔基础尺寸允许偏差

误差项目		地脚螺栓式		主角铁插入式		高塔基础	拉线高塔基础
		直线	转角	直线	转角		
整基基础中心与中心桩间之位移	横线路方向/mm	30	30	30	30	30	30
	顺线路方向/mm	—	30	—	30	—	—
基础根开及对角线尺寸		±2‰		±1‰		±0.7‰	—
基础顶面间或主角钢操平印记间的相对高差/mm		5		5		5	—
整基基础的扭转/′		10		10		5	—

注：1. 转角塔基础的横线路方向系指内角平分线方向；顺线路方向系指转角平分线方向。
2. 基础根开系指同组地脚螺栓中心之间以及塔腿主角铁准线之间的距离。
3. 转角或终端塔的基础顶面在操平时，应使受压侧较高或按照设计要求。

11）浇灌前要再次检查各部尺寸，对底脚螺栓相对尺寸要严格检查，浇灌中及结束后要复测螺栓间距，移动应在误差之内。

12）拆除模板后若有蜂窝或麻面应及时处理，先用清水冲洗表面，凿去摇动的石子并打毛表面，再用高一级标号的混凝土填入或用高一级标号的水泥砂浆抹补，然后要进行养护。

13）现场浇制混凝土一般不在冬季进行。

14）铁塔基础施工混凝土的标号一般为 150～200 号。

（2）装配式预制基础安装时应注意以下几点：

1）底座与立柱连接的螺栓、铁件及找正用的垫铁，必须采取防腐措施。若采用浇制水泥砂浆防腐，应与现场浇制基础同样养护。电焊连接的铁件，焊好后应用沥青漆刷涂防腐。回填土前其接缝处应用防水涂料涂刷。

2）立柱顶部与塔脚连接部分需二次灌浆抹面垫平者，其砂浆强度应不低于立柱的混凝土强度，厚度不小于 200mm 并按规定进行浇制及养护。

3）钢筋混凝土枕条框架底座、薄壳底座及底盘底座等柱式预制基础安装时，应符合下列规定：

① 底座、枕条应安装平整，四周填土或碎石要夯实，并予以嵌固；

② 钢筋混凝土制件组装时不得敲打、不得强行组装；

③ 立柱倾斜允许用热镀锌垫铁调正，但每处不超过两片，总厚度一般不超过 5mm，调平后立柱倾斜不应超过立柱高的 1%。

④ 整基基础安装，在填土夯实后要按表 17-2 进行检查，并符合下列规定：

立柱倾斜不超过　1%

整基基础扭转不超过　10′

（3）金属基础及爆扩灌注式基础应按其施工验收规范进行施工

（4）基础施工相关接地装置

1）基础施工时应同时敷设接地装置，并随着基础的施工将接地极的接地引线引出至地平。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）绑扎基础钢筋时，应在基础坑内距塔杆中心3～5m处将标地极打入地下，并出坑底100mm，然后测量其接地电阻，如果小于10Ω，则立即焊接镀锌扁钢，并将其伸出地平；如果大于10Ω，则应再打入第一支接地极，然后测量接地电阻，这两支接地极接地电阻值的并联值则是接地电阻，如果合格将引线引上即可。如果仍不合格应继续打入第三支，第四支…，直到合格为止。并联电阻可用下式计算：

$$\frac{1}{R_{并}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\cdots+\frac{1}{R_n}$$

3）接地极，接地引线必须用镀锌产品，焊接处应涂沥清漆防腐。

4）接地极也可用基础主筋代替，但是这样做只有在基础浇注完毕且回填土全部夯实后才能测量。如果不合格，则应在基础处3m处挖沟，挖坑800mm深，重新布置接地极，然后用上述方法，直至接地电阻合格后，即可回填土夯实。最后将接地引线引出地面部分做好标记并要防护好，待立杆后再引至杆顶或直接与塔身、钢杆体连接。

3. 基础质量控制及验收

基础为隐蔽工程，施工时必须做好施工过程的质量控制，并随时纠正出现的不合格之处，并由质检员和监理检验，合格后才能进行下一步施工。基础质量控制主要有以下几点：

1）钢筋的规格，材质必须由检测部门出具的合格证明及检验化验报告。

2）水泥的规格，标号及砂、石、水必须由质检员和监理工程师认可签证。

3）混凝土必须做试块检验试验，并由检验部门出具合格证明及检验化验报告。

4）混凝土浇筑质检员或监理应在场，混凝土振捣应符合要求。

5）基础一般应连续浇筑，有条件的应使用商品混凝土，一般不采用现场搅拌。

6）基础浇注应及时回填夯实，回填夯实应有质检人员或监理在场。

7）养护过程应有质检员或监理监督。

8）安装前应进行总体验收。

基础浇注及施工质量控制监理要点见表17-3。

表17-3 基础通用项目施工监理要点一览表

分部（项）工程	监理作业项目		监理要点	监理方式
施工测量和定位放线	施工测量	测桩设置	埋设	停工待检与现场见证
		测桩测量	桩位坐标、高程	停工待检与旁站见证
	定位放线	龙门板设置	设置的稳定	停工待检，现场见证与旁站见证
		平面控制桩	准确性	
		高程控制桩	准确性	
	厂外测桩控制	管线控制桩	桩位、标高、高程	停工待检、旁站见证
		灰场控制桩		
		道路控制桩		
		国家大地控制桩资料	验证来源	旁站见证

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

分部（项）工程	监理作业项目		监理要点	监理方式
土石方及爆破工程	一般项目	定位桩设置测量	定位高程、坐标	停工待检、现场见证及旁站见证
		挖方	验槽	停工待检、旁站见证
		填方	密实度	现场见证与旁站见证
		爆破	按方案	停工待检
	挡土墙	定位及高程控制	定位、坐标、高程	停工待检与旁站见证
		挖方	验槽	停工待检与旁站见证
		填方	密实度	停工待检
		基础	工序、材料、质量	停工待检与现场见证
		上部结构	材料质量、砂浆、密实	现场见证
	防洪堤沟	定位及高程控制	定位高程	停工待检与旁站见证
		挖方	验槽、坡度	停工待检
		填方	密实度	现场见证
		砌体	材料、砂浆、密实	现场见证
地基与基础工程	定位及高程控制		定位、高程	停工待检
	挖方		验槽	
	填方		密实度	
	灰土地基		材料、工艺	现场见证
	砂和砂石地基			
	旋喷地基			
	重锤夯实地基		工序	
	强夯地基			
	振冲地基			
	砌体地基		工艺、材料	
	砌石地基			
	钢管桩	制作	材料、尺寸	
		打桩		
	混凝土灌注桩	成孔	验孔	文件签证与旁站见证
		钢筋	符合图纸要求	停工待检与文件签证
		混凝土	工序、配合比	现场见证与旁站见证
	混凝土控制桩	模板	材料、偏差	现场见证
		钢筋	符合图纸要求	停工待检与文件签证
		混凝土	工序、配合比	旁站见证
		打桩	偏差控制	旁站见证

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

分部（项）工程	监理作业项目		监理要点	监理方式
地下防水混凝土	地下防水层	水泥掺和防水剂、粉	工序、材料	现场见证与旁站见证
		卷材类、橡胶类、沥青类	工序、材料	
	防水混凝土	掺和料	材料	
		浇注	配合比、工序	
砌体工程	砂浆		配合比、原材料	现场见证
	砌筑		搭接、插筋、留孔、工序	
混凝土工程	模板	模板	尺寸、标高、轴线	
		支撑	牢固	停工待检、文件签证与旁站见证
	钢筋		材料、规格、排列	
	混凝土		配合比、材料、工序	旁站见证
钢结构工程	钢构件制作	单层钢柱	材料、尺寸、焊接	停工待检、文件签证与旁站见证
		焊接实腹梁		
		桁架		
		墙架、联结构件		
		平台、梯、栏杆		
		网架		停工待检与文件签证
		金属压型板		

三、杆塔组装

1. 电杆组装

（1）紧固件

1）螺杆应与构件面垂直，螺头平面与构件不应有间隙。紧固件一律为镀锌件。

2）螺栓紧好后，螺杆丝扣单母时露出不应少于 2 扣，双母时可平扣；螺头侧应加镀锌平光垫，不得超过 2 个，螺母侧应加镀锌平光垫和镀锌弹簧垫，平垫不得超过 2 个，弹垫 1 个。

3）在立体结构中螺栓穿入的方向　水平穿入应由内向外，垂直穿入应由下向上。

4）在平面结构中螺栓穿入的方向　螺栓顺线路时，双面结构件（如双横担）由内向外，单面结构件（如单横担）由送电侧向受电侧或者相反，但必须统一；横线路方向（水平方向垂直线路）时，两侧由内向外，中间由左向右或方向统一；上下垂直线线路时，由下向上。

5）组装时不要将紧固横担的螺栓拧得太紧，应留有调节的余量，待全部装好后，经调平找正后再全部一一拧紧。

（2）横担

1）间距。同杆架设的不同电压等级或相同电压等级双回路的线路时，横担间的垂直距

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

离不应小于表 17-4 中的数值。

表 17-4　同杆架设线路横担间的最小垂直距离　（单位：mm）

架设方式	直线杆	分支或转角杆
1～10kV 与 1～10kV	800	500
1～10kV 与 1kV 以下	1200	1000
1kV 以下与 1kV 以下	600	300
10kV 与 35kV	2000	2000
35kV 与 35kV	2250	2250
220/400V 与通信广播线路	1000	1000

杆头安装金具横担时，与杆顶的距离一般应按表 17-5 中的数值选取。

表 17-5　与杆顶的距离　（单位：mm）

杆型金具 / 电压	直线铁头	轻承力铁头	30°以下转角铁头	45°～90°转角横担	耐张铁头	耐张横担	直线陶瓷	水平横担
高压	100	100	100	300	200	300	100	200
低压	300							

2）同杆多层用途不同的横担排列时，自上而下的顺序是高压、低压动力、照明路灯、通信广播。

3）安装及允许偏差：直线单横担应安装于受电侧；90°转角杆或终端杆当采用单横担时，应装于拉线侧，多层横担同上。双横担必须有拉板或穿钉连接，连接处个数应与导线根数对应。

横担安装必须平和正，从线路方向观察其端部上下歪斜不超过 20mm；从线路方向的两侧观察，横担端部左右歪斜不超过 20mm。双杆横杆，与电杆接触处的高差不应大于两杆距的 5‰，左右扭斜不大于横担总长的 1%。

4）陶瓷横担安装时应在固定处垫橡胶垫，垂直安装时，顶端顺线路歪斜不应大于 10mm；水平安装时，顶端应向上翘起 5°～15°，水平对称安装时，两端应一致，且上下歪斜或左右歪斜不应大于 20mm。

（3）绝缘子

1）针式绝缘子应与横担垂直，顶部的导线槽应顺线路方向，紧固应加镀锌的平垫弹垫。针式绝缘子不得平装或倒装。绝缘子的表面清洁无污。

2）悬式绝缘子使用的平行挂板、曲型拉板、直角挂环、单联碗头、球头挂环、二联板等连接金具必须外观无损、无伤、镀锌良好，机械强度符合设计要求，开口销子齐全且尾部已曲回。绝缘子与绝缘子连接成的绝缘子串应能活动，必要时要做拉伸试验。弹簧销子、螺栓的穿向应符合规定。

3）蝶式绝缘子使用的穿钉、拉板要求同 2），所有螺栓均应由下向上穿入。

4）外观检查合格外，应用 5000V 绝缘电阻表摇测每个绝缘子的绝缘电阻，阻值不得小于 500MΩ，最后将绝缘子擦拭干净。绝缘子裙边与带电部位的间隙不应小于 50mm。

（4）电杆组装的注意事项：

① 组装前，应用水泥砂浆将杆顶孔洞抹死，并使其成为圆形凸起，以免存水或成为鸟巢。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 组装的同时应将拉线抱箍装上，其位置通常在受力横担下面或按图样要求，同时在拉线侧的穿钉上套入心形环，方向要找对以免返工。单杆人字拉线抱箍上的心形环要套在杆的两侧指向拉坑方向，一侧一个；其他杆型的拉线抱箍上的心形环一般只有一个，安装在拉线侧。

③ 组装铁件有困难时，应查明原因，严禁强行组装，不得用铁锤直接敲打构件，以免锌层破损或击裂焊缝，必要时应垫上木块敲打。

④ 少量螺孔位置不对需要扩孔时，扩孔部分不应超过3mm，超过3mm时应先堵焊后重新开孔，并进行防腐处理。严禁用气割进行扩孔或烧孔。

⑤ 连接螺栓，在组装后必须全部紧固一次，当使用力矩扳手检查时应符合表17-6的要求。螺杆或螺母的螺纹有滑扣或螺母的六方棱角磨损过大以至扳手打滑的螺栓必须更换，不得使用。

表17-6 杆塔螺栓紧固扭矩标准

螺栓规格	扭矩值/（N·cm）	螺栓规格	扭矩值/（N·cm）
M12	4000	M20	10000
M16	8000	M24	25000

⑥ 杆组装后其尺寸误差不应超过表17-7的规定。

表17-7 杆塔组立后尺寸允许误差

允许偏差值 电压等级 / 偏差项目	10～110kV	220～330kV	500kV	高塔
电杆结构根开	±30mm	±5‰	±3‰	
电杆结构面与横线路方向扭转（即迈步）	30mm	1%	5‰	
双立柱杆塔横担在主柱连接处的高差	5‰	3.5‰	2‰	
直线杆塔结构倾斜	3‰	3‰	3‰	1.5‰
直线杆结构中心与中心桩间横线路方向位移（mm）	50	50	50	
转角杆结构中心与中心桩间横、顺线路方向位移（mm）	50	50	50	
等截面拉线塔立柱弯曲	2‰	1.5‰	1‰最大30mm	—

⑦ 用抱箍连接的叉梁，其上端抱箍组装尺寸的允许误差不应超过±50mm，分段组合叉梁组装后应正直，不应有明显的鼓肚或弯曲。

⑧ 组装时应再次检查使用的螺栓、铁构件、金具等有无破损或焊缝开裂以及裂纹，凡有损者不得使用。

2. 铁塔组装

（1）地面组装铁塔应用枕木支垫，支垫的枕木，其数量、位置符合安装设计的要求，不得因构件自重而使结构产生损坏或变形。支垫应稳固可靠，高度应满足组装要求。

（2）铁塔应对称组装于线路中心线（转角塔为线路转角二等分线）的两侧。脚钉及接地螺孔的方向应与设计要求相符，若设计无规定时，应面向受电侧把带有脚钉孔的主材放在右后方。若采用倒落式抱杆立塔，则应将铁塔底脚板垫起一定高度并与基础座连接。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（3）螺栓安装及紧固的规划、要求同水泥杆组装。构件组装应紧密牢固，如有组装困难或螺孔位置不对，严禁强行组装，应按电杆组装时的处理方法进行妥善处理。交叉处有空隙者，应装设相应厚度的垫板。螺栓紧固扭矩标准见表17-6。

（4）螺栓的安装，一般应从端部开始，并分别对称紧固。全部组装完毕后，再逐个一一检查并拧紧。

（5）对螺栓孔位不正、漏钻或角钢切角不够等缺陷，应补钻或补切，补钻或补切应按表17-8和表17-9的规定进行。孔位不正可扩孔处理，扩孔尺寸不大于3mm，否则应补焊钻孔，钻孔后涂防锈漆，严禁气焊开孔。

表17-8　螺栓间距与端距　（单位：mm）

螺栓规格	螺栓孔径	排列方式	间距 e	端距 e_1
M16	ϕ17.5	单排 双排	50 80	25
M20	ϕ21.5	单排 双排	60 100	30
M24	ϕ25.5	单排 双排	80 120	40
图　示				

表17-9　角钢切角边距　（单位：mm）

螺栓规格	螺栓孔径	轧制边 l	切角边 l
M16	ϕ17.5	21	23
M20	ϕ21.5	26	28
M24	ϕ25.5	31	33
图　示			

（6）更换材料或代替时，应经设计同意，组装后的铁塔应符合设计要求。

四、电杆立杆技术要求

（1）直线杆的横向位移不应大于50mm，10kV及以下电杆的倾斜不应使杆梢的位移大

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

于半个杆梢；35kV 电杆不应大于杆长的 3‰。

（2）转角杆应向外角稍偏，紧线后不应向内角倾斜，向外角的倾斜不应使杆梢位移大于一个杆梢；转角杆的横向位移不应大于 50mm。

（3）终端杆应向拉线侧稍偏，紧线后不应向拉线反方向倾斜，向拉线侧倾斜不应使杆梢位移大于一个杆梢直径。

（4）双杆除上三点要求外，其双杆中心与中心桩之间的横向位移应≤50mm；转角杆横向，顺向位移均不应大于 50mm；迈步≤30mm；两杆高差≤20mm；根开≤±30mm。

（5）用抱箍连接的叉梁和横隔梁，组装尺寸偏差应在±50mm 范围；叉梁不应有鼓肚、弯曲，横隔梁应保持水平。

（6）钢管杆必须用双螺母与基础螺栓紧固，紧固时应在螺纹上涂抹黄油防锈、防腐。

五、挂线、紧线技术要求

（1）紧线应在全线混凝土基础强度达到设计要求、全耐张段内杆塔已经质检部门检查合格后、方可进行。

（2）弧垂观测档的选择原则：

1）紧线段在 5 档及以下时，靠近中间选择一档；

2）紧线段在 6～12 档时，靠近两端约 1/4 处各选择一档；

3）紧线段在 12 档以上时，靠近两端约 1/4 处及中间各选择一档；

4）观测档宜选档距较大和悬挂点高差较小的档距，若地形特殊应适当增加观测档。

（3）挂线时，对于孤立档及较小的耐张段，其过牵引长度应不大于 200mm，且导线或避雷线的安全系数不得小于 2。

（4）弧垂应在挂线后随即检查，其偏差应不大于 +5%、-2.5%，但正偏差最大值应不大于 500mm；当弛度大于 30m 时，其偏差应不大于 ±2.5%，按大跨越设计的跨越挡，其偏差应不大于 +2%、-2.5%。

（5）导线或避雷线各相的弧垂应力求一致，在满足④条的允许误差时，各相间相对误差应不超过表 17-10 的规定。10kV 及以下线路水平排列的导线弧垂相差不应大于 50mm。

表 17-10 导线或避雷线各相间弛度允许相对误差

排列形式	一般的线档	弛度大于 30m 的线档	按大跨越设计的跨越档
水平排列	200mm	1%	1%
非水平排列	300mm	1.5%	1%

（6）相分裂导线同相各线的弧垂应力求一致，在满足④条的允许误差时，水平排列的分裂导线其相对误差应不超过 80mm；垂直排列的分裂导线其分裂间距误差不应超过 +80mm、-50mm。

（7）紧线后应测量导线对被跨越物的距离，应符合表 17-11 及验收规范的规定（GB 50173—1992）。

（8）挂线紧线的注意事项：

① 紧线段如有直线小转角杆时，必须派专人登杆看管，防止导线阻卡或跑出滑轮。

② 挂绝缘子串时，应检查各个绝缘子有无破损并加以清洁，铁头开口方向一律向下。

③ 当导线离开地面时，应将导线上勾挂的杂草杂物等物清除干净。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

④ 温度计是紧线的必备品，一般应挂在杆塔的阴面，各相导线紧线时的气温相差在±2.5℃以内时，也不作调整，超过时应随温度的变化而相应调整垂度。

⑤ 耐张线夹的安装方向要装对，不得装反。

⑥ 杆塔上操作人员，在牵引紧线时应位于导线的上风侧，尽量远离，当弧垂紧好且稳定2～5min后再进行操作；挂线时必须等接近挂线处时，再进行操作，一般应保持侧身操作。

⑦ 紧线时必须匀速且慢、挂线时要尽量减小导线所承受的牵引张力。孤立档距更要注意，避免过牵引，否则要引起杆塔歪斜或变形。

⑧ 雷雨、六级以上大风等恶劣天气应停止作业。

⑨ 应派专人随时监视地锚的受力情况。紧线时、线下不得有人。

⑩ 绞磨或牵引设备应由电工负责，邻近带电线路时作业时，绞磨、牵引设备、被紧导线均应临时可靠接地，导线应有专人监视。

⑪ 紧线和放线最好连续作业，当天完成，否则应有一定的保护防范措施。

表 17-11　架空电力线路与各种工程设施交叉接近时的基本要求

编号	项目	一		二		三		四		五					六	
		铁路		道路		通航河流		弱电线路		电力线路/kV					特殊管道	铁索道
		标准轨距	窄轨	一、二级公路	三、四级公路	主要	次要	一、二级	三级	1以下	6～10	35～110	154～220	330		
1	导线最小面积	10、35kV线路：铝绞线及铝合金线为35mm²，其他导线为16mm²										0.38kV线路：铝绞线为16mm²				
2	导线在跨越档内的接头	不应接头	—	不应接头	—	不应接头	—	不应接头	—	—	—	—	—	—	不应接头	
3	导线支持方式	双固定		双固定	单固定	双固定	单固定	双固定	单固定	单固定	双固定	—	—	—	双固定	
4	最小垂直距离/m　项目 / 线路电压/kV	至轨顶		至路面		至50年一遇洪水位		交叉档有保护		至导线					电力线在上面	
		至承力索或接触线				至最高航行水位的最高船桅顶		交叉档无保护							电力线在下面	电力线在下面时至电力线上的保护设施
	0.38	7.5 3.0	6.0 3.0	6.0		6.0 1.0		1.0 3.0		1	2	3	4	5	1.5 1.5	
	10	7.5 3.0	6.0 3.0	7.0		6.0 1.5		2.0 4.0		2	2	3	4	5	3.0 不允许	2.0 2.0
	35	7.5 3.0	7.5 3.0	7.0		6.0 2.0		3.0 5.0		3	3	3	4	5	4.0 不允许	3.0 3.0

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

编号	项目		一		二		三		四		五					六	
			铁路		道路		通航河流		弱电线路		电力线路/kV					特殊管道	铁索道
			标准轨距	窄轨	一、二级公路	三、四级公路	主要	次要	一、二级	三级	1以下	6～10	35～110	154～220	330		
5	最小水平距离/m	项目 / 线路电压/kV	电杆外缘至轨道中心		电杆中心至路面边缘		与拉纤小路平行的线路，边导线至斜坡上缘		在路径受限制地区、两线路边导线间		在路径受限制地区，两线路外边侧导线间					在路径受限制地区至管道索道任何部分	
		0.38	交叉：5.0 平行：杆高加3.0		0.5		最高电杆高度		1.0		2.5	2.5	5.0	7.0	9.0	1.5	
		10	杆高加3.0		0.5		最高电杆高度		2.0		2.5	2.5	5.0	7.0	9.0	2.0	
		35	杆高加3.0		5.0		最高电杆高度		4.0		5.0	5.0	5.0	7.0	9.0	最高杆高	4.0
6	35kV线路邻档断线最小垂直距离/m		至轨顶6.0m		5.0		不验算		1.0		不验算					1.0	
7	备注						开阔地区的最小水平距离不得小于电杆高度		两平行线路在开阔地区的水平距离不应小于电杆高度		两平行线路在开阔地区的水平距离不应小于电杆高度					在路径不受限制地区与管索道的水平距离不应小于电杆高度	

（9）导线垂度要求　垂度也称弛度，通常指在平坦地面上，即相邻两基杆塔上导线悬挂点高度相同时，导线最低点与悬挂点间连线的垂直距离，见图17-1。如导线在相邻两基杆

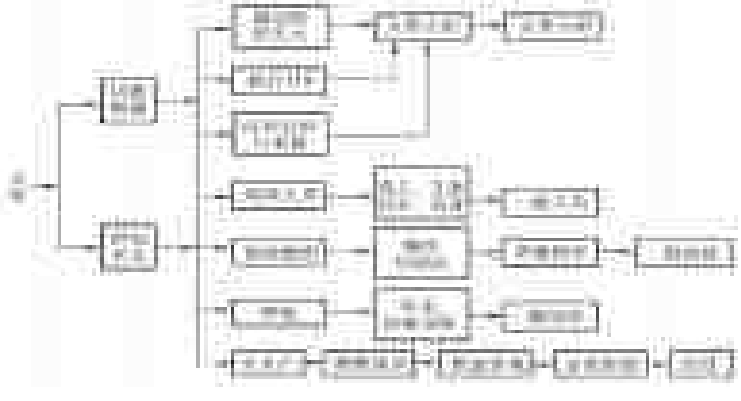


图17-1　导线弧垂示意图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

塔上的悬挂点高度不同时，基弧垂要分为两个，即最大垂度、最小垂度见图 17-1。弧垂是表示导线所受拉力的量，弧垂越小拉力越大，反之拉力越小。弧垂一般由设计给出，但在安装中则常按表 17-12 中的数值进行调整。

表 17-12　常用线路垂度表

弧垂/m　温度/℃　档距/m	-20	-10	0	10	20	30	40
	LJ-25，$\sigma=6.4\text{kg/mm}^2$，$K=2.5$						
50	0.132	0.168	0.227	0.322	0.455	0.600	0.735
60	0.198	0.253	0.338	0.463	0.620	0.780	0.930
70	0.311	0.405	0.540	0.710	0.890	1.07	1.24
80	0.472	0.613	0.795	0.987	1.18	1.36	1.53
90	0.730	0.924	1.14	1.35	1.56	1.74	1.92
100*	1.70	1.90	2.11	2.29	2.45	2.61	2.76
	LJ-35，$\sigma=6.4\text{kg/mm}^2$，$K=2.5$						
60	0.191	0.242	0.320	0.440	0.592	0.753	0.905
70	0.265	0.335	0.441	0.590	0.760	0.937	1.11
80	0.387	0.494	0.642	0.823	1.02	1.21	1.39
90	0.557	0.710	0.902	1.11	1.33	1.52	1.71
100	0.783	0.983	1.21	1.43	1.66	1.86	2.06
110	1.09	1.32	1.57	1.81	2.03	2.24	2.45
120*	2.22	2.44	2.66	2.86	3.06	3.24	3.44
	LJ-50，$\sigma=6.4\text{kg/mm}^2$，$K=2.5$						
50	0.131	0.169	0.228	0.324	0.462	0.593	0.736
60	0.190	0.245	0.313	0.445	0.600	0.755	0.763
70	0.262	0.331	0.431	0.560	0.747	0.923	1.09
80	0.342	0.427	0.552	0.714	0.902	1.09	1.215
90	0.457	0.519	0.726	0.918	1.12	1.33	1.54
100	0.613	0.693	0.984	1.18	1.40	1.62	1.83
110*	1.31	1.55	1.78	2.01	2.22	2.43	2.61
120	1.70	1.95	2.19	2.42	2.65	2.85	3.13
	LJ-70，$\sigma=6.4\text{kg/mm}^2$，$K=2.5$						
50	0.131	0.169	0.228	0.324	0.458	0.602	0.735
60	0.193	0.244	0.323	0.445	0.600	0.760	0.920
70	0.261	0.326	0.431	0.573	0.744	0.925	1.095
80	0.351	0.425	0.518	0.675	0.897	1.085	1.265
90	0.430	0.526	0.672	0.860	1.07	1.28	1.485
100	0.537	0.615	0.826	1.03	1.26	1.525	1.70
110*	1.04	1.27	1.51	1.75	1.97	2.19	2.39
120	1.35	1.60	1.86	2.10	2.34	2.56	2.78

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

弧垂/m 温度/℃ 档距/m	-20	-10	0	10	20	30	40
LJ-95，$\sigma=6.4kg/mm^2$，$K=2.5$							
50	0.137	0.170	0.236	0.320	0.464	0.603	0.735
60	0.192	0.242	0.328	0.443	0.586	0.670	0.891
70	0.268	0.345	0.437	0.570	0.754	0.927	1.09
80	0.349	0.446	0.56	0.725	0.911	1.11	1.295
90	0.426	0.527	0.668	0.844	1.18	1.26	1.44
100	0.555	0.670	0.838	1.04	1.26	1.485	1.695
150*	2.11	2.40	2.70	2.97	3.24	3.48	3.73
200	4.47	4.77	5.10	5.38	5.65	5.95	6.22
250	7.50	7.85	8.20	8.50	8.80	9.10	9.35
LJ-120，$\sigma=6.4kg/mm^2$，$K=2.5$							
70	0.267	0.335	0.440	0.578	0.755	0.925	1.11
80	0.350	0.444	0.556	0.721	0.921	1.14	1.31
90	0.440	0.547	0.690	0.840	1.07	1.29	1.49
100	0.545	0.659	0.835	1.04	1.26	1.49	1.70
120*	1.04	1.26	1.52	1.76	2.06	2.30	2.46
150	1.57	1.85	2.14	2.43	2.71	3.00	3.26
200	4.05	4.40	4.74	5.03	5.35	5.63	5.90
250	7.28	7.65	7.93	8.25	8.55	8.85	9.15

注：1. 各型导线档距栏内，凡*号及以下弧垂的 $\sigma=5.34$，$K=3$。

2. 表中，σ 表示导线应力，K 表示安全系数。

气象条件	温度/℃	风速/（m/s）
最大风速	-5	25
不覆冰		
最低气温	-20	0
最高气温	+40	0

弧垂/m 温度/℃ 档距/m	-20	-10	0	10	20	30	40
LGJ-35，$\sigma=9.6kg/mm^2$，$K=2.5$							
60	0.154	0.183	0.222	0.281	0.368	0.482	0.617
70	0.230	0.248	0.299	0.375	0.479	0.616	0.766
80	0.274	0.323	0.390	0.481	0.602	0.756	0.924
90	0.348	0.408	0.426	0.597	0.739	0.907	1.085
100	0.434	0.511	0.611	0.741	0.904	0.109	1.285
120*	1.04	1.20	1.40	1.68	1.76	2.07	2.30

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

弧垂/m　温度/℃　档距/m	-20	-10	0	10	20	30	40
LGJ-35，$\sigma=9.6\text{kg/mm}^2$，$K=2.5$							
150	2.05	2.30	2.58	2.80	3.06	3.28	3.49
180	3.50	3.80	4.00	4.27	4.50	4.77	4.96
200	4.52	4.80	5.08	5.35	5.60	5.90	6.07
250	7.74	8.00	8.30	8.59	8.78	9.05	9.30
300	11.67	11.93	12.20	12.50	12.70	12.95	13.25
LGJ-50，$\sigma=9.6\text{kg/mm}^2$，$K=2.5$							
60	0.157	0.185	0.224	0.284	0.370	0.467	0.622
70	0.215	0.254	0.309	0.386	0.497	0.631	0.781
80	0.283	0.330	0.399	0.493	0.619	0.775	0.940
90	0.358	0.409	0.513	0.592	0.690	0.977	1.13
100	0.437	0.513	0.610	0.743	0.900	1.115	1.275
150*	1.48	1.70	1.98	2.20	2.40	2.70	2.95
200	3.28	3.60	3.89	4.20	4.47	4.70	5.01
250	5.81	6.10	6.45	6.80	7.15	7.30	7.62
300	8.90	9.25	9.60	9.90	10.25	10.55	10.80
LGJ-70，$\sigma=8.3\text{kg/mm}^2$，$K=3$							
70	0.248	0.290	0.370	0.47	0.60	0.73	0.90
80	0.324	0.370	0.475	0.60	0.75	0.90	1.08
90	0.412	0.465	0.590	0.73	0.90	1.09	1.27
100	0.505	0.565	0.710	0.88	1.08	1.26	1.46
120	0.73	0.80	1.01	1.25	1.48	1.68	1.88
150	1.29	1.50	1.73	1.921	21.25	2.48	2.75
180	1.96	2.25	2.65	2.97	3.20	3.50	3.80
200	2.77	3.08	3.40	3.76	3.93	4.20	4.58
250	4.92	5.08	5.60	5.95	6.05	6.45	6.90
280	6.50	6.89	7.19	7.60	7.80	8.03	8.50
300	7.65	8.00	8.36	8.85	9.10	8.95	9.70
LGJ-95，$\sigma=9.3\text{kg/mm}^2$，$K=3$							
70	0.246	0.306	0.362	0.427	0.568	0.700	0.830
80	0.320	0.396	0.466	0.550	0.700	0.850	1.020
90	0.406	0.415	0.582	0.687	0.850	1.030	1.190
100	0.502	0.607	0.700	0.830	1.010	1.180	1.370
120	0.720	0.855	0.98	1.15	1.34	1.54	1.68
150	1.130	1.250	1.50	1.70	1.93	2.18	2.40
180	1.785	2.020	2.22	2.52	2.72	3.01	3.30
200	2.260	2.520	2.80	3.14	3.32	3.64	3.99

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

弧垂/m 温度/℃ 档距/m	-20	-10	0	10	20	30	40
LGJ-95，$\sigma=9.3\text{kg/mm}^2$，$K=3$							
250	3.930	4.250	4.66	4.95	5.33	5.60	5.92
300	6.120	6.500	6.86	7.24	7.79	7.93	8.30
LGJ-120，$\sigma=9.4\text{kg/mm}^2$，$K=3$							
70	0.232	0.250	0.344	0.44	0.54	0.69	0.850
80	0.303	0.325	0.445	0.56	0.68	0.83	1.020
90	0.383	0.408	0.555	0.68	0.81	1.00	1.180
100	0.473	0.500	0.670	0.80	0.98	1.16	1.340
120	0.682	0.715	0.91	1.10	1.29	1.50	1.73
150	1.063	1.11	1.39	1.63	1.84	2.10	2.36
180	1.600	1.80	2.03	2.30	2.58	2.82	3.15
200	2.020	2.26	2.54	2.83	3.12	3.40	3.73
250	3.490	3.83	4.18	4.34	4.82	5.20	5.54
300	5.440	5.85	6.20	6.60	6.99	7.35	7.70
350	7.630	8.22	8.67	9.07	9.65	9.86	10.22

注：各型导线档距栏内，凡＊号及以下弧垂的 $\sigma=7.91$，$K=3$。

气象条件	温度/℃	风速/（m/s）
最大风速	-5	25
不覆冰		
最低气温	-20	0
最高气温	+40	0

弧垂/m 温度/℃ 档距/m	-30	-20	-10	0	10	20	30
LGJ-35，$\sigma=10\text{kg/mm}^2$，$K=2.5$							
80	0.40	0.50	0.65	0.70	0.80	0.90	1.15
100	0.45	0.55	0.70	0.80	0.95	1.10	1.30
120	0.60	0.71	0.77	1.03	1.25	1.41	1.65
140	0.93	1.12	1.30	1.50	1.75	1.93	2.15
160	1.50	1.72	1.90	2.14	2.36	2.62	2.78
180	2.20	2.42	2.70	2.90	3.15	3.40	3.62
200	3.05	3.30	3.60	3.80	4.00	4.30	4.50
LGJ-50，$\sigma=10\text{kg/mm}^2$，$K=2.5$							
80	0.35	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.20
100	0.45	0.55	0.65	0.75	0.95	1.10	1.30
120	0.60	0.70	0.85	0.98	1.20	1.36	1.58

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

弧垂/m 温度/℃ 档距/m	-30	-20	-10	0	10	20	30
LGJ-50，$\sigma=10kg/mm^2$，$K=2.5$							
140	0.84	1.00	1.18	1.32	1.60	1.75	1.98
160	1.24	1.40	1.64	1.85	2.10	2.30	2.58
180	1.80	2.00	2.23	2.55	2.75	3.00	3.25
200	2.50	2.75	3.00	3.30	3.55	3.80	4.05
LGJ-70，$\sigma=10kg/mm^2$，$K=2.5$							
80	0.35	0.48	0.57	0.65	0.80	0.95	1.10
100	0.40	0.53	0.64	0.75	0.92	1.08	1.25
120	0.55	0.64	0.75	0.95	1.15	1.35	1.50
140	0.74	0.78	1.10	1.24	1.45	1.58	1.85
160	1.05	1.24	1.45	1.65	1.85	2.10	2.30
180	1.46	1.65	1.85	2.10	2.40	2.64	2.90
200	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.30	3.68

气象条件	温度/℃	风速/(m/s)	冰厚/mm
最大风速	-5	30	0
覆冰	-5	10	5
最低气温	-40	0	0
最高气温	+40	0	0

弧垂/m 温度/℃ 档距/m	-30	-20	-10	0	10	20	30
LGJ-35，$\sigma=10kg/mm^2$，$K=2.5$							
80	0.40	0.50	0.70	0.75	0.90	1.13	1.25
100	0.65	0.83	0.98	1.15	1.30	1.50	1.65
120	1.38	1.58	1.75	1.90	2.10	2.25	2.38
140	2.27	2.50	2.72	2.88	3.02	3.20	3.38
160	3.40	3.60	3.78	3.88	4.10	4.30	4.50
180	4.63	4.85	5.04	5.20	5.40	5.52	5.75
200	6.05	6.25	6.45	6.60			
LGJ-50，$\sigma=10kg/mm^2$，$K=2.5$							
80	0.43	0.50	0.55	0.65	0.80	0.95	1.10
90	0.48	0.55	0.65	0.75	0.90	1.05	1.20
100	0.55	0.68	0.83	0.95	1.08	1.25	1.40
120	0.95	1.15	1.32	1.50	1.70	1.85	2.00

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

弧垂/m 温度/℃ 档距/m	-30	-20	-10	0	10	20	30
LGJ-50，$\sigma=10\text{kg/mm}^2$，$K=2.5$							
140	1.70	1.85	2.05	2.25	2.45	2.65	2.77
160	2.50	2.75	2.95	3.15	3.35	3.60	3.75
180	3.60	3.80	4.05	4.25	4.50	4.65	4.85
200	4.75	5.00	5.20	5.40	5.60	5.80	6.00
LGJ-70，$\sigma=10\text{kg/mm}^2$，$K=2.5$							
80	0.25	0.30	0.40	0.50	0.65	0.75	0.95
100	0.38	0.45	0.58	0.70	0.87	1.00	1.15
120	0.68	0.76	0.90	1.15	1.27	1.34	1.64
140	1.15	1.30	1.48	1.74	1.90	2.14	2.30
160	1.82	2.02	2.24	2.48	2.70	2.90	3.10
180	2.65	2.85	3.08	3.35	3.55	3.80	3.95
200	3.58	3.85	4.05	4.30	4.52	4.75	4.95
LGJ-95，$\sigma=10.19\text{kg/mm}^2$，$K=2.75$							
80	0.30	0.40	0.50	0.65	0.75	0.90	1.05
100	0.42	0.55	0.63	0.75	0.90	1.08	1.25
120	0.65	0.75	0.86	1.00	1.20	1.38	1.60
140	0.90	1.10	1.20	1.35	1.60	1.80	2.03
160	1.35	1.53	1.72	1.86	2.16	2.40	2.65
180	1.95	2.15	2.40	2.55	2.85	3.15	3.38
200	2.68	2.90	3.13	3.35	3.65	3.90	4.13
LGJ-120，$\sigma=10.19\text{kg/mm}^2$，$K=2.75$							
80	0.38	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.20
100	0.46	0.56	0.68	0.80	1.00	1.15	1.32
120	0.60	0.70	0.80	1.00	1.23	1.43	1.68
140	0.85	1.00	1.14	1.35	1.55	1.78	1.98
160	1.20	1.36	1.58	1.80	2.07	2.27	2.47
180	1.67	1.82	2.22	2.40	2.65	2.90	3.14
200	2.29	2.52	2.80	3.12	3.40	3.65	3.90
LGJ-120，$\sigma=9.33\text{kg/mm}^2$，$K=3$							
80	0.53	0.65	0.78	0.95	1.10	1.20	1.30
100	0.55	0.68	0.80	0.96	1.15	1.29	1.42
120	0.60	0.75	0.95	1.15	1.30	1.50	1.68
140	0.95	1.10	1.30	1.50	1.70	1.90	2.25
160	1.45	1.65	1.85	2.08	2.30	2.50	2.75
180	2.10	2.35	2.55	2.78	3.00	3.25	3.50
200	2.80	3.13	3.35	3.60	3.80	4.05	4.30

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

弧垂/m 温度/℃ 档距/m	-30	-20	-10	0	10	20	30
LGJ-150，$\sigma=10.19\text{kg/mm}^2$，$K=2.75$							
80	0.45	0.50	0.60	0.70	0.85	0.98	1.10
100	0.50	0.56	0.68	0.80	0.97	1.12	1.27
120	0.58	0.68	0.80	0.95	1.15	1.35	1.55
140	0.75	0.90	1.05	1.25	1.45	1.70	1.88
160	1.05	1.23	1.43	1.65	1.85	2.15	2.40
180	1.45	1.65	1.90	2.10	2.33	2.65	2.85
200	1.98	2.23	2.50	2.75	3.00	3.25	3.55
LGJ-150，$\sigma=9.33\text{kg/mm}^2$，$K=3$							
80	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	1.05	1.20
100	0.55	0.65	0.74	0.86	1.00	1.20	1.35
120	0.68	0.83	0.95	1.18	1.30	1.48	1.70
140	0.95	1.13	1.30	1.53	1.70	1.85	2.12
160	1.32	1.27	1.73	2.00	2.18	2.38	2.68
180	1.80	2.00	2.25	2.55	2.75	2.93	3.20
200	2.40	2.65	2.90	3.20	3.45	3.65	3.90

气象条件	温度/℃	风速/(m/s)	冰厚/mm
最大风速	-5	30	0
覆冰	-5	10	10
最低气温	-40	0	0
最高气温	+40	0	0

弧垂/m 温度/℃ 档距/m	-20	-10	0	10	20	30	40
GJ-35，$\sigma=25\text{kg/mm}^2$，$K=4.8$							
200	1.76	1.91	2.08	2.20	2.30	2.48	2.70
300	4.70	4.90	5.17	5.40	5.65	5.90	6.18
350	6.67	7.08	7.35	7.60	7.80	8.10	8.35
400	9.20	9.50	9.75	10.10	10.35	10.60	
450	10.20	10.60	10.90	11.20	11.50	11.80	
500	12.90	13.20	13.60	13.90	14.20	14.60	
550	15.90	16.30	16.70	17.00	17.30	17.70	
600	19.30	19.60	20.00	20.40	20.80	21.00	
GJ-50，$\sigma=25\text{kg/mm}^2$，$K=4.8$							
200	1.67	1.80	1.95	2.10	2.28	2.42	2.62
300	4.28	4.50	4.75	4.95	5.28	5.50	5.76

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

弧垂/m 温度/℃ 档距/m	-20	-10	0	10	20	30	40
GJ-50，$\sigma=25\text{kg/mm}^2$，$K=4.8$							
350	6.12	6.37	6.70	7.00	7.20	7.47	7.80
400	8.30	8.60	8.95	9.20	9.50	9.75	10.10
450	9.65	9.98	10.30	10.60	10.95	11.25	11.55
500	12.20	12.50	12.80	13.00	13.50	13.90	14.20
550	15.00	15.30	15.70	16.00	16.40	16.70	17.10
600	18.10	18.50	18.90	19.30	19.60	19.90	20.30

气象条件	温度/℃	风速/(m/s)
最大风速	-5	25
不覆冰		
最低气温	-20	0
最高气温	+40	0

六、导线在绝缘子上的固定

（1）导线的固定必须牢固可靠，不得有松脱，空绑等现象。

（2）对于直线杆塔，导线应安装在针式绝缘子或直立瓷横担的顶槽内；水平瓷横担的导线应安装在端部的边槽上；采用绝缘子串悬挂导线时，必须使用悬挂垂线夹。

（3）直线角度杆，导线应固定在针式绝缘子转角外侧的脖子上。

（4）直线跨越杆，导线应固定在外侧瓷瓶上，中相导线应固定在右侧瓷瓶上（面向电源侧）。导线本体不应在固定处出现角度。

（5）绑扎铝绞线或钢芯铝绞线时，应先在导线上包缠两层铝包带，包缠长度应露出绑扎处两端各15mm。

（6）绑扎方式应按标准要求进行、绑线的材质应与导线相同。

（7）绑扎固定时应先观察前后档距弧垂是否一致，否则应先拉动导线使其基本一致后，再进行绑扎，绑扎必须紧固。

七、拉线

（1）拉线与电杆的夹角一般为45°~60°，当受地形限制时，不宜小于30°；夹角偏差，35kV应≤1°，10kV应≤3°；终端杆的拉线及耐张杆承力拉线应与线路方向对正，转角拉线应与转角后线路方向对正，防风拉线应与线路方向垂直；拉线穿过公路时，对路面中心的垂直距离不得小于6m。

（2）绑扎钢角线拉线时，可用直径不小于3.2mm的镀锌铁线，缠绕长度不应小于表17-13的数值。

（3）绑扎合股镀锌铁线拉线时，可用直径不小于3.2mm的镀锌铁线绑扎，缠绕长度不得小于：

五股及以下者，下缠150mm，花缠250mm，上缠200mm，中间有绝缘子的两端缠200mm。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

采用自身缠绕时，缠绕长度不得小于：

3 股为 80mm，5 股为 150mm。

表 17-13　缠绕长度最小值

钢绞线截面/mm^2	缠绕长度/mm				
	上端	中端有绝缘子的两端	与拉棒连接处		
			下端	花缠	上端
25	200	200	150	250	80
35	250	250	200	250	80
50	300	300	250	250	80

（4）采用 UT 线夹及楔形线夹固定，安装前丝扣上应涂润滑剂；拉线弯曲部分不应有明显松股，露出的尾线不宜超过 400mm；所有尾线方向应一致；调节螺钉应露扣，应有不小于 1/2 螺杆丝扣长度可供调节。调整后 UT 线夹应用双母且拧紧，花篮螺栓应封固，尾线应绑扎固定。

（5）拉桩杆拉线其拉桩杆的埋深不应小于杆长的 1/6；拉桩杆应向张力反方向倾斜 10°～20°；拉线坠线与拉桩杆的夹角不应小于 30°；拉线坠线抱箍与杆顶一般为 0.25m，距地面不小于 4.5m；绑扎长度同前。

（6）镀锌铁线合股拉线最少不得少于 3 股，单股直径不小于 4mm，绞合均匀、受力相等，不应有抽筋、松股现象。

（7）当一杆有多条拉线时，拉线中不得有过松、过紧等受力不均现象。

（8）居民区、厂矿内，混凝土电杆的拉线从导线之间穿过时，拉线中间应装设拉线蛋形绝缘子，在断线情况下，蛋形绝缘子距地面应不小于 2.5m。

（9）拉线底把埋设必须牢固可靠，拉线棒与底拉盘应用双螺母固定，拉线棒外露地面长度一般为 500～700mm。

（10）拉线安装前应对拉线抱箍及其穿钉、心形环、钢绞线或镀锌铁线、拉线棒、底盘、线夹、花篮螺栓、螺钉、蛋形绝缘子等进行仔细检查，有不妥的不得使用。

八、杆上变压器及高压设备检查与测试

（1）外观无损伤，无漏油，油位正常，附件齐全，无锈蚀。

（2）高低压套管无裂纹、无伤痕，螺栓紧固，油垫完好，分接开关正常。

（3）铭牌齐全，数据完整，接线图清晰。高压侧的线电压与线路的线电压相符。

（4）10kV 高压线圈用 1000V 或 2500V 绝缘电阻表测试绝缘电阻应大于 300MΩ，35kV 高压线圈用 2500V 或 5000V 绝缘电阻表测试绝缘电阻应大于 400MΩ；低压 220/380V 线圈用 500V 绝缘电阻表测试绝缘电阻应大于 1.0MΩ；高压侧与低压侧的绝缘电阻可用 500V 绝缘电阻表测试，阻值应大于 500MΩ 以上。

（5）有关变压器、避雷器、跌落熔断器、绝缘子、高低压柜的测试和试验详见《电气工程安装及调试技术手册（第 3 版）》“电气设备、元件、材料的测试和试验”中的相关内容。

（6）变压器及相关高压设备运到现场前应进行全面测试和试验，安装后送电前进行（1）～（5）的测试和试验。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

九、质量标准及检验方法

架空线路、变台、箱变质量标准及检验方法见表17-14～表17-16，有关变台、箱台的质量标准及检验方法见第十九章相关内容。

表17-14 电杆组立及拉线的安装

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
线材	绞线外观			主要	无松股、交叉及破损	观察检查
	型号及规格			主要	按设计规定	对照图样检查
金具	钢铁制品			主要	热浸镀锌件	观察检查
	镀锌层检查				完好	
	型号及规格				按设计规定	对照图样检查
紧固件	镀锌层检查			主要	完好	观察检查
	规格			主要	按设计规定	对照图样检查
绝缘子	铁件外观				镀锌层完好	观察检查
	瓷表面检查				瓷釉光滑清洁，无裂纹、缺釉、斑点、烧痕气泡及碰损	
	铁瓷胶合连接				填料饱满，紧密无松动	观察及扳动检查
	型号及规格			主要	按设计规定	对照图样检查
	绝缘检查			主要	绝缘良好	检查试验记录
混凝土电杆	规格			主要	按设计规定	对照图样检查
	外观检查				表面光洁，壁厚均匀，无露筋、跑浆；无纵、横向裂纹	用尺检查
	杆身平直度				不大于0.1%杆长	拉线检查
横担	用料规格			主要	按设计规定	对照图样检查
	长度误差				±5mm	用尺检查
	安装孔距误差				±2mm	
	防腐方法			主要	热浸镀锌，镀锌层完好	观察检查
杆基定位	直线杆	顺线路方向位移	35kV线路		不大于设计档距的1%	用尺检查
			10kV及以下线路		不大于设计档距的3%	
		横线路方向位移			≤50mm	
	转角杆、分支杆位移				≤50mm	
电杆基础及底盘	表面水平度				水平	用水平尺检查
	双杆	两底盘中心根开误差			≤±30mm	用尺检查
		两杆坑深度			一致	用水平仪或U形连通管检查
电杆坑深允许误差				主要	≤+100mm，-50mm	用尺检查
混凝土电杆	连接混凝土杆用的钢圈	焊接		主要	牢固、可靠	观察检查
		焊接后整杆弯曲度			不大于0.2%杆长	拉线检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工　序	检验项目			性　质	质量标准	检验方法及器具
立杆	直线杆	横向位移			≤50mm	用尺检查
		倾斜度	35kV 线路	主要	不大于 0.3% 杆长	目测或用经纬仪
			10kV 及以下线路		不大于 1/2 杆梢直径	
	转角杆倾斜度	向内角		主要	不允许	经纬仪检查
		向外角			顶端位移不大于杆梢直径	
	终端杆倾斜度	向承力侧			不允许	
		向拉线侧（预偏值）			不大于杆梢直径	
	同基双杆	直线杆横向位移			≤50mm	用尺检查
		转角杆横、顺向位移			≤50mm	用尺检查
		迈步			≤30mm	经纬仪检查
		根开			≤ ±30mm	用尺检查
横担安装	横担安装位置	直线杆			受电侧	观察检查
		分支杆、90°转角及终端杆			拉线侧	
	端部上下歪斜				≤20mm	用水准仪检查
	端部左右扭斜			主要		
	多层横担间距				按 GB 50173—1992 规定	用尺检查
	瓷横担绝缘子安装	垂直安装顶端顺线路歪斜			≤10mm	用经纬仪检查
		水平安装	顶端顺线路歪斜		≤20mm	用水准仪检查
			顶端上下歪斜		向下不允许，上翘允许 5°～10°	
	全瓷式横担绝缘子固定处软垫			主要	齐全、完好	观察检查
连接螺栓	螺栓连接			主要	紧固	用扳手检查
	紧固后螺杆露扣				2 扣～5 扣（双螺母可平扣）	观察检查
接地	电杆及构架接地				按设计规定	对照图样检查
普通拉线	装设位置				按设计规定	
	拉线与地平面夹角与设计值误差	直线地段		主要	≤1°（35kV 线路），≤3°（10kV 及以下线路）	用尺测量计算
		特殊地段			按设计规定	
	拉线盘埋设深度及方向			主要	按设计规定	对照图样检查
拉线柱拉线	拉线柱埋设深度				不小于 1/6 拉线柱长	用尺测量
	拉线柱向张力反方向倾斜度				10°～20°	
	坠线	与拉线柱夹角			≥30°	用尺检查
		上端固定点与柱顶端距离			250mm	
		镀锌铁线最小缠绕长度			按规范规定	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工　　序	检验项目			性　　质	质量标准	检验方法及器具
固定连接	线夹	可调丝扣位置			居中间	观察检查
		螺杆封固		主要	紧固	扳动或扳手检查
	绑扎	绑扎的镀锌铁线直径			≥3.2mm	扳动检查
		缠绕长度及方法			按 GB 50173—1992 规定	
其　　他	镀锌合股拉线	股数			≥3 股	观察检查
		单股直径			≥4mm	
		外观		主要	绞合均匀，无抽筋现象	
	同杆各拉线张力				大小适度，均匀	扳动检查
	拉线绝缘子装设位置			主要	断线时对地距离不小于 2.5m	用尺检查
	顶（撑）杆安装	顶杆底部埋深		主要	≥0.5m	用尺检查
		与主杆间夹角设计值误差			≤ ±5°	
		与主杆连接			紧密、牢固	扳动检查

表 17-15　导线架设检查

工　　序	检验项目			性　　质	质量标准	检验方法及器具
导线检查	局部磨损截面积				≤5% 导电部分截面积	观察及计算
	钢芯				无断折	观察检查
	修补及修补后外观				按 GB 50173—1992 规定	
	连接头检查	压口尺寸及数量			按 GB 50173—1992 规定	观察及计算
		接头两端外形			无灯笼、抽筋现象	观察检查
		接头两端露出导线头长度			≥20mm	用尺检查
		接续管弯曲度			不大于 2% 管长	
		接续管表面外观			无裂纹	观察检查
导线连接与紧固	档距内每相允许接头数				按 GB 50173—1992 规定	按规范规定
	接头与固定点距离					用尺检查
	接头两侧（档距内）导线	金属种类			相同	观察检查
		导线规格			一致	
		导线绞向				
	导线弧垂误差	35kV			−2.5%，+5% 且最大正偏差不大于 200mm	用尺检查
		10kV 及以下			±5%	
导线连接	水平排列的 10kV 及以下导线弧垂各相误差				≤50mm	用尺检查
	导线固定	直线转角杆			在针式绝缘子转角外侧脖颈上	观察检查
		直线越跨杆	边相		在外侧绝缘子上	
			中相		在右侧绝缘子上（面向电源侧）	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工　序	检验项目			性　质	质量标准	检验方法及器具
导线连接	绑扎后外形				平直无硬弯、折角	观察检查
	裸铝导线	与绝缘子及线夹接触部分防护措施			包绕铝带	
		铝带包绕长度			超出接触段 30mm	
		10kV 及以下导线作耐张时绑扎长度	导线≤50mm²		≥150mm	用尺检查
			导线≤70mm²		≥200mm	
	引线连接	异种金属导线连接			有过渡金具	观察检查
		10kV 及以下同种金属导线绑扎长度	导线≤35mm² 及以下		≥150mm	用尺检查
			导线≤50mm²		≥200mm	
			导线≤70mm²		≥250mm	
		并沟线夹线夹数量			≥2 个	观察检查
	绑扎用线	材料			与导线材料相同的单股线	观察检查
		线径			≥2mm	
	固定				牢固	用扳手检查
过引线及引下线安全距离	相间	1～10kV			≥300mm	用尺检查
		1kV 以下			≥150mm	
	电杆构件拉件 mm	35kV			≥600mm	
		1～10kV			≥200mm	
		1kV 以下			≥100mm	
其他	1～10kV 线路同相或相邻相间距				≥300mm	
	1kV 以下线路同相或相邻相间距				≥150mm	
	导线对地及交叉跨越距离				按设计规定	对照图样检查
接地	中性线重复接地				按设计规定	

表 17-16　杆上电气设备安装

工　序	检验项目	性　质	质量标准	检验方法及器具
变压器安装	平台水平偏差		不大于台架根开 1%	用 U 形连通管检查
	平台固定		牢固可靠	用扳手检查
	本体检查及安装		按 GB 50173—1992 规定	对照规范检查
	一、二次引线安装		排列整齐、绑扎牢固	扳动检查
	变压器外壳接地		按设计规定	用接地绝缘电阻表检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工　　序	检验项目			性　　质	质量标准	检验方法及器具
跌开式熔断器安装	安装				按 GB 50147—2010 规定	对照规范检查
	两侧引线安装				整齐牢固，接触点紧密	扳动检查
避雷器安装	本体安装				按 GB 50147—2010 规定	对照规范检查
	瓷套与抱箍间防护垫				齐全、完好	观察检查
	相间距离				≥350mm	用尺检查
	引线安装				整齐、短而直	观察检查
	引线连接				紧固、接触良好	扳动检查
	绝缘引线截面	上引线	铜线		≥16mm^2	观察检查
			铝线		≥25mm^2	
		下引线	铜线		≥25mm^2	
			铝线		≥35mm^2	
	接地电阻值				按设计规定	用接地绝缘电阻表检查
隔离开关安装	本体安装				按 GB 50147—2010 规定	对照规范检查
	固定及连接				牢固、紧密	用扳手检查
	分闸间隙				≥200mm	用尺检查
	电源连接部位				在静触头侧	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第十八章　电力电缆线路监督管理

电力电缆和电力架空线路一样，是电气系统最重要的组成部分（发电、变配电、输电线路、用电设备），是输电线路的一种方式，它的质量关系重大。因此，电力电缆线路的安装敷设质量必须与架空线路一样得到足够的重视。特别重要的是隐蔽电缆（沟内、槽内、管内、直埋、水底敷设电缆）及其电缆头更是电力电缆线路的关键，更要引起工程人员的高度注意。

一、总体要求

1. 总则

1）为了保证电缆线路的安装质量，电缆线路及配套装置的设计必须由相应资质的设计单位完成，并由具有相应资质的单位进行施工。

2）电缆线路工程必须按照批准的设计文件并经相关方面会审的设计施工方案施工。确实需要变更时，应由设计单位出具设计变更方案。

3）电缆线路采用的元件、材料、器材应符合国家现行标准，有合格证件、生产厂商生产制造许可证、试验报告等技术文件，进入现场时一并验收。

4）电力电缆的施工除符合规范要求外，要按相应的电压等级施工，电压等级必须与电缆的额定电压相符。

5）电缆及其电缆头，电缆附件必须进行试验。

6）执行的标准主要有 GB 50168—2006、GB 50150—2006、GB 50303—2011。

2. 电缆及附件的运输与贮存保管

（1）电缆及其附件的运输、保管，应符合产品标准的要求，应避免强烈振动、倾倒、受潮、腐蚀，确保不损坏箱体外表面以及箱内部件。

（2）在运输装卸过程中，不得使电缆及电缆盘受到损伤；严禁将电缆盘直接由车上推下；电缆盘不应平放运输、平放贮存。

（3）运输或滚动电缆盘前，必须保证电缆盘牢固，电缆绕紧。充油电缆至压力油箱间的油管应固定，不得损伤。压力油箱应牢固，压力值应符合产品技术要求。

滚动时必须顺着电缆盘上的箭头指示或电缆的缠紧方向。

（4）电缆及其附件到达现场后，应按下列要求及时进行检查：

1）产品的技术文件应齐全；

2）电缆型号、规格、长度应符合订货要求；

3）电缆外观不应受损，电缆封端应严密。当外观检查有怀疑时，应进行受潮判断或试验；

4）附件部件应齐全，材质质量应符合产品技术要求；

5）充油电缆的压力油箱、油管、阀门和压力表应符合产品技术要求且完好无损。

（5）电缆及其有关材料如不立即安装，应按下列要求贮存：

1）电缆应集中分类存放，并应标明型号、电压、规格、长度。电缆盘之间应有通道。地基应坚实，当受条件限制时，盘下应加垫，存放处不得积水；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）电缆终端瓷套在贮存时，应有防止受机械损伤的措施；

3）电缆附件的绝缘材料的防潮包装应密封良好，并应根据材料性能和保管要求贮存和保管；

4）防火涂料、包带、堵料等防火材料，应根据材料性能和保管要求贮存和保管；

5）电缆桥架应分类保管，不得因受力变形。

（6）电缆及其附件在安装前的保管，其保管期限应为一年及以内。当需长期保管时，应符合设备保管的专门规定。

（7）电缆在保管期间，电缆盘及包装应完好，标识应齐全，封端应严密。当有缺陷时，应及时处理。

充油电缆应经常检查油压，并做记录，油压不得降至最低值。当油压降至零或出现真空时，应及时处理。

3. 电缆导管的加工及敷设

（1）电缆管不应有穿孔、裂缝和显著的凹凸不平，内壁应光滑；金属电缆管不应有严重锈蚀；塑料电缆管应有满足电缆线路敷设条件所需保护性能的品质证明文件。在易受机械损伤的地方和在受力较大处直埋时，应采用足够强度的管材。

（2）电缆管的加工应符合下列要求：

1）管口应无毛刺和尖锐棱角；

2）电缆管弯制后，不应有裂缝和显著的凹瘪现象，其弯扁程度不宜大于管子外径的10%；电缆管的弯曲半径不应小于所穿入电缆的最小允许弯曲半径；

3）无防腐措施的金属电缆管应在外表涂防腐漆，镀锌管锌层剥落处也应涂以防腐漆。

（3）电缆管的内径与电缆外径之比不得小于1.5。

（4）每根电缆管的弯头不应超过3个，直角弯不应超过2个。

（5）电缆管明敷时应符合下列要求：

1）电缆管应安装牢固；电缆管支持点间的距离应符合设计规定；当设计无规定时，不宜超过3m；

2）当塑料管的直线长度超过30m时，宜加装伸缩节；

3）对于非金属类电缆管在敷设时宜采用预制的支架固定，支架间距不宜超过2m。

（6）敷设混凝土类电缆管时，其地基应坚实、平整，不应有沉陷。敷设低碱玻璃钢管等抗压不抗拉的电缆管材时，应在其下部添加钢筋混凝土垫层。电缆管直埋敷设应符合下列要求：

1）电缆管的埋设深度不应小于0.7m；在人行道下面敷设时，不应小于0.5m；

2）电缆管应有不小于0.1%的排水坡度。

（7）电缆管的连接应符合下列要求：

1）金属电缆管不宜直接对焊，宜采用套管焊接的方式，连接时应两管口对准、连接牢固，密封良好；套接的短套管或带螺纹的管接头的长度，不应小于电缆管外径的2.2倍。采用金属软管及合金接头作电缆保护接续管时，其两端应固定牢靠、密封良好。

2）硬质塑料管在套接或插接时，其插入深度宜为管子内径的1.1～1.8倍。在插接面上应涂以胶合剂粘牢密封；采用套接时套管两端应采取密封措施；注：成排管敷设塑料管多采用橡胶圈密封。

3）水泥管宜采用管箍或套接方式进行连接，管孔应对准，接缝应严密，管箍应有防水

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

垫密封圈，防止地下水和泥浆渗入。

（8）引至设备的电缆管管口位置，应便于与设备连接并不妨碍设备拆装和进出。并列敷设的电缆管管口应排列整齐。

（9）利用电缆保护钢管作接地线时，应先焊好接地线，再敷设电缆。有螺纹连接的电缆管，管接头处，应焊接跳线，跳线截面应不小于 30mm^2。

4. 电缆支架的配制与安装

（1）电缆支架的加工应符合下列要求：

1）钢材应平直，无明显扭曲。下料误差应在 5mm 范围内，切口应无卷边、毛刺；

2）支架焊接应牢固，无显著变形。各横撑间的垂直净距与设计偏差不应大于 5mm；

3）金属电缆支架必须进行防腐处理。位于湿热、盐雾以及有化学腐蚀地区时，应根据设计做特殊的防腐处理。

（2）电缆支架的层间允许最小距离，当设计无规定时，可采用表 18-1 的规定。但层间净距不应小于 2 倍电缆外径加 10mm，35kV 及以上高压电缆不应小于 2 倍电缆外径加 50mm。

表 18-1　电缆支架的层间允许最小距离值　（单位：mm）

电缆类型和敷设特征		支（吊）架	桥架
控制电缆明敷		120	200
电力电缆明敷	10kV 及以下（除 6～10kV 交联聚乙烯绝缘外）	150～200	250
	6～10kV 交联聚乙烯绝缘	200～250	300
	35kV 单芯 66kV 及以上，每层 1 根	250	300
	35kV 三芯 66kV 及以上，每层多于 1 根	300	350
电缆敷设于槽盒内		$h+80$	$h+100$

注：h 表示槽盒外壳高度。

（3）电缆支架应安装牢固，横平竖直；托架支吊架的固定方式应按设计要求进行。各支架的同层横档应在同一水平面上，其高低偏差不应大于 5mm。托架支吊架沿桥架走向左右的偏差不应大于 10mm。

在有坡度的电缆沟内或建筑物上安装的电缆支架，应有与电缆沟或建筑物相同的坡度。

电缆支架最上层及最下层至沟顶、楼板或沟底、地面的距离，当设计无规定时，不宜小于表 18-2 的数值。

表 18-2　电缆支架最上层及最下层至沟顶、楼板或沟底、地面的距离（单位：mm）

敷设方式	电缆隧道及夹层	电缆沟	吊架	桥架
最上层至沟顶或楼板	300～350	150～200	150～200	350～450
最下层至沟底或地面	100～150	50～100	—	100～150

（4）组装后的钢结构竖井，其垂直偏差不应大于其长度的 2‰；支架横撑的水平误差不应大于其宽度的 2‰；竖井对角线的偏差不应大于其对角线长度的 5‰。

（5）电缆桥架的配制应符合下列要求：

1）电缆桥架的质量应符合现行的有关技术标准；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）电缆桥架的规格、支吊跨距、防腐类型应符合设计要求。

（6）电缆桥架在每个支吊架上的固定应牢固，桥架连接板的螺栓应紧固，螺母应位于桥架的外侧。

铝合金桥架在钢制支吊架上固定时，应有防电化腐蚀的措施。

（7）当直线段钢制电缆桥架超过30m、铝合金或玻璃钢制电缆桥架超过15m时，应有伸缩缝，其连接宜采用伸缩连接板；电缆桥架跨越建筑物伸缩缝处应设置伸缩缝。

（8）电缆桥架转弯处的转弯半径，不应小于该桥架上的电缆最小允许弯曲半径的最大者。

（9）金属电缆支架全长均应有良好的接地。

5. 电缆线路其他防护设施与构筑物的施工

（1）与电缆线路安装有关的建筑工程的施工应符合下列要求：

1）与电缆线路安装有关的建筑物、构筑物的建筑工程质量，应符合国家现行有关标准规范的规定；

2）电缆线路安装前，建筑工程应具备下列条件：

① 预埋件符合设计，安置牢固；

② 电缆沟、隧道、竖井及人孔等符合设计要求，位置准确；人孔爬梯的安装牢固，承重符合要求。

③ 电缆层、电缆沟、隧道等符合设计要求，位置准确且盖板齐全坚固；

（2）城市电网的电缆分接箱、箱式变基础及位置应满足设计要求。

（3）电缆工作井的尺寸应满足电缆最小弯曲半径的要求。电缆井内应设有积水坑，上盖金属箅子。

二、电缆的敷设

1. 一般规定

（1）电缆敷设前应按下列要求进行检查。

1）电缆沟、电缆隧道、排管、交叉跨越管道及直埋电缆沟深度、宽度、弯曲半径等符合设计和规程要求。电缆通道畅通，排水良好。金属部分的防腐层完整。隧道内照明、通风符合设计要求；

2）电缆型号、电压、规格应符合设计要求；

3）电缆外观应无损伤，当对电缆的外观和密封状态有怀疑时，应进行潮湿判断；直埋电缆与水底电缆应试验并合格。外护套有导电层的电缆，应进行外护套绝缘电阻试验并合格；

4）充油电缆的油压不宜低于0.15MPa；供油阀门应在开启位置，动作应灵活；压力表指示应无异常；所有管接头应无渗漏油；油样应试验合格；

5）电缆放线架应放置稳妥，钢轴的强度和长度应与电缆盘重量和宽度相配合，敷设电缆的机具应检查并调试正常，电缆盘应有可靠的制动措施；

6）敷设前应按设计和实际路径计算每根电缆的长度，合理安排每盘电缆，减少电缆接头。中间接头位置应避免设置在交叉路口、建筑物门口、与其他管线交叉处或通道狭窄处；

7）在带电区域内敷设电缆，应有可靠的安全措施；

8）采用机械敷设电缆时，牵引机和导向机构应调试完好。

（2）电缆敷设时，不应损坏电缆沟、隧道、电缆井和人井的防水层。

（3）三相四线制系统中应采用四芯电力电缆，不应采用三芯电缆另加一根单芯电缆或

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

以导线、电缆金属护套作中性线。

（4）并联使用的电力电缆其长度、型号、规格应相同。

（5）电力电缆在终端头与接头附近宜留有备用长度。

（6）电缆各支持点间的距离应符合设计规定。当设计无规定时，不应大于表 18-3 中所列数值。

表 18-3　电缆各支持点间的距离　（单位：mm）

电缆种类		敷设方式	
		水平	垂直
电力电缆	全塑型	400	1000
	除全塑型外的中低压电缆	800	1500
	35kV 及以上高压电缆	1500	2000
控制电缆		800	1000

注：全塑型电力电缆水平敷设沿支架能把电缆固定时，支持点间的距离允许为 800mm。

（7）电缆的最小弯曲半径应符合表 18-4 的规定。

表 18-4　电缆最小弯曲半径

电缆型式			多芯	单芯
控制电缆	非铠装型、屏蔽型软电缆		6*D*	—
	铠装型、铜屏蔽型		12*D*	
	其他		10*D*	
橡皮绝缘电力电缆	无铅包、钢铠护套		10*D*	
	裸铅包护套		15*D*	
	钢铠护套		20*D*	
塑料绝缘电缆	无铠装		15*D*	20*D*
	有铠装		12*D*	15*D*
油浸纸绝缘电力电缆	铝套		30*D*	
	铅套	有铠装	15*D*	20*D*
		无铠装	20*D*	—
自容式充油（铅包）电缆			—	20*D*

注：表中 *D* 为电缆外径。

（8）粘性油浸纸绝缘电缆最高点与最低点之间的最大位差，不应超过表 18-5 的规定；当不能满足要求时，应采用适应于高位差的电缆。

表 18-5　粘性油浸纸绝缘铅包电力电缆的最大允许敷设位差

电压/kV	电缆护层结构	最大允许敷设位差/m
1	无铠装	20
	铠装	25
6～10	铠装或无铠装	15
35	铠装或无铠装	5

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（9）电缆敷设时，电缆应从盘的上端引出，不应使电缆在支架上及地面摩擦拖拉。电缆上不得有铠装压扁、电缆绞拧、护层折裂等未消除的机械损伤。

（10）用机械敷设电缆时的最大牵引强度宜符合表18-6的规定，充油电缆总拉力不应超过27kN。

表18-6 电缆最大牵引强度 （单位：N/mm²）

牵引方式	牵引头		钢丝网套		
受力部位	铜芯	铝芯	铅套	铝套	塑料护套
允许牵引强度	70	40	10	40	7

（11）机械敷设电缆的速度不宜超过15m/min，110kV及以上电缆或在较复杂路径上敷设时，其速度应适当放慢。

（12）在使用机械敷设大截面电缆时，应在施工措施中确定敷设方法、线盘架设位置、电缆牵引方向，牵引力和侧压力，配备敷设相应的人员和机具。

（13）机械敷设电缆时，应在牵引头或钢丝网套与牵引钢缆之间装设防捻器，以防电缆局部受伤。

（14）110kV及以上电缆敷设时，转弯处的侧压力应符合制造厂的规定；无规定时，不应大于3kN/m。

（15）油浸纸绝缘电力电缆在切断后，应将端头立即铅封；塑料绝缘电缆应有可靠的防潮封端；充油电缆在切断后尚应符合下列要求：

1）在任何情况下，充油电缆的任一段都应有压力油箱保持油压；

2）连接油管路时，应排除管内空气，并采用喷油连接；

3）充油电缆的切断处必须高于邻近两侧的电缆；

4）切断电缆时不应有金属屑及污物进入电缆。

（16）敷设电缆时，电缆允许敷设最低温度，在敷设前24h内的平均温度以及敷设现场的温度不应低于表18-7的规定；当温度低于表18-7规定值时，应采取措施（若厂家有要求，按厂家要求执行）。

表18-7 电缆允许敷设最低温度

电缆类型	电缆结构	允许敷设最低温度/℃
油浸纸绝缘电力电缆	充油电缆	-10
	其他油纸电缆	0
橡皮绝缘电力电缆	橡皮或聚氯乙烯护套	-15
	铅护套钢带铠装	-7
塑料绝缘电力电缆	—	0
控制电缆	耐寒护套	-20
	橡皮绝缘聚氯乙烯护套	-15
	聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套	-10

（17）电力电缆接头的布置应符合下列要求：

1）并列敷设的电缆，其接头的位置宜相互错开；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）电缆明敷时的接头，应用托板托置固定；

3）直埋电缆接头应有防止机械损伤的保护结构或外设保护盒。位于冻土层内的保护盒，盒内宜注入沥青。

（18）电缆敷设时应排列整齐，不宜交叉，加以固定，并及时装设标志牌。

（19）标志牌的装设应符合下列要求：

1）生产厂房及变电站内应在电缆终端头、电缆接头处装设电缆标志牌；

2）城市电网电缆线路应在下列部位装设电缆标志牌：

① 电缆终端及电缆接头处；

② 电缆管两端，人孔及工作井处；

③ 电缆隧道内转弯处、电缆分支处、直线段每隔 50～100m；

3）标志牌上应注明线路编号。当无编号时，应写明电缆型号、规格及起讫地点；并联使用的电缆应有顺序号。标志牌的字迹应清晰不易脱落；

4）标志牌规格宜统一。标志牌应能防腐，挂装应牢固。

（20）电缆的固定，应符合下列要求：

1）在下列地方应将电缆加以固定：

① 垂直敷设或超过 45°倾斜敷设的电缆在每个支架上；

② 水平敷设的电缆，在电缆首末两端及转弯、电缆接头的两端处；当对电缆间距有要求时，每隔 5～10m 处；

2）单芯电缆的固定应符合设计要求；

3）交流系统的单芯电缆或分相后的分相铅套电缆的固定夹具不应构成闭合磁路。

（21）沿电气化铁路或有电气化铁路通过的桥梁上明敷电缆的金属护层或电缆金属管道，应沿其全长与金属支架或桥梁的金属构件绝缘。

（22）电缆进入电缆沟、隧道、竖井、建筑物、盘（柜）以及穿入管子时，出入口应封闭，管口应密封。

（23）装有避雷针的照明灯塔，电缆敷设时尚应符合现行国家标准《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》（GB 50169—2006）的有关规定。

2. 直埋电缆的敷设

（1）在电缆线路路径上有可能使电缆受到机械性损伤、化学作用、地下电流、振动、热影响、腐蚀物质、虫鼠等危害的地段，应采取保护措施。

（2）电缆埋置深度应符合下列要求：

1）电缆表面距地面的距离不应小于 0.7m。穿越农田或在车行道下敷设时不应小于 1m；在引入建筑物、与地下建筑物交叉及绕过地下建筑物处，可浅埋，但应采取保护措施；

2）电缆应埋设于冻土层以下，当受条件限制时，应采取防止电缆受到损坏的措施。

（3）电缆之间，电缆与其他管道、道路、建筑物等之间平行和交叉时的最小净距，应符合表 18-8 的规定。严禁将电缆平行敷设于管道的上方或下方。特殊情况应按下列规定执行：

1）电力电缆间及其与控制电缆间或不同使用部门的电缆间，当电缆穿管或用隔板隔开时，平行净距可降低为 0.1m；

2）电力电缆间、控制电缆间以及它们相互之间，不同使用部门的电缆间在交叉点前后 1m 范围内，当电缆穿入管中或用隔板隔开时，其交叉净距可降低为 0.25m；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 18-8 电缆之间，电缆与管道、道路、建筑物之间平行和交叉时的最小净距 （单位：m）

项目		最小净距	
		平行	交叉
电力电缆间及其与控制电缆间	10kV 及以下	0.10	0.50
	10kV 以上	0.25	0.50
控制电缆间		—	0.50
不同使用部门的电缆间		0.50	0.50
热管道（管沟）及热力设备		2.00	0.50
油管道（管沟）		1.00	0.50
可燃气体及易燃液体管道（沟）		1.00	0.50
其他管道（管沟）		0.50	0.50
铁路路轨		3.00	1.00
电气化铁路路轨	交流	3.00	1.00
	直流	10.0	1.00
公路		1.50	1.00
城市街道路面		1.00	0.70
杆基础（边线）		1.00	—
建筑物基础（边线）		0.60	—
排水沟		1.00	0.50

注：1. 电缆与公路平行的净距，当情况特殊时可酌减。

2. 当电缆穿管或者其他管道有保温层等防护设施时，表中净距应从管壁或防护设施的外壁算起。

3. 电缆穿管敷设时，与公路、街道路面、杆塔基础、建筑物基础、排水沟等的平行最小间距可按表中数据减半。

3）电缆与热管道（沟）、油管道（沟）、可燃气体及易燃液体管道（沟）、热力设备或其他管道（沟）之间，虽净距能满足要求，但检修管路可能伤及电缆时，在交叉点前后 1m 范围内，尚应采取保护措施；当交叉净距不能满足要求时，应将电缆穿入管中，其净距可降低为 0.25m；

4）电缆与热管道（沟）及热力设备平行、交叉时，应采取隔热措施，使电缆周围土壤的温升不超过 10℃；

5）当直流电缆与电气化铁路路轨平行、交叉其净距不能满足要求时，应采取防电化腐蚀措施；

6）直埋电缆穿越城市街道、公路、铁路，或穿过有载重车辆通过的大门，进入建筑物的墙角处，进入隧道、人井，或从地下引出到地面时，应将电缆敷设在满足强度要求的管道内，并将管口封堵好；

7）高电压等级的电缆宜敷设在低电压等级电缆的下面。

（4）电缆与铁路、公路、城市街道、厂区道路交叉时，应敷设于坚固的保护管或隧道

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

内。电缆管的两端宜伸出道路路基两边 0.5m 以上；伸出排水沟 0.5m；在城市街道应伸出车道路面。

（5）直埋电缆的上、下部应铺以不小于 100mm 厚的软土砂层，并加盖保护板，其覆盖宽度应超过电缆两侧各 50mm，保护板可采用混凝土盖板或砖块。

软土或砂子中不应有石块或其他硬质杂物。

（6）直埋电缆在直线段每隔 50～100m 处、电缆接头处、转弯处、进入建筑物等处，应设置明显的方位标志或标桩。

（7）直埋电缆回填土前，应经隐蔽工程验收合格，并分层夯实。

3. 电缆导管内电缆的敷设

（1）在下列地点，电缆应有一定机械强度的保护管或加装保护罩：

1）电缆进入建筑物、隧道，穿过楼板及墙壁处；

2）从沟道引至电杆、设备、墙外表面或屋内行人容易接近处，距地面高度 2m 以下的一段；

3）可能有载重设备移经电缆上面的区段；

4）其他可能受到机械损伤的地方。

（2）管道内部应无积水，且无杂物堵塞。穿电缆时，不得损伤护层，可采用无腐蚀性的润滑剂（粉）。

（3）电缆排管在敷设电缆前，应进行疏通，清除杂物。

（4）穿入管中电缆的数量应符合设计要求；交流单芯电缆不得单独穿入钢管内。

4. 电缆构筑物中电缆的敷设

（1）电缆的排列，应符合下列要求：

1）电力电缆和控制电缆不宜配置在同一层支架上；

2）高低压电力电缆，强电、弱电控制电缆应按顺序分层配置，一般情况宜由上而下配置；但在含有 35kV 以上高压电缆引入柜盘时，为满足弯曲半径要求，可由下而上配置。

（2）并列敷设的电力电缆，其相互间的净距应符合设计要求。

（3）电缆在支架上的敷设应符合下列要求：

1）控制电缆在普通支架上，不宜超过 1 层；桥架上不宜超过 3 层；

2）交流三芯电力电缆，在普通支吊架上不宜超过 1 层；桥架上不宜超过 2 层；

3）交流单芯电力电缆，应布置在同侧支架上，并加以固定。当按紧贴正三角形排列时，应每隔一定的距离用绑带扎牢，以免其松散。

（4）电缆与热力管道、热力设备之间的净距，平行时应不小于 1m，交叉时应不小于 0.5m；当受条件限制时，应采取隔热保护措施。电缆通道应避开锅炉的看火孔和制粉系统的防爆门；当受条件限制时，应采取穿管或封闭槽盒等隔热防火措施。电缆不宜平行敷设于热力设备和热力管道的上部。

（5）明敷在室内及电缆沟、隧道、竖井内带有麻护层的电缆，应剥除麻护层，并对其铠装加以防腐。

（6）电缆敷设完毕后，应及时清除杂物，盖好盖板。必要时，尚应将盖板缝隙密封。

5. 桥梁上电缆的敷设

（1）木桥上的电缆应穿管敷设。在其他结构的桥上敷设的电缆，应在人行道下设电缆沟或穿入由耐火材料制成的管道中。在人不易接触处，电缆可在桥上裸露敷设，但应采取避

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

免太阳直接照射的措施。

（2）悬吊架设的电缆与桥梁架构之间的净距不应小于0.5m。

（3）在经常受到振动的桥梁上敷设的电缆，应有防振措施。桥墩两端和伸缩缝处的电缆，应留有松弛部分。

6. 水底电缆的敷设

（1）水底电缆不应有接头。当整根电缆超过制造厂的制造能力时，可采用软接头连接。

（2）通过河流的电缆，应敷设于河床稳定及河岸很少受到冲损的地方。在码头、锚地、港湾、渡口及有船停泊处敷设电缆时，必须采取可靠的保护措施。当条件允许时，就深埋敷设。

（3）水底电缆的敷设，必须平放水底，不得悬空。当条件允许时，宜埋入河床（海底）0.5m以下。

（4）水底电缆平行敷设时的间距不宜小于最高水位水深的2倍；当埋入河床（海底）以下时，其间距按埋设方式或埋设机的工作活动能力确定。

（5）水底电缆引到岸上的部分应穿管或加保护盖板等保护措施，其保护范围，下端应为最低水位时船只搁浅及撑篙达不到之处；上端高于最高洪水位。在保护范围的下端，电缆应固定。

（6）电缆线路与小河或小溪交叉时，应穿管或埋在河床下足够深处。

（7）在岸边水底电缆与陆上电缆连接的接头，应装有锚定装置。

（8）水底电缆的敷设方法、敷设船只的选择和施工组织的设计，应按电缆的敷设长度、外径、重量、水深、流速和河床地形等因素确定。

（9）水底电缆的敷设，当全线采用盘装电缆时，根据水域条件，电缆盘可放在岸上或船上，敷设时可用浮筒浮托，严禁使电缆在水底拖拉。

（10）水底电缆不能盘装时，应采用散装敷设法。其敷设程序应先将电缆圈绕在敷设船舱内，再经仓顶高架、滑轮、制动装置至入水槽下水，用拖轮绑拖，自航敷设或用钢缆牵引敷设。

（11）敷设船的选择，应符合下列条件：

1）船舱的容积、甲板面积、稳定性等应满足电缆长度、重量、弯曲半径和作业场所等要求；

2）敷设船应配有刹车装置、张力计量、长度测量、入水角、水深和导航、定位等仪器，并配有通信设备。

（12）水底电缆敷设应在小潮汛、憩流或枯水期进行，并应视线清晰，风力小于五级。

（13）敷设船上的放线架应保持适当的退扭高度。敷设时根据水的深浅控制敷设张力，应使其入水角为30°~60°；采用牵引顶推敷设时，其速度宜为20~30m/min；采用拖轮或自航牵引敷设时，其速度宜为90~150m/min。

（14）水底电缆敷设时，两岸应按设计设立导标。敷设时应定位测量，及时纠正航线和校核敷设长度。

（15）水底电缆引到岸上时，应将余线全部浮托在水面上，再牵引至陆上。浮托在水面上的电缆应按设计路径沉入水底。

（16）水底电缆敷设后，应做潜水检查，电缆应放平，河床起伏处电缆不得悬空，并测量电缆的确切位置。在两岸必须按设计设置标志牌。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7. 电缆的架空敷设

（1）架空电缆悬吊点或固定的间距，应符合本规范表 18-3 的规定。

（2）架空电缆与公路、铁路、架空线路交叉跨越时，应符合表 18-9 的规定。

表 18-9　架空电缆与公路、铁路、架空线路交叉跨越时最小允许距离　（单位：m）

交叉设施	最小允许距离	备　注
铁路	7.5	—
公路	6	—
电车路	3/9	至承力索或接触线/至路面
弱电流线路	1	—
电力线路	1/2/3/4/5	电压（kV）1 以下/6～10/35～110/154～220/330
河道	6/1	五年一遇洪水位/至最高航行水位的最高船桅顶
索道	1	—

（3）架空电缆的金属护套、铠装及悬吊线均应有良好的接地，杆塔和配套金具均应进行设计，应满足规程及强度要求。

（4）对于较短且不便直埋的电缆可采用架空敷设，架空敷设的电缆截面不宜过大，考虑到环境温度的影响，架空敷设的电缆载流量宜按小一规格截面的电缆载流量考虑。

（5）支撑架空电缆的钢绞线应满足荷载要求，并全线良好接地，在转角处需打拉线或顶杆。

（6）架空敷设的电缆不宜设置电缆接头。

8. 电缆的测试与检查

1）复核电缆的规格型号、走向；

2）测试绝缘电阻；

3）潮湿判断试验；制作电缆头必须进行潮湿判断；

4）耐压试验。

三、电缆附件的制作安装

1. 一般规定

（1）电缆终端与接头的制作，应由经过培训的熟练工人进行。

（2）电缆终端及接头制作时，应严格遵守制作工艺规程；充油电缆尚应遵守油务及真空工艺等有关规程的规定。

三芯电力电缆在电缆中间接头处，其电缆铠装、金属屏蔽层应各自有良好的电气连接并相互绝缘；在电缆终端头处，电缆铠装、金属屏蔽层应用接地线分别引出，并应接地良好。

（3）在室外制作 6kV 及以上电缆终端与接头时，其空气相对湿度宜为 70% 及以下；当湿度大时，可提高环境温度或加热电缆。110kV 及以上高压电缆终端与接头施工时，应搭临时工棚，环境湿度应严格控制，温度宜为 10～30℃。制作塑料绝缘电力电缆终端与接头时，应防止尘埃、杂物落入绝缘内。严禁在雾或雨中施工。

在室内及充油电缆施工现场应备有消防器材。室内或隧道中施工应有临时电源。

（4）电缆终端与接头应符合下列要求：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）型式、规格应与电缆类型如电压、芯数、截面、护层结构和环境要求一致；

2）结构应简单、紧凑，便于安装；

3）所用材料、部件应符合相应技术标准要求；

4）35kV 及以下电缆终端与接头主要性能应符合《额定电压 1kV（U_m = 1.2kV）至 35kV（U_m = 40.5kV）挤包绝缘电力电缆及附件》GB/T 12706.1～12706.4 及相关的其他产品标准的规定；

5）35kV 以上至 110kV 电缆终端与接头主要性能应符合《额定电压 110kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件》GB/T 11017.1～11017.3 及相关的其他产品标准的规定；

6）220kV 电缆终端与接头主要性能应符合《额定电压 220kV（U_m = 252kV）交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件》GB/Z 18890.1～18890.3 及相关的其他产品标准的规定；

7）330kV 和 500kV 电缆终端与接头主要性能应符合国家现行相关产品标准的规定。

（5）采用的附加绝缘材料除电气性能应满足要求外，尚应与电缆本体绝缘具有相容性。两种材料的硬度、膨胀系数、抗张强度和断裂伸长率等物理性能指标应接近。橡塑绝缘电缆应采用弹性大、粘接性能好的材料作为附加绝缘。

（6）电缆线芯连接金具，应采用符合标准的连接管和接线端子，其内径应与电缆线芯匹配，间隙不应过大；截面宜为线芯截面的 1.2～1.5 倍。采用压接时，压接钳和模具应符合规格要求。

（7）控制电缆在下列情况下可有接头，但必须连接牢固，并不应受到机械拉力。

1）当敷设的长度超过其制造长度时；

2）必须延长已敷设竣工的控制电缆时；

3）当消除使用中的电缆故障时。

（8）制作电缆终端和接头前，应熟悉安装工艺资料，做好检查，并符合下列要求：

1）电缆绝缘状况良好，无受潮；塑料电缆内不得进水；充油电缆施工前应对电缆本体、压力箱、电缆油桶及纸卷桶逐个取油样，做电气性能试验，并应符合标准；

2）附件规格应与电缆一致；零部件应齐全无损伤；绝缘材料不得受潮；密封材料不得失效。壳体结构附件应预先组装，清洁内壁；试验密封，结构尺寸符合产品技术要求；

3）施工用机具齐全，便于操作，状况清洁，消耗材料齐备，清洁塑料绝缘表面的溶剂宜遵循工艺导则准备；

4）必要时应进行试装配。

（9）电力电缆接地线应采用铜绞线或镀锡铜编织线与电缆屏蔽层的连接，其截面面积不应小于表 18-10 的规定。110kV 及以上电缆的接地线截面面积应符合设计规定。

表 18-10　电缆终端接地线截面　（单位：mm^2）

电缆截面	接地线截面
16 及以下	接地线截面可与芯线截面相同
16 以上～120	16
150 及以上	25

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（10）电缆终端与电气装置的连接，应符合现行国家标准《电气装置安装安装工程　母线装置施工及验收规范》GB 50149—2010 的有关规定。

（11）电缆终端与接头制作完成后应进行试验，见六。

2. 安装要求

（1）制作电缆终端与接头，从剥切电缆开始应连续操作直至完成，缩短绝缘暴露时间。剥切电缆时不应损伤线芯和保留的绝缘层。附加绝缘的包绕、装配、收缩等应清洁。

（2）充油电缆线路有接头时，应先制作接头；两端有位差时，应先制作低位终端头。

（3）电缆终端和接头应采取加强绝缘、密封防潮、机械保护等措施。6kV 及以上电力电缆的终端和接头，尚应有改善电缆屏蔽端部电场集中的有效措施，并应确保外绝缘相间和对地距离。

（4）66kV 及以上交联电缆终端和接头制作前，电缆应按要求加热矫直。安装工艺应符合安装说明书和安装图纸的要求。

（5）三芯油纸绝缘电缆应保留统包绝缘 25mm，不得损伤。剥除屏蔽碳墨纸，端部应平整。弯曲线芯时应均匀用力，不应损伤绝缘纸；线芯弯曲半径不应小于其直径的 10 倍。包缠或灌注、填充绝缘材料时，应消除线芯分支处的气隙。

（6）充油电缆终端和接头包绕附加绝缘时，不得完全关闭压力箱。制作中和真空处理时，从电缆中渗出的油应及时排出，不得积存在瓷套或壳体内。

（7）电缆线芯连接时，应除去线芯和连接管内壁油污及氧化层。压接模具与金具应配合恰当。压缩比应符合压缩工艺的要求。压接后应将端子或连接管上的凸痕修理光滑，不得残留毛刺。

（8）三芯电力电缆接头两侧电缆的金属屏蔽层（或金属套）、铠装层应分别连接良好，不得中断，跨接线的截面不应小于本规范表 18-10 接地线截面的规定。直埋电缆接头的金属外壳及电缆的金属护层应做防腐处理。

（9）三芯电力电缆终端处的金属护层必须接地良好；塑料电缆每相铜屏蔽和钢铠应锡焊接地线。电缆通过零序电流互感器时，电缆金属护层和接地线应对地绝缘；电缆接地点在互感器以下时，接地线应直接接地；接地点在互感器以上时，接地线应穿过互感器接地。单芯电力电缆金属护层接地应符合设计要求。

（10）单芯电力电缆的交叉互联箱、接地箱、护层保护器等电缆附件的安装应符合设计要求。

（11）装配、组合电缆终端和接头时，各部件间的配合或搭接处必须采取堵漏、防潮和密封措施。铅包电缆铅封时应擦去表面氧化物；搪铅时间不宜过长，铅封必须密实无气孔。充油电缆的铅封应分两次进行，第一次封堵油，第二次成形和加强，高位差铅封应用环氧树脂加固。

塑料电缆宜采用自粘带、粘胶带、胶粘剂（热熔胶）等方式密封；塑料护套表面应打毛，粘接表面应用溶剂除去油污，粘接应良好。

电缆终端、接头及充油电缆供油管路均不应有渗漏。

（12）充油电缆供油系统的安装应符合下列要求：

1）供油系统的金属油管与电缆终端间应有绝缘接头，其绝缘强度不低于电缆外护层；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）当每相设置多台压力箱时，应并联连接；

3）每相电缆线路应装设油压监视或报警装置；

4）仪表应安装牢固，室外仪表应有防雨措施，施工结束后应进行整定；

5）调整压力油箱的油压，使其在任何情况下都不应超过电缆允许的压力范围。

（13）电缆终端上应有明显的相色标志，且应与系统的相位一致。

（14）控制电缆终端头可采用热缩型，也可以采用塑料带、自粘带包扎。接头应有防潮措施。

3. 制作条件

1）制作现场应光线充足，否则应设置36V及以下的安全照明，现场应有220V交流电源。制作宜在室内进行，如必须在室外制作时，则应搭设防风防漏且保温较好的工棚。

2）制作现场及其周围应保持干燥清洁，现场相对湿度不大于70%，温度宜为10～30℃，周围的积水、脏物、安装垃圾应清除干净。

3）制作前应注意天气预报，应选择晴朗无风的好天气，否则不宜制作或采取密闭防尘防潮的技术措施。

4）室外或高空杆上作业，应搭设帐篷，防止灰尘、雨滴雪花浸入，并有安全措施。

5）现场应符合防火安全规定，易燃物应妥善保管。现场应通风良好，特别是使用环氧树脂等有机物时，更应注意通风。

四、电缆线路防火阻燃设施

1. 对易受外部影响着火的电缆密集场所或可能着火蔓延而酿成严重事故的电缆线路，必须按设计要求的防火阻燃措施施工

2. 电缆的防火阻燃可采取下列措施

（1）在电缆穿过竖井、墙壁、楼板或进入电气盘、柜的孔洞处，用防火堵料密实封堵；

（2）在重要的电缆沟和隧道中，按设计要求分段或用软质耐火材料设置阻火墙；

（3）对重要电路的电缆，可单独敷设于专门的沟道中或耐火封闭槽盒内，或对其施加防火涂料、防火包带；

（4）在电力电缆接头两侧及相邻电缆2～3m长的区段施加防火涂料或防火包带。必要时采用高强度防爆耐火槽盒进行封闭；

（5）按设计采用耐火或阻燃型电缆；

（6）按设计设置报警和灭火装置；

（7）防火重点部位的出入口，应按设计要求设置防火门或防火卷帘；

（8）改、扩建工程施工中，对于贯穿已运行的电缆孔洞、阻火墙，应及时恢复封堵。

3. 防火阻燃材料必须具备下列质量资料

（1）有资质的检测机构出具的检测报告；

（2）出厂质量检验报告；

（3）产品合格证。

（4）防火阻燃材料使用时，应按设计要求和材料使用工艺提出施工措施，材料质量与外观应符合下列要求：

1）有机堵料不氧化、不冒油，软硬适度具有一定的柔韧性；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）无机堵料无结块、无杂质；

3）防火隔板平整、厚薄均匀；

4）防火包遇水或受潮后不板结；

5）防火涂料无结块、能搅拌均匀；

6）阻火网网孔尺寸大小均匀，经纬线粗细均匀，附着防火复合膨胀料厚度一致。网弯曲时不变形、不脱落，并易于曲面固定。

（5）涂料应按一定浓度稀释，搅拌均匀，并应顺电缆长度方向进行涂刷，涂刷厚度或次数、间隔时间应符合材料使用要求。

（6）包带在绕包时，应拉紧密实，缠绕层数或厚度应符合材料使用要求。绕包完毕后，每隔一定距离应绑扎牢固。

（7）在封堵电缆孔洞时，封堵应严实可靠，不应有明显的裂缝和可见的孔隙，堵体表面平整，孔洞较大者应加耐火衬板后再进行封堵。电缆竖井封堵应保证必要的强度。有机堵料封堵不应有漏光、漏风、龟裂、脱落、硬化现象；无机堵料封堵不应有粉化、开裂等缺陷。

（8）阻火墙上的防火门应严密，孔洞应封堵；阻火墙两侧电缆应施加防火包带或涂料。

（9）阻火包的堆砌应密实牢固，外观整齐，不应透光。

五、工程交接验收

1. 在工程验收时，应按下列要求进行检查

（1）电缆型号、规格应符合设计规定；排列整齐，无机械损伤；标志牌应装设齐全、正确、清晰。

（2）电缆的固定、弯曲半径、有关距离和单芯电力电缆的金属护层的接线等应符合本规范的规定；相序排列应与设备连接相序一致，并符合设计要求。

（3）电缆终端、电缆接头及充油电缆的供油系统应固定牢靠；电缆接线端子与所接设备端子应接触良好；互联接地箱和交叉互联箱的连接点应接触良好可靠；充有绝缘剂的电缆终端、电缆接头及充油电缆的供油系统不应有渗漏现象；充油电缆的油压及表计整定值应符合产品技术要求。

（4）电缆线路所有应接地的接点应与接地极接触良好，接地电阻值应符合设计要求。

（5）电缆终端的相色应正确，电缆支架等的金属部件防腐层应完好。电缆管口封堵应严密。

（6）电缆沟内应无杂物，无积水，盖板齐全；隧道内应无杂物，照明、通风、排水等设施应符合设计要求。

（7）直埋电缆路径标志，应与实际路径相符。路径标志应清晰、牢固。

（8）水底电缆线路两岸，禁锚区内的标志和夜间照明装置应符合设计要求。

（9）防火措施应符合设计，且施工质量合格。

2. 隐蔽工程应在施工过程中进行中间验收，并做好签证

3. 在电缆线路工程验收时，应提交下列资料和技术文件

（1）电缆线路路径的协议文件。

（2）设计变更的证明文件和竣工图资料。

（3）直埋电缆线路的敷设位置图比例宜为1∶500。地下管线密集的地段不应小于1∶100，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在管线稀少、地形简单的地段可为1∶1000；平行敷设的电缆线路宜合用一张图样，图上必须标明各线路的相对位置，并有标明地下管线的剖面图。

（4）制造厂提供的产品说明书、试验记录、合格证件及安装图样等技术文件。

（5）电缆线路的原始记录

1）电缆的型号、规格及其实际敷设总长度及分段长度，电缆终端和接头的型式及安装日期；

2）电缆终端和接头中填充的绝缘材料名称、型号。

（6）电缆线路的施工记录：

1）隐蔽工程隐蔽前检查记录或签证；

2）电缆敷设记录；

3）质量检验及评定记录。

（7）试验记录

六、电力电缆试验

1. 电力电缆的试验项目

（1）电力电缆线路的试验项目

1）测量绝缘电阻；

2）直流耐压试验及泄漏电流测量；

3）交流耐压试验；

4）测量金属屏蔽层电阻和导体电阻比；

5）检查电缆线路两端的相位；

6）充油电缆的绝缘油试验；

7）交叉互联系统试验。

注：1　橡塑绝缘电力电缆试验项目应按本条第1）、3）、4）、5）和7）款进行。当不具备条件时，额定电压 U_0/U 为18/30kV及以下电缆，允许用直流耐压试验及泄漏电流测量代替交流耐压试验；

2　纸绝缘电缆试验项目应按本条第1）、2）和5）款进行；

3　自容式充油电缆试验项目应按本条第1）、2）、5）、6）和7）款进行。

（2）电力电缆线路的试验

1）对电缆的主绝缘做耐压试验或测量绝缘电阻时，应分别在每一相上进行。对一相进行试验或测量时，其他两相导体、金属屏蔽或金属套和铠装层一起接地；

2）对金属屏蔽或金属套一端接地，另一端装有护层过电压保护器的单芯电缆主绝缘做耐压试验时，必须将护层过电压保护器短接，使这一端的电缆金属屏蔽或金属套临时接地；

3）对额定电压为0.6/1kV的电缆线路应用2500V绝缘电阻表测量导体对地绝缘电阻代替耐压试验，试验时间1min。

（3）测量各电缆导体对地或对金属屏蔽层间和各导体间的绝缘电阻

1）耐压试验前后，绝缘电阻测量应无明显变化；

2）橡塑电缆外护套、内衬层的绝缘电阻不应低于0.5MΩ/km：

3）测量绝缘用绝缘电阻表的额定电压，宜采用如下等级：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 0.6/1kV 电缆用 1000V 绝缘电阻表；

② 0.6/1kV 以上电缆用 2500V 绝缘电阻表；6/6kV 及以上电缆也可用 5000V 绝缘电阻表；

③ 橡塑电缆外护套、内衬层的测量用 500V 绝缘电阻表。

（4）直流耐压试验及泄漏电流测量

1）直流耐压试验电压：

① 纸绝缘电缆直流耐压试验电压 U_t 可采用下式计算：

对于统包绝缘（带绝缘）：

$$U_t = 5 \times \frac{U_0 + U}{2} \tag{18-1}$$

对于分相屏蔽绝缘：

$$U_t = 5 \times U_0 \tag{18-2}$$

试验电压见表 18-11 的规定。

表 18-11　纸绝缘电缆直流耐压试验电压　（单位：kV）

电缆额定电压 U_0/U	1.8/3	2.6/3	3.6/6	6/6	6/10	8.7/10	21/35	26/35
直流试验电压	12	17	24	30	40	47	105	130

② 18/30kV 及以下电压等级的橡塑绝缘电缆直流耐压试验电压，应按下式计算：

$$U_t = 4 \times U_0 \tag{18-3}$$

③ 充油绝缘电缆直流耐压试验电压，应符合表 18-12 的规定。

表 18-12　充油绝缘电缆直流耐压试验电压　（单位：kV）

电缆额定电压 U_0/U	雷电冲击耐受电压	直流试验电压
48/66	325	165
	350	175
64/110	450	225
	550	275
127/220	850	425
	950	475
	1050	510
190/330	1175	585
	1300	650
290/500	1425	710
	1550	775
	1675	835

注：1. 表中 U 为电缆额定线电压；U_0 为电缆导体对地或对金属屏蔽层间的额定电压。

2. 雷电冲击电压依据现行国家标准《绝缘配合　第 1 部分：定义、原则和规则》（GB 311.1—2012）的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

④ 交流单芯电缆的护层绝缘直流耐压试验，可依据第（9）条的规定。

2）试验时，试验电压可分4～6阶段均匀升压，每阶段停留1min，并读取泄漏电流值。试验电压升至规定值后维持15min，其间读取1min和15min时泄漏电流。测量时应消除杂散电流的影响。

3）纸绝缘电缆泄漏电流的三相不平衡系数（最大值与最小值之比）不应大于2；当6/10kV及以上电缆的泄漏电流小于20μA和6kV及以下电压等级电缆泄漏电流小于10μA时，其不平衡系数不作规定。泄漏电流值和不平衡系数只作为判断绝缘状况的参考，不作为是否能投入运行的判据。其他电缆泄漏电流值不作规定。

4）电缆的泄漏电流具有下列情况之一，电缆绝缘可能有缺陷，应找出缺陷部位，并予以处理：

① 泄漏电流很不稳定；

② 泄漏电流随试验电压升高急剧上升；

③ 泄漏电流随试验时间延长有上升现象。

（5）交流耐压试验

1）橡塑电缆优先采用20～300Hz交流耐压试验。20～300Hz交流耐压试验电压和时间见表18-13。

表18-13 橡塑电缆20～300Hz交流耐压试验电压和时间

额定电压 U_0/U/kV	试验电压	时间/min
18/30及以下	$2.5U_0$（或$2U_0$）	50（或60）
21/35～64/110	$2U_0$	60
127/220	$1.7U_0$（或$1.4U_0$）	60
190/330	$1.7U_0$（或$1.3U_0$）	60
290/500	$1.7U_0$（或$1.1U_0$）	60

2）不具备上述试验条件或有特殊规定时，可采用施加正常系统相对地电压24h方法代替交流耐压。

（6）测量金属屏蔽层电阻和导体电阻比。测量在相同温度下的金属屏蔽层和导体的直流电阻。

（7）检查电缆线路的两端相位应一致，并与电网相位相符合。

（8）充油电缆的绝缘油试验，应符合表18-14的规定。

（9）交叉互联系统试验

1）交叉互联系统的对地绝缘的直流耐压试验：试验时必须将护层过电压保护器断开。在互联箱中将另一侧的三段电缆金属套都接地，使绝缘接头的绝缘环也能结合在一起进行试验，然后在每段电缆金属屏蔽或金属套与地之间施加直流电压10kV，加压时间1min，不应击穿。

2）非线性电阻型护层过电压保护器。

① 氧化锌电阻片：对电阻片施加直流参考电流后测量其压降，即直流参考电压，其值应在产品标准规定的范围之内；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 18-14　充油电缆及附件内和压力箱中的绝缘油试验项目和要求

项　目	要　求		试验方法
击穿电压	电缆及附件内	对于 64/110～190/330kV，不低于 50kV 对于 290/500kV，不低于 60kV	按《绝缘油 击穿电压测定法》GB/T 507—2002 中的有关要求进行试验
	压力箱中	不低于 50kV	
介质损耗因数	电缆及附件内	对于 64/110～127/220kV 的不大于 0.005 对于 190/330～290/500kV 的不大于 0.003	按《电力设备预防性试验规程》DL/T 596—1996 中的有关要求进行试验
	压力箱中	不低于 50kV	

② 非线性电阻片及其引线的对地绝缘电阻：将非线性电阻片的全部引线并联在一起与接地的外壳绝缘后，用 1000V 绝缘电阻表测量引线与外壳之间的绝缘电阻，其值不应小于 10MΩ。

3）交叉互联性能检验：本方法为推荐采用的方式，如采用本方法时，应作为特殊试验项目。

使所有互联箱连接片处于正常工作位置，在每相电缆导体中通以大约 100A 的三相平衡试验电流。在保持试验电流不变的情况下，测量最靠近交叉互联箱处的金属套电流和对地电压。测量完后将试验电流降至零，切断电源。然后将最靠近的交叉互联箱内的连接片重新连接成模拟错误连接的情况，再次将试验电流升至 100A，并再测量该交叉互联箱处的金属套电流和对地电压。测量完后将试验电量降至零，切断电源，将该交叉互联箱中的连接片复原至正确的连接位置。最后再将试验电流升至 100A，测量电缆线路上所有其他交叉互联箱处的金属套电流和对地电压。

试验结果符合下述要求则认为交叉互联系统的性能是满意的：

① 在连接片做错误连接时，试验能表明存在异乎寻常大的金属套电流；

② 在连接片正确连接时，将测得的任何一个金属套电流乘以一个系数（它等于电缆的额定电流除以上述的试验电流）后所得的电流值不会使电缆额定电流的降低量超过 3%；

③ 将测得的金属套对地电压乘以上述②项中的系数后不超过电缆在负载额定电流时规定的感应电压的最大值。

4）互联箱

① 接触电阻：本试验在做完护层过电压保护器的上述试验后进行。将闸刀（或连接片）恢复到正常工作位置后，用双臂电桥测量闸刀（或连接片）的接触电阻，其值不应大于 20μΩ；

② 闸刀（或连接片）连接位置：本试验在以上交叉互联系统的试验合格后密封互联箱之前进行。连接位置应正确。如发现连接错误而重新连接后，则必须重测闸刀（连接片）的接触电阻。

七、电缆工程质量检验标准及方法

电缆工程质量检验及方法见表 18-15～表 18-25。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 18-15 电缆管配制及敷设

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
电缆管制作	外观检查	金属管	内表面		光滑，无毛刺	观察检查
			外表面		无穿孔、裂缝，显著的凹凸不平及锈蚀	
		塑料管	敷设温度		按设计规定	按图样检查并检查出厂合格证
			管材强度			
		切断口（管口）			光滑	观察检查
		弯曲部分			无裂缝及显著的凹瘪	
	每根电缆管的弯头数	一般弯头			≤3 个	观察检查
		直角弯头			≤2 个	
	弯曲半径			主要	与所穿电缆弯曲半径匹配	用样板检查
	电缆管弯扁度				不大于 1/10 电缆管外径	用尺检查
电缆管检查	电缆管内径				按设计规定，且不小于 1.5 倍电缆外径	用尺检查
	管内畅通检查			主要	光滑，无积水、杂物	用 0.85 倍管内径拉线球检查
敷管	路径				按设计规定	对照图样检查
	明敷	单管敷设			横平竖直	观察检查
		排管敷设	管口高度		一致	观察检查
			弯曲弧度			
		引至设备的管口位置			便于电缆与设备连接，并不妨碍设备拆装和进出	观察检查
		与热力管道、热力设备之间净距	平行敷设	主要	≥1m，不宜敷设于热力管道上部	用尺检查
			交叉敷设		≥0.5m	
		与保温层之间净距	平行敷设	主要	≥0.5m	
			交叉敷设		≥0.2m	
	直埋	直埋管距地面深度（混凝土内除外）			≥700mm	用尺检查
		伸出建筑物散水坡的长度			≥250mm	
		伸出道路路基长度			≥2m	
		伸出地面的排管外观检查			排列整齐，高度一致	观察检查
		引入建筑物和建筑物内的埋置深度（混凝土内除外）			300～500mm	用尺检查
		电缆管道与其他管道、道路、建筑物之间平行和交叉时的净距		主要	按 GB 50168—2006	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
电缆管连接	金属管	套管连接	套管长度		1.5D～3D 电缆管外径	用尺检查
			外观检查		焊接牢固	观察检查和用镀锌铁丝绑棉纱通入管内检查
		丝扣连接	管端套丝长度		≥1/2 管接头长度	用尺检查
			外观检查		连接牢固，密封良好	观察检查
		防腐漆检查			涂刷均匀，漆层完好	
	硬质塑料管	套接			套管两侧封焊牢固，密封良好	观察检查
		插接			插接面用胶合剂粘合牢固，密封良好	
		插入深度			1.1D～1.8D 电缆管内径	用尺检查
	硬质塑料管补偿装置安装				按 GB 50168—2006 规定	对照图样或规范检查
	金属软管固定与连接			主要	牢固、紧固	用手扳动检查
其他	镀锌管				镀锌层完整	观察检查
	电缆管接地			主要	牢固，导通良好	扳动并导通检查

表 18-16　电缆支架（桥架）制作及安装

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
电缆架配制	型钢检查	外观检查			无显著扭曲，切口无卷边、毛刺	观察检查
		规格			按设计规定	对照图样检查
	电缆架	电缆支架层间允许最小距离			按 GB 50168—2006	用尺检查
		焊接		主要	牢固	观察检查
	电缆托架配制				按设计规定	对照图样检查
	镀锌层				完好	观察检查
	预埋件	布置			按设计规定	对照图样检查
		固定强度		主要	牢固	用手扳动检查
电缆支吊架安装	布置及间距			主要	按设计规定	对照图样检查
	最上（下）层横撑至沟顶或楼板距离				按 GB 50168—2006	对照规范检查
	水平布置电缆架高低误差				≤5mm	用拉线和尺检查
	垂直布置电缆架左右误差					用铅坠和尺检查
	在有坡度的电缆沟内或建筑物上电缆架布置				与电缆沟或建筑物同坡度布置	观察检查
	电缆架固定			主要	牢固	扳动检查
	电缆托架安装				按设计规定	对照图样检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检　验　项　目	性质	质量标准	检验方法及器具
组装后的钢结构竖井检查	垂直偏差		≤0.2%竖井高度	用尺检查
	支架横撑水平偏差		≤0.2%竖井宽度	用尺检查
	对角线偏差		≤0.5%竖井对角线长度	
	外观检查		无损伤，变形	观察检查
其他	电缆架焊缝及竖井保护罩油漆		完整	观察检查
	电缆架全长接地		牢固，全长导通良好	对照规范检查

表 18-17　生产厂房内及隧道、沟道内的 35kV 及以下电缆敷设

工序	检　验　项　目			性质	质量标准	检验方法及器具
敷设前检查	电缆	型号、电压及规格			按设计规定	对照图样检查
		外观检查			无机械损伤和渗油	观察检查
		绝缘检查		主要	良好	用绝缘电阻表检查
	敷设路径				按设计规定	对照图样检查
	敷设温度				按 GB 50168—2006 规定	对照规范检查
	端头密封	油纸绝缘电力电缆			铅封密实，无渗油	观察检查
		交联聚乙烯电缆			可靠，严密	
		充油电缆			按 GB 50168—2006 规定	对照规范检查
电缆敷设	油纸电缆敷设位差			主要	按 GB 50168—2006 规定	对照规范检查电缆敷设记录
	电缆弯曲半径			主要		用样板检查
	与热力设备、管道之间净距	平行敷设		主要	≥1m，不宜敷设于热力管道上部	用尺检查
		交叉敷设			≥0.5m	
	与保温层之间净距	平行敷设		主要	≥0.5m	
		交叉敷设			≥0.2m	
	电缆排列	外观检查			排列整齐，弯度一致，少交叉	观察检查
		交流单芯电缆排列方式			按设计规定	
	电缆标志牌	装设位置			电缆终端、电缆中间接头处	按 GB 50168—2006
		标志		主要	按 GB 50168—2006 规定	对照电缆敷设清册检查
		固定			挂装牢靠	用手扳动检查
		规格			一致	观察检查
电缆固定	电缆支持点间距离				按 GB 50168—2006 规定	用尺检查
	水平敷设			主要	电缆首末端及转弯处、接头两端	观察检查
	超过 45°倾斜敷设			主要	电缆每个支持点	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检　验　项　目	性质	质量标准	检验方法及器具
电缆固定	夹具型式		按设计规定	对照图样检查
	交流单芯电缆固定夹具		夹具无铁件构成的闭合磁路	观察检查
	裸铅（铝）套电缆固定处保护		软衬垫齐全、可靠	
	电缆固定强度		牢靠	用手扳动检查
敷设后检查	电缆外观检查	主要	无机械损伤和渗油	观察检查
	电缆孔洞处理		电缆沟、隧道、竖井、建筑物及盘（柜）电缆出入口封闭良好	

表 18-18　管道内电缆敷设

工序	检　验　项　目			性质	质量标准	检验方法及器具
敷设前检查	电缆	型号、电压、规格及长度			按设计规定	对照图样检查
		外观检查			无机械损伤和渗油	观察检查
		绝缘检查		主要	良好	用绝缘电阻表检查
	电缆管	畅通检查			内部无积水、杂物	疏通检查
		内径			按设计规定	用尺检查
电缆敷设	敷设路径				按设计规定	对照图样检查
	端头密封	油纸绝缘电力电缆			铅封密实，无渗油	观察检查
		交联聚乙烯电缆			防潮封端可靠、严密	
		充油电缆			按 GB 50168—2006 规定	
	电缆弯曲半径			主要	按 GB 50168—2006 规定	用样板检查
	交流单芯电力电缆	在支架上敷设			布置在同侧支架上	观察检查
		在钢管内敷设		主要	三相电缆共穿一管	
	电缆标志牌	装设位置			电缆终端两端及接头处	观察检查
		标志		主要	电缆线路设计编号、型号、规格及起讫地点；字迹清晰，不易脱落	对照电缆敷设清册检查
		固定			牢靠	扳动检查
		规格			统一	观察检查
电缆固定	固定				牢固	观察检查
	夹具	型式			按设计规定	对照图样检查
		交流单芯电缆固定			夹具无铁件构成的闭合磁路	观察检查
	固定强度				牢靠	用手扳动检查
	紧固件表面处理				镀锌	观察检查
敷设后检查	电缆管口封闭				按 GB 50168—2006 规定	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 18-19 直埋电缆敷设

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
敷设前检查	电缆	型号、电压及规格		符合设计	对照图样检查
		长度		按设计，并联运行的电力电缆长度应一致	检查电缆敷设记录
		外观检查		无机械损伤和渗油	观察检查
		绝缘检查	主要	良好	用 10kV 绝缘电阻表检查
		敷设地点检查		无积水、沉陷；在可能使电缆受到机械损伤，化学作用，地下电流、振动、热影响，腐植物质、虫鼠等危害的地段应有保护措施	观察检查
	电缆沟深度		主要	≥0.7m	用尺检查
电缆敷设	敷设路径			按设计规定	对照图样检查
	端头密封	油纸绝缘电力电缆		铅封密实，无渗油	观察检查
		交联聚乙烯电缆		防潮端可靠、严密	
		充油电缆		按 GB 50168—2006 规定	
	电缆弯曲半径		主要	按 GB 50168—2006 规定	用尺检查
	电缆与铁路、公路、城市道路、厂区道路交叉敷设				
	电缆之间，电缆与管道、道路、建筑物之间平行和交叉的距离		主要		
	交流单芯电缆排列方式			按设计规定	观察检查
电缆回填	电缆外观检查		主要	无机械损伤和渗油	观察检查
	电缆上下保护层（软土或沙层）检查			按 GB 50168—2006 规定	对照规范检查
	方位标志（桩）检查	装设位置	主要	电缆两端、电缆直线段 50～100m 处、电缆接头及电缆改变方向的弯角处	观察检查
		标志		字迹清晰，不易脱落	
		标桩规格		防腐、统一	
		标桩固定		牢固	用手扳动检查

表 18-20 35kV 及以下电力电缆终端制作安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
制作前检查	电缆	位置		按设计规定	对照图样检查
		型号，电压及规格			
		绝缘检查	主要	良好	检查试验记录
电缆终端制作	电缆终端盒及其配件			齐全，无损伤	对照技术文件检查
	制作工艺			按工艺规程规定	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
电缆终端制作	接地线	接地线规格		按 GB 50168—2006 规定	对照规范检查
		电缆穿过零序电流互感器接地线			
		接地线焊接		牢固、可靠	
	单芯电缆金属层接地			一端接地	观察检查
	电缆线芯外观检查			无损伤	
	线芯绝缘包扎长度			按工艺规程规定	用尺检查
	油纸电缆铅封	位置		电缆终端盒金属外壳与该处的电缆金属护套	观察检查
		外观检查	主要	粘附密实，牢固，厚薄均匀，表面光滑，无夹渣、砂眼、缝隙	
	环氧复合物配制和浇注		主要	按制造厂或工艺规程规定，搅拌均匀，无气泡	对照技术资料检查
	聚乙烯电缆线芯外观检查			无碳迹、划痕	观察检查
	预制电缆终端制作			按制造厂规定	对照厂家资料检查
	热缩电缆终端制作				
	冷缩电缆终端制作				
	线鼻子	线鼻子规格		与线芯相符	观察检查
		铜线鼻子镀锡		表面光滑，干净	
	线芯连接	压模规格		与导线规格相符	观察检查
		压入深度		按工艺规程规定	
	油纸电缆终端密封检查		主要	无渗油	
	相色标志			正确	
	固定强度			牢固	用手扳动检查
	线鼻子与电气装置连接			按 GB 50168—2006 规定	观察检查

表 18-21　控制电缆终端制作安装

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
电缆排列	盘下入口处电缆排列		整齐，少交叉	观察检查
	电缆上盘时弯度		一致	
	铠装剥切位置		在盘下侧，一致	
一般要求	线芯绝缘层外观检查	主要	完好，无损伤	观察检查
	屏蔽电缆的屏蔽接地		接地方式按设计规定	对照图样检查
	钢铠接地			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 18-22　35kV 及以下电力电缆中间接头制作安装

