电气工程安装及调试技术手册

DIANQI GONGCHENG ANZHUANG JI TIAOSHI JISHU SHOUCE

白玉岷 主编

第3版 下册

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

章　目（主编）

上　　册

第一章　电气工程安装及调试技术概述（白玉岷）
第二章　电工安装调试基本技术技能（白玉岷）
第三章　电气工程常用装置及箱柜制作加工技术（武占斌）
第四章　配合土建工程预埋管路及箱盒的施工（王振山）
第五章　电气设备、元件、材料的测试和试验（白玉岷）
第六章　照明电路及单相电气设备的安装（宋宏江）
第七章　动力电路及低压配电室的安装（赵洪山）
第八章　低压发电设备的安装（白玉岷）
第九章　起重机械电气设备的安装（莫杰）
第十章　架空线路及室外变压器台、箱变的安装（田明）

下　　册

第十一章　电缆的安装敷设（莫杰）
第十二章　变配电装置的安装（白玉岷、谷文旗）
第十三章　特殊环境电气工程的安装（桂垣）
第十四章　防雷与接地系统的安装（桂垣）
第十五章　电梯的安装（李云鹏）
第十六章　自动化仪表及自动装置的安装（张璐）
第十七章　空调系统电气设备的安装（刘晋虹）
第十八章　弱电系统的安装（白玉岷、白永军）
第十九章　电气安装调试工程安全技术（赵颖捷）

电气工程安装及调试技术手册

下　　册

第3版

主　　编　白玉岷

副 主 编　刘　洋　宋宏江　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　赵颖捷　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

本书以实践经验为主，并辅以理论知识，详细讲述各类电气及自动化工程、电气设备及弱电工程的安装、调试、送电及试运行的技术技能，同时讲述安装调试中的故障处理方法。

全书分为上册、下册出版，共 19 章。本书为下册，主要内容包括：电缆的安装敷设，变配电装置的安装，特殊环境电气工程的安装，防雷与接地系统的安装，电梯的安装，自动化仪表及自动装置的安装，空调系统电气设备的安装，弱电系统的安装，电气安装调试工程安全技术等 9 章。

本书可供从事电气工程的安装、调试、运行、设计、管理的人员以及电气安装单位的技术人员、电工技师参考，也可作为青年电工、各类从事电工工作的初学者的培训教材，以及工科院校和职业技术院校电气专业师生的教学用书或实践教材。

图书在版编目（CIP）数据

电气工程安装及调试技术手册．下册/白玉岷主编．—3 版．—北京：机械工业出版社，2013.6

ISBN 978-7-111-42975-3

Ⅰ.①电…　Ⅱ.①白…　Ⅲ.①电气设备－设备安装－技术手册　Ⅳ.①TM64－62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 133302 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：朱林　等
版式设计：霍永明　责任校对：王欣
封面设计：马精明　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）
2013 年 7 月第 3 版第 1 次印刷
184mm×260mm・71.25 印张・4 插页・2454 千字
0 001—3 000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-42975-3
定价：199.00 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**

电气工程安装及调试技术手册第3版编写人员名单

章号	主编	副主编	编写人员	责任编辑
1	白玉岷	刘洋	宋宏江、陈斌、高英、王川、高志平、马千里、志农	朱林
2	白玉岷	朱振华	闫文武、康永太、张丰录、王明月、闫玉琴、江涛、胡义彬	朱林
3	武占斌	韩健北	薛玉明、刘继、吴小环、宋智、石小永、闫莉、于长河	赵任
4	王振山	范学忠	吴大力、李金福、王宇山、赵艳芬、袁小琴、于大广、吴大敏	赵任
5	白玉岷	刘志林	张海亮、李红军、任秉富、张连兵、张文武、耿华、张瑜军	翟天睿
6	宋宏江	姚亮	闫文桓、杨玉明、刘广大、武双有、闫敬敏、马媛、徐金玉	郑彤
7	赵洪山	贺祖贤	刘有义、海纳川、王峰、马小力、武永胜、席跃文、胡加梁	江婧婧
8	白玉岷	董仁辉	冯永志、黄小河、于江、王世东、张小峰、吕英华、刘凯	王欢
9	莫杰	刘玉丰	李晓华、康洪、史有进、王玉斌、杨晓华、姚义、杨爱	王欢
10	田明	梁川	田锋、郑生、安智慧、席成军、刘海龙、李晓龙、胡有志、韩树红	吕潇
11	莫杰	刘玉萍	武雁栋、刘正宏、胡静海、郭小启、邹振勇、廉瑞金、梁玉芳	赵玲丽
12	白玉岷 谷文旗	陈继 田朋	王佳乐、叶鹏飞、王琼、吴大喜、王小兵、武玉香、刘侠、贾连忠	任鑫
13	桂垣	董蓓蓓	范锐、刘伟、赵宏德、张利敏、李君、王建、李树兵	罗莉
14	桂垣	张艳梅	宋宏江、陈斌、高英、田朋	罗莉
15	李云鹏	宋琴	徐阳、王大志、刘小环、王玉洁、胡志朋、郝海东、闫静敏	林桢
16	张璐	芦春	郭志琪、王金银、姚立婷、成儒、建春、达峰、赵玉春	顾谦
17	刘晋虹	倪小君	万川、久安、万柳、王金玉、李方、师北屏、春琴、马玉琴	顾谦
18	白玉岷 白永军	董蓓蓓	高立明、赵英、赵小树、赵必胜、建玉华、闫玉奇、康大力	闾洪庆
19	赵颖捷	罗林	赵北华、赵红军、谢小华、常兴、陈玲、陈世森、王佩燕	闾洪庆

第 3 版前言

《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。本人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气专业的大学生能在较短的时间内掌握从事电工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和要点。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，乘风破浪、勇往直前、兢兢业业、独占鳌头。

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、电气设备元件及材料都在发展，为了适应读者的需求，尽快地全面掌握电工技术，对《电气工程安装及调试技术手册》我们接受了读者的建议，我们从结构、内容、系统上都做了较大的改动，主要体现在以下几个方面：

1. 将原书版面分为两本单独出版，第一本为《电气工程安装及调试技术手册》，第二本为《电气工程项目管理与策划技术手册》。第一本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、配合土建管路施工讲起，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、空调系统电气、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。

第二本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、设备元件及材料选择、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项目管理方面的内容，以确保工程的质量、安全、进度、投资、环境，创造优质工程。

2. 本书在第 2 版基础上，每章都增加了新内容，特别是国家颁布的电气工程相关的新标准、新规范使内容焕然一新，既保留了传统的技术技能，又有新技术、新工艺、新设备、新材料的涌现，使该书更有指导性，更能答疑解惑。

如，第二章增加了电气故障判断及处理方法，详细列出了照明、管线、电动机、低压电器、变配电装置常见故障的判断处理方法；第三章增加了高压开关柜制作要点及规定；第五章变化较大，增加了新标准规范要求的相应方法；第六章增加了公共场所照明及单相电气装置的

安装；第九章增加了新型电气设备；第十章增加了线路杆塔基础施工要点；第十一章按新标准规范要求敷设及试验，增加了矿用电缆的施工；第十三章增加了新国标（GB3836.15—2000）的内容；第十四章增加了新标准的内容和材料、规格试验及要求；第十六章增加了部分智能数字测控仪表的内容；第十八章增加了信号隔离器及新标准规范的内容；其他章节也有新标准及新内容的增加和变化。

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稳步提高，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。

本书汇集了众多实践经验极为丰富、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，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和参考，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。

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、稳定性要求严格，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气专业的大学生，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，减少事故频率，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，倘若本书能为您提供有益的帮助和支持，我们全体编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

2013 年 3 月

目　　录

下　　册

第 3 版前言

第十一章　电缆的安装敷设 …… 1131

第一节　总体要求 …… 1131

一、电缆敷设的总体要求 …… 1131

二、电力电缆的测试试验要求和方法 …… 1132

第二节　准备工作 …… 1142

一、检查电缆安装预埋件及对土建工程的要求 …… 1142

二、电缆保护管的加工及敷设 …… 1142

三、电缆支架的制作与安装 …… 1144

四、电缆的运输、保管及试验 …… 1145

五、其他准备工作及施工组织 …… 1145

第三节　电缆安装敷设技术要求 …… 1146

第四节　电缆的安装敷设工艺方法 …… 1148

一、地下直埋电缆敷设法 …… 1149

二、电缆沟内敷设法 …… 1153

三、钢索悬吊架空敷设 …… 1154

四、管道内敷设 …… 1156

五、电缆槽架内敷设 …… 1156

六、电气竖井内敷设 …… 1157

七、沿建筑物明设 …… 1157

八、电缆在穿越桥梁时的敷设 …… 1159

九、水中电缆的敷设 …… 1159

十、冬季电缆敷设的技术措施 …… 1161

十一、敷设电缆的安全注意事项 …… 1162

十二、电缆穿越建筑物孔洞时的防火封堵方法 …… 1162

第五节　电缆终端头的制作及安装 …… 1167

一、电缆头的制作条件、准备工作及要求 …… 1167

二、塑料绝缘电缆干包电缆头的制作 …… 1170

三、室内环氧树脂电缆头的制作 …… 1175

四、室外环氧树脂电缆头的制作 …… 1178

五、室外生铁盒（WD 系列）电缆头的制作 …… 1180

六、6～35kV 交联电力电缆热缩型护套终端头的制作 …… 1183

七、3～35kV 交联电力电缆冷缩型电缆头的制作 …… 1188

八、电缆头的安装 …… 1190

九、各类电缆中间接头的制作 …… 1190

十、电缆头制作的安全注意事项 …… 1195

十一、各种型式电缆头的试验 …… 1197

第六节　特种电缆的安装 …… 1197

一、防火电缆的安装工艺方法 …… 1197

二、屏蔽电缆的安装工艺方法 …… 1199

三、铝包对称通信电缆的安装 …… 1200

第七节　矿用电缆的安装敷设 …… 1204

一、矿用电缆的接头与终端 …… 1204

二、矿用电缆的安装敷设 …… 1209

第十二章　变配电装置的安装 …… 1225

第一节　总体要求 …… 1225

第二节　准备工作 …… 1226

一、土建工程应具备的条件 …… 1226

二、设备的检查、验收和保管 …… 1226

三、施工组织及施工方案的编制 …… 1226

四、设备、元件、材料的检查及试验 …… 1226

第三节　变压器的运输及吊装就位 …… 1226

一、变压器运输的特点及要求 …… 1226

二、变压器运输的准备工作 …… 1227

三、变压器的装车和卸车 …… 1227

四、变压器的运输 …… 1235

五、变压器的吊装就位 …… 1239

第四节　室外变电装置的安装 …… 1241

一、混凝土支架和杆的安装 …… 1241

二、变压器的安装 …… 1242

三、横担、绝缘子及金属构架的安装 …… 1263

四、避雷器的安装 …… 1264

五、电流互感器的安装 …… 1269

六、电压互感器的安装 …… 1271

七、高压隔离开关的安装 …… 1273

八、断路器的安装 …… 1279

九、35kV 跌落式熔断器的安装 …… 1288

十、软母线的安装及一次设备的接线 …… 1290
十一、穿墙套管的安装 …… 1291
十二、硬母线的制作安装 …… 1294
十三、电缆的敷设 …… 1294
十四、接线端子箱的安装 …… 1295
十五、阻波器的安装 …… 1295
十六、防雷接地系统的安装 …… 1295
第五节 室内变配电装置的安装 …… 1298
一、10kV 开关柜的安装及调整 …… 1298
二、电容柜的安装及调整 …… 1334
三、直流屏的安装及试验 …… 1339
四、控制屏的安装及调试 …… 1344
五、保护屏的安装及调试 …… 1349
六、中央信号屏的安装及试验 …… 1363
七、站用变配电屏的安装及试验 …… 1368
八、低压配电屏的安装 …… 1368
九、母线的安装 …… 1368
十、小母线的安装 …… 1371
十一、UPS 的安装 …… 1375
十二、计量屏的安装 …… 1375
十三、室内接地系统的安装 …… 1375
十四、电缆头的制作 …… 1375
十五、照明电路及检修间动力控制箱的安装 …… 1375
第六节 控制、保护及二次回路的接线 …… 1376
一、二次回路接线的要求 …… 1376
二、变压器端子箱的接线 …… 1376
三、电压互感器端子箱的接线 …… 1376
四、电流互感器的二次接线 …… 1379
五、油断路器操动机构控制箱的接线 …… 1382
六、隔离开关辅助开关的接线 …… 1384
七、站用变低压配电屏的接线 …… 1384
八、直流屏的接线 …… 1384
九、保护屏的接线 …… 1384
十、控制屏的接线 …… 1384
十一、中央信号屏的接线 …… 1384
十二、计量屏的接线 …… 1384
十三、小母线的连接 …… 1392
第七节 系统调试、送电及试运行 …… 1396
一、系统调试前的检查 …… 1396
二、室外电气设备的分段测试 …… 1397
三、室内电气设备的调整试验 …… 1398
四、继电保护回路的试验调整 …… 1398
五、零起升压倒送电试验 …… 1405
六、正式送电 …… 1407
七、试运行 …… 1412
第八节 室内 35kV 变电站的安装 …… 1418
一、电气设备布置方案及安装要点 …… 1418
二、35kV 开关柜的安装及调试 …… 1419
三、室内 35kV 变电站安装工艺程序 …… 1423
四、注意事项 …… 1430
第九节 110kV 变电所的安装 …… 1432
一、工程概况 …… 1432
二、安装工艺程序及要求 …… 1432
三、110kV 室外电气设备的安装调试 …… 1433
四、35kV 室内电气设备的安装调试 …… 1460
五、中心监控室电气监控系统的安装调试 …… 1460
六、系统调整试验 …… 1519
七、并网试验及并网试送电 …… 1520
第十节 大型高压电动机的安装 …… 1520
一、开工条件 …… 1520
二、基础的检查验收及处理 …… 1520
三、底板的安装 …… 1521
四、轴承座的安装 …… 1522
五、联轴器的安装 …… 1523
六、转子和定子的安装 …… 1523
七、轴承间隙的测量和轴瓦的研磨 …… 1527
八、油路系统的安装 …… 1529
九、电气系统的安装及试车 …… 1529
第十一节 变配电装置安装调试质量标准及检验方法 …… 1546
第十三章 特殊环境电气工程的安装 …… 1595
第一节 总体要求 …… 1596
第二节 基本概念 …… 1596
一、特殊环境名词及术语解释 …… 1596
二、爆炸和火灾环境危险区域的分区 …… 1597
三、爆炸危险环境危险区域范围的划分 …… 1597
四、爆炸性气体环境危险区域的范围 …… 1598
五、爆炸性粉尘环境危险区域的划分 …… 1604
六、火灾危险环境危险区域的划分 …… 1605
第三节 爆炸危险环境电气装置及安装要求 …… 1605
一、国标要求（GB3836.15—2000） …… 1605
二、爆炸性气体环境中的电气设备及线路在设计、选型、安装上的要求 …… 1617
三、爆炸粉尘环境中的电气设备及线路在设计、选型、安装上的要求 …… 1621
四、防爆电气设备及附件 …… 1623
五、防爆电气设备安装要求 …… 1657

六、爆炸危险环境电气线路安装要求 …… 1660
第四节　火灾危险环境电气装置及安装要求 …… 1662
一、火灾危险环境的电气设备及线路在设计、选型、安装上的要求 …… 1662
二、火灾危险环境的电气装置安装要求 … 1664
第五节　特殊环境电气装置的接地 …… 1664
一、特殊环境电气装置的接地要求 …… 1664
二、特殊环境中防静电接地的要求 …… 1665
第六节　爆炸危险环境电气设备安装实例 … 1666
一、照明电路及设备的安装 …… 1666
二、动力电路及设备的安装 …… 1668
三、其他特殊环境电气设备的安装 …… 1670
第十四章　防雷与接地系统的安装 …… 1675
第一节　总体要求及基本概念 …… 1675
一、总体要求 …… 1675
二、基本概念和名词术语 …… 1676
第二节　防雷系统的安装 …… 1676
一、避雷针的安装 …… 1676
二、避雷线的安装 …… 1683
三、避雷器的安装 …… 1683
四、避雷网的安装 …… 1686
五、特殊场所防雷设施的安装 …… 1689
六、防雷装置的材料、规格、试验及要求 …… 1692
第三节　接地系统的安装 …… 1701
一、电气设备的接地 …… 1702
二、接地极和接地引线的敷设 …… 1703
三、高电阻率土壤降低接地电阻的方法 … 1708
四、特殊电气装置的接地 …… 1711
第四节　防雷与接地的技术要求及注意事项 …… 1720
一、注意事项 …… 1720
二、主要技术要求 …… 1722
第十五章　电梯的安装 …… 1733
第一节　总体要求 …… 1733
一、安装单位施工现场的质量管理 …… 1733
二、对土建工程施工质量的控制和验收 …… 1733
三、电梯安装前按规范进行电梯设备进场验收 …… 1733
四、电梯安装分项工程质量控制 …… 1734
五、电梯安装工程质量验收 …… 1734
六、施工中的安全技术措施 …… 1734
第二节　准备工作及施工组织 …… 1734
一、开工条件及机房和井道土建工程的验收 …… 1734
二、熟悉图样及厂商提供的资料 …… 1735
三、编制施工方案及施工组织 …… 1735
四、设备的清点、堆放和试验验收 …… 1736
五、施工用电 …… 1738
六、搭设脚手架 …… 1738
七、样板制作与安装 …… 1739
八、井道测量及标准线的确定 …… 1740
第三节　机房设备的安装及调整 …… 1741
一、放线确定设备的安装位置 …… 1741
二、曳引机承重梁的安装 …… 1741
三、曳引机的安装 …… 1742
四、导向轮和复绕轮的安装 …… 1745
五、限速装置的安装 …… 1746
六、选层器的安装 …… 1748
第四节　井道设备的安装及调整 …… 1749
一、导轨的安装 …… 1749
二、轿厢的安装 …… 1753
三、对重的安装 …… 1758
四、缓冲器的安装 …… 1758
五、补偿装置的安装 …… 1759
六、穿挂曳引钢丝绳 …… 1761
七、轿门及自动门机构的安装 …… 1763
第五节　厅门的安装及调整 …… 1766
一、厅门地坎的安装 …… 1766
二、门框及门套的安装 …… 1767
三、厅门导轨的安装 …… 1767
四、门扇的安装 …… 1768
五、轿门与厅门联动机构的安装 …… 1768
六、门锁的安装 …… 1769
第六节　电气设备的安装与接线 …… 1771
一、机房电气设备的安装与接线 …… 1771
二、井道布线 …… 1778
三、井道及轿厢电气设备及元件的安装和接线 …… 1781
四、控制柜与控制线路的接线 …… 1788
五、接地系统的安装 …… 1789
第七节　微机控制交流变频调速电梯的安装 …… 1790
一、图样分析及安装接线要点 …… 1790
二、布线技术总体要求 …… 1798
三、电梯初步调整 …… 1819
第八节　电梯安装质量的检测 …… 1826

第九节 电梯调试及试运行 …… 1836
一、电梯调试总体原则 …… 1836
二、交流双速电梯的调试（货梯） …… 1837
三、交流调速电梯的调试要点 …… 1844
四、直流调速电梯的调试要点 …… 1845
五、微机控制交流变频调速电梯的调试要点 …… 1849
六、整机调整及试运行中的检测 …… 1864
第十节 电梯工程安装质量监督及标准 …… 1867
第十六章 自动化仪表及自动装置的安装 …… 1892
第一节 总体要求及准备工作 …… 1892
一、总体要求 …… 1892
二、准备工作 …… 1892
三、自动化仪表相关术语 …… 1893
第二节 自动化仪表的类别及功能 …… 1895
第三节 自动化仪表的校验和检定 …… 1905
第四节 线缆安装敷设 …… 1905
第五节 自动化仪表及自动装置的安装 …… 1907
一、安装要求 …… 1908
二、自动化仪表及自动装置的安装图样 … 1908
三、取源部件、传感器及检测元件 …… 1915
四、仪表设备的安装 …… 1932
第六节 仪表系统管路的安装 …… 1966
一、总体要求 …… 1966
二、管路的安装 …… 1966
三、安装规定和要求 …… 1966
四、管路的脱脂 …… 1976
第七节 仪表柜及仪表的接线 …… 1977
第八节 系统调整试验及投入试运行 …… 1993
一、调整试验及试运行的准备工作 …… 1993
二、系统调整试验 …… 1994
三、投入试运行 …… 1996
第九节 智能数字测量控制仪表的安装及调试 …… 2001
一、智能数字测量控制仪表基本结构及功能 …… 2001
二、常用智能数字测量控制仪表的安装接线 …… 2005
三、智能数字测量控制仪表使用注意事项及方法技巧 …… 2011
第十七章 空调系统电气设备的安装 …… 2022
第一节 总体要求及准备工作 …… 2022
第二节 元件类别及功能 …… 2022
第三节 元件的校验和试验 …… 2022
第四节 管路、线缆安装敷设 …… 2023
第五节 元件的安装接线 …… 2023
第六节 控制柜的安装与接线 …… 2026
第七节 动力装置的安装 …… 2026
第八节 系统调整试验及试运行 …… 2026
一、工艺流程图及设置 …… 2026
二、调节控制原理图 …… 2026
三、送风机的控制原理图 …… 2027
四、调试程序内容 …… 2030
五、调试及试运行方法 …… 2030
六、调整试验总体要求 …… 2031
七、常用测试方法 …… 2032
第九节 空调系统的竣工验收 …… 2038
第十八章 弱电系统的安装 …… 2039
第一节 总体要求及准备工作 …… 2039
一、总体要求 …… 2039
二、准备工作 …… 2042
第二节 火灾自动报警及自动消防系统的安装 …… 2043
一、开工条件及元件的检查测试 …… 2043
二、线路敷设及要求 …… 2043
三、探测器的安装及编码 …… 2044
四、区域报警控制器的安装接线 …… 2056
五、集中报警控制器的安装接线 …… 2062
六、消防控制室控制设备的安装 …… 2063
七、系统调试及试运行 …… 2076
第三节 通信广播系统的安装 …… 2079
一、开工条件及元件的检查、测试及试验 …… 2079
二、电话系统的安装 …… 2079
三、广播音响系统的安装 …… 2084
四、通信广播系统室外线路及光缆的安装 …… 2090
五、公共场所通信广播系统的安装 …… 2104
第四节 有线电视系统的安装 …… 2104
一、开工条件与元件的检查、测试及试验 …… 2104
二、线路敷设 …… 2105
三、天线及天线的安装 …… 2106
四、前端设备的安装 …… 2113
五、机房设备的安装 …… 2116
六、分配系统元件的安装 …… 2118
七、系统调试 …… 2119
八、常见故障及处理方法 …… 2121

第五节　保安系统的安装 …… 2123
一、开工条件及元件、设备的检查、测试和试验 …… 2123
二、线路敷设及要求 …… 2124
三、可视—对讲—电锁门系统的安装 …… 2124
四、闭路电视保安系统的安装 …… 2124
五、保安防盗报警系统的安装 …… 2136
六、出入监控系统安装要点 …… 2145
七、电子巡更系统安装要点 …… 2149
八、停车场管理系统安装要点 …… 2150
九、保安集中监控系统的安装 …… 2154
十、系统调整试验及试运行 …… 2155
第六节　智能建筑及综合布线系统的安装 … 2157
一、概述及总体要求 …… 2157
二、开工条件 …… 2158
三、综合布线系统的安装测试 …… 2158
四、楼宇及其机电设备自控系统的安装 … 2170
五、三表计量及远程传输系统安装要点 … 2197
六、小区信息网络智能化服务管理系统安装要点 …… 2199
七、家居智能信息平台安装要点 …… 2199
八、小区物业管理自动化系统安装要点 … 2199
九、系统调试及投入试运行 …… 2199
第七节　微机系统安装要点 …… 2203
一、安装要点 …… 2203
二、调整测试要点 …… 2205
第八节　弱电系统信号隔离器应用技术 …… 2209
一、基本概念 …… 2209
二、应用技术及要求 …… 2211
第十九章　电气安装调试工程安全技术 …… 2219
第一节　总体要求 …… 2219
第二节　电工操作程序和要求 …… 2221
第三节　安装工程中单相电气设备安全使用要点 …… 2233
一、单相电气设备的特点 …… 2233
二、单相电气设备的配电与接线 …… 2234
三、单相电气设备运行注意事项 …… 2235
四、电气照明设备选择和安装注意事项 …… 2235
五、插座的安装和使用 …… 2236
六、安全电压照明变压器的使用 …… 2237
七、携带式电气设备安全使用 …… 2237
八、移动式电气设备安全使用 …… 2238
第四节　电气安装工程安全防护装置的设置及安全技术 …… 2238
一、电气安装工程安全技术措施 …… 2238
二、电气安装工程临时用电安全技术及要求 …… 2245
三、电气安装工程安装机械的正确使用 …… 2250
参考文献 …… 2256

第十一章　电缆的安装敷设

电缆在电气工程中占有很重要的地位，并且电缆的种类繁多，因此电缆的安装方法具有特殊性，技术要求很高。本章将讲述电缆常用的安装方法，包括地下直埋、电缆沟内敷设、钢索悬吊架空敷设、管内敷设等，另外着重讲述电缆头的制作以及电缆的运输保管等内容。电缆的安装应符合电缆线路施工及验收规范的要求，标准号 GB50168—2006，GB50150—2006，GB50303—2011。

第一节　总 体 要 求

一、电缆敷设的总体要求

1）电缆的规格型号应符合设计要求。

2）电缆的运输保存应符合产品的要求。

3）电缆敷设前必须用相应电压等级的绝缘电阻表（匀称兆欧表）进行绝缘电阻的测试，绝缘电阻合格后才能进行直流耐压试验和泄漏电流的测量。

4）无论采用哪种敷设方式,任何时候、任何地点、任何情况下都必须保证电缆的弯曲半径不超过允许值。

5）电缆头的制作必须在干燥清洁的环境下进行，使用的材料应符合电缆产品的要求。电缆头制作好后也必须进行耐压试验。

6）将电缆放入金属导管时，其金属导管管口必须成喇叭口形，以保证穿入时其外扩层和外绝缘层不受损伤。

7）金属电缆支架、电缆导管必须接地（PE）或接零（PEN）可靠。

8）电缆敷设严禁有绞拧、铠装压扁、护层断裂和表面严重划伤等缺陷。

9）电缆支架安装

①　当设计无要求时，电缆支架最顶层至竖井顶部或楼板的距离不小于 150～200mm；电缆支架最底层至沟底或地面的距离不小于 50～100mm；

②　当设计无要求时，电缆支架层间最小允许距离符合表 4-2 的规定；

③　支架与预埋件焊接固定时，焊缝饱满；用膨胀螺栓固定时，选用螺栓适配，连接紧固，防松零件齐全。

10）电缆在支架上敷设，转弯处的最小允许弯曲半径应符合表 11-20 的规定。

11）电缆敷设固定应符合下列规定：

①　垂直敷设或大于 45°倾斜敷设的电缆在每个支架上固定。

②　交流单芯电缆或分相后的每相电缆固定用的夹具和支架，不形成闭合铁磁回路。

③　电缆排列整齐，不得交叉；水平敷设的电缆，首尾两端、转弯两侧及每隔 5～10m 处设固定点；当对设计无要求时，电缆支持点间距不大于表 4-3的规定。

④　当对设计无要求时，电缆与管道的最小净距应符合表 11-1 的规定，且敷设在易燃易爆气体管道和热力管道的下方。

⑤　敷设电缆的电缆沟和竖井，按设计要求位置，有防火隔堵措施。

⑥　电缆敷设时，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见表 11-1。

表 11-1　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

项　　目		最小净距/m	
		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：电缆与公路平行的净距，当情况特殊时可酌减。

12）电缆的首端、末端和分支处应设标志牌。

13）架空电缆与公路、铁路、架空线路交叉跨越时应符合表 11-2 的规定。

表 11-2 架空电缆与公路、铁路、架空线路交叉跨越时最小允许距离（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	—

二、电力电缆的测试试验要求和方法

电缆的测试及试验是电缆工程中最重要的技术手段，无论生产制造、安装使用、运行维护都必须对电缆进行测试和试验，以确保电缆的质量。

电力电缆试验的类别及项目见表 11-3。

1. 电缆直流电阻的测试

直流电阻的测试一般用直流电桥法，测试时应注意以下几点：

1）被测品的长度不得小于 1m；

2）电桥的选用按被测电缆估算的范围选定，见表 11-4～表 11-6。其中，电桥精度不小于 0.5 级，读数应保证三位有效数字。

表 11-3 电力电缆主要试验项目

序号	试验项目	试验类别					
		中间检查	出厂与验收试验	定期试验	研究性试验	安装后交接试验	运行监督试验
1	导体直流电阻		✓				
2	绝缘电阻		✓			✓	✓
3	整盘电缆介质损耗角正切(tanδ)		✓				
4	交流短时耐压试验		✓				✓
5	交流长时耐压试验			✓			
6	直流耐压试验					✓	✓
7	热循环下的 tanδ 试验			✓			
8	电容					✓	
9	正序及零序阻抗					✓	
10	泄漏电流及三相不平衡度的检查					✓	✓
11	老化试验			✓			
12	局部放电检测				✓		
13	载流量试验				✓		
14	电缆弯曲后的冲击电压试验			✓			
15	火花(干试机)试验	✓					
16	浸水耐压试验	✓					
17	结构尺寸检查	✓	✓	✓			
18	铅套扩张试验	✓	✓				
19	铅(铝)套密封性试验		✓				
20	铅套和加强层的液压试验			✓			
21	充油电缆油样试验	✓	✓			✓	✓
22	粘性电缆油样试验	✓					
23	浸渍剂滴出试验		✓				
24	交联度试验			✓			
25	橡塑类电缆的耐寒试验			✓			
26	浸渍含气量试验				✓		
27	tanδ-t℃曲线			✓			
28	护层耐电压试验			✓			

注：✓—合格。

表 11-4　按被测电缆估算电阻选用电桥

测量电阻范围/Ω	$10^{-5}\sim2$	$2\sim10^{2}$	$10^{2}\sim10^{6}$
电桥型式	双臂电桥	双臂或单臂电桥	单臂电桥

表 11-5　第一种结构线芯的电阻值

标称截面积/mm^2	线芯中导线最少根数	20℃时线芯的最大电阻					
		铜　导　体				铝　导　体	
		单线镀金属		单线不镀金属			
		单芯/(Ω/m)	多芯/(Ω/m)	单芯/(Ω/m)	多芯/(Ω/m)	单芯/(Ω/m)	多芯/(Ω/m)
1	1	17.9×10^{-3}	18.2×10^{-3}	17.7×10^{-3}	18.1×10^{-3}	29.3×10^{-3}	29.9×10^{-3}
1.5	1	12.0×10^{-3}	12.2×10^{-3}	11.9×10^{-3}	12.1×10^{-3}	19.7×10^{-3}	20.0×10^{-3}
2.5	1	7.21×10^{-3}	7.35×10^{-3}	7.14×10^{-3}	7.28×10^{-3}	11.8×10^{-3}	12.0×10^{-3}
4	1	4.51×10^{-3}	4.60×10^{-3}	4.47×10^{-3}	4.56×10^{-3}	7.89×10^{-3}	7.54×10^{-3}
6	1	3.00×10^{-3}	3.06×10^{-3}	2.97×10^{-3}	3.03×10^{-3}	4.91×10^{-3}	5.01×10^{-3}
10	1	1.79×10^{-3}	1.83×10^{-3}	1.77×10^{-3}	1.81×10^{-3}	2.94×10^{-3}	3.00×10^{-3}
16	1	1.13×10^{-3}	1.15×10^{-3}	1.12×10^{-3}	1.14×10^{-3}	1.85×10^{-3}	1.89×10^{-3}
25	1	0.715×10^{-3}	0.729×10^{-3}	0.708×10^{-3}	0.722×10^{-3}	1.17×10^{-3}	1.20×10^{-3}
35	1	0.524×10^{-3}	0.535×10^{-3}	0.519×10^{-3}	0.529×10^{-3}	0.859×10^{-3}	0.876×10^{-3}
50	7	0.361×10^{-3}	0.368×10^{-3}	0.358×10^{-3}	0.365×10^{-3}	0.529×10^{-3}	0.604×10^{-3}
120	19	0.149×10^{-3}	0.152×10^{-3}	0.148×10^{-3}	0.151×10^{-3}	0.245×10^{-3}	0.250×10^{-3}
150	19	0.119×10^{-3}	0.121×10^{-3}	0.117×10^{-3}	0.120×10^{-3}	0.194×10^{-3}	0.198×10^{-3}
240	37	0.0767×10^{-3}	0.0783×10^{-3}	0.0760×10^{-3}	0.0775×10^{-3}	0.126×10^{-3}	0.128×10^{-3}
300	37	0.0609×10^{-3}	0.0621×10^{-3}	0.0603×10^{-3}	0.0615×10^{-3}	0.0998×10^{-3}	0.102×10^{-3}

表 11-6　第二种结构线芯的电阻

标称截面积/mm^2	线芯中导线最少根数			20℃时线芯的最大电阻					
	圆形导体	压紧的圆形或扇形导体		铜　导　体				铝导体	
				单线镀金属		单线不镀金属			
		n_1(一般用于铜)	n_2(一般用于铝)	单芯/(Ω/m)	多芯/(Ω/m)	单芯/(Ω/m)	多芯/(Ω/m)	单芯/(Ω/m)	多芯/(Ω/m)
1	7	—	—	21.2×10^{-3}	21.6×10^{-3}	20.8×10^{-3}	21.2×10^{-3}	34.8×10^{-3}	35.4×10^{-3}
1.5	7	—	—	13.6×10^{-3}	13.8×10^{-3}	13.6×10^{-3}	13.3×10^{-3}	22.2×10^{-3}	22.7×10^{-3}
2.5	7	—	—	7.41×10^{-3}	7.56×10^{-3}	7.27×10^{-3}	7.41×10^{-3}	12.1×10^{-3}	12.4×10^{-3}
4	7	—	—	4.60×10^{-3}	4.70×10^{-3}	4.52×10^{-3}	4.61×10^{-3}	7.55×10^{-3}	7.70×10^{-3}
6	7	—	—	3.05×10^{-3}	3.11×10^{-3}	3.02×10^{-3}	3.08×10^{-3}	4.99×10^{-3}	5.09×10^{-3}
10	7	6①	1	1.81×10^{-3}	1.84×10^{-3}	1.79×10^{-3}	1.83×10^{-3}	2.96×10^{-3}	3.02×10^{-3}
16	7	6①	1	1.14×10^{-3}	1.16×10^{-3}	1.13×10^{-3}	1.15×10^{-3}	1.87×10^{-3}	1.91×10^{-3}

（续）

标称截面积/mm²	线芯中导线最少根数			20℃时线芯的最大电阻					
	圆形导体	压紧的圆形或扇形导体		铜导体				铝导体	
				单线镀金属		单线不镀金属			
		n_1（一般用于铜）	n_2（一般用于铝）	单芯/(Ω/m)	多芯/(Ω/m)	单芯/(Ω/m)	多芯/(Ω/m)	单芯/(Ω/m)	多芯/(Ω/m)
25	7	6	1	0.719×10^{-3}	0.734×10^{-3}	0.712×10^{-3}	0.727×10^{-3}	1.18×10^{-3}	1.20×10^{-3}
35	7	6	6①	0.519×10^{-3}	0.529×10^{-3}	0.514×10^{-3}	0.524×10^{-3}	0.851×10^{-3}	0.868×10^{-3}
50②	19	15	6①	0.383×10^{-3}	0.391×10^{-3}	0.379×10^{-3}	0.387×10^{-3}	0.628×10^{-3}	0.641×10^{-3}
70	19	15	15①	0.265×10^{-3}	0.270×10^{-3}	0.262×10^{-3}	0.268×10^{-3}	0.435×10^{-3}	0.443×10^{-3}
95	19	15	15①	0.191×10^{-3}	0.195×10^{-3}	0.189×10^{-3}	0.193×10^{-3}	0.313×10^{-3}	0.320×10^{-3}
120	37	30	15①	0.151×10^{-3}	0.154×10^{-3}	0.150×10^{-3}	0.153×10^{-3}	0.248×10^{-3}	0.253×10^{-3}
150	37	30	15①	0.123×10^{-3}	0.126×10^{-3}	0.122×10^{-3}	0.124×10^{-3}	0.202×10^{-3}	0.206×10^{-3}
185	37	30	30①	0.0982×10^{-3}	0.100×10^{-3}	0.0972×10^{-3}	0.0991×10^{-3}	0.161×10^{-3}	0.164×10^{-3}
240	61	53	30①	0.0747×10^{-3}	0.762×10^{-3}	0.0740×10^{-3}	0.0754×10^{-3}	0.122×10^{-3}	0.125×10^{-3}
300	61	53	30①	0.0595×10^{-3}	0.0607×10^{-3}	0.0590×10^{-3}	0.0601×10^{-3}	0.0976×10^{-3}	0.100×10^{-3}
400	61	53	53	0.0465×10^{-3}	0.0475×10^{-3}	0.0461×10^{-3}	0.0470×10^{-3}	0.0763×10^{-3}	0.0778×10^{-3}
500	61	53	53	0.0369×10^{-3}	0.0377×10^{-3}	0.0366×10^{-3}	0.0373×10^{-3}	0.0605×10^{-3}	0.0617×10^{-3}
630	127	114	114	0.0286×10^{-3}	0.0292×10^{-3}	0.0283×10^{-3}	0.0289×10^{-3}	0.0469×10^{-3}	0.0478×10^{-3}
800	127	—		0.0224×10^{-3}	0.0228×10^{-3}	0.0221×10^{-3}	0.0226×10^{-3}	0.0367×10^{-3}	0.0347×10^{-3}
1000	127	—		0.0177×10^{-3}	0.0181×10^{-3}	0.0176×10^{-3}	0.0179×10^{-3}	0.0291×10^{-3}	0.0297×10^{-3}

① 对于非常特殊用途的线芯可制成实芯导体。

② 实际截面积约为 47mm²。

3）被测线芯的温度应与环境温度相同。

4）使用的仪器必须在检定周期内。

2. 电缆绝缘电阻的测试

绝缘电阻的测试一般直流比较法、绝缘电阻测试仪法、高阻计（电桥）法，测试时应注意以下几点：

1）测试时对电缆施加的电压一般不小于 100V，最高不大于 3000V；

2）绝缘电阻的测试应在耐压试验合格后进行；

3）测试时的读数读取应在接通电流后 1min 时即时读取。

4）注意测量时的环境温度并将测量结果按温度系数进行换算。电缆绝缘电阻温度换算系数见表 11-7。

3. 介质损耗角正切值 tanδ 的测试

介质损耗角正切值 tanδ 的测试一般采用交流电桥法、介质试验器法和低功率瓦特法，也可用 SB2204 型智能介质损耗测试仪进行，详见本书第五章电气设备、元件、材料的测试及试验的相应内容。试验时应注意以下几点：

表 11-7 绝缘电阻温度换算系数（k'）

温度/℃	油纸绝缘电缆	聚氯乙烯绝缘电缆		天然橡胶	天然丁苯(1:1)橡胶	丁基橡胶
		1～3kV	6kV			
-5	0.08	0.016	—	—	—	—
-4	0.09	0.019	—	—	—	—
-3	0.10	0.024	—	—	—	—
-2	0.11	0.029	—	—	—	—
-1	0.13	0.032	—	—	—	—
0	0.14	0.042	—	0.38	0.27	0.34
1	0.16	0.048	0.25	0.40	0.28	0.35

（续）

温度/℃	油纸绝缘电缆	聚氯乙烯绝缘电缆		天然橡胶	天然丁苯(1:1)橡胶	丁基橡胶
		1～3kV	6kV			
2	0.18	0.054	0.26	0.42	0.29	0.38
3	0.20	0.070	0.27	0.44	0.31	0.40
4	0.22	0.077	0.28	0.46	0.33	0.42
5	0.24	0.091	0.29	0.48	0.36	0.44
6	0.26	0.109	0.31	0.51	0.39	0.46
7	0.30	0.124	0.33	0.54	0.42	0.49
8	0.33	0.151	0.36	0.57	0.45	0.52
9	0.37	0.183	0.37	0.60	0.48	0.54
10	0.41	0.211	0.38	0.63	0.51	0.58
11	0.44	0.249	0.41	0.67	0.54	0.61
12	0.49	0.292	0.48	0.71	0.58	0.64
13	0.52	0.340	0.52	0.74	0.62	0.68
14	0.56	0.402	0.58	0.79	0.66	0.72
15	0.61	0.468	0.59	0.82	0.70	0.76
16	0.64	0.547	0.63	0.85	0.75	0.81
17	0.73	0.638	0.74	0.83	0.80	0.85
18	0.82	0.744	0.78	0.92	0.86	0.90
19	0.91	0.857	0.85	0.96	0.93	0.96
20	1.00	1.000	1.00	1.00	1.00	1.00
21	1.09	1.17	1.11	1.06	1.11	1.07
22	1.18	1.34	1.20	1.13	1.23	1.14
23	1.26	1.57	1.40	1.20	1.36	1.22
24	1.33	1.81	1.80	1.27	1.51	1.30
25	1.44	2.08	1.90	1.35	1.68	1.38
26	1.55	2.43	2.05	1.44	1.87	1.45
27	1.68	2.79	2.40	1.54	2.08	1.55
28	1.76	3.22	2.70	1.65	2.31	1.65
29	1.92	3.71	3.80	1.77	2.57	1.77
30	2.09	4.27	4.10	1.90	2.86	1.89
31	2.25	4.92	4.45	2.03	3.18	2.00
32	2.42	5.60	5.20	2.17	3.53	2.15
33	2.60	6.45	5.80	2.32	3.91	2.32
34	2.79	7.42	7.60	2.47	4.33	2.50
35	2.95	8.45	8.28	2.65	4.79	2.69
36	3.12	9.70	8.50	2.85	5.29	2.90
37	3.37	—	9.66	3.10	5.83	3.13
38	3.58	—	11.60	3.35	6.44	3.38
39	4.06	—	14.50	3.63	7.18	3.65
40	4.53	—	16.00	3.95	8.23	3.94

1）测压电压为 $0.5U_e$、$1.0U_e$、$1.5U_e$、$2.0U_e$，并取与其对应的 4 个 tanδ 值及各段的 tanδ 增加值（Δtanδ）和从（0.5～2.0）U_e 之间总增加值，以进行比对。

2）较为准确地估算电容电流，以免电容电流过大使试验变压器过载或电桥损坏。电容电流估算先按电缆型式和截面积确定其电容值，然后再按公式进行计算。

电容电流的有效值为

$$I_c = \omega CU \qquad (11\text{-}1)$$

式中 ω——测试电流的角频率，$\omega = 2\pi f$，工频时 $f = 50$；

C——被测电缆的电容；

U——预定的测试电压。

电力电缆单位长度的电容值见表 11-8 ~ 表 11-10。

表 11-8 1 ~ 35kV 油浸纸电缆的电容 （单位：μF/km）

额定电压/kV	电缆型式	缆芯导体截面积/mm²												
		16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500
1	三芯统包扇形	—	0.36	0.45	0.63	0.65	0.67	0.68	0.70	0.71	0.85	—	—	—
3	三芯统包扇形	—	0.24	0.30	0.35	0.37	0.425	0.45	0.50	0.60	0.65	—	—	—
3	三芯统包圆形	0.20	0.23	0.25	0.26	0.30	0.32	0.34	0.38	—	—	—	—	—
6	三芯统包扇形	0.19	0.20	0.24	0.28	0.33	0.37	0.40	0.44	0.475	0.52	—	—	—
		0.22	0.29	0.33	0.38	0.45	0.52	0.57	0.64	0.73	0.82	—	—	—
10	三芯统包扇形	0.15	0.18	0.20	0.21	0.22	0.23	0.27	0.29	0.32	0.37	—	—	—
		0.18	0.23	0.26	0.30	0.33	0.38	0.42	0.46	0.52	0.58	—	—	—
6	单芯	0.20	0.25	0.28	0.33	0.37	0.42	0.46	0.50	0.55	0.62	0.65	0.72	0.82
10	单芯	—	0.21	0.23	0.26	0.29	0.33	0.34	0.39	0.42	0.47	0.53	0.59	0.65
20	单芯或分相铅包	—	0.18	0.20	0.23	0.26	0.29	0.31	0.34	0.37	—	—	—	—
35	单芯或分相铅包	—	—	—	—	0.20	0.22	0.23	0.25	0.27	—	—	—	—

注：1. 三芯统包型 1 ~ 3kV 电缆的电容是指一芯对其他两芯及铅包的电容。

2. 三芯统包型 6kV 及 10kV 电缆，每种截面积有两个电容值，列于上面一行的是一芯对其他两芯及铅包的电容，列于下面一行的是一芯对中性点的总电容。

表 11-9 110 ~ 330kV 单芯自容式充油电缆的电容 （单位：μF/km）

导线截面积/mm²	额定电压/kV					
	110		220		330	
100	0.252	0.270	—	—	—	—
180	—	0.3015	—	—	—	—
240	0.298	—	0.196	—	—	—
270	—	0.3085	—	0.212	—	0.166
400	0.343	0.338	0.222	0.2285	0.192	0.1775
600	0.390	0.383	0.249	0.256	0.213	0.197
700	0.412	0.439	0.261	0.290	0.224	0.220

表 11-10 交联聚乙烯电缆（单芯或分相圆形芯）电容计算值 （单位：μF/km）

导线截面积/mm²	额定电压/kV		导线截面积/mm²	额定电压/kV	
	10	35		10	35
16	0.147	—	150	0.259	0.150
25	0.1645	—	185	0.279	0.161
35	0.1805	—	240	0.31	0.174
50	0.1925	0.114	300	0.324	0.188
70	0.214	0.122	400	0.376	—
95	0.235	0.132	500	0.405	—
120	0.241	0.141			

估算后正确选用电桥的分流电阻的满足要求。

3）采取防护措施，减小环境因素的影响。

① 测试处于强电场、磁场、电磁场时，可将测试系统及试品可靠屏蔽接地。

② 为了减小测试环境温度的影响，测量结果应进行换算，并以 20℃ 为标准。

屏蔽方法见图 11-1 ~ 图 11-3。

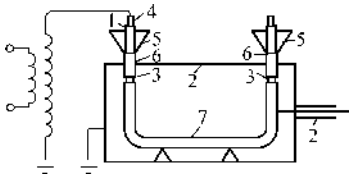


图 11-1　单芯电缆的全部屏蔽方法

1—工厂绝缘　2—屏蔽铁箱　3—保护环附近的金属套修割　4—线芯　5—减弱与均匀端部电场的屏蔽罩　6—保护环　7—金属护套

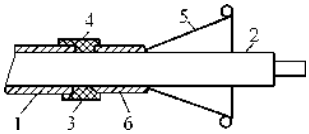


图 11-2　单芯电缆保护环的修割屏蔽

1—铅皮　2—工厂绝缘　3—近保护环处，割去 5 ~ 10mm 金属护套后增绕绝缘　4—外包屏蔽金属箔　5—减弱端部电场的屏蔽罩　6—保护环

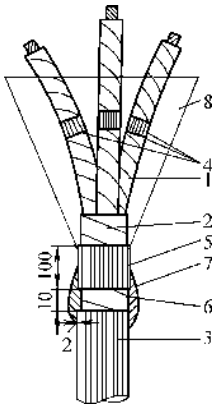


图 11-3　三芯统包电缆端部加设保护环和全屏蔽的方法

1—相绝缘　2—带绝缘　3—金属护套　4—相绝缘上的锡箔保护环　5—金属护套上割出的保护环　6—金属护套割开处的漆布增绕绝缘　7—增绕绝缘上的锡箔屏蔽　8—浇注沥青的漏斗兼作减弱端部电场的屏蔽罩

换算公式如下：

$$\tan\delta_{20} = \tan\delta_1 [1 + \sigma(t - 20)] \qquad (11\text{-}2)$$

式中　σ——$\tan\delta$ 的温度换算系数，对于高压充油电缆取 $\sigma = 0.02$；

$\tan\delta_{20}$，$\tan\delta_1$——温度分别为 20℃ 和 t℃ 时的介质损耗角正切值。

4. 耐压试验

耐压试验也是测试电缆绝缘性能的，主要分为耐压试验和击穿试验，主要设备是试验变压器（能调节电压逐步升高的变压器）详见本书第五章电气设备、元件、材料的测试及试验。试验时应注意以下几点：

1）试验电压应按标准规定进行，耐压试验的电压一般为额定电压的 3 倍左右，加压时间为 15min。

2）击穿试验应逐级升压，一般为 0.5、1.0、2.0、3.0、4.0 倍额定电压，并保持相应的时间（2h、4h、6h、12h、24h），使其受热击穿。

3）试验完成后，应逐级降压，低于 $0.4U_e$ 后才能关掉电源，级与级间应有不少于 30s 的间隙。

4）耐压试验使用的电压互感器、电压表的精度等级不得小于 1.0。

5）试验中试品被击穿后，应将击穿部位割掉，重新进行试验。

6）耐压试验的安全性是最重要的，任何人不得掉以轻心。因此，试验现场应有对应的防护措施及安全措施。

5. 直流耐压试验及泄漏电流的测试

直流耐压试验也是测试其绝缘能力的，可进一步发现局部缺陷，泄漏电流对于判断电缆的质量是非常重要的指标。主要试验设备有升压试验变压器、整流装置、球隙装置、静电电压表等，详见本书第五章电气设备、元件、材料的测试及试验。试验注意事项有以下几点：

1）升压速度应平稳，不宜太快，一般不得大于 1kV/s。以免升压太快时充电电流过大烧坏设备，或在升压过程中就可能将有缺陷的电缆击穿，必须注意这种情况发生时立刻将调压变压器恢复到零位。

2）在升压过程中，于 0.25、0.5、0.75、1.0 倍试验电压下各停留 1min 读取泄漏电流。当加到额定试验电压时，应读取 1、2、3、4、5min 时的泄漏电阻值。

3）耐压试验时，按升压速度达到规定试验电压值后，按标准规定保持一定时间，然后迅速地加以放电。

放电时必须先经过限流电阻接地放电几分钟，然后再直接接地。放电必须有足够长的时间，以保证安全，试验若不继续进行，则保持接地状态。

4）试验中，一般将导电线芯接负极性。测量泄漏电流的微安表可以接在低压端，也可以接在高压端。当接在低压端时，必须测量在试验电压下，不连接被试电缆时的杂散电流，然后将接有被试电缆的泄漏电流减去这个数值。当接在高压端时，微安表的操作必须使用绝缘棒。为了避免高压引线的电晕电流引入微安表而影响泄漏电流的真正值，高压引线要加以

屏蔽。为了保护微安表不致因泄漏电流忽然增大发生撞针或烧坏情况，最好装置放电管及并联短路闸刀。

这里将电缆直流耐压试验及泄漏电流的测试相关数据列出，供读者参考，见表 11-11 ~ 表 11-13。

表 11-11 电缆直流耐压试验和泄漏电流测试周期

序号	电缆种类	试验周期	备注
1	发电厂变电所内的重要电缆，如发电机、主变压器、母线连接线、厂用电等电缆	每六个月一次	电缆停止运行超过 48h，重新投入运行前，应测量绝缘电阻；如有疑问时，应进行耐压试验
2	发电厂、变电所的出线电缆	每年至少一次	
3	新敷设的电缆加入运行后的两年内	加入运行后两个月内试验一次，以后每四个月至少一次	

表 11-12 电缆直流耐压试验的电压和加压时间

种类	额定电压 U_1 /kV	电缆型式		缆芯接线方式	试验电压及加压时间				备注
					新电缆验收试验及新电缆线路接交试验		预防性试验		
					电压/kV	时间/min	电压/kV	时间/min	
粘性浸渍和不滴流纸绝缘电缆	1	单芯 双芯 三芯 四芯		缆芯对铅包接地 一芯对其他一芯及铅包接地 一芯对其他两芯及铅皮接地 一芯对其他三芯及铅包接地	$6U_1$	10	$3U_1$ 或用 2.5kV 绝缘电阻表	5	1. U_1 为电缆额定电压(kV) 2. 试验在室温下进行 3. 多芯电缆必须按规定的缆芯接线方式分别试验各芯 4. 没有做过耐压试验的 2 ~ 35kV 电缆可以采用 3.3 倍额定电压的直流电压开始试验，并在以后的试验中逐渐将电压提高到规定值
	3 ~ 10	单芯 统包三芯		缆芯对铅包接地 一芯对其他两芯及铅包接地	$6U_1$	10	$5 \sim 6U_1$	5	
	20	分相铅包	中性点接地	各芯分别对屏蔽及铅包接地	$4.5U_1$	10	$3.5 \sim 4U_1$	5	
			中性点不接地		$5U_1$		$4 \sim 5U_1$		
	35	分相铅包	中性点接地	各芯分别对屏蔽及铅包接地	$4.5U_1$	10	$3.5 \sim 4U_1$	5	
			中性点不接地		$5U_1$		$4 \sim 5U_1$		
充油电缆	110 220 330	全部		缆芯对铅包接地	259 496 735	15 15 15	— — —	— — —	
聚氯乙烯绝缘电缆	1 ~ 6	全部		芯对芯及屏蔽接地	$3U_1$	1			
交联聚乙烯绝缘电缆	1 ~ 220	单芯 三芯		缆芯对金属屏蔽接地 芯对芯及屏蔽接地	$3U_0$	15	$3U_0$	5	U_0 为电缆额定设计电压(kV)

表 11-13　电缆直流耐压试验时泄漏电流及其各芯的不对称系数（电缆长度为 500m 时）

电缆种类	额定电压/kV	直流试验电压/kV	泄漏电流/μA		不对称系数		备注
			新电缆	预防性试验	新电缆	预防性试验	
三芯输配电用电缆	3	15	10	20	2	2.5	1. 电缆长度在 500m 以下时不作长度修正 2. 两根电缆并联运行时应尽可能分开试验 3. 不对称系数是指任意两个线芯的泄漏电流的比值
	6	30	15	30	1.5	2	
	10	50	25	50	1.5	2	
	20	80	40	64	1.25	2	
	35	100	30	60	1.25	2	
单芯输配电电缆	6	30	20	40	—	—	
	10	50	35	70	—	—	
发电机和主变压器用三芯电缆	3	15	4	10	2	2.5	
	6	30	6	15	1.5	2	
	10	50	10	25	1.5	2	
	20	80	16	32	1.25	2	
	35	100	12	30	1.25	2	
发电机和主变压器用单芯电缆	6	30	8	20	—	—	
	10	50	14	35	—	—	

6. 冲击电压试验

冲击电压试验是电缆在运行中由于受到操作过电压或雷电过电压而承受瞬时冲击过电压的试验。其目的是对电缆由于弯曲、受热后绝缘性能降低或内部绝缘击穿的考查。一般采用球隙测量或分压器测量，冲击耐压试验要求，电缆应维持在规定的温度范围内，先承受标准规定的电压幅值正极性电压波冲击 10 次，而后改变极性，再承受负极性电压波冲击 10 次，并同时记录电压波波形及时间，记录电缆温度、环境温度和油压。试验时电压幅值应按 1.05 倍、1.10 倍逐级增加，增加幅值为 0.05，直到击穿为止。

冲击电压试验的电压幅值很高，安全性是第一保障要求，并有试验方案和安全保障措施，以确保试验安全进行。

7. 电缆老化试验

老化试验是考核电缆长期承受高电压、大电流使用年限的模拟试验，一般由研发单位进行，以确定新材料、新工艺的引入以及改进原结构上的缺陷，提高电缆运行的安全可靠性。

电缆的使用年限为 30 ~ 50 年，在没有外力或不可抗拒条件下应能长期使用。

老化试验时要注意的问题很多，主要有：

1）电缆的敷设方式、线路布置；

2）导线温度、环境温度、加热周期、冷却条件等；

3）测试方法、测试系数及周期；

4）电缆的倾斜、水平、垂直、落差，特别是浸渍剂在热循环中沿电缆流动的情况等；

5）电缆附件；

6）其他不可预见的因素等。

8. 局部放电试验

局部放电试验是检查电缆是否存在某一规定电压下不发生局部放电现象的模拟试验。局部放电试验很复杂，通常由研发单位进行。

局部放电试验考虑的因素很多，主要有测量回路、设备、仪器，测试中的校正方法及采用的电路，外部干扰及排除方法，试验环境、安全措施、记录方法等。

9. 载流量试验

载流量试验是确定电缆长期安全运行中最佳承载电流的试验，其涉及的内容很多，包括电缆结构、敷设方式、运行方式、散热条件、电压等级、绝缘及耐压等。载流量试验一般由研发单位进行。

10. 电缆结构检验与理化试验

电缆结构检验主要包括电缆断面检查、护层结构检查、绝缘层断面检查、导电线芯检查等，应符合设计和制造标准要求。

电缆理化试验主要包括弯曲试验、金属护套强度试验，充油电缆油样试验、浸渍试验、浸渍剂滴流试验，交联电缆的聚乙烯交联度测试及橡塑电缆的耐寒、耐油、耐热、耐燃、耐湿以及热老化、高温卷绕、低温卷绕、柔软性、干湿耐压、火花试验等项目。

综上所述，电缆的试验及产品制造涉及的内容很

多，是涉及技术、设备、生产工艺条件及环境的综合学科，是集电工、机械、化工、材料、环保、测量、仪器仪表等于一体的产业，具有广阔的发展前景。

正确选择、正确使用、正确安装敷设、正确运行维护电缆是电气工作者的职责，任何时候、任何条件、任何环境下都应做到这一点。

最后将常用电缆的长期允许载流量列出，供读者在工程中参考，见表 11-14 ~ 表 11-18。

表 11-14　1 ~ 3kV 普通粘性浸渍纸绝缘电缆长期允许载流量

（导线工作温度为 80℃，环境温度为 25℃适用电缆型号为 ZQ、ZLQ、ZL、ZLL）

导线截面积/mm^2	空气敷设长期允许载流量/A				相应电缆表面温度/℃	
	铜芯		铝芯			
	一芯	三芯	一芯	三芯	一芯	三芯
2.5	40	28	30	22	72	71
4	55	37	42	28	72	72
6	75	46	55	35	73	73
10	95	60	75	48	74	73
16	120	80	90	65	74	73
25	160	110	125	85	75	73
35	200	130	155	100	75	74
50	245	165	190	130	75	74
70	305	205	235	160	76	74
95	370	255	285	195	76	74
120	430	295	330	225	76	75
150	470	345	360	265	76	75
185	550	390	425	300	76	75
240	660	450	510	350	76	75
300	770		590		76	
400	930		710		76	
500	1090		840		76	
625	1260		970		76	
800	1500		1150		76	

注：四芯电缆的载流量，可借用三芯电缆的载流量值。

表 11-15　10 ~ 35kV 交联聚乙烯绝缘电缆长期允许载流量

（导线工作温度为 80℃，环境温度为 25℃，适用电缆型号为 YJV、YJLV）

导线截面积/mm^2	空气敷设长期允许载流量/A				直埋敷设长期允许载流量/A（土壤热阻系数 100℃·cm/W）			
	10kV 三芯电缆		35kV 单芯电缆		10kV 三芯电缆		35kV 单芯电缆	
	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯
16	121	94			118	92		
25	158	123			151	117		
35	190	147			180	140		
50	231	180	260	206	217	169	213	166
70	280	218	317	247	260	202	256	202
95	335	261	377	295	307	240	301	240
120	388	303	433	339	348	272	342	269
150	445	347	492	386	394	308	385	303
185	504	394	557	437	441	344	429	339
240	587	461	650	512	504	396	495	390
300	671	527	740	586	567	481	550	439
400	790	623			654	518		
500	893	710			730	580		

表 11-16　500V 橡皮绝缘聚氯乙烯护套电缆长期允许载流量

（导线工作温度为 65℃，环境温度为 25℃，适用电缆型号为 XV、XLV）

导线截面积/mm²	空气敷设长期允许载流量/A						直埋敷设长期允许载流量/A											
							土壤热阻系数 80℃·cm/W						土壤热阻系数 120℃·cm/W					
	铜芯			铝芯			铜芯			铝芯			铜芯			铝芯		
	一芯	二芯	三芯	一芯	二芯	三芯	一芯	二芯	三芯	一芯	二芯	三芯	一芯	二芯	三芯	一芯	二芯	三芯
1	20	17	15				29	23	20				27	21	18			
1.5	25	21	18				36	29	25				33	26	22			
2.5	34	28	24	27	22	19	48	38	33	38	30	26	44	34	30	35	27	23
4	45	37	32	35	30	25	64	50	43	50	40	34	58	45	38	46	36	30
6	57	47	40	45	37	32	80	63	54	64	50	43	73	56	48	57	45	38
10	80	66	57	62	52	45	111	86	74	87	67	58	100	76	65	78	60	51
16	107	89	76	83	69	59	148	114	98	115	88	76	132	101	86	102	78	66
25	141	118	101	110	93	79	191	147	125	150	115	98	170	129	109	133	101	86
35	172	144	124	135	113	97	232	175	151	182	138	118	205	154	131	161	121	103
50	218	184	158	171	144	124	289	217	186	227	170	146	254	190	162	199	149	127
70	265	223	191	208	175	150	348	259	220	273	204	173	304	227	191	239	178	150
95	323	271	234	253	213	184	413	306	263	323	240	206	361	268	228	283	211	179
120	371	312	269	291	246	212	471	347	298	369	273	234	410	304	258	322	239	203
150	429	362	311	337	285	245	531	395	336	417	311	264	463	345	291	363	272	229
185	494	414	359	388	327	284	602	443	380	473	350	300	524	387	329	412	306	260
240	590			465			702			553			610			480		
300				537						627						544		
400				632						720						625		
500				733						820						710		
630				858						941						814		

注：四芯电缆的载流量，可借用三芯电缆的载流量值。

表 11-17　500V 橡皮绝缘聚氯乙烯护套内钢带铠装电缆长期允许载流量

（导线工作温度为 65℃，环境温度为 25℃，适用电缆型号为 XV29、XLV29）

导线截面积/mm²	空气敷设长期允许载流量/A				直埋敷设长期允许载流量/A							
					土壤热阻系数 80℃·cm/W				土壤热阻系数 120℃·cm/W			
	铜芯		铝芯		铜芯		铝芯		铜芯		铝芯	
	二芯	三芯	二芯	三芯	二芯	三芯	二芯	三芯	二芯	三芯	二芯	三芯
1.5	21	18			27	24			25	22		
2.5	28	24			37	32			34	28		
4	37	31	30	25	48	41	38	33	44	37	35	29
6	47	40	37	31	61	52	48	41	55	46	44	37
10	66	56	51	44	83	71	65	56	75	63	59	50
16	89	75	69	58	111	93	86	72	99	83	77	64
25	116	98	91	77	142	120	111	94	126	106	99	83
35	141	119	111	94	171	145	134	113	152	128	119	100
50	179	150	140	118	212	178	167	140	188	157	148	123
70	216	183	169	143	252	213	198	168	223	188	175	147
95	263	222	206	175	302	255	237	200	267	224	209	175
120	300	254	236	200	339	286	266	225	299	251	235	198
150	346	293	272	231	386	326	304	257	340	285	268	225
185	396	334	313	264	436	365	344	289	384	320	303	253

注：四芯电缆的载流量，可借用三芯电缆的载流量值。

表 11-18 500V 橡皮绝缘氯丁橡套电缆长期允许载流量

（导线工作温度为 65℃，环境温度为 25℃，适用电缆型号为 XF、XLF）

导线截面积/mm²	空气敷设长期允许载流量/A						直埋敷设长期允许载流量/A											
							土壤热阻系数 80℃·cm/W						土壤热阻系数 120℃·cm/W					
	铜芯			铝芯			铜芯			铝芯			铜芯			铝芯		
	一芯	二芯	三芯	一芯	二芯	三芯	一芯	二芯	三芯	一芯	二芯	三芯	一芯	二芯	三芯	一芯	二芯	三芯
1	22	18	16				31	25	22				28	22	19			
1.5	28	23	20				39	30	27				35	27	24			
2.5	37	31	26	29	24	21	52	40	35	41	32	28	47	36	31	37	28	25
4	49	41	35	39	32	27	69	53	46	54	42	36	61	47	40	49	37	32
6	61	51	44	49	41	35	87	66	58	69	53	46	77	59	50	61	46	40
10	87	72	62	68	57	49	119	90	78	93	71	61	105	79	68	82	62	53
16	117	98	84	90	76	65	158	118	102	123	92	79	139	104	89	108	80	69
25	154	130	112	121	102	87	203	152	130	159	119	102	178	133	112	139	104	88
35	189	158	136	148	124	107	246	181	156	193	142	122	214	158	135	168	124	106
50	240	200	173	188	157	136	305	222	191	239	174	150	264	194	165	207	153	130
70	292	243	209	230	191	164	366	265	226	287	208	178	316	232	196	248	182	154
95	357	294	254	280	231	200	430	314	270	337	246	212	373	274	233	292	215	183
120	411	337	292	323	265	230	490	356	306	384	280	240	423	310	263	332	244	207
150	475	390	337	373	307	266	550	404	345	431	318	271	476	352	298	373	277	234
185	545	446	388	428	353	307	622	453	390	489	358	308	537	395	336	422	312	265
240	649			511			721			568			624			491		
300				587						643						555		
400				691						740						639		
500				798						842						725		
630				933						965						830		

注：四芯电缆的载流量，可借用三芯电缆的载流量值。

第二节 准 备 工 作

一、检查电缆安装预埋件及对土建工程的要求

1）预埋件应符合设计要求，安装牢固，有遗漏的、错误的应及时纠正。有关电缆安装的电杆、钢索、卡子、管子、支架等应符合设计要求，并验收合格。

2）电缆沟、隧道、竖井及人孔检查井等处的地坪及内部抹灰等工作已结束，养护周期已过，并能踩踏，且排水畅通。

3）电缆沟、井、隧道等处的土建施工临时设施、模板及建筑废料等已清理干净，以利于电缆的安装。施工现场道路畅通，盖板、井盖备齐。

4）与电缆安装有关的建筑物、构筑物的土建工程已由质检部门验收，且基本合格；电缆线路敷设后，不能再进行的土建施工工程应结束。因此，敷设前必须详细阅读土建工程有关部位的图样或询问土建施工员，否则不宜急于安装。

5）检查电缆安装所要经过的路线上有无障碍，如有应排除。电缆所要经过的道路、建筑物的基础、电缆进户处应设有保护管，其管径、长度应符合要求，没有设置的应按要求设置。

二、电缆保护管的加工及敷设

电缆保护管与建筑物有关的应在配合土建中预埋，明装的则应在电缆安装前进行敷设，其加工敷设方法与动力电路、照明电路的配管基本相同，读者可参考第三、四、六、七章的有关内容；埋于室外地下的保护管则应在挖沟时敷设。电缆保护管的加工及敷设应按下述要求进行。

1）金属管不应有穿孔、裂缝、明显的凹凸不平及严重锈蚀，管子内壁应光滑无毛刺。电缆管在弯制后不应有裂痕或明显的凹瘪现象，弯扁度一般不大于管外径的 10%，管口应作成喇叭形并磨光，以防损伤电缆。

2）硬质塑料管不得用在温度过高或过低的场所，在易受机械损伤的地方，应露出地面，并用钢管进行

保护。在受力较大处直埋，应用厚壁塑料管，必要时应改用金属管。

3）在选择钢制电缆管时，其内径不应小于电缆外径的1.5倍，混凝土管、陶土管、石棉水泥管，其内径不应小于100mm。常用电缆钢制保护管的管径可按表11-19进行选择。

表11-19　电缆钢制保护管管径选择表

（仅供参考）

钢管直径/mm	纸绝缘三芯电力电缆截面积/mm^2			四芯电力电缆截面积/mm^2
	1kV	6kV	10kV	
50	≤70	≤25	—	≤50
70	95～150	35～70	≤50	70～120
80	185	95～150	70～120	150～185
100	240	185～240	150～240	240

4）电缆与铁路、公路、城市街道、厂区道路交叉时，敷设的保护管，其两端应伸出道路路基两边各2m，伸出排水沟0.5m，在城市街道和厂区道路应伸出路面；其保护管的埋深，凡是有车辆通过的应大于1m。敷设电缆前应将管口用木塞堵严。

5）电缆管的弯曲半径应符合所穿入电缆最小弯曲半径的规定，见表11-20。每根管最多不超过三个弯，直角弯不应多于两个。

表11-20　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*	
	裸露包护套		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。

6）电缆管明装时，必须埋设支架，不宜将管子直接焊在支架上，应用U形卡子固定，U形卡子应用钢筋制作，镀锌处理，丝扣与螺母应配套，其直径应由管外径决定，一般为ϕ6～ϕ10mm。支架必须牢固，应用水泥砂浆浇注或预埋，埋入部分有鱼尾，或者将支架焊接在预埋好的T形铁件上，不得将支架钉入墙内。电缆管支持点的距离，一般按表11-21中的数值确定。使用塑料管时，直线长度超过30m时，应加装塑料波纹管或塑料线盒，作为补偿装置。

表11-21　电缆管支持点间的距离

（单位：m）

电缆管类型 / 电缆管直径/mm	硬质塑料管	钢管	
		薄壁钢管	厚壁钢管
20以下	1.0	1.0	1.5
25～32	—	1.5	2.0
32～40	1.5	—	—
40～50	—	2.0	2.5
50以上	2.0	—	—
70以上	—	2.5	3.5

7）金属管的连接一般采用螺纹管接头或短节套接，应选用大一级的钢管，长度由电缆管直径而定，不应小于电缆管外径的2.2倍，一般为100～200mm，套接好后两端焊牢焊严；如采用丝扣连接，一般应在丝扣处包缠塑制生料带密封。

利用金属管保护管作接地线，丝接处要焊接跨接线，跨接线及管路与地线的连接应在未穿电缆前进行。

8）硬质塑料管的连接一般用插接或套接，插入深度由管径而定，一般为管子内径的1.1～1.8倍。在插接前先涂上粘合剂，且粘牢密封；套接时，套管两端应塑焊，封严。

9）钢管应涂防腐漆，明装时应先涂防锈漆后上色漆，但埋入混凝土内的可不涂漆；采用镀锌管时，锌层脱落后应补防腐漆。管子的电焊处，在焊好后必须涂防腐漆（暗装）或防锈漆和色漆（明装）。

10）引至设备的电缆管管口处，应便于与设备连接且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并加之固定。

11）敷设混凝土、陶土、石棉水泥等材质的电缆管时，其沟内地基应坚实、平整，一般用三合土垫平夯实即可，通常应有不小于0.1%的排水坡度；管内表面应光滑，连接时管孔要对正，接缝严密，以防水或泥浆渗入，一般用水泥砂浆抹严。

12）各种管路的埋深应与电缆允许埋深对应，有关电缆的埋深见“第四节电缆的安装敷设方法”中地下直埋电缆敷设法的第（一）条。

13）金属管的埋设，应尽量避开严重腐蚀的地域，否则应改变安装电缆的方法，并采用耐腐蚀电缆，如钢索悬架空敷设或隧道敷设等方法。

三、电缆支架的制作与安装

电缆支架的制作已在“第三章预制和加工”、“第四章配合土建”中做了详细讲述，请读者参阅有关内容。图 11-4 列出了几种常用电缆支架的结构图

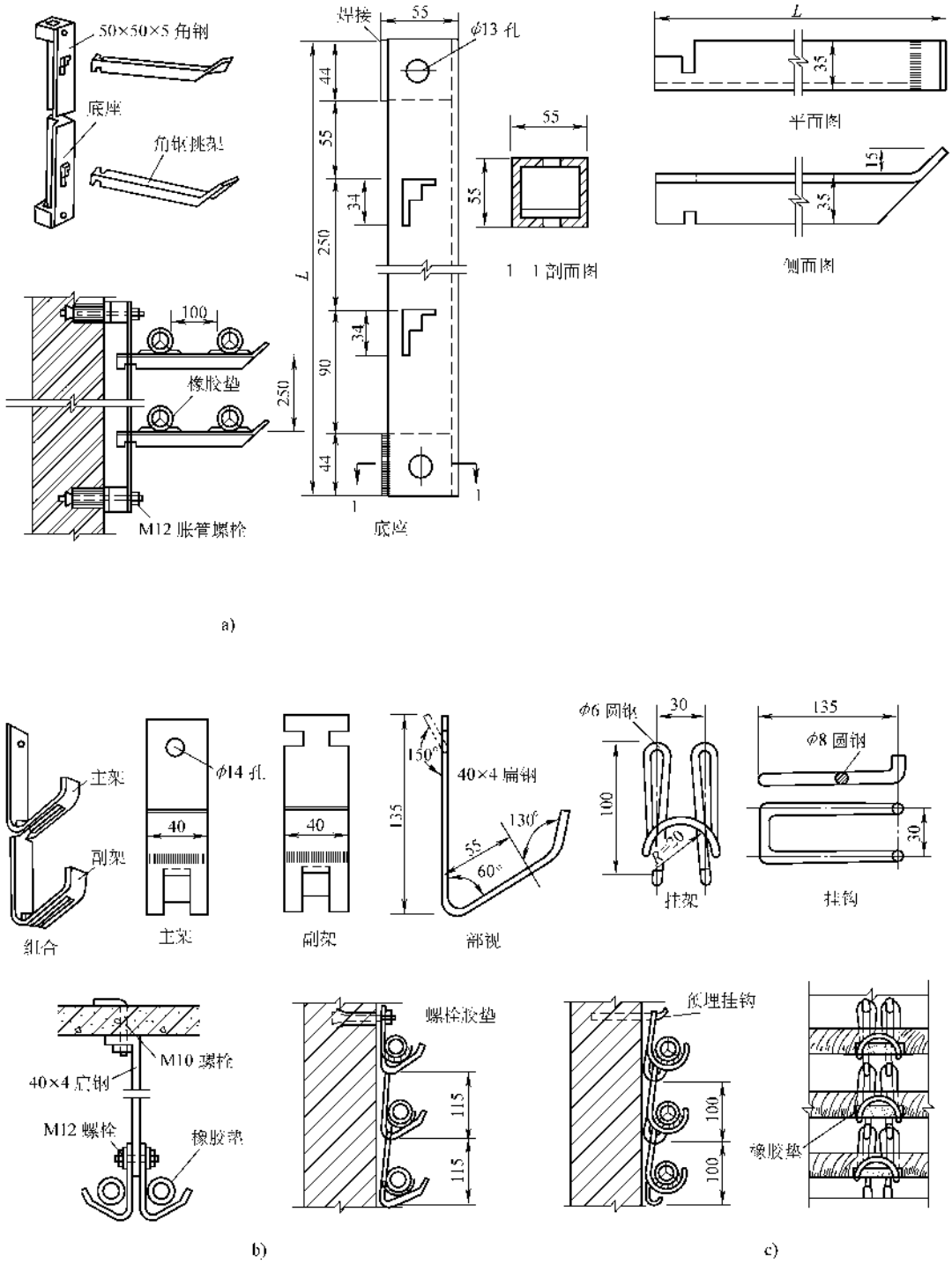


图 11-4 常用电缆支架及安装示意图

a）角钢挑架示意图 b）扁钢挂架示意图 c）圆钢挂架示意图

形及安装方法供读者参考。制作支架选用的钢材应平直且无明显弯曲，下料误差应在5mm范围以内，切口应无卷边、毛刺；焊接应牢固，无显著变形，各横撑间的垂直净距应符合设计要求，其偏差不应大于2mm；支架应防腐处理，湿热、盐雾、化学腐蚀场所应特殊防腐处理。

四、电缆的运输、保管及试验

1. 电缆的运输

电缆的运输基本同架空线路中的线材运输，可采用机动车、畜力车或人力运输；装卸亦可采用起重机或斜面法。运输、装卸中应注意以下几点：

1）在运输装卸过程中，与导线的线轴一样，不应使电缆及电缆盘受到损伤，严禁将电缆盘直接由车上滚下。电缆在运输、装卸及存储时都应立放，禁止平放，见图10-42和图10-43。从出厂到安装前所有的过程都应保持立放。

2）运输或滚动电缆盘前必须检查电缆盘的牢固性，否则应先加固。充油电缆至压力箱间的油管应妥善固定，使其不受损伤。滚动电缆盘时必须顺着电缆的缠紧方向滚动，道路应平整，滚动时不得跨骑凸物，以免挤伤电缆，见图10-42、图10-43和图11-5。

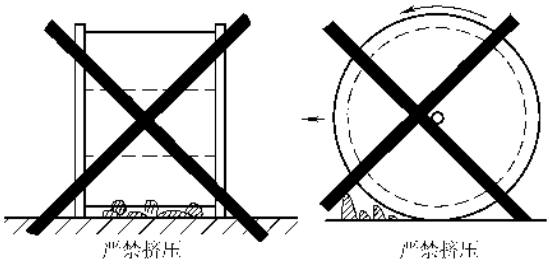


图11-5　滚动电缆盘的方法

2. 电缆的存放保管

1）电缆应集中且分类存放，盘上应注明型号、规格、额定电压、长度或重量，或有标牌、标签；盘与盘之间、类与类之间应有通道；地基应坚实平整、易排水，否则应在地面上垫以枕木；橡胶护套电缆、充油电缆应有防日晒的措施。

2）电缆附件与绝缘材料的防潮包装应密封良好，并应存放在干燥的室内。

3）电缆头的瓷套存放时应有防止受到机械损伤的措施，其包装应在进厂前的试验时打开，外观检查合格后应将包装重新装好。安装时再度检查。

4）电缆存放期间，应每三个月检查一次，保持木盘的完整、标志齐全、封端严密、铠装无锈蚀，发现不妥或缺陷应及时处理，禁止漏油或滴油。

充油电缆应定期检查油压，一般应为0.15MPa，并详细记录。为了防止油压太低，必要时应加装报警装置（如油压降至零或出现真空时），在未处理前严禁滚动。

5）电缆的存放处应有严格的管理制度，严禁将火源带进现场，因工程上需要动火时，必须有动火证，且有一定规范的操作规程及防范措施。

3. 电缆的检查和试验

1）电缆及附件运到现场后，应进行检查，产品的技术文件应齐全，如合格证、说明书、试验记录、标志等；电缆的型号、规格、电压等级、绝缘材料应符合图样要求，附件应齐全；电缆的封端必须严密，当经外观检查有怀疑或发现漏油、滴油痕迹时，应进行潮湿判断与试验；充油电缆的压力油箱，其容量及油压应符合电缆说明书上油压变化的要求且油样试验合格，油压不宜低于0.15MPa；包装完整无损伤。

2）电缆安装敷设前的试验。电缆安装敷设前应做绝缘电阻的测试和直流耐压试验并测量泄漏电流，试验应有详细记录，以便与竣工试验进行对比及参考。具体试验方法及数据见第五章及第一节相关内容。

五、其他准备工作及施工组织

1）常用工具的准备主要有，施放电缆的轴架或托架、喷灯、焊料、白布、硬脂酸、手工据及锯条、电缆卡子、铅丝、电工工具、绝缘电阻表、汽油、棉丝、酒精、沥青膏、试验仪器、临时电源、铆头、标志桩、油漆、毛笔或画笔、铁锨等，冬季安装还要准备加热装置，电缆终端头制作还要准备专用工具。

2）根据图样及电缆清册画出电缆在水平方向和竖直方向的排列图，尽量避免电缆交叉，这与在槽中布线相同。同时根据敷设距离按排列图运送电缆，尽量减少或避免接头。大中型工程则要统一部署电缆的路径，以避冲突。

3）直埋电缆要先勘察确定敷设路线，并用白灰画出开挖部位。路径的选择要避开水滩或经常积水的地方或地下原有设施较多或不清楚的地方。新建工程应与管道专业协调，以减少交叉矛盾。委托运输部门预期将砂子、机砖或水泥砖运到现场。

4）钢索架空安装要先勘察确定杆位、路径等，要求基本同架空线路。委托运输部门预期将电杆、卡盘、底盘、线材、金属工具等运现场。

安装路线的确定要本着尽量减少电缆长度且又综合考虑其他设施的施工。

5）无论哪种安装敷设方法，都要沿全线仔细检查有无其他不妥，并组织人力修复和补遗。

6）电缆的敷设技术难度并不太高，但是因为受

到设备、地形的限制，往往均采用人工铺放电缆，电缆直径较大，距离较长时，有时要用到几百人。这样便有了一个施工组织的难题，因为使用的人大都是非电气人员或民工，因此必须向他们交待清楚操作要领、铺放程序、注意事项，服从号令、安全保证等条例。特别是铺放沿线高低不平、上架入沟、进井、出入墙体及各类建筑物时的要点和安全等。其中最主要的是要讲明，操作时听从号令，用力一致，任何时候都要保证弯曲半径、拐弯时要站在弯的外侧，入管入户时进度要缓慢，任何时刻都要保证手距管 500mm 以上等。

7）其他见第六章第二节的施工组织的到位情况。

第三节　电缆安装敷设技术要求

电缆线路和架空线路一样，有许多技术要求，这是在安装工程必须遵守的。

1）敷设电缆的过程中，应防止电缆扭伤和过度弯曲，在任何时候电缆的弯曲半径与电缆外径比值不应小于表 11-20 的规定。电缆支架的层间允许最小距离应符合表 11-22 的规定，其净距不应小于两倍电缆外径加 100mm，35kV 及以上不应小于两倍电缆外径加 50mm。

2）油浸纸绝缘电缆敷设的最高点与最低点之间最大位差不应大于表 11-23 中的规定。当不能满足时，应采用适应于高位差的电缆，或在中间设置塞止式接头。

表 11-22　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		120	200
电力电缆	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		
	35kV 三芯 110kV 及以上,每层多于 1 根	300	350
	110kV 及以上,每层 1 根	250	300
电缆敷设于槽盒内		$h+80$	$h+100$

注：h 表示槽盒外壳高度。

3）日平均气温低于下列数值时,敷设前应采用提高周围温度或通过电流法使其预热,但严禁用各种明火直接烘烤,否则不宜敷设,详细内容见本章第四节有关内容。电缆敷设最低允许温度见表 11-24。冬季电缆安装敷设的时刻最好选在无风或小风天气的 11～15 点进行。

表 11-23　油浸纸绝缘电力电缆最大允许敷设位差（单位:m）

电压等级/kV		电缆护层结构	铅套
粘性油浸渍纸绝缘电力电缆铅包	1	无铠装	20
		有铠装	25
	6～10	无铠装或有铠装	15
	35	无铠装或有铠装	5

注：1. 不滴流油浸纸绝缘电力电缆无位差限制。

2. 水底电缆线路的最低点是指最低水位的水平面。

表 11-24　电缆最低允许敷设温度

电缆类型	电缆结构	最低允许敷设温度/℃
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

4）在电缆的两端、电缆接头处、隧道及竖井的两端、入井内、交叉拐弯处、穿越铁路，公路，道路的两侧、进出建筑物时应设置标志桩（牌）；标志桩（牌）应规格统一、牢固，防腐；标志桩应注明线路编号、型号、规格、电压等级、起始点等内容，字迹应清晰，不易脱落。

5）有黄麻保护层的电缆，敷设在室内电缆沟内、隧道、竖井内应将麻护层剥掉，然后涂防腐漆。敷设时不应破坏电缆沟、隧道的防水层。

6）电缆通过下列地段时，应采用有一定机械强度的保护措施，以防电缆受到损伤，一般用钢管保护。

① 引入、引出建筑物、隧道,穿过楼板及墙壁处；

② 通过道路、铁路及可能受到机械损伤的地段；

③ 从沟道或地面引至电杆、设备，墙外表面或室内人容易碰触处，从地面起，保护高度为 2m。

保护管埋入地面的深度不应小于 150mm，埋入

混凝土内的不作规定，伸出建筑物散水坡的长度不应小于 250mm。

7）电缆在下列位置时应留有适当的裕度：

① 由垂直面引向水平面处；

② 保护管引入口或引出口处；

③ 引入或引出电缆沟、电缆井、隧道处；

④ 建筑物的伸缩缝处；

⑤ 过河的两侧；

⑥ 接头处；

⑦ 架空敷设到电杆处；

⑧ 电缆头处。

留有裕度的方式一般应使电缆在该处形成倒 Ω 形或 O 形，使电缆能伸缩或者电缆击穿后锯断重作接点。

8）电缆保护管长度在 30m 以下者，管内径不应小于电缆外径的 1.5 倍；超过 30m 以上者不应小于 2.5 倍。

9）埋于地下的管道或保护管，预埋时应将管口用木塞堵严，防水泥浆流入；敷设后应用沥青膏将管口封住，以便检修或更换电缆。

10）在三相四线制系统中使用的电力电缆，不能采用三芯电缆另加一根单芯电缆或导线、也不能用电缆金属护套等作中性线的方式。必须使用四芯或五芯电缆。

在三相三线系统中，不得将三芯电缆中的一芯接地运行。

11）三相三线系统中使用的单芯电缆，安装时应组成紧贴的正三角形∴排列，并每隔 1m 应用非金属带绑扎牢回，充油电缆或水底电缆可除外。

12）并联运行的电力电缆，其敷设长度应相等。

13）敷设电缆时各个支持点间的距离一般不应小于表 11-1 中所列数值。

14）拖放电缆时，应从木盘上端引出，如图 11-6 所示，避免在支架上、在地面上摩擦拖拉。只有在特殊的情况下，才可以从下面引出，后面有介绍。拖放速度不宜太快，同时应仔细检查电缆有无机械损伤，如铠装压扁、电缆绞拧、护层拆裂等不妥。凡有不妥处应标好记号，以便处理。

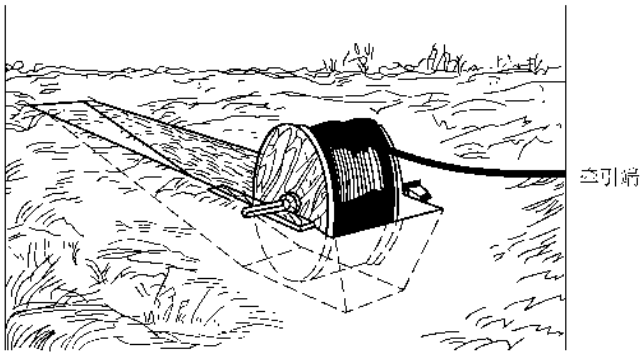


图 11-6　电缆拖放时的简易牵引方法

15）用机具拖放电缆时，其牵引强度不宜大于表 11-25 中的数值，以免拉伤电缆，牵引速度不宜超过 15m/min。

表 11-25　电缆最大允许牵引强度

（单位：N/mm^2）

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

16）油浸纸绝缘电力电缆在切断后，应将端头立即铅封；塑料绝缘电力电缆，一段应有塑料帽紧密套在端头上或者用塑料布严密包裹起来。

17）电力电缆接头盒的布置应符合以下要求：

① 并列敷设时，接头盒的位置应前后错开，错开距离一般为 1m。

② 明设时，接头盒须用强度较高的绝缘板托置，不得使电缆受到应力。如与其他电缆并列敷设，应用耐电弧隔板予以隔离。绝缘板、电弧板应伸出接头盒两端的长度各不小于 600mm。

③ 直埋时，接头盒的外面应有防止机械损伤的保护盒，一般用铸铁盒，同时盒内注以沥青，以防水份或潮气侵入或冻胀损坏电缆接头。然后再用槽形混凝土板盖在保护盒上，使之不受压力，或者在该处设置电缆井。

18）电缆敷设后，下列地方应予以固定：

① 垂直敷设或超过 45°倾斜敷设的电缆，应在每一个支架上固定。

② 水平敷设的电缆，应在首尾两端、转弯两侧、接头两侧固定。

③ 充油电缆应按设计要求固定。充油电缆任何

情况下，应有压力油箱保持油压，连接油管路时应排尽管内空气，并采用喷油连接；切断处必须高于邻近两侧的电缆，切断时不得有金属屑或污物进入电缆。

19）电缆的固定夹具的型式应统一；固定交流单芯电缆或分相铅套电缆在分相后固定，使用的固定夹具不应有铁件构成的闭合磁路，通常使用尼龙卡子；裸铝（铅）套电缆的固处，应加橡胶软垫保护。

20）在沿电气化铁路或有电气化铁路通过的桥梁上需明敷电缆的金属保护层，包括保护电缆的金属管道，应沿其全长与支属支架或桥梁的金属构件绝缘，通常垫以尼龙垫并使用尼龙卡子固定，卡子和垫应配套。

21）电缆进入电缆沟、隧道、竖井、建筑物、盘柜以及穿入管子时，出入管口应封闭，一般用沥青膏浇注。

22）对于有抗干扰要求的电缆线路，应按设计要求作好抗干扰措施，通常应将铝包或铅包单独屏蔽接地、接地电阻≤1Ω。

23）装有避雷针的照明灯塔，必须采用直埋于地下的带金属护层的电缆，护层可靠接地，埋地长度大于10m，方可与配电装置的接地网相连接或与电源线、低压配电装置相连接。

24）电缆安装敷设过程中，不得使电缆受到损伤，如有则应重新进行试验。

第四节　电缆的安装敷设工艺方法

电缆的安装敷设方法主要有地下直埋、电缆沟（或隧道）敷设、钢索悬吊架空敷设、管内敷设、沿建筑物明设等，各种方法各有同异，各有优缺点，究竟用哪种方法，要根据现场的实际情况及电缆的长短、多少来选择较合适的方法。现将常用电缆的电气性能列出、供参考，见表11-26和表11-27。

表11-26　粘性浸渍电缆和不滴流电缆的电气性能要求

导体电阻系数/(Ω·mm²/m)(20℃时不大于)				0.017241(铜),0.028264(铝)					
额定电压/kV				1	3	6	10	20	35
工频耐压	出厂试验	试验电压/kV		4	9.5	17	25	45	65
		试验时间/min		5	5	5	5	5	5
	型式试验	试验电压/kV		—	—	—	35	72	104
		试验时间/h		—	—	—	4	4	4
冲击电压试验/kV				—	—	—	95	170	250
tanδ	tanδ(0.5U_0下不大于)①			—	—	—	0.006	0.006	0.006
	Δtanδ②	0.5U_0～1.25U_0	粘性浸渍电缆	—	—	—	0.001	0.0008	0.0008
			不滴流电缆	—	—	—	0.005	0.004	0.004
		1.25U_0～2U_0	粘性浸渍电缆	—	—	—	0.0025	0.0016	0.0016
			不滴流电缆	—	—	—	0.01	0.008	0.008

① tanδ为电缆的介质损耗角正切值；U_0为额定相电压。

② Δtanδ为tanδ随试验电压增加后的增值。

表11-27　塑料电缆的电气性能要求

项目		聚氯乙烯电缆		聚乙烯电缆			交联聚乙烯电缆		
导体电阻系数/(Ω·mm²/m)(20℃时不大于)		0.017241(铜)0.028264(铝)							
额定电压/kV		1	6	6	10	35	6	10	35
绝缘电阻/(MΩ/km)(20℃时不小于)		40	60	1000	1200	3000	1000	1200	3000
tanδ	环境温度下U_0时的tanδ	—	≤0.1	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.004	≤0.004	≤0.001
	0.5～2U_0的Δtanδ	—	≤0.0065	≤0.002	≤0.002	≤0.002	≤0.002	≤0.002	≤0.002
	2kV时环境温度下的tanδ	—	≤0.1	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.004	≤0.004	≤0.004
	2kV时最高工作温度下的tanδ	—	—	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.008	≤0.008	≤0.008
局部放电试验1.5U_0时放电量(不大于)/PC		—	40	20	20	20	20	20	10

（续）

项　　目		聚氯乙烯电缆		聚乙烯电缆			交联聚乙烯电缆		
工频耐压	出厂试验	4kV 5min	15kV 5min	15kV 5min	22kV 5min	65kV 5min	15kV 5min	22kV 5min	65kV 5min
	型式试验	—	24kV 4h	24kV 4h	35kV 4h	104kV 4h	24kV 4h	35kV 4h	104kV 4h

表 11-28　电缆沟宽度表

电缆沟宽度 B/mm	控制电缆或 10kV 及以下电力电缆根数							
	0		1	2	3	4	5	6
35kV 电力电缆根数	1	300	590/620	670/790	750/960	830/1130	910/1300	990/1470
	2	650	940/970	1020/1140	1100/1310	1180/1480	1260/1650	1340/1820
	3	1000	1290/1320	1370/1490	1450/1660	1530/1830	1610/2000	1690/2170

注：表中分子为控制电缆用尺寸，分母为电力电缆用尺寸。

一、地下直埋电缆敷设法

地下直埋是一种最常用的经济简单的方法，可用于交通不密集的场所。电缆埋于地下，有利于散热，可提高电缆的利用率。但直埋不便于检修，也不便于监护。

1. 电缆沟的挖掘

电缆沟的挖掘应沿着勘察测量画出的白粉线进行，深度一般为 800mm，穿越农田时不应小于 1m，66kV 及以上的电缆不应小于 1m，只有在引入建筑物、与地下建筑物交叉及绕过地下建筑物处，可浅埋，但应埋设保护管。其宽度由电缆的根数而定，见表 11-28 和图 11-7。如遇障碍物或冻土层较深的区域，则应适当加深；电缆沟的转角处要挖成圆弧形，并保证电缆的允许弯曲半径；电缆接头的地方、引入建筑或引自电杆处要挖出备用电缆裕量的余留坑，见图 11-8。电缆之间、电缆与其他管道、道路、建筑物之间平行和交叉时的最小净距见表 11-1。并应符合 GB50168—2006 的规定。

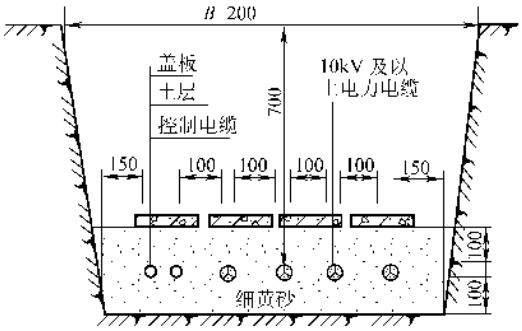


图 11-7　电缆沟尺寸示意图

在电缆直埋的路径上凡遇到以下情况，则应分别采取保护措施。并做详细记录。

1）机械损伤：加保护钢管；

2）化学作用：换土并隔离（陶瓷管），或绕开；

3）地下电流：屏蔽或加套陶瓷管；

4）振动：与地下水泥桩固定；

5）热影响：用隔热耐腐材料隔离，如石棉水泥板、泡沫混凝土等；

6）腐植物质：换土并隔离；

7）虫鼠危害：加保护管，钢管、陶瓷管等。

挖沟时应注意地下的原有设施，如电缆、管道等，并与有关部门联系，妥善处理，不得随意损坏。所有堆土应掷于沟的一侧，且于 1m 以外，以免放电缆时落干沟内。

上述内容，应与民工交待清楚，并随时派人检查，以免贻误。

2. 埋设保护管及顶管方法

在穿越铁路、公路、城市街道厂区道路时应按本章第二节中电缆保护管的加工及敷设的埋设保护管部分，但在穿越铁路、公路或其他不能挖掘明沟的道路时，通常则用顶管的方法设置保护管。

顶管是一项专业施工技术，大管径管的顶管使用的机具及工艺也较复杂，电缆保护管通常直径较小，一般可用简便办法。

1）螺旋钻头顶管法。该法适用于路宽在 20m 以内、硬土、粘土地段，不适用于渣土、水浆土、砂砾土等。

①　在电缆准备穿越道路点的两端，各挖一个操作坑，两坑中心的连线应与道路的中心线垂直。坑长为一根顶管的长度加自制钻头、千斤顶、道木垫的长

度的总和；宽以宜操作即可，一般为2m；深一般为1.7～1.8m。

② 用 ϕ80mm 的钢管，长1m左右，一端套丝扣，准备接管；另端锻制成40°尖状，外面焊上30mm×30mm×3mm角钢锻成的螺纹铰刀，螺距为80～100mm。

准备 ϕ100mm 的钢管，长5m左右，两端套丝扣，根数由路宽决定。使用时再用熟铁管接头将钻头和管连接起来，这里要注意管螺纹与管接头的内螺纹必须配套。

③ 按图11-9将装好的钻杆装配好，这里要保证钻杆与道路中心的垂面垂直且与路面的水平面平行，距离应大于1m。有条件应用水平仪测量，或用1m的水平尺测量。找平找正后，操作千斤顶，使钻杆顶入路基，千斤顶的行程越长越好，第一个行程完后，可再垫以道木，继续顶入，直至将钻杆顶入路基外露500mm以后，再用链钳或管钳子旋转钻杆，直至将第一根钻杆全部进入路基。旋转时必须保证上述垂直和平行的要求，同时给钻杆尾部以推力，不得摇摆钻杆。

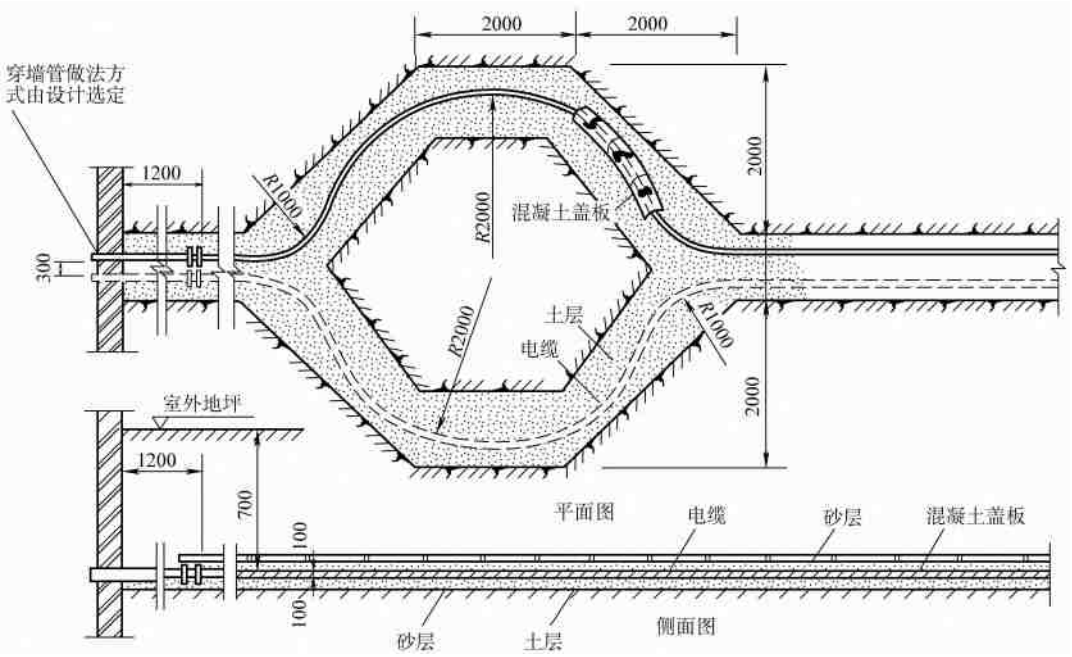


图11-8 电缆引入室内时室外裕量余留坑的示意图

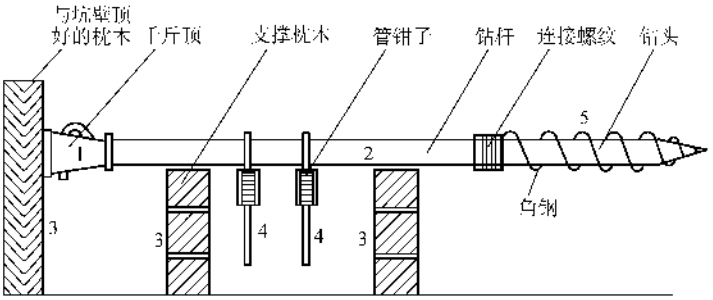


图11-9 螺旋钻头顶管法布置示意图

④ 接上一根管子，先用千斤顶顶一下，再用钳子旋转，这样直到钻透为止。

⑤ 将钻杆退出，再把待埋的保护管套扣连接，一节一节送入钻孔内。穿入前要作好防腐处理，并把第一节的管口用木楔塞好，穿好后将管口先用气焊烤制为喇叭口后再用木楔堵好，准备穿电缆。

这种方法可直接将钻杆作为保护管，一次作好不再抽出，只将钻头拆下即可。

2）铁锤冲击法。该法适用于软土、灰渣土、砂砾土或路面不宽的场所。

同样在道路一侧挖一操作坑，其长度为保护管长度加锤的冲击距离，另一侧可挖一小坑，其他要求同上一方法。在坑上架两个三木塔，之间用钢管连接作为横梁，用临时拉线将三木搭拉住固定。把重锤悬挂在上面，锤后系绳子，可将锤拉起后松开，利用锤的自摆打击管顶帽，使管向前步进，直到打通为止，见图 11-10。管即为保护管，端部锻尖，尾部加管帽，防止管口被打坏，管帽由一段大于保护管一个规格的钢管和一段小于保护管一个规格的钢管与一块厚 30mm 的盲板焊接而成。同样步进时要保证管的垂直与水平。

3. 埋设隔热层

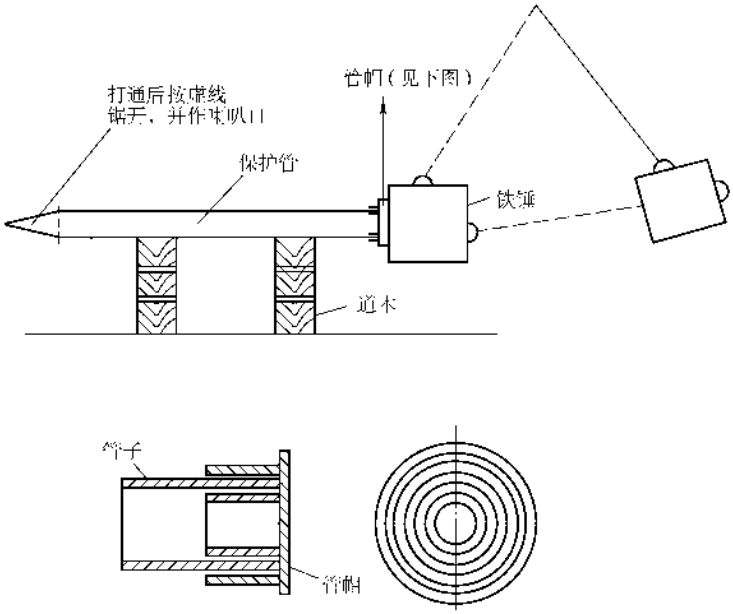


图 11-10　铁锤冲击顶管布置示意图

电缆的埋设与热力管道交叉或平行敷设，如不能满足最小允许距离时，见表 11-29，应在接近或交叉点前后 1m 范围内作隔热处理。隔热材料可用 250mm 厚的泡沫混凝土、石棉水泥板、150mm 厚的软木或玻璃丝板。材料一要隔热，二要防腐。埋设隔热材料时除热力沟的宽度外，两边各应伸出 2m。电缆宜从隔热后沟的下面穿过，任何时候不能将电缆平行敷设在热力沟的上方或下方。穿过热力沟部分的电缆除采

表 11-29　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	

（续）

序号	项目		最小允许净距/m		备　注
			平行	交叉	
8	铁路路轨		3.00	1.00	
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。

用隔热层外，还应穿石棉水泥管保护。

当敷设的电缆不能满足表 11-29 的规定时，可采取以下措施：

1）在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。

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，但检修时可能伤及电缆时，在交叉点前后 1m 范围内，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，其净距可减为 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或交叉时，其净距不能满足要求时，应采取防电化腐蚀措施。

4. 沟内铺砂

沟挖好后应沿全线检查一遍，应符合前述的要求，特别是转角、交叉、设管、隔热、深宽等。合格后才可将细砂铺以沟内，厚度为 100mm，砂子中不得有石块、锋利物及其他杂物，这一点要向民工交待清楚，避免返工。铺好后要沿全线亲自检查，除铺砂外，有无其他不妥及防碍展放电缆的地方，否则应及时修复。

5. 展放电缆于沟内

展放电缆与架空线路中放线方法基本相同，所不同的是将电缆放入沟内，并且沟不是直线，除转角外还有穿保护管等。展放电缆必须用放线架，见图 10-146、图 10-147。电缆的牵引可用人工牵引或机械牵引。

1）人工牵引展放电缆。人工牵引展放电缆就是每隔几米即有人肩扛着放开的电缆并在沟内向前移动，或着沟内每隔几米即有人手持展放开的电缆向前传递而人不移动，电缆移动的同时向前牵引电缆。在电缆轴架处有两人或四人分别站在两侧用力转动电缆盘，并有专人检查电缆有无破损或其他不妥之处，并有适当工具，可熬住转动的电缆盘。牵引速度宜慢，转动轴架的速度应与牵引的速度同步，即不能使电缆受到过度的拉力、也不能使电缆大量堆积，以免造成电缆过度弯曲。电缆端部的牵头者必须是对敷设现场，如电缆走向、顺序、排列、规格、型号、转角、用途、编号等十分清楚。遇着保护管时应将电缆穿入保护管，并派人在管口处守候，以免阻卡或意外。穿管较长者，用预先穿 8#铅丝绑扎好再牵引。每放完一盘则应在头和尾端挂上编号。第一盘电缆应从电缆的引出端展放，第一盘不够长时，第二盘应从第一盘的末端继续展放，且应放完一个回路再放一个回路；每放完一个回路不应将剩余的电缆锯断，须经复核无误后且留出制作电缆头和电缆接头及其他的余量后，才能锯断。

人工牵引展放电缆应做到：

分工明确、统一指挥，展放前由指挥者向参于展放电缆的人员进行技术交底及注意事项，特别是弯曲半径。各项工作要落实到人头上，每个人必须做到服从命令，听从指挥。人员分布力求合理，步调一致，叫放即放，叫停即停。不得使电缆在地面上拖拉，为了便于现场指挥，可采用步话机、信号旗、口哨等按约定好的信号进行联系。

人工牵引展放电缆需要人力较多，劳动强度较

大，一般用于工程量较少、线路较短的电缆工程中。

2）机械牵引展放电缆。机械牵引与人工牵引要求基本相同，主要是牵引方法不同。

机械牵引展放电缆应先沿沟底放置滚轮，一般每隔4～5m放一个，并将电缆放在滚轮上，减小与地面、砂面的摩擦，然后用小拖拉机或汽车（也可用人工牵引电缆），见图11-11。人工只是保护电缆不脱轮及在转角处保护电缆不与沟边摩擦。人应站于沟的外侧，用手传递电缆，这里应由有经验的人看管。电缆盘的两侧同样应有人协助转动，并可熬住转动的电缆盘。电缆的牵引端一般用专用的电缆钢丝网套套上，再由机械牵引，牵引速度应小于8m/min。钢丝网套见图11-12。如在田间或无需穿保护管时可将牵引车骑跨在电缆沟上按图11-13牵引。

图11-11　展放电缆时滚轮的放置

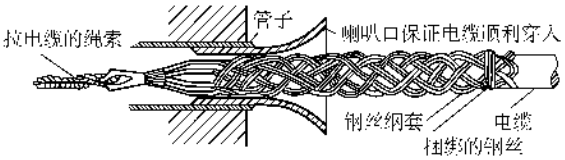


图11-12　用钢丝网套将电缆与牵引绳系住

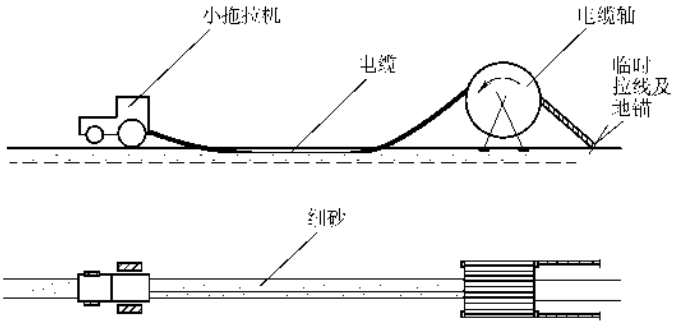


图11-13　牵引车骑在电缆沟上拖拉电缆

电缆全部展放入沟后，应沿全线进行检查和整理，掉入沟内的石块及硬物应捡出；电缆在沟内应有一些波形余量，不要撑得特别直，以防冬季冷却伸直；多根电缆同沟敷设应排列整齐，不得交叉。

6. 盖砂铺砖回填土

全部检查核对无误后，在电缆上面盖一层细砂，要求同前，厚100mm，然后在砂子上面铺盖一层红砖或水泥砖，其宽度应超出电缆各侧50mm。沟内回填土应分层填好并夯实，覆盖土要高于地面150～200mm，以防沉陷。在电缆接头、进户位置应先留出作业的位置，一般应大于3m，待接头作完后再砌井或铺砂盖砖回填土。检查应会同建设单位共同进行，并办理隐蔽工程验收手续。

7. 按规定埋设标志桩

二、电缆沟内敷设法

将电缆置于砌筑好的沟内并固定在沟内支架上，便于检修、监护，便于更换电缆，多用于厂区、室内或距离较小的场所。

1）清理沟内外杂物、检查支架预埋情况并修补，并把沟盖板全部置于沟上面不利展放电缆的一侧，另一侧应清理干净。

2）展放电缆的方法多同人工牵引展放，不同的是电缆应在沟上一侧展放，不得在沟内拖拉，一方面是沟内狭窄，不便操作，再者是易滑伤电缆。

一般情况下是先放支架最下层最里面的那根电缆，然后从里到外，从下层到上层依次展放。而电缆在支架上的排列时，电力电缆和控制电缆应分开排列；当电力电缆和控制电缆敷设在同一侧支架上时，

应将控制电缆放在电力电缆的下一层支架上，低压电缆应放在高压电缆的下一层支架上，并列敷设的电缆之间的净距离应符合表 11-30 的规定。

表 11-30 电缆在电缆沟或隧道内敷设时的最小净距 （单位：mm）

敷设条件 / 类别	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。

将电缆在沟边放开后，沟上的人每隔 3～5m 一人，将电缆抬起交于沟下的人，然后将电缆放在预埋支架上。抬的时候要保持电缆足够的弯曲半径，人少时要一段一段地放入电缆沟内，这时未放入端应有专人看管操作。

3）电缆在支架上的固定的方法很多，最常用的是 Ω 形的卡子。Ω 形的卡子有两种，一种是由 2mm×25mm 的扁钢作成的，另一种是尼龙成品件。在使用金属制的卡子时，应垫以塑料带或其他柔性材料衬垫，无论哪种卡子的规格应与电缆的外径配套，固定方法见图 11-14。若采用图 11-4 中挂架时，则可将电缆挂在挂架的钩上。

4）电缆与热力管道、热力设备之间的净距离：平行时应不小于 1m；交叉时应不小于 0.5m。如无法达到时，应采用石棉水泥板，软木板或其他隔热材料隔离。电缆一般不平行敷设于热力管道的上部。

5）电缆敷设完后，应及时将沟内杂物清理干净，盖好沟盖板，必要时，应将盖板缝隙密封，以免水、气、油、灰等侵入。

6）隧道内的敷设方法与电缆沟内基本相同，但展放电缆并引入隧道时，一般采用图 11-15 的方式，其电缆有时也采用挂式安装，见图 11-4。或支架上安装，见图 11-14，沟内固定方法见图 11-25。

三、钢索悬吊架空敷设

有时因地下管网复杂，直埋或电缆沟敷设不宜进行，架空线路又有一定困难时，常将电缆用钢索悬吊架空敷设，在人多地带或厂区常用这种方法。

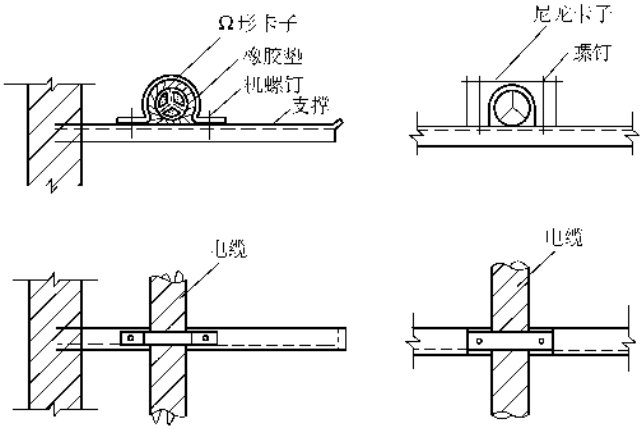


图 11-14 电缆用卡子固定在支架上

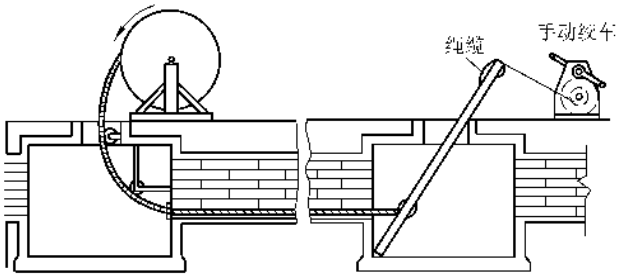


图 11-15 电缆在隧道里敷设方法示意图

1. 准备工作

测量线路、决定档距、定位、运杆、立杆、安装金具（金具较简单，只有固定钢芯绞线的线夹、拉线抱箍，线夹距杆顶 200mm）、作拉线等与架空线路相同。

此外，要准备钢绞线、悬挂行走小车、S 形电缆卡子。钢芯绞线的规格可根据档距、电缆规格进行计算，一般由设计给出，也可按表 11-31 进行选择。

悬挂行走小车是倒 π 形的用型钢焊接而成，上有两个开口闭锁滑轮，将滑轮挂在钢索上，操作人员坐在小车上可沿钢索滑动，便于操作，是架空敷设电缆的主要工具，见图 11-16。

表 11-31　镀锌钢绞线技术规范及悬吊电缆适用范围（仅供参考）

型号及标称截面 /mm²	计算截面积 /mm²	股数及股线直径 /mm	计算直径 /mm	极限强度 /(kg/mm²)	拉断力不小于 /t	单位质量 /(kg/km)	悬吊电缆适用范围
GJ-25	26.6	7×2.2	6.6	120～140	2.94～3.42	210	截面较小、重量较轻的电缆，档距≤50m
GJ-35	37.2	7×2.6	7.8	120～140	4.10～4.80	300	截面较小、重量较重的电缆，档距≤60m
GJ-50	49.5	7×3.0	9.0	120～140	5.46～6.40	400	截面较大、重量较轻的电缆，档距≤60m
GJ-70	72.2	19×2.2	11.0	110～150	7.10～9.70	580	截面大、重量重的电缆，档距≤60m
GJ-100	101.0	19×2.6	13.0	110～150	10.0～13.5	800	截面大、重量重的电缆，档距≤100m
GJ-120	117.0	19×2.8	14.0	110～150	11.4～15.0	950	截面大、重量重的电缆，档距≤100m
GJ-135	134.0	19×3.0	15.0	110～150	13.1～17.9	1100	
GJ-150	153.0	19×3.2	16.0	110～130	15.0～17.7	1200	

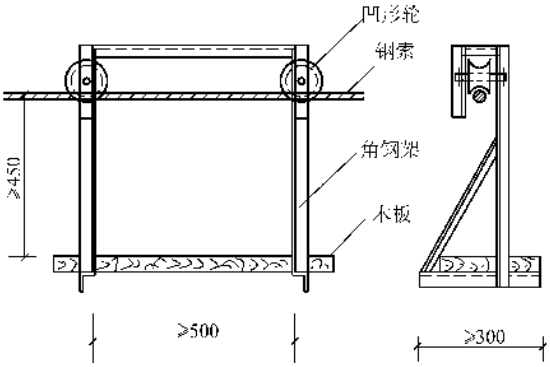


图 11-16　悬挂行走小车示意图

S 形电缆卡子，是将电缆固定在钢索上的卡具，市场上有成品销售，镀锌处理，其规格应与架设的电缆规格相符。S 形电缆卡子见图 11-17。

2. 架设钢芯绞线基本同架空线路的导线架设，但应注意以下几点：

1）垂度要比架空线小，因为档距较小，且悬挂电缆后垂度要增大。

2）钢芯绞线在杆上的固定一般都使用线夹，线夹的规格应和钢芯绞线的规格对应。始端和终端杆上的固定一般采用并沟线夹，每端至少三副，紧固必须牢固。

3）钢芯绞线完全紧好后，才能将多余的锯掉。锯掉后的两端应用细镀锌铁线绑扎 20mm，以免散股。

4）拉线必须牢固可靠，必要时应作成双拉线。

3. 展放电缆及在钢绞线上的固定通常有两种方法：

1）按前述方法沿线路将电缆展放在杆下，同时将电缆引至室内或设备的余量要以实物测量好，并在电缆与第一根杆上的固定点处做的记号。

操作人员携带 S 形卡子从第一根杆处登杆，然后将悬挂行走小车挂在钢绞线上。操作人员从杆上坐到小车上，并把脚扣也挂在小车上。用绳子将电缆吊起，并把电缆作好记号处用 S 形卡子固定在第一根杆处的钢绞线上。拉住钢绞线使小车前行，每隔 750mm 固定一个卡子，控制电缆或弱电电缆每隔 600mm 固定一个卡子，见图 11-17。

当走到杆处，操作人员用脚扣登在杆上，套好安全带，将小车倒至杆的另侧，然后再坐在小车上，继续向前上卡子。在过杆处应将电缆留倒 Ω 形的裕量，见图 11-18。

在固定卡子时，从地面将电缆拉起要保持其最小允许半径，必要时，地下电缆应有人在前面事先抬起。全部上好卡子，将两端的余量完好测量好时，才能将多余的电缆锯掉。

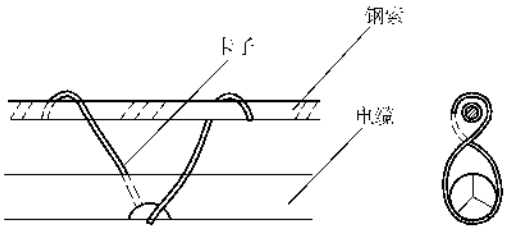


图 11-17　S 形电缆卡子及其使用方法

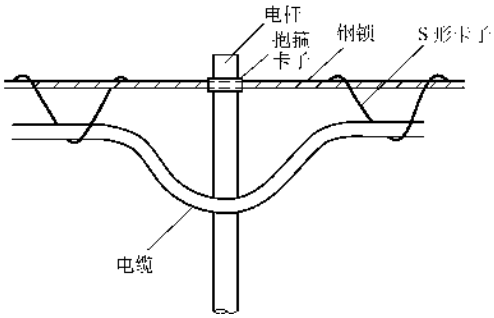


图 11-18 电缆在电杆处的倒 Ω 形裕量

2）另一种方法是将电缆直接引上钢绞线，然后再用小车法上 S 形卡子固定。

将电缆用放线盘架起并装在汽车上；将电缆端头放开穿入钢铰线上的滑轮内，然后将电缆端头固定在始端的电杆上；固定必须牢固，能承受汽车慢速牵引电缆的最大拉力。布置见图 11-19。

第一个操作者坐小挂车于钢绞线设有上滑轮的部位，起动汽车慢速沿线路方向前进，每放开 5～10m 左右，即将电缆提起，并在钢绞线上固定一开口滑轮，同时将电缆挂入滑轮内；第二个操作者坐小挂车于挂滑轮的部位，用 S 形卡子固定电缆，并将开口滑轮逐个取下，其他同第一种方法。

汽车牵引不得太快，不能使电缆在地面上拖拉，速度基本与操作者同步即可。在条件允许的条件下，可将上部有金属钩的竹梯支挂在钢芯绞线上，再进行 S 形卡子的安装，但必须注意安全。

四、管道内敷设

管道内敷设分金属管道和非金属管道两种。钢管内敷设基本同管内穿线，除符合管内穿线的规定外，还应符合下列规定：

1）每根电力电缆应单独穿入一根钢管内，交流单芯电缆不能单独穿入钢管内；

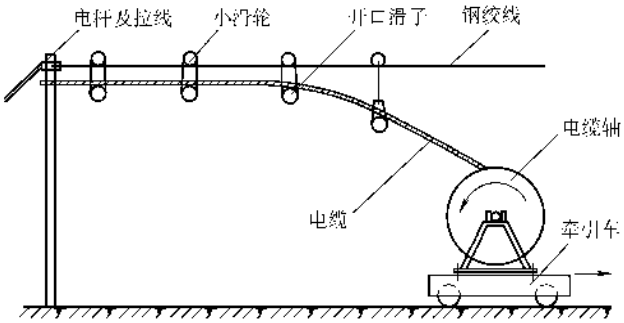


图 11-19 牵引车将电缆直接引至钢绞线

2）裸铠装控制电缆不得与其他外护层的电缆穿入同一根管内；

3）敷设在混凝土管、陶瓷管、石棉水泥管内的电缆，宜穿塑料护套电缆。

管内敷设电缆的布置见图 11-20，钢管穿设电缆仅适用于几十米之内，距离较长时应改用其他方法。

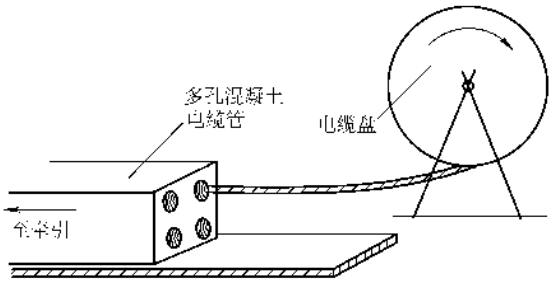


图 11-20 管内敷设电缆的布置示意图

4）非金属管内敷设每隔 50m 应设入孔检查井，井盖应铁制且高于地面，井内有积水池且可排水，见图 11-21。

5）长度在 30m 以下时，直线段管内径应不小于电缆外径的 2 倍；有一个弯曲时应不小于 2.5 倍；有两个弯曲时应不小于 3 倍。长度在 30m 以上时，直线段管内径应不小于电缆外径的 3 倍。

6）管通内应无积水，无杂物堵塞，穿电缆时可采用滑石粉作为助滑剂。

五、电缆槽架内敷设

常用于工业厂房或高层建筑，敷设方法基本同导线的敷设，一般采用人工方法，除符合槽架敷设导线的规定外，还应符合以下规定：

1）槽架多层敷设时，其层间距离应符合下列规定：

控制电缆槽架之间不小于 200mm；

电力电缆槽架之间不小于 300mm；

弱电与强电槽架之间不小于 500mm；如有屏蔽可减少到 300mm；

桥架上部距顶棚或其他障碍物应不小于 300mm。

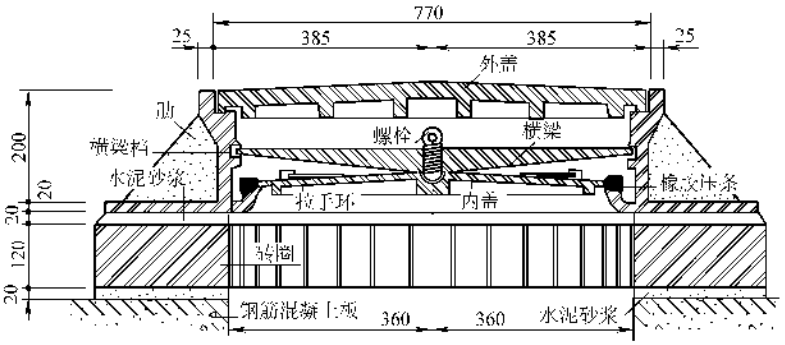


图 11-21　人孔井双层电缆井盖示意图

2）槽架经过建筑物的伸缩缝、沉降缝时应断开100mm 的距离。

3）槽架内横断面的填充率，电力电缆不大于40%；控制电缆不大于 50%。

4）不同电压、不同用途的电缆不宜在同一桥架上敷设，如高压和低压电缆、强电和弱电电缆、向同一级负荷供电的双路电源电缆、应急照明和正常照明的电缆，如受条件限制必须在同一层桥架上敷设时，应用隔板隔离并标明用途。

5）电缆槽架与管道平行或交叉的最小净距应符合表 11-32 的规定。

表 11-32　电缆槽架与管道的最小净距

（单位：mm）

管　道　类　别		平行净距	交叉净距
一般工艺管道		400	300
具有腐蚀性液体、气体管道		500	500
热力管道	有保温层	500	500
	无保温层	1000	1000

6）电缆桥架不宜敷设在腐蚀性气体或热力管道的上方及腐蚀性液体的下方，否则应采用防腐电缆或用隔热材料隔离。金属桥架应有良好的接地。

六、电气竖井内敷设

先清理井内杂物，并检查预埋件、保护管有无缺陷。展放电缆应将电缆盘放于底层，从下往上牵引，上引电缆一是要注意弯曲半径，二是要在层层出口处用力提拉电缆，不得只在上层提拉牵引，使拉力过于集中，而损伤电缆，牵引布置见图 11-22。其在井内排列、固定、间距等与电缆沟内敷设（见图 11-25）基本相同，见图 11-23，往地下层敷设时与图 11-22 相反，见图 11-24。

七、沿建筑物明设

在干燥、无腐蚀、不易受到机械损伤的场所，可将电缆直接沿建筑物明设。引入设备、穿越建筑物或

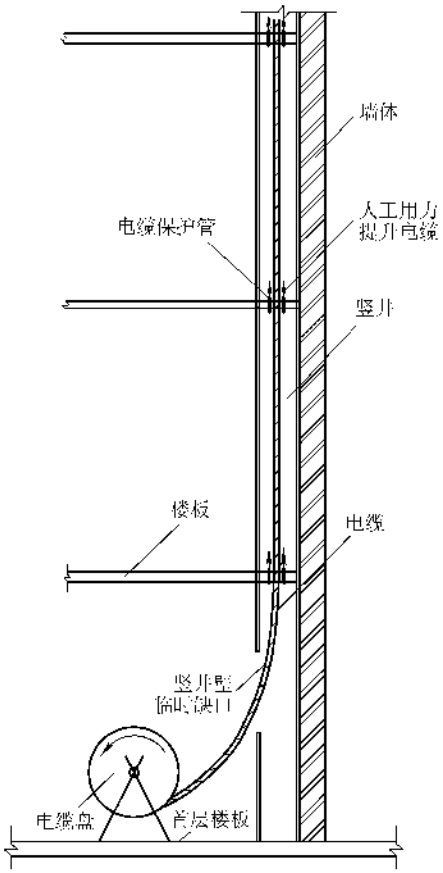
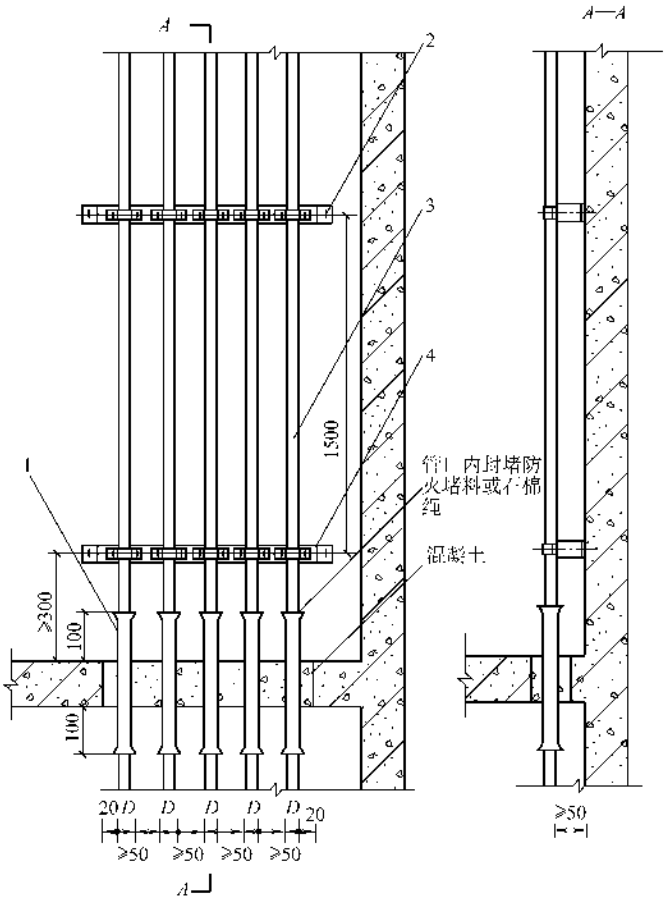
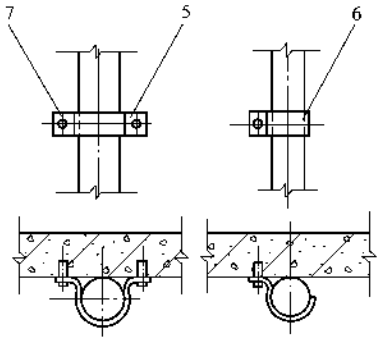


图 11-22　电缆在竖井内的敷设方法（一）

楼板均应按前述要求设保护管。电缆的固定可根据电缆的多少固定在支架上或直接固定在墙上、顶板上，见图 11-4 及图 11-26。电缆的展放一般应采取人工牵引展放，在转角、穿越墙体、楼板应有专人操作。固定点的距离，可参考表 11-33 的数值。

固定点除了按表 11-33 中的距离固定外，电缆的两终端头、转角的两侧、进入接头匣处、与伸缩缝交叉的两侧等都必须设点固定。





电缆沿墙固定材料明细表

编号	名称	型号及规格	单位	数量
1	保护管	见工程设计	根	5
2	胀管螺栓			
3	电缆	见工程设计	根	5
4	支架	扁钢40mm×4mm	个	2
5	管卡子	与电缆外套配套		
6	单边管卡	与电缆外套配套		
7	塑料胀管	ϕ6×30mm		

注：1. D 表示保护管外径
2. 当电缆根数较多或规格较大时，可使用角钢支架。

图 11-23 电缆在竖井内的安装示意图

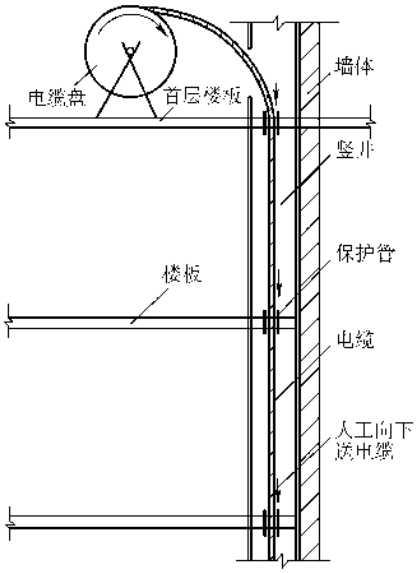


图 11-24 电缆在竖井内的敷设方法（二）

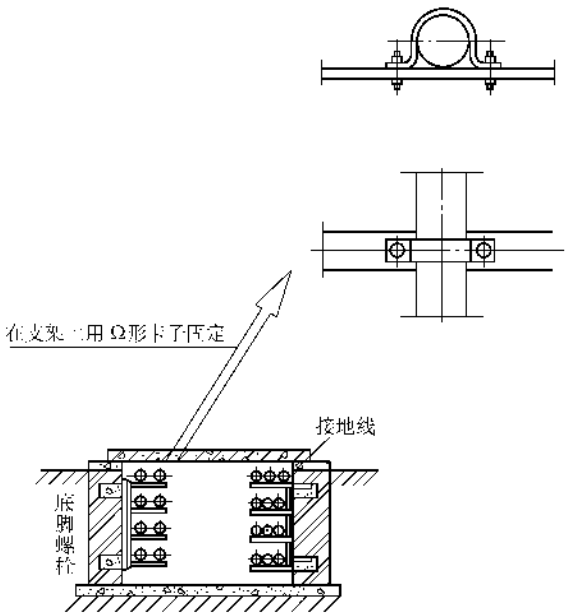


图 11-25 电缆在电缆沟内固定方法

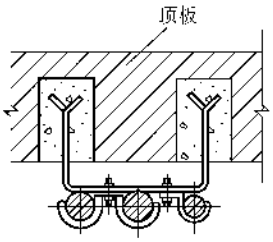


图 11-26　电缆在屋顶上的固定方法

表 11-33　明设电缆固定点间距

（单位：mm）

电缆类别及敷设部位	水平敷设	垂直敷设
电力电缆	1000	1500
控制电缆	800	1000
墙上直接固定	1000～1500	1500～2000

八、电缆在穿越桥梁时的敷设

展放电缆一般采用人工牵引敷设，其他应按下述各条执行。

1）敷设在木桥上的电缆应穿在铁管中敷设。敷设在其他结构的桥上电缆，应放在人行道下的电缆沟中或穿在用耐火材料制成的管道中。也可明敷在人行道下面的避光处，用卡子固定。

2）架空钢索悬吊的电缆与桥梁构架间应有 0.5m 以上的净距。

3）敷设在经常受到振动的桥梁上的电缆，应有防振措施。桥墩两端和伸缩缝处的电缆，应留有倒 Ω 形的松弛量。

4）交流电缆的裸金属护层应与桥梁的钢结构架可靠电气连接。

九、水中电缆的敷设

（一）水中电缆敷设注意事项

水中电缆的敷设一般采用渡船牵引，其他应遵守以下各条规定。

1）水底电缆应是整根的且为专供水下敷设的电缆，一般为铅包或铝包粗钢丝铠装电力电缆，能承受较大的拉力。

2）通过河流的电缆、应敷设于河底坚固及河岸很少受到冲刷的地方。在码头、停泊所、港湾、渡口及经常停泊船处，应采取可靠的保护措施，且由口岸设计施工协助。人力、物力要充足，掌握气候水文条件和信息进行作业。

3）敷设于水中的电缆，必须贴于水底，有条件时宜埋入河床 0.5m 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；当埋入河床以下时，其间距按埋设方式而定。

5）水底电缆引接至架空线路时，引出地面处距河道不应小于 10m。引到岸上部分应加钢管或盖板保护。保护的范围下端应为最低水位时，船只搁浅及撑篙达不到之处且应用锚固定；上端高于最高洪水位处。

6）河床及河岸容易遭到冲刷的地方，不宜敷设电缆，如必须在此敷设，应由口岸设计及施工配合采取保护措施。

7）电缆与小河、小溪交叉时，应置于金属或钢筋混凝土的电缆桥上，或穿入管道埋在河床下足以够深处通过。

8）穿越雨季洪水平时干枯河流时，应穿管深埋于河床之下或建以隧道通过。对于无水文地质资料的河流应慎重处理或协同建设单位共同选择方案。

（二）敷设方法

1. 电缆盘置放陆地牵引敷设

河道不宽或船只往来不频繁的水底电缆可用图 11-27 所示方式敷设。在河道虽不宽而船舶频繁航道，可先用挖泥船开挖河床成水下电缆沟，其后牵引电缆进入河床，也可先埋设捆扎的钢管组，再将电缆作为排管电缆牵引入钢管内，再覆盖泥土。

2. 船上敷设

（1）船上盘装敷设　能用盘装的水底电缆而河道又较宽可用如图 11-28 所示方式敷设。敷设船的前进可以用装设在对岸的卷扬机，用钢丝绳牵引；也可将卷扬机装在敷设船上，在对岸设置牢固的锚定装置并将牵引钢丝绳引至敷设船上牵引前进；或者不用卷

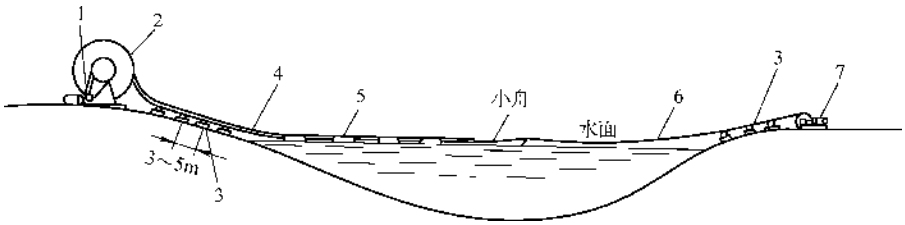


图 11-27　电缆盘置放陆地牵引敷设

1—电缆盘制动装置　2—电缆盘　3—电缆用滑轮　4—电缆　5—浮筒　6—牵引钢丝绳　7—牵引卷扬机

扬机，用驳船拖带牵引。

（2）船上散装敷设　基本与盘装敷设相同，只是敷设船上应设有履带牵引机和退扭架，因此对敷设船的要求较盘装敷设高。敷设船的布置见图 11-29 和表 11-34。

3. 准备工作

1）周密合理的施工组织设计，特别是机具、人力、安全措施方面必须滴水不漏。

2）布置敷设船航行导标，见图 11-30，其中边线是航行的边界，并有明显的标志，如彩旗等。

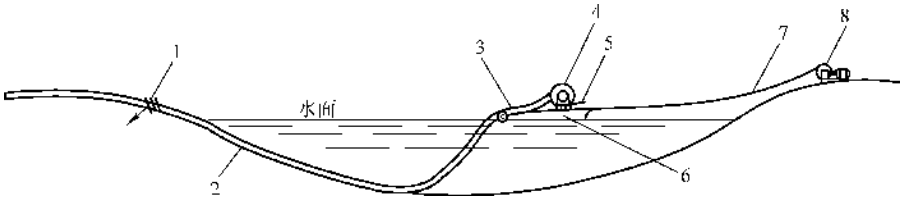


图 11-28　船上盘装敷设

1—陆上锚定装置　2—电缆　3—木棍制动装置　4—电缆盘　5—电缆盘制动装置
6—敷设船　7—牵引钢丝绳　8—卷扬机

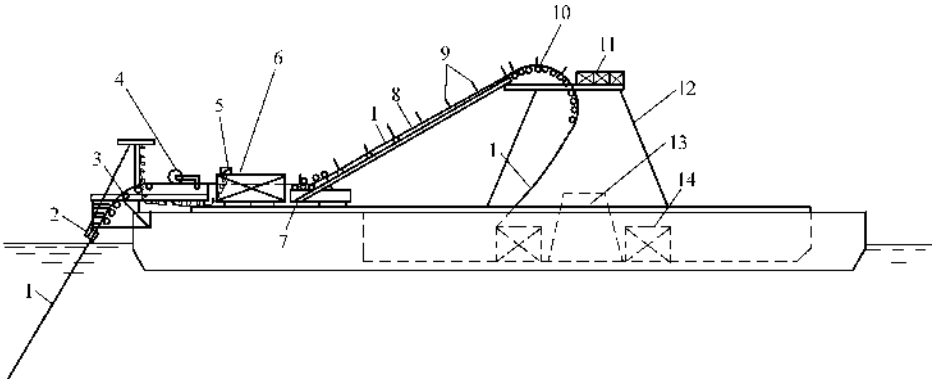


图 11-29　敷设船机具布置

1—敷设的海底电缆　2—入水角测定器　3—入水槽　4—长度测量仪　5—入水角指示仪　6—履带牵引及制动装置　7—电缆下压滑轮组　8—电缆滑道　9—竖导向滑轮　10—上“R”滑轮组　11—指挥台
12—退扭架　13—中心支架（防扭结）　14—电缆圈

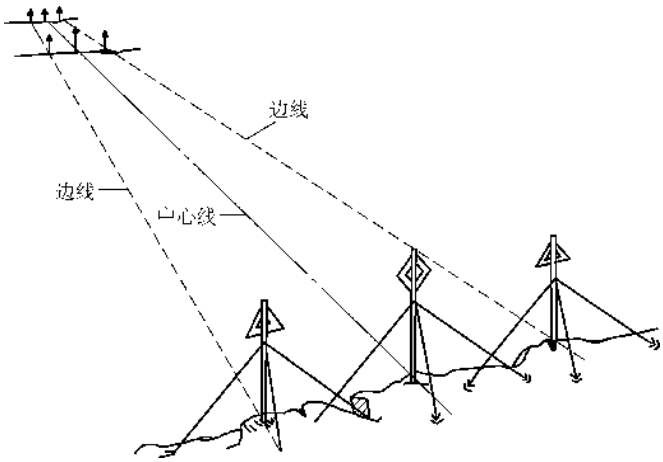


图 11-30　导标布置

表 11-34　敷设船机具

机具名称	用　　途	机具名称	用　　途
退扭架	消除盘绕电缆时产生的潜在退扭力	车轮内胎	托浮电缆
履带牵引机	电缆敷设时的制动装置	长度记录仪	控制敷设长度
卷扬机	敷设船牵引动力	测深仪	控制电缆张力
入水槽	保证电缆入水时的弯曲半径	测距仪	校核敷设长度和敷设船应有离岸距离
入水角测量仪	监视电缆张力		

3）设置地锚。地锚是牵引敷设船航行及上岸卷扬机的锚定装置，必须保证牢固坚实。因此在选择埋设地点、地锚形上要考虑周全，地面质地坚硬、与上岸点最近为首选。

4）开挖岸边浅滩电缆沟。水底电缆一般埋设在河床底部下 1m 深左右，应在退潮或枯水期间逐段开挖，埋入后应有覆盖保护措施。

5）准备就绪后应试航一次，确实万无一失。

6）准备护航警戒船只，敷设进行时，在图 11-30 中边线上行驶，担任护航警戒工作。

7）与当地行政管理部门、水务部门、航务部门沟通协作，保证安全施工。

（三）防护措施

1）采用先敷设、后埋设的施工方法。一般是先勘察，选择路径，再敷设，水退后再埋设。埋设时先开挖沟槽，埋设后用足够的混有水泥的砂袋包、大石块覆盖保护。

2）设立警戒标志。敷设水底电缆后，在两侧岸边的线路中心线上下游，通常距中心线 100m 处设置警戒标志牌，作为对航行船只“下有水底电缆”的警告，不准抛锚。敷设后虽然埋深的电缆，由于日久河床的变迁，有可能埋深的覆盖层，在发觉前已被冲刷，警戒标示牌也作为弥补防止电缆被机械损伤的一种措施。警戒标志牌的式样需按当地航运或港湾管理部门的航标规范制作，图 11-31 为内河航标规范内规定的电缆标志示意图。警戒标志还需及时要求河道、海图管理部门在船舶航行图或海图上加以注明。

图 11-31　电缆标图

十、冬季电缆敷设的技术措施

冬季不宜敷设电缆，当气温低于表 11-24 中要求时，如因工程需要必须敷设时，应采取加热方法处理电缆，通常有两种加热方法，其他同上。

1. 室内加热法

将电缆置于保温的室内或临时搭设的工棚内，用热风机或电炉以及其他无明火的加热方法提高室内温度，以对电缆加热，这种方法加热时间较长，只适用小截面积或较短的电缆。

2. 电流加热法

一般使用三相低压可调变压器，一次侧 220/380V，二次侧能输出较大的三相电流，或者使用三台交流电焊机。

先将电缆的一端头短接并铅封，铅封应与线芯绝缘，中间应垫以 50mm 厚的绝缘；电缆的另一端头可先制作成一电缆头，并与加热电源接好。布置见图 11-32。这个电缆头在敷设时不得受到任何机械及电气损伤。

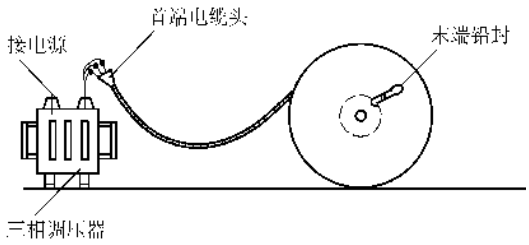


图 11-32　电流加热电缆示意图

检查无误后即可接通电源，先小电流加热，然后逐级升到定值。加热过程中，要经常测试电缆表面温度和电流，任何情况下，电缆表面的温度不应超过下列数值：

3kV 及以下的电缆　　40℃

6～10kV 的电缆　　35℃

20～35kV 的电缆　　25℃

电流的测量应用钳型电流表，测温应用半导体点式温度计，也可用水银温度计包在电缆外皮上进行测量。

10kV 及以下的三芯统包型电缆加热所需的电流、电压和时间，见表 11-35，表中数值仅供参考，在实际应用中应根据实际情况和室外气温适当调整。

这里要说明一点，无论采取哪种加热方法，都应先将敷设工作的准备工作做好，电缆加热后立即投入敷设工作，越快越好，敷设时间以 1h 为宜。

表 11-35　电缆电加热技术参数

电缆规格	加热时的最大允许电流/A	在四周温度为下列各数值时所需的加热时间/min			加热时所用电压/V				
					电缆长度/m				
		0℃	－10℃	－20℃	100	200	300	400	500
3×10	72	59	76	97	23	46	69	92	115
3×16	102	56	73	74	11	39	58	77	96
3×25	130	71	88	106	16	32	48	64	80
3×35	160	74	93	112	14	28	42	56	70
3×50	190	90	112	134	12	23	35	46	58
3×70	230	97	122	149	10	20	30	40	50
3×95	285	99	124	151	9	19	27	35	45
3×120	330	111	138	170	8.5	17	25	34	42
3×150	375	124	150	185	8	15	23	31	38
3×185	425	134	163	208	6	12	17	23	29
3×240	490	152	190	234	5.1	11	16	21	27

十一、敷设电缆的安全注意事项

1）架设电缆轴架的地方必须平整坚实，支架必须采用有底盘支架，不得用千斤顶代替。临时搭设的支架必须用两只三角架架设转轴，必要时电缆轴架应设置临时地锚。

2）采用撬动电缆轴的边框展放电缆，不得用力过猛，不要将身体伏在边框上面，同时应有制动措施，防止边框滑脱、折坏。

3）牵引电缆，速度宜慢，力量均匀，速度平稳，不得猛拉猛跑，看轴人员不得站在电缆轴的前面。

4）敷设时，处于转角地段的人员必须站在电缆弯曲的外侧，切不可站于内侧，以防挤伤摔倒。

5）电缆穿管时，操作人员必须做到：送电缆时，手不可离管口太近，以防对方拉拽过猛而挤手；迎电缆时，眼及身体各个部位不可直对管口，以防戳伤。

6）人工滚动电缆时，应站于轴架的侧面且不宜超过电缆轴的中心，以防压伤。上下坡时，必须在轴心孔中穿钢管，在钢管两端系绳拉拖，中途停止时，应用楔子制动卡住，并把绳子系在可靠固定处。

7）车辆运输电缆时，电缆应放在车箱前方，并用钢索、木楔固定，防止起动或刹车时滚动或撞击。

8）在已送电运行的变电站室或生产车间敷设电缆时，必须做到电缆所进入的柜和涉及到的柜停电，且须有专人看管或上锁。操作人员应有防止触及带电设备的措施。在任何情况下与带电体的操作安全距离，低压不得小于 1m，高压应大于 2m。

9）在道路附近或较繁华地段电缆施工时，要设置栏杆或标志牌，夜间要设置红色标志灯。

10）在隧道或竖井内敷设电缆，临时照明用的电源其电压不得大于 36V。工作时必须戴安全帽。

11）装卸电缆时，不允许将吊索直接穿入轴心孔内或直接吊装轴盘，应将钢管穿入轴心孔，吊索套在钢管的两端吊装，其钢管强度应满足电缆重量的需要。

12）采用斜面装卸车时，应将钢管穿入轴心孔内并用钢索或大绳套好系在牢固地方作为保护；滚上或滚下时，任何人不得站于斜面的下面，应站立于轴盘的两侧滚动电缆，以防脱落。保护钢索或大绳必须有良好可靠的制动装置，如用树、地锚等。

十二、电缆穿越建筑物孔洞时的防火封堵方法

电缆在穿越建筑物孔洞时应进行阻火、防火封堵或设定阻火墙、分隔段，以防止发生火灾时灾情蔓延。设立防火封堵的方法很多，主要是用一些绝缘且耐热、阻燃、难燃的材料将孔洞部位严密封死。其工艺方法也很简单，主要是必须保证使用材料的性能（如耐热、阻燃、难燃和易堆集性等），因此，对使用的材料必须经检查和核实。

1. 检查核实要求

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回路，必须按设计要求的防火阻燃措施施工。

2）电缆的防火阻燃尚应采取下列措施：

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，按要求分段或用软质耐火材料设置阻火墙。

③ 对重要回路的电缆，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。

⑤　采用耐火或阻燃型电缆。

⑥　设置报警和灭火装置。

3）防火阻燃材料必须经过技术或产品鉴定。在使用时，应按设计要求和材料使用工艺提出施工措施。

4）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。

5）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。

6）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，孔洞较大者应加耐火衬板后再进行封堵。

7）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。

2. 方法

1）电缆穿墙孔洞阻火封堵方法见图 11-33。

2）电缆穿越楼板孔洞的阻火封堵方法见图 11-34。

3）电缆沟防火包阻火墙的方法见图 11-35。

4）电缆夹层出入口阻火段的方法见图 11-36。

5）电缆支架层间阻火分隔方法见图 11-37。

电缆穿越建筑物孔洞使用的防火阻燃材料的主要性能，参数见表 11-36。

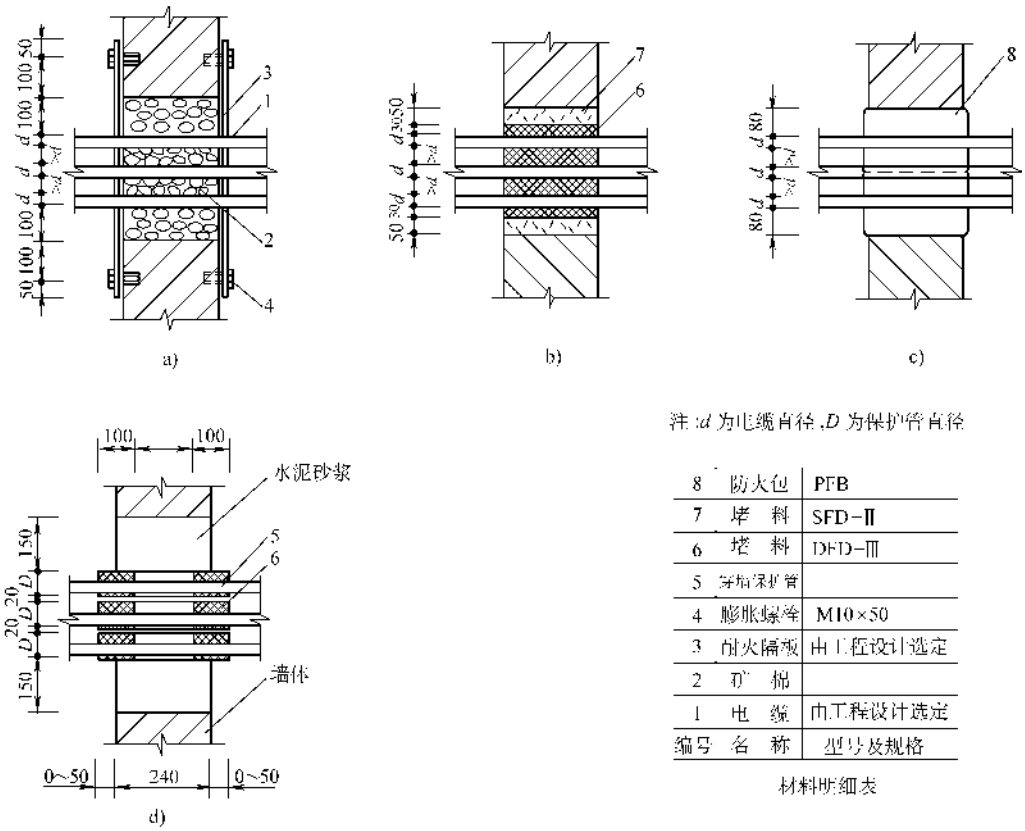
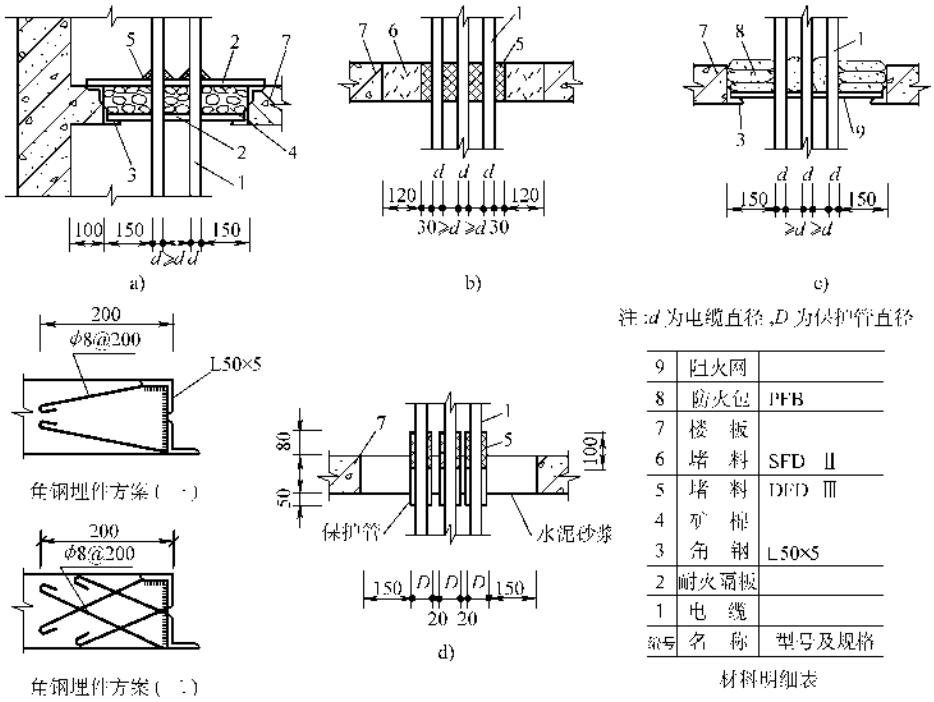


图 11-33　电缆穿墙孔洞的阻火封堵方法示意图

a）耐火隔板及矿棉封堵　b）速固型堵料封堵

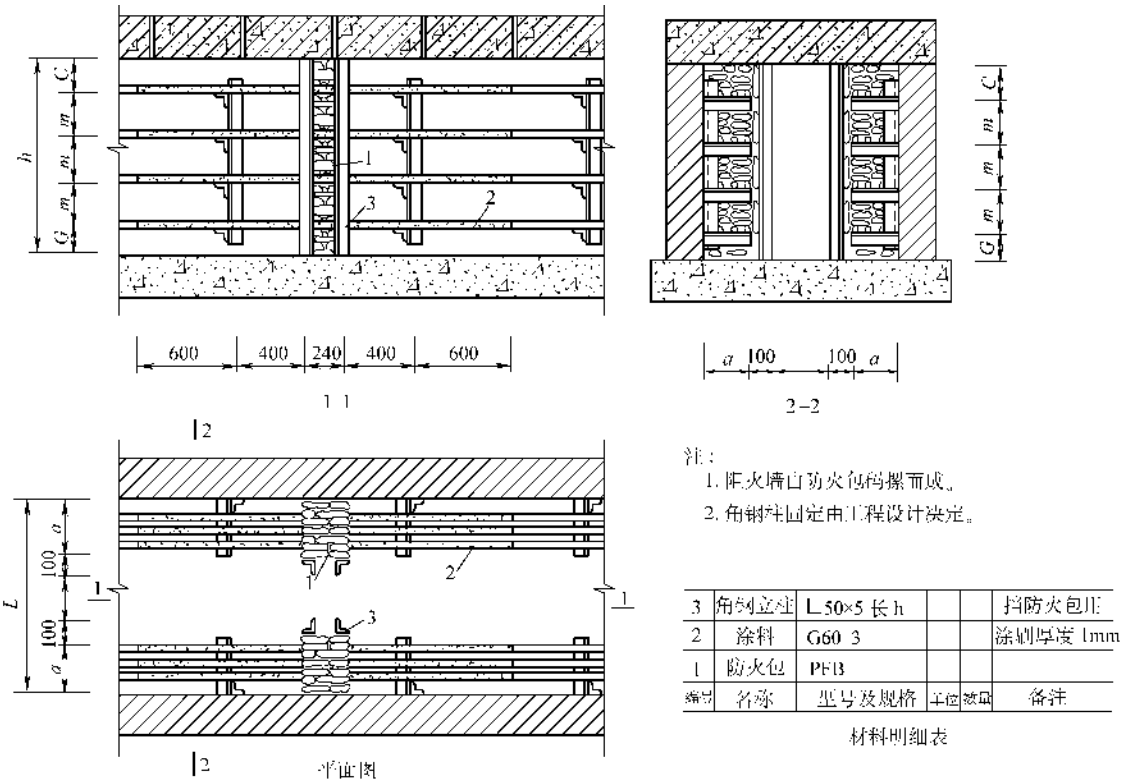
c）防火包封堵　d）穿墙保护管封堵



编号	名称	型号及规格
9	阻火网	
8	防火包	PFB
7	楼板	
6	堵料	SFD Ⅱ
5	堵料	DFD Ⅲ
4	矿棉	
3	角钢	L50×5
2	耐火隔板	
1	电缆	

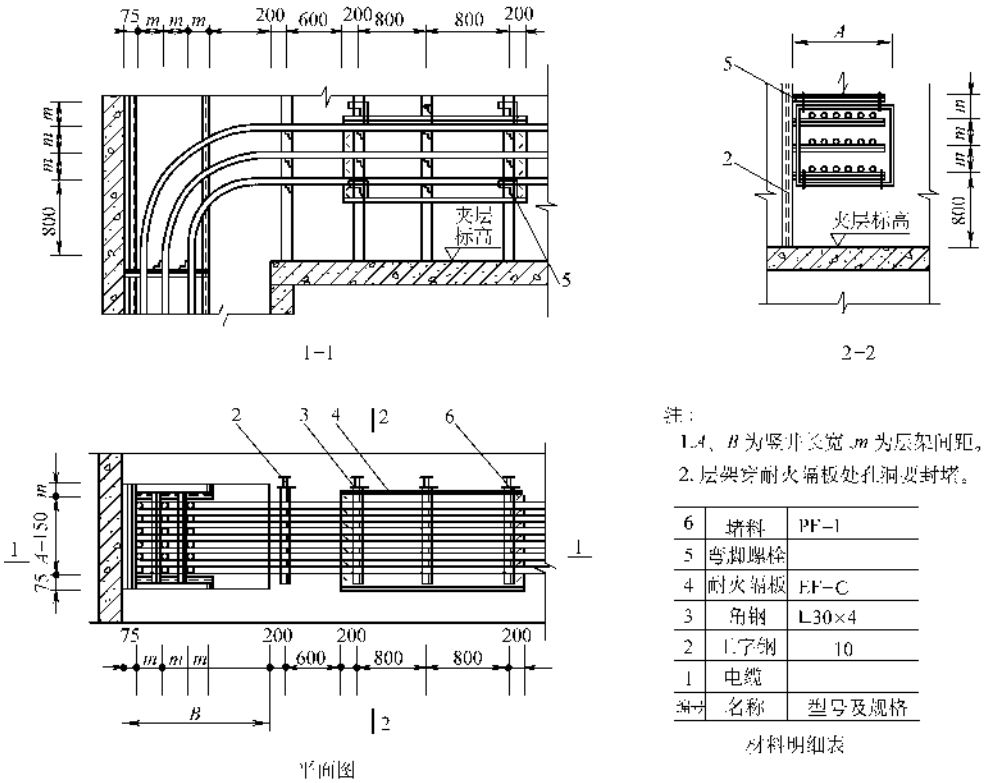
图 11-34 电缆穿楼板孔洞阻火封堵方法示意图

a）耐火隔板及矿棉封堵 b）速固型堵料封堵 c）防火包封堵 d）穿楼板保护管封堵



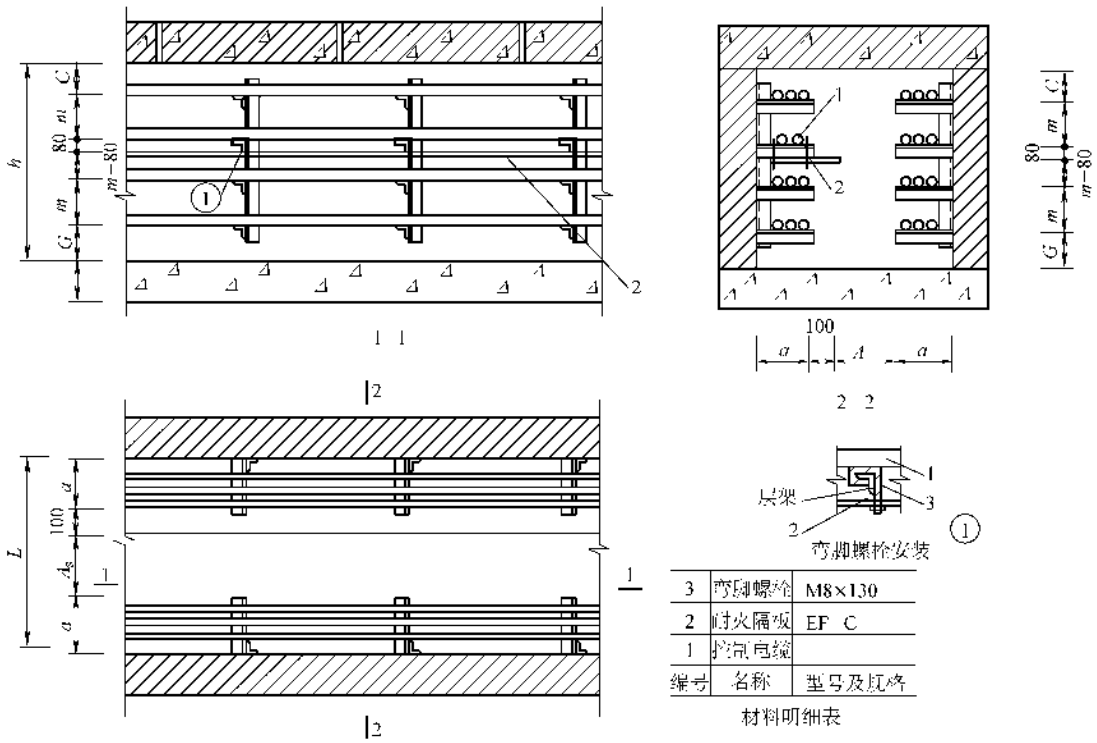
编号	名称	型号及规格	单位	数量	备注
3	角钢立柱	L50×5 长 h			挡防火包用
2	涂料	G60-3			涂刷厚度 1mm
1	防火包	PFB			

图 11-35 电缆沟防火包阻火墙示意图



编号	名称	型号及规格
6	堵料	PF-1
5	弯脚螺栓	
4	耐火隔板	EF-C
3	角钢	L30×4
2	工字钢	10
1	电缆	

图 11-36　电缆夹层出入口阻火段设置方法



编号	名称	型号及规格
3	弯脚螺栓	M8×130
2	耐火隔板	EF-C
1	控制电缆	

图 11-37　电缆支架层间阻火分隔方法

表 11-36 防火阻燃材料主要性能参数

序号	名称	型号	主要性能	耗量计算及产品附件
1	涂料	G60-3	遇火膨胀呈匀密蜂窝状,隔热耐水,耐油,具耐候性,不龟裂 氧指数≥60(GB/T 2406.1—2008) 耐火极限 > 20min(ZBG51001—1985) 干燥时间 表干 < 1h 实干 ≤ 8h(GB/T 1728—1979(1989)) 每隔 8h 涂一次,达到厚度 0.8 ~ 1.2mm 时,相当涂刷量 2 ~ 3kg/m^2	$W = K\pi RL$(kg) 经验公式 W 为每平方米耗量 涂刷厚度为 0.8mm K 取 2 1mm 2.5 1.2mm 3 R 为电缆外径,L 为涂刷长度
2	堵料	SFD-Ⅱ	固化时间 < 10min 耐水,耐油,无毒,无味 氧指数为 100 密度是(1.3 ± 0.05) × 10^{3}kg/m^3 (最高火焰温度 1090℃) 耐火极限≥180min	
3	堵料	DFD-Ⅲ	具有长期柔软性,耐水,耐酸,耐油,耐碱 氧指数≥75 耐火极限≥180min 针入度在 25℃(50g 5s)时为 7.0 ~ 12.0 密度(20℃)为(1.7 ± 0.2) × 10^{3}kg/m^3	
4	堵料	PFD-Ⅰ	遇火快速膨胀,氧指数 > 70 耐火极限 > 210min 膨胀倍数 > 20 烟密度 MSP < 50% 针入度(固化前)(50g 5s)25 ~ 40 针入度(固化后)(50g 5s)3 ~ 8 体积密度为(1.3 ~ 1.55) × 10^{3}kg/m^3	$W = K(V - V_1)$ W 为堵料用量(t) V 为孔洞总体积(m^3) V_1 为孔洞中电缆的体积(m^3) K 一般为 1.2 ~ 1.3
5	改性,柔性防火腻子	PF-1	耐水,耐油,耐酸,柔性 氧指数 > 50	
6	轻型耐火隔板	EF-A1000X600	用于承受外力的孔洞贯穿封堵	耐水,耐油 轻质,高强 氧指数≥40 耐火极限≥30min
		EF-B800X400 EF-B150X400	用于小型孔洞封堵	
		EF-C2000X450 EF-C2000X500 EF-C2000X600	用于电缆层间隔板	

（续）

序号	名称	型号			主要性能	耗量计算及产品附件
7	防火包	PFB-1500 PFB-720 PFB-400 PFB-250	长×宽×高/mm	参考质量 kg	不燃、无毒、无味、耐油、耐水 施工容易，可重复使用 扩张率 20～40 耐火极限≥120min	
			320×300×40	1.5±0.06		
			320×180×35	0.72±0.03		
			320×180×20	0.40±0.016		
			320×180×12	0.25±0.01		
8	防火包带	PXFD-90-1			遇火膨胀　厚 0.5mm　耐寒 氧指数≥50 耐油、耐水、耐酸碱、耐盐	$2\pi dh$×包带厚×包带比重 d 为电缆外径 h 为包覆电缆的长度
9	阻火网	ZHW-0.5-5X12.5 ZHW-0.8-10X25			耐油、耐水、耐老化 网孔遇火封闭时间≤2min 耐火极限≥60min	

石棉水泥管		直径/mm	外径/mm	厚度/mm	参考质量	管长	抗折强度 <200kgf/cm^2 外压强度 <250kgf/cm^2	
	A	ϕ100	116	8±0.5	20kg/支	4000		
		ϕ125	143	9±0.5	28kg/支			
		ϕ150	170	10±0.5	34kg/支			
	B	ϕ100	122	11±1	28kg/支			
		ϕ125	149	12±1	37kg/支			
		ϕ150	175	12.5±1	48kg/支			
		ϕ200	228	14±1.5	68kg/支			

第五节　电缆终端头的制作及安装

电缆与电气设备的连接，需要经过一种特殊的装置，这种装置是由电缆原有的线芯及其在制作过程中用手工包扎密封的绝缘材料，并保持和原电缆绝缘密封一致性的端头。我们把这个装置叫做电缆终端头，把包扎密封绝缘材料的过程叫做电缆终端头的制作。

电缆终端头及其制作是电缆安装工程中重要的一个环节，其质量的好坏关系到电缆运行的安全与否，否则将会引起漏油、击穿、短路等事故。电缆终端头（下称电缆头）的制作是电气安装工程中的一个特殊的工艺过程，各方面要求都很严格，是电气安装工程的一个分支。

电缆头的种类很多，可分室内、室外两种，室内外又可按电压等级分若干种。实际上电缆头的分类是按其结构形式区分的，室内主要有干包电缆头、环氧树脂电缆头及热缩或冷缩护套电缆头等；室外主要有生铁终端盒式电缆头、环氧树脂电缆头及热缩或冷缩护套电缆头等。

本节将着重讲述上述几种电缆头的制作工艺方法及注意事项，其他各种形式的电缆头可参照制作。究竟采用哪种制作方法，这要根据现场条件、材料、设计要求来决定。另外本节还将讲述电缆中间接头的制作工艺方法。

一、电缆头的制作条件、准备工作及要求

1. 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。

2. 准备工作

1）工具的准备。除常用电工工具外，应有下列专用工具，见表11-37。

2）材料的准备。材料是根据电缆头的电压等级及结构形式决定的，见表11-38。

表11-37 电缆终端头制作专用工具表

序号	工具名称	规格	数量
1	压接钳	16～240mm^2	1套
2	喷灯	0.5～2kg	3只
3	电炉子	200V/2000W	2只
4	胀口器	木质、竹质、自制	3只
5	手锤	0.5kg、1kg	2把
6	配料锅	ϕ150mm、h150mm带嘴	2只
7	玻璃棒	ϕ20～ϕ25mm、l400mm	2根
8	量筒	玻璃品250ml	2只
9	台秤	0～5kg	1台
10	搪瓷盘	300mm×600mm×60mm	2个
11	筛子	孔径0.06mm	1只
12	医用手套	橡胶制品	2付
13	防护镜		2付
14	温度计	0～150℃ 0～200℃	各2只
15	防毒面具		2只
16	铝锅	24cm	1只
17	铅壶		1把
18	铝勺		1只
19	漏勺		1只
20	沥青桶		1只
21	沥青壶		1把
23	长颈漏斗		2只
24	锥形木楔	大、中、小号	各1
25	刷子	中、小号	各2
26	电烙铁	大、中、小号包括焊锡、锡药	各1

表11-38 电缆终端头制作常用材料表

序号	名称	规格
1	聚氯乙烯带	5102、5301
2	黄蜡带	
3	黑蜡带	
4	黑玻璃纤维带	3421
5	黄玻璃纤维带	3424
6	酸性玻璃纤维带	3425
7	无碱玻璃丝带	
8	橡胶粘带	
9	透明塑料胶带	
10	自粘性耐油橡胶带	

（续）

序号	名称	规格
11	塑料带	黄绿红黑色
12	黄蜡管	
13	塑料软管	ϕ6～ϕ25mm
14	耐油胶管	ϕ10～ϕ28mm
15	尼龙绳	
16	环氧树脂	各牌号
17	石英粉	0.06mm粒径
18	硬化剂	各牌号
19	封铅料	
20	硬脂酸	
21	脱模剂	各牌号
22	电缆头盒及附件	各牌号
23	变压器油	试验合格
24	绝缘胶	MB-90
25	黄铅粉	
26	干油	
27	汽油	
28	酒精	
29	松香	
30	松香油	
31	白布	
32	棉丝	
33	裸铜线	ϕ1.0～ϕ2.0mm
34	砂布	
35	火柴	
36	连接管	与电缆相符
37	堵油连接管	与电缆相符
38	环氧树脂冷浇剂	
39	铜压接螺栓	各规格
40	线鼻子	各规格
41	中性凡士林油	
42	焊锡丝焊药	中性
43	热液护套	各牌号
44	聚氯乙烯手套	各牌号
45	铜铝过渡线夹	各牌号
46	白布带	
47	竹片	
48	沥青胶	

3）电缆的测试与检查

① 复核电缆的规格型号、走向应与设计相符。

② 绝缘电阻的测试应符合前述要求。

③ 潮湿判断试验应符合要求。

④ 耐压试验应符合前述要求。

4）准备记录表格、标牌、油漆、毛笔等。

3. 电缆终端和接头的制作要求

1）电缆终端和接头的制作，应由经过培训的有经验且熟悉工艺的人员进行。

2）电缆终端及接头制作时，应严格遵守制作工艺规程；充油电缆应遵守油务及真空工艺等有关规程的规定。

3）在室外制做 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、杂物落入绝缘电缆内。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）35kV 及以下电缆终端与接头应符合下列要求：

① 型式、规格应与电缆类型如电压、芯数、截面积、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、部件应符合技术要求。

④ 主要性能应符合现行国家标准《额定电压 26/35kV 及以下电力电缆附件基本技术要求》的规定。

5）采用的附加绝缘材料除电气性能应满足要求外，还应与电缆本体绝缘具有相容性。两种材料的硬度、膨胀系数、抗张强度和断后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、粘结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紧密配合，间隙不应过大；截面积宜为线芯截面积的 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，其截面面积不应小于表 11-39 的规定。110kV 及以上电缆的截面积应符合设计规定。

表 11-39　电缆终端接地线截面积

电缆截面积/mm^2	接地线截面积/mm^2
120 及以下	16
150 及以上	25

10）电缆终端与电气装置的连接，应符合现行国家标准《电气装置安装工程母线装置施工及验收规范》的有关规定。

11）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、热缩等应清洁。

12）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。

13）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，还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。

14）35kV 及以下电缆在剥切线芯绝缘、屏蔽、金属护套时，线芯沿绝缘表面至最近接地点（屏蔽或金属护套端部）的最小距离应符合表 11-40 的要求。

表 11-40　电缆终端和接头中最小距离

额定电压/kV	最小距离/mm
1	50
6	100
10	125
35	250

15）塑料绝缘电缆在制作终端头和接头时，应彻底清除半导电屏蔽层。对包带石墨屏蔽层，应使用溶剂擦去碳迹；对挤出屏蔽层，剥除时不得损伤绝缘表面，屏蔽端部应平整。

16）三芯油纸绝缘电缆应保留统包绝缘 25mm，不得损伤。剥除屏蔽碳黑纸，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。

17）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。

18）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。采用锡焊连接铜芯，应使用中性焊锡膏，不得烧伤绝缘。

19）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，跨接线的截面积不应小于表 11-38 接地线截面积的规定。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。

20）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。

21）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，第二次成型和加强，高位差铅封应用环氧树脂加固。

塑料电缆宜采用自粘带、胶粘带、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。

22）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。

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。

23）电缆终端上应有明显的相色标志，且应与系统的相位一致。

24）控制电缆终端可采用一般包扎，接头应有防潮措施。

二、塑料绝缘电缆干包电缆头的制作

干包电缆头是一种传统的制作方法，不用绝缘助剂，只用聚氯乙烯手套及塑料管、带包扎而成。常用于室内 3kV 及以下的油浸纸绝缘电缆及干包塑料护套电缆，其机械强度、耐压、耐油性能差，在高温场所、高差大的低端等场所不宜采用。

常用材料有聚氯乙烯软手套、塑料或橡胶套管、聚氯乙烯绝缘带、黄蜡带、尼龙绳、中性凡士林等。

1. 确定电缆端部的剥切尺寸

先确定电缆头的安装位置，然后测量与设备连接端子的距离，再加上外护层的剥切尺寸，即可确定整体的剥切尺寸，见图 11-38。

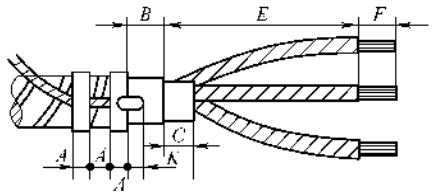


图 11-38 电缆头的剥切尺寸

图中 A——自制钢卡的宽度与间距，通常用电缆自身的铠装钢甲制作；

K——焊接地线的尺寸，$K=10\sim15$mm；

B——预留铅（铝）包的尺寸，一般取铅包外径 +60mm；

C——预留统包绝缘的尺寸，一般 3kV 及以下电缆 $C=25$mm；10kV 及 6kV $C=50$mm；

E——线芯包扎长度，由引出线芯长度而定，但 1kV 及以下至少 160mm；3kV 至少 210mm；6kV 至少 250mm；10kV 至少 350mm；

F——压接线鼻子的尺寸，一般 F = 线鼻子孔深 +5mm。

2. 剥切外护层

1）剥切外麻被层。油浸电缆通常最外层是麻被层，丈量好尺寸后，先在剥切处（一般在钢甲剥切处后面 150～200mm）打两道钢卡，间隔为钢甲带宽度。卡子通常都用电缆本身的钢甲带做成，采用咬口的方法，见图 11-39。钢卡子打好后，从电缆端部将麻被层用喷灯烘烤，当麻被层变软后（切记烘烤时间不能太长，温度不能过高），从端部将其按缠绕的反方向撕开露出钢甲至卡子处，然后用刀子将其从卡子根部割掉，下刀的方向应朝外，以免致伤电缆，见图 11-40。剥切前后见图 11-41。

2）剥切钢甲。根据剥切尺寸，在剥切钢甲处打一道钢卡，用锯刀沿钢卡外边将钢甲圆周锯出一环状

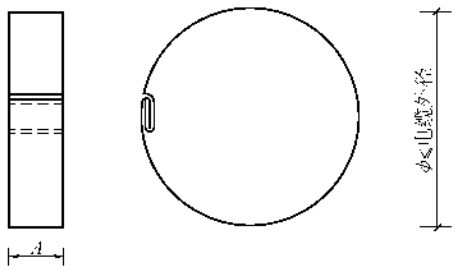


图 11-39　钢卡示意图

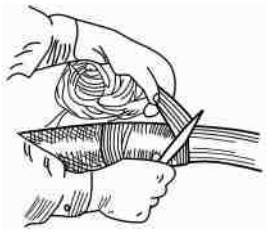


图 11-40　割除黄麻层的正确方法

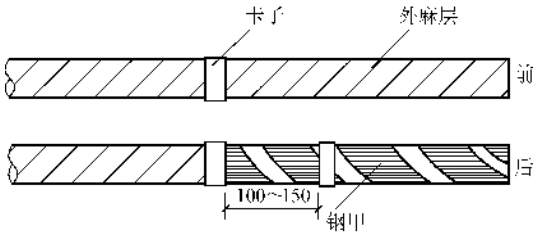


图 11-41　割除黄麻层前后的电缆端头

深痕，深度不大于钢甲厚度的 2/3，不得伤及铅包或铝包。沿钢甲缠绕的反方向将其撒开，露出黄麻内层。用尖嘴钳子叨住钢甲轻轻地撕下钢甲。用同样的方法剥去第二层钢甲。然后用小锉刀将钢甲切口修整成圆滑无毛刺状，但不得伤及铅包。锯切钢带见图 11-42。

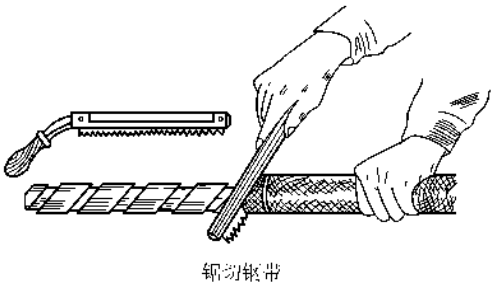


图 11-42　锯切钢带示意图

3）剥切黄麻内层。与剥切外麻被层方法相同，见图 11-40，剥切后露出铅包。剥切内麻层时，下刀方向必须向外，刀口不得伤及铅（铝）包，用喷灯烘烤时间绝对不能长，温度不得过高，以免烧坏铅包内的绝缘。

4）焊接接地线。接地线有两个焊点，一是与钢甲焊接，二是与铅包或铝包焊接。接地线一般用较细的多股裸铜线制成，呈辫子形，截面积不小于 $16mm^2$，长度按实际需要而定。

用蘸有汽油的棉丝将钢甲上的沥青擦干净，在同一个面上将两层钢甲用砂布或锉刀打磨出金属光泽，然后在两层钢甲上分别选两个点，涂上焊药，用电铬铁搪上一层焊锡，搪锡要快，最好用浸有凉水的抹布将两端敷好，以便散热。

将铜辫子的一端头置于铅包上，并在钢甲的焊点处，作好记号，见图 11-43，然后将记号处打磨露出金属光泽再镀锡，并将其光焊在钢甲上，焊点应饱满坚实可靠。用两道钢卡将接地线焊点以下部位与电缆扎住，见图 11-43。

地线与铅包（铝包）的焊接要特别注意，先将铅包的焊点处用新砂布轻轻打磨，露出金属光泽，然后用喷灯微微烘热并涂硬脂酸，同样用凉水抹布在烘烤的两端冷敷散热。

把铜辫子端撒开镀焊后分股撒开排列紧贴在铅包焊点上，并用 ϕ1mm 的镀锡裸铜线将其与铅包缠绕五圈扎紧。然后再用喷灯烘烤并涂硬脂酸，同时用喷灯火焰对着焊料，使其滴落在焊点上，并使其堆集压满铜辫子端头，当堆集面积超过 3 倍端头面积，厚度达 3mm 时，用喷对着堆集起来的焊料加热，使其变硬，并迅速涂抹硬脂酸，用干净白布将其抹光抹圆即可。整个过程都要用凉水抹布散热，并准备多块抹布轮换使用，切勿使热伤及线芯。

地线焊好冷却后，应用绝缘电阻表重新测试线芯对铅包的绝缘，应与焊接前相同，如有明显降低，则说明焊接使线芯绝缘受损，低于规定值时，应从焊点后割断重新焊接，重焊前必须摇测绝缘，以便前后对比。

焊点应符合以下要求：

① 截面积在 $70mm^2$ 以下为椭圆形焊点，长 15 ~20mm，宽 20mm，牢固可靠。

② 截面积在 $70mm^2$ 以上为环形焊点，除椭圆形焊点外，1.0mm 的扎线应全部与铅包焊接成环形焊点。

5）剥切铅包（铝包）护套。根据剥切尺寸，在铅包切断处沿圆周划出一环形标记，然后用刀子或细锯条将环形标记切割，其深度为 1/2 ~ 1/3 铅包（铝包）厚度，不得切透。同样从切口处顺着电缆的轴线在铅包上切两条直线，深度同上，间隔 10mm，一直

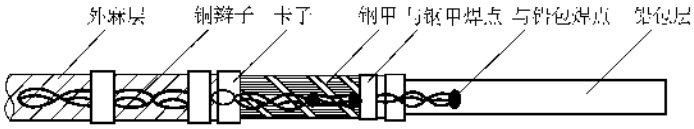


图 11-43 焊接接地线后的电缆端头

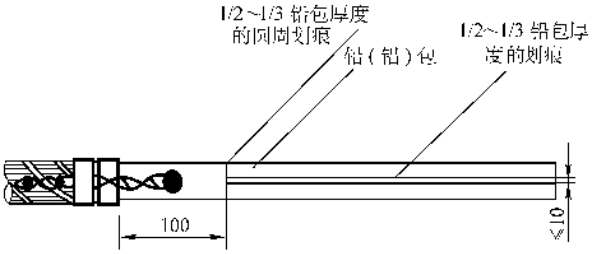


图 11-44 铅（铝）包剥切尺寸及划痕

到在电缆的端头。见图 11-44。

在电缆端头把两道深痕间的铅皮撬起，用钳子夹住轻轻将其撕下，当撕至环形深痕时，应将其慢慢折断，不得破坏该环形深痕。然后戴上干净白手套，再将整个铅包剥开，见图 11-45。

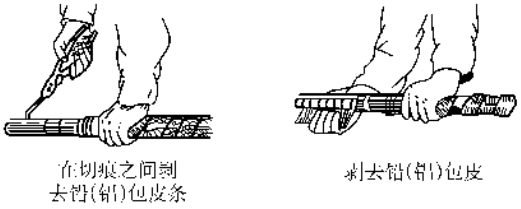


图 11-45 将铅（铝）包剥去的正确方法

6）胀喇叭口。剥去铅包后，应将铅包口处加工成喇叭口状，见图 11-46，一般用胀口器加工。胀口器是用硬木制成的不同规格的小工具，其圆弧口与电缆铅包圆弧相同，顶部呈斜坡状。操作时将其骑放在电缆统包绝缘上，斜坡对着铅包口，用木棰轻轻敲击尾部，以防胀裂及损伤绝缘，同时要沿着铅包口圆周依次轻击，缓缓将其胀开，然后再沿圆周轻击，将其胀成喇叭口状。喇叭口要圆滑无毛边，等距对称，胀好后应用新砂布或小锤轻轻修理，修理时工具不可伤击统包，且铅屑不要落入喇叭口内。喇叭口直径约为铅包直径的 1.2 倍，铅包较易胀口，铝包较硬，胀口困难，胀开即可。胀口是一项细致的工作，要特别小心，千万不得着急。

7）剥除统包绝缘纸。先加强喇叭口处的绝缘强度与机械强度，用聚氯乙烯带在喇叭处包缠 5～6 层并伸延到喇叭口内越深越好，一般应大于 5mm，铅包口上 20mm，并把喇叭口内填平。最后用 1～2 层塑料胶带粘好。见图 11-47。

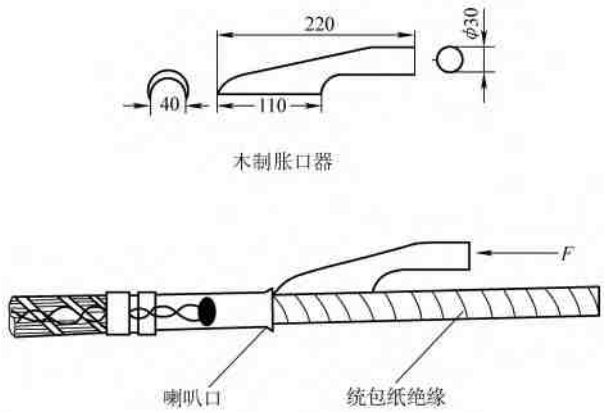


图 11-46 胀喇叭口及胀口器

将统包纸绝缘由上而下松开，沿聚氯乙烯绝缘加强层的边缘轻轻整齐地撕掉（不准用刀子切割），露出包有纸绝缘的线芯。如有半导体纸（一般为黑色）应在聚氯乙烯带前保留 20mm 宽一段不撕掉，并用绝缘带包扎两层，然后用尼龙绳扎紧。

3. 分开线芯，剥切填充物

带干净白手套，将线芯缓慢松开，露出填充物。分线芯时应用一手用力握住喇叭口处，虎口宜在喇叭口以上 30mm 处，另一手轻轻掰开线芯，要小心，不得用力过大，以免损坏绝缘线芯，弯曲半径应大于线芯直径的 10 倍。见图 11-48。然后将填充物从分开线芯的根部割去。通常可用剪子或刀子，但不得触及线芯绝缘。最后使线芯分开处呈山字形，见图 11-49。

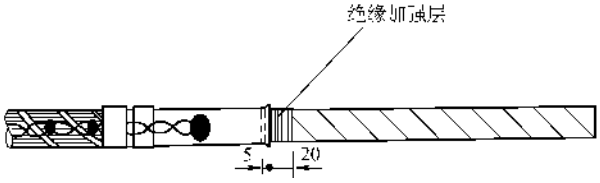


图 11-47　喇叭口处的绝缘加强层

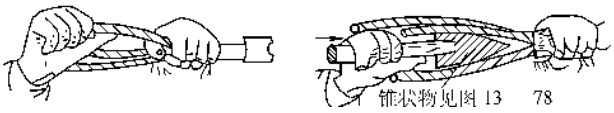


图 11-48　线芯的分开

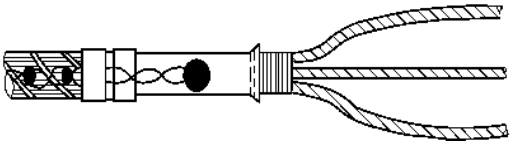


图 11-49　线芯分成山字形后的电缆端头

用干净棉丝或白布蘸汽油或纯工业酒精将线芯绝缘纸表面的电缆油擦干净，擦时应顺着绝缘纸的包缠方向，以免绝缘纸松散。

在线芯末端切除 F 长的绝缘纸，切除时不得伤及导体，最里面的应用手撕掉。一般作法是在剥切处，先用尼龙绳紧扎 2 ~ 3 圈，再把纸撕掉。

4. 包缠线芯绝缘

首先排潮，用壶将变压器油加热至 130℃ 以上，把搪瓷盘放在下面，从喇叭口处慢慢向线芯端部移动浇洒热油，可重复两次，把潮气排掉。

从线芯分叉的统包绝缘处开始，用聚氯乙烯带顺着纸绝缘的缠绕方向紧紧包缠 1 ~ 3 层，层数以能使橡胶管或塑料管较紧地套在上面为宜，并不使其与聚氯乙烯带之间有间隙，包缠用半搭盖式，即后一圈带子压前一圈带子宽一半。包缠应紧密、无折皱、均匀一致。包缠一直将端部的裸线芯包住，并暂时用尼龙绳扎紧。

5. 包缠喇叭口处绝缘

首先用上述方法将喇叭口处排潮，然后在线芯分叉口填以环氧—聚酰胺腻子或塞一正锥体的绝缘填充物，可用聚氯乙烯带扎制，见图 11-50。同时压入第一个风车，见图 11-51。风车和腻子或塞子应使分叉处无间隙。风车可用宽 10mm 的聚氯乙烯带制成。

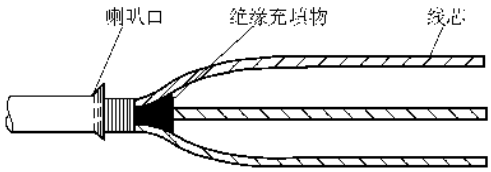


图 11-50　线芯分叉处填以绝缘物

将风车向下勒紧，风车带应均匀散开，摆平无皱，然后紧接用聚氯乙烯带包缠，使其凸起呈枣核形，见图 11-52。再压入第二个风车，带宽为 15 ~ 20mm，再包缠，就这样至少压入两个风车，总包缠应比聚氯乙烯手套内径稍大一些即可。最后将包缠带用胶带粘好，呈圆滑形。

6. 套聚氯乙烯手套

聚氯乙烯手套应选择与电缆规格型号对应的规格，先在线芯及风车包缠处沫一层中性凡士林，以便润滑，然后将线芯并住，使几根线芯同时插入手套手指内，并轻轻向下推，防止破损。直至推到线芯分叉处，并与包缠物贴紧，挤出内部气体。也可在分叉处上下各 100mm 范围内涂电缆胶加强绝缘。

由一人将手套根部与电缆捏紧，以防松脱，另一人用聚氯乙烯带从手指根部向上包缠，直到高出手指 20mm 为上。包缠时应使根部稍厚一点，然后逐渐减

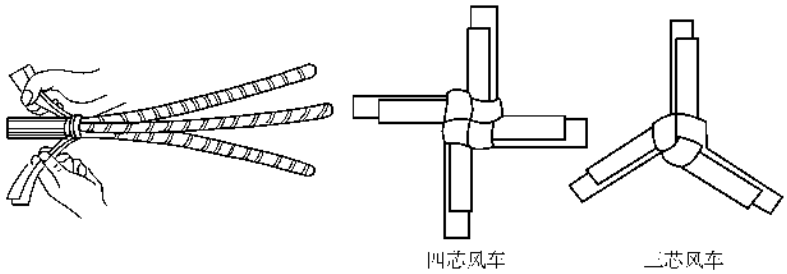


图 11-51 线芯分叉处压入第一个风车及分车示意图

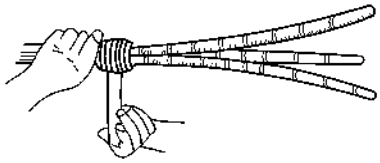


图 11-52 用聚氯乙烯带包缠线芯分叉处成枣核形

薄，使之成为锥状，最后用塑料胶带粘紧，见图 11-53。

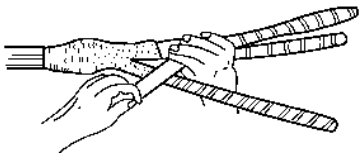


图 11-53 套入手套并用塑料带包缠

7. 在线芯上套塑料管

塑料管应选择质地优良的耐压塑料软管，其规格可按表 11-41 选择，其长度为线芯长度加 100mm，套入端剪成 45°的斜口，先将其浸在盘中的 100～120℃的变压器油中或在管内注入 100～120℃的变压器油将其预热，然后用尖嘴钳子夹住 45°斜口，另一端抬起对准线芯，一直套到手指根部，45°角的尖端朝外，同时捏住根部用手将管内的油尽量排出，最后将线芯端部的管翻边折回，露出铝（铜）线芯，长度为 F，准备压接线鼻子。

套塑料管时应注意线芯端部的导线芯，以免将塑料管捅破。

表 11-41 塑料管内径选择表

（单位：mm）

额定电压/kV	电缆线芯截面积/mm²													
	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
1	4	4	5	5	6	9	10	11	13	15	17	18	20	23
3		4	5	7	8	10	11	13	14	16	18	19	21	24
6～10						13	14	16	18	19	21	24	26	28

8. 压接线鼻子

选择与电缆截面积相应规格型号的线鼻子，先测量导线的插入深度，并在线芯上比试，套入线芯到底后应使线芯包缠的绝缘与其插入口的平面取齐，否则应将线芯锯掉一点或将包缠绝缘及原绝缘纸取掉一点，但不得伤及导线线芯。

用油压钳将线鼻子线压好，用绝缘物将压坑填平，并包扎三层塑料胶带粘牢，然后将翻边折回的塑料管再翻回去，必要时可在热油中预热一下。翻好后将多余的塑料管从线鼻子板与圆柱衔接部位割掉，割掉时不得伤及线鼻子，见图 11-54。

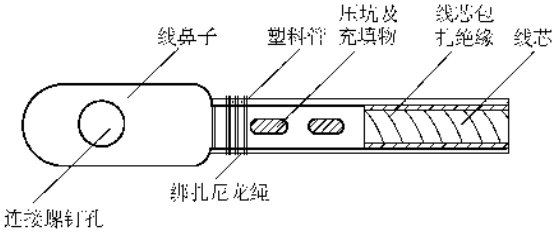


图 11-54 线鼻子的压接

9. 绑扎尼龙绳

绑扎尼龙绳有三个部位，塑料管与线芯分叉的根部、塑料管与线鼻子之间的圆柱部分和手套下口与铅包部分。上列次序即为绑扎次序。

绑扎时应先用塑料胶带包缠 2～3 层，然后用尼龙绳（直径 1.0～1.5mm 为宜）紧密缠好，尼龙绳要用力拉紧，以防电缆油溢出。绑扎长度一般为 15～25mm，以绑扎处的直径而定。绑扎尼龙绳见图 11-55。绑扎手套下口处应将内部气体排出。

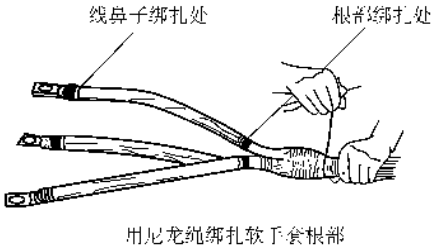


图 11-55 用尼龙绳绑扎的正确方法

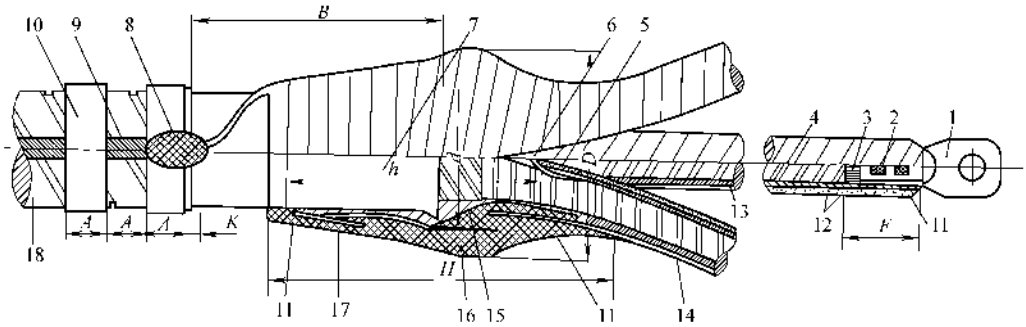


图 11-56　干包电缆头结构示意图

1—线鼻子　2—压坑内填以环氧-聚酰胺腻子（或聚氯乙烯带）　3—导电线芯　4—耐油橡胶管或聚氯乙烯管　5—线芯绝缘　6—环氧-聚酰胺腻子　7—铅（铝）包　8—接地线封头　9—接地线　10—电缆钢带卡子　11—尼龙绳绑扎　12—聚氯乙烯带　13—玻璃漆布带或黄蜡带加固层　14—相色塑料胶粘带　15—聚氯乙烯带内包层　16—聚氯乙烯带及玻璃漆布带或聚氯乙烯及黄蜡带外包层　17—聚氯乙烯软手套　18—电缆钢带

10. 包缠外绝缘层

用黄绿红三色聚氯乙烯带分别从分叉根部包缠线芯，采用半搭盖式，一直包到接线鼻子的圆柱部位并用同色塑料胶带粘牢。这里要注意，电缆两个端头的相序应一致。

用醇酸玻璃纤维带或黄蜡带包缠两层于手套处，然后再先后压入 3～4 个塑料风车，用力勒紧包缠严密，最后用塑料带包缠成型，见图 11-56，尺寸见表 11-42。

表 11-42　干包终端头结构尺寸表

A	电缆钢带卡子及卡子间尺寸	A = 电缆本身钢带宽度
K	焊接地线位置	K = 10～15mm
B	预留铅（铝）包尺寸	B = 电缆铅包直径 + 60mm
d	内包层最大直径	d = 电缆铅包直径 +（8～12）mm
h	内包层高度	1～3kV，$h = D + 50$mm
D	外包层最大直径	1～3kV，D = 电缆铅包直径 + 25mm
H	外包层高度	1～3kV，$H = D + 90$mm
F	线芯纸绝缘剥切长度	F = 线鼻子孔深度 + 5mm

11. 试验

电缆头成型后应按前述要求进行绝缘电阻、耐压试验、泄漏电流的测试，应符合要求。不合格者应总结制作过程中的缺陷和经验，锯断后重新包扎。

上述试验可在套入手套前进行，如与剥切前相差太大或不合格，即可停止包缠，锯断重作。

三、室内环氧树脂电缆头的制作

1. 准备工作

1）选择外壳。选择合适的预制环氧树脂外壳，其外形见图 11-57，规格见表 11-43。如无合适的外壳，可用薄铁皮制成圆台形模具，尺寸可参照表 11-43 的数值，在内壁上涂一层脱模剂或用薄塑料板衬里，用时直接浇注即可。

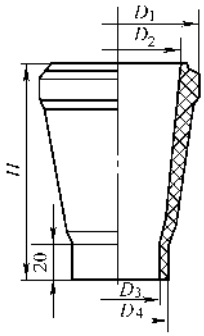


图 11-57　环氧树脂外壳示意图

表 11-43　环氧树脂电缆头外壳规格选用表

型号	电压/kV	适用电缆截面积/mm²	外壳尺寸/mm				
			H	D_1	D_2	D_3	D_4
1 号	四芯 1kV 以下	35～50	105	72	55	33	41
	三芯 1kV	35～70					
	三芯 3kV	25～50					
	三芯 6kV	25～35					
2 号	四芯 1kV 以下	70～120	115	86	68	43	51
	三芯 1kV	90～100					
	三芯 34kV	70～120					
	三芯 6kV	50～95					
	三芯 10kV	35～70					

（续）

型号	电压/kV	适用电缆截面积/mm²	外壳尺寸/mm				
			H	D_1	D_2	D_3	D_4
3 号	四芯 1kV 以下 三芯 1kV 三芯 34kV 三芯 6kV 三芯 10kV	105～185 185～240 150～240 120～185 95～150	120	100	82	53	62
4 号	三芯 6kV 三芯 10kV	240 185～240	130	110	90	63	72

2）配制环氧树脂复合物。环氧树脂复合物的配方很多，现介绍几种最常用的配方及配制方法，供参考。

① 预制环氧树脂电缆头外壳及套管用配方（重量比）

环氧树脂（6101 号） 100 份

磷苯二甲酸酐（将片状磨成粉末状） 40～45 份

石英粉（粒径为 0.06mm） 200 份

制作方法：

将环氧树脂在瓷质容器内加热到 120℃左右，然后加入石英粉，并搅拌均匀，同时加热到 140℃左右，再加入磷苯二甲酸酐，迅速搅拌均匀，要避免产生汽泡，待磷苯二甲酸酐完全溶解后，即可进行浇注。浇注时复合物的温度不宜超过 160℃，否则应继续搅拌，使其温度下降。配制时要加强通风，并戴防护镜、口罩和橡胶手套。

② 现场浇注电缆头用配方（重量比）

环氧树脂（6101 号） 100 份

聚酰胺树脂（651 号） 35～45 份

石英粉（粒径 0.06mm） 150～200 份

制作方法：

先将环氧树脂与干燥的石英粉放入料锅内加热，同时用玻璃捧搅拌，待粘度均匀后，可停止加热，继续搅拌，温度降到规定值时（冬天为 80℃，夏天为 70℃），再倒入 651 号树脂，即开始迅速搅拌，同时要用玻璃棒搅动锅壁，使锅壁上的环氧树脂与硬化剂（651 号）均匀混合。当锅面上见不到硬化剂且锅内复合物稀稠程度均匀一致时，即可停止搅拌，一般应在 2～3min 内搅拌完毕，即可使用。

③ 刷线芯用环氧树脂涂料配方（重量比）

环氧树脂（6101 号） 100 份

聚酰胺树脂（651 号） 35～40 份

配制方法：

先将环氧树脂倒入锅内加热（冬天加热不超过 40～50℃，夏天可不必加热），然后加入 651 号硬化剂，并迅速搅拌均匀即可使用。

④ 脱模剂。预制环氧树脂电缆头外壳和套管要用硅油、硅脂和硅橡胶等耐高温的脱模剂。

现场浇注成型电缆头一般用塑料板衬在模具里，或用过氯乙烯漆。

这里要说明一点，各种树脂复合物配制好后，一般应在 20min 左右内使用完，否则会硬化。因此配制工作和其他准备工作是同步进行的，配制好后立即使用。

3）确定剥切尺寸、剥切外护层、焊接地线、去潮、分开线芯已缠线芯绝缘、基本同干包电缆头 1～4 点，但还应做到以下几点：

① 将喇叭口下 30～40mm 一段铅（铝）管用木锉打毛，并呈现金属光泽，粗糙而干净。

② 将喇叭口向上 30～40mm 一段统包绝缘纸上、用新白布带临时包扎 3～4 层，防止分芯时受伤。

③ 整个操作应戴新白布手套，保证线芯的干净，同时用蘸汽油的干净白布将电缆油擦干净。

④ 把预制电缆头外壳内壁用汽油白布擦干净，套在电缆上，并用干净棉丝先塞满，以防易物落入。

2. 套耐油橡胶管

耐油橡胶管一般采用丁腈或氯丁橡胶加工成薄壁管，壁厚 1.5mm，耐油，绝缘性能好，且易与环氧树脂粘合，可按表 11-44 选择。

表 11-44 耐油橡胶管内径选择表

（单位：mm）

额定电压/kV	电缆线芯截面积/mm²									
	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
1～3	9	9	11	11	13	15	17	19	21	23
6～10	11	11	13	15	17	19	21	23	25	27

套管的方法基本同前，但应用木锉将管壁打毛，特别是两端。套入时可在线芯上涂一些中性凡士林或在热油中蘸一下。套时用力要稳准，以免折弯线芯。一般套到距线芯根部 30mm 处即可。套好后将线芯端部折边翻起，准备压线鼻子，同时应将线芯根部用干净白布盖好。

3. 压接线鼻子

方法同前，但要将鼻子的管形部分用锯条或锉刀打毛，锉纹应互相交叉，杂乱无章，即干净又粗糙即可。压坑用蘸有树脂的无碱玻璃丝带填满，随即用塑料胶带包缠一层，然后将胶管翻下，并将多余部分从管板连接处割掉。

4. 涂刷线芯

1）将统包和铅包上的临时包带拆掉。在喇叭口上5mm处扎2～5圈尼龙绳，将半导体屏蔽纸整齐撕掉，如统包绝缘纸上有半导体纸屑，则应将统包纸撕掉。然后在统包处及线芯上分别包缠一层无碱玻璃丝带，包缠前应用热油在线芯根部除潮。

2）将线芯刷一层环氧树脂涂料，随即用干燥的无碱玻璃丝带包缠线芯并随包随涂，共两层，包缠仍用搭盖法，涂料应涂在丝带的内侧，包完后在其表面上再均匀地涂一层涂料。胶管的两端必须缠紧并多涂些树脂。

5. 压风车

用聚氯乙烯带做成10mm宽风车蘸上树脂涂料，压入线芯分叉处，置平压紧，然后用无碱玻璃丝带缠紧风车与喇叭口相交的结合处，且边缠边涂树脂。风车可压2～3个，并在三叉口内填满涂料，见图11-58，并伸至喇叭口以下30mm处，涂包2～3层。最后在无碱玻璃丝带外面再均匀刷一层树脂涂料。

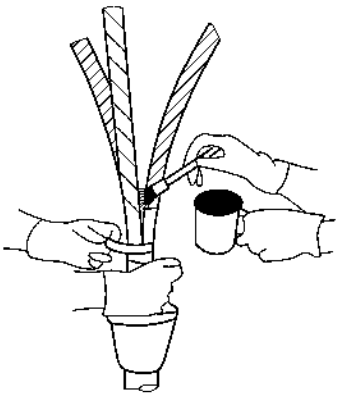


图11-58　三叉口内填满涂料

从线鼻子的管与板结合处往下仔细检查有无漏刷或少刷之处，并补刷齐，特别是线端、三叉口及喇叭口以下三个部位。

6. 套入树脂外壳并浇注树脂

1）将套在电缆上的外壳内棉丝取掉，并用干净汽油白布擦净。将其移至喇叭口上处，然后用塑料带在喇叭口下30mm处重叠包缠，使其直径为外壳下口口径。再将外壳下口移至包缠处，并用塑料带将下口与其扎紧，这样可把外壳固定在电缆上。

2）调整线芯位置，使线芯与在壳内对称排列，线芯与外壳壁相距3～5mm，并用干净支架支好使其不动。然后在外壳上部接一盏红外线灯泡，加速涂包层硬化并加热外壳，见图11-59。

3）当线芯上的涂包层硬化后，即可将配制好的环氧树脂复合物注入外壳内。浇注应从正中央流入，

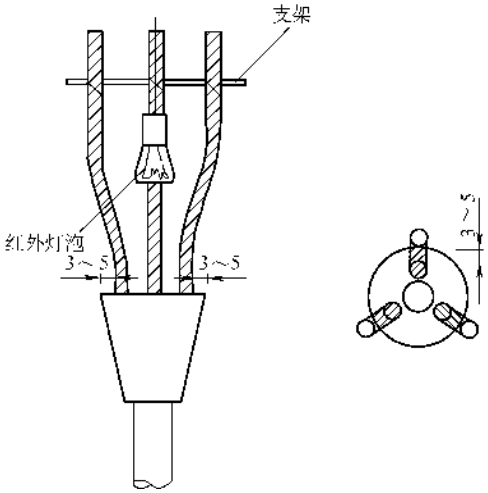


图11-59　用红外线灯泡加热外壳

并使复合物形成一股细流缓慢流入，这样可将气体排出，不致于形成气孔，一直到与外壳上口平为止。

7. 包缠外护加强层

浇注的复合物固化以后，即可包缠线芯的外护加强层，通常用黄蜡绸从外壳复合物平面出线处包缠到线鼻子圆柱包缠两层，然后包缠一层相包（黄绿红）塑料带，最外包一层透明聚氯乙烯胶带，做好的电缆头见图11-60。

8. 试验

同上。

最后补充说明两点：一是如果使用自粘性耐油橡胶带包缠线芯及风车，即可将前述的涂刷线芯和包缠涂刷工艺省掉，直接用其代替，包缠的层数与前述相同即可。自粘性橡胶带是以丁基橡胶和聚异丁烯为基质的带子，使用时可将其拉伸长一倍包缠，经过一段时间后能紧密地自成一体，并能依靠本体的收缩紧紧地与橡胶管、铅包、塑料带等材料粘结起来，起到防水密封、堵油的作用，简化了工艺，并改善了劳动条件。

二是使用环氧树脂冷浇注剂进行浇注、简化了配制过程。冷浇注剂由环氧树脂、稀释剂、增塑剂、充填剂混合而成的复合物并和固化剂装于同一袋子中，与固化剂之间用金属夹子和塑料袋分装隔开。使用时先将复合物揉搓均匀，然后抽掉夹子，让两边的剂料流在一起，继续均匀揉搓约10min，待其颜色基本一致，并有微热发出，即可剪去袋子的一角，将袋内的环氧树脂复合浇注剂缓慢细流地浇入外壳体内即可。在常温下，30～50min即可固化。

环氧树脂冷浇注剂，使用方便，性能良好，市场上供应的冷浇注剂适合在环境温度15℃以上使用，

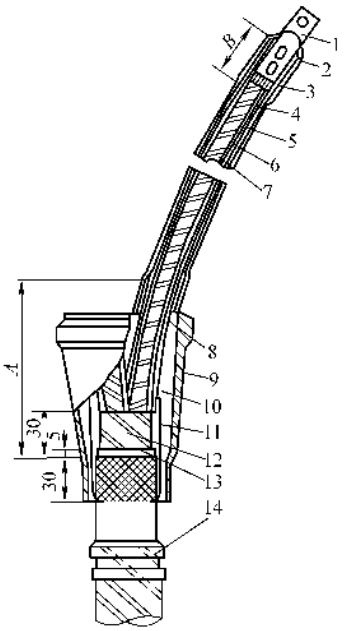


图 11-60　室内环氧树脂电缆头结构示意图

1—线鼻子　2—线鼻子端堵油涂包层　3—相色带和透明聚氯乙烯带　4—黄蜡带　5—耐油橡胶管　6—黄蜡绸带　7—线芯绝缘　8—线芯及出线口堵油涂包层　9—预制环氧树脂外壳　10—环氧树脂复合物　11—统包三叉口及铅（铝）包堵油涂包层　12—统包绝缘　13—半导体屏蔽纸　14—接地线第一道卡子　*A*—外壳高度　*B*—线鼻子接管长度 +10mm

当低于 15℃时，要适当加热浇注。

四、室外环氧树脂电缆头的制作

1. 准备工作

1）室外电缆头一般安装在电杆上，因此要在电缆头安装处搭设作业平台，用帆布搭棚，以防水滴灰尘落入，并将 220V 电源引入，设临时灯和电炉子。另外要将电缆引至棚内，沿杆的电缆应用抱箍卡子与杆固定牢固，地平 2m 标高处要穿管保护，见图 11-61。若采用地面作业，也应搭设工棚，并保证电缆头往杆上安装时，不得使其受到外力。

2）选择外壳。选择合适的外壳，外壳由三部分组成，即底壳、壳盖和套管，见图 11-62，其规格型号应与电缆规格相符，并经外观检查全部合格，件与件之间配套。

3）选择线芯引出金具及附件。金具由铝接管、铜接线柱及防雨帽组成，铝接管是与线芯压接的，铜接线柱拧在铝接管上将其引出套管，防雨帽拧在铜接线上可密封及防雨，结构见图 11-63，其规格尺寸见表 11-45。其规格应与电缆相符，并检查外观，且螺

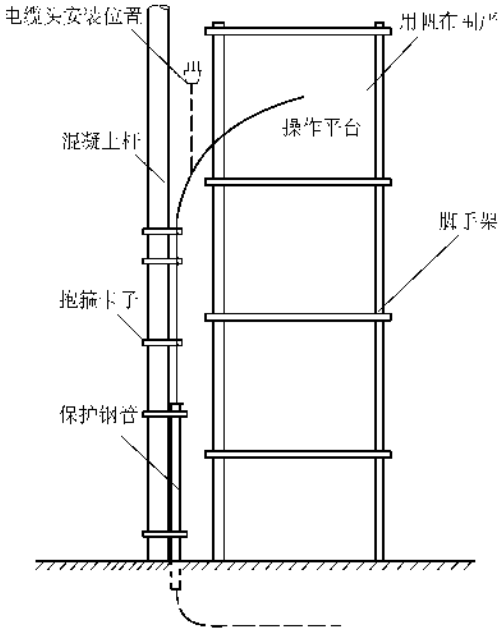


图 11-61　室外制作电缆头脚手架示意图

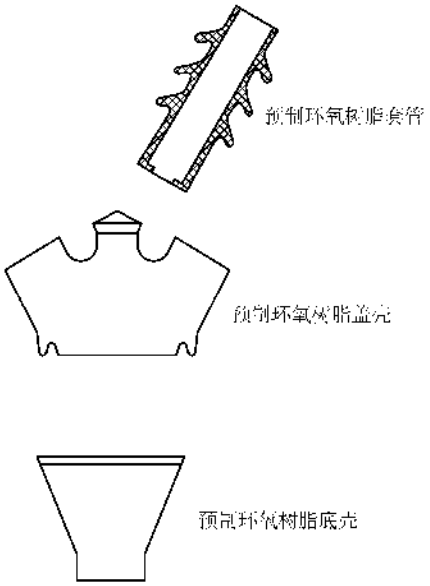


图 11-62　外壳的组成

纹之间应配合紧密牢固合适，检查时必须试拧配套。另外耐油橡胶垫圈应与金具配套。

4）确定电缆剥切尺寸，见图 11-64，并进行剥切，方法同前。图中 *E* 为从壳底下口沿壳内表面量至套管上口的长度，再减去铅包伸入壳内的 30mm 及出线梗与铝接管的整体压接长度。其中 *A* 和 *F* 同图 11-38。

5）配制环氧树脂注剂

环氧树脂（6010 号）	100 份
三乙烯四胺	11～13 份
石英粉	100～200 份

配制方法同室内预制电缆头注剂。

6）配制环氧树脂腻子。可自制或购成品，由环氧树脂、三乙烯四胺（或聚酰胺树脂）分别加入石英粉或滑石粉制成的油灰状塑料泥，使用时取等量揉均匀后即可使用，能在室温下固化。

2. 线芯套耐油胶管

上端至线芯绝缘，下端至分叉处以上 10mm，且两端 30mm 段用木锉打毛，露出金属光泽。

3. 喇叭口以下 30mm 段用木锉打毛，并露出金属光泽

4. 包缠

将铝接管与铜线柱拧紧，然后在线芯端部压接，胶管应和铝接管连住。然后用无碱玻璃丝带刷以树脂涂料包缠，或用自粘性耐油橡胶带包缠 2～3 层，作为线芯堵油层。包缠前用热油除潮。

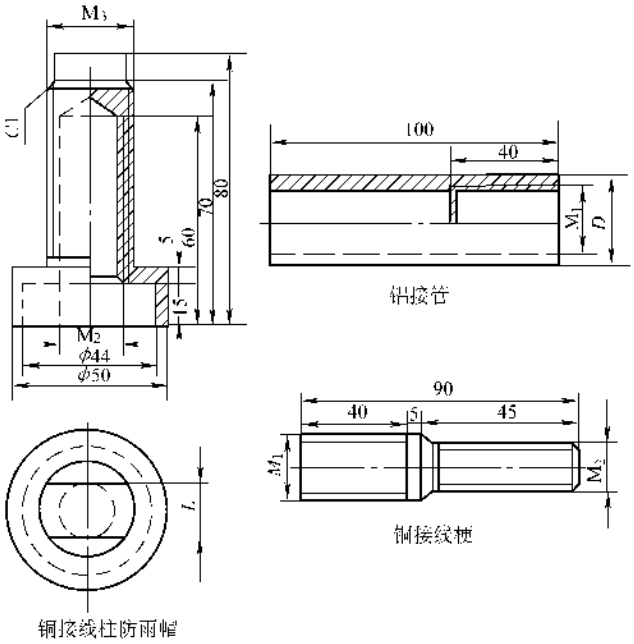


图 11-63　室外电缆头金具零件图

表 11-45　室外电缆头金具尺寸表

金具尺寸代号	适用截面 /mm²								
	25	35	50	70	95	120	150	185	240
D	12	14	16	18	21	23	25	27	31
M_1	6.8	8.0	9.6	11.6	13.6	15.0	16.6	18.6	21.0
M_2	5	6	7	9	10	12	14	16	18
M_3	15	16	17	19	20	22	24	26	28
L	8	8	9	10	10	10	12	12	12

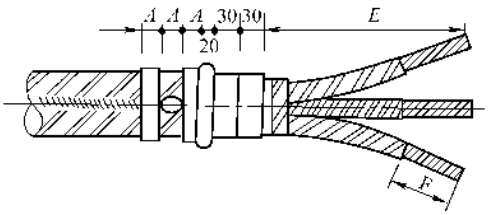


图 11-64　室外环氧树脂电缆头剥切尺寸

5. 用 4 中同样方法包缠喇叭口上下各 30mm，4～5 层

6. 封口

装入底壳、盖上盖，并穿入套管，接缝处用塑料带包缠或用树脂腻子封口。这时应将其与杆固定好，见图 11-61。

7. 浇注

检查无误，即可以盖顶浇注孔注入复合物，注满后将盖儿盖好，再从套管上口补注，注满后盖上耐油垫，再将接线柱防雨帽先戴好，先不拧紧。待复合物硬化后，拆去临时包缠的塑料，再将防雨帽拧紧。组装好的电缆头见图 11-65。

8. 试验同前

9. 固定

将与杆或安装支架上的螺母拧紧，并用抱箍卡子将电缆与杆固定好，不得使电缆头及与电缆衔接处受

力，并且电缆呈圆滑弯引下，见图 11-66。

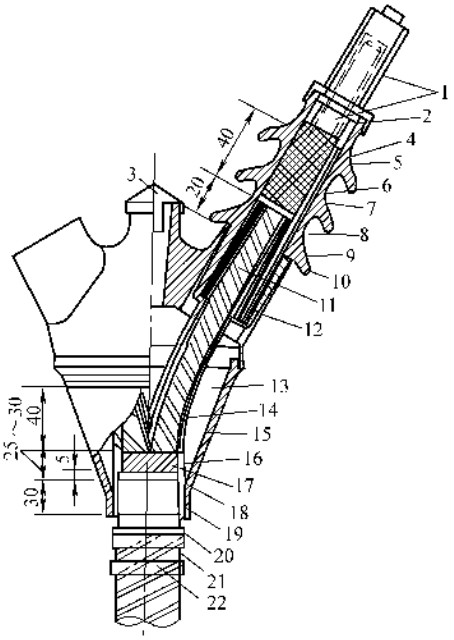


图 11-65 室外树脂电缆头结构示意图

1—铜铝线接梗及接线柱防雨帽 2—耐油橡胶垫圈 3—浇注孔防雨帽 4—预制环氧套管 5—接管打毛 6—出线接管处堵油涂包层 7—接管压坑 8—耐油橡胶管 9—接管处环氧腻子密封层 10—黄蜡绸带 11—电缆线芯 12—预制环氧树脂盖壳 13—环氧树脂复合物 14—线芯堵油涂包层 15—预制环氧底壳 16—统包，三叉口及铅（铝）包处的堵油涂包层 17—统包绝缘 18—喇叭口 19—半导体屏蔽纸 20—铅（铝）包打毛 21—第一道接地卡子 22—第二道接地卡子

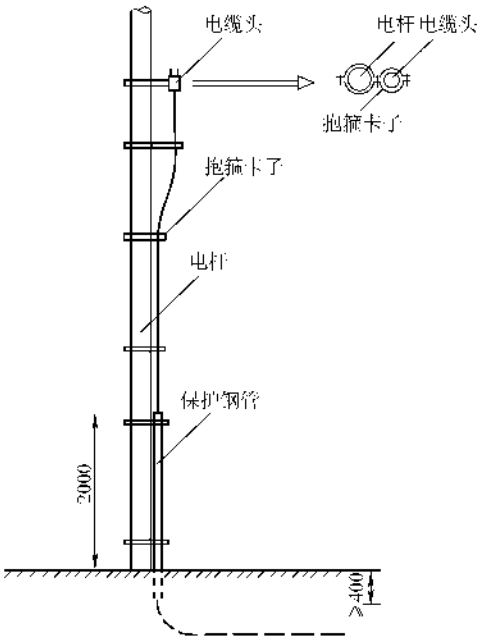


图 11-66 安装好的室外树脂电缆头

五、室外生铁盒（WD 系列）电缆头的制作

1. 准备工作

1）搭设作业平台及布棚同四。

2）选择生铁外壳。根据电缆规格型号选择外壳，本品适用于 1 ~ 10kV 三芯或四芯、截面积为 16 ~ 240mm² 的铜芯或铝芯油浸纸绝缘（铅包或铝包）、橡皮塑料绝缘电缆。有铸铁及耐腐铸铝合金两种，外形见图 11-67。随之配套供应的有铜螺栓。技术数据见表 11-46。

3）确定剥切尺寸、剥切、焊地线、胀喇叭口、包缠线芯绝缘、排潮、包缠喇叭口处绝缘并压风车、套聚氯乙烯手套及扎结喇叭口处呈椭圆形等同干包电缆头制作。

2. 压接铜螺栓

基本同压接线鼻子、见示意图 11-68。

3. 把电缆及压接好铜螺栓的线芯，进行第二次排潮

按要求标高将电缆头外壳用抱箍及构架装在电杆上，并用砂布将壳体与壳盖接合面打磨出金属光泽，将橡皮垫垫好，见示意图 11-69。

4. 将电缆穿入壳内

将电缆及线芯从下口慢慢穿入壳内，并依次穿入壳盖上的瓷套管、相序要核对，要套上橡皮垫圈，再从瓷套管卡箍中缓缓引入接线铜螺栓，三线芯要一并进行，以免不齐而挤伤线芯，全找齐找正后，可把盖的螺栓稍紧一下。把三个接线螺栓伸出部分经测量一致后，即把盖的螺栓紧紧。用手轻轻从进线口处拉动电缆，使其壳内线芯伸展。

5. 铅封进线口

铅封时间不宜太长，一般应在 15min 内完成，截面积在 70mm² 以下电缆封铅长度为 70mm；截面积在 70mm² 以上电缆封铅长度为 160mm。封铅直径为电缆直径加 15mm，封铅位置应以进线口平面为中心，上下各半。

竖直封铅一般应用两只喷灯，一只加热铅包，并涂以硬脂酸；一只加热铅封料（铅锡合金）并使其熔滴在涂有硬脂酸的白布上，并不时地在铅包上涂沫，使其增厚，最后呈长球状。外形应美观、牢固，不得有砂眼、裂痕，表面光滑无毛刺。

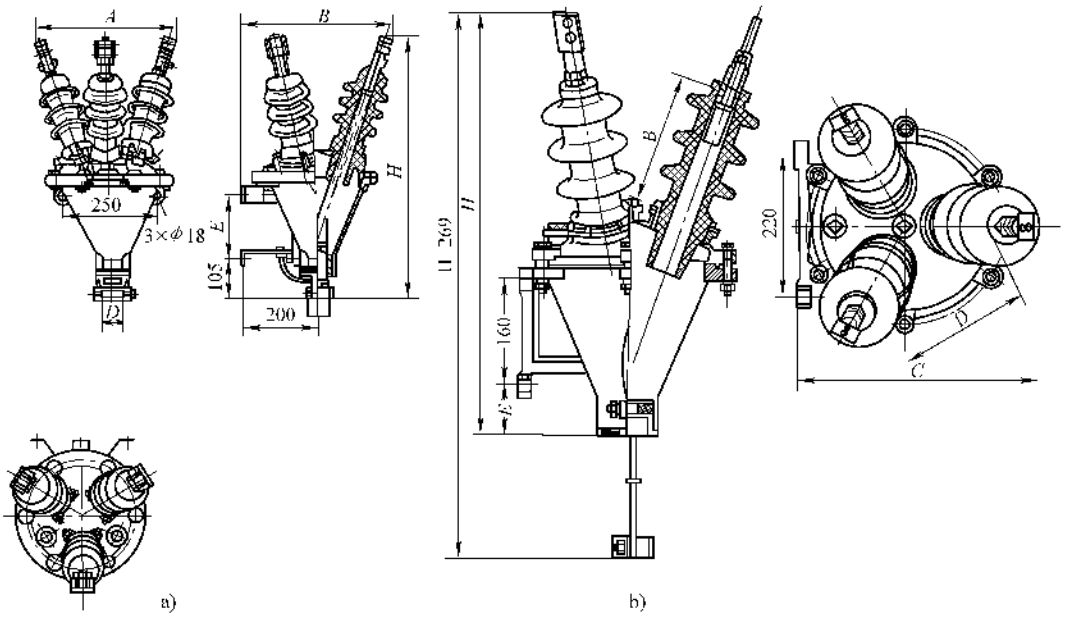


图 11-67　WD 系列电缆终端盒外形尺寸

a）WD 系列电缆终端盒外形尺寸（长沙）　b）WD 系列电缆终端盒外形尺寸（武汉）

表 11-46　WD 系列电缆终端盒技术数据

型　号	额定电压 /kV	适用的截面积 /mm²	图　号	尺　寸　/mm						产地
				A	*B*	*C*	*D*	*E*	*H*	
WD-141 WD-142 WD-143	1	16～25 35～95 120～185	图 11-59a	345	350	— — —	50 50 65	125 125 173	580 595 635	长沙
WD-131 WD-132 WD-133	1	25～35 50～120 150～240		345	396	— — —	50 50 65	125 125 173	585 600 640	
WD-232	6 10	10～70 16～50		388	420	—	50	125	670	
WD-233	6 10	95～185 70～150		388	420	—	65	173	710	
WD-234	6 10	240 185～240		388	420	— —	65	173	725	
WD-141 WD-142	1	4～95 120～185	图 11-59b	— —	>150	316	≥130	59 89	588 622	武汉
WD-131 WD-132	1	4～95 120～240		— —	>150	359 360	≥180	59 89	588 622	
WD-231 WD-232	6～10	10～95 120～240		— —	>190	369 371	≥210	59 89	630 644	

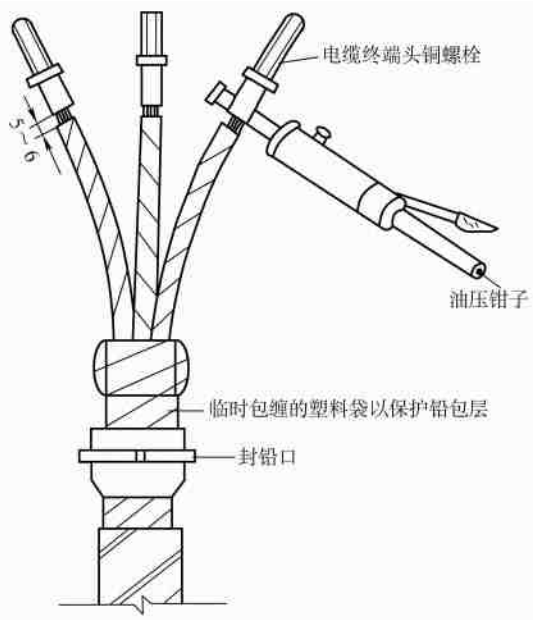


图 11-68 压接铜螺栓示意图

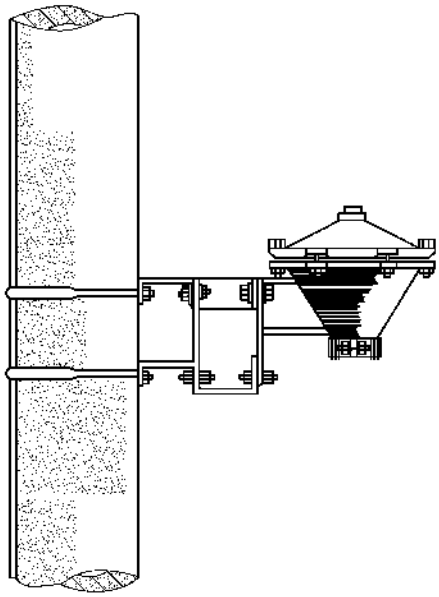


图 11-69 将电缆生铁盒固定在杆上

6. 浇注绝缘胶

先将绝缘胶在壶内加热，温度由其牌号而定，通常沥青绝缘胶加热温度为 165 ~ 185℃，加热过程中要不停地搅拌，使其加热均匀，以免焦糊。同时用喷灯对生铁盒外壳预热到 60 ~ 70℃，预热时不得烤及套管和进线口，以免损坏绝缘。

在灌胶孔上装一长颈漏斗，在排气孔装一排气管（下部套有与孔螺纹一致的丝扣），它们都应高于套管瓷绝缘子，以免溢出。同时在漏斗上放一只细筛子或一层钢网，以便过滤绝缘胶。灌胶前必须将两孔的塞子及胶垫准备好，并检查其螺纹和平整是否合适。当温度达到加热温度时即可灌胶，见图 11-70。

灌胶一般分三次进行，第一次灌至套管的下口，当灌入的胶冷却到 60℃左右时，再灌第二次，一直灌到套管的上口，但不得溢出，应从套管顶出线孔随时观察。最后一次则是等灌入的胶全部冷却（20℃以下）再灌注，补充冷却的收缩量，同样不得溢出，应正好不溢出为止。灌胶缓慢，准确，不得洒在外边。

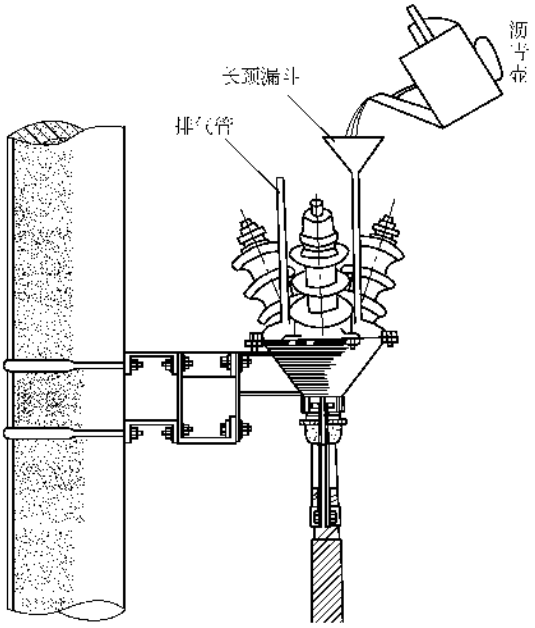


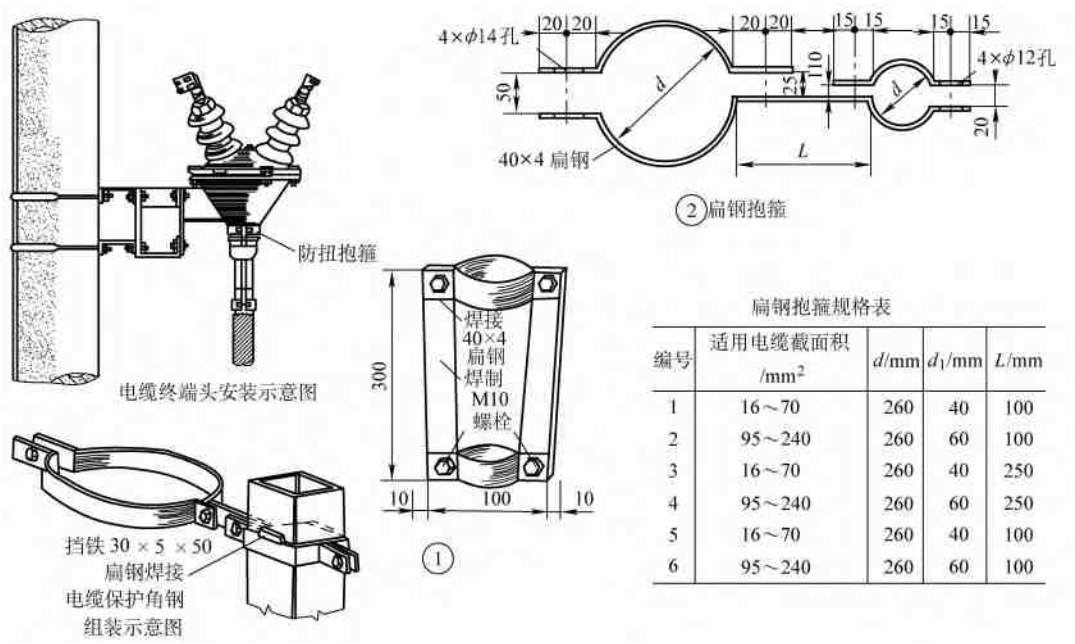
图 11-70 浇注绝缘胶示意图

灌好后应随即将漏斗、排气管卸下，将两孔塞子、垫圈及套管的垫圈、密封盖、铜螺母上好拧紧。拧紧时应用力均匀准确，特别是套管螺母，应用两把扳手一正一反紧固，不得使线芯有丝毫的扭动及歪曲，否则要影响绝缘和制作质量。最后再将壳盖、进线口及固定电缆头的螺栓紧固一次。检查无误后，在外壳刷两道防腐漆。

7. 试验同前，必须符合要求。

8. 检查电缆头

检查生铁电缆头在杆上的安装有无不妥，除所有的紧固螺栓外，铁头应与线路方向对应，进线口处的电缆必须至少有 800mm 的直线段再转入电杆的固定点，且弯曲半径应符合要求，见图 11-66。必要时应装设防扭抱箍或保护角钢，见图 11-71。把直线段和铁头盒进线口处连接并固定在一起，其加工制作尺寸应与电缆规格相等。生铁盒电缆头的制作和安装可参考图 11-61，安装示意见图 11-72。



扁钢抱箍规格表

编号	适用电缆截面积 /mm²	d/mm	d_1/mm	L/mm
1	16～70	260	40	100
2	95～240	260	60	100
3	16～70	260	40	250
4	95～240	260	60	250
5	16～70	260	40	100
6	95～240	260	60	100

图 11-71　防扭抱箍或保护角钢安装示意图

六、6～35kV 交联电力电缆热缩型护套终端头的制作

电缆终端头热缩制作工艺是近几年来世界流行的新工艺，使用的橡塑共混的高分子材料是一种新材料，具有受热收缩性能，绝缘、密封、防潮良好，耐油抗老化，制作工艺简单，安全易掌握且质量可靠。

该电缆头制作的关键是热缩材料的选择，目前除日本、丹麦、德国、荷兰等进口产品外，国内市场上也有国产产品。制作时应按生产厂家提供的热缩附件使用说明书进行，各厂家的材料使用方法不尽相同，这里要提醒读者注意。

1）按图 11-73 和表 11-47 中所列的最小尺寸，结合电缆与设备连接距离，剥切电缆外护层到所取尺寸。在外层护套上缠一圈封口粘胶带与切口（或喇叭口）取平；将护套内的铜屏蔽线从喇叭口（或切口）处向外折弯，并理顺绑扎，见图 11-74；并按接地线的方法辫好并压线鼻子；焊接接地线同前；排潮同前。同时将线芯轻轻从根部分开，见图 11-48。

表 11-47　电缆热缩电缆头剥切最小尺寸

电缆额定电压/kV	L/mm		K/mm
	室内	室外	
6 以下	250	300	由实际而定
10	300	400	
15	320	450	
20	350	500	
35	450	650	

2）从切口（或喇叭口）处起保留 85mm 长半导体屏蔽层，并用前述的扎线法将其余半导体屏蔽层撕净，然后用三氯乙烯或四氯化碳将线芯、三叉口、喇叭口或切口以下段的电缆油清除干净。在保留下的半导体外屏蔽层端部以上 10mm 段线芯绝缘层上缠一层聚氯乙烯带，然后在这 10mm 宽和半体导屏蔽层端部 5mm 宽处涂导电油、见图 11-75。油干后，拆去塑料带。若线芯绝缘层表面不光滑，应用电缆胶抹平。

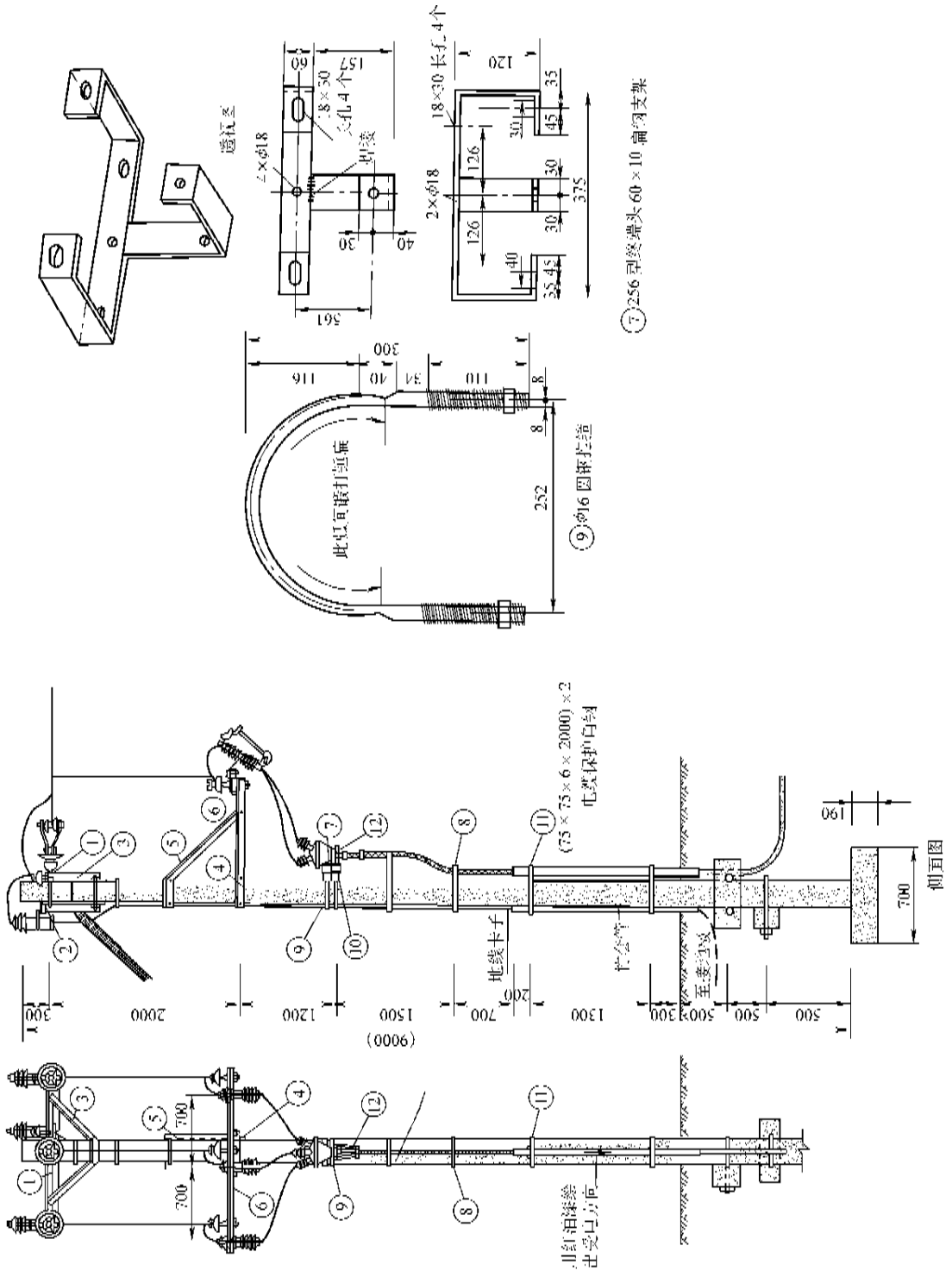


图 11-72 安装示意及附件加工图

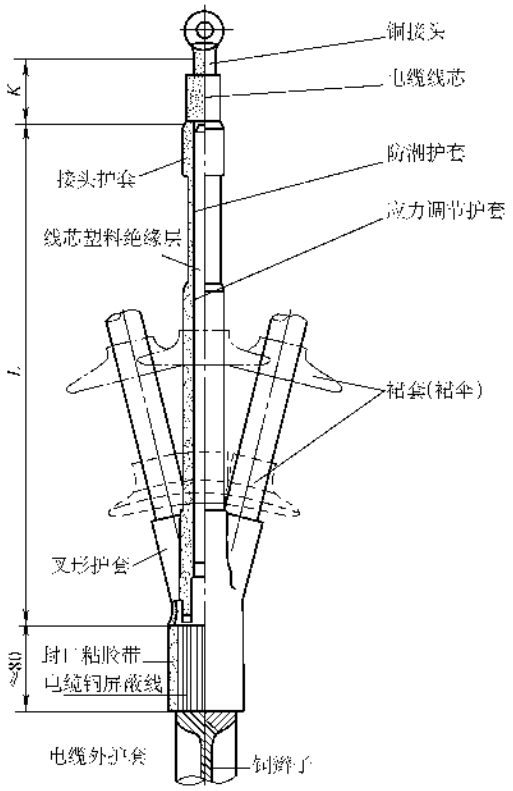


图 11-73　交联热缩电缆头结构示意图

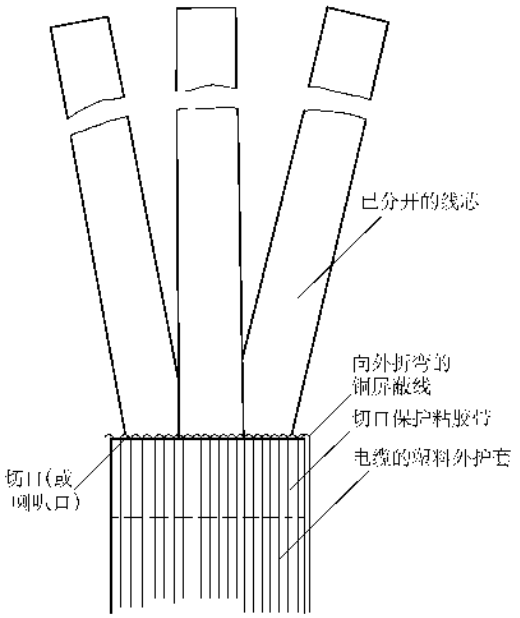


图 11-74　将护套内的铜屏蔽线折弯

3）将应力调节护套分别套在电缆芯线根部，见图 11-76，然后用喷灯逐根加热，直到完全缩紧。

若电缆垂直放置，则从套管下端开始加热，使之

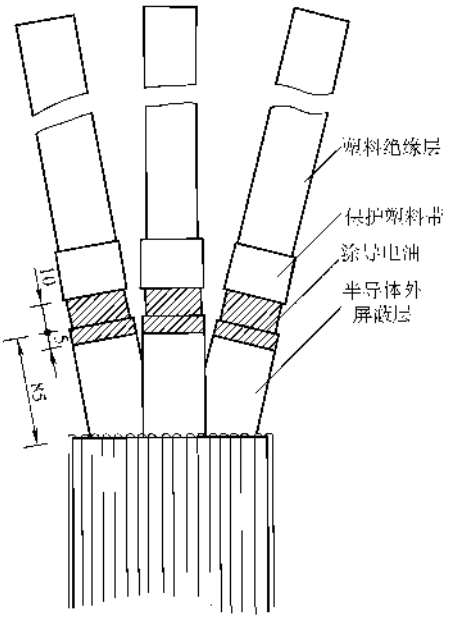


图 11-75　缠聚氯乙烯带并涂导电油

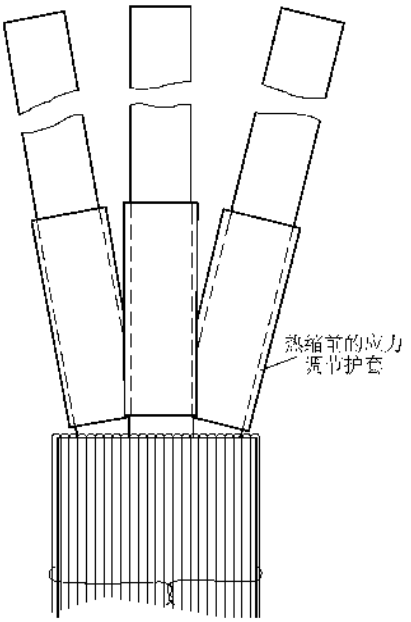


图 11-76　将应力护套套在电缆线芯上

从下向上逐步收缩；若水平放置，则从中部开始加热，使护套从中部到两端逐步收缩。加热时，喷灯除上下或左右移动外，还要绕护套作圆周运动加热，加热示意见图 11-77。若加热顺序不当，使之受热不均匀，会使护套收缩时空气排不尽而出现“鼓包”；若喷灯火焰距护套过近或停滞时间过长，会使护套受热过度而“焦糊”，这都是不允许的。

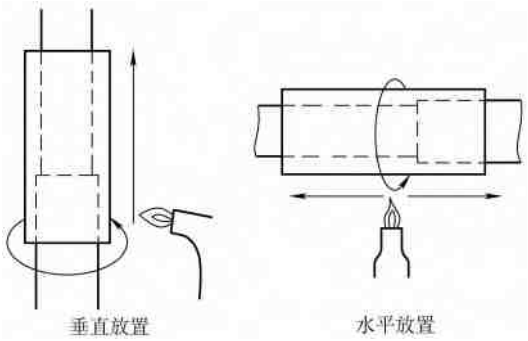


图 11-77 应力调节护套的热缩方法

加热宜用小号酒精喷灯，若用汽油喷灯，宜用 90 号熔剂汽油，火焰不宜太大，加热温度为 120℃左右，加热距离应在 100～200mm 范围内调节。

4）应力调节护套冷却至手温后，逐一套上防潮护套，其下端应完全覆盖应力套，上端至压接线鼻子处，见图 11-78，然后再用上述方法加热到紧缩。

5）防潮套冷却至手温后，将三叉护套套在线芯分叉处，并用力使之分叉根部与线芯分叉根部贴近挨紧，然后加热热缩，见图 11-79、图 11-80。

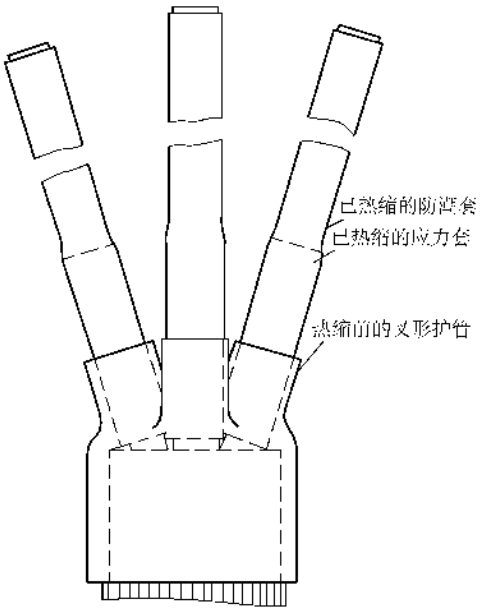


图 11-78 应力护套热缩后逐一套上防潮护套

先对护套分叉根部作环状加热，见图 11-80 中（1）；然后向下加热统包部分，并伴有环状加热，见图中（2）；最后再对线芯逐一加热，并伴有环状加热，见图中（3），方法要求基本同前。使护套从分叉根部到大统包，然后再到线芯逐一收缩。分叉根部极容易出现“鼓包”，从加热前勒紧外，要注意加热

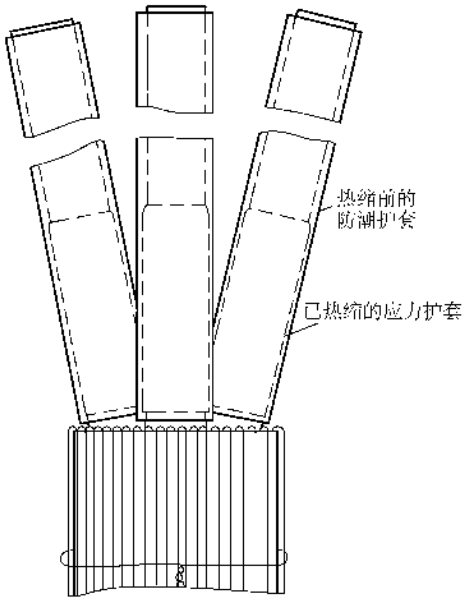


图 11-79 防潮护套热缩后，再套上三叉护套

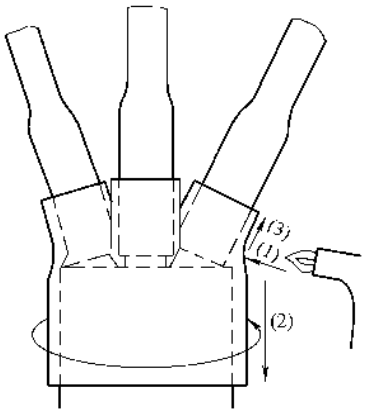


图 11-80 三叉护套的热缩方法

顺序、速度、距离、温度，宜慢禁快。

6）按上述方法压接铜（铝）接线鼻子，然后套上端子护套，此种护套已经模塑成形。热缩时，先预热线鼻子，然后再加热护套，使之从上到下紧缩，见图 11-81。

7）套上裙伞，用喷灯按图 11-82 进行加热。先用手托住裙伞，环形向下加热，使之热缩。单孔裙伞、三孔裙伞，热缩方法相同。

8）检查与试验。护套热缩应均匀紧密，表面清洁无污物，无划痕破损、无焦糊汽包。绝缘电阻、耐压试验及泄漏电流的试验同前。

热缩电缩头新工艺在制作过程中应注意以下几点：

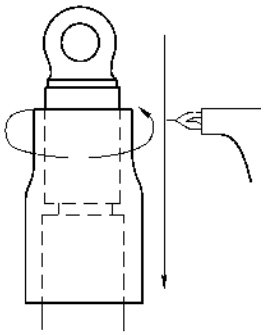


图 11-81　端子护套的热缩方法

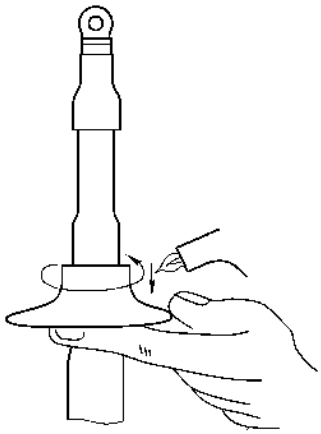


图 11-82　裙伞的热缩方法

1）操作前应洗净双手，戴上干净白手套，手套做它用后必须更换。

2）热缩前应做好充分准备、制作开始后，不得停顿。

3）加热要注意火候，适宜的火焰是热缩的关键，故应仔细观察，反复调节。柔和的黄色焰尖的蓝色火焰才宜于加热，铅笔尖状蓝色火焰和黄色火焰均不宜加热。前者温度过高，易烤焦护套；后者温度太低，且产生烟灰，影响热缩及绝缘性能。

4）火焰有否烟尘，除与火焰调节有关外，还与喷灯及燃料有关。一般应使用 0.5L 的小号喷灯 90 号溶剂汽油或纯工业酒精。

5）加热时应至少备用一只喷灯，并点火待用，一旦正在使用的喷灯出现故障或用尽燃料，另只可立即投入使用。

6）若护套被烤焦或出现汽鼓，应停止加热，等冷却后，小心剥除护套，并彻底清理有关部位，另套新护套再热缩。

7）护套在完全冷却前，不得拉伸或弯曲及移动电缆。

8）热缩时，应先阅读随护套携带的使用说明书，并按上面规定的环境、湿度、温度等条件热缩，不得随意更改。

热缩型电缆头适用于各种型号电缆，有无铠装、油浸纸绝缘、橡胶绝缘、塑料绝缘，室内、室外、电压高低等均可，是一种易于推广的先进工艺技术。现将热缩电缆头与干包电缆头从人工、费用作一比较，供读者参考，见表 11-48。现将热缩电缆头的有关数据列表供参考，见表 11-49 ~ 表 11-51。

表 11-48　交联电力电缆（铜芯）干包型与热缩型终端头制作人工及材料费对照表

（单位：个）

额定电压/kV	电缆截面积/mm^2	户内或户外	人工/工日		材料费/元	
			干包	热缩	干包	热缩
10	120	户内	1.55	0.5	99.85	225
		户外	3.96	1	189.98	395
	240	户内	2	1	117.68	245
		户外	4.86	2	207.55	460
35	240（注）	户内	6	2	965.50	520
		户外	7.25	4	1087.24	700

注：定额中 35kV 干包电缆头不分截面积大小，只按个计入。

表 11-49　电缆头热缩管主要性能

名　称	抗张强度/MPa	伸长率（%）	介电强度/(kV/mm)	体积电阻/Ω·cm	阻燃性	耐油性	功　能　特　征　用　途
户外管	8.1	442		3.67×10^{14}			用于各种户外电缆头的外护管和雨裙，耐气候、抗污染
户内管	12.6	576	32	2×10^{16}	良	良	用于 10kV 及以下户内电缆头的外护管，阻燃、耐油

（续）

名　称	抗张强度/MPa	伸长率（%）	介电强度/(kV/mm)	体积电阻/Ω·cm	阻燃性	耐油性	功　能　特　征　用　途
绝缘隔油管	12.2	445	46.3	3.8×10^{16}		优	对于油浸纸绝缘电缆头内层用，绝缘，耐油起隔油作用
应力控制管	13.3	120	6.2	7×10^{10}	介电常数26		控制电场使其均匀，防止电缆头内产生电晕
低阻导电材料	14.2	324		5×10^{2}		优	配合多芯电缆的端部密封，低阻的要求是使应力管与地电位有一良好的电气接通
填充胶							橡塑类填充胶，填充在三芯或多芯电缆的线芯分支处，防止潮气入浸，耐油性能好

表 11-50　热缩电缆头外绝缘设计尺寸

电缆类型	纸绝缘电缆		交联聚氯乙烯绝缘电缆			
电压等级	10kV		10kV		35kV	
电缆头型式	户内	户外	户内	户外	户内	户外
最小对地距离/mm	350	550	300	350	750	750
雨裙个数		3		3	3	5
雨裙外径/mm		115		115	130	130
泄漏距离/mm	350	820	300	620	1050	1250
外护套管供应长度/mm	400	600	400	400	800	800

表 11-51　外护套管尺寸

（单位：mm）

规　　格	长　　度
ϕ1.0/0.4～ϕ8.0/3.0	长度不限
ϕ15/6	800
ϕ30/9	800
ϕ40/14	800
ϕ70/26	800
ϕ100/35	800
ϕ130/45	800
ϕ160/50	800

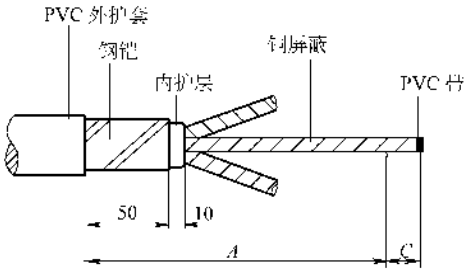
七、3～35kV 交联电力电缆冷缩型电缆头的制作

冷缩电缆头的制作是近几年电缆头制作的新工艺，冷缩是相对前述热缩而言的。

1. 剥切方法

制作环境和剥切方法基本同前，具体见图 11-83。

图中所示剥除 $A+C$ 长护套尺寸数据见右表，也可根据现场实际情况确定；C 为端子孔深加 5mm、留 50mm 钢铠，其余剥去。去除钢铠表面的氧化层或油漆，留 10mm 内护层，其余剥去。用 PVC 带包扎每相端头铜屏蔽，剥去填充物，三相分开，放入垫锥。



电缆规格/mm²	A/mm	
	户内	户外
50～300	870	1370
	870	1370

图 11-83　电缆头剥切尺寸

2. 安装地线

将编织地线分成三股，分别用小恒力弹簧固定在铜屏蔽上，用 PVC 带将恒力弹簧及地线绕包平整，在钢铠处用大恒力弹簧固定地线，用 PVC 带包好恒

力弹簧和钢铠（如双地线配置，则分别固定屏蔽地线和铠装地线，注意两编织地线请勿短接），用填充胶将分叉处绕包充实美观，最后用 PVC 带在填充胶外绕包一层，以避免填充胶粘连指套芯绳，见图 11-84。

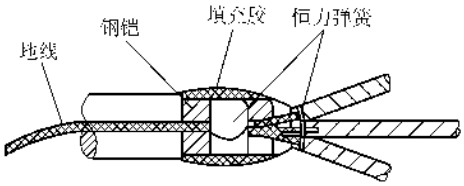


图 11-84　安装地线

3. 安装冷缩指套

清洁自电缆剥开处往下 50mm 的电缆外护套表面，将指套套至三芯电缆分叉根部，尽量下压，逆时针抽动芯绳，使之收缩，注意抽动芯绳时用力要均匀。用手向上卷起指套根部，清洁电缆外护套，缠绕密封胶条，然后将卷起部分翻回密封。缠密封胶条时编织地线铺平展开，在编织地线内外两面均缠绕密封胶条，见图 11-85。

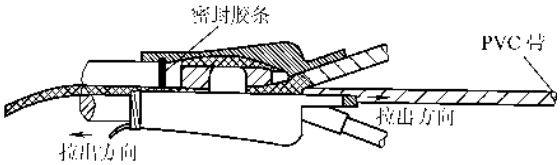


图 11-85　安装冷缩指套

4. 安装冷缩管

安装户外终端时，针对每一相电缆讲，先将第一根冷缩管套至线芯分叉根部，逆时针抽动芯绳，使之收缩。再收缩第二根冷缩管，使之与第一根冷缩搭接 50～80mm。用两样的方法，完成另两相的安装。

安装户内终端时，用同样的方法，每相电缆上只收缩一根冷缩管。

详见图 11-86。

5. 剥外半导电层

见图 11-87 所示尺寸，剥切铜屏蔽层（注意标好各线芯相位）、外半导电层。在主绝缘靠外半导电层一端包绕 PVC 带（用以避免砂纸打磨半导电层时磨伤主绝缘），外半导电层末端倒角并用砂纸将刀削棱角打磨平整，然后揭去主绝缘上的 PVC 带，在铜屏蔽与外半导电层断口处绕包两层半导电带，使其与外半导电层及主绝缘间平滑过渡。用清洁纸从主绝缘向外半导电层单向清洗，必要时用砂纸打磨，确保主绝缘上无导电颗粒，按照 C 长度切除各相绝缘。

6. 安装终端

见图 11-88，从外半导电层端部向下量取 70mm 确定安装限位线，待清洗剂挥发后，在主绝缘表面均匀涂抹硅脂膏，套入冷缩终端头至安装限位线，拉出芯绳，使其收缩。将接线端子插到位后压接牢固。

7. 密封防护

在终端顶部和接线端子压接处缠绕密封胶条，套入密封管与冷缩终端搭接 40mm，抽出芯绳，使其收缩。在密封管顶部与接线端子压接处再绕包几层 PVC 带，做进一步的密封处理。用相色带做好相色标记，整个接头安装完毕，见图 11-89。

8. 耐压试验

耐压试验同前。

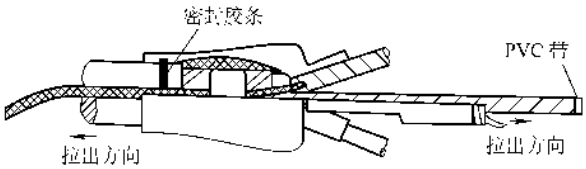


图 11-86　安装冷缩管

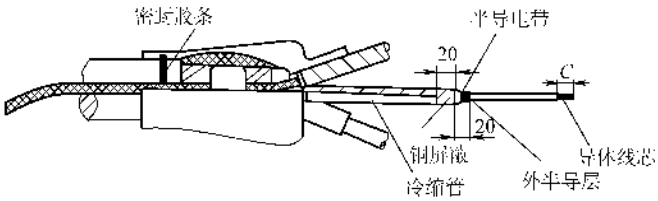


图 11-87　剥半导体电层

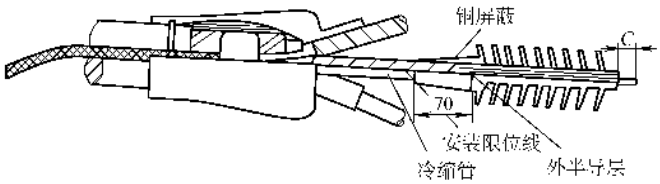


图 11-88 安装终端

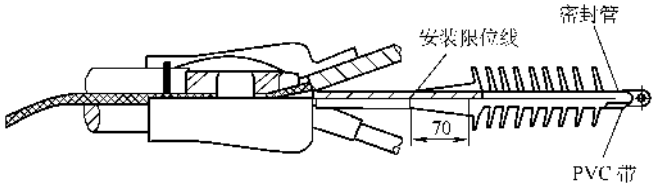


图 11-89 密封防护

八、电缆头的安装

1. 室内安装

电缆头安装一般有两种型式，一种为安装在柜内的电缆横梁上，一种为安装在墙上或支架上。

1）柜内安装通常用 Ω 形卡子固定在电缆横梁上，见图 11-90。

2）墙上安装通常用 Ω 形卡子固定在预埋件上，见图 11-91。由地引上部分的 2m 处应有钢管保护，电缆线芯应保持规定的对地距离。室内也有用保护管直接支撑电缆头的，见图 11-92。

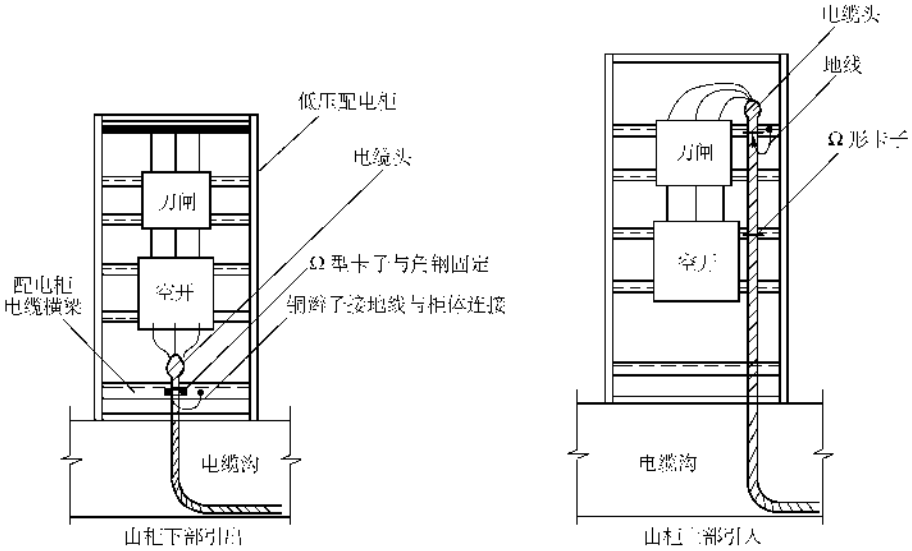


图 11-90 低压电缆头在低压柜内的安装

2. 室外安装

室外除了杆上安装以外（见图 11-66、图 11-72），还有在墙上、支架上等安装，型式与室内基本相同，但生铁盒电缆头得加强支架强度，一般是先将支架预埋在墙内或固定在构件上，见图 11-93。无论室内、室外、都必须将电缆的铜辫子接地线与地可靠连接。制作时，应根据与设备连接的距离决定每根线芯的长度。

九、各类电缆中间接头的制作

电缆中间接头是指将两根电缆连接成一根电缆或者由于敷设高差较大，导至低端漏油或胀裂，则把电缆油路隔断的中间堵油接头统称为中间接头。

电缆中间接头的种类很多，常用的有铅套管式和环氧树脂浇注式及铸铁接头盒式、铸铁分支盒等。

中间接头和堵油接头的结构基本相同，只是选用的压接管形式不同。用于中间接头的压接管，管中没有隔断层；用于堵油接头的压接管，管中设隔断层，将两段的电缆油路隔断，只有电气的连接，油是互相

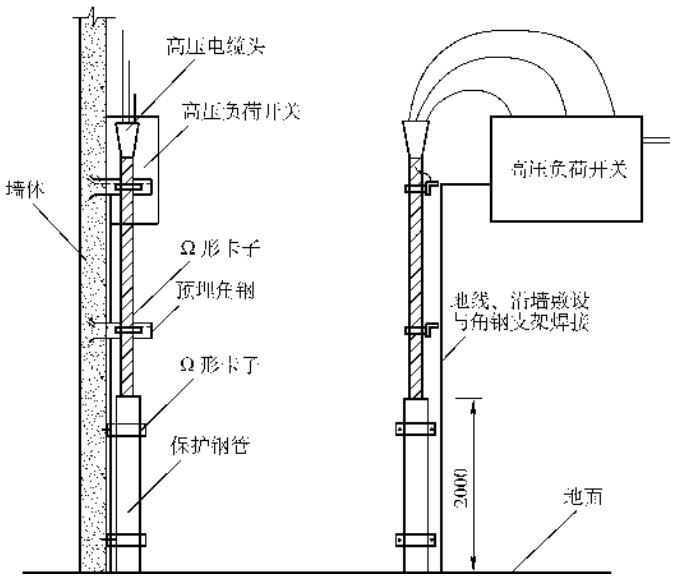


图 11-91　高压电缆头在墙上的安装

隔开的。其外形见图 11-94，参数是表 11-52。

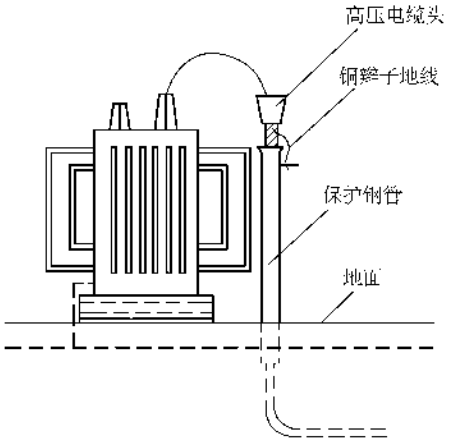


图 11-92　高压电缆头直接接至变压器

表 11-52　铅堵油连接管尺寸表

缆芯截面积 /mm²	各部位尺寸/mm				
	A	*D*	*d*	*F*	*l*
16	75	10	5.2	3	2
25	75	12	6.8	3	2
35	75	14	7.9	3	3
50	85	16	9.5	4	4
70	90	18	11.6	4	4
95	95	21	13.6	4	5
120	100	23	15	5	5
150	105	24.5	16.5	5	5
185	110	26.5	18.4	6	6
240	115	31	21	6	6

1. 环氧树脂中间接头的制作

环氧树脂中间接头的结构尺寸见图 11-95，数值见表 11-53。它是采用铁皮模具现场浇注成型，待复合物固化后，再将铁皮模具拆掉。

表 11-53　10kV 及以下环氧树脂中间接头尺寸表

编号	适用电缆截面积 /mm²	各部位尺寸/mm						
		C	*D*	*A*	*B*	*d*	δ_1	δ_2
1 号	1～3kV,95 及以下 6～10kV,50 及以下	420	80	40	140	40	10	18
2 号	1～3kV,120～150 6～10kV,70～120	480	100	40	160	52	10	22
3 号	1～3kV,240 6～10kV,150～240	520	115	40	170	64	12	22

图中线芯对地距离 δ_1，应满足绝缘强度的要求，一般应大于 10mm；线芯间距 δ_2，要考虑相间电压，故 $\delta_2=\sqrt{3}\delta_1$，取 17.5mm。铁皮模具一般为两半形，用螺栓紧固，其形状及尺寸见图 11-96 和表 11-54。

1）按图 11-96 和表 11-53 所示尺寸，量出剥切尺寸并两根同时剥切，工艺同干包电缆，为了便于弯曲线芯及校正盒内线芯，剥铅长度可比图中$\left(\frac{L}{2}-A\right)$再加长 30mm。

2）剥铅包前，先将喇叭口以下 50mm 段的表面，用汽油棉丝擦净且打毛，并暂用塑料带包扎，以免弄脏。

3）先在喇叭口以上 35mm 段的绕包绝缘上，用聚氯乙烯带包缠，剥去以上的绕包纸，分开线芯，用

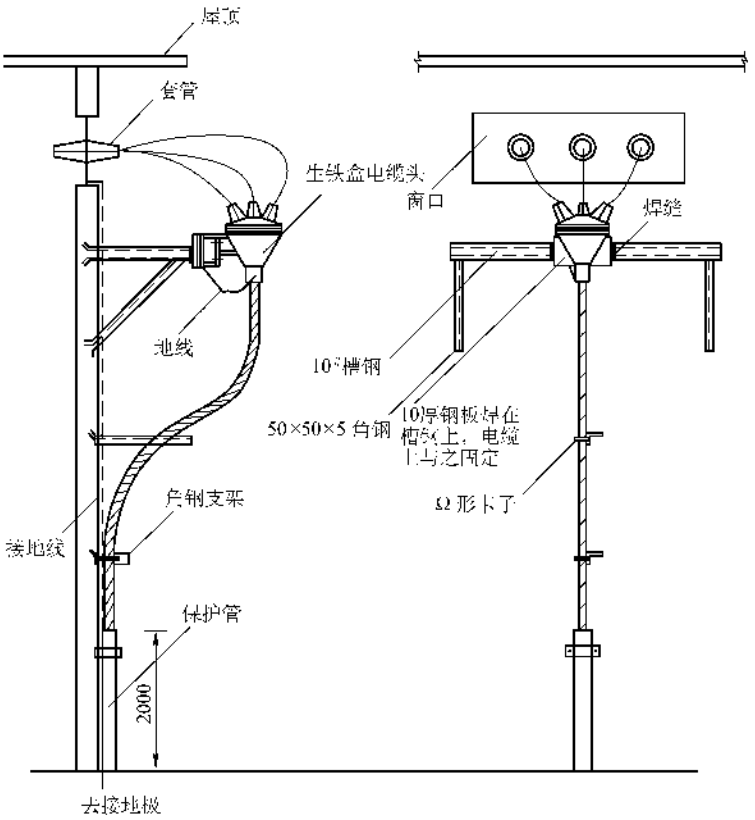


图 11-93 生铁盒电缆头安装在室外支架上

汽油沫布将电缆油擦净，并用热油排潮。然后包上一层自粘耐油橡胶带。再用圆锥形木模，见图 11-97，插入线芯三叉口处，并用手轻轻将线芯弯曲，见图 11-48。

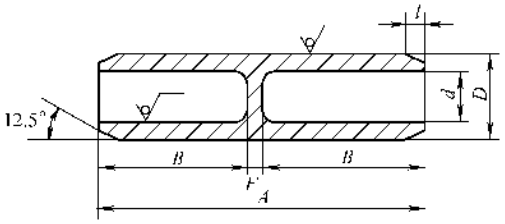


图 11-94 堵油连接管外形

表 11-54 模具尺寸表

（单位：mm）

编　　号	各部尺寸代号					
	L	D	A	B	d_1	d_2
1 号	420	80	30	140	30	40
2 号	480	100	30	160	44	52
3 号	520	115	30	170	54	64

4）按照连接管（必须与电缆规格配套）的长度，剥切线芯端部的绝缘，长度为管长的 1/2 加 5mm，对于堵油连接管，长度为管深加 5mm。先将三孔撑板套入线芯，再把线芯分别插入连接管，然后用油压钳压接，压好后将管外壁用木锉打毛，再用酒精或汽油洗净。

5）将统包及铅管上的临时包缠带取掉，在连接管压坑内用锡箔纸填满，然后用环氧树脂涂料涂刷线芯，并用环氧树脂电缆制作中的包缠方法，用无碱玻璃丝带边缠边涂，线芯处 2 层，压接管 4 层，三叉口及喇叭口下 60mm 段 3 层。全部包缠完后可用红外线灯加热，加速固化。

也可用自粘性耐油橡胶带包缠，层数与上相同。包缠必须紧密、整齐，涂料要均匀。

6）将接头装入铁皮盒内，装入前先在内壁上涂一层脱模剂，如电缆油、硅脂或硅油，并把接头两端，即从喇叭口以下 40mm 段的铅包用聚氯乙烯带包缠，总厚度应与铁皮盒子两端的口径相宜。放入后其连接管应居中，且间隙应符合表 11-52 的规定，放入后见图 11-98。同时应用三孔撑板将线芯支撑好，撑板可用树脂板做成。

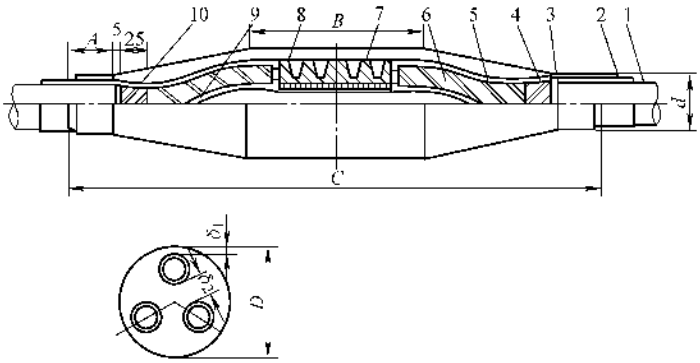


图 11-95　环氧树脂中间接头结构尺寸图

1—铅（铝）包　2—铅（铝）包表面涂层　3—半导体纸　4—统包纸　5—线芯涂包层　6—线芯绝缘　7—压接管涂包层　8—压接管　9—三叉口涂包层　10—统包涂包层

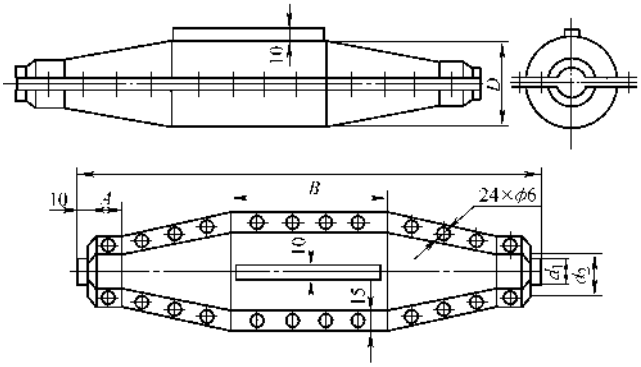


图 11-96　接头模具示意图

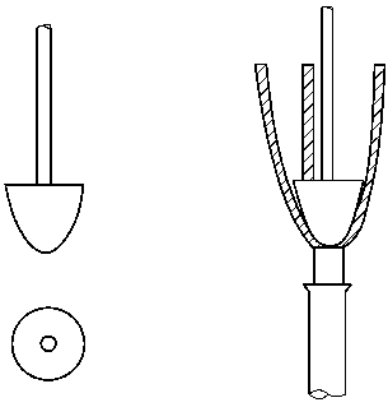


图 11-97　锥形木模及使用

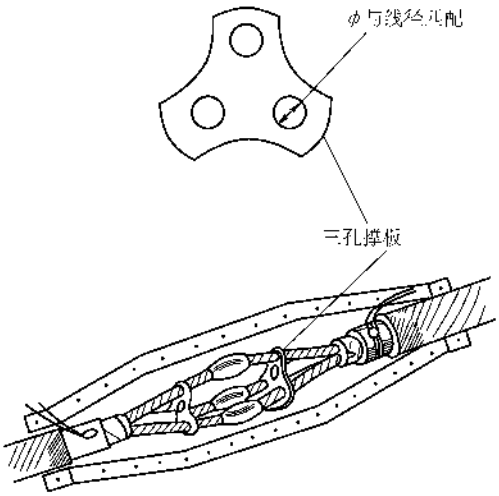


图 11-98　将接头放入铁皮盒之中

7）检查无误后，即可将上盖儿盖上，并用螺钉紧固好。为了以防万一，可从电缆的另一端头用绝缘电阻表摇测。然后即可灌环氧树脂，直至灌满，配料同前，量要充足，以防不够。复合物固化后，即可将模拆开，然后进行测试和试验、方法要求同前，但要从电缆的两端进行。