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
制作前检查	电缆	型号、电压及规格			按设计规定	对照图样检查
		外观检查			无机械损伤和渗油	观察检查
		绝缘检查		主要	良好	检查试验记录
	电缆中间接头盒及其配件				齐全、无损伤	对照技术文件检查
电力电缆中间接头	制作工艺				按工艺规程规定	
	电缆中间接头、接头盒规格				按设计图样	
	电缆线芯外观检查				无损伤	观察检查
	连接管与线芯连接	连接管规格			与线芯相符	观察检查
		铜连接管镀锡			表面光滑，干净	
		压接	压模尺寸		与导线规格相符	
			外观检查	主要	完好	
	绝缘纸（带）包扎外观检查			主要	搭盖均匀，层间无空隙褶皱	观察检查
	油纸电缆铅封	位置			电缆接头盒金属外壳与电缆金属护套处	观察检查
		外观检查		主要	粘附密实、牢固，厚薄均匀，表面光滑，无夹渣，砂眼，缝隙	
	配制和浇注环氧复合物			主要	按制造厂或工艺规程规定	观察检查
	接地线	接地连接线规格			按 GB 50168—2006 规定	观察检查
		锡焊外观检查		主要	焊接平整、无毛刺	
		接头处屏蔽层、铠装层连接			按 GB 50168—2006 规定	
		外观检查			完好	
	油纸中间接头密封检查			主要	无渗油	观察检查
	热缩中间接头制作				按制造厂规定	对照技术资料检查
	冷缩中间接头制作					

表 18-23　35kV 及以上电缆线路安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
敷设前检查	电缆	电缆及附件技术文件		齐全	
		型号、规格及数量		按设计规定	对照图样检查
		外观检查		无机械损伤，油压正常，密封良好	观察检查
		电缆油样试验		合格	对照技术资料检查
		绝缘检查	主要	良好	检查试验记录
		敷设道路		畅通，无积水和杂物	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
电缆敷设	敷设路径			按设计规定	对照图样检查
	敷设温度			按 GB 50168—2006 规定	对照技术资料检查
	110kV 及以上电缆敷设侧压力			≤3kNm	用张力计检查
	敷设速度			按 GB 50168—2006 规定	观察检查
	机械敷设牵引强度				用张力计检查
	端头密封	充油电力电缆		铅封严密、可靠	观察检查
		交联聚乙烯电缆		防潮封端严密、可靠	
	充油电缆敷设位差		主要	按 GB 50168—2006 规定	用尺检查
	电缆弯曲半径		主要		用样板检查
	电缆与热力管道及设备净距			按 GB 50168—2006 规定	用尺检查
电缆	直埋电缆	电缆覆盖软土		150～200mm	用尺检查
		直埋电缆标志		齐全	
	电缆并列敷设的净距			按设计规定	用尺检查
	电缆排列	断面布置		按 GB 50168—2006 规定	观察检查
		外观检查		排列整齐，弯度一致，少交叉	
		交流单芯电缆排列方式		按设计规定	
	电力电缆接头盒并列敷设布置			按 GB 50168—2006 规定	观察检查
	充油电缆截断			按 GB 50168—2006 规定	对照规范检查
	电缆标志牌	装设位置		电缆终端、电缆接头处	
		标志	主要	电缆线路编号、型号、规格及起讫地点；字迹清晰，不易脱落	对照电缆清册检查
		固定		挂装牢靠	用手触摸
		规格		防腐、统一	观察检查
电缆固定	电缆支持点间距离			按 GB 50168—2006 规定	对照规范检查
	水平敷设		主要	电缆首末两端及转弯、接头两端	对照技术资料检查
	垂直敷设		主要	电缆每个支持点	
	超过 45°倾斜敷设		主要	电缆每个支持点	
	充油电缆夹具			加衬垫耐油橡皮	
	交流单芯电缆夹具			不构成闭合磁路	观察检查
	裸铅（铝）套电缆固定处保护			软衬垫齐全、可靠	观察检查
	电缆固定强度			牢靠	用手扳动检查
敷设后检查	电缆外观检查		主要	无机械损伤和渗油	观察检查
	电缆孔洞处理			电缆沟、隧道、竖井、建筑物及盘（柜）的电缆出入口封闭良好	对照图样检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检　验　项　目	性质	质量标准	检验方法及器具
充油电缆终端（接头）制作安装	环境温度、湿度		按规范电缆线路篇规定	用温度计检查
	电缆油样检查		合格	对照技术资料检查
	电缆接地线		按 GB 50168—2006 规定	
	电缆终端（接头）制作顺序		先接头，后低位终端、高位终端	
	电缆终端（接头）制作工艺		按制造厂规定	
	热缩电缆终端（接头）制作			
	冷缩电缆终端（接头）制作			

表 18-24　电缆防火阻燃检查

工序	检　验　项　目	性质	质量标准	检验方法及器具
材料检验	防火材料型号及材质		按设计规定，鉴定资料齐全	对照图样检查并检查技术或产品鉴定报告
耐火封闭槽盒设置			按设计规定	对照图样检查
盘柜孔洞封堵	耐火衬板安装	主要	牢固	扳动检查
	防火堵料	主要	密实，无缝隙	
穿墙（楼板）孔洞封堵	防火包		填实，无缝隙	观察检查
	防火堵料	主要	密实，不透光亮	
	防火隔板安装		牢固，不透光亮	扳动并观察检查
阻火隔墙安装	阻火隔墙设置	主要	按设计规定	对照图样检查
	防火包		填实，无缝隙	观察检查
	防火堵料	主要	密实，无缝隙	
电缆竖井封堵	防火隔板安装	主要	牢固，不透光亮	扳动并观察检查
	防火包		填实，无缝隙	观察检查
	防火堵料	主要	密实，无缝隙	
其他	防火涂料或阻火包带使用		电力电缆接头两侧或相邻电缆 2～3m 长区段	观察检查
			阻火隔墙两侧电缆	
	防火涂料涂刷		按材料使用说明涂刷	观察检查
	防火包带：绕包		按材料使用说明绕包	观察检查
	防火包带：固定		绑扎牢固	扳动检查
	电缆管封堵	主要	管口封堵严密，堵料凸起 2～5mm	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 18-25　直埋电缆（隐蔽前）检查签证

电缆编号		电缆命名	
电缆型号规格		电缆根数	
电缆起止点			

检　验　项　目	检　验　结　果	备　　注
电缆沟深度/m		
电缆沟宽度/m		
沟内有无石块、建筑垃圾		
电缆上、下铺沙或软土深度/m		
电缆间距/mm		
电缆与其他管道、建筑物最小距离/m		
电缆上部采用何保护措施		
电缆接头处有未设标志桩		
回填土是否经分层夯实		
电缆沟回填后何处设有标志桩		

隐蔽前检查结论：

（经检查，该部分直埋电缆施工隐蔽前、后质量符合规范要求）

质检机构	验　收　意　见	签　　名
班　　组		年　　月　　日
工　　地		年　　月　　日
质 检 部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第十九章　变配电装置及变配电所监督管理

变配电装置及变配电所是电气系统中非常重要的设施，是重中之重。因为，任何一个变配电所及其装置担负着众多用户的供电需求，一旦出现问题将会给用户造成不可估量的损失。特别是一些大容量的一级负荷或二级负荷用户，他们在国民经济、工业生产、公共事业、农用灌溉、人民生活中有着举足轻重的作用，保证他们的正常安全供电是电力供电部门义不容辞的责任。因此，变配电装置及变配电所的安装质量非常非常重要，是每个电气工作人员、作业人员、管理者、技术监督人员、监理工程师及供货单位或个人职业责任、职业道德的集中体现。

一、总体要求

变配电装置的安装必须保证使用后供电的安全性和可靠性，所有电气设备、元件、材料必须进行检测、试验和调整，并有详细记录。设备、元件、材料必须具有合格证、安装使用说明书、型式试验报告和生产商生产制造许可证原件的复印件，进货渠道为一级进货，彻底拒绝假冒伪劣产品混入现场。

1）变配电装置安装工程的设计图样必须是具有相应资质电气或电力设计单位出具的图样。

2）变配电装置安装工程的监理单位必须是具有相应资质的电气或电力监理单位。

3）变配电装置安装工程的安装单位必须是具有相应资质的安装单位。

4）变配电装置的安装应按已批准的设计进行施工。

5）设备和器材的运输、保管，应符合规范要求，当产品有特殊要求时，应符合产品的要求。

6）设备及器材在安装前的保管，其保管期限应为 1 年及以下。当需长期保管时，应符合设备及器材保管的专门规定。变压器、电抗器在运输过程中，当改变运输方式时，应及时检查设备受冲击等情况，并做好记录。

7）采用的设备及器材均应符合国家现行技术标准的规定，并应有合格证件包括型式试板报告，设备应有铭牌。

8）设备及器材到达现场后，应及时作下列验收检查。

① 包装及密封应良好。

② 开箱检查清点，规格应符合设计要求，附件、备件应齐全。

③ 产品的技术文件应齐全。

④ 按规范要求作外观检查，应合格。

9）设备安装用的紧固件，除地脚螺栓外应采用镀锌制品；户外用的紧固件应采用热镀锌制品；电器接线端子用的紧固件应符合现行国家标准《变压器、高压电器和套管的接线端子》的规定。

10）高压电器的瓷件质量，应符合国家标准《高压绝缘子瓷件　技术条件》和电瓷产品相关技术条件的规定。

变配电装置的安装应符合电气装置安装工程施工及验收规范的要求，标准号：GB 50147—2010、GB 50148—2010、GB 50149—2010、GB 50150—2006、GB 50168—2006、GB 50169—

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2006、GB 50170—2006、GB 50171—2012、GB 50173—1992。

二、设备的检查、验收和保管

1）落实设备材料到货情况，主要设备和材料的到货情况应基本符合施工组织设计中工艺顺序的安排和物资供应计划。

2）运到现场的设备、材料应进行验收和安装前的检查，保证所有设备、元件、材料是合格品，关键设备、贵重物品应是优质品，并妥善保管。

① 开箱检查每件进站设备，并按装箱清单比照设计提供的清册详细清点，并做记录。型号规格应符合设计要求，备品附件齐全，外壳无破损、无机械损伤，无漏油现象，端子套管无松动。

② 产品的技术文件齐全，如安装使用说明书、合格证、生产制造许可证复印件、检定证书等。关键设备、贵重物品应为设计单位或建设单位指定厂家产品。

③ 检查合格的应按设备元件的性能置于室内或室外妥善保管，不合格的应通过供货渠道，通过厂家处理，不得混入库房。

三、变压器监控要点

1. 变压器的运输

1）严禁变压器翻倒，特别是在坡度大或弯曲狭窄的通路以及卸车时要高度注意。

2）防止变压器严重倾斜，特别是道路滑而不平以及路基下沉时，允许油箱倾斜的角度小于15°，不然心部可能发生位移，导致部件与箱体撞击并受到挤压而损坏或漏油，这是要禁止的。

3）禁止附件损坏，如散热器油管压扁、储油柜凹陷、油标尺破碎、套管破裂等。

4）运输中要严密监视油箱的密封情况，如发现漏油渗油要采取措施。要尽力缩短运输时间，保证绝缘良好。

2. 变压器的外观检查

1）变压器油箱、散热器及其所有附件应齐全，无锈蚀和机械损伤；

2）油箱盖或钟罩法兰连接螺栓齐全，密封良好，无渗油漏油现象；浸入油中运输的附件，其油箱也应无渗油现象；

3）高低压套管应完整无损、紧固无松动、无裂纹、无划伤、无闪络、无渗油；充油套管的油位应正常；

4）充氮运输的变压器，器身内应为正压，压力不应低于0.01MPa；

5）吸湿器薄膜完好无损；

6）储油柜无变形、凹陷，油位正常可见，无渗漏痕迹。装有冲击记录仪的变压器，应检查记录变压器在运输和装卸过程中受冲击情况。

以上检查全部合格后，应用2500～5000V和500V绝缘电阻表分别测高压线圈和低压线圈的绝缘电阻，其相与相、相与地、高压与低压之间不应小于表19-3中的规定。

3. 变压器的吊心检查

变压器因长途运输和装卸，油箱内铁心经常由于振动和冲击，使螺栓松动或脱落，穿心螺栓也常因为绝缘材料损坏而使绝缘降低。为了保证安装质量和今后运行可靠，通常在变压器安装时要检查铁心、线圈和套管内部的引出线等。

4. 变压器的试验和测试

应按GB 50150—2006标准进行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

四、高压电器及软母线监控要点

1. 高压隔离开关

1）用2500V或5000V绝缘电阻表测量有机材料传动杆的绝缘电阻，应符合表19-6的要求；同时测量胶合元件的绝缘电阻，应大于300MΩ。

2）交流耐压试验，应按表19-1、表19-2和表19-3的要求进行。

表19-1 高压电气设备绝缘的工频耐压试验电压标准

额定电压/kV	最高工作电压/kV	1min工频耐受电压（kV）有效值											
		电压互感器		电流互感器		穿墙套管				支柱绝缘子、隔离开关			
						纯瓷和纯瓷充油绝缘		固体有机绝缘、油浸电容式、干式、SF_6式		纯瓷		固体有机绝缘	
		出厂	交接	出厂	交接	出厂	交接	出厂	交接	出厂	交接	出厂	交接
3	3.6	25(18)	20(14)	25	20	25(18)	25(18)	25(18)	20(14)	25	25	25	22
6	7.2	30(23)	24(18)	30	24	30(23)	30(23)	30(23)	24(18)	32	32	32	26
10	12	42(28)	33(22)	42	33	42(28)	42(28)	42(28)	33(22)	42	42	42	38
15	17.5	55(40)	44(32)	55	44	55(40)	55(40)	55(40)	44(32)	57	57	57	50
20	24.0	65(50)	52(40)	65	52	65(50)	65(50)	65(50)	52(40)	68	68	68	59
35	40.5	95(80)	76(64)	95	76	95(80)	95(80)	95(80)	76(64)	100	100	100	90
66	69.0	140/185	112/148	140/185	112/148	140/185	140/185	140/185	112/148	165	165	165	148
110	126.0	200/230	160/184	200/230	160/184	200/230	200/230	200/230	160/184	265	265	265	240
220	252.0	395/460	316/368	395/460	316/368	395/460	395/460	395/460	316/368	495	495	495	440
330	363.0	510/630	408/504	510/630	408/504	510/630	510/630	510/630	408/504				
500	550.0	680/740	544/592	680/740	544/592	680/740	680/740	680/740	544/592				

注：1. 表中电气设备出厂试验电压参照现行国家标准《绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则》（GB 311.1—2012）。

2. 括号内的数据为全绝缘结构电压互感器的匝间绝缘水平。

3. 斜杠上下为不同绝缘水平取值，以出厂（铭牌）值为准。

表19-2 电力变压器和电抗器交流耐压试验电压标准 （单位：kV）

系统标称电压	设备最高电压	交流耐受电压	
		油浸式电力变压器和电抗器	干式电力变压器和电抗器
≤1	≤1.1	—	2.5
3	3.6	14	8.5
6	7.2	20	17
10	12	28	24
15	17.5	36	32
20	24	44	43
35	40.5	68	60
66	72.5	112	—

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

系统标称电压	设备最高电压	交流耐受电压	
		油浸式电力变压器和电抗器	干式电力变压器和电抗器
110	126	160	—
220	252	（288） （316）	—
330	363	（368） 408	—
500	550	（504） 544	—

注：1. 上表中，变压器试验电压是根据现行国家标准《电力变压器　第3部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙》（GB 1094.3—2003）规定的出厂试验电压乘以0.8制定的。

2. 干式电力变压器试验电压是根据现行国家标准GB 1094.11—2007规定的出厂试验电压乘以0.8制定的。

表19-3　断路器的交流耐压试验标准

额定电压/kV	最高工作电压/kV	1min工频耐受电压（kV）有效值			
		相对地	相间	断路器断口	隔离断口
3	3.6	25	25	25	27
6	7.2	32	32	32	36
10	12	42	42	42	49
35	40.5	95	95	95	118
66	72.5	155	155	155	197
110	126	200	200	200	225
		230	230	230	265
220	252	360	360	360	415
		395	395	395	460
330	363	460	460	520	520
		510	510	580	580

3）检查触头的接触是否良好紧密，接触压力是否均匀。一般用0.05mm×10mm的塞尺进行检查：对于线接触的应塞不进去；对于面接触的，其塞入深度不得超过表19-4的规定。

表19-4　触头面接触塞尺塞入深度

接触面宽度	塞入深度最大值
50mm及以下	4mm
60mm及以上	6mm

4）配电动操动机构的要测试操动机构的最低动作电压，在80%～130%额定电压范围内应保证可靠动作，30%时操动机构不动作。

气动或液动的操动机构应在85%～110%额定压力下进行，并应可靠动作。

5）隔离开关合闸后，触头间的相对位置、分闸后触头间的净距离或拉开角度，应符合

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

产品技术条件的规定。

6）将操动机构的盖打开，测试辅助开关，应符合要求。

7）拉杆与带电部分的距离应符合表8-54、表8-55的规定。

2. 多油断路器

（1）用2500V或5000V的绝缘电阻表测量绝缘电阻　主要有合闸状态下导电部分对地及相与相间的绝缘电阻，分闸状态下本相断口之间的绝缘电阻及相与相、相与地的绝缘电阻。三相处在同一油箱的多油断路器（DW_6-35），测量相与地、本相断口间的绝缘电阻时，应将另外两相接地；对于不便直接测量可动部分绝缘电阻的断路器，可用经验公式进行计算：

$$R=\frac{R_{分}\times R_{合}}{R_{分}-R_{合}}$$

式中　R——可动部分绝缘电阻，单位为MΩ；

$R_{分}$——断路器分闸状态下的绝缘电阻，单位为MΩ；

$R_{合}$——断路器合闸状态下的绝缘电阻，单位为MΩ。

绝缘电阻值可参照表19-5对比，规范中无规定，有机物制成的拉杆，绝缘电阻值不应小于表19-6的规定。

表19-5　油浸变压器绝缘电阻允许值　（单位：MΩ）

线圈电压等级/kV	环境温度/℃								使用绝缘电阻表的电压/V
	10	20	30	40	50	60	70	80	
3～10	450	300	200	130	90	60	40	25	2500V
20～35	600	400	270	180	120	80	50	35	5000V
60～220	1200	800	540	360	240	160	100	70	5000V
0.4	常温下90～100								500V

表19-6　有机物绝缘拉杆的绝缘电阻标准

额定电压/kV	3～15	20～35	63～220	330～500
绝缘电阻值/MΩ	1200	3000	6000	10000

室内配电装置的最小安全净距见表8-55，参考图8-21和图8-22。

室内变压器，其外廓与四壁之间的最小距离应符合表8-56中的规定。

（2）介质损耗角正切值tanδ（%）的测量　通常应在分闸、合闸两种状态下三相一起进行，发现问题则再进分相测量。当分闸状态下测量结果超标时，则应取下油箱、消弧装置等，直至找出缺陷部位。

DW_2、DW_8型油断路器不应大于表19-21中相应套管的tanδ（%）值增加2后的值；对DW_1型油断路器，不应大于表19-21中相应套管的tanδ（%）值增加3后的数值。

分闸状态下每只套管的tanδ值，应符合表19-21的规定，如超标则应卸下油箱进行分解试验和检查，此时测得的tanδ（%）值应符合表19-21的规定。

（3）泄漏电流的测量　支柱瓷套管及灭弧室每个断口的试验电压为直流40kV，泄漏电流值应不大于10μA，220kV及以上的不宜大于5μA。

（4）交流耐压试验　多油断路器应在合闸状态下进行交流耐压试验；整油箱的断路器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

应分相进行，且另外两相和油箱应接地；少油开关应分别在合闸、分闸状态下进行。试验电压的标准见表 19-1。

交流耐压试验前后的绝缘电阻应无显著变化，一般下降值不应超过 25%。

（5）每相导电回路直流电阻的测量

导电回路的电阻值不得超过规定值的 2 倍。常用油断路器导电回路的电阻值见表 19-29。

3. 电流互感器

1）线圈绝缘电阻的测试。规范中对互感器绝缘电阻未做规定，一般参照变压器绝缘电阻见表 19-5。

2）线圈对外壳的交流耐压试验　一次线圈交流耐压试验标准见表 19-2，二次线圈的交流耐压试验标准为 1kV。

3）一次线圈连同套管一起的介质损失角正切值 tanδ（%）的测试　当电流互感器在 20℃时的 tanδ（%）应不大于表 19-12 的规定。

4）绝缘油的试验。变压器油的试验应按表 19-10 和表 19-11 的规定进行。

5）电流比试验。电流比应与铭牌相符。

电流比试验是通过标准电流互感器和标准电流表进行的。试验时最大试验电流应达到 1 ~ 1.2 倍额定电流，只有当额定电流在 1kA 以上时才可适当减小 30%。

6）铁心夹紧螺栓绝缘电阻的测试。一般仅对外露的或吊心检查时对可接触到的夹紧螺栓进行测量，规范中对其值不做规定，通常应大于 10MΩ，可使用 1000V 或 2500V 的绝缘电阻表进行。

4. 电压互感器

电压互感器的测试基本同电流互感器，对应于 3）中的 tanδ（%）应不大于表 19-13 的规定。另外应测量一次线圈的直流电阻，应与制造厂的数据基本相符；应测量互感器的空载电流，额定电压下其值不做规定，但不得过大，经验数据一般为 10mA 以下。电压比试验应使用标准电压互感器及标准电压表进行。

5. 高压熔断器的检查与测试

瓷套管应无机械损伤，无裂纹、无闪络、配件齐全，结构完整紧固。可用 2500V 绝缘电阻表摇测接线端与安装底座间的绝缘电阻，应大于 200MΩ，可参照支持绝缘子或套管进行耐压试验，标准见表 19-1。安装前可用万用表测量两接线端的直流电阻，其值约为零。

6. 跌落式熔断器

1）用 2500V 绝缘电阻表测试接线端子与安装底座的绝缘电阻，通常应大于 500MΩ 以上。

2）交流耐压试验。参照表 19-1 中纯瓷套管一栏的试验标准。

3）泄漏电流试验。试验电压为直流 40kV，泄漏电流值不大于 10μA。

4）接触电阻的测试。触头必须接触良好，接触电阻应小于 $10^{-6}\Omega$，且三相应基本一致；断开后的绝缘电阻（2500V）应大于 300MΩ。

7. 穿墙套管

穿墙套管的检查可参照避雷器及绝缘子的检查进行。外观检查合格后即可进行试验。

（1）绝缘电阻的测试　用 2500V 绝缘电阻表摇测两个接线端与安装隔板的绝缘电阻，虽标准中无规定，但至少应大于 1000MΩ。

（2）交流耐压试验　试验标准见表 19-2。此外，对于 35kV 及以上的非纯套管还应做

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

tanδ 的测试，在 20℃时，套管的介质损失角正切值 tanδ（%）应不大于表 19-21 的规定，且电容值与铭牌相比，应无明显差别。对于 tanδ 不合格的充油套管或密封有怀疑时，还应按“绝缘油”的试验项目及标准进行绝缘油的试验。

8. 真空断路器

1）测量绝缘拉杆的绝缘电阻值，不应低于表 19-6 的规定；测量每相导电回路的电阻值应符合产品技术条件的规定；合闸状态下的交流耐压试验，应符合表 19-3 试验电压值的规定；分闸状态下的交流耐压试验应按产品技术条件的要求进行，试验中不应发生贯穿性放电。

2）测量分、合闸时间及同期性，应在额定操作电压或液压进行，实测数值应符合产品技术条件的规定；主触头接触后弹跳时间不应大于 2ms；分合闸线圈及合闸接触器线圈的绝缘电阻不应小于 10MΩ，直流电阻与出厂试验值无明显差别；操动机构的试验与油断路器操动机构的试验要求相同。

3）应垂直安装，固定牢靠，相间支持瓷件在同一水平面上；三相联动联杆的拐臂应在同一水平面上，且拐臂角度一致；安装完毕后，应先进行手动缓慢分、合闸操作，无不妥之后方可进行电动分、合闸操作试验；真空断路器的行程、压缩行程及三相同期均应符合产品技术条件的规定。

4）真空断路器的导电部分的可挠铜片不应断裂，铜片间无锈蚀；导电杆表面清洁，与导电夹接触紧密良好；导电回路的接触电阻值应在 $10^{-6}\Omega$ 以下；接线端子螺栓搭接面及紧固要求应符合母线安装的技术要求。

9. 电容器及电容柜

1）套管芯棒应无弯曲、松动或滑扣现象；引出线端连接用的螺母、平垫、弹垫齐全；外壳应无凹凸缺陷，严禁有鼓肚现象，所有接缝及套管处应无裂纹或渗漏油现象；瓷套管完好，无裂纹破损。

2）三相配置的电容其容量应近似平衡，其最大与最小的差值不应超过三相平均电容值的 5%。

3）电容器的构架应水平及垂直安装，固定牢固，油漆完整。电容器在支架上的固定排列应整齐、铭牌应面向通道一侧、并编有序号。

4）电容器端子的连接线应采用软导线，接线应对称一致，整齐美观牢固无松动，母线及分支线应标以相色（用导线颜色区分）。电容器的接线方式（Y或△）及额定电压应与被补偿的电路的额定电压相符。

5）凡不与地绝缘的每个电容器的外壳及电容器的构架均应可靠接地；凡与地绝缘的电容器外壳应接到固定的电位上。

6）熔断器熔体的额定电流应与设计要求相符；放电回路接线正确完整且操作灵活。

7）电容器的试验　详见本章五中相关内容。

8）电抗器的检查和试验　与电力变压器的检查和试验相同。其他项目的检查和试验与高压开关柜相同。

9）低压电容柜

低压电容柜的检查及测试与低压开关柜及高压电容柜的检查及测试基本相同。

10. 高压软母线

1）软母线不得有扭结、松股、断股及其他明显的损伤或严重腐蚀等缺陷，一般不应有

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

接头，同一截面处损伤面积不得超过导电部分总面积的5%，应选用优质的裸导线。使用的绝缘子其外观及耐压试验应合格，标准见表19-2。

2）所用的金具，除取得质量合格证明外，必须做到规格相符，零件配套齐全；表面光滑，无裂纹伤痕、砂眼、锈蚀、滑扣等缺陷，锌层不应有脱落。线夹船形压板与导线的接触面应光滑平整，悬垂线夹的转动部分应灵活。

3）母线的弧垂应与设计相符，其允许误差为 -2.5% ~ +5%。同一档距内的三相母线的弧垂应一致；相同布置的分支线，应有同样的弯度和弧垂。

4）软母与各种连接线夹连接时，其接触面均应清除氧化膜，并用汽油或丙酮清洗，清洗长度不应小于连接长度的1.2倍，且触面应涂电力复合脂；软母线与端子或硬母线连接时，除上述要求外，同时应符合现行国家标准《变压器、高压电器和套管的接线端子》的规定。

5）线夹螺栓必须均匀拧紧，紧固U形螺钉时应使两端均衡，不得歪斜；螺栓长度宜露出螺母2~3扣。螺栓连接线夹应用力矩扳手紧固。

6）具有可调金具的母线，在母线安装调整完毕后，必须将可调金具的调节螺母锁紧。

7）软母线和组合导线在档距内不得有接头，线夹螺栓必须均匀拧紧，紧固U形螺栓时，应使两端均衡，严禁歪斜，螺母露扣2~3扣。

8）母线、跨接线、引下线安装后应呈似悬链状自然下悬，其与构架及线间的安全间距应符合要求。

11. 避雷器及绝缘子

1）外观检查应合格，无磕碰、无裂纹、无放电痕迹，金属部分无锈斑、无腐蚀，无松动。

2）绝缘电阻符合要求，见本章五中避雷器试验、绝缘子试验。

3）电导电流试验符合要求。

4）电压等级与工程项目相符。

5）放电记录仪完好，指示正常。

6）接线端子完好。

五、电气设备的试验及标准要求

电气设备的试验是电气工程中最重要的质量保证手段，一方面是验证设备本身的质量及其功能；另一方面是验证设备安装的质量及有无妨碍运行的缺陷；再一方面也是验证安装单位及其安装人员的技术能力。因此，电气设备的试验必须由具有相应资质的单位进行，并出具试验报告，作为电气设备及其安装工程中具有法律效力的文本。不具有相应资质的安装单位不得进行具有法律效力的试验，但可进行相关的测试，为试运行做好相应的准备。

在实际工程中，一些安装单位及其安装人员对设备试验测试不够重视，乃至出现弄虚作假的试验报告，这必须引起质量管理人员、监督人员、监理工程师的注意。

1. 电力变压器试验项目及标准要求

（1）试验项目

1）测量绕组连同套管的直流电阻。

2）检查所有分接头的电压比。

3）检查绕组联结组标号和单相变压器引出线的极性。

4）测量绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比或极化指数。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）测量绕组连同套管的介质损耗角正切值 tanδ。

6）测量绕组连同套管的直流泄漏电流。

7）绕组连同套管的交流耐压试验。

8）绕组连同套管的局部放电试验。

9）测量与铁心绝缘的各紧固件及铁心接地线引出套管对外壳的绝缘电阻。

10）非纯瓷套管的试验。

11）绝缘油试验。

12）有载调压切换装置的检查和试验。

13）额定电压下的冲击合闸试验。

14）检查相位。

15）测量噪声。

注意事项如下：

① 1600kVA 以上油浸式电力变压器的试验，应按本条全部项目的规定进行。

② 1600kVA 及以下油浸式电力变压器的试验，可按上述第 1）、2）、3）、4）、7）、9）、10）、11）、12）、14）款的规定进行。

③ 干式变压器的试验，可按上述第 1）、2）、3）、4）、7）、9）、12）、13）、14）款的规定进行。

④ 变流、整流变压器的试验，可按上述第 1）、2）、3）、4）、7）、9）、11）、12）、13）、14）款的规定进行。

⑤ 电炉变压器的试验，可按上述第 1）、2）、3）、4）、7）、9）、10）、11）、12）、13）、14）款的规定进行。

⑥ 电压等级在 35kV 及以上的变压器，在交接时，应提交变压器及非纯瓷套管的出厂试验记录。

（2）测量绕组连同套管的直流电阻

1）测量应在各分接头的所有位置上进行。

2）1600kVA 及以下的三相变压器，各相测得值的相互差值应小于平均值的 4%，线间测得值的相互差值应小于平均值的 2%；1600kVA 以上的三相变压器，各相测得值的相互差值应小于平均值的 2%，线间测得值的相互差值应小于平均值的 1%。

3）变压器的直流电阻，与同温下产品出厂实测数值比较，相应变化不应大于 2%。

4）由于变压器结构等原因，差值超过本条第 2）款时，可只按本条第 3）款进行比较。

（3）检查所有分接头的电压比，与制造厂铭牌数据相比应无明显差别，且应符合电压比的规律；绕组电压等级在 220kV 及以上的电力变压器，其电压比的允许误差在额定分接头位置时为 ±0.5%。

（4）检查变压器的联结组标号和单相变压器引出线的极性，必须与设计要求及铭牌上的标记和外壳上的符号相符。

（5）测量绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比或极化指数。

1）绝缘电阻值不应低于产品出厂试验值的 70%。

2）当测量温度与产品出厂试验时的温度不符合时，可按表 19-7 换算到同一温度时的数值进行比较。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-7　油浸式电力变压器绝缘电阻的温度换算系数

温度差 K	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
换算系数 A	1.2	1.5	1.8	2.3	2.8	3.4	4.1	5.1	6.2	7.5	9.2	11.2

注：表中 K 为实测温度减去 20℃的绝对值。

当测量绝缘电阻的温度差不是表中所列数值时，其换算系数 A 可用线性插入法确定，也可按下述公式计算，即

$$A = 1.5^{K/10} \tag{19-1}$$

校正到 20℃时的绝缘电阻值可用下述公式计算：

当实测温度为 20℃以上时为

$$R_{20} = AR_t \tag{19-2}$$

当实测温度为 20℃以下时为

$$R_{20} = R_t/A \tag{19-3}$$

式中　R_{20}——校正到 20℃时的绝缘电阻值，单位为 MΩ；

R_t——在测量温度下的绝缘电阻值，单位为 MΩ。

3）变压器电压等级为 35kV 及以上，且容量在 4000kVA 及以上时，应测量吸收比。吸收比与产品出厂值相比，应无明显差别，在常温下不应小于 1.3。

4）变压器电压等级为 220kV 及以上且容量为 120MVA 及以上时，宜测量极化指数。测得值与产品出厂值相比，应无明显差别。

（6）测量绕组连同套管的介质损耗角正切值 tanδ

1）当变压器电压等级为 35kV 及以上，且容量在 8000kVA 及以上时，应测量介质损耗角正切值 tanδ。

2）被测绕组的 tanδ 值不应大于产品出厂试验值的 130%。

3）当测量时的温度与产品出厂试验温度不符合时，可按表 19-8 换算到同一温度时的数值进行比较。

表 19-8　介质损耗角正切值 tanδ（%）温度换算系数

温度差 K	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
换算系数 A	1.15	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.5	2.9	3.3	3.7

注：表中 K 为实测温度减去 20℃的绝对值。

当测量时的温度差不是表 19-8 中所列数值时，其换算系数 A 可用线性插入法确定，也可按下述公式计算，即

$$A = 1.3^{K/10} \tag{19-4}$$

校正到 20℃时的介质损耗角正切值可用下述公式计算：

当测量温度在 20℃以上时为

$$\tan\delta_{20} = \tan\delta_t/A \tag{19-5}$$

当测量温度在 20℃以下时为

$$\tan\delta_{20} = A\tan\delta_t \tag{19-6}$$

式中　$\tan\delta_{20}$——校正到 20℃时的介质损耗角正切值；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$\tan\delta_t$——在测量温度下的介质损耗角正切值。

（7）测量绕组连同套管的直流泄漏电流

1）当变压器电压等级为35kV及以上，且容量在10000kVA及以上时，应测量直流泄漏电流。

2）试验电压标准应符合表19-9的规定。当施加试验电压达1min时，在高压端读取泄漏电流。

表19-9 油浸式电力变压器直流泄漏试验电压标准

绕组额定电压/kV	6～10	20～35	63～330	500
直流试验电压/kV	10	20	40	60

注：1. 绕组额定电压为13.8kV及15.75kV时，按10kV级标准；18kV时，按20kV级标准。

2. 分级绝缘变压器仍按被试绕组电压等级的标准。

（8）绕组连同套管的交流耐压试验

1）容量为8000kVA以下、绕组额定电压在110kV以下的变压器，应按表19-2试验电压标准进行交流耐压试验。

2）容量为8000kVA及以上、绕组额定电压在110kV以下的变压器，在有试验设备时，可按表19-1试验电压标准进行交流耐压试验。

（9）绕组连同套管的局部放电试验

1）电压等级为500kV的变压器宜进行局部放电试验，实测放电量应符合下列规定：

① 预加电压为$\sqrt{3}U_m/\sqrt{3}=U_m$。

② 测量电压在$1.3U_m/\sqrt{3}$下，时间为30min，视在放电量不宜大于300pC。

③ 测量电压在$1.5U_m/\sqrt{3}$下，时间为30min，视在放电量不宜大于500pC。

④ 上述测量电压的选择，按合同规定。

注：U_m均为设备的最高电压有效值。

2）电压等级为220kV及330kV的变压器，当有试验设备时宜进行局部放电试验。

3）局部放电试验方法及在放电量超出上述规定时的判断方法，均按现行国家标准《电力变压器》中的有关规定进行。

（10）测量与铁心绝缘的各紧固件及铁心接地线引出套管对外壳的绝缘电阻

1）进行器身检查的变压器，应测量可接触到的穿心螺栓、轭铁夹件及绑扎钢带对铁轭、铁心、油箱及绕组压环的绝缘电阻。

2）采用2500V绝缘电阻表测量，持续时间为1min，应无闪络及击穿现象。

3）当轭铁梁及穿心螺栓一端与铁心连接时，应将连接片断开后进行试验。

4）铁心必须为一点接地；对变压器上有专用的铁心接地线引出套管时，应在注油前测量其对外壳的绝缘电阻。

（11）非纯瓷套管的试验，应按本章“高压套管”的规定进行。

（12）绝缘油的试验

1）绝缘油试验类别应符合表19-11的规定；试验项目及标准应符合表19-10的规定。

2）油中溶解气体的色谱分析，应符合下述规定：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-10　绝缘油的试验项目及标准

序号	项　　目	标　　准	说　　明
1	外状	透明，无杂质或悬浮物	外观目视
2	水溶性酸（pH 值）	>5.4	按《运行中变压器油水溶性酸测定法》GB/T 7598—2008 中的有关要求进行试验
3	酸值，mgKOH/g	≤0.03	按《运行中变压器油、汽轮机油酸值测定法（BTB 法）》GB/T 7599 中的有关要求进行试验
4	闪点（闭口）（℃）	不低于 DB-10：140；DB-25：140；DB-45：135	按《闪点的测定　宾斯基-马丁闭口杯法》GB/T 261—2008 中的有关要求进行试验
5	水分（mg/L）	500kV：≤10 220～330kV：≤15 110kV 及以下电压等级：≤20	按《运行中变压器油水分含量测定法（库仑法）》GB/T 7600—1987 或《运行中变压器油、汽轮机油水分测定法（气相色谱法）》GB/T 7601—2008 中的有关要求进行试验
6	界面张力（25℃）（mN/m）	≥35	按《石油产品油对水界面张力测定法（圆环法）》GB/T 6541—1986 中的有关要求进行试验
7	介质损耗因数 tanδ（%）	90℃时， 注入电气设备前≤0.5 注入电气设备后≤0.7	按《液体绝缘材料　相对电容率、介质损耗因数和直流电阻率的测量》GB/T 5654—2007 中的有关要求进行试验
8	击穿电压	500kV：≥60kV 330kV：≥50kV 60～220kV：≥40kV 35kV 及以下电压等级：≥35kV	1. 按《绝缘油　击穿电压测定法》GB/T 507—2002 或《绝缘油介电强度测定法》DL/T 429.9—1991 中的有关要求进行试验 2. 油样应取自被试设备 3. 该指标为平板电极测定值，其他电极可按《运行中变压器油质量》GB/T 7595—2008 及《绝缘油　击穿电压测定法》GB/T 507—2002 中的有关要求进行试验 4. 注入设备的新油均不应低于本标准
9	体积电阻率（90℃）（Ω·m）	$\geq 6\times10^{10}$	按《液体绝缘材料　相对电容率、介质损耗因数和直流电阻率的测量》GB/T 5654—2007 或《电力用油体积电阻率测定法》DL/T 421—2009 中的有关要求进行试验
10	油中含气量（%）（体积分数）	330～500kV：≤1	按《绝缘油中含气量测定方法　真空压差法》DL/T 423—2009 或《绝缘油中含气量的测定方法（二氧化碳洗脱法）》DL/T 450—1991 中的有关要求进行试验
11	油泥与沉淀物（%）（质量分数）	≤0.02	按《石油和石油产品及添加剂机械杂质测定法》GB/T 511—2010 中的有关要求进行试验
12	油中溶解气体组分含量色谱分析	见本标准的有关章节	按《绝缘油中溶解气体组分含量的气相色谱测定法》GB/T 17623—1998、《变压器油中溶解气体分析和判断导则》GB/T 7252—2001 及《变压器油中溶解气体分析和判断导则》DL/T 722—2000 中的有关要求进行试验

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电压等级在63kV及以上的变压器，应在升压或冲击合闸前及额定电压下运行24h后，各进行一次变压器器身内绝缘油的油中溶解气体的色谱分析。两次测得的氢、乙炔、总烃含量，应无明显差别。试验应按现行国家标准《变压器油中溶解气体分析和判断导则》进行。

3）油中微量水的测量，应符合下述规定：

变压器油中的微量水含量，对电压等级为110kV的，不应大于20×10^{-6}；220～330kV的，不应大于15×10^{-6}；500kV的，不应大于10×10^{-6}。

注：上述水含值均为体积比。

4）油中含气量的测量，应符合下述规定：

电压等级为500kV的变压器，应在绝缘试验或第一次升压前取样测量油中的含气量，其值不应大于1%。

（13）有载调压切换装置的检查和试验

1）在切换开关取出检查时，测量限流电阻的电阻值，测得值与产品出厂数值相比，应无明显差别。

2）在切换开关取出检查时，检查切换开关切换触头的全部动作顺序，应符合产品技术条件的规定。

3）检查切换装置在全部切换过程中，应无开路现象；电气和机械限位动作正确且符合产品要求；在操作电源电压为额定电压的85%及以上时，其全过程的切换中应可靠动作。

4）在变压器无电压下操作10个循环。在空载下按产品技术条件的规定检查切换装置的调压情况，其三相切换同步性及电压变化范围和规律，与产品出厂数据相比，应无明显差别。

5）绝缘油注入切换开关油箱前，其电气强度应符合后述表19-11的规定。

表19-11 电气设备绝缘油试验分类

试验类别	适用范围
击穿电压	1. 6kV以上电气设备内的绝缘油或新注入设备前、后的绝缘油 2. 对下列情况之一者，可不进行击穿电压试验 （1）35kV以下互感器，其主绝缘试验已合格的 （2）15kV以下油断路器，其注入新油的击穿电压已在35kV及以上的 （3）按本标准有关规定不需取油的
简化分析	1. 准备注入变压器、电抗器、互感器、套管的新油，应按表19-10中的第2～9项规定进行 2. 准备注入油断路器的新油，应按表19-10中的第2、3、4、5、8项规定进行
全分析	对油的性能有怀疑时，应按表19-10中的全部项目进行

（14）在额定电压下对变压器的冲击合闸试验，应进行5次，每次间隔时间宜为5min，无异常现象；冲击合闸宜在变压器高压侧进行；对中性点接地的电力系统，试验时变压器中性点必须接地；发电机变压器组中间连接无操作断开点的变压器，可不进行冲击合闸试验。

（15）检查变压器的相位必须与电网相位一致。

（16）电压等级为500kV的变压器的噪声，应在额定电压及额定频率下测量，噪声值不应大于80dB（A），其测量方法和要求应按现行国家标准《变压器和电抗器的声级测定》的规定进行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 电抗器及消弧线圈试验项目及标准规范要求

（1）电抗器及消弧线圈的试验项目

1）测量绕组连同套管的直流电阻。

2）测量绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比或极化指数。

3）测量绕组连同套管的介质损耗角正切值 tanδ。

4）测量绕组连同套管的直流泄漏电流。

5）绕组连同套管的交流耐压试验。

6）测量与铁心绝缘的各紧固件的绝缘电阻。

7）绝缘油的试验。

8）非纯瓷套管的试验。

9）额定电压下冲击合闸试验。

10）测量噪声。

11）测量箱壳的振动。

12）测量箱壳表面的温度分布。

注：① 干式电抗器的试验项目可按 1）、2）、5）、9）款规定进行。

② 消弧线圈的试验项目可按 1）、2）、5）、6）款规定进行；对 35kV 及以上油浸式消弧线圈应增加 3）、4）、7）、8）款。

③ 油浸式电抗器的试验项目可按 1）、2）、5）、6）、7）、9）款规定进行，对 35kV 及以上电抗器应增加 3）、4）、8）、10）、11）、12）款。

④ 电压等级在 35kV 及以上的油浸电抗器，还应在交接时提交电抗器及非纯瓷套管的出厂试验记录。

（2）测量绕组连同套管的直流电阻

1）测量应在各分接头的所有位置上进行。

2）实测值与出厂值的变化规律应一致。

3）三相电抗器绕组直流电阻值相间差值不应大于三相平均值的 2%。

4）电抗器和消弧线圈的直流电阻，与同温下产品出厂值比较，相应变化不应大于 2%。

（3）测量绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比或极化指数，应符合电力变压器标准规范第（5）条的规定。

（4）测量绕组连同套管的介质损耗角正切值 tanδ，应符合电力变压器标准规范第（6）条的规定。

（5）测量绕组连同套管的直流泄漏电流，应符合电力变压器标准规范第（7）条的规定。

（6）绕组连同套管的交流耐压试验

1）额定电压在 110kV 以下的消弧线圈、干式或油浸式电抗器均应进行交流耐压试验，试验电压见表 19-1。

2）对分级绝缘的耐压试验电压标准，应按接地端或其末端绝缘的电压等级来进行。

（7）测量与铁心绝缘的各紧固件的绝缘电阻，应符合电力变压器标准规范第（10）条的规定。

（8）绝缘油的试验，应符合电力变压器标准规范第（12）条的规定。

（9）非纯瓷套管的试验，应符合本章“高压套管”的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（10）在额定电压下，对变电所及线路的并联电抗器连同线路的冲击合闸试验，应进行5次，每次间隔时间为5min，应无异常现象。

（11）测量噪声应符合电力变压器标准规范第（16）条的规定。

（12）电压等级为500kV的电抗器，在额定工况下测得的箱壳振动振幅双峰值不应大于100μm。

（13）电压等级为330～500kV的电抗器，应测量箱壳表面的温度分布，温升不应大于65℃。

3. 互感器试验项目及标准规范要求

（1）互感器的试验项目

1）测量绕组的绝缘电阻。

2）绕组连同套管对外壳的交流耐压试验。

3）测量35kV及以上互感器一次绕组连同套管的介质损耗角正切值tanδ。

4）油浸式互感器的绝缘油试验。

5）测量电压互感器一次绕组的直流电阻。

6）测量电流互感器的励磁特性曲线。

7）测量1000V以上电压互感器的空载电流和励磁特性。

8）检查互感器的联结组标号和单相互感器引出线的极性。

9）检查互感器的变比。

10）测量铁心夹紧螺栓的绝缘电阻。

11）局部放电试验。

12）电容分压器单元件的试验。

注：① 套管式电流互感器的试验，应按1）、2）、6）、9）款规定进行；其中第2）款可随同变压器、电抗器或油断路器等一起进行。

② 六氟化硫封闭式组合电器中的互感器的试验，应按6）、7）、9）款规定进行。

（2）测量绕组的绝缘电阻

1）测量一次绕组对二次绕组及外壳、各二次绕组间及其对外壳的绝缘电阻。

2）电压等级为500kV的电流互感器尚应测量一次绕组间的绝缘电阻，但由于结构原因而无法测量时可不进行。

3）35kV及以上的互感器的绝缘电阻值与产品出厂试验值比较，应无明显差别。

4）110kV及以上的油纸电容式电流互感器，应测末屏对二次绕组及地的绝缘电阻，采用2500V绝缘电阻表测量，绝缘电阻值不宜小于1000MΩ。

（3）绕组连同套管对外壳的交流耐压试验

1）全绝缘互感器应进行一次绕组连同套管对外壳的交流耐压试验。

2）对绝缘性能有怀疑时，串级式电压互感器及电容式电压互感器的中间电压变压器，宜按下列规定进行倍频感应耐压试验：

① 倍频感应耐压试验电压应为出厂试验电压的85%。

② 试验电源频率为150Hz及以上时，试验时间t按下式计算：

$$t = 60 \times 100/f$$

式中 t——试验电压持续时间，单位为s；

f——试验电源频率，单位为Hz。

③ 试验电源频率不应大于400Hz。试验电压持续时间不应小于20s。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

④ 倍频感应耐压试验前后，应各进行一次额定电压时的空载电流及空载损耗测量，两次测得值相比不应有明显差别。

⑤ 倍频感应耐压试验前后，应各进行一次绝缘油的色谱分析，两次测得值相比不应有明显差别。

⑥ 倍频感应耐压试验时，应在高压端测量电压值。高压端电压升高容许值应符合制造厂的规定。

⑦ 对电容式电压互感器的中间电压变压器进行倍频感应耐压试验时，应将分压电容拆开。由于产品结构原因现场无条件拆开时，可不进行倍频感应耐压试验。

3）二次绕组之间及其对外壳的工频耐压试验电压标准应为2000V。

（4）测量35kV及以上互感器一次绕组连同套管的介质损耗角正切值tanδ

1）电流互感器：

① 介质损耗角正切值tanδ（%）不应大于表19-12的规定。

表19-12　电流互感器20℃下介质损耗角正切值tanδ（%）

额定电压/kV	35	63～220	330	500
充油式	3	2		
充胶式	2	2		
胶纸电容式	2.5	2		
油纸电容式		1.0	0.8	0.6

② 220kV及以上油纸电容式电流互感器，在测量tanδ的同时，应测量主绝缘的电容值，实测值与出厂试验值或产品铭牌值相比，其偏差宜在±10%范围内。

2）电压互感器：

① 35kV油浸式电压互感器的介质损耗角正切值tanδ（%），不应大于表19-13的规定。

表19-13　35kV油浸式电压互感器介质损耗角正切值tanδ

温度/℃	5	10	20	30	40
tanδ（%）	2.0	2.5	3.5	5.5	8.0

② 35kV以上电压互感器，在试验电压为10kV时，按制造厂试验方法测得的tanδ值不应大于出厂试验值的130%。

（5）对绝缘性能有怀疑的油浸式互感器，绝缘油的试验

1）绝缘油电气强度试验应符合表19-10和表19-11的规定及四、绝缘油试验的相关内容。

2）电压等级在63kV以上的互感器，应进行油中溶解气体的色谱分析。油中溶解气体含量与产品出厂值相比应无明显差别。

3）电压等级在110kV及以上的互感器，应进行油中微量水测量。对电压等级为110kV的，微量水含量不应大于20×10^{-6}，220～330kV的，不应大于15×10^{-6}；500kV的，不应大于10×10^{-6}。

注：上述微量水含量值均为体积比。

4）当互感器的介质损耗角正切值tanδ（%）较大，但绝缘油的其他性能试验又属正常时，可按表19-10第7项进行绝缘油的介质损耗正切值tanδ测量。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（6）测量电压互感器一次绕组的直流电阻值，与产品出厂值或同批相同型号产品的测得值相比，应无明显差别。

（7）当继电保护对电流互感器的励磁特性有要求时，应进行励磁特性曲线试验。当电流互感器为多抽头时，可在使用抽头或最大抽头测量。同型式电流互感器特性相互比较，应无明显差别。

（8）测量1000V以上电压互感器的空载电流和励磁特性。

1）应在互感器的铭牌额定电压下测量空载电流。空载电流与同批产品的测得值或出厂数值比较，应无明显差别。

2）电容式电压互感器的中间电压变压器与分压电容器在内部连接时可不进行此项试验。

（9）检查互感器的三相联结组标号和单相互感器引出线的极性，必须符合设计要求，并应与铭牌上的标记和外壳上的符号相符。

（10）检查互感器变比，应与制造厂铭牌值相符，对多抽头的互感器，可只检查使用分接头的变比。

（11）测量铁心夹紧螺栓的绝缘电阻

1）在作器身检查时，应对外露的或可接触到的铁心夹紧螺栓进行测量。

2）采用2500V绝缘电阻表测量，试验时间为1min，应无闪络及击穿现象。

3）穿心螺栓一端与铁心连接者，测量时应将连接片断开，不能断开的可不进行测量。

（12）局部放电试验

1）35kV及以上固体绝缘互感器应进行局部放电试验。

2）110kV及以上油浸式电压互感器，在绝缘性能有怀疑时，可在有试验设备时进行局部放电试验。

3）测试时，可按现行国家标准《互感器局部放电测量》的规定进行。测试电压值及放电量标准应符合表19-14的规定。

4）500kV的电容式电压互感器的局部放电试验，可按“10. 电容器”第（4）条的规定进行。

5）局部放电试验前后，应各进行一次绝缘油的色谱分析。

表19-14 互感器局部放电量的允许水平

接地方式	互感器型式	预加电压（$t \geq 10s$）	测量电压（$t \geq 1min$）	绝缘型式	允许局部放电水平 视在放电量/pC
中性点绝缘系统或中性点共振接地系统	电流互感器与相对地电压互感器	$1.3U_m$	$1.1U_m/\sqrt{3}$	液体浸渍	20
				固体	100
	相与相电压互感器	$1.3U_m$	$1.1U_m$	液体浸渍	20
				固体	100
中性点有效接地系统	电流互感器与相对地电压互感器	$0.8 \times 1.3U_m$	$1.1U_m/\sqrt{3}$	液体浸渍	20
				固体	100
	相与相电压互感器	$1.3U_m$	$1.1U_m$	液体浸渍	20
				固体	100

注：U_m 为设备的最高电压有效值。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（13）电容分压器单元件的试验，应符合下列规定：

1）电容分压器单元件的试验项目和标准，应按本章“电容器”的（2）、（3）、（4）条的规定进行；

2）当继电保护有要求时，应注意三相电容量的一致性。

4. 油断路器试验项目及标准要求

（1）油断路器的试验项目

1）测量绝缘拉杆的绝缘电阻。

2）测量35kV多油断路器的介质损耗角正切值tanδ。

3）测量35kV以上少油断路器的直流泄漏电流。

4）交流耐压试验。

5）测量每相导电回路的电阻。

6）测量油断路器的分、合闸时间。

7）测量油断路器的分、合闸速度。

8）测量油断路器主触头分、合闸的同期性。

9）测量油断路器合闸电阻的投入时间及电阻值。

10）测量油断路器分、合闸线圈及合闸接触器线圈的绝缘电阻及直流电阻。

11）油断路器操动机构的试验。

12）断路器电容器试验。

13）绝缘油试验。

14）压力表及压力动作阀的校验。

（2）由有机物制成的绝缘拉杆的绝缘电阻值在常温下不应低于表19-15的规定。

表19-15　有机物绝缘拉杆的绝缘电阻标准

额定电压/kV	3～15	20～35	63～220	330～500
绝缘电阻值/MΩ	1200	3000	6000	10000

（3）测量35kV多油断路器的介质损耗角正切值tanδ。

1）在20℃时测得的tanδ值，对DW2、DW8型油断路器，不应大于表19-21中相应套管的tanδ（%）值增加2后的数值；对DW1型油断路器，不应大于表19-21中相应套管的tanδ（%）值增加3后的数值。

2）应在分闸状态下测量每只套管的tanδ。当测得值超过标准时，应卸下油箱后进行分解试验，此时测得的套管的tanδ（%）值，应符合表19-21的规定。

（4）35kV以上少油断路器的支柱瓷套连同绝缘拉杆以及灭弧室每个断口的直流泄漏电流试验电压应为40kV，并在高压侧读取1min时的泄漏电流值，测得的泄漏电流值不应大于10μA；220kV及以上的，泄漏电流值不宜大于5μA。

（5）交流耐压试验

1）断路器的交流耐压试验应在合闸状态下进行，试验电压应符合表19-3的规定。

2）35kV及以下的断路器应按相间及对地进行耐压试验。

3）对35kV及以下户内少油断路器及联络用的断路器，可在分闸状态下按上述标准进行断口耐压试验。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（6）测量每相导电回路电阻

1）电阻值及测试方法应符合产品技术条件的规定。

2）主触头与灭弧触头并联的断路器，应分别测量其主触头和灭弧触头导电回路的电阻值。

（7）测量断路器的分、合闸时间应在产品额定操作电压、液压下进行。实测数值应符合产品技术条件的规定。

（8）测量断路器分、合闸速度

1）测量应在产品额定操作电压、液压下进行。实测数值应符合产品技术条件的规定。

2）电压等级在15kV及以下的断路器，除发电机出线断路器和与发电机主母线相连的断路器应进行速度测量外，其余的可不进行。

（9）测量断路器主触头的三相或同相各断口分、合闸的同期性，应符合产品技术条件的规定。

（10）测量断路器合闸电阻的投入时间及电阻值，应符合产品技术条件的规定。

（11）测量断路器分、合闸线圈及合闸接触器线圈的绝缘电阻值不应低于10MΩ，直流电阻值与产品出厂试验值相比应无明显差别。

（12）断路器操动机构的试验

1）合闸操作：

① 当操作电压、液压在表19-16范围内时，操动机构应可靠动作；

表19-16 断路器操动机构合闸操作试验电压、液压范围

电压		液压
直流	交流	按产品规定的最低及最高值
（85%～110%）U_n	（85%～110%）U_n	

注：对电磁机构，当断路器关合电流峰值小于50kA时，直流操作电压范围为（80%～110%）U_n。U_n为额定电源电压。

② 弹簧、液压操动机构的合闸线圈以及电磁操动机构的合闸接触器的动作要求，均应符合上项的规定。

2）脱扣操作：

① 直流或交流的分闸电磁铁，在其线圈端钮处测得的电压大于额定值的65%时，应可靠地分闸；当此电压小于额定值的30%时，不应分闸。

② 附装失电压脱扣器的，其动作特性应符合表19-17的规定。

表19-17 附装失电压脱扣器的脱扣试验

电源电压与额定电源电压的比值	小于35%①	大于65%	大于85%
失电压脱扣器的工作状态	铁心应可靠地释放	铁心不得释放	铁心应可靠地吸合

① 当电压缓慢下降至规定比值时，铁心应可靠地释放。

③ 附装过电流脱扣器的，其额定电流规定不小于2.5A，脱扣电流的等级范围及其准确度应符合表19-18的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-18　附装过电流脱扣器的脱扣试验

过电流脱扣器的种类	延时动作的	瞬时动作的
脱扣电流等级范围/A	2.5～10	2.5～15
每级脱扣电流的准确度	±10%	
同一脱扣器各级脱扣电流的准确度	±5%	

注：对于延时动作的过电流脱扣器，应按制造厂提供的脱扣电流与动作时延的关系曲线进行核对。另外，还应检查在预定时延终了前主回路电流降至返回值时，脱扣器不应动作。

3）模拟操动试验：

① 当具有可调电源时，可在不同电压、液压条件下，对断路器进行就地或远控操作，每次操作断路器均应正确、可靠地动作，其联锁及闭锁装置回路的动作应符合产品及设计要求；当无可调电源时，只在额定电压下进行试验。

② 直流电磁或弹簧操动机构的操动试验，应按表 19-19 的规定进行；液压机构的操动试验，应按表 19-20 的规定进行。

表 19-19　直流电磁或弹簧操动机构的操动试验

操作类别	操作线圈端钮电压与额定电源电压的比值（%）	操作次数
合、分	110	3
合闸	85（80）	3
分闸	65	3
合、分、重合	100	3

注：括号内数字适用于装有自动重合闸装置的断路器及表 19-17“注”的情况。

表 19-20　液压机构的操动试验

操作类别	操作线圈端钮电压与额定电源电压的比值（%）	操作液压	操作次数
合、分	110	产品规定的最高操作压力	3
合、分	100	额定操作压力	3
合	85（80）	产品规定的最低操作压力	3
分	65	产品规定的最低操作压力	3
合、分、重合	100	产品规定的最低操作压力	3

注：1. 括号内数字适用于装有自动重合闸装置的断路器。

2. 模拟操动试验应在液压的自动控制回路能准确、可靠动作的状态下进行。

3. 操动时，液压的压降允许值应符合产品技术条件的规定。

（13）断路器电容器试验，应按“电容器”的有关规定进行。

（14）绝缘油试验，应按“绝缘油”的规定进行。对灭弧室、支柱瓷套等油路相互隔绝的断路器，应自各部件中分别取油样试验。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（15）压力动作阀的动作值，应符合产品技术条件的规定；压力表指示值的误差及其变差，均应在产品相应等级的允许误差范围内。

5. 空气及磁吹断路器试验项目及标准要求

（1）空气及磁吹断路器的试验项目

1）测量绝缘拉杆的绝缘电阻。

2）测量每相导电回路的电阻。

3）测量支柱瓷套和灭弧室每个断口的直流泄漏电流。

4）交流耐压试验。

5）测量断路器主、辅触头分、合闸的配合时间。

6）测量断路器的分、合闸时间。

7）测量断路器主触头分、合闸的同期性。

8）测量分、合闸线圈的绝缘电阻和直流电阻。

9）断路器操动机构的试验。

10）测量断路器的并联电阻值。

11）断路器电容器的试验。

12）压力表及压力动作阀的校验。

注：① 发电机励磁回路的自动灭磁开关，除应进行第 1）、9）款试验外，还应作以下检查和试验：常开、常闭触头分、合切换顺序；主触头和灭弧触头的动作配合；灭弧栅的片数及其并联电阻值；在同步发电机空载额定电压下进行灭磁试验。

② 磁吹断路器试验，应按第 2）、4）、6）、8）、9）款规定进行。

（2）测量绝缘拉杆的绝缘电阻值，不应低于表 19-15 的规定。

（3）测量每相导电回路的电阻值及测试方法，应符合产品技术条件的规定。

（4）支柱瓷套和灭弧室每个断口的直流泄漏电流的试验，应按油断路器第（4）条的规定进行。

（5）空气断路器应在分闸时各断口间及合闸状态下进行交流耐压试验；磁吹断路器应在分闸状态下进行断口交流耐压试验；试验电压应符合表 19-3 的规定。

（6）断路器主、辅触头的分、合闸动作程序及配合时间，应符合产品技术条件的规定。

（7）断路器分、合闸时间的测量，应在产品额定操作电压及气压下进行，实测数值应符合产品技术条件的规定。

（8）测量断路器主触头三相或同相各断口分、合闸的同期性，应符合产品技术条件的规定。

（9）测量分、合闸线圈的绝缘电阻值，不应低于 10MΩ；直流电阻值与产品出厂试验值相比应无明显差别。

（10）断路器操动机构的试验，应按本章油断路器第（12）条的有关规定进行。

注：对应于本章油断路器第（12）中的“液压”应为“气压”。

（11）测量断路器的并联电阻值，与产品出厂试验值相比应无明显差别。

（12）断路器电容器的试验，应按本章“电容器”的有关规定进行。

（13）压力动作阀的动作值，应符合产品技术条件的规定。压力表指示值的误差及其变

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

差，均应在产品相应等级的允许误差范围内。

6. 真空断路器试验项目及标准要求

（1）真空断路器的试验项目

1）测量绝缘拉杆的绝缘电阻。

2）测量每相导电回路的电阻。

3）交流耐压试验。

4）测量断路器的分、合闸时间。

5）测量断路器主触头的分、合闸的同期性。

6）测量断路器合闸时触头的弹跳时间。

7）断路器电容器的试验。

8）测量分、合闸线圈及合闸接触器线圈的绝缘电阻和直流电阻。

9）断路器操动机构的试验。

（2）测量绝缘拉杆的绝缘电阻值，不应低于表 19-15 的规定。

（3）测量每相导电回路的电阻值及测试方法，应符合产品技术条件的规定。

（4）应在断路器合闸及分闸状态下进行交流耐压试验。当在合闸状态下进行时，试验电压应符合表 19-1 的规定。当在分闸状态下进行时，真空灭弧室断口间的试验电压应按产品技术条件的规定，试验中不应发生贯穿性放电。

（5）测量断路器的分、合闸时间，应在断路器额定操作电压及液压下进行，实测数值应符合产品技术条件的规定。

（6）测量断路器主触头分、合闸的同期性，应符合产品技术条件的规定。

（7）断路器合闸过程中触头接触后的弹跳时间，不应大于 2ms。

（8）断路器电容器的试验，应按本章“电容器”的有关规定进行。

（9）测量分、合闸线圈及合闸接触器线圈的绝缘电阻值，不应低于 10MΩ；直流电阻值与产品出厂试验值相比应无明显差别。

（10）断路器操动机构的试验，应按本章油断路器第（12）条的有关规定进行。

7. 六氟化硫断路器试验项目及标准要求

（1）六氟化硫（SF_6）断路器试验项目

1）测量绝缘拉杆的绝缘电阻。

2）测量每相导电回路的电阻。

3）耐压试验。

4）断路器电容器的试验。

5）测量断路器的分、合闸时间。

6）测量断路器的分、合闸速度。

7）测量断路器主、辅触头的分、合闸的同期性及配合时间。

8）测量断路器合闸电阻的投入时间及电阻值。

9）测量断路器分、合闸线圈绝缘电阻及直流电阻。

10）断路器操动机构的试验。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

11）套管式电流互感器的试验。

12）测量断路器内 SF_6 气体的微量水含量。

13）密封性试验。

14）气体密度继电器、压力表和压力动作阀的校验。

（2）测量绝缘拉杆的绝缘电阻值，不应低于表 19-15 的规定。

（3）测量每相导电回路的电阻值及测试方法，应符合产品技术条件的规定。

（4）耐压试验

1）应在断路器合闸状态下，且 SF_6 气压为额定值时进行。试验电压按出厂试验电压的 80%。

2）耐压试验只对 110kV 及以上罐式断路器和 500kV 定开距瓷柱式断路器的断口进行。

（5）断路器电容器的试验，应符合本章“电容器”的有关规定。罐式断路器的断路器电容器试验可按制造厂的规定进行。

（6）测量断路器的分、合闸时间，应在断路器的额定操作电压、气压或液压下进行。实测数值应符合产品技术条件的规定。

（7）测量断路器的分、合闸速度，应在断路器的额定操作电压、气压或液压下进行。实测数值应符合产品技术条件的规定。

（8）测量断路器主、辅触头三相及同相各断口的分、合闸的同期性及配合时间，应符合产品技术条件的规定。

（9）测量断路器合闸电阻的投入时间及电阻值，应符合产品技术条件的规定。

（10）测量断路器分、合闸线圈的绝缘电阻值，不应低于 10MΩ，直流电阻值与产品出厂试验值相比应无明显差别。

（11）断路器操动机构的试验，应按本章油断路器第（12）条的有关规定进行。

（12）套管式电流互感器的试验，应按本章“互感器”的有关规定进行。

（13）测量断路器内 SF_6 气体的微量水含量

1）与灭弧室相通的气室，应小于 150×10^{-6}。

2）不与灭弧室相通的气室，应小于 500×10^{-6}。

3）微量水的测定应在断路器充气 24h 后进行。

注：上述微量水含量的值均为体积比。

（14）密封性试验

1）采用灵敏度不低于 1×10^{-6}（体积比）的检漏仪对断路器各密封部位、管道接头等处进行检测时，检漏仪不应报警。

2）采用收集法进行气体泄漏测量时，以 24h 的漏气量换算，年漏气率不应大于 1%。

3）泄漏值的测量应在断路器充气 24h 后进行。

（15）气体密度继电器及压力动作阀的动作值，应符合产品技术条件的规定。压力表指示值的误差及其变差，均应在产品相应等级的允许误差范围内。

8. 六氟化硫（SF_6）封闭式组合电器试验项目及标准要求

（1）六氟化硫（SF_6）封闭式组合电器试验项目

1）测量主回路的导电电阻。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）主回路的耐压试验。

3）密封性试验。

4）测量六氟化硫气体微量水含量。

5）封闭式组合电器内各元件的试验。

6）组合电器的操动试验。

7）气体密度继电器、压力表和压力动作阀的校验。

（2）测量主回路的导电电阻值，不应超过产品技术条件规定值的1.2倍。

（3）主回路的耐压试验程序和方法，应按产品技术条件的规定进行，试验电压值为出厂试验电压的80%。

（4）密封性试验

1）采用灵敏度不低于1×10^{-6}（体积比）的检漏仪对各气室密封部位、管道接头等处进行检测时，检漏仪不应报警。

2）采用收集法进行气体泄漏测量时，以24h的漏气量换算，每一个气室年漏气率不应大于1%。

3）泄漏值的测量应在封闭式组合电器充气24h后进行。

（5）测量六氟化硫气体微量水含量

1）有电弧分解的隔室，应小于150×10^{-6}。

2）无电弧分解的隔室，应小于500×10^{-6}。

3）微量水含量的测量应在封闭式组合电器充气24h后进行。

注：上述微量水含量的值均为体积比。

（6）封闭式组合电器内各元件的试验，应按本章中的有关规定进行，但对无法分开的设备可不单独进行。

注：本条中的“元件”是指装在封闭式组合电器内的断路器、隔离开关、负荷开关、接地开关、避雷器、互感器、套管、母线等。

（7）当进行组合电器的操动试验时，联锁与闭锁装置动作应准确可靠。电动、气动或液压装置的操动试验，应按产品技术条件的规定进行。

（8）气体密度继电器及压力动作阀的动作值，应符合产品技术条件的规定。压力表指示值的误差及其变差，均应在产品相应等级的允许误差范围内。

9. 高压隔离开关、负荷开关及熔断器试验项目及要求

（1）隔离开关、负荷开关及高压熔断器的试验项目

1）测量绝缘电阻。

2）测量高压限流熔断器熔丝的直流电阻。

3）测量负荷开关导电回路的电阻。

4）交流耐压试验。

5）检查操动机构线圈的最低动作电压。

6）操动机构的试验。

（2）隔离开关与负荷开关的有机材料传动杆的绝缘电阻值，不应低于表19-15的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（3）测量高压限流熔断器熔丝的直流电阻值，与同型号产品相比不应有明显差别。

（4）测量负荷开关导电回路的电阻值及测试方法，应符合产品技术条件的规定。

（5）交流耐压试验　三相同一箱体的负荷开关，应按相间及相对地进行耐压试验，其余均按相对地或外壳进行。试验电压应符合表19-3中的规定。对负荷开关还应按产品技术条件规定进行每个断口的交流耐压试验。

（6）检查操动机构线圈的最低动作电压，应符合制造厂的规定。

（7）操动机构的试验

1）动力式操动机构的分、合闸操作，当其电压或气压在下列范围时，应保证隔离开关的主闸刀或接地闸刀可靠地分闸和合闸：

① 电动机操动机构：当电动机接线端子的电压在其额定电压的80%～110%范围内时；

② 压缩空气操动机构：当气压在其额定气压的85%～110%范围内时；

③ 二次控制线圈和电磁闭锁装置：当其线圈接线端子的电压在其额定电压的80%～110%范围内时。

2）隔离开关、负荷开关的机械或电气闭锁装置应准确可靠。

10. 高压套管试验项目及标准要求

（1）套管的试验项目

1）测量绝缘电阻。

2）测量20kV及以上非纯瓷套管的介质损耗角正切值tanδ和电容值。

3）交流耐压试验。

4）绝缘油的试验。

注：整体组装于35kV油断路器上的套管，可不单独进行tanδ的试验。

（2）测量绝缘电阻

1）测量套管主绝缘的绝缘电阻。

2）63kV及以上的电容型套管，应测量“抽压小套管”对法兰或“测量小套管”对法兰的绝缘电阻。采用2500V绝缘电阻表测量，绝缘电阻值不应低于1000MΩ。

（3）测量20kV及以上非纯瓷套管的介质损耗角正切值tanδ和电容值

1）在室温不低于10℃的条件下，套管的介质损耗角正切值tanδ不应大于表19-21的规定；

表19-21　套管介质损耗角正切值tanδ（%）的标准

套管型式 \ 额定电压/kV		63及以下	110及以上	20～500
电容式	油浸纸			0.7
	胶粘纸	1.5	1.0	
	浇铸绝缘			1.0
	气体			1.0
非电容式	浇铸绝缘			2.0

注：1. 复合式及其他型式的套管的tanδ（%）值可按产品技术条件的规定。

2. 对35kV及以上电容式充胶或胶纸套管的老产品，其tanδ（%）值可为2或2.5。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）电容型套管的实测电容量值与产品铭牌数值或出厂试验值相比，其差值应在±10%范围内。

（4）交流耐压试验

1）试验电压应符合表19-1的规定。

2）纯瓷穿墙套管、多油断路器套管、变压器套管、电抗器及消弧线圈套管，均可随母线或设备一起进行交流耐压试验。

（5）绝缘油的试验

1）套管中的绝缘油可不进行试验。但当有下列情况之一者，应取油样进行试验：

① 套管的介质损耗角正切值超过表19-21的规定值；

② 套管密封损坏，抽压或测量小套管的绝缘电阻不符合要求；

③ 套管由于渗漏等原因需要重新补油时。

2）套管绝缘油的取样、补充或更换时进行的试验：

① 更换或取样时应按本章表19-11中第7、8项的规定进行；

② 电压等级为500kV的套管绝缘油，宜进行油中溶解气体的色谱分析；

③ 补充绝缘油时，除按上述规定外，尚应按本章“绝缘油的试验”第（9）条的规定进行；

④ 充电缆油的套管须进行油的试验时，可按表18-12中规定进行。

11. 悬式绝缘子和支柱绝缘子试验项目及标准要求

（1）悬式绝缘子和支柱绝缘子的试验项目

1）测量绝缘电阻。

2）交流耐压试验。

（2）绝缘电阻值

1）每片悬式绝缘子的绝缘电阻值，不应低于300MΩ。

2）35kV及以下的支柱绝缘子的绝缘电阻值，不应低于500MΩ。

3）采用2500V绝缘电阻表测量绝缘子绝缘电阻值，可按同批产品数量的10%抽查；

4）棒式绝缘子不进行此项试验。

（3）交流耐压试验

1）35kV及以下的支柱绝缘子，可在母线安装完毕后一起进行，试验电压应按表19-1的规定。

2）35kV多元件支柱绝缘子的交流耐压试验值：

① 两个胶合元件者，每元件50kV；

② 三个胶合元件者，每元件34kV。

3）悬式绝缘子的交流耐压试验电压应符合表19-22的规定。

表19-22　悬式绝缘子的交流耐压试验电压标准

型号	XP2-70	XP-70　XP1-160　LXP1-70　LXP1-160 XP1-70　XP2-160　XP-100　LXP2-160 LXP-100　XP-160　XP-120　LXP-160 LXP-120	XP1-210 LXP1-210 XP-300 LXP-300
试验电压/kV	45	55	60

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

12. 避雷器试验项目及标准要求

（1）避雷器的试验项目

1）测量绝缘电阻。

2）测量电导或泄漏电流，并检查组合元件的非线性系数。

3）测量磁吹避雷器的交流电导电流。

4）测量金属氧化物避雷器的持续电流。

5）测量金属氧化物避雷器的工频参考电压或直流参考电压。

6）测量 FS 型阀式避雷器的工频放电电压。

7）检查放电计数器动作情况及避雷器基座绝缘。

（2）测量绝缘电阻

1）阀式避雷器如 FZ 型，磁吹避雷器如 FCZ 及 FCD 型和金属氧化物避雷器的绝缘电阻值，与出厂试验值比较应无明显差别。

2）FS 型避雷器的绝缘电阻值不应小于 2500MΩ。

（3）测量电导或泄漏电流，并检查组合元件的非线性系数。

1）常温下避雷器的电导或泄漏电流试验标准，应符合表 19-23 ~ 表 19-26 或产品技术条件的规定。

表 19-23　FZ 型避雷器的电导电流值

额定电压/kV	3	6	10	15	20	30
试验电压/kV	4	6	10	16	20	24
电导电流/μA	400 ~ 650	400 ~ 600	400 ~ 600	400 ~ 600	400 ~ 600	400 ~ 600

表 19-24　FS 型避雷器的电导电流值

额定电压/kV	3	6	10
试验电压/kV	4	7	11
电导电流/μA	不应大于 10		

表 19-25　FCD 型避雷器的电导电流值

额定电压/kV	3	4	6	10	13.2	15
试验电压/kV	3	4	6	10	13.2	15
电导电流/μA	FCD_1、FCD_3 型不应大于 10，FCD 型为 50 ~ 100，FCD_2 型为 5 ~ 20					

表 19-26　FCZ 型避雷器的电导电流值

型号	FCZ_3-35	FCZ_3-35L	FCZ-30DT	FCZ_1-110J	FCZ_2-110	FCZ_3-110	FCZ_3-110J
额定电压/kV	35	35	35	110	110	110	110
试验电压/kV	50	50	18	100	100	140	110

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

型号	FCZ_3-35	FCZ_3-35L	FCZ-30DT	FCZ_1-110J	FCZ_2-110	FCZ_3-110	FCZ_3-110J
电导电流/μA	250～400	250～400	150～300	500～700	400～600	250～400	250～400
额定电压/kV	220	220	220	330	500	500	
试验电压/kV	100	100	110	160	160	180	
电导电流/μA	500～700	400～600	250～400	500～700	1000～1400	500～800	

注：1. FCZ_3-35 型在海拔 400m 及以上时，直流试验电压值应为 60kV。

2. FCZ_3-35L 型在海拔 2000m 以上时，直流试验电压值应为 60kV。

3. FCZ-30DT 型适用于热带多雷地区。

2）FS 型避雷器的绝缘电阻值不小于 2500MΩ 时，可不进行电导电流测量。

3）同一相内串联组合元件的非线性系数差值不应大于 0.04。

FZ 型避雷器非线性系数 α 的值应按下式计算：

$$\alpha = \frac{\lg(U_2/U_1)}{\lg(I_2/I_1)}$$

式中　U_2——直流试验电压值，U_1 值为 U_2 值的 50%；

I_1、I_2——在试验电压 U_1 和 U_2 下测得的电导电流。

4）测量时若整流回路中的波纹系数大于 1.5% 时，应加装滤波电容器，可为 0.01～0.1μF，试验电压应在高压侧测量。

（4）测量电压为 110kV 及以上的磁吹避雷器在运行电压下的交流电导电流，测得数值应与出厂试验值比较应无明显差别。

（5）测量金属氧化物避雷器在运行电压下的持续电流，其阻性电流或总电流值应符合产品技术条件的规定。

（6）测量金属氧化物避雷器的工频参考电压或直流参考电压

1）金属氧化物避雷器对应于工频参考电流下的工频参考电压，整支或分节进行的测试值，应符合产品技术条件的规定。

2）金属氧化物避雷器对应于直流参考电流下的直流参考电压，整支或分布进行的测试值，应符合产品技术条件的规定。

（7）FS 型阀式避雷器的工频放电电压试验

1）FS 型阀式避雷器的工频放电电压，应符合表 19-27 的规定。

2）有并联电阻的阀式避雷器可不进行此项试验。

表 19-27　FS 型阀式避雷器的工频放电电压范围

额定电压/kV	3	6	10
放电电压的有效值/kV	9～11	16～19	26～31

（8）检查放电计数器的动作应可靠，避雷器基座绝缘应良好。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

13. 电容器试验项目及标准要求

（1）电容器的试验项目

1）测量绝缘电阻。

2）测量耦合电容器、断路器电容器的介质损耗角正切值 tanδ 及电容值。

3）耦合电容器的局部放电试验。

4）并联电容器交流耐压试验。

5）冲击合闸试验。

（2）测量耦合电容器、断路器电容器的绝缘电阻应在两极间进行，并联电容器应在电极对外壳之间进行，并采用 1000V 绝缘电阻表测量小套管对地绝缘电阻。

（3）测量耦合电容器、断路器电容器的介质损耗角正切值 tanδ 及电容值

1）测得的介质损耗角正切值 tanδ 应符合产品技术条件的规定。

2）耦合电容器电容值的偏差应在额定电容值的 -5% ~ +10% 范围内，电容器叠柱中任何两单元的实测电容之比值与这两单元的额定电压之比值的倒数之差不应大于 5%；断路器电容器电容值的偏差应在额定电容值的 ±5% 范围内。对电容器组，还应测量总的电容值。

（4）耦合电容器的局部放电试验

1）对 500kV 的耦合电容器，当对其绝缘性能或密封有怀疑而又有试验设备时，可进行局部放电试验。多节组合的耦合电容器可分节试验。

2）局部放电试验的预加电压值为 $0.8\times1.3U_m$，停留时间大于 10s；降至测量电压值为 $1.1U_m\sqrt{3}$时，维持 1min 后，测量局部放电量，放电量不宜大于 10pC。

（5）并联电容器的交流耐压试验

1）并联电容器电极对外壳交流耐压试验电压值应符合表 19-28 的规定。

表 19-28 并联电容器交流耐压试验电压标准

额定电压/kV	<1	1	3	6	10	15	20	35
出厂试验电压/kV	3	5	18	25	35	45	55	85
交接试验电压/kV	2.2	3.8	14	19	26	34	41	63

2）当产品出厂试验电压值不符合表 19-28 的规定时，交接试验电压应按产品出厂试验电压值的 75% 进行。

（6）在电网额定电压下，对电力电容器组的冲击合闸试验，应进行 3 次，熔断器不应熔断；电容器组各相电流相互间的差值不宜超过 5%。

14. 电缆的试验项目及标准要求

详见第十八章。

15. 油断路器、真空及磁吹断路器。

真空断路器、六氟化硫断路器、六氟化硫封闭组合电器等高压开关设备导电回路电阻、动作时间、运行速度、动作同期性相关数据见表 19-29。

16. 变配电装置及设备安装调试质量标准及检验方法详见表 19-30 ~ 表 19-100。其工程中有关低压电器部分质量标准及检验方法见表 14-7 ~ 表 14-12，试验项目及标准要求见第十四章相关内容。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-29　常用油断路器的运动速度、动作时间和导电回路电阻数据（仅供参考）

序号	油断路器型号	运动速度/（m/s）				动作时间/s				自动重合闸无电流间隔时间/s	动作同时性/mm 或 ms				导电回路电阻/μΩ		备注
		合闸		分闸		合闸		分闸			合闸		分闸		一相导电回路	灭弧回路	
		刚合	最大	刚分	最大	固有	完全	固有	完全		相间	同相	相间	同相			
1	DN1-10/200-100			1.28～1.72	2.2～3.0	0.22	0.25	0.07	0.18			2			350		
	DN1-10/400-100			1.28～1.72	2.2～3.0	0.22	0.25	0.07	0.18			2			180		
	DN1-10/600-100			1.28～1.72	2.2～3.0	0.22	0.25	0.07	0.18			2			150		
2	DN2-6	1.3～1.9	1.5～2.1	1.8～2.3	2.8～3.3			0.08							300～350		
3	DN3-10			1.28～1.72		0.15		0.08	0.10	0.3	3				160		
4	SN1-10，SN1-10G	2.3～2.6	2.6～3.0	1.75～2.0	2.7～3.3	0.2	0.23	0.1	0.18						100		
5	SN2-10/$\frac{400}{800}$-350G	2.3～2.6	2.6～3.0	1.75～2.0	2.7～3.3	0.2	0.23	0.1	0.18						100		
	SN2-10/1000-350G	2.3～2.6	2.6～3.0	1.75～2.0	2.7～3.3	0.2	0.23	0.1	0.18						75		
6	SN3-10/2000-500	1.3～1.9	1.5～2.1	1.8～2.3	2.8～3.3	0.42～0.45	0.5	0.11～0.14	0.28						26	260	
	SN3-10/3000-500	1.1～1.6	1.2～1.8	1.8～2.2	2.8～3.2	0.42～0.45	0.5	0.11～0.14	0.28						16	260	
7	SN4-10，SN4-10G	2.1～2.5	2.2～2.6	1.7～2.0	2.0～2.5		0.65	0.15	0.35		5	3			60	300	
8	SN4-20，SN4-20G	2.0～2.4	2.0～2.55	1.55～1.75	1.9～2.3		0.65～0.75	0.15	0.35		5	3			60	150	
9	SN5-10	2.2～2.6	2.6～3.0	1.7～2.0	2.7～3.3	0.2	0.23	0.1	0.18						100		
10	SN6-10	2.2～2.6	2.6～3.0	1.7～2.0	2.7～3.3	0.2	0.23	0.1	0.18						100		
11	SN8-10/600-200	3.0～4.5		3.5～5.0		0.25		0.07		0.5	4				120		
	SN8-10/$\frac{600}{1000}$-350	3.0～4.5		3.5～5.0		0.25		0.1		0.5	4				120		
12	SN9-10/600-250			2.6	4			0.05		0.5	3				85		
	SN9-10/600-350			2.5	3.7			0.07		0.5	3				60		
	DN9-10/1000-350			2.5	3.7			0.07		0.5	3				50		
13	SN10-10/600-350	3.8～4.2		4.8～5.2		0.2		0.05		0.5	3				100		
	SN10-10/1000-500	3.8～4.2		4.8～5.2		0.2		0.05		0.5	3				75		
14	SN11-10					0.23		0.05		0.5							
	SN11-10G					0.26		0.1		0.5							
15	DW1-35		1.7	1.0～1.4	2.9	0.27		0.06	0.12		4	2			550		
16	DW1-60	2.0～2.6	2.1～2.7	1.4～1.8	3.0～3.8		0.7	0.1	0.18		4	2			550		
	DW1-60G	1.7～2.5	2.0～2.6	1.1～1.6	3.0～3.8		0.7	0.12	0.19		4	2			200		
17	DW2-35/$\frac{600}{1000}$-750	1.5～2.1	2.0～2.5	1.5～1.7	2.3～3.5	0.35～0.43	0.45	0.05	0.13	0.6	4	2			300～400		
	DW2-35/$\frac{600}{1000}$-1000	1.5～2.1	1.7～2.4	1.6～2.1	2.7～3.4	0.35～0.43	0.45	0.05	0.13	0.6	4	2			300～400		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	油断路器型号	运动速度/（m/s）				动作时间/s				自动重合闸无电流间隔时间/s	动作同时性/mm 或 ms				导电回路电阻/μΩ		备注
		合闸		分闸		合闸		分闸			合闸		分闸		一相导电回路	灭弧回路	
		刚合	最大	刚分	最大	固有	完全	固有	完全		相间	同相	相间	同相			
18	DW6-35			1.2～1.8	2.2～2.8	0.27		0.1			2	2			450		
19	DW8-35	2.3～2.9	2.4～3.0	2.4	2.7	0.3		0.07		0.5	4	2			250		
20	SW1-35	1.7～2.0	2.52	1.25～1.5	2.66	0.23	0.3	0.08	0.18～0.2		4				200		
21	SW2-35/1000-1000	2.9～3.5	2.9～3.9	2.8～3.4	4.4～5.6	0.4		0.06		0.6	3				140		配装 CD3-XG 操动机构
	SW2-35/1000-1000	2.9～3.5	3.5～4.5	2.8～3.4	4.4～5.6	0.4		0.06		0.6	3				140		配装 CT2-XG 操动机构
	SW2-35/1500-1500	3.2～3.8	3.2～4.2	3.5～4.1	4.7～6.3	0.4		0.06		0.6	3				70		
22	SW2-60	1.5～2.5	2.5～3.5	3.5～5.0	7.5～8.6		0.5	0.08	0.12	0.67	5				150		
23	SW3-35/600-400	2.6～4.6	4.0～7.1	4.5～5.5	5.9～7.1	0.12		0.06		0.5	6				90		
	SW3-35/1000-1000/1500	2.6～4.6	4.0～7.1	4.5～5.5	5.9～7.1	0.16		0.06		0.5	6				90		
24	SW4-35	3.3～4.0	3.5～4.3	3.9～4.5	5.2～6.0		0.35	0.08		0.5	6				120		
25	DW2-110	2.0～2.8（2.45～3.15）	3.2～4.8	1.35～1.95	3.45～5.05	0.8	0.85	0.06	0.35	1.2	4	2			800		括号内数值是指外触头刚合或刚分
26	DW3-110	1.5～2.1（2.9～3.7）	2.9～3.7	1.3～1.7（1.9～2.6）	2.3～3.1	0.5～0.6		0.04～0.05		0.7～0.8	4	2			1100～1300		括号内数值是指外触头刚合或刚分
	DW3-110F	1.5～2.1（2.6～3.4）	3.1～3.9	1.3～1.7（2.0～2.6）	2.3～3.1	0.5～0.6		0.04～0.05		0.7～0.8	4	2			1600～1800		
27	DW3-220	2.4～3.0（4.0～4.8）	4.0～4.8	1.3～1.7（2.5～3.1）	2.8～3.6	0.7～0.8		0.04～0.05	0.15		4	2			1200～1520		括号内数值是指外触头刚合或刚分
28	SW1-110	1.3～1.45	1.7～1.85	2.2～2.6	2.4～2.8	0.3～0.5		0.08		0.8		2			700		
29	SW3-110	2.8		5.2～5.8	6.2～7.6	0.4		0.07		0.5	4				160		
	SW3-110G	2.9		4.7～5.5	5.9	0.4		0.07		0.5	4				180		
30	SW4-110	3.0～4.0		3.0～4.0	4.2～5.8	0.25		0.06		0.3	20		6	3	300		动作同时性以毫秒计
31	SW4-220	4.7～6.3		3.0～4.0	4.2～5.8	0.25		0.05		0.3	20		6	3	600		动作同时性以毫秒计
32	SW6-110	2.9～4.4		4.9～6.4	6.5～9.5	0.2		0.04		0.3	15		6		180		动作同时性以毫秒计
33	SW6-220	3.6～4.8		4.9～6.1		0.2		0.04		0.3	15	6	6	4	450		动作同时性以毫秒计
	SW6-220F	2.9～4.4		4.9～6.4	6.5～9.5	0.2		0.04		0.3	15	6	6	4	400		
34	SW7-110	6.4～6.6	6.4～6.6	6.9～7.1	10.5～13.5	0.2		0.04	0.08	0.4	10		5		95		动作同时性以毫秒计
35	SW7-220		6.0～8.0	9.0～11.0	14～16	0.2		0.04	0.07	0.3	15	5	5	3	170		动作同时性以毫秒计

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-30　干式变压器的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
设备检查	外壳及附件	铭牌及接线图标志		齐全清晰	观察检查
		附件清点		齐全	对照设备装箱单检查
		绝缘子外观		光滑，无裂纹	观察检查
	铁心检查	外观检查		无碰伤变形	观察检查
		铁心紧固件检查		紧固，无松动	用扳手检查
		铁心绝缘电阻	主要	绝缘良好	打开夹件与铁心接地片用绝缘电阻表检查
		铁心接地	主要	1 点	观察检查
	绕组检查	绕组接线检查	主要	牢固正确	扳动检查
		表面检查		无放电痕迹及裂纹	观察检查
		绝缘电阻	主要	绝缘良好	检查试验报告
	引出线	绝缘层		无损伤、裂纹	观察检查
		裸露导体外观	主要	无毛刺尖角	
		裸导体相间及对地距离	主要	按 GB 50149—2010 规定	对照规范检查
		防松件	主要	齐全、完好	扳动检查
		引线支架		固定牢固、无损伤	
本体附件安装	本体固定			牢固、可靠	用扳手检查
	温控装置		主要	动作可靠，指示正确	扳动及送电试转
	风机系统			牢固，转向正确	
	相色标志			齐全、正确	观察检查
接地	外壳接地			牢固，导通良好	扳动且导通检查
	本体接地				
	温控器接地			用软导线可靠接地，且导通良好	观察及导通检查
	风机接地				
	开启门接地				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-31 1600kV·A 及以下油浸变压器的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
基础安装	制作及布置			按设计规定	对照图样检查
	与预埋件连接			牢固	观察检查
本体就位	位置			按设计规定	对照图样检查
	与基础配合			牢固	扳动检查
附件安装	气体继电器安装	密封及校验	主要	良好、合格	检查试验报告
		继电器安装		水平、标志方向正确	观察检查
		连通管升高坡度		按制造厂规定	对照厂家规定检查
		连通管插入箱盖深度		与箱盖内表面平齐	试装检查
	安全气道安装	管道导通性		畅　通	观察检查
		膜片外形	主要	完整、无变形	
		法兰密封		无渗漏	
	温度计安装	插孔内介质及密封		同箱内绝缘油良好、严密	观察检查
		测温包毛细管导通		弯曲半径大于 50mm	
	吸湿器安装	与储油柜连接		牢固、密封	观察检查
		油封油位		在油面线处	
		吸湿剂		干燥	
	压力释放阀安装	阀盖及升高座内部		清洁、密封良好	观察检查
		电触点动作		准确	仪器检查
		绝缘水平		良好	绝缘电阻表测试
整体检查	箱体及附件	铭牌及接线图标志		清晰	观察检查
		油　漆		完整	
		附件安装		无短缺，完好	
		散热片		无变形	
		密　封		无渗油	
		油　门		无漏油	
	引出线端子	瓷　套	主要	清洁，无机械损伤，无裂纹	观察检查
		结合面		紧固、无渗油	
		与导线连接	主要	紧固、端子不受外力	操作检查
	电压切换装置	接点分断情况	主要	手感明显	观察检查
		装置密封		无渗油	
		指示位置和标识	主要	符合运行规定	对照运行规定
	温度控制器指示			正常	观察检查
	绝缘油	试　验	主要	合格	检查试验报告
		油　位	主要	正常	观察检查
其他	中性点接地			按设计规定	对照设计图样检查
	基础及本体接地			分别接地，且接地牢固导通良好	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-32　中等以上容量油浸变压器本体安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
基础安装	预埋件			按设计规定	对照设计图样检查
	基础水平误差			<5mm	用 U 形管或水准仪检查
	轨道间距误差			<5mm	用尺测量
就位前检查	密封性能	充气运输气体压力		0.01～0.03MPa	检查压力表
		带油运输		不渗油，顶盖螺栓紧固	观察检查
	油绝缘性能			标准规定值	检查试验报告
本体就位	套管与封闭母线中心线		主要	一致	用尺及经纬仪检查
	滚轮装配	滚轮安装		能灵活转动	扳动检查
		制动器安装		牢固，可拆	
	支墩与变压器及预埋件连接			牢固	观察检查
	本体接地		主要	牢固，导通良好	
	冲击值和次数			按制造厂规定值	对照厂家规定检查
其他	油箱顶部定位装置			无变形，无开裂	观察检查

表 19-33　中等以上容量油浸变压器的检查

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
器身外观	器身各部位		主要	无移动	观察检查
	各部件外观		主要	无烧伤、损坏及变形	
	各部位绑扎措施			齐全、紧固	扳动检查
	绝缘螺栓及垫块		主要	齐全、无损坏，且防松措施可靠	用扳手检查
	绕组及引出线绝缘层		主要	完整，包缠牢固紧密	观察检查
铁心	铁心接地		主要	1 点，连接可靠	观察检查
	铁心绝缘		主要	用绝缘电阻表加压 1min，不闪络	用绝缘电阻表检查
绕组	裸导体	外观		无毛刺、尖角、断股、断片、拧弯	观察检查
		焊接		满焊，无脱焊	观察检查
	高压应力锥			完好	观察检查
	油路（有围屏者除外）			无异物，畅通	
	均压屏蔽罩（500kV 高压侧）			完好，无损伤	
	线圈固定检查		主要	固定牢固	手指摇动检查
	绕组绝缘		主要	不低于出厂值的 70%	用 2500V 绝缘电阻表检查
电压切换装置	连接			可靠	观察检查
	开关触头	清洁度、弹力		无锈蚀、油污、且弹性良好	扳动检查
		接触	主要	可靠，塞尺塞不进	用 0.05mm×10mm 塞尺检查
		对应位置		正确、一致	操动检查
	部件装配			齐全、正确	观察检查
	无励磁分接开关	操作杆长度		三相一致	观察检查
		转动器		动作灵活，密封良好	
	有载调压分接开关	开关动作顺序	主要	正确，切换时无开路	仪表测量
		切换开关密封		良好	观察检查
其他	强油循环管与下轭绝缘接口密封			良好	观察检查
	各部位清理		主要	无杂物、污迹、屑末	
	阀门动作			开闭灵活，指示正确	操动检查
回罩	法兰连接			紧固，螺栓受力均匀；结合面无渗油	观察并用力矩扳手检查
	器身暴露在空气中的时间		主要	符合 GB 50147—2010 的规定	记录实际值

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-34 中等以上容量油浸变压器附件的安装

工序	检验项目				性质	质量标准	检验方法及器具
高压套管安装	套管及电流互感器试验				主要	合格	检查试验报告
	升高座安装	外观检查	接线端子			牢固，无渗漏油	观察检查
			放气塞			升高座最高处	
		安装位置				正确	观察检查
		绝缘筒装配				正确，不影响套管穿入	
		法兰连接				紧密	
	套管安装	套管检查				清洁，无损伤，油位正常	观察检查
		法兰连接螺栓			主要	齐全，紧固	用力矩扳手检查
		引出线安装	穿线			顺直、不扭曲	观察检查
			220kV	应力锥		在均压罩内，深度合适	
			500kV	均压球		在均压屏蔽罩内间距 15mm 左右	用尺检查
				等电位铜片		连接可靠	扳动检查
			引线与套管连接		主要	连接螺栓紧固，密封良好	观察并用力矩扳手检查
低压套管安装	套管检查					清洁，无损伤	观察检查
	法兰连接				主要	连接螺栓紧固	用力矩扳手检查
电压切换装置	无励磁分接开关	传动连杆				回装正确，转动无卡阻	转动检查
		指示器				密封良好	观察检查
	有载调压开关	分接头位置与指示器指示			主要	对应，且联锁、限位正确	操动检查
		油室密封				良好	观察检查
储油柜安装	内部检查					清洁、无杂物	触摸、观察
	胶囊或隔膜					无变形、损伤，且清洁	观察检查
	胶囊或隔膜气密性				主要	无泄漏	缓慢充气试验
	胶囊口密封					无泄漏，呼吸通畅	观察检查
	油位计检查					反映真实油位	
吸湿器安装	连通管					无堵塞、清洁	观察检查
	油封油位					在油面线处	
	吸湿剂					颜色正常	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
安全气道安装及压力释放阀安装	内部检查			无杂物、污迹	观察检查
	隔膜			完好	
	隔膜与法兰连接		主要	严密，不与大气相通	
	隔膜位置触点			动作准确，绝缘良好	试灯、绝缘电阻表
	释放器压力	位置		正确	观察检查
		阀盖及弹簧	主要	无变动	
		电触点检查		动作准确，绝缘良好	检查试验报告
气体继电器安装	校验		主要	合格	检查试验报告
	继电器安装			位置正确，无渗漏	观察检查
	连通管升高坡度		主要	便于气体排向气体继电器	
温度计安装	温度计校验			制造厂已校验	查校验报告
	插座内介质及密封			与箱内油一致，密封良好	观察检查
	测温包毛细导管			无压偏、死弯，弯曲半径大于50mm	
冷却器安装	外观检查			无变形，法兰端面平整	观察检查
	密封性试验		主要	按制造厂规定	检查记录
	支座及拉杆调整		主要	法兰面平行、密封垫居中不偏心受压	观察检查
	潜油泵			结合面严密	
	流速、差压继电器			按制造厂规定	对照厂家规定检查
	风扇			牢固，叶片无变形	观察检查
	阀门动作			操作灵活，开闭位置正确	操动试验
	外接管路			内壁清洁，流向标志正确	观察检查
净油器安装	内部检查			清洁，无杂物、污迹	观察检查
	滤网检查		主要	完好	
	吸湿剂			白色不透明	
其他	耐油绝缘导线			排列整齐，保护措施齐全	观察检查
	接线箱盒			牢固，密封良好	
	控制箱安装			牢固	扳动检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-35 中等以上容量油浸变压器注油及密封试验

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
变压器注油	绝缘油试验		主要	合格	检查试验报告
	油温（220kV 及以上变压器）			高于器身温度	用温度计检查
	器身温度			>20℃	
	真空度		主要	按制造厂规定	对照规范检查
	注油前真空保持时间			按制造厂规定	检查记录
	注油（循环）速度/（L/min）			按制造厂规定	用流量计检查
	注油过程检查（220kV 及以上变压器）			按制造厂规定	观察检查
	注油后真空保持时间			按制造厂规定	对照规范检查
	油位检查	油标指示		正确	观察检查
		油标指示与储油柜油面高度	主要	按制造厂规定	
	500kV 变热油循环器	净油设备出口油温/℃		按制造厂规定	用温度计检查
		油箱内温度/℃		按制造厂规定	
		循环时间/h		按制造厂规定	检查记录
		热油循环后油质试验	主要	合格	检查试验报告
整体密封试验	试验压力/MPa			按制造厂规定	检查压力表
	试验时间/h			按制造厂规定	检查记录
	所有焊缝及结合面密封		主要	无渗漏	观察检查

表 19-36 中等以上容量油浸变压器整体检查

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
变压器整体检查	铭牌及接线图标志			齐全，清晰	观察检查
	所有附件安装			正确，牢固	
	油系统阀门			打开，且指示正确	
	变压器外观			清洁，顶盖无遗留物	
	分接开关位置及指示			符合运行要求位置指示正确	
	油位		主要	正常	
	测温装置			指示正确	
	气体继电器		主要	模拟试验良好	模拟试验检查
	冷却装置			试运良好，联动可靠	观察检查
	事故排油消防设施		主要	完好，投运可靠	投运检查
	试验项目		主要	合格，无漏项	检查试验报告
	整体密封		主要	无渗油	观察检查
	相色标志			齐全，正确	
	接地	铁心和夹件接地引出套管		牢固，导通良好	扳动且导通检查
		高压套管末屏			
		电流互感器备用二次端子		短路后可靠接地	
		本体及基础		牢固，导通良好	
		引线与主接地网连接		牢固，导通良好	
	孔洞封堵			严密	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-37　电抗器安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
基础安装	相间中心距离误差			≤10mm	用尺检查
	预留孔中心线误差			≤5mm	
支柱绝缘子安装	外观检查		主要	清洁，无裂纹	观察检查
	瓷铁浇装连接		主要	牢固	
	找平用钢垫片检查		主要	固定	
	绝缘硬纸板或橡胶垫片（电抗器叠装时）	位置	主要	在绝缘子顶帽上	观察检查
		大小		与顶帽相同	
		厚度		≤4mm	用尺检查
	螺栓连接			紧固	用扳手检查
电抗器安装	外观检查	混凝土支柱	主要	无损伤、裂纹	观察检查
		绕组	主要	清洁，无破损、变形	
	垂直安装三相中心线			一致	用尺检查
	绕组绕向	三相垂直排列	主要	中间相与上下两相相反	观察检查
		两相重叠，一相并列	主要	重叠两相相反，另一相与上面一相相同	
		三相水平排列	主要	三相相同	
	连接螺栓			齐全，紧固	扳动检查
	接线端子与母线连接	连接		按 GB 50149—2010 规定	对照规范检查
		螺栓材料	主要	非磁性金属材料（额定电流≥1500A 时）	用磁铁检查
	磁性材料各部件			固定牢固	扳动检查
支柱绝缘子接地	叠装			底层可靠接地	扳动且导通检查
	独立安装			每相均可靠接地	
	接地线连接		主要	不构成闭合环路	观察检查
其他	电抗器风道检查		主要	通畅	观察检查
	阻波器内部电容器及避雷器检查			完整，连接及固定可靠	扳动检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-38 干式互感器的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
本体检查	铭牌标志			完整、清晰	观察检查
	外观		主要	完整、无损伤	
	二次接线板	引线端子		连接牢固	扳动检查
		绝缘检查	主要	绝缘良好	检查试验报告
	电流比及极性检查		主要	正确	检查试验报告
互感器安装	极性方向			三相一致	观察检查
	接线端子位置			在维护侧	
	等电位弹簧	固定	主要	牢固	扳动检查
		与母线接触	主要	紧密可靠	
	零序电流互感器铁心与其他导磁体间		主要	不构成闭合磁路	观察检查
	所有连接螺栓			齐全，紧固	用扳手检查
接地	外壳接地			牢固可靠	扳动并导通检查
	电流互感器备用二次绕组接地		主要	短路后可靠接地	

表 19-39 油浸式互感器的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
本体检查	铭牌标志			完整，清晰	观察检查
	瓷套外观		主要	完整，无裂纹	
	密封检查		主要	无渗漏	观察检查
	油位			正常	
	呼吸孔检查		主要	无阻塞	
	二次接线板	引线端子		连接牢固	观察检查
		绝缘检查	主要	绝缘良好	检查试验报告
	电压比及极性检查		主要	正确	检查试验报告
互感器安装	极性方向			三相一致	观察检查
	隔膜式储油柜	隔膜检查	主要	完好	观察检查
		顶盖螺栓检查		齐全，紧固	用扳手检查
	电容式电压互感器	组件编号	主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
		组件间接触面		无氧化层，并涂有电力复合脂	观察检查
	均压环	外观检查		清洁，无损坏	观察检查
		与瓷裙间隙		均匀一致	
	所有连接螺栓			齐全，紧固	用扳手检查
接地	外壳接地			牢固可靠	扳动并导通检查
	分级绝缘及电容式电压互感器接地		主要	按制造厂规定，接地可靠	
	电容式电压互感器末屏及铁心接地		主要	牢固，导通良好	
	电流互感器备用二次绕组接地		主要	短路后可靠接地	
其他	相色标志			齐全，正确	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-40　变压器运输冲击记录

变压器型号		额定电压/kV		接线方式	
额定容量/（MV·A）		额定电流/A		冷却方式	
短路阻抗（%）		调压方式		油重/t	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

变压器运输和装卸过程中冲击记录值

注 1：冲击记录仪应在变压器就位后，方可拆下

注 2：应附厂家冲击记录仪的记录复印件

注 3：如变压器未装设冲击记录仪，应在此注明，并应填写变压器外观检查结果

质检机构	验　收　意　见	签　　名
施工班组		年　月　日
施工工地		年　月　日
质 检 部		年　月　日
监　　理		年　月　日

表 19-41　变压器破氮前氮气压力检查记录

变压器型号		额定电压/kV		接线方式	
额定容量/（MV·A）		额定电流/A		冷却方式	
短路阻抗（%）		调压方式		油重/t	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

检　查　项　目

	各　阶　段		气体压力值/MPa	环境温度/℃	检查日期	检查人
油箱内气体压力	到达现场时					
	保管期间	第 1 次检查				
		第 2 次检查				
		第 3 次检查				
		第 4 次检查				
		第 5 次检查				
		第 6 次检查				
		第 7 次检查				
		第 8 次检查				
	破氮前					

质检机构	验　收　意　见	签　　名
施工班组		年　月　日
施工工地		年　月　日
质 检 部		年　月　日
监　　理		年　月　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-42 绝缘油试验记录

变压器型号		额定电压/kV		绝缘油牌号	
额定容量/（MV·A）		额定电流/A		油总重/t	
冷却方式		绝缘油批数		绝缘油桶数	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

绝 缘 油 验 收

批 次	桶 数	出厂试验报告编号	抽样桶数	抽样分析报告份数
		（后附）		（后附）
		（后附）		（后附）

绝缘油试验报告登记表

试验项目	注油前	报告编号	冲击前	报告编号	冲击后	报告编号
简化分析或全分析			—		—	
色谱分析	—					
水含量/（μg/g）			—		—	
含气量（%）					—	

质检机构	验 收 意 见	签 名
施工班组		年 月 日
施工工地		年 月 日
质 检 部		年 月 日
监 理		年 月 日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-43　气体继电器检验记录

变压器型号		额定电压/kV		冷却方式	
额定容量/（MV·A）		额定电流/A		调压方式	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

气　体　继　电　器

变压器气体继电器型　号　规　格		管路内径/mm		报告编号	
调压开关气体继电器型　号　规　格		管路内径/mm		报告编号	

（附气体继电器检验报告）

质检机构	验　收　意　见	签　　名
施工班组		年　月　日
施工工地		年　月　日
质　检　部		年　月　日
监　理		年　月　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-44 （变压器名称编号）变压器检查（隐蔽）签证

变压器型号		额定电压/kV		接线方式	
额定容量/（MV·A）		额定电流/A		冷却方式	
短路阻抗（%）		调压方式		油重/t	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	
检查日期		气象条件		环境温度/℃	
相对湿度（%）		检查方式		铁心暴露时间	
开始放油或排气时间			开始抽真空时间		

检 查 记 录

检查项目	检查结果	检查项目	检查结果	检查项目	检查结果
临时支撑是否拆除		器身无位移		螺栓是否紧固	
螺栓防松措施		绝缘螺栓		铁心有无变形	
绝缘部件		铁心对地绝缘		铁心点接地点数	
铁轭螺杆与铁心绝缘		铁轭与夹件绝缘		螺杆与夹件绝缘	
铁轭钢带对铁轭绝缘		铁心屏蔽绝缘		绕组排列	
绕组引出线绝缘包扎		油路		引出线裸露部分	
引出线焊接良好		引出线绝缘距离		出线与套管连接	
切换装置连接		分接头接触		分节开关操作	
触点位置		油箱底部			

检查结论：

（经检查，该变压器器身未发现缺陷、异常）

质检机构	验 收 意 见	签 名
施工班组		年 月 日
施工工地		年 月 日
质 检 部		年 月 日
监 理		年 月 日
建设单位		年 月 日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-45　（变压器名称编号）冷却器密封试验签证

变压器型号		额定电压/kV		冷却方式	
额定容量/（MV·A）		额定电流/A		油重/t	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	
冷却器组数		试压介质			

冷却器密封试验

检查项目	各组冷却器检查结果									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
油系统试验压力/MPa										
油系统承压时间/min										
水系统试验压力/MPa										
水系统承压时间/min										
承压下检查结果										
冷却器试压后循环冲洗										

试验结论：

（经对该变压器的全部　组冷却器，分别进行承压试验，未见渗漏。冷却器内部已用合格的绝缘油冲洗干净，可以安装）

质检机构	验　收　意　见	签　　名
施工班组		年　月　日
施工工地		年　月　日
质 检 部		年　月　日
监　　理		年　月　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-46 （变压器名称编号）真空注油及密封试验签证

变压器型号		额定电压/kV		接线方式	
额定容量/（MV·A）		额定电流/A		冷却方式	
短路阻抗（%）		调压方式		油重/t	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

真空注油记录内容

气象条件			环境温度/℃	
相对湿度（%）			变压器接地	
抽真空	储油柜是否隔离		安全气道是否隔离	
	真空度允许值/kPa		真空度保持值/kPa	
	真空保持时间/h		器身温度/℃	
真空注油	绝缘油温度/℃		绝缘油耐压强度/kV	
	绝缘油 tanδ 值（%）		油中微水含量/（μg/g）	
	注油速度/（L/min）		油面距油箱顶/mm	
热油循环时间/h			排气方法	
注油后静止时间/h				
排气次数			密封试验压力/MPa	
密封试验持续时间/h			器身外观检查	

质检机构	验 收 意 见	签 名
施工班组		年 月 日
施工工地		年 月 日
质 检 部		年 月 日
监 理		年 月 日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-47　（变压器名称编号）变压器带电试运签证

型　　号		额定电压/kV		接线方式	
额定容量/（MV·A）	额定电流/A			冷却方式	
短路阻抗（%）		调压方式		油重/t	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

带电前设备及系统检查

检　查　项　目	检查结果
变压器已命名，外观清洁，油坑内的卵石大小符合要求	
本体、冷却装置等附件无缺陷，制动装置固定牢靠	
变压器中性点、本体、轨道等已与接地网可靠连接	
储油柜、冷却装置、净油装置等油系统上的阀门已全部打开	
控制箱、端子箱内清洁，电缆牌齐全，孔洞封堵严密	
变压器相位、相色正确，分接头位置符合运行要求	
测温指示仪表已校验、储油柜油位正常	
变压器全部电气试验合格，保护装置已校验并按要求整定	
所有操作及联动试验正确，冷却装置已经试运正常	
变压器各部位残留空气已排完	
事故排油设施、火灾报警及灭火喷淋装置已验收	

带电后运行状态检查

检　查　项　目	检查结果
年　　月　　日　　时　　分开始，对变压器进行 5 次冲击合闸试验	
变压器音响	
保护投入率	
保护动作情况	
表计及信号指示	
年　　月　　日　　时　　分开始，变压器带电运行 24h	
对变压器本体、附件等所有连接面及焊缝检查，无渗漏油	

带电试运结论：（本变压器于　　年　　月　　日　　时　　分～　　年　　月　　日　　时　　分，带电试运 24h，设备及控制、保护、信号等系统工作正常）

质检机构	验　收　意　见	签　　名
施工工地		年　　月　　日
质 检 部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日
建设单位		年　　月　　日

说明：（1）检查结果可填“符合”、“正常”等。

（2）办理本验收签证时，检查结果应符合检查内容要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-48 六氟化硫封闭式组合电器基础及设备支架安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
基础检查	相间标高误差		主要	220kV 以下：≤2mm 220kV 及以上：≤5mm	用水准仪检查
	同相标高误差		主要	≤2mm	
	同组间 x、y 轴线误差		主要	≤1mm	用经纬仪检查
	断路器各组中相 x、y 轴与电器室 x、y 轴线及其他设备 x、y 轴线误差		主要	220kV 以下：≤3mm 220kV 及以上：≤5mm	
	电器室内与室外设备基础标高误差		主要	220kV 以下：≤5mm 220kV 及以上：≤10mm	用水准仪检查
	电器室 y 轴与室内外设备基础 y 轴误差		主要	≤5mm	用经纬仪检查
	地基表面	相邻基础埋件误差		≤2mm	水准仪检查
		全部基础埋件误差		≤5mm	
支架安装	外观检查			无机械损伤	观察检查
	固定螺栓			牢固	用扳手检查
	接地			牢固，且导通良好	扳动及导通检查
	防腐层检查			完整	观察检查

表 19-49 六氟化硫封闭式组合电器本体安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
设备检查	组合元件及附件			齐全，无损伤、锈蚀	观察检查
	绝缘部件检查			清洁，无受潮、无变形	
	元件接线端子、插接件及载流部分检查			光洁，无锈蚀	
	紧固螺栓			齐全，无松动	
	支架及接地引线			无锈蚀、损伤	
	母线及气室筒内壁		主要	平整，无毛刺	
元件组装	元件表面			洁净，无杂物	观察检查
	盆式绝缘子检查			清洁，无裂纹	
	母线安装	母线外观		清洁，无氧化物、划痕及凸凹不平	观察检查
		条状触指检查	主要	光洁，无锈蚀、划痕	
		触头座检查		清洁，无划痕	
	吸附剂检查			干燥	观察检查
	法兰连接	元件内部检查	主要	清洁，无杂物	观察检查
		密封垫（圈）检查	主要	完好，清洁，无变形	
		密封槽及法兰面检查	主要	光洁、无伤痕	
		法兰连接		导销无卡阻	
		连接螺栓紧固力矩		按制造厂规定	用力矩扳手检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
操动机构检查	操动机构行程		按制造厂规定	对照厂家规定检查
	驱动转矩			
	操动机构动作	主要	准确，可靠	操动试验
	分、合闸指示	主要	正确	
	联锁装置	主要	动作可靠、灵活	观察检查
套管安装	密封槽及法兰表面	主要	光洁、无划痕	观察检查
	密封垫（圈）检查	主要	完好，清洁，无变形	
	连接螺栓紧固力矩		按制造厂规定	用力矩扳手检查
SF_6气体充注	充气前充气设备及管路检查		洁净，无水分、油污	观察检查
	充气前断路器内部真空度	主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
	密度继电器		报警、闭锁压力值按制造厂规定整定	
	SF_6气体含水量	主要	按制造厂规定	检查试验报告
	SF_6气体压力	主要		观察密度继电器
	整体密封试验	主要		对照厂家规定检查
接地线安装	接地线检查		无锈蚀、损伤	观察检查
	连接方式		螺栓连接	
	连接螺栓	主要	紧固	用扳手检查
	各元件法兰连接处	主要	跨接可靠，导通良好	扳动并导通检查
	接地连接		牢固，导通良好	扳动并导通检查

表 19-50　支柱式六氟化硫断路器安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
基础检查	基础中心距离误差			≤10mm	用尺检查
	基础高度误差			≤10mm	用水准仪检查
	预留孔或预埋件中心距离误差			≤10mm	用尺检查
	预埋螺栓中心距离误差			≤2mm	用尺检查
支架安装	与基础间垫铁检查			不超过3片，总厚度不大于10mm，各片间焊接牢固	用尺检查
	支架固定			牢固	扳动检查
机构箱安装	外观检查			完整，无损伤	观察检查
	机构箱固定		主要	牢固	用扳手检查
	接地	连接面检查		接触良好	导通检查
		接地连接	主要	牢固，导通良好	扳动并导通检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
支柱瓷套安装	外观检查		主要	完整，无裂纹	观察检查
	相间中心距离误差			≤5mm	用尺检查
	支柱与机构箱连接	密封圈（垫）检查		完好，清洁，无变形	观察检查
		螺栓紧固力矩	主要	按制造厂规定	对照厂家规定用力矩扳手检查
灭弧室安装	外观检查		主要	清洁，无损伤	观察检查
	吸附剂检查			干燥	对照厂家规定检查
	三联箱与支柱连接	气路连接	主要	正确可靠	观察检查
		传动杆连接	主要	正确可靠	
		密封圈（垫）检查		完好，清洁，无变形	
	密封槽面检查		主要	清洁，无划痕	观察检查
	螺栓紧固力矩		主要	按制造厂规定	对照厂家规定用力矩扳手检查
	导电部分检查		主要	清洁，无损伤，且连接牢固	观察，并用扳手检查
均压电容安装	外观检查			清洁，无损伤	观察检查
	均压电容值			按制造厂规定	检查试验报告
	安装位置		主要		对照厂家规定检查
操动机构	油箱	内部检查	主要	清洁，无杂质	观察检查
		油位		正常	
	连接管路			清洁，无渗漏	观察检查
	液压油检查		主要	标号正确，无杂质	检查油质合格证件
	额定油压时液压回路检查		主要	无渗漏油	观察检查
	预充氮气压力		主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
	工作缸活塞杆	动作检查	主要	无卡阻、跳动	操动试验检查
		行程	主要	按制造厂规定	
	微动开关动作检查		主要	准确可靠，接触良好	操动试验检查
	电接点压力表校验			合格，联动闭锁压力值按制造厂规定整定	检查校验报告
	电气回路绝缘检查			绝缘良好	用绝缘电阻表检查
	油泵或空压机检查			转向正确，无异常现象	通电试运检查
	分、合闸线圈铁心动作检查		主要	可靠，无卡阻	操动试验检查
	辅助开关检查			触点无烧损，接触良好	观察检查
	加热装置			无损伤，绝缘良好	用万用表及绝缘电阻表检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
SF_6气体充注	充气设备及管路检查		洁净，无水分、油污	观察检查
	充气前断路器内部真空度	主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
	密度继电器		报警、闭锁压力值按制造厂规定整定	
	SF_6气体含水量	主要	按制造厂规定	检查试验报告
	SF_6气体压力	主要		观察密度继电器
	整体密封试验	主要		对照厂家规定检查
其他	断路器与操动机构联动试验	主要	正常，无卡阻	操作试验检查
	分、合闸指示		与断路器分、合位置对应	
	操作计数器指示		正确	
	控制箱：零部件检查		齐全，完好	观察检查
	控制箱：接地		牢固，导通良好	扳动并导通检查
	机构箱及控制箱密封		密封良好	观察检查
	相色标志		正确，齐全	

表 19-51　罐式六氟化硫断路器安装

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
基础检查	基础中心距离误差		≤10mm	用尺检查
	基础高度误差		≤10mm	用水准仪检查
	预留孔中心误差		≤10mm	用尺检查
	预埋螺栓中心距离误差		≤2mm	用尺检查
罐体安装	外观检查		完整，无损伤	观察检查
	在安装面上的水平误差	主要	≤0.5%罐体长度	用水准仪检查
	相间中心距离误差		≤5mm	用尺检查
	固定强度	主要	平稳，牢固	观察，用扳手检查
	接地：螺栓连接面检查		接触良好	导通检查
	接地：与接地网连接	主要	可靠，牢固	扳动检查
	内部检查：触头外观	主要	光洁，镀银层完好	观察检查
	内部检查：行程：主动触头行程	主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
	内部检查：行程：主动触头超行程			
	内部检查：元件装配		位置正确，固定牢固	观察检查
	内部检查：清洁检查	主要	无灰尘、杂物	
瓷套安装	外观检查	主要	光洁，无裂纹	观察检查
	内部检查	主要	无灰尘、杂物	
	电流互感器试验		合格	检查试验报告
	屏蔽罩检查	主要	清洁，无损伤、变形	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
瓷套安装	导电部分	接线端子安装	接触面外观		光洁，无损伤，并涂有电力复合脂	观察检查
			螺栓紧固力矩	主要	按制造厂规定	对照厂家规定用力矩扳手检查
		导电杆表面			表面涂镀层完整	观察检查
		导电杆与罐体内导电回路连接		主要	位置正确，接触可靠	
	均压环	外观			无损伤、变形	观察检查
		安装位置		主要	正确，固定牢靠	
	与罐体连接	密封垫（圈）检查			完好，清洁，无变形	观察检查
		密封槽面检查		主要	清洁，无划痕	
		连接螺栓紧固力矩		主要	按制造厂规定	对照厂家规定用力矩扳手检查
手孔盖密封	密封垫（圈）检查				完好，清洁，无变形	观察检查
	密封槽面检查			主要	清洁，无划痕	
	吸附剂检查				干燥	对照厂家规定检查
	连接螺栓紧固力矩			主要	按制造厂规定	按制造厂规定用力矩扳手检查
操动机构	油箱	内部检查		主要	清洁，无杂质	观察检查
		油位			正常	
	液压油检查			主要	标号正确，无杂质	检查油质合格证件
	额定油压时液压回路检查			主要	无渗漏油	观察检查
	预充氮气压力			主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
	工作缸活塞杆	动作检查		主要	无卡阻、跳动	操动试验检查
		行程		主要	按制造厂规定	
	电气回路绝缘检查				绝缘良好	用绝缘电阻表检查
	油泵电动机检查				转向正确，无异常现象	通电试转检查
	分、合闸线圈铁心动作检查			主要	可靠，无卡阻	操动试验检查
	压力开关动作检查			主要	准确可靠，接触良好	
	压力表校验				制造厂已校验	查校验报告
	辅助开关检查				触点无烧损，接触良好	观察检查
	电加热装置				无损伤，绝缘良好	用万用表及绝缘电阻表检查
SF_6气体充注	充气设备及管路检查				洁净，无水分、油污	观察检查
	充气前断路器内部真空度			主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
	密度继电器				报警、闭锁压力值按制造厂规定整定	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
SF_6气体充注	SF_6 气体含水量		主要	按制造厂规定	检查试验报告
	SF_6 气体压力		主要		观察密度继电器
	整体密封试验		主要		对照厂家规定检查
其他	断路器与操动机构联动试验		主要	可靠，无卡阻	操动试验检查
	分、合闸指示			与断路器分、合位置对应	
	操作计数器指示			正确	
	罐体电加热装置检查			无损伤，绝缘良好	用万用表及绝缘电阻表检查
	控制箱	零部位检查		部件齐全，完好	观察检查
		接地		牢固，导通良好	扳动并导通检查
	机构箱及控制箱密封			密封良好	观察检查
	相色标志			正确，齐全	

表 19-52　3～35kV 真空断路器（接触器）安装与调整

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
本体检查	外观检查			部件齐全，无损伤	观察检查
	灭弧室外观检查		主要	清洁，干燥，无裂纹、损伤	
	绝缘部件		主要	无变形，且绝缘良好	检查试验报告
	分、合闸线圈铁心动作检查			可靠，无卡阻	操动检查
	熔断器检查		主要	导通良好，接触牢靠	观察及用万用表检查
	螺栓连接			紧固均匀	用力矩扳手检查
	二次插件检查			接触可靠	观察及用万用表检查
	绝缘隔板			齐全，完好	观察检查
	弹簧机构	牵引杆的下端或凸轮与合闸锁扣	主要	合闸弹簧储能后，蜗扣可靠	操动检查
		分合闸闭锁装置动作检查	主要	动作灵活，复位准确、迅速，扣合可靠	
		合闸位置保持程度	主要	可靠	观察检查
导电部分检查	触头外观检查		主要	洁净光滑，镀银层完好	观察检查
	触头弹簧外观检查		主要	齐全，无损伤	
	可挠铜片检查			无断裂、锈蚀、固定牢靠	
	触头行程		主要	按制造厂规定	对照厂规定检查
	触头压缩行程				
	三相同期				
其他	辅助开关	切换触点外观检查		接触良好，无烧损	观察检查
		动作检查		准确、可靠	操动检查
	手动合闸			灵活、轻便	操动检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
其他	断路器与操动机构联动	主要	正确，可靠	操动检查
	分、合闸位置指示器检查		动作可靠，指示正确	观察检查
	手车推拉试验	主要	进出灵活	推动检查
	手车接地		牢固，导通良好	扳动并导通检查
	相色标志		正确	观察检查

表 19-53　3～330kV 屋外少油断路器的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
瓷套外观检查			主要	清洁，无机械损伤、裂纹	观察检查
导电部分	触头外观检查		主要	洁净光滑，镀银层完好	观察检查
	同相各触头弹簧压力		主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
	铜编织线或可挠软铜片		主要	清洁，无断裂	观察检查
机械传动装置	机构箱内部			清洁	观察检查
	提升杆绝缘	外观检查		清洁，无损伤、变形，且连接牢固	观察检查
		绝缘电阻	主要	符合标准	检查试验报告
	防松零件外观检查			锁片锁牢，防松螺母拧紧，开口销张开	观察检查
缓冲器	外观检查			清洁，无损坏	扳动检查
	动作检查		主要	灵活，无卡阻	操动试验
断路器附件	油标油位		主要	符合制造厂规定	观察检查
	注、放油阀密封		主要	无渗漏油	
	加热装置	完好性检查		无损伤，绝缘良好	用万用表检查
		绝缘电阻		≥0.5MΩ（对地）	用绝缘电阻表检查
操动机构	操动机构动作		主要	可靠	操作检查
	机构箱密封			完整，无损坏	观察检查
	电缆孔洞处理			封闭良好	
其他	接线端子与母线连接		主要	符合规定	对照规范检查
	断路器整体密封检查		主要	无渗漏油，顶盖及检查孔密封良好	观察检查
	分、合闸位置指示		主要	正确	
	油断路器与操动机构联动		主要	可靠，无卡阻	操动试验
	辅助开关与断路器配合		主要	动作正确，配合可靠	
	相色标志			正确	观察检查
	橡胶密封垫圈		主要	完好，清洁，无变形	
	接地			良好、牢靠	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-54　屋内手车式少油断路器安装

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
瓷套	外观检查	主要	清洁，无机械损伤、裂纹	观察检查
	与金属法兰浇装连接	主要	粘合密实，牢固	
	螺栓连接		紧固均匀	用扳手检查
灭弧室	外观检查	主要	清洁、干燥，无损伤、变形	观察检查
	部件装配	主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
导电部分	触头外观检查	主要	洁净光滑、镀银层完好	观察检查
	触头装配	主要	紧固、正确，钨铜合金触头无脱松、裂纹	
	触头弹簧外观检查		完整、齐全	
	触头同心度误差	主要	动触头进出灵活轻快	用专用工具检查
	触头动作检查	主要	接触过程中无卡阻	操动试验
绝缘油油位		主要	在油位计中间	观察检查
传动装置	拐臂回转角度		按制造厂规定	用专用量尺检查
	制动装置		可靠，拆卸方便	操动检查
	连杆和铸件外观检查		清洁、无裂纹，无焊接不良	观察检查
	防松零件外观检查	主要	防松螺母拧紧，开口销张开	观察检查
	零部件外观检查		清洁，齐全，无损伤	
	二次插件	主要	接触可靠	用万用表检查
	辅助开关动作检查	主要	正确、可靠	操动试验
	分、合闸线圈铁芯动作	主要	灵活、无卡阻	操动试验
其他	手车推拉		进出灵活	操动试验
	断路器与操动机构联动检查	主要	正常，无卡阻	
	合、分闸位置指示	主要	正确	观察检查
	相色标志			
	接地		牢固、可靠	用扳手检查

表 19-55　隔离开关的安装及调整

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
瓷柱安装	外观检查		主要	清洁，无裂纹	观察检查
	瓷铁胶合处检查		主要	粘合牢固	
	瓷柱与底座平面操作轴间连接螺栓			紧固	用扳手检查
	均压环外观检查			清洁，无损伤、变形	观察检查
导电部分	可挠软连接检查			连接可靠，无折损	扳动检查
	接线端子检查		主要	清洁，平整，并涂有电力复合脂	观察检查
	接触部位检查	触头表面镀银层		完整，无脱落	观察检查
		线接触	主要	塞尺塞不进	用 0.05mm×10mm 塞尺检查
		接触面宽度≤50mm	主要	≤4mm（塞尺塞入深度）	用 0.05mm×10mm 塞尺检查
		接触面宽度≥60mm	主要	≤6mm（塞尺塞入深度）	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
传动装置	传动部件	部件安装		连接正确，固定牢靠	观察检查
		操作检查		咬合准确，轻便灵活	操动检查
	定位螺钉调整		主要	可靠，能防止拐臂超过死点	操动检查
	辅助开关检查			动作可靠，触点接触良好	操动检查
	接地刀与主触头间机械或电气闭锁		主要	准确可靠	
	限位装置动作检查		主要	在分、合闸极限位置可靠切除电源	操动检查
	机构箱密封垫检查			完整	观察检查
隔离开关调整	合闸状态	触头间相对位置	主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
		备用行程			
		触头两侧接触压力	主要		
	分闸状态触头间净距或拉开角度		主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
	触头接触时不同期允许值				
	引弧触头与主动触头动作顺序			正确	操动检查
	隔离开关与操动机构联动试验		主要	动作平稳，无卡阻	
接地	底座接地			牢固，导通良好	扳动并导通检查
	机构箱接地				
其他	防松件检查		主要	防松螺母紧固，开口销打开	观察检查
	相色标志			正确，清晰	
	孔洞处理			密封良好	

表 19-56　负载开关安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
阀门及管路	气阀元件外观检查			清洁、无锈蚀、损伤	观察检查
	滑动工作面			薄涂润滑脂	
	密封垫	外观检查	主要	清洁，无扭曲、变形、裂纹和毛刺	
		安装方向		正确	
	气孔及进出气管接口畅通检查			无堵塞	观察检查
	胀圈的张口位置		主要	沿四周均匀分布	
	阀门动作检查		主要	正确可靠，无卡阻	
瓷套	外观检查		主要	清洁，无机械损伤	观察检查
	密封垫检查		主要	完好，清洁，无变形	观察检查
触头	触头外观检查		主要	洁净光滑，镀银层无损伤	观察检查
	插入式触头严密性		主要	塞尺塞不进	用0.05mm×10mm塞尺检查
	触头动作检查		主要	灵活、准确，接触中无卡阻、弹跳	观察及检查试验报告

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
灭弧室	灭弧室外观检查		主要	清洁、干燥，无损伤变形	观察检查
	导气孔畅通检查			无堵塞	
	接线端子检查	接线端子外观		光洁，无损伤	观察检查
		与灭弧室连接		牢固	扳动检查
		与母线连接		牢固，无外应力	
	并联电阻	外观检查		无损伤、断线、短接	观察检查
		固定连接		牢固	
传动装置	转轴及摩擦部位			清洁，涂有防冻润滑脂	观察检查
	连杆和铸件外观检查		主要	无裂纹及焊接不良	
	防松帽外观检查			防松螺母无松动	用扳手检查
缓冲器	外观检查			清洁，无损伤	观察检查
	固定强度			牢固可靠	
其他	安全阀、减压阀校验		主要	合格，动作正确	检查校验记录
	压力继电器及电触点气压表校验		主要	合格，动作正确	检查校验记录
	辅助开关切换触点检查			接触良好，无锈蚀	观察检查
	电气控制接线			正确，无断线、短接	
	接地			牢固可靠	扳手检查
	金属表面油漆			完整	观察检查

表 19-57　避雷器的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
外观检查	瓷件外观		主要	光洁，完整无裂纹	观察检查
	防爆片检查		主要	无损坏、裂纹、且安装时取下	
避雷器安装	金属接触面		主要	清洁，无氧化膜，并涂有电力复合脂	观察检查
	各节位置			按制造厂规定	对照厂家规定检查
	垂直度				
	相间中心距离误差			≤10mm	用尺检查
	同相串并联组合单元非线性系数误差			按 GB 50150—2006 规定	检查试验报告
	绝缘底座绝缘检查		主要	绝缘良好	
	放电计数器安装检查	外观检查	主要	密封良好	观察检查
		安装位置		三相一致，便于观察	
		动作试验		正确、可靠	检查试验报告
		与避雷器连接	主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
		底座接地	主要	牢固可靠	扳动检查
		计数指示		数字相同	观察检查
	均压环安装			牢固	用扳手检查
	均压环与瓷裙间隙		主要	均匀一致	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
其他	接线端子与设备连接		牢固、无应力	观察检查
	相色标志		正确，清晰	

表 19-58　电容器及耦合电容器安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
电容器安装	外观检查			完整，无损伤	观察检查
	密封检查		主要	良好，无渗漏油	
	三相电容量允许误差（无设计时）		主要	不大于三相平均电容值的 5%	检查试验报告
	电容器耦合	电容器编号		按制造厂规定	对照厂家规定检查
		顶盖螺栓检查		紧固	用扳手检查
	引线与电容器端子连接			端子无过大横向拉力	观察检查
	与地绝缘的电容器外壳与固定电位连接		主要	牢固	扳动检查
	所有连接螺栓		主要	齐全，紧固	用扳手检查
其他	放电装置检查			回路正确，操作灵活	操动检查
	外壳及构架接地			牢固可靠	扳动检查

表 19-59　电容器组安装

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
支架安装	支架安装水平误差		≤3mm	用 U 形管或水准仪检查
	支架立柱间距离	主要	≤5mm	钢卷尺测量
	支架连接紧固		1 片垫片不大于 3mm	对照出厂说明书
电容器检查	电容器瓷套管		无掉瓷、无裂纹	外观检查
	电容器套管芯棒		无弯曲、无滑扣	外观检查
	电容器出线铜螺钉垫圈		齐全	外观检查
	电容器外观	主要	无变形、无锈蚀、无裂缝渗油	外观检查
	单支电容器容量检查	主要	符合出厂说明书	电容量表检测
电容器组安装	三相电容量差值	主要	≤5%，应符合设计要求	用电容表整组分相测试
	电容器支架固定及防腐	主要	固定牢固，防腐无剥落	外观检查
	电容器安装及接线		铭牌、编号在通道侧，顺序符合设计，相色完整	外观检查
	电容器接地	主要	牢靠，符合设计	用接地绝缘电阻表检查
辅助设备	熔断器安装	主要	排列整齐，倾斜角度符合设计，指示器正确	外观检查
	放电线圈	主要	放电线圈瓷套无损伤，相色正确，接线牢固美观	外观检查
	接地刀闸	主要	操动灵活	外观检查
	避雷器	主要	在线监测仪接线正确	外观检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-60　气体互感器及接地线圈安装

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
支架安装	支架安装水平误差		≤3mm	用 U 形管或水准仪检查
	支架立柱间距离	主要	≤5mm	钢卷尺测量
	底座连接		1 片垫片不大于 3mm，牢固	观察
外观检查	瓷套管		无掉瓷、无裂纹	观察
	出线铜螺钉、垫圈		齐全，连接牢固	观察
	膨胀器检查		符合规定	观察
气体压力检查	气体压力（20℃）		额定值	观察
	报警压力		制造厂规定	试验
	闭锁压力		制造厂规定	试验
出线连接检查			牢固、可靠	用扳手检查
接地检查			牢固、可靠	用扳手检查

表 19-61　（设备名称编号）断路器调整记录

型　　号		额定电压/kV		额定电流/A	
额定频率		最高工作电压/kV		额定开断电流/kA	
操动机构型号		传动方式		传动载体	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

项　　目		制造厂数据	现场测试值	项　　目	制造厂数据	现场测试值
灭弧系统调整	工作缸活塞行程/mm			合闸时间/ms		
	分闸时间/ms			三相不同期时间/ms		
断路器内介质工作特性	注气 24h 后含水量/（μg/g）			工作压力/MPa		
	低压报警压力/MPa			报警解除压力/MPa		
	闭锁压力/MPa			闭锁解除压力/MPa		
操动机构特性试验	储能筒预充压力/MPa			压力母管耐压试验		
	升压泵起动压力/MPa			升压泵停止压力/MPa		
	合闸闭锁解除压力/MPa			合闸闭锁压力/MPa		
	分闸闭锁解除压力/MPa			分闸闭锁压力/MPa		

检查结论：

（该断路器调整试验结果，符合制造厂要求）

质检机构	验　收　意　见	签　　名
班　　组		年　　月　　日
工　　地		年　　月　　日
质 检 部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-62 （设备名称编号）隔离开关、负荷开关调整记录

型　　号		额定电压/kV		额定电流/A	
额定频率		操动机构方式		操作方式	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

检查调整项目

拉杆内径与操动机构轴直径间隙/mm		允许值	≤1mm	
		实测值		
相间距离误差/mm			A—B 相间	B—C 相间
		允许值		
		实测值		
触头调整	动触头插入深度/mm		A 相	B 相	C 相
		允许值			
		实测值			
	备用行程/mm	允许值			
		实测值			
	分闸状态触头间距/mm	允许值			
		实测值			
	不同期值/mm	允许值			
		实测值			

检查结论：

（该隔离开关调整试验结果，符合制造厂要求）

质检机构	验　收　意　见	签　　名
班　　组		年　　月　　日
工　　地		年　　月　　日
质 检 部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日

表 19-63 新 SF_6 气体抽样检验记录

产品名称	SF_6 气体	总瓶数		质量证书编号	
生产厂家		出厂日期		检验报告编号	

新 SF_6 气体验收

批次	瓶数	出厂试验报告编号	抽样瓶数	复验报告编号	复验单位

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

SF_6 新气质量标准		
项　目　名　称	IEC 376	GB 12022—1989
纯度（SF_6）		≥99.8%
空气（N_2+O_2）	≤0.05%	≤0.05%
四氟化碳（CF_4）	≤0.05%	≤0.05%
湿度（H_2O）	≤15μg/g	≤8μg/g
酸度（以 HF 计）	≤0.3μg/g	≤0.3μg/g
可水解氟化物（以 HF 计）	≤1.0μg/g	≤1.0μg/g
矿物油	≤10μg/g	≤10μg/g
毒性	生物试验无毒	生物试验无毒

注 1：进口新气也应抽检，并应符合 IEC 376 标准

注 2：充入封闭式组合电器的每瓶气体，充前都应进行气体湿度测量，湿度超标者不得使用

抽检结论：新进 SF_6 气体　批　　瓶，按比例抽检了　瓶。抽检结果：（见附后的检验报告）

质检机构	验　收　意　见	签　　名
施工工地		年　　月　　日
质 检 部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日

表 19-64　封闭式组合电器安装及调整记录

组合电器型号		额定电压/kV		间隔编号	
母线接线方式		布置方式			
操动机构型号		传动方式		传动载体	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

检　查　项　目		检查结果	检　查　项　目	检查结果
外观检查	盘柜密封孔洞封堵		压力表、油位计指示	
	控制开关位置、信号指示		开关分合闸指示	
	波纹管螺栓位置		开关连杆螺栓	
	接地连接		仪表检验	
联锁试验	接地开关与电压互感器		隔离开关与接地开关	
	隔离开关与隔离开关		隔离开关与断路器	
	双母隔离开关倒母线			

试　验　项　目	规定值	测　试　值	试验报告编号
主回路电阻值/Ω			
主回路绝缘电阻最低值/MΩ			
辅助回路绝缘电阻最低值/MΩ			
密度继电器动作值			
密度继电器返回值			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

试　验　项　目	规定值	测　试　值	试验报告编号
操动机构气源母管耐压试验			
操动机构液压装置起停试验			

质检机构	验　收　意　见	签　　名
班　　组		年　　月　　日
工　　地		年　　月　　日
质 检 部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日

表 19-65　封闭式组合电器隔气室气体密封试验记录

序号	回路名称	隔气室名称编号	检漏真空度/Pa			允许值/Pa	测量日期
			真空度 A	真空度 B	真空度 C		

注 1：该检漏方法是当隔气室真空度达（　　）Pa 再抽（　　）min 后停泵，记录此时真空度为 A，间隔（　　）h后记录真空度 B，当 $B-A\leqslant$（　　）Pa 则认为密封性能良好。

2：当制造厂另有规定时，应以制造厂规定为准

质检机构	验　收　意　见	签　　名
班　　组		年　　月　　日
工　　地		年　　月　　日
质 检 部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-66　封闭式组合电器隔气室气体湿度检测记录

序号	回路名称	隔气室名称编号	隔气室气体湿度（%）	制造（规范）允许值（%）	测量日期
测量方法					
使用仪表		名称		型号规格	
		编号		使用有效期	

注：SF_6 气体湿度检测必须在充气至额定压力下 24h 后进行，检测时环境湿度不大于 85%。

质检机构	验　收　意　见	签　　名
工　　地		年　　月　　日
质 检 部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日
建设单位		年　　月　　日

表 19-67　封闭式组合电器带电试运签证

组合电器型号		额定电压/kV		间隔数	
操动机构型号		传动方式		传动载体	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

带电前设备及系统检查

检　查　项　目	检　查　结　果
组合电器各回路、设备已命名编号，外观清洁	
控制柜、端子箱内清洁，电缆牌齐全，孔洞封堵严密	
压力表、油位计指示	
波纹管螺栓位置与制造厂规定对照	
隔气室气体密封试验、隔气室气体湿度检测	
密度继电器动作返回试验	
所有接地点已与接地网可靠连接	
电气试验合格：保护装置已校验并按要求整定	
所有操作、联动及闭锁操作试验正确	
操动机构气源母管耐压试验结果	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

带电后运行状态检查	
检　查　项　目	检　查　结　果
表计及信号指示	
保护投入率	
保护动作情况	

带电试运行结论：（　　年　　月　　日　　时　　分，对组合电器进行额定电压下空负荷3次冲击合闸试验，冲击试验过程中，一、二次设备工作正常。）

质检机构	验　收　意　见	签　　名
工　　地		年　　月　　日
质 检 部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日
建设单位		年　　月　　日

表 19-68　电容器组安装签证

产品型号		额定电压/kV		接线方式	
额定容量/Mvar		额定电流/A		出厂日期	
安装位置		生产厂家		产品编号	

检查项目	性质	标　　准	检查结果		
			A	*B*	*C*
电容器规格核对检查	主要	符合设计			
电容器外观检查	主要	无渗漏凹凸不平			
电容器出线套管芯棒检查	主要	无弯曲滑扣			
电容器外壳间距检测值	主要	符合设计			
母线支线安装检查		符合设计			
熔断器熔丝检查		符合设计指示牌指示正确			
电容器编号检查		清晰一致			
电容器铭牌布置检查		面向通道			
放电回路检查	主要	完整			

检查结论：（经检查该电容器组符合设计及验收评定标准）

质检机构	验　收　意　见	签　　名
施工班组		年　　月　　日
施 工 队		年　　月　　日
项 目 部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-69　组合式油浸电容器安装签证

电容器型号		额定电压/kV		接线方式	
额定容量/Mvar		额定电流/A		出厂日期	
安装位置		生产厂家		产品编号	

检查项目	性质	标准	检查结果
绝缘油试验结果	主要	符合交接试验标准	
设备底座与基础连接	主要	牢固	
器身检查		无变形、无凹凸、绝缘子无破损、无裂纹、无渗漏油、储油柜油位正常	
附件检查	主要	油温计指示正确、压力释放器无渗油	
设备接线		符合设计、美观，三相引线一直，相色正确，套管出线连接紧固	
器身接地	主要	牢固、接地良好	

检查结论：（经检查该电容器组符合设计及验收评定标准）

质检机构	验　收　意　见	签　　名
施工班组		年　　月　　日
施 工 队		年　　月　　日
项 目 部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日

表 19-70　电容器带电试运签证

电容器型号		额定电压/kV		接线方式	
额定容量/Mvar		额定电流/A		出厂日期	
安装位置		生产厂家		产品编号	

检　查　项　目	检　查　结　果
设备已命名，外观清洁，电容器油池内卵石符合要求	
本体、压力释放器、冷却装置等附件无缺陷且固定牢靠	
控制箱、端子箱内清洁、孔洞封堵严密	
测温指示仪已校验	
电容器相位、相色正确	
储油柜及冷却装置的阀门已打开，储油柜油位正常	
避雷器在线监测仪安装正确	
接地开关调试完毕，验收合格	
设备接地及接地装置，验收合格，接地电阻符合设计	
电气设备一次试验合格，保护装置已校验并按要求整定	
电容器室通风设施已验收	
带电后运行状态检查	
设备带电后熔断器未熔断	
电容器组各相电流相互间的差值（≤5%）	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

带电运行结论：

（本电容器于　　年　　月　　日　　时　　分，开始对电容器冲击 3 次合闸试验于　　年　　月　　日　　时　　分～　　年　　月　　日　　时　　分带电试运 24h，保护、信号装置等系统工作正常）

质检机构	验 收 意 见	签　　名
施工班组		年　　月　　日
施 工 队		年　　月　　日
项 目 部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日
建设单位		年　　月　　日

表 19-71　盘、柜基础安装

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
基础型钢安装	基础型钢安装允许误差	不直度	每米		<1mm	拉线检查
			全长		<5mm	
		水平度	每米		<1mm	水平尺检查
			全长		<5mm	
	位置误差及不平行度			主要	<5mm	用尺检查
	基础接地点数				≥2 点	
	接地连接				牢固，导通良好	扳动并导通检查

表 19-72　手车式高压成套配电柜安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
柜体就位找正	间隔布置		主要	按设计规定	对照设计图检查
	垂直度		主要	<1.5mm/m	用铅坠检查
	水平误差	相邻两柜顶部		<2mm	拉线检查
		成列柜顶部		<5mm	
	盘面误差	相邻两柜边		<1mm	
		成列柜面		<5mm	
柜体固定	柜间接缝			<2mm	用尺检查
	螺栓固定			牢固	观察或扳动检查
	紧固件检查			完好、齐全	观察检查
	紧固件表面处理			镀锌	
	振动场所的防振措施			按设计规定	对照设计图检查
柜体接地	底架与基础连接		主要	牢固，导通良好	观察及导通检查
	装有电器可开启屏门的接地			用软铜导线可靠接地	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
开关柜机械部件检查	柜面检查			平整，齐全	观察检查
	设备附件清点			齐全	对照设备清单检查
	门销开闭			灵活	操动检查
	柜内照明装置			齐全	观察检查
	手车推拉试验		主要	轻便不摆动	操动检查
	电气“五防”装置			齐全，灵活可靠	操动试验
	安全隔离板开闭			灵活	操动检查
开关柜电气部件检查	设备型号及规格			按设计规定	对照设计图检查
	设备外观检查			完好	观察检查
	活动接地装置的连接			导通良好，通断顺序正确	操动试验
	电气联锁触点接触			紧密，导通良好	导通检查
	触头检查	动、静触头中心线		一致	观察检查
		动、静触头接触	主要	紧密、可靠	
		动、静触头接触间隙		按制造厂规定	用尺检查
		小车与柜体接地触头接触		紧密、可靠	观察检查
	仪表继电器防振措施			可靠	观察检查
	带电部分对地距离/mm	一次回路		按 GB 50149—2010 规定	对照规范检查
		二次回路		按 GB 50171—2012 规定	

表 19-73　固定式高压成套配电柜安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
柜体就位找正	间隔布置		主要	按设计规定	对照设计图检查
	垂直度		主要	<1.5mm/m	用铅坠检查
	水平误差	相邻两柜顶部		<2mm	拉线检查
		成列柜顶部		<5mm	
	盘面误差	相邻两柜边		<1mm	
		成列柜面		<5mm	
	柜间接缝			<2mm	用尺检查
柜体固定	固定			牢固	扳动检查
	紧固件检查			完好、齐全	观察检查
	紧固件表面处理			镀锌	
	振动场所的防振措施			按设计规定	对照设计图检查
柜体接地	底架与基础连接		主要	牢固，导通良好	扳动并导通检查
	有防振垫的柜体接地			每段柜有两点以上明显接地	观察检查
	装有电器可开启屏门的接地			用软铜导线可靠接地	观察及导通检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
柜体检查	柜面检查			平整、齐全	观察检查
	设备附件清点			齐全	对照设备清单检查
	柜内照明装置			齐全	观察检查
	电气“五防”装置			齐全，灵活可靠	操动试验
	盘柜前后标识			齐全、清晰	观察检查
开关柜电气部件检查	设备型号及规格			按设计规定	对照设计图检查
	设备外观检查			完好，瓷件无掉瓷、裂纹	观察检查
	电气联锁触点接触			紧密，导通良好	观察并导通检查
	动触头与静触头的中心线			一致	观察检查
	动触头与静触头接触		主要	紧密，可靠	
	仪表继电器防振措施			可靠	
	带电部分对地距离/mm	一次回路		按规范 GB 50149—2010 规定	对照规范检查
		二次回路		按规范 GB 50171—2012 规定	

表 19-74　控制及保护屏台的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
屏台就位找正	安装位置		主要	按设计规定	对照设计图检查
	垂直度误差		主要	<1.5mm/m	用铅坠检查
	水平误差	相邻两盘顶部		<2mm	拉线检查
		成列盘顶部		<5mm	
	盘面误差	相邻两盘边		<1mm	
		成列盘面		<5mm	
	盘间接缝			<2mm	用尺检查
屏台固定	固定连接		主要	牢固	用扳手检查
	紧固件检查			完好、齐全、紧固	观察检查
	紧固件表面处理			镀锌	
屏台接地	底架与基础间连接		主要	牢固，导通良好	观察并导通检查
	有防振垫的盘接地			每段盘有两点以上明显接地	
	装有电器可开启屏门的接地			用软铜导线可靠接地	
屏台设备检查	盘面检查			平整、齐全	观察检查
	设备及附件检查		主要	按设计规定	对照设计图检查
	设备外观检查			完好，无损伤	观察检查
	电器元件固定			牢固	
	盘上标志			正确齐全、清晰、不易脱色	
	安全距离/mm	电气间隙		按 GB 50171—2006 规定	对照规范检查
		爬电距离			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
小母线安装检查	铜棒或铜管直径			≥6mm	用尺检查
	安装间距	电气间隙		≥12mm	
		爬电距离		≥20mm	
	固定			牢固	扳动检查
	平直度			无局部扭曲	观察检查
	接触面处理			搪锡	
	母线标志			正确清晰、不易脱色	

表 19-75　励磁盘安装检查

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
盘体就位找正	安装位置		主要	按设计规定	对照设计图检查
	垂直度误差		主要	<1.5mm/m	用铅坠检查
	水平误差	相邻两柜顶部		<2mm	拉线检查
		成列边顶部		<5mm	
	盘面误差	相邻两盘边		<1mm	
		成列盘面		<5mm	
	盘间接缝			<2mm	用尺检查
盘体固定	固定连接		主要	牢固	用扳手检查
	紧固件检查			完好、齐全、紧固	观察检查
	紧固件表面处理			镀锌	
盘体接地	底架与基础间的连接		主要	牢固，导通良好	观察及导通检查
	装有电器可开启屏门的接地			用软铜导线可靠接地	
盘上设备检查	盘面检查			平整、齐全	观察检查
	设备及附件检查		主要	按设计规定	对照设计图检查
	设备外观检查			完好，无损伤	观察检查
	电器元件固定			牢固	
	盘上标志			齐全、清晰	
	二次回路对地距离/mm	电气间隙		按 GB 50171—2012 规定	对照规范检查
		爬电距离			
自动灭磁开关检查安装	开关固定			牢固	用扳手检查
	操作手柄（或传动杆）开合位置			正确	观察检查
	电动操动机构		主要	动作可靠	操动试验

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
自动灭磁开关检查安装	开关跳合闸检查		无卡阻、跳跃	操动试验
	触头外观		清洁，镀银层完好	观察检查
	触头接触面检查		平整，接触紧密	
	有极性开关的触头接线及线圈接线		极性与主回路一致	操动试验
	灭弧栅并联电阻检查		完好	观察并用万用表检查
	灭弧室内绝缘衬件检查	主要	完好，电弧通道畅通	观察检查
	开关机械挂钩	主要	可靠	操动试验
	开关触点通断顺序		正确	操动试验

表 19-76　二次回路检查及控制电缆接线

工序	检验指标		性质	质量标准	检验方法及器具
导线检查	导线外观		主要	绝缘层完好，无中间接头	观察检查
	导线连接（螺栓连接、插接、焊接或压接）		主要	牢固、可靠	螺钉旋具及用手拉
	导线配置		主要	按背面接线图	对照接线图检查
	导线端部标志			清晰正确，且不易脱色	观察检查
	盘内配线绝缘等级			耐压不小于 500V	查出厂证明
	盘内配线截面积	电流回路		≥2.5mm^2	用线规检查
		信号、电压回路		≥1.5mm^2	
		弱电回路		在满足载流量和电压降以及机械强度情况下不小于 0.5mm^2	
	用于可动部位的导线		主要	多股软铜线	观察检查
控制电缆接线	控制电缆接引			按设计规定	对照设计图检查
	线束绑扎松紧和形式			松紧适当、匀称，形式一致	观察检查
	导线束的固定			牢固	
	每个接线端子并接线芯数			≤2 根	
	备用芯预留长度			至最远端子处	
	导线接引处预留长度			适当，且各导线余量一致	
	电气回路连接（螺栓连接、插接、焊接或压接）			紧固可靠	螺钉旋具或用手拉
	导线线芯端部弯圈			顺时针方向，且大小合适	观察检查
	导线线芯外观		主要	无损伤	
	多股软导线端部处理		主要	加终端附件或搪锡	
	紧固件配置			齐全，且与导线截面相匹配	
	二次回路连接件		主要	铜质制品	
	导线端部标志		主要	正确、清晰，不易脱色	对照设计图检查
	接地检查	二次回路		设有专用螺栓	观察检查
		屏蔽电缆	主要	屏蔽层按设计规定可靠接地	观察及导通检查
	裸露部分对地距离/mm		主要	按 GB 50171—2012 规定	对照规范检查
	裸露部分表面漏电距离/mm				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-77　支（吊）架安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
型钢检查	型钢规格			按设计规定	对照设计图检查
	型钢全长平直度允许误差			≤5mm	用尺检查
	螺孔及加工面外观			圆滑，无变形	观察检查
支吊架安装	标高误差			≤5mm	用水准仪检查
	水平误差				用尺检查
	沿走向垂直误差				
	支架对角线误差				
	支（吊）架固定		主要	牢固可靠	扳动检查
其他	油漆	除锈	主要	干净，无锈迹	观察检查
		防腐漆涂刷		均匀，无漏刷	
	接地		主要	牢固，导通良好	扳动并导通检查

表 19-78　保护网栏安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
型钢检查	型钢规格			按设计规定	对照设计图检查
	型钢全长平直度允许误差			≤5mm	用尺检查
	螺孔及加工面外观			圆滑，无变形	观察检查
框架制作	框架焊接		主要	牢固，外观工艺符合焊接规范要求	扳动并观察检查
	外形尺寸误差			≤5mm	用尺检查
	对角线互差			≤5mm	
	框架不平度			≤5mm	
网栏安装	网板平面检查			无凹凸不平	用尺检查
	网眼检查			牢固，均匀一致	扳动检查
	框架与网板间隙			≤5mm	用尺检查
	网栏垂直误差		主要	≤5mm	
其他	油漆	除锈	主要	干净，无锈迹	观察检查
		防腐漆涂刷		均匀，无漏刷	
	接地	网栏接地	主要	用软导线可靠接地	扳动并导通检查
		框架接地		牢固，导通良好	

表 19-79　悬式绝缘子串安装

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
外观检查	规格型号核对		按设计规定	观察检查
	瓷件外观	主要	光洁，完整无裂纹	
	瓷铁胶合处检查	主要	粘合牢固	
	连接金具及附件		齐全，完好	
	弹簧销检查		弹性充足	扳动检查
	均压环及屏蔽罩检查		完整，无变形	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
绝缘子串安装	绝缘子装配前试验	主要	合格	检查试验报告
	连接螺栓、销钉、弹簧销等贯穿方向		一致	观察检查
	球头挂环、碗头挂板及锁紧销间配合		灵活，无卡阻	扳动检查
	连接金具防松措施检查	主要	防松螺母紧固，开口销张开	观察检查
	悬式绝缘子串允许倾斜角度（无设计时）		≤5°	观察检查
	绝缘子串并联时每串所受张力	主要	均匀	
	绝缘子串吊装前整体检查		清洁，装配正确，碗口朝上	

表 19-80　支柱绝缘子安装

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
外观检查	瓷件外观	主要	光洁，完整无裂纹	观察检查
	瓷铁胶合处检查		粘合牢固，无缝隙	
绝缘子安装	绝缘子底座水平误差		≤5mm	用尺检查
	母线直线段内各支柱绝缘子中心线误差	主要	≤2mm	用尺检查
	叠装支柱绝缘子垂直误差			
	纯瓷绝缘子与金属接触面间垫圈厚度	主要	≥1.5mm	
	绝缘子固定	主要	螺栓齐全，紧固	用扳手检查
接地	接地线排列		方向一致	观察检查
	与接地网连接	主要	牢固，导通良好	扳动并导通检查

表 19-81　穿墙套管的安装

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
外观检查	瓷件外观			主要	光洁，完整无裂纹	观察检查
	瓷铁胶合处检查			主要	粘合牢固，无缝隙	
套管安装	预留孔径与套管嵌入部分配合				>5mm	用尺检查
	混凝土安装板最大厚度				≤50mm	
	1500A 及以上套管固定钢板				不构成闭合磁路	观察检查
	法兰位置	垂直安装			法兰应向上	
		水平安装			法兰应在外	
	600A 及以上套管	端部金属夹板	夹板材料	主要	非磁性材料	观察检查
			厚度		≥3mm	用尺检查
			与母线等电位连接	主要	牢固可靠	观察检查
	充油套管	密封检查		主要	无渗漏	观察检查
		油位指示		主要	正常	
	连接螺栓			主要	齐全，紧固	用扳手检查
	接地端子及未用的电压抽取端子			主要	可靠接地	扳动并导通检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-82　矩形母线的安装

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
母线加工配置	外观检查	表面检查			光洁，无裂纹褶皱	观察检查
		外形检查			平直无变形扭曲	
	螺栓连接面加工	搭接面长度		主要	按 GB 50149—2010 规定	对照规范用尺检查
		搭接面螺孔布置及规格		主要		
		螺孔间中心距误差			±0.5mm	用尺检查
		端面外观			平直、光洁，无尖角毛刺	观察检查
		接触面平直度			平整无局部凹陷	钢尺靠测
		接触面断面减少量		主要	铜 ≤3%，铝≤5%	用游标卡尺检查
	母线弯制	允许最小弯曲半径		主要	按 GB 50149—2010 规定	对照规范用样板检查
		弯曲始点至接头边缘最小距离			≥50mm	用尺检查
		弯曲始点至母线支持器边缘距离			≥50mm；≤0.25 支点间距	
		90°扭弯的扭转长度/mm			2.5～5 倍母线宽	
		弯曲部分外观		主要	无裂纹，无明显褶皱	观察检查
		三相同一断面上的弯曲弧度			一致	用样板检查
		同相多片母线弯曲弧度			一致	观察检查
		相同布置的分支母线各相弯曲弧度				
母线安装	金具安装	金具检查			清洁，无损伤	观察检查
		单相交流母线金具连接		主要	牢固，且无闭合磁路	
		固定装置外观			无尖角、毛刺	
	母线安装	母线平置时母线与支持器上部夹板间隙			1～1.5mm	用尺检查
		母线立置时上部夹板与母线的距离			1.5～2mm	
		母线与支持器间应力检查		主要	无外应力	观察检查
		同相多层母线层间间隙			同母线厚度	用尺检查
		母线在绝缘子上的固定死点			每段设置一个，且在全长或两伸缩节中点	观察检查
	母线连接	支持器与接头边缘距离			≥50mm	用尺检查
		母线间及母线与设备端子连接		主要	无外应力	连接时检查
		搭接面		主要	平整、无氧化膜，镀银层不得锉磨，涂有电力复合脂	观察检查
		端子连接与螺杆形	外观	主要	无弹簧垫	
			平垫圈		铜质搪锡	观察检查
			锁紧螺母		齐全、紧固	
		连接螺栓	与孔径配合		≤1mm	用螺栓检查
			螺栓穿入方向		母线平置时由下向上，其余螺母均在维护侧	观察检查
			防松件外观		齐全、完好、压平	
			紧固力矩		按 GB 50149—2010 规定	对照规范用力矩扳手检查
			螺栓紧固后露扣长度		2～3 扣	观察检查
			相邻垫圈间隙	主要	≥3mm	观察或用尺检查
		伸缩节安装			无裂纹、断股和褶皱现象	观察检查
总体检查	带电体间及带电体与其他物体间距离			主要	按 GB 50149—2010 规定	对照规范用尺检查
	相色及油漆				齐全、正确	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-83 共箱封闭母线的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
共箱母线检查	外壳外观			完整、无裂纹、变形	观察检查
	导体	外观		无损伤、裂纹、变形	观察检查
		螺栓连接面检查	主要	光洁、平整，并涂有电力复合脂	
		电缆母线	主要	无机械损伤	
	绝缘子检查	外观检查		光洁，完整，无裂纹	观察检查
		底座连接	主要	螺栓紧固	扳动检查
		绝缘试验		绝缘良好	用绝缘电阻表测量
共箱母线安装	相间距离偏差			≤5mm	用尺检查
	导体伸缩节	伸缩节外观	主要	无局部断裂	观察检查
		螺栓连接面保护层		涂层适量、均匀	
		螺栓紧固力矩	主要	按 GB 50149—2010 规定	对照规范检查
	矩形母线安装		主要	按矩形母线安装规定	对照“矩形母线安装”中有关规定检查
	电缆母线安装		主要	按电缆线路规定	对照“电缆线路”中有关规定检查
	母线长度超过 300～400m 需换位处		主要	不小于一个循环或按设计规定	观察及对照设计图检查
	重型母线与设备间软连接			连接线截面不小于母线截面	用尺检查
	外壳接口组装			牢固，且密封良好	观察检查
	外壳伸缩节	伸缩节密封	主要	良好	观察检查
		伸缩节两端导通连接		良好、牢固	观察及扳动检查
	外壳接地		主要	可靠，全长导通良好	观察及导通检查

表 19-84 全连式离相封闭母线安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
封闭母线检查	各段标志及编号		主要	齐全，清晰	观察检查
	外观检查			无损伤、裂纹、变形	
	导体螺栓连接面		主要	光洁，平整，无损伤	
	绝缘子检查	外观检查		光洁，完整，无裂纹	观察检查
		底座密封	主要	完好	
		绝缘检查	主要	绝缘良好	用绝缘电阻表检查
	外壳内部检查		主要	清洁，无遗留物	观察检查
	电流互感器试验		主要	合格	检查试验报告
封闭母线调整	各段位置			正确	对照图样检查
	外壳纵向间距分配			均匀	用尺检查
	导体与外壳不同心度			≤5mm	用尺或深度尺检查
	对口中心误差			≤0.5mm	用尺检查
	三相母线标高误差			≤5mm	拉线用尺检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
封闭母线安装	封闭母线焊接	焊接方式	主要	氩弧焊	观察检查
		焊接材料		与母材相同且清洁，无氧化层	
		坡口两侧表面50mm范围内处理	主要	清洁，无氧化层	
		焊后的弯折度	主要	≤0.2%	拉线测量检查
		焊缝加强高度	主要	2～4mm	用尺检查
		焊缝质量检查	主要	按DL/T 754—2001规定	目测或放大镜检查
	导体螺栓连接处连接螺栓紧固力矩值		主要	按GB 50149—1990规定	对照规范用力矩扳手检查
	导体伸缩节检查		主要	无局部断裂	观察检查
	外壳伸缩节密封检查		主要	良好	
	外壳伸缩节两侧连接			牢固，导通良好	
	分段绝缘外壳绝缘措施			完好	
	短路板安装	安装位置		按设计规定	对照图样检查
		与外壳连接		牢固可靠	扳动检查
		接地线规格	主要	按设计规定	对照图样检查
整体检查	焊接后整体油漆			均匀，完整	观察检查
	相色标志			齐全、正确	
	密封性能		主要	按制造厂规定	检查微正压装置运行情况或制造厂要求检查

表19-85　管形母线安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
铝合金管及金具	铝合金管外观检查			光洁，无裂纹	观察检查
	铝合金管口			平整，且与轴线垂直	用尺检查
	铝合金管弯曲度			按GB 50149—2010规定	对照规范检查
	金具检查			光洁，无损伤、裂纹	观察检查
管母线焊接	焊接方式		主要	氩弧焊	观察检查
	焊口尺寸		主要	按GB 50149—2010规定	对照规范检查
	坡口处理	两侧50mm范围内表面处理		清洁，无氧化膜	观察检查
		坡口加工面	主要	无毛刺、飞边	
	对口	弯折偏移		≤0.2%	用尺检查
		中心线偏移		≤0.5mm	
	衬管	纵向轴线位置	主要	位于焊口中央	用尺检查
		与管母线间隙		≤0.5mm	
	焊缝检查	焊缝高度		2～4mm	用尺检查
		焊缝外观	主要	符合DL/T 754—2013规定	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
管母线安装	金具连接	主要	无闭合磁路	观察检查
	金具固定		平整，牢固	观察检查
	焊口距支持器边缘距离		≥50mm	用尺检查
	母线与滑动式支持器轴座间隙		1～2mm	
	伸缩节外观	主要	无裂纹、断股、褶皱	观察检查
	母线终端防晕装置		表面光滑，无毛刺、凹凸不平	观察检查
	三相母线管段轴线		互相平行	观察检查
	均压环及屏蔽罩检查	主要	完整，无变形，且固定牢靠	
整体检查	带电体间及带电体对其他物体间距离		按 GB 50149—2010 规定	对照规范检查
	母线相色标志		齐全，正确	观察检查

表 19-86　软母线安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
导线及金具检查	导线外观		主要	无断股、松散及损伤，扩径导线无凹陷、变形	观察检查
	导线切断口			整齐、无松散、毛刺，并与线股轴线垂直	
	金具型号及规格		主要	与连接导线相匹配	
	金具及紧固件外观		主要	光洁，无裂纹、毛刺及凸凹不平	
	导线与连接线夹接触面处理		主要	清洁，无氧化膜，并涂有电力复合脂	
液压压接	扩径导线与耐张线夹压接		主要	中心空隙填满相应的衬料	观察检查
	导线插入线夹长度		主要	等于线夹长度	
	压接钢模及压接钳检查			规格匹配	
	相邻压接段重叠长度			≥5mm	用尺检查
	压接后检查	压接管弯曲度		≤2%	用尺检查
		压接管表面		光滑，无裂纹、凹陷	观察检查
		管端导线外观	主要	无隆起、松股	
		六角形对边尺寸/mm	主要	≤0.866D+0.2 接续管外径	用尺检查
	压接试件试验		主要	合格	检查试件试验报告
螺栓连接	导线与线夹间铝包带绕向			与外层铝股旋向一致	观察检查
	铝包带露出线夹口长度			≤10mm	用尺检查
	铝包带端口处理			压回线夹内	观察检查
	连接螺栓		主要	紧固均匀，且螺栓露出螺母 2～3 扣	用力矩扳手检查
	耐张线夹引至设备的母线配置			完整，无断口	观察检查
软母线安装及整体检查	档距内母线配置			无接头	观察检查
	连接金具零件装配			完整，紧固	
	母线弛度误差		主要	-2.5%～+5%（设计温度下）	观测检查
	同档距内三相母线弛度			一致	观察检查
	相同布置分支线弯曲度及弛度				
	跳线和引下线线间及对构架距离		主要	按 GBJ 149—2010 规定	对照规范检查
	组合导线	固定线夹间距误差	主要	≤±3%	用尺检查
		固定线夹与导线交角		90°	用角尺检查
		弛度		一致	观察检查
	母线与电器接线端子连接			端子无变形、损坏	观察检查
	可调金具检查			调节螺母锁紧	用扳手检查
	母线相色标志			齐全，正确	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-87　（　号机组）离相封闭母线封闭前检查签证

母线材质规格		外壳规格		额定电压/kV	
额定电流/A		冷却方式		介质压力/MPa	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	
检查项目		检查结果	检查项目		检查结果
支座安装			母线段就位位置		
母线与外壳中心误差/mm			对口中心偏差/mm		
外壳内表面			母线外表面		
支持绝缘子固定			支持绝缘子表面		
母线对地最低绝缘值/MΩ			电流互感器电气试验		
焊接方式			焊工资格证编号		
焊工资格证有效期			母线焊接工艺评定结果		
短路板位置			伸缩节连接螺栓规格		
伸缩节连接螺栓力矩			母线外壳接地		

检查结论：

（该离相封闭母线经逐段封闭前、封闭后检查，施工质量符合规范要求；焊接质量见后附的“焊接质量验收报告”）

质检机构	验收意见	签　名
班　组		年　月　日
工　地		年　月　日
质检部		年　月　日
监　理		年　月　日

表 19-88　（　号机组）共箱封闭母线封闭检查签证

母线材质		母线规格		额定电压/kV	
额定电流/A		外壳材质		外壳规格	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	
检查项目		检查结果	检查项目		检查结果
箱体内部清洁			母线表面绝缘护套		
支撑绝缘子固定			支撑绝缘子表面		
绝缘子电气试验			电流互感器电气试验		
母线接触面			是否涂有电力复合脂		
母线连接螺栓方向			螺栓露出螺母/扣		
连接螺栓规格			螺栓连接力矩/N·m		
母线伸缩节连接			母线相间最低绝缘值/MΩ		
母线对地最低绝缘值/MΩ			外壳接地连接		

检查结论：

（该共箱封闭母线经逐段封闭前、后检查，施工质量符合规范要求）

质检机构	验收意见	签　名
班　组		年　月　日
工　地		年　月　日
质检部		年　月　日
监　理		年　月　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-89 （配电装置名称）kV 段高压配电装置母线（隐蔽）检查签证

母线材质		母线尺寸		额定电流/A	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	
检验项目		检验结果		备　注	
母线表面漆层或绝缘护套					
绝缘子是否完好并擦拭干净					
母线是否受额外应力					
母线金具是否构成闭合磁路					
母线与上部压板间隙/mm					
母线接头接触面是否平整					
母线接头是否涂有电力复合脂					
母线连接螺栓规格/mm					
抽检螺栓连接力矩值/N·m					
母线连接螺母是否均在维护侧					
螺杆露出螺母扣数					
母线伸缩节完好					

检查结论：

（经检查，上列检查项目施工质量符合规范要求）

质检机构	验收意见	签　名
班　组		年　月　日
工　地		年　月　日
质检部		年　月　日
监　理		年　月　日

表 19-90 （配电装置名称）V 段低压配电装置母线检查签证

母线材质		母线尺寸		额定电流/A	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	
检验项目		检验结果		备　注	
母线表面漆层或绝缘护套					
绝缘子是否完好并擦拭干净					
母线是否受额外应力					
母线金具是否形成闭合磁路					
母线与上部压板间隙/mm					
母线接头接触面是否平整					
母线接头是否涂有电力复合脂					
母线连接螺栓规格/mm					
抽检螺栓连接力矩值/N·m					
母线连接螺母是否均在维护侧					
螺杆露出螺母扣数					
母线伸缩节完好					

检查结论：

（经检查，上列检查项目施工质量符合规范要求）

质检机构	验收意见	签　名
班　组		年　月　日
工　地		年　月　日
质检部		年　月　日
监　理		年　月　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-91　蓄电池台架安装

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
水泥台架检查	表面耐酸瓷砖检查		完整、无破损	观察检查
	表面平整度		无高低不平现象	
	瓷砖间缝隙填料		耐酸材料，无漏缝、裂纹	
	外形尺寸		按设计规定	对照设计图检查
	台架水平误差		≤ ±5mm	拉线检查
厂制台架安装	外形尺寸		按制造厂规定	对照厂家图检查
	台架油漆		完整、无剥落	观察检查
	安装方式		按制造厂规定	
	台架固定	主要	牢固	扳动检查
	台架水平误差		≤ ±5mm	拉线检查

表 19-92　蓄电池安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
容器检查	外观检查			无损伤、裂纹	观察检查
	附件清点			齐全	
	正负极端柱的极性		主要	正确	
	槽盖密封			良好	
	容器表面清洁度			无尘土油污	
	电池连接条及紧固件			完好、齐全	
	透明密封容器内部检查	带电解液的液面	主要	在两液面线间	观察检查
		极板外形	主要	完好，无弯曲剥脱	
		容器内部清洁度		清洁，无杂物	
		极间橡胶隔板		齐全、完好	
		密度计、温度计检查			
容器安装	容器安装		主要	平稳，间距均匀	观察及用尺检查
	同一排、列蓄电池			高低一致，排列整齐	
	抗振设施（有抗振要求时）			按有关规定，牢固可靠	轻推手感
	温度计、密度计、液位计			位于易检查侧	观察检查
	连接条与端子连接		主要	正确、紧固，接触部位涂有电力复合脂	用扳手检查
	电池编号			齐全、清晰	观察检查
其他	电缆与蓄电池连接		主要	正确、紧固	扳手检查
	电缆引出线极性标志		主要	正确	观察检查
	电缆孔洞封堵			用耐酸材料密封	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-93 铅酸蓄电池电解液的配制

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
配制电解液	硫酸及蒸馏水检验		主要	按规程规定	检查出厂证件或化验报告
	电解液密度		主要	按制造厂规定	用密度计检查
	无厂家要求时电解液的密度（$T=25$℃时）		主要	（1.215±0.005）g/m^3	用温度计、密度计检查
注液条件	母线绝缘子台架及电池本体清洁度			无尘土、油污	观察检查
	电池组的绝缘		主要	≥0.5MΩ	用绝缘电阻表检查
	极板间绝缘		主要	无短路	观察检查
	充电设备试运行			按制造厂规定	查试运记录
	放电设备安装			完毕	观察检查
	室内暖通排水设施			正常	
	室内照明			完好	投照明检查
注液	待注电解液温度	通常	主要	≤30℃	酒精温度计
		室温＞30℃	主要	不高于室温	
	电解液面高度			接近上液面线	观察检查
	注酸完毕呼吸器注酸孔盖检查			拧紧，敞口式盖板齐全	扳、拧检查或观察

表 19-94 碱性蓄电池电解液的配制

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
配制电解液	KOH 及检验		主要	化学纯	出厂证件或化验报告
	电解液密度		主要	按制造厂规定	用密度计检查
	无厂家要求时电解液的密度（$T=25$℃时）		主要	（1.22±0.3）g/m^3	温度计、密度计
注液条件	配置电解液			加盖存放沉淀大于 6h	查施工记录
	充电设备试运行			按制造厂规定	查试运记录
	放电设备安装			完毕	检查
	室内暖通排水设施			正常	观察检查
	室内照明			完好	投照明检查
注液	待注电解液温度	通常	主要	≤30℃	酒精温度计
		室温＞30℃	主要	不高于室温	
	电解液面高度			在高低液面线范围内	观察检查
	注液完毕呼吸器注液孔盖检查			拧紧，敞口式盖板齐全	扳、拧检查或观察

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-95　铅酸蓄电池试运（充电、放电）

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
初充电	电解液注完后静止时间				3～5h	查充电记录
	注酸开始至初充电时间				<8h	
	充电过程中允许液温				<45℃	
	电流值	厂家无规定时	恒流充电/A	主要	不大于厂家规定最大值	电流表电压表检查
			恒压充电/V	主要	不大于厂家规定最大值，单体电池电压不大于 2.4V	
	每个阶段的初充电时间/h				按制造厂规定	
	初充电开始必须保证电源连续供电的时间				≥25h	查充电记录
初充电完成	充电容量			主要	达到厂家规定值	查充电记录
	恒流充电法	电池电压			连续 3h 不变	查充电记录
		电解液密度			连续 3h 不变，产生大量气泡	
	恒压充电法	充电电流			连续 10h 不变	
		电解液密度			连续 3h 不变（或按制造厂规定）	
	电池电压及密度			主要	按制造厂规定	用直流电压表和密度计检查
	再充电	电池电解液密度及液面			与初充电开始相同	查再充电记录
		再充电时间			30min	
首次放电检查	放电电流及时间				按制造厂规定	查放电记录
	无厂家规定时的放电电流				10h 放电率的电流	
	电池终止电压及密度			主要	按制造厂规定	用直流电压表和密度计检查
	不合格电池的电压与电池组平均电压的差值			主要	≤2%	查放电记录
	电压不合标准的电池数			主要	≤5%	查放电记录
	25℃时放电容量检查			主要	不小于 85% 额定电容量	
	极板外形检查				无弯曲、剥脱	观察检查
	放电完后至再充电搁置时间				≤10h	查充放电记录
总体检查	5 次充放电循环内放电容量（25℃时）				不小于 10h 放电率容量的 95%（或按制造厂规定）	按充放电记录计算
	充放电过程测试记录			主要	齐全、正确	查充放电记录
	充放电特性曲线绘制				正确	检查绘制的曲线
	特性曲线检查				与厂家特性曲线相似	核对曲线

表 19-96　镉镍碱性蓄电池试运（充电、放电）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
初充电	电解液注完后静止时间		1～4h	查充电记录
	注液开始至初充电时间/h		按制造厂规定	
	充电过程中允许液温		≥5℃；≤35℃	
	初充电的电流值/A	主要	按制造厂规定	用直流电流表检查
	初充电时间/h		按制造厂规定	查充电记录
	初充电开始必须保证电源连续供电的时间		≥25h	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
初充电完成	达到规定时间		主要	按制造厂规定	查充电记录
	单体电池电压				
充放电检查	5次充放电循环内容量检查	(20±5)℃时	主要	不小于额定容量	按放电记录计算
		<15℃时		按制造厂修正系数修正	
	按0.2C_5电流值放电时	单体电流电压	主要	按制造厂规定	
		>0.9V或<1.0V的电池数	主要	少于电池总数的5%	
	冲击负载放电	超高倍率单体电压		≥1.1V	查放电记录
		高倍率单体电压		≥1.05V	
	再充电		主要	与初次充电相同	检查充电记录
总体检查	充电结束后用蒸馏水或离子水调整液面位置			上液面线	观察检查
	充放电过程测试记录			齐全、正确	查充放电记录
	充放电特性曲线绘制			正确	检查绘制的曲线
	特性曲线检查			与厂家特性曲线相似	核对曲线

表19-97 （　　号机组）蓄电池组充放电的检查签证

电池型号		额定容量/A·h		额定电压/V	
电池特性		介质状态		电池个数	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

检查项目	检查结果	检查项目	检查结果
蓄电池室内环境		蓄电池室内防腐	
蓄电池室内通风		蓄电池室照明	
应急安全设施		蓄电池室孔洞封堵	
蓄电池组外观		蓄电池组编号	
连接端子间有未涂电力复合脂		连接螺栓规格	
螺栓紧固力矩值/（N·m）		电池组相色标志	
电池组对地绝缘/MΩ		极板有无弯曲变形	
初次充电电压/V		初次充电电流/A	
充电结束电池组电压/V		充电结束电解液密度	
电池组放电电流/A		放电终止单瓶最低电压/V	
电池组放电时间/h		电池组放电容量/A·h	
充放电结束电解液密度		充放电结束电解液液面	

检查结论：

（本蓄电池组于　　年　　月　　日，充放电结束。放电容量为　　A·h，达到额定容量的　　%。现蓄电池组已投入浮充电运行。）

质检机构	验收意见	签　名
工　地		年　月　日
质检部		年　月　日
监　理		年　月　日
建设单位		年　月　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-98　（配电装置名称）　kV　段厂用高压配电装置带电试运签证

电源开关型式		电源开关额定电流/A		盘柜量	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

带电前设备及系统检查

检查项目	检查结果	检查项目	检查结果
盘前后标识		盘柜内部清洁	
整列盘两点接地位置		盘柜内设备接地	
盘内电缆牌		二次回路接线标志	
二次回路绝缘值/MΩ		测量仪表使用有效期	
盘柜内照明装置		开关推拉及机械闭锁	
一次设备电气试验		保护整定	
操作及传动试验		开关分、合闸指示	
电源相位		测量仪表指示	
盘内所有孔洞封堵		室内消防设施	

带电后运行状态检查

检查项目	检查结果	检查项目	检查结果
设备是否有异常音响		保护投入率	
表计及信号指示		保护动作情况	

带电试运结论：

（本　kV　段厂用配电装置于　年　月　日　时～　年　月　日　时，带电试运行　h，设备及控制、保护、信号等系统工作正常）

质检机构	验收意见	签　名
工　地		年　月　日
质　检　部		年　月　日
监　理		年　月　日
建设单位		年　月　日

表 19-99　×××kV 配电装置带电试运签证

电源进线间隔名称		电源开关额定电流/A		母线型式	
带电范围					

带电前设备及系统检查

检查项目	检查结果	检查项目	检查结果
设备间隔标识		构架防雷接地	
盘柜及设备接地		电缆沟有无积水	
沟盖板是否齐全、平整		盘柜内部清洁、密封	
盘内电缆牌		盘柜内电缆孔洞防火封堵	
二次回路接线标志		抽查 10% 二次接线，应牢固	
二次回路绝缘值/MΩ		测量仪表指示	
一次设备电气试验		操作及传动试验	
开关分、合闸指示		保护整定	
电源相位			

带电后运行状态检查

检查项目	检查结果	检查项目	检查结果
设备是否有异常音响		保护投入率	
表计及信号指示		保护动作情况	

带电试运结论：

（本×××kV 配电装置于　年　月　日　时　分～　年　月　日　时　分，带电试运行　h，设备及控制、保护、信号等系统工作正常）

质检单位	验收意见	签　名
工　地		年　月　日
质　检　部		年　月　日
监　理		年　月　日
建设单位		年　月　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-100 （配电装置名称） V 段厂用低压配电装置带电试运签证

电源开关型式		电源开关额定电流/A		盘柜量	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

带电前设备及系统检查

检查项目	检查结果	检查项目	检查结果
盘前后标识		盘柜内清洁	
整列盘两点接地位置		盘内设备接地	
盘内电缆牌		二次回路接线标志	
二次回路绝缘值/MΩ		测量仪表使用有效期	
盘柜内照明装置		开关推拉及机械闭锁	
一次设备电气试验		保护整定	
操作及传动试验		开关分、合闸指示	
电源相位		测量仪表指示	
盘内所有孔洞封堵		室内消防设施	

带电后运行状态检查

检查项目	检查结果	检查项目	检查结果
设备是否有异常音响		保护投入率	
表计及信号指示		保护动作情况	

带电试运结论：

（本 V 段厂用低压配电装置于 年 月 日 时～ 年 月 日 时，带电试运行 h，设备及控制、保护、信号等系统工作正常）

质检机构	验收意见	签 名
工 地		年 月 日
质 检 部		年 月 日
监 理		年 月 日
建设单位		年 月 日

六、变电所通信系统质量监控要点及标准

1. 安装质量监控要点

变电所，特别是110kV以上的变电所通信系统的设备、部件、线缆、电源装置、载波设备、微波天线、高频电缆、音频电缆、光缆、同轴电缆等装置与民用通信系统有着很大的不同，质量标准要求很高，也是安装工程中质量监控的重点。为了确保电力系统通信的畅通和安全，质量监督人员及安装企业要高度重视。这里将质量监控要点列出，供质量监督人员和安装人员参考。

（1）室内通信设备

1）500kV变电站一般采用单独的通信室，地面宜采用抗静电阻燃材料活动地板、水磨石地面或不产生尘埃和静电的材料，屏柜的安装支架支撑后与预埋件焊接牢固，支架应高于地面1cm，支架接地满足规范要求，如图19-1所示。220kV变电站一般将通信屏安装在继电保护室内，与预埋槽钢进行螺栓连接。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）检查屏柜安装基础槽钢的尺寸偏差满足规范要求，不直度和水平度均 < 1mm/m，全长 < 5mm。根据设计屏位布置图进行光端机、光配架、音频配线架、数字配线架、载波机、微波设备、电源屏等屏柜安装。

3）利用螺栓将屏柜和预埋槽钢牢固连接，其垂直和水平偏差应满足规范要求。垂直度 < 1.5mm；盘间接缝 < 2mm；对水平偏差：相邻屏 < 2mm、成列 < 5mm；对盘面偏差：相邻屏 < 1mm、成列 < 5mm。

图 19-1　屏柜支架及电缆支架

4）屏柜安装结束，将各屏柜内的设备进行检查、安装。按照各屏柜的设备布置图安装子架、插件、网管等，插件安装位置正确、接触良好、排列整齐。

（2）户外通信设备

1）载波设备安装。耦合电容器、阻波器、结合设备、接地开关均属于载波通信系统的一次设备。各设备的型号和参数符合设计要求，瓷件、外观检查良好。设备间的连接正确。耦合电容器至接地开关、接地开关至结合设备的连接线必须采用截面不小于 $16mm^2$ 的铜导体。

2）微波天线与底架安装位置正确、安装牢固；天线的方位角、俯仰角调整符合设计要求，拼装式的天线，要求接缝平齐、均匀；天线的防尘罩安装牢固；天线的焦距正确，接收场强的调制符合设计要求；天线的馈源各部件安装正确、接触良好。

3）室外电话机安装牢固，平整美观。电话机具有防潮、防水性能的可以直接安装在室外，否则应安装在具有防潮、防水性能的端子箱等设备内，如图 19-2 所示。

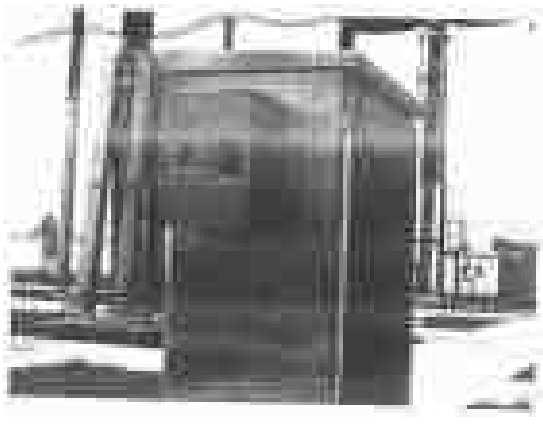


图 19-2　户外电话机

（3）通信电缆

1）在通信室内使用的宜采用无铠装的屏蔽电缆，在通信室外使用的可以采用带铠装的通信电缆，也可以采用不带铠装的通信电缆。站内的光缆不应有金属护套。

2）高频电缆、音频电缆、光缆等通信用电缆在变电站内一般沿电缆沟敷设。电缆沟至设备之间采用金属保护管进行保护。

3）在电缆沟内敷设的无铠装的通信电缆和光缆应采用非金属保护管进行保护，以免损伤。

4）电缆的敷设应平直、整齐、美观，尽量避免交叉，电缆或非金属保护管应固定牢固。

5）微波馈线的敷设应平直、整齐、美观，无扭曲、裂纹。馈线的固定位置、固定间距及弯曲半径应符合规范要求。馈线的连接符合规范要求。

6）高频电缆两端的金属编织层分别与载波机和结合滤波器的接地回路端子相连接，并应接地。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7）通信电缆敷设时应尽可能远离电力电缆，形成独立的敷设通道。

8）光缆在光配架、门型构架的接续盒内的熔接可靠，光缆固定牢固。光缆终端的芯线应放置在光纤盒内或用软质的保护管引入光纤盒。光纤应顺直，无扭绞现象，如图 19-3 所示。

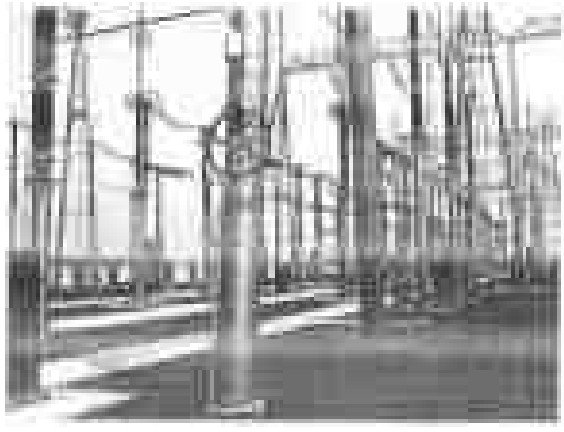


图 19-3　光缆接续、固定、敷设

9）音频电缆在音频配线架上利用专用工具按照规定的颜色顺序接入，接线可靠。其芯线和屏内跳线均绑扎整齐，走向符合要求，松紧适度。音频接口的保护器接触良好。音频电缆在设备侧接线应通过端子或专用的转接盒进行转接，然后接入电话机或保护设备等。

10）同轴电缆与电缆插头的焊接牢固、接触良好，插头的配件装配正确牢固。剥开的长度与插头相适合，剥开处采用热缩管进行保护。

11）通信设备内的其余二次电缆、通信线、屏内跳线等安装牢固、整齐美观，符合接线工艺要求，如图 19-4 所示。

图 19-4　屏内接线

（4）通信电源系统

1）通信电源系统到货设备的配置应符合设计及规范要求，包括交流电源、高频开关、监控模块、蓄电池等。

2）蓄电池的机架安装牢固、蓄电池排列整齐、安装牢固，蓄电池应有编号。

3）蓄电池的安全阀完好，蓄电池之间的连接排安装牢固、连接线的搭接面涂电力脂，螺栓的紧固力矩符合说明书或规范的要求。

4）免维护蓄电池的放电容量不低于额定容量的 95% 或不低于厂家的要求。

5）通信系统直流电源的正极在电源侧和通信设备侧均应接地，负极在电源侧、通信设备侧应接压敏电阻。

6）每个通信设备的电源应相对独立，应设独立的开关和熔丝，严禁多机共用。

（5）通信系统防雷接地

1）在通信机房的屏位下应敷设专用的环形接地网，并与变电站的主接地网有不少于两点的可靠连接。接地网一般采用不小于 $90mm^2$ 的铜排或 $120mm^2$ 的扁钢，如图 19-5 所示。

2）微波塔的接地网应围绕塔基做成闭合的环形接地网，并与电站主接地网不少于两点的可靠连接，材料的规格、埋深、搭接、焊接工艺等符合设计和规范的要求。

3）接地母线的焊接处应进行防腐处理。施工结束后应进行接地电阻的测量，测量方法满足规范要求，接地电阻值符合设计或规范的要求。

4）电缆的屏蔽层应两端接地。对于铠装电缆，在进入机房前，应将铠带和屏蔽同时接地。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）通信设备的金属机架、屏柜的金属骨架、电缆的金属护套等保护接地应统一接在柜内的接地母线上，并必须用独立的接地线接在机房内的环形接地母线上，严禁串接接地。保护接地也不允许接在交流供电回路的零线上。

6）引入通信机房的金属管道必须在室外直埋10m以上，埋深应大于0.6m，并在入口处接入接地网。

7）通信设备直流电源的正极在电源侧和通信设备侧均应直接接地，在电源屏侧接地时采用不低于25mm^{2}的铜绞线，在负载侧接地时采用不低于2.5mm^{2}的接地线，如图19-6所示。

图19-5　专用的环形接地网

图19-6　直流电源的正极接地

8）引入机房的音频电缆的备用芯应在配线架上接地。

（6）通信系统测试

所内通信、调度通信测试正常；光纤、载波、微波设备单体测试正常；通道工作正常；对调试验正确。

（7）质量验收

1）施工图样和设计变更；安装记录；通信装置的单体调试和整体调试记录；接地网试验报告等。

2）屏柜及屏柜门安装牢固、接地可靠；室内试验接地端子标识清晰；防雷接地措施符合规范要求；接线符合设计及规范要求、接线工艺美观、标识清晰；通信电源工作正常，符合设计及规范要求；蓄电池容量满足要求；通信设备工作正常，所内通信、系统通信、保护及监控用通道工作正常，衰耗满足规范要求。

网络接线、光纤连接、通信调度台示例如图19-7～图19-9所示。

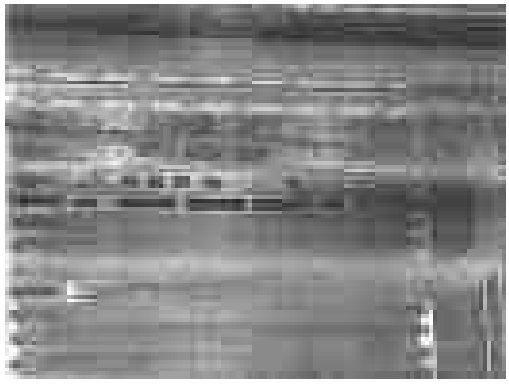


图19-7　网络接线示例

（8）主要引用标准

《电气装置安装工程　盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171—2012

《电气装置安装工程　质量检验及评定规程》DL/T 5161.1～5161.17—2002

2. 质量标准及检验方法

变电所通信系统安装质量标准及检验方法见表19-101～表19-109。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

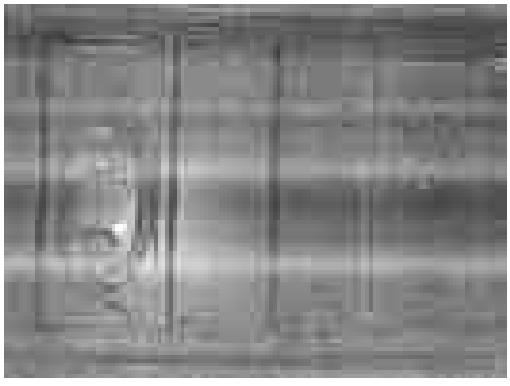


图 19-8 光纤连接示例

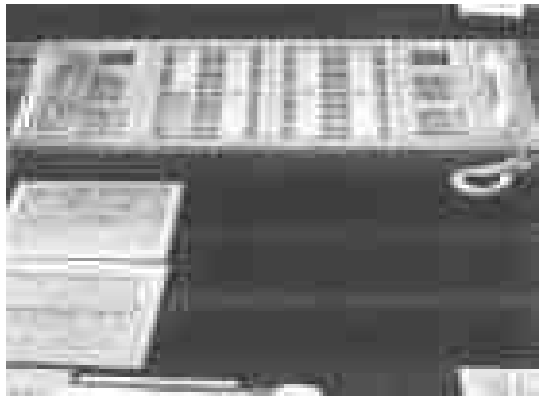


图 19-9 通信调度台

表 19-101 通信系统一次设备安装质量检验

工序	检验指标	性质	质量标准			检验方法及器具
			A	B	C	
耦合电容器	型号		符合设计			对比检查
	出厂编号					检查、记录
	外观检查	主要	无损伤			查看
	密封检查	主要	无渗漏			查看
	法兰螺栓连接	主要	紧固			用扳手检查
	电容三相差值与平均值之比	主要	≤5%			对比检查
	引线连接		良好			用扳手检查
	接地		良好			用扳手检查
阻波器	型号		符合设计			对比检查
	出厂编号					检查、记录
	外观检查		无损伤			查看
	水平度检查		基本一致			对比检查
	支柱绝缘子外观	主要	完好、受力均匀			查看
	内部电容器、避雷器	主要	接触良好 固定牢靠			查看
	引线下连接		接触良好 固定牢靠			用扳手检查
结合滤波器	型号		符合设计			对比检查
	出厂编号					检查、记录
	外观检查		无损伤			查看
	安装固定		牢固、端正			查看
	设备连接		接触良好 固定牢靠			用扳手检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-102　微波天线安装质量检验

工序	检验指标	性质	质量标准	检验方法及器具
天线安装	座架安装		位置正确，安装牢固	用扳手检查
	天线与座架连接	主要	固定牢固，不相对摆动	扳动检查
天线调整	天线方位角、俯仰角调整	主要	符合设计	测试
	拼装式天线主反射面组装		接缝平齐、均匀	观察
	喇叭辐射器防尘罩		粘合牢固	观察
	主反射面保护罩		安装正确，受力均匀	观察
	天线馈源的极化方向	主要	符合设计	测试
其他	天线馈源和波导接口		符合馈线走向要求	观察
	天线馈源安装		加固合理，不受外力	观察
	天线馈源各部件连接面		清洁、接触良好	观察
	天线焦距	主要	正确	测试
	天线接收场强调测	主要	符合设计	测试

表 19-103　微波馈线安装质量检验

工序	检验指标		性质	质量标准	检验方法及器具
馈线敷设	馈线检查			平直无扭曲、裂纹	观察
	馈线敷设			整齐美观、无交叉	观察
	馈线加固受力点位置			在波导法兰盘上	观察
	馈线加固间距	矩形硬波导馈线		2m	观察
		圆硬波导馈线		3m	观察
		椭圆软波导馈线		1～1.5m	观察
	馈线弯曲半径和扭转检查		主要	符合规定	观察
馈线连接	可调波导节	长度误差		≤2mm	用尺检查
		焊接检查	主要	垂直、平整牢固、焊锡均匀	观察
	馈线气闭试验		主要	≤20kPa，气压试验24h 后压力 >5kPa	测试
	射频同轴电缆的裁截、剖头、翻边检查			符合规定	观察
	馈线接地检查			符合规定	观察

表 19-104　载波机、光端、微波设备安装质量检验

工序	检验指标	性质	质量标准	检验方法及器具
机架安装	垂直误差		≤3mm	测量
	机架间隙		≤3mm	用尺检查
	机架固定		牢靠	扳动检查
	光纤分配架上法兰盘安装		牢固，方向一致	观察
子架安装	子架面板布置		符合设计	对比检查
	子架安装		位置正确、排列整齐	观察
	插接件检查	主要	接触良好	观察
	网管设备安装		符合设计	对比检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验指标	性质	质量标准	检验方法及器具
光纤连接	光纤连接线弯曲半径	主要	≤40mm	观察
	光纤编扎布线 kPa		顺直，无扭绞	观察
	光纤绑扎		扎带不宜扎得过紧	观察
数字配线架跳线			整齐，绑扎松紧适度	观察
保护音频接口安装			接触良好	观察
电缆成端和保护	同轴电缆各层开剥尺寸		与电缆插头相适合	观察
	芯线焊接	主要	端正、牢固	观察
	同轴电缆插头组装		配件齐全，装配牢固	观察
	屏蔽线端头处理		剖头长度一致，接触良好	观察
	剖头热缩处理		热缩套管长度适中，热缩均匀	观察

表 19-105　程控交换机安装质量检验

工序	检验指标	性质	质量标准	检验方法及器具
机架设备	机架型号核查		符合设计	对比检查
	机架垂直误差		≤3mm	测量
	机架检查		外形完好、部件齐全	观察
	机架安装		固定牢靠	观察
	机台安装		位置正确、整齐	观察
	终端设备安装	主要	完整，标志齐全、正确	对比检查
总配线架安装	总配线架安装		与成端电缆上线槽对应，固定牢靠	观察
	配线架接线板安装		位置符合设计，标志齐全	观察
电缆布放	插接架间电缆布放		布放正确，工艺美观	观察
	音频电缆，电源线	主要	布放正确	对比检查
	电缆槽道		横平竖直	观察
环境检查	室温℃		18～26	测试
	湿度		20%～80%	测试
	其他设施		齐全	核对检查
	灭火消防器材	主要	齐全、完好	检查

表 19-106　通信系统免维护（镉镍）蓄电池安装质量检验

工序	检验指标	性质	质量标准	检验方法及器具
盘柜安装	屏（台）垂直度误差	主要	≤1.5mm/1000h	用尺检查
	成列盘顶水平误差		≤3mm	用尺检查
	成列盘间盘面误差		≤2mm	用尺检查
	盘间接缝间隙检查值		≤2mm	用尺检查
	盘面检查	主要	平整、无脱漆锈蚀	观察

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验指标	性质	质量标准	检验方法及器具
蓄电池组安装检查	蓄电池组型号规格	主要	符合设计	对照检查
	蓄电池外观检查		清洁、无渗漏	观察
	安全阀检查		完好、无脱落	观察
	槽钢固定		牢固	扳手检查
	底层电池安装		极性连接正确	观察
	顶层电池安装		极性连接正确	观察
	正负极螺栓连接	主要	紧固、接触良好	观察
	导电连接面处理		涂电力复合脂	观察
	引出线相色		正—赭色，负—蓝色	观察
	电瓶编号		正确、字迹工整	观察

表 19-107　通信蓄电池组充放电质量验收签证

电池型号		额定容量/A·h		额定电压/V	
电池特性		介质状态		电池个数	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

检查项目	检查结果	检查项目	检查结果
蓄电池室（柜）内环境		蓄电池室照明	
蓄电池组外观		蓄电池组编号	
连接端子间有未涂电力复合脂		电池组对地绝缘/MΩ	
初次充电前单瓶最低电压/V		初充终止单瓶最低电压/V	
电池组放电电流/A		电池组放电时间/h	
放电终止单瓶最低电压/V		电池组充放电次数	
电池组放电容量/A·h		放电容量是额定容量的倍数	
充放电结束电解液密度		充放电结束电解液液面	

检查结论：

（本蓄电池组于　　年　　月　　日，充放电结束。放电容量为　　A·h，达到额定容量的　　%。现蓄电池组已投入浮充电运行）

质检机构	验　收　意　见	签　　名
施　工　队		年　　月　　日
项　目　部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 19-108 通信站（系统）防雷接地施工质量检验

工序	检 验 指 标	性质	质 量 标 准	检验方法及器具
防雷接地	避雷针与引下线连接	主要	牢靠，接触良好	观察
	引下线与均压带连接	主要	牢靠，接触良好	观察
	通信站接地母线规格		符合设计	观察
	接地电阻测量方法	主要	符合规范	按 DL/T 548—2012 规定测量
	接地电阻值	主要	设计规定值	
	接地母线防腐措施		镀锌，焊后防腐处理	观察
工作及保护接地	机房接地母线与接地网连接点数	主要	2 点	观察
	负直流电源正极电源侧接地	主要	直接接地	观察
	负直流电源正极通信设备侧接地	主要	直接接地	观察
	机房直流馈电线屏蔽层	主要	直接接地	观察
	电缆屏蔽层	主要	两端接地	观察
	铠装电缆进入机房前铠装与屏蔽	主要	同时接地	观察
	交换机、调度总机金属机架	主要	接地良好	观察
	总配线架、保安配线箱	主要	接地良好	观察
	通信用交直流屏及整流器金属架	主要	接地良好	观察
	各台设备与接地母线	主要	单独直接连接	观察
	微波站接地母线与接地网	主要	就近单独连接	观察
	通信站接地母线与接地网	主要	就近单独连接	观察
	音频电缆备用线	主要	在配线架上接地	观察

表 19-109 通信系统整体施工质量验收签证

端机型号		规 格		容 量	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

检验项目	检查结果
光缆施工工艺	
光缆光主要传输特性	
铜导线电特性	
光缆护层对地绝缘	
光缆接地电阻	
孔洞封堵	
传输设备机架安装	
配线架安装	
布线检查	
光端机测试	
中继器测试复用电端机测试	
系统连通测试	
通信系统接地	

注：检验结果复合设计或规范要求时，可在检查结果栏内打“✓”

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

端机型号		规　　格		容　　量	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

验收结论：

质检机构	验　收　意　见	签　　名
施工队		年　　月　　日
项目部		年　　月　　日
监　理		年　　月　　日

七、变电所计算机监控装置质量监控要点

变电所，特别是35kV以上变电所继电保护及运行监控系统均装设了计算机监控装置。变电所计算机继电保护及运行监控装置是专门为变配电系统设计的系统，主要设备有主机、工程师站、接口装置、远动工作站、计算机网络通信设备、GPS卫星对时系统及连接的阻燃型屏蔽电缆、铜芯屏蔽双绞线、光缆等。在安装接线要求较高，质量监督人员及安装人员要高度重视，以满足变配电所继保及监控的需要。

（1）间隔层、站控层设备

1）检查屏柜安装基础槽钢的尺寸偏差满足规范要求，不直度和水平度均<1mm/m，不平行度全长<5mm。根据设计屏位布置图进行间隔层和站控层的屏柜安装。

2）利用螺栓将屏柜和预埋槽钢牢固连接，其垂直和水平偏差应满足规范要求。垂直度<1.5mm；盘间接缝<2mm；对水平偏差：相邻屏<2mm、成列<5mm；对盘面偏差：相邻屏<1mm、成列<5mm。

3）计算机监控系统间隔层设备宜与保护装置放置在相同的继电器室内，设备的布置顺序应与一次设备的布置相对应。

4）计算机监控系统站控层设备应集中布置于主控制室及相毗邻的计算机室（继电器室）内。主机、工程师站、公共接口装置、远动工作站、计算机网络通信设备、GPS卫星对时系统等宜放置于计算机室内，操作员站、微机防误工作站等应放置于主控制室内。

5）主控制室和计算机室的地面宜采用不产生尘埃和静电的材料，可采用抗静电阻燃材料活动地板或水磨石地面，以满足计算机设备所规定的空气清洁度要求；在站控设备安装前主控室的地面应施工完毕。

6）安装间隔层和站控层设备的继电器室、计算机室、主控制室等建筑物应具备防尘、防潮、防噪声、防强电磁干扰和静电干扰的措施，并符合防火标准要求。在施工前应采取防尘、防潮的措施。

7）布置在主控制室内控制台上的操作员站、微机防误工作站等应和视屏监控系统、调度台等相互协调布置、放置整齐。控制台的走线孔洞必须根据各设备的布置进行合理预留。

8）站控设备（一般布置在配电装置外）和布置在配电装置外的间隔层设备，设计一般不考虑采取抗干扰的措施；间隔层设备若布置在配电装置内时，应检查屏蔽措施是否符合设计要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）间隔层、站控层屏柜电缆接线

1）根据电缆清册、设计图样及设计变更等资料进行电缆敷设和接线。

2）根据施工图进行二次接线，二次接线应符合接线规范要求，电缆的固定要牢固，二次线排列整齐、垂直或水平的有规律布置，不得任意交叉。

3）电缆的屏蔽层应可靠接地。电缆及芯线的标识清晰。

（3）间隔层、站控层设备的连接（见图 19-10）。

1）根据监控系统的网络结构图进行间隔层、站控层设备间弱点回路及通信回路的连接。

2）500kV 变电站站控层宜采用双重化网络，热备用方式运行，间隔层可采用单网；220kV 变电站可采用单网。施工前根据设计和技术协议进行确认。

3）站控层、间隔层设备的物理连接应符合设计和技术协议的要求，一般采用光纤或铜芯屏蔽双绞线，间隔层的网络结构可采用总线型、环形、星形；站控层一般采用以太网。站控层与间隔层的物理连接一般采用星形。

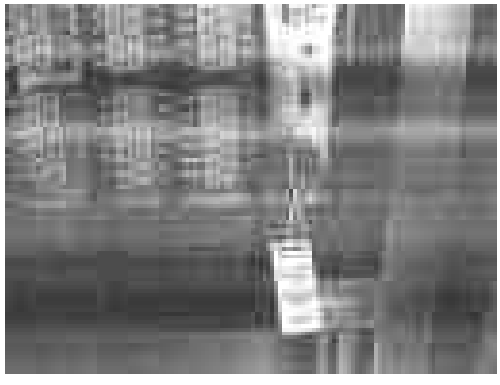


图 19-10　光纤连接

4）与计算机监控系统连接的各类智能设备、保护通信接口装置等均按照设计和技术协议的要求采用光纤、铜芯屏蔽双绞线或同轴电缆进行连接。

5）计算机监控系统采用的铜芯屏蔽线宜为专用的阻燃型计算机屏蔽电缆，电缆屏蔽层的型式宜为铜带屏蔽。接线时将屏蔽层可靠接地。

6）计算机监控系统采用的光缆，其芯数应满足监控系统通信要求，并留有备用芯，传输速率应满足监控系统实时性要求。光缆应在电缆沟或电缆层内留有一定的裕度，光缆熔接可靠，绑扎牢固，熔接后应进行衰耗测试，符合规范要求。

7）采用铜芯屏蔽双绞线作为物理连接。一般均在户内、短距离的情况下使用，敷设时应放置在同一层电缆层架上的同一位置，并且应编排整齐后绑扎在一起。若在户外敷设时，必要时应在电缆沟内进行穿管敷设。

8）采用光纤作为物理连接：在户内敷设时，可采用无铠装的光缆或光纤；采用光纤时，必须采取穿管或专用封闭桥架等有效的防损伤保护措施。户外敷设时宜采用带铠装的光缆，当采用无铠装护层的光缆时，也应采用有效的防损伤保护措施，必要时应在电缆沟内进行穿管敷设，参见图 19-11。

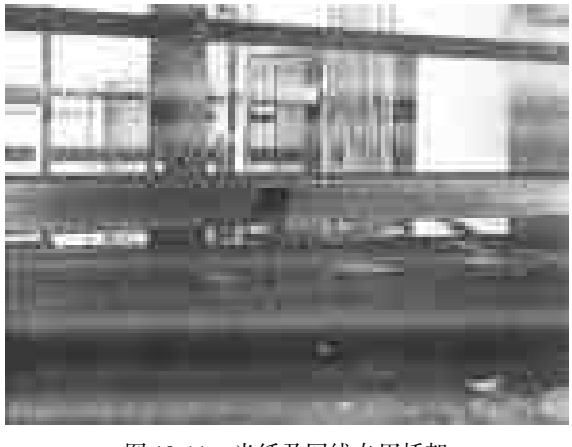


图 19-11　光纤及网线专用桥架

9）GPS 天线安装在建筑物的屋顶，放置的位置要求不间断的接收信号，不宜放置在屋顶的某个角落里，其底座安

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

装固定牢固，其线缆进入建筑物应有护管固定，通过电缆支架穿入屏柜，其线缆的绑扎要求牢固美观。

10）与主控制室内控制台上的操作员站、微机防误工作站等（包括视屏监控系统、调度台）相连接的线缆，在活动地板下敷设时应设置一个统一的路径，排列整齐，绑扎牢固，可以沿地面敷设，也可以利用桥架进行敷设。在相对应的预留走线孔洞处进行分别绑扎后引入控制台，绑扎整齐、不应交叉。控制台内尾线应规范整齐。

（4）电源系统

1）计算机监控系统的电源应安全可靠，站控层设备宜采用交流不停电电源（UPS）供电；间隔层设备宜由所用直流系统供电，与保护等设备公用一套直流系统；计算机监控系统的任何设备不得采用普通的交流电源。

2）站控层采用的交流不停电电源一般为单独的一套 UPS 电源系统，UPS 系统宜冗余设置，一般设置在计算机室内。

3）UPS 系统中的主机、电源分配屏等组屏合理，便于运行监视和检修维护。屏柜放置位置要求通风良好，屏柜内的排风扇动作可靠，运行良好。

4）UPS 正常运行时，由所用电系统供电。当输入电源故障消失或整流器故障时，宜由变电站蓄电池组（单独蓄电池组或直流系统的直流电源）经逆变供电。

5）UPS 交流供电、直流供电方式的切换动作可靠，切换时间小于技术协议的要求（一般小于 4ms），UPS 采用的蓄电池组电压、容量应满足技术协议和规范要求，蓄电池之间连接可靠。因现场不宜进行充放电，厂家应提供合格的蓄电池充放电试验记录。

6）UPS 电源故障、告警、逆变器故障等报警信号应接入计算机监控系统，并且动作正确。

（5）监控系统防雷接地装置

1）计算机监控系统的电源输入、信号输入、网络设备连接运动通道等应具备防止雷击感应等过电压的措施，并符合设计和厂家的资料的要求。

2）放置站控层设备的主控室和放置间隔层设备的继电小室应设置环绕机柜的接地母线，与室外的主接地网有不少于 4 点的可靠连接。

3）计算机监控系统不设置独立的接地网，监控系统的所有屏柜等设备的金属外壳应可靠与主接地网进行连接。

4）计算机监控系统内的逻辑、信号、屏蔽接地均应接至柜内的接地铜排，再用绝缘铜绞线或电缆接至总接地铜排，然后与主接地网可靠连接。

（6）监控系统测试

监控系统的测试应按照设计图纸、技术协议及有关规程进行。主要包括数据库的建立和维护、数据的采集和处理、就地和集中控制操作、防误操作功能的试验、电压和无功的调节和控制、同期试验、时钟同步功能的调试、画面的生成和显示、电能量的采集、远动功能测试等。

（7）质量验收

1）施工图样和设计变更；安装记录；间隔层装置、GPS 系统、UPS 系统、监控系统测试记录等。

2）屏柜安装牢固、接地可靠；二次接线符合设计及规范要求；接线工艺美观、标识清晰；网络通信设备、公用接口设备及保护接口设备的连接符合设计要求、连接可靠、标识清

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

晰；GPS 天线安装位置正确、固定牢固，线缆布置美观；UPS 系统的监控系统的防雷接地系统符合规范要求；监控系统的功能测试符合规范及技术协议的要求。

工程师工作站、测控柜、监控工作台示例如图 19-12 ~ 图 19-14 所示。

图 19-12　工程师工作站

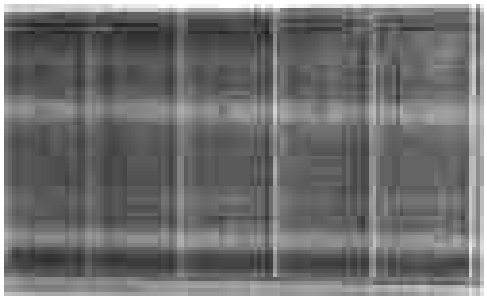


图 19-13　测控柜示例

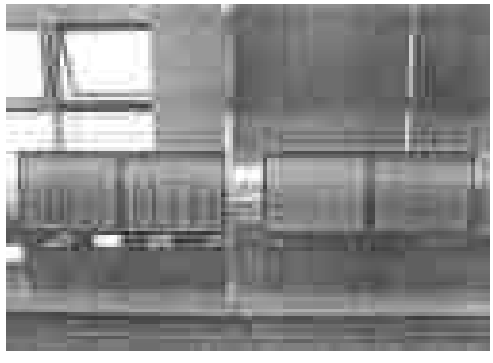


图 19-14　监控工作台

（8）主要引用标准

《电气装置安装工程　盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171—2012

《电气装置安装工程　质量检验及评定规程》DL/T 5161. 1 ~ 5161. 17—2002

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第二十章　特殊环境电气工程及装置监督管理

特殊环境是指爆炸危险环境、火灾危险环境、防水防尘防腐场所、静电及超静电等非正常工作条件的场所。这些场所的电气工程从设备、材料到安装方法、标准规范以及设计等方面都有特殊的要求，其中最主要的一条就是电气管线、电气设备、开关元件、电源装置等电气系统是一个封闭的系统，这个系统与外界场所是隔离的。这样当外界具备了发生危险的条件时（如空间一氧化碳等可燃可爆性气体的浓度达到了爆炸程度、粉尘浓度达到了发生火灾或爆炸的程度等）不至于由于电气火花而发生事故。因此，特殊环境电气工程的安装质量非常重要，任何人不得粗制滥造，更不得粗心大意。

一、总体要求

特殊环境是非一般的环境，必须遵守国家关于特殊环境电气装置安装工程的施工及验收规范，才能保证该环境用电的安全。

1）所有电气设备、装置、元件、材料必须使用设计指定的防爆、隔爆、防尘产品，生产厂商必须具有相应的生产许可证。

2）电气管路与设备、元件的连接必须保证是一个封闭且密封的系统，在送电试验前应做气密试验。

3）严格遵守第十三～十九章相关电气装置安装调试的质量标准及检验方法，不得擅自更改。

4）必须按 GB 50257—1996《电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范》的规定施工，不得简化省略。此外，与此关联的其他相关标准主要标准有：GB 50168—2006、GB 50169—2006、GB 50170—2006、GB 50171—2012、GB 50254—1996、GB 50058—1992、GB 50303—2011、GB 50150—2006、GB 50147—2010、GB 50148—2010、GB 50149—2010 等。

二、防爆电气设备安装质量要求

1. 标准要求

1）防爆电气设备的类型、级别、组别、环境条件及防爆标志等，应与设计相符，并与实际安装地点的环境条件相适应，设备选择见表 20-1。

2）防爆电气设备应有“EX”防爆标志和标明防爆电气设备的类型、级别、组别的标志的铭牌，并在铭牌上注明国家指定的检验单位发给的防爆合格证号。

3）防爆电气设备一般应安装在金属制作的构架上，构架应牢固，有振动的电气设备的固定螺栓应有防松装置。

4）防爆电气设备接线盒内部接线紧固后，裸露带电部分之间及与金属外壳之间的电气间隙及爬电距离，不应小于表 20-2 和表 20-3 的规定。

5）防爆电气设备的进线口与电缆、导线能可靠地接线和密封，多余的进线口其弹性密封垫和金属垫片应齐全，并应将压紧螺母拧紧使进线口密封。金属垫片的厚度不得小于 2mm。

6）防爆电气设备外壳表面的最高温度（包括增安型和无火花型设备内部），不应超过

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 20-4 的规定。

7）塑料制成的透明件或其他部件，不得采用熔剂擦洗，应采用家用洗涤剂擦洗。

8）事故排风机的按钮，应单独安装在便于操作的位置，且应有特殊标志。

9）设备及灯具的种类、型号、功率，应符合设计和产品技术条件的要求，不得随意变更；螺旋灯泡应拧紧，不得松动；灯具外罩应齐全，螺钉应紧固。

10）防爆电气设备的安装质量除应按本节中讲述的特殊要求进行外，还应按常规电气设备要求进行安装前的测试和试验，进行安装后的调整及试验，如电动机的绝缘电阻、直流电阻、耐压试验、泄漏电流、绕组极性、空载电流及空载转动等；变压器的绕组直流电阻，绝缘电阻、分接头、极性、吸收比或极化指数；tanδ、泄漏电流、耐压试验、绝缘油试验、相位、冲击合闸、噪声测量等；电缆的绝缘电阻、耐压试验、泄漏电流、相位等；回路的绝缘电阻、交流耐压试验；架空线路的绝缘电阻、相位和冲击合闸试验；低压电器的绝缘电阻、动作值校验整定、接触电阻、耐压试验等。

表 20-1 爆炸危险环境电气设备选择表

电气设备种类	旋转电机						
爆炸危险区域 / 防爆结构 / 电气设备	1 区			2 区			
	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	无火花型② n
笼型异步电动机	○	○	△	○	○	○	○
绕线转子异步电动机①	△	△		○	○	○	×
同步电动机①	○	○	×	○	○	○	
直流电动机	△	△		○	○		
电磁转差离合器（无电刷）	○	△	×	○	○	○	△

电气设备种类	低压变压器						
爆炸危险区域 / 防爆结构 / 电气设备	1 区			2 区			
	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	充油型 o
变压器（包括起动用）	△	△	×	○	○	○	○
电抗线圈（包括起动用）	△	△	×	○	○	○	○
仪表用互感器	△		×	○		○	○

电气设备种类	低压开关和控制器										
爆炸危险区域 / 防爆结构 / 电气设备	0 区	1 区					2 区⑤				
	本质安全型 ia	本质安全型 ia，ib	隔爆型 d	正压型 p	充油型 o	增安型 e	本质安全型 ia，ib	隔爆型 d	正压型 p	充油型 o	增安型 e
刀开关、断路器			○					○			
熔断器			△					○			
控制开关及按钮	○	○	○		○		○	○		○	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

电气设备种类	低压开关和控制器										
爆炸危险区域 / 防爆结构 / 电气设备	0区	1区					2区⑤				
	本质安全型 ia	本质安全型 ia，ib	隔爆型 d	正压型 p	充油型 o	增安型 e	本质安全型 ia，ib	隔爆型 d	正压型 p	充油型 o	增安型 e
电抗起动器和起动补偿器③			△				○				○
起动用金属电阻器			△	△		×		○	○		○
电磁阀用电磁铁			○			×		○			○
电磁摩擦制动器④			△			×		○			△
操作箱、柱			○	○				○	○		
控制盘			△	△				○	○		
配电盘			△					○			

电气设备种类	灯具			
爆炸危险区域 / 防爆结构 / 电气设备	1区		2区	
	隔爆型 d	增安型 e	隔爆型 d	增安型 e
固定式灯	○	×	○	○
移动式灯	△		○	
携带式电池灯	○		○	
指示灯类	○	×	○	○
镇流器	○	△	○	○

电气设备种类	信号、报警装置等电气设备								
爆炸危险区域 / 防爆结构 / 电气设备	0区	1区				2区			
	本质安全型 ia	本质安全型 ia，ib	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	本质安全型 ia	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e
信号、报警装置	○	○	○	○	×	○	○	○	○
插接装置			○				○		
接线箱（盒）			○		△		○		○
电气测量表计			○	○	×		○	○	○

注：表中符号：○为适用；△为慎用；×为不适用。

① 绕线转子异步电动机及同步电动机采用增安型时，其主体是增安型防爆结构，发生电火花的部分是隔爆或正压型防爆结构。

② 无火花型电动机在通风不良及户内具有比空气重的易燃物质区域内慎用。

③ 电抗起动器和起动补偿器采用增安型时，是指将隔爆结构的起动运转开关操作部件与增安型防爆结构的电抗线圈或单绕组变压器组成一体的结构。

④ 电磁摩擦制动器采用隔爆型时，是指将制动片、滚筒等机械部分也装入隔爆壳体内者。

⑤ 在2区内电气设备采用隔爆型时，是指除隔爆型外，也包括主要有火花部分为隔爆结构而其外壳为增安型的混合结构。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 20-2 本质安全电路与非本质安全电路裸露导体之间的电气间隙和爬电距离

额定电压峰值/V	电气间隙/mm	胶封中的间距/mm	爬电距离/mm	绝缘涂层下的爬电距离/mm
60	3	1	3	1
90	4	1.3	4	1.3
190	6	2	8	2.6
375	6	2	10	3.3
550	6	2	15	5
750	8	2.6	18	6
1000	10	3.3	25	8.3
1300	14	4.6	36	12
1550	16	5.3	40	13.3

表 20-3 增安型、无火花型电气设备不同电位的导电部件之间的最小电气间隙和爬电距离

额定电压/V	最小电气间隙/mm	最小爬电距离/mm		
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
12	2	2	2	2
24	3	3	3	3
36	4	4	4	4
60	6	6	6	6
127	6	6	7	8
220	6	6	8	10
380	8	8	10	12
660	10	12	16	20
1140	18	24	28	35
3000	36	45	60	75
6000	60	85	110	135
10000	100	125	150	180

注：1. 设备的额定电压，可高于表列数值的10%。

2. 装入灯座中的额定电压，不大于250V的螺旋灯座灯泡，对于a级绝缘材料最小爬电距离可为3mm。

3. 表中的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ为绝缘材料相比漏电起痕指数分级，应符合现行国家标准《爆炸性气体环境用电气设备》的有关规定。Ⅰ级为上釉的陶瓷、云母、玻璃；Ⅱ级三聚腈胺石棉耐弧塑料、硅有机石棉耐弧塑料；Ⅲ级为聚四氟乙烯塑料、三聚腈胺玻璃纤维塑料、表面用耐弧漆处理的环氧玻璃布板。

表 20-4 防爆电气设备外壳表面的最高温度 （单位：℃）

温度组别	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
最高温度	450	300	200	135	100	85

2. 隔爆型电气设备

（1）设备的检查

1）设备的型号、规格应符合设计要求，铭牌及防爆标志应正确、清晰。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）设备的外壳应无裂纹、损伤、锈腐。

3）隔爆结构和间隙应符合要求。

4）接合面的紧固螺栓应齐全、紧固，弹簧垫圈等防松设施应齐全完好，弹簧垫圈应压平。

5）密封衬垫应齐全完好，无老化变形，并符合产品的技术条件要求。

6）透明镜元件应光洁无损伤。

7）传动部件应无碰撞和摩擦。

8）接线板及绝缘件应无碎裂，螺钉紧固，盒盖紧固，电气间隙及爬电距离应符合要求，见表20-2、表20-3。

9）接地标志及接地螺钉应完好、无锈蚀。

（2）设备拆卸　隔爆型电气设备一般不得拆卸；如需要拆卸时，应符合下列要求：

1）应妥善保护隔爆面，不得损伤或弄脏。

2）隔爆面上不应有砂眼、机械伤痕。

3）无电镀或磷化层的隔爆面，经清洗后应涂磷化膏、电力复合脂或204号防锈油，严禁刷漆。

4）组装时隔爆面上不得有锈蚀层。

5）隔爆接合面的紧固螺栓不得任意更换，弹簧垫圈应齐全。

6）螺纹隔爆结构，其螺纹的最少啮合扣数和最小啮合深度，不得小于表20-5的规定。

表20-5　螺纹隔爆结构螺纹的最少啮合扣数和最小啮合深度

外壳净容积 V/cm^3	螺纹最小啮合深度/mm	螺纹最少啮合扣数	
		ⅡA、ⅡB	ⅡC
$V \leqslant 100$	5.0	6	试验安全扣数的2倍但至少为6扣
$100 < V \leqslant 2000$	9.0		
$V > 2000$	12.5		

注：表中ⅡA、ⅡB、ⅡC的分级应符合现行国家标准《爆炸性气体环境用电气设备通用要求》的有关规定，将爆炸性气体混合物按其最大试验安全间隙或最小点燃电流比将Ⅱ类（工厂用电设备）分为A、B、C三级。

（3）隔爆型电动机的轴与轴孔、风扇与端罩之间在正常工作状态下，不应产生碰擦，且应按要求对电动机进行测试。

（4）正常运行时产生电火花或电弧的隔爆型电气设备，其电气联锁装置必须可靠；当电源接通时壳盖不应打开，而壳盖打开后电源不应接通。用螺栓紧固的外壳应检查“断电后开盖”警示牌，并应完好。

（5）隔爆型插销的检查和安装

① 插头插入时，接地或接零触头应先接通；插头拔出时，主触头应先分断。

② 开关应在插头插入后才能闭合，开关在分断位置时，插头可插入或拔出。

③ 防止骤然拔出的徐动装置应完好可靠，不得松脱。

3. 增安型、无火花型电气设备

1）设备的检查。

① 设备的型号、规格应符合设计要求；铭牌及防爆标志应正确、清晰。

② 设备的外壳和透明部位，应无裂纹、无机械损伤。

③ 设备的紧固螺栓应有防松措施，且无松动锈蚀，接线盒盖应紧固。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

④ 保护装置及附件应齐全、完好。

2）滚动轴承的增安型电动机和无火花型电动机应测量其定子与转子间的单边气隙、其值不得小于表20-6规定值的1.5倍；设有测隙孔的滚动轴承增安型电动机应测其定子与转子间的单边气隙，其值不得小于表20-6中的规定。

表20-6 滚动轴承的增安型和无火花型电动机定子与转子间的最小单边气隙值 δ

（单位：mm）

极数	$D \leqslant 75$	$75 < D \leqslant 750$	$D > 750$
2	0.25	$0.25 + (D-75)/300$	2.7
4	0.2	$0.2 + (D-75)/500$	1.7
6及以上	0.2	$0.2 + (D-75)/800$	1.2

注：1. D 为转子直径。

2. 变极电动机单边气隙按最少极数计算。

3. 若铁心长度 L 超过直径 D 的1.75倍，其气隙值按本表计算值乘以 $L/1.75D$。

4. 径向气隙值需在电动机静止状态下测量。

4. 正压型电气设备

1）设备的检查。

① 设备的型号、规格应符合要求，铭牌及防爆标志应正确清晰。

② 设备的外壳及透明部位，应无裂纹、损伤。

③ 设备的紧固螺栓应有防松措施，无松动锈蚀，接线盒盖应紧固。

④ 保护装置及附件齐全、完好。

⑤ 密封衬垫应齐全完好，无老化变形，并应符合产品技术条件的要求。

2）进入通风、充气系统及电气设备内的空气或气体应清洁，不得含有爆炸性混合物及其他有害物质。

3）通风过程排出的气体，不宜排入爆炸危险环境，当排入2区时，必须采取防止电火花和炽热颗粒从电气设备及其通风系统吹出的有效措施。

4）通风、充气系统的电气联锁装置，应按先通风后供电、先停电后停风的程序正常动作。在电气设备通电起动前，外壳内的保护气体的体积不得小于产品技术条件规定的最小换气体积与5倍的相连管道容积之和。

5）微压继电器应装设在风压、气压最低点的出口处。运行中电气设备及通风、充气系统内的风压、气压值不应低于产品技术条件中规定的最低所需压力值。当低于规定值时，微压继电器应可靠动作动，并符合下列要求：

① 在1区时，应能可靠地切断电源。

② 在2区时，应能可靠地发出警告信号。

6）运行中的正压型电气设备内部的电火花、电弧，不应从缝隙或出风口吹出。

7）通风管道应密封良好。

5. 充油型电气设备

1）设备的检查。

① 设备型号规格应符合设计要求，铭牌及防爆标志应正确清晰。

② 设备的外壳应无裂纹、损伤、锈蚀。

③ 设备的油箱、油标不得有裂纹及渗油、漏油及其痕迹。油面应在油标线范围内。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

④ 排油孔、排气孔应畅通，不得有杂物。

2）充油型电气设备应垂直安装，且应牢靠稳固，其倾斜度不应大于5°。

3）充油型电气设备的油面最高温升，不应超过表20-7的规定。

表20-7　充油型电气设备油面最高温升

温度组别	油面最高温升
T_1、T_2、T_3、T_4、T_5	60℃
T_6	40℃

6. 本质安全型电气设备

1）设备的检查。

① 设备型号、规格应符合设计要求，铭牌及防爆标志应正确、清晰。

② 设备外壳应无裂纹、损伤、锈蚀。

③ 本质安全型电气设备、关联电气设备产品铭牌的内容应有防爆标志、防爆合格证号及有关电气参数。本质安全型电气设备与关联电气设备的组合，应符合现行国家标准《爆炸性气体环境用电气设备》的有关规定。

④ 电气设备所有零部件、元器件及其线路，应连接可靠，性能良好。

2）与本质安全型电气设备配套的关联电气设备的型号，必须与本质安全型电气设备铭牌中的关联电气设备的型号相同。

3）关联电气设备中的电源变压器，应符合下列要求：

① 变压器的铁心和绕组间的屏蔽，必须有一点可靠接地。

② 直接与外部供电系统连接的电源变压器其熔断器的额定电流，不应大于变压器的额定电流。

4）独立供电的本质安全型电气设备的电池型号、规格，应符合铭牌中的规定，严禁任意改用其他型号规格的电池。

5）防爆安全栅应可靠接地，其接地电阻应符合设计和设备技术条件的要求。

6）本质安全型电气设备与关联电气设备之间的连接导线或电缆的型号规格和长度，应符合设计规定。

7. 粉尘防爆电气设备

1）设备的检查。

① 设备的防爆标志、外壳防护等级和温度组别，应与爆炸性粉尘环境相适应。

② 设备的型号规格应符合设计要求，铭牌及防爆标志应正确清晰。

③ 设备的外壳应光滑、无裂纹损伤，无锈蚀，无凹坑或沟槽，并有足够的强度。

④ 设备的紧固螺栓，应无松动、锈蚀。

⑤ 设备外壳接合面应紧固严密，密封垫圈完好，转动轴与轴孔间的防尘密封应严密。透明件应无裂损。

2）设备安装应牢固，接线正确，接触良好，通风孔道不得堵塞，电气间隙和爬电距离应符合设备的技术要求。

3）设备安装时，不得损伤外壳和进线装置的完整及密封性能。

4）设备的表面最高温度应符合表20-4的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）设备安装后，应按产品技术要求做好保护装置的调整和试操作。

三、爆炸危险环境电气线路

1. 总体要求

1）电气线路的敷设方式、路径应符合设计规定。当设计无明确规定时，应符合下列要求：

① 电气线路，应敷设在爆炸危险性较小的环境或远离释放源的地方。

② 当易燃物质比空气重时，电气线路应在较高处敷设；比空气轻时，则应在较低处或电缆沟内敷设。

③ 电气线路沿输送可燃性气体或易燃液体的管道栈桥敷设时，如管道内的物质比空气重时，电气线路则应敷设在管道的上方；如比空气轻时，则应敷设在管道正下方的两侧。

2）敷设电气线路时应尽量避开可能受到的机械损伤、振动、腐蚀、受热的地方。当不能避开时，应采取防护措施。

3）采用的低压电缆和绝缘导线，其绝缘的额定电压必须高于线路的工作电压，且不得低于500V。工作零线的绝缘额定电压应与相线相同，并应在同一护套或钢管内敷设。绝缘导线必须敷设于钢管内。

4）电气线路使用的接线盒、分线盒、活接头、隔离密封件等连接件的选型应符合国家标准《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》的要求，标准号为 GB 50058—1992，请参阅前述有关内容。

5）导线或电缆的连接，应采用有防松措施的螺栓固定，或压接、钎焊、熔焊，不得绕接。铝芯线与电气设备的连接应有可靠的铜-铝过渡接头等措施。

6）除本质安全电路外，采用的电缆或导线其线芯最小截面应不小于表 20-8 的规定。

表 20-8　爆炸危险环境电缆和绝缘导线线芯最小截面积

爆炸危险环境	线芯最小截面积/mm²					
	铜			铝		
	电力	控制	照明	电力	控制	照明
1 区	2.5	2.5	2.5	×	×	×
2 区	1.5	1.5	1.5	4	×	2.5
10 区	2.5	2.5	2.5	×	×	×
11 区	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5

注：表中符号“×”表示不适用。

7）10kV 及以下架空线路严禁跨越爆炸危险气体环境；架空线路与爆炸性气体环境的水平距离，不应小于杆塔高度的 1.5 倍。当水平距离小于规定而又无法躲开的特殊情况下，必须采取有效的防护措施。

8）爆炸危险环境电气线路的安装除本章特殊要求进行外，还须按常规电气线路要求进行，即测量电缆的绝缘电阻、直流耐压试验及泄漏电流、相位等，1kV 及以下配电线路的绝缘电阻，动力配电装置的交流耐压试验及相位等。具体要求见第十三、十四、十七、十八、十九章相关内容。

2. 电缆线路的安装

（1）电缆之间不应有直接连接。在非正常情况下，必须在相应的防爆接线盒或分线盒内连接或分路。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）电缆线路穿过不同危险区域或界壁时，必须采取下列隔离密封措施：

1）在两级区域交界处的电缆沟内，应采取充砂、填阻火堵料或加设防火隔墙。

2）电缆通过与相邻区域共用的隔墙、楼板、地面及易受机械损伤处，均应加以保护；窗下的孔洞，应堵塞严密。

3）电缆保护管两端的管口处，应将电缆周围用非燃纤维堵塞严密，再填塞密封胶泥，密封胶泥填塞深度不得小于管子内径，且不得小于40mm。

（3）防爆电气设备、接线盒的进线口，引入电缆的密封应符合下列要求：

1）当电缆外护套必须穿过弹性密封圈或密封填料时，必须被弹性密封圈挤紧或被密封填料封固。

2）外径≥20mm的电缆，在隔离密封处组装防止电缆拔脱的组件时，应在电缆被拧紧或封固后，再拧紧固定电缆的螺栓。

3）电缆引入装置或设备进线口的密封，应符合下列要求：

① 装置内的弹性密封圈的一个孔，只密封一根电缆；

② 被密封的电缆断面，应呈圆形；

③ 弹性密封圈及金属垫，应与电缆的外径匹配；其密封圈内径与电缆外径允许差值为±1mm；

④ 弹性密封圈压紧后，应能将电缆沿圆周均匀地被挤紧。

4）有电缆头腔或密封盒的电气设备进线口，电缆引入后应浇灌固化的密封填料，填料深度不应小于引入口径的1.5倍，且不得小于40mm。

5）电缆与电气设备连接时，应选用与电缆外径相适应的引入装置，当选用的电气设备的引入装置的外径不相适应时，应采用过渡接线方式，电缆与过渡接线必须在相应的防爆接线盒内连接。

（4）电缆引入防爆电动机需挠性连接时，可采用挠性连接管，其与防爆电动机接线盒之间，应按防爆要求加以配盒，不同的使用环境条件应采用不用材质的挠性连接管。

（5）电缆采用金属密封环式引入时，贯通引入装置的电缆表面，应清洁干燥；对涂有防腐层的，应清除干净后再敷设。

（6）在室外和易进水的地方，与设备引入装置相连接的电缆保护管的管口，应严密封堵。

3. 钢管配线

1）配线钢管应采用低压流体输送用的镀锌焊接钢管，使用前应检查其质量。

2）钢管与钢管、钢管与电气设备、钢管与钢管附件之间的连接，应采用螺纹连接，不得采用套管焊接，并应满足下列条件：

① 螺纹加工应光滑、完整、无锈蚀，在螺纹上应涂以电力复合脂或导电性防锈脂。不得在螺纹上缠麻或绝缘胶带及涂其他油漆。

② 在1区和2区，螺纹有效啮合扣数：管径为25mm及以下钢管不应少于5扣；管径为32mm及以上钢管不应少于6扣。

③ 在1区和2区，管与隔爆型设备连接时，螺纹连接处应有紧锁螺母。

④ 在10区和11区时，螺纹有效啮合扣数不应少于5扣。

⑤ 外露丝扣一般为2～3扣，不应过长。

⑥ 除设计有特殊规定外，连接处一般不焊接金属跨接线。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）电气管路之间不得采用倒扣连接；当连接有困难时，应采用防爆活接头，其接合面应密贴。

4）1 区、2 区、10 区的钢管配线，在下列各处应装设不同型式的隔离密封件：

① 电气设备无密封装置的进线口。

② 管路通过与其他任何场所相邻的隔墙时，应在隔墙的任一侧装设横向式隔离密封件。

③ 管路通过楼板或地面引入其他场所时，均应在楼板或地面的上方设置纵向式密封件。

④ 管径为 50mm 及以上的管路在距引入的接线箱 450mm 以内及每隔 15m 处应装设一隔离密封件。

⑤ 易积结冷凝水的管路，应在其垂直段的下方装设排水式隔离密封件，排水口应置于下方。

5）隔离密封的制作，应满足下列要求：

① 隔离密封件的内壁，应无锈蚀、灰尘、油渍。

② 导线在密封件内不得有接头，且导线之间及与密封件壁之间的距离应均匀并分开至最大值。

③ 管路通过墙、楼板或地面时，密封件与墙面、楼板或地面的距离不应超过 300mm，且此段管路中不得有接头，并应将孔洞堵塞严密。

④ 密封件内必须填充水凝性粉剂密封填料。

⑤ 粉剂密封填料的包装必须密封。密封填料的配制应符合产品的技术规定，浇灌时间严禁超过其初凝时间，并应一次灌足。凝固后其表面应无龟裂。排水式隔离密封件填充后的表面应光滑，并可自行排水。

6）钢管配线在下列各处应装置防爆挠性连接管：

① 电动机的进线口。

② 钢管与电气设备直接连接有困难处。

③ 管路通过建筑物的伸缩缝、沉降缝处。

7）防爆挠性连接管应无裂纹、孔洞、机械损伤、变形等缺陷，安装时应符合下列要求：

① 在不同的使用环境条件下，应采用相应材质的挠性连接管。

② 弯曲半径不应小于管外径的 5 倍。

8）电气设备、接线盒和端子箱上多余的孔，应采用丝堵堵塞严密。当孔内垫有弹性密封圈时，弹性密封圈的外侧应设钢质堵板，其厚度不应小于 2mm，钢质堵板应经压盘或螺母压紧。

4. 本质安全型电气设备及其关联电气设备的线路

1）本质安全型电气设备配线工程中的导线、钢管、电缆的型号规格以及配线方式、线路走向、标高、与关联电气设备的连接线等，除必须按设计要求施工外，尚应符合产品技术文件的有关规定。