8）焊接地线、并将树脂接头外的脱模剂用汽油

抹布擦净。直埋安装应刷沥青漆，并在进口处用聚氯乙烯带涂树脂边缠边涂四层。接头最好放在检查井内，并防止地基下沉。室外地平以上安装，必须有合适的固定支架。

2. 生铁盒中间接头的制作

剥切方法基本同生铁盒电缆头制作，连接方法及组装基本同树脂中间接头，生铁接头盒见图 11-99 及表 11-55。

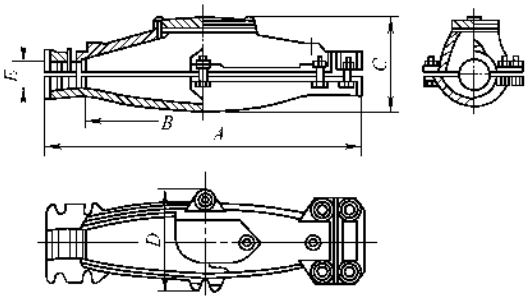


图 11-99 生铁接头盒示意图

表 11-55 1kV 以下三芯和四芯电缆用的生铁接头匣

电缆匣类型	尺寸/mm						三芯和四芯电缆的电缆芯截面积①/mm²
	A	B	C	D	E	质量/kg	
M-240	240	170	90	80	30	6.3	6/4
M-140	440	320	141	128	40	8.2	35/10
M-575	575	430	182	208	55	15.7	95/70
M-750	750	570	216	242	70	27.9	185/150
M-830	830	630	230	258	80	34.8	300/240
M-925	925	700	245	275	85	46.8	400/0

① 分子表示三芯电缆的截面积，分母表示四芯电缆的截面积。

浇注通常采用冷浇注，配方如下：

一号混合物的主要成分：

树脂 18 份

电缆胶 32 份

变压器油 50 份

并在容器内搅拌均匀。

二号混合物的主要成分：

氢氧化钙 9 份

氧化钙 3 份

变压器油 13 份

并在容器内搅拌均匀。

取一号混合物 100 个质量单位，取二号混合物 25 个质量单位混合于同一容器快速搅拌、完全混合后即可浇注。温度过低时，可用文火加热，并不停搅拌，直至浓度适宜后，即可进行浇注。浇注前，应用两只喷灯对生铁盒预热，当温度在 70℃左右时，可注入。

检查、试验及安装同树脂中间接头。

3. 控制电缆中间接头或分支接头的制作

控制电缆多为铜芯铅包或塑料护套低压电缆，一般采用铅封或塑封的办法进行制作中间接头或分支接头。

先按尺寸将线芯剥出，按图 11-100 的排列，将接头接好。截面积 2.5mm² 及以下控制电缆的连接的要绞接搪锡，4mm² 及以上的应用连接管压接。在连接前先套一截 20mm 长直径适宜的黄蜡管或聚乙烯管，当焊好且冷却后再将管堆至接头处，接头不宜超过 10mm，等接头冷却后涂少许中性凡士林油，即可把管推上去，见图 11-101。

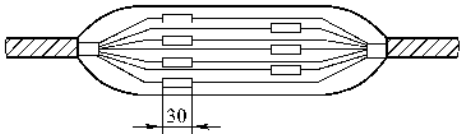


图 11-100 接头内接点的排列

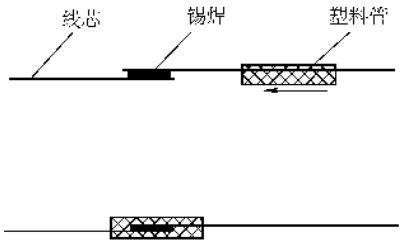


图 11-101 控制电缆线芯的连接方法

接线前应先将铅封管或塑封管套在电缆上，等线全部接好后，应用聚氯乙烯带将所有的线芯紧包缠在一起，然后在电缆头端用 500V 绝缘电阻表摇测，应大于 100MΩ 以上。

检查无误后即可封口先将包缠带取掉，并将封管移至接头部位。铅护套电缆应用喷灯、焊料、硬脂酸封口，方法前面已介绍。塑护套电缆，可用聚氯乙烯带将口处包缠 5 层，边包边涂聚乙烯胶，或着用自粘性耐油橡胶带包缠 5 层，外层再包一层聚乙烯带，包缠要紧密整齐，见图 11-102。

至于控制电缆的电缆头，一般用聚氯乙烯带涂聚氯乙烯胶或自粘性橡胶带在切口处包缠数层，最后使之为蒜头形即可，见图 11-103。其直径不宜超过 2 倍电缆外径，高度不宜超过 2.5 倍电缆外径。控制电缆头一般应安装在控制柜内。

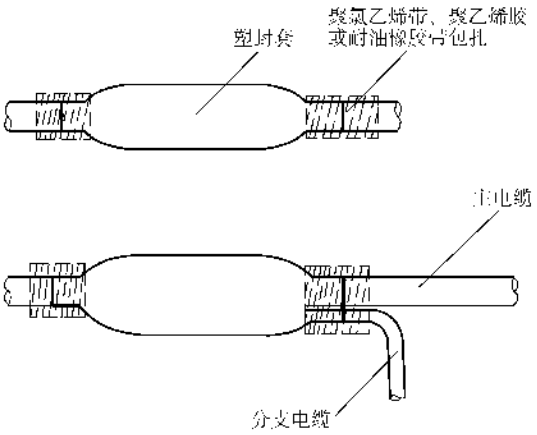


图 11-102　塑封管的封口包缠示意图

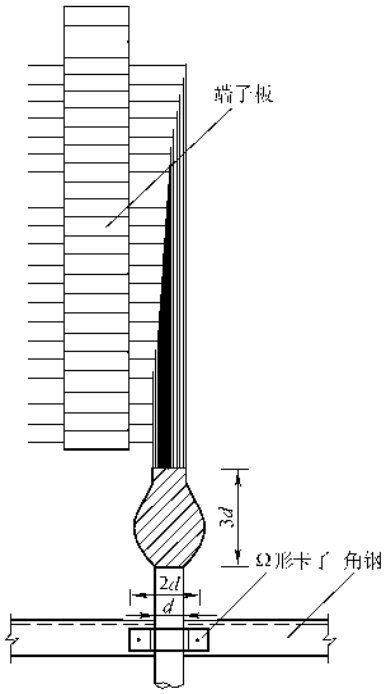


图 11-103　控制电缆头的包扎外形及安装接线

十、电缆头制作的安全注意事项

1）保证电缆头制作的质量除按上述方法要求进行外，主要的因素就是要保持在整个制作过程中的洁净，严禁灰尘杂物落入线芯或包缠物内、浇注剂内。除了采用搭棚、保持室内清洁外，操作人员必须勤洗手，穿干净工作服、戴白布手套。操作用的手套不得它用。在制作过程中，如需做其他事情，应将操作手套脱下放好；操作前及重新操作前要洗手，烘干手后才能戴手套进行工作。手套破旧后必须更换。

2）喷灯必须按正确的操作规程使用，禁止使用打气筒上没有保险套阀的喷灯。使用喷灯应做到以下几点：

①　使用前应检查油量是否正常，一般不超过3/4 容积；加油的螺栓是否拧紧；使用场所空气是否流通，以免可燃气体充满室内；严禁在明火附近加油、放油或修理喷灯。

②　喷灯使用时间不宜太长，当筒体发烫时须停止使用。

③　高空使用时，下面不得有人。不得将喷灯借与他人用。

④　点火时不得在火炉上点火；使用喷灯的全过程中，不得吸烟。

3）作业现场必须有灭火装置，所有作业人员应会使用，并具有灭火常识。

4）作业现场用电必须按临时用电规程执行，禁止乱拉电线，必须做到一机一闸。临时线应使用防水橡胶线，并有插座板，临时线的接头必须包扎可靠，以避免漏电。

5）加热沥青胶、树脂复合物时，必须有专人看管并搅拌，不得溢出或烤糊。严禁用木柴、木炭、煤块加热。操作人员应戴手套、口罩、防护镜、不得穿短衣服。加热后，水平运送时，必须两人用干净木棍抬；竖直运送时必须用绳子系好再提拉，且下面不得有人。

6）高空作业的操作平台绑扎必须牢固，且有护身拦杆，且须可靠，不得有探头板，所有的脚手板应用绳子绑扎牢固。作业前应仔细检查，无误后方可攀登操作。

7）使用环氧树脂时除按上述方法外必须做到以下几点：

①　作业场所必须通风良好，在一个作业场所内同时进行多个环氧树脂电缆头的制作时，应有通风机通风，安装通风机必须有净化装置，防止尘土杂物侵入。

②　硬化剂必须保存在有盖的容器内，且盖严密。同时必须将其放在通风良好的地方。

③　环氧树脂、硬化剂粘到或溅到皮肤上，应即用酒精或 3% 的醋酸溶液、3% 的柠檬酸溶液浸过的棉球擦净，然后用肥皂水洗涤，用干净白布擦干后，涂以盐酸苯海拉明冷霜油膏。严禁用苯、甲苯、丙酮或香蕉水洗涤。操作时要穿戴齐全防护用品（乳胶手套、防护镜、口罩、工作服等）。

④　对环氧树脂过敏者不宜进行作业。如有发生过敏者，应立即抹盐酸苯海拉明冷霜油膏，并扑上扑粉。现将配方列出，供参考。

盐酸苯海拉明冷霜的配方如下：

硬脂酸　　40g

石蜡	80g
液体石蜡	180g
硼砂	16g
单硬脂酸甘油蜡	32g
三乙醇胺	10g
蒸馏水	500mL

扑粉的配方如下（重量比）：

氧化锌	20%
滑石粉	60%
淀粉	20%

8）操作时，对于易损易碎部件应轻拿轻放，注意周围操作环境，防止磕碰；紧固螺钉应稳准，防止用力过猛。

9）封铅时，应先通过试封，确认焊料配比合适后方可正式封铅。配料中锡过量，则封铅中会“流泪”；如铅过量，则会抹不动或掉渣，不易铅封。操作不熟练者，应进行上岗操作培训，由有经验的老师傅示范指导。封铅配料的比，一般铅 65%。锡 35%（重量比），但必须保证料的纯度；有时也可用铅包皮熔化后配制，但必须加硬脂酸去污，并把表面擦净或刮净。

10）加热环氧树脂复合物或浇注时易发生突然固化或部分固化，其原因是：

① 调料加热过程中，加入硬化剂时的温度太高，造成浇注时间短，出现提前固化。因此，加入硬化剂时要严格控制温度（冬季 80℃，夏季 70℃，误差 ±1℃，且搅拌均匀）。

② 调料加热时搅拌不均匀，会造成有的固化，有的不固化。因此，必须加强搅拌。

11）室外生铁盒电缆头电缆胶灌注不满有以下原因：

① 电缆胶温度过低，铁盒加热温度不够，使之提早固化。因此，要严格控制电缆胶的温度（165 ~ 185℃），及铁盒预热温度（60 ~ 70℃）。

② 没有按工艺要求控制每次浇注的液面。

③ 没有设置排气管或漏斗太低，应调整。

12）对于铝包电缆的铝护套的处理。由于铝与铅的金属性质不同，处理方也不同，制作中要注意以下几点：

① 因为铝的硬度较高，延展性差，在剥切中要用力适中，要耐心，不得急于求成。剥切工具质地要硬、刃口锋利。不得反复扳动电缆，弯曲半径要大于铅包电缆。

② 铝与铜、铁、铅等金属的焊接要由有经验的工人进行，我们在有关母线的焊接中就讲到了铝焊接的特殊性，当然这里的焊接是与封铅一样操作的封铅。

③ 封铝时，先用喷灯交替加热铝包及焊料（纯铅 2%，纯锡 85%、纯锌 13%），但不得在铝包上涂任何焊剂，可用木锉打毛，露出金属光泽。当焊料刚变软时，就可在铝包上摩擦，使它逐渐堆集到铝包上。继续加热使堆积起来的焊料变软成糊状，即要变软，又不至熔化而流淌，同时加热焊料边擦边堆，当堆积面积较大时，停止涂擦，用硬脂酸或羊脂浸渍过的细布，将其抹圆抹光，形成 15 ~ 20mm^2 的椭圆形过渡层。

④ 在过渡层上再与铜、铁、铅焊接，焊料为纯铅 50%，纯锡 50%，操作方法同上，但不必摩擦，熔滴即可，最后用硬脂酸抹布抹圆滑即可。

⑤ 操作时，温度不能过高，可用冷水毛巾在两端敷上，以利散热。操作应事先反复练习，直至熟练操作至切开电缆检查无误时（可用废电缆练习）才能正式操作。

13）电缆终端头与电缆接头从开始剥切到制作完毕必须连续进行，一次完成，因此必须做好各项准备工作。

14）不同牌号的绝缘胶、电缆油不宜混合使用，必要时要经理化及电气性能试验，均符合使用要求时方可混合使用。

15）高压电缆在包缠绝缘时，与电缆屏蔽层应有不小于 5mm 的间隙；包缠屏蔽时，与电缆屏蔽层应有不小于 5mm 的重叠。

16）铅封时，搪铅时间不宜过长，在铅封未冷却前不得撬动或移动电缆；铅护套电缆搪铅时，应先涂擦铅焊料；充油电缆的铅封应分两层进行，以增加铅封的密封性；铅封和铅套均应加固。

17）充油电缆供油系统与电缆间应装有绝缘管接头；表计安装牢固，室外仪表应有防雨罩，安装结束时，应对表计动作值进行整定；调整压力油箱的油压，使其在任何情况下都不应超过电缆的压力范围。

18）电缆头安装时，其接地线必须接地良好，进入电缆头的电缆直线段至少应有 800mm 并有保护扭曲拉扯的装置。

19）安装时要作好隐蔽工程的验收和签字。

20）制作应有记录，记录制作、中间试验和最终试验的数据。

21）制作时其他注意事项

① 电缆头制作从剥切开始到制成试验，应连续操作不应间断，尽量缩短电缆线芯的暴露时间。

② 制作时应保证制作后不得有渗油、漏油现

象。

③　制作时，电缆的绝缘状况良好，无受潮；塑料电缆内不得进水；充油电缆的各部位油样电气性能试验应合格。

④　所用附件规格应与电缆一致，零部件齐全且无损伤，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并清洁内壁，试验密封应合格，结构尺寸符合要求。

⑤　所用设备齐全、便于操作，状况清洁完好，消耗材料齐备，使用的溶剂合格。

⑥　作业者应严格按制作工艺进行，保证制作环境完好。

⑦　冬季高严地区不宜进行电缆头制作，必须进行时应有保温措施。

十一、各种型式电缆头的试验

电缆头做好后必须进行耐压试验，试验方法及参数见第五章电缆测试及本章第二节相关内容。

第六节　特种电缆的安装

一、防火电缆的安装工艺方法

在高层建筑和火灾危险场所的供电系统常采用防火电缆。防火电缆俗称铜皮电缆，是由铜导线嵌置在坚韧的无缝铜管中，导线和铜管间是紧密压实的氧化镁绝缘材料。见图 11-104。

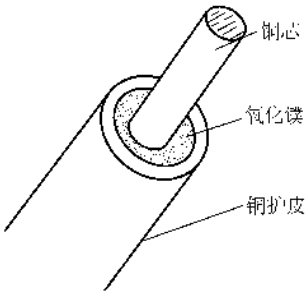


图 11-104　防火电缆的结构

铜皮电缆有轻负荷和重负荷、单芯和多芯裸铜皮和带塑料外护套之分。轻负荷电缆额定电压为 600V，重负荷电缆额定电压为 1000V。防火电缆的主要特点是耐火、无烟，燃烧时不会放出有毒气体，适用于重要场所和高层建筑的供电系统、应急电源线路，也适用于高温区域电气设备的供电线路。其连续运行的最高温度为 250℃，在短时间内可以允许更高的温度（接近铜皮的熔点）。就电缆本身而言，可以通过 5 倍额定电流而不熔化。

1. 电缆的检测

1）用 1000V 绝缘电阻表测试绝缘电阻，相与相、相与零、相与地（铜皮）均应大于 200MΩ。

2）直流耐压试验。3kV 试验 10min 无泄漏。

3）有产品合格证和生产制造许可证的复印件。

4）外观完好，无破损，无机械损伤，无挤压伤痕。

2. 敷设方法

敷设方法基本于常规电缆敷设相同，一般应用人力牵引，在转弯处要保证电缆的最小弯曲半径，弯曲半径不小于 6 倍电缆直径，并要防止电缆扭伤和机械损伤。

电缆一般为明设，宜将不同相的几根电缆相互靠近，用卡子固定在支架上，见图 11-105。电缆固定点间距见表 11-56。

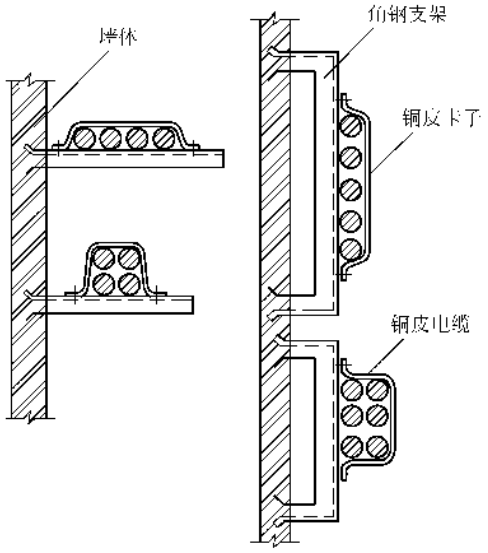


图 11-105　铜电缆的敷设方法

电缆进入设备时，应采用专用的终端束固定，见图 11-106。方法是将裸铜皮电缆穿入后螺母、压缩衬环、束头体、铜板（或铝板）束头夹在后螺母和束头体中间，后螺母和束头体组合拧紧、压缩衬环横向压缩，使电缆、束头、铜板（或铝板）束头紧密连接在一起，再将铜板（或铝板）固定在配电柜壳体开口处，达到固定电缆和接地的目的。铜皮电缆不需单独接地，用铜板（或铝板）是为了防止电缆在设备进口处使外壳产生环流。这里配电柜外壳应可靠接地。

表 11-56　防火电缆固定点间距

电缆截面积/mm^2	水平间距/mm	垂直间距/mm
50 以下	900	1200
50～150	1500	1500

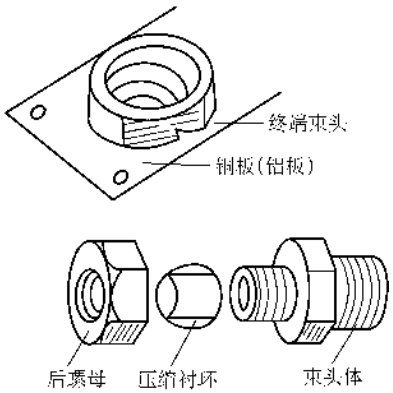


图 11-106 铜电缆终端束示意图

3. 铜皮电缆电缆头的制作安装

1）铜皮电缆配件。铜皮电缆配件是随电缆成套供应的电缆头专用件，随电缆的规格有不同而不同。

① 内有自攻螺纹黄铜封杯和石英玻璃杯盖（适用于185℃），见图11-107。

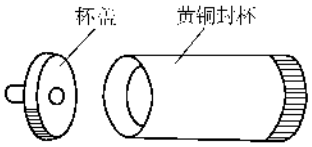


图 11-107 黄铜封杯及杯盖

② 电缆封口膏，由厂家直接进货。

③ 热缩型套管，有封端套管和导线套管两种，封端套管内部涂有一层热熔粘合剂（见图11-101）。

④ 电缆束头，由束头体、后螺母和压缩衬环组成，见图11-106。

⑤ 铜带，制作固定电缆卡子用，宽16mm，厚2mm，每卷5m。

⑥ 铜接线端子即铜鼻子，见图11-108。接线端子后部有螺纹，内有衬环，配以螺母和导线连接。使用时将线头插入螺母内衬环，拧紧螺母压缩衬环，使电缆线芯和接线端子牢固连接。

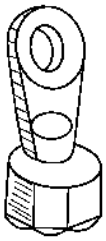


图 11-108 铜接线端子

⑦ 直接连接器，用来连接相同直径的两条电缆，即作为电缆中间接头。直通连接器由两端匀有内螺纹的无缝黄铜管、束头、铜环封端或热缩封端套管、连接器和绝缘套管组成，见图11-109。

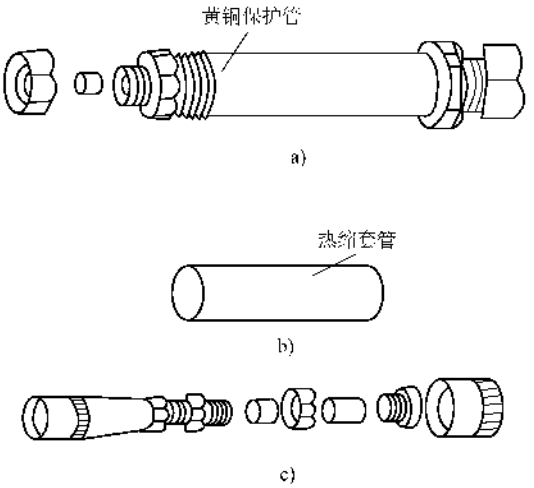


图 11-109 直通连接器示意图

a）成套组装的接头 b）套管件

c）铜环封端和直通连接的筒内组成

2）铜皮电缆封端技术要求及工艺做法。铜皮电缆中的氧化镁极易受潮，因此，电缆头和中间接头的制作必须保证氧化镁不受潮，否则电缆的绝缘强度要降低。

① 先用500V绝缘电阻表测量绝缘电阻，大于200MΩ为合格，否则要去潮。去潮的方法是用喷灯文火随电缆由受潮段向端头慢慢加热，温度不宜过高，一般不超过90℃或电缆外皮褪色为止。冷却后重新测量绝缘，直到合格。

② 选择封端类型。封端分适用于连续运行温度20～105℃和80～185℃两种。要按电缆敷设的场所和部位而选择。

③ 根据设备接线位置，量出所需电缆长度，用钢锯锯断。

④ 确定封杯的位置，用割刀在铜皮圆周上割切一条深痕，深度为铜皮厚度的2/3。

⑤ 用钳子或边切钳在电缆端部撕开一个小口，再将撕开的铜皮钳入剥离棒的开口狭槽内，见图11-110。然后使剥离棒与电缆保持45°，绕着电缆扭转，使电缆铜皮沿棒绕成螺旋形，直至将铜皮剥落为止。

⑥ 除去外露的氧化镁，并用干布将线芯擦干净。

⑦ 将电缆终端束头、黄铜板（或铝板）套在电缆上。

⑧ 将黄铜封环垂直拧在电缆端头的护皮上，开始时先用手顺时针拧铜皮，然而再用管钳子夹住封杯的滚花底座，继续拧进至护皮端头留一扣即可。这里

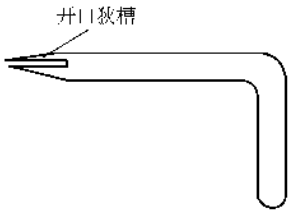


图 11-110　剥离棒示意图

要注意，封杯固定好后不能反向拧动，否则会使封杯松动，影响密封。

⑨　清除封杯拧紧时的金属细丝等杂物，清除要干净，可用皮老虎或气筒吹除，万万不可用嘴吹，避免受潮，然后用绝缘电阻表测绝缘电阻，合格后，从封口膏管中将膏质挤入封杯。应从封杯的一侧挤入过量的膏、避免将空气滞留在封杯内，操作过程中不能污染杯口。

⑩　将大头套管穿过杯盖，再将大头拉紧至紧贴盖里面。

⑪　将石英玻璃盖嵌入封杯中，用压钳在封杯上压四个坑，即将杯盖与封杯固定牢固，然后将导线套管套在外露的导线上，成形后见图 11-111。

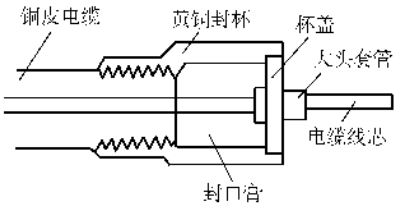


图 11-111　封端成形

⑫　上好接线端子。

若用热缩套管封端则比较简单，作法是按上述方法到第 7 步以后，即将热缩套管套在清理干净的导线和相邻的铜皮上，2/3 套在铜皮上，1/3 套在导线上，见图 11-112。

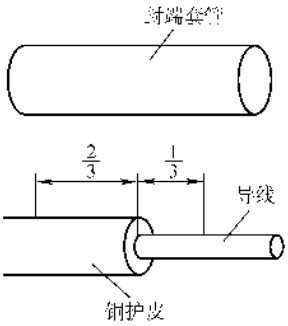


图 11-112　封端套管的使用

具体作法是先预热电缆铜皮和导线，再套上封端套管，然后用文火绕着封端套均匀加热、并慢慢向导线方向移动火源，使套管逐渐收紧，紧紧粘合在铜皮和导线上。再将导线套管套在导线上，覆盖住导线上的热缩套管，同上述方法加热导线套管，先使导线在封端上收缩，然后再在导线上逐渐收缩，直至套管完全收缩为止。热缩封端成形后见图 11-113。

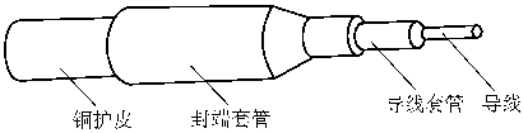


图 11-113　热缩封端成形

二、屏蔽电缆的安装工艺方法

在一些强磁场和强电场的特殊场所，信号和控制系统常采用屏蔽电缆，防止信号的干扰和电缆相互间的干扰。屏蔽电缆的种类很多，常用的有下列几种：见图 11-114 ~ 图 11-117。

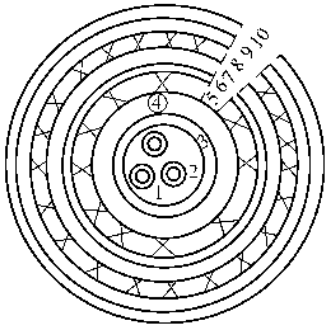


图 11-114　屏蔽电缆结构（一）

1—多根铜芯线　2—绝缘层　3—绝缘层　4—屏蔽导线　5—屏蔽箔层　6—绝缘层　7—塑料护套　8—皱纹纸　9—钢铠　10—外护套

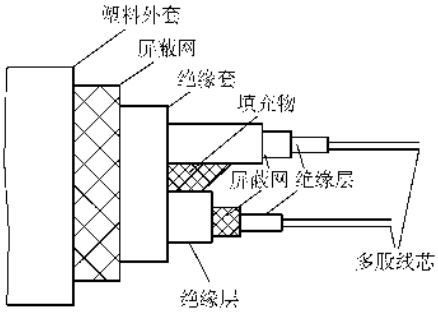


图 11-115　屏蔽电缆结构（二）

由图可见，在这些电缆中都有一个或两个屏蔽层。由于其结构不同，屏蔽效果也不同。若用金属的编织网作为屏蔽层，单层屏蔽效率为 95%；双层屏

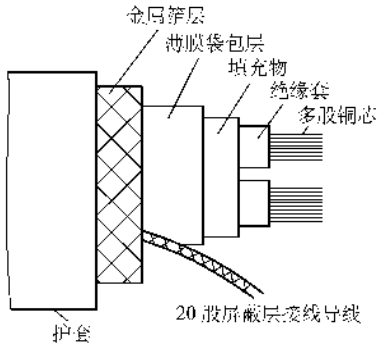


图 11-116 屏蔽电缆结构（三）

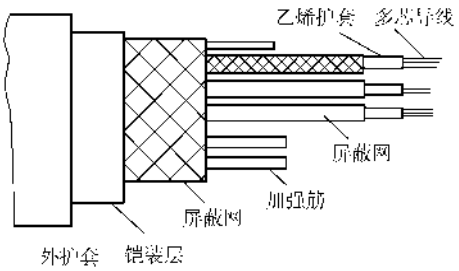


图 11-117 屏蔽电缆结构（四）

蔽效率为 98%；若用铠装型屏蔽电缆效率为 100%。

屏蔽电缆的施工有以下要求：

1）敷设线路应远离热源，其周围环境温度超过 65℃时，应采取隔热措施。

2）敷设线路不应与电力电缆平行；在同一电缆汇线槽中和其电缆共同敷设时，两者应用金属板隔开。

3）信号回路接地与屏蔽接地，可共用一个单独设置的接地极，同一信号回路或同一线路的屏蔽层，只能有一个接地点。

4）屏蔽电缆的备用线芯与电缆屏蔽层或排拢线，应在同一侧接地。

5）屏蔽电缆的接地要牢固可靠，而且只可单端接地，接地端接在控制室内的控制盘上，在现场一端不应与仪表或接地体连接。

6）线路的屏蔽层，应有可靠的电气连续性，而且应与已接地的设备的金属部分可靠地绝缘。

7）屏蔽层不得通过安全栅接地。

8）安全火花型线路内的接地线和屏蔽连接线的外表面应有绝缘层。

9）屏蔽层与屏蔽导线应接触良好，但不必焊在一起。

10）控制室内屏蔽线最终应接到控制盘的屏蔽接地线端子上去。

图 11-118 是某系统屏蔽电缆就地把现场仪表和控制室内盘上仪表进行连接的示意图，供读者参考。

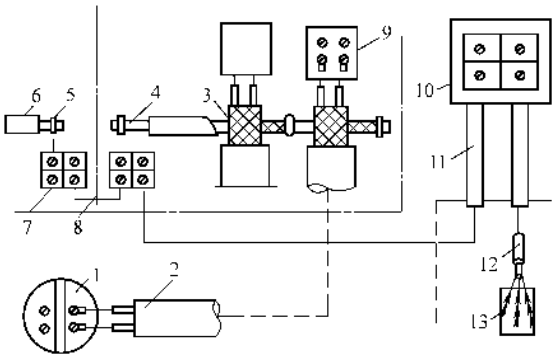


图 11-118 屏蔽电缆把现场仪表与盘上仪表的连接

1—变送器 2—屏蔽电缆 3—屏蔽层 4—ϕ2mm 裸铜线，供连接各屏蔽层用 5—屏蔽层与裸铜线焊接点 6—裸铜线上的绝缘套管 7—屏蔽接地线接地端子组 8—接地端子连接线 9—盘装仪表 10—接地电阻测定箱 11—聚氯乙氯烯套管 12—接地线 13—接地极板

三、铝包对称通信电缆的安装

在通信工程中常使用铝包对称通信电缆，其结构见图 11-119。每个四芯组的四根芯线绝缘分红、白、紫、绿四种颜色加以区别，其中红与白、紫与绿各为一对通信话路。每个四芯组都用不同的颜色区别，用色棉纱线缠绕，中间的一组为第一组，四周的六组以红线缠绕的为首端，绿线缠绕的为末端。如果由红→绿为顺时针排列则称此端为电缆的 A 端；如果由红→绿为逆时针排列称此端为电缆的 B 端。

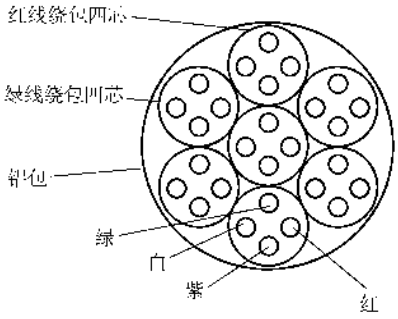


图 11-119 铝包对称通信电缆结构示意图

1. 施工工序及技术要求

（1）敷设前的检查。

1）外观检查，完好无损。

2）确定电缆 AB 端。为了保证电缆连接后的通信质量，电缆端头剥开后应先确定此端是 A 端还是 B 端，并做好记录。

3）测试环路电阻。用电桥测试每对通信线的环路电阻，其值：线芯 ϕ0.9mm 的 ≤57Ω/km，线芯 ϕ1.2mm 的≤32.8Ω/km。环路电阻就是将两根芯线的一端连接起来，在另一端的两根线芯测出的直流电阻。

4）测试环路不平衡电阻。环路不平衡电阻是指每对通信线中两根导线电阻的差值。通常用电桥测试，测试结果，无论线芯为 ϕ1.2mm 或 ϕ0.9mm，每一对导线中两根导线电阻的差值不应大于 2Ω。

5）测试每根线芯间及其对铝包的绝缘电阻。用 1000V 绝缘电阻表测试，绝缘电阻应符合产品要求，一般应大于 100MΩ。

6）电气绝缘强度试验。

线芯与金属外皮间：1800V/2min 无击穿；

线芯间：ϕ1.2mm、ϕ0.9mm 的线芯为 1000V/2min 无击穿；ϕ0.6mm 的线芯为 700V/2min 无击穿。

7）串音测试。串音测试应符合产品说明书的要求。

8）充气检查。对以上检查测试并符合技术要求后，要进行充气检查。

具体方法：在电缆两端装上气门嘴，用封铅焊料将气门嘴与铝包封焊（铝包封焊方法见后面详述），要求封焊严密，焊接处无漏气（可用肥皂水抹到封焊处检查）。然后向电缆充入干燥、无毒、无味、不燃、无腐蚀的气体，可用气筒打入，见图 11-120。埋式电缆充入 0.15～0.2MPa 的气体后经 48h 气压无变化才可敷设。但要随时观察封焊处有无漏气。

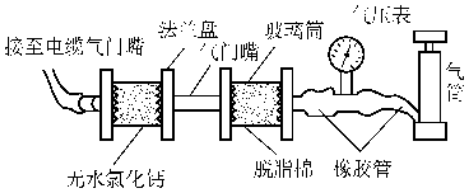


图 11-120　充气试验示意图

（2）电缆敷设。电缆敷设方法同常规电缆，但要注意以下几点：

1）敷设时不至因振动电缆内气压增高而冲破电缆铝包制造时的薄弱环节，要求电缆内的气压保持在 0.06MPa 左右即可。

2）电缆敷设时要求慢行、平衡、无扭曲。

3）铝包电缆在制造中容易产生砂眼造成某一部分为薄弱环节。这些薄弱环节在敷设过程中由于扭拉或碰撞而造成漏气。因此敷设后不能马上填土埋实，要重新充气，稳定后气压为 0.15MPa，在 10 昼夜内气压下降小于 0.005MPa 方可填土夯实。

（3）接头制作

1）接头的种类用途。

①　直通头：在干线将两根电缆连接。

②　水银报警器分支接头：水银报警器主要由玻璃棒和滤尘器组成，见图 11-121。玻璃棒中间有一毛细管，内装两节水银柱，一节是工作水银柱，一节是保护水银柱。工作水银柱两侧充有干燥纯洁的氮气，在玻璃棒上焊有两个白金接点，用导线引出。为了防止气体杂质进入毛细管，在其开口端以玻璃滤尘器放脱脂棉加以保护。

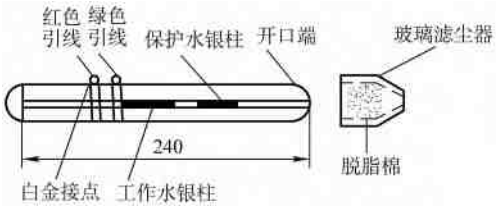


图 11-121　水银报警器分支接头

报警器相当于一个用气压控制的电接点开关，装在电缆线路上，当电缆内气压正常时工作水银移向封闭端；如电缆漏气，水银柱则向开口端移动，气压下降至报警气压时，工作水银柱即把两个白金接点接通，发出报警信号，以便及时查出故障点，排除故障。

③　区间电话柱分支接头。从干线电缆线对中引出一对线接区间电话机，为了干线电缆中气体不致从引至电话机之支电缆中溢出，引出的电缆必须用环氧树脂复合物浇灌密闭并固定在区间电话柱上。环氧树脂复合物配合比例如下：

环氧树脂 634#或 6010#	100%
石英砂	50%～100%
磷苯二甲酸二丁脂	12%～15%
多乙烯多胺或乙二胺	9%～10%

环氧树脂、石英砂各加温 120～140℃去潮后混合，当温度下降至 90℃时加入二丁脂搅拌均匀；再当温度下降至 70℃左右再加入多乙烯多胺，待搅拌均匀后即可灌入模具成型。

区间电话分支接头与干线电缆接头连接示意图见图 11-122。

④　气门标桩分支接头。为了使维修人员及时检

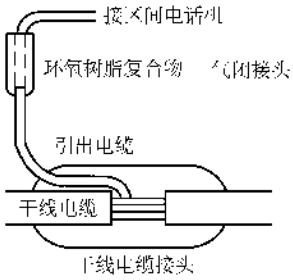


图 11-122 分支接头连接示意图

查电缆内气体情况，干线电缆在一定长度上从接头处引出一支小铅管，铅管的另一端封焊用汽车气门嘴，以便从此处检查干线电缆气压，该分支接头要固定在特制的气门标桩柱上，其示意图见图 11-123。

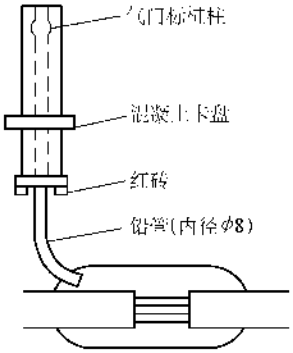


图 11-123 气门标桩分支接头示意图

⑤ 分支接头。从干线电缆引出接至各个用户的分支接头、要求同区间电话柱分支接头。

以上各类分支接头一律从干线电缆直通头中引出，特殊情况可以从干线电缆破口引出，引出分支与直通铅管接触处必须密封无漏气。

2）干线电缆直通头制作工艺方法

① 挖接头坑，接头坑几何尺寸见图 11-124。坑深和电缆沟相同。

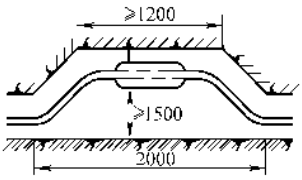


图 11-124 接头坑示意图

② 电缆在剥开之前，为不使潮气进入电缆内，在电缆端头下面铺设油布隔断地下潮气，上面着雨伞隔断上部潮气，阴雨天气一般应停止作业。

③ 剥开电缆前，应将电缆依坑内弯曲摆好并支撑牢固。弯曲电缆要用力均匀，弯曲半径须大于电缆直径的 15 倍，电缆端头重叠部分一般在 40cm 左右，以免浪费。其余部分应盘留于坑内，见图 11-125。以备直通接头损坏时重新制作。

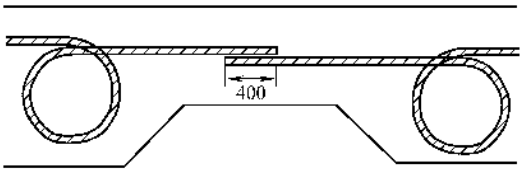


图 11-125 挖头坑余量的处理方法

④ 剥开端头后先测试绝缘电阻，方法同前。

⑤ 焊接接地线，根据铅管大小在距铅套管端头 70mm 处扎接地线，铅包的处理方法可见后面封铅管部分。铅包处理后就可焊接地铜线。

⑥ 线芯连接。

根据电缆规格及铅管大小确定各部分剥切尺寸，并将线芯一一剥出。

穿好分组纸套管和线芯纸套管，线套管为随电缆定购的定型配套附件。

四芯组线芯离 A 端和 B 端铅切口 60mm 处扭接，扭接时线芯带纸皮扭 15mm，裸线扭 20mm，其中锡焊 15mm（ϕ0.5mm 的线可不加焊锡），扭接前应拉直线杆，扭接要紧密牢固。四芯组在扭接处应保持对称，套上纸管帽，再将扭接部分折倒，一律使红白线倒向接头 A 端，紫绿线倒向 B 端，互相对称，最后套上分组环纸管，使扭接部分全部盖住。纸套管的排列可分行排列。线芯纸管及扭线应用手轻轻剥开剪去，要剪整齐，不得用钳子、刀子刮割，以免损坏线芯。芯线扭花剪断时，不得有毛刺，以免损伤纸套管造成故障。线芯连接头的排列可参考图 11-100。

⑦ 烘干去潮。线芯接好后应去潮保证绝缘良好。一般方法是采用接头下部放一块铝皮或铁板，在下面用喷灯烘烤，温度适中，20min 左右。烘烤时要按天气潮湿程度而定，应从两端向中间移动烘烤。烘烤完后用电缆纸包扎两层，将接头卡片包扎在中间层，卡片内容有接头名称、序号、制作日期，操作者姓名，测试者姓名等。不得用喷灯火焰直接烘烤电缆接头。

⑧ 测试。用 1000V 绝缘电阻表检查线芯对、四芯组是否连接正确、有无断线、混线，绝缘电阻是否良好等。

⑨ 封铅。以上工序及测检合格后即可封铅。

在接头处套上规格适宜的铅套管，铅套管的中心

应在接头的中心；

在铅套管和铝包接触部分前后 30mm 处用细钢丝刷除去氧化膜。

用喷灯在此处猛火烘烤，但时间宜短，然后用铝涂擦焊料涂擦，使涂擦焊料与铝包结合。

用细铜丝刷与喷灯在涂擦处边烤边刷，使涂擦焊料与铝包紧密结合，一般加热到 320℃左右方可除掉氧化膜。

在涂擦好的铝包部分涂上一层封铅焊料形成过渡层，可边加热边涂抹，为保证涂层干净可包上一层白布带以保护。

用胀管器和木锤轻轻敲打铝套管端部，使之成为喇叭口，敲打要均匀，用力要轻，造型美观匀称。打喇叭口后，将白布带拆去，准备封焊。

封焊铅管有三个步骤：

勾缝：用喷灯对铅管及铝包接缝处少许加温，而后在接缝处堆上少量封铅焊料，用抹布把接缝处焊料抹开并封闭接缝。

堆焊：在接缝处堆上大量封铅焊料，而后用喷灯烘烤并用抹布抹涂焊料，边烘边抹相互配合，使焊料在接缝周围形成均匀的椭圆外形，再用石蜡冷却。

抹光：抹布上涂上石蜡，喷灯猛火烘烤堆焊处，并用抹布抹光表面、边烘边抹、然后用石蜡冷却。

铅管封闭后可在小铅管处见图 11-126，充入过滤后的干燥空气，气压≥0.2MPa，用溶解的浓肥皂水在封焊处涂沫并观察是否漏气，如果漏气必须在漏气处补焊，直至不漏气为止。小铅管事先已焊好在铝套管上。

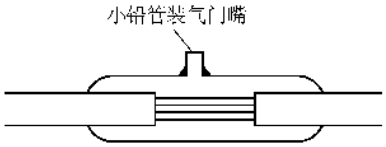


图 11-126　检查是否漏气

在装有水银报警器的分支接头还必须测试其动作的准确性和可靠性。

在白金接点的两根线上接好万用表或在电缆端头处报警器连接的一对线上接好万用表，当铅管充好气后，检查是否漏气，监视报警器的动作情况，一面观察气压表，一面观察万用表，报警器的报警动作压力为（0.0035±0.002）MPa，解警压力为（$0.027^{+0.002}_{0.004}$）MPa。

以上检查合格后可把小铅管取掉，把洞口封焊封闭。封焊时不允许将封铅溶渣掉入铅管内。因为电缆已有气压，封焊比较困难，可根据操作者的技术熟练程度采用带气封焊或把气体放掉封焊。也可不取掉小铅管，而在小铅管口直接封焊，这可便利今后的检修。

把铝包和铅包的封端用塑料胶粘带重叠包扎两层，做为临时防护，然后放入保护槽内，在接头坑内可少许填入砂土。

其他各类电缆头制作方法基本同上。当干线电缆接头全部完工后就可对这段电缆进行测试，测试项目及要求与开盘测试相同。指标符合要求后就可进行全线充气检查，充气气压≤0.15MPa，要求在十昼夜内气压下降≤0.005MPa。

干线电缆全线技术检查合格后即可对每个接头进行正式防护。用沥青加 8% 的机油溶化搅拌均匀，用喷灯对铅管少许加热到 45℃左右，而后在铅管与铝包上交替刷沥青机油混合剂，重叠包扎三层塑料粘胶带和一层塑料带。最后将接头放入保护槽内加盖填土埋平，埋标桩即可。

2. 施工注意事项

1）使用喷灯要严格遵守操作规程，操作环境恶劣时应在现场搭设临时帐篷或操作间。

2）过滤器一定要放入木箱或用破布麻袋包扎住，以防过滤器内气压太高玻璃筒破碎。

3）要避免人的皮肤与胺类硬化剂直接接触，要在空气流通处调制环氧树脂复合物，配料人要站在上风口侧。

4）施工中要严字当头一丝不苟，否则后患无穷，严格按操作规程操作。

5）电缆敷设后在交工前的整个过程中要派专人用检定合格的压力表经常对缆内气压监测，发现漏气应立即查出故障点进行修理，否则电缆内气压降至接近于零，潮气侵入会造成电缆质量下降或报废。

6）各种分支接头引出线一定要包扎绝缘密封，杜绝潮气侵入。

7）充气的气门嘴一定要防护隐蔽好，以免被人扭掉，造成漏气。

8）石英砂极易受潮，烘干去潮后一定要放在密闭的容器里。

9）封铅套管时应用石蜡，严禁用硬脂酸，因其易腐蚀铝包。

电缆安装在电气工程中占有很重要的地位，特别是现代建筑电缆用量之多达到惊人的程度，密如蛛网，类别繁多。综上所述，各种电缆安装均有相似的地方，要求也相同，其主要则是保证电缆头的绝缘良好，制作时应保证清洁以及电缆在安装后不应受到外力，这是要求每一个安装者必须做到的。

第七节 矿用电缆的安装敷设

煤矿作为典型的特殊环境具有明显的代表性，特别是电缆接头和终端盒更为突出。本节主要介绍矿用电缆接头和终端的安装使用以及电缆的安装敷设工艺方法、注意事项等。

一、矿用电缆的接头与终端

1. 接头

接头是电缆连接的一种过渡方法，一种过渡元件，是按电缆品种及使用场所的不同而采用不同的过渡元件。

1）纸绝缘电缆，一般采用电力电缆接头做为连接的过渡元件。

2）高低压橡套电缆，一般可采用接线盒、插销及插座、柔软接头做为连接的过渡元件。

2. 终端

终端是电缆两个端头与设备、电源连接而采用的过渡元件。

1）高压橡套电缆，一般采用终端（电缆头）或插销及插座做为端头的过渡元件。

2）高压绝缘电缆，一般采用电力电缆终端做为过渡元件。

3）低压电缆，一般是直接与设备连接终端连接，或者采用插销插座做为过渡元件。

3. 橡塑电缆的终端及接头

（1）与设备直接连接的终端　大多数煤矿低压电气设备与电缆采用直接连接，不必在电缆上加以增强绝缘，只要在电气设备上装有隔爆型电缆引入装置。引入装置内装有与电缆外径尺寸相配合的橡胶密封圈，形成隔爆面。外径小于30mm的电缆可采用压紧螺母式引入装置，见图11-127，外径大于30mm的电缆应采用压盘式引入装置，见图11-128。

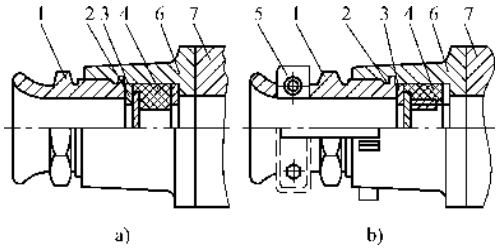


图11-127　压紧螺母式引入装置

a）适用于标称外径不大于20mm的电缆

b）适用于标称外径不大于30mm的电缆

1—压紧螺母　2—金属垫圈　3—金属垫片

4—密封圈　5—防止电缆拔脱及防松装置

6—联通节　7—接线盒

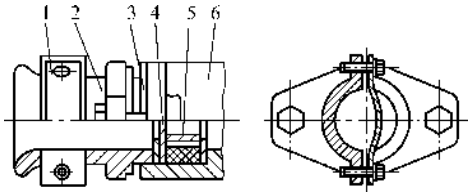


图11-128　压盘式引入装置

1—防止电缆拔脱装置　2—压盘

3—金属垫圈　4—金属垫片

5—封圈　6—联通节

（2）浇铸型终端头　煤矿用的6kV屏蔽监视型橡塑电缆的结构与一般橡塑电力电缆的结构不同，其终端的制作也有所不同。终端制作材料可采用国产BHG-200/6000V矿用增安型高压电缆接头材料，浇铸型终端结构如图11-129所示。

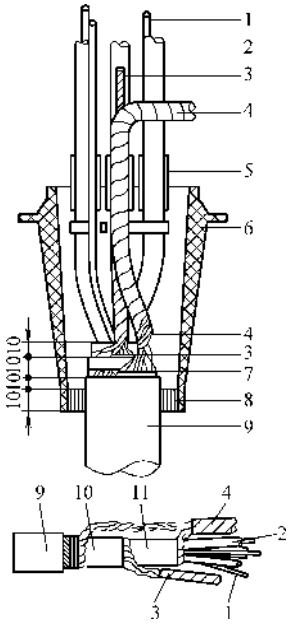


图11-129　矿用6000V橡套电缆浇铸终端

1—控制芯　2—主电缆芯　3—监视芯　4—接地线

5—保护套管　6—隔板　7—绑扎线　8—密封圈

9—外护套　10—第二层内护套

11—第一层内护套

带屏蔽监视型的橡塑电缆的终端制作工艺：

1）切除适当长度的外护套，用绑线在切口根部将铠装的钢丝层绑牢，然后将钢丝编织松开，编成辫圈。

2）在外护套切口上部10mm处剥除第二内护套层，对露出的同轴监视线芯作同样的处理。

3）在第二内护套层上部10mm处剥除第一内护套层，去除填料层，将三根分相动力绝缘线芯外面的

裸铜线屏蔽松开，并与内铠装线编在一起后绕包绝缘带。

4）套上绝缘芯分隔板、保护套管和橡胶锥型套（俗称喇叭嘴）。

5）将电缆头竖直固定，封灌环氧树脂。

6）树脂固化后即可投入运行。

（3）连接器插销和插座　插销和插座为隔爆型，有终端用和连接用两种。终端结构一般将电缆安装到插销上，插座本身即为煤矿电器设备的一个组成部分。连接器是用一个双承插座或双头插杆，将两根装有插销或插座的电缆进行连接。

1）AGKB30—200/6000 矿用隔爆型高压电缆连接器额定工作电流为 200A，与 UYPJ3.6/6.35mm^2 电缆相配套。其外形及结构如图 11-130 所示，电缆安装的切剥尺寸如图 11-131 所示。连接器可将两根电缆对接。

BCD2—16 型插销与插座的性能见表 11-57。

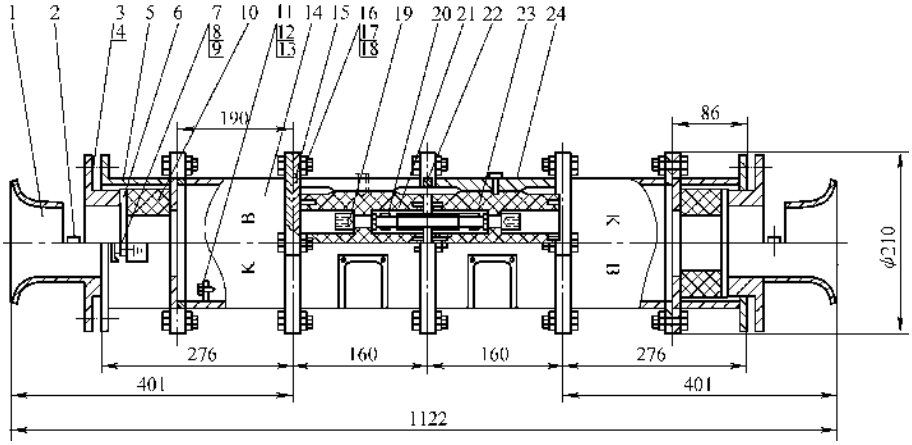


图 11-130　AGKB30—200/6000 矿用隔爆型高压电缆连接器外形图

1—出线口　2—压线板　3—螺栓　4、8、12、17—弹簧垫圈　5—压线腔壳体　6—堵板
7—外接地螺栓　9、13、18—螺母　10、15—密封垫圈　11—内接地螺栓
14—接线腔壳体　16—六角螺栓　19—接线座　20—弹簧圈　21—插杆
22—密封胶垫　23—绝缘件　24—壳体

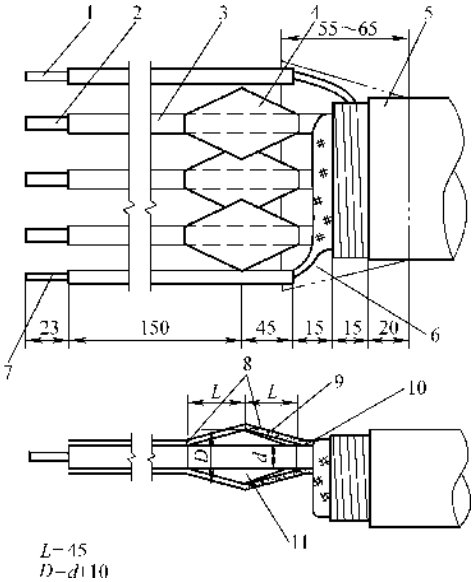


图 11-131　AGKB 型连接器安装前电缆剥切、包缠尺寸

1—监视屏蔽芯　2—主芯导体　3—主芯绝缘　4—应力锥
5—护套　6—冷浇铸环氧树脂　7—接地线导体　8—3～4 层自粘性橡胶带　9—半导电胶布带　10—14#～15#熔丝
11—丁基自粘性橡胶带

2）6000V、300A 矿用隔爆型螺栓固定式电缆插销和插座　该类终端与接头可用于内钢丝铠装橡塑拖曳电缆与设备的连接或两根电缆的对接，其外形及结构如图 11-132 所示，接触杆的形状如图 11-133 所示。插销外壳用铸锡青铜制成，连接后封灌沥青胶或绝缘树脂材料。

3）1100V、200A 矿用隔爆型插销和插座　该类产品用于采煤机电缆与设备的连接或两根电缆的对接。插销和插座的固定和分离有螺栓固定式和限约式两种。插销和插座具有三个主接触插拔件，一个控制芯接触插拔件和一个同轴的地芯插拔件。螺栓固定式插销和插座的结构外形如图 11-134 和图 11-135 所示，接头的外壳用铸锡青铜制成，腔内不需封灌。

4. 接线盒连接

矿用电缆连接，接线盒应用最为广泛，可分成高压和低压接线盒两大类。

1）高压接线盒　它通常有 BHG-200/6000 增安型高压接线盒，可与 UYPJ 型矿用屏蔽监视型电缆配套，其性能见表 11-58。

BHG-200/6000 接线盒的结构如图 11-136 所示。接线盒外壳（6000V 主箱体和 127V 辅助箱体）用薄

表 11-57 BCD2-16 型插头性能表

额定电压	额定电流	短时耐受电流	配套电缆线芯数及截面积	电缆最大外径
127V	16A	100A	$3\times10mm^2+1\times6mm^2$	29.2mm

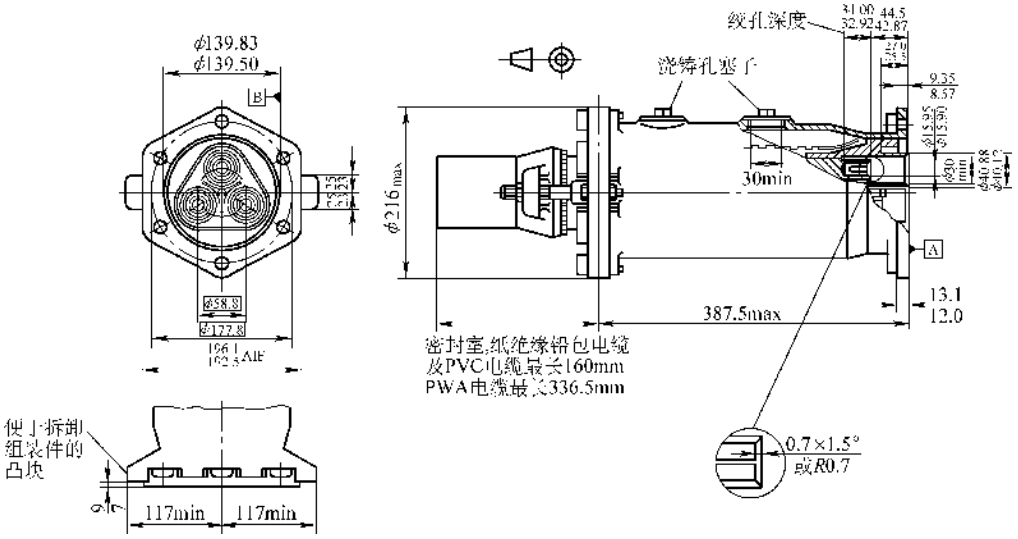


图 11-132 英国矿用 6000V、300A 电缆连接盒

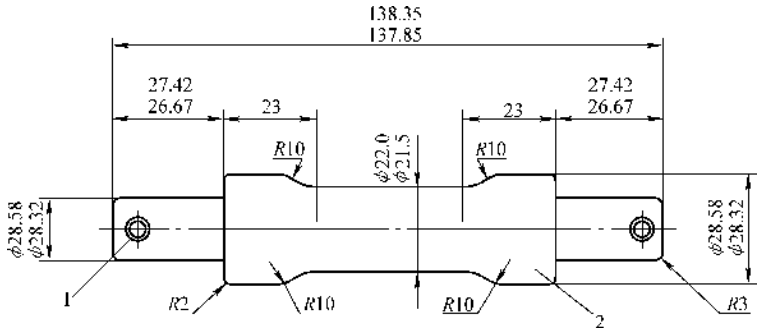


图 11-133 英国矿用 6000V、300A 电缆连接器的接触杆

1—φ4 两孔，两端 90°扩孔至 φ5 2—绝缘手柄，与接触杆牢固地接合在一起

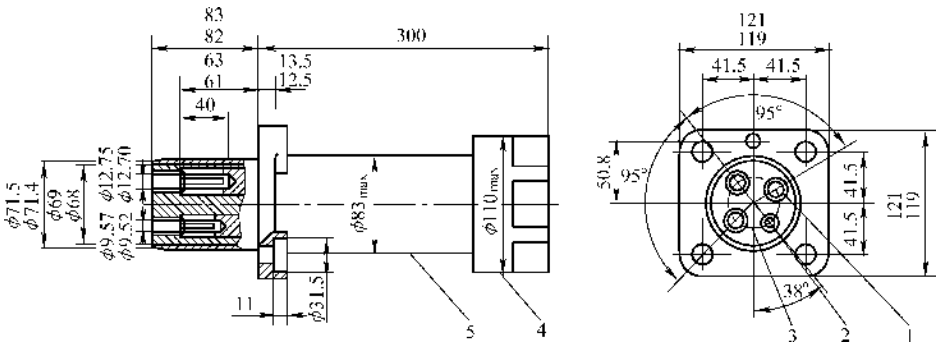


图 11-134 矿用 1100V、200A 螺栓固定式电缆插销

1—三个主芯线插管 2——一个控制芯线插管 3—接地屏蔽 4—密封螺母 5—插销外壳

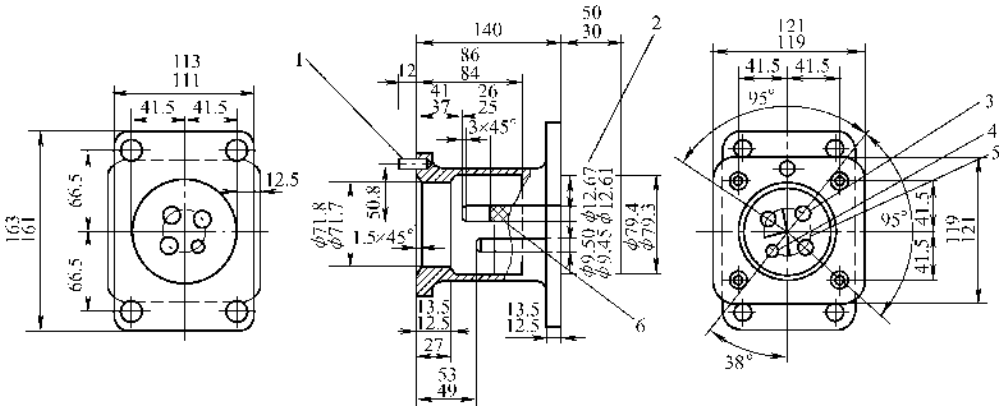


图 11-135　矿用 1100V、200A 螺栓固定式电缆插座

1—定位销　2—与所属设备的接合隔爆面　3—三个主芯线插杆

4—一个控制芯线插杆　5—接地屏蔽　6—绝缘

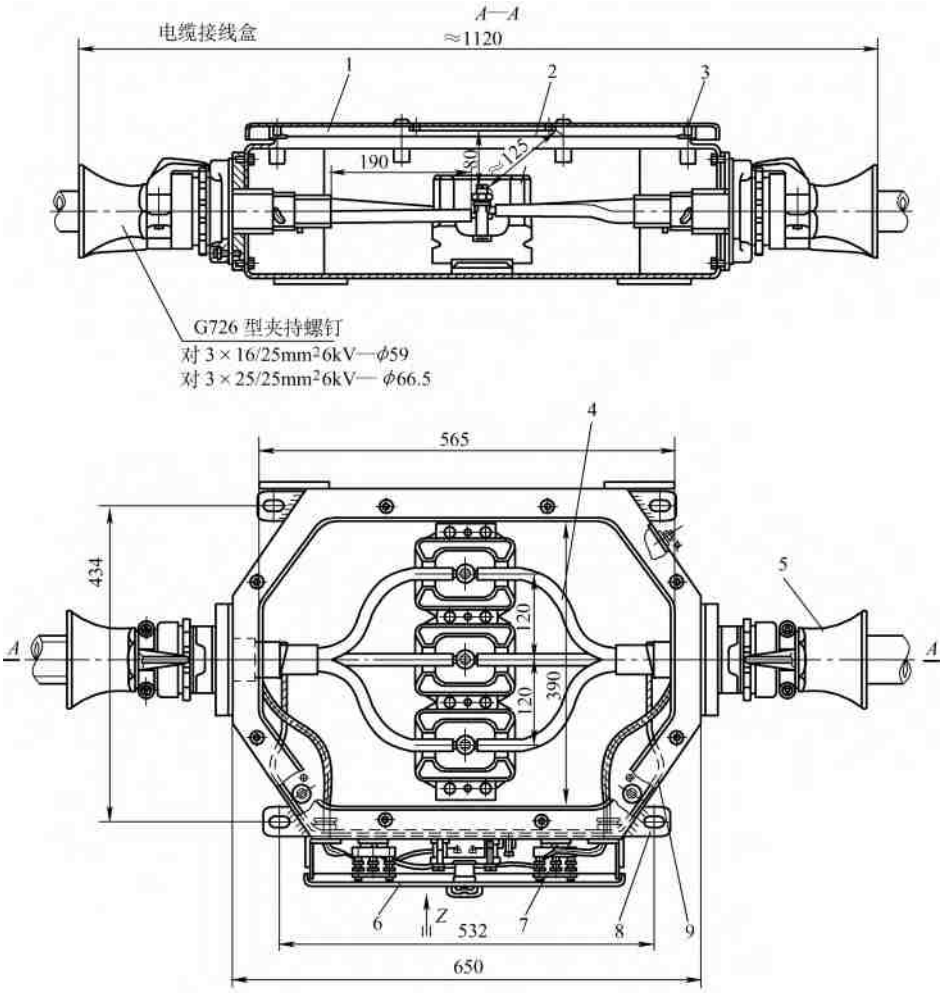


图 11-136　BHG-200/6000 矿用高压接线盒

1—主箱体点　2—主接线端子　3—主箱 U 形密封圈　4—主芯线　5—电缆出线嘴

6—辅助箱体　7—辅助接线端子板　8—接地线端子　9—接地芯线

表 11-58 BHG-200/6000 高压接线盒的性能

项　　目	主箱体	辅助箱体	项　　目	主箱体	辅助箱体
额定电压/V	6000	127	全波冲击耐压/kV	57	—
额定电流/A	200	5	热稳定极限电流/kA（1s 有效值）	10	—
1min 工频耐压/kV	32	2.4	动稳定极限电流/kA（峰值）	25	—

钢板卷制焊接而成，被连接的电缆事先已做好封灌型终端，将做好的终端放进电缆出线嘴半槽中，把另半个电缆出线嘴（铸钢喇叭嘴）合上并用螺栓拧紧固定，然后与箱体的中间盘用螺栓固定，达到密封。主箱内装有三个陶瓷的开口槽螺杆接线绝缘端子以连接电缆的主芯线，绝缘端子下面衬有橡胶垫加厚绝缘。辅助箱体内装有四柱接线绝缘端子板，以连接监视芯线和接地线。芯线的连接采用特制压紧螺母压紧。箱体与盖板结合面均加 U 形橡胶密封圈密封防尘。接线盒应悬挂在进风巷道的上部。

2）低压接线盒　煤矿用 EDKB30 系列低压电缆接线盒的品种规格见表 11-59。

表 11-59 EDKB30 系列低压电缆接线盒的规格

型号	支路数	额定电压/V	额定电流/A	连接电缆最大截面积/mm^2	外形尺寸/mm	重量/kg
EDKB30-40/3	3	660	40	16	316×275×102	2.5
EDKB30-100/3	3	660	100	35	390×321×117	20
EDKB30-100/4	4	660	100	35	386×280×143	20
EDKB30-200/2	2	1140	200	70	590×304×190	26
EDKB30-200/4	4	660	200	70	492×354×171	34
		1140	200	70	596×444×213	44
EDKB30-300/2	2	1140	300	95	638×304×215	31

EDKB30 系列接线盒除 EDKB30-40/3 型可采用增强塑料外壳外，其余皆为 HT25-47 铸铁外壳。660V 接线盒内具有四个接线柱的绝缘端子板，用以连接 UY 型电缆。1140V 接线盒内的绝缘端子板上有三个主接线柱和五个辅助接线柱，用以连接 UCP 型采煤机屏蔽橡套电缆。

EDKB30-200/4 1140V 接线盒的结构及外形如图 11-137 所示，由外壳 3、盖 2 和电缆出线口（喇叭口）1 构成一个完整的防爆壳体；壳内装有绝缘瓷座 4，绝缘瓷座上有供连接和分支的接线压板 5，内接地连接螺柱 6；外壳上装有外接地螺栓 7；电缆在喇叭口上用压板 8 压紧，引入装置内装有电缆密封圈 9；不用的支路用堵板 10 封死。

电缆的接线部分外露的裸导体应尽量短，保证电气间隙和爬电距离符合防爆规程的要求。这种接线盒不允许在采煤工作面上敷设。

矿用 127V 接线盒一般采用铸铝或增强塑料外壳，主要应用在矿井照明和控制线路上。接线盒具有三通、四通、六通等多种式样，其主要结构原理均与 EDKB30 系列接线盒相似。

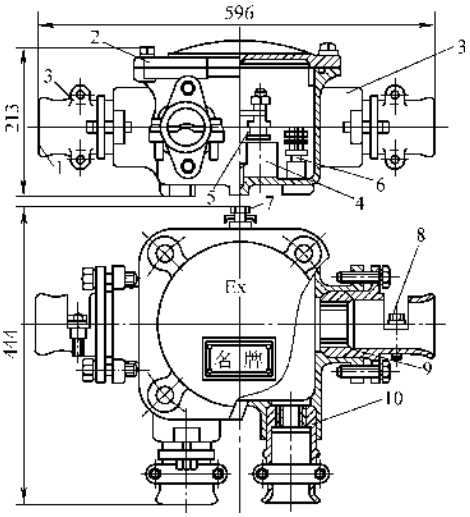


图 11-137 EDKB30-200/4 电缆接线盒

1—电缆出线口　2—盖　3—外壳　4—绝缘瓷座
5—接线压板　6—内接地螺柱　7—外接地螺柱
8—压板　9—电缆密封圈　10—堵板

5. 柔软接头

电缆的柔软接头系用压接套将电缆的线芯导体用压钳连接后，采用硫化热补绕包绝缘带或收缩绝缘套管作增强绝缘层，再采用金属编织带或半导电带绕包屏蔽，最后用硫化热补或冷补材料以及矿用收缩套管作护套修复处理。柔软接头便于弯曲，特别适用于采煤机电缆的连接。

二、矿用电缆的安装敷设

矿用电缆敷设分为地面和井下两大类。地面敷设分为直接埋地、电缆沟、隧道、沿墙、架空、穿管等敷设方法，与工业设备用电缆及电力电缆敷设方法基本相同。井下分为平巷或45°以下井巷、立井或45°以上井巷及钻孔等敷设方法。

1. 井下电缆安装敷设总体要求

1）电缆的实际敷设地点的水平差应符合电缆规定的允许敷设水平差的要求；电缆应带有供保护接地用的足够截面积的导体作为接地线；井下严禁采用铝包电缆。

2）在立井井筒或倾角45°以上的井巷内，大多数选用钢丝铠装不滴流浸渍纸绝缘铅包电缆，钢丝铠装交联聚乙烯或钢丝铠装聚氯乙烯绝缘电缆。

3）水平巷道或倾角45°以下的井巷内，一般采用钢带铠装不滴流或粘性油浸渍纸绝缘铅包电缆、钢带铠装聚氯乙烯绝缘电缆。

4）移动变电站采用监视型屏蔽橡套软电缆。

5）低压固定敷设采用铠装粘性浸渍纸或不滴流浸渍纸绝缘铅包电缆或铠装聚氯乙烯绝缘电缆；移动式和手持式电气设备都应使用专用的阻燃橡胶电缆。固定敷设的照明、通信、信号和控制用的电缆应采用铠装电缆、阻燃的橡胶电缆或矿用塑料电缆。非固定敷设应采用阻燃橡胶电缆。

6）1140V设备使用的电缆必须用分相屏蔽的橡胶绝缘屏蔽电缆；采掘工作面中660V或380V设备，应使用分相屏蔽的橡胶绝缘屏蔽电缆。

2. 井下电缆的装卸及运输

（1）井下电缆的装卸　井下在车上装卸电缆，一般情况下，都是由人将电缆盘成“8”字形装在矿车或架子车上。如果向车上装卸整盘电缆时，最好在巷道空间设置三角架，在其上面挂上手动葫芦来进行。如果没有三角架，可将搁板斜搭在车上，电缆盘沿搁板滚动，滚动的方向要符合电缆盘侧板上箭头所示方向，用慢速绞车（俗称稳车）或绞磨通过临时轴拉住电缆盘，慢慢滚动装车或卸车。卸车时，必须采用留绳，严禁电缆盘直接沿搁板滚下。对于重量轻的电缆盘，也可用人拉住留绳沿搁板滚下。电缆盘必须直立（即轴与地平行），不准平放。

（2）用矿车或架子车运送电缆　井下运送电缆最常用的方法是使用矿车或架子车。当电缆很长时，可用两个架子车，但中间电缆不能受力。用矿车或架子车时，要注意盘放电缆的方法，通常是将电缆盘成“8”字形放在车上。“8”字形盘线方法分为单“8”字、双“8”字、三“8”字三种，如图11-138所示。

电缆在车上盘放时的弯曲半径不能小于其允许最小弯曲半径，电缆在车上的外围尺寸要保证在运输中不触碰电机车架线，在与机车连接或错车时不碰伤电缆，在巷道中车速要慢行。

3. 在平巷及45°以下巷道中敷设电缆

（1）在平巷及45°以下斜巷中敷设电缆　常用方法是将电缆整盘架到矿车或架子车上，一面推矿车或斜巷下放矿车，后面的人把电缆挂到预先安装的电缆钩上。电缆线路的所有元件（电缆、接线盘及终端）都不应受很大拉力，采用木耳子或帆布带悬挂电缆，如图11-139所示。

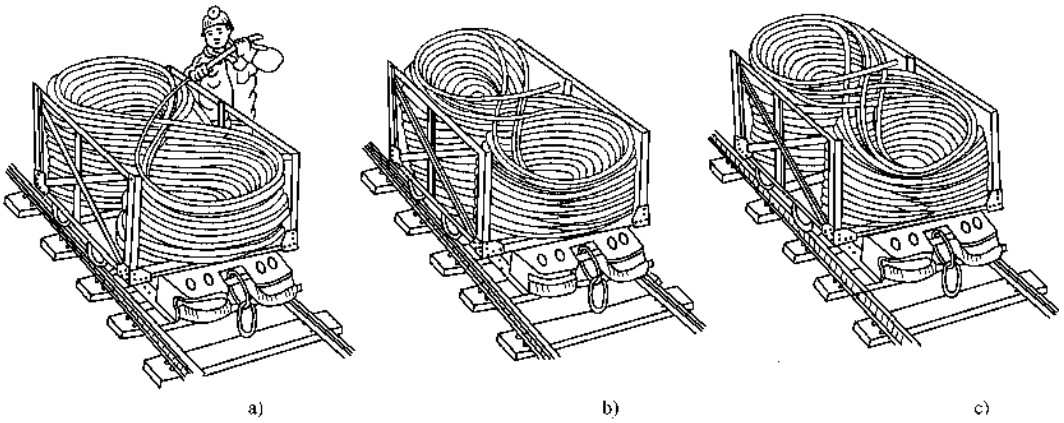


图11-138　“8”字形存放电缆示意图

a）单“8”字形盘放　b）双“8”字形盘放　c）三“8”字形盘放

对于长距离线路，要通过矿车或架子车将电缆先盘成“8”字形，运至现场放开敷设。若一个矿车装不下，可将电缆分装在两个矿车上或架子车上，但中间部分不能受力。

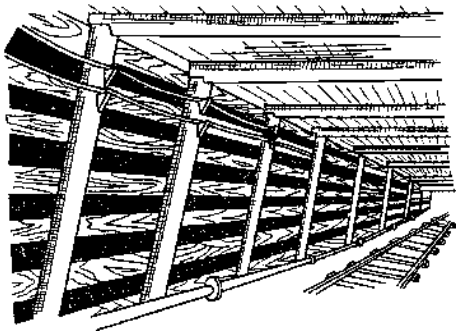


图 11-139 木支架巷道中电缆悬挂情况

采用矿车敷设电缆应使绞车起动平稳、慢行、信号联络准确。如果不能靠矿车运行带动电缆,由人将电缆放开,然后车再慢行。排“8”字形的电缆弯曲半径要大于电缆最小弯曲半径。

(2) 在没有轨道的巷道中 用人力敷设电缆,人肩扛电缆,边放边走,直至放完,但每个人负担的重量一般不超过 35 ~ 40kg。电缆悬挂点之间的距离不得超过 3m。电缆悬挂应有适当弛度,并在承受意外重力时能自由坠落,并应不致于落在轨道或运输机上。其悬挂高度应使电缆在矿车脱离轨道时不致受撞击。

如果电缆较长,人力不足,可分段先把电缆放出一部分,盘在中间一个地方,再把剩余量放开,并挂在钩上,然后将存放的电缆向前放开,直至预定位置。放时可边放边将电缆挂在钩上。

(3) 在井下平巷或倾斜巷道中 一般是在人行道的巷道中敷设电缆,并把电缆悬挂在人行道的另一侧,以免与人接触造成触电危险。如果在运输巷道中敷设电缆,应尽可能在远离轨道的一侧。电缆敷设如图 11-140 ~ 图 11-143 所示。

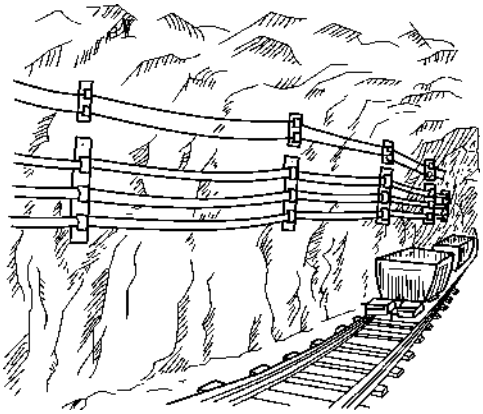


图 11-140 在通车巷道中悬挂电缆

4. 在立井或在 45°以上倾斜巷中敷设电缆

(1) 慢速绞车(俗称稳车)敷设电缆 在距井口 20 ~ 30m 处设一台慢速绞车,在同一方向距井口 5 ~ 20m处架设电缆盘,电缆和缠在绞车上的钢丝绳同时入井,每隔 4 ~ 6m 用一副临时卡子将电缆卡在钢丝绳上,或者用直径 8 ~ 10mm 的麻绳绑扎在钢丝绳上。如果用麻绳绑扎时,每隔 50m 左右应增加一副临时卡子,其情况如图 11-144 所示。

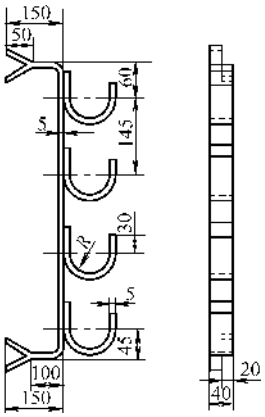


图11-141 悬挂多根电缆的多层电缆钩

根电缆的多
层电缆钩

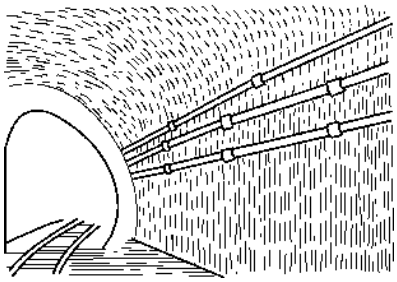


图 11-142 砌 ▮ 巷道中电缆悬挂情况

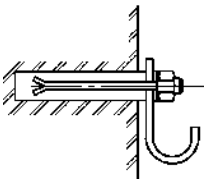


图 11-143 在砌 ▮ 巷道中
固定电缆钩子的方法

当电缆下放到管子道或平巷引出口时,将电缆和钢丝绳反方向破开劲,再继续下放,电缆进入管子道或平巷后,一面解开临时卡子或麻绳,一面将电缆拉到预定位置。然后,在井筒内按顺序,每解开一副临时卡子或麻绳,换上一副永久卡子,将电缆卡到永久支架上,一直到换完为止。

施工注意事项:

1) 根据所敷设电缆、电缆卡子、钢丝绳重量来

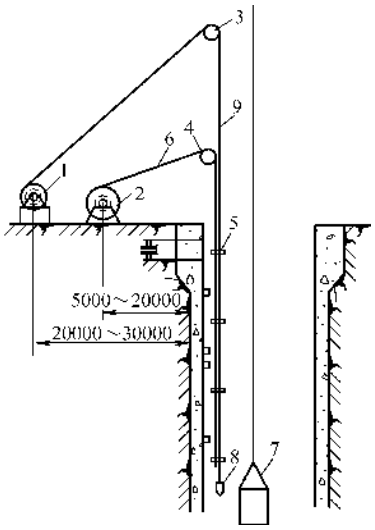


图 11-144　慢速绞车敷设电缆示意图

1—慢速绞车　2—电缆盘　3—天轮
4—电缆导轮　5—卡子　6—电缆
7—罐笼　8—引向重锤　9—钢丝绳

计算出稳车与钢丝绳承担的静张力，并结合所需缠电缆量选择绞车的型号规格。要求稳车的制动装置可靠，除了有常用闸外，还应有一个紧急制动闸（或插爪）。稳车的安装地点，要考虑出绳顺利、操作联络方便和安装基础稳固。地锚必须牢靠，并拉紧稳车。

2）钢丝绳应采用直径 20mm 以上的不旋转钢丝绳。钢丝绳接头一定要接牢固，并能过导向轮，钢丝绳的安全系数应在 5 以上。

3）导向轮直径应不小于钢丝绳直径的 20 倍。所用绳套及固定梁的安全系数应不小于 10。导向轮的转动要灵活可靠，最好采用滚动轴承，以减少阻力。

4）电缆盘及支架必须安放牢固，防止意外拖倒电缆盘。电缆盘应设有制动闸，防止因电缆自重而带动电缆盘转动，造成电缆堕入井筒事故。

5）导向滚筒直径应大于电缆的最小允许弯曲半径的 2 倍。可以用木制的。

6）电缆在井筒中装的永久支架与卡具如图 11-145及图 11-146 所示。敷设电缆之前，必须把永久支架固定在井壁上，安装角度应随其电缆路线变化。

7）在钢线绳前端系锥型重锤作导向器，并应首先将钢丝绳下放到井底一次，对钢丝绳破劲，以减小电缆展开的扭力，以利下放。

8）电缆刚入井时，要用麻绳牵住电缆，将电缆绑扎或卡在钢丝绳上以后，再解开麻绳。

用麻绳绑扎电缆的方法如图 11-147 所示。在无

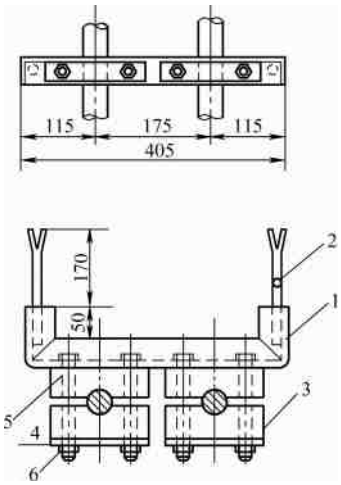


图 11-145　电缆的卡子与支架

1—电缆支架角钢（60mm×60mm×8mm）
2—支架腿（圆钢 ϕ24～ϕ26mm）
3—木卡子　4—卡子压板　5—螺栓　6—螺母

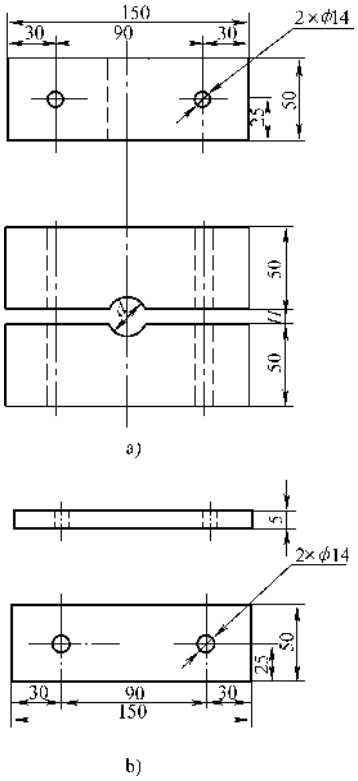


图11-146　电缆的木卡子（硬杂木）与压板

a）木卡子　b）压板

滴水井筒中，麻绳绑完之后，要用水浸湿，以增强麻绳的紧固力。如果钢丝绳上有油，应先在绑扎处除油，再绑扎麻绳，防止串动。

9）钢丝绳和电缆下放时，应有人在罐笼中监视

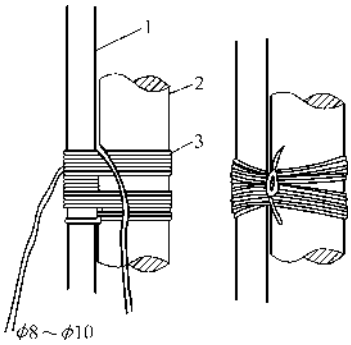


图 11-147 麻绳绑扎电缆方法

1—钢丝绳 2—电缆 3—麻绳

电缆下放情况，发现有卡住或电缆打弯等现象时，应立即停放，及时处理。

在检查或处理时，必须将悬吊钢丝绳的稳车处于保险制动状态。

10）如果电缆在施工中没有下放到井底，而需要中间停工时，必须用卡子与绳套将钢丝绳牢固地卡在井口钢梁中，并将稳车停电制动，以防电缆与钢丝绳坠入井筒，造成事故。同时检查悬吊在井筒中的电缆及钢丝绳与提升容器的最小距离是否合乎规程要求。

（2）罐笼敷设电缆

罐笼敷设电缆的方法如图 11-148 所示。

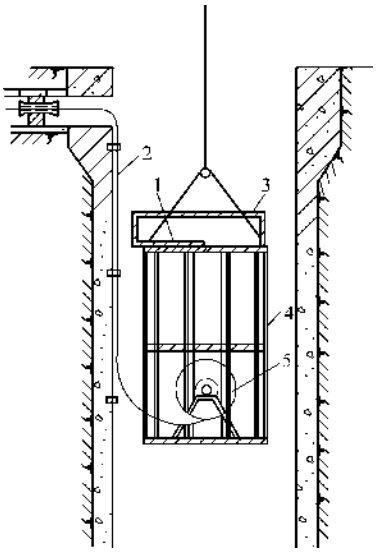


图 11-148 用罐笼敷设电缆

1—工作台 2—电缆 3—围栏

4—罐笼 5—电缆盘

1）根据电缆的重量，先用型钢在罐笼下面焊制一托架，电缆盘架在托架上，在托架的底部做一工作台，人站在工作台上转动电缆盘，放开电缆。

2）在罐笼上面安一临时工作台，人站在工作台上用卡子将电缆卡到永久支架上。电缆卡好后，罐笼继续下放，依次一直进行到预定处。然后把应敷设在巷中的一段电缆引至接线位置。

3）由合格焊工和钳工制作吊架，装置固定要牢固可靠，上下工作台在布置和安装上要便于工作，四周设围栏，确保安全。

4）制订作业人员施工中中途升井或下井的措施。

5）施工时要特别注意罐笼下放速度和电缆的放送速度必须同步，停车必须及时制动。

（3）吊盘敷设电缆 吊盘敷设电缆的方法如图 11-149 所示。

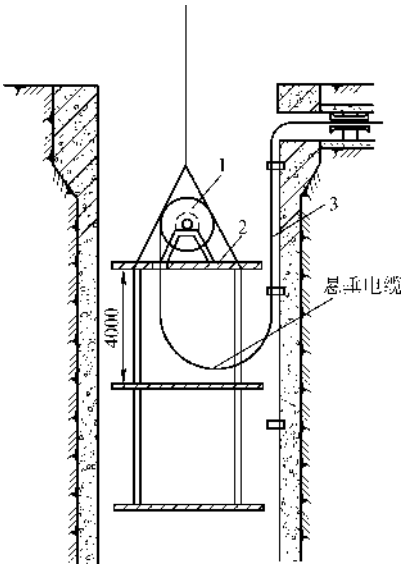


图 11-149 吊盘敷设电缆

1—电缆盘 2—吊盘 3—电缆

电缆盘应架在吊盘的上层盘上。为了敷设电缆方便，防止过度弯曲损伤电缆，电缆在两层盘间应时常保持一个自由悬垂段，即将电缆通过上层盘孔引向下层盘，然后再通过吊盘预留口返至上层盘，施工人员在上层盘作业。电缆引出井口足够长度后，电缆盘即可随吊盘下放，然后自上而下将电缆卡在支架上，直至井底电缆引出口。至此，便可把电缆盘上剩余的电缆倒下，引至接线位置。

采用吊盘敷设电缆时的注意事项：

1）吊盘承载荷重，因此钢丝绳、提升能力应满足安全要求。

2）电缆盘架设在吊盘上位置，要考虑吊盘重量平衡，不能偏重，否则吊盘将会倾斜。下层应有人监视电缆，防止电缆打弯、刮、卡等情况。

3）准备工作时，井盖、保护盘、提升口的结构尺寸要考虑电缆盘外形尺寸，防止电缆下不去。

4）在下层盘应有人监视电缆，防止电缆打弯受碰及卡住等。

5）升降吊盘时，应设专人监护，防止挤伤电缆。

6）在倾角为45°及以上的斜井中敷设电缆与在立井中一样，但支架间距离不应超过3m。

7）立井井筒中所用的电缆，通常中间不得有接头。如果因井筒太深需设接头时，应将接头设在中间水平巷道内，以便检修维护。

8）运行中因故需要增设接头而又无中间水平巷道可利用时，可在井筒中设置接线盒，但应妥善放置在托架上，不应使接头受力。

5. 在钻孔中电缆的敷设

有时为了缩短电缆的长度和减少电压损失，可采用钻孔由地面向井下供电。钻孔应选择在供电距离短、地质条件好、经济上比较合适的安全地带。

1）敷设前对敷设的电缆进行检查、试验，长度应符合要求，对钻孔内的钢管进行防腐处理，卡具要镀锌；选用的钢丝绳、卡具应与敷设的电缆相配套。在敷设时首先在钻孔中敷设钢管，在钻孔位置上安装吊架，利用吊架将钢管吊起送进钻孔，管接头应在钻孔口处焊接或螺口连接之后继续下放钢管，依次到底。再用钢丝绳带重物通过钢管至孔底，以检查管子是否畅通。确认畅通后敷设电缆，如图11-150所示。根据钻孔深度确定钢丝绳长度，将钢丝绳缠绕在绞车上开始敷设。将电缆用卡子固定在钢丝绳上，边慢慢下放电缆，边逐段加卡子，卡子的间隔距离约为4～6m，直至将电缆下放到井底，并将电缆拉至接线地点。然后将钢丝绳吊挂在吊架上。最后将电缆的上端做好终端头，敷设到电杆上与架空线路相连接。

2）钻孔地面钢管段应高出地面0.5～1.0m，并将钢管周围用混凝土堆实，用金属板封严钻孔钢管，以防外物及雨水侵入。

3）在稳定坚固的岩石中打钻，也可以不用钢管，直接将电缆敷设在钻孔中。

4）在较浅的钻孔或使用周期较短的电缆，可以用防腐镀锌铁丝将电缆固定在钢丝绳上，放入钻孔中。

6. 峒室内电缆的敷设

峒室内敷设电缆一般有墙上挂钩、电缆沟、沿峒室顶部及设备附近穿管敷设等方法。电缆挂钩安装要牢固，电缆排列要整齐。两根电缆上下间不得小于35mm。高低压电力电缆敷设之间的距离要大于100mm。高、低压电缆在同一挂钩上时，高压在上，低压在下。动力电缆与控制电缆之间的距离应不小于

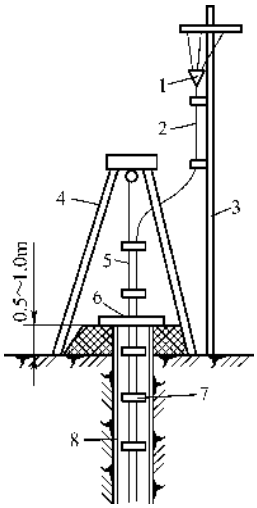


图11-150　用钻孔向井下敷设电缆的方法

1—电缆终端接线　2—电缆　3—电杆
4—吊架　5—钢丝绳　6—金属盖
7—卡子　8—钢管

150mm。控制电缆在动力电缆的下面。

峒室电缆沟敷设电缆要求沟内清洁干净，易排水。电力电缆间水平净距不小于35mm，1kV以上的电力电缆与控制电缆间的净距不应小于100mm。电缆沟盖板应与地面相平。

峒室顶部敷设时，要有电缆挂钩或卡子固定电缆，防止电缆脱落。

电缆进入峒室时，必须设过墙管保护，如图11-151所示，同时管口两端要用黄泥封严。峒室中的铠装电缆应将麻被层剥去；并在铠装表面涂以防锈漆或沥青。

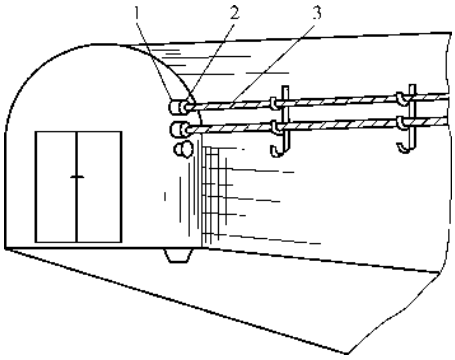


图11-151　峒室内过墙穿管敷设电缆

1—穿管　2—黄泥　3—电缆

7. 暗井中电缆的敷设

1）在深度或斜长不超过50m的暗井中敷设电缆可采用图11-152所示的方法。将钢丝绳穿过滑轮，

然后用卡子或绳扣将电缆固定在钢丝绳上。用人力或绞车拉住钢丝绳慢慢下放电缆，并逐个用卡子固定好。用人力施工时，要将绳的末端绕在一个可靠的支柱上。由专人拉住缓慢放松。钢绳的强度、拉力和直径应根据所承受的电缆重量考虑，一般按5倍以上的安全系数选择。

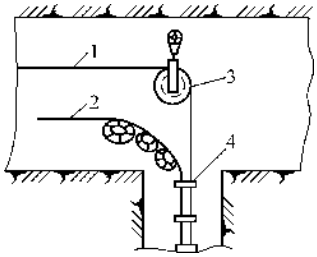


图 11-152　深度不超过 50m 的暗井中敷设

1—钢丝绳　2—电缆　3—滑轮　4—电缆卡子

2）暗井深度超过50m时，要选用慢速绞车来带动钢丝绳，将电缆卡在钢丝绳上慢慢下放。方法和要求可参照立井井筒电缆敷设。

在暗井中敷设电缆，每隔4～6m，固定一副卡子。用钢丝绳和卡子将电缆悬挂在暗井中。

如果暗井兼做人行道，应将电缆悬挂在人行道的另一侧，以防行人抓扶电缆。

8. 采掘工作面电缆的敷设

1）电缆的吊挂要整齐，吊挂点的间距不大于3m，两根电缆的上下间距不得小于50mm。多余电缆必须吊挂，不准盘成圈或盘成“8”字形供电。采用木钩子、木耳子或帆布带（可用废旧带）进行吊挂电缆，严禁用铁丝吊挂。

2）综采移动变电站电缆、高档普采和普采的采煤机电缆，允许在电缆车和电缆架上盘放电缆送电。移动变电站电缆多出规定长度后必须拆除。电缆随采煤机移动时，为保证安全，应设人看管电缆，防止砸、挤和刮坏电缆。综采移动变电站的高压电缆，其中间采用防爆高压电缆连接器或高压接线盒连接，每个接线盒处应设局部接地极，高档普采、普采和掘进用橡套电缆、中间接头必须使用防爆接线盒连接。

3）掘进工作面橡套电缆严禁与风筒挂在一起，同时应安装风电闭销装置，保证供电的安全。

4）电缆与防爆电器连接时，接线嘴密封圈内径应不大于电缆外径的1mm，外径与进线装置内径应不大于2mm，宽度不小于电缆外径的0.7倍，厚度不小于外径的0.3倍，电缆与密封圈之间不准包扎其他物件。接线嘴的压线板要压紧电缆。接线要整齐，电缆芯线的长度要适宜。

电力电缆及控制电缆，包括电缆头制作、支架附件安装的质量检验标准及方法见表11-60～表11-70。

表 11-60　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

（续）

工序	检验项目			性质	质量标准	检验方法及器具
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	
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			插接面用胶合剂粘和牢固，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 11-61 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
组装后的钢结构竖井检查	垂直误差			≤0.2%竖井高度	用尺检查
	支架横撑水平误差			≤0.2%竖井宽度	用尺检查
	对角线误差			≤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 11-62 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

（续）

工序	检　验　项　目		性质	质量标准	检验方法及器具
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	
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 11-63　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

（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
	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、规格及起迄地点；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	

表 11-64　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

（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
	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 11-65　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	

（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 11-66　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			

表 11-67　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 11-68　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

（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、规格及起迄地点；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

（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 11-69　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

表 11-70 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

第十二章　变配电装置的安装

变配电装置是指变压器和控制变压器的开关、输出回路的控制以及继电保护、测量回路的总称。它和电压等级有密切联系，通常将室内 10kV/400V 的变配电装置称为变电室，设在室外的称为变压器台；将 35kV/10kV、35kV/6kV 或 35kV/400V 的各级变配电装置称为变电站（所），变电站（所）又分为室内和室外两种，各有不同；将高于 35kV 以上各级变配电装置称为变电中心或变电枢纽。变配电装置是电气安装工程中的难点，技术要求较高。

本章以一座 2×4000kVA、35kV/10kV 变电站和另一 2×50000kVA、110/35kV 升压站为例，讲述变配电装置的安装工艺、方法及要求。高压电器的种类及型号多种多样，均可参照本文及其说明书进行安装。另外变压器的运输和吊装在安装工程占有很重要的地位，本章对此也作了详细的讲述，其他章节的大件运输和吊装均可参照。

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—2006、GB 50170—2006、GB 50171—2012、GB 50173—1992。

第一节　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，并作好记录。

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验报告，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）施工中的安全技术措施，应符合规范和现行有关安全技术标准及产品的技术文件的规定。对重要工序，尚应事先制定安全技术措施。

10）与变配电装置安装有关的建筑工程施工，应符合下列要求：

①　与变配电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，建筑工程应具备的条件：

屋顶、楼板施工完毕，不得渗漏；

室内地面基层施工完毕，并在墙上标出地面标高；在配电室内，设备底座及母线的构架安装后，作好抹光地面的工作；配电室的门窗安装完毕；

预埋件及预留孔符合设计要求，预埋件牢固；

进行装饰时有可能损坏已安装的设备或设备安装后不能再进行装饰的工作应全部结束；

混凝土基础及构支架达到允许安装的强度和刚度，设备支架焊接质量符合要求；

模板、施工设施及杂物清除干净，并有足够的安装用地，施工道路通畅；

高层构架的走道板、栏杆、平台及梯子等齐全牢固；

基坑已回填夯实。

③　设备投入运行前，建筑工程应符合要求：

消除构架上的污垢，填补孔洞以及装饰等应结

束；

完成二次灌浆和抹面；

保护性网门、栏杆及梯子等齐全；

室外配电装置的场地应平整；

变压器、电抗器的蓄油坑清理干净，排油水管通畅，卵石铺设完毕；

通风及消防装置安装完毕；

受电后无法进行或影响运行安全的工作施工完毕。

11）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。

12）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。

第二节　准 备 工 作

一、土建工程应具备的条件

1）室外和室内的电缆沟已砌筑且抹灰完工，盖板完整齐全；沟内金属支架已预埋好，并已刷漆。

2）室外地面已修整，排水沟、道路已完工。断路器及电杆的混凝底座已浇注好，且尺寸、轴线应复核符合设计要求，同时混凝土基础及构架已达到允许安装的强度。设备支架焊接质量符合设计要求，并验收合格。

3）室内装修已基本完工，门窗已装好，玻璃齐全；屋顶楼板施工完毕，不得有渗漏；室内地面抹灰或装修已完工；室内预留孔洞、预埋铁件齐全无缺，且位置标高准确无误。

4）进行装饰工作时有可能损坏已安装设备，或者设备安装后有碍进行装饰工作的工作应全部完工。

5）与设备安装有关的建筑物、构筑物的土建工程质量，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。

6）围墙和大门已完工，所有门都已装锁。

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、施工组织及施工方案的编制

变配电装置的安装调试在电气安装工程中是难点、重点，从施工机械、人力、施工方法上有较高的要求。因此，必须按照施工图及合同编制施工组织设计，具体方法见《电气工程项目管理与策划技术手册》一书。

开工前应由项目经理、技术人员检查施工组织设计的到位及落实情况，否则不得开工，详见《电气工程项目管理与策划技术手册》一书。

四、设备、元件、材料的检查及试验

详见本书第五章相关内容。

第三节　变压器的运输及吊装就位

电力变压器的运输，特别是大型电力变压器的运输，通常是一项困难的工作，运输的费用有时要超过安装的费用，这是由变压器本身的结构、安装现场条件及道路好坏远近决定的。变压器的运输通常是在起重工、搬运工配合下进行的，但组织者和指挥者必须是电气技术人员，作为一名优秀的电气安装人员，应该掌握电力变压器的运输吊装技术。

一、变压器运输的特点及要求

1）电力变压器重量重，体积又大，给运输吊装带来了一定的难度。

2）安装现场条件的限制增加了运输的难度。如果现场有铁路专用线和大型吊装设备，干起来比较容易些，否则就要用一些土办法或者半机械化的方法来进行。这样，地理条件、气候条件、运输经验及装备等都给运输带来了一定的困难，特别是从火车上卸车以及汽车上的装卸都是比较困难的。

3）技术上的复杂性。变压器运输不同于一般重物的搬运，不仅要有熟练的起重运输经验，还要有电气、机械以及土木工程方面的技术，否则是难以圆满完成任务的。变压器在运输中要绝对保证铁心、线圈以及其他部件不受到机械损伤，绝缘介质不受到潮湿；采用土办法时要用到斜面、牵引、滚杠、两木塔等机械方面的知识；在运输过程中要修理、加固道路和桥梁，修筑卸车的站台以及处理沿途建筑物的障碍等，又要用到土木工程和建筑方面的知识。另外还有

很多的人员和运输机具多方的配合，这样既要求组织者和指挥者具备上述全面的技术和知识，又要求有一定的组织指挥能力，才能完成大型变压器的运输。

4）安全要求严格

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　工作人员的安全，要防止碰伤、砸伤及人身伤亡事故发生。

⑤　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，保证绝缘性能良好，降低运输费用，合理组织人力和编制运输方案，保证运输的安全。

二、变压器运输的准备工作

1. 工作内容和程序

1）现场调查，包括装车地点、运输路径、卸车地点、运输有无障碍等；

2）编制运输方案和技术措施；

3）准备运输机械和工具，并检查核实其安全性和可靠性；

4）进行劳动组织工作，落实起重工、司机及指挥人员；

5）运输方案和技术措施的交底、讨论和审核；

6）施工现场的布置，处理障碍物；

7）变压器的装卸；

8）变压器的运输；

9）附件的装卸和运输；

10）安装变压器的底坐和滚轮；

11）附件的清点和保管。

2. 路径的确定

要求路面坚实，允许装载变压器的车辆作较长时间的停留而无沉陷现象。运输的道路要尽力使用正式的公路，要求运输距离短、跨越桥梁要少。必须经过非正式公路时，要选择平坦的路线，高差较大的坡道要少，尽量不经过河沟和凹地。在选择卸车地点和运输道路之间有矛盾时，应以道路为主考虑。有时为了选择较好的路径，可让装车地点和卸车地点远一些。对于地形和道路不熟悉的地方，要和当地农民取得联系、收集更多的资料。

3. 机具的准备

机具是随着运输方式和现场条件决定的。

运输机具主要有，拖拉机、牵引汽车、卷扬机或绞车、汽车、拖车、道木、滚杠、木排、钢轨、千斤顶、钢丝绳、滑轮等。

起重机械主要有，起重机、两木搭、吊梁或吊架、倒链（手拉葫芦）、卷扬机、钢丝绳、滑轮、绳套、卡具等。

4. 运输工程的施工组织

运输工程的施工组织主要是解决和处理各个工序和工种之间的分工和配合，以及施工人员和后勤人员的配合。

施工组织应确定下列专业人员和专业小组：

1）运输总指挥和技术负责人。总指挥应由具有丰富运输吊装大件重件经验的并且对电气知识有一定了解的工人技师担任，具有在复杂、特殊环境下处理运输或吊装重大疑难问题的能力。技术负责人应由具有实践经验的电气工程师担任，协助总指挥处理问题，审核运输方案，并提供有关资料，计算各类数据，和总指挥一起确定运输方案、现场勘察和解决运输中的技术问题及处理临时出现的重大有碍运输的问题。

2）运输组。完成变压器的运输，保证运输安全和运输质量，协助并默契配合总指挥的工作，对运输方案和各类技术问题提出修改建议。

3）起重组。完成变压器的装卸及变压器的安装就位，保证质量和安全，密切配合运输组完成运输工作以及技术负责人的技术工作。

4）障碍处理组。勘察运输现场，完成装卸过程和运输过程中障碍物的排除以及加固桥梁、路基以及其他前期工作。

5）安全员。由实践经验丰富的有权威的老工人或工程师担任，审查运输方案并监督全过程，进行全员安全教育，检查并制定安全措施，对整个运输工程的过程提出建议，修定方案，保证安全，检查并监督总指挥和技术负责人的工作。

6）后勤组。做好后勤服务工作，提供天气预报和地理状况，保证生活资料和工程物资的供应，保证工作人员的吃住，稳定工作人员的情绪。

三、变压器的装车和卸车

装车和卸车的程序相反，受的力相反，器身运动的方向相反。知道怎么装车，怎么卸车也就知道了。无论装车和卸车，如果现场有起重机械设备，事情就比较容易了，只要设备的起重能力（最大载荷、提升高度、力臂的角度及活动范围等）和变压器自重、位置等相吻合，在起重工的配合下，合理选择吊点即可装卸。当然有关参数要核实，要有根据，不可想当

然。有关起重机械设备吊装工艺方法，这里不作过多的讲述，现在主要介绍当现场没有起重机械设备的情况下，进行装卸的主要方法。

1. 人字形抱杆的应用

人字抱杆是一种常用的起重土办法工具，结构简单适用，可以是钢结构的，也可以是木结构的，通常用于 20t 以内的变压器吊装。

1）人字形抱杆的受力情况见图 12-1。

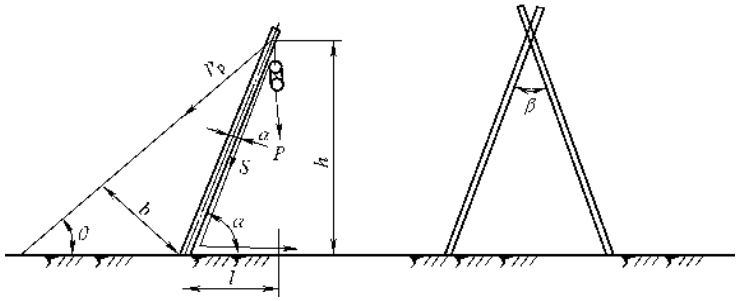


图 12-1 人字抱杆受力情况

① 抱杆的计算荷重 P。

$$P = (G + g)k \tag{12-1}$$

式中 P——计算荷重，单位为 N；

G——变压器起吊重量，单位为 N；

g——索具和滑轮组的重量，单位为 N；

k——起吊系数，一般取 1.3。

② 拖绳的拉力 P_p。

$$P_p = \frac{Pl + Q\frac{L}{2} + S\cos\frac{\beta}{2}\alpha}{b} \tag{12-2}$$

式中 l——吊钩垂线和抱杆支点的距离，单位为 cm；

a——牵引绳与抱杆立柱中心的距离，单位为 cm；

b——拖绳与抱杆支点的垂直距离，单位为 cm；

Q——人字抱杆两个立柱的总重量，单位为 N；

S——牵引绳的拉力，单位为 N，牵引绳拉力可按式（12-6）计算；

β——抱杆两柱的夹角，一般为 30°～45°，

其中 $$b = h\left(\frac{1}{\mathrm{tg}\theta} - \frac{1}{\mathrm{tg}\alpha}\right)\sin\theta \tag{12-3}$$

$$l = h\mathrm{ctg}\alpha \tag{12-4}$$

式中 h——抱杆的垂直高度，单位为 cm；

θ——拖绳与地面所成的夹角（°）；

α——抱杆倾斜角度，一般不小于 75°。

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \tag{12-5}$$

式中 h_1——运输变压器车辆的台面高度，单位为 cm；

h_2——变压器运输时的高度，单位为 cm；

h_3——绳套的垂直高度，单位为 cm；

h_4——滑轮组拉紧时，上下滑轮之间最小距离，单位为 cm，见图 12-2 和表 12-1；

h_5——绑绳扣的高度和预留高度，单位为 cm。

③ 牵引绳的拉力 S。

$$S = P/n\eta_0 \tag{12-6}$$

式中 n——滑轮组上钢丝绳的圈数，见表 12-2；

η_0——滑轮组的效率，见表 12-2。

④ 有转向滑轮的抱杆所受的轴向压力 P_{m1}。

$$P_{m1} = \frac{P_p\cos\theta + \dfrac{S}{\dfrac{\cos\beta}{2\cos\alpha}}}{\dfrac{2\cos\beta}{2\cos\alpha}} + \frac{G}{2}\sin\alpha\cos\frac{\beta}{2} \tag{12-7}$$

另一抱杆所受的轴向压力 P_{m2}

$$P_{m2} = P_{m1} - S \tag{12-8}$$

⑤ 抱杆所受的最大弯矩 M。

$$M = \frac{1}{8}\frac{Q}{2}L_1 = \frac{QL_1}{16} \tag{12-9}$$

式中 L_1——立柱的长度，单位为 cm，$L_1 = \dfrac{h}{\sin\alpha}$。

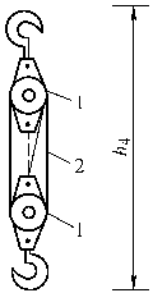


图 12-2 滑轮组上下滑轮的最小距离

表 12-1　滑轮组拉紧时，上、下滑轮之间的最小距离（见图 12-2）

滑轮组的起重量/N	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	10×10^4	15×10^4	20×10^4	25×10^4
滑轮组拉紧时的最小距离 h_4/mm	1500	1600	1700	2300	2600	3200	3400	3700

表 12-2　滑轮组的性能

滑轮组的组合	1-1	1-2	2-2	2-3	3-3	3-4	4-4	4-5	5-5
钢丝绳的数量 n（绳从定滑轮引出）	2	3	4	5	6	7	8	9	10
滑轮组的效率 η_0	0.94	0.92	0.90	0.88	0.87	0.86	0.85	0.82	0.32

⑥　用钢结构抱杆时，弯曲应力应满足以下条件：

$$\sigma = \frac{P_{m1}}{\phi F} + \frac{M}{W} \leqslant [\sigma] \qquad (12\text{-}10)$$

用木结构抱杆时，应满足

$$\sigma = \frac{P_{m1}}{F} + \frac{M}{WJ} \leqslant [\sigma] \qquad (12\text{-}11)$$

上两式中　F——立柱的截面积，单位为 cm^2；

ϕ——压杆发生纵向弯曲弯时，允许应力的折减系数；

W——立柱的断面系数，单位为 cm^3；

J——立柱因弯曲力矩作用产生变形的影响系数。

钢结构抱杆［σ］取 14000N/cm^2，

木结构抱杆［σ］取 1000N/cm^2。

根据力学分析，可进行抱杆设计以及牵引机械、索具和地锚的选择。

2）人字抱杆的应用。人字抱杆可以让两柱跨在变压装载车的两侧，也可以让两柱处于装载车的一侧，见图 12-3。

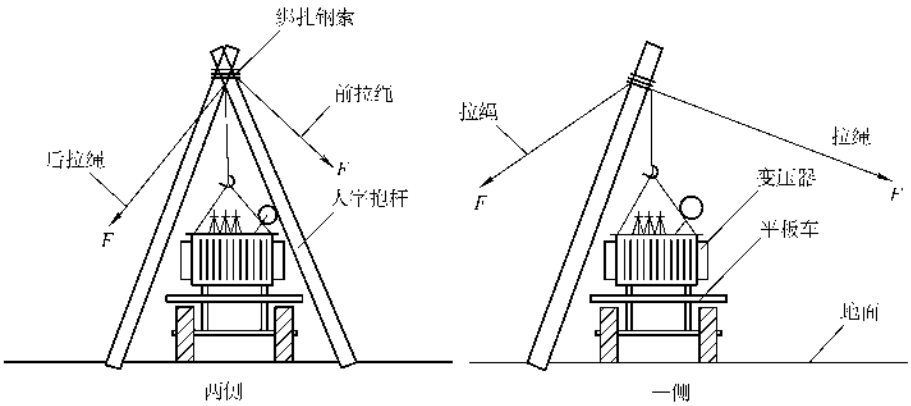


图 12-3　人字抱杆的应用

人字抱杆比较笨重，立好后再移动比较困难，因此设计和组立抱杆时，必须考虑到变压器装卸和运输的方便，也要考虑到装载车辆牵引到抱杆下面和运走变压器的方便。

人字抱杆一般都是在地面组装好后再立起来，用于装车时，即将抱杆按上图立于变压器的两侧或一侧；用于卸车时，先把抱杆立起，然后按上图将装载车辆牵引至抱杆跨下或者抱杆的一侧，这里要根据现场情况选择。无论哪一种情况，抱杆的拖绳设置都是重要的，另外现场指挥人员以及汽车司机的驾驶技术也是极为重要的。

在吊起变压器前，要检查变压器高压侧或低压侧的方向，要求变压器在卸车以后能直接或者不作多余的方向变动，就可以卸车到基础上去，并符合正常运行规定的方向，否则将给卸车和安装带来很大的不便。

2. 斜面牵引法的应用

斜面牵引法分滚动法和滑动法两种。所谓滚动法

是指将变压器用千斤顶顶起后在变压器下面放上木排，然后在木排下面再放上滚杠（厚壁钢管）；而滑动法是指变压器下面直接放入钢板或钢轨（20mm 厚的钢板或 380～500N/m 的钢轨）。

1）斜面牵引滚动卸车的受力情况见图 12-4。

① 卸车初始时牵引力 P。

$$P = \frac{k[(G+g)f' + Gf'']}{d\cos\alpha_1} \qquad (12\text{-}12)$$

式中 G——变压器的运输重量（包括木排重量）；

g——滚杠的重量；

f'——滚杠与道木之间的滚动摩擦系数，一般取 0.20～0.25cm；

f''——滚杠与木排之间的滚动摩擦系数，如在木排下面加有钢护板时，$f''=0.07$cm，无护板时 $f''=0.20\sim0.25$cm；

d——滚杠的直径；

k——起动系数，一般为 1.3；

α_1——牵引绳与地面所成的角度，单位为°，且

$$\alpha_1 = \mathrm{tg}^{-1}\frac{h_1+h_2+h_3+h}{l_1} \qquad (12\text{-}13)$$

h_1——铁路钢轨顶面与地锚着力点的高差（cm）；

h_2——装载车台面距钢轨顶面的高度，单位为 cm；

h_3——道木、木排、滚杠的总高度，单位为 cm；

h——牵引绳在油箱上拴系点的高度，单位为 cm；

l_1——牵引绳用地锚与变压器起始位置之间的距离，在平埋地段，一般为 2000cm。

有时为了简化计算，用经验公式估算：

$$P_{水平} = (0.06\sim0.10)G \qquad (12\text{-}14)$$

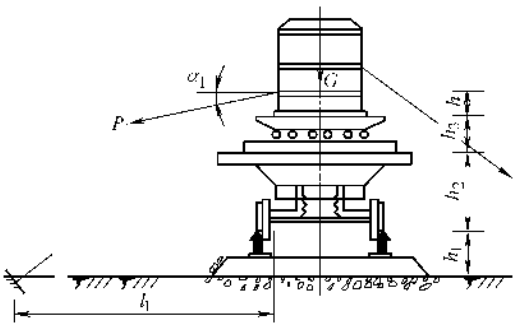


图 12-4 斜面牵引滚动卸车的受力情况

② 拖拉绳的受力计算和变压器在斜面上的稳定校验，见图 12-5。

由图可见，不受外力时，要保持变压器不因自重在斜面上自由下滑，应满足：

$$F \geqslant G_x = G\sin\beta \qquad (12\text{-}15)$$

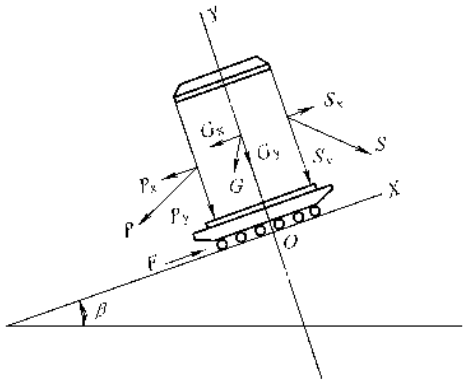


图 12-5 变压器在斜面上的受力情况

式中 F——变压器在斜面上的阻力，单位为 N；

$$F = \frac{(G+g)f' + Gf''}{d}\cos\beta \qquad (12\text{-}16)$$

G_x——变压器自重在平行于斜面方向的分力，单位为 N；

β——斜面与地面所成的角度，单位为°；

$$\beta \leqslant \sin^{-1}\frac{F}{G} \qquad (12\text{-}17)$$

β 一般为 5°～7°。当式（12-17）满足时，可不装拖拉绳，否则应装设拖拉绳使变压器能够停止在斜面上。为了安全，一般应装设拖拉绳。拖拉绳的受力等于牵引绳的拉力，可借助拖拉绳使前进受阻的变压器回到原来的位置。

③ 索具、牵引机械的选择

滑轮组按照式（12-6）的 P 选择，其轮组根据牵引机械的出力决定，通常用 3-3 滑轮组。

绕过滑轮组的牵引绳的受力按式（12-6）计算，$S=\dfrac{P}{n\eta_0}$。

牵引机械按 S 选择，如果牵引机械出力小，而 P 比较大时，可增滑轮组滑轮的数量，增大 n 值，而降低了 S 值。

有导向轮时，牵引绳经过导向轮以后所受的力为 S'

$$S' = \frac{S}{\eta_1 n_1} \qquad (12\text{-}18)$$

式中 η_1——一个导向轮的效率，取 0.96；

n_1——导向轮的个数。

变压器油箱上牵引绳所受的力为 P'

$$P' = \frac{P}{2\cos\dfrac{\theta}{2}} \qquad (12\text{-}19)$$

式中 θ——绳套在受力时的张角，单位为°。

见图 12-6。

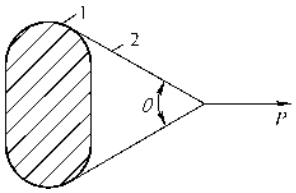


图 12-6　牵引绳套的受力情况

④　地锚的计算。回填土地锚受力情况见图 12-7。

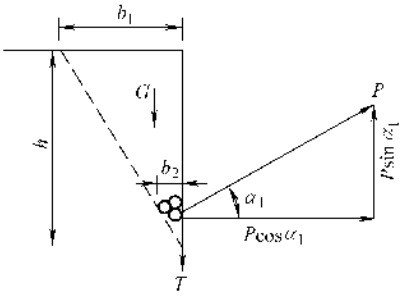


图 12-7　回填土地锚受力情况

上拔力的核算，即垂直力应满足：

$$G + T \geqslant kP\sin a_1 \qquad (12\text{-}20)$$

式中　G——埋木带起的土壤重，单位为 N；

$$G = Vr$$

T——土壤与埋木的摩擦力，单位为 N；

$$T = fP\cos\alpha_1 \qquad (12\text{-}21)$$

k——安全系数，$k \geqslant 3$；

P——地锚所受的拉力，单位为 N，见式(12-12)；

α_1——牵引绳与地面的夹角，单位为°，见式(12-13)；

V——土壤的体积，单位为 m^3

$$V = \frac{b_1 + b_2}{2}hl \qquad (12\text{-}22)$$

h——埋木的埋深，单位为 m；

l——埋木的长度，单位为 m；

$b_1 b_2$——见图 12-7；

r——土壤的密度；1800kg/m^3；

f——土壤与埋木的摩擦系数，取 0.5。

土壤抗压力的核算，即水平力应当满足：

$$P\cos\alpha_1 \leqslant [\sigma]hl\eta \qquad (12\text{-}23)$$

式中　$[\sigma]$——土壤的允许强度，单位为 N/cm^2；

h——埋木的深度，单位为 cm；

l——埋木的长度，单位为 cm；

η——土壤 $[\sigma]$ 折减系数，0.25。

埋木强度的计算　以使用最多的单锚钩为例，见图 12-8，埋木的弯曲应力必须满足：

$$\sigma = \frac{M}{W} \leqslant [\sigma] \qquad (12\text{-}24)$$

式中　M——埋木的最大弯矩，单位为 N·cm；在坚硬土质时，$M = \frac{ql^2}{8}$，其中 $q = \frac{P}{l}$ 是埋木单位长度的拉力，假定锚钩的拉力均匀分布于埋木上。在松软土质时，$M = \frac{Pl}{4}$，按照两端支承，中间集中负荷的情况考虑。

W——埋木的断面系数，单位为 cm^3；对于圆形截面积的埋木 $W = 0.1d^3$，d 是圆木的直径，单位为 cm；对于方形截面积的埋木 $W = \frac{ab^2}{6}$，a 为方木高，b 为方木宽，单位为 cm；

$[\sigma]$——埋木的允许弯曲应力，取 1200N/cm^2。

同时，埋木剪切应力必须满足：

$$\tau = \frac{P}{F} \leqslant [\tau] \qquad (12\text{-}25)$$

式中　F——埋木的受剪面，单位为 cm^2；当受剪面为一个时，F 为埋木的截面积，对于圆形截面的埋木 $F = \frac{\pi d^2}{4}$，对于方形截面的埋木 $F = ab$；

$[\tau]$——埋木的允许剪切应力，取 450N/cm^2。

如果埋木根数为 n，则为拉力由每根平均负担，即用 n 乘以断面系数和截面积代入上两式计算即可。

锚钩用钢筋制作，锚钩强度应满足：

$$\frac{\pi d^3}{4}[\sigma] \geqslant P \qquad (12\text{-}26)$$

式中　d——钢筋直径，单位为 cm；

$[\sigma]$——钢筋允许拉应力，一般取 14000N/cm^2。

如果上式不能满足，则应增加 d 或根数并起使用。

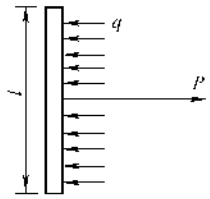


图 12-8　单锚钩地锚埋土受力情况

2）斜面牵引滑动卸车的分析。滑动法和滚动法的不同主要指油箱下的衬垫物不同，滑动卸车是在油箱下面放置 380～500N/m、长 8～12m 的普通钢轨，数量 9～12 根，3 根一组，每组间放置道木。或者放

置厚度为20mm的钢板。为了减少阻力，通常在钢轨顶面或钢板上涂黄油等润滑剂。

滑动卸车的牵引力 P 为

$$P = \frac{kf'''G}{\cos\alpha_1} \tag{12-27}$$

式中 f'''——油箱底面与钢板或钢轨间的摩擦系数，涂油时 $f'''=0.11$；不涂油 $f'''=0.15$；

α_1——牵引绳与地面的夹角，可按式(12-13)计算，其中 h_3 为道木和钢轨或钢板的总高度；

k——起动系数，取1.3；

G——变压器的运输重量，单位为N。

在斜面上稳定不动时，摩擦力 F 为

$$F = f'''G\cos\beta \tag{12-28}$$

式中 β——斜面的角度，单位为°；β 不得大于15°。

3）装车。

滚动法牵引时：

$$P = \frac{k[(G+g)f' + Gf'']}{d\cos\alpha_1} + G\sin\beta \tag{12-29}$$

滑动法牵引时：

$$P = \frac{kf'''G}{\cos\alpha_1} + G\sin\beta \tag{12-30}$$

4）斜面的应用。

（1）卸车地点的要求　要求地形平坦、来往车辆少，地面与装载车台面的高差比较小，土质坚硬，能承受变压器的重量而不致沉陷。卸车后能方便地运走变压器，没有有碍卸车和运输的障碍物。

（2）卸车工艺过程

1）将装载变压器的车辆停靠在卸车地点，并将车轮掣动，然后用石块、木桩或铁块将车轮卡住，使得在卸车过程中装载车不得移动。

2）塔设道木坡道。道木坡道见图12-9。

平台的高度一般应和装载车台面相同，大型变压器应高出50～100mm，宽度一般为5m，通常选用2.5m的道木。平台应伸进装载车的台面下面，一般为200～300mm，并充填坚固，平台和台面之间要用道木填满。

坡道的斜度一般为5°～6°，长度一般为10m，宽度和平台相同。

塔设时要把每根道木摆放平稳，每层道木纵横交错，道木间距由变压器重量而定，100t左右的变压器为500～600mm，各根道木之间用铁扒钉钉牢，每根道木的连接处至少应有2根扒钉，使之成为一个整体。

在平台和坡道上，按照变压器运输木排，对称于坡道、平台中心线摆两行道木，每行3～4根并列排放，也用铁扒钉钉牢。

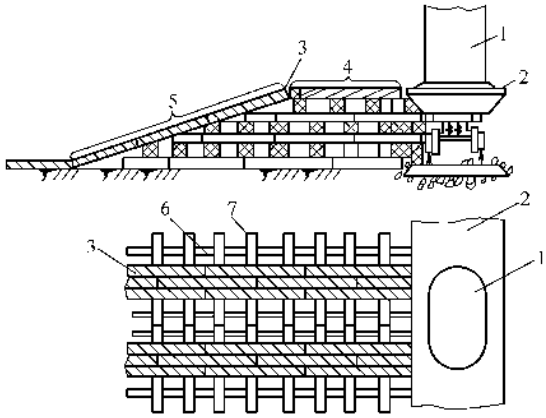


图12-9　道木搭成的卸车坡道

1—电力变压器　2—装载车　3—放滚杠的并列道木
4—坡道的平台部分　5—坡道的斜坡部分
6—纵向道木　7—横向道木

3）放置木排和滚杠　见图2-52。

先用千斤顶，见图12-10，因为变压器与车底距离太小，因此可做一个辅助工具。将变压器顶起，一般用4只，变压器每角一只，每个千斤顶的起重能力应大于1/4变压器重量。4只千斤同时顶升，顶升时为保证安全应陆续放入方木支撑变压器，见图12-11、图12-12。

当顶起高度达到能放进木排、滚杠和道木时，拆除临进放入的方木，放进道木、滚杠和木排，动作应迅速，放入时不得触及千斤顶，为了安全应在非放入部位支撑道木，放入滚杠前应将牵引绳和施拉绳系好，并起动牵引机械使其稍微拉紧。

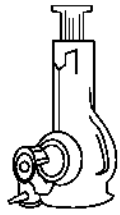
4）布置牵引机械和钢丝绳、地锚等。见图12-13、图12-14。

绳索、机械、地锚应按计算结果选择，牵引绳套一般在距油箱底部600～900mm处，拖拉绳套一般在油箱高度1/2处。

5）卸车。按上述准备好以后，应进行一次全面细致的检查，特别是地锚、绳索、滑轮及道木墩，发现不妥应及时处理，检查应由技术负责人或总指挥同安全员一并进行。

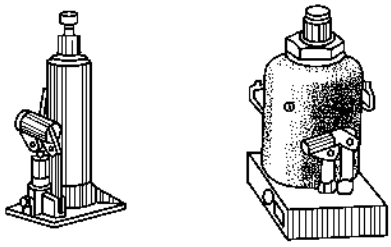
检查通过以后，即可开始卸车。起动牵引机械，通过滚杠滚动变压器即可缓慢地从装载车上落到平台上，牵引速度要慢，一般不得大于5～6m/min。当变压器1/4～1/3部分行至平台时，应停止牵引，再次进行检查。牵引时，拖拉绳应同步放松，任何时候，拖拉绳都应伸直。

落到平台以后，停止牵引，再度进行一次检查，然后继续牵引。当变压器的重心移到平台和斜坡道交界时，拖拉绳应收紧，牵引绳稍微放松，从变压器后部两侧用撬棍缓慢撬动变压器木排使其重心移至坡道上，撬动时不能触及器身，同时拖拉绳放松，牵引绳稍微收紧。这时应停止，再检查一次坡道。



起重量/t	5	10	15	30	50
最低高度/mm	250	280	320	395	700
起升高度/mm	130	150	180	200	400

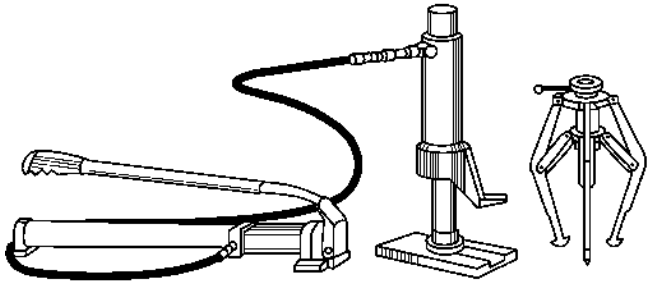
a)



5t　　50t

起重量/t	3	5	8	12.5	16	20	32	50	100	200	320
最低高度/mm	200	235	240	245	250	285	290	305	360	400	450
起升高度/mm	130	160	160	160	160	180	180	180	200	200	200
螺旋调整高度/mm	80	100	100	100	100						

b)



最大顶举量/t	最大起重量/t	主体高/mm	起重高度/mm	用油型号
5	3	290	100	10号矿物油
10	5	315	125	

c)

图 12-10　千斤顶及选用

a）螺旋千斤顶　b）液压千斤顶　c）分离式液压千斤顶

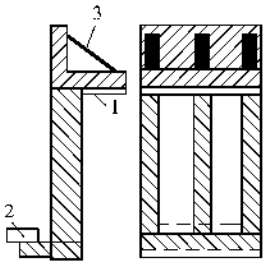


图 12-11 顶起变压器的辅助工具

1—上部平板 2—下部平板
3—加强肋铁

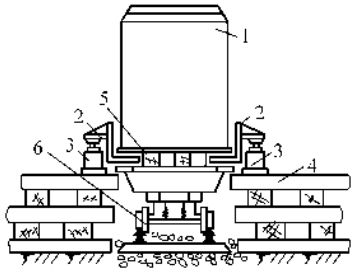


图 12-12 用千斤顶顶起变压器

1—电力变压器 2—辅助工具 3—千斤顶
4—道木台 5—道木 6—装载车

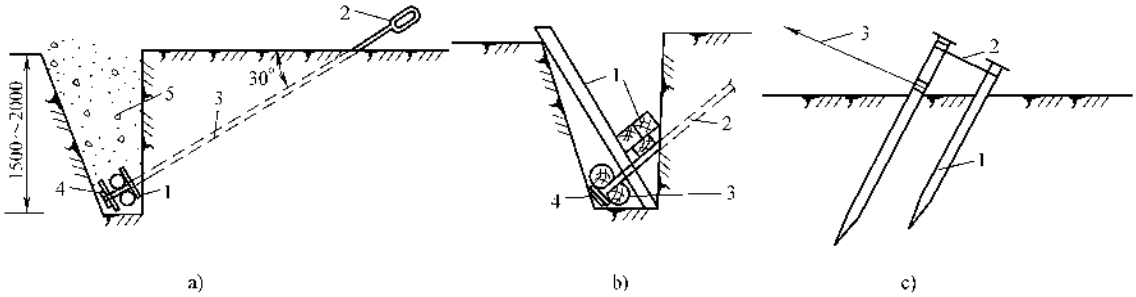


图 12-13 地锚的种类

a）填土地锚
1—埋木 2—把环 3—锚钩
4—卡具 5—回填土层

b）不填土地锚
1—埋木 2—锚钩 3—道木
4—卡具

c）桩型地锚
1—钢管 2—桩间系绳
3—锚钩

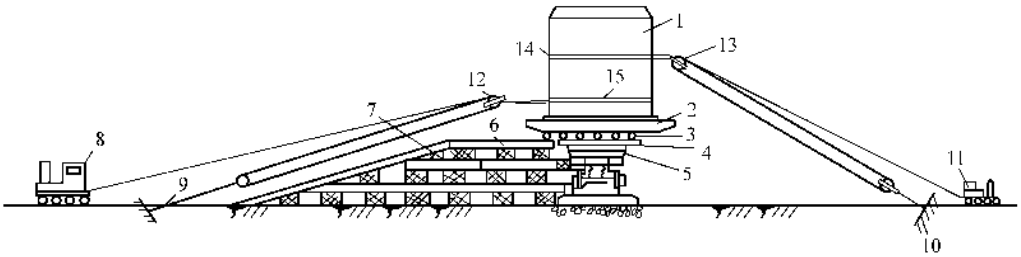


图 12-14 滚动卸车现场布置示意图

1—电力变压器 2—木排 3—滚杠 4—道木 5—装载车 6—道木平台 7—道木斜坡
8—牵引绳用机械 9—牵引绳用地锚 10—拖拉绳用地锚 11—拖拉绳用机械
12—牵引绳用滑轮组 13—拖拉绳用滑轮组 14—拖拉绳用绳套
15—牵引绳用绳套

落到坡道上后，可缓慢放松拖拉绳，靠变压器自重下滚，为了控制速度，应在滚杠下面洒上砂子，增加摩擦。也可缓慢收紧牵引绳，同步放松拖拉绳，靠牵引力和变压器自重下滚。无论怎样牵引绳和拖拉绳要配合好，收紧和放松要同步缓慢进行。

卸车时要注意摆好滚杠，从木排后面滚出的滚杠应及时搬至前面去，并不时用大锤调整和卸车方向不垂直的滚杠，使变压器前进方向不发生偏斜，当偏斜大于 100mm 时应停下进行调整。

为了把变压器直接卸在变压器的底座或混凝土基上，往往把斜道搭到底座或基础边缘，当变压器滚至上面即可停止。然后同样用千斤顶将变压器顶起，把木排、滚杠、道木抽出，再把变压器落在基础上或底座上，这与前面图 12-12 正好相反。

整个卸车过程中是通过拖拉绳平衡牵引力和变压器在坡道上的自重下滑力而进行的。装车和卸车的顺序相反，只不过是将牵引绳和拖拉绳互换而已。

滑动法卸车、装车和上述基本相同，读者可自行分析。

四、变压器的运输

变压器的运输方法很多，这里介绍两种常用的土办法，供读者参考。

1. 拖车运输

（1）对道路的要求　道路质量对拖车运输有很大的影响，碎石公路一般允许 200t 及以下的拖车通过，否则对公路要求严格。公路的宽度除能保证拖车顺利通行外，还不能妨碍其他车辆行驶。公路至少应有若干个会车点，能解决错车、会车和超车的问题。

公路横断面的坡度不宜过大，纵向坡度应小于 10°，路面应平整，转弯处的宽度要满足拖车的最小转弯半径（包括牵引车）。

以上要求不能同时满足时应修整公路或改道。

（2）沿线桥梁的加固处理　公路桥梁一般都不能满足装载大型变压器的车辆通过。在勘察路径时一要查清公路上桥梁载重情况并制定加固处理方案，然后使之实施。

1）木桥加固处理。木桥的加固处理通常是增加支撑，见图 12-15，或者是用道木在桥下把其全部垫实。当河水深且桥面不长时，可在桥面上铺设工字钢或长钢轨。钢轨和工字钢应通过计算确定根数，其深入两岸坚实部分两边都不应少于 2m。钢轨和工字钢应深入在坚实部位，空隙部位用碎石、炉碴垫实。

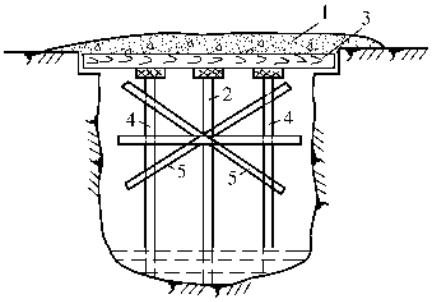


图 12-15　木桥的加固

1—桥面　2—原有的支撑　3—桥的主梁

4—加固的垂直支撑　5—加固的斜支撑

2）石桥的加固处理。石板桥的加固同木桥加固。

石拱桥的加固一般是在桥面上铺设碎石、炉渣，加厚桥面的覆盖层，将载荷分散到桥的各个部位，特别是桥墩处，所有垫层务必严实。对于小型的石拱桥可在上面铺设长钢轨或工字钢，方法同木桥。

3）通过钢筋混凝土桥时，应核算主筋应力是否接近极限应力，否则应加固处理，处理方法同木桥。

此外，为了使变压器安全通过桥梁，必须使速度放慢通过桥梁。

（3）障碍物的处理

1）树木和小型简陋建筑物可征得有关部门的同意进行剪除和拆迁。

2）架空电力线路和通信线路　高压线路与装载车上变压器的最高部位安全距离不够时，应通过供电部门停电后再经过。

对于低压线路和通信线路应将线路挑高再通过，挑高的工具见图 12-16。

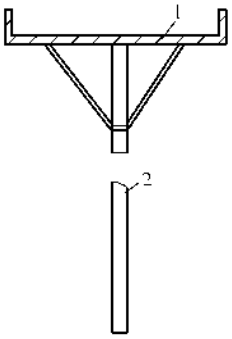


图 12-16　挑高带电导线的工具

1—竹竿　2—绝缘棒

3）不太宽的河沟，可用长钢轨搭在河岸，上面铺道木，道木要用铁扒钉钉好，使之形成整体，拖车可直接从上面通过。

钢轨的数量 N 可按下式计算：

$$N = \frac{Ql}{4W[\sigma]} \tag{12-31}$$

式中　Q——装载变压器以后拖车总重量，单位为 N；

l——钢轨长度，单位为 cm；

W——钢轨断面系数，单位为 cm^3；W_{38kg} = 181.29（cm^3）；W_{43kg} = 206.2cm^3；

$[\sigma]$——钢轨的允许应力，取 1600N/cm^2。

4）河沟较宽，大于一根钢轨长度或准备的钢轨数经核算以后强度不足时，可在河沟中间搭上道木台，上面再按上述铺设钢轨，道木见图 12-17。

5）跨越铁路时，应和铁路部门取得联系，达成协议，确定准确的跨越地点和时间。在两根道轨中间用道木垫起与钢轨形成一个平面，宽度应大于拖车宽度。道轨两侧用道木搭成斜坡坡道，交接处和道轨搭平，用铁扒钉将道木钉好，使之成为整体。要严格勘

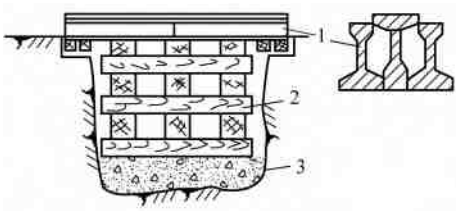


图 12-17 跨起河沟支撑示意图

1—钢轨的组合 2—道木台

3—河沟

察铁路两侧的原有道路，必要时应加宽加固。有时为了顺利通过要增加牵引设备。通过时应在铁路两端300～500m处设专人掌握信号，并用步话机和总指挥联系，以防不测。必要时应请铁路部门派人协助。

6）涵洞、工业管道和其他地下埋设物应在准备工作中调查清楚，如果埋设较浅可在地面上铺设钢轨或钢板，也可铺碎石层，分散载荷，减小压强，使之受力均匀。

（4）运输车辆 公路运输变压器主要运输车辆有牵引车和拖车。牵引车有拖拉机、牵引汽车、重型汽车。质量好的公路应用胶轮拖拉机，只有质量差的土质公路才允许用履带拖拉机。拖车有平板和框架拖车两种，见图12-18和图12-19。

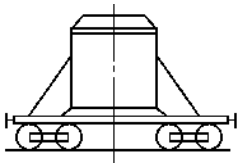


图 12-18 平板车

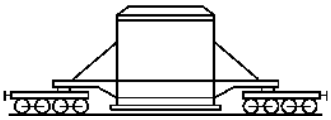


图 12-19 框架车

牵引车和拖车的连接方式有两种，见图12-20，其中图12-20a能够随时把牵引车和拖车分开，灵活性大，以利通过一些困难地带。由于变压器的一部分重量加到牵引车上，当牵引车牵引能力相同时，有利于坡道运输。

对运输车辆有以下要求：

1）拖车应有合适的装载面积和装载高度。车宽不宜大于3.6m，装载面高度不宜大于1.3m，装载面长应根据变压器选择，一般不宜大于12m。运输过程中，拖车对地面的压力不大于0.55MPa，拖车应有可靠的弹簧或油压平衡受力装置，使各个车轮同时受力。拖车应有可靠的制动装置，能够在牵引车上自由操作，随时制动刹车。

2）行驶速度一般为5～10km/h，爬坡时应为0.5～1.0km/h，两台同样的牵引车爬坡时应为0.75～1.50km/h。

3）牵引车应能从拖车的前后两端牵引，并有自身卷扬机，以便与拖车脱离时，也能牵引拖车。

4）拖车和牵引车的转弯半径要小，一般不超过12m，转变时占用道路的宽度一般不大于6m。

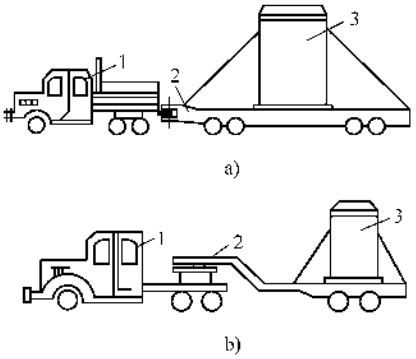


图 12-20 拖车的连接

a）牵引车和拖车分开的结构 b）牵引车和拖车连接成整体的结构

1—牵引车 2—拖车 3—电力变压器

（5）运输过程

1）总体要求。运输过程中主要的要求是控制速度和避免晃动，速度一般应控制在5km/h左右，任何时候都不允许变压器在拖车上有明显的晃动。因此，要在器身的前后左右高2/3处装设拖拉绳，把变压器和拖车连接起来，为了使拖拉绳保持撑紧状态，应使用手拉葫芦将拖拉绳拉紧，并且不把葫芦拆下来，以便随时撑紧拖拉绳。同时，在器身下面塞垫枕木，增大摩擦。

爬坡时宜增加牵引车台数，并控制几台车的速度应一致，同时派专人准备好楔形木块，随时把车轮掣住（俗称打眼），避免滑车；有时用推土机在拖车后面推动拖车，但速度要掌握好。

下坡时一定要刹车好，再者可在拖车后面加拖拉绳，由牵引车卷扬机在坡顶拉住拖车，有时用多台，缓慢放松，使拖车利用斜面的下滑力滑下坡道。

运输前应与公路交通管理部门取得联系，得到协助，并遵守当地交通部门的有关规定及交通规则。

运输过程中停运休息时，应用枕木把拖车支撑起

来，使轮子悬空。支撑时常用千斤顶或拖车自身的液压装置先把拖车慢慢顶升起来，然后再用枕木支好。

行驶时应在道路的中间；土路时应选择在冬季运输；雨天禁止运输；运输距离较长时应安排前后联络人员，解决好错车、超车、休息等工作；道路狭窄应取得交通管理部门的同意，应分段封闭公路运输；要解决好排除障碍的工作和运输后道路的善后工作。

2）稳定性的核算。大型变压器的运输应进行运输稳定性的核算，现以平板拖车为例，见图 12-21，讲述核算方法。

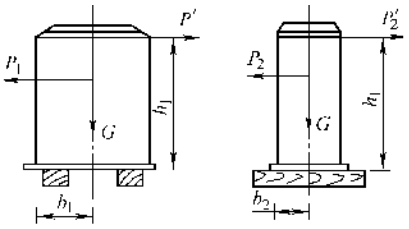


图 12-21　变压器在拖车上的稳定性分析

假设拖车行驶时，由于刹车在行驶方向产生的纵向水平力为 P_1，由于道路不平整，在垂直于行车方向产生的横向水平力为 P_2，风力一般不考虑。

①　变压器允许最大倾角为 15°，取 $P_1 = P_2 = G\sin15 = 0.26G \approx 0.30G$（N）（$G$ 为变压器运输重量，再计入冲击系数，故为 $0.30G$）；

得出变压器的倾覆力矩（N·m）：

纵向倾覆力矩　$M_1 = P_1 \dfrac{h_1}{2}$　（12-32）

横向倾覆力矩　$M_2 = P_2 \dfrac{h_1}{2}$　（12-33）

式中　h_1——油箱高度，单位为 m，并认为重心在 $h_1/2$ 处，使计算安全。

变压器本身反倾覆的抑制力矩：

纵向抑制力矩　$M_{-1} = Gb_1$　（12-34）

横向抑制力矩　$M_{-2} = Gb_2$　（12-35）

式中　b_1，b_2——重心对交点的纵向和横向的距离，单位为 m。

当变压器的抑制力矩大于倾覆力矩的 50% 时，稳定性得到保证，否则需在油箱上部装设拖拉绳，增加反倾覆的抑制力。

由平衡条件 $P'_1 h_1 = 1.5M_1 - M_{-1}$ 得出纵向抑制力（N）

$$P'_1 = \frac{1.5M_1 - M_{-1}}{h_1} \qquad (12\text{-}36)$$

同样得出

横向抑制力　$P'_2 = \dfrac{1.5M_2 - M_{-2}}{h_1}$　（12-37）

②　假设在变压器的四个吊钩上各装设一根拖拉绳，绳的另端穿入拖车上的挂环内撑紧，每根拖拉绳的张力计算，见图 12-22。

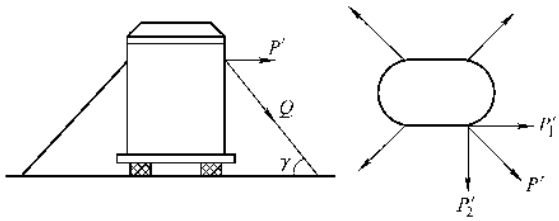


图 12-22　拖拉绳的受力情况

$$Q = \frac{\sqrt{P'^2_1 + P'^2_2}}{\cos\gamma} = \frac{\sqrt{P'}}{\cos\gamma} \qquad (12\text{-}38)$$

式中　γ——拖拉绳与拖车平面所成的角度，单位为（°）。

由上式可知，γ 越小，张力也越小，但 γ 又受车身长的限制。

应按式（12-38）进行拖拉绳的选择，并且用此校验拖拉绳两端固定点的剪切强度。

③　由于 P_1 和 P_2 的作用，变压器可能在拖车台面上发生纵向或横向的滑动，因此，阻止滑动的摩擦阻力

$$F = fG \qquad (12\text{-}39)$$

式中　f——滑动摩擦系数，因为垫有木板，f 取 0.4。

防止滑动的摩擦阻力至少应有 25% 的裕量，因此变压器在拖车上不发生纵向、横向滑动的条件为

$$F \geqslant 1.25P_1 = 1.25P_2 \qquad (12\text{-}40)$$

为了满足这个条件，通常在器身和拖车平面之间装设枕木或在拖车台面上紧靠油箱的底部处焊上钢制挡块，如角钢等。

2. 滚动运输

滚动运输与斜面滚动装（卸）车的方法基本相同，主要用于运输距离较短或者车辆无法运输及没有车辆的条件下，下面讲述几个主要问题。

（1）运输工具

1）木排。木排必须用硬质木料制作，见图 2-52。距离较长且运输大型变压器时，还要用钢板或槽钢作成护板装在木排底部，一方面保护木排，另一方面使木排和滚杠的摩擦变为钢与钢的摩擦。木排的尺寸由变压器油箱底面积决定，一般使其前后端长出油箱 500mm 左右。必要时中间应用木料连接。使用时将变压器放在上面，必要时要垫上枕木并用手拉葫芦和

钢丝绳将变压器与木排连接撑紧。

2）道木。道木应用硬质木材制成，运输过程中道木铺在路面上，上面放置木排，道木放置方式见图12-23，为了保证道木之间的规定距离，要有专人负责调整。同时要组织好人力将木排经过后的道木及时抬到木排的前面并按规定的方式放好，抬运道木的工具见图12-24，调整道木的工具见图12-25，有时可用大锤敲击。

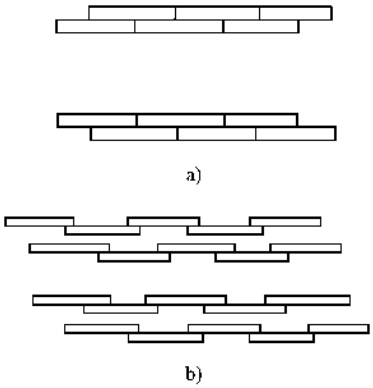


图12-23　两根道木并列布置示例

a）道木之间无间隙　b）道木之间有间隙

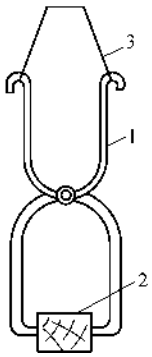


图12-24　抬送道木的卡具

1—卡扣　2—道木　3—抬绳

道木的排列放置很重要，一般应安排有经验的人担任，各列道木的塔接头必须错开，以免在共同接头处卡住滚杠；同时还要用薄木板把道木在地面上基本找平。

3）滚杠。滚杠由厚壁无缝钢管制成，直径100mm以上，壁厚8～12mm，长度800～1200mm，滚杠的布置见图12-26和图12-27，每列道木上一组。每根滚杠的间距为300～400mm，根数一般为8～10根，在运输过程中最少不能少于5根，并且为控制方向而做必要的调整。

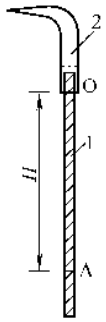


图12-25　调整道木的钩具

1—手柄　2—钩子

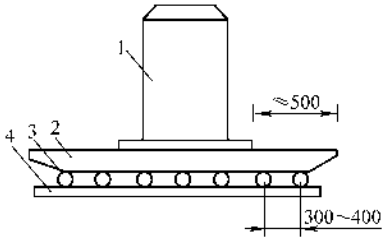


图12-26　滚杠在排子下面的放置

1—电力变压器　2—木排

3—滚杠　4—道木

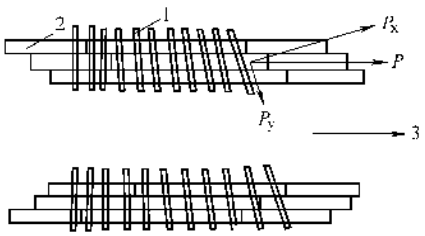


图12-27　滚杠在道木上的放置及调整

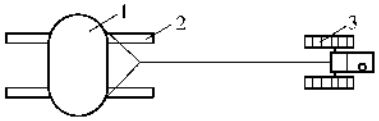
1—滚杠　2—道木　3—电力变压器的前进方向

4）牵引车辆。牵引车辆一般为拖拉机或牵引汽车，牵引方式有单车或双车，见图12-28。

（2）运输工艺过程

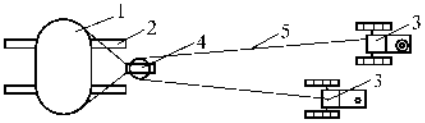
1）直线行驶牵引力要加在变压器、木排和并列道木的中心线上，滚杠与木排互相垂直放置，木排与道木平行且中轴重合放置，否则要进行调整。在行驶过程中调整的方法是用大锤敲打滚杠的外端，使其改变角度，进而改变行驶的方向。如果变压器有向右侧偏斜的趋势，应使右侧滚杠的外端稍向前一些，左侧滚杠的外端稍向后一些；如有向左侧偏斜的趋势，调整方法和上相反。

2）转弯较小时，$\alpha<45°$，滚杠的排列和道木的放置见图12-29。



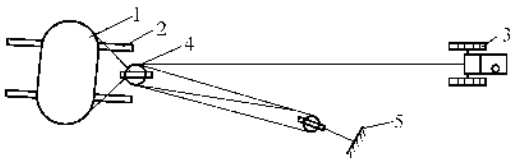
a)

1—电力变压器　2—木排　3—牵引机械



b)

1—电力变压器　2—木排　3—牵引机械
4—滑轮组　5—牵引绳



c)

1—电力变压器　2—木排　3—牵引机械
4—滑轮组　5—地锚

图 12-28　牵引方式示例

a）单车　b）双车　c）单车及滑轮组

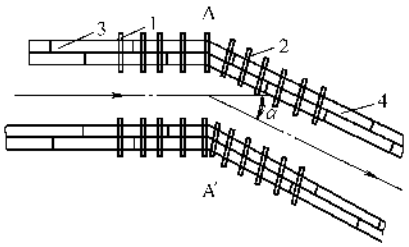


图 12-29　运输变压器时的转弯（$\alpha<45°$）

1—转弯前的滚杠　2—转弯后的滚杠
3—转弯前的道木　4—转弯后的道木

3）转弯较大时，$\alpha=90°$，滚杠的排列和道木的放置见图 12-30。

4）转弯很大时，$\alpha>90°$，不仅要变换滚杠角度，而且还要同时改变牵引力的方向，见图 12-31，其滚杠和道木的放置可按上述方法完成转弯操作。

5）图 12-32 为滚动运输变压器现场布置，仅供读者参考。

6）无论哪种滚动运输，其牵引速度都应控制在 5m/min 以下，因为速度快，摆布滚杠和道木的速度也得相应加快，稍有疏忽，容易发生掉道或其他故障，因此滚动运输要以慢求稳，稳中有快。雨雪天不宜进行。

（3）道路要求　滚动运输一般要求地面坚实平坦，有足够的宽度（一般为 8m）即可。否则应采取垫毛石、碎石、矿渣，并用压路机压实之后使用或加宽便道以便搬运枕木或滚杠等措施即可。障碍物的处理同前，主要是要做好道路勘察，必要时应由公路交通部门协助解决。

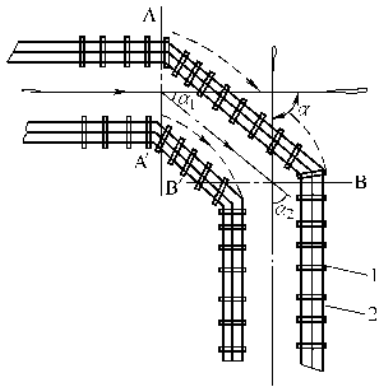


图 12-30　运输变压器的转弯（$\alpha=90°$）

1—滚杠　2—道木

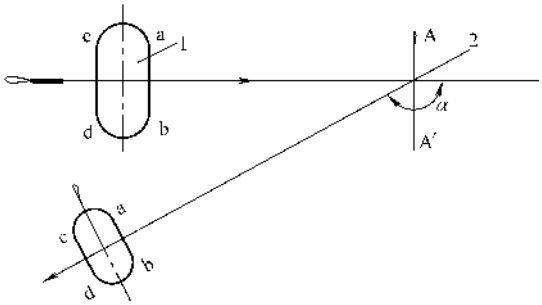


图 12-31　运输变压器的转弯（$\alpha>90°$）

1—电力变压器　2—转弯开始处

五、变压器的吊装就位

变压器运到现场一般都是由汽车完成的，运到现场后有条件的最好是卸车就位一次完成。一方面减少一次卸车搬运吊装的费用和时间，而另一方面减少一次由于卸车搬运吊装给变压器带来的不利影响。因为变压器是静置设备，经验告诉我们，要尽可能的减少变压器的振动、晃动及颠簸，否则对其运行会带来不良影响。

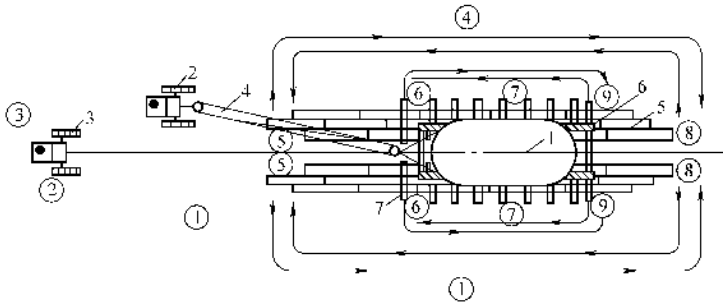
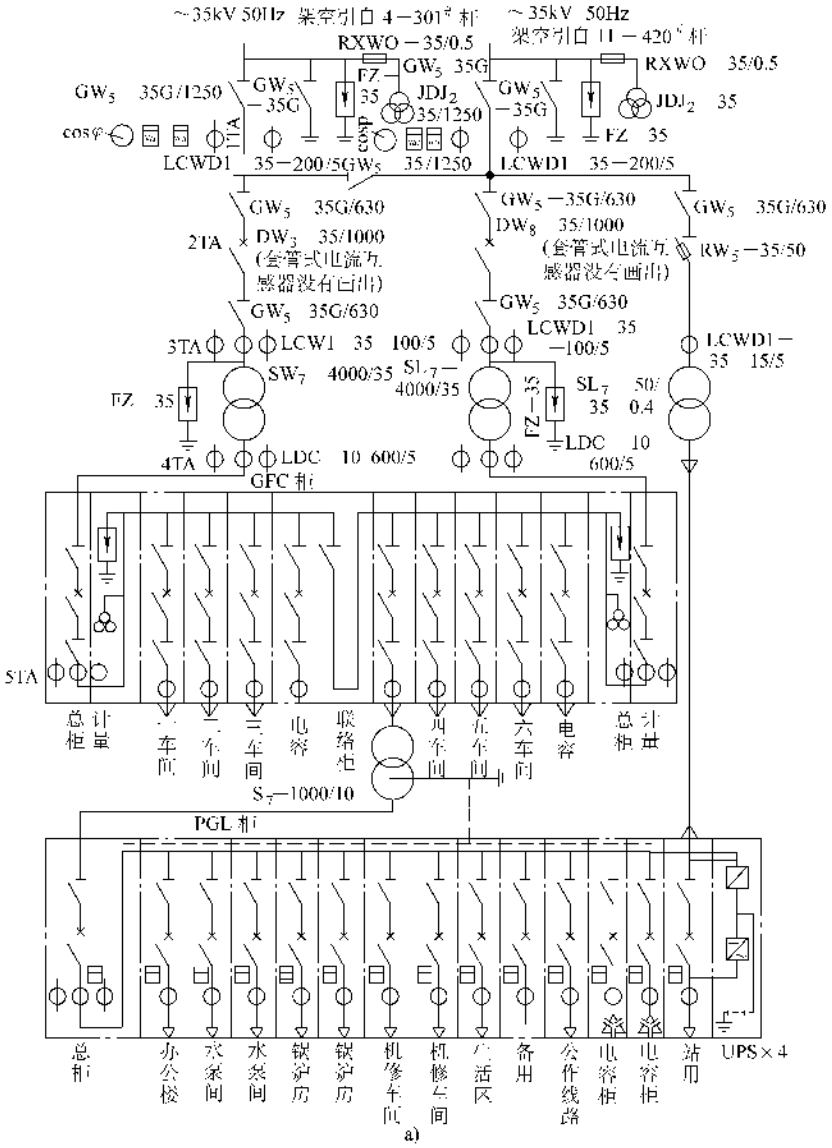


图 12-32 滚动运输变压器布置示例

1—电力变压器 2—活动地锚 3—牵引机械 4—滑轮组 5—道木 6—木排 7—滚杠

①指挥 ②信号联络员 ③交通联络员 ④安全员 ⑤道木调整人员 ⑥摆滚杠人员

⑦滚杠调整人员 ⑧搬运道木人员 ⑨搬运滚杠人员



a)

图 12-33 某 35kV 变电站供电系统图

无论是采用人字抱杆还是汽车吊卸车，都应将其一次就位。变压器就位、特别是容量较大的变压器就位，必须由有经验的起重工指挥。在吊装的选用、吊索的选用上必须有3倍以上的安全系数，起吊后必须保证变压器处于水平位置，否则须重新挂套吊索。起吊时应保持慢速均速运动，就位前应将基础清理干净，就位时应将速度降至最慢，就位后应将变压器与基础锁固。

有关人字抱杆及起重机的使用及注意事项请参阅前述内容及第二章第七节的内容。

如果变压器运到现场后不能立即就位，应妥善保管，特别是顶部的套管必须有防止外来意外打击的措施，变压器的周围不得有车辆来往。变压器保管时应使其水平放置，并随时对其及其周围观测，以及时发现不妥，以便采取防护措施。

第四节　室外变电装置的安装

35kV变电站一般有两种型式：一种为室外变电站；一种为室内变电站。其中室外变电站从电气设备平面布置上又分室外变电装置和室内配电装置两个部分，通常把变压器的一次线路装设在室外，把变压器的二次线路装设在室内，见图12-33。

室外变电装置主要包括混凝土杆及杆式支架、隔离开关、避雷器、电压互感器、电流互感器、油断路器、变压器、一次软母线、二次硬母线、避雷针、接地网、信号及控制电缆、接线端子箱及35kV电源进户等装置。所有元件、设备的测试和试验详见第五章。

一、混凝土支架和杆的安装

1）混凝土杆式支架主要用于支持隔离开关、互感器及其他高压电器的，混凝土杆用于软母线的架设和引入电源的接引。混凝土杆的底座已由土建完成，先根据设计图样验收其质量并丈量几何尺寸和相互间距，应符合设计要求，其误差应在±10mm左右。图12-33b（见全文后插页）是图12-33a的室外设备平面布置图，图中共有混凝土杆8基①～⑧，共有混凝土支架23基1～23。

2）立杆。混凝土杆或支架均采用离心环形等径杆，顶部有与内筋相连的钢圈。立杆前应检查电杆是否符合技术质量要求，参见第十章。立杆一般用吊车，将杆吊起放入底座里，然后找正，方法同架空线路，这里要特别指出的是混凝土支架的顶部标高应一致，一般为2.5～3.0m，误差为±1.0mm；混凝土杆标高一般为7.5～8m，误差为±10mm，标高有时由设计而定。为了保证标高一致，通常是在立杆前用钢卷尺丈量好，并用墨线做环形标记，上环做为安装的标记，下环做为埋设的标记。

杆立起、找正、测标高符合要求后，即可用混凝土浇注底座，混凝土的配比一般为石子1份、砂子1份、水泥2份、石子为水砂，砂子要洗净，水泥应大于425#。浇注时应边浇注边捣固，一定要严实充满。浇注完后应再次找正测量标高，以免发生位移，并用支撑支好。另外，杆与基础还有焊接，法兰螺栓连接的形式，要求同上。基础及立杆后的示意见图12-34。

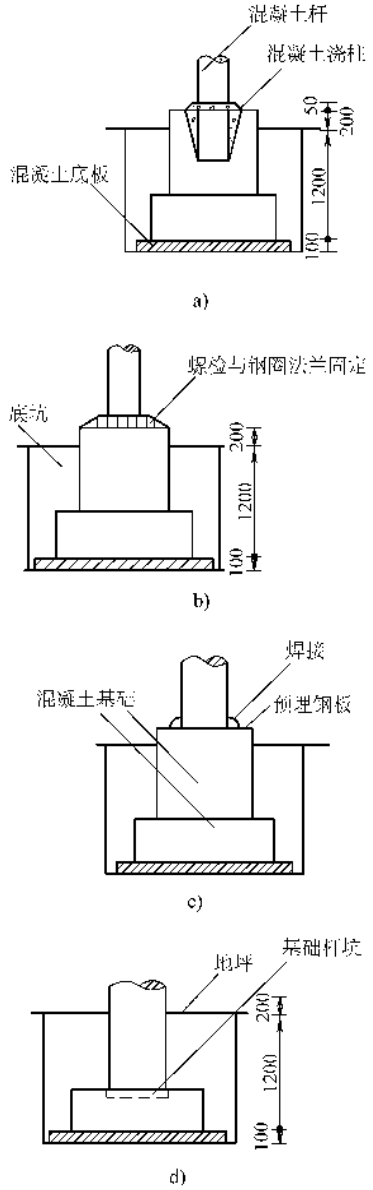


图12-34　电站混凝土杆基础固定的形式

a）混凝土浇注　b）螺栓与钢圈法兰固定

c）焊接　d）基础杆坑固定

浇注好后要进行养护、养护期一般为 5 ~ 7 天，通常用单袋子盖好，然后每隔 4 ~ 6h 浇水一次。有时为了抢工期，宜采用快干水泥。

二、变压器的安装

为了保证混凝土杆基础的养护期，可先安排变压器的安装，然后再进行杆上金具的安装。

变压器的安装主要包括搬运吊装就位、外观检查、吊芯检查、干燥处理、测试、接线及试运行等。

1. 变压器的安装就位

电力变压器运到现场后，应将其直接卸在变压器的基础上并找正位置。

变压器吊至基础上就位前，应将基础和现场清理干净，把基础顶部的水泥渣刮去，露出预埋铁件，同时在储油柜侧垫上 10mm 厚的垫铁，使储油柜侧稍高一点。有轮子的变压器应将止轮器装好，严禁变压器移动，或者将底座落在基础上，让轮子悬空。

变压器就位前应将变压器的方向找对。对于 10kV 的变压器，其低压侧一般要引入室内，因此低压中相套管应与低压过墙板的中心对正，变压器的纵向轴线应与过墙板的垂线平行，同时变压器至墙的距离应大于 0.8m。

对于 35kV 的变压器，其高压侧中相套管应与高压侧支持隔离开关中相的混凝土杆对正或者与支持隔离开关的两根混凝土杆的连线中点对正，见图 12-35，变压器的纵向轴线应与高压侧支持隔离开关的混凝土杆的连线平行。

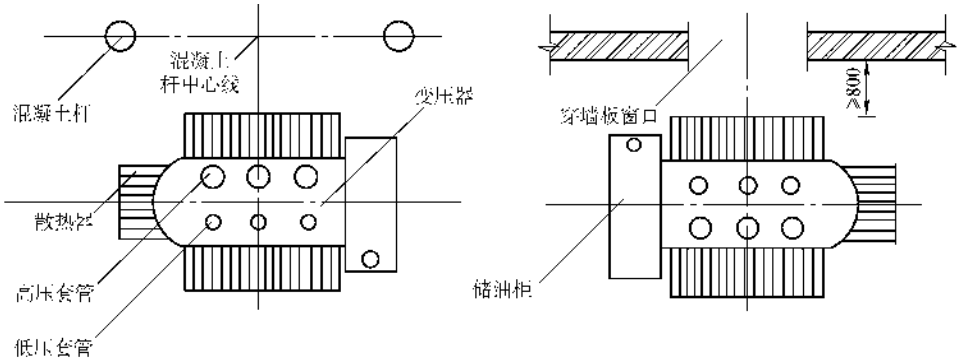


图 12-35 变压器安装就位时的位置

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）呼吸器薄膜完好无损；

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。

① 凡雨、雪天，风力达 4 级以上，相对湿度 75% 以上的天气，不得进行器身检查。

② 在没有排氮前，任何人不得进入油箱。当油箱内的含氧量未达到 18% 以上时，人员不得进入。

③ 在内检过程中，必须向箱体内持续补充露点低于 -40℃ 的干燥空气，以保持含氧量不得低于 18%，相对湿度不应大于 20%；补充干燥空气的速率，应符合产品技术文件要求。

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绕组和低压绕组的绝缘电阻，其相与相、相与地、高压与低压之间不应小于表 12-3 中的规定。

3. 变压器的吊芯检查

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性能降低。为了保证安装质量和今后运行可靠，应由设计、建设、施工、运输、监理、制造几方共同分析原因，明确责任，出据报告，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。

（1）吊芯检查的条件

1）吊芯检查应在干燥清洁的室内进行，当条件不具备时而又必须在室外进行时，应选择在晴天无风沙季节进行，气温不宜太低，否则应搭设篷布作业间，以防雨雪或尘土落入。但雨雪天或雾天、潮湿之日应停止室外作业。

2）冬天检查铁心时，周围空气温度不得低于0℃，而变压器铁心温度不应低于周围空气温度，否则应加热铁心，使其温度高于周围温度10℃，以免铁心线圈受潮。为了安全，加热常用电流短路法，就是把变压器的绕组按图12-36的接法接好，这种方法也叫做零序电流干燥法。

电源电压应按下式计算：

三相并联时（图12-36a）

$$U_0 = \sqrt{PX_0/3\cos\phi_0} \qquad (12\text{-}41)$$

开口三角形联结时（图12-36b）

$$U_0 = \sqrt{3PX_0/\cos\phi_0} \qquad (12\text{-}42)$$

式中　U_0——电源电压，单位为V；

P——所需功率，按表12-4查出；

X_0——变压器零序电抗，单位为Ω，由设备说明书中查出；

$\cos\phi_0$——零序电流回路的功率因数，一般为0.5～0.7；

I_0——每相零序电流，单位为A；$I_0 = U_0/X_0$。

表12-3　油浸电力变压器绕组绝缘电阻的最低允许值　（单位：MΩ）

高压绕组电压等级/kV	环境温度/℃									使用绝缘电阻表的电压/V
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	
3～10	675	450	300	200	130	90	60	40	25	2500
20～35	900	600	400	270	180	120	80	50	35	5000
63～330	1800	1200	800	540	360	240	160	100	70	5000
500	4500	3000	2000	1350	900	600	400	270	180	5000

注：1. 补充了温度为5℃时各电压等级的变压器绕组的绝缘电阻允许值。这是按照温度上升10℃，绝缘电阻值减少一半的规定按比例折算的；

2. 参照原电力部《电力设备预防性试验规程》DL/T 596—1996中，油浸电力变压器绕组泄漏电流允许值的内容，补充了在各种温度下330kV级变压器绕组绝缘电阻的允许值；

3. 参照能源部《交流500kV电气设备交接和预防性试验规程》SD 301—88中的规定："绕组连同套管的绝缘电阻的最低值，当温度为20℃时，不应小于2000MΩ"。补充了在各种温度下500kV级变压器绕组的绝缘电阻的允许值，并按温度换算的规定，进行换算后列入表中的。

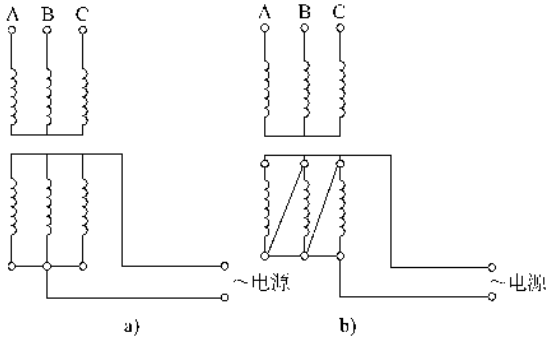


图12-36　零序电流干燥法接线示意图

a）Y/Y联结变压器　b）Y-△联结变压器

表12-4　干燥变压器所需功率

变压器容量/kVA	干燥时所需功率/kW	
	外壳有保温层	外壳无保温层
50～310	1.5～3.5	2～4
500～1800	5.0～7.5	7～10

注：容量大于1800kVA时，可按表中数据推算。

3）变压器二次低压绕组（<1kV）的绝缘电阻应用500V绝缘电阻表测量下，在常温下应在90～100MΩ。

这种方法是利用单相交流电源通入变压器的线圈，使每相产生等值、同相序和同方向的磁通，在铁心、油箱及压铁心的上下轭铁等铁件上产生涡流而发热，同时由于线圈短路而产生铜损发热，进而干燥变压器。

采用这种干燥法时，因为电流不大，一般不带油干燥，干燥时可保温，可不保温，可抽真空，可不抽真空。

加热时，不加电流的一侧为Y联结时，应开路；为△联结时，应接成开口三角形或者相与相全拆开，其目的是避免感应电压太高。

根据上述计算，可选择近似的常用电源电压值，可用电焊机调节，确定电压后，再计算零序电流I_0。

电源到变压器连接线中的电流，在图12-36a中应为$3I_0$，图12-36b应为I_0，同时可按此选择电源连接线。

干燥步骤和方法，注意事项参看本节变压器干燥中铁损干燥法。

这种方法常用于变压器的干燥，和铁损干燥法一样都是安装现场常用的干燥变压器的方法，简单、实用、安全。

4）铁心在空气中停放时间。干燥天气（相对温

度不大于75%）不应超过16h，潮湿天气（相对湿度大于75%）不应超过12h。带油运输的变压器时间计算从开始放油起，到注油时止，不带油运输的变压器，从开盖起到注油时止。

调压切换装置吊出检查调整时，露空时间按表12-5规定进行。

表12-5 调压切换装置露空时间

环境温度/℃	>0	>0	>0	<0
空气相对湿度（%）	65以下	65~75	75~85	不控制
持续时间不大于/h	24	16	10	8

5）雨天或雾天不宜检查吊芯，如特殊情况必须进行时，则应在室内进行，而室内的温度应比室外高10℃，室内的相对湿度应小于75%，并且变压器运到室内后应停放24h以上后进行。

（2）吊芯前的准备工作

1）准备好工具和材料，如各种规格的梅花扳手、活扳子、塞尺、白布带、黄蜡带、塑料带、白布、磁铁、绝缘纸板以及垫放铁心的干净道木油桶等。此外还有相同规格的油垫，以备原垫有破损时使用，以及合格的变压器油等。

2）准备仪器仪表，如500V绝缘电阻表、2500V绝缘电阻表、万用表、升压源及耐压试验装置以及辅助的导线、线夹、电工常用工具等。

3）准备起重设施，一般有电葫芦（室内）、汽车吊或倒链及三木搭、绳索等。起重用的工具应事先检查好，必要时试吊其他重物，或由起重工协助进行。

4）吊芯前应将变压器油样进行化验，应由供电部门或取得变压器油试验许可证的单位进行，试验方法见第五章变压器油试验，变压器油应符合表5-42和表5-43的规定。

如需补充变压器油，还应做油混合试验，这项工作应提早进行。如果油化验不合格，还得滤油。因此还要准备滤油机、电源、过滤纸等。

5）登高作业用的高凳、人字梯、木板等。

（3）吊出铁心检查

1）放油。先将油箱中的油放出一部分，装有油枕的变压器，绝缘油应放至顶盖的密封垫水平面以下；不带油枕的变压器，应放至在套管以下。放油时应先将放油阀擦拭干净，再用干净的变压器油冲刷干净，然后再将油阀打开。先将最先流出的油用一桶接住，直至流出很清澈的油为止，然后再用另外一桶接油，直至放到标准线以下。先放出的油应用滤油机处理，否则不能放入油箱之内。

2）打开油箱盖。先用棉丝将油箱盖、套管、紧固螺栓及其他部件擦拭干净，必要时可蘸一些干净的变压器油。然后两人或四人分别从顶盖对称部位同时拧松螺栓，并且打开一条螺栓应立即将其螺母、垫、螺栓配好拧住，然后把拧下来的螺栓放在同一个干净的地方；重新校正油箱应放平、放牢。

3）吊出铁心。用钢索系在顶盖上的吊环或吊钩上，重量较重的变压器应系在顶盖上的全部吊环或吊钩上，同时应检查吊钩的焊接情况并将吊环的全部螺纹拧进顶盖的丝扣上。钢丝绳在起重机吊钩处的展开角不宜超过60°。系钢索、吊具时，必须检查其洁净程度，必要时应清理，避免尘土脏物落入变压器内。

钢丝绳系好后，应详细检查各个承重部位，无不妥后即可起吊。起吊速度应缓慢进行，当顶盖离开油箱20mm时应停止吊装，再一次检查各个承重部位，可用木棒轻轻敲打已掌紧的钢丝绳，以便发现不妥之处，然后再继续起吊，速度同样应缓慢进行。当铁心的底部吊出顶盖的高度达到道木的厚度时，即可停止起吊，然后用干燥洁净的道木垫在油箱上部，将铁心放在道木上并用木楔支稳。吊钩放松即可，但不可摘钩。起吊过程中，器身与箱壁不得有碰撞现象。

4）铁心检查。铁心吊出后应立即检查，尽量减少铁心在空气中的停留时间，检查时应做好记录。

铁心检查要点：铁心无变形，铁轭与夹件间的绝缘良好；铁心无多点接地；铁心外引接地的变压器，拆开接地点后铁心对地绝缘良好；打开夹件与铁轭接地片后，铁轭螺杆与铁心、铁轭与夹件、螺杆与夹件绝缘良好；绑扎铁心的钢带对铁轭的绝缘良好；铁心屏蔽绝缘良好；铁心压钉绝缘良好；铁心拉板及拉带紧固且绝缘良好。测量绝缘性能应用相应等级的绝缘电阻表测量。

线圈检查要点：绝缘层完整无缺损、无变位；排列整齐、间隙均匀、油路畅通；压钉紧固、防松螺母锁紧。

其他检查要点：绝缘围屏牢固，线圈引出处封闭良好；引出线绝缘带包扎牢固，无破损拧弯、距离合格，无毛刺尖角，焊接良好，与套管连接牢固，接线正确；分接开关良好，接线正确、接触良好、触头清洁且指示正确；强迫油循环管路与下轭绝缘接口部位密封良好，各部位无油泥、水滴和金属屑末杂物；整体上观感良好，无焦糊、烧灼、放电痕迹。

① 用干净白布擦净线圈各部和铁心支架及绝缘

隔板，检查铁心、线圈上有无铁渣、铁屑等金属物，绝缘纸板有无焦糊、变色、脱落等不妥之处。

②　拧紧铁心上的全部螺栓及线圈的压紧螺栓，检查线圈两端的绝缘楔或垫是否松动变形，如果松动变形，应用绝缘纸板垫紧垫好。

③　用手或活扳手旋转电压分接开关，检查切换器与传动装置的相互动作是否正常灵活，动触头和静触头是否接触严密，可用 0.05mm × 10mm 的塞尺检查，塞不进去为合格。高压引出线绝缘包层及白布带应无松脱且绑扎牢固，否则应修复。切换接点应正确停留在各个位置上，且与指示器所指示的位置一致；切换装置的拉杆、分接头凸轮、小轴、锁子等部件应完整无损；转动盘应动作灵活，密封良好。

如果变压器是用有载分接开关切换，则应先用手盘动微型电动机，使其完成切换过程，并按上述内容检查，然后再使微型电动机通电，用手动按钮操作，一档一档进行切换并检查切换是否正确，指示灯的动作应和手动切换同步一致；必要时要用电桥测试切换接点的接触电阻，一般应小于 $10^{-6}\Omega$ 以下，同时用秒表测试切换时间，应小于 0.01s，或者观察切换储能弹簧的动作情况，应迅速有力。过渡电阻、所有接线应完整无损，整个装置无不妥之处。微型电动机通电前应测试其绝缘电阻，阻值应大于 2MΩ。

④　检查铁心上、下接地片接触是否良好，有无缺少或损坏。拆开接地螺钉，使铁心离“地”，然后用绝缘电阻表测试铁心对“地”的绝缘电阻，虽然规范对此无定量规定，但一般情况下应大于 2MΩ。用 500V 绝缘电阻表摇测穿心螺栓对地的绝缘电阻，并以 1000V 交流或 2500V 直流做耐压试验 1min 无击穿现象。10kV 及以下的变压器穿心螺栓最小允许绝缘电阻为 2MΩ；20 ~ 35kV 的变压器为 5MΩ；如果不符合要求，应卸下穿心螺栓进行检查，通常是在穿心螺栓上包扎几层绝缘带，使其恢复绝缘性能。穿心螺栓的螺母应用长柄扳子拧紧，以免铁心松动。最后把拆开的螺钉重新按原来紧固好。

⑤　铁心应无变形，铁轭与夹件间的绝缘垫应完好；线圈绝缘层应完整无损，排列整齐，间隙均匀，油路畅通；线圈的压钉应紧固，止回螺母应拧紧；绝缘围屏绑扎牢固，围屏上所有的线圈引出处的密封应良好；引出线绝缘包扎紧固、无破损和拧弯现象；引出线固定牢固，其裸露部分应无毛刺或尖的棱角并焊接良好；引出线的连接牢固，接线正确；防磁隔板应完整、牢固、无松动现象。所有部位部件无一不妥之处，否则应修复。

5）将铁心装入油箱。检查完毕且全部合格后，应从上向下四周再检查一次，以防遗漏，整个检查过程至少应有两人共同进行，必要时应由工程师主持或供货单位参加。首先必须用合格的变压器油冲洗器身，并清洗油箱底部，不得有遗留杂物，检查过程中湿度增大或有受潮之疑时，可将变压器油加热到 90℃然后倒在器身上，清除潮气。再用干净的木杆绑好磁铁伸到油箱底部检查有无金属遗物；并事先将油处理好或换好，密封衬垫准备好以及把油箱盖的紧固螺栓擦拭干净。

然后将器身吊起，取下枕木，把密封垫放好，再把器身轻轻放下，这时要注意器身不得碰击油箱或和它物挂住，通常是由两人分别从宽侧和长侧控制器身和油箱的间隙，避免碰击。当顶盖和油箱法兰相距 30mm 时，先重新摆正密封垫，并将螺栓穿入孔内 3 ~ 4条，以便使器身准确落下就位；当相距 5mm 时，将穿入的螺栓上下、左右、前后活动，使之无阻无卡，活动的同时将器身轻轻放下落在油箱内，这时先穿入的螺栓应活动自如，否则应用和螺栓同径的钢筋棍伸入其他螺栓孔内，调整螺孔，使螺栓能自如地穿入。

然后将全部螺栓由法兰下面向上穿入孔内，全部拧紧。拧紧时应对称紧固，两人或四人同时紧对角线的螺栓，以防跑偏或密封不严，必要时可用两只梅花扳手，从螺栓的上下同时紧固。检查箱壁上的阀门应开闭灵活、指示正确。强迫油循环冷却的变压器尚应检查和清理进油管节头和联箱。

最后将放出的变压器油加入储油柜，并补充合格的已做过油混合试验的油。加油时应观察油位表，夏季油位应在最高气温 40℃的位置，冬季油位应在最低气温 -20℃的位置，春秋季节应在适中位置 20℃左右，然后把储油柜的油盖盖好，这时变压任何一个部位应不渗不漏油。

再次用绝缘电阻表测试绝缘电阻，其阻值应符合表 12-3 的规定，且与第一次测量值比较，应无变化。

（4）变压器油的处理　变压器油化验不合格时往往采用物理方法进行净化和干燥的处理，处理后再进行化验，经两次处理的油仍不合格者应更换新油。绝缘油的处理，经常采用下面几种方法。

1）压力滤油法。利用压力迫使油通过多微孔介质，由于毛细管作用，油中的水分和杂质便被介质吸收和粘附，压力式滤油机就是这个原理制成的。

①　压力式滤油机由滤网、电动油泵、滤过器、压力表、管路和阀门等部件组成，见图 12-37。用电动油泵 2 从污油罐 12 中抽出的脏污油先经过滤网 1，除去其中较大的杂质，再经过滤过器 3 处理水分和细

小的杂质，出来的油进入净油罐 13。如此循环进行多遍，绝缘油便得到净化和干燥。

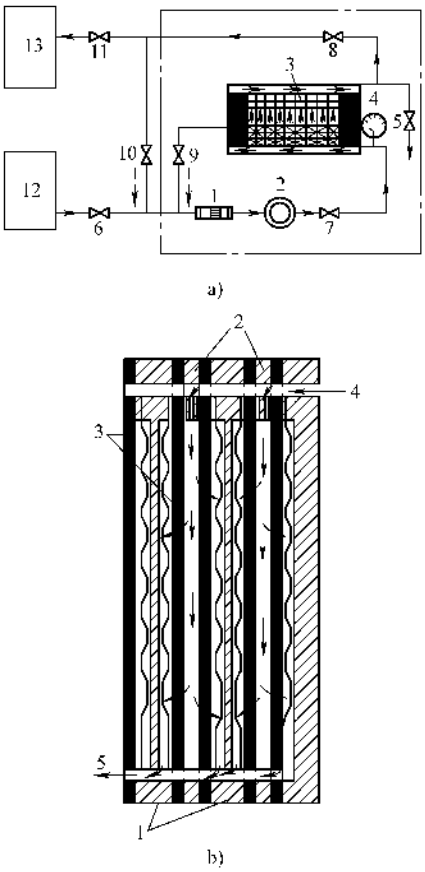


图 12-37 压力式滤油机示意图

a）系统图

1—滤网 2—电动油泵 3—滤过器 4—压力表

5—取油样阀门 6、7、8、9、10、11—控制阀门

12—污油罐 13—净油罐

b）滤过器构造

1—滤板 2—滤框 3—滤纸 4—污油进孔

5—净油出孔

② 操作要点。在滤过器的一组滤过单元中，一般放 2～3 张滤纸，如果油太脏可多放几张，但效率降低。轻度脏污的油，一般 2h 更换一次滤纸；脏污严重的油，0.5～1h 应更换一次滤纸；特别脏污的油不超过 10min 更换一次。过滤初期，每次要把滤纸全部更换，以后只更换一张就行了，往往是取出进油侧的一张，而在出油侧增加一张新滤纸。当油的水分极大时，要勤换，防止破裂。滤纸在使用前应放在 80～90℃的烘箱内干燥 24h，然后保存在干燥而清洁的容器里。使用时应选用软、硬适中的滤纸，通常应把吸水性比较好的软滤纸放在进油侧的第一层，后面再放硬的滤纸。

③ 注意事项。正常工作时，压力应在 0.3～0.4MPa，如果滤纸被杂质堵塞，阻力增大，流量减小，压力增大。当压力为 0.6MPa 时应停机检查，更换滤纸。油路上的滤网应在 10～15h 内清洗一次。在每次开始滤油或者更换滤纸后滤油时，应将最初 3～

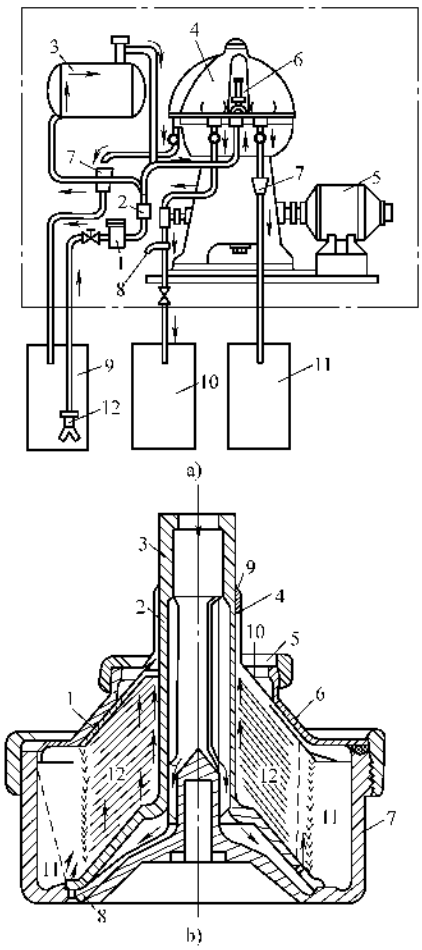


图 12-38 离心式滤油机示意图

a）系统

1—滤网 2—油泵 3—加热器 4—离心分离器

5—电动机 6—取污油的阀门 7—观测漏斗

8—取净油的阀门 9—污油罐 10—净油罐

11—水分排出罐 12—逆止阀

b）离心分离器

1—隔盘 2—轴头 3—盘架 4—轴颈

5—调节垫 6—鼓盖 7—鼓壳 8—固定螺栓 9—净油出口 10—水分出口

11—水分和杂质沉积空间

12—锥形盘

5min 滤出的有泡沫的油送回污油罐重新过滤（可打开阀门 10），不得直接引入净油罐。积存在集油箱内的油应经过箱底的油阀送回系统（可打开阀门 9），再次过滤。加热滤油时，温度一般不得超过 50～60℃。滤油一般在室内进行，并使室温高于外界温度 5～10℃。

④　压力式滤油机的操作程序。现以图 12-37 为例简单说明，先把出油管路上的阀门 8 和 11 打开，然后起动油泵，再打开进油管路上的阀门 6 和 7。停止油泵时和上述顺序相反。为了工作可靠，滤油机应做好临时接地。

2）离心分离法。利用油和杂质的比重不同，在离心力的作用下，油和脏物会按不同的比重分离为数层，最重的杂质离转动中心最远，然后是水，再者是油。离心式滤油机就是这个原理。

①　离心式滤油机由加热器、滤网、离心分离器、油收集器、电动油泵、管路、阀门部部件组成，见图 12-38 所示。油罐 9 里的油被油泵 2 抽出，经过滤网 1 除去颗粒较大的杂质，然后将油用加热器 3 加热，再送入分离器 4，污油在高速（4000～19000r/min）下分离为油、水分和杂质三部分，分别由管路引到净油罐 10 和沟道中。如此循环进行多遍，油便得到净化和干燥。

②　操作要点。油温通常控制在 40～50℃；尽量减少油与大气的直接接触，以减少油对氧气和潮气的吸收；不能把从离心滤油机出来的油直接注到变压器油箱，对油中的空气，应用抽真空的方法排除。

③　注意事项。机器应安装在牢固的混凝土基础上，运行中基础不得下沉和振动；转动部件应装配良好，轴承润滑良好，温升不宜高；各部件联结紧固，拆开锥型盘清除脏污以后，必须按规定重新装配；管路应联结正确，阀门严密，减压阀门动作正确；电气接线正确，联锁、保护准确可靠；运行中要经常检查进油和排油的情况，根据脏污程度，随时进行内部清洗，遵守操作规程，监视运行情况。

④　操作程序。起动时，先起动电动机，并空转 3min，再接通油路，当加热器和离心分离器的鼓内都充满油后，再接通加热器的电源。停机时，先切断加热器电源，然后关闭油路，再停止电动机。同样，滤油机应做好临时接地。

3）真空雾化法（也称真空热油循环干燥法）。让加热的绝缘油经过抽真空的容器，在较低的温度下，油里的水分也会蒸发，把油喷成雾状，使水分扩散，进而使油水分离。真空雾化油处理系统由过滤器、油泵、真空泵、加热器和雾化罐等部件组成，见图 12-39。污油罐 9 中的油被抽油泵抽出，由过滤器 10 除去杂质，再经过加热器 12 加热，然后注入雾化罐 13，热油喷成雾状，水即成为水蒸气，被真空泵 19 抽出，经冷却器变成水被排除。雾化罐下部的干燥绝缘油由油泵 15 抽到净化罐，逆止阀 20 是为了防止油倒流而设置的。

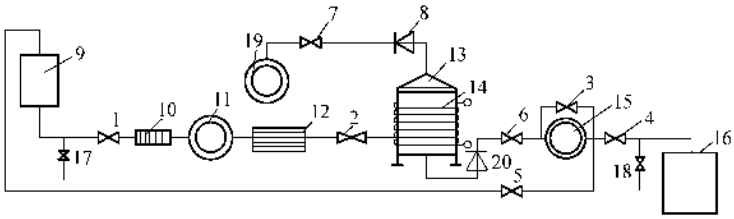


图 12-39　真空雾化油处理系统示意图

1～7—控制阀门　8—逆止阀　9—污油罐　10—滤过器　11—抽油泵　12—加热器　13—雾化罐
14—磁化线卷　15—排油泵　16—净油罐　17、18—取油样阀门　19—真空泵　20—逆止阀

真空雾化油处理油系统应有以下的控制和保护：

①　油面的控制和保护。当雾化罐的油面太高或太低时，继电器应动作，发出信号，或者自动切断加热器和抽油泵的电源。

②　温度的控制和保护。加热器的进口、出口装有温度计，指示进出口的油温，以便随时增加或减少加热元器件数量，调节温度。雾化罐上装有电接点温度计，以便温度超过定值时，报警或自动切断加热器电源。

③　加热器和油泵联锁保护。只有在油泵起动后，加热器才能接通电源；油泵停止时，加热器自动切断电源。

④　油泵电动机、加热器加热元器件设过载保护。

⑤　电能计量和指示仪表齐全。

真空雾化油处理系统的起动程序。起动时，关闭排油泵的出口阀门 4，打开其他的阀门，依次起动抽油泵和排油泵，调节压力，使雾化罐里的油面保持一定高度，然后起动真空泵，接通加热器电源，提高雾化罐的真空度达到规定数值。待绝缘油的温度达到

60～70℃时，逐渐开动出口阀门4，关闭回油阀5，油处理正式开始。

停止时，打开回油阀5，切断加热器电源，然后停抽油泵、排油泵和真空泵。

真空雾化油处理可将处理后的油直接注进变压器油箱。当油量大或在潮湿季节、潮湿地区进行油处理时可采用这种方法。

（5）充氮变压器吊芯检查时，必须让器身在空气中暴露15min以上，使氮气充分扩散后方可进行；当须进入油箱检查时，必须先打开顶盖板，从油箱下面闸阀向油箱内吹入清洁干燥的空气进行排气置换，一般采用空气压缩机和空气滤清器进行，待氮气排尽后才可进入箱内，以防窒息。其他同前。

（6）电力变压器在安装前是否进行吊芯检查是由变压器本身具备的条件决定的，要根据变压器的实际情况来分析是否需要进行吊芯检查。规程规定，当变压器满足下列条件之一者，可不必进行吊芯检查。

① 制造厂规定可不作器身检查者；

② 容量为1000kVA及以下且在运输过程中无异常情况者；

③ 就地产品仅作短途运输，且在运输过程中进行了有效的监督，无紧急刹车制动、剧烈振动、冲撞或严重颠簸等异常情况，且同时事先参加了制造厂的器身总装，质量符合要求者。

（7）不必进行吊芯检查的变压器应进行仔细的外观检查和摇测绝缘电阻，全部合格后则应进行分接开关的测试，方法如下：

1）无载分接开关的测试。

① 用直流电桥或数字万用表测量高压线圈$A_{Ⅱ}B_{Ⅱ}$、$B_{Ⅱ}C_{Ⅱ}$、$C_{Ⅱ}A_{Ⅱ}$之间的直流电阻，三相应基本相等并做好记录；这里要注意，因为变压器的线圈为很大的一个电感，故仪器的指示会很慢，操作时要耐心仔细，同时测试完后要放电，必要时应将低压侧用裸铜线短路。新出厂的变压器通常将分接开关调在Ⅱ档上，见图12-40。

② 将油箱顶盖上的灰尘用高压空气或皮老虎吹除干净，并用干净棉丝将顶盖的油污、灰尘擦拭干净，特别是分接开关护罩周围，必要时要将护罩稍微松动一下，并将其底部吹除干净。

③ 将护罩拧下取掉，露出分接开关的操作手柄，必要时应用吸尘器或高压真空泵吸附手柄，以免尘土落入。先将手柄打在Ⅰ档上。并用上述方法测量$A_{Ⅰ}B_{Ⅰ}$、$B_{Ⅰ}C_{Ⅰ}$、$C_{Ⅰ}A_{Ⅰ}$间的直流电阻，三相应基本相等并做好记录。同样将手柄恢复到Ⅱ档，再次测量$A_{Ⅱ}B_{Ⅱ}$、$B_{Ⅱ}C_{Ⅱ}$、$C_{Ⅱ}A_{Ⅱ}$间的直流电阻，应与第一次测量结果相同。

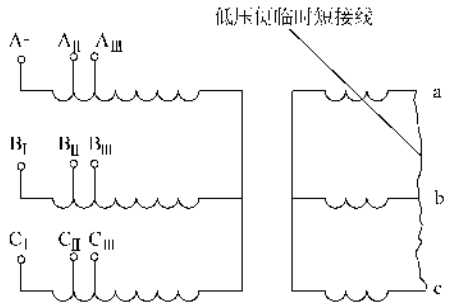


图12-40 无载分接开关的接线示意图

④ 将手柄打在Ⅲ档上，测量$A_{Ⅲ}B_{Ⅲ}$、$B_{Ⅲ}C_{Ⅲ}$、$C_{Ⅲ}A_{Ⅲ}$间的直流电阻，三相应基本相等并做好记录。同样再将手柄恢复到Ⅱ档，再一次测量$A_{Ⅱ}B_{Ⅱ}$、$B_{Ⅱ}C_{Ⅱ}$、$C_{Ⅱ}A_{Ⅱ}$间的直流电阻，应与第一次测量结果相同。

⑤ 将三个档位的测量结果进行比较，其差额应

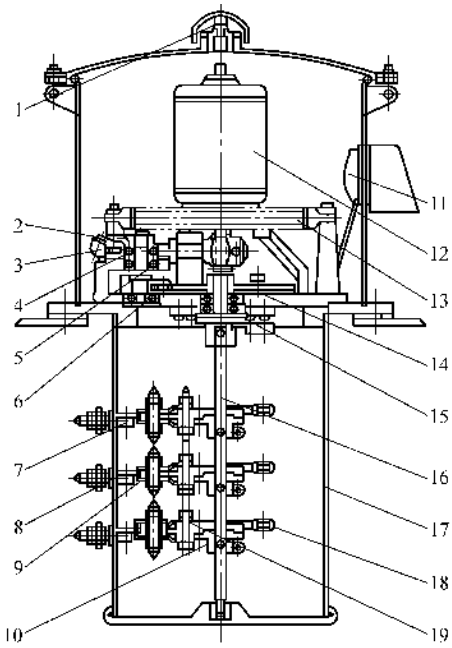


图12-41 有载分接开关结构示意图

1—吸湿器 2—偏心块 3—计数接点 4—斜齿轮 5—扇形瞬时转轴 6—桃形拨槽件 7—静触头支架 8—静触头 9—主、过渡动触头 10—动触头坐法兰 11—内接线插头 12—单相电容电动机 13—拉伸弹簧 14—十等分槽轮 15—电气指示接点 16—环氧玻璃布棒主轴 17—环氧玻璃丝筒 18—电阻丝盘 19—动触头支架

为零，则说明分接开关的触头接触良好，误差为最小值的 ±0.01。否则，说明分接开关的触头接触不良，接触压力小。

2）有载分接开关的测试。测试原理与无载分接开关相同，但因为要进行接线并用电动机进行切换档位，因此要复杂一些。有载分接开关及切换电动机是竖立装设在变压器油箱上的，也有卧装在内部铁心上面的支架上的，并将电动机电源控制线及切换档位的信号线引出，以便进行接线。有载调压变压器的分接开关是与控制器配套供应的。

立装有载分接开关见图 12-41。

有载分接开关手动控制接线见图 12-42。

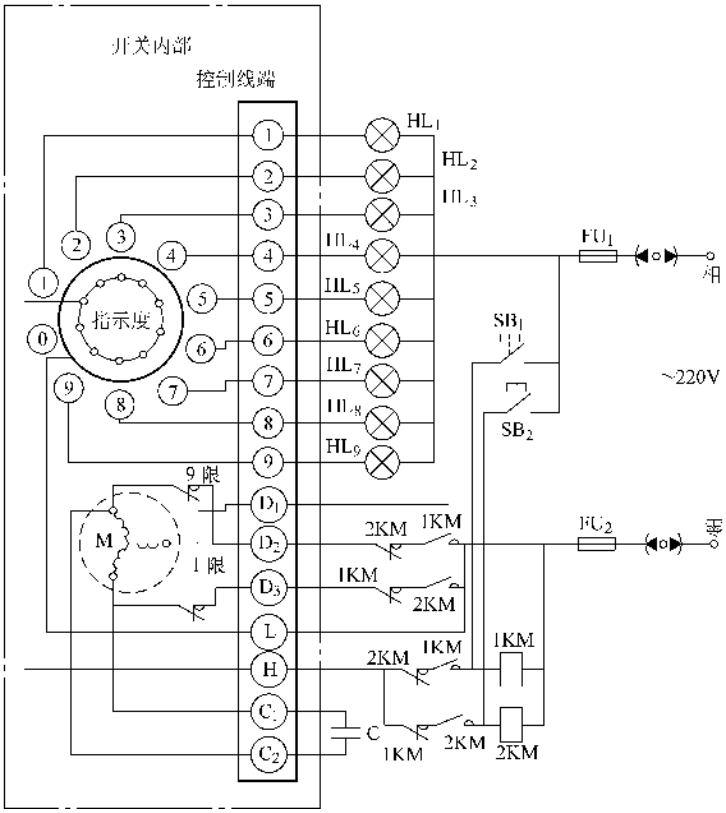


图 12-42　有载分接开关手动控制原理图

分接开关有计数接点，可供计数器记录开关的动作次数；有电气指示接点，可接指示灯，标志开关的位置；有机械联锁安全装置，以防止电气联锁失灵而引起的误动作，在最低或最高分接位置时设有安全螺钉及电动机空转等保护；有油位指示，可供观测分接开关的油位用；有接线座及插头，外插头用电缆与控制器连接，外接插头与内插头接线吻合。有的分接开关还带有呼吸器及防爆器等。

控制器是与有载分接开关配套的自动控制装置，其原理图见图 12-43。它能自动监视和检测有载调压变压器的输出电压，当这一电压高于或低于某一数值时，在保持一定时间后就能自动发出信号，驱动有载开关动作，进而改变有载调压变压器原边的分接头位置，使二次电压稳定在规定的范围之内。同时也可手动操作进行有载调压，由“工作选择”开关的位置决定。另外还设有“紧急停止钮”。

控制器有台式和柜式两种结构，设有档位指示及电磁计数器，能明显地指示有载分接开关的确切档位并自动记录开关动作次数。具有上限下限位置保护。

① 摇测电动机线对地的绝缘电阻，应大于 1MΩ。

② 检查控制器插件有无松脱，板上电子元器件有无脱焊松动，指示灯泡有无松动或断丝，熔断器及熔丝有无不妥，表计是否灵活可动，继电器有无松动脱焊等以及外观有无破损或机械损伤。

③ 将控制器与分接开关用专用配套的电缆插接好，并给控制器接上临时电源。

④ 先将插头的一端拔掉，手动操作升或降控制按钮，检查继电器动作是否正常。

⑤ 然后将插头插好，手动升降按钮，指示灯应

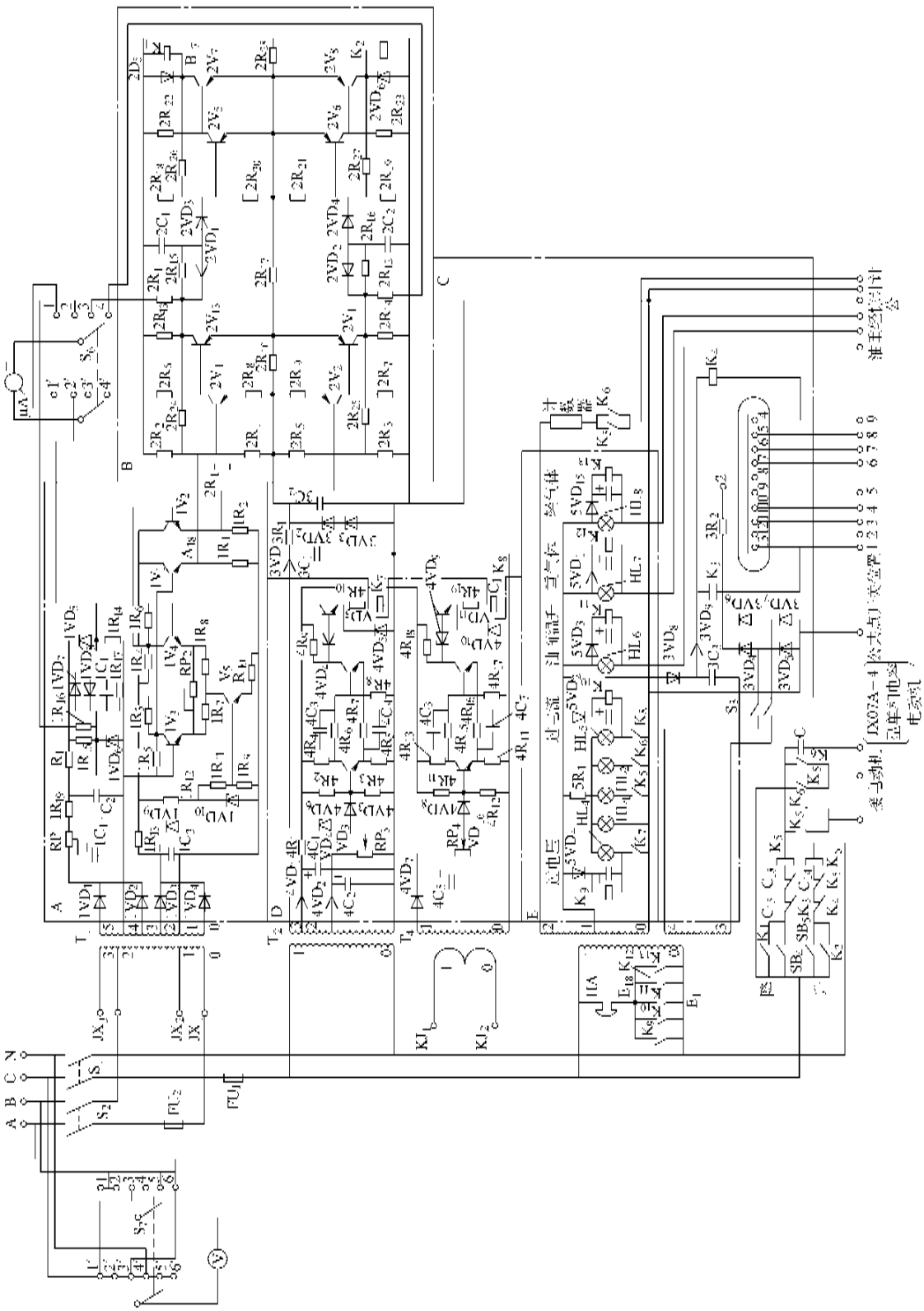


图 12-43 有载分接开关控制器原理图

逐级点亮，并与操作吻合。

⑥　从升或降开始，每每操作后按前述方法测量AB、BC、CA间的直流电阻，三相应平衡并做好记录。

⑦　比较测得的每挡数据，差额应相等。

⑧　将能调整三相电压的调压器的低压侧（220/380V）输出端临时接在控制器的电源信号输出端C、B、A、D，调节电压在（220±30）V范围变化，进行上述的测试，结果应与手动控制相同。

分接开关的测试，必须由有经验的技师或技术较高的人员进行，一般应有至少两人配合监测。

3）有载调压切换装置的测试要求。

①　传动机构中的操作机构、电动机、传动齿轮和杠杆应固定牢靠，连接位置正确，且操作灵活，无卡阻现象；传动机构的摩擦部分应涂以适合当地气候条件的润滑脂，并应符合产品技术文件的规定。

②　切换开关的触头及其连接线应完整无损，且接触可靠；其限流电阻应完好，无断裂现象。

③　切换装置的工作顺序应符合产品技术要求；切换装置在极限位置时，其机械联锁与极限开关的电气联锁动作应正确。

④　位置指示器应动作正常，指示正确。

⑤　切换开关油箱内应清洁，油箱应做密封试验，且密封良好；注入油箱中的绝缘油，其绝缘强度应符合产品技术文件要求。

4. 变压器的干燥

（1）变压器干燥的条件　不具备下列条件之一的变压器在安装前应进行干燥处理。

1）带油运输的变压器。

①　绝缘油电气强度合格且微量水试验合格。

②　绝缘油绝缘电阻或吸收比（或极化指数）符合规定。

③　介质损耗角的正切值tgδ（%）符合规定（电压等级在35kV以下及容量在4000kVA以下者不作要求）。

2）充氮运输的变压器。

①　器身内保持正压，当器身未能保持正压，但密封无明显破坏时，则应根据试验记录全面分析综合判断，决定是否需要干燥。

②　残油中微量水不应大于30×10^{-6}，电气强度试验在电压等级为330kV及以下者不低于30kV；500kV者不低于40kV。

③　注入合格的油后，绝缘油再化验电气强度及微水量符合规范规定，绝缘电阻或吸收比（或极化指数）符合规范规定，介质损耗角正切值tgδ（%）符合规范规定。

④　绝缘件表面含水量的判断，应符合规范的规定，规范见GB 50148—2010。

（2）干燥方法

1）铁损干燥法。就是在变压器油箱外壁缠绕线圈，通上交流电，使油箱产生磁通，利用其涡流损失发出热量以干燥变压器。

①　放油和检查铁心。变压器需要干燥时，通常是吊芯检查和干燥是同时进行的。

先用滤油机或油泵将油箱中的油抽到清洁干燥的油桶中，进行净化和干燥的处理，参见前述变压器油的处理，直到化验合格为止。同时将铁心吊出，将油箱内壁和铁心上的油迹擦净，特别是不容易擦到的地方，一定要擦干净，一方面避免干燥时高温引起油烟着火，另一方面是避免原不合格的油污染即将放进的合格的油。一般是先将铁心置于支好的枕木上，让油滴尽，并用合格油冲洗，然后再擦净。油箱内还要除尽底部的油迹和沉淀物。

铁心的检查同前。

②　将铁心放入油箱。油箱清洗完毕应立即将检查合格的铁心放入油箱，并在线圈的中部和下部各装一只电阻式温度计，并用耐高温导线引出来，把表头接好。铁心不放到底，在油箱与顶盖之间支一100mm厚的方木，留一间隙作为通风的风道。

③　装设保温层。用石棉板或石棉布裹在油箱外边，然后用非金属材料的绳子、带子将保温材料绑扎好。

④　缠绕励磁线圈。用绝缘导线缠绕，导线的载面积由励磁电流来决定。励磁线圈的匝数及电流的大小可按表12-6来选择。

表12-6　外壳铁损法干燥变压器时所需励磁线圈及电流大小选择表

变压器的容量/kVA	外壳周长/m	周围环境温度/℃	励磁线圈的电压/V					
			75		125		220	
			线匝数	电流大小/A	线匝数	电流大小/A	线匝数	电流大小/A
1. 当外壳有保温层时								
100	2.4	0	47	37				
		15	52	31				
		30	53	26				
180（160～200）	2.54	0	45	42				
		15	49	35				
		30	50	29				

（续）

变压器的容量/kVA	外壳周长/m	周围环境温度/℃	励磁线圈的电压/V					
			75		125		220	
			线匝数	电流大小/A	线匝数	电流大小/A	线匝数	电流大小/A
1. 当外壳有保温层时								
320（315）	2.75	0	42	60				
		15	44	42				
		30	47	35				
560（500～630）	3.52	0	34	80	63	43		
		15	35	68	67	37		
		30	38	56	71	30		
750（800）	3.94	0	29	105	54	57	100	32
		15	31	89	57	48	105	28
		30	33	74	61	40	112	23
1000	4.04	0	29	124	53	67	98	37
		15	30	107	56	58	103	31
		30	32	88	60	48	110	29
1800		0			44	152		
		15			49	114		
		30			50	107		
2. 当外壳无保温层时								
100	2.4	0	30	91				
		15	36	77				
		30	39	64				
180（160～200）	2.54	0	33	103				
		15	34	88				
		30	37	72				
320（315）	2.75	0	30	124				
		15	32	106				
		30	34	87				
560 500～630	3.52	0	24	198	45	107		
		15	26	168	47	91		
		30	28	138	51	75		
750（800）	3.94	0	21	264	39	143	71	66
		15	22	224	42	121	76	56
		30	24	184	45	100	82	46
1000	4.04	0	21	315	38	170	70	79
		15	22	265	41	144	75	66
		30	24	219	44	119	81	55

保温层做好以后，在其四周立起 10～20mm 厚的木条，间距 100～200mm，然后将绝缘导线缠绕在木条上。缠绕时，变压器下半部绕全部线圈的 2/3，上半部绕 1/3，导线应绕得均匀，匝间应有一定间隔。为了使线圈不脱落，可在木条上开小槽，将导线卡住，或用非金属材料将线圈绑扎固定。放线时应用放线盘（架），勿将导线打扭或弯折。

为了在干燥时进行温度的调整，一般将干燥线圈抽几个头，抽头应为选取圈数的±15%，共三档，见图 12-44。

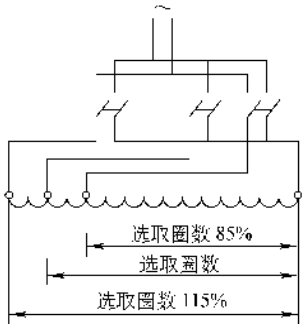


图 12-44　变压器干燥绕组的抽头

⑤　放置温度计。除了在变压器线圈的中部和下部各放一只电阻温度计外，还应该在变压器外壳励磁线圈最密的地方也装一只 150～200℃ 的玻璃棒温度计，用来测量外壳的温度，这个温度计应紧贴着变压器外壳，并用胶泥糊住。

⑥　安全操作注意事项。干燥时，在变压器周围不得进行电焊和气焊作业，不得放置易燃品，室内应配备四氯化碳灭火器及防火砂箱、工具。通电后应安排两人现场值班并严格检查励磁线圈的导线是否过热，监视上下线圈的温度，如有异常情况应立即切断电源。

变压器绕组的最高温度不得超过 105℃，外壳温度不得超过 110℃，温度上升速度不得超过 5℃/h，箱底温度不得超过 100℃，油箱温度上下之差不要超过 8℃，否则应在变压器底部用电炉子加热进行调整。带油干燥时，上层油温不得超过 85℃。温度上升太快或温度过高，可改变抽头调节，如果调节不了，应停电降温。通常情况下，绕组温度应保持在 90℃左右，每小时测量一次绕组的绝缘电阻，测量一次各部温度及励磁电流，并做好记录。

在保持温度不变的情况下，绕组的绝缘电阻先下降后上升，并连续 6h 保持稳定时，则可认为干燥完毕，切断电源停止加热。

⑦　通电干燥。上述条款准备就绪后应仔细检查各部位有无不妥之处，检查应由二人进行，并测量励磁线圈，高低压绕组的绝缘电阻及各部位温度，做好记录，然后才可以通电。

通电后主要是监视各部温度和励磁电流的大小，

见操作注意事项。

⑧　停止加热后，当温度下降到70℃时，应将变压器油（化验合格）立即注入油箱，注油前应将油箱及变压器上的温度计拆掉，注油量应将铁心淹没，至顶面300mm左右。

通常注油前应检查铁心，看其各部位有无变化、内容同吊芯检查，然后再注油。注油后温度降至制造厂试验温度时，测定绝缘电阻并计算吸收比系数，与制造厂测定值比较，供以后参考。

最后将变压器顶盖装好，紧好全部螺栓，摇测绝缘电阻应与前相同，干燥工作完毕。其他处理见吊芯检查紧盖后的处理。

2）零序电流干燥法。零序电流干燥法已在本节变压器吊芯中详细讲述，操作方法，注意事项此相同。

5. 其他附件的安装

变压器安装完毕后，还有一些辅助设备的安装，如端子箱，压力式温度计等。

端子箱用做变压器温度保护、气体保护等辅助接点和控制系统及中央信号系统的连接，通常安装于变压器的一侧，固定在铁支架上。支架也许是角钢支架，或许是一根钢管，下面和混凝土底座固定。混凝土底座已由土建完成，并把地脚螺栓预埋好。从变压器到端子箱间信号线是通过暗管敷设的，管路敷设或信号线穿入见第三章或第七章相关内容。信号线一般用1.5mm^{2}的塑料铜线，端子箱应有防雨装置。

温度计安装在变压器的散热器上，用螺钉固定，探头插入油箱盖上温度检测孔内，从表头到端子箱间的管路敷设，信号线穿入同上。

6. 严密性试验和漏油检查

变压器安装完毕后应进严密性试验并检查各部是否漏油，这是一项重要的指标，也是人们容易遗忘的最后一道工序。

1）严密性试验通常用0.6m长、ϕ25mm的铁管，将上部装上漏斗，下部按油枕的油盖套好相同的螺纹，将其用生料密封带缠好，拧紧在油箱盖孔内，加入与变压器相同的合格的油，并把油枕透气孔关闭。注入油的高度由油箱结构而定，一般为0.3～0.6m，用之油柱的压力使变压器各个泄漏点的压力增大，试验持续时间为60min，然后仔细检查散热器、法兰结合处、套管法兰、储油柜、油箱密封处有否漏油和渗油现象。如果有渗漏现象，应及时处理。然后将油管放油阀打开，将油面降至标准油面，并将透气孔打开，同时将铁管拆掉。铁管应妥善保存，以便再用，同时要注意试验时间不宜太长，特别是在潮湿天气，否则应选择干燥天气或增加室内的温度，尽力避免潮气侵入油箱。

严密性的另一种方法，是把干燥清洁的压缩空气充进油箱，并把油箱放到水槽里面检查。对于大型变压器，是在充满绝缘油的油箱里，再用压缩空气或油泵，使油箱内部形成过度的压力以进行检查，从各个密封处（点）有无渗油来判断油箱的密封状况。压力一般为0.03MPa，延续时间24h，油温不得低于30℃，检查中要随时注意观测油箱有无变形。

油箱法兰的焊缝应按照图12-45单独进行严密检查。在法兰的一个螺孔上安装通进压缩空气的管接头，其余螺孔用胶垫和螺栓密封，被检焊缝表面涂抹肥皂水，当充气压力为0.3MPa时，如果涂肥皂水的地方不产生气泡，则认为密封良好。

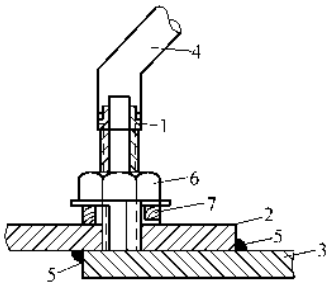


图12-45　油箱焊缝的检查

1—管接头　2—法兰　3—油箱盖
4—压缩空气管　5—焊缝
6—压帽　7—胶垫

经过试验，发现密封不好时，应及时修理。如果是附件安装的缺陷，则重新密封处理，油箱的焊接不好，则可用电焊进行补焊，当渗漏不太严重时，直接在原来的焊缝上补焊；渗漏严重，则可根据实际情况，决定是否把原来的焊缝切除，另外加上铁板封焊。油箱沿法兰内侧没有焊接或者是不连续焊接而渗漏，则应当把它焊满；是油箱的加强带里渗油，则应割开加强带，在里面补焊。

凡是补焊的焊口，要进行严密性检查，通常是在焊缝的背面涂抹煤油，正面涂上白粉，经过30min，观察焊缝的正面有无煤油透渗过的痕迹。煤油涂得要适当，不要太多，并且焊缝周围要冷却，以免油干掉挥发。

2）带油处理渗漏的方法（仅供读者参考）。

①　油箱的焊缝渗漏。可在油箱外面补焊，但焊接部位应在油面以下，且距离油面不得小于100mm；焊接时不得连续焊接，焊接20s（不得超过20s），停歇5min，断续焊接，且停歇时间不得小于5min；焊

条应采用 $\phi3\sim\phi4$mm 和小电流焊接，焊工应有熟练焊接技术和经验；焊接处的油迹要处理干净，从上往下焊接，动作要迅速；焊接处距瓷套管或橡胶垫较近时，要用石棉板保护，同时把蘸水的石棉布置于焊接部位的周围；焊接处和附近应无引火物，油箱表面清洁，无油污。

渗漏严重时，可先在渗油处用手电钻钻成深度为1/2壁厚的小孔，插进钢丝铆死，然后再补焊。

如果放油后处理，则应把箱内油迹擦干净，打开安装孔，然后再补焊。

焊接时应准备灭火器材。

② 铸铁件或焊件的砂眼、气孔等缺陷，可以用环氧树脂粘合剂堵塞，粘合剂的重量配比方为：

6101 环氧树脂 100 份，乙二胺 7 份，瓷粉 10 份；或 6101 环氧树脂 100 份，间苯二胺 12 份，瓷粉 10 份；其中瓷粉的细度能通过 120 孔/cm^2 的筛子。按上述配方把粘合剂调和均匀，一般停放 15～20min 即可使用。

使用时先擦去渗漏处的油迹，用肥皂把漏孔塞住，不让油继续流出，然后在漏孔处涂刷粘合剂，并用铁板遮住，再用喷灯加热铁板到 100～150℃，延续 1h 即可。

③ 散热器的冷却管渗漏。可进行带油堵焊，但由于管壁薄，焊接时技术要求较高，不得烧穿。如果不能进行带油堵焊，而又无法放油处理时，可采取图 12-46 的办法。用一块 10mm^2 厚的耐油胶垫贴在渗漏处，再用卡子通过锁紧螺钉紧固在冷却管上。

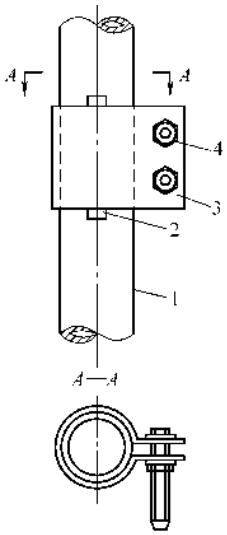


图 12-46 散热器冷却管的堵漏方法示意图

1—冷却管 2—耐油胶垫 3—卡具
4—锁紧螺母

如果将油放掉可用氧乙炔焊接渗漏处。

④ 阀门杆渗漏。可按照图 12-47 的方法更换阀门的密封填料。先把阀门关闭，用压杆压住阀门杆的顶部，然后松开阀门杆的压帽，用钢丝钩掏出旧的填料，再换上新填料，重做好密封。有时不动原来的密封，只是在阀门杆上再装几个专用胶环，用压帽压紧即可。阀门盖的法兰渗漏处理方基本同上。

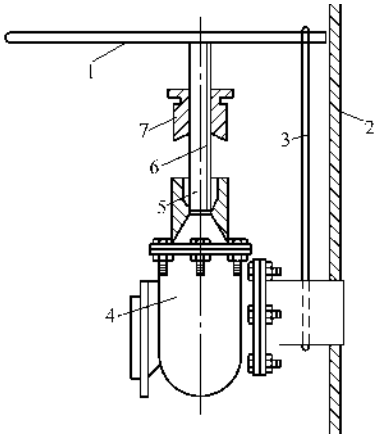


图 12-47 带油更换阀门杆的密封填料

1—压杆 2—电力变压器油箱壁 3—绑绳
4—阀体 5—填料 6—阀门杆
7—压帽（压盖）

⑤ 散热器放油塞或放气塞渗漏。先关闭该散热器上下联管上的阀门，然后迅速拧开放油塞或放气

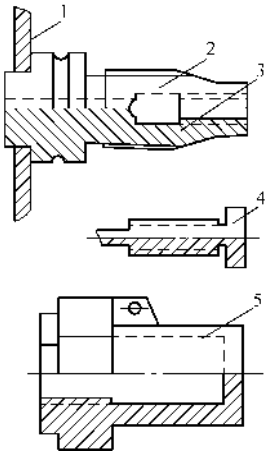


图 12-48 封油套在取油样阀门上的应用

1—电力变压器的油箱壁 2—阀体
3—放油孔 4—塞子
5—封油套

塞，同时用软木塞把放油孔或放气孔堵住，再把塞子的密封填料换好，重新装回即可，更换时应准备好干净的油桶，但一般情况下不应跑油。

⑥　用封油套阻止渗漏。其结构见图 12-48。

⑦　套管顶罩与导电杆的密封处理。见图 12-49，可配制一个压盖，加上耐油胶垫把渗漏处密封。

⑧　油箱顶盖法兰的螺孔渗油。可用一段比螺孔直径稍大一点的胶棒放进螺孔中，再把紧固螺栓磨成半圆头，然后拧紧即可。见图 12-50。

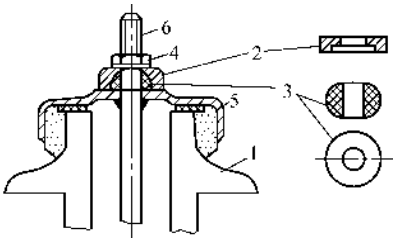


图 12-49　套管的密封处理

1—套管瓷伞　2—压盖　3—胶垫
4—螺母　5—顶罩　6—导电杆

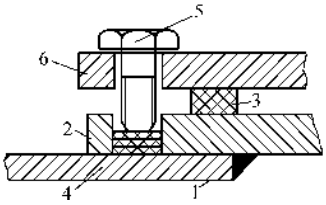


图 12-50　法兰螺孔的密封处理

1—电力变压器的油箱盖　2—下法兰
3—胶垫　4—胶棒　5—螺栓
（磨成半圆头）　6—上法兰

3）胶垫的规格和使用方法

①　橡胶衬垫的规格见表 12-7。

表 12-7　胶垫的规格及使用范围

密封部位	胶垫规格/mm	
	胶棒(直径)	胶带(厚×宽)
大型变压器的箱盖和中身法兰	19～25	(16～20)×(20～26)
中小型变压器的箱盖法兰	12～15	(12～16)×(15～20)
小型法兰及其他部位	12 以下	(6～10)×(5～15)

②　橡胶衬垫的搭接法。把胶棒或胶带的搭接端切成坡口，用锉刀把坡口打毛，搭接长度为胶棒直径或胶带厚度的 4 倍，搭接段的胶棒直径或胶带厚度最好比其他部分的尺寸大 1～2mm，见图 12-51a。先在坡口上涂沫胶水，待风干到稍微粘手时，用力压合在一起，一般应保持压力并干燥 8h，然后用 0.5mm 直径的尼龙绳或铜线沿着搭接长度缝 5～10 个扣。

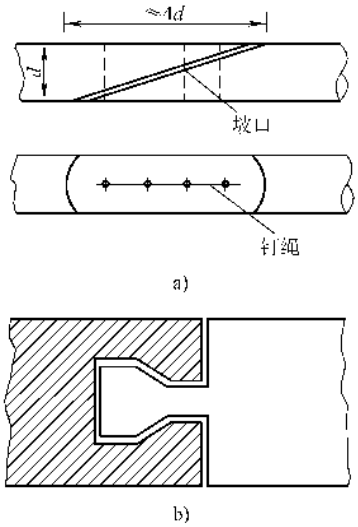


图 12-51　耐油橡胶垫圈的连接方法

a）搭接法胶棒接头　b）套接法胶带接头

③　橡胶衬垫的套接法。适用于胶带的搭接头，见图 12-51b。受压以后，相互之间的缝隙全被挤紧，保证了严密。

④　制作时，其长度应按法兰的实际周长量取，一般是用胶棒或胶带实测实量，做好记号，然后再剪断制作。安装胶垫前，要用抹布蘸汽油或磷酸三钠溶液来清洗连接面，油污可用刮刀清除。可用胶水把胶垫暂时粘到法兰上面，以避免装盖时位移。胶垫在法兰上的布置见图 12-52。平衡衬垫是一块厚度约为法

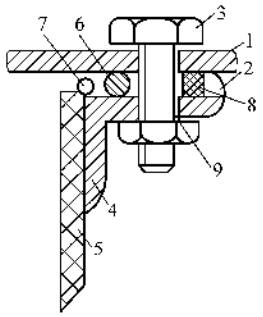


图 12-52　胶垫在法兰上的布置

1—油箱盖　2—卡子　3—螺栓　4—箱沿法兰
5—油箱壁　6—胶棒　7—挡圈
8—平衡衬垫　9—螺孔

兰密封胶垫厚度的2/3的橡胶垫。

⑤ 油塞的密封。先洗净螺杆和螺孔内的脏污，并用干净白布擦干，再检查螺纹的配合应适中，太松或太紧都影响密封，否则更换或处理。处理办法通常是用同规格的板牙或丝锥再重新过一次螺杆或螺孔，然后再试一次。胶环的内径应比螺杆的直径小1～1.5mm，套入时应有余量，然后拧进螺孔，使胶环压缩30%左右。拧紧后，胶垫不得有裂纹和外涨现象。

如果油塞螺孔端面有梯形凹，可选用带有坡度的锥形胶环，见图12-53。

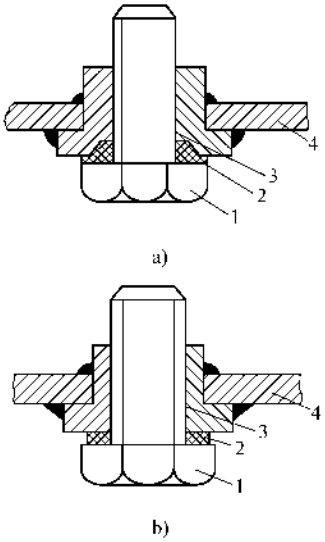


图 12-53

a）

1—螺杆 2—锥形胶环 3—螺孔 4—油箱底

b）

1—螺杆 2—胶环 3—螺孔 4—油箱底

⑥ 胶环的制作。通常可从大张的橡胶板上切成，大小套切还可节约材料。小的胶环，可用冲子一次冲成，稍大的可用胶环切割器（见图12-54）切割耐油胶板制作。把切割刀倾斜安装，还可以割出边缘带有坡度的锥形胶环。

⑦ 其他密封方法。可用石棉绳浸黄干油和铅粉来密封阀杆，先将石棉线在熔点不低于120℃的黄干油中蘸过，擦去多余的油脂，再在绳上均匀地粘裹铅粉，然后缠绕到阀杆上，一般分三次缠绕和压紧，每次缠的厚度为凹槽深度的1/2，并用压帽把石棉绳压槽底和阀杆上面。

阀门密封不良可用研磨的方法，一般是涂沫320号的研磨砂，把两个密封面反复对磨，直到接触面平滑，各点的接触情况相同为止。

平板阀门可先用锤敲击缝隙大的部位，使其涨大，然后用砂纸磨光或用研磨砂研磨，直到接触严密为止。密封不严可请管道工协助解决。

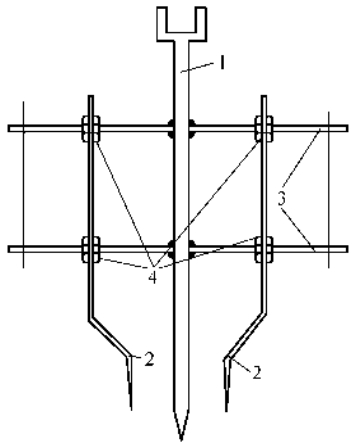


图 12-54 胶环切割器示意图

1—手柄 2—切割刀 3—螺杆

4—调整螺母

安装完的变压器必要时要将高低压套管做人为地保护，避免异物砸坏或碰伤套管，同时应将高低压套管接线端用裸导线封在一起。

在较为狭窄或复杂的现场，要在变压器周围设置临时围栏和警告牌，提醒人们注意保护变压器，以免运送其他设备或器材时，碰击变压器的散热器或油箱箱体，造成不必要的意外损失。

7. 组装式变压器组装要点

大型变压器一般指容量大于63MVA的变压器的一些部件是与油箱本体分散包装出厂运输的，然后在安装现场进行组装，有时称该类变压器为组装式变压器。组装式变压器的组装，一是要对部件进行检查清洗或试验；二是要正确组装，遵守工艺程序及技术要求；三是组装后要进行测试或试验。一般条件下，组装变压器应有生产商代表在场协助组装。

（1）底座的安装 底座的安装应使储油柜侧垫起一定高度，坡度为1%～1.5%；底座应保证变压器中相套管与穿墙套管中相或断路器中相或母线中相对正；有滚轮的底座，其轴承应清洗加油，轴承孔应注入机油；变压器顶起放落在底座的方法可参考装车或卸的方法。

（2）套管的安装

1）安装前的检查。表面无裂缝、伤痕；套管、法兰颈部及均压球内壁应清洁干净；套管试验合格；充油套管无渗油现象，油位正常。套管的绝缘电阻应≥500MΩ，绝缘电阻表的选择可按表12-3选择，交流耐压试验电压的标准见表12-8，充油套管介质损失角标准见表12-9，绝缘油的试验应符合表5-42和表

5-43 的要求。

表 12-8　高压套管的交流耐压标准

试验电压/kV　额定电压/kV　套管型式		3	6	10	15	20	35	60	110	154	220
纯瓷套管	户外式	27	35	46	60	73	105	180	285	400	550
	户内式	25	32	42	57	67	95	165	265	—	—
充油套管	户外式	24	32	42	55	66	95	165	260	360	500
	户内式	22	28	38	49	60	85	—	—	—	—

表 12-9　充油套管的介质损失角标准

额定电压/kV	2～15	20～44	60～110	154～220
介质损失角值（%）	—	3	2	2

2）充油套管内部绝缘油已确认受潮，应进行干燥处理；110kV 及以上的套管应真空注油。干燥方法一般用真空加热干燥法，见图 12-55。干燥前，放尽油后用 0.05MPa 压力的合格绝缘油冲洗内部。干燥室应以 10℃/h 的速度将温度升到 60～70℃，套管内部形成 933Pa 的真空干燥 24h。然后把 70℃左右的合格绝缘油注入套管内 3～5h 后，再撤掉真空。最后以≤10℃/h 的速度降至室温，干燥完毕。

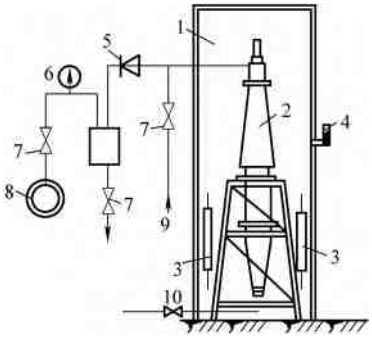


图 12-55　真空加热干燥充油套管示意图

1—干燥室　2—套管　3—加热器　4—温度计
5—逆止阀　6—真空表　7—阀门　8—真空泵
9—注油管路　10—排油阀

如采用热油循环干燥，套管处理和布置同真空加热干燥，注油管路接入热油和油泵，热油以≤10℃/h 的速度升到 100℃，然后循环 48h，停止后再以≤10℃/h的速度降至室温，干燥完毕。

充油套管下部的绝缘筒和木垫应吊放在 105℃的恒温干燥室内干燥 24h。

3）套管穿线的应力锥应进入套管的均压罩内，其引出端头与套管顶部接线柱连接处应擦拭干净，接触紧密。高压套管与引出线接口的密封波纹盘结构的安装应严格按制造厂要求进行。

4）套管顶部结构的密封垫应安装正确，密封良好，连接引线时不应使顶部结构松扣。安装时应保持联接法兰处的干净，拆下顶部的接线端子、均压罩、压盖及运输时设置的密封垫、螺母等，见示意图 12-56。安装示意图见图 12-57，其中细铜丝是从空心导电管上端穿入的，下端与引线联结。套管慢慢落在油箱时应同步拉出细铜丝，法兰重合时，先放入耐油环，对准紧固螺栓。引线拉紧后装好压盖、均压罩和

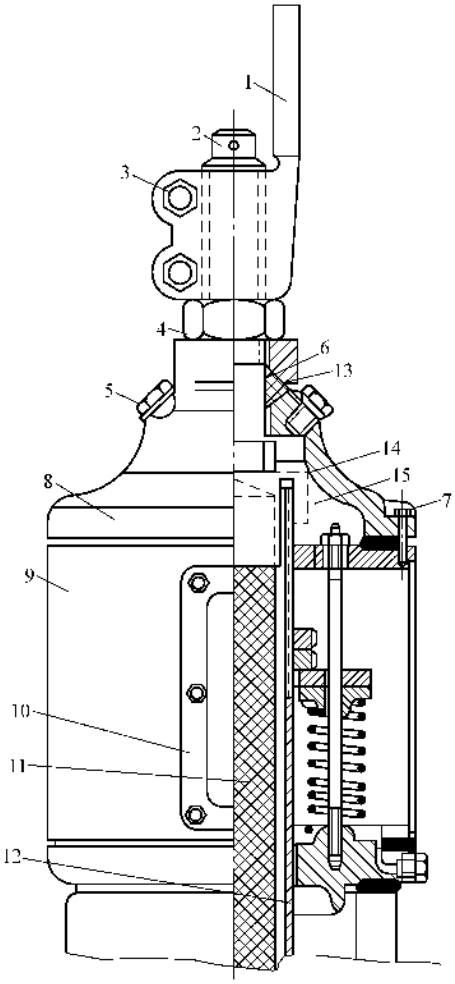


图 12-56　密封型充油套管示意图

1—接线端子　2—引线端头　3—螺栓　4—螺母
5—注油塞　6—密封垫圈　7—螺栓　8—罩子
9—储油器　10—油标　11—引线　12—导电管
13—压盖　14—运输用密封垫
15—运输用密封螺母

接线端子，引线端头拧进接线座后，两者必须接触良好。

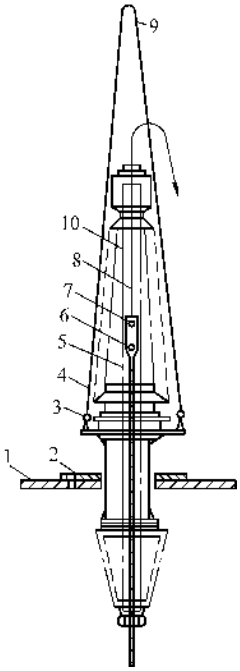


图 12-57 充油套管安装示意图

1—油箱盖 2—法兰 3—吊环 4—吊绳
5—引线 6—引线端头 7—拉线孔
8—铜丝 9—接吊钩
10—空心导电管

安装时必须注意，引线长度不得更动，引线不得弯曲，拉不动时不得硬拉，可能是端头卡住。35kV以下的套管，引线直接与导电管连接，引线软接片的开孔套在导电杆上穿进螺栓并用螺母压紧即可。

5）充油套管的油标应面向外侧，套管末屏应良好接地。

6）总体要求。

① 电容式套管应经试验合格，套管采用瓷外套时，瓷套管与金属法兰胶装部位应牢固密实并涂有性能良好的防水胶，瓷套管外观不得有裂纹、损伤；套管采用硅橡胶外套时，外观不得有裂纹、损伤、变形；套管的金属法兰结合面应平整、无外伤或铸造砂眼；充油套管无渗油现象，油位指示正常。

② 套管竖立和吊装应符合产品技术文件要求。

③ 套管顶部结构的密封垫应安装正确，密封良好，连接引线时，不应使顶部连接松扣。

④ 充油套管的油位指示应面向外侧，末屏连接符合产品技术文件要求。

⑤ 均压环表面应光滑无划痕，安装牢固且方向正确；均压环易积水部位最低点应有排水孔。

（3）冷却装置的安装

1）冷却装置安装前应按制造厂规定的压力值（一般为0.15～0.25MPa）用气压或油压进行密封试验，其中散热器，强迫油循环风冷却器应保压持续30min无渗漏；强迫油循环水冷却应保压持续60min无渗漏，而且应水、油系统分别试验。

工程中一般是将通入0.15～0.25MPa压缩空气的冷却装置放入水中观察是否漏气或是用油泵把0.15～0.25MPa压力的绝缘油通入冷却器观察有无渗漏。安装前应将试验合格的冷却器竖起后灌入合格变压器油循环3次冲洗干净，并将残油排尽，然后将进出口封堵。

2）冷却器安装示意见图12-58，安装时应先用合格变压器油经净油机循环冲洗变压器油箱上安装孔处的阀口及法兰、耐油胶圈，且胶圈受压不应太大，以免张开后堵塞油路，冲洗干净后将残油排尽。装好后应将阀门打开。

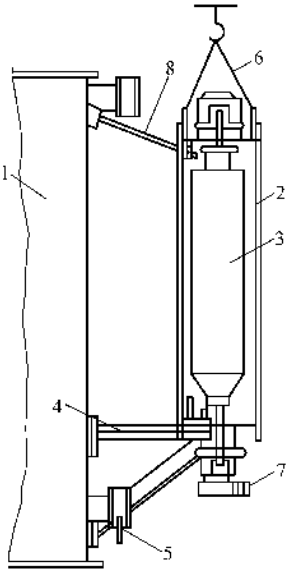


图 12-58 冷却器安装示意图

1—油箱 2—冷却器 3—净油器 4—支架
5—油阀门 6—吊绳 7—潜油泵阀门
8—拉杆

3）风扇安装其电动机及叶片应牢固，转动灵活无卡阻，试转转向正确且无振动、无过热；叶片无扭曲变形或与风筒碰擦等现象。电动机的配线应采用耐油性能良好的绝缘导线，电动机的绝缘电阻应≥0.5MΩ，润滑正常。

4）管路中的阀门操作灵活，开闭位置正确，与

法兰连接处密封良好。外接的油管路在安装前，应进行彻底除锈并清洗干净，然后用合格变压器油冲洗。油管道安装后应涂黄漆，水管道涂黑漆，并有流向标志。管道安装应由管道工配合。

5）油泵转向正确且无异常噪声、振动、过热现象，密封良好无渗油漏油或进气现象，绝缘、配线、润滑同风扇，必要时应按第五章电动机测试要求进行试验，油泵安装示意见图 12-59。这里要注意，油泵没有注油时只能在合闸瞬间观察转向，且转动不得超过 20s。流速继电器叶片、弹簧完好，动作灵活；滤网应装于出油侧，不得装反。

6）差压继电器、流速继电器应校验合格，且密封良好，动作可靠；水冷却装置停用时，必须将水放尽，以免冻裂管道。

（4）储油柜安装前应清洗干净　胶囊式储油柜中的胶囊或隔膜式储油柜中的隔膜应完整无损，且胶囊在充气后不得漏气，胶囊沿长度方向应与储油柜的长轴保持平行，不应扭偏，且胶囊口密封良好，呼吸畅通，安装方向正确无误，并进行复检正确无误。油位表动作灵活，油位指示必须与柜内真空油位相符，不得出现假油位现象。油位信号接点动作正确，绝缘良好。油标安装示意图见图 12-60。安装时，钢压套不得直接与玻璃接触，拧紧螺栓时应顺时针先拧 1/4 圈，再拧 1/8 圈逐个一一拧紧，胶垫压缩程度应小于 25%。

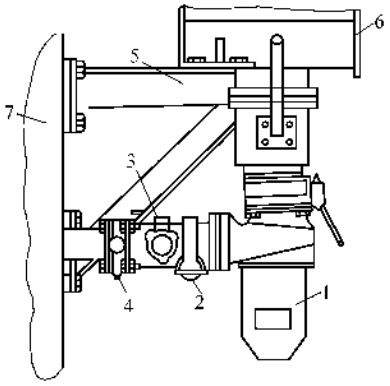


图 12-59　油泵安装示意图

1—潜油泵　2—滤过网　3—流速继电器　4—下油管阀门　5—支架　6—冷却器　7—油箱

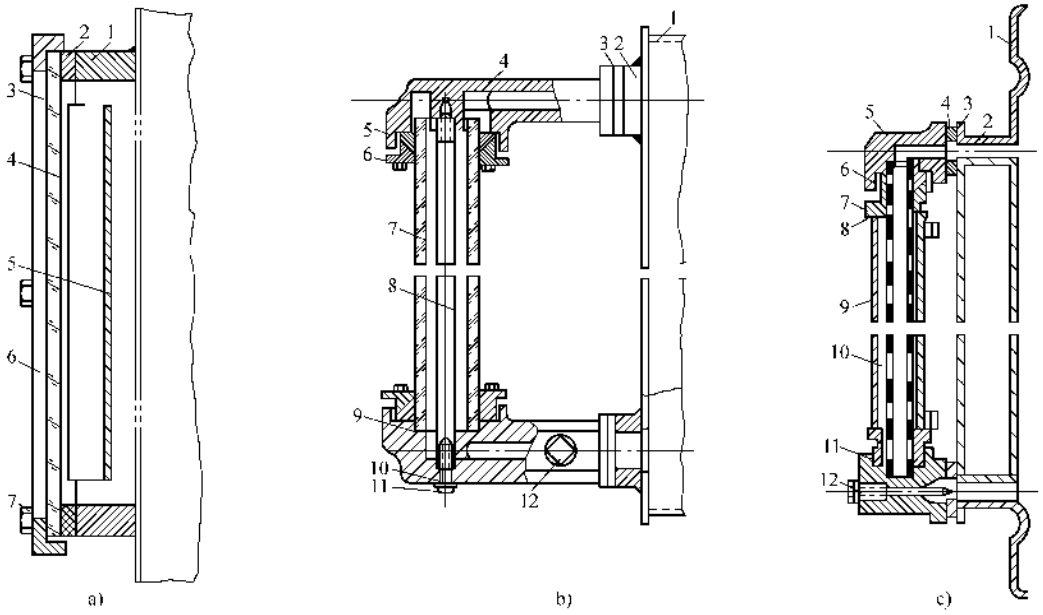


图 12-60　油标安装示意图

a）板式油标　1—法兰　2—密封垫圈　3—衬垫　4—玻璃板　5—反光镜　6—外罩（压盖）　7—螺栓

b）厚壁玻璃管油标　1—储油柜　2—法兰　3—胶垫　4—油标座　5—胶垫　6—钢压套　7—玻璃管　8—钢棒　9—纸垫圈　10—密封处　11—螺栓　12—螺纹塞子

c）薄壁玻璃管油标　1—储油柜　2—钢管　3—钢板　4—胶垫　5—油标座　6—胶垫　7—压紧套　8—钢箍　9—钢套　10—玻璃管　11—纸垫圈　12—螺纹塞子

（5）吸湿器与储油柜间的连接管密封良好　管道畅通，吸湿剂干燥，电接点动作准确且绝缘良好。吸湿剂的容器应留有15～20mm的空间，检查孔附近应装易变色的硅胶，以便观察。变色硅胶可取被浸硅胶3%重量的氯化钴，溶于水中，水量以能使被浸硅胶饱和为准，然后把粒径为2～8mm的硅胶浸到溶液中，直到硅胶呈粉红色为止。最后将浸好的硅胶在115～120℃烘箱中烘干到为淡青色即可使用。导气管应擦拭干净，连接处密封严密。

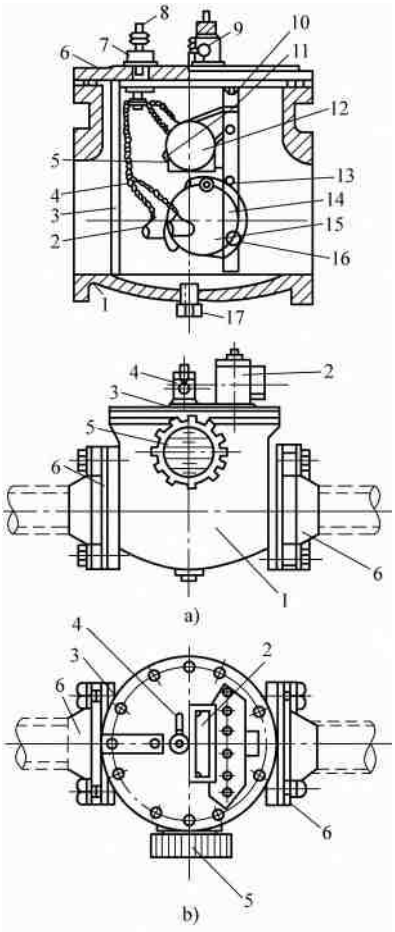


图12-61　气体继电器结构示意图

a）构造

1—外壳　2—下浮筒水银接点　3—支柱　4—引出线　5—上浮筒水银接点　6—盖子　7—瓷套管　8—接线端子　9—放气阀门　10—支架　11—上浮筒转轴　12—上浮筒　13—平衡锤　14—支架　15—下浮筒　16—下浮筒转轴　17—放油塞

b）外形

1—外壳　2—接线端子　3—顶盖板　4—放气阀门　5—视察窗　6—法兰

（6）气体继电器（瓦斯继电器）安装前应检验鉴定合格　安装时应保证水平，顶盖上的箭头应指向储油柜，与连通管的连接应密封良好，集气盒内充油且密封严密。检验时，可用500V绝缘电阻表摇测引线间及对地绝缘电阻，阻值≥50MΩ，并用1000V绝缘电阻表进行上述部分的耐压试验。当继电器未注油时，浮筒下垂，能点闭合；注油后浮筒浮起，能点断开。气体继电器不得漏油，要检查放气阀的接触面，不严密的要研磨或调整拉紧弹簧的弹力。气体继电器结构示意见图12-61，安装位置见图12-62。安装时先装好两侧的联管，取出浮筒，拆下容器两端的临时密封盖板。一般应用水平尺检验顶部的法兰，然后再拧紧接面的螺栓。这里要注意两点，接面橡胶衬垫不得伸进油管里，连接管向着储油柜的方向要有2%～4%的升高坡度。最后将浮筒放到容器内并装好顶盖。气体继电器防潮、防渗水有防雨罩，进线孔处有防水弯，且封堵严密，观察窗挡板应处于打进位置。

（7）安全气道的安装（见图12-63）　安装前，其内壁应擦拭干净，隔膜完整无破损，其材料规格应符合产品技术要求，不得代用。玻璃膜片与法兰吻合且受力均匀，并用胶环密封严密。

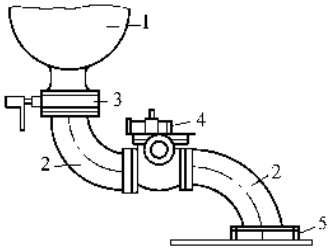


图12-62　气体继电器安装位置

1—储油柜　2—连接管　3—平板阀门　4—气体继电器　5—电力变压器的油箱顶盖

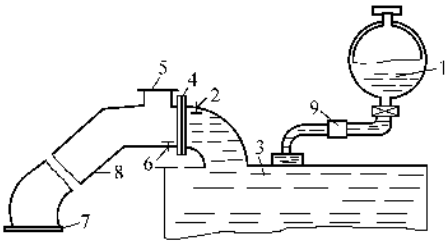
（8）压力释放装置的安装方向应正确　阀盖和升高座的内部清洁且密封良好，电接点动作准确灵敏且绝缘良好。

（9）净油器内部擦拭干净，吸附剂干燥，滤网安装方向正确且应在出口侧，油流方向正确。所有导气管必须擦拭干净，连接处应密封良好。

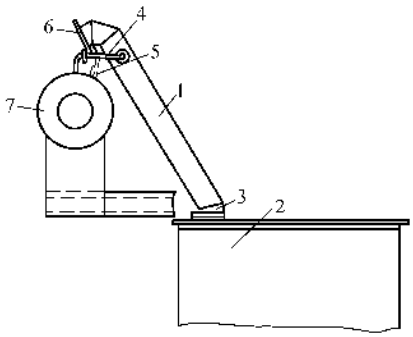
（10）升高座的安装

1）升高座安装前，应先完成电流互感器的交接试验，二次线圈排列顺序检查正确；电流互感器出线端子板绝缘性能应符合产品技术文件的要求，其接线螺栓和固定件的垫块应紧固，端子板密封严密，无渗油现象。

2）升高座安装时应使绝缘筒的缺口与引出线方



a)



b)

图 12-63　安全气道安装示意图

a）密封式防爆管

1—储油柜　2—放气塞　3—电力变压器油箱和绝缘油　4—隔膜　5—视察窗　6—放水塞　7—防护网　8—导油筒　9—气体继电器

b）防爆管的连接

1—钢质圆筒　2—油箱盖　3—安装法兰　4—防爆管与储油柜的联管　5—拉铁　6—玻璃膜　7—储油柜

向一致，并不得相碰。

3）电流互感器和升高座的中心应基本一致。

4）升高座法兰面必须与本体法兰面平行就位。放气塞位置应在升高座最高处。

（11）温度计安装前应进行校验，信号接点动作准确，接通良好；线圈温度计应根据制造厂规定进行整定；顶盖上的温度计座内应注变压器油、密封良好，无渗油现象。闲置的温度计座也应密封，不得进水；膨胀式信号温度计的细金属软管不得有压扁或急剧扭曲，其弯曲半径不得小于 50mm。

（12）靠近箱壁的绝缘导线，绝缘良好，排列整齐且有保护措施；接线盒密封良好，接线箱、控制箱的安装应符合国家标准 GB 50171—2012《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路结线施工及验收规范》的规定，详见本节第十四部分。

（13）注油试验　绝缘油必须试验合格，见表 5-42、表 5-43，不同牌号的油或同牌号的新油与运行过的油混合使用前，必须作混油试验。

注油前，220kV 及以上的变压器必须进行真空处理，且必须真空注油，110kV 者可采用真空注油。真空注油必须在真空度达到规范要求后才能开始注油，且注油全过程保持真空，注入的油温应略高于器身温度。当真空度达到 200Pa 以下时，应关闭真空机组出口阀门，测量系统泄漏率，测量时间应为 30min，泄漏率应符合产品技术文件的要求。抽真空时，应监视并记录油箱的变形，其最大值不得超过壁厚最大值的两倍。220kV ~ 500kV 变压器的真空度不应大于 133Pa，750kV 变压器的真空度不应大于 13Pa。用真空计测量油箱内真空度，当真空度小于规定值时开始记时，真空保持时间应符合：220kV ~ 330kV 变压器的真空保持时间不得少于 8h；500kV 变压器的真空保持时间不得少于 24h；750kV 变压器的真空保持时间不得少于 48h 时方可注油。真空注油不宜在雾天雨天进行。

抽真空时，必须将在真空下不能承受负压的部件，如储油柜、安全气道与油箱隔离；对允许抽同样真空的部件，应同时抽真空。注油时各接地点及油管道应可靠接地，以避免产生静电。

绝缘油混油试验时，混合前应按混油的实际使用比例取混油油样分析，结果应符合表 5-42 中的第 4、6、8 项规定。混油后按表 5-43 的规定进行绝缘油的试验。

1）密封检查及试验。组装好的变压器应进行全面的检查，部件有无松动不妥，螺栓有无缺件或松动，油垫有无漏压撕裂等，然后进行气密试验。气密试验应用干燥清洁的压缩空气（相对湿度不大于 65%），布置示意见图 12-64。变压器外部所有用螺栓、油垫连接安装部位涂以较浓的肥皂水，空气压力保持在 0.025MPa，3h 后，压力不低于 0.021MPa，且所有连接处无肥皂泡产生，则认为油箱密封良好。

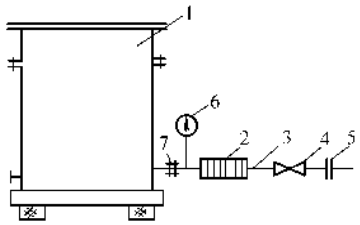


图 12-64　用压缩空气检查油箱的密封示意图

1—油箱　2—空气滤过器　3—管路　4—阀门　5—接压缩空气系统的法兰　6—压力表　7—散热器连接管法兰

2）从油箱底部的油塞取出箱底的残油进行试验，应合格。如果不合格则应用合格的油将残油全部冲洗

掉，直到放出的油合格为止。

3）注油。注油一般有两种方法，真空注油适用于110kV及以上的变压器；非真空注油适用于35kV及以下的变压器或者110kV及以上变压器的补油。

真空注油装置布置见图12-65。要求真空泵的容量能在1h以内使油箱内达到规定的真空度，并能连续运行。抽真空的速度不宜太快，一般要求13332～26664Pa/h（100～200mHg/h），同时应随时检查油箱、油枕及各个部位有否变形，否则应减小速度，箱壁弹性变形的最大值不得超过其壁2倍。

注油系统的连接部位应严密，当真空度达到最大允许值时（110kV及以下者为0.051MPa），打开阀门开始注油。注油的速度应均匀缓慢且≤100L/min，一般小于6h。当铁心全部被淹没时，应停止注油，再继续抽真空2h。最后将油注满至油枕规定的部位。非真空注油必须缓慢，注油时间应比真空注油时间长1～0.5倍。在抽真空时，必须将不能承受真空下机械强度的附件与油箱隔离；对允许抽同样真空度的部件，应同时抽真空；真空泵或真空机组应有防止突然停止或因误操作而引起真空泵油倒灌的措施。

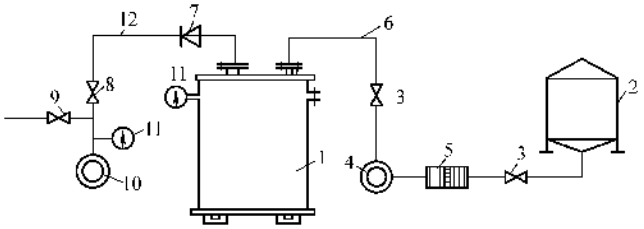


图12-65 真空注油示意图

1—电力变压器油箱 2—储油罐 3—油阀门 4—油泵 5—滤过器
6—油管 7—逆止阀 8—真空阀门 9—旁路阀门 10—真空泵
11—真空表 12—真空联管

4）绝缘油的要求。绝缘油应事先处理好，并符合前述要求。油温一般应在10℃左右。冬季注油应有适当的加热装置，必要时铁心也应加热。注油时周围空气的相对湿度不得大于65%，温度不得低于0℃。

5）注油后应进行绝缘电阻的测试和气密试验，且应合格，否则要进行干燥处理。

（14）装有强迫排风扇的大型变压器应对风机、电路、控制系统进行试验，试验时应按第七章电动机的相关内容进行。试验合格后应进行试运转，同时接线必须正确，电压相符。有自动控制的还应对其温度传感器、起动模块（电路板）及继电器线路进行检查和试验，确保正确运行。

（15）热油循环

1）330kV及以上变压器、电抗器真空注油后应进行热油循环，并应符合下列规定：

① 热油循环前，应对油管抽真空，将油管中空气抽干净。

② 冷却器内的油应与油箱主体的油同时进行热油循环。

③ 热油循环过程中，滤油机加热脱水缸中的温度，应控制在65℃±5℃范围内，油箱内温度不应低于40℃。当环境温度全天平均低于15℃时，应对油箱采取保温措施。

④ 热油循环可在真空注油到储油柜的额定油位后的满油状态下进行，此时变压器或电抗器不应抽真空；当注油到离器身顶盖200mm处时，应进行抽真空。

2）热油循环应符合下列条件，方可结束：

① 热油循环持续时间不应少于48h。

② 热油循环不应少于3×变压器总油重/通过滤油机每小时的油量。

③ 经过热油循环后的变压器油，应符合表12-10的规定。

表12-10 热油循环后施加电压前变压器油标准

变压器电压等级/kV	330	500	750
变压器油电气强度/kV	≥50	≥60	≥70
变压器油含水量/（μL/L）	≤15	≤10	≤8
变压器油含气量（%）	—	≤1	≤0.5
颗粒度/（1/100mL）	—	—	≤1000（5～100μm颗粒，无100μm以上颗粒）
tgδ/90℃时	≤0.5	≤0.5	≤0.5

（16）补油、整体密封检查和静放

1）向变压器、电抗器内加注补充油时，应通过储油柜上专用的添油阀，并经净油机注入，注油至储油柜额定油位。注油时应排放本体及附件内的空气。

2）具有胶囊或隔膜的储油柜的变压器、电抗器，应按照产品技术文件要求的顺序进行注油、排气及油位计加油。

3）对变压器连同气体继电器及储油柜进行密封性试验，可采用油柱或氮气，在油箱顶部加压0.03MPa，110kV～750kV变压器进行密封试验持续时间应为24h，并无渗漏。当产品技术文件有要求时，应按其要求进行。整体运输的变压器、电抗器可不进行整体密封试验。

4）注油完毕后，在施加电压前，其静置时间应符合表12-11的规定。

表12-11　变压器注油完毕施加电压前静置时间　（单位：h）

电压等级	静置时间
110kV及以下	24
220kV及330kV	48
500kV及750kV	72

5）静置完毕后，应从变压器、电抗器的套管、升高座、冷却装置、气体继电器及压力释放装置等有关部位进行多次放气，并起动潜油泵，直至残余气体排尽，调整油位至相应环境温度时的位置。

8. 变压器的测试及试验

变压器的测试和试验详见第五章的相关内容。

三、横担、绝缘子及金属构架的安装

电源进户线和站内软母线的架设与架空线路一样，是架设在混凝土杆上的横担及绝缘子上的，而隔离开关、避雷器及互感器则是安装在混凝土杆式支架上面的金属构架上的。

1. 横担及绝缘子的安装

图12-33b中共有四组软母线，由①～⑧基电杆组成，其横担常用圆钢桁架或型钢双横担，绝缘子常用悬式绝缘子，其安装方法及要求同架空线路，绝缘子串的间距必须保证线间的安全距。

2. 金属构架的制作安装

图12-33中共有23组混凝土杆式支架，金属构架一般用10#槽钢作成。

1）将构件直接焊接在杆头上的钢圈上，可焊在钢圈的两侧或顶部，见图12-66，焊接必须牢固水平，开孔、两槽钢高差、水平度的偏差不大于1mm，一般可用垫板调整，其制作安装方法及要求同“第八章预制和加工”。

2）杆头如无钢圈，应用穿钉紧固在杆头上，见图12-67，要求同上。

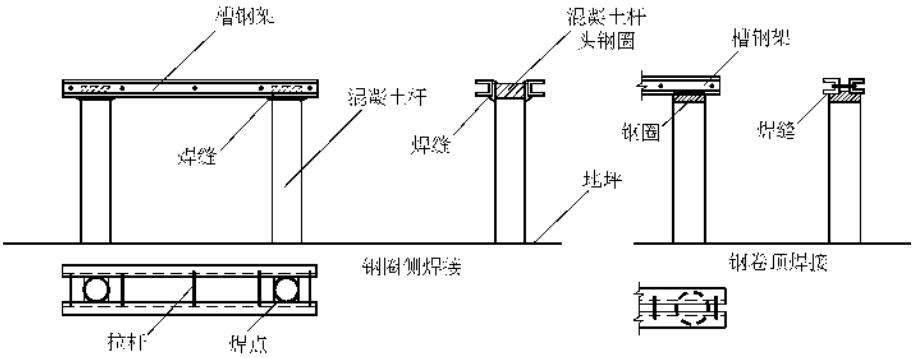


图12-66　金属构架在混凝土杆上的焊接

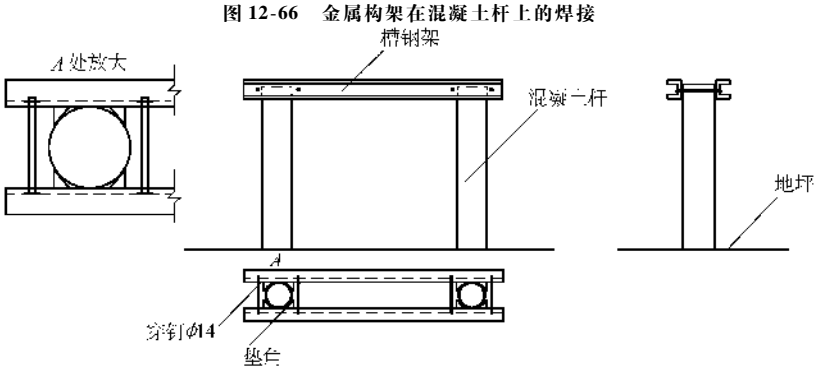


图12-67　金属构架在水泥杆上用穿钉固定

3）金属构架上的开孔。

① 如果构架顶面上两个槽钢足以安装电器，则在钢架的顶面直接开孔，开孔应与电器的安装孔对应，不同相的电器元件之间应按表 12-12、表 12-13 要求考虑线间的安全距离，开孔应按第三章的要求进行，见图 12-68。

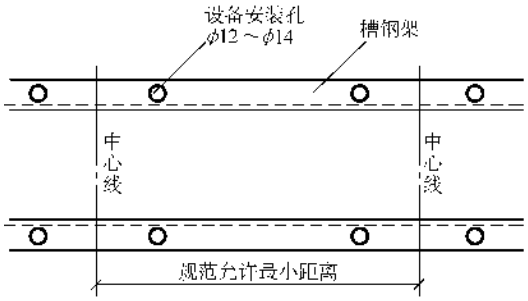


图 12-68 在槽钢上直接开孔安装电器

② 如果构架顶面上两个槽钢顶面太大或太小，不能够直接安装电器，则用 δ8～δ10mm 的钢板（面积略大于电器安装面即可），按电器安装孔在上面开孔，然后将其焊接或螺栓连接在槽钢顶面上，要求同（1）。一般情况下，按每相电器元件设置钢板，见图 12-69。

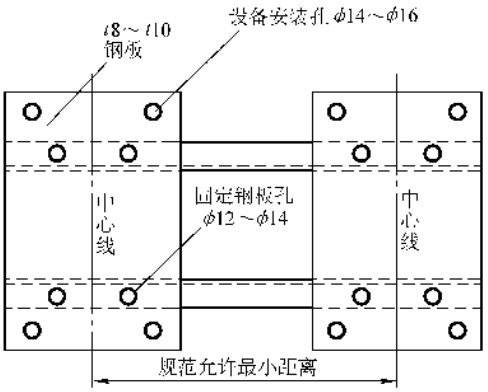


图 12-69 在钢板上开孔安装电器

4）接线端子箱支架的制作安装。非落地式接线箱可安装在混凝土杆式支架金属构架的下面，见图 12-70，构架的制作安装可采用穿钉固定法。图中，用虚线来表示设备及管线未安装部分（下同）。

5）电压互感器支架的制作安装。电压互感器的支架固 10#槽钢制作，用 U 形抱箍固定在高压熔断器混凝土支架的下面，支撑可用 80mm × 80mm 角钢，安装面由 80mm × 80mm 角钢作成，见图 12-71。

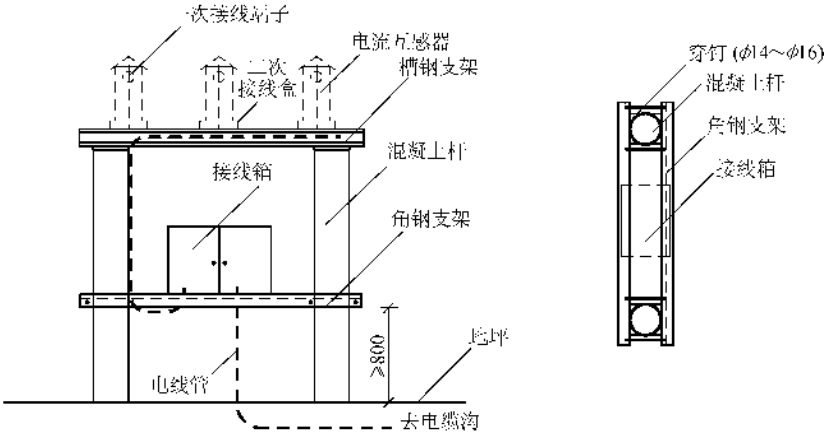


图 12-70 接线箱在水泥杆支架上安装示意图

四、避雷器的安装

图 12-33 中共有四组避雷器，安装位置见图中的 2、7、15、21，均采用 FZ-35 型避雷器，其外形和底部安装尺寸见图 12-72，技术数据见表 12-14。其外观检查及要求基本同第十章中室外变台的避雷器的安装，所不同的前者为挂式安装，后者为座式安装。

1）将避雷器竖起在金属构架上，把底部的接线螺钉都对正于变压器侧的方向上，然后用螺栓加平垫、弹垫紧固。避雷器必须与地面垂直安装，安装时要复核其间距。

2）放电计数器除常规的外观检查外应进行动作试验，试验接线见图 5-26 及有关内容。

3）将 JS-7 型放电计数器用螺钉固定在每只避雷器前方或左侧的金属构架上，其外形及安装尺寸见图 12-73。使计数盘面向变压器侧。计数器必须外观完整无破损，具有合格证及产品制造许可证。

4）将避雷器下部的接地端子与计数器的上部端子用不小于 16mm² 的铜线连接起来，连接要紧固。计数器下端的接线端子用截面积不小于 16mm² 的裸铜线压线鼻子接好，另端引入电缆沟，准备与接地网

连接。

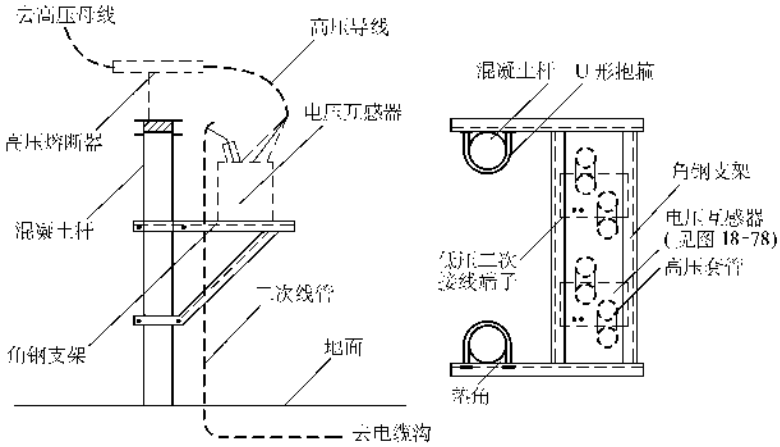


图 12-71　电压互感器在水泥杆支架上安装示意图

表 12-12　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	表图1 表图2 表图3	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	表图1	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	表图1 表图2 表图3	825	950	1050	1150	1400	1650	1750	2550	3250	4550
B_2	网状遮栏至带电部分之间	表图2	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	表图2 表图3	2500	2700	2800	2900	3100	3400	3500	4300	5000	7500

（续）

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
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	表图1 表图2	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。

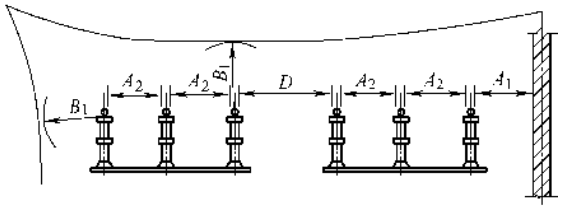
2. 栅状遮栏至绝缘体和带电部分之间，对于 220kV 及以上电压，可按绝缘体电位的实际分布，采用相应的 B 值检验，此时允许栅状遮栏与绝缘体的距离小于 B_1 值。当无给定的分布电位时，可按线性分布计算。500kV 相间通道的安全净距，亦可用此原则。

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。

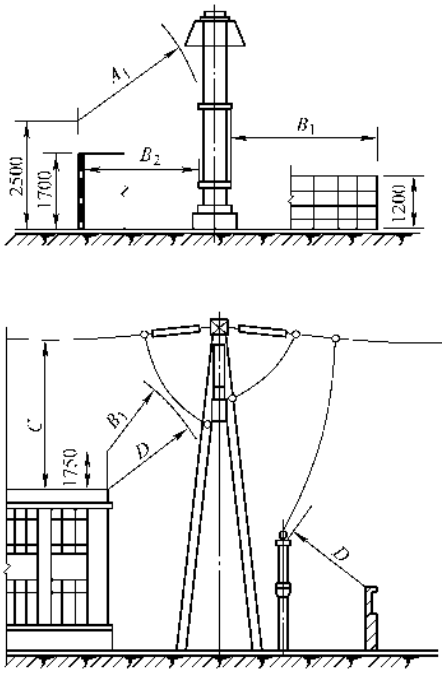
4. 500kV 的 A_1 值，双分裂软导线至接地部分之间可取 3500mm。

5. 海拔超过 1000m 时，A 值应按表图 6 进行修正。

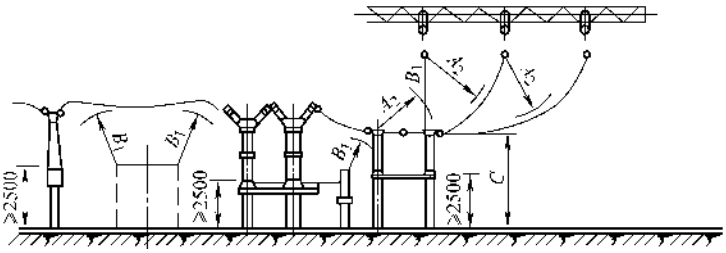
6. 本表所列各值不适用于制造厂生产的成套配电装置。



表图 1　室外 A_1、A_2、B_1、D 值校验示意图



表图 2　室外 A_1、B_2、C、B_1、D 值校验示意图



表图 3　室外 A_2、B_1、C 值校验示意图

表 12-13　室内配电装置的安全净距　（单位：mm）

符号	适用范围	表图号	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	表图 4	20	75	100	125	150	180	300	550	850	950	1800
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	表图 4	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	表图 4 表图 5	800	825	850	875	900	930	1050	1300	1600	1700	2550
B_2	网状遮栏至带电部分之间	表图 4 表图 5	100	175	200	225	250	280	400	650	950	1050	1900
C	无遮栏裸导体至地（楼）面之间	表图 4	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	表图 4	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	表图 5	3650	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4500	5000	5000	5500

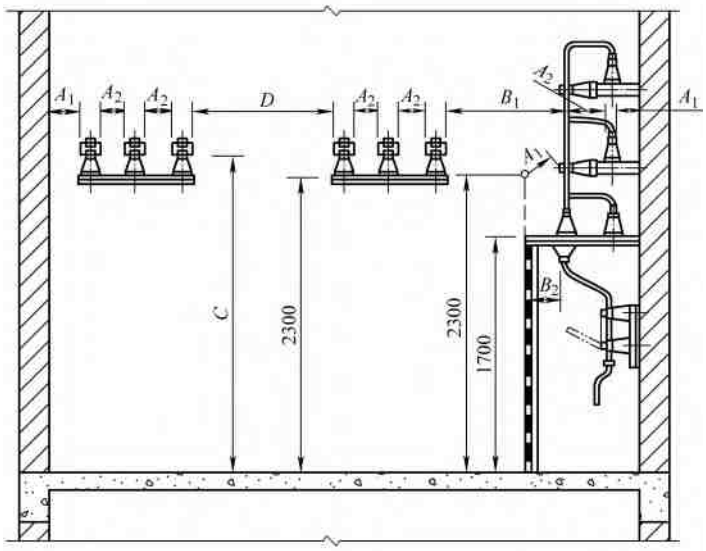
注：1. 110J、220J 系指中性点直接接地电网。

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。

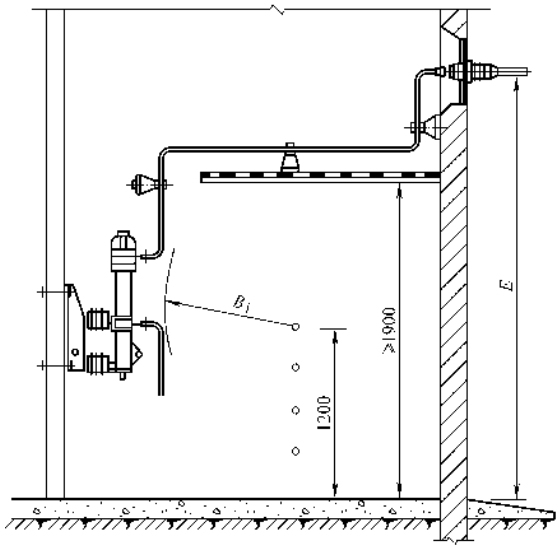
3. 通向室外的出线套管至室外通道的路面，当出线套管外侧为室外配电装置时，其至室外地面的距离不应小于表 12-12 所列室外部分的 C 值。