2）本质安全电路关联电路的施工，应符合下列要求：

① 本质安全电路与关联电路不得共用同一电缆或钢管；同时严禁与其他电路共用同一电缆或钢管。

② 两个及以上的本质安全电路，除电缆线芯分别屏蔽或采用屏蔽导线者外，不应共用同一电缆或钢管。

③ 配电盘内本质安全电路与关联电路或其他电路的端子之间的间距，不应小于 50mm；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

当间距不满足要求时，应采用高于端子的绝缘隔板或接地的金属隔板隔离；本质安全电路、关联电路的端子排应采用绝缘的防护罩；本质安全电路、关联电路、其他电路的盘内配线应分开束扎、固定。

④ 所有需要隔离密封的地方，应按规定进行隔离密封。

⑤ 本质安全电路及关联电路配线中的电缆、钢管、端子板，均应有蓝色的标志。

⑥ 本质安全电路本身除设计有特殊规定外，不应接地。电缆屏蔽层，应在非爆炸危险环境进行一点接地。

⑦ 本质安全电路与关联电路采用非铠装和无屏蔽的电缆时，应采用镀锌钢管加以保护。

3）在非爆炸危险环境中与爆炸危险环境有直接连接的本质安全电路及关联电路的施工，也应符合上述2）中的有关要求。

5. 爆炸危险环境的电气设备、电气管路、接线盒等应成为一个封闭系统，工程中常采用气密试验的方法试验有无泄漏，进而保证其内部与外界隔绝，实现整体防爆。

四、火灾危险环境电气设备安装质量要求

1. 标准要求

（1）电气设备及线路应符合周围环境内化学、机械、热、霉菌、风沙等环境条件对电气设备及线路的要求。

（2）正常运行时有火花和外壳表面温度较高的电气设备，在布置时应远离可燃物质。

（3）火灾危险环境内不宜使用电加热器。当生产要求必须使用时，应将其安装在非燃材料的底板上，并远离可燃物质或采取防护措施。

（4）电气设备的选择应按区域等级和使用条件选择，见表20-9。

表20-9　火灾危险环境电气设备防护结构的选型

电气设备 \ 防护结构 \ 火灾危险区域		21区	22区	23区
电机	固定安装	IP44	IP54	IP21
	移动式、携带式	IP54		IP54
电器和仪表	固定安装	充油型、IP54、IP44	IP54	IP44
	移动式、携带式	IP54		IP44
照明灯具	固定安装	IP2X	IP5X	IP2X
	移动式、携带式	IP5X		
配电装置				
接线盒				

注：1. 在火灾危险环境21区内固定安装的正常运行时有集电环等火花部件的电机，不宜采用IP44结构。

2. 在火灾危险环境23区内固定安装的正常运行时有集电环等火花部件的电机，不应采用IP21型结构，而应采用IP44型。

3. 在火灾危险环境21区内固定安装的正常运行时有火花部件的电器和仪表，不宜采用IP44型。

4. 移动式和携带式照明灯具的玻璃罩，应有金属网保护。

5. 表中防护等级的标志应符合现行国家标准中外壳防护等级分类的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（5）电压为10kV及以下的变电所、配电所，不宜设在有火灾危险区域的正上面或正下面。若与火灾危险区域的建筑物毗邻时，应满足下列条件：

1）电压为1～10kV配电所可通过走廊或套间与火灾危险区域的建筑物相通，通向走廊或套间的门应为难燃烧体的材料制成。

2）变电所与火灾危险环境建筑物共用的隔墙应是密实的非燃烧体。管线和沟道穿过墙和楼板时，应用非燃性材料严密堵塞。

3）变压器室的门窗应通向非火灾危险环境。

（6）在易沉积可燃粉尘或可燃纤维的露天环境，变压器及配电装置应采用密闭型，并有良好的防护措施。

（7）露天安装的变压器或配电装置的外廓距火灾危险环境建筑物的外墙在10m以内时，应满足下列条件：

1）火灾危险环境靠变压器或配电装置一侧的墙应为非燃烧体的；

2）在变压器或配电装置高度加上3m后的水平线上，其宽度为变压器或配电装置外廓两侧各加3m的墙上，可安装非燃烧体的并装有铁丝玻璃的固定窗。

（8）电气线路的要求

1）可采用非铠装电缆或钢管配线明敷设。在21区或23区内，可采用硬塑料管配线。在23区，当远离可燃物质时，可采用绝缘导线在瓷绝缘子上敷设。沿未抹灰的木质吊顶和木质墙壁敷设的以及木质闷顶内的线路应穿钢管明设。

2）动力、照明的绝缘导线及电缆的额定电压，不应低于线路的额定电压，且最低不得小于500V。

3）当采用铝芯绝缘导线和电缆时，应有可靠的连接和封端。

4）21区或22区内，电动起重机不应采用滑触线供电；23区内可采用滑触线供电，但在滑触线下方不应堆置可燃物质。

5）移动式、携带式电气设备的线路，应采用移动电缆或橡套电缆、橡套软线。

6）当需要采用裸铝、裸铜母线时，应满足下列要求：

① 不需拆卸检修的母线连接处，应采用熔焊或钎焊；

② 母线与电气设备的螺栓连接应可靠，并应防止自动松脱；

③ 21区、23区内，母线宜装设保护罩，当采用金属罩保护罩时，应采用IP2X结构，在22区内母线应有IP5X结构的外罩；

④ 露天安装时，应有防雨、防雪措施。

7）10kV及以下架空线路严禁跨越火灾危险区域。

（9）接地要求

1）电气设备的金属外壳应可靠接地；

2）接地干线应有不少于两处与接地体连接。

2. 火灾危险环境的电气装置

（1）电气设备

1）火灾危险环境采用的电气设备类型，应符合设计要求，且设备的外壳应完好，螺栓紧固，密封良好，无裂纹无锈蚀，同时铭牌上的文字应清晰。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）装有电气设备的箱盒等，均应采用金属制品；电气开关和正常运行产生电火花或外壳表面温度较高的电气设备，应远离可燃物的存放地点，其最小距离不应小于3m。

3）火灾危险环境内，不宜使用电热器。生产要求必须使用时，应将其安装在非燃材料的底板上，并装设防护罩。必要时应由人看管。

4）移动式和携带式照明灯具的玻璃罩，应采用金属网保护。

5）露天安装的变压器或配电装置的外廓距火灾危险环境建筑物的外墙，不宜小于10m。当小于10m时，应符合下列要求：

① 火灾危险环境建筑物靠变压器或配电装置一侧的墙应为非燃烧体。

② 在高出变压器或配电装置高度3m的水平线上或距变压器、配电装置外廓3m以外的墙壁上，可安装非燃烧的镶有铁丝玻璃的固定窗。

6）火灾危险环境电气设计中采用的电气设备的防护等级应与实际环境条件相符。

（2）电气线路

1）动力、照明线路的绝缘导线和电缆的额定电压，不应低于线路的额定电压，且最小不得低于500V。

2）1kV及以下的电气线路，可采用非铠装电缆或钢管配线；21区或23区内，可采用硬塑料管配线；在23区内远离可燃物质时，可采用绝缘导线在针式或鼓型绝缘子上敷设。但在沿未抹灰的木质吊顶和木质墙壁等处及木质闷顶内的电气线路，应穿钢管明设，不得采用瓷夹、瓷绝缘子配线。

3）火灾危险环境内，当采用铝芯绝缘导线和电缆时，应有可靠的连接及封端。

4）21区、22区内，电动起重机不应采用滑触线供电；23区内，电动起重机可采用滑触线供电，但在滑触线下方，不应堆积可燃物质。

5）移动式和携带式电气设备的线路，应采用移动电缆或橡套软线。

6）在火灾危险环境内安装裸铜、裸铝母线，应满足下列要求：

① 不需拆卸检修的母线连接宜采用熔焊。

② 螺栓连接应可靠，并应有防松装置。

③ 21区和23区内的母线应装金属网保护罩，其网孔直径不应大于12mm。在22区内的母线应有IP5X型结构的外罩，并符合现行国家标准外壳防护等级的分类中的有关规定。

7）电缆引入电气设备或接线盒内，其进线口处应密封。

8）钢管与电气设备、接线盒的连接，应满足下列条件：

① 螺纹连接的进线口，应啮合紧密；非螺纹连接的进线口，钢管引入后应装设紧锁螺母。

② 与电动机及有振动的电气设备连接时，应装设金属挠性连接管。

9）10kV及以下架空线路，严禁跨越火灾危险环境；架空线路与火灾危险环境的水平距离，不应小于杆塔高度的1.5倍。

火灾危险环境中，保证电气工程安装安全进行最重要的一条是使可燃物质远离热源（包括电气设备的发热部分），必要时应有隔热措施，为了保证环境的温度，有条件的厂房应有自动换热排热装置。另外，在选择电气设备和导线时，应选大一级的规格的产品。

五、特殊环境电气装置的接地

爆炸危险和火灾危险环境的接地不同于常规环境的接地，除了保护接地（或保护接零）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

外，在生产、贮存、装卸液化石油气、可燃气体、易燃液体的环境和利用空气干燥、掺合、输送粉尘、粒状的可燃粉尘的环境还应设置防静电接地。

1. 特殊环境电气装置的接地要求

1）电气设备的金属外壳、金属构架、金属配线管路及其配件、电缆保护管、电缆的金属护套等非带电的裸露金属部分，均应可靠接地（或接零）。

2）1 区或 10 区内所有的电气设备及 2 区除照明灯具外的其他电气设备，均应采用专用的接地线。该专用接地线若与相线敷设有同一保护管内时，应具有与相线相同的绝缘。金属管线、电缆的金属外皮等只作为辅助接地线。

3）2 区的照明灯具及 11 区内的所有电气设备，可利用有可靠电气连接的金属管线系统作为接地线；11 区内可利用金属结构作为接地线，但不得利用输送爆炸危险物质的管道。

4）在爆炸危险环境中接地干线应在不同方向与接地体相连，连接处不得少于两处。

5）爆炸危险环境中的接地干线通过与其他环境共用的隔墙或楼板时，应采用钢管保护，并作好隔离密封。

6）电气设备及灯具的专用接地线或接零保护线，应单独与接地干线（网）相连，电气线路的工作零线不得作为保护接地线用，即采用三相五线制。

7）爆炸危险环境内的电气设备与接地线的连接，宜采用多股软绞线，其铜线最小截面不得小于 $4mm^2$，易受机械损伤的部位应装设保护管。

8）铠装电缆引入电气设备时，其接地（或接零）线芯应与设备内接地螺栓连接；钢带及金属外皮应与设备外接地螺栓连接。

9）爆炸危险和火灾危险环境内接地（或接零）的螺栓应有防松装置；接地线紧固前，其接地端子及上述的紧固件，均应涂以电力复合脂，以保证其接触可靠。

10）火灾危险环境内的电气设备的金属外壳应可靠接地；其接地干线应有不少于两处与接地体连接。

2. 特殊环境中防静电接地的要求

1）生产、贮存和装卸液化石油气、可燃气体、易燃液体的设备、贮罐、管道、机组和利用空气干燥、掺合、输送易产生静的粉状、粒状的可燃固体物料的设备、管道以及可燃粉尘的袋式集尘设备等，应进行防静电接地，并符合下列要求：

① 防静电的接地装置可与防感应雷和电气设备的接地装置共同设置，其接地电阻值应符合防感应雷和电气设备接地的规定（一般分别为 10Ω 和 4Ω）；只作防静电的接地装置，每一处接地体的接地电阻值应符合设计规定（一般为 100Ω）。

② 设备、机组、贮罐、管道等防静电接地线，应单独与接地体或接地干线可靠连接，除并列管道外不得互相串联接地。

③ 防静电接地线的安装，应与设备、机组、贮罐等固定接地端子或螺栓连接，连接螺栓不应小于 M10，并应有防松装置和涂以电力复合脂。当采用焊接端子连接时，不得降低和损伤管道强度。

④ 当金属法兰采用金属螺栓或卡子相紧固时，可不另装跨接线。在腐蚀条件下，安装前应将至少有两个及以上螺栓和卡子之间的接触面去锈和除油污，并加装防松螺母。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

⑤ 爆炸危险区内的非金属构件上平行安装的金属管道相互之间的净距离小于100mm时，宜每隔20m用金属线跨接；金属管道相互交叉的净距离小于100mm时，应用金属线跨接。

⑥ 容量为50m^{3}及以上的贮罐，其接地点不应少于两处，且接地点的间距不应大于30m，并应在罐体底部周围对称与接地体可靠连接，接地体应连接成环形的闭合回路。

⑦ 易燃或可燃液体的浮动式贮罐，在无防雷接地时，其罐顶与罐体之间应采用铜软线作为不少于两处跨接，其截面不应小于25mm^2，浮动式电气测量装置的电缆，应在引入贮罐处将铠装、金属外皮可靠接地并与罐体连接。

⑧ 钢筋混凝土的贮罐或贮槽，沿其内壁敷设的防静电接地导体，应与引入的金属管道及电缆的铠装、金属外皮连接，并引至罐槽的外壁与接地体连接。

⑨ 非金属管道（非导电的）、设备等，其外壁上缠绕的金属丝网、金属带等，应紧贴其表面均匀的缠绕，并应可靠接地。

⑩ 可燃粉尘的袋式集尘设备，织入在袋体内的金属丝的接地端子应可靠接地。

⑪ 传送带传送的机组及其传送带的防静电接地刷、防护罩，均应可靠接地。

2）引入爆炸危险环境的金属管道、配线的钢管、电缆的铠装及金属外壳，均应在危险区域的进口处可靠接地。

六、其他特殊环境电气设备

1）防水防尘场所电气设备检验方法基本同上，防尘场所应做密封试验，设备应选取防水型、防尘型。

2）防腐场所电气设备的检验方法基本同上，应做密封试验，设备应选取防腐型。

3）多静电或超静电场所的电气设备检验方法同上，要严格做好密封及试验，做好防静电接地。

七、质量检验标准及方法

特殊环境电气设备的安装质量检验标准及方法见表20-10～表20-13。

表20-10　防爆电气设备安装

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
外观检查	类型、级别、组别		按设计规定	对照图样检查
	铭牌及特殊标志	主要	正确、清晰	检查合格证
	外壳、接线柱、绝缘件		无裂纹、损坏	观察检查
	进线口及防爆面		密封良好、齐全	
	电气间隙及爬电距离		按GB 50257—1996规定	用尺检查
设备的安装隔爆型电气	隔爆型电动机轴与轴孔、风扇罩间隙	主要	均匀，无摩擦	检查记录、观察
	电气联锁		正确、可靠	操动试验
	机械联锁		正确、可靠	
增安型和无火花型电气设备安装	紧固螺栓的防松措施		齐全，无松动、锈蚀	观察检查
	电动机定、转子间隙	主要	按GB 50257—1996规定	检查记录

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
正压型电气设备安装	介质	排气		采取防止火花和炽热颗粒从电气设备中吹出的措施	观察及查阅记录
		进入通风、充气系统的空气		不含爆炸性混合物或其他有害气体	观察检查
	微压继电器	电气联锁		按设计规定	对照图样检查
		装设位置		风压、气压最低点出口	观察检查
		动作值		爆炸环境为1区时，可靠地切断电源；爆炸环境为2区时，可靠地发出警告信号	对照图样检查
	运行中电气设备内部电火花、电弧		主要	不应从缝隙或出风口吹出	观察检查
	通风管道			密封良好	
充油型电气设备安装	油箱、油标			不得有裂纹及渗油	观察检查
	油位		主要	在油标线范围内	
	垂直安装误差			≤5°	用线坠检查
	温升			按 GB 50257—1996 规定	检查运行记录
本质安全型电气设备安装	关联设备	型号		按设计规定	对照图样检查
		电源变压器的线圈和铁心间屏蔽		一点接地	观察检查
		电源变压器的熔断器额定电流		不大于变压器的额定电流	
	独立供电的电池型号和规格		主要	按设计规定	对照图样检查
	连接导线、电缆型号、规格和长度			按设计规定	
	防爆安全栅接地		主要	牢固，导通良好	扳动并导通检查
粉尘防爆电气设备安装	设备安装			牢固	观察检查
	通风孔道			不得堵塞	
	电气间隙和爬电距离		主要	按设计规定	对照图样检查
	密封性能		主要	良好	观察检查
	表面温度			按 GB 50257—1996 规定	检查记录
	保护及联锁		主要	正确，可靠	操动试验

表 20-11　爆炸危险环境电气线路的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
电缆线路	电缆接线	电缆连接		不直接相连	观察检查
		防爆接线盒	主要	密封完好	
	隔离密封措施	两级区域交界处的电缆沟		充砂填阻堵料或设防火隔墙	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
电缆线路	隔离密封措施	相邻区域共用的隔墙楼板、地面孔洞	主要	堵塞严密	观察检查
		电缆保护管管口封堵	主要	严密	
	接线盒进线孔密封	弹性密封圈及金属垫		与电缆外径匹配，直径误差不大于±1mm	用卡尺检查
		弹性密封孔	主要	每孔只穿一根电缆	观察检查
		引入口空隙填入的密封填料		$h \geqslant 1.5D$，且不少于40mm	检查记录
		不同环境电缆配线引入电动机的挠性连接		使用不同材质的挠性连接管	对照图样检查
		电缆表面		清洁干燥，清除防腐层	观察检查
		电缆固定		牢固	
爆炸危险环境的钢管配线	钢管检查	材质		低压流体输送用镀锌焊接钢管	对照图样检查
		外观		镀锌层完好	观察检查
	螺纹连接	与钢管、部件、电气设备的连接		不得采用套管焊接	观察检查
		螺纹加工		光滑、完整、无锈蚀	
		螺纹有效啮合扣数		爆炸性气体1区和2区： 管径≤25mm，≥5扣 管径≥32mm，≥6扣	
		锁紧螺母		齐全、紧固	
	隔离密封组件	电气设备无密封装置的进线口		设隔离密封组件	观察检查
		相邻隔墙上		设横向隔离密封件	
		楼板或地面上		设纵向隔离密封件	
		管径不小于50mm的管路		距接线箱450mm处及每隔5m处设隔离密封组件	
	制作安装	隔离密封组件		无锈蚀、灰尘、油渍	观察检查
		密封件内导线		无接头，导线间及与密封件壁间距离均匀	
		密封件与隔离物间距		≤300mm	
		密封填料		按制造厂规定	对照厂家规定检查
	防爆挠性连接管	装设位置	主要	按GB 50257—1996规定	观察检查
		外观检查		无裂纹、孔洞、机械损伤、变形	
		不同环境采用相应材质的挠性连接管		按GB 50257—1996规定	
		挠性连接管的弯曲半径		不小于5倍连接管直径	用尺检查
	设备多余孔的封堵	丝堵封堵	主要	堵塞严密	观察检查
		钢质堵板		厚度不小于2mm，且用螺母紧固	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
本质安全型电气设备及其关联电气设备的线路安装	导线、钢管、电缆及配线方式、线路走向和标高		按设计规定	对照图样检查
	与关联设备的连接线		按设计或制造厂规定	
	端子间距		≥50mm，或采用高于端子的绝缘隔板	用尺检查
	本质安全电路、关联电路、其他电路的盘内配线		分开束扎、固定	观察检查
	电缆、钢管、端子板标志		蓝色	
	隔离密封	主要	良好	

表 20-12　火灾危险环境的电气装置的安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
电气设备安装	型号和规格			按设计规定	对照图样检查
	电气箱、盒			采用金属制品	观察检查
	电气设备、开关与可燃物质存放地点的距离			≥3m	用尺检查
	移动式和携带式照明灯			有金属保护网	观察检查
	露天安装的变压器或配电管道的外廓距建筑物外墙间距			≥10m 或按设计规定	现场实测
火灾危险环境的电气线路安装	外观检查	绝缘导线和电缆的额定电压	主要	大于线路额定电压，且≥500V	对照图样检查
		1kV 以下线路		电缆或钢管配线	观察检查
		不同区域配线方式		按 GB 50257—1996 规定	
		移动式或携带式电气线路		用可移动电缆或橡套软线	
	线路连接	铝芯导线和电缆连接		可靠、严密	观察检查
		不拆卸的母线		宜采用熔焊	
		需拆卸的母线		螺栓连接可靠，有防松措施	
	电缆引入口架空线路的穿线	进线口密封		严密	观察检查
		螺纹连接		紧密	
		水平距离		不小于 1.5 塔杆高度	测量

表 20-13　爆炸和火灾危险环境电气设备的接地和接零检查

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
保护接地	电气设备的金属外壳、金属构架、配线管、附件、电缆保护管接地		牢固，导通良好	扳动并导通检查
	接地干线		在不同方向上与接地体相连，连接处不少于两处	观察检查
	接地线最小截面		≥4mm^2（铜芯）	用尺检查
	电气设备及灯具的专用接地线		单独与接地干线相连	观察检查
	电缆引入电气设备处的接地或接零		与接地螺栓可靠连接，连接处涂有电力复合脂	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
防静电接地	防静电的接地装置，每一处的接地电阻值 MΩ	主要	按设计规定	检查试验记录
	防静电接地线的安装及连接方式		采用不小于 M10 的螺栓连接，且应有防松螺母，连接处涂有电力复合脂（或焊接）	观察检查
	在腐蚀环境下，法兰采用金属螺栓或卡子固定时		有两个以上螺栓或卡子，接触面除锈、除污垢，且应有防松螺母	观察检查
	非金属构架上平行敷设的金属管道，间距小于 100mm 时		每隔 20m 应装金属跨接线	观察测量
	交叉敷设的金属管道间距小于 100mm		应装金属跨接线	观察并测量
	容量为 $50m^3$ 及以上的贮罐，其接地点数	主要	≥2 点	观察检查
	浮动式贮罐在无防雷接地时，罐顶与罐体的跨接软铜线截面	主要	$\geq 25mm^2$	观察并查施工记录
	引入浮动式贮罐的电缆		电缆的铠装、金属外壳与罐体可靠连接	用仪表测量
	钢筋混凝土的贮罐或贮槽其内壁接地线		应与金属管道、电缆铠装、金属护层相连，且引至罐槽外接地	观察并用仪表测量
	非金属管道防静电接地		其外壁缠绕的金属丝、网，金属带等，应紧密贴其表面均匀缠绕并可靠接地	观察检查
	可燃粉尘的袋式集尘设备，织入在袋体内的金属丝的接地检查		可靠接地	观察检查并用仪表测量
	带传动机构的防静电接地刷、防护罩的接地检查		可靠接地	观察检查并用仪表测量
金属管道、配线钢管、电缆铠装、金属外壳在危险区域的进口处		主要	可靠接地	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第二十一章　防雷与接地系统监督管理

防雷与接地是保证电气安全的古老的方法，也是非常简单、技术含量较低的技术。

防雷与接地系统的安装调试技术与其他电气设备的安装技术相比较为简单，使用的设备及材料也远远少于其他电气工程。但是防雷接地系统却是电气系统中最重要的装置。任何单位及安装人员都不得掉以轻心，必须按照设计要求、标准规范精心施工，否则将会给电气系统带来巨大的财产损失和人员伤亡，它直接涉及电力系统的安全。

其实，整个电气工程中都贯穿着防雷和接地系统的安装与运行，这是关系到整个电气系统能否安全运行的重大技术措施。无论是内线、外线，动力、照明，强电、弱电，高压、低压，变压、配电，用电、管电等凡涉及电的设备、线路、元件都必须解决好防雷和接地问题，只有这样，才能够保证电气系统，电气工程的安全可靠运行。一旦有事故发生时，防雷与接地装置便能可靠准确地动作或起到保护作用，防止事故的扩大，保证电气设备、电气线路以及人身的安全。因此，对于防雷、接地系统的安装，必须有高度的认识，从安全角度上要保证防雷接地系统的可靠性和完整性，杜绝运行中的事故发生。

一、总体要求

1）防雷与接地系统的所有装置（接地体、接地引线、接闪器、接地干线、电气设备的接地端子等）必须形成一个良好的电气通路，并接触紧密、连接可靠、坚固耐用。接地电阻、接触电阻必须符合设计及标准的要求。接地体、引线、干线一律使用镀锌金属件。

2）接地装置。

① 人工接地装置或利用建筑物基础钢筋的接地装置必须在地面以上按设计要求位置设测试点。

② 测试接地装置的接地电阻值必须符合设计要求。

③ 防雷接地的人工接地装置的接地干线埋设，经人行通道处埋地深度不应小于1m，且应采取均压措施或在其上方铺设卵石或沥青地面。

④ 接地体顶面埋深不应小于0.6m，接地体的间距不应小于模块长度的3～5倍。接地体埋设基坑，一般为体外形尺寸的1.2～1.4倍，且在开挖深度内详细记录地层情况。

⑤ 接地体应垂直或水平就位，不应倾斜设置，保持与原土层接触良好。

3）避雷引下线和变配电室接地干线。

① 暗敷在建筑物抹灰层内的引下线应有卡钉分段固定；明敷的引下线应平直、无急弯，与支架焊接处，油漆防腐，且无遗漏。

② 变压器室、高低压开关室内的接地干线应有不少于2处与接地装置引出干线连接。

③ 当利用金属构件、金属管道做接地线时，应在构件或管道与接地干线间焊接金属跨接线。

④ 当利用建筑物内钢筋作为接地引线时，必须从基础最下底梁及柱开始，其中钢筋的焊接必须双面焊长度不小于钢筋直径的15倍，焊工为持证焊工。

4）接闪器。

① 建筑物顶部的避雷针、避雷带等必须与顶部外露的其他金属物体连成一个整体的电

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

气通路，且与避雷引下线连接可靠。

② 避雷针、避雷带应位置正确，焊接固定的焊缝饱满无遗漏，螺栓固定的应备帽等防松零件齐全，焊接部分补刷的防腐油漆完整。

5）建筑物等电位联结。

① 建筑物等电位联结干线应从与接地装置有不少于 2 处直接连接的接地干线或总等电位箱引出，等电位联结干线或局部等电位箱间的连接线形成环形网络，环形网络应就近与等电位联结干线或局部等电位箱连接。支线间不应串联连接。

② 等电位联结的线路最小允许截面应符合表 21-1 的规定。

表 21-1　线路最小允许截面　（单位：mm^2）

材　料	截　面	
	干　线	支　线
铜	16	6
铝	50	16

③ 等电位联结的可接近裸露导体或其他金属部件、构件与支线连接应可靠，熔焊、钎焊或机械紧固应导通正常。

④ 需等电位联结的高级装修金属部件或零件，应有专用接线螺栓与等电位联结支线连接，且有标识；连接处螺母紧固、防松零件齐全。

6）避雷器必须经过相应资质的单位进行试验，并出具合格证件。详见第十九章相关内容。

防雷与接地的安装应符合施工及验收规范的要求，标准号 GB 50601—2010、GB 50169—2006、GB 50147—2010、GB 50150—2006、GB 50303—2011 等。

二、接地电阻值的要求和测量

1. 接地装置的接地电阻的电阻值必须用合格的接地电阻测试仪进行测量

测量时应有质检员监督，测量接地电阻应注意以下几点：

1）测量时必须断开接地引线和接地体或接地干线的连接。

2）电流极、电压极的布置方向应和线路方向或地下金属管道方向垂直。

3）雨雪天后或气候恶劣天气应停止测量，防雷接地宜在春季最干燥时测量；工作接地、保护接地宜在春季最干燥时或冬季冰冻最严重时测量。否则，应将测量结果乘以季节调整系数，调整系数见表 21-2、表 21-3。

2. 接地装置的接地电阻阻值见表 21-4 和表 21-5。

表 21-2　土壤的季节调整系数（按土壤类别）

土壤类别	深度/m	ψ_1	ψ_2	ψ_3
粘　土	0.5～0.8	3	2	1.5
	0.8～3	2	1.5	1.4
陶　土	0～2	2.4	1.4	1.2
砂砾盖于陶土	0～2	1.8	1.2	1.1
园　地	0～2	—	1.3	1.2

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

土壤类别	深度/m	ψ_1	ψ_2	ψ_3
黄　　沙	0～2	2.4	1.6	1.2
杂以黄沙的砂砾	0～2	1.5	1.3	1.2
泥　　灰	0～2	1.4	1.1	1.0
石灰石	0～2	2.5	1.5	1.2

注：ψ_1——测量前数天下过较长时间的雨，土壤很潮湿时用之。

ψ_2——测量时土壤较潮湿，具有中等含水量时用之。

ψ_3——测量时土壤干燥或测量前降雨量不大时用之。

表 21-3　土壤的季节调整系数（按月份区分）

月份	1	2	3	4	5	6
调整系数	1.05	1.05	1	1.60	1.90	2.00
月份	7	8	9	10	11	12
调整系数	2.20	2.55	1.60	1.55	1.50	1.35

注：1. 此表是按月份区分的接地电阻率，主要是按土壤的潮湿程度来衡量的，最干燥的月份是 3 月份，最潮湿的月份是 8 月份，通常宜在 3 月份测量接地电阻。

2. 此表是工程中常用的一种简易系数及计算方法，不考虑土壤类别，只考虑潮湿程度，用起来比较方便。

3. 两表可同时使用，以便进一步使测量数值更准确。

表 21-4　各种接地装置的接地电阻允许值

类　　型			接地装置使用条件	允许的工频接地电阻值/Ω	备　　注
架空电力线路的接地	35kV 及以上有避雷线的一般线路	土壤电阻率/(Ω·m)	100 及以下 100 以上至 500 500 以上至 1000 1000 以上至 2000	一般不应超过：10 15 20 25	
			2000 以上	30；或敷设 6～8 根放射式地线（总长不超过 500m），或连续伸长接地，电阻值不作规定	
	大跨越档		有避雷线线路的杆塔和管形避雷器或间隙	不应超过一般线路接地电阻值的 50%，在高土壤电阻率地区，也不宜超过 20	
			无避雷线线路的管型避雷器或间隙		
	线路交叉部分		交叉档两端（上下共四基）的钢筋混凝土杆、金属杆塔、管形避雷器或间隙	不应超过一般线路的接地电阻值的两倍	
	35kV 及以上变电所的进线段		35kV 及以上一般变电所的进线段杆塔	应不超过一般线路的接地电阻	
			未沿全线架设避雷线的 35kV 及以上木杆或钢筋混凝土杆木担进线段首端的 GB_1	一般不应大于 10	GB 表示管形避雷器
			35～60kV 小容量变电所（1000～5000kV·A）简化进线段首端的 GB 或 JX	一般不应大于 5	JX 表示保护间隙 在高土壤电阻率地区，R 可提高，但不应超过 10Ω
			35～60kV，1000kV·A 以下变电所简化进线段首端 JX	一般不应大于 10	在高土壤电阻率地区，R 可提高，但不应超过 20Ω

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类型		接地装置使用条件		允许的工频接地电阻值/Ω	备注
架空电力线路的接地	电动机直配线的进线段	1500～6000（不包括6000）kW电动机保护接线的GB		3.6kV：$R \leqslant l/200$	若装两组管形避雷器GB_1、GB_2，则R取两接地的并联值
				10kV：$R \leqslant l/150$	
		300kW以上，1500kW以下的电动机的保护接地	≥500m电缆段首端：GB ≥50m电缆段电缆头旁：FS	不应大于5 不应大于3	FS表示阀形避雷器
			≥100m避雷线保护段前：GB_1 ≥100m避雷线保护段首：GB_2	不应大于10 不应大于5	
			400～500m避雷针保护段：GB_1 400～500m避雷针保护段：GB_2	不应大于30 不应大于5～10	
		300kW及以下电动机进线保护间隙或绝缘子铁脚接地		10	
	无避雷线电路的一般杆塔	35kV及以上小接地短路电流系统中，无避雷线电路的钢筋混凝土杆、金属杆塔及木杆线路中的铁担接地		年平均雷电日在40以上地区一般不应超过30（$\rho \leqslant 100\Omega \cdot m$的地区，钢筋混凝土杆、金属杆塔，可不另作接地）	运行经验证明，雷击跳闸及断线事故不多的地区，以及40雷电日及以下的地区，电阻值不规定，或不做人工接地装置
		3kV及以上小接地短路电流系统中，居民区的钢筋混凝土杆、金属杆塔		一般不超过30	有运行经验，未发生触电事故的地区以及沥青路面上的杆塔，可不接地
		中性点非直接接地系统中，低压线路的钢筋混凝土杆和金属杆塔		一般不超过50	直接接地系统中的金属杆塔、混凝土杆的钢筋、铁横担，只与零线连接即可；凡属上栏备注情况可不接地或不与零线连接
		低压架空线路零线的每一重复接地（并列运行电气设备总容量为100kV·A以上）		不应大于10	
		同上，且重复接地不少于3处（并列运行电气设备总容量为100kV·A及以下）		不应大于30	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类型		接地装置使用条件	允许的工频接地电阻值/Ω	备注
架空电力线路的接地	无避雷线路的一般杆塔	低压接户线的绝缘子铁脚接地	一般不大于30（$\rho \leqslant 100\Omega \cdot m$的地区，钢筋混凝土杆、金属杆塔，可不另做人工接地）	年平均雷电日不超过30的地区，低压线受建筑物等屏蔽的地区，以及接户线距低压干线接地点不超过50m的地方，绝缘子铁脚都可不接地
电力设备的接地	1kV及以上的设备	大接地短路电流系统	一般应符合$R \leqslant 2000/I$	高土壤电阻率地区，接地电阻允许提高，但不应超过5Ω
			当$I > 4000A$时，可取$R \leqslant 0.5$	
		小接地短路电流系统： 高低压设备共用接地 仅用于高压设备的接地	$R \leqslant 120/I$ $R \leqslant 250/I$ 但一般不应大于10	高土壤电阻率地区，R允许提高，但不应超过：发、变电所15Ω，其余30Ω
	低压设备	中性点直接接地与非直接接地： 并联运行电气设备的总容量为100kV·A以上时 并联运行电气设备的总容量不超过100kV·A时	一般不应大于4	高土壤电阻率地区，R允许提高，但不应超过30Ω
			可不大于10	
	利用大地作导线的电气设备	利用大地作相线、回线或零线时： 永久性工作接地 临时性工作接地 线路分相带电作业时作业区段两侧临时接地（3kV及以上线路）	应符合$R \leqslant 50/I$ 应符合$R \leqslant 100/I$ 每侧最好不大于5Ω，最大不应超过10Ω	低压电网（1kV以下）禁止使用大地作导线或零线
电力网中防雷装置的接地		发、变电所内建筑物或设备的金属屋顶或钢筋混凝土结构的集中接地	根据土质情况，打入3~5根垂直接地体或敷设3~5根水平接地体（电阻值不规定）	
		发电厂烟囱附近的引风机，装有避雷针的架构以及发、变电所内阀形避雷器的集中接地	根据土质情况，打入3~5根垂直接地体或敷设3~5根水平接地体（电阻值不规定）	集中接地还应与主接地网相连接
		独立避雷针	按计算确定，但一般土壤电阻率地区，工频接地电阻不宜大于10	
		配电线路上的阀形避雷器	一般不大于10	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

类型		接地装置使用条件	允许的工频接地电阻值/Ω	备注
建、构筑物防雷装置的接地	一般建筑物	建筑物上的避雷针、避雷带和避雷线 独立的或沿树干、旗杆等装设的避雷针及避雷线	不大于20～30	
	公共建筑物人员密集的	建筑物上的避雷针、避雷带和避雷线 独立的或沿树干、旗杆等装设的避雷针及避雷线	不大于10	
建、构筑物防雷装置的接地	有易爆物、易燃物的建筑物、构筑物	防护直击雷、感应雷的接地与电气设备保护接地连在一起	不应大于10	
		低压线和通信线的引入线绝缘子铁脚接地、保护电缆段的阀形避雷器的接地及电缆金属皮的接地连在一起	不应大于10	
		30雷电日以下地区，低压线、通信线直接引入时： 入户处阀形避雷器或保护间隙的接地与入户线绝缘子铁脚接地和电气设备的保护接地连在一起	不应大于5	
		靠近建筑物第1根电杆绝缘子铁脚的接地	不应大于10	
		同上，第2、3根电杆	不应大于20	
		架空和埋入地下引入的金属管道、电缆等距建筑物约25m处的接地	不应大于10	
	大型大牲畜棚	独立的避雷针、避雷线 房顶上的避雷针、避雷线、避雷带： 房屋两侧的带型接地，每侧 环绕房屋敷设的闭合环形接地	不应大于10 不应大于10 不应大于5	
	高耸的建筑物	烟囱、旗杆等的避雷带、避雷针	一般不大于20～30	附近经常有人经过时，其接地电阻不应大于10Ω
		水塔上的避雷带、避雷针	一般不大于10	
		瞭望台	不应大于10	
		风车磨房	不应大于10	

注：1. 雷电日也叫雷暴日，只要该地在一天内听到雷声（最远可听25～30km，离观察者3km以内的叫近雷，3km以外的叫远雷），不论雷暴延续多长时间或听到多少次，也不论是否下雨，都算一个雷电日。年雷电日数等于全年雷电日数的总和。年平均雷电日数，是多年雷电日数的平均值。

2. I——流径接地装置的短路电流（A）。

3. L——架空线路或电缆线路的进线段总长度（m）。

4. GB管形避雷器，FS阀形避雷器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 21-5 人工接地装置工频接地电阻值

型式	简图	材料尺寸/mm 及用量/m				土壤电阻率/（Ω·m）		
		圆钢 $\phi20$	钢管 $\phi50$	角钢 50×50×5	扁钢 40×4	100	250	500
						工频接地电阻/Ω		
单根		2.5	2.5	2.5		30.2 37.2 32.4	75.4 92.9 81.1	151 186 162
2 根			5.0	5.0	2.5 2.5	10.0 10.5	25.1 26.2	50.2 52.5
3 根			7.5	7.5	5.0 5.0	6.65 6.92	16.6 17.3	33.2 34.6
4 根			10.0	10.0	7.5 7.5	5.08 5.29	12.7 13.2	25.4 26.5
5 根			12.5	12.5	20.0 20.0	4.18 4.35	10.5 10.9	20.9 21.8
6 根			15.0	15.0	25.0 25.0	3.58 3.73	8.95 9.32	17.9 18.6
8 根			20.0	20.0	35.0 35.0	2.81 2.93	7.03 7.32	14.1 14.6
10 根			25.0	25.0	45.0 45.0	2.35 2.45	5.87 6.12	11.7 12.2
15 根			37.5	37.5	70.0 70.0	1.75 1.82	4.36 4.56	8.73 9.11
20 根			50.0	50.0	95.0 95.0	1.45 1.52	3.62 3.79	7.24 7.58

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3. 电气装置的下列部分应可靠接地

1）电动机、变压器及其他电器的金属底座和外壳；

2）电气设备的传动装置；

3）屋内外配电装置的金属或钢筋混凝土构架以及靠近带电部分的金属遮栏和金属门；

4）配电、控制、保护用的盘（台、箱）的框架；

5）交、直流电力电缆的接线盒，终端盒的金属外壳和电缆的金属护层、穿线的钢管；

6）电缆支架；

7）装有避雷线的电力线路杆塔；

8）装在配电线路杆上的电力设备；

9）在非沥青地面的居民区内，无避雷线的小接地电流架空电力线路的金属杆塔和钢筋混凝土杆塔。

电气装置的下列部分可不接地：

1）在木质、沥青等不良导电地面的干燥房间内，交流额定电压为380V及以下，直流额定电压为440V及以下的电气设备的外壳；但当有可能同时触及上述电气设备外壳和已接地的其他物体时，则仍应接地；

2）在干燥场所，交流额定电压为127V及以下、直流额定电压为110V及以下的电气设备的外壳；

3）安装在配电柜、控制盘和配电装置上的电气测量仪表、继电器和其他低压电器等的外壳以及当发生绝缘损坏时在支持物上不会引起危险电压的绝缘子的金属底座等；

4）安装在已接地金属框架上的设备，如穿墙套管等（但应保证设备底座与金属构架接触良好）；

5）额定电压为220V及以下的蓄电池室内的金属支架；

6）由发电厂、变电所和工业、企业区域内引出的铁路轨道；

7）与已接地的机床、机座之间有可靠电气接触的电动机和电器的外壳；

8）高于3.5m的起重运输机械的滑接线支架；

9）木杆塔和木构架上悬式、针式绝缘子的金属部分及金具等。

三、特殊装置及设施的防雷接地

1. 防雷

（1）露天可燃气体贮气柜

贮气柜群一般应设独立避雷针，且本身应可靠接地，接地装置应为环形接地网。

单柜可不设独立避雷针，除本身接地外，放散管和呼吸阀宜在管口装设避雷针，高于管顶应大于3m；活动升降的金属柜顶，应设避雷针，用可挠的跨接软铜线与底柜相连，可靠接地。软铜线应≥25mm^2。

（2）露天油罐

1）易燃液体、闪点低于或等于环境温度的可燃液体的开式贮罐或建筑物，应设避雷针保护，且贮罐本身接地。

2）带有呼吸阀的易燃液体贮罐，可在罐顶装设避雷针保护，且贮罐本身接地，至少有两个接地点，接地点相距不大于24m。

3）可燃液体贮罐，单体可不装避雷针，应可靠接地，罐群应设避雷针。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）浮顶油罐、球形液化气贮罐，单体只作接地，但浮顶应与罐体用 25mm^2 软铜线连接，罐应装设避雷针。

5）埋地式油罐，覆土在 0.5m 以上者一般不设防雷设施，如有呼吸阀引出地面者，在阀处应接地。

（3）户外架空管道

户外输送可燃气体、易燃或可燃液体的管道，可在管道的始端、终端、分支处、转角处及直线部分每隔 100m 处接地，每处接地电阻≤30Ω；当与爆炸危险厂房平行安装时且间距小于 10m 时，在接近厂房的一段其两端及每隔 30～40m 应接地，接地电阻≤20Ω；管道连接点（弯头、阀门、法兰盘等）应用金属跨接线。接地引下线可利用金属支架或活动支架时，应设跨接线，非金属支架必须单设接地引下线。

上述三种场所设施的接地不得串联，一律并联。

（4）微波站、电视台

1）无线塔应设避雷针，塔身可作为引下线，方法同独立避雷针，接地体应在塔基四角埋设垂直接地极，且水平接地体应围绕塔基成闭合环形并与垂直接地体焊接，接地电阻≤5Ω，至少有 4 点与接地网连接。塔上的航空障碍信号灯、天线的支杆框架、反射器的框架等金属件都必须与塔的金属部分焊接或螺栓连接。波导管或同轴电缆的金属外皮和敷设电缆的金属管路，应在塔的上下两端及每隔 12m 处与塔身金属部分连接，引入机房内与接地网连接。塔上的照明灯应采用金属外皮电缆或将导线穿金属管敷设，电缆金属外皮或金属管道至少在上下两端与塔身相连，地面部分应水平埋设 10m 以上才允许引入机房。

2）机房防雷的设置。机房应位于塔上避雷针的保护范围。否则，应沿屋顶四周安装闭合环形闭雷带。机房外面地下应围绕机房安装闭合环形水平接地体。在机房内应沿墙明设环形接地母线。机房内各种电缆的金属外皮、设备外壳和正常不带电的金属部分、金属管道等、均应以最短的距离与环形接地母线连接。室内环形接地母线、室外闭合环形接地体、屋顶闭合形环避雷带三者之间应用 4 个对称布置的连接线互相焊接，相邻连线间的距离不宜超过 18m。多雷区，室内高 1.7m 处应沿墙一周设均压环，并与下引线连接。机房的接地网与塔身的接地网间，至少有两根水平接地体连接，总接地电阻≤1Ω。引向机房内的电力线、通信线应有金属外皮或金属屏蔽层或敷设在金属管内，并要求埋地敷设。由机房引出的金属管、线应埋地敷设，在机房外埋地敷设长度不应小于 10m。

微波站、电视台（塔）防雷接地示意如图 21-1 所示。

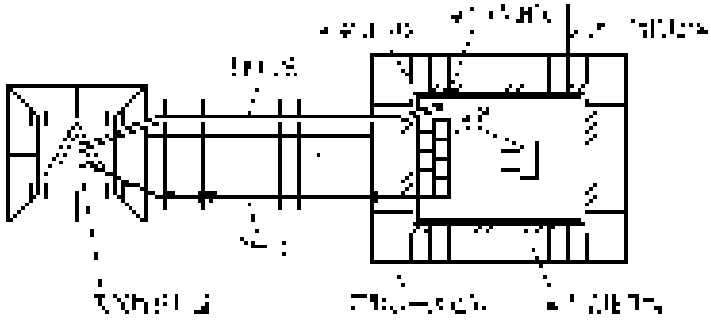


图 21-1　微波站、电视台（塔）防雷接地示意图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（5）卫星地面站

一般用独立避雷针或在天线反射体抛物面骨架顶端及副面调整器顶端预留的安装避雷针处分别装设避雷针，引下线可利用内筋或单设。防雷接地、电子设备设地、保护接地可共用接地装置。接地体围绕建筑物四周敷设成闭合环形，接地电阻≤1Ω，机房防雷与微波站防雷相同。卫星地面站的防雷接地如图 21-2 所示。

（6）广播发射台

天线发射塔对地是绝缘的，一般在塔基没有球形或针板形间隙，接地体采用放射形低阻水平接地体，接地电阻≤0.5Ω，如图 21-3 所示。

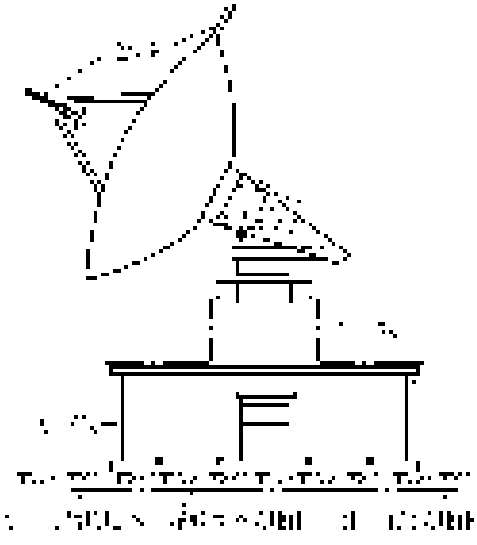


图 21-2　卫星地面站防雷接地示意图

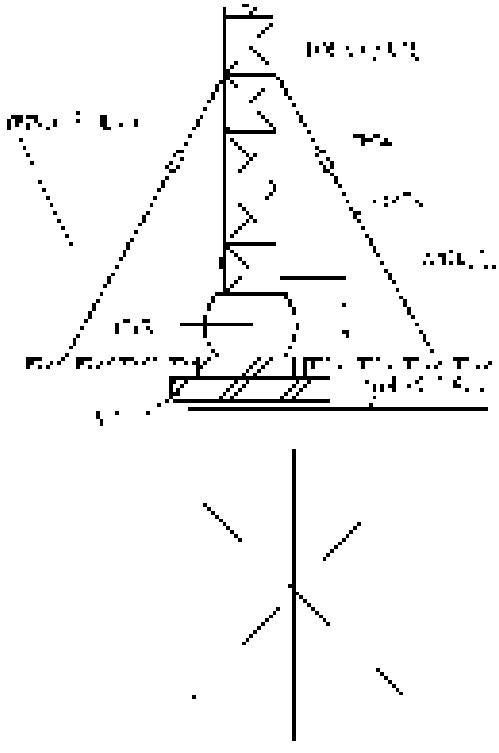


图 21-3　发射塔（天线）防雷接地示意图

机房采用避雷针或避雷网防直击雷。接地装置采用水平接地体围绕建筑物敷设成闭合环形，接地电阻≤10Ω。机房内高频、低频工作接地母线采用（120×0.35）mm^2 纯铜带，机架用（40×4）mm^2 扁钢接到环形接地体上，如图 21-4 所示。

短波发射台在天线塔上装设避雷针，将塔身接地，接地电阻≤10Ω，机房同上。

（7）雷达站

天线本身可作为接闪器，天线与支撑架直接接地，可与雷达主机工作接地共用接地体。接地体为闭环式，接地电阻≤1Ω。引入雷达主机的电源线、伺服

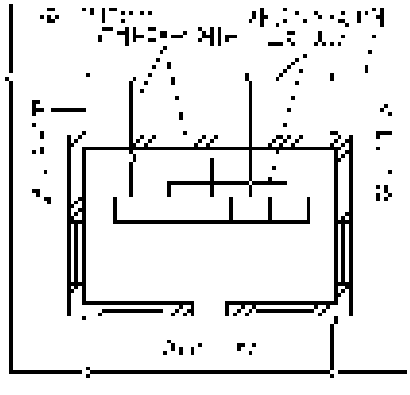


图 21-4　发射机房防雷接地示意图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电机电源线、天线的馈线、控制线均应穿管埋地敷设，或用金属外皮电缆。雷达站防雷示意如图 21-5 所示。

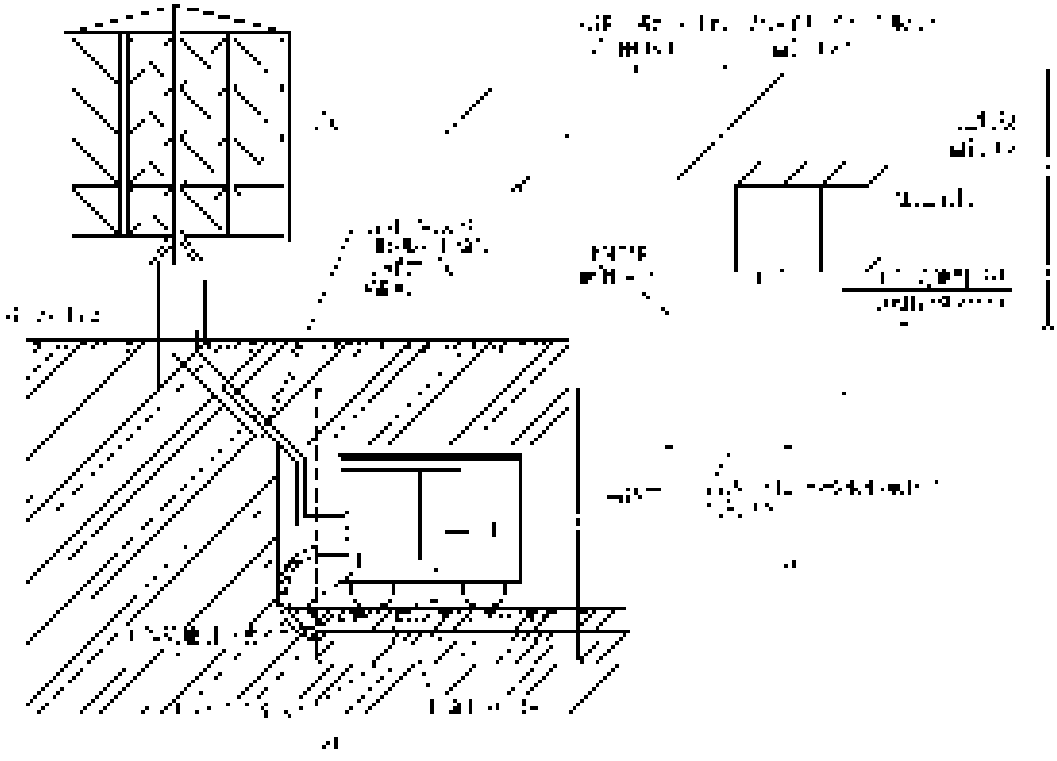


图 21-5　雷达站防雷示意图

a）天线及机房防雷接地剖面　b）接地系统透视

2. 接地

（1）电子计算机（包括微型计算机）

1）接地网的设置　在活动地板安装前，在计算机房的地面上安装铜排接地网，其网格规格为 600×600mm，铜排可用铜棒、铜排、铜管制作，其截面应≥10mm^2，连接点可用气焊焊接。凡有计算机接地处可用铜软线引出，铜排网的接地点至少为两点，房间较大时应增加接地点为四点、八点等，如图 21-6 所示。

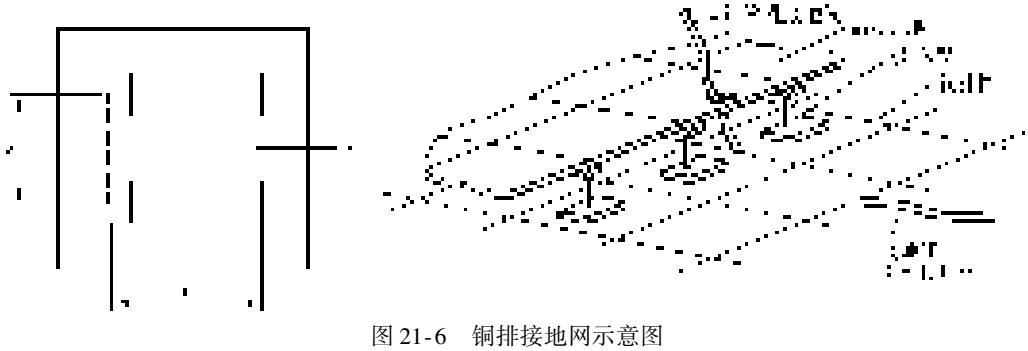


图 21-6　铜排接地网示意图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）计算机　计算机接地的方式很多，现介绍常用的三种。

① 混合接地系统。小型或微型计算机内部的逻辑地、功率地、安全地已在机内接到同一接地端子，安装时将铜排网的软引线接在该端子上即可，如图 21-7 所示。

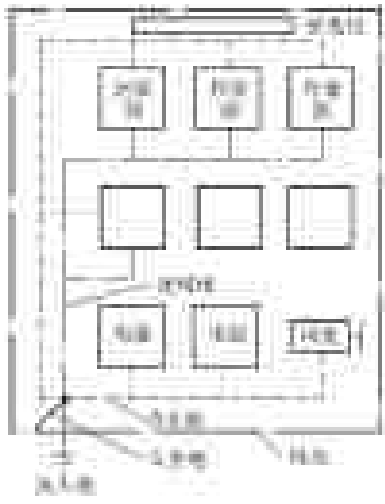


图 21-7　计算机混合接地示意图

其中逻辑地指机内低电平统一的连接线；功率地指机内大电流元件（继电器、排风扇、指示灯等）的接地线；安全地指正常不带电的金属外壳、面板等的接地线。

② 交直流分别接地系统。将系统中逻辑地与直流功率地合接在一起接于接地网上；机柜（安全地）和交流功率地共同接地。同样逻辑地与直流功率地也可通过电容与交流功率地接在一起。这两种方法都可以避免磁场干扰，可用在磁场干扰较强的场所，如图 21-8 所示。铜排网的装置同上。

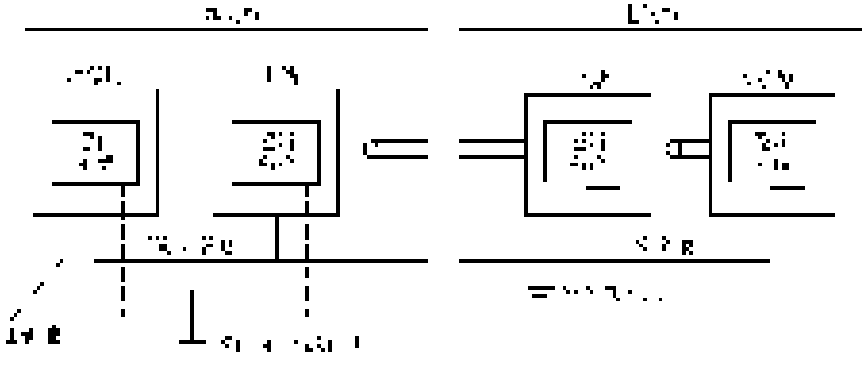


图 21-8　计算机的分别接地示意图

③ 一点接地系统。在机内将逻辑地、功率地、安全地分开，并在机柜上引出三个相互绝缘的接地端子，其中逻辑地、功率地从机柜底座引至地板下的铜排网，然后从铜排网和机柜其他接地端子（安全地）各引出一个根引线在同一点与接地体相连，如图 21-9 所示。此种方法逻辑地有一个统一的基准电平，减少了互相干扰，安全，且泄漏了静电。

上述三种方法，逻辑地母线一般采用 35mm^2 或 50mm^2 的铜排。接地电阻≤1Ω。

（2）电子设备

1）辐射式接地系统　把设备中信号地、功率地、安全地分开敷设的接地引下线接至电源室的接地总端子板，在板上三者再接在一起引直接地体，如图 21-10 所示。三者分开接地能避免电源干扰，多用于低频回路中，也叫一点接地。

其中信号地指设备中信号电路的放大器，混频器、扫描器、逻辑元件的接地，使之工作时有一个基准电平；功率地、安全地同计算机。

2）环（网）状式接地系统　将信号地、功率地、安全地都接在一个共用的环状接地母线上，也叫多点接地，用于高频回路。环状接地母线可设在电源室、地下室或其他单独房

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

间，如图 21-11 所示。

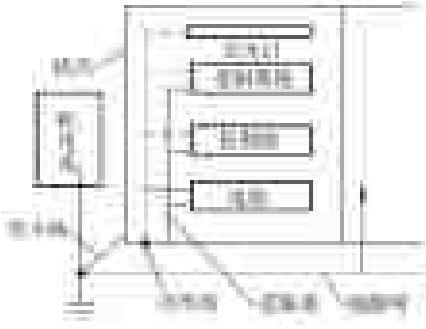


图 21-9　计算机的一点接地示意图

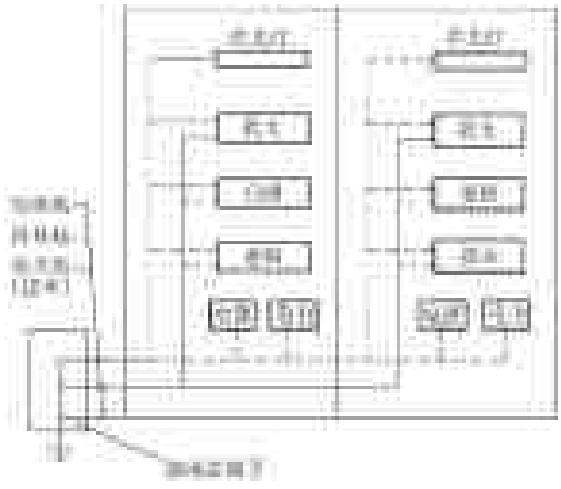


图 21-10　电子设备的辐射接地示意图

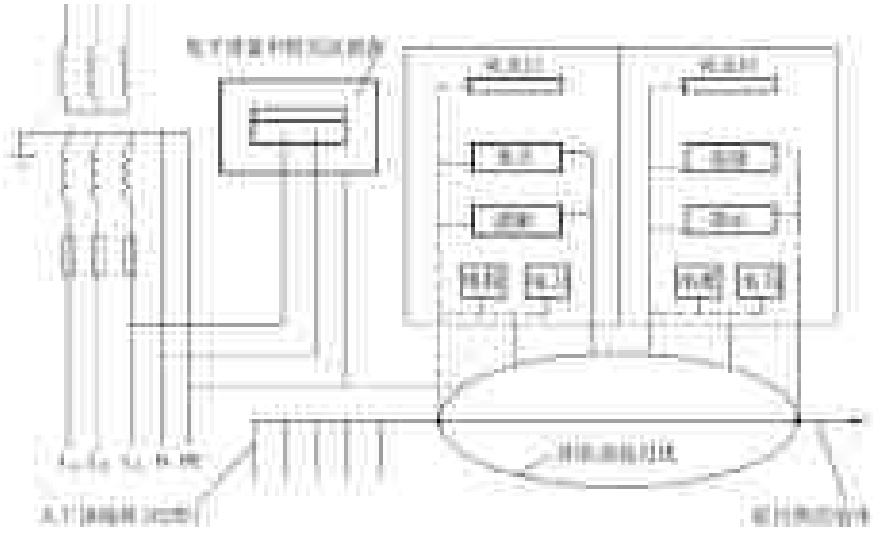


图 21-11　电子设备的环式接地示意图

3）混合接地系统　将设备内接地点用辐射式接线，把信号地、功率地、安全地分开，在机壳上汇接在一点。然后把几台设备汇接点接在环状接地母线上，如图 21-12 所示。引至环状接地体上要用短、直、扁平线，该系统也用在低频与高频之间。

4）上述三种方法接地电阻为 1Ω，不得与防雷共用接地体，其接地体应单独设置，距离一般应大于 5～10m，接地引下线的阻值由设备的灵敏电压决定，长度由波长而定，安装时按设计要求。

信号地接地引下线铜母线宽度根据表 21-6 选择。

环状接地母线的选择，设备工作频率在 1MHz 以上时选用 120mm×0.35mm 的铜排，1MHz 以下时选用 80mm×0.35mm 的铜排。环状母线的安装，如在木制地板的房间内也可按图 21-6 的方式安装。

电子设备的接地体与防雷引下线连接时，可采用图 21-13 所示的环状系统接地。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 21-6　信号地接地引下线铜母线截面选择

电子设备灵敏度/μV	接地引下线长度/m	适用设备工作频率/kC	铜母线宽度/mm	
			宽度	厚度
1	<1	>500	120	0.35～0.50mm
1	1～2		200	
10～100	1～5		100	
10～100	5～10		240	
100～1000	1～5		80	
100～1000	5～10		160	

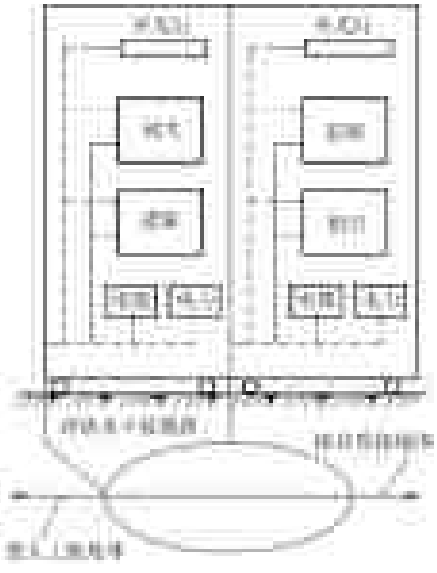


图 21-12　电子设备的混合接地示意图

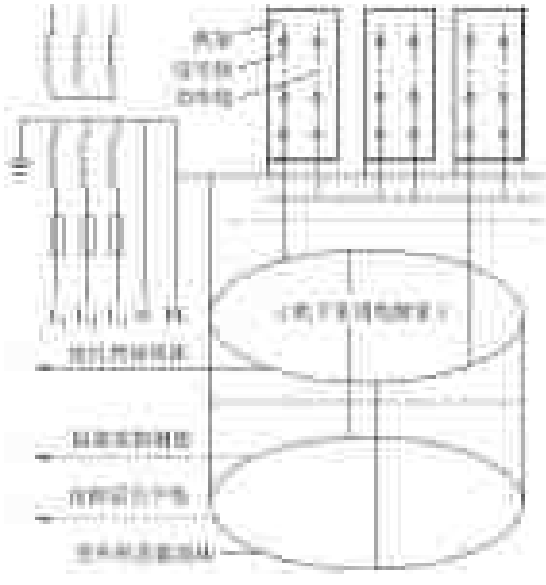


图 21-13　防雷接地与电子设备共用接地示意图

（3）高频电热设备

30kW 以上的高频电炉一般安装在屏蔽室内，电源线引入时要装设电源滤波器，在装电源滤波器处应进行一点接地，接地电阻≤4Ω。当 30kW 以下的高频炉不设屏蔽室时，应接零，如图 21-14 所示。

（4）一般电子仪表应采用接零，但交流与直流的接地要分开，以防焊接时烧坏晶体管。

（5）电子医疗设备

电子医疗设备如 X 光机、心电图仪、脑电图仪等外壳应可靠接地，一般都有接地端子，接地电阻≤4Ω。有时为了避免干扰，应单独设置接地装置。

（6）屏蔽接地

屏蔽电缆在屏蔽体入口处，其屏蔽层应接地；若用屏蔽线或屏蔽电缆接仪器时，则屏蔽层应有一个点接地或同一接地点附近多点接地；屏蔽的双绞线、同轴电缆在工作频率小于 1MHz 时，屏蔽层应采用单端接地，见图 21-15。屏蔽接地的接地电阻应≤4Ω。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

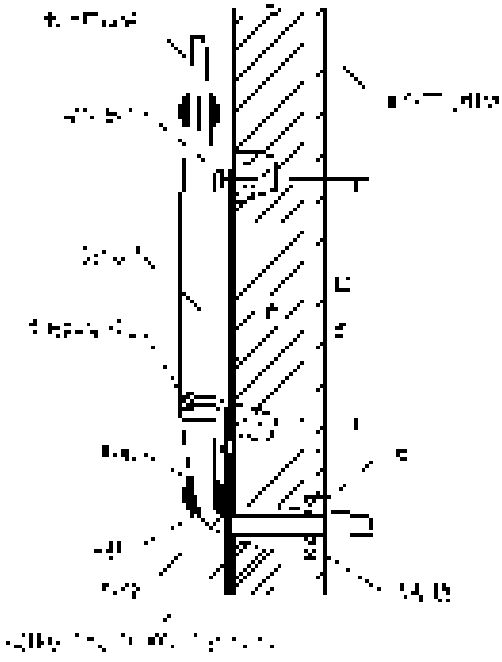


图 21-14 高频电热设备的接地示意图

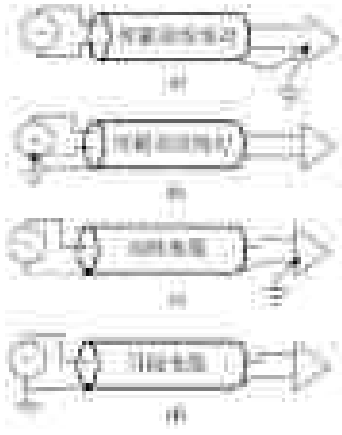


图 21-15 屏蔽电缆的单端接地

四、防雷与接地技术监督的要求及注意事项

1）直流电力回路专用的中性线、接地体、接地引线不得与自然接地体有金属连接；如无绝缘隔离装置时，两者间的相互距离不应小于 1m。三相制直流回路的中性线宜直接接地。

2）直流电力网中的接地装置，能与地构成闭合回路且经常流过电流的接地线应沿绝缘垫板敷设，不得与金属管道、建筑物和设备的构件有金属连接。同时，在土壤中含有在电解时能产生腐蚀性物质的地方，不宜敷设接地装置，否则应采取外引式接地装置或改良土壤的措施。

3）交流电气设备的接地应充分利用自然接地体，如埋在地下的金属管道（但可燃或有爆炸介质的管道除外）、金属井管、与大地有可靠连接的建筑物或构筑物的金属结构、水工构筑物或类似构筑物的金属桩。

4）交流电气设备的接地线可利用现有的金属导体，如建筑物的金属结构（梁、柱子等）及混凝土结构的内筋（不少于 2 根）、生产用的金属结构（起重机的导轨、配电装置的外壳、走廊、平台、电梯竖井、起重机与升降机的构架、运输皮带的钢架等）、配线的钢管或电缆金属构架。

5）接地装置应全部采用镀锌钢件，其截面积最小规格见表 21-7。

表 21-7 钢接地体和接地线的最小规格

种类、规格及单位		地上		地下	
		室内	室外	交流电流回路	直流电流回路
圆钢直径/mm		6	8	10	12
扁钢	截面积/mm^2	60	100	100	100
	厚度/mm	3	4	4	6

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

种类、规格及单位	地　上		地　下	
	室内	室外	交流电流回路	直流电流回路
角钢厚度/mm	2	2.5	4	6
钢管管壁厚度/mm	2.5	2.5	3.5	4.5

注：电力线路杆塔的接地体引出线的截面不应小于50mm^2，引出线应热镀锌。

6）低压电气设备地面上外露的接地线的截面不应小于表21-8所列数值。

表21-8　低压电气设备地面上外露的接地线的最小截面积

名　　称	铜/mm^2	铝/mm^2	钢/mm^2
明敷的裸导体	4	6	12
绝缘导体	1.5	2.5	
电缆的接地芯或与相线包在同一保护外壳内的多芯导线的接地芯	1	1.5	

7）不得在地下利用裸铝导体作为接地体或接地引线，不得用金属软管（蛇皮管）、保温管的金属包皮金属网及电缆的金属护层作接地线。

8）接地线应防止发生机械损伤和化学腐蚀，在与公路、铁路或管道交叉及其可能使地线遭受到机械损伤之处、场应用钢管加以保护，在穿过墙壁时应设明孔，并用钢管保护。

9）接地干线至少应在不同的两点与接地网相连接；自然接地体至少应在不同的两点与接地干线相连接。

10）电气装置的每个接地部分应以单独的接地线与接地干线相连接、不得在一个接地线中串接几个需要接地的部分，如图21-16所示。

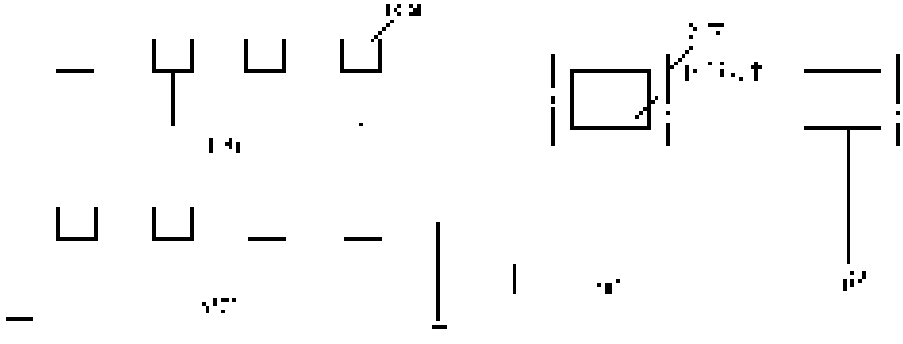


图21-16　电气装置接地正确方法示意图

11）接地体地沟回填土内不应夹有石块、建筑材料或垃圾等。

12）明设的接地线应便于检修且安装位置不应妨碍设备的拆卸与修理，其支持件间距水平直线部分为1.5m，垂直部分1.5～2.0m，转弯部分为0.5m。

13）接地线一般应水平或竖直敷设，但也可与建筑物倾斜的结构平行或沿室外坡道敷设，在任何部位的直线段上接地线本身不应有高低起伏及弯曲现象。当沿建筑物墙壁水平敷设时，离地面距离为250～300mm，与墙壁本身应有10～15mm的间隙。当通过伸缩缝或沉降缝时，应将接地线本身弯成弧状作为补偿。

14）明敷的接地线表面应涂以15～100mm宽度相等的黄绿相间的条纹。在导体的全部

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

长度上，或只在每个区间或每个可接触到部位上作出标志。当使用胶带时，应使用双色胶带。中性线宜涂淡蓝色标志。在接地线引向建筑物的入口处和在检修用的临时接地点处，均应刷白色底漆并标以黑色记号，其记号为“⏚”。

15）在进行检修工作需要临时接地的地方，如配电室、开关间、母线分段处、发电机引出线处等，均应引入接地干线，并设有专供使用的接线端子板、元宝螺钉。

16）电缆通过零序电流互感器时，电缆头的接地线应穿过互感器后接地，由电缆头至穿过零序电流互感器的一段电缆金属护套和接地线应与地绝缘。

17）直接接地或经消弧线圈接地的主变压器、旋转电机的中性点与接地体或接地干线的连接，应采用单独的接地线。

18）避雷器的接地线应尽量短而粗，直接与变配电所的主接地网连接。

19）接地体、接地线的连接应用电焊，焊接必须牢固可靠。接至接备上的接地线应用螺栓加平垫弹垫连接。有色金属的地线连接应按“第十九章动力电路”中母线的制作安装有关要求和方法进行。

20）接地体、接地线的连接应采用搭接焊，扁钢焊接长度为其宽度的2倍且至少三个棱边焊接；圆钢为其直径的6倍；圆钢与扁钢连接时为圆钢直径的6倍；扁钢与钢管、圆钢、角钢焊接时，应将扁钢弯成弧形、直角形焊接。

21）利用金属构件、金属管道［见第4）条］作接地线时，应保证其全长完好的电气通路，利用串接的金属构件、管路作接地线时，应在其串联连接部位焊接金属跨接线。

22）避雷针、线、带的接地应符合上述要求，同时与引下线的连接应焊接，距地面1.5～1.8m时应有断线卡；金属筒体应有两处对应与接地体连接；独立避雷针应单独设置接地体；构件上的避雷针应与接地网连接，并应在其附近设置集中接地装置。自避雷针与接地网的连接点至变压器或35kV及以下设备与接地网的地下连接点止，沿接地体的长度不得小于15m。独立避雷针及其接地装置与道路或建筑物的出入口的距离应大于3m；接地干线与独立避雷针接地点的距离不应小于3m。

23）屋顶上装置的防雷金属网、避雷针及其他金属物体应焊接成一个整体接地。

24）装有避雷针、避雷线的构架上的照明装置的电源线，必须采用直埋于地下的有金属护层的电缆或穿入金属管的导线。电缆护层或金属管必须可靠接地，电缆或金属管的埋地长度应在10m以上，方可与配电装置的接地网连接或与电源线、低压配电装置相连接。

25）不得在避雷针构架上架设低压电源线或通信线。

26）所有焊接部位应涂防腐沥青漆，明装部分还应涂色漆。

27）携带式电气设备应用专用的橡胶绝缘软铜电缆（防水线），三相设备用五芯电缆，单相设备用三芯电缆，其中除相线外，有一根工作零线，有一根为接地线，此线芯严禁通过电流，其截面积应不小于1.5mm^2。接地线和工作零线应区分开，分别与接地网连接，严禁利用其他用电设备的零线接地。

28）由固定电源或移动式发电机组供电的移动式机械，应和这些供电电源的接地装置有金属连接，在中性点不接地的电网中，可在移动式机械附近装设若干接地体，在设备移动时，至少有一个接地体与设备连接。

29）对于腐蚀性土壤应加强接地板的防腐措施，见表21-9。

30）接地与防雷的安装必须符合GB50169—2006的要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 21-9　土壤腐蚀性等级及防腐措施

项　　目	土壤腐蚀性等级				
	特高	高	较高	中等	低
土壤电阻率/Ω·m	<5	5～10	10～20	20～100	>100
含盐量（%）	0.75	0.75～0.1	0.1～0.05	0.05～0.01	<0.01
含水（%）	12～25	10～12	10～5	5	<5
在 ΔV＝500mV 时极化电流密度/（mA/cm²）	0.3	0.3～0.08	0.08～0.025	0.025～0.001	<0.001
防腐措施	特加强	加强	加强	普通	普通

五、质量标准及检验方法

电气装置安装工程中，防雷接地装置质量标准和检验方法见表 21-10～表 21-15。

表 21-10　屋外接地装置制作安装

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
垂直接地体制作及敷设	材料规格		主要	按设计规定	对照图样检查
	镀锌件表面检查			镀锌层表面完好	观察检查
	接地体（顶面）埋深		主要	≥600mm	用尺检查
	接地体间距离			≥2 倍接地体长度	
水平接地体敷设	扁钢截面及厚度		主要	按设计规定	对照图样检查
	接地体入地下最高点与地面距离（埋深）		主要	≥600mm	用尺检查
	通过公路处接地体的埋设深度			按设计规定	
	接地体外缘闭合角形状			圆弧形	观察检查
	接地体圆弧弯曲半径			1/2 均压带间距离	用尺检查
	相邻两接地体间距离			≥5m（或按设计规定）	
	接地体与建筑物距离			按设计规定	对照图样检查
	通过公路、铁路、管道等交叉处及可能遭机械损伤处的保护			用角钢覆盖或穿钢管	观察检查
	通过墙壁时的保护			有明孔、钢管或其他坚固保护套	
	接地体引出线的防腐措施			刷防腐漆	
	引向建筑物的入口处和检修临时接地点标记			刷白色底漆并标以黑色“⏚”符号	
	采用镀锌件时锌层检查			完好	
接地装置连接	搭接长度	扁钢与扁钢		≥2 倍宽度，且焊接面≥3 面	用尺检查
		圆钢与圆钢或圆钢与扁钢		≥6 倍圆钢直径	
		扁钢与钢管（角钢）		接触部位两侧焊接，并焊以加固卡子	观察检查
	焊接部位表面处理			刷防腐漆	观察检查
	焊接部位检查			牢固	扳动检查
	与其他接地装置间连接点数			≥2 点（或按设计规定）	观察检查（或对照图样检查）
回填土	回填土质			无石块、杂物	观察检查
	密实度		主要	分层夯实	观察检查
接地电阻			主要	按设计规定	检查试验记录

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 21-11 屋内接地装置安装

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
接地装置安装	明敷接地线敷设位置				便于检查，不妨碍设备拆卸检修	观察检查
	支持件安装	支持件间距	水平直线部分		0.5～1.5m	用尺检查
			垂直直线部分		1.5～3m	
			转弯部分		0.3～0.5m	
		支持件固定		主要	牢固	扳动检查
	沿墙壁或建筑物敷设时的走向				与墙壁或建筑物平行	观察检查
	沿墙壁敷设时与墙壁间距				10～15mm	用尺检查
	距地面高度				250～300mm	
	跨越建筑物伸缩缝或沉降缝处				有伸缩补偿装置	观察检查
	穿过墙壁、楼板处保护措施			主要	已加装钢管或坚固的保护管	
	引向建筑物的入口处和检修临时接地点标记			主要	刷白色底漆并标以黑色“⏚”符号	
	连接临时接地线使用的接线板和螺栓				齐全	
	接地体连接	连接方式			搭接焊	观察检查
		扁钢搭接长度			≥2 倍宽度	用尺检查
		焊接面数			≥3 面	观察检查
		焊接部位检查		主要	牢固	扳动检查
		焊接部位表面处理			刷防腐漆	观察检查
	与屋外或其他接地装置连接点数			主要	≥2 点（或按设计规定）	观察检查（或对照图样检查）
	接地线与支持件间连接				牢固	扳动检查
其他	明敷接地线标志（每个导体全长或区间或可接触部位）			主要	涂以 15～100mm 等宽的黄色、绿色相间条纹	观察检查
	中性线标志				涂以淡蓝色防腐漆	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 21-12　避雷针接地装置的安装

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
引下线安装	引下线与接地网的连接方式		焊接	观察检查
	扁钢截面积/mm^2	主要	按设计规定	用尺检查
	引下线距墙壁距离		10～15mm	用尺检查
	紧固件	主要	均为镀锌制品	观察检查
	引下线及固定装置的防腐层		完好	
	引下线固定		牢固	扳动检查
	断接卡设置（多根引下线时）		距地面 1.5～1.8m 处	用尺检查
	金属筒壁作引下线时筒壁厚度	主要	≥4mm	
	金属筒壁底部与接地体连接		两点对称	观察检查
接地装置安装	独立避雷针及其接地装置与道路或建筑物的出入口距离	主要	>3m	用尺检查
	独立避雷针接地装置与接地网的地中距离			
	架构或屋顶上避雷针集中接地装置设施	主要	按设计规定	对照图样检查
其他	避雷针与主接地网连接处距 35kV 及以下设备与主接地网连接处沿接地体的长度		≥15m	用尺检查
	避雷针或防雷金属网与建筑物顶部其他金属物体连接		牢固，连成一体	导通检查
	避雷针架构上的照明电缆金属护层或金属管接地		牢固，导通良好	扳动并导通检查
	照明电缆埋入地中的长度	主要	>10m	用尺检查
	接地电阻	主要	按设计规定	检查试验记录

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 21-13 （分部工程名称）屋外接地装置隐蔽前检查签证

检查范围			
检 验 项 目	检 验 结 果		备 注
接地沟深度/m			
水平接地体材质、规格			
垂直接地体材质、规格			
接地装置连接方法			
接地体搭接长度			
接地体焊接面数			
水平与垂直接地体连接方法			
焊接处的防腐措施			
接地装置顶面距地面高度/m			
沟内有无石块、建筑垃圾			
接地装置布置图应有份数		实有份数	

隐蔽前检查结论：

（经检查，上列屋外接地装置隐蔽前检查项目，施工质量符合规范规定，可以隐蔽，但回填土中不应含有石块及建筑垃圾，回填后应分层夯实）

质检机构	验 收 意 见	签 名
工 地		年 月 日
质 检 部		年 月 日
监 理		年 月 日
建设单位		年 月 日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 21-14　（分部工程名称）避雷针及接地引下线检查签证

接闪器安装高度/m		接闪器材质		避雷针长度/m	
引下线材质规格/mm		引下线根数		引下线固定点最大距离/m	
水平接地体材质规格/mm		垂直接地体材质规格/mm		引下线搭接最小长度/mm	

检验项目	检验结果	备　注
避雷针与引下线连接方式		
接地沟深度/m		
接地装置连接方法		
接地体搭接长度/mm		
接地体焊接面数		
水平与垂直接地体连接方法		
焊接处的防腐措施		
接地装置顶面距地面高度/m		
沟内无石块、建筑垃圾		
接地装置与道路的距离/m		
接地装置与主接地网的距离/m		
避雷针接地装置接地电阻/Ω		

隐蔽前检查结论：

（经检查，上列接地装置隐蔽前检查项目，施工质量符合规范规定，可以隐蔽，但回填土中不应含有石块及建筑垃圾，回填后应分层夯实）

质检机构	验　收　意　见	签　名
工　地		年　月　日
质　检　部		年　月　日
监　理		年　月　日
建设单位		年　月　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 21-15 （分部工程名称）接地电阻测量签证

测量范围		测量日期	

接地电阻的测量方法、技术参数及接线示意图（后附测量报告）：

测量前 5 日内 有未下过雨、雪		测量时环境温度 /℃	
使用仪器型号、 规格、编号			
使用仪表规格型号 编号及使用有效期			
接地电阻设计值/Ω		接地电阻实测值/Ω	
质检机构	验收结论	签　　名	
测量单位		年　月　日	
监　　理		年　月　日	
建设单位		年　月　日	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第二十二章　电梯工程监督管理

电梯作为一种特殊的交通装置在人们现代生活中有着特殊的作用，特别是对高层建筑、商贸场所、机场车站、酒店宾馆、写字楼、办公楼更有着重要的意义。保证电梯的安装质量不仅满足了用户的需要，重要的是它与电梯安全运行和乘客的安全有着密切的关系。电梯系统是一个非常复杂的系统，在技术和质量上要求非常严格。因此，电梯的质量是制造厂商、安装单位、监督单位、使用单位乃至乘坐人员、维护人员高度重视的首选，在各个环节和程序中是不可忘记的。

一、总体要求及土建工程要求

（一）总体要求

1. 安装单位施工现场的质量管理

（1）具有完善的验收标准、安装工艺及施工操作规程。

（2）具有健全的安装过程及质量控制制度。

（3）有专职质量检验员。

（4）全过程有监理工程师在场。

2. 对土建工程施工质量的控制和验收

（1）电梯安装前应按规范进行土建交接检验。与电梯电气装置有关的建筑物和构筑物的建筑工程质量，除应符合国家现行的建筑工程施工及验收规范中的有关规定外，还应符合现行国家标准《电梯主参数及轿厢、井道、机房的型式与尺寸》中的有关规定。

（2）电梯电气装置安装前，建筑工程应具备下列条件：

1）基本结束机房、井道的建筑施工，包括完成粉刷工作。

2）电梯机房的门窗应装配齐全。

3）预埋件及预留孔符合设计要求。

3. 电梯安装前按规范进行电梯设备进场验收

（1）设备和器材的运输、保管应符合国家有关物资运输、保管的规定。当产品有特殊要求时，还应符合产品的要求。

（2）采用的设备及器材均应符合国家现行技术标准的规定，并应有合格证，设备应有铭牌。

（3）设备及器材到达现场后，应及时按下列要求验收检查：

1）包装及密封应完好。

2）开箱检查清点，规格应符合设计要求，附件、备件应齐全，外观应完好。

3）下列文件应齐全：

① 文件目录；

② 装箱单；

③ 产品出厂合格证；

④ 电梯机房、井道和轿厢平面布置图；

⑤ 电梯使用、维护说明书；

⑥ 电梯电气原理图、符号说明及电气控制原理说明书；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

⑦ 电梯电气接线图；

⑧ 电梯部件安装图；

⑨ 安装、调试说明书；

⑩ 备品、备件目录。

4）电梯的专用电气设备和继电器、选层器、随行电缆等附件在更换时，必须符合原设计参数和技术性能的要求。

5）电气装置的附属构架、电线管、电线槽等非带电金属部分，均应涂防锈漆或镀锌。

4. 电梯安装分项工程质量控制

电梯安装的各分项工程应按企业标准进行质量控制，每个分项工程应有自检记录。

5. 电梯安装工程质量验收

（1）参加安装工程施工和质量验收的人员应具备相应的资格。

（2）承担有关安全性能检测的单位必须具有相应的条件，仪器设备应满足精度要求，并应在检定有效期内。

（3）分项工程质量验收均应在电梯安装单位自检合格的基础上进行。

（4）分项工程质量应分别按主控项目和一般项目检查验收。

（5）隐蔽工程应在电梯安装单位检查合格后，于隐蔽前通知有关单位检查验收，并得到验收文件。

6. 施工中的安全技术措施

施工中的安全技术措施应符合安全规范和现行有关安全技术标准及产品技术文件的规定。对重要工序，还应事先制定安全技术措施。

（二）土建工程要求

（1）机房井道的土建工程基本完工，粉刷工作已完成，并符合建筑工程施工及验收规范和《电梯主参数及轿厢、井道、机房的型式与尺寸》中的有关规定。

（2）电梯机房的门窗应装配齐全并能锁门。

（3）预埋件、预留孔洞应符合设计要求。标高位置正确、牢固。

（4）主机承重梁两端埋入机房墙内时，其埋入深度应超过墙厚中心线 20mm，且不应小于 75mm。对于砖墙，梁下应垫以能承受其重量的钢筋混凝土过梁或金属过梁，见图 22-1。

（5）钢丝绳与机房楼板孔洞每边的间隙均应为 21～50mm，见图 22-2。

（6）凡机房通往井道的孔洞，均应在四周筑起高 75mm 以上、宽度适当的台阶，以防止油、水流入井道，见图 22-2。

（7）井道的截面积应与轿厢底面积相适应，并留有足够的裕度；井道的垂直度应符合设计要求，顶部和底部的偏差一般应小于 50mm；井道与厅门衔接的牛腿应符合设计要求，各层牛腿的端面应在同一条铅垂线上，其偏差一般为 ±5mm。垂直度一般由铅垂线或仪器测量。

二、设备清点及试验

1. 设备的清点

电梯设备开箱时，应由工程负责人会同建设单位、电梯厂家有关人员共同进行。开箱的地点一般在井道附近，清点后大件即可直接运到安装地点，小件运至库房。开箱检查主要是查对设备的规格、型号、数量以及包装是否和设计、装箱清单及订货合同相符，外观是否有损、缺件、错发等，并做好记录。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

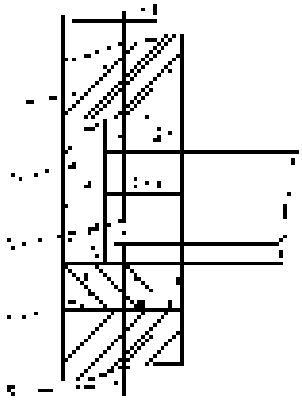


图 22-1　承重梁的预埋

1—砖墙　2—混凝土　3—承重梁　4—钢筋混凝土过梁或金属过梁　5—墙中心线

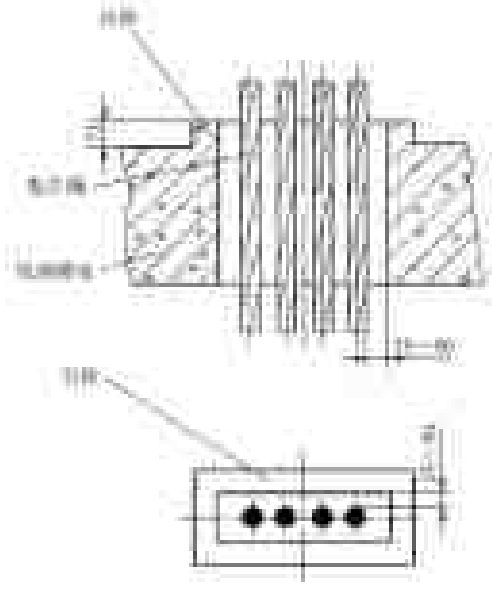


图 22-2　楼板孔洞和台阶

随机文件主要有：

1）装箱清单；

2）产品出厂合格证；

3）电梯机房、井道布置图；

4）电梯使用维护说明书；

5）电梯电气控制原理图及图例；

6）电梯电气布置图；

7）电梯部件安装图；

8）电梯安装调试说明书；

9）备品备件目录等。

以上文件应妥善保管，竣工时一并交付建设单位。

2. 设备的堆放

（1）设备堆放的原则

按安装位置就近堆放，避免二次搬运。

1）工字钢、曳引机、选层器、限速器、发电机、控制屏等运至机房。

2）导向轮、复绕轮、轿厢运至夹层及顶层，不搭架子施工轿厢运至底层。

3）对重及框架、缓冲器、轨道运至底层。

4）厅门、地坎、立柱运至各层厅门处。

5）其他部件运至库房，库房一般设在底层附近的房间里。

6）易变形弯曲的部件如轨道、门扇、轿围扇等应平放垫实；易损部件、电气原材料应单独存放并妥善保管，以免丢失。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）设备的搬运方法

对于低层建筑，一般是借助汽车吊直接搬运，或者借助土建的卷扬机架、塔吊搬运。

对于高层建筑，一般借助土建的塔吊或建筑室外电梯直接吊运；也可在屋顶搭设人字抱杆，沿外墙把设备吊运到屋顶，运入机房；还可以从电梯井道内用卷扬机将设备吊运到屋顶，这种方法是在机房屋地面未封时采用的。

无论哪种方法都应由起重工配合，做好设备、人身的安全工作。对于曳引机、发电机应整机吊运，一般可不开箱吊运，然后再开箱检查。曳引机、发电机严禁解体吊运。

3. 设备的试验

1）电气设备的试验方法和项目参见低压动力电路及设备安装调试。

2）机械设备按机械试验方法进行，并做传动试验，啮合要正常灵活。

3）轨道要预组对，每根轨道的垂直度偏差不应大于长度的1/6000，全长不大于0.7mm/5m；有不符合要求的，要进行冷调直。

调直的方法一是手工调直，即用导轨弯曲调整器进行，将有弯的导轨放入调整器中，一人操作丝杠，两人对照弯曲点移动导轨进行顶调。另一种是电动调整，这种调整设备较贵，一般由专业厂家完成。经调整仍不合格的应更换。将合格的导轨按阴阳榫进行排列，检查并清洗接头。阴阳榫及导轨工作面，如有磕碰等缺陷应进行修复，然后将轨道编号。

4）对新产品、不熟悉的设备元器件及对质量有怀疑的元器件，要进行预组对或者运转试行，以便及早发现问题。

三、机房设施

1. 承重梁安装要求

（1）承重梁安装位置和相互间距必须按电梯安装平面图进行。

（2）承重梁埋入墙内的部分应超过墙厚中心20mm，对于薄墙除超过中心20mm外，总入墙不得小于75mm。对于砖墙下面应垫混凝土梁或不小于16mm厚的钢板。固定后用250#以上的混凝土浇注，不得产生位移。

（3）架设承重梁的混凝土墩的位置必须在承重井道壁正上方。

（4）承重梁顶面水平度应不大于0.5/1000，相邻两根承重梁的高度差应不大于0.5mm，承重梁相互间的平行偏差应不大于6mm，总平行度以轿厢和对重中心连接线为准。

2. 曳引机安装要求

（1）曳引机直接固定在承受梁上时，必须实测螺栓孔，并用电钻开孔，严禁用气割开孔，其位置误差不大于1mm，不得损伤钢梁立筋。

（2）曳引机为弹性固定时，必须用压板、挡板、橡胶垫等定位固定。

（3）曳引机底座与基础间隙的调整应用钢垫片，经调整应符合以下要求：

1）不设减振装置的曳引机座水平度不大于2‰。

2）曳引机轮的位置偏差，在前后方向（向着对重）不应超过±2mm；在左右方向不应超过±1mm。

3）曳引轮的垂直度偏差不大于0.5mm（指空载时），曳引轮在水平面内的扭转即a、b之差不应超过±0.5mm，见图22-3。

4）曳引机电动机与底座连接牢固，蜗杆与电动机轴的同轴度允许误差为：刚性连接小于0.02mm，弹性连接小于0.1mm；径向跳动不超过制动轮直径的1/3000，如发现不符，必

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

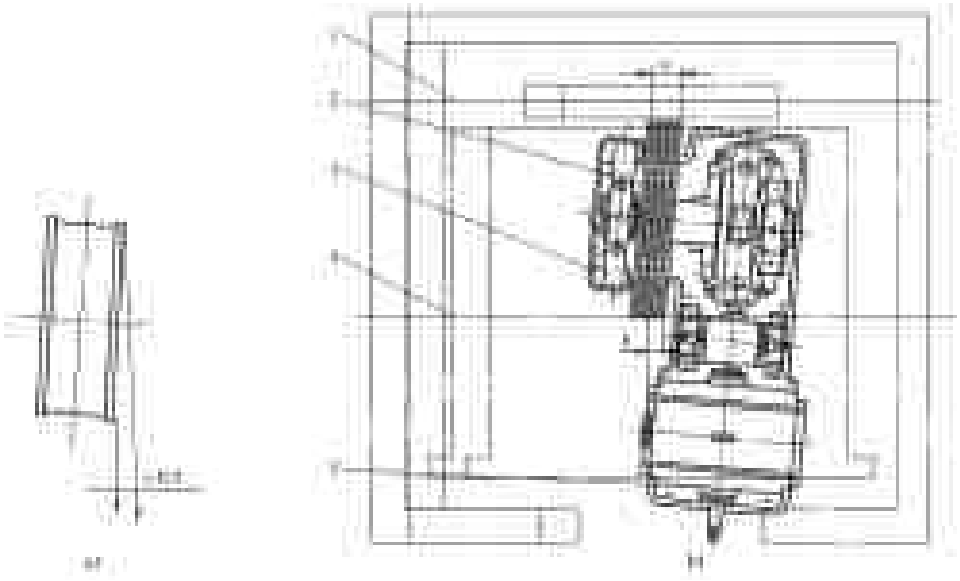


图 22-3　曳引轮的调整

a）曳引轮的垂直偏差　b）曳引机在水平方向的扭转

1—对重中心线　2—曳引轮　3—曳引机　4—轿厢架中心线　5—轿厢架中心至对重中心的中心线

须严格检查测试，并调整电动机垫片以达到要求。

（4）曳引轮位置与轿厢中心及轿厢中心线误差应符合表 22-1 的要求，见图 22-4。

表 22-1　曳引轮与轿厢中心线偏差表

电梯速度	2m/s 以上	1～1.75m/s	1m/s 以下
前后方向偏差	±2mm	±3mm	±4mm
左右方向偏差	±1mm	±2mm	±2mm

3. 曳引机的空载运转

曳引机找正后未挂曳引绳前，先将悬挂的垂线取掉，进行空载运转，正反转各 1h。

（1）先测试电动机，见第十四章，并连接好临时起动装置和电源。

（2）检查曳引机。用干净的煤油清洁减速箱内腔和蜗轮蜗杆齿面，直到从减速箱放油孔内流出的煤油不含有泥沙和污物为止。清洗时应边洗边盘动，使减速箱转动起来，煤油应收集后过滤以备再用。清洗完后将箱内煤油清理干净。

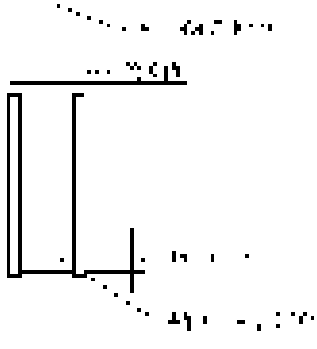


图 22-4　曳引轮前后、左右偏差示意图

（3）在减速箱内注入指定牌号的、清洁的润滑油，油量应在蜗杆中心位置。润滑油可采用表 22-2 中的型号。

（4）减速机箱体分割面、窥视盖等应紧密连接，不得渗油漏油，蜗杆轴伸出端渗油漏油不应超过表 22-3 中的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 22-2 减速箱润滑油型号

名　称	型号	100℃时黏度	
		Pa·s	cP①
齿轮油 SYB1103-620	HL-20 冬季	0.0179～0.221	17.9～22.1
齿轮油 SYB1103-620	HL-20 夏季	0.0284～0.0323	28.4～32.3
轧钢机油 SYB1224-655	HJ_3-28	0.026～0.030	26～30

① $1cP = 10^{-3}Pa \cdot s$。

表 22-3 渗漏油量等级

项　目	等　级		
	合格品	一等品	优等品
每小时渗油迹面积	$150cm^2$	$50cm^2$	0

（5）用松闸扳手打开制动器闸，用手扳转电动机尾部的飞轮往返数十次，使油充分渗入蜗轮蜗杆所有齿轮的啮合面。

（6）主轴两端均装有滚动轴承，应添钙基润滑脂。可用油枪从轴架盖和轴座体上的油杯注入。

（7）空载运转必须使曳引机无杂音、无冲击和异常振动。减速机箱内油的温升不超过60℃，温度不高于85℃。

（8）调整制动器。制动器有多种型式，但结构基本相同，一般由电磁铁、制动臂、制动瓦、制动弹簧等组成。

1）安装时应卸开电磁铁的铁心，检查电磁铁在铜套中能否灵活地运动，一般可用少量的细石墨粉或铅笔芯末作为铁心与铜套的润滑剂。

为了防止在吸合时两铁心的底部发生撞击，吸合后其底部间应留有适当的间隙。此间隙值的大小应不影响铁心的迅速吸合，不应出现松闸滞后现象。一般是使两铁心在铜套内相碰触，然后各退后0.3～0.5mm。正常情况下，松闸时间不大于0.085s，线圈的温升应为60℃以下，最高温度不大于105℃。

2）制动带与制动轮工作表面的间隙可通过制动臂上方的松闸量限位螺钉来调整。如有定位螺钉和调节螺钉的应同时对其调整，保持制动带上下间隙一致。

3）制动带必须和制动轮密贴抱合。制动瓦与制动臂采用活动连接，使瓦块有一定的自由活动量，自动衬偿瓦块与制动轮的中心高误差应≤0.5mm。

4）调整制动弹簧时要做到以下两点：

① 既有足够的制动力矩，又不影响电梯的平稳性。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 制动瓦圆周的中心应和电动机制动轮中心重合，即制动瓦和制动轮间的间隙应一致。

一般是使电梯作静载试验时，压紧力应足以克服电梯的自重。在作超载运行时，压紧力应使电梯可靠制动，不遛车。

（9）制动器的手动松闸有两种方式：

1）用扳手将制动弹簧的连杆螺栓转动90°，装在连杆上的挡块的凸缘将制动臂推开而达到松闸的目的。使用完后，应将螺栓转回原状。

2）用一杠杆用手向下压，使动铁心运动，顶杆推动运转臂转动，将两侧制动臂推开而达到松闸的目的。

一般情况下应将手动松闸工具放在机房一固定地方。

将上述九项工作做好后即可起动电动机，观察曳引机空载运转的情况。应测试电动机的起动电流和运转工作电流，测听电动机的声响以及温升和振动情况。对于减速器应观察有无振动，绳轮有无摆动，声音是否正常，有无漏油等，并做详细记录。

4. 导向轮安装要求

（1）导向轮的位置偏差，在前后（向着对重）方向不应超过±3mm，在左右方向不应超过±1mm。

（2）导向轮的垂直度偏差不大于0.5mm，见图22-5。

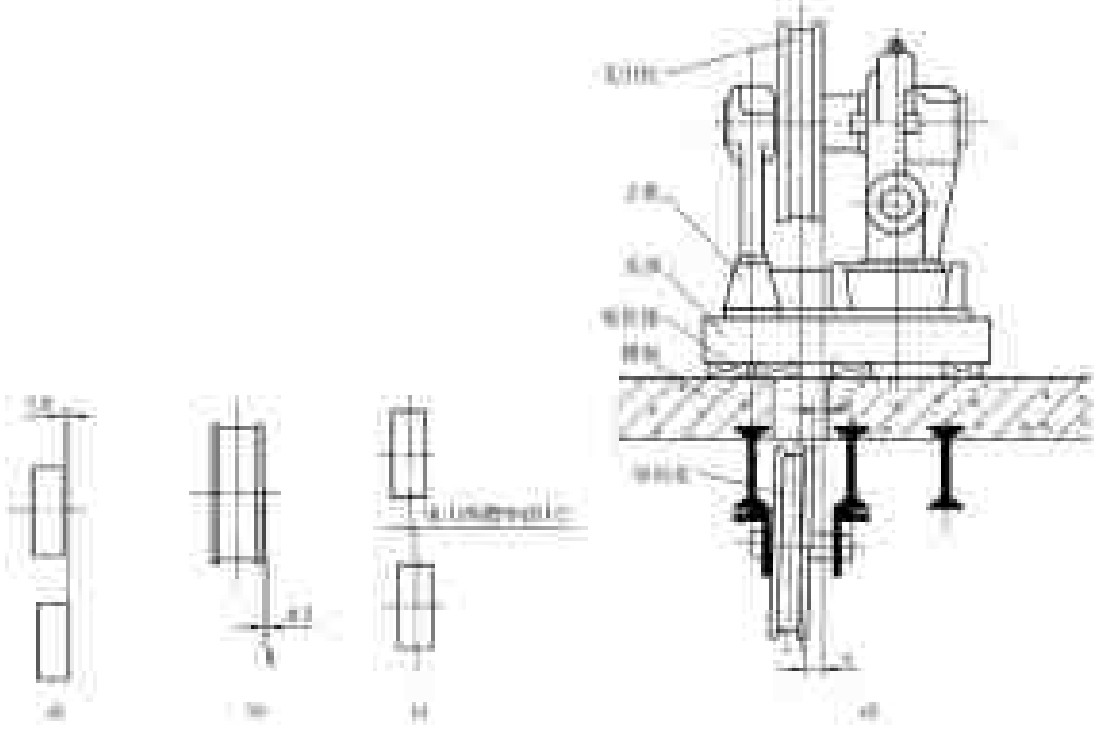


图22-5　导向轮及复绕轮的调整

a）导向轮与复绕轮间的平行度　b）导向轮垂直度

c）复绕轮与曳引轮的平行度

d）导向轮与曳引轮的平行度

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（3）导向轮与曳引轮的平行度偏差 b 不超过 ±1mm，见图 22-5d。

5. 限速器安装要求

（1）限速器绳轮的垂直偏差度不大于 0.5mm。

（2）限速器钢丝绳至导轨距离 a 和 b 的偏差不应超过 ±5mm，见图 22-6。

（3）限速器钢丝绳应张紧，正常运行时不得与轿厢或对重相接触，不应触及夹绳钳。

（4）张紧装置距坑底地坪的高度应符合表 22-4 中的规定。

表 22-4　限速器绳轮张紧装置距坑底的高度

电梯类别	甲	乙	丙
距坑底高度/mm	750 ±50	550 ±50	400 ±50

注：电梯的类别是按其运行额定速度划分的，甲类为2～3m/s（高速），乙类为 1.5～1.75m/s（快速），丙类为 0.25～1.0m/s（低速）。

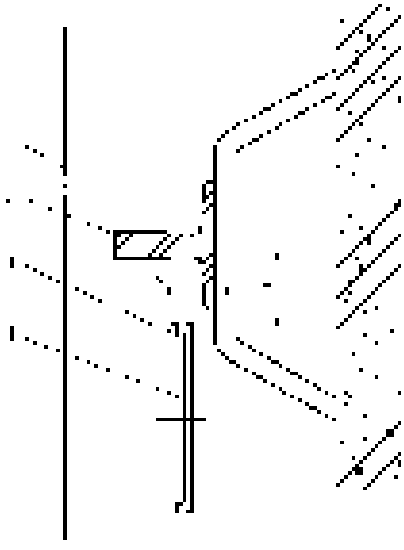


图 22-6　限速器钢丝绳至导轨的距离

1—轿厢底的外廓　2—导轨

3—限速器绳索　4—张紧轮

（5）张紧装置自重不小于 30kg，其对钢丝绳每分支的拉力不小于 150N。

（6）限速器动作时，其夹绳装置能充分承担钢丝绳因驱动安全钳使电梯停止运动的拉力，且钢丝绳无打滑、限速器无损伤。

（7）限速器动作速度应不低于轿厢额定速度的 115%，出厂时应严格检查和试验，安装时不允许随意进行调整。

6. 选层器安装要求

（1）机房钢带轮链轮与选层器之间，纵向中心偏差应不大于 1/1000，且本身垂直度偏差不大于 0.5mm，见图 22-7。

（2）机房钢带轮与井道张紧装置钢带轮的垂直中心偏差应不大于 3mm，见图 22-8。

（3）钢带应张紧，不得与轿厢或对重相接触，钢带与各活动部分润滑良好、传动灵活。

（4）钢带轮张紧装置与底坑的距离参照表 22-4 中的规定。装在钢带张紧装置上的断带保护开关应动作可靠，检测实际动作情况。

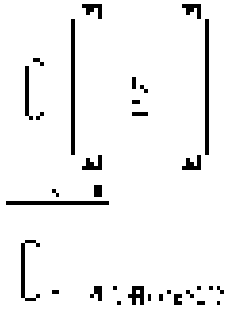


图 22-7　选层器安装调整示意图

四、井道设施

1. 导轨架安装要求

（1）任何类别和长度的导轨支架，其水平度偏差 a 应小于 5mm，见图 22-9。

（2）导轨支架面与标准线（导轨座面）应留 1～2mm 的间隙，以便调整，见图 22-10。

（3）每根导轨至少应有两个支架固定，其间距不大于 2.5m。

（4）支架应现场制作，应用角钢扁铁，入墙部分应有鱼尾，其尺寸大小和高度应实测实量，以保证导轨的平行度。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

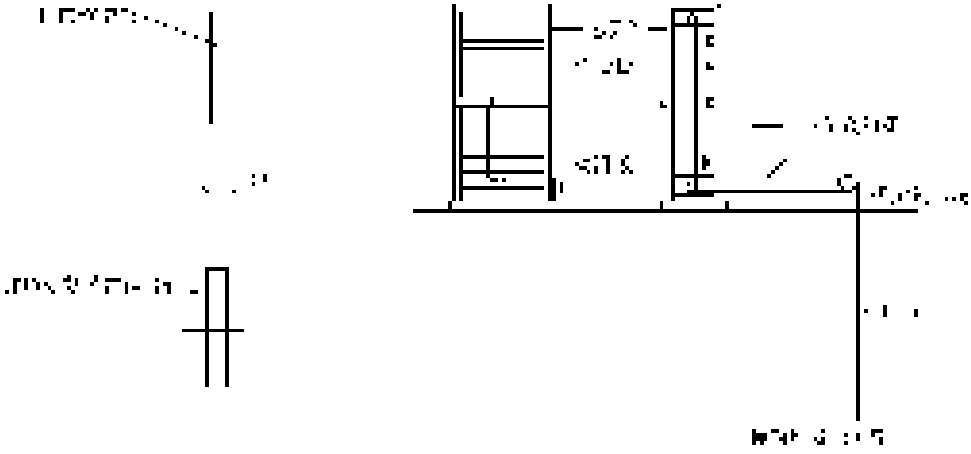
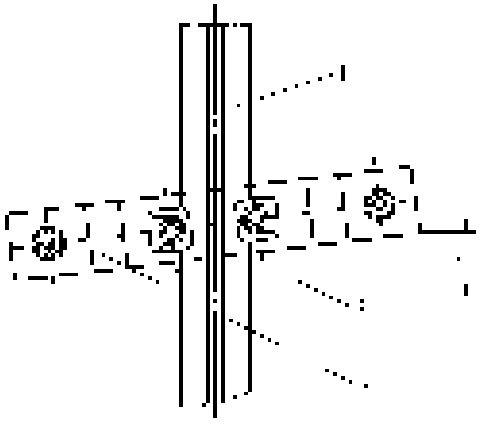


图 22-8　张紧装置钢带轮调整示意图



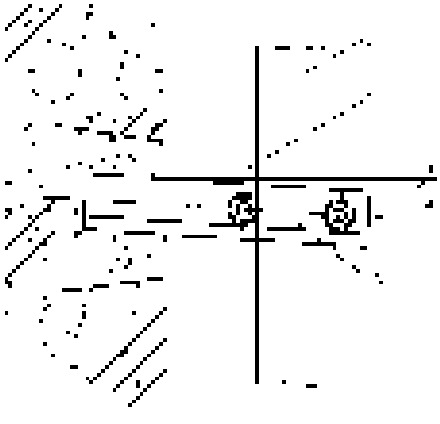


图 22-9　导轨架的不水平度调整

1—导轨　2—水平线　3—导轨架

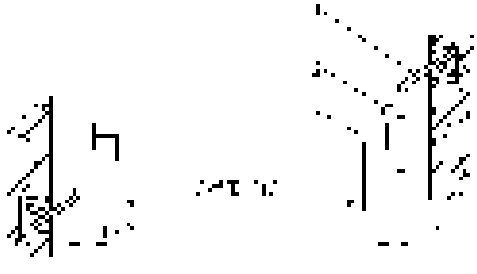


图 22-10　导轨与导轨架的间隙调整

1—导轨支架　2—标准线　3—导轨

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 导轨安装要求

（1）每列导轨侧工作面对安装标准线的偏差每5m不应超过0.7mm，两列导轨相互偏差在整个高度上不超过1mm。

（2）导轨接头处允许台阶 a 不大于0.05mm，超过0.05mm则应修整平滑，修整长度 a 为250～300mm，见图22-11，并符合表22-5的要求。

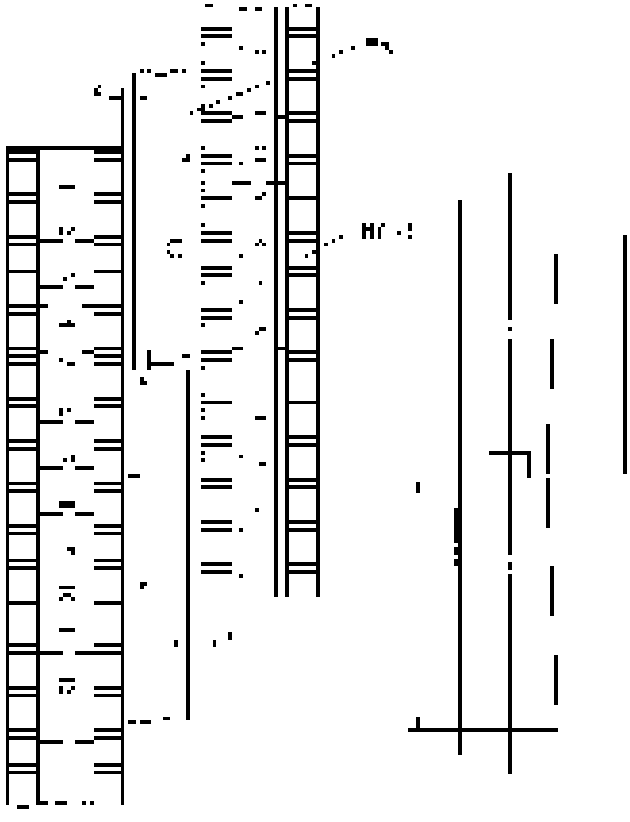


图22-11 导轨接头处的台阶及修整

表22-5 导轨接头处修光长度

电梯类别	甲	乙、丙
修光长度 a/mm	300	200

（3）导轨工作面接头处不应有连续缝隙，且局部缝隙不大于0.5mm，见图22-12。

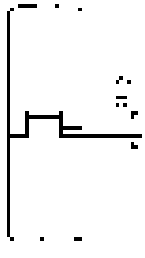


图22-12 导轨接头的局部缝隙

（4）导轨下端距坑底地面应有60～80mm的悬空。

（5）导轨顶端距井道顶板的距离应保证对重或轿厢将缓冲器完全压缩时导靴不会越出导轨，并且导轨有不小于 $0.1+0.035v^2$m（v 为电梯的额定速度）的余留长度，导轨顶端至井道顶板应有50～300mm的距离。

3. 轿厢安装要求

（1）安全钳调整要求。调节楔块拉杆上端螺母来调整楔块工作面与导轨侧面间的间隙 a，一般为2～3mm，且间隙均匀，单楔块式间隙 a_1' 为

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

0.5mm，或者根据生产厂家要求调整。安全钳口与导轨面间隙应不小于3mm，两导轨差值不大于0.5mm，见图22-13。

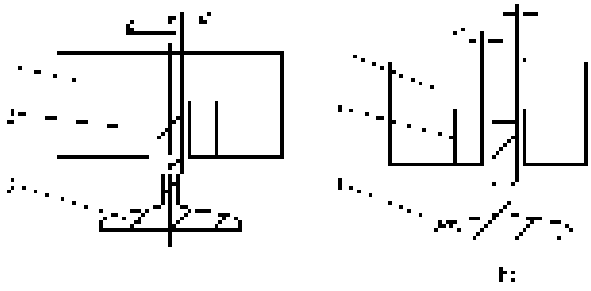


图22-13　安全钳口与导轨面间隙的调整

a）双楔块式　b）单楔块式

1—安全钳座　2—楔块　3—导轨

（2）技术导靴的调整

1）固定滑动导靴与导轨顶面间隙应均匀，每一对导靴两侧间隙之和不大于2.0mm，与角型导靴顶面间隙之和为4mm±2mm；弹性滑动导靴的滑块面与导轨顶面应无间隙，每个导靴的弹簧伸缩范围不大于4mm。

2）可调压力型的弹性滑动导靴的 b 值（见图22-14）应按表22-6的要求整定；a 值和 c 值均为2mm，见图22-15。

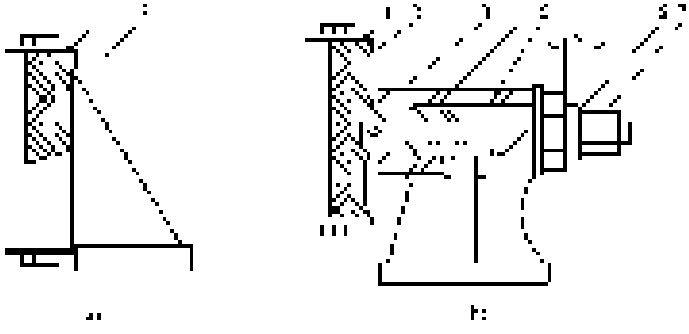


图22-14　滑动导靴示意图

a）固定式　b）弹性式

1—靴衬　2—靴块　3—靴座　4—靴轴　5—压缩弹簧　6—调节套　7—定位螺母

表22-6　弹性滑动导靴 b 值表

电梯额定吨位/t	0.5	0.75	1.0	1.5	2～3	5.0
b/mm	42	34	30	25	25	20

对重导轨的导靴 a 为3mm，c 为2mm，见图12-16。

3）滚动导靴的调整

① 滚轮安装对导轨应保证水平度和垂直度，压力均匀，整个轮的厚度和圆周应与导轨工作面均匀接触。调整限位螺栓，使顶面单个滚轮水平移动范围为2mm，左右水平移动范围为1mm。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

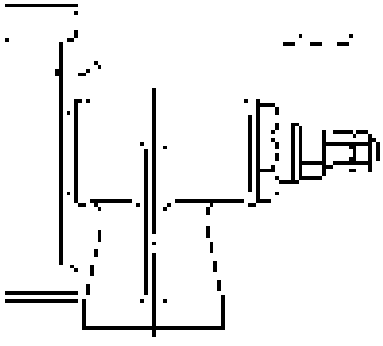


图 22-15 轿厢滑动导靴的调整

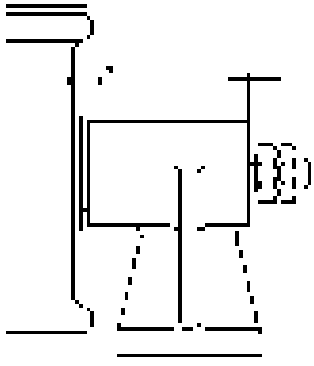


图 22-16 对重滑动导靴的调整

② 结合轿厢架或对重架的平衡调整，调节弹簧使其压力一致，避免导靴单边受力过大。

③ 导轨端面滚轮与端面间的间隙不应大于 1mm。

④ 导靴安装前应先将导轨油污锈迹清除干净，不得有油污。

（3）反绳轮的安装要求。反绳轮与轿厢架上梁的间隙 a、b、c、d 应均匀，相互间的差值不应大于 1mm，见图 22-17。反绳轮的垂直度不超过 0.5mm，和曳引轮平行偏差不超过 1mm。反绳轮轴应上油润滑，通常有保护罩和档绳装置。

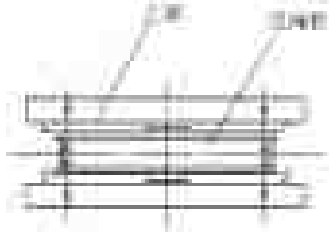


图 22-17 反绳轮与上梁的间隙调整

（4）轿厢壁及护栏

1）轿厢壁板应垂直安装，垂直度不大于1/1000，各壁间隙应一致，拼装接口应平整，镶条要横平竖直。

2）装设防护栏杆，通常在对重侧的轿顶上和轿顶与井壁间隔大于 200mm 处的轿顶上装防护栏杆，高度不小于 1m。

（5）缓冲器及底坑

1）底坑深度通常应符合表 22-7 的要求。

表 22-7 电梯底坑规格

电梯额定速度/（m/s）	底坑深度/m
0.5～1.0	1.4
1.5	1.8
1.75～2.0	2.2
2.5	2.5
3.0	3.0

2）缓冲量 s 的距离是按电梯轿厢速度不同确定的，通常应按图 22-18 和表 22-8 来确定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

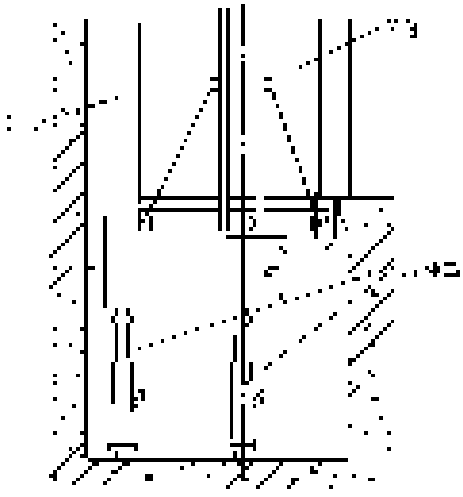


图 22-18　缓冲器位置及越程的确定

表 22-8　电梯缓冲量规格表

电梯额定速度/（m/s）	缓冲器形式	缓冲量 s 值/mm
0.5～1.0	弹簧	200～350
1.5～3.0	油压	150～400

3）缓冲器底座和基础接触面必须垫平，接触严实。垫平找正时应用大于底座接触面1/2的铁垫片垫平。弹簧缓冲器顶面的水平度应小于4/1000；同一基础上安装的两个缓冲器顶部高差不大于2mm；液压缓冲器活动柱塞垂直度偏差不应超过±0.5mm；缓冲器中心对轿厢架或对重架上相应碰板（一般为型钢）中心的偏移不应超过20mm，见图22-19。

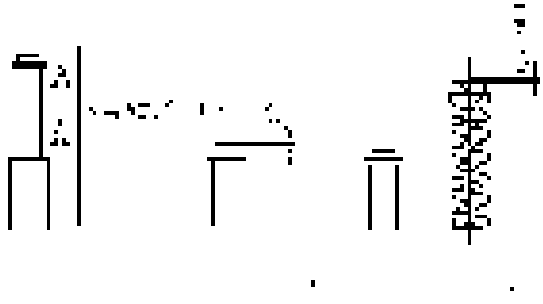


图 22-19　缓冲器的调整

a）垂直度　b）高度偏差　c）顶面水平度

4）液压缓冲器应按规定注足指定牌号的油料，用油标检查油缸内油面应在油标的上限和下限之间。

（6）补偿链的安装及要求

1）补偿链安装时，一端通过活络接头与对重框架底不影响缓冲器作用的部位相连接，另一端与轿厢架下面的拉链板连接。

2）补偿链在连接位置固定时，链条至少要绕2圈，把螺栓尽可能装在距悬挂点最近的地方，固定方法见图22-20。

3）补偿链的长度 L = 提升高度 + 6500mm，安装时不得打纽，链环间应串入麻绳，运行过程中不得与轿厢及井道其他物件擦刮，补偿链的最低点与坑底地面的最小距离为100mm。

4）在对重导轨上装设补偿链导向轮，使补偿链绕过这个轮，见图22-21。补偿链导向轮距对重最底部最小距离为300mm，补偿链应在导向轮槽内滚动，补偿链环之间应当用润滑剂进行润滑。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

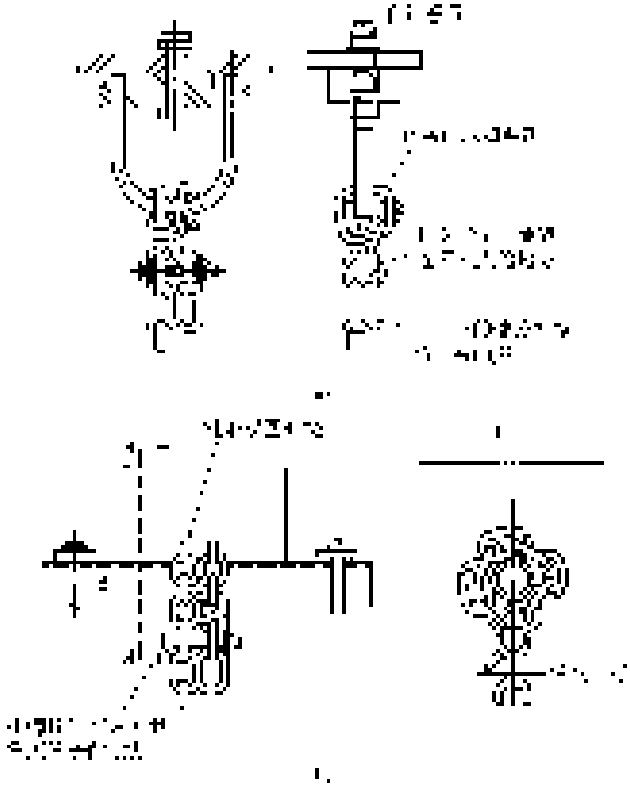


图 22-20　补偿链的固定方式

a）U 形螺栓固定　b）钢管固定

（7）补偿绳的安装与要求

1）补偿绳的长度应实测实量，补偿绳头一端连在对重框架底部，另一端连在轿厢底部，将张紧砣置于导轨之间，见图 22-22。

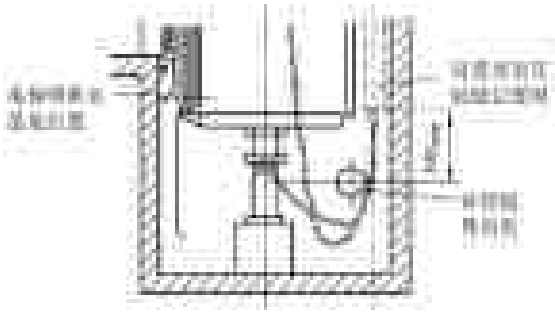


图 22-21　补偿链在坑底时的示意图

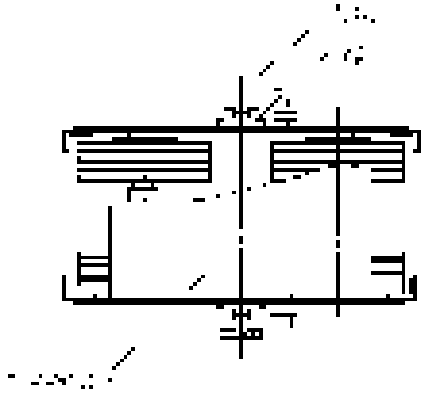


图 22-22　补偿绳张紧装置示意图

2）坑底的张紧装置按图样尺寸安装在坑底预埋槽钢上，一边绳轮的外缘对准轿底中心线，另一边的绳轮外缘对准对重框架中心线。两导轨全高垂直度应小于 1/1000，导轨内表面间距 L 的偏差不应超过 $\pm^{2}_{0}$mm，导靴与导轨端的间隙 c 应为 1～2mm，见图 22-22。砣框至

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

地面槽钢的距离不应小于200mm，导轨上端面突出导靴不应小于200mm，并应有挡板防止砣框跳出。

（8）曳引绳

1）曳引绳穿挂完毕后应检查，特别是多槽轮，每根绳子对应的槽应一致，中间不得打纽、结节、交叉等，无误后，将轿厢用手拉葫芦吊起，拆掉垫木和支承架，再将轿厢缓慢放下，调整螺母，使每根绳子的张力尽量一致，一般偏差不大于5%。最后用双螺母锁紧。

2）调整导靴和安全钳，钢丝绳与楼板孔洞每边间隙均应为20～40mm，孔洞四周应筑起高50mm、宽度适中的台阶。

3）测定曳引绳张力差值

（9）曳引绳张力差值的测定方法

1）拉力测定法。将轿厢停在井道2/3高度处，站在轿顶上用300N的弹簧测力计测量对重每根钢绳沿水平方向拉开同样距离的拉力值，其拉力值满足式（22-1）即可认为相互间的偏差不大于5%，即

$$\frac{F_{max}-F_{min}}{F_{avg}} \leqslant 0.05 \tag{22-1}$$

式中　F_{max}——拉力最大值；

F_{min}——拉力最小值；

F_{avg}——张力平均值。

2）频率测定法。当电梯提升高度较高时，将轿厢停在距井道顶板50m左右的位置，依次锤击曳引绳，使其振荡，用秒表测定每根曳引绳10个以上振荡周期的时间，锤击力应一致，然后求每根曳引绳的平均振荡周期，各根曳引绳平均振荡周期应满足：

$$\frac{T_{max}-T_{min}}{T_{min}} \leqslant 0.025 \tag{22-2}$$

式中　T_{max}——各绳平均周期最大值；

T_{min}——各绳平均周期最小值。

（10）中间试车及检查。中间试车主要是检查前段安装中的不妥之处，如导轨、导靴、安全钳、制动器、绳轮、曳引机、对重、选层器钢带等传动部分，不妥之处应及时调整和修复，并有详细记录。

五、厅门安装要求

1. 轿门

1）门扇与门套、门扇下端与地坎及双折门的门扇之间的间隙应为4～6mm。

2）水平滑动门门缝间隙是，中分门不大于2mm，双折中分门不大于3mm。

3）防火层门应按制造厂技术要求安装。

2. 厅门地坎

1）根据样板架垂放的开门净宽线，确定层门地坎的水平安装位置。层门地坎与轿厢地坎的间距按照平面布置图，一般不大于20mm，偏差为$^{+2}_{-1}$mm。水平度不大于1/1000。

2）根据土建地坪标高，且考虑地面最终装修面（包括地毯）确定地坎平面的标高。地坎应高出装修地面（包括地毯）2～5mm，对于只抹灰的地平面应做成1/100～1/50的过渡斜坡，见图22-23。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3. 门套

先将门套在层门口组成一体并校正平直；然后将门套固定螺栓与地坎连接，用方木挤紧加固，其垂直度和横梁的水平度不大于1/1000，下面要贴紧地坎，不应有空隙，外沿应突出门厅装饰层，一般不大于5mm；最后浇灌混凝土砂浆，通常分段浇灌，以防门套变形。

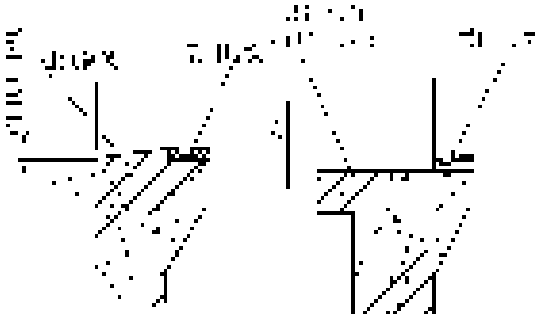


图22-23 地坎与地坪的安装示意图

4. 门框

将门框立柱与地坎用螺栓连接固定，地脚螺栓埋入井壁固定或地脚螺栓折弯焊接在预埋件上；将门框横梁用螺栓与左右门框连接，垂直度和水平度仍不大于1/1000，校正后，用水泥砂浆将门框与墙面的空隙填实抹好。

5. 厅门导轨

导轨的作用是保证厅门门扇沿水平方向作直线运动，导轨有板状和槽状两种。

导轨与地坎应在同一垂直面上，应用铅垂线找正，见图22-24，横向的水平度应和地坎平行。导轨与地坎在导轨两端和中间三处间距 a 的偏差均不应超过 ±1mm；导轨A面对地坎B面的不平行度不应超过1mm；导轨截面的不垂直度 a 不应超过0.5mm，见图22-25。

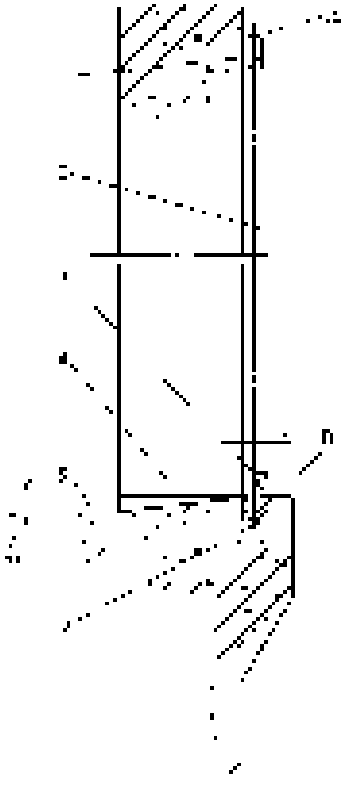


图22-24 厅门导轨和地坎的测量

1—厅门导轨 2—铅垂线 3—线锤

4—过渡斜坡 5—楼板地平面 6—厅门地槛

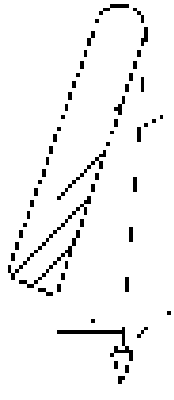


图22-25 导轨铅垂度的测量

1—铅垂线 2—地锤

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

导轨固定前应用门扇试挂实测一下导轨和地坎的距离是否合适，否则应调整。导轨的表面或滑动面应光滑平整、清洁，无毛刺、尘粒、铁屑。

6. 门扇

1）调整滑轮架上的偏心挡轮与导轨下端的间隙 c（见图 22-26），不应大于 0.5mm。

2）调整门扇与门扇、门扇与门套的间隙均为（6 ± 2）mm；中分门门缝间隙不大于 2mm，双折中分门间缝间隙不大于 3mm；防火门的间隙应按制造厂技术要求调整；轻微用手扒开门缝时，强迫关门装置应使门闭合紧密，上下一致；用手拉推门扇应灵活无阻无卡，不应有不轻快现象；未装联动机构前，在扇中心处沿导轨的水平方向左右拉动门扇，其拉力不应大于 3N，见图 22-27。同样应用铅笔末在地坎处润滑。

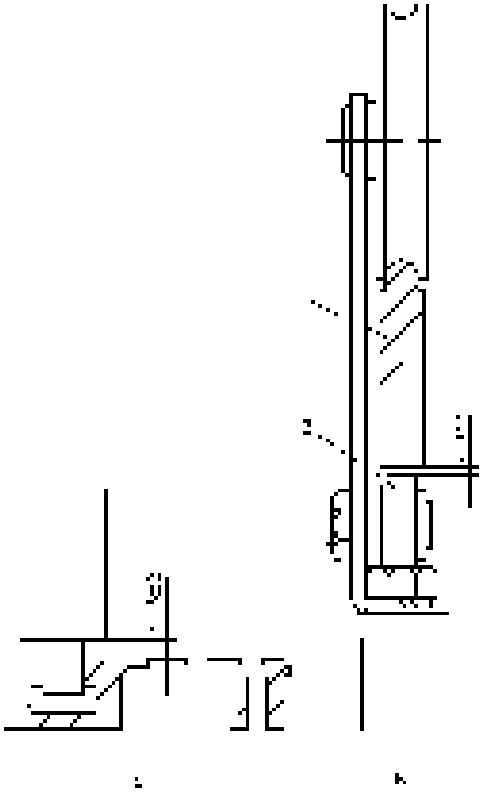


图 22-26　门扇的安装及调整

a）底部　b）上部

1—导轨　2—挡轮

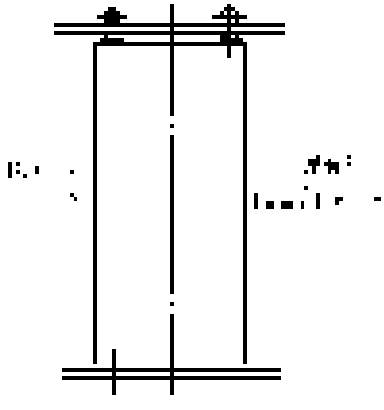


图 22-27　门扇拉力的测量

六、电气设备

1. 控制柜的安装

控制柜安装在槽钢底座上或混凝土基础上并用螺栓固定，柜体垂直度应小于 1.5/1000，水平度小于 1/1000，四周应留出大于 600mm 的安装操作通道。多台排列应保证平直，不得有凹凸现象，间隙不大于 1mm。具体事宜参见低压动力配电室的安装。应由技术较高者详细核对控制柜的接线，有误必究。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电阻箱安装在控制柜的同一基础上，方法和要求同前，间隙应大于100mm；多台柜并列安装时可将电阻箱安装在柜顶上，和柜的连接应用螺栓，不得焊接。

2. 室内布线和接线

室内布线一般采用暗管或线槽，见平面图。暗管敷设应在配合土建中完成，一般不采用；线槽敷设应在室内电气设备安装就位后进行。

暗管布线同动力电路（见第十四章），现在着重讲述线槽布线的要求：

1）线槽布置合理美观，不得有交叉重叠现象；电源线不得和其他导线敷设于同一线槽中，线槽与可移动装置的距离应不小于50mm，井道内不应小于20mm。

2）电线槽应平整，无扭曲变形，内壁无毛刺；底脚压板螺栓应稳固，露出线槽盖不宜大于10mm；安装后应横平竖直，其水平和垂直偏差不应大于长度的2/1000，全长最大偏差不应大于20mm，并列安装时槽盖应便于开启；接口应平直严密，槽盖齐全，上盖后平整无翘角；进出线口应无毛刺，位置准确。

3）线槽的端头应封闭，以防异物或动物窜入；线槽的割断不允许用电、气焊进行切割，应用手工锯或无齿电锯锯断，开孔应用圆锯或压孔机。

4）线槽引出的单元支路，如距设备、指示灯、按钮等较近时，一般采用金属软管连接；距离大于2m时应采用钢管连接。金属软管和线槽及设备、元件的连接应紧密，不得露出导线；钢管连接应符合钢管配线的要求。金属软管和钢管引接都应排列整齐美观牢固并与运动部件有不小于50mm的安全距离。

5）线槽中放置导线总截面积（包括绝缘层）不得超过线槽截面积的60%。导线在槽内应排列整齐，用压板固定，导线的两端应有按图对应标有线号。

6）线槽应接地或接零，连接或转角处应焊接跨接线，可使用8#镀锌铁丝，使整个线槽成为电气通路。

7）动力回路和控制回路应分开敷设，不可敷于同一线槽中；交流线路和直流线路应分开设置；强电线路和弱电线路应分开设置。

8）线槽安装位置应便于检修，井道内安装的线槽宜安装在距离呼梯按钮较近的井道壁上。

9）槽内应留有足够的备用线，长度相当于箱、盒内最长的导线。

10）线槽拐弯部位应垫以绝缘衬垫保护导线。

3. 平层感应器的安装应符合以下要求：

1）感应器安装前应先检查其感应性能是否良好，即将感应桥插入感应盒的凹口中，用万用表测试其接点的分断情况，然后将感应桥抽出，再测其分断情况。

2）感应器安装时应固定牢固，防止松动，不得因电梯的正常运行产生摩擦和碰撞。感应板应能上下、左右调节，调节后螺栓应可靠锁紧。

3）感应器安装应垂直、平正，感应桥插入时两侧的间隙 $a/2$ 应尽量一致；感应器插口端面与感应板的间隙 b 为10mm，其偏差不大于2mm，见图22-28。提前开门感应器应装于感应板的中间位置，其偏差不大于2mm。

4）感应器安装后，磁钢盒盖应可靠盖好，磁钢短路板应取下。

支架用角钢制作，应用锯锯割并用台钻开孔，感应板的固定孔应开长孔。

4. 极限、限位、缓速开关及碰轮和碰铁安装时应符合下列要求（见图22-29）：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

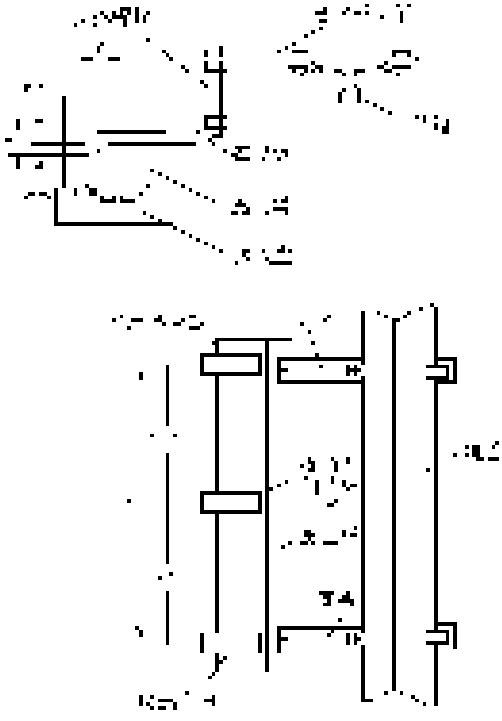


图 22-28　平层感应器安装示意图

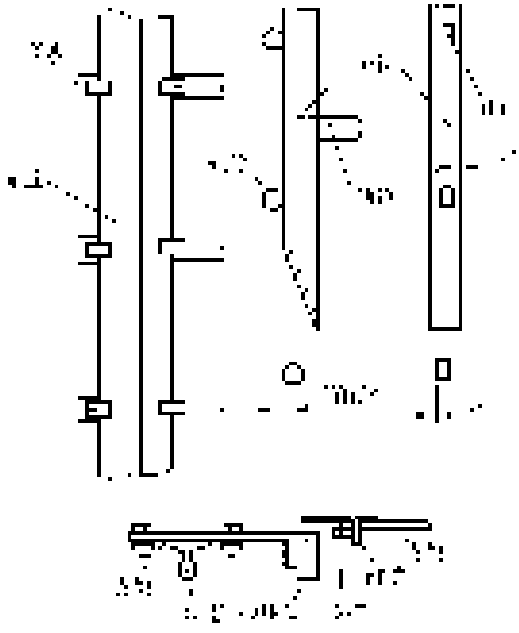


图 22-29　极限、限位、缓速开关及碰轮和碰铁安装时的调整示意图

1）碰铁应无扭曲变形，开关碰轮转动灵活；

2）碰铁安装垂直，偏差不应大于长度的1/1000，最大偏差不大于3mm（碰铁的斜面除外）；

3）开关、碰铁安装应牢固，开关碰轮与碰铁应可靠接触，在任何情况下碰轮边距碰铁边不应小于5mm；

4）碰轮与碰铁接触后，开关接点应可靠动作，碰轮沿碰铁全程移动时不应有阻卡；碰轮应略有压缩余量。

强迫缓速开关的位置一般可按表22-9中的停制距离选定。

表 22-9　停制距离

额定速度 m/s 停制距离/m 减速时间/s	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0
2	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0
3	2.25	2.62	3.0	3.75	4.5
4				5.0	6.0

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5. 电梯接地

（1）电梯系统接地要求

1）电气设备的金属外壳应有良好接地，电气设备（包括柜、屏、箱、盒、槽、管）应有明显的易于识别的接地端子，接地线的颜色为黄绿双色绝缘电线，零线和地线应始终分开。

2）接地电阻应小于4Ω，接地线应为铜线，截面积不应小于相线的1/3，最小截面积不应小于$4mm^2$，钢管接头应焊接跨接线。

3）电梯轿厢可通过软电缆的芯线进行接地，但不得少于2根。

（2）接地系统的布置

1）电梯常采用TN-C-S系统的保护方式，见图22-30。

2）TN-C系统布置示意图见图22-31，但电梯一般不得采用。

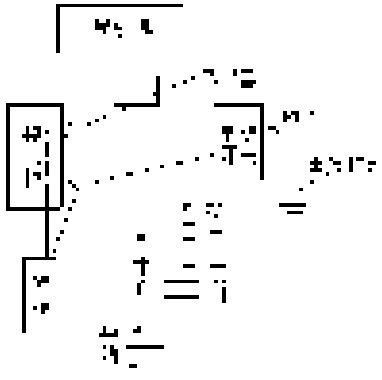


图22-30 零线和地线分开设置的保护接地方式（TN-C-S）

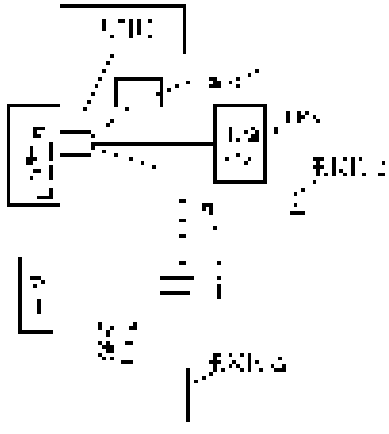


图22-31 零线和地线合并设置的保护方法（TN-C）

6. 其他电气设备应按产品说明的要求进行。

七、电梯安装质量的检测

电梯作为一种特殊的电气装置，其主要的性能要求就是安全性、可靠性、准确性和舒适性，保证这些性能的实现，除了按照上述的安装要求外，还要对安装的质量进行检测，通过检测进行必要的调整。

通常把电梯分解成曳引机、导轨、轿厢及厅门、电气设备、安全保护五个部分来进行质量检测。对于电梯的安装质量检测应执行以下几个电梯专业标准：

1）GB 50231—2009《机械设备安装工程施工及验收通用规范》；

2）GB 7588—2003《电梯制造与安装安全规范》；

3）GB/T 10058—2009《电梯技术条件》；

4）GB/T 10059—2009《电梯试验方法》；

5）GB/T 10060—2011《电梯安装验收规范》；

6）GB 50310—2002《电梯工程施工质量验收规范》。

电梯安装质量检查应由经验丰富的专业人员进行，专业人员由电气专业及机械专业人员组成。

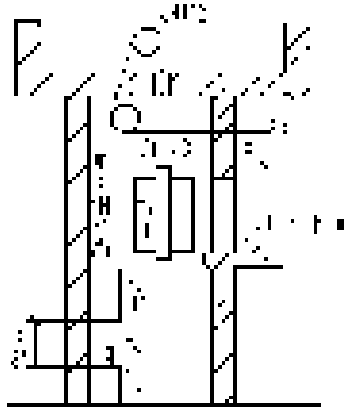
电梯安装质量的检测可按表22-10进行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 22-10　电梯安装质量的检测

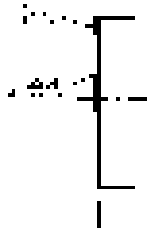
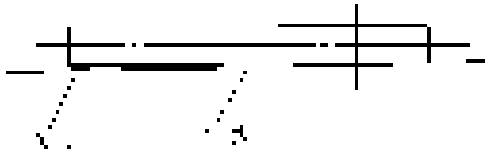
一、曳引装置组装（详见 GB 50310—2002）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
1.1	曳引机承重梁埋入承重墙内的支承长度≥75mm	观察检查或检查安装记录 对于观察不到的部位应检查安装记录，比如梁的入墙深度。但必要时也可剔开混凝土进行检查。对于楼板下安装的钢梁，还应注意钢梁顶面与楼板是否贴实。如设计有特殊要求时，还应符合设计规定
1.2	曳引机承重梁埋入承重墙内应超过墙厚中心 20mm	
1.3	对砖墙、承重梁下应垫以承重的过梁（混凝土或金属）	
2	当对重将缓冲器完全压缩时，轿厢上方的空程严禁小于下式所规定的值 $h = 0.6 + 0.035v^2$ 式中　h——空程最小高度，单位为 m； v——电梯额定速度，单位为 m/s，小型杂物梯轿厢上方的空程严禁小于 0.3m	所谓“空程”指的是对重新缓冲器完全压缩时，轿厢上梁的上方至井道顶板或井道顶板下方所装部件下沿的净空垂直距离 测量“空程”时，可把轿厢停于顶层平层位置，直接用尺测出轿厢上梁至顶板或顶板下方所装设备下沿的距离，然后再减去对重的越程和缓冲器的行程，这样得出的数值应大于或等于本款规范要求  空程计算示意图 $h = H - S_1 - S_2 = 0.6 + 0.035v^2$ 或 $h = H' - S_1 - S_2 = 0.6 + 0.035v^2$ 式中　h——空程最小高度； $H(H')$——顶部间距； S_1——对重越程； S_2——缓冲器行程
3.1	不设减振装置的曳引机机座水平度≤2/1000	纵向水平度可在制动轮端面吊垂线辅以塞尺测量

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
3.2	轿厢空载时的曳引轮垂直度和复绕轮垂直的偏差值均≤0.5mm	吊垂线辅以塞尺测量 垂线宜用0.3mm尼龙丝线（下同） 
3.3	曳引轮端面对导向轮端面和曳引轮端面对复绕轮端面的平行度偏差值均≤1mm	在被测两轮的同一侧，拉一直线（0.3mm尼龙线）靠在被测面上，辅以塞尺测量 
4.1	限速器绳轮、钢带轮、导向轮安装必须牢固，转动灵活，无不正常声响。其垂直度偏差值≤0.5mm	观察检查其安装是否牢固，转动是否灵活。垂直度偏差用吊垂线辅以塞尺测量
4.2	限速器钢丝绳至导轨距离 a、d 各自的偏差均≤±5mm	分别用尺测得井道内上、下两端限速器钢丝绳至导轨的距离 a、d 的值
4.3	限速器钢丝绳应张紧，在正常运行时不触及夹绳钳，开关动作可靠，活动部分润滑良好 抛块或抛球的抛开量应能随电梯速度灵敏变化	观察检查
5	钢丝绳表面清洁，不应粘满尘沙、油渍等。在全长上均不应有扭曲、松股、断股、断丝、表面锈蚀等现象。表面不应涂加润滑油或润滑脂	在机房或轿厢顶上进行观察检查。应检查全部钢丝绳的全长，而不能是某一根某一段
6	各曳引钢丝绳拉开等同距离的张力（N）对其平均值的差值之比≤15%	用弹簧测力器进行测量时，应均匀加力、逐渐拉开，拉开距离不宜过小，一般以弹簧测力器读数达150～200N为宜，并注意选好距离标记
7.1	① 制动器动作灵活可靠，销轴润滑良好，不应出现明显的松闸滞后现象及电磁铁吸合冲击现象 ② 制动瓦与制动轮应抱合密贴。松闸时两侧闸瓦应同时离开制动轮表面 ③ 闸瓦与制动轮工作表面应清洁	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
7.2	制动器松闸时，闸瓦与制动轮的间隙两侧应一致，间隙≤0.7mm	短接制动器控制电路，使制动器通电松闸，用塞尺测量制动器闸瓦与制动轮全长上的最大间隙。但通常可每一侧测量其上、下、左、右四个点，共计八个点
7.3	手动松闸扳手应挂在容易接近的墙上	观察检查，且用手动松闸扳手按操作规程作松闸动作试验，试验后恢复原状
8.1	① 曳引钢丝绳绳头制作，应巴氏合金浇灌密实，一次与锥套浇平。最好能明显看到钢丝的弯曲情况 ② 钢丝绳在锥套出口处不应有松股、扭曲等现象	观察检查 如认为必要时，也可以把绳头化开，以便于检查巴氏合金浇灌是否密实，以及绳股的回环是否符合要求
8.2	① 绳头拉杆弹簧支承两个螺母应对顶拧紧自锁，并已在锥套尾装上开口销 ② 每组绳头最长与最短的相对误差值<50mm	观察及尺量检查
9.1	曳引机或飞轮上，限速器绳轮应有与电梯升降方向相应的明显标志	观察检查
9.2	机房内钢丝绳与楼板孔洞每边间隙为20～40mm	观察或尺量检查
9.3	机房内通向井道的孔洞应筑宽度适当且高度>50mm的台阶	
9.4	① 减速箱中润滑油的加入量合适，油质符合要求 ② 用润滑脂润滑的部位应注入润滑脂，设有油杯时，油杯中应充满油脂	观察检查 加油油质见表22-2减速箱润滑油型号
9.5	电梯因中途停电或电气系统有故障不能运行时，应有轿厢慢速移动的措施	观察检查或做模拟试验。人为断电后，采用该措施将轿厢慢速移动
9.6	限速器的铅封不应有破损，标牌齐全	观察检查

二、导轨安装（详见GB 50310—2002）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
1.1	轿厢导轨顶面间距偏差值为 $^{+2}_{-2}$ mm 甲类±0.5mm，乙类±1mm	在两导轨内表面，用导轨检验尺，辅以塞尺每2～3m检查一点 检验时，将检验尺端平，使尺子一端的工作面与轨道面贴实，在另一端用塞尺检查 对运行中电梯轨距核验时，也可用钢卷尺测量，检测点应选在支架附近
1.2	对重导轨顶面间距偏差值为 $^{+3}_{-0}$ mm 甲类±1mm，乙类±2mm	
1.3	轿厢两导轨的相互偏差值（全高）1mm	检查安装记录或用专用工具测量
1.4	对重两导轨的相互偏差值（全高）为2mm	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
1.5	轿厢导轨下端距地坑地平面悬空距离为60～80mm	尺量检查
1.6	轿厢导轨接头不应在同一水平面上	观察检查
2.1	当对重（或轿厢）将缓冲器完全压缩时，轿厢（或对重）导轨长度必须有不小于$0.1+0.35V^2$（以米表示）的进一步制动行程	关于进一步制动行程应为上导靴的上端面至导轨顶端的一段距离。对轿厢导轨来说，其测量方法和本表“一的2款”基本相同，对于对重导轨的测量在一般情况下（指对重框架与轿厢架的高度基本一致时）可以不测。但必须注意，对重导轨的长度不能小于轿厢导轨的长度
2.2	导轨顶端距井道顶板距离为50～300mm	站在轿顶上，检修速度至井道顶端用尺测量
3.1	每根导轨至少应有两个导轨支架，各支架间距≤2500mm	观察及尺量检查
3.2	导轨支架水平度（全长）偏差值≤5mm	观察检查或用水平尺测量
3.3	导轨支架安装牢固，（埋入式或膨胀螺栓固定式）导轨支架埋入墙深度≥120mm	检查安装记录 埋注支架时不能使用白灰沙浆
3.4	采用焊接支架其焊缝应是连续的，且双面焊牢	观察检查 组合支架在安装找正后应用电焊把结合部点焊住
4	每根导轨侧工作面对安装基准线的偏差<0.7mm/5m	可用磁性线垂，吊垂线辅以150mm钢直尺检查
5.1	导轨接头处不应有连续缝隙，局部缝隙≤0.5mm	用塞尺检查
5.2	导轨接头处的台阶≤0.05mm	用300mm钢直尺辅以塞尺检查，见图22-11
5.3	导轨接头处修光长度为250～300mm	导轨接头处的台阶及修光长度尺量检查，见图22-11
6.1	导轨连接板与支架错开距离>200mm	观察或尺量检查
6.2	顶端导轨架距导轨顶端距离≤500mm	
7.1	补偿绳张紧装置的两根导轨间距偏差值为$^{+2mm}_{-0mm}$	尺量检查
7.2	补偿绳张紧装置的导轨全长垂直度偏差值为1mm	可用磁性线垂，吊垂线辅以150mm钢直尺检查
7.3	补偿绳张紧装置的导靴与导轨端面的间隙为1～2mm	用塞尺检查
7.4	导轨上端突出导靴距离≥200mm，并应有挡板防止张紧砣框跳出	观察检查

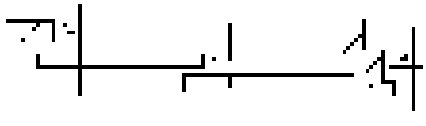
三、轿厢、层门组装（详见GB 50310—2002）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
1	轿厢地坎与各层门地坎的距离偏差$^{+2}_{-1}$mm	在各层站平层位置尺量检查，门开度两端各测量一点 各层门地坎边沿的垂直平面位置任何部位不得有牛腿边或混凝土砂浆等外凸
2.1	开门刀与各层门地坎的距离为5～8mm	用检修速度，使门刀至各层地坎（顶层除外）对应位置，尽量检查。（门开度任意位置均要符合）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
2.2	各层门开门装置的滚轮与轿厢地坎的距离为5～8mm	用检修速度，使各层门（底层除外）开门装置滚轮至轿厢地坎对应位置，尺量检查
3.1	轿厢底盘平面的水平度<2/1000	用水平尺测量
3.2	轿厢壁垂直度<1/1000	可用磁性线锤吊垂线辅以150mm钢直尺测量
3.3	轿厢架立柱在整个高度上的垂直度偏差值≤1.5mm	
3.4	轿厢架上安装的限位开关碰铁垂直度偏差≤2/1000mm且≤3mm	
3.5	轿厢顶反绳轮垂直度偏差值≤0.5mm	吊垂线辅以塞尺测量
3.6	轿厢顶两个反绳轮的平行度偏差≤1mm	在被测两轮的同一侧拉直线（ϕ0.3mm尼龙线）虚靠在被测面上，辅以塞尺测量。同本表“一、3.3”
3.7	轿厢顶反绳轮与轿厢架上梁间的间隙（见图22-19，反绳轮与上梁的间隙示意图）相互差值≤1mm	用内卡钳尺辅以钢直尺测量
3.8	轿顶反绳轮应设保护网罩和挡绳装置	观察检查
3.9	轿厢顶应按要求设安全栅栏，且安装牢固	
4.1	弹性结构导靴滑块面无间隙，导靴弹簧伸缩范围≤4mm	用塞尺测量 导靴弹簧伸缩范围指每个导靴的伸缩范围≤4mm
4.2	刚性结构导靴内表面间隙之和≤2.5mm	用塞尺测量 导靴内表面间隙之和指一对导靴两侧间隙之和
4.3	滚动导靴的滚轮对导轨不歪斜，压力均匀，导轨端面滚轮与导轨端面间隙≤1mm	用“手感”进行评价“压力均匀” 导轨端面滚轮与端面间隙用塞尺测量 导轨工作面严禁加润滑油，但其工作面要清洁，滚轮在运行中不应有明显的打滑现象
5.1	层楼指示灯盒平整，倾斜度≤2/1000	观察检查或水平尺测量 对于一部电梯各层门的指示灯盒，召呼盒相应位置要基本一致；对于并列电梯，每一层站的各部电梯层门的指示灯盒、召呼盒位置更应接近一致
5.2	层楼指示灯盒面板与墙面贴实、整洁	观察检查
5.3	各层站召呼盒位置正确，离地面标高基本一致，相互允差≤5mm	尺量检查
5.4	层站召呼盒面板与墙面贴实、整洁	观察检查
6.1	吊门滚轮上的偏心挡轮与导轨下端面之间的间隙<0.5mm	用塞尺测量，一般可掌握在0.5mm的塞尺塞不进，但吊门滚轮又不与导轨下端面相擦，滚轮可原地滚动
6.2	门扇与门套间隙a为（6±2）mm	尺量检查 
6.3	门与门扇间隙c（对旁开门）为（6±2）mm	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
6.4	门扇与门套的重合量和旁开门门扇间的重合量，应保证门闭合密实，b 和 d 一般均≥14mm	观察检查
6.5	轿门在全开后，门扇不应凸出轿厢门套，并应有适当的缩入量 e（5mm 左右）	观察检查
6.6	层门下端距地坎面的距离为（6±2）mm	尺量检查 同一层门的两门扇间距差值不应过大，其值一般不应大于2mm
6.7	门扇安装平整，启闭过程中应平稳，无跳动、抖动、阻滞现象。中分式门关闭上下部同时合拢	做启闭观察检查，对每一层门一般应做2~3次
6.8	层门锁在锁合时锁钩、锁臂及动接点动作灵活、轻巧，不应有太大的撞击声	将层门门锁脱离门刀，做门锁的锁合与解脱观察检查
6.9	门锁在电气安全装置动作前，锁紧元件的最小啮合长度为7mm	
6.10	厅门钥匙应能灵活地将门锁解脱	操作检查，可在检查门锁时一起检查
7	层门地坎高出地面为2~5mm	尺量检查
8	层门地坎水平度≤1/1000	用水平尺测量
9	层门门套垂直度≤1/1000	可用磁性线垂吊垂线辅以150mm钢直尺测量
10	中分式门关闭时，在门扇对口处的不平应≤1mm，在整个可见高度上均应≤2mm	尺量检查或观察检查

四、电气装置安装（详见 GB 50310—2002）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
1.1	电梯供电电源线单独敷设，主电源开关切断电梯正常使用情况下的最大电流且不应切断下列供电电路：轿厢、机房、隔音层、井道的照明；轿顶、机房内的电源插座；通风及报警装置	观察检查及操作试验 每台电梯的供电电源都必须单独敷设供电线路，并装设单独的开关进行控制，无论开关或线路都不得与其他设备共用
1.2	电源总开关安装在机房入口，距离地面1300~1500mm，同一机房的各部电梯主电源开关的操作机构应易于识别	观察检查
2	导体之间和导体对地之间的绝缘电阻应大于1000Ω/V，且动力电路和电气安全装置电路大于2MΩ，其他电路（控制、照明、信号、门机、整流）大于1MΩ	检查施工记录，并使用500V 500MΩ绝缘电阻表测量

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
3.1	电气设备、柜、屏、箱、盒、管应设有易于识别的接地端，且保护接地（接零）系统必须良好，接地电阻不应大于4Ω	观察检查各接地部位及接地端 主要包括①屏体②机房③设有超速开关的限速器④选层器箱体⑤轿厢⑥线槽和线管⑦中间箱箱体⑧厅门框等 接地电阻测试使用接地电阻测试仪 采用建设单位原有（或提供）的接地极时，接地极必须可靠，接地电阻值应进行实测实量
3.2	接地线须采用多股铜芯线，并作压接，每个接地螺栓固定接地线端不超过两个	
3.3	电线管、槽及箱、盖连接处的跨接地线必须紧密牢固，无遗漏	
4.1	随行电缆不得与井道内任何部件相碰，不应有打结和波浪扭曲现象	观察检查 电缆下垂末端的移动弯曲半径8芯电缆不小于250mm，16～24芯电缆不小于400mm 电缆的不运动部分应用卡子固定于井道壁上
4.2	电缆敷设长度必须保证轿厢在极限位置时不受力、不拖地	观察检查 “极限位置”指轿厢完全压缩缓冲器和对重完全压缩缓冲器时的轿厢所处实际高度再加上重力制动距离的一半，即$0.035V^2$（m） 电缆敷设长度须避免由于轿厢压缩缓冲器后因电缆余量过大而发生拖地磨损；或轿厢出现冲顶时，电缆受力而撑断
4.3	井道电缆架设在提升高度1/2以上1.5m处	观察或测量检查
4.4	电缆的敷设长度一致，绑扎整齐牢固、可靠，捆绑长度为30～70mm	
5.1	控制柜、屏安装位置应考虑到操作和维修方便且应牢固地固定在机房地面，横平竖直	观察检查
5.2	控制柜、屏正面与门窗距离≥600mm，维修侧与墙壁距离≥600mm，控制柜、屏与机械设备的距离≥500mm	观察或尺量检查
5.3	控制柜、屏各开关及电器元件的工作良好，无任何不正常现象。上、下行接触器机械联锁。相序继电器，热继电器动作可靠	观察及操作试验检查
6	配电柜、箱、盒及设备配线应连接牢固、接触良好、包扎紧密、绝缘可靠、标志清楚，并按规定加套相应的号码管	观察检查
7.1	出入管、槽的电线，应有专用护口或其他保护措施 电线保护外皮应完整进入开关和设备的壳体内	观察检查
7.2	动力和控制线路应隔离敷设；微信号及电子线路应按产品要求隔离敷设	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
7.3	机房和井道内电线敷设应用金属电线管、电线槽、软金属管保护或使用相应强度、阻燃性材质的管、槽、软管保护	观察检查
7.4	金属电线槽内壁平直，出线口处无毛刺，安装后排列整齐，接口平直，接板严密，槽盖齐全完好，固定牢靠、槽内无积水、污垢	观察检查 每根线槽在井道壁上至少应有两个固定点，固定点的间距一般为2～2.5m（横向1.5m） 导线在槽内每隔2m左右，应用压线板固定，压线板与导线接触处应有绝缘措施
7.5	金属电线槽弯角电线受力处，应垫绝缘衬加以保护；垂直敷设段应可靠固定	
8	电气装置的附属构架，电线管、槽等非带电金属部分应涂漆作防腐处理，无遗漏	观察检查
9	机房内控制柜、屏的垂直度≤1.5/1000，柜顶水平度≤1mm	吊垂线辅与钢直尺及水平尺测量
10	电线管、槽的垂直度，水平度： 机房内≤2/1000； 井道内≤5/1000	观察检查或吊垂线辅以钢直尺测量
11.1	轿厢顶部电线应敷设在被固定的金属电线槽、电线管之内，如采用金属软管敷设时，应尽量隐蔽，以防止踩坏	观察检查
11.2	轿厢顶上配管的固定点间距≤500mm	观察或尺量检查
12.1	软金属管无损伤和松散、与箱盒、设备连接处应用专用接头，弯曲半径不小于外径的4倍	观察或尺量检查
12.2	金属软管固定应牢固、固定点均匀，直边间距≤1000mm；不固定的端头长度≤100mm	
13.1	感应器和感应插板安装应垂直，固定牢固，插板应能上、下、左、右调节	
13.2	感应插板插入感应器时的两侧间隙一致，顶端间隙为（8±2）mm	
14.1	轿顶设有符合《安全电压》要求的检视灯和插座，设有明显标志的220V三孔插座	观察检查
14.2	底坑或轿底设有符合《安全电压》要求的检视灯和插座，设有明显标志的220V三孔插座	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

五、安全保护装置（详见 GB 50310—2002）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
1.1	各种安全保护开关应可靠固定，但不得使用电焊固定	观察检查
1.2	各种安全保护开关在电梯正常运行时的碰撞和钢丝绳、钢带、传动带的正常摆动不产生位移、损坏和误动作	
2.1	选层器钢带（链条）松弛或张紧轮下落 >50mm 时，其安全开关必须可靠动作	模拟试验检查 应复核钢带张紧轮或限速器配重轮下落大于 50mm 时，断绳开关是否能真正断开
2.2	限速器配重轮下落 >50mm 时，其断绳安全开关必须可靠动作	
2.3	限速器张紧装置转动灵活，其底面距底坑距离为 高速梯（750 ± 50）mm； 快速梯（550 ± 50）mm； 低速梯（400 ± 50）mm	尺量检查 张紧装置所产生的张紧力，应足以使限速器钢丝绳可靠驱动限速器绳轮 张紧装置应自然下坠，在托架上应能自由上下浮动
2.4	钢带张紧装置底面距地平面距离为 400 ~ 500mm	
2.5	瞬时安全钳装置提拉力为 150 ~ 300N	在轿顶用 300N 弹簧测力器模拟测定
2.6	安全钳楔块工作同步，联动开关可靠	模拟操作检查 轿厢上安全钳拉杆开关和机房内限速器开关的检查，此两个开关的功能旨在电梯超速、安全钳动作在刹车过程开始前断开控制回路，使驱动电动机断电制动
2.7	电梯载重量超过额定载重量的 110% 时，其安全开关动作可靠	实际操作检查
2.8	各层门及轿门机械、电气联锁有效	实际操作检查 当门打开时，按下轿厢内的运行开关，电梯不能起动 任一层门、轿门未关闭或锁紧时（按下应急按钮时除外）电梯不能起动 门锁在锁合后，锁钩与锁臂之间应有一定松动间隙，用手扒门时，应能使门扇稍有移动 门锁在触脱时，对固定式门刀、两个滚轮应能迅速将门刀夹住，在整个关门运动中，两滚轮均应贴住门刀 层门钥匙应能灵活地将门锁解锁
2.9	轿厢安全窗安全开关动作可靠	实际操作检查 当安全窗打开时，电梯控制回路应被切断，电梯不能起动
3.1	急停、检修、程序转换等按钮和开关的动作灵活可靠	实际操作检查 轿厢内和轿顶检修开关对电梯的操纵只能以检修速度点动，且互锁 轿内应设有易于识别和触及的报警装置，且使用良好 轿顶、底坑应分别设有停止电梯运行的非自动复位开关

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
3.2	各层门召呼按钮动作灵活、可靠	实际操作检查 各层门按（触）钮的动作应灵活，指示灯明亮 基站钥匙开关动作应可靠
4.1	极限、限位、缓速装置的功能可靠	用检修速度，实际运行检查 碰铁应能与各限位开关的碰轮可靠接触，在接触碰压全过程中，碰轮不应从碰铁侧边滑出 碰铁与各开关碰轮接触后，开关接点应可靠动作，碰轮沿碰铁全程移动时，不应有卡阻，且碰轮稍有压缩余量 限位、缓速、极限开关应错开一定距离，对于直流高速、快速电梯的强迫缓速开关，其安装位置不得使电梯的实际停制距离小于电梯允许的最小停制距离
4.2	极限开关动作时，轿厢地坎超越上、下端站层地坎距离为100～200mm	检修速度实际运行检查、尺量检查 在首层（或顶层）尺量检查轿厢与地坎间相对垂直距离
4.3	限位开关动作时，轿厢地坎超越上、下端站层地坎距离为50～100mm	
5.1	轿厢自动门安全触板灵活可靠	在轿门关闭过程中，用手轻推触板检查 安全触板的凸出量应上下一致，凸出量应大于触板的工作行程 安全触板一经碰触，作关门动作的门扇应立即转为开门动作 安全触板在动作时，应无异常声响
5.2	轿厢自动门安全触板动作碰撞力<5N	在轿门关闭过程中，用测力器检测
6.1	井道内的对重装置、轿厢地坎及门滑道的端部与井壁的安全距离>20mm	观察检查 对于补偿链，在轿厢位于底层时，链不应碰到底坑，并且应具有150～250mm的间隙 对于补偿绳，其砣框坑底槽钢的距离不应小于200mm；导轨上端突出导靴不小于200mm；应有挡板防止砣框跳出
6.2	曳引绳、运行电缆，补偿链（绳）及其他运动部件在运动中严禁与任何部件碰撞或摩擦	
7.1	① 楔块拉杆端的锁紧螺母应锁紧 ② 安全钳楔块面与导轨侧面间隙范围为2～3mm，（或根据生产厂要求）且各间隙均匀，相互间隙差值为0.3～0.5mm	用塞尺或专用工具检查 对轿厢安全钳检查时应在底坑中进行，检查人员应先进入底坑，然后使轿厢慢速下行至适当位置 对重安全钳检查时，可在底坑亦可在轿厢顶上进行
7.2	限速器钢丝绳头与连杆系统的连接可靠，采用绳头固定应符合要求	观察检查
8	安全钳钳口与导轨顶面间隙应不小于3mm，两间隙的相互差值≤0.5mm	用塞尺或专用工具检查 在坑底内进行
9.1	轿厢、对重装置的撞板至缓冲器距离 弹簧缓冲器200～350mm 液压缓冲器150～400mm	尺量检查 缓冲器应牢固地固定在底坑 弹簧缓冲器无锈蚀和机械损伤 当极限开关动作后，轿厢底撞板至缓冲器应尚有50～100mm的距离

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
9.2	轿厢、对重装置的撞板中心与缓冲器中心的偏差≤20mm	在撞板中心吊垂线，辅以钢直尺测量缓冲器中心的偏差值
9.3	液压缓冲器柱塞垂直度偏差值≤0.5mm	吊垂线辅以钢直尺测量 其油量和油的规格要符合要求
9.4	同一基础上两个缓冲器顶部高差≤2mm	用水平尺、塞尺、辅以木直尺测量 或根据9.1款的测量值作比较
10.1	补偿链导向装置离对重装置底部距离≤300mm	尺量或观察检查
10.2	补偿绳张紧砣框至坑底槽钢的距离≥200mm	

八、电梯安装质量监理、质量监督要点

电梯安装质量监理和质量监督的内容基本上是一样的。不同的是质量监理是由第三方具有监理资质的单位进行的，而质量监督则是由安装单位及国家技术监督行政管理部门进行的。其中，安装单位是最主要的，因为质量是由安装单位直接负责的。

电梯安装质量监理质量监督要点见表22-11～表22-18。

表22-11　导轨质量监理质量监督要点

项　　目	质量监理质量监督要点
导轨支架安装技术要求	埋设或焊接导轨支架时，首先安装每边最下面的一挡，然后把工作线绑扎在支架上，使其与顶部样板架尺寸一致。所有支架应依照工作线埋设，支架面允许离工作线0.5～1mm，安装导轨时在支架面上加垫片，以便调整轨距 1）导轨架的水平度，无论其长度及种类，其两端的差值应小于5mm 2）由井道底坑向上第一个导轨支架距底坑地面应不大于1000mm，井道顶部向下第一个导轨支架距楼板不大于500mm 3）导轨架埋入深度不小于120mm 4）当墙厚小于100mm时，应采用大于M16的螺栓和厚度不小于16mm的钢板将支架与井壁固定，也称穿墙方式 5）允许用等于导轨架宽度的方形铁片调整，调整垫的总厚度一般应不超过5mm。调整垫超过两片时，应焊接为整体 6）用1:2:3的混凝土灌注导轨支架埋入孔时，应先用水冲净埋入孔内的杂物，混凝土应选用32.5级以上的优质水泥。灌注后阴干3～4天，待支架水泥牢固并将支架表面处理平光后方可进行下步工作 7）采用膨胀螺栓固定方式时，用冲击钻将墙打出与膨胀螺栓规格相匹配的孔，在孔内放入膨胀螺栓，将支架固定即可

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	质量监理质量监督要点
导轨安装的技术要求	1）当导轨蹲底或撞顶时，导靴不应越出导轨 2）每根导轨至少应有两个支架，其间距不大于2.5m；导轨支架水平度偏差不大于5mm；导轨支架或地脚螺栓的埋入深度应不小于120mm。如采用焊接支架，其焊缝应是连续的，并应双面焊牢 3）每根导轨侧工作面对安装基准线的偏差，每5m应不超过0.7mm，相互偏差在整个高度上应不超过1mm 4）导轨接头处允许台阶不大于0.05mm，如超过0.05mm则应修平。其导轨接头处的修光长度为250～300mm，修平、修光采用手砂轮或油石磨 5）导轨工作面接头处不应有连续缝隙，且局部缝隙不大于0.5mm 6）导轨应用压板固定在导轨支架上，不应采用焊接或螺栓连接 7）两根轿厢导轨接头不应在同一水平面上，并且两根轿厢导轨下端距底坑地平面应有60～80mm悬空
导轨检查与预配	1）由于运输、装卸、保管等原因，在安装导轨前，应检查每根T形导轨的直线偏差，导轨导向两侧面的平面度应小于或等于0.5mm，全长偏差应不大于0.7mm，如有超过时应及时进行更换或调直 2）导轨安装前应进行预配。轨道接口处应清洗干净，使导轨的接榫密合，局部缝隙应不大于0.5mm；接口加工面有毛刺的要用锉刀修光；表面有缺陷的导轨应进行修正，并尽可能地配置于顶部或底部。预配后的导轨应进行安装顺序位置编号，导轨接头与导轨的支架须错开；轨道搬入井道内，应在底坑铺以木板，以保护轨道端面不会受到损坏
导轨安装施工	1）由样板放基准线至底坑，基准线距导轨端面中心2～3mm，并进行固定 2）底坑架设导轨槽钢基础座时，必须找平垫实，其水平误差不大于1/1000。槽钢基础位置确定后，用混凝土将其四周灌实抹平。槽钢基础座两端用来固定导轨的角钢架，先用导轨基准线找正后，再进行固定 3）若导轨下无槽钢基础座，可在导轨下边垫一块厚度$\delta \geqslant 12$mm、面积为200mm×200mm的钢板，并与导轨用电焊点焊 4）对于用油润滑且无槽钢底座的导轨，需在立基础导轨前将其下端距地坪40mm高的一段工作面部分锯掉，以留出接油盒的位置 5）在梯井顶层楼板下挂一滑轮并固定牢固。在顶层厅门口安装并固定一台0.5t的卷扬机进行吊装导轨 6）吊装导轨时要采用双钩勾住导轨连接板。若导轨较轻，且提升高度又不大，可采用人力吊装，使用$\phi \geqslant 16$mm尼龙绳代替用卷扬机吊装钢轨 7）采用人力提升时，需由下而上逐根立起。若采用小型卷扬机提升，可将导轨提升到一定高度（使能方便地连接导轨），连接另一根导轨。采用多根导轨整体吊装就位的方法时，要注意吊装用具的承载能力，一般吊装总重不超过3kN（≈300kgf）。整条轨道可分几次吊装就位
导轨调整校正	导轨吊装完后，不管是轿厢导轨还是对重导轨，都必须进行认真的调整校正，其加工精度和安装质量的好坏对电梯运行时的舒适感和噪声等性能都有着直接关系，而且电梯的运行速度越快，影响就越大。特别是快速梯和高速梯的对重导轨要求仍然是很严格的 导轨调整校正之前需悬挂两根导轨中心铅垂线，并用粗校卡板，分别自下而上地初校两列导轨的三个工作面与导轨中心铅垂线之间的偏差。经粗校和粗调后，再用精校卡尺进行精校

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	质量监理质量监督要点
导轨调整校正	精校卡尺是检查和测量两列导轨间的距离、垂直、偏扭的工具 1）用钢板尺检查导轨端面与基准线的间距和中心距离，如不符合要求，应调整导轨的前后距离和中心距离，然后再用精校卡尺进行仔细找正 2）用精校卡尺检查： ① 扭曲调整：将精校卡尺端平，并使两指针尾部侧面和导轨侧工作面贴平、贴严，两端指针尖端指在同一水平线上，说明无扭曲现象。如贴不严或指针偏离相对水平线，说明有扭曲现象，则用专用垫片调整导轨支架与导轨之间的间隙（垫片不允许超过3片），使之符合要求。为了保证测量精度，用上述方法调整以后，将精校卡尺反向180°，用同一方法再进行测量调整，直至符合要求 ② 调整导轨垂直度和中心位置：调整导轨位置，使其端面中心与基准线相对，并保持规定间隙 3）轨距及两根导轨的平行度检查：两根导轨全部校直好后，自下而上或者自上而下进行检查。导轨经精校后应达到： ① 两列导轨要垂直，而且互相平行，在整个高度内的相互偏差应不大于1mm ② 两列导轨的侧工作面铅垂线偏差，每5m应不大于0.6mm ③ 导轨接头处的缝隙 a 应不大于0.5mm，见图22-12 ④ 导轨接头处的台阶，用300mm长的钢板尺靠在工作面上，用厚薄规检查。在 a_1 和 a_2 处应不大于0.04mm，见图22-11 ⑤ 导轨接头处的台阶应按表22-5规定修光。修光后的凸出量应不大于0.02mm ⑥ 两列导轨的内工作面距 L，在整个长度内的偏差值，应符合表中的规定 ⑦ 导轨应用压导板固定在导轨架上，不允许焊接或用螺栓直接固定 两导轨间距离偏差 <table><tr><td>电梯类别</td><td colspan="2">甲</td><td colspan="2">乙、丙</td></tr><tr><td>导轨用途</td><td>轿厢导轨</td><td>对重导轨</td><td>轿厢导轨</td><td>对重导轨</td></tr><tr><td>偏差不应超过/mm</td><td>±0.5</td><td>±1</td><td>±1</td><td>±2</td></tr></table>

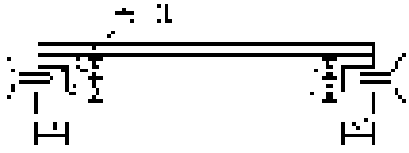
表22-12　轿厢安装监理质量监督要点

项　　目	质量监理质量监督要点
组装前的准备工作	1）拆除上端站的脚手架 2）在顶层的层门口对面的混凝土井壁相应位置上安装两个角钢托架［L100×100×10］，每个托架用三个 ϕ16mm膨胀螺栓固定。在层门口牛腿处横放一根木方，在角钢托架和横木上架设两根200mm×200mm的木方（或两根20号工字钢），然后把木方端部固定好 大型客梯及货梯，要根据梯井尺寸进行计算来确定方木及型钢的尺寸、型号 3）如果井壁系砖结构，则应在层门口对面的井壁相应的位置上剔两个与方木大小相适应的洞，用以支撑木方一端 4）在机房的承重钢梁上相应的位置横门固定一根DN75mm×4mm的钢管，如果承重钢梁在楼板下，则在轿厢绳孔旁设置这根钢管。由轿厢绳孔处放下不小于 ϕ13mm的钢丝绳扣，并挂一个3t重的倒链，以供安装轿厢时使用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	质量监理质量监督要点
底梁安装	用倒链将底梁吊放在架设好的木方或工字钢上。调整安全钳钳口（老虎口）与导轨面间隙，使安全钳口和轨道面的间隙 $a=a'$，$b=b'$，如下图所示。如果电梯的图纸有具体尺寸规定，须按图样要求调整，同时要调整底梁的水平度，使其横、纵间不水平度均不大于1/1000  安装安全钳楔块，楔齿距导轨侧工作面的距离调整到3～4mm，安装说明书有规定时按具体说明执行，且四个楔块距导轨侧工作面间隙应一致，然后用厚垫片塞于导轨侧面与楔块之间固定，同时把老虎口和导轨端面用木楔塞紧
立柱安装	将立柱与底梁连接，其不铅垂度在整个高度上不大于1.5mm，并不得扭曲。可用垫片进行调整
上梁安装	1）用倒链将上梁吊至立柱上与立柱相连接的部位，将所有的连接螺栓装好 2）调整上梁的横、纵向水平度，使其水平度偏差不大于1/2000。然后紧固连接螺栓 3）如果上梁有绳轮，要调整绳轮与上梁的间隙要相等，其相互尺寸误差小于等于1mm，绳轮自身垂直偏差小于等于0.5mm
轿厢底盘安装	1）用倒链将轿厢的底盘吊起并平稳地放到下梁上，将轿厢底盘与立柱、底梁用螺钉连接，但不要把螺钉拧紧。将斜拉杆装好，调整拉杆螺母，使底盘安装水平误差不大于2/1000，然后将斜拉杆用双螺母拧紧。把底盘、下梁及拉杆用螺母连接牢固 2）如果轿底为活动结构，先按上述要求将轿厢底盘托架安装好，且将减振器安装在轿厢底盘托架上 3）用倒链将底盘吊起，缓缓就位。使减振器的螺钉逐个插入轿底盘相应的螺钉孔中，然后调整轿厢底盘的水平度，使其水平度偏差不大于2/1000。若达不到要求则在减振器的部位加垫片进行调整 调整轿底定位螺栓，使其在电梯满载时与轿底保持1～2mm的间隙，调整完毕，将各连接螺栓拧紧 4）安装、调整安全钳拉杆，达到要求后，拉条顶部要用双螺母拧紧
围扇安装	1）围扇底座和轿厢底盘的连接及围扇与底座之间的连接要紧密。各连接螺钉要加相应的弹簧垫圈（以防因电梯的振动而使连接螺钉松动） 若因轿厢底盘局部不平而使围扇底座下有缝隙时，要在缝隙处加调整垫片垫实 2）若围扇直接安装在轿底盘上，其间若有缝隙，处理方法同上 3）安装围扇，可逐扇进行安装，也可根据情况将几扇先拼在一起再安装。围扇安装好后再安装轿顶。但要注意轿顶和围扇穿好连接螺钉后不要紧固，要在调整围扇垂直度偏差不大于1/1000的情况下逐个将螺钉紧固 安装完后要求接缝紧密，间隙一致，夹条整齐，扇面平整一致，各部位螺钉必须齐全，紧固牢靠

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	质量监理质量监督要点
安装轿厢顶装置	1）轿厢顶接线盒、线槽、电线管、安全保护开关等要按厂家安装图安装。若无安装图则根据便于安装和维修的原则进行布置 2）安装、调整开门机构和传动机构使其符合厂家的有关设计要求，若厂家无明确规定则按其传动灵活、功能可靠的原则进行调整 3）护身栏各连接螺钉要加弹簧垫圈紧固，以防松动。护身栏的高度不得超过上梁高度 4）平层感应器和开门感应器要根据感应铁的位置定位调整。要求横平竖直，各侧面应在同一垂直平面上，其垂直度偏差不大于1mm 5）轿顶如有反绳轮时应有保护罩和挡绳装置，尤其是挡绳装置应该有效，以免钢钉绳跳槽发生事故，且润滑应良好

表 22-13　对重（平衡重）安装监理质量监督要点

项　　目	质量监理质量监督要点
设备及材料要求	1）对重架规格应符合设计要求，完整、坚固，无扭曲及损伤现象 2）对重导靴和固定导靴用的螺钉规格、质量、数量应符合要求 3）调整垫片应符合要求，见图22-32
对重设置要求	1）如对重装有对重块，应采取必要的措施防止它们移位，因此应采取下列措施： ① 将对重块固定在一个框架内 ② 如果对重块是用金属制成的，且电梯速度不超过1m/s，则最少要用两根拉杆将对重砣紧固住 2）如对重装置上装有滑轮，应设置一种装置以避免： ① 悬挂绳松弛时脱离绳槽 ② 绳与绳槽之间进入杂物 这些装置的结构应不妨碍对滑轮的检查和维修；采用链条的情况下，也要有类似的布置 3）对于卷筒式驱动，不应有对重装置
吊装前的准备工作	1）在脚手架上相应位置（以方便吊装对重框架和装入砣块为准）搭设操作平台 2）在适当高度（以方便吊装对重为准）的两个相对的对重导轨支架上拴好钢丝绳扣，在钢丝绳扣中点悬挂一倒链。钢丝绳扣应拴在导轨支架上，不可直接拴在导轨上，以免导轨受力后移位变形 3）在对重缓冲器两侧各支一根100mm×100mm的木方。木方高度 $C = A + B +$ 越程距离，越程距离见表22-8 4）若导靴为滚轮式，要将4个导轮都拆下，若导靴为弹簧式或固定式的，要将同一侧的两导靴拆下
对重框架吊装就位	1）将对重框架运到操作平台上，用钢丝绳扣将对重绳头板和倒链钩连在一起 2）操作倒链，缓缓将对重框架吊起到预定高度 对于一侧装有弹簧式或固定式导靴的对重框架，移动对重框架，使其导靴与该侧导轨吻合并保持接触，然后轻轻放松倒链，使对重架平稳牢固地安放在事先支好的木方上，未装导靴的对重框架固定在木方上时，应使框架两侧面与导轨端面的距离相等
对重导靴的安装、调整	1）固定式导靴安装时，要保证内衬与导轨端面间隙上、下一致，若达不到要求要用垫片进行调整 2）在安装弹簧式导靴前，应将导靴调整螺母紧到最大限度，使导靴和导靴架之间没有间隙，这样才能便于安装 3）若导靴滑块内衬上、下方与轨道端面间隙不一致，则在导靴座和对重框架之间用垫片进行调整，调整方法同固定式导靴 4）滚轮式导靴安装要平整，两侧滚轮对导轨压紧后两滚轮压缩量应相等，压缩尺寸应按制造厂规定。如无规定则根据使用情况调整压力适中，正面滚轮应与轨道面压紧，滚轮中心对准导轨中心，见图22-33

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	质量监理质量监督要点
对重砣块的安装及固定	1）装入相应数量的对重砣块。对重砣块数量应根据下式求出： $$装入的对重块数=\frac{(轿厢自重+额定荷重)\times 0.5-对重架重}{每个砣块的重量}$$ 2）按厂家设计要求装上对重砣块防振装置见图 22-34

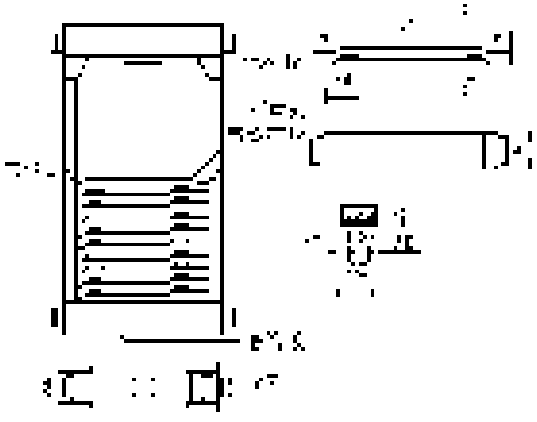


图 22-32　对重架和砣块

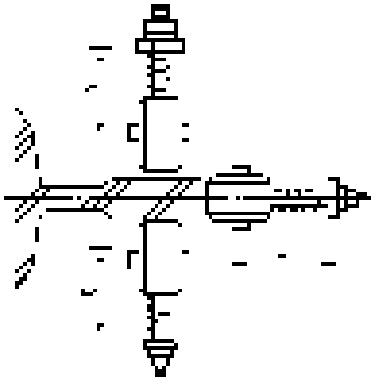


图 22-33　滚轮式导靴安装

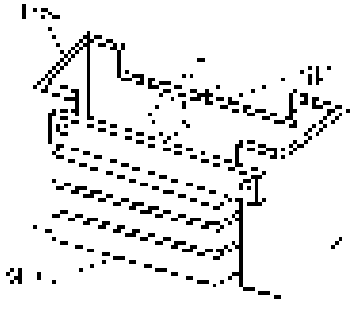


图 22-34　挡板式防振装置

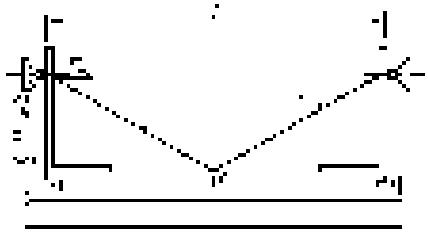
表 22-14　门系统安装监理质量监督要点

项　　目	质量监理质量监督要点
层门地坎安装	1）放线：按要求由样板放两根层门安装基准线（高层梯最好放三条线，即门中一条线，门口的两边两条线），在层门地坎上划出净门口的宽度线及层门中心线，在相应的位置打上三个卧点，以基准线及此标志确定地坎、牛腿及牛腿支架位置见图 22-35 2）若地坎牛腿为混凝土结构，用清水冲洗干净，将地脚爪装在地坎上。然后用细石混凝土浇筑，水泥强度等级不低于 32.5，水泥、沙子、石子的容积比为 1∶2∶2。安装地坎时要用水平尺找平，同时三个卧点分别对正三条基准线，并找好与线的距离 地坎安装好后，应高于装修完工地面 2～3mm，若完工装修的地面为混凝土地面，则应高出 5～10mm，且应按 1∶50 坡度将混凝土地面与地坎平面抹平，见图 22-36

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	质量监理质量监督要点
层门地坎安装	3）如果层门无混凝土牛腿，要在预埋铁上焊支架，安装钢牛腿以便于安装地坎。分两种情况： ① 额定载重量在1000kgf（10kN）及以下的各类电梯，可用不小于65mm等边角钢做支架，进行焊接，并稳装地坎，如图22-36所示。牛腿支架不少于3个 ② 额定载重量在1000kgf（10kN）以上的各类电梯（不包括1000kgf（10kN））可采用$\delta=10$mm的钢板及槽钢制作牛腿支架，进行焊接，并稳装地坎。牛腿支架不少于5个，地坎牛腿钢支架见图22-37 4）额定载重量在1000kgf（10kN）以下（包括1000kg）的各类电梯，若厅门地坎处既无混凝土牛腿又无预埋铁，可采用M14以上的膨胀螺栓固定牛腿支架来稳装地坎 5）对于高层电梯，为防止基准线被碰造成误差，可以先安装和调整好导轨，然后以轿厢导轨为基准来确定地坎的安装位置，方法如下： ① 在层门地坎中心M两侧的$L/2$（L是轿厢导轨间距）处的M_1及M_2点分别做上标记见下图  ② 稳装地坎时，用直角尺测量尺寸，使层门地坎距离轿厢两导轨前侧面尺寸均为 $B+H-d/2$ 式中　B——轿厢导轨中心线到轿厢地坎外边缘尺寸 H——轿厢地坎与层门地坎距离（一般是25mm或30mm） d——轿厢导轨工作端面宽度 ③ 左右移动层门地坎，使M_1、M_2与直角尺的外角对齐，这样地坎的位置就确定了。但为了复核层门中心点是否正确，可测量层门地坎中心点M距轿厢两导轨外侧棱角距离，S_1与S_2应相等
门立柱、上滑道、门套安装	1）在砖墙上安装：采用剔墙眼埋固地脚螺栓的方法 2）混凝土结构墙上安装： ① 有预埋铁：可将固定螺栓直接焊于预埋铁上 ② 混凝土结构墙上如没有预埋铁，可在相应的位置用M12膨胀螺栓安装150mm×100mm×10mm的钢板作为预埋铁使用 3）若门滑道、门立柱离墙超过30mm应加垫圈固定，若垫圈较高宜采用厚铁管两端加焊铁板的方法加工制成，以保证其牢固 4）用水平尺测量门滑道安装是否水平。如侧开门，两根滑道上端面应在同一水平面上，并用线坠检查上滑道与地坎槽两垂直水平距离和两者之间的平行度 5）钢门套安装调整后，用钢筋棍将门套内筋与墙内钢筋焊接固定 6）层门安装要求：层门上滑道外侧垂直面与地坎槽内侧垂直面的距离应符合图纸要求。在上滑道两端和中间三点吊线测量相对偏差均应不大于1mm。上滑道与地坎的平行度误差应不大于1mm。导轨本身的铅垂度偏差a'应不大于0.5mm

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	质量监理质量监督要点
层门门扇安装	1）将门底导脚、门滑轮装在上门扇上，把偏心轮调到最大值（和滑道距离最大）。然后将门底导脚放入地坎槽，门轮挂到滑道上 2）在门扇和地坎间垫上6mm厚的支撑物。门滑轮架和门扇之间以专用垫片进行调整，使之达到要求，然后调整滑轮架与门扇的连接螺钉进行，将偏心轮调回到与滑道间距小于0.5mm，撤掉门扇和地坎间所垫之物，进行门滑行试验，达到轻快自如为合格
层门闭锁装置安装	层门闭锁装置安装应固定可靠，驱动机械动作灵活，且与轿门的开锁元件有良好的配合；不得有影响安全运行的磨损、变形和断裂 层门锁的电气触点接通时，层门必须可靠地锁紧在关闭位置上；层门闭锁后，锁紧元件应可靠锁紧，其最小啮合长度应不小于7mm 为了安全起见，门扇挂完后应尽早安装门锁。从轿门的门刀顶面沿井道悬挂下放一根铅垂线，作为安装、调整、校正各层站的厅门锁和机电联锁的依据 门锁安装调整后： 门刀与厅门踏板、门锁滚轮与轿门踏板、门刀与门锁滚轮之间的关系见图22-38 门锁是电梯的重要安全设施，电梯安装完后试运行时，应先使电梯在慢速运行状态下，对门锁装置进行一次认真的检查调整，把各种连接螺钉紧固好。当任一层楼的厅门关闭妥后，在厅门外均不能用手把门扒开
轿厢门安装	1）将带悬挂架的轿厢门的上梁安装到悬臂式角钢上的轿厢钢架前立柱上，悬挂架则装在导杆上，见图22-39。梁的位置根据放到导杆上的水准器进行检测。导杆的水平度允许偏差为每米长度1mm以下，导杆的侧面应保持垂直。此项检测可以利用框形水准仪检查，也可用专用工具检查。 2）轿厢门的上梁安装好并调整导杆的位置后，就开始着手吊装轿厢的门扇。轿厢门在《电梯制造与安装安全规范》（GB 7588—2003）中有如下规定： ① 轿门应是无孔的 载货梯和非商业用的汽车梯，可以采用向上开启的垂直滑动轿门，这种门可以是网状的或带孔板型的。网孔或板孔尺寸，水平方向不得超过10mm，垂直方向不得超过60mm ② 除必要的间隙外，轿厢门关闭时应将轿厢入口完全封闭 特殊情况：对于专供经批准且受过训练的人员使用的电梯，其轿厢入口高度大于2.5m时，如果同时满足下面的条件，则轿门高度可限定到2m a. 垂直滑动门 b. 电梯的额定速度不超过0.63m/s ③ 门关闭后，门扇之间和门扇与门柱、门楣或地坎之间的间隙应尽可能小，当间隙不超过6mm时，可认为满足此要求，如果有凹处，间隙的测量应从凹底算起。上述a项述及的垂直滑动门特殊情况除外 ④ 对于铰链门，为防止其摆动到轿厢外面，需设置冲撞限位挡块 ⑤ 装于轿门上的任何窥视窗应满足《电梯制造与安装安全规范》的要求。如果层门上装有观察轿厢是否在本站的窥视窗，则轿门上就必须装设窥视窗。当轿厢处于层站水平时，两上窥视窗的位置应重合，如轿门是自动的且当轿厢停在层站水平处时，它保持在开启位置，则轿门上不需设置窥视窗 ⑥ 轿门地坎、导向装置、门的悬挂机构应遵守层门的有关规定 ⑦ 处于关闭位置的轿门，应具有足够的机械强度，即当施加一个300N的力，从轿厢内向外垂直作用于门的任何位置，并使该力均匀分布在面积为5cm^{2}的圆形或方形截面上时，轿门能够： a. 承受住，没有永久变形 b. 承受住，没有大于15mm的弹性变形 c. 经这样的试验后，功能正常

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	质量监理质量监督要点
轿厢门安装	3）安装轿厢底上的门的传动装置，并安装联锁装置。传动装置安装在橡胶减振器上。拉杆轴线应位于与右悬挂架的横梁插头轴线处在同一个垂直平面内。牵引拉杆与横梁插头相连，使其在左端位置时，则门关闭，而拉杆减振器与牵引杆（拉杆穿过牵引杆上的孔）的空隙应符合设计要求。应使此空隙只在触轮与相应的凸轮同时关闭且轿厢门锁打开时，门才开始打开 4）凸轮的开与闭在安装时应符合下列要求： ① 当门全闭时，凸轮切断常闭触头，而当门全开时，打开凸轮则断开常开触头 ② 当轿厢门打开时，关门开关的终端触头要比门的对口缝处的常开触头早些闭合 ③ 调整凸轮，沿着牵引杆的扇形槽按所需方向使其移位，并以止动螺栓固定在需要的位置上 ④ 每个门扇的关闭控制联锁触头均安装在上梁。其位置应调整到当任何一扇门打开超过7mm时，触头动作而切断控制电路 5）轿厢门与梯井门的动力联系在整定电梯的过程中进行调节。其间的联系是由固定在轿厢和梯井门扇上的断电装置实现的。轿厢门扇上的断电装置须严格成垂直状 6）断电装置，如图22-40所示的辊轮（或断电装置的角钢）和断电装置内表面之间的空隙要对称配置，允差为±1mm。间隙值从轿厢门扇的断电装置两端测量 7）载重为500kgf（5kN）的电梯轿厢门具有两扇不同宽度的门扇。在调整这些门的门扇的反衬辊轮位置时，反衬辊轮与导杆间的空隙应遵守下述要求： ① 宽门扇的反衬辊轮为0.1～0.2mm，窄门扇的反衬辊轮为0.02～0.05mm，间隙以塞规测定 ② 宽门扇打开使用的力值不超过10N，窄门扇则不超过40N ③ 施力点在门扇最高点以下500mm 8）门的传动装置安装：当宽门扇关闭时，拉杆角钢与牵引杆的轴承之间的空隙不得超过1mm。牵引杆的配置应垂直于拉杆轴心。门的传动装置装配好后，应使牵引杆的轴承在整个工作行程长度内不触及拉杆工作面的端口 9）安装门锁：安装宽门扇（见图22-41）上的门锁时，应使拉杆与悬挂架支柱间的空隙保持在2～3mm范围内。在悬挂架上转动立柱以调整间隙值。扇形轮的位置（开门锁用）应作调整，使门扇打开动作开始前锁能打开 同样地，要调整作用在门的开锁触点和闭锁触点上的扇形轮。当扇形轮处于正确位置时，牵引杆须停止活动，此时，门扇距减振器1～5mm处止动。当每扇门打开10mm或开锁时，对口缝的常闭触头应可靠地打开（间隙不少于3mm）。间隙可以把接触电器向需要的一侧移动以进行调整。 10）在轿门扇和开关门机构安装调整完毕，安装开门刀。开门刀端面和侧面的垂直度偏差全长均不大于0.5mm，并且达到厂家规定的其他要求

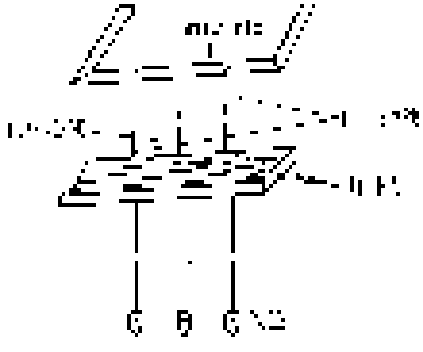


图22-35　层门放线

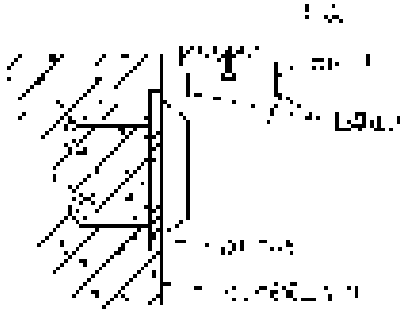


图22-36　混凝土地面上安层门坎

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

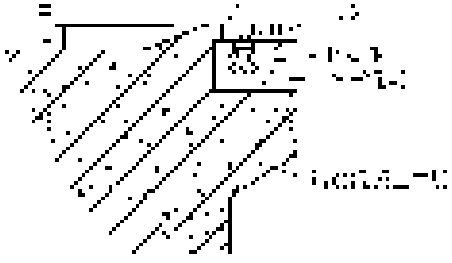


图 22-37　地坎牛腿钢支架

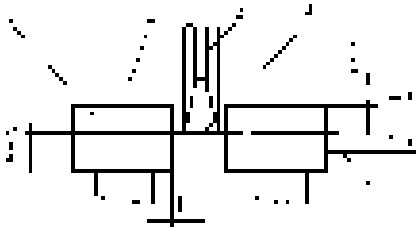


图 22-38　门刀与门锁滚轮和厅、轿门踏板调整示意图

1—门锁滚轮　2—轿门踏板边线　3—门刀　4—铅垂线　5—厅门踏板边线

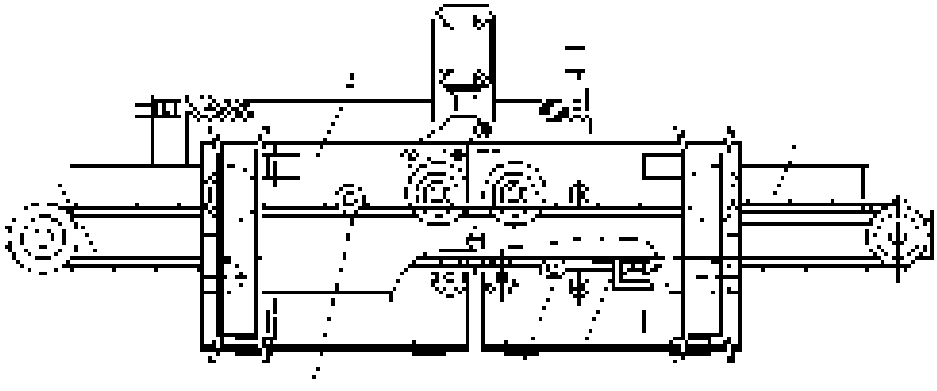


图 22-39　带悬挂架的轿厢门上梁

1—导杆　2—悬挂架　3—钢绳　4—张紧螺栓　5—扎固钢绳用的绳钩　6—压紧用的垫圈

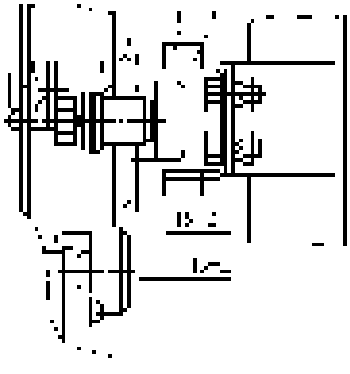


图 22-40　梯井门与轿厢门断电装置间的空隙示意图

1—轿厢门断电装置　2—梯井门断电装置

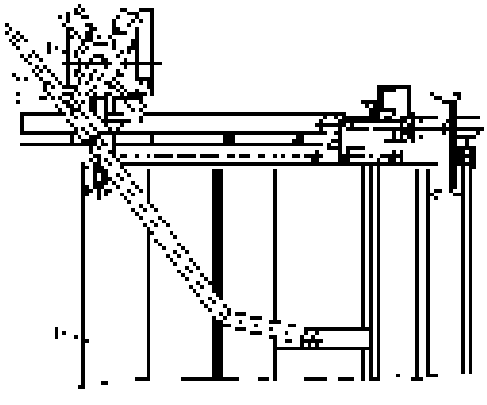


图 22-41　从宽侧入口的起重量 500kg（5kN）电梯轿厢门的传动装置

1—宽门扇　2—牵引杆　3—拉杆　4—扇形轮

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 22-15　驱动主机安装监理质量监督要点

项　　目	质量监理质量监督要点
承重钢梁安装	1）承重钢梁安装在楼板下时，承重钢梁必须与楼板浇筑成一体 2）承重钢梁安装在机房楼板上时，钢梁两端必须架于承重结构上。沿地坪安装时，两端用钢板焊成一整体，并筑浇混凝土台与楼板连成整体 3）机房高度在 2.5m 以上时，还可以把三根钢梁预先组成一个整体，放在预先做好的两端的混凝土台座上，台座高度以 500mm 左右为宜，台座内的钢筋要与楼板内的钢筋连接。这种做法施工简便，有利于曳引机安装位置的调整，减少安装误差，还可以采取预制方法安装。但此种做法在机房高度为 2.5m 以下者不宜采用 4）无齿轮变速的高速电梯（一般在 2m/s 以上），承重钢梁可放在楼板下边或上边，也可放在楼板内，但必须符合以上有关的要求 5）由于某种原因，现场浇筑混凝土台确有困难时，可以采用型钢架设钢梁的做法 6）如果因型钢高度与垫起高度不相适应，或垫起高度不适宜采用型钢时，可以在现场制作金属构架架设钢梁
承重梁安装技术规定	1）承重梁两端如需埋入承重墙内时，其埋入深度应超过墙厚中心 20mm，且应不小于 75mm（对砖墙梁下应垫以能承受其重量的钢筋混凝土过梁或金属过梁 2）承重梁两端应支架在建筑物承重梁（或墙）上时，应采用混凝土浇筑，其混凝土强度等级应大于 C20，厚度应大于 100mm 3）承重梁的底面应离开机房光地坪 50mm 以上，以减轻电动机运行时的共振和不使地坪受力。承重梁的底面在施工时应离机房毛地坪距离大于 120mm，以便于在安装电气配管后再浇地坪时，能保持承重梁底面距地坪高度大于 50mm 4）机组如直接安装在地坪上时，其混凝土地坪厚度应大于 300mm，并应有减振橡胶垫装置 5）承重梁水平度偏差在长度方向应小于 0.2% 6）承重梁上如要开孔，不得采用气割，而必须采用钻孔的方式
曳引机安装对机房及滑轮间的要求	1）曳引机及其附属设备应放在一个专用的房间里，该房间应有实体的墙壁、房顶门板或活板门 2）机房内钢丝绳与梯板孔洞每边间隙均应为 20～40mm；通向井道的孔洞四周应筑起一道高 50mm 以上、宽度适当的台阶 3）对上述第 1 项的例外情况为： ① 导向滑轮可以安装在井道的顶部空间，条件是它们位于轿顶凸出部分外面，并且检查和测试、维修工作能够完全能从轿顶或从井道外面进行 但是，单绕或复绕的导向滑轮可以安装在轿顶上方，以便导向对重方向，其条件是从轿顶上能够安全地触及到滑轮的轮轴 ② 曳引轮可以安装在井道内，其条件是： a. 能够从机房进行检验、测试工作 b. 机房与井道间的开孔应尽可能地小 ③ 如果检验、测试和维修工作能够在井道外进行，则限速器可以安装在井道内 ④ 在井道内的导向滑轮和曳引轮必须设置避免发生下列情况的装置 a. 伤害人体 b. 曳引绳或链条如果松弛时会脱离轮槽 c. 杂物落入绳或绳槽的间隙 ⑤ 所采用的装置不得妨碍检查、测试或维修工作。这些装置只有在下述情况下才必须拆卸

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	质量监理质量监督要点
曳引机安装对机房及滑轮间的要求	a. 更换绳子 b. 更换绳轮 c. 重新切削绳轮槽 4）曳引机及其附属设备和滑轮可以设置在做其他用途的房间里，如通往屋顶平台的专用通道。但必须有一个高度至少为1.8m的围封与房间的其他部分隔开，围封上应开有一个带锁的通道门 5）机房或滑轮间或上一步中所述及的围封内，不得用作安装电梯以外的其他用途，也不得放有非电梯用的线槽、电缆或装置。但这些房间可以放置： ① 杂物电梯或自动扶梯的曳引机 ② 这些房间的空调设备或采暖设备，但不包括热水或蒸汽采暖设备 ③ 具有高的动作温度、适用于电气设备、在一段时期内稳定且有防止意外碰撞的火灾探测器和灭火器 6）机房最好设置在井道的上面 7）机房标高位置：机房位于电梯井道的最上方或最下方，供装设曳引机、控制柜、限速器、选层器、地震检测仪、配线板、总电源开关及通风设备等 ① 机房设在井道底部：由于结构复杂，钢丝绳弯折次数较多，缩短了使用期限，增加了井道承重，且保养困难，故一般不采用。只有机房不可能设在井道顶部时才采用 ② 机房上置式曳引方式：因设备简单，钢丝绳弯曲次数少，所以成本低，维护简单，因而较多采用这种方法 ③ 机房侧置式：机房既不能设置在底部，也不可能设置在顶部时，也可考虑选用液压式电梯，即机房为侧置式
曳引机的固定方法	1）刚性固定：曳引机直接与承重钢梁或楼板接触，用螺栓固定。此种方法简单方便，但曳引机工作时，其振动值直接传给楼板。由于工作时振动和噪声较大，只限用于低速电梯 2）弹性固定：常用的形式是曳引机先装在用槽钢焊制的钢架上，在机架与承重梁或楼板之间加有减振的橡胶垫，能有效地减小曳引机的振动及其传布，使其工作平稳，因此这种方法应用广泛
安装曳引机	1）若承重梁安装在机房楼板下时，多按曳引机的外轮廓尺寸，先制作一个高250～300mm的混凝土台座，然后把曳引机稳固在台座上 制作台座时，在台座上方对应曳引机底盘上各固定螺栓孔处，预埋下地脚螺栓，然后按安装平面布置图和随机技术文件的要求，在承重梁的上方摆设好减振橡胶垫，待混凝土台座凝固后，将其吊放在减振橡胶垫上，并经调整校正校平后，把曳引机吊装在混凝土台座上，再经调整校正校平后把固定螺栓上紧，使台座和曳引机连成一体即可 为防止电梯在运行过程中台座和曳引机产生位移，台座和曳引机两端还需用压板、挡板、橡胶垫等将台座和曳引机定位 2）承重梁在机房楼板上时，当2～3根承重梁在楼板上安装妥当后，对于噪声要求不太高的杂物电梯、货梯、低速病梯等，可以通过螺栓把曳引机直接固定在承重梁上。对于噪声要求严格的病梯、乘客电梯，在曳引机底盘下面和承重梁之间还应设置减振装置。老式减振装置主要由上、下两块与曳引机底盘尺寸相等、厚度为16～20mm厚的钢板和减振橡胶垫构成。下钢板与承重梁焊成一体，上钢板通过螺栓与曳引机连成一体，中间摆布着减振橡胶垫。为了防止电梯在运行时曳引机产生位移，同样需要在曳引机和上钢板的两端用压板、挡板、橡胶垫等将曳引机定位。新式减振装置是在曳引机和承重梁之间，用4只ϕ100mm×50mm的特制橡胶垫，通过螺栓把曳引机稳装在承重梁上，其结构简单、安装方便，效果也很好 承重梁在机房楼板上时，曳引机的安装步骤如下： ① 按要求将承重钢梁安装好，钢梁安装水平度偏差不超过1.5/1000

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	质量监理质量监督要点
安装曳引机	② 安装曳引机：将曳引机吊到承重钢梁，把铅垂线挂在曳引轮中心绳槽内。若电梯为单绕式有导向轮时，调整机座，使其分别对准轿厢中线和对准轿厢与对重的中心连线。再用钢直尺测量，使之在前后（向着对重）方向上偏差不超过±2mm；左右偏差不超过±1mm。校正完后，在承重钢梁上画出机座固定螺栓孔的位置。开螺孔的误差不大于1mm，也不得损坏承重钢梁的主筋 ③ 将螺栓、垫铁、垫圈及橡胶垫垫好，并戴上螺母。待导向轮安装好后，再紧固螺栓 ④ 若电梯为复绕式无导向轮时，应吊线找准位置 ⑤ 若电梯为复绕式有导向轮时，应吊线找准位置 ⑥ 安装导向轮时，其端面平行度偏差不得超过±1mm。根据铅垂线调整导向轮，使其垂直度偏差不超过0.5mm。前后方向（向着对重）不应超过±3mm，左右方向不应超过1mm 3）曳引轮安装位置的校正：在曳引机上方固定一根水平钢丝，上悬挂两根铅垂线，一根铅垂线对准井道内上样板架上标注的轿厢架中心点。一根铅垂线对准对重中心点，再根据曳引绳中心计算的曳引轮节圆直径 D_{CP}，在水平线钢丝上另悬以曳引轮铅垂线，用以校正曳引轮安装位置并应达到设计或规范要求
导向轮位置的确定	导向轮的后缘一般安装在对重导轨的中心上。在1∶1的直线式电梯中，应使曳引轮的轮宽中点垂直方向对准轿厢中心点，导向轮轮宽中心应对准对重架中点。在2∶1的复绕式传动方式中，曳引轮缘的轮宽中点应对准轿厢反绳轮的相对位置，导向轮轮缘的轮宽中点应对准对重架反绳轮缘轮宽的中点。导向轮侧面应平行于曳引轮侧面，两侧面平行度偏差严禁大于±1mm。可采用拉线法测量平行度，测量时注意如导向轮和曳引轮轮宽不一致时，须使两轮轮宽中线重合后测量。两端面的平行度测量见图22-5 1）单绕式曳引机、导向轮位置确定：在机房上方沿对重中心和轿厢中心拉一水平线，如图22-42所示。在这根线上的 A、B 两点对准样板上的轿厢中心和对重中心分别吊下两根垂线。并在 A' 点吊下另一垂线（AA' 距离为曳引轮两边线槽中心 C 点及 C' 点的相切点），则曳引机位置确定，并予以固定。将导向轮就位，使垂线 BP 与导向轮中心 D'（相切处）吊一垂线 $D'S$，转动导向轮，使此垂线垂直于对重中心及轿厢中心的连线上的交点，则导向轮位置确定，并加以固定 2）复绕式曳引机和导向轮安装位置确定：首先确定曳引轮和导向轮的拉力作用中心点。需根据引向轿厢或对重的绳槽而定，图22-43所示引向轿厢的绳槽2、4、6、8、10，因曳引轮的作用中心点是在这5个绳槽的中心位置，即第6槽的中心 A' 点。导向轮的作用中心点是在1、3、5、7、9绳槽的中心位置，即第5绳槽的中心点 B' ① 若导向轮及曳引机已由制造厂家组装在同一底座上时，确定安装位置则极为方便，只要移动底座使曳引轮作用中心点 A' 吊下的垂线对准轿厢（或轿轮）中心点 A；导向轮作用中心点 B' 吊下的垂线对准对重（或对重轮）中心 B，这项工作即可完成，然后将底座固定，见图22-44 这种情况在电梯出厂时，轿厢与对重中心距已完全确定，放线时应与图纸尺寸进行核对 ② 若曳引机与导向轮需在工地组装成套时，曳引机与导向轮的安装定位需要同时进行（如分别定位时，非常困难）。方法为：当曳引机及导向轮上位后，使由曳引轮作用中心点 A' 吊下的垂线对准轿厢（或轿轮）中心点 A，使由导向轮作用中心点 B' 吊下的垂线对准对重（或对重轮）中心点 B，并且始终保持不变，然后水平转动曳引机及导向轮，使两个轮平行，且相距 $S/2$，并进行固定 ③ 若曳引轮与导向轮的宽度及外形尺寸完全一样，此项工作也可以通过找两轮的侧面延长线进行，见图22-5
限速器的安装	限速器安装与轿厢有关，限速器绳轮垂直度偏差应小于0.5mm，测量方法可采用吊线法测量。限速器绳轮应垂直于地面，与位于电梯底坑内的张紧轮上下垂直对应一致。限速器的轮槽中心一根垂线应与轿厢上的夹持中心的位置对准。限速器应牢固地固定在楼板或水泥座上。限速器用钢丝绳直径应大于 ϕ7.4mm。甲类高速梯的限速器两个绳头制作应用巴氏合金浇注。在施工中限速器出厂的铅封不应受到破损。限速器张紧装置自重不应少于30kg，距坑底平面高度：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	质量监理质量监督要点
限速器的安装	甲类电梯为（750±50）mm 乙类电梯为（550±50）mm 丙类电梯为（400±50）mm 1）先检查预留孔洞是否符合要求，并注意孔洞不可过大，防止破坏楼板的强度 2）用厚度不小于12mm的钢板制作一个底座，见图22-45。将限速器和底座用螺栓相连 3）按安装图要求的坐标位置，将限速器就位，由限速轮绳槽中心向轿厢拉杆上绳头中心吊一垂线，同时由限速轮另一边绳槽中心直接向张紧轮相应的绳槽中心吊一垂线，调整限速器位置，使上述两对中心在相应的垂线上，位置即可确定。然后在机房楼板对应的位置上打入膨胀螺栓，将限速器就位，再一次进行测校，使限速器位置和底座的水平度均符合要求：限速器绳轮垂直度偏差不大于0.5mm，然后将膨胀螺栓上的螺母紧固 如果楼板厚度小于12mm，应在楼板下再加一块钢板，与底座采用穿钉螺栓固定 若限速轮的垂直度偏差>0.5mm，可在限速器底面与底座间加垫片进行调整
钢带轮的安装	1）用厚度不小于12mm的钢板或型钢制作钢带轮底座。在底座相应的位置上开好钢带轮安装螺孔和膨胀螺栓孔，把钢带轮用螺栓固定在底座上 2）根据安装图上所示位置将钢带轮就位，同时用线坠测量钢带轮中心切点*A*（见图22-46）、张紧轮中心切点*B*、轿厢固定点*C*，检查三点是否在同一垂线上，并检查钢带轮另一边中心切点*D*及张紧轮中心切点*E*是否在同一垂线上，调整钢带轮位置使偏差在要求范围内 3）根据确定的位置，在机房地面上打入膨胀螺栓，然后对钢带轮再一次按上述要求进行调整，并用膨胀螺栓的螺母进行固定 4）钢带轮的垂直度偏差不应大于0.5mm
制动器的安装	制动器是曳引电梯的重要安全装置之一，要求制动器闸瓦与制动轮保持同心圆，使松开时各处间隙相同和合闸时压力均匀分布 1）制动器安装施工技术要求： ① 闭式制动器的闸瓦应紧密地贴合于制动轮的工作表面上，当松闸时，两侧闸瓦应同时从制动轮表面松开，间隙均匀 ② 固定制动带的铆钉不允许与制动轮接触，制动带磨损量超过制动带厚度1/3时应更换 ③ 制动器线圈温升不超过60℃ 2）制动器安装技术检验要点： ① 当制动器松闸时，两侧闸瓦应同时从制动轮表面松开，间隙应均匀，其间隙在任何部位均在0.7mm之内 ② 松开制动器闸瓦时应注意做好防止轿厢自身移动，以确保安全 ③ 电梯制动器需要调整或检验时应与电工配合进行 3）制动器安装质量控制： ① 对制动轮与闸瓦间隙检查时，应将闸瓦松开，用塞尺测量，每片闸瓦两侧各测4点 ② 制动器力矩的调整：主要是调整主弹簧的压缩量，将制动臂内侧的主弹簧压紧螺母松开，外侧螺母拧紧，可压缩弹簧长度，增大弹力，使制动力矩变大，反之制动力矩减小，调好后应拧紧内侧的压紧螺母。调整时使两边主弹簧长度相等，制动力矩大小适当 ③ 制动器的闸瓦与制动轮间隙的调整：用手动松闸装置，松开制动的闸瓦，反复调整闸瓦上下2只螺栓，用塞尺检查上下两侧共4处的间隙，直至符合要求为止。间隙初调时尽可能小一些，要调整得当，间隙可调到0.2~0.4mm，最后需拧紧各部位的压紧螺母

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项　　目	质量监理质量监督要点
制动器的安装	④ 制动器调整的最后结果应使电梯在额定载荷、空载和超载 150%，特别是在满载下降情况下，都能有足够的制动作用 ⑤ 如制造厂未调整过或间隙过大，则要重新确定松闸轮的位置

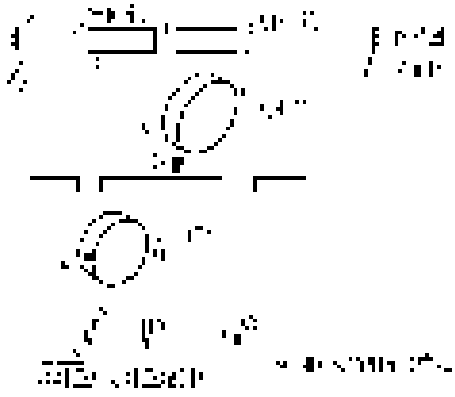


图 22-42　单绕式曳引机、导向轮位置的确定

图 22-43　复绕式曳引机和导向轮安装位置的确定

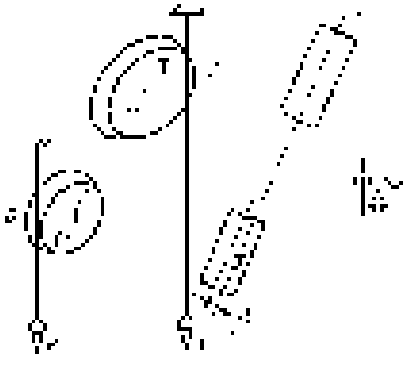


图 22-44　导向轮、曳引轮位置确定

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

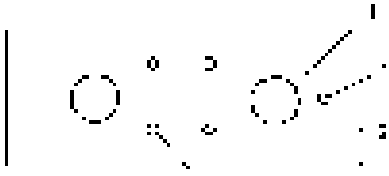


图 22-45　限速器钢板底座

1—螺栓孔（连接限速器）　2—钢板

3—膨胀螺栓孔　4—绳孔

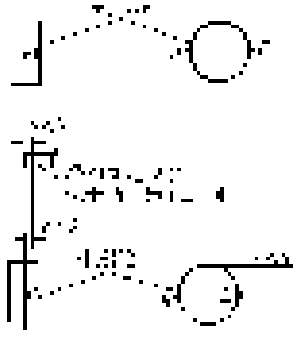


图 22-46　钢带轮安装

表 22-16　安全部件安装监理质量监督要点

项目	质量监理质量监督要点
限速绳张紧装置及限速绳安装	1）安装限速绳张紧装置，其底部距底坑地平距离可根据表 22-4 确定 2）根据表 22-4 规定及安装图尺寸将张紧轮上位。由轿厢拉杆下绳头中心向其对应的张紧轮绳槽中心点 *a* 吊一垂线 *A*（见图 22-47）（机房限速器至轿厢拉杆上绳头中心点的垂直度校定已于限速器安装时完成），同时由限速器绳槽中心向张紧轮另一端绳槽中心 *b* 吊垂线 *B*，调整张紧轮位置，使垂线 *A* 与其对应中心点 *a* 误差小于 5mm，使垂线 *B* 与其对应中心点 *b* 误差小于 15mm，则张紧装置位置确定 3）直接把限速绳挂在限速轮和张紧轮上进行测量，根据所需长度断绳，做好绳头。做绳头方法与主钢绳头相同，然后将绳头与轿厢拉杆板固定
安全钳安装	1）将安全钳楔块装入轿厢架或对重架上的安全钳座内（钳座一般出厂时已装好） 2）将楔块和楔块拉杆、楔块拉杆和上梁拉杆拨架连接。调整各楔块拉杆上端螺母，调整楔块工作面与导轨侧面间隙 3）调整上梁的安全钳联动机构的非自动复位开关，使之当安全钳动作瞬间，即能断开电气控制回路 4）安全钳安装应符合下列要求： ① 安全钳楔块面与导轨侧面间的间隙应为 2～3mm；双楔块式的两侧间隙应相近；单楔块式的安全钳座与导轨侧面间的间隙应为 0.5mm ② 瞬时式安全钳装置的提拉力，即绳头拉手的提拉力应为 147～294.4N；恒值自动力安全钳装置动作应灵活可靠 ③ 轿厢安全钳在动态试验过程中，动作可靠，使轿厢支承在导轨上。在试验之后，未出现影响电梯正常使用的损坏 ④ 由限速器操纵的对重安全钳，等同轿厢安全钳进行试验，无限速器操纵的对重安全钳，应进行动态试验 ⑤ 安全钳试验方法，试验应在轿厢下行期间进行： a. 瞬时式安全钳或具有缓冲作用的瞬时式安全钳，轿厢应载有均匀分布的额定载荷并在额定速度时进行 b. 渐进式安全钳，轿厢应载有均匀分布 125% 的额定载荷，在平层速度或检修速度下进行
缓冲器安装	1）安装缓冲器底座：安装前，要检查缓冲器底座与缓冲器是否配套，并进行组装。无问题时，方可将缓冲器底座安装在导轨底座上。对于设有导轨底座的电梯，宜采用加工方法增装导轨底座。如采用混凝土底座，要保证不破坏井道底的防水层，避免渗水后患，且需采取措施，使混凝土底座与井道底连成一体 2）安装缓冲器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目	质量监理质量监督要点
缓冲器安装	① 安装过程中要同时考虑缓冲器中心位置、垂直偏差和水平偏差等指标 确定缓冲器中心位置：在轿厢（或对重）碰击板中心放一线坠，移动缓冲器，使其中心对准线坠来确定缓冲器的位置，其偏移不得超过20mm，见图22-48 ② 用水平尺测量缓冲器顶面，要求其水平度误差小于4S/1000，见图22-49 ③ 如果作用于轿厢（或者对重）的缓冲器由两个组成一套时，两个缓冲器顶面应在一个水平面上，相差应不大于2mm ④ 油压缓冲器活塞柱垂直度的测量见图22-50，其中 a 和 b 两尺寸的差值不得大于1mm，测量时，应于相差90°的两个方向进行测量 ⑤ 调整缓冲器时，需在缓冲器底部基座间加垫金属垫片。垫入垫片的面积不得小于缓冲器底部面积的1/2。调整后要将地脚螺栓紧固，地脚螺栓要求加弹簧垫圈或以双螺母紧固。螺纹要露出螺母之上3～5个螺距
感应开关和感应板安装	1）无论装在轿厢上的平层感应开关及开门感应开关，还是装在轨道上的选层、载车感应开关（用于没有选层器的电梯），其形式基本相同。安装应横平竖直，各侧面应在同一垂直面上，其垂直度偏差不大于1mm 2）感应板安装应垂直，插入感应器时宜位于中间，若感应器灵敏度达不到要求，可适当调整感应板，但与感应器内各侧间隙不小于7mm（见图22-28） 3）感应板应能上下、左右调节；调节后螺栓应可靠锁紧。电梯正常运行时不得与感应器产生摩擦，严禁碰撞
超载、满载开关安装	1）对超载、满载开关进行检查，其动作应灵活，功能可靠。安装要牢固 2）调整满载开关，应在达到轿厢额定载重量时可靠动作。调整超载开关，应在达到轿厢的额定载重量110%时可靠动作
缓速开关、限位开关及其碰铁安装	1）碰铁应无扭曲、变形，开关碰轮动作灵活；安装后调整其垂直度偏差不大于长度的0.1%，最大偏差不大于3mm（碰铁的斜面除外） 2）缓速开关、限位开关的位置按下述要求确定： ① 一般交流低速电梯（1m/s及以下），开关的第一级作为强迫减速，将快速转换为慢速运行。第二级应作为限位用，当轿厢因故超过上下端站50～100mm时，即切断顺方向控制电路 ② 端站强迫减速装置有一级或多级减速开关，这些开关的动作时间略滞后于同级正常减速动作时间。当正常减速失效时，装置按照规定级别进行减速 3）开关、碰铁应安装牢固，安装后要进行调整，使碰轮与碰铁可靠接触，开关触头可靠动作，碰轮沿碰铁全长移动不应有卡阻，且碰轮应略有压缩余量。碰轮距碰铁边不小于5mm，见图22-51 4）开关碰轮的安装方向应符合要求，以防损坏，见图22-51 5）强迫缓速开关的安装位置应按产品设计要求安装
极限开关（打头开关）安装	1）极限和限位开关的安装位置应符合设计要求，当设计无要求时，碰铁应在轿厢地槛超越上、下端站地槛50～200mm范围内接触碰轮，使开关迅速断开，且在缓冲器被压缩期间开关始终保持断开状态 2）交流电梯极限开关的安装应符合下列规定： ① 钢丝绳应横平竖直，导向轮应不超过2个。轮槽应对成一条直线，且转动灵活。导向轮架加装延长杆时，延长杆应有足够的强度 ② 上、下极限碰轮应与牵动钢绳可靠固定 ③ 牵动钢丝绳应沿开关断开方向在闸轮上复绕不少于2圈，且不得重叠 ④ 安装后应连续试验5次，均应动作灵活可靠

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

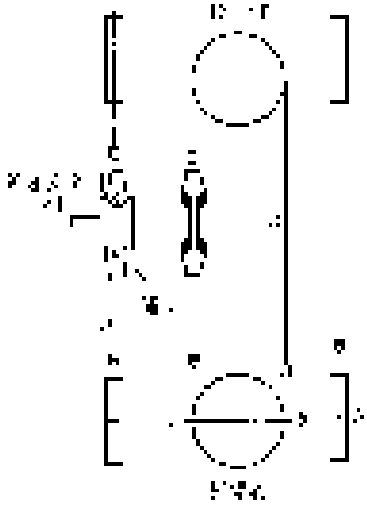


图 22-47　限速绳张紧装置安装

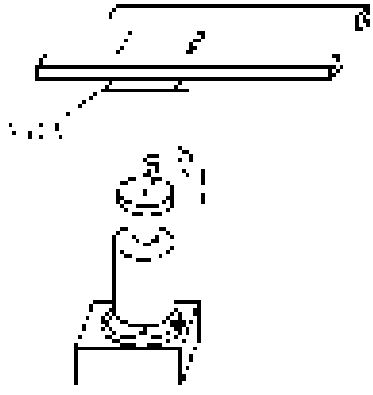


图 22-48　缓冲器中心位置找正

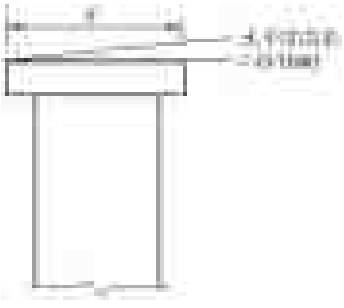


图 22-49　缓冲器顶面水平度

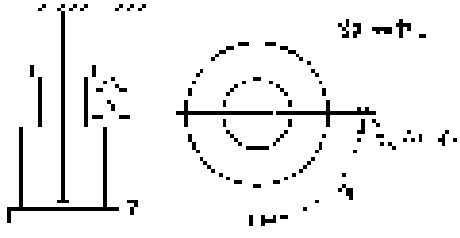


图 22-50　缓冲器活塞垂直度测量

图 22-51　碰轮与碰铁安装

表 22-17　悬挂装置、随行电缆与补偿装置质量监理质量监督要点

项目	质量监理质量监督要点
悬挂装置安装	轿厢悬挂装置的安装，以曳引比 1∶1 为例，见图 22-52 1）将连接板紧固在上梁的两个支承板上。板的位置是纵向符号必须与曳引轮平行（用来松紧钢丝开关的紧固孔对准后，使易于从入口侧面板触及开关） 2）安装钢丝绳套结 3）根据绳的数目，将螺纹螺栓穿过它们在板上相应的孔内（例如，对于 6 根绳：使用 1～6 号孔）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目	质量监理质量监督要点
悬挂装置安装	用弹簧、螺母和开尾销紧固间隔套（仅对于 ϕ9mm 和 ϕ11mm 的钢丝绳）和松绳套 4）将整个松绳开关安装在板下面 5）安装防钢丝绳扭转装置 6）拆除脚手架。通过手盘车将轿厢降下，致使所有钢丝绳承受到负荷。把曳引轮上的夹绳装置拆除。用手盘车把对重向上提起约 30mm。检查钢丝绳拉力是否均匀，然后重新将螺母锁紧 7）将防扭转装置穿过绳套并安装妥当
随行电缆安装	1）全行程随行电缆、井道电缆架应装在高出轿厢顶 1.3～1.5m 的井道壁上。半行程安装的随行电缆、井道电梯架应装在电梯正常提升高度的 1/2 处加 1.5m 的井道壁上 2）电缆安装前应预先自由悬吊，充分退扭，多根电缆安装后应长短一致 3）随行电缆的另一端绑扎固定在轿厢底下梁的电缆架上，称轿底电缆架。轿底电缆架安装位置应以下述原则确定：8 芯电缆其弯曲半径应不小于 250mm，16～24 芯电缆的弯曲半径应不小于 400mm，一般弯曲半径不小于电缆直径的 10 倍 4）多根电缆组成的随行电缆应从电缆架开始以 1～1.5m 间隔的距离用绑线进行交叉固定 5）在中间接线盒底面下方 200mm 处安装随缆架。随缆架要用不小于 ϕ16mm 的膨胀螺栓两根以上（视随行电缆的重量而定）予以固定，以保证其牢固度 6）随行电缆的长度应使轿厢缓冲器完全压缩后略有余量，但不得拖地。或根据中线盒及轿厢底接线盒实际位置，加上两端电缆支架绑扎长度及接线余量确定，保证在轿厢蹲底或撞顶时不使随行电缆拉紧，在正常运行时不蹭轿厢和地面，蹲底时随行电缆距地面保持 100～200mm 为宜。多根并列时，长度应一致 7）用塑料绝缘导线（BV1.5mm^2）将随行电缆牢固地绑扎在随行电缆支架上 8）随行电缆两端以及不运动部分应可靠固定。电缆入接线盒应留出适当余量，保证压接牢固、排列整齐 9）随行电缆在运动中有可能与井道内其他部件挂、碰时，必须采取防护措施。当随行电缆距导轨支架过近时，为了防止随行电缆损坏，可自底坑沿导轨支架焊 ϕ6mm 圆钢至高于井道中部 1.5m 处，或设保护网 10）随行电缆，采用观察检查，当轿厢上下移动时，随行电缆无论在快、慢车时，都不可使其与电缆架、线槽等相擦或碰、卡。在轿底的支架处随行电缆应进行绑扎，绑扎长度在 30～70mm 之间，绑扎线应用 1mm^2 或 0.75mm^2 的铜芯塑料线绑扎 使轿厢处于井道下部极限位置时，可用钢直尺丈量电缆离地坑地面高度，电缆不应拖地；轿厢处于井道上部极限位置时，电缆不应紧绷张线
补偿装置安装	补偿装置是用来平衡电梯运行过程中钢丝绳和随行电缆重量的装置 1）轿厢上的悬挂：补偿装置在轿厢上的悬挂见图 22-20 2）对重上的悬挂：补偿装置在对重上的悬挂和在轿厢上的悬挂方法基本相同，但必须强调的是，补偿装置如果是采用链条的，则应在没有扭转时进行悬挂。为了消除工作噪声，应当采用润滑剂进行润滑，并有消声措施 3）当电梯额定速度小于 2.5m/s 时，应采用有消声措施的补偿链，补偿链固定在轿厢底部及对重底部的两端且有防补偿链脱链的保险装置，当轿厢将缓冲器完全压缩后，补偿链不应拖地，且在轿厢运行过程中补偿链不应碰擦轿厢壁 4）当电梯额定速度大于 2.5m/s 时，应采用有张紧装置的补偿绳，并应设有防止该装置的防跳装置。当防跳装置动作时，应有一个电气限位开关动作，使电梯驱动主动机停止运转，该开关应动作灵敏、安全可靠

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

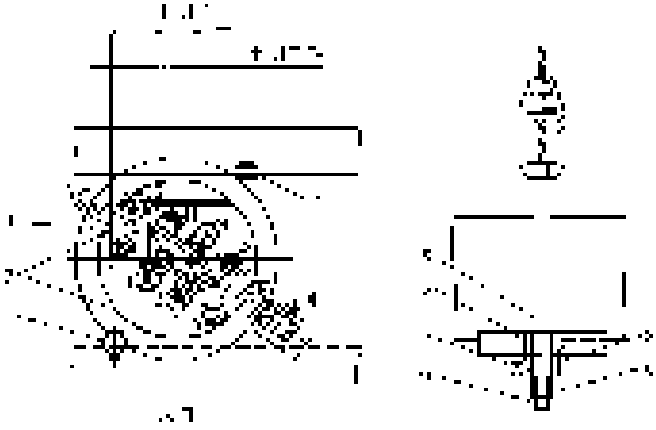


图 22-52 轿厢悬挂装置的安装

1—连接板 2—紧固螺栓 3—纵向符号 4—开关 5—螺栓
6—紧固间隔套 7—松绳套 8—弹簧 9—螺母 10—螺杆

表 22-18 电气装置安装监理质量监督要点

项目	质量监理质量监督要点
控制柜（屏）安装	1）控制柜周围应有比较大的空地，维修侧与墙壁的距离必须在 600mm 以上，其封闭侧不宜小于 50mm，而且最好把控制柜稳固在高约 50～100mm 的水泥墩上。双面维修的屏、柜成排安装时，当宽度超过 5m 时，两端均应留有出入通道，通道宽度不应小于 600mm。屏、柜与机械设备距离不应小于 500mm 2）控制柜的过线盒要按安装图的要求用膨胀螺栓固定在机房地面上。若无控制柜过线盒，则要制作控制柜型钢底座或混凝土底座，见图 22-53 控制柜与型钢底座采用螺钉连接固定。控制柜与混凝土底座采用地脚螺栓连接固定 3）控制柜安装固定要牢固，其垂直度偏差不应大于 1.5/1000。多台柜并排安装时，柜之间应无明显缝隙，且柜面应在同一平面上 4）小型的励磁柜安装在距地面高 1200mm 以上的金属支架上（以便于调整） 5）电梯主开关安装应符合下列规定： ① 每台电梯均应设置能切断该电梯最大负荷电流的主开关 ② 主开关不应切断下列供电线路： a. 轿厢照明、通风和报警 b. 机房、隔层和井道照明 c. 机房、轿顶和底坑电源插座 ③ 主开关的位置应能从机房入口处方便、迅速地接近 ④ 在同一机房安装多台电梯时，各台电梯主开关的操作机构应装设识别标志
中间接线盒（箱）安装	1）中间接线盒设在梯井内，其高度按下式确定： 高度（最底层层门地坎至中间接线盒底的垂直距离）＝1/2 电梯正常提升高度＋1500mm＋200mm 若中间接线盒设在夹层或机房内，其高度（盒底）距夹层或机房地面不低于 300mm 2）中间接线盒水平位置要根据随缆既不能碰轨道支架又不能碰层门地坎的要求来确定 若梯井较小，轿门地坎和中间接线盒在水平位置上的距离较近时，要统筹规划，其间距不得小于 40mm，见图 22-54 3）中间接线盒用膨胀螺栓固定于墙壁上
配管及配线槽安装	控制柜至极限开关、曳引电动机、制动器线圈、层数指示器或选层器、限位开关、干簧管换速传感器、井道中间接线箱、井道内各层站分接线箱、各层站分接线箱至各层站召唤箱、指层灯箱、层门电联锁等均需敷设电线槽或电线管