4. 海拔超过 1000m 时，A 值应按表图 6 修正。

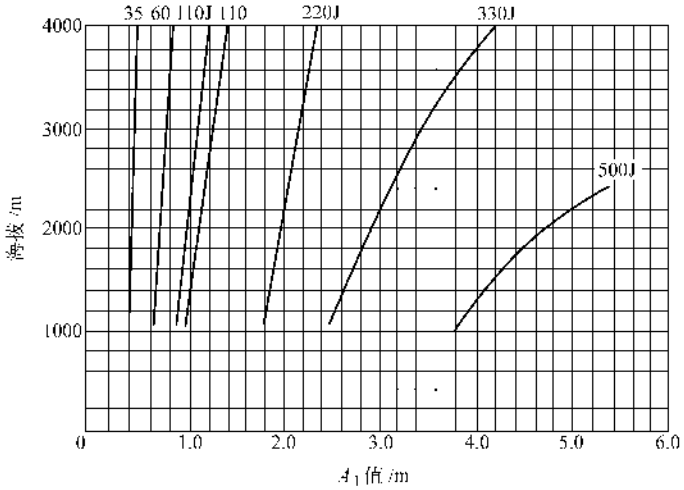
5. 本表所列各值不适用于制造厂生产的成套配电装置。



表图 4　室内 A_1、A_2、B_1、B_2、C、D 值校验示意图



表图 5　室内 B_1、E 值校验示意图



表图 6　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）

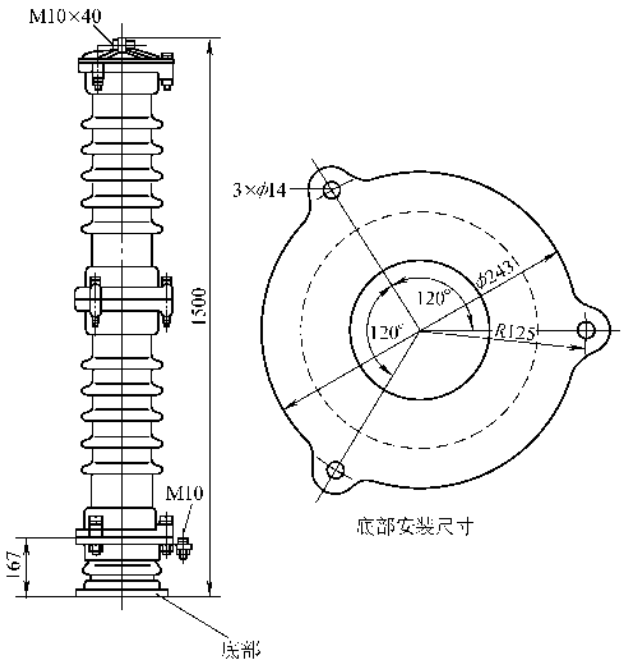


图 12-72　FZ-35 型避雷器外形及安装尺寸

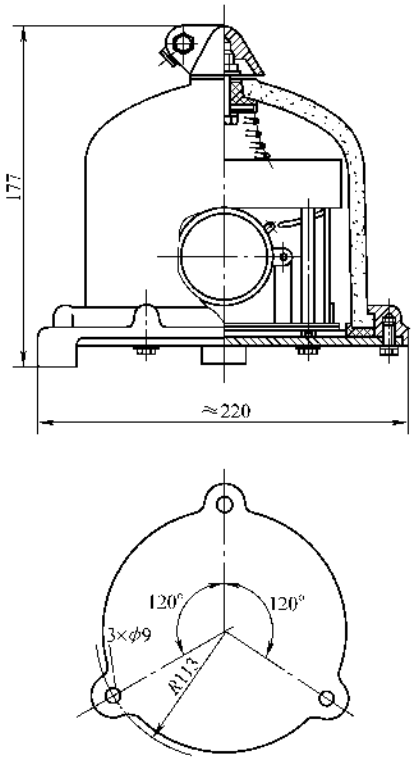


图 12-73　JS-7 型放电计数器外形及安装尺寸

5）安装好的避雷器见图 12-74。

五、电流互感器的安装

图 12-33 中共有室外电流互感器五组，安装位置见图中的 5、10、14、20、17，均采用 $LCWD_1$-35 型电流互感器，其外形及安装尺寸见图 12-75，其中 17 位置为一只（中相），其他每组均为三只。

1. 运输保管及外观检查

1）运输保管期间应防止受潮、倾倒或遭受机械损伤；油浸式互感器应直立搬运、运输和吊装，其倾斜角度一般不宜超过 15°。

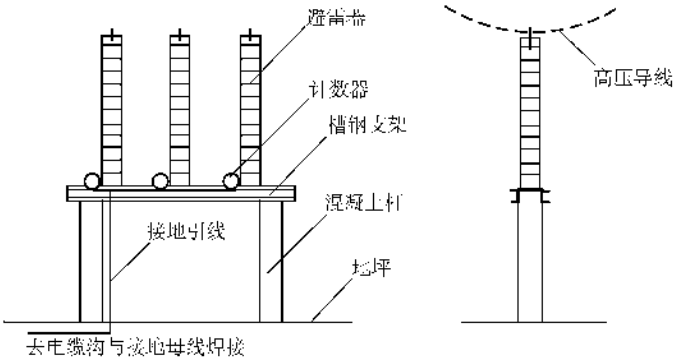


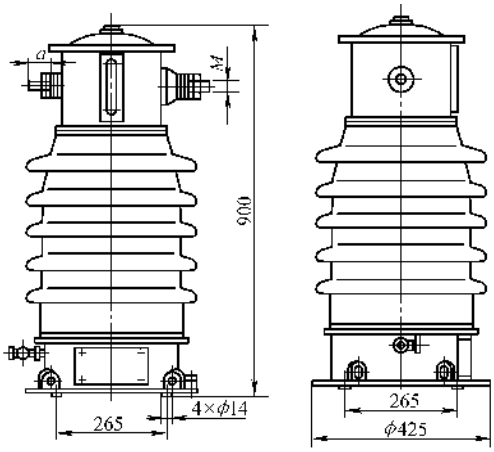
图 12-74 安装好的避雷器

表 12-14 FZ 系列电站用阀式避雷器技术数据

型号	组合方式（元件数量×元件额定电压/kV）	额定电压/kV	灭弧电压/kV	工频放电电压，有效值/kV		冲击放电电压(1.5～20μs 及 1.5/40μs)，峰值，不大于/kV	残压(8/20μs)峰值，不大于/kV		电导电流		重量/kg
				不小于	不大于		5kA	10kA	直流试验电压/kA	电流/μA	
FZ-6	1×6	6	7.6	16	19	30	27	30	6		41(31.5)
FZ-10	1×10	10	12.7	26	31	45	45	50	10	400～600	50.5(38)
FZ-35	2×35	35	41	82	98	134	134	148	16（15kV 元件）		104(110)

注：括号内数据，表示各厂数据亦略有不同。

2）吊装时吊索应固定在规定的吊环上或从底部固定整体吊装，不得利用瓷裙起吊；吊装时不得碰及瓷套管及外壳。



额定一次电流/A	a	M
15～400	40	M22×1.5
600	50	M27×1.5
800、1000	60	M30×1.5
1200、1500		出线排

图 12-75 $LCWD_1$-35 型电流互感器

3）互感器的附件应齐全，无锈蚀，无机械损伤；瓷件无裂纹破损，瓷釉无脱落、无闪络、无放电痕迹；油位正常，密封良好，无渗油漏油现象，油标尺应清晰可见。螺栓无变形，铁心无松动，清洁无污垢。

4）互感器一般不做吊芯检查，但当发现有异常现象时，应按变压器吊芯检查的方法及内容进行吊芯检查。

5）互感器应有出厂合格证书和计量部门出示的检定证书，其型号、规格、变比应与设计相符。

2. 电流互感器的测试

1）绕组绝缘电阻的测试。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 12-3。

2）绕组对外壳的交流耐压试验　一次绕组交流耐压试验标准见表 5-15，二次绕组的交流耐压试验标准为 1kV。

3）一次绕组连同套管一起的介质损失角正切值 tgδ（%）的测试　当电流互感器在 20℃时的 tgδ（%）应不大于表 5-16 的规定。

4）绝缘油的试验。变压器油的试验应按表 5-42 和表 5-43 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 TA1 和标准电流表 A_3 进行的，见图 12-76，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%。由图可以看出三只电流表的读数应相等，标准互感器可利用改变一次串绕的匝数而改变电流比。

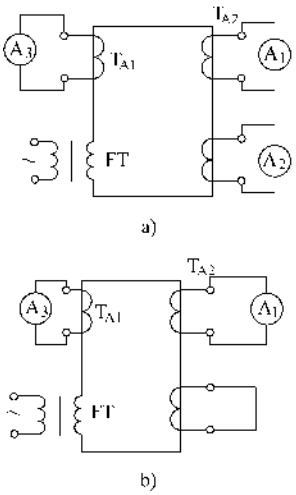


图 12-76　电流互感器电流比的测量

TA_1—标准电流互感器　TA_2—被测电流互感器

FT—负荷变压器

6）铁心夹紧螺栓绝缘电阻的测试。一般仅对外露的或吊芯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。

3. 安装

（1）接线端子箱的安装　接线端子箱的安装见图 12-70，安装要求同配电箱，详见第六章、第七章。

同时敷管引至互感器下部接线小门处，另端引至电缆沟内，引至接线小门处的管应在下侧开孔并对准接线小门，见示意图 12-77，并从槽钢架的内侧敷设，以便导线从小门下方穿入管内。

（2）电流互感器的安装　电流互感器的安装基本同避雷器，但应使接线端 L 位于电源侧，而接线小门则位于侧面，见图 12-70。

六、电压互感器的安装

图 12-33 中共有两台电压互感器，安装位置见图中的 3 与 8，采用 JDJ_2-35 型电压互感器，其外形及安装尺寸见图 12-78，并采用 RXW_0-35 型限流熔断器保护，其外形及安装尺寸见图 12-79，有关数据见表 12-15 和表 12-16、表 12-17。

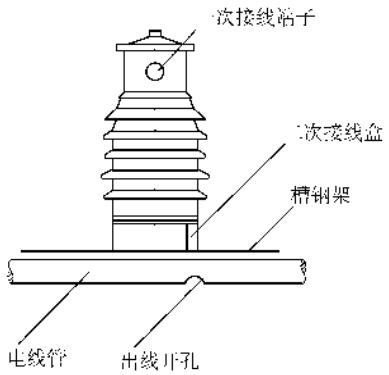


图 12-77　电流互感器二次线穿管引出示意图

1）电压互感器的运输保管及外观检查。同电流互感器。

2）电压互感器的测试。电压互感器的测试基本同电流互感器，对应于 3）中的 tgδ（%）应不大于表 5-16 的规定。另外应测量一次绕组的直流电阻，应与制造厂的数据基本相符；应测量互感器的空载电流，额定电压下其值不作规定，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。

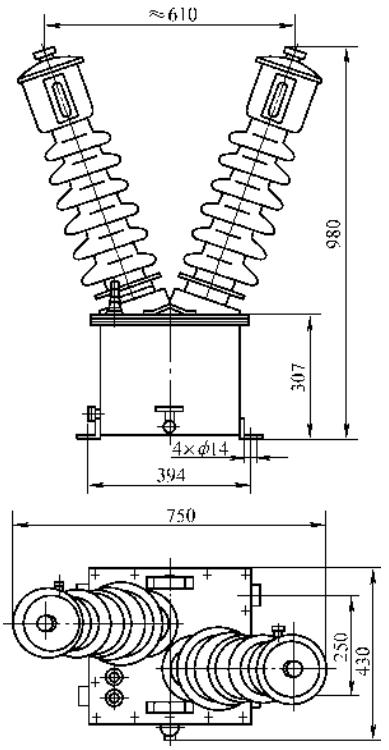


图 12-78　JDJ_2-35 型电压互感器外形及安装尺寸

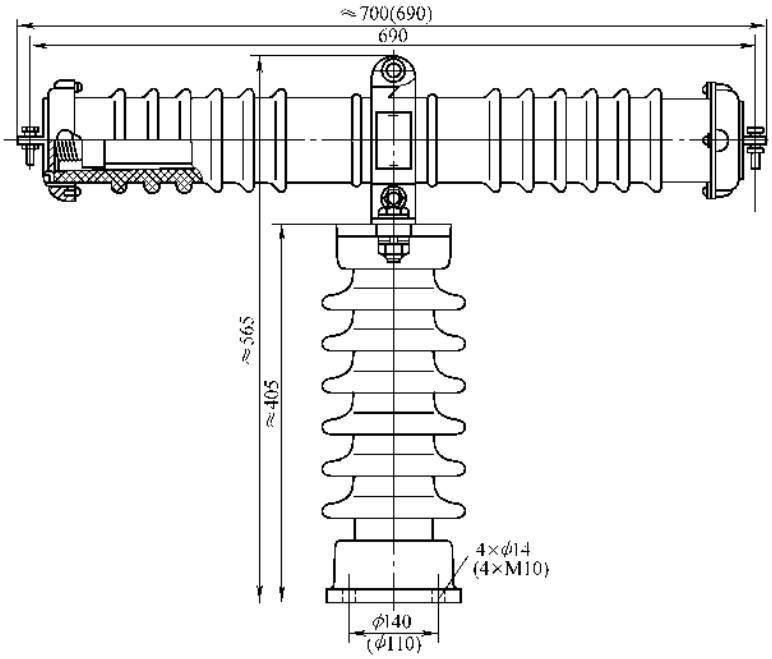


图 12-79 $\frac{RXW_0}{RW_{10}}$-35 型高压限流熔断器外形及安装尺寸

表 12-15 JDJ-35，JDJ_2-35 型电压互感器技术数据

型号	额定电压/V		额定容量/VA（cosφ=0.8）			最大容量/VA	联结组	质量/kg
	一次	二次	0.5级	1级	3级			
JDJ-35	35000	100	150	250	600	1200	1/1-12	248
JDJ_2-35	35000	100	150	250	500	1000		105

表 12-16 RW_{10}-35 型户外高压限流熔断器技术数据

型号	额定电压/kV	额定电流/A	三相断流容量/MVA	质量/kg	备注
RW10-35/0.5	35	0.5	2000	19	保护电压互感器用
RW10-35/2	35	2	600	19	保护电力线路用
RW10-35/3		3			
RW10-35/5		5			
RW10-35/7.5		7.5			
RW10-35/10		10			

表 12-17 RXW_0-35 型户外高压限流熔断器技术数据

型号	额定电压/kV	额定电流/A	断流容量/MVA	质量/kg	备注
RXW_0-35/0.5	35	0.5	1000	23	保护电压互感器用
RXW_0-35/2	35	2	200	23	保护电力线路用
RXW_0-35/3		3			
RXW_0-35/5		5			

3）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5-18和表5-19。安装前可用万用表测量两接线端的直流电阻，其值约为零，说明熔丝完好。

4）安装。先安装熔断器，安装方法基本同避雷器，一般应竖直安装，熔管与线路方向平行，用螺钉紧固在杆式金属构架上。

电压互感器安装在支架上，见图12-71，将互感

器用螺钉加垫紧固在支架的平台上，互感器应找平找正且两台的间距为 300mm，同时高压套管的垂面应与线路方向垂直，并要求极性应找对。两台互感器采用 V 形接线，即可用截面积为 $16mm^2$ 的裸铜线将第一台的 X_1 端与第二台的 A_2 端接在一起，然后将 A_1 端、A_2 端（或 X_1 端）、X_2 端分别用截面积为 $16mm^2$ 的裸铜线接在限流熔断器的出线端，接线见图 12-80。

端子箱及管路的安装基本同电流互感器。安装后的电压互感器见图 12-71。

七、高压隔离开关的安装

图 12-33 中共有 10 组隔离开关，安装位置见图中的 1、4、6、9、11、12、13、16、18、19，均采用 GW_5-35G 系列隔离开关，其外形及安装尺寸见图 12-81，有关数据见表 12-18，其中 1 和 6 为接地保护开关。GW_5-35G 隔离开关配用 CS_{17} 操动机构，其外形及安装尺寸见图 12-82，有关技术性能见表 12-19，与 CS-G 型手动操动机构。结构、性能相同。

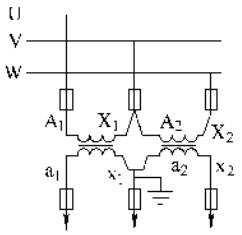


图 12-80　两台电压互感器用于三相线路的 V 形接线

表 12-18　GW_5-35（G）系列隔离开关技术数据

型　号	额定电压/kV	最高工作电压/kV	额定电流/A	极限通过电流/kA		热稳定电流/kA		操动机构型号		接地类别
				有效值	峰值	4s	5s	主刀闸	接地刀闸	
GW_5-35G	35	40.5	600	—	72	16	—	CS_{17}	—	不接地
			1000	—	83	25	—		—	
			1600	—	100	31.5	—	CS_{17}-Ⅱ	—	
			2000	—	100	31.5	—		—	
GW_5-35GD	35	40.5	600	—	72	16	—	—	CS17	单、双接地
			1000	—	83	25	—	—		
			1600	—	100	31.5	—	—	CS8-5	
			2000	—	100	31.5	—	—		

表 12-19　CS_{17} 型手动操动机构性能

形式	不　接　地	单　接　地	双　接　地
性能	无脱扣器 有辅助开关	无脱扣器 有辅助开关 手柄机械联锁 保证 GW_5-35 主触头与接地触头机械联锁	无脱扣器 有辅助开关 手柄机构联锁 保证 GW_5-35 主触头与接地触头机械联锁
	手柄水平转动 90°即可使 GW_5-35 分合	手柄水平转动 90°即可使 GW_5-35 分合	手柄水平转动 90°即可使 GW_5-35 分合

1. 设备的保管及检查

1）设备应按其用途置于室内或室外平整、无积水的坚硬场地保管。

2）设备及其瓷套管应安放稳妥，以防倾倒损坏；触头及操动机构的金属传动部件应有防锈措施。

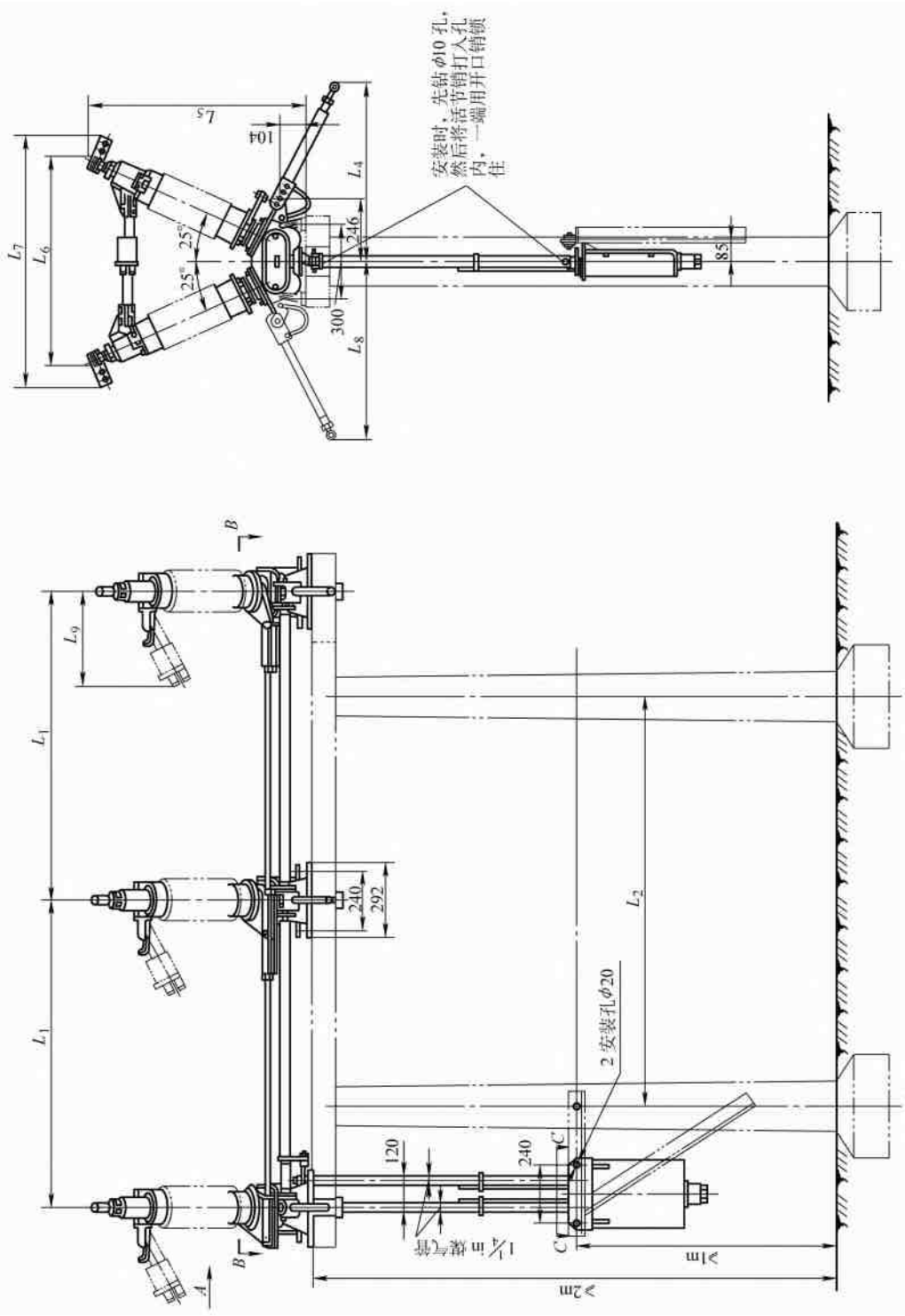
3）接线端子及载流部分应清洁，且接触良好。载流部分的可挠连接不得有折损，载流部分表面应无严重的凹陷及锈蚀；镀银层完好无损。

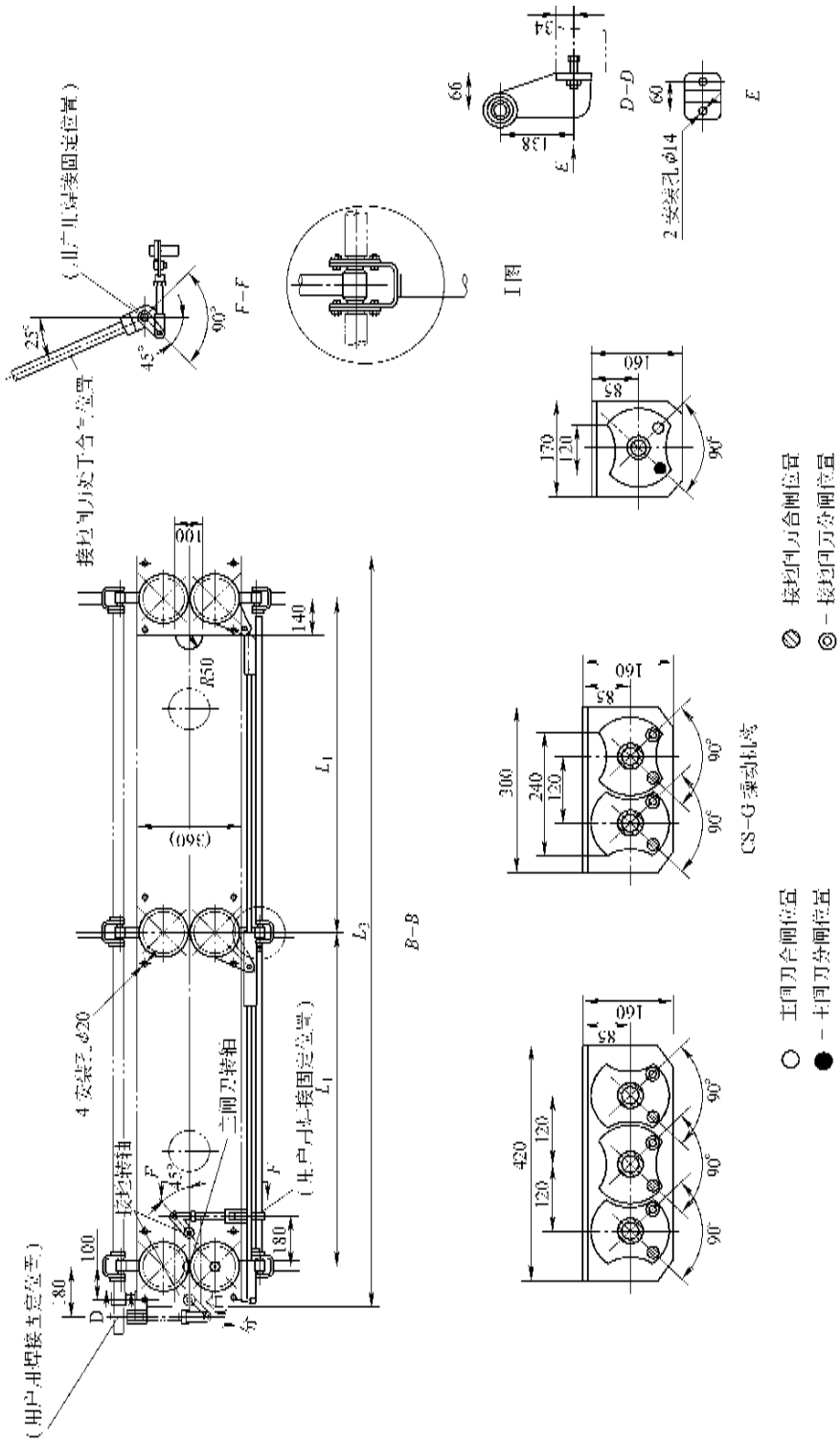
4）绝缘瓷件表面应清洁，无裂纹、破损、焊接残留斑点等缺陷，瓷铁粘合应牢固。

5）底座转动部分应灵活，无锈蚀。

6）操动机构的零部件应齐全，固定连接部位紧固，转动部位灵活并应涂以适合当地气候条件的润滑脂。操作手柄转动 90°，开关灵活自如，传动轴有力稳固，使用液压操动机构时，其油位应正常，无渗漏油现象。辅助开关的动作正常，接触良好，绝缘可靠。

7）外观整体上无明显的机械损伤，焊接部位无裂纹、虚焊，铁件电镀良好，无脱落及锈蚀；无影响


安装时，先钻φ10孔，然后将活节销打入孔内，一端用开口销锁住
L7
L6
L5
104
25°
25°
L4
246
300
L8
85
B
L9
L1
L1
240
292
L2
2 安装孔φ20
120
240
C
C
1¼in 煤气管
A
B
≥1m
≥2m



型号		L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9
GW5-35G/600~1000		≈1200	≈600	≈2700	-	≈845	≈830	≈1000	-	≈340
GW5-35GD/600~1000	单接地(双接地)	≈1200	≈600	≈2700	≈700	≈845	≈830	≈1000	(≈700)	≈340

(括号内数据仅适用于采用三级圆柱式)

图 12-81　GW_5-35G 隔离开关外形及安装尺寸

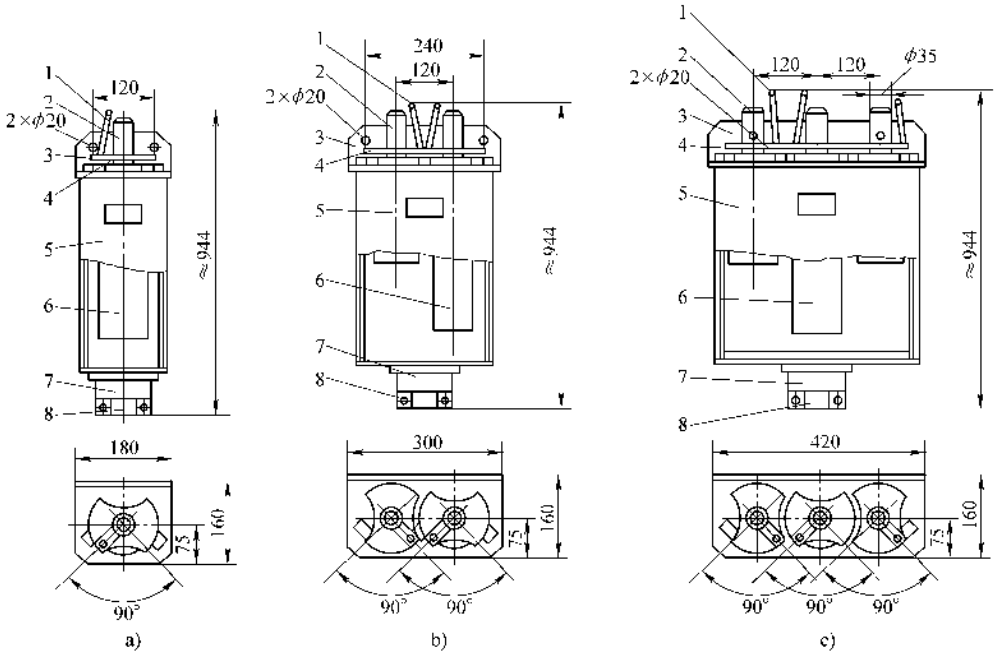


图 12-82 CS_{17}型手动操动机构外形及安装尺寸

a）不接地 b）单接地 c）双接地

1—手柄 2—轴 3—底座 4—联锁板 5—盖 6—辅助开关 7—电缆夹管 8—电缆夹

性能的不妥之处。

2. 设备的测试

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 5-18）的要求；同时测量胶合元件的绝缘电阻，应大于 300MΩ。

2）绝缘子交流耐压试验，应按表 5-19 的要求进行。

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 12-20 的规定。

表 12-20 触头面接触塞尺塞入深度

接触面宽度/mm	塞入深度最大值/mm
50 及以下	4
60 及以上	6

通常是用手将单极的隔离开关推动闭合，而后即用塞尺检查。

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。测试时，交流操作电压用调压器和标准电压表，直流操作电压可用变阻器和标准电压表，接线见图 12-83。

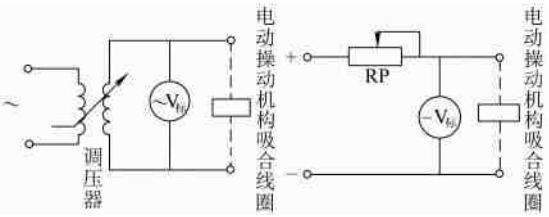


图 12-83 电动操动机构动作电压的测试

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。

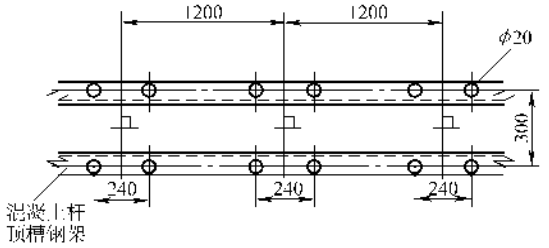
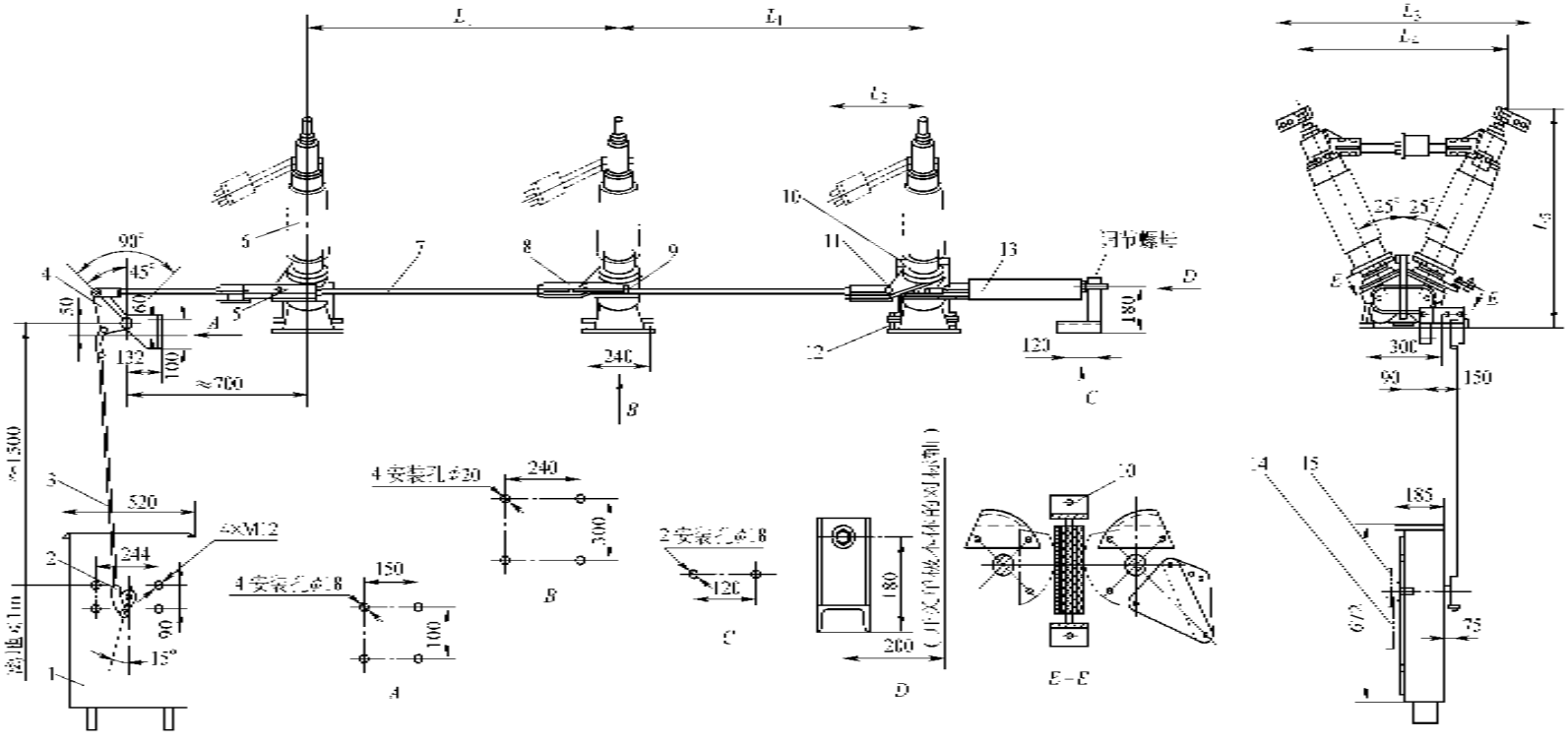


图 12-84 单极隔离开关在金属架上安装开孔示意图

3. 安装

1）为了保证安装位置的准确，每只单极隔离开关在金属构件上安装位置的开孔，通常应在现场用实物比试进行。开孔必须保证中心间距≥1200mm，三只单极隔离开关底座的中心连线必须与线路方向垂



型　　号	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
GW_5-35GK/600~1000	≈1200	≈340	≈1030	≈830	≈845

图 12-85　GW_5-35GK 快分隔离开关安装示意图

1—CS_1-XG 型操动机构　2—紧固螺母　3—M16 双头螺杆(用户自备)　4—联动臂装置　5—接头　6—隔离开关　7—M16 双头螺杆　8—接头　9—备紧螺母　10—缓冲装置　11—活节销　12—M12×30 小头六角螺栓　13—弹簧装置　14—瓦斯管(长约 1m,用户自备)　15—手动杆

直，每只开关底座前后开孔的中心连线应平行，见示意图 12-84。

2）将中间相的单极隔离开关合闸后吊到金属构架上，用水平尺找平找正，两 V 形支柱绝缘子的中心垂面应与构架垂直（与线路方向平行）且位于四个固定孔的中点上，一般用金属垫片校正其水平或垂直偏差，使触头相互对准且接触良好，然后用螺栓稍加固定，可先不必拧紧。

3）以中间相的单极隔离开关为准，将两边相的开关用上述方法找平找正，然后将固定螺栓紧固好。三只开关的方位应一致，水平拉杆的连接板应位于一个方向上。连接板的位置取决于操动机构的安装位置，通常把操动机构安装在距值班室门口至混凝土门形杆较近的一侧。因此操动机构安装的位置是一致的。

4）安装水平拉杆。将三只单极开关置于完全合闸的位置，用水平拉杆（与设备配套）的接头（调节螺栓）将三只开关的连接板连接起来，连接要有调节的余地，一般将丝扣调节在中间位置，并保证两段拉杆处于同一平面上，见示意图 12-85。该图是 GW_5-35GK 型快分隔离开关安装示意图，它与 GW_5-35G 的传动略有不同，供参考。

5）安装操动机构。根据设计要求，操动机构可将其装于开关中间极或边极的下部，一般都安装在混凝土杆上的支架上，其顶部标高应大于 1m。由于操动机构多种多样，因此支架也不尽相同；支架的安装方法有焊接在杆上的钢圈上，也可将支架固定在杆上，见图 12-86 和图 12-87。

将操动机构用螺栓固定在支架上，但必须保证操动机构主刀闸的传动轴应与开关的安装平面垂直，且与开关底部的拨杈对正于同一条垂线上，见示意图 12-81 和图 12-85。如果采用带接地刀的隔离开关 GW_5-35GD，其操动机构的接地刀闸传动轴必然也垂直且对正接地刀分合闸的传动连杆（拉杆）。

固定操动机构的支架及螺栓的强度及安装的稳定性必须远远大于操动机构动作时所产生的弹性变形及刚性变形。

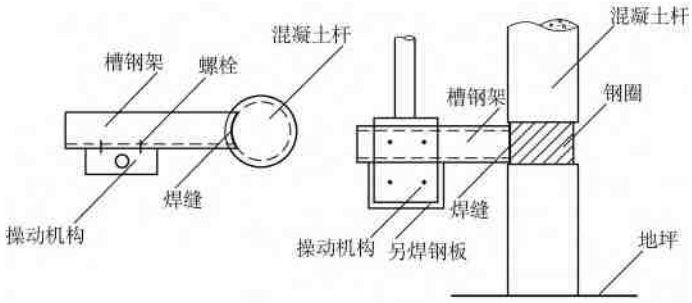


图 12-86 操动机构的固定支架在钢圈的焊接

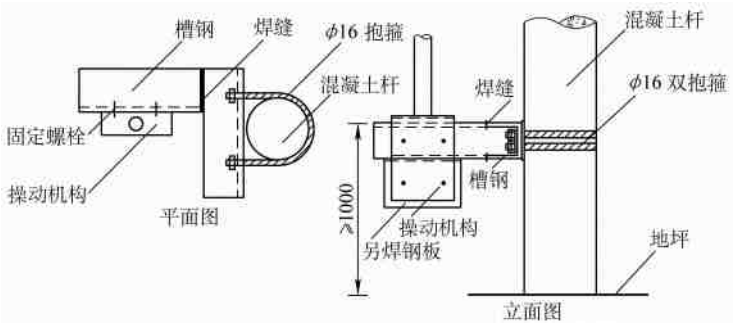


图 12-87 操动机构的支架与水泥杆的抱箍连接

6）配制操作拉杆

① 操作拉杆是用 $\phi32\sim\phi40$mm 的煤气无缝钢管制作的，其长度是由开关的安装高度和操动机构的安装高度决定的，其内径则由操作开关传动轴的外径决定的，无缝管内径应略大于轴外径，一般不超过 1mm。

② 使三只开关处于完全闭合的位置，并注意触头的插入深度三相应基本一致，可用水平拉杆上的螺母及丝扣进行调节。同时使操动机构的手柄到达合闸的终点，这时将操动机构上方的那只开关底座下面的圆盖取掉，便露出拨杈，这时用钢卷尺丈量拨杈下部到操动机构传动轴底部的尺寸，同时注意拨杈和轴上

开有 ϕ10mm 小孔的位置，见图 12-81。

③　根据丈量的尺寸用优质的煤气钢管下料，然后将其拿到安装位置处，比对拔杈和轴上的孔的位置在钢管的两端做好标记，这个位置应准确无误。经复核后即可在台钻上开孔 ϕ10mm，孔位必须位于管壁的中间且于管的中心轴线垂直。再将管拿到安装位置上复检。

④　将做好的拉杆安装到开关和操动机构上去，并用专用的锁钉插入孔内锁定。

⑤　转动手柄，开关即可分闸合闸。

⑥　将拉杆取下，除锈涂漆两遍。

7）如安装带接地刀的隔离开关 GW_5-35GD 且附带接地机构的操动机构时，与上述方法基本相同，只是安装两组水平拉杆（主刀闸和接地刀闸各一组），并配制两根（单接地）或三根（双接地）操作拉杆，见示意图 12-81 和图 12-82。接地刀连杆与操动机构接地拉杆是通过拐臂连接的，见图 12-88。

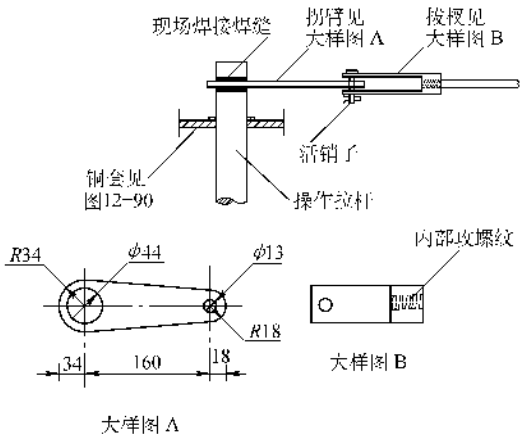


图 12-88　拉杆通过拐臂与开关的连接示意图

这里有个与前述的不同点，就是在接地拉杆由下向上伸入隔离开关安装支架的时候要经过一个镶有铜套的固定板，双接地在另侧还有一只，防止拉杆变位且又防止拉杆划伤，其安装位置见图 12-89，固定板的尺寸及铜套见图 12-90。

4. 调整及测试

经合闸试验后操动机构可灵活且不太费力地操作隔离开关的分闸或合闸，然后即可进行测试，必要时要进行调整。

1）测量隔离开关相与相、相与地、相与接地刀的绝缘电阻，应符合要求。

2）测量合闸后触头的接触电阻（小于 0.001Ω）及分闸后的绝缘电阻（大于 300MΩ），应符合要求。同时可用塞尺进行检查，应符合设备测试中的第 3）

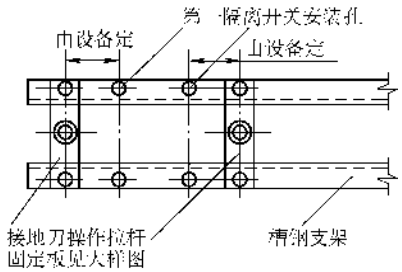


图 12-89　接地刀操作拉杆固定板安装示意图

条。

3）测量三相触头分合的同步进，必要时可调整水平拉杆的螺钉。

4）测试带接地刀的开关其联锁性，即主刀合闸后，操作接地手柄即不能动作，只有主刀分闸后，接地手柄才能动作；接地刀合闸后，操作合闸手柄即不能动作，只有接地刀分闸后，主刀闸手柄才能动作。

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 12-12、表 12-13 的规定。

8）定位螺钉应调整适当，并加以固定，一般可用锁母锁死或用电焊点焊住，防止传动装置拐臂超过死点。

9）所有传动部位应涂以适合当地气候条件的润滑脂；触头面应涂以少许中性凡士林或复合脂。

10）测量及调整应仔细耐心，不得急于求成而马虎，测试完毕后应经工程师或技师复核。

其他型号的户外隔离开关及其配套的操动机构，其检查、测试、安装、调整、要求与上述基本相同，安装时应仔细阅读产品说明书，并按其要求进行安装。

八、断路器的安装

图 12-33 中共有两组断路器，安装位置见图中的 1 和 2，均采用 DW_8-35 型多油断路器，其外形及安装尺寸见图 12-91，有关技术数据见表 12-21，各作为每台主变压器的控制和保护用。DW_8-35 型多油断路器配用 CD_{11}-X 型电动操动机构，其外型及安装尺寸见图 12-92，有关数据见表 12-22。断路器和电动操动机构是装设为一体的，配套供应。

1. 设备的运输及检查

1）油断路在运输吊装过程中不得倒置、碰撞或受到剧烈的振动。为防止合闸提升杆变形，多油断路

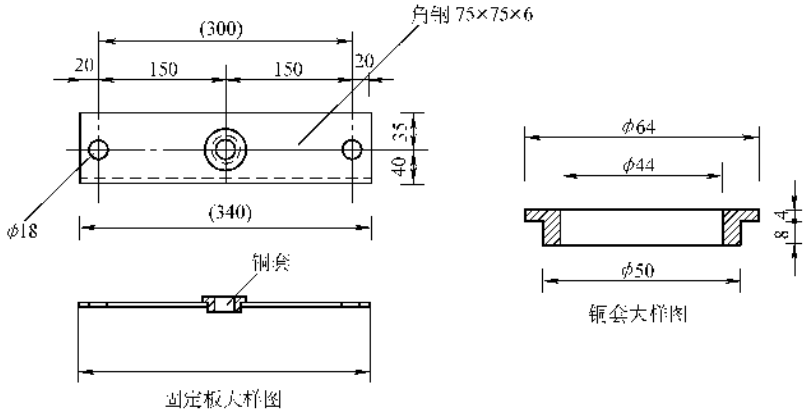


图 12-90 固定板及铜套大样图

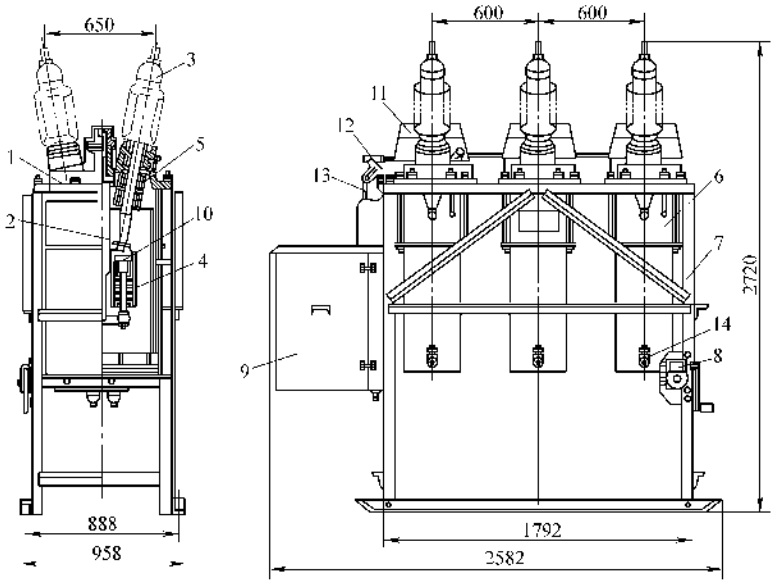


图 12-91 DW_8-35 型多油断路器外形图

1—油箱盖 2—提升杆 3—套管 4—灭弧室 5—套管型电流互感器
6—油箱 7—支座 8—油箱升降器 9—操动机构 10—定触头
11—外罩 12—水平连杆 13—传动拉杆 14—放油阀

表 12-21 DW_8-35 型高压多油断路器及 CD_{11}-X 型电磁操动机构技术数据

额定电压/kV	最高工作电压/kV	额定电流/A	额定断流容量/MVA	额定开断电流/kA	极限通过电流峰值/kA	4s 热稳定电流，有效值/kA	自动重合闸无电流间隔时间/s
35	40.5	1000	1000	16.5	41	16.5	0.5

固有分闸时间/s	固有合闸时间/s	质量/kg		直流合闸线圈		直流分闸线圈	
		总重	油重	电压/V	电流/A	电压/V	电流/A
≤0.07	≤0.3	≈1470	≈380	110/220	163/81.5	110/220 24/48	5/2.5 37/18.5

注：操动机构分、合闸线圈的额定电压系指线圈接线端在通电时电压的额定值。

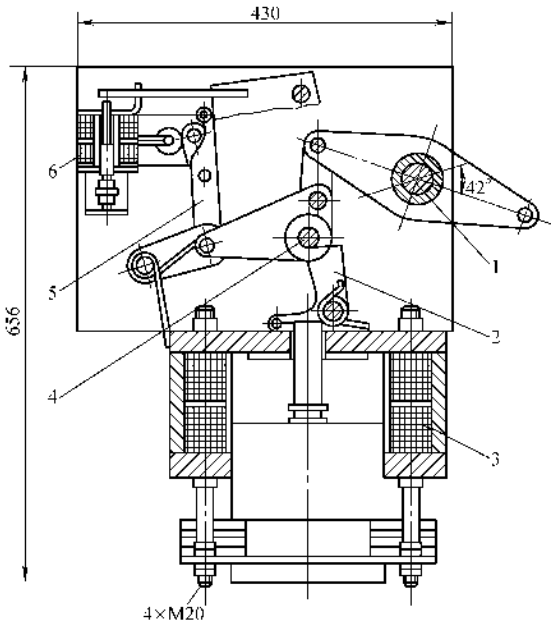


图 12-92　CD_{11}-X 型电磁操动机构外形及安装尺寸

1—轴　2—支架　3—合闸线圈　4—滚轮轴
5—脱扣机构　6—分闸线圈

器在运输及吊装过程中应处于合闸状态。

表 12-22　CD_{11}-X 型电磁操动机构技术数据

名　称	合闸线圈		分闸线圈				机构质量/kg
额定电压/V	110	220	24	48	110	220	257
额定电流/A	163	81.5	37	18.5	5	2.5	
20℃时每只线圈电阻值/Ω	1.4±0.1		1.3±0.2		44±3.52		
工作电压范围	(80~110)%额定电压		(65~120)%额定电压				

2）油断路器及其操动机构的所有部件及备件应齐全，无锈蚀及机械损伤，瓷件应粘合牢固；绝缘部件不应有变形、受潮现象；油箱焊缝良好、外部油漆完整，无渗漏痕迹；充油运输的灭弧室其他部件不应渗漏绝缘油；电容套管完好，无裂纹、闪络及渗漏痕迹。

3）油断路器及其操动机构应按其用途置于室内或室外平整、无积水的场地保管，要注意防潮或绝缘部件变形；少油断路器的灭弧室内应充满合格的绝缘油；多油断路器存放时应处于合闸状态；操动机构的金属转动摩擦部件、油开关的提升装置的钢丝绳等，应有防锈措施。

4）说明书，合格证，装箱单等技术文件齐全，铭牌完整清晰，并标有制造厂商的许可证号。

2. 多油断路器的测试及调整

油断路器的测试详见第五章相关内容，这里就调整说明以下几点：

（1）手动合闸及分闸试验　转动手力合闸手柄进行缓慢分闸及合闸操作，同时可用三只万用表接在同相套管的两端或用灯泡法观察开关的分闸和合闸的情况，初步掌握开关的动作情况。

（2）用 2500V 或 5000V 的绝缘电阻表（兆欧表）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 12-3 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 5-18 的规定。

（3）介质损耗角正切值 tgδ（%）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。

合闸状态下测量主要是检查拉杆的绝缘，同时判断灭弧装置是否受潮或有无脏污等缺陷；分闸状态下测量主要是检查套管的绝缘，并判断内部是否受潮等缺陷。

DW_2、DW_8 型油断路器不应大于表 5-25 中相应套管的 tgδ（%）值增加 2 后的值；对 DW_1 型油断路器，不应大于表 5-25 中相应套管的 tgδ（%）值增加 3 后的数值。

分闸状态下每只套管的 tgδ 值，应符合表 5-25 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 tgδ（%）值应符合表 5-25 的规定。

（4）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。

（5）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 5-19。

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%。测量时如有断续的轻微放电声时，则应落下油箱检查，或者对绝缘油进行处理；如有微弱且间断的放电声，经晃动油箱后重新试验放电消失则可不进行处理。

（6）每相导电回路直流电阻的测量　现场一般采用直流压降法，见图 12-93，其中蓄电池可用 4～6V、100～200Ah 的优质电池，毫伏表、电流表应用 0.1 级的标准表，电流控制在 150～200A 左右，测量接触必须良好，测量线尽量短而粗。测量时应先缓慢升起电流，然后再测电压，断开时应先将电流缓慢减小后再断开电源。测量结果可用欧姆定律进行计算。

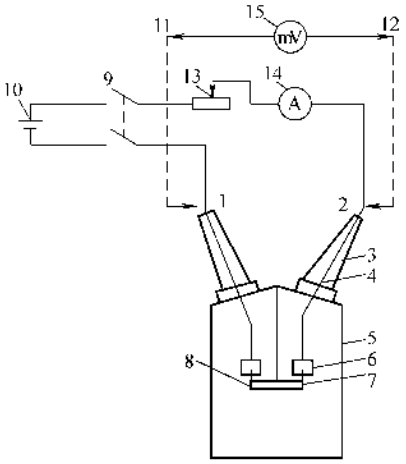


图 12-93　电压降法测量导电回路电阻接线示意图

1、2—引线端头　3—套管　4—导电杆　5—油箱　6—定触头　7—动触头　8—导电横梁　9—刀闸　10—蓄电池　11、12—测量触针　13—可变电阻　14—电流表　15—电压表

测量时应电动合闸几次后再进行测量，以便使触头接触良好，并磨去氧化膜。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。测量结果符合产品的要求。一般情况下，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可参考表 5-34。

3. 安装方法及要求

（1）基础的验收　断路器通常是安装在混凝土基础上的，基础的中心距离（相对于隔离开关的中相）及高度（相对于地平的 ±0.00）误差不应大于 10mm；预留地脚螺栓孔或预埋铁件的中心线误差不应大于 10mm；预埋地脚螺栓中心线的误差不应大于 2mm。基础应与图样相符，外观坚实无蜂窝现象。

（2）浇注地脚螺栓　地脚螺栓的规格应与设备要求相符，并有丁字头或鱼尾。用 300#水泥砂浆浇注，要以实测设备地脚的孔距为依据，使地脚螺栓中心线的误差不大于 2mm。浇注好后应进行不少于 7 天的养护，并有防止异物碰撞或位移的措施。（一般在 20 多天以后安装）

在预埋件上焊接螺栓时，必须保证与地平垂直，其他同上。

（3）吊装及要求

1）丈量地脚螺栓的间距应在误差范围之内，然后在螺栓上套上塑料帽。将断路器吊起并使地脚螺栓对准螺孔，缓慢将其放下落在基础上。

2）一般应用水平尺及铅垂线找平，可用凹字形的铁垫片垫衬，垫片不宜超过三片，总厚不应大于 10mm，且各片间应电焊牢固，然后加弹、平垫将螺母拧紧，通常用双母锁定。

3）断路器应垂直安装，且牢固稳定。

4）电动合闸后，用样板检查传动机构中间轴与样板的间隙；传动机构杠杆与止钉间的间隙；应符合产品的技术要求；同时复合行程、超行程、相间（包括同相各断口间）接触的周期性，应与前数值相同。

5）安装好的断路器应进行手动慢合闸、分闸操作及电动分闸、合闸操作，开关应灵活自如。

4. 油断路器在安装、测试、调整中的基本操作要点

（1）部件的清洗　金属部件应用毛刷蘸汽油或磷酸三钠清洗，然后用干净白布擦净风干。坚硬的油垢应用刮刀轻轻铲去或者用钢丝刷清理，然后再清洗。

绝缘部件应用毛刷蘸汽油或甲苯清洗。在绝缘油内设置的部件还要放到合格的绝缘油内清洗，然后用白布擦净风干。使用的白布不得脱毛或掉纤维。瓷件一般用抹布蘸温水清洗风干。

压缩空气或油管路，应先穿入钢丝，然后在钢丝上绑上白布或绸带在管内往复运动，必要时应在白布上浸以汽油。清理干净后，则应用高压空气吹除。

（2）密封的处理　油断路器常用耐油、耐低温、压缩还原性能和力学性能好的丁腈橡胶和氯丁橡胶做密封材料，把其压制成“O”形、“V”形或矩形的

密封件或者适合于转动密封和滑动密封的特殊油封件。对于定密封，如螺栓、法兰、油坐标等螺纹压紧联接部件，多用“O”形橡胶密封垫。

（3）绝缘的处理

1）绝缘部件受潮，但漆层完整。把部件放入烘箱或干燥室内，根据部件的材料性能控制干燥温度和时间，见表12-23。升温和降温的速度一般为10℃/h，干燥室内上下部位的温差不应超过5℃。长形的部位应立起干燥，大于1m的部件应用夹具夹紧进行干燥。较小的部件可放在80～90℃的变压器油内干燥，时间一般为24～48h。

表12-23　绝缘部件的干燥温度和保持时间

序号	组成绝缘部件的材料	干燥温度/℃	保持时间/h	备　注
1	反白纸板	70～80	12～24	
2	胶合木质板	70～80	12～24	
3	酚醛胶纸板或管（厚度大于20mm）	70～80	16～32	湿热带产品，干燥温度为90～100℃
4	酚醛胶纸板或管（厚度小于20mm）	80～90	8～16	湿热带产品，干燥温度为90～100℃
5	酚醛胶布板或管	80～90	8～16	
6	玻璃布板、管或棒	80～90	12～24	湿热带产品，干燥温度为90～100℃
7	电磁线圈	100～110	12～24	浸气干漆时，干燥温度不超过60℃
8	其他材料	80～90	12～24	

2）绝缘部件受潮，而漆层损坏。先用锉刀、小刀除清漆层，然后用2号砂纸除去毛刺和漆泡，再用0号砂纸研磨，直至边缘无毛、平整、光洁为止，这时用干净白布蘸汽油将其洗净，风干后按上述方法烘干。干燥完毕后，把部件的温度降至50℃左右时立即进行涂漆处理。油漆及其稀释剂可按表12-24进行选择。先把油漆和稀释剂倒进容器内搅拌混合，直至达到规定的粘度，漆液应用100目的铜丝网过滤，以除杂质。

①　浸漆法。粘度达到表12-24中的下限时，部件的温度为50～48℃时，即可将其浸入漆筒内，直到在漆液中不起泡为止，然后缓慢将部件取出，片刻即可再次浸入漆液内，以弥补第一次浸漆的不足。第二次的时间可稍短一点，取出后即挂起风干4～8h，也可烘干。

②　刷漆法。适用于较长的部件，当粘度达到表12-24中的上限时，部件应接近室温，用质地优良的毛刷均匀涂刷，然后风干4～8h。

风干后的部件应进行干燥处理，可按表12-23的规定进行。

要求漆厚0.04mm以上时，应进行多遍涂漆，可用0号砂纸磨去表面的麻点、鼓泡、漆团，并用汽油白布擦拭表面，然后再重复上述干燥、涂漆、干燥的过程，直至达到厚度要求。

对于耐油、耐潮的绝缘部件还要涂2层5080环氧灰瓷漆，再涂2层5804环氧脂绝缘漆。

对于湿热带型的部件还应在漆中加防霉剂。1033漆、1231漆应加酸性硫柳汞（$C_9H_{10}O_2SHg$），重量比为0.5%。先把酸汞放进烧杯，注入适量的甲苯或二甲苯搅拌溶解，然后倒入漆液中搅拌均匀再进行稀释搅拌，使粘度达到表12-24中的要求。涂漆工艺同上，一般为2～3遍。

1032漆用于温热带时要加3%的对硝基粉，并用酒精加以溶解。

3）电磁线圈受潮，而且漆层损坏。先用浸汽油的白布擦净线圈的表面，然后按表12-23的规定烘干；干燥结束后待线圈降温到50℃时，即浸漆，体积较小时也可刷漆。可按表12-24选择油漆及稀释剂，搅拌均匀达到规定粘度。冬季宜高粘度，夏季宜低粘度，并用100目铜丝网过滤。浸漆应高出线圈100mm，时间1～2h，待漆液不冒泡为止，取出后挂起风干1～2h；然后烘干，烘干后降温至50℃时，再按上述方法浸第二遍漆并烘干。

表12-24　绝缘处理的常用油漆和稀释剂

序号	绝缘部件的类型	常用油漆		稀释剂	施工粘度/s（4号粘度计，15～35℃	备　注
		名称	型号			
1	耐油型部件	醇酸覆盖漆 三聚氰胺醇酸浸渍漆	1231 1032	甲苯；二甲苯 甲苯；二甲苯	12～14 12～14	

（续）

序号	绝缘部件的类型	常用油漆		稀释剂	施工粘度/s（4号粘度计，15～35℃）	备注
		名称	型号			
2	耐油、耐弧型部件	三聚氰胺醇酸浸渍漆 环氧酯绝缘漆	1032 5804	甲苯；二甲苯 甲苯；二甲苯	12～14 12～14	
3	耐弧、耐潮型部件	环氧酯绝缘漆 环氧灰瓷漆	5804 5080	甲苯；二甲苯 甲苯；二甲苯	12～14 18～20	
4	湿热带型部件	醇酸覆盖漆 环氧酯浸渍漆	1231 1033	甲苯；二甲苯 甲苯；二甲苯	12～14 12～14	添加防霉剂 添加防霉剂
5	耐潮型电磁线圈	沥青覆盖漆	1211	松节油	40～50	
6	耐油、耐潮型电磁线圈	醇酸性油基浸渍漆 烘干灰瓷漆	1012 1320	松节油 松节油	30～40 35～40	
7	湿热带型电磁线圈	环氧酯浸渍漆 环氧灰瓷漆	1033 5080	甲苯；二甲苯 甲苯；二甲苯	25～35 70～85；90～100	低粘度为漆包线圈采用； 高粘度为玻璃丝包线圈采用

注：表内的油漆尽量用原机械部的型号，非原机械部的型号和相关工厂的型号对照，见表12-25。

表12-25 油断路器常用油漆的型号对照表

序号	油漆名称	部型号		产地型号				备注
		原机械部	原化工部	哈尔滨	西安	上海	沈阳	
1	沥青浸渍漆	1010	L-30-9	5012			5012	
2	醇酸性油基浸渍漆	1012	F-30-5				1012	
3	醇酸浸渍漆	1030	C-30-11	5057				
4	三聚氰胺醇酸浸渍漆	1032	A-30-1	5064			Л-1260	
5	环氧酯浸渍漆	1033	H-30-2		720	3404	720	
6	沥青覆盖漆	1211	L-31-3	5031			5031	
7	沥青半导体漆	1214	L-38-1	5143			5143	
8	醇酸覆盖漆	1231	C-31-1	5035	150		408	
9	烘干灰瓷漆	1320	C-32-8	5174			СПД	
10	气干灰瓷漆	1321	C-32-9	5173	602		СВД	
11	烘干红瓷漆	1322	C-32-8	5172			КПД	
12	气干红瓷漆	1323	C-32-9	5171			КВД	
13	酚醛醇酸树脂漆			5068				
14	酚醛树脂漆			5121			185	
15	环氧酯绝缘漆		H-30-5			5804	5804	
16	环氧灰瓷漆		H-31-4	5080		8363		
17	环氧醇酸绝缘漆		H-30-6			8340		
18	环氧醇酸红瓷漆			5175				

浸渍1211沥青覆盖漆的电磁线圈，可在室温下晾干。

耐油耐潮型线圈，先涂一遍1012醇酸性油基浸渍漆，再涂1～2遍1320灰瓷漆。

湿热带型线圈，除用1033环氧酯浸渍漆浸刷外，要涂刷添加酸性硫柳汞的5080环氧灰瓷漆，重量比为0.8%。工艺与前述相同，各刷两遍。

4）套管的电气绝缘性能不合格或有明显渗漏。充油套管，先取油样作耐压试验，再作耐压试验，最后再烘干处理，每一环节如恢复绝缘则可不往下进行。

充胶套管，先更换绝缘胶，再进行套管心子的干燥。

拆下套管顶部的接线端子、防雨罩和密封盖后，将其送到干燥室，垂直倒立在支架上，下面放一金属容器，以10～15℃/h的升温速度使干燥室的温度达

到100℃左右，套管内部的绝缘胶渐熔化并流入容器内。全部流出后，缓慢降温至50℃，这时用60～70℃的清洁变压器油清洗套管，除尽残留绝缘胶。

然后测量空套管的介质损失角，20℃时不得超过1.5%，如不合格，就拆开套管，进行心子的检查和干燥。

心子的表面应均匀、坚硬、光滑，没有起泡、开裂、起皱和机械损伤，心子里面的纯铜梗要与心子的铝箔紧密接触，心子中部绑扎的纯铜线必须牢固。套管心子的干燥温度为100～105℃，保持时间24～48h。

干燥后，在心子的表面涂两道1231醇酸覆盖漆；湿热带型产品，涂两道5804漆或1032漆，风干后注胶。

注胶时，先把套管垂直竖立在干燥室的支架上，温度70～80℃，保持2～4h，烘干胶中潮气并使其温度均匀。浇注过程中要保持套管温度在60℃以上，室温20℃以上。

绝缘胶由石蜡基石油沥青与变压器油混合熬制而成。配方为：

4#沥青（软化点70℃）72%，变压器油28%；

或4#沥青（软化点75℃）70%，变压器油30%；

或4#沥青（软化点80℃）68%，变压器油32%。

先把沥青砸碎，放到锅内，加热到160～180℃使其熔化，然后降温到140～160℃后加变压器油，并不断搅拌，并保持150℃左右熬制5h，直到锅内不起气泡为止。

可用乌氏滴点试验器测定滴点温度，并把胶灌进标准放电器中冷却至室温时即可进行介质损失角和击穿电压的测量。如果滴点温度高于规定温度，应添加变压器油，每增加1%的变压器油，滴点温度降低1.5℃；如滴点温度低于规定时，应添加适量的沥青。添加后的胶都要在140～160℃下继续熬制2～3h，直到不起泡为止，并测试滴点温度，直至合格。

滴点温度合格后，可用铜丝网过滤绝缘胶，然后即可灌注，灌注温度应保持在130～140℃，通常用带嘴的桶从套管顶部不间断地灌进，直到上层胶液距管顶为10～15mm为止。然后应加热套管，在80℃左右保持4h以上，直到胶液不产生气泡，最后以10～15℃/h速度降至室温，这时胶的表面应光滑，无气泡、裂纹和斑点，胶体与套管内壁粘合紧密，无明显分离现象。如不符合要求，应按上述工艺过程，熔化胶液，重新浇注。注意事项同电缆胶的熬制见第十一章。充胶式套管绝缘胶的技术性能见表12-26。

表12-26　充胶式套管用绝缘胶的技术性能

序号	项目	标准	备注
1	外观	黑色，有光泽，无裂纹和气泡	
2	机械杂质	涂在玻璃片上，肉眼观察，无机械杂质	
3	滴点温度	乌氏滴点试验器40～45℃	
4	击穿电压	不低于35kV	
5	介质损失角	不大于50%，100℃时	
6	闪火点	不低于170℃	
7	收缩率	不大于6%	
8	冻裂点	不高于－35℃	

5）油箱绝缘部件的干燥。装配后注油前应对油箱内部的绝缘部件进行干燥。在现场一般在油箱内部安装电热器或红外灯泡，并用调压器控制温度，油箱温度保持在80～95℃，12～24h，温速10～15℃/h，最高温度不得超过110℃，以防过热而烤焦绝缘部件，同时加热元件要布置合理。

干燥完毕后，应立即注合格的绝缘油，油应预先化验。注油24h后，应取样化验，要求同前。

（4）胶粘处理

1）一氧化铝—甘油胶粘剂。适用于35kV充胶式套管的电容芯子与法兰、瓷套与法兰、一般瓷套与金属法兰的胶装。

胶粘剂的重量配方比：一氧化铝75%，甘油25%。其中一氧化铝应保持干燥，否则应在60～70℃温度下烘干4h，然后用100目细筛滤去大块；甘油应用纯净蒸馏水按照表12-27进行调整比重。

表12-27　甘油（84%）比重与温度的关系

温度/℃	15～20	20～25	25～30
比重/(g/cm³)	1.222～1.220	1.220～1.216	1.216～1.213

先把一氧化铝倒进容器，然后倒进甘油，进行搅拌，一般为2min，使之成为均匀的胶状溶液，这时应在几分钟内用完，以免硬化。

胶装时，应部件清洗干净，特别是原有的胶粘剂。一般宜在室内进行，室温在15～35℃之间，同时应预先24h前将部件搬进室内低温预热。

胶装时，应按照组装顺序将部件的垂直、水平、同心度、胶装间隙调好且固定后即可将粘胶迅速而均匀地倒进胶装缝内，必要时可用金属件捣实。最后用抹布擦去表面的粘剂并修理平整。

胶装好后应原地放好，在15～35℃的温度下保

持8h以上，不宜在高温下硬化，以免强度降低。

硬化后应注入变压器油进行严密性检查，合格后在表面先刷1～2遍1231漆，再刷2遍1321漆或5080漆。刷漆应按绝缘处理的要求进行。

一氧化铅有毒，应戴好手套和口罩，操作时应禁止粉尘飞扬。

2）硅酸盐水泥胶粘剂。适用于小型瓷套与金属法兰的胶装。

胶粘剂重量配方比：

500#硅酸盐水泥	66.7%
瓷砂（25～80目）	33.3%
无水氯化钙	水泥重量的1%～2%
水（呈中性）	水泥和瓷砂总重量的25%～35%

先把水泥和冲洗干净的瓷砂放入容器，搅拌均匀，然后把氯化钙和水的混合溶液倒进带柄的容器内，继续搅拌，直至成为无凝团气泡的均匀胶状溶液。搅拌时间一般为5min，胶液应于15min内用完。

胶装与前述相同。浇注后放于原地，硬化时间不大于2h，然后用湿布包裹住胶装缝8～12h，而后取下湿布，在15～35℃的温度下，低烘2h。这时可用金属工具敲击胶装缝，其胶剂不应片状脱落而呈现粉尘状，即为硬化，否则应继续湿润硬化。

硬化后，要在70～80℃的温度下，保持潮湿，养护12～24h即可。

严密性试验和刷漆同上。

3）硫磺—石墨胶粘剂。用于工作温度不超过80℃的各种瓷套与金属法兰的胶装。重量配方比：

纯度99.5%以上的工业硫磺粉	50%
石墨粉（200目）	5%
石英砂（粒度40～70目）	45%

先把硫磺、石墨倒入锅内，搅拌均匀后加热，硫磺熔化后把冲洗干净的石英砂倒进锅内，继续加热搅拌。当温度达到140～160℃时，胶液由粘稠状变成流动液状，此时应继续加热，到180℃时，又成粘稠状，即停加热，加速搅拌。当温度降至155℃左右时，胶剂又呈流动液状，这时应立即胶装。

胶装与前述相同，但要将其温度控在120～150℃之间，以免粘度增大而不能浇注。

浇注后原地放置，当胶温降到50℃以下时，再冷却2h。这时可用刮刀清理多余溅散在表面的胶剂，并将其修以平整。

严密性试验和刷漆同上。

4）环氧树脂胶粘剂。用于酚醛胶纸、酚醛胶布、玻璃布热硬性绝缘材料之间，热硬性绝缘材料与金属之间，金属与电瓷之间的粘接和胶装。

① 当粘接面为平面或胶装间隙小于0.5m时，胶粘剂的重量配方比：

1421环氧树脂	88.5%
间苯二胺	11.5%

先将树脂放入烧杯，加热到70～80℃，然后倒入粉末状的间苯二胺，搅拌溶解，等混合成均匀胶状液即可使用。一般应在20min内配制用完。

粘接时，先将粘接面上的油污脏迹用甲苯清洗干净，然后放在70～80℃烘箱内预烘1～2h。取出后立即在两个粘接面上涂沫0.05～0.10mm厚的树脂胶剂，粘合后加以0.1～0.2MPa的压力，在室温下放置3h以上。这时将其放进70～80℃烘箱烘干，同时保持压力，烘干2～3h。尔后，根据部件的耐热性能升温到100～120℃，干燥2～3h，使之充分硬化。最后降温到50℃左右，取出后卸掉压力即可。

② 当胶装间隙大于0.5mm时，胶粘剂重量配方比：

1820环氧树脂	71.5%
苯二甲酸酐	28.5%
石英粉	树脂重量的100%～200%

先用200目的筛子筛选石英粉，除去大颗粒及杂质，然后放在125～130℃的烘箱烘干3h以上。

配制时，把树脂倒进烧杯加热到110～120℃，然后陆续加入125～130℃的石英粉，充分搅拌，使其在110～120℃的温度下均匀混合，直到无气泡为止。这时将其与加热到130～135℃而充分溶解的苯二甲酸酐混合，搅拌均匀即可使用。应在20min内配制用完。

胶装时，先用甲苯清洗，并按要求将部件夹好，放入100～110℃烘箱预烘1～2h。取出后，把胶粘剂注入胶装缝内，并把外面清理干净。根据部件的耐热性能，将其再放入110～130℃烘箱内干燥12～24h，使之硬化，最后降温至50℃后，卸下夹具即可。

③ 当粘接钢板与胶合木质或木质纤维板时，胶粘剂的重量配方比：

6101环氧树脂	55.5%
聚酰胺（H-4环氧固化剂）	44.5%
石英粉	树脂重量的50%～100%
稀释剂（环氧氯丙烷）	适量

用270目的筛子筛选石英粉。

先把树脂倒入烧杯，加热至30～40℃，再把加热至30～40℃的聚酰胺和石英粉倒入树脂杯内，充分搅拌，这时可加入适量的稀释剂，直至均匀后即可使用。

粘接时，先用甲苯清洗粘接面上的油污，然后放

入 70～80℃干燥室内预烘 2h；取出后，用毛刷在粘接面上涂以 0.5mm 厚的胶接剂，粘接后放在夹具中并加以 0.1～0.2MPa 的压力，在室温下放置 10h 以上，然后检查粘接面无显著的起层、气泡即可。

树脂胶的配制要有防护措施，详见电缆施工一章。

5）绝缘胶粘漆。用于酚醛胶纸、酚醛胶木、玻璃布等绝缘材料之间以及橡胶垫与金属法兰或电瓷之间的胶粘。主要有 1231 醇酸覆盖漆、5121 酚醛树脂漆、2#或 3#聚乙烯醇缩醛胶等。

安装现场胶粘漆的使用主要以修补碰伤或者焊接部位的涂漆处理，在选用漆料和处理上应注意以下几点：

① 涂漆前，应先清理表面，除去氧化皮、油污、灰尘、水份、旧漆皮、焊渣、药皮等杂物。

② 按表 12-28 选择底漆涂刷，再刷面漆。

③ 对于无镀层的钢件，铜或镀铜件、磷化部件应选用铁红过氯乙烯底漆。

④ 对于表面光滑的钢件，镀银或镀锡件应选用铁红醇酸底漆。

⑤ 对于铝件，铝合金件和镀锌件以及镀银、镀锡件、铜件应选用磷化底漆或锌黄醇酸底漆。

⑥ 户内宜选用硝基面漆；户外宜选油性漆或过氯乙烯漆。

⑦ 涂过氯乙烯面漆的铝及铝合金件，要选锌黄醇酸底漆。在涂过氯乙烯底漆或面漆上涂刷油性漆时应间隔 30min 以上。

⑧ 对于接触绝缘油的部件，应选用醇酸绝缘清漆。

⑨ 喷漆时的压力为 0.2～0.4MPa，喷嘴距漆面宜为 200～250mm，前后两次喷漆面积应重叠 1/3～1/2。环境温度不宜低于 12℃，相对湿度不宜大于 80%。当环境相对湿度大于 75% 时，要在过氯乙烯瓷漆或硝基瓷漆中分别添加 10% 的 F_2 或 F_1 型防潮剂，效果仍然不好则应停止作业。

⑩ 涂刷前，应用 80～100 目的铜网过滤漆液，并按表 12-28 调整油漆的粘度。对于湿热带型油断路器，要适量增加底漆和面漆的涂刷遍数，同时应尽量选用环氧型底漆。

⑪ 涂底漆之后，要填充腻子，一般为 2～3 层，总厚度不超过 1.5mm。前一层腻子完全干燥后，再抹一层，干后用 0#砂纸磨光，并清除粘附的粉质之后再涂刷面漆。涂刷第二道面漆时，则应用 0#废旧砂纸打磨前一次的面漆。

⑫ 涂刷每遍底漆和面漆时，都要使漆层完全干燥后再涂刷下一遍漆。干燥可采用自然风干或放到烘箱或干燥室内加温烘干，其烘干温度和时间，应参照表 12-28。

表 12-28　金属部件的常用防护油漆和稀释剂（仅供参考）

序号	油漆名称	型号	稀释剂	施工粘度/s（4 号粘度计 19～21℃）		干燥时间/h		适用范围	备　注
				喷漆法	刷漆法	15～23℃	80～110℃		
1	磷化底漆	X06-1	乙醇：丁醇 3：1	18～20	20～22	0.5		黑色和有色金属	
2	铁红过氯乙烯底漆	SQG06-1	过氯乙烯冲淡剂	13～18		3		黑色金属	
3	铁红醇酸底漆	C06-1	醇酸冲淡剂；松节油	20～22	30～35	12	1～1.5	黑色金属	
4	锌黄醇酸底漆	C06-12	松节油	20～22	35～50	12	1～1.5	有色金属	
5	铁红酚醛底漆	F06-9	甲苯；二甲苯	18～22	35～40	24	1	黑色金属	
6	铁红环氧底漆	H06-2	甲苯；二甲苯	18～22	35～40	24～36	1～1.5	黑色金属	
7	锌黄环氧底漆	H06-2	甲苯；二甲苯	18～22	35～40	24～36	1～1.5	有色金属	
8	硝基红瓷漆	Q04-2	甲级香蕉水	18～22		1		户内式产品	
9	过氯乙烯瓷漆	G04-10	过氯乙烯冲淡剂	13～18		3	1	户外式产品	红、灰、浅灰等色
10	醇酸瓷漆	C04-2	松节油	20～25	35～50	16～24	1	户内式、户外式产品	红、灰、浅灰等色
11	醇酸绝缘清漆	C31-1	松节油	20～22	35～50	14～20	1	接触绝缘油的部件	

注：油漆型号以厂家标注为准，不同型号的漆料应按厂家使用说明进行。

（5）导电回路的检查和处理

1）触头接触面的处理。当接触面上粘附有油垢、不导电的纤维、微粒等杂质时，应用蘸有汽油的干净不脱毛絮的白布将其擦净。

当铜、铝导电部件触面上有氧化铜或氧化铝膜时，应用砂纸或钢丝刷子研磨或刷洗触面，除去氧化膜而露出金属光泽。铜件可在处理完后涂一层中性凡士林；而铝件则应在处理前先涂凡士林，后处理，处理后将其擦干净，再涂一层干净的凡士林。

2）触头接触压力的调整。对于螺栓压紧连接的接触面，接触压力由螺栓的松、紧来决定。但螺栓不宜拧得太紧，应以用 0.05×10mm 的塞尺塞不进接触面的边缘为准，同时在拧紧时，还要注意由于螺栓的拧紧而使触面发生变形。

对于触头连接，动触头和定触头之间的接触压力由强力弹簧或弹簧钢片的压缩程度来保证。弹簧应无锈蚀损坏，导向装置准确，当压缩或伸长时，不发生阻卡或偏移。使用多只弹簧或弹片维持压力时，每只的弹性和预压程度要近似，使触头受力均匀。

对于弹簧或弹片的压力一般可进行拉力试验，图 12-94、图 12-95 和图 12-96 列出三种触头形式的拉力试验方式，供读者参考。型号不同的开关，试验方法不同，读者可在实践中探索。

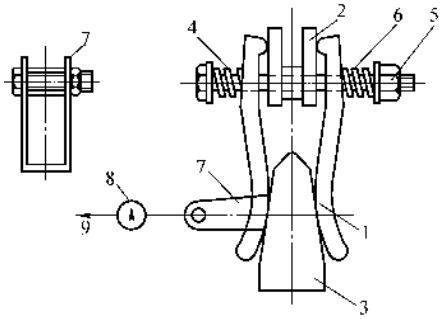


图 12-94　楔入式触头拉力试验

1—触片　2—导电座　3—触块　4—双头螺栓
5—螺母　6—弹簧　7—卡具　8—拉力表
9—施力方向

以上讲述的各种操作要点，不仅适用于多油断路器，也适用于少油断路器及其他高低压开关。

九、35kV 跌落式熔断器的安装

图 12-33 中有一组跌落式熔断器，安装位置见图中的　，选用 RW_5-35/50 型户外高压跌落式熔断器，其外形尺寸见图 12-97 及表 12-29，技术数据见表 12-30，作为站用变压器的短路和过载保护。

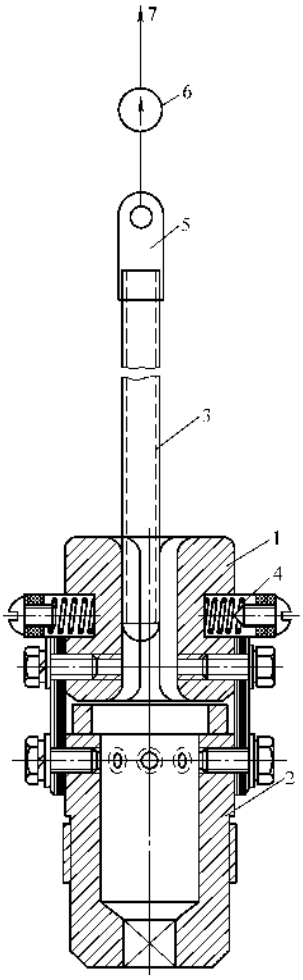


图 12-95　插入式触头拉力试验

1—触指　2—导电座　3—动触头　4—弹簧
5—卡具　6—拉力表　7—施力方向

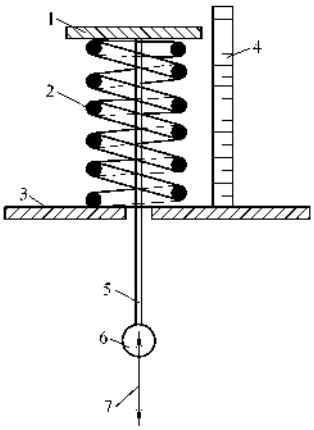


图 12-96　对接式触头拉力试验

1—压板　2—弹簧　3—支持板　4—量尺
5—拉钩　6—拉力表　7—施力方向

表 12-29　RW_5-35 型跌落式熔断器外形尺寸

型　号	尺　寸　/mm						
	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*H*
RW5-35/100、200	840	780	600	99	140	620	725
RW5-35/100-400GY	1020	960	—	100	160	806	935

表 12-30　RW_5-35 型跌落式熔断器技术数据

型　号	额定电压/kV	额定电流/A	断流容量/MVA		单相质量/kg
			上限	下限	
RW5-35/50	35	50	200	15	21
RW5-35/100-400		100	400	10	30
RW5-35/200-800		200	800	30	31
RW5-35/100-400GY		100	400	30	52

跌落式熔断器在第十章已做了外观检查及基本测试的介绍，这里主要讲述一下 35kV 跌落式熔断器的试验及安装，其外观检查及基本测试见第十章第十节室外变台的安装。

1. 跌落式熔断器的试验

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 5-15 中的试验标准。

3）泄漏电流试验。试验电压为直流 40kV，泄流值不大于 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 绝缘电阻表）应大于 300MΩ。

2. 安装

35kV 跌落式熔断器安装在 π 形等径杆的支架上，此 π 形杆比其他水泥杆式支架高，至少在 4.7m 上。安装时，应使底座的钢架与地面垂直，相与相的间距应大于 1200mm，为了防止软母线的晃动，应用绝缘子固定，其熔管的下端的软母线距地面的净距至少应在 3.5m 以上，见安装示意图 12-98。

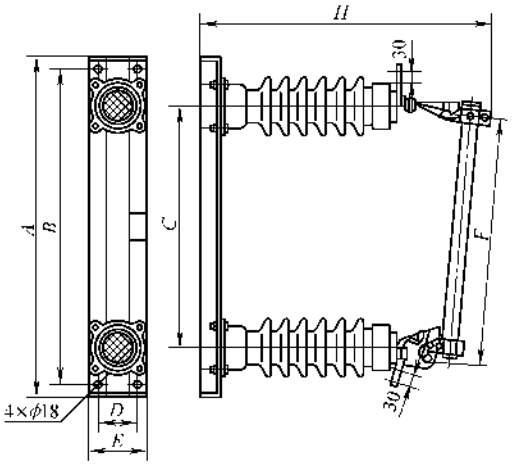


图 12-97　RW_5-35 型跌落式熔断器外形尺寸

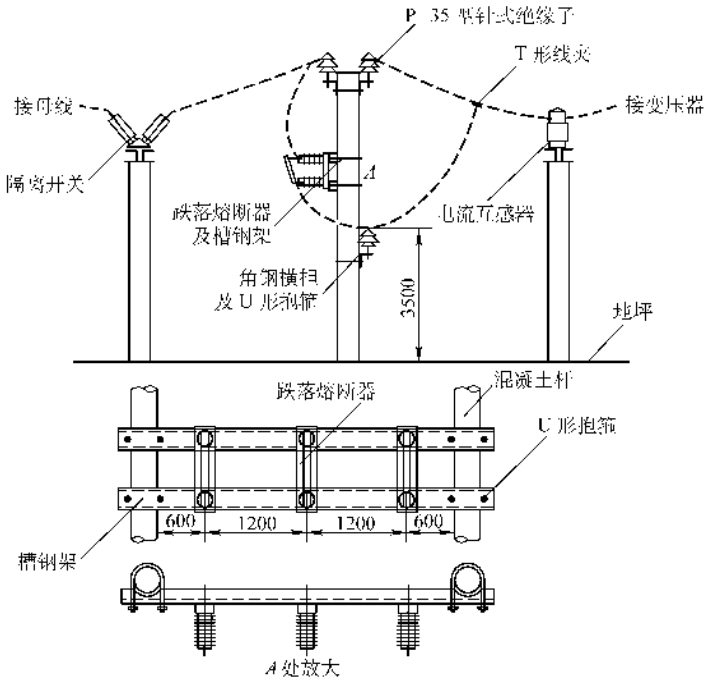


图 12-98　跌落式熔断器安装示意图

十、软母线的安装及一次设备的接线

1. 软母线的安装

软母线一般用裸铝线或裸铜线，两端用耐张线夹固定在悬式绝缘子上，固为档距很小，因此弧垂要小一些，安装方法及其他要求同架空线路，安装好的软母线见图 12-99。

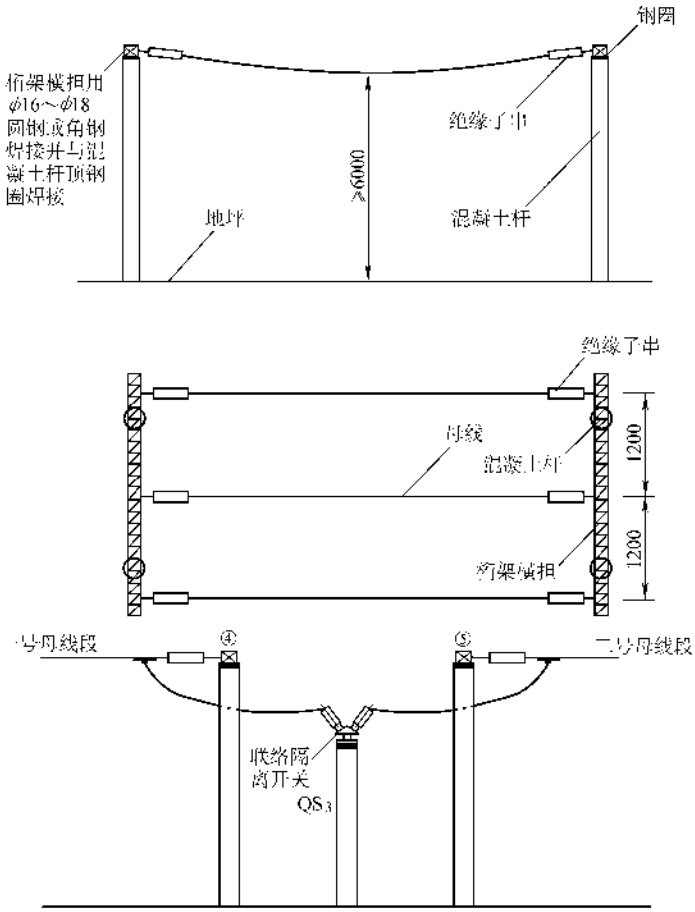


图 12-99 安装好的软母线示意图

另外，应注意以下几点：

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 5-15。

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 +5% ～ −2.5%。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。

2. 一次设备的接线

一次设备的接线有两部分内容：一是与软母线的接线；二是设备之间的接线。接线匀使用与设备及导线配套的专用金具，如T形线夹用于与软母线间的连接，设备线夹用于裸导线与设备接线端子的连接。接线及导线弧度的要求基本同母线的架设。

1）隔离开关与母线的连接见图12-100。

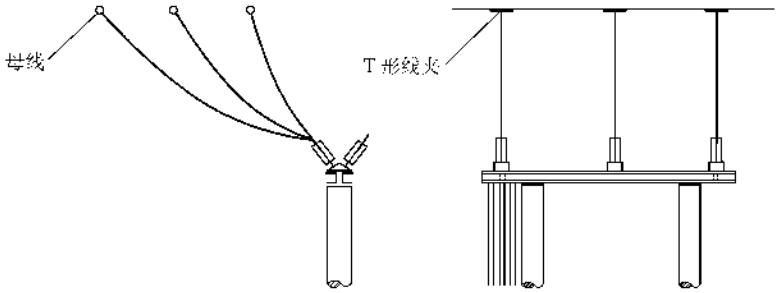


图12-100　隔离开关与软母线连接示意图

2）避雷器与软母线的连接见图12-101。

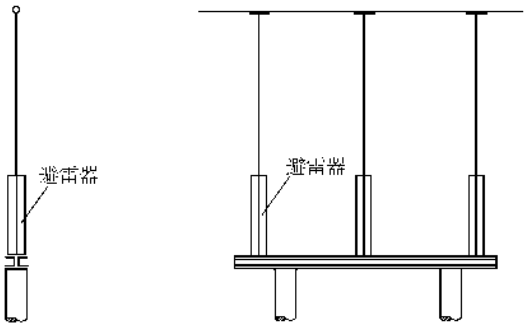


图12-101　避雷器与软母线连接的示意图

3）高压限流熔断器与软母线的连接见图12-102。

4）电压互感器与高压限流熔断器的连接见图12-71，电流互感器与高压软母线及隔离开关的连接见图12-103。

5）隔离开关与油断路器的连接见图12-104。

6）隔离开关与电流互感器、避雷器及变压器的连接见图12-105。

7）站用变压器的接线见图12-106。

8）35kV电源进户的接线见图12-107。

十一、穿墙套管的安装

图12-33中共有两组穿墙套管，将10kV电压引入室内配电柜内，硬母线通常选用铝材，故选用CWL-10型穿墙套管，外形尺寸见图12-108，技术数据见表12-31。

1. 元件的检查及试验

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5-15。此外，对于35kV及以上的非纯套管还应做tgδ的测试，在20℃时，套管的介质损失角正切值tgδ（%）应不大于表5-25的规定，且电容值与铭牌相比，应无明显差别。对于tgδ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。

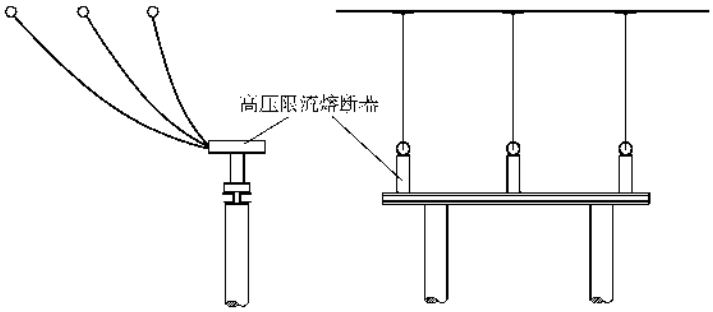


图12-102　高压限流熔断器与软母线连接

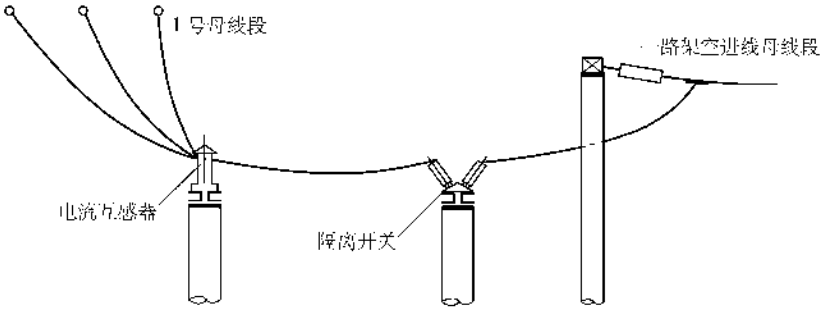


图 12-103 电流互感器与软母线及隔离开关连接示意图

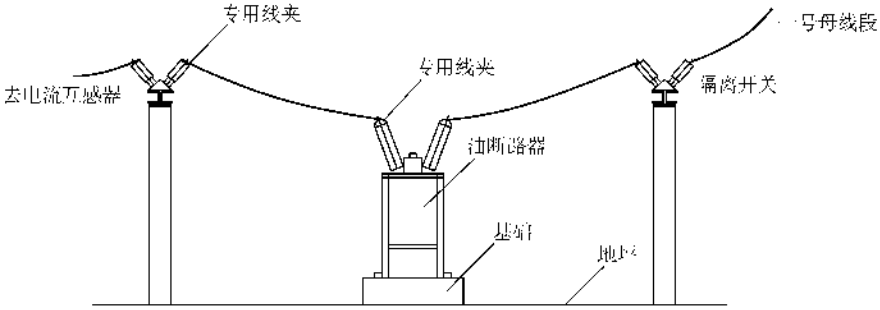


图 12-104 隔离开关与油断路器的连接示意图

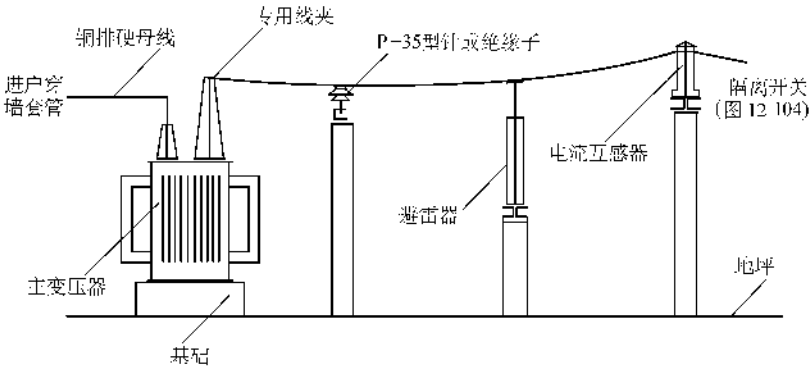


图 12-105 隔离开关、电流互感器、避雷器、变压器连接示意图

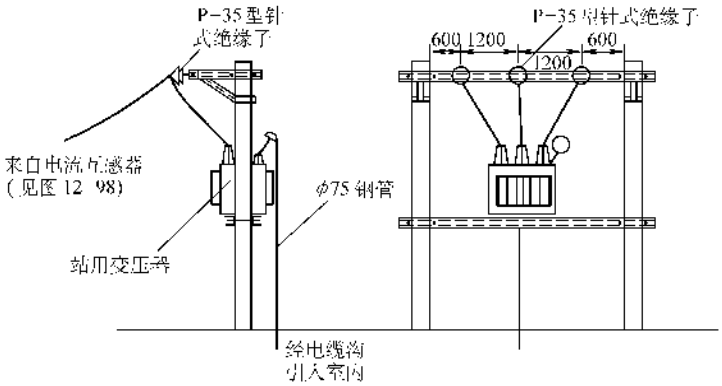


图 12-106 站用变压器的主接线示意图

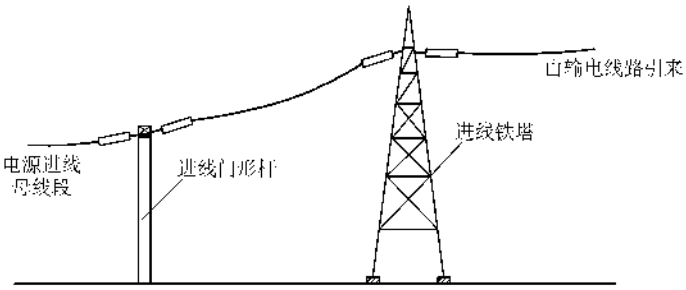


图 12-107　35kV 电源进户接线示意图

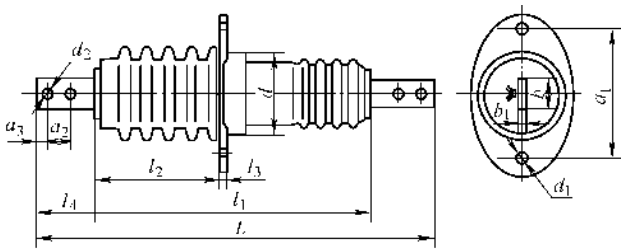


图 12-108　CWL-10 型穿墙套管外形尺寸

表 12-31　户外铝导体穿墙套管外形尺寸、质量

型　号	额定电压/kV	额定电流/A	机械破坏负荷，不小于/kg	户外端泄漏距离/mm	尺寸/mm													质量/kg
					L	l_1	l_2	l_3	l_4	d	d_1	d_2	a_1	a_2	a_3	b	b_1	
CWL-10/200	10	200	400	230	520	360	158	10	75	115	2×φ14	2×φ11	175	30	15	30	4	6.2
CWL-10/400		400							75	115		2×φ11	175	30	15	40	5	6.3
CWL-10/600		600							95	115		2×φ13	175	40	20	40	8	6.5
CWL-10/1000		1000							75	150	4×φ14	4×φ14	150	30	15	60	12	9.5
CWLB-10/250	10	250	750	230	525	362	158	10	74	115	2×φ13	2×φ11	175	30	—	30	4	6.1
CWLB-10/400		400			525				74	115	2×φ13	2×φ11	175	30	—	40	5	6.1
CWLB-10/600		600			565				94	115	2×φ13	2×φ13	175	40	—	40	8	6.3
CWLB-10/1000		1000			600				60	148	4×φ13	4×φ14	150	30	30	60	12	9.7
CWLB2-10/200	10	200	750	—	530	390	207	—	—	115	13	2×φ11	175	30	15	30	4	7.0
CWLB2-10/400		400		—				—	—			2×φ11		40		40	4	7.0
CWLB2-10/600		600		—				—	—			2×φ11		30		50	6	7.2
CWLB2-10/1000		1000		—				—	—			4×φ11		30		60	10	6.7

（3）安装　安装在同一平面或垂面上的穿墙套管的顶面应位于同一平面上，其底座法兰不得埋入混凝土或抹灰层内；垂直安装时，法兰在上，水平安装时，法兰在外；安装穿墙套管的孔径应比嵌入部位大5mm，混凝土板上安装其最大厚度不得超过 50mm；1500A 及以上的穿墙套管直接在钢板上固定时，钢板应可靠接地，不得使套管周围形成闭合磁路；套管接地端子和不用的电压抽取端子（抽压小套管）应可靠接地；600A 及以上穿墙套管端部的金属夹板（紧固件除外）应采用非磁性材料，与母线的接触应稳

固良好，金属夹板厚度不应小于3mm。

2. 套管安装

套管安装在钢板上，然后把钢板再镶嵌在进户窗口的框架上，框架已在埋合土配中作了预埋。套管在钢板上是靠自身的安装法兰与钢板用螺栓固定的，主要是要与钢板垂直且相间的距离要按安全距离来保证。10kV 的穿墙套管在钢板上的安装见图12-109。

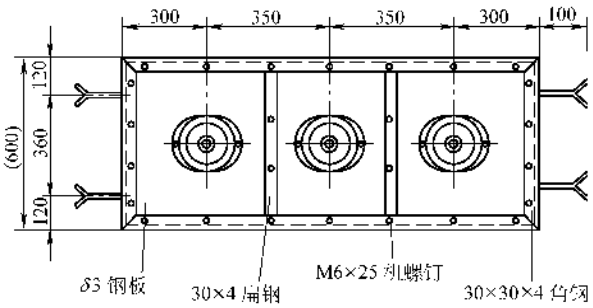


图 12-109 穿墙套管安装示意图

十二、硬母线的制作安装

图 12-33 中共有两处硬母线，作为变压器二次进户引入。硬母线的制作安装包括三个内容，即母线桥的制作及安装，母线的制作和母线的安装，这部分内容已在第七章作了详细的讲述，所不同的这里是高压电路，除选用的支持绝缘子及相间的距离不同外，其他制作安装方法与前述相同。当使用铝合金母线时，切断的管口应平整，且与轴线垂直；坡口应用机械加工且应光滑、均匀、无毛刺；母线对接焊口距母线支持器夹板边缘距离不应小于50mm；铝合金管弯曲度不应超过表 12-32 的规定。

表 12-32 铝合金管允许弯曲度值

管子规格/mm	单位长度（m）内的弯度/mm	全长（L）内的弯度/mm
直径为 150 以下冷拔管	<2.0	$<2.0\times L$
直径为 150 以下热挤压管	<3.0	$<3.0\times L$
直径为 150～250 热挤压管	<4.0	$<4.0\times L$

注：L 为管子的制造长度单位为 m。

10kV 硬母线常选用 ZS-10 型棒式支柱绝缘子作为室外母线桥的支持绝缘子，见图 12-110，技术数据见表 12-33，安装前除外观检查外，还应按表 5-15 的标准进行耐压试验。10kV 硬母线相间的距离大于600mm。

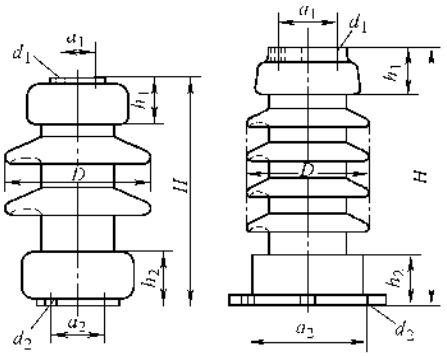


图 12-110 支柱绝缘子外形尺寸

十三、电缆的敷设

图 12-33 中共有四种电缆：

1. 10kV 电缆

由配电室高压柜引出，经电缆沟送至各个车间变电室及 3#变压器。

2. 低压电缆

由配电室低压柜引出，经电缆沟送至各个低压用户。

3. 站用变低压电缆

由变压器低压侧经电缆沟送至配电室内站用变的配电柜内。

4. 控制及信号电缆

由站内各个端子箱经电缆沟引至中央控制室或配电室。

电缆的规格、型号、根数、起止位置必须按设计图样为准，电缆的敷设详见第十一章。

表 12-33　户外棒式支柱绝缘子技术数据

型　号	额定电压/kV	工频试验电压，有效值，不小于/kV		全波冲击试验电压，幅值，不小于/kV	机械破坏负荷/kg	适用海拔/m	备　注
		干闪络	湿闪络				
ZS-10/400	10	47	34	80	400	≈1000	
ZS-10/500		59	42	100		≈3000	
ZS-35/400	35	110	85	195	400	≈1000	
ZS-35/400GY		138	106	244	400	≈3000	
2251		157	122	279	400	≈4000	
ZS-35/600		—	—	—	600	—	
ZS-35/800		110	85	195	800	≈1000	
ZS-35/1600		—	—	—	1600	—	
ZSQ1-35/400		138	106	244	400	≈3000	
ZSQB1-35/400		138	106	244	400	≈3000	半导体釉
ZSW-35/400		180	140	300	400	—	
ZSW1-35/400		110	85	195	400	≈1000	
ZSW2-35/400	35	110	85	195	400	≈1000	
ZSW1-35/600		—	—	—	600	—	大小伞
ZSW2-35/600		—	—	—	600	—	大小伞
ZSW-35/600		—	—	—	600	—	大小伞
ZSW-35/400		—	—	—	400	—	
ZSW1-35/800		—	—	—	800	—	

十四、接线端子箱的安装

图 12-33 中共有四种端子箱：

1）电压互感器接线端子箱安装在互感器混凝土杆式支架的下侧，见图 12-70。

2）电流互感器接线端子箱安装在互感器混凝土杆式支架的下侧，见图 12-70。但是，为了保证电流互感器的二次线不开路，尽量减少端子连接，因此通常都不设电流互感器端子箱，而是用电缆直接引至屏上的端子。

3）油断路器接线端子箱安装在油断路器电动操动机构箱旁侧的混凝土基础上，基础标高 500mm，见图 12-111。

4）变压器接线端子箱安装在变压器储油柜侧的混凝土基础上，基础标高 500mm，见图 12-112。

5）接线端子箱安装要求　接线端子箱安装要求基本同低压配电箱，另外要注意以下几点：

①　接线端子箱必须保证防雨、防尘、密封良好，在制作时要考虑到这点。

②　所有的引入引出管路或电缆均应从箱体底部引入。安装的位置应便于检查和维护。

③　箱体底部离地坪应保证在 500mm 以上，成列安装应整齐，竖直方向和水平方向上应规整。

十五、阻波器的安装

详见本章第九节相关内容。

十六、防雷接地系统的安装

1）图 12-33 中共有四组塔式避雷针，安装及制

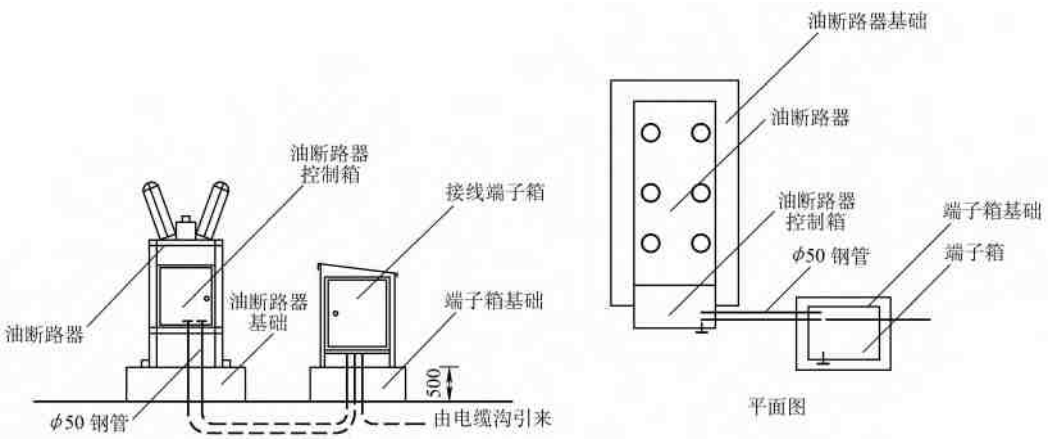


图 12-111 油断路器端子箱的安装示意图

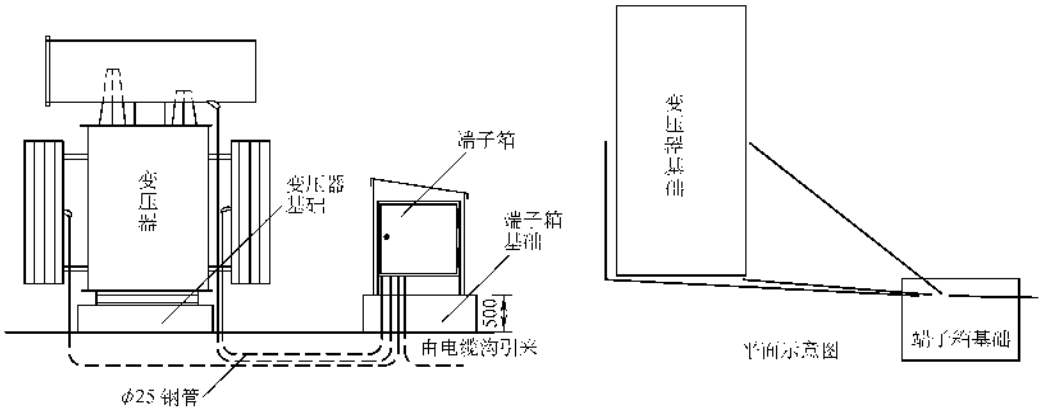


图 12-112 变压器端子箱的安装示意图

作方法参见第十四章第二节防雷系统的安装。

2）接地系统在变电站内为一重要的保护系统，其接地极、接地引线的安装及敷设与第十四章第三节接地系统的安装和要求相同，但是接地网的布置却有很大的不同。

① 接地网的布置见图 12-113。这里要注意，网角处应有一定的弧度，弧度的半径一般应大于 1m。

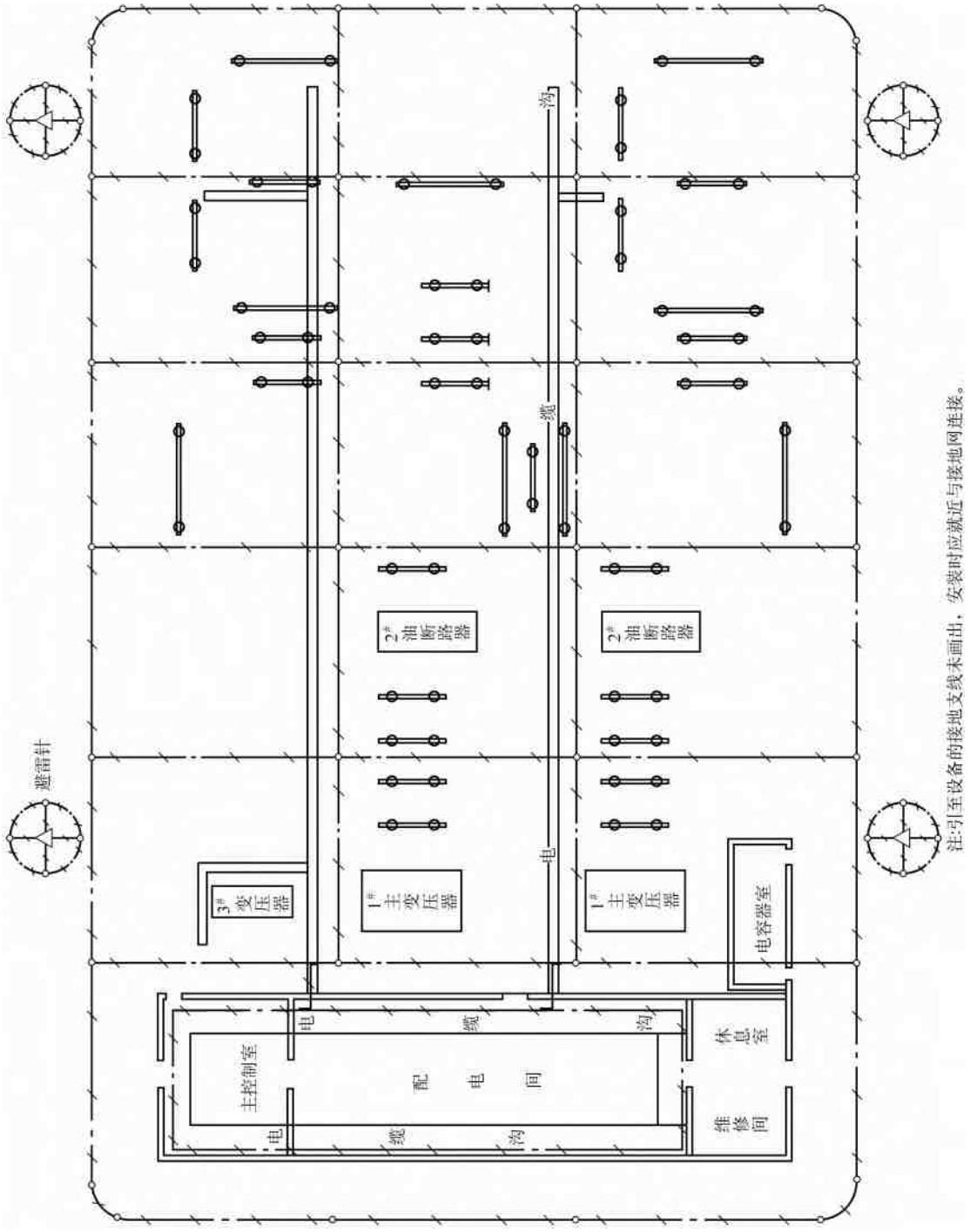
② 接地引线在电缆沟内的安装应固定在电缆支架的最里边，通常是用螺栓固定，同时在有管路引入或引出处开孔，以便将地线引入管内，同时管路应与接地引线可靠焊接。

③ 电站内所有设备正常时不带电的金属外壳或金属底座，金属支架（包括混凝土杆式支架上面的金属支架、横担、操动机构的固定支架等）、混凝土杆的钢圈、避雷器放电计数器的接地端、端子箱的外皮、穿墙套管的金属框架及钢板、金属管路的外皮等均应可靠接地。

有接地螺栓的设备或元件，一般应用 16mm^2 的铜线压接线鼻子与设备或元件连接，另端引入电缆沟与沟地接地引线螺栓压接。所经部位应将铜导线固定。

无接地螺栓的及金属架、钢板等均应用不小于 φ12mm 的镀锌圆钢与其电焊焊接，另端取最近部位与接地网的接地线焊接。所经部位应保持横平竖直，必要时应在墙上预埋铁件焊接固定，在杆上应用镀锌卡子固定。

螺栓连接必须有弹簧垫；焊接应涂沥青漆，在地上面的焊点还应涂色漆（一般为银灰漆）。



注:引至设备的接地支线未画出，安装时应就近与接地网连接。

图 12-113　某变电站接地网布置图

第五节 室内变配电装置的安装

室内配电装置主要包括开关柜、电容柜、控制屏、信号屏、保护屏、直流柜、低压柜、硬母线、UPS柜、电缆或架空引出等装置。

一、10kV开关柜的安装及调整

10kV开关柜的种类很多，归纳起来主要有两种，即GFC系列（手车式）和GG系列（固定式）。

1. GFC系列10kV开关柜

GFC系列开关柜是手车式封闭开关柜，整个柜体由固定的柜体及用滚轮移动的手车两部分组成。柜内用薄钢板或绝缘板隔为四个小室，有主母线室、电流互感器室、继电器室和手车开关室。主母线室位于柜后上侧，电流互感器室位于柜后下侧，两室之间由插板隔开，可供安装或停电大修用。主母线室有汇流主母线和与手车开关上闸口连接的隔离静触头。隔离静触头用支母线与汇流主母线连接，并向前与手车开关上闸口的动插头对准，手车推入工作位置后，动插头便紧密插入静触头，使断路器的上闸口有电。电流互感器室除电流互感器外，在其进线端装有隔离静触头，并对准手车开关下闸口的动插头，手车推入工作位置后，动插头便插入静触头且可靠接触。电流互感器出线端接馈线的电缆。

继电器室位于柜前上侧的门内，门上装有仪表、按钮、指示灯等，继电器装在门内的传动架上，室内顶部前方为小母线槽。手车室位于柜前下侧门内，门上有一次线路的模拟图；手车位于室内的两根导轨上，能使手车沿导轨可靠通畅地推进或拉出，手车的工作位置或试验位置是由装于室内两侧的内板决定的。手车室底部装有接地触头，保证手车在各个位置与柜体可靠接触。二次端子排装在手车室左侧壁上。

手车是有四只轮子的金属构架，按柜的功能可分为断路器车、隔离开关车、电压互感器车、电容器车、熔断器车或避雷器车。

手车的推进机构与开关的操动机构之间有机械联锁机构，能可靠地保证：手车处于工作位置且开关处于合闸状态，向外拉出手车时，开关先自动跳闸分断；手车在室外且开关处于合闸状态，手车便不能推入室内；手车在室内时，只有停在工作位置或试验位置时，才能对开关进行分闸或合闸操作。

断路器一般为少油断路器GN-10系列，也有装设真空断路器ZN-10的。其一次线路的方案有百余种，可根据具体情况及用途选用，详见电气设备手册。

GFC系列开关柜的外形尺寸见图12-114～图12-117，主要技术数据见表12-34。

（1）设备的检查

设备的检查基本同低压配电柜，详见第七章第二节，并按室外变电装置的检查项目进行检查。另外要着重进行下列检查：

① 正常工作时，带电部位的相间、对地、爬电距离、安全距离应符合产品的技术要求或符合表12-35～表12-37的规定。通常是用钢尺实测实量，并做详细记录，同时检查柜中设备正常时不带电的金属部位及安装构架是否接地可靠。

② 对照原理接线图仔细检查一次母线和二次控制操作线的接线是否正确、可靠、牢固，同时应用500V绝缘电阻表测试二次线的绝缘电阻，一般应大于10MΩ。互感器二次是否可靠接地。

③ 检查高压带电部位的棱角是否已打磨圆滑，否则应进行打磨。打磨时应有避免金属粉末落入柜内的措施。

④ 实测柜体几何尺寸及地脚螺栓的安装孔距，并与设计或图样进行比对，以便确定基础槽钢上的开孔尺寸。

⑤ 检查手车导轨，且应水平、平行，轨距应与轮距相配合，手车推拉应轻便灵活，无阻卡及碰撞现象。

⑥ 检查隔离静触头的安装位置是否正确，安装中心线应与触头中心线一致，且与动触头（推进柜内时）的中心线一致；手车推入工作位置后，动触头与静触头接触紧密，动触头顶部与静触头底部的间隙应符合产品要求，接触行程和超行程应符合产品规定。

⑦ 检查手车与柜体间的接地触头是否接触紧密，当手车推入柜内时，其触头应比主触头先接触，拉出时应比主触头后断开。

⑧ 结合操动机构的试验，检查手车在工作和试验位置的定位是否准确可靠。在工作位置隔离动触头与静触头准确可靠接触，且能合闸分闸操作；在试验位置动、静触头分离，且能进行分合闸空操作。

⑨ 二次回路辅助开关的切换接点应动作准确，接触可靠，柜内控制电缆或导线束的位置不妨碍手车的进出，并应固定牢固。

⑩ 电气联锁装置、机械联锁装置及其之间的联锁功能的动作准确可靠，符合产品说明书上的各项要求。

（2）电气设备的试验及调整　柜内电气设备的试验项目、方法基本与室外35kV电气设备相同，只是电压等级不同，型号、规格不同，要求参数不同，请参照上述有关表格及要求进行，这里不再一一讲述。此外，柜内大都采用少油断路器或真空断路器，试验项目及方法请参照油断路器进行。

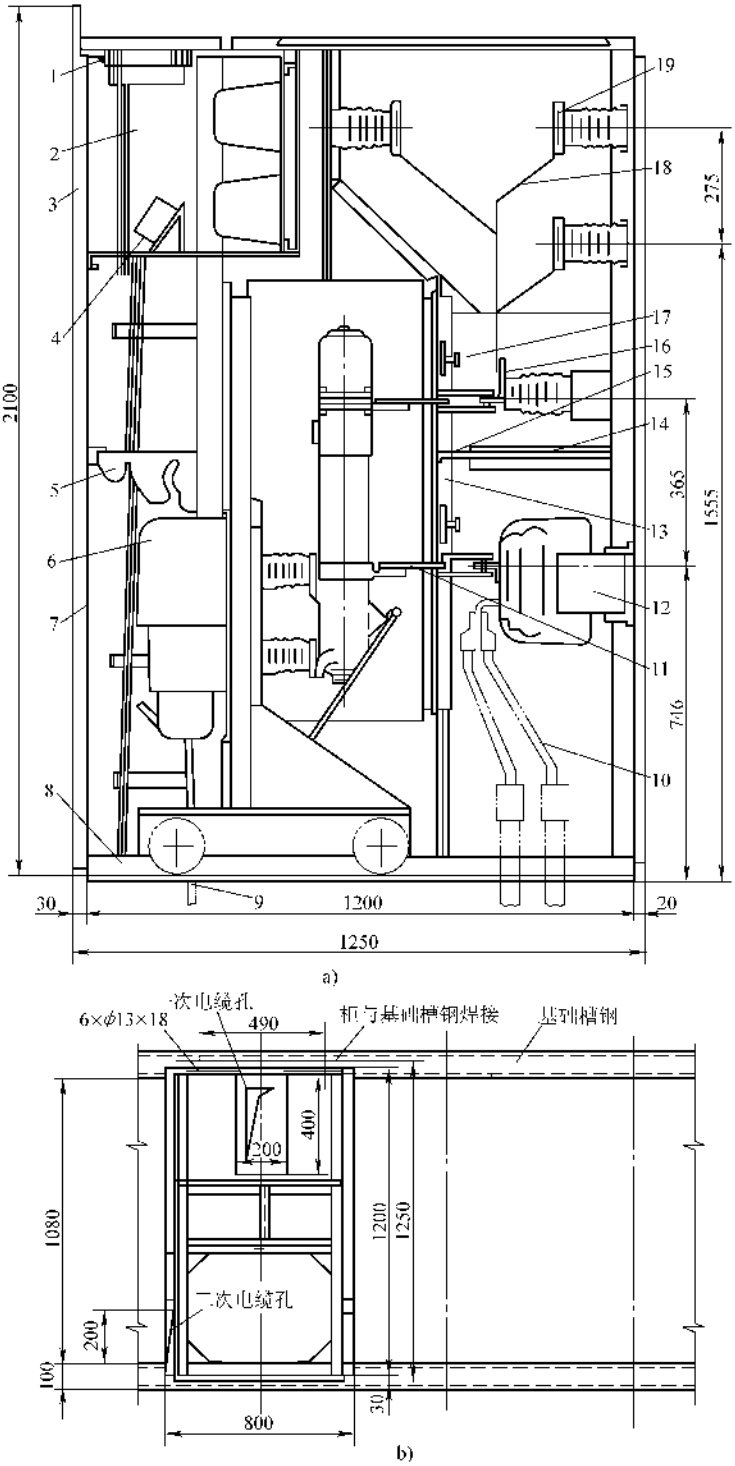


图 12-114　GFC-3B 型开关柜外形及安装尺寸

a）外形尺寸　b）安装地基尺寸

1—小母线　2—继电器室　3—前上门　4—端子排　5—钩板　6—断路器车　7—前下门　8—手车轨道　9—二次电缆　10—一次电缆　11—动触头　12—电流互感器　13—侧边绝缘板　14—中隔板　15—活插板　16—静触头　17—自动遮板　18—支母线　19—主母线

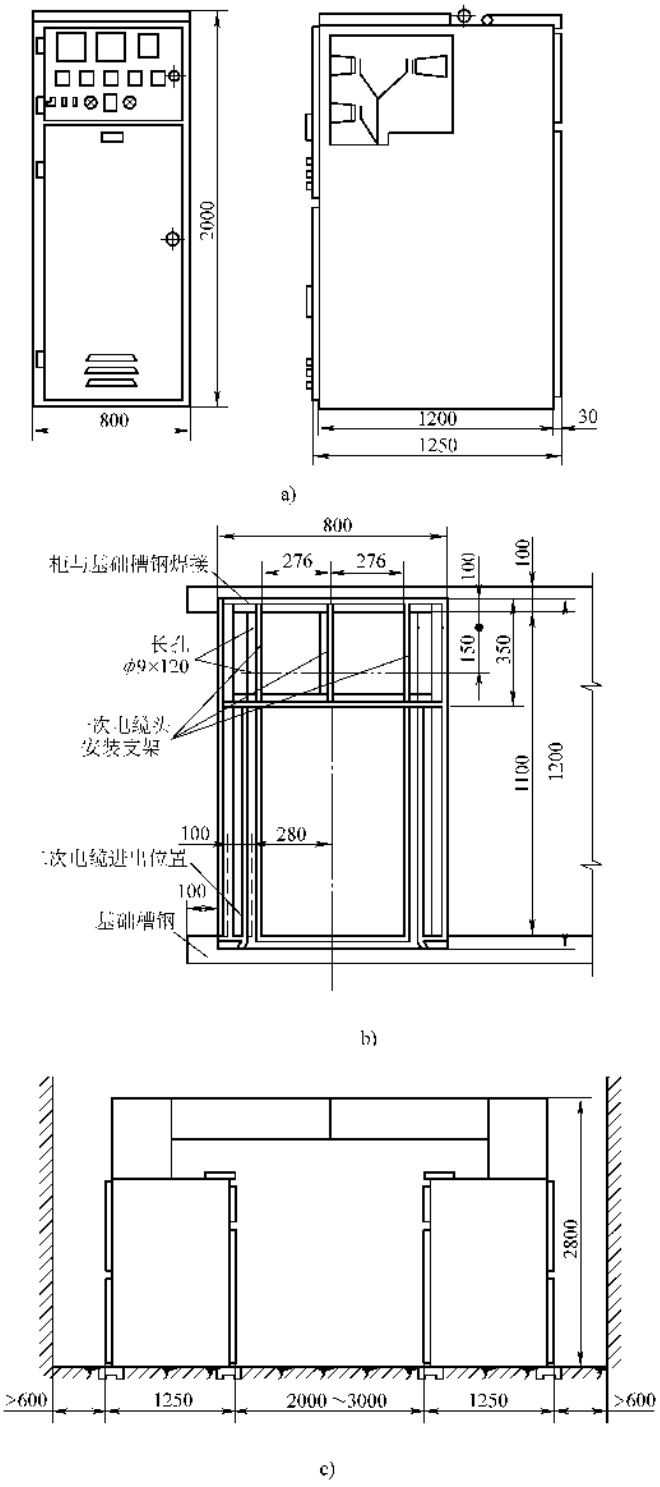


图 12-115　GFC-10A 型开关柜外形及安装尺寸

a）外形尺寸　b）基础尺寸　c）母线桥示意图

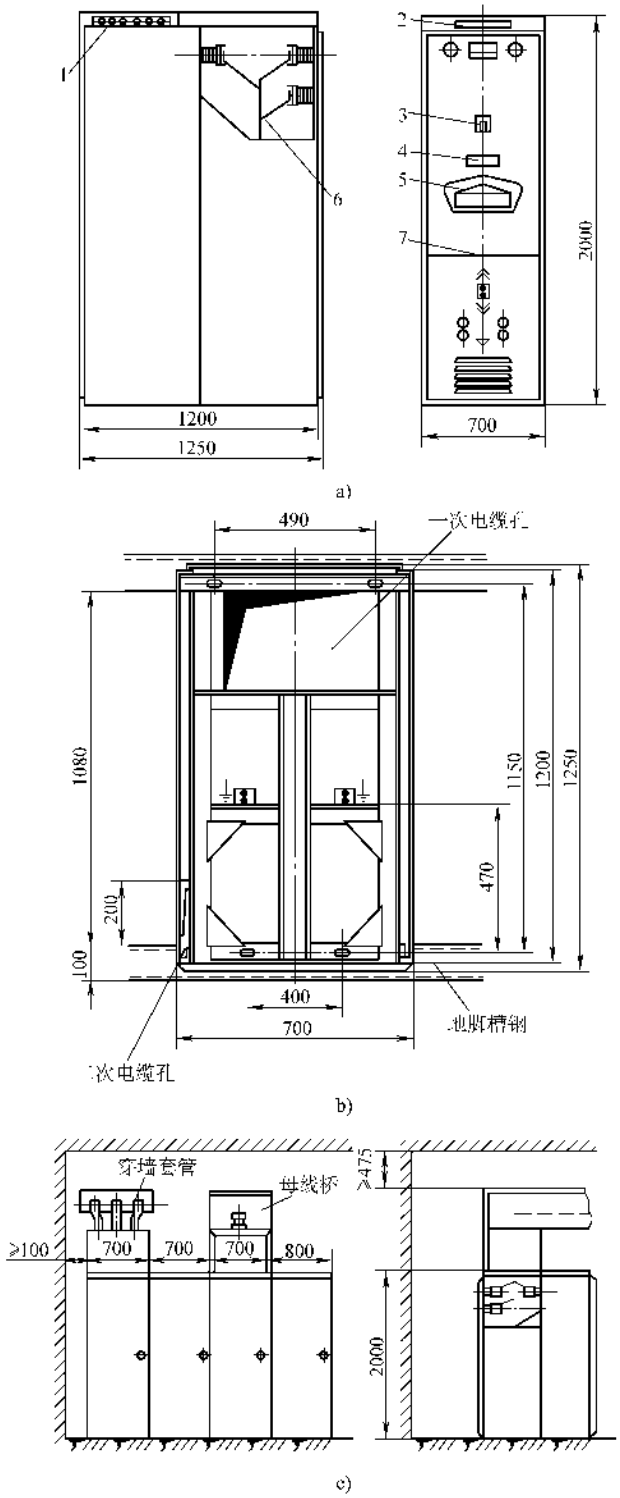


图 12-116　GFC-15Z 开关柜外形及安装尺寸

a）外形尺寸　b）地脚安装尺寸　c）排列示意图

1—小母线室　2—标志板　3—控制开关　4—铭牌　5—视察窗

6—母线室　7—模拟线路

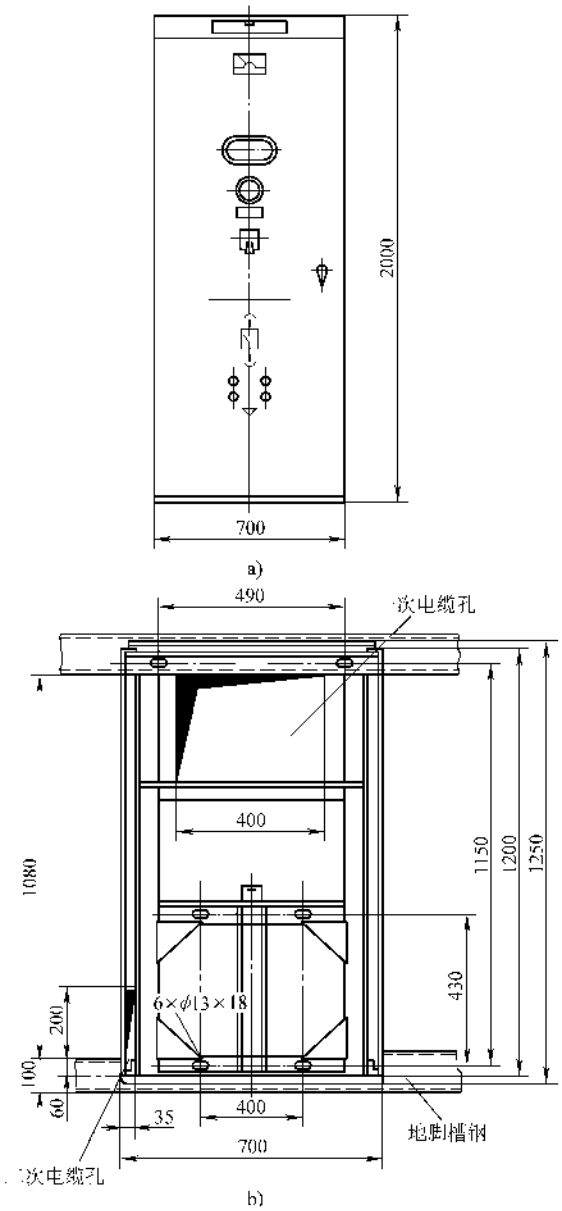


图 12-117　GFC-15 型开关柜外形及安装尺寸

a）外形尺寸　b）安装尺寸

表 12-34　10kVGFC 系列及其他高压开关柜主要数据表

型　号	额定电压/kV	额定电流/A	结构型式	安装方式	断路器型号	操动机构型号	电流互感器型号	额定断流容量/MVA		外形尺寸/mm（宽×深×高）	备　注
									10/kV		
GFC-1A	3、6 10	600、900 2000 3000	封闭手车式	户内离墙	Ⅰ SN 10-Ⅱ Ⅲ	CD 10 CT 7	LQJ-10 LMZ-10 LMZJ-10		300 500 750	1000×1520×2132	

（续）

型　号	额定电压/kV	额定电流/A	结构型式	安装方式	断路器型号	操动机构型号	电流互感器型号	额定断流容量/MVA		外形尺寸/mm（宽×深×高）	备　注
									10/kV		
GFC-1B	3、6 10	400 600 900	封闭手车式	户内离墙	SN 10-Ⅰ Ⅱ	CD 10 CT 7	LZX-10 LDZ1-10 LFZ-10 LFC-10		300 500	1000×1520×2132	
GFC-3A	3、6 10	900A以下	封闭手车式	户内离墙	SN 10-Ⅰ Ⅱ	CD 10 CT 7	LZX-10 LMZJ-0.5		300 500	700×1250×1900	
GFC-3B	3、6 10	900A以下	封闭手车式	户内离墙	SN 10-Ⅰ Ⅱ	CD 10 CT 7	LZX-10 LMZJ-0.5		300 500	800×1250×2100	GFC-3A改型产品
GFC-3C	3、6 10	1000 2000 3000	封闭手车式	户内离墙	SN 10-Ⅲ	CD 10Ⅲ CT 7			750	1000×1500×2200	
GFC-3AZ	3、6 10	900	封闭手车式	户内离墙	ZN 4-10	自带ZD-2合闸装置	LZX-10		300	700×1250×1900	
GFC-3AP	3、6 10	900	封闭手车式	户内离墙	SN 10-Ⅰ Ⅱ	CD 10 CT 7	LFX-10		300 500	700×1850×1900	旁路型开关柜
GFC-3APZ	3、6 10	1000	封闭手车式	户内离墙	ZN-10/300	自带ZD-2合闸装置			300	700×1850×1900	旁路型开关柜
GFC-7B	3、6 10	600、800 1200 1500 2500	封闭手车式	户内离墙	SN 10-10Ⅰ Ⅱ Ⅲ	CT 16 CD 10-Ⅰ Ⅱ Ⅲ	LZJC-10 LA-10 LDZJ1-10 LMZJ-10		300 500 750	840×1350×2200（1200A及以上之柜外形尺寸为1000×1500×2200）	
GFC-7BZ	3、6 10	600 1000	封闭手车式	户内离墙	ZN3-10/600 ZN3-10/1000	自带ZD-2合闸装置	LZJC-10		300	840×1350×2200	
GFC-10A	3、6 10	900以下	封闭手车式	户内离墙	SN 10-10Ⅰ Ⅱ	CD 10	LZJC-10 LCJ-10 LC-10		300 500	800×1250×2000	

（续）

型　号	额定电压/kV	额定电流/A	结构型式	安装方式	断路器型号	操动机构型号	电流互感器型号	额定断流容量/MVA		外形尺寸/mm（宽×深×高）	备　注
									10/kV		
GFC-10B	3、6 10	600 1000	封闭手车式	户内离墙	SN 10-10 Ⅰ Ⅱ	CD10- Ⅰ Ⅱ	LZJ-10		300 500	760×1240×1960	
GFC-11	3、6 10	1000	封闭手车式	户内离墙	SN 10-10C 600 1000	CD 10	LZJ-10		300 500	800×1250×2000	
GFC-15	3、6 10	1000 ~ 3000	封闭手车式	户内离墙	Ⅰ SN 10-10 Ⅱ Ⅲ	Ⅰ CD 10 Ⅱ Ⅲ	LZX-10 LMZD2-10		300 500 750	700×1250×2000（2000A 以上柜外形尺寸 900×1350×2000）	
GFC-15Z	3、6 10	1000	封闭手车式	户内离墙	ZN-10/300	自带 ZD-2 合闸装置	LZX-10		300	700×1250×2000	
GFC-15A	3、6 10	1000	封闭手车式	户内离墙	Ⅰ SN 10-10 Ⅱ Ⅲ	CD 10 CTB	LZX-10 LAJ-10		300 500 750	700×1250×2000	
GFC-18	3、6 10	1000 以下	封闭手车式	户内离墙	SN 10-10 Ⅰ	CD 14	LZJC-10 LA-10		500	840×1500×2200	
GFC-20	3、6 10	1000	封闭手车式	户内离墙	SN 10-10 Ⅰ Ⅱ	CD 10	LFS-10		300 500	700×1250×1900	
GC-1(Z)	3、6 10	400、 600、 1000	封闭手车式	户内离墙	SN 10-10 Ⅰ Ⅱ （ZN-10/1000）	CD 10 （自带 ZD-2 合闸装置）	LFS-10		300 500	800×1450×2100	
GC-2(Z)	3、6 10	630、 1000、 1250、 2000、 3000	封闭手车式	户内离墙	Ⅰ SN 10-10 Ⅱ Ⅲ （ZN-10/1000）	Ⅰ CD10-Ⅱ Ⅲ CTB （自带 ZD-2 合闸装置）	LFS-10 LMZ-10 LJZ-10		300 500	800×1450×2100（1250A 及以上柜外形尺寸为 1000×1450×2100）	
GWC-3	3、6 10	400 600 900	封闭手车式	户外	SN 10- Ⅰ Ⅱ	CT 7 CD 10	LZX-10 LDZ1-10		300 500	1000×1750×2500	

（续）

型　号	额定电压/kV	额定电流/A	结构型式	安装方式	断路器型号	操动机构型号	电流互感器型号	额定断流容量/MVA		外形尺寸/mm（宽×深×高）	备　注
									10/kV		
GWC-15	3、6 10	600 1000	封闭手车式	户外	SN 10-10	CD 10 CT 8	LZX-10 LAJ-10		300 500	800×1250×2100	
GWN-1	3、6 10	400	封闭固定式	户外农用	DN 1-10 RN 1-10	CS 6 CD 2	LZX-10		100 200	1000×1200×2700	
GWC-3A	3、6 10	800	封闭手车式	户外	ZN-10/1000-16	自带 ZD-2 合闸装置	LZX-10		300	900×1500×2500	
GG-10A	3、6 10	600、1000 1250 2000 3000	开启固定式	户内靠墙	SN 10-10/600 SN 10-10/1000 SN 10-10/3000	CD 10			300 500 750	1000×1200×2600	
GG-11	3、6 10	600 1000	开启固定式	户内靠墙	SN 10-10 Ⅰ Ⅱ	CS 15 CD 10	LFZ2-10 LDZ1-10 LDZJ-10		300 500	1000×1200×2600	
GG-15	3、6 10	1000 ~ 3000	开启固定式	户内靠墙	SN 10-10 Ⅰ Ⅱ Ⅲ	CD 10 CTB CS 15	LAJ-10		300 500 750	1000×1200×2600 方案 23、24、26、27、28、119 除外	
GG-20	3、6 10	200 400 600	开启固定式	户内靠墙	SN 10-10 Ⅰ Ⅱ	CD 10 CS 2	LA-10 LAJ-10		300 500	1000×1200×2600 （方案 25、26、27、101、119 除外）	
GG-1A	3、6 10	200、400 600、1000 2000、3000	开启固定式	户内靠墙	SN 10-10 Ⅰ Ⅱ Ⅲ	CD 10 CD 13 CS 2 CS 15	LA-10、LAJ-10、LFZ、LFZJ LDZ、LMZ 等		300 500	1200×1200×3100	全国各省大都有生产厂
GG-10	3、6 10	200、400 600、1000 2000、3000	开启固定式	户内靠墙	SN 3-10 SN 10-10 Ⅰ Ⅱ Ⅲ	CD 10 CS 2	LAJ-10、LFZ、LDZ 等		150 300 500	1000×1200×2600 1500×1200×2600 （方案 25～28）	

表 12-35 高压开关柜一次设备最小空气绝缘距离 （单位：mm）

部 位	环境	额定电压/kV			
		3	6	10	35
带电部位与地	户内	75	90	100	300
	户外	200			400
不同相带电部位之间	户内	75	90	100	300
	户外	200			400
网状遮栏至带电部位	户内	175	200	225	400
	户外	300			500
无遮栏裸导体至地面	户内	2500	2500	2500	2700
	户外	2700			2900

表 12-36 电力设备外绝缘最小公称爬电比距分级数值

外绝缘污秽等级	最小公称爬电比距/（mm/kV）	
	线 路	电站设备
0	13.9（14.5）	14.8（15.5）
Ⅰ	16	16
Ⅱ	20	20
Ⅲ	25	25
Ⅳ	31	31

注：1. 括号内数值为 330kV 在 0 级的数值。
2. 实际爬电距离对公称爬电距离的偏差应符合相应产品标准的规定。
3. 0 级适用于无明显污秽地区，可不进行人工污染试验。

表 12-37 绝缘子人工污秽耐受值（GB/T 26218—2010）

绝缘子种类	污秽等级	人工污秽耐受值，固体层法			
		污层电导率/μS		等值附盐密度/（mg/cm²）	
		范围	参考值	范围	参考值
普通盘形绝缘子	Ⅰ	5～10	7	0.02～0.03	0.025
	Ⅱ	12～16	14	0.05～0.07	0.060
	Ⅲ	18～25	21	0.10～0.15	0.12
	Ⅳ	30～35	32	0.20～0.30	0.25
户外棒形支柱绝缘子	Ⅰ	5～10	7	0.01～0.02	0.015
	Ⅱ	12～16	14	0.02～0.04	0.030
	Ⅲ	20～25	21	0.04～0.08	0.060
	Ⅳ	（30～40）	（36）	（0.08～0.16）	（0.12）

注：1. 括号内数值系根据Ⅰ～Ⅲ级数值外推得到。
2. Ⅰ级指轻污染地区；Ⅱ级指中等污染地区；Ⅲ级指重污染地区；Ⅳ级指很污染地区。
3. 重要线路轻污染地区可选Ⅲ级甚至Ⅳ级，对于易清除且不重要的线路，中等污秽地区通常选为Ⅰ级。

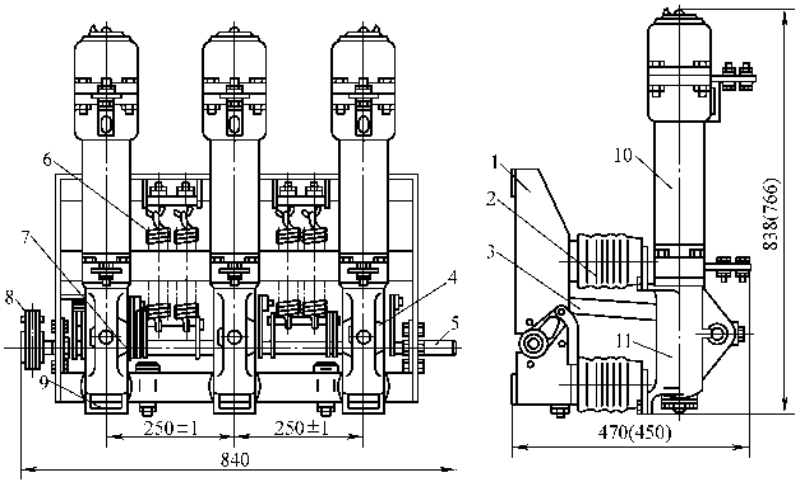


图 12-118 SN10-10 型少油断路器的外形图

1—支座 2—支持瓷套 3—绝缘连杆 4—拐臂 5—主轴 6—分闸弹簧
7—弹簧缓冲器 8—拐臂 9—油缓冲器 10—油箱 11—机构室
（括号内数字是 SN10-10/600 型的尺寸）

表 12-38　SN 10-10 系列高压少油断路器技术数据

型　　号	SN 10-10 Ⅰ		SN 10-10 Ⅱ	SN 10-10 Ⅲ		
	SN 10-10/630-16	SN 10-10/1000-16	SN 10-10/1000-31.5	SN 10-10/1250-43.3	SN 10-10/2000-43.3	SN 10-10/3000-43.3
额定电压/kV	10	10	10	10	10	10
最高工作电压/kV	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
额定电流/A	630	1000	1000	1250	2000	3000
额定断流容量/MVA	300	300	500	750	750	750
额定开断电流/kA	16	16	31.5	43.3①	43.3①	43.3①
最大关合电流，峰值/kA	40	40	80	125	125	125
极限通过电流，峰值/kA	40	40	80	130	130	130
热稳定电流/kA	16（2s）	16（2s）	31.5（2s）	43.3（4s）	43.3（4s）	43.3（4s）
合闸时间/s	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2	≤0.2
固有分闸时间/s	≤0.06	≤0.06	≤0.06	≤0.06	≤0.06	≤0.06
操作循环①	分—0.5s—合分—180s—合分	分—0.5s—合分—180s—合分	分—0.5s—合分—180s—合分	分—180s—合分—180s—合分	分—180s—合分—180s—合分	分—180s—合分—180s—合分
机械寿命/次	2000	2000	2000	1050	1050	1050
断路器净重（无油/kg）	100	100	120	135	170	190
三相油重/kg	6	6	8	9	13	13
配用机构型号	CD 10 Ⅰ	CD 10 Ⅰ	CD 10 Ⅱ	CD 10 Ⅱ	CD 10 Ⅲ	CD 10 Ⅲ

① 操作循环为“分—0.5s—合分—180s—合分”时，开断电流为 31.5kA。

表 12-39　SN 10-10 系列断路器外形及安装尺寸

型　　号	*X*	*Y*	*A*	*B*	*C*	*D*	*ϕ*
SN 10-10/630-16	472	780	70	20	30	—	13
SN 10-10/1000-16	472	780	70	20	40	40	13
SN 10-10/1000-31.5	472	840	80	20	40	40	13
SN 10-10/1250-43.3	494	917	100	25	50	50	18
SN 10-10/2000-43.3	649	917	120	30	60	60	18
SN 10-10/3000-43.3	649	917	120	30	60	60	18

1）少油断路器的试验及调整

SN_{10}-10 系列少油断路器的外形尺寸见图 12-118，技术数据见表 12-38 和表 12-39。SN10-10 系列少油开关配用 CD10 电磁操动机构，其外形尺寸见图 12-119，内部接线见图 12-120，技术数据见表 12-40 和表 12-41。CD10 机构可电动分、合闸及手动分闸，亦可进行自动重合闸，使用直流电源，并用 CZ0-40 的直流接触器执行。SN10-10 少油断路器还可以配用 CT7 或 CT8 型弹簧操动机构。CT7 机构的外形尺寸见图 12-121，内部接线见图 12-122，动作原理见图 12-123，有关数据见表 12-42 ~ 表 12-46。CT7 机构可电动储能，也可手动储能，进行合闸操作；分闸时可电动分闸，也可手动分闸，并配有四种脱扣器，与继电保护系统配合，进行保护。脱扣器接线见图 12-124。

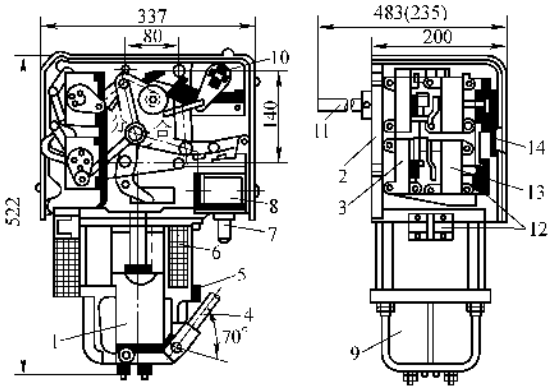


图 12-119 CD10Ⅰ、Ⅱ型电磁操动机构外形尺寸

1—铁心 2—铸铁支架 3—切断开关 4—合闸手柄（侧装） 5—M10 接地螺钉 6—合闸线圈 7—手力分闸按钮 8—分闸线圈 9—缓冲法兰 10—信号用辅助开关 11—机构主轴 12—接线板 13—信号用切断开关 14—分合位置指示牌

注：括号内尺寸为手车式开关柜的尺寸。若用于 CDⅢ型时，图中外形尺寸 522、337、(235)、140 相应改为 562、344、(315)、148。

CT8 机构的结构见图 12-125，动作示意见图 12-126，内部接线见图 12-127，外形尺寸见图 12-128 有关数据见表 12-47 ~ 表 12-52。同样可电动储能和手动储能，进行电动或手动合闸操作。分闸操作除手动外，还有三种脱扣器，可电动分闸。

成套的开关柜一般已由厂家调整好，安装时可不必进行调整，如对开关性能有怀疑或测试数据与技术要求偏差较大时，应按照说明书进行必要的调整。

① 断路器的调整。SN10-10 少油断路器的油箱剖视见图 12-129，应用干净抹布将柜内各部擦拭干净，特别是顶罩、顶盖部位必须处理好，以免拆卸时灰尘或脏物落入箱内。同时在传动轴部位点一点机油。

将绝缘拉杆的开口销子拔出，卸下顶罩的盖子和定触头，用手转动操动机构室的拐臂，使导电杆按合闸分闸运动方向运动，即可检查导电杆运动是否灵活准确。移动支持绝缘子或增减支持绝缘子与油箱之间的垫片均可改变油箱在支座上的安装位置和垂直度，从而消除导电杆运动时的摩擦现象。变动油箱在支座上的位置时必须保证相邻两油箱中心轴线之间的距离为 250 ± 1mm。

导电杆行程的调整。同样可以在导电杆上做记号并转动拐臂手动合闸，可以测出导电杆的行程，并与说明书中的数据比较。SN10-10/600 的行程为 147^{+1}_{-3} mm，SN10-10/1000 的行程为 160^{+1}_{-5} mm。可改变传动拉杆的长度和油缓冲器顶杆的高低进行调整。

油缓冲器的调整。油缓冲器装在开关的最低部，是减轻分闸时的冲击力的，其压缩行程一般为 25mm，同样可以在其压缩杆上做记号，在合闸的状态下，转动拐臂手动分闸，即可测出压缩顶杆的行程，并与说明书上的数据比较。杆头拧进或拧出即可调整。

合闸缓冲器的调整。合闸缓冲器是一组弹簧，是减小合闸时的冲击力的，可调整螺钉帽使弹簧压缩或升长而进行缓冲力的调整。

三相同步性的调整。方法同前，否则应进行导电杆行程的调整。

绝缘油。油箱无油时，不允许快速操作断路器，为了试验操作应至少注入 1kg 油。注油前必须将油箱用合格油洗净。油箱有油，应取样化验，合格后应将底部脏油放入，注入合格油，油应加至油位计的红线为止，并把加油孔的螺栓拧好。

加好油后应进行 3 ~ 5 次电动合闸操作，其接触电阻应与前试验的相同。必要时应再做一次耐压试验。

少油断路器调整时的拆装注意事项与多油断路器相同。

② CD10 电磁操动机构的调整试验基本与室外多油断路器的 CD11-X 电磁操动机构调整试验相同，可参照进行。

③ 弹簧式操动机构的调整试验。弹簧操动机构的工作原理见图 12-123。先使电动机储能或手摇储能。电动机通电后，通过皮带、链条、偏心轮，带动棘爪、棘轮推动凸轮使合闸弹簧 6 拉伸。当凸轮过最高一角度后，通过掣子、杠杆及上面的小滚轮把拉伸的弹簧维持在储能状态。在储能结束瞬间，行程开关动作，将电动机电源切断。手动储能是顺着顺时针方向转动手柄，储能过程与电动储能相同。手动储能通常在调整或电动机电源故障时使用。

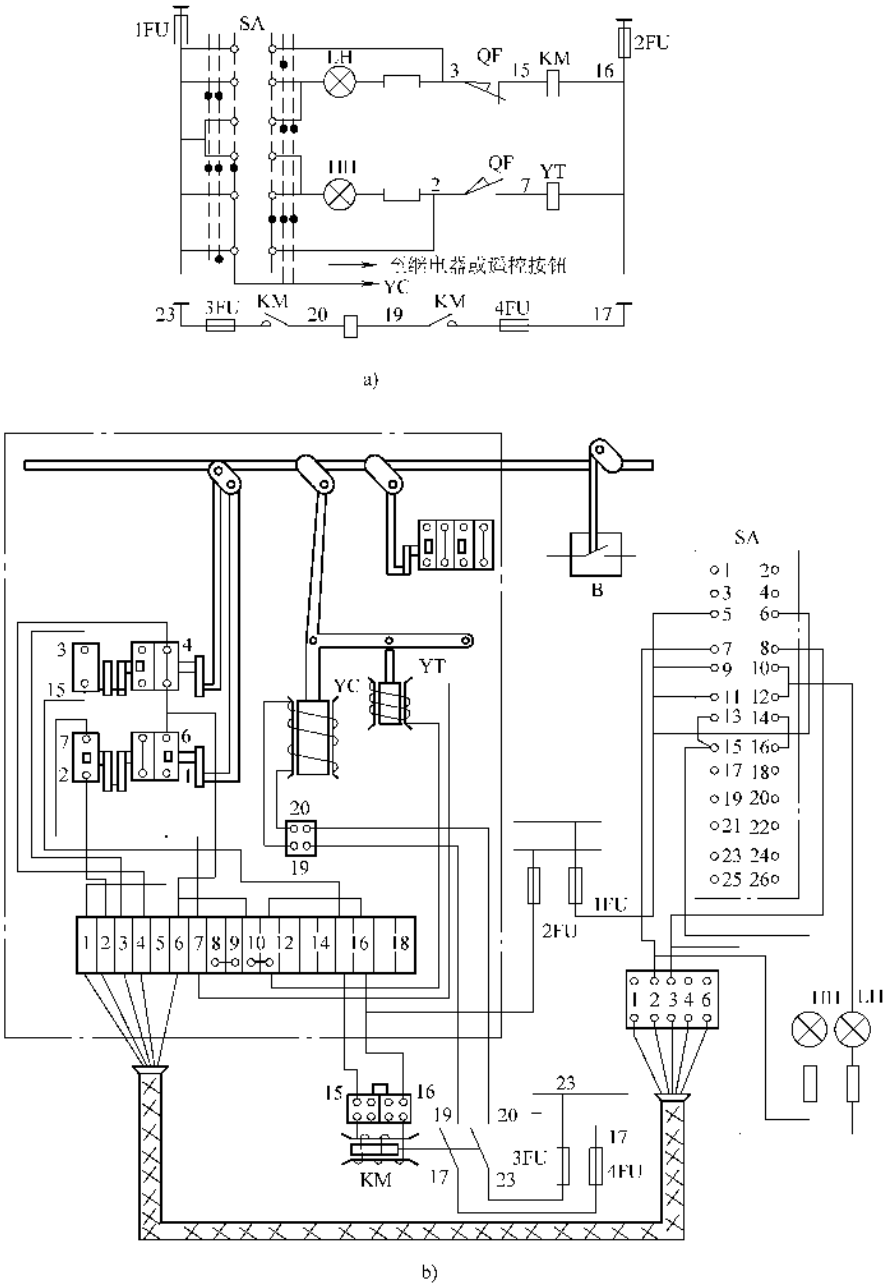


图 12-120　CD10 型电磁操动机构

a）CD10 型电磁操动机构控制接线图

YC—合闸线圈　YT—分闸线圈　1～4FU—熔断器　QF—F_2 辅助开关触头

KM—直流接触器　LH—分闸信号灯　HH—合闸信号灯　SA—控制开关

b）CD_{10}型电磁操动机构内部接线

表 12-40 CD10 型电磁操动机构技术数据

名称 \ 机构型号		CD10Ⅰ	CD10Ⅱ			CD10Ⅲ
	所配断路器型号	SN10-10Ⅰ/630/1000-16	SN10-10Ⅱ/1000-31.5	SN10-35/1000-16	SN10-10Ⅲ/1250-43.3	SN10-10Ⅲ/3000-43.3
220V 合闸线圈	电流/A	98	120			147
	电阻/Ω	2.22±0.18	1.82±0.15			1.5±0.12
110V 合闸线圈	电流/A	196	240			294
	电阻/Ω	0.56±0.05	0.46±0.04			0.38±0.03
24V 分闸线圈	电流/A	37				
	电阻/Ω	0.65±0.03				
48V 分闸线圈	电流/A	18.5				
	电阻/Ω	2.6±0.13				
110V 分闸线圈	电流/A	5				
	电阻/Ω	22±1.1				
220V 分闸线圈	电流/A	2.5				
	电阻/Ω	88±4.4				

注：各制造厂的数据略有差异，具体见厂家技术文件。

表 12-41 CD10 型电磁操动机构最低操作电压值

机构型号	CD10Ⅰ		CD10Ⅱ			CD10Ⅲ
所配断路器型号	SN10-10Ⅰ/630/1000-16		SN10-35/1000-16	SN10-10Ⅱ/1000-31.5	SN10-10Ⅲ/1250-43.3	SN10-10Ⅲ/3000-43.3
	用于 6kV	用于 10kV				
最低操作电压	85% 额定电压	80% 额定电压		85% 额定电压		

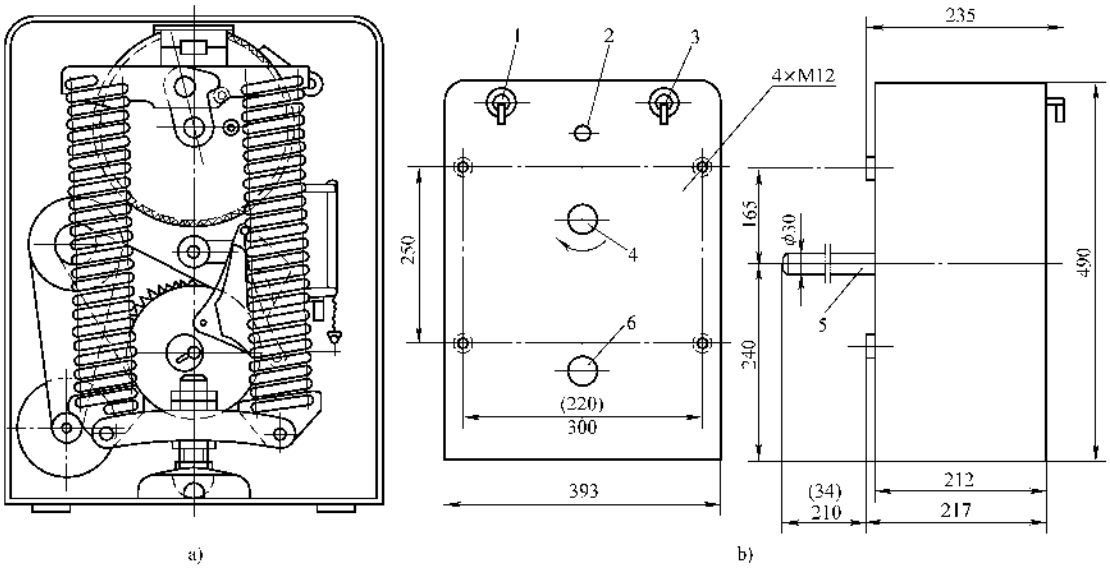
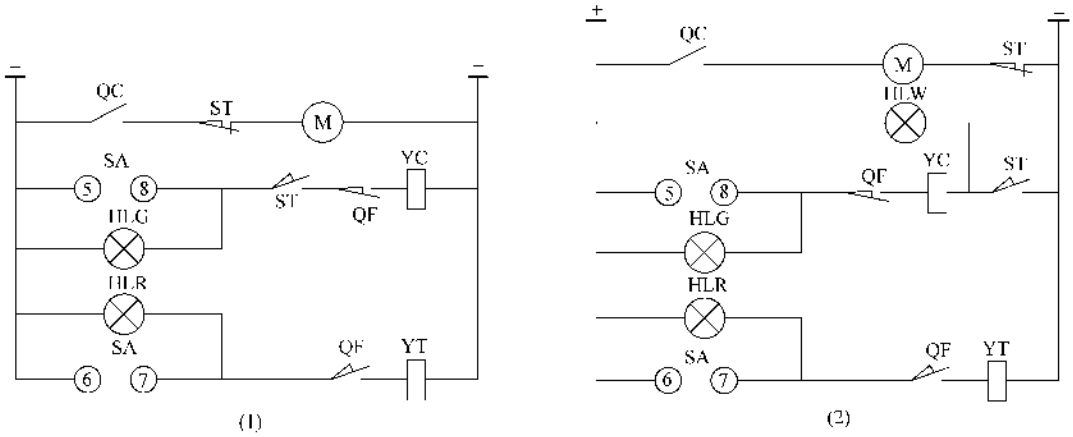


图 12-121 CT_7 弹簧操动机构

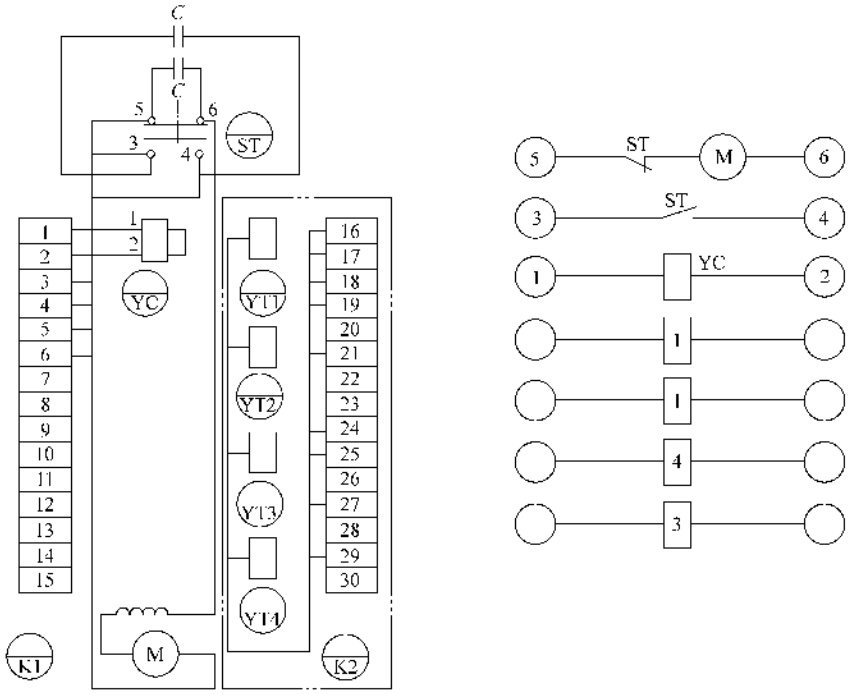
a）CT_7 外形 b）安装尺寸

1—合闸手柄 2—储能指示 3—分闸手柄 4—分合闸指示 5—输出轴 6—手力储能转轴

注：括号内数字为用于手车式开关柜的安装尺寸，不带外罩。



a)



b)

图 12-122　CT_7 弹簧操动机构的电路

a）CT_7 弹簧操动机构控制线路　b）CT_7 弹簧操动机构内部接线

M—电动机　ST—行程开关　YT—分闸线圈　YC—合闸线圈　K—接线座

C—电容器 400V，1μF，仅用于直流电源　点划线内接线见图 12-124

（1）无储能信号　（2）有储能信号

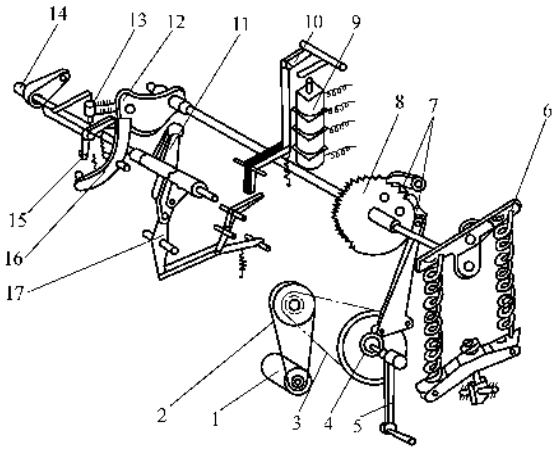


图 12-123 CT7 型弹簧机构原理

1—电动机 2—皮带 3—链条 4—偏心轮 5—手柄 6—合闸弹簧 7—棘爪 8—棘轮 9—脱扣器 10、17—连杆 11—拐臂 12—凸轮 13—合闸线圈 14—输出轴 15—掣子 16—杠杆

表 12-42 合闸线圈技术数据

电压种类		交流		直流			
额定电压/V		110	220	24	48	110	220
额定电流/A	铁心释放 铁心吸合	2.2 0.8	1.8 0.6	15.2	8.3	3.9	2.08
额定功率/VA	铁心释放 铁心吸合	242 88	396 132	365	399	430	458
20℃时线圈电阻/Ω		5.78	28.2	1.58	5.78	28.2	106
正常工作电压范围/V		85%～110%额定电压		80%～110%额定电压			

表 12-43 瞬时过电流脱扣器技术数据

脱扣电流等级/A		线圈电阻/Ω		脱扣功率/VA		脱扣电流允许误差
		铁心释放	铁心吸合	铁心释放	铁心吸合	
5～10	5	0.985	2.6	23	60	±10%
	7.5	0.423	1.17	22	60	
	10	0.239	0.67	22	61	
10～15	10	0.28	0.7	23	59	
	12.5	0.19	0.47	25	62	
	15	0.15	0.35	30	69	

表 12-44 电流切断脱扣器技术数据

脱扣电流	3.5A	
	铁心释放	铁心吸合
线圈阻抗/Ω	2.12	4.6
脱扣功率/VA	26	56

表 12-45 电压切断脱扣器技术数据

电压种类		交流		直流			
额定电压/V		110	220	24	48	110	220
额定电流/A	铁心释放	1.25	0.78	2.57	1.26	0.86	0.73
	铁心吸合	0.42	0.31				
额定功率（VA交流）（W直流）	铁心释放	138	172	62	61	95	160
	铁心吸合	46	68				
20℃时每个线圈电阻/Ω		52	127	9.35	37.9	128	320
正常工作电压范围		65%～120%额定电压					

表 12-46 失压脱扣器技术数据

额定电压/V	额定电流/A		额定功率/VA		20℃时每个线圈电阻/Ω
	铁心释放	铁心吸合	铁心释放	铁心吸合	
100	0.35	0.2	35	20	50

可电动合闸，也可手动合闸，电动合闸时，合闸线圈有电吸合，在合闸弹簧的作用下，储能释放，凸轮、拐臂动作，使输出轴带动断路器合闸，连杆10和17构成死点维持断路器在合闸状态。手动合闸时，继续转动手柄；使拉杆向上转动，带动掣子向上移动、与连杆脱离，解除自锁，合闸弹簧释放能量，断路器合闸。

可电动分闸，也可手动分闸。电动分闸时，脱扣器动作，带动连杆10动作，解除死点，使断路器在断路器自身的分闸弹簧作用下，输出轴14反转，断路器分闸。分闸后脱扣器及有关连杆，在专用弹簧的作用下复位。手动分闸时，反转手柄，使连杆10向上转动，与电动分闸的动作相同，使其分闸。

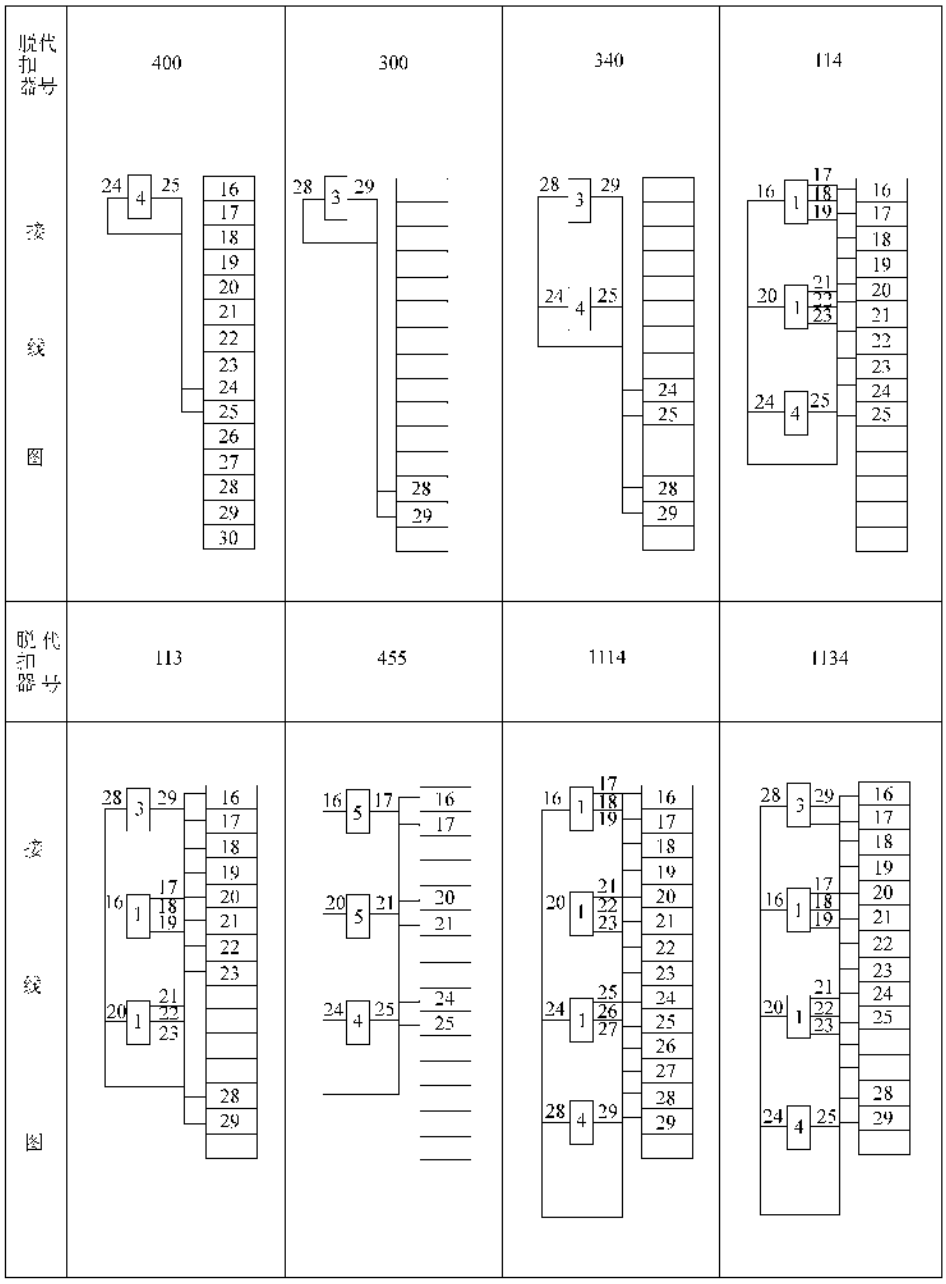


图 12-124　脱扣器的接线图

注：脱扣器型号如 1134 型，表示要装 2 个瞬时过电流脱扣器；1 个失压脱扣器；1 个电压切断脱扣器。每台机构中可安装 1 ~ 4 只脱扣器。

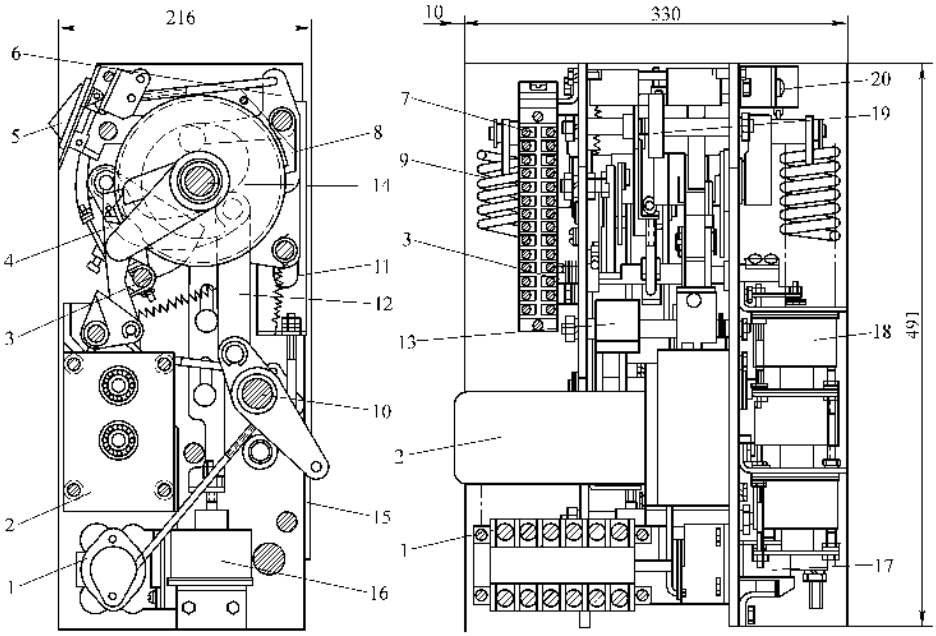


图 12-125　CT8 弹簧操动机构的结构

1—辅助开关　2—储能电动机　3—半轴　4—驱动棘爪　5—按钮　6—定位件　7—接线端子　8—保持棘爪
9—合闸弹簧　10—输出轴　11—合闸联锁板　12—合闸四联杆　13—分合指示牌　14—储能轴
15—角钢　16—合闸电磁铁　17—失压脱扣器　18—瞬时过电流脱扣器及分励脱扣器
19—储能指示　20—行程开关

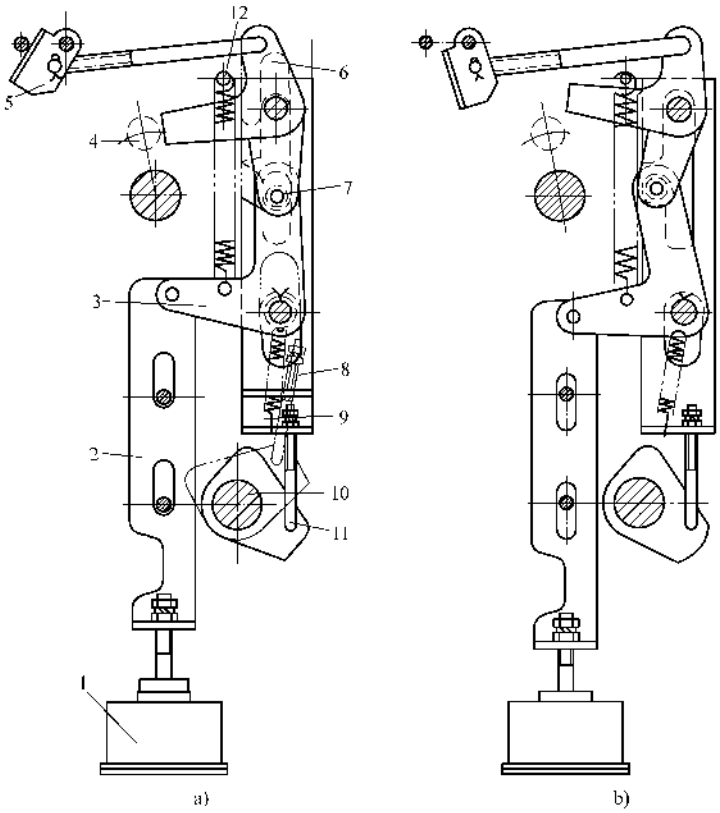


图 12-126　CT8 弹簧操动机构合闸操作动作示意图

a）机构已储能时合闸操作系统的位置
b）合闸操作时的状态

1—合闸电磁铁　2—导板　3—杠杆　4—滚轮　5—脱扣板　6—定位件　7—滚子　8—联锁板　9—复位弹簧　10—输出轴　11—拉杆　12—轴

注：图 b 中实线表示机构处于分闸并已储能时该系统的位置，双点划线表示机构处于合闸并已储能时该系统的位置。

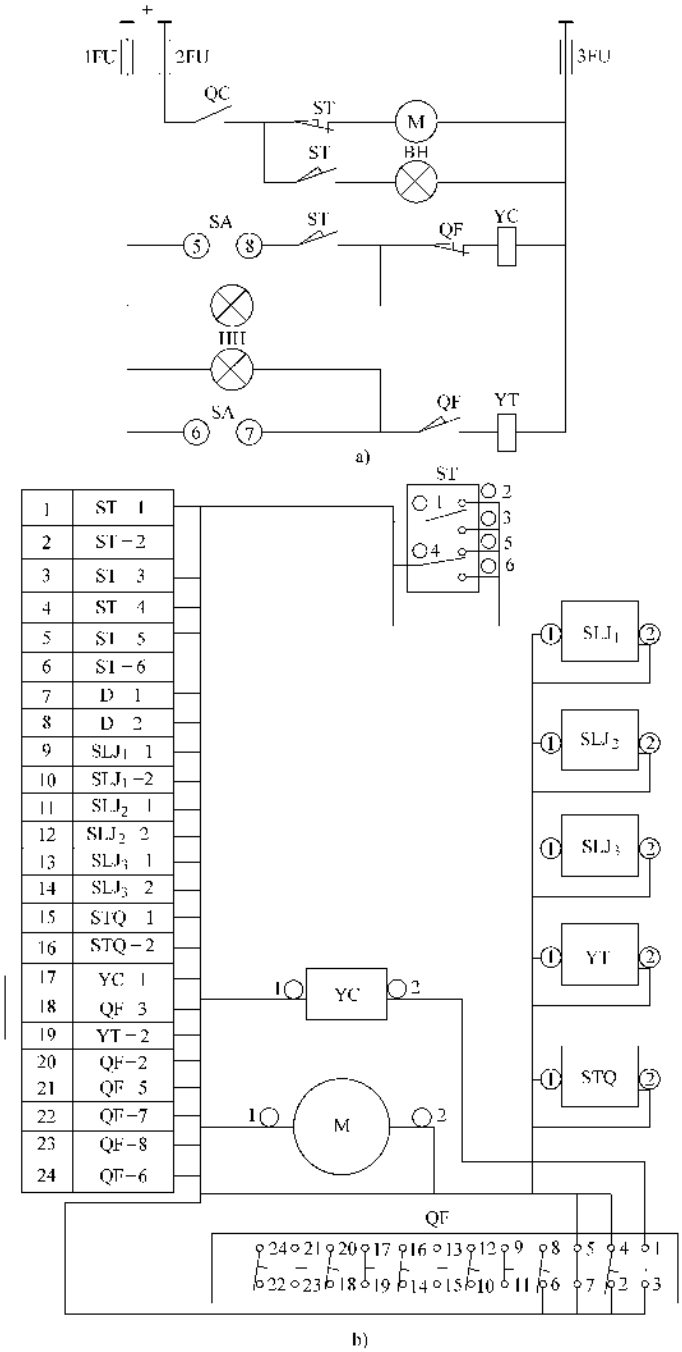


图 12-127　CT8 弹簧操动机构的电路

a）CT8 弹簧操动机构控制电路图

M—电动机　ST—行程开关　QF—辅助开关触头　YT—合闸线圈　ST—分闸线圈

（上列电器均在机构内）　QC—组合开关　SA—控制开关　HH、BH—信号灯

注：虚线框及虚线适用于另设储能信号灯 BH 时。

b）CT8 弹簧操动机构内部接线示意图

M—电动机　ST—行程开关　SLJ_1、SLJ_2、SLJ_3—过电流脱扣器　STQ—失压脱扣器

YC—合闸线圈　YT—分闸线圈　DL—F_4 辅助开关

注：本图是以三个瞬时过电流脱扣器、一个分励脱扣器和一个失压脱扣器为例。

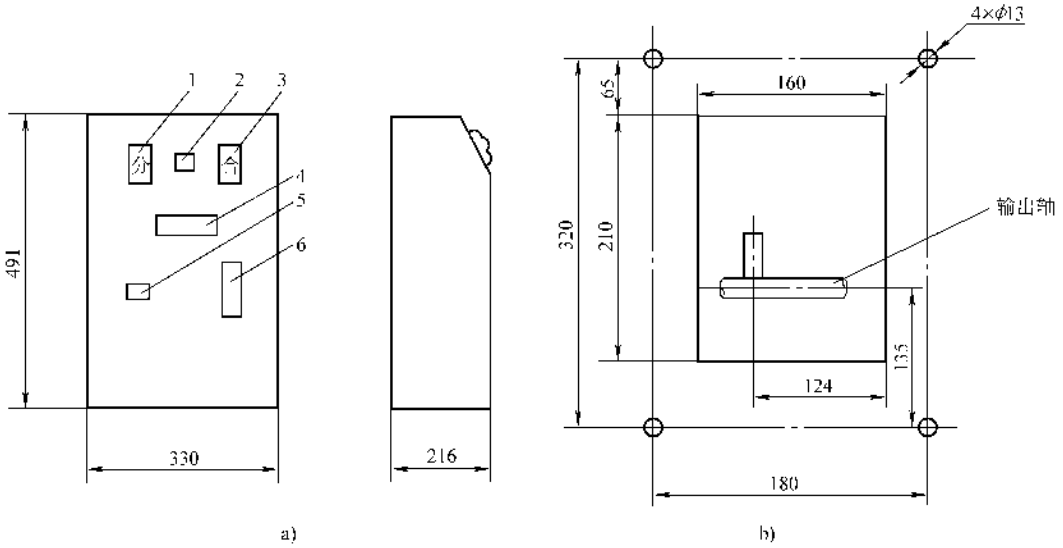


图 12-128 CT8 弹簧操动机构的外形及尺寸

a）CT8 弹簧操动机构外形 b）CT8 安装尺寸

1—手动分闸按钮 2—储能指示牌 3—手动合闸按钮 4—观察孔

5—分合闸指示牌 6—手动储能手柄孔

表 12-47 储能电动机技术数据

型 号	JZID
额定电压/V	≃110、≃220、≃380
额定电压下功率/W	≤450
电动机工作电压范围	85% ~110% 额定电压
额定工作电压下储能时间/s	≈5

表 12-48 合闸线圈技术数据

电压种类	交 流			直 流		
额定电压/V	110	220	380	48	110	220
额定电流/A	<2.7	<1.4	<0.8	<6	<2.5	<1.3
额定功率（VA 交流）（W 直流）	<300			<270		
20℃时线圈电阻值/Ω	≈3.7	≈15.5	≈42.1	≈7.1	≈42.1	≈155①
	≈3.94	≈15.8	≈47.7	≈7.84	≈47.7	≈186②
正常工作电压范围	85% ~110% 额定工作电压					

①② 线圈直流电阻各厂家不尽相同。

表 12-49 合闸线圈技术数据

电压种类		交 流			直 流		
额定电压/V		110	220	380	48	110	220
额定电流/A	铁心起动	10		5	3	9.6	5	2.34
	铁心吸合	7		3.5	2			
额定功率（VA 交流）（W 直流）	铁心起动	1100		1100	1140	460	550	515
	铁心吸合	770		770	760			
正常工作电压范围/V		85% ~110% 额定电压						

表 12-50 分励脱扣器技术数据

电压种类	交 流			直 流		
额定电压/V	110	220	380	48	110	220
额定电流/A	<2.7	<1.4	<0.8	<6	<2.5	<1.3
额定功率（VA 交流）（W 直流）	<300			<270		

（续）

电压种类	交　流			直　流		
20℃时线圈电阻值/Ω	≈3.7	≈15.5	≈42.1	≈7.1	≈42.1	≈155①
	≈16.1	≈66.9	≈223	≈20	≈104	≈390②
正常工作电压范围	65%～120%额定电压 <30%额定电压时不动作					

①、②各厂家数据不尽相同。

表 12-51　分励脱扣器技术数据（福州）

电压种类		交　流			直　流		
额定电压/V		110	220	380	48	110	220
额定电流/A	铁心起动	12	6	3	9.6	5	2.34
	铁心吸合	7	3.5	2			
额定功率（VA交流）（W直流）	铁心起动	1320	1320	1140	460	550	515
	铁心吸合	770	770	760			
正常工作电压范围/V		65%～120%额定电压					

表 12-52　失压脱扣器技术数据

额定电压/V	～110	～220	～380
额定功率/VA	<40		
20℃时线圈电阻值/Ω	≈47	≈185 ≈188	≈590① ≈575②

①、②各厂家数据不尽相同。

通过原理，可以找到调整的方法。调整时，先检查各个部件的完整性及装配的紧密程度，然后进行清洁和润滑。

储能机构的调整见图 12-130、图 12-131，当储能完成后，支杆的工作面与扣板上滚轮的水平中心线垂直，且滚轮与支杆工作面的接触线以上的直线段为1.5～2.5mm，可拧动螺钉 5 进行调节。检查联锁开关的通断情况及储能结束时能可靠断开电动机的电源。调整中，不允许在合闸位置时，储能弹簧再发生合闸动作。

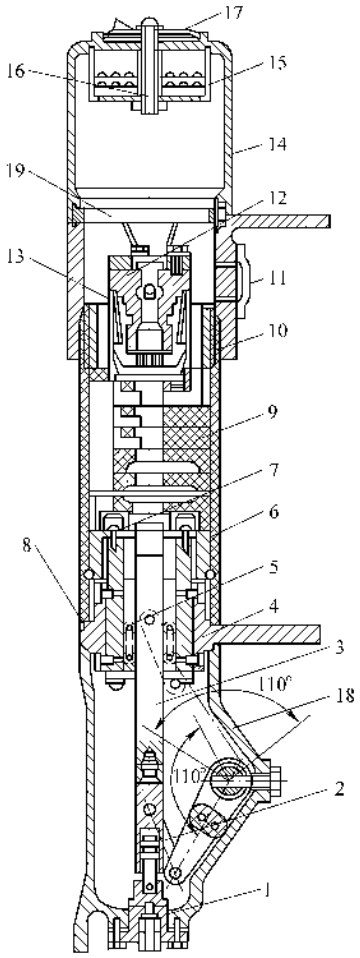


图 12-129　SN10-10 型少油断路器油箱剖视图

1—放油塞　2—油缓冲器　3—动触头（导电杆）
4—下引线座　5—滚动触头　6—绝缘筒
7—铝压圈　8—密封垫　9—隔弧片
10—螺纹套　11—油标　12—定触头
13—绝缘套　14—顶罩　15—油气分离器　16—空心螺栓　17—盖子
18—机构室　19—上引线座

合闸、分闸机构的调整。合闸时，储能后的合闸弹簧能可靠地释放，可调节合闸电磁铁顶杆的长度进行调整。合闸后，操动机构能够可靠地保持在合闸位置，可调节图 12-130 中连杆的滚轮与支板工作面的间隙进行调整，一般为 1～2mm。在合闸位置时，且合闸弹簧已经储能时，图 12-130 中杠杆 3 和扣板上的偏心轴之间的间隙为 0.5mm，这样能保证机械闭锁装置可靠稳定工作，防止弹簧空合。合闸完毕后，图12-131中，杠杆滚轮的铅垂线与板片的工作面垂

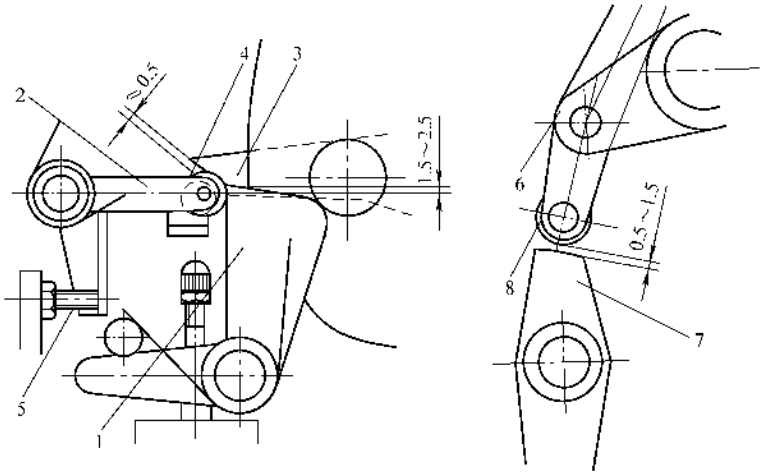


图 12-130 CT7 弹簧操动机构调整（一）

1—支杆 2—扣板 3—杠杆 4—偏心轴 5—调节螺钉 6—连杆 7—支板 8—滚轮

直，而且滚轮与板片工作面的接触线到右边顶端的距离为 1.5～2.5mm，可调节角板进行调整。分闸时，操动机构能可靠地脱扣，可拧动脱扣器顶杆上的调节螺钉进行调整。分闸完毕后，凸轮与拐臂上滚轮之间的间隙一般为 10mm。

辅助开关及脱扣线圈的检查试验同前。

2）真空断路器的试验及调整。真空断路器由于其结构和制造上的特殊性，在投入使用前一般不需调整，更不得重新解体组装。通常只除去保护金属部件和导电部分的凡士林及油纸等，并在转动部分、滑动摩擦部分加适当的润滑油即可。真空开关的安装地点应清洁，不得有尘埃，特别是不得有导电尘埃。

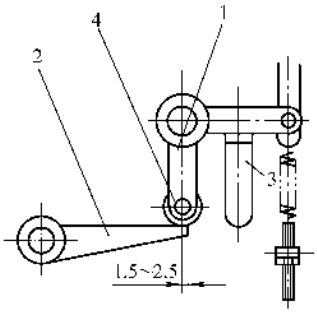


图 12-131 CT7 弹簧机构调整（二）

1—杠杆 2—板片 3—角板 4—滚轮

① 真空开关的检查和试验。分、合动作的检查：手动操作开关分合数次，分、合闸指示器应正确。外部导电回路的检查：紧固件必须紧固可靠，传动部位灵活且润滑良好。操动机构的检查：清除污迹，传动部位增加润滑。真空灭弧室表面的检查：表面必须清洁无裂纹、无损伤，紧固件紧固可靠。

上述内容合格后即可进行电动合闸的检查和试验：

电动分合闸操作试验：指示器正确、接触电阻合格、三相同步、触头行程合格、缓冲器正常。

表 12-53 电气测量项目

测量项目	主要内容	不合格时的现象	备注
绝缘试验	测量绝缘电阻	绝缘电阻小于规定值	用2500V绝缘电阻表测量，主回路与地之间大于1000MΩ，控制回路与地之间大于2MΩ
动作试验	最低合闸电压和脱扣电压的测量①	最低合闸电压和脱扣电压太高	
真空灭弧室	触头之间的击穿电压的测量	随着试验电压的升高，触头间电流增加，反复加上试验电压时击穿电压不升高	试验电压按有关规定②

（续）

测量项目	主要内容	不合格时的现象	备　注
控制回路	检查辅助开关的动作及接点是否正常； 控制回路的接线端子有无松动；控制部分的零件和螺钉有无松动	接点电阻太高或为无穷大	

① 最低合闸电压及脱扣电压的测量方法：在合闸或分闸回路中串联可变电阻和电流表，改变电阻值，测定最低动作电流，并由下列公式计算最低合闸电压及最低脱扣电压。

最低合闸电压=电源电压-(最小合闸电流)×(电阻值)；

最低脱扣电压=电源电压-(最小脱扣电流)×(电阻值)。

② 试验电压至少应为工作电压的2倍。

绝缘电阻和耐压试验的部位主要是：高压部位与接地部位（开关处于分闸及合闸状态）；相邻各相高压部位之间（开关处于分闸及合闸状态）；分闸状态下，同相触头之间；操动机构的低压二次回路的带电部位与接地部位之间、不同回路带电部分之间和同一回路分离的触头间及操动机构线圈的匝间。

② 真空断路器的试验。

a. 测量绝缘拉杆的绝缘电阻值，不应低于表5-18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5-19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。

绝缘电阻、耐压试验合格，分别见表12-53和表12-54。

表12-54　35kV及以下真空开关绝缘试验电压

额定电压/(kV,有效值)	最高工作电压/(kV,有效值)	正常绝缘的真空断路器、真空负载开关冲击试验电压/(kV,最大值)		真空断路器、真空负载开关工频试验电压/(kV,有效值)						真空接触器一分钟工频试验电压/(kV有效值)	操动机构/min工频试验电压有效值/V		
				绝缘的1min试验电压		外部绝缘承受住的试验电压(均匀升压)					低压二次回路部分	线圈匝间	
						干燥状态		淋雨状态				直流线圈	交流线圈
		全波	截波	正常绝缘	降低绝缘	正常绝缘	降低绝缘	正常绝缘	降低绝缘				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	3.5	42	50	24	13	26 (28)	15 (18)	20	10	13	2000	2.5倍线圈额定电压	3.5倍线圈额定电压
6	6.9	57	70	32	21	34 (40)	23 (27)	26	18	21			
10	11.5	75	90	42	32	45 (53)	35 (42)	34	28	32			
15	17.5	100	120	55	48	60 (70)	53 (62)	45	42	48			
20	23	120	150	65	—	70 (85)	—	55	—	—			
35	40.5	180 185*	225 230*	95	—	105 (130)	—	85	—	—			

注：1.（　）内数字为真空负荷开关分闸位置同相触头间外绝缘试验电压值。

2. 有*数字仅为外绝缘试验电压值。

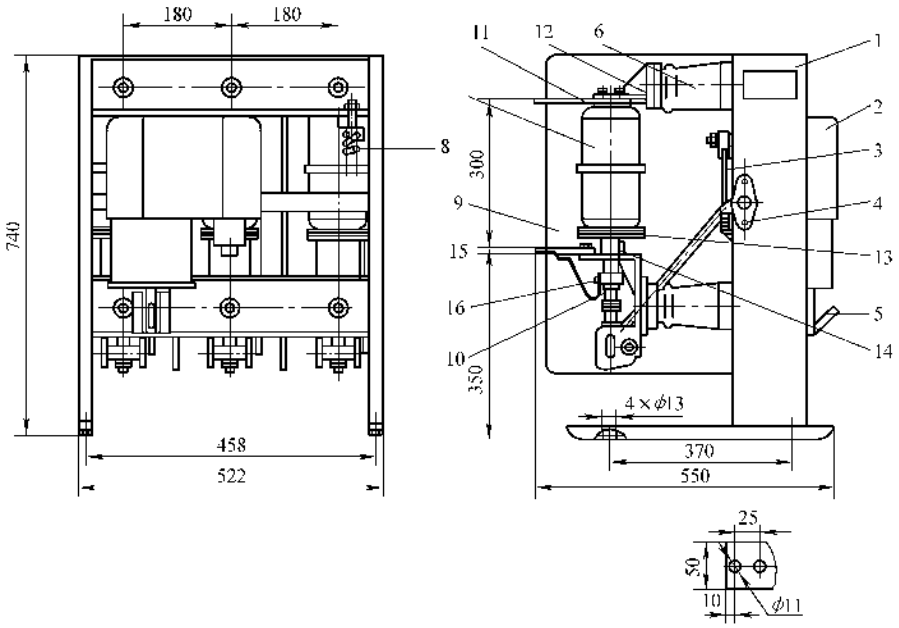


图 12-132　ZN-10/600-150 型真空断路器外形尺寸

1—底架　2—操动机构　3—机构与开关联接部件　4—缓冲器　5—调整用合闸杆　6—绝缘子
7—真空灭弧室　8—分闸弹簧　9—隔板　10—螺杆　11—上导电板　12—上支架
13—托盘　14—导向套　15—下导电板　16—导电夹（及导电杆）

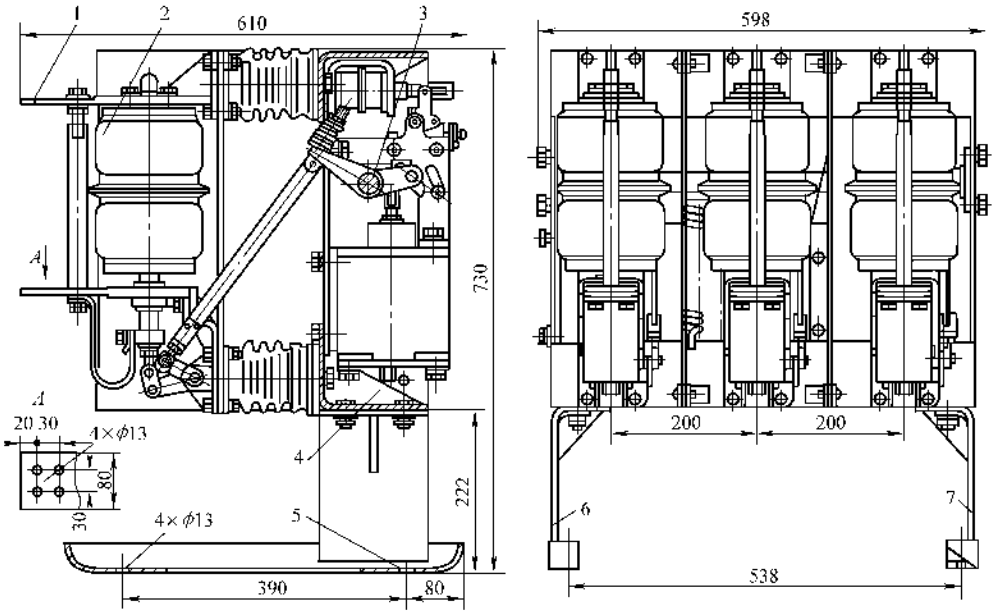


图 12-133　ZN-10/1000-300 型真空断路器外形尺寸

1—接线板　2—灭弧室　3—机构主轴　4—支持框架　5—安装孔　6—左侧板　7—右侧板

b. 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　真空断路器安装技术要求

a. 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。

b. 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。

④　真空断路器的操动机构。ZN-10/600-150及ZN-10/1000-300型真空断路器的外形尺寸见图12-132和图12-133。有关数据见表12-55。

分别配用CD-25、CD-35专用直流电磁操动机构，CD-25的外形尺寸见图12-134，控制电路见图12-135，内部接线见图12-136，有关数据见表12-56。

CD-35的控制电路见图12-137。

ZN3-10及ZN4-10真空断路器的外形尺寸见图

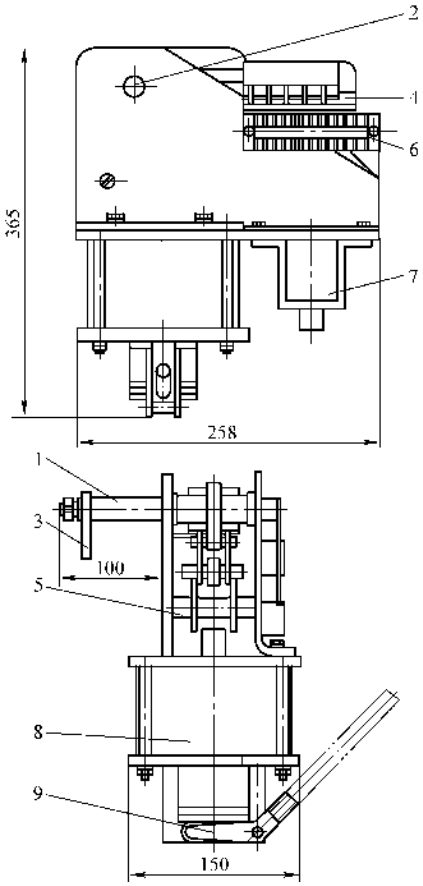


图12-134　CD-25型电磁操动机构外形尺寸

1—机构主轴　2—分合指示板　3—拐臂　4—辅助开关　5—机构连杆部分　6—接线板　7—分闸线圈　8—合闸线圈　9—手力合闸(调整用)杠杆

表12-55　ZN-10/600-150及ZN-10/1000-300型真空断路器技术数据

型　号	额定电压/kV	额定电流/A	额定开断电流/kA	额定断流容量/MVA	极限通过电流，峰值/kA	4s热稳定电流/kA	固有分闸时间/s
ZN-10/600-150 ZN-10/1000-300	10	600 1000	8.7 17.3	150 390	22 44	8.7 17.3	≤0.05

型　号	合闸时间/s	自动重合闸无电流间隔时间/s	可连续开断短路电流次数/次	机械寿命（分合循环）不少于/次	总质（包括操动机构）/kg
ZN-10/600-150 ZN-10/1000-300	≤0.2	≥0.5	30	10000	≈85 ≈135

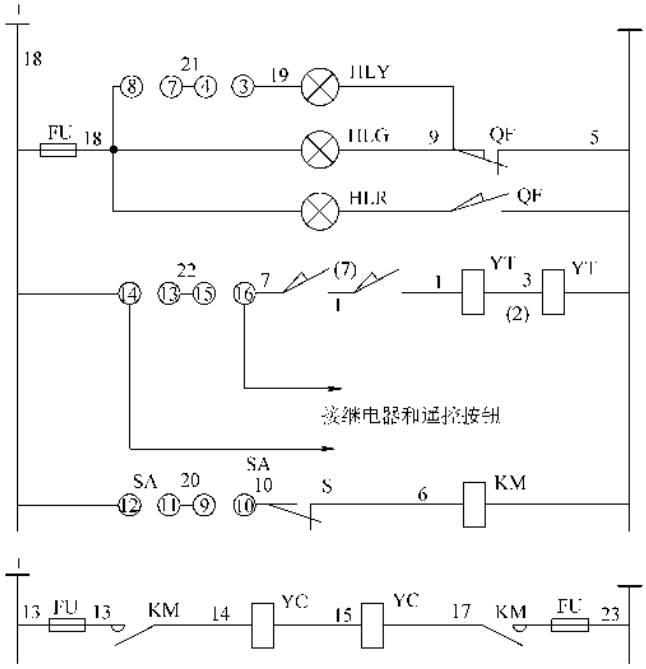


图 12-135　CD-25 型电磁操动机构控制电路

YC—合闸线圈　YT—分闸线圈　QF—辅助开关　SA—控制开关　FU—熔断器　HLG—分闸信号灯

HLY—故障及手动分闸信号灯　HLR—合闸信号灯　KM—CZ9 型直流接触器

（除 YT、YC、QF 外，其余均为用户自备）

（本图用于直流 220V，如需用 110V 时，可将合闸、分闸线圈由串联改为并联。）

12-138 和图 12-139，技术数据见表 12-57。ZN3-10 和 ZN4-10 配用专用的直流电磁操动机构，其控制线路见图 12-140 和图 12-141，有关数据见表 12-58。电动操作机构的调整试验同前。

（3）继电器的检查和试验　详细见保护屏、中央信号屏的有关内容。这里只介绍一下前面没有讲到的自动重合闸继电器的检查和校验。

作为送出线路的开关柜，一般都装有自动重合闸装置，以便在线路中有瞬时性的故障时，待故障解除后，故障点绝缘强度自行恢复，线路能自动合闸，进而保证供电的连续性。

1）重合闸继电器的结构。图 12-142 虚线框内为 DH 型重合闸继电器的内部结构。它是由时间继电器 KT、中间继电器 K（有电压线圈 Ku 和电流线圈 Ki）、电容、充电电阻 4R、放电电阻 6R、信号灯 HL 及电阻 17R 组成。

① 时间继电器的型号为 DS-112C 型时间继电器，用来调整重合闸装置从起动到发出合闸脉冲的时间。

② 中间继电器 K 为电码继电器，是装置的出口元件，用来发出接通断路器合闸回路的脉冲，其电压线圈 Ku 在电容放电时起动，电流线圈 Ki 在合闸回路中串联，保持继电器于动作状态，直到断路器合闸完毕，继电器复归。

③ 电容器保证重合闸只动作一次。

④ 电阻 4R 用来限制电容器的充电时间，保证在充电 25s 内只能重合一次。

⑤ 电阻 6R，当不需要进行重合闸时，为电容放电提供一个回路。

⑥ 信号灯用以监视中间继电器 K 和控制开关 KK 接点接触是否良好，电阻 17 是信号灯的限流电阻。

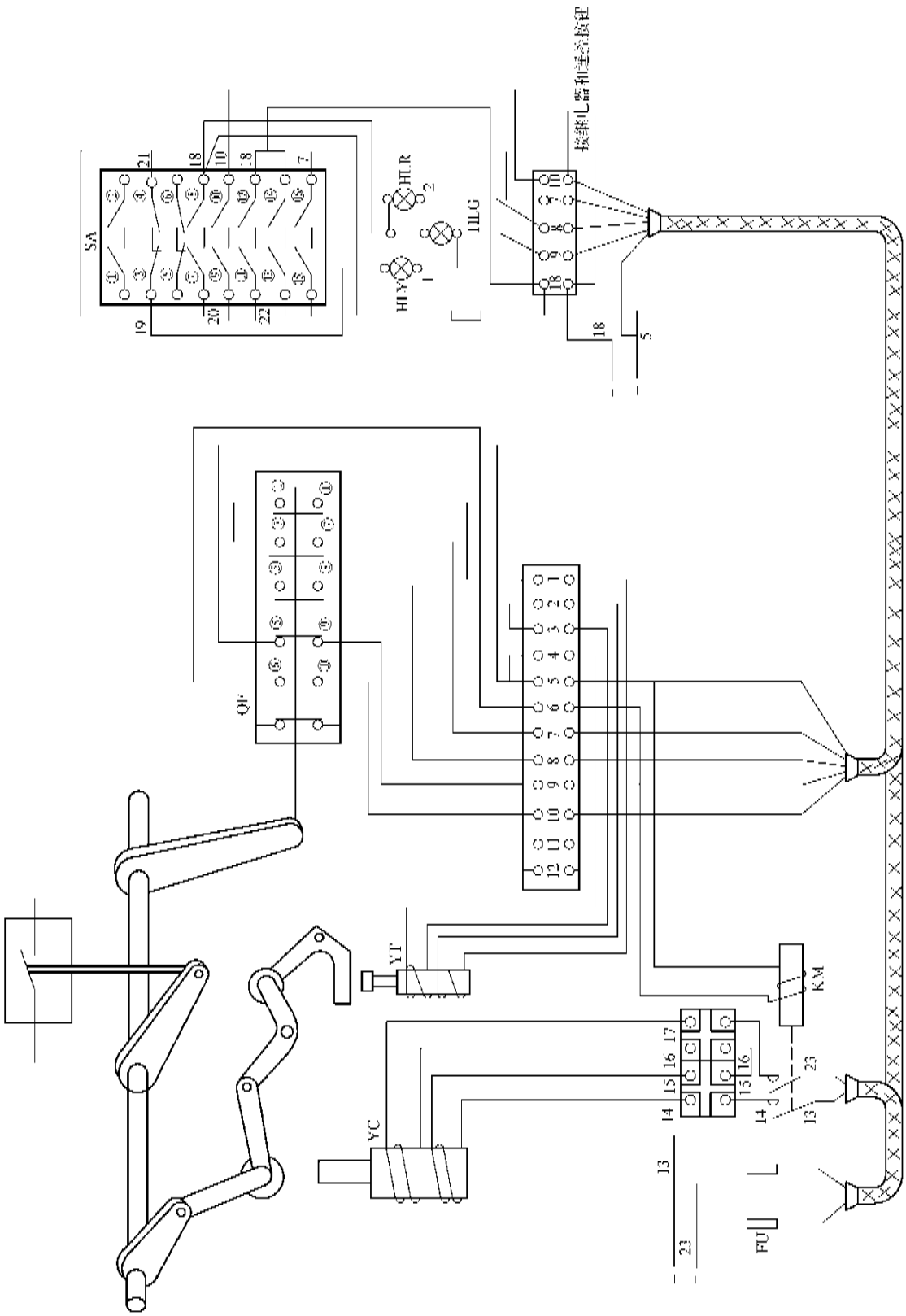


图 12-136　CD-25 型电磁操动机构接线图（见图 12-135）

表 12-56 直流电磁操动机构技术数据

型号	合闸线圈电压/V	合闸线圈电流/A	分闸线圈电压/V	分闸线圈电流/A
CD-25	110/220	73.4/36.7	110/220	3.0/1.5
CD-35	110/220	94/47	110/220	5/2.5

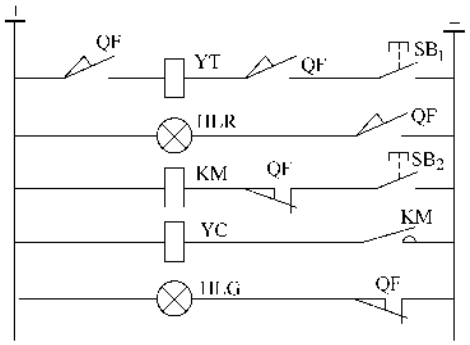


图 12-137 CD-35 型电磁操动机构控制线路

YC—合闸线圈 YT—分闸线圈 QF—辅助开关 HLG—分闸信号灯 HLR—合闸信号灯 KM—直流接触器 SB_1—分闸按钮 SB_2—合闸按钮

（除 YC、YT、QF 外，其余均为用户自备）

2）动作原理。自动重合闸继电器的接线原理见图 12-142，图中表示在合闸状态，控制开关 SA 的①③接通，②④断开，C 充电，继电器处于准备动作状态。

当断路器自动跳闸时，其辅助触点 QF_1 闭合，1K 动作，但此时 YC 不会动作，因为 1K 动作电流远远小于 YC 动作电流。1K 常开触点启动时间继电器 KT，其瞬动触点 KT_2 断开，5R 接入，延时触点 KT_1 延时后闭合，电容 C 经触点向中间继电器电压线圈 Ku 放电，K 动作，其常开触点 K_1、K_2 闭合，经过

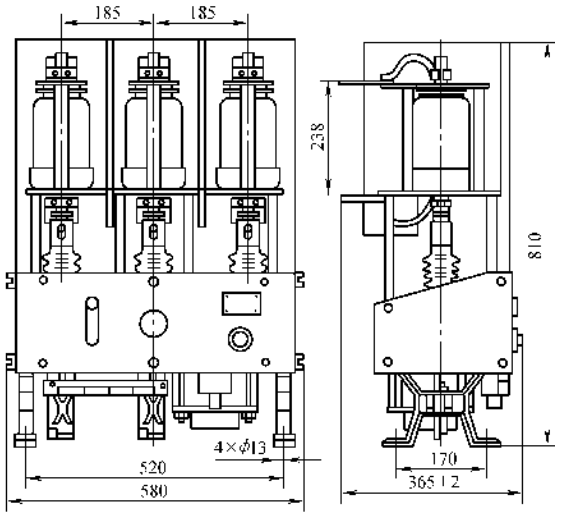


图 12-138 ZN3-10/600-150 型真空断路器外形尺寸

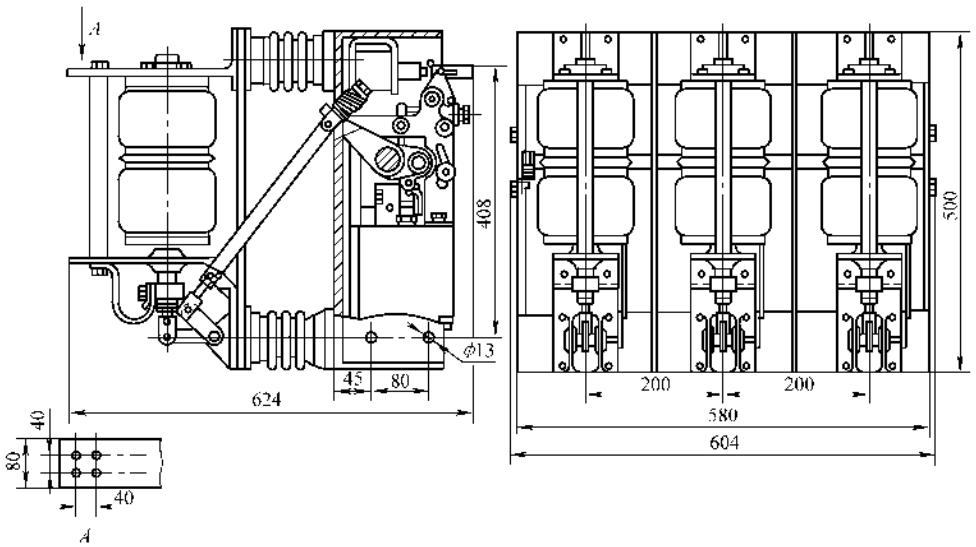


图 12-139 ZN_{10}/1000-16 型真空断路器外形尺寸

表 12-57　ZN_3-10、ZN4-10 型真空断路器技术数据

型　　号	额定电压/kV	额定电流/A	额定开断电流/kA	额定断流容量/MVA	极限通过电流峰值/kA	4s 热稳定电流/kA	最大关合电流/kA	固有分闸时间/s	合闸时间/s	机械寿命/次	电寿命/次		质量/kg
											额定电流下开断次数，不少于	最大开断电流下开断次数，不少于	
ZN3-10/600-150		600	8.7	150	22	8.7	22		≤0.15	>5000(ZN3-10T 为 2000)	2000	30	≈75
ZN4-10/1000-16	10	1000	17.3	300	44	17.3	44	≤0.05	≤0.2	10000	8000	30	120
ZN4-10C		600	17.3	300	29.4	17.3	29.4		≤0.2	10000	8000	20	—

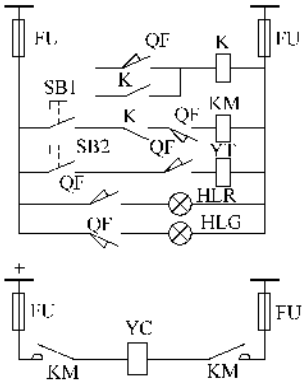


图 12-140　ZN3-10/600-150 所配电磁操动机构控制线路

YC—合闸线圈　YT—分闸线圈　QF—辅助开关
FU—熔断器　KM—直流接触器　SB1—合闸按钮
SB2—分闸按钮　HLR—合闸信号灯　HLG—分闸
信号灯　K—中间继电器（除 HQ、FQ、QF 外，
其余均为用户自备）

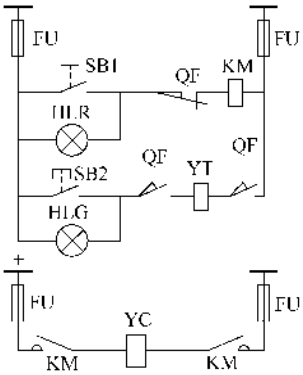


图 12-141　ZN4-10/1000-16 所配电磁操动机构控制线路

YC—合闸线圈　YT—分闸线圈　QF—辅助开关
FU—熔断器　KM—直流接触器　SB1—合闸按钮
SB2—分闸按钮　HLR—合闸信号灯　HLG—分闸
信号灯（除 HQ、FQ、QF 外，
其余均为用户自备）

表 12-58　直流电磁操动机构技术数据

所配断路器型号	合闸线圈电压/V	合闸线圈电流/A	分闸线圈电压/V	分闸线圈电流/A
ZN3-10/1600-150	110/220	128/64		
ZN4-10/1000-16	110/220	98/50	110/220	5/2.5
ZN4-10C	220	50		

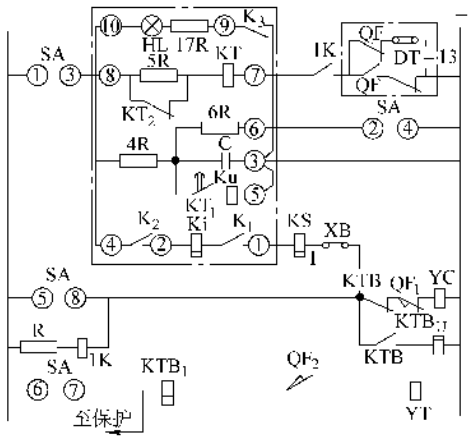


图 12-142　DH 型自动重合闸装置原理接线图

自身电流线圈 Ki 自保持，合闸接触器线圈 YC 得电，断路器合闸。

断路器合闸后，QF_1 辅助触点断开，K 和 1K 复位，重合闸继电器自动复位，C 再次经 4R 充电，准备下次动作。

若为持续性故障，则断路器重合后保护装置使断路器再次跳闸，由于 C 来不及充电到使 Ku 动作的电压，中间继电器 K 不能动作，从而只能进行一次重合闸。

若用控制开关 SA 手动分闸时，由于②④触点接通，C 经 6R 放电，重合闸装置不动作，断路器不能重合。在用控制开关 SA 手动合闸到永久性故障的线路上时，由于 C 充电时间不够，不足以使中间继电器

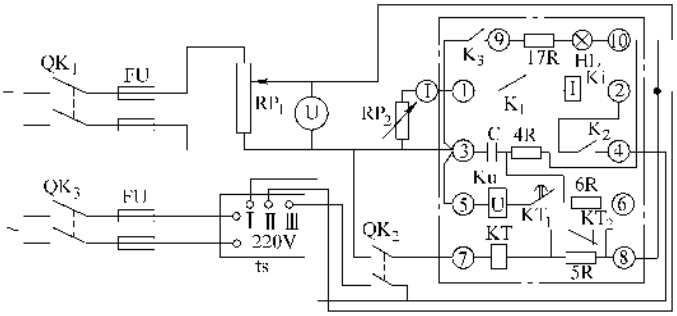


图 12-143 DH 型重合闸继电器的试验

动作，断路器不会再次重合。

若用控制开关 SA 投入断路器或者 K 动作后其触点因某种原因而未能复归时，此时线路故障还未消除，跳跃闭锁继电器的电流线圈 KTB_I 通过电流而动作并由电压线圈 KTB_U 自保持，断开合闸回路 YC，使断路器不致发生多次重合。

3）重合闸继电器的试验。试验电路见图 12-143，先将 QK_1 闭合，调整直流电压至继电器的额定值，监视灯 HL 亮，检查各元件应无异常现象；这时手按动 K 衔铁于动作位置，调节 RP_2 使流过 K 电流线圈的电流略低于 0.9 倍的额定电流，然后将手松开衔铁，继电器能自保持不应自动返回。

然后测定充电时间，在额定电压下闭合 QK_1，经 15～25s 后（如果重合闸时间的整定值大于 1s 时应减去整定时间），再投入 QK_2，K 能可靠动作并自保持。重复测定动作时间时，应先断开 QK_1 和 QK_2，以保持电容器在放电状态。

同时在额定电压下，闭合 QK_1，充电 60s 后瞬时短接⑥③端子，使 C 放电，然后再投入 QK_2，此时 K 应不动作。

最后测定重合闸时间，闭合 QK_1、QK_3 给 C 充电 25s 后，再闭合 QK_2，测量重合闸时，实测值与整定值比较，其误差不应超过 ±0.1s。

这里还要说明一点，组成自动重合闸装置（BZT）的其他低电压、低电流、中间、信号及时间继电器，应按有关继电器的试验方法及标准进行试验，这样才能保证 BZT 的可靠动作。另外要掌握 BZT 只能瞬时故障时动作一次，永久性故障或控制开关断开断路器时，BZT 不动作，不能多次重合。

（4）柜体的安装　高压柜体的安装方法及要求同低压柜，包括基础型钢的制作安装、柜体的吊装就位、找正、固定，详见第七章，所不同的有以下几点：

1）基础型钢的规格应按设计要求选定，一般为 20#槽钢。

2）有的手车柜的基础型钢应浇注在地面以下，其顶部高出地平不大于 10mm，以便手车能顺利拉出或推入。而有的手车柜只须将基础槽钢的前脸抹以水泥坡面以利手车出入。

3）柜体安装完毕后，手车的推入拉出应符合设备检查及试验中的要求。

2. GG 系列 10kV 开关柜

GG 系列开关柜是旧型号的固定式开关柜，基本骨架用角钢焊接而成，用薄钢板压制成前面板式小门，一般为 4 个，有继电器门、端子板门及开关侧的上下两只门。柜后为开启式，柜内用薄钢板隔开，上部为断路器室，下部为隔离开关柜，主母线水平安装在顶部支柱式绝缘子上，顶部装有隔离开关。隔离开关一般配手动操动机构，断路器一般配电动操动机构或手动操动机构（可电动分闸）。内部主要电气设备见表 12-59，一次线路的方案有百种，可根据具体情况及用途选用，详见电气设备手册。

表 12-59　GG-1A 型高压开关柜内主要电器设备

名称	型　　号	主要技术数据	备　　注
户内少油断路器	SN 10-10 Ⅰ	U_N:10kV I_N:630A、1000A S_N:300MVA	联合设计
	SN 10-10 Ⅱ	U_N:10kV I_N:1000A S_N:500MVA	联合设计
	SN 10-10 Ⅲ	U_N:10kV I_N:1250A、300A S_N:750MVA	
	SN3-10	U_N:10kV I_N:2000A、3000A S_N:500MVA	部定为保留产品
负载开关	FN1-10	U_N:10kV I_N:400A、200A	
	FN1(2、3)-10R	U_N: 10kV I_N: 200A	

（续）

名称	型号	主要技术数据	备注
隔离开关	GN2-10	U_N：10kV I_N：2000A、3000A S_N：300MVA	
	GN6-10	U_N：10kV I_N：400A、600A	有的生产厂用 GN15-10B（下）
	GN8-10	U_N：10kV I_N：1000A	有的生产厂用 GN15-10A（上）
熔断器	RN1-6	U_N：6kV I_N：20A、75A、200A S_N：200MVA	
	RN1-10	U_N：10kV I_N：20A、50A、100A S_N：200MVA	
	RN2-10	U_N：10kV I_N：0.5A S_N：1000MVA	
电流互感器	LA-10	U_N：10kV I_N：5～200、300～400、500、600～1000A	
	LAJ-10	U_N：10kV I_N：20～200、300、400、500A、600～800A、1000～1500A、1800～6000A	
	LFZ1-10	U_N：10kV I_N：5、10、15、20、30、40、50、75、100、150、200、300、400A	
	LFZJ1-10	U_N：10kV I_N：20～200A、75～200A	
	LDZ1-10	U_N：10kV I_N：300、400、500、600～1000A	
	LMC-10	U_N：10kV I_N：2000A、3000A	
电压互感器	JDZ-6	U_{1N}/U_{2N}：6/0.1kV	
	JDZ-10	U_{1N}/U_{2N}：10/0.1kV	
	JDZJ-6	U_{1N}/U_{2N}：6/0.1kV	
	JDZJ-10	U_{1N}/U_{2N}：10/0.1kV	
避雷器	FCD-6、10	U_N：6kV	
	FZ-6、10	U_N：10kV	
	FS-6、10		

（续）

名称	型号	主要技术数据	备注
穿墙套管	CB-10	U_N：10kV I_N：400、600、1000A	
断路器	DZ 10-100/330	U_N：380V 脱扣器 I_z：15、20、25、30、40、50A	
电磁操动机构	CD3	操作电压 合 220V、110V 分 220V、110V 操作电流 合 78.5A、157A 分 2.5A、5A	操作 SN3-10
	CD14	操作电压 合 220V、110V 分 220V、110V、48V、24V 操作电流 合 120A、240A 分 1.6A、3.2A、8A、16A	操作 SN10-10
	CD10	操作电压 合 220V、110V 分 220V、110V、48V、24V 操作电流 合 97.5,195A 分 2.5A、5A、11.5A、23A	操作 SN10-10
手动操动机构	CS2	操作 SN10-10 Ⅰ	
	CS3T	操作 FN1-10（R）-FN 2-10（R）-FN3-10（R）	
	CS 6-2	操作 GN 2-10/2000	
	CS 6-1	操作 GN 6（8）-10T	
支柱绝缘子	ZB-10Y	U_N：10kV	

注：表中 U_N 表示额定电压，I_N 表示额定电流（A），S_N 表示额定断流容量，I_N 表示整定电流（A）。

GG 系列开关柜的外形尺寸是与一次线路的方案不同而略有不同的，见图 12-144～图 12-149，技术数据见表 12-59，有些数据与 GFC 相同。安装基础见图 12-150～图 12-153。

（1）设备的检查和试验与 GFC 系列基本相同，因无手车，较为简单。这里只说明一下手动操动机构

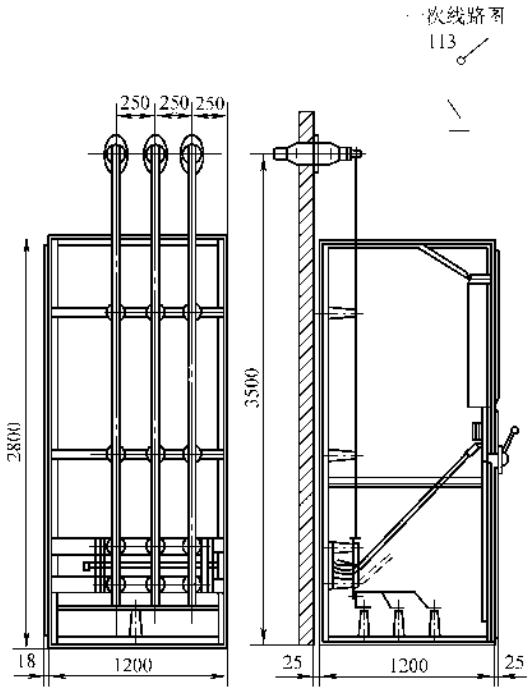


图 12-144 GG-1A 型高压开关柜
113# 方案外形尺寸

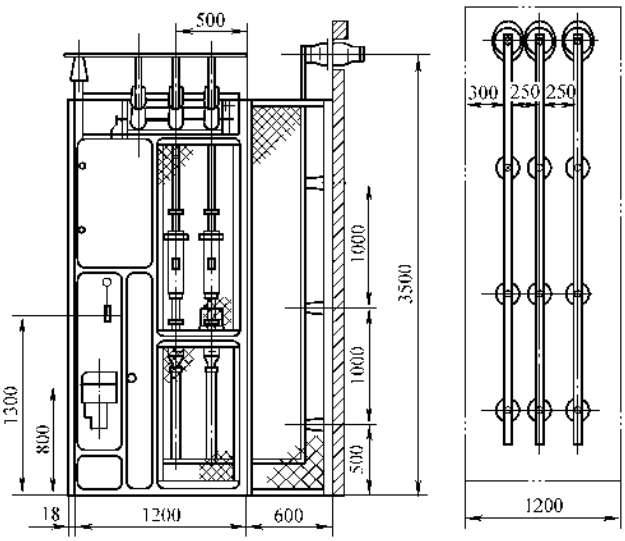


图 12-146 GG-1A 型高压开关柜
9～12# 方案及进线外形尺寸

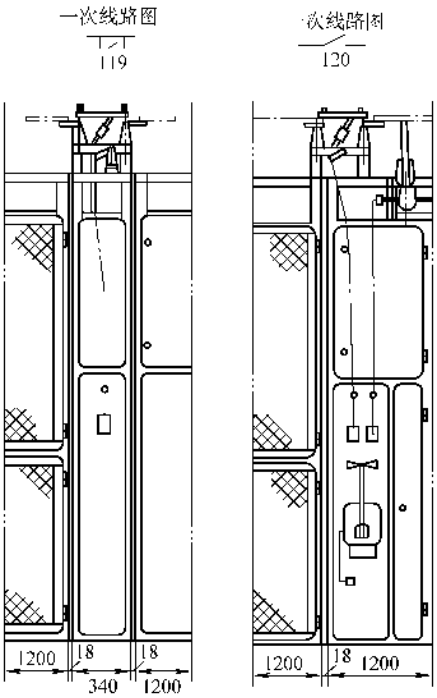


图 12-145 GG-1A 型高压开关柜
119～120# 方案外形尺寸

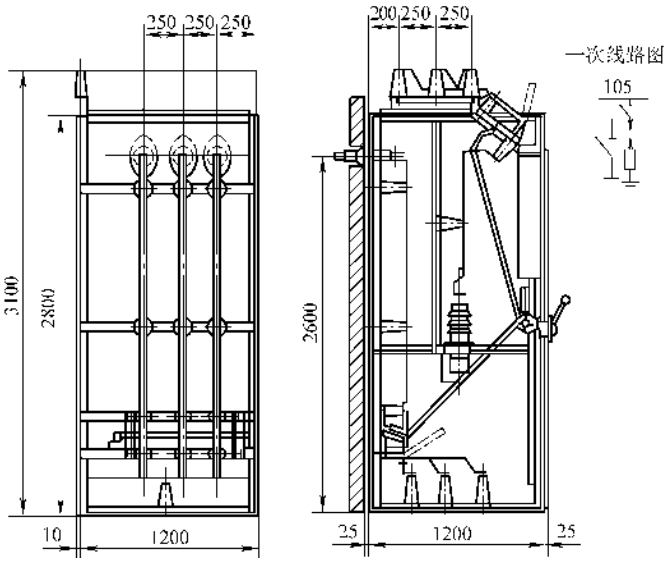


图 12-147 GG-1A 型高压开关柜
105# 方案外形尺寸

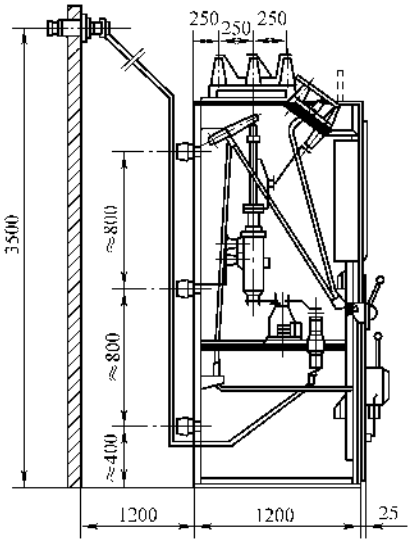


图 12-148　GG-1A 型高压开关柜
1～4#方案出线外形尺寸

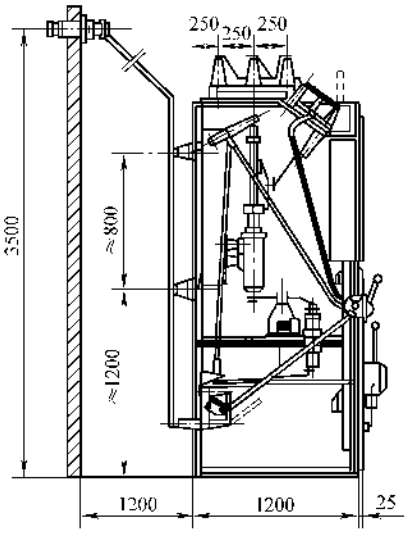


图 12-149　GG-1A 型高压开关柜
5～8#方案出线外形尺寸

的调整及试验。

1）CS2 型手动操动机构的外形尺寸见图 12-154，分类见表 12-60，脱扣器数据见表 12-61、表 12-62。转动该操动机构的合闸手柄可使断路器合闸，在合闸过程中的任何位置，都能用手动或操作脱扣器而分闸。合闸后，一般用脱扣器分闸，也可

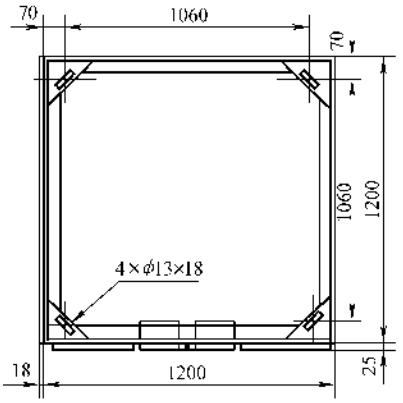


图 12-150　GG-1A 型高压开关柜 0～24#、
29～118#方案地脚尺寸

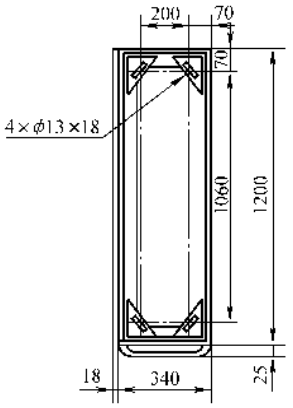


图 12-151　GG-1A 高压开关柜
119#方案地脚尺寸

用手动分闸。每台操动机构装设的脱扣器最多为三只。

①　检查机构内外各个部件的完整性，并进行清洁、润滑及缺陷的处理。

②　在图 12-155 所示的准备合闸位置上，锁钩 5、脱扣杠杆 7 和扣板 6 应能可靠紧密地扣住，通常可用手柄下端的支持螺钉进行调整，见外形结构图 12-154。

③　在图 12-155 所示的合闸位置上，把手柄从上向下转动 10°时，油断路器便能够分闸。可通过拧紧图 12-156 的摩擦弹簧 3 进行调整。

④　辅助开关当压缩到触点进入轴承架时，应无阻卡且能灵活复位。动触点的回转角度约为 90°，在

分闸位置时，传动拐臂与拉杆之间的角度不小于30°。可改变辅助开关的拉杆长度和拐臂上的调节孔进行调整。

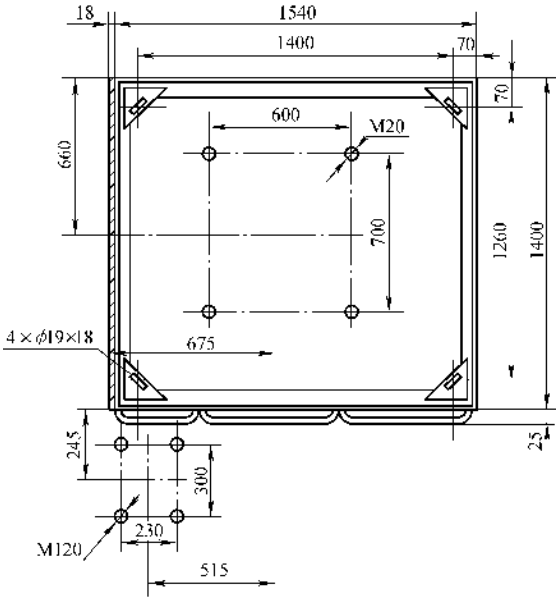


图 12-152 GG-1A 高压开关柜 25～28#方案地脚尺寸

⑤ 故障信号开关的拐臂4与水平线的角度在分闸位置时为12°，可变动止板5进行调整，见图12-157。

在手动分闸过程中，扭力弹簧3的动作与信号电路的接通、断开应配合适当。改变轴套2上的调节孔，可以改变扭力弹簧和拐臂的位置，从而改变扭力弹簧的压缩程度。

⑥ 脱扣器应按表12-62中的数值进行动作电流、动作电压以及电阻值的测量及试验，同时进行绝缘电阻的测量。脱扣器顶杆上端与脱扣杠杆之间的间隙为2～3mm，当电磁铁无电时，其动铁心和定铁心之间的间隙一般为5～8mm，同时应将铁心之间的油污擦净，使其截面整洁而光滑。动作电流各个厂家的数据略有不同，应对照说明书中的数据进行。

2）CS6手动操动机构的外形尺寸见图12-158～图12-160，其结构简单，主要用来操作户内高压隔离开关的，通常可改变拉杆在扇形板上的连接位置来进行调整，并用定位器将开关闭合的位置锁住锁死，操作开关分合时必须将定位器拔出。调整时应使手柄、板片、扇形片及拉杆等传动部件的中心轴线在一条直线上，且在转轴部位涂以少许凡士林，即可使开关分合自如而无阻无卡。检查部位主要是部件的完整、无裂纹、焊接部位可靠牢固、电镀良好无脱落、螺栓紧固可靠。

（2）柜体的安装 基本与GFC柜相同。

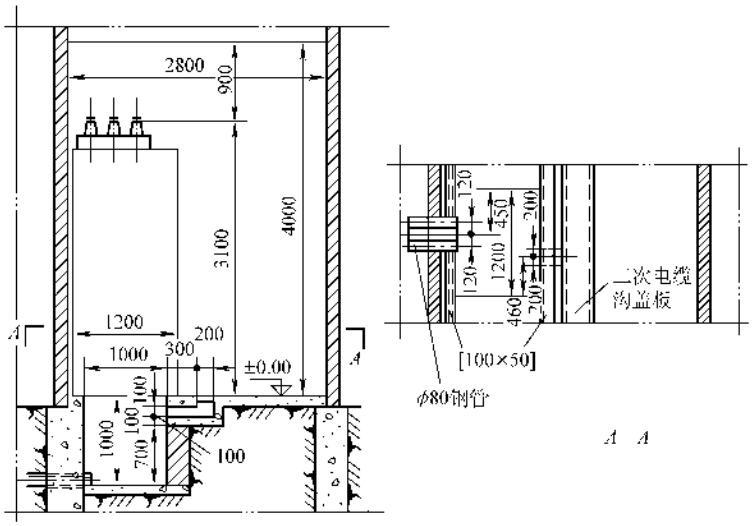


图 12-153 GG-1A 高压开关柜基础形式

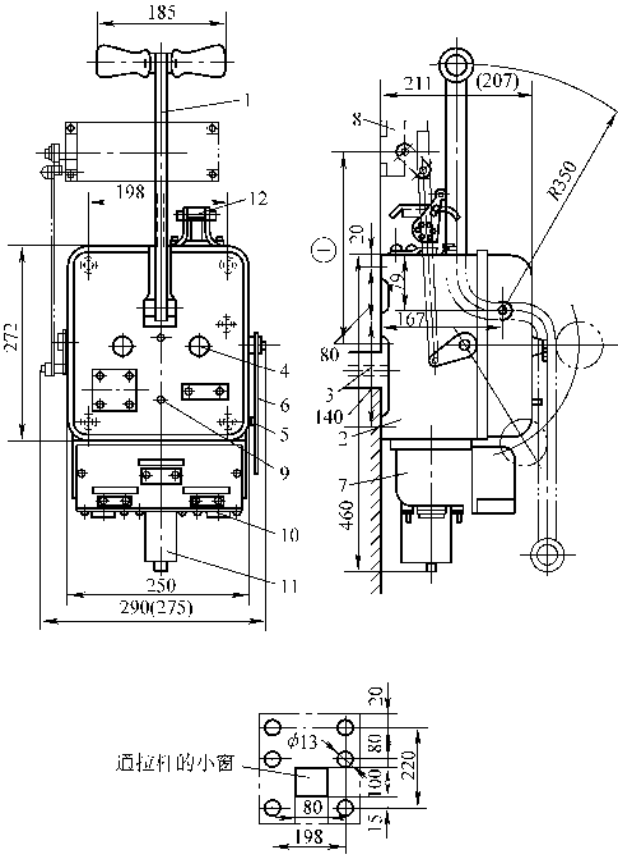


图 12-154　CS2 型手力操动机构外形及安装尺寸

1—手柄　2—底盒　3—连断路器的拉杆　4—固定螺钉　5—接地螺钉　6—指示板　7—脱扣器铸铁盒　8—F_1 型辅助开关　9—扣住失压脱扣器的按钮　10—瞬时过载脱扣器　11—失压脱扣器　12—F_{1-2}型故障开关

注：①无 F_{1-2}时不小于 240mm，有 F_{1-2}时不小于 270mm。

②括号内数字为不同厂家产品的尺寸。

表 12-60　CS2 型手力操动机构分类

型　　号	瞬时过电流脱扣器	失压脱扣器	分励脱扣器	速饱和分励脱扣器	型　　号	瞬时过电流脱扣器	失压脱扣器	分励脱扣器	速饱和分励脱扣器
	T_{1-1}，T_{1-6}	T_{1-3}	T_{1-4}	T_{1-5}		T_{1-1}，T_{1-6}	T_{1-3}	T_{1-4}	T_{1-5}
CS_{2-100}	1	—	—	—	CS_{2-344}	—	1	2	—
CS_{2-110}	2	—	—	—	CS_{2-350}	—	1	—	1
CS_{2-111}	3	—	—	—	CS_{2-355}	—	1	—	2
CS_{2-113}	2	1	—	—	CS_{2-400}	—	—	1	—
CS_{2-114}	2	—	1	—	CS_{2-450}	—	—	1	1
CS_{2-130}	1	1	—	—	CS_{2-455}	—	—	1	2
CS_{2-300}	—	1	—	—	CS_{2-500}	—	—	—	1
CS_{2-340}	—	1	1	—	CS_{2-550}	—	—	—	2
					CS_{2-555}	—	—	—	3

表 12-61 脱扣器技术数据

型号		额定电压/V		动作值			脱扣功率		代号
				额定电压百分率	整定电流（A）/电阻（Ω）		交流/VA	直流/W	
瞬时过电流脱扣器	T1-1	—		—	5/0.27 6/0.212 7/0.174 8/0.146 9/0.127 10/0.1	5/0.309 7/0.1999 8/0.167 10/0.129 12.5/0.096 15/0.078	50	50	1
	T1-6	—		—	5/0.27 7/0.174 9/0.127 11/0.105 13/0.086 15/0.072	—	50	—	
失压脱扣器	T1-3	110～127 220 380 500		65%～35%	—/53 —/190 —/715 —/1000	—/56 —/203 —/715 —/1000	30	30	3
分励脱扣器	T1-4	直流	12 24 48 110 220	65%～120%	5/2.2 5/4.8 2.52/19 1.25/87.3 0.7/311	5.05/4.92 2.4/20.5 1.17/88 0.68/330	60 120 120 130 154	120 116 129 150	4
		交流	110 127 220 380		3.1/18 3.45/18 2.15/51 0.82/210	1.8/16.2 1.4/46.5 0.48/219	341 440 473 312	198 308 182	
	T1-5	—		—	3.5/0.557	3.5/0.57	40	40	5

注：某些开关厂除生产表中三种脱扣器外，还生产延时过电流脱扣器，动作电流为 5～15A。

表 12-62　手动式操动机构的主要技术数据

序号	型号	合闸		分闸																		重量/kg	配装油断路器型号
		作用力/N	力矩/N·m	瞬时过载脱扣器			延时过载脱扣器			失压脱扣器				分励脱扣器					易饱和电流脱扣器				
				动作电流/A	电阻/Ω	功率/VA	动作电流/A	电阻/Ω	功率/VA	电压/V 额定电压	电压/V 动作范围(%)	电阻/Ω	功率/VA	电压/V 额定电压	电压/V 允许变动范围(%)	电流/A	电阻/Ω	功率/VA	动作电流/A	电阻/Ω	功率/VA		
1	CS1			5	0.277～0.313					110		48.79～57.24											DN1-10 DN2-6
2	CS2 CS2-X	300	200	5 7 8 10 12.5 15	0.27 0.212 0.175 0.146 0.127 0.1	50	5 6 7 8 9 10	0.3 0.236 0.195 0.166 0.143 0.127	50	110 127 220 380 500	低于65%额定电压时,动铁心释放;高于85%额定电压时,动铁心吸合	53 53 190 715 1000	30	直流 12 24 48 110 220 交流 110 127 220 380	65～120 65～120	5 5 2.52 1.25 0.7 3.1 3.45 2.15 0.82	2.2 4.8 19 87.3 311 18 18 51 210	60 120 120 130 154 341 440 473 312	3.5	0.577	40	25～30	DN1-10 DN2-6 SN1-10 SN2-10 SN5-10 SN6-10 SN7-15 DW1-35 DW6-35
3	CS13			5～15	0.226					110 220	低于65%额定电压时,动铁心释放;高于85%额定电压时,动铁心吸合	15±0.8 85～100		直流 24 48 110 220 交流 110 220 380	65～125 65～125		5～6.35 21.62～25.4 113.6～113.4 429.2～503.9 60.3～73 123.7～145.3 665～780.8					18	DN3-10 SN9-10

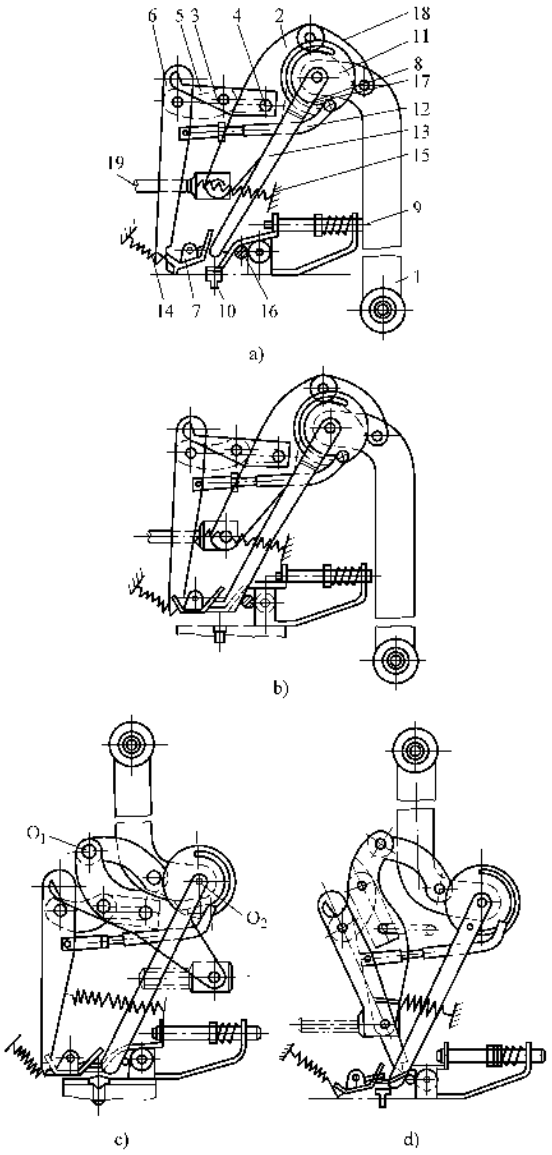


图 12-155 CS2 型手力操动机构动作图

a）手动分闸位置 b）准备合闸位置

c）合闸位置 d）自动分闸位置

1—手柄 2—拐臂 3、4—轴 5—锁钩 6—扣板 7—脱扣杠杆 8—轴 9—推杆 10—顶杆 11—圆盘 12—拉杆 13—分闸板 14、15—弹簧 16—角板 17—摩擦螺钉 18—连杆 19—输出拉杆

二、电容柜的安装及调整

电容柜分高压静电电容柜和低压静电电容柜两种及其派生的并联自动补偿成套柜，其外形结构与开关柜相同，安装方法及要求同开关柜的安装，主要区别是由于元件的不同而检查测试的内容也不同。

1. 高压电容柜的检查及测试

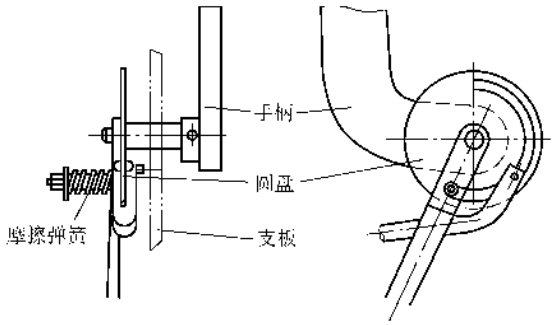


图 12-156 CS2 型手动操动机构的分闸摩擦机构

（1）电容器的检查

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（(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。

（2）电容器的试验 详见第五章相关内容。

（3）电抗器的检查和试验 与电力变压器的检查和试验相同。

（4）其他项目的检查和试验与高压开关柜相同。现将 TBB 型并联补偿成套柜的一次线路方案及主要电器列入表 12-63，并附原理图 12-161、图 12-162，供读者参考。

2. 低压电容柜的检查及测试

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，这里只讲述几点以前没有涉及的问题。

（1）功率因数自动补偿控制器的检查试验 功率因数自动补偿控制器的产品，型号繁多，要根据厂家提供的说明书进行检查和试验，这里只将常规性的检查和试验加以说明：

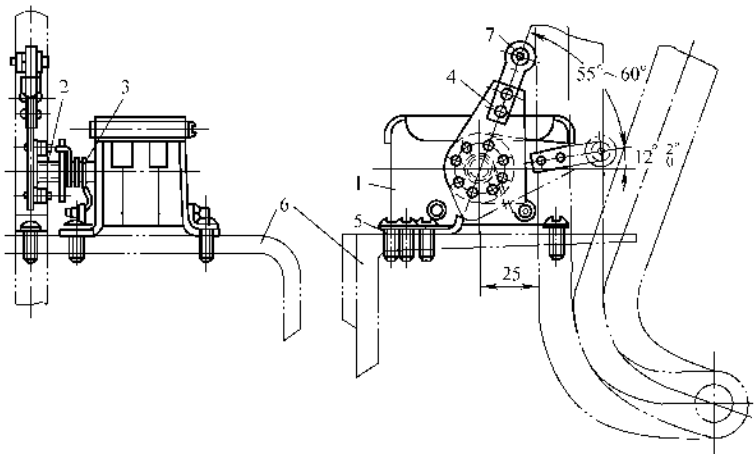


图 12-157　CS2 型手动操动机构的故障信号开关

1—故障信号开关　2—轴套　3—扭力弹簧　4—拐臂　5—止板　6—机构盒　7—滚子

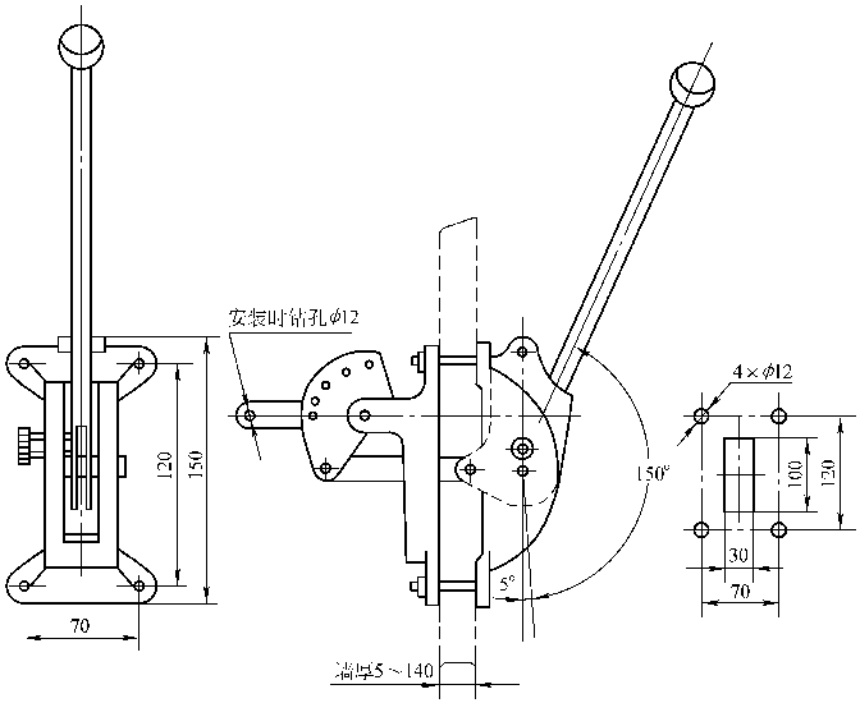


图 12-158　CS6-T 型手动操动机构外形及安装尺寸

1）外观检查应合格。

2）控制器的外部接线正确。

①　控制器的电压端子一般接在 AC 相上，也可接在 BC 相或 CA 相上。

②　控制器的电流输入端子是经互感器接入的，电流互感器的接入是与电压端子对应的，当电压接在 AC 相时，电流互感器应接在 B 相；电压为 BC 相时，电流应接在 A 相；电压为 CA 相时，电流应接在 B 相。

③　控制器输出的控制触点应分别接在相应的交流接触器的线圈上，也有经过中间继电器后再将中间继电器的触点接在相应的交流接触器线圈上的。

④　有的控制器配有手动按钮，接线已在内部接好。有的控制器无手动按钮，手动操作的按钮则装在柜上，接线应分别接在控制器输出的控制接点上。

⑤　控制器的外壳必须可靠接地。

⑥　检测电流的互感器 TAB 二次必须接线正确可靠，不得开路，此电流互感器的二次不得接地。

主回路的接线见图 12-163。

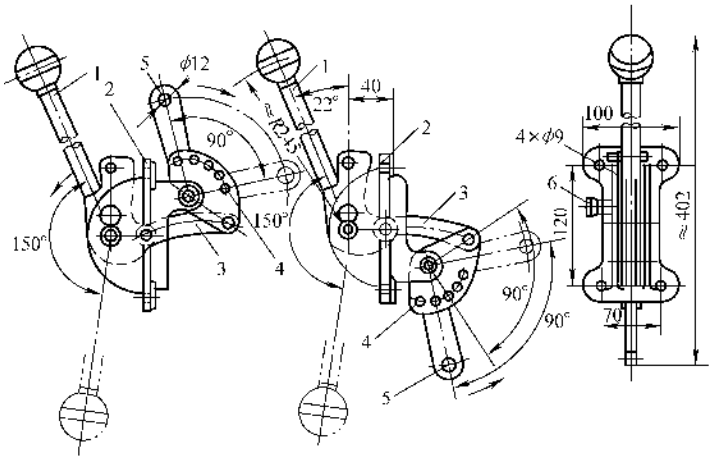


图 12-159 CS6-1G 型手动操动机构外形及安装尺寸

1—手柄 2—底座 3—板片 4—扇形板 5—杠杆 6—定位器

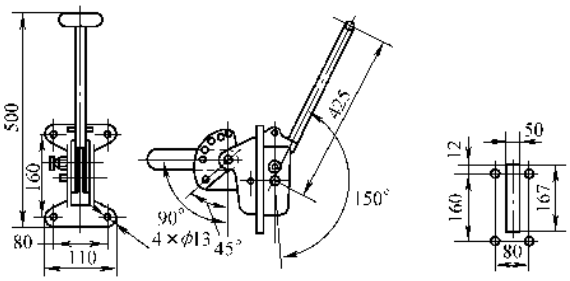


图 12-160 CS6-2 型手动操动机构外形及安装尺寸

⑦ 将控制器壳盖打开，内部的元件、接线应按第五章和第七章中有关电子元器件的检查进行。这里要注意一点，在测量柜中主回路的绝缘电阻时，应将控制器电压端子与柜内母线的连接暂时拆开，避免控制器内电子元件击穿。

3）控制器的试验。在变压器没有送电前，控制器的试验应临时接在运行的低压动力电路中进行动作试验，其接线必须遵照 2）中的条款进行，不得接错。

① 通电后，由于一般动力负载的功率因素角滞后，所以滞后指示灯应发亮，若不亮，则为输入的电流信号相位不对，可调换两根电流输入线在端子上的接线位置，或者是指示灯（发光二极管或小电珠）损坏。若亮，其继电器应工作，壳内发出继电器吸合的“咯嗒”声；如继电器不工作，可将超前电位器的调节螺钉顺时针旋转，直至壳内发出继电器吸合的声音，说明控制器投入工作正常。

继电器吸合后，可调节滞后电位器的螺钉，如能使吸合的继电器释放，则说明控制器的切除工作正常。

② 控制器投切工作正常，其接点控制的接触器也应动作正常。否则应检查交流接触器及其线路。

③ 将控制器的外部接线全部拆掉，将 0 ~ 1000V 的调压器接在 220V 的线路中，其输出端接在控制器的电压端子上，先检查过电压指示的灯泡或二极发光管是否良好，然后将电压升高，直至过电压指示灯发亮，这时的电压值一般为 420V，最大不超过 440V，否则说明控制器过压保护功能失调，应重新整定，可按说明书的电路图中给定的电压调节电位器整定。过压后电容投入应停止进行。

④ 装有手动按钮的应试验手动投入电容的情况应正常。

4）控制器的调整。控制器的调整必须在变压器投入运行且低压动力系统进入试运转阶段进行。调整前应再次检查控制器的外部接线及相位是否正确可靠。

① 通电后，滞后指示灯亮，继电器工作，电容投入；若不投入电容，可能是未达到每步投入电容的 kVar 值，这时可根据 $Q=\sqrt{3}UI\sin\phi$ 进行核算（U、I 由表可读出，ϕ 可由功率因数表读出 $\cos\phi$，再进行换算），经核算已达到投入值而不投入，可把超前电器位顺时针旋转、直到第一组电容投入。

② 随着负载的增加，电容应逐级投入，而随着负载的减小，电容应逐级切除、并随时根据电流表读数及 $\cos\phi$ 表指示值和说明书中提供的参数整定进行复核。

③ 如果控制器不能进行投切，说明整定已乱，可先把滞后和超前电位器顺时针旋转到头，然后根据电流表和 $\cos\phi$ 表的指示调节滞后电位器使控制器出现投入。当负载减少时，再根据电流表和 $\cos\phi$ 表的指示值调节超前电位器使控制器出现切除。

④ 控制器调好后，电位器的旋钮不应再动，可随时监视电流的增（电容投入）及电流的减小（电容切除）。

表 12-63　TBB 型补偿柜一次线路方案及主要电器设备

名　称		开　关　柜	电　抗　器	进　线　柜	电容器柜		电容器柜
一次线路图							
电器名称型号		隔离开关　GN_6-10	串联电抗器　CKS-10	避雷器 FS-10,FS-0.5	并联电容器:		并联电容器:
		电流互感器　LQJ-10	(成套装置总电容容抗的6%)	放电线圈 JSJB-10	BWF11/$\sqrt{3}$ $^{25}_{33.4}$—1W		BWF11/$\sqrt{3}$ $^{25}_{33.4}$—1W
		真空断路器　ZN-10		放电指示灯 XD7-110V	BFM11/$\sqrt{3}$		BFM11/$\sqrt{3}$ —50—1W
		隔离开关　GN8-10		隔离开关　GN6-10	跌落式熔断器: RW-10		跌落式熔断器: RW-10
				电流互感器 LQJ-10			
外形尺寸	高/m	参见 GG-1A,GFC 开关柜有关尺寸	参见串联电抗器产品样本	3.3,3.0	3.3,3.0		
	宽/m			1.2	1.2×N+0.035		
	深/m			1.47	1.47		
安装尺寸/mm		同上	同上	15×25/1000×1340	15×25/900×1340		

注:1. 上述排列方式为左进线。开关柜、电抗器至进线柜的铝母线排和电缆用户自备。

2. 高度为 3 米的电容器柜需修改通风沟。

3. 开关柜可以装在电容器室也可装在开关柜室,电抗器(油浸)可装在室内,也可装在室外。

4. 电容器柜总宽度为 1200×n+35(mm)(n 为电容器柜台数)。

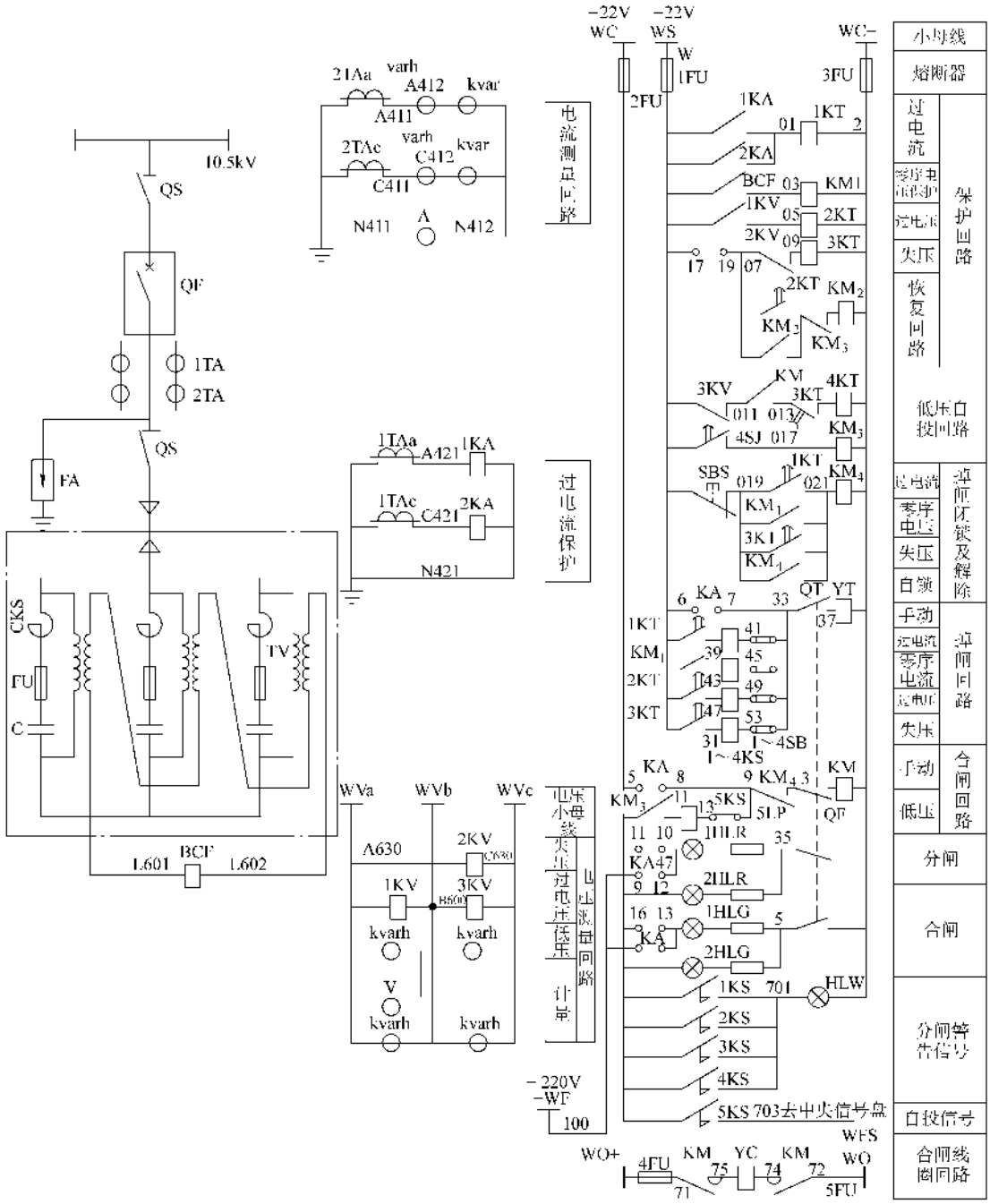


图 12-161 TBB-10.5 型(接线电气原理图（一）

注：图中 BCF 可为△联结（零序保护）、双△联结（横差保护）、(联结（零序电压保护）、双(联结（中性线平衡保护）。

⑤ 运行一段时间后，应观测接触器触头是否被电弧烧坏，否则说明接触器的断流能力较小，应更换大一级的接触器。另外还要观测熔断器是否过热，熔丝是否熔断，否则说明选型较小，应适当增大。

⑥ 接触器投切时，起始第一步及最后一步向第一步的时间间隔较长，各型号的控制器不一，一般为 2～3min，其他步间间隔也不一，通常为 30s 左右。

（2）检查及试验过压保护装置 低压电容柜一般装有金属氧化锌避雷器或 RC 阻容过电压吸收装置，以避免切换过程中产生的过电压将开关击穿。

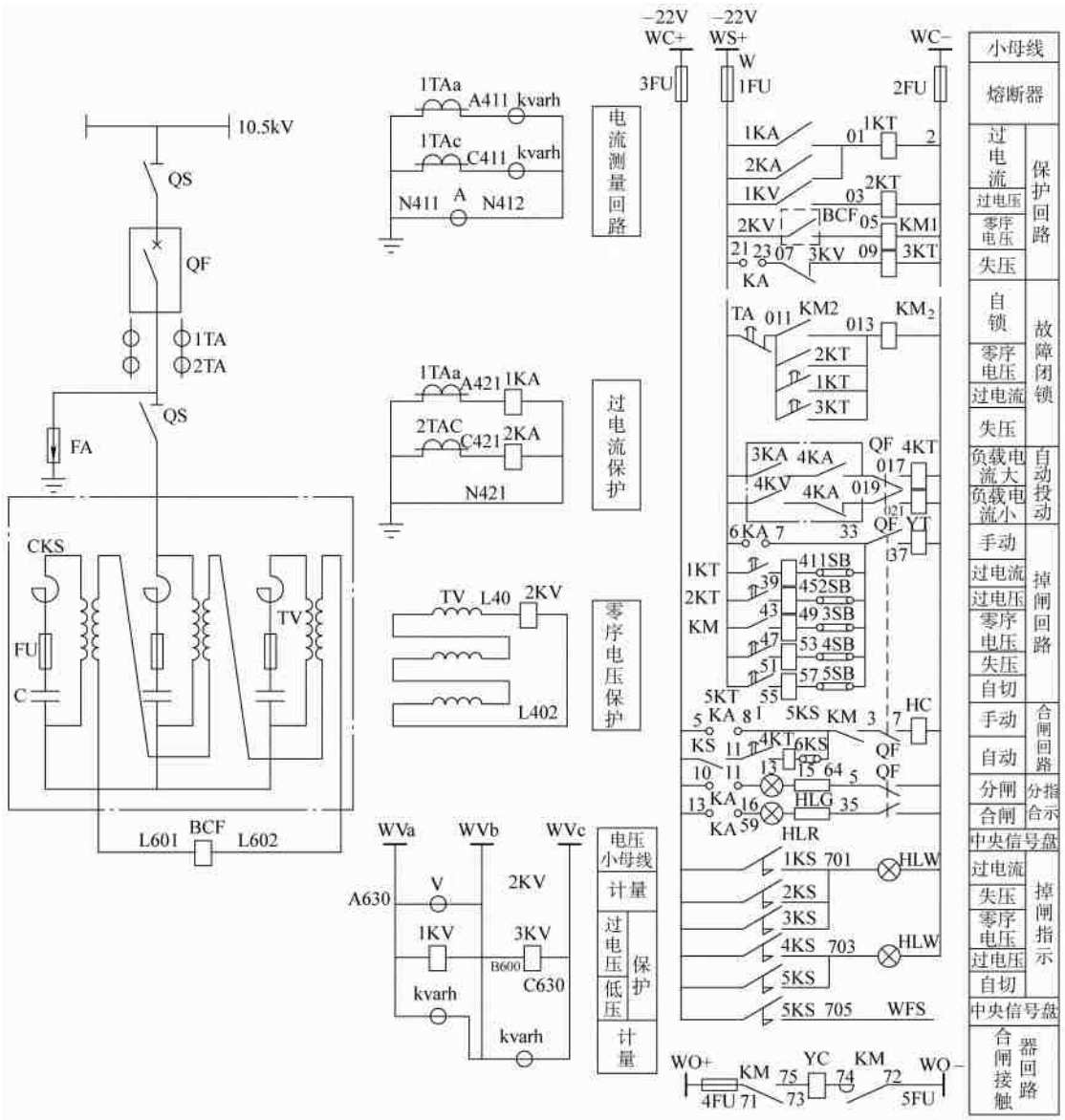


图 12-162　TBB-10.5 型(接线电气原理图（二）

注：图中 BCF 可为△联结（零序保护）、双△联结（横差保护）、(联结（零序电压保护）、双(联结（中性线平衡保护）。

对于避雷器及 RC 阻容装置在现场一般用 1000V 的绝缘电阻表进行试验。在绝缘电阻表的输出端先并接一只 2500V 的直流电压表（接时要校对极性，如接反可对调线头），然后把避雷器或 RC 阻容装置与系统的接线临时拆开，接在绝缘电阻表的输出线上。检查无误后即可摇动绝缘电阻表，逐渐将电压升至 250V 并维持转速使电压稳定在 250V，这时绝缘电阻表的读数应→无限。最后加快转速直至使电压大于 1000V 到 1300V，这里绝缘电阻表的读数为 0，表示已击穿放电，这里要注意，指向 0 时的时间不得大于 2s，以免击坏绝缘电阻表。

在做此项试验时，除外观检查合格外，应先用万用测一下避雷器及 RC 阻容装置的直流电阻，至少应大于 2MΩ。

三、直流屏的安装及试验

变电所常采用 BZGN-1 系列镉镍电池直流屏，其外形尺寸见图 12-164，电气原理图见图 12-165，绝缘监察、电压监察及闪光装置原理接线图见图 12-166，主要技术数据见表 12-64～表 12-66。

直流屏与低压柜安装的方法及要求相同，也是安

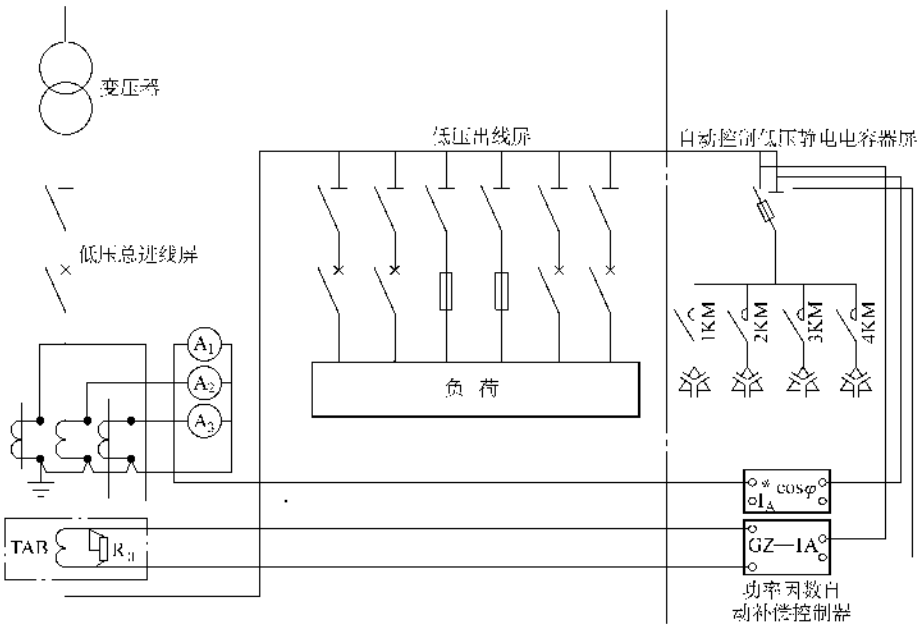


图 12-163 低压电容柜主回路接线系统原理图

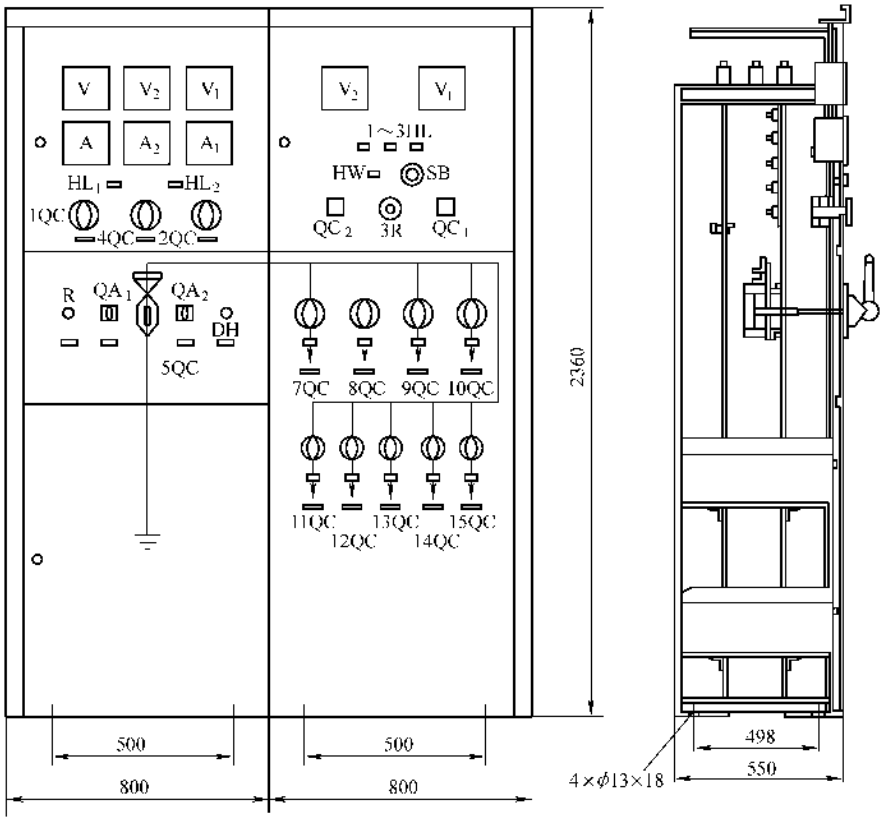


图 12-164 BZGN-1 系列镉镍电池直流屏外形尺寸

注：安装孔尺寸：500mm×498mm，4 孔 φ13×18。

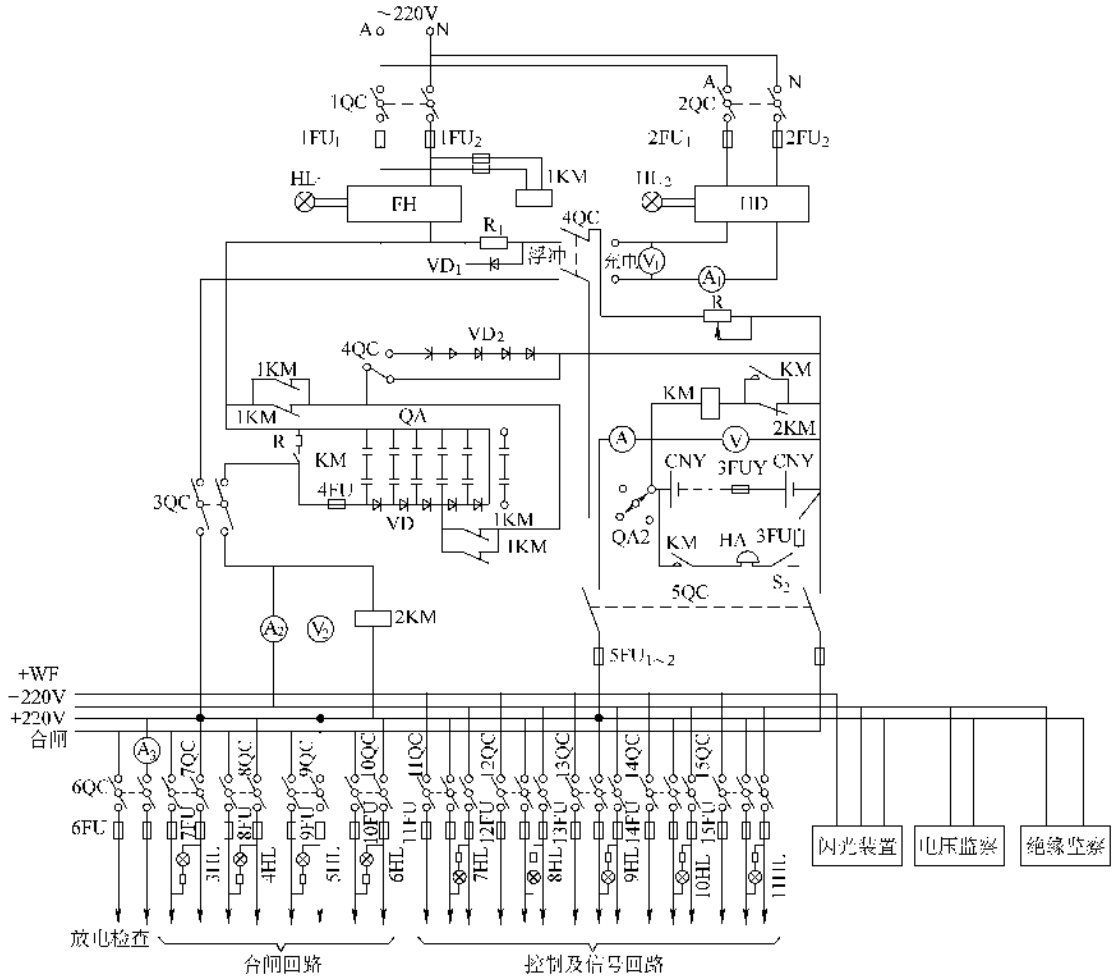


图 12-165　BZGN-1 镉镍电池直流屏电气原理图

装在电缆沟上。

1. 直流屏的检查

1）元件的外观检查同前，并将柜内、电池上下清扫干净。

2）按照厂家提供的说明书中的接线图进行查线，接线必须正确牢固；镉镍电池的接线正负极要正确且无松动；熔断器完整，熔丝选择适当；指示灯灯丝完好；二极管完好，接线正确。

3）将临时电源接在总开关 2QC 的上闸口，见图 12-165。将浮充、充电选择开关 4QC 打在浮充或充电上、然后闭合总开关，这时充电装置输出端的电压表都应有读数，并用万用表直流电压挡去复核。同理复核浮充装置的输出电压应正常。