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目	质量监理质量监督要点
配管及配线槽安装	1）机房配管除图纸规定沿墙敷设明管外，均要敷设暗管，梯井允许敷设明管。电线管的规格要根据敷设导线的数量决定。电线管安装要横平竖直，其水平度和垂直度偏差应符合下列要求： ① 机房内不应大于0.2% ② 井道内不应大于0.5%，全长不应大于50mm 2）配 ϕ20mm 以下的线管采用螺纹管箍连接。ϕ5mm 以上的线管可采用焊接连接。管子连接口、出线口要用钢锉挫光，以免划伤导线 管子焊接接口要齐，不能有缝隙或错口。如果焊工不能保证管内焊缝处不出现焊瘤，或者在安装位置允许的条件下，最好采用加套管焊 3）进入落地式配电箱（柜）的电线管路，应排列整齐，管口高于基础面不小于50mm 4）明配管以下各处需设支架：直管每隔2~2.5m，横管不大于1.5m，金属软管不大于1m，拐弯处及出入箱盒两端为150mm。每根电线管不小于2个支架，支架可直埋在墙内或用膨胀螺栓固定。如用管卡固定，固定点间距均匀，且不应大于3m 5）钢管进入接线盒及配电箱，暗配管可用焊接固定，管口露出盒（箱）小于5mm，明配管应用锁紧螺母固定，露出锁母的螺纹为2~4个螺距。暗敷时，保护层厚度不应小于15mm 6）钢管与设备连接，要把钢管敷设到设备外壳的进线口内，如有困难，可采用下述两种方法： ① 在钢管出线口处加软塑料管引入设备，但钢管出线口与设备进线口距离应在200mm以内 ② 设备进线口和管子出线口用配套的金属软管和软管接头连接，软管应用管卡固定。与电线槽连接，应用锁紧螺母锁紧，管口应装设护口 7）设备表面上的明配管或金属软管应随设备外形敷设，以求美观 8）井道内敷设电线管时，各层应装分支接线盒（箱），并根据需要加装端子板 9）管盒要用开孔器开孔，孔径不大于管外径1mm 10）机房配线槽除设计选定的厚线槽外，均应沿墙、沿梁或梯板下面敷设，线槽敷设应满足以下要求： ① 线槽敷设在电梯井道内靠近外呼按钮较近的墙上。安装时，在顶层敷设线槽的位置，离墙25mm处放下一根铅垂线至底坑，并在底坑内固定，为安装线槽时作为校正准绳 ② 每距800mm钻凿一墙孔，埋设固定螺栓，将线槽底固定。线槽安装应横平竖直，其水平度和垂直偏差应满足： a. 机房内不应大于0.2% b. 井道内不应大于0.5%，全长不应大于50mm ③ 电线槽应平整，无扭曲变形，内壁无毛刺，接口应平直，接板应严密，槽盖应齐全，盖好后应平整、无翘角。在每层的外呼按钮箱、层楼指层灯与线槽相对应的位置，用适当的开孔刀在线槽侧面开孔，连接金属软管或电线管。出线口应无毛刺，位置应准确 ④ 按照接线图上的电线数量再加10%的备用线放线。这些线一般应包括外呼按钮线、层灯线、方向灯线、厅门锁线、底坑急停线、底坑照明线、底坑220V插销座线、上下端站开关线等。将以上诸线和备用线在室外放开，按长度截断，在电线两端标明线号，每隔几米捆扎成束，然后将展放好的线束放在线槽内 ⑤ 在线槽的每个出线孔，将相应的线按线号分接出来，穿金属软管或电线管接至各用电器处。也有用电缆直接从各出线孔接至用电器处的 ⑥ 在转弯处，线槽与金属软管用接头做成直角连接 11）梯井线槽到每层的分支导线较多时，应设分线盒并考虑加端子板 12）由线槽引出分支线，如果距指示灯、按钮盒较近，可用金属软管敷设；若距离超过2m，应用钢管敷设。出线口应无毛刺，位置正确 13）线槽应有良好的接地保护，线槽接头应严密并作跨接地接 14）切断线槽需用手锯操作（不能用气焊），拐弯处不允许锯直口，应沿穿线方向弯成90°保护口，以防伤线

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目	质量监理质量监督要点
配管及配线槽安装	15）线槽采用射钉或膨胀螺栓固定。每根电线槽固定点不少于2个。并列安装时，应使槽盖便于开启 16）线槽安装完后补刷沥青漆一道，以防锈蚀 17）金属软管安装应符合下列规定： ① 无机械损伤和松散，与箱、盒、设备连接处应使用专用接头 ② 安装应平直，固定点均匀，间距不应大于1m，端头固定应牢固
导线敷设	1）穿线前将钢管或线槽内清扫干净，不得有积水、污物 2）根据管路的长度留出适当余量进行断线。穿线时不能出现损伤线皮及扭结等现象，并留适当备用线（10～20根备1根，20～50根备2根，50～100根备3根） 3）导线要按布线图敷设，电梯的供电电源必须单独敷设，并应由建筑物配电间直接送至机房。动力和控制线路宜分别敷设。微信号及电子线路应按产品要求单独敷设或采取抗干扰措施。若在同一线槽中敷设，其间要加隔板 4）截面积6mm^{2}以下铜线连接时，按冷压技术进行操作，也可本身自缠不少于5圈，缠绕后涮锡。多股导线（截面积10mm^{2}及以上）与电气设备连接，使用连接卡或接线端子，使用连接卡时，多股铜线应先涮锡 5）接头先用橡胶布包严，再用黑胶布包好放在盒内 6）设备及盘柜压线前应将导线沿接线端子方向整理成束，然后用小线或尼龙卡子绑扎，以便故障检查 7）导线终端应设方向套或标记牌，并注明该线路编号 8）导线压接要严、实，不能有松脱、虚接现象 9）动力线和控制线应隔离敷设。有抗干扰要求的线路应符合产品要求 10）配线应绑扎整齐，并有清晰的接线编号。保护线端子和电压为220V及以上的端子应有明显的标记 11）接地保护线宜采用黄绿相间的绝缘导线 12）电线槽弯曲部分的导线、电缆受力处，应加绝缘衬垫，垂直部分应可靠固定 13）敷设于电线槽内的导线总截面积不应超过电线管内截面积的40%，敷设于电线槽内的导线总截面积不应超过电线槽内截面积的60% 14）线槽配线时，应减少中间接头。中间接头宜采用冷压端子，端子的规格应与导线匹配，压接可靠，绝缘处理良好 15）配线应留有备用线，其长度应与箱、盒内最长的导线相同
极限开关、限位开关、端站强迫减速装置安装	极限开关（铁壳开关）一般安装在机房入口附近距地面1.3～1.5m处，上、下滚轮组按电梯安装平面布置图的要求，装在井道内两端站的轿厢导轨上，铁壳开关和上、下滚轮组之间通过直径为4mm左右的钢丝绳连接起来，轿厢超越两端站楼面的预定距离时，固定在轿架立梁上的打板，碰打上、下滚轮组的滚轮，通过钢丝绳把铁壳开关的闸刀拉开，从而切断电梯的总电源 限位开关包括上第一、二限位开关和下第一、二限位开关四只限位开关。四只限位开关按安装平面布置的要求是和极限开关的上、下滚轮组同装在井道内两端站轿厢导轨的一个方位上。经安装调整校正后，两者滚轮的外边缘应在同一垂直线上，使打板能可靠地碰打两者的滚轮，确保限位开关和极限开关均能灵活可靠地动作 端站强迫减速装置用于直流快速梯和直流高速梯。端站强迫减速装置由一个开关箱和碰压开关箱的两副打板构成。安装时，根据安装平面图的要求，把开关箱固定在轿厢顶上，碰打开关箱滚轮的两副打板安装在井道内两站的轿厢导轨上。轿厢上、下运行时，开关箱的滚轮左或右碰打上、下打板，强迫电梯到上、下端站时提前一定距离自动将快速运行切换为慢速运行。经调整校正后，上、下两副打板中心应对开关箱的滚轮中心，滚轮按预定距离碰打上、下打板，滚轮通过连杆推动开关箱内的两套接点组，按预定距离准确可靠地断开预定的控制电路

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目	质量监理质量监督要点
层楼指示器、选层器安装	用于货、病床电梯电气控制系统的层楼指示器，跟随曳引机位于机房内。通过装在曳引机主轴上的链轮及链条，带动层楼指示器的电刷跟随轿厢上、下运行而左右转动，使电刷上的动触头依次触碰指示器头板上的触头，实现自动消除外召唤记忆信号，从而自动接通或断开指层灯的电路。层楼指示器可以通过地脚螺栓稳装在机房楼板上，也可以固定在与承重梁连接在一起的支架上 安装机械选层器时应按电梯安装平面布置图的要求正确确定位置，并用砖块把选层器向上垫至要求的高度，然后从钢带主动轮两侧的轮缘中心处放下两根铅垂线，并使铅垂线对准轿厢和对重装置卡带机件的中心。校正校平后穿好稳固选层器的地脚螺栓，制作混凝土基础模板并浇筑混凝土砂浆，把选层器固定在混凝土墩子上。待混凝土凝固后可以挂装钢带 层楼指示器和选层器的调整校正工作，可以在电梯安装工作基本结束后，使电梯在慢速运行状态下进行 机械选层器安装应符合下列要求： 1）位置合理，便于维修检查 2）固定牢固，其垂直度偏差不应大于0.1% 3）应按机械速比和楼层高度比检查调整动、静触头位置，使之与电梯运行、停层的位置一致 4）换速触头的提前应按电梯减速时间和平层距离调节 5）触头动作和接触应可靠，接触后应留有压缩余量
召唤箱、指层灯箱、干簧管换速平层装置安装	指层灯箱装在层门正上方距离门框0.25～0.30m处。召唤箱装在层门右侧，距离门框0.20～0.30m处，距离地面约1.3m处。也有把指层灯箱和召唤箱合并为一个部件装在层门侧面的。指层灯箱的召唤箱经安装调整校正校平后，面板应垂直水平，凸出墙壁2～3mm 层门召唤盒、指示灯盒及开关盒的安装应符合下列规定： 1）盒体应平正、牢固，不变形；埋入墙内的盒口不应突出装饰面 2）面板安装后应与墙面贴实，不得有明显的凹凸变形和歪斜 3）安装位置当无设计规定时，应符合下列规定： ① 层门指示灯盒应装在层门口以上0.15～0.25m的层门中心处（指示灯在召唤盒内的除外） ② 层门指示灯盒安装后，其中心线与层门中心线的偏差不应大于5mm ③ 召唤盒应装在层门右侧距地1.2～1.4m的墙壁上，且盒边与层门边的距离应为0.2～0.3m ④ 并联、群控电梯的召唤盒应装在两台电梯的中间位置 4）在同一候梯厅有2台及2台以上电梯并列或相对安装时，各层门对应安装位置的对应位置应一致，并应符合下列规定： ① 并列梯各层门指示灯盒的高度偏差不应大于5mm ② 并列梯各召唤盒的高度偏差不应大于2mm ③ 各召唤盒距离偏差不应大于10mm ④ 相对安装的电梯，各层门指示灯盒偏差和各召唤盒的高度偏差均不应大于5mm
按钮、操纵盘安装	1）按钮盒、操纵盘箱安装应横平竖直，其垂直度、水平度偏差不应大于0.4% 2）按钮、操纵盘的面板应盖平，遮光罩良好，不应有漏光和串光现象 3）按钮及开关应灵活可靠，不应有阻塞现象
安装底坑检修盒	1）底坑检修盒的安装位置应选择在距线槽或接线盒较近、操作方便、不影响电梯运行的地方 2）底坑检修盒用膨胀螺栓固定在井壁上。检修盒电线管、线槽之间都要跨接地线
电梯照明安装	1）机房照明电源应与电梯电源分开，并应在机房内靠近入口处设置照明开关 2）电梯机房内应有足够的照明，其地面照度应不低于200lx 3）轿厢照明和通风电路的电源可由相应的主开关进线侧获得，并在相应的主开关近旁设置电源开关进行控制

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

项目	质量监理质量监督要点
电梯照明安装	4）井道照明应符合下列规定： ① 电源宜由机房照明回路获得，且应在机房内设置具有短路保护功能的开关进行控制 ② 照明灯具应固定在不影响电梯运行的井道壁上，其间距不应大于7m ③ 在井道的最高和最低点0.5m以内各装设一盏照明灯
接地安装要求	电气设备的柜、屏、箱、槽、管应设有易于识别的接线端，接地线的颜色为黄绿双色绝缘电线。零线和接地线应始终分开 所有电气设备的金属外壳均应良好接地，其接地电阻值应不大于4Ω。接地线应用铜线，其截面积不应小于相线截面积的1/3，但最小截面积，对裸铜线不应小于4mm^2，对绝缘铜线不应小于1.5mm^2。钢管接头处的连接线可用钢筋跨接焊牢。电梯轿厢可通过电线电缆的钢芯或芯线进行接地。用电缆芯线接地时，不得少于两根 1）接地电阻：对TN系统，其中所有设备的外露可导电部分均接在公共PE线或PEN线上 2）人工接地体：当自然接地体电阻不能满足接地要求时，应设置人工接地装置作为补充。人工接地体有垂直埋设和水平埋设两种基本结构型式 3）对微机控制的电梯，必须将接地单独引入机房控制柜中
保护线的布置	凡是可能引起间接触电的装置都应将其外壳与PE线或PEN线连接。如电梯的曳引机组、电源总开关、控制柜、线槽、轿厢、导轨、箱盒等都在该范围内 TN-C连接，供电电源进入总电源开关后，将PEN线引至控制柜的PEN分线板，再从分线板用导线或其他导体与各装置外壳连接。为了确保PEN线安全可靠，在电源进线处及底坑采取重复接地措施 TN-C-S连接，供电电源进入总电源开关后，将PEN线分成N线和PE线引至控制柜的N分线板和PE分线板，两极之间不连通，以后也始终分开。N线接单相用电设备，如轿厢、底坑照明灯、插座等；PE线与各装置外壳连接。为了确保PE线安全可靠，在电源进线处采取重复接地措施 两种连接方法，都应采取并联方式，即各装置外壳单独与PE或PEN干线连接。当某一处发生断线不会涉及其他装置的保护线

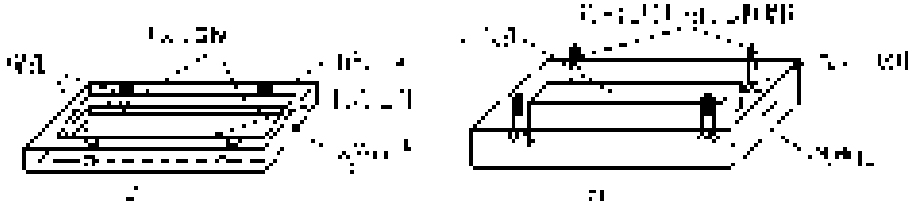


图22-53 控制柜底座

a）用型钢制作的控制柜底座 b）控制柜混凝土底座

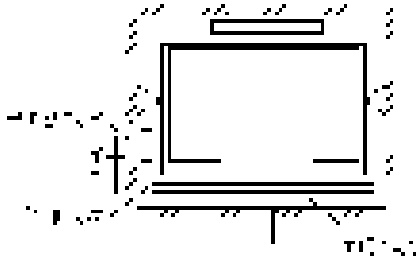


图22-54 中间接线盒（箱）安装位置

九、电梯电气装置安装及调整质量检查及标准

电梯电气装置安装及调整的质量检查及标准见表22-19和表22-20。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 22-19　电梯电气装置安装及调整

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
设备检查	设备规格			主要	按设计规定	对照设计图检查
	零部件检查				齐全，无损伤	观察检查
电源及照明	机房照明电源与电梯电源			主要	单独设置源	观察及操动试验
	电梯电源			主要	专用	观察检查
	轿厢内照明				可靠	通电检查
	轿厢内通风装置			主要	牢固，通风良好	
	机房内地面照度				≥200lx	用专用表测试
	轿顶检修用 220V 电源插座				设明显标志	观察检查
	井道照明	照明灯具固定间距			≤7m	用尺检查
		井道最高和最低点设照明灯距离			≤0.5m	
配线	铜导线电压等级				≥500V	查出厂合格证件
	电线管、槽，电缆架与轿厢、钢绳等距离		机房内		≥50mm	用尺检查
			井道内		≥20mm	
	电线管、槽安装	固定点间距			均匀且不大于 3m	用尺检查
		机房内水平和垂直误差			≤0.2%	
		井道内水平和垂直误差			≤0.5%，全长≤50mm	
	电缆敷设				按规范 GB 50310—2002 规定	对照规范检查
电气设备安装	配电盘柜安装				对照规范 GB 50171—2006 规定	按规范检查
	机械选层器安装				固定牢固，便于检修	观察检查
	井道和轿顶传感器安装				按制造厂规定	对照厂家规定检查
	层门召唤盒、指示灯盒及开关盒的安装				按设计规定	观察及对照设计图纸检查
	层门闭锁装置安装			主要	固定牢固，断开可靠	观察及操动试验
安全保护装置	安全保护开关螺接固定				牢固	扳动检查
	安全保护开关动作			主要	灵敏可靠	操动检查
	电气安全保护装置动作			主要	灵活可靠	
	限位开关和碰铁的安装				牢固	
	交流电梯极限开关安装				钢绳横平竖直，动作灵活可靠	
	轿厢自动门的安全触板安装			主要	灵活可靠，碰撞力不大于 5N	
接地	电气设备的外露可导电部分				可靠接地或接零	导通检查
	电气设备保护线的连接				按设计规定	对照设计图检查
	电梯轿厢接地线				用电缆的钢芯或芯线，采用芯线不少于 2 根	观察检查
	计算机控制的电梯“逻辑地”				按制造厂规定	对照厂家规定检查
	接地保护线				黄绿相间的绝缘导线	观察检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
调整	电气设备导体间及导体与地间绝缘		≥0.5MΩ	用绝缘电阻表测量
	速度调试		按制造厂规定	对照厂家规定检查
	运行试验		按规范 GB 50310—2002 规定（或按设计规定）	对照规范检查或对照设计图样检查
	超载试验		安全可靠地起动运行	试车检查

表 22-20　电梯电气装置调整试运签证

电梯型号		载重质量/kg		额定速度/（m/s）	
电动机容量/kW		电动机电压/V		电动机电流/A	
控制方式		安全钳型式		层站数	
制造厂家		出厂编号		出厂日期	

检查项目	检查结果	检查项目	检查结果
照明电源与电梯电源		电缆敷设挂牌	
电气设备保护线接地		电梯轿厢接地	
控制回路“逻辑地”		盘柜内孔洞封堵	
电动机过流、短路保护整定		轿厢内通风	
一次回路绝缘电阻		二次回路绝缘电阻	
层门召唤灯及指示灯		机房、井道及轿厢照明	
轿厢自动门安全触板动作		井道和轿顶传感器动作	
安全保护开关动作		层门闭锁装置动作	
平层装置功能		速度调试	
额定速度试验		运行功能试验	

检查结论：

（　　年　　月　　日，对该电梯进行了运行功能试验，其指令、召唤、选层定向、程序转换、起动运行、截车、减速、平层、安全等功能可靠，声光指示信号正确清晰。）

质检机构	验收意见	签名
工　　地		年　　月　　日
质 检 部		年　　月　　日
监　　理		年　　月　　日
建设单位		年　　月　　日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第二十三章　自动化仪表及空调自控系统监督管理

自动化仪表工程在工业生产、公共事业（给排水、供气、供暖）及其相关产业中占有很重要的位置。其显示数值的正确、控制调节的精确无误、执行装置的准确动作，都决定着控制系统的正常工作。因此，自动化仪表工程的安装调试质量更为重要。

空调自控系统在工业生产、楼宇办公及人们生活中尤其重要，其安装质量与自动化仪表工程同样重要，并有着其特殊性。

自动化仪表工程及空调自控系统从元件测试、试验、检定、校验到安装、系统调试每个环节及元件本身质量都必须严格把关，确保系统的正常工作，这也是每个从事安装、调试、运行、维护人员的重要职责。

一、总体要求

1. 自动化仪表工程

1）仪表工程施工应符合设计文件及国家标准规范的规定，并应符合产品安装使用说明书的要求。对设计的修改必须有原设计单位的文件确认。

2）对直接安装在设备和管道上的仪表和仪表取源部件，应按设计文件对专业分界的规定施工，电工仪表工应与管道工焊工进行沟通协作和配合。

3）仪表工程所采用的设备及材料应符合国家现行的有关强制性标准的规定，并进行检定/校验及检验，以确保其质量。

4）仪表工程中的焊接工作，应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236—2011 中的有关规定，操作者必须是持证焊工，焊接后应进行检验或 X 光照相。

5）仪表工程的施工除应按本章要求执行外，还应符合国家现行的有关强制性标准的规定，即 GB 50093—2013《自动化仪表工程施工及质量验收规范》。

6）仪表工程的设计必须由具有相应资质的设计单位设计，仪表工程的安装应由相应资质的安装单位进行。仪表工程的安装单位须具有相应资格的电工、仪表工以及与安装仪表配套的装备、仪器、仪表、检测器具等。

7）仪表设备及材料到达现场后，应进行检验或验证。

8）对仪表设备及材料的开箱检查和外观检查应符合下列要求：

① 包装及密封良好；

② 型号、规格和数量与装箱单及设计文件的要求一致，且无残损和短缺；

③ 铭牌标志、附件、备件齐全；

④ 产品的技术文件和质量证明书齐全；

⑤ 本规范有关条文中对外观检查的规定。

9）对仪表盘、柜、箱的开箱检查还应符合下列要求：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 表面平整，内外表面漆层完好；

② 外形尺寸和安装孔尺寸，盘、柜、箱内的所有仪表，电源设备及其所有部件的型号、规格均应与设计文件相符合。

10）仪表设备的性能试验应按 GB 50093—2013 及前述相关内容的规定进行。

11）仪表设备及材料验收后，应按其要求的保管条件分区保管。主要的仪表材料应按照其材质、型号及规格分类保管。

12）仪表设备及材料在安装前的保管期限，不应超过一年。当超期保管时，应符合设备及材料保管的专门规定。即不妥善的保管可能造成设备材料的损伤和短缺；超期贮存可能造成某些仪表设备、材料或其中某些元部件的性能变化、失效和超过质量保质期。

13）工程施工过程中，应对已安装的仪表设备及材料进行保护。通过文明施工和采取有效措施，防止损坏、脏污、丢失等现象发生。

14）施工前对设备、材料的检验和验证属于施工准备工作范围，不同于对供应商提供货物的商品检验。设备、材料作为商品的检验，应按照专门的标准和有关合同、协议进行。施工前对设备、材料的检验或验证要求全部进行，并应由建设单位、监理单位和施工单位对检验和验证的程序、职责分工等达成一致性意见。

15）设备及材料的制造质量反映在外观、结构尺寸和性能等方面，均应符合设计文件和产品技术文件的要求，它直接影响着工程质量。不符合国家法规、标准，不符合设计文件和产品技术文件要求，以及不能保证安装质量的产品不得使用。

2. 空调自控系统

基本与自动化仪表工程总体要求及准备工作相同，不同的是执行标准不同，主要有 GB 50274—2010《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》、GB 50243—2002《通风与空调工程施工质量验收规范》和 GB 50339—2013《智能建筑工程质量验收规范》等。

1）通风与空调工程施工图样，包括电气自动控制调节系统的图样，应由具有相应资质的正式设计单位进行设计，施工图样修改必须有设计单位的设计变更通知书或技术核定签证。

2）承担通风与空调工程项目的施工，应具有相应工程施工承包的资质等级及相应质量管理体系，同时具备相应的检测能力。

3）施工承担通风与空调工程施工图样（包括电气自动控制调节系统）深化设计及施工时，必须具有相应的设计资质及其质量管理体系，并应取得原设计单位的书面同意或签字认可。

4）通风与空调工程施工现场的质量管理应符合《建筑工程施工质量验收统一标准》GB/T 50300—2013 的规定。

5）通风与空调工程所使用的主要原材料、成品、半成品和设备电气元器件的进场，必须对其进行验收。验收应经监理工程师认可，并应形成相应的质量记录。

6）通风与空调工程的施工，应把每一个分项施工工序作为工序交接检验点，并形成相应的质量记录和调整试验记录。

7）通风与空调工程施工过程中发现设计文件有差错的，应及时提出修改意见或更正建议，并形成书面文件及归档。

8）空调工程电气设备及自动调节系统的安装应符合电气装置安装工程施工质量规范和自动化仪表工程施工及验收规范的相应条款。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）空调系统的电气装置及元件必须在安装前进行校验/试验，并索取保存合格证、说明书、校验试验记录，杜绝假冒伪劣产品混入工程。要求与自动化仪表工程相同。

二、自动化仪表工程标准规范要求

1. 总体要求

1）仪表在安装和使用前，应进行检查、校准和试验，确认符合设计文件要求及产品技术文件所规定的技术性能。

2）仪表安装前的校准和试验应在室内进行。试验室应具备下列条件：

① 室内清洁、安静、光线充足，无振动，无对仪表及线路的电磁场干扰；

② 室内温度保持在 10～35℃；

③ 有上下水设施。

3）仪表试验的电源电压应稳定。交流电源及 60V 以上的直流电源电压波动不应超过 ±10%。60V 以下的直流电源电压波动不应超过 ±5%。

4）仪表试验的气源应清洁、干燥，露点比最低环境温度低 10℃以上。气源压力应稳定。

2. 单台仪表的校准和试验

1）指针式显示仪表的校准和试验，应符合下列要求：

① 面板清洁，刻度和字迹清晰；

② 指针在全标度范围内移动应平稳、灵活。其示值误差、回程误差应符合仪表准确度的规定；

③ 在规定的工作条件下倾斜或轻敲表壳后，指针位移应符合仪表准确度的规定。

2）数字式显示仪表的示值应清晰、稳定，在测量范围内其示值误差应符合仪表准确度的规定。

3）指针式记录仪表的校准和试验应符合下列要求：

① 指针在全标度范围内的示值误差和回程误差应符合仪表准确度的规定；

② 记录机构的划线或打印点应清晰，打印纸移动正常；

③ 记录纸上打印的号码或颜色应与切换开关及接线端子上标示的编号一致。

4）积算仪表的准确度应符合产品技术性能要求。

5）变送器、转换器应进行输入输出特性试验和校准，其准确度应符合产品技术性能要求，输入输出信号范围和类型应与铭牌标志、设计文件要求一致，并与显示仪表配套。

6）温度检测仪表的校准试验点不应少于 2 点。直接显示温度计的示值误差应符合仪表准确度的规定。热电偶和热电阻可在常温下对元件进行检测，不进行热电性能试验。

7）压力、差压变送器的校准和试验除应符合前述第 5）的要求外，还应按设计文件和使用要求进行零点、量程调整和零点迁移量调整。

8）对于流量检测仪表，应对制造厂的产品合格证和有效的检定证明进行验证。

9）浮筒式液位计可采用干校法或湿校法校准。干校挂重质量的确定，以及湿校试验介质密度的换算，均应符合产品设计使用状态的要求。

10）贮罐液位计、料面计可在安装完成后直接模拟物位进行就地校准。

11）称重仪表及其传感器可在安装完成后直接均匀加载标准重量进行就地校准。

12）测量位移、振动等机械量的仪表，可使用专用试验设备进行校准和试验。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

13）分析仪表的显示仪表部分应按照本节对显示仪表的要求进行校准。其检测、传感、转换等性能的试验和校准，包括对试验用标准样品的要求，均应符合产品技术文件和设计文件的规定。

14）单元组合仪表、组装式仪表等应对各单元分别进行试验和校准，其性能要求和准确度应符合产品技术文件的规定。

15）控制仪表的显示部分应按照本节对显示仪表的要求进行校准，仪表的控制点误差，比例、积分、微分作用，信号处理及各项控制、操作性能，均应按照产品技术文件的规定和设计文件要求进行检查、试验、校准和调整，并进行有关组态模式设置和调节参数预整定。

16）控制阀和执行机构的试验应符合下列要求：

① 阀体压力试验和阀座密封试验等项目，可对制造厂出具的产品合格证明和试验报告进行验证，对事故切断阀应进行阀座密封试验，其结果应符合产品技术文件的规定；

② 膜头、缸体泄漏性试验合格，行程试验合格；

③ 事故切断阀和设计规定了全行程时间的阀门，必须进行全行程时间试验；

④ 执行机构在试验时应调整到设计文件规定的工作状态。

17）单台仪表校准和试验合格后，应及时填写校准和试验记录；仪表上应有合格标志和位号标志；仪表需加封印和漆封的部位应加封印和漆封。

3. 仪表电源设备的试验

1）电源设备的带电部分与金属外壳之间的绝缘电阻，用500V绝缘电阻表测量时不应小于5MΩ。当产品说明书另有规定时，应符合其规定。

2）电源的整流和稳压性能试验，应符合产品技术文件的规定。

3）不间断电源应进行自动切换性能试验，切换时间和切换电压值应符合产品技术文件的规定。

4. 综合控制系统的试验

1）综合控制系统应在回路试验和系统试验前对装置本身进行试验。

2）综合控制系统的试验应在本系统安装完毕，供电、照明、空调等有关设施均已投入运行的条件下进行。

3）综合控制系统的硬件试验项目应包括：

① 盘柜和仪表装置的绝缘电阻测量；

② 接地系统检查和接地电阻测量；

③ 电源设备和电源插卡各种输出电压的测量和调整；

④ 系统中全部设备和全部插卡的通电状态检查；

⑤ 系统中单独的显示、记录、控制、报警等仪表设备的单台校准和试验；

⑥ 通过直接信号显示和软件诊断程序对装置内的插卡、控制和通信设备、操作站、计算机及其外部设备等进行状态检查；

⑦ 输入、输出插卡的校准和试验。

4）综合控制系统的软件试验项目应包括：

① 系统显示、处理、操作、控制、报警、诊断、通信、冗余、打印、复制等基本功能的检查试验；

② 控制方案、控制和联锁程序的检查。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）综合控制系统的试验可按产品的技术文件和设计文件的规定安排进行。

5. 测试试验要求

（1）仪表试验前的检查

1）外观应完整无损，铭牌、端子、接头、附件齐全。

2）说明书、合格证、出厂检定证等技术文件齐全。

3）电气部分绝缘良好，传动部分灵活，润滑系统良好。

（2）仪表试验的标准

1）基本误差不应超过该仪表的准确度等级，计算方法为

$$\delta = \frac{A_x - A_0}{A_1 - A_2} \times 100\% \tag{23-1}$$

式中　δ——被验表的基本误差；

A_x——被验表的指示值；

A_0——标准表的指示值；

A_1——被验表刻度尺上限值；

A_2——被验表刻度尺下限值。

2）变差不应超过该仪表准确度等级的1/2，计算方法为

$$\Delta b = \Delta''_{max}/(A_1 - A_2) \times 100\% \tag{23-2}$$

式中　Δb——被验表的变差；

Δ''_{max}——仪表标尺刻度同一分度线上被测量均匀增大和减小时两次读数差的最大值。

3）应保证始点正确，偏移值不应超过基本误差的1/2。

4）指针在整个行程中应无抖动、摩擦、跳跃、卡夹等现象。

5）电位器或调节螺钉等可调装置，在调校后还有调节余地。

6）仪表附有电气接点时，其动作应正确无误。控制或调节仪表能够按正确的输入信号动作或输出正确的信号。

被验表达不到以上标准时，应进行调整。

三、自动化仪表的校验和检定

1）校验（准）和检定都是用标准器来确定测量仪器的示值及其系统是否准确的技术活动，不同的是检定具有法定效力，而校验（准）不具有法定效力。因此，在自动化仪表及其工程中，对涉及生产或人身安全防护、产品质量、环境监测、医疗卫生、商务结算等方面的仪表必须进行强制检定，其他方面的仪表应进行校验（准）。

2）校验（准）一般由仪表安装人员进行。检定则由国家技术监督部门的法定计量部门或法定授权组织进行，并按检定规程进行。检定规程由国家技术监督总局计量行政部门制定，属国家标准。

3）在实际工程中，校验（准）和检定的工艺程序是一样的，校验（准）和检定中使用的标准器必须由上一级计量检定部门进行检定，确保校验（准）和检定的准确性和可靠性，确保量值传递的有效性和法力性。

4）工程中的仪表及其元件（如传感器、变送器等）必须有检定证书或校验报告。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

四、仪表线缆及保护管

1. 仪表线路

1）仪表电气线路的敷设，应符合现行国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》（标准规范号为 GB 50168—2006）及《建筑电气工程施工质量验收规范》（标准规范号为 GB 50303—2011）的有关规定。

2）电缆电线敷设前，应进行外观检查和导通检查，并用直流 500V 绝缘电阻表测量绝缘电阻，100V 以下的线路采用直流 250V 绝缘电阻表测量绝缘电阻，其电阻值不应小于 5MΩ；当设计文件有特殊规定时，应符合其规定。

3）光缆敷设应符合下列要求：

① 光缆敷设前应进行外观检查和光纤导通检查；

② 光缆的弯曲半径不应小于光缆外径的 15 倍。

4）线路应按最短路径集中敷设，横平竖直、整齐美观，不宜交叉。敷设线路时，应使线路不受损伤。

5）线路不应敷设在易受机械损伤、有腐蚀性物质排放、潮湿以及有强磁场和强静电场干扰的位置，当无法避免时，应采取防护或屏蔽措施。

6）线路不应敷设在影响操作和妨碍设备、管道检修的位置，应避开运输、人行通道和吊装孔。

7）当线路周围环境温度超过 65℃时，应采取隔热措施。当线路附近有火源时，应采取防火措施。

8）线路不宜敷设在高温设备和管道的上方，也不宜敷设在具有腐蚀性液体的设备和管道的下方。

9）线路与绝热的设备和管道绝热层之间的距离应大于 200mm，与其他设备和管道表面之间的距离应大于 150mm。

10）线路从室外进入室内时，应有防水和封堵措施。

11）线路进入室外的盘、柜、箱时，宜从底部进入，并应有防水密封措施。

12）线路的终端接线处以及经过建筑物的伸缩缝和沉降缝处，应留有余度。

13）电缆不应有中间接头，当无法避免时，应在接线箱或拉线盒内接线，接头宜采用压接；当采用焊接时应用无腐蚀性的焊药；补偿导线应采用压接；同轴电缆和高频电缆应采用专用接头。

14）线路敷设完毕，应进行校线和标号，并应按本问第 2）条的规定测量电缆电线的绝缘电阻。

15）测量电缆电线的绝缘电阻时，必须将已连接上的仪表设备及部件断开。

16）光缆光纤的连接方法和测试要求应符合产品说明书的规定。光纤连接应按照制造厂规定的工艺方法进行操作，采用专用设备进行熔接。连接操作中应防止损伤或折断光纤。在光纤连接前和光纤连接后均应对光纤进行测试。

17）在线路的终端处，应加标志牌。地下埋设的线路，应有明显标志。

18）敷设线路时，不宜在混凝土梁、柱上凿安装孔。在有防腐蚀层的建筑物和构筑物上不应损坏防腐蚀层。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2. 仪表设备支架

1）制作支架时，应将材料矫正、平直，切口处不应有卷边和毛刺。制作好的支架应尺寸适中、牢固、平正。

2）安装支架时，应符合下列规定：

① 在允许焊接的金属结构上和混凝土构筑物的预埋件上，应采用焊接固定。

② 在混凝土上，宜采用膨胀螺栓固定。

③ 在不允许焊接支架的管道上，应采用U形螺栓或卡子固定。

④ 在允许焊接支架的金属设备和管道上，可采用焊接固定。当设备、管道与支架不是同一种材质或需要增加强度时，应预先焊接一块与设备、管道材质相同的加强板后，再在其上面焊接支架。

⑤ 支架不应与高温或低温管道直接接触。

⑥ 支架应固定牢固、横平竖直、整齐美观。在同一直线段上的支架间距应均匀。

⑦ 支架安装在有坡度的电缆沟内或建筑结构上时，其安装坡度应与电缆沟或建筑结构的坡度相同。支架安装在有弧度的设备或结构上时，其安装弧度应与设备或结构的弧度相同。

3）电缆槽及保护管安装时，金属支架之间的间距宜为2m；在拐弯处，终端处及其他需要的位置应设置支架。

4）直接敷设电缆的支架间距宜为：当水平敷设时为0.8m；当垂直敷设时为1.0m。

3. 电缆槽

1）电缆槽安装前，应进行外观检查。电缆槽内、外应平整，槽内部应光洁、无毛刺，尺寸应准确，配件应齐全。

2）电缆槽不宜采用焊接连接。当必须焊接时，应焊接牢固，且不应有明显的焊接变形。

3）电缆槽采用螺栓连接和固定时，宜用平滑的半圆头螺栓，螺母应在电缆槽的外侧，固定应牢固。

4）电缆槽的安装应横平竖直，排列整齐。电缆槽的上部与建筑物和构筑物之间应留有便于操作的空间。垂直排列的电缆槽拐弯时，其弯曲弧度应一致。

5）槽与槽之间、槽与仪表盘柜和仪表箱之间、槽与盖之间、盖与盖之间的连接处，应对合严密，槽的端口宜封闭。

6）电缆槽安装在工艺管架上时，宜在管道的侧面或上方。对于高温管道，不应平行安装在其上方。

7）电缆槽的开孔，应采用机械加工方法。

8）电缆槽应有排水孔。

9）电缆槽垂直段大于2m时，应在垂直段上、下端槽内增设固定电缆用的支架。当垂直段大于4m时，还应在其中部增设支架。

10）电缆槽的直线长度超过50m时，中间宜采用热膨胀补偿措施。

4. 线缆保护管

1）保护管不应有变形及裂缝，其内部应清洁、无毛刺，管口应光滑、无锐边。

2）钢管的内壁、外壁均应做防腐处理。当埋设于混凝土内时，钢管外壁不应涂漆。

3）加工制作保护管弯管时，应符合下列规定：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 保护管弯曲后的角度不应小于90°；

② 保护管的弯曲半径，不应小于所穿入电缆的最小允许弯曲半径；

③ 保护管弯曲处不应有凹陷、裂缝和明显的弯扁；

④ 单根保护管的直角弯不宜超过两个。

4）当保护管的直线长度超过30m或弯曲角度的总和超过270°时，应在其中间加装拉线盒。

5）当保护管的直线长度超过30m，或沿炉体敷设，以及过建筑物伸缩缝时，应采取下列热膨胀措施之一：

① 根据现场情况，弯管形成自然补偿；

② 增加一段软管；

③ 在两管连接处预留适当的间距，外套套管单端固定。

6）保护管的两端管口应带护线箍或打成喇叭形。

7）金属保护管的连接应符合下列规定：

① 采用螺纹连接时，管端螺纹长度不应小于管接头长度的1/2。

② 埋设时宜采用套管焊接，管子的对口处应处于套管的中心位置；焊接应牢固，焊口应严密，并应做防腐处理。

③ 镀锌管及薄壁管应采用螺纹连接或套管紧定螺栓连接，不应采用熔焊连接。

④ 在可能有粉尘、液体、蒸汽、腐蚀性或潮湿气体进入管内的位置敷设的保护管，其两端管口应密封。

8）保护管与检测元件或就地仪表之间，应用金属挠性管连接，并应设有防水弯。与就地仪表箱、接线箱、拉线盒等连接时应密封，并将管固定牢固。

9）埋设的保护管应选最短途径敷设，埋入墙或混凝土内时，离表面的净距离不应小于15mm。

10）保护管应排列整齐、固定牢固。用管卡或U形螺栓固定时，固定点间距应均匀。

11）保护管有可能受到雨水或潮湿气体浸入时，应在其最低点采取排水措施。

12）穿墙保护套管或保护罩两端延伸出墙面的长度，不应大于30mm。

13）保护管穿过楼板时应有预埋件，当需在楼板或钢平台开孔时，应符合下列要求：

① 孔的位置适当，大小适宜；

② 开孔时不得切断楼板内的钢筋或平台钢梁。

14）埋设的保护管引出地面时，管口宜高出地面200mm，当从地下引入落地式仪表盘、柜、箱时，宜高出盘、柜、箱内地面50mm。

5. 电缆、电线

1）敷设仪表电缆时的环境温度不应低于下列温度值：

① 塑料绝缘电缆0℃；

② 橡皮绝缘电缆－15℃。

2）敷设电缆应合理安排，不宜交叉；敷设时应避免电缆之间及电缆与其他硬物体之间的摩擦；固定时，松紧应适当。

3）塑料绝缘、橡皮绝缘多芯控制电缆的弯曲半径，不应小于其外径的10倍。电力电缆的弯曲半径应符合现行国家标准《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》（标准规范

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

号为 GB 50168—2006）的有关规定。

4）仪表电缆与电力电缆交叉敷设时，宜成直角；当平行敷设时，其相互间的距离应符合设计文件规定。

5）在电缆槽内，交流电源线路和仪表信号线路，应用金属隔板隔开敷设。

6）电缆沿支架敷设时，应绑扎固定，防止电缆松脱。

7）明敷设的仪表信号线路与具有强磁场和强静电场的电气设备之间的净距离，宜大于1.50m；当采用屏蔽电缆或穿金属保护管以及在带盖的金属电缆槽内敷设时，宜大于0.80m。

8）电缆在隧道或沟道内敷设时，应敷设在支架上或电缆槽内。

9）电缆敷设后，两端应做电缆头。

10）制作电缆头时，绝缘带应干燥、清洁、无褶皱、层间无空隙；抽出屏蔽接地线时，不应损坏绝缘；在潮湿或有油污的位置，应有相应的防潮、防油措施。

11）综合控制系统和数字通信线路的电缆敷设应符合设计文件和产品技术文件要求。

12）设备附带的专用电缆，应按产品技术文件的说明敷设。

13）补偿导线应穿保护管或在电缆槽内敷设，不宜直接埋地敷设。

14）当补偿导线与测量仪表之间不采用切换开关或冷端温度补偿器时，宜将补偿导线和仪表直接连接。

15）对补偿导线进行中间或终端接线时，不得接错极性。

16）仪表信号线路、仪表供电线路、安全联锁线路、补偿导线及本质安全型仪表线路和其他特殊仪表线路，应分别采用各自的保护管。

6. 仪表线路的配线

1）从外部进入仪表盘、柜、箱内的电缆、电线应在其导通检查及绝缘电阻检查合格后再进行配线。

2）仪表盘、柜、箱内的线路宜敷设在汇线槽内，在小型接线箱内也可明线敷设。当明线敷设时，电缆、电线束应采用由绝缘材料制成的扎带扎牢，且横平竖直，扎带间距宜为100～200mm。

3）仪表的接线应符合下列规定：

① 接线前应校线，线端应有标号；

② 剥绝缘层时不应损伤线芯；

③ 电缆与端子的连接应均匀牢固、导电良好；

④ 多股线芯端头宜采用接线片，电线与接线片的连接应压接。

4）仪表盘、柜、箱内的线路不应有接头，其绝缘保护层不应有损伤。

5）仪表盘、柜、箱接线端子两端的线路，均应按设计图样标号。标号应正确、字迹清晰且不易褪色。

6）接线端子板的安装应牢固。当端子板在仪表盘、柜、箱底部时，距离基础面的高度不宜小于250mm。当端子板在顶部或侧面时，与盘、柜、箱边缘的距离不宜小于100mm。多组接线端子板并排安装时，其间隔净距离不宜小于200mm。

7）剥去外部护套的橡皮绝缘芯线及屏蔽线，应加设绝缘护套。

8）导线与接线端子板、仪表、电气设备等连接时，应留有余度。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）备用芯线应接在备用端子上，或按可能使用的最大长度预留，并应按设计文件要求标注备用线号。

五、元件安装要求

1. 总体要求

（1）安装的位置、标高应符合图样的要求，安装位置不应受到振动或腐蚀，必须安装时应有减振或防腐装置及措施。

（2）安装必须牢固，接线必须正确可靠。

（3）导压管、取源部件及其与仪表系统有关的管路必须连接紧密、焊接可牢，不得存在跑冒滴漏现象，一般条件下均应做密封或耐压试验。

（4）仪表、传感器、检测元件、变送器、转换器以及运算器件、仪表柜等设备元件的安装与电气设备元件安装要求相同，不同的是仪表系统的电流较小，电压较低，其金属外壳应可靠接地。

2. 取源部件

1）取源部件的结构尺寸、材质和安装位置应符合设计文件要求。

2）设备上的取源部件应在设备制造的同时安装。管道上的取源部件应在管道预制、安装的同时安装。

3）在设备或管道上安装取源部件的开孔和焊接工作，必须在设备或管道的防腐、衬里和压力试验前进行。否则将会破坏防腐层和衬里，并导致焊渣落入管道内部或焊缝不合格。

4）在高压、合金钢、有色金属设备和管道上开孔时，应采用机械加工的方法。

5）在砌体和混凝土浇注体上安装的取源部件，应在砌筑或浇注的同时埋入，当无法做到时，应预留安装孔。

6）安装取源部件时，不宜在焊缝及其边缘上开孔及焊接。

7）取源阀门与设备或管道的连接不宜采用卡套式接头。

8）取源部件安装完毕后，应随同设备和管道进行压力试验。

3. 温度取源部件

1）与管道相互垂直安装时，取源部件轴线应与管道轴线垂直相交，插入到物料介质流束中心地段，才能测到介质真实温度。

2）在管道的拐弯处安装时，宜逆着物料流向，取源部件轴线应与工艺管道轴线相重合。

3）在管道倾斜角度上安装时，宜逆着物料流向，取源部件轴线应与管道轴线相交。

4）设计文件规定取源部件需要安装在扩大管上时，异径管的安装方式应符合设计文件规定。

4. 压力取源部件

1）压力取源部件的安装位置应选在被测物料流束稳定的地方，否则会造成压力不稳定、不准确，并造成仪表损坏。

2）压力取源部件与温度取源部件在同一管段上时，应安装在温度取源部件的上游侧。

3）压力取源部件的端部不应超出设备或管道的内壁。

4）当检测带有灰尘、固体颗粒或沉淀物等混浊物料的压力时，在垂直和倾斜的设备和管道上，取源部件应倾斜向上安装，在水平管道上宜顺物料流束成锐角安装，防止灰尘杂物落入管道，以免造成堵塞或测量不准。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）当检测温度高于60℃的液体、蒸汽和可凝性气体的压力时，就地安装的压力表的取源部件应带有环形或U形冷凝弯，防止介质温度直接作用于测量元件。

6）在水平和倾斜的管道上安装压力取源部件时，取压点的方位应符合下列规定：

① 测量气体压力时，在管道的上半部；

② 测量液体压力时，在管道的下半部与管道的水平中心线成0°～45°夹角的范围内；

③ 测量蒸汽压力时，在管道的上半部，以及下半部与管道水平中心线成0°～45°夹角的范围内。

7）在砌筑体上安装取压部件时，取压管周围应用耐火纤维填塞严密，然后用耐火泥浆封堵。

5. 流量取源部件

1）流量取源部件在上、下游直管段的最小长度，应按设计文件规定，并符合产品技术文件的有关要求。

2）孔板、喷嘴和文丘里管在上、下游直管段的最小长度，应符合设计文件的规定。

3）在规定的直管段最小长度范围内，不得设置其他取源部件或检测元件，直管段管子内表面应清洁，无凹坑和凸出物。

4）在节流件的上游安装温度计时，温度计与节流件间的直管距离应符合相关规定的要求。

5）在节流件的下游安装温度计时，温度计与节流件间的直管距离不应小于管道内径的5倍。

6）节流装置在水平和倾斜的管道上安装时，取压口的方位应符合下列规定：

① 测量气体流量时，在管道的上半部；

② 测量液体流量时，在管道的下半部与管道的水平中心线成0°～45°夹角的范围内；

③ 测量蒸汽流量时，在管道的上半部与管道水平中心线成0°～45°夹角的范围内。

7）孔板或喷嘴采用单独钻孔的角接取压时，应符合下列规定：

① 上、下游侧取压孔轴线，分别与孔板或喷嘴上、下游侧端面间的距离应等于取压孔直径的1/2。

② 取压孔的直径宜在4～10mm之间，上、下游侧取压孔的直径应相等。

③ 取压孔的轴线，应与管道的轴线垂直相交。

8）孔板采用法兰取压时，应符合下列规定：

① 上、下游侧取压孔的轴线分别与上、下游侧端面间的距离，当$\beta>0.6$和$D<150$mm时，为（25.4±0.5）mm；当$\beta\leqslant0.6$或$\beta>0.6$，但150mm$\leqslant D\leqslant$1000mm时，为（25.4±1）mm。其中，β为孔板的内径与管道内直径之比，D为管道内径。

② 取压孔的直径宜在6～12mm之间，上、下游侧取压孔的直径应相等。

③ 取压孔的轴线，应与管道的轴线垂直相交。

9）孔板采用D或$D/2$取压时，应符合下列规定：

① 上游侧取压孔的轴线与孔板上游侧端面间的距离应等于$D\pm0.1D$；下游侧取压孔的轴线与孔板上游侧端面间的距离，当$\beta\leqslant0.6$时，等于$0.5D\pm0.02D$；当$\beta>0.6$时，等于$0.5D\pm0.01D$。

② 取压孔的轴线应与管道轴线垂直相交。

③ 上、下游侧取压孔的直径应相等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10）用均压环取压时，取压孔应在同一截面上均匀设置，且上、下游侧取压孔的数量必须相等。

11）皮托管、文丘里式皮托管和均速管等流量检测元件的取源部件的轴线，必须与管道轴线垂直相交。

6. 物位取源部件

1）物位取源部件的安装位置，应选在物位变化灵敏，且不使检测元件受到物料冲击的地方。对于易受物料冲击的部件，可设置不影响测量的防护件。

2）内浮筒液位计和浮球液位计采用导向管或其他导向装置时，导向管或导向装置必须垂直安装，并应保证导向管内液流畅通。

3）双室平衡容器的安装应符合下列规定：

① 安装前应复核制造尺寸，检查内部管道的严密性，此点必须保证。

② 应垂直安装，其中心点应与正常液位相重合。

4）单室平衡容器宜垂直安装，其安装标高应符合设计文件的规定。为避免在仪表负压侧测量管道内积聚被测液体的冷凝液而造成测量误差，因此利用单室平衡容器预先在其内灌满被测液体，然后再用调整差压仪表内的迁移机构的方法将此预加的液柱补偿掉，这样以后的测量就不会再受到被测液体冷凝液的影响了，因此，单室平衡容器的安装标高应使容器内预先加入的被测液体的液柱产生的压力与设计文件规定的差压仪表测量范围相符合。

5）补偿式平衡容器安装固定时，应有防止因被测容器的热膨胀而被损坏的措施，不得以取源管为支撑件，必须用支架固定。

6）安装浮球式液位仪表的法兰短管必须保证浮球能在全量程范围内自由活动。

7）电接点水位计的测量筒应垂直安装，筒体零水位电极的中轴线与被测容器正常工作时的零水位线应处于同一高度。

8）静压液位计取源部件的安装位置应远离液体进出口。

7. 成分分析取源部件

1）分析取源部件的安装位置，应选在压力稳定、能灵敏反映真实成分变化和能取得具有代表性的分析样品的地方。取样点的周围不应有层流、涡流、空气渗入、死角、物料堵塞或非生产过程的化学反应。

2）在水平或倾斜的管道上安装分析取源部件，其安装方位应符合上述压力取源部件的3）~6）的规定。

3）被分析的气体内含有固体或液体杂质时，取源部件的轴线与水平线之间的仰角应大于15°。

8. 压力传感器

1）压力传感器的安装部位不应有明显的振动，周围不得含有对金属有腐蚀作用的气体。必须安装时应有相应的技术防护措施。

2）压力传感器一般是由螺栓将固定在支架或仪表框内，可垂直/水平安装，也可直接安装在管道上或设备上。

3）将导压管（也称脉冲管）连接在管嘴上，并拧紧外套螺母。拧紧时应用另一扳手扳紧管嘴上的六方母，以免管嘴松动。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）将引线密封套管与电缆连接，将电缆引入接线盒，并按说明书或设计图样接在相应的接线柱上，并将传感器壳体可靠接地。

5）传感器的中心轴线偏离垂直方向的角度应满足说明书要求，一般条件下，膜盒式不大于30°，薄膜式、应变片式不大于5°。

6）一般条件下，传感器下管嘴接较高的压力，上管嘴接较低的压力。

压力传感器的安装关键是导压管的安装，导压管的材质必须符合所测压力的要求，一般采用厚壁优质钢管，其焊接或螺纹部位必须紧固严密。

压力传感器的接线必须正确无误，接线后应由非接线人员检查。

9. 压差传感器

压差传感器与压力传感器基本相同，不同的是压差传感器的进口管嘴有两个，其接入部位必须保持有一定的压差，这个压差只有通过变送器后，才能进行测量或调节。

1）对于气体物料应使气体内的少量凝结液能顺利流回管道，而不致流入测量管道及仪表而造成测量误差。

2）对于液体物料应使液体内析出的少量气体能顺利流回管道，而不致进入测量管道及仪表而导致测量不稳定；同时还应防止管道底部的固体杂质进入测量管道及仪表。

3）对于蒸汽物料，应保持测量管道内有稳定的冷凝液，同时也要防止管道底部的固体杂质进入测量管道和仪表。

10. 节流装置

（1）基本要求

1）有关节流件安装位置邻近的管段、管件的名称见图23-1。

2）节流件应安装在两段直的圆管（l_1和l_2）之间，其圆度在节流件上下游侧$2d$长范围内必须按规定进行多点实测。实测值上游直管段不得超过其算术平均值的±0.3%，对于下游侧不得超过±2%。$2d$长以外的管道的圆度，以目测法检验其外圆。管道是否直也只需目测。

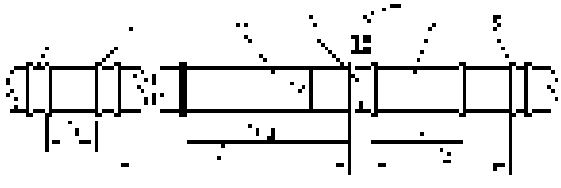


图23-1　节流装置的管段和管件

1—节流件上游侧第二个局部阻力件　2—节流件上游侧第一个局部阻力件　3—节流件和取压装置　4—差压信号管路　5—节流件下游侧第一个局部阻力件　6—节流件前后的测量管段　l_0—1、2之间的直管段　l_1、l_2—分别为节流件上游和下游的直管段　d—管道内径

3）节流件上下游侧最小直管段长度与节流件上游侧局部阻力件的形式和直径与β有关，见表23-1。

4）表23-1所列阀门应能全开，最好用全开闸阀或球阀作为节流件上游侧的第一个局部阻力件。所有调节流量的阀门应安装在节流件下游侧规定的直管段之后。

5）节流件在管道中安装应保证其前端面与管道轴线垂直，不垂直度不得超过±1°；还应保证其开孔与管道同心，不同心度不得超过$0.015d\left(\frac{1}{\beta}-1\right)$的数值，式中，$\beta=d_k/d$；$d_k$孔板开孔直径；$d$管道内径。

6）夹紧节流件的密封垫片，夹紧后不得突入管道内壁。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 23-1 节流件上下游侧的最小直管段长度

β（d_k/d）	节流件上游侧局部阻力件形式和最小直管段长度 l_1						节流件下游侧最小直管段长度 l_2（左面所有的局部的局部阻力件形式）
	一个 90°有头或只有一个支管流动的三通	在同一平面内有多个 90°弯头	空间弯头（在不同平面内有多个 90°弯头）	异径管（大变小，$2d\to d$ 长度≥$3d$；小变大 $d/2\to d$，长度≥$1\frac{1}{2}d$）	全开截止阀	全开闸阀	
1	2	3	4	5	6	7	8
0.20	10（6）	14（7）	34（17）	16（8）	18（9）	12（6）	4（2）
0.25	10（6）	14（7）	34（17）	16（8）	18（9）	12（6）	4（2）
0.30	10（6）	16（8）	34（17）	16（8）	18（9）	12（6）	5（2、5）
0.35	12（6）	16（8）	36（18）	16（8）	18（9）	12（6）	5（2、5）
0.40	14（7）	18（9）	36（18）	16（8）	20（10）	12（6）	6（3）
0.45	14（7）	18（9）	38（19）	18（9）	20（10）	12（6）	6（3）
0.50	14（7）	20（10）	40（20）	20（10）	22（11）	12（6）	6（3）
0.55	16（8）	22（11）	44（22）	20（10）	24（12）	14（7）	5（3）
0.60	18（9）	26（13）	48（24）	22（11）	26（13）	14（7）	7（3、5）
0.65	22（11）	32（16）	54（27）	24（12）	28（14）	16（8）	7（3、5）
0.70	28（14）	36（18）	62（31）	26（13）	32（16）	20（10）	7（3、5）
0.75	36（18）	42（21）	70（35）	28（14）	36（18）	24（12）	8（4）
0.80	46（23）	50（25）	80（40）	30（15）	44（22）	30（15）	8（4）

注：1. 本表适用于各种节流件。

2. 本表所列数字为管道内径“d”的倍数。

3. 本表括号外的数字为“附加极限相对误差为零”的数值，括号内的数字为“附加极限相对误差为±0.5%”的数值，如实际的直管段长度中有一个大于括号内的数值而小于括号外的数值时，需按“附加极限相对误差为±0.5%”处理。

7）新装管路系统必须在管道冲洗和扫线后再进行节流件的安装。

（2）取压方式采用角接取压方式，所谓角接取压即在节流件上下游侧取压孔的轴线与两侧端面的距离等于取压孔径（或取压环隙宽度）的一半。取压孔的孔径 b 上下游侧相等，其大小规定如下：当 $\beta\leqslant0.65$ 时，$0.005d\leqslant b\leqslant0.03d$；当 $\beta>0.65$ 时，$0.01d\leqslant b\leqslant0.02d$；对任意 β 值，$1\text{mm}\leqslant b\leqslant10\text{mm}$。采用的角接取压有表 23-2 所示的几种形式。

对于大于 $DN1000$ 的管道，原则上仍然采用法兰钻孔的取压方式；大于 $DN1300$ 者，采用在靠近法兰的管道上钻孔的角接取压方式。如果 $\beta\leqslant0.5$，并对流量系数 α 乘以 1.001 的修正系数，则 $DN500$ 以上的管道也可以采用这种取压形式。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 23-2　角接取压的形式

形　　式	适用工艺管道范围
环室式	$DN = 50 \sim 400$
夹环钻孔式	$DN = 50 \sim 600$
法兰钻孔式	$DN = 200 \sim 1000$
管道钻孔式	$DN = 450 \sim 1600$

（3）取压孔的方位　取压孔的方位与被测介质的物理特性有关，如为液体介质应防止凝结水和污物进入导压管和更好地排除凝结水；如为蒸汽应考虑如何排除平衡容器中多余的凝结水。

对于水平或倾斜的主管道，取压管的径向方位可按图 23-2 所示的范围选定。

安装在垂直主管上的节流件其取压孔的位置应与节流件处于同一平面上，其径向方位则可任意选择。

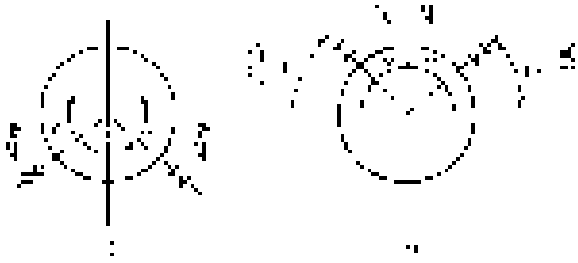


图 23-2　在水平或倾斜管道上取压孔位置示意图

a）被测流体为液体时，$\alpha \leqslant 45°$

b）被测流体为气体时，$\alpha \leqslant 45°$

（4）弦月形孔板　弦月形孔板仅适用于安装在水平或倾斜的主管道上，其取压孔的径向方位角 ψ 与 β 值有关。当被测介质为脏气体并含有水分时，取压孔应尽可能取在孔板上方 0°～45°范围内，最好是 0°，即在管道顶上；当被测介质为脏污的液体时，取压孔应在 45°～120°之间。

（5）偏心孔板　对于偏心孔板，仅适用于安装在水平管道上，其偏心内圆应处于与 $0.98d$（d 为管道内径）所形成的圆相切处。当用于测量含有气泡的液体介质时，其切点应位于管道径向中心线顶部；当用于测量含有水分的气体介质时，其切点应位于其底部，见图 23-3。

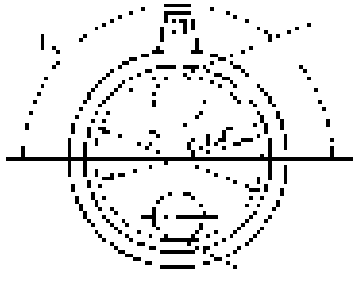


图 23-3　偏心孔板取压点位置图

1—取压孔的设置区

2—顶部切点　3—底部切点

六、仪表设备

1. 自动化仪表安装的一般规定和要求

1）就地仪表的安装位置应按设计文件规定施工，当设计文件未具体明确时，应符合下列要求：

① 光线充足，操作和维护方便；

② 仪表的中心距操作地面的高度宜为 1.2～1.5m；

③ 显示仪表应安装在便于观察示值的位置；

④ 仪表不应安装在有振动、潮湿、易受机械损伤、有强电磁场干扰、高温、温度变化剧烈和有腐蚀性气体的位置；

⑤ 检测元件应安装在能真实反映输入变量的位置。

2）在设备和管道上安装的仪表应按设计文件确定的位置安装，但有些仪表的具体安装方位、坐标需在施工中现场确定。

3）仪表安装前应按设计数据核对其位号、型号、规格、材质和附件。随包装附带的技术文件、非安装附件和备件应妥善保存。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）安装过程中不应敲击、振动仪表。仪表安装后应牢固、平正。仪表与设备、管道或构件的连接及固定部位应受力均匀，不应承受非正常的外力。

5）设计文件规定需要脱脂的仪表，应经脱脂检查合格后再安装。

6）直接安装在管道上的仪表，宜在管道吹扫后、压力试验前安装，当必须与管道同时安装时，在管道吹扫前应将仪表拆下。或用一短管按照仪表配管尺寸代替仪表配管，吹除后再安装仪表。

7）直接安装在设备或管道上的仪表在安装完毕后，应随同设备或管道系统进行压力试验。

8）仪表上接线盒的引入口不应朝上，当不可避免时，应采取密封措施。施工过程中应及时封闭接线盒盖及引入口。防止油水灰土等杂物进入盒内。

9）对仪表和仪表电源设备进行绝缘电阻测量时，应有防止弱电设备及电子元器件被损坏的措施。将强、弱电路分开，拔下插件，短接部分线路等，测试绝缘后予以恢复。

10）仪表设备的产品铭牌和仪表位号标志应齐全、牢固、清晰。

11）设计元件应经建设、设计、安装和监理单位四方会审通过，并签署会审纪要。

12）自动化仪表工程的所有元件、设备、材料必须四证齐全，仪表元件必须经校验/检定合格。仪表投入后应进行系统调整试验合格，并符合设计要求。

2. 温度仪表

1）接触式温度检测仪表（水银温度计、双金属温度计、压力式温度计、热电阻、热电偶等）的测温元件应安装在能准确反映被测对象温度的地方。

2）在多粉尘的部位安装测温元件，应采取防止磨损的保护措施。一般可采用加装角铁进行保护，防止粉尘直接冲刷套管。

3）测温元件安装在易受被测物料强烈冲击的位置，以及当水平安装时其插入深度大于1m或被测温度大于700℃时，应采取防弯曲措施。一般可采用支撑固定等防弯曲措施。

4）表面温度计的感温面应与被测对象表面紧密接触，固定牢固。

5）压力式温度计的温包必须全部浸入被测对象中，毛细管的敷设应有保护措施，其弯曲半径不应小于50mm，周围温度变化剧烈时应采取隔热措施。

3. 压力仪表

1）就地安装的压力表不应固定在有强烈振动的设备或管道上。必要时可装仪表适当移远安装或采取减振措施。

2）测量低压的压力表或变送器的安装高度，宜与取压点的高度一致。

3）测量高压的压力表安装在操作岗位附近时，宜距地面1.8m以上，或在仪表正面加保护罩。保护罩的结构和制作固定方法一般由设计单位或建设单位确定。

4. 流量仪表

1）节流件的安装应符合下列规定：

① 安装前应进行外观检查，孔板的入口和喷嘴的出口边缘应无毛刺、圆角和可见损伤，并按设计数据和制造标准规定测量验证其制造尺寸。

② 安装前进行清洗时不应损伤节流件。

③ 节流件必须在管道吹洗后安装。

④ 节流件的安装方向，必须使流体从节流件的上游端面流向节流件的下游端面。孔板的锐边或喷嘴的曲面侧应迎着被测流体的流向。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

⑤ 在水平和倾斜的管道上安装的孔板或喷嘴，若有排泄孔时，排泄孔的位置为：当流体为液体时，应在管道的正上方；当流体为气体或蒸汽时，应在管道的正下方。

⑥ 环室上有“+”号的一侧应在被测流体流向的上游侧。当用箭头标明流向时，箭头的指向应与被测流体的流向一致。

⑦ 节流件的端面应垂直于管道轴线，其允许偏差为1°。

⑧ 安装节流件的密封垫片的内径不应小于管道的内径，夹紧后不得突入管道内壁。

⑨ 节流件应与管道或夹持件同轴，其轴线与上、下游管道轴线之间的不同轴线误差 e_λ 应符合下式的要求：

$$e_\lambda \leqslant \frac{0.0025D}{0.1+2.3\beta^4} \tag{23-3}$$

式中　D——管道内径；

β——工作状态下节流件的内径与管道内径之比。

2）差压计或差压变送器正负压室与测量管道的连接必须正确，引压管倾斜方向和坡度以及隔离器、冷凝器、沉降器、集气器的安装均应符合设计文件的规定，或按产品说明进行。

3）转子流量计应安装在无振动的管道上，其中心线与铅垂线间的夹角不应超过2°，被测流体流向必须自下而上，上游直管段长度不宜小于管子直径的2倍。

4）靶式流量计靶的中心应与管道轴线同心，靶面应迎着流向且与管道轴线垂直，上下游直管段长度应符合设计文件要求。

5）涡轮流量计信号线应使用屏蔽线，上、下游直管段的长度应符合设计文件要求，前置放大器与变送器间的距离不宜大于3m。

6）涡街流量计信号线应使用屏蔽线，上、下游直管段的长度应符合设计文件要求，放大器与流量计分开安装时，两者之间的距离不应超过20m。

7）电磁流量计的安装应符合下列规定：

① 流量计外壳、被测流体和管道连接法兰三者之间应做等电位连接，并应接地；

② 在垂直的管道上安装时，被测流体的流向应自下而上，在水平的管道上安装时，两个测量电极不应在管道的正上方和正下方位置；

③ 流量计上游直管段长度和安装支撑方式应符合设计文件的要求。

8）椭圆齿轮流量计的刻度盘面应处于垂直平面内。椭圆齿轮流量计和腰轮流量计在垂直管道上安装时，管道内流体流向应自下而上。

9）超声波流量计上、下游直管段长度应符合设计文件要求。对于水平管道，换能器的位置应在与水平直径成45°夹角的范围内。被测管道内壁不应有影响测量准确度的结垢层或涂层。

10）均速管流量计的安装应符合下列规定：

① 总压测孔应迎着流向，其角度允许偏差不应大于3°；

② 检测杆应通过并垂直于管道中心线，其偏离中心和与轴线不垂直的误差均不应大于3°；

③ 流量计上、下游直管段的长度应符合设计文件的要求。

孔板、喷嘴、文丘里喷嘴所要求的最小直管段长度见表23-3和表23-4。

11）一般条件下，流量计上下游直管段可按以下要求进行安装：

① 转子流量计，上游不小于0～5倍管径，下游无要求；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 23-3 孔板、喷嘴和文丘里喷嘴所要求的最小直管段长度 （单位：mm）

直径比 $\beta\leqslant$	节流件上游侧阻流件形式和最小直管段长度							节流件下游最小直管段长度（包括在本表中的所有阻流件）
	单个90°弯头或三通（流体仅从一个支管流出）	在同一平面上的两个或多个90°弯头	在不同平面上的两个或多个90°弯头	渐缩管（在 1.5D～3D 长度内由 2D 变为 D）	渐扩管（在 1D～2D 的长度内由 0.5D 变为 D）	球型阀全开	全孔球阀或闸阀全开	
0.20	10（6）	14（7）	34（17）	5	16（8）	18（9）	12（6）	4（2）
0.25	10（6）	14（7）	34（17）	5	16（8）	18（9）	12（6）	4（2）
0.30	10（6）	16（8）	34（17）	5	16（8）	18（9）	12（6）	5（2.5）
0.35	12（6）	16（8）	36（18）	5	16（8）	18（9）	12（6）	5（2.5）
0.40	14（7）	18（9）	36（18）	5	16（8）	20（10）	12（6）	6（3）
0.45	14（7）	18（9）	38（19）	5	17（9）	20（10）	12（6）	6（3）
0.50	14（7）	20（10）	40（20）	6（5）	18（9）	22（11）	12（6）	6（3）
0.55	16（8）	22（11）	44（22）	8（5）	20（10）	24（12）	14（7）	6（3）
0.60	18（9）	26（13）	48（24）	9（5）	22（11）	26（13）	14（7）	7（3.5）
0.65	22（11）	32（16）	54（27）	11（6）	25（13）	28（14）	16（8）	7（3.5）
0.70	28（14）	36（18）	62（31）	14（7）	30（15）	32（16）	20（10）	7（3.5）
0.75	36（18）	42（21）	70（35）	22（11）	38（19）	36（18）	24（12）	8（4）
0.80	46（23）	50（25）	80（40）	30（15）	54（27）	44（22）	30（15）	8（4）

对于所有的直径比 β	阻流件	上游侧最小直管段长度
	直径比大于或等于 0.5 的对称骤缩异径管	30（15）
	直径小于或等于 0.03D 的温度计套管和插孔	5（3）
	直径在 0.03D～0.13D 之间的温度计套管和插孔	20（10）

注：1. 本表直管段长度均以直径 D 的倍数表示。

2. 不带括号的值为“零附加不确定度”的值；带括号的值为“0.5%附加不确定度”的值。

表 23-4 经典文丘里管所要求的最小直管段长度 （单位：mm）

直径比 β	单个90°短半径弯头	在同一平面上的两个或多个90°弯头	在不同平面上的两个或多个90°弯头	在3.5D长度范围内由3D变为D的渐缩管	在D长度范围内由0.75D变为D的渐扩管	全开球阀或闸阀
0.30	0.5	1.5（0.5）	（0.5）	0.5	1.5（0.5）	1.5（0.5）
0.35	0.5	1.5（0.5）	（0.5）	1.5（0.5）	1.5（0.5）	2.5（0.5）
0.40	0.5	1.5（0.5）	（0.5）	2.5（0.5）	1.5（0.5）	2.5（1.5）
0.45	1.0（0.5）	1.5（0.5）	（0.5）	4.5（0.5）	2.5（1.0）	3.5（1.5）
0.50	1.5（0.5）	2.5（1.5）	（8.5）	5.5（0.5）	2.5（1.5）	3.5（1.5）
0.55	2.5（0.5）	2.5（1.5）	（12.5）	6.5（0.5）	3.5（1.5）	4.5（2.5）
0.60	3.0（1.0）	3.5（2.5）	（17.5）	8.5（0.5）	3.5（1.5）	4.5（2.5）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

直径比 β	单个90°短半径弯头	在同一平面上的两个或多个90°弯头	在不同平面上的两个或多个90°弯头	在3.5D长度范围内由3D变为D的渐缩管	在D长度范围内由0.75D变为D的渐扩管	全开球阀或闸阀
0.65	4.0（1.5）	4.5（2.5）	（23.5）	9.5（1.5）	4.5（2.5）	4.5（2.5）
0.70	4.0（2.0）	4.5（2.5）	（27.5）	10.5（2.5）	5.5（3.5）	5.5（3.5）
0.75	4.5（3.0）	4.5（3.5）	（29.5）	11.5（3.5）	6.5（4.5）	5.5（3.5）

注：1. 直管段均以直径D的倍数表示，从经典文丘里管上游取压口平面量起。

2. 不带括号的值为“零附加不确定度”的值；带括号的值为“0.5%附加不确定度”的值。

3. 下游直管段长度为4倍喉径的长度。

② 靶式流量计，上游不小于5倍管径，下游不小于3倍管径；

③ 涡轮流量计，上游不小于5～20倍管径，下游不小于3～10倍管径；

④ 涡街流量计，上游不小于10～40倍管径，下游不小于5倍管径；

⑤ 电磁流量计，上游不小于5～10倍管径，下游不小于0～5倍管径；

⑥ 超声波流量计，上游不小于10～50倍管径，下游不小于5倍管径；

⑦ 容积式流量计，无要求；

⑧ 孔板，上游不小于5～80倍管径，下游不小于2～8倍管径；

⑨ 喷嘴，上游不小于5～80倍管径，下游不小于4倍管径；

⑩ 文丘里管、弯管、楔形管，上游不小于5～30倍管径，下游不小于4倍管径；

⑪ 均速管，上游不小于3～25倍管径，下游不小于2～4倍管径。

5. 物位仪表

1）浮力式液位计的安装高度应符合设计文件规定。

2）浮筒液位计的安装应使浮筒呈垂直状态，处于浮筒中心正常操作液位或分界液位的高度。

3）钢带液位计的导管应垂直安装，钢带应处于导管的中心并滑动自如。

4）用差压计或差压变送器测量液位时，仪表安装高度不应高于下部取压口。

注意：吹气法及利用低沸点液体汽化传递压力的方法测量液位时，不受此规定限制。

5）双法兰式差压变送器毛细管的敷设应有保护措施，其弯曲半径不应小于50mm，周围温度变化剧烈时应采取隔热措施。

6）核辐射式物位计安装前应编制具体的安装方案，安装中的安全防护措施必须符合有关放射性同位素工作卫生防护的国家标准的规定。在安装现场应有明显的警戒标志。

7）称重式物位计的安装应符合规范的规定。

6. 机械量检测仪表

1）电阻应变式称重仪表的安装应符合下列规定：

① 负载传感器的安装和承载应在称重容器及其所有部件和连接件的安装完成后进行。

② 负载传感器的安装应呈垂直状态，保证传感器的主轴线与加载轴线相重合，使倾斜负载和偏心负载的影响减至最小。各个传感器的受力应均匀。

③ 当有冲击性负载时应按设计文件要求采取缓冲措施。

④ 称重容器与外部的连接应为软连接。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

⑤ 水平限制器的安装应符合设计要求。

⑥ 传感器的支承面及底面均应平滑，不得有锈蚀、擦伤及杂物。

2）测力仪表的安装应使被测力均匀作用到传感器受力面上。

3）测量位移、振动、速度等机械量的仪表安装应符合下列规定：

① 测量探头的安装应在机械安装完毕、被测机械部件处于工作位置时进行，探头的定位应按照产品说明书和机械设备制造厂技术文件的要求确定和固定。

② 涡流传感器测量探头与前置放大器之间的连接应使用专用同轴电缆，该电缆的阻抗应与探头和前置放大器相匹配。

③ 安装中应注意保护探头和专用电缆不受损伤。

4）电子皮带秤的安装地点距落料点的距离应符合产品技术文件的规定，秤架应安装在皮带张力稳定、无负载冲击的位置。

5）安装过程应有保护负载传感器不受过载或撞击而损坏或失灵的措施。安装中一般应先使用千斤顶和临时垫块支撑容器就位，调整好位置后再安置负荷传感器。传感器就位前应完成底座的焊接工作。为了保证测量准确，称重过程中不应有容器及被称重物料重量以外的附加力的作用，因此，称重对象以外的管线或结构等与容器之间的连接应采用挠性连接件等软连接方法。

6）该仪表安装时，旋转机械的轴位移、振动和转速监测系统，仪表的安装、试验应与机械的安装、试验密切配合。有的测量探头需测试其性能曲线，以保证探头测量范围在性能曲线的直线段内，此工作应在安装固定探头前做好。

7. 成分分析及其他仪表

成分分析和其他检测仪表必须按其安装使用说明书进行，必要时应有厂商在场。

（1）成分分析和物性检测仪表

1）分析取样系统应按设计文件的要求安装，应有完整的取样预处理装置，预处理装置应单独安装，并宜靠近传送器。

2）被分析样品的排放管应直接与排放总管连接，总管应引至室外安全场所，其集液处应有排液装置。

3）湿度计测湿元件的安装地点应避开热辐射、剧烈振动、油污和水滴，或采取相应的防护措施。

4）可燃气体检测器和有毒气体检测器的安装位置应根据所检测气体的密度确定。其密度大于空气时，检测器应安装在距地面 200～300mm 的位置；其密度小于空气时，检测器应安装在泄漏域的上方位置。

（2）其他检测仪表

1）核辐射式密度计的安装应符合前述物位仪表的安装要求。

2）噪声测量仪表的传声器的安装位置应有防止外部磁场、机械冲击和风力干扰的措施。

3）安装辐射式火焰探测器时，其探头上的小孔应对准火焰，防止炽热空气和炽热材料的辐射进入探头。

8. 变送器

1）变送器可安装在现场，也可安装在柜内，或保温箱内，一般应由设计确定，安装人员不得更动。安装位置应便于检修。变送器在现场必要时应用隔离器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）安装必须牢固，接线或接管必须正确无误，特别是由两根管路引入时必须正确。

3）变送器安装后应有保证其不受机械、腐蚀、尘埃、振动、环境等因素侵害的措施。

4）变送器安装前必须进行模拟试验。

5）变送器的外壳应可靠接地。

模拟试验与仪表检定/校验方法相同，按其要求输入被检测到的（温度、压力、压差、物位、机械量）模拟信号，用 mV、mA 或数字表检测其输出是否与其输入对应，可按说明书上的附表核对，并进行调整。如 500℃对应 5mA 等。

9. 控制器或执行器

1）控制阀的安装位置应便于观察、操作和维护。

2）执行机构应固定牢固，操作手轮应处在便于操作的位置。

3）安装用螺纹连接的小口径控制阀时，必须装有可拆卸的活动连接件。

4）执行机构的机械传动应灵活，无松动和卡涩现象。

5）执行机构连杆的长度应能调节，并应保证调节机构在全开到全关的范围内动作灵活、平稳。

6）当调节机构能随同工艺管道产生热位移时，执行机构的安装方式应能保证其和调节机构的相对位置保持不变。

7）气动及液动执行机构的信号管应有足够的伸缩余度，不应妨碍执行机构的动作。

8）液动执行机构的安装位置应低于控制器。当必须高于控制器时，两者间最大的高度差不应超过 10m，且管道的集气处应有排气阀，靠近控制器处应有逆止阀或自动切断阀。

9）电磁阀的进出口方位应安装正确。电动执行器和电磁阀安装前应按产品说明书的规定检查线圈与机体间的绝缘电阻（应大于 4Ω）。

10. 仪表盘、柜、箱、台

仪表盘、柜、箱、台的安装，首先要索取到所有仪表、元件的说明书、合格证及试验报告，并按设计或说明书检查其外观和接线。然后核对各种信号源的管路或线缆，其始端应正确无误。最后核对各元件的电源是否正确，并满足以下规定要求。

1）仪表盘、柜、操作台的安装位置和平面布置，应按设计文件施工。就地仪表箱、保温箱和保护箱的位置，应符合设计文件要求，且应选在光线充足、通风良好和操作维修方便的地方。其中，设计文件应经四方会审通过。

2）仪表盘、柜、操作台的型钢底座的制作尺寸应与盘、柜、操作台相符，其直线度允许偏差为 1mm/m，当型钢底座长度大于 5m 时，全长允许偏差为 5mm。

3）仪表盘、柜、操作台的型钢底座安装时，上表面应保持水平，其水平度允许偏差为 1mm/m，当型钢底座长度大于 5m 时，全长允许偏差为 5mm。

4）仪表盘、柜、操作台的型钢底座应在地面施工完成前安装找正。其上表面宜高出地面。型钢底座应进行防腐处理。

5）仪表盘、柜、操作台安装在振动场所，应按设计文件要求采取防振措施。

6）仪表盘、柜、箱安装在多尘、潮湿、有腐蚀性气体或爆炸和火灾危险环境，应按设计文件要求选型并采取密封措施。

7）仪表盘、柜、操作台之间及盘、柜、操作台内各设备构件之间的连接应牢固，安装用的紧固件应为防锈材料。安装固定不得采用焊接方式。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8）单独的仪表盘、柜、操作台的安装应符合下列规定：

① 固定牢固；

② 垂直度允许偏差为1.5mm/m；

③ 水平度允许偏差为1mm/m。

9）成排的仪表盘、柜、操作台的安装，除应符合本问第8）条的规定外，还应符合下列规定：

① 同一系列规格、相邻两盘、柜、台的顶部高度允许偏差为2mm。

② 当同一系列规格盘、柜、台间的连接处超过2处时，顶部高度允许偏差为5mm；

③ 相邻两盘、柜、台接缝处正面的平面度允许偏差为1mm；

④ 当盘、柜、台间的连接处超过5处时，正面的平面度允许偏差为5mm；

⑤ 相邻两盘、柜、台之间的接缝的间隙，不大于2mm。

10）仪表箱、保温箱、保护箱的安装应符合下列规定：

① 固定牢固；

② 垂直度允许偏差为3mm；当箱的高度大于1.2m时，垂直度允许偏差为4mm；

③ 水平度的允许偏差为3mm；

④ 成排安装时应整齐美观。

11）仪表盘、柜、台、箱在搬运和安装过程中，应防止变形和表面油漆损伤。安装及加工中严禁使用气焊方法。

12）就地接线箱的安装应符合下列规定：

① 周围环境温度不宜高于45℃；

② 到各检测点的距离应适当，箱体中心距操作地面的高度宜为1.2～1.5m；

③ 不应影响操作、通行和设备维修；

④ 接线箱应密封并标明编号，箱内接线应标明线号。

11. 仪表电源设备

最主要的是必须核对电源设备的电压与仪表、元件的电压是否相符，接线是否正确，有无松动，必要时应通电试验，摇测线路绝缘电阻，确保仪表、元件正常工作。

1）安装电源设备前应检查其外观及技术性能，并应符合下列规定：

① 继电器、接触器和开关的触点，接触应紧密可靠，动作应灵活，无锈蚀、损坏；

② 固定和接线用的紧固件、接线端子应完好无损，且无污物和锈蚀；

③ 防爆电气设备及附件的密封垫、填料函应完整、密封；

④ 设备的电气绝缘性能、输出电压值、熔断器的容量应符合产品说明书的规定；

⑤ 设备的附件齐全。

2）就地仪表供电箱的规格型号和安装位置应符合设计文件的要求。不宜将设备安装在高温、潮湿、多尘、有爆炸及火灾危险、有腐蚀作用、有振动及可能干扰其附近仪表等位置。当不可避免时，应采用适合环境的特定型号供电箱，或采取防护措施。

3）就地仪表供电箱的箱体中心距操作地面的高度宜为1.2～1.5m，成排安装时应排列整齐、美观。

4）电源设备的安装应牢固、整齐、美观，设备位号、端子标号、用途标志、操作标志等应完整无缺。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5）检查、清洗或安装电源设备时，不应损伤设备的绝缘、内部接线和触点部分。不应将设备上已密封的可调部位启封，因特殊原因必须启封时，启封后应重新密封并做好记录。

6）盘、柜内安装的电源设备及配电线路、两带电导体间、导电体与裸露的不带电导体间，电气间隙和爬电距离应符合下列要求：

① 对于额定电压不大于60V的线路，电气间隙和爬电距离均为3mm；

② 对于额定电压大于60V且不大于300V的线路，电气间隙为5mm，爬电距离为6mm；

③ 对于额定电压大于300V且不大于500V的线路，电气间隙为8mm，爬电距离为10mm。

7）强、弱电的端子应分开布置，并有明显标志。

8）金属供电箱应有明显的接地标志，接地线连接应牢固可靠。

9）供电系统送电前，系统内所有的开关均应置于断开位置，并应检查熔断器的容量。在仪表工程安装和试验期间，所有供电开关和仪表的通电断电状态都应有显示或警示标识。

12. 爆炸和火灾危险环境仪表的安装

1）爆炸和火灾危险环境的仪表装置施工，应符合国家现行的有关标准、规范的规定。主要有GB 50257—1996《电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范》和GB 50093—2013《自动化仪表工程施工及质量验收规范》。

2）安装在爆炸危险环境的仪表、仪表线路、电气设备及材料，其规格型号必须符合设计文件规定。防爆设备应有铭牌和防爆标志，并在铭牌上标明国家授权的部门所发给的防爆合格证编号。

3）防爆仪表和电气设备引入电缆时，应采用防爆密封圈挤紧或用密封填料进行封固，外壳上多余的孔应做防爆密封，弹性密封圈的一个孔应密封一根电缆。

4）防爆仪表和电气设备，除本质安全型外，应有“电源未切断不得打开”的标志。

5）采用正压通风的防爆仪表箱的通风管必须保持畅通，且不宜安装切断阀；安装后应保证箱内能维持不低于设计文件规定的压力；当设有低压力联锁或报警装置时，其动作应准确、可靠。

6）本质安全型仪表的安装和线路敷设，除应按本条的2）、7）和8）-②条的规定外，还应符合下列规定：

① 本质安全电路和非本质安全电路不应共用一根电缆或穿同一根保护管。

② 当采用芯线无分别屏蔽的电缆或无屏蔽的导线时，两个及其以上不同回路的本质安全电路，不应共用同一根电缆或穿同一根保护管。

③ 本质安全电路及其附件，应有蓝色标志。

④ 本质安全电路与非本质安全电路在同一电缆槽或同一电缆沟道内敷设时，应用接地的金属隔板或具有足够耐压强度的绝缘板隔离，或分开排列敷设，其间距应大于50mm，并分别固定牢固。

⑤ 本质安全电路与非本质安全电路共用一个接线箱时，本质安全电路与非本质安全电路接线端子之间，应用接地的金属板隔开。

⑥ 仪表盘、柜、箱内的本质安全电路与关联电路或其他电路的接线端子之间的间距不应小于50mm；当间距不能满足要求时，应采用高于端子的绝缘板隔离。

⑦ 仪表盘、柜、箱内的本质安全电路敷设配线时，应与非本质安全电路分开，采用有盖汇线槽或绑扎固定，配线从接线端到线束固定点的距离应尽可能短。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

⑧ 本质安全电路中的安全栅、隔离器等关联设备的安装位置，应在安全区域一侧或置于另一与环境相适应的防爆设备防护内；需接地的关联设备，应可靠接地。

⑨ 采用屏蔽电缆、电线时，屏蔽层不应接到安全栅的接地端子上。

⑩ 本质安全电路内的接地线和屏蔽连接线，应有绝缘层。

⑪ 本质安全电路不应受到其他线路的强电磁感应和强静电感应，线路的长度和敷设方式应符合设计文件规定。

⑫ 本质安全型仪表及本质安全关联设备，必须有国家授权的机构发给的产品防爆合格证，其型号、规格的替代必须经原设计单位确认。

7）当电缆槽或电缆沟道通过不同等级的爆炸危险区域的分隔间壁时，在分隔间壁处必须做充填密封。

8）安装在爆炸危险区域的电缆、电线保护管，应符合下列规定：

① 保护管之间及保护管与接线箱、拉线盒之间，应采用圆柱管螺纹连接，螺纹有效啮合部分不应少于5扣，螺纹处应涂导电性防锈脂，并用锁紧螺母锁紧，连接处应保证良好的电气连续性；

② 保护管穿过不同等级爆炸危险区域的分隔间壁时，分界处必须用防爆阻火器件和密封组件隔离，并做好充填密封；

③ 保护管与仪表、检测元件、电气设备、接线箱、拉线盒连接时，或进入仪表盘、柜、箱时，应安装防爆密封管件，并做好充填密封。密封管件与仪表箱、接线箱、拉线盒之间的距离不应超过0.45m。密封管件与仪表、检测元件，电气设备之间可采用挠性管连接。

④ 全部保护管系统必须密封。

9）对爆炸危险区域的线路进行接线时，必须在设计文件规定采用的防爆接线箱内接线。接线必须牢固可靠，接触良好，并应加防松和防拔脱装置。

10）火灾危险环境所采用的仪表及电气设备，应符合设计文件的要求。

11）用于火灾危险环境的装有仪表及电气设备的箱、盒等，应采用金属制品。

13. 自动化仪表工程的接地

1）用电仪表的外壳、仪表盘、柜、箱、盒和电缆槽、保护管、支架、底座等正常不带电的金属部分，由于绝缘破坏而有可能带危险电压者，均应做保护接地。对于供电电压不高于36V的就地仪表、开关等，当设计文件无特殊要求时，可不做保护接地。

2）在非爆炸危险区域的金属盘、板上安装的按钮、信号灯、继电器等小型低压电器的金属外壳，当与已接地的金属盘、板接触良好时，可不做保护接地。

3）仪表保护接地系统应接到电气工程低压电气设备的保护接地网上，连接应牢固可靠，不应串联接地。

4）保护接地的接地电阻值，应符合设计文件规定。

5）在建筑物上安装的电缆槽及电缆保护管，可重复接地。

6）仪表及控制系统应做工作接地。工作接地包括信号回路接地和屏蔽接地，以及特殊要求的本质安全电路接地。接地系统的连接方式和接地电阻值应符合设计文件规定。

7）仪表及控制系统的信号回路接地、屏蔽接地应共用接地装置。

8）各仪表回路只应有一个信号回路接地点，除非使用隔离器将两个接地点之间的直流信号回路隔离开。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）信号回路的接地点应在显示仪表侧，当采用接地型热电偶和检测元件已接地的仪表时，不应再在显示仪表侧接地。

10）仪表电缆、电线的屏蔽层，应在控制室仪表盘柜侧接地，同一回路的屏蔽层应具有可靠的电气连续性，不应浮空或重复接地。

11）当有防干扰要求时，多芯电缆中的备用芯线应在一点接地，屏蔽电缆的备用芯线与电缆屏蔽层，应在同一侧接地。

12）仪表盘、柜、箱内各回路的各类接地，应分别由各自的接地支线引至接地汇流排或接地端子板，由接地汇流排或接地端子板引出接地干线，再与接地总干线和接地极相连。各接地支线、汇流排或端子板之间在非连接处应彼此绝缘。

13）接地系统的连线应使用铜芯绝缘电线或电缆，采用镀锌螺栓紧固，仪表盘、柜、箱内的接地汇流排应使用铜材，并有绝缘支架固定。接地总干线与接地体之间应采用焊接。

14）本质安全电路本身除设计文件有特殊规定外，不应接地。当采用二极管安全栅时，其接地应与直流电源的公共端相连。

15）接地线的颜色应符合设计文件规定，并设置绿色、黄色标志。

16）防静电接地应符合设计文件规定，可与设备、管道和电气等的防静电工程同时进行。

14. 自动化仪表工程的防护

（1）隔离与吹洗

1）采用膜片隔离时，膜片式隔离器的安装位置，宜紧靠检测点。

2）采用隔离容器充注隔离液隔离时，隔离容器应垂直安装，成对隔离容器的安装标高必须一致。

3）采用隔离管充注隔离液隔离时，测量管和隔离管的配管应适当，使隔离液充注方便，贮存可靠。

4）隔离液的选用应符合下列要求：

① 与被测物质不发生化学反应；

② 与被测物质不相互混合和溶解；

③ 与被测物质的密度相差尽可能大，分层明显；

④ 在工作环境温度变化时，挥发和蒸发小，不黏稠，不凝结；

⑤ 对仪表和测量管道无腐蚀。

5）采用吹洗法隔离时，吹洗介质的入口应接近检测点。吹洗和冲液介质应符合下列要求：

① 与被测物质不发生化学反应；

② 清洁，不污染被测物质；

③ 冲液介质无腐蚀性，在节流减压之后不发生相变；

④ 吹洗流体的压力高于被测物质的压力，以保证吹洗流量的稳定和连续。

（2）防腐与绝热

1）碳钢仪表管道、支架、仪表设备底座、电缆槽、保护管、固定卡等需要防腐的结构和部位，当其外壁无防腐层时，均应涂防锈漆和面漆。

2）涂漆应符合下列规定：

① 涂漆前应清除被涂表面的铁锈、焊渣、毛刺和污物；

② 涂漆施工的环境温度宜为 5～40℃；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

③ 多层涂刷时，应在漆膜完全干燥后再涂下一层；

④ 涂层应均匀，无漏涂；

⑤ 面漆颜色应符合设计文件要求。

3）仪表管道焊接部位的涂漆，应在管道系统压力试验合格后进行。

4）仪表绝热工程可随同设备和管道的绝热工程一起施工，并应符合设计文件要求和现行《工业设备和管道绝热工程施工及验收规范》的要求。

5）仪表绝热工程的施工应在测量管道、伴热管道压力试验合格及防腐工程完工后进行。

（3）伴热

1）当伴热方式为重伴热时，伴热管线应与仪表及仪表测量管道直接接触。当伴热方式为轻伴热时，伴热管线与仪表及仪表管道不应直接接触，可用一层石棉板加以间隔，碳钢伴管与不锈钢管道不应直接接触。

2）伴管通过被伴热的液位计、仪表管道阀门、隔离器等附件时，宜设置活接头。

3）当采用蒸汽伴热时，应符合下列规定：

① 蒸汽伴管应单独供气，伴热系统之间不应串联连接；

② 伴管的集液处应有排液装置；

③ 伴管的连接宜焊接，固定不应过紧，应能自由伸缩。接气点应在蒸汽管的顶部。

4）当采用热水伴热时，应符合下列规定：

① 热水伴管应单独供水，伴热系统之间不应串联连接；

② 伴管的集气处，应有排气装置；

③ 伴管的连接宜焊接，应能自由伸缩，固定不应过紧。接水点应在热水管的底部。

5）当采用电伴热时，应符合下列规定：

① 电热线在敷设前，应进行外观和绝缘检查，其绝缘电阻值不应小于 1MΩ。

② 电热线应均匀敷设，固定牢固；

③ 敷设电热线时不应损坏绝缘层；

④ 仪表箱内的电热管、板应安装在仪表箱的底部或后壁上。

七、仪表系统管路、管道

1. 总体要求

1）仪表工程中的金属管道的施工，应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工规范》（标准规范号为 GB 50235—2010）中的有关规定。

2）仪表管道的安装位置应符合测量要求，不宜安装在有碍检修、易受机械损伤、有腐蚀和振动的位置。

3）仪表管道埋地敷设时，应经试压合格和防腐处理后方可埋入。直接埋地的管道连接时必须采用焊接，在穿过道路及进出地面处应加保护套管。

4）金属管道的弯制宜采用冷弯，并宜一次弯成。

5）高压钢管的弯曲半径宜大于管子外径的 5 倍，其他金属管的弯曲半径宜大于管子外径的 3.5 倍，塑料管的弯曲半径宜大于管子外径的 4.5 倍。

6）管子弯制后，应无裂纹和凹陷。

7）仪表管道安装前应将内部清扫干净。需要脱脂的管道应经脱脂检查合格后再安装。

8）高压管道分支时应采用三通连接，三通的材质应与管道相同。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）管道连接时，其轴线应一致。

10）直径小于13mm的铜管和不锈钢管，宜采用卡套式接头连接，也可采用承插法或套管法焊接，承插法焊接时，其插入方向应顺着流体流向。

11）当管道成排安装时，应排列整齐，间距应均匀一致。

12）仪表管道应采用管卡固定在支架上。当管子与支架间有经常性的相对运动时，应在管道与支架间加木块或软垫。

13）仪表管道支架的制作与安装，应符合前述相关内容的规定，同时还应满足仪表管道坡度的要求。支架的间距宜符合下列规定：

① 钢管：

水平安装　1.00～1.50m；

垂直安装　1.50～2.00m。

② 铜管、铝管、塑料管及管缆：

水平安装　0.50～0.70m；

垂直安装　0.70～1.00m。

14）不锈钢管固定时，不应与碳钢材料直接接触。

15）仪表管路安装后应进行气密试验，其压力应符合所承介质的要求，安装应进行脱脂清洗。

2. 测量管道

1）测量管道在满足测量要求的前提下，应按最短路径敷设，并兼顾整齐。

2）测量管道水平敷设时，应根据不同的物料及测量要求，有1∶10～1∶100的坡度，其倾斜方向应保证能排除气体或冷凝液。当不能满足时，应在管道的集气处安装排气装置，在集液处安装排液装置。

3）测量管道在穿墙或过楼板处，应加保护套管或保护罩，管道的接头不应在保护套管或保护罩内，管道穿过不同等级的爆炸危险区域、火灾危险区域和有毒场所的分隔间壁时，保护套管或保护罩应密封。

4）测量管道与高温设备、管道连接时，应采取热膨胀补偿措施。

5）测量差压的正压管和负压管，应安装在环境温度相同的地方。

6）测量管道与玻璃管微压计连接时，应采用软管，管道与软管的连接处，应高出仪表接头150～200mm。

7）测量管道与设备、管道或建筑物表面之间的距离不宜小于50mm，测量油类及易燃易爆物质的管道与热表面之间的距离不宜小于150mm，且不应平行敷设在其上方。

3. 液压管道

1）压力不大于1.6MPa的液压控制供液系统的安装，应按以下规定要求施工，大于1.6MPa时应按高压管道的要求进行。

2）贮液箱的安装位置应低于回液集管，回液集管与贮液箱上回液接头间的最小高差，宜为0.3～0.5m。

3）油压管道不应平行敷设在高温设备和管道的上方，与热表面绝缘层的距离应大于150mm。

4）液压泵的自然流动回液管的坡度不应小于1∶10，否则应将回液管的管径加大。当回

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

液落差较大时，为减少泡沫，应在集液箱之前安装一个水平段或U型弯管。

5）回液管道的各分支管与总管连接时，支管应顺介质流动方向与总管成锐角连接。

6）贮液箱及液压管道的集气处应设有放空阀，放空管的上端应向下弯曲180°。

7）供液系统用的过滤器安装前，应检查其滤网是否符合产品技术文件的规定，并应清洗干净。进口与出口方向不得装错，排污阀与地面间应留有便于操作的空间。

8）接至液压控制器的液压管道，不应有环形弯和曲折弯。

9）液压控制器与供液管和回流管连接时，应采用耐压挠性管。

10）供液系统内的逆止阀或闭锁阀，在安装前应进行清洗、检查和试验。

11）供液系统的压力试验，应符合本条的规定。

12）供液系统应进行清洗，并应按设计文件及产品技术文件的规定进行检查、调整和试验。

13）供液系统清洗完毕，液压装置的供液阀、回流阀及执行器与总管之间的切断阀，均应有“未经许可不得关闭”的标志。

4. 盘、柜、箱内的仪表管道

1）仪表管道应敷设在不妨碍操作和维修的位置。

2）仪表管道应汇集成排敷设，做到整齐、美观，固定牢固。

3）仪表管道与仪表线路应分开些，且应保证50mm的距离。

4）仪表管道与仪表连接时，不应使仪表承受机械应力。

5）当仪表管道引入安装在有爆炸和火灾危险，有毒及有腐蚀性物质环境的仪表盘、柜、箱时，其引入孔处应密封。

5. 气动信号管道

1）气动信号管道应采用纯铜管、不锈钢管或聚乙烯、尼龙管缆。管道安装时应避免中间接头。当无法避免时，应采用卡套式中间接头连接。管道终端应配装可拆卸的活动连接件。

2）气动信号管道宜汇集成排敷设。

3）管缆的敷设应符合下列规定：

① 外观不应有明显的变形和损伤；

② 敷设管缆时的环境温度不应低于产品技术文件所规定的最低环境温度；

③ 敷设时，应防止管缆受机械损伤及交叉摩擦；

④ 敷设后的管缆应留有余度。

6. 气源管道

1）气源管道采用镀锌钢管时，应用螺纹连接，拐弯处应采用弯头，连接处必须密封；缠绕密封带或涂抹密封胶时，不应使其进入管内。采用无缝钢管时，应焊接连接，焊接时焊渣不应落入管内。

2）控制室内的气隙总管应有不小于1:500的坡度，并在其集液处安排排污阀，排污管口应远离仪表、电气设备和线路。装在过滤器下面的排污阀与地面间，应留有便于操作的空间。

3）气源系统的配管应整齐美观，其末端和集液处应有排污阀。水平干管上的支管引出口，应在干管的上方。

4）气源系统安装完毕后应进行吹扫，并应符合下列规定：

① 吹扫前，应将控制室气源入口，各分气源总入口和接至各仪表气源入口处的过滤减压阀断开并敞口，先吹总管，然后依次吹干管、支管及接至各仪表的管道；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 吹扫气应使用合格的仪表空气；

③ 排出的吹扫气应用涂白漆的木制靶板检验，1min 内板上无铁锈、尘土、水分及其他杂物时，即为吹扫合格。

5）气源系统吹扫完毕后，控制室气源、就地气源总管的入口阀和干燥器及空气贮罐的入口、出口阀，均应有“未经许可不得关闭”的标志。

6）气源装置使用前，应按设计文件规定整定气源压力值。

7. 管路和管道的检查试验及要求

1）安装完毕的仪表管道，在试验前应进行检查，不得有漏焊、堵塞和错接的现象。

2）仪表管道的压力试验应以液体为试验介质。仪表气源管道和气动信号管道以及设计压力小于或等于 0.6MPa 的仪表管道，可采用气体为试验介质。

3）液压试验压力应为 1.5 倍的设计压力，当达到试验压力后，稳压 10min，再将试验压力降至设计压力，停压 10min，以压力不降、无渗漏为合格。

4）气压试验压力应为 1.15 倍的设计压力，试验时应逐步缓慢升压，达到试验压力后，稳压 10min，再将试验压力降至设计压力，停压 5min，以发泡剂检验不泄漏为合格。

5）当工艺系统规定进行真空度或泄漏性试验时，其内的仪表管道系统应随同工艺系统一起进行试验。

6）液压试验介质应使用洁净水，当对奥氏体不锈钢管道进行试验时，水中氯离子含量不得超过 25mg/L。试验后应将液体排净。在环境温度 5℃以下进行试验时，应采取防冻措施。

7）气压试验介质应使用洁静空气或氮气。

8）压力试验用的压力表应经检定合格，其准确度不得低于 1.5 级，刻度满度值应为试验压力的 1.5 ~ 2.0 倍。

9）压力试验过程中，若发现泄漏现象，应泄压后再修理。修复后，应重新试验。

10）压力试验合格后，宜在管道的另一端泄压，检查管道是否堵塞，并应拆除压力试验用的临时堵头或盲板。

8. 管路的脱脂

（1）一般规定

1）需要脱脂的仪表、控制阀、管子和其他管道组成件，必须按照设计文件规定脱脂。

2）用于脱脂的有机溶剂含油量不应大于 50mg/L。各油量 50 ~ 500mg/L 的溶剂可用于粗脱脂。

3）设计文件未规定时，可按下列适用范围原则选用脱脂溶剂：

① 工业用四氯化碳，适用于黑色金属、铜和非金属件的脱脂；

② 工业用二氯乙烷，适用于金属件的脱脂；

③ 工业用三氯乙烯，适用于黑色金属和有色金属的脱脂；

④ 10% 的氢氧化钠溶液，适用于铝制品的脱脂；

⑤ 65% 的浓硝酸，适用于工作物料为浓硝酸的仪表、控制阀、管子和其他管道组成件的脱脂。

4）脱脂溶剂不得混合使用，且不得与浓酸、浓碱接触。

5）用四氯化碳、二氯乙烷和三氯乙烯脱脂时，脱脂件应干燥、无水分，否则对元件有腐蚀作用。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）接触脱脂件的工具、量具及仪器必须经脱脂合格后方可使用。

7）脱脂合格后的仪表、控制阀、管子和其他管道组成件必须封闭保存，并加标志；安装时严禁被油污染。

8）制造厂脱脂合格并封闭的仪表及附件，安装时可不再脱脂，但应进行外观检查，如发现有油迹及有机杂质时，必须重新脱脂。

9）脱脂合格后的仪表和仪表管道，在压力试验及仪表校准、试验时，必须使用不含油脂的介质。

10）脱脂溶剂必须妥善保管，脱脂后的废液应妥善处理。

11）脱脂应在室外通风处或有通风装置的室内进行。工作中应采取穿戴防护用品等安全措施。

（2）脱脂检验

1）仪表、管子、控制阀和管道组成件脱脂后，必须经检验合格。

2）符合下列规定之一的应视为检验合格：

① 用清洁干燥的白滤纸擦拭脱脂件表面，纸上应无油迹；

② 用紫外线灯照射脱脂表面，应无紫蓝荧光；

③ 用蒸汽吹洗脱脂件，将颗粒度小于1mm的数粒纯樟脑放入蒸汽冷凝液内，樟脑在冷凝液表面不停地旋转；

④ 用浓硝酸脱脂时，分析其酸中所含有机物的总量，不应超过0.03%。

自动化仪表系统及元件、装置经质量检验合格后才允许进行系统通水、通气、通电等实质试验。

八、空调系统

（1）元件的校验和试验同自动化仪。

（2）管路、线缆同自动化仪表。

（3）控制柜同自动化仪表及第十四章低压动力装置。

（4）动力装置同第十四章中低压动力装置。

需要说明的是，空调系统中有的设计采用了一些弱电元件及装置，有关弱电元件及装置的标准规范要求详见第二十四章。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第二十四章　弱电系统及装置监督管理

随着电子技术、微机技术的发展，自动控制技术越来越普及，在强电的控制系统中弱电的成分越来越多，有以弱控强的趋势。以柔制刚，以弱制强，这也是技术发展的必然。

本书所指的弱电系统包括火灾自动报警及自动消防系统、通信广播系统、电视系统、安全警务系统、楼宇自动控制系统、停车场管理系统、智能建筑及综合布线系统和计算机控制及管理系统。

弱电系统及装置离人们的生活、生产越来越近，它与工业生产、人们生活有着千丝万缕的联系。因此，弱电系统及装置的安装质量更为重要，任何人、任何时候、任何情况下都决不能忽视的。

一、总体要求

1. 总则

1）弱电系统工程质量验收应包括工程实施及质量控制、系统检测和竣工验收。

2）弱电系统工程质量验收应按“先产品，后系统；先各系统，后系统集成”的顺序进行。

3）工程的现场质量管理应符合 GB 50339—2013 的规定，包括施工图会审、施工组织设计/方案、施工技术措施/方案、施工技术及质量标准及规范、施工用检测设备、仪器仪表检定校验、质量管理制度、质量检查检验制度、现场管理制度、施工人员资格证书及技能评价制度设备元件材料检验、保管制度以及开工报告审批等。

4）火灾自动报警及消防联动系统、安全防范系统、通信网络系统的检测验收应按相关国家现行标准和国家及地方的相关法律法规执行；其他系统的检测应由省市级以上的建设行政主管部门、质量技术监督部门及消防部门、电信部门认可的专业检测机构组织实施。

2. 产品质量检查检验

1）工程所涉及的产品应包括各弱电系统中使用的材料、硬件设备、软件产品和工程中应用的各种系统接口。

2）产品质量检查应包括列入《中华人民共和国实施强制性产品认证的产品目录》或实施生产许可证和上网许可证管理的产品，未列入强制性认证产品目录或未实施生产许可证和上网许可证管理的产品应按规定程序通过产品检测后方可使用。

3）产品功能、性能等项目的检测应按相应的现行国家产品标准进行；供需双方有特殊要求的产品，可按合同规定或设计要求进行。

4）对不具备现场检测条件的产品，可要求进行工厂检测并出具检测报告。

5）硬件设备及材料的质量检查重点应包括安全性、可靠性及电磁兼容性等项目，可靠性检测可参考生产厂家出具的可靠性检测报告。

6）软件产品质量检查：

① 商业化的软件，如操作系统、数据库管理系统、应用系统软件、信息安全软件和网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

管软件等应做好使用许可证及使用范围的检查；

② 由系统承包商编制的用户应用软件、用户组态软件及接口软件等应用软件，除进行功能测试和系统测试之外，还应根据需要进行容量、可靠性、安全性、可恢复性、兼容性、自诊断等多项功能测试，并保证软件的可维护性；

③ 所有自编软件均应提供完整的文档（包括软件资料、程序结构说明、安装调试说明、使用和维护说明书等）。

7）系统接口的质量检查：

① 系统承包商应提交接口规范，接口规范应在合同签定时由合同签订机构负责审定；

② 系统承包商应根据接口规范制定接口测试方案，接口测试方案经检测机构批准后实施。系统接口测试应保证接口性能符合设计要求，实现接口规范中规定的各项功能，不发生兼容性及通信瓶颈问题，并保证系统接口的制造和安装质量。

3. 工程实施及质量控制

1）工程实施及质量控制应包括与前期工程的交接和工程实施条件准备，进场设备和材料的验收、隐蔽工程检查验收和过程检查、工程安装质量检查、系统自检和试运行等。

2）工程实施前应进行工序交接，做好与建筑结构、建筑装饰装修、建筑给水排水及采暖、建筑电气、通风与空调和电梯等分部工程的接口确认。

3）工程实施前应准备：

① 检查工程设计文件及施工图的完备性，弱电系统工程必须按已审批的施工图设计文件实施；工程中出现的设计变更，应填写设计变更审核表，并进行审批。

② 完善施工现场质量管理检查制度和施工技术措施。

4）必须按照合同技术文件和工程设计文件的要求，对设备、材料和软件进行进场验收。进场验收应有书面记录和参加人签字，并经监理工程师或建设单位验收人员签字。未经进场验收合格的设备、材料和软件不得在工程上使用和安装。经进场验收的设备和材料应按产品的技术要求妥善保管。

5）设备及材料的进场验收应填写设备材料进厂检验表并经双方验证，具体要求如下：

① 保证外观完好，产品无损伤、无瑕疵，品种、数量、产地符合要求；

② 设备和软件产品的质量检查应按 2 中的规定进行；

③ 依规定程序获得批准使用的新材料和新产品除符合本条规定外，尚应提供主管部门规定的相关证明文件；

④ 进口产品除应符合本规范规定外，尚应提供原产地证明和商检证明，配套提供的质量合格证明，检测报告及安装、使用、维护说明书等文件资料应为中文文本（或附中文译文）。

6）应做好隐蔽工程检查验收和过程检查记录，并经监理工程师签字确认；未经监理工程师签字，不得实施隐蔽作业，并应填写隐蔽工程（过程检查）验收表。

7）采用现场观察、核对施工图、抽查测试等方法，对工程设备安装质量进行检查和观感质量验收，并由监理工程师或质量监督站认可，并填写质量验收记录。

8）系统安装调试完成后，应对系统进行自检，自检时要求对检测项目逐项检测。

9）根据各系统的不同要求，应按周期对系统进行连续不中断试运行。填写试运行记录

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

并提供试运行报告。

4. 系统检测

1）系统检测时应具备的条件：

① 系统安装调试完成后，已进行了规定时间的试运行；

② 已提供了相应的技术文件和工程实施及质量控制记录。

2）建设单位应组织施工单位及其他相关人员依据合同技术文件和设计文件，以及国家标准规范规定的检测项目、检测数量和检测方法，制定系统检测方案并经相应检测机构批准实施。

3）检测机构应按系统检测方案所列检测项目进行检测。

4）系统检测不合格应限期整改，然后重新检测，直至检测合格，重新检测时抽检数量应加倍；系统检测合格，但存在不合格项，应对不合格项进行整改，直到整改合格，并应在竣工验收时提交整改结果报告。

5）检测机构应填写系统检测记录和汇总表并由监理认可。

5. 分部（子分部）工程竣工验收

1）各系统竣工验收应包括以下内容：

① 工程实施及质量控制检查；

② 系统检测合格；

③ 运行管理队伍组建完成，管理制度健全；

④ 运行管理人员已完成培训，并具备独立上岗能力；

⑤ 竣工验收文件资料完整；

⑥ 系统检测项目的抽检和复核应符合设计要求；

⑦ 观感质量验收应符合要求。

2）竣工验收发现不合格的系统或子系统时，建设单位应令相应责任单位限期整改，直到重新验收合格。

另外，线缆敷设、柜、箱、台的要求应满足照明及动力电路的相关要求。

二、火灾自动报警及自动消防系统

1. 元件的检查和测试

1）元件外观应完整无损，有产品合格证及公安部颁发的产品制造许可证和安装使用说明书，技术资料完整、数据清晰准确无误，数量规格型号符合设计要求，一般应使用设计指定厂家的产品且由厂家直接进货。

探测元件应和其底座配套，控制元件面板应整洁，元件齐全，内部电路板排列整齐，无松动，标志明显可辨。探测器的线制应与控制器的线制对应、一般情况下应使用同一厂家的配套产品。

2）试验方法一般用单点式探测器试验仪或探测器检验装置进行试验，并出具检验试验报告。没有检测试验报告的元件不得使用或安装。

2. 导线敷设

1）一律采用铜芯绝缘导线或铜芯电缆，电压等级不低于交流250V，截面积要求见表24-1。

2）管路或线槽中的导线有直流电源线、信号线、检测线等，应用不同的颜色或标号区分，以免接线时发生混乱，同时系统内同一功能的导线颜色或标号应统一。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 24-1 铜芯绝缘导线、电缆线芯的最小截面积

类　别	线芯的最小截面积/mm^2
穿管敷设的绝缘导线	1.00
线槽内敷设的绝缘导线	0.75
多芯电缆	0.50

3）导线的根数应根据系统采用的线制决定。若系统采用微处理器的区域或集中报警装置，都采用少线制，一般有两线、四线制两种，这是由报警装置决定的，无论哪个回路只穿两根或四根导线。若系统采用电子逻辑电路的区域或集中报警装置，都采用多线制，导线的根数由探测器线制与报警器的接线方式及探测器个数决定。同时穿线时应加10%的余量。

4）传输线路应采用金属管、硬质塑料管、半硬质塑料管或封闭线线槽保护。

5）消防控制、通信和报警线路，应采用穿金属管保护且暗设在非燃烧体结构内，其保护层厚度不应小于30mm。当必须明设时，应在金属管上采用防火保护措施，一般应涂防火漆。若采用绝缘或护套为非延燃性材料的电缆时，可不穿金属管，但应敷设在电缆沟内。

6）不同系统、不同电压、不同电流类别、不同防火区域的线路，不应穿于同一根管内或线槽的同一槽孔内。

7）导线或电缆在管内的总面积不应大于管内截面积的40%；槽内不应大于线槽净截面积的50%。

8）布线使用的非金属管材、线槽及附件，应采用不燃或非延燃性材料制成。

9）导线敷设后，应用500V绝缘电阻表测量每一回路中导线的绝缘电阻，阻值应大于20MΩ。

3. 探测器

1）探测器安装在梁下时，探测器的下端到顶棚面的距离，感温探测器不应大于0.3m，感烟探测器不应大于0.6m。

2）探测器应装设在离墙壁或梁边0.5m以外的地方，且周围0.5m内不应有遮挡物。

3）探测器至空调送风口边的水平距离不应小于1.5m，至多孔送风顶棚孔口的水平距离不应小于0.5m，并需靠近回风口。

4）在经常开窗的房间内，探测器宜靠近窗口。

5）当室内净高小于2.5m或房间面积在30m^2以下且无侧面上送风的集中空调设备时，感烟探测器宜设在顶棚中央偏向房出口一侧。

6）在宽度小于3m的内走廊顶板上设置探测器时应居中布置。感温探测器的安装间距应小于10m，感烟探测器应小于15m。探测器距端墙的距离不应大于探测器安装间距的一半。在转弯外宜安装一只探测器。

7）探测器宜水平安装，如必须倾斜安装时，倾斜度不应大于45°。

8）电梯井道内应在井顶设置感烟探测器，但当机房有足够大的开口，且机房内已设置探测器时，或与敞开式的走廊连通的电梯井，井顶可不设探测器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9）敞开楼梯、坡道等，可按垂直距离每隔15m设置一只感烟探测器。

10）顶棚为人字形其斜度大于15°时，应在屋脊处设置探测器，锯齿形顶棚应在每个屋脊处设探测器。

11）火焰、光电等型火灾探测器和可燃（爆）气体探测器等有特殊安装要求的探测器应按说明书或有关标准要求进行。

12）探测器的底座应固定牢固，接线必须可靠压接或焊接；当采用焊接时，不得使用腐蚀性的助焊剂。

13）探测器接线柱的标注各个厂家的产品不尽相同，一般应按下面的要求进行，见表24-2。

表24-2　探测器接线柱的标注

接线柱名称	标注符号或文字	导线颜色
电源正极	“+”或“正”	红色
电源负极（地）	“-”或“负”	黑色
信号线	“X”或“信”	黄色
检查线（输入）	“J_1”或“检入”	绿色
检查线（输出）	“J_2”或“检出”	紫色或蓝色

14）探测器的确认灯应面向便于工作人员观察的主要入口方向。

15）多线制系统探测器并联个数各厂家产品不尽相同，应按说明书要求进行。一般情况下，JW型、FJ型感温探测器每一分路可并联10只，TYL型感烟探测器可并联15只。

16）探测器可分中间型和终端型，终端型安装在分路末端，作为线路终端监控，线路故障时（断路）能发出故障信号。对于JW型，4.7kΩ终端电阻应并联在（-）和（X）之间，FJ型51kΩ终端电阻则并联在（J）和（X）间。

17）JW型在高温车间或特殊环境下安装，应装设防水盒。

18）探测器从干线上引线安装时，一般采用T形接线方法。应先在接点上涂无腐蚀焊药，用电烙铁搪锡，焊接后包扎绝缘布，或者用在接线盒内接线端子上过渡的形式。

19）手动报警按钮应安装在便于操作的墙上，标高1.5m，并有明显的标志，以免误操作。一般将按钮四周墙上刷红油漆，直径为300mm，并用白漆写上“火警按钮”。

20）探测器在没有装到底座上之前应妥善保管，并采取防尘、防潮、防腐蚀措施。存放时应与底座对应，以免安装时混乱。

4. 区域报警控制器

区域报警控制器的安装方式分暗装、明装两种。暗装同照明配电箱、标高1.5m；明装有三种方式，其中，台式安装在柜子上，壁挂式安装标高1.5m，落地式安装应高出地面0.1～0.2m，同配电柜。明装时，其端子箱是暗装的，方法同照明箱。区域报警器的电源是由系统中消防电源供给的，严禁用电源插头，通常由集中报警器或消防中心引入，同时在该处应设置UPS，UPS的容量由报警装置的容量选择。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5. 引入控制器的电缆或导线接线的总体要求

1）配线整齐、避免交叉，并应固定牢固；

2）电缆芯线和所配导线的端部均应标明编号，字迹清晰不易褪色并与图样一致；

3）端子板的每个接线端子上接线不得超过两根；

4）电缆线芯和导线应留有不小于200mm的余量；

5）导线应绑扎成束；

6）导线引入控制器后，应将进线管处封堵。

6. 集中报警控制器

集中报警器根据防灾系统功能的不同分两种安装方式：一种是和消防控制设备一同安装在消防控制室（消防中心）内；另一种则是单独安装在火灾监控室内，只作为报警装置。

一般火灾监控室内集中报警器的安装是根据集中报警器的形式不同而不同的，一般有操作台式、墙挂式和落地式，安装监控同低压控制柜和区域报警器，接线见消防控制室控制设备的安装。

7. 消防控制室控制设备

1）室内所有管路、电缆沟、基础槽钢、接地引线及室内照明、保安装置、火灾探测器等管盒都已在配合土建中预埋。

2）消防用电设备的配电线路应采用穿金属管保护，暗设时应敷设在非燃烧体结构内，保护层厚度不小于50mm；明设时必须在金属管上采取防火保护措施，一般用石棉绳缠绕并涂防火漆，也可采用防火电缆。

3）管路长时要把接线盒设在不易燃烧的部位或者加大管径不设接线盒；采用绝缘、护套为非延燃性材料的电缆时，应将其敷设在电缆井内；配电箱柜、控制箱柜应采用耐火型或耐热型；导线或电缆的截面积要放宽1～2个等级；导线或电缆应选择铜质材料。

4）从配电箱到设备应采用放射式配电，每个回路的保护要分设，不得互相影响；配电保护不装漏电保护，一般可设单相接地报警装置；消防电源应为两个独立的电源，应自动切换，一般用UPS作为第二电源，且电源应有明显的标志。电源回路应采用耐火配线，指示灯、报警装置、控制回路要采用耐热配线。