4）绝缘电阻的测试。将所有的开关置于断开的位置，用 500V 绝缘电阻表测量母线的绝缘电阻应大于 2MΩ。

5）继电器的检查和试验。见保护屏的有关内容。

2. 直流屏的充电试验

（1）镉镍电池组的充电　充电前应先用万用表测量电池原有电压，一般出厂前已充电。先将镉镍电池顶盖上的气塞帽打开，将临时电源接在端子板的 AN 上，将 5QC 断开，4QC 打向充电位置，然后合上电源开关 2QC，信号灯 2HL 应点亮，充电机 HD 接通，向镉镍电池组充电，调节板面上的电位器 R 钮，并观察电流表 A_1，使之达到 4h 充电率的额定电流值（详见说明书）。当电池组充足电后，将 4QC 旋至零位，这时可用验电器试验充电是否已完成，否则应找出原因再进行充电直至达到要求。也可用其直接驱动电动操动机构的电磁铁，并观测合闸电流。充电时应监测柜内有无异常，如发热、焦糊、流液、异味、声响等，如有应及时处理。

充好电后，将气塞帽盖好，必要时应用蜡将其封住。

（2）浮充电的试验　将 4QC 打向浮充位置，合上 1QC，信号灯 1HL 亮，浮充电动机 FH 接通，这时

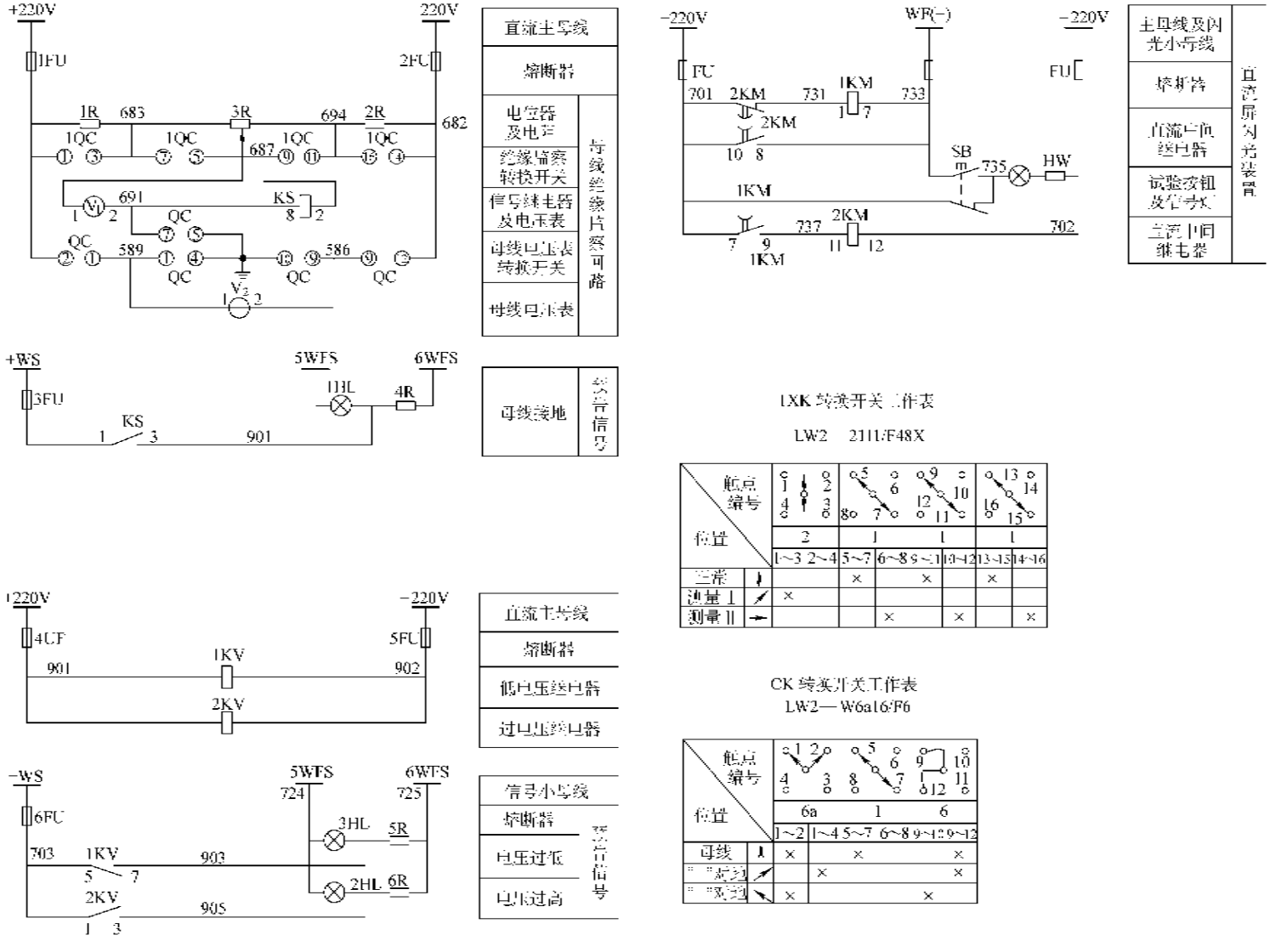


图 12-166 镉镍电池屏绝缘监察、电压监察、闪光装置原理图

中间继电器 1KM 接通吸合，其常闭点断开，使电池组与控制母线断开，电池组进行浮充电。合上 3QC，浮充电池同时向控制母线供 220V/12A 的电源。

这时将门面上的 QA_2 打开，当电流表 A 的指针偏向上方时，表示电池组的浮充电流值，当指针偏向下方时，则表示电池组的放电电流值。同样调节 R 可调节充电电流，但不得调到零位，不要超过刻度盘上红点标记。

当电池组电压高于浮充电压时，电池组经 R—A_1 向控制母线放电；当电池组低于浮充电压时，电池组经 R_1—R 接受充电。浮充时注意事项同上。

（3）母线电压的调节试验　调节器由转换开关 QA_1 和 5 组串联的硅二极管组成，每组串联 10 只，分 5 档切换，每档可调 7V 电压，最大调节 35V。调节时，应观察电压表的变化。当调节回路有故障时，可用 4QC 接通备用二极管 VD_2。

（4）试电停电试验　将临时电源的开关拉掉，2KM 释放，接触器 KM 接通，把控制母线与电池组接通，这时发出声响报警信号，可用 S_2 消声。这时可用万用表测量母线电压，或用直流电磁铁进行空投试

表 12-64　BZGN-1 系列镉镍电池直流屏技术数据

型　号	交流输入相数及电压/V	主回路直流输出				辅助回路直流输出		电压调整器可调电压范围/V	合闸时电池端电压/V	外形尺寸/mm 长×宽×高	质量/kg
		电压/V	电流/A 瞬时值	电流/A 持续值	事故输出容量/AhV	电压/V	电流/A				
BZGN-1-10/220	1 相 220	220	120	8	5	220	5	35	≥187	电：860×550×2360 控：860×550×2360	800
BZGN-1-20/220			240	12	10		5				800
BZGN-1-40/220			480	12	20		6			电：860×550×2360 控：2（860×550×2360）	1200
BZGN-1-40/110		110	480	15	20	110	5	20	≥93.5	电：860×550×2360 控：860×550×2360	900

注："电"指电源屏，"控"指控制屏。

表 12-65　充电、浮充电源技术数据

型　号	充电电源				浮充电源				备　注
	输入电压/V	输入功率/kW	直流电压调节范围/V	直流电流/A	输入电压/V	输入功率/kW	输出电压/V	输出电流/A	
BZGN-1-10/220	220±10%	2	180～300	3	220±10%	2	220±2%	8	
BZGN-1-20/220				5		3		12	
BZGN-1-40/220				10		3		12	
BZGN-1-40/110			90～150	10		2	110±2%	15	

表 12-66　镉镍蓄电池主要技术数据

直流屏型号	镉镍电池组型号	电池额定容量/Ah	镉镍电池组 电压/V	镉镍电池组 串联电池个数	4h 充电率 充电电流/A	4h 充电率 时间/h	1 倍率放电时间/h	备　注
BZGN-1-10/220	GNG10-Ⅱ	10	≤220	180	3	6	≥1	
BZGN-1-20/220	GNG20-Ⅱ	20		180（192）	5			
BZGN-1-40/220	GNG40-Ⅱ	40		180（192）	10			
BZGN-1-40/110	GNG40-Ⅱ	40	≤110	90（96）	10			

注：表中串联电池个数栏括号内为最多能装的电池个数，以满足某些用户因直流线路较长，电压降超出规定时，增加镉镍电池，提高输出电压用，增加的数量需在订货时注明。

验，应正常。

（5）绝缘监察的试验　绝缘监察是根据直流电桥的原理构成的，见图 12-167。$R_1 = R_2$，R_+ 和 R_- 分别为正极、负极对地的绝缘电阻且相等，正常情况下 KS 没有电流流过。但当 R_+ 或 R_- 减小时，电桥失去平衡，KS 动作，便发出信号。

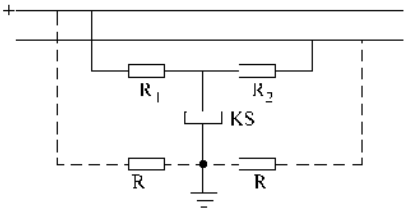


图 12-167　绝缘监察原理图

1）将门上的转换开关 QC_1 和 QC_2 置于正常位置，调节 3R 钮，使 V_1 的读数为零，KS 不动作。这里 V_2 的读数指示为母线电压。当 QC_2 打在“－”对地或“＋”对地时，V_2 应指示负母线或正母线对地电压，应相等。

2）这时可人为地将正母线或负母线接地，电桥失去平衡，KS 动作，V_1 有指示，IHL 指示灯点亮报警。然后将 QC_1 打在“测量Ⅰ”位置或“测量Ⅱ”位置，V_2 的指示应为零，表示该母线已发生接地。这时调节 3R 钮，使 V_1 为零。再把 QC_1 打到与前一操作相反的位置Ⅱ或Ⅰ上，此时 V_1 的指示即为直流系统总的对地电阻 R_Σ 的数值。V_1 为电压和电阻双刻度电表，电阻的刻度应与系统的额定电压相对应，即电阻表尺的零刻度，应位于电压表尺 1/2 直流系统额定电压处。

测试完后应将短接线拆掉，然后将桥路恢复正常。

（6）电压监察的试验　过电压继电器的动作电压整定为 $1.25U_N$，低电压继电器的返回电压整定为 $0.75U_N$，U_N 为直流母线的额定电压。

（7）闪光装置的试验　按下 SB 钮，信号灯 HW 切换至闪光母线 WF（＋）上，这时 SB 的常开点相当于断路器的位置与控制开关不对应的回路，HW 相当于断路器的位置指示灯，如果闪光装置工作正常，则 HW 即发出明显的闪光。SB 不动作时，HW 经 SB 的常闭点接于正负电源之间，起监视闪光装置直流电源及熔断器 7FU 和 8FU 的作用。

其中 1KM 常选用 220V DZS-115 型直流中间继电器，2KM 选用 JT3-11 型 220V 直流电磁继电器。

闪光装置是为断路器的动作位置与其控制开关不对应而设置的，以防止误操作，见图 12-168，当值班人员手动操作使断路器跳闸时，操作后控制开关 SA 是位于“跳闸后”位置，SA 是装于控制屏上的转换开关，这时 SA 的 10-11 触点接通，绿灯 HG 发出平光，指示断路器在跳闸位置，这时断路器的动作位置与 SA 的操作位置是一致的。假如断路器是由继电保护电路动作而自动跳闸时，SA 不会随之动作，仍为原来的“合闸后”位置，但断路器已处于跳开分闸位置，两者的位置出现了不对应，这时绿灯 HG 经 SA 的 9-12 触点将其与闪光电源小母线 WF（＋）接通（QF 是断路器的辅助接点，分闸后已闭合），由于电源是连续的间断脉冲，因此绿灯开始闪光，引起工作人员注意。将 SA 切换至“跳闸后”位置时，则控制开关与断路器两者的位置才对应，绿灯闪光停止，又发出平光，才允许再次进行合闸。当自由动装置进行自动合闸时，也将出现位置不对应情况，此时红灯 HR 闪光，工作原理同上。

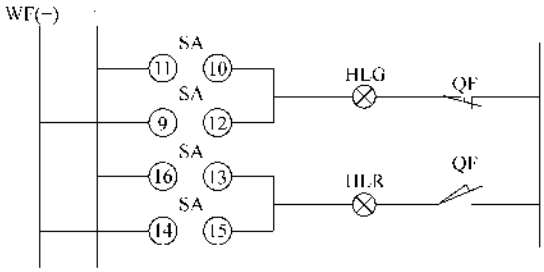


图 12-168　断路器自动跳、合闸的灯光信号

四、控制屏的安装及调试

控制屏主要是用来远距离控制断路器分合闸的，以致使变压器接入电力系统或者使送出的线路接通并付之运行，另外在控制屏上还装有仪表、信号等装置及模拟接线，以便反映变压器或线路的运行情况。工程中常采用 PK-1 控制屏或 PTK-1 控制台，外形尺寸及基本布置见图 12-169～图 12-174。

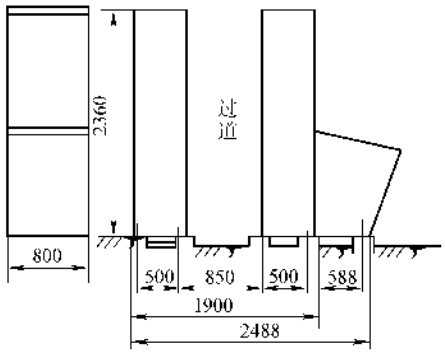


图 12-169　双屏台外形尺寸

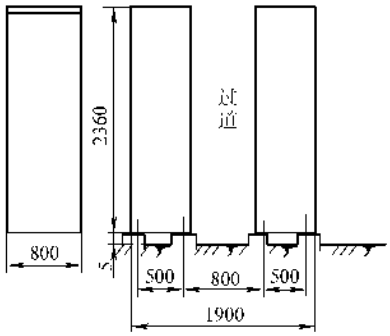


图 12-170　双屏外形尺寸

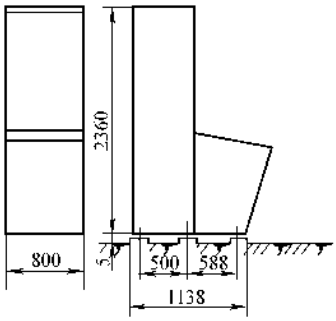


图 12-171　单屏台外形尺寸

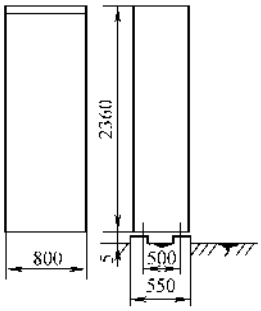


图 12-172　单屏外形尺寸

变压器控制屏的屏面布置图见图 12-175，35kV 线路控制屏的屏面布置图见图 12-176。本电站中没有从站内送出的 35kV 线路，故没有设 35kV 线路控制保护屏、这里只是向读者介绍其布置方式，以便在其他工程中应用。

控制屏的安装方法及要求同低压柜，这里只介绍元件的检查及测试方法。

1. 控制开关

控制开关常选用 LW_2-Z-1a、4、6a、40、20、6a/

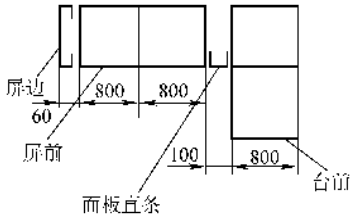


图 12-173　面板直条的安装

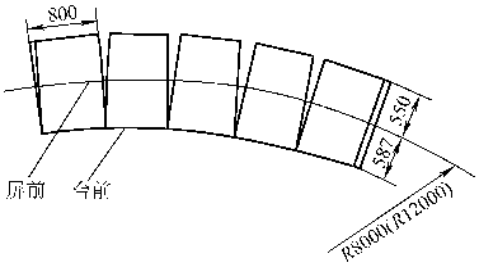


图 12-174　弧形控制屏台布置示意

F8 型转换开关，其外形尺寸见图 12-177，其触点图表见表 12-67。

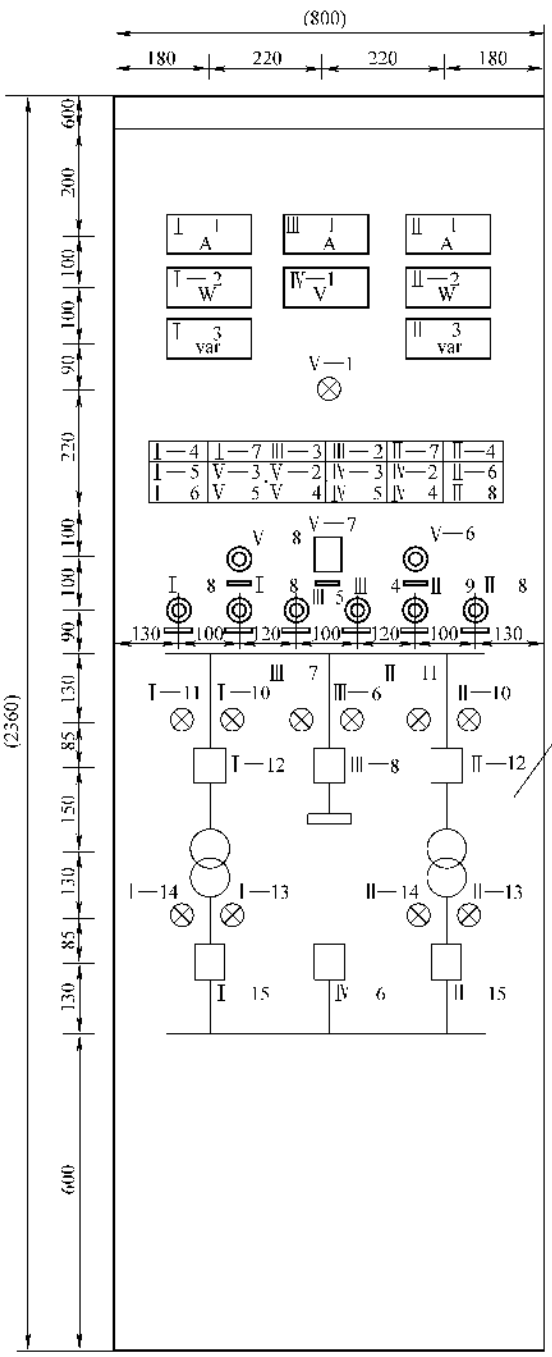
LW_2 转换开关用于断路器的跳闸，合闸操作，但都必须分成两步进行，这样可防止误操作。例如，“跳闸后”位置，要进行合闸操作，则先将手柄顺时针转动 90°至“预备合闸”位置，然后再顺时针转动 45°至“合闸”位置，这时 5～8 触点接通，即将断路器合闸回路接通，断路器合闸。操作完后，手柄在复位弹簧的作用下自动返回垂直的“合闸后”位置。这个位置与“预备合闸”的位置相同，但从触点图表上可知其内部触点的闭合是不同的。

再如，“合闸后”到跳闸的操作先是逆时针转动手柄 90°至“预备跳闸”位置，然后再逆时针转动 45°至“跳闸位置”，触点 6～7 接通，将断路器跳闸回路接通，断路器跳闸。同样操作完后，手柄要自动返回“跳闸后”的位置。同样可知“跳闸后”和“预备跳闸”虽位置相同，但内部触点闭合是不同的。

暂时将转换开的接线拆掉，这时要注意导线的编导，以免弄乱倒错。先用 500V 绝缘电阻表摇测触点的绝缘，应大于 2MΩ，然后对照表 12-67 用万用表测量触点的接触是否良好及正确。

2. 光字牌

光字牌是一种信号灯，可将所指示的信号用笔写在上面，光字牌为矩形，应检查灯泡是否良好，接线是否正确。



光字牌内的标字

符号	编号	标字
1HL	Ⅰ—4 Ⅱ—4	气体
2HL	Ⅰ—5 Ⅱ—5	温度
3HL	Ⅰ—6 Ⅱ 6	过载
4HL	Ⅰ—7 Ⅱ—7	
1HL	Ⅲ—1	自动重合闸
2HL	Ⅲ 2	
1HL	Ⅳ—1	10kV母线接地
2HL	Ⅳ—2	10kV母线电压低
3HL	Ⅳ 3	10kV母线电压高
4HL	Ⅳ—4	
1HL	Ⅴ—1	事故信号熔断器熔断
2HL	Ⅴ—2	10kV断电装置
3HL	Ⅴ 3	保护回路熔断器熔断
4HL	Ⅴ—4	掉牌未复归

标签框内的标字

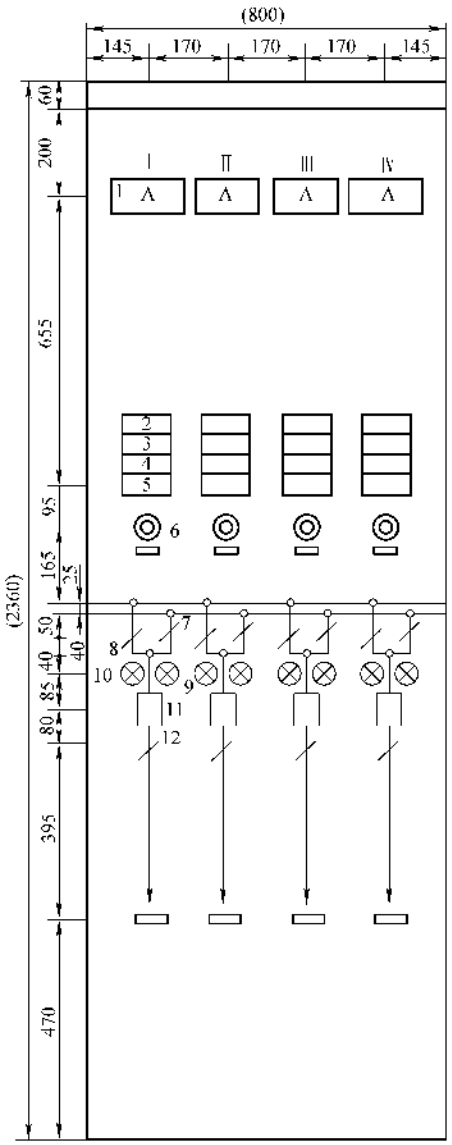
编号	标字
Ⅰ 8 Ⅰ 9	1号主变压器保护回路熔断器检查
Ⅱ 8 Ⅱ 9	2号主变压器保护回路熔断器检查
Ⅲ 4	35kV线路保护回路熔断器检查
Ⅲ—3	接地检查
Ⅴ—6	中央音响信号解除
Ⅴ—8	事故信号试验
Ⅴ—7	光字牌检查

图 12-175 35kV 主变压器控制屏屏面布置图

设　备　表

编　号	符　号	名　称	型　号	技术特性	数　量	备　注
安装单位Ⅰ或Ⅱ（1号或2号主变压器）						
1	PA	电流表	16L1-A	/5A	1	
2	PW	有功功率表	16D3-W	10000/100V/5A	1	
3	PR	无功功率表	16D3-VAR	10000/100V/5A	1	
12、15	1SA，2SA	控制开关	LW_2-Z-1a、4、6a、40、20/F8		2	
9、8	1SB、2SB	按钮	LA18-22	440V　5A	2	
11、14	1HG，2HG	绿灯	XD5	220V	2	
10、13	1HR，2HR	红灯	XD5	220V	2	
4～7	1HL～4HL	光字牌	XD10	220V　15W	4	
	1R，2R	电阻	ZG11-25	1000Ω　25W	2	
	1FU～4FU	熔断器	R1-10/4A	250V	4	
	5FU～6FU	熔断器	RX1-10/4A	250V　10/4A	2	带信号触点
	1QK，2QK	刀开关		250V　10A	2	
		标签框	BZ-15		2	
安装单位Ⅲ（35kV线路）						
1	PA	电流表	16L1-A	/5A	1	
8	SA	控制开关	LW_2-Z-1a、4、6a、40、20、6a/F8		1	
7	HG	绿灯	XD5	220V	1	
6	HR	红灯	XD5	220V	1	
2、3	1HL，2HL	光字牌	XD10	220V　15W	2	
4、5	SB_1、SB_2	按钮	LA18-22	440V　5A	2	
	1FU～2FU	熔断器	R1-10/4	250V　10/4A	2	
	3FU	熔断器	RX1-10/4	250V　10/4A	1	带信号触点见说明
	1R	电阻	ZG11-25	1000Ω　25W	1	
	1QK，2QK	刀开关		250V　10A	2	
		标签框	BZ-15		2	
		标签框	BZ-30		1	
安装单位Ⅳ（10kV电压互感器）						
1	PV	电压表	16L1-V	10000/100V	1	
2～5	1HL～4HL	光字牌	XD10	220V、15W	4	
6	QC	转换开关	LW2-4、6a、5/F4-8x		1	
	1QK，2QK	刀开关		250V　10A	2	
安装单位Ⅴ（中央信号）						
7	QC	转换开关	LW5-15		1	
6	SB_1	按钮	LA18-22	440V　5A	1	
8	SB_2	按钮	LA18-22	440V　5A	1	
1	HW	白灯	XD5	220V	1	
2～5	1HL～4HL	光字牌	XD10	220V　15W	4	
	R	电阻	ZG11-50	1000Ω　50W	1	
	1FU～6FU	熔断器	R1-10/6A	250V　10/6A	6	

图12-175　35kV主变压器控制屏屏面布置图（续）



设 备 表

编号	符号	名称	型式	技术特性	数量	备注
安装单位Ⅰ(或Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ)35kV线路						
1	PA	电流表	$16T_2$ A		1	
2～5	1HL～4HL	光字牌	XD10	220V 15W	4	
6	SB	按钮	LA18-22	500V 5A	1	
9	HR	红灯	XD5	220V	1	
10	HG	绿灯	XD5	220V	1	
11	SA	控制开关	LW_2-Z-1a、4、6a、40、20、6a/F8		1	
7、8、12		模拟位置指示器		手动	3	
	R	电阻		2000Ω 25W	1	
	1FU、2FU	熔断器	R1-10/1A	250V	2	
	1QK、2QK	刀开关		250V 10A	2	
	11FU、12FU	熔断器	R1-10/10A	250V	2	

光字牌上的标字

符号	编号	标 字
1HL	2	自动重合闸
2HL	3	DL弹簧未拉紧
3HL	4	备 用
4HL	5	备 用

注1

标签牌内的标字

编号	
6	接地检查

注1：当用电磁操动机构时改为备用

图 12-176 35kV 线路控制屏屏面布置图

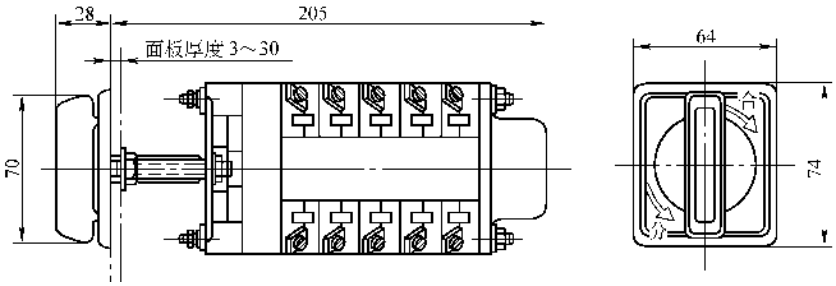


图 12-177　LW_2-Z 型控制开关外形尺寸

表 12-67　LW_2-Z-1a、4、6a、40、20、6a/F8 控制开关触点图表

在“跳闸后”位置的手柄（正面）的样式和触点盒（背面）的接线图		合 跳	1 2 4 3		5 6 8 7		9 10 12 11			13 14 16 15			17 18 20 19			21 22 24 23		
手柄和触点盒的型式		F8	1a		4		6a			40			20			6a		
触点号		—	1-3	2-4	5-8	6-7	9-10	9-12	10-11	13-14	14-15	13-16	17-19	17-18	18-20	21-22	21-24	22-23
位置	跳闸后		—	×	—	—	—	—	×	—	×	—	—	—	×	—	—	×
	预备合闸																	
			—	—	—	×	—	—	×	—	×	—	—	—	×	—	—	×

3. 其他元件检查试验

同前。这里要逐个检查仪表、开关、继电器、接触器、指示灯，熔断器等元件的规格、型号是否与图样相符，有无损坏或受潮现象。要注意仪表、指示灯及继电器和接触器的线圈等元件的额定电压与控制、操作电源的电压必须一致，电源类别（交流、直流）必须一致。

4. 查线

以照厂家提供的资料或设计图样查线，检查接线是否正确牢固。一般是两人用试铃或万用表逐根检查二次回路接线与图样是否相符，否则应按图样将接线及线号同时改正。错线及改正后的线应由技术负责人复验，然后把改正后的接线用红笔标在图样上。

5. 用 500V 的绝缘电阻表在端子板处测量二次回路每一支路的绝缘电阻，不得小于 1MΩ，断路器、隔离开关、操动机构的电源回路也不得小于 1MΩ。

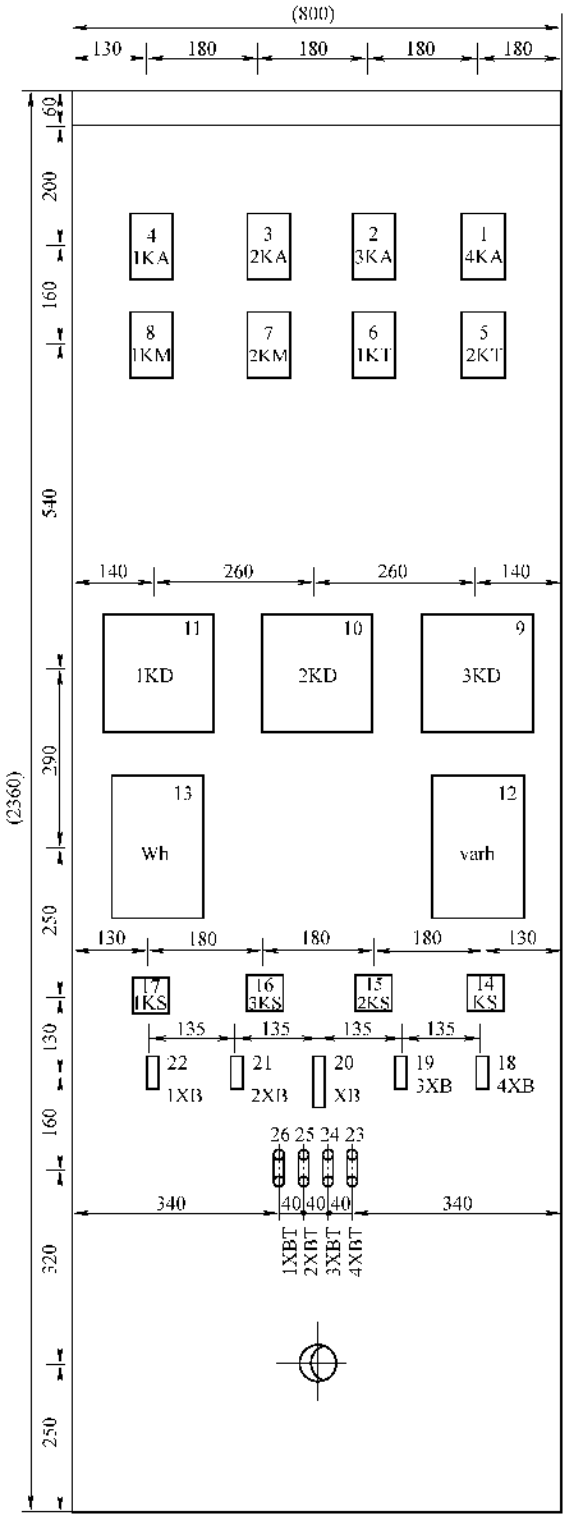
这里要注意，二次回路中有否电子元件，如有、测量时应先将其插件拔下。除 48V 及以下的二次回路外，二次回路应做耐压试验，试验电压标准 1000V、时间 1min。如果绝缘电阻值大于 10MΩ，耐压试验可用 2500V 绝缘电阻表代替。

五、保护屏的安装及调试

保护屏是用来装设变压器各种保护继电器的，以致使变压器在故障时发出信号或跳闸。工程中采用的型号和控制型号屏相同，为 PK-1 或 PTK-1，其盘面布置图见图 12-178。安装方法及要求同低压柜。

1. BCH-2 型差动继电器的检查和试验

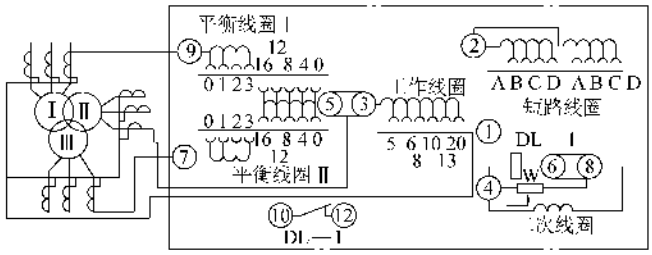
差动继电器由 DL 型电流继电器及中间速饱和变流器组成，前者为执行元件，后者具有短路线圈，构成继电器的主要技术性能。差动继电器的结构较复杂，原理接线见图 12-179，技术数据见表 12-68。



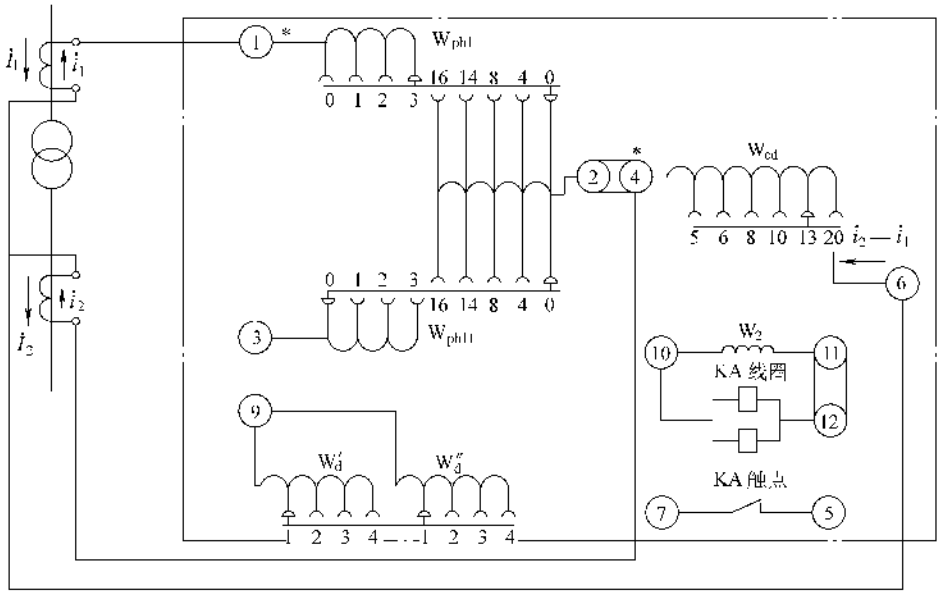
设 备 表

编号	符号	名称	型式	技术特性	数量	备注
11、10、9	1KD～3KD	差动继电器	BCH-2A		3	
4、3、2	1KA～3KA	电流继电器	DL-21C/10	10A	3	
1	4KA	电流继电器	DL-21C/10	10A	1	
6	1KT	时间继电器	DS-23A	220V	1	
5	2KT	时间继电器	DS-23A	220V	1	
17、15、16	1KS～3KS	信号继电器	DX-11/0.025	0.025A	3	
14	KS	信号继电器	DX-11/220	220V	1	
8、7	1KM、2KM	中间继电器	D2B-11B	220V、1A	2	
20	XB	切换片	YY1-S		1	
22、21、19、18	1XB～4XB	连接片	YY1-D		4	
13	Wh	有功电能表	DS8	100V、5A	1	
12	varh	无功电能表	DX8	100V、5A	1	
26、25、24、23	1XBT～4XBT	电流试验端子	SD-2		4	
	R	电阻	ZG11-50	4000Ω 50W	1	装在屏的背面
	1VD、2VD	二极管	2CZ11F	600V 1A	2	
		标签框	BZ-15		26	

图 12-178 主变保护屏屏面布置图



a)



b)

图 12-179　差动继电器的使用

a）BCH-2 型差动继电器用于三线圈变压器原理接线图

b）BCH-2 型差动继电器用于双线圈变压器原理接线图

表 12-68　BCH-2 型差动继电器技术数据

额定值		起始动作安匝	动作电流/A		可靠系数不小于	三倍动作电流时动作时间不大于/s	功率①消耗不大于/VA	线圈持续电流/A	线圈阻抗值/Ω②				
电流/A	频率/Hz		三线圈变压器	双线圈变压器交流发电机					线圈名称	电流/A			直流电阻
										3	5	10	
5	50	60 ± 4	3 ~ 12	1.55 ~ 12	1.35	0.035	16	10	工作	0.32	0.28	0.19	0.04
									平衡Ⅰ、Ⅱ	0.3	0.27	0.18	0.042 ~ 0.044

① 一个平衡线圈和工作线圈全部匝数接入，在保护区内故障，且电流等于 5Ah 的单相功率消耗。

② 各线圈匝数全部接入，短路线圈接在 A-A 位置时的阻抗值。

速饱和变流器由三柱型硅钢片叠成，W_c 为差动线圈；W_2 为二次线圈；W'_d 和 W''_d 为短路线圈；W_{pI} 和 W_{pII} 为平衡线圈，均分为两段，即 0、1、2、3 和 0、4、8、12、16 匝两段，使用时每一段上插入一组插头，否则将引起线圈开路或短路。W'_d 和 W''_d 都有四组插头“A—A”“B—B”“C—C”“D—D”，作为变压器保护用时，使用“C—C”或“D—D”插头；作为电动机保护用时，应使用“A—A”或“B—B”插头，短路线圈数愈多，直流助磁特性曲线愈陡。

（1）机械部分的检查

1）外观检查合格，接线端子完好紧固。

2）检查 DL 型电流继电器转轴的纵向与横向活动范围，活动范围一般在 0.15～0.20mm 之内，且转动灵活，见示意图 12-180。

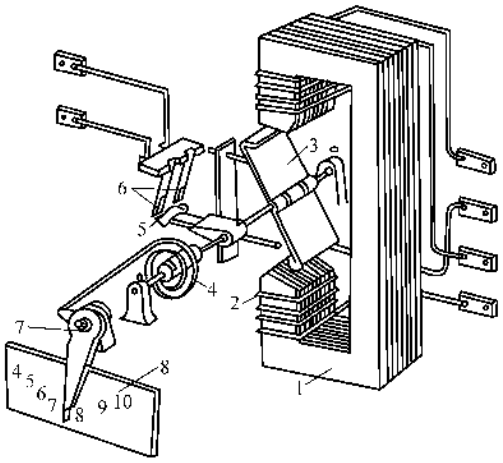


图 12-180　DL 型电流继电器示意图

1—铁心　2—线圈　3—可动舌片　4—反作用弹簧
5—动触点　6—静触点　7—调整把手　8—刻度盘

3）可动舌片与磁极的间隙，当在动作位置时，不得小于 0.5mm。

4）检查弹簧平面应与轴严格垂直，由起始位置转到最大位置时，圈间间隙应相同。

5）检查并调整触点，触点间隙应大于 2mm，触点无伤痕，用手转动轴使触点闭合，一般应在静触点 1/3 处开始接触，并以不大的摩擦力滑动至末端 1/3 处停止。动触点桥应能在自身转轴上旋转 10°～15°，沿轴向活动范围为 0.2mm。静触点防振片与静触点仅能接触但无压力。改变调整手把的位置增加定值时，静触点弹片与防振片之间隙应随之增大，到最大定值时，此间隙应不大于 0.5mm。

6）检查轴承是否有摩擦，可移动调整手把，触点应均匀随弹簧的拉力增大而缓慢闭合，不能有跳跃现象。必要时要拆开轴承检查，轴尖应无磨损现象，轴承内清洁而无磨损的痕迹。

7）检查弹簧是否紧固于转轴上，焊接处应紧密而无脱焊虚焊。

8）检查内部接线是否正确，继电器的接线要注意不得穿过铁心的窗口。

9）检查速饱和变流器各个插头螺钉是否拧紧，插头位置是否正确。

10）用万用表检查各组线圈的连通是否良好，同时检查线圈与地的电阻应趋向于无穷。

（2）执行元件（DL 型电流继电器）动作电流、动作电压试验　试验电路见图 12-181，调节 RP 缓慢升高电流至触点闭合，此时电流为最小动作电流，并读取此时的电压值即动作电压。然后缓慢降低电流至触点断开，这时的电流为返回电流。动作电流一般应为 220～230mA，动作电压为 1.5～1.56V，三次动作电流离散值≤±5%，返回系数 K_f 为 0.75～0.85（K_f = 返回电流/动作电流）。电压表的内阻应在 1kΩ/V 以上，选用整流型。当舌片处于起始位置时读电压值。

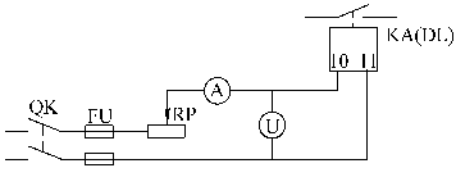


图 12-181　执行元件动作电流、电压的试验

（3）动作安匝试验　试验电路见图 12-182，用电位器调节电流，测得的动作电流乘以所用匝数，为动作安匝 AW，要在每一种短路匝或者所使用的短路匝下进行试验，动作安匝一般为 60±4 安匝。试时，执行元件应在原来的端子上接好，不得外加连接线，以免接触电阻对动作安匝产生影响，同时铁心夹紧螺钉不要拧得太紧。

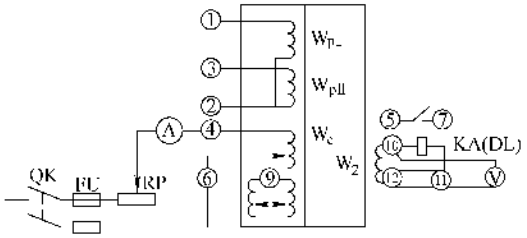


图 12-182　BCH-2 动作安匝试验的接线

（4）速饱和变流器接线正确性试验　试验电路见图 12-182，先试验差动线圈 W_c 在各轴头下的动作电流，然后将 W_c 与平衡线圈 W_{pI} 串联，试验各轴头下的动作电流。再试验 W_c 与平衡线圈 W_{pII} 串联时，各抽头下的动作电流，每个抽头下的动作安匝值均为 60±4。其他与动作安匝试验相同。

（5）直流助磁特性曲线试验　试验电路见图 12-183，断开②号端子与④号端子间的连片，直流加于差动绕组 W_c 并取其为 20 匝，交流加于平衡绕组 W_{pI} 并取其为 19 匝。先给一直流电流 I_Z，随即加交流 I_D，直到使继电器动作，并读取 I_Z 和 I_D，将其代入下式，计算偏移系数 K：

$$K = I_Z / I_D \tag{12-43}$$

同时按式（12-44）计算相对动电流系数 ε：

$$\varepsilon = I_D / I_{D,0} \tag{12-44}$$

式中　I_D——有直流分量时速饱和变流器一次侧交流动作电流；

$I_{D,0}$——没有直流分量时速饱和变流器一次侧交流动作电流。

由于 W_c 和 W_{pI} 所用匝数不同，读出的交流动作电流应乘以匝数比 19/20 后再作为计算用值。

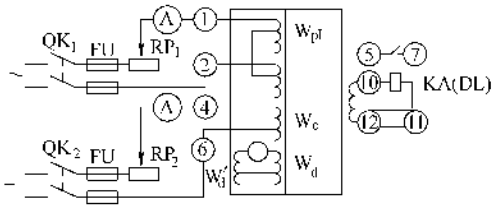


图 12-183　BCH-2 直流助磁特性试验的接线

短路线圈 W'_d 和 W''_d 四组抽头录取曲线时，在短路线圈“A—A”抽头时，直流需加 3A 左右，“D—D”抽头时，直流需加至 13A 左右，每条曲线应取 5 个点以上。

试验时，电流超过 5A 以上时，应快速调整电流，以防线圈过热，切断直流电流时，应先将其调至零方可切断开关 QK。

试验标准应符合表 12-69 的规定。

表 12-69　$K = 0.6$ 时 ε 值的范围

短路线圈抽头位置	相对动作电流 ε
A—A	1.6 ± 0.13
B—B	3 ± 0.24
C—C	5 ± 0.38
D—D	7 ± 0.56

（6）可靠系数的测定　试验电路见图 12-183，短路匝的位置可采用任一组，在同样匝数下将继电器调整把手向右旋转增大弹簧拉力，直至加两倍动作电流（$2I_{D0}$）时使继电器动作。然后按图 12-181 接线测量继电器执行元件的动作电流 I_{2D0}，可靠系数 K_{HZ} 可按下式计算：

$$K_{HZ} = I_{2D0} / I_{1D0} \tag{12-45}$$

式中　I_{2D0}——当于 $2I_{D0}$ 时执行元件本身的动作电流；

I_{1D0}——当于 $1I_{D0}$ 时执行元件本身的动作电流。

两倍动作电流时的可靠系数 $K_{HZ} \geqslant 1.2$。

（7）整组伏安特性试验　试验电路见图 12-182，短路线圈应为所使用的抽头，差动线圈置于 20 匝，试验时读取当电流为 1、2、3、4、6、8、10、15、20A 时对应于 KA 两端的电压值，绘出曲线见图 12-184，其横坐标为安匝，用以上电流乘以匝数即可。

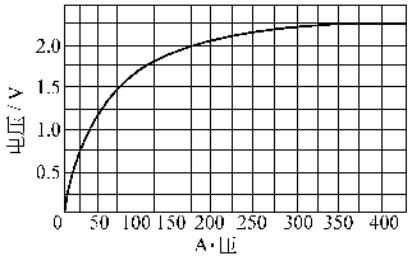


图 12-184　BCH-2 伏安特性曲线

（8）动作时间的试验　用毫秒表测出 1.05、1.2、3 倍动作电流时的动作时间。在 3 倍动作电流下，其动作时间应不大于 0.04s。

（9）返回系数的调整　执行元件的返回系数一般在 0.75 ~ 0.85 之间，太小动作不灵敏，太大接点接触不好。若低于 0.75 时，应调整舌片左侧限位螺钉，使舌片往磁极方向靠近，或调整舌片右侧限位螺钉使舌片在动作后远离磁极，若高于 0.85 与上调节相反。

执行元件与速饱和变流器组合后的返回系数可能小于 0.75，可不进行调整，因为速饱和变流器的特性为非线性。

（10）动作电流值的调整　动作电流应用弹簧调整把手进行调整，顺时针调整把手，电流动作值降低，反之动作值提高。

调整舌片左侧限位螺钉，当使舌片靠近磁极则动作电流值降低，当舌片远离磁极则动作电流值提高。用舌片调整时，必须使返回系数在合格范围内。

（11）伏安特性、励磁特性的试验结果如与规定有较大出入时，通常可不必进行调整，但应查明原因。

2. GL 型电流继电器的检查和试验

过电流继电器由感应型反的限元件和电磁速断元件组成，见图 12-185，技术数据见表 12-70。该继电器动作电流的调整是利用插销来改变线圈匝数实现的。

（1）机构部分的检查

1）外观检查合格，接线端子完好紧固。

2）圆盘应与转轴相互垂直，并紧固于转轴上。圆盘在任何位置时，与永久磁铁及电磁铁上下间隙应不小于 0.4mm，转轴纵向活动范围为 0.1 ~ 0.2mm，并检查轴承。

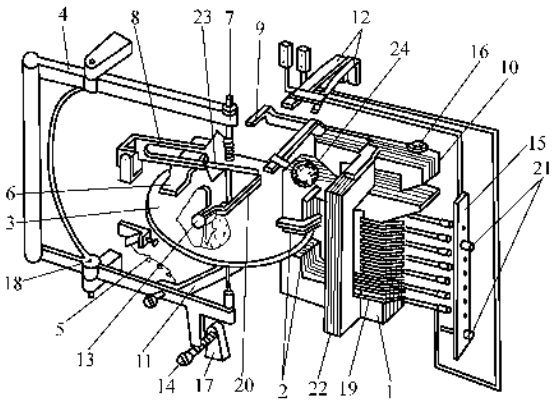


图 12-185 GL-10 型过电流继电器示意图

1—铁心 2—短路环 3—圆盘 4—框架 5—弹簧 6—阻尼磁铁 7—螺旋杆 8—扇型齿轮 9—横担 10—瞬动衔铁 11—钢片 12—触点 13—调整动作时限的螺钉 14—螺钉 15—插座板 16—调整电磁元件动作电流的螺钉 17—挡板 18—轴 19—线圈 20—挡板 21—插销 22—磁分路铁心 23—顶杆 24—信号掉牌

3）扇形齿轮与螺旋杆啮合适当，啮合深度为1/3～1/2齿深。当达到动作电流时，扇形轮在上升过程中不应有卡住和脱落现象。

4）框架的轴承纵向活动范围为0.1～0.2mm，其摩擦力大小对返回系数有影响，不得卡紧卡死。

5）试验时应注意观察显示器的动作情况，触点闭合与掉牌应一致，不得有先接触后显示或先显示后接触的现象。

6）继电器外壳拧紧螺钉后，或安装于盘上紧固螺钉后，其内部机械部分不应有变形，在复试动作电流时，常会有扇形齿轮脱落，应注意观察并找出原因。

（2）圆盘始动电流试验　试验电路见图12-186，将电位器RP调至最大位置，调压器置于零位，闭合QK_2，调节TP缓慢升高电流，圆盘缓慢转动，能使圆盘连续不停地旋转一圈以上的最小电流为圆盘始动电流。始动电流于轴承清扫后不得大于30%插头电流值，运行中不得大于40%插头电流值。

（3）插头动作电流的试验　试验电路见图12-186。缓慢增加电流使框架移动，扇形齿轮与蜗轮杆接触的最低电流为动作电流，然后缓慢降低电流至扇形齿轮与蜗轮脱开的最高电流为返回电流，上述试验应反复进行几次。

表 12-70 GL-10、20 系列继电器技术数据

型号		额定电流/A	整定值		瞬动电流倍数②	返回系数不小于	功率消耗/VA
			整定电流/A	动作时间/s①			
GL-11/10 GL-11/5	GL-21/10 GL-21/5	10 5	4；5；6；7；8；9；10 2；2.5；3；3.5；4；4.5；5	0.5；1；2；3；4	2～8	0.85	15
GL-12/10 GL-12/5	GL-22/10 GL-22/5	10 5	4；5；6；7；8；9；10 2；2.5；3；3.5；4；4.5；5	2；4；8；12；16			
GL-13/10 GL-13/5	GL-23/10 GL-23/5	10 5	4；5；6；7；8；9；10 2；2.5；3；3.5；4；4.5；5	2；3；4		0.8	
GL-14/10 GL-14/5	GL-24/10 GL-24/5	10 5	4；5；6；7；8；9；10 2；2.5；3；3.5；4；4.4；5	8；12；16			
GL-15/10 GL-15/5	GL-25/10 GL-25/5	10 5	4；5；6；7；8；9；10 2；2.5；3；3.5；4；4.5；5	0.5；1；2；3；4			
GL-16/10 GL-16/5	GL-26/10 GL-26/5	10 5	4；5；6；7；8；9；10 2；2.5；3；3.5；4；4.5；5	8；12；16			

① 当10倍动作电流时的动作时间。

② 即$\frac{\text{电磁元件动作电流}}{\text{感应元件动作电流}}$。

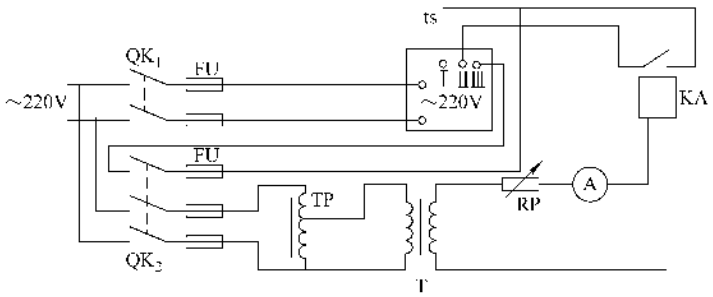


图 12-186　GL 型过电流继电器试验接线

TP—调压器 220/0～250V，1kVA　T—变压器 220/20V，0.5kVA　RP—滑线电阻 0～5Ω，10A　ts—401 型电秒表　KA—电流继电器

测得的实际动作电流值与插头值（指继电器出厂时各个插孔的标定值，动作电流可改变插孔的位置来整定）的相对误差 γ 可按下式计算：

$$\gamma = \frac{\text{插头电流} - \text{实际动作电流}}{\text{插头电流}} \times 100\% \quad (12\text{-}46)$$

γ 一般不得大于 ±5%。

返回系数 K_f 应按下式计算：

$$K_f = \text{返回电流}/\text{动作电流} \geqslant 0.85$$

带信号触点的继电器 $K_f \geqslant 0.80$。

在试验中应观察扇形齿轮动作行程中不得有与螺轮自动脱离的现象，否则应找出原因修复。

（4）速断装置动作电流的试验　试验电路见图 12-186。按下式计算速断倍数：

$$\text{速断倍数} = \text{速断电流值}/\text{插头电流}$$

调整电磁元件动作电流的螺钉，将速断倍数对好刻度，然后通电试试。速断电流值就是规定的跳闸电流，一般由设计给出。

将电流升高至使速断动作，切断电流后再通以 0.9 倍的速断电流值，此时速断应不动作、继电器工作在反时限特性部分。再通以 1.1 倍的速断电流进行试验 3～5 次，每次动作时间应不大于 0.15s。

试验时要快速调整 RP，可将其调至零位，同时要注意线圈过热，否则应停止试验，等温度降低后再进行试验。

（5）时限特性试验　试验电路见图 12-186。将电流调好，同时电秒表调零，继电器时限把手置于整定点，这个点可按继电器的延时特性曲线查出大概数选取，曲线见图 12-187、图 12-188。然后依次闭合开关 QK_1 和 QK_2，电秒表开始计时，待继电器的接点闭合后电秒表停止转动，读取动作。试验三次，取其平均值，其实际动作时间与整定点时间误差应小于 ±5% 的整定时间。

然后再试验 150% 插头电值的时间，并与曲线比较，作为参考。时限特性试验一般应做七个点，并描出曲线，然后与厂家给定的时间曲线进行比较。在作曲线时，曲线弯曲部分应多作几个点。

（6）动作电流的调整　动作电流应与插头电流一致，否则应进行调整。除铁心间隙、永久磁铁位置、防脱离片吸力的调整外，主要是要调整弹簧的制动力矩，实际动作电流比插头电流大时，应放松弹簧，否则应拉紧弹簧。

（7）返回系数的调整　先检查并清洗轴承，然后调整限程螺钉 14 及扇形齿轮的安置角度即可改变齿轮啮合深度，即返回系数得到调整。

调整框架限程螺钉也可调整返回系数，当拧紧限程螺钉时，返回系数升高，反之系数降低。也可直接调整钢片与铁心的距来调整返回系数。

（8）圆盘始动电流的调整　正常的圆盘始动电流应在 25% 插头电流以下，否则，可能是上下轴承中心偏移造成或轴承有缺陷。可调整轴承螺钉，变动其位置或更换好轴承。

（9）时间特性的调整　根据整定时间及特性曲线，查出 10 倍动作电流的时间，并将调整时限螺钉置于该时间位置上。然后通以整定动作电流，动作时间应与整吻合，否则应调整时限螺钉，相差较大时，则应改变衔铁横担的上下位置或调整阻尼磁铁对圆盘中心的相对位置，磁铁往圆盘中心移动作时间加快，往外移动时间减慢。

（10）速断装置、信号掉牌及触点相互关系的调整　通常应调整横担的上下位置、或将静触点及动触点弹片往上移，使衔铁在横担与动触点接触前就能被电磁铁瞬间吸引。

3. DL 型电流继电器的试验

DL 型电流继电器已在差动继电器中作了介绍，见示意图 12-180，技术数据见表 12-71～表 12-72。

（1）机械部分的检查同差动继电器的检查

（2）动作电流与返回电流的试验

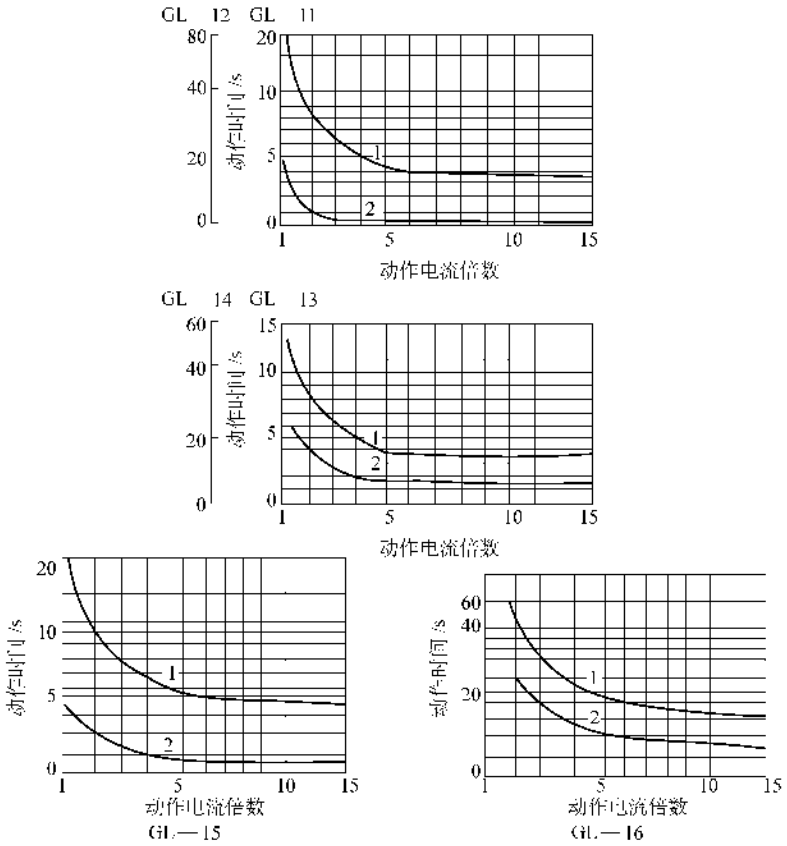


图 12-187 GL-11～16 型过流继电器的延时特性曲线

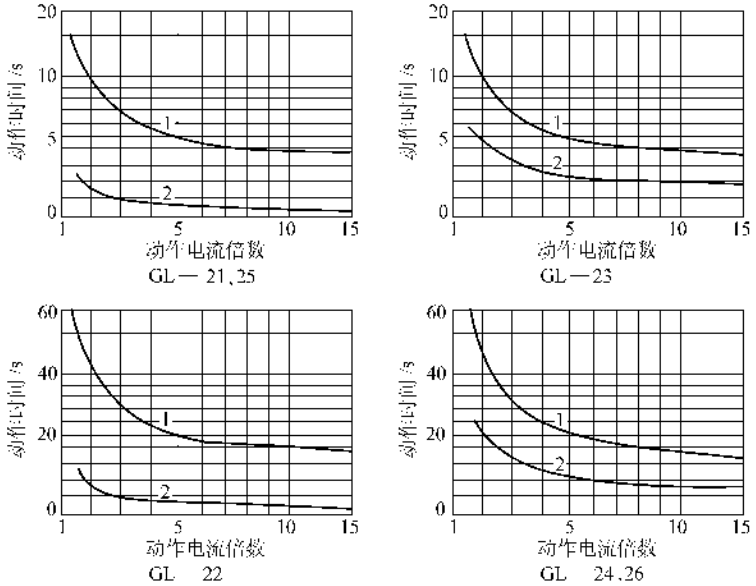


图 12-188 GL-21～26 型过电流继电器的延时特性曲线

表 12-71　DL-20C 系列、DL-30 系列电流继电器技术数据

型号	最大整定电流/A	额定电流/A		长期允许电流/A		电流整定范围/A	动作电流/A		最小整定值时的功率消耗/VA	返回系数
		线圈串联	线圈并联	线圈串联	线圈并联		线圈串联	线圈并联		
DL-21C、31	0.0049①					只有一点刻度	0.00245	0.0049		
	0.0064①					只有一点刻度	0.0032	0.0064		
	0.01①	0.02	0.04	0.02	0.04	0.0025～0.01	0.0025～0.005	0.005～0.01	0.4	0.8
	0.05	0.08	0.16	0.08	0.16	0.0125～0.05	0.0125～0.025	0.025～0.05		
DL-22C、32	0.2	0.3	0.6	0.3	0.6	0.05～0.2	0.05～0.1	0.1～0.2	0.55(0.5)	
	0.6	1	2	1	2	0.15～0.6	0.15～0.3	0.3～0.6		
DL-23C、33	2	3	6	4	8	0.5～2	0.5～1	1～2		
	6	6[10]	12[20]	6[10]	12[20]	1.5～6	1.5～3	3～6	0.55	
DL-24C、34	10	10	20	10	20	2.5～10	2.5～5	5～10	0.8	
	15①	10	20	15	30	3.75～15	3.75～7.5	7.5～15	0.8(0.85)	
	20	10	20	15	30	5～20	6～10	10～20	0.8(1)	
DL-25C	50	15	30	20	40	12.5～50	12.5～25	25～50	6(2.8)	
	100	15	30	20	40	25～100	25～50	50～100	20(7.5)	
	200	15	30	20	40	50～200	50～100	100～200	(82)	0.7

注:各种括号内数据表示各个厂家产品数据不尽相同。

表 12-72　DL-10 系列电流继电器技术数据

型号	最大整定值/A	整定范围/A	线圈串联			线圈并联			在第一整定电流时消耗的功率/(VA)	触点规格		返回系数
			动作电流/A	热稳定电流/A		动作电流/A	热稳定电流/A			常开	常闭	
				长期	/s		长期	/s				
DL-11 DL-12 DL-13	0.01	0.0025～0.01	0.0025～0.005	0.02	0.6	0.005～0.01	0.04	1.2	0.08	1 1	 1 1	0.8
DL-11 DL-12 DL-13	0.04	0.01～0.04	0.01～0.02	0.05	1.5	0.02～0.04	0.1	3	0.08	1 1	 1 1	
DL-11 DL-12 DL-13	0.05	0.0125～0.05	0.0125～0.025	0.08	2.5	0.025～0.05	0.16	5	0.08	1 1	 1 1	
DL-11 DL-12 DL-13	0.2	0.05～0.2	0.05～0.1	0.3	12	0.1～0.2	0.6	24	0.1	1 1	 1 1	

（续）

型号	最大整定值/A	整定范围/A	线圈串联			线圈并联			在第一整定电流时消耗的功率/(VA)	触点规格		返回系数
			动作电流/A	热稳定电流/A		动作电流/A	热稳定电流/A			常开	常闭	
				长期	/s		长期	/s				
DL-11 DL-12 DL-13	0.6	0.15～0.6	0.15～0.3	1	45	0.3～0.6	2	90	0.1	1 1	 1 1	
DL-11 DL-12 DL-13	2	0.5～2	0.5～1	4	100	1～2	8	200	0.1	1 1	 1 1	
DL-11 DL-12 DL-13	6	1.5～6	1.5～3	10	300	3～6	20	600	0.1	1 1	 1 1	
DL-11 DL-12 DL-13	10	2.5～10	2.5～5	10	300	5～10	20	600	0.15	1 1	 1 1	0.8
DL-11 DL-12 DL-13	20	5～20	5～10	15	300	10～20	30	600	0.25	1 1	 1 1	
DL-11 DL-12 DL-13	50	12.5～50	12.5～25	20	450	25～50	40	900	1.0	1 1	 1 1	
DL-11 DL-12 DL-13	100	25～100	25～50	20	450	50～100	40	900	2.5	1 1	 1 1	
DL-11 DL-12 DL-13	200	50～200	50～100	20	450	100～200	40	900	10	1 1	 1 1	0.7

试验电路同 GL 型继电器，见图 12-186。将电流缓慢升高，使触点闭合的最低电流值为继电器的动作电流；再将电流缓慢降低，使触点返回原来位置的最大电流为继电器的返回电流，一般应做 2～3 次。然后再通入 95% 的整定电流继电器应不动作。试验时应检查刻度最小值与最大值的动作电流，其值应与刻度值接近，否则应调整，然后再进行整定点的试验。

返回系数和动作电流误差计算及标准与 GL 型过流继电器相同。试验时应观察触点，在动作过程中不得有停滞现象。

（3）动作时间试验　试验电路同 GL 型过流继电器。通入整定电流值的 105% 的电流，观察继电器触点，应能可靠接触。再通入 120% 的整定电流，动作时间应不大于 0.15s。200% 的整定电流动作时间应在 0.02～0.03s 以内。

（4）大电流冲击试验　通入继电器的电流尽量接近故障电流，试验 3～5 次，注意舌片不得和磁极摩擦，动触点不得超越静触点而卡住，同时要注意线圈的发热情况。试验完后，复验动作电流，与冲击试验前相比应无大的变化，误差不得大于 ±3%。

（5）动作电流的调整　调整反作用弹簧的反作用力矩的大小可改变动作电流值，拉紧弹簧，动作电流变大，反之减小。弹簧对刻度盘刻度最小处的动作值影响最大，随着刻度的增加其影响逐渐减小。

调整舌片左侧限程螺钉，舌片移近磁极时动作电流变小，反之变大。调整舌片与磁极相对位置对刻度最大处的动作电流返回影响较大，随着刻度的减小其影响也逐渐减小。

这里要注意，试验最小动作电流时变差较大，要检查轴承有无磨损或轴尖有无磨秃现象。

（6）返回系数的调整　调整舌片转角可调整返回系数，舌片转角应在 78°～85°范围以内，返回系数较合适。调左侧限程螺钉对动作电流值有影响，使转角变小动作电流值增大；调右侧限程螺钉对返回电流值有影响，而对动作电流无影响。见示意图 12-189。

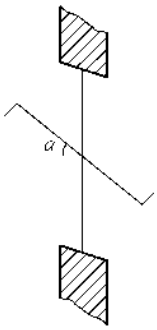


图 12-189　DL 型继电器舌片角度示意图

调整舌片端部角度亦可调整返回系数，但一般情况下不采用。舌片端部向轴心方向弯曲，返回系数好，向外弯曲反之，见图 12-189。

另外轴承能直接影响返回系数。

（7）触点振动的调整　通入 1.05 倍的动作电流以至运行中可能出现的最大电流，触点应无振动，如有振动可按下面的方法进行调整：

1）调整触点弹片，使其弹力适当；

2）改变触点相接时的角度，一般应在 55°～65°之间；

3）调整轴承活动范围；

4）调整舌片限程螺钉，变更舌片站立位置；

5）适当调整舌片端部的角度；

6）调整舌片与上下磁极的距离。

4. DS 型时间继电器的试验

时间继电器是由电磁铁带动钟表延时机构来完成延时动作的，且继电器配有延时触点和瞬时触点。

时间继电器的结构见图 12-190，技术数据见表 12-73～表 12-75。

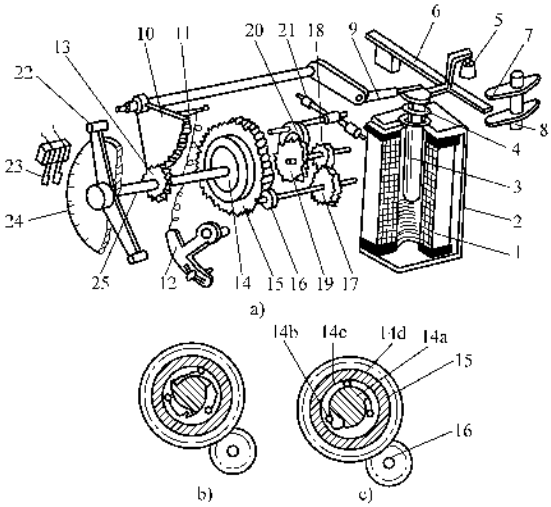


图 12-190　DS 系列时间继电器结构示意图

a）继电器的结构图　b）工作情况下的摩擦离合器　c）返回情况下的摩擦离合器

1—线圈　2—磁路　3—铁心　4—返回弹簧　5—轧头　6—可动瞬时触点　7，8—固定瞬时触点　9—曲柄　10—扇形齿轮　11—主弹簧　12—改变弹簧拉力的卡板　13—齿轮　14—摩擦离合器（14a—凸轮　14b—钢球　14c—弹簧　14d—钢环）　15—主齿轮　16—钟表机构的齿轮　17，18—钟表机构的中间齿轮　19—摆轮　20—摆卡　21—重锤　22—可动触点　23—固定触点　24—标度盘　25—继电器的主轴

表 12-73　DS-20 系列时间继电器技术数据

型　　号	电　　源	额定电压 U_N/V	时间整定范围/s	动作电压不大于	返回电压不小于	功率消耗不大于
DS-21	直　　流	220	0.2～1.5	70% U_e		10W
DS-22		110	1.2～5			
DS-23		48	2.5～10			
DS-24		24	5～20			

（续）

型　　号	电　　源	额定电压 U_N/V	时间整定范围/s	动作电压不大于	返回电压不小于	功率消耗不大于
DS-21/C	直　流	220 110 48 24	0.2～1.5	75% U_N	5% U_N	7.5W
DS-22/C			1.2～5			
DS-23/C			2.5～10			
DS-24/C			5～20			
DS-25	交　流	380 220 127 110	0.2～1.5	85% U_N		35VA
DS-26			1.2～5			
DS-27			2.5～10			
DS-28			5～20			

表 12-74　DS-30 系列时间继电器技术数据

型　　号		电源	额定电压/V	延时范围/s	滑动延时触点	拖针	延时变差/s	功率消耗（不大于）	
短期工作	长期工作							短期工作	长期工作
DS-31	DS-31C	直流	220 110 48 24	0.125～1.25	—	—	0.06	25W	15W
DS-31/2	DS-31C/2				✓				
DS-31/X	DS-31C/X				—	✓			
DS-31/2X	DS-31C/2X				✓	✓			
DS-32	DS-32C			0.5～5	—	—	0.125		
DS-32/2	DS-32C/2				✓				
DS-32/X	DS-32C/X				—	✓			
DS-32/2X	DS-32C/2X				✓	✓			
DS-33	DS-33C			1～10	—	—	0.25		
DS-33/2	DS-33C/2				+	—			
DS-33X	DS-33C/X				—	✓			
DS-33/2X	DS-33C/2X				✓	✓			
DS-34	DS-34C			2～20	—	—	0.5		
DS-34/2	DS-34C/2				✓	—			
DS-34/X	DS-34C/X				—	✓			
DS-34/2X	DS-34C/2X				✓	✓			
DS-35	DS-35C	交流	220 127 110 100	0.125～1.25	—	—	0.06	20VA	15VA
DS-35/2	DS-35C/2				✓				
DS-36	DS-36C			0.5～5	—		0.125		
DS-36/2	DS-36C/2				✓				
DS-37	DS-37C			1～10	—		0.25		
DS-37/2	DS-37C/2				✓				
DS-38	DS-38C			2～20	—		0.5		
DS-38/2	DS-38C/2				✓				

注：长期工作的型号应有外附电阻 R_f。打✓者表示有滑动延时触点和拖针。

表 12-75　DS-110、120 系列时间继电器技术数据

型　　号	电流种类	额定电压 U_e /V	延时整定范围 /s	动作电压不大于	返回电压不小于	主触点动作时间变差不大于 /s	功率消耗不大于
DS-111C	直流	24 48 110 220	0.1～1.3	70% U_e	5% U_e	0.06	12W
DS-112C			0.25～3.5			0.12	
DS-113C			0.5～9			0.25	
DS-111			0.1～1.3			0.06	30W
DS-112、115			0.25～3.5			0.12	
DS-113、116			0.5～9			0.25	
DS-121	交流	100 110 127 220 380	0.1～1.3	85% U_e		0.06	85VA
DS-122、125			0.25～3.5			0.12	
DS-123、126			0.5～9			0.25	

（1）机械部分的检查

1）铁心气隙应洁净，当用手慢慢按下铁心时，观察触点走动是否均匀，声音是否正常，应为均匀的“嘀嗒”声。然后将铁心松开使钟表机械复位。重复上术试验，并可加快动作的速度，其动作情况不论快慢应相同。将铁心转动一个角度，重复上述试验应无异常且与上述动作相同。

2）触点不应有烧痕，两个延时静触点应同时与静触点接触，且有一定压力并不触及弹片。瞬时常闭点接触可靠、压力正常，装配紧固。

3）钟表机构，声音正常时，一般不得拆开检查。当发现声音异常且有忽快忽慢时，可拆开检查，检查各轴承活动应适中；拉力弹簧应无变形，装配牢固，清洁；齿轮整洁无倒齿、掉齿、油污，否则应用高标汽油清洗风干；钟摆及摆锤装配牢固，棘轮应单方向无阻卡转动。

（2）动作电压与返回电压试验　试验电路见图 12-191。升高电压使铁心慢慢吸引并使触点可靠接触这时的电压为动作电压。在铁心可靠吸合的情况下缓慢减小电压，使铁心返回原来位置的最高电压为返回电压。动作电压应在 0.3～0.7 倍额定电压的范围内，返回电压不得低于 5% 的额定电压。

（3）动作时间的试验　试验电路同上。投入开关 QK_1、QK_2，调节 RP，使电压升至 0.8 倍额定电压。切断 QK_2，电秒表调零，然后再闭合 QK_2，电秒表开始计时，触点闭合后，计时停止。试验一般作三次，其平均值为继电器动作时间，应与手册或说明书中的数据相符。

（4）动作电压的调整　应改变弹簧反作用力矩；时间的调整除检查齿轮啮合情况外，可将重锤内移时间加快，外移则慢。调整弹簧拉力也可，拉力大时间快、拉力小走时慢。

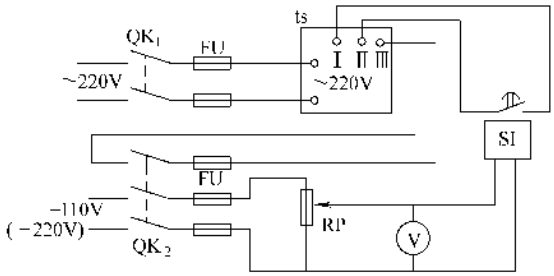


图 12-191　时间继电器试验接线

5. 中间继电器的试验

中间继电器的种类很多，都是用来补充其他继电器触点个数或容量不足设置的，有的同时有电压、电流两类线圈，有的触点作成延时触点，可用在不同的场合。

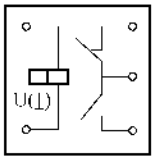
（1）机械部分的检查　所有触点打开时的间隙不小于 2～3mm，且同时闭合或打开，压力充足，触点头上不得有污迹。弹簧不变形，固定可靠且弹力均匀。衔铁动作灵活，截面清洁，必要时应用汽油擦去油迹。

（2）电气试验基本同时间继电器　动作电压不小于 0.3 倍额定电压，不大于 0.7 倍额定电压。返回电压不小于 5% 额定电压。瞬时触点动作时间不大于 0.05s。

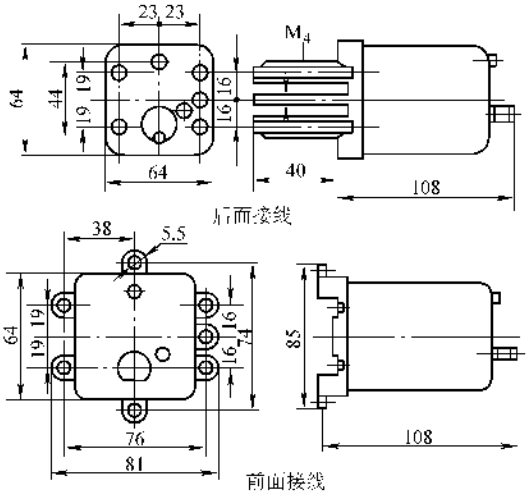
（3）调整基本同前　有电压线圈和电流线圈的应按电压继电器和电流继电器的试验方法试验，有延时功能的则应按时间继电器试验。

6. 信号继电器的试验

信号继电器基本同中间继电器，作为操作系统或保护线路中的辅助继电器和动作指示器。可电流操作，也可电压操作，除动作触点外，还有信号动作指示牌及手动复位按钮。DX-11 型信号继电器外形及尺寸及内部接线见图 12-192，技术数据见表 12-76 ~ 表 12-77。



a)



b)

图 12-192 DX-11 信号继电器外形尺寸及内部接线

a）内部接线 b）外形及安装尺寸

表 12-76 DX-11 型电压继电器技术数据

额定电压 /V	长期电压 /V	动作电压 /V	线圈电阻 /Ω
220	242	132（90 ~ 132）	24400
110	121	66（45 ~ 66）	7500
48	53	29（20 ~ 29）	1440
24	26.5	14.5（10 ~ 14.5）	360
12	13.5	7.2（5 ~ 7.2）	87

注：括号内数字表示各厂家数据不尽相同。

表 12-77 DX-11 型电流继电器技术数据

额定电流 /A	长期电流 /A	动作电流 /A	线圈电阻 /Ω
0.01	0.03	0.01(0.007 ~ 0.01)②	2200
0.015	0.045	0.015(0.011 ~ 0.015)	1000
0.025	0.075	0.025(0.018 ~ 0.025)	320
0.05	0.15	0.05(0.035 ~ 0.05)	70
0.075	0.225	0.075(0.055 ~ 0.075)	30
0.1	0.3	0.1(0.07 ~ 0.1)	18
0.15	0.45	0.15(0.11 ~ 0.15)	8
0.25	0.75	0.25(0.18 ~ 0.25)	3
0.5	1.5	0.5(0.35 ~ 0.5)	0.7
0.75①	2.25	0.75(0.525 ~ 0.75)	0.35
1	3	1(0.7 ~ 1)	0.2

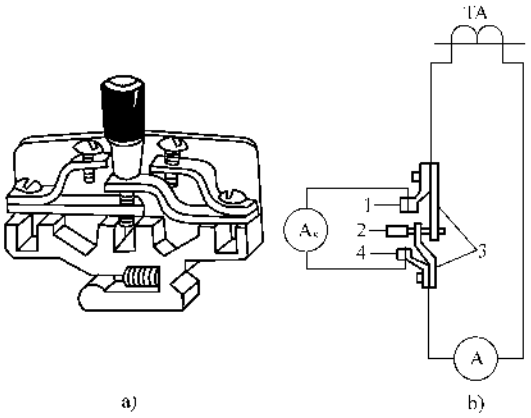
注：括号内数据表示各厂家产品数据不尽相同。

1）机械部分检查基本同中间继电器。

2）电流信号继电器其动作电流不得大于额定电流，电压信号继电器动作电压不得大于 70% 额定电压，且信号指示正确。试验电路基本同前。

7. 试验端子

用于需要接入试验仪器的回路里，见图 12-193。



a) b)

图 12-193 试验端子的外形及接线

a）外形 b）接线

正常时按 b 的右侧接线，由 A 表指示电流，当对 A 表的示值有怀疑时，运行中又不能更换 A 表，则可将标准表 A_3 按图 b 接好，然后将旋柄拧 2 下，即可用 A_3 和 A 表指示互感器 TA 的电流，这样即可检验 A 表是否准确，又不使 TA 的二次开路。

试验端子主要是外端检查，其中螺钉必须丝扣良好，接触紧密。可用 500V 摇表测量端子对地的绝缘，外观电镀良好，无锈蚀。

六、中央信号屏的安装及试验

中央信号屏是用来对系统主要设备的信号装置进行集中控制和监视的，屏上装有事故音响信号及预报音响信号的中央解除按钮，控制光字牌、灯光信号的试验开关，监视信号回路的信号灯，以及中间继电器、电压继电器、音响装置等。常用屏的型号同控制屏，PK-1 或 PTK-1，其盘面布置图见图 12-194，本图包括站内送出 35kV 线路保护屏。安装方法及要求基本同低压柜。有关微机控制的信号系统见本章第九节。

1. 电压继电器的试验

电压继电器分低电压继电器和过电压继电器两大类，主要型号有 DJ 系列和 DY 系列，其构造与电流继电器基本相同，主要区别是电压继电器的匝数多，而导线细。电压继电器的外形尺寸见图 12-195，技术数据见表 12-78 ~ 表 12-79。机械部分的检查可参照电流继电器和中间继电器的条款进行，详见本节第五大部分的有关内容。

（1）低电压继电器的试验　低电压继电器线圈两端加上正常工作电压时，继电器触点处于断开状态。当电压降到动作电压时，其触点闭合。能够使继电器返回起始位置、触点打开的最低电压为返回电压。因此，低电压继电器的返回系数大于 1，这与上述的几种继电器是不同的。

1）动作电压及返回电压的试验。试验电路见图 12-196。闭合开关 QK_1，调节 RP_2（粗调）和 RP_1（细调）使电压降低，使继电器常闭触点闭合的最高电压为动作电压；然后再缓慢升高电压，使继电器常闭触点断开的最低电压为返回电压。

通常是先将把手柄，分别置于最小、最大位置，试验动作电压和返回电压，其值应与刻度值相近，然后再进行整定点的运作电压和返回电压的试验。

动作电压相对误差 γ，应用下式计算：

$$\gamma = \frac{U_0 - U_d}{U_0} \times 100\% \qquad (12\text{-}47)$$

式中　U_0——整定电压；

U_d——动作电压。

γ 值不得大于 ±5%。

返回系数 K_f，应用下式计算：

$$K_f = U_f / U_d \leqslant 1.2 \qquad (12\text{-}48)$$

式中　U_f——返回电压。

试验中，如出现触点随电压降低而慢慢闭合；电压升高而缓慢张开或中途停滞现象，可能是由于轴承摩擦或调整不当所致。

2）动作时间试验。试验电路同上，将 RP_2 调至最大值，再用 RP_1 调电压为整定值的 95%。闭合 QK_1、QK_2、QK_3 将电秒表调零，然后断开 QK_3 继电器动作，触点闭合电秒表停止计时，读取时间，连续三次取其平均值。

最后进行 50% 动作电压和 80% 动作电压两点的时间试验，动作时间分别为：0.02 ~ 0.03s 和 ≤ 0.15s。

3）检查接点动作情况。一般在通以额定电压后，快速将电压降至 95% 动作电压瞬间，观察触点不得出现抖动现象。为了便于观察，可在该触点上接一中间继电器到额定电压上，降压瞬间观察中间继电器有否振荡。

（2）过电压继电器的试验　过电压继电器和低电压继电器的功能正好相反，与过电流继电器类似，其额定电压下不动作，当电压升高时即动作。

1）动作电压与返回电压的试验。试验电路基本与 GL 继电器接线相同。将 RP（1000Ω、0.2A）串接于继电器线圈回路于调压器二次侧，电秒表接线回路不变，调压器粗调，RP 细调，将电压缓慢升高，接点动作的最低电压为动作电压。然后降低电压，触点复位的最高电压为返回电压。整定点电压相对误差 r 不得大于 ±5%，返回系数 ≥0.8。

2）动作时间的试验。通常试验 120%、200% 动作电压时的动作时间，120% 时不大于 0.15s，200% 时不大于 0.03s。

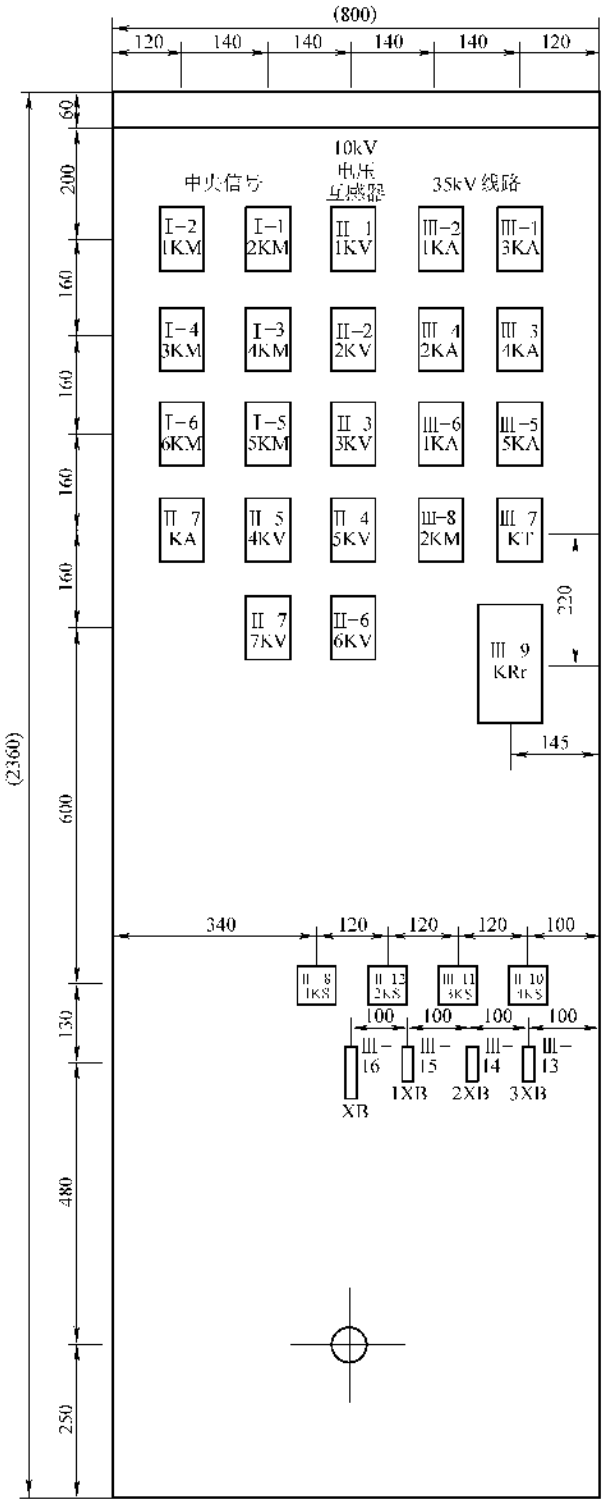
电压继电器的调整可参考 DL、GL 型电流继电器的调整方法。

（3）气体继电器的试验　气体继电器是一种非电信号的继电器，在变压器的安装中已作了介绍，这里讲一下试验方法。

1）机械部分的检查

①　检查继电器的外壳、玻璃和接线盒是否完整，上盖的固定螺钉是否齐全，有无漏油之处，接线端子的标志是及盖上的“箭头”标志是否清楚。不妥之处应修复。

②　检查浮筒有无凹陷、裂缝与焊接不良等情况，重锤或挡板是否固定牢靠。



编　　号	符　　号
2、1	1KM，2KM
4、3	1KM，2KM
5	5KM
6	6KM
7	KA
	HA_1
	HA_2
1、2、3	1KV～3KV
4、5、6	4KV～6KV
7	7KV
8	1KS
2、4	1KA，2KA
1、3、5	3KA～5KA
6	1KM
7	KT
8	2KM
9	KR
10	4KS
12、11	1KS，2KS
15、14、13	1XB～3XB
16	XB
	R
	VD

图 12-194　中央信号

设　备　表

名　　称	型　　式	技术特性	数　　量	备　　注
安装单位Ⅰ（中央信号）				
中间继电器	DZ-32B	220V	2	
中间继电器	DZS-12B	220V	2	
中间继电器	DZ-32B	220V	1	
中间继电器	DZS-12B	220V	1	
电流继电器	DL-23C/0.6	0.6A	1	
电笛	DDZ_1	220V　20W	1	装在屏的背面
电铃	UZC_4-2	220V　8W	1	装在屏的背面
标签框	BZ-15		7	
安装单位Ⅱ（10kV 电压互感器）				
电压继电器	DY-28C/160		3	
电压继电器	DY-23C/200		3	
电压继电器	DY-23C/60C		1	
信号继电器	DX-11/0.1	0.1A	1	
标签框	BZ-15		8	
安装单位Ⅲ（35kV 线路）				
电流继电器	DL-21C		2	
电流继电器	DL-21C/10	10A	3	
中间继电器	DZB-11B	220V　1A	1	
时间继电器	DS-23A	220V	1	
中间继电器	DZ-32B	220V	1	
重合闸继电器	DH-3	220V　0.25A	1	
信号继电器	DX-11/0.25	0.25A	1	
信号继电器	DX-11/0.025	0.025A	2	
连接片	YY_1-D		3	
切换片	YY_1-S		1	
电阻	ZG11-50	7500Ω　50W	1	装在屏的背面
二极管	2CZ11F	600V　1A	1	装在屏的背面
标签框	BZ-15		16	

屏屏面布置图

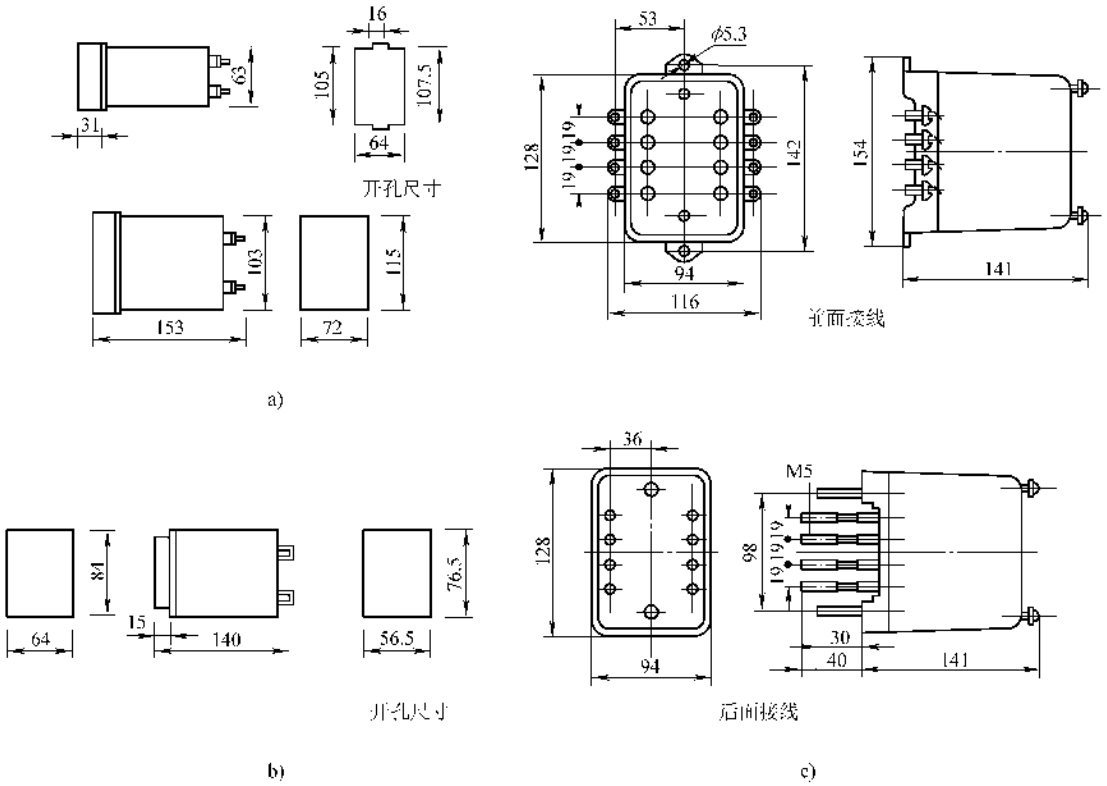


图 12-195 电压继电器的外形尺寸

a）DY-30 系列嵌入式继电器外形及开孔尺寸 b）DY-30 系列凸出式继电器外形及安装尺寸

c）DJ-100 系列继电器外形及安装尺寸

③ 检查水银触点的玻璃管，特别是引线端的玻璃管孔有无损伤、裂纹等现象。水银表面应平滑而有光泽，不应氧化或有油迹，用手转动玻璃管，水银不应附着在玻璃或触点上。否则说明水银已氧化，应更换水银或触点。

④ 检查水银触点装设位置是否正确。当浮筒浮起时，水银外的电极对于水银液面的距离不应小于 3～4mm；当触点闭合时，两电极应全部浸在水银中。

⑤ 检查水银接与软导线的连接应可靠且绝缘良好，导线上的小瓷珠应能上下窜动，以保护导线易于弯曲。当浮筒浮起及下沉时，导线不应触及瓦斯继电器的任何部件。

⑥ 接线盒内导线的“+”端应接至水银中的触点上。

⑦ 检查气体继电器各个可动部分在浮筒浮沉时是否因受阻而转动不灵活。

2）密封试验

① 先检查水银触点是否有水银蒸气放电现象。将水银触点保持在断开位置，相隔 3～4mm，然后在两极间加上 1000V 交流电压，水银触点不应有发光现象，或者用 2500V 绝缘电阻表摇测两点间的绝缘电阻应为无穷大。

② 将浮筒及水银触点取下，用汽油仔细清洗浮筒，晾干后用精度不低于 0.1mg 的天平称其质量，并记录好浮筒的号码及相应的质量。然后将浮筒及水银触点放在一个密闭的盛有变压器油的容器中，并保持容器内的压力为 0.12～0.15MPa，温度为 60～70℃。经过 12h 后，取出浮筒，并用汽油洗净，晾干后再称其质量，与上次之量差不应大于 0.1g。取出水银触点，仔细观察水银表面有否油迹，摇动水银触点，不应出现小粒状的水银，否则说明油已浸入，应更换。

试验中，也可以在容器中装入煤油，只保持压力为 0.12～0.15MPa，不必加热，其他要求与加入变压器油中试验相同。

表 12-78　DY 系列电压继电器技术数据

名　称	型　　号	最大整定电压/V	额定电压/V		长期允许电压/V		电压整定范围/V	动作电压/V		最小整定值时的功率消耗/VA	返回系数
			线圈并联	线圈串联	线圈并联	线圈串联		线圈并联	线圈串联		
过电压继电器	DY-21C、31 DY-22C、32 DY-23C、33 DY-24C、34 DY-25C	60	30	60	35	70	15～60	15～30	30～60	1	0.8
		200	100	200	110	220	50～200	50～100	100～200		
		400	200	400	220	440	100～400	100～200	200～400		
低电压继电器	DY-26C、28C、29C DY-35、36、37、38	48	30	60	35	70	12～48	12～24	24～48		1.25
		160	100	200	110	220	40～160	40～80	80～160		
		320	200	400	220	440	80～320	80～160	160～320		
	①DY-21C～25C/60C	60	100	200	110	220	15～60	25～30	30～60	2.5	0.8
	①DY-32/60C、34/60C									1	

①　本表内继电器为长期热稳定电压继电器，内附串联电容。

表 12-79　DJ-100 系列电压继电器技术数据

名　称	型　　号	整定范围/V	长期允许电压/V		触点规格		返回系数	功率消耗（最小整定电压时）/VA
			线圈串联	线圈并联	常开	常闭		
过电压继电器	DJ-111	15～60	70	35	1		0.8	1
		50～200	220	110				
		100～400	440	220				
	DJ-121	15～60	70	35		1		
		50～200	220	110				
		100～400	440	220				
	DJ-131	15～60	70	35	1	1		
		50～200	220	110				
		100～400	440	220				
	DJ-131/60C	15～60	220	110				1.5
低电压继电器	DJ-112（DJ-112A）	12～48	70	35	1		1.25	1
		40～160	220	110				
		80～320	440	220				
	DJ-122（DJ-122A）	12～48	70	35		1		
		40～160	220	110				
		80～320	440	220				
	DJ-132（DJ-132A）	12～48	70	35	1	1		
		40～160	220	110				
		80～320	440	220				

注：括号内为北京继电器厂的产品型号，动片上装有减振片，能改善触点抖动现象。

③ 组装气体继电器后必须检查可动系统的灵活性。一般是用一透明的容器装满变压器油以便观察，将气体继电器慢慢放入油中，浮筒应能灵活升降，水银触点也能随之断开与闭合，触点的引线应柔软，并不触及其他部分。

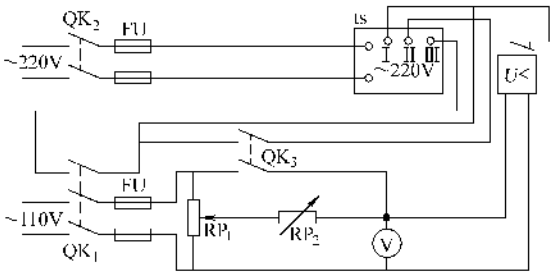


图 12-196 动作电压试验电路

RP_1、RP_2—可变电阻器，电阻值 500Ω 以上，电流 0.2A 以上

3）动作特性试验。检查下浮筒对油的流速灵敏性，一般是设一高位油箱，用管路将继电器和另一低位油箱连接起来，然后高位油箱装满油，利用势能所造成的油的流速试验，流速应由截门控制，见示意图 12-197。流速一般用流速计测量，也可用流量计或流量与管截面积换算。接点的动作情况可由指示灯观测。下浮筒动作灵敏度由变压器的要求整定，一般为 0.8m/s，调节范围为 0.6～1.0m/s。

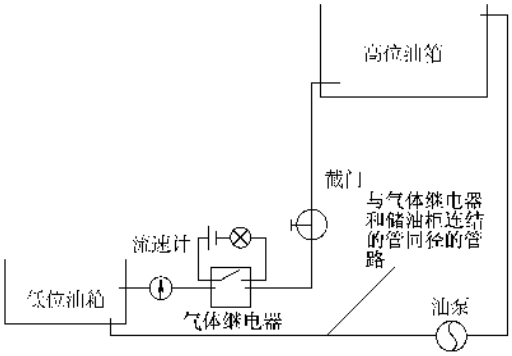


图 12-197 气体继电器动作特性试验示意图

再由玻璃窗观察继电器内集聚的气体体积，一般为 250～300mm^3 时，轻气体接点应当接通。

4）水银触点断开容量试验，使触点直接接通 220V、1A 的电流，通断 5 次，然后观察水银触点内水银表面应清洁发光，无任何烟灰污物产生。

5）摇测绝缘。用 1000V 绝缘电阻表摇测导电部分对地、两对触点间的绝缘电阻，其值一般应大于 100MΩ。

（4）温度继电器的校验 变压器一般采用有电触点的压力式温度计来测量变压器油温度的。

一般是将表的探测头放入装有变压器油的油槽中，然对油槽用电炉子加热，并用标准温度计测量油温，同时应用玻璃棒搅动油液，使其温度均衡，这样即可用标准温度计的示值与压力式温度计的指示进行比较，见示意图 12-198。同时可整定动作温度，用图中的指示灯观察报警触点的动作情况。其触点容量及绝缘试验可按气体继电器触点断开容量的试验和绝缘测量的同样方法来进行试验，其他可参阅本章第十节。

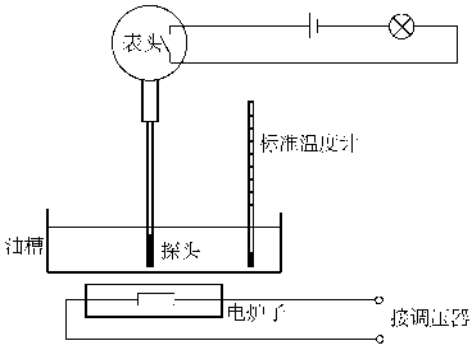


图 12-198 温度继电器的校验示意图

2. 电铃、电笛、按钮的试验

可参考第七章中的有关内容。

七、站用变配电屏的安装及试验

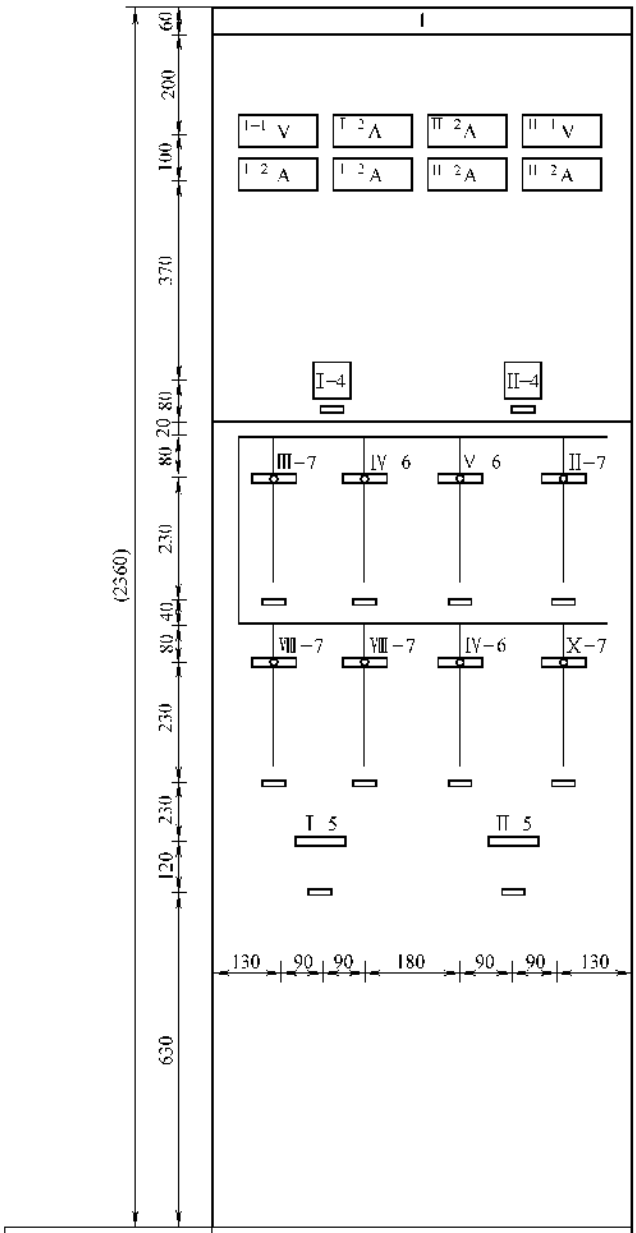
站用变配电屏一般都安装在控制室内，且和控制屏、保护屏、直流屏并列安装。站用屏的型号一般均采用 PK-1 或 PTK-1，其元件与低压配电屏相同，板面布置见图 12-199。安装方法及要求同低压柜。

八、低压配电屏的安装

同第七章动力电路及低压配电室的安装。

九、母线的安装

室内有 10kV 母线和 400V 母线两种，安装方法详见“第七章动力电路”。这里要注意，10kV 室内硬母线安装时应选用户内支柱绝缘子，室外部分应选用户外支柱绝缘子见图 12-110。户内支柱绝缘子分内胶（Z）、外胶（ZN）和联合胶三种，技术数据见表 12-80，外形尺寸见表 12-81～表 12-83，外形见图 12-200～图 12-202，安装示意见图 12-203，安装前必须做交流耐压试验。



屏的型式		PZ 1/1				
安装单位		I 所用电源 1SB		VI	所用馈线	4SD
		II 所用电源 2SB		VII	所用馈线	5SD
		III 所用馈线 1SD		VIII	所用馈线	6SD
		IV 所用馈线 2SD		IX	所用馈线	7SD
编号	名称　符号	V 所用馈线 3SD		X	所用馈线	8SD

设　备　表

编号	符　号	名　称	型　式
1	PV	电压表	16L1 V
2	1PA～3PA	电流表	16L1-A
3	Wh	三相四线电度表	DT2
4	QC	转换开关	LW5-15
5		组合开关	HZ10 100/3
6		组合开关	HZ10-60/3
7		组合开关	HZ10 25/3
8		熔断器	RM10 100/100A
9		熔断器	RM10-60/60A
10		熔断器	RM10-60/25A
11	1FU～3FU	熔断器	RM10 15/6A
12	1TA～3TA	电流互感器	LQG D5
13		标签框	BZ 15

编号	技术特性	数量	备　注
1	0-300V	1	
2	75/5A	3	
3	220V 5A	1	
4	D0724/3	1	
5	380V 100A	2	
6	380V 60A	4	
7	380V 25A	4	
8	380V	6	
9	380V	9	
10	380V	15	
11	380V	3	
12	75/5A	3	
13		12	

标签框内的标字

编　号	标　字
I-4	N1所用电源电压
I-5	N1所用电源
II 4	N2所用电源电压
II 5	N2所用电源
III 7	10kV配电装置通风
IV-6	N1控制电源
V-6	N2控制电源
VI 7	电容器室通风
VII 7	开关柜照明
VIII 6	照明电源
IX 6	检修电源
X 7	通讯电源

图 12-199　站用变配电屏板面布置示意图

表 12-80 户内支柱绝缘子技术数据

额定电压/kV	系统最高工作电压/kV	工频试验电压，有效值，不小于/kV			冲击波试验电压，幅值，不小于/kV		机械破坏负荷值/kg		
		干闪络	湿闪络	击穿	全波	截波	外胶装	内胶装	联合胶装
6	6.9	36	—	58	60	73	375，750	400	—
10	11.5	47	—	75	80	100	2000，375，750，1250	400，（750），800，1600	400
35	40.5	110	—	176	195	240	—	（750）	400，（750），800
35（G）	40.5	138	—	176	244	300	—	（750）	400，（750），800

注：1. 户内支柱绝缘子不进行工频湿闪络试验。

2. 实心结构的支柱绝缘子不作击穿电压试验。

3. 括号中数据，表示非标准等级。

表 12-81 户内内胶装支柱绝缘子外形尺寸、质量

型号（代号）	额定电压/kV	尺寸/mm					质量/kg
		H	D	d_1	d_2	a	
ZN-6/400	6	100	78	M12	2×M8	18	1.25
ZN-10/400	10	120	85	M12	2×M8	18	1.6
ZN-10/400N	10	120	85	M12	M10	—	1.6
ZN-10/800	10	120	100	M16	2×M10	24	2.5
ZN-10/800N	10	120	100	M16	M16	—	2.5
ZN-10/1600	10	170	152	M20	2×M12	36	7.3
ZNA-6MM	6	100	77	M12	2×M8	18	1.2
ZNA-10MM	10	125	82	M12	2×M8	18	1.6
ZNB-10MM	10	120	100	M16	M16	—	2.5
ZNA-35MM	35	300	—	M16	2×M8	18	5.3
ZNB_2-10MM	10	120	100	M16	2×M10	24	2.1

表 12-82 户内联合胶装支柱绝缘子外形尺寸、质量

型号	额定电压/kV	尺寸/mm										质量/kg
		H	D	h	d_1	d_2	d_3	d_4	b	a_1	a_2	
ZL-10/400G	10	210	90	60	70	—	2×M8	2×ϕ14	112	18	145	5.4
ZL-10/400		160	72	44	—	—	M10	2×ϕ12	—	—	130	2.4
ZL-10/800		170	86	52	—	—	M16	2×ϕ14	—	—	145	3.5
ZL-10/1600		185	110	68	—	M16	—	4×ϕ14	—	—	180	5.5
ZL-35/400Y	35	380	90	60	62	M10	2×M8	M16	114	36	—	6.2
ZL-35/400		380	90	60	68	M10	2×M8	2×ϕ14	112	36	145	7.5
ZL-35/800		400	110	65	68	M16	2×M10	2×ϕ14	160	46	180	11.2
ZLA-35GY	35	445	100	64	62	M10	2×M8	2×ϕ12	120	36	150	9.3
ZLB-35GY		450	125	70	68	M16	2×M10	4×ϕ14	—	46	180	11.4
ZL-35/400G		535	110	65	68	M16	2×M10	4×ϕ14	—	46	180	14

表 12-83　户内外胶装支柱绝缘子外形尺寸、质量

型　　号	额定电压/kV	尺　　寸/mm											质量/kg
		H	h_1	h_2	D	d_1	d_2	d_3	d_4	a_1	a_2	b	
ZA-6Y	6	165	27	36	86	62	M10	2×M6	M12	36	—	106	2.35
ZB-6Y		185	38	48	106	82	M16	2×M10	M16	46	—	129	4.1
ZA-6T		165	27	36	86	62	M10	2×M6	2×ϕ12	36	135	110	2.7
ZB-6T		185	38	48	106	82	M16	2×M10	2×ϕ15	46	175	140	5.5
ZA-10Y	10	190	27	36	86	62	M10	2×M6	M12	36	—	106	2.65
ZB-10Y		215	38	48	106	82	M16	2×M10	M16	46	—	129	4.7
ZA-10T		190	27	36	86	62	M10	2×M6	2×ϕ12	36	135	110	2.9
ZB-10T		215	38	48	106	83	M16	2×M10	2×ϕ15	46	175	140	5.7
ZC-10F	10	225	42	53	130	98	M16	4×M10	4×ϕ15	66	140	175	8.25
ZD-10F		235	46	60	150	128	M16	4×M12	4×ϕ15	76	155	190	12
ZA-35Y	35	380	50	38	120	84	M10	2×M8	M16	36	—	133	7.5
ZA-35T		380	38	48	120	82	M10	2×M8	2×ϕ15	36	175	140	8.25
ZB-35F		400	40	60	150	98	M16	2×M10	2×ϕ15	46	155	190	13
200111	6	100	—	—	—	M12	2×M8	—	—	18	—	—	1.1
201111	10	120	—	—	—	M12	2×M8	—	—	18	—	—	1.4
201211	10	120	—	—	—	M18	2×M10	—	—	24	—	—	2.2
200113	6	170	—	—	—	M12	2×M8	—	—	18	—	—	1.2
201113	10	170	—	—	—	M12	2×M8	—	—	18	—	—	1.3
201212	10	120	—	—	—	M16	M16	—	—	—	—	—	2.1
201213	10	168	—	—	—	M16	M16	—	—	—	—	—	2.4
200114	6	100	—	—	—	M12	2×M8	—	—	18	—	—	1.2
201114	10	120	—	—	—	M12	2×M8	—	—	18	—	—	1.5
201214	10	120	—	—	—	M16	2×M10	—	—	24	—	—	2.5

十、小母线的安装

小母线是指配电装置中柜与柜之间，控制、信号、继电器屏与屏之间二次回路干线的连接所采用的铜棒或铜管，其直径应不小于6mm，通常是用母线支持器（JNP型）固定在屏顶部的角钢框架上。小母线的设置给二次接线带来了极大的方便，减少了柜与柜、屏与屏之间的连线。有的成套柜或屏在制造时已将小母线装配好，待柜或屏安装好后，将柜或屏上的小母线用跨接线连接即可。小母线按系统控制方式分交流操作和直流操作两种，本文以直流操作为例，交流操作可参照进行。

1. 小母线的类别及用途

小母线的种类很多，常用的有以下几种：

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，它是由直流屏直接供给的。

2）闪光信号小母线（+）WF，是供控制回路闪光信号使用的电源，它也是由直流屏中闪光装置提供的。

3）信号回路电源 +WS、-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，它是由直流屏直接供给的。

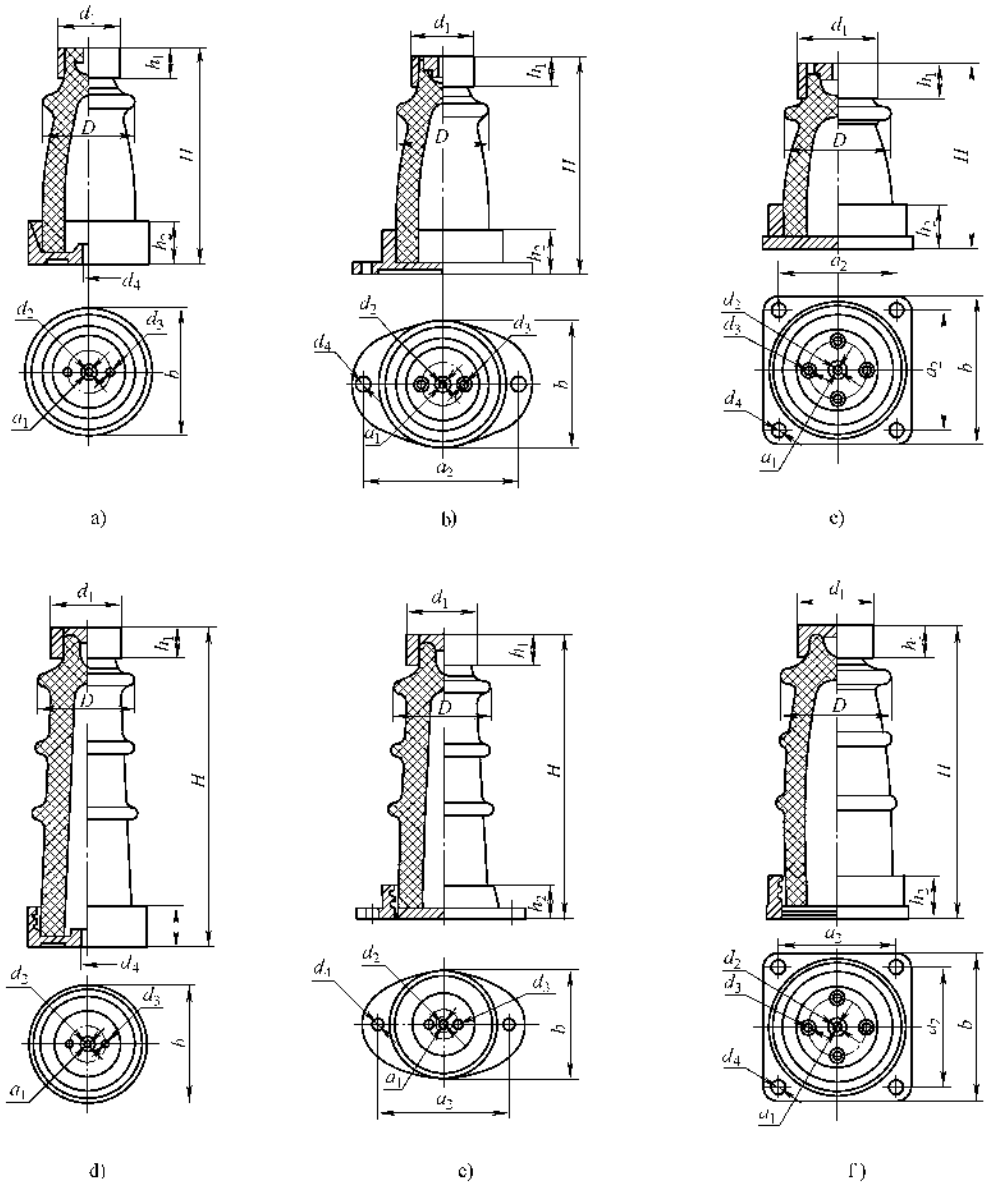


图 12-200 户内外胶支柱绝缘子

a）Z^{A}_{B}-10（6）Y 型支柱绝缘子外形尺寸 b）Z^{A}_{B}-10（6）T 型支柱绝缘子外形尺寸

c）Z^{C}_{D}-10F 型支柱绝缘子外形尺寸 d）ZA-35Y 型支柱绝缘子外形尺寸

e）ZA-35T 型支柱绝缘子外形尺寸 f）ZB-35F 型支柱绝缘子外形尺寸

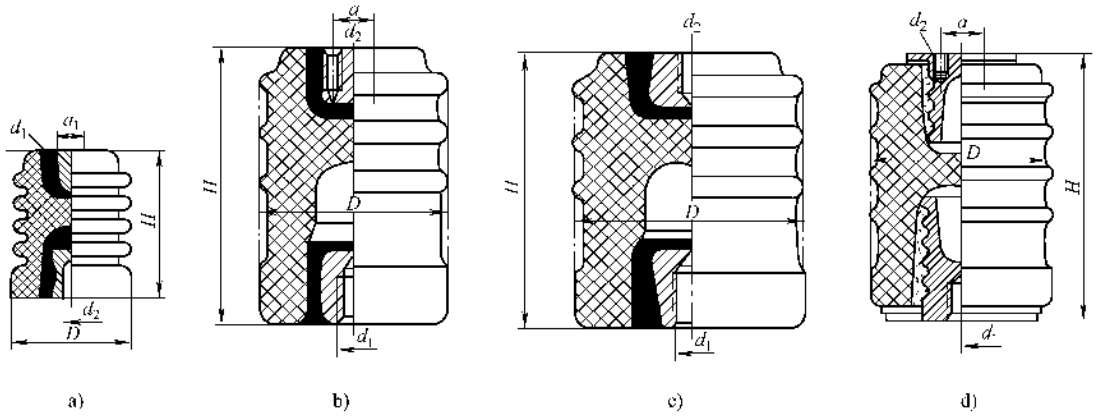


图 12-201　户内内胶支柱绝缘子

a）200000 系列支柱绝缘子外形尺寸　b）ZN-6、10/400，800，ZNA，ZNB_2 型支柱绝缘子外形尺寸
c）ZN-10/400N，800N，ZNB 型支柱绝缘子外形尺寸　d）ZN-10/1600 型支柱绝缘子外形尺寸

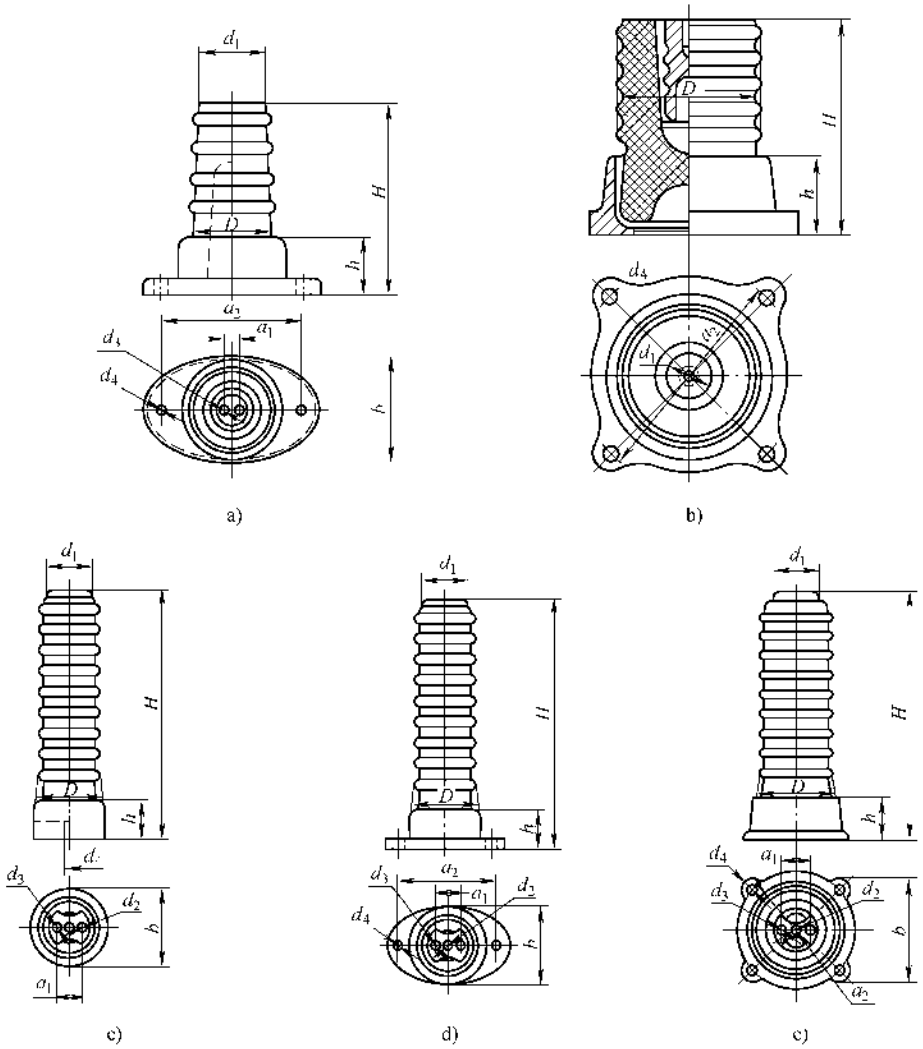


图 12-202　户内联合胶支柱绝缘子

a）ZL-10/800、ZL-10/400（G）型支柱绝缘子外形尺寸　b）ZL-10/1600 型支柱绝缘子外形尺寸
c）ZL-35/400Y 型支柱绝缘子外形尺寸　d）ZL-35/400、ZLA-35GY 型支柱绝缘子外形尺寸
e）ZL-35/800、ZLB-35GY、ZL-35/400G 型支柱绝缘子外形尺寸

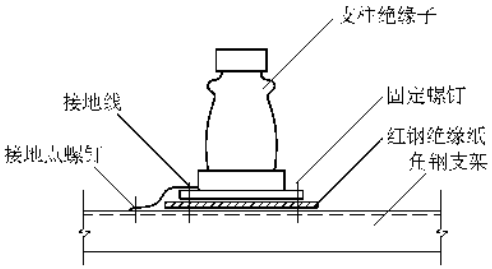


图 12-203 户内支柱绝缘子安装示意图

4）预告信号小母线 WPS，是由信号母线派生的母线，一般经预告信号触点接入，如熔断器熔丝熔断触点、变压器气体、温度触点等，作为信号预告母线。

5）“掉牌未复归”光字牌小母线 WSF，是信号母线 + WS 派生的母线，直接接入。

6）事故音响信号小母线 WFS、WAS，是由信号母线派生的母线，其中 WTS 由 + WS 直接接入；WAS 一般经控制转换开关及断路器常开辅助触点由 WFS 接入，用来驱动音响信号，直接报警的。

7）电源电压小母线 WVa、WVb、WVc，在 35kV/10kV 系统中有两组电源电压小母线，分别装设在保护屏和开关柜内，用来指示电源电压和用于电能测量回路。它们是由 35kV 和 10kV 电压互感器提供的。

8）合闸小母线 + WO、 - WO，是专供油断路器合闸线圈工作的电源母线，是由直流屏直接提供的。

其他各类小母线可参考图样的标注。各类小母线的名称、用途一般是由标牌或颜色区分的。

2. 母线支持器的安装

母线支持器实际上是一种特殊的端子，每只的上部有夹持 ϕ6mm 铜棒或铜管的母线夹，且能紧固，能把母线紧密地固定在端子上。在每只的线夹的两侧及顶部都有接线螺钉，一般为 M4，可用来接线或接跨接线。线夹固定在胶木底座上，并有与接线端相同的连板；可将一只只支持器插入连板，形成一组组特殊的大端子板。可成组安装，也可单个安装。

母线支持器用螺钉固定在屏顶的框架上，见示意图 12-204。

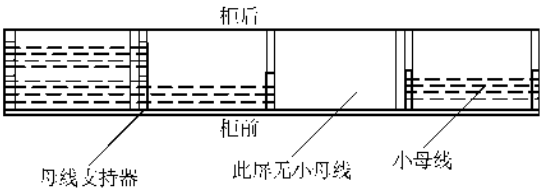


图 12-204 母线支持器的安装

母线支持器的安装除其外观检查外，应用 500V 绝缘电阻表摇测端子金属部分与连接板的绝缘电阻，应大于 2MΩ。母线支持的安装应使每组母线保持平行，同时应安装在屏顶的前侧。

小母线的安装应按设计给出的小母线布置图进行，往往有些屏上不安装小母线或者只安装部分小母线，也就是说小母线只安装在小母线接线或结点较多的屏上，只进行一次接线或一个结点的屏上，有时用导线代替，而不装设小母线。因此，在装设母线支持器时要针对设计图样，小母线布置图见图 12-205。

3. 小母线铜棒或铜管的安装

铜棒或铜管应选用质地优良的很直的材料，因为铜管调直较困难。铜棒调直则应用木锏头在木平台上进行。安装时尺寸要量好，一般不超出屏框 5mm。与母线支持器的线夹接触部分应涮锡。最后将小母线固定在母线支持器上。这时要注意，每根母线应相互平行。

小母线安装好后，应先用 500V 绝缘电阻表测试绝缘，一般应大于 2MΩ。然后应在每根小母线的两端挂上标牌，写明母线的名称或符号，标牌及系绳均为塑料绝缘制品。同时，应将母线的两个端断面及母线涂漆，涂漆的颜色见表 12-84。

表 12-84 小母线端部的颜色

小母线名称	小母线符号	涂色
控制回路电源小母线 +	+ WCL	红
控制回路电源小母线 -	- WCL	蓝
闪光信号小母线	+ WF	红色间绿
信号回路电源小母线 +	+ WS	红色间白
信号回路电源小母线 -	- WS	红色间白
预告信号小母线	WPS	灰色间红
“掉牌未复归”光字牌小母线	WSF	红色间黑
事故音响信号小母线	WFS	红色间黄
事故音响信号小母线	WAS	灰色间黄
母线电压小母线 A 相	WVa	黄
母线电压小母线 B 相	WVb	绿
母线电压小母线 C 相	WVc	红
合闸回路小母线	+ WO	橙
	- WO	黑

4. 小母线的接线

1）成套的柜或屏内的二次接线已全部配好，并沿柜内的扎线板或线槽送至屏顶，每根导线均有回路标号，每根导线又缠成弹簧形。可根据导线的回路标号将其对应接在小母线支持器的螺钉上即可，见图 12-206。

2）有的屏如在出厂时将小母线装配好，这是单屏的，所以要在屏安装好后，用跨接线将屏与屏的小母线对应连接。连接一般用 $4mm^2$ 的独根铜根，铜线接在母线支持器的顶部螺栓上，见示意图 12-207。

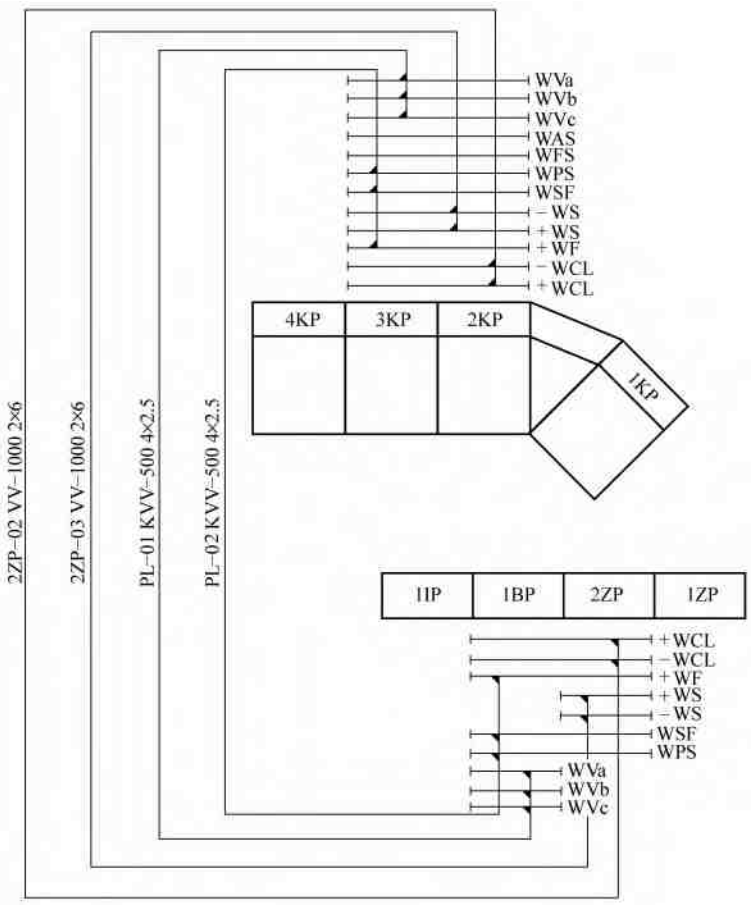


图 12-205　某站小母线布置图

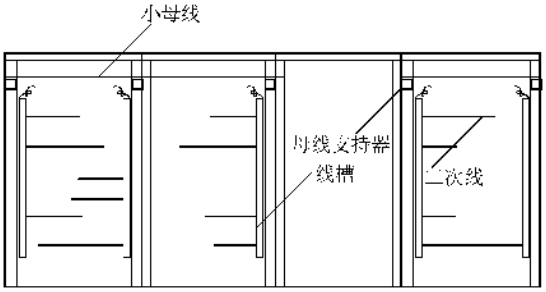


图 12-206　从屏背面看小母线

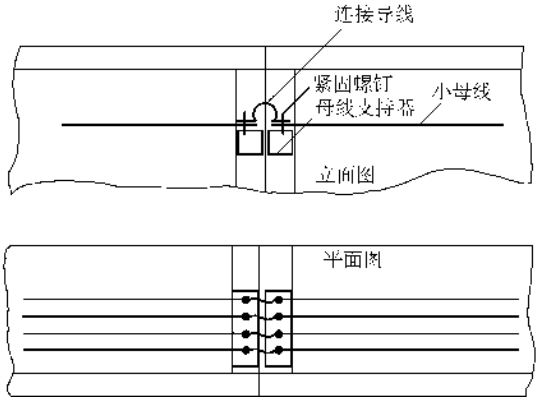


图 12-207　小母线屏与屏的连接示意图

3）小母线的总接线（见图 12-232）。

十一、UPS 的安装

UPS 一般安装在控制室内站用屏的旁侧，有的也可安装在配电室低压屏列上，具体方法见第八章第三节的内容。

十二、计量屏的安装

基本同保护屏,屏上所有的仪表应有检定证书及原理接线图,总计量表应由供电部门经检定合格后接线铅封。

十三、室内接地系统的安装

基本同室外，接地引线由室外引入室内电缆沟中，室内柜体、屏架、槽钢底座、照明控制箱体、检修闸箱体、动力控制箱等金属件的外壳均可靠与地线连接。室内接地干线在墙上的安装见图 12-272。

十四、电缆头的制作

详见第十一章电缆的安装敷设。

十五、照明电路及检修间动力控制箱的安装

详见第六章照明电路。

第六节 控制、保护及二次回路的接线

至此，室内、室外的电气设备及线路已全部安装完毕，但是设备与设备、屏与屏、设备与屏之间的控制、保护系统的接线以及小母线的连接（俗称二次回路接线）还没连接，对于一个变电所来讲，这是一项很重要的工作。接线前，要对室内室外所有的电气设备进行一次安装质量的检查，不符合要求的要修复。这里我们以继电器构成的控制、保护及二次回路系统讲述，有关微机型继电保护系统的内容见本章第九节，此举目的是让初学者有一个技术的过渡。

一、二次回路接线的要求

1）必须按设计图样接线，且保证接线正确。

2）二次回路的连接（螺钉连接、插接、焊接等）应牢固可靠。

3）二次回路使用的电缆及导线其线芯端均应标明其回路编号，编号应与图样标注对应。编号应正确，字迹清晰且不易退色。具体方法可参见第三章一般金属构件的制作有关内容。导线或电缆始端、终端进柜（屏）的位置必须正，通常是两人分别位于同一根电缆两端的端子箱或屏的端子旁，先检查该电缆的规格是否与图样相符，头尾是否正确，绝缘是否良好，然后按照图上的标号用布话机或校线器联系并将其同一根线芯的两端分别接在对应的端子上，全部接完以后再校验一次，作到准确无误。线芯的两端必须用异型管标号，具体见第三章。

4）配线整齐、清晰、美观；无交叉导线、绝缘良好，无损伤。

5）二次回路的导线不得有接头。导线的连接必须经过接线端子进行。端子板的每侧一般只能接一根导线，不得超过两根。

6）电流互感器、电压互感器的极性必须正确、二次线的相序必须正确。

7）二次回路的导线必须用铜质线芯的导线或电缆，导线或电缆的线芯一般不小于 1.5mm^2，绝缘电压不低于 500V。对于电子元件及弱电回路应采用锡焊连接，在满足载流量和电压降及具有足够机械强度的情况下，可使用较小载面的绝缘导线。

8）敷设在可动部位（门上电器、控制台板等）的导线应采用多股软铜绝缘导线并有适当余度，线束应套塑料管或包缠塑料带，以加强绝缘；与电器端子连接时，应绞紧且镀锡处理，不得散股或断股；在可动部位的两端，应用卡子固定，以免开关门或盖盖时，线束受力或摩擦。

9）电缆及导线引入柜后，应排列整齐、避免交叉，并应固定，不得使所接的端子板受到机械应力。

10）铠装电缆的钢带不得进入屏柜、引入屏柜前，要将引入部分的钢甲取掉，并将钢甲切断处用卡子卡紧，同时将电缆用 Ω 形卡子固定在屏柜的电缆横梁上，见图 11-90 和图 11-103。

11）用于电子元件、插件或逻辑回路的控制电缆应采用屏蔽电缆，其屏蔽层应可靠接地。

12）接线前应检查端子板和电缆的质量，并摇测其绝缘电阻，均应大于 2MΩ。其他事宜参见第三章、第七章中的有关内容。

13）二次回路的接线应符合施工验收规范（GB 50171—2012）的要求。

另外，这里给出的图样只是为了说明接线的方法及工艺，实际工程中应按设计给出的图样进行接线。

二、变压器端子箱的接线

变压器端子箱的设置主要是把变压器内部的温度信号、气体及重气体信号送至保护屏或信号屏。有些变压器端子箱还装有油箱散热器排风扇的控制装置，如接触器、熔断器等，因此还有单相交流电源及操作按钮的端子排等，见示意图 12-208。

先将变压器温度信号计的一副触点和气体继电器的两副触点分别对应接在端子箱内相应的端子上。同时将风扇电动机的负载线接在箱内接触器的下闸口的端子上。风扇电动机应按第七章动力电路中有关电动机试验的项目进行试验。

然后将引至保护屏或信号屏（由设计图样而定）电缆线芯分对应接在箱内相应的端子上，再把引至控制屏或操作台的控制电缆接在屏内相应的端子上。这里要注意一点，引至保护屏、控制屏或信号屏、操作台的电缆有时往往是一根多芯电缆，到控制室内再将其在端子分开，因此接线时线芯必须找对。

三、电压互感器端子箱的接线

电压互感器端子箱的设置主要是把 35kV 高压侧母线的电压信号送入保护屏或计量屏上的电压小母线 WVa、WVb、WVc 上，屏上所有用到电压信号的元件均接至电压小母线上。

1）两只电压互感器测量三相电压的接线方法见示意图 12-209。

将互感器二次线圈按正极性串联起来，然后将 a_1、x_1a_2、x_2 用导线引入端子箱接在相应的端子上，同时将 x_1a_2 端子与接地端子连接。最后将送自主控室的电缆线芯分别接在端子的一侧，即分别接在电源电压小母线的三只熔断器 1FU、2FU、3FU 上。

2）三只电压互感器测量三相电压的接线方法见示意图 12-210，原理图见图 12-211。

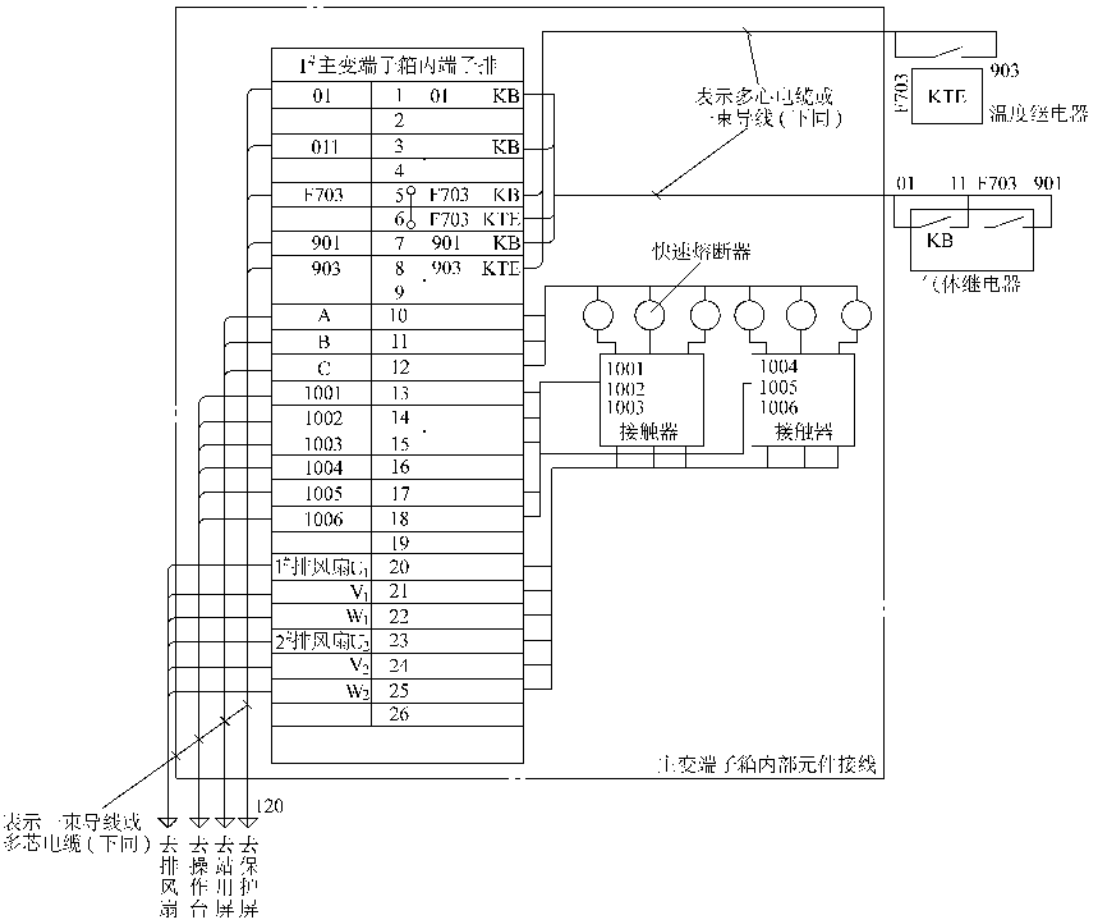


图 12-208　变压器端子箱接线示意图

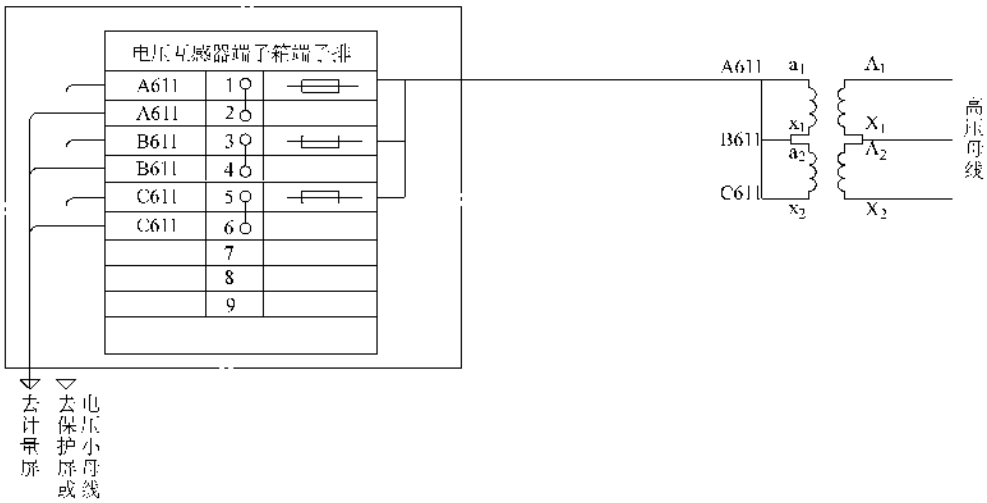


图 12-209　两只电压互感器测量三相电压的接线

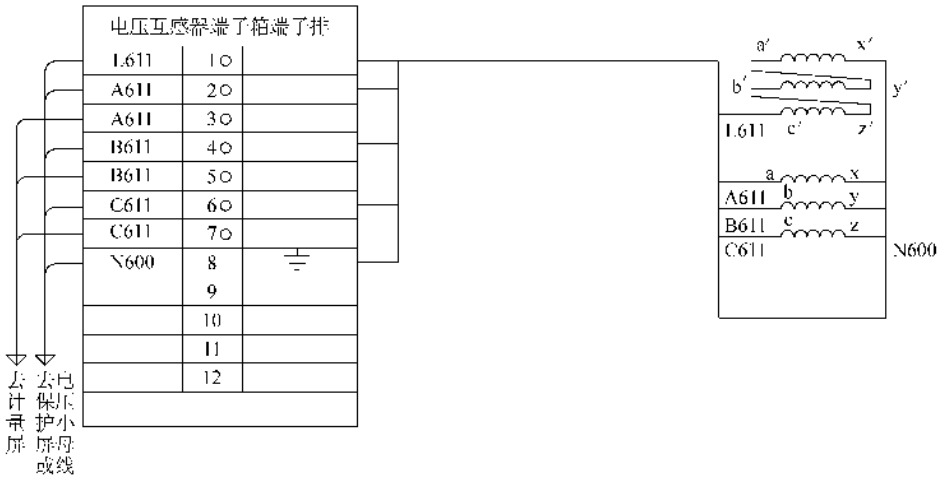
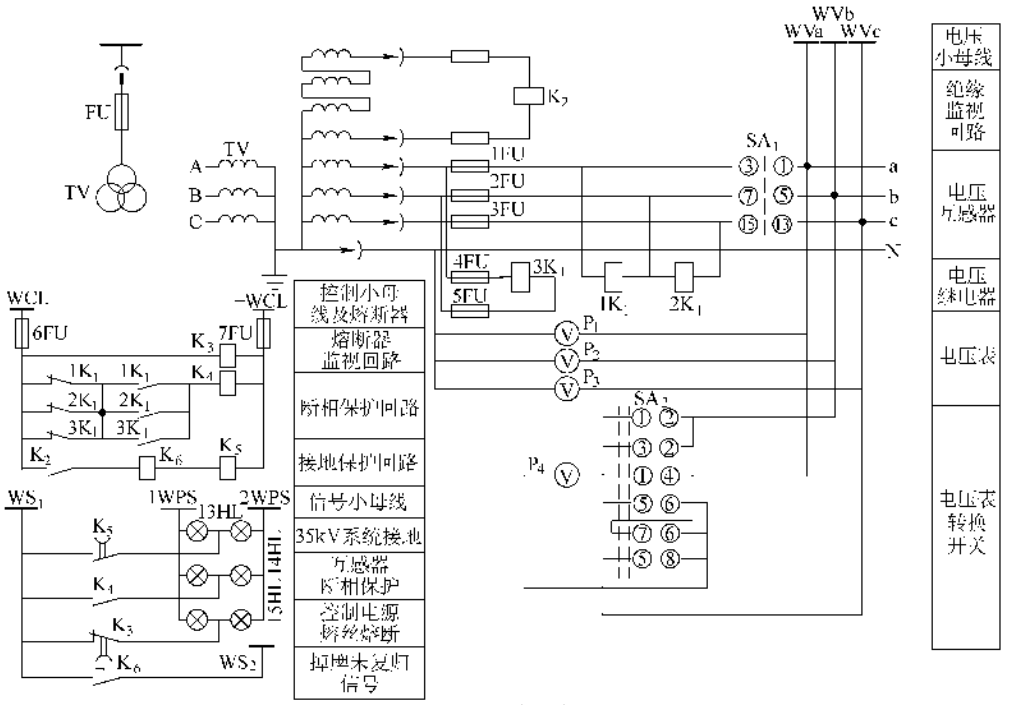


图 12-210 三只电压互感器测量三相电压的接线



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				1～3、6～7FU	熔 断 器	RL-10/4A	5
1～3K1	电压继电器	DJ-132/160	3	P1～P3	电 压 表	1T1-V.42/0.1kV	3
K2	电流继电器	DJ 131/60CN	1	4～5FU	熔 断 器	RL-10/10A	2
K3	中间继电器	DZS 115□V	1	安装在控制屏上的设备			
K4	中间继电器	DZ 15□V	1	P4	电压表	16T2 V.42/0.1kV	1
K5	时间继电器	DS-113C□V	1	SA2	电压表转换开关	LW2 5.5/F4	1
K6	信号继电器	DX-31/□	1	安装在中央信号屏上的设备			
SA1	转 换 开 关	LW2-111/F4	1	13～15HL	光字牌	XD10 □V·□	

图 12-211 35kV 电压互感器保护二次原理图

将互感器二次线圈的尾 x、y、z 端连接起来接在箱内的接地端子 N600 上；将头 a、b、c 端分别接在箱内A611、B611、C611端子上，端子的另端分别接在引至主控室内的电缆线芯上，进入室内分别接在电源电压小母线的三只熔断器上。

然后将互感器的辅助线圈按正极串联起来即 a′y′b′z′相连，把 x′接在箱内接地端子上 N600，把 c′接在箱内 L611 端子上。最后将 N600、L611 另侧端子用电缆线芯引至主控室内的保护屏上 L611 和 N600 号端子上。

四、电流互感器的二次接线

电流互感器是为电能计量、差动保护、过电流速断保护提供电流信号的元件，一般不设端子箱而是直接引入屏内，接线也较为复杂。

图 12-33 中，每台主变压器回路都设置五组电流互感器，其中多油断路器套管内的互感器 2TA 没有画出。1TA 是供电部门计量电能的，一般用两只互感器；2TA 是作为过电流过载速断保护的；变压器两侧的 3TA 和 4TA 是为差动保护设置的，5TA 是 10kV 配电装置测量用的。这里油断路器套管内的互感器只用了一组，并设置了 3TA，主要是为了讲述上的方便，实际工程中，3TA 可以省掉，而使用另组套管互感器。

（1）电能计量互感器的接线　接线图见图 12-212。

先将互感器的接地端连接起来，并与互感器的接地端子连接，即 N411；然后将电缆线芯分别接在互感器出线端上，即 A411、C411，连同 N411 一起引入总计量柜的相应的端子上，计量屏端子排的出线引至电能表及定量器相应的端子上。

（2）过电流速断保护电流互感器的接线　油开关套管式互感器出厂时，已将二次线引入操动机构的控制箱的端子上，见图 12-213。

通常过电流过载保护常采用单独的接线方式，见图 12-214，这样即可把电缆的线芯分别直接接在 A421、B421、C421 和 N421 上，电缆另端引入控制室的保护屏上，并接在相应的 A421、B421、C421 和 N421 号端子上。

而有的过电流过载保护则采用与差动保护联合的接线方式，见图 12-215，这样则应把由操动机构控制箱引来的 111 号电缆线芯接在保护屏上的 A421、B421、C421 端子上，控制箱内的端子已经接好，保护屏端子排接线图见图 12-216。5TA 电流测量见图 12-223。

（3）差动保护电流互感器的接线　差动保护的接线方式很多，接线时应按设计图样为准，本书给出两种接线方式，供读者参照。最常用的差动保护接线图见图 12-217。差动保护中，电流互感器的极性及三相电流的相序必须正确无误。

先将 3TA（变压器高压 35kV 侧）的三只互感器二次线圈的头尾用 6 芯电缆引好，引入主控室的保护屏的端子排上，即 A431、A432、B431、B432、C431、C432，然后在端子排上将 A431 与 B432、B431 与 C432、C431 与 A432 用绝缘导线连接起来，完成△联结。而 A431、B431、C431 柜出厂时已与差动继电器的相应端子接好。

再将 4TA（变压器低压 10kV 侧室内母线进户支架上安装）的接地端连接起来，即 N441，然后将其首端 A441、B441、C441 用导线分别接好后沿支架引入电缆沟内至保护屏的端子排上，接在 A441、B441、C441、N441 号端子上。其中 A441、B441、C441 柜出厂时已与差动继电器的相应端子接好，N441 已接地。

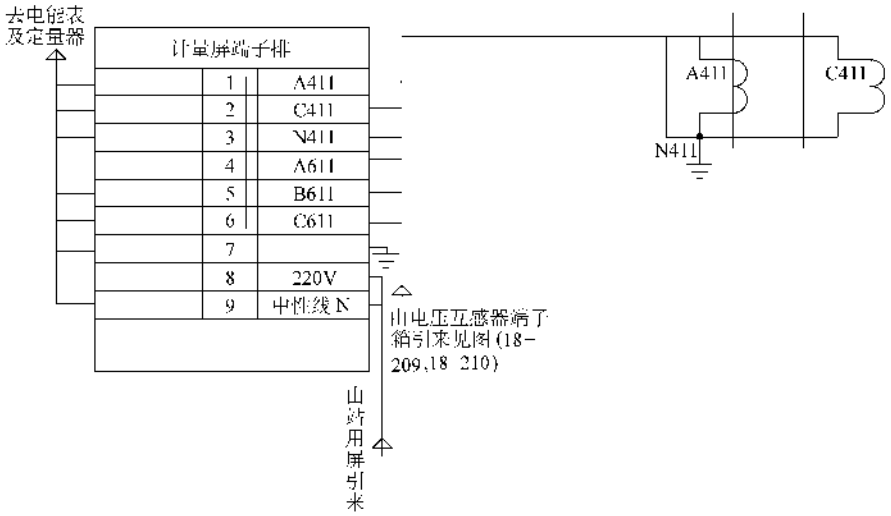
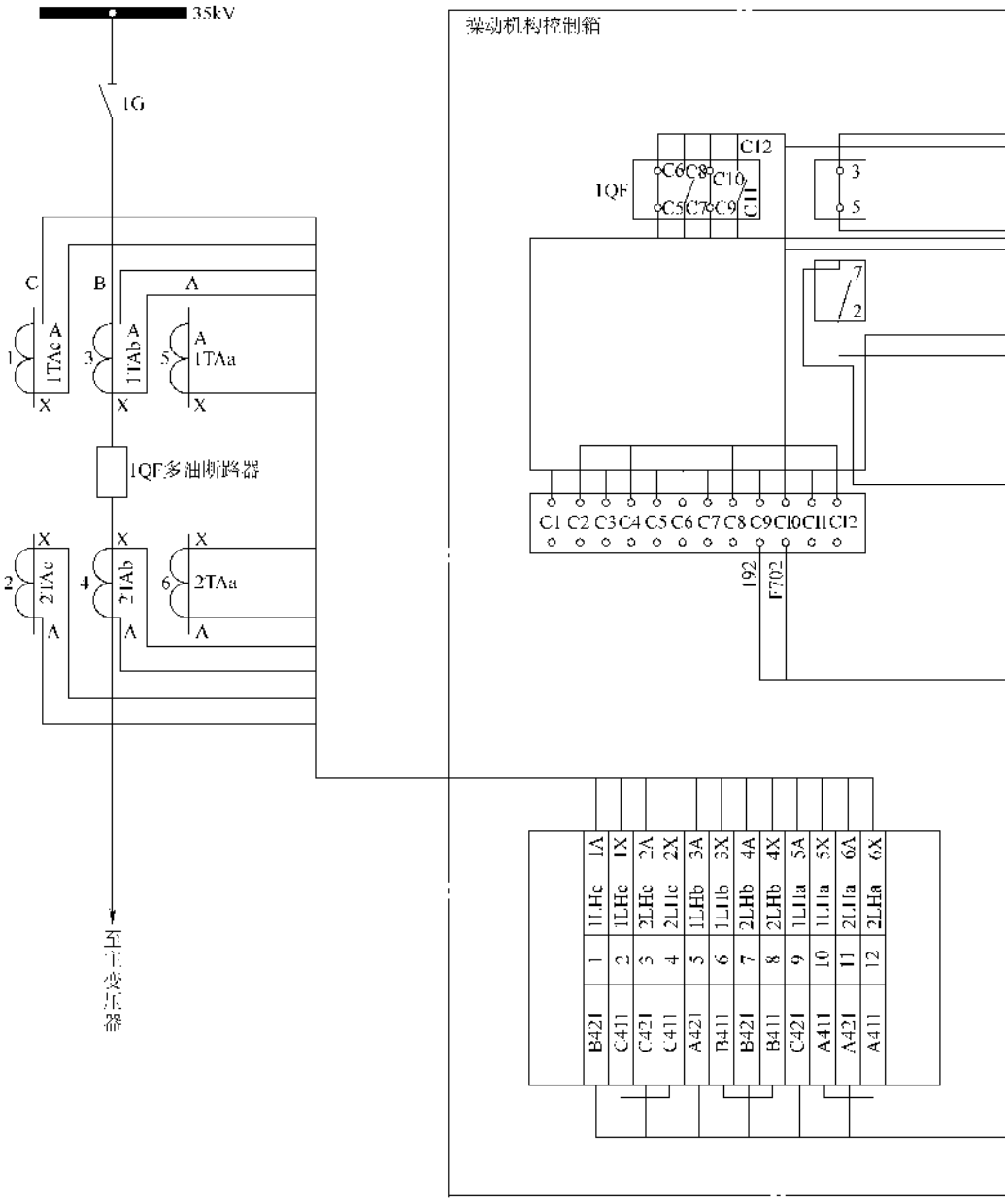
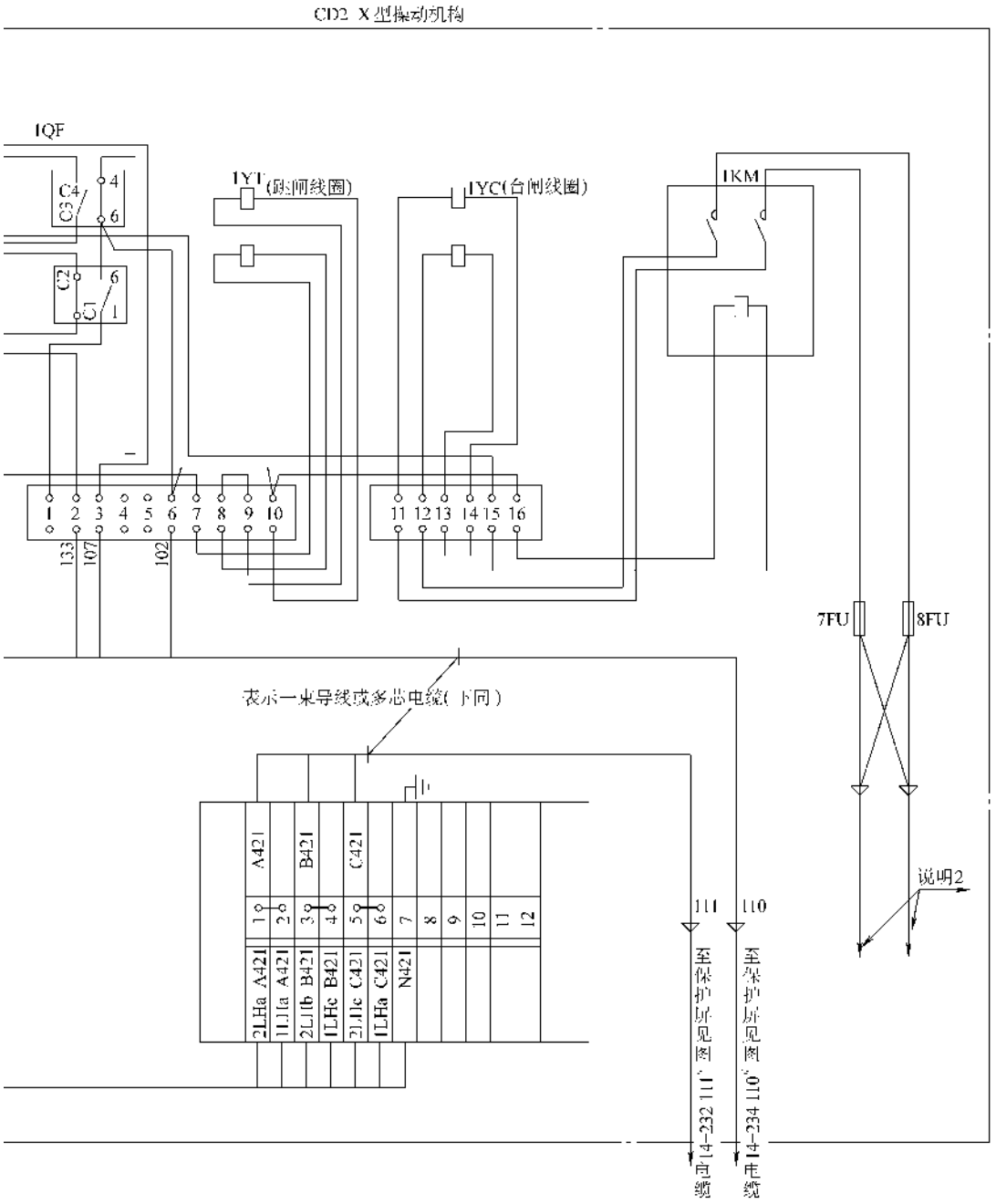


图 12-212　计量屏端子板接线图



注：套管电流互感器的电流比为 50/5 ~ 100/5 时，1TA 和 2TA 并联使用；

图 12-213 CDZ-X 型操动



当电流比为 150/5 以上时，1TA 和 2TA 串联或单独使用。

机构控制箱接线图

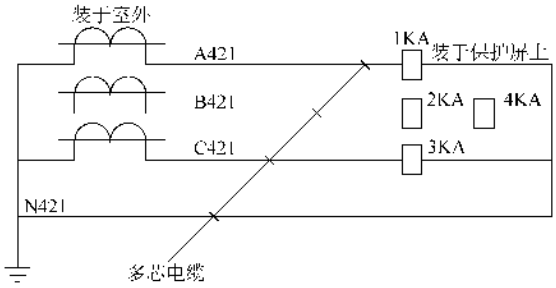


图 12-214　过电流过载保护回路原理接线图

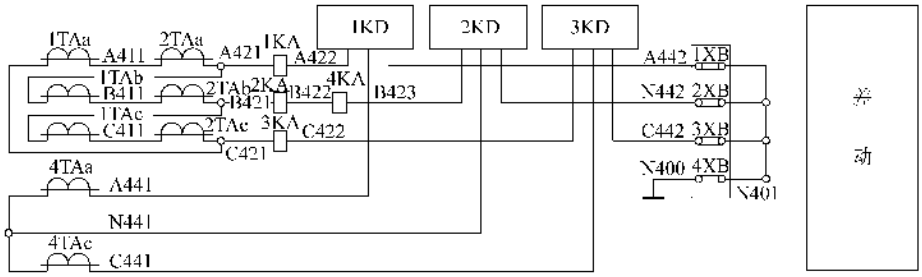
4TA 的接线沿支架下引时应扎成一束，且每 600mm 应与支架用尼龙卡子固定，固定处应包扎绝缘。

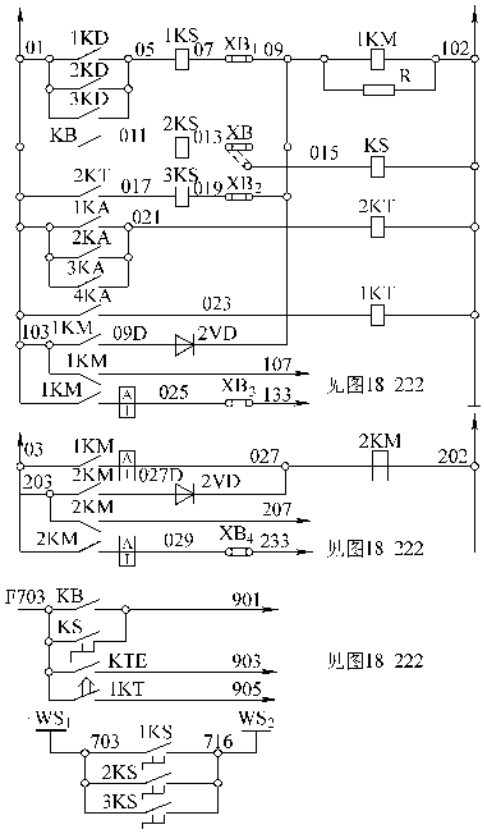
图 12-215 是差动保护与过电流过载保护联合接线方法与上述的接线方法基本相同，所不同的是 35kV 侧每相用两只电流互感器串联使用，再者是把过电流过载的电流继电器串联在电流回路中，另外 10kV 侧用了两只电流互感器，端子排上的接线见图 12-216 和图 12-218（对应于图 12-222）。

电流互感器的二次接线应用不小于 2.5mm² 的绝缘铜线，双线圈互感器不使用的线圈应将其二次端子用 2.5mm² 的导线短接。这里再强调一次，互感器的接线必须可靠正确无松动，必要时应用焊锡封住。

五、油断路器操动机构控制箱的接线

1）将由直流屏引来的合闸电源直接接在箱内直流接触器上闸口熔断器的端子上。





差动
气体
过电流
过载
IQF 防跳
IQF 跳闸
出口中间继电器
2QF 防跳
2QF 跳闸
气体
温度
过载
掉牌未复归

信号回路

设　备　表

符号	名　称	型　式	技术特性	数量	备　注
		保护屏			
1KD～3KD	差动继电器	BCH 2A		3	
1KA～3KA	电流继电器	DL-21C/10		3	
4KA	电流继电器	DL-21C/10		1	
4KT	时间继电器	DS-23A	220V	1	
2KT	时间继电器	DS 23A	220V	1	
1KS～3KS	信号继电器	DX 11/0.025	0.025A	3	
KS	信号继电器	DX-11/220	220V	1	
1KM, 2KM	中间继电器	DXB 11B	220V、1A	2	
XB_1～XB_4	连接片	YY1-D		4	
XB	切换片	YY1-S		1	
R	电　阻	ZG11 50	4000Ω 50W	1	
1XB～4XB	电流试验端子	SD 2		4	
1VD、2VD	二极管	2CZ11F	600V 1A	2	
		变压器			
KB	气体继电器			1	与变压器成套
KTE	温度信号计			1	与变压器成套

图 12-215　主变压器保护回路原理示意图

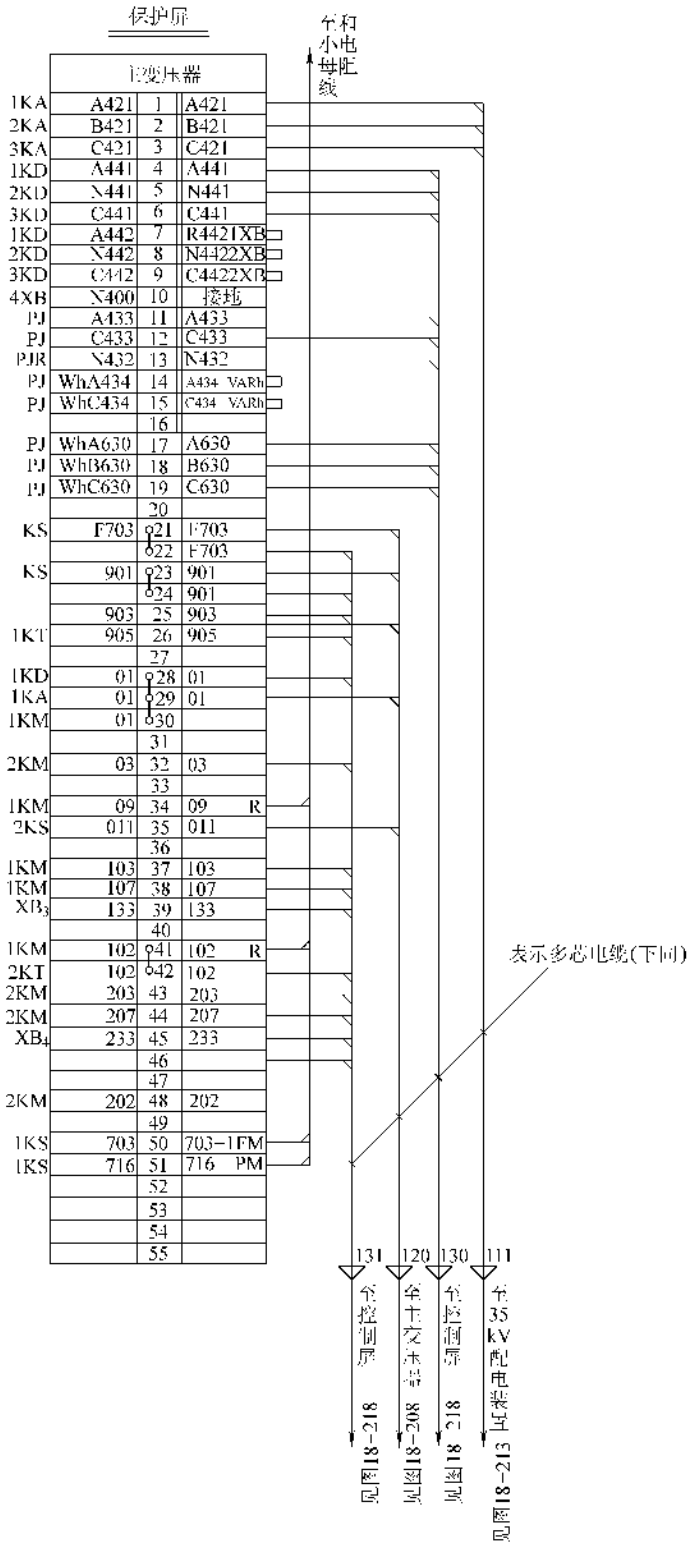


图 12-216　主变压器保护屏端子排接线图

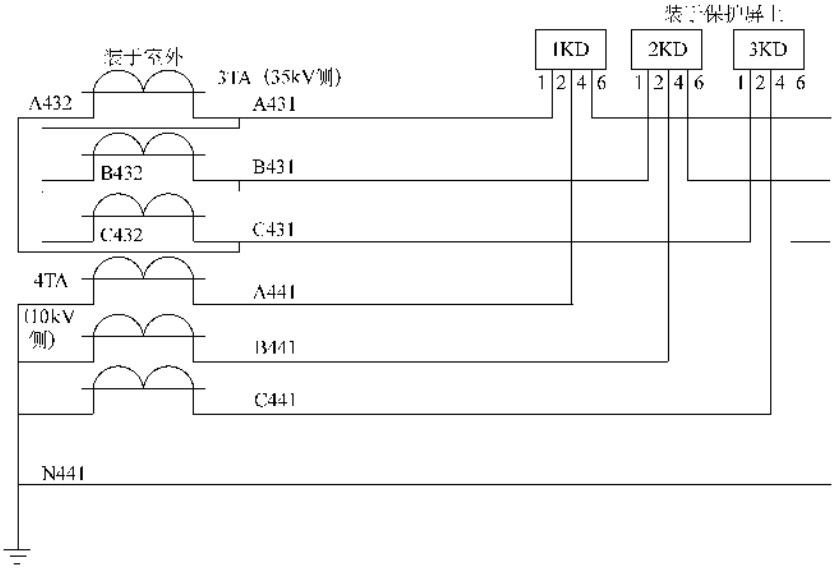


图 12-217 差动保护接线图

2）将由控制屏引来的控制电缆或信号电缆接在相应的端子上。有些操动机构的分闸线圈是单独供电的，则应将直流屏引来的分闸电源接在相应的端子，见图 5-18 和图 12-212。

3）套管式电流互感器的接线已在电流互感器的接线中作了介绍。

六、隔离开关辅助开关的接线

隔离开关辅助开关是为控制、保护或信号屏提供联锁信号的，分别将其接在相应的接点上。

七、站用变低压配电屏的接线

1）站用屏的电源引入是由站用变压器二次低压经电缆直接引入的，接在站用屏总开关的上闸口。

2）站用屏的输出通常是接在站内各种装置的屏或箱的内总开关的上闸口的，主要有直流屏、通风装置、开关柜照明回路控制箱，站内照明控制箱、检修电源箱以及通信电源、稳压电源等，见示意图 12-219。

八、直流屏的接线

直流屏的电源来自站用屏，将其接在相应的端子上。直流屏的输出端已在前面进行了介绍，见图 12-219 和图 12-165，读者可自行绘制端子板接线图。

九、保护屏的接线

应将引入的电缆或导线接在相应的端子上，现举一接线端子排为例，见图 12-216，图中 1～16#端子及 50～51#端子，为试验端子，与其对应的原理图为图 12-215。

接线时，应将引至屏顶小母线的导线，先接在屏顶相应的小母线上或相应的电阻上。然后将引入的电缆或导线接在相应的端子上。常规主变压器二次保护接线见图 12-220，保护屏的原理图见图 12-221。

十、控制屏的接线

同保护屏，见端子排接线图 12-218。控制屏上装有电流表、电压表、有功功率表和无功功率表，接线原理图见图 12-222 和图 12-223，其电压信号由小母线引入，电流信号由端子上引入，所有表计的电压线圈应并联于电压母线上，而所有表计的电流线圈应串联后接在端子上。

十一、中央信号屏的接线

同保护屏，见端子排接线图 12-224 和原理接线图 12-225。

十二、计量屏的接线

如前所述，一次电压的电压小母线已引入计量屏的端子上，一次计量电流互感器的二次线也已引入计量屏的端子上。计量屏上的表计是作为供电部门结算电费的依据，因此电能表和电力定量器是由供电部门提供的，接线是由供电部门进行的。通常安装单位都将二次线由端子板处引至电能表及电能定量器的进线孔处，由供电部门挂表接线铅封，并记录表底，这与控制屏上表计的接线是不同的，见图 12-226，它没有功率表、电流表、电压表、功率因数表。

有功表的单独接线图见图 12-227。

无功表的单独接线图见图 12-228。

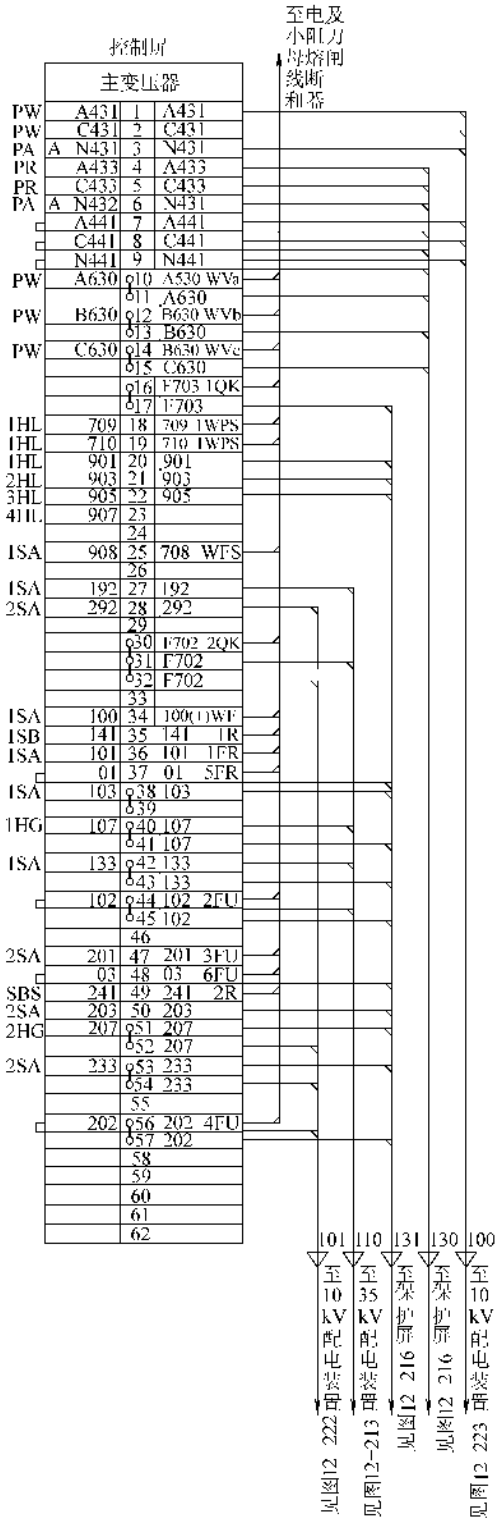


图 12-218　主变控制屏接线端子排

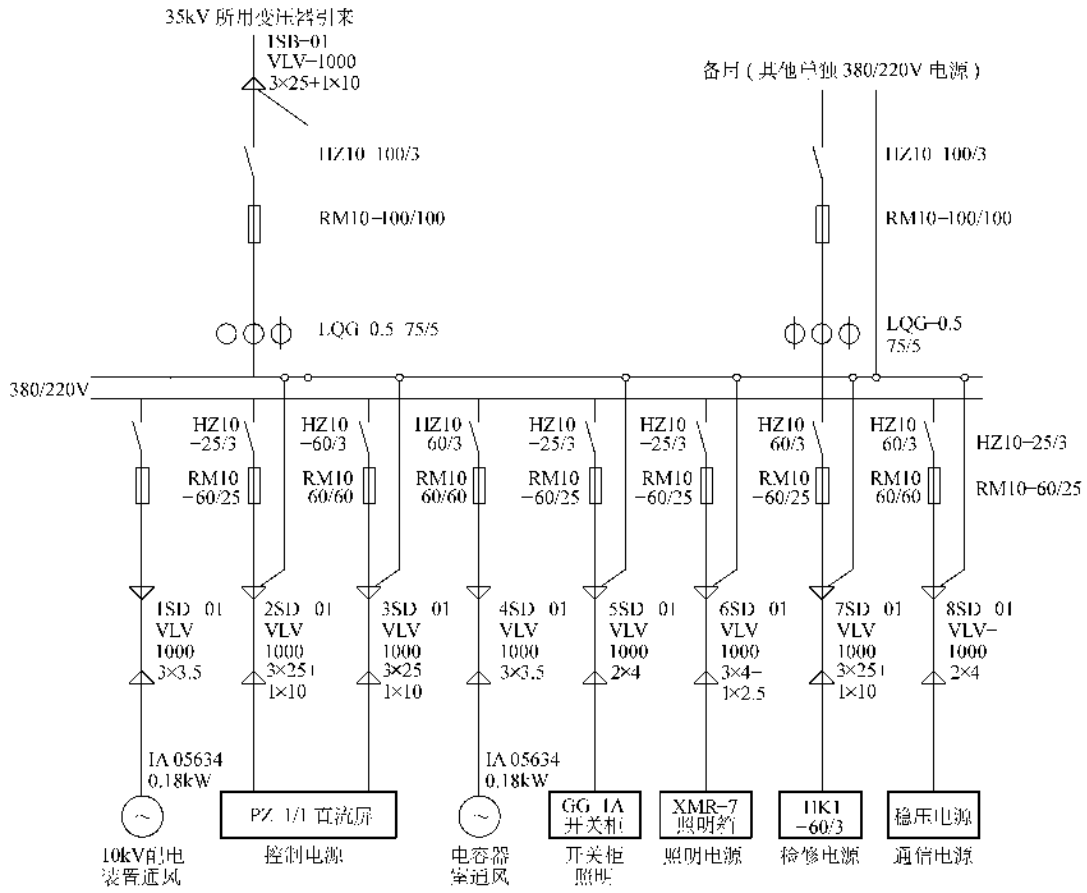


图 12-219 站用屏的接线

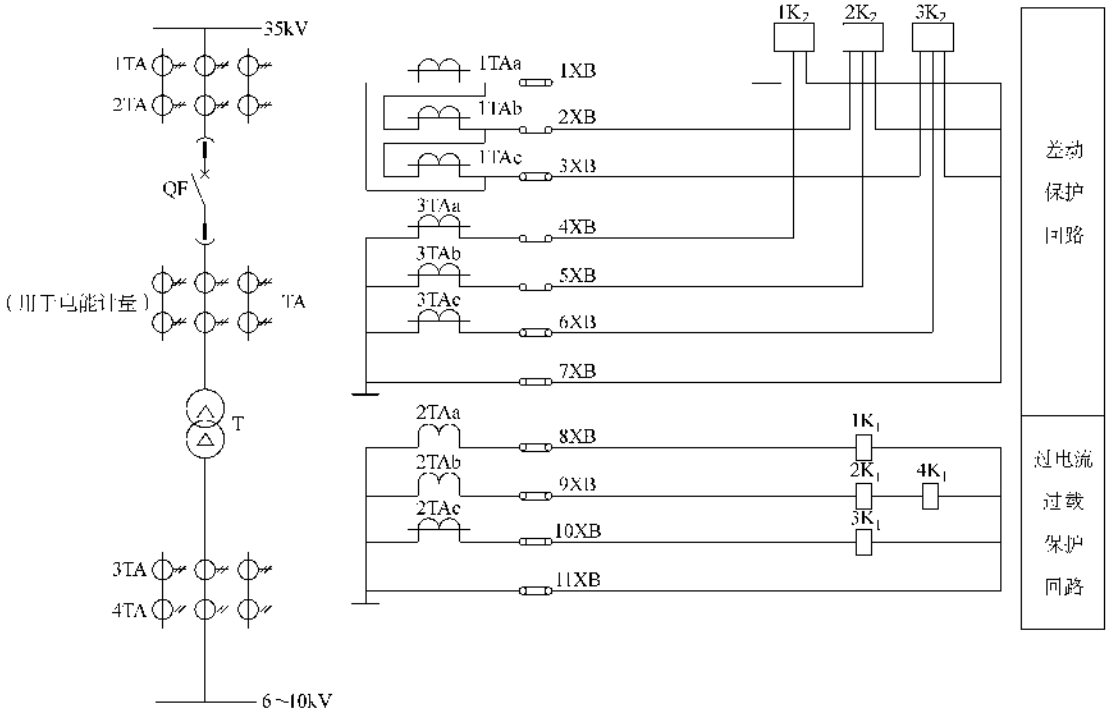
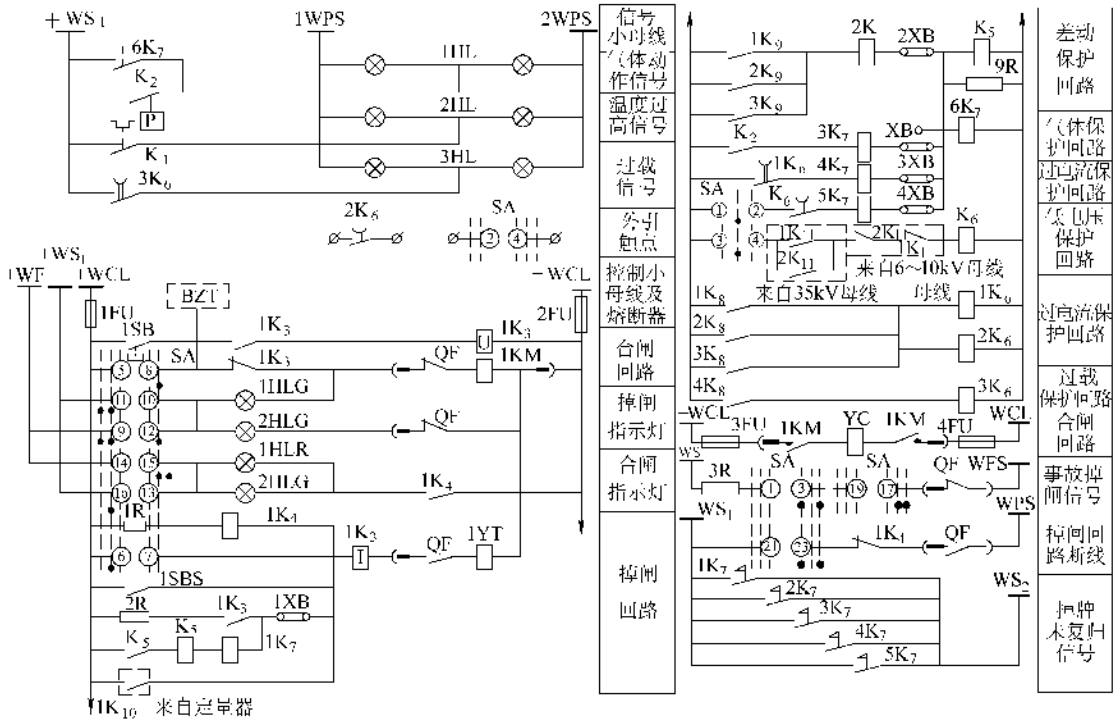


图 12-220 主变压器二次保护接线图



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			
2HG	指　示　灯	XD5 □V，绿	1	SA1	转　换　开　关	LW2-111/F4	1
2HR	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
1HG	指　示　灯	XD5 □V，绿	1	2～6K7	信号继电器	DX-11/□A	4
1HR	指　示　灯	XD5 □V，红	1	1～3K8	电流继电器	DL-11/□	3
1～3HL	光　字　牌	XD10 □V	3	4K8	电流继电器	DL 11/□	1
1～2FU	熔　断　器	R1-10/□	2	1～3K9	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	WTX 288	1	1R	电　　阻	ZG11 15,5KΩ	1
K2	气体继电器	QJ1-80	1	2R	电　　阻	ZG11-50,1Ω	1

图 12-221　保护屏原理图

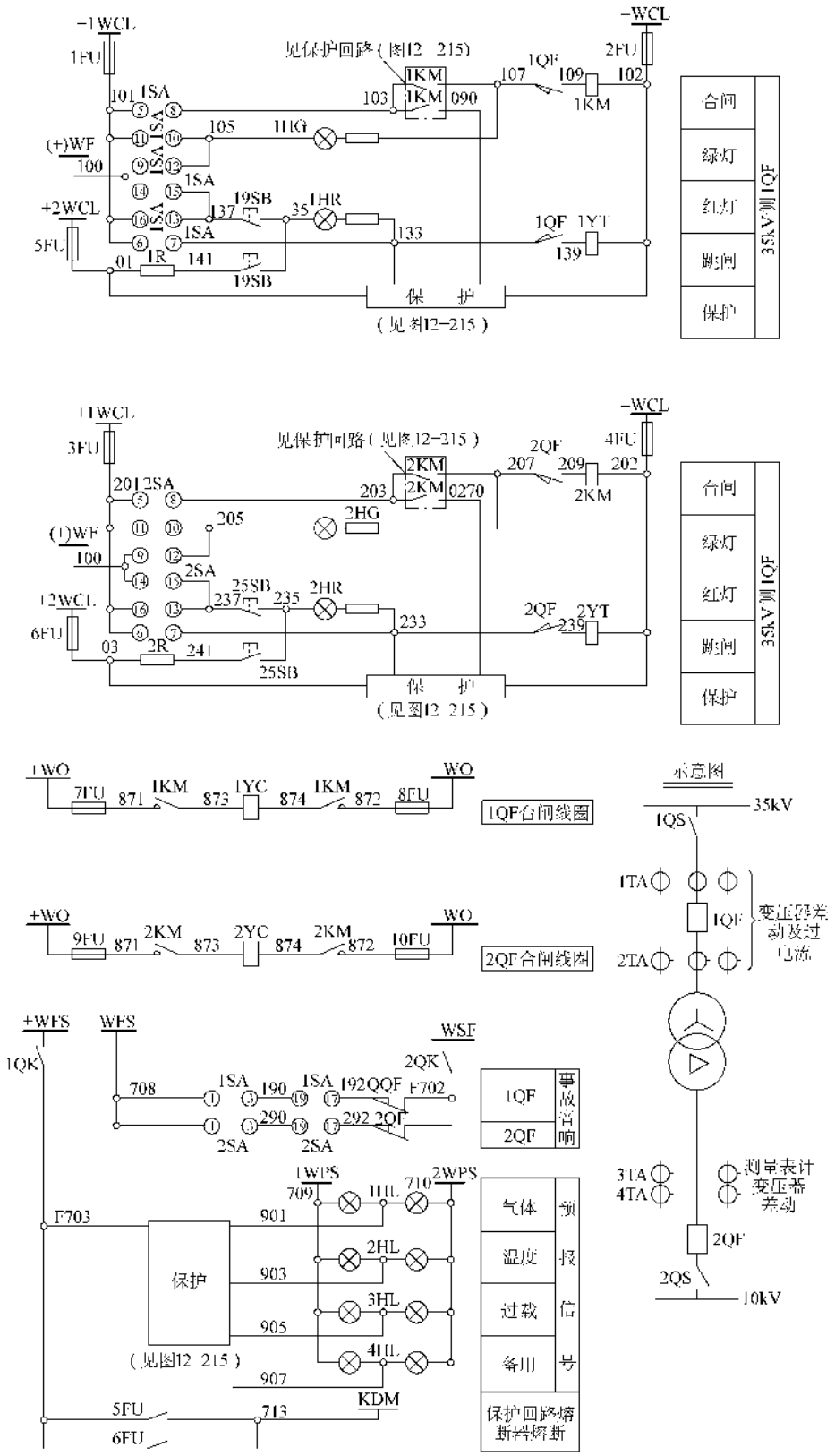


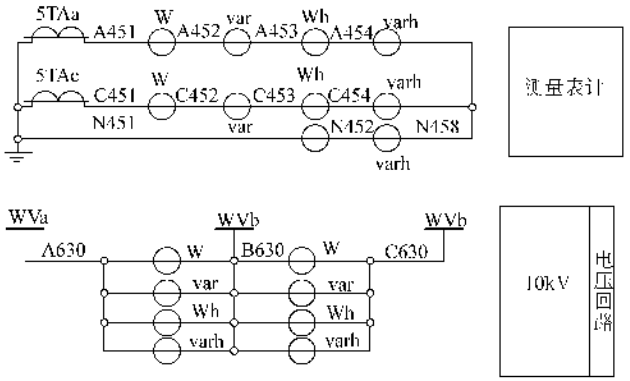
图 12-222 主变控制及信号回路

设　备　表

符　　号	名　　称	型　　式	技术特性	数　量	备　　注
控　制　屏					
1SA、2SA	控制开关	LW2-2-10.4、6a、40、20/F8		2	
1QK、2QK	万开关		250V　10A	2	
1HG、2HG	绿　灯	XD5	220V	2	
1HR、2HR	红　灯	XD5	220V	2	
1HL～4HL	光字牌	XD10	220V　15W	4	
1R、2R	电　阻	ZG11 25	1000Ω　25W	2	
1FU～4FU	熔断器	R1-10/4A	250V　10/4A	4	
5FU、6FU	熔断器	RX1 10/4A	250V　10/4A	2	带信号触点
19SB、29SB	按　钮	LA18-22	440V　5A	2	
35kV配电装置					
7FU、8FU	熔断器	RM10-60/25A	250V　60/25A	2	
10kV配电装置					
9FU、10FU	熔断器	RM10-60/25A	250V　60/25A	2	

注：本图与图12-33a略有不同(互感器的放置位置与作用排列有不同)。

图 12-222　（续）



设　备　表

符号	名　　称	型　　式	技术特性	数　量	备　注
控　制　屏					
A	电流表	16L1-A	/5A	1	
W	有功功率表	16D3　W	10000/100V　/5A	1	
var	无功功率表	16D3-var	10000/100V　/5A	1	
Wh	有功电能表	DS8	100V　5A	1	
varh	无功电能表	DX8	100V　5A	1	

图 12-223　主变电流及电压回路

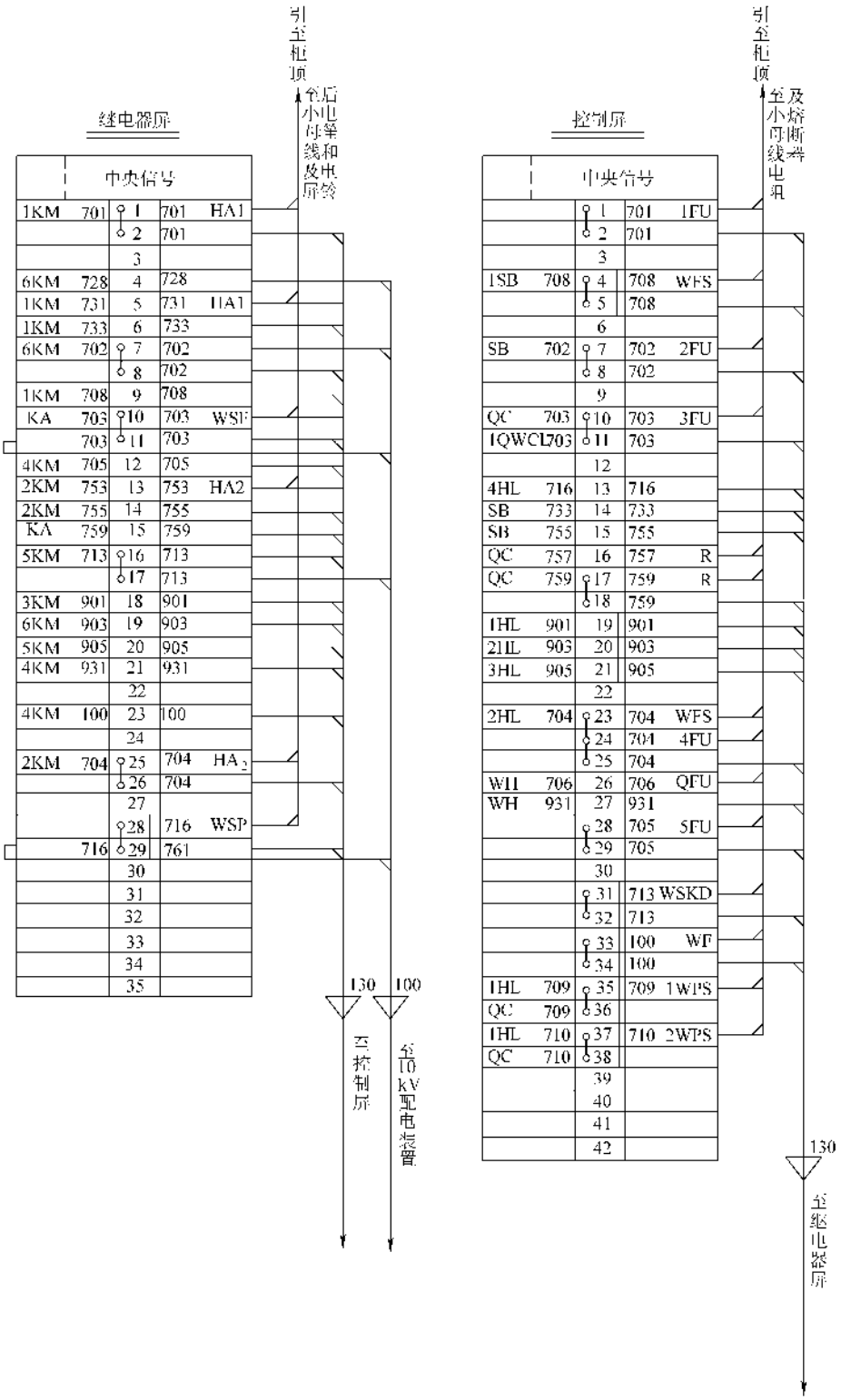


图 12-224 中央信号屏端子排接线图

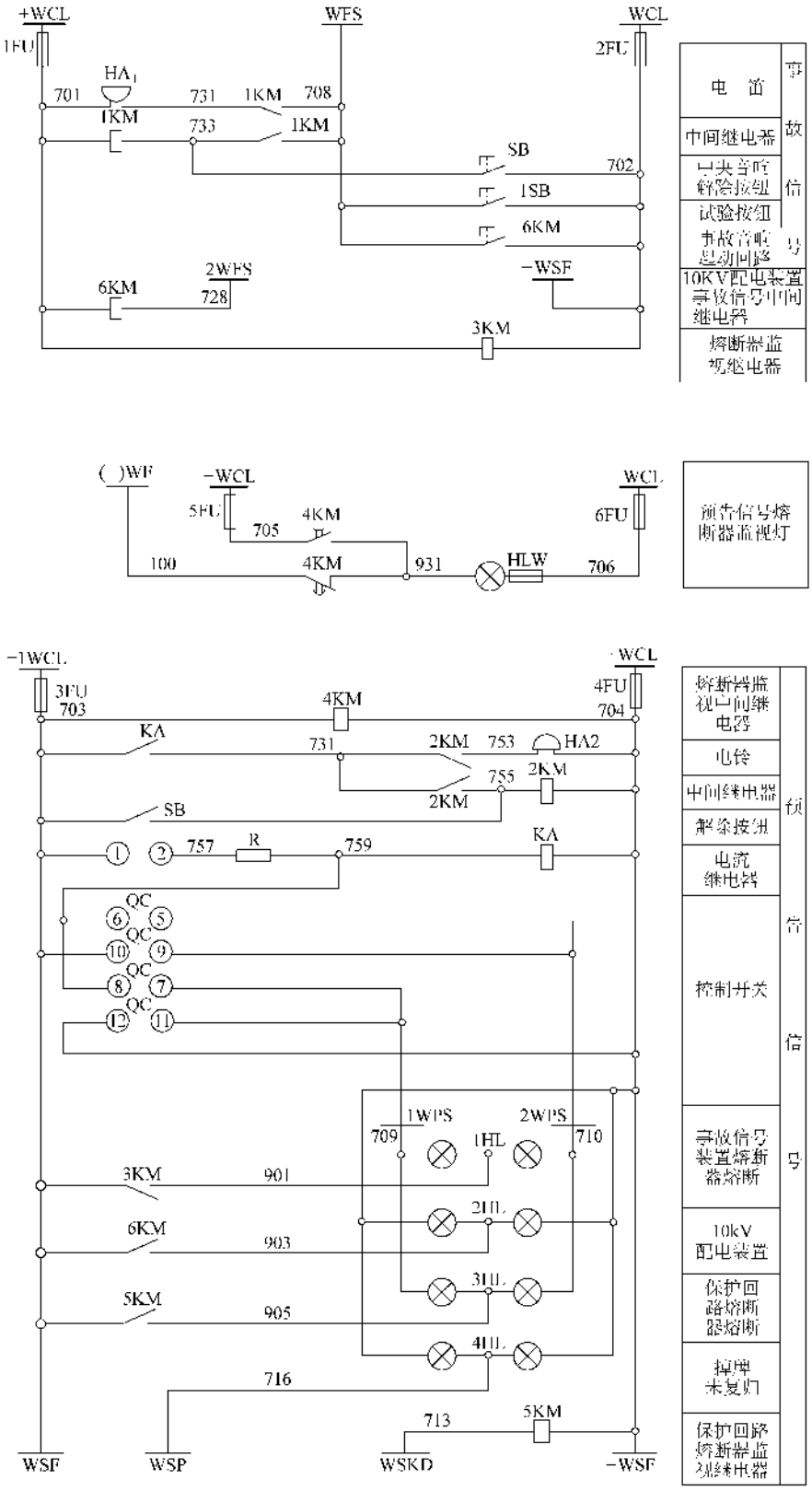


图 12-225　中央信号原理接线图

设备表

符号	名称	型式	技术特性	数量	备注
控制屏					
QC	转换开关	LW5-15、D0724/3		1	见图表7
1SB、SB	按钮	LA18-22	440V 5A	2	
WH	白灯	XD5	220V	1	
1HL～4HL	光字牌	XD10	220V 15W	4	
R	电阻	ZG11-50	1000Ω 50W	1	
1FU～6FU	熔断器	R1-10/6A	250V 10/6A	6	
继电器屏					
1KM、2KM、1ZJ、2ZJ	中间继电器	DZ-32B	220V	2	
3KM、4KM、1JJ、2JJ	中间继电器	DZS-12B	220V	2	
XFJ5KM	中间继电器	DZS-12B	220V	1	
1SXJ6KM	中间继电器	DZ-32B	220V	1	
KA	电流继电器	DL-23C/0.6	0.6A	1	
1JA1	电笛	DDZ1	220V 20W	1	
JLJA2	电铃	UZC4-2	220V 8W	1	

图 12-225 （续）

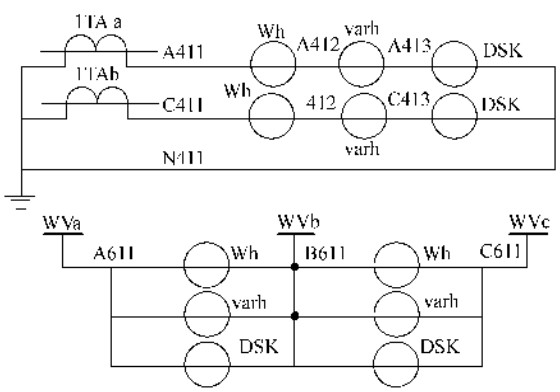


图 12-226 电能计量屏二次回路图

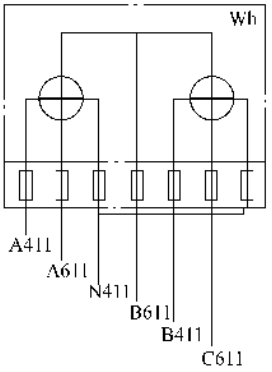


图 12-227 有功电能表的单独接线图

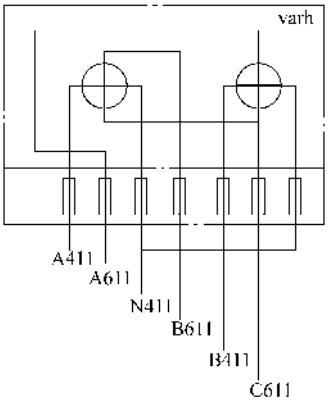


图 12-228 无功电能表的单独接线图

电力定量器的接线图见图 12-229。电力定量器的控制回路的触点应与跳闸回路并联，见图 12-230。

有功、无功电能表，定量器联合接线图见图 12-231。

十三、小母线的连接

小母线的连接见示意图 12-232。

系统中其他有关接线按工程图样要求进行。

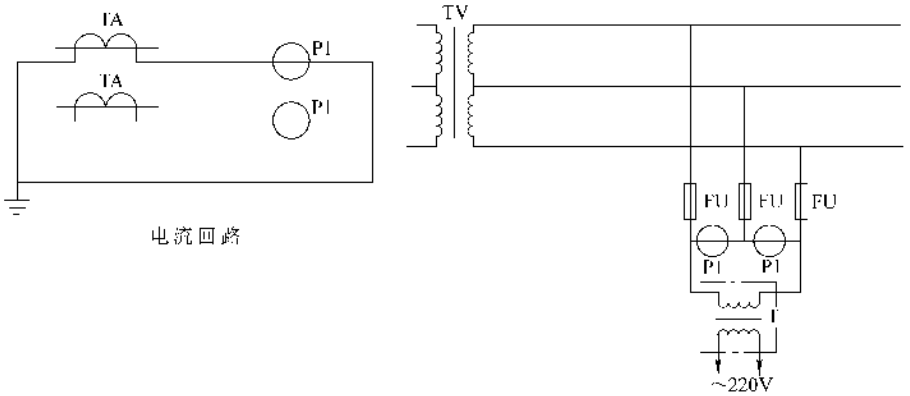
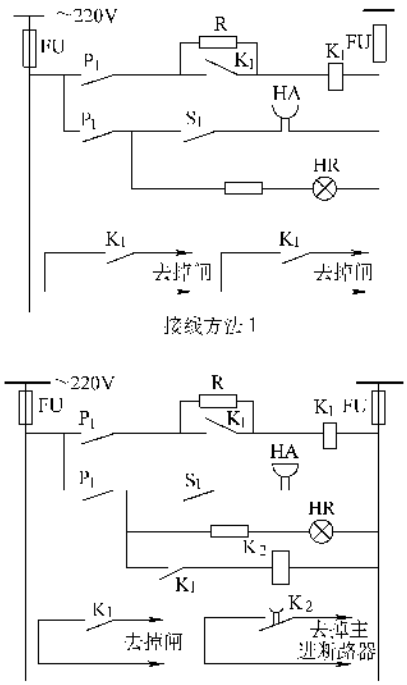


图 12-229 电力定量器的接线图



主要设备表

符号	名称	型号规格	数量	备注
TV	电压互感器	JDJ-10, 10000/100V	2	V形接法
TA	电流互感器	LQJ 10, □/5A	2	
T	中间变压器	BK 400, 100/200V	1	
P1	电力定量器	DSK1 2, 100V, 5A	1	
PJ	有功电能表	DS8, 100V, 5A	1	
PJR	无功电能表	DX8, 100V, 5A	1	
S1	钮子开关	KN3 A	1	
K_1	中间继电器	DZJ-204/220V	1	
K_2	时间继电器	JS-10, ~220V, 24min	1	
HR	指示灯	XDT, ~220V	1	
HA	蜂鸣器	UC4 2, ϕ75, ~220V	1	
R	电阻	ZG11-15, 3kΩ	1	
FU	熔断器	R-10/5A	11	
S2	转换开关	LW2-Z-5.5/F4-X	1	
P2	电压表	1T1-V, 10/0.1kV	1	

图 12-230　电力定量器的控制回路接线

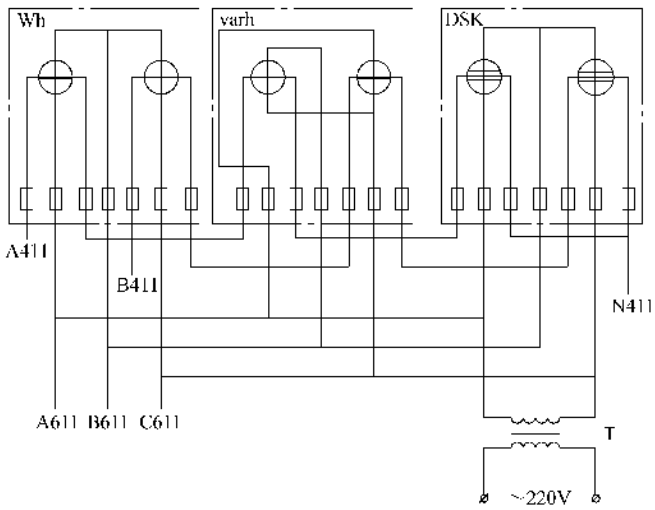
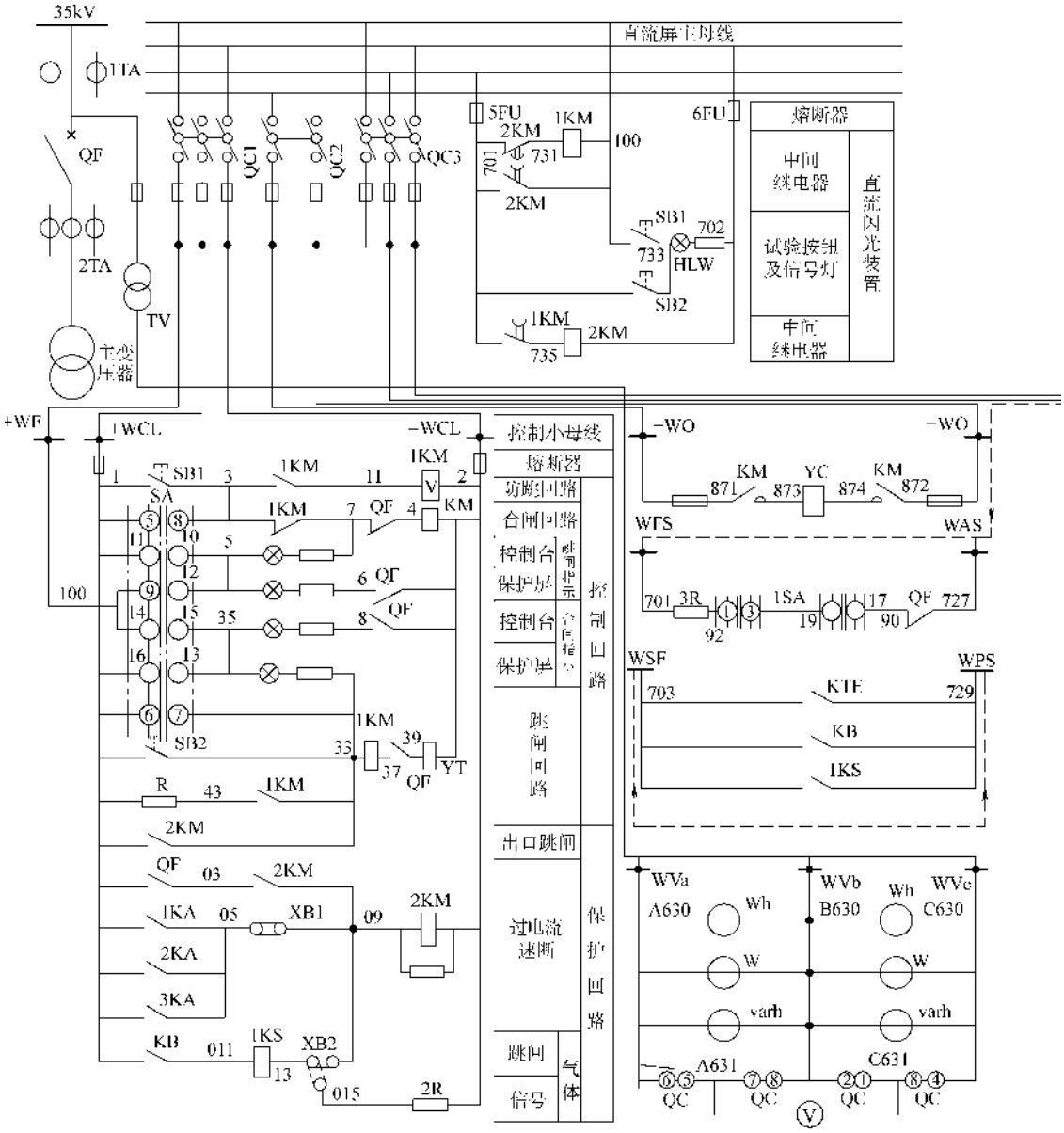
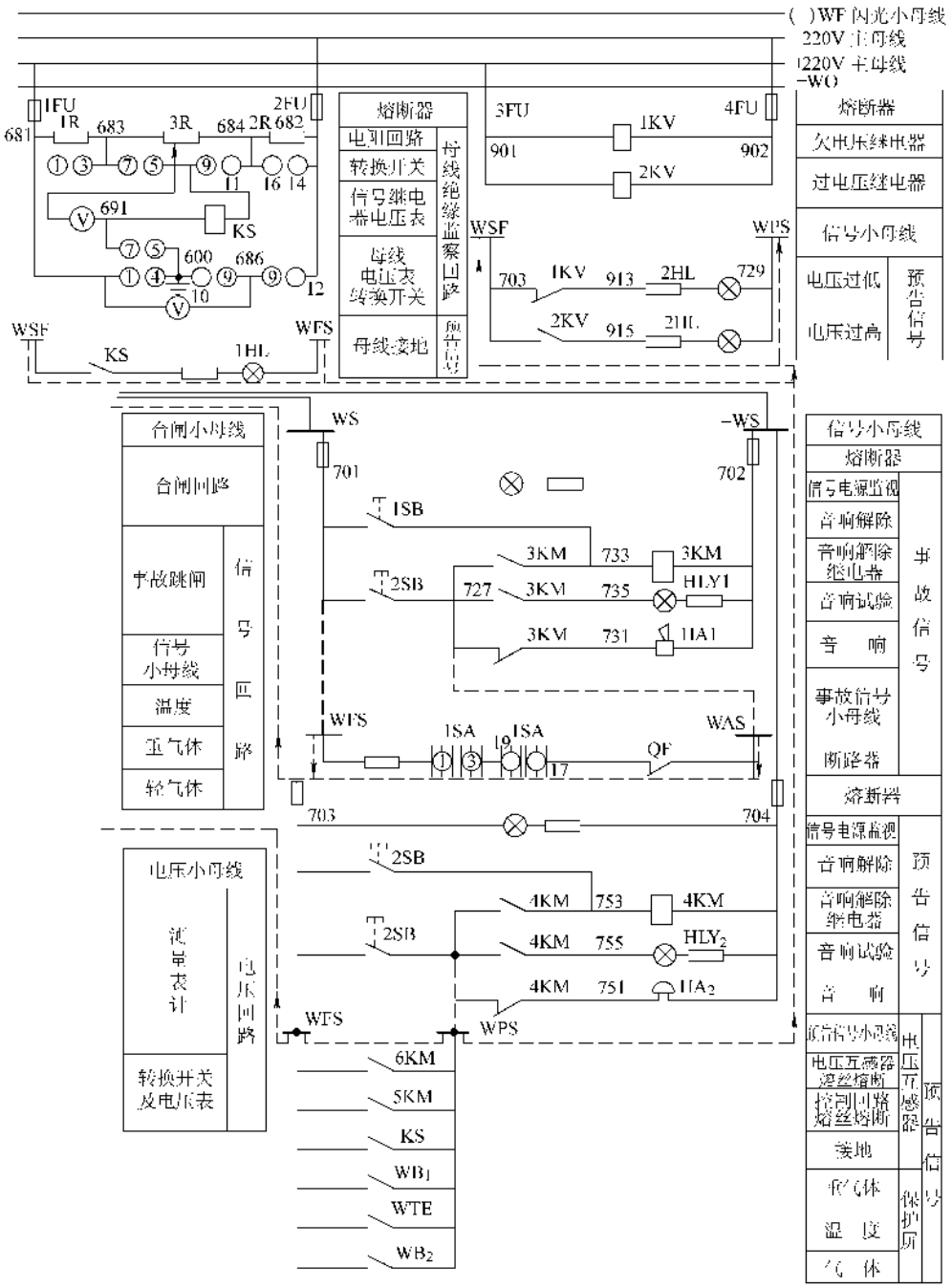


图 12-231　有功、无功电能表、定量器联合接线图



线条图例	线　条	名　称	母线来源
	————————	主　母　线	直接由直流屏主母线引来
	- - - - - - - - - -	直接派生小母线连接	由信号母线 WS 引来
	— — — — — — — — — —	间接派生小母线连接	由派生小母线引入

图 12-232　小母线


( )WF 闪光小母线
220V 主母线
220V 主母线
-WO
1FU
1R
683
3R
684
2R
682
2FU
681
691
KS
600
686
10
12
11
16
14
熔断器
电到回路
转换开关
信号继电器电压表
母线电压表转换开关
母线接地
母线绝缘监察回路
预告信号
3FU
4FU
1KV
2KV
901
902
WSF
WPS
703
913
2HL
729
915
2HL
熔断器
欠电压继电器
过电压继电器
信号小母线
电压过低
电压过高
预告信号
WSF
KS
1HL
WFS
合闸小母线
合闸回路
事故跳闸
信号小母线
温度
五气体
轻气体
信号回路
WS
-WS
701
702
1SB
2SB
3KM
733
3KM
727
735
HLY1
731
1HA1
WFS
1SA
1SA
16
17
QF
WAS
703
704
2SB
2SB
4KM
753
4KM
755
HLY2
751
1HA2
WFS
WPS
电压小母线
测量表计
转换开关及电压表
电压回路
6KM
5KM
KS
WB1
WTE
WB2
信号小母线
熔断器
信号电源监视
音响解除
音响解除继电器
音响试验
音响
事故信号小母线
断路器
事故信号
熔断器
信号电源监视
音响解除
音响解除继电器
音响试验
音响
预告信号
测信号小母线
电压互感器熔丝熔断
控制回路熔丝熔断
电压互感器
接地
重气体
温度
气体
保护屏
预告信号

连接示意图

第七节 系统调试、送电及试运行

一所变电站经过室外变电装置和室内变电装置的安装、设备及元件的测试，一次及二次的结线以及防雷接地系统的安装后，已经有了一定的规模，并具备了送电运行的必要条件。在送电前，变配电装置要进行系统的调试，主要工作内容包括一次设备的分段检查和测试、继电保护装置的整定、模拟试验及倒送电升压试验。只有这样，才能保证设备安装的质量和保护装置的可靠性和准确性，进而使送电一次合闸成功并付之运行。其中送电包括送电的条件、程序、组织、方案、准备工作以及安全注意事项、事故处理等内容，试运行包括运行条件、故事处理以及安全技术措施等。

系统调试是一项非常重要的工作，是变配电装置投入使用运行前的最后关键时刻，也是检验前段安装的技术手段。前段安装所付出的技术和劳动必须经模拟试验证实后才能使之投入运行，只有这样才能肯定前段安装的成果，决不能因为轻视这项工作，而导致前段安装出现事故乃至造成经济损失，这是万万不得掉以轻心的，特别是一些在安装中已经多次重复测试的项目，必须按照要求进行最后的测试。工程中，由于轻视系统调试，在送电时发生事故，已不只是一两次先例了。作为一名优秀的安装人员，必须做到万无一失，精心细致，保证送电一次合闸成功。进入系统调试后，站内必须昼夜 24h 有人值班监护，以防不测。

一、系统调试前的检查

1）检查室外变配电装置（包括水泥等径杆式支架、进户杆、隔离开关、电流互感器、电压互感器、油断路器、高压熔断器、避雷器、变压器、母线、绝缘子及绝缘子串、电缆、套管、避雷针、接地装置、端子箱、管路等）的外观质量、安装质量，并用干净棉丝擦拭其外部，以便发现不妥，同时进一步核对设备型号、规格应与设计相符。外观质量和安装质量应符合要求；从电源进户处核对相序，一直到室内开关柜的母线，相序应正确无误；所有的螺栓或紧固件应紧固无松动，并应符合第十章架空线路工程中的要求；所有设备的接地点应焊接良好、螺栓紧固，无漏焊、漏接部分，沟内与接地母线的连接应良好；从电源进户处测量母线的相间距离，一直到变压器引入室内的套管处，应符合设计要求，最大弧垂处与地面的距离应符合要求；复测设备与设备纵向、横向的间距应符合设计要求；沟内电缆的敷设及排列符合设计要求，且电缆编号正确，两端的引入位置正确无误；油开关、变压器、互感器的油位正确且无渗漏现象；核对变压器、互感器的极性位置应符合设计要求，对极性有怀疑者，应在下段测试中复测；检查隐蔽工程（支架混凝土基础、接地极及引线等已埋入地下的设施）的施工安装记录，必须有建设单位、安装单位有关人员的签字；发现的不妥之处应修复，并由工程师验收合格。站内地面及房屋不得有下沉、凹洼、裂缝、漏水等不妥。

2）检查室内变配电装置（包括 10kV 柜、低压柜、主控室的保护屏、控制屏、信号屏、直流屏、10kV 母线及控制小母线、UPS、室内照明、维修闸箱等）的外观质量、安装质量，应符合设计要求，并用干净棉丝擦拭所有的部件，棉丝可蘸汽油，不得蘸水擦拭；螺栓及紧固件应锁紧，接地可靠；柜体内相间距离应符合要求，安装时检查出的缺陷及不妥已修复应验收合格；控制小母线的连接应正确无误，标牌或色标应符合图样要求；柜内及屏上的元件应完整无损，标签框、光字牌的文字或符号应与设计相符，端子排整齐，无裂无损无缺，布线整齐成束；手车柜中手车进出自如，联锁装置功能可靠，插头及触头接触紧密可靠；所有表计有检定证书及合格证，表门玻璃完整，指针于零位（除直流屏和 UPS 柜外）；柜内断路器无渗漏现象；柜内柜外，屏内屏外无不妥之处，所在接地部位螺栓紧固，焊接可靠；相色正确无误；继保元件试验记录完整，数据清晰，签字齐全，符合要求。对有怀疑者，应在下段试验中复测。

3）对照每台柜、屏的原理图、接线图及设计资料，复查接线是否正确、紧固，有无漏接或错接，否则应进行修正，通过查线进而发现元件的缺陷，以便更换或修复。

同时，对照二次接线原理图，从室外互感器、变压器、操作箱等部位到室外控制屏、保护屏、信号屏等所有的二次接线逐一检查，应正确无误，导线或电缆线芯符合设计要求，二次接线的端子编号应与设计相符。屏与屏之间、UPS 与直流屏之间的连线应正确无误。

4）检查的组织工作要严谨，不得有漏查或误查现象，一般可分为室内、室外，二次线三个专业组，由工程师或技师负责，组内应进行互检，所有的检查应有检查记录。

这里还要强调一点，在前段安装中已进行了元件的测试或试验，并进行了详细的查线，这是属于安装段的必要工作，是由安装班组完成的。现在进入了调试段，人员也有了变化，是由调试班组进行的。作为

调试班组，必须对安装班组的工作进行检查和验收，一是为了做到心中有数，有的放矢；二是为了改进安装班组的工作，进而提高整体的技术素质。当然调试班组使用的方法、性能指标以及仪器设备基本上与安装班组是相同的，但是，万万不能做的就是，安装班组不能依赖于试验班组，而对设备及元件只进行安装，而不进行测试或试验；而调试班组不能依赖于安装班组提供的试验报告，而不进行调试或省略有关试验的内容。从某种意义上来讲，两种测试的目的是不同的。前者是为了使被安装的设备元件是合格品，并具备一定的技术条件；后者是为了使设备及元件实现保护及控制的功能，进而验证设备及元件是否能够胜任系统的需要。同时，前者的试验只考虑设备或元件的本身对电流、电压的效应，与运行无关；而后者则更具有真实性，对保护装置、元件或回路试验时，应该使他们尽可能处于与实际运行状态相同一致，输入的交直流量要与实际运行时输入的量相同一致。因此常采用模拟线路或模拟电源装置进行试验，只有这样，才能使保护装置在运行状态中起到保护的作用，在各种非正常的状态下，发出信号或切断回路，进而保护系统的正常运行。后者的试验要具有完整性和系统性，不是单体元件试验，而是元件的联动试验，这与前者是大不相同的。

另外，通过系统调试能分清责任界限，以便发生故障也能确定是元件本身质量问题，还是安装技术问题，还是调试问题，对整个工程是有很大好处，也有很大必要性。

二、室外电气设备的分段测试

1. 电气设备及回路的分段

见图 12-33，由于隔离开关的设置，我们可将室外电气设备分成以下几段：

（1）进户段共两段　从电源 1 进户线到 QS1 段和电源 2 进户线到 QS2，主要包括接地开关、避雷器、电压互感器、高压熔断器、电源进线母线及隔离开关 QS1 和 QS2 的进线侧。

（2）母线段共两段　从 QS1 出线侧到 QS4、QS5 进线侧和 QS3 左侧的一号母线段，从 QS2 出线侧到 QS6 进线侧和 QS3 右侧的二号母线段。主要包括软母线和隔离开关 QS1、QS2、QS3、QS4、QS5、QS6 及电流互感器。

（3）断路器段共三段　主要有断路器 QF1、QF2 和跌落式熔断器 FU2 及其出线侧的隔离开关和软母线。

（4）变压器段共三段　从隔离开关 QS7 到 1# 10kV 进线柜进线侧、从跌落式熔断器 FU2 到站用变低压出口及从 QS9 到 2#10kV 进线柜进线侧。主要有变压器、避雷器、电流互感器及母线、穿墙套管、绝缘子。

2. 室外电气设备的分段测试

电气设备分段后，主要测试的项目有绝缘电阻、耐压试验、直流泄漏电流试验、变压器油化验、隔离开关分合闸试验、油断路器分合闸试验、高压跌落式熔断器分合试验、直流电阻测试、接地电阻测试、变比等。

（1）将所有的隔离开关、油断路器和跌落式熔断器都处于断开的位置　详细检查系统中有无不妥、如临时短接线、跨接线、临时接地线、母线及设备上有无丢弃物、线头等。

（2）绝缘电阻的测试　使用 2500V 或 5000V 的绝缘电阻表，按段逐一测试母线和设备相与相、相与地间的绝缘电阻，绝缘电阻阻值应符合表 12-85 的要求。

表　12-85

段　　别	进线段	母线段	断路器段	变压器段
绝缘电阻/MΩ	≥2000	≥2500	≥2500	≥500

（3）交流耐压试验　交流耐压试验应将三相先临时短接起来，然后按级逐一试验，试验电压应符合表 12-86 的规定。

表　12-86

段　　别	进线段	母线段	断路器段	变压器段
试验电压值/kV	85	85	85	72

（4）直流泄漏电流的测试　一般应按段逐一分相测试，试验电压的直流电压值及泄漏电流的允许值见表 12-87，试验时间为 1min。

表　12-87

段　　别	进线段	母线段	断路器段	变压器段
直流试验电压值/kV	30	30	40	20
泄漏电流值/μA	不作规定	不作规定	<10	不作规定

（5）变压器油化验　对变压器、断路器、互感器的绝缘油重新取样化验、应合格。

（6）隔离开关的分合闸试验　操作手动操作机构合闸，检查三相的同步性，测量触点的接触电阻，应符合技术要求。带接地刀闸的应复核主刀闸与接地刀闸的联锁情况。隔离开关的分合应灵活无卡，同时

应在控制室有关屏的端子排处用万用表检查隔离开关的辅助开关触点的分合情况，应正常。检查时应先将触点的一个端子先拆开，检查后再接好。分开闸试验不得少于5次。

如果采用的是电动、气动或液动机构的则应进行电动、气动或液动的分合闸试验。电动操作的最低动作电压应在额定操作电压的30%～80%范围之内，气动或液动机构应在额定压力下进行。

（7）多油断路器的分合闸试验　多油断路器分合闸试验前应对其进行以下项目的测试。

提升杆的绝缘电阻、介质损失角正切值tgδ（%）、泄漏电流、交流耐压试验、接触电阻、固有分合闸时间、分合速度、分合的同步性、分合闸线圈和合闸接触器的直流电阻、合闸接触器和分闸电磁铁的最低动作电压、均压电容器试验、绝缘油试验等，并与安装时的试验数据进行比较，测量误差应在±5%以内，具体方法及要求见本章第四节。

试验项目全部合格后，方可进行电动分合闸操作试验，试验前应先在直流屏上接临时额定电压的电源。

先检查直流屏的工作是否正常，同时检查断路器控制箱到控制屏的接线是否正确，然后再进行分合试验。断路器应在直流母线额定电压下进行分、合闸操作各3次。

控制开关的手柄有6个不同的位置，操作时要注意顺序：合闸操作时，将手柄由水平位置顺时针方向旋转90°到垂直（固定位置），指示预备合闸。再旋转45°即发出合闸命令进行合闸操作（暂时位置），将手松开手柄后，在弹簧的作用下，手柄反向复位回到垂直位置，此时指示合闸位置。分闸操作的顺序与之相同，只是手柄向逆时针方向转动。

同时应在115%和90%额定电压下进行分合操作各两次，断路器应工作正常。

分合闸操作试验时要配合三相同步性和触点接触电阻的试验。

（8）高压跌落式熔断器的分合试验　高压跌落式熔断器应用高压拉杆进行分合试验，操作灵活轻便，挂钩可靠，合闸后的接触电阻应符合要求。高压跌落式熔断器不得因晃动、振动，风动而掉闸。

（9）回路直流电阻的测试　将图12-33中QS7、QS3、QS9隔离开关和FU2跌落式熔断器断开，然后将系统中其他隔离开关及断路器，都闭合，这时要注意到进户处的隔离开关已将三相封为星点并接地。然后用电桥或数字万用表，分别在QS7、QS9和FU2的进线侧测量三相之间相与相的直流电阻，对于每一个三相回路来讲，相与相的直流电阻应是相等的。同时也用三只表同时接在三相之间，这时操作回路中的隔离开关或断路器，以进一步测试三相的同步性及直流电阻。

（10）测量接地电阻　站内接地网与设备接地部位的每一个测试点的接地电阻应≤4Ω，避雷针接地极的接地电阻应≤10Ω。

（11）测试变压器、电流互感器、电压互感器的变比应与设备相符，方法同前。

三、室内电气设备的调整试验

1. 10kV开关柜的调整试验

10kV开关柜的调整试验已在安装中作了介绍，应按本章第五节的方法及要求重作一次，并复核安装记录。现将主要项目列出：

（1）母线　绝缘电阻、交流耐压试验。

（2）开关柜

1）一次回路及设备。绝缘电阻、交流耐压试验、直流泄漏电流测试、绝缘油试验、隔离开关及油断路器的分合闸试验（包括触头直流电阻的测试和同步性试验）、接地电阻的检查及测试。对于断路器要作所有项目的试验。

2）二次回路。与35kV二次保护回路试验整定方法相同，见本节第四部分。

2. 低压开关柜的调整试验

见第七章动力电路。

四、继电保护回路的试验调整

1. 基本要求

1）保证试验电源的电压三相平衡、波形良好。一般应由站用变压器的低压侧（380/220V）经专用线接到一组380/110V、△/Y_0接线的专用试验变压器上，引出三相四线作为保护装置的试验电源，以保证电压平衡、波形良好和电压幅值稳定。试验变压器的容量一般为15～20kVA为宜。

2）电流的调整方法一般可用大电流发生器（升流器）、可变电阻、水阻箱、电感均可，但要保证电流波形且能均匀调整电流。

3）电压的调整一般可用电阻分压或自耦变压器分压，调整分压的电阻值应远远小于被试继电器电压回路的阻抗值，才能保证电压的波形及调节均匀、相位稳定。如需要进行微调，可采用两级分压的方法。

4）相位的调整一般应用移相器，为了保证良好的电压波形，通常将自耦变压器按图12-233的接线，以便输出电压的相位可在70°左右的范围内移动。

5）任何过电流保护的电流回路都必须从一次加

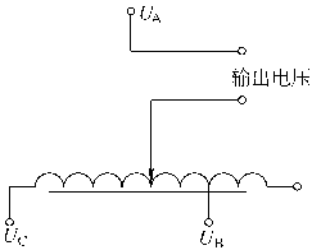


图 12-233　用自耦变压器调整输入电压的相位

电流的方法来检查其回路接线的正确性和保护装置的动作情况。

6）试验用的仪表精度等级应在 1.5 级以内。动作时间的测量通常应用电气毫秒表。相位的测量通常应用相位电压表。

2. 继电器单体试验

各类继电器的单体试验第五节中作了详细的介绍，应按上述的方法及要求核复试验一次，并与安装试验进行比较，误差不得超过 ±5%。

3. 表计的校验及检定

对盘上所有的电工仪表应进行校验或检定，表的误差应在表的精度范围之内，具体方法已在前述章节中作了介绍。

4. 系统辅助元件及绝缘测试

1）电压互感器二次侧装设的自动开关或熔断器应符合图样要求，安装牢固，质量上乘。

2）自动开关的动作电流应大于该回路短时间最大负载电流的 120%。最小短路电流除以动作电流应≥2～3。

3）熔断器熔体的额定电流应按下列选择其最大数值：

①　熔体额定电流应不小于被保护回路长时间最大负载电流的 110%～120%。

②　熔体额定电流应≥短时间的最大负载电流除以熔体的最小试验倍数，对于额定电流为 15A 以下的熔体一般取 1.5。

按上述确定熔体的额定电流后，应校验熔断器在距电源最远的地方发生各种不同的短路时能否迅速熔断。最小短路电流除以熔体的额定电流应≥5～10。

4）系统试验应用 1000V 的摇绝缘电阻测量二次回路的每一连接回路的绝缘电阻，阻值不应小于 1MΩ。可按以下项目进行：

①　各部分对地（指电缆外皮、电器金属外壳、底座或铁心等）的绝缘电阻。

②　不同回路间的绝缘检查，如电流、电压、直流操作及信号回路等。

③　相同回路的电缆、导线、端子间的绝缘检查。

5）交流耐压试验。保护装置、二次回路的绝缘应承受 1000V 交流电压试验 1min，也可用 2500V 的绝缘电阻表进行试验，时间 1min。

试验时应将保护装置、二次回路中所有的接地线临时拆下，断开电压互感器的二次线圈、蓄电池及其他直流电源。对于有几只线圈的继电器和仪表，当试验电流回路时，应将电压线圈由电压回路断开只接电流线圈；当试验电压回路时，应将电流线圈由电流回路断开只接电压线圈。凡高欧姆值的电阻或线圈都应以短路，以免在它们发生击穿时相邻近的元件遭到破坏。

5. 过电流保护装置的系统调整

根据过电流保护的电流回路接线方法的不同应采用不同的试验电路，见图 12-234，并注意图中相与相的电流关系。

1）按图将试验设备及试验电路接好，并仔细检查互感器二次不得开路，电流表及标准互感器应匹配且量程合乎要求。其中负载变压器可用一般 Y/Y_0-12 的电力变压器代替，容量根据试验要求而定，一般为 100kVA 10kV/0.4kV 即可通用。可把调压器接在高压侧的任两相上，低压对应的两相接至被试线路，高压为 200V 时，低压为 8V，即可获得很大的电流。试验前先将调压器调至零位。

2）合上开关 S，调节 TT 手柄使电流升至被试回路额定电流的 0.1 倍，这时各电流表应有指示，然后再将电流升至互感器额定电流的 0.5 倍。如表无指示或个别无指示，应查明原因修复后，才能继续升流。由标准互感器 TA 测得的一次电流，应与被测回路中互感器测得的电流相等，误差应在互感器及电流表的精度等级，同时各电流表的读数应符合图中指出的电流关系。

3）将断路器用操作回路的 SA 合闸，并将继电器的动作刻度调整在设计计算的动作电流上，然后继续增大电流，直至断路器跳闸。继电器动作时的一次电流与保护装置计算的一次动作电流之差，应不大于 ±15%。

如果带时限保护的电路，应先将时间继电器调整在允许过电流的计算时间上，当过电流时间超过这个值时，应能可靠动作而使断路器跳闸。

4）带中间饱和变流器的交流操作的过电流保护，过电流试验应按图 12-235 接线，使一次电流通过断路器，不使继电器的触点直接断开有电流通过的电流

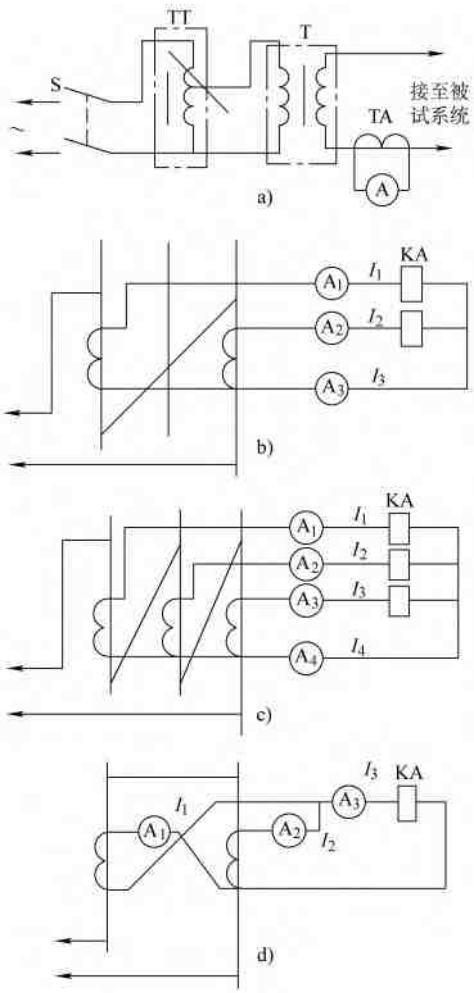


图 12-234 大电流试验的接线方式

a）试验设备接线 b）$I_1=I_2=I_3/2$

c）$I_1=I_2=I_3=I_4/3$ d）$I_1=I_2=I_3/2$

脱扣器线圈，而是直接使断路器跳闸。

5）过电流整定好后，应将调节螺钉或旋钮铅封好，不经技术负责人允许不得拆封，必要时应由供电部门监督并铅封。

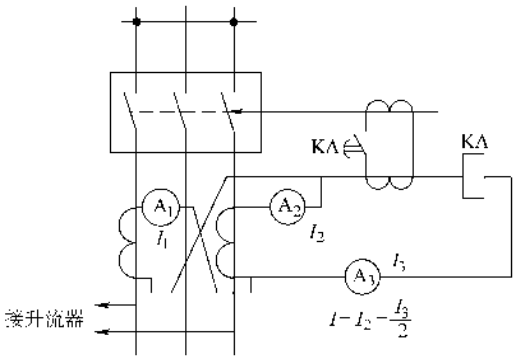


图 12-235 交流操作保护大电流试验接线示意图

6. 变压器纵联差动保护系统的调整

1）大电流试验的电源选择。

试验电流 I 可用下式计算：

$$I=I_N\frac{U\times 100}{U_N\ (U_d\%)} \tag{12-49}$$

试验电源容量 S 可用下式计算：

$$S=S_e\left(\frac{U}{U_e}\right)^2\frac{100}{U_d\%} \tag{12-50}$$

式中 I_N——被试变压器额定电流，单位为 A；

U_N——被试变压器额定电压，单位为 V；

$U_d\%$——被试变压器阻抗电压的百分数；

U——试验电压，单位为 V；

S_N——被试变压器额定容量，单位为 kVA。

例如，一被试变压器 SL_7-4000/35，容量 4000 kVA，额定电压 35/10kV，额定电流 66/231A，阻抗电压百分数 7.5%。

达到额定电流所需的阻抗电压：

一次侧为 $35000\times 7.5\%=2625V$

二次侧为 $10000\times 7.5\%=750V$

可以看出从 10kV 侧加 380V 电源而 35kV 侧短路是合适的。这时

$$I=230\times\frac{380}{10000}\times\frac{100}{7.5}=117A$$

$$S=4000\times\left(\frac{380}{10000}\right)^2\times\frac{100}{7.5}=77kVA$$

2）测量二次电流及相位。试验接线见图 12-236。被保护变压器的电压切换开关根据电源电压的大小而放在适当的位置，高于 380V 时则打在Ⅰ档（10500V），低于 380V 时则打在Ⅲ档（9500V），一般应打在Ⅱ档（10000V）。当试验时仪表读数有困难时，则应用移相器 YX 改变电压的相位。

图中表示的是先把电流表和功率表接在变压器的短路侧 C 相电流 i_C 的回路中，功率表的电压线圈通过 S_1、S_2 的切换分别接至相位差为 120°的三个线电压 U_{ab}、U_{bc}、U_{ca}上，这时分别读取 i_C 在接入三个电压时的功率数。在这三次测量中，有一次或二次功率表指示负值，应将电压线换接一下，如 i_C 对 U_{ca}时为负，应把接在 * 号上的 c 换为 a，记录时在前面加上一个“－”号。当电流、电压波动较大或者三相电压相差较大时，应在读功率数的同时读取电流及电压值，然后可根据同一电流及电压换算，即用作为标准的电流或电压除以实测电流或电压，然后再乘以实测功率数，即为标准电流或电压时对应的功率数。

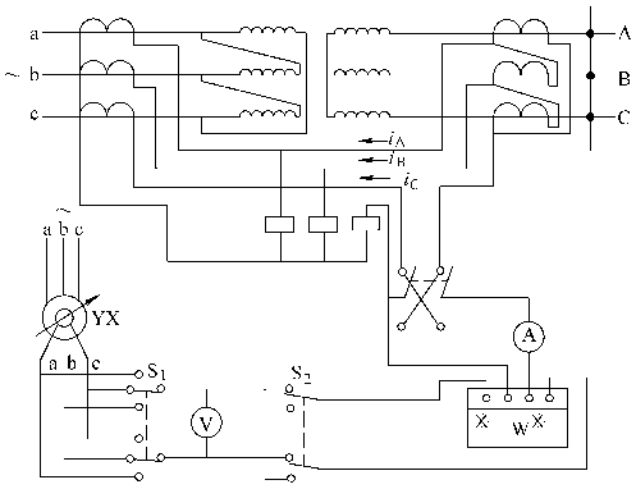


图 12-236　变压器差动保护试验接线图

用上述同样的方法，改变功率表电流线圈的相序，即可测量 $\boldsymbol{i}_A$、$\boldsymbol{i}_a$、$\boldsymbol{i}_B$、$\boldsymbol{i}_b$、$\boldsymbol{i}_c$ 分别对 $\boldsymbol{U}_{ab}$、$\boldsymbol{U}_{bc}$、$\boldsymbol{U}_{ca}$的功率数。这里要注意，换接电流回路时应通过可靠的试验端子板或短路开关，否则应断开电源并于放电后进行，较为麻烦。

将测量结果填入表 12-88，并以此作出二次电流的矢量图。

表　12-88

I / W / U	$\boldsymbol{i}_A$	$\boldsymbol{i}_a$	$\boldsymbol{i}_B$	$\boldsymbol{i}_b$	$\boldsymbol{i}_C$	$\boldsymbol{i}_c$
$\boldsymbol{U}_{ab}$						
$\boldsymbol{U}_{bc}$						
$\boldsymbol{U}_{ca}$						

现以 $\boldsymbol{i}_A$ 为例，并参考图 12-237 说明矢量图的作法。

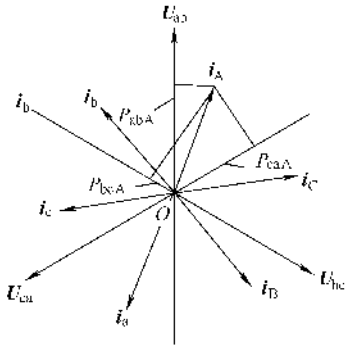


图 12-237　六角矢量图

①　画出三个大小相等、相位差为 120°的电压矢量 $\boldsymbol{U}_{ab}$、$\boldsymbol{U}_{bc}$、$\boldsymbol{U}_{ca}$；

②　设 $\boldsymbol{i}_A$ 对 $\boldsymbol{U}_{ab}$的功率数为 P_{abA}，对 $\boldsymbol{U}_{bc}$为 P_{bcA}，对 $\boldsymbol{U}_{ca}$为 P_{caA}，用相同的比例在 $\boldsymbol{U}_{ab}$上画出 P_{abA}，并在其终点作 $\boldsymbol{U}_{ab}$的垂线，P_{bcA}、P_{caA}为负值，则应在相应电压的反方向上按上述取点，并做 $\boldsymbol{U}_{bc}$、$\boldsymbol{U}_{ca}$的垂线，这三条垂线必然交于一点，从矢量的中心圆点 O 到交点的连线即为矢量 $\boldsymbol{i}_A$。

③　用同样的方法确定其他五个电流的矢量。

如果 $\boldsymbol{i}_A$ 与 $\boldsymbol{i}_a$、$\boldsymbol{i}_B$ 与 $\boldsymbol{i}_b$、$\boldsymbol{i}_C$ 与 $\boldsymbol{i}_c$ 相差 180°而误差不大于 5°，则认为二次电流的相位是正确的。如果变压器二次侧只装两只互感器（B 相不装），则 $\boldsymbol{i}_B$ 与 $\boldsymbol{i}_b$ 同相。

作此项试验时应再次检查互感器的极性和接线的相序。

作这项试验时也可在变压器投入运行后进行，方法和接线与上基本相同，只是将高压侧的短路线取掉，将移相器取掉。无论哪种方法，变压器一次电流最好在变压器额定电流的 60% 以上。如果实在达不到，最低也不应低于电流互感器额定电流的 15%，否则将会引起很大的误差。

3）不平衡电流的测量。不平衡电流是指在正常情况下，流过差动继电器动作线圈或者三只动作线圈中性线的不足以引起继电器动作的电流，这个电流一般应很小。当变压器为额定电流时，不平衡电流应不大于电流互感器二次电流的 5%，实际试验时，通入的电流常小于额定值，测出的差值允许稍大于试验时二次电流的 5%，但不应过大。测量电路同图 12-236，所不同的是先将图中的功率表 W 拆下。

使用的交流毫安表的内阻不应大于 5Ω，否则应用电子管毫伏表测量串联在差流回路中标准低电阻（一般用电阻箱）上的压降后计算电流值。如用毫安

表直接测量时，应先用大量程，然后逐渐减小，以免由于接线错误而烧坏毫安表。

测量差动保护中性线的电流时，由于示值很小，表计很难反映出来，这时可将 Y 接侧的一个电流互感器线圈的非接地点与接地点短接，同时换用量程较大的表测量，此时仪表示值正好为被短接的那相电流。这样轮番三次，其值应近似相等，即可说明中性线的电流是正确的。

在实际生产当中，有时不测量差流，而测量差压，即用高阻电压表（1000Ω/V）测量执行元件的过流线圈的两端电压，当变压器为额定电流时，这个电压不应大于 0.15V。

4）动作电流的调整及试验。对于差动继电器的整定值，通常设计只给出差动线圈的匝数 W，即可用下式计算动作电流值 I_D：

$$I_D = \frac{60 \pm 4}{W} \tag{12-51}$$

动作电流 I_D 的值，一般为 5～7.5A，试验前应复查差动线圈的匝数是否在给定的插头上，然后按图 12-238 进行试验，调节 R 至使继电器动作，并读取动作电流，应与计算值近似相等。三只电流互感器应轮流试验一次，动作值应近似相等。试验时，另外两只互感器应与原来接好。

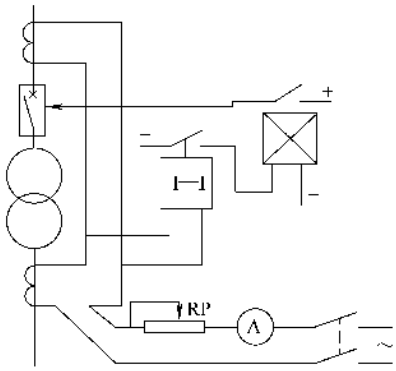


图 12-238　从二次加小电流进行动作试验

5）上述试验完毕，应检查接线是否有错，并把拆过的线重新接好拧紧。确认无误后，在变压器的额定电压下，作 5 次空投试验。在试验过程中，保护装置不应动作，否则应重新调整动作电流或增加短路线圈的匝数。

6）继电器各电路对外壳的绝缘应能承受 50Hz，交流 2000V 电压，历时 1min 的耐压试验，如用绝缘电阻表测量，绝缘电阻应→∞，特别是电流端子，绝缘程度小易进行分流，影响继电器的精度而导致误动。

7）现将 BCH-2 型差动继电器绕组和线圈的参数列出，供参考，见表 12-89。

表 12-89　绕组和线圈参数表

名称	数　　据	备注
差动绕组 平衡绕组 短路绕组（中柱） 短路绕组（边柱） 二次绕组	20 匝，MF－1.56 $W_{P1} = W_{P2} = 19$ 匝，MF－1.56 28 匝，MF－1.45，3、8、16 匝抽头 56 匝，MF－1.45，6、16、32 匝抽头 48 匝，MF－1.0	中间抽头匝数见内部接线图
执行元件 DL-11/0.2	2×500 匝，Q－0.35	双线圈并联

8）进行上述试验前，应再次复查差动继电器、电流互感器的接线、极性、相序、变比是否正确，现将该变电所差动保护系统的有关数据列出，供参考，见表 12-90。

表 12-90　差动保护电流互感器的选择

数据名称	数　　值	
	35kV 侧	10kV 侧
变压器一次额定电流	$\frac{4000}{\sqrt{3}\times 35} = 66\text{A}$	$\frac{4000}{\sqrt{3}\times 10} = 231\text{A}$
电流互感器接线方式	△	(
电流互感器一次电流	$\sqrt{3}\times 66 = 114\text{A}$	231A
电流互感器变比	150/5＝30	300/5＝60
电流互感器二次额定电流	$\frac{114}{30} = 3.8$	231/60＝3.85

7. 绝缘监察装置的调整

试验电路见图 12-239。将高压侧熔断器取下，隔离开关拉掉，把(形联结的低压线圈 a、b、c 端连接起来，与接地端加在调压器上，检查无误后即升高电压至使继电器动作。如果电压表 V_1、V_2 的读数分别为 U_1、U_2，它们之间的关系应为：$U_2 = \sqrt{3}U_1$，将电压继电器的动作电压整定在 15～20V，当 V_1 的指示为 8.66～11.54V 时，保护继电器动作。

8. 电压互感器二次回路的通电试验

通电试验的接线见图 12-240，一种是用有两种电压的抽头变压器，一组为 24V，另组为 36V。再一种

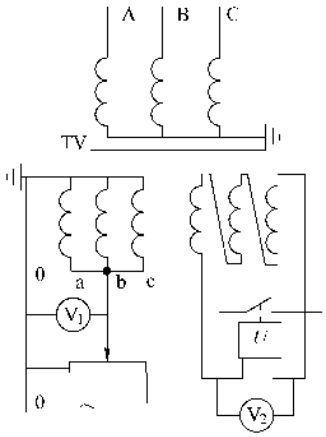


图 12-239　绝缘监察试验的接线

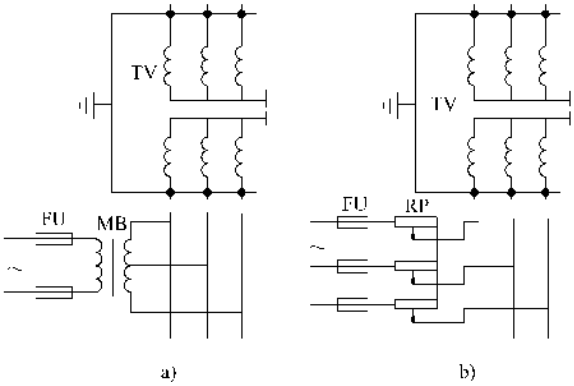


图 12-240　电压互感器通电试验的接线

a）抽头变压器法　b）电位器法

是用电位器，并调整线间电压为 100V、60V 或 36V。

1）将电压互感器一、二次侧的三相短路接地，取下二次侧的熔断器，并把试验用的变压器接入，电源侧装有熔断器。

2）用 1000V 绝缘电阻表检查电压回路对地绝缘。

3）测量送出回路各相间的电阻是否与回路中所接的仪表、继电器的并联电阻相符，以免短路或错把电压接在电流线圈上。

4）接通电源，用万用表按相检查各保护屏、柜的电压端子，以及电压回路的仪表、继电器等端子上的电压，是否与试验变压器送入的电压相符，否则应查明原因。

9. 瓦斯保护装置的系统检查试验

1）检查变压器气体继电器侧的升高坡度是否符合 1% ~1.5% 的坡度，变压器至储油柜的油管是否有 2% ~4% 的升高坡度，否则气体继电器不能正确动作。

2）检查气体继电器顶盖上的箭头是否指向储油柜，储油柜与油箱之间的油管上的截门应打开。

3）接至气体继电器上的导线，应为耐油绝缘导线。接线的极性应符合要求。

4）用压缩空气或者强力的打气筒，如有试验装置则用顶针，分别使信号浮子动作、跳闸浮子动作，并用万用表去信号屏端板上和保护屏端子板上测试其触点对应的端子是否有闭合的信号，或者将断路器合闸，浮子动作时应能跳闸或者信号有显示。

5）最后将继电器内的残存气体放出，并把试验时更动部位复位。

10. 温度保护系统的检查试验

1）温度继电器应有检定合格证或试验报告，具体方法可参考本章第十节中有关温度仪表的调校内容。

2）测温元件的安装位置应按变压器或设计要求进行。

3）将测温元件取出，缓慢靠近热源（如电炉子）并观察指针上升情况，当达到报警温度及跳闸温度时，可用万用表去信号屏端子板上及保护屏端子板上测试其触点对应的端子是否有闭合的信号，或者将断路器合闸，触点动作时应有信号显示或使断路器跳闸。最后将元件重新装好。

4）测温元件应安置在注以变压器油的底座内，且密封良好，无渗油现象。

5）膨胀式信号温度计的细金属软管，其弯曲半径不得小于 50mm，且不得有压扁或急剧的扭曲、弯曲等现象。

6）温度继电器的表盘玻璃必须完整无损，表内盘上的刻度必须清晰，指针灵活无卡无涩。

7）温度继电器一般安装在易于观察的散热器的一侧，安装应牢固。

11. 重合闸装置的系统试验

1）检查系统绝缘，应特别注意放电电阻引出端子及其所连接的传动装置的对地绝缘必须保证良好。

2）检查用操作开关断开断路器时，重合闸装置应当不动作；模拟利用操作开关手柄将开关投入于故障线路时，重合闸装置不应使开关重合；检查模拟线路发生永久性故障时，重合闸装置的动作情况。

3）分别以继电器额定电压及 80% 额定电压检查重合闸装置在线路发生暂时性故障时的动作情况。

4）模拟合闸中间继电器触点粘住、时间继电器滑动触点卡住或由操作开关手柄给出长时间脉冲时，检查防止跳跃装置的动作可靠性。

5）检查当重合闸闭锁装置动作时，重合闸装置的动作情况；检查重合闸与保护装置的前加速或后加

速间的相互动作。

6）模拟线路故障通常是用手触动继电器的触点闭合或断开的。当模拟用操作开关手柄合闸于永久性故障的线路时，则应在合闸之前将保护继电器的触点闭合，并一直到开关合闸一跳闸完毕不再合闸为止。当模拟线路发生永久故障时，则应在开关合闸后，经过一段时，再把保护继电器的触点闭合，一直到开关跳闸—重合—跳闸后，重合闸装置不在动作为止。当模拟暂时性故障时，可用手短时间的闭合保护继电器的触点。

有时也可用通入电流的方法，然后用二次电流进行试验，试验的接线图见图 12-241。试验时先合上 QF，用电位器将电流调至保护继电器动作电流，然后模拟各种故障情况。暂时故障是将电流调至 KA 动作后立即又使电流恢复正常；永久性故障线路是先将电流调至 KA 动作后一直保持这个电流；线路发生永久性故障是在合闸后将电电流调至 KA 动作并保持这个电流值。

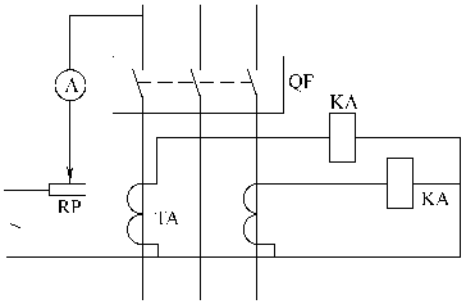


图 12-241　用二次电流进行重合闸试验

这些模拟方法也可用在其他保护电路的试验中。

12. 零序电流互感器接地保护系统的试验

1）检查安装质量，见图 12-242，电缆头至电流互感器之间的电缆铠甲及接地线应可靠的与地绝缘；

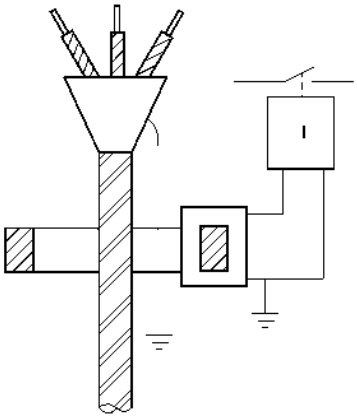


图12-242　零序电流互感器安装示意图

电缆头的接地线应穿过互感器后接地；互感器二次及互感器外壳应接地。同时按图 12-243 在接地线断开处接入交流电源及电流表，电流加至 10～20A，这时用高内阻毫伏表测量二次线圈的电压，一般不应超过 4～5mV。

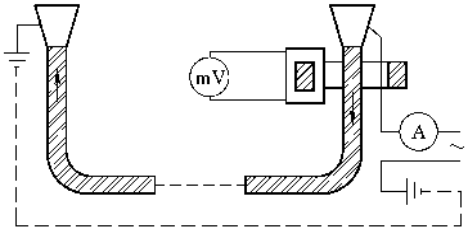


图 12-243　零序电流继电保护接地的检查

2）一次动作电流的试验。接线见图 12-244，用一根穿过电流互感器的绝缘导线作为一次，并逐渐增加电流至继电器动作，这时电流表所指数值即为保护装置的一次动作电流。如果同一线路安装几只零序电流互感器以及它们的二次并联时，一次试验用的导线应串联穿过各个互感器，则所加的一次动作电流应为整定值的 $1/n$。

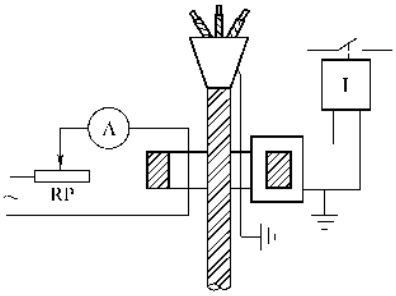


图 12-244　零序电流继电器动作电流试验

最后进行模拟动作试验，合上操作电源，将一次电流加至整定值，使继电器动作于信号或跳闸。

13. 控制室各屏的通电试验

在站内没有正式送电前，一般采用临时低压电源，如附近无低压电，也可用性能及转速稳定的汽油或柴油小型发电机组。如站内已正式送电，一般先将站用变压器投入，以获得 380/220V 低压电源。

1）试验前再次对各屏的安装、接线、元件、电缆及导线等进行最后的检查，并将站用屏上所有的开关断开，把其他各屏上各个回路的熔断器的熔丝上好，并检查其接触是否良好。无不妥后，即可把临时电源接在站用屏进线总开关的下闸口，同时挂上警告牌“正在试验，不得合闸”。

2）将临时电源的开关接通，站用屏有电，然后按照“第七章动力电路”中送电的有关内容对站用

屏进行检查和试验，不正常的应修复。

3）将站用屏上送至直流屏的开关合上，检查和试验直流屏，应正常工作，详见本章第五节的直流屏的安装。

4）将直流屏送至各屏的控制电源开关、合闸电源开关、信号电源合上，各屏上的电压指示或用万用表测量各个小母线的电压应正常。空投断路器、隔离开关及拉闸后，各屏上的信号指示应正确；用手触动有关继电器模拟事故信号，断路器能准确跳闸，且信号指示正确；手动操作闪光信号试验钮、报警信号试验钮等，信号指示应正确；操作母线绝缘监察回路的转换开关，电压表指示正常；在电压监察回路中，把直流母线的电压升高或降低，电压继电器应动作，信号小母线上的预告信号正常；各控制屏、保护屏信号正确，动作正常。

5）将站用屏其他所控回路一一送出，各闸箱工作正常，所控设备（照明、检修、通风、通信等）工作正常。

6）站用 UPS 工作正常。控制室各屏通电试验时，应参照安装时检查试验的条款及本节继电保护二次回路试验调整的方法进行，或者将通电试验和继电保护二次回路试验调整一并进行。

五、零起升压倒送电试验

零起升压倒送电试验是正式送电前的最后一次模拟试验，它是全面考验电气设备绝缘强度、母线及电压互感器二次核相、电气仪表电压回路检查、继电保护装置以及同期回路，备用电源自动投入模拟试验等最有全面性的最接近正式送电的一种试验方法。所谓零起升压倒送电就是将三相调压器的输出端接在系统站用变压器低压侧（380/220V），先从零电压缓慢升压至 380/220V，然后再将一次电压升压至 10kV 或 35kV，使系统带上额定电压，模拟了 35kV 或 10kV 的送电试验。通过试验和检查，可发现电气设备本身及安装的隐患，并及时修复，把隐患消灭在正式送电之前，保证了一次送电成功和安全试运行。实践证明，采用零起升压倒送电试验的 35kV 变电站或 10kV 变电室均能一次送电成功，同时也可用于热电厂发电并网试验中。

1. 零起升压倒送电的准备工作

1）试验器具的准备。主要有三相调压器 15kVA，0～400V，三相试验电源～380V，电气试验常用仪表和仪器，继保及二次回路试验仪器仪表等。

2）电气安全用具。主要有高压拉杆、高压验电器、高压手套、绝缘靴、绝缘垫、临时接地线、医疗用品、救护车等。

3）站内所有的设备已安装调试完毕，电气设备交接试验全部合格，开关的分合试验和继电保护的系统整组试验全部正常合格，试验前应再次进行外观和接线的检查，清扫擦拭所有的设备。再次检查变压器、互感器、断路器的油位应合格，且无渗漏现象。

4）拟定试验方案，确定每项的检查及试验人员及负责人，准备各种记录表格，向所有试验人员进行技术交底，规定各种合闸、升压、停止等信号，宣布注意事项并要求按正式送电的要求进行。整个试验由工程师或技师负责。有关试验方案将在以下各项内容中详尽介绍。

2. 高压母线的低压试验

高压母线的低压试验就是用三相调压器直接向高压母线通入 400V 低压，主要是检查系统一次接线的正确性和开关件的导通关断性，核对相序和预测主变压器差动保护的六角图。现以图 12-245 说明试验方法。

1）将站内 35kV 侧、10kV 侧、0.4kV 侧所有的隔离开关、断路器、开关全部断开，检查电源进户处的电源应没有接引，且有足够的安全距离。

2）将试验变压器的输出端接在 35kV 母线段上，如图中的 A 点，并将调压器调至零位，同时将试验电源与试验变压器接好，试验电源应为性能稳定的三相低压电源或者小型三相柴油或汽油发电机组，容量应大于 15kVA。熔丝一般选 30～40A，并测量电源的电压及相序，其相序应与 35kV 母线的相序相对应。

3）将 QS_1、QS_3、QS_4、QS_5、QS_6、QS_{11}、QS_{13}、QS_{14}、QS_{15}、QS_{16}、QF_1、QF_2、QF_3、QF_4 及 QS_{22} 合上，检查无误后即可升压试验。

4）合上试验开关 ST，电压表 V_1 的指示为零，然后调压升压器开始升压。如果在升压过程中调压沉重，且有严重的“嗡嗡”声，电压表无指示或指示很小，则说明一次回路有短路故障点，应停电分段检查，摇测绝缘电阻找出故障点修复后才能继续升压，直至 400V。

5）测量一次回路及母线上的电压，均应为 400V；测量变压器 T_1T_2 的二次侧线电压均应为 114.3V；用精密毫伏表测量所有闭合开关的上下闸口的电压，均应为 0。

6）变压器 T_1 和 T_2 的核相。用数字万用表交流电压 200V 档测量隔离联络开关 QS_{23} 上下闸口的电压，同相电压为零，若为异相则为 114.3V。相位确认后，将 QS_{23} 合上。

7）将 10kV 高压柜的开关合上（这里要注意，送出的电缆或架空线还没有接入），测量所有回路的

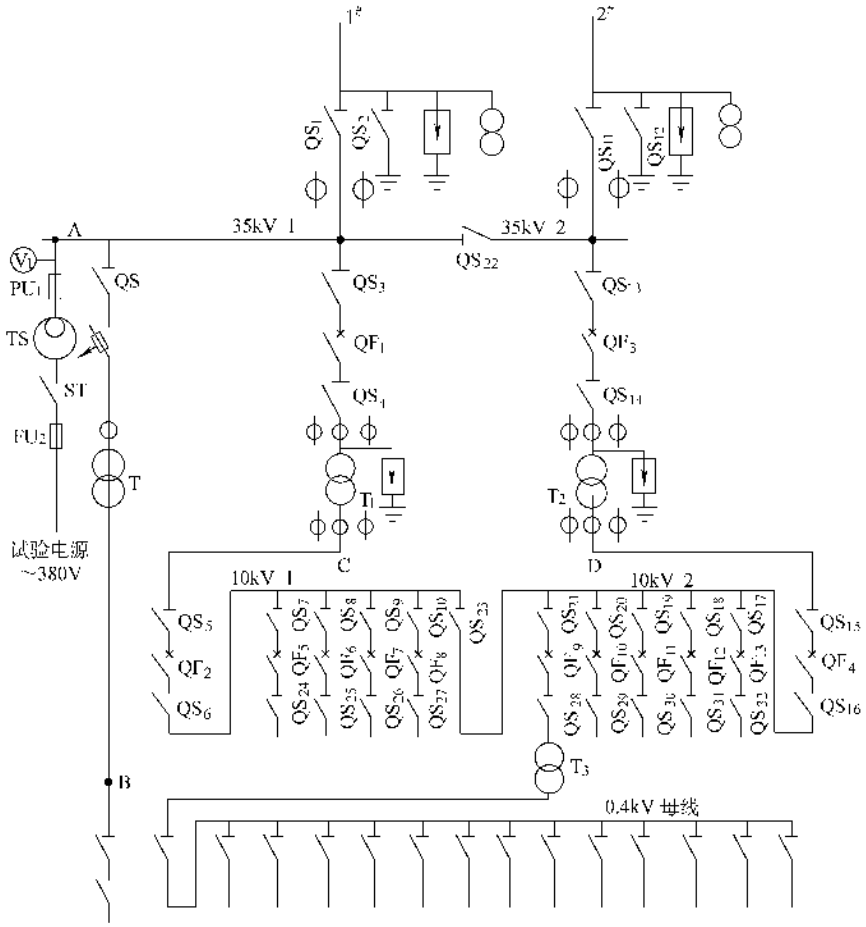


图 12-245 35kV 变电站零起升压倒送电试验示意图

电压均应为 114.3V，所有开关闭合后上下闸口的电压均为 0。

8）用上述方法测量 T_3 和站用变压器 T_4 二次的电压均应为 4.57V，所有开关闭合后上下闸口的电压均为零，若有两台及以上变压器并列运行，应用上述方法核相。35kV、10kV、0.4kV 的相序应一致，母线或电缆头相色标记应正确。

9）将 QS_{15}、QS_5、QF_4、QF_2 断开，并将图中 C 点、D 点的三相短路，用双钳式相位表、电流表、电压表预测 T_1 和 T_2 差动保护六角图（参照本节变压器纵联差动保护系统的调整中的方法），应符合要求。

10）将调压器调至零位，断开试验电源，拆除试验接线及短路线，并将系统中所有的隔离开关，断路器断开，恢复试验前的状态。

3. 倒送电试验

倒送电试验就是利用站用变压器或者其他变压器，将低压 400V 从其二次侧送入，站用变压器或其他变压器将电压升高至 35kV，主要考验电气设备及母线的绝缘强度，进行母线电压互感器二次核相和电气仪表电压回路检查及继电保护装置等模拟试验。

1）将三相调压器的输出端接在站用变压器二次侧的 B 点，并将 QS 和 FU 合上，同时将 QS_1、QS_{11}、QS_{22} 合上。

2）将调压器置于零位，合上试验开关 ST，检查无误后即可将调压器输出电压缓慢升至 200V，先暂停升压，详细监察母线设备情况，如正常即可将电压升至 400V，站用变 T 正常。

3）监察主控室内一次回路的电压表应为 35kV，且指针稳定，三相平衡。

4）将 QS_3、QS_4、QS_5、QS_6、QS_{13}、QS_{14}、QS_{15}、QS_{16}、QF_1、QF_2、QF_3、QF_4 顺序合上，闭合情况正常，观测 T_1 和 T_2 空载运行情况和绝缘情况，变压器应为均匀的较低“嗡嗡”声，绝缘状况良好，无异常现象。10kV 母线电压正常，将 QS_{23} 闭合，10kV 母线运行正常。用高压验电器各部位验电，正常。

同样将 10kV 柜开关闭合应正常，T_3 空载运行正

常，低压侧电压正常。

5）用35kV及10kV电压互感器二次核相。核相点可在主控室保护屏的端子板二次熔断器的电源侧。同相电压等于零，异相电压为100V，同时二次电压的相序应与试验电源的相序相同。

6）将电压互感器二次熔断器插入，系统应正常。如有熔断，应停电检查并核对熔丝大小，如有短路应查明原因并修复后，才能继续试验。

7）控制室各屏分合闸信号正确，保护装置、电能表、功率表、及其他电压信号装置指示或动作正确，相序正确。

8）反复断开闭合上述的开关，应正常，在断开或闭合变压器回路时应遵守合闸程序，断开时先断路器后隔离开关；闭合时先隔离开关后断路器。最后将所有开关断开。

9）将调压器调至零位，切断试验电源，拆除所有试验接线，并将原接线复位。最后将系统放电。

10）检查隔离开关、断路器及跌开式熔断器的触头应无闪络，无电弧烧焦等非正常现象。彻底检查一次、二次及继保系统应无异常现象。

最后说明一点，倒送电压试验系统已带高压，一切操作、试验、检查应按正式送电的规程进行，杜绝触电、误操作等事故。

六、正式送电

1. 正式送电的条件

1）送电线路安装完毕且空载运行正常；送电线路与站内进户点的接线已完成，且接头合格；双回路送电线路的相序已核定且应正确，核定方法可通入400V低压，参照零起升压倒送电的核相方法，或用相序表进行。

2）站内通信线路及设备已安装完毕且已通话运行。站内一般应有市区网内直拨电话、直通上一级供电降压站的电话，厂区总机直拨电话，除市区电话外均应为录音电话。

3）站内其他设施的安装已完毕，且试验正常。站内电气系统已全部安装完毕，系统试验及调试正常，且已经零起升压倒送电试验正常。

4）消防设施及装置已配备，且经试验、消防功能正常。

5）送电申请报告、调试和试验记录及有关技术文件已报当地供电部门，约定送电时间并邀请供电部有关人员参加，必要时应请供电部门有关人员进行送电前的检查及测试，不妥之处已修复。供电部门已挂表接线。

6）主管部门电气总工程师、建设单位项目负责人及有关技术人员已对站内电气系统及其他设施进行了送电前的检查和必要的测试，所有不妥之处已修复。

7）编制送电方案和应急预案并确定各个项目的操作、监视、记录的负责人，送电指挥人员已向所有参与送电的人员进行了技术交底及安全交底。

8）所有安全用具、防护用品、交通工具、布话机及医护设施已准备齐全，并经试验检查合格。

9）仪器、仪表齐备且检定试验合格。

10）从系统调试开始，昼夜24h值班，监护人员认真负责，未发生任何意外或人为事故，除调试人员外，闲人一律禁止进入现场，以防不测，这样做的目的是为了万无一失，一旦有意外，即可查出。

2. 正式送电的时间及程序安排

1）正式送电的时间最好安排在零起升压倒送电的当天，同时应注意天气预报，应选择晴朗无风的天气进行。凡不能按时进行的，最好在正式送电前，再进行一次倒送电试验，做到有备无患、扎扎实实、万无一失。

2）正式送电的程序安排。

① 先母线后变压器回路；

② 先站用变后主变压器；

③ 先35kV变压器，后10kV变压器；

④ 先单台运行后并列运行；

⑤ 闭合回路时，先合隔离开关，后合断路器或负载开关；断开回路时，先分断断路器或负载开关，后分断隔离开关；

⑥ 操作时，先发命令后进行操作；先检查并背诵命令及操作规程，后进行操作，且监护及操作同步；

⑦ 接入变压器回路时，先投高压后投低压；切除回路时，先断开低压后断高压；

⑧ 送出回路时，先投入负载小的回路，后投入负载大的回路；

⑨ 变压器投入后，先空载运行并测试电流，测听声响及检查油路，一切正常后，再投入负载运行；

⑩ 有直控高压电机时，应先试高压电机，后送距离较远的送出回路。

3. 正式送电的组织

正式送电应组织严密，分工明确，责任到人，认真负责、一丝不苟，组织系统见图12-246。

（1）总指挥　负责送电试车全部工作，编制送电试车方案，应急预案，人员分工安排，技术及安全交底，发布送电命令，处理事故及技术难题，编制送电申请报告，审核调试及试验记录，与有关部门联系并统筹送电有关事宜，协调有关部门的工作及关系等。

（2）副总指挥　（兼总工程师或技术负责人）

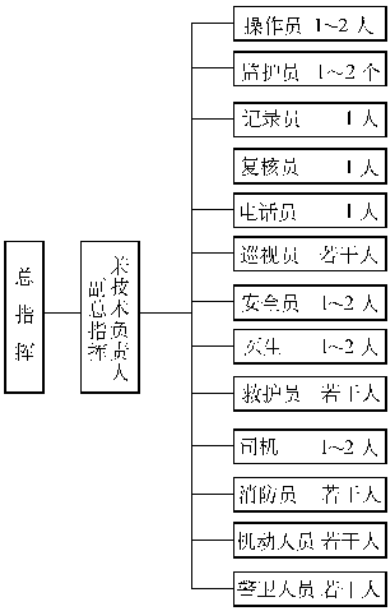


图 12-246 送电组织系统图

协助总指挥工作，主要负责送电试车的技术工作，必要时接替总指挥的工作。

（3）操作员 一般设两人，执行总指挥或副总指挥的命令，进行合闸分闸操作或倒闸操作，严格执行操作规程，熟悉系统回路及安全用具的使用，能处理意外事故。

（4）监护员 一般设两人，执行总指挥或副总指挥命令，监护操作员的操作动作，杜绝误操作及触电发生，复核操作员背诵命令及操作规程，熟悉系统回路及安全用具的使用，配合操作员处理事故。

（5）记录员 一般设一人，按时顺序记录送电的命令，执行情况，开关分合及倒闸后系统运行情况及送电时发生的一切情况，熟悉系统回路及二次继保装置，能处理紧急事故。

（6）复核员 一般设一人，复核记录员的记录，配合记录员工作，具备记录员的能力。

（7）电话员 一般设一人，执行总指挥或副总指挥的命令，负责与供电部门、消防部门及市区有关单位、厂调度及厂内有关部门的通信联系，负责录音电话的处理及保管，并向指挥人员汇报有关电话内容。送电期间除指挥人员外，有权制止或拒绝他人动用电话。

（8）巡视员 设若干人，负责系统各个部门及回路送电前后的检查、巡视及运行情况，并及时向指挥人员、操作员汇报，能果断处理事故，熟悉系统回路及其安装调试状况，同时按时抄录仪表数值。每投入一个回路或项目，巡视员便立即进入巡视。

巡视员应分段负责，如母线、变压器、隔离开关及油断路器、10kV 开关柜、计量仪表、屏及保护装置、低压系统、高压电动机运行、送至各个车间的电缆头及进户端等。

（9）安全员 一般为 1～2 人，应由技术高超的有威信的老工人担任，负责整个送电及试运行的安全工作。熟悉安全操作规程、掌握安全用具及防护用品的使用、保管、校验，监督所有人员的命令、操作程序及动作、工作状况，有权制止任何人违反操作规程或安全规程，杜绝事故发生，能果断处理意外事故，熟悉系统部位，制定送电方案中的安全要求及注意事项。

（10）医生 抢救受伤人员，熟练掌握人工呼吸、触电急救、烧伤处理等急救手术及方法，并能按国家劳动保护法规制定防护措施及各类用品的发放，熟练掌握急救药物的服用。

（11）救护员 若干人，协助医生工作并能进行各种急救。

（12）司机 熟练驾车及行车路线，直至急救中心或医院。

（13）消防员 若干人，熟悉掌握电气消防技术及消防用具的使用，果断处理火灾事故的发生。

（14）机动人员 若干人，能协助消防员、救护员工作。

（15）警卫员 负责电站的保卫工作。

4. 准备工作、注意事项、安全要求请读者参阅“第七章动力电路”中“送电试车及试运行”中有关内容。

5. 事故处理的原则及方法

送电中可能发生的事故主要有人身触电或烧伤、熔断器熔断、自动开关或断路器掉闸、油开关爆炸或着火、电容器爆炸或着火、变压器爆炸或着火、母线烧断、绝缘子放电或短路以及设备事故伴随的人身触电或烧伤事故等。

人身触电或烧伤主要原因是没有按安全操作规程进行操作或设备故障引起。一切按操作规程执行并作好监护，人身触电或烧伤事故是可以避免的。

熔断器熔断或开关掉闸主要原因是线路或元件本身短路造成的。按照前述章节的内容或方法进行安装调试短路是可以避免的。

设备爆炸着火事故主要原因是设备本身的绝缘降低或损坏以致漏油漏电引起的，有时不排除人为的损坏及安装不当。按照前述章节的内容要求或方法，进行设备的购置、检查、测试、安装、调试、设备事故是完全可以杜绝的。

任何电气事故处理的原则是先断开上一级的断路器或负载开关（这里必须注意不是隔离开关或刀闸）将电源切断，然后进行人身触电或烧伤的救护及电气火灾的灭火。

（1）人身触电或烧伤事故的处理

1）迅速脱离电源。尽快使触电者脱离电源，是抢救的关键。要根据现场、环境、条件、采用最快、最安全的方法使触电者脱离电源，不可惊慌失措。触电者未脱离电源前，抢救者不得用赤手去拉触电者的身体任何部位，以避触电。触电者的位置处于高处时，应采取脱离电源后防止摔跌的措施，以避摔伤。

①　低压触电时脱离电源的方法：

电源开关在附近时，应立即拉闸。

电源开关不在附近时，可用绝缘物，如拉杆将电线挑开。也可穿绝缘靴并站在干燥木板或绝缘垫上，用绝缘绳套在触电者身上，将其拉开脱离电源。

紧急情况下，上述方法不能使用时，应用绝缘钳将电源线单根一一剪断。

②　高压触电脱离电源的方法　高压触电采用的方法基本与低压相同，但是使用的绝缘杆、物、垫、钳必须符合该高压电源的电压等级，并穿戴相应电压等级的绝缘靴和绝缘手套。

2）现场急救方法

①　对神志清醒、能回答问题，只感到心慌、无力、四肢发麻的症状较轻的触电者，应让其就地休息几小时，同时请医生现场诊断及观察事态发展，并做好抢救的准备工作，必要时可送医院治疗。

②　对神志不清、失去知觉，但呼吸正常的触电者，可将其抬到附近空气清新的干燥暖和的地方，解开衣服，可不做人工呼吸，但必须由医生现场诊治，并做好急救准备工作，随时准备送往医院。

③　对已失去知觉，呼吸困难或逐渐微弱的触电者，应立即进行人工呼吸，同时医生速到现场急救，迅速驱车送医院，在途中不得停止人工呼吸和急救措施。

④　对呼吸、脉博和心跳都已停止的重触电者，应立即进行人工呼吸和胸外心脏挤压手术。绝对禁止听心音、量血压而延误时间。医生立即进现场急救，同时迅速驱车送医院，途中不得停止人工呼吸、胸外心脏挤压及急救措施。

⑤　现场急救必须做好以下工作：

解开衣扣、松开裤带，用耳贴在触电者胸部仔细听有无心音或用医务听诊器测听，如没有，应立即进行胸外心脏挤压。

检查并清除触电者口腔内的食物或呕吐物，有假牙者要立即取出。检查触电者呼吸道和喉头有无分泌物，如有应立即用口吸出。

用头发或毛絮放在触电者鼻孔处，确认是否呼吸，如无呼吸，应立即进行口对口的人工呼吸；如果心跳、呼吸都停止，要同时进行胸外挤压和口对口人工呼吸。

⑥　电弧烧伤的处理。对于不危及生命的轻度外伤，可放在触电急救之后处理；对于严重外伤，应与人工呼吸和胸外心脏挤压同时处理，如伤口出血应予以止血，为了防止感染，要进行包扎，同时立即送医院急救。

⑦　用药要求。这里要注意，任何药物都不能代替人工呼吸和胸外心脏挤压等急救方法，只是协助急救。

进行人工呼吸的同时，可用氧气口罩或氧气袋，使触电者恢复正常呼吸机能。或者酌情用以适量的呼吸中枢兴奋剂或克拉明。

进行人工呼吸和心脏挤压的同时，对于心脏确已完全陷入停顿，可辅以微量适中的（由医生掌握）肾上腺素，增强心肌张力和兴奋性，刺激心脏起博点和扩张营养心脏的冠状血管，可利于心脏复跳。使用肾上腺素必须在医生指导下且应慎重使用。

（2）熔断器熔断或开关自动跳闸的处理　这类故障均为短路或开关本身故障引起。故障发生后不得再次合闸，应找出短路点或查出开关本身的故障点，经修复后才能再度合闸。

（3）电气火灾灭火方法

1）先切断电源。切断电源的方法基本同人身触电断电方法相同，但必须注意以下几点：

火灾发生后，由于着热烟熏，开关设备的绝缘强度下降，在拉闸时必须用相应电压等级的绝缘工具操作。

断电时必须操作断路器或负载开关，断电的范围要选择适当，以免因为断电而影响灭火工作。

剪断电源时，非同相间应错开断电的部位，以免相间断路；断开架空线时，应在电源方向的支持绝缘物附近，以免剪断的导线落下来，造成接地短路或触电事故。

2）灭火方法。合理选择灭火器具，二氧化碳、四氯化碳、二氟—氯—溴甲烷（1211）、二氟二溴甲烷或干粉灭火机（包括灭火剂），可用于带电灭火。泡沫灭火不宜带电灭火。采用喷雾水枪，可带电灭火。灭火人员与带电体间要有一定的安全距离。

充油设备的灭火。一般使用二氧化碳、四氯化碳、1211、干粉灭火。其中使用四氯化碳时应站于上

风侧，以免中毒，室内灭火要注意通风。火势很大时，应及时将油泄掉，进入储油池，池内及地上的油火要及时用泡沫灭火机扑灭，同时防止油火流入电缆沟中。

电动机的灭火。切断电源后，可缓慢转动转子，并用喷雾水、二氧化碳、1211 灭火，不得用干粉、砂土灭火。

电缆灭火。先切断电源，同时切断非着火电缆的电源，关闭沟内隔火门或将电缆沟两端堵死，窒息灭火；也可戴防毒面具、绝缘手套、穿绝缘靴，手提干粉灭火机、1211、二氧化碳灭火机进入沟内直接灭火；沟内灌水也可灭火。电缆灭火时，严禁接触电缆。

6. 送电试车方案的内容

1）送电试车的操作规序及安全操作规程。

2）组织及人员安排。

3）事故处理方法。

4）注意事项。

5）安全要求。

6）有关需要说明的特殊事宜等。

7. 正式送电前的最后检查

变压器在送电试运行前，应进行送电前的最后一次检查，确认其符合运行条件时，方可投入送电运行。检查应在送电前一刻进行，一般不得间隔，如有间隔，必须安排电气人员两人以上监护值班，不得有误，以防不测。检查应由工程师或技师负责，必要时应有建设单位、设计单位、供电部门、生产厂家的技术人员参加。检查项目如下：

（1）变压器的检查

1）变压器本体，冷却装置及所有附件均无缺陷，且不渗油。

2）变压器轮子的制动装置应牢固。

3）变压器顶盖上应无任何遗留杂物。

4）事故排油设施完好；消防设施齐全。

5）储油柜、冷却装置、净油器等油系统上的油门位置正确均应打开，油门开启指示及油位指示正确。

6）高压套管的接地小套管应予以接地；电压抽取装置不用时，其抽出端子也应接地；套管顶部结构的密封良好；任何部件应无漏渗油现象；充油套管油位正常。

7）电压切换装置的位置应符合要求；有载调压切换装置远地操作应动作可靠，指示位置正确；消弧线圈的分接头位置应符合整定要求。

8）变压器的相位及线圈的接线组别应符合并列运行要求。

9）温度计指示正确，整定值符合要求。

10）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应起动全部冷却装置，进行较长时间（>4h 以上）循环后，放完残留空气。

11）变压器本体应两点接地。中性点接地引出后，应有两根接地引线与主接地网的不同干线连接，其规格应满足设计要求。

12）铁芯和夹件的接地引出套管、套管的末屏接地应符合产品技术文件的要求；电流互感器备用二次线圈端子应短接接地；套管顶部结构的接触及密封应符合产品技术文件的要求。

13）分接头的位置应符合运行要求，且指示位置正确。

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）变压器全部电气试验应合格；保护装置整定值应符合规定；操作及联动试验应正确。

16）局部放电测量前、后本体绝缘油色谱试验比对结果应合格。

（2）油断路器的检查

1）本体及操动机构固定牢固，外壳清洁完整；无渗漏油现象，且油位正常。

2）电气连接牢固可靠且接触良好；同步性符合要求。

3）断路器及其操动机构联动正常，无卡阻现象；分合闸指示正确；辅助开关动作准确可靠，接点无电弧烧损现象。

4）操动机构箱的密封垫应完整，电缆穿孔应予以封闭。

（3）隔离开关的检查

1）操动机构、传动装置、辅助开关及闭锁装置应安装牢固，动作灵活可靠；位置指示正确。

2）合闸三相同步性符合要求。

3）相间距离及分闸时触头的打开角度或距离符合技术要求。

4）触头接触紧密良好。

（4）互感器的检查

1）外观完整无缺损。

2）无渗漏现象，油位正常。

3）保护间隙的距离符合规定。

4）接线正确，极性符合要求。

（5）避雷器的检查

1）安装支架制作安装符合规定。

2）避雷器外部完整无损，阀型避雷器封口处密封良好。

3）法兰连接处无缝隙。

4）避雷器安装牢固，垂直度符合要求，均压环应水平，接线正确牢固。

5）放电记录器完整无损，密封良好。

6）管型避雷器的倾角和隔离间隙符合技术要求。

（6）电容器的检查

1）电容器组的布置与接线正确并符合产品要求，保护回路完整。

2）三相电容量误差符合允许值的要求。

3）外壳无凹凸或渗油现象，引出端子连接及接线牢固，垫圈、螺母齐全。

4）熔断器熔体的额定电流应符合设计规定。

5）放电回路完整且操作灵活。

6）室内的通风装置运行良好。

（7）母线的检查

1）金属构件的加工、制作、焊接、螺栓连接、安装符合设计要求。

2）各部螺栓、垫圈、开口锁、线夹等零部件应齐全可靠。

3）母线的配制及安装架设符合规定，连接正确，螺栓紧固、接触可靠；相间及对地电气距离符合规定；软母线的垂度符合要求。

4）瓷件应完整清洁；铁件和瓷件胶合处完整，充油套管无渗油现象，油位正常。

5）相色正确完好，接地良好。

（8）成套屏、柜的检查

1）屏、柜的固定、接地可靠，安装清洁整齐。

2）屏、柜上的元件完好，安装位置正确，固定牢固，接线正确牢固；直流屏、UPS 柜工作正常。

3）二次接线正确、可靠，标志齐全，清晰整齐。

4）手车推入拉出灵活无卡，机械联锁准确可靠，接触紧密，照明装置齐全。

5）柜内一次设备安装质量符合要求，操作及联动试验动作正确，分合闸试验灵活可靠，接触良好。

（9）电缆的检查

1）电缆规格符合设计规定，排列整齐，无机械损伤，标志牌齐全、正确、清晰。

2）电缆的固定、弯曲半径、距离要求符合要求。

3）电缆头安装牢固，无渗漏现象。

4）电缆沟内无杂物，盖板齐全，防水措施可靠。

（10）接地装置的检查

1）整个接地网外露部分连接可靠，接地线规格符合设计要求，标志齐全明显。

2）设备及构件的接地点连接或焊接可靠。

3）避雷针的安装位置及高度符合设计要求，且接地良好。

4）供临时连接接地线用的连接板的数量和位置符合设计要求。

5）接地网的接地电阻符合设计要求。

（11）其他项目的检查

1）电气设备、屏柜的安装、测试、试验、调试记录齐全、数据真实可靠，签字手续完备且符合要求。

2）电气设备、屏柜的接地符合要求，接地点正确、无漏接、错接点。

3）电气设备、屏柜的油漆层完整无损，相色标志正确。

4）隐蔽工程（接地系统、混凝土杆式支架的基础、埋地电缆及管路等）安装过程中的中间验收资料齐全，签字手续完备齐全。

5）系统无其他不妥。

8. 35kV 变电站的送电程序及要点

仅以图 12-245 为例说明。

1）检查系统所有开关均应在断开位置，主控室直流屏已充电且工作正常。

2）双回路电源均已送电，闭合 QS_1 和 QS_{11}，高压 35kV 母线得电空载运行，主控室电压指示正常，母线无异常。

仅有一路电源送电，另路无电时，闭合 QS1 或 GS 11和 QS 22，将母线投入运行，电压及母线正常。

3）闭合站用变压器回路的 QS，然后用高压拉杆闭合跌开式熔断器 FU2（先合两个边相，后合中相），站用变首次投入，巡视员注意监视声响、油位、油温，应正常，合闸后空载运行时间不少于 10min，主控室二次侧电压应正常。

4）将跌开式熔断器断开（先拉中相，后拉两个边相）使站用变断电，然后进行 5 次冲击合闸，时间间隔一般为 1～3min，变压器应无异常情况。

5）最后一次冲击合闸后，站用变投入运行。

① 闭合直流屏回路开关，直流屏投入运行，应正常，可参阅安装调试的有关项目进行。

② 闭合站用屏其他各回路开关，并使各闸箱的所控回路投入运行，应正常，可参阅“第十三章动力电路第七节送电试车及试运行”的有关项目进行。

6）闭合 QS3、QS4，然后由控制室操作 SA 转换开关，使 QF1 合闸，主变 T1 首次投入，巡视员注意监视声响、油位、油温及主控室各屏及电压应正常，励磁涌流不应引起保护装置动作。首次投入空载运行时间不少于 10min。

7）操作 SA，使 T1 断电，然后进行 5 次冲击合闸，时间间隔一般为 1～3min，变压器及系统应无异常。

8）最后一次冲击合闸后，T1 主变投入运行。

① 闭合 QS5、QS6 和 QF2 使 10kV-1 段母线投入运行，应正常。

② 分别投入 10kV 各台高压柜，应正常。

③ 每台柜的负载投入试运行应正常，保护装置动作正确。

9）用 6、7、8 的程序投入主变 T2，运行正常。

10）T3 投入后，低压系统的投入见第七章第七节的内容。

11）将 QF1 或 QF2 断开，闭合 QS22 系统应无异常，同样断开 G22，应正常。

12）QS22 闭合后，两台主变并列运行，系统正常。

13）将 10kV-1 段或 10kV-2 段母线上的负载断开，闭合 QS23，系统运行正常，同样断开 QS23，应正常。

14）QS23 断合后，将 10kV 两段母线的负载投入运行应正常。

这里要注意一点，联络开关 QS22，QS23 的投入和切除断开，只能在一段母线上有负载时进行，而另一段母线上的断路器 QF 是断开的，也就是不能带负荷投切。

15）系统投入后，可模拟故障发生，继保装置动作应正常，信号正常。

16）正式送电后，应带一定负载（可能的最大负载）运行 24h，如不能进入试运行，24h 后可将全部负载拉掉，并将 T1、T2 主变切除运行，只保留站用变运行，同时安排值班人员 24h 昼夜值班，直至交付建设单位进入试运行阶段。

17）试运行注意事项

① 中性点接地系统的变压器，在进行冲击合闸时，其中性点必须接地。

② 变压器、电抗器第一次投入时，可全电压冲击合闸。冲击合闸时，变压器宜由高压侧投入；对发电机变压器组结线的变压器，当发电机与变压器间无操作断开点时，可不作全电压冲击合闸，只作零起升压。

③ 变压器应进行 5 次空载全电压冲击合闸，应无异常情况；第一次受电后持续时间不应少于 10min；全电压冲击合闸时，其励磁涌流不应引起保护装置动作。

④ 变压器并列前，应核对相位。

⑤ 带电后，检查本体及附件所有焊缝和连接面，不应有渗油现象。

18）清理现场。

七、试运行

1. 试运行的条件

1）正式送电合闸成功，变压器及系统空载或部分负载运行正常。系统带电后，变压器、油断路器、互感器及冷却装置无渗漏油现象，主控室的电气设备及断路器、隔离开关、互感器、运行正常，变压器声音、油温、油位正常。

2）供电部门已书面或电话（录音）通知可投入运行。

3）建设单位的运行人员已进入站内并已确定负责人，人员已分工；安装单位已向建设单位的运行人员交底，并已安排人员协助值班运行；运行人已经过培训合格，具备一定的处理事故的能力。

4）建设单位已编制各种安全运行制度且有效地贯彻执行，主要制度有：

① 岗位责任制；

② 交接班制度；

③ 巡视检查制度；

④ 试验切换制度；

⑤ 缺陷管理制度；

⑥ 检修验收制度；

⑦ 运行分析制度；

⑧ 技术培训制度；

⑨ 站内保卫制度；

⑩ 电气事故处理规程；

⑪ 本站运行及操作规程等。

5）建设单位已印制抄表记录、运行记录，并规定了记录的要求。

6）建设单位已配齐试验合格的安全用具，如高压拉杆、验电器、绝缘手套、绝缘靴、临时地线、绝缘垫并在操作走廊内铺好橡皮绝缘垫。

7）建设单位已配备足够数量的电气消防器材。

8）建设单位已配齐了警告标牌，如“高压危险”、“有人工作、禁止合闸”等，系统模拟板已能使用。

9）建设单位已配齐了电工常用检修仪表及工具。

10）建设单位、安装单位质检部门、供电部门、设计单位、必要时应有设备生产厂家的技术人员对站内的土建工程、安装工程及调试工作进行了验收，安装质量符合国家标准规范的要求，不妥之处已修复并验收合格。

2. 试运行

1）用电话与供电部门联系，允许送电后，即可按正式送电的程序和要求送电，使系统进入空载运行。

2）根据用户的请求可将 10kV 回路闭合，同时将站内 10kV 变压器投入运行。

3）送电后运行人员定时或不定时的进行值班巡视，主要有变压器、开关设备、母线、屏柜、互感器、电容器、检查有无异常声响、闪光、气味、油温、油位、振动及电压、电流等。如有异常，应及时报告及处理，必要时接操作规程拉闸。

4）运行值班人员每 2h 抄表一次，主要有一次、二次电压，各级电流、变压器油温、有功功率、无功功率、环境温度及有无异常现象。

5）试运行值班时每班至少 6 人，其中包括 3 名建设单位的人员，带班者应为有经验的技师担任。运行人员应严格按各种制度及安全操作规程进行工作。

6）试运行一般为 72h，如甲方需要，可派员协商协助甲方运行。

3. 运行中常见故障的处理

（1）电压不平衡或断相

1）电压不平衡超过允许范围且严重时，一般由下列原因引起：

① 熔断器松动或接触不良；

② 二次接线松动或接触不良；

③ 电压互感器局部短路；

④ 供电线路故障；

⑤ 电压表不准；

⑥ 供电质量低劣。

2）断相由下列原因引起：

① 熔断器熔丝熔断；

② 二次接线断开；

③ 电压互感器开路；

④ 供电线路故障或变压器故障；

⑤ 电压表损坏；

⑥ 发电厂或降压站故障。

（2）电流不平衡或断相

1）电流不平衡一般由以下原因引起：

① 电压严重不平衡；

② 负载不平衡；

③ 电流互感器局部短路；

④ 电流表不准；

⑤ 电流表与互感器不匹配或相与相间不对称；

⑥ 二次回路接线错误。

2）电流断相由下列原因引起：

① 电压断相；

② 电流互感器短路或开路；

③ 电流表损坏；

④ 开关触头有一相未接触或一相熔断器熔丝熔断；

⑤ 二次回路断开或接触不良。

（3）熔断器熔断　熔断器熔丝熔断多为短路引起，少数为过载或接触不良发热而烧断。应查明原因后，更换同型号规格的熔丝。

（4）供电线路停电后的处理

1）通知停电情况下，一般应在接到通知后，经厂调度发布减荷命，逐步在停电前将各路负载减小或关掉。然后将变压站内各路开关拉掉，只留站用变。停电后可安排检修作业。

2）突然停电情况下，低压断路器或油断路器跳闸，则应将低压断路器复位到断开位置，将断路器的操作开关复位到预备合闸位置。站用变的跌开式熔断器一般不断开。

UPS 投入运行，则应观察系统的断开情况。

用电话向供电部门询问，以便根据停电的时间长短或迟早安排检修作业项目。同时作好送电的准备工作，来电后即可送电。

用电话向受电部门说明情况，受电部门应将低压断路器或少油断路器复位到断开位置，准备来电后合闸。

（5）电缆头被击穿（俗称放炮）　电缆头放炮多为制作时质量低、漏油、受潮等原因，绝缘强度降低被高压击穿所致。处理时，一般将电缆头及其所连的 1m 以内的电缆锯断，并判断绝缘良好后重新制作电缆头，见第十一章。

（6）高压配电装置　运行中的高压配电装置发生异常情况时，值班人员应迅速、正确地进行判断和处理。通常应先将站内设备或线路发生的异常情况报告供电部门，如威胁人身安全或设备时，应先组织人员进行处理，同时向有关部门或上级报告。

1）10kV 送出线路高压开关掉闸时，应按下列规定进行处理：

① 装有一次重合闸而重合未成功者，隔 1min 后允许再送一次。如试送成功，应及时进行巡视线路，查找事故原因；试送未成功时，应排除故障，方可送电，不得强行送电。

② 装有两次重合闸而重合两次未成功，不允许试送；若重合闸未动作，可试送一次。

③ 无重合闸或重合闸失灵时，可允许手动试送两次，第二次试送与第一次试送掉闸时间间隔为 1min。

④ 装有重合闸的开关手动试送前，应解除重合闸；

⑤ 开关掉闸时，严重喷油或开关本身有故障，不得试送。

2）变压器、电容器及全线为电缆的线路开关掉闸时，不允许试送，待查明故障原因并排除修复后，方可试送。

3）开关越级掉闸应按下列规定进处理：

① 分路开关保护动作未掉闸，而造成主变压器或电源总开关掉闸时，应先拉掉所有分路开关，试送主变压器或电源总开关，后送无故障分路开关；故障回路分开关，应查明原因排除故障后，方可试送。

② 分路开关与主变压器或电源开关同时掉闸时，应先拉开无故障的分路开关，先试送主变压器或电源开关，后试送分路开关。

③ 在试送故障分路前，应先检查或校验两级继电保护的配合情况及保护元件的完好性准确性，必要时要重新调整参数。

4）站内发生全站无电时，应按以下情况进行处理：

① 电源有电。

各分路开关的继电保护装置均未动作，应详细检查站内设备，排除故障后方可恢复送电。

分路开关的继电保护装置已动作，不论掉闸与否，可按越级掉闸处理。

② 电源无电。

电源开关的继电保护装置已动作而未掉闸时，应立即拉开电源开关，检查站内设备，查明故障点，待故障排除后，试验电源确实有电时，方可恢复送电，或倒闸至备用电源恢复送电。

本站无故障时，可倒闸至备用电源供电，但应先拉开停电线路的开关，后合备用电源的开关。

5）35kV 及以下中性点非直接接地系统发生单相接地时，应按下列规定处理：

① 立即检查站内设备有无接地，在查明站内设备无接地时，可用分路开关接线路的重要程度依次拉闸，当某一回路拉闸后故障即排除即为该回路故障。

② 两台及以上变压器并列发生单相接地时，应先断开母线上的联络开关，以便判断哪段母线系统接地。

③ 应采用开关来断开接地点的电源，禁止使用隔离开关断开接地点电源。

④ 消弧线圈在单相接地情况下，运行时间应以铭牌数据为准，但最长不宜超过 2h 且上层油温不得超过 95℃。

6）高压开关在运行中发生异常现象的处理

① 合闸后，开关内部有严重打火、放电等异常声音，应立即拉闸，停电检查原因。

② 高压油断路器因漏油而严重缺油，应将负载倒闸或停掉负载，停电处理。

③ 高压套管或绝缘子发生闪络、断裂及其他严重损伤时，应立即停电处理。

④ 高压开关分合闸失灵时，一般由下列原因造成：

二次回路熔断器熔丝熔断或接触不良；

二次接线断开或接触不良；

合闸接触器及其触头故障；

直流电压太低；

继电器触点没有断开或接触不良；

操作开关触头故障；

操动机构分合闸铁心卡住，吸合困难；

操动机构三联板中间连接轴的位置过高或过低；

操作联杆长度不合适；

合闸托架与滚轴不匹配，摩擦力太大，传动轴杆松脱；

掉闸顶杆太短或铜帽脱落；

液压或气压压力太低等。

7）隔离开关异常运行及处理。

① 引线接线处发热变色时，应立即减少负载，并迅速停电进行处理。

② 隔离开关操作费力，不得强行操作，应仔细检查找出卡涩之处，修复后才能操作。

③ 当发生带负载错拉隔离开关时，而刀片刚离刀闸口则有弧光出现时，这时应立即将其合上；如已断开，不得再合。

④ 当发生带负载错合隔离开关时，无论造成事故与否，均不准将错合的隔离开关再错拉开。

8）互感器异常运行及事故处理。

① 电压互感器一次侧熔丝熔断而二次侧熔丝完好时，应将隔离开关断开，使互感器退出系统，放电后摇测绝缘电阻，如绝缘良好，可更换合格同规格熔丝后试投，如再次熔断则应进行试验。

② 电压互感器二次侧熔丝熔断，可更换合格熔丝后试投，如再次熔断，应立即查找线路上有无短路现象。

③ 电流互感器发生异常声响，表计指示异常，二次回路有打火现象等异常，应立即停电检查二次侧是否开路或减少负载进行处理。

④ 装有限流电阻或熔断器的 35kV 及以下电压互感器发生异常现象需要退出运行时，可用隔离开关断开其电源。110kV 及以上的电压互感器和不带隔离开关的小车式电压互感器柜，必须用开关断开故障。

⑤　瓷套管表面及半导体漆的边缘处发生放电或瓷套管破裂、漏油严重、冒烟等现象；应立即停电处理。

9）消弧线圈异常运行及事故处理

①　系统正常情况下，中性点的位移电压见表12-91。

表 12-91　消弧线圈中性点位移电压

系统额定电压	35kV	10kV
中性点位移电压	≤3kV	≤0.9kV

②　系统发生单相接地时，禁止拉开消弧线圈的隔离开关。

③　系统发生单相接地时，禁止使用消弧线圈盘上的小电流表观察，以免烧毁。

（7）低压配电装置　详见第二章相关内容

（8）变压器异常运行及处理

1）发现变压器异常运行后（如漏油、油枕内油面高度不够、温度不正常、声音异常、瓷绝缘破损或放电等），应立即组织人员排除，同时报告上级主管部门，并将事故情况记入运行记录。

2）变压器运行中发生以下异常情况时，应立即拉闸停止运行：

①　变压器内部声响很大，且不均匀，有严重的放电声或撞击声。

②　在正常冷却条件下，变压器温度不断上升且不正常。

③　储油柜喷油或防爆管喷油。

④　严重漏油致使油面降落于油位计下限刻度。

⑤　油色变化过甚，油内出现碳质等。

⑥　套管有严重破损和放电现象。

3）变压器过负载运行超过允许值时，值班人员应及时调整并限制负载。

4）变压器油的温度超过允许限度时，值班人员应判明原因，立即采取办法使其降低，同时检查：

①　温度表是否正常。

②　冷却系统运行是否正常。

③　通风是否良好。

④　变压器的负载与冷却介质的温度是否与曲线相符。

若油温升高的原因是由于冷却系统的故障并需停电修理时，应将变压器停下修理；若不停电可修复时，如风扇故障，则应按操作规程进行，并将变压器减荷至无机械冷却时的容量上。

若油温较正常同样负载和冷却温度下高出10℃以上，或变压器负载不变，油温不断上升，且温度计、冷却系统及通风良好正常时，则为变压器内部故障，且保护拒动，这时应立即将变压器停下修理。

5）变压器油位显著降低时，应立即补油，并解除气体继电器所接的掉闸回路，改接至信号回路。变压器加油后，待变压器完全排出空气气泡后，才可将气体继电器接入。加油必须按规程进行（详见变压器安装一节）。

6）变压器的瓦斯、差动保护同时动作掉闸，未查明原因和消除故障之前，不得送电；轻瓦斯动作予信号后，应查明原因。

7）气体继电器信号动作的原因，一般是因空气浸入变压器内、或油位降低，或由于二次回路的故障，或变压器故障而产生少量气体，或由于发生穿越性短路而引起。如变压器外部无故障，则应鉴定继电器内积聚的气体性质。气体如为无色无臭而不可燃的，变压器仍可继续运行；如为可燃气体，必须停下变压器，仔细查找原因。检查气体是否可燃时，不得将火柴靠近继电器顶端，一般在其上面50～60mm处。

如不为空气侵入所致，则应取油样检查油的闪光点，若闪光点较原记录降低5℃以上时，则说明变压器内部有故障，必须将变压器停下。

如为油内剩余空气析出而致，则应放出继电器内聚积的空气，并注意这次信号与下次信号动作的时间间隔。若时间间隔逐次缩短，说明开关即将跳闸。

8）信号和开关同时动作或仅开关动作，一般是由于变压器内部发生严重故障、油面下降太快或保护装置二次回路有故障。

9）气体继电器动作原因及故障性质的判断可按表12-92中所列进行。

表　12-92

故障现象	原因及判断
气体多	故障大
气体少	故障小
气体无色无臭、不可燃	动作原因是油中分离出来的空气所致
气体可燃	动作原因是变压器内部故障
气体发黄不易燃烧	本质材料故障
气体为淡灰色且带强烈臭味可燃者	纸或纸板故障
灰色、黑色易燃烧	油故障

10）变压器开关掉闸后，如检查证明不是由于内部故障引起，则故障消除后可重新投入运行，否则应进行外部检查。

11）变压器发生火灾，应立即将所有开关和隔离

开关拉开，并将备用变压器投入运行。并同时进行灭火，方法及器材见前述送电的内容。

若变压器的油溢在变压器顶盖上着火，则应打开变压器下部的放油阀放油，使油面低于着火处。

12）变压器的一次熔丝熔断后，应进行停电检查。检查内容包括外部有无闪络、接地、短路及过载现象，放电后摇测绝缘电阻。

（9）电容器的异常运行与事故处理

1）当电容器发生下列故障之一者，应立即退出运行：

① 电容器发生喷油、爆炸或起火。

② 电容器瓷套管发生严重的放电闪络。

③ 电容器内部或放电设备有严重的异常声响。

④ 接线处严重过热或熔化等。

2）电容器组的开关掉闸后，不准强送。保护熔丝熔断后，应查明原因，更换熔丝后方可送电。电容器组因内部元件故障掉闸后，在未拆除故障电容器前，严禁重新合闸送电。

3）电容器组发生故障需拆除时，各相应均衡拆除，以保持三相平衡，否则应即更换同型号规格经试验合格的电容器。

4）电容器组发生事故进行处理时，先对全组电容器进行人工放电，其次对每台电容器进行逐个放电，然后才能进行作业。

5）装有功率因数自动补偿控制器的电容器组，当自动装置发生故障时，应立即退出运行，而且把电容器组的自动投切改为手动，避免电容器组因自动装置故障而频繁投切，以致损坏。

（10）过电压保护装置的异常现象和缺陷处理

1）管形避雷器有下列情况之一时，应退出运行：

① 绝缘管的纵向裂纹大于其长度的1/3时；

② 绝缘管有烧伤痕迹时；

③ 绝缘管终端堵头不牢固或漆层有严重裂纹时。

2）在雷雨时，因避雷器瓷质裂纹而造成闪络，但未引起系统永久性接地，在可能条件下应将故障避雷器停用。

3）阀形避雷器在运行中突然爆炸，但未造成系统永久性接地或危及系统安全运行时，可在雷雨过后，拉开故障相的隔离开关，更换合格的避雷器。若已引起系统永久性接地，则禁止用隔离开关操作停用故障避雷器。

4）当发现避雷器内部有异常音响或瓷套有炸裂而引起系统接地故障时，应避免靠近。一般用断路器或人工接地，断开故障。

5）当发现动作记录器内部烧黑、烧毁或接地引下线接点处有烧痕、烧断等现象时，应对避雷器做电气特性试验并解体检查，同时更换记录器。

6）阀形避雷器瓷套有裂纹且无备品更换时，可在裂纹深处涂绝缘漆和环氧树脂以应急处理，然后安排更换合格的避雷器。

（11）继电保护装置与自动装置的异常运行与事故处理　详见第二章相关内容。

（12）电气火灾的灭火　请读者参阅本节第六部分中有关内容。

4. 线路及设备故障处理时的安全技术措施

处理线路及电气设备的故障时，必须有可靠的安全技术措施，这些措施是电气工作人员必须遵守的，这些措施也是长久以来从实践中总结且修改完善的，并被实践证明是正确的。这些措施包括停电、验电、放电、装设临时接地线、悬挂警告标志牌、装设临时遮栏等。

（1）停电　是指将发生事故的线路或设备的电源拉闸，使其断电。停电应注意以下几点：

1）将事故的线路和设备停电，必须把电源进端和出端两端的开关都断开，禁止只在断开电源的线路和设备上作业。

2）必须拉开隔离开关（刀闸），使各方面至少有一个明显的断开点，与停电线路或设备有直接联系的变压器、电压互感器，必须从高低压两侧断开，以防反送电。

3）将断路器或自动开关操作回路的熔断器断开，如为气动或液动，则应将气门或油门关掉，以及将气动操作回路与大气联通。

4）当开关和相应的继保装置同时修理时，应将跳闸线圈在开关处解开，以防保护装置试验时误合闸。

5）断开的隔离开关操作手把必须锁住，对一经合闸就可送到停电设备或线路的开关操作手柄必须锁住。

6）修理作业时，正常活动范围内不得有带电体；作业人员正常活动的空间位置，对带电体必须保持足够的安全距离，见表12-93。

表12-93　工作人员在工作中，正常活动范围与带电设备的安全距离

电压等级/kV	安全距离/m
10以下	0.7
35	1.0
110	1.50
220	3.00

7）当安全距离达不到时，如其他带电体能停电且不影响其他回路或设备运行时，则应将其他带电体停

电；如不能停电，则可在作业地点和带电部分之间，加装牢固、可靠的绝缘遮栏。否则，不得进行作业。

（2）验电　是指验证停电后的线路或设备是否带电，只有经验证确实无电时，才允许进行作业。验电应注意以下几点：

1）验电时必须使用电压等级相应、事先在电压等级相应的带电体上试验合格良好且在校验周期以内的验电器（包括操作杆）。

2）高压验电必须戴合格的高压绝缘手套。35kV及以上的电气设备在没有合格验电器时，可使用高压绝缘拉杆验电，当拉杆顶端逐渐靠近带电体时，可根据端部有无火花和放电的“噼啪”声来判断有无电压。操作要求同上。

低压验电可用试电笔进行，要求同1）。

3）验电时，必须在电气设备进出线两侧各相分别进行；同杆架设多层电力线路时，应先验低压，后试高压；先验下层，后验上层。

4）表示设备断电的常设信号或标牌、表示允许进入间隔的闭锁装置信号、接入的电压表等，指示无压，只能作为参数，不能作为设备无电的依据，必须用验电器验电。但表计或信号装置指示有电，在未查明原因前，禁止在该设备上作业。

（3）放电　是指将被修试的电气设备或线路上剩余的电荷引入大地。放电应使用专用的导线，先将其一端与接地体可靠连接，另端则利用绝缘拉杆或开关操作，与设备或线路接触，人体不得与放电导线接触。电容器的剩余电荷较多，一般使用专门的放电设备。

（4）装设接地线　是指将被修试的电气设备或线路三相短路后与大地用专用临时接地线（铜辫子）可靠连接。装设接地线应注意以下几点：

1）对于可能送电至停电设备或线路的各方面（包括线路各支路）或停电设备有可能产生感应电压的，都要装设接地线。

2）临时接地线的装设应考虑最大风摆情况下与带电体的安全距离，不得小于表12-94、表12-95中的规定。当有可能产生危险感应电压的情况下，应增设临时接地线。

表12-94　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

表12-95　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		
			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
		非居民区	5	5.5	6
		居民密度小、交通困难的地区	4	4.5	5
		不能通航及不能浮运的河湖（冬季至冰面）	5	5	6
		不能通航及不能浮运的河湖的最高水位	3	3	3
	对铁路	标准轨	7.5	7.5	7.5
		窄轨	6	6	6
	对公路和城市道路		6	7	7
	对河流	常年洪水位（至水面）	6	6	6
		至最高航行水位的最高桅顶	1	1.5	2

3）临时接地线应装设在作业地点可以看见的地方；检修部分若分成几个在电气上不相连接的部位（如分段母线用隔离开关或断路器隔开），则各段母线应分别验电和接地；接地线与检修部分之间不应装设开关或熔断器。

4）接地线必须使用专用的线夹固定在导体上，禁止用缠绕的方法接地或短路连接。接地线应用多股软裸铜线，其截面积应符合短路电流热稳定的要求，最小不得小于25mm^2。使用时应按不同的短路电流来选择，因此接地线必须有明确的编号。

5）装设接地线必须由两人进行，装有接地刀闸的线路或设备应用接地刀闸接地。装设接地线必须先接接地端，后接线路或设备端，拆除时与之相反。装拆接地线时，必须使用绝缘棒、戴绝缘手套和穿绝缘靴，其电压等级应与设备或线路相应。

6）装拆临时接地线，必须做好记录，交接班时应交待清楚，以免误操作。

（5）悬挂警告标志牌　是指在有关部位挂上警告牌，以示人们注意，并按标志牌的内容去做，以防误操作。悬挂警告标志牌应注意以下几点：

1）一经合闸，即可送到作业地点的开关或隔离开关的操作手把上，均应悬挂“禁止合闸，有人工作”的标志牌。如果停电设备有两个断开点串联时，

标志牌应挂在最靠近电源的刀闸把手上；对远距离操作的开关和刀闸，标志牌应挂在控制屏的操作手把上；对两地都能操作的开关应分别挂牌。

2）在开关柜内悬挂接地线后，应在开关柜门上挂“已接地”的标志牌。

3）在变配电所外线路上工作，其控制设备在所室内的，则应在控制线路的开关或隔离开关的操作手柄上悬挂“禁止合闸，线路上有人工作”的标志牌。

4）在室内部分停电的高压设备上作业，则应在作业地点两旁间隔和对面间隔的遮栏上以及禁止通行的过道上悬挂“止步，高压危险!”的标志牌。

5）在室外高压电气设备上作业、应在作业地点四周用红绳做好围栏，并在围栏上悬挂数量适当的“止步，高压危险!”的标志牌。

6）在构架上作业，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!”的标志牌。在作业人员上下用的铁架或梯子上，应挂“从此上下!”的标志牌。在邻近其他可能误登的构架上，悬挂“高压危险，禁止攀登!”的标志牌。在作业地点悬挂“在此工作!”的标志牌。

7）标志牌的悬挂和拆除,应按命令或作业规定执行,并有详细记录和交接记录,作业人员不得随意移动。

8）标志牌一般应用木板制作，白漆粉刷，红漆写字。

（6）装设遮栏　是指当高压作业地点与带电体的距离小于表 12-96 中的规定时，则在作业地点与带电体之间装设临时遮栏，以防作业中造成对高压带电体的危险接近。装设遮栏应注意以下几点：

1）临时遮栏一般用干燥木材、橡胶或其他坚韧的绝缘材料制成且装设牢固。35kV 及以下电气设备的临时遮栏，如因特殊需要或现场作业空间不允许，可用绝缘板与带电部分直接接触，这种绝缘板必须具有与带电部电压等级相应的绝缘性能，并按周期进行耐压试验。

2）一般情况下，临时遮栏与带电体的距离应按表 12-96 执行。

表 12-96　临时遮栏的安全距离最小允许值

电压等级/kV	安全距离/m
10 及以下	0.35
35	0.60
110	1.50
220	3.00

3）临时遮栏的设置必须与标志牌配合使用。

4）临时遮栏的设置和拆除，应执行标志牌中 7）的规定。

上述 6 条安全技术实施后，作业人员才允许进入工作面进行作业，并且有监护人。作业必须按操作规程进行，且进行有关试验和测试。

作业完毕且检查无误后，则应按拆除遮栏、取下标志牌、拆下临时接地线的顺序处理作业现场，再经有关人员检查无误特别是有无遗留工具、线头等。必须核对人员和工具，无误后报告负责人，经核实后负责人用电话联系，有关部门允许送电时，才能进行送电，恢复供电。

第八节　室内 35kV 变电站的安装

前面几节讲述的 35kV 变电站是分室外和室内两个部分，将一次线路 35kV 的设备安装在室外，将二次线路 10kV 及控制部分的设备安装在室内，这是一种常见的变电站。

由于 GBC-35 型高压开关柜的出现且技术性能越来越成熟，使 35kV 级的配电装置进入户内，减少了占地面积，减轻了维护工作，给运行带来了很大的方便和安全，更适合于污染较严重的场所。因此，有条件的情况下，一般将 35kV 的一次设备也安装在室内，这就是室内 35kV 变电站。

室内 35kV 变电站的二次 10kV 和控制保护部分与前述相同，而一次 35kV 部分则是用开关柜代替了混凝土杆式支架的配电方式，将 35kV 开关、互感器、避雷器装于柜内，由于开关柜均为手车式，因此省略了隔离开关。同时站用变压器及站用配电屏均由一台所用变压器柜代替，主变一般采用干式变压器，也可用油浸变压器。

室内 35kV 变电站的安装、元件及设备的测试、系统调试、送电及试运行、防雷与接地、二次及保护系统的接线等基本与前述相同，这里仅介绍几点与前述不同的问题，供读者参考。

一、电气设备布置方案及安装要点

室内 35kV 变电站电气设备的布置方案很多，主要归纳为单层布置、双层布置及三层布置三种类型，可根据投资情况及土地面积选择。

1. 单层布置

单层布置就是将 35kV 的一次设备、二次设备及控制部分全部安装在单层建筑物内，常见的布置方案示意图见图 12-247。

1）母线的安装。35kV、10kV、0.4kV 的母线一般采用铜排或铝排沿支架安装，也可采用封闭式母线。

2）10kV 的出线一般采用电缆经电缆沟引自用户，或者用硬母线引至墙上窗口的套管上，由室外架空线引至用户。

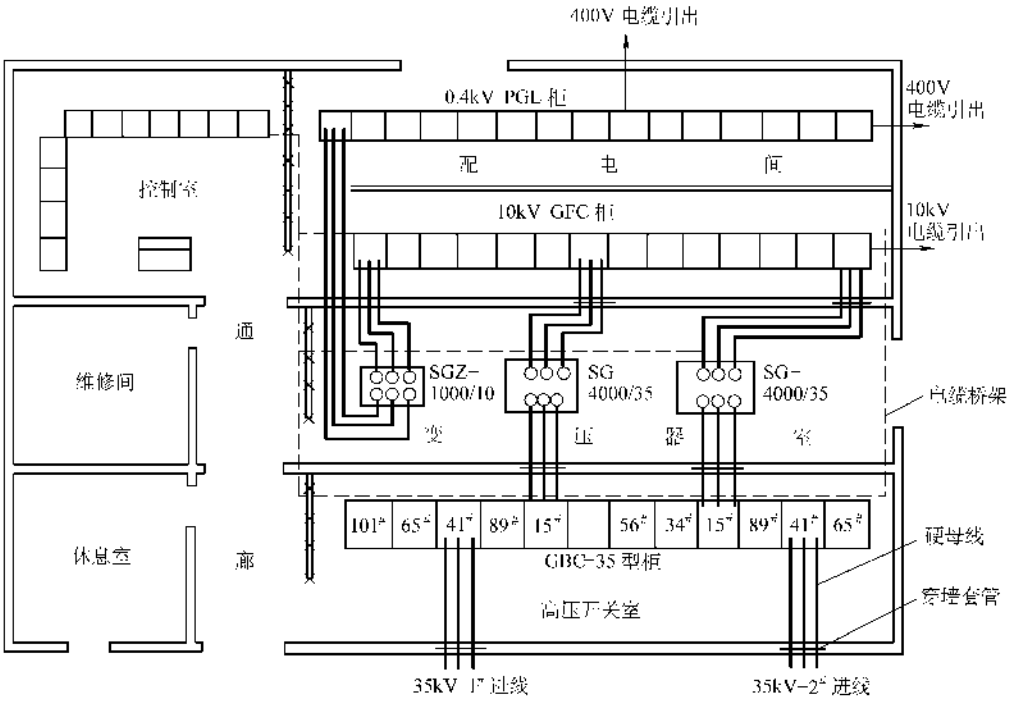


图 12-247　单层室内 35kV 变电站平面布置示意图

3）0.4kV 的出线一般用导线经电缆沟引至室外的 π 形杆上，架空引自用户，或用电缆直接引至用户。

4）控制电缆一般采用室内电缆沟敷设，也有采用电缆桥架沿支架敷设的，引至接线部位。采用电缆沟敷设时，接线箱应从下底开孔；采用桥架时，则应从顶部或侧部开孔，桥架直接引入接线箱。

2. 双层布置

双层布置就是将 35kV 的一次开关设备和控制部分安装在楼上，把二次开关设备、变压器及低压柜安装在楼下，常见的布置方案见示意图 12-248。

1）母线的安装。35kV 进户母线采用硬母线支架安装，35kV 开关柜出线一般用封闭式母线穿楼板，直接引至变压器高压套管，也有采用电缆或硬母线的。10kV、0.4kV 母线均采用硬母线支架安装，10kV 母线也有采用封闭式母线的。

2）10kV、0.4kV 的出线与单层布置相同。

3）控制电缆一般都采用电缆槽架沿楼板下敷设，在底层也可用电缆沟敷设，作法与单层布置相同。

3. 三层布置

三层布置一般将 35kV 一次开关设备和控制部分安装在顶层，把二次开关设备和低压配电屏安装在中间层，而把变压器安装在底层，常见的布置方案见图 12-249。

1）母线的安装。35kV 进户母线采用硬母线支架安装，35kV 和 10kV 母线均采用封闭式母线，0.4kV 一般用硬母线。

2）10kV、400V 出线可沿楼板下电缆槽引出，也可穿楼板引入电缆沟引出，具体见安装图样。

3）控制电缆均采用电缆桥架沿楼板下敷设。

二、35kV 开关柜的安装及调试

35kV 开关柜主要有 GBC-35、GFC-35 和 GBC-35（固定式）三种。

1. GBC-35 半封闭手车柜

GBC-35 开关柜为手车式结构保护型成套装置，以空气绝缘为主。主母线采用矩形铝母线水平安装于柜顶，柜体前部可观察母线。柜体前脸、两侧、柜间均采用钢板门或封板加以保护，柜后用钢丝网遮栏。外形结构见图 12-250。柜内主要设备技术数据见表 12-97。

（1）柜体结构　柜体骨架由角钢及钢板弯制焊接而成，并分成手车室、隔离触头室、继电器室、端子室及仪表板等。柜前中部为手车室，打开两扇中门，手车可以出入，中门上设有观察窗。右侧小门上，专供安装按钮和控制开关以及手动复位的继电器等，门内为端子室，设有二次接线端子。左侧小门为站用变柜的低压开关室，设有控制开关，其他柜为空门。

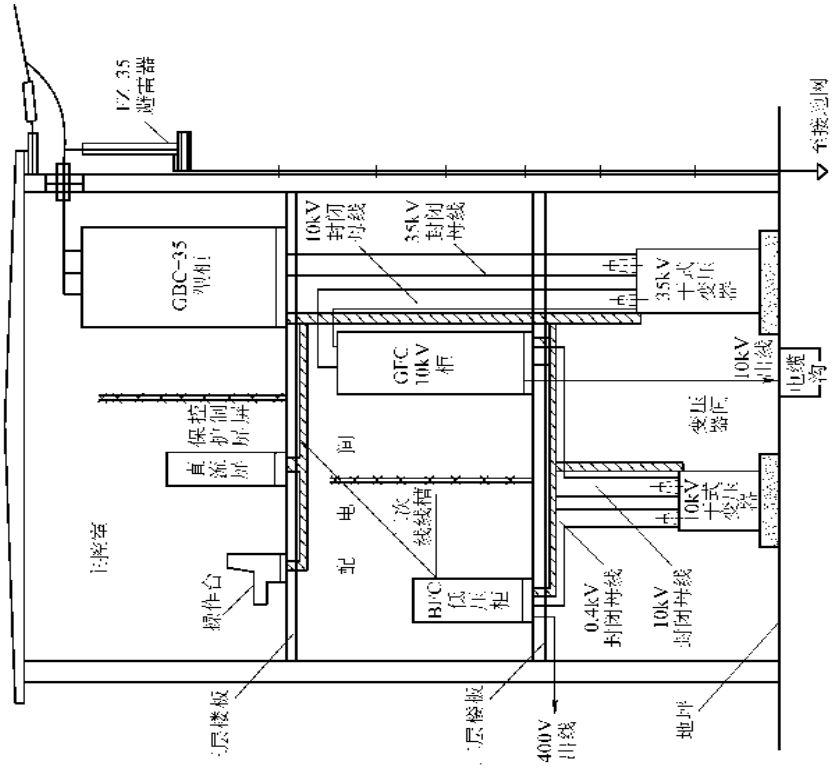


图 12-249 三层室内 35kV 变电所立面布置示意图

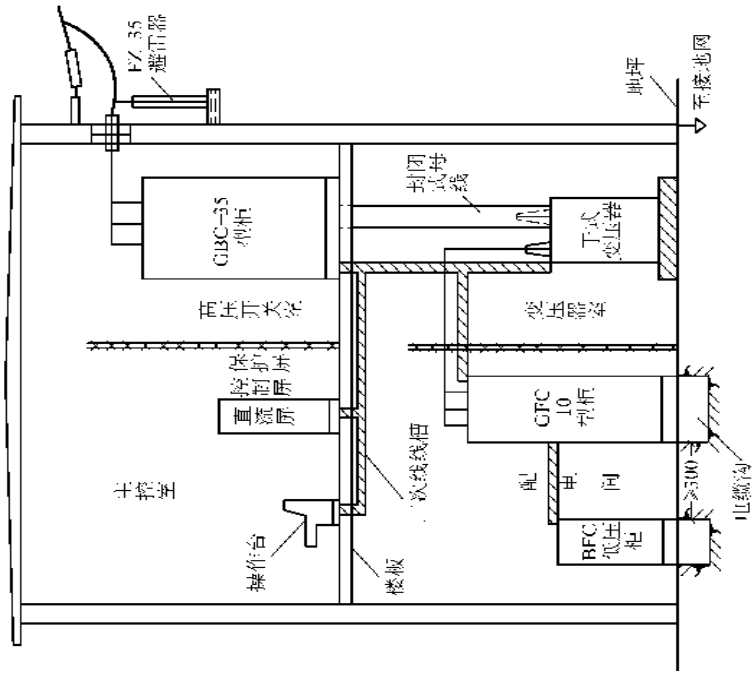


图 12-248 双层室内 35kV 变电所立面布置示意图

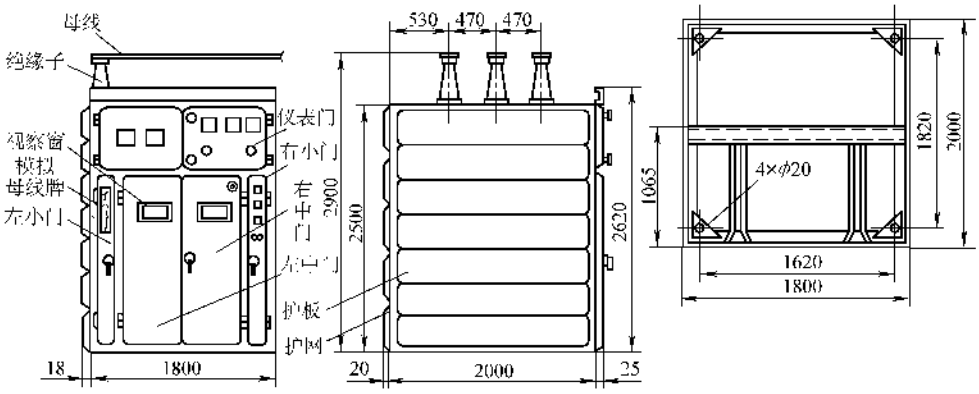


图 12-250　GBC-35 高压柜体外形及安装尺寸

表 12-97　柜内主要电器设备技术数据

名称	型号	主要技术数据
少油断路器	SN10-35	35kV 1000A 1000MVA
操动机构	CD10-Ⅱ	合闸线圈 110V(240A)，220V(120A) 分闸线圈 24V(37A)、48V(18.5A)、110V(5A)、220V(2.5A)
电流互感器	LCZ-35	一次电流 20～1000A，二次电流 5A
电压互感器	JDJ_2-35	1000VA、35000/100V
电压互感器	$JDJJ_2$-35	1000VA、35000/100$\sqrt{3}$
熔断器	RN_2	35kV，0.5A 1000MVA
熔断器	RW10-35	35kV 0.5～10A，600MVA
避雷器	FZ-35	FZ-35
站用变压器	S-50	35/0.4～0.23kV 50kVA
柜外形尺寸	(宽×深×高)	1800mm × 2000mm × 2500mm

柜前上部为继电器室，门上可装仪表及指示灯，室内上部设有小母线。

柜后上部为进线隔离静触头室，下部为出线隔离静触头室，静触头的位置与手车上电气设备的动触头位置对应。室内可设置电流互感器或穿墙套管。

上下静触头之间、手车室与柜顶主母线间，由金属隔板隔开。对于断路器柜，在手车室内侧顶部和下隔离触头与手车室之间设绝缘隔板。

(2) 手车　手车骨架由角钢及钢板弯制焊接而成，分断路器、电压互感器、避雷器、隔离、变压器等七种手车。手车操作前脸有金属板并有观察窗口，中部设有操作手柄、联锁机构及二次回路插座等。手车底部有车轮和接地触头。前轮为固定式，后轮为活动式，直线行驶推入拉出时，可将后轮轴套上插入销子。将销子取掉可转弯行驶。手车左侧下方装有识别块，与柜体的识别柱销配合，不能互换的手车推不进柜内。

手车外形结构见图 12-251。

(3) 根据不同使用要求，开关柜设有以下机械或电气联锁装置；

1) 断路器手车机械联锁装置。断路器的电磁操动机构与定位机构（CS6）装有机械联锁、能保证拉动断路器手车时，断路器一定处于分闸状态，见图 12-252。

2) 断路器手车和隔离手车的电气联锁装置。断路器手车和隔离手车有固定的操作程序，一般都装设电磁锁和行程开关进行联锁。当隔离手车在工作或试验位置时，与其联锁的断路器才能合闸，在两个位置之间不能合闸。当两手车的高压侧接通且断路器处于合闸状态时，隔离手车不能被拉动。联锁原理见图 12-253。

3) 站用变压器手车的联锁装置。在变压器手车的 CS6 操动机构上装有行程开关 ST，其触点受 CS6 操动机构的手柄控制，当手车处于合闸状态时，若将手柄拉掉，此时 ST 在一次隔离触头未脱离之前先断开，使装于手车作为切断变压器二次负载用的交流接触器分断，从而保证了在带动负载下拉动手车时，变压器二次负载自动切除。联锁示意见图 12-254。

(4) GBC-35 型高压开关柜一次线路的方案上百种，可根据具体情况及用途选用，详见电气设备手册。本变电站使用 GBC-35 开关柜的接线见图 12-255，图中一次方案编号由设备手册中可查。

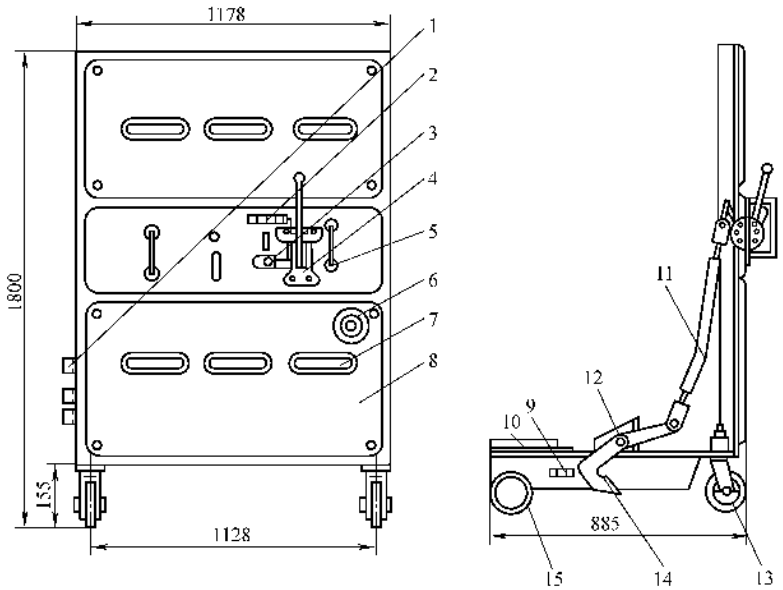


图 12-251 手车结构示意图

1—识别装置 2—辅助开关 3—机械联锁 4—CS6 手动机构 5—推进拉出机构
6—二次插座 7—视察窗 8—封板 9—接地触头 10—储油槽 11—连杆
12—转轴 13—后轮 14—定位钩 15—前轮

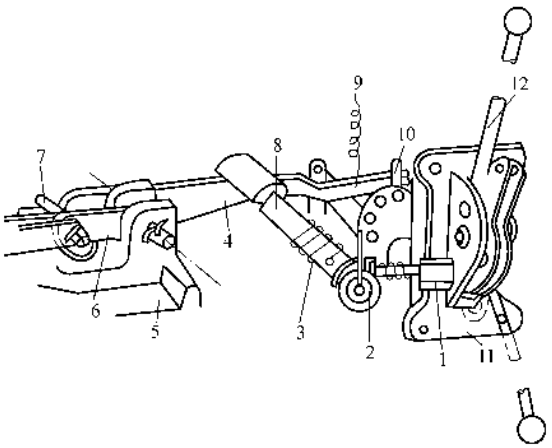


图 12-252 机械联锁装置示意图

1—定位销 2—联锁把手 3—弹簧 4—杠杆
5—CD10 型机构 6—电磁操作脱扣联杆
7—销子 8—转轴 9—拉簧 10—压杆
11—CS6 型机构 12—手柄

（5）安装前的检查、试验及调整 基本同 GFC-10kV 开关柜，详见本章第五节，对于电压互感器柜、避雷柜，站用变柜的主要设备要按室外变配电装置的要求进行检查和试验。这里只说明几点不同点：

1）正常工作条件下，带电部位的相间、对地、爬电距离、安全距离应符合表 12-35 ~ 表 12-37 的规定。

2）SN_{10}-35 型少油断路器的外形尺寸见图 12-256，技术数据见表 12-98。配用的操动机构为 CD_{10}-Ⅱ，外形尺寸见图 12-119，技术数据见表 12-40 和表 12-41。还可用配用弹簧储能操动机构，见 SN_{10}-10 少油断路器部分。操动机构的试验及调整可参阅 10kV 柜操动机构的试验及调整。

3）继电器的检查和试验，见第五节中保护屏、控制屏、中央信号屏的有关内容。

（6）柜体的安装 安装方法及要求同 10kV 手车柜，现将部分安装示意图列出，供大家参考。见图 12-257 ~ 图 12-266。

表 12-98 SN10-35 型高压少油断路器技术数据

额定电压 /kV	最高工作电压 /kV	额定电流 /A	额定开断电流 /kA	额定断流容量 /MVA	最大关合电流（峰值）/kA	极限通过电流（峰值）/kA	4s 热稳定电流（有效值）/kA
35	40.5	1000*	16	1000*	40	40	16

（续）

自动重合闸无电流间隔时间/s	配 CD10 机构		操作循环	机械寿命/次	质量/kg	
	固有合闸时间，不大于/s	固有分闸时间，不大于/s			三相油质	净质（框架式）
0.5	0.25	0.06	分－0.5s－合分－180s－合分	2000	15	240

＊型式试验通过 1200MVA、1250A。

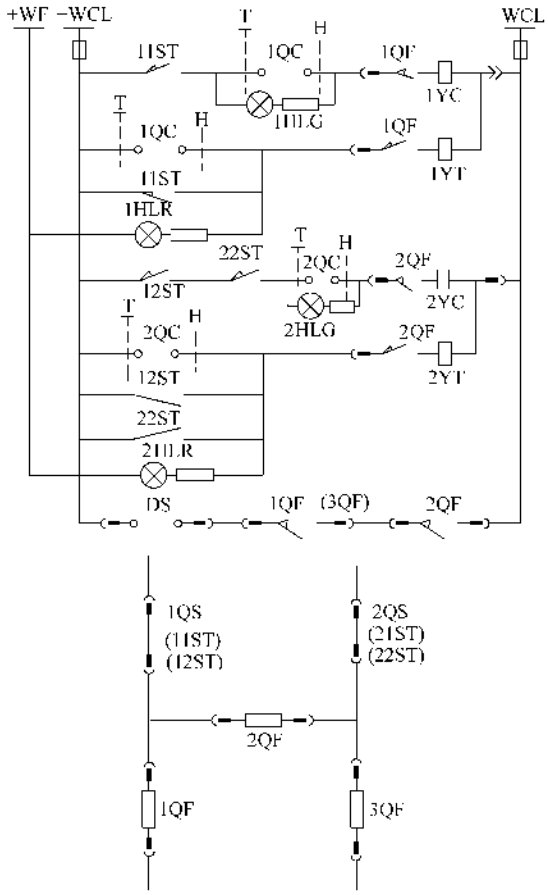


图 12-253　断路器手车与其串联使用的隔离手车电气联锁控制原理图

1YC、2YC—合闸线圈　1YT、2YT—分闸线圈
1QC、2QC—转换开关　1HLR、2HLR—红色信号灯
1HLG、2HLG—绿色信号灯　1QS、2QS—隔离手车
1～3QF—断路器手车　11ST、12ST—装于 1QS 隔离手车柜上的行程开关　21ST、22ST—装于 2QS 隔离手车柜上的行程开关

2. GFC-35 柜为全封闭、手车式固体绝缘高压开关柜，检查、测试、调整和安装同 GBC-35 柜。

3. GBC-35（固定式）派生系列柜为半封闭固定式开关柜，其结构与 GBC-35 型手车柜相同，只是将手车式隔离开关柜改为固定开关柜，将避雷器与电压

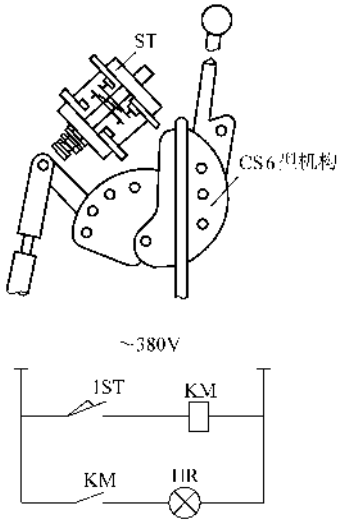


图 12-254　所用变压器柜手联锁装置示意图

HR—红色信号灯　KM—交流接触器
1ST—行程开关

互感器、避雷器与站用变压器组合在一个柜内，采用了电磁锁（无电才能打开）和半活动式绝缘板来保证检修时的安全。

GBC-35（固定式）柜一次方案有百余种，可参考电气设备手册选用。现将不同于 GBC-35 手车柜的部分柜的外形及安装尺寸列出，供读者参考，平面布置方案基本与 GBC-35 柜相同。见图 12-267～图 12-269。封闭母线安装示意图见图 12-270。

三种 35kV 高压柜的有关技术数据见表 12-99。

三、室内 35kV 变电站安装工艺程序

1. 单层的安装

单层布置主要包括照明及附属系统的安装，基础槽钢、支架制作安装，设备就位及检查、测试调整，母线制作安装，电缆桥架安装，电缆敷设，防雷接地系统的安装，二次继保回路的接线，系统测试及调整，金属遮栏的安装，零起升压倒送电试验，电源进户接线，送电及试运行。

2. 多层的安装

多层布置通常设有吊装孔，因此应先将吊装用的

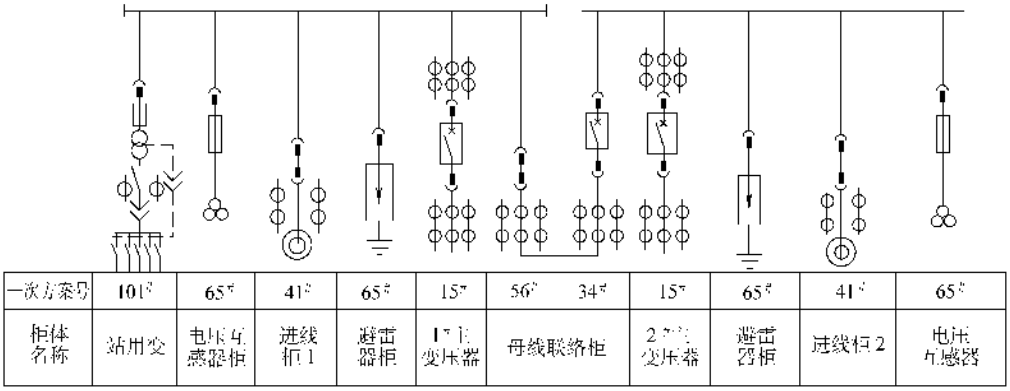


图 12-255　35kV 高压开关室系统接线图

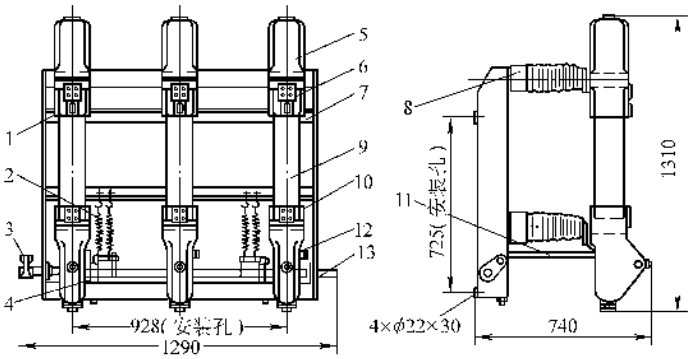


图 12-256　SN 10-35 型少油断路器外形尺寸

1—油标　2—分闸弹簧　3—拐臂　4—合闸缓冲器　5—上帽　6—上出线座
7—框架　8—绝缘子　9—绝缘筒　10—下出线座
11—拉杆　12—底座　13—转轴

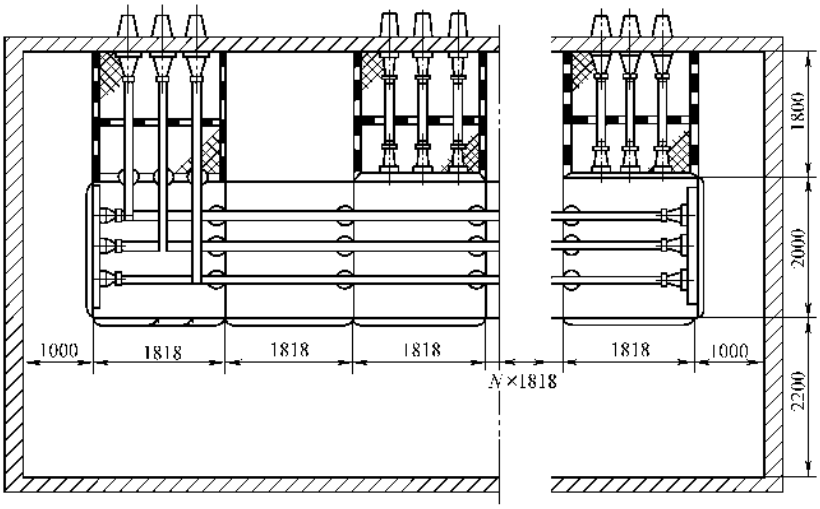


图 12-257　GBC-35 柜单列布置示意图

注：两条架空进线不要设置在相邻两柜上，以保证检修安全距离。

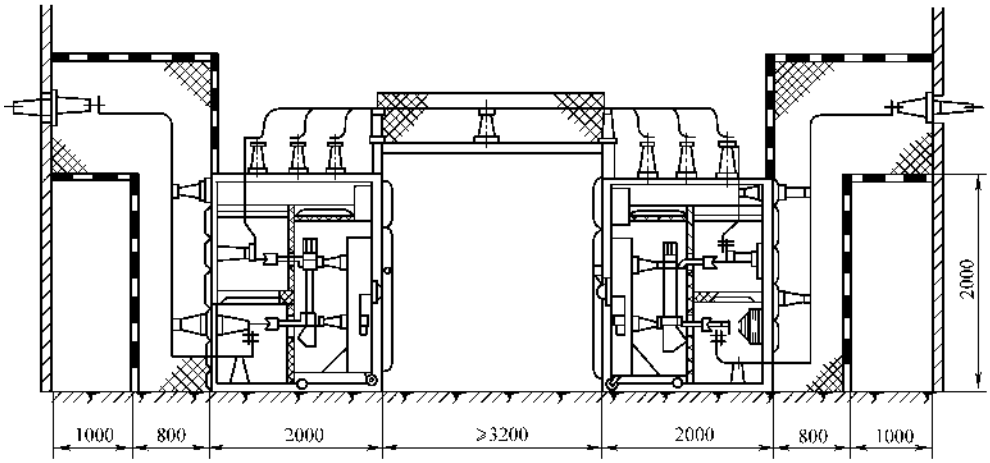


图 12-258　GBC-35 柜双列布置架空出线及母线桥

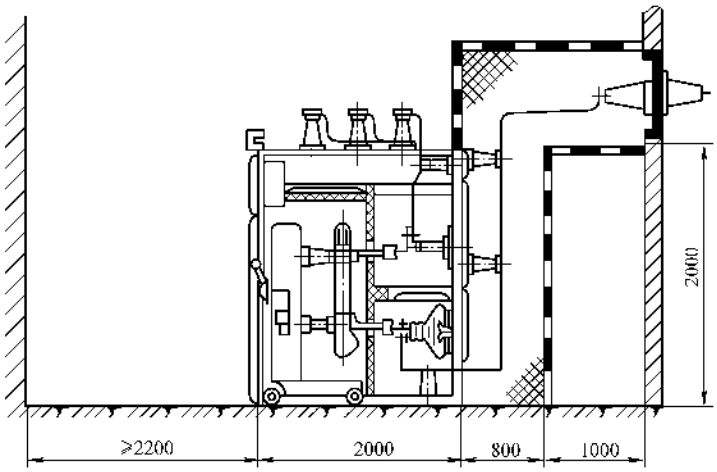


图 12-259　GBC-35 柜后架空进线

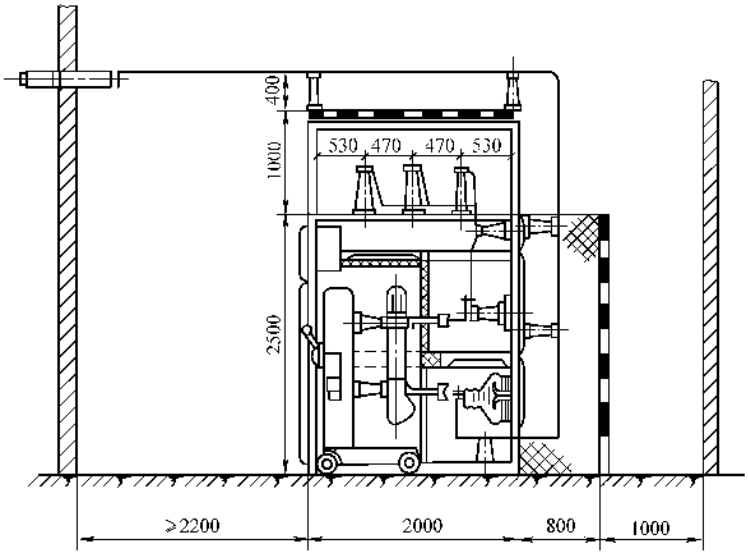


图 12-260　GBC-35 柜前架空进线

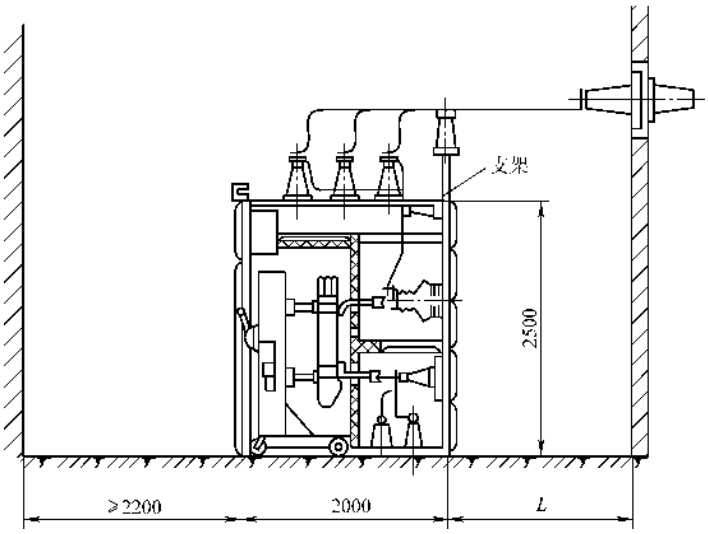


图 12-261 GBC-35 柜顶架空出线

注：当别柜有柜后架空进出线时 L 为 1800，其余为 1000。

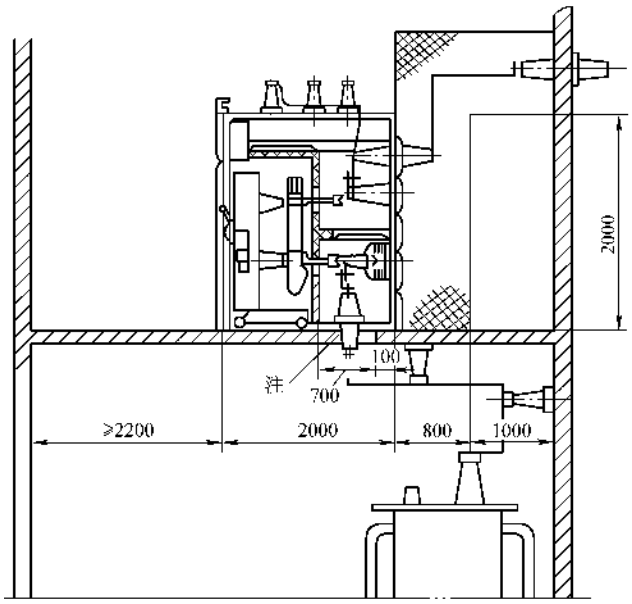


图 12-262 GBC-35 柜穿越楼板出线

注：当需采用此种出线方式时，可以选用适当的电缆进出线柜。

在穿墙套管穿越楼板时，开 700mm×1600mm 长方孔供走线用。

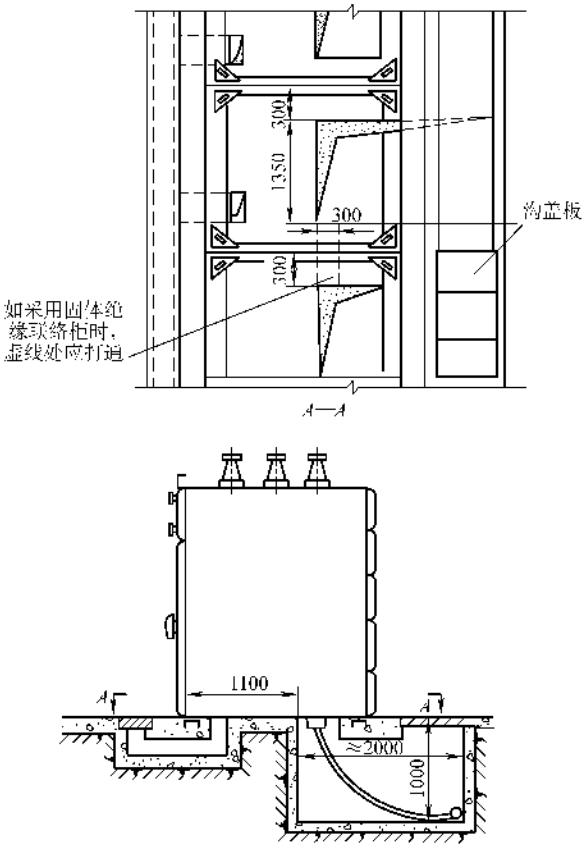


图 12-263　GBC-35 柜电缆进线基础

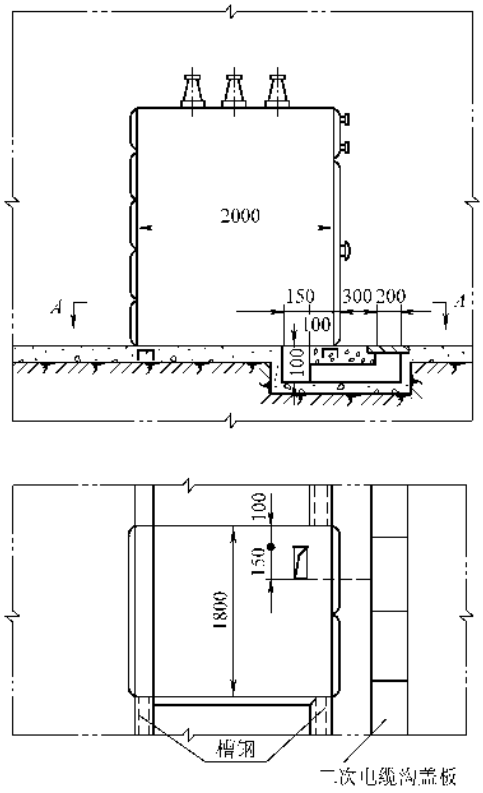


图 12-264　GBC-35 柜二次线电缆沟示意

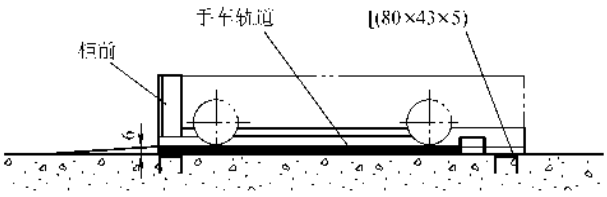


图 12-265　GBC-35 柜前地面坡度示意图

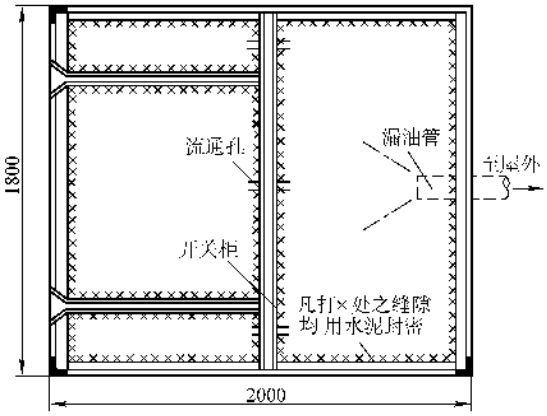


图 12-266　所用变压器柜基础示意图

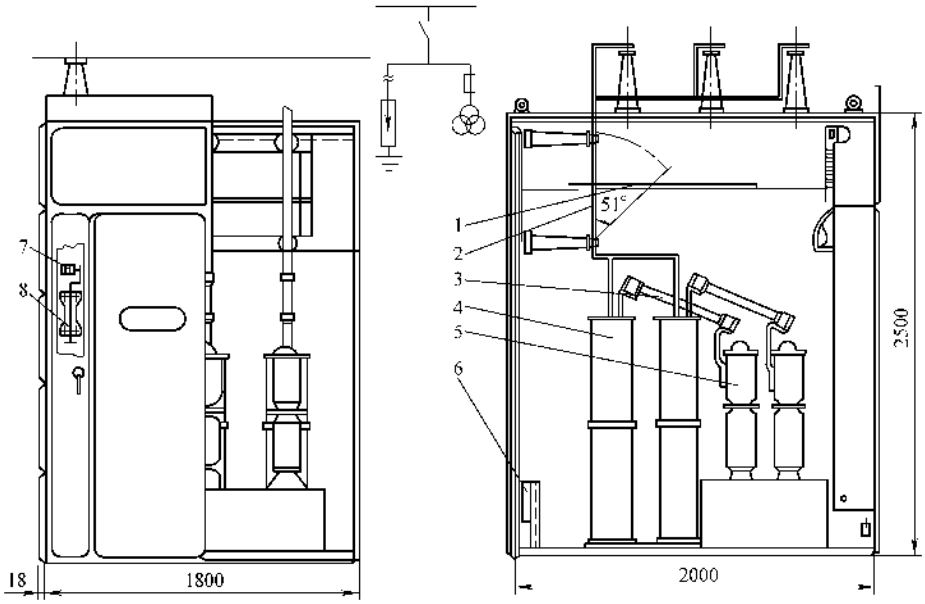


图 12-267 电压互感器避雷器组合柜外形及安装尺寸

1—绝缘活动隔板 2—GN2-35/400 隔离开关 3—RN2-35 熔断器 4—FZ-35 避雷器 5—$JDJJ_2$-35 电压互感器 6—JS-3 放电记录器 7—辅助开关 8—CS6-2T 型操动机构

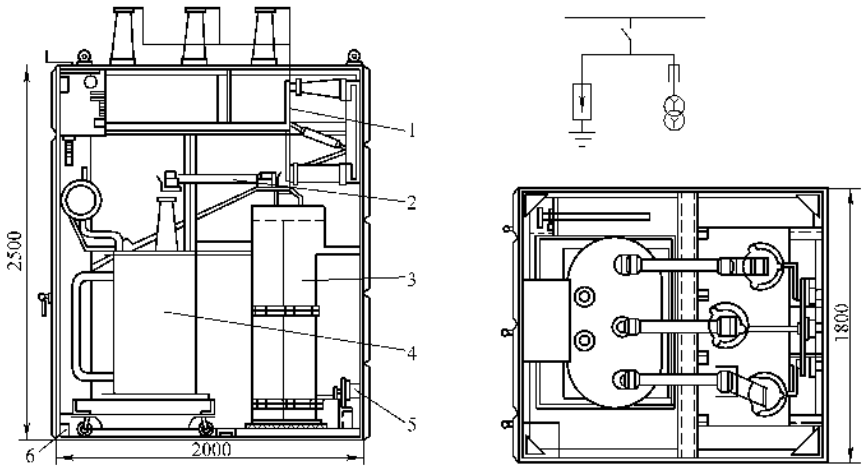


图 12-268 所用变避雷器组合柜外形及安装尺寸

1—隔离开关 2—熔断器 3—避雷器 4—变压器 5—放电记录器 6—电磁锁

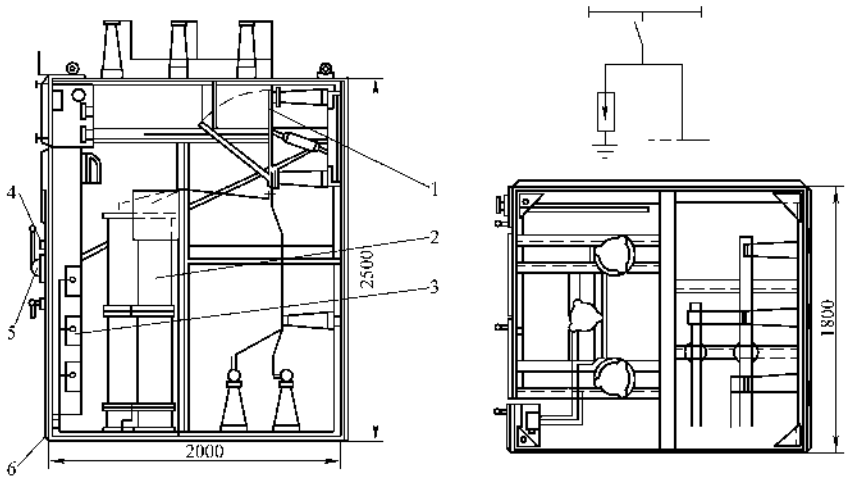


图 12-269　避雷器联络柜外形及安装尺寸

1—隔离开关　2—避雷器　3—放电记录仪　4—辅助开关　5—操作手柄　6—电磁锁

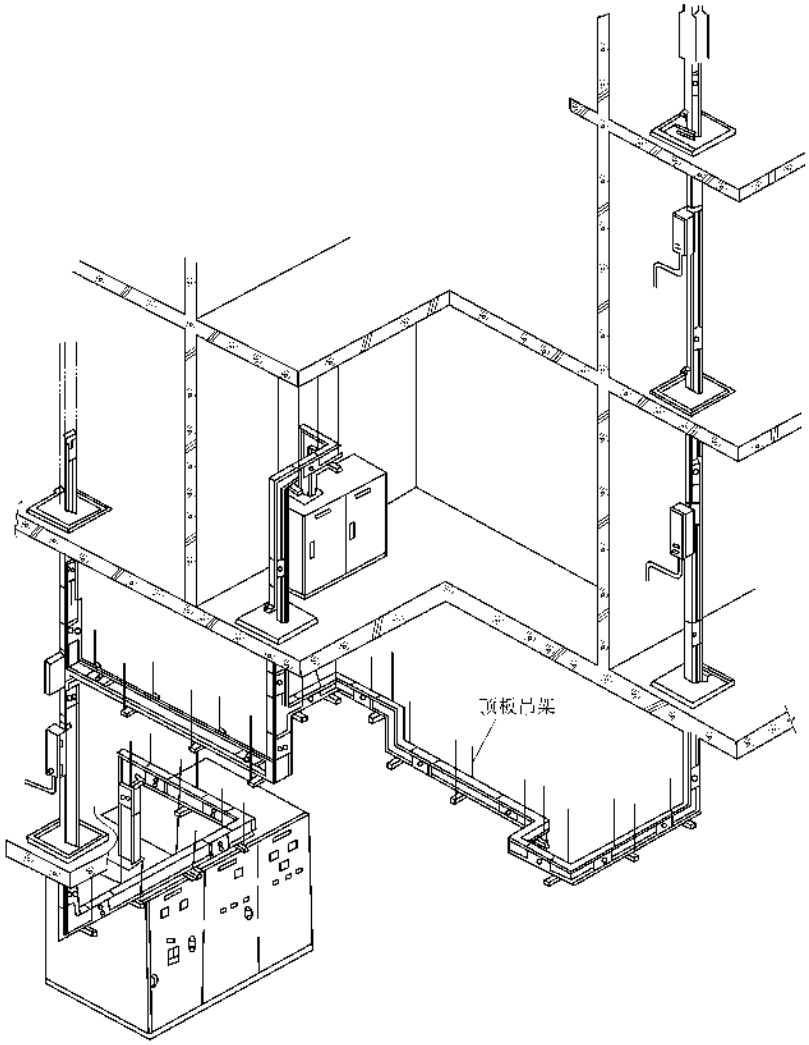


图 12-270　封闭母线安装示意图

表 12-99 35kV 高压开关柜部分电器的主要技术数据

型号	额定电压/kV	额定电流/A	结构型式	安装方式	断路器型号	操动机构型号	电流互感器型号	额定断流容量/MVA	外形尺寸（宽×深×高）	备注
								35kV		
GBC-35	35	1000	半封闭手车保护式	户内离墙	SN_{10}-35	CD10-Ⅱ	LCZ-35	1000	1800mm×2000mm×2500mm	
GFC-35	35	1000	全封闭、手车固体绝缘	户内离墙	SN_{10}-35	CD10-Ⅱ	LCZ-35	1000		
GBC-35派生系列	35	1000	半封闭固定式	户内离墙	SN_{10}-35	CD10-Ⅱ	LCZ-35	1000	1800mm×2000mm×2500mm	可与GBC-35型并列使用

电葫芦装好并试吊 2 倍负载试验合格后可用，因此工艺上稍有变动。

1）照明及附属系统的安装并检查楼板上预留的孔洞与实际是否相等，必须实测实量，否则应修整。

2）基础槽钢、支架制作安装，同前。

3）设备的吊装、安装就位、检查、测试、调整，同前。

4）母线的制作安装，同前，要注意穿越样板或墙壁的固定方式，必须牢固紧密，封闭式母线安装见图 12-270，其外壳必须固定牢固，其他同前。

5）电缆桥架安装，同前，固定必须牢固。

6）电缆的敷设，同前。

7）防雷接地系统的安装，同前。

8）二次继保回路的接线，同前。

9）系统的测试及调整，同前。

10）金属遮栏的安装，必须牢固，与带电体距离必须符合要求。

11）零起升压倒送电试验，同前。

12）电源进户接线，同前。

13）送电及试运行，同前。

四、注意事项

1）夜间作业时，室内应有足够的照明。

2）吊装作业时，应选择适当的吊具及绳索；设备起吊后不得摇摆晃动；设备到层后，应高于层平面 1.5～2.0m，然后用绳索系好，并在牢固处缠绕一圈，几人用力拉绳，吊装葫芦缓慢下降，直到降至该层平面上；吊装时，必须保证人身和设备的安全，必要时应由起重工配合；夜间不准进行吊装作业。吊装时，一般不得将设备的外包装取掉。

3）分层同时作业时，上下层要配合好，对于楼板上暂时不用的孔洞，应用面积厚度合适的钢板盖好；吊装孔处必须有栏杆；任何人不得从上层往下层丢弃或扔掷物品或废弃物；应设置专职安全员负责安全工作。

4）电气设备进入室内前，给水、给气专业应安装完毕，且不得有渗漏现象。设备进入室内后，应有保卫人员昼夜监护，防盗、防漏。

5）室内安装，应对建筑物进行保护，不得在楼板上随意开孔。在配合土建时，要准确预留孔洞（位置、大小、几何形状），当土建支好模板时要复核。安装中，若发现预留孔洞有误时，应经土建技术人员书面同意后，才可用凿孔机开孔或扩孔。安装完后应将有碍工作的孔洞修补完好。

6）不同电压等级的配电装置之间应设金属网格遮栏，金属网格遮栏的安装必须牢固坚实且应可靠接地；变压器间应有良好的通风条件，开关间也应通风良好。

7）干式变压器的安装基本同油浸变压器，省略了有关绝缘油的化验和继电器等。干式变压器运输和保管过程中应有防雨、防潮装置；干式变压器进行干燥时，其线圈温度应根据其绝缘等级而定；干式变压器运至安装位置以前，一般应保持原有包装；干式变压器在运输、吊装和安装就位过程中，不得用它物撬动器身或线圈部分；干式变压器应水平安装；干式变压器安装地点应通风良好，平均空气相应温度不大于 70%。

8）避雷针一般安装在室外电源进户处，进户塔安装前应先将避雷针安装好，特别是在夏天雷雨季节。

9）安装电气设备前，应检查室外排水措施，特别是在雨季。

10）多层布置时，一般不设地下室，如有地下室，必须有良好的通风措施和保持地下室内干燥的装置，同时从土建工程上要保证地下室的墙壁和基础不渗不漏。

11）多层有地下室布置时，一般应将 10kV、0.4kV 开关柜布置在地下室，出线则用电缆经槽架或竖井引出。同时将变压器安装在与室外地坪相同的中层，便于变压器的运输和更换，而将 35kV 和控制部分装于顶层，布置方案示意图见图 12-271，母线均采用封闭式母线，其他同前。为了地下室的干燥和通风，一般在百叶窗处安装排风扇。多层变电所的变压器间必须保证通风良好，必要时也应加装排风扇或者采用阴沟自然通风的方法，也就是从室外阴面砌筑阴沟通至变压器处，并将变压器安置在阴沟上面的支撑梁上，前面图 12-247 ~ 图 12-249 没有将这部分画出。

12）室内 35kV 变电站除了电气设备及与电气设备关联的支架、基础应可靠接地外，楼梯、栏杆、护板、钢架等室内所有的金属物件都应可靠接地。

13）室内接地母线一般应沿墙敷设，所有接地物件应就近接地，见图 12-272。接地母线与接地体的连接每个墙面上不得少于 2 点。接地母线每层均应设置。

14）室内变电站应留有足够宽的通道，每层应有面积足够的修理间，一般应靠近吊装孔，吊装孔应有足够高的安全栏杆。

15）多层室内变电所层与层间至少有两个楼梯，如室内无条件时，应将另一楼梯放于室外。

16）各示意图的几何尺寸应符合国家标准规范的要求。

17）变压器安装前就应核实基础或有阴沟上面的支撑梁，必要时应核查土建工程中关于这部分钢筋、混凝土的结构及隐蔽工程记录，特别是对于大型变压器更该这样。

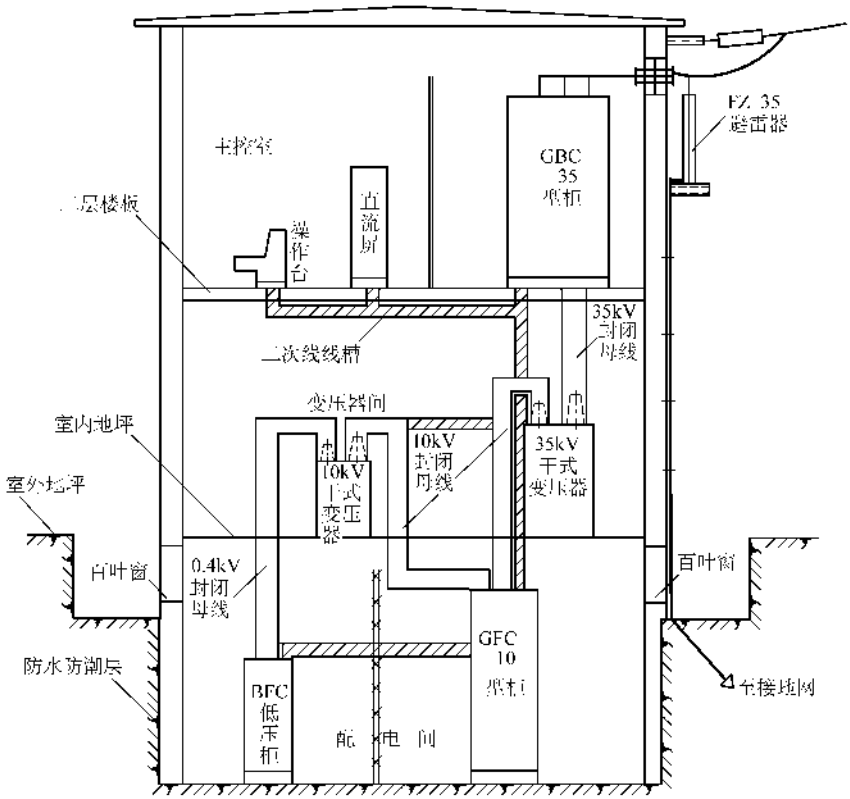
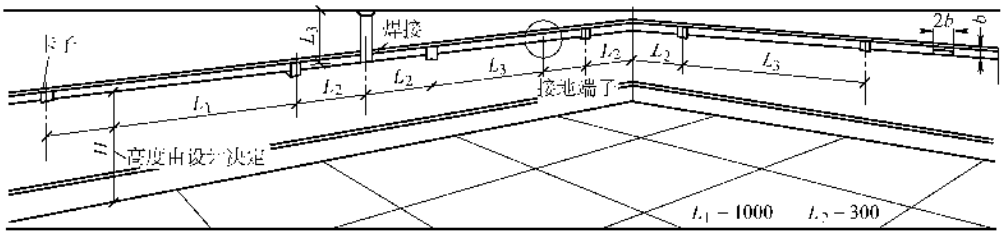
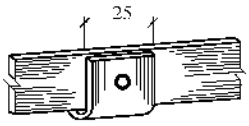


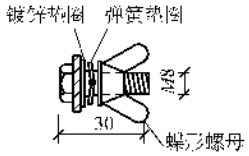
图 12-271　有地下室的室内变电所布置示意图





支持卡子

接地端子立面图

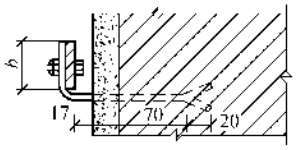


1—1 剖面图

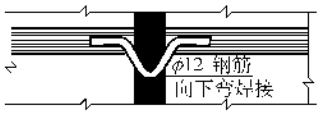
支持卡子规格

接地干线镀锌扁钢	b/mm
15×4	20
25×4	30
40×4	45

注：1. 接地干线及接地端子位置，均由设计图决定。
2. 全部接地线、支持卡子和接地端子一律镀锌。



支持卡子安装图



接地干线在伸缩缝做法

图 12-272 室内接地干线安装示意图

第九节 110kV 变电所的安装

110kV 变电所与 35kV 变电所结构上基本相同，一次设备在室外，二次设备在室内，都配有中心控制室。不同的是 110kV 变电所电压高、变压器容量大、主断路器一般采用 SF_6 断路器、隔离开关均采用带接地的隔离开关、配有远功及通信系统、继电保护采用微机自动继电保护装置。

110kV 变电所安装调试的工艺程序与 35kV 也基本相同，不同的是上述增加的一些新设备在技术要求、调整方法、执行标准上则有很大的不同，本章将详细讲述前几章未涉及的内容。

一、工程概况

该项工程是 35/110kV 升压站，两台 50MVA 主变压器。每台主变压器分别由三路 35kV 电源经电缆引入到 35kV 高压柜，经 ZN72-35 断路器送到 35kV I#母线上；该母线上接有 KYN10-40.5-60 避雷器及电压互感器柜一台，S9-500/35/0.4 站用变压器一路经 KYN10-40.5-23 开关柜控制的，另一路就是经 KYN10-40.5-10 开关柜控制送到主变压器的电源。35kV I#母线与 35kV 2#母线中间有联结隔离开关。

主变压器将 35kV 电源升至 110kV 后送到 110kV 母线上。该母线接有 110kV 电压互感器和避雷器，由隔离开关控制。另一个就是两组隔离开关（GW4-110W）和一台 SF_6 断路器（LW36-126）将 110kV 母线与 110kV 电网连接。同时在出口有阻波器一台（XZF-630）接于 A、B 相、电容式电压互感器一组（TYD110/$\sqrt{3}$-0.01H）和耦合电容（OWF110/$\sqrt{3}$-0.01H）一个。

该工程主接线见图 12-273。

二、安装工艺程序及要求

110kV 变电所与 35kV 变电所安装工艺程序基本相同，主要有以下内容：

1. 安装调试工艺程序

（1）土建工程应具备的条件并组织验收 特别是变压器基础、混凝土支架（杆）的基础、室外电缆沟、室内开关柜电缆沟及基础地脚螺栓等负重设施。

（2）设备、元件、材料的检验、测试和试验 详见第五章相关内容，特别是变压器、断路器、避雷器、互感器、隔离开关及电缆、绝缘子等。

（3）室外一次设备

1）混凝土支架（杆或型钢衍架）的安装。

2）主变压器、站用变压器的安装。

3）横担、绝缘子、绝缘子串及金属构架的安装。

4）隔离开关的安装（GW4-110）。

5）主变中性点隔离开关（GW13-63）及放电间隙、电流互感器（LR-63-B、LJW1-10W）的安装，其中以放电间隙的制作加工为重点。

6）避雷器的安装。

7）电压互感器的安装。

8）电流互感器的安装。

9）电容器的安装。

10）SF_6 断路器的安装。

11）接线端子箱的安装。

12）35kV 穿墙套管的安装。

13）软母线的安装及一次设备的接线。

14）阻波器的安装。

15）电缆的敷设与接线（主要是控制电缆，接线时必须与室内设备接线用步话机核对）。

16）接地与防雷系统的安装（接地电阻≤1Ω）。

其中 3）～12）可同时进行安装，13）～16）可在 3）～12）完成后同时进行安装。

（4）室内二次设备

1）35kV 进线柜的安装（KYN10-40.5-23）。

2）避雷柜的安装（KYN10-40.5-60）。

3）站用变控制柜的安装（KYN10-40.5-23）。

4）出线柜的安装（KYN10-40.5-10）。

5）35kV 母线的安装。

6）站用变 35kV 电缆和 0.4kV 电缆的安装。

7）接地系统的安装。

其中 1）～4）可同时安装，5）～6）可在上述完成后同时安装。

（5）室内中心控制室

1）监控系统主站的安装，主要包括 DELL 电脑（PⅣ2.0GHz、256MB 内存、40GB 硬盘、1.44MB 软驱、52X 光驱等）。

2）远动工作站柜的安装，主要包括工业控制计算机（PⅢ866MHz 主频、128MB 内存、40GB 硬盘、52X 光驱、1.44MB 软驱等）。

3）公用测控屏的安装。

4）主变测控保护柜的安装。

5）电能计量屏的安装。

6）事故照明屏及低压柜（站用变二次 400V 供站内低压用）的安装。

7）微机五防系统的安装，主要包括 PⅣ主机、RCS-9200 微机五防软件、操作等专家系统，并与监控系统接口。

8）直流馈线屏的安装，包括微机型直流系统绝缘监测仪、直流系统馈线接地监测元件、蓄电池巡检仪等。

9）高频开关电源屏的安装。

10）蓄电池屏的安装。

11）线缆敷设与接线。

12）接地系统的安装。

其中 35kV 线路测控保护装置、35kV 所用变测控装置、智能电能表装于 35kV 进线柜内，低压计量电能表装于低压柜内。

1）～10）均可同时安装，11）、12）最后安装、

（6）调整试验

1）室内中心控制室设备及测控系统调试。

2）室内二次设备调试。

3）室外一次电气设备调试。

4）室内外电气设备系统调试和联动调试。

5）试送电。

2. 安装调试技术要求

1）110kV 变电站安装调试的技术负责人应为电气专业高级工程师，并有丰富的实践经验；项目负责人应为高级电气技师或工程师；室外设备、室内设备、中心控制室的施工负责人应为电工技师；施工人员中各工种高级工应占总数的一半以上；材料设备负责人应为电工出身的材料员；安全负责人或安全员应为电工出身的安全员；质检员应为高级电气技师或经验丰富的工程师；调试负责人应为高级电工技师或工程师。

2）安装过程中每道工序、每个分项必须经质检员验收合格，存在瑕疵、缺陷或不合格必须纠正或修复并复验合格，否则不许进入下道程序或下个分项。

每个分部必须经监理和质检员验收合格，存在不合格必须纠正并复检合格。

3）操作过程中，每个螺母必须拧固紧密，每个接线必须正确可靠，每个传动部位应转动灵活，每个焊点部位必须焊透焊牢、严密可靠，每个测点及调整项必须正确无误，并有负责人现场监督。

4）设备的搬运、吊装一般应用机械设备进行，轻拿轻放。

5）使用的仪器仪表必须有检定合格证，并在检定或检验周期内，使用前应检查无误。

6）每个施工人员应精读图样，领会设计要点和标准规范要求，发现问题或不明白之处，必须由技术负责人、项目负责人、监理、设计共同协商解决，不得擅作主张。

7）遵守前述章节工艺要求及方法。

三、110kV 室外电气设备的安装调试

本部分讲述前述内容未讲过的一些内容，其他与 35kV 室外设备安装基本相同。

1. 35/110kV 升压变压器的安装

35/110kV 50MVA 电力变压器体积大（6300mm×4800mm×5200mm）、重量大（总重约 75t）给运输、安装均带来了一定难度。因此，必须按照产品要求严格进行安装，从人力、物力、财力方面要做到不惜一切，确保运输、安装的顺利和安全。变压器安装常用工具及机械设备见表 12-100。

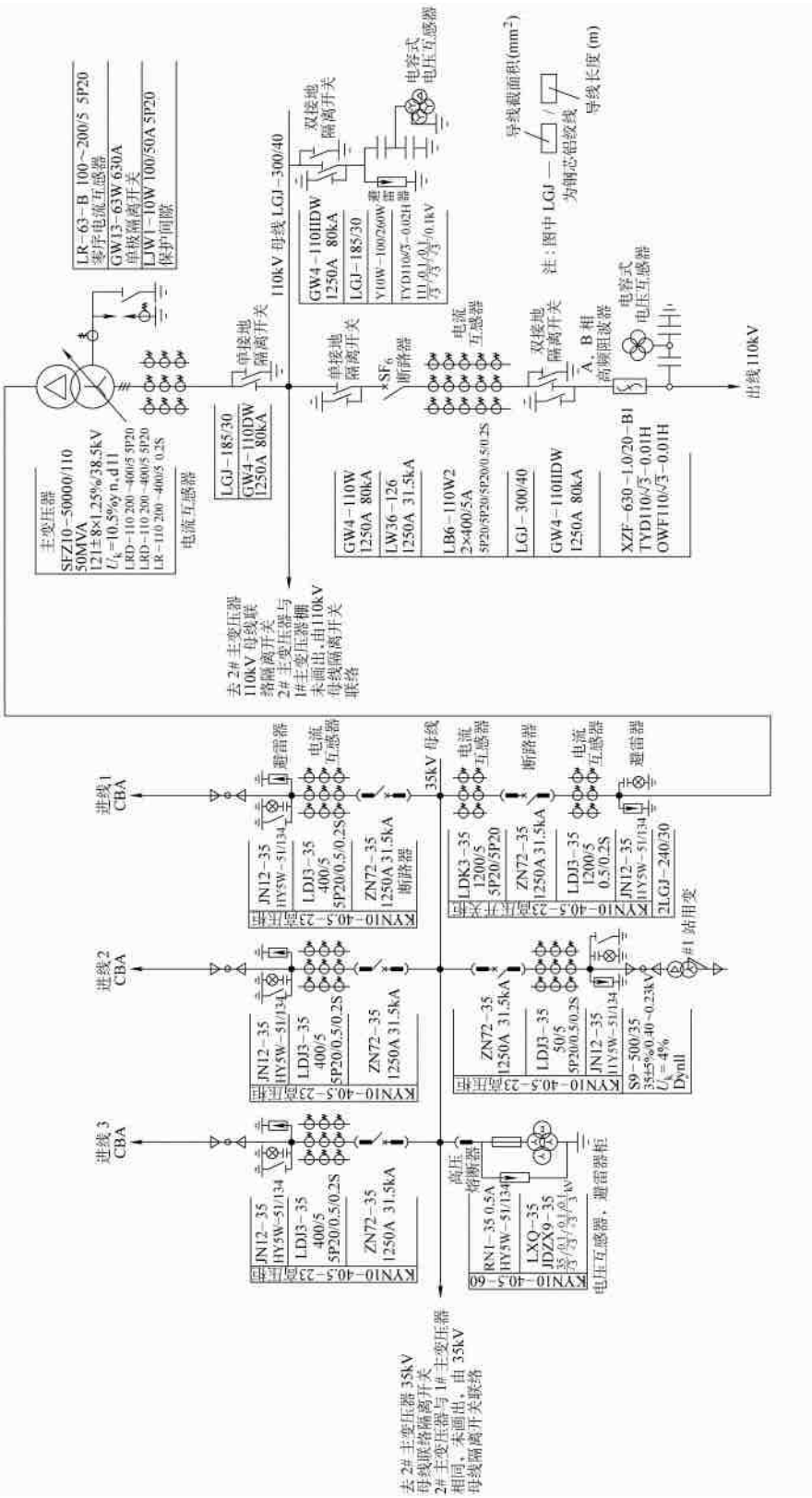


图 12-273 某 35/110kV 升压站主接线图

表 12-100　变压器安装常用工具及机械设备

序号	名　　称	规　　格
1	油箱	容积 $30m^3$ 带干燥呼吸器
2	烘箱	调节式，最高温度 +150℃
3	滤油机	不小于 $200\times10^{-3}m^3/min$ 并可加温
4	真空设备中	抽气速度 3m/min，真空度 133Pa
5	小型干燥压缩机	可送干燥空气露点不大于 -30℃
6	千斤顶	按变压器重量
7	起重设备	按变压器重量，臂长按高度
8	照明设备	带有防护罩
9	真空表	最小值小于 133.3Pa
10	量具	卷尺、卡尺、直尺
11	手动工具	套筒扳手、榔头、锉刀等
12	绝缘电阻表	500～5000V
13	绝缘纸板	
14	酚醛纸板	
15	铁红环氧底漆	
16	耐油橡胶板	
17	白纱带	
18	皱纹纸	
19	梯子	竹制
20	磁铁及竹杆	
21	电焊设备	备用
22	气焊设备	备用

（1）运输及吊装

1）运输要求。

①　带油运输的变压器应充入合格的变压器绝缘油，油面高度离油箱顶约 100～200mm 左右，并检查有无渗漏现象。

②　充氮运输的变压器，应充入纯度大于 99%、露点不高于 -30℃的纯氮气，并应在油箱顶上装上充氮设备和压力表，保持油箱内正压力在 $1.96\sim2.94\times10^4$Pa 之间。

③　运输装车、固定须按照有关运输部门规则执行，固定必须牢固，前后左右必须各两道绳索紧固。

④　有必要时，须装置三维冲击记录仪和倾斜记录仪，并全程由生产商和客户监护。

⑤　凡带有载开关运输的变压器必须将油放至离开关箱顶 200～300mm 以下。

2）主体运输。

①　整个运输过程中（包括铁路、公路、船舶运输）变压器主体倾斜度：长轴方向不大于 15°；短轴方向不大于 10°。

②　严禁溜放冲击，运输加速度限制在：纵向加速度不大于 0.5g，横向加速度不大于 0.3g。

③　在一级公路面上速度不超过 15km/h；在二级公路面上不超过 10km/h。

3）主体起吊。

①　起吊设备、吊具及装卸地点地基必须能承受变压器起吊重量（即运输重量），卸车时必须一次在基础上就位，不得二次搬运。

②　吊索与垂直夹角不大于 30°。

4）主体牵引及起重。

①　主体牵引着力点须牵挂在下节油箱专用拉板孔上，不允许牵挂在联管等不能受力的组件部位上。

②　在轨道上使用小车或滚杠牵引速度不超过 100m/h。

③　在斜坡上装卸主体，斜坡角度不大于 10°，斜坡长度不少于 10m，并有防滑措施。

④　使用千斤顶时，千斤顶须同时放在起重专用支架下，升起和降落时，须保持同步进行，且速度相等，并且防止千斤顶打滑。

5）运输。吊装时必须由起重工配合，吊起 100mm 后应停止 10min，以观察有无不妥，就位时每安装地脚处应有人手推器身准确就位，就位后应用 100mm×100mm 长 300～400mm 角钢焊接在基础上的预埋铁板上，将变压器底座紧紧挤住，见图 12-274。

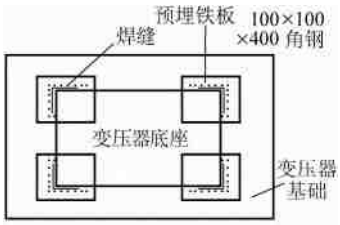


图 12-274　变压器就位平面图

（2）验收和保管

1）到货验收。

①　按订货合同验证铭牌产品、附件、备件。

②　检查主体及附件在运输车上有无移位、碰撞及超倾斜现象，并作好记录，若发现问题，应立即与制造厂和运输部门联系，以便共同查明原因，妥善处理。

③　带油运输的变压器检查有无渗漏油及油面高度，并作好记录。

④　充氮运输的变压器检查氮气压力是否保持正

压力，并作好记录。

⑤ 检查附件包装箱有无破损、丢失现象，若有问题，须做好记录，并与制造厂联系，查对损坏、丢失情况，以便妥善处理。

⑥ 按产品装箱单一览表查对到货箱数是否相符合，有无漏发、错发等现象，若有问题应立即与制造厂联系，以便妥善处理。

2）附件开箱检查验收。

① 对容量在90000kVA以上的变压器，有必要时，应提前与制造厂联系，告知开箱检查时间，与制造厂共同进行开箱检查工作。

② 按各分箱装箱清单，查对箱内零件、部件、组件是否与装箱相符合，检查有无损坏、漏装现象，并作好记录。

③ 查对出厂文件及技术资料、合格证书是否齐全。

3）验收保管及贮存。

① 经开箱检查，查对无缺验收后，须详细记录签收。

② 经开箱检查的零件、部件、组件应按其性能特点进行保管，必须有能防止雨、水、雪腐蚀性气体直接侵入的措施。

③ 仪器仪表及带有电气元件（如操动箱、总控箱等）的组件，须放置在通风干燥的地方存放，并有防潮措施。

④ 带油运输的变压器到达现场2个月不进行安装，须装上储油柜（包括有载调压开头储油柜），注入合格的绝缘油至储油柜相应温度的油面高度，并在储油柜上装置呼吸器。

⑤ 充氮运输的变压器一个月内不进行安装，须排出氮气，注入合格的绝缘油。

⑥ 电容式套管存放期超过六个月时，必须把套管端头抬高与水平夹角不小于15°或从包装箱内取出，垂直存放。

⑦ 以上所述，在存放期间，须3个月检查一次，有无锈蚀，渗漏油等现象，并在6个月取一次油样进行试验、并做好记录。

4）绝缘油的处理。

① 在绝缘油过滤注入油罐时，须防止混入杂质和污染空气及潮气、雨水，严禁在雨天进行倒罐过滤油。

② 装油容器必须严格清洗干净，并检查容器密封情况，不密封容器，必须装有干燥吸湿器。

③ 注入变压器内的绝缘油，应符合表5-42、表5-43的规定，其中，击穿电压、介质损失角、微水含量应达到表12-101中的规定。

表 12-101

电压等级/kV	击穿电压/（kV/2.5mm）	介质损失角90℃时（%）	微水含量/（$\times 10^{-6}$）
110	40	1	<15

④ 其他性能指标符合GB/T7595—2008《运行中变压器油质量》。

⑤ 一般情况应尽量使用制造厂提供的绝缘油，如需补充其他来源的绝缘油，须符合混油要求，并经当地供电部门试验，确定混油的可能性，否则严禁混合使用。

（3）器身检查

1）器身检查前的准备工作。

① 按上述过滤好足够的绝缘油。

② 由于运输中产生问题需全面检查及排除故障时，须吊除上节油箱，进行器身检查，但也可以不吊上节油箱，从入孔或观察孔进行器身检查。

③ 对于船舶运输的变压器，必须进行器身检查。

④ 充氮运输的变压器，必须把氮气排除干净后，进行器身检查（排氮时应注意人身安全，以免造成窒息）。

⑤ 带油运输的变压器，排油时，进入油箱内的空气必须经过干燥处理（利用干燥空气发生器，如硅胶罐，其露点不高于－30℃）。

⑥ 起吊上节油箱时，如果是单相无励磁调压开关，应先拆除其操动杆，并记好相序，以便安装；如果是三相无励磁分接开关按使用说明书操作，有载调压变压器按总装配图工艺要求或开关使用说明书，拆除钟罩式开关上部法兰及切换有关部分芯子，详见有载调压开关使用说明书。

⑦ 装在变压器上的套管式电流互感器，须拆除与油箱上接线盒连接引线，并作好标志，以便复装。

⑧ 准备好起吊设备、真空装置、滤油机、安全灯、工具、材料等及器身检查时，需要工具和人员分工等。

⑨ 起吊上节油箱必须保持平衡起吊。

2）器身检查的条件及注意事项

① 在室外进行检查时，不允许在阴雨、下雪、风沙天气中进行，如必须进行，应有防护措施，一般搭设帆布篷。

② 器身检查工具必须擦洗干净，并专人登记工具使用情况，进入油箱的衣物，鞋等必须清理干净，保证无异物掉入油箱内。

③ 器身检查时，环境温度不低于5℃，器身温

度必须高于环境温度，有条件时提高器身温度高于环境温度 10～15℃。

④　阴天进箱检查器身时，应连续给油箱内吹进经加热的干燥空气。

⑤　器身在空气中暴露时间，从开始放油或排出氮气开始计时，按下述进行：

相对湿度不大于 65% 时，不超过 14h。

相对湿度不大于 75% 时，不超过 10h。

当器身温度高于空气温度时，可延长 2h。

⑥　器身检查用梯子及尖角物，不得搭在引线，导线夹及绝缘件上，并不得在导线支架及引线上攀登。

⑦　线圈引出线不得任意弯折，须保持原安装位置。

⑧　严禁在油箱内更换灯泡、修理检查用工具。

3）器身检查。

①　检查铁心有无移动、变形及铁心夹紧螺栓、拉板是否松动。

②　检查器身有无移位，定位螺钉是否松动。

③　检查线圈有无移位、松动及绝缘有无损伤、层间有无异物和轴向压钉是否松动。

④　检查引线有无损伤、变形及绝缘包扎是否松散、损伤，引线位置是否正确和根部锥度绝缘是否良好及绝缘距离是否正确。

⑤　拆除引线用临时支架或临时加固装置。

⑥　检查铁心、夹件、压板及旁轭屏蔽板接地情况是否良好。

⑦　检查所有紧固件、压钉及胶木锁紧螺母和支架夹紧螺栓是否紧固。

⑧　检查分接开关触头是否良好，三相触头位置是否一致。是否在出厂整定位置。

⑨　检查油箱内壁及箱壁屏蔽装置，有无毛刺、尖角、杂物、污染等与变压器无关的异物，并擦洗干净。

4）器身检查时的试验。

①　测量铁心是否一点接地（铁心接地是用电缆通过套管引至油箱外接地）。

②　测量穿芯螺杆对铁心、夹件绝缘电阻（无穿芯螺杆时不必进行）。

③　测量有载调压开关动作程序（按有载调压开关使用说明书进行）。

④　测量旁轭屏蔽板有无悬浮及接地情况。

⑤　在器身检查放完油后，应先装上由于运输超限拆卸的油箱上所有阀门及真空注油时，需封闭法兰阀门，以便下一步的真空注油和组件复装工作。

（4）整体组装及真空注油

1）组装前的准备工作。

①　须严格清理所有附件，擦洗干净，并用合格的油冲洗与变压器直接接触的组件及冲洗冷却器（散热器）、储油柜、导油管、升高座等，冲洗时，不允许在管路中加金属网，以免带入油箱内。

②　按表 12-102 进行附件的密封性能试验，如不符合要求，应予以处理或更换。

表 12-102　变压器及附件密封性试验标准

序号	被试部件名称	试验压力/（ko/Com^2）×10^4Pa	持续时间/h
1	强油风冷、水冷冷却器	（1.5～2.5）14.7～24.5	0.5
2	片式、管式散热器	（1.0）9.8	0.5
3	气体继电器	（4）39.2	0.5
4	储油柜、压力释放阀	（0.5）4.9	0.5
5	充油套管	（1.5）14.7	0.5
6	油闸阀	（4）39.2	0.5
7	储油柜隔膜袋	（0.3）2.94	0.5
8	蝶阀	（0.5～1.0）4.9～9.8	0.5
9	导油管	（3）29.4	0.5
10	变压器油箱	（1.0）9.8	1.0
11	变压器整体	（0.3～0.4）2.94～3.92	0.5

注：试验油温应在 10℃以上，最好达到 30℃。

③　检查各连接法兰口是否清洁及密封衬垫是否完整光洁。

④　测量套管式电流互感器绝缘电阻，电流比及极性是否与铭牌及技术文件相符合。

⑤　参照电容式套管说明书，测量套管性能指标。

⑥　参照温度计使用说明书，整定温度限值。

⑦　参照气体继电器使用说明书，确定信号、跳闸整定值。

⑧　参照压力释放器使用说明书，检查动作接点和复位情况。

⑨　参照储油柜使用说明书，检查油位。

⑩　上述准备工作可在器身检查前进行，以便能及时安装整体。

2）组装程序工艺流程。

① 根据安装现场实际情况，在无特殊的条件下应按表12-103顺序进行整体组装，安装时各法兰接口应均匀受力。

表12-103 110kVA变压器安装流程及安装内容

序号	流程	工作内容
1	分接开关操动杆	利用套管安装孔，观察操动杆是否正确进入安装位置检查三相指示位置是否一致（检查合格后方可操动），装上定位螺钉及防雨罩
2	升高座（套管式电流互感器）	按照总装图对应位置标号、方向及相序安装，并预先盘好变压器线圈引线，以便安装套管
3	导油管路	按总装图和导油管编号安装，不得随意更换，同时装上导油管用闸阀和密封端法兰口
4	储油柜	参照储油柜安装使用说明书，安装油位计、联管、隔膜袋、吸湿器及联管 查变压器外形尺寸及基础是否已有倾斜规定，如无此规定，应把储油柜垫高，使其油箱到储油柜端联管有1%～1.5%的倾斜度
5	套管	参照套管使用说明书有关规定进行吊装，引线根部和接线柱根部不得硬拉、扭曲、打折，110kV级以上引线根部锥度绝缘，必须进入均压球内
6	冷却器	强油循环冷却的变压器带有框架结构，应先把框梁与本体导油管连接起来，并固定好，然后按编号吊装冷却器，同时安装油流继电器和拉螺杆 油浸自冷或风冷变压器，采用宽片式散热器，应防止散热器碰坏、变形，在规定位置上吊装散热器，防止相互碰撞，并不得采用硬力安装，以免拉伤散热器，造成渗漏油 用户自行配制冷却器管路时，不得串联安装，并尽可能靠近变压器本体（不宜超过3m），以确保冷却效率
7	净油器	参照净油器使用说明书进行安装并按说明书中加油方法给净油器加油，静放及排污，此时净油器上下联管蝶阀应关闭（净油器不带入真空）
8	小联管	升高座带有小联管的，应通过小联管接通升高座与瓦斯继电器联管 装有载调压开关的变压器，应把调压开关油箱上抽注油管引至下节油箱处，连管端口应装置阀门 带有集气盒的储油柜，应把放气管引到下面，并应装有阀门，同时安装储油柜注油管路

② 安装时配制管路，或在现场重新割、焊的管路都应擦洗干净，并用合格的绝缘油冲洗。

③ 其他附件安装参照出厂文件中的拆卸明细一览表。

3）抽真空及真空注油。

① 按上述第3、4项规定，当日能完成器身检查和整体复装的变压器应在整体复装完成后，立即进行抽真空及真空注油。

② 按上述第3、4项规定，当日不能完成器身检查和整体复装的变压器应及时注入合格的绝缘油，待第二日放出油后继续进行第3、4项工作或整体复装完后，进行抽真空及真空注油。

③ 带有载调压开关的变压器，应随变压器同时放出调压开关内绝缘油，并用U形管在专用位置上连通开关油箱和变压器油箱以便开关油箱同时带入真空，并同时接好有载调压开关注油管，以便同主体同时真空注油。

④ 关闭储油柜、净油器，有载调压开关油枕处蝶阀，其他阀门处于开启位置。

⑤ 在油箱顶部ϕ50mm蝶阀处或在气体继电器联管法兰处，装置抽真空管路和真空表计，接至抽真空设备。

⑥ 在下节油箱ϕ80mm闸阀处装置注油管路，通过滤油机接至油罐。

⑦ 起动真空泵开始抽真空，应均匀提高真空度，按表12-104真空度维持真空时间。

⑧ 真空注油，在真空状态下注入合格的绝缘油，持续真空按上表±5%，注意油箱的油须加温到

50～60℃为宜，注油速度4t/h，注油时绝缘电阻不应有明显下降，否则应放慢进油速度。

表　12-104

电压等级/kV	容量/kVA	真空度/（mmHg）Pa	持续真空时间/h
110	5000及以上	（600）8×10^4	2
110	20000及以上	（759）1.01×10^4	2

⑨　注油至离油箱盖约100mm时，停止注油，维持真空不少于5h，220kV级90MVA以上变压器10h，同时，给有载调压开关油箱注入合格的绝缘油，然后，即可解除真空，拆除抽真空管路及装置。

4）补充注油及静置。

①　在油箱顶ϕ50mm蝶阀处，装置补充注油管（因补充注油须从油箱上部进行，以免造成油箱内经真空处理好的绝缘油混入气泡和减少滤油机静压力）。

②　安装气体继电器同时打开储油柜、净油器及其他应投入运行的闸阀、蝶阀，检查蝶阀处于开启状态后定位。

③　拆除有载调压开关油箱与变压器油箱连通用U形管，并密封好此处法兰。

④　补充注油，同时按油面上升高度逐步打开升高座、导油管，冷却器集油盒（散热器），储油柜等最高位置放气塞，进行排气，出油后即旋紧放气塞。

⑤　注油至储油柜相应温度的油表高度（储油柜排气，参照储油柜使用说明书），同时给有载调压开关储油柜注油到相应温度的油位高度。

⑥　整体密封性试验压力不大于3.92×10^4Pa或竖立1.5～2m油柱，检查油箱有无渗漏油现象。

⑦　静置时间，从补充注油结束后算起，不得少于24h，在这期间应多次放气。

5）不进行器身检查的变压器真空注油及补充注油。

①　不进行器身检查的变压器、应根据运输情况和制造厂有关规定与制造厂联系后方可采取。

②　充氮运输的变压器，须按第3）与4）条款，进行抽真空和真空注油、补油。

③　带油运输变压器，须放出油后，按3）条款真空度可降低20%，按第4）条补充注油。

6）其他组件的安装。

①　按出厂文件中《控制柜原理图》设置控制回路。

②　强油风冷却变压器，按出厂文件中《电器控制原理图、施工图》连接控制回路，并逐台启动风扇电动机和潜油泵，检查风扇电动机吹风方向及潜油泵油流方向，油流继电器指针动作灵敏、迅速则认为正常，如油流继电器指针不动或出现抖动反映迟钝，则认为潜油泵相序接反，应给予调整。

③　给温度计座内注入绝缘油后，安装温度计。

装有一只信号温度计的变压器，装有WTYK-802A/288F（TH）型温度控制器一只，用以监视变压器油面温度报警和控制变压器温升限值跳闸回路，带有Pt100热电阻或Cu50热电阻及288F数字显示仪，可在总控室内监控观测油面温度。

装有两只温度计的变压器除装有上述WTYK-802A/288F（TH）温度控制器以外，一般强油循环冷却变压器还采用装有WTYK-803A/288F（TH）型温度控制器一只、作用于冷却系统的自动投入和退出运行。

④　安装有载调压开关水平轴和垂直轴，按有载调压开关使用说明书，调整正反圈数和限位性能是否灵敏，同时连接远程显示装置。

（5）试验前的检查工作和交接试验

1）检验前的检查。

①　检查分接开关位置，三相是否一致、带有载调压开关的变压器应检查快速机构、操动箱及远程显示器、动作数据是否一致。

②　检查变压器外部空间绝缘距离，不应小于表12-105规定。

表12-105　变压器外部空间绝缘距离

额定电压/kV	最高工作电压/kV	电极对地距离/mm	电极相间距离/mm
10	11.5	125	125
35	40.5	340	340
63	69	630	630
110	126	830	830

③　检查储油面高度，有无假油位。

④　检查接地系统是否可靠正确，如：电容式套管末屏，自耦变压器公共中性点，有载调压开关中性点。

⑤　检查铁心接地，必须保证一点接地，不能形成回路。

⑥　检查油箱是否可靠接地。

⑦　检查应投入运行组件阀门，是否呈开启位置，（事故放油阀除外），须再次排气（如气体继电

器，升高座等）。

2）交接试验。具体方法详见第五章相关内容。

其中，各侧线圈绝缘电阻不小于出厂值的85%；吸收比（R60/R15）不低于1.3；变压器绝缘介质损失角（tgδ）不大于出厂值的130%（所测量值如小于0.5%可不与出厂值比较）；各侧线圈的直流电阻要与出厂值比较；各分接位置的变压比；从油箱底部取样装置处，取油样进行试验，应符合表5-42和表5-43。

（6）投入运行前的检查及空载冲击合闸

1）运行前的检查。

① 检查变压器电源侧中性点是否已可靠接地（冲击时应直接接地）。

② 检查各保护装置、断路器整定值和动作灵敏度是否良好。

③ 检查继电保护，如气体继电器、温度计、压力释放器及套管式电流互感器测量回路，保护回路与控制回路接线是否正确，必要时进行短路联动试验。

④ 检查套管式电流互感器不带负载的是否已短接，不允许开路运行。

⑤ 强油循环冷却器，检查控制系统自动投入和退出是否可靠。

⑥ 检查储油柜吸湿器是否畅通。

⑦ 重复（5）1）项的检查工作。

⑧ 查对保护装置整定值，系统电压不稳定时，适当调整保护系统整定值，以便有效地保护变压器。

⑨ 空载冲击合闸时，气体继电器信号接点，须并入重瓦斯动作接点上，（即电源跳闸回路上）。

2）空载试验。

① 在上述检查及试验项目符合要求时，方可进行下列试验。

② 变压器应由电源侧接入电压，因电源侧装有保护装置，以便在非正常情况下切断电源。

③ 将过电流保护时间限制整定到瞬时。

④ 变压器接入电压后，由零徐徐上升至额定电压，保持20min、测量空载损耗和空载电流与出厂值比较。

3）空载冲击合闸。

① 先检查变压器中性点是否已可靠接地（应直接接地）。

② 母线保护断路器合闸时，三相同步时差不应大于0.01s。

③ 冲击合闸电压为系统额定电压，合闸次数最多为5次。

在冲击时，如果电压值有一次达到最高工作电压时，可不再进行冲击合闸试验，视为合格。

④ 如果具备条件有必要进行耐压试验时，试验电压值为出厂值的85%。

⑤ 试验结束后，将气体继电器信号接点接回报警回路，调整过流保护限值。

⑥ 运行前，应把冷却系统开启，待运转正常后，再投入运行。

（7）试运行与交付前的维护

1）试运行。

① 在试运行阶段，经常查看油面温度、油位变化、储油柜有无冒油或油位下降现象。

② 查看、视听变压器运行声音是否正常，有无爆裂等杂音和冷却系统运转是否正常、冷却器备用冷却器，辅助冷却器应能自动投入和切除。

③ 经试运行无异常现象发生，则认为变压器已正式投入运行。

④ 变压器试运行，可参照《电力变压器运行规程》进行。

2）维护。

① 新投入运行的变压器在第一个月内，不少于5次取油样进行试验，如耐压值下降快应进行过滤，如下降到35kV/2.5mm时，应停止运行。如发现油内有碳化物时，必须进行吊罩检查。

② 强迫油循环的冷却器，如果冷却系统故障停电，切除全部冷却器时，在额定负载下允许运行20min，若油面温度未达75℃时，允许上升到75℃，但最长运行时间不得超过1h。

如果仅风扇停止运行、潜油泵继续工作，允许按油面温度控制时间。

③ 测量铁心接地电流，反映铁心接地情况，注意避免瞬间开路。

④ 有载调压开关。每三个月取一次油样试验，必要时应过滤油或更换，并记录操作次数。

⑤ 检查净油器，吸湿器内硅胶，受潮率达60%时，应更换。

⑥ 定期检查风扇电动机，潜油泵运转是否正常，如果有异常现象应立即退出运行，进行检查或更换。

⑦ 水冷却器油压应大于水压4.9×10^4Pa，并查看水内有无油迹。

⑧ 测量绝缘油压电气强度、介损（tgδ）、含水量、酸值与原始记录比较，如果油击穿电压低于35kV/2.5mm。介损（tgδ）值超过原始记录130%，含水量大于30×10^{-6}，酸值大于0.4KOH/g，应更换绝缘油，并检查其原因。

⑨　检查继电器保护（气体继电器、压力释放阀等）和差动保护接点回路，接线是否松动、牢靠、接线端子电缆有无发热老化现象。

⑩　定期检查装配螺栓是否松动，密封衬垫有无老化及渗漏油情况。

日常维护时如发现以上问题时，应立即修复或通知制造厂协助修复，并做好记录。

3）变压器故障分析和排除。

①　如果气体继电器报警，应速查明原因，收集气体分析。

②　绝缘油如果出现（2）8）项中的现象，应立即采取处理措施。

③　变压器绝缘特性与原始记录比较超出表 12-100 条款时应进行分析检查或进行干燥处理。

④　变压器运行发生下列情况时，应立即停止运行，进行器身检查。

变压器油温升超出允许限值时；

因大量漏油，油面急剧下降不能处理时；

变压器内部声音不正常，不均匀，有爆裂声时；

在正常冷却，正常负载下，油温不正常上升时；

压力释放器阀，储油柜，开关防爆膜破裂喷油时；

油色变化严重，油内出现碳质时；

套管严重损坏，有放电时；

色谱分析，有可燃性气体，总烃增长速率快时。

⑤　出现上述情况时，测量励磁电流判断线圈或铁心，是否局部短路或环流，并应进器身检查。

2. 110kV SF_6 断路器的安装调试

LW36-126 自能式 SF_6 断路器的技术参数见表 12-106～表 12-108、外形见图 12-275，控制回路及二次线见图 12-276 和图 12-277。

表 12-106　LW36-126 SF_6 断路器的额定技术参数

序号	项　目		单位	参数
1	额定电压		kV	126
2	额定工频耐受电压（1min）	对地	kV	230
		断口间		230
3	额定雷电冲击耐受电压	对地	kV	550
		断口间		550
4	SF_6 零表压时的工频耐受电压（5min）		kV	95
5	额定频率		Hz	50
6	额定电流		A	3150
7	额定短路开断电流		kA	40
8	额定峰值耐受电流		kA	100
9	额定短时耐受电流		kA	40
10	额定短路关合电流		kA	100
11	首开极系数			1.5
12	额定短路持续时间		s	4
13	额定失步开断电流		kA	10
14	近区故障开断电流		kA	36，30
15	额定线路充电开合电流		A	31.5
16	额定操作顺序			O-0.3s-CO-180s-CO
17	无线电干扰水平		μV	≯2500
18	年漏气率		%	≯1
19	额定六氟化硫气体压力（20℃表压）		MPa	0.6
20	报警/闭锁压力（20℃表压）		MPa	0.55/0.50
21	报警/闭锁解除压力（20℃表压）		MPa	0.58/0.53
22	气体水份含量		ppm（v）	≯150
23	机械寿命		次	6000
24	爬电距离	断口间	mm	3150
		对地		3150
25	主回路电阻		μΩ	≯45
26	每台断路器用六氟化硫气体质量		kg	10
27	接线端子静拉力	水平纵向	N	1250
		水平横向		750
		垂直方向		1000

表 12-107　SF_6 断路器弹簧机构额定技术参数

序号	项　目	单位	参数
1	辅助回路电压	V	DC220 或 AC220
2	分合闸线圈电压	V	DC220
3	分、合闸线圈电流	A	3，2

（续）

序号	项目		单位	参数
4	储能电动机	额定电压	V	DC220 或 AC220
		正常工作电压范围	V	80% ~110%
		功率	W	720
5	电动机储能时间		s	≯20
6	手动储能力矩		N·m	≯20
7	加热器及照明回路电压		V	AC220
8	辅助开关额定电压		V	DC220 或 AC220
9	辅助开关额定电流		A	10
10	辅助开关接点对数			11 开 11 闭

（1）电气控制部分可提供用户使用的信号有：

1）SF_6 补气报警；

2）SF_6 闭锁报警；

3）电动机未储能或正在储能信号；

4）电动机超时故障报警；

5）电动机已储能信号。

（2）包装运输

1）断路器三个相柱在一个包装箱内，基座和机构在另一个包装箱内。

表 12-108 SF_6 断路器机械调整参数

序号	项目	单位	参数	
1	断路器相间中心距	mm	1700 ±5	
2	动触头行程	mm	120^{+3}_{0}	断路器组装过程保证
3	动触头接触行程	mm	27^{+3}_{0}	
4	操作连杆行程（弦长）	mm	110^{+3}_{0}	
5	分闸速度	m/s	$4.7^{+0.3}_{-0.2}$	
6	合闸速度	m/s	3.5 ±0.5	
7	分闸时间	ms	40^{+2}_{-5}	
8	合闸时间	ms	75 ±10	
9	三相分闸不同期性	ms	≯3	
10	三相合闸不同期性	ms	≯5	

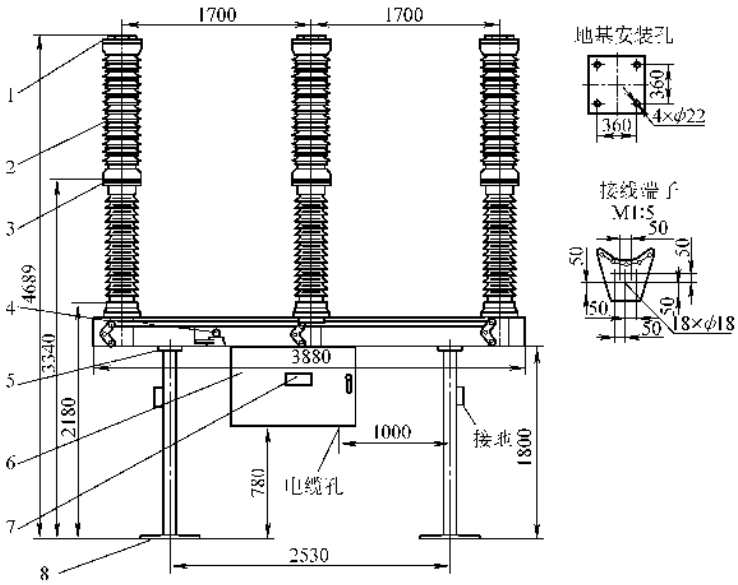


图 12-275 三相断路器外形

1—上接线端子 2—相柱 3—下接线端子 4—密度

5—基座 6—控制箱 7—铭牌 8—地脚

2）运输和存储期间，断路器内充入 0.03MPa 的 SF_6 气体，以防潮和防止灰尘进入断路器内。

（3）开箱

1）开箱后应按装箱清单清点部件，随机技术文件及数量。

2）拆箱时不得损坏瓷瓶。

3）在未正式安装充气前，断路器的所有阀门都应保持关闭状态。不要摘除管路端头的保护帽，以防灰尘和潮气进入内部。

（4）安装、调整

1）安装前准备工作

①　安装时需一台起重量约 3t，起重高度 5m 的吊车。

②　检查地基安装尺寸。

③　所有地脚螺栓用户自备。

若包装组件吊装不当或安装过程中使用不合适的螺栓和紧固方式，会造成产品倾倒，引起设备损坏和人身伤害事故。安装紧固件需采用制造厂提供的附件箱中的备件，并用力矩扳手装配。

紧固力矩如下：

M6	8 ± 1Nm	M12	70 ± 7Nm
M8	22 ± 2Nm	M16	200 ± 20Nm
M10	45 ± 5Nm	M20	400 ± 40Nm

断路器操作时的冲击力：分闸（向下）25000N；合闸（向上）15000N。断路器安装时，应将瓷瓶擦拭干净。防止任何工具或起重设备碰击瓷套。应使用步进梯或升降机，严禁将扶梯靠在竖起的相柱上。整个安装过程中需有成熟安装经验的高级电工技师现场指导。

断路器安装前必须检查地脚螺栓（8-M20 × 600/GB/T799—1988）是否符合标准，露出基础高度是否满足要求，混凝土基础应用水平仪检查水平度，两个基面的高度相差不超过 2mm，每个基面的水平度不超过 2mm（见图 12-278）。

2）基座安装。断路器的基座与操动机构是一同包装出厂的，在打好如图 12-278 的基础后，用起重设备将基座组件吊运至地基处见图 12-279，用 8 个 M20 的螺母将其固定在地基上。基座安装紧固后，用水平仪校正基座平面，水平度应不大于 2mm。

3）相柱的安装

①　安装前检查。目测检查每个相柱的瓷瓶是否在运输过程中发生破损或裂缝，若有此类情况请及时同生产厂家联系。若瓷件在破损或有裂缝的状态下充气操作，有可能会发生瓷体爆炸，危及人身安全。

在相柱安装前，应首先检查相柱的气密性。每个相柱的拐臂箱上有充放气阀门，打开阀门，若有气体发出的泄漏声响，表明相柱的气密性良好。各相柱在运输时都处于合闸状态，安装前将定位销拔出，然后顺时针转动外拐臂至不动为止。然后逐相拿下外拐臂。安装时所有螺栓、垫圈、相柱与基座的接触面都应涂 703 防水胶。安装过程中严禁逆时针转动外拐臂。

②　相柱安装。首先装配 A 相柱或 C 相柱。具有双拐臂的相柱为 B 相柱。

用吊具将 A 相柱或 C 相柱徐徐立起。竖起时，需在拐臂箱侧铺垫厚度≥10mm 的橡胶板或木板，以防止拐臂箱着地时发生损坏，见图 12-280。

将 A 相柱或 C 相柱安置在基座相应的开口处，先用两个 A8 × 50 的圆锥销定位，然后用 4 个 M16 × 60 螺栓紧固，见图 12-281，螺栓由下向上穿过通孔，螺母在上端紧固，按图 12-281 所示检查安装尺寸。另外两相安装方法同上。

将与相柱相对应的三个外拐臂按出厂时在外拐臂和花键轴上所标记号对正装上。（注：A、C 相外拐臂不能混）然后转动每个外拐臂能使定位销与之固定。将操动机构的输出杆与 B 相拐臂用 ϕ16mm 的销连接见图 12-281。

完成 B 相拐臂与机构输出杆连接后，在分闸状态下，将两根水平操作连杆与 B 相拐臂相连连接方式参见图 12-282，连接的 ϕ12mm 销用硅脂润滑（每个销外有铜衬）。将定位销拔至传动销位置见图 12-283，用 M6 螺栓和卡片将传动销固定锁紧。所有 M6 紧固螺栓在紧固前应涂厌氧胶防止松动。

连接操作连杆时，应在拐臂和连杆间加调整垫片 5，从而保证操作连杆的受力方向和运动方向一致，见图 12-282。

③　管路连接及向断路器内充入 SF_6 气体。A、B、C 三相安装完毕，检查固定在底架上的三相管路有无损坏，拆掉管路及阀门堵头，然后用酒精擦洗阀门密封槽及管路对应接触面，检查阀门 O 形圈，在密封槽处涂硅脂，重新上圈。将底架和固定密度表及总充放气阀门连板上的两个 M10 螺栓松开，整体（连板及管路）向右移动大约 30mm（以面对有铭牌的机构箱门为准），分别将管路上的螺母与阀门连接（紧固力矩为 30Nm），三相连接完毕后，紧固底架与连板上的两个 M10 的螺栓（检查密度表与视窗孔是否对正）。连接充气装置见图 12-284。

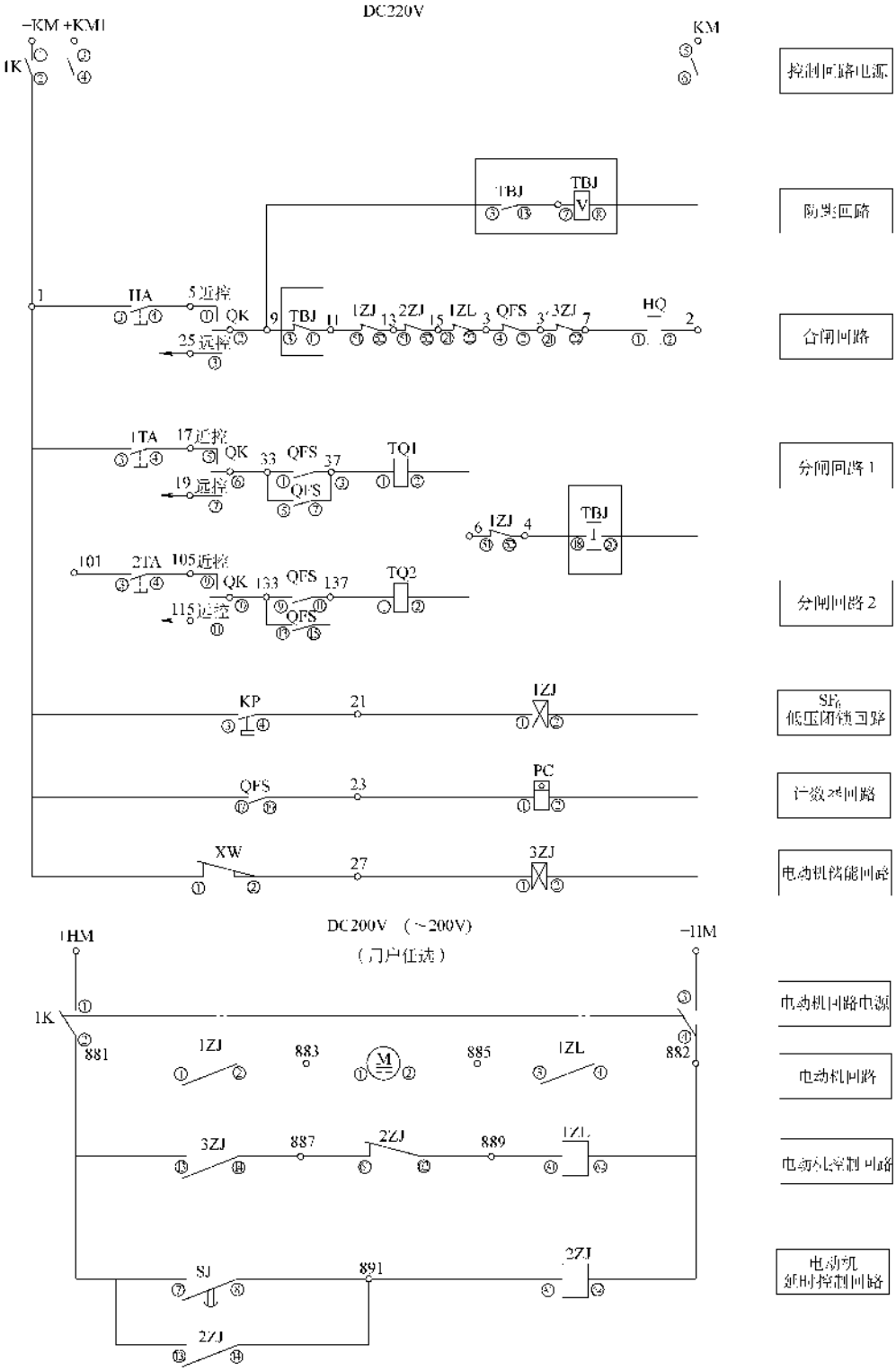
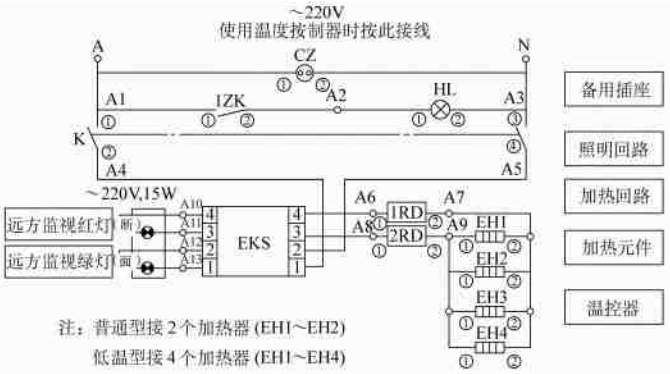
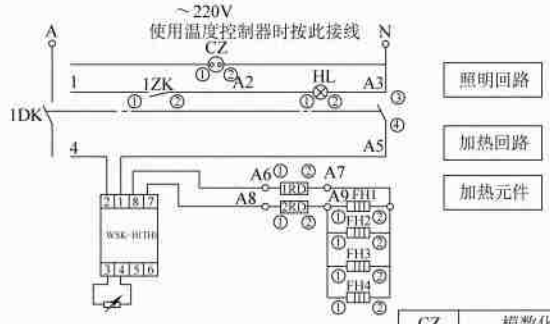


图 12-276 SF_6 断路器





技术要求

1. 虚框内元件根据用户需求。
2. 限位开关 XW 与合闸弹簧状态的关系

XW 状态	合闸弹簧状态
接通	未储能
断开	储能

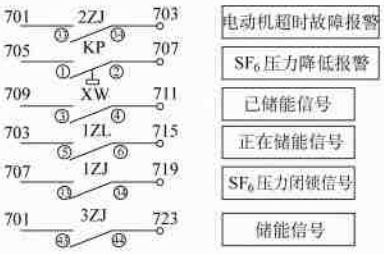
3. 密度继电器 KP 与 SF_6 气体状态的关系：

KP 状态	SF_6 气体状态
接通	气压降低需补充
断开	气压处于正常工作状态

转换开关 LW 5-16D1050/4 接点表

LW 5-16□□/4		D1050 45°	0°	45°
1 2	1-2	×		
3 4	3-4			×
5 6	5-6	×		
7 8	7-8			×
9 10	9-10	×		
11 12	11-12			×
13 14	13-14	×		
15 16	15-16			×

信号接点



符号	名称	型号规格	数量	备注
CZ	模数化插座	AC-30	1	通用
TBJ	防跳继电器	DZB-213 1A=220V 板后接线	1	根据工程需要
M	电动机	HDZ-27205AG ≃ 220V 720W	1	通用
EH	加热器	~220V 250W	4	普通型用 2 个，低温型用 4 个
PC	计数器	404 型 =220V	1	通用
KP	密度继电器	MKZ-1(-0.1-0.9MPA)	1	通用
EKS	温湿度控制器	W SK-H(TH) 型 ~200V	1	选用温湿度控制器时用此件
EKS	温度控制器	ETS-B(TH) 型 ~220V	1	选用温度控制器时用此件
TQ1-TQ2	分闸线圈	70Ω=220V 3A	2	通用
HQ	合闸线圈	110Ω=220V 2A	1	通用
QFS	辅助开关	F6-32Ⅱ/W 2	1	通用
2ZJ	继电器	JZD1-22 ~220V	1	储能回路为交流时此件为 2ZJ
2ZJ-3ZJ	继电器	JZD1-22=220V	1	3ZJ 为通用，储能回路为直流时使用 2ZJ
1ZJ	中间继电器	3TH8244=220V	1	通用
1RD-2RD	熔断器	JF5-2.5RD(6A)	2	通用
SJ	时间继电器	LA2-DT2	1	储能回路为交流时用~220V直流时用直流220V
1ZL	接触器	LPI-D0901M5N,~220V/LPI-D0901MDC,直流220V	1	储能回路为交流时用~220V直流时用直流220V
HL	照明灯座	~220V 40W 螺座	1	通用
1ZK	照明开关	M K621 ~220V	1	通用
1DK	断路器	DZY1-10/2G ~220V	1	通用
1HK	断路器	DZY1-10/2G	1	储能回路为交流时用~220V直流时用直流220V
1KK	断路器	DZY1-10/2G直流220V	1	通用
XW	限位开关	ME-8104	1	通用
QK	转换开关	LW 5-16D1050/4	1	通用
1TA-2TA	按钮	LA19-11A(红色)	2	通用
HA	按钮	LA19-11A(绿色)	1	通用

电气控制原理图（一）

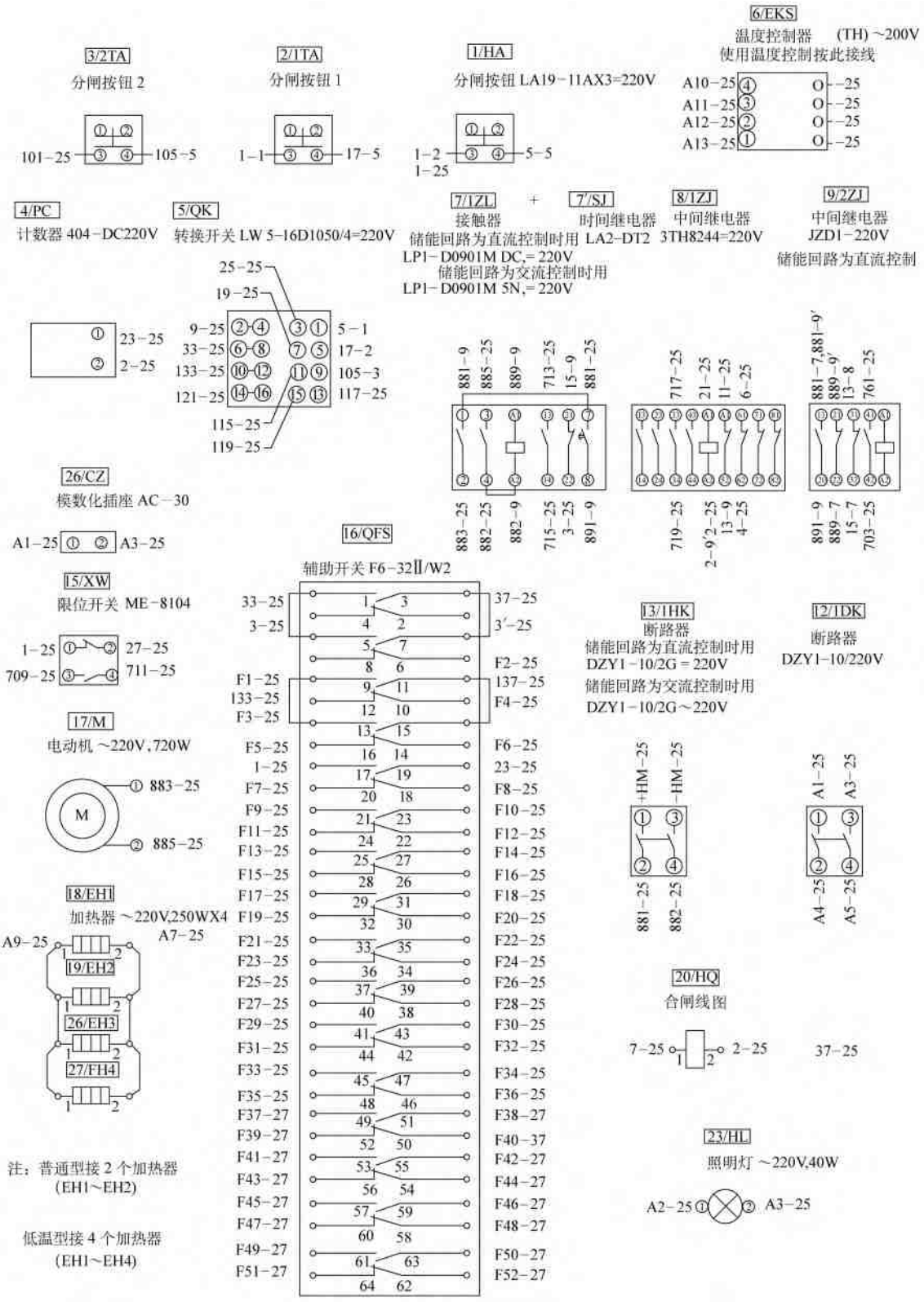
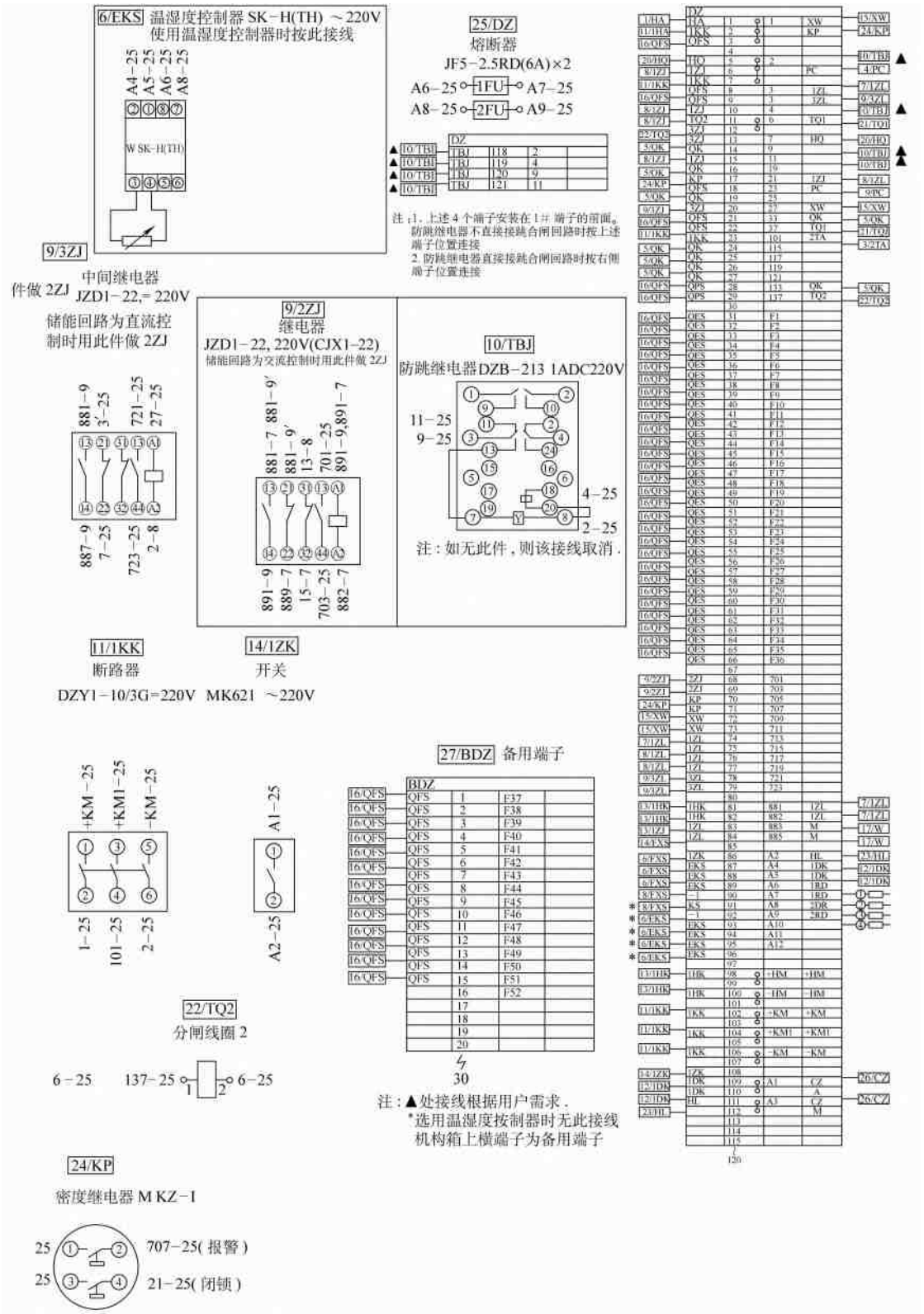


图 12-277 SF_6 断路器


6/EKS 温湿度控制器 SK-H(TH) ~220V
使用温湿度控制器时按此接线
A4-25 A5-25 A6-25 A8-25
W SK-H(TH)
25/DZ
熔断器
JF5-2.5RD(6A)×2
A6-25 1FU A7-25
A8-25 2FU A9-25
注：1. 上述4个端子安装在1#端子的前面。防跳继电器不直接接跳合闸回路时按上述端子位置连接
2. 防跳继电器直接接跳合闸回路时按右侧端子位置连接
9/3ZJ
中间继电器
件做2ZJ JZD1-22,= 220V
储能回路为直流控制时用此件做2ZJ
881-9 3'-25 721-25 27-25
887-9 7-25 723-25 2-8
9/2ZJ
继电器
JZD1-22, 220V(CJX1-22)
储能回路为交流控制时用此件做2ZJ
881-7 881-9' 881-9' 13-8 701-25 891-9,891-7
891-9 889-7 15-7 703-25 882-7
10/TBJ
防跳继电器DZB-213 1ADC220V
11-25 9-25 4-25 2-25
注：如无此件，则该接线取消.
11/1KK
断路器
DZY1-10/3G=220V
14/1ZK
开关
MK621 ~220V
+KM-25 +KM1-25 -KM-25
1-25 101-25 2-25
A1-25 A2-25
22/TQ2
分闸线圈2
6-25 137-25 6-25
27/BDZ 备用端子
30
注：▲处接线根据用户需求.
*选用温湿度按制器时无此接线机构箱上横端子为备用端子
24/KP
密度继电器 MKZ-I
25 707-25(报警)
25 21-25(闭锁)

电气控制原理图（二）

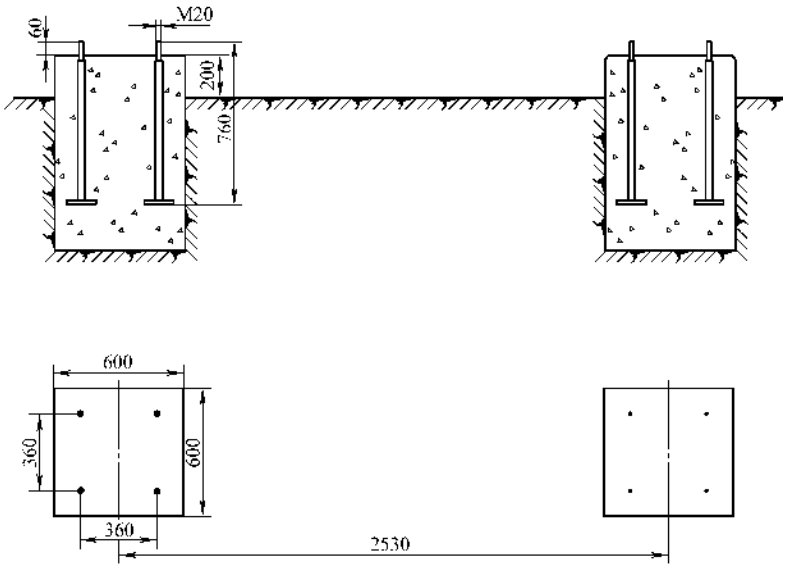


图 12-278 地基安装

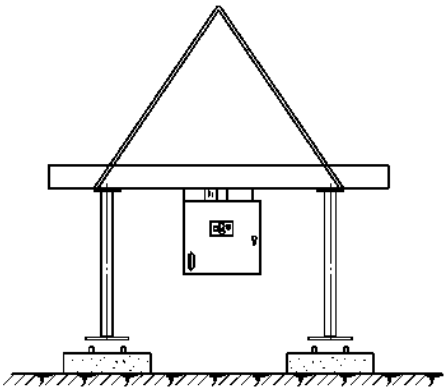


图 12-279 基座安装

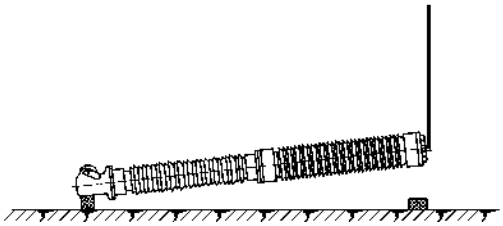


图 12-280 相柱吊装示意图

先用气瓶内的 SF_6 气体冲洗一下管路，3～5s，然后将管路与拐臂箱上的阀门连接好，逐相打开阀门，一相一相往断路器内充气，防止由于阀门损坏造成某相未充入 SF_6 气体，注意观察减压阀表数值和密度表数值，直至充气压力达到 0.6MPa。充气完成后，将充气装置与基座内的充气接头拧下，并妥善保存。

将总充气阀门的保护螺母上好。

充气过程中，充气管凝霜为正常现象，可调整减压阀阀门；适当降低流速，防止管路冻伤。充气压力最多可至 0.62MPa。

SF_6 气体检漏及微水测量。断路器充入 0.6MPa 的 SF_6 气体，应过 24h 后检漏和测水份。检测设备用户自备。

用 SF_6 气体检漏仪检查断路器所有密封面的气密性，尤其是检查充气管路、接头是否漏气。若接头有漏气现象，可拆下接头，观察密封面是否有异物或 O 形密封圈是否有损伤，处理更换后重新检漏。若发现相柱密封面有泄漏现象，需及时通知生产厂家前来解决。检漏方法可采用压降法、局部包扎法和扣罩法等。

在总充气阀上接减压阀、管路和微水测试仪，测量断路器气室内的水份含量，验收时不应超过 150×10^{-6}（v/v，20℃），运行时不应超过 400×10^{-6}（v/v，20℃）。测量时应正确操作设备，以减少测量误差。

4）接地。在两个底架支柱上皆有接地端子，可根据实际需要接地。接地前，用砂布打磨连接处接触面。

5）安装一次接线端子。断路器下出线在正反两面皆有出线（正面为控制柜上带有分、合闸指示的一面），上出线板其出线方向可根据需要进行安装。上出线板安装在正面的一侧。安装上端子板时，需先拆掉相柱顶部的吊环，留出连接上端板的 5 个螺孔。将安装接触面用砂布打磨，直至表面发亮，然后用酒精清洗干净，在表面薄薄地均匀涂抹一层导电膏。用 5 个 M16 螺栓将上接线端板紧固。上出线安装完毕后剩余的两个 M16 螺孔用 M16×20 螺栓紧固。

6）安装断路器的二次线。控制柜下盖板有供使用的电缆橇落孔，可参考接线图连接二次线。

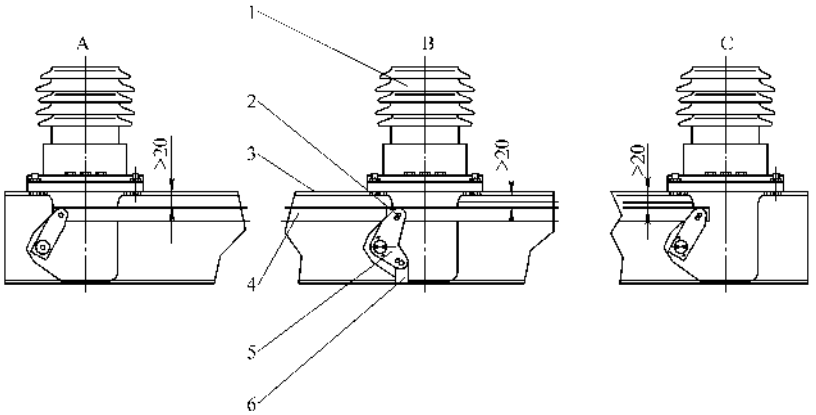


图 12-281　相柱的装配

1—相柱　2—传动销　3—基座　4—操作连杆　5—B 相外拐臂　6—机构输出杆

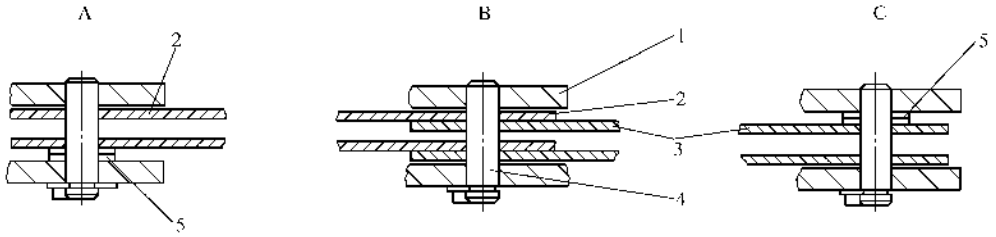


图 12-282　连杆的定位

1—拐臂　2—操作连杆Ⅰ　3—操作连杆Ⅱ　4—传动销　5—调整垫片

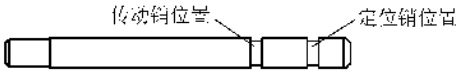


图 12-283　定位销

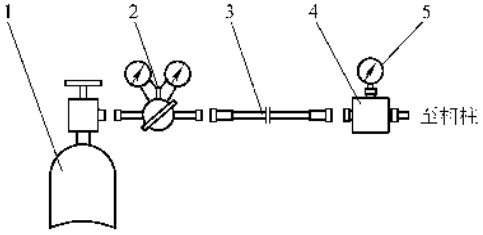


图 12-284　SF_6 充气装置的连接

1—SF_6 气瓶　2—减压阀　3—充气管

4—总充气阀门　5—密度表

二次线必须在不带电状况下连接；

二次线必须在操动机构的分、合闸弹簧都释放的状态下连接。

7）试操作。试操作前应对开关作以下几项检查：

①　确保开关内无安装时遗留下的零部件或工具，并检查断路器在运动方向上是否有阻挡物未拆除，尤其检查拐臂箱上的固定螺栓与水平操作连杆的垂直距离大于 20mm，见图 12-281。

②　一次端子不能与高压系统相连。

③　检查 SF_6 气体压力不得低于 0.3MPa，否则会引起断路器的机械损伤。

④　检查所有销连接是否被紧固。

⑤　试操作最好采用电动远方控制，操作前所有操作人员应站在 15m 外或有屏蔽的地方。

⑥　在任何情况下，严禁断路器单相或两相操作。

在确认开关可以操作后，完成断路器的五次合闸、五次分闸操作、三次标准循环操作，记录合闸与分闸时间，并将结果填写在投运报告中。

⑦　分、合闸速度测量。用示波器或开关特性测试仪测量，计算方法见图 12-285。

（5）SF_6 断路器的接线　见主接线断面图 12-286。

1）相柱的上接线端子用裸铝线压接端子后用螺钉紧固，裸铝线的另一端压接端子后与电流互感器连接，端子间隙涂导电膏。

2）相柱的下接线端子用裸铝线压接端子后用螺钉紧固，裸铝线另一端压接端子后隔离开关的静触头用螺钉紧固。

3）SF_6 断路器基座的接地端子用镀锌角钢与公

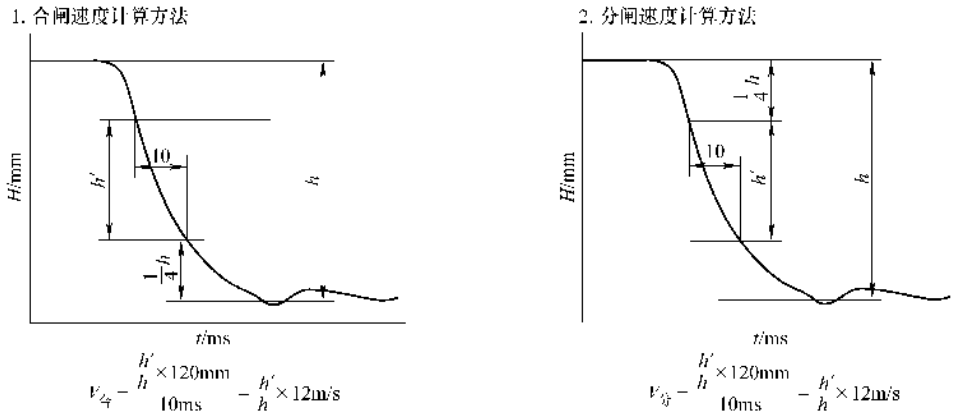


图 12-285 分、合闸速度曲线

共接地网可靠连接。

4）控制箱接线见后续统一讲述。

（6）断路器的维护

SF_6 断路器被称为不检修断路器，但对断路器安装后交付前应进行保养，可以保证其在良好的状态下运行。保养需在断电情况下进行，通常需停电几小时。保养主要进行以下项目的检查和维护：

1）检查瓷件表面并清洗。

2）检查腐蚀状况，若有腐蚀需补漆；若紧固件有腐蚀，需更换。

警告：紧固件需逐个更换，因为相柱为气密压力容器，同时更换会造成人身伤害或设备损坏。

3）检查各紧固件是否松动，若有需紧固。

4）检查一次线端板是否有过热变色现象，若有需重新打磨接触面并紧固。

5）对机构的运动部件进行润滑。

6）测量微水含量并记录。

7）测量主回路电阻并记录。

8）检查二次接线是否牢固，电气指令是否能可靠执行。

（7）故障排除

1）开关拒分或拒合。

① 分、合闸回路开路或错线，检查二次线路。

② 辅助开关接触不良，调整辅助开关位置。

③ 分、合闸线圈断线，更换线圈。

④ SF_6 气体闭锁，检查密度表及管路是否有漏点并补气。

2）电动机不储能。

① 限位开关移动或损坏，调整限位开关或更换。

② 时间继电器延时动作，检查时间整定值。

3）SF_6 压力降低。查找泄漏点，如阀门、管路接头、密度继电器及密封面。

（8）超低温地区使用的 LW36-126 断路器使用注意事项：

1）对于环境温度在 -50℃ ~ -30℃ 范围内使用的断路器，在结构设计上增加了 SF_6 气体加热装置，当环境温度下降到 -30℃ 时，由温度控制器自动投入三相断路器的加热装置和管路的电伴热带，以解决严寒地区 SF_6 气体低温液化问题。

2）当环境温度升至 -20℃ 时，温度控制器自动将三相断路器的加热装置和管路的电伴热带一起退出运行。

3）当环境温度下降到 -30℃ 时，并确认已投入三相断路器的加热装置和管路的电伴热带后，必须认真做好班中抄表压的记录（必须写明该表压所对应的温度），当密度表出现补气报警时，首先检查所投加热器是否运行正常；其次，检查密度继电器；如果仍无法解决，请及时通知厂家，由厂家解决。

4）对于提供给超低温地区使用的 LW36-126 断路器，其配用的弹簧机构内部均涂有专用低温润滑脂，切忌涂黄油等。

5）运行中确实需更改低温加热装置时，应经厂家同意。另外温度控制器分自动和手动两档，断路器在运行状态时温度控制器应放在自动档。

6）拆装加热器的步骤：

① 见图 12-287 拐臂箱，将项 1 盖上的 6 根 M6 的螺栓拆下并打开盖；

② 再将项 5 的 3 根 M6 的螺栓拆下，把项 4 加热器拿下并保管好；

③ 在拆装加热器的过程中，严禁将项 6 的 6 根 M8 螺栓松动，以免发生危险；

④ 待三相相柱安装到位后，再按上述程序依次

安装好加热器。

3. GW13 中性点隔离开关的安装调整

中性点隔离开关是在无负载情况下，做分、合变压器中性点联线用的，在 110kV 系统中具有保护中点及变压器用途。其主要技术参数见表 12-109，配有 CJ6 型电动操作机构技术参数见表 12-110。

表 12-109　GW13 系列中性点隔离开关技术参数

项目名称 \ 额定参数 \ 产品型号	GW13-35（W）	GW13-63（W）	GW13-110（W）
额定电压/V	35	63	110
最高工作电压/V	40.5	69	126
额定电流/A	630		
额定热稳定电流（有效值）/A	20		
额定热稳定时间/s	4		
额定动稳定电流（峰值）/A	50		
1min 工频电压（有效值）/V	80	140	200
雷电冲击电压（有效值）/V	185	325	450
额定接线端机械负载（纵向）/N	400		750
支柱绝缘子爬电比距/（cm/kV）	普通型 1.7　防污型 2.5　3.0		
配用机构	CS17 或 CJ6		
机构质量	CS17　10kg		CJ6　95kg
产品质量/kg	约 120	约 140	约 160

表 12-110　CJ6 型电动操作机构技术参数

项　　目	技术参数	备　　注
额定电压/V	三相交流 380	
额定功率/kW	0.6	
额定转数/（r/min）	1410	
起动电流/A	不大于 5	
分(合)闸线圈控制电压/V	交流 380 或 220	按用户要求供应
分(合)闸线圈电流/A	不大于 5	
额定操作时间/s	3.75	
额定输出转距/Nm	500	
热继电器/s	电动机短路过载 20～25	

GW13-63 中性点隔离开关外形见图 12-288。

（1）安装调整

1）将本体按安装孔位置装在基础上，操动机构置于底架装配下方，按合闸位置调好（即操动机构与本体均处于合闸位置）用 48 焊接钢管将底架上的套筒与机构万向接头主轴联起来，焊牢。

2）触头上各接触点应全部接触，若左右触头位置不正时，可松开接线座上紧固导电杆的螺钉，移动触头的相对位置，并保证接触点的可靠接触，左右触头间隙不大于 15～20mm（参考值），并测量其回路电阻，其数值见表 12-111。以上数值的测量是在隔离开关两接线端都承受正常母线拉力下进行。

表 12-111　GW-13 隔离开关主触头接触电阻值

项目 \ 产品型号	GW13-35	GW13-65	GW13-110
回路电阻不大于/μΩ	180	200	230

（2）保护间隙的配制及安装

1）保护间隙的配制应按设计给出的图样进行，见图 12-289。

2）保护间隙的安装见图 12-289。

（3）中性点隔离开关的接线

1）变压器中性点用镀锌扁钢引出接零序电流互感器 1，零序电流互感器用 75mm^2 软裸铜线接至中性点隔离开关的静触头，同时再引至靠近静触头的保护间隙一端。

2）中性点隔离开关的动触头用 75mm^2 软裸铜线沿柱引下接至公共接地网。

3）保护间隙的另一端用镀锌扁铜与零序电流互感器 2 连接，其出线用 75 软裸铜线沿柱引下与接地回路连接。

4）二次控制回路的接线将在后续统一讲述。

4. GW4-126 隔离开关安装要点

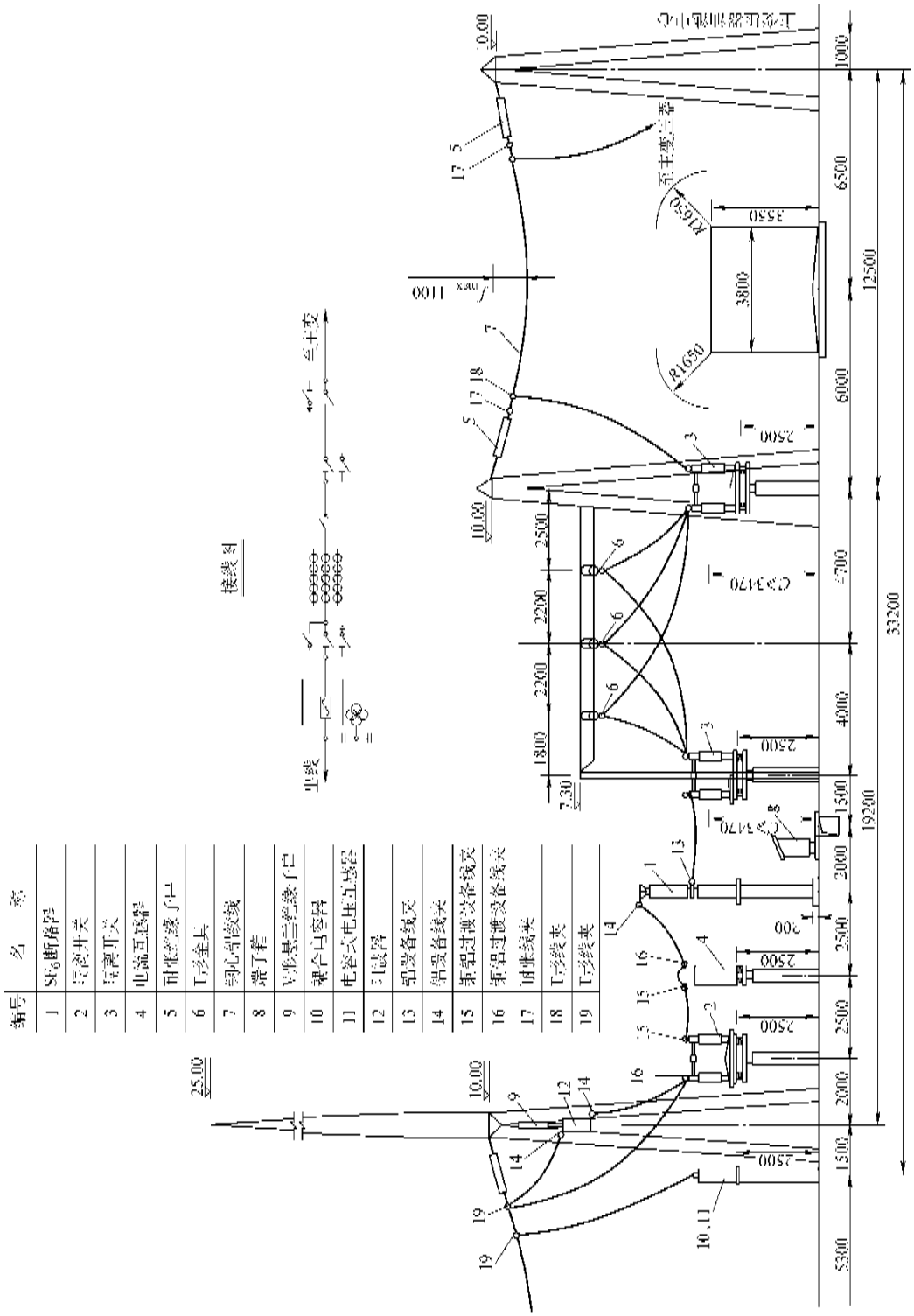
（1）安装前的检查

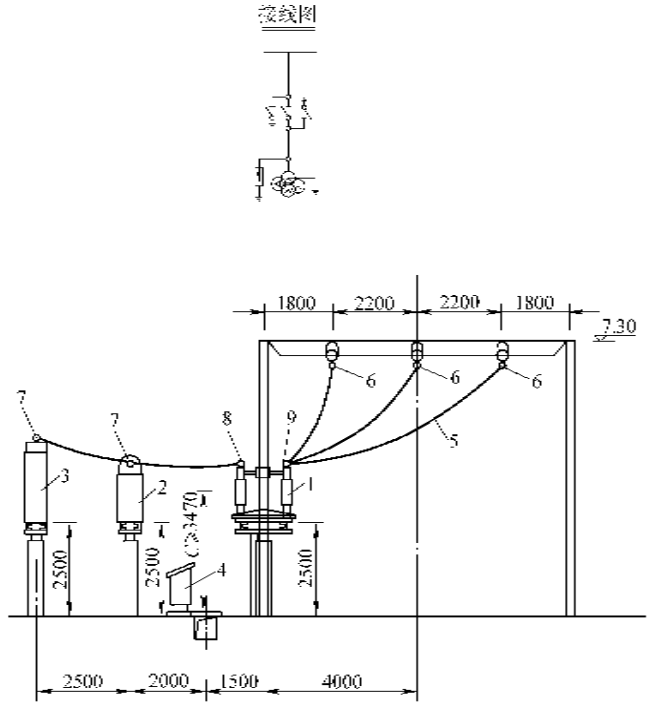
1）清除导电部分及支柱绝缘子的表面污垢，接线端子与母线连接，平面及中间触头，触指接触面清理干净涂导电脂。

2）检测隔离开关回路接触是否良好，通过测量其回路电阻值，如大于表 12-112 值时，检查触头触件是否有损、变形现象，出线座转动是否灵活，若达不到要求，应及时更换，出线座见图 12-290～图 12-292。

3）仔细检查支柱绝缘子外表面不得有碰伤及裂纹，如发现应予更换。

4）所有传动，转动部分应进行润滑。


接线图
出线
主变
编号
名称
1 SF_6断路器
2 隔离开关
3 隔离开关
4 电流互感器
5 耐张绝缘子串
6 T形金具
7 引流导线
8 带丁字
9 V形悬垂绝缘子串
10 硬合母线管
11 电容式电压互感器
12 引线管
13 铝设备线夹
14 铝设备线夹
15 铜铝过渡设备线夹
16 铜铝过渡设备线夹
17 耐张线夹
18 T形线夹
19 T形线夹
25.00
10.00
0.00
7.30
1100
f_{max}
R1650
3550
3800
主变压器
变压器油池中心
C型钢
2500
2200
2200
1800
1500
2000
2500
2500
2000
1500
5300
1000
6500
6000
4000
2000
12500
19200
33200



编号	名　称
1	隔离开关
2	电容式电压互感器
3	避雷器
4	端子箱
5	钢心铝绞线
6	T形线夹
7	铝设备线夹
8	铜铝过渡设备线夹
9	铜铝过渡设备线夹

图 12-286　SF_6 断路器主接线断面图

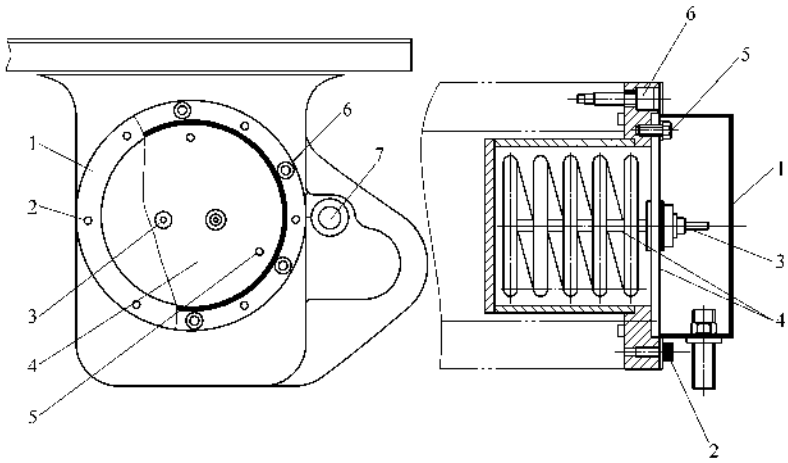


图 12-287 拐臂箱

1—盖 2—螺栓 M6×16 3—接线柱 4—加热器 5—螺栓 M6×12
6—螺栓 M8×25 7—阀门

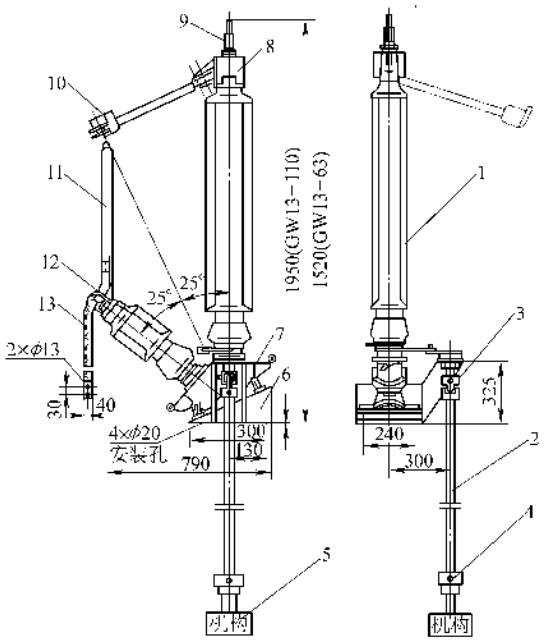


图 12-288 GW13-63、110（W）/630 型中性点隔离开关

1—棒式支柱绝缘子 2—40 焊接钢管（用户自备）
3—万向接头（用户需求订购） 4—套筒
5—机构 6—底架 7—底座 8—接线座
9—接线夹 10—触头 11—导电杆
12—棒式支柱绝缘子 13—软连接

5）检查所有紧固件，如螺栓、弹性销、开口销是否松动。

6）检查手动机构，手柄转动 180°时辅助开关能否切换正常，如不能正确切换，应及时更换，手动机构见图 12-293。

7）CJ6 电动机构使用维护详见其专用安装使用说明书，CJ6 电动机构外形见图 12-294。

（2）安装要点

1）将单极隔离开关本体就地调整好后分别吊装到水平的基础上。

2）检查隔离开关触头接触情况。

① 中间触头在合闸时触头与两排触指应同时接触，必要时调节交叉螺杆（左右螺栓）来达到。

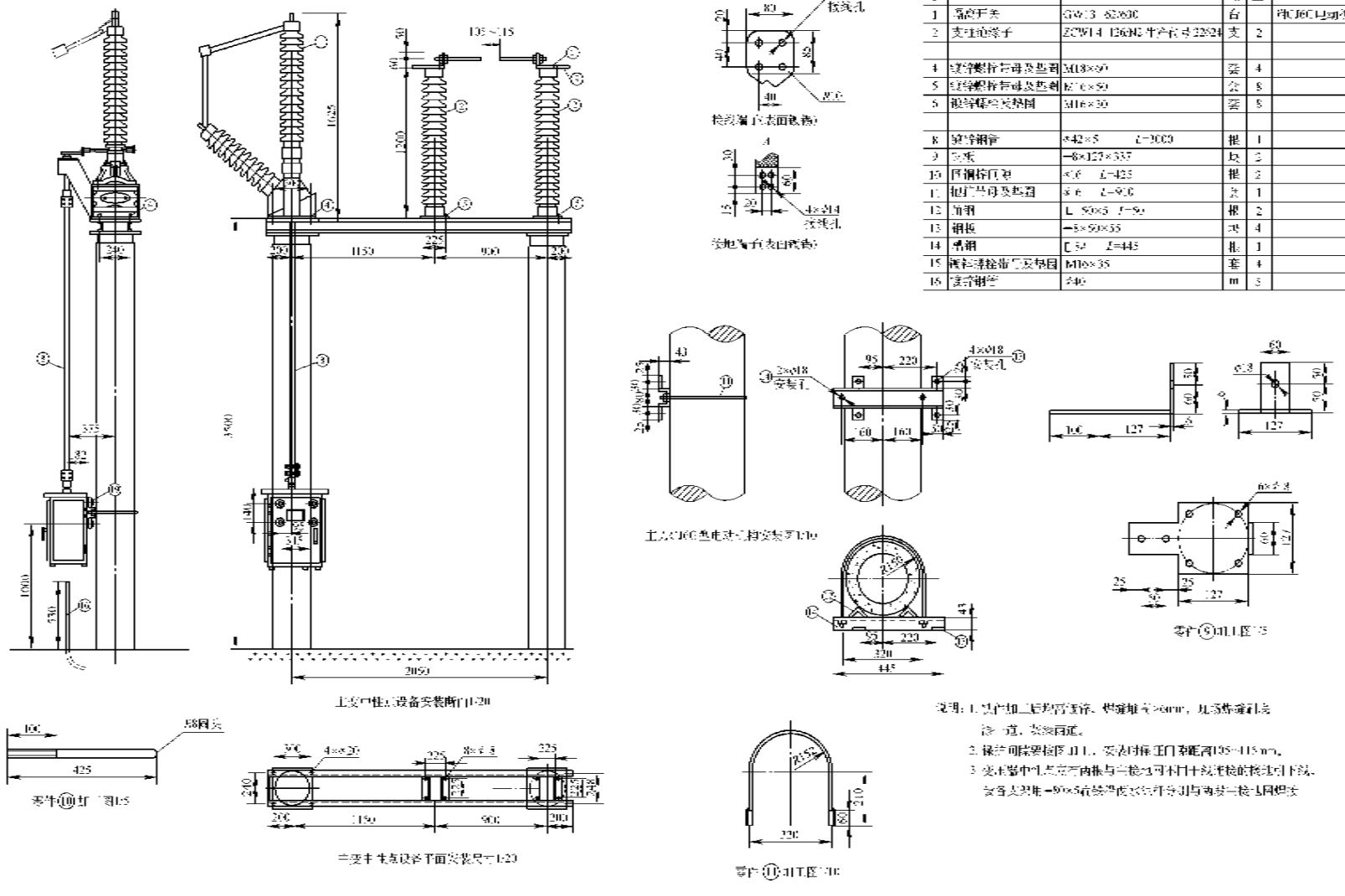
② 中间触头接触对称，上下差不大于 5mm，合闸到终点，中间间隙调到 15～20mm（630A；250A），见图 12-295；7～12mm（2000A），见图 12-296，必要时在支柱根部用增减垫片来达到。但每处加垫厚度不宜大于 3mm。

③ 主闸刀分合位置转动 90°，分合闸终点位置，定位螺钉与挡板的间隙调到适当位置并紧固螺栓。

3）按图 12-297 将主闸刀三相间的联动拉杆装好，调节连杆长度使三相合闸同期性不超过 10mm，三相联动拉杆及支柱间交叉连杆其两端分别有左右螺纹，调整时可直接转动。

4）按图 12-297 将接地开关三相间的连动杆装好，拧紧螺钉并调整操作杠杆、机械联锁杠杆、扭动弹簧达到接地开关分闸时处于水平位置，紧固螺栓。

5）将 CS14G 或 CJ6 电动机构安装在便于用手操作的支架上，以隔离开关底架上的传动轴为中心。用垂线法保证机构主轴与转动轴中心基本吻合，紧固机构上安装螺栓。



序号	名称	型号及规格	单位	数量	备注
1	隔离开关	GW-13 8G630	台		带J60口动机构
2	支柱绝缘子	ZS914 126042 生产厂家 22924	支	2	
4	镀锌螺栓与母及垫圈	M18×50	套	4	
5	镀锌螺栓与母及垫圈	M16×50	套	8	
6	镀锌螺栓与母及垫圈	M16×30	套	8	
8	镀锌钢管	ø42×5　L=3000	根	1	
9	支架	—8×127×337	块	2	
10	圆钢拉杆	ø16　L=425	根	2	
11	拉杆叉母及垫圈	ø16　L=90	套	1	
12	角钢	L 50×5　L=50	根	2	
13	钢板	—8×50×55	块	4	
14	槽钢	[50　L=445	根	1	
15	镀锌螺栓垫圈及母圈	M16×35	套	4	
16	镀锌钢管	ø40	m	3	

图 12-289　GW-13 隔离开关保护间隙的制作与安装

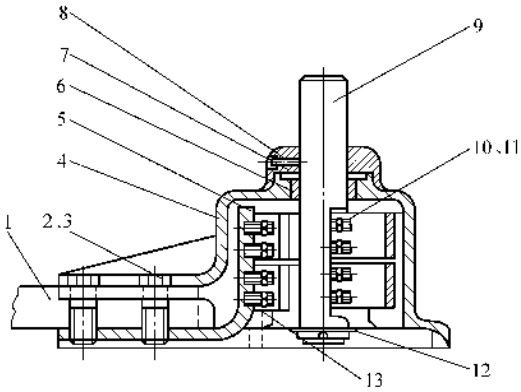


图 12-290 出线座

1—导电杆 2—螺栓 M10×45 3—垫圈 10 4—罩
5—夹板 6—轴套 7—罩 8—锥端紧定螺钉
M6×6 9—导电杆 10—螺栓 11—垫圈 8
12—黄铜垫圈 21 13—软连接

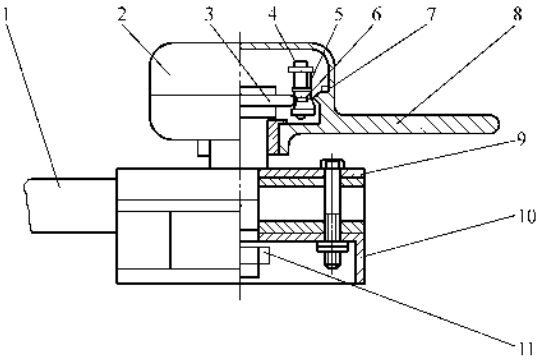


图 12-291 2000A（2500A）出线座

1—导电杆 2—罩 3—导电杆 4—轴 5—弹簧
6—锥形触头 7—密封圈 8—出线座 9—块
10—支持件 11—螺母

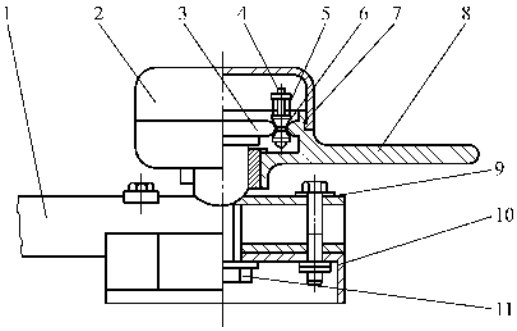


图 12-292 630A 1250A 出线座

1—导电杆 2—罩 3—导电杆 4—轴 5—弹簧
6—锥形触头 7—密封圈 8—出线座 9—垫
10—支持件 11—螺栓

6）机构与隔离开关同时处于合闸或分闸状态，用连接头及联动杆连接隔离开关传动与机构主轴，并达到下述要求：

① 操作 3～5 次后检查隔离开关分合闸是否符合要求，隔离开关打开角度不小于 90°且定位螺钉与挡板的间隙调整到适当位置并紧固螺栓。

② 调整接地开关静触头，并紧固螺栓，使接地开关合闸时接地动触头能正确插入接地静触头。

③ 分闸时调整转动轴上平衡簧，使接地开关保持水平状态。

④ 检查隔离开关与接地开关机械连锁，保证当隔离开关合闸时接地开关不能合闸。接地开关合闸时隔离开关不能合闸的动作正确。

当一切操作正确无误后，相应在三相接地开关转轴上的杠杆配钻 ϕ10mm 孔打入 ϕ10mm×60mm 弹性圆柱销或焊接。接地软连接处应清理，并有金属光泽。

7）安装调整只允许用手动操作，当安装调整完毕用手动操作无误时，方可用电动操作。

（3）安装调试后的检查

1）隔离开关和接地开关分别手动操作 3～5 次，操作平稳，接触良好，分合闸位置正确。

2）配电动机构时在电动机额定操作电压下操作 5 次，在电动机 85% 与 110% 额定操作电压下分别操作 3～5 次，分合闸应正常。

3）隔离开关合闸后触头与触片接触良好，测量主回路电阻（两侧出线端之间）数据不超过表12-112所示。

表 12-112

产品额定电流/A	回路电阻值/μΩ	备注
630	不大于 200	参考值
1250	不大于 100	参考值
2000（2500）	不大于 55	参考值

4）三相合闸同期性不大于 10mm。

5）检查所有传动、转动等部分是否润滑，所有轴销螺栓是否紧固可靠。

6）检查隔离开关与接地开关是否联锁可靠。

（4）接线

1）主触头接线与 35kV 隔离开关相同。

2）单接地的其静触头与主触头的动触头用裸导线连接，其动触头沿柱用镀锌扁钢与接地网可靠连接。

3）双接地的其静触头分别与主触头的动触头、静触头连接，其动触头沿柱分别用镀锌扁钢与接地网连接。

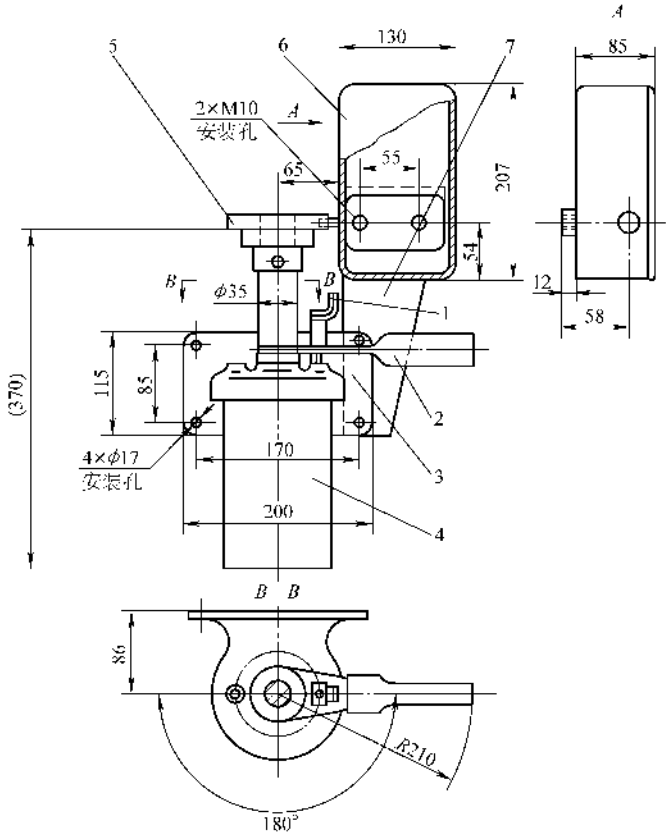


图 12-293　CS14G 型手动机构与电磁锁安装图例

1—锁板　2—手柄　3—基座　4—罩　5—转轴上安装的附件　6—DSW3 户外电磁锁　7—安装板

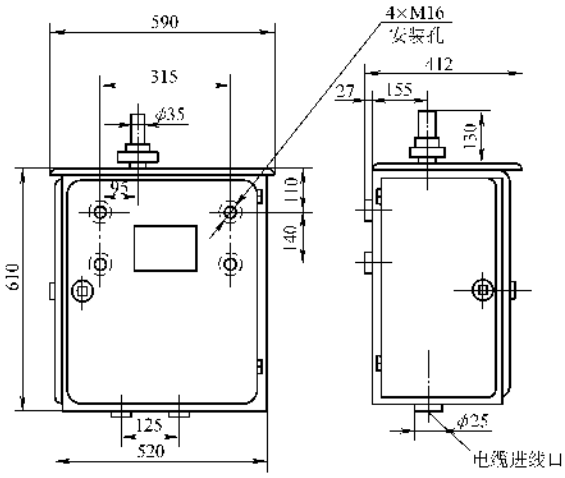


图 12-294　CJ6 电动机构外形安装尺寸图

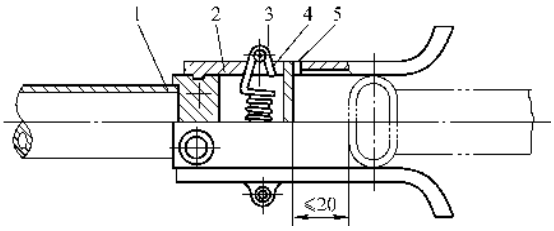


图 12-295　触头

1—导电杆　2—触片　3—销　4—弹簧　5—弯板

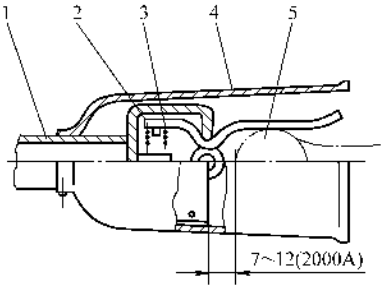


图 12-296　触头

1—导电杆　2—触片　3—弹簧　4—罩　5—圆柱触头

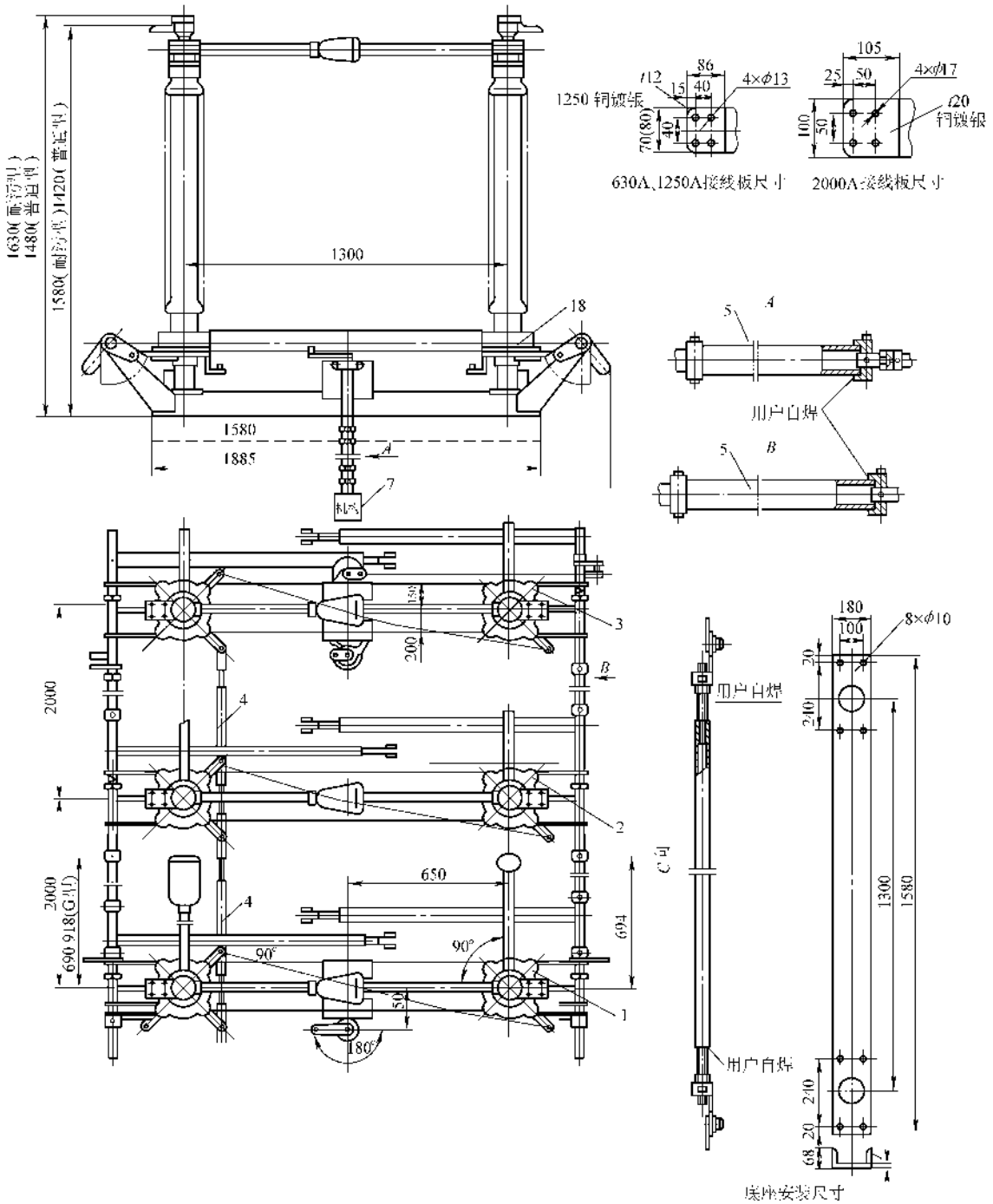


图 12-297 GW4-126 型户外交流高压隔离开关三相联合安装图

GW4-126（G）高原型户外交流高压隔离开关三相联合安装图

这里说明一点，有些厂商在出厂时已经将接地开关的静触头与主触头（静、或动）连接。

4）二次线的连接将统一讲述。

5. 阻波器的安装

阻波器是电力线载波通信系统的关键设备，被串联在高压输电线路上，用以阻塞高频信号向非通信方向传输，从而达到高频通道的稳定传输。为传输遥控、遥测、继电保护信号、电话、电传等信号提供载波通道。产品技术条件符合 GB/T 7330—2008 和 IEC353—1989 国际标准。

（1）结构和性能

阻波器由主线圈、调谐元件和避雷器组成。

主线圈用裸铝扁线绕制而成。根据额定电流等级，设计成径向单层或双层，匝间用玻璃钢垫块绝缘。（B 级耐热）双层径向层间用玻璃钢撑条间隔，整体经绝缘漆浸渍，热固化处理后，具有良好的整体强度。主线圈两端用铝合金吊架夹持，用若干根玻璃钢绝缘螺杆和无磁性钢拉杆紧固。（每根绝缘螺杆抗柱强度达 110kN）调谐元件和避雷器装于其中。

调谐元件由电容器，调谐电感和电阻器组成。与主线圈构成谐振电路，对载波频率呈高阻抗，对于工频电流呈低阻抗。其中电容器根据耐电压要求分别采用 30～120kV 的薄膜介质电容器，调谐电感用高绝缘绕组线绕制成空芯线圈，经浸渍和灌封处理，具有防潮和耐高电压。

阻波器的原理图见图 12-298，安装图见图 12-299。

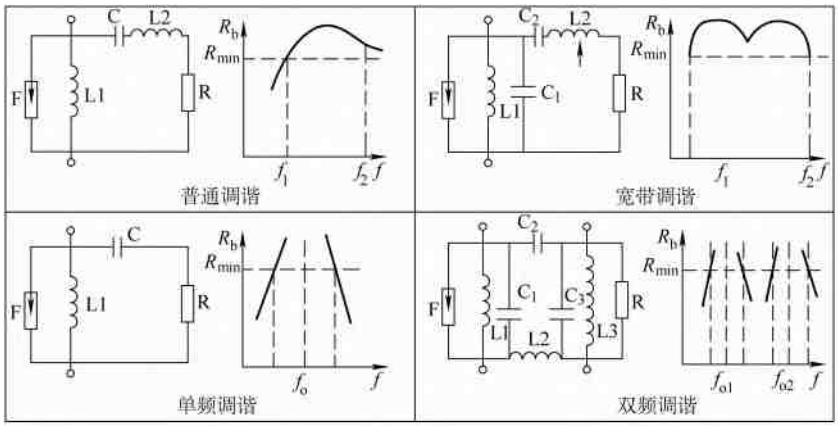


图 12-298　阻波器原理图

（2）安装方法

1）挂式安装。中小型阻波器为中心单吊环，大型阻波器单吊点，双吊点和三吊点。中小型阻波器可用绝缘子串直接挂装在输电线上，也可悬挂于龙门架上。大风地区，阻波器备有下吊环，可用绝缘子串倒 V 形固定，以免阻波器晃动引起事故。挂式安装时，阻波器接线端子的上下联接线长度应适当，使阻波器保持垂直状态，见图 12-299。

2）座式安装。中小型阻波器为单点支持式，大型阻波器为多点支持式。安装时用户把座架等附件安装于阻波器下吊架的固定板上，座架下部与支柱绝缘子联接固定。小型阻波器也可直接座装于耦合电容器上。

（3）测试方法

1）测试电路及使用仪器，见图 12-300，有 X-CD6 导纳电桥，G-DX15 型电压振荡器，M-UD19 型选频电压表。当电桥平衡时，读出 f、G_0 和 C_0 三个数：

阻波器阻塞电阻　$R_b = \dfrac{G_0}{G_0^2 + (2\pi f C_0)^2}$

2）使用 XZL-1 型阻波器、滤波器自动测试仪时，应按其说明书的测试步骤，则可自动显示并打出测试结果。

（4）接线

阻波器是串联在高压线路上的，其上接线端接于电源来的方向上，下接线端接于电源去的方向上，接线必须使用接线端子。与阻波器配套安装的还有 TYD（$110/\sqrt{3}-0.01$H）型电容式电压互感器，安装见图 12-301。电容式电压互感器是单相的，上端子接在相线上，下端子与地可靠连接。

（5）二次回路接线统一在后续内容里讲述。

6. 其他一次设备的安装接线

室外一次设备还有 TYD-$110/\sqrt{3}-0.02$ 电容式电压互感器、TBBJ35-6012-ACW 并联电容器、LB6-110

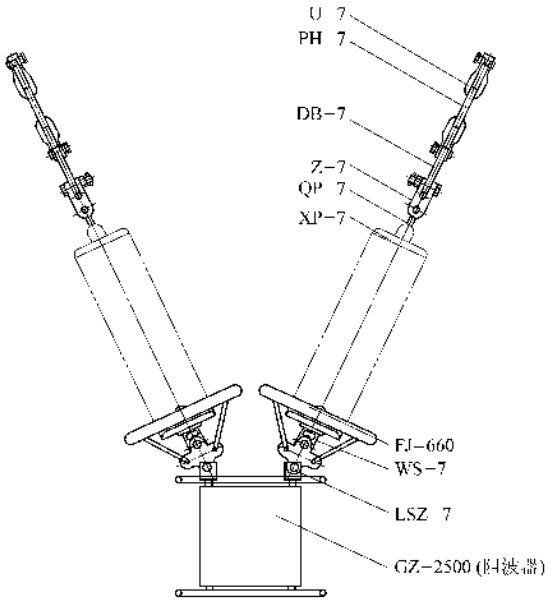


图 12-299 吊挂阻波器及绝缘子串组装图

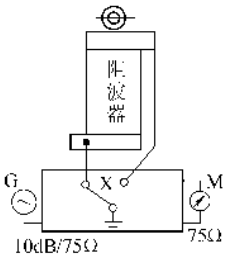
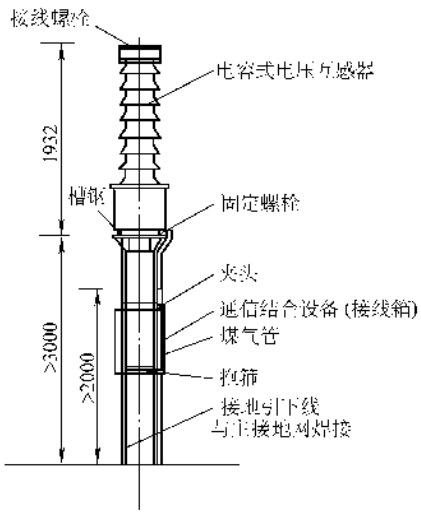


图 12-300



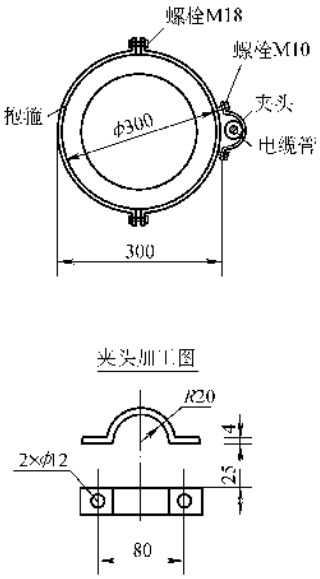


图 12-301 TYD（110/$\sqrt{3}$-0.01H）型电容器的安装

（W2）电流互感器和 Y10W1-100/260W 避雷器的安装，基本与 35kV 相同，这里仅给出安装图，见图 12-302～图 12-305，室外一次设备接线断面图见图 12-286。

四、35kV 室内电气设备的安装调试

室内二次设备主要是 35kV 高压开关柜，其安装方法与 35kV 变电所的基本相同，不同的是柜体型号、规格不同，请读者参阅 35kV 变电所安装调试的相关内容。

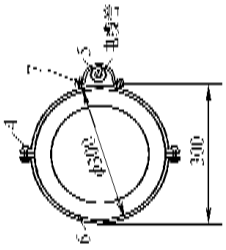
五、中心监控室电气监控系统的安装调试

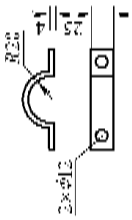
室内中心监控室的安装一般分为三步：一是安装室内钢制龙骨和基础槽钢，并敷设防静电地板，二是柜体安装，三是接线，四是元件检测试验。其中接线和检测是室内中心监控室的关键。检测试验的基础与前述相同，不同的是用新型的微机型检测仪器对微机型监控装置进行检测和试验，要求检测试验人员应熟练掌握微机操作技术，这和我们对传统仪器仪表使用的要求是一样的。

1. 龙骨及地板的安装

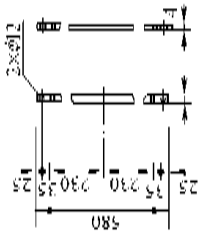
1）钢制龙骨是为防静电地板设置的，一般由土建人员进行安装，同时安装柜体的基础槽钢，这时电气人员要协助土建人员进行安装，其中最主要是要监督基础槽钢的位置及敷设地板时留出柜体的安装口。

2）钢制龙骨和基础槽钢要接地，同时敷设接地线，其中龙骨、槽钢要可靠接地。在施工中还要敷设弱电接地网，这个接地网是专为弱电设备设置的，要和系统接地线分开，详见图 12-306。

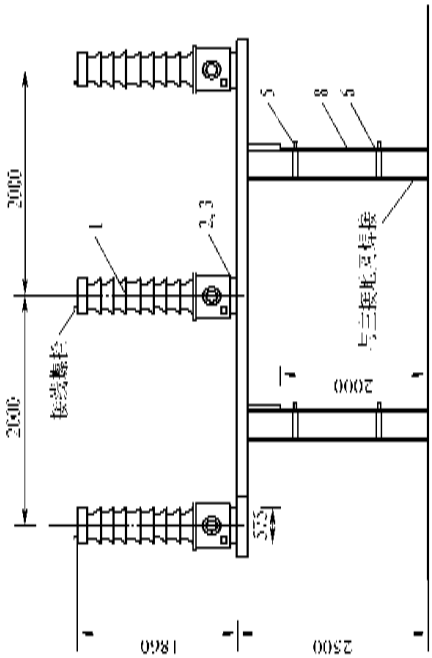


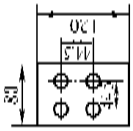


"5"件工图

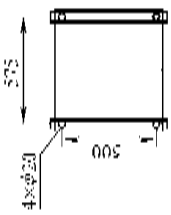


"6"件工图





接线板



底座示意图

编号	名称
1	电容式电压互感器
2	垫圈
3	螺栓
4	螺栓
5	夹头
6	夹座
7	吊板
8	接线管
9	接线板

图 12-302　电容式电压互感器安装图

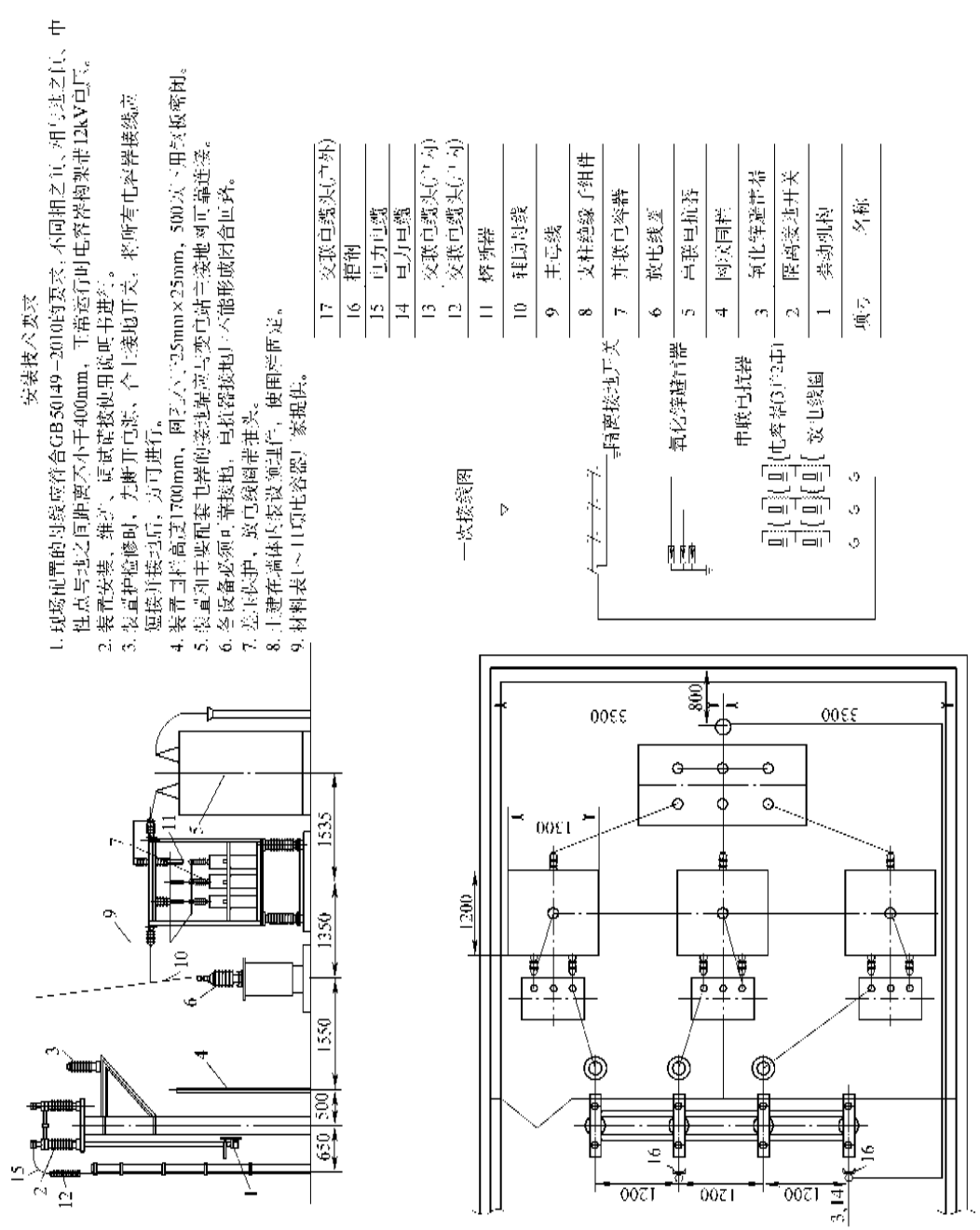
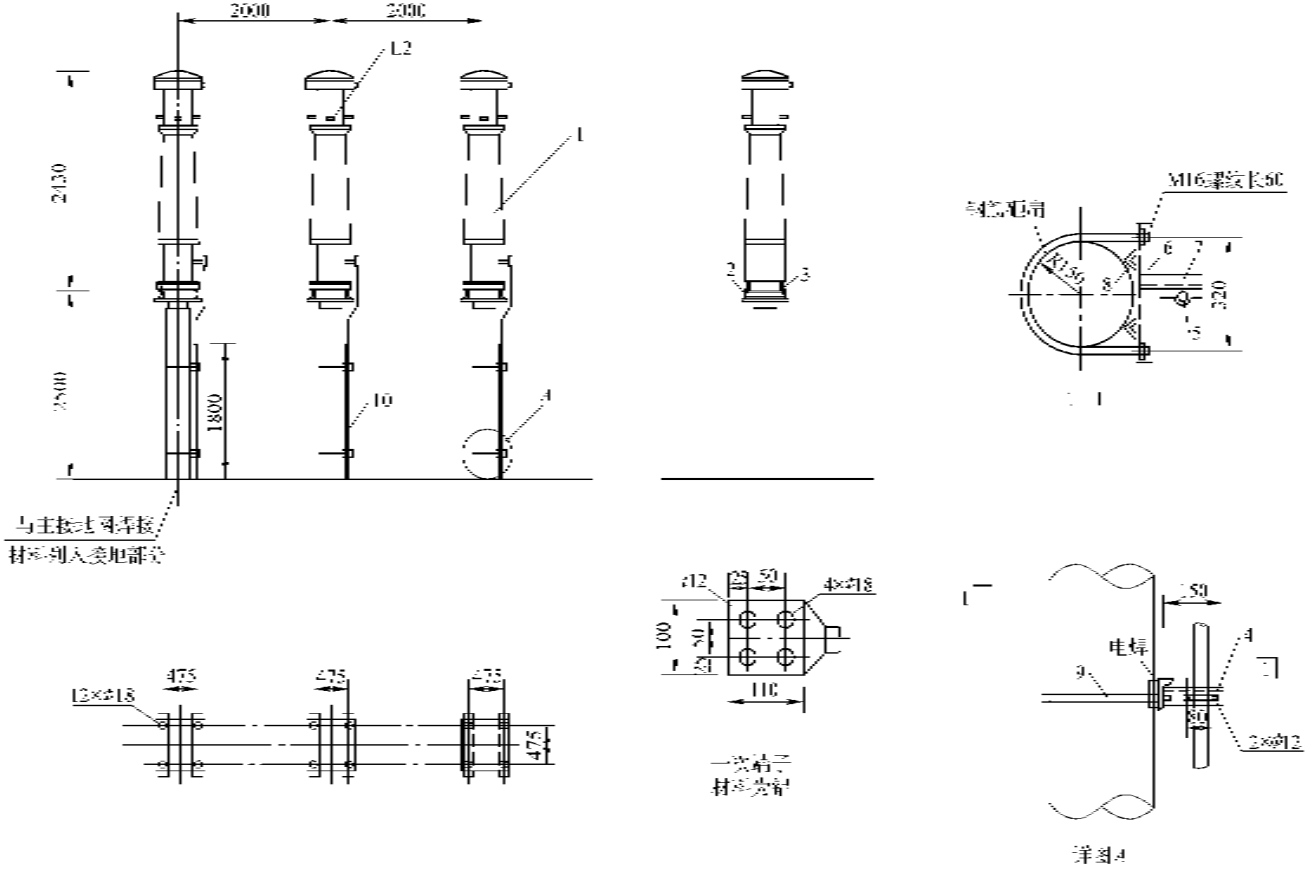


图 12-303 并联电容器安装图



序号	名称
1	电流互感器
2	螺栓
3	六角头螺栓
4	六角头螺栓
5	垫圈
6	垫圈
7	垫圈
8	垫圈
9	直角形母线
10	接气管

图 12-304　电流互感器安装图

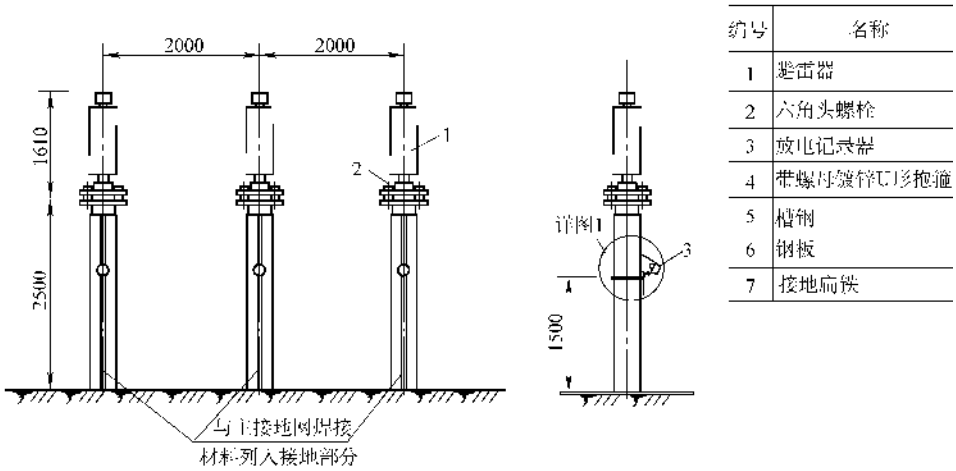


图 12-305 避雷器安装图

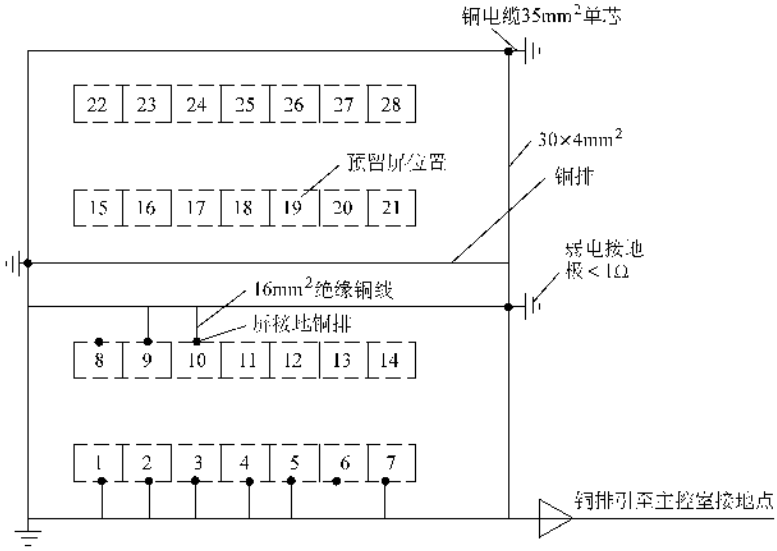


图 12-306 中心监控室接地布置图

3）敷设龙骨前应把所有的控制电缆和电源电缆敷设完毕，并在柜体安装口处留出充分的余量。在地板内弱电电缆是设置在屏蔽槽内的，电缆在地板下必须有序，强弱分开，屏蔽接地。同时应及时用步话机与室外电缆和35kV高压电缆连接处的设备口一一核对，并挂牌，不得存有差错。

2. 柜体安装

中心控制室的柜体安装方法与35kV变电所的基本相同，要求也基本相同，不同的是有些柜体与前述功能作用不同，还有计算机控制/继保的柜体。

计算机控制/继保柜体主要是装设控制/继保模块（也就是计算机继电保护控制装置）的，这种模块是专为变压器、继电保护、控制装置单独设计生产的，能与计算机直接连接，从而达到计算机控制/保护的目的。计算机控制/继保柜体的外形、几何尺寸、结构与原继保柜基本相同，见图12-307。柜内模块本身相关内容见表12-113和表12-114的接线由制造厂接好，应按说明书核查接线。输入信号/输出信号则由安装单位现场接线，接线时应与厂商沟通，确保接线正确。

3. 接线

110kV变电所室内设备和中心控制室的接线图很多，也很复杂，但基本与35kV变电所的接线方法相同，这里仅举几例前述内容中没曾提到的计算机控制/继保柜的二次接线。二次接线是室内设备、中心控制室、室外设备沟通的通道，所有室外设备的控制箱、二次线端子均通过电缆与室内设备、中心控制室相应的柜内端子板连接，形成控制/继电保护回路。

表 12-113　标牌位置示意表

Ⅰ-4FW	Ⅱ-4FW	SA	JA	TA	9ZK		
主变 高压侧控制	主变 低压侧控制	调压升 控制	调压降 控制	调压急停 控制	调压 转换开关		
4n	9n	Ⅰ－8n	Ⅱ－8n	Ⅳ－8n	Ⅲ－8n		
操作箱	主变 测控装置	差动保护箱	高压侧后备 保护箱	非电量 保护箱	低压侧后备 保护箱		
LP1	LP2	LP3	LP4	LP5	LP6	LP7	LP8
主变差动	备用	高压侧复压 (方向)过电流	高压侧零序 (方向)过电流	高压侧 间隙零序	备用	高压侧 电压投退	高压侧 零序过电压
LP9	LP10	LP11	LP12	LP13	LP14	LP15	LP16
备用	低压侧 复压过电流	低压侧 限时速断	备用	低压侧 电压投退	备用	本体重瓦斯	调压重瓦斯
LP17	LP18	LP19	LP20	LP21	LP22	LP23	LP24
压力释放	冷却器全停	差动保护 跳高压侧	高压后备保护 跳高压侧	低压后备保护 跳高压侧	本体保护 跳高压侧	差压保护 跳低压侧	高压后备保护 跳低压侧
LP25	LP26	LP27	LP28	LP29	LP30	LP31	LP32
低压后备保 护跳低压侧	本体保护 跳低压侧	差动保护 跳高压桥	高压后备保护 跳高压桥	低压后备保护 跳高压桥	本体保护 跳高压桥	高压后备保护 跳低压侧分段	低压后备保护 跳低压侧分段
LP33	LP34	LP35	LP36	LP37	LP38	LP39	LP40
调压闭锁	通风启动	闭锁高压 备自投	闭锁低压 备自投	备用	调压升	调压降	调压急停

表　12-114

序号	代　　号	名　　称	型号及规格	数量	备　　注
1	8XJ 860 BH1123	型号铭牌		1	
2	JP-6A/2/G1	柜体	2260×800×600	1	颜色：计算机灰
3	8XJ 061 454	铭牌面板		1	
4	8XJ 860 090	厂标铭牌		1	
5	8XJ 860 108	接地标志		1	
6	8XJ 160 639	接地铜母线		2	
7		小母线接线座	JMX-2	4×14	
8	8XJ 061 BH1123	面板		1	
9	8XJ 061 455	压板面板		1	
10	8XJ 061 470	标签框面板		3	
11	8XJ 061 456	压板面板		2	
	8XJ 061 434	空面板	2U	3	
	8XJ 860 075	下铭牌		1	

（续）

序号	代　　号	名　　称	型号及规格	数量	备　　注
	5XJ 310 179	标签框		50	
	1n′	打印机	LQ-300K +	1	
		打印机箱	JJX-49	1	
	4n	高、低压侧三相操作箱	ZSZ-815	1	DC220V
	Ⅳ-8n	非电量保护装置	WBH-814	1	DC220V
	9n	测控装置	FCK-802	1	DC220V AC100V，5A
	Ⅰ-8n	变压器差动保护装置	WBH-812	1	
	Ⅱ-8n	变压器高压侧后备保护装置	WBH-813/H	1	
	Ⅲ-8n	变压器低压侧后备保护装置	WBH-813/L	1	
	43n	网络打印接口	NGX-801	1	
	RD1，RD2	熔断器	JH14-2.5RD2A	2	
	Ⅰ～Ⅳ-8DK，9DK，1DK	直流断路器	5SX5 203-7	6	西门子
	Ⅰ～Ⅱ-4DK	直流断路器	5SX5 206-7	2	西门子
	Ⅱ～Ⅲ-8ZKK	直流断路器	5SX2 301-7	2	西门子
	JH	直流电磁继电器	UEG/A-1H1D/220V	1	
	A′	PHILIPS 灯	40W	1	
	A	通用螺口灯座	250V 4A	1	
	XK	行程开关	LX19K	1	
	LP	连接片	FJL1-2.5/2	40	
	Ⅰ～Ⅱ-4KK	控制开关	LW21-16XZDH04-3N5	2	上海伊莱克斯
	Ⅰ-4ZK　Ⅱ-4ZK　9ZK	转换开关	LW21-16XZDH02-2B5	3	上海伊莱克斯
	Ⅰ-4FW　Ⅱ-4FW	防误锁		2	
	WD1～WD2	温度变送器	MCR9010CB-PT100	2	南京澳德思
	DY	电源模块	XJ30-4（DC220V）	1	
		档位转换器	HMK7（AC220V）	2	用户自备
		交流断路器	5SX2 210-7	1	
	KG	船形开关	KCD2-21A（绿色）	1	

（1）主变测控保护的接线

主变测控保护系统图见图 12-308。

主变测控保护系统电流互感器接线见图 12-309。

由图可以看出，110kV 侧零序过电流保护电流继电器 1TA′、差动保动电流继电器 1TA、12TA、110kV 侧间隙零序过电流保护电流继电器 2TA′、110kV 侧后备保护电流继电器 3TA、电能计量电流互感器 4TA、9TA 的二次线都要接到相应的模块Ⅰ-8n、Ⅱ-8n、Ⅲ-8n、9n 的相应端子上，当然这些接线都是通过端子板进行的。因为端子板接线图太多，这里没有列出，与前述 35kV 变电所基本相同。现场设备（电流、电压互感器）的端子箱到室内测控柜端子板的电缆必须是 1.5mm^2 铜芯电缆，并有备用线芯。

35kV 电压互感器回路的接线与前相同，见图 12-310。

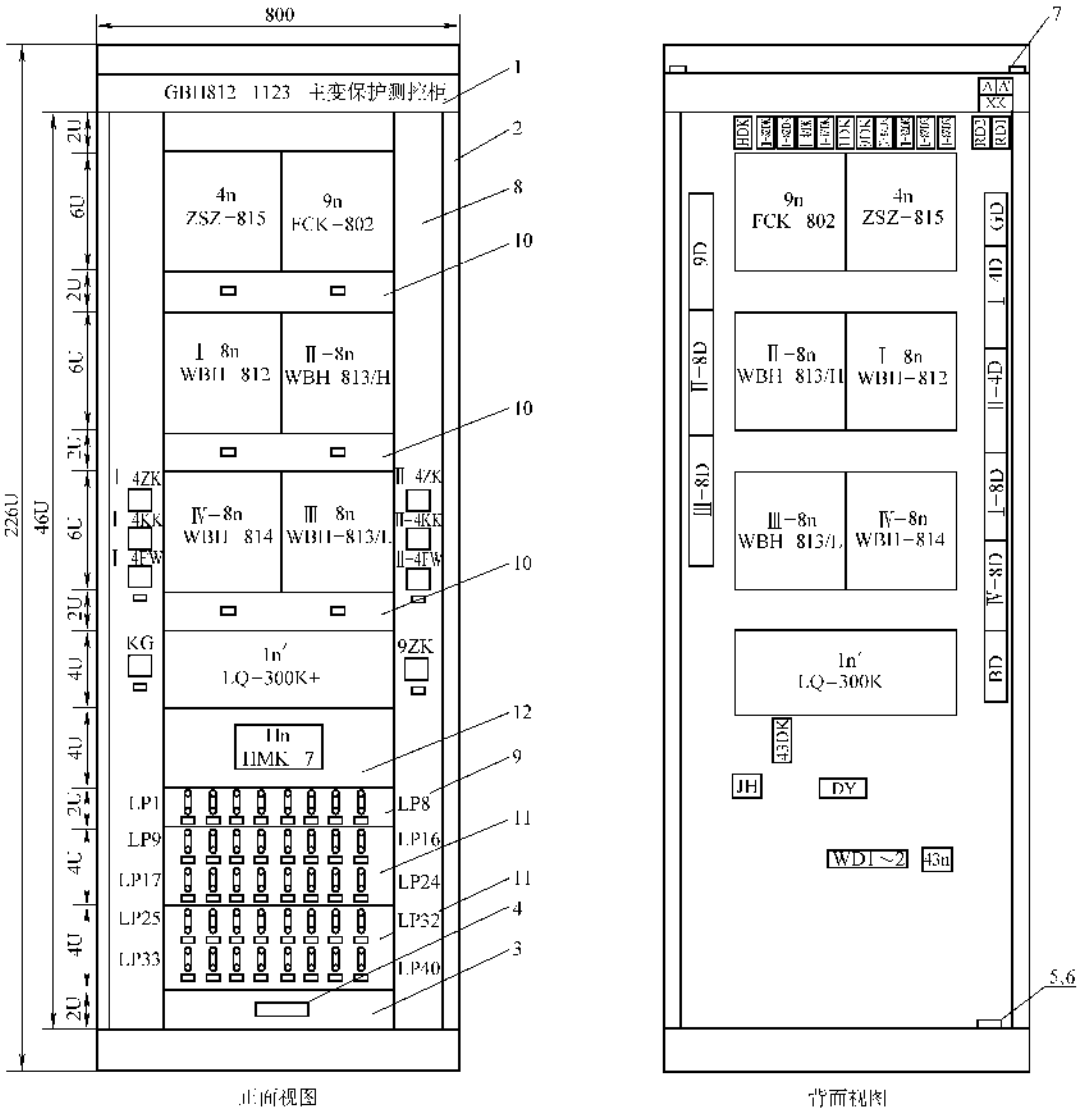


图 12-307　主变压器测控保护柜

（2）35kV 开关柜二次接线

1）系统图见图 12-311。

由图可见二次线的电缆连接时，公用测控柜小电流接地装置到 35kV 柜、35kV 柜到公用测控柜均由电缆连接。

2）柜内断路器控制接线见图 12-312。

同样其控制保护部分的接线要与 In 模块（保护测控装置）连接。

图 12-313 是继保回路和测量回路，基本与 110kV 相同。图 12-314 是 35kV 系统开关量与模块的连接。表 12-115 是图 12-312 设备元件对照表。图 12-315 是 35kV 线路保护测控柜保护测控端子排接线图。

图 12-316 是 35kV 柜控制保护原理图。

图 12-317 是综合测控柜的原理图（部分）。两图均给出模块内部具体的线路图，供参考。图 12-318 是运动柜原理接线图，图 12-319 是运动柜的接线端子板接线图，图 12-320 是该 110kV 升压站监控系统网络结构图，供读者参考。因其接线图太多、太杂不便列出，但从结构图可看出其接线方式，其他按其端子排接线图进行即可。

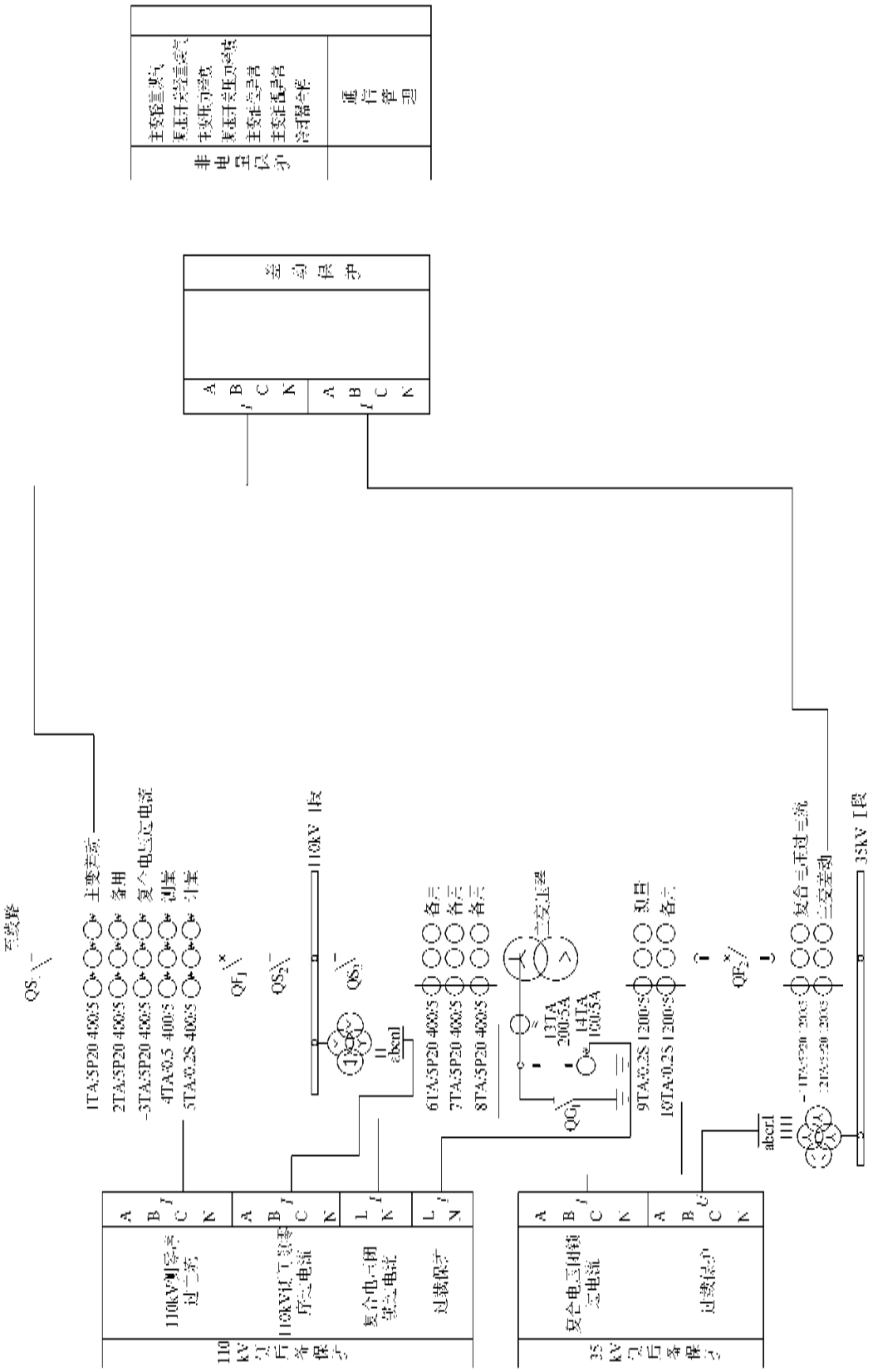
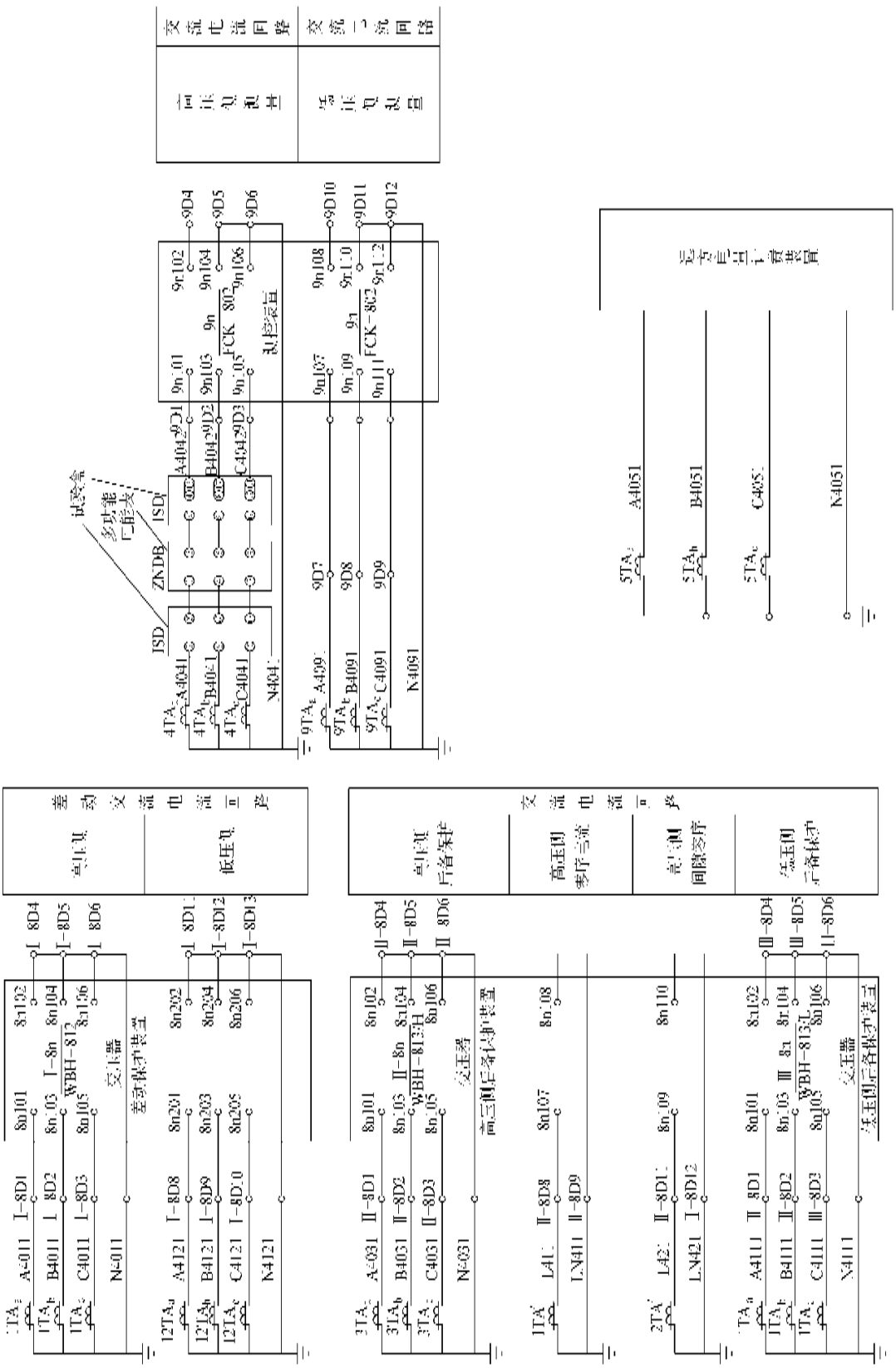


图 12-308 主变测控保护系统图


交流电流回路
交流二流回路
高压电机和其他
低压电机
差动交流电流回路
高压变压器后备保护
高压变压器零序电流
高压变压器间隙零序
低压变压器后备保护
交流电流回路
交流电流回路
交流电流回路

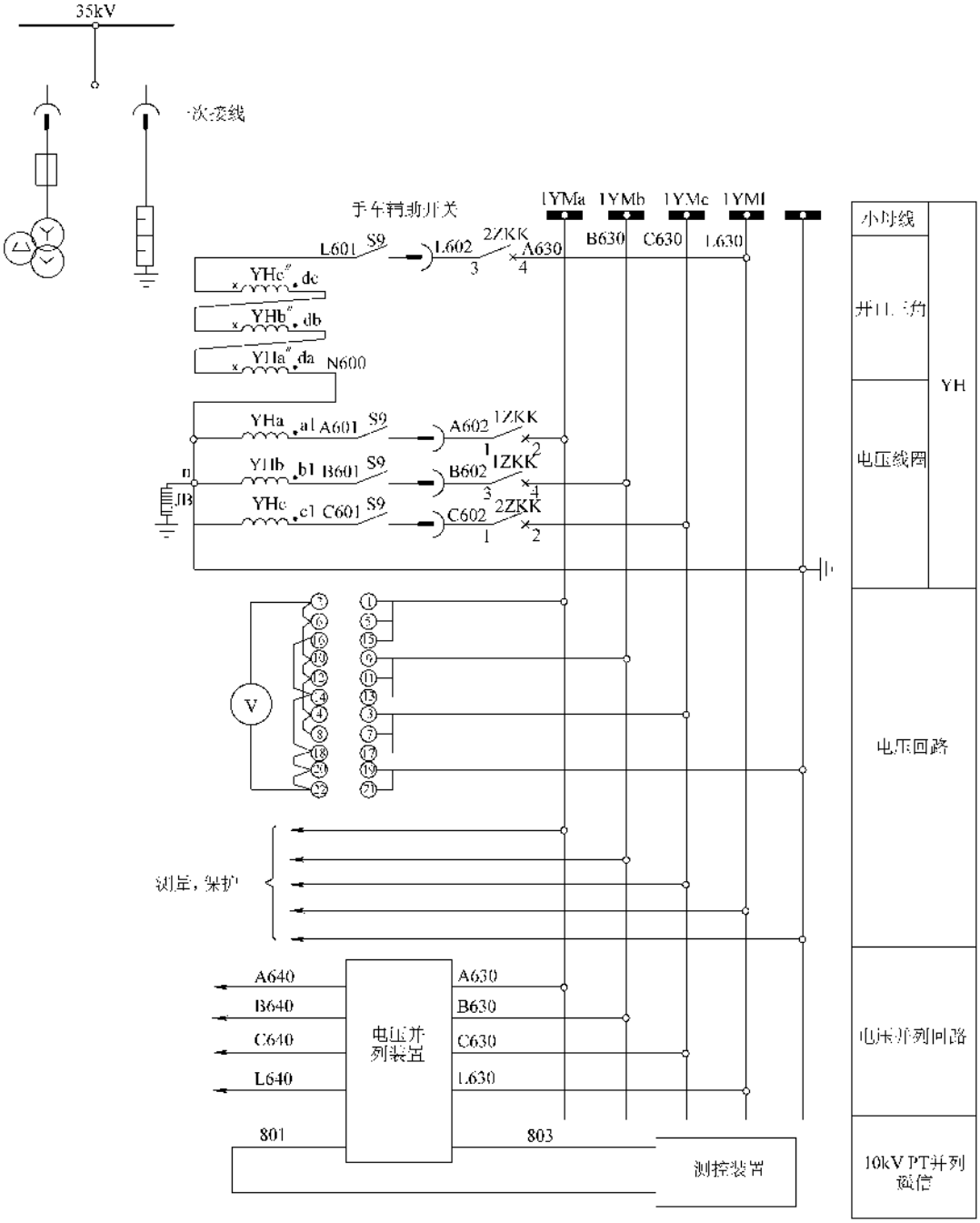


图 12-310 35kV 电压互感器回路接线图

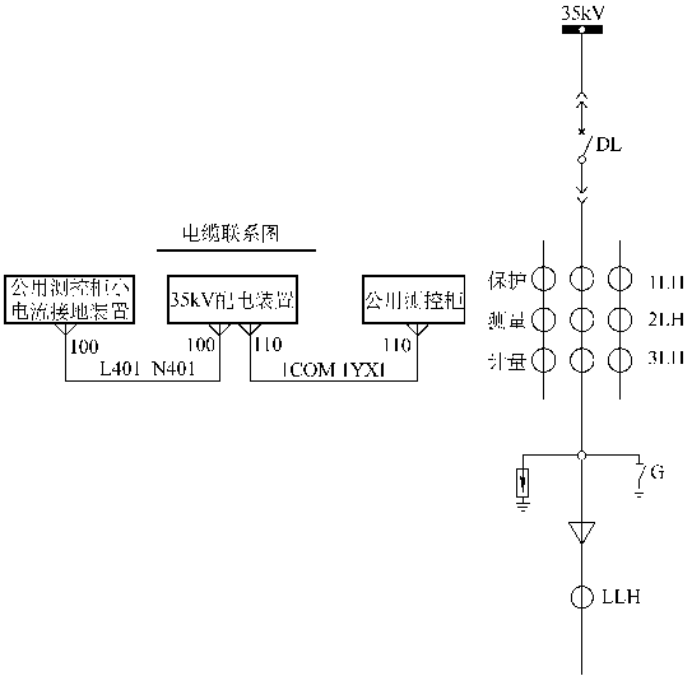


图 12-311　35kV 开关柜二次接线系统图

表 12-115　图 12-312 元件对照表

符　　号	名　　称
WF	五防锁
Wh	智能电度表
1LP1 ~ 1LP3	连接片
1K	自动断路器
1ZKK	自动断路器
LD	绿灯
HD	红灯
BD	白灯
1QK	切换开关
TA	分闸按钮
HA	合闸按钮
JH	试验接线盒
AS	温度控制器
ER1 ER2	柜内加热器
D	储能电动机
DL	辅助开关
HQ	合闸线圈

（续）

符　　号	名　　称
TQ	分闸线圈
SWK	手车试验位置指示开关
YWK	手车工作位置指示开关
WK1 ~ WK4	微动开关
1n	线路保护测控装置
ZK	断路器
	小电流接地装置

这些图样的给出主要是让读者更多地了解和认识110kV 变配电系统的装备和线路，这是因为这些图样目前在国内并不多见，它们仅仅是刚刚进入到施工阶段或刚竣工，除了技术的公开外，主要目的是让读者在阅读本书的时候感觉到有收获，感到电气工程是一个技术领先的专业。

110kV 变电所关于计算机（简称微机）继保/控制装置的图样很多，限于篇幅的关系这里不能一一列出，我们列举的几个也只能是抛砖引玉，使读者初步掌握微机继保/控制装置的接线，并与继电器继保/控制装置的接线对比。可以看到，该模块代替了复杂的继电器线路，但继保、控制原理是一样的，这就是原来的继电器继保控制的安装调试人员为什么能很快掌握继保/控制模块安装调试技术的原因。

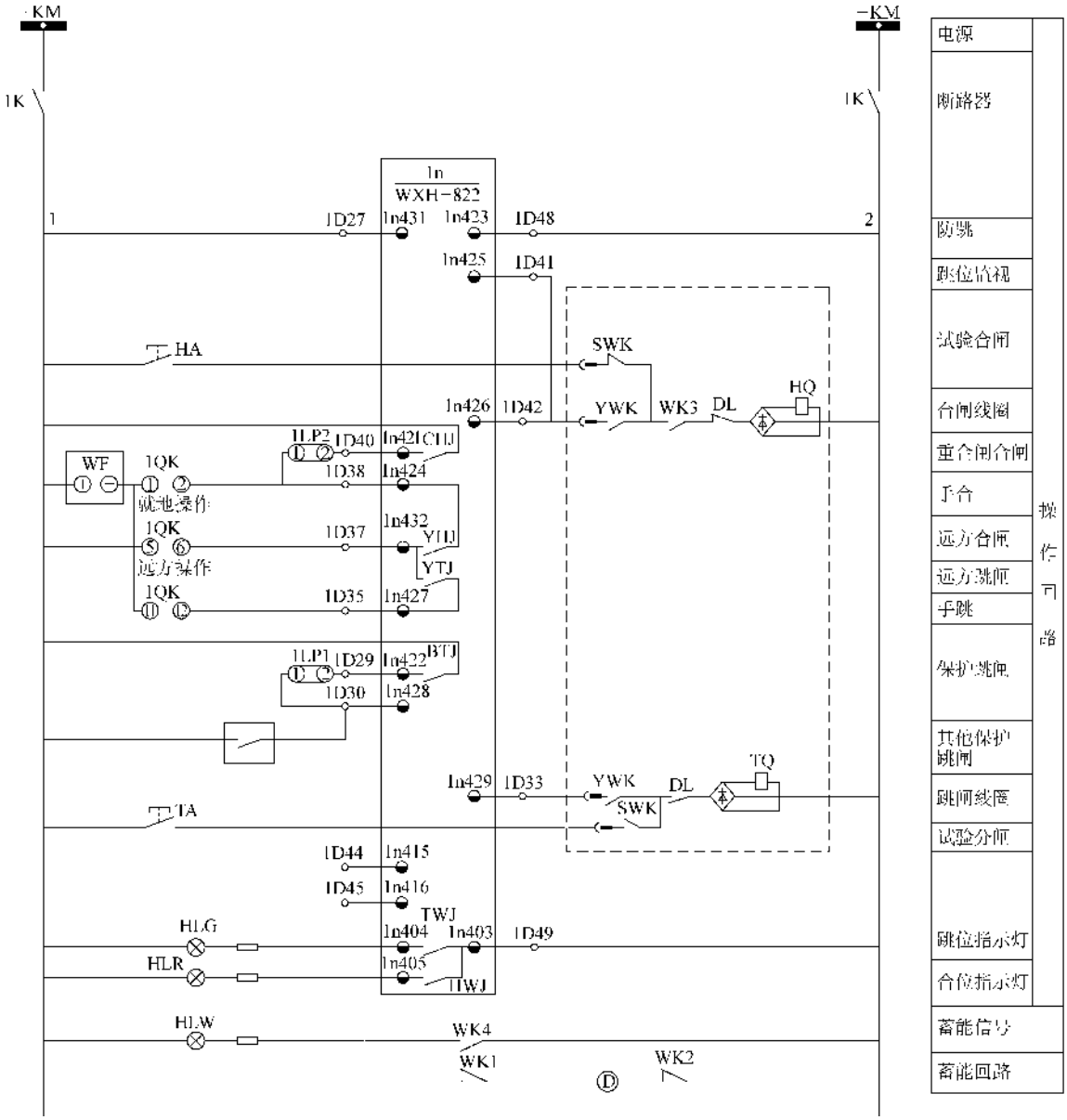


图 12-312 35kV 开关柜断路器接线图

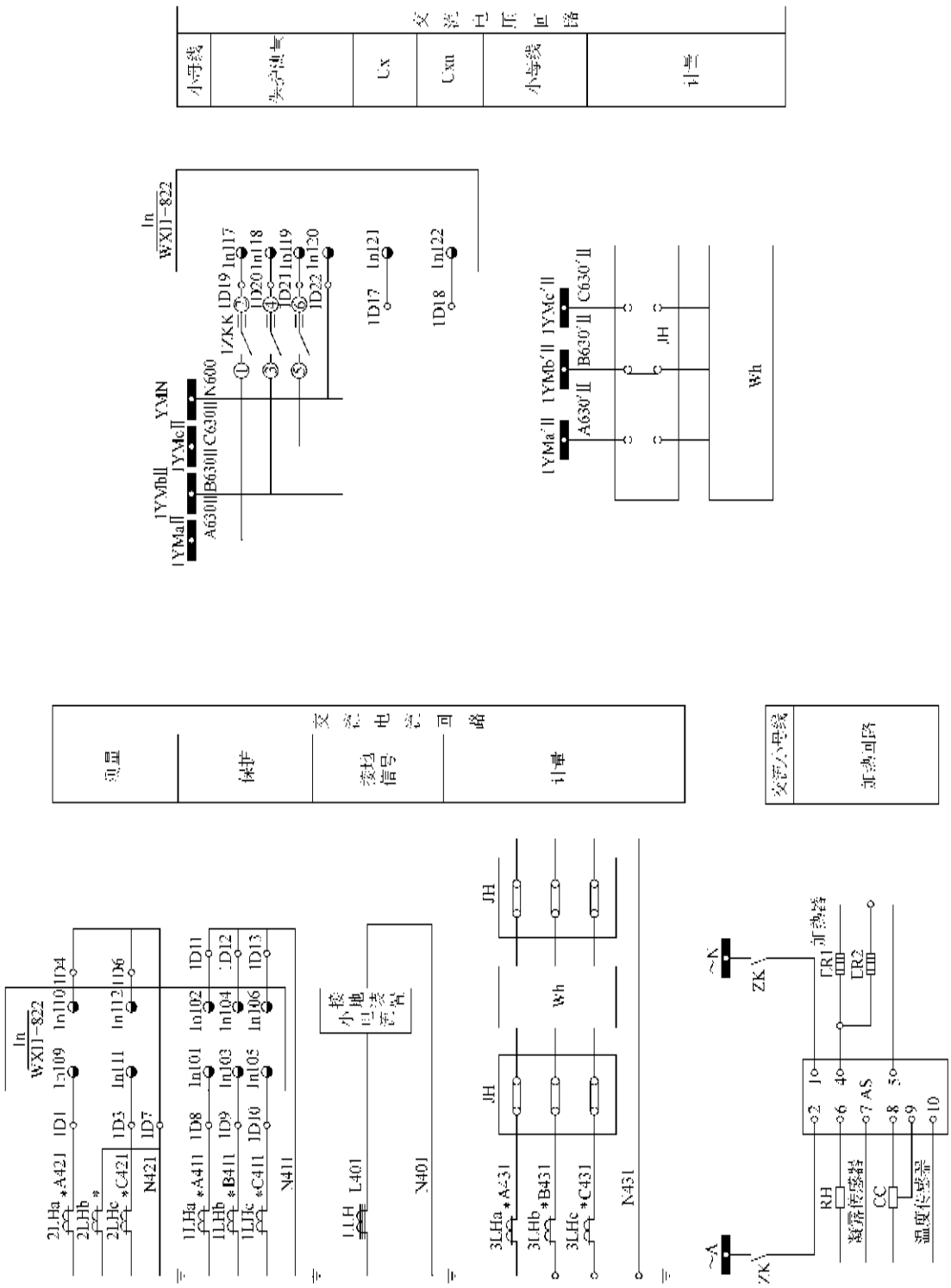


图 12-313　35kV 开关柜继保测量回路接线图

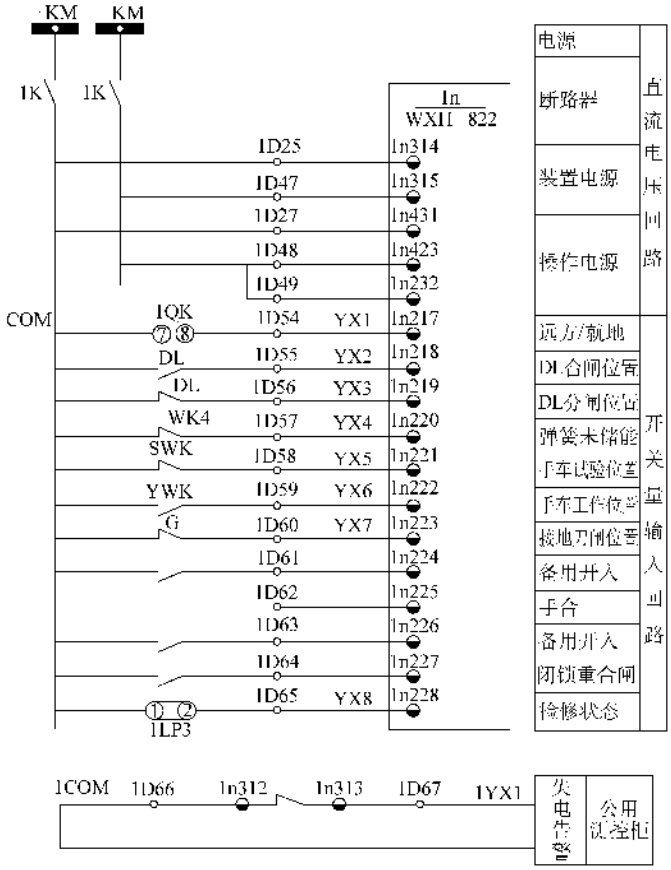


图 12-314 35kV 系统开关量与模拟量接线图

4. 小电流接地选线/消谐装置的安装和调整

当小电流系统发生单相接地时，故障线路零序电流为其他非故障线路零序电流之和，原则上它是这组采样值中最大的，但由于电流互感器误差、信号干扰以及线路长短差别悬殊，有可能在排序时排到第二、第三，但不会超出前三，这一步为初选，所采用的原理是相对概念（在现行运行方式下，取前三个最大的）。第二步，在前三个信号里，采用相对相位概念即用电流之间的方向或电流与电压之间的超前与滞后关系，进一步确定是前三个中的哪一个故障，还是母线故障，相对的相位关系允许角度误差在 ±85°之间，而零序电流二次侧幅值可在 1 ~ 1000mA 之间变化。由于采用双重判据，而且使用的都是相对原理，克服了运行方式变化、接地电阻及线路长短的影响，并且不需整定。

BW—ML 系列微机型小电流接地选线装置是目前较为先进的装置，是 35kV、110kV 变电所的必备装置，其装置的工作过程有两种状态。

当系统无单相接地故障时，装置处于监视状态，液晶屏显示当前日期与时间。当电压互感器开口三角输出零序电压大于整定值（出厂设置为 30V）时，表示系统发生单相接地或谐振，启动 CPU 进行数据的收集、滤波、排序、判断、经过多次综合分析后，将接地或谐振故障信息（如接地起始时刻、故障线路号、故障累计时间等），送液晶屏显示、打印，并将判断结果送继电器输出或串口输出。

该装置外形尺寸和面板布置图见图 12-321 和图 12-322。

BW—ML 系列装置的安装因体积小所以较为简单，但接线必须按其技术要求进行。

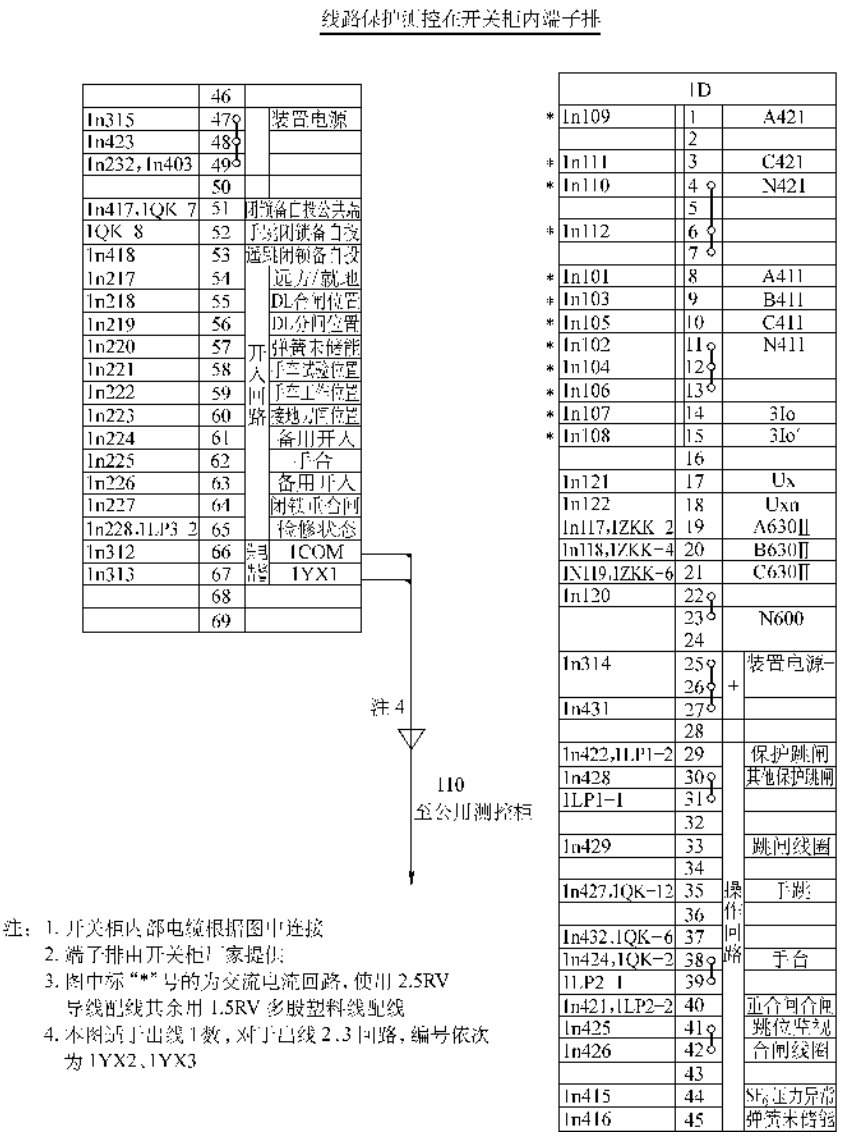


图 12-315　35kV 线路保护测控柜内端子排接线图

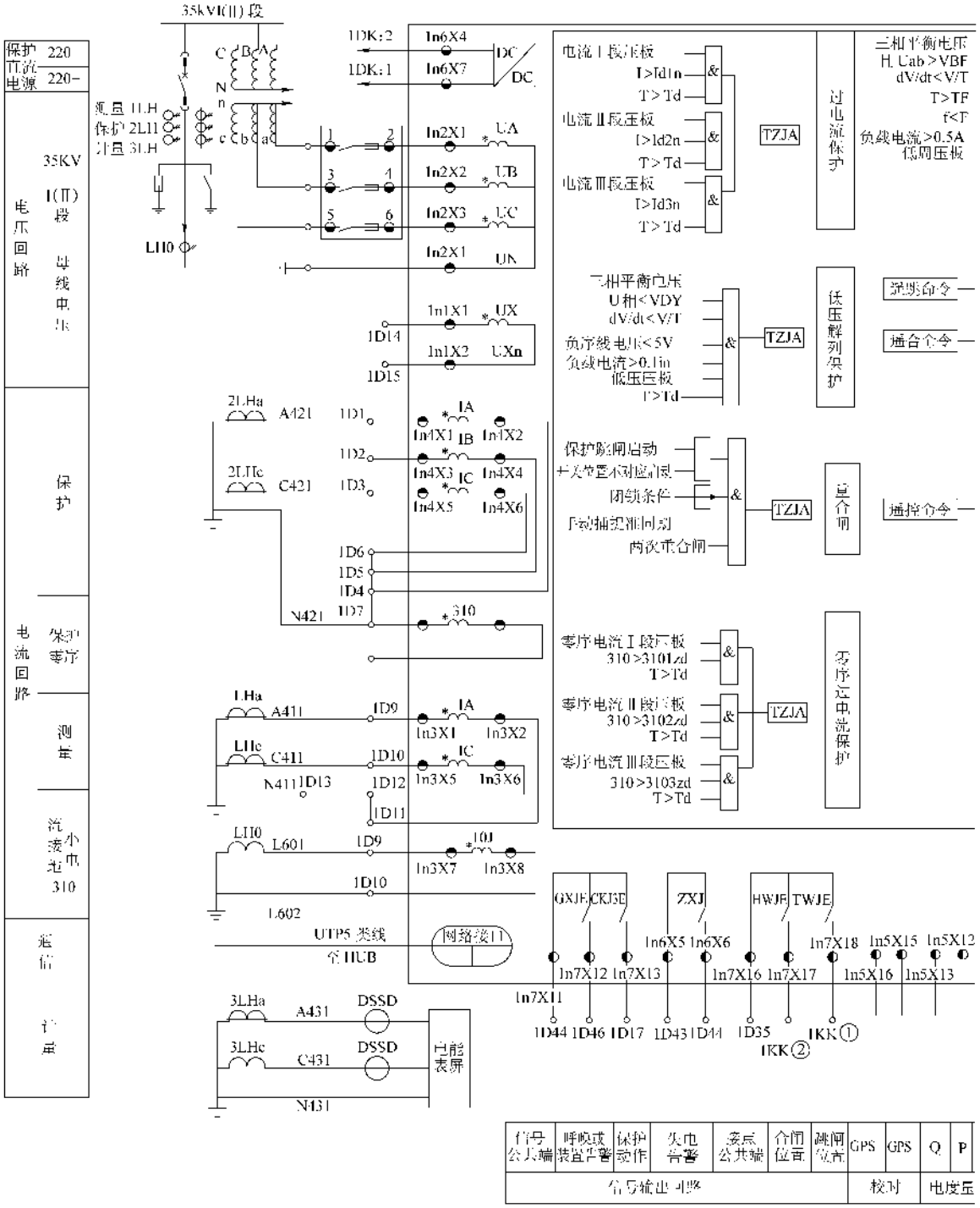
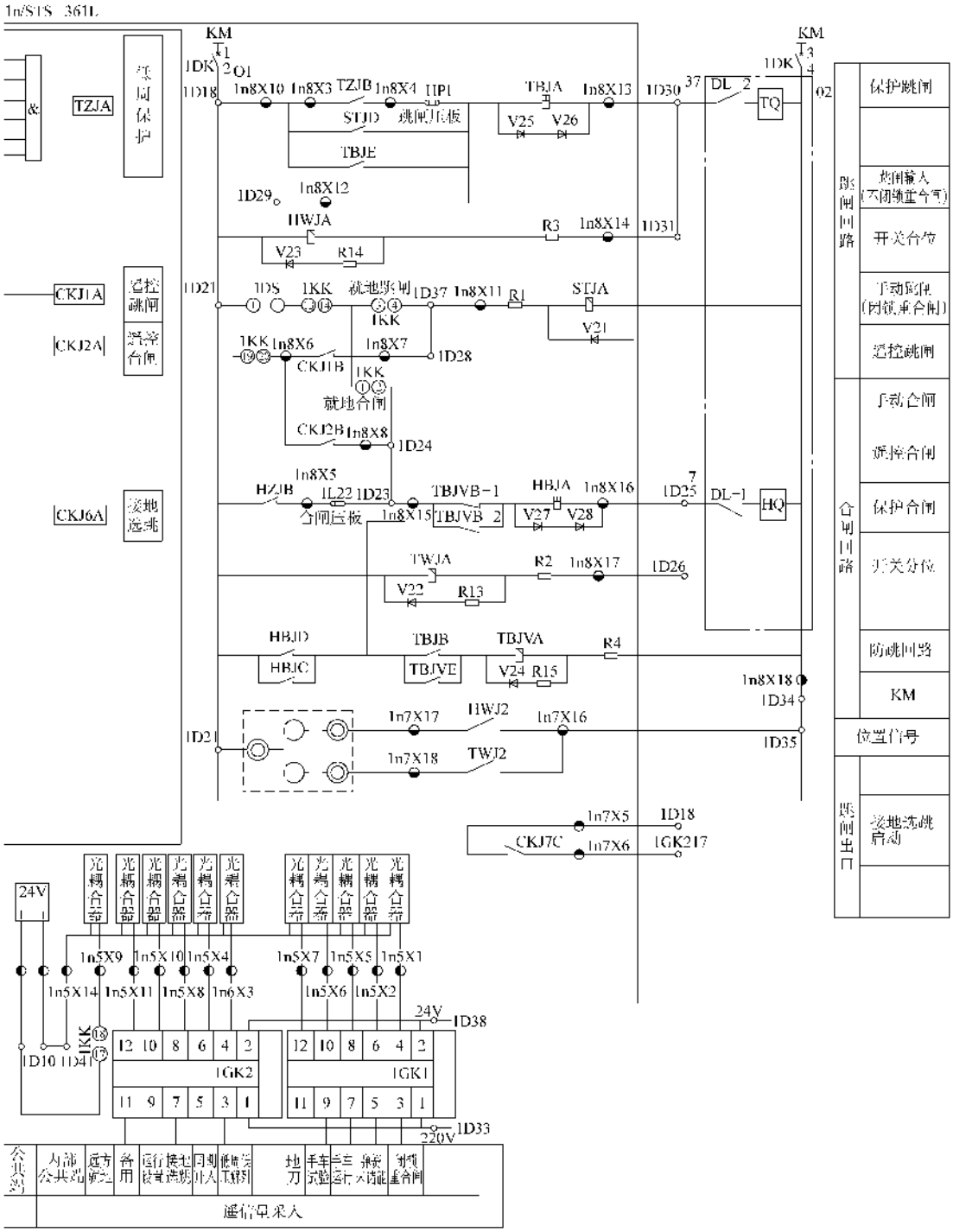


图 12-316 35kV 柜


1n/S1S 361L
KM
1DK
1D18
1n8X10
1n8X3
TZJB
1n8X4
TJP1
STJD
跳闸压板
TBJE
TBJA
V25
V26
1n8X13
1D30
DL 2
TQ
TZJA
变压器保护
1D29
1n8X12
HWJA
V23
R14
R3
1n8X14
1D31
CKJ1A
遥控跳闸
CKJ2A
遥控合闸
1D21
1DS
1KK
就地跳闸
1D37
1n8X11
R1
STJA
V21
1KK
1n8X6
1n8X7
1D28
CKJ1B
就地合闸
CKJ2B
1n8X8
1D24
CKJ6A
接地选跳
HZJB
1n8X5
1L22
1D23
合闸压板
TBJVB-1
TBJVB 2
HBJA
V27
V28
1n8X16
1D25
DL-1
HQ
TWJA
V22
R13
R2
1n8X17
1D26
HBJD
HBJC
TBJB
TBJVE
TBJVA
V24
R15
R4
1n8X18
1D34
1D35
1D2
1n7X17
HWJ2
1n7X16
1n7X18
TWJ2
1n7X5
1D18
CKJ7C
1n7X6
1GK217
24V
光耦合器
1n5X9
1n5X10
1n5X4
1n6X3
1n5X7
1n5X5
1n5X1
1n5X14
1n5X11
1n5X8
1n5X6
1n5X2
24V
1D38
1D10
1D41
1GK2
1GK1
220V
1D33
公共端
内部公共端
远方解锁
备用
运行接地选跳
回到正人
地刀
手车试验
手车运行
就地合闸
分闸重合闸
遥信量采入
保护跳闸
跳闸输入(不闭锁重合闸)
开关合位
手动跳闸(闭锁重合闸)
遥控跳闸
手动合闸
遥控合闸
保护合闸
开关分位
防跳回路
KM
位置信号
接地选跳启动
跳闸回路
合闸回路
跳闸出口

控制保护原理图

1n/STS-36IL

1X		
1	Ux	1D14
2	Unx	1D15
3		
4		
5		
6		
7		
8		

3X		
1	Iia	1D9
2	Iia′	1D11
3		
4		
5	Iic	1D10
6	Iic′	1D12
7	Iio	1D7
8	Iio′	1D8

5X		
1	闭锁重合闸	1GK1:4
2	弹簧未储能	1GK1:6
3	备用	1GK2:4
4	重期开入	1GK2:6
5	手车运行位置	1GK1:8
6	手车试验位置	1GK1:10
7	地刀位置	1GK1:12
8	接地选跳	1GK2:8
9	远方/就地	1KK:18
10	运行设置	
11	备用	1GK2:12
12	脉冲P	
13	脉冲Q	
14	开入公共负端	1D41
15	GPS(+)	
16	GPS(-)	
17		
18		

7X		
1		
2		
3		
4		
5	接地远跳遥控	1D18
6	接地远跳遥控	1GK2:7
7	备用3 2	
8		
9		
10		
11	公共端	1D44
12	呼唤或告警信号	1D46
13	保护动作信号	1D47
14	备用保护	
15	动作信号	
16	公共端	1D35
17	合闸位置	1KK:②
18	跳闸位置	1KK:①

9X 通信口

2X		
1	UA	1ZKK:2
2	UB	1ZKK:1
3	UC	1ZKK:6
4	UN	
5		
6		
7		
8		

4X		
1	IA	1D1
2	IA′	1D4
3	IB	1D2
4	IB′	1D5
5	IC	1D3
6	IC′	1D6
7	IO	
8	IO′	

6X		
1	24V+	1D37
2	24V	1D40
3		
4	装置电源	1D17
5	装置直流消失	1D43
6		1D45
7	装置电源	1D33
8	⏚	

8X		
1		
2		
3	公共端	1D19
4	跳闸压动	1LP1:2
5	合闸重动	1LP2:2
6	公共端	1KK:20
7	遥控跳闸	1D28
8	遥控合闸	1D21
9	操作直流电源1	
10	KM	1D18
11	手动跳闸入	1D27
12	遥闸入	1D29
13	至跳闸线圈TC	1D30
14	TWJ	1D31
15	手动合闸入	1D23
16	至合闸线圈HC	1D25
17	TWJ	1D26
18	KM	1D34