5）接线正确无误，接线完成后应由另外技术人员检查确认，并有详尽记录。

8. 系统调试及试验

1）查线及设备元件的检查；

2）电源系统的检查；

3）探测器、区域报警器、集中报警器检查及试验；

4）消防设备的检查及试验；

5）操作柜及系统的检查试验；

6）消防及广播系统的检查和试验；

7）系统接地的检查及测试。

上述检查和试验应详细记录，并有责任人签字。

9. 质量标准及检验试验评定等级

火灾自动报警及自动消防系统质量标准及检验试评定等级见表24-3和表24-4。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 24-3　建设工程消防观感质量评定技术要求和质量评定表（部分）

序号	项目	分项内容	重要度	主要技术要求	标准分	评定等级				
						一 100%	二 90%	三 80%	四 70%	五 0
1	火灾自动报警系统	火灾探测器	Ⅰ	探测器选型及安装位置应正确、选型及灵敏度与环境场所应相适应，保护面积计算正确，探测器质量可靠	2		✓			
2		区域报警控制器	Ⅰ	控制器的选型及安装位置正确，在墙上安装时，其底边距地（楼）面高度不应小于1.5m，安装牢固，不得倾斜，引入控制器的电缆或导线配线应整齐，绑扎成束，控制器各种功能应符合要求，正确可靠	2		✓			
3		集中报警控制器	Ⅰ	控制器的选型及安装位置正确，距地（楼）面高度不应小于1.5m，安装牢固，不得倾斜，控制器端子箱布线整齐美观，端子板焊接牢固，接线标志明显，控制器各种功能应符合要求，正确可靠	3	✓				
4		手动报警按钮	Ⅱ	安装位置正确并有防护措施，距地（楼）面1.5m高，接线牢固并有不小于10cm的余量，接线端部有明确的标志，在控制器和消防控制室应有特殊明确标志	1		✓			
5		楼层显示、警报器、警铃	Ⅱ	显示器安装位置正确，显示明显，观察方便，警报器、警铃、音响洪亮，报警逻辑关系正确	1		✓			
6		线路、管材、敷设	Ⅱ	导线管材选型正确，布线合理，导线分线标志明显，符合规范要求，吊装线槽的吊杆直径不应小于6mm，导线接头应在接线盒内焊接，在管内不应有接头或扭结	1		✓			
7		报警控制器、消防控制设备接地	Ⅱ	有专用接地线，接地点正确可靠，接地电阻符合规范要求	1	✓				
8		报警控制器主、备电源	Ⅰ	控制器主、备电供电可靠，主电源引入线应直接与消防电源连接，严禁使用电源插头，主电源应有明显标志	1	✓				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	项目	分项内容	重要度	主要技术要求	标准分	评定等级				
						一 100%	二 90%	三 80%	四 70%	五 0
9	火灾自动报警系统	水灭火控制柜	I	设备选型及安装位置正确，安装牢固，不得倾斜，控制功能齐全，信号明显，符合设计要求	3		✓			
10		消防中心联动控制装置	I	设备联动各种控制功能齐全，各种控制信号正确，符合规范和设计要求，安装牢固，放置位置合理	5		✓			
11		自动报警测试	I	用加烟、加温测试器做试验，可靠性应达100%	4	✓				

表 24-4　火灾自动报警（控制）系统内部验收细目表

序号	项目名称	抽样比例及数量
1	布线	每层楼抽查一处
2	火灾探测器	抽查10%但不少于10只（不同类型的探测器分别按比例抽查）
3	手动火灾报警按钮	抽查10%但不少于10只
4	区域报警控制器	抽查50%但不少于5只
5	区域报警显示器	抽查50%但不少于5只
6	报警阀	抽查50%但不少于5只
7	喷头	抽查10%但不少于10只
8	水流指示器、末端试水装置	抽查50%但不少于5只
9	室内消火栓箱	抽查20%但不少于10只
10	消火栓按钮	抽查20%但不少于10只
11	灭火剂贮存容器	抽查20%但不少于10只
12	防火卷帘、防火门	抽查50%但不少于5只
13	送风口	每防火分区抽查一处
14	排烟口	每防火分区抽查一处
15	防排烟风机	抽查20%但不少于5只
16	防火阀	抽查20%但不少于5只
17	火灾事故广播	每层楼抽查一处
18	电话插孔	抽查10%但不少于10只
19	火灾报警装置	抽查20%但不少于5只
20	非消防电源切断	抽查50%但不少于5只
21	应急照明、疏散指示	抽查20%但不少于5只

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

三、通信广播系统

1. 通信系统

（1）元件的检查、测试及试验

1）所有工程上使用的设备、元件、材料应有生产厂商制造许可证，产品合格证，使用说明书或试验报告等技术文件。

2）电缆、电话线应用万用表测量其通断情况，并用高阻挡测量线芯间的电阻、一般应大于500MΩ。通常不使用绝缘电阻测试仪测量其绝缘电阻，因为电话系统用的电缆、电线耐压较小，因此可用万用表高阻挡来测量。

3）话机、声响设备应实测功能是否齐全。

4）箱盒等元件应实测其接点的可靠性、紧密性。

5）线路设施应按架空线路的要求对材料、元件、设备进行检测。

6）光缆应用光缆测试仪进行检测。

（2）管内穿线

同照明电路。但应注意以下几点：

1）检查管、盒预埋的质量及数量，否则应修补；高层建筑中应将通信广播系统的管或电缆设在弱电竖井内。

2）电话线一般使用RVB聚氯乙烯绝缘平行软铜线或RVS聚氯乙烯绝缘铜绞软线，管径一般不超过25mm，电话线的对数一般不超过5对，ϕ15mm管宜穿2对线；ϕ20mm管宜穿4对线；硬塑料管ϕ15mm可穿3对线，ϕ20mm可穿5对线。ϕ25mm可穿7对线，超出部分应另设管路。电话线强度较小，用力应适中，防止断线，电话线不得有接头，距离较长者应在接线盒（箱）内进行接头连接。

3）高层建筑、层数较多的住宅一般应使用通信电缆，通信电缆的标称对数应与建筑物或某一单元最多装机台数相适应。

导线及电缆在板下的敷设应成束整齐排列。

地板应稳固可靠，上面刷地板漆两道，所有开孔应整齐，大小与设备、电缆、导线对应。

（3）机房设备

主机、服务台、配线架、交流柜、直流柜、蓄电机架以及诊断台、打印机等都应安装在槽钢底座上，方法及要求同动力电路中柜体的安装，配线架制作同加工制作配线架的绝缘电阻应大于10MΩ。

引入主机的电话局外线应装设避雷器。

设备的安装要做好接地，直流电源接地，设备机壳接地与屏蔽接地、入户通信电缆的金属护套接地或其屏蔽层接地、避雷器接地等，通常应采用一点接地方式。机房土建要求见表24-5。

设有无线寻呼系统的无线塔防雷接地应符合要求，接地电阻应小于0.5Ω。

（4）电话线路的明设

干燥洁净的建筑物内或旧建筑物有时采用明敷线路的形式且将电缆或电话终端的平行导线直接敷设在墙上。一般可用线槽敷设或明设。布线要求横平竖直、转角全部为直角；导线或电缆穿越墙或楼板时应设保护管，竖直的电缆不宜放在走廊；不在墙角处的电缆应用钢管保护，要求同照明电路。

用户线宜用白色平行线，尼龙卡子间距600mm。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 24-5 程控电话交换机机房的土建工艺要求

机房名称	主机室	话务配线室	蓄电池室（铅酸电池）
楼层净高/m	2.8	2.8	2.8
楼板荷重（均匀）/（kg/m²）	450～500	450～500	600
地板	水磨石地板、木地板或水泥地面铺地漆布		耐酸瓷砖
墙壁	内墙涂料		白色耐酸漆 2m 以下贴耐酸瓷砖
天花板	白色内墙涂料		白色耐酸漆
门	严密防尘，门高 2.1m、宽 1.5m	严密防尘	良好防尘涂耐酸漆
窗	双层窗、严密防尘	双层窗 良好防尘	双层窗，外层窗装磨砂玻璃
环境温度/℃	15～30		10 以上
相对湿度/%	35～65		
其他	有条件应设置空调装置		应设通风排气装置

注：计算机机房土建要求可按本表执行。

电缆的线芯对数应与通话对数对应，一般宜用白色护套电缆。电缆应用专用 Ω 形尼龙卡子在墙角上固定，间距为 600～1000mm。

厂区、市区线路敷设见“2. 广播音响系统”。

（5）测试及通话试验

1）查线：主要是接线的正确可靠与否及编号是否正确统一，是否排列规则有序。

查线中要检查端子及导线或电缆线芯的绝缘电阻，检查率为 100%，有一点不合格者必须全部检查。

2）设备及话机的测试及检查一般应按厂家提供的安装使用说明书进行。

3）电源柜、直流柜、蓄电池等应按第十四章动力电路相应内容并对照系统设计要求进行。

4）防雷接地电阻、保护接地电阻的检查和测试，结果应符合要求。

5）通话试验：

一般用外接移动有源电话从端子箱与该端子箱所接的电话用户通话，主要验证接线是否正确、线号是否对应、声音效果如何，必要时应用电平表测试用户电平。市内（经电话局）用户电话间的衰减限制为 24.3dB，建筑物内总机至分机间衰减限制为 4.8dB。

（6）通信系统质量测试要求见表 24-6～表 24-10。

表 24-6 接通率测试要求

项　目	方法和要求	指　标
局内模拟呼叫器大话务量测试	1. 在 MDF 上至少接 60 个主叫、60 个被叫用户到模拟呼叫器上 2. 将用户集中到数个用户级，使其在接近满负荷的情况下运行 3. 在连续呼叫 48h 的情况下，观察 20 对主被叫用户，分批取出 2 万次呼叫的运行记录，和模拟呼叫器总呼叫次数相互核对	99.96%
局内人工拨号测试	1. 在 MDF 上至少接 10 个主叫、10 个被叫用户话机 2. 分组同时拨打，累计达到 5000 次	辅助测试手段不作指标考核
局向人工拨号测试	每个直达局向出、入局呼叫各 200 次	98%（参考指标）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 24-7　性能测试要求

项　　目	方法和要求	指　　标
本局呼叫	内容有：正常通话、摘机不拨号和位间超时、拨号中途放弃、久叫不应、被叫忙用户电路缩定、被叫空千群和空号及链路忙等（每项抽测 3 ~ 5 次）	良好
出、入局呼叫	对每个直达局向的中继作 100% 呼叫测试	良好
释放控制	互不控制、主叫控制和被叫控制	良好
用户交换机	连选性能、夜间服务、应答反极性能	良好
用户新业务	缩位拨号、热线、限制呼出、叫醒业务、免打扰服务、转移呼叫、呼叫等待、三方通话、遇忙回叫、空号服务、虚拟小交换机等新业务的登记接通和撤销	良好
计费差错率	1. 用模拟呼叫器接 60 对用户进行 10 万次接通呼叫，检查软表计次增值与接通次数是否相等 2. 将 10 个话机和硬表接到有硬表性能的用户电路上，并登记话务观察，在费率为 12 次/s 的条件下，通话 48h，核对硬表、软表和话务观察信息应一致（可结合长时间通话测试进行） 3. 检查各种费率时间是否准确，免费用户应不计费	10 ~ 4
特种业务和代答业务	1. 对特服中继作 100% 的呼叫测试，尤其要注意 119、110 特服中继的性能测试 2. 对代答录音通知接口作测试检查	良好
非话业务	1. 在用户电路上，插入用户传真机进行文字和图片传真 2. 在用户电路上插入调制解调器，传送速率为 300 ~ 2400bit/s 的数据，检查接受结果和误码率 3. 具有 N-ISDN 功能的交换机，则应试验 N-ISDN 有关功能 4. 在接通这类业务中，应不为其他呼叫插入和中断	良好

表 24-8　市话中继测试要求

项　　目	方法和要求	指　　标
位间超时、拨号中弃、中继忙、被叫应答、一方先挂释放、呼叫空号	1. 用话机呼叫测试每个局向的直达中继； 2. 由发端局经汇接局呼叫终端局，测试每个局向的汇接中继（包括来话和去话汇接）； 3. 每项抽测 3 ~ 5 次	良好

表 24-9　长话市话中继测试要求

项　　目	方法和要求
全自动呼叫、正常通话、被叫挂机再应答、被叫忙、久叫不应、长途示忙、空号呼叫	1. 程控市话局至长话局间连通，进行自环测试； 2. 每项抽测 3 ~ 5 次

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 24-10 通信网络工程质量检测项目表

序号	检测验收检查	序号	检测验收检查
1	安装验收检查	4	系统检测
1）	机房环境要求	1）	系统功能
2）	设备器材进场检验	2）	中继电路测试
3）	设备机柜加固安装检查	3）	用户连通性能测试
4）	设备模块配置检查	4）	基本业务与可选业务
5）	设备间及机架配置检查	5）	冗余设备切换
6）	电源及电力线布放检查	6）	路由选择
7）	设备至各类配线设备间缆线布放	7）	信号与接口
8）	缆线导通检查	8）	过负荷测试
9）	各种标签检查	9）	计费功能
10）	接地电阻值检查	5	系统维护管理
11）	接地引入线及接地装置检查	1）	软件版本符合合同规定
12）	机房内防火措施	2）	人机命令核实
13）	机房内安全措施	3）	告警系统
2	通电测试前硬件检查	4）	故障诊断
1）	按施工图设计要求检查设备安装情况	5）	数据生成
2）	设备接地良好，检测接地电阻值	6	网路支撑
3）	供电电源电压及极性符合要求	1）	网管功能
3	硬件测试	2）	同步功能
1）	设备供电正常	7	模拟测试
2）	告警指示工作正常	1）	呼叫接通率
3）	硬件通电无故障	2）	计费准确率

2. 广播音响系统

广播音响系统中，元件的检查测试及试验、线路敷设、管内穿线、设备安装的要求基本与通信系统基本相同。这里讲一下不同点。

（1）扬声器的检查测试

1）外观无破损断线、纸盒或金属薄膜盒完好，磁铁磁力充足，铭牌完整，字迹清晰。

2）用直流电桥或数字万用表测试音圈的直流电阻，应与铭牌相符。

3）可将扬声器接在音频电路里（收音机或录音机）使其工作，声音应柔和悦耳无沙哑且音量可调。无条件可用一号电池点接音圈，应“嘎、嘎”作响。

（2）常见扩音机

1）使用或操作前应仔细阅读使用说明书，熟悉操作规程及操作元件（键、钮等）。

2）机壳应可靠接地，接地电阻≤1Ω。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）机器应通风避热，保持清洁，有条件的机房应设置窗式空调机。

4）开机时应先接通低压电源，1min 预热后再将高压接通，然后再选择工作方式；停机时与此相反，先关高压，后关低压。

5）开机前应检查输送线、扬声器、线间变压器的接线是否正确可靠，包括监听扬声器。

6）播音时，应使传声器（话筒）及传声器线远离电源部分，避免交流声。如发生啸叫，可先关小声音，再更换传声器位置。

7）音量旋转应缓慢操作，操作时应观察屏流表和输出指示。

8）唱盘、录音带应保持清洁，磁头应用纯酒精和镜头纸擦洗，老式产品唱针应经常更换。晶体唱头严禁振动。

9）室外天线引入时必须加装避雷器。

10）调节某回路时（如话筒、拾音器）应将该路音量控制器调到零点；选择电台时，应将音量调小。

11）有电源调压器的机器，开机时应将电压逐渐升到定值，关机时应将调压器调到零位。

12）有交流电压表、电流表、输出电压表的机器在使用时，要随时注意读数是否正常，要随时监视输出是否正常。

（3）通信广播系统室外线路及光缆

1）在厂区常将电话广播线路与电力线路同杆架设　一般都将其放在低压线路的下面，横担间距 1.20m。也有单独立杆架设的。

① 采用的导线一般为镀锌铁线或镀铜铁线，若采用电缆则为通信电缆。

② 从杆上引入用户时，一般在杆上安装防雨型接线箱，入户线应为双芯并股绝缘线。

③ 架空电缆线路的分支均采用专用塑料护套或铅护套，线芯连接一律采用焊接，铅封或塑料带包扎必须严密，见图 24-1 所示。

④ 扬声器在杆上的安装一般用抱箍固定支架，再装扬声器及防雨型的线间变压器。

图 24-1　架空通信电缆分支平面示意图

2）采用电缆地下埋设的方法　其要求及敷设方法与电力电缆相同，但与市内电话管道有接口要求或线路重要有较高技术要求时通常采用管道电缆。

管道电缆一般采用混凝土多孔管块，或采用石棉水泥管。多孔管上皮距地 0.7m，管周围用 80mm 厚混凝土保护。石棉水泥管周围用 10mm 厚混凝土保护，每段长不大于 150m，埋深 0.8～1.2m。与地下设施的间距见表 24-11。

表 24-11　电话电缆管道或直埋电话电缆与地下设施的间距

靠近设施名称	平行净距/m		交叉净距/m	
	电缆管道	直埋电缆	电缆管道	直埋电缆
75～100mm 给水管	0.5	0.5	0.15	0.5
200～400mm 给水管	1.0	1.0		
400mm 以上给水管	1.5	1.5		
排水管	1.0	1.0	0.15	0.5
热水管			0.25	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

靠近设施名称	平行净距/m		交叉净距/m	
	电缆管道	直埋电缆	电缆管道	直埋电缆
压力为≤0.3MPa（3kg/cm²）的煤气管	1.0			
压力为>0.3MPa（3kg/cm²）的煤气管	0.2	1.0	0.15	0.5
压力为≤0.8MPa（8kg/cm²）的煤气管	0.2			
35kV 以下电力电缆	0.5	0.5	0.5	0.5
建筑物的散水边缘		0.5		
建筑物的基础	1.5	1.5		

3）光缆　光缆的敷设与测试总体要求　光缆在城市内一般敷设在建造好的专门沟道或管道中，在管道中敷设时可采用润滑材料以减少摩擦力，在沟道中敷设时需在沟井口采用易弯钢管保护；在野外通常将带有铠装外护套的光缆直接埋于1～2m深的土壤中；在特殊条件下，可将光缆吊挂在电线杆或建筑物墙上。光缆敷设时，应尽可能减少光缆的弯曲和扭转。

光缆敷设中的关键是光纤光缆的接续。

光缆开剥护套、接续必须使用专用工具，主要有：

① 开启式Ⅰ型光缆接头盒；

② 半开启式接头盒；

③ ST 连接器；

④ ST Ⅱ型光纤连接器；

⑤ ATC 卷曲工具；

⑥ 光缆连接磨光机；

⑦ 光纤连接装置（LIU）；

⑧ 耦合器；

⑨ 585 剥线器；

⑩ 高频电缆插头等。

4）光缆的敷设

① 总体要求：

a. 电缆的弯曲半径应大于电缆直径的1.5倍；

b. 电源线宜与信号线、控制线分开敷设；

c. 室外设备连接电缆时，宜从设备的下部进线；

d. 电缆长度应逐盘核对，并根据设计图上各段线路的长度来选配电缆。宜避免电缆的接续；当电缆接续时应采用专用接插件。

② 架设架空电缆时，宜将电缆吊线固定在电杆上，再用电缆挂钩把电缆卡挂在吊线上；挂钩的间距宜为0.5～0.6m。根据气候条件，每一杆挡应留出余兜。

③ 墙壁电缆的敷设，沿室外墙面宜采用吊挂方式；室内墙面宜采用卡子方式。

墙壁电缆当沿墙角转弯时，应在墙角处设转角墙担。电缆卡子的间距在水平路径上宜为0.6m；在垂直路径上宜为1m。

④ 直埋电缆的埋深不得小于0.8m，并应埋在冻土层以下；紧靠电缆处应用沙或细土覆

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

盖，其厚度应大于0.1m，且上压一层砖石保护。通过交通要道时，应穿钢管保护。电缆应采用具有铠装的直埋电缆，不得用非直埋式电缆作直接埋地敷设。转弯地段的电缆，地面上应有电缆标志。

⑤ 敷设管道电缆，应符合下列要求：

a. 敷设管道线之前应先清刷管孔；

b. 管孔内预设一根镀锌铁线；

c. 穿放电缆时宜涂抹黄油或滑石粉；

d. 管口与电缆间应衬垫铅皮，铅皮应包在管口上；

e. 进入管孔的电缆应保持平直，并应采取防潮、防腐蚀、防鼠等处理措施。

⑥ 管道电缆或直埋电缆在引出地面时，均应采用钢管保护。钢管伸出地面不宜小于2.5m；埋入地下宜为0.3～0.5m。

⑦ 光缆的敷设应符合下列规定：

a. 敷设光缆前，应对光纤进行检查；光纤应无断点，其衰耗值应符合设计要求。

b. 核对光缆的长度，并应根据施工图的敷设长度来选配光缆。配盘时应使接头避开河沟、交通要道和其他障碍物；架空光缆的接头应设在杆旁1m以内。

c. 敷设光缆时，其弯曲半径不应小于光缆外径的20倍。光缆的牵引端头应作好技术处理；可采用牵引力自动控制性能的牵引机进行牵引。牵引力应加于加强芯上，其牵引力不应超过150N；牵引速度宜为10m/min；一次牵引的直线长度不宜超过1km。

d. 光缆接头的预留长度不应小于8m。

e. 光缆敷设完毕，应检查光纤有无损伤，并对光缆敷设损耗进行抽测。确认没有损伤时，再进行接续。

⑧ 架空光缆应在杆下设置伸缩余兜，其数量应根据所在冰凌负荷区级别确定，对重负荷区宜每杆设一个；中负荷区2～3根杆宜设一个；轻负荷区可不设，但中间不得绷紧。光缆余兜的宽度宜为1.52～2m；深度宜为0.2～0.25m，见图24-2。

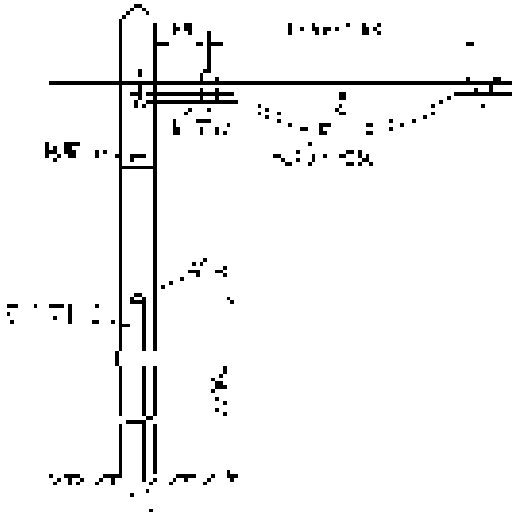


图24-2　光缆的余兜及引上线钢管保护

光缆架设完毕，应将余缆端头用塑料胶带包扎，盘成圈置于光缆预留盒中；预留盒应固定在杆上。地下光缆引上电杆，必须采用钢管保护见图24-2。

⑨ 在桥上敷设光缆时，宜采用牵引机终点牵引和中间人工辅助牵引。光缆在电缆槽内敷设不应过紧；当遇桥身伸缩接口处时应作3～5个“S”弯，并每处宜预留0.5m。当穿越铁路桥面时，应外加金属管保护。光缆经垂直走道时，应固定在支持物上。

⑩ 管道光缆敷设时，无接头的光缆在直道上敷设应由人工逐个入孔同步牵引。预先作好接头的光缆，其接头部分不得在管道内穿行；光缆端头应用塑料胶带包好，并盘成圈放置在托架高处。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

⑪ 光缆的接续应由受过专门训练的人员操作，接续时应采用光功率计或其他仪器进行监视，使接续损耗达到最小；接续后应做好接续保护，并安装好光缆接头护套。

⑫ 光缆敷设后，宜测量通道的总损耗，并用光时域反射计观察光纤通道全程波导衰减特性曲线。

⑬ 在光缆的接续点和终端应作永久性标志。

⑭ 传输部分的防雷、安全和接地：

a. 架空电缆吊线的两端和架空电缆线路中的金属管道均应接地，每隔200m处均应将钢缆接地。

b. 电缆进入建筑物的地方应将同轴电缆的外层屏蔽和钢缆作接地处理。

c. 电缆跨越公路、铁路、河流时，在一端应将钢缆和电缆外屏蔽层作接地处理。

d. 空旷地区的架空电缆与1kV以上的电力线交越时，电杆两侧应设置接地。

e. 郊区旷野架空电缆直接引入建筑物内时，在入口处应加装高频避雷器，并有良好的接地。

⑮ 光电缆入户的方式，一般采用钢丝绳悬挂式，引入及悬挂不得使光缆受力，弯曲符合要求。

5）测试及广播试验

基本与通信系统相同。

四、有线电视系统

1. 元件的检查与测试

1）元件外观应完整无损，有产品合格证及制造厂商的产品制造许可证复印件、安装使用说明书，资料完整、铭牌齐全、数据清晰准确，数量、型号规格符合图样要求。

2）国内几个专业厂家和国外同类产品出厂时均已调好，有的已封漆，一般可不必测试，但是为了系统调试的方便，通常要进行元件性能的测试。

3）元件代换一定要用原型号规格的产品，否则得重新计算。为了保证系统信号的统一及正常使用，系统中所有的元件、设备、电缆及其他附件应选购同一厂家的产品。

4）有关元件的测试及仪表仪器应符合标准要求，仪表仪器应按周期校验或检定，其误差应符合标准的规定。

2. 线路敷设

（1）管路暗设

采用暗管暗线时穿线方法同照明电路，所不同的是采用同轴电缆，有关技术数据见表24-12。

表24-12 部分同轴电缆技术数据

型　　号	特性阻抗/Ω	衰减常数/（dB/100m）			电缆外径/mm
		45MHz	100MHz	300MHz	
SYV-75-5-1	75	8.2	11.3	20	7.3
SYV-75-9	75	4.8	7	13	13
SDV-75-5-4	75	6	9	16	7
SDV-75-7-4	75	3.7	6.1	12	10

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）沿建筑物明设

一般旧建筑物加装 CATV 系统时，可采用同轴电缆沿建筑物墙体明设的方法，同电话电路明设，通常用 Ω 形卡钉固定。

（3）架空敷设

建筑群中大型的电缆电视系统，传输电缆可架空敷设，架设方法同电力电缆，根据电缆线径大小可采用钢索、钢绞线或镀锌铁线架设。建筑物间距较小时（不足以立杆时）可在建筑物上预埋铁件或挂环，直接用钢索、钢绞线或镀锌铁线架设，方法同电力电缆。但钢索、钢绞线或铁线应可靠接地。

架空架设时杆长、杆距见表 24-13。

表 24-13　不同电缆线种的杆长、杆距

电缆线种	杆长/m	两杆的距离/m				
		25	30	35	40	50
干线 SYV-75-9	5～6 6.5～7.5	9 9	10 10	10 11	11 11	12 12
干线 SYV-75-7	5～6 6.5～7.5	9 9	9 9	10 10	10 10	11 11
分配线 SYV-75-5	5～6 6.5～7.5	8 8	8 9	9 9	9 10	10 11
分配线 SYV-75-5	5～6 6.5～7.5	7 7	7 7	8 8	8 8	9 9
	5～6 6.5～7.5	8 9	9 9	10 10	11 11	

（4）地下埋设

电缆电视系统的传输电缆可与电话广播系统一样埋设在地下，可采用钢管、多孔混凝土管、石棉水泥管或直埋的方式，埋深及要求见表 24-14。一般情况下，每隔 100m 应有一个检查井，并有明显的方向标志。

表 24-14　电缆的埋设深度

埋设场所	埋设深度/mm	要　　求
交通频繁的地段	1200	安装在电缆沟内
交通量少的地段	600	
人　行　道	600	穿透硬乙烯管
无垂直负荷地段	600	直　　埋

3. 天线装置

（1）天线的位置应经实测实量信号分贝来确定，一般应大于 120dB。

选择位置时，还应考虑以下因素：天线的基座应离开屋顶边缘 3m 以上；尽量避开公路、铁路、大型金属物体、电火花源；远离电力线路、电梯机房等有电、磁干扰的场所。同时要考虑天线的拉线地锚位置的设置。单独架设的天线相对电视台方向左右的间距不宜小于 5m。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）天线应有良好的接地，接地电阻应≤1Ω。

（3）天线的基础，包括卫星天线的基础，必须坚固，并在施工时现场监督。

4. 前端箱监控要点

1）前端箱应设置于干燥，防水（雨）、防尘、无振动、无干扰的便于维修测试的场所，应尽可能地靠近天线，一般不应超过15m。当场强较弱时天线放大器应尽量装在天线杆上，与天线保持不大于3m的距离。

2）前端箱应置于动力线路（大电流线路）2～3m以外的地方。标高1.4m以上，必须上锁，壳体可靠接地。

3）电源应由系统单独供电，一般不应与其他回路混装，熔丝额定值不大于2A。

4）安装好后应将电源接通，测试各频道、各元件输出端的电平，应与系统设计相符。一般应在90dB左右，否则系统不正常，应查明原因。

机房的安装，从地板、设备基础及设备的安装基本与电话机房相同，其隔音系统由土建配合完成。其灯光照明系统安装同照明电路。

5. 分配系统

（1）线路放大器（干线放大器）及延长放大器的安装

线路放大器、干线放大器、延长放大器是根据设计在传输电视信号途中设置的中继放大器，在建筑物中可明设或暗装，在架空线路上常装设在杆上并采用防水型的。

暗装时应预埋箱或盒的外壳，安装同前端箱，这里要注意电源的连接，有的是自带电源，这样需要将220V电源引入箱内；有的则是利用前端箱内的稳压电源，这样则需要在管内敷设屏蔽电源电缆，或用同轴电缆传送直流电，引入箱内。

明装时应使用膨胀螺栓固定，要求同前端箱。

（2）分配器与分支器的安装

安装方法同前端箱，有明设、暗设两种，要求同上。

上述放大器、分支器、分配器安装接线时要注意，由天线侧引来的电缆应插入元件的输入端，引至分支器或用户盒的电缆应插入元件的输出端，空端应接75Ω的电阻，电阻应并联在插孔的中心柱与外圈上。

（3）用户终端盒的安装

用户终端盒也分明装、暗装两种，一般应与220V电源插座相隔。

6. 系统调试

1）由至少两人按照天线—前端—分支—用户的顺序逐个检查各个部件、电缆型号及安装是否符合设计要求，对各个插孔插头应严格检查是否插接正确，有无松动或接触不良。对系统中受拉部件如拉线、电缆钢索、杆、基础等部件详细检查有无不妥。凡不合格者应及时修复，并验收合格。

2）准备测试仪器，熟悉使用方法并验证其准确性，对示值有怀疑或超周期的仪器应送计量测试部门进行检定修理。

3）系统调试应以实际收视效果为准。一般条件下，系统的分贝值如下：

① 前端设备（90±3）dB；

② 放大器105～110dB；

③ 天线100～110dB；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

④ 分配器 90 ~ 95dB；

⑤ 用户 57 ~ 83dB，一般应保持在 70dB。

7. 有线电视系统测试项目及质量检查要点见表 24-15 ~ 表 24-18。

表 24-15　客观测试项目

项　　目	必须类别	备　　注
图像和调频载波电平	A、B、C、D	所有频道，并可协商扩大测试点数目
载噪比	A、B、C	所有频道
载波互调比	A、B、C	每个波段至少测一个频道①
交扰调制比	A、B	每个波段测一个频道②
载波交流声比	A、B	测一次
频道内频响	A	
色/亮度时延差	A	
微分增益	A	
微分相位	A	

① 对于不测的每个频道也应检查有无互调产物。

② 在多频道工作时，允许折算到两个频道来测量，折算方法按各频道不同步的情况考虑。

表 24-16　施工质量检查要点

检查项目		检查要点
接收天线	天线	1. 振子排列、安装方向正确 2. 各固定部位牢固 3. 各间距合乎要求
	天线放大器	1. 牢固安装在竖杆（架）上 2. 防水措施有效
	馈线	1. 穿金属管保护安装 2. 电缆与各部件的接点正确、牢固、防水
	竖杆（架）及拉线	1. 强度够 2. 拉线方向正确，拉力均匀
避雷针及接地		1. 避雷针安装高度合适 2. 接地线合乎施工要求 3. 各部位电气连接良好 4. 接地电阻≤4Ω
前端		1. 设备及部件安装地点恰当 2. 连接正确、美观、整齐 3. 进、出电缆符合设计要求，有标记
传输设备		1. 按设计安装 2. 各连接点正确、牢固、防水 3. 空余端正确处理，外壳接地
用户设备		1. 布线整齐、美观、牢固 2. 输出口用户盒安装位置正确、安装平整 3. 用户接地盒、避雷器按要求安装

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

检查项目	检查要点
电缆及接插件	1. 电缆走向、布线和敷设合理、美观 2. 电缆弯曲、扭转、盘接不过分 3. 电缆离地高度及与其他管线间距离要求合适 4. 架设、敷设的安装构件选用合适 5. 接插部件牢固、防水、防蚀
供电器、电源线	符合设计要求、施工要求

表 24-17　图像质量五级损伤标准

图像质量损伤的主观评价	等级	图像质量损伤的主观评价	等级
不觉察有损伤	5	很讨厌	2
可觉察，但不讨厌	4	不能观看	1
有些讨厌	3		

表 24-18　主观评价项目

项　　目	损伤的主观评价现象
载噪比	噪波，即“雪花干扰”
交扰调制比	图像中移动的垂直或倾斜图案，即“串台”
载波互调比	图像中垂直、倾斜纹或水平条纹，即“网纹”
载波交流声比	图像中上下移动的水平条纹，即“滚道”
回波值	图像中沿水平方向分布在右边一条或多条轮廓线，即“重影”
色/亮度时延差	色、光信号没有对齐，即“彩色鬼影”
伴音和调频广播的声音	背景噪声，如咝咝声、哼声、蜂声和串音等

五、防盗保安系统

1. 设备元件（及配套工程）的检查、测试和试验

（1）设备及器材的进场验收

除按本章一、2“产品质量检查检验”的规定执行外，还应符合下列要求：

1）安全技术防范产品必须经过国家或行业授权的认证机构（或检测机构）认证（检测）合格，并取得相应的认证证书（或检测报告）；

2）产品质量检查应按 GB 50339—2013 的规定执行。

（2）安全防范系统线缆敷设、设备安装前，建筑工程应具备的条件

1）预埋管、预留件、桥架等的安装符合设计要求；

2）机房、弱电竖井的施工已结束，并应质量合格。

（3）安全防范系统的电缆桥架、电缆沟、电缆竖井、电线导管的施工及线缆敷设

应符合《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303—2011 相应内容的要求。如有特殊要求应以设计施工图的要求为准。

（4）安全防范系统施工质量检查和观感质量的验收。

1）对电（光）缆敷设与布线应检验管线的防水、防潮，电缆排列位置，布放、绑扎质量，桥架的架设质量，缆线在桥架内的安装质量，焊接及插接头安装质量和接线盒接线质

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

量等；

2）对接地线应检验接地材料、接地线焊接质量、接地电阻等；

3）对系统的各类探测器、摄像机、云台、防护罩、控制器、辅助电源、电锁、对讲设备等的安装部位、安装质量和观感质量等进行检验；

4）同轴电缆的敷设、摄像机、机架、监视器等的安装质量检验应符合《民用闭路监视电视系统工程技术规范》GB 50198—2011 的有关规定；

5）控制柜、箱与控制台等的安装质量检验应遵照 GB 50303—2011 的有关规定执行。

（5）安装前应对各类探测器、控制器、执行器等部件的电气性能和功能进行自检。自检采用逐点测试的形式进行，确保功能的实现。

2. 线路敷设及要求

线路敷设方法与照明电路基本相同，无论暗装、明装都应满足规范要求，详见第十三章照明电路相关内容，并参见国家标准 GB 50303—2011 第 12 ~ 15 的相关条款。若采用综合布线系统，请参见第二十章相关内容。

3. 可视—对讲—电锁门系统

管线设置、分层接线箱、对讲总控盘、电锁控制箱、对讲电话总控箱等设备元件的安装同前，另外要注意以下几点：

1）所有的线路均应用铜芯信号电缆、截面积不小于 $1mm^2$，暗设于管内及线槽内。

2）接线应按设计或安装说明书进行，要求同上。

3）除使用 220V 交流电源外，应配置小型的 UPS，装于对讲电话总控制箱侧。

4）闭路电视摄像机应配广角镜头，一般情况下是在入口总控盘处设置几个形象逼真的假镜头，然后把真镜头隐蔽起来。其用 75Ω 同轴电缆引至系统电缆电视前端箱的调制器的视频输入端。

5）传声器的设置方法同摄像机，前级放大器可装在总控盘内，然后用屏蔽绞型双芯电缆将音频信号接至调制器的音频输入端。

6）调制器的输出应引至天线系统的前端箱内的混合器，其电平应调制在 85 ~ 100dB 间。

7）用户的对讲机应安装在电视接收机的附近不大于 1m 的地方，以便住户听到铃声后即可按规定频道开启电视机，即可对话并看到来访者的相貌。

8）调试时应先检查线路及元件安装是否正确、电源接线是否错误，无误后便可开机进行住户通话试验。

9）安装前元件应进行功能及外观检查，要求同前。

10）接地要求、屏蔽接地要求同前。

4. 闭路电视保安系统

管路敷设、线路安装、穿线等基本同有线电视系统。

（1）质量监控要点

1）摄像头的安装应直对被监视物或出入口（包括窗户、楼梯间）的附近，广角镜头，应设假镜头，隐蔽安装。

2）监视器应装于机房的机柜上，机房地板、接地同电话机房，土建基本要求见表 24-5。

3）电缆全部暗装，200m 以内可用多芯闭路电视电缆，200m 以上用同轴电缆，传送视

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

频信号用多芯电视电缆传送其他控制信号。

4）调试时应先检查线路及元件设备安装是否正确，电源及切换有无错误，无误便可开机一一测试和试验。元件及设备之间的连接其阻抗、信号电平应匹配，可用电平表测试，应与设计相符，方法基本同电缆电视系统。

5）安装前的设备应进行功能及外观检查。

6）接地、屏蔽接地要求同前。

（2）摄像机

1）摄像机安装前应按下列要求进行检查：

① 将摄像机逐个通电进行检测和粗调，在摄像机处于正常工作状态后，方可安装；

② 检查云台的水平、垂直转动角度，并根据设计要求定准云台转动起点方向；

③ 检查摄像机防护套的雨刷动作；

④ 检查摄像机在防护套内紧固情况；

⑤ 检查摄像机座与支架或云台的安装尺寸。

2）在搬动、架设摄像机过程中，不得打开镜头盖。

3）在高压带电设备附近架设摄像机时，应根据带电设备的要求，确定安全距离。

4）摄像装置的安装应牢靠、稳固。

5）从摄像机引出的电缆宜留有 1m 的余量，不得影响摄像机的转动。摄像机的电缆和电源线均应固定，并不得用插头承受电缆的自重。

6）先对摄像机进行初步安装，经通电试看、细调，检查各项功能，观察监视区域的覆盖范围和图像质量，符合要求后方可固定。

（3）监控室

1）机架安装应符合下列规定：

① 机架安装位置应符合设计要求，当有困难时可根据电缆地槽和接线盒位置作适当调整；

② 机架的底座应与地面固定；

③ 机架安装应竖直平稳，垂直偏差不得超过 1‰；

④ 几个机架并排在一起，面板应在同一平面上并与基准线平行，前后偏差不得大于 3mm；两个机架中间缝隙不得大于 3mm。对于相互有一定间隔而排成一列的设备，其面板前后偏差不得大于 5mm；

⑤ 机架内的设备、部件的安装，应在机架定位完毕并加固后进行，安装在机架内的设备应牢固、端正；

⑥ 机架上的固定螺钉、垫片和弹簧垫圈均应按要求紧固不得遗漏。

2）控制台安装应符合下列规定：

① 控制台位置应符合设计要求；

② 控制台应安放竖直，台面水平；

③ 附件完整，无损伤，螺钉紧固，台面整洁无划痕；

④ 台内接插件和设备接触应可靠，安装应牢固；内部接线应符合设计要求，无扭曲脱落现象。

3）监控室内，电缆的敷设应符合下列要求：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

① 采用地槽或墙槽时，电缆应从机架、控制台底部引入，将电缆顺着所盘方向理直，按电缆的排列次序放入槽内；拐弯处应符合电缆曲率半径要求。

电缆离开机架和控制台时，应在距起弯点10mm处成捆空绑，根据电缆的数量应每隔100～200mm空绑一次。

② 采用架槽时，架槽宜每隔一定距离留出线口。电缆由出线口从机架上方引入，在引入机架时，应成捆绑扎。

③ 采用电缆走道时，电缆应从机架上方引入，并应在每个梯铁上进行绑扎。

④ 采用活动地板时，电缆在地板下可灵活布放，并应顺直无扭绞；在引入机架和控制台处还应成捆绑扎。

4）在敷设的电缆两端应留适度余量，并标示明显的永久性标记。

5）各种电缆和控制线插头的装设应符合产品生产厂的要求。

6）引入、引出房屋的电（光）缆，在出入口处应加装防水罩。向上引入、引出的电（光）缆，在出入口处还应做滴水弯，其弯度不得小于电（光）缆的最小弯曲半径。电（光）缆沿墙上下引入、引出时应设支持物。电（光）缆应固定（绑扎）在支持物上，支持物的间隔距离不宜大于1m。

7）监控室内光缆的敷设，在电缆走道上时，光端机上的光缆宜预留10m；余缆盘成圈后应妥善放置。光缆至光端机的光纤连接器的耦合工艺，应严格按有关要求进行。

8）监视器的安装应符合下列要求：

① 监视器可装设在固定的机架和柜上，也可装设在控制台操作柜上。当装在柜内时，应采取通风散热措施；

② 监视器的安装位置应使屏幕不受外来光直射，当有不可避免的光时，应加遮光罩遮挡；

③ 监视器的外部可调节部分，应暴露在便于操作的位置，并可加保护盖。

（4）供电与接地

1）摄像机宜采用集中供电；当供电线与控制线合用多芯线时，多芯线与电缆可一起敷设。

2）所有接地极的接地电阻应进行测量；经测量达不到设计要求时，应在接地极回填土中加入无腐蚀性长效降阻剂；当仍达不到要求时，应经过设计单位的同意，采取更换接地装置的措施。

3）监控室内接地母线的路由、规格应符合设计要求。施工时应符合下列规定：

① 接地母线的表面应完整，无明显损伤和残余焊剂渣，铜带母线光滑无毛刺，绝缘线的绝缘层不得有老化龟裂现象；

② 接地母线应铺放在地槽或电缆走道中央，并固定在架槽的外侧，母线应平整，不得有歪斜、弯曲。母线与机架或机顶的连接应牢固端正；

③ 电缆走道上的铜带母线可采用螺丝固定；电缆走道上的铜绞线母线，应绑扎在横档上。

4）系统的工程防雷接地安装，应严格按设计要求施工。接地安装应配合土建施工同时进行。

（5）系统的工程施工质量应按施工要求进行验收，检查的项目和内容应符合表24-19的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 24-19 施工质量检查项目和内容

项　　目	内　　容	抽查百分数（%）
摄像机	1. 设置位置，视野范围 2. 安装质量 3. 镜头、防护套、支承装置、云台安装质量与紧固情况	10～15（10 台以下摄像机至少验收 1～2 台）
	4. 通电试验	100
监视器	1. 安装位置 2. 设置条件 3. 通电试验	100
控制设备	1. 安装质量 2. 遥控内容与切换路数 3. 通电试验	100
其他设备	1. 安装位置与安装质量 2. 通电试验	100
控制台与机架	1. 安装垂直水平度 2. 设备安装位置 3. 布线质量 4. 塞孔、连接处接触情况 5. 开关、按钮灵活情况 6. 通电试验	100
电（光）缆敷设	1. 敷设与布线 2. 电缆排列位置、布放和绑扎质量 3. 地沟、走道支铁吊架的安装质量 4. 埋设深度及架设质量 5. 焊接及插接头安装质量 6. 接线盒接线质量	30
接地	1. 接地材料 2. 接地线焊接质量 3. 接地电阻	100

（6）图像质量评定及主观评价项目见表 24-20 和表 24-21。

表 24-20 图像质量五级损伤制评分分级

图像质量损伤的主观评价	评分分级	图像质量损伤的主观评价	评分分级
图像上不觉察有损伤或干扰存在	5	图像上损伤或干扰较严重，令人相当讨厌	2
图像上有可觉察的损伤或干扰，但并不令人讨厌	4	图像上损伤或干扰极严重，不能观看	1
图像上有明显的损伤或干扰，令人感到讨厌	3		

表 24-21 主观评价项目

项　目	损伤的主观评价现象	项　目	损伤的主观评价现象
随机信噪比	噪波，即“雪花干扰”	电源干扰	图像中上下移动的黑白间置的水平横条，即“黑白滚道”
单项干扰	图像中纵、斜、人字形或波浪状的条纹，即“网纹”	脉冲干扰	图像中不规则的闪烁、黑白麻点或“跳动”

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

六、防盗保安报警系统

1. 设备、元件检查、测试同上。

2. 管线敷设、监控要点同上。

3. 传感报警器

（1）雷达式微波报警器

1）不应对着被保护房间的外墙、外窗安装；一般是将其悬挂在距地面1.5～2m处，探头向下俯视指向地面，并覆盖出入口。

2）不应对着金属物体。

3）同室装设两台以上时，其发射频率要相差30Hz以上，同时不应相对设置。

4）不应对着门帘、窗帘、风扇、门等可能会活动或因振动而引起位移的物体。

5）不应对准荧光灯、高压汞灯等气体放电灯光源。

（2）墙式微波报警器（包括发射器和接收器）。

1）发射器和接收器可分别安装在墙上或木桩上，但相互间必须无遮无挡，应有清晰的视线。

2）发射器和接收机距离可达百米，这个通道可宽2～4m，高3～4m。

（3）主动式红外报警器（包括发射器和接收器）

1）发射器和接收器对直放置安装。

2）主动式红外报警器布置应保证其探测距离，见表24-22。

表24-22　主动式红外报警器探测距离表　（单位：m）

型　号	室　外	室　内
PB-20	20	40
PB-40	40	80
PB-60	60	120

（4）被动式红外报警器　由光学系统、红外传感器（也称热传感器）和报警控制器组成。

1）该报警器可直接安装在墙上、天花板处、墙角或室外有门口、窗口的墙壁上高度为2.5m左右。

2）报警器探头视线应避开电加热器、火炉、暖气片、空调出风口、白炽灯等发热元件，同时不得安装于发热部件上方或周围，其距离应在2m以上。另外安装时应避开220V/380V电源处。

3）安装探头其视线内不得有遮挡物或可能出现的遮挡物，一般均采用双探头上下同时安装。

4）探测器的接线必须正确，严格按说明书接线。

（5）开关式报警器（包括磁控开关、微动开关、压力垫、易断金属丝或导电条等探测器及控制器）

1）磁控开关可将干簧管固定在门枢或窗框上，磁铁体固定在门或窗扇的对应位置上，也可多个串联起来由管线引至报警控制器。

磁控开关、不得安装在金属物体上。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）微动开关一般可安装在门框或窗框的活页处，或被保护物的下边，或工作位置的地面上。

3）压力垫一般安装在窗户、楼梯、门口、被保护物周围的地面上并用地毯或其他片状物遮盖。

4）易断金属物或导电条是一碰就断的导线，也就是一副常闭接点，安装方便。

（6）超声波报警器（包括发射器和接收器）

1）报警器的发射角应对准入侵者可能进入的场所或门、窗口等位置。

2）室内应密封且无较大的空气流动，尽量远离发热设备元件。

3）被监控房间应隔音，尽量减少铃声等超声噪波。

4）报警器不应对着玻璃、软隔断墙等。

5）在不同气候条件下，安装报警器应将其灵敏度稍调宽一点。

（7）声控报警器（包括声控探头和控制器）　适合环境为噪声较小的仓库、金库、机要部门等。一般为吊装，距地2.5m。

（8）振动报警器（包括振动传感器和控制器）

1）振动传感器必须安装在固定牢固且体积较小、重量较轻的物体上。

2）振动传感器应远离振源。

3）振动报警的测试尤为重要，安装前必须进行测试和试验并出具测试试验报告。

4）报警控制范围应调至3m以内。

（9）玻璃破碎报警器

1）其传感器应正对警戒的主要方向，应有清晰的视线。

2）尽量靠近被保护的玻璃，远离噪声源和振动源。

3）被保护物应在探测器探测半径以内。

（10）商品电子防盗系统　包括安装在商场出口的传感器（其实是接收器）和每件商品安放的与传感器配套的标签（或微小芯片）。

4. 防盗报警系统

防盗报警系统的安装主要是传感报警器，其他元件要求同前。

5. 安装质量注意事项

安装质量应按其产品使用说明书进行，并应符合规范标准，同时注意以下几点：

1）同一室内不得安装同一频率的微波探头，以防误报。

2）报警器的电源尽可能不与大功率设备和易产生电磁辐射的电器共用一个回路。

3）当探头离报警控制器距离较远时，要实测工作电流与线路压降，以确保工作正常。一般工作电流大于100mA。必要时要设置稳压电源。

4）安装时，报警探测器要交叉探测，不留盲区。在风险等级高的地方，还要加装不同种类的探测器的交叉保护，见图24-3。

图24-3　交叉保护图例

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在图 24-3 中，两只探测器交叉对射，互相弥补，没有盲区。第三只不同种类的探测器保护前两只。

5）探头信号线与避雷线平行间距不得小于 3m，垂直交叉间距不得小于 1.5m。

6）探头与报警设备连接时两端均应接上滤波电容。

7）探头离荧光灯距离应大于 1m。

8）探头不得靠近或接触发热体、发光体、风口、气流通道、窗口和玻璃门、窗。同时不在其上方安装，一般应在 1m 以外。

9）探头进线口不能开得太大，否则会造成虫、蚁的侵入和风吹，以及灰尘的进入。

10）探头周围应无遮挡物并应有防止小动物搭脚或靠近的措施。

11）探头的实际使用距离与产品标称距离应有 20% ~30% 的余量。

12）从传感器到控制报警器的信号线，一般选用平行软线，线长一般不超过 100m。

13）信号线不得与强电线路或其他弱电线路同管或平行敷设，必须平行敷设，间距不得小于 50mm。

6. 系统检测及试验

（1）检测内容

1）探测器的盲区检测，防动物功能检测；

2）探测器的防破坏功能检测应包括报警器的防拆报警功能，信号线开路、短路报警功能，电源线被剪的报警功能；

3）探测器灵敏度检测；

4）系统控制功能检测应包括系统的撤防、布防功能，关机报警功能，系统后备电源自动切换功能等；

5）系统通信功能检测应包括报警信息传输、报警响应功能；

6）现场设备的接入率及完好率测试；

7）系统的联动功能检测应包括报警信号对相关报警现场照明系统的自动触发、对监控摄像机的自动启动、视频安防监视画面的自动调入，相关出入口的自动启闭，录像设备的自动启动等；

8）报警系统管理软件（含电子地图）功能检测；

9）报警信号联网上传功能的检测；

10）报警系统报警事件存储记录的保存时间应满足管理要求。

（2）探测器抽检　探测器抽检的数量不应低于 20% 且不少于 3 台，探测器数量少于 3 台时应全部检测；被抽检设备的合格率为 100% 时为合格；系统功能和联动功能全部检测，功能符合设计要求时为合格，合格率 100% 时为系统功能检测合格。

（3）系统检测及试验至少由两人进行，并有详尽记录和检测试验报告。

七、出入监控系统

1. 设备、元件检查、测试、管线敷设同上。

2. 感应式读卡出入监控系统

1）读卡机感应范围，不得存在于高频或强磁场（如重载电动机、监视器等），同时读卡机应可靠接地，接地电阻应小于 1Ω，一般应有两点接地。

2）读卡机无论安装方式如何，必须注意其感应距离的隔间的材质不可为金属材料。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）感应式读卡机的配线芯数一般只需要6芯电路电缆，当连接读卡机、电锁、外出按钮、门户警报点时，要9芯的绞线。在长距离布线时，接线规格可按表24-23选用。

表24-23 线材规格比较

电流强度选择	读卡距离/mm	电缆长度/m			
		一般操作		BBU操作	
		#18	#22	#18	#22
低	180	1650	600	1050	450
中	230	660	270	330	1350
高	250	180	75	不建议使用	

注：BBU⇒备用电池供电模式。

3. 出、入口控制（门禁）系统的检测

1）出、入口控制（门禁）系统功能检测；

2）系统软件检测；

3）检测应有详尽记录及检测人签字。

4. 出/入口控制器检测

出/入口控制器抽检的数量不应低于20%且不少于3台，数量少于3台时应全部检测；被抽检设备的合格率100%时为合格；系统功能和软件全部检测，功能符合设计要求为合格，合格率为100%时为系统功能检测合格。

八、电子巡更系统

1. 设备、元件检查、测试、管线敷设同上。

2. 巡更管理系统的检测

1）按照巡更路线图检查系统的巡更终端、读卡机的响应功能；

2）现场设备的接入率及完好率测试；

3）检查巡更管理系统编程、修改功能以及撤防、布防功能；

4）检查系统的运行状态、信息传输、故障报警和指示故障位置的功能；

5）检查巡更管理系统对巡更人员的监督和记录情况、安全保障措施和对意外情况及时报警的处理手段；

6）对在线联网式巡更管理系统还需要检查电子地图上的显示信息、遇有故障时的报警信号以及和视频安防监控系统等的联动功能；

7）巡更系统的数据存储记录保存时间应满足管理要求。

3. 巡更终端抽检

巡更终端抽检的数量不应低于20%且不少于3台，探测器数量少于3台时应全部检测，被抽检设备的合格率为100%时为合格；系统功能全部检测，功能符合设计要求为合格，合格率为100%时为系统功能检测合格。

九、停车场（库）管理系统

1. 设备、元件检查、测试、管线敷设同上。

2. 质量监控要点

（1）安装红外光电检测装置，收、发装置必须相互对准外，应同时保证接收装置（受光器）不可让太阳光线直射。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）感应线圈　埋入车路的施工时，必须远离且不得碰触周围金属（环形线圈0.5m平面范围内不可有其他金属物）。

1）感应线圈放在100mm厚的水泥基础上，基础内无金属物体，四角用木楔固定，木楔钉入水泥基础后，其超出部分不应高于50mm，然后再浇注60mm厚的混凝土。

2）感应线圈也可在地面开槽，然后将线圈放入槽内进行安装固定，但必须探测地面下有无金属物。

3）感应线圈内部探测线有塑料预制架保护，在安装时注意不能伤害导线。

4）探测线圈必须被装于方的槽中，且槽内应没有无关的线路，动力线路距线槽距离应大于500mm，距金属和磁性物体的距离应大于300mm。

5）感应线圈至控制设备之间的专用引线不得有接头。

（3）各种信号灯与环形线圈或红外装置的距离大于5m，一般为10～15m。

（4）车位显示装置

停车场管理系统车位显示及其他信号灯、指示灯的安装高度如下：停车位置2.1m以上；场内车道2.3m以上；步行道上2.5m以上；车道上4.5m以上。

3. 停车场（库）管理系统的检测

停车场（库）管理系统功能检测应分别对入口管理系统、出口管理系统和管理中心的功能进行检测。

1）车辆探测器对出入车辆的探测灵敏度检测，抗干扰性能检测；

2）自动栅栏升降功能检测，防砸车功能检测；

3）读卡器功能检测，对无效卡的识别功能；对非接触IC卡读卡器还应检测读卡距离和灵敏度；

4）发卡（票）器功能检测，吐卡功能是否正常，入场日期、时间等记录是否正确；

5）满位显示器功能是否正常；

6）管理中心的计费、显示、收费、统计、信息储存等功能的检测；

7）出/入口管理监控站及与管理中心站的通信是否正常；

8）管理系统的其他功能，如“防折返”功能检测；

9）对具有图像对比功能的停车场（库）管理系统应分别检测出/入口车牌和车辆图像记录的清晰度、调用图像信息的符合情况；

10）检测停车场（库）管理系统与消防系统报警时的联动功能；电视监控系统摄像机对进出车库车辆的监视等；

11）空车位及收费显示；

12）管理中心监控站的车辆出入数据记录保存时间应满足管理要求。

4. 停车场（库）管理系统功能

停车场（库）管理系统功能应全部检测，功能符合设计要求为合格，合格率为100%时为系统功能检测合格。

其中，车牌识别系统对车牌的识别率达98%时为合格。

十、保安集中监控系统

设备测试安装、管线敷设同前。

质量监控要点。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1）线缆必须清楚，不得混淆，接线前必须用布话机核对，确保接线正确可靠。

2）所有设备元件必须检测试验。

3）系统接地应设置单独接地网且接地良好。

4）进口设备必须有中外文对照的说明书或图样，并按其要求接线、测试和调试。

5）输入信号的接口电路或装置应正常，且信号必须统一。

有关保安监控系统功能检测质量记录见表 24-24 ~ 表 24-29。

表 24-24　电视监控系统的功能检测质量记录

序号	检测项目	检测内容	抽查百分数（%）	质量检查记录							
				1	2	3	4	5		N	
1	摄像机	通电试验	10								
		图像质量									
		光圈调节功能									
		调焦功能									
		变倍功能									
		云台转动									
		防护罩功能									
		防拆、防破坏功能									
2	监视器	通电试验	100								
		显示清晰度									
3	控制器	通电试验	100								
		控制功能									
		动作实时性									
4	图像质量检测	图像的清晰度	100								
		电源干扰									
		单频干扰、脉冲干扰									
5	系统功能检测	现场设备的接入完好率									
		监控范围									
		图像切换功能									
		字符及时间标识									
		系统联动响应									
		记录功能									
		记录速度*									
		检索、回放功能*									
		死机情况*									
		接口功能*									
		联网功能*									

注：1. 摄像机总数在 10 台以下时至少检测 3 台、或 100% 检测。

2. * 对数字视频录像式监控系统。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 24-25　安全防范系统施工质量检查质量记录

序号	项目	内　　容	抽查百分数（%）	质量检查记录							
				1	2	3	4	5	…	…	N
1	摄像机	设置位置，监视范围安装质量及外观镜头、防护罩、支撑装置、云台	10								
2	监视器	安装位置 设置条件	100								
3	种类探测器（包括探测器、巡更点、读卡器等）	安装设置位置安装质量及外观	10								
4	控制器（包括矩阵、报警控制器、门禁控制器、车库控制器等）	安装位置 接线引入电缆 接地线情况	100								
5	辅助电源	安装位置 接线引入电缆 接地线情况	30								
6	电锁	安装设置位置 安装质量及外观 开关性能、灵活性	30								
7	控制台与机架*	安装垂直度、水平度 设备安装位置 穿孔、连接处接触情况	100								
8	电（光）缆敷设*	敷设与布线 电缆排列位置，布放、绑扎质量，标识 地沟、支架、桥架的安装质量 埋设深度及架设质量 焊接及插接头安装质量 接线盒接线质量	30								
9	接地*	接地材料 接地线焊接质量 接地电阻	30								
10	防雷	电源防雷 信号防雷									

注：1. 摄像机和探测器总数在 10 台以下时至少检测 3 台、或 100% 检测。

2. * 为随工检测项目。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 24-26 入侵报警系统控制功能及通信功能检测质量记录

检测项目		功能	抽查百分数（%）	技术要求	质量检查记录							
					1	2	3	4	5	…	…	N
前端设备	各类探测器	通电试验	10									
		探测器灵敏度调整										
		防拆、防破坏功能										
		环境对探测器工作有无干扰的情况										
报警管理	控制器	通电试验	10									
		控制功能										
		动作实时性										
	报警管理	设防、撤防										
		防拆报警功能										
		系统自检，巡检功能										
		报警信息查询										
		手/自动触发报警功能										
		报警打印										
		报警储存										
	信息处理	声、光报警显示										
		报警区域号显示										
		电子地图显示										
		报警响应时间		<4s								
		报警接通率		>98%								
		声音复核、对讲功能										
		统计功能、报表打印										

注：每类控制器总数在 10 台以下时至少检测 3 台或 100% 检测。

表 24-27 巡更管理系统功能检测质量记录

检测项目	功能	抽查百分数（%）	质量检查记录							
			1	2	3	4	5	…	…	N
前端设备	设置位置	10								
	安装质量及外观									
	防拆报警功能									
	环境对探测器工作有无干扰的情况									
	接入率或完好率									
管理功能	设防、撤防									
	巡更路线及时间的设置与修改									
	巡更记录显示、储存、查询									
	报警显示*									
	电子地图功能*									
	统计功能、报表打印									

注：1. 前端设备总数在 10 台以下时至少检测 3 台或 100% 检测。

2. * 对在线式巡更系统。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 24-28　出入口控制（门禁）系统功能检测质量记录

检测项目		功　　能	抽查百分数（%）	质量检查记录							
前端设备	读卡器	通电试验	10								
		读卡器灵敏度									
		防拆、防破坏功能									
		读卡功能									
		环境对读卡器工作有无干扰的情况									
	控制器	通电试验	10								
		防拆、防破坏功能									
		控制功能									
		动作实时性									
	后备电源	电源品质	10								
		电源自动切换情况									
		断电情况下电池工作状况									
	电锁	通电试验	10								
		开关性能、灵活性									
管理功能		现场设备接入的完好率									
		非法入侵时的报警功能									
		读卡器信息存储功能									
		电子地图功能									
		紧急状态下的开/关功能									
		联动功能									

注：前端设备总数在 10 台以下时至少检测 3 台或 100% 检测。

表 24-29　停车场（库）管理功能检测质量记录

序号	检测项目	检测内容	质量检查记录	
			入口	出口
前端设备	读卡器	通电试验		
		读卡器灵敏度		
		防拆、防破坏功能		
		读卡功能		
		发卡功能①		
		环境对读卡器工作有无干扰的情况		
	控制器	通电试验		
		防拆、防破坏功能		
		控制功能		
		动作实时性		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	检测项目	检测内容	质量检查记录	
			入口	出口
前端设备	车辆探测器	探测器功能		
		抗干扰的性能		
	满位显示器	显示功能正确性		
	自动栅栏（栏杆）	通电试验		
		栏杆升降功能		
		防砸车测试		
	摄像机②	通电试验		
		防拆、防破坏功能		
		云台动作、镜头情况及视野范围		
		图像质量		
管理中心	系统功能	对无效卡的识别功能		
		临时卡记录的正确性		
		计费、显示、收费功能		
		统计、信息储存功能		
		软件功能		
		图像资料调用准确性②		
	监视器②	通电试验		
		显示清晰度		

① 对临时停车收费的停车场（库）管理系统。

② 对具有图像对比系统的停车场（库）管理系统。

十一、综合布线系统

1. 总体要求

除本章总体要求外必须做到以下几点：

1）土建工程预留孔洞、预埋铁件、线桥架定位尺寸走向应符合图样设计要求。

2）中央控制室位置、几何尺寸、平面布置、线缆进出、电缆通道、空调布置、电源布置应符合图样设计要求。

3）现场控制器 DDC、监控 I/O 的设置、位置和安装应符合产品和设计要求。

4）系统管线缆桥架的规格、走向、布置应符合设计图样要求。

5）系统设备、元件及其线路编号及颜色应统一标注且清晰规范。

6）各个子系统设备、元件及其线路，特别是现场控制器、辅助接线箱、传感器、执行器等应在图样上标明安装位置、走向、引入引出方向，配线方式。如有变更应及时补充。

7）强电与弱电之间的接口、电源应在图样上标明。

8）现场控制器的接线应统一，向上（或向左）与 PC 连接，向下（或向右）与模块端子或现场测量传感器连接。

9）强电管线缆及设备与弱电管线缆及设备应有明确的区分，并标注在设计图样上。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10）土建工程、设备安装工程、电气工程各施工队之间应密切配合、相互理解、及时沟通，避免冲突，确保工程质量。同时配备协调员与总指挥联系，解决相关事宜。

11）在质量问题上各方均不得让步，质量永远是第一位的。

2. 器材的检验

（1）器材检验总体要求

1）工程所用缆线器材形式、规格、数量、质量在施工前应进行检查，无出厂检验证明材料或与设计不符者不得在工程中使用。

2）经检验的器材应做好记录，对不合格的器件应单独存放，以备核查与处理。

3）工程中使用的缆线、器材应与订货合同或封存的产品在规格、型号、等级上相符。

4）备品、备件及各类资料应齐全。

（2）型材、管材与铁件的检验

1）各种型材的材质、规格、型号应符合设计文件的规定，表面应光滑、平整，不得变形、断裂。预埋金属线槽、过线盒、接线盒及桥架表面涂覆或镀层均匀、完整，不得变形、损坏。

2）管材采用钢管、硬质聚氯乙烯管时，其管身应光滑、无伤痕，管孔无变形，孔径、壁厚应符合设计要求。

3）管道采用水泥管块时，应按通信管道工程施工及验收中相关规定进行检验。

4）各种铁件的材质、规格均应符合质量标准，不得有歪斜、扭曲、飞刺、断裂或破损。

5）铁件的表面处理和镀层应均匀、完整，表面光洁，无脱落、气泡等缺陷。

（3）缆线的检验

1）工程使用的对绞电缆和光缆形式、规格应符合设计的规定和合同要求。

2）电缆所附标志、标签内容应齐全、清晰。

3）电缆外护套需完整无损，电缆应附有出厂质量检验合格证。如用户要求，应附有此批量电缆的技术指标。

4）电缆的电气性能抽验应从此批量电缆中的任意三盘中各截出 100m 长度，加上工程中所选用的接插件进行抽样测试，并作测试记录。

5）光缆开盘后应先检查光缆外表面有无损伤，以及光缆端头封装是否良好。

6）综合布线系统工程采用光缆时，应检查光缆合格证及检验测试数据，在必要时，可测试光纤衰减和光纤长度。

① 衰减测试：宜采用光纤测试仪进行测试。测试结果如超出标准或与出厂测试数值相差太大，应用光功率计测试，并加以比较，以断定是测试误差还是光纤本身衰减过大。

② 长度测试：要求对每根光纤进行测试，测试结果应一致，如果在同一盘光缆中，光纤长度差异较大，则应从另一端进行测试或做通光检查以判定是否有断纤现象存在。

7）光纤接插软线（光跳线）检验。

① 光纤接插软线，两端的活动连接器（活接头）端面应装配有合适的保护盖帽。

② 每根光纤接插软线中光纤的类型应有明显的标记，选用应符合设计要求。

（4）接插件的检验

1）配线模块和信息插座及其他接插件的部件应完整，检查塑料材质是否满足设计要求。

2）保安单元过压、过流保护各项指标应符合有关规定。

3）光纤插座的连接器使用形式和数量、位置应与设计相符。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（5）配线设备

1）光、电缆交接设备的形式、规格应符合设计要求。

2）光、电缆交接设备的编排及标志名称应与设计相符。各类标志名称应统一，标志位置正确、清晰。

（6）其他

有关对绞电缆电气性能、机械特性、光缆传输性能及接插件的具体技术指标和要求，应符合设计要求。

3. 设备安装及检验

（1）机柜、机架

1）机柜、机架安装完毕后，垂直偏差度应不大于3mm。机柜、机架安装位置应符合设计要求。

2）机柜、机架上的各种零件不得脱落或碰坏，漆面如有脱落应予以补漆，各种标志应完整、清晰。

3）机柜、机架的安装应牢固，如有抗振要求时，应按施工图的抗振设计进行加固。

（2）各类配线部件

1）各部件应完整，安装就位，标志齐全；

2）安装螺钉必须拧紧，面板应保持在一个平面上。

（3）8位模块式通用插座

1）安装在活动地板或地面上，应固定在接线盒内，插座面板采用直立和水平等形式；接线盒盖可开启，并应具有防水、防尘、抗压功能。接线盒盖面应与地面齐平。

2）8位模块式通用插座、多用户信息插座或集合点配线模块的安装位置应符合设计要求。

3）8位模块式通用插座底座盒的固定方法按施工现场条件而定，宜采用预置扩张螺钉固定等方式。

4）固定螺钉需拧紧，不应产生松动现象。

5）各种插座面板应有标识，以颜色、图形、文字表示所接终端设备类型。

（4）电缆桥架及线槽

1）桥架及线槽的安装位置应符合施工图规定，左右偏差不应超过50mm；

2）桥架及线槽水平度每米偏差不应超过2mm；

3）垂直桥架及线槽应与地面保持垂直，并无倾斜现象，垂直度偏差不应超过3mm；

4）线槽截断处及两线槽拼接处应平滑、无毛刺；

5）吊架和支架安装应保持垂直，整齐牢固，无歪斜现象；

6）金属桥架及线槽节与节间应接触良好，安装牢固。

（5）其他

安装机柜、机架、配线设备屏蔽层及金属钢管、线槽使用的接地体应符合设计要求，就近接地，并应保持良好的电气连接。

4. 缆线敷设

（1）缆线的敷设要求

1）缆线的形式、规格应与设计规定相符。

2）缆线的布放应自然平直，不得产生扭绞、打圈接头等现象，不应受到外力的挤压和

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

损伤。

3）缆线两端应贴有标签，应标明编号，标签书写应清晰、端正和正确。标签应选用不易损坏的材料。

4）缆线终接后，应有余量。交接间、设备间对绞电缆预留长度宜为0.5～1.0m，工作区为10～30mm；光缆布放宜盘留，预留长度宜为3～5m，有特殊要求的应按设计要求预留长度。

5）缆线的弯曲半径应符合下列规定：

① 非屏蔽4对对绞电缆的弯曲半径应至少为电缆外径的4倍；

② 屏蔽4对对绞电缆的弯曲半径应至少为电缆外径的6～10倍；

③ 主干对绞电缆的弯曲半径应至少为电缆外径的10倍；

④ 光缆的弯曲半径应至少为光缆外径的15倍。

6）电源线、综合布线系统缆线应分隔布放。缆线间的最小净距离应符合设计要求，并应符合表24-30的规定。

7）建筑物内电、光缆暗管敷设与其他管线最小净距见表24-31的规定。

表24-30　对绞电缆与电力线最小净距

条件 \ 单位 / 范围	最小净距/mm		
	380V <2kVA	380V 2.5～5kVA	380V >5kVA
对绞电缆与电力电缆平行敷设	130	300	600
有一方在接地的金属槽道或钢管中	70	150	300
双方均在接地的金属槽道或钢管中	①	80	150

① 双方都在接地的金属槽道或钢管中，且平行长度小于10m时，最小间距可为10mm。表中对绞电缆如采用屏蔽电缆时，最小净距可适当减小，并符合设计要求。

表24-31　电、光缆暗管敷设与其他管线最小净距

管线种类	平行净距/mm	垂直交叉净距/mm
避雷引下线	1000	300
保护地线	50	20
热力管（不包封）	500	500
热力管（包封）	300	300
给水管	150	20
煤气管	300	20
压缩空气管	150	20

8）在暗管或线槽中缆线敷设完毕后，宜在通道两端出口处用填充材料进行封堵。

（2）预埋线槽和暗管敷设缆线

1）敷设线槽的两端宜用标志表示出编号和长度等内容。

2）敷设暗管宜采用钢管或阻燃硬质PVC管。布放多层屏蔽电缆、扁平缆线和大对数主干电缆或主干光缆时，直线管道的管径利用率应为50%～60%，弯管道应为40%～50%。暗管布放4对对绞电缆或4芯以下光缆时，管道的截面利用率应为25%～30%，详见表24-32。

预埋线槽宜采用金属线槽，线槽的截面利用率不应超过50%。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 24-32 管道截面利用率及布放电缆根数

管道		管道面积		
		推荐的最大占用面积/mm		
内径 D /mm	内径截面积 A /mm^2	1	2	3
		布放 1 根电缆 截面利用率为 53%	布放 2 根电缆 截面利用率为 31%	布放 3 根（或 3 根以上电缆） 截面利用率为 40%
20.9	345	183	107	138
26.6	559	296	173	224
35.1	973	516	302	389
40.9	1322	701	410	529
52.5	2177	1154	675	871
62.7	3106	1646	963	1242
77.9	4794	2541	1486	1918
90.1	6413	3399	1988	2565
102.3	8268	4382	2563	3307
128.2	12984	6882	4025	5194
154.1	18760	9943	5816	7504

注：$A=0.79D^2$。

（3）设置电缆桥架和线槽敷设缆线

1）电缆线槽、桥架宜高出地面 2.2m 以上。线槽和桥架顶部距楼板不宜小于 300mm；在过梁或其他障碍物处，不宜小于 50mm。

2）槽内缆线布放应顺直，尽量不交叉，在缆线进出线槽部位、转弯处应绑扎固定，其水平部分缆线可以不绑扎。垂直线槽布放缆线应每间隔 1.5m 固定在缆线支架上。

3）电缆桥架内缆线垂直敷设时，在缆线的上端和每间隔 1.5m 处应固定在桥架的支架上；水平敷设时，在缆线的首、尾、转弯及每间隔 5～10m 处进行固定。

4）在水平、垂直桥架和垂直线槽中敷设缆线时，应对缆线进行绑扎。对绞电缆、光缆及其他信号电缆应根据缆线的类别、数量、缆径、缆线芯数分束绑扎。绑扎间距不宜大于 1.5m，间距应均匀，松紧适度。

5）楼内光缆宜在金属线槽中敷设，在桥架敷设时应在绑扎固定段加装垫套。

（4）采用吊顶支撑柱作为线槽在顶棚内敷设缆线　每根支撑柱所辖范围内的缆线可以不设置线槽进行布放，但应分束绑扎。缆线护套应阻燃，缆线选用应符合设计要求。

（5）建筑群子系统采用架空、管道、直埋、墙壁及暗管敷设电、光缆　其施工技术要求应按照本地网通信线路工程验收的相关规定执行。

5. 线缆保护措施

（1）水平子系统缆线敷设的保护

1）预埋金属线槽

① 在建筑物中预埋线槽，宜按单层设置，每一路由预埋线槽不应超过 3 根，线槽截面高度不宜超过 25mm，总宽度不宜超过 300mm。

② 线槽直埋长度超过 30m 或在线槽路由交叉、转弯时，宜设置过线盒，以便于布放缆线和维修。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

③ 过线盒盖应能开启，并与地面齐平，盒盖处应具有防水功能。

④ 过线盒和接线盒盒盖应能抗压。

⑤ 从金属线槽至信息插座接线盒间的缆线宜采用金属软管敷设。

2）预埋暗管保护

① 预埋在墙体中间暗管的最大管径不宜超过50mm，楼板中暗管的最大管径不宜超过25mm。

② 直线布管每30m处应设置过线盒装置。

③ 暗管的转弯角度应大于90°，在路径上每根暗管的转弯角不得多于2个，并不应有S弯出现，有弯头的管段长度超过20m时，应设置管线过线盒装置；在有2个弯时，不超过15m应设置过线盒。

④ 暗管转弯的曲率半径不应小于该管外径的6倍，如暗管外径大于50mm时，不应小于10倍。

⑤ 暗管管口应光滑，并应加有护口保护，管口伸出部位宜为25～50mm。

3）网络地板缆线敷设

① 线槽之间应沟通。

② 线槽盖板应可开启，并采用金属材料。

③ 主线槽的宽度由网络地板盖板的宽度而定，一般宜在200mm左右，支线槽宽度不宜小于70mm。

④ 地板块应抗压、抗冲击和阻燃。

4）设置缆线桥架和缆线线槽

① 桥架水平敷设时，支撑间距一般为1.5～3m，垂直敷设时固定在建筑物构体上的间距宜小于2m，距地1.8m以下部分应加金属盖板保护。

② 金属线槽敷设时，在下列情况下设置支架或吊架：

a. 线槽接头处；

b. 每间距3m处；

c. 离开线槽两端出口0.5m处；

d. 转弯处。

③ 塑料线槽槽底固定点间距一般宜为1m。

5）铺设活动地板敷设缆线时，活动地板内净空应为150～300mm。

6）采用公用立柱作为顶棚支撑柱时，可在立柱中布放缆线。立柱支撑点宜避开沟槽和线槽位置，支撑应牢固。立柱中电力线和综合布线缆线合一布放时，中间应有金属板隔开，间距应符合设计要求。

7）金属线槽接地应符合设计要求。

8）金属线槽、缆线桥架穿过墙体或楼板时，应有防火措施。

（2）干线子系统缆线敷设保护方式

1）缆线不得布放在电梯或供水、供汽、供暖管道竖井中，亦不应布放在强电竖井中。

2）干线通道间应沟通。

（3）建筑群子系统缆线敷设保护方式　建筑物内线缆通道系统见图24-4。

6. 缆线终接

（1）缆线终接的总体要求

1）缆线在终接前，必须核对缆线标识内容是否正确；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）缆线中间不允许有接头；

3）缆线终接处必须牢固，接触良好；

4）缆线终接应符合设计和施工操作规程；

5）对绞电缆与插接件连接应认准线号、线位色标，不得颠倒和错接。

（2）对绞电缆芯线终接

1）终接时，每对对绞线应保持扭绞状态，扭绞松开长度对于5类线不应大于13mm。

2）对绞线在与8位模块式通用插座相连时，必须按色标和线对顺序进行卡接。插座类型、色标和编号应符合图24-5的规定。在两种连接图中，首推A类连接方式，但在同一布线工程中两种连接方式不应混合使用。

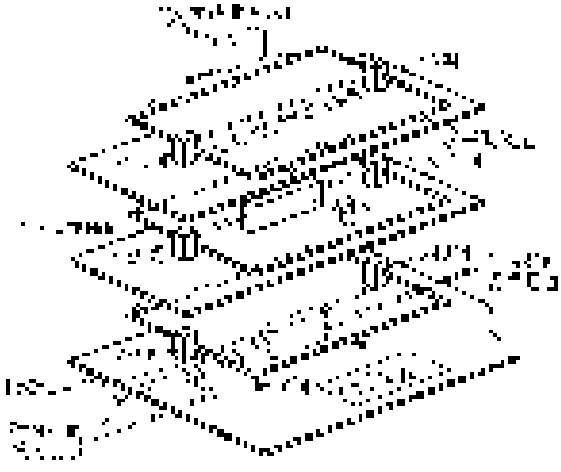


图24-4 建筑物内线缆通道系统示意图

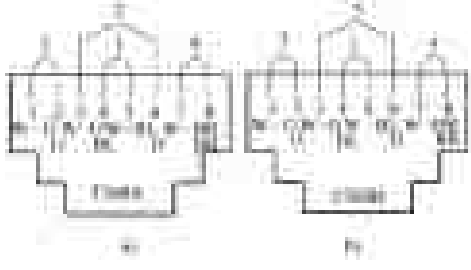


图24-5 8位模块式通用插座连接图

a）A类 b）B类

G（Green）—绿 BL（Blue）—蓝 BR（Brown）—棕

W（White）—白 O（Orange）—橙

3）屏蔽对绞电缆的屏蔽层与接插件终接处屏蔽罩必须可靠接触，缆线屏蔽层应与接插件屏蔽罩360°圆周接触，接触长度不宜小于10mm。

（3）光缆芯线终接

1）采用光纤连接盒对光纤进行连接、保护，在连接盒中光纤的弯曲半径应符合安装工艺要求。

2）光纤熔接处应加以保护和固定，使用连接器以便于光纤的跳接。

3）光纤连接盒面板应有标志。

4）光纤连接损耗值，应符合表24-33的规定。

表24-33 光纤连接损耗值

光纤连接损耗值/dB				
连接类别	多模		单模	
	平均值	最大值	平均值	最大值
熔接	0.15	0.3	0.15	0.3

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（4）各类跳线的终接

1）各类跳线缆线和接插件间接触应良好，接线无误，标志齐全。跳线选用类型应符合系统设计要求。

2）各类跳线长度应符合设计要求，一般对绞电缆跳线不应超过5m，光缆跳线不应超过10m。

7. 系统电气测试

（1）综合布线系统工程的电缆系统电气性能测试及光纤系统性能测试

其中电缆系统测试内容分为基本测试项目和任选项目测试。各项测试应有详细记录，以作为竣工资料的一部分。

（2）电气性能测试仪

按二级精度，应达到表24-34规定的要求。

表24-34　测试仪精度最低性能要求

序号	性能参数	1～100/MHz
1	随机噪声最低值	65-15（f/100）dB
2	剩余近端串音（NEXT）	55-15（f/100）dB
3	平衡输出信号	37-15（f/100）dB
4	共模抑制	37-15（f/100）dB
5	动态精确度	±0.75dB
6	长度精确度	±1m±4%
7	回损	15dB

注：动态精确度适用于从0dB基准值至优于NEXT极限值10dB的一个带宽，按60dB限制。

（3）现场测试仪

应能测试3、5类对绞电缆布线系统及光纤链路。

（4）测试仪表

应有输出端口，以将所有存储的测试数据输出至计算机和打印机，进行维护和文档管理。

（5）电、光缆测试仪表

应具有合格证及计量证书。

（6）综合布线系统工程检验项目及内容（见表24-35）

表24-35　综合布线系统工程检验项目及内容

阶　段	验收项目	验收内容	验收方式
一、施工前检查	1. 环境要求	（1）土建施工情况：地面、墙面、门、电源插座及接地装置 （2）土建工艺：机房面积、预留孔洞 （3）施工电源 （4）地板铺设	施工前检查
	2. 器材检验	（1）外观检查 （2）形式、规格、数量 （3）电缆电气性能测试 （4）光纤特性测试	施工前检查
	3. 安全、防火要求	（1）消防器材 （2）危险物的堆放 （3）预留孔洞防火措施	施工前检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

阶　段	验收项目	验收内容	验收方式
二、设备安装	1. 交接间、设备间、设备机柜、机架	（1）规格、外观 （2）安装垂直、水平度 （3）油漆不得脱落，标志完整齐全 （4）各种螺钉必须紧固 （5）抗振加固措施 （6）接地措施	随工检验
	2. 配线部件及 8 位模块式通用插座	（1）规格、位置、质量 （2）各种螺钉必须拧紧 （3）标志齐全 （4）安装符合工艺要求 （5）屏蔽层可靠连接	随工检验
三、电、光缆布放（楼内）	1. 电缆桥架及线槽布放	（1）安装位置正确 （2）安装符合工艺要求 （3）符合布放缆线工艺要求 （4）接地	随工检验
	2. 缆线暗敷（包括暗管、线槽、地板等方式）	（1）缆线规格、路由、位置 （2）符合布放缆线工艺要求 （3）接地	隐蔽工程签证
四、电、光缆布放（楼间）	1. 架空缆线	（1）吊线规格、架设位置、装设规格 （2）吊线垂度 （3）缆线规格 （4）卡、挂间隔 （5）缆线的引入符合工艺要求	随工检验
	2. 管道缆线	（1）使用管孔孔位 （2）缆线规格 （3）缆线走向 （4）缆线的防护设施的设置质量	隐蔽工程签证
	3. 埋式缆线	（1）缆线规格 （2）敷设位置、深度 （3）缆线的防护设施的设置质量 （4）回土夯实质量	隐蔽工程签证
	4. 隧道缆线	（1）缆线规格 （2）安装位置、路由 （3）土建设计符合工艺要求	隐蔽工程签证
	5. 其他	（1）通信线路与其他设施的间距 （2）进线室安装、施工质量	随工检验或隐蔽工程签证
五、缆线终接	1. 8 位模块式通用插座	符合工艺要求	随工检验
	2. 配线部件	符合工艺要求	
	3. 光纤插座	符合工艺要求	
	4. 各类跳线	符合工艺要求	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

阶　　段	验收项目	验收内容	验收方式
六、系统测试	1. 工程电气性能测试	（1）连接图 （2）长度 （3）衰减 （4）近端串音（两端都应测试） （5）设计中特殊规定的测试内容	竣工检验
	2. 光纤特性测试	（1）衰减 （2）长度	竣工检验
七、工程总验收	1. 竣工技术文件	清点、交接技术文件	竣工检验
	2. 工程验收评价	考核工程质量，确认验收结果	

注：系统测试内容的验收亦可在随工中进行检验。

十二、楼宇设备自控系统

楼宇及其机电设备自控系统是由自动化仪表、计算机过程控制和网络通信技术三大部分组成的集机电设备、火灾报警及自动消防、保安设施、电视通信、空调给排水为一体的集中控制、监视和管理的综合系统。系统较复杂且庞大，其监控点一览表见表24-36。

该系统的安装主要包括线路敷设、传感器及控制器安装、执行器安装、控制器及DDC接口的安装及系统调试。

楼宇设备自控系统安装调试质量的监控前述内容已详尽说明，这里只列出前述内容中没有涉及的监控要点，其他请参阅前述内容。

（1）DDC箱之间、DDC箱与控制中心之间应用金属线槽敷设线缆，线槽应良好接地。DDC箱与现场设备之间的导线应用金属管路敷设，管路应良好接地。

（2）传感器的安装应由管道工、钳工配合，并执行相应的标准和规范。其中，电磁通量计、涡轮式流量传感器不得安装在振动、强磁场及热辐射的场所。

（3）DDC接线要求

1）确保线缆的线芯直径符合设计要求，接线必须正确可靠。系统采用的传输线应由DDC厂商配套供应，一般采用钢管敷设，传输线中间不得有接头，必须有接头时应采用端子盒。模拟量传输线应使用BVVP屏蔽线，数字量传输线应使用BV线，导线直径1.0～1.5mm，一律为铜芯线，其中屏蔽线应在DDC柜/箱内可靠接地，接地极应与强电分别设立，接地电阻≤1Ω。

2）DDC与总线的连接、与设备或控制元件的连接必须正确无误，其中总线的数量应有10%的裕量，所有接线芯必须镀锡处理，接线后由非接线人员进行查线确保百分之百的正确可靠。

3）安装接线完毕后应立即进行通电试验，通电试验前应查线，查线后可通电试验。试验时应用数字万用表分别测量各模拟量和开关量的数值和状态，以确定模拟量和开关是否正常，能否进行判断或运算。

（4）调整及试验要点

1）元件信号电平的检查和确认；

2）数字量输出的测试；

3）模拟量输入测试；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 24-36　楼宇自动控制系统监控点一览表

项目		设备数量	输入输出点数量统计				数字量输入点 DI							数字量输出点 DO				模拟量输入点 AI														模拟量输出点 AO			电源	
日期			数字输入 DI	数字输出 DO	模拟输入 AI	模拟输出 AO	运行状态	故障报警	水流检测	差压报警	液位检测	手/自动	其他	启停控制	阀门控制	开关控制	其他	风温检测	水温检测	风压检测	水压检测	湿度检测	差压检测	流量检测	阀位	电压检测	电流检测	有功功率	无功功率	功率因数	频率检测	其他	执行机构	调节阀	其他		
序号	设备名称																																			
1	空调机组																																			
2	新风机组																																			
3	通风机																																			
4	排烟机																																			
5	冷水机组																																			
6	冷冻水泵																																			
7	冷却水泵																																			
8	冷却塔																																			
9	热交换器																																			
10	热水循环泵																																			
11	生活水泵																																			
12	清水池																																			
13	生活水箱																																			
14	排水泵																																			
15	集水坑																																			
16	污水泵																																			
17	污水池																																			
18	高压柜																																			
19	变压器																																			
20	低压配电柜																																			
21	柴油发电机组																																			
22	电梯																																			
23	自动扶梯																																			
24	照明配电箱																																			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）模拟量输出的测试；

5）DDC 功能测试；

6）空调系统设备测试；

7）变配电系统及照明系统单体设备测试；

8）电梯系统运行状态监测；

9）应用软件的设定及核实。

上述测试以产品、元件说明书为准，并有详尽记录，有确认人签字。

（5）水电气三表系统

1）三表在安装前要进行检定，安装接线后要进行校验，检定和校验必须由有相应资质的单位进行，并出具检定、校验报告。

2）三表的采样电路（包括机械干簧管、光敏元件、霍尔元件等）、编码/解码器等及传输线缆必须有相应资质厂家生产，并有出厂检验合格证及相应技术监督部门确认的检验报告。

3）三表数据的抄收及远传等合同要求应有当地供电、供气、供水主管部门的审批文件。

4）三表的数据误差应≤5%、系统响应时间应≤10s；现场计量、数据远传应保证计量精度<20%。

5）三表系统调试应保证下述功能的实现并有记录：

① 远传/直接输入密码能修改底数和当量；

② 远传可读取读数，或用按键可查询读数；

③ 用 IC 卡可进行全部表的读数；

④ 具有断线报警功能。

（6）小区信息网络智能化服务管理系统

小区信息网络智能化服务管理系统是多专业施工完成的系统工程，各专业施工员、技术员、班组长、项目经理、技术主管应严格施工工艺、遵守施工验收规范，并做好各专业的接口。

1）线路安装一般采用综合布线系统。

2）各类传感器安装应先检测试验后安装接线，接线必须正确、可靠、牢固，并由非接线人员查线，确保万无一失。

3）各类箱、柜、盒的安装应与其他设施均衡设置，避免信号干扰。

4）各专业安装人员必须互相沟通，见解一致，并由电气专业总工程师协调，杜绝人为的错误。

5）各专业完成本专业的工程后，应即时进行调整试验和处理不妥之处，并将接口数据参数设置通知接口专业人员。试验后应进行试运行，做到不留“尾巴”、不留“后遗症”，确保系统试验成功。

6）全系统试验调整应在各专业、各子系统完成调试后进行，试运行 144h。

（7）小区物业自动化管理系统

监控要点、注意事项基本与前述相同。同时应保证做到，接口必须正确，调试时应记录参数设置。

（8）家居智能信息平台

作为家居设施，必须保证各设备元件管线安装要美观大方，水平上要一致、竖直上要一

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

致，标高、位置适中，给人一种美感和舒适感。其他同前。

（9）系统调试及投入试运行

系统调试与动力、变配电、保安系统基本相同，这里仅列出程序要点及注意事项。

1）各子系统、支系统　智能建筑的子系统、支系统有很多，其元件、设备必须经检验试验合格，特别是电子元器件及各种模块。系统线缆必须清晰，接线正确。接地良好，必须实测。接口电路、接口信号必须统一。上述检查、测试、试验应有详细记录，操作人员必须仔细耐心。

2）系统调整试验　系统调整试验必须在子系统、支系统试验合格的基础上进行。支系统1的各个子系统按顺序号一一投入，支系统1应正常，然后支系统1投入，系统正常。

第二个投入的是支系统2的各个子系统按顺序号一一投入，支系统2应正常，然后支系统2投入，系统正常。

按上述程序和方法逐步投入直到支系统 n，系统应正常。支系统1通常是供配电系统。

子系统支系统投入时显示、记录、打印应正常，系统切换应正常。

3）注意事项

① 必须即时排除子系统、支系统出现的故障或不正常现场，不得留有后遗症。

② 投入时子系统、支系统、系统之间应用布话机一一即时沟通、说明是否正常，不得存有侥幸。且子系统、支系统、系统安排的人员应有相应资格。

③ 投入时各系统的电源必须正常，且供配电系统应第一个投入。

④ 派专人对子系统一一监视，并及时传回到系统中心。

十三、计算机监控管理系统

1. 监控要点

1）机房设备的安装、机房的地板、接地、防雷接地系统与前述相同，对土建要求见表24-5。

主机、外围设备、电源装置、监控屏、通信设备安装同前。

2）电缆的敷设同前，一般可用0.5mm^2、1.0mm^2、1.5mm^{2}的普通铜芯绝缘导线或控制电缆，易受干扰的信号线应用屏蔽线或同轴电缆。

3）数据收集站应安装在监控单元的现场，如锅炉房、泵房、配电间、消防中心、机房等，安装监控及要求同配电箱。

4）检测元件应安装在现场，并用相应的变送器变成标准信号输入数据收集站，标准信号由系统设备设定，有0～20mA、0～100mA、4～20mA几种，系统信号必须统一，一般应装设隔离器。

① 电流、电压、频率、功率等参数由配电屏经变送器取得。

② 温度一般由热电偶（高温）、热电阻（中、低温）经温度变送器取得。

③ 湿度一般由湿度计经湿度变送器取得。

④ 流量一般由孔板经流量变送器或差压变送取得。

⑤ 压力一般由膜盒、霍尔片经压力变送器取得。

⑥ 液位一般由差压变送器取得。

⑦ 机械量一般由电容变送器取得。

⑧ 有关数据的输入一般由各键盘输入。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

所用的变送器其输出信号应与系统一致且匹配。

5）数据收集站将引入的标准信号变成数字信号，采用低频传输以免干扰。一般采用两芯双绞屏蔽线穿管敷设或采用防火信号电缆在竖井或线槽内敷设。

6）执行元件的安装应在机械安装人员的配合下进行。

系统安装完毕后，应组织技术人员仔细检查、核对线路的敷设及接线正确与否，检查元件安装是否正确，所有传感器、探测器、变送器等一次元件及所有设备应经试验测试合格，并单体模拟试验测试变送器的输出信号及数据收集站的输出信号，完全正确后，才能引入主机，与主机的接口进行连接，使信号进入主机。

2. 调整测试监控要点

（1）检查与调试项目

1）一般检查；

2）电源装置的调试；

3）中央处理器（CPU）的调试；

4）辅助存储设备的检查；

5）输入输出设备的检查；

6）过程输入输出设备的检查；

7）数据传送装置的调试；

8）稳定性检查及抗干扰试验；

9）软件调试；

10）界面信息传送联动试验；

11）计算机控制系统整体试运行。

（2）一般检查

PLC 系统的常规检查及要求参见《电气工程安装及调试技术手册（第 3 版）》中“低压动力电路及设备安装调试”和“低压发电设备的安装调试”相关内容。

（3）电源装置的调试

详见 PC 系统的稳压电源装置的调试，此外还有：

1）停电、复电特性检查试验：额定负载时，交流输入电源停电，在规定时间内（一般为 1 ~ 3s）复电，电源装置的输出电压大小和频率的高低均应保持在整定值的范围内；

2）电压监测装置的整定：应能在电源输出电压降到 95% 额定电压时发出报警信号。

（4）CPU 的调试

1）电源检查　测量电源回路的绝缘电阻不得小于 5MΩ。测量时，应将线路滤波器和浪涌吸收装置暂时拆下，如不能拆下，则应用滤波器最大允许电压测试漏泄电流；检查交流电源的电压、频率及风扇的运行情况，均应正常；整定各直流输出电压，带上全部负载后测量直流输出电压应符合规定。

2）时钟检查　测试时钟脉的周期和脉宽、周期和脉冲误差均应小于 ±2%，用程序检查计时器启动、停止、复位、报警等功能，均应正常。

3）操作、显示装置的检查　装置内及操作控制板上的各种开关、按键、按钮、指示灯、显示装置等均应正常工作，动作可靠。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）运算控制程序的检查

① 用指令测试程序对所有指令（包括任选指令）进行检查、确认运算单元的各种功能及输入/输出通道等工作状态均应正常，且连续运行24h以上不得有故障发生。如有故障，必须找出原因并排除后方可重新进行试验；

② 测试制造厂提供的测试程序，必要时应增加用自编程序进行检查；

③ 特殊异常功能、可靠性及可维修性的性能检查可在不损伤装置的条件下，用外部模拟信号进行检查。

5）主存储器的检查

① 用主存储器测试程序对主存储器进行全地址的读写测试、最高级测试、母线测试及最后连续测试，连续测试24h不应出差错；

② 对主存储器进行“最坏布局代码模式”的测试程序检查，并检查通过；

③ 测试软盘系统功能应正常；

④ 磁芯存储器可采用自我检查线路检查，并通过；

⑤ 确认奇偶校验等异常检出功能应正常；

⑥ 对固定存储器可采用反复读和结果比较方式予以检查，并通过；

⑦ 用测试程序检查确认存储器管理功能，应正常。

6）自动中断的检查

用检查程序检查所有类型的中断情况，确认其响应时间，顺序及优先处理级别正确，确认存储器屏蔽等功能应正常。

7）反复投入切除电源，确认电源操作正常

确认停电中断及自动再启动中断，发生停电导致直流电压降低时，主机应发出中断信号，装置的指定寄存器实行正确避退，而后停机；电源恢复后，执行自动再启动复位功能；应使用测试程序，检查上述信息保护功能。

8）用浮点运算器测试程序

确认浮点运算器功能，应正常执行。

9）用相应测试程序

确认双机自动切换等功能，应正常执行。

（5）辅助存储装置（磁鼓、磁盘和磁带存储器等外存储设备）的调试

1）辅助存储器专用电源

其电压值应调整到规定的数值。

2）检查信息保护和故障报警显示功能

① 电源断电时，磁头应自动回零，不得划伤磁性介质表面和破坏存储的信息；电源或温度异常时报警显示应迅速、准确。

② 用测试检查程序，对全部存储器地址反复读写检查，连续测试24h，不应出现错误，测试时应使用中断。

③ 装置应能正常启动和停止，运转时应无异常现象。

④ 用测试检查程序，确认出错检查功能，应执行正常。

⑤ 辅助存储器的其他检查

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

a. 对可换式磁盘装置，进行磁头位置和磁盘互换性的检查；

b. 对盒式磁带存储器，进行反绕动作和连续运行稳定性的检查，磁带机的读出错误次数的允许值，可参照如下要求：

i. 磁带机出错次数应小于1次/10^{10}位（不可恢复的），3次/10^5位（可恢复的）；

ii. 盒式磁带机出错次数应小于1次/10^8位（不可恢复的），1次/10^5位（可恢复的）；

c. 对两台以上的同型号磁带机，应检查磁带使用的互换性，其读出信息应保持正确；

d. 磁鼓存储器和固定磁头存储器，应进行装置主要点波形和电压的测试及转动部分、密封部分的检查调整。

（6）输入输出设备的检查

1）检查电源的电压和频率，应和产品说明书一致，当发生温度、电源和空打故障时，应能报警。

2）各设备内机械传动部分运转正常，无异常声音和超温等现象。

3）检查所有操作开关键、按钮等应动作灵活，指示灯、显示装置、出错和报警等，均应工作正常。

4）用测试检查程序反复对键盘上各种功能键进行功能操作，应无差错；对打印字体、行间距、字间距与印字速度进行测定，均应符合规定，字迹清晰，色带、走纸正常。

5）屏幕显示装置（CRT）的测试

① 反复进行全字符显示、回车换行、光标控制、颜色选定和闪光等功能的测试，均应正常；

② 按下列内容进行国家级质量检查，应符合要求：

a. 图示画面的尺寸；

b. 垂直方向与水平方向的线性度；

c. 图像显示的稳定性；

d. 亮度及对比度；

e. 色度聚焦。

③ 用测试程序全面检查键盘上开关的各种功能、报警显示及图形显示均应正确无误；

④ 检查装置的特殊功能，如外联打字机、记录仪、描图仪、硬拷贝等，确认其所有动作与显示功能应正常、图像清晰准确无误；

⑤ 画面显示的系统结构图应符合设计，所显示的瞬时量值应用标准仪器校验其精度。

（7）过程输入输出装置的检验

1）测量主要测定点的波形（如脉冲列、时钟脉冲、开关脉冲），其指标均应符合设计或产品说明书的要求。

2）模拟量输入输出模件，按以下要求寻址和精度检查：

① 利用测试程序对全部模件各地址逐个进行寻址和精度测量，对模拟量输入的检查，可在其输入端加入满量的0%、5%、25%、50%、75%、100%，根据CPU侧打印的数据，作出精度判断，应符合要求。

② 同样进行对模拟量输出的检查，可在CPU面板上或系统打字机上设定数据，在输出端测定模拟量输出值，以判断精度，均应符合设备或设计的要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

③ 在模件输出端接上额定负载，检查输出容量，其输出应满足精度要求。

④ 检查模件零漂、响应时间和抗串模、共模干扰，均应符合要求。

⑤ 检查运算、控制组件的运控功能，应符合系统要求。

⑥ 测试时使用的信号源及检测仪表的精度，应符合量值传递及计量标准的要求。

3）使用测试程序对所有数字量输入输出模件逐个地址作扫描检查，确认其寻址功能；测量模件的频率、电压和脉冲宽度，均应符合要求。

（8）数据传送装置的调试

数据传送装置的调试是指计算机之间、计算机与过程控制装置之间数据信息传送装置的调试。

1）测量装置的输入阻抗和负载能力，在规定的传输距离和允许负载范围内，负载变化时，输出电平的变化应在规定范围内。

2）检查装置的显示、报警、操作、出错显示等动作应正常。

3）使用测试程序检查下列信息传输功能：以装置规定的各种传输方式进行传输操作，各功能均应正常；确认传输过程中，优先顺序判别功能和出错重送功能应正常；传送代码检查，使用测试程序检查后送代码所规定的各种代码操作，传送功能应正常；使用测试程序、检查控制字符功能，在传送过程中对规定的全部字符进行操作，功能应正常。

4）定时监视和信息传送稳定性检查：检查振荡器的频率、检查和调整传送过程中各监视时间，均应符合设计要求；检查在单位长度内，数据传送时，有效信号衰减应不超过规定值。

5）联机调试：包括近联机（1m 以内）和远联机（1m 以上）的调试，进行联机通道测试时，应无干扰和信息丢失现象。

① 近联机调试：利用测试程序，检查信息传送两侧的显示内容应一致；

② 远联机调试：调整联机等待时间，使用测试程序检查传送通道工作，确认传送正常。

（9）计算机设备稳定性检查与抗干扰试验

1）拉偏检查的边界条件

① 电压拉偏检查。直流电源电压拉偏范围为 ±5%，交流电源电压拉偏范围为 ±10%；

② 电源频率拉偏检查。电源频率拉偏范围为 −2 ~ +1Hz；

③ 环境温度拉偏检查。在设备规定的工作环境温度范围内进行上下限拉偏检查。

2）单体设备试验

在进行电压、频率和环境温度拉偏时，对计算机系统各设备的检查，应用测试检查程序进行，对于同类设备台数较多者，可按其总数的 20% ~40% 进行抽查；对过程输入输出点的检查也可按其比例进行抽检；在各种拉偏检查过程中，故障停机总数应小于 3 次。

3）在软件正常运行时，对全部设备进行综合拉偏试验

分别切断各设备电源，应不影响其他设备的正常工作；模拟电源故障中断，各相应显示报警功能，并正常发出信号及作出相应处理；在设备说明书规定的允许波动范围内，分别改变电压、频率和环境温度，系统功能和设备运行应保持正常；在设备说明书规定的允许范围内，用振荡器或橡胶（木）锤敲击设备外壳或面板，设备及元件固定部位无松动，配线无松脱，接触部位等应可靠，设备运行及系统功能应保持正常。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4）全系统设备综合连续运转的稳定性试验

① 在正常供电与环境条件下，通入特定的综合试验程序，试验时间不得少于7天，通入正常软件运行时间不得少于15天；

② 参考标准为设计或生产厂规定的计算机系统运转率保证值。CPU故障平均间隔时间一般不小于10000h；外围设备故障平均间隔时间一般不小于5000h；有效使用率一般应大于99.95%；在现场调试和交接时，只作短期考核；

③ 如在考核试验期间出现故障，允许作局部修改或更换，但再试次数不得多于3次，经局部修改或更换后试验时间应重新计算；

④ 确定运行时间应适当考虑到外围设备的利用系数。

5）抗干扰试验

应按《电气工程安装及调试技术手册（第3版）》中“低压动力电路及设备安装调试”部分关于电子设备电磁兼容性试验的内容进行。

（10）软件调试

1）软件调试前的一般要求

① 计算机系统应具有为调试、运行和生产运行控制管理所使用的程序；

② 软件应具有软件框图、程序文本和存储于存储介质中的目地程序；

③ 软件调试人员应熟悉程序清单和说明书，了解硬件功能和有关图样资料，并对软件进行考核，掌握操作方法与步骤；

④ 上机调试前应至少保存一个文字副本（程序文本）或存储文件（外存存储的目的程序）；

⑤ 软件资料应由专人负责管理，按规定要求存放、保管。

2）编程操作的要求

① 加载操作系统　无自动加载时，应按系统说明书进行系统加载操作，主机通电后，应能自动从硬盘或已装操作系统的软盘中加载；

② 制作原程序与程序文本　使用解释性语言管理系统时，在操作系统命令下，调入该语言或管理系统，按语言规则编制和调试程序；使用汇编或编译语言时，应使用操作系统本身的文本编译程序，按语言规定编制原程序并调入相应盘内；

③ 程序运行　对于解释性语言在程序编制后，可直接在本语言环境上，对应用程序进行运行调试；对于汇编或编译语言，应将原程序文本存入后，调用该语言对原程序汇编或编译、制出目的程序文本后再连接到操作系统中去，此后方可在操作系统下对应用程序运行和调试；

④ 使用结束　应在返回操作状态下取出软盘，再关机。

3）软件调试

软件调试应在硬件基本完成之后与硬件功能测试交叉进行。

① 基本软件调试

a. 建立基本系统，读入基本系统，反复读三次以上，应确认读入显示打印正确；

b. 建立空闲区和工作文件区；

c. 读入其他系统程序，要求同1）；

d. 组成所需的用户系统，确定存储区的终地址，进行设备登记和磁盘单元登记，连接扩充模件，连接语言和扩充语言，给用户分配设备等；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

e. 编制磁盘目录，将系统程序、用户文件和其他所有程序分别存入系统盘、工作盘和库盘；

f. 用命令测试确认程序运行正常。

② 操作系统　应运行正常。

③ 多用户同时进行测试　应运行正常，且用户间无干扰。

④ 采用语言模拟方式　测试过程输入信号应正常。

⑤ 应用软件调试

a. 根据设计和工艺要求确定软件任务，画出系统功能和操作运行控制框图，编制应用程序；

b. 按程序规定进行程序装入、排障（修改）和汇编等工作；

c. 对原始数据管理程序，用人机对话方式读入（卡片数据，磁带数据，软盘数据），并作显示和打印，运行应正常；

d. 对数据收集程序进行通道测试和信号模拟测试，并打印出数据测试清单，确认数据准确无误，运行正常；

e. 对设定计算程序应进行反复试算，并确认计算正确无误，运行正常；

f. 基本软件　一般应不做修改；

g. 应用软件的修改　应在离线运行时进行，如需在线调试，应有专门措施并经上级技术主管部门及软件专业工程师（程序员）批准；

h. 在线运行　所有软件除故障处理外，不应进行任何修改，故障处理时作的程序变动应有详细记录和说明；

i. 所有存档软件文本　应复制使用，不得直接使用；

j. 所有存储在可读介质上的程序文本　应有保护；

k. 控制程序输入到只读存储器中　经考核运行后应予以固化，程序的固化和消除均应按制造厂规定的方式进行。

4）软件的管理和验收

① 所有软件资料、程序文本和存储介质文本，均应建立软件设备档案，存储介质应存放在恒温和无电磁干扰的室内；

② 基本软件应经 1 ~2 周运行考核，确认其达到软件说明书上规定的各项功能指标；

③ 应用软件应经 3 ~6 个月运行考核，确认其与硬件工作试验一起达到监控目的。

（11）界面信息传送联动试验

电子计算机过程输入输出装置与控制、检测及其他装置间的接口装置的试验检查可按以下项目进行。

1）常规检查

① 接口装置（包括 I/O 装置及监控装置中继盘、站）的检查　接口的规格、型号、数量、连接应符合设计规定；接地线、屏蔽线的连接应符合系统要求；电源的检查应按 CPU 的电源检查进行。

② 信号线的检查

a. 信号线、电缆的规格、型号、连接、标号应符合设计规定；用 500V 绝缘电阻表测试

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

信号线对地的绝缘电阻不得低于10MΩ；测试时，信号线应从端子上拆下并与设备脱离后进行。

b. 试验前应检查确认各开关位置、动作无误，正确选择熔断器的熔体。

2）静态接口试验（不带动工艺线上的设备）

本试验只检查确认信息传送到继电器和电磁开关的动作或末级输出信号为止；试验用输入输出装置的设定显示面板或与计算机联机，使用测试程序检测信息传送和出口动作的正确性。

a. 通电检查接口装置内的开关、按钮、键等动作，应正确无误，人为动作装置内的继电器时，相应接口动作显示应符合设计规定。

b. 信号输出回路联动检查以过程输入输出装置的操作设定与计算机联机，使用测试程序对各种过程信号寻址并设定输出值，被寻址过程点所在接口装置上产生的联锁动作和显示报警应畅通无误。

c. 信号输入回路的联动检查用上条方式，对各过程信号寻址、设定输入值。操作接口各盘箱上的开关、按钮、数码开关、继电器等或被寻址的仪表、电气装置的相应点上，输出模拟盘信号或脉冲，I/O装置应显示并打印出相应地址的输入信号（位组、数据），联锁动作，报警显示均应正常。

d. 测试经过接口传送检测信号的功能应正常，检测值应达到设计或工艺规定的精度要求。

e. 检查接口传送的全部显示、报警功能，应正常。

3）动态接口试验

带动工艺设备作冷态无负载运行。

① 手动操作使工艺线上各机械运转，检查联锁动作、报警、机械位置行程等，均应符合设备要求。

② 计算机在线运行，投入自动工作方式，按以下两种方法进行试验：

a. 利用I/O装置进行运算控制设定和操作设定，面板试验脱机；

b. 利用测试程序进行运算控制设计和操作，试验联机。

两种试验，应分别按系统或回路检查工艺设备的联动运行情况，应符合设计规定，运行正常。

（12）计算机控制系统的整体试运行

1）各工艺设备和计算机系统联调完成且正常后，应由计算机控制整个生产工艺作业线做系统整体试运转，考核系统功能和监控精度等指标，均应符合设计和工艺要求。

2）计算机控制系统应连续无故障运行24h（外部停电、停运等造成的计算机停机时间除外）；主机系统各主要工作制（手动、自动、单机、双机等）试验不得少于3次；有关试验记录、资料完整。

（13）系统模拟故障干扰试验

须经设计、安装、建设单位及制造厂家技术主管部门批准，按共同协定的试验方案进行。计算机控制系统整体试运行时，必要的情况下，仍需上述四家联合进行。

计算机系统调试应在软件人员配合下进行，安装调试人员应熟悉各类机型的各种操作指令及操作程序，有关方面的知识请参阅微机及其应用的有关资料。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

计算机监控管理系统检测和安装质量检查内容见表24-37。

表24-37 计算机监控管理系统检测和安装质量检查内容表

序号	检查内容	序号	检查内容
1	安装验收检查内容	2	通电测试前硬件检查
	（1）机房环境要求		（1）按施工图设计要求检查设备安装情况
	（2）设备器材清点检查		（2）设备接地良好
	（3）设备模块配置检查		（3）供电电源电压及极性符合要求
	（4）设备机柜、加固安装检查	3	硬件测试
	（5）设备间及机架内缆线布放		（1）设备供电正常
	（6）电源检查		（2）报警指示工作正常
	（7）设备至各类配线设备间缆线布放		（3）硬件通电无故障
	（8）缆线导通检查	4	系统测试
	（9）各种标签检查		（1）网络连通性能
	（10）接地电阻值检查		（2）路由选择测试
	（11）接地引入线及接地装置检查		（3）设备容错测试
	（12）机房内防火措施		（4）网络管理测试
	（13）机房内安全措施		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第二十五章　电气工程常用装置制作加工监督管理

电气及自动化工程中往往有许多器材、配件及设备需要在安装前进行制作，加工成型后，才能运往安装现场。例如，架空线路的横担、抱箍、拉线底把、变电站的金具、各种预埋铁件、接地极棍、接地引线、避雷针、支架、电缆穿管、标准房间敷设的管路等，还有一些定型或不定型的开关柜（箱）、控制柜（箱）、非标准的接线盒（箱）、配电箱（板）以及其他一些器件等。这些装置同样在工程中有着决定工程质量的因素，因此，各个环节及程序中对此质量不容忽视。

一、制作加工总则

1）金属构件及箱柜的材料、几何尺寸、数量、功能作用、主要配件元件应符合施工图纸的要求；施工图没有明确时，应符合标准图册或相关标准规范的要求；图册或规范标准无规定时可自行设计，自行设计应保证功能作用，符合相关标准要求。

2）制作加工的工艺过程应符合机械加工工艺过程的要求，要有图样、加工精度、工序检测、整理装配试验程序及要求等。其精度应满足构件图样的要求。

3）加工制作过程如有焊接等特殊工种作业时，其特殊工种人员须有上岗操作证，其操作部位应与其证件相符。

4）加工制作机械化生产并应配备相应的机械、厂地和检测设备，如：车床、钻床、刨床、铣床、剪板机、折边机、折弯机、点焊机各类检测试验仪器仪表及器具等，配备镀锌、喷漆、包装及检测试验设备等设施。

5）制作加工应工厂化，人员应相对稳定，有工艺程序，有设计、技术、检测、试验、管理等部门或专职人员及相应制度。

6）电气开关柜（箱）制作应取得相应等级的资格证书，并符合上述条款要求。

7）制作加工的产品应符合相应标准，规范及规程的要求，企业应有高于国家标准的企业标准。

8）制作加工用到的材料、元件必须有试验报告，试验单位必须有相应的资质条件。

二、一般金属构件

1. 金属管路

（1）金属管的调直不得更改管子直径的5%。

（2）金属材料的切割不得用气焊切割，应使用铁锯、无齿锯、切管机等设备。

（3）金属管的弯曲半径一般为管子外径的10倍，弯曲部分的长度一般为以弯曲半径为半径的圆的1/4周长。

（4）焊接时先打坡口，焊接可采用电焊或采用气焊，其要求是管内焊口不得有焊碴。电焊时应采用单面焊接、单面成型焊接法。另外对焊工的要求较高，一定是经培训并经考试合格的焊工。操作前应试焊一小段焊口，然后锯开检查，管内焊口无焊碴为合格。焊好后再扫管一次，以防有残碴。

（5）明设的管子应镀锌处理，没有条件的可刷一道防锈漆，安装后再刷一道色漆。暗

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

设的管子应刷沥青防腐漆两道。刷漆应管内外全刷。

2. 金工件

金工件主要包括输电线路的横担、抱箍、接户线装置，变电站（室）、室外变台用的金属构件（架）、预埋铁件、电缆或线槽的支架等，另外还有接地系统的地极棒、避雷针、避雷线、接地引线等。

（1）检验材料。索取到货钢材的产品合格证和出厂试验报告和材质单，并取样做理化试验。金具加工的钢材必须是合格品，机械强度必须满足设计要求，进一批料化验一批，严禁混料，严禁加工无化验单的材料，以便保证工程质量。特别承受应力较大的横担、支架等更要注意这点。

（2）下料严禁气割，一律使用机具或机械锯割。

（3）开孔严禁气割，一律使用机具或电钻、台钻、钻床、铣床及各种规格的钻头。

（4）划线应将中心位置划在角钢、槽钢、工字钢边宽或腿宽1/2的位置上，偏差为±1mm。

（5）锻打后应进行退火处理。

（6）焊接应使用电焊，对焊工应有严格要求，必须是经劳动部门考试合格并取得操作证的才有资格进行金具焊接，严禁无证操作。施焊前应焊接试件，然后进行断拉试验或X光拍片、超声波探测等试验，合格者才可进行焊接。凡用在架空线路、变配电系统以及承受拉力或压力部位的金具，其焊接部位应打上焊接者的编号钢印，并抽样试验其焊接部的强度，以确保安全可靠。有条件的应使用机械自动焊接机。

焊接好的金具应进行外观检查和验收，其焊接表面应光洁，无裂纹、毛刺、砂眼、飞眼、气泡等缺陷。

（7）套螺纹应使用螺纹机或专用车床。

（8）成型合格后必须热镀锌处理，一般应由专业厂家进行。

3. 金具制作

架空线路金具的预制加工主要有横担、抱箍、支撑、拉板、连板、立铁、叉架、花梁、顶架、避雷线吊架、拉线棒、地板棍、吊杆、节板、穿钉及螺母等。使用的材料主要有槽钢、角铁、圆钢、扁铁、焊条、钢板等。

1）上述使用的材料必须是正规厂家生产的优质产品，有合格证、试验检验报告及生产商生产许可证。

2）上述使用的材料必须经过当地资质相符的质量检验机构检验和试验，材料抽样应符合要求，试验后出具具有法律效力的检验/试验报告。未经检验和试验或经检验/试验不合格的材料杜绝使用。

3）加工制作应有严格的管理制度和工艺纪律，并配备相应资格的技术管理人员，特别是要严格遵守批次检验/试验、工序检验/试验制度，并有相关记录。

4）制作必须符合图样要求，全部采用机械下料，杜绝手工下料。

5）开孔必须使用钻床或铣床，杜绝手工开孔。

6）焊接必须是持证合格焊工，焊接前试件必须经检验/试验。未经检验/试验，或检验/试验不合格试件的焊工应进行培训，培训合格后才能上岗，并且重新进行试件检验/试验。批量制作应使用机械焊接。

7）金具必须镀锌处理，镀锌热处理应符合要求，光泽、均匀符合要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8）产品成型后应进行破坏性试验，以验证产品的性能和质量。

三、电气箱柜屏制作

1. 电气箱柜屏制作总则

1）采用现行国家标准，在外形结构、电气性能和机械性能上赶上或超过国内同类定型产品。主要标准有：

GB 7251.1—2005 低压成套开关设备和控制设备　第1部分：型式试验和部分型式试验成套设备

GB 7251.2—2006 低压成套开关设备和控制设备　第2部分：对母线干线系统（母线槽）的特殊要求

GB 7251.3—2006 低压成套开关设备和控制设备　第3部分：对非专业人员可进入场地的低压成套开关设备和控制设备　配电板的特殊要求

GB 7251.4—2006 低压成套开关设备和控制设备　第4部分：对建筑工地用成套设备（ACS）的特殊要求

GB/T 3047.1—1995 高度进制为20mm的面板、架和柜的基本尺寸系列

电气制图及图形符号国家标准：GB/T 6988.1—2008、GB/T 6988.5—2006、GB/T 4728.1～5—2005、GB/T 4728.6～13—2008、GB/T 5094.1—2002、GB/T 5094.2—2003、GB/T 5094.3～4—2005、GB/T 4026—2010、GB 4884—1985 等

GB/T 4942.1—2006 旋转电机整体结构的防护等级（IP代码）—分级

GB/T 10233—2005 低压成套开关设备和电控设备基本试验方法

GB 50254—1996 电气装置安装工程低压电器施工及验收规范

GB 50255—1996 电气装置安装工程电力变流设备施工及验收规范

GB 50150—2006 电气装置安装工程　电气设备交接试验标准

GB 50171—2012 电气装置安装工程　盘、柜及二次回路接线施工及验收规范。

高压柜制作相应标准及规范。

2）所有电气元件均应有产品合格证、说明书、仪表要有检定证书、贵重或关键部件应有产品制造许可证的复印件和型式试验报告，一般应从元件生产厂家直接订货，取消中间环节，避免伪劣产品混入。

3）柜体、外形的加工应机械化、模具化、进而使产品标准化，具有互换性、通用性。主要设备有2.5m剪板机、2.5m折边机、点焊机、检验平台、焊接平台、2.0m角尺、静电喷漆设备、远红外烘干或烤漆设备、冲床及各类模具、胎具、卡具，以及车床、钻床、铣床等。

4）健全试验手段，购置试验设备和测试仪表，按国家标准对产品进行测试。执行的标准主要有GB 7251.1—2005 低压成套开关设备和控制设备　第1部分：型式试验和部分型式试验成套设备，主要设备及仪器有升压源、升流源（5000A）、泄漏仪、标准电压表、电流表，绝缘电阻测试仪，以及电气常用仪器仪表。其中升流源（500A以内）可用电焊机代替。