标记端子——1D		
内部连接	端子号	信号定义
1n4X1	1	IA*
1n4X3	2	IB*
1n4X5	3	IC*
1n4X2	4	IA
1n4X4	5	IB
1n4X6	6	IC
1n3X7	7	I0J*
1n3X8	8	I0J
1n3X1	9	IA*
1n3X5	10	IC*
1n3X2	11	IA
1n3X6	12	IC
	13	IN
1n1X1	14	UX
1n1X1	15	UXN
	16	
21n6X4	17	装置电源-
1n8X10 1n7X5	18	操作电源
1n8X3	19	就地操作
1D49	20	+KM
1KK:⊕	21	远方操作
	22	
1n8X15 1KK:2	23	手动合闸
1n8X8 HP2:1	24	遥控合闸
1n8X16	25	HC
1n8X17	26	开关分位
1n8X11 1KK:4	27	手动跳闸
1n8X7	28	遥控跳闸
1n8X12 HP1:1	29	跳闸入
1n8X13	30	TC
1n8X14	31	开关合位
	32	
1n6X7	33	装置电源-
1n8X18 1GK1:1	34	-KM
1n7X16	35	
	36	
1n6X1	37	24V-
1GK1:2 1KK:17	38	
	39	
1n6X2	40	24V-
1n5X14	41	
	42	
1n6X5	43	信号公共端
1n7X11	44	
1n6X6	45	装置直流消失
1n7X12	46	装置告警信号
1n7X13	47	保护动作信号
	48	
1D20	49	开入COM
	50	220V+
	51	
	52	

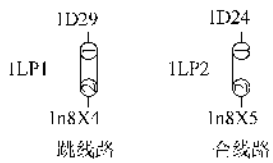
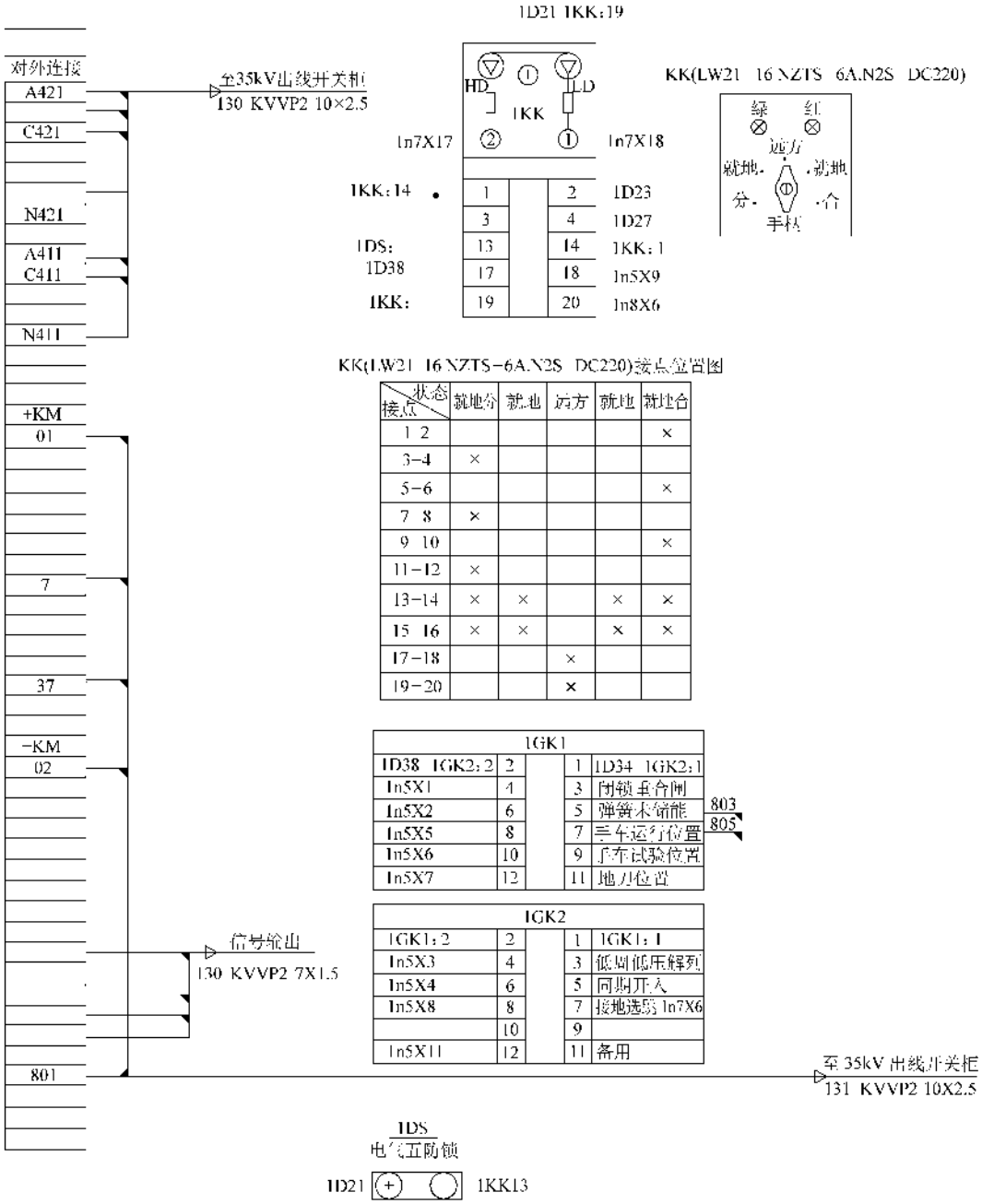


图 12-316


1D21 1KK:19
对外连接
A421
C421
N421
A411
C411
N411
+KM
01
7
37
-KM
02
801
至35kV出线开关柜
130 KVVP2 10×2.5
HD
LD
1KK
1n7X17
1n7X18
1KK:14
1DS:
1D38
1KK:
1D23
1D27
1KK:1
1n5X9
1n8X6
KK(LW21 16 NZTS 6A.N2S DC220)
绿
红
远方
就地
就地
分
合
手柄
KK(LW21 16 NZTS-6A.N2S DC220)接点位置图
状态
接点
就地分
就地
远方
就地
就地合
1GK1
1D38 1GK2:2
1n5X1
1n5X2
1n5X5
1n5X6
1n5X7
1D34 1GK2:1
闭锁垂合闸
弹簧未储能
手车运行位置
手车试验位置
地刀位置
803
805
1GK2
1GK1:2
1n5X3
1n5X4
1n5X8
1n5X11
1GK1:1
低周低压解列
同期开入
接地选线 1n7X6
备用
信号输出
130 KVVP2 7X1.5
至35kV出线开关柜
131 KVVP2 10X2.5
1DS
电气五防锁
1D21
1KK13

（续）

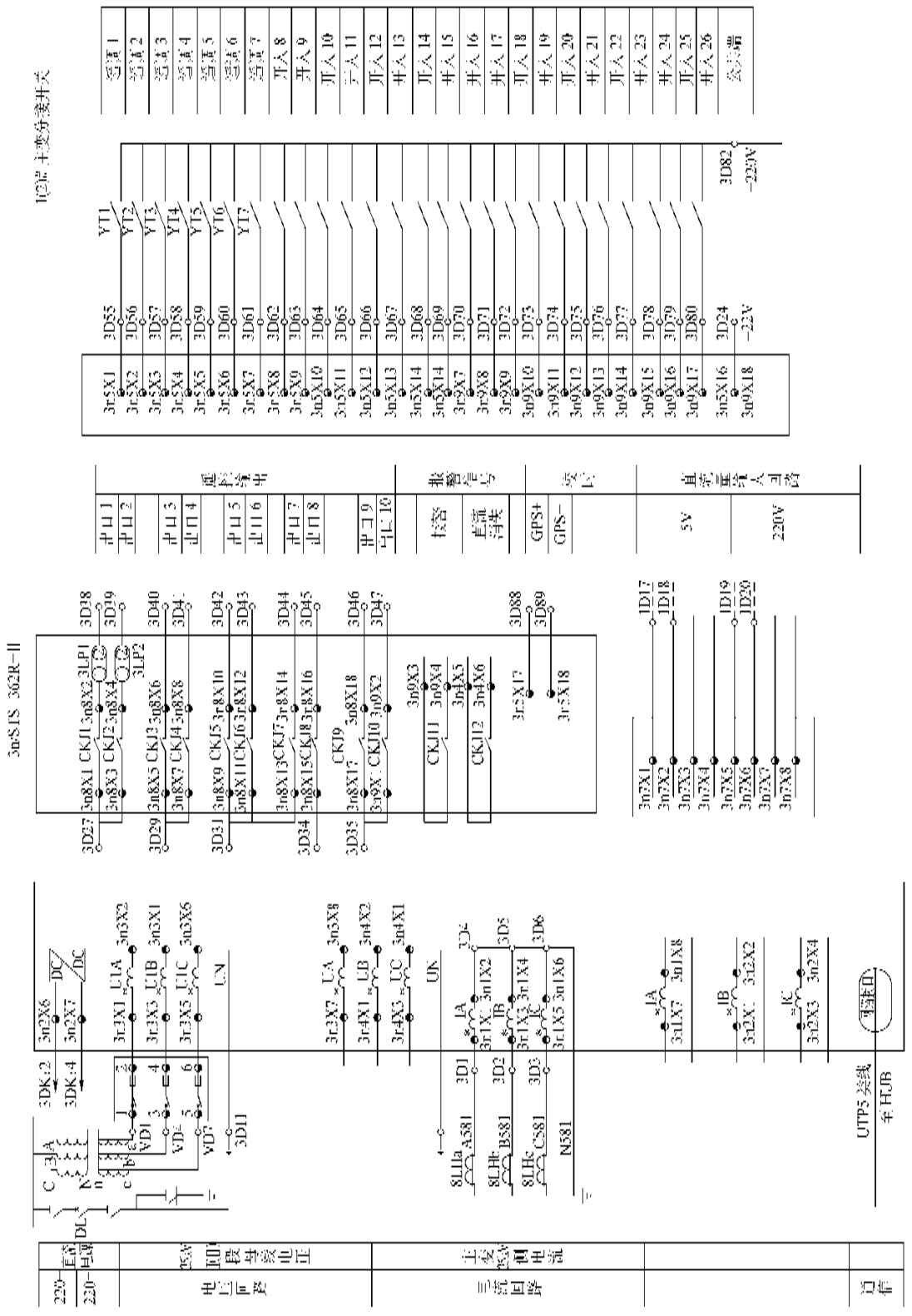


图 12-317 35kV 综合测控柜原理图(部分)

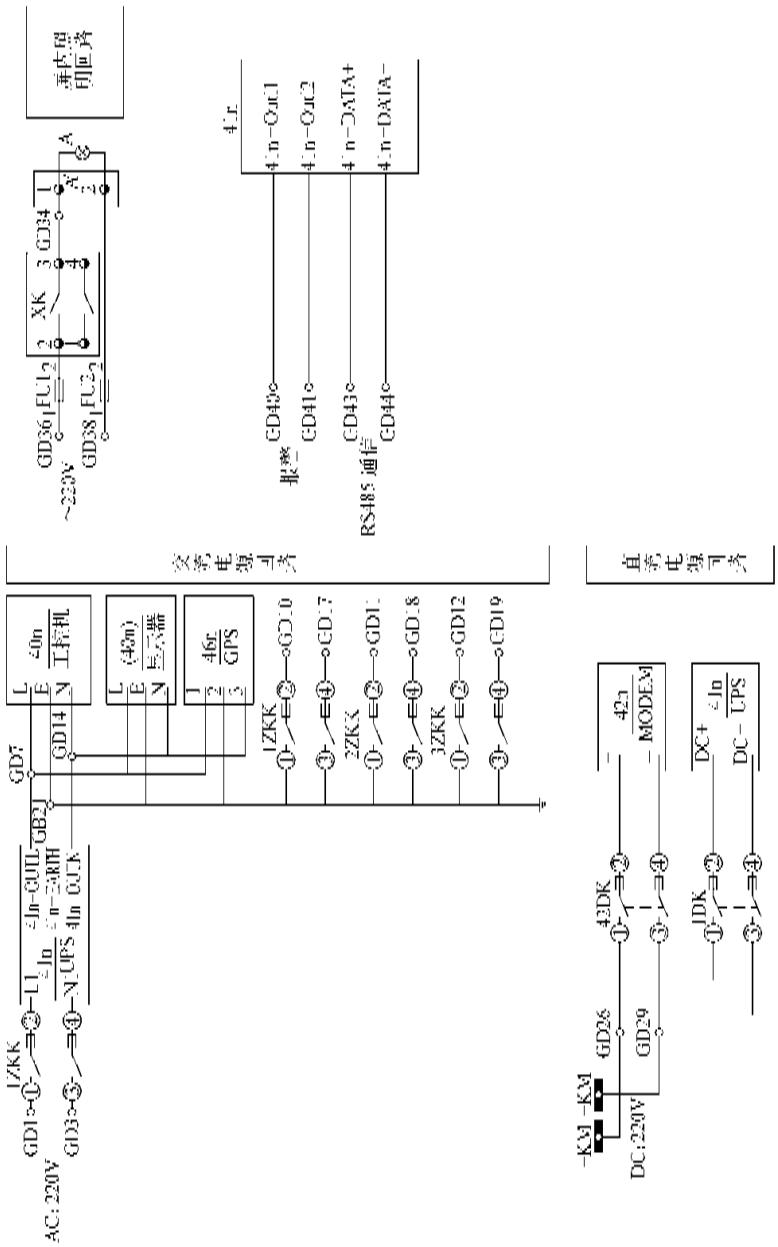


图 12-318　系统运动柜原理接线图

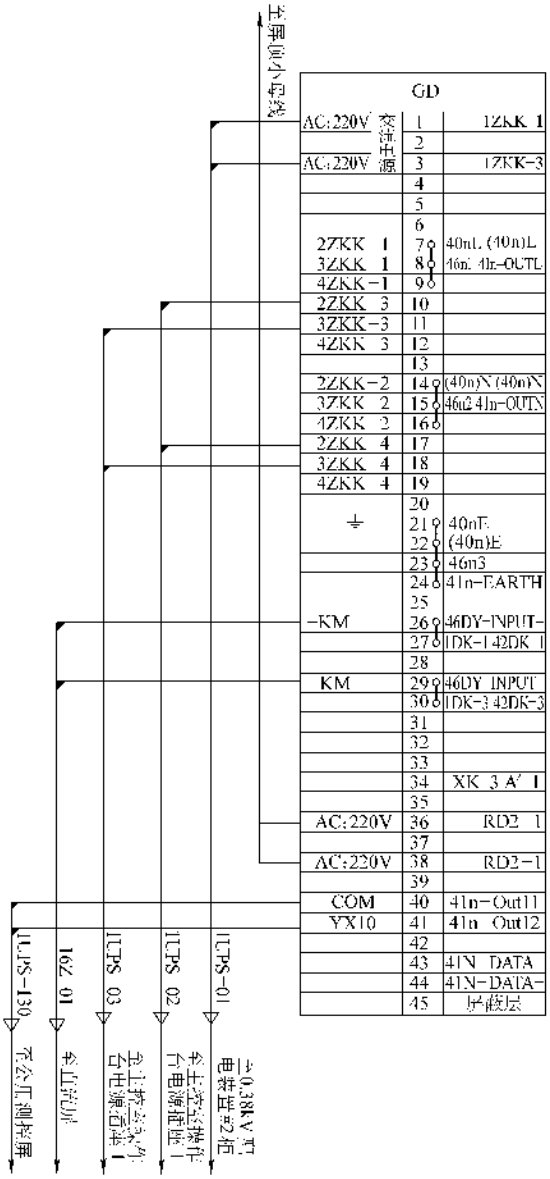


图 12-319 系统运动柜接线端板接线图

（1）接线要求

电源信号：装置推荐使用交流 220V 电源（即所用变二次侧电源）。因为工频同步电路是从电源输入端取得交流电压信号的。如果现场取得交流电源确实有困难或者交流电源经过 UPS（输出虽是交流，但不代表系统频率），则应将装置内工频变压器输入端断开，当电源输入为直流电压或 UPS 输出端电压时，必须断开装置内部的工频变压器（6U 机器在 1#插件板上，4U 机器在 7#插件板上，将相应的短接块拔掉即可）。

装置需要引入各母线的零序电压信号（电压互感器开口三角电压）以及各条出线的零序电流信号（架空线采用三相电流互感器接成滤过器形式，对于只有 A、C 两相电流互感器的用户必须安装 B 相电流互感器，并且要求 B 相电流互感器其精度电流比特性均与 A、C 相相同，才可以接成滤过器形式；电缆线通常套装零序电流互感器）。

零序电压信号见图 12-323。

零序电流信号见图 12-324。

（2）装置的使用

1）汉显液晶屏界面。正常情况下，显示时钟 2004 年 3 月 16 日 17 点 34 分 15 秒。

V = 2.0　04/03/16 17：34：15

正常界面

04/03/16 线路 0001　母线 01 开始时间　08：12：15 持续时间　00：01：30

故障界面

故障情况下，显示表示接地线路号 0001，第一段母线零序电压 3U0 越限，故障开始时间为 2004 年 3 月 6 日 8 时 12 分 15 秒，接地持续时间为 01 分 30 秒。

2）按键用于选择子菜单或退出子菜单及参数、功能、设定。按键与显示菜单配合来选择某一功能，见调试说明。

3）音响解除按键。当检测到单相接地或铁磁谐振或装置本身异常时，装置内置的扬声器发出报警音响，此时按一下此键，则可解除音响报警。

4）指示灯。

运行灯亮：表明装置处在运行状态，只有在运行状态下，装置才能检测到接地或谐振故障。

接地灯亮：说明装置检测到有接地故障发生。

+5V 灯亮：表示装置内部用的 +5V 电源供应正常。

（3）调试说明

装置在运行状态时按下“菜单”键，显示调试菜单进入调试状态，运行灯熄灭界面显示如下

一重新判断 二追忆信息 三信息清除 确定　　返回

四装置自检 五装置调试 确定　　返回

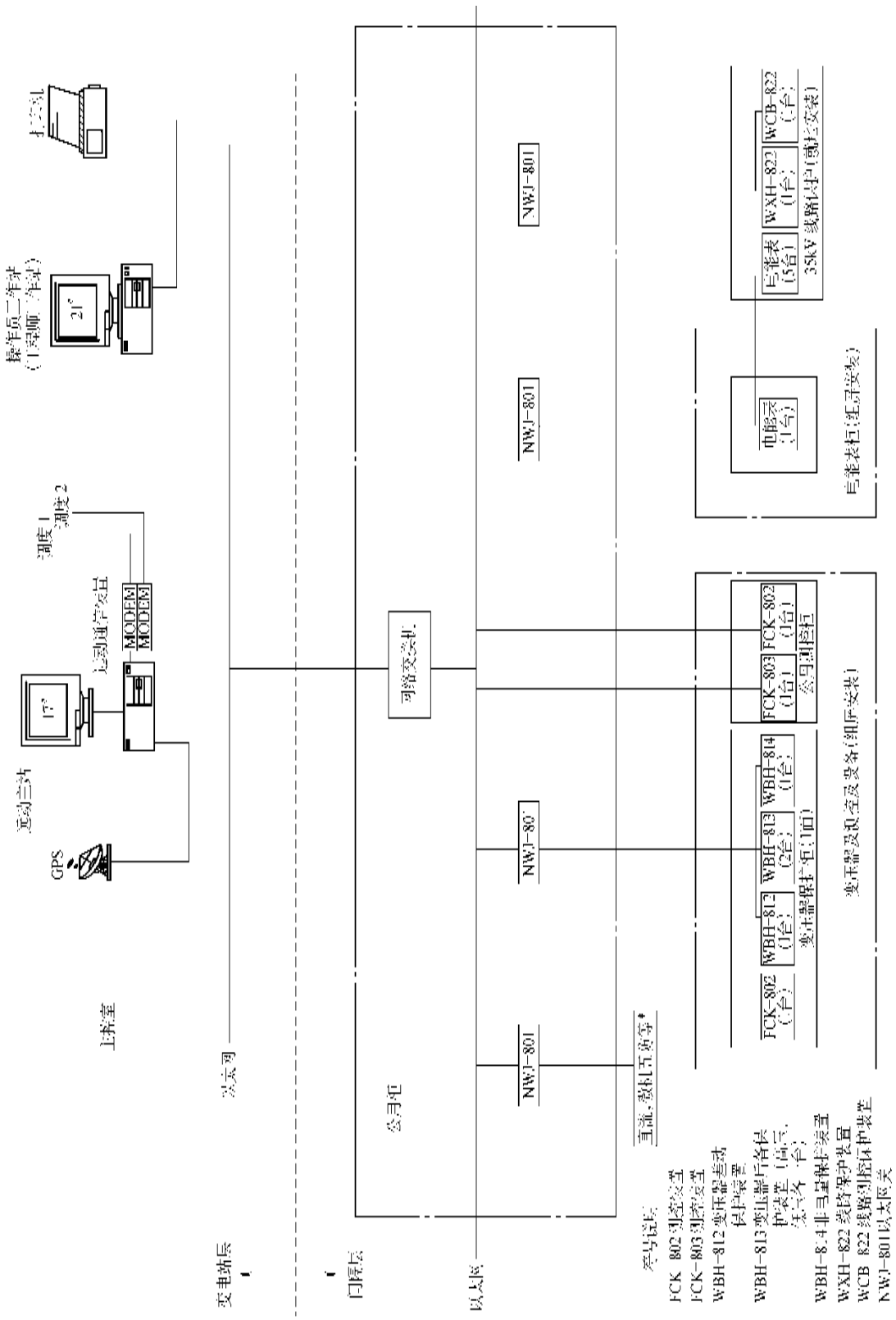


图 12-320　系统监控网络结构图

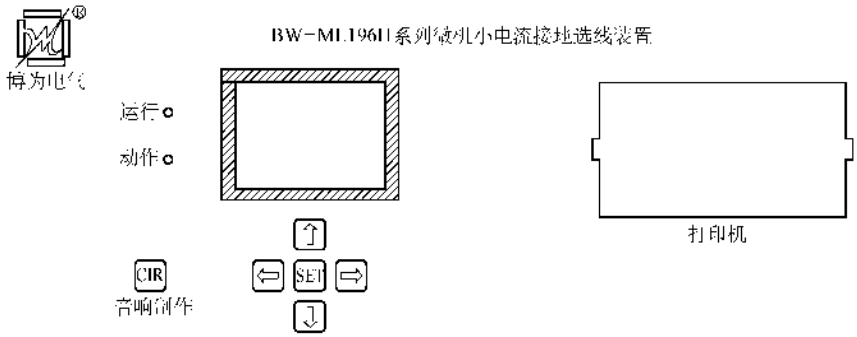
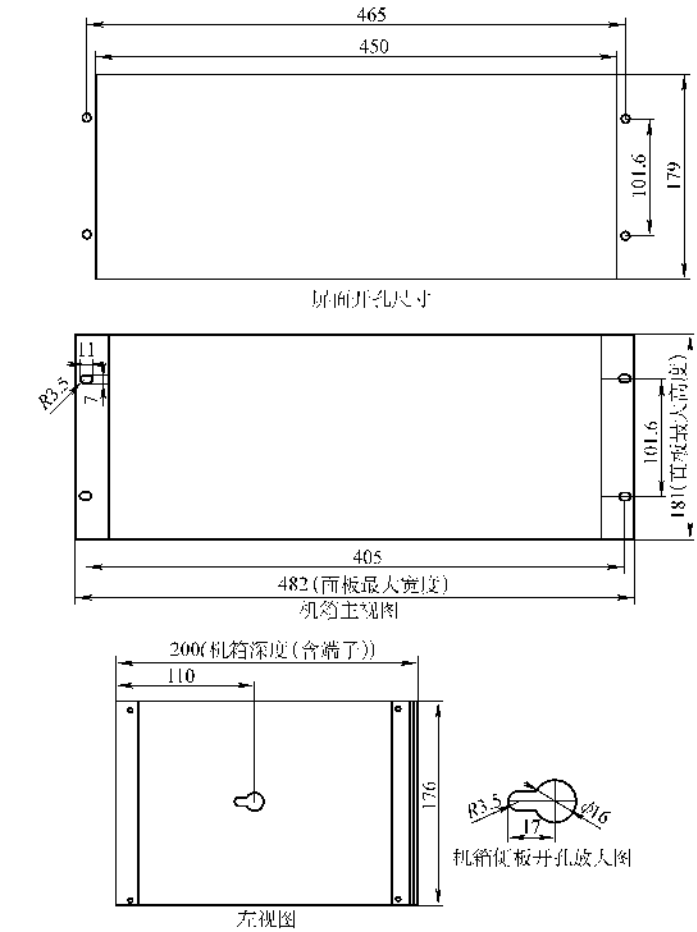


图 12-321 BW—ML 装置面板布置图



说明：为装置安全可靠，请做到下面两点：

1. 屏后应做一支架，支架尺寸请参照机箱尺寸，支架支撑为机箱底面的开孔（装机配件）
2. 屏后应做一横担，横担在机箱正中下方（配屏厂家加装）。

图 12-322 BW—ML 装置外形尺寸

此时 BW—ML 各键功能如下：

“←”与提示信息的“确定”相对应；

“→”与提示信息的“返回”相对应；

“↑”、“↓”用于上下选择目录；

“菜单”此状态下无效。

按下“←”进入相应的菜单功能，按下“→”

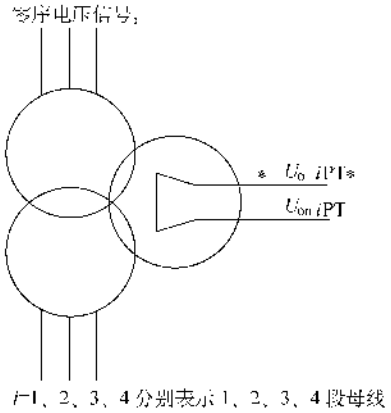


图 12-323　零序电压信号

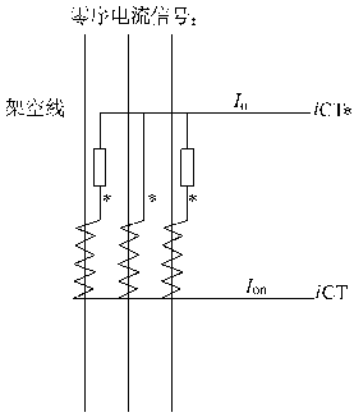


图 12-324　零序电流信号

返回上一级菜单。

“↑”、“↓”用于上下选择目录（选中项会以反白显示）并进行相应的显示屏转换。

1）一重新判断。当发生接地故障时，小电流系统接地指示灯亮，蜂鸣器报警，相应的开关量接通，液晶屏显示出相应信息，见界面（如有装置配打印机则会自动启动，并打印出相应接地信息，打印完毕后打印机电源会自动关闭）。

04/03/06
线路 0001　母线 01
开始时间　08：12：15
持续时间　00：01：30

此时线路位置显示的就是接地线路的编号，母线位置表明是哪一段的 3U0 越限或突变；

如果有多段的 3U0 越限或突变，仅显示通道号最大的一个。

如果报出的线路号是“LLLL”，表示无法正确选线，表明当时的情况无法判断出是母线接地还是线路接地；

如果报出的线路号是“1－－－”，表明是第一段母线接地，其他母线接地情况，依此类推；

如果报出的线路号是“0001”，表明编号为 0001 的出线接地，其他线路接地情况，依此类推；

如果对选出的结果有怀疑，可以用此项功能进行重新选线，以确认故障所在，如果两次结果一致，则可确认故障线路。

2）追忆信息。本装置自动记录所发生过的接地信息，一共可以保存 16 次，当多于 16 次时，最早的接地信息将自动清除，用户可以进入此菜单翻阅以往的故障记录。

3）信息清除。用于手动清除所有的接地信息。

4）装置自检。当上电复位或选择“装置自检”菜单时，则装置进入自检程序：首先点亮运行灯，动作灯，鸣音响，液晶显示器背光灯点亮。（如果装置配有打印机，接通打印机电源，打印机上打印一行“PRINT OK!”）屏幕上显示“自检完毕装置运行正常”；装置自检过程主要是检查本装置内部相应部件工作是否正常，包括 RAM、ROM 及采样电路、工频同步电路、数据采样、打印机等功能模块。如果用户认可，则按“→”键返回。如果相应部分出错，则界面显示对应错误信息。

自检完毕 装置运行正常 返回	程序存储器 出错 返回
数据存储器 出错 返回	工频同步出错 转入定时采样 返回
采样电路 出错 返回	

5）装置调试。下一级菜单的入口。显示如下：

一调整时钟 二同步检测 三通道检测 确定　返回	四采样前置信息 五在线编程 确定　返回

6）调整时钟。用于系统时钟的校准。

04 年 03 月 15 日
08 时 12 分 10 秒
菜单

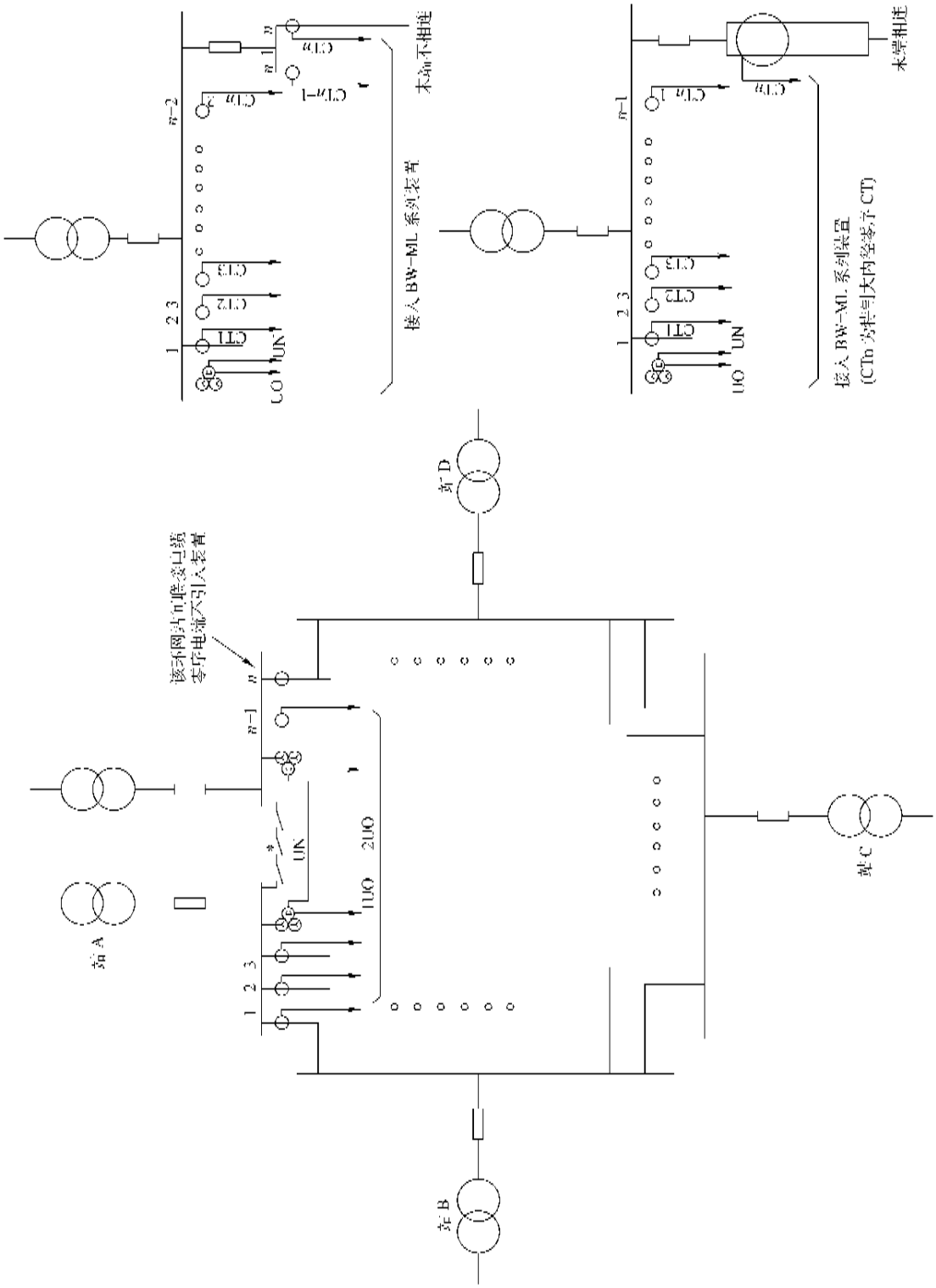


图 12-325 BW—ML 装置在不同现场的连接

此时各键功能如下：

“←”、“→”用于选择要修改的参数；

“↑”、“↓”用于修改参数；

“菜单”键与“菜单”相对应。

在这种状态下，按下“菜单”键，进入

保存　　放弃

此时各键功能如下：

“←”与提示信息的“保存”相对应，即保存当前修改；

“→”与提示信息的“放弃”相对应，即放弃当前修改。

7）照此下去，可以进行同步检测、通道检测采样前置信息及在线编程等，当输入密码后，即可对母线段数、母线出线、线路编号、线路电压比等，这里不一一讲述。

（4）装置在不同现场的连接　见图 12-325。

（5）使用 BW—ML　系列小电流接地选线/消谐装置的几点注意事项

1）本装置使用交/直流 220V 电源供电，当使用直流电源时，必须断开内部的工频变压器。

2）CT1 ~ CT28 为 1 ~ 28 路零序电流输入；PT1 ~ PT4 为 1 ~ 4 段零序电压输入。

3）CT1＊ ~ CT28＊为零序电流互感器同名端；PT1＊ ~ PT4＊为零序电压互感器同名端。

4）零序互感器（CT）（PT）接入时同名端应完全一致，异名端在（CT）（PT）附近接大地。

5）对 BW—MLTX21 装置，J1 ~ J28 为线路报警继电器输出。

6）本装置所有报警除掉电报警（DDB）为常闭触点外，其他均为常开触点，而且都是无源节点。

7）对 BW—MLXX2X 装置，在选择不同插件的情况下，当插件（1#、2#、4#）端子名有名时，端子的接线以 2#、4#插件为主，（即当所选插件端子名重名时，1#插件上的同名端子不必连接），否则以 1#插件为主。

8）BW—ML 系列小电流接地选线/消谐装置后端子节点说明见表 12-116。

表 12-116　BW—ML 装置端子节点明细表

端子	名　　称
RXD	RS232 接收数据端口
TXD	RS232 发送数据端口
GND	RS232 地信号线
485B	RS485 通信口线
485A	RS485 通信口线
DDB—1	掉电报警（当装置失电时，此节点闭合）
DDB—2	掉电报警
GZB—1	装置异常报警接点
GZB—2	装置异常报警接点
ZB—1	总报警接点（当母线或线路发生接地时，此节点闭合）
ZB—2	总报警接点
MB1—1	一段母线报警接点
MB1—2	一段母线报警接点
MB2—1	二段母线报警接点
MB2—2	二段母线报警接点
MB3—1	三段母线报警接点
MB3—2	三段母线报警接点
MB4—1	四段母线报警接点
MB4—2	四段母线报警接点

5. 微机继保/控制装置（模块）检测用仪器仪表

该装置的检测要用到检测试验仪器及常用仪表，主要有微机继保试验仪、相位表、电流电压相位表、数字相位频率表、数字毫秒表等及其他常用检测仪表。用仪器仪表进行检验试验时应正确使用仪器仪表，并在正常检验试验大气条件下进行，以防误差。

其中，微机继保试验仪主要有 P 系列和 PW 系列两种。这些新型仪器仪表的功能和使用应与前述传统的仪器仪表进行比对，进而提升技术技能，同时操作上不仅是电脑操作，重要的是要有继电保护测试调试的实践技能，随着技术的进步还会有更多的新型仪器仪表出现。

（1）P 系列微机继保试验仪

P 系列微机继电保护试验仪的主机面板的示意图见图 12-326。

P 系列微机继电保护试验仪输出的电流、电压的信号

1）单相交流电流：最大输出电流为 30A、40A、60A 等三种类型。当单相输出的试验电流大于最大输出电流时，可将输出的三相电流中的两相或三相电流并联使用以满足试验电流的需要。并联使用时，应将各相电流的相位设置应一致。

2）三相交流电流：各相最大输出电流为 30A、40A、60A 等三种类型。各相电流的相位角可以任意设置，当 A 相电流、B 相电流、C 相电流的相位角分

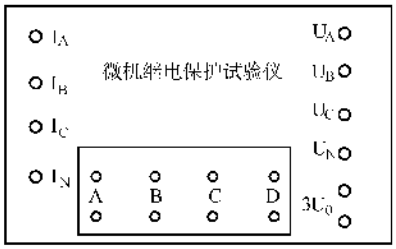


图 12-326 微机继电保护试验仪的主机面板的示意图

别设置为 0°、240°、120°时，输出三相电流为正序电流；当 A 相电流、B 相电流、C 相电流的相位角分别设置为 0°、120°、240°时，输出三相电流为负序电流。

3）单相交流电压：最大输出的相电压为 120V。

4）三相交流电压：各相输出的相电压为 120V。

每相相电压的相位角可以任意设置，当 A 相电压、B 相电压、C 相电压的相位角分别设置为 0°、240°、120°时，输出三相电压为正序电压；当 A 相电压、B 相电压、C 相电压的相位角分别设置为 0°、120°、240°时，输出三相电压为负序电压。

5）$3U_0$ 电压：最大输出的电压为 120V。

6）输出的交流电流与电压的相位可以任意改变。

7）交流电源的频率的范围为 0～450Hz。

8）直流电流：最大输出电流为 20A。（由 I_A 输出）

9）直流电压：最大输出电压为 250V（由 U_B、U_C 输出，U_B 为 +、U_C 为 -）。

10）有若干对开关量输入端口及开关量输出端口，这些端口可以是空触点，也可以是带电位的开关量信号。

（2）PW 系列微机继保试验仪　PW 系列较 P 系列有很大的改进，是全自动的试验仪。该仪器有十多种测试功能。

测试模块

① 手动测试：作为电压源和电流源能完成各种手动测试，试验仪输出 4 路交流或直流电压和 3 路交流或直流电流。

能以任意一相或多相电压电流的幅值、相位和频率为变量，在测试中随意改变其大小。

各相的频率可以分别设置，同时输出不同频率的电压和电流。

具有输出保持功能。

② 递变：电压、电流的幅值、相位和频率按用户设置的步长和变化时间递增或递减。测试保护的动作值、返回值、返回系数和动作时间。

根据继电保护装置的测试规范和标准，集成了六大类保护的测试模板。

所有测试项目采用测试计划表的方式被添加到列表中，一次可完成多个测试项目的测试。

通过重复次数的设置可对同一项目进行多次测试。

测试结束后，根据精度要求对测试结果进行自动评估。

③ 状态系列：由用户定义多个测试状态，对保护装置的动作时间、返回时间以及重合闸，特别是多次重合闸进行测试。

各状态下电压、电流的幅值、相位和频率（直流～1000Hz）、触发条件分别设置。

通过设置短路阻抗、短路电流等参数，可由计算机自动计算出短路电压、电流的幅值和相位。

④ 时间特性：绘制 i、u、f 及 u/f 的动作时间特性曲线。其应用范围为：

a. 方向过电流或过电流继电器的单相接地短路、两相短路和三相短路时过电流保护的动作时间特性，以及应用在发电机、电动机保护单元中的零序和负序过电流保护的动作时间特性。

b. 应用在发电机保护中的低频保护以及过励磁保护的频率和 U/F 动作时间特性。

故障类型包含单相接地、两相和三相短路，以及零序和负序分量。当保护不带方向时，在电压输出端子上无电压输出；当保护选择带方向时，输出根据故障类型确定的故障电压。

⑤ 线路保护定值校验：根据保护整定值，通过设置整定值的倍数向测试列表中添加多个测试项目（测试点），从而对线路保护（包括距离、零序、高频、负序、自动重合闸、阻抗/时间动作特性、阻抗动作边界、电流保护）进行定值校验。

线路保护装置的阻抗特性可从软件预定义的特性曲线库中直接选取调用，也可由用户通过专用的特性编辑器自行定义。

⑥ 距离保护（扩展）：通过设置阻抗扫描范围自动搜索阻抗保护的阻抗动作边界，绘制 $Z=f(I)$ 以及 $Z=f(U)$ 特性曲线。

可扫描各种形状的阻抗特性。包括多边形、圆形、弧形及直线等动作边界。

可设置序列扫描线也可添加特定的单条扫描线。通过添加特定阻抗角下的扫描线，找出某一具体角度下的阻抗动作边界。

⑦　整组测试：对高频、距离、零序保护装置以及重合闸进行整组测试或定值校验。

可控制故障时的合闸角，可在故障瞬间叠加按时间常数衰减的直流分量，用于测试量度继电器的暂态超越。

可设置线路抽取电压的幅值、相位，校验线路保护重合闸的检同期或检无压。

可模拟高频收发信机与保护的配合（通过故障时刻或跳闸时刻开出接点控制），完成无收发信机时的高频保护测试。

通过 GPS 统一时刻，进行线路两端保护联调。

具有多种故障触发方式。

可向测试计划列表中添加多个测试项目，一次完成所有测试项。

⑧　差动保护：用于自动测试变压器、发电机和电动机差动保护的比例制动特性、谐波制动特性、动作时间特性、间断角闭锁以及直流助磁特性。

提供了多种比例和谐波制动方式，既可对微机差动保护也可对常规差动保护进行测试。

CT（电流互感器）二次电流校正方式可以是内转角（内部校正）或外转角。

提供多种制动电流计算公式。

可预先绘制（定制）比例制动和谐波制动特性曲线。

⑨　同期装置：测试同期装置的电压闭锁值、频率闭锁值、导前角及导前时间、电气零点、调压脉宽、调频脉宽以及自动准同期装置的自动调整测试。

⑩　故障回放：将以 COMTRADE（Common Format for Transient Data Exchange）格式记录的数据文件用试验仪播放，实现故障重演。

⑪　谐波：所有 4 路电压、3 路电流可输出基波、直流（带衰减时间常数）、谐波（2～20 次）。需要在一个通道上叠加多次谐波时，可将其导出到 COMTRADE 格式的文件中。然后通过故障回放的方式（选择一定的触发条件）播出。

⑫　振荡：用来模拟系统动态振荡过程，用于自动测试发电机的失磁保护、振荡解列装置在系统振荡过程中的动作情况。可以根据系统阻抗、系统电压自动判别出系统振荡中心及最大振荡电压、电流。直观显示每一次振荡的波形。

⑬　差动保护（扩展）：仅适用于 PW466A 型试验仪。用于自动测试变压器、发电机和电动机差动保护的比例制动特性、谐波制动特性。有 6 路电流输出，可同时对变压器或发电机差动的两侧加入三相电流，测试差动保护。每相电流最大输出 20A。

提供了多种比例和谐波制动方式。可提供多种制动电流计算公式。预先绘制（定制）比例制动和谐波制动特性曲线。

提供了静态输出按钮，对某一点的差动电流的输出可以在保护装置上观察到差动电流的值。

⑭　状态系列（扩展）：仅适用于 PW466A 型试验仪。

由用户定义多个测试状态，各状态下电压、电流的幅值、相位和频率（10～1000Hz），每个测试状态的触发有多种，可以任意选择，且每个测试状态的电压和频率可以是以设定的变化率变化的。

可以同时输出 6 路交流电压，对备用电源的快速切换装置及低频低压减载装置进行测试。

（3）操作准备

1）定义保护特性参数；

2）定义测试参数；

3）编辑接线路；

4）定制检测报告格式；

5）接线；

6）执行自动测试程序；打印测试报告。

再次测试的产品只需进行按下列 4 个步骤就可以完成测试工作。

1）从数据库中调出历史测试文件；

2）按提示接线；

3）执行自动测试程序；

4）打印测试报告。

（4）测试步骤

1）测试模块选择。单击按钮打开 PW（A）软件的测试模块选择窗口，有手动试验、逆变、状态系列、时间特性、线路保护定值校验、距离保护（扩展）、振荡、整组测试、差动保护、故障回放、谐波、同期装置、差动保护（扩展）、状态系列（扩展）第 14 个窗口。根据所要进行的测试项目选择对应的测试模块，并进入选中的测试模块中。

2）测试接线。根据测试项目的要求，将试验仪的电流、电压输出端及开入、开出量端口与保护装置的电流、电压及动作接点的端子相连接，见图 12-327。

①　试验仪的三相电压、三相电流输出分别接到被测保护装置的电压、电流输入端子。

②　试验仪的开入量 A、B、C 的一端接到被测保护装置的跳闸出口接点 CKJA、CKJB、CKJC 上，另一端短接并接到保护跳闸的正电源。

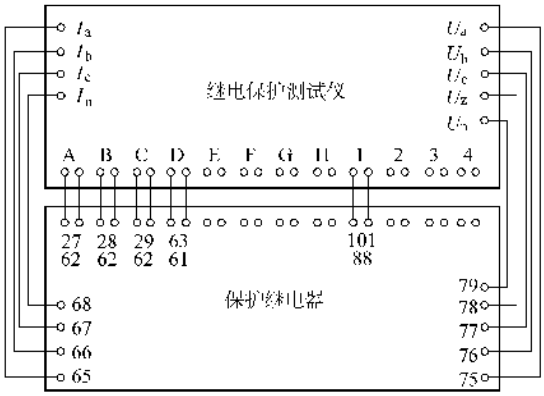


图 12-327 连接相应端子

3）添加测试项。单击选中测试模块中的 添加 按钮，在弹出的属性页对话框中依据定值要求设置测试参数，见图 12-328。

在添加某些测试点时（如差动保护试），可以在“测试项目”属性页的图形上单击鼠标左键选择要添加的测试点，再右键弹出对话框单击“添加测试点”即可。

然后在图 12-328 中单击 确认 ，就将测试参数加到测试项目列表中。

可一次完成所有测试项目的测试，也可选择其中某一项目进行测试（如只做距离、或只做零序定值校验）：将鼠标移到测试项目列表中单击鼠标右键弹出对话框，见图 12-329，对测试项的状态进行设置；或者用鼠标直接单击项目列表栏的第一列改变其测试状态。☑表示选中，即要做的项目，否则为不必做的测试。

4）测试参数设置。根据保护装置测试项目的实际情况设定测试参数，如时间、故障触发方式、直流电压等一些必须设定的测试参数。这些参数可能是定值单中没有的，但在测试过程中，参数设定的正确与否直接影响到保护的测试结果。

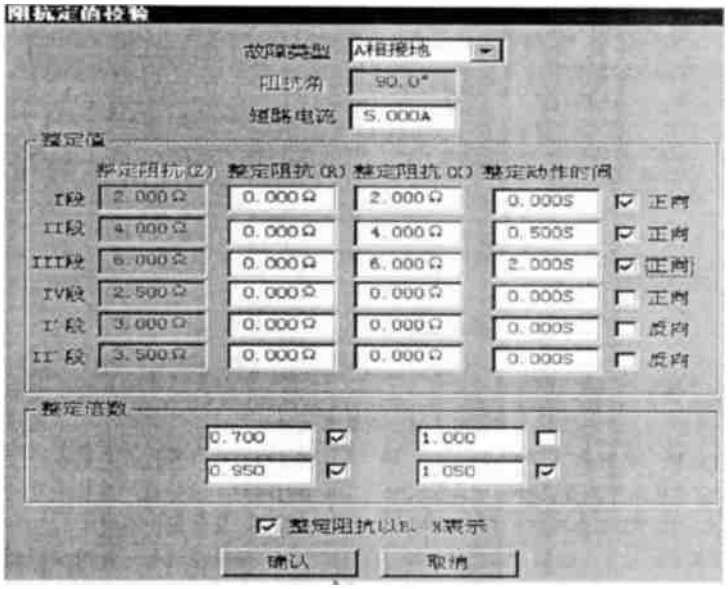


图 12-328 设置测试参数

图 12-329 选择测试项目

5）系统参数设置。系统参数属性页（见图 12-330）中的参数在定值单或保护装置说明书及其二次回路中有明确的规定。但“防接点抖动时间”是用来提供给试验仪确认保护的动作与否的，保护装置动作其接点闭合（或打开）状态的时间大于设置的防抖动时间时，试验仪才确认为开入量翻转即保护动作，否则，确认保护不动作。

6）开关量设置。针对保护装置的不同测试项目的要求，在开关量设置上也有不同。

① 对于元件保护，其开入量选择 A、B、C、

D、E、F、G、H 中的任何一个即可，若开入量的逻辑关系选择为“逻辑或”，则 8 个开入量中只要有一个开入量翻转，试验仪就进入下一测试状态（如果设定了触发延后时，那么试验仪要到触发延时结束时刻，才关闭输出）。若开入量的逻辑关系选择为“逻辑与”，则 8 个开入量中必须是所有的开入量都翻转时试验仪才进入下一测试状态（如果设定了触发延后时，那么试验仪要到触发延时结束），见图 12-331。

② 对于线路保护，因为保护装置的重合闸设置有综重方式（分相跳闸）和三重方式（三相跳闸），使得开入量的选择必须跟重合闸方式相对应。如果保护是三重方式，开入量 A、B、C 也需设成三跳方式，保护跳闸出口接点连接到 A、B、C 任何一个开入端均可，重合闸接点接在 D 上。如果保护是综重方式，开入量 A、B、C 要与保护跳闸出口接点对应的跳 A、跳 B、跳 C 相连接，重合闸接点接在 D 上，三跳接点接在 E，见图 12-332。

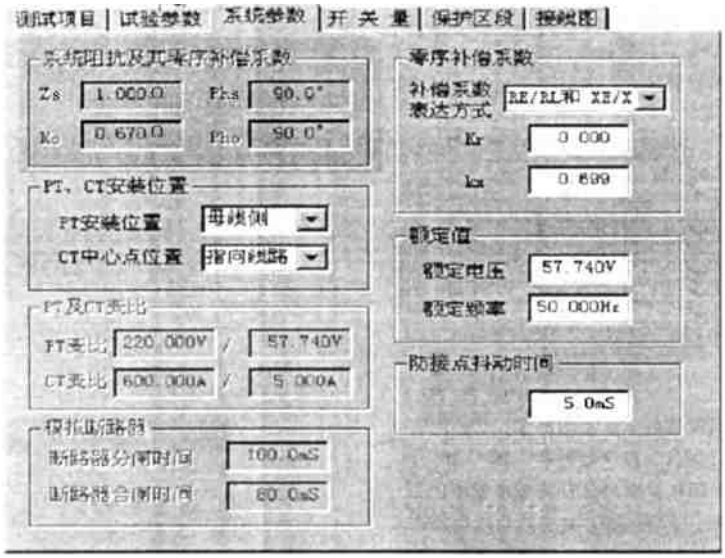


图 12-330　系统参数属性质

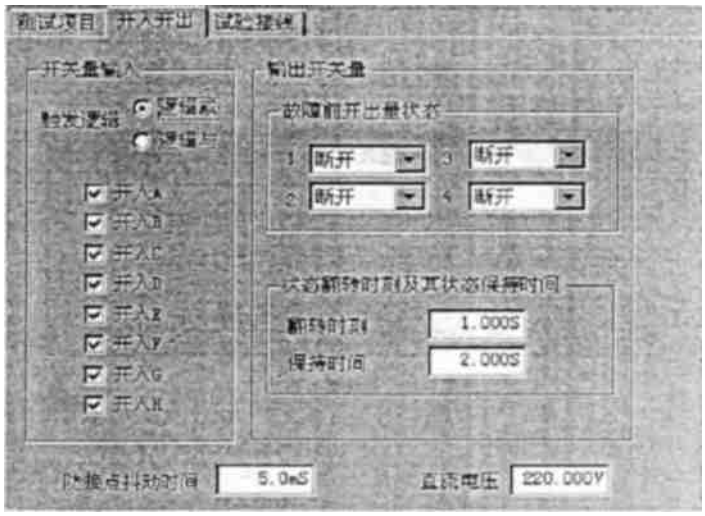


图 12-331　开入量设置

图 12-332 开关量设置

③ 开出量的设置要根据保护装置的测试要求而定。例如，测试有高频保护的高压线路微机保护装置时，将开出量接入高频信号接点，用开出量的闭合（输出）时间模拟高频信号的接收时间，当开出量的闭合（输出）时间结束时，高频保护启动并跳闸。

7）开始测试。

① 单击按钮开始测试。试验仪将按测试项目列表的顺序模拟所设置的各种故障进行输出。

② 在测试进行过程中可监视试验仪输出及保护动作的信息。单击按钮打开“矢量图”窗口，实时监视电压、电流的有效值；单击按钮打开“历史状态”窗口，实时监视电压、电流有效值及开关量的变化曲线；单击按钮打开“波形监视”窗口，实时监视电压、电流的输出波形。

③ 试验仪随时记录保护动作值及动作时间。每一项目（如零序保护）测试完成后，试验仪关闭电压、电流输出，在计算机窗口自动弹出提示对话框，提示进行下一个测试项目时是否投、退保护压板。见图 12-333。

④ 投、退完保护压板后，单击“继续测试”按钮继续进行测试项目列表中下一个的测试。

⑤ 完成测试项目列表中的所有测试项目后试验

图 12-333 继续或结束测试

仪自动结束测试。在测试结束时单击按钮打开“录波图”窗口，试验仪可以对刚做完测试的电压、电流的输出波形进行录波回采，并将波形显示在计算机窗口中，以便于对保护装置的动作情况进行分析。在波形图中，开入量 A、B、C、D 为保护跳、合闸动作信号（单跳、重合、永跳），开出量 1 为模拟的高频信号。前一组波形为 A 相接地电流波形，后为故障转换后 B 接地电流波形。

⑥ 测试之中需要停止输出时，用鼠标单击按钮停止测试。测试完成后单击按钮，打开“测试结果”列表查看测试结果，见图 12-334。对需要保存在报告里的测试数据进行筛选和评估设置。方法是把鼠标置于该表中，单击鼠标右键，弹出对话框。在对话框里单击所要选择的项目，进行报告测试结果的留存。还可以在“测试结果”列表中的第一

列进行打“✓”选择。被打“✓”的留存在报告中。

⑦　保存测试参数。在“文件”中选择“测试参数另存为”按钮或在工具栏中单击按钮或在“测试项目”属性页中单击 保存试验参数 ，出现图12-334b）对话框，在对话框中输入路径及文件名，单击 保存（S） 按钮保存测试参数，以便下次测试时直接引用。

⑧　测试报告。仅在测试报告窗口处于激活状态，才能对测试报告进行编辑、保存或打印操作。

打开测试报告：在工具栏中单击按钮，打开测试报告，见图12-335。

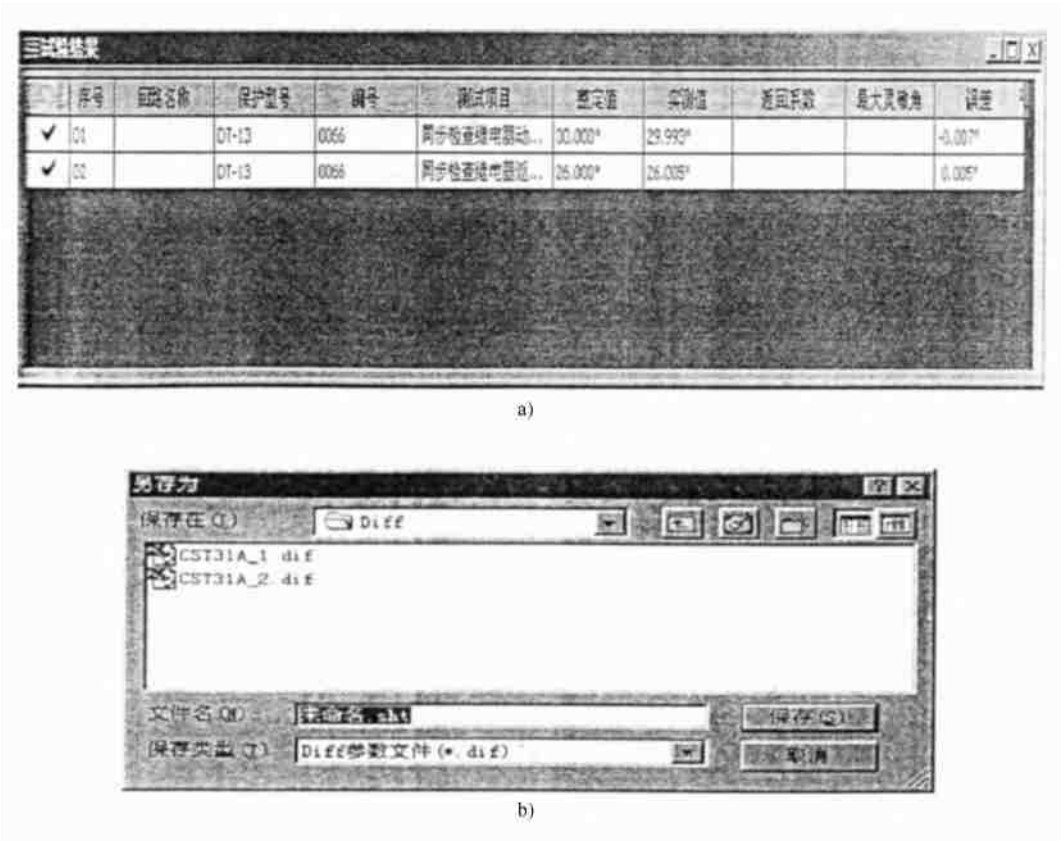


图　12-334

a）测试结果　b）保存测试参数对话框

设置测试报告格式：可对测试报告进行编辑。在测试报告工具栏中按下可对测试报告进行以下几个方面的设置（定制）：

设置测试报告主题，见图12-336；

输入用户对测试结果的评估；

设置本次测试的测试对象；

设置本次测试报告的页眉页脚，单击按钮，在随后弹出的对话框里设置页眉页脚。

保存测试报告：在“文件”中选择“测试参数存为”按钮或在工具栏中单击按钮，在随后弹出的对话框里选择路径、填写文件名，单击 保存（S） 按钮保存测试报告，此时保存的报告为“*rtt”格式。

在“文件”中选择“测试报告输出为”按钮，在随后弹出的对话框里选择路径、填写文件名。单击 保存（S） 按钮保存测试报告，此时保存的报告为“*txt”文本格式。

打印测试报告：联接打印机，在“文件”中选择“打印”或在工具栏中单击按钮，打印测试报告。

⑨ 测试参数的导入。在“测试项目”属性页中单击 引入试验参数 按钮或在工具栏中单击 按钮，在随后弹出的对话框里选择文件名，单击 打开（O） 按钮，计算机将从数据库中调出上一次保存的测试参数及接线图添加到本次测试的设置中，测试人员在现场只须选择测试项目并导入测试参数，验证导入的测试参数设置的正确性，然后按接线图进行接线，开出测试即可。

（5）D3－φ 相位表　相位表又称功率因数表，它用来测量交流电路中电压与电流信号的相位或交流电路的功率因数。

PW40继电保护试验仪

试验模块信息

名称：逆变　　版本：2.1

日期时间：2002年5月4日16时28分

对象

厂、站名：　　试验人：

开关量设置

A	B	C	D	E	F	G	H
关闭	打开	打开	关闭	不使用	不使用	不使用	不使用

触发逻辑：逻辑或

输出开关量不开启

变化前延时：4.000mS　　躲动作接点抖动时间：10.000mS

触发后延时：0.150mS　　间断时间：0.500S

试验结果

试验项目	回路名称	保护型号	保护编号	整定值	动作值	返回系数	误差	评估
低周保护动作值				48.200Hz	48.200Hz	——	0.000%	合格
低周保护动作时间				0.100S	0.078S	——	-0.022S	合格
低周保护频率滑差闭锁				4.000Hz/S	3.800Hz/S		5.000%	合格
低周保护低压闭锁				40.000V	41.998V	——	4.995%	合格

图 12-335　测试报告

图 12-336　报告设置

1）使用前仪表指针可停留在刻度盘的任意位置。

2）使用相位表应正确选择仪表的电压和电流的量程，应防止电流、电压超限而损坏仪表。

3）相位表的接线要遵循“发电机端”的接线规则。即表中带“＊”的电流端旋钮必须接至电流的一端，而不带“＊”的电流端旋钮应接至负载端。带“＊”的电压端旋钮可接至电压的任何一端子，而不带“＊”的电压端旋钮必须接至负载的另一端。正确接线图见图 12-337。

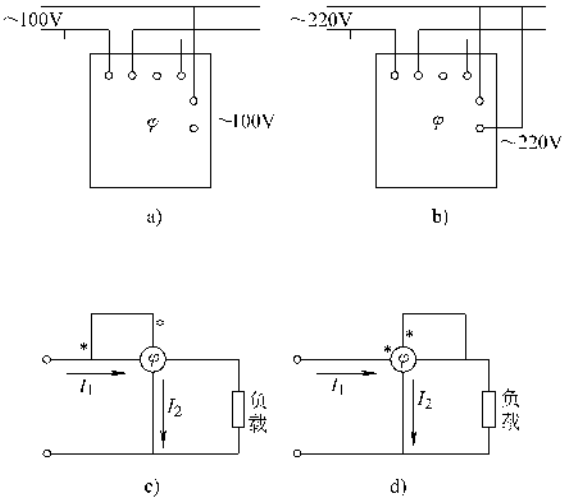


图 12-337　相位表的正确接线

a）用于额定电压为 100V　b）用于额定电压为 220V

c）相位表电压线圈接至电流线圈前

d）相位表电压线圈接至电流线圈后

4）相位表必须使用在规定的频率范围内，超过了使用频率的范围，产生的读数误差很大。

5）象限切换区与相位表的读数的对应关系：相位表按正确接线方式接线时，相位表的读数应根据象限切换区所在相区位置来读取相位值，它们之间的对应关系见表 12-117。

表 12-117　相限切换区与相位表的读数的对应关系

象限切换器	相位角所在象限	相位表读数
负载端电感区	第Ⅰ象限	φ
发电机端电容区	第Ⅱ象限	$180°-\varphi$
发电机端电感区	第Ⅲ象限	$180°+\varphi$
负载端电容区	第Ⅳ象限	$360°+\varphi$

（6）MF-32 电流电压相位表　MF-32 电流电压相位表是测量交流电流与交流电压的相位角的，测量范围见表 12-118。

1）仪表表盘布置图。

仪表表盘布置图见图 12-338。

表盘上电路组合开关 S_1 各标字的含义：

关——表在停止使用时的短路保护。

全——与 S_2 配合使用，使仪表指示为全偏转。

时——与 S_7 配合使用，调整接触时限的大小。

串——表头与整流触点串联使用。

并——表头与整流触点并使用。

整——整流器单独对外使用。

表——表头单独对外使用。

表 12-118　测量范围

测量对象	量　　限	灵敏度	准确度
交流电压	0.5、1.5、5、15、50、100、150、300、500（V）	500Ω/V	±1.5%
交流电流	0.015、0.05、0.15、0.5、1.5、5（A）	160mV	±1.5%
相位角	0°～360°		±1.5%90°为上量限

注：环境温度在（20±2）℃时，每变化 10℃准确度要增加附加误差，附加误差不超过 ±1.5%。

2）使用方法。

①　测量前的调整步骤。

调机械零位。

仪表指针机械调零；

测量转盘刻度盘对零。

②　接通电动机电源。

③　调整仪表指针全偏转。

将 S_1 开关转至“全”位置；

调 S_2 旋钮，使仪表指针偏转的角度为全偏转的 90%（或 100%）。偏转的角度为 α_m。

④　调接触时限 T_k。

加入适当的被测量；

将 S_1 开关转至“时”位置；

调 S_7 旋钮，使仪表指针指示的角度为 α，

$$\alpha = \frac{T_k}{360°}\alpha_m \qquad (12\text{-}52)$$

测正弦波电流、电压相位时，$T_k = 180°$。

测高次谐波时，T_k 值见表 12-119。

⑤ 接线方式。

以电流为基准的接线方式见图 12-339a；

以电压为基准的接线方式见图 12-339b。

3）测量程序。

表 12-119 谐波的 T_k 值

谐波	基波		3 次		5 次		7 次	
T_k/（°）	360	180	240	120	222.6	144	205.7	154.3
指针偏转刻度	90	45	60	30	54	35	51.4	38.6

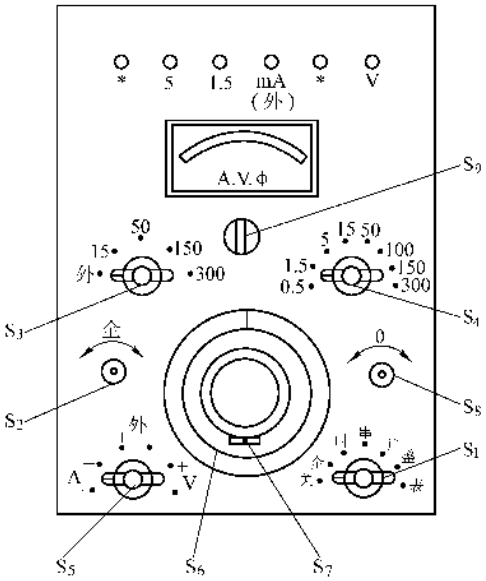


图 12-338 表盘布置

S_1—电路组合开关 S_2—全偏转调节旋钮

S_3—电流量程选择开关 S_4—电压量程选择开关

S_5—测量对象选择和极性转换开关 S_6—测量转盘

S_7—接触时限调整旋钮 S_8—改变整流向量 K 的相位和调零旋钮 S_9—机械调零

① 交流电流、电压的测量。

按测量前的调整步骤进行调整；

旋转 S_5 开关至被测量相应的位置。

加入被测量，将 S_1 开关转至“串”位置，仪表指针有指示。当仪表指针向负方向偏转时，旋转 K_5 开关的位置改变其极性，使仪表指针向正方向偏转。

测量电压：将开关 $S_5 \rightarrow V$，根据被测量电压的大小，将开关 S_4 旋至适当的量程挡。

测量电流：将开关 $S_5 \rightarrow A$，根据被测量电流的大小，将开关 S_3 旋至适当的量程挡。

旋转测量转盘 S_6，使其 S_6 上的刻度线对准 90°—0°—90°刻度线上的零位。

旋转调零旋钮 S_8，使仪表指针指示返回到零位置。在旋转调整过程中，若 K_8 向某一方向旋转时，仪表指针指示返回不到零位置时，则应将 S_8 向另一反方向旋转，使其指针指示返回到零位置。

将测量转盘 S_6 向顺时针（或逆时针）旋转 90°时，使仪表的指示上升达到最大值，此值即为被测量的有效值。

② 正弦量的有功分量或无功分量的测量

按测量前的调整步骤进行调整，$T_k = 180°$。

根据被测量按图 12-339 选择接线方式，进行接线。

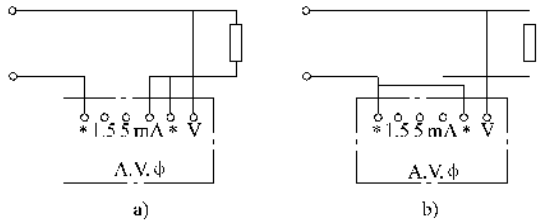


图 12-339 接线方式

测量电流的有功分量或无功分量选择以电压为基准的试验线路；测量电压的有功分量或无功分量选择以电流为基准的试验线路。

将开关 S_3、S_4 转至与基准量及被测量相对应的量程位置，S_5 开关转至基准量相应的位置。

旋转测量转盘 S_6，使其 S_6 上的刻度线对准 90°—0°—90°刻度线上的零位置。

加入被测量，将 S_1 开关转至“串”位置，仪表指针指示为正。当仪表指针向负方向偏转时，旋转 S_5 开关的位置改变其极性，使仪表指针向正方向偏转。

旋转调零旋钮 S_8，使仪表指针指示返回到零位置。

在旋转调整过程中，若 S_8 向某一方向旋转时，仪表指针指示返回不到零位置时，则应将 S_8 向另一反方向旋转，使其指针指示返回到零位置。

将测量转盘 S_6 向顺时针旋转 90°时，使仪表的指示上升达到最大值，此值为被测量的有功分量。

旋转测量转盘 S_6 返回到零位置，仪表的指示值为被测量的无功分量。当指示为负值时，可改变 S_5 的极性，使指示为正值。

确定负载的性质。测量基准量时，测量转盘 S_6 向顺时针方向旋转。当仪表指针指示均为正值时，可根据 S_5 的极性位置确定负载性质。以电压为基准时见表 12-120，以电流为基准时见表 12-121。

表 12-120　电压为基准

测量基准量有效值	+	−	+	−
测量无功分量	+	−	−	+
负载性质	容性		感性	

表 12-121　电流为基准

测量基准量有效值	+	−	+	−
测量无功分量	−	+	+	−
负载性质	容性		感性	

③　电流与电压间的相位角及功率因素测量。

选定基准量（电流或电压）。

根据基准量按图 12-339 选择接线方式，进行接线。

按测量前的调整步骤进行调整，$T_k = 180°$。

将开关 S_3、S_4 转至与基准量及被测量相对应的量程位置，S_5 开关转至基准量相应的位置。

旋转测量转盘 S_6，使其 S_6 上的刻度线对准 90°—0°—90°刻度线上的零位置。

加入基准量，将 S_1 开关转至“串”位置，旋转调零旋钮 S_8 使仪表指针指示为零。

将 S_5 开关转至非基准量相应的位置。

加入非基准量，旋转测量转盘 S_6，使仪表指示重新回零，测量转盘上的指示即为电流、电压间的相位角。

④　两个电流或两个电压间的相位角测量。

按测量前的调整步骤进行调整，$T_k = 180°$。

将 S_1 开关转至“串”位置。

旋转测量转盘 S_6，使其 S_6 上的刻度线对准 90°—0°—90°刻度线上的零位置。

S_5 开关转至基准量相应的位置。

加入基准量，旋转调零旋钮 S_8 使仪表指针指示为零。

旋转测量转盘 S_6，使仪表指示为正。当仪器表指示为负时，应将 S_5 开关转至另一极性的位置。

再旋转测量转盘 S_6，使其 S_6 上的刻度线对准零位置。

加入第二量，旋转测量转盘 S_6，使仪表指示为正。当仪器表指示为负时，应将 S_5 开关转至另一极性的位置。

根据开关 S_5 的极性位置、测量转盘 S_6 的旋转方向及仪表指针指示值 α 来判断两电流（或两电压）的相位角，见表 12-122。

⑤　其他。MF—32 电流电压相位表还有测量阻抗的电阻和电抗、导纳的电导和电纳；有功功率和无功功率等功能。其测试方法不再介绍。

4）使用注意事项。

①　使用时应熟悉使用方法。

②　注意使用环境如环境温度、工作位置、电源频率是否符合仪表的技术特性，如不符合仪表的使用条件，测量时应考虑增加仪表的附加误差。

③　被测量的电流超过 5A、被测量的电压超过 300V 时，应使用仪用电流互感器及电压互感器。

④　仪表电动机的额定电压为 220V ± 5%，应与被测量为同一电源。

⑤　测量时先接通仪表电动机，再接入被测量。测量结束后，应先断开被测量，再断开仪表电动机电源。

⑥　测量过程中，不能旋转仪表的量程转换开关。

⑦　一般测量时，仪表表头应与整流器串联使用。在特殊测量时，如分析正弦波的波形时，可并联使用。

⑧　调整接触时限时，指针达不到全偏转的 90%，应更换内附电源的电池。

表 12-122　两电流（或电压）的相位角

基准量		第二量		相位角
S_5 的极性	S_6 的旋转方向	S_5 的极性	S_6 的旋转方向	
+（−）	顺时针	+（−）	逆时针	第Ⅰ象限：α
+（−）	顺时针	+（−）	顺时针	第Ⅱ象限：$180° - \alpha$
+（−）	顺时针	+（−）	逆时针	第Ⅲ象限：$180° + \alpha$
+（−）	顺时针	+（−）	顺时针	第Ⅳ象限：$360° - \alpha$

（7）704－3 数字相位频率计

1）主要用途。

① 测量交流电压或电流的频率。

② 测量两个同频率交流信号的相位差。如电压—电压、电流—电流、电压—电流、电流—电压。

③ 测量相位差时，可以选择“超前”和“滞后”两种方式。

2）面板布置示意图见图 12-340。面板上各元件器的符号及作用如下：

① “直键开关”S。

a. “电源开关”按键：按下——“开”；抬起——“关”。

b. “滤波”按键：按下——“通”；抬起——“断”。

c. “测量方式”按键：按下——“自检”；抬起——“测量”。

d. “被测量”按键：按下——“f_A”（频率）；抬起——“φ”（相位差）。

e. “超前”“滞后”选择按键：按下——［$\varphi_A-\varphi_B$］（信号 A 的相位超前信号 B）；

抬起——［$\varphi_B-\varphi_A$］（信号 B 的相位超前信号 A）。

f. “测量时间选择”按键：按下为“连续”档；抬起为“单次”档。

g. 启动按键。

② “量程选择开关”SA_1、SA_2。

SA_1——信号 A 通道量程的选择开关。

SA_2——信号 B 通道量程的选择开关。

信号量程：

电流信号量程：5～15mA、15～50mA、50～150mA、150～500mA、0.5～5A。

电压信号量程：150～500mV、0.5～1.5V、1.5～5V、5～15V、15～50V、50～150V。

③ “幅值(度)调节电位器”RP_1、RP_2（RP_1——信号 A 通道、RP_2——信号 B 通道）。

RP_1：拔出时可调节信号 A 通道指示仪表的指示幅值。

RP_2：拔出时可调节信号 B 通道指示仪表的指示幅值。

④ 指示仪表（表头）PA_1、PA_2。PA_1 是指示信号 A 通道信号的幅值。PA_2 是指示信号 B 通道信号的幅值。

⑤ “复归（置）按钮开关”SB_1、SB_2。在复归按钮开关部分有“显示”及“超载”信号灯。

⑥ “接线端子（插座）”XA、XB。

接线端子（或插座）XA：接入信号 A 的端子（或插座）。

XA_1——电压信号（150～500V）、XA_2——电压信号（0V）、XA_3、XA_4——电流信号（1.5～5A）。

接线端子（或插座）XB：接入信号 B 的端子（或插座）。

XB_1——电压信号（150～500V）、XB_2——电压信号（0V）、XB_3、XB_4——电流信号（1.5～5A）。

⑦ “频率、相位显示值表”PT，显示数位为 5 位。在测量结果显示值仪表旁边有三个信号灯，即“°”、“Hz”、“kHz”测量信号单位指示灯。分别表示测量信号的单位，并为一般电子仪器中的闸门指示。在连续测量时，每测量一次时闪动一次。

⑧ 其他。仪表背面还有交流 5V 输出端子 X9、X10 和打印到试结果的输出插座等。

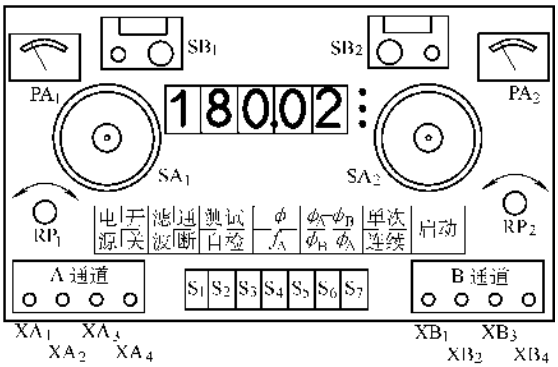


图 12-340 数字相位表面板布置示意图

3）仪表自检程序。

① 将“直键开关”S 置于“滤波通”、“自检”、“φ”、“$\varphi_A-\varphi_B$”、“单次”档。开启电源，此时 5 个数码管从 01234 开始，每间隔 0.8s 按十六进制数每次每位加一进行显示，最后停在 F0.1.2.3.，3 个测量单位信号指示的应最少亮一次，如每位显示数码管无断笔划或多笔划时，说明仪表的数码显示管显示及有关自检部分的软、硬件工作正常。

② 将“量程选择开关”SA_1、SA 选择量程为“1.5V～5V”档。将 A、B 两输入信号测试线反相接入交流 5V 输出接线端子上，将“直键开关”S 由“自检”档改为“测量”档，面板幅度调节电位器 RP_1、RP_2 推入，启动试验仪后，仪表应显示 180°±0.1°。再将“直键开关”S 置于“f_A”、“连续”档，仪表应连续显示供电电源的频率。

4）仪表测量程序。

① 信号的输入及量程选择。

a. 将“幅度调节电位器”RP_1、RP_2 推入，“量

程选择开关”SA_1、SA_2 应根据所测量信号的种类和大小选择合适的量程。

b. 开启电源，拔出并调节“幅度调节电位器”RP_1、RP_2，“指示仪表”PA_1、PA_2 指示值相等后，才能进行测试。

c. 信号的输入的方式：测试线的黑色插头接入信号输入接线端子 XA_2（0V）或 XB_2（0V），当测量的信号为电压信号、有效值为 150～500V 时，测试线的红色插头输入接线端子 XA_1 或 XB_1（150～500V）。相应的“量程选择开关”SA_1、SA_2 应选择“50～150V”档。当测量的信号为电流信号、有效值为 1.5～5A 时，测试线的红色插头输入接线端子 XA_4 或 XB_4（1.5～5A）。相应的“量程选择开关”SA_1、SA_2 应选择“0.5～1.5A”档。

② 测量“频率”程序　信号输入接至“A 通道”。“直键开关”S 置于“测量”、“f_A”档。测试结果即为被测信号的频率值。

③ 测量“相位差”程序。

a. 信号 A、B 为同频率信号，分别接至“A 通道”、“B 通道”。

b. “直键开关”S 置于“测量”、“φ”档。

c. 当“直键开关”S 置于“$\varphi_A-\varphi_B$”档，测量结果为信号 A 超前信号 B 的相位；当“直键开关”S 置于“$\varphi_B-\varphi_A$”档，测量结果为信号 B 超前信号 A 的相位。

④ 滤波按键的选择。当被测量信号为正弦波或三角波、信号频率小于 70Hz，滤波按键选择“滤波通”档。当被测量信号为矩形波、方波或信号频率大于 70Hz，滤波按键选择“滤波断”档。

⑤ 仪器的过载保护。当信号 A 接入“接线端子”XA_3，当信号 B 接入“接线端子”XB_3，当输入信号的幅值大于“量程选择开关”的对应最大量限的 1.6 倍时，过载保护启动。仪器将切断输入信号，指示灯显示。当信号 A 接入“接线端子”XA_1 或 XA_4，当信号 B 接入“接线端子”XB_3 或 XB_4，当输入信号的幅值过大时，仪器将显示“超载”，但不会切断输入信号。

5）使用注意事项。

① “量程选择开关”SA_1、SA_2 应根据被测量信号选择合适的量程，最好使“指示仪表”的指示为满刻度。当两个仪表指示值不一致时，应拔出指示偏大的“幅度调节电位器”调整其“指示仪表”的指示幅值，使其两个“指示仪表”的指示值相同。

② 要测量“电压—电流”的相位差时，应将电流信号接至 A 通道；电压信号接至 B 通道。

③ 两个信号输入的测试线的黑色插头必须接至接线端子 XA_2（0V）或 XB_2（0V），另一端必须接至信号源的低电位端。测量两个信号的相位差时，应尽量避免在两个信号接入的接线端子 XA_2（0V）或 XB_2（0V）之间施加交直流电压信号。直接施加交流 150V 以上电压信号时，测量结果可能增大 ±0.1°以上的附加误差。

④ 仪表的使用条件应尽量在基准条件下工作。否则会增加附加误差。当输入信号和电源频率不满足基准条件时的附加误差为 ±0.05°。在标称范围极限值的条件下工作，附加误差为 ±0.05°。基准条件和工作条件见表 12-123。

表 12-123　数字频率相位表的基准条件与标称范围

影响量	基准条件	标称范围极限值
环境温度/℃	10～30	0～40
相对湿度（%）	45～74	≤90
交流电源电压/V	220（1±2%）	220（1±10%）
交流电源频率/Hz	50±0.5	47.5～63
交流电源波形	正弦波	正弦波
外磁场干扰	应无	应避免
输入信号波形	1. 方波及占空比大于 3/4 小于 1/4 的矩形波 2. 电压有效值为 0.3～100V、电流有效值为 10mA～5A、频率为 45～65Hz 的正弦波，波形失真不大于 2%	正弦波 方波 矩形波 三角波

（8）702－2 型数字毫秒表

1）主要用途。

① 仪表有“输入Ⅰ”和“输入Ⅱ”两个输入端子，都可以单独测量下列形式的时间：

一路空触点的断开时间；

一路空触点的闭合时间；

正、负极性正脉冲宽度；

正、负极性负脉冲宽度；

② 测量两路信号的时间间隔："输入Ⅰ"信号开始至"输入Ⅱ"信号停止之间的时间间隔。

信号输入的形式可以为"空触点断开"、"空触点闭合"、"正跃变"、"负跃变"4种。

"空触点"为不带电位的触点。"空触点"的形式分为两种，即"空触点断开"、"空触点闭合"。

"正跃变"为带电位触点两端的电位由低电位向高电位的突变。如-10V突变至0V；0V突变至10V。

"负跃变"为带电位触点两端的电位由高电位向低电位的突变。如0V突变至-10V，10V突变至0V。

2）面板布置图。

面板布置示意图见图12-341。面板上各元器件的符号及作用如下：

① 输入信号端子："输入Ⅰ"和"输入Ⅱ"。

② 指针式电位器RP_1、RP_2：按"输入Ⅰ"和"输入Ⅱ"输入信号来选择可调方式的电压档次及触发电压。

③ 信号量程选择开关SA_1、SA_2：按"输入Ⅰ"和"输入Ⅱ"输入信号的电压来选择电压档次及触发电压。

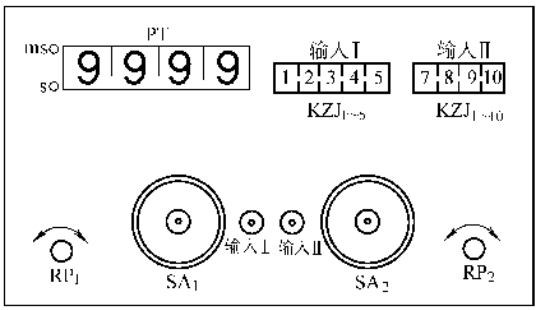


图12-341 数字毫秒仪面板布置示意图

④ 功能选择按键KZJ_1～KZJ_{10}：

a. KZJ_1—为复原功能按键。按下测量显示器停止计数，放开恢复计数。

b. "输入Ⅰ"的功能按键：

KZJ_2—为正跃变功能按键：两路信号测试时，按下为正跃变；单路信号测试时，按下为正脉宽。

KZJ_3—为负跃变功能按键：两路信号测试时，按下为负跃变；单路信号测试时，按下为负脉宽。

KZJ_4—为空接点功能按键：按下为空接点断开。

KZJ_5—为空接点功能按键：按下为空接点闭合。

c. "输入Ⅱ"的功能按键：

KZJ_7—为正跃变功能按键：两路信号测试时，按下为正跃变；单路信号测试时，按下为正脉宽。

KZJ_8—为负跃变功能按键：两路信号测试时，按下为负跃变；单路信号测试时，按下为负脉宽。

KZJ_9—为空触点功能按键：按下为空触点断开。

KZJ_{10}—为空触点功能按键：按下为空触点闭合。

⑤ 测量显示器PT：显示测量值。显示位数为4位数。

在测量显示器旁边有两个单位信号灯，分别为"ms"及"s"。

3）仪表自检方法。

在仪表的背面有电源插座、电源开关S_3、交流、直流切换开关S_4（有交流、直流切换）清零（复原）切换开关S_5（有自动、手动切换）等。

① 将开关S_5置于自动复原档，合电源开关S_3，测量显示器PT应有数码显示。

② 退出全部功能按键，仪表开始自检，测量显示器PT以最高位起逐位进行数码检查。按下KZJ_1复原按键。测量显示器停止计数，放开恢复计数。

③ 按下KZJ_4按键为"空触点断开"功能档时，测量显示器PT开始从"00.00"ms起向"99.99"ms→"999.9"ms→"9.999"s→"99.99"s计数。按下KZJ_1复原按键，显示器清零，松开后继续从"00.00"ms开始计数。如果将"输入Ⅰ"的测试线短接后，显示器停止计数，并延时10s后自动复原。

④ 同时按下KZJ_4按键与KZJ_9按键，"输入Ⅰ"和"输入Ⅱ"接上测试线。将"输入Ⅰ"的测试线由短接放开，显示器开始计数；将"输入Ⅱ"的测试线由短接放开，显示器停止计数。

⑤ 同时按下KZJ_5按键与KZJ_{10}按键，"输入Ⅰ"和"输入Ⅱ"接上测试线。将"输入Ⅰ"的测试线短接，显示器开始计数；将"输入Ⅱ"的测试线短接，显示器停止计。

4）仪表测时方法。应根据测试对象，合理选择功能按键位置以及输入测试线的接法，正确测试时间参数。

① 测量某延时元器件的延时时间。延时元器件的电路图及信号波形图见图12-342。

测量时间为$\Delta t = t_2 - t_1$

测试接线："输入Ⅰ"测试线的红色夹子接在电路中A点，"输入Ⅱ"测试线的红色夹子接在电路中B点，两测试的黑色夹子接到接地点。

测试方法：

a. 信号量程选择开关SA_1、SA_2：选择0～-10V。

b. 指针式电位器RP_1、RP_2：旋至3～6之间。

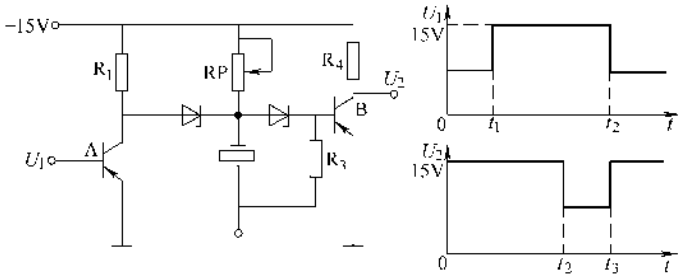


图 12-342　延时元器件的电路图及信号波形

c. 按 KZJ_3 按键：选择负跃变功能：按 KZJ_7 按键选择正跃变功能。

d. 按 KZJ_1 复原键后即可测时。

② 测量交流继电器的动作时间及返回时间。测试接线："输入Ⅰ"测试线接到一辅助同步开关的两端，"输入Ⅱ"测试线接到被试触点的两端。

测量动合触点的闭合时间时：KZJ_5—空触点闭合；KZJ_{10}—空触点闭合。

测量动合触点的断开时间时：KZJ_5—空触点断开；KZJ_{10}—空触点断开。

测量动断触点的闭合时间时：KZJ_5—空触点闭合；KZJ_{10}—空触点断开。

测量动合触点的断开时间时：KZJ_5—空触点断开；KZJ_{10}—空触点闭合。

按 KZJ_1 复原键后即可测时。

③ 测量继电器转换触点及转换时间，见图 12-343。

a. 采用测量"一路空触点的断开时间"的测时方法，见图 12-343b。

将测试线一端接 A 点，将 B 点、C 点连在一起接至测试线另一端。

b. 采用测量"两路信号的时间间隔"的测时方法：

"输入Ⅰ"为"空触点断开"，"输入Ⅱ"为"空接点闭合"。

"输入Ⅰ"测试线的红色夹子接 A 点；"输入Ⅱ"测试线的红色夹子接 B 点；两测试线的黑色夹子都接到 C 点。见图 12-343c。

c. 如果在转换触点的两端接上正电源时，也采用测量"两路信号的时间间隔"的测时方法。见图 12-343d。

"输入Ⅰ"为"负跃变"，"输入Ⅱ"为"正跃变"。

"输入Ⅰ"测试线的红色夹子接 A 点；"输入Ⅱ"测试线的红色夹子接 B 点；两测试线的黑色夹子都接到 C 点。

d. 如果在转换触点的两端接上负电源时，也采用测量"两路信号的时间间隔"的测时方法。见图 12-343e。

"输入Ⅰ"为"正跃变"，"输入Ⅱ"为"负跃变"。

"输入Ⅰ"测试线的红色夹子接 A 点；"输入Ⅱ"测试线的红色夹子接 B 点；两测试线的黑色夹子都接到 C 点。

e. 如果在转换触点的两端接上电源时，也采用测量"一路信号的正、负脉冲宽度"的测时方法。见图 12-343f。

将测试线一端接 A 点，将 B 点、C 点连在一起接至测试线另一端。

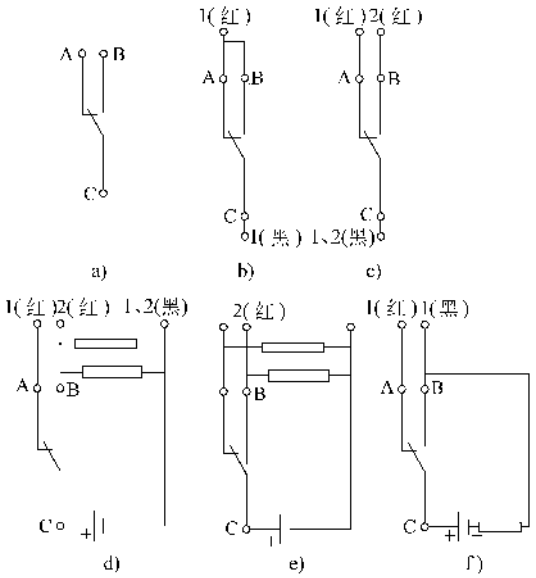


图 12-343　转换触点的转换时间的测时方法

a）转换触点　b）单路空触点断开　c）1—空触点断开 2—空触点闭合　d）1—负跃变、2—正跃变 e）1—负跃变、2—正跃变　f）单路正（负）脉宽

5）注意事项。

① 使用时应注意仪器的技术特性，不得超指标

运行。

② 测量交流继电器的触点动作时间、返回时间等，应借助同步开关来完成。

③ 要注意触发电压与被测时间的关系，要合理选择触发电压，使被测时间的精度提高。

④ 应注意输入阻抗对被测时间的影响，特别是测量无触点电路所带来的影响。

6. 微机继保/控制装置（模块）检测试验方法

（1）变压器差动保护检验试验方法

1）制动特性检验。

① 选择检验菜单。选择《差动继电器检验功能》菜单。

② 检验接线。将变压器差动保护的工作回路接入试验仪的电流输出端子 I_A、I_0，制动回路接入试验仪的电流输出端子 $I_B I_C$（$I_b I_c$ 并联输出）、I_0。保护的出口继电器的动合触点接到试验仪任一开入量输入端子，如 A 端子。

③ 检验参数设置。

动作电流参数设置

［动作电流变化范围］“起始值”0.5A，“终止值”40A。

［变化步长］1.0A。

［每步电流输出时间］1.0s，［间断时间］5s。

［频率］50Hz。

制动电流参数设置

［频率］50Hz。

［输出电流次数］5 次，

［输出电流设置］电流 0.5～5A、电流 1～10A、电流 2～20A、电流 3～30A、电流 4～40A。

变化方式选择

［动作电流选择］A 相电流

［制动电流选择］B 相 C 相并联电流。

［动作电流与制动电流相位差］0°。

［制动电流变化］按设定“电流变化方式”。

“选择制动系数的计算公式”，如选择

$$K_{brk} = \frac{\Delta I_{act}}{\Delta I_{brk}} = \frac{I_{act2} - I_{act1}}{I_{brk2} - I_{brk1}} \tag{12-53}$$

④ 检验。

单击检验按键，开始检验。试验仪同时输出动作电流和制动电流的初始值 0.5A。

固定制动电流 5A，动作电流按规定的步长变化，至被试产品动作止，确定动作电流值。

制动电流为 10A，动作电流重新按初始值变化至被试产品动作为止，确定制动电流为 10A 时的动作电流。

继续改变输出制动电流分别为 20A、30A、40A 时，检验继续，测量在不同制动电流下的动作电流值后结束检验。

根据检验的动作电流及制动电流可以按所选择的计算公式计算出制动系数，得出制动特性曲线。

2）谐波制动特性检验。

① 选择检验菜单。选择《差动继电器检验功能》菜单。

② 检验接线。同制动特性检验。

③ 检验参数设置。

动作电流参数设置

［动作电流变化范围］“起始值”0.5A，“终止值”40A。

［变化步长］1.0A。

［每步电流输出时间］1.0s，［间断时间］5s。

［频率］50Hz。

制动电流参数设置

［频率］100Hz。

［输出电流次数］5 次，

［输出电流设置］电流 0.5～5A、1～10A、2～20A、3～30A、4～40A。

变化方式选择

［动作电流选择］A 相电流。

［制动电流选择］B 相 C 相并联电流。

［动作电流与制动电流相位差］0°。

［制动电流变化］按设定“电流变化方式”。

“选择制动系数的计算公式”，如选择

$$K_{brk} = \frac{I_{100}}{I_{50}} \tag{12-54}$$

④ 检验。

单击检验按键，开始检验。试验仪同时输出动作电流和制动电流的初始值 0.5A。

固定制动电流 5A，动作电流按规定的步长变化，至被试产品动作止，确定动作电流值。

制动电流为 10A，动作电流重新按初始值变化至被试产品动作为止，确定制动电流为 10A 时的动作电流。

继续改变输出制动电流分别为 20、30、40A 时，检验继续，测量在不同制动电流下的动作电流值后结束检验。

根据检验的动作电流及制动电流可以按所选择的计算公式计算出制动系数，得出制动特性曲线。

3）动作时间检验。

① 选择检验菜单。选择《交流动作时间检验功能》菜单。

②　检验接线。将差动继电器的工作回路接入试验仪的电流输出端子 I_A、I_0。差动保护的出口继电器的动合触点接到试验仪任一开入量输入端子，如 A 端子。将动作电流整定值整定为 5A。

③　检验参数设置。

［变量类型］设置为“A 相电流幅值”。

［频率］设置电流信号的频率为 50Hz。

［故障类型］选择为“任意状态”。

［故障状类］第一状态：电流幅值为 0。

第二状态：电流幅值为 2 倍动作电流值。

第三状态：电流幅值为 0。

［试验仪计时器启动、停止的方式］

启动方式：进入第二种状态启动

停止方式：动合触点由断开状态变化为闭合状态。

④　检验。单击“开始检验”按钮，试验仪开始检验。当第一状态进入第二状态时，试验仪自动记录动作时间。在进入第三种状态后，提示停止检验。选择 STOP 命令后结束检验。

（2）高压侧后备保护（过负荷保护）检验试验方法

1）动作电流、返回系数检验。

①　选择检验菜单。选择《交流电流、电压检验功能》菜单。

②　检验接线。将三相过电流保护的 A 相电流回路接入试验仪的电流输出端子 I_A、I_0，B 相电流回路接入试验仪的电流输出端子 I_B、I_0，C 相电流回路接入试验仪的电流输出端子 I_C、I_0，将保护出口的动合触点接入试验仪的开入量的 A 端子。动作整定值的整定方法与上面介绍的整定方法相同。动作电流整定值整定为 5A。

③　检验参数设置。

［变量类型］设置为“电流幅值”；

“A 相电流”0A、0°；

“B 相电流”0A、240°；

“C 相电流”0A、120°。

［频率］设置电流信号的频率为 50Hz。

［变化范围］设置“起始值”为 0A；“终止值”应大于动作电流整定值（例如 1.2 倍动作电流整定值）。

［变化步长］应根据动作电流整定值与平均误差的大小来设置，一般可按整定值与平均误差乘积的 0.1 倍设置。

当动作电流整定值为 5A、平均误差为 5% 时，变化步长为

变化步长 = 0.1 × 整定值 × 平均误差 = 0.1 × 5A × 5% = 0.025A。

［控制方式］程控方式的“全程方式”。

［变化方式］选择“始—终—始”。

④　检验。

单击“检验”按键或单击“开关”按键，开始检验。并自动记录动作值、返回值及返回系数。

2）动作时间检验。

①　选择检验菜单。选择《交流动作时间检验功能》菜单。

②　检验接线。同动作电流、返回系数检验。动作电流整定值整定为 5A。

③　检验参数设置。

［变量类型］设置为“电流幅值”：

“A 相电流”0A、0°；

“B 相电流”0A、240°；

“C 相电流”0A、120°。

［频率］设置电流信号的频率为 50Hz。

［故障类型］选择为“任意状态”。

［故障状态］第一状态：

“A 相电流”0A、0°；

“B 相电流”0A、240°；

“C 相电流”0A、120°。

第二状态：

“A 相电流”6A、0°；

“B 相电流”6A、240°；

“C 相电流”6A、120°。

第三状态：

“A 相电流”0A、0°；

“B 相电流”0A、240°；

“C 相电流”0A、120°。

［试验仪计时器启动、停止的方式］

启动方式：进入第二种状态启动。

停止方式：动合触点由断开状态变化为闭合状态。

④　检验。单击“开始检验”按钮，试验仪开始检验。当第一状态进入第二状态时，试验仪自动记录动作时间。在进入第三种状态后，提示停止检验。选择 STOP 命令后结束检验。

（3）复合电压过流保护检验试验方法

1）动作电压、返回系数检验。

①　选择检验菜单。选择《交流电流、电压检验功能》菜单。

②　检验接线。将负序电压保护的线圈接入试验

仪的电流输出端子 U_A、U_B、U_C，将被试产品的动合触点接入试验仪的开入量的任一端子，如 A 端子。动作整定值的整定方法与上面介绍的整定方法相同。负序动作电压整定值整定为 10V。

③ 检验参数设置。

［变量类型］设置为“电压幅值”。

［频率］设置电压信号的频率为 50Hz。

［变化范围］

设置“起始值”：A 相—0V、0°；B 相—0V、120°；C 相—0V、240°。

“终止值”：A 相—12V、0°；B 相—12V、120°；C 相—12V、240°。

［变化步长］应根据负序动作电压整定值与平均误差的大小来设置，一般可按整定值与平均误差乘积的 0.1 倍设置。

当负序动作电压整定值为 10V、平均误差为 5% 时，变化步长为

变化步长 = 0.1 × 整定值 × 平均误差 = 0.1 × 10V × 5% = 0.05V

［控制方式］程控方式的“全程方式”。

［变化方式］选择“始—终—始”。

④ 检验。单击“检验”按键或单击“开关”按键，开始检验。并自动记录动作值、返回值及返回系数。

2）动作时间检验。

① 选择检验菜单。选择《交流动作时间检验功能》菜单。

② 检验接线。同动作电流、返回系数检验。

负序动作电压整定值整定为 10V。

③ 检验参数设置

［变量类型］设置为“电压幅值”。

［频率］设置电压信号的频率为 50Hz。

［故障类型］选择为“任意状态”。

［故障状态］第一状态：电压幅值为 0V。

第二状态：电压幅值为 12V。

第三状态：电压幅值为 0V。

［试验仪计时器启动、停止的方式］启动方式：进入第二种状态启动。

停止方式：动合触点由断开状态变化为闭合状态。

④ 检验。单击“开始检验”按钮，试验仪开始检验。当第一状态进入第二状态时，试验仪自动记录动作时间。在进入第三种状态后，提示停止检验。选择 STOP 命令后结束检验。

（4）高压侧主变零序保护检验试验方法

1）动作电流、返回系数检验。

① 选择检验菜单。选择《交流电流、电压检验功能》菜单。

② 检验接线。将主变零序保护的电流线圈接入试验仪的电流输出端子 I_A、I_0，电压线圈接入试验仪的电压输出端子 U_A、U_0，将被试产品的动合触点接入试验仪的开入量的任一端子，如 A 端子。动作整定值的整定方法与上面介绍的整定方法相同。零序动作电流整定值整定为 1A。

③ 检验参数设置。

［变量类型］设置为“电流幅值”：A 相电流。

［频率］设置电流信号的频率为 50Hz。

［变化范围］

设置“起始值”：0A、“终止值”：1.2A。

［变化步长］应根据动作电流整定值与平均误差的大小来设置，一般可按整定值与平均误差乘积的 0.1 倍设置。

当动作电流整定值为 1A、平均误差为 5% 时，变化步长为

变化步长 = 0.1 × 整定值 × 平均误差 = 0.1 × 1A × 5% A = 0.005A

［控制方式］程控方式的“全程方式”

［变化方式］选择“始—终—始”

④ 检验。单击“检验”按键或单击“开关”按键，开始检验。并自动记录动作值、返回值及返回系数。

2）动作电压、返回系数检验。

① 选择检验菜单。选择《交流电流、电压检验功能》菜单。

② 检验接线。同动作电流、返回系数检验。

零序动作电压整定值整定为 50V。

③ 检验参数设置。

［变量类型］设置为“电压幅值”：A 相电压。

［频率］设置电流信号的频率为 50Hz。

［变化范围］

设置“起始值”：0V，“终止值”：60V。

［变化步长］应根据动作电流整定值与平均误差的大小来设置，一般可按整定值与平均误差乘积的 0.1 倍设置。

［控制方式］程控方式的“全程方式”

［变化方式］选择“始—终—始”

④ 检验。单击“检验”按键或单击“开关”按键，开始检验。并自动记录动作值、返回值及返回系数。

3）动作时间检验。

① 选择检验菜单。选择《交流动作时间检验

功能》菜单。

②　检验接线。同动作电流、返回系数检验。零序动作电流整定值整定为1A。

③　检验参数设置。

［变量类型］设置为“电流幅值”：A相电流。

［频率］设置电流信号的频率为50Hz。

［故障类型］选择为“任意状态”。

［故障状态］第一状态：电流幅值为0A。

第二状态：电流幅值为1.2A。

第三状态：电流幅值为0A。

［试验仪计时器启动、停止的方式］

［启动方式］：进入第二种状态启动。

［停止方式］：动合触点由断开状态变化为闭合状态。

④　检验。单击“开始检验”按钮，试验仪开始检验。当第一状态进入第二状态时，试验仪自动记录动作时间。在进入第三种状态后，提示停止检验。选择STOP命令后结束检验。

（5）高压侧间隙保护检验试验方法

1）动作电流、返回系数检验。

①　选择检验菜单。选择《交流电流、电压检验功能》菜单。

②　检验接线。将电流继电器的线圈接入试验仪的电流输出端子I_A、I_0，将继电器的动合触点接入试验仪的开入量的任一端子，如A端子。当检验电流大于30A时，可以使三相电流I_A、I_B、I_C并联使用（三相并联使用时，各相电流的相位角应设置为同一相位角）。

动作整定值的整定方法与上面介绍的整定方法相同。动作电流整定值整定为5A。

③　检验参数设置。

［变量类型］设置为“电流幅值”；

［频率］设置电流信号的频率为50Hz。

［变化范围］设置“起始值”为0A；“终止值”应大于动作电流整定值（例如1.2倍动作电流整定值）。

［变化步长］应根据动作电流整定值与平均误差的大小来设置，一般可按整定值与平均误差乘积的0.1倍设置。

当动作电流整定值为5A、平均误差为5%时，变化步长为

变化步长＝0.1×整定值×平均误差＝0.1×5A×5%＝0.025A

［控制方式］程控方式的“全程方式”。

［变化方式］选择“始—终—始”。

④　检验。单击“检验”按键或单击“开关”按键，开始检验。并自动记录动作值、返回值及返回系数。

2）动作时间检验。

①　选择检验菜单。选择《交流动作时间检验功能》菜单。

②　检验接线。同动作电流、返回系数检验。动作电流整定值整定为5A。

③　检验参数设置。

［变量类型］设置为“电流幅值”。

［频率］设置电流信号的频率为50Hz。

［故障类型］选择为“任意状态”。

［故障状态］第一状态：电流幅值为0。

第二状态：电流幅值为1.2倍动作电流值。

第三状态：电流幅值为0。

［试验仪计时器启动、停止的方式］启动方式：进入第二种状态启动。

停止方式：动合触点由断开状态变化为闭合状态。

④　检验。单击“开始检查”按钮，试验仪开始检验。当第一状态进入第二状态时，试验仪自动记录动作时间。在进入第三种状态后，提示停止检验。选择STOP命令后结束检验。

（6）35kV柜及输电线路保护检验试验方法

1）检验线路见图12-344。在检验前应根据检验内容投入检验装置，进行定值整定及投入有关压板。一般应将压板定值控制字中“闭锁重合压板”设置为“0”，其他内部保护压板投退控制字设置为“1”，以使内部压板有效。检验时可通过外部硬压板投退检验中所需要的保护装置。

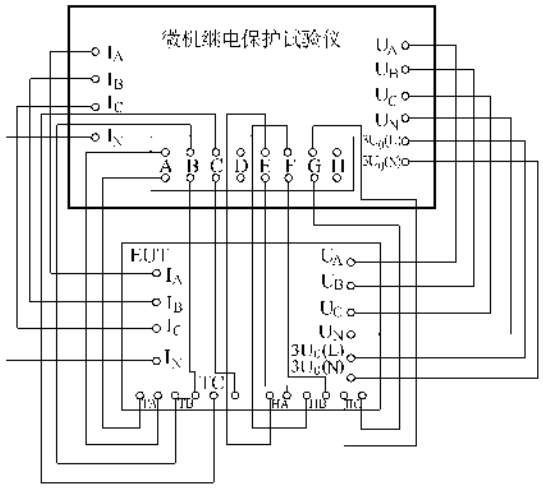


图12-344　用微机继电保护检验装置测试微机线路保护装置检验线路

2）保护性能检验。

① 零序保护。

a. 投零序保护压板，“重合闸”控制字设置为1，“重合闸不检”控制字设置为1。

b. 整定保护定值控制字，以实现投入零序保护；投入重合闸，并实现在不检同期及无压的条件下，直接重合闸的方式。等保护装置充电至重合闸的充电信号灯亮，开始检验。

c. 一般情况下模拟故障相电压取 $U=50V$（或30V），检验时应分别模拟A相、B相、C相单相接地瞬时故障，故障时间为100～150ms，相角为灵敏角，模拟故障电流为

$$I = mI_{0ZD}$$

式中 m——系数，根据产品标准规定取值。

测量动作值准确度时，根据平均误差规定取值。当平均误差为±5%时，m 可取0.95、1.05；当 m 取0.95时，保护应可靠不动作；当 m 取1.05时，保护应可靠动作。

测量动作时间时，根据测量动作时间规定的动作整定值的倍数取值；如1.2倍动作整定值的动作时间测量时，m 取1.2。

d. 模拟单相反方向故障：当故障时相位角为180°+灵敏角时，故障电压 $U=30V$（50V），故障电流 $I>1.2\times I_{0nZD}$（n 可取Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ），零序电流保护应不动作。

② 过电流保护。

a. 投过电流保护压板，“重合闸”控制字设置为1，“重合闸不检”控制字设置为1。

b. 整定保护定值控制字，以实现投入过电流保护；投入重合闸，并实现在不检同期及无压的条件下，直接重合闸的方式。等保护装置充电至重合闸的充电信号灯亮，开始检验。

c. 一般情况下模拟故障相电压取 $U=0V$（由100V突降至0V），检验时应分别模拟A相、B相、C相单相接地瞬时故障，故障时间为100～150ms，相角为灵敏角，模拟故障电流为

$$I = mI_{ZD}$$

式中 m——系数，根据产品标准规定取值。

测量动作值准确度时，根据平均误差规定取值。当平均误差为±5%时，m 可取0.95、1.05；当 m 取0.95时，保护应可靠不动作；当 m 取1.05时，保护应可靠动作。

测量动作时间时，根据测量动作时间规定的动作整定值的倍数取值；如1.2倍动作整定值的动作时间测量时，m 取1.2。

③ 低周保护。

a. 投低周保护压板。“重合闸”控制字设置为1，“重合闸不检”控制字设置为1。

b. 整定保护定值控制字，以实现低周保护投入；投入重合闸，并实现在不检同期及无压的条件下，直接重合闸的方式。等保护装置充电至重合闸的充电信号灯亮，开始检验。

c. 加三相电压（三个相间电压即 U_{AB}、U_{BC}、U_{CA} 均应大于低周保护的低电压闭锁电压定值），加三相电流（各相电流应大于 $0.06I_n$）；模拟正常系统状态。

d. 模拟系统频率平滑降低至低周保护的低额定值（误差不超过0.03Hz）保护的相应的跳闸灯亮，当“充电”信号灯熄灭时（低周保护动作闭锁重合闸），保护应显示“低周保护”动作。

e. 整定保护定值控制字，以实现低周保护滑差闭锁。重复c、d的步骤，当检验所施加的滑差小于低周滑差闭锁定值时，保护应开放低周保护。当检验所施加的滑差大于低周滑差闭锁定值时，保护应可靠闭锁低周保护。

f. 整定保护定值控制字，以实现低周保护低电压闭锁。

g. 加三相电压（三个相间电压即 U_{AB}、U_{BC}、U_{CA} 均应大于低周保护的低电压闭锁电压定值），加三相电流（各相电流应大于 $0.06I_n$）；模拟正常系统状态。

h. 模拟系统电压降低至低周保护的低电压闭锁定值，低周保护不应动作。

④ 三相一次重合闸。

a. 在不检同期和无压条件下的三相一次重合闸。

整定控制字，退出“重合闸检同期”和“重合压检无压”软压板。重合闸方式为保护启动重合闸。

整定控制字，投入“保护启动重合闸”软压板，并退出“不对应启动重合闸”软压板。

在不出现重合闸放电条件时，重合闸装置要充电，待充电结束充电信号灯亮可进行重合闸的功能检验。

当与配合检验的保护动作时，其开关或断路器断开，当时间大于重合闸动作时间整定值，重合闸应动作，被保护线路的开关或断路器应重合一次。

当保护装置不动作时，重合闸不应动作。

b. 在检同期条件下三相一次重合闸。

整定控制字，投入“重合闸检同期”软压板，退出“重合压检无压”软压板。

重合闸方式为保护启动重合闸。

整定控制字，投入“保护启动重合闸”软压板，并退出“不对应启动重合闸”软压板。

在不出现重合闸放电条件时，重合闸装置要充电，待充电结束充电信号灯亮可进行重合闸的功能检验。

当与配合检验的保护动作时，其开关或断路器动作，当满足下列条件，即 $\dot{U}_m - \dot{U}_L < 2U_n \sin(\varphi/2)$，其时间大于重合闸动作时间整定值，重合闸应动作，被保护线路的开关或断路器应重合一次。

当保护不动作或不满足 $\dot{U}_m - \dot{U}_L < 2U_n \sin(\varphi/2)$ 时，重合闸不应动作。

c. 在检无压条件下三相一次重合闸。

整定控制字，投入“重合压检无压”软压板，退出“重合闸检同期”软压板。

重合闸方式为保护启动重合闸。

整定控制字，投入“保护启动重合闸”软压板，并退出“不对应启动重合闸”软压板。

在不出现重合闸放电条件时，重合闸装置要充电，待充电结束充电信号灯亮可进行重合闸的功能检验。

当与配合检验的保护动作时，其开关或断路器动作，并且线路电压 U_L 小于“检无压整定值”时，其时间大于重合闸动作时间整定值，重合闸应动作，被保护线路的开关或断路器应重合一次。

当保护不动作或线路电压 U_L 不小于“检无压整定值”时，重合闸不应动作。

（7）远动装置检验试验方法

1）检验用设备。

①　主站（调度端）或模拟主站设备应包括以下部分：计算机、打印机、双工调制器各一台；

②　模拟量发生器、状态信号模拟器、数字量模拟器各一套；

③　遥控执行指示器一套；

④　频率可调脉冲量输出模拟器一台；

⑤　数字万用表一台；

⑥　三相功率表、功率因数表、数字频率表各一块；

⑦　升相交流测试电源一台。

2）检验程序。

①　交流输入工频量基本误差检验。

a. 电流、电压基本误差检验。

将交流信号源的电流信号及电压信号输入到远方终端的交流工频电量输入回路，通电 30min 后，按下列程序进行测试。

保持输入量的频率为 50Hz，谐波分量为 0，交流电压分别为 0、20、40、60、80、100V、交流电流分别为 0、1、2、3、4、5A。

由数字万用表分别读出交流信号源输入的电压或电流信号的数值，记为 U_I、I_I。

远方终端显示接口所接入的显示屏所显示的数值，分别记为 U_X、I_X。

按下列两个公式分别计算交流工频电量输入回路中电压和电流的模数转换的基本误差 E_U 和 E_I

$$E_U = \frac{U_I - U_X}{AF_U} \times 100\% \qquad (12\text{-}55)$$

$$E_I = \frac{I_I - I_X}{AF_I} \times 100\% \qquad (12\text{-}56)$$

式中　AF_U——电压输出基准值（基准值除另有规定外，可为量程或$\frac{1}{2}$量程，以下同）；

AF_I——电流输出基准值；

E_U——输入电压的模数转换基本误差；

E_I——输入电流的模数转换基本误差。

应取 E_U 和 E_I 中的最大值为其基本误差。

b. 有功功率、无功功率基本误差检验。

将交流信号源的电流信号及电压信号输入到远方终端的交流工频电量输入回路，通电 30min 后，按下列程序进行测试。

保持输入线电压为 100V，频率 $f = 50$Hz，功能因数按参比条件，改变输入电流（$I_A = I_B = I_C$）为 0、1、2、3、4、5A。

由功率表分别记录交流信号源输入有功功率及无功功率，分别记为 P_I、Q_I。

远方终端显示接口所接入的显示屏所显示的有功功率及无功功率数值，分别记为 P_X、Q_X。

按下列两个公式分别计算交流工频输入有功功率及无功功率的模数转换的基本误差 E_P 和 E_Q

$$E_P = \frac{P_I - P_X}{AF_P} \times 100\% \qquad (12\text{-}57)$$

$$E_Q = \frac{Q_I - Q_X}{AF_Q} \times 100\% \qquad (12\text{-}58)$$

式中　AF_P——有功功率输出基准值；

AF_Q——无功功率输出基准值；

E_P——输入有功功率模数转换的基本误差；

E_Q——输入无功功率模数转换的基本误差。

应取 E_P 和 E_Q 中的最大值为其基本误差。

c. 频率基本误差检验。

将交流信号源的电流信号及电压信号输入到远方终端的交流工频电量输入回路，通电 30min 后，按下

列程序进行测试。

改变输入交流电流及交流电压信号频率分别为45、47、49、50、51、53、55Hz。

由数字频率表分别读出交流信号源输入信号的频率数值，记为f_I。

远方终端显示接口所接入的显示屏所显示的数值，分别记为f_X。

按下列公式分别计算交流工频电量输入回路中输入交流信号频率的模数转换的基本误差E_f

$$E_f = \frac{f_I - f_X}{AF_f} \times 100\% \qquad (12\text{-}59)$$

式中 AF——频率输出基准值；

E_f——输入频率模数转换的基本误差。

取E_f中的最大值为基本误差。

d. 功率因数基本误差检验。

将交流信号源的电流信号及电压信号输入到远方终端的交流工频电量输入回路，通电30min后，按下列程序进行测试。

保持线电压为100V，$I_A = I_B = I_C = 5A$，$f = 50Hz$。改变交流信号源的电流信号与电压信号间的相位角φ分别为0°、±30°、±45°、±60°、±90°。

由功率因数表分别记录交流信号源输入交流信号功率因数的数值，为PF_I。

远方终端显示接口所接入的显示屏所显示的输入交流信号功率因数的数值，记为PF_X。

按下列公式分别计算交流工频电量输入交流信号功率因数的模数转换$E_{\cos\varphi}$的基本误差：

$$E_{\cos\varphi} = \frac{PF_I - PF_X}{AF_{\cos\varphi}} \times 100\% \qquad (12\text{-}60)$$

式中 $AF_{\cos\varphi}$——功率因数输出基准值；

$E_{\cos\varphi}$——输入功率因数模数转换的基本误差。

应取$E_{\cos\varphi}$中的最大值为基本误差。

② 状态量（开关量）输入检验。在状态信号模拟器上拨动任一路模拟开关，在显示屏（CRT）的屏幕上应观察到对应遥信位的变化，并与拨动的开关状态相一致，重复上述检验10次以上，检查每次检验遥信位变化的正确性。

③ 数字量输入检验。利用数字量模拟器设置一组4位十进制数（用BCD码表示），在显示屏（CRT）的屏幕上能显示出对应的数字遥测量，数值与设置值相同，重复上述检验10次以上，检查每次检验遥测量的正确性。

④ 脉冲量输入检验。启动脉冲量模拟器，在显示屏（CRT）的屏幕上应显示其计数值，该数值与脉冲量输出模拟器的计数相一致，改变脉冲频率重复上述检验5次以上，检查每次检验显示值的正确性。

⑤ 遥控检验。在主站计算机系统键盘上进行遥控操作时，遥控执行指示器应有正确指示。重复上述检验100次以上，再模拟开关动作故障和遥控返校失败，检查遥控执行的正确性。

⑥ 事件顺序记录站内事件分辨率检验。在脉冲信号模拟器的两路输出信号接到远方终端的任意两路状态量输入端（具有事件顺序记录站的功能），对两路脉冲信号设置一定的时间延时，一般应不大于10ms，且可调。启动脉冲信号模拟器工作，在显示屏上显示出遥信名称、状态及动作时间，其中开关动作的正确性和时间应符合事件顺序记录站内分辨率的要求。重复上述检验5次以上。

⑦ 直流输入模数转换总误差检验。在环境温度0℃和40℃时任选一路模拟量输入，调节模拟量发生器使之依次输出－5、－4、－3、－2、－1、1、2、3、4、5V，并用5位半数字电压表测量，读数记为U_{IDC}，同时在远方终端的打印机上分别打印出对应的输出值，记为S_{IDC}，则模数转换误差E_{IDC}可按下式计算：

$$E_{IDC} = \left| \frac{S_{IDC}}{k \cdot 2^n} - \frac{U_{IDC}}{\text{满刻度值}} \right| \times 100\% \qquad (12\text{-}61)$$

式中 k——标度系数；

n——模数转换二进制字长。

当模数转换范围为－5～＋5V时，满刻度值应为5V－（－5V）＝10V。

总误差取E_{IDC}的最大值。

⑧ 遥调模数转换总误差检验。在主站端改变遥调设置值T_I，在远方终端的遥调输出端读得U_I，遥调设置值分别取满刻度值的±1.8、±1.4、±1.2、±1，则遥调数模转换误差E_I可按下式计算：

$$E_I = \left| \frac{T_I K}{2^n} - \frac{U_I}{\text{满刻度值}} \right| \times 100\% \qquad (12\text{-}62)$$

式中 K——设置与输出值的转换系数；

n——模数转换二进制字长。

总误差取E_I的最大值。

⑨ 信息响应时间检验。在状态信号模拟器上拨动任一路检验开关，在模拟主站上应观察到对应的遥信位变化，并记录下从模拟开关动作到遥信位变化的时间。在传输速率为600bit/s时，此时间应不大于1s。

在交流工频电量输入回路施加一个阶跃信号为较高标称值的0%～90%，或者为较高标称值的100%～10%，在模拟主站上应观察到对应的数值变化，并记录下从施加阶跃信号到数值变化的时间。对

重要遥测量在传输速率为600bit/s时，响应时间应不大于3s。其他遥测量响应时间应满足表12-124数据更新周期的规定。

表12-124　数据更新周期

周期等级	周期时间	周期等级	周期时间
P1	2s	P4	1min
P2	4s	P5	15min
P3	8s	P6	1h

⑩　遥测扫描周期检验。将电压输入接入标称电压，将各电流输入回路串联，通以20%的标称值电流，从连接的显示器上观察各个电流测点的数值。改变输入电流量为标称电流的90%，从显示器上观察各个电流量数值的改变。各个电流测点值的改变应在0.5s或1s内。

⑪　与主站通信正确性检验。被测远方终端与模拟主站计算机系统连接并通电后，在主站屏幕上校对遥测数据及遥信状态等。进行交流工频输入量、状态量（开关量）输入、遥控、直流输入模数转换总误差、脉冲输入、数字量输入、事件顺序记录站内分辨率等项测试时，在主站的图形终端上看到数据的变化及事件记录的告警显示。主站的事件顺序记录应与远方终端的事件顺序记录一致。

⑫　与两个主站通信检验。将远方终端的两个通信口分别与两套模拟主站相连，通电后，在主站屏幕上核对遥测数据及遥信状态及事件顺序记录站内分辨率等的正确性应符合相关标准的要求。

⑬　馈线回路故障电流的检测和故障判断、隔离及非故障段恢复供电检验。

按图12-345检验线路的示意图接线。

将断路器1和所有负载开关合上，将断路器2断开。

在点A模拟短路故障，在断路器1未跳开前，FTU_1、FTU_2应能检测到故障电流，并传送到模拟监控单元（主站）。

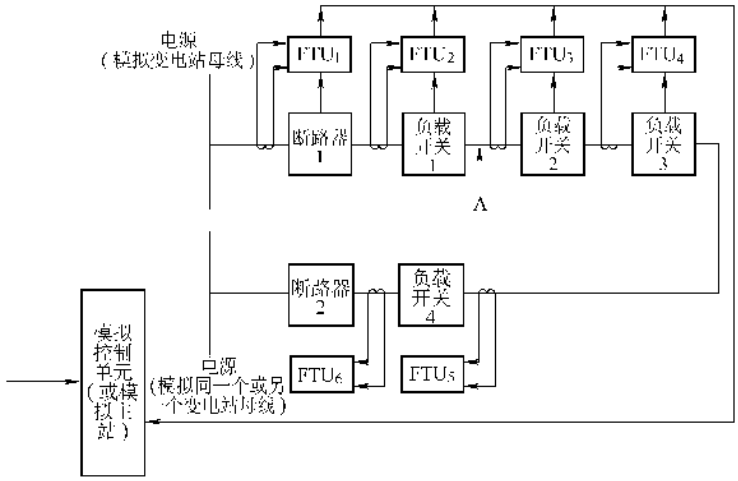


图12-345　馈线回路故障电流的检测和故障判断、隔离及非故障段恢复供电检验线路的示意图

模拟监控单元（主站）根据FTU_2有故障电流，FTU_3无故障电流，应判断出A点发生故障。

模拟监控单元（主站）根据判断结果并在断路器1断开后，立即发遥控命令到FTU_2和FTU_3，将负载开关1和负载开关2断开，以隔离故障点。

模拟监控单元（主站）最后将断路器1、2合上，以恢复正常线路段供电。

故障识别时间、故障隔离时间及非故障段的恢复时间应符合下列要求。

故障识别时间的要求：一般馈线回路远方终端的故障识别时间包括远方终端的故障电流检测及传送到馈线监控单元（主站）的时间和馈线监控单元（主站）的判断时间。这一时间还与馈线回路上远方终端数目以及开关是否有重合闸功能有关。

例如有7个馈线远方终端时，当传输速度为600bit/s时，其故障识别时间应为1～3s；当传输速度为1200bit/s时，其故障识别时间应为1～1.5s。

故障隔离时间、非故障段的恢复时间：该时间应由馈线监控单元（主站）发出遥控命令和馈线远方终端驱动开关动作时间决定。

由于开关执行不同动作的时间会有差异，一般情况下，故障隔离时间应不大于1min，非故障段恢复时间不大于2min。对于具有继电保护功能的馈线回路远方终端应能自动识别故障及清除故障，其时间由继电保护整定的动作时间决定。

3）交流工频输入量通用要求检验。

① 稳定性检验。在参比条件下连续通电 72h 后，对交流工频输入量进行检测，其基本误差应满足其等级指数的规定。

影响量的参比条件及检验允差：

环境温度：15～30℃；

被测量频率：50（1±2%）Hz；

被测量波形：正弦，波形畸变系数乘 100 应不超过等级指数；

远方终端电源参数：额定值±2%；

外部磁场：无，允差为地磁场强度值；

电流不平衡度：0。

② 连续过量输入检验。对被测电流量及被测电压量施加参比范围上限或标称使用范围上限值的 120%（取其最大值），历时 24h，所有影响量应保持其参比条件。

在通电后，对交流工频输入量进行检测，其基本误差应满足其等级指数的规定。

③ 短时过量输入检验。在参比条件下，被测电流量施加标称值（参比范围上限或标称使用范围上限值）的 20 倍，施加 5 次、历时 1s，相邻施加的间隔时间为 300s；被测电压量施加标称值（参比范围上限或标称使用范围上限值）的 2 倍，施加 10 次、历时 1s，相邻施加的间隔时间为 10s。

短时过量输入后，对交流工频输入量进行检测，其基本误差应满足其等级指数的规定。

4）影响量检验。在进行影响量影响检验时，应对每一影响量的变化进行检验。检验中，其他影响量应保持参比条件不变。影响量包括交流工频输入量的频率变化、波形畸变、功率因数变化、不平衡电流、被测量超量限、三相功率测量元件之间相互作用、远方终端装置的自热及环境温度变化等，检验时应测量被测量误差的变化。

① 输入量频率变化引起的改变量检验。

在参比条件下测定交流工频电量的输出值，记为 E_x。

改变输入量的频率值为参比频率的±10%（45Hz 和 55Hz 两个值），依次测定与 1）项相同点上的输出值，记录为 E_{Xf}。

按下式计算输入量频率变化引起的改变量 Δf

$$\Delta f = \frac{E_{Xf} - E_X}{AF} \times 100\% \qquad (12\text{-}63)$$

其计算结果应符合标准规定。

② 远动终端装置的电源电压变化引起的改变量检验。

在参比条件下测定交流工频电量的输出值，记为 E_X。

改变远动终端装置的电源电压为额定电压的+20%～-20%，测定出与①项相同点上的输出值，记录为 E_{XU}。

按下式计算电源电压变化引起的改变量 ΔU

$$\Delta U = \frac{E_{XU} - E_X}{AF} \times 100\% \qquad (12\text{-}64)$$

其计算结果应符合标准规定。

③ 输入量波形畸变引起的改变量检验。操作程序：

在参比条件下测定交流工频电量的输出值，记为 E_X。

在基波上按照标准规定叠加谐波分量值，调节畸变波形幅度，便输入端标准仪表保持与 1）项相同点上的被测量的有效值不变，依次施加谐波从 3～13 次，并改变基波与谐波之间的相位角，使其得到最大的改变量，记录下相应的输出值为 E_{XK}。

对于有功功率和无功功率，应先施加畸变电流，然后重复施加畸变电压进行测量。

按下式计算输入量波形畸变引起的改变量 ΔK

$$\Delta K = \frac{E_{XK} - E_X}{AF} \times 100\% \qquad (12\text{-}65)$$

其计算结果应符合标准规定。

④ 功率因数变化引起的改变量检验(对功率)。

在参比条件下测定有功功率、无功功率的输出值，记为 E_X。

改变功率因数 $\cos\varphi$（$\sin\varphi$）值为 $0.5 > \cos\varphi$（$\sin\varphi$）$\geqslant 0$ 超前或滞后各选取一点，调节电流保持有功或无功功率输入的初始值不变，测定输出值记录为 $E_{X\varphi}$。

按下式计算功率因数变化引起的改变量 $\Delta\varphi$

$$\Delta\varphi = \frac{E_{X\varphi} - E_X}{AF} \times 100\% \qquad (12\text{-}66)$$

其计算结果应符合标准的规定。

⑤ 不平衡电流对三相有功和无功功率引起的改变量检验。

在参比条件下，电流应平衡，并调整输入电流使其为较高标称值的一半，测定有功功率、无功功率的输出值，记为 E_X。

任何一相电流断开，电压保持平衡和对称，调整其他相电流，并保持有功或无功功率输入的初始值不变，记录新的输出值为 E_{XP}。

按下式计算不平衡电流引起的改变量 ΔP

$$\Delta P = \frac{E_{XP} - E_X}{AF} \times 100\% \qquad (12\text{-}67)$$

其计算结果应符合标准的规定。

⑥ 被测量超量限引起的改变量检验。

在输入标称值的100%时测出基本误差。

在输入标称值的120%时测出误差。

两个误差之差不应超过等级指数的50%。

⑦　三相功率测量元件之间互相作用引起的改变量检验。

在参比条件下，仅一个测量元件的电压按其标称电压通电，电流为0。其他每一元件的电流通以标称电流，电压为0。此时三相功率应为0，使电压和电流之间的相位角在0°～360°之间改变，记录输出的最大偏离值。

对应于输入三相功率为0时，输出的三相功率最大偏差应不超过等级指数的50%。

⑧　输入电流变化引起的输出改变量检验（只对相角和功率因数检验）。

在参比条件下，测定相角和功率因数的输出值，记为 E_X。

改变输入电流为标称值的20%～120%，测定相应的输出值，记为 E_{XI}。

按下式计算输入电流变化引起的输出改变量 ΔI

$$\Delta I = \frac{E_{XI} - E_X}{AF} \times 100\% \qquad (12\text{-}68)$$

其计算结果应符合标准的规定。

⑨　自热影响。在环境温度下通电时间不短于4h，然后预处理30min。在相同的被测量值工作条件下连续通电，在每隔1min和3min之间、30min和35min之间测定输出误差，两个误差之间的差别不应超过等级指数的100%。

⑩　高温时引起的改变量检验。

在参比条件下，测定交流工频电量的输出值，记为 E_X。

改变环境温度为规定的高温温度45℃（分散布置的远方终端为55℃），测定相应的输出值，记为 E_{XTH}。

按下式计算由于低温引起的交流工频电量输出改变量 ΔT_H

$$\Delta T_H = \frac{E_{XTH} - E_X}{AF} \times 100\% \qquad (12\text{-}69)$$

其计算结果应符合标准的规定。

⑪　低温时引起的改变量检验。

在参比条件下，测定交流工频电量的输出值，记为 E_X。

改变环境温度为规定的低温温度－5℃（分散布置的远方终端为－25℃），测定相应的输出值，记为 E_{XTL}。

按下式计算由于低温引起的交流工频电量输出改变量 ΔT_L

$$\Delta T_L = \frac{E_{XTL} - E_X}{AF} \times 100\% \qquad (12\text{-}70)$$

其计算结果应符合标准的规定。

（8）测控装置检验试验方法

1）检验设备。

①　模拟量发生器、状态信号模拟器、数字量模拟器各一套；

②　遥控执行指示器一套；

③　频率可调脉冲量输出模拟器一台；

④　数字万用表一台；

⑤　三相功率表、三相电能表各一块；

⑥　功率因数表、数字频率表各一块；

⑦　三相交流测试电源一台。

2）检验程序。

①　电流、电压基本误差检验。

a. 将交流信号源的电流信号及电压信号输入到综合测控装置交流输入回路，按再b～e程序进行测试。

b. 保持输入量的频率为50Hz，谐波分量为0，交流电压分别为0、20、40、60、80、100V、交流电流分别为0、1、2、3、4、5A。

c. 由数字万用表分别读出交流信号源输入的电压或电流信号的数值，记为 U_I、I_I。

d. 综合测控装置显示接口所接入的显示屏所显示的数值，分别记为 U_X、I_X。

e. 按下列两个公式分别计算交流输入回路中电压和电流的基本误差 ΔU 和 ΔI：

$$\Delta U = \frac{U_I - U_X}{U_n} \times 100\% \qquad (12\text{-}71)$$

$$\Delta I = \frac{I_I - I_X}{I_n} \times 100\% \qquad (12\text{-}72)$$

式中　U_n——输入电压的额定值；

I_n——输入电流的额定值。

②　有功功率、无功功率基本误差检验。

a. 将交流信号源的电流信号及电压信号输入到综合测控装置交流输入回路，按下列程序进行测试：

b. 保持输入线电压为100V，频率 $f = 50$Hz，功率因数按参比条件，改变输入电流（$I_A = I_B = I_C$）为0、1、2、3、4、5A。

c. 由功率表分别记录交流信号源输入有功功率及无功功率，分别记为 P_I、Q_I。

d. 综合测控装置所接入的显示屏所显示的有功功率及无功功率数值，分别记为 P_X、Q_X。

e. 按下列两个公式分别计算交流输入回路的有功功率及无功功率的基本误差 ΔP 和 ΔQ：

$$\Delta P = \frac{P_I - P_X}{P_n} \times 100\% \qquad (12\text{-}73)$$

$$\Delta Q = \frac{Q_I - Q_X}{Q_n} \times 100\% \qquad (12\text{-}74)$$

式中 P_n——输入有功功率的额定值；

Q_n——输入无功功率的额定值。

③ 频率基本误差检验。

a. 将交流信号源的电源信号及电压信号输入到综合测控装置交流输入回路，按 b～e 程序进行测试。

b. 改变输入交流电流及交流电压信号频率分别为 45、47、49、50、51、53、55Hz。

c. 由数字频率表分别读出交流信号源输入信号的频率数值，记为 f_I。

d. 综合测控装置的显示屏所显示的数值，分别记为 f_X。

e. 按下列公式计算交流输入回路中输入交流信号频率的基本误差 Δf：

$$\Delta f = \frac{f_I - f_X}{f_n} \times 100\% \qquad (12\text{-}75)$$

式中 f_n——交流信号的额定频率。

④ 功率因数基本误差检验。

a. 将交流信号源的电流信号及电压信号输入综合测控装置交流输入回路，按 b～e 程序进行测试。

b. 保持线电压为 100V，$I_A = I_B = I_C = 5A$、$f = 50Hz$。改变交流信号源的电流信号与电压信号间的相位角 φ 分别为 0°、±30°、±45°、±60°、±90°。

c. 由功率因数表分别记录交流信号源输入交流信号功率因数的数值，为 PF_I。

d. 综合测控装置的显示屏所显示的输入交流信号功率因数的数值，记为 PF_X。

e. 按下列公式计算交流输入回路中输入交流信号功率因数的基本误差 $\Delta\cos\varphi$：

$$\Delta\cos\varphi = \frac{PF_I - PF_X}{1} \times 100\% \qquad (12\text{-}76)$$

3）基本功能检验。

① 状态量（开关量）输入检验。在状态信号模拟器上拨动任一路模拟开关，在显示屏（CRT）的屏幕上应观察到对应遥信位的变化，并与拨动的开关状态相一致，重复上述检验 5 次以上，检查每次检验遥信位变化的正确性。

② 脉冲量输入检验。启动脉冲量模拟器，在显示屏（CRT）的屏幕上应显示其计数值，该数值与脉冲量输出模拟器的计数相一致，改变脉冲频率，重复上述检验 5 次以上，检查每次检验显示值的正确性。

③ 遥控检验。在主站计算机系统键盘上进行遥控操作时，遥控执行指示器应有正确指示。重复上述检验 100 次以上，再模拟开关动作故障和遥控返校失败，检查遥控执行的正确性。

④ 事件顺序记录站内事件分辨率检验。在脉冲信号模拟器的两路输出信号接到远方终端的任意两路状态量输入端（具有事件顺序记录站的功能），对两路脉冲信号设置一定的时间延时，一般应不大于 10ms，且可调。启动脉冲信号模拟器工作，在显示屏上显示出遥信名称、状态及动作时间，其中开关动作的正确性和时间应符合事件顺序记录站内分辨率的要求。重复上述检验 5 次以上。

（9）小电流接地信号装置检验试验方法

1）最大灵敏角和动作区测试。

① 检验线路。检验线路见图 12-346。

② 检验程序。

a. 施加辅助激励量，为额定值。

b. 合开关 S、S_1、S_2，调电阻 RP_3，使电压回路的激励量为额定电压 U_n（100V），调电阻 RP_1，使电流回路的激励量为 0.5A，并施加于线路 1。

c. 调移相器 BP，改变电流回路的电流与电压回路的电压间的相位角 φ。

d. 测量被试产品动作区的边界角 φ_1、φ_2。

动作边界角确定的方法：测量临界动作角时，应

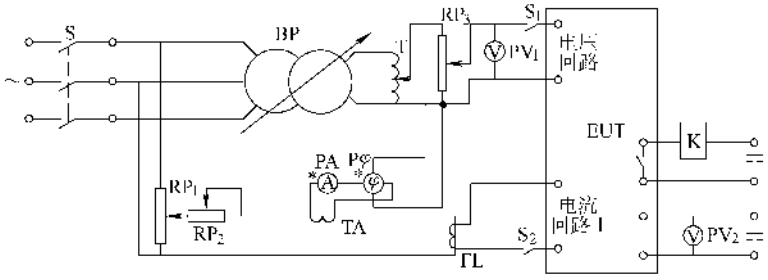


图 12-346 小电流接地信号装置电气性能检验线路

BP—移相器 TA—仪用电流互感器 PA—交流电流表（0.5 级） PV_1—交流电压表（0.5 级）

S、S_1、S_2—开关 Pφ—相位表 T—自耦调压器 RP_1、RP_2、RP_3—可调电阻 PV_2—直流电压表，（0.5 级）

FL—零序电流互感器 K—动作指示用快速中间继电器，要求其动作时间不大于 10ms

由被试产品的不动作区向动作区方向改变相位角，以确定动作指示的中间继电器可靠动作时的最大（或最小）动作角。

动作区边界角落在0°～180°范围内（电压超前电流）为最小动作角；动作区边界角落在0°～－180°范围内（电流超前电压）为最大动作角。

e. 计算最大灵敏角 φ_m 和动作区 φ：

$$\varphi_m = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2},\ \varphi = |\varphi_1 - \varphi_2| \qquad (12\text{-}77)$$

式中　φ_1——电压超前电流时的相位角；

φ_2——电流超前电压时的相位角。

f. 测量5次，确定最大灵敏角的最大值及最小值，计算最大灵敏角平均值。

g. 计算最大灵敏角的准确度（平均误差及一致性）。

2）最小动作电流测试。

①　检验线路。检验线路见图12-346。

②　检验程序。

a. 施加辅助激励量（为额定值）。

b. 合开关S、S_1、S_2，调电阻 RP_3，使电压回路的激励量为100V。

c. 将电流回路接至线路1。

d. 调移相器BP，改变电流回路的电流与电压回路的电压间的相位角 φ，使 $\varphi = \varphi_m$。

e. 调电阻 RP_1，使电流回路的激励量增加至被试产品动作。

f. 测量被试产品的动作电流值。测量被试产品动合触点回路所接入的动作指示中间继电器可靠动作时的最小动作电流值。

g. 再调整电压回路的激励量为40V。

h. 重复上述试验。

3）电流潜动检验。

①　检验线路。检验线路见图12-346。

②　检验程序。

a. 施加辅助激励量（为额定值）。

b. 合开关S、S_1、S_2，调移相器BP，改变电流回路的电流与电压回路的电压间的相位角 φ，使 $\varphi = \varphi_m$。

c. 断开开关 S_1。

d. 调电阻 RP_1，使电流回路的激励量为0～30A。

e. 操作开关 S_2，电流回路突然施加或切除电流时，观察被试产品的工作情况。被试产品动合触点不应出现闭合现象。

4）电压潜动检验。

①　检验线路。检验线路见图12-346。

②　检验程序。

a. 施加辅助激励量（为额定值）。

b. 合开关S、S_1、S_2，调移相器BP，改变电流回路的电流与电压回路的电压间的相位角 φ，使 $\varphi = \varphi_m$。

c. 断开开关 S_2。

d. 调电阻 RP_3，使电压回路的激励量为40V。

e. 操作开关 S_1，电压回路突然施加或切除电压时，观察被试产品的工作情况。被试产品动合触点不应出现瞬时闭合现象。

f. 调电阻 RP_3，使电压回路的激励量为额定电压 U_n（100V），重复上述检验。

5）制动区动作特性检验。

①　检验线路。检验线路见图12-346。

②　检验程序。

a. 施加辅助激励量（为额定值）。

b. 合开关S、S_1、S_2，调移相器BP，改变电流回路的电流与电压回路的电压间的相位角 φ，使 $\varphi = \varphi_m + 180°$。

c. 将电流回路接至线路1。

d. 调电阻 RP_3，使电压回路的激励量为100V（或40V）。

e. 操作开关 S_1，电压回路突然施加或切除电压时，观察被试产品的工作情况。被试产品不应动作。

f. 调电阻 RP_1，使电流回路的激励量为30A。

g. 操作开关 S_2，电流回路突然施加或切除电流时，观察被试产品的工作情况。被试产品不应动作。

（10）小电流接地选线装置检验试验方法

1）以基波零序电流作为故障线路的选线的动作判据的动作值测试。

①　检验线路。检验线路见图12-347。

②　检验程序。

a. 将交流输入电源的频率 $f_0 = 50\text{Hz}$。

b. 施加辅助激励量（为额定值）。

c. 整定零序电压值：$U_{0set} = 5\text{V}$。

d. 合开关S、S_1、S_2，调电阻 RP_3，使电压回路的激励量为5V。

e. 调移相器BP，改变电流回路的电流与电压回路的电压间的相位角 φ，使电流回路的相位角落后于电压回路相位角90°。

f. 调电阻 RP_1，使电流回路的激励量从0增大至被试产品动作；测量其最小动作电流。

g. 整定零序电压值：$U_{0set} = 30\text{V}$。

h. 合开关S、S_1、S_2，调电阻 RP_3，使电压回路的激励量为30V，重复上述试验。

2）以零序电流的5次谐波分量作为故障线路的选线的动作判据的动作值测试。

① 检验线路。检验线路见图 12-347。

② 检验程序。

a. 将交流输入电源的频率 $f_5=250\text{Hz}$。

b. 施加辅助激励量（为额定值）。

c. 整定零序电压值：$U_{0set}=5\text{V}$。

d. 合开关 S、S_1、S_2，调电阻 RP_3，使电压回路的激励量为 5V。

e. 调移相器 BP，改变电流回路的电流与电压回路的电压间的相位角 φ，使电流回路的相位角落后于电压回路相位角 90°。

f. 调电阻 RP_1，使电流回路的激励量从 0 增大至被试产品动作；测量其最小动作电流。

g. 整定零序电压值：$U_{0set}=30\text{V}$。

h. 合开关 S、S_1、S_2，调电阻 RP_3，使电压回路的激励量为 30V，重复上述检验。

（11）中央信号屏检验试验方法

1）闪光周期。

① 检验线路。见图 12-348。

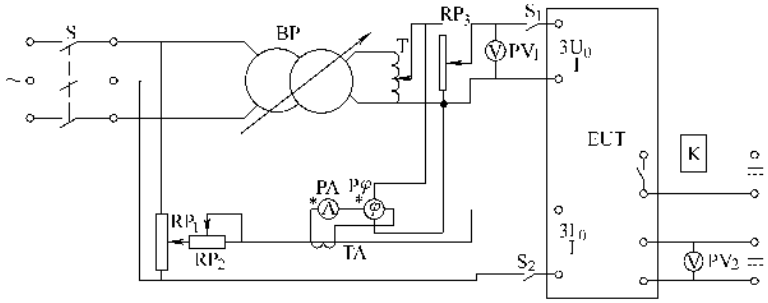


图 12-347 小电流接地选线装置电气性能检验线路

BP—移相器 TA—仪用电流互感器 PA—交流电流表（0.5 级） PV_1—交流电压表（0.5 级）

S、S_1、S_2—开关 Pφ—相位表 T—自耦调压器 RP_1、RP_2、RP_3—可调电阻

PV_2—直流电压表（0.5 级） K—动作指示用快速中间继电器，要求其动作时间不大于 10ms

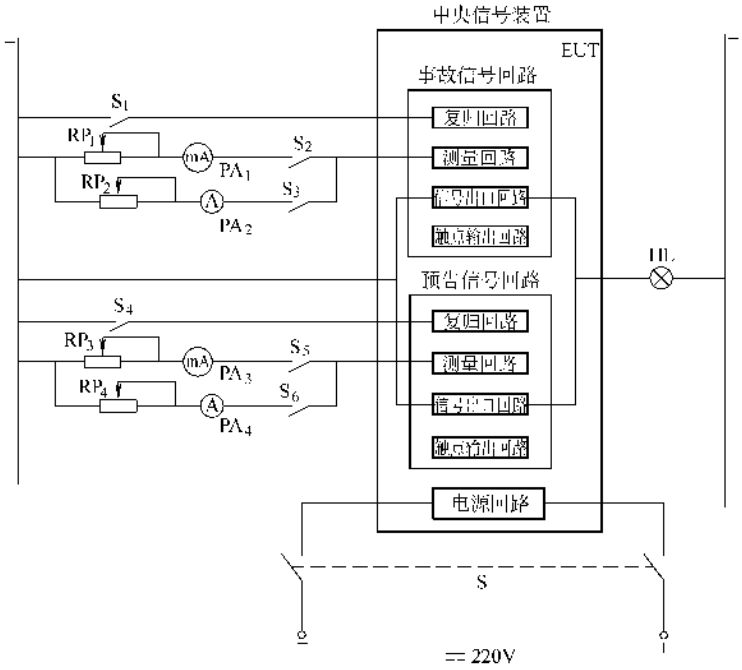


图 12-348 动作值检验线路示意图

PA_1、PA_3—直流毫安表（0.5 级） PA_2、PA_4—直流电流表（0.5 级）

RP_1、RP_3—可调电阻（0.15A） RP_2、RP_4—可调电阻（2A） HL—信号灯

S—电源开关 S_1、S_4—复归开关 S_2、S_3、S_5、S_6—操作开关

② 检验程序。

a. 合电源开关 S，信号灯 HL 开始闪光。

b. 测量闪光频率。

2）事故信号冲击电流检验。

① 检验线路。检验线路见图 12-348。

② 检验程序。

a. 接通开关 S_2，调整电阻 RP_1，激励量从 0 增大至规定的动作电流值。突然施加于被试产品，被试产品的状态应为动作状态（被试产品的工作状态应由信号灯来指示）。

b. 然后采用突然施加激励量的方法，测量最小冲击动作电流。

c. 最小冲击动作电流为使被试产品可靠动作 10 次所施加的最小的冲击电流值。

d. 每动作一次后应合开关 S_1，使被试产品复归。

e. 确定最小冲击电流后，接通开关 S_2，调整电阻 RP_1，除产品标准另有规定外，使电流激励量 I_{i1} = 0.1A。

f. 采用突然施加激励量的方法，接通开关 S_2，被试产品应可靠动作。

g. 每次动作后应合开关 S_1，使被试产品复归。

3）在最大稳定电流下，事故信号冲击电流检验。

在完成最小冲击动作电流及冲击返回电流检验的基础上，在最大稳定电流下测试冲击动作电流。

① 检验线路。检验线路见图 12-348。

② 检验程序。

a. 接通开关 S_3，调整电阻 RP_2，除产品标准另有规定外，调节最大稳定电流为 $\sum I_{i1}$ = 1.5A（最大稳定电流的范围为 0～1.5A）。

b. 接通开关 S_2，调整电阻 RP_1，除产品标准另有规定外，使电流激励量 I_{i1} = 0.1A。

c. 采用突然施加激励量的方法，开关 S_2 接通 5 次，被试产品都应可靠动作。

d. 每次动作后应合开关 S_1，使被试产品复归。

4）预告信号冲击电流检验。

① 检验线路。检验线路见图 12-348。

② 检验程序。

a. 接通开关 S_5，调整电阻 RP_3，激励量从 0 增大至规定的动作电流值。突然施加于被试产品，被试产品的状态应为动作状态（被试产品的工作状态应由信号灯来指示）。

b. 然后采用突然施加激励量的方法，测量最小冲击动作电流。

c. 最小冲击动作电流为使被试产品可靠动作 5 次所施加的最小的冲击电流值。

d. 每动作一次后应合开关 S_4，使被试产品复归。

e. 确定最小冲击电流后，接通开关 S_5，调整电阻 RP_3，除产品标准另有规定外，使电流激励量 I_{i2} = 0.1A。

f. 采用突然施加激励量的方法，接通开关 S_5，被试产品应可靠动作。

g. 每次动作后应合开关 S_4，使被试产品复归。

5）在最大稳定电流下，预告信号冲击电流检验。

在完成最小冲击动作电流及冲击返回电流检验的基础上，在最大稳定电流下测试冲击动作电流。

① 检验线路。检验线路见图 12-348。

② 检验程序。

a. 接通开关 S_6，调整电阻 RP_4，除产品标准另有规定外，调节最大稳定电流为 $\sum I_{i2}$ = 1.5A（最大稳定电流的范围为 0～1.5A）。

b. 接通开关 S_5，调整电阻 RP_3，除产品标准另有规定外，使电流激励量 I_{i2} = 0.1A。

c. 采用突然施加激励量的方法，开关 S_5 接通 10 次，被试产品都应可靠动作。

d. 每次动作后应合开关 S_4，使被试产品复归。

6）冲击自动返回检验。

① 检验线路　检验线路见图 12-348。

② 检验程序

a. 接通开关 S_3、S_6，调整电阻 RP_2、RP_4，除产品标准另有规定外，调节最大稳定电流为 $\sum I_{i1} = \sum I_{i2}$ = 0.8A。

b. 接通开关 S_2、S_5，调整电阻 RP_1、RP_3，除产品标准另有规定外，使电流激励量 $I_{i1} = I_{i2}$ = 0.1A。

c. 接通和断开开关 S_2、S_5，被试回路应能可靠动作和返回。

7）预告信号回路时间参数检验。

① 预告信号显示时间检验

a. 检验线路。检验线路见图 12-349。在图12-349中，将预告信号触点回路的动合触点接数字毫秒仪 PT_2 中的输入回路 2；数字毫秒仪 PT_2 的测试回路 1 选择空触点闭合，测试回路 2 选择空触点闭合。

b. 合开关 S。

c. 合开关 S_5，调电阻 RP_3，使 I_2 = 0.1A。

d. 操作开关 S_5，测量预告信号显示时间。

e. 合开关 S_6，调电阻 RP_4，使最大稳定电流为 $\sum I_{i2}$ = 1.5A（最大稳定电流的范围为 0～1.5A）。

f. 合开关 S_5，调电阻 RP_3 使 I_2 = 0.1A。

g. 操作开关 S_5，测量预告信号显示时间。

h. 以上各测试 5 次。

② 预告信号自动复归时间检验。

a. 检验线路。检验线路见图 12-349。在图12-349

中，将预告信号触点回路的动断触点接数字毫秒仪 PT_2 中的输入回路 2；数字毫秒仪 PT_2 的测试回路 1 选择空触点断开，测试回路 2 选择空触点闭合。

b. 整定预告信号自动复归时间 t_2，t_2 的整定范围为 3～9s。

c. 合开关 S。

d. 合开关 S_5，调电阻 RP_3 使 $I_2=0.1A$。

e. 操作开关 S_5，测量预告信号自动复归时间。

f. 合开关 S_6，调电阻 RP_4 使最大稳定电流为 $\sum I_{i2}=1.5A$（最大稳定电流的范围为 0～1.5A）。

g. 合开关 S_5，调电阻 RP_3 使 $I_2=0.1A$。

h. 操作开关 S_5，测量预告信号自动复归时间。

i. 以上各测试 5 次。

③ 预告信号音响时间检验。

a. 检验线路。检验线路见图 12-349。在图12-349中，将预告信号触点回路的音响延时的动合触点接数字毫秒仪 PT_2 中的输入回路 2；数字毫秒仪 PT_2 的测试回路 1 选择空触点闭合，测试回路 2 选择空触点闭合。

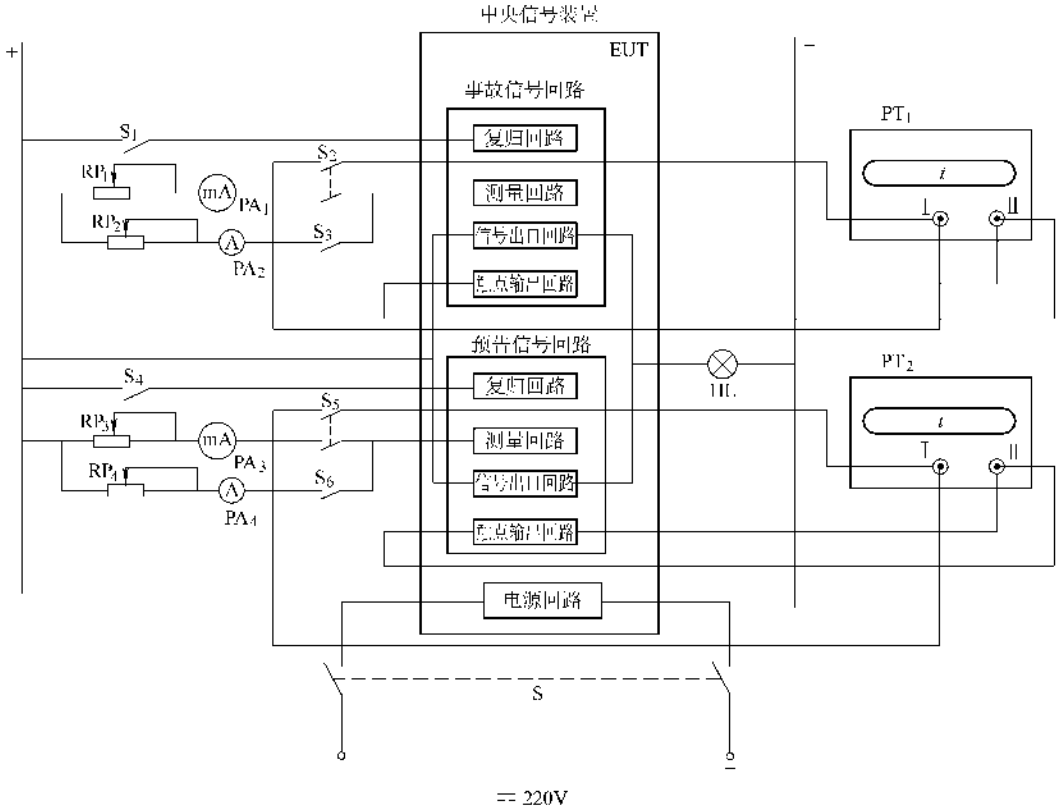


图 12-349 自动复归时间检验线路示意图

PA_1、PA_3—直流毫安表（0.5 级） PA_2、PA_4—直流电流表（0.5 级）

RP_1、RP_3—可调电阻（0.15A） RP_2、RP_4—可调电阻（2A） HL—信号灯

PT_1、PT_2—数字毫秒仪 S—电源开关 S_1、S_4—复归开关 S_2、S_3、S_5、S_6—操作开关

b. 整定预告信号音响延时时间 t_4，t_4 的整定范围为 0.5～9s。

c. 合开关 S。

d. 合开关 S_5，调电阻 RP_3 使 $I_2=0.1A$。

e. 操作开关 S_5，测量预告信号音响延时时间。

f. 合开关 S_6，调电阻 RP_4，使最大稳定电流为 $\sum I_{i2}=1.5A$（最大稳定电流的范围为 0～1.5A）。

g. 合开关 S_5，调电阻 RP_3 使 $I_2=0.1A$。

h. 操作开关 S_5，测量预告信号音响延时时间。

i. 以上各测试 5 次。

8）事故信号回路时间参数检验。

① 事故信号显示时间检验。

a. 检验线路。检验线路图见 12-349。在图12-349中，将事故信号触点回路的动合触点接数字毫秒仪 PT_1 中的输入回路 2；数字毫秒仪 PT_1 的测试回路 1 选择空触点闭合，测试回路 2 选择空触点闭合。

b. 合开关 S。

c. 合开关 S_2，调电阻 RP_1 使 $I_1=0.1A$。

d. 操作开关 S_2，测量事故信号显示时间。

e. 合开关 S_3，调电阻 RP_2 使最大稳定电流为 $\sum I_{i1}=1.5A$（最大稳定电流的范围为 0～1.5A）。

f. 合开关 S_2，调电阻 RP_1 使 $I_1=0.1A$。

g. 操作开关 S_2，测量事故信号显示时间。

h. 以上各测试 5 次。

② 事故信号自动复归时间检验。

a. 检验线路。检验线路见图 12-349。在图12-349 中，将事故信号触点回路的动断触点接数字毫秒仪 PT_1 中的输入回路 2；数字毫秒仪 PT_1 的测试回路 1 选择空触点断开，测试回路 2 选择空触点闭合。

b. 整定事故信号自动复归时间 t_3，t_3 的整定范围为 3～9s。

c. 合开关 S。

d. 合开关 S_2，调电阻 RP_1 使 $I_1=0.1A$。

e. 操作开关 S_2，测量事故信号自动复归时间。

f. 合开关 S_3，调电阻 RP_2 使最大稳定电流为 $\sum I_{i1}=1.5A$（最大稳定电流的范围为 0～1.5A）。

g. 合开关 S_2，调电阻 RP_1 使 $I_1=0.1A$。

h. 操作开关 S_2，测量事故信号自动复归时间。

i. 以上各测试 5 次。

③ 事故信号音响时间检验。

a. 检验线路：检验线路见图 12-349。在图12-349 中，将事故信号触点回路的音响延时的动合触点接数字毫秒仪 PT_1 中的输入回路 2；数字毫秒仪 PT_1 的测试回路 1 选择空触点闭合，测试回路 2 选择空触点闭合。

b. 整定事故信号音响延时时间 t_3，t_3 的整定范围为 0.5～9s。

c. 合开关 S。

d. 合开关 S_2，调电阻 RP_1 使 $I_1=0.1A$。

e. 操作开关 S_2，测量预告信号音响延时时间。

f. 合开关 S_3，调电阻 RP_2 使最大稳定电流为 $\sum I_{i1}=1.5A$（最大稳定电流的范围为 0～1.5A）。

g. 合开关 S_2，调电阻 RP_1 使 $I_2=0.1A$。

h. 操作开关 S_2，测量事故信号音响延时时间。

i. 以上各测试 5 次。

9）中央信号屏。

① 各继电器及装置的基本性能检验。

a. 冲击继电器（脉冲继电器）基本性能检验；见第五章第四节继电器及装置的动作特性及检验。

b. 小电流接地装置基本性能检验，见前述小电流接地装置检验试验方法。

c. 中间继电器基本性能检验，见第五章第四节继电器及装置的动作特性及检验。

d. 时间继电器基本性能检验，见第五章第四节时间继电器及装置的动作特性及检验。

② 中央信号屏功能检验。

不装设脉冲继电器事故信号回路检验：

a. 检验线路　检验线路见图 12-350。

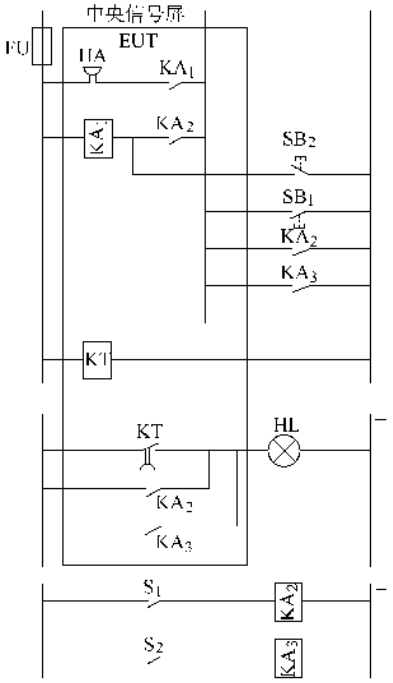


图 12-350　不装设脉冲继电器事故信号回路检验线路

S_1、S_2—开关　FU—熔断器　HL—熔断器熔断信号灯

HA—事故信号蜂鸣器　SB_1—事故信号检验按钮

SB_2—事故信号解除按钮　KT—熔断器监测继电器

KA_1—事故信号中间继电器

KA_2、KA_3—配电装置事故信号中间继电器

b. 按检验按钮 SB_1，事故信号器蜂鸣器 HA 发出音响信号。

c. 按解除按钮 SB_2，音响信号消失。

d. 合开关 S_1（或 S_2），配电装置事故信号中间继电器 KA_2（或 KA_3）动作，KA_2（或 KA_3）的触点闭合，事故信号中间继电器 KA_1 动作，KA_1 的触点闭合，事故信号蜂鸣器 HA 发出音响信号，同时事故信号灯 HL 发出灯光信号。

e. 按解除按钮 SB_2，音响信号和灯光信号消失。

f. 模拟熔断器 FU 熔断，拔掉熔断器 FU，熔断器监测继电器 KT 动作，并经延时发出灯光信号。

具有脉冲继电器事故信号回路或预告信号回路检验：

a. 检验线路　检验线路见图 12-351。

b. 按检验按钮 SB_1，脉冲继电器动作，触点 KA 闭合，事故信号蜂鸣器 HA 发出音响信号。

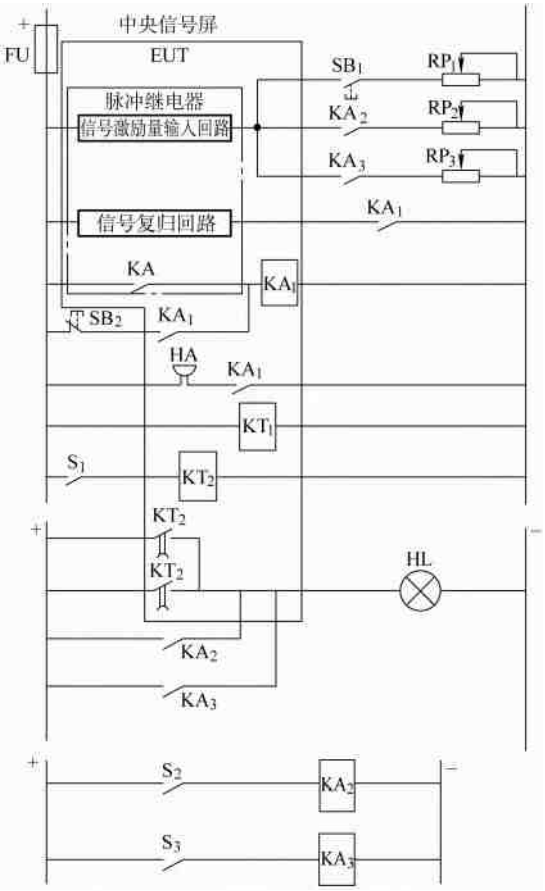


图 12-351 具有脉冲继电器事故信号回路或预告信号回路检验线路

FU—熔断器 HA—事故信号蜂鸣器 S_1、S_2、S_3—开关

RP_1、RP_2、RP_3—可调电阻 SB_1—事故信号检验按钮

SB_2—事故信号解除按钮 HL—熔断器熔断信号

KA—脉冲继电器 KT_1—熔断器监测继电器

KT_2—控制回路断线继电器

KA_1—事故信号中间继电器

KA_2、KA_3—配电装置事故信号中间继电器

c. 按解除按钮 SB_2，音响信号消失。

d. 合开关 S_2（或 S_3），配电装置中间继电器 KA_2（或 KA_3）动作，KA_2（或 KA_3）的触点闭合，脉冲继电器动作，触点 KA 闭合，事故信号蜂鸣器 HA 发出音响信号，同时事故信号灯 HL 发出灯光信号。

e. 按解除按钮 SB_2，音响信号和灯光信号消失。

具有延时信号脉冲继电器和瞬时信号脉冲继电器的预告信号回路检验：

a. 检验线路 检验线路见图 12-352。

b. 按检验按钮 SB_1，延时信号脉冲继电器 KA_1

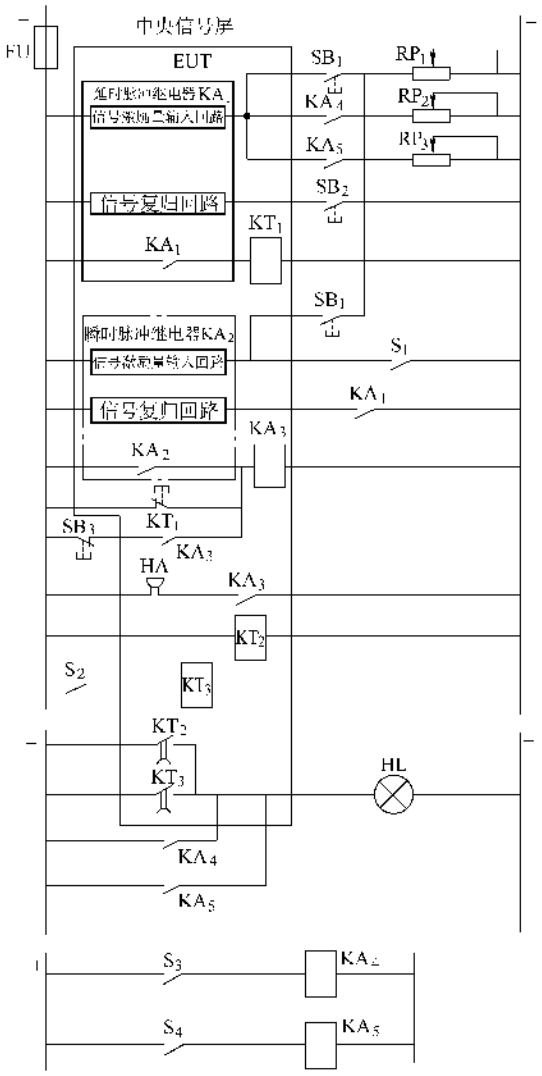


图 12-352 具有延时信号脉冲继电器和瞬时信号脉冲继电器的预告信号回路检验线路

KA_1—延时信号脉冲继电器 KA_2—瞬时信号脉冲继电器

KA_3—信号回路中间继电器

KA_4、KA_5—配电装置中间继电器

HA—蜂鸣器 FU—熔断器 SB_1—延时信号检验按钮

SB_2—瞬时信号检验按钮 SB_3—信号解除按钮

KT_1—时间继电器 KT_2—熔断器监视继电器

KT_3—控制回路断线继电器 HL—熔断器熔断信号

S_1、S_2、S_3、S_4—开关 RP_1、RP_2、RP_3—可调电阻

动作，时间继电器 KT_1 动作，触点 KA 闭合，蜂鸣器 HA 经延时发出音响信号。

c. 按解除按钮 SB_3，音响信号消失。

d. 按检验按钮 SB_2，瞬时信号脉冲继电器动作，

触点 KA_2 闭合，蜂鸣器 HA 发出音响信号。

e. 按解除按钮 SB_3，音响信号消失。

f. 合开关 S_3（或 S_4），配电装置中间继电器 KA_4（或 KA_5）动作，KA_4（或 KA_5）的触点闭合，延时信号脉冲继电器 KA_1 动作，时间继电器 KT_1 动作，触点 KA 闭合，蜂鸣器 HA 经延时发出音响信号（或瞬时信号脉冲继电器动作，触点 KA_2 闭合，蜂鸣器 HA 发出音响信号），同时信号灯 HL 发出灯光信号。

g. 按解除按钮 SB_3，音响信号和灯光信号消失。

六、系统调整试验

系统调整试验与 35kV 变电所基本相同，应先进行准备工作、调整试验前的检查、编制系统调整试验计划；第二步进行室外电气设备及线路、母线的分段测试和试验，室内设备的调整和试验；第三步进行控制、继保二次回路的检查、试验、调整及模拟试验；第四步应进行零起升压倒送电试验（由站用变倒送 220/380V）；第五步进行防雷、接地、周边建筑物照明、火灾报警、通信、供水空调等相关项目的检查调试，并经三方验收合理，只有上述条件均具备的时候，才算调整试验完毕，才可以进行下一步的并网试验及并网送电。

系统调整试验、并网送电是一项复杂、细致、繁琐的技术工作、组织工作和管理工作，作为项目经理、电气工程技术人员，必须在工程实践中磨练进而掌握这项工作。

前面我们对 35kV 变电所系统调试、送电及试运行已经有了详细的讲述，这里我们将其归纳起来，就是系统调整试验、送电试运行计划（方案）。施工组织设计是用文字的形式将电气工程的开工准备到竣工验收全过程进行的描述，作为项目经理或电气工程技术人员应考虑严密，计划周全，做到万无一失。

变配电工程系统调整、试验、送电试运行计划的主要内容一般应有以下几点：

1. 准备部分

1）全套图样和相关标准规范；

2）安装、调试记录；

3）仪器、仪表、工具、材料、备品、备件；

4）天气预报及气候条件；

5）临时电源；

6）交通工具、通信工具、安全用具、防护用品、医护设施等；

7）应急方案及其所用设施；

8）与电力部门联系，确定日期、报送方案；

9）与建设单位、照明单位、电力部门沟通协商，确定调试、送电日期和相关事宜；

10）作业现场布置等。

2. 技术质量部分

1）室外电气部分及相关部分的检查，细小到螺栓的紧固、垫片、焊点、除锈、油漆、镀锌、几何尺寸、水平度、垂直度、角度等应符合规范要求。

2）室内电气部分及相关部分的检查，基本同上，要细小到标牌、端子标号、线束等，应符合规范要求。

3）对照图样查线，室内到室外、室内对室内、室外对室外，每个点、每条线必须保证接线正确牢固，并用布话机核实。

4）设备元件调整试验并与安装时的调整试验记录对比，结果应符合规范要求。

5）清除设备、元件、线路上的灰迹、油污、斑点、尘埃，进一步发现有无缺陷。

6）室内外设备分段测试，主要有绝缘电阻、耐压试验、泄漏电流、变压器油试验、开关分合试验、直流电阻、接地电阻、电压比等，并与原记录对比，结果应符合要求。

7）控制/继保的调整试验及整定，并与原始记录对比，应符合要求。

8）控制屏、保护屏、测控屏临时通电试验确定合闸程序及要求，应符合要求。

9）倒送电试验，确定合闸程序及要求。

10）其他检查和试验。

3. 组织部分

1）上述各个项目的分工并责成主要负责人和操作人员，规定操作程序和注意事项及要求。

2）确定上述各个项目的日程安排，并由技术负责人交底，提出质量要求。

3）确定安全负责人、安全要求及安全方案、设施、器具等。

4）确定总负责人，规定作业纪律、要求、规定操作质量标准、技术要点，规定操作信号和标准用语等。

5）确定监护员、操作员、记录员、复核员、巡视员、安全员以及为其服务的医生、救护员、消防员、警卫人员和后勤服务人员等，规定其责任范围、协作范围等。

6）确定注意事项、安全要求等。

4. 管理部分

1）确定作业时间、纪律。

2）做好调整试验，检查记录，至少有两人签字。

3）操作人员、检查人员向子项目负责人负责，子项目负责人向总负责人负责，层层落实责任。

4）做好保卫工作。

5）保存原始记录、存档。

6）人员的确定必须是对工作认真负责、兢兢业业且技术较高的人员。

7）单独设置分项工程质量检查员，对各个分项进行检查验收，层层把关。

8）室内中心控制层、室内35kV设备、室外变压器、室外开关分别由四个安全员和四个质量核查复检员对所辖工作负责。

七、并网试验及并网试送电

前述二到六部分的内容均已做好就已具备并网条件，同时做以下工作：

1）与电网沟通并汇报升压站安装调试情况，提出书面并网申请。派相关人员实地核查电网后，初步确定并网日期。

2）并网前测试电压、相序、频率，必须与电网的一致，一般应在一周时间保持平稳。

3）并网日期内除上述三项参数外再用同步表分别接于电网和110kV出线端，在电压、相序、频率相同的时间内，两个系统同步时即可合闸并网。

4）并网后应试运行144h。

5）加强运行监视和维护工作。

第十节　大型高压电动机的安装

大型电动机从体积、重量、结构、电压以及控制特别是保护系统上都有其不同于中小型电动机之处，这样给安装和调试带来了一定的难度。一般情况下，散装的大型电动机的安装必须由电工、钳工和起重工配合进行，必要时要有电钳工进行结构上的调整，安装工艺较复杂。大型电动机的安装有基础的检查、底板和轴承座的安装及调整、转子和定子的检查和找正、机体的定心和间隙的测量调整、轴瓦的研磨、联轴器的安装、电动机的测试试验及干燥、测量仪表及控制起动柜的安装、调整试车等工序。

一、开工条件

土建应具备安装条件，电动机基础已养护变坚实，室内装修已完，门窗及天车或电动葫芦已装好，现场已清理干净。电动机开箱时要进行检查，技术文件和配件齐全，无损无失，电动机外观应良好。电动机在楼板上安装时，应复核土建的隐蔽工程，如钢筋、混凝土标号等。被拖机械已安装就位，质量合格。

二、基础的检查验收及处理

1）检查基础的尺寸。可根据厂房的轴线核对基础的位置是否正确，测量基础的主要尺寸并和图样核对。

2）地脚螺栓孔尺寸的检测。地脚螺栓安装有否障碍，对孔深孔径孔距进行测量。通常应将地脚螺栓伸入孔内比试深浅和孔径大小。地脚螺栓应按图样制作。地脚螺栓的直径和长度比为1∶30～40，可参考表12-125制作。

表12-125　地脚螺栓直径和长度规格（单位：mm）

螺杆	M24 -1000	M25 -1500	M30 -1300	M30 -1550	M36 -1600	M42 -1800	M48 -2000	M50 -2300
直径	24	25	30	30	36	42	48	50
长度	1000	1500	1300	1550	1600	1800	2000	2300

3）电气配管、油路配管和电缆沟的检查。配管及电缆沟的位置应按基础图进行核对，管口标高是否符合要求，配管有否妨碍电动机的安装。将天车或电葫芦安装好，并试车运行，安全可靠。大型电动机的车间一般都配有天车或电葫芦，以便检修用。

4）以上检查全部符合要求后把基础表面软质混凝土铲掉并用清水洗刷干净，使基础露出坚实部分，然后按照图样确定垫板的位置。必要时要对基础进行预压，预压重量通常为电动机重量的2～3倍。预压前应先在地平以上基础部分标出尺度，以mm为单位，预压时进行观察基础下沉情况，待基础停止下沉后才能进行下步工作，否则应加固基础。一般3倍重量下24h不下沉者即可进行下步工作。

垫板应放在负载集中的地方，如轴承座下边，定子机座下边，地脚螺栓四周等，并露出底板外缘50mm。

垫板分平垫板和斜垫板两种，见图12-353。

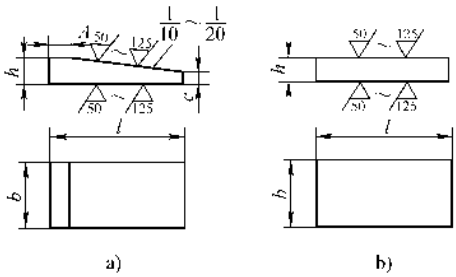


图12-353　垫板的几何尺寸

a）斜垫板　b）平垫板

其宽度b一般为80～130mm，长度l应大于垫板宽度30～50mm，厚度h可根据实际情况而定，但不能太薄，一般最薄的为10mm。

大型电动机的垫板是由几块垫板叠成的，每一叠不超过五块，并用电焊焊牢，其高度应大于20mm。垫板和垫板之间的接触应严密，通常用铣床铇平，不得有缝隙。

先把放置垫板的地方清洗干净并研磨找平，将垫板放好，测试其水平度应不大于0.1mm/m，每块或每叠垫板相互间的高差应在0.5mm以内。然后用300#水泥砂浆先把垫板周围填实，填实时要仔细小

心，不得移动垫板。填实时再测试一次其水平度，应符合要求。最后再将垫板和垫板之间用砂浆填满找平。水泥砂浆填满时要注意不要掉进地脚孔内，使用的水泥应采用无收缩性的水泥。对磨好的水泥砂浆要进行养护，一般为七天，每小时浇水一次。

三、底板的安装

待水泥砂浆干后即可进行底板的安装，安装前应先对其进行简单的测试。通常是用小锤敲击水泥，水泥面应坚实，逐个轻轻敲击垫板应牢固，声音坚实不空。

1）按照机械装配图样和电动机与被拖机械的连接方式，在基础上用墨斗弹出底板放置位置的纵向中心轴线和横向中心轴线，初步确定底板的安装位置。然后确定底板的标高。

2）将地脚螺栓放入地脚螺栓孔内，并把上部的螺纹用塑料套帽套好；然后把底板吊起，使螺栓轻轻插入底板螺孔内，慢慢放下落在基础垫板上。吊索的位置应放在底板的上边缘，以便调整。

3）按电动机和机械的位置测出底板的纵向中心线和横向中心线，并把水平尺和方水平放在上面，然后用两只高度尺置于底板宽侧和长侧，见图 12-354。用撬棍撬动底板使其纵横中心线和底板中心线重合，然后移动高度尺测出四周的标高，并用凹字形薄铁衬垫底板，使其标高达到预定标高，凹字形薄铁应衬在地脚螺栓处，见图 7-2。

用水平尺和方水平测试底板水平度，测试时应按纵向和横向以及对角线向反复测量，边测边用斜垫铁调整，当水平度不大于 0.1mm/m、高度不大于 0.05mm/m 时，则用凹形薄铁衬垫垫进斜垫铁处取代斜垫铁，然后再重新测量水平度和高度，使其符合标准。

把地脚螺栓的平垫和弹垫垫好，用力矩扳手拧紧螺母，力矩一般为 170000～210000N·cm。拧紧时应使螺栓受力均匀，通常对角拧紧，拧好再在上面带上一个螺母拧紧。拧紧时应观察其水平度和高度有无变化，否则应重新调整。底板找平见图 12-355。

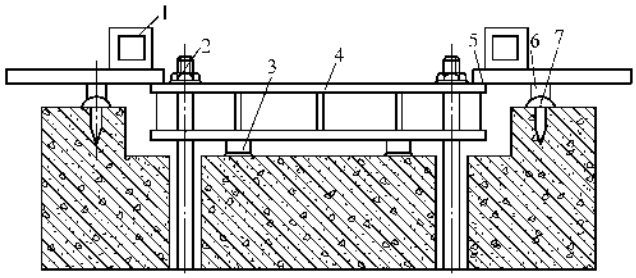


图 12-354　底板标高的测量

1—方水平　2—地脚螺栓　3—千斤顶或可调垫铁　4—底板　5—平尺　6—垫块　7—标高铆钉

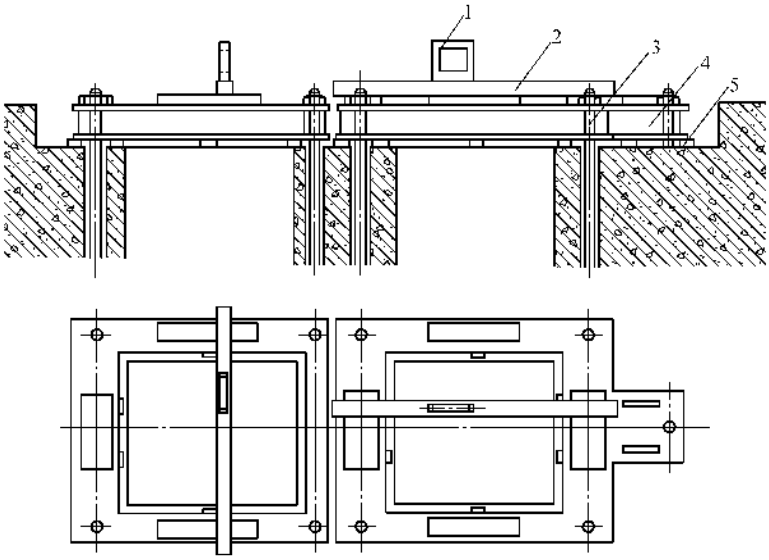


图 12-355　底板的找平

1—方水平　2—平尺　3—地脚螺栓　4—底板　5—千斤顶或垫块

四、轴承座的安装

用小锤测试垫板的安装质量，并把其表面清洗干净，特别是轴承座和底板接触部分，必要时要用 0# 砂布打磨。

1. 轴承座的检查和清洗

轴承座的外观检查应无裂纹及机械损伤，和底板接触的底面应光滑整洁，可用 0#砂布轻轻打磨。

轴承座内腔可用刮刀将脏物刮去，用布蘸汽油或溶剂擦洗干净，观查有无裂纹、砂眼和其他不妥之处。

将轴承的上瓦和下瓦取出并做好记号，然后用洗油洗净，擦干后检查槽沟是否干净，有无铸造砂砾。钨金挂层有无缺陷，如与瓦体结合裂纹较大，表面有裂纹、砂眼及杂物，应找有经验的钳工进行表面处理（刮瓦），否则要重挂钨金。

轴承盖与轴承座的接触面、轴承座与轴承挡油圈结合面应由有经验的钳工进行研刮配合，用塞尺检查时间隙不应大于 0.03mm。

轴承座的紧固螺栓及底板螺纹要仔细检查，并试拧螺栓检查是否太紧或脱扣。

2. 轴承绝缘的检查

轴承座和底板之间应有绝缘垫板和金属垫片，绝缘垫板应比轴承座每边宽出 5 ~ 10mm，厚度为 3 ~ 10mm；螺钉和稳钉的绝缘垫圈用 2 ~ 5mm 厚的玻璃丝布制成，外径比铁垫圈外径大 4 ~ 5mm；与轴承座相连的油管接盘绝缘垫用 1 ~ 2mm 厚的橡胶板制成。金属垫片用 0.08 ~ 3mm 的金属薄板制成。绝缘垫板、绝缘垫圈和橡胶板应绝缘良好，安装后可用 500V 绝缘电阻表摇测其绝缘电阻，其阻值应大于 2MΩ。

3. 轴承座的安装

轴承座的安装应保证以下几点：

1）两个轴承座的横轴线应平行；

2）轴承座面应水平且标高一致；

3）轴承中心应在同一轴线上。

常用水平尺、方水平、经纬仪、水准仪和线垂来检测。在调整过程中禁止用锤击方式，通常用千斤顶缓慢移动。调整好后用螺栓将轴承座固定在底板上，螺栓先不套绝缘管。安装示意图见图 12-356、图 12-357。

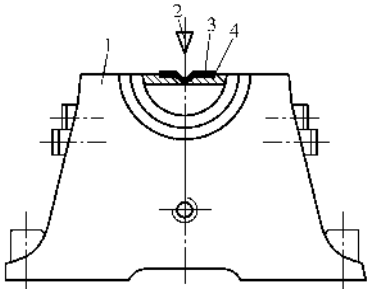


图 12-356 轴承中心的找正

1—轴承座 2—线锤 3—中心位置标志 4—木条

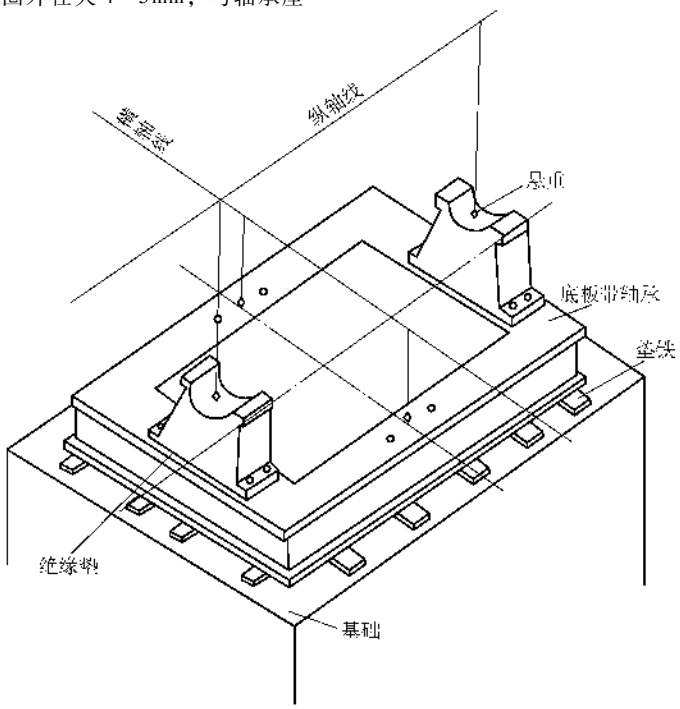


图 12-357 轴承座安装示意图

五、联轴器的安装

联轴器通常采用热装法，加热方法一般有油煮法（适用于小型联轴器）和感应法（适用于大型联轴器），严禁敲打安装。

1. 检查和清洗联轴器

用洗油将联轴器和轴颈清洗干净，然后检查其外观应无损伤裂纹，特别是轴颈和连轴器内圈应光滑无损，否则应用0#砂布轻轻打磨。

用千分尺和卡尺仔细测量轴颈外径和联轴器内径。至少应沿其纵向测量三点，而每点又应成90°或60°反复测量，其结果应符合公差配合的要求，否则应由有经验的钳工处理，一般应刮修内孔，禁止刮削轴颈。

2. 联轴器的预热及套装

先把联轴器的轴颈用石棉纸包好，其厚为3mm，然后把绝缘导线截面为25或35mm^2，长度为300m绕到联轴器的轴颈上，通以220V交流电源经调压器（3～5kVA）加到线圈上去。先用80V加热5h，再用150V加热5h，而后用220V加热直到联轴器温度上升到250℃左右为上并维持1h。温度可用点式温度计测试，也可用纯锡块来试，当锡块触接联轴器时即熔化说明温度已达到要求，锡的熔点是232℃。升温一定要缓慢均匀。

为了方便地测量联轴器膨胀后的内径，要做一个专用的样板量具，见图12-358，其几何尺寸应按联轴器和轴颈的公差配合尺寸来制作，δ为联轴器加热到250℃时的实际膨胀量，D_1为室温下联轴器的孔内径，δ_1为热套时所需要的间隙，可取0.6～1mm，最小值见表12-126。

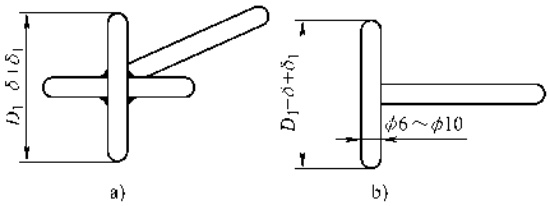


图12-358　样板量具

a）十字样板　b）一字样板

当温度达到后用其测量内径，如能放进孔内即可停止加热，立即将联轴器吊起套入轴颈，动作要迅速，如套入有困难可用木锤敲打联轴器。

3. 联轴器热套的注意事项

1）加热联轴器时应使联轴器配对，不要弄错。

2）升温时每小时记录一次温度，温升速度一般不应超过30℃/h。

3）要注意操作上的安全事项。

4）套装后应用水冷却轴颈，以防电动机绝缘受损。

六、转子和定子的安装

1. 转子的检查

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，见图12-359，用手转动手柄进行研磨，一般应用0#砂布，更换砂布后螺钉的松紧度应前后一致，且应将转子转动90°。除锈后将工具中砂布取掉，在毛毡内垫上水龙布，然后涂上铬膏或抛光粉，来回扳动夹头，进行抛光，直到轴颈光亮为止。

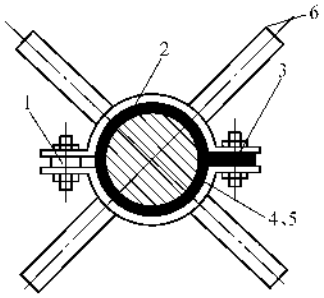


图12-359　轴颈研磨夹具

1—垫　2—夹具　3—螺钉

4、5—砂纸和毡子　6—手柄

6）静平衡试验，将全部装好的转子（包括集电环、风扇等）放在两条平行且水平的钢架上，如图12-360所示。钢架与转轴的接触面要光滑，而且要尽可能狭窄，但不能使轴颈损伤。转子不平衡就会转动，最后停下，做好标志，重复试验几次都相同，则说明停止位置的下部较重，应该在其轴心对称位置装

配重物，再做试验，一直到转子在任何位置都会静止不动停止在钢架上为止。

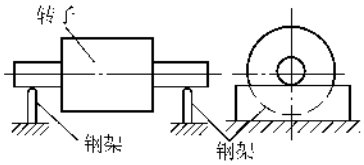


图 12-360 静平衡试验示意图

表 12-126 热装所需最小间隙

联轴器质量/kg	被加热件直径 D/mm				
	80～120	>120～180	>180～260	>260～360	>360～500
	最小间隙 δ_2/mm				
≤16	0.05	0.06	0.07		
>16～50	0.07	0.09	0.10	0.12	
>50～100	0.12	0.15	0.17	0.20	0.24
>100～500	0.17	0.20	0.24	0.28	0.32
>500～1000		0.23	0.27	0.31	0.36
>1000			0.30	0.36	0.40

2. 定子的检查

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）电动机引出线完整牢固，接线盒完整，绝缘良好。

6）箱式电动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，使电动机的温升在 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。高压电动机除了绝缘电阻的测量以外还要进行吸收比的测量。所谓吸收比就是绝缘电阻表的额定转速下，连续摇测 60s 的绝缘电阻的读数和连续摇测 15s 的绝缘电阻的读数的比值，即 $K = R''_{60}R''_{15}$。通常情况下是在摇测 R''_{60}时，摇到 15s 时读出 R''_{15}的值，这样将 K 值算出。高压电动机吸收比应大于 1.2。

9）电动机的干燥。绝缘电阻和吸收比不符合要求时，电动机应进行干燥处理。干燥处理方法见前述“动力电路”一章。

3. 定子和转子的安装

将底板上的杂物清理干净；检查螺钉拧入孔内有无困难，并将螺纹上涂上润滑油，然后试拧；准备调整垫板；将下轴瓦放入轴承座上，并用 0.05mm 的塞尺检查不应塞入。

（1）定子为整体结构的安装　定子内孔高于底板平面且轴承座间可排放定子和转子时安装方法见图 12-361，定子内孔凹入底板平面或轴承座间距不能同时安放定子和转子时安装方法见图 12-362。

安装时应注意以下几点：

1）穿心时，若转子轴的一端不能伸出定子之外，则须将轴接长，见图 12-363，接轴的方法通常是合理选用一根厚壁钢管，其内径应稍大于电机轴径，长度为套入后伸出定子即可，强度能承载定子。

2）穿心时应在定子内孔下半部用钢纸垫好，并用手电照射间隙，使整个穿心过程中间隙基本保持一致，不得使定子和转子撞击，以免碰伤。

3）当定子吊放在底板固定位置时，应精确测量转子内孔中心到底板的高度，这个高度应和轴承座轴承中心到底板的高度相等，误差应在 0.1mm 以内，量具应用高度尺，否则应用薄垫片调整定子，使其达到要求，然后将螺栓紧固好。

4）吊装转子时，系钢索处应用木块、硬布垫好，以免擦伤转子；严禁在轴颈和轴承配合面处挂钢索。吊运过程中应保持转子水平、缓慢，避免撞击，落在轴瓦上时必须轻缓，不得砸伤轴瓦。

（2）定子为上下瓣式分解结构的安装　先将下瓣定子吊放在底板固定位置上，然后用高度尺测量下瓣半圆中心到底板的距离，这个高度应和轴承座轴承中心到底板的高度相等，误差应在 0.1mm 以内，否则应薄垫片调整，然后用螺栓紧固好。紧固时应用力矩扳手，力矩一般为 200000N·cm 左右。

用上述方法将转子吊放在轴承座上，检查下瓣定子和转子的间隙，应均匀且符合要求。然后用转子盘车夹具，见图 12-364，将转子转动 180°边转边观察，间隙应均匀符合要求。

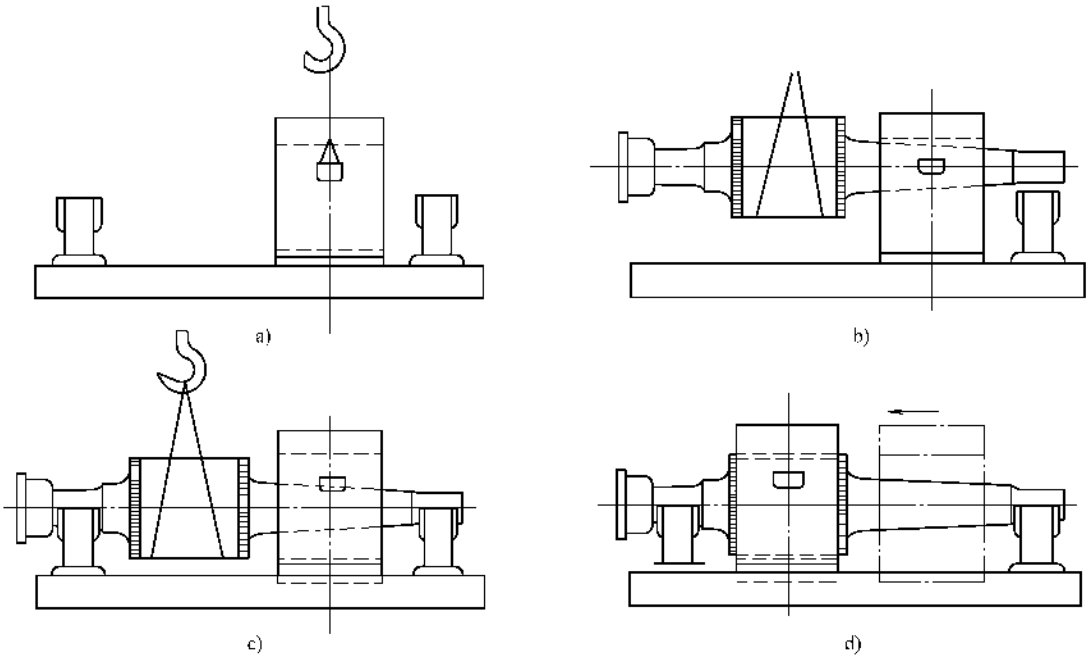


图 12-361　整体定子安装方法示意图（一）

a）将定子吊上底板　b）拆除前轴承，并将转子吊到底板上　c）将前轴承复位　d）定子内孔缓慢滑入

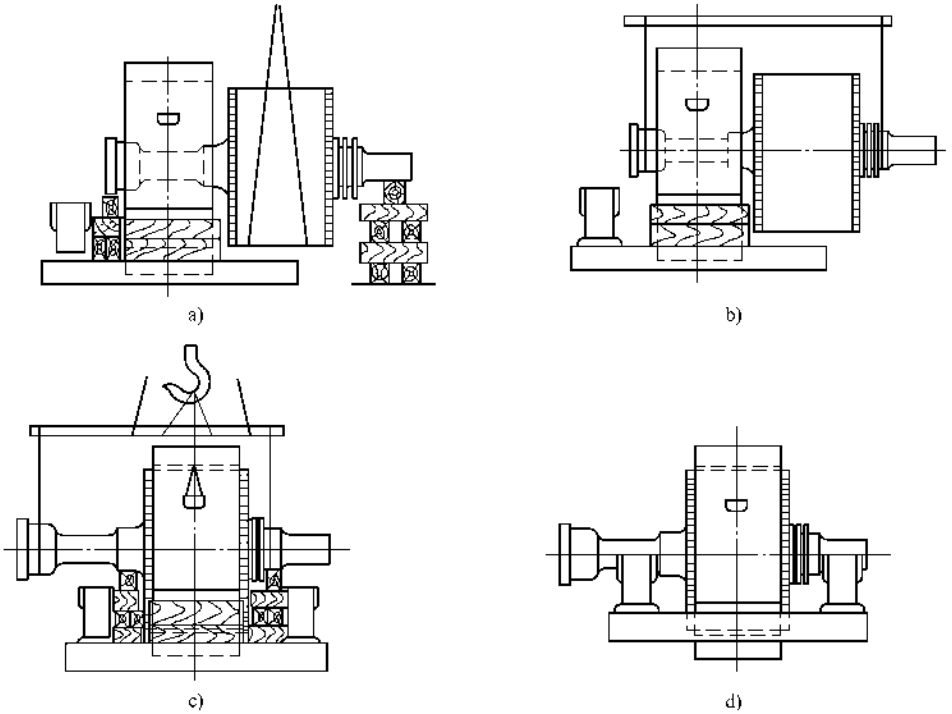


图 12-362　整体定子安装方法示意图（二）

a）后轴承座拆除，定子垫起，转子一端穿入　b）用专用起吊工具，将转子缓慢穿入定子

c）将转子与定子同时吊起后轴承复位，并撤去垫木　d）定、转子就位于底板上

先将上下瓣定子的接触面用95#汽油清理干净，不得用任何金属工具清除，然后将上瓣定子吊放在下瓣定子上，吊放转子时，要把刷杆座圈固定螺钉松开，以免将换向器碰坏。用上述方法转动转子观察整个内孔圆周上间隙，应均匀且符合要求，最后将上下两瓣用螺钉和稳钉连接起来。连接前其接触面合拢后应用0.05mm塞尺检查无间隙。上瓣下落前应先将线圈的连接线接好接对，必须符合产品技术条件的规定。

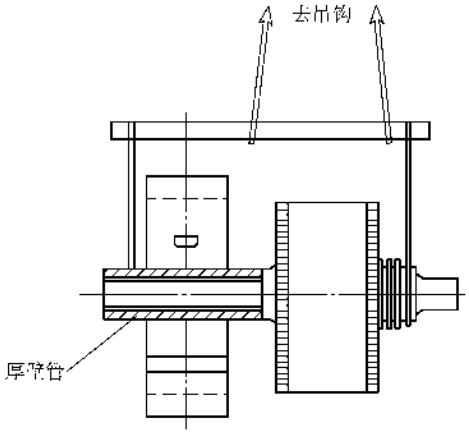


图12-363 将电动机定子轴接长进行吊装

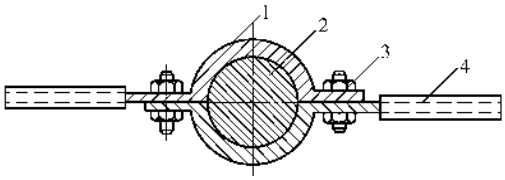


图12-364 转子盘车专用夹具

1—半圆夹箍 2—轴 3—螺钉 4—铁管

这种电动机安装要选择好吊装方式，以免定子变形，一般制造厂家都给出了吊环或吊点。

这里要注意一点当拆开定子吊运上瓣时，应检查线圈间的连线，并先断开，如厂家无标记时还应做好记号，以免连接时连错。

定子和转子安装好后应重新测量绝缘电阻，其阻值应和未安装前测量的数值相同。

4. 定心前的调整

（1）轴心窜动间隙 轴瓦与轴颈的轴向间隙见图12-365中的a和b。一般用塞尺或卡尺测量，检查轴瓦装的是否歪斜，相对两点的间隙a_1和a'_1应相等，且轴瓦的全长应贴紧轴颈。a_1和b_1大致相等，a_2大于b_2。窜动间隙值约为轴颈直径的2%。

（2）间隙不符的处理方法

1）轴瓦两边轴向间隙数值相差不多而又小于轴颈的2%，在钨金属厚度允许时，可用车削或刮研钨金来扩大轴向间隙。

2）当数值相差较大应采用移动轴承座来解决，先用千斤顶将转子顶起，一般不超过2mm，或将定子轻轻吊起，然后用千斤顶移动轴承座，移动量应预先标出。移动后将转子放下，重新测量，直到符合要求为止。也可用扩大轴承座螺钉孔实现。

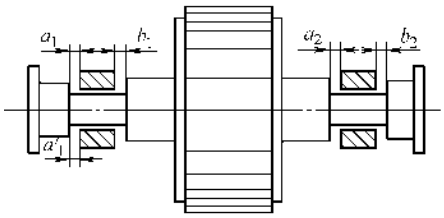


图12-365 轴向窜动间隙的测量

移动轴承座后，定位销孔应重新扩铰，装配新定位销。固定轴承座的螺钉，可以车削原螺钉，车削后的螺钉直径不应小于螺纹的内径。

（3）轴颈的径向跳动 把轴颈圆周分成八等份，千分表装在轴颈的某一点上，见图12-366。然后用盘车夹具转动转子，记录八个位置的千分表的读数。千分表的读数以指针的偏转方向注明“+”或“-”，其差值则是被检查轴的偏心跳动值。最大跳动值就是径向对称二点的最大代数差，轴对其轴线弯曲值的大小应等于摆动值的$\frac{1}{2}$。

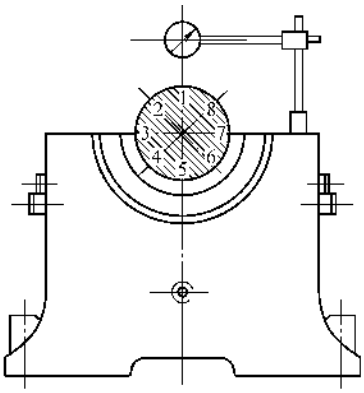


图12-366 轴颈径向跳动的检查

测量时必须使千分表在整个测量过程保持稳定无位移。当重复测量时，千分表读数应和上一次测量值相同。在整测量过程中转子不得受任何外力，轴承摩擦力除外。为了使测量准确，应反复验证2~3次。

径向跳动允许值可参考表12-127。

表12-127 轴颈径向跳动允许值

轴颈/mm	轴颈处的径向跳动值/mm
100~200	0.02
>200	0.03

（4）联轴器端面跳动　方法基本同上，将端面分成8等份，用两只千分表测量联轴器端面上点1和点5，读数为$Ⅰ_1$和$Ⅱ_5$，然后旋转转子180°再次测量，读数为$Ⅱ_1$和$Ⅰ_5$，则摆动值可按下式计算：

$$\pm \Delta S = \frac{(Ⅰ_1 - Ⅰ_5) + (Ⅱ_1 - Ⅱ_5)}{2} \quad (12\text{-}78)$$

测量示意图见图12-367。

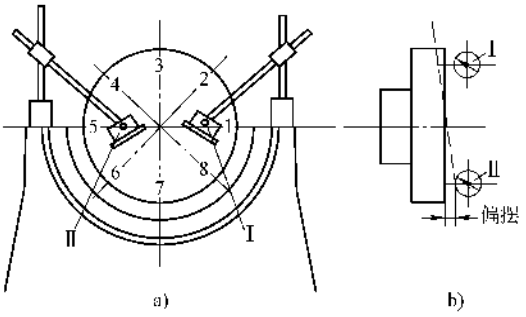


图12-367　联轴器端面跳动的检查

a）正视图　b）仰视图

Ⅰ、Ⅱ—千分表

同样方法测量其他对称点，并做记录，测量应重复2~3次，每次测量千分表各点应向中心移动5~10mm。

刚性联轴器端面跳动应不大于0.02~0.03mm，半刚性联轴器端面跳动应不大于0.04~0.05mm。

对于大型联轴器应留有2%联轴器直径的轴向间隙，直径小于150mm时应有3%的间隙。

上述两种结构的电动机安装调整后，应用转子盘车夹具转动转子，从两种观察测量定子和转子间隙，整圆周内的间隙应相等，最大偏差应小于0.1mm。

5. 定心

定心就是把两个旋转体的转轴联接起来，使旋转时同轴。保证同轴一是要使两个轴的轴心线相交，二是要使两个轴的轴心线处于同一水平线上。上述工作应由技术精练的两名钳工完成，反复测量、计算、调整，才能得到满意的效果。

1）把被拖设备安装好，并找正找平调整好，其联轴器间隙和轴的轴向窜动间隙应按前述调整好。

2）将设备固定螺栓拧紧，调整靠近联轴器侧的轴承解决径向间隙问题，使两个轴的轴心线相交；调整远侧联轴器的轴承解决轴向间隙问题，使两个轴平行。

现以图12-368为例，说明调整计算方法：

设轴A、轴B包含在同一垂面内，轴A不动调整B轴。实测径向间隙$a_1 = 1.3$mm，$a_3 = 0.9$mm，轴B的径向垂直偏位向下值S_1为

$$S_1 = \frac{a_1 - a_3}{2} = \frac{1.3 - 0.9}{2}\text{mm} = 0.2\text{mm}$$

实测轴向间隙$b_1 = 1.7$mm，$b_3 = 1.4$mm，轴B的轴向垂直偏位S_3为

$$S_3 = \frac{b_1 - b_3}{2} = \frac{1.7 - 1.4}{2}\text{mm} = 0.15\text{mm}$$

设轴B的轴心线在联轴器中心处不动，这时b_1减少0.15mm，b_3增加0.15mm，4#轴承应抬高$0.15 \times \frac{450 + 1800}{250}$mm = 1.35mm；3#轴承应抬高$0.15 \times \frac{450}{250}$mm = 0.27mm两轴即可平行。

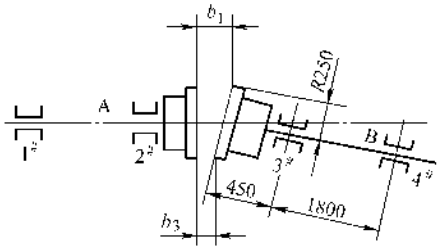


图12-368　轴线的调整

使B轴平行向上移动0.2mm，3#和4#轴承都应抬高0.2mm，结果3#轴承应抬高(0.27 + 0.2)mm = 0.47mm，4#轴承应抬高(1.35 + 0.2)mm = 1.55mm，两轴即重合且平行，调整完毕。

定心用的卡具半径一般为250~300mm，或利用半径为200~250mm的联轴器。所测得的径向和轴向偏位根据计算不应超过表12-128中的数值。

表12-128　定心允许误差值

联轴器型式	允许误差值/mm	
	径向间隙A	轴向间隙B
刚性联轴器	0.03；联轴器直径400mm以内 0.04；联轴器直径400~600mm以内 0.05；联轴器直径600~1000mm	0.02；联轴器直径400mm以内 0.03；联轴器直径400~600mm以内 0.04；联轴器直径600~1000mm
齿轮联轴器	0.08；当直径150mm以上，每增加100mm的直径，增加误差0.01mm	0.08；当直径150mm以上，每增加100mm的直径增加误差0.01mm
弹性联轴器	0.05；当联轴器直径200mm以上每增加直径100mm增加0.01	0.05；当联轴器直径200mm以上每增加100mm，增加误差0.01mm

七、轴承间隙的测量和轴瓦的研磨

1. 轴瓦顶间隙的测量

刮研轴瓦前应测出顶间隙和侧间隙，一般都使用压丝法，也就是将 $\phi0.5\sim\phi1$mm 的铁丝放在轴瓦接合平面的四个角处和轴颈上，见图 12-369。

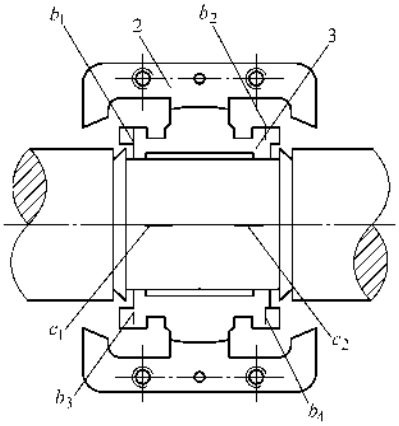


图 12-369 轴瓦顶间隙的测量

1—轴 2—轴承座 3—轴瓦

c_1、c_2、b_1、b_2、b_3、b_4—测量铁丝

将铁丝放好后，长度根据实际而定，装上上瓦和轴承盖并把螺钉拧紧，压扁铁丝。然后打开轴承盖，取出压扁的铁丝，用千分尺各测其厚度 c_1、c_2、b_1、b_2、b_3、b_4，然后用 $a_1=c_1-\frac{b_1+b_2}{2}$ 和 $a_2=c_2-\frac{b_3+b_4}{2}$ 计算，其结果 a_1 和 a_2 间的差不应超过 10%，见图 12-370。这里 a_1 为图中上侧的径向间隙，a_2 为图中下侧的径向间隙。

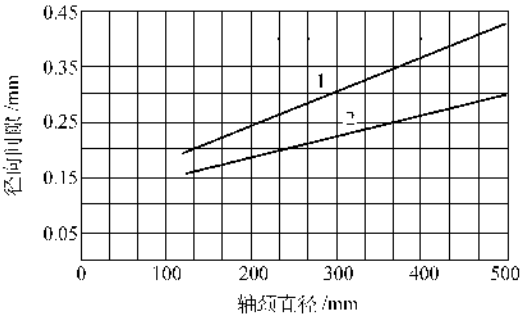


图 12-370 电动机轴承的径向间隙

顶间隙测量时用同样的铁丝放在轴瓦接合平面的四个角处和轴承盖与上轴瓦之间，见图 12-371。压扁后测量 c_3、b_5、b_6、b_7、b_8 的厚度，这时顶间隙 $a_3=c_3-\frac{b_5+b_6+b_7+b_8}{4}$。圆柱形轴承间隙 a_3 应为 0.05～0.15mm，球形轴承应为 ±0.03mm。当间隙不合适时，可在两半轴瓦的接触面上放上厚度为 0.08～0.2mm 的薄铜垫片，全长应均匀垫好，薄厚应一致。垫片不应遮住纵向油槽，并且应开缺口以让开螺孔以及进油孔。

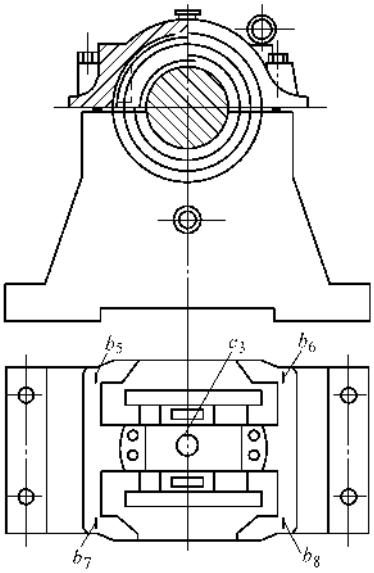


图 12-371 轴瓦与轴承座间隙的测量

2. 侧间隙的测量

轴颈和下瓦的侧间隙可用塞尺测量，用不同规格的塞尺轮流插入缝隙中，根据插入深度及塞尺的厚度可以确定间隙的形状和尺寸，轴瓦两侧间隙一般为轴颈直径的 1/1000。增大侧间隙的方法是用刮削进行。

3. 轴瓦的刮削

轴瓦的刮削是一种难度较大的工作，应由有经验的钳工进行。

把轴承盖打开，取出上瓦和轴，把检验轴或轴本身和轴瓦接触面涂上油色，涂色应均匀，油色宜稠不宜稀。然后把轴装在轴瓦上，盖上轴承盖。轻轻转动轴 3～5 轴，再将盖打开。轴瓦隆起处就涂上了油色。或者取下轴瓦包在轴颈上，用手转动轴瓦来使轴瓦着色比较方便。

然后取下轴瓦，夹在台钳上，用半圆刮刀进行刮削。刮削时，刮刀应沿着轴瓦圆周左右移动刮削，随着色斑的减少，用力要减小。一般应从一个方向先刮去最大的着色点，然后再从另一个方向刮，并且刀纹要相交形成鱼鳞状。刮削一次后将油色擦净，再涂油色，装瓦，进行第二次刮研，如此周而复始，一直到轴瓦表面有均匀的染色面，其染色面达到轴瓦面的 85% 及以上为止。刮削完毕，用抹布浸汽油将瓦和油槽清洗干净。

4. 轴承正常运行的条件

轴承正常运行取决于轴瓦刮研的效果、运行的速度以及润滑油的正确选用。

轴承座上应装有温度计或热电阻测温元件并用导

线反馈至起动控制柜，用以监视运行中轴瓦温度。轴瓦的正常温度为 50～65℃，最高不超 80℃。轴承的油面应保持在油标的中心线上，过低将使润滑不良，过高将会有溢油现象。润滑油应保持清洁，并定期化验，检验是变质或有水分、泥污、异物等混入。采用复式强迫循环的轴承，应隔 3～5 年应全部进行更换。在油环润滑的轴承中，要检查油环的椭圆度、表面粗糙度和止口、接头等处的完整性。必要时要进行修光毛刺和伤痕等缺陷，油环装好后应能自由转动。轴承的润滑油应按表 12-129 选用。

表 12-129　润滑油牌号选择

轴颈圆周速度/（m/s）	润滑油牌号	标　　准
>15	22#透平油	国家现行标准
>15	20#机械油	
5～15	30#透平油	
5～15	30#机械油	
<5	40#机械油	

轴承上盖的定位销安装后，要检查上轴瓦孔和轴承盖的导油孔是否对准，再将螺钉紧固轴承盖，转动转子并检查轴承水平接合面的间隙，用 0.05mm 塞尺测量时不得在任何位置塞入，否则要研磨接合面。通常在接合面上涂上虫胶漆或垫上密封塑料，不允许垫垫片。

轴承和密封环的间隙应在 0.1～0.3mm 之内，超过时，应调整内环将其锤小，但装上后不得卡擦转轴。

轴承装好后，应和油路联接并复查轴承座绝缘。

电动机本身安装完毕后应用盘车卡具盘动转子，盘动时应缓慢并且手感到并不费力，并且观察定子和转子的间隙。然后再加快盘车速度从手感和观感中仔细检查有无不妥之处，否则应修复。再用同样方法盘动被拖机械，在机械安装人员协同下，仔细检查有无不妥之处。电动机安装后应进行测试和试验，详见第五章相应内容。

把电动机和被拖机械用联轴器或变速机连接起来，再盘动电动机进而检查前段安装的质量。这时虽然系统很重，但能盘动，没有死点。不得用冲击力盘车，否则系统的不妥处将难以发现。盘车前应加好油。

八、油路系统的安装

油路系统的管道、油泵应由管道工按图安装。电动机和控制柜安装同前。电接点压力表的信号应引入高压起动柜，引入方法应将 1.5mm^2 铜绝缘导线穿管暗设，方法同前。

九、电气系统的安装及试车

1. 大型高压电动机的起动控制方式

大型电动机的电压通常为 6kV 和 10kV，笼式高压电动机的起动方法可分为直接起动和串联电抗器起动，绕线式高压电动机的起动方法一般采用频敏变阻器起动。高压起动柜的型号及方案很多，这里列出两种，供读者参考，见图 12-372 和图 12-373。其中笼型电动机起动柜将电抗器短接或拆掉，亦可成为直接起动。

高压电动机的起动线路应具有过电流、短路、欠电压、失压保护，此外在实际控制电路中常将电动机定子温度信号、轴瓦温度信号、电动机冷却风的温度和风压信号、油路系统油泵起动信号和油压信号、电动机和被拖机械的轴位移信号、被拖机械的轴温信号、减速机温度信号以及被拖机械输入输出功率的表现信号，如鼓风机进风出风的风压、流量，轧钢机钢锭的厚度及板材的厚度等，引入控制起动柜，作为系统的保护信号，进而保证机组的正常起动和运行。同时将各种信号的显示、报警、调节器或定值器、记录仪等安装在仪表柜上，作为运行的监视，和上述控制起动柜形成完整可靠的控制系统。

2. 起动柜及母线的安装

高压电动机综合起动柜的安装及高压母线的安装见“变配电装置的安装”一节。

3. 电缆的敷设

从综合起动柜到高压电动机的馈线通常选用高压电缆穿管敷设，电缆的选择应选用高于电动机电压等级的优质电缆，敷设方法和电缆头制作见前述“电缆的安装敷设”一章。

4. 信号线的敷设

信号线通常选用 1.5mm^2 或 2.5mm^2 的绝缘铜线穿管敷设，方法见前述“动力电路及低压配电室的安装”。

5. 仪表和仪表柜的安装

（1）一次元件的安装

1）电动机轴温通常用压力式温度计测量，就地安装，将温包插入轴承的测温孔内，并将口封好。其显示仪表应尽可能和温包安装处保持同一水平位置或稍高于温包的位置，减小液柱位差的静压力而引起的误差。显示仪表可用螺钉固定在角钢支架上。然后打开接线盒接线，其中黄色的为下限接点，红色的为上限接点，黑色或棕色的为共用线，导线要编好号，连接要紧密。压力式温度计见图 12-374。

电动机轴温也可用热电阻测量，将热电阻埋入轴承的测温孔内，用导线将其引入仪表柜的动圈表上，（接线见图 12-383、图 12-386）。

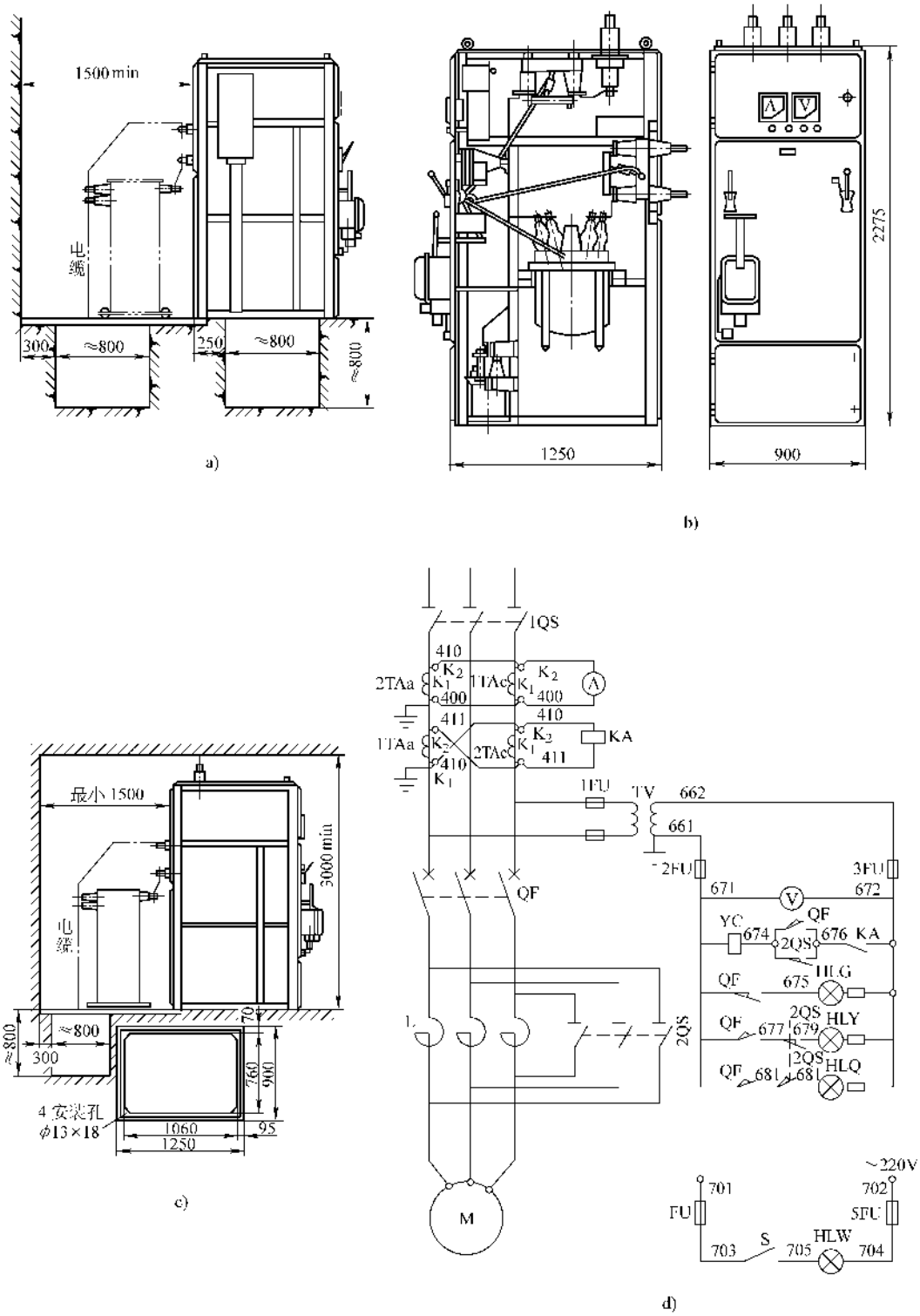


图 12-372 GKF-H_1 起动柜

a）电缆进出安装尺寸 b）柜体外形尺寸 c）柜体安装尺寸 d）电气原理图

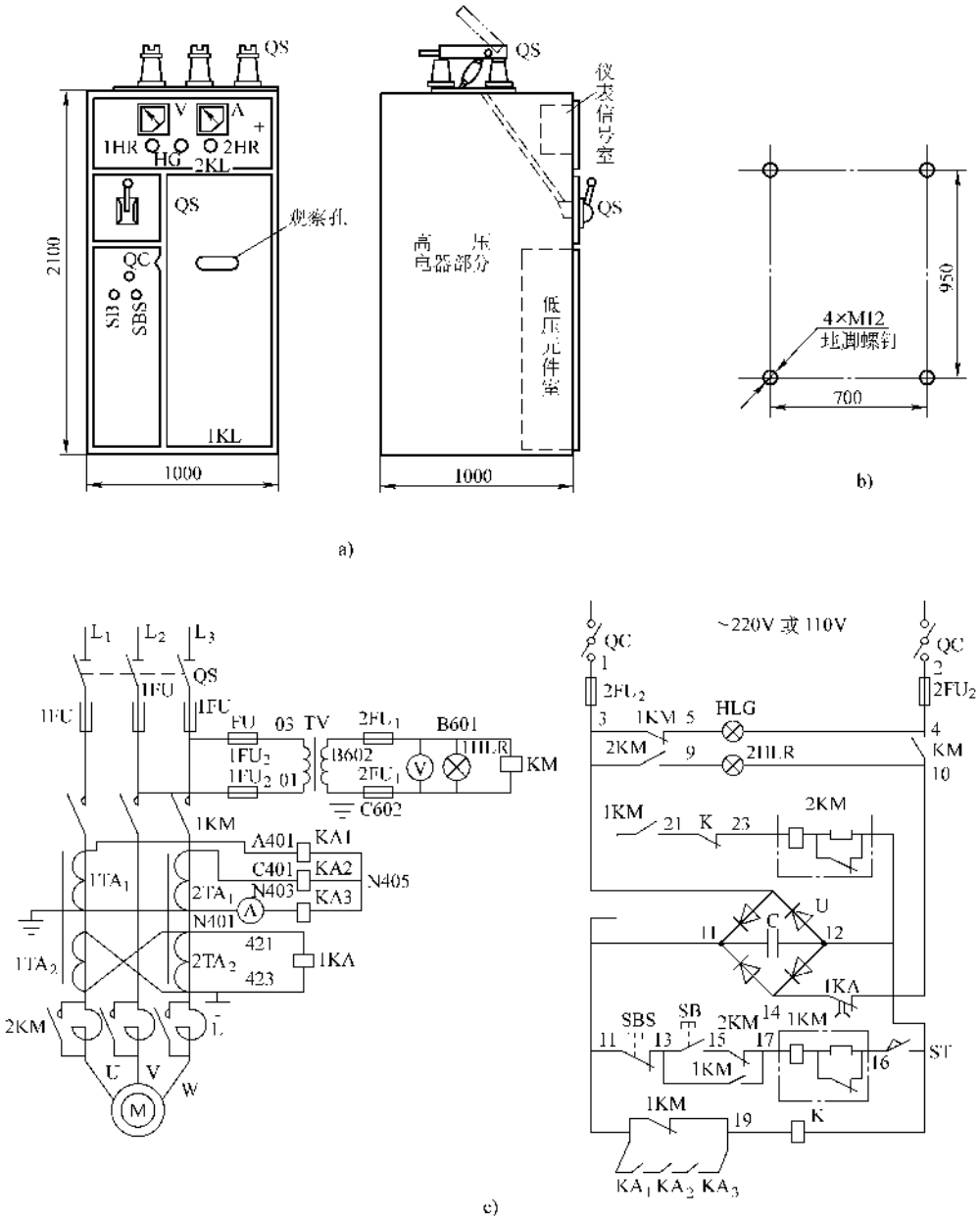
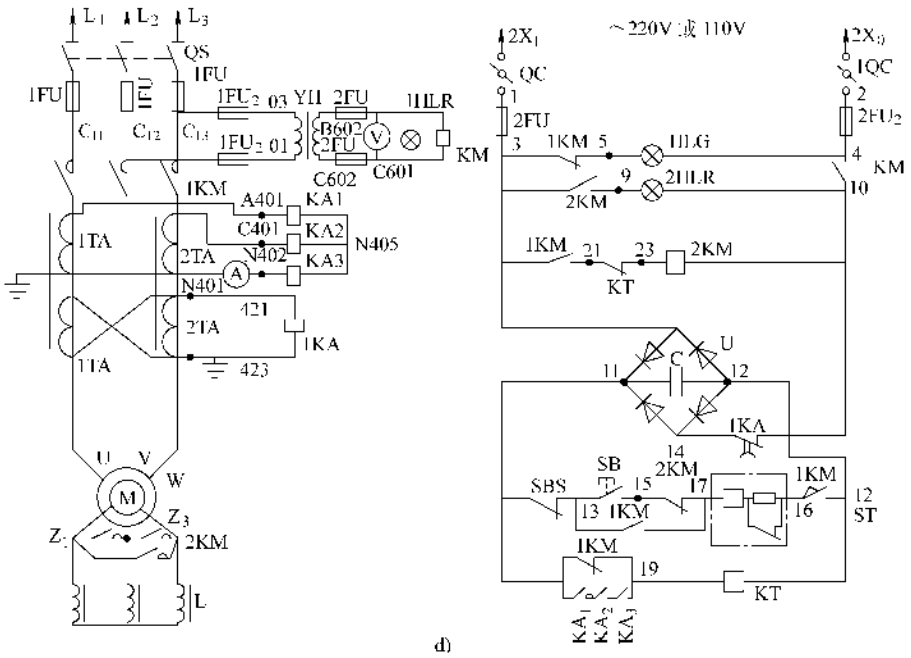


图 12-373　LGQ_1、HGQ_1 高压综合起动柜

a）柜体外形尺寸　b）柜体安装尺寸　c）控制电气原理图

说明：K 为一电流型继电器，起动时因 KA_1、KA_2、KA_3 的电流较大，其触点闭合使 K 得电，当起动电流衰减到额定电流的 1.2 倍时，K 释放，常闭点闭合。1KM、2KM 为真空接触器。



d)

LGQ1、HGQ1型起动柜技术数据

被控电动机				控制回路电压	一次回路型式	电抗器及变阻器的选法	起动特性	起动间歇时间	KA的正定范围
类型	容量	电压	电流						
笼型	不大于	6000V	不大于	交流220V 110V	定子回路接起动电抗器	按电动机容量选定	轻载	起动2次间歇6h	1.2倍的电动机额定电流值
滑环型	1050kW		150A		转子回路接频敏变阻器	按电动机数选定	轻载	两倍起动时间	

注：继电器1KA的整定值由设计确定。

图 12-373 （续）

d）控制电气原理图

2）油路压力通常用电接点压力表测量，就地安装在油路管道上，一般用螺纹连结。压力表应装在水平管道上，见图 12-375。打开接线盒，最上接点为指针引线，第二为上限引线，第三为下限引线，第四为接地线。将钥匙插入调节柱内旋动，即可调节给定值。当油压变化时，高于或低于给定值时，指针触头将与上限给定触头或下限给定触头接通，发出信号。

3）定子温度通常用热电阻测量，配置动圈表显示温度，并且在电机制造时已将热电阻装入定子绕组之内，又将其引线用高压绝缘导线引出接在定子外面的接线盒上，一般装有 4～6 只热电阻。引入控制柜或仪表柜的导线是用和接线盒配套的插头完成的，要将导线编号后一一和插头焊接好即可。

测量定子绕组或铁心温度的热电阻型号通常有 WZB-002、WZB-003 和 WZG-001，其外形尺寸见图 12-376。在整个定子吊装、安装过程中要注意保护接线盒，以免受到机械损伤而损坏，否则将难以修复。

另外，对于生产工艺以及电动机所拖动的设备也安装有很多常规仪表，如流量、温度、压力、物位、成分分析及机械量测量仪表，将在第十六章讲述，这里不再一一介绍。

（2）仪表柜和二次仪表的安装　仪表柜的安装同配电柜的安装，详见前述。

二次仪表主要有信号报警器、调节器或定值器、记录仪或显示仪表，还有电流表、电压表。仪表柜一般可做成台式或屏式，几何尺寸同控制屏（台），现将屏式元件布置给出，供参考，见图 12-377。

柜上的仪表安装应两人分别站在柜面板的前后，一人在前将仪表放入安装孔内并将其和面板顶死，另一人在后面专用卡子或托架将仪表固定好。固定前应由前面找平找正，不得歪斜。

仪表附有固定卡子或托架，通常有以下几种固定方法，见图 12-378。

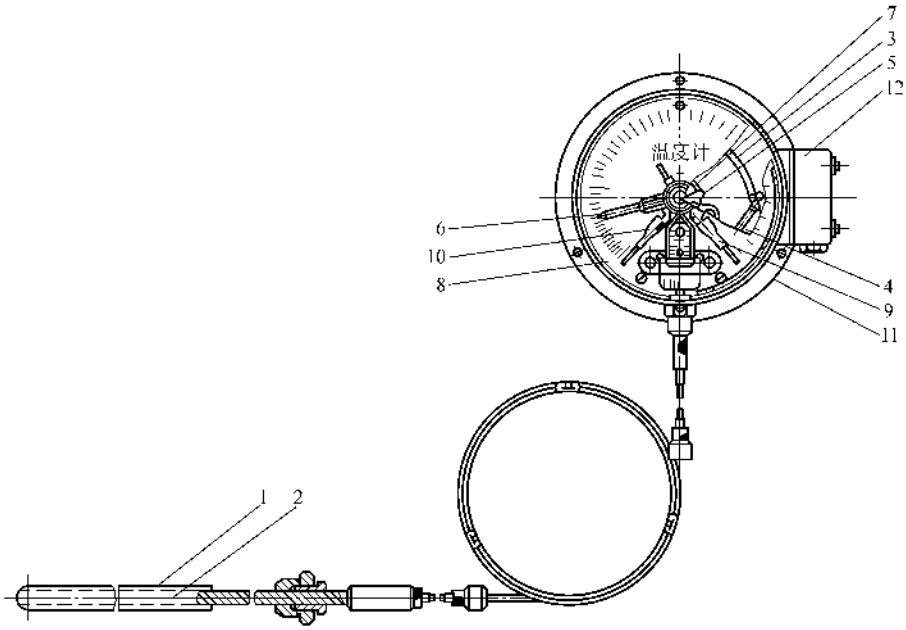


图 12-374　WTZ-288 型压力式温度计结构图

1—温包　2—毛细管　3—单圈弹簧管　4—拉杆　5—齿轮传动机构　6—示值指示针　7—转轴
8—标度盘　9—上限接点指示针　10—下限接点指示针　11—表壳　12—接线盒

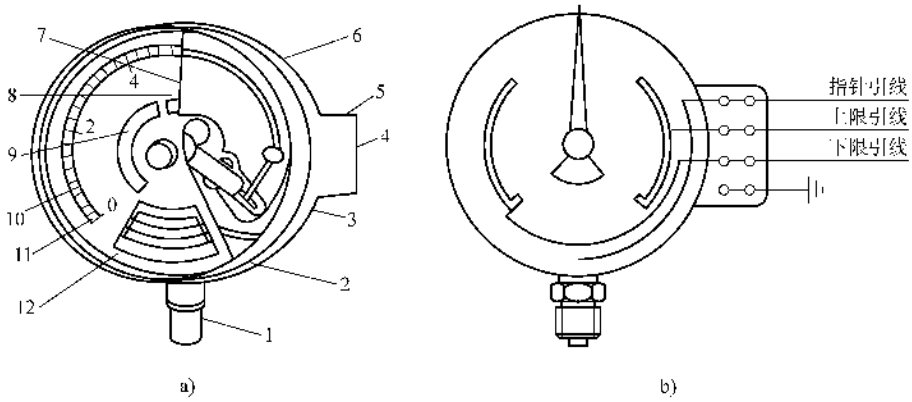


图 12-375　电接点压力表

a）电接点压力表结构

b）电接点压力表电气接线示意图

1—接头　2—外壳　3—齿轮传动机构　4—拉杆　5—接线盒　6—弹簧管　7—护塞　8—上限指定针
9—调节拨杆　10—下限指定针　11—指针　12—度盘

仪表固定好后，再把仪表标志框装好，通常都装设在仪表的下侧，然后在柜内装好接线端子板。

（3）仪表的接线　仪表及仪表柜的接线与电气控制柜的接线方法、工艺、要求基本相同，应按设计和仪表接线图进行，有时则应按照制造厂家提供的说明书或仪表端子上所标注的接线标志为准。这里仅给出高压电动机常用的热电阻与动圈表、闪光报警器、记录仪的原理图和端子板接线图，供参考，见图 12-379～图 12-381，接线方法、要求同控制柜的二次接线。

另外，要将轴承温度和定子温度极限接点动作的结果送入电动机控制柜，以控制电动机的跳闸，一般采用中间继电器或门电路，见图 12-382。同时控制柜有关接点也要引入仪表柜，如电压表、电流表、停车按钮、起车按钮等，见图 12-387，图中元件见表 12-135。

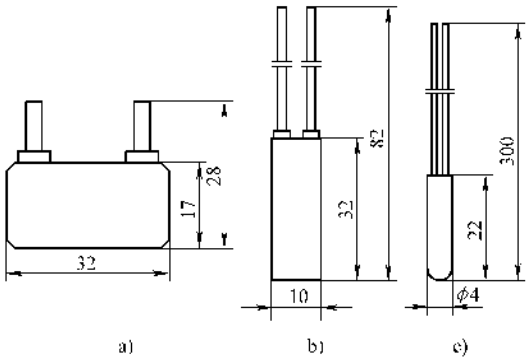


图 12-376 小型热电阻外形尺寸

a）WZB-002 型 b）WZB-003 型 c）WZG-001 型

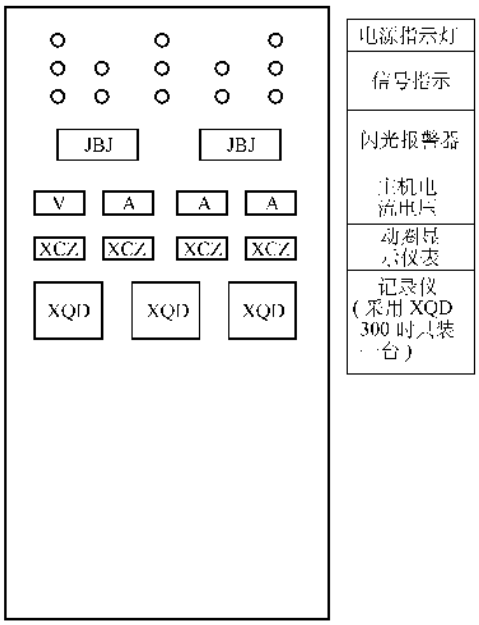


图 12-377 仪表柜（屏）屏面元件布置示意图

1）仪表柜接线的顺序

① 指示信号及电源的接线，

② 继电器及报警、跳闸信号的接线，

③ 变送器及记录仪（或显示仪表）的接线。

2）仪表柜接线的注意事项

① 导线应由颜色、编号严格区分开。

② 温度变送器引至记录仪的信号线必须注意极性及编号。

③ 插件的焊接要特别细心，极间不得短路，烙铁要选用适中，不得用有腐蚀作用的焊剂。焊接好后应用酒精棉球将焊点擦干净。

④ 其他要求及注意事项同控制柜。

（4）仪表的试验及投入 仪表作为一种测量装置，投入运行使用前应保证其品质指标符合产品的要求。品质指标包括准确度、灵敏度、非线性误差和来回变差。仪表出厂时已由制造厂校验和调整，但在运输过程可能失调，因此在安装投入运行之前，应参照厂家说明书，进行检查和校验，超出检定周期的还要进行检定。仪表的试验详见第五章相关内容。

（5）仪表投入运行前的检查

1）仪表的规格、型号、铭牌应和设计相同。

2）熔断器的熔丝容量应符合仪表的要求，并且完好；各电源开关应在断开位置。

3）仪表的接线应正确无误，应由两人查线，确认无误。

4）送电前应检查线路和设备的绝缘电阻，一般不小于 1MΩ。用绝缘电阻表测量绝缘电阻时，应把有晶体管、集成电路元件从设备端子上临时拆下。

5）当使用场所为双回路供电时，并列前应查对电源的相序应一致，简单办法是使用万用表交流电压档测量两电源同相间应无电压。

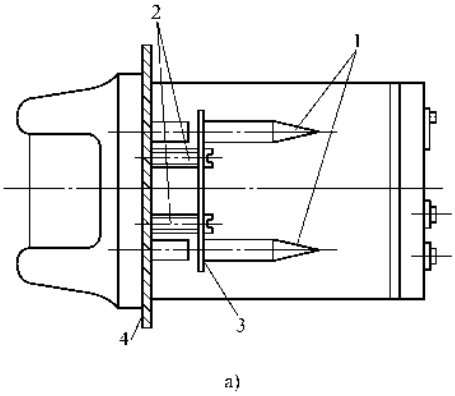
6）以上检查合格后，即可投入各种电源装置，像变压器、稳压器、整流器，应测量其电压，电压值应和设备规定电压相等。

（6）压力式温度计的校验 压力式温度计是用二等标准水银温度计和恒温水浴槽来校验的，二等标准水银温度计应有检定合格证并在周期之内。将标准温度计和压力式温度计的温包插入水浴槽，温包应全部浸入水中，但毛细管切勿浸入，被校表表盘应垂直放置。校验点一般不少于三点，可确定为 0℃、室温、量程中间点、最大量程。

1）在水浴槽内加入冰块、先捣为碎块或碎沫，并在盖上覆盖冰块，开动搅拌器，将温度控制在 -0.2℃左右，可在控温铂电阻温度计上读出。然后停止搅拌，温度缓慢上升，这时要仔细观察标准温度计的示值，必要时要用放大镜，视线应垂直于标准温度计的玻璃管。当标准温度计示值为 0℃时，读出被校表的示值，并记录下来，读数时视线应和被校表盘垂直，并且应使眼睛、表针、分度格在一条直线上。读数时应控制温度变化不超过 0.1℃。

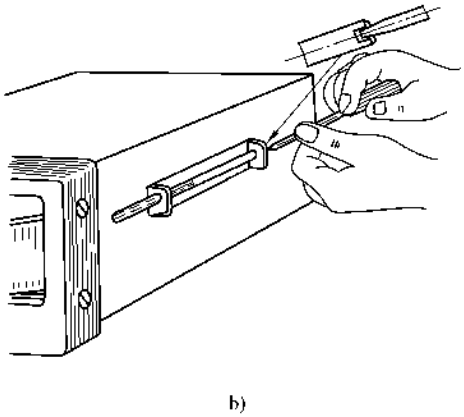
2）将水浴槽内冰取掉，注入水，一般不宜太满，接通控温器并开动搅拌器，使温度上升，将温度控制在校验点温度以下 0.2℃左右，当温度上升到 19.8℃时（假定室温为 20℃），停止加热和搅拌，当标准温度计示值为 20℃时，读出被校表的示值。用同样方法读出 55℃、95℃时被校表的示值。

3）用上述方法只开动搅拌器不加热，使温度下降，再读出回程中 55℃、20℃、0℃时被校表的示值（0℃时再加冰）。

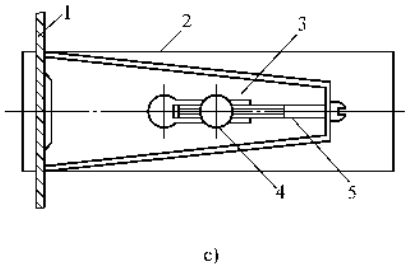


a）盘上仪表固定方法（一）

1—仪表的突出部分　2—螺钉　3—压板　4—盘面

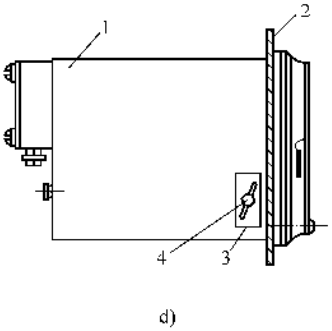


b）盘上仪表固定方法（二）



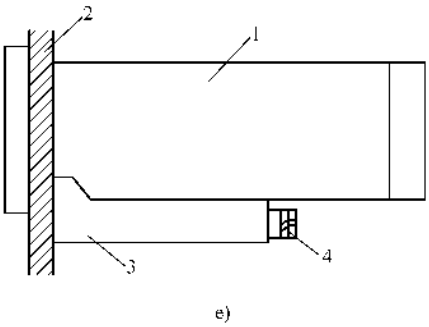
c）盘上仪表固定方法（三）

1—盘面　2—仪表　3—卡板　4—螺母　5—螺钉



d）盘上仪表固定方法（四）

1—仪表　2—盘面　3—安装板　4—螺钉



e）盘上仪表固定方法（五）

1—仪表　2—盘面　3—托架　4—螺钉

图 12-378　屏上仪表固定方法

4）数据处理。算出上述各点两次被校表读数的平均值，根据表 12-130 中数值确定其是否合格，其示值误差不得超过表中的规定即为合格。正、反两行程的各点读数示值差即为来回变差，其值同样不得超过允许基本误差的绝对值。

5）注意事项。校验前应检查被校表的表盘玻璃应透明，不得有妨碍读数的缺陷，零部件装配牢固，不得有锈蚀和防腐层脱落现象；校验中要注意指针应平稳移动、不得有明显的跳动和卡针现象。

（7）热电阻的校验　埋入电动机定子绕组内部的热电阻已经固定在里面，通常情况下只用万用表电阻档来测量通断即可，校验工作已由厂家完成。常用热电阻的校验方法见第五章。

（8）动圈表的校验　见第五章相关内容。

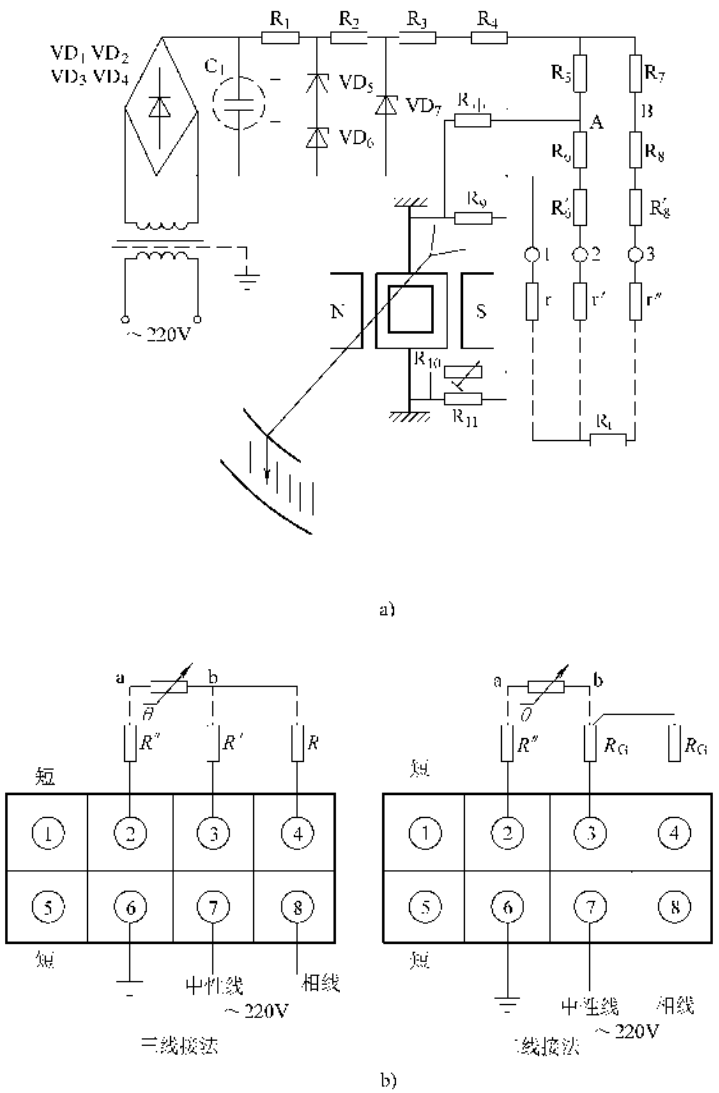


图 12-379 XCZ-102 动圈表

a）XCZ-102 动圈表工作原理示意图 b）动圈表接线端子板接线图

注：图中 R″、R′、R 为调整电阻、R_G 为固定电阻，图中的虚线为铜导线

表 12-130

公差等级	示值允许基本误差（量程的%）
1.0	±1.0
1.5	±1.5
2.5	±2.5
(5.0)	±5.0

（9）测温回路及调整电阻的配制 热电阻测温用的显示仪表的标度盘上都注有从测温元件到显示仪表之间要求外接电阻的数值。在线路安装完毕后，需测出连接导线的电阻值，将其差值用线路调整电阻补足。一般情况下将调整电阻固定在端子板或接线盒的端子上。先检查线路及接线正确无误、绝缘电阻合格、切换开关接触良好后再进行测温线路电阻的测量。

热电阻测温回路的线路电阻包括电缆、导线的电阻及切换开关的接触电阻，不包括热电阻本身的电阻。测量时，需将热电阻的两个接线端子短接，并将未经测量配制仪表自带的调整电阻拆下，用短接线接好。

1）二线制接线单点测量温度时调整电阻的测量与配制。热电阻二线制接线的单点测量温度的接线见图 12-383。测量线路电阻时，先将电源切断，并把热电阻 R_t 的 A、B 点短接。

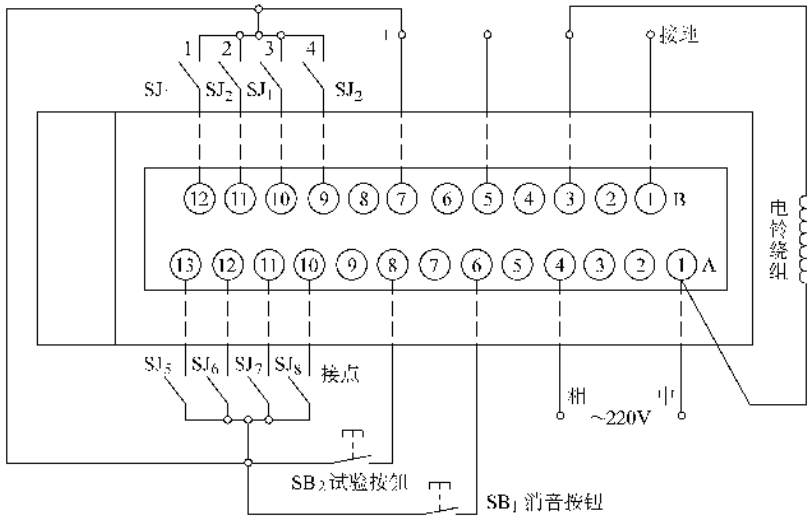


图 12-380　JBJ-Ⅱ型闪光报警器外部端子接线图

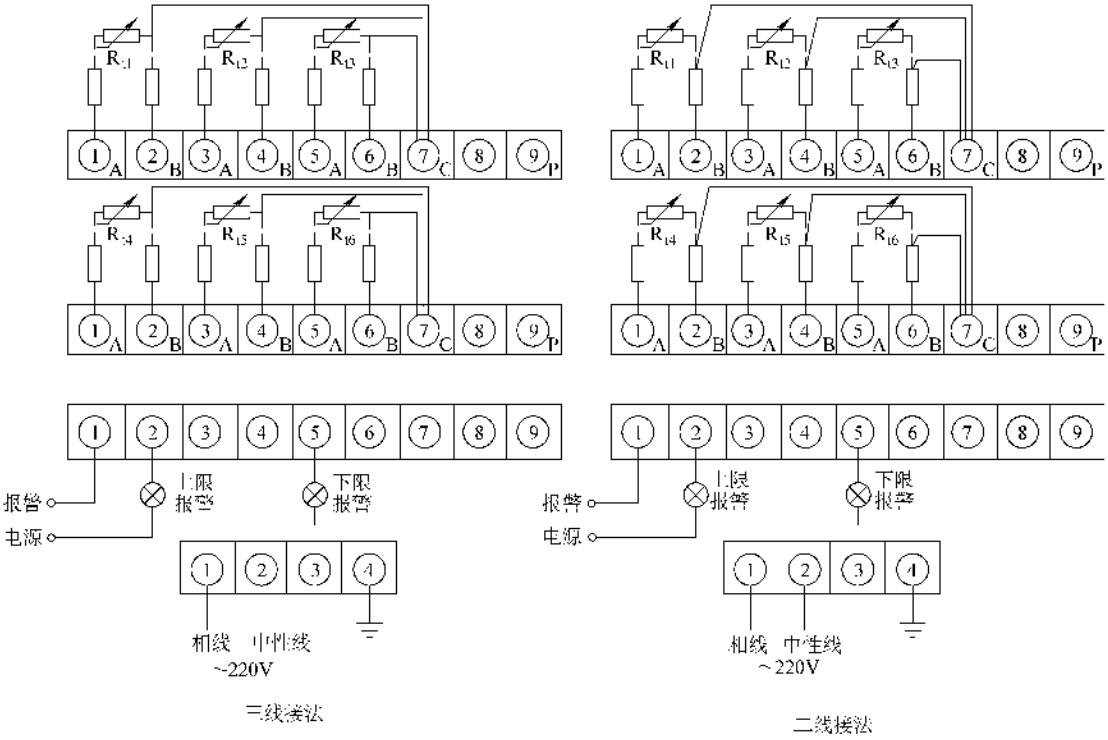


图 12-381　XCD 型电子平衡电桥记录仪多点接线端子板接线图

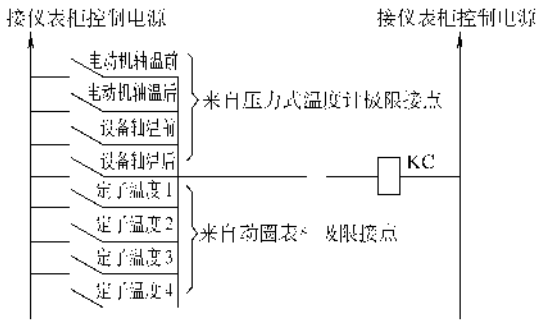


图 12-382 仪表柜上动作信号的或门电路

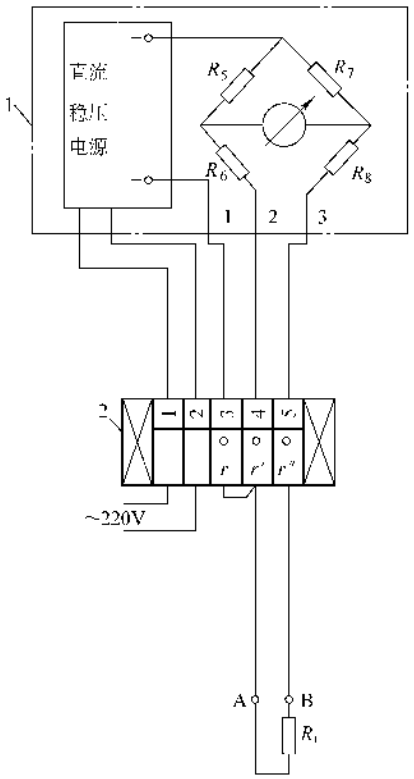


图 12-383 热电阻二线制接线

r、r'、r''—线路调整电阻 1—显示仪表

2—端子排 R_t—热电阻

① 配制线路调整电阻 r。将动圈表 1#接线端子上的导线拆下，接于电桥测量端的一接线柱上，另一接线柱接于端子板 4#端子的下端。测出的阻值为 r_1，其线路调整阻值 $r = R'_L - r_1$，R'_L 为动圈表标尺板上标明的外接线路电阻值。

② 配制线路调整电阻 r'。将动圈表 2#接线端子上的导线拆下，接在电桥测量端的接线柱上，另一接线柱接于端子板 4#端子的下端。测出的阻值为 r_2，线路调整电阻值 $r' = R'_L - r_2$。

③ 配制线路调整电阻 r''。将动圈表 3#接线端上的导线拆下，用上述方法，测得 r_3，$r'' = R'_L - r_3$。

④ 将临时代替线路调整电阻的短路线拆掉，把配制好的线路调整电阻接入回路中。调整电阻一般用锰铜丝配制，其直径按表 12-131 选取。算好长度后，将其截断并绕制在绝缘小轴上，外面包好绝缘带并标注电阻值及端子号。通常将绕好电阻丝的绝缘小轴固定在试验型端子上，见图 12-384。绝缘小轴一般可用有机玻璃自制，见图 12-385。

表 12-131 常用锰铜电阻线的电阻值和外径

裸线直径 /mm	裸线质量 /（g/m）	电阻值 /（Ω/m）	漆包线外径 /mm
0.08	0.0424	93.5	0.110
0.09	0.0537	73.9	0.120
0.10	0.0663	59.8	0.130
0.11	0.0802	49.5	0.140
0.12	0.0955	41.6	0.150
0.13	0.1120	35.4	0.160
0.14	0.1299	30.5	0.170
0.15	0.1491	26.6	0.180
0.16	0.1697	23.4	0.200
0.17	0.1916	20.7	0.210
0.18	0.215	18.47	0.220
0.19	0.239	16.58	0.230
0.20	0.265	14.96	0.240
0.21	0.292	13.57	0.250
0.23	0.351	11.31	0.275
0.25	0.414	9.57	0.300
0.28	0.520	7.63	0.330
0.31	0.637	6.23	0.360
0.33	0.722	5.50	0.390
0.35	0.812	4.89	0.410
0.38	0.957	4.14	0.440
0.40	1.061	3.74	0.460
0.42	1.169	3.39	0.480
0.45	1.342	2.96	0.510
0.47	1.464	2.71	0.530
0.50	1.657	2.39	0.560
0.53	1.862	2.13	0.600
0.56	2.08	1.908	0.630
0.60	2.39	1.662	0.670
0.63	2.63	1.508	0.700
0.67	2.98	1.333	0.750
0.71	3.34	1.187	0.790
0.75	3.73	1.064	0.840
0.80	4.24	0.935	0.890

注：电阻率采用 0.47Ω·mm²/m，密度采用 8.44。

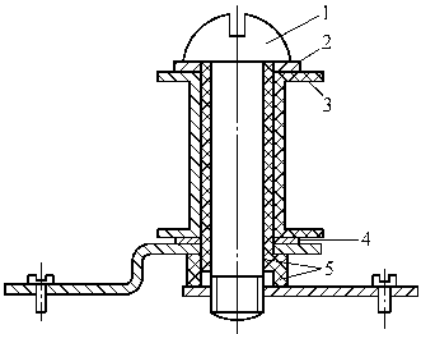


图 12-384　线路调整电阻安置在 B_1-2 端子上

1—圈头螺钉（M4mm）　2、4—铜垫圈
3—绝缘小轴　5—绝缘管

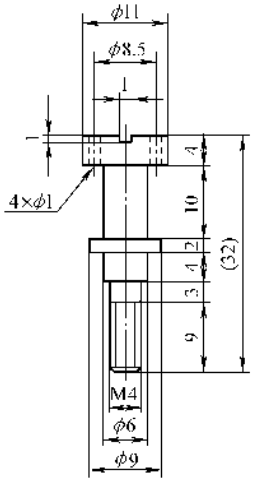


图12-385　线路调整电阻固定轴示意图

有些仪表备有可调电阻端子，可调整其微型电位器，使之达到调整电阻的目的。

⑤　二线制接线简单，但当环境温度变化较大时，将会产生较大的误差，常用在不太重要的测量上。

2）三线制接线单点测量温度时调整电阻的测量配制。热电阻三线制接线的单点测量温度的接线见图12-386。先切断电源，并将 R_t 短接。

①　将动圈表 1#、2#、3#端子上的导线拆下，分别将 1、2、3 每两根一组（1 与 2、1 与 3、2 与 3）分别接到电桥测量端上，每次测得两导线的电阻值为 R_{A+B}、R_{A+C}、R_{B+C}。

②　按下式计算出 A、B、C 三导线的电阻值 R_A、R_B、R_C。

$$R_A = \frac{R_{A+B} + R_{A+C} - R_{B+C}}{2} \qquad (12\text{-}79)$$

$$R_B = \frac{R_{A+B} + R_{B+C} - R_{A+C}}{2} \qquad (12\text{-}80)$$

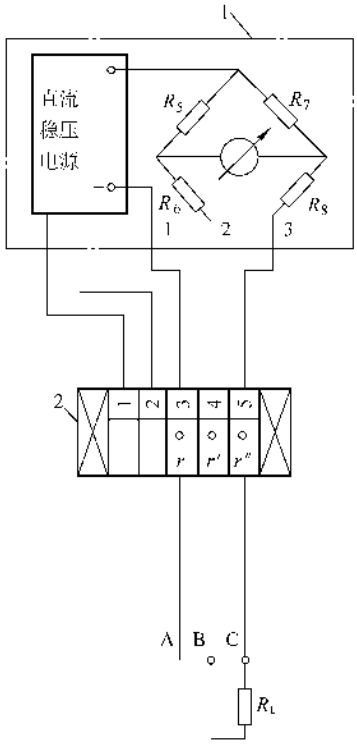


图 12-386　热电阻三线制接线单点测量接线图

r、r'、r''—线路调整电阻　1—显示仪表
2—端子排　R_t—热电阻

$$R_C = \frac{R_{A+C} + R_{B+C} - R_{A+B}}{2} \qquad (12\text{-}81)$$

若导线 A、B、C 的截面积、长度和材料相同时，则只需测出 R_{A+B} 即可：

$$R_A = R_B = R_C = \frac{R_{A+B}}{2} \qquad (12\text{-}82)$$

这样，调整电阻 r、r' 和 r'' 分别为

$$r = R'_L - R_A$$

$$r' = R'_L - R_B$$

$$r'' = R'_L - R_C$$

③　将临时短路线拆掉，把配制好的调整电阻接入回路之中。调整电阻的配制同前。

④　三线制接线较复杂，但测量精度较高，高压电动机的线圈温度保护中常用三线制。

3）将线路完全接好、同时将调整电阻接入后，分别按原来的测量方法，测出各回路的总阻值，其值与 R'_L 之差不应超过 ±0.1Ω。最后将热电阻的短路拆掉。

热电阻测温还有多点测量方式，可用转换开关切换并用一只动圈表显示各点的温度，读者可参考有关文献。

（10）闪光报警器的调整　接好线后，应先仔细检查接线，无误后可接通临时电源，按下试验按钮，信号灯应发出闪光，电铃发出音响。再按下消音按钮，应消声。如不正常，应检查或调整。

1）闪光不清晰，可检查稳压电源，一般应为+14.5V和-15V，否则可调节正控或负控上的稳压电源电位器W，直到闪光清晰为止。

2）音响不能清除，可微调使正电源提高或负电源降低，一直到正好消声为止。

3）报警器工作不正常，可检查以下几点：

①　三组电源电压是否正常，二组稳压电源是否可调（10V~18V、-18V~-10V）；

②　振荡单元和音响放大单元是否正常；

③　依次检查报警单元，双稳态触发器和闪光放大器。

（11）记录仪的调整试验、电接点压力表的校验　见第五章相关内容。

（12）仪表的投入　压力式温度计和电接点压力表为直读式仪表，投入使用极为简单，这里着重说明一下热电阻测温仪表的投入。

测量仪表的投入前应先检查接线是否正确，将运输时防止指针摆的短路线拆掉，调整零位。有故障时，可拆下显示仪表1、2、3接线端子（见图12-386）上的导线，将1、2短接，2、3接一电阻箱。改变电阻箱的电阻值时，若指示随电阻箱的变化而变化，且示值与电阻值能基本符合，则故障发生在线路上；否则故障发生在仪表本身。

电子平衡电桥投入基本与上相同，此外还应在传动部位注以少许润滑油（一般用表油），可往电动机的减速器中及同步电动机蜗轮组的槽中注以10mL润滑油，检查记录纸并注墨水或装印泥，同时检查印泥轮。电子平衡电桥故障查寻方法参见表12-132。

6. 电气控制系统的接线

高压电动机起动柜主回路和控制回路接线已由厂家接好，并将需要引出和引进的控制线、信号线接在端子板上，图12-387高压电动机起动原理图有以下几项接线：

1）将仪表柜上的中间继电器KC的一副常开接点先接在仪表柜上的51号、52号端子上（图中没有画出），然后将其引入接在控制柜的7号、21号端子上。同时将51号、52号端子引入仪表柜上的2SBS停车按钮上。

2）将油路中电接点压力表的上限常开接点引入控制柜接在7号、37号端子上。

3）将控制柜中13号接点引入仪表柜接在2SB一端，2SB另一端接在51号端子上，51号端子和控制柜中7号对应。

表12-132　电子平衡电桥故障查寻方法

故障状态	被校电桥不能正常工作		
查寻办法	用万用表电阻档或携带式电阻箱正反交替接在放大器的输入端并接通电源		
故障状态	可逆电动机不转		可逆电动机正常工作
处理方法	拆开可逆电动机的控制绕组，以6.3V交流电压正、反相交替加在控制绕组上		故障在测量系统，参见表5-84和表5-85
现象	可逆电动机不转	可逆电动机正常	
故障点判断	可逆电动机	放大器	

7. 电气控制系统的试验及空投操作

（1）过载保护电流继电器的整定　保护装置的动作电流应为可靠系数和返回系数的商再乘以电动机的额定电流：$1.2/0.85\times I_e=1.2/0.85\times 68A=96A$

继电器整定电流应通过电流互感器的比来计算：$100/5=96/I_z$

$$I_z=4.8A$$

用升流器和标准电流表将电流继电器整定在4.8A。

时间的整定一般在10~16s之间，这里选为12s，待测出起动时间后再调整。起动时间的测定应用秒表法按实际起动时测定，整定时间应略大于起动时间，躲开起动电流，避免起动时误动作。

（2）短路保护的整定

1）纵联差动保护。其系统原理图见图12-388。常用于有6个出线端容量在2000kW以上或空量小于2000kW重要的电动机上，图12-387为笼型电动机，无差动保护。当采用不带速饱和变流的差动继电器时，动作电流应整定为（1.5~2.0）倍电动机额定电流；当采用带速饱和变流器的差动继电器时，动作电流可整定为（1.2~1.3）倍过渡过程中的不平衡电流。

2）电流速断保护。其系统原理图见图12-387中，TA和KA构成的保护回路，常用于没有装设纵联差动保护的高压电动机。

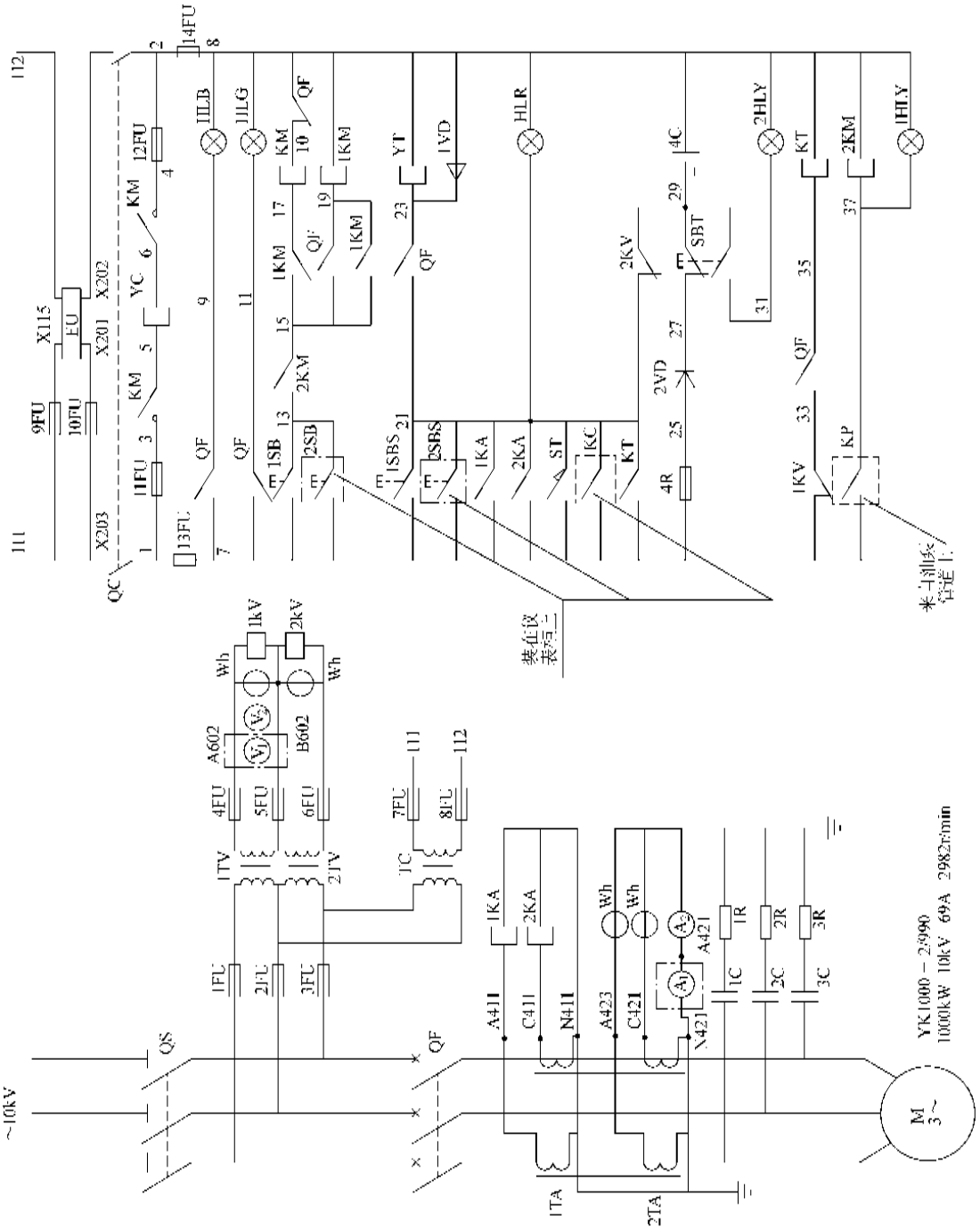


图 12-387　10kV、1000kW 交流异步电动机起动控制原理图

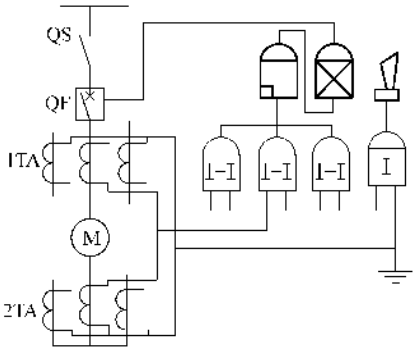


图 12-388 电动机无延时三相纵联差动保护示意图

动作参数采用 DL-10 型继电器时一次动作电流应为额定电流的 1.4～1.6 倍；采用 GL-10 型继电器时一次动作电流应为额定电流的 1.8～2 倍，整定方法同前。

（3）低电压保护的整定　低电压保护的电路见图 12-387 中 TV 和 KV 构成部分，电压继电器整定的电路图见图 12-389，先合上开关，将电压调至继电器的额定电压，这时继电器的触点断开，然后逐渐降低电压使触点闭合。触点闭合时的最高电压即为该刻度的动作电压。当继电器动作后再逐渐增高电压，使触点断开的最低电压即为返回电压。

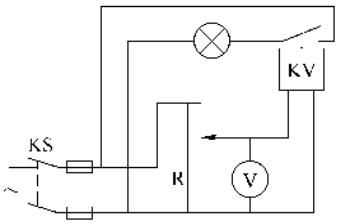


图 12-389 电压继电器的整定

然后进行冲击试验，先将电压由零升至 1.25 倍额定电压，在电压上升过程中检查触点接触情况和可动部分的振动情况，若正常，以此电压作三次冲击，然后复查动作电压和返回电压，与冲击前的记录基本相同即为合格，否则应整调。

（4）单相接地保护的整定　单相接地保护图 12-387中没有设置，应设零序电流继电器，其整定的接线示意图见图 12-244，调节电位器 R 逐渐增加电流致使继电器动作，此时电流表的数值即为保护装置的一次动作电流。

（5）检查及摇测绝缘　空投操作前应由两人详细检查电气和仪表系统的元件、接线并和图样核对，应无差错。然后用 2500V 绝缘电阻表摇测主回路和主开关元件的绝缘电阻，其值应大于 0.5MΩ/kΩ，二次回路应用 1000V 绝缘电阻表摇测，其值应大于 10MΩ。

其他调整的注意事项和具体操作方法参看前述“动力电路”一章。

（6）空投操作　空投操作就是在没有负载电流的情况下，操作控制回路使主回路的元件按照起动程序正确动作并且检验保护元件能否正确动作且能使主回路元件跳闸或作用于信号的操作。

当高压电动机及电气系统安装完毕后，并且按上述要求进行整定和检查合格后即可进行空投操作。

现按图 12-387 来说明操作的步骤：

1）将原柜中操作电源 EU 的进线端断开，并用一调压器的输出端接在 EU 的进线端，调压器的进线经开关接在低压电源上，调压器应能调至 245V。

2）验证隔离开关 QS 在断开的位置上

3）接通油系统的油泵，当压力达到规定值后（一般为 0.1MPa），其压力触点 KP 闭合，中间继电器 2KM 吸合，指示灯 1HY 点亮，表示油压正常；中间继电器 2KM 的常开触点闭合（13～15），为起动作好准备。为了可靠的起见，先将 13 或 15 断开一点，用万用表测一下该常开点的接通情况，然后再将其断开点接好。

4）用万用表验证真空断路器的辅助常开触点、常闭触点，且指示灯 HB、HG 应点亮。

5）操作合闸按钮 1SB，合闸接触器 KM 得电，接通合闸线圈 YC 回路，真空断路器主触点闭合，用万用表或电桥测量其接触电阻，接触电阻应趋向于零；此时信号灯应切换。

6）操作停止按钮 1SBS 或 2SBS 真空断路器应可靠掉闸；重新合闸分别用手按动电流继电器衔铁，真空断路器也应可靠掉闸，同样分别手动操作 2KM、KT、ST 及 KV，真空断路器也应可靠掉闸。真空断路器掉闸后应用万用表测量其分闸电阻，其阻值应大于 500KΩ。

7）把油系统油压减小，当小于 0.1MPa 后，真空断路器应自动掉闸。

空操作完毕后将调压器拆掉，并把原来的接线恢复接好，然后再很好地检查一下柜内柜外和现场，不妥之处应及时修复。

8. 试车及试运行

高压电动机试车及试运行和低压电动机基本相同，具体参见“动力电路”一章，其中，测试试验是关键项目，必须保证。现在就主要问题说明如下：

（1）试车条件　安装好的电动机进行交接试验的项目全部合格，详见 GB50150—2006。机械设备安装完毕，并有安装人员签发的《安全质量检验报告

单》和《试车通知单》。试车应在机械安装人员和建设单位技术人员参加，如果供电电压和电机额定电压相同则应有供电部门的技术人员参加，同时应编制试车方案和测量相序，有关内容可参考电力变压器的送电一节。

（2）试车程序　如果有条件应先不拖动负载试车，只试电动机；如果机械上不允许，只能带负载试车。带负载试车时如果有条件可先试空车，如关住风门、不投料或不加负荷等，否则应小开风门、少投料等；空车试车正常后才能负载试车。但无论哪种试车都应经过全面检查（包括机械、电气、仪表）、摇测绝缘电阻、启动油路系统、盘车、起动、测试各种情况下的电气参数、听测运行声音、观察振动情况等，并且详细记录，作好交接班及联络工作，详见变压器送电和低压电动机的试车等内容。

（3）试车方法及注意事项参见前述“动力电路”一章。

（4）技术指标

1）72h 运行无异常；

2）电动机空载电流应在额定电流的 1/3 左右，且三相平衡；

3）电动机的负载电流应不大于额定电流，且三相平衡；

4）振动符合规范要求；

5）噪声符合设备要求；

6）温升见表 12-133 和表 12-134；

7）油温、轴温定子温度正常；

8）转速恒定且等于额定转速；

9）电压不得小于额定电压的 90%，且三相应平衡；

10）无漏油现象；

11）电动机及被拖设备的运转声正常；

12）保护装置、起动柜正常，无误动现象；

13）系统运行正常。

表 12-133　发电机、交直流电动机和同步电动机的允许温升　（单位：℃）

1	2	3	4	5	6
绝缘等级和测量方法	5000kVA 及以上汽轮发电机交流线圈；5000kVA 及以上或铁心长 1m 以上同步电动机的交流线圈	小于第 2 栏的交流线圈；除第 4、5、6 栏外的用直流励磁的交直流电动机的磁场线圈；有换向器的电枢线圈	用直流励磁的汽轮发电机的磁场线圈	低电阻磁场线圈及补偿线圈	表面裸露的单层线圈
A 级（1）	—	50	—	60	65
（2）	60	60	—	60	65
（3）	60	—	—	—	—
E 级（1）	—	65	—	75	80
（2）	70	75	—	75	80
（3）	70	—	—	—	—
B 级（1）	—	70	—	80	90
（2）	80	80	90	80	90
（3）	80	—	—	—	—
F 级（1）	—	85	—	100	110
（2）	100	100	110	100	110
（3）	100	—	—	—	—

（续）

1	2	3	4	5	6
绝缘等级和测量方法	5000kVA 及以上汽轮发电机交流线圈；5000kVA 及以上或铁心长 1m 以上同步电动机的交流线圈	小于第 2 栏的交流线圈；除第 4、5、6 栏外的用直流励磁的交直流电动机的磁场线圈；有换向器的电枢线圈	用直流励磁的汽轮发电机的磁场线圈	低电阻磁场线圈及补偿线圈	表面裸露的单层线圈
H 级(1)	—	105	—	125	135
(2)	125	125	—	125	135
(3)	125	—	—	—	—

注：1. 本表表中①为温度计法；②为电阻法；③为每槽线圈边上的埋置检温计法。

2. 采用沥青胶的 B 级线圈，其温升限度按胶的耐热性能，在该类型电动机的标准中另作规定。

3. 第三栏（1）项所指的交流线圈可用埋置温度计法测温，温升限度与电阻法相同。

4. 绕组电压超过 11kV，但不超过 16.5kV 的交流线圈，用温度计法测得的允许温升在 11kV 的基础上，每提高 1kV 需降低 1.5℃。

5. 凡间歇工作的电动机，其各部分温升不论用何法测量，允许再提高 10℃。

6. Y 或 JO2 系列三相异步电动机，如为双封闭式，可再提高 5℃。

7. 表中所列的电阻法及温度计法的温升不能作为互相校核用，也不需要同时用此两法测量温升。如果为了补充电阻法所得的数据，希望还有温度计的读数，则由放在最热点的温度计所测的允许温升不应超过下列各值：A 级 65℃；E 级 80℃；B 级 90℃；F 级 110℃；H 级 135℃。

8. 容量超过 5000kVA 或者铁心长度超过 1m 的电动机，它用 F 级或 H 级材料所组成的部件的温升，除非另有规定，不应超过 B 级材料允许的限度。

表 12-134 电机部件的允许温升 （单位：℃）

序号	名　称	A　级	E　级	B　级	F　级	H　级
1	不与线圈接触的铁心及其他部件和永久短接的未绝缘线圈	这些部件的温升不应达到足以使绝缘或其他附近材料有损坏危险的数值				
2	与线圈接触的铁心及其他部件	60	75	80	100	125
3	开启式或封闭式整流子及集电环	60	70	80	90	100
4	永久短接的绝缘线圈	60	75	80	100	125
5	滑动轴承	最高温度 80　温升 40				
6	滚动轴承	最高温度 95　温升 55				
7	电动机轴承的外加润滑油	流入　45 流出　60				

注：流入轴承的外加润滑油温度不应低于 25～35℃。

表 12-135 图 12-387 中元件表

序号	符　号	名　称	规格及型号	数　量	附　注
1	QS	隔离开关	GNB-10T/400	1	附 CS6-1T
2	QF	高压真空断路器	ZN5-10/630-350	1	
3	1TV、2TV	电压互感器	JDZ-10　10000V/100V	1	

（续）

序号	符　号	名　称	规格及型号	数　量	附　　注
4	TC	控制变压器	BK-2000　10000V/245V	1	
5	1TA、2TA	电流互感器	LZX-10　0.5/3　100/5	1	
6	1-3R	电阻	ZG11-200A　200W　400Ω	3	
7	4R	电阻	RXYC-25　30W　50Ω	1	
8	1-3C	电容器	BWF10.5-25-1W	3	标称电容 0.64μF
9	4C	电容器	CD-131　450V　100μF	1	铝电解电容
10	1-3FU	高压熔断器	RN2-10/0.5A	3	
11	4-8FU	熔断器	RL1-15/5	5	
12	9-10FU	快速熔断器	RS3　100A/500V	2	
13	11-12FU	熔断器	RL1-60/40	2	
14	13-14FU	熔断器	RL1-15/10	2	
15	V_1、V_2	电压表	42L6-V　10000V/100V	12	
16	A_1、A_2	电流表	42L6-A　100/5A	2	
17	Wh	三相三线有功电度表	42L6-W　100V/5A	1	
18	1-2KV	电压继电器	DJ-132	2	线圈电压　~110V
19	1-2KA	过电流继电器	GL-12/10	2	
20	QC	组合开关	HZ10-25/2	1	
21	EU	断路器合闸电源	ODK、31A、059	1	GGZ_1-10
22	YC	合闸线圈		1	在断路器上
23	YT	分闸线圈		1	在断路器上
24	1KM	中间继电器	JZ8-44Z/4	2	线圈电压　-220V
25	KM	直流接触器	CZ0-40C　-220V	1	
26	ST	行程开关	LX3-11H	1	
27	KT	时间继电器	DS-31C　-220V	1	
28	KP	压力继电器	JY10.25~5kg/cm^2	1	装在润滑油管道上
29	1VD	二极管	10A　800V	1	
30	2VD	二极管	ZP-5A/500V	1	
31	SAT	按钮	LA19-11	1	蓝色
32	SB、SBS	按钮	LA19-11	2	绿色、红色各 1 个
33	1-2HY	指示灯	XD13-220V	2	黄色
34	HB、HG、HR	指示灯	XD13-220	2	蓝色、绿色、红色各 1 个

第十一节 变配电装置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，是保证电气装置安全运行的重要手段，这里将变配电装置安装调试质量标准及检验方法列出，供读者在工作中参照执行，见表 12-136 ~ 表 12-208。其工程中有关低压电器部分质量标准及检验方法见表 7-64 ~ 表 7-90。

表 12-136 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				

表 12-137　1600kVA 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

表 12-138 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 12-139 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 GB50147—2010 的规定	记录实际值

表 12-140　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	

（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

表 12-141　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 12-142　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

表 12-143 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

表 12-144　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
	电磁比及极性检查		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 12-145　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

表 12-146 （变压器名称编号）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

表 12-147 （变压器名称编号）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/(MVA)		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					

表 12-148 （变压器名称编号）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/(MVA)		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	

（续）

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	—					
微水含量/(μg/g)			—		—	
含气量(%)					—	

表 12-149　（变压器名称编号）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/(MVA)		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）

表 12-150 （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/(MVA)		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）

表 12-151 （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）

表 12-152　（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/(MVA)		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 tgδ 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	

表 12-153　（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/(MVA)		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	

（续）

检　查　项　目	检查结果
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）

表 12-154　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		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 12-155　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
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

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
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 12-156　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
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

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
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
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
		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 12-157 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
		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
		行程	主动触头行程	主要	按制造厂规定	对照厂家规定检查
			主动触头超行程			
		元件装配			位置正确，固定牢固	观察检查
		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
	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

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
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	
	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	
	操作记数器指示			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	零部件检查		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 12-158 3kV ~ 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
	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 12-159 3kV ~ 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

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
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	

表 12-160　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

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
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、合闸线圈铁心动作	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 12-161　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）	

（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 12-162　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

（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 12-163　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

（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 12-164　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 12-165　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
附助设备	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

表 12-166 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 12-167 (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		
	升压泵启动压力/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)

表 12-168　（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）

表 12-169　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

新 SF_6 气体质量标准

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%

（续）

SF_6 新气质量标准		
项　目　名　称	IEC 376	GB 12022—1989
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）

表 12-170　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			
操动机构气源母管耐压试验			
操动机构液压装置启停试验			

表 12-171　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。

注 2：当制造厂另有规定时，应以制造厂规定为准

表 12-172　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%。

表 12-173 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	

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。）

表 12-174 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		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）

表 12-175　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）

表 12-176　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%）	

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）

表 12-177 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 12-178 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	
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

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
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 12-179　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
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

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
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 12-180　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—2012 规定	对照规范检查
		爬电距离			

（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 12-181　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
		成列柜顶部		<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

（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 12-182　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		≥2.5mm²	用线规检查
		信号、电压回路		≥1.5mm²	
		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 0.5mm²	
	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				

表 12-183　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 12-184　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 12-185　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

（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 12-186　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 12-187　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

表 12-188　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

表 12-189 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 12-190 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

（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—2010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12-191　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		2mm～4mm	用尺检查
		焊缝外观	主要	符合DL/T 754—2001规定	观察检查

（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 12-192　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 GB 50149—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

表 12-193　(　　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”）

表 12-194　(　　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）

表 12-195 （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）

表 12-196 （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）

表 12-197　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 12-198　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

表 12-199 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	$(1.215\pm0.005)g/m^3$	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 12-200 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	$(1.22\pm0.3)g/m^3$	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

表 12-201　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	查充电记录
	初充电开始必须保证电源连续供电的时间				≥25h	
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 12-202　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	

（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12-203 （　　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。）

表 12-204　（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		盘柜数量	
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）

表 12-205　×××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）

表 12-206 （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		盘柜数量	
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）

第十三章　特殊环境电气工程的安装

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，特殊环境的电气工程给安装带来了一定的难度，往往由于不慎也会发生事故。这样，安装技术上又增加了特殊性，这就是本章要讲述的内容。另外，鉴于其他书籍对防爆电器及元件介绍得极少，本章就常用防爆电器也作了详尽的讲述。

特殊环境、非生产用电环境的类别很多，这里举例说明，供读者参考。

1）易燃、易爆环境一般指油库、油漆库、喷漆车间、弹药库、汽油库、乙炔站、氧气站、液化气站及有粉尘或蒸气、纤维爆炸性混合物的车间、爆炸性或易燃气体的车间及有爆炸或火灾危险的化工车间等。

这类环境安全用电总体要求是不得因任何电火花或电弧而引起爆炸或燃烧。因此，所有的电气设备均采用防爆电器且所有电气管路密闭而与外界隔绝，实行电气整体防爆，详见国家标准 GB 50257—1996。

2）易产生静电环境一般指石油、医药、化工、化纤、塑料、橡胶、印刷、造纸、纺织等行业的一些车间或有高流速介质的管道、带式输送机及其他制造、加工、转运高电阻材料的环境。

这类环境安全用电总体要求是不得因静电放电火花引起爆炸或燃烧，不得因静电电击伤人或影响生产。因此，静电环境必须采用合适的消除静电的方法，如接地、增湿、中和等方法。

3）易化学腐蚀环境通常指酸、碱、盐、腐蚀性气体等化工产品生产车间及厂区，热处理、电解及电镀车间，充电室以及空气中含有大量污物而对电器元件和金属有严重腐蚀的区域及环境。

这类场所安全用电总体要求是不得因化学腐蚀损坏电气设备及线路和与其有关的金属部件，以至发生各类电气事故。因此，化学腐蚀环境必须采用防腐型或防污型电气设备及元件，裸露的金属管路必须有良好的防腐措施，如镀锌以使接线盒密封，或者采用隔离的方法。

4）潮湿环境通常指铸造车间、罐洗车间、水洗车间、水泵站、制冷站、人防工程等湿度较大或用水及水蒸气较多的工业车间或其他场所。

这类环境安全用电总体要求是不得因潮湿而锈蚀、损坏或降低电气设备及线路的绝缘电阻、电器的金属构件及穿线管道等。因此，潮湿场所必须采用密闭或防水防潮型的电气设备，并有相应的预防措施以保证电气系统的安全。

5）高温环境一般指冶金、化工、机加工等行业的高温场所。这类环境安全用电总体要求是不得因高温而损坏电气设备及线路的绝缘，烧坏设备以至发生火灾。因此，高温环境必须采用隔热措施，设备应选用防溅安全型的设备。

6）多尘环境一般指矿石粉碎、磨粉、磨煤、炭黑加工以及毛纺化纤等行业的毛绒加工等环境或车间。

这类环境安全用电总体是不得因粉尘引起爆炸或火灾，不得因粉尘而影响电气设备及管路的散热以至绝缘损坏，不得因粉尘影响作业人员的健康。因此，除了有的必须采用防爆防火的措施外，还应采取吸尘措施或除尘设备。电气设备应选用密封型，电气管路也应密封。

7）高频电磁场环境一般指高频加热车间、高频试验室及其他有高频电磁设备的环境。

这类环境总体安全要求是不得因高频电磁场对现场作业人员引起伤害，不得干扰通信和测量电子设备的正常工作，不得因电磁感应产生电火花而引起火灾或爆炸等。因此，必须采用屏蔽、接地等措施。

8）建筑、矿山、水利等工程的施工现场，这类环境情况复杂，工期有长有短，工程有大有小，用电安全难以保证。安全用电总体要求是临时用电不得影响电网运行，必须保证作业人员的安全。工期短且工程较小的项目可采用临时供电；工期长且工程较大的项目可先临时供电，但必须在较短的时间内实行正式供电，以保证电网的安全运行。有关临时用电，国家

有正式的标准规范，应按此执行，标准号为 GB 50194—2002、JGJ46—2005。

9）矿井类场所，这类场所情况更为复杂、条件更为恶劣，且易燃易爆，潮湿易腐，用电安全难以保证。安全用电总体要求是不得因电气火花电弧而引起火灾爆炸，不得因潮湿而使绝缘降低，以至发生触电事故。因此，井下电气有特殊的要求：电器必须选用防爆型、系统采用保护接地、必须装设漏电保护等及其他防护措施。

10）金属容器、隧道等环境，这类环境用电总体要求是不得使作业人员触电，故一般采用安全电压，并有完善的防护措施。

11）非生产用电环境通常指办公、普通仓库、实验室、文化娱乐、商业服务、食堂、托儿所、幼儿园、宾馆饭店、医院、学校等场所。这类环境用电总体要求是不得使工作人员、儿童、顾客触电，不得因电气故障而引起火灾，不得因电气故障而发生事故。

12）弱电环境，通常指火灾自动报警及消防系统、通信广播系统、保安防盗系统、有线电视系统、计算机管理控制系统及其机房等。这类场所用电总体要求是不使工作人员触电，不得因电气故障而发生火灾或其他事故，不得因弱电故障而影响系统的正常运行。因此，弱电系统必须采用特殊的接地和保安方式。通常装设备用电源 UPS 和相应的隔离器，并有完善的安全防护措施。此外，在维护检修方面应配备技术全面的电气工作人员。

因此，对于各类特殊环境、非生产用电环境应按其特征和具体功能采用相应的、可行的、安全的技术装备和预防措施。同时，还应做好运行维护工作，确保系统正常安全运行。

爆炸及火灾危险环境的电气工程的安装应符合现行国家标准 GB50257—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》的要求以及其他相关标准的要求，标准号有：GB50168—2006、GB50169—2006、GB50170—2006、GB50171—2012、GB50254—1996、GB50058—1992、GB50303—2002、GB50150—2006、GB50147—2010、GB50148—2010、GB50149—2010 等。

第一节　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）严格遵守第五、六、七、十、十二章相关电气装置安装调试的规定及工艺方法，不得擅自更改。

4）必须按 GB50257—1996 的规定施工，不得简化省略。

第二节　基本概念

一、特殊环境名词及术语解释

（1）引燃温度　按照标准试验方法，引燃爆炸性混合物的最低温度。

（2）闪点　标准条件下能使液体释放出足够的蒸气而形成能发生闪燃的爆炸性气体混合物的液体最低温度。

（3）正压室　在爆炸和火灾危险环境中，对爆炸性气体环境或爆炸性粉尘环境保持相对正压的房间称正压室，正压室可防止爆炸或火灾危险物质的侵入。

（4）本质安全系统　指电气设备内、外配线，经国家级检验机构确认，在正常情况下或事故状态下产生的电气火花和温度，均不能引起爆炸性混合物爆炸的系统。

（5）自燃点　指可燃物质的温度达到某一定值时，不需外界明火即发生燃烧的现象叫自燃。引起物质自燃的最低温度叫做该物质的自燃点。

（6）传爆能力　指爆炸性气体或爆炸性粉尘及混合物传播爆炸的能力，通常用最小传爆间隙 δ 来衡量。

（7）密封胶泥　一种用于电气管路密封的材料，一般用聚异丁烯、活性炭、碳酸钙、石棉、硬脂酸等原料混合轧炼而成胶泥状固体。常用于有爆炸危险环境的仪表、电气设备、电气线路及其管路作填充、堵断、隔离密封之用。

（8）释放源　指可能释放出形成爆炸性混合物质所在的位置或地点。

（9）最小引燃能量　指能引起爆炸性混合物发生爆炸的最小电火花所具有的能量。

（10）最小引燃电流　指能引起爆炸性混合物爆炸的最小电火花所具备的电流。

（11）燃点　物质在空气中达到一定温度时，一旦接触明火立即发生燃烧，当明火撤走后仍能保持燃

烧状态，这种现象称着火。能使物质着火的最低温度叫做该物质的燃点或着火点。

（12）爆炸极限　易燃气体、蒸气或薄雾在空气中形成爆炸性气体混合物的浓度，这个浓度范围称该混合物的爆炸极限。最低浓度为爆炸下限，最高浓度为爆炸上限。

（13）环境或场所　指开敞的、局部开敞的或非开敞的建筑物内部和外部区域，露天堆放场、露天装置的区域，如车间、露天仓库、罐区等。

（14）爆炸危险场所　指能形成爆炸性混合物或爆炸性混合物侵入后有爆炸危险的场所。

（15）火灾危险场所　指有可燃物质及有可能发生火灾的场所。

（16）易燃液体　指闪点低于或等于45℃的液体。

（17）可燃液体　指闪点高于45℃的液体。

（18）爆炸性混合物　指爆炸危险物质与空气形成的在爆炸极限浓度范围内的混合物。

（19）环境温度　指所划区域内历年最热月平均最高温度。

（20）易燃物质　指易燃气体、蒸气、液体或薄雾。

（21）易燃气体　以一定比例与空气混合后而形成的爆炸性气体混合物。

（22）易燃薄雾　弥散在空气中的易燃液体的微滴。

（23）爆炸性气体混合物　大气条件下，蒸气、气体、薄雾状的易燃物质与空气的混合物，点燃后燃烧将在全范围内传播的混合物。

（24）爆炸性气体环境　含有爆炸性气体混合物的环境。

（25）自然通风环境　由于天然风力或温差的作用能使新鲜空气置换原有混合物的区域。

（26）机械通风环境　用风扇、排风机等机械装置使新鲜空气置换原有混合物的区域。

（27）爆炸性粉尘混合物　大气条件下粉尘或纤维状易燃物质与空气混合后的混合物，点燃后燃烧将在全范围内传播的混合物。

（28）爆炸性粉尘环境　含有爆炸性粉尘混合物的环境。

二、爆炸和火灾环境危险区域的分区

1. 爆炸性气体环境应根据爆炸性气体混合物出现的频繁程度和持续时间分为3个区：

1）0区：连续出现或长期出现爆炸性气体混合物的环境；

2）1区：在正常运行时可能出现爆炸性气体混合物的环境；

3）2区：在正常运行时不可能出现爆炸性气体混合物的环境，或即使出现也仅是短时存在的爆炸性气体混合物的环境。

其中，正常运行是指正常的开车、运转、停车，易燃物质产品的装卸，密闭容器盖的开闭，安全阀、排放阀以及所有工厂设备都在其设计参数范围内工作的状态。

2. 爆炸性粉尘环境应根据爆炸性粉尘混合物出现的频繁程度和持续时间分为2个区：

1）10区：连续出现或长期出现爆炸性粉尘的环境；

2）11区：有时会将积留下的粉尘扬起而偶然出现爆炸性粉尘混合物的环境。

3. 火灾危险环境应根据火灾事故发生的可能性和后果，以及危险程度及物质状态的不同分为3个区：

1）21区：具有闪点高于环境温度的可燃液体，在数量和配置上能引起火灾危险的环境。

2）22区：具有悬浮状、堆积状的可燃粉尘或可燃纤维，虽不可能形成爆炸混合物，但在数量和配置上能引起火灾危险的环境。

3）23区：具有固体状可燃物质，在数量和配置上能引起火灾危险的环境。

这里要说明一点，上述爆炸和火灾危险区域的分区是我国现行的并按国际IEC标准进行的，便于与国际标准接轨，与我国原有旧标准的分级有着明显的不同，从定义上讲，它们的对应关系如下：

0区→Q-1级　　11区→G-2级

1区→Q-2级　　21区→H-1级

2区→Q-3级　　22区→H-2级

10区→G-1级　　23区→H-3级

三、爆炸危险环境危险区域范围的划分

1. 符合下列条件之一的，可划为非爆炸危险区域：

1）没有释放源并不可能有易燃物质侵入的区域；

2）易燃物质可能出现的最高浓度不超过爆炸下限值的10%；

3）在生产过程中使用明火的设备附近，或炽热部件的表面温度超过区域内易燃物质引燃温度的设备附近；

4）在生产装置区外，露天或开敞设置的输送易燃物质的架空管道地带，但其阀门处按具体情况

定。

2. 释放源应按易燃物质释放频度和持续时间分级，并应符合下列规定：

（1）连续级释放源　预计长期释放或短时频繁释放的释放源。类似下列情况的，可划为连续级释放源：

1）没有用惰性气体覆盖的固定顶盖贮罐中的易燃液体的表面；

2）油、水分离器等直接与空气接触的易燃液体的表面；

3）经常或长期向空间释放易燃气体或易燃液体的蒸气的自由排气孔和其他孔口。

（2）第一级释放源　预计正常运行时周期或偶尔释放的释向源。类似下列情况的，可划为第一级释放源：

1）在正常运行时会释放易燃物质的泵、压缩机、阀门等的密封处；

2）在正常运行时会向空间释放易燃物质，安装在贮有易燃液体的容器上的排水系统；

3）正常运行时会向空间释放易燃物质的取样点。

（3）第二级释放源　预计在正常运行情况下不会释放，即使释放也仅仅是偶尔短时释放的释放源。类似下列情况的，可划为第二级释放源：

1）正常运行时不能出现释放易燃物质的泵、压缩机、阀门等的密封处；

2）正常运行时不能释放易燃物质的法兰、连接件和管道接头；

3）正常运行时不能向空间释放易燃物质的安全阀、排气孔和其他孔口处；

4）正常运行时不能向空间释放易燃物质的取样点。

（4）多级释放源　由上述两种或三种级别释放源组成的释放源。

3. 爆炸危险区域的通风条件，一般按其空气流量能使易燃物质很快稀释到爆炸下限值的25%时，可视为通风良好。采用机械通风在下列情况之一时，可不计机械通风故障的影响：

1）对封闭式的或半封闭式的建筑物已设有备用的独立通风系统；

2）在通风设备发生故障时，已设置自动报警或停止工艺流程等确保阻止易燃物质释放的预防措施，或使电气设备断电的预防措施。

4. 爆炸危险区域的划分应按释放源级别和通风条件确定。

（1）先按下列释放源的级别划分区域

1）存在连续级释放源的区域可划为0区；

2）存在着一级释放源的区域可划为1区；

3）存在第二级释放源的区域可划为2区。

（2）再按通风条件进行区域划分的调整

1）当通风良好时，应降低爆炸危险区域等级；当通风不良时，应提高其区域等级。

2）局部机械通风在降低爆炸性气体混合物浓度方面比自然通风和一般机械通风更为有效时，可采用局部机械通风降低爆炸危险区域等级。

3）在障碍物、凹坑和死角处，应局部提高爆炸危险区域等级。

4）利用堤或墙等障碍物，限制比空气重的爆炸性气体混合物的扩散、可缩小爆炸危险区域的范围。

四、爆炸性气体环境危险区域的范围

1. 爆炸性气体环境危险区域的范围应按下列要求确定：

1）爆炸危险区域的范围应根据释放源的级别和位置、易燃物质的性质、通风条件、障碍物及生产条件、运行经验，经技术、经济比较分析综合确定。

2）建筑物内部，宜以厂房为单位划定爆炸危险区域的范围。但也应根据生产的具体情况，当厂房内空间大，释放源释放的易燃物质量少时，可按厂房内部分空间划定爆炸危险的区域范围，并应符合下列规定：

①　当厂房内具有比空气重的易燃物质时，厂房内通风换气次数不应少于2次/h，且换气不受阻碍；厂房地面上高度1m以内容积的空气与释放至厂房内的易燃物质所形成的爆炸性气体混合浓度应小于爆炸下限。

②　当厂房内具有比空气轻的易燃物质时，厂房平屋顶平面以下1m高度内，或圆顶、斜顶的最高点以下2m高度内的容积的空气与释放至厂房内的易燃物质所形成的爆炸性气体混合物的浓度应小于爆炸下限。

这里要说明一点，释放至厂房内的易燃物质的最大量应按1h释放量的3倍计算，但不包括由于灾难性事故引起破裂时的释放量；相对密度小于或等于0.75的爆炸性气体视为轻于空气的气体，相对密度大于0.75的爆炸性气体视为重于空气的气体。

③　当易燃物质可能大量释放并扩散到15m以外时，爆炸危险区域的范围应划为附加2区。

④　在物料操作温度高于可燃液体闪点的情况下，可燃液体可能泄漏时，其爆炸危险区域的范围可

适当缩小。

2. 对于易燃物重于空气、通风良好且为第二级释放源的主要生产装置区，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定，见图 13-1 和图 13-2。

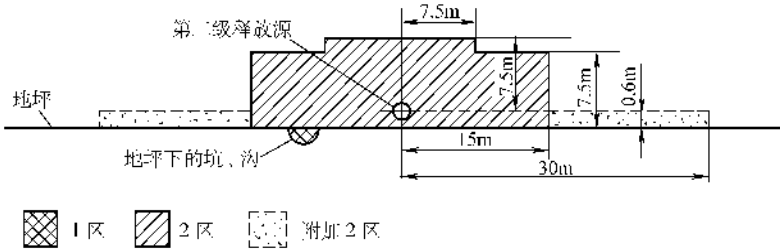


图 13-1　释放源接近于地坪时易燃物质重于空气、通风良好的生产装置区

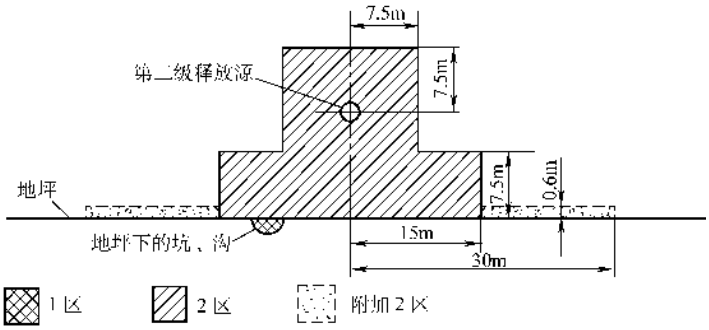


图 13-2　释放源在地坪以上时易燃物重于空气、通风良好的生产装置区

1）在爆炸危险区域内，地坪下的坑、沟划为 1 区；

2）以释放源为中心，半径为 15m，地坪上的高度为 7.5m 及半径为 7.5m，顶部与释放源的距离为 7.5m 的范围内划为 2 区；

3）以释放源为中心，总半径为 30m，地坪上的高度为 0.6m，且在 2 区以外的范围内划为附加 2 区。

3. 易燃物质重于空气，释放源在封闭建筑物内，通风不良且为第二级释放源的主要生产装置区，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定，见图 13-3。

1）封闭建筑物内和爆炸危险区域内地坪下的坑、沟划为 1 区；

2）以释放源为中心，半径为 15m，高度为 7.5m 的范围内划为 2 区。但封闭建筑物的外墙和顶部距 2 区的界限不得小于 3m，如为无孔洞实体墙，则墙外为非危险区；

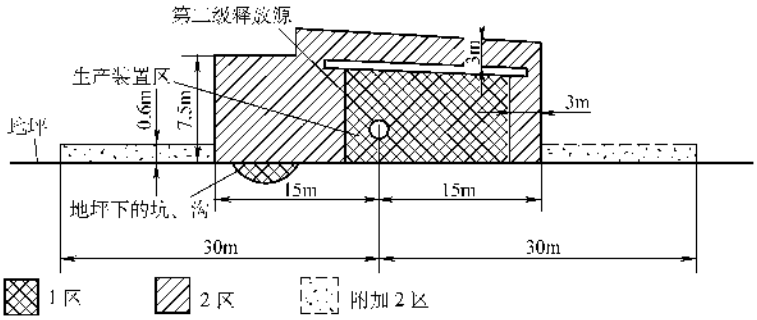


图 13-3　易燃物质重于空气、释放源在封闭建筑物内通风不良的生产装置区

3）以释放源为中心，总半径为30m，地坪上的高度为0.6m，且在2区以外的范围内划为附加2区。

4. 对于易燃物质重于空气的贮罐，其爆炸危险区域的划分，应符合下列规定，见图13-4和图13-5。

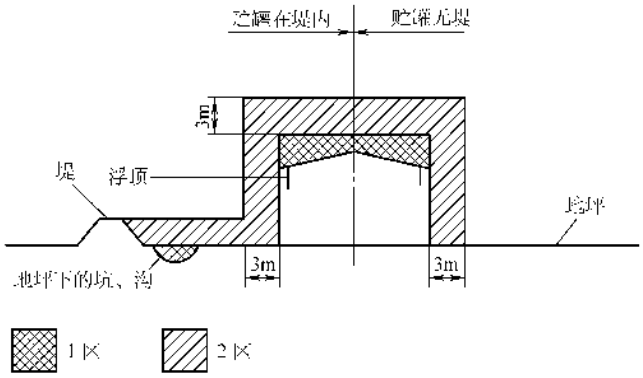


图13-4 易燃物质重于空气、设在户外地坪上的固定式贮罐

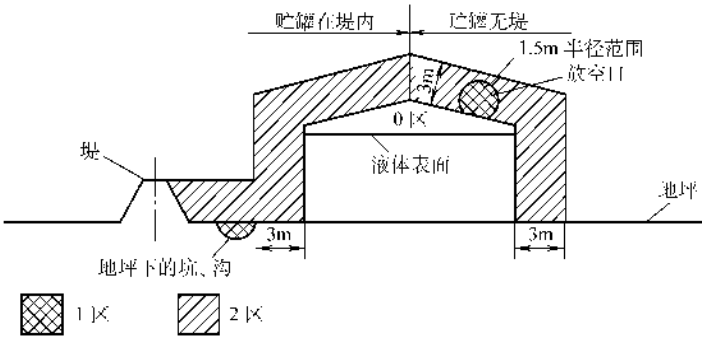


图13-5 易燃物质重于空气、设在户外地坪上的浮顶式贮罐

1）固定式贮罐，在墙体内部未充惰性气体的液体表面以上的空间划为0区，浮顶式贮罐在浮顶移动范围内的空间划为1区；

2）以放空口为中心，半径为1.5m的空间和爆炸危险区域内地坪下的坑、沟划为1区；

3）距离贮罐的外壁和顶部3m的范围内划为2区；

4）在贮罐周围设围堤时，贮罐外壁至围堤，其高度为堤顶高度的范围内划为2区。

5. 易燃液体、液化气、压缩气体、低温液体装载槽车及槽车注送口处，爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定，见图13-6。

1）以槽车密闭式注送口为中心，半径为1.5m的空间或以非密闭式注送口为中心，半径为3.0m的空间和爆炸危险区域内地坪下的坑、沟划为1区；

2）以槽车密闭式注送口为中心，半径为4.5m的空间或以非密闭式注送口为中心、半径为7.5m的空间以及至地坪以上的范围内划为2区。

6. 对于易燃物质轻于空气，通风良好且为第二级释放源的主要生产装置区，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定，见图13-7。

当释放源距地坪的高度不超过4.5m时，以释放源为中心，半径为4.5m，顶部与释放源的距离为7.5m，及释放源至地坪以上的范围内划为2区。

7. 对于易燃物质轻于空气，下部无侧墙，通风良好且为第二释放源的压缩机厂房，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定，见图13-8。

1）当释放源距地坪的高度不超过4.5m时，以释放源为中心，半径为4.5m，地坪以上至封闭区底部的空间和封闭区内部的范围划分为2区；

2）屋顶上方百叶窗边外，半径为4.5m，百叶窗顶部以上高度为7.5m的范围内划为2区。

8. 对于易燃物质轻于空气，通为不良且为第二级释放源的压缩机房，其爆炸危险区域的范围划分应符合下列规定，见图13-9。

1）封闭区内部划分为1区；

2）以释放源为中心，半径为4.5m，地坪以上至封闭区底部的空间和距离封闭区外壁3m，顶部的垂

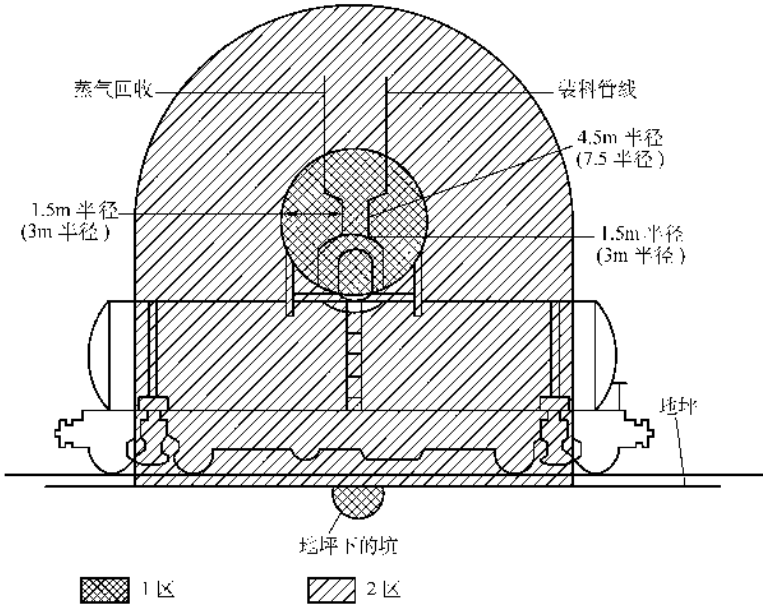


图 13-6　易燃液体、液化气、压缩气体等密闭注送系统的槽车

注：易燃液体为非密闭注送时采用括号内数值。

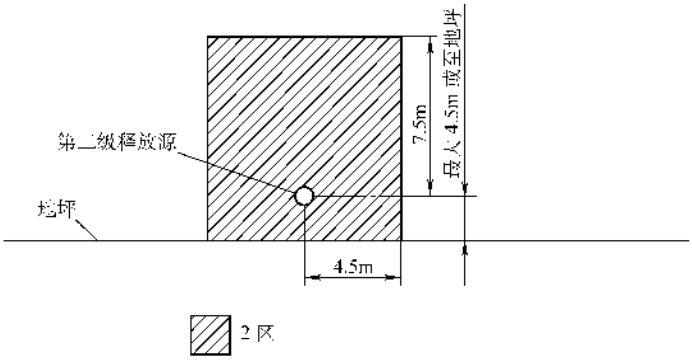


图 13-7　易燃物质轻于空气、通风良好的生产装置区

注：释放源距地坪的高度超过 4.5m 时，应根据实践经验确定。

直高度为 4.5m 的范围内划分为 2 区。

9. 对于开顶贮罐或池的单元分离器、顶分离器和分离器液体表面为连续级释放源的，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定，见图 13-10。

1）单元分离器和顶分离器的池壁外，半径为 7.5m，地坪上高度为 7.5m 及至液体表面以上的范围内划分为 1 区；

2）分离器的池壁外，半径为 3m，地坪高度为 3m，及至液体表面以上的范围内划分为 1 区；

3）1 区外水平距离半径为 3m、垂直上方 3m，水平距离半径为 7.5m、地坪上高度为 3m 以及 1 区外水平距离半径为 22.5m、地坪上高度为 0.6m 的范围以内划分为 2 区。

10. 对于开顶贮罐或池的溶解气游离装置（溶气浮送装置）液体表面处为连续级释放源的，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定，见图 13-11。

1）液体表面至地坪的范围划为 1 区；

2）1 区外及池壁外水平距离半径为 3m，地坪上高度为 3m 的范围内划为 2 区。

11. 对于开顶贮罐或池的生物氧化装置，液体表面处为连续级释放源，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定，见图 13-12。

开顶贮罐或池壁外水平距离半径为 3m，液体表面上方至地坪上高度为 3m 的范围内划为 2 区。

12. 对于处理生产装置用冷却水的机械通风冷却塔，当划分为爆炸危险区域时，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定，见图 13-13。

1）以回水管顶部烃放空管管口为中心，半径为

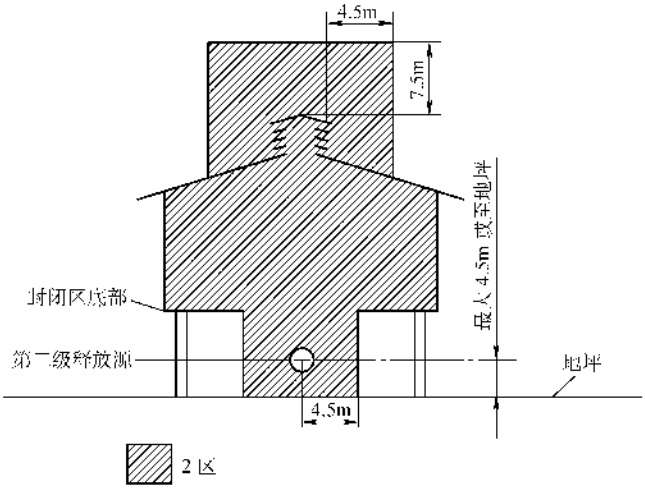


图 13-8 易燃物质轻于空气、通风良好的压缩机房

注：释放源距地坪的高度超过 4.5m 时，应根据实践经验确定。

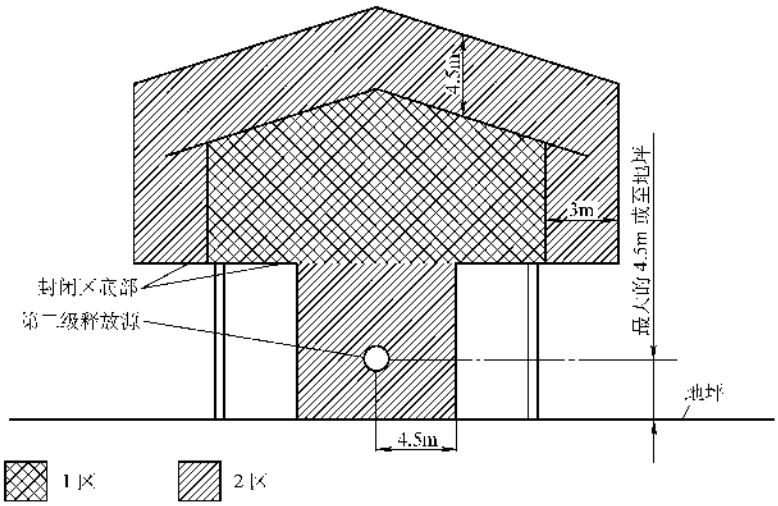


图 13-9 易燃物质轻于空气、通风不良的压缩机房

注：释放源距地坪的高度超过 4.5m 时，应根据实践经验确定。

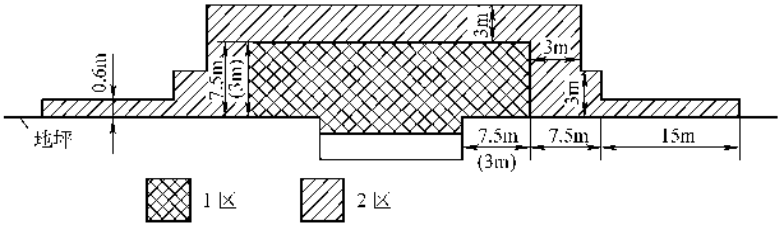


图 13-10 单元分离器、预分离器和分离器

1.5m，地坪下的泵、坑以及冷却塔及其上方高度为 3m 的范围内划为 2 区；

2）当冷却塔的风扇反转时，冷却塔侧壁外水平距离半径为 3m，高度为冷却塔高度的范围内划为附加 2 区。

13. 无释放源的生产装置区与通风不良的、且有第二级释放源的爆炸性气体环境相邻，并用非燃烧体的实体墙隔开，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定，见图 13-14。

1）通风不良的、有第二级释放源的房间范围内

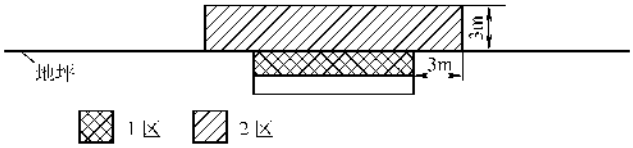


图 13-11　溶解气游离装置（溶气浮选装置）（DAF）

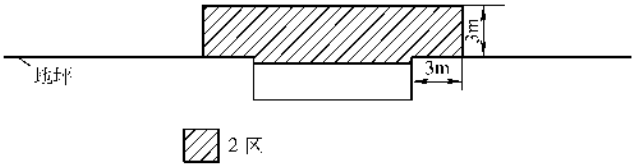


图 13-12　生物氧化装置（BIOX）

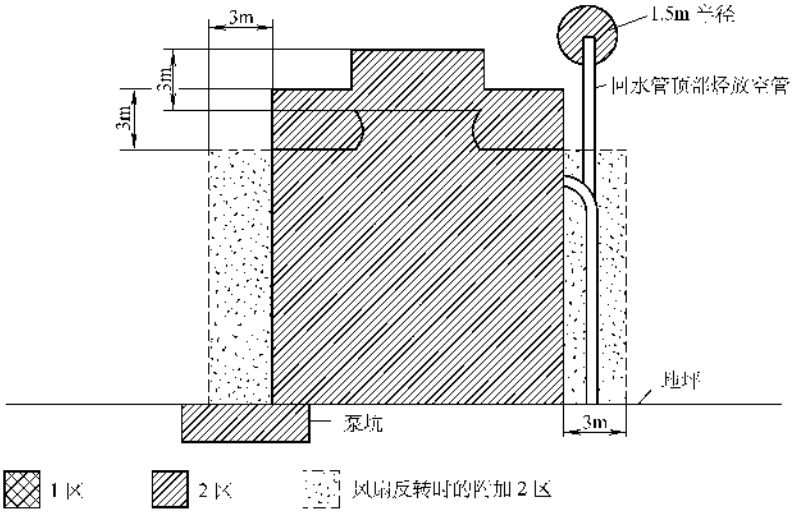


图 13-13　处理生产用冷却水的机械通风冷却塔

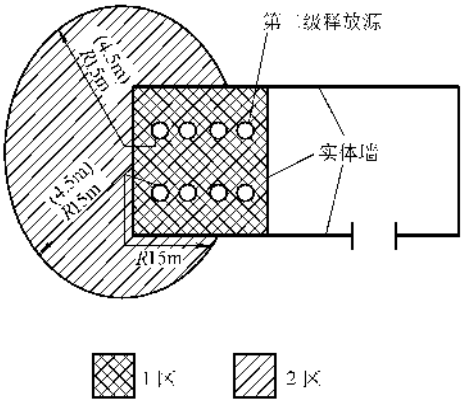


图 13-14　与通风不良的房间相邻

划为 1 区；

2）当易燃物质重于空气时，以释放源为中心，半径为 15m 的范围内划为 2 区；

3）当易燃物质轻于空气时，以释放源为中心，半径为 4.5m 的范围内划为 2 区。

14. 无释放源的生产装置区与有顶无墙建筑物且有第二级释放源的爆炸性气体环境相邻，并用非燃烧体的实体墙隔开，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定，见图 13-15 和图 13-16。

1）当易燃物质重于空气时，以释放源为中心，半径为 15m 的范围内划为 2 区；

2）当易燃物质轻于空气时，以释放源为中心，半径为 4.5m 的范围内划为 2 区；

3）与爆炸危险区域相邻，用非燃烧体的实体墙隔开的无释放源的生产装置区，门窗位于爆炸危险区域内时划为 2 区，门窗位于爆炸危险区域外时可划为非危险区。

15. 无释放源的生产装置区与通风不良的且有第一级释放源的爆炸性气体环境相邻，并用非燃烧体的实体墙隔开，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定，见图 13-17。

1）第一级释放源上方排风罩内的范围划为 1 区；

2）当易燃物质重于空气时，1 区外半径为 15m

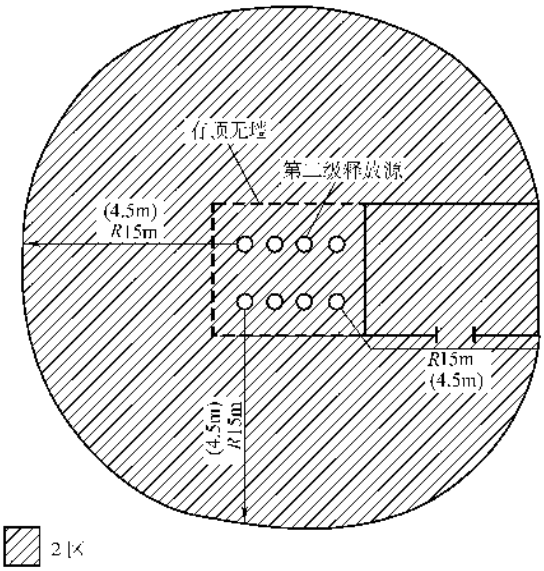


图 13-15 与有顶无墙建筑物相邻且门窗位于爆炸危险区域内

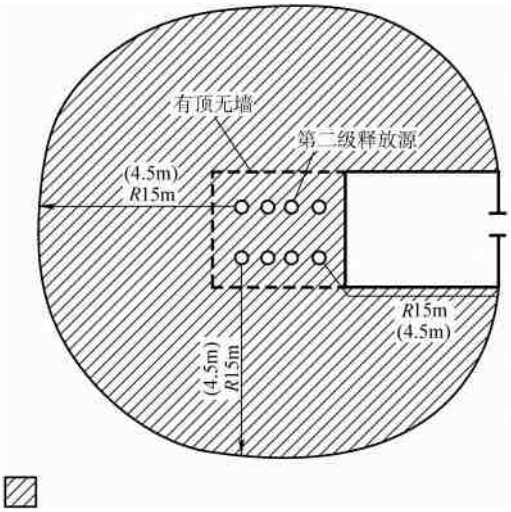


图 13-16 与有顶无墙建筑物相邻且门窗位于爆炸危险区域外

的范围内划为 2 区；

3）当易燃物质轻于空气时，1 区外半径为 4.5m 的范围内划为 2 区。

16. 对工艺设备容积不大于 $95m^3$、压力不大于 3.5MPa、流量不大于 38L/s 的生产装置，且为第二级释放源，按照生产的实践经验，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定，见图 13-18。

1）爆炸危险区域内，地坪下的坑、沟划为 1 区；

2）以释放源为中心，半径为 4.5m，至地坪以上范围内划为 2 区。

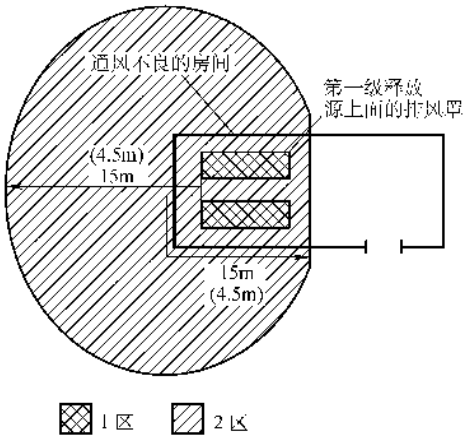


图 13-17 释放源上面有排风罩时的爆炸危险区域范围

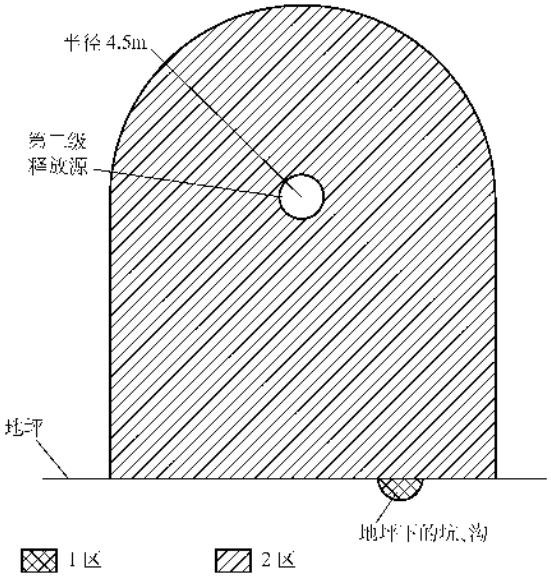


图 13-18 易燃液体、液化易燃气体、压缩易燃气体及低温液体释放源位于户外地坪上方

17. 爆炸性气体环境内的车间采用正压或连续通风稀释措施后，车间可降为非爆炸危险环境。通风引入的气源应安全可靠，且必须是没有易燃物质、腐蚀介质及机械杂质。对重于空气的易燃物质，进气口应设在高出所划爆炸危险区范围的 1.5m 以上处。

五、爆炸性粉尘环境危险区域的划分

1. 爆炸性粉尘环境中粉尘一般为下列四种：

1）爆炸性粉尘：这种粉尘即使在空气中氧气很少的环境中也能着火，呈悬浮状态时能产生剧烈的爆炸，如镁、铝、铝青铜等粉尘。

2）可燃性导电粉尘：与空气中的氧起放热反应而燃烧的导电性粉尘，如石墨、炭黑、焦炭、煤、

铁、锌、钛等粉尘。

3）可燃性非导电粉尘：与空气中的氧起放热反应而燃烧的非导电性粉尘，如聚乙烯、苯酚树脂、小麦、玉米、砂糖、染料、可可、米糠、硫磺等粉尘。

4）可燃纤维：与空气中的氧气起放热反应而燃烧的纤维，如棉花纤维、麻纤维、丝纤维、毛纤维、木质纤维、人造纤维等。

2. 爆炸性粉尘环境按爆炸性粉尘混合物出现的频度和持续时间分区：

1）10 区：连续出现或长期出现爆炸性粉尘环境。

2）11 区：有时会将积留下的粉尘扬起而偶然出现爆炸性粉尘混合物的环境。

这里需要说明一点，区域划分时，还应考虑爆炸性粉尘的量、爆炸极限和通风条件。

3. 符合下列条件之一时，可划为非爆炸危险区域：

1）装有良好除尘效果的除尘装置，当该除尘装置停车时，工艺机组能联锁停车。

2）设有为爆炸粉尘环境服务，并用墙隔绝的送风机室，其通向爆炸性粉尘环境的风道设有能防止爆炸性粉尘混合物侵入的安全装置，如单向流通风道及能阻火的安全装置。

3）区域内使用爆炸性粉尘的量不大，且在排风柜内或风罩下进行操作。

4. 为爆炸性粉尘环境服务的排风机室，应与被排风区域的爆炸危险区域等级相同。

5. 爆炸性粉尘环境危险区域的范围

1）爆炸性粉尘环境的范围，应根据爆炸性粉尘的量、释放率、浓度和物理特性及同类企业相似环境的实践经验来确定。

2）爆炸性粉尘环境在建筑物内部，宜以厂房为单位确定范围。

爆炸性粉尘环境出现的粉尘按引燃温度分组，见表 13-1。

表 13-1　引燃温度分组

温度组别	引燃温度 t/℃
T11	$t>270$
T12	$220<t\leqslant270$
T13	$150<t\leqslant200$

六、火灾危险环境危险区域的划分

1. 能引起火灾危险的可燃物质一般有四种：

1）可燃液体：如柴油、润滑油、变压器油等。

2）可燃粉尘：如铝粉、焦炭粉、煤粉、面粉、合成树脂粉等。

3）固体可燃物：如煤、焦炭、木材等。

4）可燃纤维：如棉花、麻、丝、毛、木纤维、合成纤维等。

2. 火灾危险区域的划分

火灾危险区域应根据火灾事故发生的可能和后果，以及危险程度及物质状态的不同而分区：

1）21 区：具有闪点高于环境危险的可燃液体，在数量和配置上能引起火灾危险的环境。

2）22 区：具有悬浮状、堆积状的可燃粉尘或可燃纤维，虽然不可能形成爆炸混合物，但在数量和配置上能引起火灾危险的环境。

3）23 区：具有固态状可燃物质，在数量和配置上能引起火灾危险的环境。

第三节　爆炸危险环境电气装置及安装要求

爆炸危险环境的电气装置及电气线路，一般由防爆电器、一般电器、电缆及钢管配线构成，这些电气装置及电气线路除了应按前述章节的有关要求安装调试外，必须按本章讲述的特殊要求进行。如有矛盾应按本章要求进行。

一、国标要求（GB 3836.15—2000）

（一）总体要求

1）危险场所的电气安装也应符合非危险场所安装的相应要求。

2）为便于选择合适的电气设备和进行适宜的电气安装设计，危险场所按国标GB 3836.14—2000 分为 0 区、1 区和 2 区。

3）电气设备应尽可能地安装在非危险场所，如不可能时，则应安装在危险最小的场所。

4）危险场所电气设备和电路的选择应符合（二）~（六）的要求和（七）~（十一）特殊保护的补充要求。

5）电气设备应按规定的技术文件进行安装。注意确保其更换项目，如更换灯泡，要保证其型式和额定值正确。设备安装完成，设备及安装的初始检查应按 IEC 60079—17 进行。

如果使用荧光灯管，那么在灯管穿过该场所运输或灯管替换之前，使用场所不应存在ⅡC 类气体/蒸气，除非采取合适的预防措施防止灯管破碎。低压钠灯不应使用于具有引燃危险的任何危险场所，这种引燃危险是由破碎灯中的钠引起的。

6）使用于特殊环境中的设备和系统，如研究、开发、小规模实验性装置和其他新项目工作，如果设

备仅在限制期间内使用，由经过专门培训的人监督，那么不需要符合（二）~（六）的要求，但应符合下列相应的一项或多项条件：

① 采取措施确保不形成爆炸性危险环境；

② 确保设备在出现爆炸性危险环境时断电，此时应防止热元件引起点燃；

③ 采取措施，确保人和环境不受由于试验工作燃烧或爆炸带来的危害；

④ 应由具备下述条件的人员书面写出所采取的措施：

熟悉这些措施的要求和其他相关标准以及危险场所电气设备和系统的使用规范；

掌握进行评估所需的资料；

具备相应安装调试的技术技能和实践经验。

7）电气设备进行正确的安装或对现有安装扩建，要求注意下列几点：

① 场所分类文件（见 GB 3836.14—2000）；

② 设备安装和连接说明书；

③ 特殊情况下如合格证号后缀有“X”的电气设备文件；

④ 本质安全系统用说明性系统文件，见（九）；

⑤ 制造厂的或有资格的人员声明。

（二）电气设备的选型（包括电缆和导管）

1. 选择适用于爆炸性危险场所的电气设备，要求了解下列内容

1）危险场所的类别；

2）温度组别或根据下述 3. 气体或蒸气的引燃温度；

3）在必要的地方，与按照下述 4. 电气设备分类和小类相关的气体或蒸气分级；

GB 3836.1—2000 中的防爆类型，仅仅对于防爆类型“d”（隔爆外壳）和“i”（本质安全型）需要将设备分为小类。对于防爆类型“n”，某些设备也需要分为小类，见 4.。

4）外部影响和环境温度。

2. 根据区域类别选型

（1）0 区用设备

电气设备和电路符合 GB 3836.4—2010（“ia”类——本质安全型）和（九）中 3 的要求，该电气设备和电路可用于 0 区。

（2）1 区用设备

电气设备符合用于 0 区要求或下列防爆型式的一种或多种要求见（4），该电气设备可用于 1 区。

1）隔爆外壳“d”符合 GB 3836.2—2010；

2）正压型“p”符合 IEC 60079—2；

3）充砂型“q”符合 IEC 60079—5；

4）油浸型“o”符合 IEC 60079—6；

5）增安型“e”符合 GB 3836.3—2010；

6）本质安全型“i”符合 GB 3836.4—2010；

7）浇封型“m”符合 IEC 60079—18。

但还应注意以下两点：

1）IEC 60079—14 规定，“e”型电气设备可用于 1 区。

2）根据我国的实际情况，允许在 1 区中使用的“e”型设备仅限于：

a. 在正常运行中不产生火花、电弧或危险温度的接线盒和接线箱，包括主体为“d”或“m”型、接线部分为“e”型的电气产品；

b. 配置有合适热保护装置（GB 3836.4—2010 附录 D）的“e”型低压异步电动机（起动频繁和环境条件恶劣者除外）；

c. 单插头“e”型荧光灯。

（3）2 区用设备

下列电气设备可以安装在 2 区：

1）0 区或 1 区用电气设备；

2）符合 IEC 60079—15 的“n”型电气设备；

3）符合下述（4）的设备。

对于符合上述 2）或 3）项的旋转电机来说，除非采取措施保证不存在爆炸性环境，那么在电机起动期间，不应发生易点燃火花。

（4）选择不符合 GB 3836 标准的设备

对于标有“s”的特殊型设备，应按照设备上标明适用的区域类型选用，并注意设备安装和使用的特殊条件。

3. 根据气体或蒸气的引燃温度选型

电气设备应按其最高表面温度不超过可能出现的任何气体或蒸气的引燃温度选型。

电气设备上温度组别标志意义见表 13-2。

表 13-2 温度组别、表面温度和引燃温度之间的关系

电气设备的温度组别	电气设备的最高表面温度/℃	气体或蒸气的引燃温度/℃
T1	450	>450
T2	300	>300
T3	200	>200
T4	135	>135
T5	100	>100
T6	85	>85

如果电气设备未标示环境温度范围，设备应在－20～＋40℃温度范围内使用。如果电气设备标志了该温度范围，设备只能在这个范围内使用。

4. 根据设备类别选型

1）防爆型式为“e”，“m”，“o”，“p”和“q”的电气设备应为Ⅱ类设备。

2）防爆型式为“d”和“i”的电气设备应是ⅡA、ⅡB、ⅡC类设备，并按表13-3进行选型。

3）防爆型式“n”的电气设备应为Ⅱ类设备，如果它包括密封断路装置、非故障元件或限能设备或电路，那么该设备应是ⅡA、ⅡB或ⅡC类，并且按表13-3进行选型。

表13-3　气体/蒸气分类与设备类别间的关系

气体/蒸气分类	设备类别
ⅡA	ⅡA、ⅡB或ⅡC
ⅡB	ⅡB或ⅡC
ⅡC	ⅡC

5. 考虑外部影响

1）电气设备的选型和安装，应防止外部影响（例如化学作用，机械作用和热、电气、潮湿）对防爆性能产生不利的影响。

2）应具有防止异物垂直落入立式安装电机通风口内的措施。

（三）防止危险火花

1. 带电部件产生的危险

为了避免形成易于点燃爆炸性混合物的危险火花，除本质安全部件外，应防止与裸露带电部件的任何接触。

2. 裸露的外部导体部件的危险

与安全有关的基本原则是限制结构支架或外壳中的接地故障电流（幅值和/或持续时间）和防止等电位接地导体电位升高。

但对于电压高于交流1000V或直流1500V可以遵照相应的国家标准。

除本安电路外，下列规则适用于1区和2区电压为交流1000V或直流1500V以下的电源系统：

（1）TN型系统

如果使用TN型电源系统，应为危险场所中的TN-S型（具有单独的中性线N和保护线PE），即在危险场所中，中性线与保护线不应连在一起或合并成一根导线，从TN-C型到TN-S型转换的任何部位，保护线应在非危险场所与等电位连接系统相连。

危险场所内中性线和PE保护线间的漏电监视应给予考虑。

（2）TT型系统

如果在1区使用TT型电源系统（电源接地与裸露导体部件接地分开），那么电源将使用（剩余）漏电电流动作保护装置进行保护。

接地电阻率高的地方，不允许使用该系统。

（3）IT型系统

如果使用IT型电源系统（中性线与地隔离或经阻抗接地），应提供一绝缘监视装置指示第1次接地故障。

局部等电位连接通常称为附加等电位连接是必要的。

（4）SELV和PELV系统

安全特低电压系统SELV应符合GB 16895.21—2011的有关要求，SELV电路的带电部件不应对地连接或与带电部件或与构成其他电路部分的保护导体连接。

保护特低电压系统PELV应符合GB 16895.21—2011的有关要求。其电路可以是接地的，也可以是非接地的。如果电路接地，接地电路和裸露的导体部件与共用的等电位系统相连接；如电路不接地，裸露导体部件可以是接地的（如电磁兼容）或不接地。

SELV和PELV用安全隔离变压器应符合GB 19212.9—2007和GB 19212.10—2007中的要求。

（5）电气隔离

对仅向设备的一个项目供电来说，电气隔离应符合GB 16895.21—2011的有关要求。

3. 等电位连接

1）危险场所安装要求等电位连接，对于TN、TT和IT系统，所有裸露的外部导体部件应与等电位系统相连接。该接地系统可以包括保护线、金属导管、电缆金属外皮、钢丝铠装和结构的金属部件，但不包括中性导线。连接应是安全的，以防自动松脱。

2）裸露导体用金属相连的方式固定在结构件或管道上，并且结构件或管道与等电位系统相连，则该导体不必再与等电位系统相连。不属于本结构或安装件的外部导体，例如门、窗，如果没有电位转移，则也不必与等电位系统相连。

3）本质安全设备的金属外壳不需要与等电位系统连接，但设备文件有要求的除外。具有阴极保护的安装不应与等电位系统连接，系统专门为此目的设计除外。

4）运输工具和固定设备之间等电位连接需采用特殊的方法，例如使用绝缘法兰连接管线的地方。

4. 静电

在电气安装的设计中，应考虑静电所造成的影

响。

5. 防雷电

在电气安装的设计中，应考虑雷电作用造成的影响。

6. 电磁辐射

在电气安装设计中，应考虑电磁辐射所造成的影响。

7. 阴极保护金属部件

1）安装在危险场所中的阴极保护金属部件，是一些外部的带电导电部件（尤其是用外加电流时），尽管它们是较低的负电位。0 区场所的金属部件不应采用阴极保护，除非为它们进行专门的设计。

2）阴极保护所要求的绝缘元件，例如导管和线路中的绝缘元件，如果可能，应安装在危险场所外。如果不可能，应符合有关规定要求。

（四）电气保护

1）本条要求不适用本质安全电路。

2）保护线路，防止因过载、短路和接地故障造成有害的影响。

3）保护所有电气设备防止短路和接地故障造成有害的影响。

4）旋转电机应该采取附加的过载保护，除非它能承受额定电压和频率下的持续起动电流，或者对于发电机来说，能承受短路电流没有不允许的发热。过载保护装置应是：

① 监控所有三相过电流时间延迟保护装置，设定值不超过电机额定电流，它将在 1.2 倍额定电流下 2h 以内动作，在 1.05 倍额定电流下 2h 以内不动作；

② 通过嵌入的温度传感器来直接控制温度的装置；

③ 其他等效装置。

5）变压器应有防止过载措施，除非它能承受一次额定电压和频率下的持续二次短路电流而无不允许的发热，或者对于连接负载预期不发生过载。

6）短路和接地故障保护装置应能防止在故障条件下自动重合闸。

7）采取预防措施防止三相电动机断相运行。

8）电气设备的自动断电可能引起比引燃危险造成的危险更大时，应使用报警装置代替自动断电装置。报警装置的报警应明显，以便及时采取补救措施。

（五）紧急断电和电气隔离

1. 紧急断电

1）为处理紧急情况，在危险场所外合适的地点或位置应有一种或多种措施对危险场所电气设备断电。

2）为防止附加危险，必须连续运行的电气设备不应包括在紧急断电电路中，而应安装在单独的电路上。

2. 电气隔离

1）为保证作业安全，应对每一电路或电路组采取适当方法进行隔离（例如隔离开关，熔断器和熔丝），包括所有电路导体，也包括中性线。

2）采取与隔离措施一致的标签对被控制电路和电路组标识。

裸露非保护导体对爆炸性环境产生危险仍持续时，应有有效措施或程序来阻止对电气设备恢复供电。

（六）布线系统

1. 基本要求

除了本质安全电路安装外，在铝被用作导体材料的地方，导体应采取适当的连接方法，且横截面积不能小于 $16mm^2$。

（1）防止出现危险

电缆及其附件在安装时，根据实际情况其位置应能防止受外来机械损伤、腐蚀或化学影响（例如溶剂的影响），以及高温作用。如果上述情况不能避免，安装时应采取保护措施，例如使用导管或对电缆进行选型（为了使其损害降低到最小，可使用铠装电缆，屏蔽线、无缝铝护套线，矿物绝缘金属护套或半刚性护套电缆等）。

在 -5℃安装时，PVC 电缆应采取措施防止电缆护套或绝缘材料受损害。

（2）无护套单芯线

无护套单芯电线，除非它们安装在配电盘、外壳或导管系统内，不应用作导电配线。

（3）连接

电气设备的电缆和导管连接应符合有关防爆型式的要求。

（4）未使用的通孔

电气设备的电缆或导管引入装置未使用的通孔应该用适合于相关防爆型式的堵塞元件进行堵封（除本质安全设备外）。堵塞元件仅用工具才能拆开。

（5）可燃性物质的传播和聚集

设置电缆的通道、导管、管道或电缆沟，应采取预防措施防止可燃性气体、蒸气或液体从这一区域传播到另一个区域，并且阻止电缆沟中可燃性气体、蒸气或液体的聚集。这些措施包括通道、导管或管道的密封。对于电缆沟，可使用充足的通风或充砂。

导管和在特殊情况下的电缆（如存在压力差）应密封，防止液体或气体在导管或电缆护套内通过。

（6）通过危险场所的电路

电路从非危险场所穿过危险场所到另一场所时，危险场所中的管线系统应适合于该区域。

（7）偶然接触

除加热带外，应避免电缆金属铠装/护套与有可燃性气体、蒸气或液体管道系统之间的偶然接触，利用电缆上非金属外护套进行隔离通常可避免这种偶然接触。

（8）壁上的开孔

危险和非危险场所之间墙壁上穿过电缆和导管的开孔应充分密封，例如用砂浆密封。

（9）中间接头

在危险场所中使用的电缆不能有中间接头。当不能避免时，除适合于机械的、电的和环境情况外，连接应该做到：

①　在适应于场所防爆型式的外壳内进行；

②　配置的连接不能承受机械应力，应按制造厂说明，用环氧树脂、复合剂或用热缩管材进行密封。

除本质安全系统用电缆外，后一种方法不能在1区使用。

除连接隔爆设备导管中或本安电路中导线连接外，导线连接应通过压紧连接、牢固的螺钉连接、熔焊或钎焊方式进行。如果被连接导线用适当的机械方法连在一起，然后软焊是允许的。

（10）绞线终端的保护

使用多股绞线尤其是细的绞合导线，应保护绞线终端，防止绞线分散，可用电缆套管或芯线端套，或用定型端子的方法。但不能单独使用焊接方法。

符合设备防爆型式的爬电距离和电气间隙不应因导线与端子连接而减小。

2. 0区电缆系统

本质安全型“ia”的电缆安装要求见（九）中相关规定。用于0区［见（二）2.（1）］的其他设备的电缆应经特殊批准。

3. 1区和2区电缆系统

（1）固定式设备用电缆

热塑护套电缆，热固护套电缆，合成橡胶护套电缆或矿物绝缘金属护套电缆可用于固定式线路。

（2）手提式和可移动式设备用电缆

手提式和移动式设备应使用含有加厚的氯丁橡胶或其他与之等效的合成橡胶护套电缆、含有加厚的坚韧橡胶护套的电缆或含有同等坚固结构护套的电缆。导线横截面积最小为1.0mm^2。如需要电气保护导线，应与其他导线绝缘方式相同，并且应与其他导线并入电源电缆护套中。

对地电压不超过250V，额定电流不超过6A的手提式电气设备可以采用普通橡套电缆、普通的氯丁橡胶护套电缆，或具有同等耐用结构的电缆。对于承受强机械力作用的手提式或移动式电气设备，例如：手灯、脚踏开关、桶式喷雾泵则不允许采用这些电缆。

对手提式或移动式电气设备，如果电缆中使用金属柔韧性铠装或屏蔽，则铠装或屏蔽不应单独作为保护导线使用。

（3）软电缆

危险场所用软电缆应选用下列电缆：

1）普通橡胶护套软电缆；

2）普通氯丁护套软电缆；

3）加厚橡胶护套软电缆；

4）与加厚橡胶护套软电缆耐用结构相当的塑料绝缘电缆；

5）加厚氯丁护套软电缆。

（4）阻燃性能

固定布线电缆的阻燃性能应该按照GB/T 12666. 2—2008的要求承受阻燃试验，除非电缆埋在地下，充砂导管内或采取其他防止火焰传播措施。

4. 导管系统

1）为了降低导管在同隔爆外壳连通中压力重叠效应，导管应按照下列规定配备密封件：

①　导管进入或离开危险场所的地方；

②　在正常运行时，所有有点燃源外壳的450mm范围内；

③　含有分接头、接头、电缆头或终端的外壳，与直径为50 mm以上导管连接的地方；导管所有螺纹连接处应严密拧紧。

2）当电路由熔断器或开关保护时，采用导管系统作保护导体的地方，其螺纹的结合应适合于故障电流通过。

3）若导管安装在腐蚀场所内，应有适当防腐保护措施，若导管有多种金属接合，应有防电蚀措施。

4）导管内安装电线后，密封附件应采用填料填塞，填料凝固后应不透水，不收缩并且不受危险场所中化学物质的影响。密封附件和填料用来限制压力重叠的影响，阻止来自含有点燃源的外壳的炽热气体进入导管系统，并且阻止危险场所气体进入非危险场所。

密封附件中的填料厚度应至少等于导管内直径，但不得小于16mm。

5）导管中可采用无护套的绝缘单芯或多芯电缆。但当导管含有三根或多根电缆时，电缆的总截面积，

包括绝缘层不超过导管截面积的40%。

6）长距离布线的外壳应有排放装置，用于排放冷凝水，另外电线绝缘应有防水特性。

7）为了满足外壳防护等级要求，导管和外壳间应有密封措施（例如密封垫圈或螺纹密封剂）以及导管与导线间密封措施（例如密封附件）。

如果导管是唯一的接地措施，螺纹密封剂不应影响接地路径的有效性。

（七）对隔爆外壳“d”的附加要求

1. 固体障碍物

安装设备时，应注意防止隔爆结合面与固体障碍物（如钢架、墙、护套、安装板、管道或其他电气设备）之间的距离小于表13-4中规定的数值，试验证明隔离距离可以更小的情况除外。

表13-4 按照气体/蒸气分组的隔爆外壳结合面与障碍物间最小距离

气体分类	最小距离/mm
ⅡA	10
ⅡB	30
ⅡC	40

2. 隔爆面的保护

隔爆面应有防腐措施。应防止水进入接合间隙。衬垫仅在文件规定允许时方可使用。接合面不得用使用中变硬的物质处理。

适用的接合面保护措施：可使用非凝结性润滑脂或防腐剂。通常使用硅润滑脂比较合适，但在气体检测器上应慎用。特别应强调在选择材料时要保证其非凝固性，否则会影响接合面间的紧密性。

3. 电缆引入系统

1）电缆引入系统须满足有关的设备标准要求，而且电缆引入装置适合用于使用的电缆类型，保持相应的保护方式并且符合（六）中的要求。

当电缆经隔爆绝缘套管穿过设备外壳引入设备时（间接引入），外壳外边的套管部分应符合GB 3836.1—2010规定的防爆型式。通常，外露部分放在一个接线盒空腔内，该空腔可以是隔爆型Ex“d”或增安型Ex“e”。接线盒为隔爆型Ex“d”时引入装置应符合2）选择的要求；接线盒为Ex“e”时，电缆引入装置应符合（八）3的要求。

当电缆引入系统直接引入隔爆型设备时，应满足2）选择的要求。

2）电缆引入系统应满足下列条件之一：

① 电缆引入装置满足GB 3836.2—2010的要求，并满足该设备使用的电缆具体型号要求；

② 致密和圆形的热塑性、热固性或弹性电缆具有挤压成的衬层和不吸水填料，可以使用隔爆型引入装置，按照图13-19选择密封圈与之结合；

③ 有塑料外套或无塑料外套矿物绝缘电缆具有相应的隔爆型电缆引入装置；

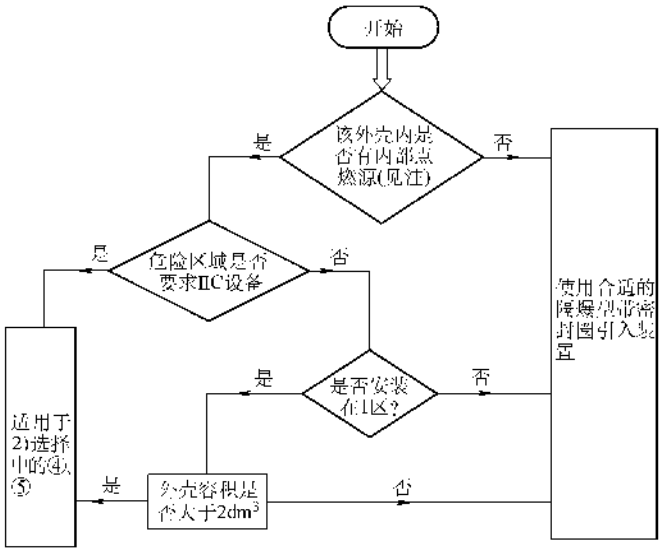


图13-19 电缆的隔爆外壳电缆引入装置选型图

注：内部引燃源包括火花或正常运行条件下可引燃的设备表面温度。壳体仅含接线端子或非直接引入外壳，可认为不具备内部引燃源。

④　设备文件规定的隔爆型密封装置（例如填料盒或密封腔）或者有元件批准并且使用与使用电缆相适应的电缆引入装置。密封装置如填料盒或密封空腔应有密封填料或其他允许填充在芯线周围的相应密封。密封装置应配置在电缆引入设备的位置；

⑤　隔爆型电缆引入装置应装填料密封各根芯线或其他等效密封措施；

⑥　其他能保证隔爆外壳整体性的措施。

如果设备连接在工厂制造时已胶封，不应再改动或更换电缆。

4. 变频和调压电源供电的电机

变频和调压电源供电的电机要求如下：

1）按照电机有关标准规定埋入温度传感器，对温度进行直接控制或采用其他有效限制电机外壳表面温度的措施。保护装置动作应能使电机断电。电机和变频器不需一起进行试验。

2）电机作为一个工作单元应和变频器、保护装置一起按照 GB 3836.1—2010 的有关标准规定进行型式试验。

5. 导管系统

1）导管应按以下选型：

①　重规螺纹钢管、无缝钢管或符合 GB/T 14823.1—1993 规定的焊缝钢管；

②　挠性金属导管或复合材料结构（例如金属导管具有塑料或合成橡胶套），具有按照 IEC 60614-2-5 1992 分类高或极高的机械强度。

2）导管最少螺纹扣数为 5 扣，与隔爆外壳啮合 5 扣。

3）密封件安装在距隔爆外壳 450mm 以内。

4）如果外壳专门设计用于导管连接而改用电缆连接，可用一个带有绝缘套管和接线盒的隔爆型转接器，通过导管与外壳连接，导管长度不超过 150mm。电缆再连接到接线盒（例如隔爆型或增安型）中，而且应符合接线盒相应防爆型式的要求。

（八）增安型“e”防爆型式的补充要求

1. 外壳的防护等级

外壳内有裸露带电件的防护等级应不低于 GB/T 4942.1—2006 和 GB 4208—2008 规定的 IP54，仅含有绝缘带电件的应不低于 IP44。安装在干净环境下并且通常有人管理的旋转电机防护等级不低于 IP20。使用限制应在电机上标出。

2. 笼型异步电机在运行中的热保护

（1）过载保护

过载反时限延时保护装置不仅监控电机电流，而且能使安装的电机堵转时在铭牌规定的 t_E 时间内断电，表明延时继电器或断路器的过载延时时间/起动电流比曲线应交用户。

曲线应显示在环温 20℃下冷态起动电流比（I_A/I_N）3～8 倍延时值，保护装置的动作时间应等于该延迟时间，误差为 ±20%。

△联结绕组，电机在断相故障堵转时断开时间应按照电机起动电流的 0.87 倍检查。

总之，允许连续工作制电机，包括起动容易和不频繁起动不产生过热的电机，具有过载延时保护装置。承受困难条件起动或频繁起动电机仅在合适的保护装置保证电动机不超过极限温度方可接受。

困难起动条件是指在过载及反时限延迟保护装置在正确选型条件下能够在达到额定转速之前断开电机，这通常发生在总起动时间超过 $1.7t_E$ 时间的情况下。

（2）绕组温度传感器

绕组温度传感器及保护装置即使在电机堵转情况下也应能使电机具有足够的热保护。埋入式温度传感器保护极限温度仅在文件中有规定方可使用，传感器型式及保护装置型式应在电机上标明。

（3）软起动

如果（1）中所述的过载保护的要求不能满足，可选用特殊起动程序起动电动机，用电气方法来限制电气、机械和热效应，对这种电机进行过载保护，其保护方式的效果应由检验单位评定认可。

（4）变频调压

电机通过变频器变频调压，应与变频器作为一个单元按此工作制与保护装置一起按照有关文件规定进行型式试验。

3. 布线系统

1）电缆和导管系统应按照（七）中的要求和以下对电缆引入装置和接线端子的补充要求进行安装。

2）电缆引入装置。

①　引入装置与电缆相适应使电缆与增安型设备有效连接。应能保持防爆型式“e”并与密封元件一起使端子盒外壳达到 IP54。

②　为了满足 IP54 要求，有必要在电缆引入装置和外壳间采取密封措施（例如加密封垫圈或螺纹密封胶）。

③　螺纹电缆引入装置与电缆引线板或外壳的接合为 6mm 厚以上时，可以不在电缆引入装置和引线板或外壳间增加密封措施，但电缆引入装置的中心轴线须与引线板或外壳表面垂直。

④　当使用矿物绝缘金属护套电缆时，应使用一个合适的密封装置来达到爬电距离要求。

3）接线端子。

① 槽形端子，可允许多根导体连接，如果多根导体连接在一个接线端子时，应注意保证每根都夹牢。除非设备文件规定，两根不同直径导体应先单根用压紧套圈夹紧，然后连接到一个端子上。

② 防止接线板上相邻导体间短路，每个导线绝缘应连续到金属接线端子为止。

③ 如果使用鞍形垫圈来固定一根导线，除非设备文件允许，导体围绕螺钉处应弯成“U”形。

4）通用接线盒和分线盒中端子和导线的连接。

注意确保壳体内发热不会导致温度超过设备规定的温度组别。可以采用以下措施：

① 满足制造厂给出的允许端子数量，导线尺寸和最大电流的规定；

② 检查制造厂提供的参数计算出的功率损耗是否小于额定最大功率损耗。

4. 电阻加热装置

为了限定电阻加热装置最高表面温度，加热装置和要求的保护装置应按制造厂的要求和文件的规定安装。

如果要求温度保护装置，应能直接或间接断开电阻加热装置的电源，并且为人工复位型。

除了过电流保护外，为了限制由于故障接地和泄漏电流的热效应，应安装以下保护装置：

1）TT 型或 TN 系统中，应使用额定剩余动作电流不超过 300mA 的剩余电流保护装置，应优先选用额定剩余动作电流 30mA 的装置。该装置在额定剩余动作电流时的断开时间应不超过 5s，在 5 倍剩余动作电流时断开时间应不超过 0.15s。

2）在 IT 系统中，绝缘电阻在额定电压下每伏若不超过 50Ω，绝缘电阻监控装置将切断电源。

当电阻加热器（例如电动机中的防冷凝加热器）安装在电气设备内进行保护时，则不要求以上附加保护。

（九）对本质安全型“i”的附加要求

在安装本质安全电路时，其安装原则与其他类型的电气设备安装有着原则上的不同。这里要注意的是，把电能限制在设计规定的安装系统内，不会引起危险环境的点燃，保护本质安全电路的整体性能，免受其他电源的干扰，以便即使发生电路断路、短路或接地时也不会超过电路的安全能量极限值。

根据这一原则，本质安全电路电气安装规定的目的，要使本质安全电路和其他电路隔离。

1. 1 区和 2 区的安装

（1）设备

1）安装在 1 区和 2 区的本质安全电路、本质安全电气设备和关联设备的本质安全部分应符合 GB 3836.4—2010 的相关要求。

2）简单设备不需标志，如果本质安全性与它们有关，应满足 GB 3836.4—2010 和 GB 3836.1—2010 的要求。

3）关联设备尽量安装在危险区域外，如果安装在危险区域内，应有符合（二）中第 2 条规定的其他相应防爆措施。

4）关联设备的非本质安全接线端子施加的电压不应超过关联设备标牌规定的电压 U_m，电源预期短路电流不应超过 1500 A。

（2）电缆

1）基本要求。

① 本质安全电路用电缆的绝缘应能承受导体对地、导体对屏蔽和屏蔽对地至少为交流 500V 的试验电压。

② 如果在危险区域使用多股导线，导线的终端应有防松措施，例如使用终端芯套。

③ 使用在有爆炸危险区域的每根导线直径应不小于 0.1mm。本款也适应多股导线的每股导线。

2）电缆的电气参数。

所有使用的电缆应知道其电气参数（C_c 和 L_c）或（C_c 和 L_c/R_c）或接受其制造厂规定的最不利情况下的数值，见下述（5）。

3）导体屏蔽的接地

要求有屏蔽时，除了下述几项外，屏蔽应仅一点接地；通常在非危险区电路回路终端处。本要求是为了防止在电路的一端与其他端之间地电位有差异时，可能出现危险的屏蔽故障环路电流。

① 有特殊理由要求与屏蔽多点连接（例如屏蔽电阻高，或要求抗感应干扰），按图13-20要求布置，条件是

a. 绝缘接地导线必须为耐用结构（通常不小于 $4mm^2$，但 $16mm^2$ 对夹紧连接比较合适）；

b. 绝缘接地导线及屏蔽与电缆中其他导线或其他电缆铠装间的绝缘应能承受 500V 的绝缘试验；

c. 绝缘接地导线和屏蔽仅一点接地，该点应既是绝缘接地导线接地点，同时也是屏蔽接地点，通常应在非危险区域电缆终端；

d. 绝缘接地导线须满足（六）布线系统 1. 基本要求（1）中的要求；

e. 和绝缘接地导线一起安装的电缆的电感阻抗比（L/R）应确定并符合下述 5）中的要求。

② 如果通过有效的安装和维护，确保了各电路终端的等电位（危险区域和非危险区域），那么，如

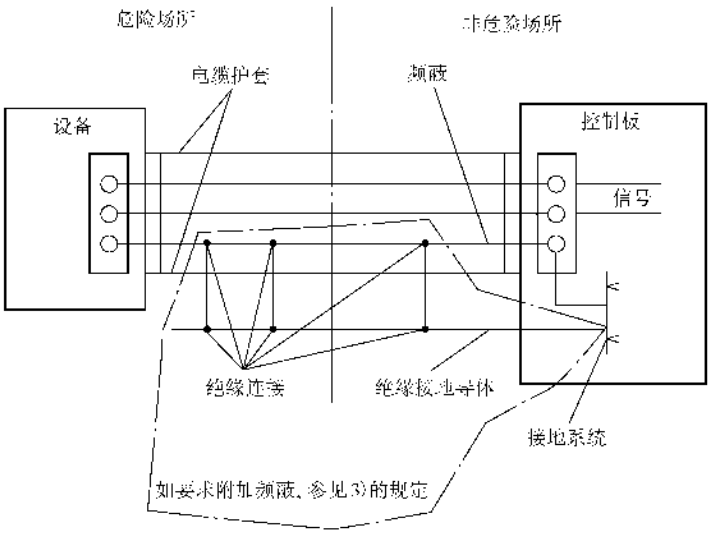


图 13-20　导电屏蔽接地

果需要，电缆的任何的两个终端均可接地，如有要求，可以在中间的任何点上。

③　如果电容不超过 10nF，可通过用小电容器（例如 1nF，1500V 陶瓷电容器）多点接地。

4）电缆铠装接地。

每个布线的电缆终端均应通过电缆引入装置或同类物将电缆的铠装连接在等电位系统上。在中间有接线盒或其他电气设备时，通常在这些中间点将铠装通过类似的连接接在等电位系统上，如果铠装不能在中间点上连接等电位系统，应注意确保所有敷设电缆铠装自始至终的连续性。

如果在电缆引入点处连接铠装不可行，或设计要求不允许这样，应确注意避免在铠装与等电位系统间存在电位差而产生点燃火花。任何情况下，铠装与等电位系统应至少有一个电气连接。用于将铠装对地隔离的电缆引入装置应安装在非危险区域或 2 区。

5）电缆的安装。

带本质安全电路的安装应使其本质安全性不受外界电磁场的干扰，例如由附近上方供电线路或单芯电缆大电流的影响。这可以通过例如屏蔽、绞合电缆或与电磁场保持足够距离来实现。

除了（六）布线系统 1. 基本要求（1）中的电缆要求之外，电缆无论在危险区域还是在非危险区域，应满足以下要求：

①　本质安全电路电缆与非本质安全电路电缆隔离；

②　本质安全电路电缆在布置时防止受机械损伤危险；

③　本质安全或非本质安全电路电缆为铠装、金属护套或屏蔽。

本质安全电路导线与非本质安全电路导线不应为同一电缆。

绑扎在同一束本质安全电路导线和非本质安全电路导线间应该用绝缘层或接地金属进行隔离。

6）电缆的标志。

有本质安全电路导线的电缆应标示出来。如果护套或表层用颜色标志，该颜色应为淡蓝色，该标志的电缆不应用于其他目的。如果本质安全或非本质安全电路电缆已有铠装、金属护套或屏蔽，不需再做标志。

该标志方法在计量和控制箱、开关、配电装置等内部应更换，在其中有蓝色中性导线，存在着本质安全与非本质安全电路电缆混淆的危险。这种方法包括：

①　将导线共同组合到浅蓝色线束中；

②　标牌标明；

③　清楚的布置和空间隔离。

7）有多个本质安全电路的多芯电缆。

①　本条要求是对上述 6 条的补充。

②　导体绝缘厚度应与导体的直径和绝缘的属性相适应。

③　对于目前使用的绝缘材料，例如聚乙烯绝缘，最小径向厚度为 0.2mm。

④　导体绝缘应能承受 2 倍的方均根本质安全电路工作电压，但最低为 500V 的耐压试验。

⑤　多芯电缆至少应能承受以下交流介电强度试验（方均根值）：

a. 500V，电压施加在铠装和/或屏蔽连结后与所

有芯线连结后两者之间；

b. 1000V，电压施加在一半的芯线连接起来与另外一半芯线连接后的芯线束间。本试验不适用于各电路有屏蔽的多芯电缆。

试验方法按照相应电缆标准进行。如果没有试验方法，可按下述方法进行：

a. 采用频率为 48 ~ 62Hz 之间正弦波交流电压；

b. 电压由至少为 500VA 输出的变压器供给；

c. 电压应稳步升至规定值，时间不得小于 10s，并且在规定值至少保持 60s。

8）多芯电缆故障考虑

① 本质安全电路系统所有多芯电缆中如果考虑出现故障，应考虑其与所使用电缆的类型有关（A 型）。

② 电缆符合上述 7）的要求，并且有导电屏蔽对每个本质安电路进行保护，以防止这些电路间互相连接，平均屏蔽至少为表面积的 60%。

不考虑电路间出现故障（B 型）。

③ 电缆须固定，有效地防止损伤，并且能满足相关要求，另外，电缆中的电路最高电压 U_o 不能超过 60V。

不考虑电路间出现故障。

④ 电缆满足上述 7）条的要求，但没有 A 型、B 型附加要求，须考虑出现多达两根导线间短路故障，同时出现多达四个电路导线开路。在等同电路里，如果每个通过电缆的电路的安全因数是“ia”型或“ib”型要求值的四倍，对故障不做考虑。

⑤ 电缆不满足上述 7）条的要求，对于应考虑的导线短路和开路数量不做限制。

（3）本质安全电路终端

1）本质安全电路的电气安装，例如测量控制箱，端子应与非本质安全电路终端可靠地隔离（例如隔板或至少 50mm 的间隔）。本质安全电路接线端子要打上标志，所有接线端子和插头、插座应分别满足 GB 3836.4—2010 中的要求。

2）采用一个单独空间将电路隔开的方式来安排接线端子时，应注意接续线端子的排列和所用的布线方式，以防止因一根导线断开造成电路之间的接触。

（4）本质安全电路的接地

1）一个电路与各自只有一个接地点的一些分回路进行电流隔离，则允许网路有一个以上的对地连接。

2）电路与地绝缘，要特别注意静电放电引起的危险。通过 0.2 ~ 1MΩ 电阻接地，例如用于耗散静电电荷，此方法不视为接地。

3）由于安全原因（例如在安装没有电流隔离的安全栅时，本质安全电路须接地。从功能要求需要与地连接，也可以接地，例如焊接的热电偶）本质安全设备不能承受 GB 3836.4—2010 规定 500V 对地介电强度试验，可假定设备接地。

4）本质安全电路中，没有电流隔离安全栅（例如齐纳栅），接地端子应注意以下几点：

① 与等电位系统连接应尽量短些；

② 对于 TN-S 系统，整体接地点与主电源供电接地点连接阻抗应不大于 1Ω。该要求可通过与开关室内接地排或单独接地排实现。使用的导体应绝缘以防止故障电流在金属部件流动时导体能对外接触（例如控制板框架）流入地面。危险大时应有机械保护。接地导体截面积应为

a. 两根导体，每个都能连接负载最大可能电流。截面积至少每个为 1.5mm² 铜导体；

b. 一根导体，截面积最小为 4mm² 铜导体。

c. 如果接地导体不能承受与安全栅输入端子相连的供电系统预期短路电流，那么应增加接地导体截面积或使用附加导体。

（5）本质安全电路的检查

本质安全电路的安装应使电缆电容、电感或 L/R 及表面温度不超过规定值，该允许值应从合格证书、电气设备标志或设备安装说明书中取得。

1）仅有一个关联设备的本质安全电路。

本质安全设备每个项目最大内部电容 C_i 和电缆电容总和不应超过关联设备标示的最大电容 C_o 值（电缆通常被视作集中电容，相当于相邻的两根芯线之间最大电容）。

本质安全设备每个项目最大内部电感 L_i 和电缆电感之和不应超过关联设备标示的最大电感 L_o 值（电缆通常被视作集中电感，相当于电缆内两根芯线有最大间距时的电感）。

在本质安全设备内不含有影响的电感并且关联设备标示出电感/电阻比 L/R 值的情况下，如果电缆的 L/R 值在电缆的两根芯线具有最大间距位置测量小于该值，可不必满足 L_o 要求。

每个本质安全设备允许的输入电压 U_i、输入电流 I_i 和输入功率 P_i 应分别大于或等于各自关联设备的 U_o、I_o 和 P_o 值。

对于简易设备，最高温度可以从关联设备的功率 P_o 计算出温度组别。温度组别按下述方法选择确定：

① 参照表 13-5；

表 13-5　按照元件尺寸和环境温度评定 T4 组别

总的表面积 S（引线除外）	T4 组的要求（在环境温度为 40℃时）
$S<20mm^2$	表面温度≤275℃mm
$20mm^2 \leqslant S \leqslant 10cm^2$	表面温度≤200℃mm
$20mm^2 \leqslant S$	功率不超过 1.3W①

① 60℃环境温度时降至 1.2W，80℃环境温度时降至 1.0W。

② 用以下公式计算并且参照表 13-2：

$$T = P_o R_{th} + T_{amb}$$

式中　T——表面温度；

P_o——关联设备标示的功率；

R_{th}——热电阻（K/W）（该值由元件制造厂给出，以表明使用的安装条件）；

T_{amb}——环境温度（通常为 40℃）。

另外，表面面积不超过 $10cm^2$ 的元件（不包括引线），如果表面温度不超过 150℃，可以视为 T5 组。

本质安全电路的设备类别与构成本质安全电路的各个设备的最严格的类别相同（例如，电路上有ⅡB 和ⅡC 类设备，则电路的类别为ⅡB）。

2）多个关联设备的本质安全电路。

如果两个或以上本质安全电路连接起来，系统的安全性应进行假设推算法或按 GB 3836.4—2010 规定的试验法进行检查。设备类别、温度组别和类别应限定。

应考虑从电路基架流入关联设备回馈电压和回馈电流的危险性。每个关联设备的额定电压和限流元件应不超过其他关联设备的 U_o/I_o 相应组合。

系统设计者应提供系统的描述性文件，包括系统的电气设备、电气参数和内部连接导线。

3）0 区的安装。

① 本质安全电路除了以下特殊要求外，应按照上述（九）1. 安装。

② 在 0 区安装本质安全电路、本质安全电器设备和关联设备应满足 GB 3836.4—2010“ia”类的要求。优先采用本质安全电路与非本质安全电路电流隔离的关联设备。由于在等电位系统中某些情况下仅一个故障即可构成引燃危险，没有电流隔离的关联设备仅在接地布置符合上述（九）中 1 区和 2 区的安装中，本质安全电路的接地 4）-②条时方可使用，而且与安全区域端子相连的主电源设备要通过双绕组变压器隔离，变压器初级线圈与有足够熔断能力的熔断器连接。电路（包括所有的简单元件、简单电气设备、本质安全设备、关联设备和内部连接允许的最大电缆）应为“ia”类。

③ 由于功能要求需电路接地，接地应在 0 区外，但与 0 区设备尽量接近。

④ 部分本质安全电路安装在 0 区，其关联设备可能在 0 区产生危险的电位差，例如大气放电的发生，因此在非接地连接电缆芯线与场地建筑就近位置，最好在距进入 0 区场所 1m 内构件之间安装浪涌电流保护设施。这些位置如燃油贮存罐、废气处理厂和石化工程的蒸馏塔等。产生电位差最大的危险与工厂的系统布置和/或设备的位置有关，而这种危险性并不能因埋置地下电缆或安装罐而减少。

浪涌电流保护装置应能转移最小为 10kA 峰值放电电流（按照 GB/T 16927.1—1997，8/20μs 脉冲，10 次）。

保护装置和场地建筑间的连接应至少为相当于 $4mm^2$ 的铜导体截面积连接。

浪涌电流保护装置的跳火电压应由用户和安装方面的专业人员来确定。

使用浪涌电流保护装置的跳火电压应按 GB 3836.15—2000 中的规定，则要求本质安全电路接地。

0 区本质安全电路和浪涌电流保护装置间安装的电缆应有防雷电措施。

（十）正压型“p”电气设备的补充要求

1. 管道

所有管道和连接件应承受以下压力：

正压设备制造厂规定的正常运行最大压力的 1.5 倍；

正压设备制造厂规定关闭所有出口时，正压源（例如风机）所能达到的最大压力，至少为 200Pa。

管道和连接部分的材料应不受保护气体和其所使用环境可燃性气体的不利影响。

保护气体进入管道的位置应设在非危险区，罐装保护气体除外。

管道位置尽可能设置在非危险区。如果管道通过危险区域，保护气体压力小于环境压力时，管道应没有裂口。

保护气体管道出口应设在非危险区，否则应考虑按表 13-6 安装能阻止火花和颗粒的装置（该装置用于防止具有点燃能力的火花和颗粒吹出）。

供压设备，如风机和压缩机保护气体入口，应安装在非危险区。如果驱动电机和/或其控制装置在供气管道内，或不可避免装在危险区域内，这些供压设备应有相应的防爆措施。

表 13-6 阻挡火花和颗粒装置

管道出口区域	设备	
	A	B
2 区	要求	不要求
1 区	要求①	要求

A = 正常运行条件下产生具有点燃能力火花的设备
B = 正常运行条件下不产生具有点燃能力火花的设备

① 如果在正压出现故障时设备的温度有点燃危险，正压外壳内应安装保护装置防止可燃性气体很快进入正压外壳内。

2. 正压故障时应采取的措施

（1）无内部释放源的设备

没有内部释放源设备的安装，在出现保护气体故障时，应满足表 13-7 中的要求。

表 13-7 在出现保护气体故障时对无内部释放源设备采取的措施

区域划分	外壳内安装有无正压时不适应 2 区的设备	外壳内安装有无正压时适应 2 区的设备
2 区	报警	不采取措施
1 区	报警并断电	报警

注：1. 如果报警，立即采取措施恢复整个系统供气。
2. 如果自动断电引起更大的危险，应采取其他措施，例如加倍供应保护气。

（2）有内部释放源的设备

有内部释放源的设备安装应按照制造厂说明书进行，万一出现保护气体故障，应发警报并采取纠正措施保证系统的安全。

3. 共用安全设备的多个正压外壳

对多个正压外壳共用安全设备的要求见 IEC 60079-2010。

4. 冲洗

制造厂规定的正压外壳最短冲洗时间应增加制造厂规定的管道单位体积最小附加冲洗时间乘以管道容积所得的时间。

在 2 区，如果外壳和其管道内部的环境远远低于爆炸下限（例如爆炸下限的 25%），则可以不进行冲洗。此外，可以利用气体探测器检查正压外壳内的气体是否可以燃烧的。

用作冲洗、正压及连续稀释的气体应为非可燃性、无毒性气体，并且不含湿、油、粉尘、纤维、化学剂、可燃物或其他杂质的，这些因素可能对设备整体性和运行产生危险或不利影响。通常使用空气，有时用惰性气体。保护气体氧气含量不应比空气中含量高。

如果使用空气做为保护气体，气源应在非危险区，并且选择位置上应能降低空气被混杂危险，应考虑附近建筑物由于风向，风速变化可能产生的影响。

保护气体入口处的温度通常不应超过 40℃（特殊情况，可使用更高或更低温度的气体，但应在正压外壳上做出标志）。

防止出现可燃性气体或蒸气通过扩散侵入布线系统或保护气体通过布线系统泄漏，布线系统应密封起来。

（十一）使用在 2 区设备的补充要求

1. 外壳防护等级

外壳内有裸露带电件和外壳内仅为绝缘带电件的防护等级最低分别为符合 GB/T 4942.1—2006 和 GB 4208—2008 规定的 IP54 和 IP44。

如果使用场所提供足够防止异物进入而影响安全性能的防护，外壳内有裸露带电件和外壳内仅为绝缘带电件的防护等级分别为 IP4X 和 IP2X。

如果硬性异物和水的进入不影响设备时，可以不满足上述要求（例如应变仪、热电阻测温仪、热电偶、限能设备）。

2. 限能设备和电路

各个设备最大内部电容与电缆电容之和不应超过允许的最大电容（相邻的两个电缆芯线等效视为一个集中电容），各个设备最大内部电感与电缆电感之和不应超过允许的最大电感（将最大隔离的两根电缆芯线视为一个等效的集中电感）。这些值要在“n”型设备上或文件中标示出来。

3. 布线系统

（1）基本要求

电缆和导管应按（六）中的要求进行安装，并满足以下对电缆引入装置和接线端子的补充要求。

（2）电缆引入装置

电缆的连接应通过与电缆相适应的电缆引入装置进行。

为了保证接线腔体的防护等级，需使用在电缆引入装置和电缆间有合适密封元件的电缆引入装置（例如使用密封垫圈或螺纹密封胶）。

螺纹电缆引入装置与电缆引接板或外壳的接合为 6 mm 厚及以上时，可以不在电缆引入装置和引接板或外壳间增加密封措施，但电缆引入装置的中心轴线须与引接板或外壳表面相垂直。

限制呼吸外壳的密封应能保证外壳的限制呼吸性能。

不使用的电缆引入开口应堵塞，以保证外壳的防护等级。

4. 导体端子

接线端子，如槽形端子，可允许多根导线引入。如果多根导线同时引入一个端子时，应确保每根导线都可靠夹紧。除非制造厂文件有规定，不同截面导体不能连接在同一根端子上，但事先使用单个压紧情况除外。

在接线板上相邻端子间如果有短路危险，每个导体的绝缘应连贯至端子金属近旁。

如果使用单螺母鞍形夹子来固定一个导线，导线应绕螺钉成 U 形，但设备制造厂允许不使用 U 形夹紧情况除外。

5. 变频和调压电源供电的电机

如果使用高频脉冲输出转换器，需对在电机接线盒端子上可能产生的过电压尖峰和较高温升进行考虑。

二、爆炸性气体环境中的电气设备及线路在设计、选型、安装上的要求

1. 设计总体要求

1）爆炸性气体环境的电气设计宜将正常运行时发生电火花的电气设备，布置在爆炸危险性较小或没有爆炸危险的环境内。

2）在满足工艺生产及安全的前提下，应减少防爆电气设备的数量，以减少投资。

3）爆炸性气体环境内设置的防爆电气设备，必须是符合现行国家标准的产品，并具有公安部和相关部委颁发的生产制造许可证及防爆标志。从电源到用电设备及管路必须是一个封闭的系统，实施整体防爆。

4）一般不采用携带式电气设备。

2. 电气设备的选型应符合下列规定

1）根据爆炸危险区域的分区、电气设备的种类和防爆结构的要求，选择相应的电气设备。

2）选用的防爆电气设备的级别和组别，不应低于该爆炸性气体环境内爆炸性气体混合物的级别和组别。当存在两种及以上易燃物质形成的爆炸性气体混合物时，应按危险程度较高的级别和组别选用防爆电气设备。

3）爆炸危险区域内的电气设备，应符合环境周围内化学的、机械的、热的、霉菌以及风沙等不同环境条件对电气设备的要求。电气设备的结构应满足在规定运行条件下而不降低防爆性能的要求。

3. 各种电气设备防爆结构的选型应符合下列规定：

1）旋转电动机防爆结构的选型应符合表 13-8 的规定。

2）低压变压器防爆结构的选型应符合表 13-8 的规定。

3）低压开关和控制器类防爆结构的选型应符合表 13-8 的规定。

4）照明灯具类防爆结构的选择应符合表 13-8 的规定。

5）信号报警装置等电气设备防爆结构的选型应符合表 13-8 的规定。

表 13-8　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	1　区			2　区			
防爆结构 / 电气设备	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	1　区			2　区			
防爆结构 / 电气设备	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	△		×	○		○	○

（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
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			△					○			

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。

4. 选用正压型电气设备及通风系统时，应符合下列要求：

1）通风系统必须用非燃性材料制成，其结构应坚固，连接应严密，并不得有产生气体滞留的死

角。

2）电气设备应与通风系统联锁。运行前必须先通风，并应在通风量大于电气设备及其通风系统容积的5倍时，才能接通电气设备的主电源。

3）在运行中，进入电气设备及其通风系统内的气体，不应含有易燃物质或其他有害物质。

4）电气设备及其通风系统运行中，其风压不应低于50Pa。当风压低于50Pa时，应自动断开电气设备的主电源或发生报警信号。

5）通风过程中排出的气体，不宜排入爆炸危险环境；当采取有效地防止电火花和炽热颗粒从电气设备及其通风系统吹出的措施时，可排入2区空间。

6）对于闭路通风的正压型电气设备及其通风系统，应供给清洁气体。

7）电气设备外壳及通风系统的小门或盖子应采取联锁装置或加警示标志等安全措施。

8）电气设备必须有一个或几个与通风系统相连的进、排气口。排气口在换气后须妥善密封。

5. 充油型电气设备，应在没有振动、不会倾斜和固定安装的条件下使用。

6. 采用非防爆型电气设备作隔墙机械传动的动力及控制时，应符合下列规定：

1）安装电气设备的房间，应用非燃烧体的实体墙与爆炸危险区域隔开。

2）传动轴传动通过隔墙处应采用填料密封或有同等效果的密封措施。

3）安装电气设备房间的出口，应通向非爆炸危险区域和无火灾危险的环境；当安装电气设备的房间必须与爆炸性气体环境相通时，应对爆炸性气体环境保持相对的正压。

7. 变、配电所和控制室的布置应符合下列要求：

1）变电所、配电所、配电室、控制室应布置在爆炸危险区域范围以外，当为正压室时，可布置在1区、2区内。

2）对于易燃物质比空气重的爆炸性气体环境，位于1区、2区附近的变电所、配电所、配电室、控制室的室内地面，应高出室外地面600mm。

8. 电气线路应符合下列要求：

1）电气线路应在爆炸危险性较小的环境或远离释放源的地方敷设安装。

①　当易燃物质比空气重时，电气线路应在较高处敷设或直接埋地敷设；架空敷设时一般采用电缆桥架；电缆沟敷设时，沟内应填砂，并有排水措施。

②　当易燃物质比空气轻时，电气线路宜在较低处敷设或在电缆沟内敷设。

③　电气线路宜在有爆炸危险的建筑物、构筑物的墙外敷设。

2）敷设电气线路的沟道、电缆或钢管，所穿过的不同区域之间墙或楼板处的孔洞，应用非燃性材料堵塞严密。

3）电气线路沿输送易燃气体或液体的管道栈桥敷设时，应符合下列要求：

①　沿危险程度较小的管道一侧敷设；

②　当易燃物质比空气重时，应在管道上方敷设；比空气轻时，应在管道下方敷设。

4）电气线路应避开可能受到机械损伤、振动、腐蚀以及可能受热的地方，否则应采取预防保护措施。

5）低压动力、照明线路用的绝缘导线及电缆的额定电压不应小于500V。工作零线的额定电应与相线相等，并应在同一护套或管子内敷设。

6）在1区内应采用铜芯绝缘导线或电缆；2区内宜采用铜芯绝缘导线或电缆，当用铝芯线时，应适当增大导线的截面，同时铝芯线与设备的连接应有可靠的铜—铝过渡接头措施。

7）在1区内的单相线路中相线及中性线（工作零线）均应装设短路保护，并应用双极开关进行控制。

8）选用电缆时应考虑环境的腐蚀、鼠类、白蚁等危害以及周围环境温度及用电设备接线盒的进线方式等因素。在架空桥架敷设时宜采用阻燃电缆。

9）3～10kV电缆线路，宜装设零序电流保护，在1区内保护装置宜动作于跳闸，在2区内宜动作于信号。

9. 本质安全系统的电路应符合下列要求：

1）系统的导体与其他非本质安全系统电路的导体接触时，应有预防措施，不应使接触点处产生电弧或电流增大、产生静电或电磁感应。

2）连接导线为铜导线时，引燃温度为T1～T4组，其导线截面与最大允许电流应符合表13-9的规定。

表13-9　铜导线截面积与最大允许电流

（适用于T1～T4组）

导线截面积/mm^2	0.017	0.03	0.09
最大允许电流/A	1.0	1.65	3.3
导线截面积/mm^2	0.19	0.28	0.44
最大允许电流/A	5.0	6.6	8.3

3）导线绝缘的耐压强度应为2倍额定电压，最低为500V。

10. 除本质安全系统的电路外，在爆炸性气体环境1区、2区内电缆配线的技术要求，应符合表13-10及以下规定：

1）明设塑料护套电缆，当其敷设方式采用能防止机械损伤的电缆槽板、托盘或桥架方式时，可采用非铠装电缆。

2）在易燃物质比空气轻且不存在会受鼠、虫等损害情况下，在2区电缆沟内敷设的电缆可采用非铠装电缆。

3）铝芯导线或电缆的连接，与封端应采用压接、熔焊或钎焊，当与电气设备（照明灯具除外）连接时，应采用适当的铜—铝接头。

4）在1区内电缆线路严禁有中间接头，在2区内不应有中间接头。

11. 除本质安全系统的电路外，在爆炸性环境1区、2区内电压为1000V以下的钢管配线的技术要求，应符合表13-11的规定，同时应满足下列条件：

1）钢管应采用低压流体输送用镀锌焊接钢管。

2）钢管连接螺纹部分应涂以铅油或磷化膏以防腐。

3）在可能凝结冷凝水的地方，管线上应装设排除冷凝水的密封接头。

4）与电气设备的连接处宜用挠性连接管。

12. 在爆炸性气体环境1区、2区内钢管配线的电气线路必须作好隔离密封。供隔离密封用的连接部件，不应作为导线的连接或分线用。其中，下列各处必须作好隔离密封：

1）电气设备本身的接头部件中无隔离密封时，导体引向电气设备接头部件前的管段处；

2）直径50mm以上钢管距引入的接线箱450mm以内处，以及直径50mm以上钢管每距15m处；

3）相邻的1区、2区之间；1区、2区与相邻的其他危险环境或正常环境之间。

进行密封时，密封内部应用纤维作填充层的底层或隔层，以防止密封混合物流出，填充层的有效厚度必须大于钢管的内径。

表13-10 爆炸性气体环境电缆配线技术要求

项目 / 技术要求 / 爆炸危险区域	电缆明设或在沟内敷设时的最小截面积			接线盒	移动电缆
	电　力	照　明	控　制		
1区	铜芯2.5mm² 及以上	铜芯2.5mm² 及以上	铜芯2.5mm² 及以上	隔爆型	重型
2区	铜芯1.5mm² 及以上，或铝芯4mm² 及以上	铜芯1.5mm² 及以上，或铝芯2.5mm² 及以上	铜芯1.5mm² 及以上	隔爆、增安型	中型

表13-11 爆炸危险环境钢管配线技术要求

项目 / 技术要求 / 爆炸危险区域	钢管明配线路用绝缘导线的最小截面			接线盒分支盒挠性连接管	管子连接要求
	电　力	照　明	控　制		
1区	铜芯2.5mm² 及以上	铜芯2.5mm² 及以上	铜芯2.5mm² 及以上	隔爆型	对Dg25mm及以下的钢管螺纹旋合不应少于5扣，对Dg32mm及以上的不应少于6扣并有锁紧螺母
2区	铜芯1.5mm² 及以上，铝芯4mm² 及以上	铜芯1.5mm² 及以上，铝芯2.5mm² 及以上	铜芯1.5mm² 及以上	隔爆、增安型	对Dg25mm及以下的螺纹旋合不应少于5扣，对Dg32mm及以上的不应少于6扣

13.1 区、2 区内，绝缘导线和电缆截面的选择，应符合下列要求：

1）导线或电缆的允许载流量，不应小于熔断器熔体额定电流的 1.25 倍，不应小于自动开关长延时过电流脱扣器整定电动的 1.25 倍。

2）引向电压为 1000V 以下笼型异步电动机支线的长期允许载流量，不应小于电动机额定电流的 1.25 倍。

14. 10kV 及以下架空线路严禁跨越爆炸性气体环境，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。在特殊情况下，在采取有效措施后，可适当减小距离。

15. 接地应符合下列要求：

1）一般电气系统中不需要接地的下列部分，应可靠接地：

①　不良导电地面处，交流额定电压 380V 及以下和直流额定电压为 440V 及以下的电气设备正常不带电的金属外壳；

②　在干燥环境，交流额定电压为 127V 及以下和直流额定电压为 110V 及以下的电气设备正常不带电的金属外壳；

③　安装在已接地的金属结构上的电气设备。

2）电气设备的金属外壳应可靠接地。1 区内的所有电气设备以及 2 区内除照明装置外的其他电气设备，应用专门的接地线接地。该接地线若与相线敷设在同一保护管内时，应具有与相线相等的绝缘。这时，金属管路、电缆金属包皮等，只能作为辅助接地线。2 区内的照明装置，可利用有可靠电气连接的金属管路系统作为接地线，但不得利用输送易燃物质的金属管道作为接地线。

3）接地干线应在区域内不同方向不少于两处与接地体可靠连接。

4）电气设备的接地装置与独立避雷针的接地装置应分开设置；与装设在建筑物上的避雷针可供用接地装置；与防雷电感应的接地装置宜共用。共用时的接地电阻应取其中较低值。

三、爆炸粉尘环境中的电气设备及线路在设计、选型、安装上的要求

1. 设计总体要求

1）电气设计宜将电气设备和线路，特别是正常运行时能发生电火花的电气设备，布置在爆炸性粉尘环境以外。当需要布置在区域以内时，应布置在爆炸危险性较小的地方。在危险区域内不宜采用携带式电气设备。

2）电气设线及线路应符合周围环境内化学的、机械的、热的、霉菌以及风沙等不同环境条件对电气设备的要求。

3）电气设备最高允许表面温度应符合表 13-12 的规定。

表 13-12　粉尘防爆电气设备最高允许表面温度

引燃温度组别	无过载的设备	有过载的设备
T11	215℃	195℃
T12	160℃	145℃
T13	120℃	110℃

4）采用非防爆型电气设备进行隔墙机械传动的动力及控制时，应符合下列要求：

①　安装电气设备的房间，应采用非燃烧体的实体墙与爆炸性粉尘环境隔开；

②　传动轴传动通过隔墙处应采用填料密封或同等效果的密封措施；

③　安装电气设备房间的出口，应通向非爆炸和无火灾危险的环境；当安装电气设备的房间必须与爆炸粉尘环境相同时，应对爆炸粉尘环境保持相对的正压。

5）爆炸性粉尘环境内，有可能过载的电气设备，应装设可靠的过载保护。

6）爆炸性粉尘环境内的事故排风用的电动机，应在生产发生事故情况下便于操作的地方设置事故起动按钮等控制设备。

7）爆炸性粉尘环境内，应少装插座和局部照明灯具。如必须安装时，插座应布置在粉尘不易积聚的位置或积聚最少的位置，而局部照明灯应安装在事故时气流不易冲击的位置。

2. 防爆电气设备的选型，除可燃性非导电粉尘和可燃纤维的 11 区环境采用防尘结构（标志为 DP）的粉尘防爆电气设备外，10 区和其他 11 区均采用尘密结构（标志为 DT）的粉尘防爆电气设备，并按照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. 电气线路应符合下列要求：

1）电气线路应敷设在爆炸危险性较小的环境处。

2）敷设电气线路的沟道、电缆沟或钢管，在穿过不同区域之间的墙或楼板处的孔洞，应用非燃性材料严密堵塞。

3）敷设电气线路时应避开可能受到的机械损伤、振动、腐蚀以及可能受热的地方，如不能避开时，应

有防护措施。

4）10 区内高压配线应采用铜芯电缆；11 区除用电设备和线路有剧烈振动者外，可采用铝芯电缆。10 区内全部及 11 区内有剧烈振动的，电压为 1000V 以下的用电设备的线路，均应采用铜芯绝缘导线或铜芯电缆。

5）10 区内绝缘导线和电缆的选择

① 绝缘导线和电缆允许载流量不应小于熔丝额定电流的 1.25 倍，不应小于自动开关长延时过电流脱扣器整定电流的 1.25 倍。

② 引向电压为 1000V 以下笼型电动机的支线的长期允许载流量，不应小于电动机额定电流的 1.25 倍（不受①的限制）。

③ 电压为 1000V 以下的导线及电缆，应按短路电流进行热稳定校验。

6）低压动力、照明线路用的绝缘导线和电缆的额定电压，不得低于系统的额定电压，且不得低于 500V。工作零线与相线的绝缘额定电压应相等，并应在同一护套或管子内敷设。

7）10 区内，单相回路中的相线及中性线均应装设短路保护，并使用双根开关控制接通或断开。

8）10 区、11 区内电缆线路不应有中间接头。

9）选用电缆时考虑到环境腐蚀、鼠类及白蚁危害以及周围环境温度、电气设备进线盒方式等因素。架空桥架敷设电缆时应采用阻燃电缆。

10）3～10kV 电缆线路应装置零序电流保护；保护装置在 10 区内动作于跳闸，在 11 区内动作于信号。

4. 电压为 1000V 以下的电缆配线应符合表 13-13 的要求。

表 13-13 爆炸性粉尘环境电缆配线技术要求

项目 / 技术要求 / 爆炸危险区域	电缆的最小截面积	移动电缆
10 区	铜芯 2.5mm² 及以上	重型
11 区	铜芯 1.5mm² 及以上 铝芯 2.5mm² 及以上	中型

注：铝芯绝缘导线或电缆的连接与封端应采用压接。

5. 在爆炸性粉尘环境内，严禁采用绝缘导线明设或塑料管明设。采用钢管配线时，电压为 1000V 以下的钢管配线应符合表 13-14 的要求。钢管应采用低压流体输送用镀锌焊接钢管，钢管连接的螺纹部分应涂以铅油或磷化膏以防腐。在可能凝结冷凝水的地方，管线上应装设排除冷凝水的密封接头。

表 13-14 爆炸性粉尘环境钢管配线技术要求

项目 / 技术要求 / 爆炸危险区域	绝缘导线的最小截面积	接线盒、分支盒	管子连接要求
10 区	铜芯 2.5mm² 及以上	尘密型	螺纹旋合应不少于 5 扣
11 区	铜芯 1.5mm² 及以上 铝芯 2.5mm² 及以上	尘密型，也可采用防尘型	螺纹旋合应不少于 5 扣

注：尘密型是规定标志为 DT 的粉尘防爆类型；防尘型是规定标志为 DP 的粉尘防爆类型。

6. 10 区内敷设绝缘导线时，必须在导线引向电气设备接头部件以及与相邻的其他区域之间作隔离密封。供隔离密封用的连接部件，不应作为导线的连接或分线用。

7. 接地要求

1）一般电气系统中不需要接地的下列部分，应可靠接地：

① 在不良导电地面处，交流额定电压为 380V 及以下和直流额定电压 440V 及以下的电气设备正常不带电的金属外壳；

② 干燥环境，交流额定电压 127V 及以下和直流额定电压 110V 及以下的电气设备正常不带电的金属外壳；

③ 安装在已接地的金属结构上的电气设备。

2）爆炸性粉尘环境内电气设备的金属外壳应可靠接地。10 区的所有电气设备，应用专门的接地线，该线若与相线穿在同一保护管内时，应具有与相线相等的绝缘。电缆的金属外皮金属管线等只作为辅助接地线。11 区内所有电气设备，可利用有可靠电气连接的金属管线或金属构件作为接地线，但不得利用输送爆炸危险物质的管道。

3）接地干线应在爆炸危险区域内不同方向且不少于两处与接地体可靠连接。

4）电气设备的接地装置与独立避雷针的接地装置应分开设置，与设置在建筑物上的避雷针的接地装置可合并设置；与防雷电感应的接地装置也可合并设

置。合并设置时接地电阻应取其中较低值。

四、防爆电气设备及附件

防爆电气设备的种类很多，但生产制造控制严格，国家颁布的 GB3836.1—2010《爆炸性环境 第1部分 设备通用要求》是每个制造厂家严格遵守的规程。从配线方式上有电缆和钢管配线两种型式，这在定货、购置和安装时必须注意，要相互配套。防爆电器的购置必须按设计指定的具有制造资质的厂家直接订购，严禁假冒伪劣产品混入防爆电气工程。这里把工厂常用的防爆电气设备列出，供参考。

1. 防爆电气设备的类型和标志

1）防爆电气设备的类型见表13-15。防爆电气设备一般分8种型式及其相互组合的复合型式。防爆的型式分两大类：Ⅰ类为煤矿用；Ⅱ类为工厂用。Ⅱ类工厂用防爆电气设备按其适用于爆炸性气体混合物的最大试验安全间隙或最小点燃电流比分A、B、C三级，并按其最高表面引燃温度分为6个组。这些型式、类别、级别、组别组成了防爆电气设备的防爆标志。其中，最大试验安全间隙、最小点燃电流和引燃温度都是采用IEC标准中的试验方法测定的。最小点燃电流比是指某爆炸气体混合物测得的最小点燃电流与甲烷爆炸性气体混合物测得的最小点燃电流的比值。这里我们要注意到，防爆电气设备的级别和组别的划分与爆炸性气体混合物的级别、组别的划分是一致的。爆炸性气体混合物的分级分组见表13-16和表13-17。

表13-15　工厂防爆电气设备的型式、分级、分组

型式	防爆电工产品的型式				
防爆型式	防爆标志				防爆措施的原理
	型式	类别	级别	温度组别	
隔爆型	d	Ⅰ			当外壳内部爆炸时，火焰在穿过规定缝隙的过程中，受间隙壁的吸热及阻滞作用而显著降低其外传的能量和温度，从而不能引起产品外部爆炸性气体混合物的爆炸
		Ⅱ	A、B、C	T1～T6	

（续）

型式	防爆电工产品的型式				
防爆型式	防爆标志				防爆措施的原理
	型式	类别	级别	温度组别	
增①安型	e	Ⅰ			在正常运行时不产生电火花、电弧或危险温度的产品部件上采取适当措施（如降温、对堵转时间要求等），以提高其安全程度
		Ⅱ		T1～T6	
本①质安全型	i_a、i_b②	Ⅰ			在低电压、小电流的电路、系统和产品中，合理选择电路参数，一般还须采取有效的限能措施，使其在正常状态下和故障状态下产生的电火花，达不到引起周围爆炸性气体混合物爆炸的最小引燃能量
		Ⅱ	A、B、C	T1～T6	
正①压型	p	Ⅰ			向外壳内通入正压新鲜空气或充以惰性气体，以阻止爆炸性气体混合物进入外壳内部
		Ⅱ		T1～T6	
充油型	o	Ⅰ			将可能产生电火花、电弧或危险温度的带电部件浸入油中，使其不能引起油面以上爆炸性气体混合物的爆炸
		Ⅱ		T1～T6	
充砂型	q	Ⅰ			将可能产生电火花、电弧或危险温度的带电部件埋入砂中，使其不能引起砂层以外爆炸性气体混合物的爆炸
		Ⅱ		T1～T6	

（续）

型　式	防爆电工产品的型式				
防爆型式	防　爆　标　志				防爆措施的原理
	型式	类别	级别	温度组别	
无火花型	n	Ⅱ		T1～T6	在产品部件上采取适当措施，以使其在正常运行条件下不会点燃周围爆炸性气体混合物，因此一般不会发生点燃故障（其安全水平与增安型相比，略低些）
浇封型	m	Ⅰ			结构上不属于上述防爆型式，而采取其他防爆措施（如气密、灌封等）
		Ⅱ		T1～T6	

① 增安型相当于旧标准中的防爆安全型，本质安全型相当于旧标准中的安全火花型，正压型相当于旧标准中的防爆通风型或充气型，而在分级分组上有所修改。

② i_a 指在正常工作、一个故障和两个故障时，均不能点燃周围爆炸性气体混合物的等级。i_b 指在正常工作、一个故障时，不能点燃周围爆炸性气体混合物的等级。

表 13-16　爆炸性气体混合物按最大试验安全间隙（MESG）或最小点燃电流比（MICR）的分级

级别	最大试验安全间隙（MESG）/mm	最小点燃电流比（MICR）
ⅡA	≥0.9	>0.8
ⅡB	0.5 < MESG < 0.9	0.45≤MICR≤0.8
ⅡC	≤0.5	<0.45

注：1. 分级的级别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》。

2. 最小点燃电流比（MICR）为各种易燃物质按照它们最小点燃电流值与实验室的甲烷的最小电流值之比。

表 13-17　爆炸性气体混合物按引燃温度的分组

组　别	引燃温度 t/℃	设备最高表面温度/℃
T1	450 < t	450
T2	300 < t≤450	300
T3	200 < t≤300	200
T4	135 < t≤200	135
T5	100 < t≤135	100
T6	85 < t≤100	85

注：气体或蒸气爆炸性混合物分级分组举例应符合 GB/T50058—1992 附录三的规定。

2）防爆电气设备的标志除铭牌上有标注外，且必须在设备本身的明显处有清晰的凸纹标志，仪器、仪表可采用非凸纹的永久性标志。

标志的组成是由表 13-15 中的型式、类别级别、组别的字母、数字按顺序标出的，如：deⅡCT6，读者可对照表 13-15 来分析这台设备的防爆性能。当无隔爆和增安部件时，则这个位置的标注用“0”来代替，如 d0ⅡCT6。

目前，工程中仍有标为旧标注的防爆电气设备，它们标注的方法与上述相同，只是使用的字母和数字不同，代表的意义不同。

类型标注的意义、级别、组别标注的意义见表 13-18。级别见表 13-19 的意义标注。这种标注方法，一是把设备的主体标注写有前面，部件标注写在后面。如 B3Ad、AB3d、A3d、B3d、Coe 等。新旧标注的对照见表 13-20。

表　13-18-1

序号	类　型	标　志	
		工厂用	矿　用
1	安全型	A	KA
2	隔爆型	B	KB
3	充油型	C	KC
4	通风、充气型	F	KF
5	安全火花型	H	KH
6	防爆特殊型	T	KT

表　13-18-2

级　别	试验最大不传爆间隙 δ/mm
1	$1.0<\delta$
2	$0.6<\delta\leqslant1.0$
3	$0.4<\delta\leqslant0.6$
4	$\delta\leqslant0.4$

表　13-18-3

组　别	爆炸性混合物的自燃温度 T/℃
a	$450<T$
b	$300<T\leqslant450$
c	$200<T\leqslant300$
d	$135<T\leqslant200$
e	$100<T\leqslant135$

表　13-19

级　别	引燃电流/mA
Ⅰ	>120
Ⅱ	70～120
Ⅲ	<70

2. 工厂用防爆电气设备

（1）隔爆型断路器

1）S-2 型断路器由隔爆外壳与壳内自动断路器、变压器等元件组成。

外壳用钢板焊接而成，壳与盖螺栓法兰连接，隔爆间隙 0.2mm 以下，内装 DZ10-100/324 型断路器，保护短路或过载；还有分励脱扣器，可远距离分断，额定电压为 220V，与降压电阻串联于 380V 线电压之上；内装供照明用的变压器，380/36V。开关用手柄壳外手动操作，有专用进出线孔。

技术数据：额定电压 380V，额定电流 100A，电磁脱扣器有 15A、20A、25A、30A、40A、50A、60A、80A 共八种，瞬时动作整定电流分别为其额定电流的 10 倍，外形及安装尺寸见图 13-21。标志 B3d。

可用于 380V 线路中，作不频繁地接通和断开电路之用。

表 13-20　防爆电气设备新旧类型标志对照表

类　型		标　志	
旧	新	旧	新
防爆安全型	增安型	A	e
隔爆型	隔爆型	B	d
防爆充油型	充油型	C	o
防爆通风、充气型	正压型	F	p
/	充砂型	/	q
/	无火花型	/	n
安全火花型	本质安全型	H	i
防爆特殊型	浇封型	T	m

注：旧类型在标志前加“K”字者为煤矿用防爆电气设备。新类型标志“Ⅱ”者为工厂用防爆电气设备；标志“Ⅰ”者为煤矿用防爆电气设备。

2）DZ58 型断路器。由隔爆外壳与装于壳内的断路器元件及指示灯组成，DZ5810-80 型壳外手柄操作，DZ5811-20 型壳外操纵杆操作。均可保护短路和过载。

DZ5810-80 型，380V80A 3 极电磁脱扣器整定电流为 80A，复式脱扣整定电流为 50A 和 40A。

DZ5811-20/2 型，220V20A 2 极电磁脱扣器整定电流为 10A 和 6～6.4A。

DZ5811-20/3 型，380V20A 3 极电磁脱扣器整定电流为 10A。

外形及安装尺寸见图 13-22 和图 13-23。标志 B3d。

（2）隔爆型刀开关　外壳为圆形，钢板焊成，螺栓法兰连接，隔爆间隙 0.2mm 以下，壳外手柄操作，接线盒于壳外上端，且盒正面有电压表可作为电源指示，技术数据见表 13-21，外形及安装尺寸见图 13-24。标志 B3d。

（3）防爆熔断器　盒由铸铁铸成，并有切换开关，熔体的插头与切换开关有联锁装置，在调换熔丝时必须将切换开关切断，当开关在接通位置时插头不能插入。上下端有进出线接线盒，进出线口为 ϕ20mm 带螺纹。主体为隔爆型，接线盒为安全型，分三极、单极两种，又分户内，户外式，定货时需说明，其外形及安装尺寸见图 13-25 和表 13-22，技术数据见表 13-23。标志 B3Ad。

（4）防爆照明盘　由铸铝合金制成的安全型端子箱、电源箱及由铸铁制成隔爆型开关箱组成。开关

箱内装有一只双极单投转换开关和一只 RL 型熔断器，通过盖上的手柄来操作开关。端子箱的接线端子，其引出线可用 ϕ20mm 钢管或外径不大于 ϕ12mm 的橡胶电缆。接线箱与电源箱作为进线用，电缆外径最大为 ϕ30mm，密封圈最大孔径为 ϕ24mm，标志 B3Ad。

外形及安装尺寸见图 13-26 和表 13-24，技术数据见表 13-25。

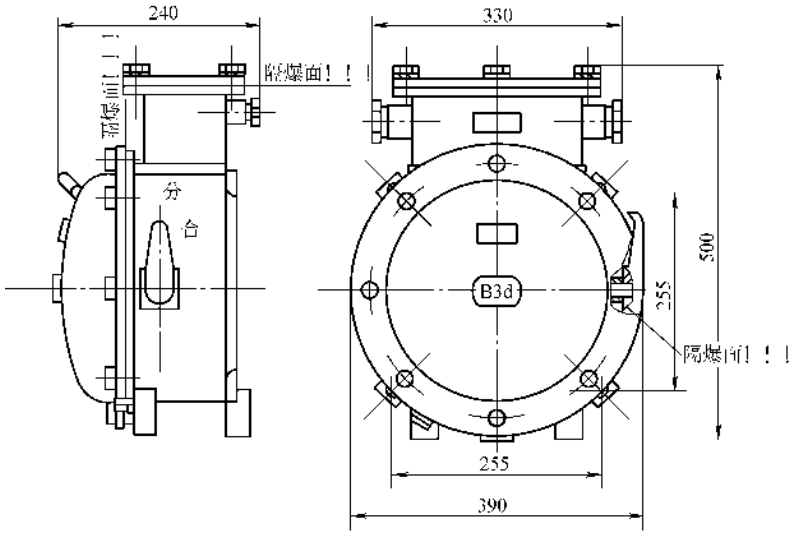


图 13-21 S-2 型隔爆断路器外形及安装尺寸

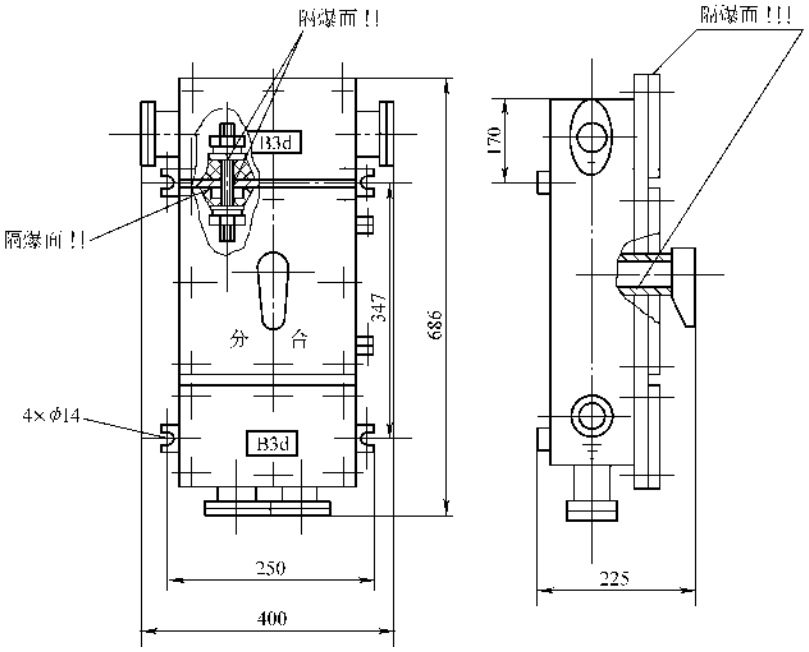


图 13-22 DZ5810-80 型隔爆断路器外形及安装尺寸

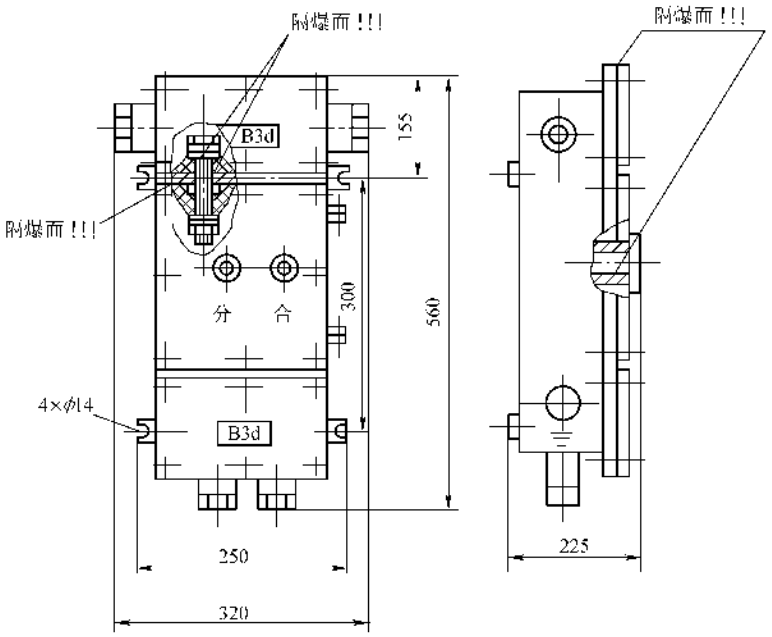


图 13-23　DZ5811-20 型隔爆自动空气开关外形及安装尺寸

表 13-21　技术数据

型　号	内装元件		额定电流/A	质量/kg
	刀开关	交流电压表		
HD5810-150	HD14-200	62T2-V 型	150	60
HD5810-300	HD14-400	62T2-V 型	300	60
HD5810-150	HD14-200	—	150	60
HD5810-300	HD14-400	—	300	60

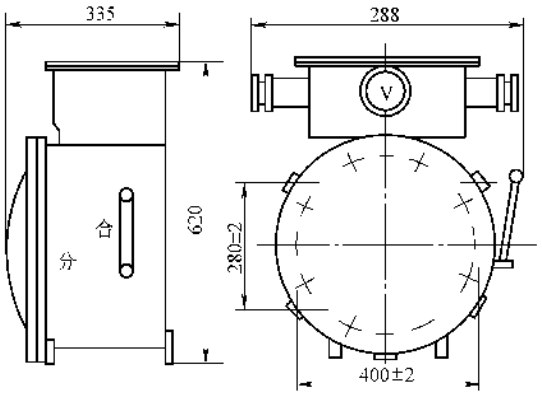


图 13-24　HD5810 型隔爆刀开关外形及安装尺寸

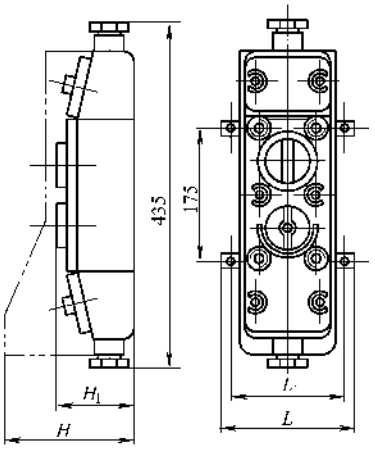


图 13-25　YG 系列防爆熔断器外形及安装尺寸

表 13-22　YG 系列防爆熔断器盒外形及安装尺寸

环境	型号	尺寸/mm			
		L	L_1	H	H_1
户内	YG-2	160	140	262	132
户外	YG-3	200	180	262	132

表 13-23 YG 系列防爆熔断器盒技术数据

型号	额定电压/V	额定电流/A	熔体额定电流/A	极限分断电流/A	防爆标志	配线方式	密封圈最大孔径/mm	出线口钢管直径/mm	质量/kg
YG-2 YG-3	220 单极 380 三极	10	10、6、5、4、2	2000 3500	B3Ad	电缆 钢管	ϕ12	ϕ20	8.0

注：熔体采用 RL1-15 型熔断器中的熔体。

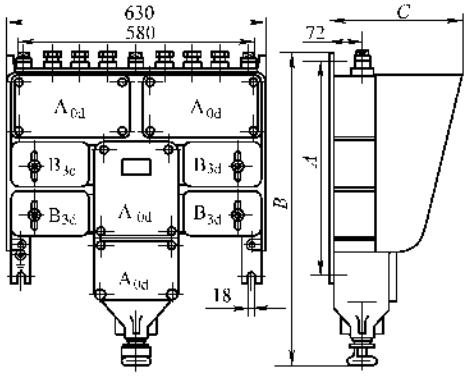


图 13-26 XBG-1 系列防爆照明盘外形及安装尺寸

表 13-24 XBG-1 系列防爆照明盘外形及安装尺寸

型号	尺寸/mm		
	A	*B*	*C*
XBG-1-4	540	770	390
XBG-1-6	665	895	475
XBG-1-8	790	1020	525
XBG-1-10	915	1145	625
XBG-1-12	1040	1270	690

分户内户外两种，订货时连配线方式应注明。

（5）电磁起动器

1）QC5 型防爆电磁起动器。由铁壳组成，供石油化工等场所在事故情况下有爆炸危险的场所使用，标志 B3Ad，外形尺寸见图 13-27，技术参数见表 13-26。

2）BQJ51 型隔爆自耦减压电磁起动器。由铁壳组成，可起动 380V75kW 笼型电动机，内装起动元件，外形尺寸见图 13-28，技术参数见表 13-27，标志 B3d。

3）BQD52 型隔爆电磁起动器。由铁壳组成，可控 380V75kW 电动机一台，1.5kW 电动机两台，外形及安装尺寸见图 13-29，技术数据见表 13-28，标志 B3d。

4）QC58 型隔爆电磁起动器。铁壳组成，控制 380V 电动机，外形及安装尺寸见图 13-30，技术参数见表 13-29，标志 B3d。

5）QZ584 型隔爆综合电磁起动器。铁壳组成，用于远距离直接起动、停止、换向、电压 380V 的防爆电葫芦的电动机，外形及安装尺寸见图 13-31，技术参数见表 13-30。

表 13-25 XBG-1 系列防爆照明盘技术数据

型号	额定电压/V	额定电流/A	防爆标志	分支路数	配线方式		密封圈最大孔径/mm		钢管最大直径/mm	质量/kg
					进线	出线	进线	出线	出线	
XBG-1-4	220	25	B3Ad	4	电缆	电缆 钢管	ϕ24	ϕ12	ϕ20	69
XBG-1-6				6						100
XBG-1-8				8						120～125
XBG-1-10				10						140～150
XBG-1-12				12						170～175

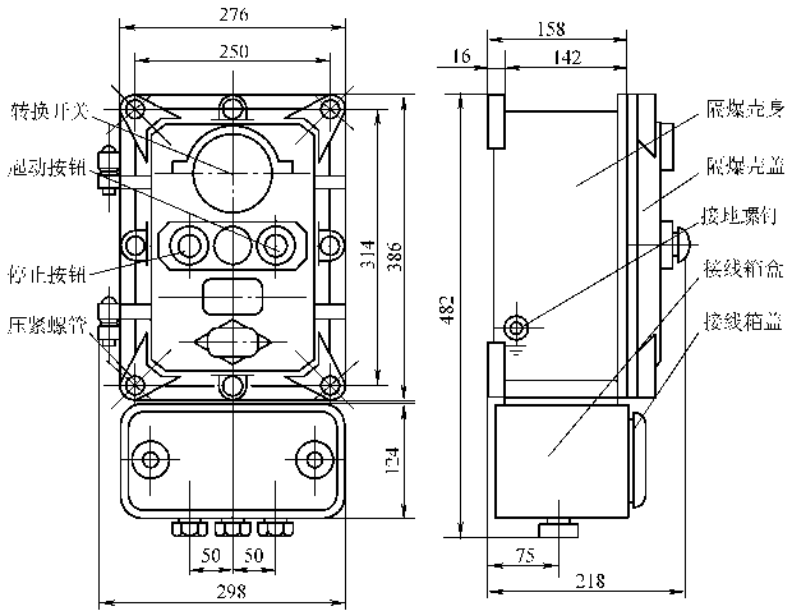


图 13-27　QC5 型防爆电磁起动器外形及安装尺寸

表 13-26　QC5 电磁起动器技术参数

额定电压/V	额定电流/A	被控电动机最大容量/kW		额定操作频率通电率为 40%/(次/h)	热元件额定电流/A	熔体额定电流/A	主回路熔断器分断能力/A	质量/kg
		220V	380V					
380	20	5	8	600	2.5 4.0 6.4 10 16 25	20 20 20 30 50 60	5000	50

6）S 形隔爆可逆电磁起动器　铁壳组成，内装交流接触器、熔断器等元件，可远距离操作，电压 380V，标志 B3d。外形及安装尺寸见图 13-32 和表 13-31，技术参数见表 13-32。

（6）DKCB 型安全火花集中控制屏　该控制屏为组合式抽屉开关柜汇集组合而成，每一抽屉柜均由各种规格抽屉组成，每一抽屉控制一台防爆电动机，22kW 以上者置于大抽屉之内，22kW 及以下者置于小抽屉之内，其组合型式有三种，见表 13-33。

主要技术性能及使用方式

1）电动机集中控制屏适用于控制安装在危险区内的各类电动机，其控制框图见图 13-33。危险区主令元件的等级为 H3b；指示灯回路的等级为 H2b；音响回路的等级为 H2b。

①　被控电动机均为隔爆型笼型电动机，380V，可分不可逆、可逆、自动重合闸三种起动方式。

②　起动装置除放在防爆现场控制按钮等主令电器和指示灯外，其他元件均置于抽屉内，控制电源为 220V 和 36V，由 380/220/36V 控制变压器供电。由于控制回路采用了防爆安全火花型线路，故在防爆现场为此配套的主令电器（如按钮、行程开关等）均可使用非隔爆一般元件，同时该屏适用于高防爆要求的车间现场。

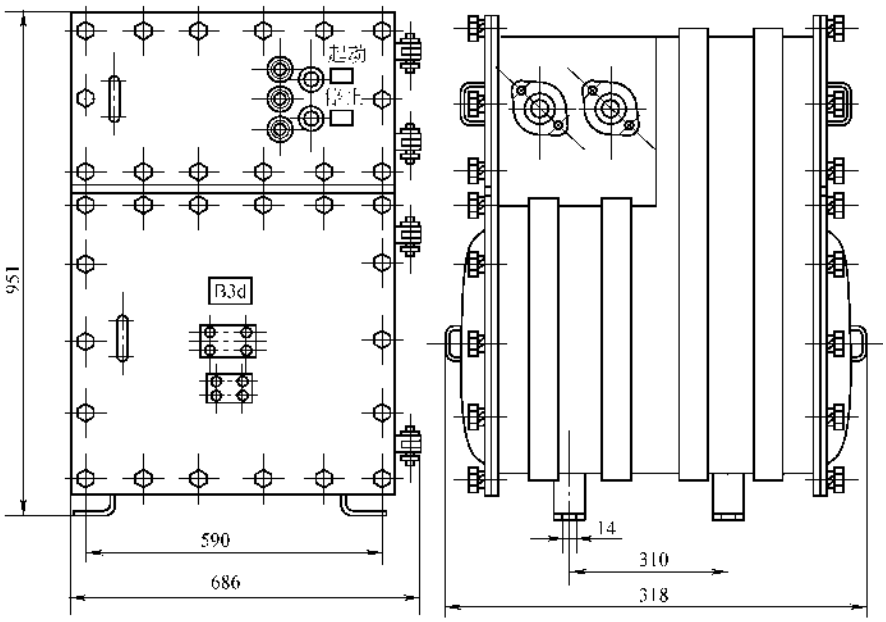


图 13-28 BQJ51 型隔爆自耦减压电磁起动器外形及安装尺寸

表 13-27 BQJ51 自耦减压起动器技术数据

型　　式	额定电压/V	额定电流/A	被控制电动机的最大功率/kW	自耦变压器容　量/kVA	热继电器额定电流/A	热元件电流调整范围/A	主线路熔体额定电流/A
BQJ51-150	380	150	75	75	38 57 86 125 176	24～31～38 37～47～57 51～71～86 85～100～125 124～150～176	150 200 250 300 350

③ 起动装置主要有断路器、接触器、热继电器、熔断器、指示灯、小开关等，其容量由被控电动机而定。

④ 起动装置具有过载、短路、失电压、断相等保护功能。

⑤ 起动装置与电源母线、电动机电缆通过插接件连接，通过安全栅与现场主令电器及指示灯连接。

2）照明控制箱适用于现场照明灯具的控制及配电，见框图图 13-34。照明回路为 220V，集中控制或单独控制，回路数按要求而定，灯具系防爆型高压水银灯或其他防爆灯，由配电箱供电。配电箱包括空开、接触器，装在抽屉中，通过安全栅和现场开关相连。

（7）防爆微动开关　可做为防爆场所中，220V 及以下，阀门或其他自动控制装置发出信号及连动机构限位用。由铸铁外壳及铸铝合金制成的安全型外壳两部组成，出线口可用 15mm 钢管，外形尺寸见图 13-35，技术数据见表 13-34。

（8）防爆行程开关　用于 380V 连动机构行程的转向、变速切换，其传动装置及复位方式见表 13-35，外形及安装尺寸见图 13-36～图 13-39。技术数据见表 13-36。其型号很多，现仅举此例。

（9）防爆照明开关　用于 380V 及以下，额定电流 10A 的照明电流的切换，其外形及安装尺寸见图 13-40，技术数据见表 13-37。

（10）防爆切换开关　用于 380V 及以下，作为接通和分断电路之用，其外形及安装尺寸见图 13-41，接线见图 13-42，技术数据见表 13-38。

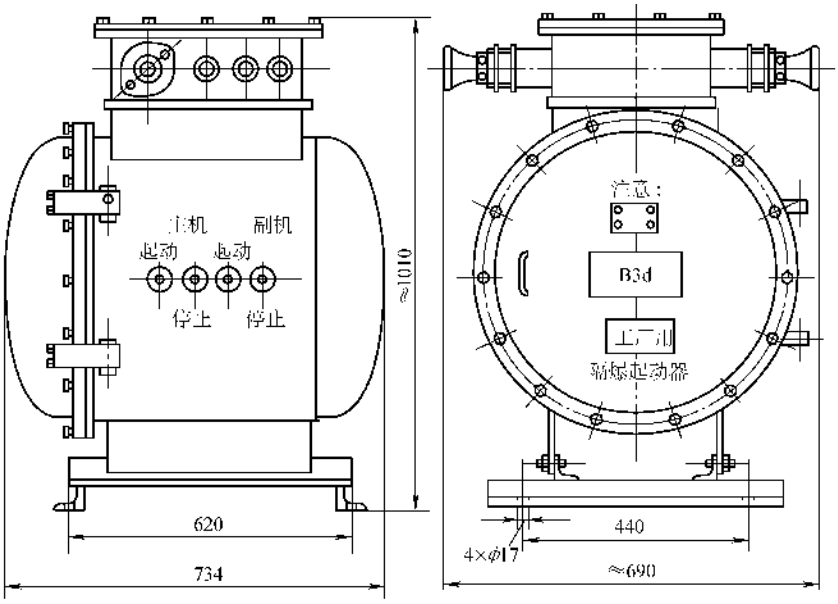


图 13-29　BQD52 型隔爆电磁起动器外形及安装尺寸

表 13-28　BQD52 电磁起动器技术数据

型　　式	额定电压/V	额定电流/A	被控制电动机的最大功率/kW	热继电器额定电流/A	热元件额定电流/A	主线路熔断器额定电流/A	控制线路熔断器额定电流/A
BQD52-150	380	150	75	176	38　57 86　125 176	200 225 260 300 350	6
		3	1.5	10	0.35　0.5 0.72　1.1 1.6　2.4 3.5		

（11）防爆按钮　防爆按钮用于交流 380V 及以下、直流 220V 及以下，额定电流 5A 的电路中，作为远距离控制电磁式电器及信号用。

1）LA 系列防爆按钮见图 13-43，表 13-39。

2）LA52 系列防爆油浸按钮见图 13-44、表 13-40。

3）LA5817 系列电动葫芦防爆按钮见图 13-45、表 13-41 和表 13-42。

（12）防爆插销

1）BCD53 系列防爆插销可用于 380V 及以下，在钢管或缆进线的情况下，连接照明灯及小型电动机等设备，外形及安装尺寸见图 13-46，技术数据见表 13-43。

2）AC5-30W 型户外隔爆型插销可用于 380V、30A 线路中，作连接照明及小型电动机等用电设备，外形及安装尺寸见图 13-47，技术参数见表 13-44。

（13）隔爆信号灯　用于交流 220/110V 电路中作各种灯光信号用，外形尺寸见图 13-48，技术数据见表 13-45。

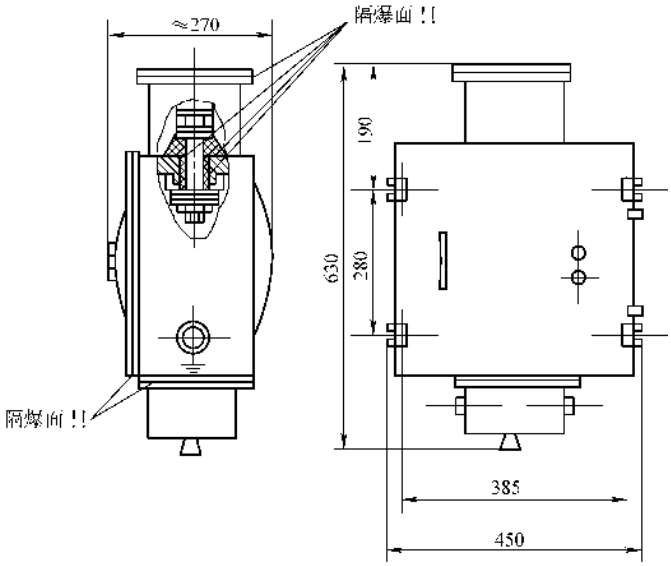


图 13-30 QC58 型隔爆电磁起动器外形及安装尺寸

表 13-29

型 号	额定电压/V	额定电流/A
QC5830-80	380	80
QC5831-16N		16

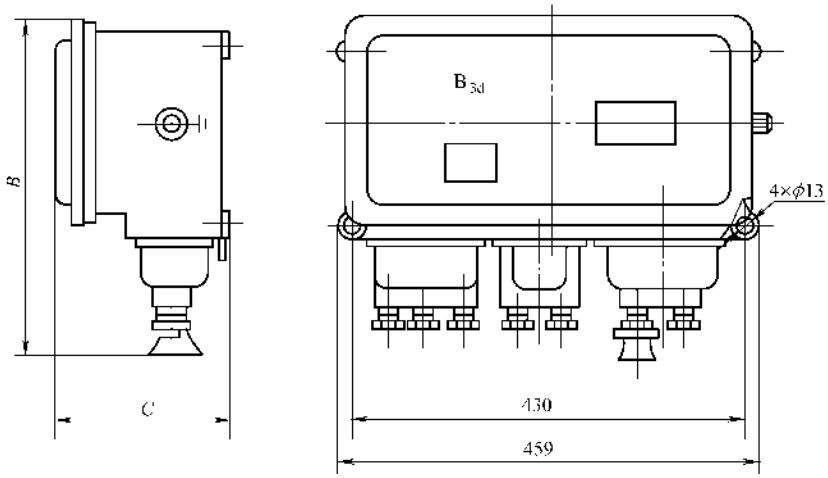


图 13-31 QZ584 型隔爆综合电磁起动器外形及安装尺寸

表 13-30　QZ584 综合电磁起动器技术数据

型　　号	额定电流/A	额定电压/V	控制电动机最大功率/kW	操作频率/(次/h)
QZ584-4/4NA	4/4	380	2/2	600
QZ584-15/4NA	15/4	380	7.5/2	600

型　　号	通电持续率(%)	出线口个数	电缆外径/mm	质量/kg
QZ584-4/4NA	40	7	4～ϕ12 3～ϕ15	34
QZ584-15/4NA	40	7	3～ϕ12 3～ϕ15 1～ϕ18	40

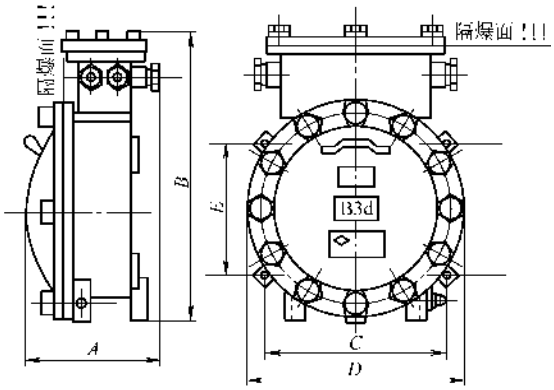


图 13-32　S 形隔爆可逆电磁起动器外形及安装尺寸

表 13-31　外形尺寸

型　号	尺寸/mm				
	A	*B*	*C*	*D*	*E*
S-3	290	460	255	365	255
S-4	250	580	380	490	270

表 13-32　技术参数

额定电压/V	额定电流/A	主线路熔体额定电流/A		控制线路熔体电流/A	质量/kg	
		S-3 型	S-4 型		S-3	S-4
380	30	2、4、5、6、10、15、20、25、30、35、40、50、60	20、25、30、35、40、50、60	2	45	45

表 13-33　DKCB 型集中控制屏分类

类别	使用方式	组成元件(防爆型控制抽屉)			
		22kW 以下控制装置抽屉	55kW 控制装置抽屉	安全栅抽　屉	电源抽屉
1	并列	7		1	
	单屏	6		1	1
2	并列	3	2	1	
	单屏	2	2	1	1
3	并列	1	3	1	
	单屏		3	1	1

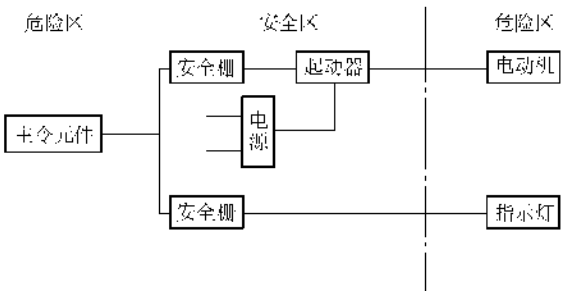


图 13-33　动力集中控制框图

表 13-34 WS55-11 型防爆微动开关的技术数据

额定电压/V	额定电流/A	防爆标志	顶杆工作行程/mm	压力/N	触头对数		密封圈最大孔径/mm	配线方式	质量/kg
					常开	常闭			
220	0.5	B2AC	1.5±0.5	25±3	1	1	φ10	电缆	1.0

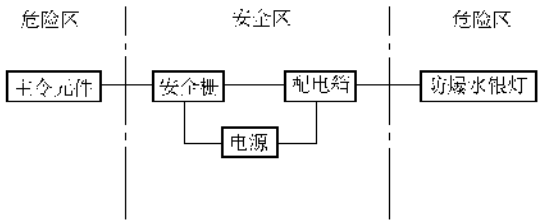


图 13-34 照明集中控制框图

表 13-35 LX5 系列防爆行程开关传动装置及复位方式

型号	传动装置及复位方式	示图
LX5-110	直动式下出线	图 13-36
LX5-120	直动式侧出线(右)	图 13-37
LX5-130	直动式侧出线(左)	图 13-38
LX5-211	转动式下出线能自动复位	图 13-39Ⅳ
LX5-221	转动式侧出线能自动复位	图 13-39Ⅱ
LX5-212	转动式下出线不能自动复位	图 13-39Ⅲ
LX5-222	转动式侧出线不能自动复位	图 13-39Ⅰ

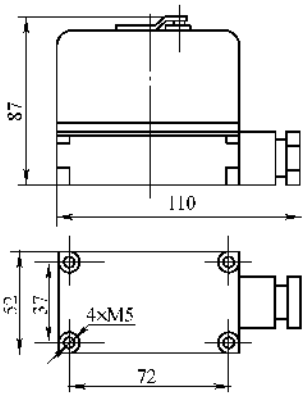


图 13-35 WS55-11 型防爆微动开关外形及安装尺寸

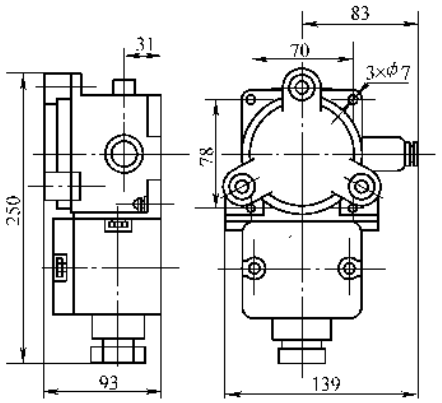


图 13-37 LX5 系列防爆行程开关(直动右侧出线)外形及安装尺寸

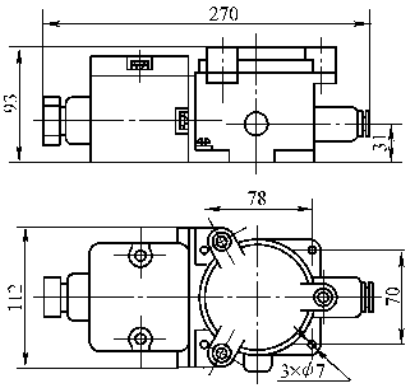


图 13-36 LX5 系列防爆行程开(直动下出线)外形及安装尺寸

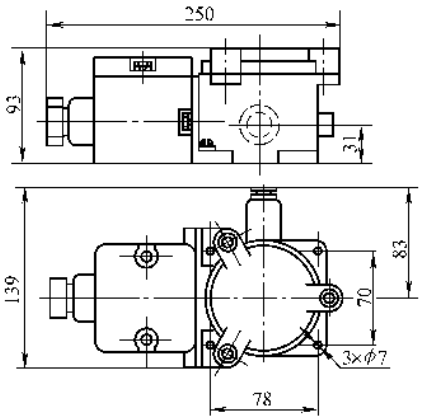


图 13-38 LX5 系列防爆行程开关(直动左侧出线)外形及安装尺寸

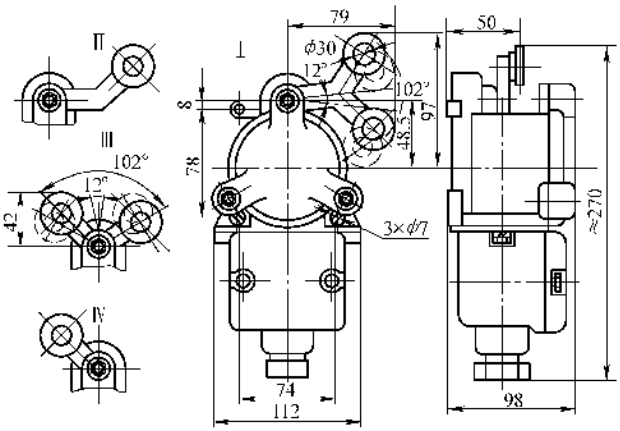


图 13-39　LX5 系列防爆行程开关(转动式)外形及安装尺寸

表 13-36　LX5 系列防爆行程开关技术数据

开关形式	额定电压/V		额定电流/A	防爆标志	触头对数/对		触头转换时间/s	操作速度/(m/min)	动作角度	工作行程/mm	配线方式	密封圈最大孔径/mm	质量/kg
	交流	直流			常开	常闭							
直动	380	220	5	B3Ad	1	1		>0.4		10～12	电缆	Φ12	6.0
转动							≤0.04		≈12°				

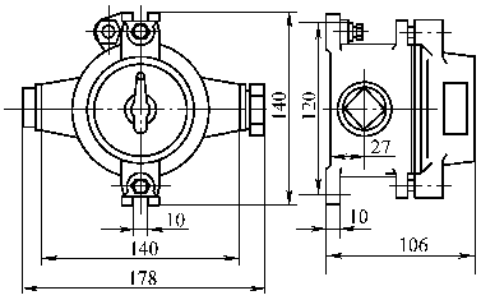


图 13-40　SW10 型防爆照明开关外形安装尺寸

表 13-37　SW10 型防爆照明开关技术数据

额定电压/V	220
额定电流/A	10
防爆标志	AB3d A3d
配线方式	电缆、钢管
电缆密封圈最大孔径/mm	12、15
钢管布线管径/mm	Φ20
重量/kg	1.2

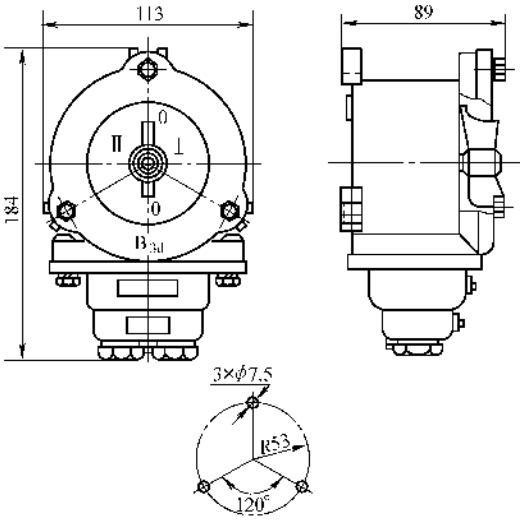


图 13-41　HZ5810-5 型防爆切换开关外形及安装尺寸

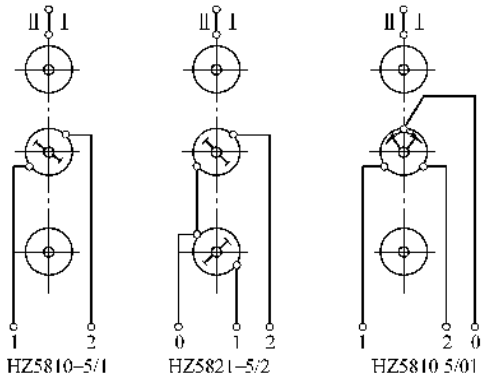


图 13-42　HZ5810-5 型防爆切换开关接线图

表 13-38 HZ5810-5/□型厂用防爆切换开关技术数据

型号	额定电压/V		额定电流/A	防爆标志	配线方式	密封圈最大孔径/mm	质量/kg
	交流	直流					
HZ5810-5/1 HZ5810-5/2 HZ5810-5/02	380 及以下	220 及以下	5	B3d	电缆	9	—

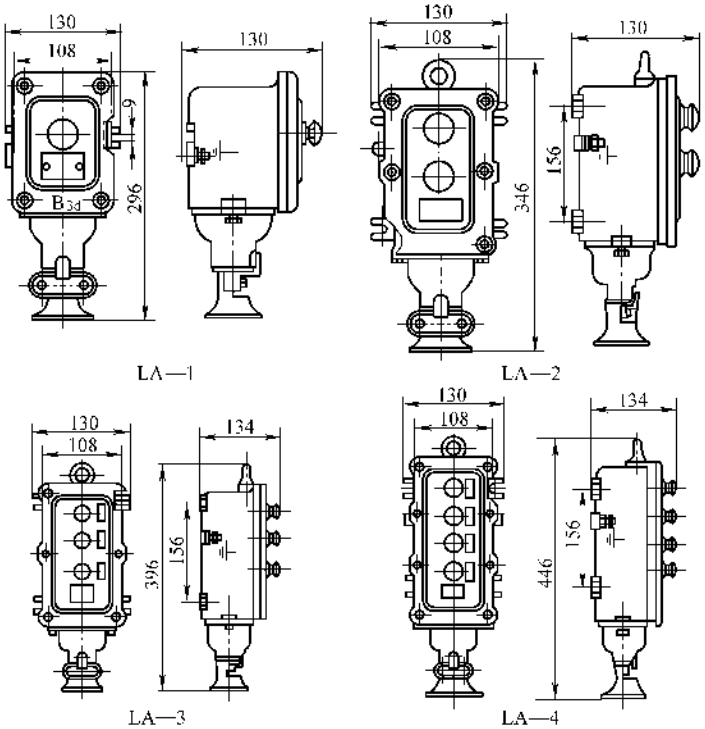


图 13-43 LA 系列防爆按钮外形及安装尺寸

表 13-39 LA 系列防爆控制按钮技术数据

型号	额定电压/V		额定电流/A	防爆标志	钮数	触头对数		标志	配线方式	密封圈最大孔径/mm	钢管直径/mm
	交流	直流				常开	常闭				
LA-1	380	220	5	B3d	1	1	1		电缆或钢管	ϕ20	ϕ25
LA-2					2	2	2	起动 停止			
LA-3					3	3	3	停止 向前 向后 向左 向右			
LA-4					4	4	4	慢升 慢降 快升 快降 慢反 慢正 快反 快正			

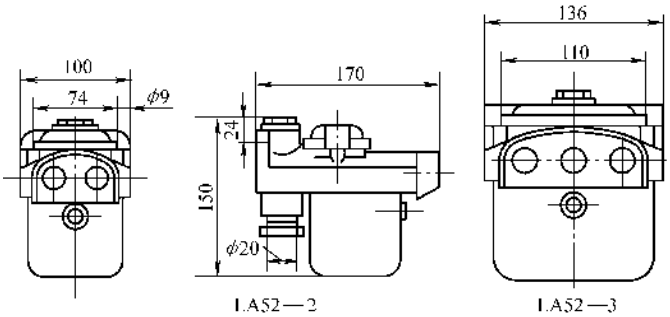


图 13-44　LA52 系列防爆油浸按钮外形及安装尺寸

表 13-40　LA52 系列防爆油浸控制按钮技术数据

型　号	额定电压/V		额定电流/A	防爆标志	配线方式	按钮数	触头对数		质量/kg
	交　流	直　流					常　开	常　闭	
LA52-2 LA52-3	380	220	5	C0e(Y0e)	电缆、钢管	2 3	2 3	2 3	2

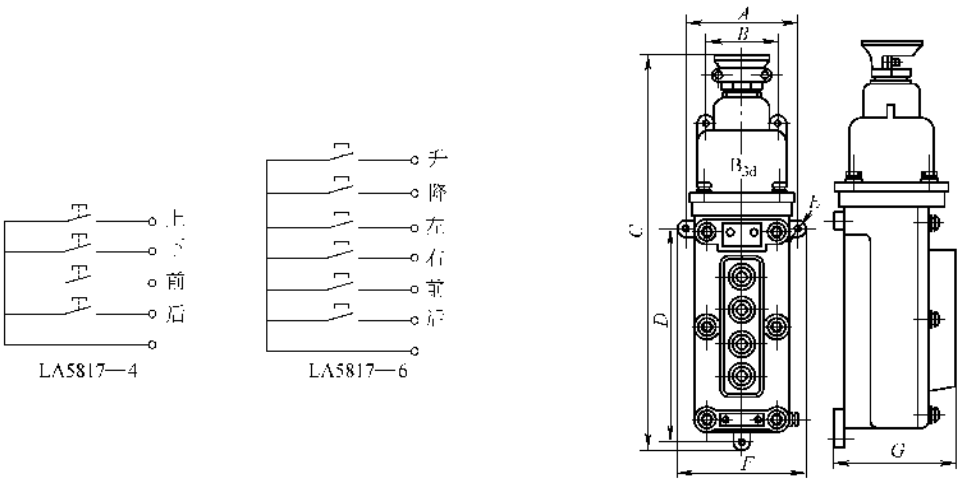


图 13-45　LA5817 电动葫芦防爆按钮外形安装尺寸及接线示意图

表 13-41　LA5817 电动葫芦控制按钮外形及安装尺寸

型号	尺　寸/mm						
	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*
LA5817-4	98	63	360	189	φ6.5	117	105
LA5817-6	98	63	420	249	φ6.5	117	105

表 13-42　LA5817 系列电动葫芦防爆控制按钮技术数据

型　号	额定电压/V	额定电流/A	防爆标志	配线方式
LA5817-4 LA5817-6	380	5	B3d	电缆

型　号	密封圈最大孔径/mm	钮数	常开触头对数	质量/kg
LA5817-4	φ14.5	4	4	3.5
LA5817-6	φ16.5	6	6	4

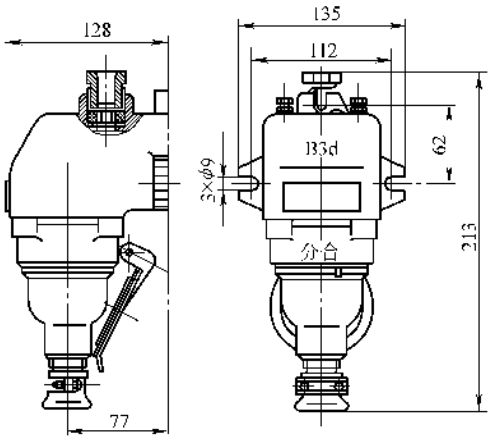


图 13-46 BCD53-15W 型防爆插销外形及安装尺寸

表 13-43 BCD53-15W 型防爆插销技术数据

型　　号	额定电压/V	额定电流/A	相数	防爆标志	防护等级
BCD53-15W	220 380	15	1 3	B3d	IP53

型　　号	配线方式	引入电缆外径/mm	进线口螺纹直径/mm	质量/kg
BCD53-15W	电缆、钢管	10、14	φ20	3

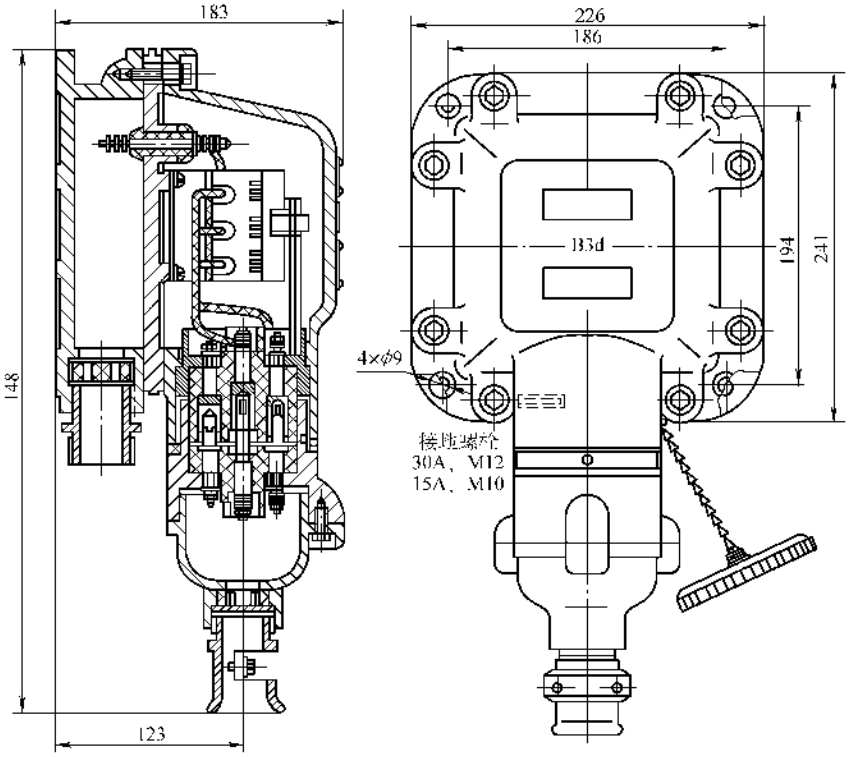


图 13-47 AC5-30W 型户外隔爆插销外形及安装尺寸

表 13-44 AC5-30W 型户外隔爆插销技术数据

型　　号	额定电压/V	相　　数	额定电流/A	防爆标志	配线方式	电缆最大外　　径/mm	引入口螺纹直径/mm	质量/kg
AC5-30W	380	三相四线	30	B3d	钢管引入	φ22	φ32-左	27

注:引入口螺纹直径栏内的“左”,表示左旋螺纹。

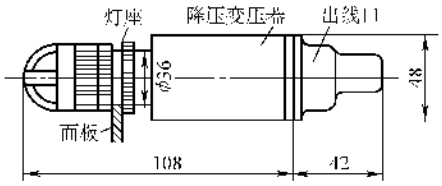


图 13-48　CCB-2 型防爆信号灯外形及尺寸

表 13-45　CCB-2 型防爆信号灯技术数据

额定电压/V	110/12、220/12
额定功率/W	2
防爆标志	B3Ad
配线方式	钢管、电缆
灯头型式	E10
色别	红、黄、蓝、绿、白
质量/kg	2.3

（14）防爆照明变压器　BBK 防爆照明变压器外形尺寸及安装尺寸见图 13-49，技术数据见表 13-46。

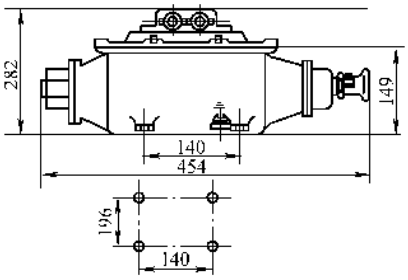


图 13-49　BBK 系列防爆照明变压器外形及安装尺寸

表 13-46　BBK 系列防爆照明变压器技术数据

型　　号	额定容量/kVA	高　压侧电压/V	低压侧电压/V		防爆标志
			额定值	空载（≤）	
BBK-0.2 BBK-0.25 BBK-0.3 BBK-0.4	0.2 0.25 0.3 0.4	220	12、24、36、127	13.8 27.6 41.4 146	B3d

（续）

型　　号	空载电流（%）	配线方式	密封圈最大孔径/mm		效率不低于（%）	质量/kg
			一次	二次		
BBK-0.2 BBK-0.25 BBK-0.3 BBK-0.4	10	电缆 钢管	φ32	φ15	87	16.5

（15）防爆接线盒　该盒可用于 380V 及以下的线路中，作为照明电缆敷设元件和电缆的连接之用，其结构形式见表 13-47。

表　13-47

防爆型式		安全型及隔爆型	
布线方式		钢　　管	电　　缆
结构	型式	一通、直二通、直角二通、三通、四通	
	盖子	盖子带出线口或盖子不带出线口	
	管径	G15、G20、G25、G32、G40、G50	

外形尺寸见图 13-50 及表 13-48。技术数据见表 13-49。

钢管布线的接线盒备有活接头，便于钢管与接线盒连接；当电缆布线时，则改用压紧螺母。在盒内有接线瓷板或瓷盘。接线盒各通口有橡胶封垫、垫圈、压紧螺母，保证密封。外壳一般由铸铁或铸铝合金制成，G25 以上的设有防拔脱装置。

（16）防爆挠性连接管　该管用于连接防爆电器进线用，如防爆电机，现场仪表、电动变送器、电接点压力计、压力开关、热电偶、接电阻等进行保护管以及弯曲度较大、用钢管布线有困难的地方亦可采用挠性连接管。

该管两端为螺纹活接头，材质为 20 号钢加工并镀锌。螺纹型式有三种：

1）一端外螺纹，另一端为内螺纹；

2）二端均为内螺纹或外螺纹；

3）一端为英制螺纹，另一端为米制螺纹。

活接头两端分别与镀锌金属软管焊接牢固严密，外包帘织线强力层，并用钢丝扎紧，再模压硫化橡胶外护层，结构及外形见图 13-51。技术数据见表 13-50。

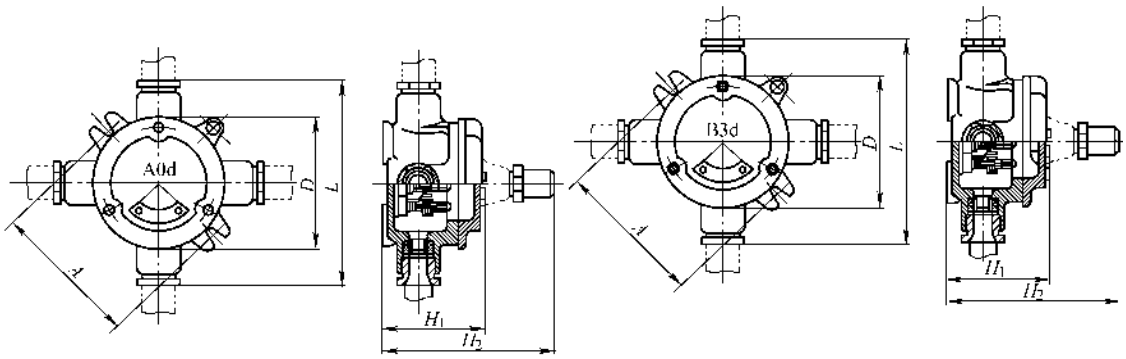


图 13-50 AH 系列防爆接线盒外形及安装尺寸

表 13-48 AH 系列防爆接线盒外形及安装尺寸

管径	A0d、B3d 尺寸/mm				
	A	D	L	H_1	H_2
G15	110 ± 2	ϕ102	174	72	140
G20	110 ± 2	ϕ102	178	72	140
G25	110 ± 2	ϕ102	190	72	140
G32、G40	160 ± 2	ϕ142	228	97	167
G50	143	—	317	105	206

表 13-49 AH 系列防爆接线盒技术数据

额定电压/V	钢管和电缆最大规格		防爆标志	可吊灯管径/mm	质量/kg
	管径/mm	电缆截面积/mm^2			
380	G15、G20	2.5	A0d B3d	可吊灯管径为 G20 或与进出线口管径相同	4
	G25	4			
	G32、G40	10			
	G50	10	B3d		

(17) 防尘挠性连接管 该管可作为防水、防尘、防腐蚀性电器进线保护管，结构与 ANG 管基本相同，但无帘织线，不得承压，气密性好，耐老化腐蚀，技术数据见表 13-51。

(18) 防爆隔离密封盒 该盒由 6% 的锰铸铁制成，螺纹连接，使用密封填料填充内部空腔，结构形式分三种：排水型（防滴式）、纵向型、横向型，技术数据见表 13-52。

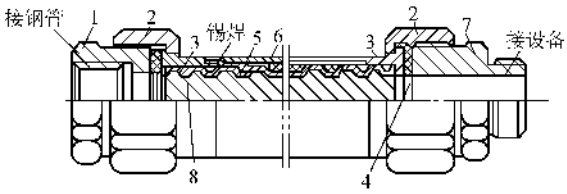


图 13-51 ANG、NG_e、BNG、NG_d 系列防爆挠性连接管

1—内螺纹接头 2—接头螺母 3—内接头 4—密封垫 5—帘织线 6—橡胶套管 7—外螺纹接头 8—镀锌金属软管

(19) 防爆活接头 该接头用 20 号优质钢制成，A 型两端均为内螺纹，B 型一端为内螺纹，另端为外螺纹。适用于 380V 及以下钢管之间、防爆隔离密封件与钢管之间、弯管与直管之间的连接，且可用于轻微腐蚀气体、蒸气场所。

使用时先把出厂时配带的铅垫放于中间连接的凹槽内，然后拧紧。拆卸时铅垫不得移位，否则密封不良。有关技术数据见表 13-53。

(20) 隔离密封胶泥 该胶泥用聚乙丁烯、活性碳、碳酸钙、石棉、硬脂酸、全损耗系统用油等原料经配合轧炼而成固体胶状物，可用于爆炸危险场所的仪表、电动机、电器、线路中作为填充、堵断、隔离、密封用。操作方便、易于存放、可重复使用。

1) 技术数据

耐热：温度为 90℃、5h 内无流淌、起泡现象。

耐寒：温度为 -50℃时弯曲不裂。

可塑性：温度为 20℃，156g 伞形落锥待 5s 后，针入深度为 0.5 ~ 1mm。

可密性：管径 50mm，穿入 4 根导线，填充高度 50mm，0.05MPa 的压力，15min 不产生气泡。

表 13-50　ANG、NGe、BNG、NGd 系列防爆挠性连接管技术数据

型号及规格	连接管内径/mm	连接管长度/mm	防爆标志	连接螺纹尺寸		承受压力/(N/cm²)	自然弯曲直径不小于/cm	可配电动机容量/kW	
				英制/in	米制/mm			Y 系列	JO2 系列
ANG13×700	13	700	Aoe	$\frac{1}{2}$	20×1.5 20×1.5	25	50	0.55～7.5	0.6～7.5
ANG20×700	20	700		$\frac{3}{4}$	24×1.5 27×1.5		60	11、15	10、13
ANG25×700	25	700		1	32×1.5		100	15、18.5、22	17、22
ANG32×1000	32	1000		$1\frac{1}{4}$	40×1.5		120	22、30、37	30
ANG38×1000	38	1000		$1\frac{1}{2}$	50×1.5		160	37、45	40
ANG51×1200	51	1200		2	60×1.5		180	45、55、75	55、75
ANG64×1200	64	1200		$2\frac{1}{2}$	75×1.5		200	75	
ANG75×1400	75	1400		3	90×1.5		220		100
BNG13×700	13	700	B3d	$\frac{1}{2}$	20×1.5 22×1.5	100	50	0.55～7.5	0.6～7.5
BNG20×700	20	700		$\frac{3}{4}$	24×1.5 27×1.5		60	11、15	10、13
NGe13×700	13	700	Aoe	$\frac{1}{2}$	20×1.5 20×1.5	25	围转直径是挠性管外径的10倍	0.55～7.5	0.6～7.5
NGe20×700	20	700		$\frac{3}{4}$	24×1.5 27×1.5			11、15	10、13
NGe25×700	25	700		1	32×1.5			15、18.5、22	17、22
NGe32×1000	32	1000		$1\frac{1}{4}$	40×1.5			22、30、37	30
NGe38×1000	38	1000		$1\frac{1}{2}$	50×1.5			37、45	40
NGe50×1200	50	1200		2	60×1.5			45、55、75	55、75
NGe63×1200	63	1200		$2\frac{1}{2}$	75×1.5			75	
NGe75×1400	75	1400		3	90×1.5				100
NGd13×706	13	700	B3d	$\frac{1}{2}$	20×1.5 22×1.5	100		0.55～7.5	0.6～7.5

（续）

型号及规格	连接管内径/mm	连接管长度/mm	防爆标志	连接螺纹尺寸		承受压力/(N/cm²)	自然弯曲直径不小于/cm	可配电动机容量/kW	
				英制/in	米制/mm			Y 系列	JO2 系列
NGd20×700	20	700	B3d	$\frac{3}{4}$	24×1.5	100	围转直径是挠性管外径的10倍	11、15	10、13
					27×1.5				
NGd25×700	25	700		1	32×1.5			15、18.5、22	17、22
NGd32×1000	32	1000		$1\frac{1}{4}$	40×1.5			22、30、37	30
NGd38×1000	38	1000		$1\frac{1}{2}$	50×1.5			37、45	40
NGd50×1200	50	1200		2	60×1.5			45、55、75	55、75
NGd63×1200	63	1200		$2\frac{1}{4}$	75×1.5			75	
NGd75×1400	75	1400		3	90×1.5				100

表 13-51　FNG 系列防尘挠性连接管技术数据　（单位：mm）

规格（内径×长度）	13×700	20×700	25×700	32×700	38×700	51×1200	64×1200	75×1400

表 13-52　BBC、BZCI(II)、BHCIII 系列防爆隔离密封盒技术数据

型号	图例	额定电压/V	防爆标志	安装拧入扣数不少于	空腔净容积/cm³	外形尺寸/mm	参考填料数/cm³
BBC-20	BBC	380	B3d	6	61.2	90×38×84	30.6
BBC-25					123.6	110×44×86	61.8
BBC-32					237	110×44×105	118.5
BBC-40					328	120×50×117	164
BBC-50					619	120×50×129	309.5
BBC-70					1076	130×56×134	530
BBC-80					1624	130×56×167	812
BZCI-20	BZCI				42.8	90×38×84	25.2
BZCI-25					73.05	110×44×86	48.7
BZCI-32					136.5	110×44×105	91
BZCI-40					178.75	120×50×117	118.5
BZCI-50					297.75	120×50×129	198.5
BZCI-70					506.7	130×56×134	337.8
BZCI-80					790	130×56×167	520

（续）

型　　号	图　　例	额定电压/V	防爆标志	安装拧入扣数不少于	空腔净容积/cm^3	外形尺寸/mm	参考填料数/cm^3
BZCII-20	BZCII	380	B3d	6	27.72	90×38×84	25.2
BZCII-25					53.57	110×44×86	48.7
BZCII-32					92.73	110×44×105	84.3
BZCII-40					218.35	120×50×117	198.5
BZCII-50					259.6	120×50×129	236
BZCII-70					444.4	130×56×134	404
BZCII-80					675.4	130×56×167	614
BHCIII-20	BHCIII				23.5	90×38×84	23.5
BHCIII-25					41.7	110×44×86	41.7
BHCIII-32					86.9	110×44×105	86.9
BHCIII-40					114	120×50×117	114
BHCIII-50					232	120×50×129	232
BHCIII-70					480	130×56×134	480
BHCIII-80					744	130×56×167	744

表 13-53　BHJ 系列防爆活接头技术数据

型　号	额定电压/V	防爆标志	连接管公称直径/mm	安装拧入扣数不得少　于	规格/in①		外形尺寸/mm
					A 型两端内螺纹	B 型一端内螺纹一端外螺纹	
BHJ-$\frac{3}{4}$	380	B3d	20	6	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	ϕ41×66
BHJ-1			25		1	1	ϕ48×66
BHJ-1$\frac{1}{4}$			32		1$\frac{1}{4}$	1$\frac{1}{4}$	ϕ55×66
BHJ-1$\frac{1}{2}$			40		1$\frac{1}{2}$	1$\frac{1}{2}$	ϕ65×78
BHJ-2			50		2	2	ϕ72×78
BHJ-2$\frac{1}{2}$			70		2$\frac{1}{2}$	2$\frac{1}{2}$	ϕ86×86
BHJ-3			80		3	3	ϕ114×86

① 1in = 25.4mm。

防爆性：32.2% 混合氢气传爆试验，不传爆。

击穿电压：2.5mm 厚、试验电压 40kV、1min 击穿。

耐老化性：湿度 35% ~95%，加热温度为 40 ~ 50℃、冷冻 -50℃、淋雨 50.2h、喷雾 10.4h、紫外光照 821h 后稍有褪色，粘性、韧性无变化。

2）使用方法

① 与隔离密封胶泥相接触的管内壁应擦拭干净，不得有油有水，金属表面应除锈。

② 作料堵的充填物应用不燃性材料，应填实并确保胶泥的填充深度。

③ 不得将有机溶剂及其他腐蚀性物质溅洒在填料表面上。

④ 余料应用塑料袋密封，以防干涸，且保持清洁不混入杂物。

（21）隔爆交流制动电磁铁　由导磁、导电、铁

制外壳和缓冲装置四部分组成，可用于操作靴式或带式制动器，可△联结（380V）或Y联结（220V）。外形及安装尺寸见表13-54和图13-52，技术数据见表13-55。

表13-54 MZS581-$\frac{15}{45}$型电磁铁安装尺寸表

电磁铁型号	尺寸/mm													
	D_1	B	C	E	F	D_2	G^*	H	I	J	K	L	M	$D3$
MZS581-15	11	376	446	169	15	9	121	342	376	510	15	77	187	30
MZS581-45	17	500	570	232	27	16、5	186	489	529	740	30	115	256	40

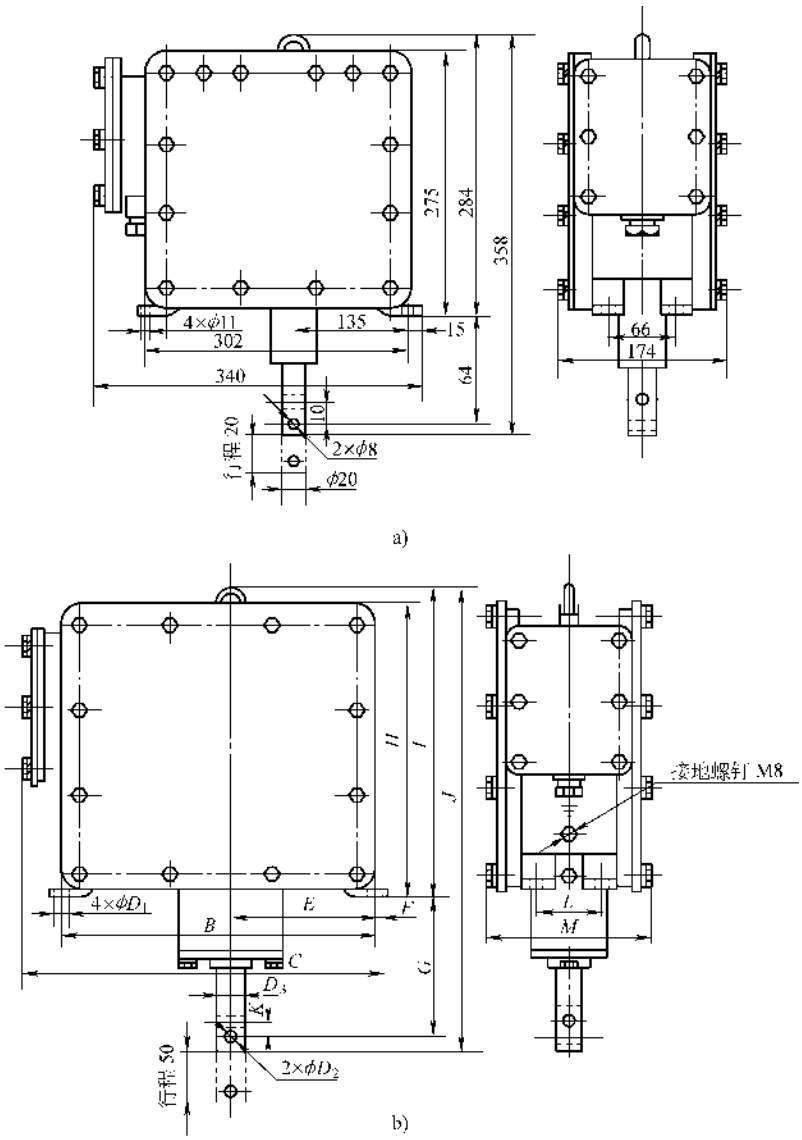


图13-52 隔爆交流制动电磁铁

a）MZS581-6型电磁铁外形尺寸 b）MZS581-$\frac{15}{45}$型电磁铁外形及安装尺寸

表 13-55　隔爆交流制动电磁铁技术数据

电磁铁型号	视在功率/VA		工作时消耗的功率/W	吸力(包括衔铁质量)/kg	衔铁质量/kg	衔铁行程/mm	按下列每小时工作次数衔铁的容许行程/mm						当选择主线路的保护装置时需要增加的电流数值/A		质量/kg
							通电持续率								
							25%			40%					
	起动时	工作时					150	300	600	150	300	600	220V	380V	
MZS581-6	2700	330	70	8	2	20	20			20			1	1	45
MZS581-15	14000	750	150	20	4.5	50	50	35	25	50	35	25	6	4	60
MZS851-45	44000	2500	600	70	24.5	50	50	35	25	50	35	25	19	11	150

（22）防爆电动机　防爆电动机主要有 YB 系列全封闭自扇冷式笼型隔爆三相异步电动机，连续工作方式，额定频率 50Hz，额定电压分 220V、380V、220/380V 和 380/660V 四种，适用于长期或暂时有爆炸性气体混合物存在的场所。

主体外壳防护等级为 IP44 或 IP54，接线盒为 IP54，绝缘等级为 F 级，温升限度按 B 级，进线方式可分橡套电缆和钢管布线两种。接线盒在电机顶部，可左右进线。技术数据见表 13-56，外形尺寸见表 13-57，其他旧型号防爆电动机应淘汰使用。

表 13-56　YB 系列隔爆型三相异步电动机技术数据

型号	功率/kW	电流(380V)/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数 cosφ	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	质量/kg
同步转速 3000r/min									
YB801-2	0.75	1.8	2825	75	0.84	2.2	7.0	2.2	23
YB802-2	1.1	2.5	2825	77	0.86	2.2	7.0	2.2	24
YB90S-2	1.5	3.4	2840	78	0.85	2.2	7.0	2.2	31
YB90L-2	2.2	4.7	2840	82	0.86	2.2	7.0	2.2	37
YB100L-2	3	6.4	2880	82	0.87	2.2	7.0	2.2	45
YB112M-2	4	8.2	2890	85.5	0.87	2.2	7.0	2.2	53
YB132S1-2	5.5	11.1	2900	85.5	0.88	2.0	7.0	2.2	77
YB132S2-2	7.5	15.0	2900	86.2	0.88	2.0	7.0	2.2	84
YB160M1-2	11	21.8	2930	87.2	0.88	2.0	7.0	2.2	135
YB160M2-2	15	29.4	2930	88.2	0.88	2.0	7.0	2.2	151
YB160L-2	18.5	35.5	2930	89	0.89	2.0	7.0	2.2	170
YB160M-2	22	12.2	2910	89	0.89	2.0	7.0	2.2	215
YB200L1-2	30	56.9	2950	90	0.89	2.0	7.0	2.2	264
YB200L2-2	37	69.8	2950	90.5	0.89	2.0	7.0	2.2	290
YB225M-2	45	83.9	2970	91.5	0.89	2.0	7.0	2.2	420
YB250M-2	55	102.7	2970	91.5	0.89	2.0	7.0	2.2	505
YB280S-2	75	140.1	2970	91.5	0.89	2.0	7.0	2.2	650
YB280M-2	90	167	2970	92	0.89	2.0	7.0	2.2	700

（续）

型　　号	功率/kW	电流(380V)/A	转　速/(r/min)	效　率(%)	功率因数cosφ	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	质量/kg
同步转速 1500r/min									
YB801-4	0.55	1.5	1390	73	0.76	2.2	6.5	2.2	23
YB802-4	0.75	2.0	1390	74.5	0.76	2.2	6.5	2.2	24
YB90S-4	1.1	2.7	1400	78	0.78	2.2	6.5	2.2	33
YB90L-4	1.5	3.7	1400	79	0.79	2.2	6.5	2.2	37
YB100L1-4	2.2	5.0	1420	81	0.82	2.2	7.0	2.2	45
YB100L2-4	3	6.8	1420	82.5	0.81	2.2	7.0	2.2	47
YB112M-4	4	8.8	1440	84.5	0.82	2.2	7.0	2.2	58
YB132S-4	5.5	11.6	1440	85.5	0.84	2.2	7.0	2.2	80
YB132M-4	7.5	15.4	1440	87	0.85	2.2	7.0	2.2	95
YB160M-4	11	22.6	1460	88	0.84	2.2	7.0	2.2	148
YB160L-4	15	30.3	1460	88.5	0.85	2.2	7.0	2.2	166
YB180M-4	18.5	35.9	1470	91	0.86	2.0	7.0	2.2	220
YB180L-4	22	42.5	1470	91.5	0.86	2.0	7.0	2.2	270
YB200L-4	30	56.8	1470	92.2	0.87	2.0	7.0	2.2	300
YB225S-4	37	69.8	1480	91.8	0.87	1.9	7.0	2.2	390
YB225M-4	45	84.2	1480	92.3	0.88	1.9	7.0	2.2	440
YB250M-4	55	102.5	1480	92.6	0.88	2.0	7.0	2.2	510
YB280S-4	75	139.7	1480	92.7	0.88	1.9	7.0	2.2	650
YB280M-4	90	164.3	1480	93.6	0.89	1.9	7.0	2.2	800
同步转速 1000r/min									
YB90S-6	0.75	2.3	910	72.5	0.70	2.0	6.0	2.0	33
YB90L-6	1.1	3.2	910	73.5	0.72	2.0	6.0	2.0	38
YB100L-6	1.5	4.0	940	77.5	0.74	2.0	6.0	2.0	44
YB112M-6	2.2	5.6	940	80.5	0.74	2.0	6.0	2.0	53
YB132S-6	3	7.2	960	83	0.76	2.0	6.5	2.0	76
YB132M1-6	4	9.4	960	84	0.77	2.0	6.5	2.0	86
YB132M2-6	5.5	12.6	960	85.3	0.78	2.0	6.5	2.0	101
YB160M-6	7.5	17.0	970	86	0.78	2.0	6.5	2.0	141
YB160L-6	11	24.6	970	87	0.78	2.0	6.5	2.0	165
YB180L-6	15	31.6	970	89.5	0.81	1.8	6.5	2.0	260
YB200L1-6	18.5	37.7	970	89.8	0.83	1.8	6.5	2.0	265
YB200L2-6	22	44.6	970	90.2	0.83	1.8	6.5	2.0	287
YB225M-6	30	59.5	980	90.2	0.85	1.7	6.5	2.0	405
YB250M-6	37	72	980	90.8	0.86	1.8	6.5	2.0	505
YB280S-6	45	85.4	980	92	0.87	1.8	6.5	2.0	620
YB280M-6	55	104.9	980	92	0.87	1.8	6.5	2.0	690

（续）

型　　号	功率/kW	电流(380V)/A	转　速/(r/min)	效　率(%)	功率因数 cosφ	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	质量/kg
同步转速 750r/min									
YB132S-8	2.2	5.8	710	81	0.71	2.0	5.5	2.0	77
YB132M-8	3	7.7	710	82	0.72	2.0	5.5	2.0	87
YB160M1-8	4	9.9	720	84	0.73	2.0	6.0	2.0	123
YB160M2-8	5.5	13.3	720	85	0.74	2.0	6.0	2.0	141
YB160L-8	7.5	17.7	720	86	0.75	2.0	5.5	2.0	165
YB180L-8	11	25.1	730	86.5	0.77	1.7	6.0	2.0	255
YB200L-8	15	34.1	730	88	0.76	1.8	6.0	2.0	265
YB225S-8	18.5	41.3	730	89.5	0.76	1.7	6.0	2.0	353
YB225M-8	22	47.6	730	90	0.78	1.8	6.0	2.0	402
YB250M-8	30	63	730	90.5	0.80	1.8	6.0	2.0	470
YB280S-8	37	78.7	740	91	0.79	1.8	6.0	2.0	610
YB280M-8	45	93.2	740	91.7	0.80	1.8	6.0	2.0	690

表 13-57-1　YB 系列电动机 B_3、B_6、B_7、B_8、V_5、V_6 安装方式外形及安装尺寸

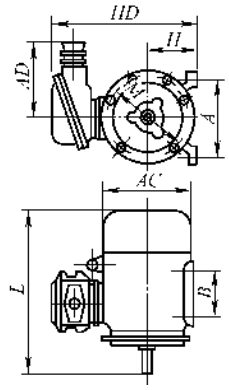
机座号	外形尺寸/mm						安装尺寸/mm		制造范围		外　形　图
	H	*AC*	*HD*	*AD*	*L* 2 极	*L* 4、6、8 极	*A*	*B*	B_3	B_6、B_7、B_8、V_5、V_6	
80	80	160	325	225	330		125	100	✓	✓	
90S	90	180	340	225	360		140	100	✓	✓	
90L	90	180	340	225	385		140	125	✓	✓	
100L	100	200	370	225	430		160	140	✓	✓	
112M	112	225	385	225	460		190	140	✓	✓	
132S	132	265	430	240	510		216	140	✓	✓	
132M	132	265	430	240	550		216	178	✓	✓	
160M	160	320	485	240	655		254	210	✓	✓	
160L	160	320	485	240	695		254	254	✓	✓	
180M	180	360	525	240	730		279	241	✓		
180L	180	360	525	240	750		279	279	✓		
200L	200	400	590	290	803		318	305	✓		
225S	225	450	615	290		845	356	286	✓		
225M	225	450	615	290	840	870	356	311	✓		
250M	250	500	740	330	935		406	349	✓		
280S	280	560	800	330	1010		457	368	✓		
280M	280	560	800	330	1060		457	419	✓		

表 13-57-2 YB 系列电动机 B_5、V_1、V_3 安装方式外形及安装尺寸

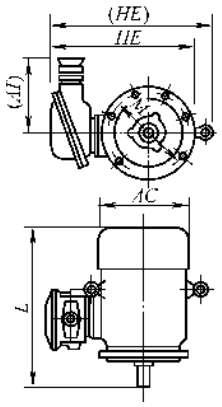
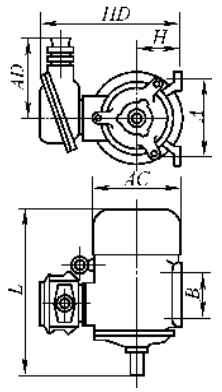
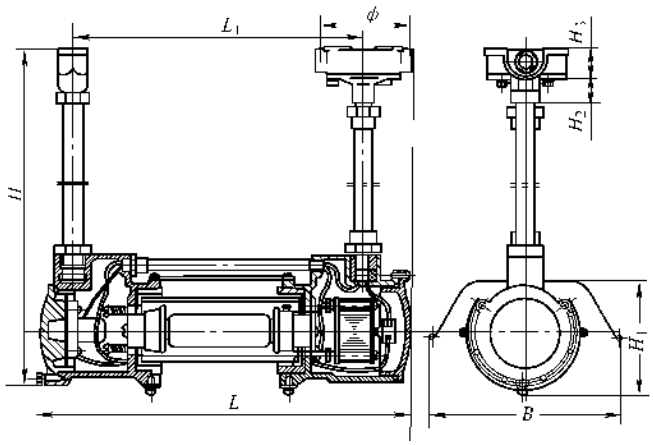
机座号	外形尺寸/mm					安装尺寸/mm	制造范围			外形图
	HE	*AC*	*AD*	*L* 2 极	*L* 4、6、8 极	M	B_5	V_1	V_3	
80	345	160	225	330		165	✓	✓	✓	
90S	355	180	225	360		165	✓	✓	✓	
90L	355	180	225	385		165	✓	✓	✓	
100L	395	200	225	430		215	✓	✓	✓	
112M	400	225	225	460		215	✓	✓	✓	
132M	450	265	240	510		265	✓	✓	✓	
132L	450	265	240	550		265	✓	✓	✓	
160M	500	320	240	655		300	✓	✓	✓	
160L	500	320	240	695		300	✓	✓	✓	
180M	530(610)	360	240	730(800)		300	✓	✓		
180L	530(610)	360	240	750(820)		300	✓	✓		
200L	590(670)	400	290	803(873)		350	✓	✓		
225S	635(715)	450	290		845(915)	400	✓	✓		
225M	635(715)	450	290	840(910)	870(940)	400	✓	✓		
250M	(845)	500	330	(1025)		500		✓		
280S	(880)	560	330	(1120)		500		✓		
280M	(880)	560	330	(1150)		500		✓		

表 13-57-3 YB 系列电动机 B_{35}、V_{15}、V_{36} 安装方式外形及安装尺寸

机座号	外形尺寸/mm						安装尺寸/mm			制造范围		外形图
	H	*AC*	*HD*	*AD*	*L* 2 极	*L* 4、6、8 极	*A*	*B*	*M*	B_{35}	V_{15}、V_{36}	
80	80	160	170	225	330		125	100	165	✓	✓	
90S	90	180	190	225	360		140	100	165	✓	✓	
90L	90	180	190	225	385		140	125	165	✓	✓	
100L	100	200	245	225	430		160	140	215	✓	✓	
112M	112	225	265	225	460		190	140	215	✓	✓	
132S	132	265	315	240	510		216	140	265	✓	✓	
132M	132	265	315	240	550		216	178	265	✓	✓	
160M	160	320	385	240	655		254	210	300	✓	✓	
160L	160	320	385	240	695		254	254	300	✓	✓	
180M	180	360	430	240	730		279	241	300	✓		
180L	180	360	430	240	750		279	279	300	✓		
200L	200	400	475	290	803		318	305	350	✓		
225S	225	450	530	290		845	356	386	400	✓		
225M	225	450	530	290	840	870	356	311	400	✓		
250M	250	500	575	330	935		406	349	500	✓		
280S	280	560	640	330	1010		457	368	500	✓		
280M	280	560	640	330	1060		457	419	500	✓		

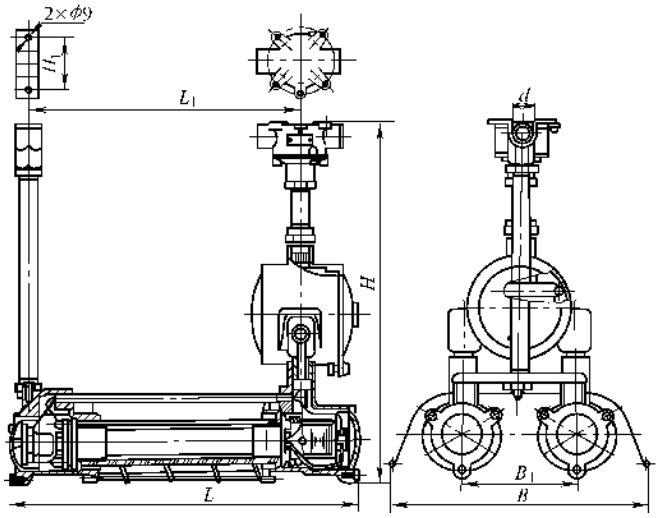
（23）防爆灯具　防爆灯具的类型很多，主要有隔爆型、安全型两种。光源主要有白炽灯、荧光灯、高压汞灯三种。有的已将防爆接线盒与灯具配套，作在一起，有的则没有防爆接线盒，安装时得另设，使用选型安装中要注意。现将常用的几种防爆灯具及其外形尺寸、技术数据列于表 13-58 中，供读者参考。

表 13-58　几种防爆灯具外形尺寸及技术数据

名称	防　爆　荧　光　灯	用途	适用于工矿企业中爆炸混合物属于 3 级 e 组的场所照明
外形图		结构特点	铸铝合金灯体，硬质硼硅保护玻璃灯罩，环氧树脂浇注密封

型号	光　源			外形尺寸/mm								质量/kg
	型号	功率/W	电压/V	H	L	L_1	B	ϕ	H_1	H_2	H_3	
CBY-a	YZ40	40	220	500	1450	1330	185	95	102	52	48	7.50

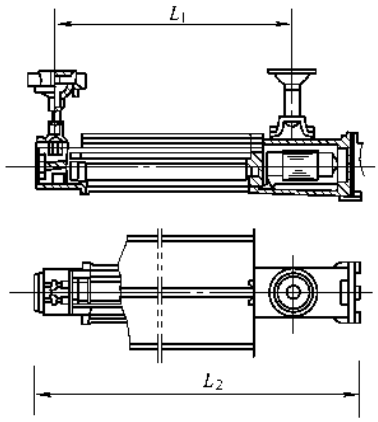
注：防爆荧光灯的功率除 40W 外，还有 30W 和 20W 的两种。

外形图		结构特点	铸铝合金灯体，硬质硼硅保护玻璃灯罩，防振式灯脚

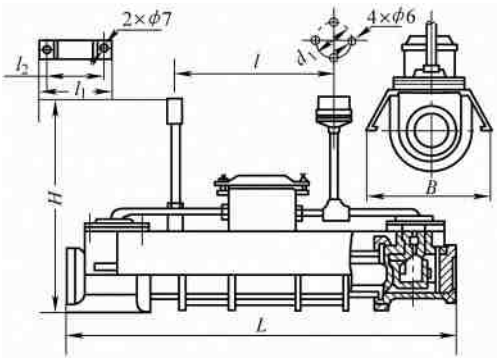
型号	光　源			外形尺寸/mm							质量/kg
	型号	功率/W	电压/V	H	L	L_1	B	H_1	d	B_1	
CBY_1-S	YZ40	2×40	220	525	1450	1330	385	78	26.75	160	—

注：防爆荧光灯的功率除 2×40W 外，还有 2×30W 和 2×20W 两种。

（续）

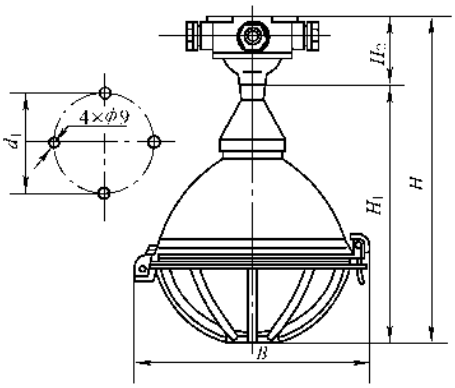
名称	隔爆型荧光防爆灯	用途	适用于有爆炸介质为2、3级a～e组气体的工房照明
外形图		结构特点	钢铝合金制灯体，表面烤漆，玻璃灯罩，灯内装有全部电气零件，并有自动断电装置

型号	光源			外形尺寸/mm		质量/kg
	型号	功率/W	电压/V	L_1	L_2	
$B3_e$-1-30	YZ30	30	220	1084	1234	9.00
$B3_e$-2-80	YZ40	2×40	220	1370	1520	18.00
$B3_e$-2-60	YZ30	2×30	220	1084	1234	16.00

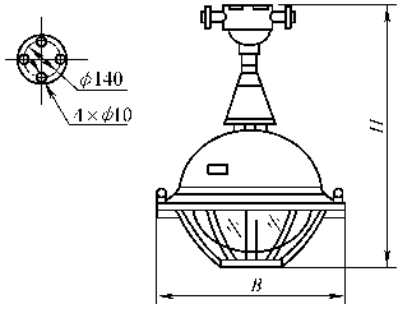
名称	荧光安全防爆灯	用途	适用于工矿企业中，在正常情况下不能形成，而仅在不正常情况下能形成爆炸性混合气体为1区（Q-2）级组别为e组的场所照明
外形图		结构特点	铸铝灯体，有金属保护网，表面烤漆，高硼硅玻璃保护灯罩

型号	光源			外形尺寸/mm							质量/kg
	型号	功率/W	电压/V	L	B	H	l	l_1	l_2	d_1	
$A0_e$-30	YZ30	30	220	1044	175	610	600	100	82	104	14.50
$A0_e$-40	YZ40	40	220	1352	175	610	600	100	82	104	16.00

（续）

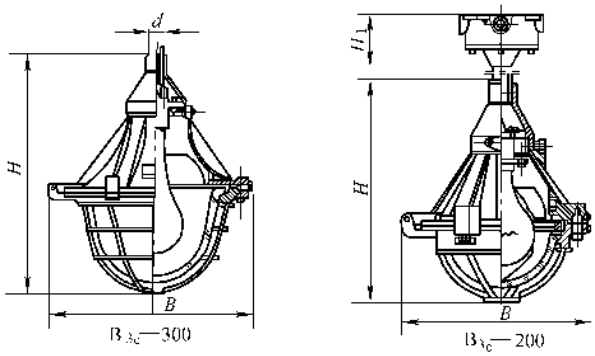
名称	防爆安全灯	用途	适用于工矿企业中，在正常情况下不能形成，仅在不正常的情况下能形成爆炸性混合气体为1区（Q-2级）、组别为b组的场所照明
外形图		结构特点	钢板制灯体，有金属保护网，表面烤漆，铸铝灯座及口圈，钢化玻璃保护灯罩，E27灯头

型号	光源			外形尺寸/mm					质量/kg
	型号	功率/W	电压/V	B	H	H_1	H_2	d_1	
$A0_b$-200	PZ220-200	200	220	316	465	374	91	134	5.50

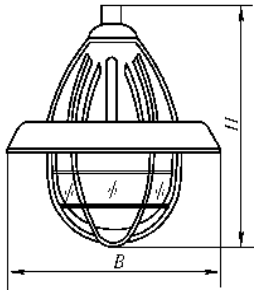
名称	防爆安全灯	用途	适用于含有a、b组可燃气体与空气形成的爆炸性混合物为1区（Q-2级）的场所，各工厂、车间、矿区、工地等照明
外形图		结构特点	壳体由优质钢板制成，高纯铝反射器，有橡胶密封圈作垫衬，防止腐蚀性气体、水分和灰尘等进入，保护网采用反页式结构维修方便。E27灯头

型号	光源			外形尺寸/mm		质量/kg
	型号	功率/W	电压/V	H	B	
ABPx-T200	PZ220-200	200	220	540	φ293	5.80

（续）

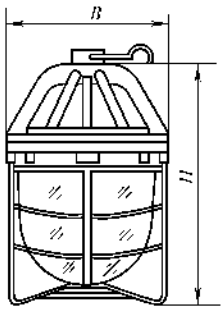
名称	防爆型防爆灯	用途	适用于工矿企业中，在正常情况下能形成爆炸性混合气体为3级c组场所的照明
外形图		结构特点	铸铝灯体，表面烤漆，钢化玻璃保护灯罩，灯罩有金属保护网，光源可用白炽灯泡，也可用自镇流荧光高压汞灯灯泡，E27灯头

型号	光源			外形尺寸/mm				质量/kg
	型号	功率/W	电压/V	B	H	d	H_1	
$B3_c$-200	PZ220-200	200	220	292	368	—	85	7.00
$B3_c$-300	PZ220-300	300	220	394	483	26.75	—	14.50
$B3_c$-200	PZ220-200	200	220	270	370	—	85	7.40

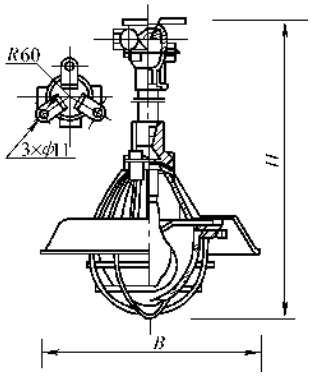
名称	隔爆型防爆灯	用途	在有爆炸介质3级c组的蒸气气体的厂房或场所作业照明
外形图		结构特点	铝合金铸造的灯体外壳有散热片，壳内有隔热屏，散热性能良好，玻璃罩能承受100N/cm² 水压，温差90℃，也可采用125W自镇流荧光高压汞灯灯泡，E27灯头

型号	光源			外形尺寸/mm		质量/kg
	型号	功率/W	电压/V	H	B	
$B3_c$-200	PZ220-200	200	220	398	ϕ420	7.00
$B3_c$-200	PZ220-200	200	220	471	414	8.00
$B3_c$-125	GGY-125	125	220	398	ϕ420	—

（续）

名称	手提防爆灯	用途	适用于工矿企业中爆炸性混合物属于3级c组的场所作检修照明或移动照明
外形图		结构特点	灯体由铝合金铸成，有散热筋，并设有挂钩，E27灯头

型号	光源			外形尺寸/mm		质量/kg
	型号	功率/W	电压/V	*H*	*B*	
$B3_c$-40～60	PZ36-40～60	40～60	36	240	160	2.80

名称	高压水银安全灯	用途	适用于在生产过程中偶然与空气形成爆炸性混合物，按爆炸介质及火灾危险等级为1区（Q-2级）c组场所的室内照明
外形图		结构特点	灯体为铝合金，结构坚固，能承受20N/cm² 大气压的密闭试验。各结合面间用耐热橡胶垫圈密封，E40灯头

型号	光源			外形尺寸/mm		质量/kg
	型号	功率/W	电压/V	*B*	*H*	
CA0C-400	GGY400	400	220	φ560	2000	—

下面介绍几种德国的防爆产品，供读者参考。

（24）GHG238型内装式小电流防爆控制开关　该开关必须装入增安型外壳内才允许使用在ⅡC类T6组的爆炸危险场所，作为50Hz、380V或直流220V的回路接通与分断电磁线圈用，外形尺寸和数据见图13-53和表13-59。

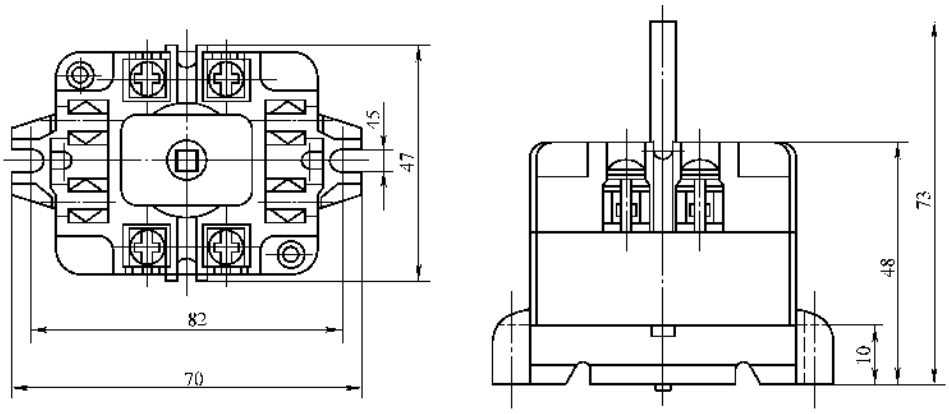


图 13-53 GHG238 型防爆开关外形尺寸

表 13-59 技术数据

使用类别	额定绝缘电压/V	额定工作电压/V	额定工作电流/A	额定频率/Hz	防爆标志
AC-1	500	380	10	50	deⅡCT6
AC-11		220/380	6		

使用类别	额定绝缘电压/V	额定工作电压/V	额定工作电流 I_N（A）T0.95=200ms	防爆标志
DC-11	500	24	6	deⅡCT6
		60	0.8	
		110	0.5	
		220	0.3	

（25）GHG6 系列防爆电磁起动器　该起动器适用于具有Ⅱ类 C 级 T6 组及以下组别的爆炸性气体混合物的场所中，作为现场或远距离控制，供 50Hz/380V 功率 160kW 的三相笼型电动机的起动控制用，可直接安装在墙上的支架上。

该起动器由隔爆型“d”主腔和增安型“e”接线箱构成，隔爆外壳由钢板焊接或铝合金铸成，螺纹结合，接线箱有导线或电缆引入装置，壳外有与主开关联锁的操作手柄。在接线箱的板面上可安装控制回路的隔爆型控制元件。

该起动器内部可变换组成以下八种防爆装置：

1）防爆电磁起动器，见图 13-54；

2）可逆电磁起动器，见图 13-55；

3）星-角电磁起动器；

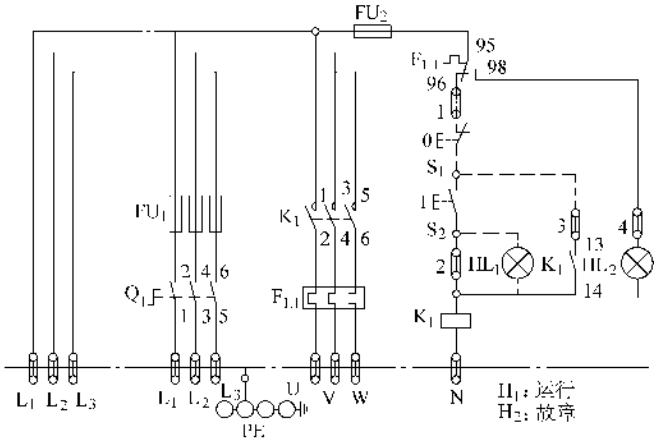


图 13-54 防爆电磁起动器线路图

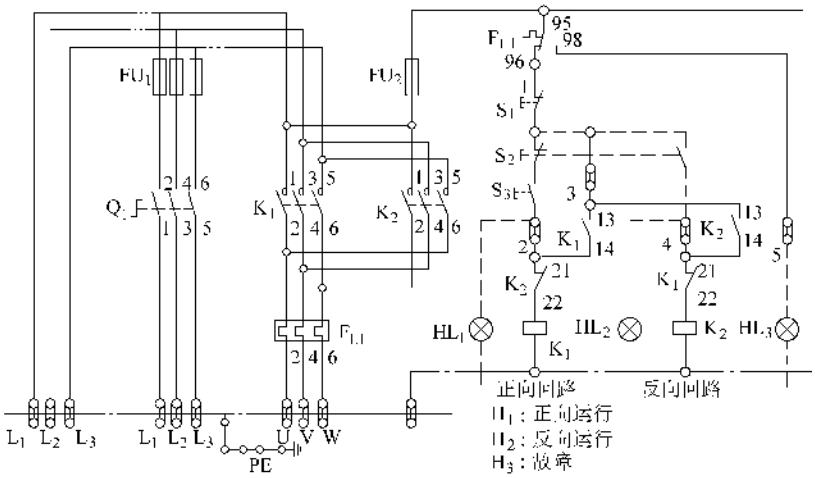


图 13-55　可逆防爆电磁起动器线路图

4）极性转换电磁起动器；

5）熔断器配电箱；

6）照明配电箱；

7）自动开关配电箱；

8）变压器配电箱。

还可以将不同功能的电气设备通过 AK 系列接线箱和 SSK 系列母线箱组成电控站等。

外形及安装尺寸见图 13-56 和表 13-60。

技术数据见表 13-61。

（26）8000 系列工厂用防爆电器是引进德国 STAHL 公司技术制造的新产品，技术性能指标均达到 IEC、GB、EN 和 VDE 有关标准要求。该系列防爆电器适用于石油、化工、冶金、制药、军工、纺织等行业的爆炸性气体混合物和腐蚀性气体的户内或户外有遮蔽的生产场所。这里列出部分产品的技术数据，供参考，见表 13-62 ~ 表 13-66。

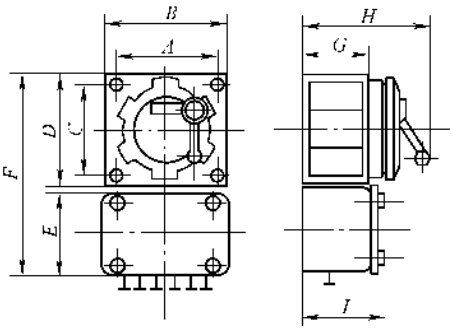


图 13-56　GHG6 系列起动器外形及安装尺寸

表 13-60　外形尺寸

尺寸/mm 产品型号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	法兰数量	安装孔
GHG6715VO	187	210	145	210	126	341	110	175	128	1	ϕ14
GHG6714VO	187	210	145	210	226	441	110	204	128	1	ϕ14
GHG6725VO	295	320	255	320	150	475	110	175	128	1	ϕ14
GHG6724VO	295	320	255	320	300	625	110	204	128	1	ϕ14
GHG6744VO	295	320	255	320	300	625	236	330	252	1	ϕ14
GHG6754VO	405	430	365	430	300	735	236	396	252	1	ϕ14
GHG6765VO	600	650	505	650	300	955	365	555	128	3	M20
	600	650	505	650	300	955	365	555	128	2	M20
GHG6764VO	600	650	505	650	300	955	365	555	252	2	M20
	600	650	505	650	400	1055	365	555	252	2	M20

表 13-61 技术数据

型号 \ 参数名称	控制功率 AC3 /kW	额定工作电压 /V	主开关额定工作电流 /A	热元件整定电流 /A	备注
GHG6714VO	5.5 7.5 11	380	16 25	10 15 22	带主开关和联锁机构
GHG6724VO	18.5		40	35	
GHG6744VO	22 30 45		40 63 100	40 60 90	
GHG6754VO	55 75		100 200	100 150	
GHG6764VO	110 160		200 400	200 320	
GHG6715VO	5.5 7.5 11	380		10 15 22	不带主开关和联锁机构
GHG6725VO	18.5 22			35 45	
GHG6745VO	30 45 55 75			60 90 110 150	
GHG6755VO	110			220	
GHG6765VO	160			320	

注：防爆标志为 deICT6。

表 13-62 8030 系列工厂用防爆主令控制器

控制器电缆外径及防爆、防护等级

电流表标称值 /A	电缆外径 /mm	防爆等级	防护等级
按用户要求	M22×1.5 为 ϕ9～ϕ15.5×2 M27×1.5 为 ϕ11～ϕ18×1	ed IIC T6 EEx de IIC T6	IP54

内装 8008/2 系列隔爆型控制开关的技术数据

使用类别	额定工作电压 /V	额定工作电流 /A	备注
AC1	660	16	
AC3	380/660	16/4	
AC11	380/660	6/2.5	
DC1	220	0.8	$L/R=1$ms
DC11	220	0.4	$L/R=100$ms

（续）

内装 8092/3 系列隔爆型控制按钮的技术数据

使用类别	额定电压/V						备注
	60	110	220	250	380	500	
AC11			6A		2A	0.6A	
DC11	2.5A	1.6A	0.25A				15ms
DC11	1.6A	1A	0.25A				50ms
DC11	1A	0.6A	0.25A				100ms
DC1	4A	2.5A	0.4A				1ms

注：1. 控制按钮触头型式——1 副常合触头和 1 副常分触头；或 2 副常合触头；或 2 副常分触头。

2. 信号灯电源电压：AC——12V、24V、48V、60V、110～127V、220～240V、380V；DC——12V、24V、48V。

表 13-63 8030/51 系列工厂用防爆照明开关的技术数据

使用类别	额定工作电压 /V	额定工作电流 /A	电缆外径 /mm	防爆等级	防护等级
AC1	380	16	ϕ9～ϕ15.5×2	ed IIC T6 EEx de IIC T6	IP54
DC1	220	0.8			

表 13-64 8038/9 系列控制箱的技术数据

使用类别	额定工作电压 /V	额定工作电流 /A	电流表标称值 /A	电缆外径 /mm	防爆等级	防护等级	质量 /kg
AC3	660 380	4 16	按用户要求	6～12×1 13～18×2	ed IIC T6 EEx de IIC T6	IP54	1.8
AC11	660 380	2.5 6					
DC11	220	0.4					

表 13-65　8575/1 系列插接装置的技术数据

型号		极数	电压/V	插入位置/h	色标
插座	插头				
8575/11-403	8575/12-403	4P（3P+　）	<50	03	灰
8575/11-404	8575/12-404		110～130	04	黄
8575/11-409	8575/12-409		220～240	09	蓝
8575/11-406	8575/12-406		380～415	06	红
8575/11-506	8575/12-506	5P（3P+N+　）	380～415	06	红
8575/11-505	8575/12-505		660	05	黑

使用类别	额定工作电压/V	额定工作电流/A	额定控制功率/kW	电缆外径/mm	防爆等级	防护等级
AC1	660	16	—	插座 10～14 插头 10～18	ed IIC T6 EEx de IIC T6	IP54
AC3	220～240	—	4			
	380～415	—	7.5			
	500	—	10			
	660	—	12			
DC1	220	1	—			

表 13-66　8077/1 系列行程开关的技术数据

类别	额定工作电压/V	额定工作电流/A	电缆外径/mm	防爆等级	防护等级	触头形式	
						常分	常合
交流	500	10	ϕ9～ϕ15.5	ed IIC T6 EEx de IIC T6	IP54	1	1
直流	500	0.12				1 或 1	
	220	0.5				1 或 1	
	24	7				1	1

型号	动作行程	超行程	差程	操作力/N
8077/1—20	>1.5mm	>6mm	1mm	25～63
8077/1—11	>40°	>30°	9°	7～14

五、防爆电气设备安装要求

1. 总体要求

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，同时应满足六、的要求。

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 13-67 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），不应超过表 13-68 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。

表 13-67-1 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 13-67-2 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GB3836《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级三聚氰胺石棉耐弧塑料、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 13-68 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

9）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、耐压试验等以及系统的单机试车、联动试车记录等。

在竣工交验时，提交安装记录、调试试验记录及增安型电动机定子、转子间单边气隙记录，正压型电气设备的风压、气压等继电器保护装置调整记录、外壳最高温度记录、防静电接地电阻记录等。具体要求见国家标准GB50150—2006和GB50257—1996。

2. 隔爆型电气设备的安装

（1）安装前的检查

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13-67。

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13-69的规定。

表13-69　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GB 3836《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、无火花型电气设备的安装

1）安装前的检查。

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。

④　保护装置及附件应齐全、完好。

2）滑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13-70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13-70中的规定。

表13-70　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. 正压型电气设备的安装

1）安装前的检查。

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，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. 充油型电气设备的安装

1）安装前的检查。

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。

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13-71的规定。

表13-71 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的安装

1）安装前的检查。

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GB 3836《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. 粉尘防爆电气设备的安装

1）安装前的检查。

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13-12的规定。

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。

六、爆炸危险环境电气线路安装要求

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 13-72 的规定。

表 13-72　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应按本章中的特殊要求进行外，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 GB50150—2006、GB50257—1996，安装工艺方法参见第五章～第七章、第十章、第十一章、第十二章的有关内容。

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。

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：

a. 装置内的弹性密封圈的一个孔，只密封一根电缆；

b. 被密封的电缆断面，应呈圆形；

c. 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；

d. 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。

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；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。

第四节 火灾危险环境电气装置及安装要求

火灾危险环境的电气装置及电气线路除了应按前述章节的有关要求安装调试外，必须按本节的特殊要求进行。如有矛盾应按本章要求进行。

一、火灾危险环境的电气设备及线路在设计、选型、安装上的要求

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 13-73。

表 13-73　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。

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做成。

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。

二、火灾危险环境的电气装置安装要求

1. 电气设备的安装

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。

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，电气设备防护等级结构的选型见表 13-73。

2. 电气线路的安装

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。

第五节 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）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。爆炸和火灾危害环境的接地装置的安装与常规环境相同，可参阅第十四章的有关内容进行安装。

一、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。

二、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，见图 13-57。

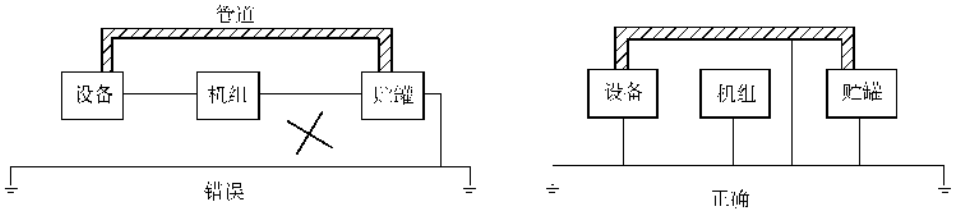


图 13-57　防静电接地线的正确连接

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。

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，织入袋体内的金属丝的接地端子应可靠接地。

⑪ 皮带传送的机组及其皮带的防静电接地刷、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。

第六节 爆炸危险环境电气设备安装实例

爆炸危险场所电气设备安装分两种情况，一种是该场所正在新建、投产或使用后提真正的爆炸危险场所，这种场所安装施工与前述基本相同；另一种是该场所已投产使用，这种场所进行电气设备安装时必须采取相应的防护措施和施工方法，详见白公编著机工版《新标准电工安全技术365问》一书。

爆炸危险场所电源一般采用电缆进户，电气设备一般采用钢管明设的配线方式，其中动力部分中开关柜到电动机、到按钮的地面一段多采用埋地敷设，便于安装密封，便于处理事故，便于检修和运行，见图13-60。

一、照明电路及设备的安装

现以图13-58为例，讲述防爆照明电路及设备的安装方法。

1. 土建应具备的条件

1）对电气安装工程有妨碍的模板、脚手架已拆除，现场清理工作已结束。

2）墙上已标出抹面标高，在埋有电气管路的设备基础模板上，应标明测量电气管路引出口坐标和标高用的基准点或基准线。

3）会使防爆电气装置发生损坏或严重污染的抹面或装饰工作，应全部结束。

4）电气装置安装用的基础、预埋件、预留孔洞等，应符合设计。土建工程质量应符合现行建筑工程及验收规范中的有关规定。

另外，电缆和室外接地极及接地干线已送入车间。

2. 设备及元件的检查试验及验收

设备及元件的检查、试验、验收方法、项目基本同前，现强调以下几点：

1）开箱检查清点，型号规格符合设计要求，附件、配件齐全。

2）产品的技术文件齐全。

3）铭牌中，必须标有国家检验单位符发的“防爆合格证号”及“EX”标志、类别、级别、组别。

4）外观无裂纹、无机械损伤，包装完好。进出线口密封垫、圈完好无损，外壳密封良好。接线盒内无尘、无油渍、无腐蚀，接线柱完好无锈蚀、螺母扣配合紧密。

5）必须遵守使用说明书中的有关规定，不得任意拆卸解体。有必要进行拆解时，必须记好顺序和位置，以便组装。

6）开关分断性能良好，绝缘电阻合格，必要时应对防爆电气元件按第五章的有关要求进行测试或试验。

7）对其防爆性能、电气性能及可靠性有疑议或怀疑时，应通过购置部门和厂家联系，以便试验或退换。

3. 测量定位

按轴线测出防爆照明盘、防爆照明开关的位置（均为标高1.40m）及室外灯具的位置（标高2.8m），如果有预埋好的T形铁件，应复查其标高位置，并准备电焊机具及螺钉或者准备手枪钻、丝锥；如果没有预埋件，则应准备射钉枪或冲击钻、膨胀螺栓或埋铸螺栓，并用笔在墙上标注出固定螺钉的位置。螺钉孔的位置最好以实物标出，以免误差。

测量定位时，必须考虑管路的敷设。因此，水平排列的元件，其连线应与地面平行；竖直排列的元件，其连线应与地面垂直。

4. 设备元件的固定

（1）元件的固定方法有以下几种：

1）将固定元件的螺钉焊接在T形铁件上，焊接的位置条数应和元件固定孔对应且与墙面垂直，焊接时应先用适中的短节套管套在上面，以免电焊时将螺纹损坏。

2）在T形铁件上钻孔，然后套丝，钻孔的位置、个数应和元件固定孔对应且与墙面垂直，套丝的丝锥应与固定螺钉对应。

3）水泥墙无预埋T形铁时，可用射钉枪射入射钉螺丝，其位置、条数应和元件固定孔对应且与墙面垂直。

4）砖结构墙上可用冲击钻在墙体上钻孔，再用膨胀螺栓固定，钻孔的位置、个数应和元件固定孔对应且与墙面垂直，钻孔的孔径应稍大于膨胀螺栓套管外径1～2mm即可。

屋顶元件的固定基本同上，螺栓应与地面垂直。

（2）设备元件的安装及注意事项

1）防爆照明盘安装时，进线口在下方，出线口在上方，整个盘面上方要水平，侧面要垂直，不得歪斜。

2）图13-58中的照明开关都是由上方接线盒引来管的下口进行安装的，这里要注意图13-40中左右

方向则是开关安装时的上下竖直方向，两个管口要上下垂直。

3）防爆接线盒的作用一方面是连接导线及管路用，另一个作用可以安装灯具或吊灯，但个别规格的盒子不能吊灯，因盖上无出线口，选用时要注意。

图 13-58 中，根据接线盒安装位置不同，有的用一通（图中标注为 1T），有的用二通（图中标注为 2T），有的用三通（图中标注 3T），还有的用四通（图中标注 4T）。

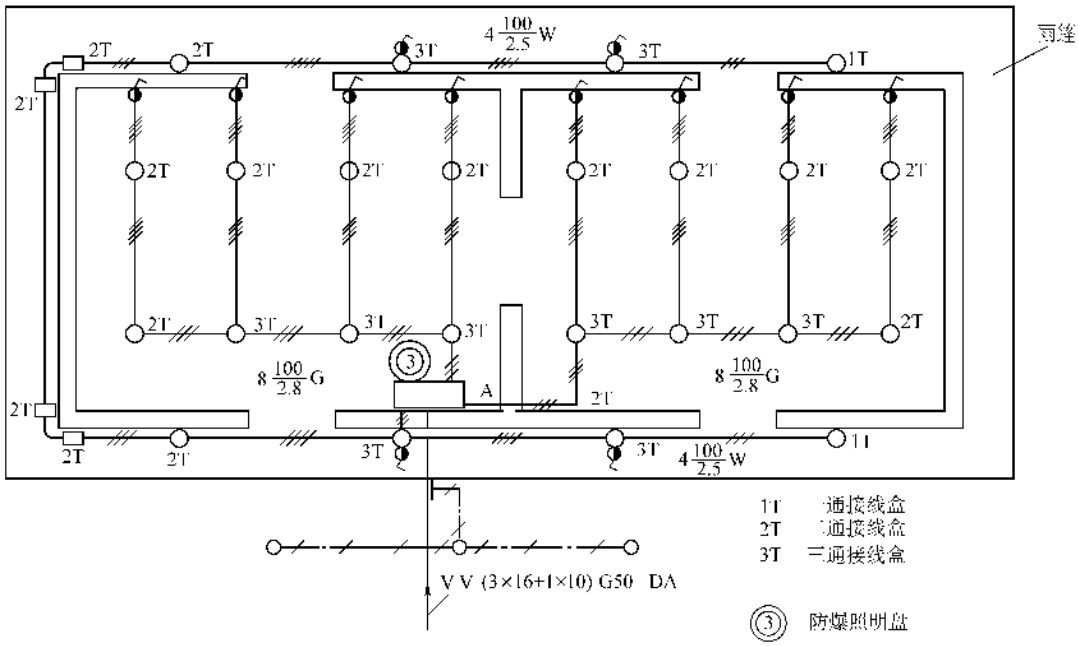


图 13-58　某防爆车间照明平面图

接线盒安装时，进出线口的方向基本与图 13-58 对应，但室外标有开关的四只三通，是采用 T 字形三通的，其中竖直向下部分应指向照明开关的中心位置，见图 13-59。由照明盘直接引至的三通则由后面引入管路。

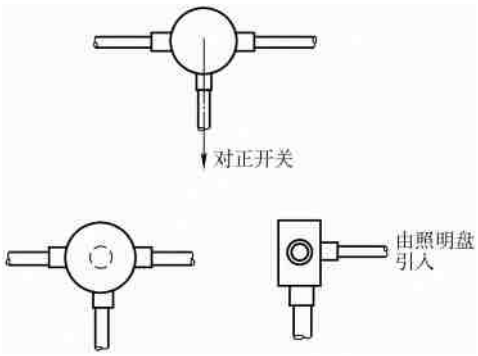


图 13-59　三通的使用方法

4）拐角处管路的衔接，一般不使用接线盒或密封盒，而使用活接头。

5）密封隔离盒在图 13-58 中，只用了一只，这就是照明盘送至右侧车间照明的管路，使用的都是横向式，在架设管路时要加设在任一侧，如图中 A 点。

5. 配管

1）因图中系统为 1 区环境，因此应使用镀锌管，处理时应用破布扫管即可。

2）丈量图中各段管路（盒与盒之间、盒与元件之间）的尺寸，尺寸必须准确。有时为了更为准确，不用钢尺去量，而是用钢管直接比试。

3）钢管的丝扣应由车床来加工，应按照被连接设备元件说明书上的要求来进行。不宜使用套扣扳牙或套丝机套扣。

① 密封盒两端螺纹均为“ZG”之锥管螺纹，均按国家标准 60 度布锥管螺纹 4 级精度加工。

② 活接头两端均按国家标准 55 度圆锥管螺纹加工，加工精度不低于 4 级。

③ 防爆挠性连接管活接头螺纹加工精度为 3 级。

④ 管螺纹应无滑扣，严密整洁，确连接后可靠而严密，啮合扣数不得少于 6 扣。

⑤ 套丝时要按测量位置编号，以免安装时弄错倒乱。

4）管卡子的设置。管卡子的设置应按第七章、第六章有关规定设置，且应符合表 6-3 的规定。

管卡子可以直接设在墙上或设在墙上的角钢支架上。

5）管路的安装。用套好丝扣的管和活接头按图将元件、设备的接线盒连接起来，先在管口螺纹处涂抹工业凡士林油或磷化膏并缠生料带，对准设备或元件的管口放好胶垫或垫圈，活接头要放好铅垫。然后把压紧螺母或活接头拧紧。最后用管子固定好。

6）室外两个拐角处可用活接头和管弯，也可用挠性连接管。

6. 穿线

把所有设备、元件的接线盒盖打开，螺钉和密封垫要保管好，并注意拆卸顺序，然后穿线，方法同前。一般要使用铜芯绝缘线，导线根数要正确，见图13-58所示，一般应有常相线、控制相线、零线、接地线。穿好线后要测绝缘电阻，应大于10MΩ。穿线时应做好记号。

7. 灯具的安装和接线

将防爆接线盒的盖打开，将其和灯具吊管或灯座用螺钉连接好，且上好密封垫圈，同时将灯具的导线（相线、零线、接地线）穿过接线盒盖，并与盒内的导线连接，方法同照明电路。接好后应包黄蜡绸二层，聚乙烯胶带一层，同时应使相线与零线（地线）的接头错开，接线要尽量短，接好后团入盒内，用密封胶泥填满盒内，然后把盖及密封垫上好，用螺钉拧紧。

这里要注意两点：

1）有的灯具本身自带防爆接线盒，这样在安装盒时，应将其暂时拆下，先安装在墙上或顶板上，灯具安装时再组合好。

2）有的灯具本身装置接线螺钉，只须将导线压接在螺钉上即可，但仍要用胶泥密封。

8. 防爆开关的接线

将开关盖打开，将常相线接在静触头的端子上，控制相线接在动触头的端子上，方法要求同前，然后把密封垫圈上好，将盖用螺钉拧紧。

9. 防爆照明盘的接线

电源进线是在电源箱内的端子上接线的，控制回路出线是在端子箱内进行接线的，内中有端子标号，应按说明及标号接线即可，要求同前。接线必须有弹簧垫且牢固紧密，必要时应用胶泥将接线端子密封。

同时将管路上的两只隔离密封盒用胶泥密封。

10. 测试及送电试灯

1）从照明盘接线端处，测量电源及各个回路中，火线与零线、地线之间的绝缘电阻，应大于10MΩ。

2）测试每个接线盒、密封盒、开关盒与钢管连接处的接触电阻，应小于$10^{-6}\Omega$以下。

3）密封测试。把系统中各元件的非进线孔堵死，只留一孔，然后将空压机压缩空气的输出软管（压缩空气必须经过滤清器）套在该孔上，并用铅丝拧紧。起动空压机，将压力控制在0.02MPa上，应保证8h不变，说明密封完好，并用刷子蘸上肥皂水抹在各连接点处，观察有汽泡产生。否则说明有漏气的地方，可将系统分解化小，用上述方法一一测试，找出故障点修复。

4）以上试验合格后，即可送电或临时电试灯，具体方法参阅第六章。

二、动力电路及设备的安装

以图13-60为例，讲述防爆动力电路及设备的安装方法。该系统为1区防爆车间，4台防爆电动机，设备为空压机，选用DKCB-79A 2类单屏集中控制屏集中控制，起动按钮安装在现场。采用三相三芯低压铠装塑料电缆进户，接地线引入后除过门口外全部明装于墙上0.3m标高处。

1. 设备元件的检查、验收及试验

基本同防爆照明电路和第七章，这里要强调的一点是集控屏和电动机应通以临时电，参照安装使用说明书进行各项试验，均应合格。

另外电动机一般不作解体检查，有问题怀疑应由制造厂处理。

2. 控制柜型钢底座的制作安装及控制屏的安装

见第七章。

3. 管路的敷设及穿线

见第七章，这里要强调说明，电动机穿线管应用镀锌管，出线口螺纹应车制，应与挠性连接管的螺纹对应，加工精度3级；穿线应穿四根绝缘铜线，其中之一为接地线。按钮穿线管应用镀锌管，出线口车制加工并应与按钮进线口螺纹对应，穿线为4根绝缘铜导线，其中之一为接地线。

4. 电缆及接地装置的安装

（1）电缆的安装　电缆由室外经保护管引入屏的型钢底再进入屏内，保护管口应用胶泥密封。因使用低压三芯塑料护套电缆，电缆头只用氯乙烯塑胶带包扎即可，在接线盒接线时，应将钢甲与外接地螺栓连接，相线在接线盒内与端子连接，应有弹簧垫。电缆引入屏内的进线口应用胶泥密封。

（2）接地装置的安装　室内接地干线的安装见图12-272，其中过门口部分可埋地敷设，接地干线应与室外接地装置的引线焊接，接地电阻≤4Ω。室外接地装置详见第十四章。

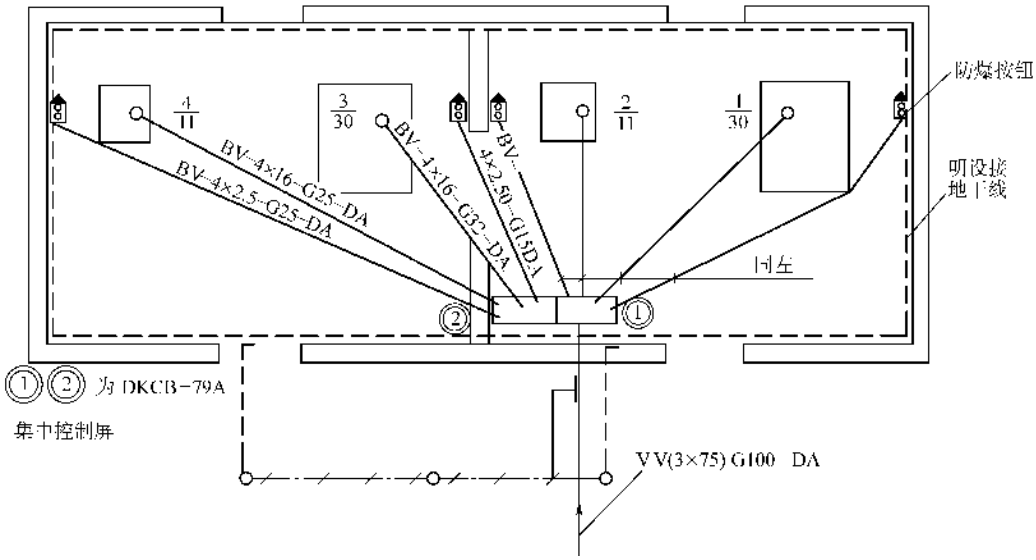


图 13-60　某防爆车间动力平面图

5. 接线

因本设计采用了 DKCB 型集中控制屏，给接线带来了很大的方便，均采用插接件连接或安全栅与按钮连接。当采用由防爆电器构成的控制柜时，接线应注意以下几点。

（1）电动机的接线同前所述，只是在穿线时应将挠性连接管同时穿入，一端和管口紧好，另端在接好线后（按电动机接法将相线接好，接地线接在盒内的接地端子上）再与电动机进线口拧紧。

（2）按钮是固定在墙上的角钢支架上的，进线口直接与管口加垫连接，接线同前，但要将接地线接在接地螺钉上。

（3）屏内的接线应分别把电动机穿管引线及按钮穿管引线接在相应的端子上，然后把钢管的出线口用胶泥密封好。有采用挠性连接管时，应将其直接接在控制开关的下闸口进线口处。同时在管进入屏底部时，应将引入处的管口用胶泥密封。

（4）将控制屏的接地端子及设备、管道等需要接地或静电接地点按本章第四节中接地（或接零）的要求及防静电接地的要求可靠接地。

6. 测试和送电试车

绝缘电阻、接地电阻、线路接触电阻、电动机测试、系统密封测试同前。此外，应检验或复查以下有关项目：

（1）防爆电气设备的铭牌中，必须标有国家检验部门签发的“防爆证号”及出厂试验合格证。电气设备的类型、级别、组别应符合设计且与场所的类型、级别、组别对应。

（2）设备的外壳，应无裂纹、损伤，接线盒盖紧固，密封良好，且固定螺栓及防松装置齐全。

（3）防爆充油型设备，油箱及系统不应漏油，油面高度正常；安全无火花型设备的配线工程，线路走向、标高应符合设计，线路应有天蓝色的标志。

（4）电气设备及系统多余的进线口，应密封良好；系统的密封装置应符合规定。

（5）系统及设备接地（或接零）及防静电接地应符合规定及设计要求。

（6）检验进入通风、充气系统和电气设备内的空气或气体，不得含有爆炸性混合物及其他有害物质；

（7）在化工防爆场所试车，起动定子铁心外径大于 1m 且起动困难的防爆安全型电动机（如风机等）之前，应先检验电动机周围气体内含有爆炸性混合物的最高浓度，只有低于爆炸浓度下限时才能起动。

起动试运行中，除遵守第七章中有关运行的规定外，还应注意以下几点：

1）防爆电气设备外壳温度不得超过表 13-68 中的规定。

2）各类防爆电器及电动机有关起动时间、热态温度、安装要求应严格按第二节中的要求进行，任何人、任何情况下不得更动。

3）起动试运行前，负责人必须检查和落实系统密封试验的情况，不得因任何原因省略密封试验这一

重要工序。

三、其他特殊环境电气设备的安装

1）火灾危险场所的电气安装方法同爆炸危险场所，具体安装要求见本章第四节。

2）防水防尘场所的电气安装方法基本同上，防尘场所应做密封试验，设备应选取防水型、防尘型。

3）防腐场所电气设备的安装方法基本同上，应做密封试验，设备应选取防腐型。

4）多静电或超静电场所的电气设备安装方法同上，要严格做好密封及试验，做好防静电接地。

特殊环境电气设备的安装质量检查标准及方法见表 13-74 ~ 表 13-77。

表 13-74　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 GB50257—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 GB50257—1996 规定	检查记录
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 GB50257—1996 规定	检查运行记录

（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 GB50257—1996 规定	检查记录
	保护及联锁		主要	正确，可靠	操动试验

表 13-75　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
		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	

（续）

工序	检验项目		性质	质量标准	检验方法及器具
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GB50257—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GB50257—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	
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 13-76　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 GB50257—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 13-77　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

（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，织入袋体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

第十四章　防雷与接地系统的安装

在前面的有关章节中都涉及了防雷和接地的问题，实际上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。

防雷与接地的安装应符合施工及验收规范的要求，标准号 GB50169—2006、GB50147—2010、GB50150—2006、GB50303—2011、GB50601—2010 等。

第一节　总体要求及基本概念

一、总体要求

1）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。

2）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。

3）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，接地体间距不应小于接地体长度的 3～5 倍。接地体埋设基坑，一般为模块外形尺寸的 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。

4）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两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。

5）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。

6）建筑物等电位联接。

①　建筑物等电位联结干线应从与接地装置有不少于两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 14-1 的规定。

表 14-1　线路最小允许截面（单位：mm^2）

材　料	截　面	
	干　线	支　线
铜	16	6
钢	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。

7）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。

二、基本概念和名词术语

（1）接地体　埋入地中并直接与大地接触的金属导体，称为接地体或称为接地极。

（2）自然接地体　兼作接地用的直接与大地接触的各种金属构件、金属井管、钢筋混凝土建筑物的基础、金属管道和设备等，称为自然接地体。

（3）接地线　电力设备、杆塔的接地螺栓与接地体或零线连接用的正常情况下不载流的金属导体，称为接地线、接地引线或接地干线。

（4）接地装置　接地体和接地线的总和，称为接地装置。

（5）接地　电力设备、杆塔或过电压保护装置用接地线与接地体连接，称为接地。

（6）工作接地　在电力系统中，运行需要的接地（中性点接地等）称为工作接地。

（7）保护接地　电力设备的金属外壳，钢筋混凝土杆和金属杆塔，由于绝缘损坏有可能带电，为了防止这种电压危及人身安全而设的接地，称为保护接地。

（8）过电压保护接地　过电压保护装置为了消除过电压危险影响而设的接地，称为过电压保护接地。

（9）接地电阻　接地体或自然接地体的对地电阻和接地线电阻的总和，称为接地装置的接地电阻。接地电阻的数值等于接地装置对地电压与通过接地体流入地中电流的比值。

（10）工频接地电阻　按通过接地体流入地中工频电流求得的电阻，称为工频接地电阻。本章中接地电阻是指工频接地电阻。

（11）低压、高压　额定电压 1kV 以下称为低压。额定电压 1kV 及以上称为高压。

（12）直接接地的中性点　变压器和旋转电动机的中性点直接或经过小阻抗与接地装置连接的，称为直接接地的中性点。

（13）非直接接地的中性点　不与接地装置连接（即中性点不接地），或经过消弧线圈、电压互感器以及高电阻与接地装置连接的，称为非直接接地的中性点。

（14）零线　与变压器直接接地的中性点连接的中性线或直流回路中的接地中性线，称为零线。

（15）低压接零保护　中性点直接接地的低压电力网中，电力设备外壳与零线连接，称为低压接零保护，简称接零。

（16）低压接地保护　电力设备外壳不与零线连接，而与接地装置连接，称为低压接地保护，简称接地。

（17）重复接地　将三相四线系统中的零线（工作零线或保护零线）上的一点或几点再次接地，称为重复接地。

（18）“地”的概念　地球是一个偌大的球体，即使是带有多少电荷均不会呈现带电现象，因此它的电位永远是零；同时地球又是一个良导体，从地球表面沿球径 20m 以内处的电阻几乎为零，电流流过时几乎没有压降，因此单位也为零。电位永远是零的参考点（地球）即为电气上的“地”。

（19）对地电压　接地回路或电气设备的任一部位对地的电位差称为对地电压。

（20）接触电压　在短路接地电路上，人体接触设备带电外壳的一点同站立地面之间的电位差为接触电压。允许接触电压一般为 36V 以下。

（21）跨步电压　在距接地体或高压导线落在地面上的落地点 20m 以内的范围内，地面上相距 0.65～0.8m（人两脚的一般跨距）之间的电位差为跨步电压。

（22）接地干线　连接多根接地体的金属导体，且不与设备接地点直接连接的部分称为接地干线。从接地干线到设备接地点间的接地线为接地引线。

（23）接闪器　是指直接与雷电接触的装置，如避雷针、避雷线、避雷网等。

（24）接地端子　电气设备、元件与接地系统连接的指定部位，一般有“　”符号均为有弹簧垫或紧锁装置的螺栓。

（25）等电位联结干线　建筑物等电位联结干线是从接地装置不少于 2 处直接连接的接地干线，一般设置等电位箱（盒）并从其引出等电位接地干线。

第二节　防雷系统的安装

电气系统中，常用的防雷装置有避雷针、避雷线、避雷器、避雷网、避雷带等，除避雷器外，都是按其装设方式的不同而不同的。防雷装置的主要作用是当系统遭到雷击或过电压时，能安全地将事故电流引到大地中去，使系统不受危害。

一、避雷针的安装

避雷针可分为两种，一种是独立避雷针，另一种安装在高耸建设物或构筑上的避雷针。

1. 独立避雷针的制作安装

（1）制作　独立避雷针常用镀锌圆钢、角钢及钢板分段焊接而成，通常设计应给出结构图，也可参照图 14-1 制作，制作方法和要求同第三章。

（2）组对　在安装现场清理出宽 5m，长大于避雷

针总高度的一段平地，其中一端位于避雷针的安装基础　　（基础一般由土建完成）旁侧，整体上便于吊装。

段　别		A　段	B　段	C　段	D　段	E　段
各段材料规格	主　材	ϕ16 圆钢	ϕ19 圆钢	ϕ22 圆钢	ϕ25 圆钢	ϕ25 圆钢
	横　材	ϕ12 圆钢	ϕ16 圆钢	ϕ16 圆钢	ϕ19 圆钢	ϕ19 圆钢
	斜　材	ϕ12 圆钢	ϕ16 圆钢	ϕ16 圆钢	ϕ19 圆钢	ϕ19 圆钢
	接合板厚度	8mm 钢板	12mm 钢板	12mm 钢板	12mm 钢板	12mm 钢板
	支撑板	L50×50×5	L50×50×5	L50×50×5L75×75×6	L75×75×6	L75×75×6
	螺　栓	M16×70	M16×75	M18×75	M18×75	—
	质量/kg	39	99	134	206	229

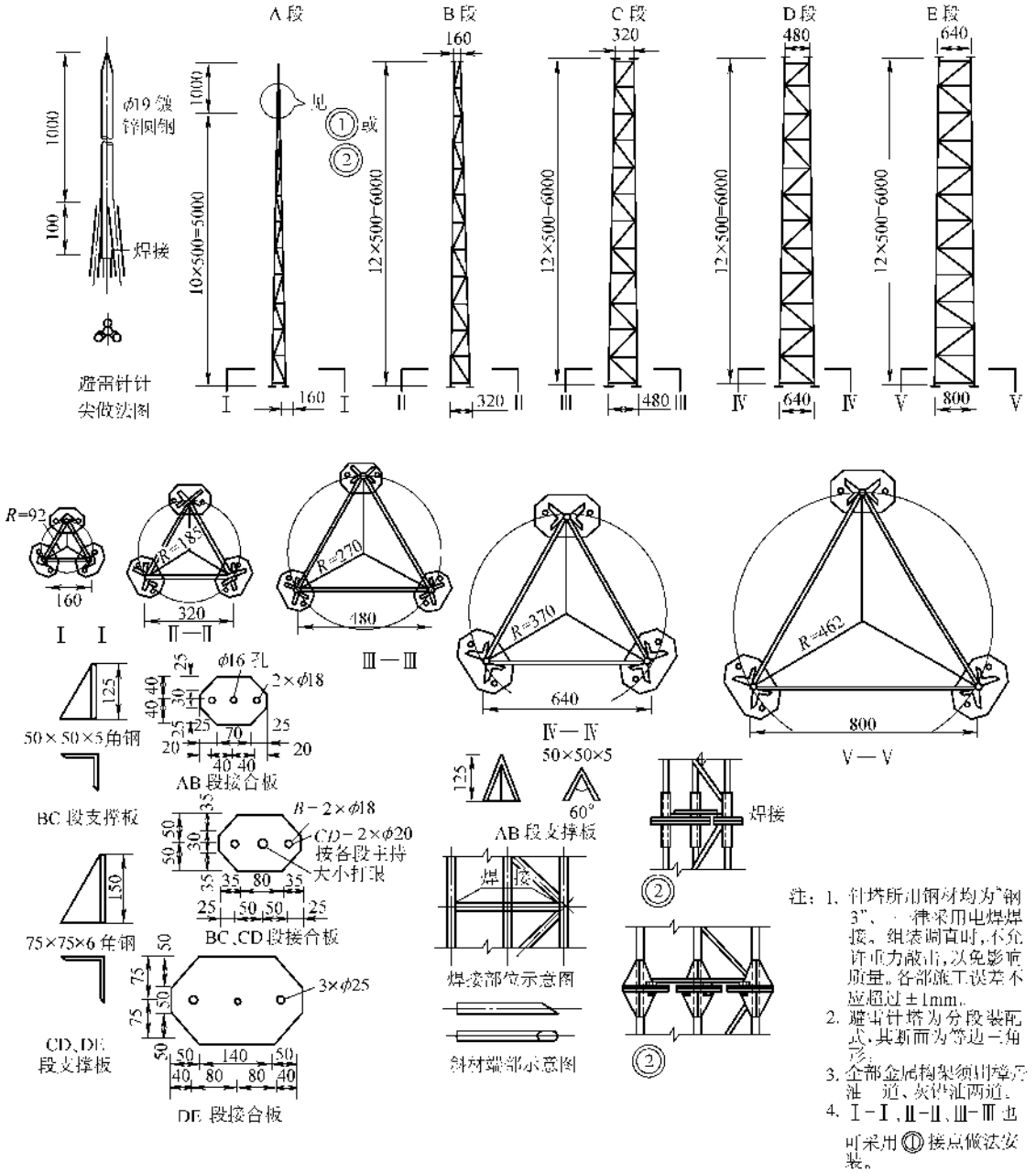


图 14-1　独立避雷针及其制作示意图

将避雷针各段按顺序在平地上摆好，其中最下一段的底部应靠近基础，然后将各节组对好并用螺栓连接，并在螺栓连接点处上段与下段之间用 ϕ12mm 镀锌圆钢焊接跨接线。有时为了连接可靠且防松，可把螺母与螺杆用电焊点焊死。

在最底一段距基础 1m 处每棱上焊接两条 M16 的镀锌螺栓，间隔 100mm，作为与接地体连接的紧固点。

（3）补漆与检查　组对好的避雷针，应进行补漆和检查。避雷针的散件通常应用镀锌铁件，也有的用涂防锈漆及银粉漆的方法解决组装好的避雷针组件。

1）采用镀锌散件的避雷针，组装好后应将焊接处及脱锌皮处补漆。焊接处应先涂沥青漆，风干后再涂银粉漆，涂刷前应将焊渣清除掉。脱锌皮处应先用砂布将污迹清除干净，然后涂银粉漆。

2）采用铁件直接焊接的避雷针，应先将焊点的焊渣清除干净，然后用金属刷、砂布除锈，并用破布将锈粉擦干净，然后涂防锈漆二道，银粉漆一道。

刷漆或补漆时，应仔细检查，特别是多点接合处或组件背面，不要漏掉。

（4）吊装　独立避雷针下大上小，重心低且重量不大，宜于吊装。一般应使用汽车吊或人字抱杆吊装，具体方法参见第十章中立杆或立塔的方法。有时在底部系上重物而使吊点降低。而便于吊装。

（5）埋设接地体

1）在距避雷针基础处大于 3m 处挖一深 0.8m，宽以宜人操作即可的圆形的沟，见图 14-2，并将避雷针接地螺栓处至沟挖通。若为正方形沟时，其四角应挖成圆弧形，圆弧半径应大于 1m。

2）将镀锌地极棒 ϕ（25～30）mm×（2500～3000）mm 圆钢垂直打入沟内，沟底上留 100mm，间隔可按总根数计算，一般为 5m，如打入过程中遇到障碍（如大石块）有困难时，应另换一个地方再打，间隔也适当调整。也可用 50 的镀锌角钢或 ϕ32mm 的镀锌钢管作为地极棒。

3）将所有地极棒打入沟内以后应分别测量其接地电阻，然后通过并联计算总电阻，其值应≤10Ω，如果大于 10Ω，则应增加地极棒，直到达到≤10Ω 以内为止。

（6）接地电阻的测量方法　测量接地电阻一般使用接地电阻表，测量的原理见图 14-3，将测得的电压和电流值代入 $R=U/I$ 中即可算出接地电阻。

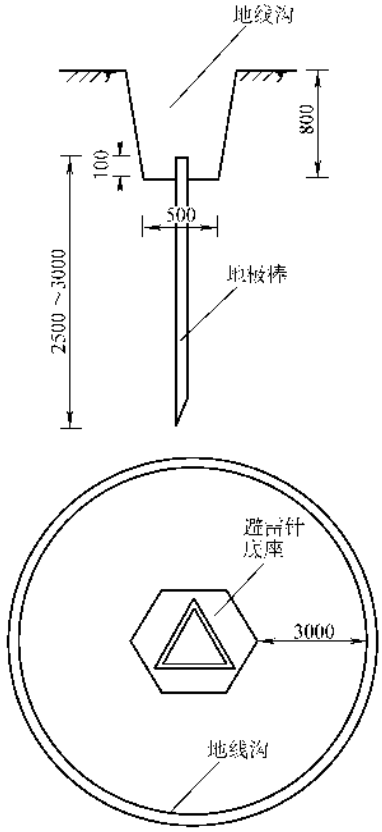


图 14-2　接地体的埋设

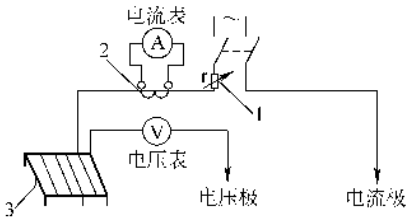


图 14-3　接地电阻的测量原理

1—可调电阻　2—电流互感器

3—被测装置

接地电阻表内有电源（手摇发电机），且电流电压成一定比例关系，即可直接读出电阻值。理论和实践都证明，当土壤电阻率较均匀时，电压极棒打在电

流极棒与接地网中心间距的0.618倍时，也就是打在向电流极一侧偏移一定距离的地方，测量的数据准确。因此接地电阻表使用时，应有两根带长导线的小地极棒。

测量时先将表放置于平地处，将表的测量端子和被测地极连接（一般用鱼嘴线夹），将电压极棒导线和电流极棒导线放开，分别拿至15m和30m以外，并将小地极棒打入地面之中，连接方式见图14-4。电压极棒和电流极棒布置方式可直线布置或三角形布置，见图14-5和图14-6。

然后将档位转换开关打在×10档上，摇动手柄使转速维持在120r/min，边摇边转动读数盘，当指针指在零位且不偏转时，对着读数盘的数字再乘以10即为接地电阻值。如果指针始终不能指向零位，而指向偏大方，则应调节档位在×100档上；如指向偏小方，则应调节档位在×1档上，继续摇之，直至指针指在零位不动，即可读数。

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14-2。

（7）接地干线、接地引线的焊接　接地干线与接地体的焊接见图14-7。

焊接一般应使用电焊，实有困难可使用汽焊。焊接必须牢固可靠，尽量将焊接面焊全焊满，即全方位焊接。

接地引线与干线的焊接见图14-8。要求同上。

接地干线和接地引线应使用镀锌圆钢或扁钢，其最小规格见表14-9。

焊接完后将焊缝处焊碴清除掉，然后涂沥青漆。

（8）将接地引线与避雷针的接地螺栓可靠连接　若引线为圆钢，则应在端部焊接一块长300mm的镀锌扁钢，开孔尺寸应和螺栓对应。连接前应再测一次接地电阻，应符合要求。检查无误后，即可回填土，要求同前。

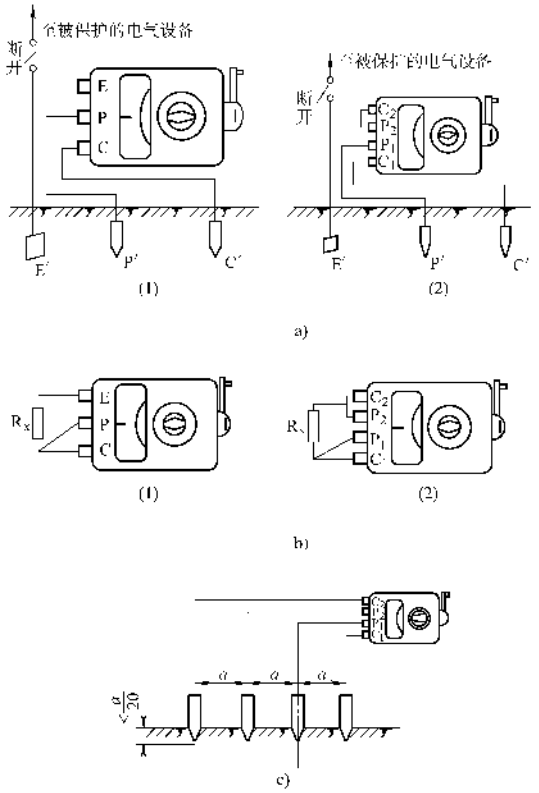


图14-4　接地电阻表使用接线方法

a）测量接地电阻　b）测量导体电阻

（1）三个端钮　（2）四个端钮

（1）三个端钮　（2）四个端钮

c）测量土壤电阻率ρ

$\rho = 2\pi aR$

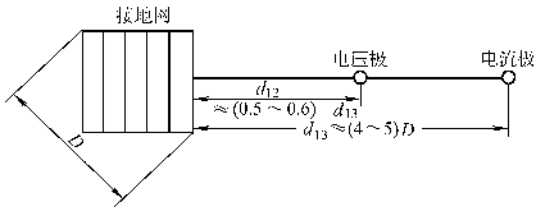


图14-5　直线布置法

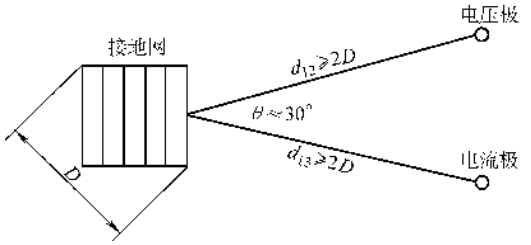


图14-6　三角形布置法

表 14-2-1 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
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 14-2-2 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。

2. 高耸独立建筑物或构筑物上避雷针的安装

高耸独立建筑物或构筑物主要指水塔、烟囱、高层建筑、化工反应塔、桥头堡等高出周围建筑物或构筑物的物体。

高耸独立物体的避雷针通常是将避雷针（ϕ25～ϕ30mm，顶部锻尖 70mm、全长 1500～2000mm 镀锌圆钢）固定在物体的顶部，然后焊接下引线并与接地体连接。下引线一种是用混凝土内主筋（不少于两根）或构筑物的钢架本身；另一种是在物体的外部敷设 ϕ12～ϕ16mm 的镀锌圆钢，敷设方法是用电焊点焊在预埋角钢上，角钢出墙壁不大于 150mm，引线必须垂直引下，在距地 2m 处到地平处应用竹管或钢管保护，竹管或钢管应刷黑白漆间隔，各 100mm。金属构架可用其本身作为引下线，上部的避雷针及下部的接地同上。接地极敷设及接地电阻要求同前。对于底面积较大且为钢筋混凝土框架结构的高大建筑物或构筑物，在其基础施工前，应在基础坑内将数条接地极棒打入坑内，间距≥5m，条数由设计或底面积的大小而定，并用镀锌接地母线连接形成一个接地网。基础施工时，再将主筋（每柱至少两根）与接地网焊接，一直引至顶层，详见图 4-118。

烟囱避雷针示意见图 14-9。

烟囱避雷针的设置可按表 14-3 选择，当直径大于 1.7m，高度大于 60m 时，应在烟囱、顶部设避雷带；高度 100m 以上的在地面以上 30m 处及以上每隔 12m 处设均压环；其接地引线可利用扶梯、内筋。

平顶建筑物避雷针的作法见图 14-11。

避雷带是指在建筑物顶部用镀锌圆钢（或扁钢）沿四周作成的闭合接地防雷系统，一般是和避雷针及顶避雷网连接，然后可靠接地，常用于高耸建筑物的顶部，用支持卡子支持，见图 14-10。

均压环是指在建筑物腰部用镀锌圆钢（或扁钢）沿四周并和建筑物作成一体的闭合接地防雷系统，一般是与避雷针或避雷带的接地引线可靠连接（通常指建筑物柱体的主钢筋），常用于高层建筑。通常是在距地 30m 处设第一环，然后每隔 12m 设一环，直到顶部。

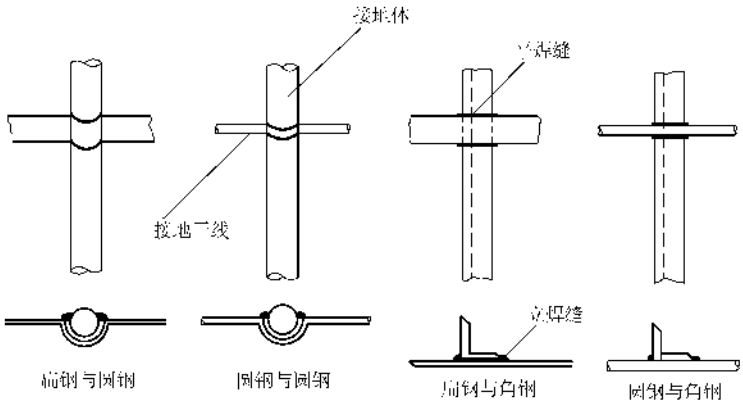


图 14-7 接地干线与接地体的焊接示意图

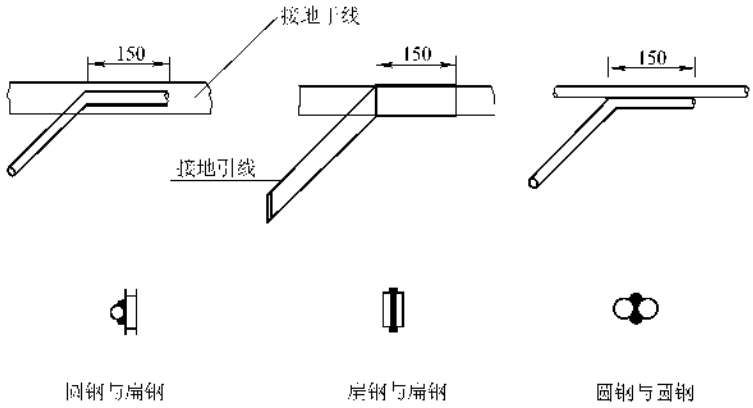


图 14-8　接地引线与干线的焊接示意图

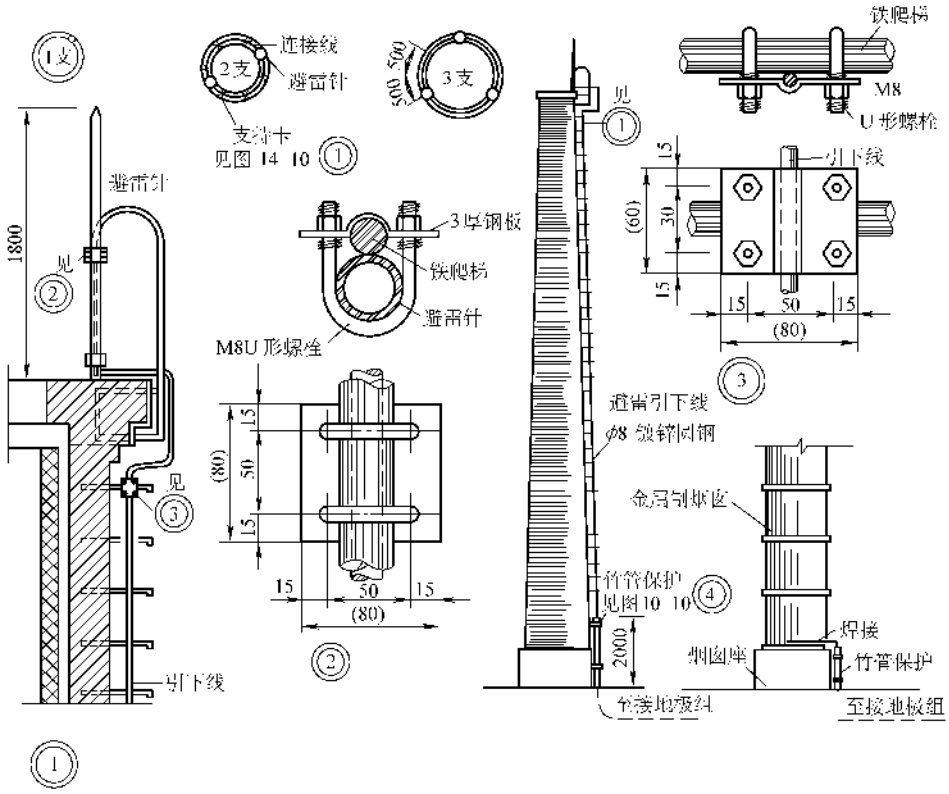


图 14-9　烟囱避雷针安装示意图

表 14-3　烟囱避雷针选择表　（单位：m）

烟囱尺寸	内径	1	1	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5	3
	高度	15～30	31～50	14～45	46～80	15～30	31～100	15～30	31～100	15～100
避雷针根数		1	2	2	3	2	3	2	3	3
避雷针长度		1.5								

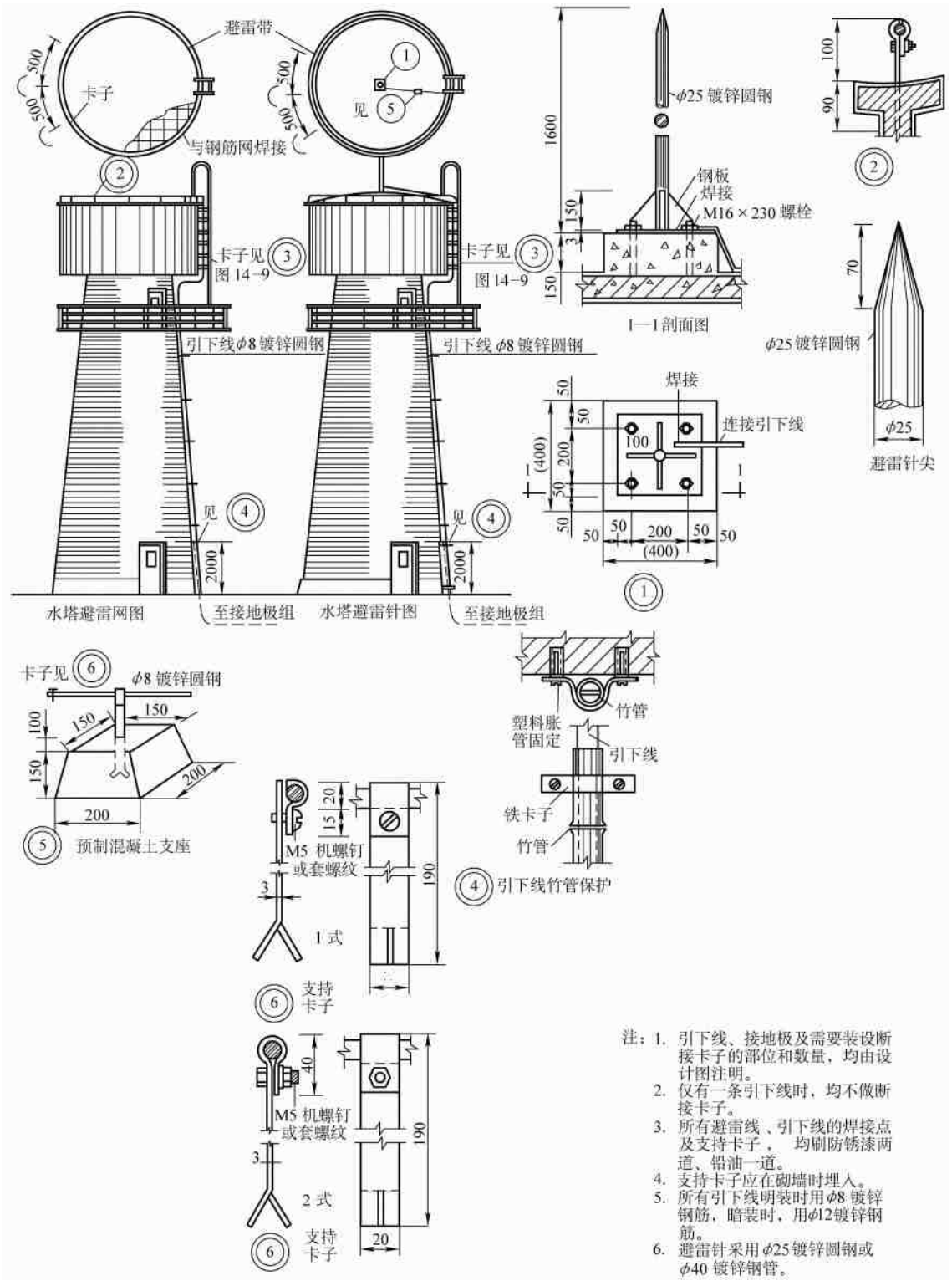


图 14-10 水塔避雷针安装示意图

避雷带、避雷针、均压环是高耸建筑物常用的避雷形式，且又结合在一起用。

水塔避雷针示意见图 14-10。引下线不少于两根，若高度、周长不超过 40m 可设一根，也可用扶梯、内筋作引下线。

平顶建筑物避雷针示意见图 14-11，高层建筑应设均压环。

二、避雷线的安装

避雷线常用在架空线路中，作为线路预防雷击的主要措施，安装方法详见第十章。

三、避雷器的安装

避雷器通常安装在横担、金属构器或落地水泥基础上，作为电气设备及线路预防雷击的主要措施，一般都应垂直地面安装。避雷器的新型产品很多，安装时应按安装说明进行。

1. 元件的检查测试

1）瓷套管是否完整，有无裂纹或闪络烧痕，有无严重污秽；水泥结合缝及其瓷釉是否完好，接线端子有无松动；左右摇摆避雷器应无声响，否则应打开修理；有动作记录器的应检查其是否完好，有无动作记录；有无其他不妥等。