5）大型安装企业应取得成套电气控制设备制造许可证，中小型安装企业应争取取得不同类别的制造许可证。低压成套开关设备制造许可证分三箱式（黄本）、一般型（绿本）和高级型（红本）三种。另外，还有高压成套开关设备制造许可证。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6）有严格的管理制度和工艺纪律，有电气专业工程师和机械专业工程师，操作工人应经专业技术培训，并有上岗操作证。特别是下料剪板和折边折角的人员应相对稳定，并采用流水作业。应有板材、型材校正加工、焊接、结构组装、元器件安装调整、母线制作安装、二次配线、表面被覆层处理、零部加工等工艺守则或工艺卡，有原材料、元器件入厂检验、代用、零部件加工检验、成品检验、包装检验制度。

7）应有独立的检验机构，各工序工位要配备专业的检验人员进行过程检测和控制并有记录；生产过程应实行工程师负责制，工人实行技能工资制。

8）具有进行“整机测试”的能力和条件，设备、仪器资质条件齐全并由相关管理单位认证。

2. 电气箱柜屏制作通用技术要求

（1）低压电器组成的电气控制设备

1）工作条件

① 安装使用地点的海拔不超过2000m。

② 周围空气温度不得超过+40℃，且在24h周期内的平均温度不得超过+35℃，周围空气温度的下限为-5℃。

③ 空气清洁，其相对湿度在最高温度为+40℃时，不超过50%；在较低温度时，亦允许有较大的相对湿度，+20℃时一般为90%，但是同时应考虑由于温差的变化，可能会产生适度的凝露。

④ 设备所接的电源其电压波动范围，一般为设备额定工作电压的95%～105%。

2）运输与保管过程中的条件

运输与保管过程中的温度，一般为-25～+55℃的范围之内。短时（不大于24h）的温度，最高可达到+70℃，否则应有一定的技术措施。

3）技术条件

① 柜体应由能承受一定的机械、电气和热应力的材料构成，同时能经受正常使用条件下可能受到的潮湿影响。当设备用于高湿度或温差变化较大的场所时，应在已选定防护等级的基础上，另外增设防止内部产生异常性凝露的设施，如采用加强通风散热或烘干加热等。

② 设备的结构设计，应保证调试、运行、操作、维修和检查测试时的安全可靠。同时各元件动作时所产生的热量、电弧、冲击、振动、磁场或电场，亦不得对其他元件正常功能的发挥有所影响，以免引起误动作。

③ 设备的金属壳体，须焊有接地螺栓或螺母，其规格须满足表25-18中保护地线截面积的要求。为了保证使用时接触良好，禁止在螺纹上和导体表面处喷涂覆盖层，一般是焊接好后，即用凡士林油封涂，然后再喷漆。

④ 装于柜内的电器元件，应符合本身的标准规定和电气装置安装工程施工及验收规范，同时根据柜体制作设计的图样要求，进行安装和调整。

⑤ 柜内元件的布置、电路的排列（包括一次和二次），应整齐美观、操作方便、工艺合理和维护检修安全。

⑥ 通常地面安装的柜体，其指示仪器仪表的安装高度不得高于柜体安装基础面2m；操作器件（如手柄、按钮等）应装在便于操作的高度位置上，一般其中心线不高于柜体基础面1.9m。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

⑦ 装于柜体上的电器元件，须保证足够的拆修距离和安全喷弧距离。

⑧ 柜内某些元器件的正常工作温度或湿度，高于或低于设备所规定的正常工作条件时，应从柜体结构设计方面进行适当的调节，如局部增设加热、通风或冷却设施。

⑨ 设备上的连接导线，应具有与额定绝缘电压相适应的绝缘。

⑩ 各电路所选用的绝缘导线：铜芯绝缘硬导线的截面积不得小于 $0.75mm^2$；铜芯绝缘软导线的截面积不得小于 $0.5mm^2$。

⑪ 主电路接头间的相序和极性排列应符合规定。

⑫ 接至各接头上的连接导线端部，应压接铜制或铜铝过渡的端子，每根导线的中间，不得存有插接或焊接的过渡连接。

⑬ 当用黄、绿、红颜色表示主电路的相序时，允许仅在导线的末端标色；保护地线和中性线则须全长标色。二次回路的线号则一般应在导线的末端用特制的线号标注。

⑭ 通常元器件的一个端子只连接一根导线，最多不得超过两根。

⑮ 不同材料的母线或导线间的连接或与元件端子连接，应采用过渡端子，消除可能引起的电化腐蚀现象。

⑯ 布线中使用的绝缘导线，若使用行线槽配线时，应引至线槽内，同时在槽内尽量消除导线的交叉，而行线槽须垂直或水平敷设；若使用导线直接配线时，二次线应捆扎成束，线束应垂直或水平敷设。

⑰ 配线中，母线与电缆，须配备应力相适的支承，并尽量保证母线与电缆垂直或水平敷设。

⑱ 装设一般的电器元件或导线时，应使其与发热件间有一定的隔热间距，以免因过热而影响运行及使用寿命。接于发热体上的导线应采用相应的耐热导线，否则应剥去适当长度的绝缘层，套上耐热瓷珠或瓷套管，此种方法应保证，设备运行时绝缘导线与瓷件接触部位的温度不超过 +65℃。

⑲ 在使用中可能受到应力而弯曲的导线或线束，如过门线，须采用铜芯绝缘软线。引至可动部位的线束，须缠套不自燃的软管，线束的长度应保证足够的受弯半径，一般应大于 10 倍线束外径。

⑳ 设备的引出线，应集中引至接线端子排上引出。大电流的引出线，允许从元件端子上直接引出。

㉑ 设备的金属壳体或可能带电的金属件（包括因绝缘损坏可能带电的金属件）与接地螺栓间，必须保证具有可靠的电气连接，与接地螺栓间的接触电阻，不得超过 $10^{-3}\Omega$。其中，装有电器元件的金属门（盖）与金属壳体间的电气连接，须采用黄绿双色铜软线来进行。

㉒ 电器元件与电器元件之间、导电部件与不同相导电部件之间或与电器元件之间的电气间隙、爬电距离应符合标准的要求（见表 25-5）。

㉓ 主电路在额定条件下工作时，导体、母线的连接处、操作手柄和壳体的温升应符合要求。

㉔ 柜中的各个电路在介电试验前或后，其绝缘电阻不得低于 1MΩ。

㉕ 柜中各个电路应能承受交流正弦波介电试验电压，在 1min 的试验时间内无击穿或闪络现象。（试验电压见表 25-7 和表 25-8。）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（2）装有电子器件的低压电气控制设备

1）使用条件

① 周围环境温度不超过 +40℃，且 24h 内的平均温度不超过 +35℃，最低环境温度不得低于 -5℃。

② 空气中不得有过量的尘埃、酸、盐、腐蚀性及爆炸性气体。相对湿度在 +40℃不超过 50%。在较低温度时，允许有较高的相对湿度，20℃以下为 90%，同时应注意由于温度变化可能发生的凝露。

③ 海拔不超过 1000m。

④ 安装地基处允许有，振动频率 10～150Hz 时，最大振动加速度不超过 $5m/s^2$，如有共振则应有减振装置。

⑤ 交流电源的波形、电压波动范围、频率波动范围，直流电压波动范围均应符合产品的设计要求。

2）技术条件

① 柜内元器件必须符合该类元器件各自相应的标准及技术条件，不仅要考虑正常工作条件下的使用，而且要考虑设备在最不利条件下的使用。

② 柜内使用的印制电路板，应符合 GB 4588.4—1996《多层印制板分规范》的规定；使用的控制单元应符合 GB/T 3797—2005《电气控制设备》规定的考核条件，同时应在产品设计中制定该控制单元的有关规定。

③ 控制设备可采用自然冷却强迫风冷、水冷。采用自然空气冷却时，散热器周围应有足够的空间；采用强迫风冷，进风入口处应有过滤装置；采用水冷时必须有过滤装置，且冷却系统亦采用塑料，尼龙制件，同时水质应满足表 25-11 的要求。

④ 电气间隙和爬电距离应符合表 25-12 规定。

⑤ 绝缘电阻不小于 1MΩ。

⑥ 介电试验电压应按表 25-7 和表 25-8 进行。

⑦ 设备内部各部件的温升，应符合元件的各自标准；低压母线及低压电器端子的最高允许温升：

纯铜无被覆层应≤60℃

纯铜搪锡应≤65℃

纯铜镀银应≤70℃

铝超声波搪锡应≤55℃

半导体器件及其与母线的连接端子最高允许温升：

纯铜无被覆层应≤45℃

纯铜搪锡应≤55℃

纯铜镀银应≤70℃

铝超声波搪锡应≤35℃

⑧ 连接到发热元件上的导线，应从侧方或下方引出，并剥去适中的绝缘层，套以耐热小瓷管或瓷珠，使导线绝缘层的端部温度不超过 +65℃。

⑨ 设备能承受来自电网或周围环境的电磁干扰。同时设备本身产生的电磁干扰应减小到最低限度。应采用滤波器和延时装置，或者选择一定的功率电平以及合理的布线（如采

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

用绞线、屏蔽线、分束或交叉走线、隔离线或屏蔽技术等），可以避免静电和电磁干扰。

⑩ 柜或台体结构应牢固，应能承受在正常使用条件下可能遇到的机械、电气、热应力以及潮湿等影响。

⑪ 抽屉和插件应很方便地插入或拔出，所有接点、插点均应保证接触可靠。需要更换的抽屉或插件应具有互换性。在正常使用期间如果新更换的插件在投入运行前尚需进行电气性能调试，则应在这种插件上加注明显的标志。不同功能的抽屉或插件应避免插错，必要时应有防止插错的机械或电气连锁装置。

⑫ 印制电路板、插件等部件，在焊装完成后，应进行规定的耐振及温度循环试验，试验后应保证电气性能符合要求，并不得有脱焊、虚焊、元器件松脱或紧固件松动等现象。

⑬ 元器件之间应有足够的空间，以便装配和接线，每个元器件周围应标注醒目的符号或代号。重量小于15g的小型元器件，如果在正常使用和运输中确信不致损坏时，可利用其本身的引出线直接固定在印制电路板上，其他元器件必须用机械方法固定。

⑭ 操作与控制元件应装于易操作的部位，安装高度不得高于操作者所站立的台面以上的2m，不得低于0.4m。

⑮ 导线的连接可采用压接、绕接、焊接或插接，连接必须可靠牢固，两个接线点间的连线不得有接头。

⑯ 在经常移动的地方（如过门处），必须采用软绞线，并且要有足够长的裕量，以免急剧弯曲或产生过大张力。

⑰ 交流电源线、直流电源线及高电平信号线，应与低电平（测量、信号、脉冲等）信号线分束走线，并应有一定的间隔，必要时应采取隔离或屏蔽措施。

⑱ 所有导线端部的标号，应清晰、牢固、完整、不脱色。

⑲ 主电路母线类别的颜色及相序的排列应符合标准，见表25-6。

⑳ 柜中控制电路导线截面积应按规定的载流量选择，但考虑到机械强度的需要，一般应采用截面积不小于0.75mm^2的单芯铜绝缘线或不小于0.5mm^2的多芯铜绝缘绞合线，对于电流很小的电路（如电子逻辑电路和类似的低电平或信号电路），导线的最小截面积不得小于0.2mm^2且必须使用铜芯或镀银绝缘导线。

㉑ 导线的额定绝缘电压与电路的额定工作电压或对地电压相适应。必要时，对于较高工作电压的导线，应采用绝缘措施（如加绝缘套管、用绝缘支架架起悬空等）。

㉒ 所有从外部进入控制柜（箱、台）的电缆或导线必须通过接线座，但对于电流在60A以上的电路接线，允许直接接到元件的端子上。

㉓ 对于断路器、接触器、继电器等大电流器件的安装、布线、连接等要求可参考低压电器组成的电气控制设备设置。

（3）高压电器组成的电气控制设备

高压电气柜通用技术要求与（1）和（2）基本相同，不同的是高压柜的绝缘程度远远高于低压柜。因此，在柜体尺寸、电气设备尺寸及绝缘性能、柜体结构方式、传动系统等方面比（1）和（2）有着很大的区别，主要有：

1）高压柜绝缘子，母线间距、对地距离、爬电距离应符合相应电压等级的要求。

2）电气开关设备、元件、二次回路、绝缘子的电压等级、耐压试验应符合相应标准的要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）电子器件、模块/模板等弱电系统与高电压大电流的设备元件应有隔离或屏蔽保护。

4）操作系统、继电保护系统、计量仪表系统与高电压、大电流的设备元件应有隔离保护措施。

5）电气设备、元件的试验与低压系统的试验内容和方式有明显不同。

这里将高压开关设备型式试验项目和低压电器试验项目列出，供读者参考，见表25-1和表25-2。型式试验一般由国家电气产品技术监督部门进行，并出具型式试验报告，但一般的生产厂商都具有该试验的能力，本厂试验合格后再交付监督部门进行，以避免出现不合格项。作为安装单位有条件的也应具备型式试验的能力，以便在工程中防止假冒伪劣产品的混入，确保安装工程的质量。

表25-1 高压开关主要型式试验项目

序号	试验项目		适用产品							
	性能	名称	断路器	负荷开关	隔离开关	接地开关	重合器	分段器	接触器	熔断器
1	力学性能	机械操作试验	○	○	○	○	○	○	○	(○)
2		机械特性试验	○	○	(○)	(○)	○	○	○	
3		机械耐久试验	○	○	○	○	○	○	○	
4	载流性能	温升试验	○	○	○		○	○	○	○
5		回路电阻测量	○	○	○		○	○	○	○
6		短时耐受电流试验	○	○	○	○	○	○	○	
7		峰值耐受电流试验	○	○	○	○	○	○	○	
8	开断与关合性能	短路开断能力试验	○				○		(○)	○
9		短路关合能力试验	○	(○)		(○)	○	(○)	(○)	
10		近区故障开断试验	(○)							
11		线路充电电流开合试验	(○)	(○)	(○)		(○)	(○)		
12		电容器组开合试验	(○)	(○)			(○)		(○)	
13		额定关合和开断能力试验		○				(○)	○	
14	绝缘性能	冲击电压试验	○	○	○	○	○	○	○	○
15		工频电压试验	○	○	○	○	○	○	○	○
16		局部放电测量	(○)							
17		无线电干扰电压试验	(○)	(○)	(○)	(○)				

注：○——要做；（○）——有的要做，有的不要做。

表25-2 低压电器试验项目表

序号	试验项目	试验内容	型式试验	常规（出厂）试验
1	一般检查	检查电器的外形尺寸及安装尺寸、电气间隙与爬电距离、触头开距、超行程、压力、操作力以及安装质量	✓	✓
2	电压降检查	对被试电器通以恒定直流电流，用仪表直接测量被测部分两端的电压降，以了解电器各部位的导电情况	视电器种类而定	✓

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	试验项目	试　验　内　容	型式试验	常规（出厂）试验
3	温升试验	用低压电源进行，测量电器各部件（包括触头、导电部件和易接触的外壳表面及操作手柄）的温升	✓	
4	绝缘电阻测量	用绝缘电阻表测量电器绝缘表面的阻值，在一般条件不得小于10MΩ	✓	✓
5	介电性能试验	进行工频耐压试验，以考核电器的绝缘水平。在电气间隙小于标准规定时尚须进行脉冲耐压试验	✓	✓
6	耐潮试验	在规定的温度湿度条件下进行，考核在湿热条件下电器的绝缘性能	✓	
7	额定接通与分断能力试验	接通与分断可分别试验，但必须在同一台试品上进行。如果条件具备，则接通与分断应当是一个连续的程序，不应分开。主电路和辅助触头都应进行	✓	
8	短路接通与分断能力试验	在规定的电流、电压、cosφ或时间常数条件下进行。熔断器只进行分断能力试验	✓	
9	短时耐受电流能力试验	考核短路电流的热效应和电动力效应对电器的影响，一种电器可以有几种（如1s、0.4s、0.2s等）短时耐受电流	✓	
10	动作特性试验	确定电器的动作误差和在规定电流作用下的延时值、电流动作值可用低压电流进行	✓	✓
11	操作性能试验	需动作的电器，要进行一定次数的操作性能试验，以检查动作的可靠性	✓	✓
12	寿命试验	分机械寿命和电寿命试验，用闭合断开操作循环的次数表示。有的电器，如断路器要求两者在同一台试品上进行	✓	
13	电磁兼容性（EMC）试验	考核电子电器在电磁干扰作用下工作的可靠性。应进行辐射试验、冲击电压试验、电气快速瞬态/脉冲群试验、振荡波抗扰性试验	✓	

3. 电气箱柜屏制作具体要求

（1）柜体尺寸应符合表25-3。

表25-3　柜体标准尺寸系列表

宽 B/mm	高 H/mm	厚 D/mm	宽 B/mm	高 H/mm	厚 D/mm
280	800	220	1000	2200	700
400	1000	280	1200	2400	800
480	1200	340	1400	2600	1000
520	1400	400	1600	2800	1200
600	1600	460	1800		1600
660	1800	500			2000
800	2000	600			

（2）面板、柜体、柜门的板厚见表25-4。

柜体通常有骨架支撑，其板厚可选的薄一点；面板支撑元件并要钻孔套丝，其板应选厚

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

一点；柜门应大于面板厚度，特别是大中型柜，门偏大，为了增加强度，防止开关时振动，一般选的厚一点，可选2.5mm。

表25-4 控制柜（箱）板厚选择表 （单位：mm）

类　别	面板厚度	柜体厚度	柜门厚度	柜内骨架
小型柜	1.0～1.5	0.5～1.0	1.0	3×30角钢
中型柜	1.5～2.0	1.0～1.5	2.0～2.5	4×40角钢
大型柜	2.0～2.5	1.5～2.0	2.5	5×50角钢

通常面板用钢板制成，有时也可用各类绝缘板，其厚度一般为8mm。

（3）下料划线要准确无误，应保证所有横向线平行，所有竖向行垂直且平行，各个矩形对角线应相等。

（4）剪板下料应使用精度较高的剪板机下料，误差为±0.5mm。严禁手工下料，严禁气割下料。

（5）开孔应用冲床开孔，模具精度与孔相应，严禁手工开孔，严禁气割开孔。

（6）折角、折边应用折边机，模具应由专业厂商加工，其R弧应小于3mm。折边误差±0.1mm。严禁手工折角、折边。

（7）焊接成型，焊接应用点焊机进行，并确保柜体的几何尺寸，误差±0.5mm。四面的垂直度、水平度及各面的对角线符合要求。

（8）喷漆，一般应酸洗处理，消除锈迹。腻子干后用0#砂纸打磨。喷防锈漆一道，烘干4～8h，烘干温度90℃；色漆一道，烘干8h。

（9）电气装配

1）电气元件的测试

为了保证电气装配的质量，所有电气元件在上板前应做必要的检查及试验。内容主要有两方面，力学性能和电气性能。

① 所有元件必须有产品合格证书、使用说明书、接线图，仪表还必须有计量检定部门出示的检定证书。断路器、接触器、频敏变阻器、过电流继电器、热继电器还应有厂家产品制造许可证的复印件。元件的铭牌应清晰、规则。高压电器应进行试验。

② 检查外观应无破损和机械损伤，可动部分灵活无卡，附件完整齐全，线圈参数清楚可见，铁件无锈蚀，铁心截面光滑整洁、无毛刺。仪表表门完整，指针可动，接线螺钉坚固。

③ 用500V绝缘电阻表测试断路器、继电器、接触器等元件的相与相、相与外壳（上下闸口都要测）以及频敏变阻器或元件的线圈等正常工作时通电部件端子对金属外壳的绝缘电阻，其阻值应大于2MΩ。

④ 通电试验。通电试验就是给元件的工作线圈通电，然后测量其触点的开关性能和接触电阻；有时叫做空投试验，然后使用升流源给开关的主触点或电流线圈通以电流，测量触点在额定电流或过载电流下的工作状态，以及电流线圈的工作状态，进而证明元件的可靠性和稳定性，保证柜的质量。

2）元件固定应牢固、整齐、间距符合要求，较重元件应固定在横梁上，固定应垫绝缘纸。元件固定后正常工作时带电部分与不带电部件、底座与面板间绝缘电阻应分别大于2MΩ和0.5MΩ。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）配制主母线

① 主回路的母线必须悬空安装，距面板之间以及相与相之间最小距离为30mm，距门的距离应大于100mm。

② 主回路母线安装好后，应用500V摇表测量其绝缘电阻，应大于2MΩ。

③ 紧固母线的螺栓其螺母应露扣2～3扣，最多不超过5扣，且应一致。

④ 对应母线的弯曲应一致，力求美观。

4）配制二次控制回路

二次控制回路应用1.5～2.5mm^2、500V的单根塑料铜线配制，一般用黑色导线，不得用铝芯导线配线。如果有电子线路、弱电回路等可用满足电流要求的细塑料铜线配制，但要求正极用棕色，负极用蓝色，接地中线用淡蓝色；晶体管的集电极用红色，基极用黄色，发射极用蓝色；二极管、晶闸管的阳极用蓝色，阴极用红色，门极用黄色等。

① 应从控制电源的始端开始接线，直至第一个回路接完，并使回路最后回到控制电源的末端。所谓回路是指能够完成元件得电的通路。然后按回路编号再接第二回路、第三回路，直到最后一个回路。如果一个元件有几个得电的通路，应按顺序一一接完，才算完成该回路的接线。回路编号必须统一。

② 每接完一个回路，或者一个回路中的一个通路，应将控制电源的开关合上，使控制回路有电，并操作该回路或通路中的能使回路通电的部件，如按看其动作是否正确。若动作不正确或不动作，则说明接线有错误、导线折断、接线松动或者元件损坏等原因，应立即查出并修复。

③ 接到门上各个元件的导线，应将其先接在端子板上，面板上的二次线全部接完以后，再将柜门上各个元件的导线接至柜门上的端子板，然后对照编号用2.5mm^{2}的多股软塑料绝缘铜线将两个端子板上的端子对应连接起来，最后将软铜塑线束用绝缘布包扎起来。接线时同样应按回路进行试验，以避错误。

④ 每接一根导线时，无论接到任何部件上，都应套上接线号，一端一个，最后把接线号固定在元件的端子一端，字符朝外。任何导线中间不得有接头。端子板或元件的接线端子一般接一根导线，最多不得超过两根。

⑤ 每个接线端子都应有平光垫或瓦形片及弹簧垫。用瓦形片压接的接线螺钉处，导线剥掉绝缘直接插入瓦片下，用螺钉紧固即可，如π形线；用圆形垫片压接的接线螺钉处，导线剥掉绝缘后需弯制顺时针的小圆环，直径略大于螺钉直径，穿在有平垫的螺钉上，拧紧即可。

⑥ 二次导线应从元件的接线螺钉接出，然后拐弯至面板并沿着板面走竖直或水平直线到另一元件的接线螺钉，用上述方法接到另一元件的端子上，一般不悬空走线。但同一元件的接点连接，或者相邻很近的元件之间的连接可以悬空接线。二次导线应横平竖直，避免交叉，拐弯处应为90°角，但应用足够的R弧，以免折断导线。

⑦ 二次导线应从元件的下侧走线，送至端子板或其他元件，并尽力使两列元件之间（上下之间、左右之间）的导线走同一路径，并用线卡或捆线带捆紧，使其成为一束，不得用金属线捆扎。一束导线的截面应为长方形、正方线、三角形、梯形等规则图形。线束横向300mm、纵向400mm，应有一固定点，不能晃动。

⑧ 控制电源应从总开关的上闸口取得，这样可在总开关不合闸的状态下，也就是电动机不转的情况下，控制回路仍然有电，以便测试控制回路动作是否正确，这对运行、修理和

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

安装有很大的方便。

⑨ 接线前应将整盘的导线用放线架放开，每2m截下一节，然后用钳子夹住端部，把导线伸直，不得有任何死弯。打扭的线伸直后不得再用。

⑩ 在绝缘导线可能遭到油类腐蚀的地方，应采用耐油的绝缘导线、或采取防油措施。

配线完成后，应由检查员、质量检验员及另外非配线人员，对前述9项作业和操作进行检查，并详尽记录，对发现的质量瑕疵及缺陷、不足及时更正，并重新复检合格。

（10）整机测试

电气控制柜（箱）装配完后应进行出厂试验（或使用前的试验），批量生产或专业厂家的定型产品必须进行型式试验，这是取得生产制造许可证的条件之一。

1）型式试验　型式试验的目的是验证电气装置的电气性能和机械性能是否达到GB 7251.1～5标准的要求，型式试验由国家机电总局指定的部门进行。型式试验的项目包括温升试验、介电强度试验、短路强度试验、保护电路连续性试验、测量电气间隙和爬电距离、机械操作试验、防护等级试验。

2）出厂试验　出厂试验是为了检查材料和制造上的缺陷，出厂试验包括一般检查、通电操作试验、介电强度试验、保护措施和保护电路的检查。

3）一般检查

① 外观检查。外观检查主要检查电气控制柜（箱）的外观质量、装配质量、通常为目测或使用简单的工具。

a. 柜内所装元件应和设计要求相符；检查主回路和二次回路的接线应正确，导线及母带的截面积和颜色应分别符合设计和标准的要求。

b. 检查电气间隙和爬电距离。电气间隙是指两个导电部分间的最短直线距离；爬电距离是指在两个导电部分之间沿绝缘材料表面的最短距离。柜内电器元件应符合各自有关规定并在正常使用条件下也应保持其电气间隙和爬电距离。装置内不同极性的裸露带电导体之间以及它们与外壳之间的电气间隙和爬电距离应不小于表25-5中的规定。

表25-5　导电部件间的电气间隙和爬电距离

额定绝缘电压/V	电气间隙/mm	爬电距离/mm
≤300	6	10
>300～660	8	14
>600～800	10	20
>800～1500	14	28

c. 电气元件之间的间隔应符合设计要求。

d. 外形尺寸的检查。外形尺寸的检查应将柜体置于检测平台上进行。其高、宽、厚及门的高宽应符合设计要求，其误差应为±1.0mm。四面的垂直度（每米）允许偏差1.0mm；四面柜顶的水平度允许偏差1.0mm；柜体各个部件之间（如门缝、上下挡板和侧面板间）的间隙不大于1.0mm。

② 外接导线端子的检查。外接导线端子包括电源、负载、零线和接地线的接线端子，接线端子应可靠、牢固、并有满足最大负载容量的截面积；应有明显的接地标记；从端子板上接地端到骨架的接地线应为铜质软导线，连接应可靠。柜体两侧的下部及顶部应有进出线

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

孔且在电缆正式安装后应能达到规定的防护等级，其他应符合 GB 7251.1～5 的要求。

③ 元件安装的检查

a. 元件的选择。元件的额定电压、额定电流、使用寿命、接通和分断能力、短路强度等方面应适合于控制柜的指定要求和用途；元件应符合自身的有关标准。

b. 元件的安装。元件应按照制造厂商的说明书（使用条件、飞弧间距、拆卸灭弧栅需要的空间等）进行安装；元件在柜内、柜门上的安装不得有肉眼能感到的不平和歪斜；安装在同一支架上的电器、功能单元的外部接线端子应使其在安装、接线、维修和更换时易于接近，尤其是外部接线端子应安装在柜体基础面上方至少 0.2m 的高度处，并且应为连接电缆或导线提供一定的空间。有关要求见通用技术要求。

c. 固定式部件的拆卸和安装只有当柜内不带电时才能进行，在有些场合，拆卸固定式部件时可只让部分断开电源，但必须有足够的安全措施。

d. 可移式部件和抽出式部件必须有联锁机构，以保证只有当主电路被分断后才能抽出或重新插入；为了防止误操作，应有挂锁，以保证开关在规定的位置上，且应有明显的试验位置（主触头不带电）、分离位置和合闸位置的标志；抽出和插入时，只要按操作规程操作，应无阻无卡。

e. 母线相序的排列，从柜体正面观察应符合表 25-6 的规定。

表 25-6　电气装置母线相序排列规定

类　别		垂直排列	水平排列	上下排列
交流	A 相 L_1	左	内	上
	B 相 L_2	中	中	中
	C 相 L_3	右	外	下
	中性线、中性保护线 N	最右	最外	最下
直流	正极 +	左	内	上
	负极 −	右	外	下

f. 开关电器操作机构的操作方向与指示应与其使用说明书中规定的操作方向和指示相一致，并和实际一致。

g. 指示灯和按钮的安装位置应对应，颜色应符合 GB 2682—1981㊀的规定。

④ 接线的可靠性检查。

a. 母线的连接应保证足够和持久的压力，但不应使母线产生永久性变形，可用相应的力矩扳手检查螺母是否拧紧，有否平垫和弹垫。

b. 母线和导线除必须承载的电流外，还应考虑到承受的机械应力、敷设方法、绝缘类别以及所连接元件的种类等因素的影响。绝缘导线的电压等级应和控制装置的电压等级相符。

c. 绝缘导线的敷设和连接　绝缘导线不应贴近具有不同电位的裸露带电部件或贴近带有尖角的边缘敷设，应使用线夹固定在骨架或支架上，也可装在行线槽内；绝缘导线穿越金属构件或面板时，应有护圈，使导线不受损伤。

⑤ 结构、镀层和被覆层的质量检查。

㊀ 废止标准，无代替标准，可参考使用。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

a. 柜体所有焊接点应牢固可靠，焊缝和焊点光洁均匀，焊药清除干净，无焊穿、裂纹、咬边、溅渣、气孔、砂眼等现象，点焊点应焊接适中，板面不得有变形现象；吊装钩应由双螺母紧固、吊杆螺栓的直径应由控制柜总重量决定。

b. 电镀件的镀层（包括元件和紧固件）不允许有起皮、脱落、发黑、发霉、生锈等缺陷。

c. 黑色金属表面的喷涂漆层应有良好的附着力并有检验报告；正面和侧面的喷涂层，不允许有皱纹、流痕、针孔、起泡、透底等缺陷；色泽应均匀，在阳光不直接照射下，距柜体1m处目测不到刷痕、伤痕、机械杂质和修整痕迹，且不应有明显的色差和反光；其他部分的喷涂层不允许有皱纹、流痕、起泡、透底色等缺陷，但允许有少量的机械杂质和防浊；母线的涂漆应均匀、无流痕、刷痕、起泡、皱纹等缺陷，搭接面不得粘漆。同端两侧漆线应一致。

4）通电操作试验　根据控制柜的复杂程度，可进行通电操作试验。试验前，须认真检查装置内部接线，一般应由二人进行，确认无误后方可进行通电操作试验。先测量绝缘电阻，可用500V绝缘电阻表，绝缘电阻值应大于2MΩ。应按设计规定的电压进行试验，试验结果所有的电器元件的动作顺序、电气功能、信号系统应符合电气原理图的要求。操作次数应不少于5次，必要时应对元件进行单体试验，方法同电气元件的测试。

5）介电强度的试验

① 试验电压值应符合表25-7和表25-8的规定，但如果包括在被试主电路和辅助电路中的电器已在电气元件的测试中经过介电试验，则试验电压应降低到表25-7、表25-8规定值的85%，同时试验时间降到1s。

表25-7　主电路及与主电路直接连接的辅助电路介电强度试验电压值

额定绝缘电压 U_i/V	试验电压/V	额定绝缘电压 U_i/V	试验电压/V
$U_i \leqslant 60$	1000	$660 < U_i \leqslant 800$	3000
$60 < U_i \leqslant 300$	2000	$800 < U_i \leqslant 1000$	3500
$300 < U_i \leqslant 660$	2500	$1000 < U_i \leqslant 1500$（直流）	3500

表25-8　不与主电路直接连接的辅助电路介电强度试验电压值

额定绝缘电压 U_i/V	试验电压/V	额定绝缘电压 U_i/V	试验电压/V
$U_i \leqslant 12$	250	$U_i > 60$	$2U_i + 1000$ 最低1500
$12 < U_i \leqslant 60$	500		

② 试验电压的施加部位。

a. 带电部位与地（框架）之间。

b. 主电路相间。

③ 试验电压的要求。试验电源的电压应当是正弦波，在45～62Hz之间，当其输出端短路时，电流不应小于0.5A。

④ 试验方法。先测量绝缘电阻，只有在绝缘电阻合格时，才能进行介电强度试验。将升压源和被试部位接好后，应先按表25-7和表25-8中的试验电压值的30%～50%试验，然后在10～30s内将试验电压逐渐升到规定值，并在该值下维持1min，应无击穿或放电现象。然后降压，直到0位再切除电源。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

试验时应将不能耐受试验电压的电器元件（如电子设备、电容器等弱电器件）从电路中暂时拆除。

6）保护措施和保护电路的检查　直观检查装置的防护等级是否达到设计要求，见表25-9和表25-10。

表25-9　对固体异物的防护等级

第一位特征数字	防护等级	
	简要说明	含义
0	无防护	—
1	防止直径不小于50mm的固体异物	直径50mm球形物体试具不得完全进入壳内①
2	防止直径不小于12.5mm的固体异物	直径12.5mm球形物体试具不得完全进入壳内①
3	防止直径不小于2.5mm的固体异物	直径2.5mm的物体试具完全不得进入壳内①
4	防止直径不小于1.0mm的固体异物	直径1.0mm的物体试具完全不得进入壳内①
5	防尘	不能完全防止尘埃进入，但进入的灰尘量不得影响设备的正常运行，不得影响安全
6	尘密	无尘埃进入

① 物体试具的直径部分不得进入外壳的开口。

表25-10　对水的防护等级

第二位特征数字	防护等级	
	简短说明	含义
0	无防护	—
1	防止垂直方向滴水	垂直方向滴水应无有害影响
2	防止当外壳在15°范围内倾斜时垂直方向滴水	当外壳的各垂直面在15°范围内倾斜时，垂直滴水应无有害影响
3	防淋水	各垂直面在60°范围内淋水，无有害影响
4	防溅水	向外壳各方向溅水无有害影响
5	防喷水	向外壳各方向喷水无有害影响
6	防强烈喷水	向外壳各个方向强烈喷水无有害影响
7	防短时间浸水影响	浸入规定压力的水中经规定时间后外壳进水量不致达有害程度
8	防持续潜水影响	按生产厂和用户双方同意的条件（应比数字为7时严酷）持续潜水后外壳进水量不致达有害程度

检查保护电路连接处的接触情况是否良好，并有连续性，应采用直接连接或利用保护导体连接，并有明显的接地保护点及标志。

用抽查的办法，使用双臂电桥或μΩ计，对保护端子进行接触电阻的测量，每台抽查不得少于5点，保护电路上任何一点与主接地端子之间的直流电阻应≤10mΩ，否则应调整合格。

其他未尽事宜参见GB 7251.1—2005。

7）必要时应进行温升试验和短路强度试验，应按GB 7251.1—2005执行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（11）铭牌及标志牌

1）铭牌应给出以下内容：制造厂厂名或商标、产品型号、制造年月、出厂编号、标准代号（GB 7251.1—2005）、电流类型（交流还应标出频率）、额定工作电压、额定工作电流、额定绝缘电压、辅助电路的额定电压*、使用条件*、每个电路的额定电流*、短路强度*、防护等级、防止触电的措施*、工作范围*、接地类型及接地装置*、外形尺寸及安装尺寸、重量。其中带*号者可在技术文件中给出。

2）电器元件的标牌　标注电器元件名称或和原理图、接线图相一致的符号的标牌，固定在元件安装位置的一侧，大小和种类繁多。

3）固定要求

① 标志牌的固定应方正不歪斜，且应牢固。

② 铭牌应固定在设备的前面容易观察的地方，标高不宜超过1.6～1.8m。

③ 电器元件的标牌应尽可能靠近元件的上方固定，如果有困难则可固定在元件的左、右侧或下侧，但所有的标牌位置应一致；距元件的距离应在20～25mm之间，且应一致。标牌不得固定在元件的外壳上。

④ 导线的线号应固定在导线和端子的连接处，距端子的距离宜小于10mm，但必须统一。

⑤ 所有文字符号必须与图样相一致。

⑥ 文字符号的书写应工整、完善、清晰、牢固，一般应使用工程字的标注和书写方法，切忌潦草或自行标注，严禁混乱。

（12）产品安装使用说明及检验试验报告

按国家标准要求详细列出产品、功能、规格、元器件性能、安装使用要点及检验试验报告的详细内容及各种注意事项。

（13）空载试运行

开关柜试验合格后应加空载试运行，并检查测试元件设备承载电压后的运行状况及各部分动作情况并记录，应合格正常。

四、新型电气箱柜屏制作监控要点

随着工业控制技术和电气传动技术的发展，特别是电子技术、传感器技术、计算机技术的发展，新型电气箱柜层出不穷。这些新产品在材料、元器件、几何尺寸上变化很大，其他质量监控要求基本相同。新型电气箱柜主要有铝型材轻型柜、ZG型电控设备通柜、311型柜、无底板式控制屏、TT型控制台、插箱、电子控制设备、PGL低压柜、GGL1低压柜、BFC开关柜等。

1. 电子控制设备制作监控要点

电子控制设备中的元器件必须进行测试及试验，测试试验标准要满足现行电子元器件测试试验标准的要求。

功率柜一般由晶闸管、大功率晶体管、控制单元、脉冲变压器、放大器、保护器件以及大电流的导线和小电流的控制导线等组成。

（1）元器件的布置　所有元器件装在电器梁上，自然冷却时，散热器的叶片应垂直于地面，且周围应有足够的空间；采用风冷时，可将散热器以抽屉框架的形式，置于风道中，采用低噪声离心风机。风道出风口一般经过集风器与风机直接连接，进风口设有滤气装置，一般用铜网；采用水冷却时，用不低于100～200孔眼/cm^2的铜网过滤。冷却水循环系统，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

如管路、阀门等应使用塑料、尼龙制品。热交换器允许采用纯铜管。使用运行时，水质应符合表25-11的规定，同时系统中有流量计量装置。

表25-11　冷却水的规格要求

流　　量	进水温度	水　　质
应符合被冷却元器件标准的规定	35℃①	$p \geqslant 2.5k\Omega \cdot cm$，pH：6～9，硬度＜10μg（当量）/L，氨（$NH_3$）＜1μg/L无机械混合物

① 指环境温度为40℃时的数值，为保证散热器表面不产生凝露，进水温度与环境温度之差，不得大于5℃。

保护元件装于功率元件旁侧，愈近愈好，元器件的电气间隙和爬电距离应符合表25-12的规定。

表25-12　电气间隙和爬电距离

额定绝缘电压 U_i/V	额定电流≤60A		额定电流＞60A	
	电气间隙/mm	爬电距离/mm	电气间隙/mm	爬电距离/mm
$U_i < 60$	2	3	3	4
$60 < U_i \leqslant 300$	4	6	6	10
$300 < U_i \leqslant 660$	6	12	8	14
$660 < U_i \leqslant 800$	10	14	10	20
$800 < U_i \leqslant 1500$	14	20	14	28

（2）配线　配线应采用线槽配线，配线时的连接应采用压接、焊接和插接。晶闸管的触发脉冲线与主电路的检测线、阻容保护线必须分开布置。不得采用公共导线，严禁将强电线和弱电线捆绑在一起或置于同一行线槽中。晶闸管供触发用的引线不能借用阴极散热器上的引线。大功率晶闸管应设置专供触发用的门极和阴极连接。

接线端子要分成交流电源端子、有瞬变信号端子、弱电信号端子等端子板，各板之间保持足够的距离。

传输大于1000A电流的母线与信号线间的平行布线距离，在柜内应大于200mm。

脉冲变压器可设置双层屏蔽，一次绕组的屏蔽层应直接接地，二次绕组的屏蔽层应与晶闸管的阴极连接。

与脉冲变压器相连接的导线应单独布线，它与有强干扰的母线或电缆平行布线距离，在柜内应大于200mm。

导线的颜色一般条件下，交流三相电路L_1相黄色，L_2相绿色，L_3相红色，零线或中性线淡蓝色，安全用的接地线黄和绿双色；用双芯导线或双根绞线连接的交流电路红黑色并行；直流电路的正极棕色，负极蓝色，接地中线淡蓝色；晶体管集电极红色，基极黄色，发射极蓝色；二极管阳极蓝色，阴极红色；晶闸管阳极蓝色，门极黄色，阴极红色；双向晶闸管门极黄色，主电极白色；整个设备内部二次线布线一般为黑色，半导体电路为白色，如有混淆时容许选指定用色外的其他颜色，如橙、紫、灰、绿蓝、玫瑰红等加以区分。

（3）接地的设置　电子控制设备接地一般有三种。

1）供低电平信号用的零伏系统地接地端子；

2）供多噪声的继电器等用的零伏中性线的接地端子；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3）保护接地端子，应和柜体接地螺栓可靠连接。

三种接地端子应相互独立并绝缘。

（4）元器件的分布区域　以2.2m高的控制柜为例，说明元件的分布区域，见表25-13。

表25-13　元器件的推荐分布区域

区域	元器件种类 / 推荐安装高度/mm	指示仪表	分压器	指示灯	电铃电笛	刀开关	按钮	转换开关	低压断路器	继电器	手动复位继电器	接触器	电流在800A以上的喷弧元件	板形电阻	管形电阻	200VA以下单相变压器	电容器	变阻器	电流互感器	熔断器	整流器	可调管形电阻
1	2200	✓	✓	✓	*	×	×	×	×	✓	×	✓	✓	*	*	✓○	×	×	×	×	×	×
	1950	✓	✓	✓	○	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	*	*	✓*	✓	×	×	✓○	✓*	○
2	1700	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	○	*	✓*	✓	*	*	✓*	✓*	*
	1450	×	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	*	✓*	✓	*	*	✓*	✓*	*
3	1200	×	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	*	✓*	✓	*	*	✓*	✓*	*
	950	×	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	*	✓*	✓	*	*	✓*	✓*	*
4	700	×	×	×	×	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	×	×	*	✓*	✓	×	○	✓*	✓*	*
	450	×	×	×	×	×	×	×	×	✓	✓	✓	×	×	○	✓○	✓	×	×	✓○	✓○	○

注：✓—允许安装；×—避免安装；*—推荐柜后部安装；○—允许柜后部安装。

1）监视器件的布置。

① 控制柜的监视器件均布置在仪表板上。测量仪表一般在仪表板的上部，指示灯一般在下部。无仪表板时，一般装置在门的上部，要求同仪表板。

② 控制屏的测量仪表宜在屏的上部，距地面一般为1.7～2.2m，指示灯应在1.2～1.95m的范围内。电表应装在钢板上。

③ 指示灯、信号灯颜色的选择见表25-14～表25-17。

表25-14　指示灯选色示例

应用类型	开关		指示灯			
	功能	位置	安装位置	给操作者的光信息	光信息的用途	选用颜色
有易触及带电部件的高低压室或试验区	主电源断路器	闭合	室（区）外的入口处	入内有危险	有触电危险	红
		断开		无电	安全	绿
低压配电设备	电源	闭合	低压配电设备上	支路供电	供电	白
		断开		支路无电	无电	绿
机器的电控设备	各个电动机的电源断路器	断开	操作者的控制台或电控设备上	指示灯不亮：未供电		白
		闭合		供电	正常状态	
	各个电动机的起动器	断开		准备就绪	机器或操作循环系统准备完毕	绿
		闭合		机器运转	确认起动	白
抽出危险气体的通风机	电动机的起动器	闭合	风道口	注意：风机正在运转	注意	黄
			操作者的控制台上和可能聚集有害气体的区域	正在进行抽气	安全	绿
		断开		停止抽气	危险	红

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

应用类型	开关		指示灯			
	功能	位置	安装位置	给操作者的光信息	光信息的用途	选用颜色
当输送停止时，所输送物料将凝固的输送装置	电动机的起动器	闭合	运输机的近旁	运输机在工作勿触及离开	注意	黄
			操作者的控制台上	正常运行	正常状态	白
				运输机已超载	注意：需降低负载	黄
		断开		超载停机	需立即采取行动或重新启动	红

表 25-15　指示灯的颜色及其含义

颜色	含义	说明	举例
红	危险或告急	有危险或须立即采取行动	润滑系统失压，温度已超（安全）极限，因保护器件动作而停机，有触及带电或运动的部件的危险
黄	注意	情况有变化，或即将发生变化	温度或压力异常 当仅能承受允许的短时过载
绿	安全	正常或允许进行	冷却通风正常 自动控制系统正常 机器准备起动
蓝	按需要指定用意	除红、黄、绿三色之外的任何指定用意	遥控指示 选择开关在设定位置
白	无特定用意	任何用意，例如：不能确切地用红、黄、绿以及用作“执行”时	

表 25-16　按钮的颜色及其含义

颜色	含义	举例
红	处理事故	紧急停机、扑灭燃烧
	“停止”或“断电”	正常停机、停止一台或多台的电动机、装置的局部停机、切断一个开关、带有“停止”或“断电”按钮外的任何功能
黄	参与	防止意外情况，参与抑制反常的状态，避免不需要的变化（事故）
绿	起动或通电	正常起动、起动一台或多台的电动机、装置的局部起动 接通一个开关装置（投入运行）
蓝	上列颜色未包含的任何指定用意	凡红黄和绿色未包含的用意，皆可采用蓝色
黑灰白	无特定用意	除单功能的“停止”或“断电”按钮外的任何功能

表 25-17　灯光按钮的类型

按钮的类型	灯灭	灯亮
a	颜色不变	
b	无特定颜色（非彩色）	任何一种颜色
c	无特定颜色（非彩色）	不同颜色（每种颜色都有各自的灯）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2）接触器、继电器的布置。应按喷弧距离的长短布置，喷弧距离较长的接触器应布置在屏、柜的上部，距地≥1.7m，并有足够的喷弧距离，必要时要有隔弧板。大型元器件一般装在屏柜的下部。

柜、屏的整个面板上可布置中小型接触器、继电器。手动复位的继电器应在0.7～1.7m标高内。接触器、继电器等强电元件的间距（导电部分）应符合表25-5的规定。元器件的布置，应考虑配线、接线、维修、换件、调整和测试的空间。接地螺栓的尺寸必须满足表25-18中接地导体的要求。

表25-18 接于柜体接地螺栓上保护地线的最小截面积 （单位：mm^2）

设备的相导体截面积（铜）S	相应的保护地线最小截面积（铜）S
$S \leqslant 16$	S
$16 < S \leqslant 35$	16
$S > 35$	$S/2$

注：设备相导体为铝质时，应先换算成铜质截面积再选取。

3）操纵器件的布置。操纵器件包括断路器、转换开关、按钮、按键开关等手动器件。

柜体仪表板上可装小型操纵件。空开要考虑喷弧，操纵件要操作方便，一般在0.7～1.7m标高之内，应从左到右、从上到下安装布置。

4）发热器件的布置。板形电阻和管形电阻应装于柜后1.7m标高以上区域，考虑发热对其他元件的影响，导线连接发热器件时应采用耐热导线或套小瓷管，具体要求见表25-19和表25-20。

表25-19 管形电阻安装方位 （单位：mm）

发热件 \ 间距及长度			推荐电器元件、电子器件等与发热元件间的距离				发热件上导线需剥去的绝缘长度并套以瓷珠
			上方		侧方	下方	
			①	②			
管形电阻发热功率为额定功率不同百分比时	7.5W	≤10%	10	10	10	10	10
		≤30%	20	20	10	10	
		≤50%	30	40	10	10	20
	15W	≤10%	10	10	10	10	10
		≤30%	20	80	10	10	
		≤50%	30	100	10	10	20
	25W	≤10%	10	10	10	10	20
		≤30%	50	100	10	10	
		≤50%	100	200	20	20	40
	50W	≤10%	10	80	10	10	20
		≤30%	50	100	10	10	
		≤50%	100	200	20	20	40
	100W	≤10%	10	80	10	10	20
		≤30%	50	200	20	20	
		≤50%	100	300	30	30	40

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

发热件 \ 间距及长度			推荐电器元件、电子器件等与发热元件间的距离				发热件上导线需剥去的绝缘长度并套以瓷珠
			上方		侧方	下方	
			①	②			
管形电阻发热功率为额定功率不同百分比时	150W	≤10%	10	80	10	10	20
		≤30%	80	200	20	20	
		≤50%	150	300	30	30	40
	200W	≤10%	10	100	10	10	20
		≤30%	80	300	20	20	
		≤50%	150	400	30	30	40

① 安装处空气温升为 +20K 时的数值。

② 安装处空气温升为 +10K 时的数值。

表 25-20　板形电阻与其他元器件间的最小距离　（单位：mm）

名　称	推荐的最小间距		
	在电阻之上	在电阻之侧	在电阻之下
绝缘件	50	40	40
导线	50	40	40
板形电阻	40	10	40
管形电阻	50	40	50
指示灯	50	40	50
半导体器件	不推荐安装	40	40

5）其他器件。接线端子板用于相邻柜、屏的使用时应布置于柜的两侧，用于外部接线使用时，应置于柜的下部，一般不低于 300mm。

母线应涂色标出相序、极性，其排列、颜色应符合表 25-6 的要求。

此外，元器件的分布应考虑接线的方便以及元器件的互相干扰。上述原则也并非一程不变，应根据实际需要，特别是运行方面的需要，在标准，规程允许的条件下，进行合理的调整，使之更准确地适合实际的需要。

2. 调节柜

调节柜一般由给定、调节、变换、触发、逻辑转换等控制单元及由单片机组成的控制单元共同组成的若干个插件箱，以及控制继电器等低压电器组成。

1）元器件的布置，应将高频与低频、数字与模拟、强电与弱电的元器件、信号、线路分开，必要时要屏蔽；

插件箱一般放在柜的中部，插件箱下部装置继电器、低压电器；电源变压器、交流稳压器、电源滤波器等，应放在柜的下部。

各个单元的供电应采用条形母线向各个单元的插件供电。

2）配线、接地、显示器件、操作元件等同功率柜。

3. 功率—调节混合柜

功率器件和控制单元混合布置时，功率器件应放在柜的上部，控制单元的器件放在下部，其他同功率柜、调节柜。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4. PLC 柜的布置

可编程序控制器（PLC）由模板，如电源、控制器和 I/O 及模块架组成。PLC 机抗干扰能力较强，可直接用于现场，并和其他控制部件装于同一柜内。通常风机板布置在柜上部，PLC 机置于中部，稳压电源等放在柜的下部。

接地应注意以下几点：①避开未接地电源或开路三角形接法的变压器；②避免使用有容抗或阻抗的接地系统；③避免产生接地回路，采用公共接地系统可使瞬时浪涌的影响减到最小；④两机柜或单柜仪表盘间是分离开的，则应有电气可靠连接。

5. 混合式电气控制设备

混合式电气控制设备简称混合柜，是将低压电气元件、电子器件以及功率器件共装于同一柜体中所组成的设备。

一般将功率单元布置在柜的上部，调节控制单元置于柜子中部，主开关、接触器、继电器置于柜的下部。12 只晶闸管 V 装于风道之中，控制单元 A 装于右中部，FU 熔断器、KM 接触器、TA 互感器等装于下部，断路器装于柜前，小型变压器 T_3 装在条架上，较大的变压器装于柜底。其他要求如前所述。

6. 台式控制柜

台式控制柜也称控制台或操作台，用于频繁操作的控制系统。

1）操作件的布置

① 操作件应布置在仪表板上，没有仪表板可设在台面上。操作件应按操作顺序由左至右、再由上往下布置，或按生产流程程序布置。经常操纵的元器件，应布置在视角左右各 30°的范围以内。其中高精度调节、连续调节、频繁操作件应设在右侧。紧急停车按钮宜选大型的蘑菇头按钮，设置在台上不易碰撞的位置且又便于操作的位置。

② 操作的运动方向，应尽可能和设备的运动方向一致或其效应相适应。表 25-21 列出了操作的方向与其对应的最终效应的关系。

表 25-21 操作与效应的关系

操作件类型	操作方向	对应的效应
旋转运动：手轮、手柄、旋钮	顺时针旋转↻	物理量①增加、启动、开通
	逆时针旋转↺	物理量减少、停止、断开
直线运动：把手、操作件	向上↑、向右→、向前（离开操作者）⊕	投入运行、启动、加速、闭合电路；执行部件向上运动、向右运动、向前运动
	向下↓、向左←、向后（向着操作者）⊙	退出运行、停止、减速、分断电路；执行部件向下运动、向左运动、向后运动

① 物理量：包括电流、电压、功率、速度、亮度、温度等量。

③ 常用按钮、旋钮、小型开关的安装距离见表 25-22。

2）显示器件的布置　测量仪表、数码管应设置在仪表板上部；无仪表板时，可设在台面的较远处。指示灯应设在仪表板的中部或台面的较远处。

3）操作件运动与仪表指针运动的配合关系见表 25-23。

4）其他元件的布置。单板机可设置在台面上，继电器、接触器、熔断器、数字控制单元、变压器、稳压电源、端子板等可设置在台面板下的箱体内。采用面板或电器梁安装，标高应大于 200mm。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 25-22　常用操作元件的安装距离

操作件名称	排 列 方 式	安置距离 L/mm		排列特点
		最小	最优	
按钮		6	12.5～25	垂直排列时 L 可达当减小，且易于正确分辨
旋钮		25	>50	
小型开关		12.5	25～50	排列空间较小
十字摇把		50	>100	

表 25-23　操作元件运动与仪表指针运动的配合关系

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

配线方法，元器件的固定，按钮、信号灯、导线的颜色要求同前。

BFC 系列低压开关柜制作质量要点见表 25-24。

表 25-24 BFC 系列低压开关柜制作要点

柜型	制作监控要点		
	结构特征及外形尺寸	技术数据	主要元件并满足试验要求
BFC-10A	抽屉结构用万能式 ME 空气断路器，250A 低压断路器 固定结构超过 250A 回路 外形尺寸（宽）×（深）×（高）：600（900）mm×800mm×2000mm	额定电压 500V 以下额定电流 低压断路器 100～1600A 刀熔开关 100～600A 接触器 10～400A	万能式空气断路器ME630～1600 DW94-800～1500 低压断路器 DZ20-100～630 熔断器 RT0 电流互感器 LYM1-0.5、LM-0.5
BFC-12D BFC-12S BFC-12C	外形尺寸（宽）×（深）×（高）： －12D 单面组合柜 800mm×600mm×2300mm －12S 双面组合柜 800mm×1200mm×2300mm －12C 手车柜 800mm×800mm×2300mm	额定电压 380V 额定电流 10～1600A	万能式空气断路器DW15-600～1500 ME-1600A 低压断路器 DZ20-100～250 熔断器 RT0100～600 电流互感器 LM-0.5
BFC-15	外形尺寸（宽）×（深）×（高）： A 型手车柜 700mm×900mm×2100mm B 型抽屉柜 700mm×60mm×2100mm	额定电压 380V 额定电流 A 型 1500A 以下 B 型 600A 以下	万能式空气断路器 DW600～1500 低压断路器 DZ20-100～600 熔断器 RT050～400 电流互感器 LMZJ、LMK
BFC-20B	抽屉结构，抽屉高分 660mm、440mm、220mm 三种 外形尺寸（宽）×（深）×（高）：700mm×800mm×2340mm、1000mm×800mm×2340mm、900mm×800mm×2340mm、1200mm×800mm×2340mm	额定电压 380V 660V 额定电流 20～3200A	万能式空气断路器ME630～3900 DW15C 低压断路器 DZ20-100～600 熔断器RT050～1000、aMgF16～125、NT 型 HRC 熔断器
BFC-21Ⅱ	抽屉式，固定式两种 外形尺寸（宽）×（深）×（高）：600mm×800mm×2360mm、600mm×1000mm×2360mm、800mm×1000mm×2360mm、1000mm×1000mm×2360mm、1200mm×1200mm×2360mm	额定电压 500V 额定电流 10～4000A	万能式空气断路器ME630～4000 DWX15C400～600 低压断路器 DZ20-100～630 刀熔开关 HR3-400 熔断器 NT400、RT0400
BFC-30	抽屉结构，抽屉高分 200mm、400mm、450mm、900mm、1800mm 五种 外形尺寸（宽）×（深）×（高）：600（900）mm×900mm×2200mm	额定电压 380V 额定电流 10～2500A	万能式空气断路器 ME630～2500 低压断路器 DZ20-100～250 刀熔开关 HR5-100～600 熔断器 NT、电流互感器 LMZ1
BFC-50	组合装配抽屉式结构 PC 柜抽屉高度分 900mm、1800mm，MCC 柜抽屉高分 200mm、400mm、600mm 三种 外形尺寸（宽）×（深）×（高）：600（800、1000）mm×800mm×2200mm	额定电压 380V 额定电流 10～2500A	万能式空气断路器ME630～4005 DWX15C400～630 低压断路器DZ20-100～630 DZX-100～630

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

五、自动化仪表控制柜的制作监控要点

自动化仪表控制柜制作遵循的原则、通用技术要求、制作工艺程序、制作要点、电气部分试验与电气箱柜基本相同，不同的内容主要是柜内的仪表、元器件的测试试验及整机试验。

1. 仪表柜

仪表柜从结构上与电气箱柜基本相同，但是工作原理却大不相同。仪表柜上的测量仪表、控制仪表、记录仪表、显示仪表、调节仪表、转换器、微机控制装置等的测量信号、参数的来源都是来自工业生产的现场，这些信号参数是通过管路、导线由现场的一次仪表或变送器送来的。因此仪表柜的接口很多，有温度、压力/差压、流量物位、成分分析或机械量的各不同，这是按这个测量控制系统所有测量控制参数决定的。同时配以一些电气控制元器件开关等。电气控制元件与前述要求相同。

有关柜体各结构面的尺寸及开孔应以实体测量为准，折边、开孔、组装焊接、喷漆与电气柜相同。

2. 柜上仪表及整机试验要求

主要包括单台仪表及附件的校准及试验、仪表电源设备的试验、综合控制系统的试验和回路的试验等。

（1）一般规定

1）仪表在安装前，应进行检查、校准和试验，确认符合设计文件要求及产品技术文件所规定的技术性能。

2）仪表安装前的校准和试验应在室内进行（方法详见第十一章相关内容），试验室应具备下列条件：

① 室内清洁、安静、光线充足，无振动，无对仪表及线路的电磁场干扰。

② 室内温度保持在 10～35℃；

③ 有上下水设施。

3）仪表试验的电源电压应稳定。交流电源及 60V 以上的直流电源电压波动不应超过 ±10%。60V 以下的直流电源电压波动不应超过 ±5%。

4）仪表试验的气源应清洁、干燥，露点比最低环境温度低 10℃以上。气源压力应稳定。

5）仪表工程在系统投用前应进行回路试验。

6）仪表回路试验的电源和气源宜由正式电源和气源供给。

7）仪表校准和试验用的标准仪器仪表应具备有效的计量检定合格证书，其基本误差的绝对值不宜超过被校准仪表基本误差绝对值的 1/3。

8）仪表校准和试验的条件、项目、方法应符合产品技术文件的规定和设计文件要求，并应使用制造厂已提供的专用工具和试验设备。

9）对于施工现场不具备校准条件的仪表，可对检定合格证书的有效性进行验证。

10）设计文件规定禁油和脱脂的仪表在校准和试验时，必须按其规定进行。

11）单台仪表的校准点应在仪表全量程范围内均匀选取，一般不应少于 5 点。回路试验时，仪表校准点不应少于 3 点。

（2）单台仪表的校准和试验

1）指针式显示仪表的校准和试验。

① 面板清洁，刻度和字迹清晰；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

② 指针在全标度范围内移动应平稳、灵活。其示值误差、回程误差应符合仪表准确度的规定；

③ 在规定的工作条件下倾斜或轻敲表壳后，指针位移应符合仪表准确度的规定。

2）数字式显示仪表的示值应清晰、稳定，在测量范围内其示值误差应符合仪表准确度的规定。

3）指针式记录仪表的校准和试验。

① 指针在全标度范围内的示值误差和回程误差应符合仪表准确度的规定；

② 记录机构的划线或打印点应清晰，打印纸移动正常；

③ 记录纸上打印的号码或颜色应与切换开关及接线端子上标示的编号一致。

4）积算仪表的准确度应符合产品技术性能要求。

5）变送器、转换器应进行输入输出特性试验和校准，其准确度应符合产品技术性能要求，输入输出信号范围和类型应与铭牌标志、设计文件要求一致，并与显示仪表配套。

6）温度检测仪表的校准试验点不应少于两点。直接显示温度计的示值误差应符合仪表准确度的规定。热电偶和热电阻可在常温下对元件进行检测，不进行热电性能试验。

7）压力、差压变送器的校准和试验除应按自动化仪表的测试和试验的要求外，还应按设计文件和使用要求进行零点、量程调整和零点迁移量调整。

8）对于流量检测仪表，应对制造厂的产品合格证和有效的检定证明进行验证。

9）浮筒式液位计可采用干校法或湿校法校准。干校挂重质量的确定，以及湿校试验介质密度的换算，均应符合产品设计使用状态的要求。

10）贮罐液位计、料面计可在安装完成后直接模拟物位进行就地校准。

11）称重仪表及其传感器可在安装完成后直接均匀加载标准重量进行就地校准。

12）测量位移、振动等机械量的仪表，可使用专用试验设备进行校准和试验。

13）分析仪表的显示仪表部分应按照本节对显示仪表的要求进行校准。其检测、传感、转换等性能的试验和校准，包括对试验用标准样品的要求，均应符合产品技术文件和设计文件的规定。

14）单元组合仪表、组装式仪表等应对各单元分别进行试验和校准，其性能要求和准确度应符合产品技术文件的规定。

15）控制仪表的显示部分应按照本节对显示仪表的要求进行校准，仪表的控制点误差，比例、积分、微分作用，信号处理及各项控制、操作性能，均应按照产品技术文件的规定和设计文件要求进行检查、试验、校准和调整，并进行有关组态模式设置和调节参数预整定。

16）控制阀和执行机构的试验应符合下列要求：

① 阀体压力试验和阀座密封试验等项目，可对制造厂出具的产品合格证明和试验报告进行验证，对事故切断阀应进行阀座密封试验，其结果应符合产品技术文件的规定；

② 膜头、缸体泄漏性试验合格，行程试验合格；

③ 事故切断阀和设计规定了全行程时间的阀门，必须进行全行程时间试验；

④ 执行机构在试验时应调整到设计文件规定的工作状态。

17）单台仪表校准和试验合格后，应及时填写校准和试验记录；仪表上应有合格标志和位号标志；仪表需加封印和漆封的部位应加封印和漆封。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（3）仪表电源设备的试验

1）电源设备的带电部分与金属外壳之间的绝缘电阻，用500V绝缘电阻表测量时不应小于5MΩ。当产品说明书另有规定时，应符合其规定。

2）电源的整流和稳压性能试验，应符合产品技术文件的规定。

3）不间断电源应进行自动切换性能试验，切换时间和切换电压值应符合产品技术文件的规定。

（4）综合控制系统的试验

1）综合控制系统应在回路试验和系统试验前对装置本身进行试验。

2）综合控制系统的试验应在本系统安装完毕，供电、照明、空调等有关设施均已投入运行的条件下进行。

3）综合控制系统的硬件试验项目

① 盘柜和仪表装置的绝缘电阻测量；

② 接地系统检查和接地电阻测量；

③ 电源设备和电源插卡各种输出电压的测量和调整；

④ 系统中全部设备和全部插卡的通电状态检查；

⑤ 系统中单独的显示、记录、控制、报警等仪表设备的单台校准和试验；

⑥ 通过直接信号显示和软件诊断程序对装置内的插卡、控制和通信设备、操作站、计算机及其外部设备等进行状态检查；

⑦ 输入、输出插卡的校准和试验。

4）综合控制系统的软件试验项目

① 系统显示、处理、操作、控制、报警、诊断、通信、冗余、打印、复制等基本功能的检查试验；

② 控制方案、控制和联锁程序的检查。

5）综合控制系统的试验可按产品的技术文件和设计文件的规定安排进行。

（5）回路试验和系统试验

1）回路试验应在系统投入运行前进行，试验前应具备下列条件：

① 回路中的仪表设备、装置和仪表线路、仪表管道安装完毕；

② 组成回路的各仪表的单台试验和校准已经完成；

③ 仪表配线和配管经检查确认正确完整，配件附件齐全；

④ 回路的电源、气源和液压源已能正常供给并符合仪表运行的要求。

2）回路试验应根据现场情况和回路的复杂程度，按回路位号和信号类型合理安排。回路试验应做好试验记录。

3）综合控制系统可先在控制室内以与就地线路相连的输入输出端为界进行回路试验，然后再与就地仪表连接进行整个回路的试验。

4）检测回路的试验

① 在检测回路的信号输入端输入模拟被测变量的标准信号，回路的显示仪表部分的示值误差，不应超过回路内各单台仪表允许基本误差平方和的平方根值。

② 温度检测回路可在检测元件的输出端向回路输入电阻值或mV值模拟信号。

③ 现场不具备模拟被测变量信号的回路，应在其可模拟输入信号的最前端输入信号进

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

行回路试验。

5）控制回路的试验

① 控制器和执行器的作用方向应符合设计规定。

② 通过控制器或操作站的输出向执行器发送控制信号，检查执行器执行机构的全行程动作方向和位置应正确，执行器带有定位器时应同时试验。

③ 当控制器或操作站上有执行器的开度和起点、终点信号显示时，应同时进行检查和试验。

6）报警系统的试验

① 系统中有报警信号的仪表设备，如各种检测报警开关、仪表的报警输出部件和接点，应根据设计文件规定的设定值进行整定。整定值应由工艺技术人员提供。

② 在报警回路的信号发生端模拟输入信号，检查报警灯光、音响和屏幕显示应正确。报警点整定后宜在调整器件上加封记。

③ 报警的消音、复位和记录功能应正确。

7）程序控制系统和联锁系统

① 程序控制系统和联锁系统有关装置的硬件和软件功能试验已经完成，系统相关的回路试验已经完成。

② 系统中的各有关仪表和部件的动作设定值，应根据设计文件规定或工艺技术人员提供的数据进行整定。

③ 联锁点多、程序复杂的系统，可分项和分段进行试验后，再进行整体检查试验。

④ 程序控制系统的试验应按程序设计的步骤逐步检查试验，其条件判定、逻辑关系、动作时间和输出状态等均应符合设计文件规定。

⑤ 在进行系统功能试验时，可采用已试验整定合格的仪表和检测报警开关的报警输出接点直接发出模拟条件信号。

⑥ 系统试验中应与相关的专业配合，共同确认程序运行和联锁保护条件及功能的正确性，并对试验过程中相关设备和装置的运行状态和安全防护采取必要措施。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

第二十六章　电气工程的竣（交）工及验收

电气工程经过前期准备、安装、调试、送电及试运行后，已成为合格的产品，即可交付建设单位使用，这个交付的过程就是竣（交）工及验收。有些工程把送电及试运行与竣（交）工及验收合在一起进行，这是一种简易可行的、经常采用的办法。

第一节　总 体 要 求

1）电气工程竣（交）工验收的竣（交）工主体应是安装单位，验收主体应是建设单位，并由质量监督单位、监理单位监督。

2）竣（交）工验收的电气工程必须具备规定的交付竣（交）工验收条件，包括合同条款，电气工程施工及验收规范等相关内容及条款。

3）竣（交）工验收阶段一般应按下列程序依次进行：

① 竣（交）工验收准备，由安装单位进行。

② 编制竣（交）工验收计划，由安装单位按工程实际情况编制。

③ 组织现场验收，由建设单位组织安装单位及相关部门参加。

④ 进行竣（交）工结算，由建设单位、安装单位共同进行，由监理单位监督。

⑤ 移交竣（交）工资料，由建设单位、安装单位、监理单位共同进行。

⑥ 办理竣（交）工手续，由建设单位、安装单位、监理单位共同进行。

第二节　竣（交）工验收的准备、要点及内容

一、竣（交）工验收准备

1）项目经理应全面负责工程交付竣（交）工验收前的各项准备工作，建立竣（交）工收尾小组，编制项目竣（交）工收尾计划并限期完成。

2）项目经理和技术负责人应对竣（交）工收尾计划执行情况进行检查，重要部位要做好检查记录。

3）项目经理部应在完成施工项目竣（交）工收尾计划后，向企业报告，提交有关部门进行验收。实行分包的项目，分包人应按质量验收标准的规定检验工程质量，并将验收结论及资料交安装单位汇总。

4）安装单位应在验收合格的基础上，向建设单位发出预约竣（交）工验收的通知书，说明拟交工项目的情况，商定有关竣（交）工验收事宜。

二、竣（交）工及验收的主要内容

竣（交）工及验收的主要内容包括两点：一是在验收时对安装工程的质量检查、试验及试运行或试运转；二是交验竣（交）工资料及有关安装调试记录的技术文件（以下简称技术文件资料）。其目的就是检验竣（交）工的电气工程是否符合设计要求，且能否实现设

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

计意图；安装工程质量是否符合国家或部颁的标准规范，调整试验项目及其结果是否符合国家或部颁规范要求；有关安装试验调整的记录、资料文件是否齐全，且是否符合国家或部颁规范的要求。

第三节　验收时的检查、试验及试运行

关于质量要求及检查、试验及调整、试运行等内容在前述章节中已进行详细的介绍，在工程交接验收中，必须进行有关项目的检查、试验、试运行或试运转等，因此有些工程常将送电及运行和竣（交）工验收一并进行，省略了一些环节。但是无论怎样，验收检查必须按照国家标准以及国家电网公司、国家新闻出版广电总局、工业和信息化部、公安部、人力资源和社会保障部、国家质量监督检验检疫局等有关相应于35kV及以上工程电缆电视、通信广播、火灾自动报警、防爆电器、起重机械、保全系统等质量验评标准中的工程交接验收的有关条款进行，标准号见本书“施工组织设计”一章。请读者参阅有关标准或规范进行，这里不再一一列出。下面就有关注意问题，作明确介绍。

一、参与工程交接验收、检查试验及试运行（转）时有关单位及人员

1）一般的低压电气工程可由建设单位、设计单位、安装单位、工程质量监督部门或监理部门的技术人员、质检人员和建设单位的运行人员参加，必要时，大型或较复杂的工程应有建设单位和安装单位的上级主管部门的电气技术人员及建设银行、土建、设备、通风、空调、管道、锅炉等有关人员参加。

2）10kV、35kV输电、配电、发电、变电工程，除1）中的有关单位外，还必须有供电部门的有关人员参加。大型工程或有容量大的电动机时，还应有电网主管部门和生产厂家的技术人员参加。

3）电梯工程除1）中的有关单位外，还必须有技术监督、安全及公安消防部门的人员参加，必要时应有电梯厂家的人员参加。

4）起重机械基本同电梯工程。

5）危险爆炸场所的电气工程除1）中的有关单位外，必须有公安消防部门、劳动保护部门、技术监督部门的人员参加。

6）火灾自动报警及消防电气工程，除1）中的有关单位外，还必须有公安消防部门的人员参加，必要时应有生产厂家的有关人员参加。

7）电缆电视工程除1）中的有关单位外，应有广播电视部门的有关人员参加。

8）通信工程除1）中的有关单位外，对于大系统应有邮电通信部门的有关人员参加。

9）保安系统除1）中的有关单位外，必须有公安保卫部门的人员参加，必要时应有生产厂家的人员参加。

10）自动化仪表工程除上述有关部门参加外，必须由技术监督部门的计量技术人员参加。

11）大型或较复杂的灯饰工程除1）中的有关单位外，必须有公安消防部门的人员参加。

二、工程交接验收中，对于验收人员提出的有关问题的处理办法

1）对于不符合设计要求、质量标准以及有碍安全、运行或使用的问题，必须及时修整，做到一丝不苟，保证工程质量及安全运行。

2）对于已形成事实、但不妨安全运行或使用的又无法修整的问题，要虚心接受，讲明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

原因和困难，尽量得到谅解。

3）对于那些对电气工程及其规程规范不大了解的人提出的一些无关紧要的问题，特别是用户或建设单位提出的同样问题，必须作好解释和疏导工作，避免争执不休，特别是从态度上要虚心，严禁发生冲突。

三、工程交验中的注意事项

1）电气工程的运行、运转、试亮、送电及其功能的实现必须在现场对验收人员演示，并将其操作程序教会给建设单位的运行人员。

2）所有验收人员进入现场后，必须注意安全；所有的操作必须由安装人员进行；当进入现场时，应由安装人员引路，特别是高压场所，必须严格执行安全条例。对于大型工程，验收人员较多时，有必要进行安全教育。

3）工程交验工作，一般应由建设单位牵头，并向各有关部门发函邀请参加。具体时间、程序、方式应由建设单位及安装单位协商解决，取得共识，在验收过程中，双方要紧密配合。

4）对于工程验收中发现的一些缺陷一时不能修复的应限定期限，且签订协议，如建设单位能修复的可由建设单位进行，决算中可按协议扣除款项。

5）工程交验时，弱电系统的值机人员应进入现场岗位，随时为验收人员提供信号、通话、报警等服务。

6）验收时要做好保卫工作，非工作人员一律不得进入现场。负责安全监督的人员，在验收时应履行职责，严禁和杜绝违反安全操作规程的事故发生。

第四节　交验竣工资料及有关安装调试记录技术文件及要求

竣工资料、安装调试记录、技术文件是电气工程的重要技术档案，是工程竣工后交验工作的重要组成部分，也是联动试车、生产运转、维修改建、扩建的主要依据。

竣工资料技术文件是提高安装工程管理水平、保证安装质量、促进施工管理规范化、程序化、标准化，摸索电气工程安装规律，进而达到增加效益、降低物耗、提高质量、保证安全的目的，是保证电气工程优质高效的重要手段。

一、竣（交）工资料的一般规定

1）安装单位应按竣（交）工验收条件的规定，认真整理工程竣（交）工资料。

2）安装单位应建立健全竣（交）工资料管理制度，实行科学收集，定向移交，统一归口，便于存取和检索。

3）竣（交）工资料的内容应包括：工程施工技术资料、工程质量保证资料、工程检验评定资料、竣（交）工图，规定的其他应交资料。

4）竣（交）工资料的整理应符合下列要求（详见 GB/T 50328—2001）：

① 工程施工技术资料的整理应始于工程开工，终于工程竣（交）工，真实记录施工全过程，可按形成规律收集，采用表格方式分类组卷。

② 工程质量保证资料的整理应按专业特点，根据工程的内在要求，进行分类组卷。

③ 工程检验评定资料的整理应按单位工程、分部工程、分项工程划分的顺序，进行分

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

类组卷。

④ 竣（交）工图的整理应区别情况按竣（交）工验收的要求组卷。

5）交付竣（交）工验收的电气工程必须有与竣（交）工资料目录相符的分类组卷档案。安装单位向建设单位移交由分包人提供的竣（交）工资料时，检查验证手续必须完备。

二、安装工程对技术文件资料的要求

1）具有真实性、连续性、完整性、统一性，且表格实用合理。技术文件资料必须与安装工艺程序同步进行，及时填写整理。要保证内容、数据与工程实际相符，做到分类科学、规格统一、字迹清楚、图形规整，无漏项，一律用钢笔填写。

2）技术文件资料应具有质量控制作用，必须由安装或调整试验人员填写数据，再由质检人员复查，然后经技术人员审核，最后由建设单位代表或监理认可，各方人员都要签字盖章，填写日期。每个安装工序结束后，安装检查记录数据不全、签章不全时，下个工序不允许开工。要做到内容简捷完善，编制及时，项目齐全、数据结论准确，签章完备。不得涂改、伪造、后补、丢失，由于玩忽职守，造成重大损失的要追究法律责任。

3）工程责任技术员应负责技术文件的收集、整理、检查、汇总的工作。工程完工后，质量检查人员应进行工程质量等评定，可按分项、分部或单项工程检查评定标准及国家统一质量检验评定标准进行评定，并将其结果汇总。

4）交验前要将竣工资料、安装调试记录、有关技术文件编辑成册，并填写目录，成为工程竣工交工技术文件，该文件一式三份，建设单位、质量监督单位、安装单位各一份，留档备查。

三、工程竣（交）工技术文件的目录及主要内容

工程竣（交）工技术文件通常包括两部分内容，一为质量保证技术文件，二为质量管理技术文件。一般小型工程则将两部分内容装订在一起，大中型工程则分开装订。质量保证技术文件除自留外，应交建设单位和质量监督单位，质量管理资料一般自留，如建设单位需要，则应提交建设单位，份数由建设单位决定。

1. 质量保证技术文件

指与安装直接关联或者就是安装工艺过程的有关数据的技术文件，其目录及主要内容如下：

（1）封面　装订成册时的封面，主要内容有工程编号、工程名称、工程类别、建设单位及其负责人、审核人、现场代表签章，安装单位及其项目负责人、审核人、安装技术负责人签章，设计单位及其主设计人员签章。

（2）技术文件目录　按序号填写文件名称、编号、在卷页号及备注的表格，放在文件的首页上。

（3）主要电气设备、元件、材料开箱检查记录　主要内容有包装外观、缺件破损完好情况、数量、随箱文件及处理意见、质检员签章等。

（4）主要电气设备、元件、材料的出厂合格证、鉴定证书、安装使用说明书　应将上述文件资料编号装袋，并附目录。

（5）电气设备、元件安装记录　主要包括外观检查、绝缘测试、安装质量检查、调整数据等。

（6）电气设备、元件测试、试验、调试记录　主要记录测试、试验、调试的各种参数及简图等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（7）电气设备或系统试运转记录　主要包括变配电系统、电动机、照明系统、弱电系统的送电及试运行记录等。

（8）隐蔽工程验收记录　主要包括项目、内容、数量、草图等。

（9）中间交工验收证书　主要内容是由建设单位的代表和安装单位的施工员，验收部分竣（交）工项目而签署验收意见。

（10）重大质量事故处理鉴定报告　安装过程中对重大质量事故的处理鉴定意见，由设计单位、建设单位及安装单位的有关人员鉴定和签发。

（11）工程质量返修通知单　由安装质检部门或质量监督部门签发送至班组的通知单，主要内容是指明安装部位或设备的缺陷，并限期修复。

（12）交工验收证书　由设计、建设、安装三方签发，主要内容是工程质量评定及验收意见。

（13）工程竣工报告　由安装单位提出的报告，主要内容是工程要点竣工情况及其质量评定结果。

（14）工程竣工验收证明　由建设单位和安装单位、监理单位签发，主要内容是工程项目及工作量，验收意见等。

（15）工程测量定位记录　由建设单位、安装单位和监理单位签发，主要是指变压器、大型电动机、高低压开关柜、室外变配电装置等大型、高压、较重设备的平面位置及基准标高的测量。

（16）竣工图　竣工图是指安装过程中实际发生的安装线路或设备，它与图样并不相符，是由于现场条件和建设单位要求决定的。对于原图样变动不大的可在原图上用红笔绘出，作为竣（交）工图；对于原图样变动较大的则应按实际安装重新绘制图样、作为竣（交）工图。

竣（交）工图一般由安装单位绘制，建设单位一份，城建档案馆一份，作为电气工程维护、检修、运行、改造、扩建的依据。对于重要工程，无论改动大小，一律绘成竣（交）工图。竣（交）工图必须有竣（交）工图章，见表26-1。

表26-1　竣（交）工图章图样

安装单位全称		
竣（交）工图	安装单位技术负责人	
	安装班组负责人	
	单位工程负责人	
	制图人	
	年　月　日	

（17）设计变更和洽商记录　设计变更、洽商记录是安装图纸的补充或修改的记载，应及时办理，内容要求明确具体，不得任意涂改和后补。通常能用文字说明的可用文字说明，文字说明不了或者较复杂、工作量较大的必须附图。

设计变更的洽商，应由设计、安装、建设、监理单位四方签证，有关经济来往洽商可由安装、建设单位两方签证，必要时应由监理方认可签字。经济来往包括材料、用工等借用来往、原材料、设备、元件替代双方签证及记录。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

设计单位如委托建设单位办理签证，需有书面委托手续，洽商可由建设单位、安装单位两方签证，由监理认可。

洽商记录应原件存档，如用同一洽商可用复印件，并注明原件存放处。

（18）工程质量检验评定资料　包括分部工程和单位工程质量检验评定，其中分部工程由班组质检员评定，由质检部门核定；单位工程由质检部门评定，由质量监督部门或上级主管部门核定。单位工程质量评定由安装、设计、建设、监理单位验收签章，然后向质量监督部门或上级主管部申请核验，合格后签发核验合格证书并归档。

工程质量检验评定应按 GB 50300—2001 和 GB 5025—1994 以及相关标准进行，这部分用表是国家统一制定的，要注意表后的相应说明。

（19）工程技术档案资料移交清单　详细注明资料名称、份数备查。

（20）其他有关技术文件。

2. 质量管理技术文件

指与安装间接关系的管理方面的文件，其目录及主要内容如下：

（1）封面　同上。

（2）技术文件目录　同上。

（3）开工报告　开工应具备的开工条件，应按基本建设项目开工程序逐项填写。报告由建设单位、安装单位共同提出，报主管部门审批，详见第九章开工前的协调组织工作。

（4）图纸会审记录　开工前，由建设单位组织设计、安装单位及其他专业施工单位的技术负责人及专业人员会审图纸。对各方提出的问题，经过协商，提出解决办法，并将整个会审内容写入会审记录，各方会签盖章，有关单位各执一份，在安装中遵照执行，详见第五章的内容。

（5）施工组织设计及技术交底或技术措施　详见“第八章施工组织设计的编制及实施”一章相关内容。

（6）停工报告和复工报告　关于各种原因引起的停工、复工请示报告，由安装单位或建设单位签发，报主管部门，并互相通知。

（7）技术改进建议报告　安装工程中采用“四新”的报告。

（8）技术改进奖励审批表　对技术改进确实取得经济效益后的奖励审批表。

（9）安装质量自检记录　班组对安装质量自检或互检记录。

（10）单位工程竣工预验记录　预检内容按 GB/T 50300—2013 和 GB 50252—2010 进行，完成后填报预验记录并签章。

（11）分项工程质量检验评定　按 GB/T 50300—2013 和 GB 50252—2010 以及相关标准进行。

（12）施工日志　从开工到竣（交）工整个安装阶段有关安装的全面记录，由单位工程负责人或施工技术员填写，主要内容有开工、竣（交）工日期，分部分项工程安装起止日期；施工进度计划完成情况，详细记录日、周、月工程实际进展情况；人员安排及作业情况，详细记录分部、分项工程的主要安装人员及责任人，工程质量记录等。图样及资料供应情况及日期；因设计不符，由设计单位在现场解决的设计问题及对图样修改的记录；重要工程的特殊质量要求和安装方法；质量、安全、机械事故情况、原因、处理方法的记录；设备、元件、材料供应情况及日期、运输人员签字等；主管部门或上级对工程的指示、决定或建议等；气候条件及停水、停电、停工待料等非正常情况的记录等；紧急情况下采取的特殊

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

措施、技术方法等。施工现场发生的重大事情，一般应逐日填写。

（13）工程技术管理资料清单　应注明资料名称、份数备查。

（14）其他有关技术管理资料等。

建筑电气工程分部工程、分项工程明细见表26-2。

工业安装工程（电气工程）分部、分项明细见表26-3。

电气安装工程单位工程资料核查目录见表26-4。

电气装置安装工程施工中应做的施工记录、调整记录、检验记录、隐蔽签证及验收签证等项目，当表26-5的内容与工程实际不符时，可由施工单位另外设计表格，经监理及建设单位同意后，纳入验收签证、记录范围。

表26-2　电气安装工程分部、分项工程划分

序号	分部工程	子分部工程	分项工程
1	建筑电气	室外电气	架空线路及杆上电气设备安装，变压器、箱式变电所安装，成套配电柜、控制柜（屏、台）和动力、照明配电箱（盘）及控制柜安装，电线、电缆导管和线槽敷设，电线、电缆穿管和线槽敷设，电缆头制作、导线连接和线路电气试验，建筑物外部装饰灯具、航空障碍标志灯和庭院路灯安装，建筑照明通电试运行，接地装置安装
		变配电室	变压器、箱式变电所安装，成套配电柜、控制柜（屏、台）和动力、照明配电箱（盘）安装，裸母线、封闭母线、插接式母线安装，电缆沟内和电缆竖井内电缆敷设，电缆头制作、导线连接和线路电气试验，接地装置安装，避雷引下线和变配电室接地干线敷设
		供电干线	裸母线、封闭母线、插接式母线安装，桥架安装和桥架内电缆敷设，电缆沟内和电缆竖井内电缆敷设，电线、电缆导管和线槽敷设，电线、电缆穿管和线槽敷线，电缆头制作、导线连接和线路电气试验
		电气动力	成套配电柜、控制柜（屏、台）和动力、照明配电箱（盘）及控制柜安装，低压电动机、电加热器及电动执行机构检查、接线，低压电气动力设备检测、试验和空载试运行，桥架安装和桥架内电缆敷设，电线、电缆导管和线槽敷设，电线、电缆穿管和线槽敷线，电缆头制作、导线连接和线路电气试验，插座、开关、风扇安装
		电气照明安装	成套配电柜、控制柜（屏、台）和动力、照明配电箱（盘）安装，电线、电缆导管和线槽敷设，电线、电缆导管和线槽敷线，槽板配线，钢索配线，电缆头制作，导线连接和线路电气试验，普通灯具安装，专用灯具安装，插座、开关、风扇安装，建筑照明通电试运行
		备用和不间断电源安装	成套配电柜、控制柜（屏、台）和动力、照明配电箱（盘）安装，柴油发电机组安装，不间断电源的其他功能单元安装，裸母线、封闭母线、插接式母线安装，电线、电缆导管和线槽敷设，电线、电缆导管和线槽敷线，电缆头制作、导线连接和线路电气试验，接地装置安装
		防雷及接地安装	接地装置安装，避雷引下线和变配电室接地干线敷设，建筑物等电位连接，接闪器安装

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号	分部工程	子分部工程	分项工程
2	智能建筑	火灾报警及消防联动系统	火灾和可燃气体探测系统，火灾报警控制系统，消防联动系统
		安全防范系统	电视监控系统，入侵报警系统，巡更系统，出入口控制（门禁）系统，停车管理系统
		综合布线系统	缆线敷设和端接，机柜、机架、配线架的安装，信息插座和光缆芯线终端的安装
		智能化集成系统	集成系统网络，实时数据库，信息安全，功能接口
		电源与接地	智能建筑电源，防雷及接地
		环境	空间环境，室内空调环境，视觉照明环境，电磁环境
		住宅（小区）智能化系统	火灾自动报警及消防联动系统，安全防范系统（含电视监控系统、入侵报警系统、巡更系统、门禁系统、楼宇对讲系统、住户对讲呼救系统、停车管理系统），物业管理系统（多表现场计量及与远程传输系统、建筑设备监控系统、公共广播系统、小区网络及信息服务系统、物业办公自动化系统），智能家庭信息平台
		通信网络系统	通信系统，卫星及有线电视系统，公共广播系统
		办公自动化系统	计算机网络系统，信息平台及办公自动化应用软件，网络安全系统
		建筑设备监控系统	空调与通风系统，变配电系统，照明系统，给排水系统，热源和热交换系统，冷冻和冷却系统，电梯和自动扶梯系统，中央管理工作站与操作分站，子系统通信接口
3	电梯	电力驱动的曳引式或强制式电梯安装	设备进场验收，土建交接检验，驱动主机，导轨，门系统，轿厢，对重（平衡重），安全部件，悬挂装置，随行电缆，补偿装置，电气装置，整机安装验收
		液压电梯安装	设备进场验收，土建交接检验，液压系统，导轨，门系统，轿厢，对重（平衡重），安全部件，悬挂装置，随行电缆，电气装置，整机安装验收
		自动扶梯、自动人行道安装	设备进场验收，土建交接检验，整机安装验收

表 26-3　工业电气安装工程分项工程、分部工程名称

分部工程名称	分项工程名称
电气装置安装工程	高压电器、电力变压器、互感器、旋转电动机、配电盘、成套柜及二次回路接线、蓄电池、硅整流装置、低压电器、起重机电气装置、母线装置、电缆线路、架空配电线路、配线工程、电气照明装置、接地装置、爆炸和火灾危险场所电气装置等
自动化仪表安装工程	检测系统安装调试（温度、湿度、压力、流量、物位、成分）、调节系统安装调试（温度、湿度、压力、流量、物位、成分）、联锁报警系统安装调试（温度、湿度、压力、流量、物位、成分）、供电系统安装调试、供气系统安装调试、供液系统安装调试、仪表防爆和接地系统安装、仪表盘（箱、操作台）安装、仪表脱脂、仪表防护等

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 26-4　单位工程资料核查目录

序号	资料名称	应有份数	实有份数	序号	资料名称	应有份数	实有份数
1	设计变更及材料代用通知单	4		9	一次设备试验记录	4	
2	设备、材料出厂试验报告及合格证	4		10	二次设备试验记录	4	
3	设备缺陷通知单、设备缺陷处理报告单	4		11	仪表校验记录	4	
4	施工记录、调整记录、检验记录	4		12	保护校验及整定记录	4	
5	分部工程质量验评	4		13	保护定值通知单	4	
6	单位工程质量验评	4		14	仪表检定计量检定员登记表	4	
7	设备或系统带电试运签证	4		15	本工程用计量器具登记表	4	
8	验收签证、隐蔽工程验收签证	4					

表 26-5　工程质量验收签证、记录项目

序号		名　　称	签证		记录			
			隐蔽	验收	施工	调整	检验	其他
1		发电机及励磁机安装						
	1	发电机检查	✓					
	2	发电机转子通风试验	✓					
	3	发电机引出线连接及手包绝缘检查	✓					
	4	发电机干燥			✓			
	5	励磁机干燥			✓			
	6	发电机起动试运		✓				
2		变压器（油浸电抗器）安装						
	1	变压器运输冲击						✓
	2	破氮前氮气压力检查						✓
	3	绝缘油试验（新到油每批取样，油处理后注油前、后，变压器投运前、后取样）					✓	
	4	气体继电器检验						✓
	5	变压器检查	✓					
	6	冷却器密封试验		✓				
	7	真空注油及密封试验		✓				
	8	事故排油系统检查（土建检验项目复印归档）						✓
	9	变压器带电试运行		✓				
3		母线装置安装						
	1	离相封闭母线封闭前检查	✓					
	2	母线焊接检验（焊接检验项目复印归档）						✓
	3	共箱封闭母线封闭前检查	✓					
4		断路器、隔离开关、负荷开关安装						
	1	断路器安装调整				✓		
	2	隔离开关、负荷开关调整				✓		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号		名　称	签证		记录			
			隐蔽	验收	施工	调整	检验	其他
5		封闭式组合电器安装						
	1	新 SF_6 气体抽样检验					✓	
	2	封闭式组合电器安装及调整				✓		
	3	封闭式组合电器隔气室气体密封试验					✓	
	4	封闭式组合电器隔气室气体湿度检测					✓	
	5	封闭式组合电器带电试运行		✓				
6		蓄电池安装						
	1	蓄电池组充电					✓	
	2	蓄电池组放电					✓	
	3	蓄电池组充放电特性曲线					✓	
	4	蓄电池组技术参数测量					✓	
	5	蓄电池组充放电检查		✓				
7		厂用配电装置安装						
	1	高压配电装置母线检查	✓					
	2	高压配电装置带电试运行		✓				
	3	低压配电装置母线检查	✓					
	4	低压配电装置带电试运行		✓				
	5	不停电电源带电试运行		✓				
8		柴油发电机组自动投入试验		✓				
9		电动机安装						
	1	100kW 及以上电动机检查（每台 1 表）			✓			
	2	直流电动机检查（每台 1 表）			✓			
	3	电动机干燥			✓			
	4	100kW 及以上电动机带电试运行（每台 1 表）		✓				
	5	100kW 以下电动机检查（多台 1 表）			✓			
	6	100kW 以下电动机带电试运行（多台 1 表）		✓				
10		电除尘器电气装置安装						
	1	电除尘器振打及空载升压试验		✓				
11		起重机电气装置带电试运行		✓				
12		电梯电气装置调整试运行		✓				
13		电缆线路						
	1	35kV 及以上电缆敷设			✓			
	2	电缆敷设（设计变更部分）			✓			
	3	直埋电缆检查	✓					
	4	电缆中间接头位置			✓			
14		电气照明回路通电检查		✓				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（续）

序号		名　称	签证		记录			
			隐蔽	验收	施工	调整	检验	其他
15		防雷接地装置安装						
	1	室外接地装置隐蔽前检查	✓					
	2	避雷针及接地引下线检查	✓					
	3	接地电阻测量		✓				
16		各单位工程起动（带电）试运行		✓				

第五节　竣（交）工验收阶段的管理

1）签订施工合同的单位工程，竣（交）工后可进行竣（交）工验收。在一个单位工程中满足规定竣（交）工要求的专业工程，可征得建设单位同意，分阶段进行竣（交）工验收。

2）单项工程竣（交）工验收应符合设计文件和施工图样的要求，满足生产需要或具备使用条件，并符合其他竣（交）工验收条件的要求。

3）整个建设项目已按设计要求全部建设完成，符合规定的建设项目竣（交）工验收标准，可由建设单位，组织设计、安装单位，监理等单位进行建设项目竣工验收，中间竣（交）工并已办理移交手续的单项工程，不再重复进行竣（交）工验收。

4）竣（交）工验收应依据下列文件：

① 批准的设计文件、施工图样及说明书。

② 双方签订的施工合同。

③ 设备技术说明书。

④ 设计变更通知书。

⑤ 施工验收规范及质量验收标准。

⑥ 外资工程应依据我国有关规定提交竣（交）工验收文件。

5）竣（交）工验收应符合下列要求：

① 设计文件和合同约定的各项施工内容已经施工完毕。

② 有完整并经核定的工程竣（交）工资料，符合验收规定。

③ 有勘察、设计、施工、监理等单位签署确认的工程质量合格文件。

④ 有工程使用的主要材料、构配件和设备进场的证明及试验报告。

6）竣（交）工验收的工程必须符合下列规定：

① 合同约定的工程质量标准。

② 单位工程质量竣（交）工验收的合格标准。

③ 单项工程达到使用条件或满足生产要求。

④ 建设项目能满足建成投入使用或生产的各项要求。

7）安装单位确认工程竣（交）工、具备竣（交）工验收各项要求，并经监理单位认可签署意见后，向建设单位提交“工程验收报告”。建设单位收到“工程验收报告”后，应在

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

约定的时间和地点组织有关单位进行竣（交）工验收。

8）建设单位组织勘察、设计、施工、监理等单位按照竣（交）工验收程序，对工程进行核查后，应做出验收结论，并形成“工程竣（交）工验收报告”，参与竣（交）工验收的各方负责人应在竣（交）工验收报告上签字并盖单位公章。

9）通过竣（交）工验收程序，办完竣（交）工结算后，安装单位应在规定期限内向建设单位办理工程移交手续。

第六节　竣（交）工结算

1）“工程竣（交）工验收报告”完成后，安装单位应在规定的时间内向建设单位递交工程竣（交）工结算报告及完整的结算资料。

2）编制竣（交）工结算应依据下列资料：

① 施工合同；

② 中标投标书的报价单；

③ 施工图及设计变更通知单、施工变更记录、技术经济签证；

④ 工程预算定额、取费定额及调价规定；

⑤ 有关施工技术资料；

⑥ 工程竣（交）工验收报告；

⑦ “工程质量保修书”；

⑧ 其他有关资料。

3）项目经理部应做好竣（交）工结算基础工作，指定专人对竣（交）工结算书的内容进行检查。

4）在编制竣（交）工结算报告和结算资料时，应遵循下列原则：

① 以单位工程或合同约定的专业项目为基础，应对原报价单的主要内容进行检查和核对。

② 发现有漏算、多算或计算误差的，应及时进行调整。

③ 多个单位工程构成的施工项目，应将各单位工程竣（交）工结算书汇总，编制单项工程竣（交）工综合结算书。

④ 多个单项工程构成的建设项目，应将各单项工程综合结算书汇总编制建设项目总结算书，并撰写编制说明。

5）工程竣（交）工结算报告和结算资料，应按规定报企业主管部门审定，加盖专用章，在竣（交）工验收报告认可后，在规定的期限内递交建设单位或其委托的咨询单位审查。双方应按约定的工程款及调价内容进行竣（交）工结算。

6）工程竣（交）工结算报告和结算资料递交后，项目经理应按照“项目管理目标责任书”的规定，配合企业主管部门督促建设单位及时办理竣（交）工结算手续。安装单位预算部门应将结算资料送交财务部门，进行工程价款的最终结算和收款。建设单位应在规定期限内支付工程竣（交）工结算价款。

7）工程竣（交）工结算后，安装单位应将工程竣（交）工结算报告及完整的结算资料纳入工程竣（交）工资料，及时归档保存。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

结　束　语

前述第一～第二十六章详细地讲述了电气工程从中标或承接工程后到工程竣工交验全过程中的质量、安全、技术、工期、环保、预算等环节的策划、管理、监督及监检的技术和技能，它和安装及调试技术一样，是安装行业的中流砥柱，并且是缺一不可的。但是在很多安装行业却不是这样的，有的企业管理策划做得很好，但是安装调试上技术力量及装备较差；有的企业重视安装调试技术力量，重视装备配置，但是策划管理、监督监检上没有实质上重视和监管；还有一些企业在市场经济中只注重利益上的获取，对技术力量和管理策划轻描淡写，或者是口号的东西较多，检查认证的时候文件样样俱全，无可挑剔，而工程现场杂乱无章，漏洞百出；这样便导致了电气工程上质量低下，在运行中事故频发，投入维护保养的费用剧增；还有的工程一直难以投入运行，成为烂尾工程。而有很多安装企业在策划管理和安装调试上都做得很好，企业蒸蒸日上，工程年年创优，职工兴高采烈，工程正常运行，得到全社会的认可。

造成这样反差的原因其实也很简单，一是没有认真严格地进行策划管理、监督监检，二是没有真正重视技术力量的积淀，特别是一线工人没有得到良好正规的教育和培养以及任用。

有的企业依仗其资质和各种社会关系拿到标的或承接到工程项目，把工程项目交给管理技术和安装技术不通的群体去干，也是导致上述现象的原因之一。

怎样才能把电气工程的策划管理和监督监检做好呢？这是每个管理者、每个电气工作人员最关心的问题。这里我们介绍几种亲自经历并且取得成功的经验与读者交流。

1. 技术人员技术工人的稳定性及可发展性是企业的瑰宝，对于那些技术精湛、经验丰富、职业道德高尚的必须留用，合理地解决他们职称、待遇、生活问题，并创造条件让他们得到更大的发展。对于技术经验一般且具有职业道德的要给他们机会，提升他们的技术能力，培养他们成为瑰宝型，必须做到稳定人心。对于那些各方面差的且经教育培训无进步的人员，让他们自己去创造其他机遇或换岗。

2. 人才的概念不仅是学历，最重要的是能力和实践经验，一位伟人曾经说，在某种意义上来说，最聪明、最有才干的是最有实践经验的战士。因此对于刚毕业的大学生来讲必须让他们到工程实践去锻炼，让他们向工人师傅学习，学技术、长能力、增经验，学会吃苦耐劳。从中培养好的苗子和接班人，做到用人至上，几年后让他承担重大的责任。凡是不能或是不愿这样做的，劝他们另换门庭。

3. 从技术工人队伍中培养管理人员，对于那些技术精湛、经验丰富、职业道德高尚并有一定文化功底的技术工人必须给他们机会，让他们走上管理岗位，带动更多的一线工人去追求技术，创造更多的优质工程。

4. 建立长期培训考核制度和机构，通过讲得和工程实践考核提高职工的技术技能和职业道德，敬岗爱业，并且给每个人发展的机会。培训内容主要是安装调试技术、策划管理技术，新型工程、新型设备开工前必须进行培训考核等。对于每个人建立业绩记录，使企业有一个相对稳定的人才队伍。取消“打工”的概念，让每个人成为企业核心队伍的一员。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5. 策划及管理、安装及调试中的各项内容必须落实到位，人人皆知，严格执行，绝不能成为一纸空文，对于执行好的给予奖励，对于执行不好或不到位的一律给予惩罚，其目的是让每个人都把企业的信誉、工程的质量安全、工程的进度投资放在心上，各尽其责，确保工程。

6. 企业必须做到用人至上，人用对了，工程就保证了。用人不当必然会导致企业衰败，导致质量、安全事故频频，到目前仍有很多企业单位的用人存在极大问题，无形中埋下了质量、安全的隐患，这是每个管理者最值得重视和思考的。

就保证电气工程质量、安全、工期、投资而言上述6条已足够了，我们在《电气工程安装及调试技术手册（第3版）》中详尽地讲述了各类电气工程的安装调试技术，又在这本《电气工程项目策划与管理技术手册》详尽地讲述了工程的策划管理和监督监检，这几点有效地配合在一起，可以准确地讲，电气工程的质量、安全、工期、投资是没问题的。

但是就市场情况来看这几点还是远远不够的，企业的发展要受到社会各方面因素的影响，这正是体现管理者出众才华的契机，这些已经远远地超出了电气工程学的范畴，作为一名年过古稀的老工程技术人员来讲，能够把自己的经验、技术、技能、技巧、方法、绝招写出来，让广大读者在工程实践中去体会、去应用、去模仿，能够打造一项优质电气工程，我就心满意足了。其实，我们的付出仅仅是雪中送炭，特别是那些涉世不深的年轻读者，更需要工程实践上的指导和教诲，其中最重要的是安装及调试的技术技能和工程策划及管理的技术技能，这两点你掌握了，并有自己的体会和创新，就会在电气工程这个偌大的领域里做出辉煌的业绩。关于锦上添花则由他们去创造，在实现中国梦的伟大行程中做出自己的贡献。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

参 考 文 献

[1] 天津电气传动设计研究所．电气传动自动化技术手册［M］．2 版．北京：机械工业出版社，2006.
[2] 韩天行．微机型继电保护及自动化装置检验调试手册［M］．北京：机械工业出版社，2004.
[3] 而师玛乃·花铁森．建筑弱电工程安装施工手册［M］．北京：中国建筑工业出版社，1999.
[4] 电梯工程监理手册编写组．电梯工程监理手册［M］．北京：机械工业出版社，2007.
[5] 余洪明，章克强．软起动器实用手册［M］．北京：机械工业出版社，2006.
[6] 宫靖远，贺德馨，孙如林，等．风电场工程技术手册［M］．北京：机械工业出版社，2005.
[7] 电力工程监理手册编写组．电力工程监理手册［M］．北京：机械工业出版社，2006.
[8] 河北省 98 系列建筑标准设计图集［M］．北京：中国计划出版社，1998.
[9] 王建华．电气工程师手册［M］．3 版．北京：机械工业出版社，2007.
[10] 机械电子工业部天津电气传动设计研究所．电气传动自动化技术手册［M］．北京：机械工业出版社，1992.
[11] 陕西省建筑工程局《安装电工》编写组．安装电工［M］．北京：中国建筑工业出版社，1974.
[12] 电工手册编写组．电工手册［M］．上海：上海人民出版社，1973.
[13] 第二冶金建设公司．冶金电气调整手册［M］．北京：冶金工业出版社，1975.
[14] 湘潭电机制造学校．电力拖动自动控制：上册［M］．北京：机械工业出版社，1979.
[15] 潘品英，等．电动机修理［M］．上海：上海人民出版社，1970.
[16] 阮通．10～110kV 线路施工［M］．北京：水利电力出版社，1983.
[17] 潘雪荣．高压送电线路杆塔施工［M］．北京：水利电力出版社，1984.
[18] 李柏．送电线路施工测量［M］．北京：水利电力出版社，1983.
[19] 农村电工手册编写组．农村电工手册［M］．北京：水利电力出版社，1974.
[20] 车导明，等．中小型发电厂和变电所电气设备的测试［M］．北京：水利电力出版社，1986.
[21] 庞骏骐．电力变压器安装［M］．北京：水利电力出版社，1975.
[22] 庞骏骐．高压开关设备安装［M］．北京：水利电力出版社，1979.
[23] 杜玉清，等．送电工人施工手册［M］．北京：水利电力出版社，1987.
[24] 工厂常用电气设备手册编写组．工厂常用电气设备手册［M］．北京：水利电力出版社，1984.
[25] 建筑电气设备手册编写组．建筑电气设备手册［M］．北京：中国建筑工业出版社，1986.
[26] 冶金工业部自动化研究所．大型电机的安装与维修［M］．北京：冶金工业出版社，1978.
[27] 张学华，等．小型供热发电机组的安装、调试和运行［M］．北京：水利电力出版社，1990.
[28] 叶江祺，等．热工仪表和控制设备的安装［M］．北京：水利电力出版社，1983.
[29] 航空工业部第四规划设计研究院，等．工厂配电设计手册［M］．北京：水利电力出版社，1983.
[30] 牛宝元．怎样安装与保养电梯［M］．北京：中国建筑工业出版社，1983.
[31] 丁明往，等．高层建筑电气工程［M］．北京：水利电力出版社，1988.
[32] 陈一才．高层建筑电气设计手册［M］．北京：中国建筑工业出版社，1990.
[33] 吴名江，等．共用天线电视［M］．北京：电子工业出版社，1985.
[34] 刘介才．工厂供电［M］．北京：机械工业出版社，1995.
[35] 化学工业部劳资司，等．电气试验工［M］．北京：化学工业出版社，1990.
[36] 吕光大．电气安装工程图集［M］．北京：水利电力出版社，1987.

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

[37] 李东明．建筑弱电工程安装调试手册［M］．北京：中国物价出版社，1993.
[38] 农电手册编写组．农电手册［M］．北京：水利电力出版社，1983.
[39] 天津电气传动设计研究所．半导体逻辑元件及其应用［M］．北京：机械工业出版社，1975.
[40] 南京工学院无线电工程系电子线路实验编写组．电子线路实验［M］．北京：人民教育出版社，1982.
[41] 本社电气装置安装工程施工及验收规范汇编［M］．北京：中国计划出版社，1996.
[42] 上海新时达电气有限公司电梯使用说明书．
[43] 北京施耐德电气公司产品使用说明书．
[44] 姚炳华，彭振民，吴晋华．电气调整工程便携手册［M］．北京：机械工业出版社，2006.
[45] 白公．怎样阅读电气工程图［M］．北京：机械工业出版社，2001.
[46] 白公．维修电工技能手册［M］．北京：机械工业出版社，2007.
[47] 白公．电工仪表技术365问［M］．北京：机械工业出版社，2007.
[48] 张福恩，等．交流调速电梯原理、设计及安装维修［M］．北京：机械工业出版社，1991.
[49] 国家建委第一工程局．电焊工［M］．北京：中国建筑工业出版社，1979.
[50] 山东省工业设备安装公司．气焊工［M］．北京：中国建筑工业出版社，1979.
[51] 白公．电工安全技术365问［M］．北京：机械工业出版社，2000.
[52] 白公．高级电工技术与技能自学读本［M］．北京：机械工业出版社，2004.
[53] 袁国汀．建筑安装工程施工图集：七常用仪表工程［M］．北京：中国建筑工业出版社，2001.
[54] DL/T 5161—2002 电气装置安装工程质量检验及评定规程［S］．北京：中国电力出版社，2002.
[55] F. G. WILSON 威尔信香港有限公司产品说明书．
[56] 柳涌．建筑安装工程施工图集：六弱电工程［M］．北京：中国建筑工业出版社，2002.
[57] GB 50339—2003 智能建筑工程质量验收规范［S］．北京：中国建筑工业出版社，2003.
[58] GB 50093—2002 自动化仪表工程施工及验收规范［S］．北京：中国计划出版社，2002.
[59] 河北省工程建设造价管理站．全国统一安装工程预算定额河北省消耗定额：第二册．电气设备安装工程（HEB GYD—COZ—2008）河北省建设工程计价标准［M］．北京：中国计划出版社，2008.

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

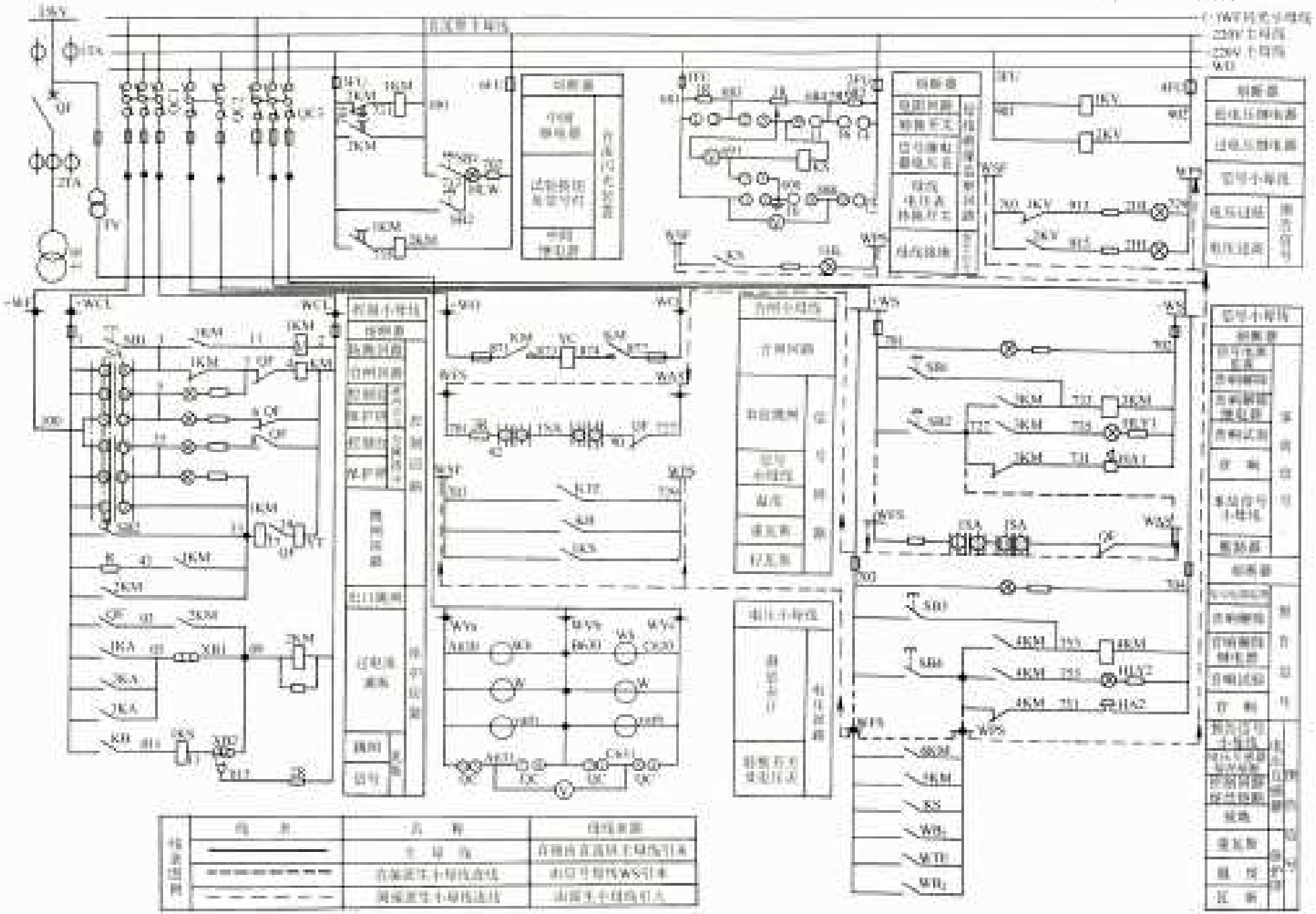


图 3-38　小母线连接示意图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

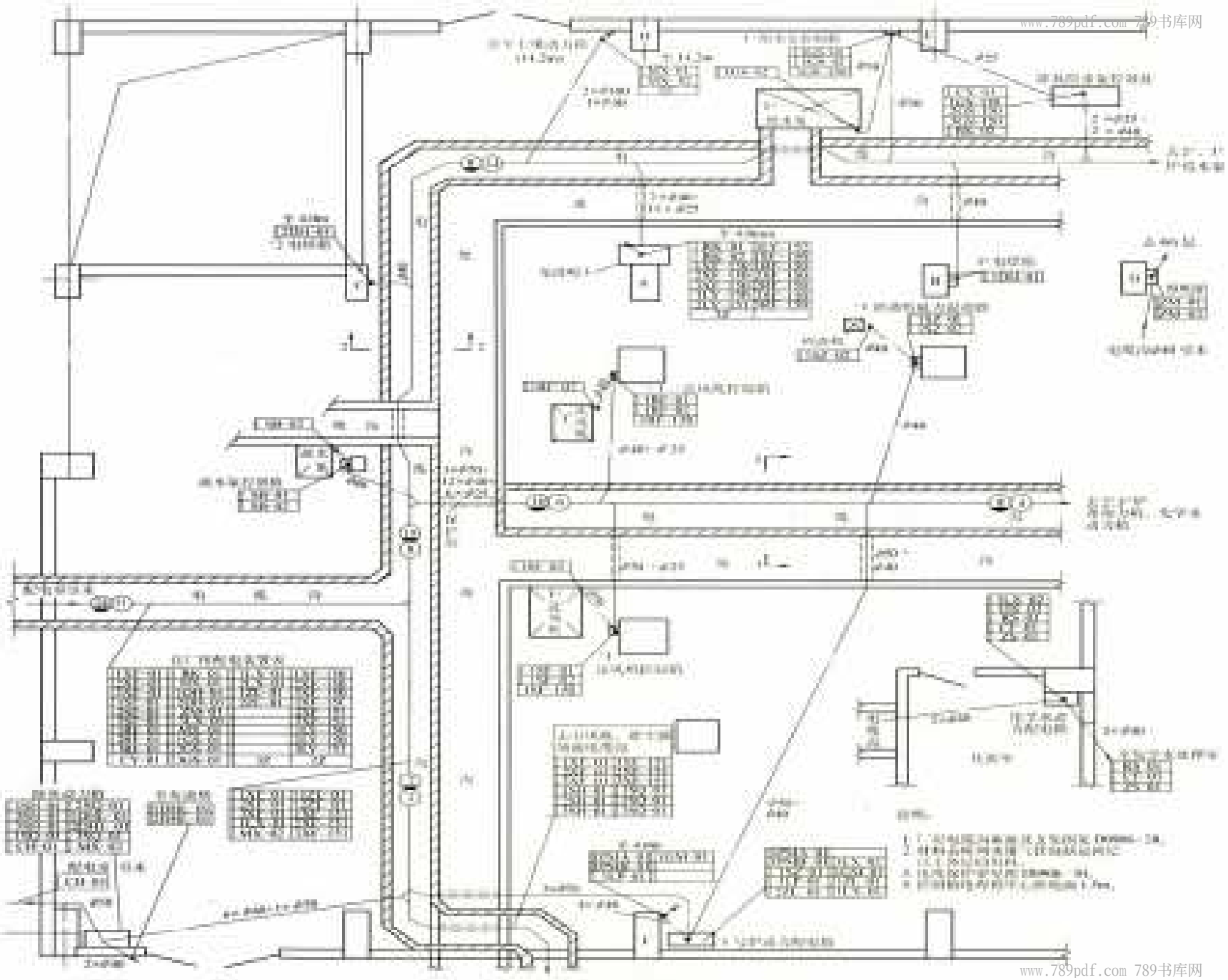


图5-83 锅炉房0m标高处电缆敷设平面图（局部）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

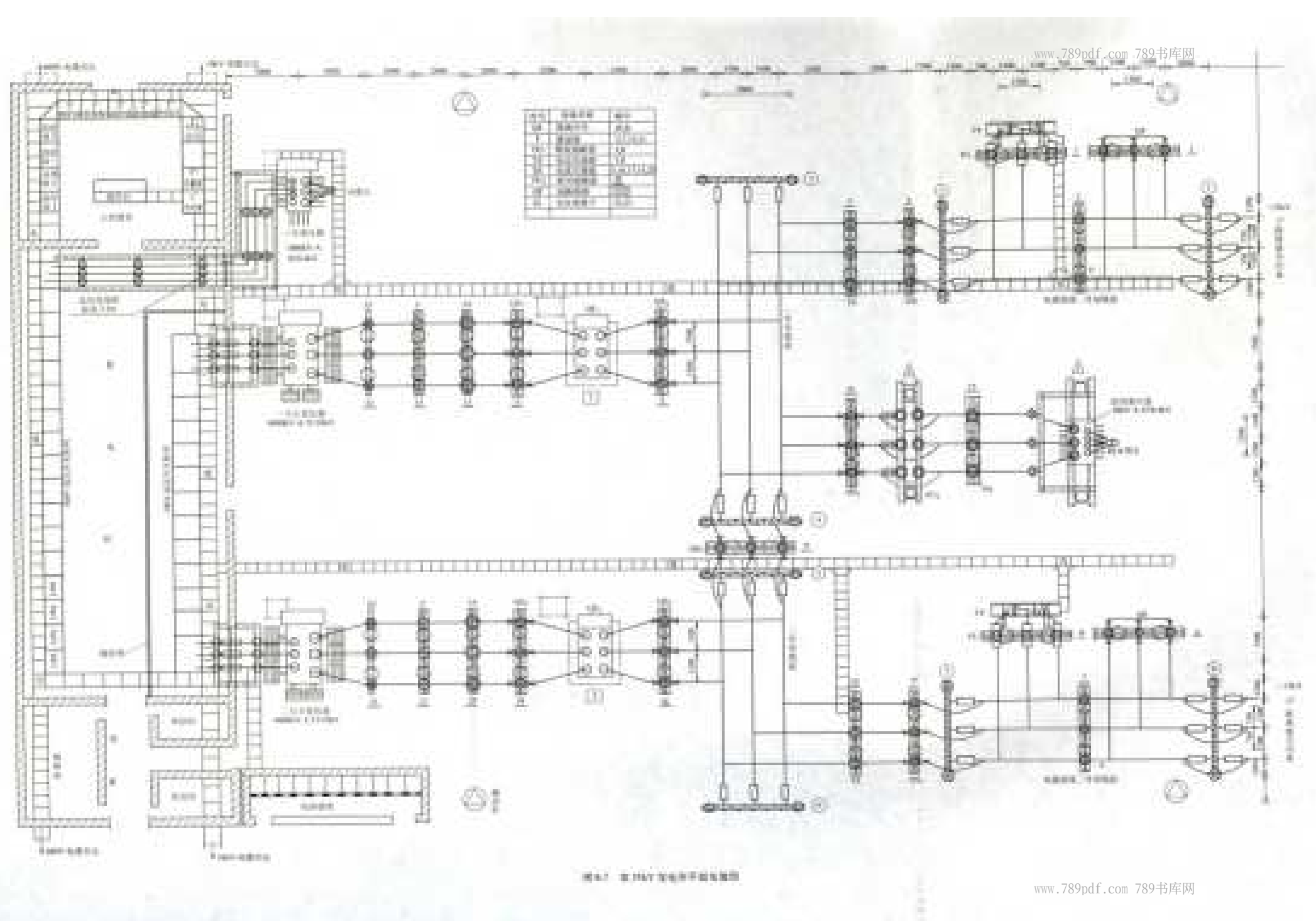


图6.7 某35kV变电所平面布置图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

DIANQI GONGCHENG
XIANGMU CEHUA YU GUANLI
JISHU SHOUCE

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
联机网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
机械工业出版社微信公众服务号

上架建议：工业自动化/工程项目管理
ISBN 978-7-111-47546-7
策划编辑◎牛新国 / 封面设计◎鞠杨

ISBN 978-7-111-47546-7
定价：298.00元

www.789pdf.com 789书库网