2）绝缘电阻的测量。避雷器的绝缘电阻是指其相线端子和接地端子间的绝缘电阻，测量时一般应使用 2500～5000V 的绝缘电阻表，并将绝缘电阻表接在上述端子的接线柱上，同时将避雷器放在试验台上，不得倒放。由数节组成的避雷器应分节测量。FS 型避雷器的绝缘电阻应大于 2500MΩ，其他型号不作规定，但应与同一型式的测量数值进行比较，应无较大区别，若相差较大，可能是并联电阻断裂或接触不良，或许是内部阀片受潮。只有绝缘电阻合格后才能进行试验，试验方法详见第五章相关内容。

2. 阀型避雷器的安装

1）各连接处的金属接触面应除去氧化膜及油漆，并涂一层中性凡士林或复合脂。

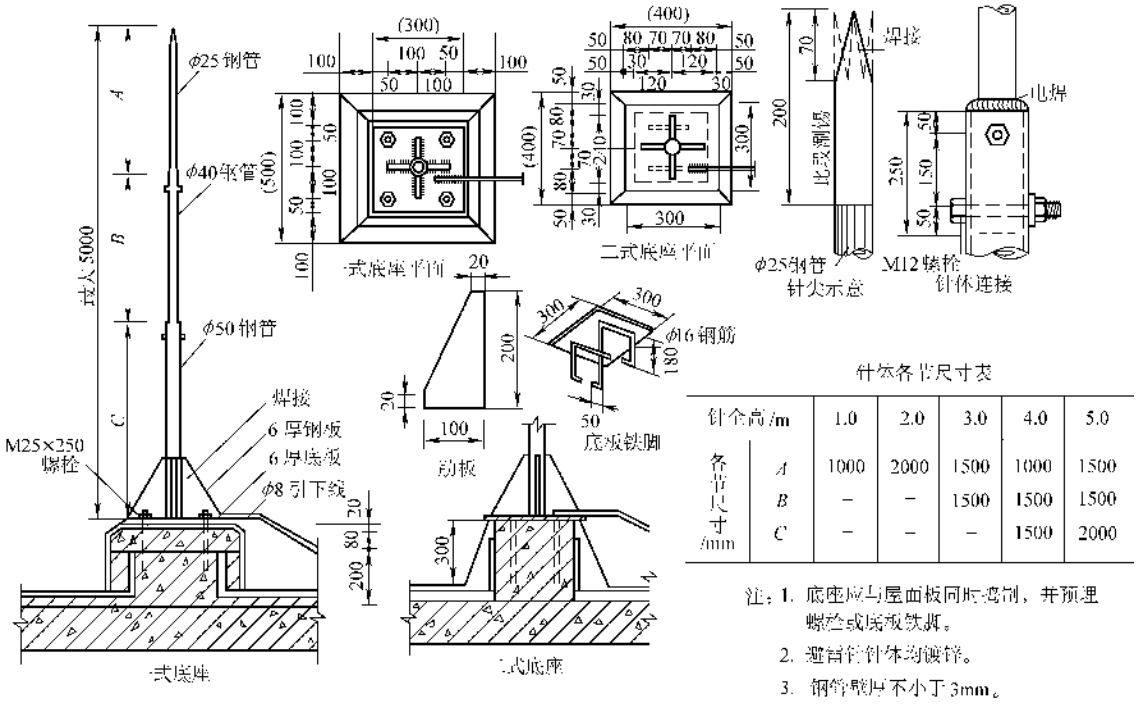
2）垂直安装、每个元件的中心轴线和安装点中心线的垂直偏差不应大于该元件高度的 1.5%。如有歪斜可在法兰间加金属片校正，并将其缝隙用腻子抹平后涂漆处理。均压环应水平安装，不应歪斜。电站用避雷器一般落地安装，应用仪器测量其垂直度。

3）放电记录器应密封良好，位置一般在标高 1.40m 处，计数器应在零位，将其串联接在接地引线的回路里，见图 14-12。

4）避雷器上端子应与被保护装置或线路的相线连接，一般用≥16mm² 的裸铜线；接地端下端子用≥16mm² 的裸铜线和接地引线可靠连接。垫圈、螺母、弹簧垫圈应使用与避雷器配套供应的紧固件。

3. 管形避雷器的安装

管形避雷器和阀型避雷器在安装有所不同。



针全高/m		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
各节尺寸/mm	A	1000	2000	1500	1000	1500
	B	–	–	1500	1500	1500
	C	–	–	–	1500	2000

图 14-11　平顶建筑物避雷针安装示意图

1）管形避雷器一般应垂直安装，当需斜射安装时，其轴线与水平方向的夹角，普通型应不小于15°，无续流管形应不小于45°，安装于污秽地区时应增大倾斜角度。

2）避雷器应在管体的闭口端固定，开口端指向下方，且下方或喷射方向上应无其他设施和接地金属物、防止排出气体引起相间或对地的闪络；下方应禁止通行，有遮栏并设有警告牌。动作指示盖应打开向下。

3）支架必须安装牢固，应用50mm×50mm×5mm镀锌角钢制作，防止因反冲力导致变形和位移。

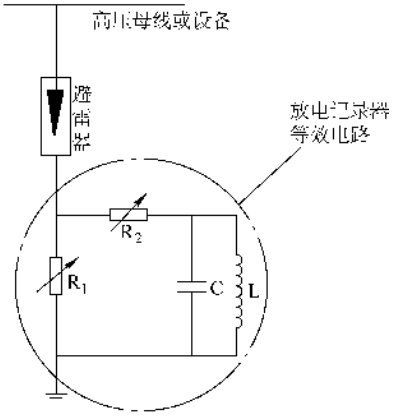


图14-12 放电记录器的接线方法

上端盖用M12自带螺栓固定在支架上，支架应可靠接地。被保护装置的高压引线接于下部的外电极上，见图14-13。腰部应与支架固定。

4）与被保护设备连接线长度应小于4m，并与被保护设备同用一个接地装置，接地装置的接地电阻应≤12Ω。

4. 低压避雷器的安装

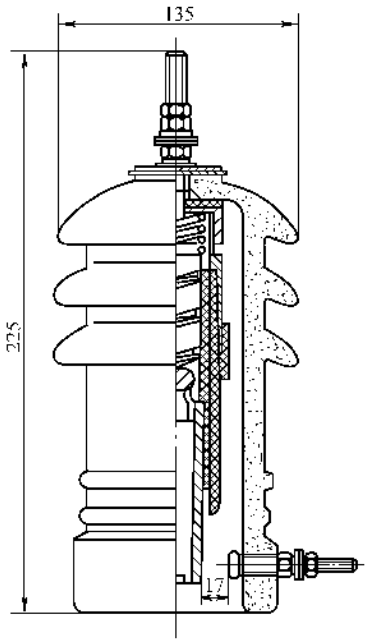
低压避雷器用于50～60Hz、220～500V交流电气设备、低压网络户内装置或通信广播线路、半导体器件等的过电压保护。其上下各有接线螺钉，分别接在网络和地线上，安装位置可在柜内或低压进户处，其外形及安装尺寸见图14-14～图14-17，技术数据见表14-4～表14-6。现将几种低压避雷器列出，供读者选用时参考。

其中FYS型为低压金属氧化物避雷器，适用于配电变压器低压侧、电能表、铁路与通信部门线路以及各种半导体器件的过电压保护，有380V、220V两种。外形尺寸见图14-17。

5. 保护间隙的安装

保护间隙安装示意图见图14-18。

保护间隙应满足下列要求：间隙可调整，调好后应保持稳定不变；间隙不易为雨滴所短路，一般采用水平间隙；间隙动作时，其电弧不能跳到其他设备上；间隙正常动作时，不致于严重烧坏。



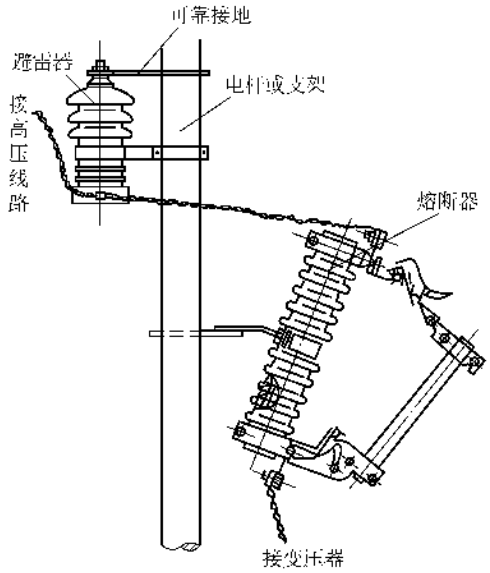
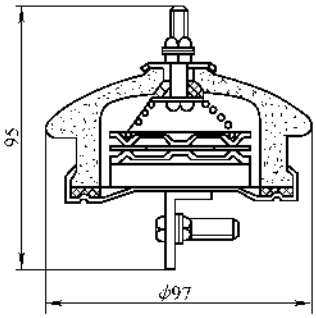
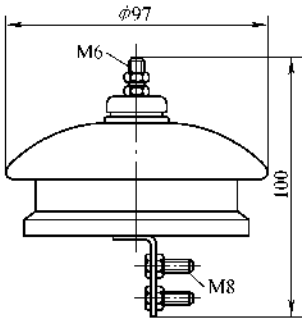


图14-13 GSW_2—10型无续流管形避雷器及其接线示意图



FS 型



FS_1、FS_3 型

图 14-14　FS 型避雷器外形尺寸

表 14-4　FS 系列低压阀式避雷器技术数据

型　　号	额定电压/kV	灭弧电压，有效值/kV	工频放电电压，有效值/kV		冲击放电电压（1.5～20μs）峰值，不大于/kV	残压（8/20μs，3kA 冲击电流下）峰值，不大于/kV	电导电流		质量/kg	用途
			不小于	不大于			直流试验电压/kV	电流，不大于/μA		
FS-0.22 FS2-0.22 FS3-0.22	0.22	0.25	0.5	0.9	1.17 1.7 1.7	1.5	0.25	5	0.31 0.295 0.216	保护电气设备免受大气过电压损害
FS-0.38 FS1-0.38 FS2-0.38 FS3-0.38	0.38	0.5	1.1	1.6	3.0	3.0	0.5	5	0.45 0.5 0.38 0.35	
FS-0.5 FS2-0.5	0.5	0.5	1.15	1.65	2.6	2.5	0.5	5	0.45 —	

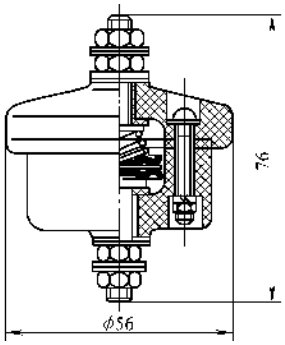


图 14-15　JBO 型击穿式保险器外形尺寸

表 14-5　JBO 型击穿式保险器技术数据及参考价格

型　　号	额定电压/V	工频放电电压，有效值/V	质量/kg	用途
JBO-0.22 JBO-0.38 JBO-0.5	220 380 500	351～500 501～800 801～1000	0.157	变压器中性点、有线广播等

表 14-6　技术数据

产品型号	持续运行电压/kV（有效值）	避雷器额定电压/kV（有效值）	8/20μs 冲击电流残压 kV（峰值）≤		交流 1mA 电压/kV ≥
			3kA	5kA	
Y3W-0.22/1.2	0.24	0.25	1.2	1.5	0.58
Y3W-0.38/2.3	0.42	0.50	2.3	2.5	1.0
Y3W1-0.22/1.2	0.24	0.25	1.2	1.5	0.58
Y3W1-0.38/2.3	0.42	0.50	2.3	2.5	1.0

间隙的电极一般用 ϕ6～ϕ16mm 的镀锌圆钢或 ϕ10mm 的紫铜棒做成，间隙的距离，可在表 14-7 中选择。

这里要说明一点，为了提高运行可靠性，保护间隙应尽量与自动重合闸装置配合使用，同时应提高支持绝缘子的绝缘强度，通常使用比被保护线路额定电压大一个规格的绝缘子，并提高横担的绝缘强度。

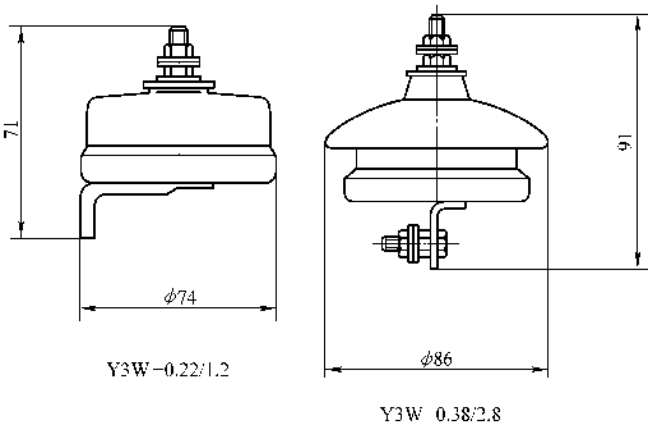


图 14-16 Y3W 型避雷器外形尺寸

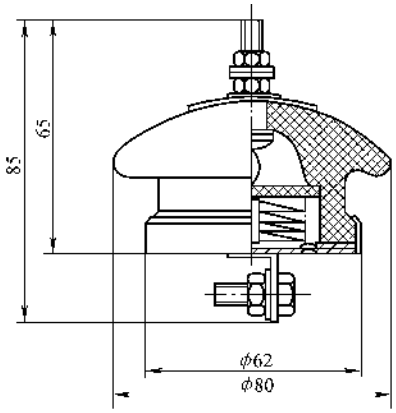


图 14-17 FYS 型低压金属氧化物避雷器外形尺寸

有时为了验证保护间隙的可靠性，在间隙调整好后，可按表 5-26 ~ 表 5-32 中的数值，作交流放电试验，接线见图 5-24（将避雷短路）间隙应在试验电压范围内放电，否则应调整间隙。

6. 避雷器的接地装置同避雷针

四、避雷网的安装

避雷网的安装应在配合土建施工时预埋铁件，安装时只完成引线、接地体、避雷针等设置。

1. 预埋铁件的检查验收

避雷网的接地引线一般采用钢筋混凝土主筋或外墙敷设引线的方式，采用第一种方式时，必须焊接可靠，采用第二种方式时，应在墙上预埋铁件。

（1）采用钢筋混凝土主筋敷设的检查验收

1）内筋作为下引线，其上下端应有引下线焊接的 T 形铁，铁件的平面应露出抹灰面或外装饰面，上端 T 形铁距顶为 400 ~ 500mm，下端距地平为 800 ~ 1200mm，见图 14-19。

2）检查钢筋的隐蔽工程及焊接记录，并测量上下 T 形铁间的电阻。对于高层建筑在测量时应减去测量仪器探测线的电阻，因为这段导线较长，电阻很大，测量结果应与钢筋换算后的电阻相符，一般不得超过 5%（可根据高度、截面、及钢的电阻率计算），如超差较大，说明焊接不好。对于层数较少的建筑物，可用万用表直接测量，上下端通即可。

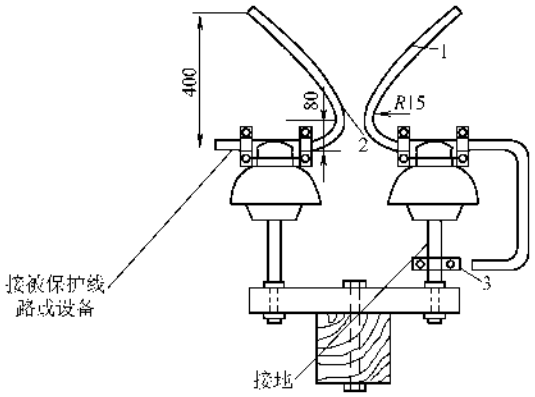


图 14-18 角形双间隙构造示意图

1—ϕ6 ~ ϕ10 镀锌圆钢 2—主间隙 3—辅助间隙

表 14-7 保护间隙距离

电压等级/kV	主间隙/mm	辅助间隙/mm
3	8	5
6	15	10
10	25	10
20	100	15
35	210	20

（2）外墙敷设引线预埋件的检查 预埋件一般用 ϕ12mm 镀锌圆钢，埋入深度 150mm，外露 50mm，间隔 1.5m，且在一条直线上，同时与地面垂直，见图 14-20。

（3）屋顶预埋件的检查 顶部外沿预埋的支持卡子或圆钢，应为镀锌件，间隔小于或等于 0.6 ~ 0.8m，距屋顶边缘不大于 100mm，且同一面的应成为一条直线，屋顶有凸起的电梯机房、储水箱间、各

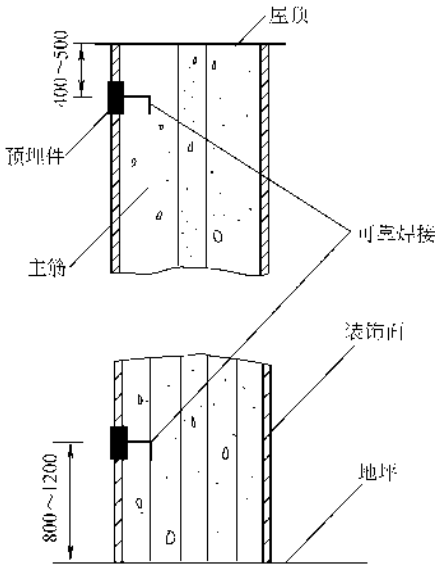


图 14-19　预埋件与主筋焊接示意图

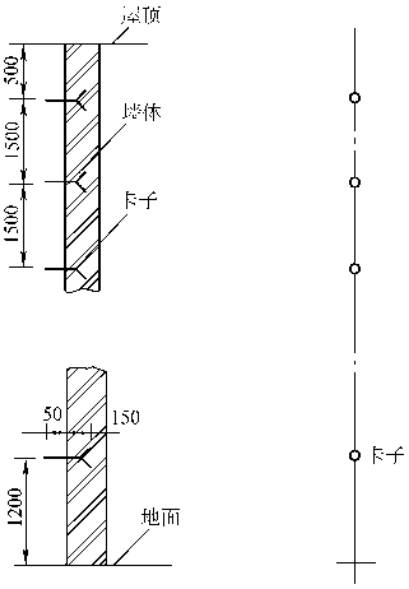


图 14-20　外墙引线预埋件的安装

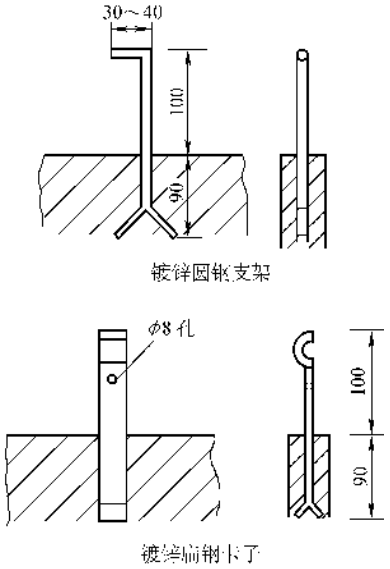


图 14-21　屋顶预埋件示意图

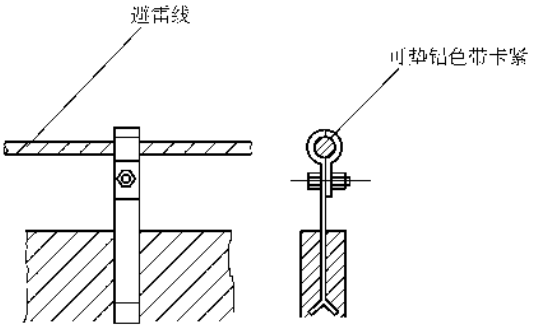


图 14-22　将避雷线固定在支持卡子上

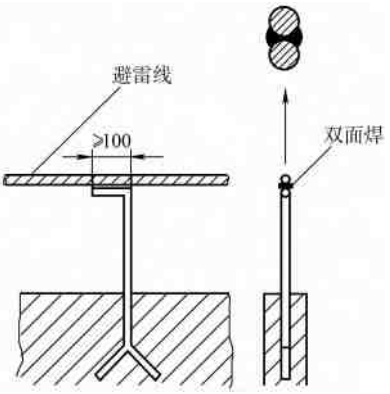


图 14-23　将避雷线与支架焊接

种天线机房等也应在其顶部外沿预埋支架，要求同上。预埋示意见图 14-21。

2. 避雷网线的安装

1）避雷网线一般都采用 ϕ12 ~ ϕ14mm 镀锌圆钢，在运往屋顶前应用拉伸机进行伸直处理，每根的长度宜为屋顶的边长。

2）屋顶外沿埋设支持卡子的则可将镀锌圆钢用卡子和螺钉固定，见图 14-22。

如屋顶外沿埋设支持圆钢，则将避雷线与其焊接，焊接时应左右侧全焊，然后涂沥青漆防腐，见图 14-23。

3）屋顶避雷网格一般用混凝土支座架设，与避雷线的固定同上。网格的面积一般不大于 10m × 10m，网格可用 ϕ8 ~ ϕ12mm 的镀锌圆钢，其端部与外沿避雷网线焊接。屋顶所有凸起的金属物应与避雷网格线焊接，凸起的小建筑物（如烟囱）应在其位置上竖起 ϕ12 ~ ϕ14mm 的镀锌圆钢和网格线焊接。总体布置见图 14-24。

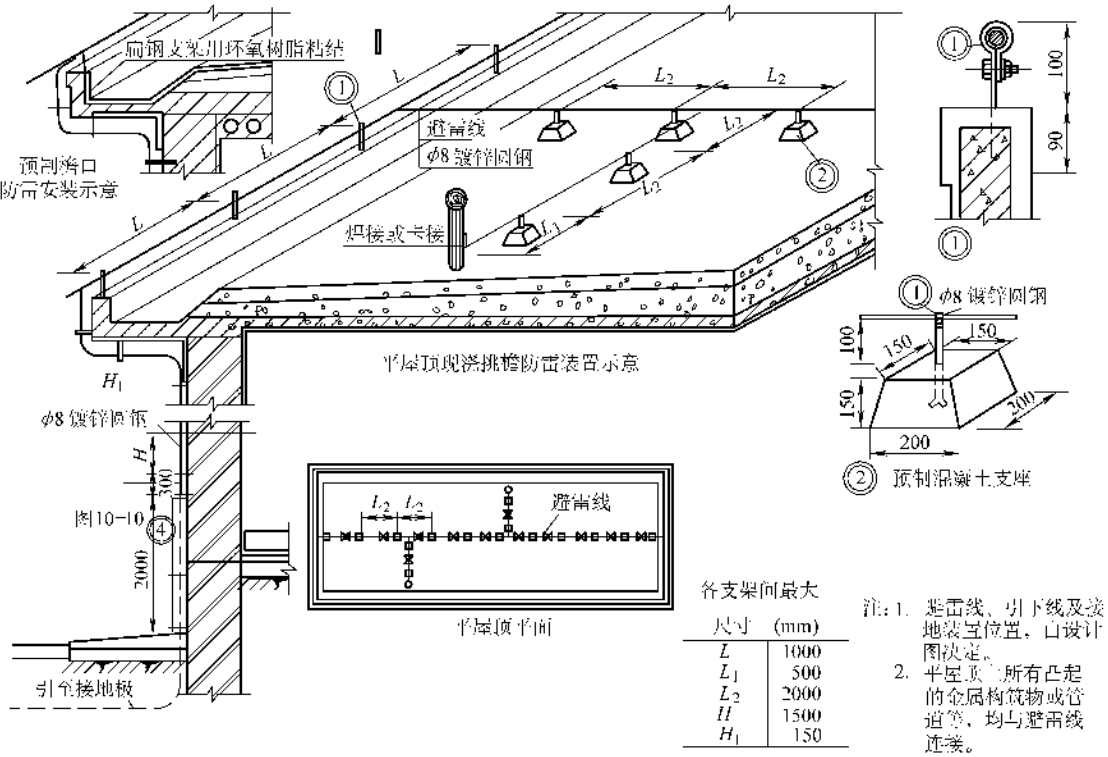


图 14-24 屋顶防雷布置示意图

4）屋顶有避雷针时安装方法同前，见图 14-11，避雷针应和避雷网格可靠焊接，或直接与引下线焊接。

3. 避雷引线的安装

1）采用柱子内筋作引线时，有屋顶预埋件上用 $\phi12\sim\phi14$mm 镀锌圆钢和屋顶外沿避雷线焊接，焊接长度应≥200mm，然后将其折弯（圆弧状）沿外沿轮廓下伸至柱子上部预埋 T 形铁处，进行焊接，折弯时与建筑物的距离应≥150mm，见图 14-25。

柱子下端在预埋铁上焊一 5×200mm 的镀锌扁钢，上开 $\phi12\sim\phi14$mm 圆孔两个，准备和接地体连接，见图 14-26。焊接长度≥100mm。

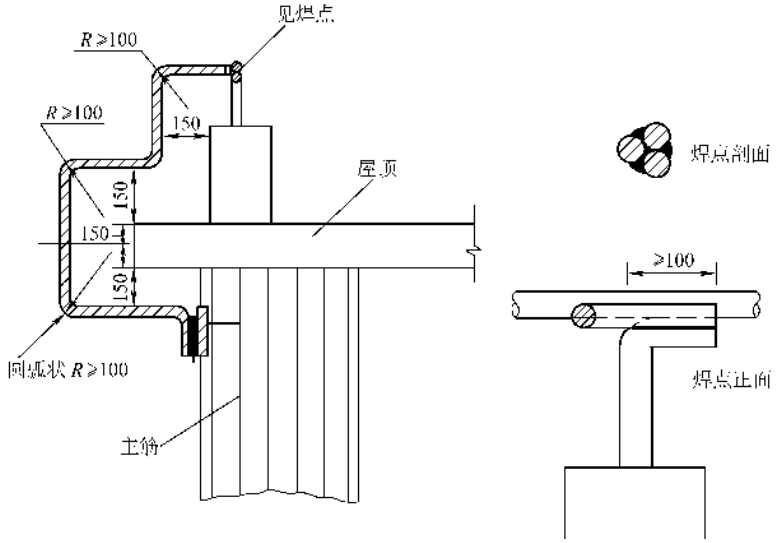


图 14-25 屋顶避雷网与主筋的焊接

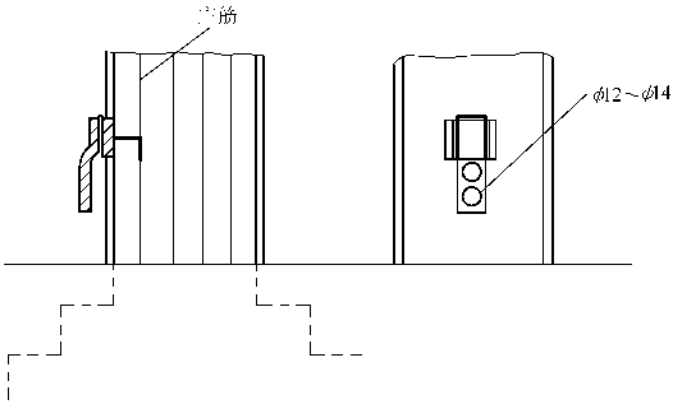


图 14-26　主筋与接地体的连接

2）沿墙外敷引线的安装。将放开伸直的 ϕ12～ϕ14mm 的镀锌圆钢，由下拉至屋顶，上端与外沿避雷线焊接，用上述图 14-25 的同样方法将其折弯引至顶上与预埋圆钢支架电焊牢固。然后将其伸至从上往下与每个预埋圆钢点焊，直至距地 1.4m 处，在引线下端焊接一 5×200 的镀锌扁钢，开孔两个 ϕ12～ϕ14mm见图 14-27。焊接长度≥100mm。

4. 高层建筑中的避雷带

在配合土建时，必须从基础开始与作为接地引线的柱内主筋可靠焊接，并将避雷带用 50mm 扁钢引出，以便外墙上的金属装饰物与此连接。必要时可用万用表测量（一端接避雷带，另一端接柱上 T 形铁）其连接的可靠性。详见第四章中多层工业厂房配合土建和图 4-118。

5. 接地体的安装

接地体的安装同前，下面只就接地引线和接地极的连接加以说明。

由接地干线引来的接地引线应焊接与上述对应相同的镀锌扁钢，然后用 M12～14 的镀锌螺栓加镀锌平垫、弹垫与接地下引线的镀锌扁钢可靠连接，见图 14-28。不应直接焊接。连接前应重测一次接地电阻。

然后在距地面 2000mm 段用竹管或角钢保护，并刷漆同前（见图 14-10）。

五、特殊场所防雷设施的安装

1. 露天可燃气体贮气柜的防雷

贮柜群一般应设独立避雷针，且本身应可靠接地（见第十三章）。

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。

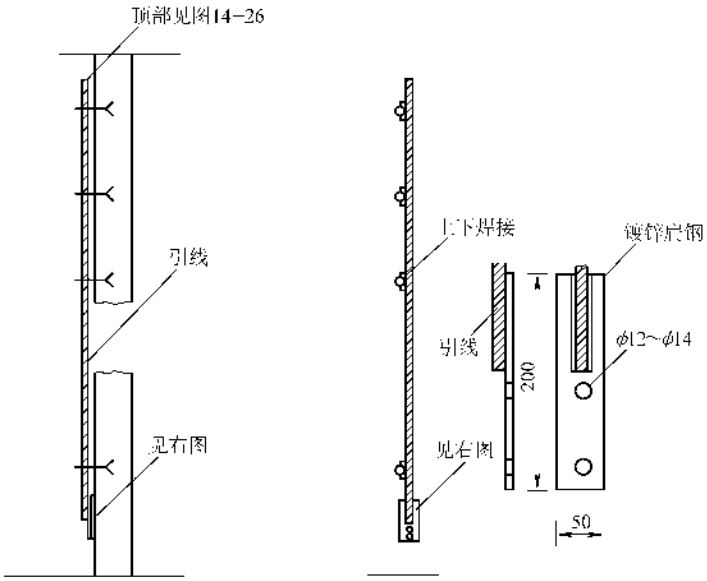


图 14-27　防雷引下线的安装

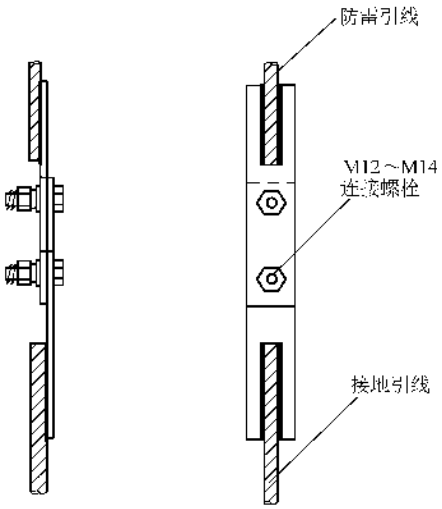


图 14-28 防雷引下线与接地体的连接

2. 露天油罐的防雷

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。

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. 户外架空管道的防雷

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（见图 14-87）。

4. 微波站、电视台的防雷

1）无线塔应设避雷针，塔身可做为引下线，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，见图 12-272。机房内各种电缆的金属外皮、设备外壳和正常不带的金属部分、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）接地防雷示意见图 14-29。

5. 卫星地面站的防雷

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见图 14-30。

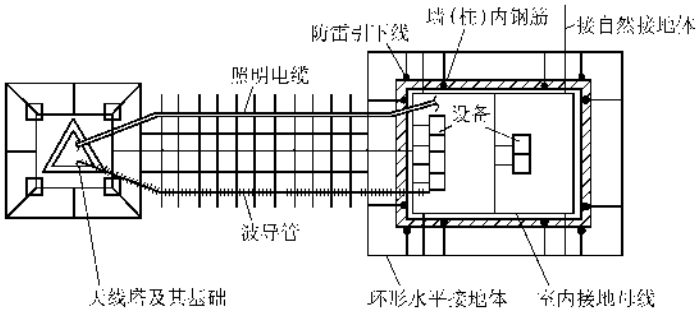


图 14-29　微波站、电视台防雷接地示意图

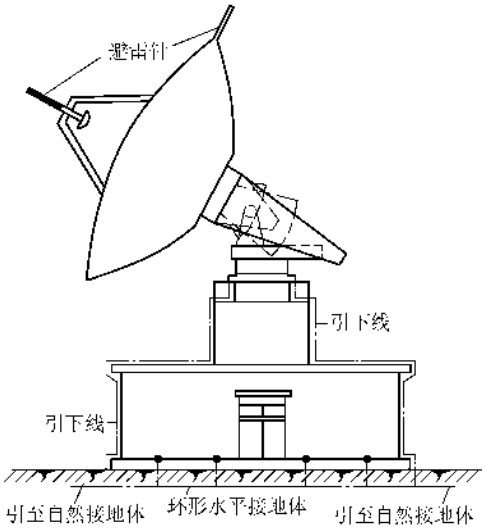


图 14-30　卫星地面站防雷接地示意图

6. 广播发射台的防雷

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，见图 14-31。

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 120×0.35mm² 紫铜带，机架用 40×4mm² 扁钢接到环形接地体上，见图 14-32。

短波发射台在天线塔上装设避雷针，将塔身接地，接电阻≤10Ω，机房同上。

7. 雷达站的防雷

天线本身可做为接闪器，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。雷达站防雷示意见图 14-33。

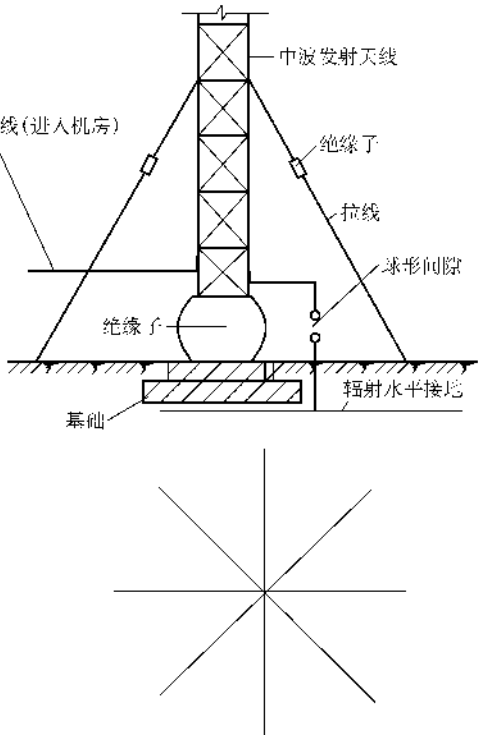


图 14-31　发射塔（天线）防雷接地示意图

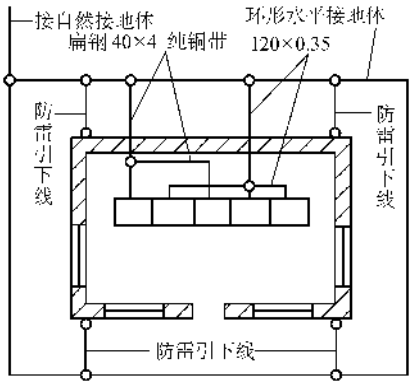


图 14-32　发射机房防雷接地示意图

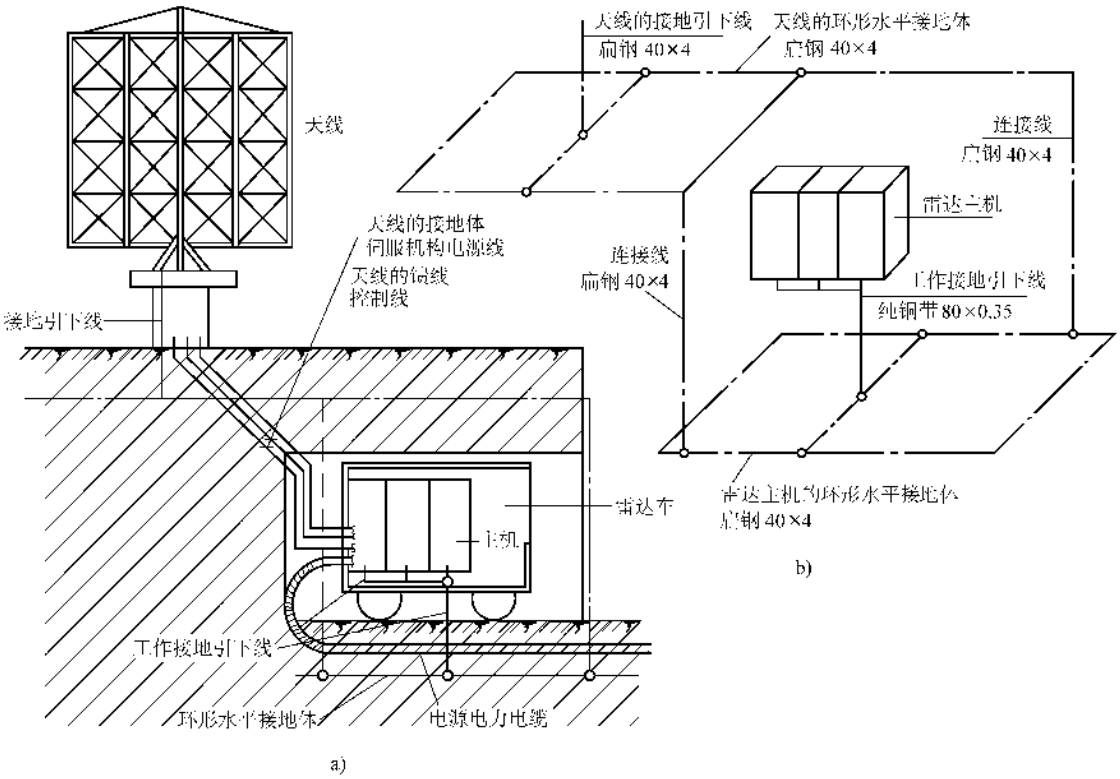


图 14-33 雷达站防雷示意图

a）天线及机房防雷接地剖面 b）接地系统透视

六、防雷装置的材料、规格、试验及要求

防雷系统在电气工程及建筑工程中占有非常重要的地位，是系统安全运行的可靠保障，因此对其材料要求非常严格。电涌保护器（SPD）在低压配电系统和弱电系统的防雷工程中有着重要的作用。这里将其材料、规格、试验及要求列出，供读者参考。

1. 接闪线（带）、接闪杆和引下线的材料、结构和最小截面面积应符合表 14-8 的规定。

表 14-8 接闪线（带）、接闪杆和引下线的材料、结构和最小截面面积

材料	结　构	最小截面面积/mm^2	备　注
铜	单根扁铜	50①	厚度 2mm
	单根圆铜	50①	直径 8mm
	铜绞线	50①	每股线直径 1.7mm
	单根圆铜	176	直径 15mm
镀锡铜	单根扁铜	50①	厚度 2mm
	单根圆铜	50①	直径 8mm
	铜绞线	50①	每股线直径 1.7mm
铝	单根扁铝	70	厚度 3mm
	单根圆铝	50①	直径 8mm
	铝绞线	50①	每股线直径 1.7mm

（续）

材料	结　构	最小截面面积/mm^2	备　注
铝合金	单根扁形导体	50①	厚度 2.5mm
	单根圆形导体	50	直径 8mm
	绞线	50①	每股线直径 1.7mm
	单根圆形导体	176	直径 15mm
	表面镀铜的单根圆形导体	50	径向镀铜厚度至少 250μm，铜纯度 99.9%
热浸镀锌钢	单根扁钢	50①	厚度 2.5mm
	单根圆钢	50	直径 8mm
	绞线	50①	每股线直径 1.7mm
	单根圆钢	176	直径 15mm
不锈钢	单根扁钢	50①	厚度 2mm
	单根圆钢	50	直径 8mm
	绞线	70①	每股线直径 1.7mm
	单根圆钢	176	直径 15mm
钢	表面镀铜的单根圆钢	50	径向镀铜厚度至少 250μm，铜纯度 99.9%

注：1. 热浸或电镀锡的锡层最小厚度为 1μm；

2. 热浸镀锌钢的镀锌层宜光滑连贯、无焊剂斑点，镀锌层至小圆钢镀层厚度为 22.7g/m^2，扁钢镀层厚 32.4g/m^2；

3. 单根圆铜、单根圆形导体铝合金、单根圆钢热浸镀锌钢、单根圆钢不锈钢仅应用于接闪杆。当应用于机械应力没达到临界值之处，可采用直径 10mm、最长 1m 的接闪杆，并应固定牢固；

4. 单根圆铜、单根圆钢热浸镀锌钢、单根圆钢不锈钢仅应用于入地之处；

5. 不锈钢中铬大于等于 16%，镍大于等于 8%，碳小于等于 0.07%；

6. 对埋于混凝土中以及与可燃材料直接接触的不锈钢，当为单根圆钢时最小尺寸宜增大至直径 10mm、截面面积 78mm^2，当为单根扁钢时，最小厚度宜为 3mm、截面面积 75mm^2；

7. 在机械强度无重要要求之处，截面面积 50mm^2（直径 8mm）可减为截面面积 28mm^2（直径 6mm）。当使用截面面积 28mm^2（直径 6mm）的单根圆铜作为接闪器或引下线时，固定支架的间距应符合 GB 50601—2010 中要求的数值；

8. 避免在单位能量 10MJ/Ω 下熔化的最小截面面积为铜 16mm^2、铝 25mm^2、钢 50mm^2、不锈钢 50mm^2；

9. 截面面积允许误差为 -3%；

① 当防雷装置安装位置具有高温或外来机械力的威胁时，截面面积 50mm^2 的单根金属材料的尺寸应加大到截面面积 60mm^2 的单根扁形材料或采用直径 8mm 的单根圆形材料。

2. 利用金属屋面做第二类、第三类防雷建筑物的接闪器时，接闪的金属屋面的材料和规格应符合下列规定：

（1）金属板下无易燃物品时，应符合下列规定：

1）铅板厚度大于等于 2mm。

2）钢、钛、铜板厚度大于等于 0.5mm。

3）铝板厚度大于等于 0.65mm。

4）锌板厚度大于等于 0.7mm。

（2）金属板下有易燃物品时，应符合下列规定：

1）钢、钛板厚度大于等于 4mm。

2）铜板厚度大于等于 5mm。

3）铝板厚度大于等于 7mm。

3. 使用单层彩钢板为屋面接闪器时，其厚度应分别符合上述 1. 和 2. 的要求；使用双层夹保温材料的彩钢板，且保温材料为非阻燃材料和（或）彩钢板下无阻隔材料时，不宜在有易燃物品的场所使用。

4. 接地体的材料、结构和最小尺寸要求应符合表 14-9 的规定。

表 14-9 接地体的材料、结构和最小尺寸

材料	结构	最小尺寸			备注
		垂直接地体最小直径/mm	水平接地体最小截面面积	接地板最小尺寸/mm	
铜	铜绞线	—	50mm²	—	每股直径 1.7mm
	单根圆铜	—	50mm²	—	直径 8mm
	单根扁铜	—	50mm²	—	厚度 2mm
	单根圆铜	15	—	—	—
	铜管	20	—	—	壁厚 2mm
	整块铜板	—	—	500×500	厚度 2mm
	网络铜板	—	—	600×600	各网格边截面 25mm×2mm，网格网边总长度不少于 4.8m
钢	热镀锌圆钢	14	78mm²	—	—
	热镀锌钢管	20	—	—	壁厚 2mm
	热镀锌扁钢	—	90mm²	—	厚度 3mm
	热镀锌钢板	—	—	500×500	厚度 3mm
	热镀锌网格钢板	—	—	600×600	各网格边截面 30mm×3mm，网格网边总长度不少于 4.8m
	镀铜圆钢	14	—	—	径向镀铜层至少 250μm，铜纯度 99.9%
	裸圆钢	14	78mm²	—	—
	裸扁钢或热镀锌扁钢	—	90mm²	—	厚度 3mm
	热镀锌钢绞线	—	70mm²	—	每股直径 1.7mm
	热镀锌角钢	50×50×3	—	—	—
	镀铜圆钢	—	50mm²		径向镀铜层至少 250μm，铜纯度 99.9%
不锈钢	圆形导体	16	78mm²	—	—
	扁形导体	—	100mm²	—	厚度 2mm

注：1. 镀锌层应光滑连贯、无焊剂斑点，镀锌层至小圆钢镀层厚度 22.7g/m²、扁钢镀层厚度 32.4g/m²；

2. 热镀锌之前螺纹应先加工好；

3. 铜绞线、单根圆铜、单根扁铜也可采用镀锡；

4. 铜应与钢结合良好；

5. 裸圆钢、裸扁钢和钢绞线作为接地体时，只有在完全埋在混凝土中时才允许采用；

6. 裸扁钢或热镀锌扁钢、热镀锌钢绞线，只适用于与建筑物内的钢筋或钢结构每隔 5m 的连接；

7. 不锈钢中铬大于等于 16%，镍大于等于 5%，钼大于等于 2%，碳小于等于 0.08%；

8. 截面面积允许误差为 -3%；

9. 不同截面的型钢，其截面不小于 290mm²，最小厚度为 3mm。如可用 50mm×50mm×3m 的角钢作垂直接地体。

5. 防雷装置各连接部件的最小截面面积应符合表 14-10 的规定。

6. 低压配电系统的 SPD 分类应符合表 14-11 的要求。

表 14-10　防雷装置各连接部件的最小截面面积

等电位连接部件			材料	截面面积/mm^2
等电位连接带（铜或热镀锌钢）			铜、铁	50
从等电位连接带至接地装置或至其他等电位连接带的连接导体			铜	16
			铝	25
			铁	50
从屋内金属装置至等电位连接带的连接导体			铜	6
			铝	10
			铁	16
连接SPD的导体	电气系统	Ⅰ级试验的SPD	铜	6
		Ⅱ级试验的SPD		2.5
		Ⅲ级试验的SPD		1.5
	电子系统	D1类SPD		1.2
		其他类的SPD（连接导体的截面面积可小于1.2mm^2）		根据具体情况确定

注：连接单台或多台Ⅰ级分类试验或D1类SPD的单根导体的最小截面面积的计算方法，应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057—2010规定。

表 14-11　低压配电系统的SPD分类

大类序号	分类方式		小类序号	具体分类
1	按有无串联附加阻抗		1 2	无串阻抗（单口） 串联阻抗（双口）
2	按电路设计拓扑		3 4 5	电压开关型 电压限制型 组合型
3	按冲击试验类型		6 7 8	Ⅰ级分类试验 I_{imp}，即 T1 Ⅱ级分类试验 I_{max}，即 T2 Ⅲ级分类试验 U_{OC}，即 T3
4	按可触及性		9 10	易触及型 不易触及型
5	按安装方式		11 12	固定式 可移式
6	脱离器	安装位置	13 14 15	安在SPD内部 安在SPD外部 内、外部均有
		保护功能	16 17 18	有防过热功能 有防泄漏电流功能 有防过电流功能

（续）

大类序号	分类方式	小类序号	具体分类
7	后备过电流保护	19 20	有具体规定的 无具体规定的
8	外壳保护等级	21 21 + 1 21 + 2 ⋮ 21 + n	按 IP 代码规定划分
9	温度范围	22 23	工作在正常温度范围 工作在异常温度范围

7. 电信、信号网络的 SPD 分类应符合表 14-12 和表 14-13 的要求。

表 14-12　电信、信号网络的 SPD 分类

大类序号	分类方式	小类序号	具体分类	大类序号	分类方式	小类序号	具体分类
1	有、无限流元件	1 2	无限流元件 有限流元件	5	按线路对数	12 13	一对线的 一对线以上的
2	按冲击试验分类	3 4 5 6	A 类：见表 14-13 B 类：见表 14-13 C 类：见表 14-13 D 类：见表 14-13	6	按限流器件的可复位性能	14 15 16	非复位的 可复位的 自动复位的
				7	温度范围	17 18	工作在正常温度范围 工作在异常温度范围
3	按过载故障模式	7 8 9	模式 1 模式 2 模式 3	8	外壳保护等级	19 19 + 1 ⋮ 19 + n	按 IP 代码规定划分
4	按使用地点分类	10 11	户外型 户内型				

表 14-13　SPD 按实验方法分类

类别	试验类型	开路电压	短路电流
A1	很慢的上升速率	≥1kV 0.1kV/μs ~ 100kV/s	10A，0.1A/μs ~ 2A/μs ≥1000μs（持续时间）
A2	AC	按《低压电涌保护器　第 21 部分：电信和信号网络的电涌保护器（SPD）——性能要求和试验方法》GB/T 18802.21—2011 中表 5 的规定实验	
B1	慢的上升速率	1kV，10/1000μs	100A，10/1000μs
B2		1kV ~ 4kV，10/700μs	25 ~ 100A，5/300μs
B3		≥1kV，100V/μs	10 ~ 100A，10/1000μs
C1	快的上升速率	0.5kV ~ <1kV，1.2/50μs	0.25kA ~ <1kA，8/20μs
C2		2kV ~ 10kV，1.2/50μs	1 ~ 5kA，8/20μs
C3		≥1kV，1kV/μs	10 ~ 100A，10/1000μs
D1	高能量	≥1kV	0.5 ~ 2.5kA，10/350μs
D2		≥1kV	0.6 ~ 2.0kA，10/250μs

8. SPD 其产品标志、铭牌或使用说明书上提供下列信息：

（1）生产厂名、商标及型号。

（2）是否串有阻抗（双口或单口）。

（3）安装方法。

（4）最大持续运行电压 U_c（第一种保护模式一个值）。

（5）低压配电系统的 SPD 生产厂应说明产品属于下列的何种试验类别：

1）Ⅰ级分类试验 I_{imp}，即 T1。

2）Ⅱ级分类试验 I_{max}，即 T2。

3）Ⅲ级分类试验 U_{OC}，即 T3。

（6）电信和信号网络中的 SPD 生产厂应说明产品属于下列的何种试验类别：

1）A1 ~ A2。

2）B1 ~ B3。

3）C1 ~ C3。

4）D1 ~ D2。

（7）Ⅰ级分级及Ⅱ级分类试验预处理中的标称放电电流值，每一种保护模式应为一个值。

（8）电压保护水平，每一种保护模式应为一个值。

（9）额定负载电流 I_L。

（10）外壳保护等级（当 IP > 20 时）。

（11）承受短路电流。

（12）后备过电流保护推荐的最大额定值。

（13）脱离器动作指示。

（14）具有特殊用途产品的安装位置。

（15）接线端的标志。

（16）连接、机械尺寸、导线长度等安装指南。

（17）电网供电类型。

（18）Ⅰ级分类试验中比能量。

（19）温度范围。

（20）额定断开续流值（除限压型 SPD 外）。

（21）推荐使用外部断路器的指标。

（22）残流。

（23）暂时过电压耐受特性。

（24）冲击复位时间。

（25）交流耐受能力。

（26）过载故障模式。

（27）传输速率、插入损耗、驻波比、带宽等传输特性。

（28）工作频段。

（29）接口型式。

（30）串联电阻。

SPD 在 TN、TT、TN-C-S 系统及电信、信号网络中的安装接线图见图 14-34 ~ 图 14-45。

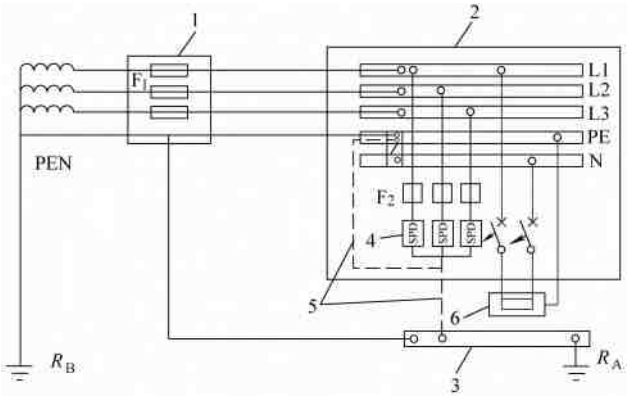


图 14-34　TN 系统中的 SPD

1—装置的电源　2—配电盘　3—总接地端或总接地连接带

4—SPD　5—SPD 的接地连接　6—需要保护的设备

F_1—安装在电源进线端的剩余电流保护器

F_2—保护 SPD 推荐的熔丝、断路器或剩余电流保护器　R_A—本装置的接地电阻

R_B—供电系统的接地电阻　L1、L2、L3—相线 1、2、3

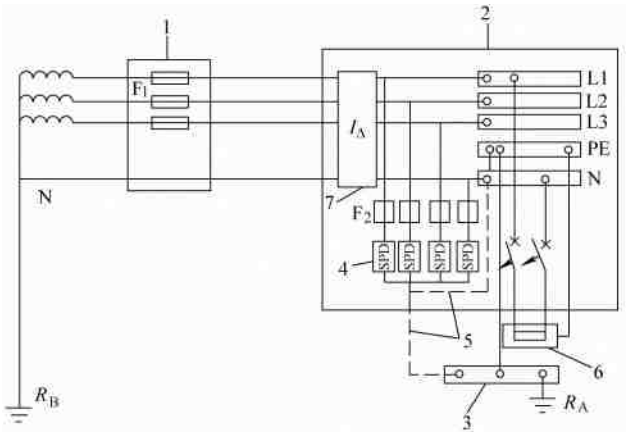


图 14-35 TT 系统中 SPD 安装在剩余电流保护器的负荷侧

1—装置的电源 2—配电盘 3—总接地端或总接地连接带

4—SPD 5—SPD 的接地连接

6—需要保护的设备 7—剩余电流保护器 $I_{\triangle}$

F_1—安装在电源进线端的剩余电流保护器

F_2—保护 SPD 推荐的熔丝、断路器或剩余电流保护器

R_A—本装置的接地电阻 R_B—供电系统的接地电阻 L1、L2、L3—相线 1、2、3

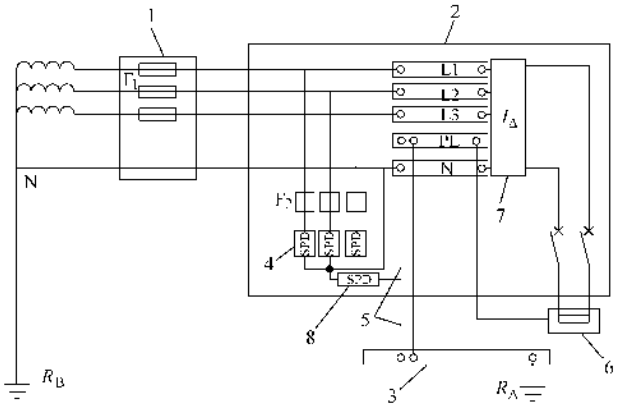


图 14-36 TT 系统中 SPD 安装在剩余电流保护器的电源侧

1—装置的电源 2—配电盘 3—总接地端或总接地连接带

4—SPD 5—SPD 的接地连接 6—需要保护的设备

7—剩余电流保护器 $I_{\triangle}$ 8—SPD 或放电间隙

F_1—安装在电源进线端的剩余电流保护器

F_2—保护 SPD 推荐的熔丝、断路器或剩余电流保护

R_A—本装置的接地电阻 R_B—供电系统的接地电阻 L1、L2、L3—相线 1、2、3

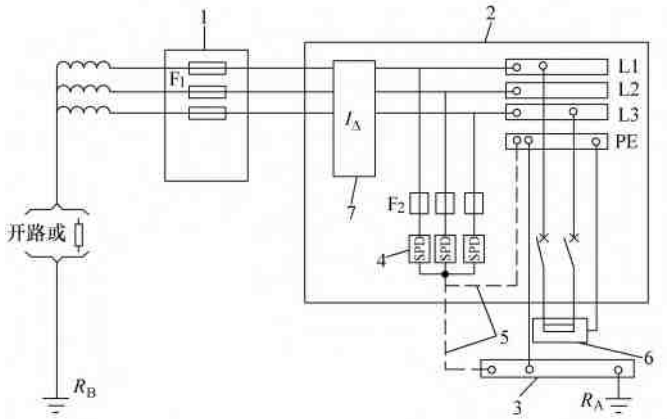


图 14-37　TT 系统 SPD 安装在剩余电流保护器的负荷侧

1—装置的电源　2—配电盘　3—总接地端或总接地连接带　4—SPD　5—SPD 的接地连接
6—需要保护的设备　7—剩余电流保护器 I_Δ　F_1—安装在电源进线端的剩余电流保护器
F_2—保护 SPD 推荐的熔丝、断路器或剩余电流保护器
R_A—本装置的接地电阻　R_B—供电系统的接地电阻　L1、L2、L3—相线 1、2、3

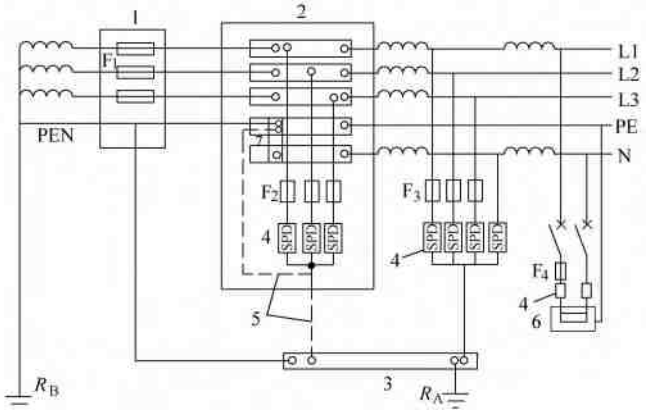


图 14-38　在 TN-C-S 系统中Ⅰ级、Ⅱ级和Ⅲ级试验的 SPD 的安装

1—装置的电源　2—配电盘　3—总接地端或总接地连接带　4—SPD　5—SPD 的接地连接
6—需要保护的设备　7—PE 与 N 线的连接带　F_1—安装在电源进线端的剩余电流保护器
F_2、F_3、F_4—保护器　R_A—本装置的接地电阻　R_B—供电系统的接地电阻　L1、L2、L3—相线 1、2、3

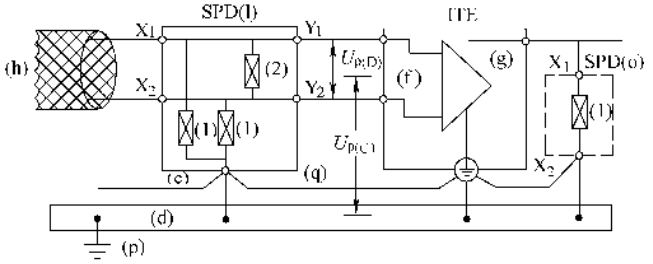


图 14-39　电子设备的信号（f）和低压配电输入（g）的共模电压和差模电压的防护措施示例

（c）—SPD 的连接点　（d）—总等电位连接带（EBB）　（f）—信息技术设备/电信端口　（g）—电线接口
（h）—信息技术线路/电信通信线/网络　（l）—电信和信息网络上的 SPD　（o）—直流配电线路上的 SPD
（p）—接地连接导体　（q）—必要的连接　$U_{p(C)}$—共模状况下电压保护水平
$U_{p(D)}$—差模状况下电压保护水平　X_1、X_2—SPD 的接线端子
Y_1，Y_2—SPD 保护侧的接线端子　（1）—限制共模电压的电涌防护元件　（2）—限制差模电压的电涌防护元件

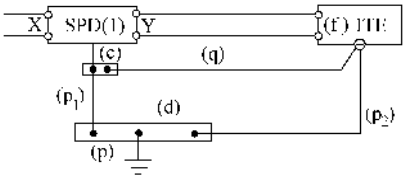


图 14-40　减小对 SPD 电压保护水平影响的连接示例

（连接至电子设备的三个、五个或多个连接端口）

（c）—SPD 的共用连接终端　（d）—等电位连接带（EBB）

（f）—信息技术设备/电信端口

（1）—电信和信号网络上的 SPD

（p）—接地连接导体　（p_1，p_2）—接地导体

（q）—必要的连接

X，Y—SPD 的接线端子，X 为输入端、Y 为输出端

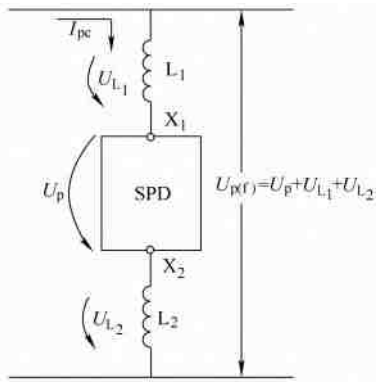


图 14-41　由 SPD 两端连线上电感导致的电压降 U_{L_1} 和 U_{L_2} 对电压保护水平 U_p 影响的示例

L_1，L_2—连接导体的电感

U_{L_1}，U_{L_2}—由电涌电流的 dI_{pc}/dt 感应出的电压降

X_1，X_2—SPD 的接线端子　I_{pc}—部分雷电流

$U_{p(f)}$—有效电压保护水平　U_p—电压保护水平

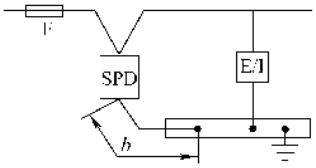


图 14-42　SPD 安装在或靠近电气装置电源进线端的示例

b—SPD（电涌保护器）与等电位连接

带之间的连接导线长度，不宜大于 0.5m

F—安装在电源进线端的剩余电流保护器

E/I—被保护的电子设备

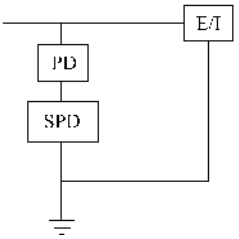


图 14-43　优先重点保证供电连续性

PD—SPD 的过电流保护器　E/I—被保护的电气装置或设备

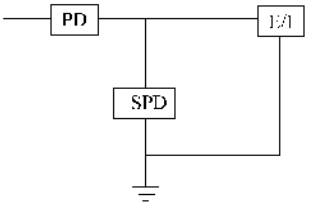


图 14-44　优先重点保证保护连续性

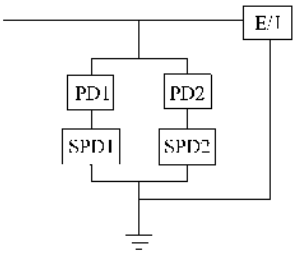


图 14-45　供电连续性和保护连续性的结合

第三节　接地系统的安装

电气系统中，常将由于绝缘损坏而可能使电气装置正常情况下不带电、而事故情况下可能带电的金属部分直接与接地体连接，而在中性点直接接地的低压电网中，有时与零线连接。这样，当电气设备的绝缘损坏时，能使其接地或接零部分的电位保持为零或使自动开关跳闸，进而保护电气设备不受损坏或保护操作人员的安全，不至触电。因此，我们在变压器中性点直接接地的系统中，把电气设备需要接地的部分与零线连接，且这个零线是单独设置的，与工作零线一样，也是由中性直接引出的，我们把它叫做保护零线PE，接地方式叫做保护接零，这样便形成了三相五线制（三根相线，一根工作零线，一根保护零线）。而在变压器中性点非直接接地的系统中，把电气设备需要接地的部分与接地母线连接，这个接地母线是通过接地极（体）与大地连接的，我们把这种方式叫做保护接地，这与保护接零是不同的。需要指出的是保护接零与保护接地不能混淆，在同一个系统中，不得将有的设备接零，而有的设备接地，否则，在事故时，将会发生危险，详见机工版《新标准　电工安全技术365问》一书。我们这里说的接地，就是中性点直接接地系统中的接零或者是中性点非直接接地系统中的接地，主要是看系统采用的是什么接地方式。而在防雷系统中的接地，则指的是与大地的连接。

电气装置的下列部分应可靠接地：

1）电机、变压器、电器、携带式或移动式用电器具等的金属底座和外壳；

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、保护用的屏（柜、箱）及操作台等的金属框架和底座；

5）交、直流电力电缆的接头盒、终端头和膨胀器的金属外壳和可触及的电缆金属护层和穿线的钢管。穿线的钢管之间或钢管和电器设备之间有金属软管过渡的，应保证金属软管段接地畅通；

6）电缆桥架、支架和井架；

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，不接地、消弧线圈接地和高电阻接地系统中无避雷线的架空电力线路的金属杆塔和钢筋混凝土杆塔；

10）承载电气设备的构架和金属外壳；

11）发电机中性点柜外壳、发电机出线柜、封闭母线的外壳及其他裸露的金属部分；

12）气体绝缘全封闭组合电器（GIS）的外壳接地端子和箱式变电站的金属箱体；

13）电热设备的金属外壳；

14）铠装控制电缆的金属护层；

15）互感器的二次绕组。

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。

10）需要接地的直流系统的接地装置应符合下列要求：

①　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的连接；

②　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，必要时可采取外引式接地装置或改良土壤的措施；

③　直流电力回路专用的中性线和直流两线制正极的接地体、接地线不得与自然接地体有金属连接；当无绝缘隔离装置时，相互间的距离不应小于1m；

④　三线制直流回路的中性线宜直接接地。

11）接地线不应作其他用途。

在上述章节的讲述中已将接地系统的预埋件、接地引入线、管与管及管与盒的跨接线、出线口接地螺栓、盘柜的接地母线等有关接地的项目做完。在安装前要进行检查，必要时要修复。接地系统的安装主要

是电气设备接地线的连接、接地极的埋设、接地母线的连接以及接地电阻的测试等，同时着重讲述接地体接地不良的处理方法。

一、电气设备的接地

1. 变压器的接地

电力变压器有两个接地，一个是变压器外壳的保护接地，另一个是中性点（零线端子）的工作接地。保护接地应直接与接地体连接，工作接地应按母线（一般采用铝母带）制作方法从地沟引入低压柜并与零母线连接，同时将其与电缆沟内的接地引线可靠连接。变压器的接地见图 14-46。

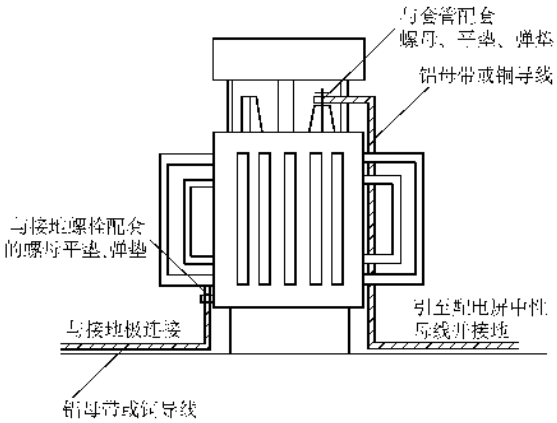


图 14-46　变压器的接地

2. 电动机的接地

低压小型电动机的接地螺栓一般在接线盒内，接地线是将导线穿入管内与电动机线同时引入接线盒内或者利用管路做为接地引线，利用管口的螺栓再将接地线引入接线盒内，见图 14-47。

高压或大中型电动机的接地螺栓一般在外壳的底座上，接地方法同变压器。

3. 电器金属外壳接地线引入同低压小型电动机其接地方法

见图 14-48a。

4. 金属构架的接地是直接与接地干线连接或焊接

见图 14-48b。

5. 低压进户线重复接地

见图 14-49。

6. 架空线路的重复接地

接线见图 14-50。

7. 盘柜及电缆的接地

接线见图 14-51。

8. 室内接地干线的敷设

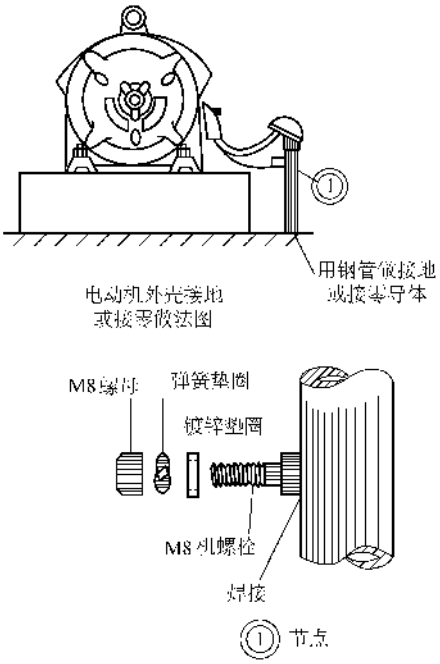


图 14-47　电动机的接地

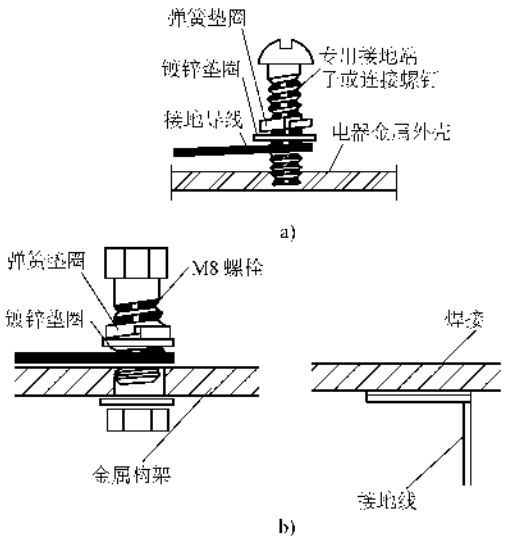


图 14-48　电器及构架的接地

a）电器金属外壳的接地　b）金属构架的接地

大中型工业厂房、变配电间或设备较多的房间内，常将接地线沿墙明设，有需要接地的设备便直接与地线连接，而干线可在适当的位置和地极相连，有的地极便敷设于室内，作法见图 12-272。

这里重点说明一点，接地点的连接必须焊接或螺栓

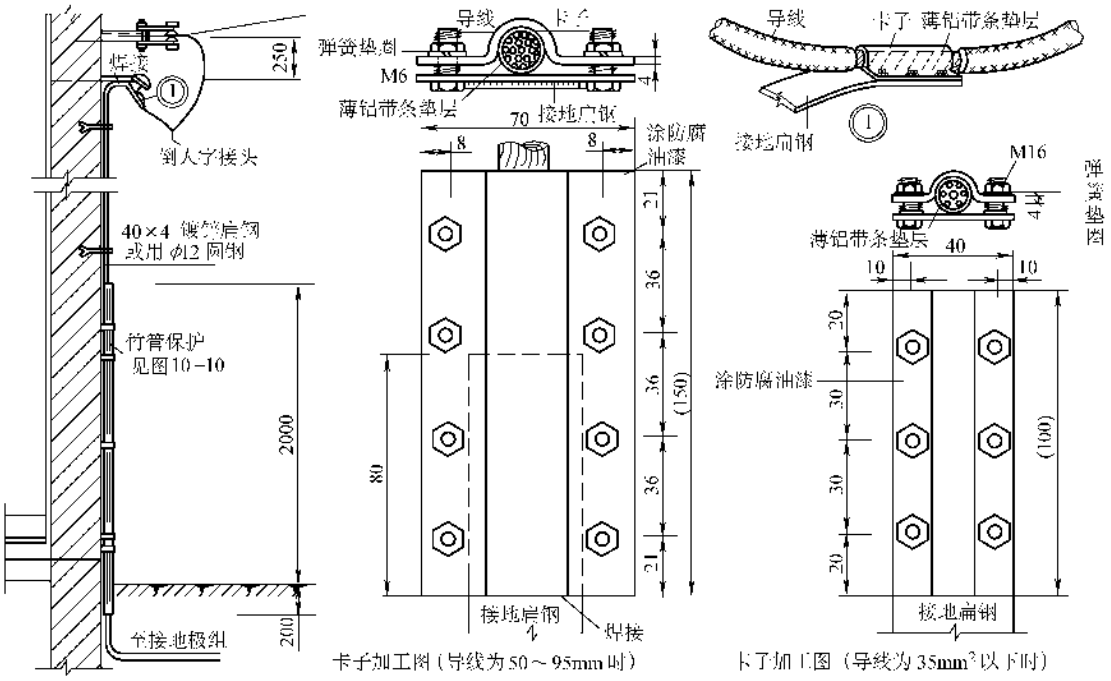


图 14-49　低压进户线重复接地

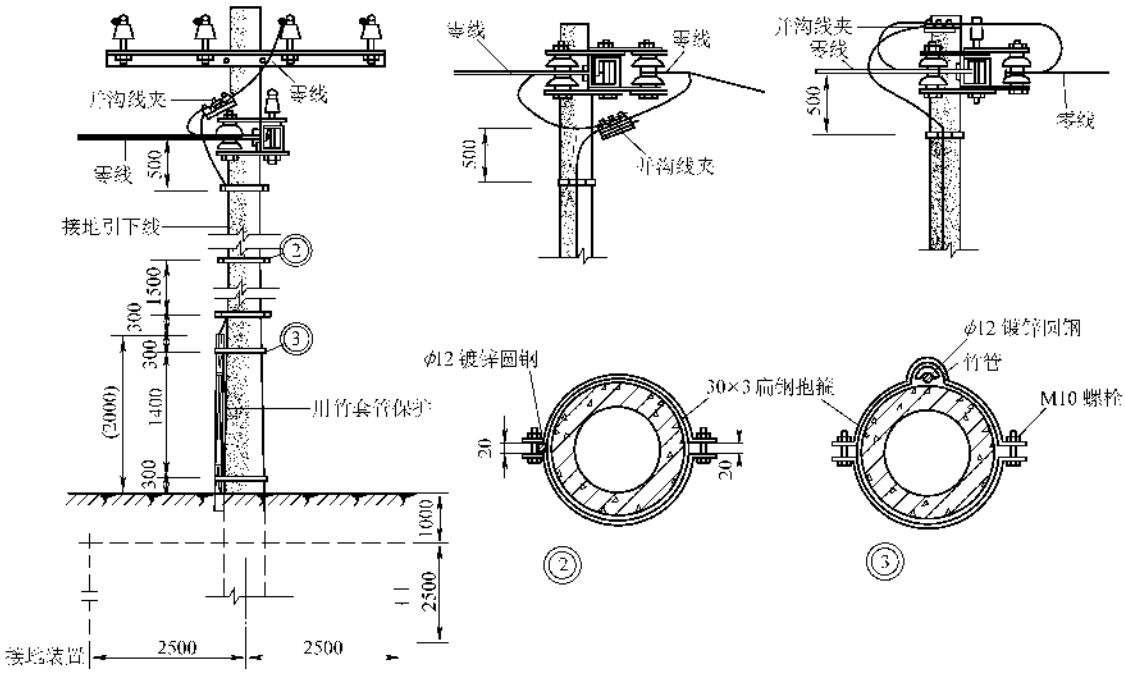


图 14-50　架空线路中性线重复接地

连接，焊缝（点）要求牢固饱满，螺栓连接触面要接触良好，任何时候不得用绑扎方法连接，杜绝接触不良。

二、接地极和接地引线的敷设

接地体的敷设及接地引线与接地极的连接同防雷接地，但是由于设备的不同，接地电阻的要求也不同，现将各种接地装置的接地电阻要求列于表 14-14 中，供读者参考。

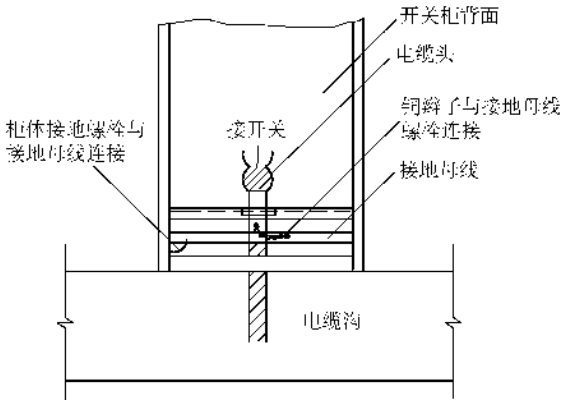


图 14-51 盘柜及电缆的接地

表 14-14 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	一般不应超过：10	
			100以上至500	15	
			500以上至1000	20	
			1000以上至2000	25	
			2000以上	30Ω；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（1000~5000kVA）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安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

（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①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100kVA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100kVA及以下）		不应大于30	

（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 $R \leqslant 2000/I$ 当 $I > 4000A$ 时，可取 $R \leqslant 0.5$	高土壤电阻率地区，接地电阻允许提高，但不应超过5Ω
		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100kVA以上时 并联运行电气设备的总容量不超过100kVA时	一般不应大于4 可不大于10	高土壤电阻率地区，R允许提高，但不应超过30Ω
	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	

（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。

三、高电阻率土壤降低接地电阻的方法

某些地区由于土壤电阻率较高，用增加接地体根数的方法，仍然解决不了接地电阻高的问题，这样就得采用一些其他的方法。

现将土壤或水的电阻率参考值列出，供参考，见表 14-15。

表 14-15　土壤和水的电阻率参考数值

类别	名　称	近似值/Ω·m	不同情况电阻率的变动范围/Ω·m		
			较湿时（多雨区）	较干时（少雨区）	地下水含盐碱时
泥土	陶黏土	10	5～20	10～100	3～10
	泥炭、泥灰岩、沼泽地	20	10～30	50～300	3～30
泥土	捣碎的木炭	40			
	黑土、田园土、陶土、白垩土、黏土	50 60	30～100	50～300	10～30
	砂质黏土	100	30～300	80～1000	10～30
	黄土	200	100～200	250	30
	含砂黏土、砂土	300	100～1000	1000 以上	30～100
	多石土壤	400	—	—	—
	煤		350		
	表层红色风化粘土、下层红色页岩	500 （30% 湿度）	—	—	—
	表层土夹石、下层石子	600 （15% 湿度）	—	—	—
砂	砂子、砂砾	1000	250～1000	1000～2500	
	河滩中的砂		300		
	地层深度大于 10m 地下水在深处时草原的砂粒；地层深度不大于 1.5m、位于多岩石基底上的软质黏土	1000	—	—	—
岩石	砾石、碎石	5000	3000～10000	—	—
	多岩石地	5000	—	—	—
	花岗岩	200000	—	—	—
水	海水	1～5	—	—	
	湖水、池水	30	—	—	
	泥水	15～20	—	—	
	泉水	40～50	—	—	
	地下水	20～70	—	—	
	溪水	50～100	—	—	
	河水	30～280	—	—	
其他	金属矿	0.01～1	—	—	—
	混凝土 在水中	40～55	—	—	—
	混凝土 在湿土中	100～200	—	—	—
	混凝土 在干土中	500～1300	—	—	—
	混凝土 在干燥的大气中	12000～18000	—	—	—

人工接地装置工频接地电阻估算值见表 14-16。

1. 换土法

用电阻率较低的土壤（如粘土、黑土等）替换电阻率较高的土壤。可先将原土挖出，然后填入新土夯实，再将接地极打入，有时也可采用水平敷设，见图 14-52。

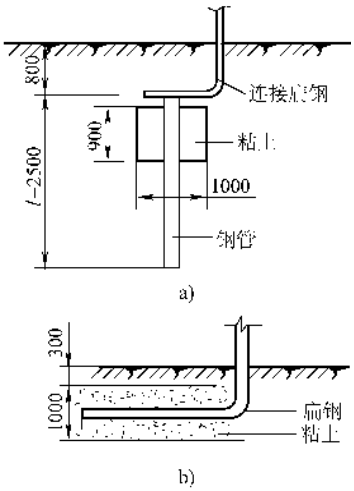


图 14-52　换土法示意图

a）垂直敷设　b）水平敷设

2. 化学法

化学法有腐蚀作用、易流失，宜在其他办法仍行不通时采用。常用的化学填充物有炉渣、木炭、氮肥渣、电石渣、石灰、食盐等有机化学物。采用时将化学物和原土混合后填入坑内夯实后再打入接地体。

1）垂直敷设见图 14-53。

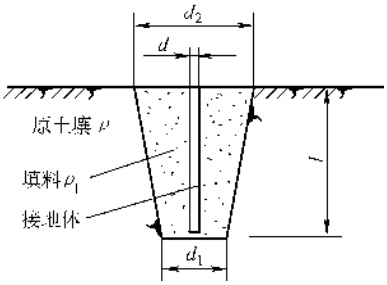


图 14-53　土壤化学处理示意图之一

2）水平敷设见图 14-54。

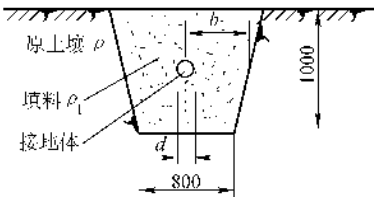


图 14-54　土壤化学处理示意之二

3. 长效降阻剂法

长效降阻剂是由几种有机物和无机物按比例配制而成，具有导电性能良好的强电解质和水分，不易流失，腐蚀性较小。

（1）配方　共种 4 种配方，供参考。

1）1.5kg　氯化钾、1.5kg　氯化镁、0.4kg　水硫酸氢钠、4kg　尿醛树脂、0.8kg　尿素、0.5kg　聚乙烯醇、2.7kg　水混合后使用。

2）$\left.\begin{array}{l}0.8\text{kg}\quad\text{氯化钾}\\1.0\text{kg}\quad\text{氯化镁}\end{array}\right\}$可用氯化钠 1.8kg 代替 0.4kg　硫酸氢钠、4kg　尿醛树脂、0.44kg　聚乙烯醇、水浴法加热溶解后，加尿素 880g。

3）2.6kg、聚乙烯酰胺，用两倍水浴溶解；溶于水的聚丙烯酰胺在热熔状态时，将 3kg 氯化钠溶入；

160g 漂白粉加 10 倍水泡制；

16kg 土、不要砂、不带腐蚀性，混合后即可使用。

4）30kg　水；

1.5kg，　丙烯酰胺，倒入水内溶解；

3kg 溶入氯化钠；

NN′—甲撑双丙烯酰胺 150g；

150g　三乙醇胺；

30g　过硫酸铵，混溶即用。

（2）使用方法

1）接地体通常采用板状和棒状两种，其中前两种降阻剂应用铜质接地体。

2）棒状接地体使用时，先在地面挖直径为 0.1～0.15m，深为 3m 的圆柱形孔，将 ϕ14mm 铜棒放在孔径中心，然后将搅拌好的降阻剂倒入洞内，待降阻剂硬化后填土夯实，见图 14-55。

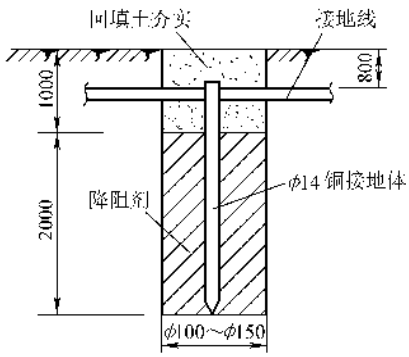
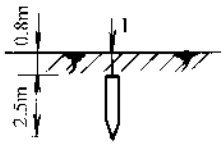
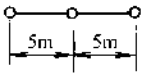
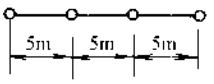
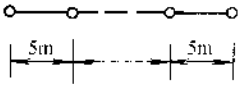


图 14-55　充填降阻剂示意图之一

3）板状接地体使用时，一般水平敷设，先在沟　　内平敷50mm厚降阻剂，放入500×500×1mm铜板，

表 14-16　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 ϕ20	钢管 ϕ50	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

再敷 50mm 厚降阻剂，最后填土夯实，见图 14-56。

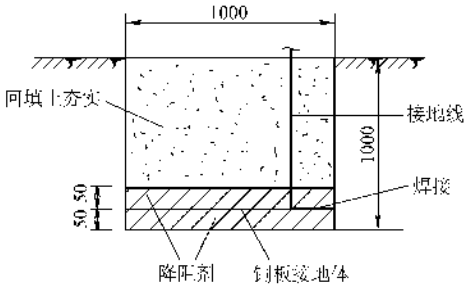


图 14-56　充填降阻剂示意之二

4）后两种降阻剂为中性降阻剂，可用 ϕ14 镀锌圆钢水平接地体，沟内上下各敷 50mm 降阻剂，最后填土夯实，见图 14-57。

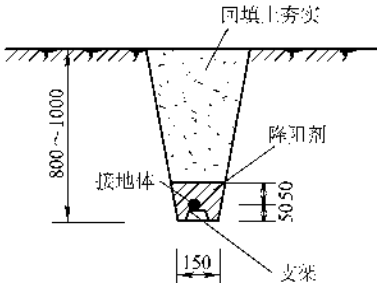


图 14-57　充填降阻剂示意之三

4. 深埋接地体法

当地下深处土壤电阻率较低时，可将上层土及石砾挖深 4～6m，然后将接地体（2～3m）打入坑底，实测接地电阻后，再将其焊接引至地面。

5. 引入污水法

可将无腐蚀性的污水引入到接地体处，接地体采用钻孔的镀锌钢管，可每 200mm 钻一 ϕ5m 的小孔，使水渗入土壤中，见图 14-58。

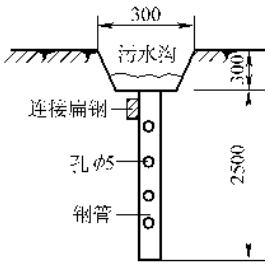


图 14-58　污水法示意图

6. 深井接地法

用钻机钻孔，把钢管打入井内，打一截进入后再焊一截继续打入，使接地体深入到 15m 以下部位。钢管采用 ϕ100mm 镀锌钢管，可 2～3m 一截，见图 14-59。

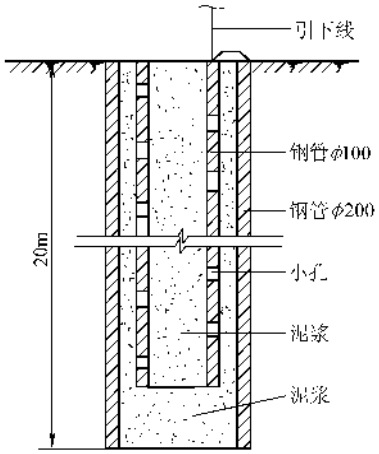


图 14-59　深井接地示意图

7. 水下接地网法

可将接地网敷设于水下流速不大或静水域中，上面压以大石块或混凝土板，再将引线引至地面，全部镀锌防腐处理，见图 14-60。

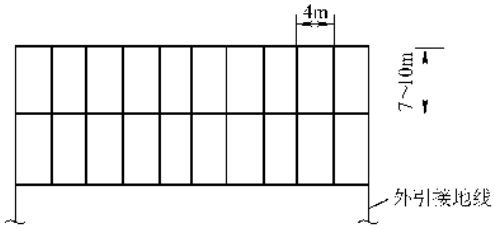


图 14-60　水下接地网法

四、特殊电气装置的接地

特殊电气装置包括计算机、电子设备、电热装置及爆炸和火灾危险场所的电气装置。

1. 电子计算机（包括微型计算机）的接地

（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，连接点可用汽焊焊接。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，见图 14-61。

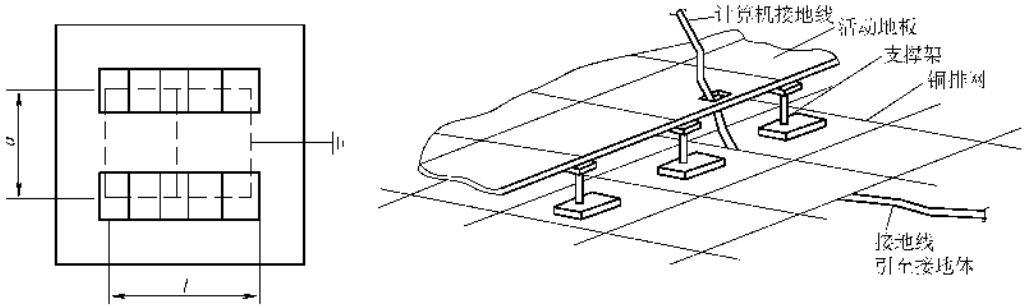


图 14-61 铜排接地网示意图

（2）计算机的接地 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，见图 14-62。

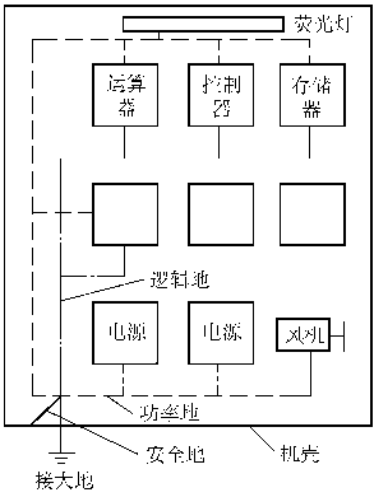


图 14-62 计算机混合接地示意图

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，见图 14-63。铜排网的装置同上。

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）各引出一根引线在同一点与接地体相连，见图 14-64。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. 电子设备的接地

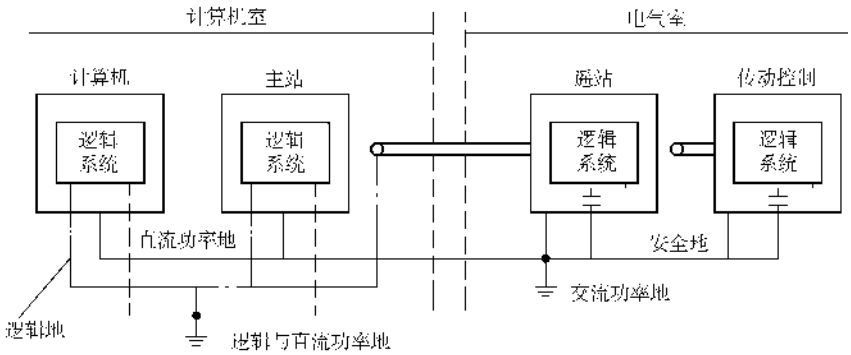


图 14-63 计算机的分别接地示意图

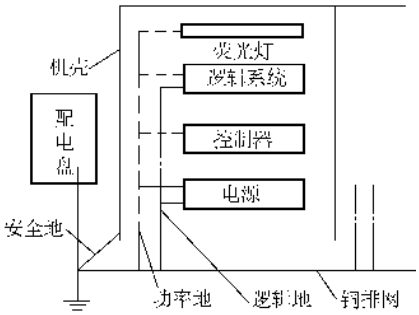


图 14-64　计算机的一点接地示意图

（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，见图 14-65。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。

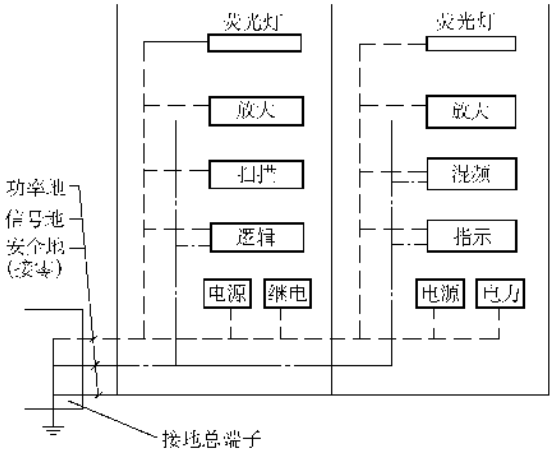


图 14-65　电子设备的辐射接地示意图

（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间，见图 14-66。

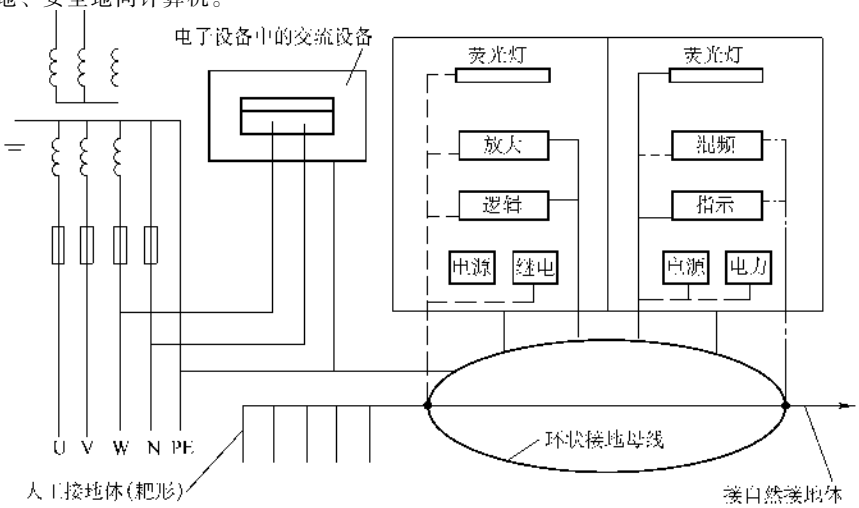


图 14-66　电子设备的环式接地示意图

（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，见图 14-67。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由表 14-17 选择。

表 14-17　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	

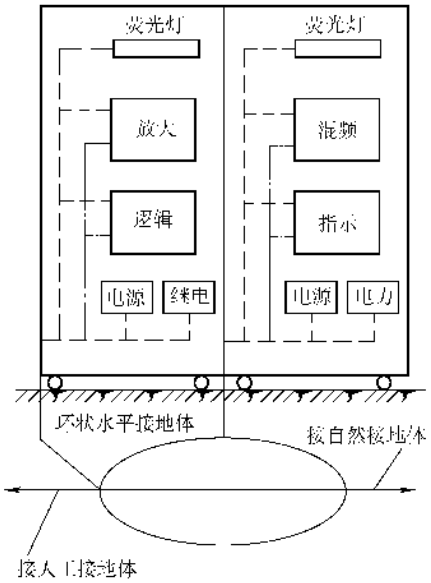


图 14-67 电子设备的混合接地示意图

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 14-61 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 14-68 的环状系统接地。

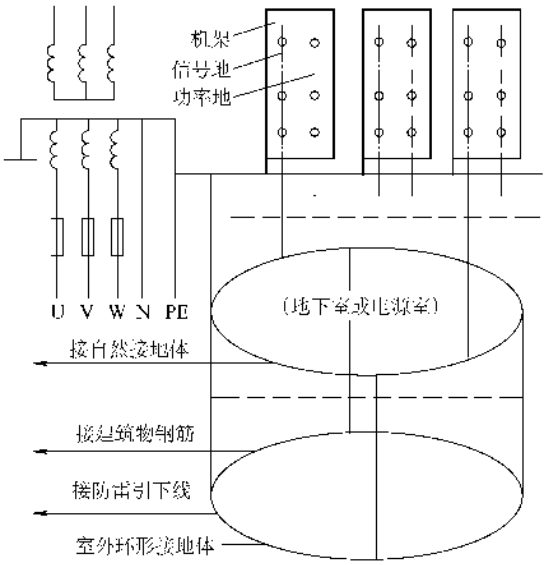


图 14-68 防雷接地与电子设备共用接地示意图

3. 高频电热设备接地

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。见图 14-69。

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. 电子医疗设备的接地

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。

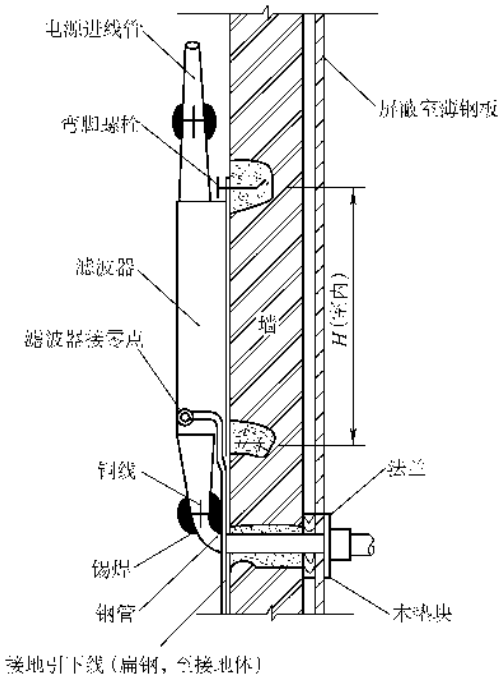


图 14-69 高频电热设备的接地示意图

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 14-70。屏蔽接地的接地电阻应≤4Ω。

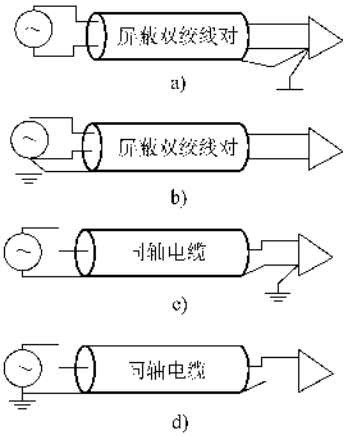


图 14-70 屏蔽电缆的单端接地

这里将常见接地施工图列出，供读者参考，见图　14-71～图 14-86。

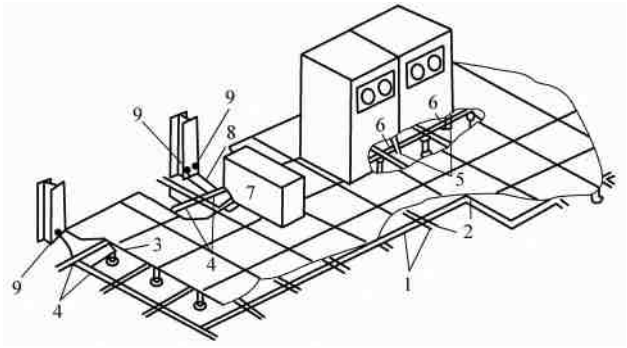


图 14-71　活动地板下用薄铜带构成的高频信号接地基础图

1—薄铜带（0.25mm×100mm）　2—薄铜带与薄铜带之间的焊接连接
3—薄铜带与立柱之间的焊接连接　4—薄铜带与等电位连接带之间的焊接连接
5—设备的低阻抗等电位连接带　6—薄铜带与设备等电位连接带之间的焊接连接
7—电源配电中心　8—电源配电中心的接地线
9—基准网络与周围建筑物钢柱（或钢筋混凝土柱上的预埋件）的焊接连接

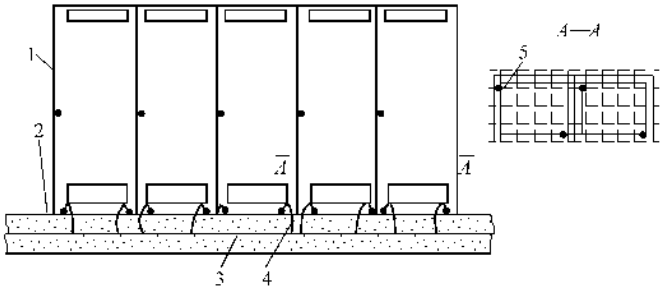


图 14-72　利用钢筋混凝土地面内焊接钢筋网做等电位连接图

1—装有电子负荷设备的金属外壳　2—混凝土地面的上部
3—地面内焊接钢筋网　4—高频等电位连接线
5—电子负荷设备的金属外壳与等电位连接基准网的连接点

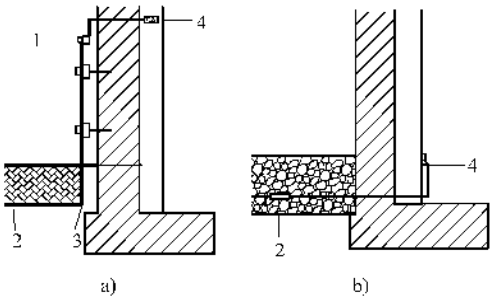


图 14-73　在建筑物地面处连接板（测试点）的安装

a）墙上的测试接头　b）地面的测试接头
1—墙上的测试点　2—土壤中抗腐蚀的 T 形接头
3—土壤中抗腐蚀的接头　4—钢梁与接地线的接点

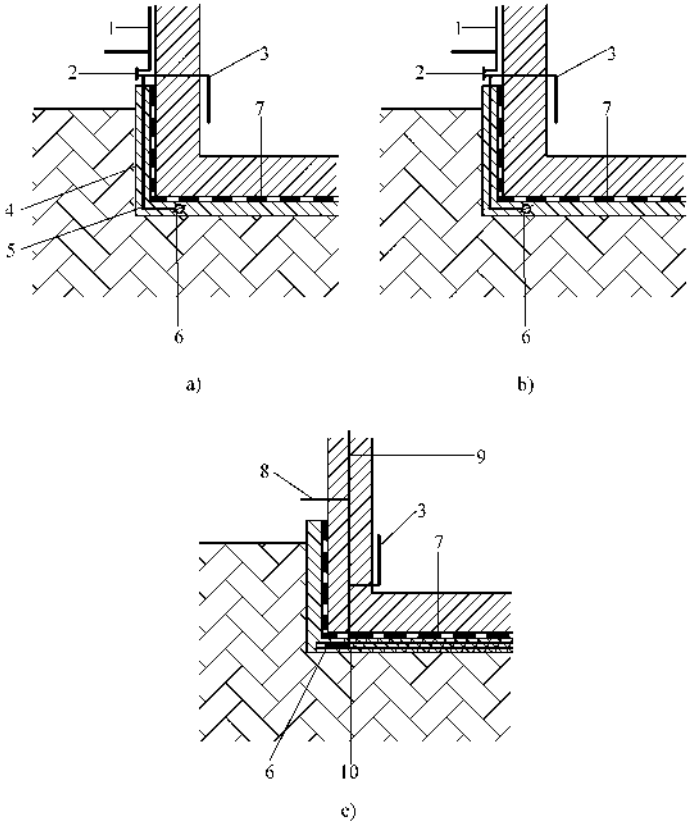


图 14-74　地基防水层外接地极连接安装

a）接地极位于沥青防水层下无钢筋的混凝土中　b）部分接地导体穿过土壤

c）穿过沥青防水层将基础接地极与接地排相连的连接导体

1—引下线　2—测试接头　3—与内部 LPS 相连的等电位连接导体

4—无钢筋的混凝土　5—LPS 的连接导体　6—基础接地极

7—沥青防水层　8—测试接头与钢筋的连接导体

9—混凝土中的钢筋　10—穿过沥青防水层的防水套管

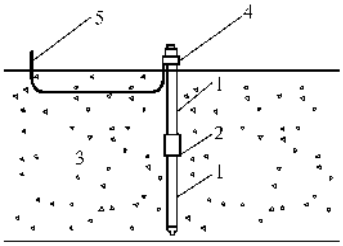


图 14-75　A 型接地装置与接地线连接安装

1—可延伸的接地体　2—接地体接合器　3—土壤

4—接地线与接地体连接的夹具　5—接地线

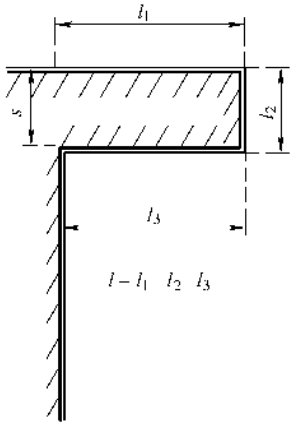


图 14-76　引下线安装中避免形成小环路的安装

s—隔距　l—计算隔距的长度

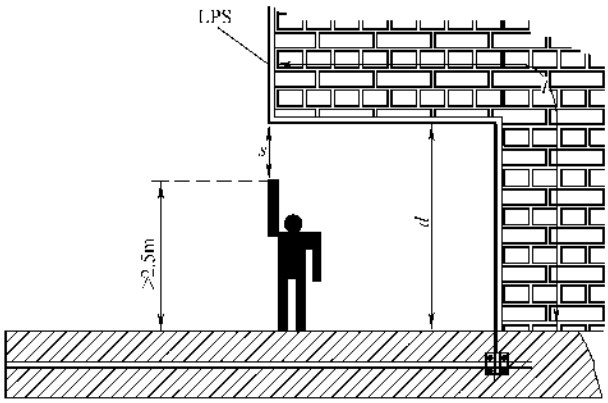


图 14-77　明敷引下线避免对人体闪络的安装

d—实际距离应大于 $s+2.5$　s—隔距，$s=k_i\frac{k_c}{k_m}l$（m），其中，k_i：第一类防雷建筑物取 0.08，第二类防雷建筑物取 0.06，第三类防雷建筑物取 0.04；k_c：引下线为 1 根时取 1，引下线为 2 根时取 0.66，引下线为 3 根或以上时取 0.44；

k_m：绝缘介质为空气时取 1，绝缘介质为钢筋混凝土或砖瓦时取 0.5；

l—需考虑隔离的点到最近某电位连接点的长度

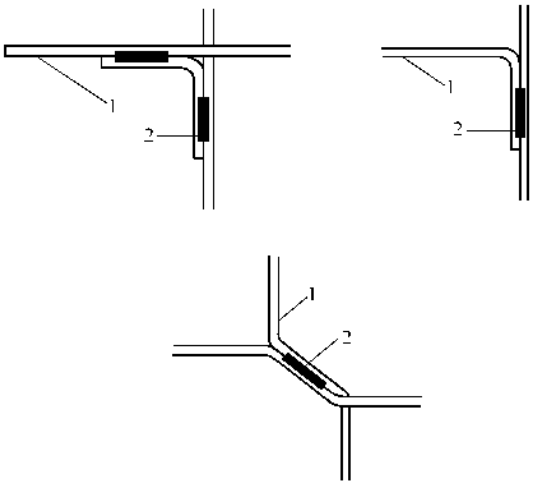


图 14-78　引下线（接闪导线）在弯曲处焊接要求

1—钢筋　2—焊接缝口

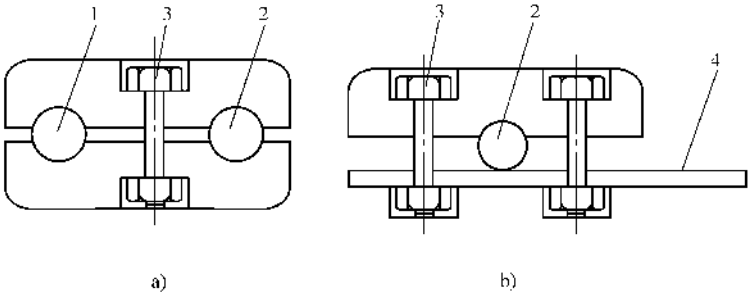


图 14-79　钢筋与导体间的卡接施工

a）钢筋与圆形导体卡接　b）钢筋与带状导体卡接

1—钢筋　2—圆形导体　3—螺栓　4—带状导体

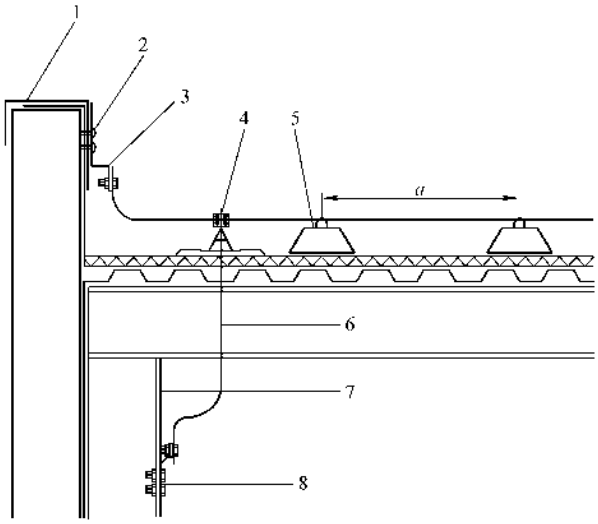


图 14-80 使用屋面自然金属构件作防雷装置（LPS）施工

1—屋面女儿墙 2—接头 3—可弯曲的接头 4—T 形连接点 5—接闪导体 6—穿过防水套管的引下线 7—钢筋梁 8—接头 *a*—接闪带固定支架的间距，取 500mm ~ 1000mm

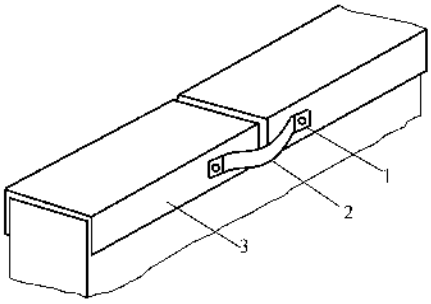


图 14-81 女儿墙上金属盖罩做自然接闪器时的跨接施工

1—耐腐蚀的接头 2—可弯曲导体 3—女儿墙上金属盖罩

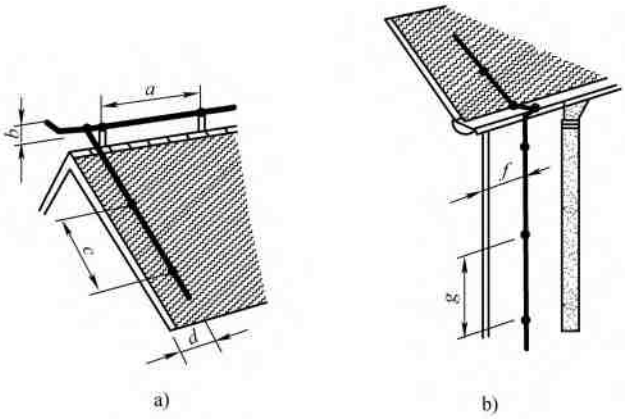


图 14-82 坡屋面接闪器与引下线的安装施工

a）坡屋顶屋脊上接闪器及屋顶引下线的安装 b）与屋檐排水沟连接的引下线的安装

a—水平接闪导线支架的距离，取 500 ~ 1000mm *b*—水平接闪导线的翘起高度，取 100mm

c—坡面接闪导线支架的距离，取 500 ~ 1000mm *d*—接闪器与屋面边沿的距离，尽可能靠近屋面边沿

f—引下线与建筑物转角处的距离，取 300mm *g*—引下线支架距离，取 1000mm

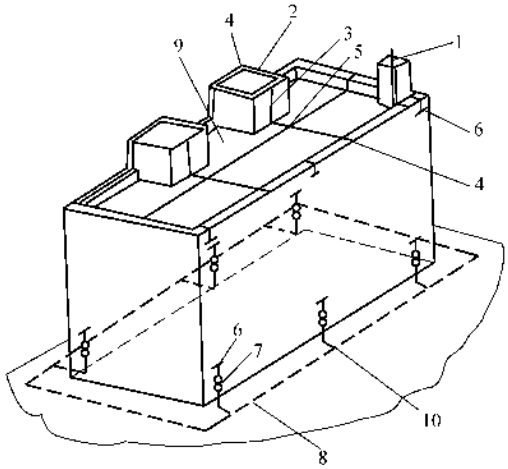


图 14-83　利用钢筋混凝土结构建筑外墙柱内钢筋引下的外部防雷装置的施工

1—接闪杆（避雷针）　2—水平接闪导体　3—引下线　4—T 形接头
5—十字形接头　6—与钢筋的连接　7—测试接头　8—B 型接地装置、环形接地体
9—有屋顶装置的平屋面　10—耐腐蚀的 T 形连接点

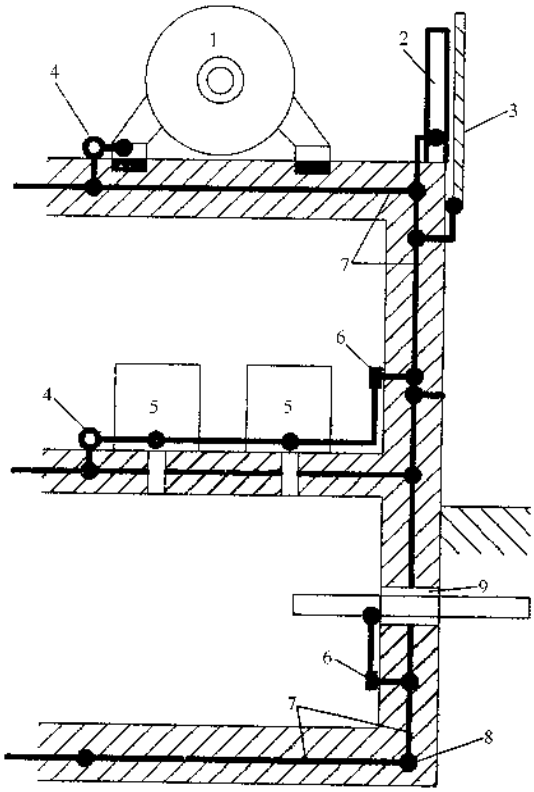


图 14-84　钢筋混凝土建筑物等电位连接位置

1—屋面配电设备　2—钢梁　3—立面的金属覆盖物　4—等电位连接点
5—电气设备或电子设备　6—等电位连接带　7—混凝土中的钢筋（含网状导体）
8—基础接地极　9—各种管线的公共入口

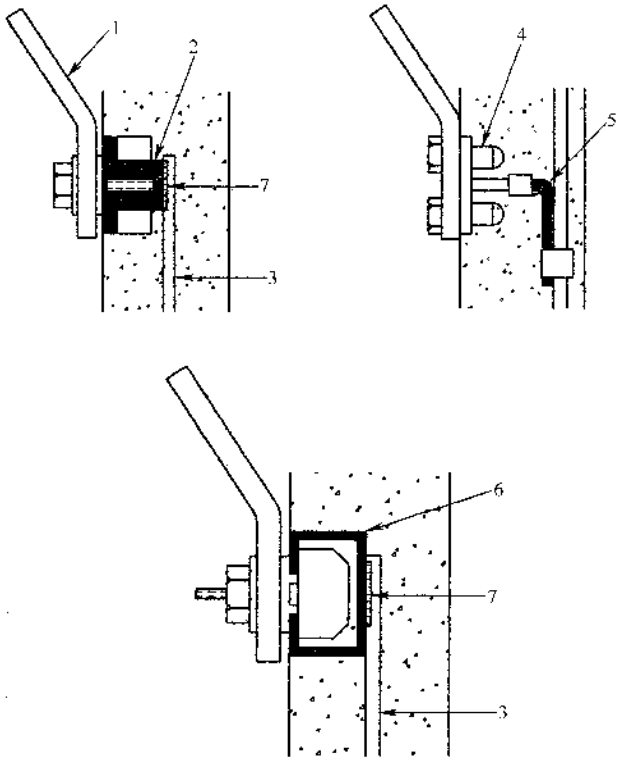


图 14-85 钢筋混凝土墙内钢筋外接等电位连接预留件施工

1—等电位连接导体 2—焊接在钢筋等电位连接线上的螺帽
3—钢筋等电位连接线 4—非金属铸件等电位连接点
5—铜等电位连接绞线 6—C 形钢质安装带 7—焊接

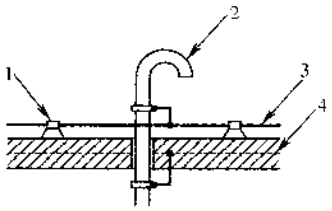


图 14-86 屋面入户金属管与接闪导线连接施工

1—接闪导体支架 2—金属管道
3—水平接闪导体 4—混凝土中钢筋

其他特殊设备的接地，应按说明书或设计要求进行。关于爆炸和火灾危险场所的接地、防静电接地详见“第十三章特殊场所电气工程的安装”有关内容。

第四节 防雷与接地的技术要求及注意事项

一、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或铜（棒、排、管），其截面积最小规格见表 14-18 和表 14-19。

表 14-18　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
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。

表 14-19　铜接地体的最小规格

种类、规格及单位	地上	地下
铜棒直径/mm	4	6
铜排截面/mm^2	10	30
铜管管壁厚度/mm	2	3

注：裸铜绞线一般不作为小型接地装置的接地体用，当作为接地网的接地体时，截面应满足设计要求。

6）低压电气设备地面上外露的接地线的截面不应小于表 14-20 所列数值。不得使用铝或钢导线。

表 14-20　低压电气设备地面上外露的接地线的最小截面积

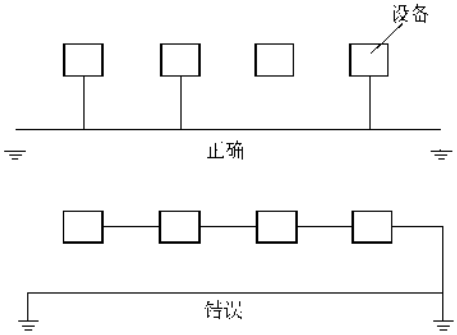
名　　称	铜/mm^2
明敷的裸导体	4
绝缘导体	1.5
电缆的接地芯或与相线包在同一保护外壳内的多芯导线的接地芯	1

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，见图 14-87。



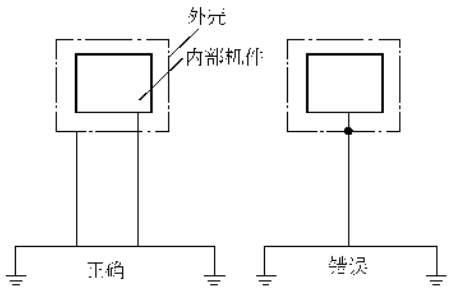


图 14-87　电气装置接地正确方法示意图

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、旋转电动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七章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（见本节4）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14-21。

30）接地与防雷的安装必须符合GB50169—2006的要求。

表14-21 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/cm^2）	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

二、主要技术要求

（一）接地装置安装敷设

1. 接地体顶面埋设深度应符合设计规定。当无规定时，不应小于0.6mm。角钢、钢管、铜棒、铜管等接地体应垂直配置。除接地体外，接地体引出线的垂直部分和接地装置连接（焊接）部位外侧100mm范围内应做防腐处理；在做防腐处理前，表面必须除锈并去掉焊接处残留的焊药。

2. 垂直接地体的间距不宜小于其长度的2倍。水平接地体的间距应符合设计规定。当无设计规定时不宜小于5m。

3. 接地线应采取防止发生机械损伤和化学腐蚀的措施。在与公路、铁路或管道等交叉及其他可能使接地线遭受损伤处，均应用钢管或角钢等加以保护。接地线在穿过墙壁、楼板和地坪处应加装钢管或其他坚固的保护套，有化学腐蚀的部位还应采取防腐措

施。热镀锌钢材焊接时将破坏热镀锌防腐，应在焊痕外100mm内做防腐处理。

4. 接地干线应在不同的两点及以上与接地网相连接。自然接地体应在不同的两点及以上与接地干线或接地网相连接。

5. 每个电气装置的接地应以单独的接地线与接地汇流排或接地干线相连接，严禁在一个接地线中串接几个需要接地的电气装置。重要设备和设备构架应有两根与主地网不同地点连接的接地引下线，且每根接地引下线均应符合热稳定及机械强度的要求，连接引线应便于定期进行检查测试。

6. 接地体敷设完后的土沟其回填土内不应夹有石块和建筑垃圾等；外取的土壤不得有较强的腐蚀性；在回填土时应分层夯实。室外接地回填宜有100～300mm高度的防沉层。在山区石质地段或电阻率较高的土质区段应在土沟中至少先回填100mm厚的净土垫层，再敷接地体，然后用净土分层夯实回填。

7. 明敷接地线的安装应符合下列要求：

（1）接地线的安装位置应合理，便于检查，无碍设备检修和运行巡视；

（2）接地线的安装应美观，防止因加工方式造成接地线截面减小、强度减弱、容易生锈；

（3）支持件间的距离，在水平直线部分宜为0.5～1.5m；垂直部分宜为1.5～3m；转弯部分宜为0.3～0.5m；

（4）接地线应水平或垂直敷设，亦可与建筑物倾斜结构平行敷设；在直线段上，不应有高低起伏及弯曲等现象；

（5）接地线沿建筑物墙壁水平敷设时，离地面距离宜为250～300mm；接地线与建筑物墙壁间的间隙宜为10～15mm；

（6）在接地线跨越建筑物伸缩缝、沉降缝处时，应设置补偿器。补偿器可用接地线本身弯成弧状代替。

8. 明敷接地线，在导体的全长度或区间段及每个连接部位附近的表面，应涂以15～100mm宽度相等的绿色和黄色相间的条纹标识。当使用胶带时，应使用双色胶带。中性线宜涂淡蓝色标识。

9. 在接地线引向建筑物的入口处和在检修用临时接地点处，均应刷白色底漆并标以黑色标识，其代号为“　”。同一接地体不应出现两种不同的标识。

10. 在断路器室、配电间、母线分段处、发电机引出线等需临时接地的地方，应引入接地干线，并应设有专供连接临时接地线使用的接线板和螺栓。

11. 当电缆穿过零序电流互感器时，电缆头的接地线应通过零序电流互感器后接地；由电缆头至穿过零序电流互感器的一段电缆金属护层和接地线应对地绝缘。

12. 发电厂、变电所电气装置下列部位应专门敷设接地线直接与接地体或接地母线连接：

（1）发电机机座或外壳、出线柜，中性点柜的金属底座和外壳，封闭母线的外壳；

（2）高压配电装置的金属外壳；

（3）110kV及以上钢筋混凝土构件支座上电气设备金属外壳；

（4）直接接地或经消弧线圈接地的变压器、旋转电机的中性点；

（5）高压并联电抗器中性点所接消弧线圈、接地电抗器、电阻器等的接地端子；

（6）GIS接地端子；GIS见（二）8；

（7）避雷器、避雷针、避雷线等接地端子。

13. 避雷器应用最短的接地线与主接地网连接。

14. 全封闭组合电器的外壳应按制造厂规定接地；法兰片间应采用跨接线连接，并应保证良好的电气通路。

15. 高压配电间隔和静止补偿装置的栅栏门铰链处应用软铜线连接，以保持良好接地。

16. 高频感应电热装置的屏蔽网、滤波器、电源装置的金属屏蔽外壳，高频回路中外露导体和电气设备的所有屏蔽部分和与其连接的金属管道均应接地。并宜与接地干线连接。与高频滤波器相连的射频电缆应全程伴随100mm^{2}以上的铜质接地线。

17. 接地装置由多个分接地装置部分组成时，应按设计要求设置便于分开的断接卡，自然接地体与人工接地体连接处应有便于分开的断接卡。断接卡应有保护措施。扩建接地网时，新、旧接地网连接应通过接地井多点连接。

18. 电缆桥架、支架由多个区域连通时，在区域连通处电缆桥架、支架接地线应设置便于分开的断接卡，并有明显的标识。

19. 保护屏应装有接地端子，并用截面不小于4mm^{2}的多股铜线和接地网直接连通。装设静态保护的保护屏，应装设连接控制电缆屏蔽层的专用接地铜排，各盘的专用接地铜排互相连接成环，与控制室的屏蔽接地网连接。用截面不小于100mm^{2}的绝缘导线或电缆将屏蔽电网与一次接地网直接相连。

20. 避雷引下线与暗管敷设的电、光缆最小平行距离应为1.0m，最小垂直交叉距离应为0.3m；保护地线与暗管敷设的电、光缆最小平行距离应为0.05m，最小垂直交叉距离应为0.02m。

（二）接地体（线）的连接

1. 接地体（线）的连接应采用焊接，焊接必须牢固无虚焊。接至电气设备上的接地线，应用镀锌螺栓连接；有色金属接地线不能采用焊接时，可用螺栓连接、压接、热剂焊（放热焊接）方式连接。用螺栓连接时应设防松螺帽或防松垫片，螺栓连接处的接触面应按现行国家标准《电气装置安装工程　母线装置施工及验收规范》GB 50149—2010 的规定处理。不同材料接地体间的连接应进行处理。

2. 接地体（线）的焊接应采用搭接焊，其搭接长度必须符合下列规定：

（1）扁钢为其宽度的 2 倍（且至少 3 个棱边焊接）；

（2）圆钢为其直径的 6 倍；

（3）圆钢与扁钢连接时，其长度为圆钢直径的 6 倍；

（4）扁钢与钢管、扁钢与角钢焊接时，为了连接可靠，除应在其接触部位两侧进行焊接外，并应焊以由钢带弯成的弧形（或直角形）卡子或直接由钢带本身弯成弧形（或直角形）与钢管（或角钢）焊接。

3. 接地体（线）为铜与铜或铜与钢的连接工艺采用热剂焊（放热焊接）时，其熔接接头必须符合下列规定：

（1）被连接的导体必须完全包在接头里；

（2）要保证连接部位的金属完全熔化，连接牢固；

（3）热剂焊（放热焊接）接头的表面应平滑；

（4）热剂焊（放热焊接）的接头应无贯穿性的气孔。

4. 采用钢绞线、铜绞线等作接地线引下时，宜用压接端子与接地体连接。

5. 利用工程中金属结构、混凝土结构内钢筋、起重机导轨、平台、钢架梁等金属构件、金属管道、穿线的钢管等作为接地线时，连接处应保证有可靠的电气连接。

6. 沿电缆桥架敷设铜绞线、镀锌扁钢及利用沿桥架构成电气通路的金属构件，如安装托架用的金属构件作为接地干线时，电缆桥架接地时应符合下列规定：

（1）电缆桥架全长不大于 30m 时，不应少于两处与接地干线相连；

（2）全长大于 30m 时，应每隔 20～30m 增加与接地干线的连接点；

（3）电缆桥架的起始端和终点端应与接地网可靠连接。

7. 金属电缆桥架的接地应符合下列规定：

（1）电缆桥架连接部位宜采用两端压接镀锡铜鼻子的铜绞线跨接。跨接线最小允许截面积不小于 $4mm^2$；

（2）镀锌电缆桥架间连接板的两端不跨接接地线时，连接板每端应有不少于 2 个有防松螺帽或防松垫圈的螺栓固定。

8. 发电厂、变电站 GIS 的接地线及其连接应符合以下要求：

GIS 指一座变电站除变压器外的一次设备，包括断路器、隔离开关、接地开关、互感器、避雷器、母线、电缆终端、进出线套管等，经优化设计有机地组合成一个封闭的整体统称“气体绝缘金属封闭开关设备”（Gas Insulated Switchgear）缩写。

（1）GIS 基座上的每一根接地母线，应采用分设其两端的接地线与发电厂或变电站的接地装置连接。接地线应与 GIS 区域环形接地母线连接。接地母线较长时，其中部应另加接地线；并连接至接地网；

（2）接地线与 GIS 接地母线应采用螺栓连接方式；

（3）当 GIS 露天布置或装设在室内与土壤直接接触的地面上时，其接地开关、氧化锌避雷器的专用接地端子与 GIS 接地母线的连接处，宜装设集中接地装置；

（4）GIS 室内应敷设环形接地母线，室内各种设备需接地的部位应以最短路径与环形接地母线连接。GIS 置于室内楼板上时，其基座下的钢筋混凝土地板中的钢筋应焊接成网，并和环形接地母线连接。

（三）避雷针（线、带、网）的接地

1. 避雷针（线、带、网）的接地除应符合本章上述有关规定外，尚应遵守下列规定：

（1）避雷针（带）与引下线之间的连接应采用焊接或热剂焊（放热焊接）；

（2）避雷针（带）的引下线及接地装置使用的紧固件均应使用镀锌制品。当采用没有镀锌的地脚螺栓时应采取防腐措施；

（3）建筑物上的防雷设施采用多根引下线时，应在各引下线距地面 1.5～1.8m 处设置断接卡，断接卡应加保护措施；

（4）装有避雷针的金属筒体，当其厚度不小于 4mm 时，可作避雷针的引下线。筒体底部应至少有 2 处与接地体对称连接；

（5）独立避雷针及其接地装置与道路或建筑物的出入口等的距离应大于 3m。当小于 3m 时，应采取均压措施及铺设卵石或沥青地面；

（6）独立避雷针（线）应设置独立的集中接地装置。当有困难时，该接地装置可与接地网连接，但避雷针与主接地网的地下连接点至35kV及以下设备与主接地网的地下连接点，沿接地体的长度不得小于15m；

（7）独立避雷针的接地装置与接地网的地中距离不应小于3m；

（8）发电厂、变电站配电装置的架构或屋顶上的避雷针（含悬挂避雷线的构架）应在其附近装设集中接地装置，并与主接地网连接。

2. 建筑物上的避雷针或防雷金属网应和建筑物顶部的其他金属物体连接成一个整体。

3. 装有避雷针和避雷线的构架上的照明灯电源线，必须采用直埋于土壤中的带金属护层的电缆或穿入金属管的导线。电缆的金属护层或金属管必须接地，埋入土壤中的长度应在10m以上，方可与配电装置的接地网相连或与电源线、低压配电装置相连接。

4. 发电厂和变电所的避雷线线档内不应有接头。

5. 避雷针（网、带）及其接地装置，应采取自下而上的施工程序。首先安装集中接地装置，后安装引下线，最后安装接闪器。

（四）携带式和移动式电气设备的接地

1. 携带式电气设备应用专用芯线接地，严禁利用其他用电设备的零线接地；零线和接地线应分别与接地装置相连接。

2. 携带式电气设备的接地线应采用软铜绞线；其截面不小于1.5mm^2。

3. 由固定的电源或由移动式发电设备供电的移动式机械的金属外壳或底座，应和这些供电电源的接地装置有可靠连接；在中性点不接地的电网中，可在移动式机械附近装设接地装置，以代替敷设接地线，并应首先利用附近的自然接地体。

4. 移动式电气设备和机械的接地应符合固定式电气设备接地的规定，但下列情况可不接地：

（1）移动式机械自用的发电设备直接放在机械的同一金属框架上，又不供给其他设备用电；

（2）当机械由专用的移动式发电设备供电，机械数量不超过两台，机械距移动式发电设备不超过50m，且发电设备和机械的外壳之间有可靠的金属连接。

（五）输电线路杆塔的接地

1. 在土壤电阻率$\rho \leqslant 100\Omega \cdot m$的潮湿地区，可利用铁塔和钢筋混凝土杆的自然接地，接地电阻低于10Ω。发电厂、变电站进线段应另设雷电保护接地装置。在居民区，当自然接地电阻符合要求时，可不另设人工接地装置。

2. 在土壤电阻率$100\Omega \cdot m < \rho \leqslant 500\Omega \cdot m$的地区，除利用铁塔和钢筋混凝土杆的自然接地，还应增设人工接地装置，接地极埋设深度不宜小于0.6m，接地电阻低于15Ω。

3. 在土壤电阻率$500\Omega \cdot m < \rho \leqslant 2000\Omega \cdot m$的地区，可采用水平敷设的接地装置，接地极埋设深度不宜小于0.5m。$500\Omega \cdot m < \rho \leqslant 1000\Omega \cdot m$的地区，接地电阻不超过20Ω。$1000\Omega \cdot m < \rho \leqslant 2000\Omega \cdot m$的地区，接地电阻不超过25Ω。

4. 在土壤电阻率$\rho > 2000\Omega \cdot m$的地区，接地极埋设深度不宜小于0.3m，接地电阻不超过30Ω；若接地电阻很难降到30Ω时，可采用6～8根总长度不超过500m的放射形接地极或连续伸长接地极。

5. 放射形接地极可采用长短结合的方式，每根的最大长度应符合表14-22。

表14-22　放射形接地极每根的最大长度

土壤电阻率/Ω·m	≤500	≤1000	≤2000	≤5000
最大长度/m	40	60	80	100

6. 在高土壤电阻率地区采用放射形接地装置时，当在杆塔基础的放射形接地极每根长度的1.5倍范围内有土壤电阻率较低的地带时，可部分采用外引接地或其他措施。

7. 居民区和水田中的接地装置，宜围绕杆塔基础敷设成闭合环形。

8. 对于室外山区等特殊地形，不能按设计图形敷设接地体时，应根据施工实际情况在施工记录上绘制接地装置敷设简图，并标明相对位置和尺寸，作为竣工资料移交。原设计为方形等封闭环形时，应按设计施工，以便于检修维护。

9. 在山坡等倾斜地形敷设水平接地体时宜沿等高线开挖，接地沟底面应平整，沟深不得有负误差，并应清除影响接地体与土壤接触的杂物，以防止接地体受雨水冲刷外露，腐蚀生锈；水平接地体敷设应平直，以保证同土壤更好接触。

10. 接地线与杆塔的连接应接触良好可靠，并应便于打开测量接地电阻。

11. 架空线路杆塔的每一腿都应与接地体引下线连接，通过多点接地以保证可靠性。

12. 混凝土电杆宜通过架空避雷线直接引下，也可通过金属爬梯接地。当接地线直接从架空避雷线引下时，引下线应紧靠杆身，并每隔一定距离与杆身固定一次，以保证电气通路顺畅。

（六）调度楼、通信站和微波站二次系统的接地

1. 调度通信综合楼内的通信站应与同一楼内的动力装置、建筑物避雷装置共用一个接地网。

2. 调度通信综合楼及通信机房接地引下线可利用建筑物主体钢筋和金属地板构架等，钢筋自身上、下连接点应采用搭焊接，且其上端应与房顶避雷装置、下端应与接地网、中间应与各层均压网或环形接地母线焊接成电气上连通的笼式接地系统。

3. 位于发电厂、变电站或开关站的通信站的接地装置应至少用两根规格不小于 40mm×4mm 的镀锌扁钢与厂、站的接地网均压相连。

4. 通信机房房顶上应敷设闭合均压网（带）并与接地装置连接，房顶平面任一点到均压带的距离均不应大于 5m。

5. 通信机房内应围绕机房敷设环形接地母线，截面应不小于 $90mm^2$ 的铜排或 $120mm^2$ 的镀锌扁钢。围绕机房建筑应敷设闭合环形接地装置。环形接地装置、环形接地母线和房顶闭合均压带之间，至少用 4 根对称布置的连接线（或主钢筋）相连，相邻连接线之间的距离不宜超过 18m。

6. 机房内各种电缆的金属外皮、设备的金属外壳和框架、进风道、水管等不带电金属部分、门窗等建筑物金属结构以及保护接地、工作接地等，应以最短距离与环形接地母线连接。电缆沟道、竖井内的金属支架至少应两点接地，接地点间距离不宜超过 30m。

7. 各类设备保护地线宜用多股铜导线，其截面应根据最大故障电流确定，一般为 25～$95mm^2$；导线屏蔽层的接地线截面面积，应大于屏蔽层截面面积的两倍。接地线的连接应确保电气接触良好，连接点应进行防腐处理。

8. 连接两个变电站之间的导引电缆的屏蔽层必须在离变电站接地网边沿 50～100m 处可靠接地，以大地为通路，实施屏蔽层的两点接地。一般可在进变电站前的最后一个工井处实施导引电缆的屏蔽层接地。接地极的接地电阻 $R\leqslant4\Omega$。

9. 屏蔽电源电缆、屏蔽通信电缆和金属管道引入室内前应水平直埋 10m 以上，埋深应大于 0.6m，电缆屏蔽层和铁管两端接地，并在入口处接入接地装置。如不能埋入地中，至少应在金属管道室外部分沿长度均匀分布在两处接地，接地电阻应小于 10Ω；在高土壤电阻率地区，每处的接地电阻不应大于 30Ω，且应适当增加接地处数。

10. 微波塔上同轴馈线金属外皮的上端及下端应分别就近与铁塔连接，在机房入口处与接地装置再连接一次；馈线较长时应在中间加一个与塔身的连接点；室外馈线桥始末两端均应和接地装置连接。

11. 微波塔上的航标灯电源线应选用金属外皮电缆或将导线穿入金属管，金属外皮或金属管至少应在上下两端与塔身金属结构连接，进机房前应水平直埋 10m 以上，埋深应大于 0.6m。

12. 微波塔接地装置应围绕塔基做成闭合环形接地网。微波塔接地装置与机房接地装置之间至少用两根规格不小于 40mm×4mm 的镀锌扁钢连接。

13. 直流电源的“正极”在电源设备侧和通信设备侧均应接地，“负极”在电源机房侧和通信机房侧应接压敏电阻。

（七）电力电缆终端金属护层的接地

1. 110kV 及以上中性点有效接地系统单芯电缆的电缆终端金属护层，应通过接地刀闸直接与变电站接地装置连接。

2. 在 110kV 及以上电缆终端站内（电缆与架空线转换处），电缆终端头的金属护层宜通过接地刀闸单独接地，设计无要求时，接地电阻 $R\leqslant4\Omega$。电缆护层的单独接地极与架空避雷线接地体之间，应保持 3～5m 间距。

3. 安装在架空线杆塔上的 110kV 及以上电缆终端头，两者的接地装置难以分开时，电缆金属护层通过接地刀闸后与架空避雷线合一接地体，设计无要求时，接地电阻 $R\leqslant4\Omega$。

4. 110kV 以下三芯电缆的电缆终端金属护层应直接与变电站接地装置连接。

（八）配电电气装置的接地

1. 户外配电变压器等电气装置的接地装置，宜在地下敷设成围绕变压器台的闭合环形。

2. 配电变压器等电气装置安装在由其供电的建筑物内的配电装置室时，其接地装置应与建筑物基础钢筋等相连。

3. 引入配电装置室的每条架空线路安装的避雷器的接地线，应与配电装置室的接地装置连接，但在入地处应敷设集中接地装置。

4. 配电电气装置的接地电阻值应符合设计要求。

（九）建筑物电气装置的接地

1. 按照电气装置的要求，安全接地、保护接地或功能接地的接地装置可以采用共用的或分开的接地装置。

2. 建筑物的低压系统接地点、电气装置外露导电部分的保护接地（含与功能接地、保护接地共用的安全接地）、总等电位联结的接地极等可与建筑物的雷电保护接地共用同一接地装置。接地装置的接地电阻应符合其中最小值的要求。

3. 接地装置的安装应符合以下要求：

（1）接地极的型式、埋入深度及接地电阻值应符合设计要求；

（2）穿过墙、地面、楼板等处应有足够坚固的机械保护措施；

（3）接地装置的材质及结构应考虑腐蚀而引起的损伤。必要时采取措施，防止产生电腐蚀。

4. 电气装置应设置总接地端子或母线，并与接地线、保护线、等电位连接于线和安全、功能共用接地装置的功能性接地线等相连接。

5. 断开接地线的装置应便于安装和测量。

6. 埋入土壤内的接地线的最小截面应符合表 14-23 的规定。

7. 等电位联结主母线的最小截面不应小于装置最大保护线截面的一半，并不应小于 6mm²。当采用铜线时，其截面不应小于 2.5mm²。当采用其他金属时，则其截面应承载与之相当的载流量。

8. 连接两个外露导电部分的辅助等电位联结线，其截面不应小于接至该两个外露导电部分的较小保护线的截面。连接外露导电部分与装置外导电部分的辅助等电位联结线，其截面不应小于相应保护线截面的一半。

表 14-23　埋入土壤内的接地线的最小截面　（mm²）

名　　称	铜	钢
有防腐蚀保护的（没有采用机械方法保护）	16	16
没有防腐蚀保护的	25	50

（十）接地装置交接试验要求

1. 接地网电气完整性测试　测试连接与同一接地网的各相邻设备接地线之间的电气导通情况，以直流电阻值表示。直流电阻值不应大于 0.2Ω。

2. 接地阻抗测试　接地阻抗值应符合设计要求，当设计没有规定时应符合表 14-24 的要求。试验方法可参照国家现行标准《接地装置工频特性参数测试导则》DL/T 475—2006 的规定，试验时必须排除与接地网连接的架空地线、电缆及其他电气设施的影响。

表 14-24　接地阻抗规定值

接地网类型	要　　求
有效接地系统	$Z \leqslant 2000/I$ 或 $Z \leqslant 0.5\Omega$（当 $I > 4000A$ 时） 式中　I——经接地装置流入地中的短路电流（A）； Z——考虑季节变化的最大接地阻抗（Ω）。 注：当接地阻抗不符合以上要求时，可通过技术经济比较增大接地阻抗，但不得大于 5Ω，同时应结合地面电位测量对接地装置综合分析。为防止转移电位引起的危害，应采取隔离措施
非有效接地系统	1. 当接地网与 1kV 及以下电压等级设备共用接地时，接地阻抗 $Z \leqslant 120/I$； 2. 当接地网仅用于 1kV 以上设备时，接地阻抗 $Z \leqslant 250/I$； 3. 上述两种情况下，接地阻抗一般不得大于 10Ω
1kV 以下电力设备	使用同一接地装置的所有这类电力设备，当总容量≥100kV·A 时，接地阻抗不宜大于 4Ω；如总容量 <100kV·A 时，则接地阻抗允许大于 4Ω，但不大于 10Ω
独立微波站	接地阻抗不宜大于 5Ω
独立避雷针	接地阻抗不宜大于 10Ω 注：当与接地网连在一起时可不单独测量
发电厂烟囱附近的吸风机及该处装设的集中接地装置	接地阻抗不宜大于 10Ω 注：当与接地网连在一起时可不单独测量
独立的燃油、易爆气体储罐及其管道	接地阻抗不宜大于 30Ω（无独立避雷针保护的露天储罐不应超过 10Ω）
露天配电装置的集中接地装置及独立避雷针（线）	接地阻抗不宜大于 10Ω
有架空地线的线路杆塔	当杆塔高度在 40m 以下时，按下列要求；当杆塔高度≥40m 时，则取下列值的 50%；但当土壤电阻率大于 2000Ω·m 时，接地阻抗难以达到 15Ω 时，可放宽至 20Ω。 土壤电阻率≤500Ω·m 时，接地阻抗 10Ω； 土壤电阻率 500～1000Ω·m 时，接地阻抗 20Ω； 土壤电阻率 1000～2000Ω·m 时，接地阻抗 25Ω； 土壤电阻率 >2000Ω·m 时，接地阻抗 30Ω

（续）

接地网类型	要　　求
与架空线直接连接的旋转电机进线段上避雷器	接地阻抗不宜大于 3Ω
无架空地线的线路杆塔	1. 非有效接地系统的钢筋混凝土杆、金属杆：接地阻抗不宜大于 30Ω； 2. 中性点不接地的低压电力网线路的钢筋混凝土杆、金属杆：接地阻抗不宜大于 50Ω； 3. 低压进户线绝缘子铁脚的接地阻抗：接地阻抗不宜大于 30Ω

注：扩建接地网应在与原接地网连接后进行测试。

电气装置安装工程中，主厂房、变电站及辅助车间屋内、外及避雷装置的接地装置的制作安装工程，其质量标准和检验方法见表 14-25 ~ 表 14-29。

表 14-25　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）

（续）

工序	检验项目	性质	质量标准	检验方法及器具
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

表 14-26　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	

表 14-27 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

表 14-28　（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

表 14-29 （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

第十五章　电梯的安装

电梯作为一种特殊的电气装置，在建筑物中，特别是在高层建筑中有着明显重要的地位。它的安装不同于常规机械设备和电气工程的安装，它有机电一体的特点，安装人员的分工往往也不明细，由两名电工和两名钳工起主导作用，由起重工、焊工辅助作业。一部电梯一般由5、6人完成，至多不超过10人。为了保证电梯机电一体的完整性和安装质量体系，本章将侧重讲述常用电梯机械部分的安装和调试，同时也将讲述电梯电气设备的安装和调试，这是不同于其他章节的。特别是微机控制及新技术的出现，给安装调试人员带来了极大的挑战。

电梯的控制方式有继电器逻辑控制、晶体管—集成电路逻辑控制及微机控制三种，就电梯的作用区分有客梯、货梯、客货两用梯、医用梯、杂物梯、消防梯、观光梯、住宅梯和扶梯等；就品种而言有直流梯、交流梯之分。随着电子技术及自动化技术的发展，电梯系统已趋向人工智能化，越来越多功能齐全、自动化程度很高的电梯出现在市场上，因此导致了制造、安装、调试和使用上的困难。由于制造厂商采用的部件型号规格不同，控制电路、控制方式、自动化程度也有很大的差别，同一厂商不同规格的产品也不尽相同，这里不可能一一讲述。因此，本书将着重讲述传统的继电器逻辑控制的电梯和交流微机变频调速电梯的安装调试方法，其他电梯除控制系统外基本与之相同，这里只列出了直流调速、交流调速和微机控制的交流调速电梯的调试方法，以供读者参考，至于安装可根据继电器双速电梯安装方法及厂商提供的技术资料进行安装，一般均会有令人满意的效果。需要强调的是，安装电梯的安全却是相同的，也是安装及使用要求的头等大事，万万不能忽视。

电梯的安装主要包括准备工作、机房设备的安装、井道设备的安装、厅门的安装、电气设备的安装、电梯安装质量的检测、电梯调试及试运行等。

电梯的安装应符合电气工程安装施工验收规范的要求，同时应符合设备安装工程施工验收规范的要求以及电梯的专业标准等的要求。

由于各种型号的电梯其结构及电气控制系统不尽相同，这里仅以最常见的为例进行讲述，读者可根据实际情况酌情阅读。

电梯安装主要的标准有：GB 50310—2002 电梯工程施工质量验收规范等。

第一节　总 体 要 求

一、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。

二、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》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。

三、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：

a. 文件目录；

b. 装箱单；

c. 产品出厂合格证；

d. 电梯机房、井道和轿厢平面布置图；

e. 电梯使用、维护说明书；

f. 电梯电气原理图、符号说明及电气控制原理说明书；

g. 电梯电气接线图；

h. 电梯部件安装图；

i. 安装、调试说明书；

j. 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。

四、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。

五、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。

六、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。

第二节　准备工作及施工组织

一、开工条件及机房和井道土建工程的验收

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 GB/T 7025—2008《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，如图 15-1 所示。

5）钢丝绳与机房楼板孔洞每边的间隙均应为 20～50mm，如图 15-2 所示。

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，如图 15-2 所示。

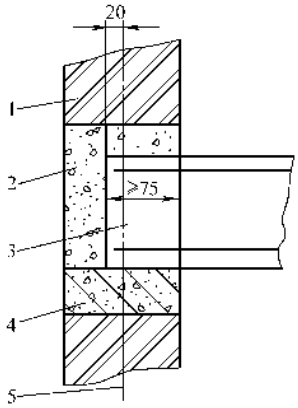


图 15-1　承重梁的预埋

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

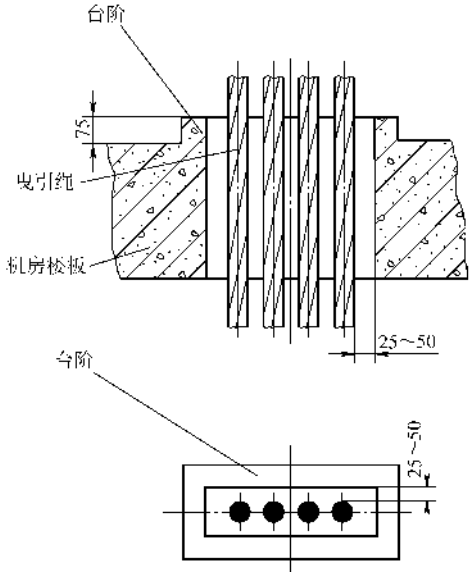


图 15-2　楼板孔洞和台阶

7）井道的截面积应与轿厢底面积相适应，并留有足够的余度；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。

8）电梯及其配套设备元件、材料运到现场，并经各方验收。

9）施工方案经审批符合要求，准予实施。

10）安全设施及装置经验收合格。

11）开工报告已经当地技术监督部门审核批准，准予开工。

12）施工组织设计的到位情况详见《电气工程项目管理及策划技术手册》一书，与照明电路基本相同。

二、熟悉图样及厂商提供的资料

1）土建梯井结构及有关电梯各部位的预埋件图、预留洞图。

2）制造厂梯井放线及机械安装图、电气安装图、原理图、调试大纲和说明书等。

3）电梯安装的有关规程规范标准等：

① GB/T10058—2009 电梯技术条件；

② GB/T10059—2009 电梯试验方法；

③ GB/T10060—2011 电梯安装验收规范；

④ GB7588—2003 电梯制造与安装安全规范；

⑤ GB50310—2002 电梯工程施工质量验收规范；

⑥ GB50231—2009 机械设备安装工程施工及验收通用规范；

⑦ GB7025—2008 电梯主参数及轿厢、井道、机房的型式与尺寸。

还有制造厂随机技术文件及资料等。

4）根据上述文件核对电梯、机房、顶层、底坑、梯井等平面几何尺寸是否符合安装要求。

三、编制施工方案及施工组织

电梯施工方案的主要内容有：电梯安装工程的概况，施工程序的安排，施工方法及技术措施，施工进度计划，材料机具计划，施工平面图、技术及安全交底等，这里只强调说明一下电梯安装工程中安全措施的一些特殊要求。

（一）安全资质

1）电梯安装单位应取得省部委及国家技术监督部门颁发的《起重机械制造安装修理安全许（认）可证》；没有取得安全许可证的，应向当地技术监督部门申请，由其审查验收合格并报上级技术监督部门批准后，方可安装首部电梯，在安装第二部电梯前应取得安全许可证。

2）所有参与电梯安装的人员，必须经过安全技术培训，熟悉安全操作技术规程，并经省劳动部门考核合格，取得与作业内容相关的特殊作业人员操作证。操作人员进入作业区后，应随身携带操作证。

3）安装人员应身体健康，凡不适应登高作业或患有高血压、心脏病的，不得从事电梯安装工作。

4）施工方案中的安全技术措施应向所有人员交底，并在作业中坚决执行，不得随意修改。若现场遇到新问题或遇到在施工方案中没有涉及的安全问题，应报请安全管理部门，并采取相应措施。

（二）准备工作中的安全措施

1. 清扫安装现场的进出通道、每层厅门门口及机房等，严禁杂物落入井道或阻碍通道。机房门窗完好，应上锁并悬挂“非电梯安装人员严禁入内”的警告牌。

2. 设备及材料堆放要求

1）重型设备及部件不可集中放置在楼板或屋顶上，应垫好枕木分散放置，并置于建筑物结构的承重梁上。

2）长型部件，如导轨、立杆、门框、型钢、底盘等不得立放，以防止倾倒伤人。

3）堆放时不得阻碍通道。

3. 脚手架的搭设

1）清理井道内的杂物和底坑积水，特别要注意井道内由于土建施工遗留的铁丝、钢筋或其他凸出物，必须清理干净。

2）用钢管搭设，其扣件应与管子配套并连接牢固，严禁用铁丝绑扎钢管。用木棒搭设，一般应用直径不小于 100mm 的杉杆并用 $8^{\#}$铁丝双扣捆扎牢固，脚手架顶部承重力应大于 $2500N/m^2$。

3）脚手架横杆的一端应与井壁顶死，以保持架体牢固；每个工作面均应铺设脚手板，木板的厚度应不小于 50mm，宽度不小于 300mm，两端应与横杆绑紧，探头长度应小于 300mm。

4）钢脚手架应采取接地保护措施；必要时要搭设安全网，以免坠落。

5）采用无脚手架工艺时，应按安全规范要求制作吊笼。

6）无论采用哪种方式，脚手架搭好后，应由安全部门及安装负责人检查验收。

4. 每层厅门门口必须装设外开防护门，以防止坠落。防护门应标有“井道、危险、勿进、勿投杂物”的警示牌。防护门应按门口宽度制作，高度应大于 1.8m，一般应用钢管、铁皮制作，并安装牢固。防护门应在层门装好且试验完好后拆除。

5. 安装临时用电应符合设备安装临时用电要求，一律采用橡胶电缆，照明用 36V 及 36V 以下电压，动力和照明分设开关，进线装设漏电保护，禁止用工作零线代替保护地线。保护地线的装设应符合要求，接地电阻应小于 4Ω。配电箱一般应设在首层，且应上锁，行灯变压器应装在配电箱内，两侧均应有熔断器保护。井道内的线路应与脚手架保持一定距离。禁止使用塑料线，灯头上应有防护罩。手持电动工具必须有接地保护线。

6. 现场应标明火警电话号码和消火栓位置，在

首层、机房、顶层、井道中间处应设置干粉灭火器。

（三）安全操作规程

1）严禁酒后或精神恍惚时进入安装现场；

2）进入井道后，不得穿硬底鞋，要戴好安全帽，系好安全带。小型手用工具要装入工具袋，不得在井道作业中乱扔工具或材料。

3）井道作业时，上下左右要互相照应，并相互提醒和防范。随时注意不要碰击已挂好的铅垂线及刚用水泥铸好的部件。一般情况下，应避免在井道内上下交叉作业。

4）使用电动工具时，要戴好绝缘手套，工具应良好接地，操作时要先找好站立的位置，用后应立即关掉电源。

5）井道内的电焊、气焊把线要理顺，随时检查有无破损、拉断、漏气、漏电及打火现象。电气焊作业时，应有专人监护，工作完毕后应彻底消除火灾隐患，防止失火。

6）使用的油料、氧气、电石或乙炔气等易燃易爆品应分开存放，妥善保管，远离火源。下班时，现场不得存留零散品，一律入库保管。

7）吊装作业应严格按操作规程进行。安装导轨时，吊装人员应和固定导轨的人员配合好。吊装其他部件时，不得碰击导轨或已安装好的部件。

8）对重安装时，手拉葫芦应悬挂牢靠，对重框架下部严禁站人。要防止框架晃动，以免挤压碰击。对重块装入框架后，应立即固定，以防移动滑出。

9）钢丝绳头及其浇灌时，要戴手套和防护镜，以防喷溅烫伤。钢丝绳安装前后要严格检查，必须经有关人员检查认可后，方可使用。

10）在多台电梯共用的井道里作业时，应设专人监护其他电梯的动态，及时提醒本组人员注意。

11）给轴承及其他摩擦滑动部位加注润滑油时，应避免溢出，加油过程中电梯不得运转。

12）冬雨季安装时，应注意天气变化，机房门窗应关好，以防雨雪侵入。

13）电梯安装完后，应对各种电气及机械的安全装置进行检查、试验及调整，确认无故障后方可进入试车阶段。安全装置的调整试验及检验应至少由两人进行，不得擅自调整。

14）拆除脚手架、临时用电线路时，应注意对已安装好的部件进行保护。清理现场时要对电梯进行保护。

（四）调整试车中的安全注意事项

1）调整试车前应编写方案，并向所有参加人员交底，分工明确，责任划分清楚，统一指挥，操作人员应服从命令，不得擅自操作。

2）试车前应复查安全装置、信号回路及保护元件，以防信号错误，造成意外事故。所有安全保护装置不得随意拆除、短接或阻塞。

3）在轿厢顶部作业时，必须有防护栏杆，照明应充足，轿顶安全开关操作方便可靠。轿厢和对重交错时的距离及轿厢冲顶时与机房地板的距离应符合设计要求。

4）慢车试验前应检查各级限位开关的可靠性、准确性；层门联锁完好；层门呼梯、信号截梯可靠正确；厢内选层、定向、急停等工作正常。电气的绝缘电阻良好，保护接地可靠。

5）试车前应发出通知，并将明显标志“正在试车、切勿靠近”挂于厅门。机房及钥匙应由专人保管好。

6）试车一般为3人，不准载客，试行中，轿门、厅门关闭及联锁良好。多部电梯共用井道时，电梯的起停应有联络信号，并设专人监护。

7）慢车试行正常无误后方可进行快车试验。快车试验时，轿顶严禁站人，所有安全装置必须全部投入使用且动作正确、灵敏可靠。电梯应逐步加速，发现故障或有疑问时须在安全条件无误下排除。快车试验应携带步话机，机房、轿厢、厅门应联络正常。

8）试车过程中，所有人员应遵守试车方案中的规定，任何人不得随意更改。

电梯安装工艺程序如图15-3所示。

电梯安装除了具备安全资质外还应具备安装资格，应有技术监督部门颁发的电梯安装许可证。首次安装电梯的单位应在当地技术监督部门办理申请手续，且应具备一定的机械及电气安装的资质，当安装三台以后应正式申请取证。凡没有取得安全资格和安装资格的或者没有得到当地技术监督部门允许的单位，不得从事电梯安装工作。安装单位在进行第二次安装电梯时应具备安装资格证和安全资质证。

（五）施工组织

电梯安装人员要少而精，应以电工、钳工为主，并配起重工和测量工、焊工，其余为壮工，总数不宜太多，总数应控制在10人左右，分工明细，相互合作。

四、设备的清点、堆放和试验验收

（一）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。

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。

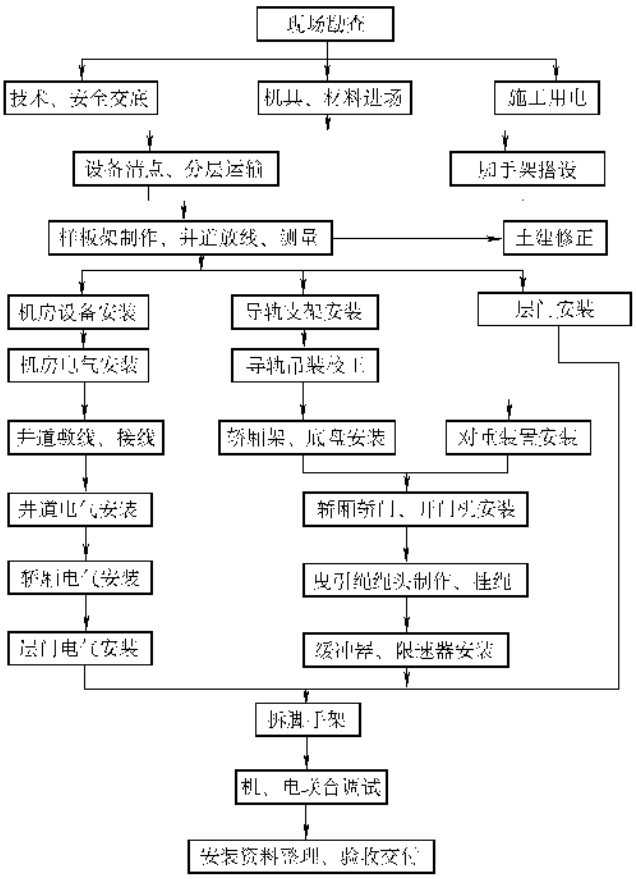


图 15-3　电梯安装工艺程序图

（二）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。

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。

（三）设备的试验

1）电气设备的试验方法和项目同动力电路一章。

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、不熟悉的设备元件及对质量有怀疑的零部件，要根据进行预组对或者运转试行，以便及早发现问题。

五、施工用电

1）电源应设置专用闸箱，各路负载应有过载、漏电及短路保护，电源的总容量应包括主机试运转的容量。

2）梯井内应用36V及36V以下的安全电压照明，安全变压器的一、二次侧均应有熔断器保护。

3）多部电梯施工，各梯电源要单独设置，互不影响。

4）闸箱应上锁，井道内宜用防水线，灯头应用安全手把灯头。

5）临时用电应符合“建设工程施工现场供用电安全规范”的要求，标准号GB50194—1993及“施工现场临时用电安全技术规范”（标准号JG146—2005）的要求。

六、搭设脚手架

1）搭设前要根据电梯放线及安装图参照各种部件在梯井内的安装位置和施工时的操作距离，例如大小轨道安装位置、剔道架眼的操作距离，限速器钢丝绳、选层器钢带、厅门，电线管、槽、中线盒等安装位置和距离，进行通盘考虑，最后确定脚手架的平面尺寸。一般可搭设单井字形或双井字形的脚手架，如图15-4所示。

2）脚手架宜用杉杆、钢管、木脚手板搭设，绑扎应用铅丝、钢卡扣，不准用麻绳，脚手架有效载荷应大于250kg/m^2。

3）脚手架立杆最高点以位于井道顶板下面1.5~1.7m为宜，以便放稳样板。顶层脚手架要考虑轿厢安装拆除架子时方便，一般是用四根短杆。当其拆除后，余下的立杆顶点应位于最高层厅门牛腿下面500mm左右。

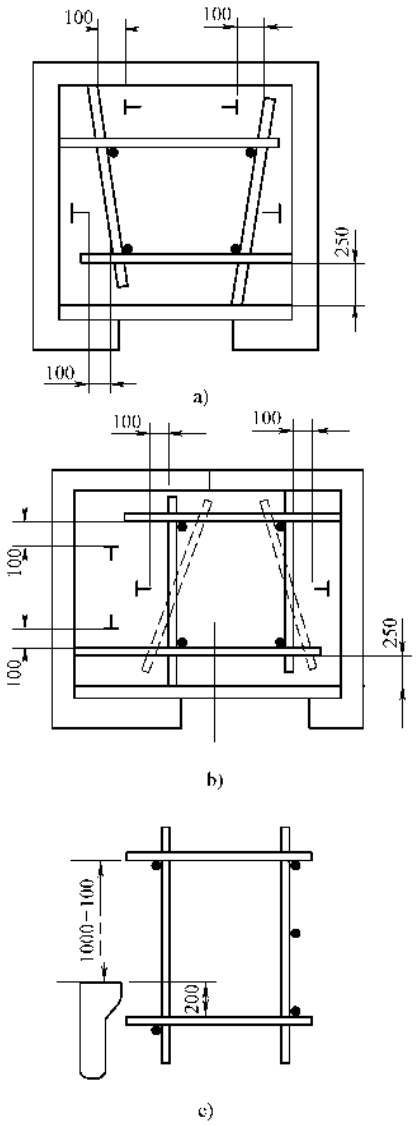


图15-4 脚手架结构形式

a）对重装置在轿厢后面 b）对重装置在轿厢侧面

c）层门口处脚手架形式（立面图）

4）脚手架排木（即横杆）间隔以1.4~1.7m为宜、每层厅门牛腿下面200~400mm处应为一档排木，并在两层排木间加一横衬作为上下攀登之用。

5）每一排木要和井壁顶死，脚手板两端伸出排木15~200mm，并与排木绑扎牢固。

6）每层厅门牛腿下面200mm处应用脚手板铺设一个作业平台，便于安装地坎、层门立柱和层门；距井道顶板1.8m处应用脚手板铺设一个作业平台，便于安装放线样板。

以上各条应和架子工交待清楚，脚手架搭好后，作业负责人应验收检查。

七、样板制作与安装

样板是用木板做成的标准框架，分别置于井道顶板之下及底坑内。它是安装放线的基础，井道内的所有设施部件的安装位置标高都以此为准，因此样板是电梯安装中的关键。

（一）样板的基本要求和制作

样板的材料应用干燥、韧性强、不易变形的木材，木条应四面刨平，角度垂直，断面及样板的对角线应相等，并用胶粘牢。根据电梯提升高度不同，样板木条的断面尺寸应符合表 15-1 中的规定。样板的平面图如图 15-5 所示。

表 15-1　样板架木条尺寸

提升高度/m	厚/mm	宽/mm
≤20	40	80
>20	50	100

注：提升高度越高木条厚度应相应增大或用角钢制作。

样板应在平坦地面上制作、相互间位置尺寸的允许误差为 ±0.15mm。在样板上要清楚地标出轿厢中心线、对重中心点、层门和轿门中心线、层门和轿门门口净宽、导轨中心线等名称。

在样板上确定两导轨距离时，除参考图样尺寸外，还应核对安全钳座的内表面距离以及轿厢和对重两侧导靴内表面距离。

（二）样板的安装

1）在机房楼板下面或夹层楼板下面约 1m 处（应小于 1m），根据样板宽度且不影响放线位置，在井道墙上平行地凿出 4 个面积为 150mm × 150mm，深为 200mm 的孔洞，将两根截面积不小于 100mm × 100mm 的经刨光的方木插入洞内，水平放置，用水平尺找正后用木楔固定，作为样板托架，如图 15-6 所示。

2）将做好的样板安放在托架上，如图 15-6 所示。安放时要考虑沿整个井道高度垂直的最小有效净空面积。

有时可将刨好的样板木条拿到托架上，再组装成样板。

对于混凝土井道，应用射钉枪在上述部位固定 4 块角铁，再固定槽钢或方木。

（三）悬挂铅垂线

1）在样板上确定悬挂铅垂线的准确位置，有轿厢中心、对重中心、导轨中心、厅门中心等，并校正各对角线且应相等，各线偏差应不大于 0.3mm。

2）用电工刀或薄锯条在上述位置上刻划一小槽，将线放入，并在样板上钉钉将尾线固定，方法如图 15-7 所示。垂线一般用 ϕ0.70 ~ ϕ0.90mm（20# ~ 22#）镀锌铁线，超过 40m 的电梯应用 ϕ1.0mm 的镀锌铁线。线锤重量应在 10 ~ 20kg 左右，体积不宜太大，可用铁管底部封死，里面灌铅。

3）从样板上按已确定的放线点先放下开门净宽线，即轿门槛边沿位置线，初步确定样板位置。

4）反复测量井道，根据各层层门、井道平面布置、机房承重梁位置等综合因素校正样板位置，经几人确定正确无误后即可将样板固定在托架上。固定前先在托架上用铅笔划好线，再用钉子固定，不得有位移。

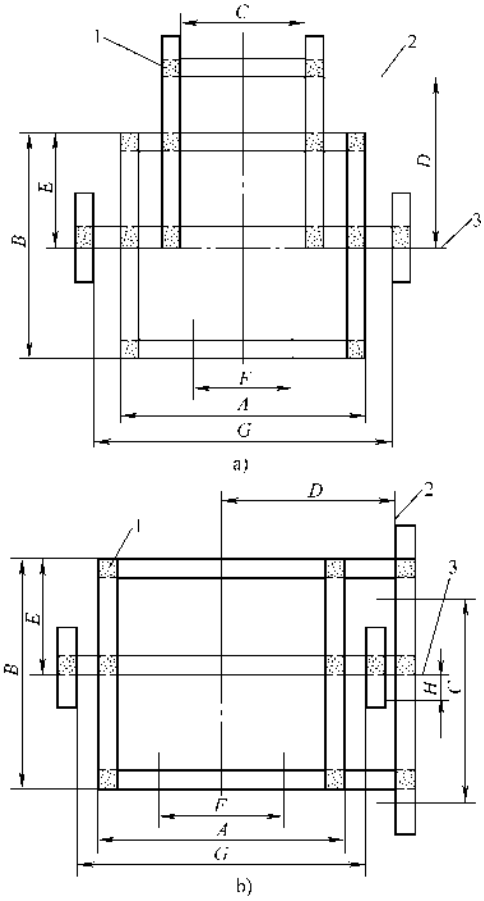


图 15-5　样板的平面示意图

a）对重装置在轿厢后面　b）对重装置在轿厢侧面

1—连接铁钉　2—对重中心线　3—轿厢架中心线

A—实际轿厢净宽

B—轿厢深

C—对重导轨架距离

D—轿厢中心线至对重中心线距离

E—轿厢重心线至轿厢底后沿

F—开门净宽

G—轿厢导轨架距离

H—轿厢与对重偏心距离

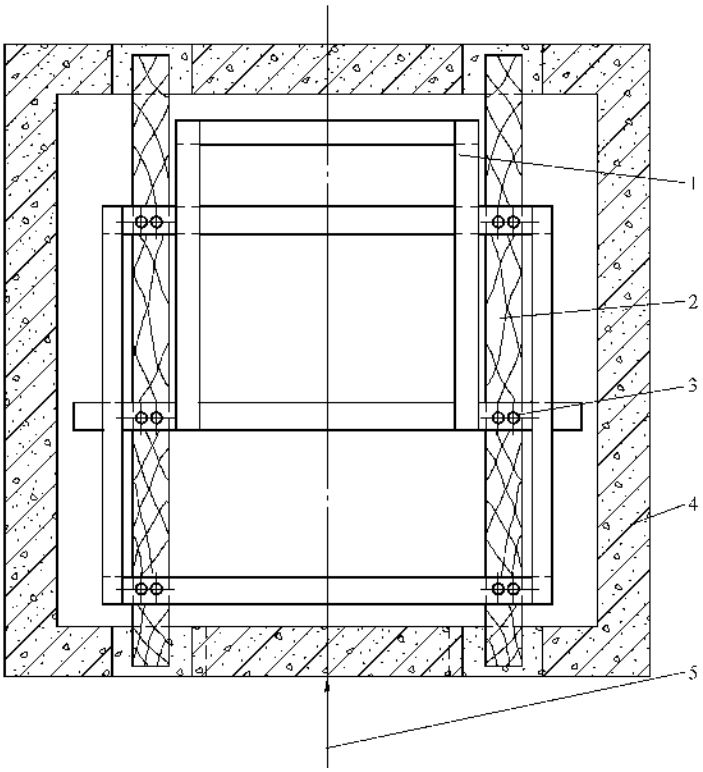


图 15-6 样板架固定示意图

1—样板架 2—木梁 3—固定样板架的铁钉 4—电梯井道 5—厅门入口处

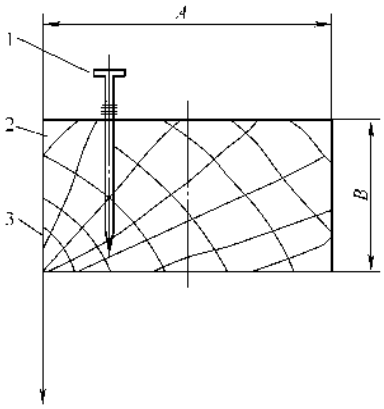


图 15-7 铅垂线的固定

1—铁钉 2—锯口 3—铅垂线

5）为了防止铅垂线晃动，在底坑距地面 0.8～1m 处，固定一个与井道顶样板相似的底坑样板，待铅垂线稳定后，再确定底坑样板的位置，并用 U 形钉将铅垂线钉固在木梁上，如图 15-8 所示，并刻以标记，以防施工过程中碰断。两个样板水平偏移不超过 1mm，水平度不大于 5mm。

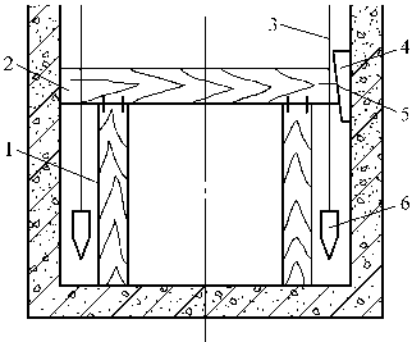


图 15-8 底坑样板架

1—撑木 2—底坑样板架 3—铅垂线
4—木楔 5—U 形钉 6—铅锤

八、井道测量及标准线的确定

土建工程对井道施工时，垂直误差较大，样板安装好后首先进行井道测量。根据测量结果统筹考虑，特别是层门与建筑物的配合，进而调整样板放线点，最后确定安装标准线。

（一）井道测量的方法

1）在井道最高层的层门口，在地板上做出基准线，或由土建给出基准线，如图 15-9 所示。

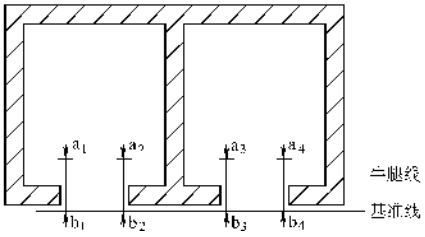


图 15-9　放线定位示意图

2）按与基准垂直的方向，向井道内引线段 a_1b_1、a_2b_2、a_3b_3、a_4b_4，并使 $a_1b_1 = a_2b_2 = a_3b_3 = a_4b_4$，把 a_1a_2 和 a_3a_4 定为初步设定的轿厢门槛边沿位置线。这时即可从顶样板向底样板施放通过 a_1、a_2、a_3、a_4 点的铅垂线，即开门净宽线、使 4 根线张紧并固定该线。或重新调整固定板时放下的铅垂线也可。

3）在各层厅门对井道尺寸、预留孔洞或预埋件位置进行测量，并测出图 15-10 中的有关数据，填入“井道测量记录表（见表 15-2）”中。

4）如果测得的数值与土建交工的纵横轴线基本一致，初步定位的样板就可作为正式定位；如果数值偏差较大，则应根据实测数据提出井道修补意见，待土建修补后，重新定位放线和实测。

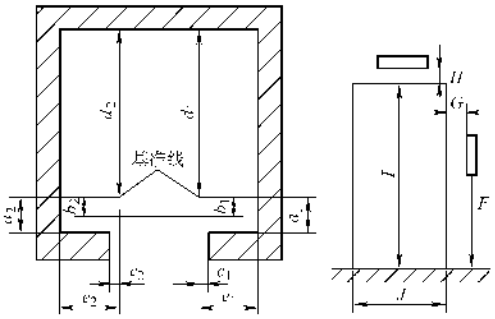


图 15-10　井道的测量示意图

a_1、a_2—设定的轿门地坎边线至正面墙体内侧的距离

b_1、b_2—设定的轿门地坎边线至牛腿的距离

c_1、c_2、d_1、d_2、e_1、e_2—设定的轿门地坎边线至井道左、右侧及后侧的距离

I、J—门洞中线位置、门洞宽度及高度

F、G、H—按钮盒及指层灯盒位置

（二）确定标准线时应注意的事项

1）确定轿厢位置时，要考虑井内安装的部件对轿厢运行有无妨碍，如限速器钢丝绳、选层器钢带、感应器铁板、中线盒高度等。同时要考虑轿厢门的滑道和底坎与井道墙及结构有无相碰。

2）导轨架与井道墙的距离要合适。导轨架高度 = 轿厢中心至墙面距离 -（轿厢中心至安全钳内表面距离 + 导轨高度 + 垫片高度 + 3mm）。

表 15-2　电梯井道测量记录表

工程项目：　　记录日期：　年　月　日

测点部位 / 层站	a_1	a_2	b_1	b_2	c_1	c_2	d_1	d_2	e_1	e_2	F	G	H	I	J	其他
n																
$n-1$																
$n-2$																
⋮																
⋮																
1																
D_1																
D_2																
D_n																

工程负责人：　　施工班组：

3）前后开门的电梯应考虑井道深度即两道开门墙内侧距离及倾斜情况能否满足安装要求。井道深度 = 2 倍厅门槛宽 + 2 倍厅门槛与轿架间隙 + 轿厢的深度。

4）井道测量时，应考虑对重的宽度，其距墙壁应有不小于 50mm 的空隙。

5）各层厅门底坎位置确定时要根据铅垂线与牛腿的距离以及牛腿宽度的误差，照顾多数，既要考虑少剔牛腿或墙面，又要做到底坎离墙最远的门立柱，其安装后与墙的间隙应小于 30mm。

6）电梯的厅门、指示灯、按钮标高和安装方式应一致，并与建筑物协调美观。对于钢门套及镶有大理石门套的电梯应考虑其与厅门扇间隙要符合要求，不宜过大。

7）机房平面布置要合理，以便于维修和运行。

第三节　机房设备的安装及调整

一、放线确定设备的安装位置

1）以井道顶部样板为基准、通过楼板预留孔洞，将样板的轴线引入机房内。

2）在机房地坪上划出曳引机承重梁、限速器、选层器、发电机组、控制屏等设备的定位线。

3）检查预留孔洞的尺寸位置是否正确，否则应调整。调整时应和土建人员取得联系，以避免破坏土建结构。

二、曳引机承重梁的安装

（一）安装方法

1）当有隔音层或顶层高度足够时，一般把承重梁安装在机房楼板下面，如图 15-11a 所示。这种方法就是在土建施工时，将钢梁与楼板浇注成一体，钢

梁两端必须牢固地埋入承重墙内。有导向轮时，应在楼板导向轮位置上留出一个长洞，长洞的几何尺寸应使导向轮自由无卡阻运转。

2）通常将承重梁安装在机房楼板上面，如图15-11b所示。承重梁与楼板的间隙不小于50mm，两端埋入承重墙内，有导向轮时同上。这种方法采用的较广泛。

3）当机房足够高时，可将承重梁安装在高出机房楼板面约600mm的混凝土墩上，或一端埋入墙内，一端固定在混凝土墩上，如图15-11c所示。三根承重梁固定在混凝土墩的端部应用一块12mm厚的钢板相互焊接使其牢固。这种方法采用得也较广泛。

4）机座安装一般是先浇注混凝土墩，由土建完成，然后再将机座用地脚螺栓固定。

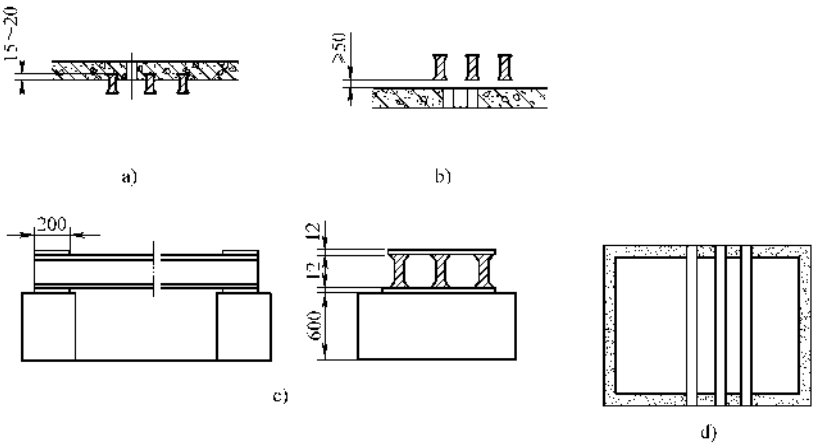


图15-11 承重梁安装示意图

a）承重梁在楼板下 b）承重梁在楼板上 c）承重梁在楼板上的混凝土基础上 d）承重梁在井道壁上

（二）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200#以上的混凝土浇筑，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。

三、曳引机的安装

（一）安装方法

1）当承重梁在机房楼板中或楼板下方时，可在机房楼板承重梁的位置上按曳引机的底座外轮廓浇注一个混凝土台座，高度一般为300mm；台座上按曳引机底盘上的固定螺栓孔预埋地脚螺栓或留下地脚螺栓孔，固定时再浇注。

台座下面应按图样上分布点垫好防振橡胶砖，找平找正，然后将曳引机吊起稳装在混凝土台座上。经校正水平度和垂直度及地腿螺栓后，将螺母拧紧固定，使台座和曳引机连为整体。最后再用事先裁好的地腿螺栓的挡板、压板，垫以橡胶砖将台座与地面固定，如图15-12所示。

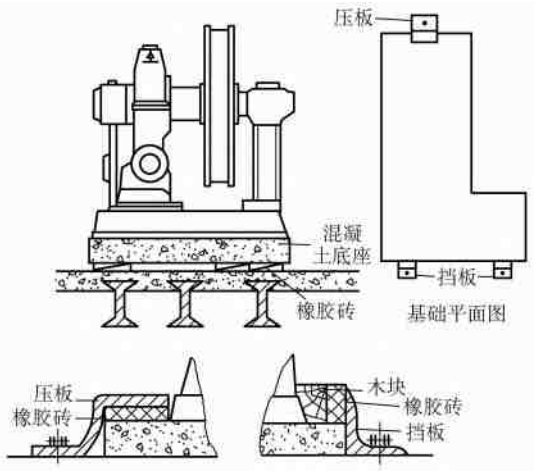


图15-12 挡板、压板、橡胶砖示意图

地面地脚螺栓的固定方法有两种：一为土建浇注楼板时预埋；二为混凝土板上用冲击钻开孔再使用膨胀螺栓。

2）当承重梁在机房楼板上方时，可在钢梁上铺两块同曳引机底板形状大小相同的钢板，其厚度不小于20mm，两块钢板中间按图中分部点垫上防振橡胶砖。下面的钢板与钢梁焊接，上面的钢板钻孔用螺栓与曳引机底盘连接固定。经调整后把挡板和压板固定在底下的钢板上，一般用螺栓固定，用以固定整个机座。

3）对于一般杂物梯、货梯，在噪声标准要求不高的场所，也可将曳引机直接稳装在钢梁上或钢架位置上面的地板上。

装在钢梁上时要在钢梁上钻孔，并垫橡胶砖，用螺栓固定曳引机。钻孔时要注意不能损伤钢梁立筋。

直接稳装在地板上要垫橡胶砖，并用挡板、压板固定。

（二）曳引机位置的确定与调整

1. 1∶1 曳引方式的曳引机位置的确定与调整

1）在机房曳引机的上方从两侧的墙上拉一根水平线。一般可用方木竖起在墙侧，然后再拉线。

2）从该水平线上悬挂放下 3 根铅垂线，一根对准井道顶样板标出的轿厢中心点，另一根对准对重装置的中心点（楼板上土建已留孔洞），第三根为曳引轮铅垂线。

3）移动曳引机使绳轮纵向中心线与轿厢中心线和对重中心线形成的垂面重合；使绳轮纵向中心面上的水平节圆直径端点垂直于轿厢中心垂线，如图15-13所示。

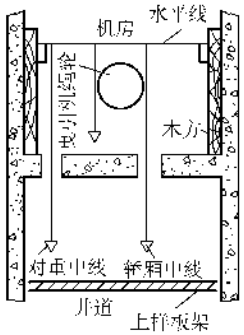


图 15-13　曳引机安装位置调整示意图

2. 其他曳引方式的曳引机位置的确定与调整

参照上述方式多挂铅垂线进行调整。

（三）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，如图 15-14 所示。

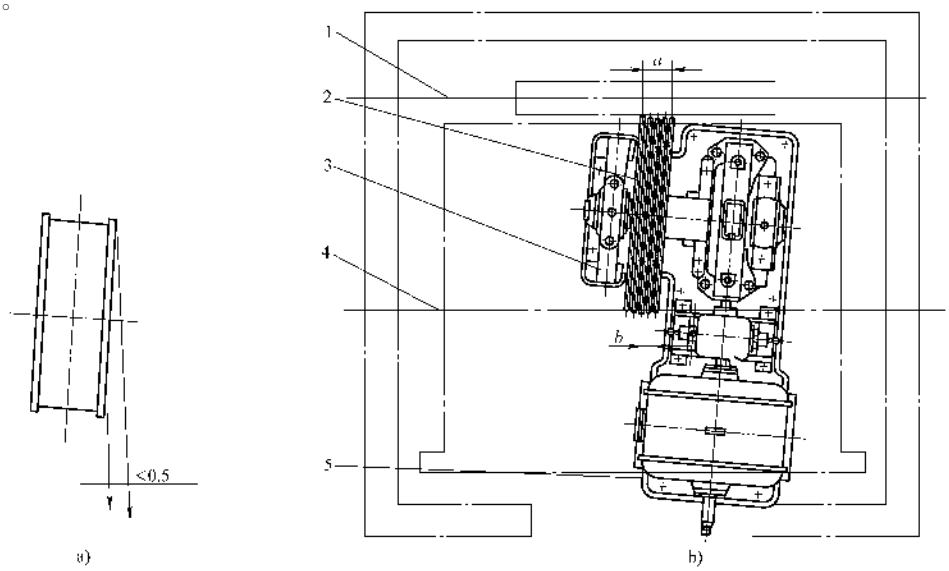


图 15-14　曳引轮的调整

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

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 15-3 的要求，如图 15-15 所示。

表 15-3 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

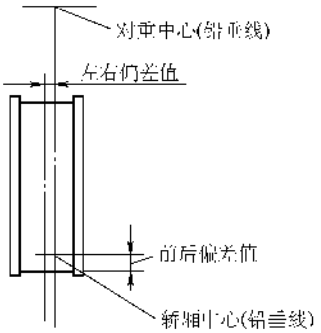


图 15-15 曳引轮前后、左右偏差示意图

（四）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，方法见动力电路一章，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。

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 15-4 中的型号。

表 15-4 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 $1cP = 10^{-3}Pa \cdot s$。

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 15-5 中的规定。

表 15-5 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，如图 15-16 所示。

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：

a. 既有足够的制动力矩，又不影响电梯的平稳性。

b. 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。

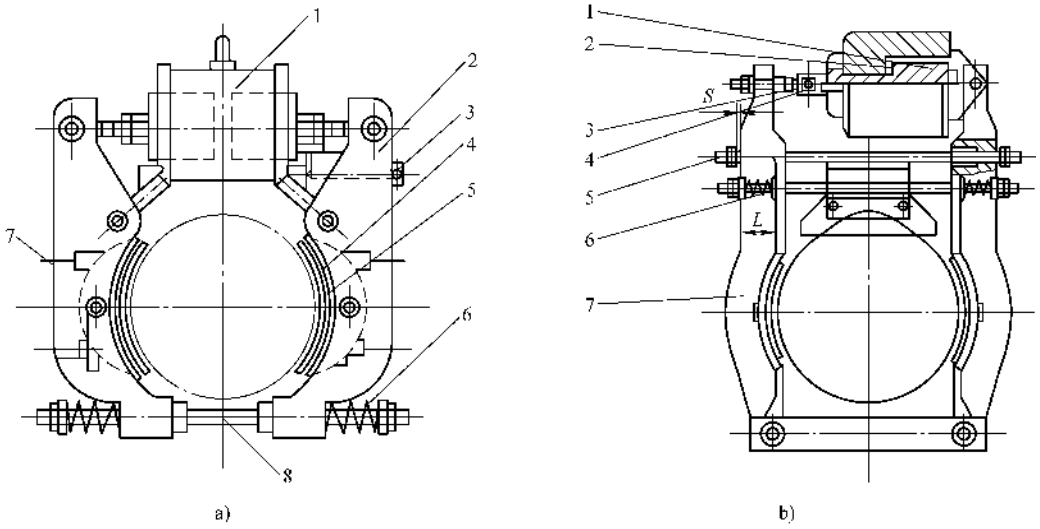


图 15-16　电磁制动器结构示意图

a）

1—电磁铁　2—制动臂　3—松闸量限位螺钉　4—制动带　5—制动瓦　6—压缩弹簧　7—顶定螺钉　8—轴

b）

1—磁心　2—行程限制器　3—有眼螺栓　4—叉　5—松闸量限位螺钉　6—制动器弹簧　7—制动臂

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。

四、导向轮和复绕轮的安装

（一）导向轮的安装

导向轮是把曳引绳从曳引绳轮引向对重一侧或轿厢一侧所应用的绳轮。通常导向轮导向对重一侧。

1. 检查

检查导向轮转动部位油路畅通情况，并清洗加油。

2. 放线

由楼板放下一根铅垂线，使其对准样板的对重中心点，然后在其两侧根据导向轮的宽度另放两根重线，以校正导向轮的偏摆，如图 15-17 所示。

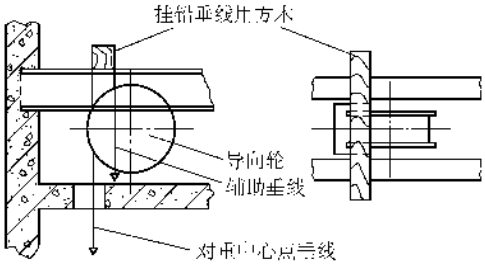


图 15-17　导向轮安装示意图

3. 校正

移动导向轮,使导向轮绳中心与对重中心垂线重合，并在轴支架与曳引机底座或承重梁的固定处用垫薄垫片来调整导向轮的垂直度，同时调整与曳引轮的平行度。

4. 紧固

导向轮位置经调整确定后，用双螺母加弹簧垫将螺栓紧固。

5. 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，如图 15-18a 所示。

2）导向轮的垂直度偏差不大于 0.5mm，如图 15-18b 所示。

3）导向轮与曳引轮的平行度偏差 b 不超过 ±1mm，如图 15-18d 所示。

（二）复绕轮的安装

有的电梯将曳引绳引出曳引轮后再经另一绳轮再次绕入曳引轮，这种兼有导向作用的绳轮称为复绕轮。

复绕轮的安装方法、要求和导向轮基本相同。复绕轮与曳引轮水平方向应偏离一个为曳引绳槽距 1/2 的差值，如图 15-18c 所示。

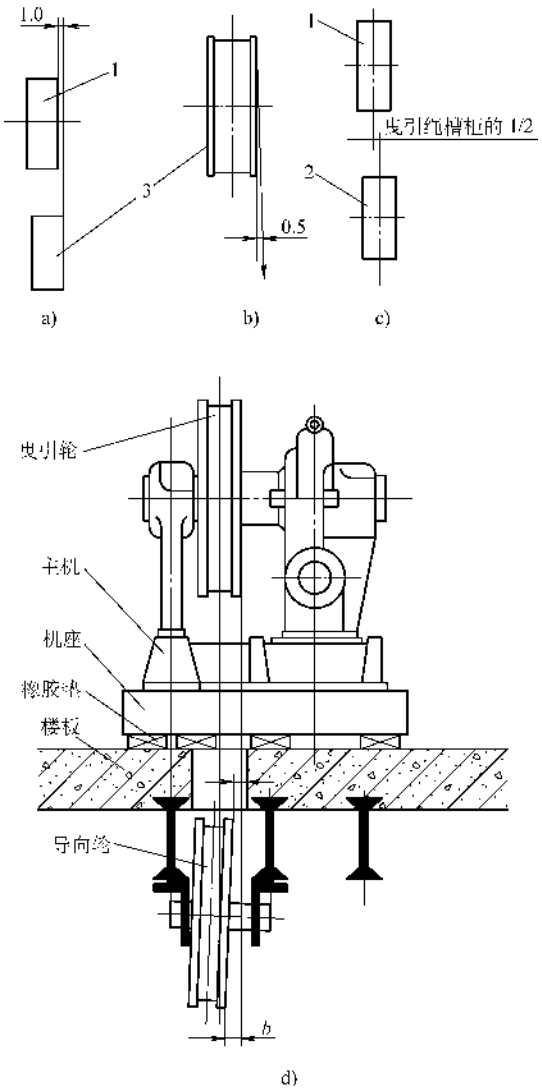


图 15-18 导向轮及复绕轮的调整

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

五、限速装置的安装

限速装置由限速器、张紧轮及重砣、钢丝绳组成。电梯运行时由于某种原因出现超过正常速度而达到某一高速时，限速器第一限速动作，超速开关动作，切断电源，制动器制动，使轿厢停止运行，停在某一位置上。如果轿厢速度太大，如钢丝绳断开，加速到限速器做第二限速动作，通过安全钳的配合，将轿厢夹持在导轨上，使轿厢停止。

（一）限速器的工作原理

限速器多为离心式，有甩块式和甩球型两种，其结构如图 15-19 所示。

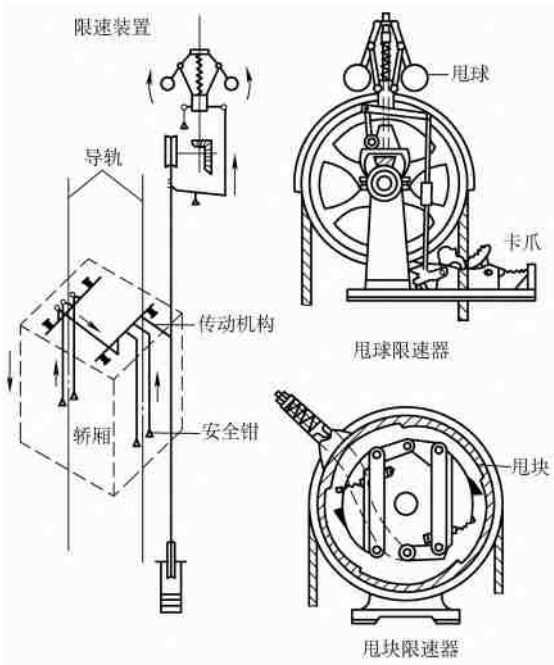


图 15-19 限速器结构示意图

1. 甩块式限速器的工作原理

当轿厢超速下降时，绳轮在钢丝绳的带动下旋转加快，因而离心锤的离心力也相应增大。当离心力增大到一定值时，离心锤的凸齿与锤罩上的棘齿相碰，带动锤罩转动，并使偏心叉随着回转。由于偏心叉与绳轮之间存在偏心距，偏心叉在回转一定角度时，触动微动开关动作，切断主接触器电源，电动机停止并制动，轿厢停止；速度再快，偏心叉回转更大角度，夹绳钳将钢丝绳夹住不动，进而使安全钳动作，将轿厢强行制停在导轨上。

2. 甩球型限速器的工作原理

甩球型限速器的工作原理和甩块式限速器的工作原理基本相同，当轿厢超速下降时，绳轮在钢丝绳的带动下转速加快，通过伞齿轮传给转轴，转轴带动甩球旋转，甩球在离心力作用下压缩调节弹簧，同时带动活动套向上移动，而使杠杆系统向上提起，当提到

一定位置时触动微动开关或使钳块夹持钢丝绳，进而使轿厢停止。

（二）限速装置的安装方法

限速器通常安装在机房楼板上或隔声层里，也有的将其安装在承重梁上，限速装置的安装应和轿厢同步进行，安装示意如图 15-20 所示。

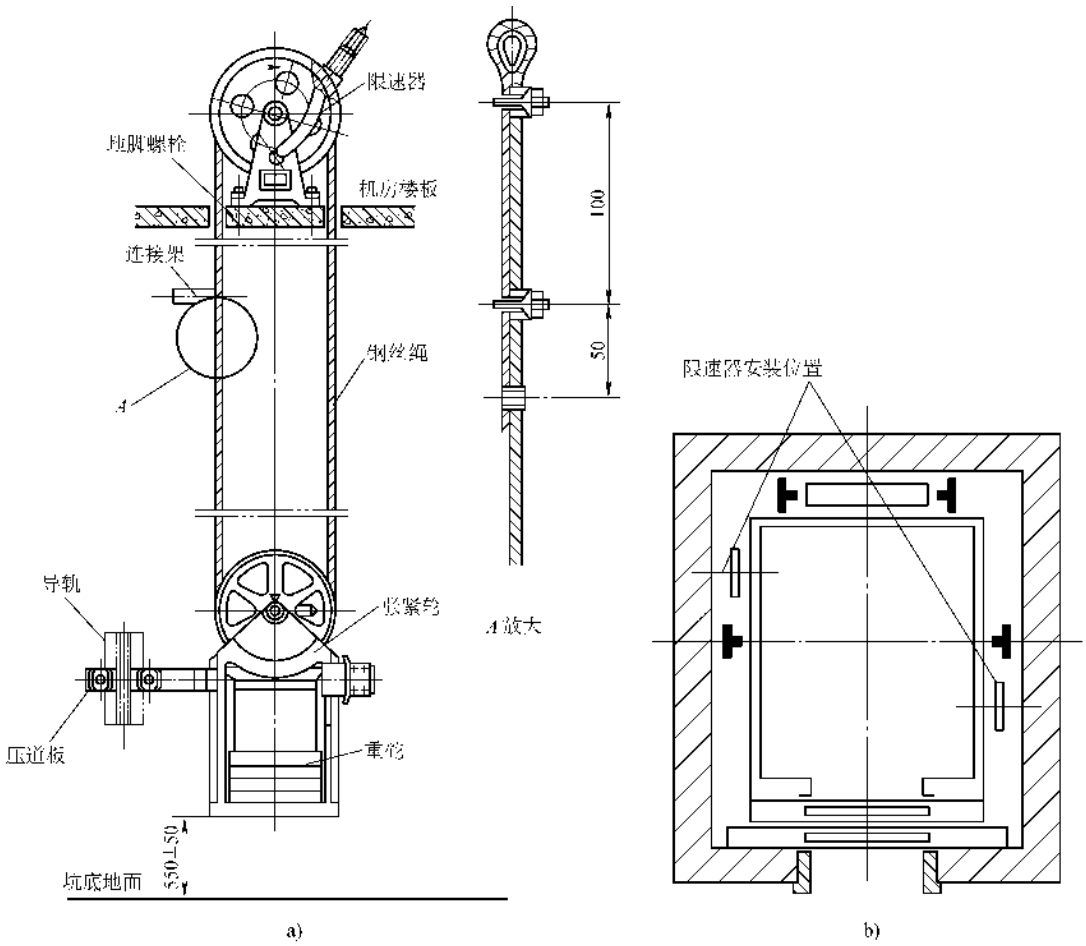


图 15-20　限速器安装示意图

a）传动系统　b）平面布置

1. 安装位置的测定

由限速器绳轮下旋端的绳槽中心吊一垂线到轿厢安全钳拉杆绳头中心，再从拉杆下绳头中心到张紧装置绳轮槽中心另吊一垂线，并使这四点垂直重合。然后由限速器另一端绳槽中心至张紧装置另一端绳槽中心再另吊一垂线，且使这两点垂直重合，位置即可确定。

如果限速器绳轮与张紧装置绳轮的直径不同，应以与轿厢相连一侧为基准并符合上述要求，另一侧以两绳轮槽中心线在同一垂直面上为准。

2. 限速器安装

限速器安装在机房楼板上时应预埋螺栓或使用膨胀螺栓，稳固在混凝土基础上，混凝土基础应大于限速器底座边 25～40mm，也可用不小于 $\delta = 12$mm 的钢板做基础与机房楼板固定。

3. 限速器绳索的张紧装置安装

应用压道板将张紧装置的固定板紧固在位于底坑的轿厢导轨上。

4. 缠绕钢丝绳

在限速器轮和张紧装置绳轮之间绕上钢丝绳，钢丝绳两端与安全钳绳头拉手相连，用绳卡固定牢固。限速器钢丝绳不允许上油。

（三）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，如图 15-21 所示。

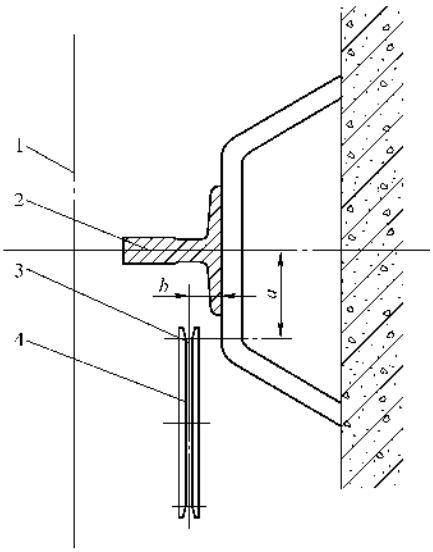


图 15-21 限速器钢丝绳至导轨的距离

1—轿厢底的外廓 2—导轨

3—限速器绳索 4—张紧轮

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 15-6 中的规定。

表 15-6 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）。

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。

六、选层器的安装

选层器的主要作用是供乘客预选层站，它是由盘面、钢架和传动机构组成的。盘面上由几组（和电梯层门数相同）定滑块和一组动滑块触点组成，动滑块由链条和变速链轮带动，链轮又和钢带轮连接，钢带伸入井道由张紧装置拉紧，和限速器基本相同，只是一个是钢带，一个是钢丝绳。钢带和轿厢连接，轿厢上下移动时带动钢带运动，并把轿厢的运动模拟到选层器动滑块触点上，完成电气触点的关断，成为一种确定轿厢位于厅站的开关。选层器上各组滑块触点用导线连接后，一部分送入控制柜，再用电缆引至轿厢的操作盘上，另一部分送入井道，与各层厅门指示灯、按钮连接，为乘客呼梯使用。

（一）安装方法

1）选层器位置确定后，用地脚螺栓将选层器固定在基础上。选层器的混凝土基础应高出地面 50mm，四周大于选层器底面 20mm，也可用型钢固定基础。

2）钢带轮及其张紧轮位置的确定，其方法和限速装置相同，偏差按下面的安装要求执行。

3）安装好轿厢顶和对重侧的卡带装置，将钢带穿过钢带轮和张紧轮，两端固定在轿厢顶的夹紧装置上。

4）电梯安装全部结束后，应在电梯慢速行驶中调整选层器。

（二）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，如图 15-22 所示。

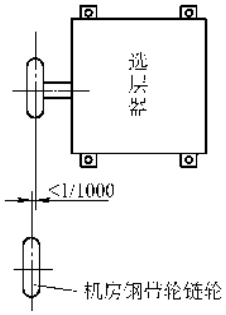


图 15-22 选层器安装调整示意图

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，如图 15-23 所示。

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 15-6 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。

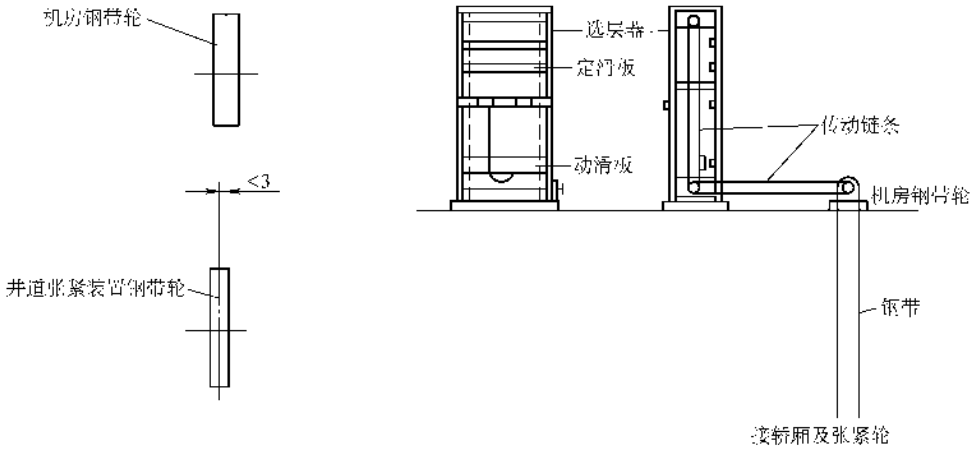


图 15-23　张紧装置钢带轮调整示意图

第四节　井道设备的安装及调整

井道的主要设备有导轨、轿厢、对重、缓冲装置，补偿装置以及钢丝绳。

一、导轨的安装

导轨安装在导轨支架上，而导轨支架则固定在井道墙壁上，导靴是导轨和轿厢间连接传动的元件。由导轨、导靴和导轨支架组成的电梯导向系统，应保证轿厢和对重在井道内沿着导轨顺利无阻做垂直上下运动。电梯运行的轻快、平稳及噪声大小程度与导轨加工精度、安装质量有直接关系。因此，导轨的安装是电梯安装中最关键的一步。必须保证导轨的垂直及导轨间的距离相等，也就是说第一要垂直，第二要平行。

（一）导轨安装位置的确定

1）在土建工程砌筑或浇注井道时，根据电梯厂家提供的井道平面图和轿厢平面图确定导轨的安装位置，并在导轨中心位置的两侧或一侧预埋钢板、导轨支架或预留孔洞，预埋件的规格应符合表 15-7 的要求。

表 15-7　电梯预埋件规格表

用　　途	预埋件长度 A/mm	预埋件宽度 B/mm	预埋件厚度 δ/mm	预埋件焊钢筋 ϕ/mm	预埋件钢筋数量/根
轿厢导轨架	2×300 1×800	200	14～16	12	6，10
对重导轨架	2×300	200	14～16	12	6
厅门门框及其他	150	100	10～12	8～10	4

注：1. 2×300 或 1×800 是指轿厢导轨架用一块或两块均可。

2. 焊接饱满，挡距均匀，焊接后调理平整。

2）土建完工后，在井道顶部安装样板，然后放垂线。根据电梯厂家提供的轿厢平面图确定导轨的安装位置，然后用墨笔在井道墙壁上准确地划出导轨中心位置，或者是用墨斗从井道顶部放下以垂线为准在井道墙壁上打出一条导轨中心的垂直墨线，并在墨线两侧或一侧画出导轨架的位置。

上述两种方法无论哪种都要求导轨中心线要垂直，并且在井道平面上的位置要准确，全长误差不得超过 1mm。

（二）导轨支架的安装

1. 导轨支架位置的确定

导轨支架的位置、间距以及距井顶井底的距离应按图样要求确定。一般是从下往上，第一个支架距底坑为 1m，以上至多每隔 2m 设一个支架，最末端支架距顶板不大于 0.5m。

支架的距离应和导轨长度对应，每根导轨至少用两个支架固定。另外支架的位置不能与导轨的接道板位置重合，应错开位置。

2. 安装固定方法

1）支架通过撑脚直接埋入预留孔中，埋入深度大于 120mm，预留孔应内大外小，应用 400# 水泥砂浆灌注，水泥砂浆应用颗粒状，如图 15-24 所示。

2）支架直接焊在预埋铁板上，支架与铁板焊接的速度要快，分两次烧焊，先点焊再烧焊避免铁板变形。如果铁板预埋位置偏移太大，可采用另敷铁板加长，其板厚不小于 16mm，接出长度不大于 300mm，超过 200mm 时端部应用不小于 ϕ16mm 的膨胀螺栓加固，加长板和预埋铁板接触面周围应焊接，焊缝长度应大于支架焊接长度，如图 15-25 所示。

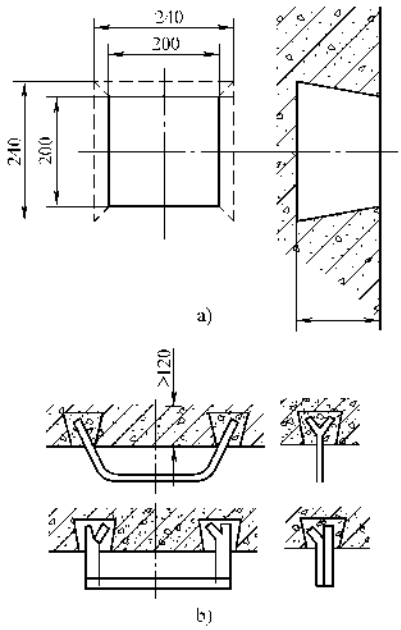


图 15-24 导轨架的埋入

a）导轨架预留孔示意图 b）埋入导轨架示意图

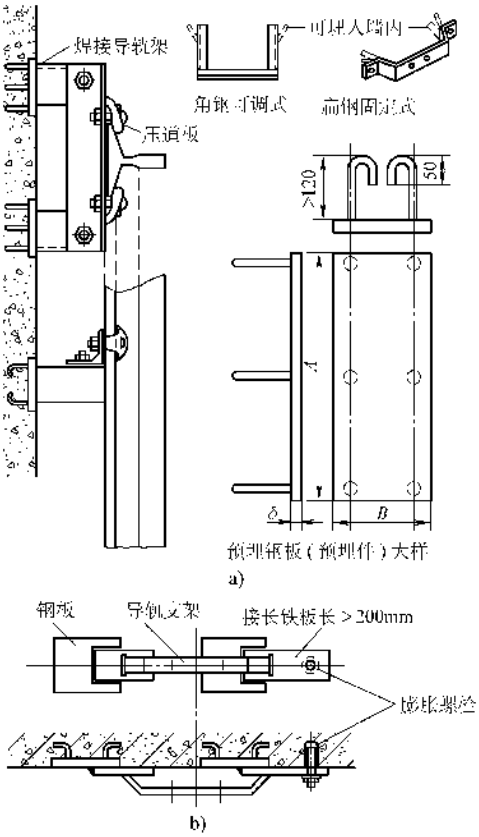


图 15-25 导轨架在预埋件上的焊接

a）导轨架直接焊接 b）加长预埋钢板

3）膨胀螺栓固定，先用冲击钻在固定位置上打孔，孔径稍大于膨胀螺栓管径 1～2mm 即可，深度为管长加上 2.5mm，膨胀螺栓应选用大于 ϕ16mm 的。

3. 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，如图 15-26 所示。

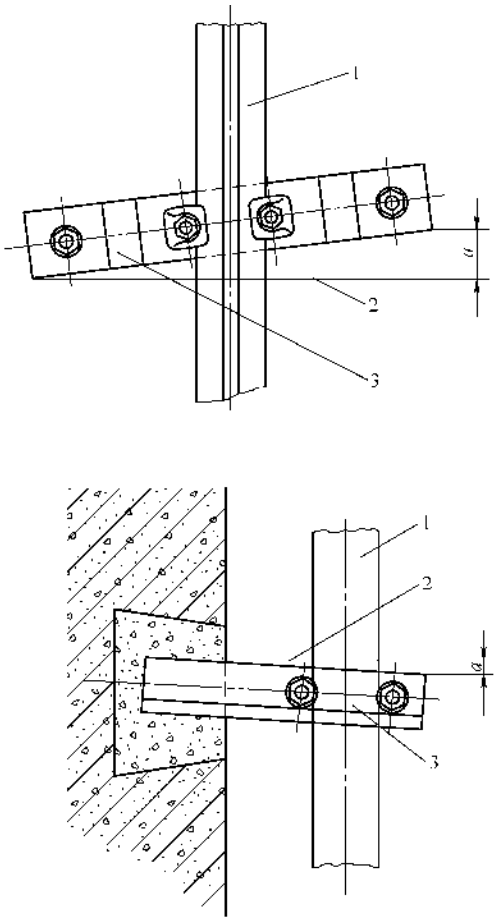


图 15-26 导轨架的不水平度调整

1—导轨 2—水平线 3—导轨架

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，如图 15-27 所示。

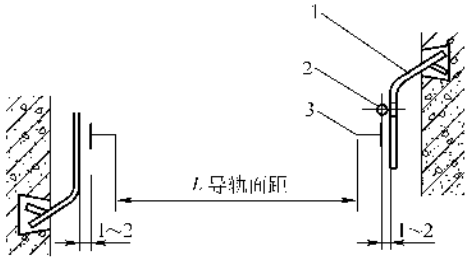


图 15-27 导轨与导轨架的间隙调整

1—导轨支架 2—标准线 3—导轨

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。

（三）导轨的安装

1. 导轨的种类、连接和固定

（1）导轨的种类　常见的有4种，其横截面如图15-28所示。最常用的是T形导轨，低速货梯和对重用导轨，常用型钢导轨。

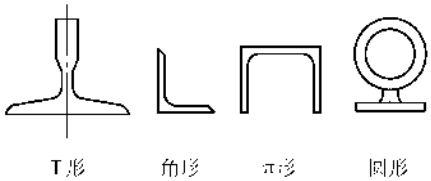


图15-28　导轨的种类示意图

（2）导轨的连接　导轨的长度一般为3～5m，连接时以端部的榫头和榫槽契合定位，底部用接道板固定。为使榫头和榫槽的定位准确，应使榫头完全榫入榫槽，连接时应将起毛的榫头、榫槽用锉刀略加修正，接头处不应有连续的缝隙，局部缝隙不应大于0.5mm。连接时不应有台阶，如图15-29所示。

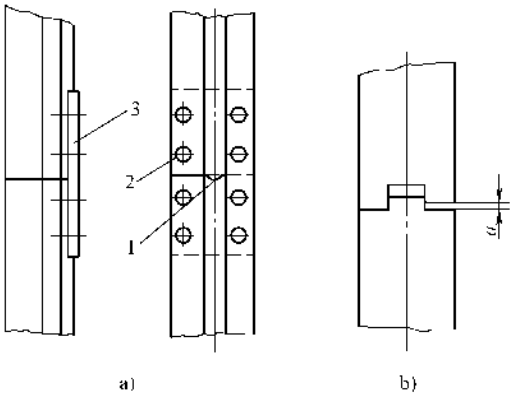


图15-29　导轨的连接

1—榫头　2—连接螺栓　3—接道板

（3）导轨的固定　导轨的固定方法如图15-30所示。

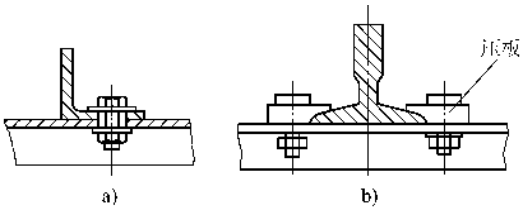


图15-30　导轨的固定

a）螺栓固定法　b）压板固定法

2. 准备工作

1）导轨放置时应用木块垫起，不宜超过4层，如图15-31所示。

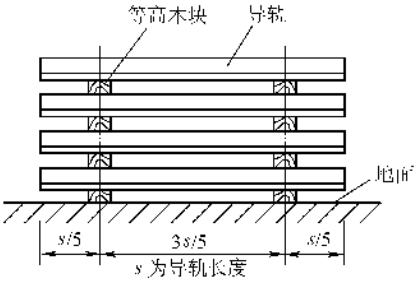


图15-31　导轨的存放

2）检查每根导轨的直线度，允许误差为每5m不超过0.7mm。清洗接头的凸凹槽，修整毛刺，修整时应用人工锉和砂纸，严禁使用砂轮。

3）不符合直线度要求的导轨要进行冷调直，弯曲度过大或有扭弯的导轨应由厂家负责调整或更换。现场一般用导轨弯曲调整器手工调直。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。

4）根据层高和导轨长度，以能将导轨抬入井道为准，预先将两根或三根导轨连接组对好，并把连接好的导轨编号，然后进行预组对，并将不妥之处修整好。预组对后拆开，按编号和凸凹槽按顺序排放好。

5）在井道设立安装导轨的起重装置、滑轮或小型卷扬机。

3. 导轨安装步骤

1）先校对样板架放下的导轨支架位置线，确认导轨支架符合要求即可拆除或移开，将压道板用螺栓穿拧在支架上。

2）将预组对连接好导轨从底层运入井道，导轨连接端的凸榫头向上，凹榫槽向下。

3）按预组装编号顺序将导轨吊起，到位后用压道板将导轨固定于导轨支架上，不要紧死，以便调整。接道板与导轨榫槽端用螺栓紧死连接好，并检查接口处有无不妥之处。

4）位于底坑第一根导轨的下端，垫一块厚60～80mm的硬木。安装完毕后，将木垫撤去，放上接油盒。

5）安装时应使各道导轨的接头处不在同一平面上，在预组对时就应将其错开。

4. 导轨的调整

1）在距导轨端面中心15mm处，由样板架垂吊轿厢或对重的标准垂线，并准确地紧固在底坑样板上，如图15-32所示。

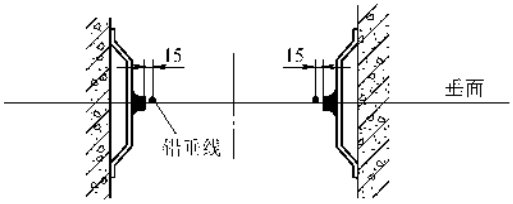


图 15-32 导轨垂线的放置

2）在每档支架处，用钢板尺或校轨卡板，分别从下至上初校导轨端面与标准线的距离，不合适的要用垫片调整。专用导轨卡板如图 15-33 所示，可用 3mm 厚的不锈钢板制作。

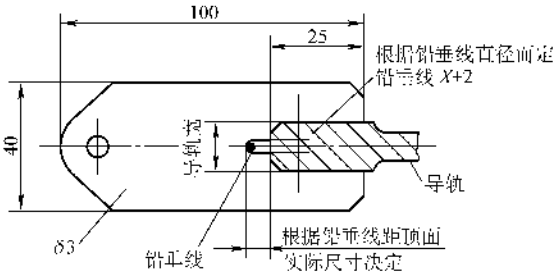


图 15-33 导轨卡板示意图

3）垫片应为专用导轨调整垫片，导轨底面与支架面的垫片超过 3 片时，应将垫片与支架点焊牢固，调整精度达不到时，可垫 0.4mm 以下的磷铜片补垫。

4）用导轨卡规（俗称找道尺）精调，导轨卡规是检查测量两列导轨间距及偏扭的专用工具，如图 15-34 所示。将卡规卡入导轨，观测导轨端面、铅垂线、卡规刻度线是否在正确的位置上，导轨的对称面与基准面的偏移要进行调整。

① 扭曲的调整。将卡轨端平（一般卡规上装有水平尺），并使指针尾部平面直角处和导轨侧工作面贴平贴严。两指针尖端如指在同一水平线上，说明无扭曲现象；如指针偏离相对水平线，应在导轨与支架间垫垫片调整，使之符合要求，然后在反向用同一方法测量，使之符合要求。

② 间距的调整。将导轨卡规长度调整为导轨端面距离 L，端平卡规，使其一端贴紧导轨的端面，然后用塞尺测量另一端的间隙，其偏差应符合表 15-8 的规定。

③ 垂直度的调整。使导轨端面中心与所放垂线的连线在同一垂直面上，如图 15-32 所示。

以上三条必须同时做到，垂直度和平行度是导轨调整和今后运行中最重要的。

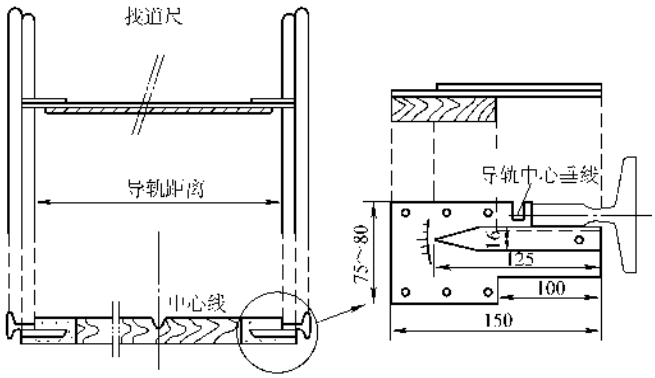


图 15-34 找道尺

表 15-8 两导轨间距离偏差

电梯类别	甲		乙、丙	
导轨用途	轿厢导轨	对重导轨	轿厢导轨	对重导轨
偏差不应超过/mm	±0.5	±1	±1	±2

5. 导轨调整的要求

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，如图 15-35 所示，并符合表 15-9 的要求。

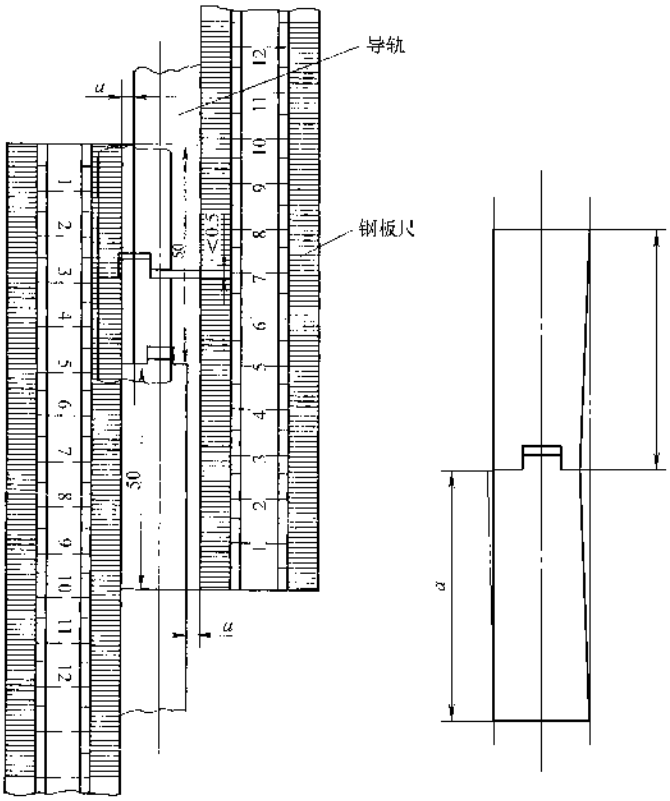


图 15-35　导轨接头处的台阶及修整

表 15-9　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，如图 15-36 所示。

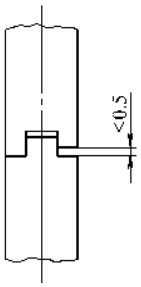


图 15-36　导轨接头的局部缝隙

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。

二、轿厢的安装

轿厢由厢架和厢体构成，轿厢组装通常在顶站进行，便于起吊部件，核对尺寸和与机房联系，而对重侧在底坑进行。这样安排对挂曳引绳、通电试运行、电气部分检查等都有便利性和安全性。

（一）组装轿厢架

1）拆除顶站脚手架且低于顶站层楼面。在顶站层门口对面的井道壁上平行凿出两个 300mm×300mm×300mm 的孔洞，两孔洞间距与层门口宽度相同。或者在土建施工时预留。

2）在层门口与孔洞间、水平架起两根不小于 200mm×200mm 截面的方木或型钢，校正水平度后将其用木楔挤紧，如图 15-37 所示。

3）在机房承重梁上横向固定一根不小于 ϕ50mm 的钢管，由轿厢中心对应的楼板预留孔处系上钢丝绳扣，上面和钢管系好，悬挂一个 2～3t 的手拉葫芦，如图 15-38 所示，用以吊装轿厢底梁、上梁、立柱等大件。

4）把轿厢架下梁放在方木或型钢支承架上，使两端的安全钳口与两列导轨端面的间隙一致。按两列导轨中心线连线调整其水平度，上下的水平度应小于 2/1000。

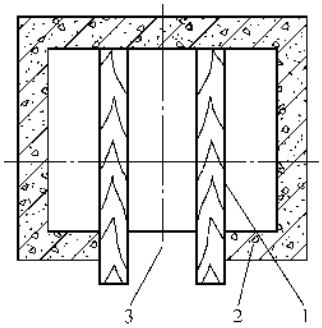


图 15-37 安装轿厢支承架的设置

1—方木 2—井道 3—顶层层门

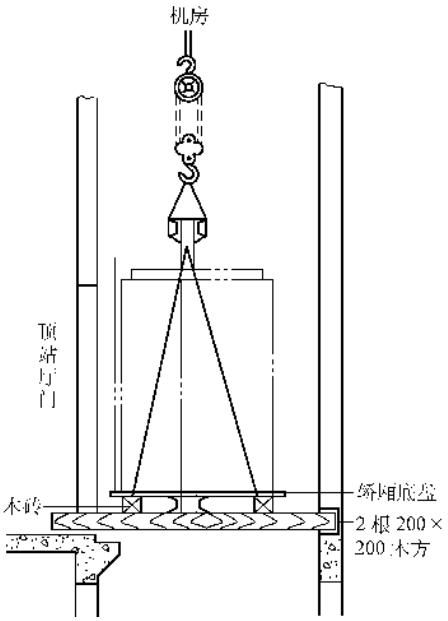


图 15-38 轿厢组装示意图

5）竖立轿厢两侧立柱，用螺栓和下梁连接，在整个高度上的垂直度偏差不超过 1.5mm，调整好后将螺栓紧固好。

6）将上梁吊起与两侧立柱螺栓连接，然后再次复校立柱垂直度，合格后紧固拧死所有连接螺栓。组装好后测其对角线，允许误差小于 5mm。

（二）安装安全钳

安全钳是电梯的保护装置之一，是用机械动作将超高速电梯强行制停在导轨上的机构，其操作通过一组连杆系统、限速器和选层器通过此连杆系统操纵安全钳。

安全钳安装在轿厢两侧的立柱上，由连杆机构、楔块垂直拉杆、楔块及钳座组成，如图 15-39 所示。

安全钳通过主动杠杆与限速器钢丝绳相连。正常运行时，由于横拉杆压簧的张力大于钢丝绳的拉力而使安全钳处于静止状态，此时楔块与导轨侧面保持恒定的间隙。

当限速器动作，钢丝绳被夹持不动时，由于轿厢继续下行，垂直拉杆被拉起，楔块与导轨接触，以其与导轨的摩擦消耗电梯的势能，将轿厢强行制停在导轨上。同时杠杆使串联在控制回路的行程开关常闭点打开，切断控制电源。

同样曳引绳断开、选层器钢带断裂也同样起保护作用。

安装方法及要求：

1）把安全钳的楔块分别放入轿厢架下梁两端或对重上的安全座内，装上安全钳的垂直拉杆，下端与楔块连接，上端与下梁的安全钳传动机构连接。

2）调节上梁横拉杆的压簧，固定主动杠杆位置，使主动杆、垂直拉杆座成水平，并使楔块和拉杆的提拉高度对称一致。

3）调整横拉杆的压簧张力，使其满足安全钳拉力的要求，同时在安全钳各动作环节加油润滑，使其动作灵活不卡。

4）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 c，一般为 2～3mm，且间隙均匀，单楔块式间隙 c_1 为 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，如图 15-40 所示。

5）在上梁上装上非自动复位的安全钳急停开关，并调整位置，使其当安全钳动作时即可断开控制回路。

6）将主动杆末端和限速器钢丝绳两端的连接心形环连接好，并使其动作灵活。

7）安全钳楔块动作应同步，安全钳动作后，只有将轿厢或对重提升起，才能使其释放，释放后安全钳即应处于正常操纵状态。

（三）导靴的安装

导靴是引导轿厢和对重升降服从于导轨的装置，安装在轿厢架、对重架的两侧。

导靴分滑动式和滚动式两种，滑动式又分为固定滑动导靴和弹性滑动导靴。

1. 滑动导靴

固定滑动导靴主要由靴衬和靴座组成，弹性导靴由靴座、靴头、靴轴、压缩弹簧或橡胶弹簧、调节套或调节螺母组成，如图 15-41 所示。

1）四只导靴应安装在同一垂直面上，不得歪斜。安装时严禁机械外力强行安装，保证间隙正确。

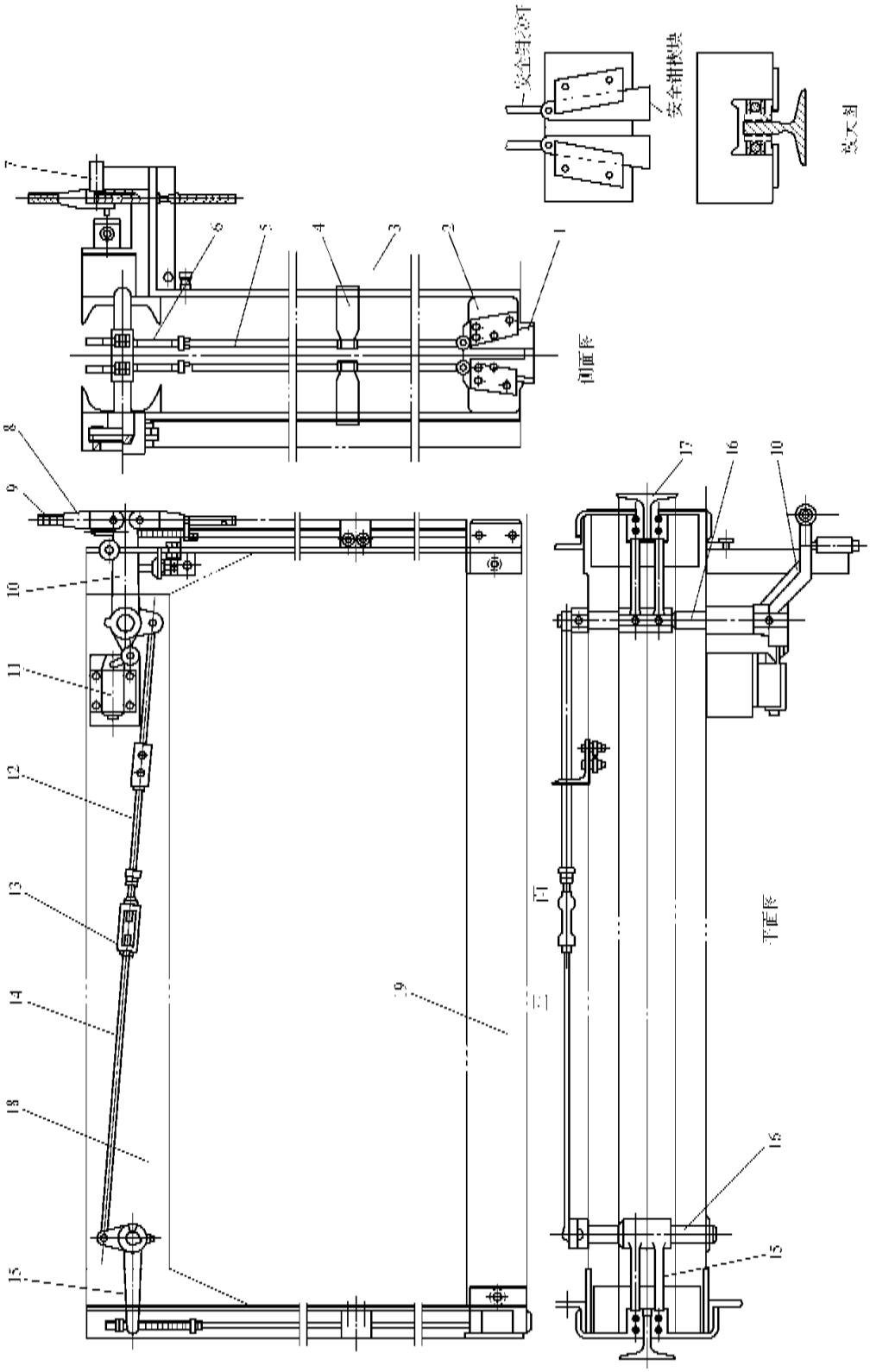


图 15-39　安全钳示意图

1—安全钳楔块　2—安全钳座　3—轿厢架　4—防晃架　5—垂直拉杆　6—压簧　7—防跳器　8—绳头　9—限速器绳　10—主动杠杆　11—安全钳急停开关　12—压簧　13—正反扣螺母　14—横拉杆　15—从动杠杆　16—转轴　17—导轨　18—上梁　19—下梁

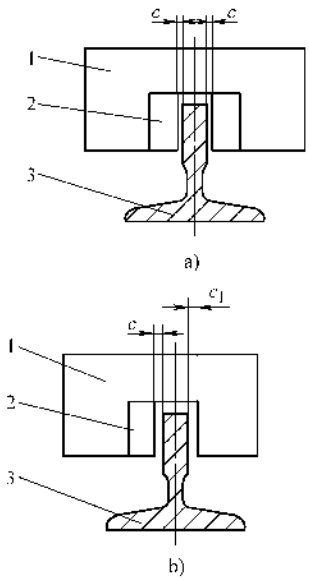


图 15-40 安全钳与导轨间隙的调整

a）双楔块式 b）单楔块式

1—安全钳座 2—楔块 3—导轨

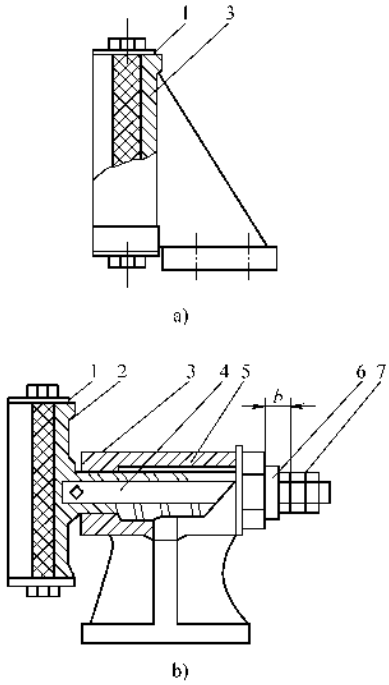


图 15-41 滑动导靴示意图

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

2）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。

3）可调压力型的弹性滑动导靴的 b 值（见图 15-41）应按表 15-10 的要求整定：a 值和 c 值均为 2mm，如图 15-42 所示。

表 15-10 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

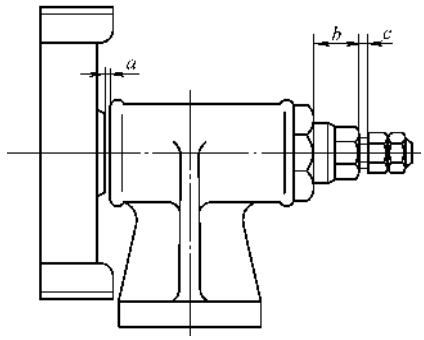


图 15-42 轿厢滑动导靴的调整

对重导轨的导靴 a 为 3mm，c 为 2mm，如图 15-43所示。

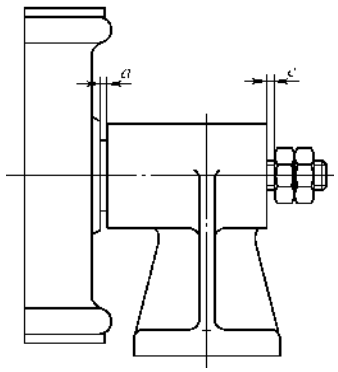


图 15-43 对重滑动导靴的调整

2. 滚动导靴

滚动导靴用三只滚轮代替了导靴的三个工作面，滚轮在弹簧的作用下，贴压在导轨的三个工作面上，如图 15-44 所示。

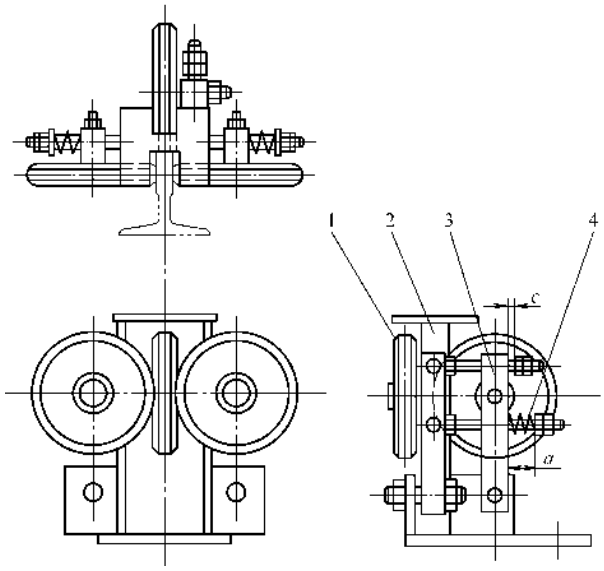


图 15-44　滚动导靴示意图

1—滚轮　2—靴座　3—摇臂　4—压缩弹簧

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。

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。

（四）反绳轮的安装

反绳轮安装在轿厢架的上梁上，用螺栓固定。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，如图15-45所示。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。

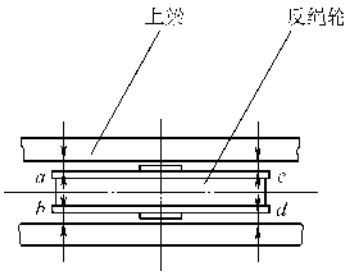


图 15-45　反绳轮与上梁的间隙调整

（五）安装轿厢底及厢体

1）厢底由槽钢或角钢组成的框架及由4～5mm厚的花纹钢板组成的地板构成。客梯的地板常采用多层结构，底板为薄钢板，中间是厚夹板，表面铺设塑胶板或地毯。此外厢底前沿设有轿门地坎和轿壁围裙。

把厢底吊起放置在下梁上，并垫以薄垫片来调整水平度，然后用螺栓连接轿底和下梁，然后在立柱和轿底之间装上斜拉条，用螺栓紧固好。轿底水平度不大于2‰。

2）厢体常用1.5mm厚钢板制成，多块拼装，螺钉连接，块与块之间有镶条。壁板用螺钉紧固在底板或围裙上。顶部均开有安全窗。

①　将轿顶吊起悬挂在小梁上，先用螺栓临时固定。

②　装配轿壁，顺序为后壁、侧壁、前壁，用螺钉与轿顶、轿底、围裙固定，轿壁之间也用螺钉固定牢固。同时将通风窗、轿壁之间的镶条、门口、门灯装配好。

客梯厢内装潢考究，通常在完工时再装配，以免弄脏或损坏。

③　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。

④　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，安装应牢固。

（六）称重式超载装置的安装

超载装置的种类有很多，现介绍几种常用的形式。

1. 活动轿底式

活动轿底式是指轿底和轿厢是分离的，中间支以称重装置。这种称重装置有机械杠杆式和压力传感器式两种。机械式可移动秤砣即可调节超载范围，副砣作为微调。压力传感器式可调节压缩弹簧、调节螺母和定位杆。这种称重装置都配以微动开关，超重时杠杆触及微动开关，其接点给出超重信号。

安装时应要与厢底同时进行，活动轿底四周距轿壁的间隙应均匀、合适，并检查活动轿底有无卡阻。

2. 活动轿厢式

这种装置采用橡胶块作为称量元件，橡胶块均分布在轿底框上，有6~8块，整个厢体支承在胶块上，橡胶块的压缩量通过装在轿底框中间的两个微动开关直接反映轿厢的重量。调节轿厢底上的调节螺栓的高度即可调整超载量的控制范围。安装方法基本同前，主要是要注意橡胶元件及轿厢和轿厢架间的间隙。

3. 轿顶称重式

轿顶称重式有机械式和橡胶块式，工作原理是通过弹簧或橡胶块的压缩，使杠杆触及微动开关。通常安装在轿厢的上梁上。

（七）轿门及自动门机构的安装

轿门及自动门机构与厅门联锁开闭，关系复杂，故将这部门内容放在本节最后，这样和下节厅门的安装便能衔接起来。但为了轿厢安装的完整性，这里只列出了标题。

三、对重的安装

对重由对重框架、导靴、对重铁块及绳轮组成，由曳引绳经曳引轮与轿厢连接，在运行过程中起平衡轿厢重力的作用。轿厢上升，对重下降；轿厢下降，对重上升。

对重通常在底层安装。

1）在安装对重装置的导轨处搭一木质人字架，并悬挂一只手拉葫芦。注意任何物件不得和导轨绑扎或碰撞。

2）将对重架运至坑底，把一侧的上下导靴拆下，然后把对重架吊起，应拴一根溜绳，防止撞击导轨。把对重架慢慢插入导轨就位，然后再把导靴安装好，其要求和方法同导轨导靴。

3）把对重架吊起，下面用方木将其底部顶住垫牢，找平找正。

4）把对重块浇铸口残渣剔净，逐一放入对重架，通常只装对重块的2/3。应放平放稳，待电梯装好平衡试验时，再根据平衡系数加足对重铁块，并锁紧。

5）有反绳轮时应清洗加油，绳轮垂直度偏差不应超过0.5mm。

6）在对重和轿厢之间安装底坑安全栅栏，底部距地500mm，顶部距地1700mm，如图15-46所示。护栅与导轨架连接固定不得采用焊接，以免导轨架受热变形。

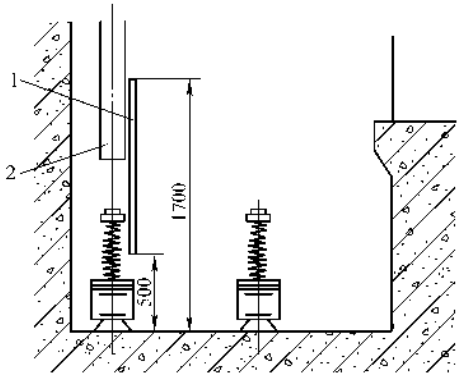


图15-46 安全栅栏安装示意图

1—安全栅栏 2—对重

四、缓冲器的安装

缓冲器作为电梯超速、失控或断绳时冲向底坑减缓轿厢与底坑间的冲击、吸收消耗电梯的下冲能量的保护装置，安装在底坑。按作用可分为轿厢缓冲器和对重缓冲器，同时对电梯的冲顶起保护作用。轿厢冲顶时，对重缓冲器对对重缓冲，进而使轿厢避免了与楼板的冲击。

缓冲器按结构可分为弹簧式和液压式。

（一）弹簧缓冲器

弹簧缓冲器的结构如图15-47所示。它是以自身的变形将动能转化为弹性势能，它的特点是有回弹现象。当缓冲结束，弹性势能释放，电梯回弹，如此数次，直到能量耗尽，电梯才完全静止，使缓冲不平稳，因而只适用于低速梯或货梯。

（二）液压缓冲器

液压缓冲器结构如图15-48所示。当受到电梯轿厢或对重冲击时，活塞向下运动，油受到压缩，油液通过环形节流孔喷向活塞腔。在油液穿过环形节流孔时，由于面积突然减小，形成涡流，使液体内的油分子团相互撞击、摩擦，将动能转化为热量散发掉、消耗掉，电梯缓冲减速进而停止。

当轿厢或对重离开缓冲器时，活塞在复位弹簧的作用下向上复位，油液又流回油缸内。

液压缓冲器具有缓冲平稳的优点，且行程比弹簧

缓冲器少一半，适用于高速客梯。使用的黏度不同的油液要根据电梯的速度选用。

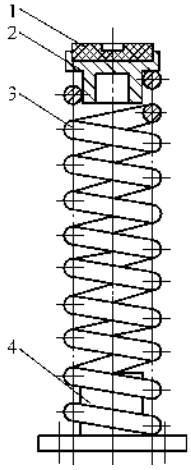


图 15-47　弹簧缓冲器示意图

1—橡胶垫　2—托盘　3—螺旋弹簧　4—底座

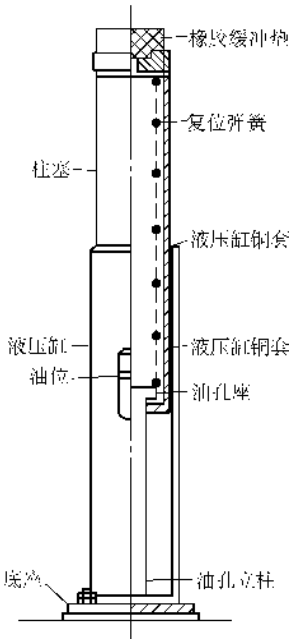


图 15-48　液压缓冲器示意图

（三）安装方法及要求

1）根据电梯安装底坑平面图确定缓冲器位置。

2）设有底坑槽钢的电梯，用螺栓把缓冲器固定在槽钢上；底坑没有槽钢，缓冲器则安装在混凝土基础上，混凝土基础应在土建工程中浇注好，否则要用冲击钻和膨胀螺栓。

3）底坑深度通常应符合表 15-11 的要求。

表 15-11　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

4）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 15-49 和表 15-12 来确定。

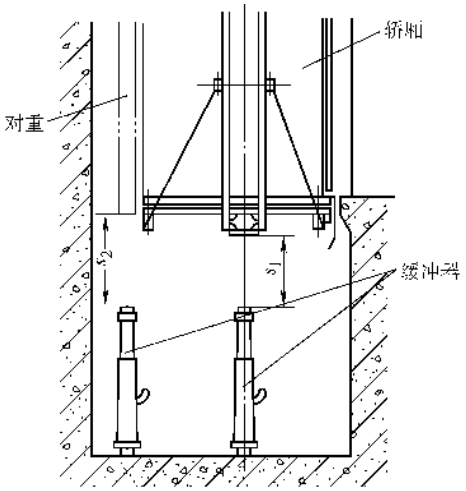


图 15-49　缓冲器位置及越程的确定

表 15-12　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

5）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，如图 15-50 所示。

6）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。

五、补偿装置的安装

一般电梯的提升高度大于 40m 时需安装补偿装置，用其来平衡和补偿电梯运行过程中曳引绳和随行电缆的自重变化对平衡系数的影响。

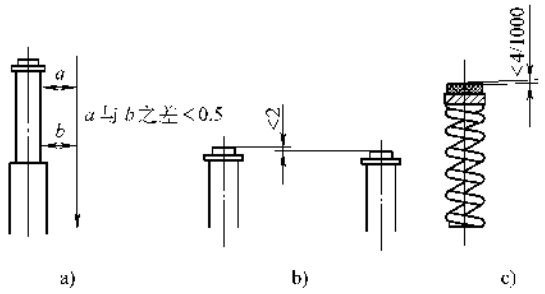


图 15-50 缓冲器的调整

a）垂直度 b）高度偏差 c）顶面水平度

（一）补偿装置的类别

补偿装置有补偿链和补偿绳两种。补偿链就是用 $\phi10\sim\phi14$ 的圆钢做成的铁链，并在铁链中穿上麻绳以减小运行中的噪声。补偿绳就是常用的钢丝绳，在井道坑底有张紧装置。张紧装置由张紧轮及导轨组成，电梯运行时张紧装置沿着导轨上下移动。

（二）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，固定方法如图 15-51 所示。

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刷，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。图 15-52 所示，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。

（三）补偿绳的安装与要求

补偿绳一端挂在轿厢底部，另一端挂在对重底部，并在底坑设有张紧装置，如图 15-53 所示，张紧装置另设导轨，使其能上下移动。为了使补偿绳张紧，其重量较重。在电梯正常运行时，张紧装置在坑底处于垂直浮动状态，只由张紧轮转动传递补偿绳的上下。当电梯要发生蹲底时，对重在惯性力的作用下冲向机房楼板，张紧轮就会顺着导轨迅速提起，触动导轨上部的行程开关，切断控制电路，避免蹲底。张紧装置的导轨、导靴的安装同前，其位置应按电梯技术文件或设计的图样确定。

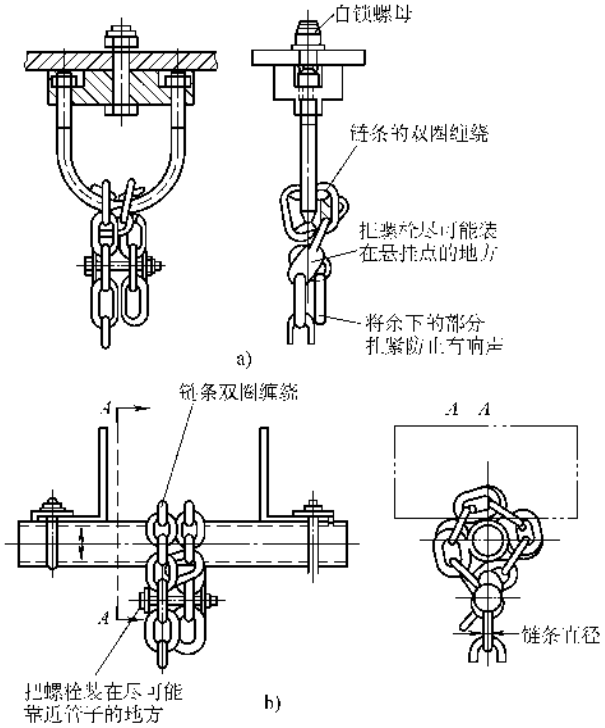


图 15-51 补偿链的固定方式

a）U 形螺栓固定 b）钢管固定

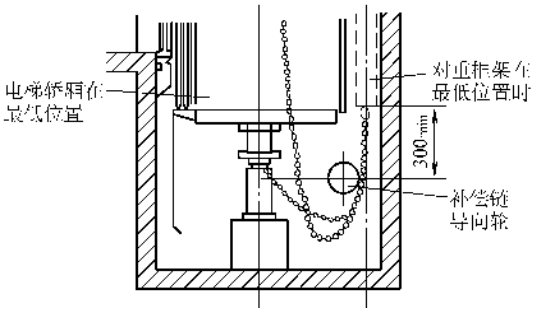


图 15-52　补偿链在坑底时的示意图

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，如图 15-53 所示。补偿绳头做法和连接方法见曳引绳安装。

2）坑底的张紧装置按图纸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，如图 15-53 所示。砣框至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。

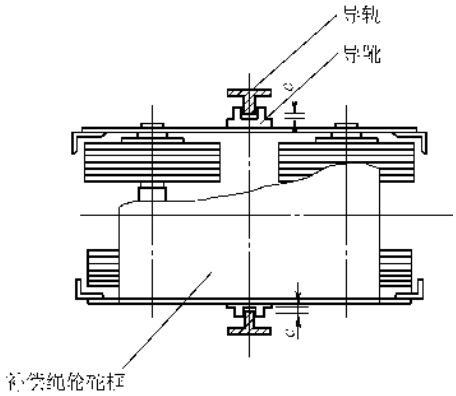


图 15-53　补偿绳张紧装置示意图

六、穿挂曳引钢丝绳

曳引钢丝绳承载轿厢、对重和额定载荷重量的总和，并把它们连接起来，靠曳引机驱动使轿厢升降。曳引绳通过绳头组合与轿厢架和对重架连接。

（一）曳引绳长度的测量

曳引绳的长度一般采用实测实量的方法。

1）绳长的确定是轿厢处于顶层平层位置，对重位于底面与缓冲器顶面净距离为规定的 s 处（见表 15-12）为准，同时应复核 s 值。

2）按上述要求用 ϕ2mm 铁丝或 1.5mm^2 的塑料铜线，根据不同的曳引方式、按曳引绳的走向和位置试穿，进行实测实量。这里要注意放铁丝或电线时按放电缆导线的方法，不得打扭和盘绕。

3）单绕式单根总长度为

$$L = X + 2E + Q \tag{15-1}$$

复绕式单根总长度为

$$L = X + 2E + 2Q \tag{15-2}$$

式中　X——由轿厢绳头组合出口至对重绳头组合出口实测出的长度；

E——绳头组合内包括折弯的钢丝绳的全长；

Q——轿厢在顶层安装时，轿厢地槛高于平层的实际距离。

4）高层电梯还应考虑在实测曳引绳单根总长度 L 上扣除伸长量 ΔL 后下料

$$\Delta L = KL \tag{15-3}$$

式中　K——伸长系数，一般取 0.004；

L——绳的实测或计算长度。

（二）绳头制作

1）选择宽敞、清洁的地方，把成卷的曳引钢丝绳放开拉直，放绳的方法应和放导线的方法一样，用放线架放绳。用棉丝浸少许汽油将绳擦洗干净，并检查有无打结扭曲、松股断股、生锈腐蚀现象。在地面上进行预拉伸，消除内应力。把放开的钢丝绳放平放直，条件允许时最好将几根钢丝绳同时放开，然后用实测的细铁丝或塑料铜导线比好，一同截开。细铁丝或塑料铜导线应放平放直，截开前应复测一次实际长度，以免贻误。截开一般用剁子剁断，严禁气割。

2）截断时应用 0.5～1mm 的铁丝将钢绳分断处扎紧，每处扎紧长度不小于钢绳直径，如图 15-54 所示。

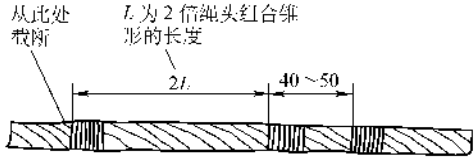


图 15-54　钢丝绳的捆扎

3）将绳头组合锥套内部清洗干净，把钢索截开处 300mm 段清洗干净，然后将绳头插入锥套中，如图 15-55 所示。解开绳头第一道铁丝，把钢丝股松散开，并把芯子取掉。用煤油清洗松散钢丝，除净油污和砂土。

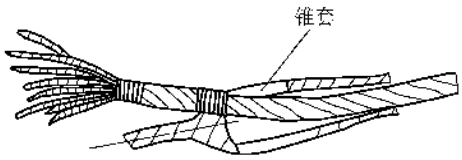


图 15-55　穿入锥套

4）将每根钢丝单股弯折并用钳子将弯折点轻夹一下，使弯曲半径为 2mm 左右，并将钢丝尾端在原丝上自缠两圈，折弯和自缠总长应不大于插入锥套部分的长度，如图 15-56 所示。然后用煤油洗净擦干，整形后拉入锥套至极限并将钢丝绳导正，这时第二道捆扎处应露出锥套。

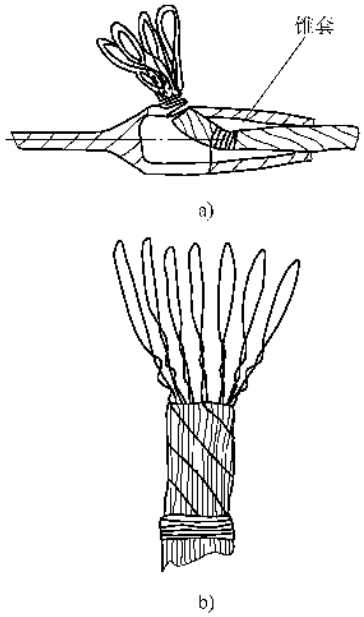


图 15-56　钢丝绳的折弯

a）弯折钢丝　b）单弯折

5）将锥套大端朝上垂直固定，在下端出口处缠上布条或棉纱。将巴氏合金用干净容器加热熔化，去渣，温度宜为 270 ~ 350℃，可用热电偶检测，也可用水泥袋纸放在熔液上方试验，立即燃烧为温度过高，发黄为过低，变焦为合适。温度过高会烧伤钢丝，过低会使流动性不良、浇注不饱满。温度合适时，把锥套用喷灯预热到 40 ~ 45℃，然后将溶液一次性注入锥套。浇灌要严密、饱满、表面平整。浇注高度应为 10 ~ 15mm，如图 15-57 所示。

冷却后取下小端出口的棉丝，应看到少量的合金渗出，即证明合金已渗至孔底，同时应检查钢绳是否与锥套成一条直线。

（三）穿挂曳引绳

1）穿挂曳引绳在机房中进行。在曳引轮上，穿过楼板孔洞逐根放下曳引绳，按绳的路径穿挂，最后将两端绳头装置分别穿入轿厢和对重架上，装好弹簧及垫，初步紧好，销钉穿好劈开。复绕式电梯其返回机房的绳头装置，必须稳装在承重梁上，不得直接稳装在楼板上。绳头固定方法如图 15-58 所示。

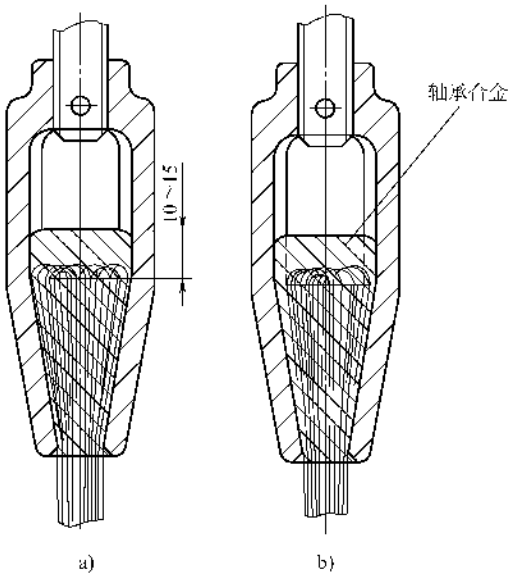


图 15-57　制好的曳引绳头

a）花结弯曲　b）回环弯曲

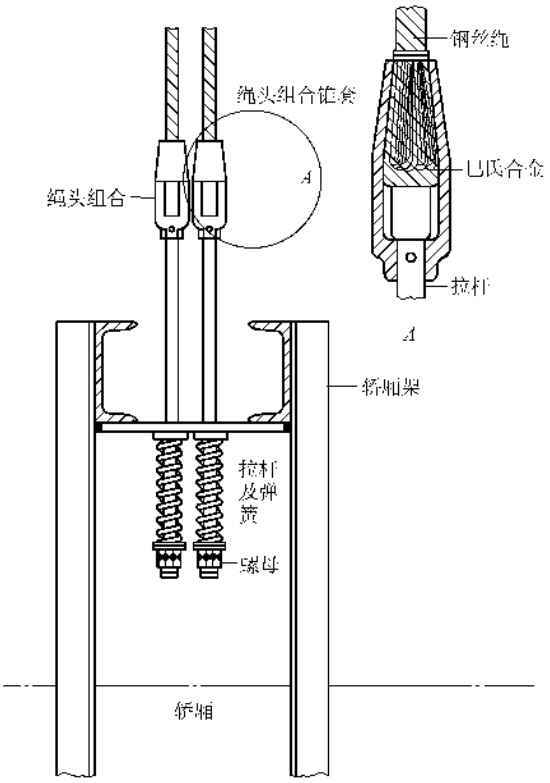


图 15-58　绳头的固定

2）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，中间不得打扭、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。

3）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。

（四）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（15-4）即可认为相互间的偏差不大于5%，即

$$\frac{F_{max}-F_{min}}{F_{avg}} \leqslant 0.05 \qquad (15\text{-}4)$$

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：

$$\frac{T_{max}-T_{min}}{T_{min}} \leqslant 0.025 \qquad (15\text{-}5)$$

式中　T_{max}——各绳平均周期最大值；

T_{min}——各绳平均周期最小值。

（五）中间试车

钢丝绳穿挂好后，便具备了中间试车条件。把已安装好的各个部位仔细检查一次，将井道中的架子拆除，并将有碍轿厢升降的物件拆除。如果电源和控制柜已装好，则可打慢车试行。慢车一般为点动控制，有问题时即可松手停车，慢车试行前应通知安装电梯的所有人员。通过慢车试行，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。慢车试行时应注意电动机的运行情况，如电流、声音、转速和温升等。临时中间试车应注意有关安全事项。

如果电源和控制柜未装，可接临时电源点动试车，试验项目同前。

七、轿门及自动门机构的安装

门在电梯中处在很重要的地位，安装精度要求高，任何一个门安装不好或关闭不良，都有碍于电梯的运行。

电梯的门有两种：一种就是轿厢的门即轿门；另一种是每层井道出口的层门或厅门。这两种门之间有着复杂的联锁关系：电梯正常运行时，厅门和轿门是打不开的，电梯到站后轿门和厅门同时自动打开，到达整定时间后两门同时关闭。这时如它层无人呼梯，轿厢即停留在该层。如果在停留时刻内该层有人呼梯，即可按动呼梯按钮，层门和轿门同时自动打开，片刻后关闭，电梯起动。电梯停运时，电源关掉，指示灯熄灭，这时任何层都打不开门，只有管理人员用钥匙才能从首层打开厅门和轿门，这时电梯才能正常运行。

厅门是被动门，它是靠轿厢门开启或关闭时的拨动进行开闭的。轿厢门由开门机构、开门电动机组成，开门电动机装在电梯轿厢的顶上。当轿厢平层后，轿厢门的开门刀（安装在楼厢门的侧上部）就插入厅门的橡胶滚轮门锁中，此时，开门电动机通电转动，并带动传动轮，开门机构动作使轿厢门开启；同时轿门的开门刀拨开了厅门钩子锁，带动厅门一同打开。轿厢门关闭时，仍带动厅门一起关闭，并自动挂好钩子锁，所有的厅门和轿厢门必须全部关好，否则电梯不能起动。

门的联锁由电气和机械两部分组成，下面讲述轿门和自动机构的安装。

（一）轿厢门的安装

轿厢门用门滑轮悬挂在轿门上端的导轨上，下部通过滑块与轿门地槛配合。轿门一般为中开式、旁开式、栅栏式。

1）中开式轿门安装时，先把轿门上槛导轨调直后和轿顶连接，用螺栓与门口固定，尔后装上门滑轮，滑轮转动灵活无卡无声，再挂上轿门，下面装好滑块，放入门地槛。这时用手推动门扇应滑动自如，否则调整。

2）旁开式轿门安装时，先在轿门地坎两端装上左右门立柱，再将导轨抬起将左右支架与轿顶连接，最后装上门轮、挂上轿门。试验方法同前，完毕后在快、慢门上装上传动部件。传动部件有杠杆式和钢丝绳式两种。

3）栅栏式轿门安装时，先把上槛导轨与轿顶固定，连接螺栓应用平头机螺钉，固定后不能凸出导轨平面，以防阻卡。然后挂上栅栏门，下端放入地门槛凹槽，栅栏门尾部用螺钉与导轨固定，防止脱出上槛导轨。栅栏门所有连轴活动处应用HB铅笔末润滑，上下槛导轨应水平且在一个铅垂面上。装好后，用手推栅栏门应活动自如无阻无卡，噪声小，否则应修整。

安装轿门时应注意以下几点：

① 门扇与门套、门扇下端与地槛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。

（二）自动门机构的安装

自动门机构和轿门配套，也有中开式、旁开式和栅栏，它由电动机、减速机构和开门机构组成。

1. 中分式自动开门机

1）根据轿厢门的驱动方式，确定开门机的安装位置。中分式自动开门机分单臂和双臂两种，如图 15-59 所示。

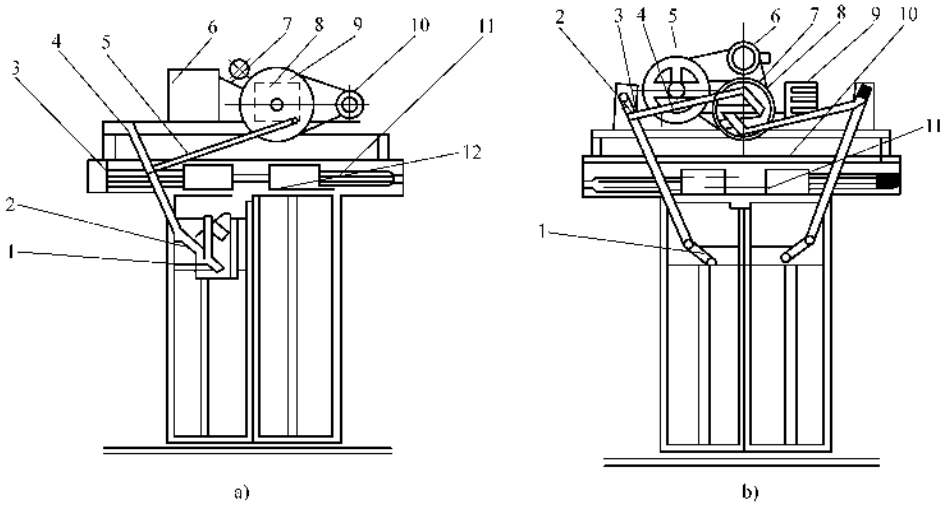


图 15-59 中分式自动开门机示意图

a）单臂式中分门机

1—门锁靠压机构 2—门连杆 3—绳轮 4—摇杆 5—连杆 6—电阻箱 7—平衡器 8—凸轮箱 9—曲柄链轮 10—带齿轮减速器直流电动机 11—钢丝绳 12—门锁

b）双臂式中分门机

1—门连杆 2—摇杆 3—摇杆座 4—连杆 5—带轮 6—电动机 7—曲柄轮 8—行程开关 9—电阻箱 10—强迫锁紧装置 11—自动门锁

2）把开门机置于轿顶上，其底座中心线与轿门中心线应一致，每组转动轮必须校正在同一垂直面上，摇杆、连杆、传动带等传动装置的固定点及连杆应在同一垂直面上。

3）传动带应张紧、传动带和带轮之间不允许有打滑现象。可通过调节张紧轮的偏心轴和电动机底座螺栓使传动带张紧。

4）轿门在开关过程中，曲柄轮相应转过的角度应接近 180°，门闭合后，门的中线应调整在开门净宽的中线位置。

5）把曲柄轮轴上的凸轮的螺钉拧松，调整凸轮的角度位置，接上临时电源，使电动机传动，即可找到开关门速度适中的角度，最后将螺钉拧紧。电动机通电前应按要求测试电动机。

6）在轿门上槛确定行程开关的位置，并在门滑轮上装设撞板，调整好后使其固定，使轿门到达闭合位置时行程开关动作，如图 15-60 所示。

7）将门系统传动部位加润滑剂，使之灵活无卡阻现象，操纵电动机反复运转使门开闭，发现不妥之处应及时处理。

2. 旁开式自动开门机

旁开式自动开门机和中分式基本相同，如图 15-61所示，它的连杆增加了一根慢门连杆。把慢门连杆与摇杆的铰接位置调整好，就可使慢门开关速度减为快门的 1/2。

3. 栅栏式自动开门机

1）先将开门机固定在轿顶，把链轮座与轿门框上的导轨组合进行连接，然后装上 V 带，在链轮上装上自行车链条，链条通过门刀架上的链条固定座与门连接。链条的张力应适中，通过拉链螺栓夹调整，如图 15-62 所示。

2）控制速度的行程开关安装在上槛导轨架上，关门侧一般有 3 只，开门侧有 2 只，应调整其位置，使轿厢开关平稳，无显著撞击和跳动。润滑同前。

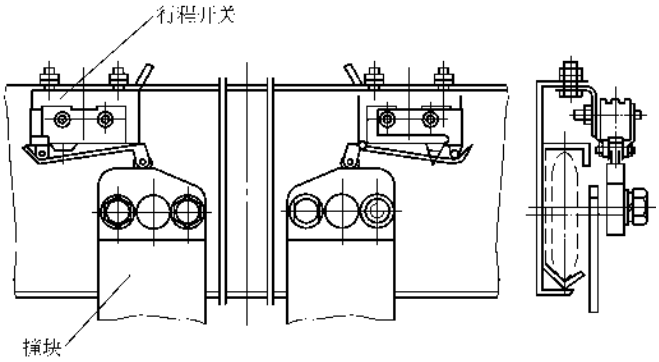


图 15-60　轿门行程开关示意图

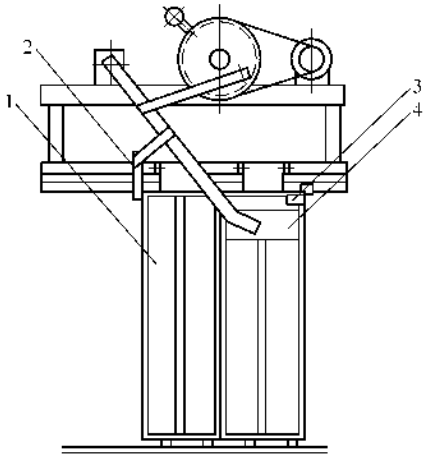


图 15-61　旁开式自动开门机示意图

1—慢门　2—慢门连杆　3—自动门锁　4—快门

（三）轿门安全装置的安装

轿门在开闭过程中受到阻碍时，如夹住乘客或物品，门能立即自动打开。

1. 机械式安全触板的安装

1）安全触板安装在轿门的外侧，先在轿门地槛上装上安全触板的左右支座，在门扇上装上左右联板和上联板、触板、拉簧。然后调整支座、连杆、凸轮、联动板的位置，使安全触板达到要求，如图 15-63 所示。

2）另外一种安全触板装置是将触板的左右上联板和触板直接与开门机构的摇杆铰连，调整方法同前。

3）安装触板时，其长度方向的表面应保证和门边平行。双侧安装的两块触板之间的距离应保持上下一致；在轿门处于闭合状态时，一块触板应伸出，另一块触板应缩进，且轿门中心与触板中心的偏差为 10mm；在轿门处于半开状态时，两块触板应伸出相同的距离；在轿门处于全开状态时，两块触板均应与轿门的边缘相齐平。安全触板动作的碰撞力不大于 5N，有乘客或障碍触及安全触板时，微动开关应立即动作，使电动机反转，门即打开。

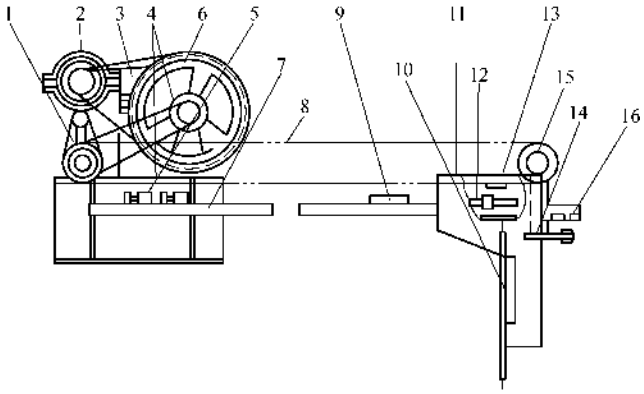


图 15-62　栅栏式开门机示意图

1—开门机主座　2—开门直流电动机　3—电阻箱　4—传动带　5—微动开关
6—带轮　7—开关角铁架　8—链条　9—微动开关　10—刀片　11—固定板
12—微动开关撞块　13—链条拉链螺钉　14—强迫装置底板　15—张紧链轮　16—撞块

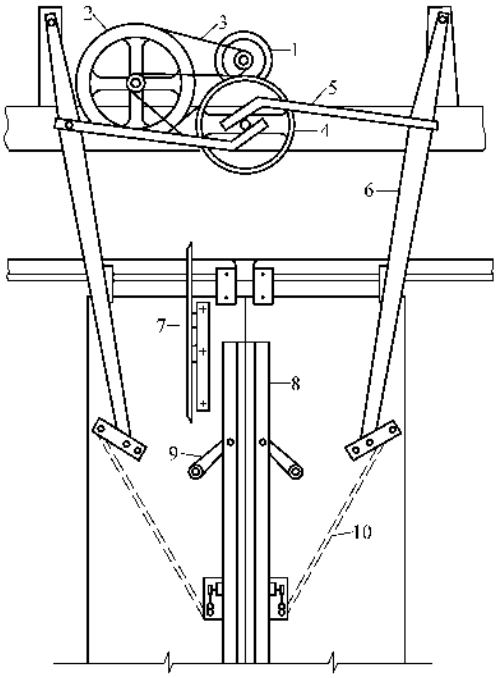


图 15-63 开门机及安全触板示意图

1—开关门电动机 2—二级传动轮 3—V 带
4—驱动轮 5—连杆 6—开门杠杆 7—开门刀
8—安全触板 9—触板活动轴 10—触板拉链

2. 光电式安全装置的安装

光电式安全装置由投光器和受光器组成，当光线受阻时，光电器动作，使轿门反向开启。

光电式安全装置安装在轿门或轿壁的连接板上，调整投光器和受光器的位置，使出光口和进光口处于同一直线上。

3. 关门力限制器

关门力限制器是当安全触板、光电器不能发挥作用，而关门的阻力达到 120～150N 时，关门力限制器的开关触点动作，电动机反转，门即开启。

一般电梯造制厂商已将关门力限制器调整在 120～150N，安装时不予调整。

上述三种装置装好后应接通电源（或临时电源）进行试验和调整，使电动机正转关门，然后触及安全触板，遮住发出器光束或用力推门，都应使门停止关闭而变为开启，否则应检查安装的位置及方法正确与否，使之达到能反向开启的目的。此外还要检查部件本身的完好性和准确性。

第五节 厅门的安装及调整

厅门和轿门配套，也分为中开式、旁开式和栅栏式。厅门由门框、门扇、地槛、导轨及附属的联动机构门锁组成。

一、厅门地坎的安装

地槛安装在门口的井道牛腿上，它能控制门扇下沿只做直线运动。地槛位置的确定是由样板架标准垂线经计算和测量后确定的。安装前要检查地槛是否弯曲变形、有否机械损伤、几何尺寸是否合适、表面是否光滑明亮等。

（一）方法一

1）层门地槛安装前，先在地槛上划出标记，一般用白石笔或画号笔，不得用金属物刻划，如图 15-64 所示。

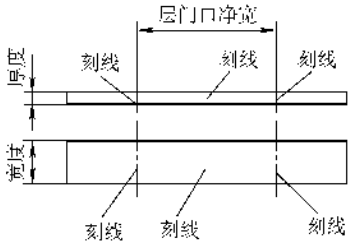


图 15-64 地槛划线

2）根据样板架垂放的开门净宽线，确定层门地槛的水平安装位置。层门地槛与轿厢地槛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。

3）根据土建地坪标高，且考虑地面最终装修面（包括地毯）确定地槛平面的标高。地槛应高出装修地面（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，如图 15-65 所示。

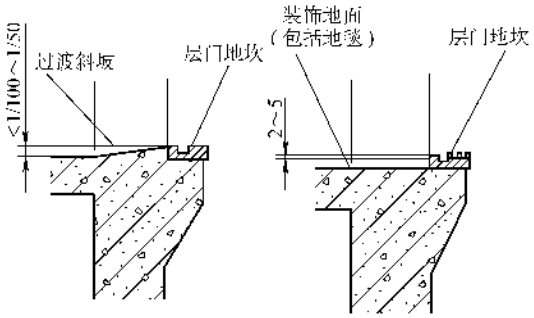


图 15-65 地槛与地坪的安装示意图

4）将地脚螺栓或地脚铁上好，用 400#混凝土砂浆浇注地槛、按标准线及水平标高的位置进行校正稳固。稳固后应保养 3 天以上才可安装门框。

5）井道无牛腿时，通常是在预埋铁件上焊上一块 100mm×100mm 的角钢，用螺栓将地槛固定，如图 15-66 所示。

既无牛腿又无预埋铁时应用不小于 ϕ18mm 的膨

胀螺栓或射钉枪射钉固定角钢。

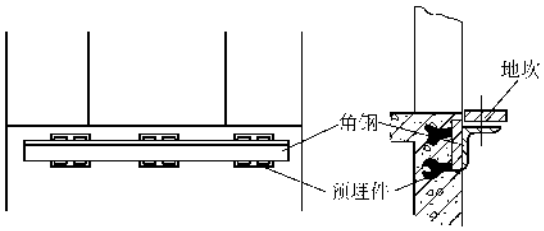


图 15-66　预埋件上焊一块角钢的示意图

（二）方法二

这种方法应在轿厢导轨校正后进行。先根据轿厢导轨位置确定地槛的水平位置，如图 15-67 所示。

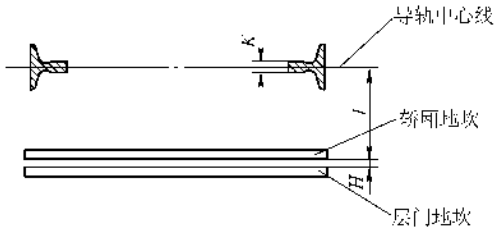


图 15-67　导轨至地槛位置确定示意图

l—导轨中心线至轿厢地槛距离

K—导轨导向面宽度

H—轿厢地槛至层门地槛间距

然后按以上尺寸，做两根专用木尺，用以测量并确定各层地槛至导轨的距离，如图 15-68 所示。

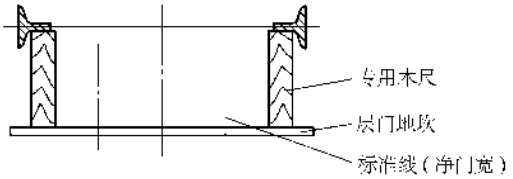


图 15-68　导轨至地槛距离的确定方法

地槛左右位置可按门口线及中线测定，其他同方法一。

无论哪种方法都应使地槛有足够的强度，地槛边沿的垂面上（井道内）不得有障碍物。

二、门框及门套的安装

门套由侧板和门楣组成，它的作用是保护门口侧壁，装饰门厅。一般有木门套、水泥门套、不锈钢门套，安装时通常有木工或抹灰工配合。

（一）门套的安装方法

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槛连接，用方木挤紧加固，其垂直度和横梁的水平度不大于 1/1000，下面要贴紧地槛，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。

（二）门框的安装方法

将门框立柱与地槛用螺栓连接固定，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。

三、厅门导轨的安装

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。

导轨与地槛应在同一垂直面上，应用铅垂线找正，如图 15-69 所示，横向的水平度应和地槛平行。导轨与地槛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 面对地槛 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，如图 15-70 所示。

导轨固定前应用门扇试挂实测一下导轨和地槛的距离是否合适，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。

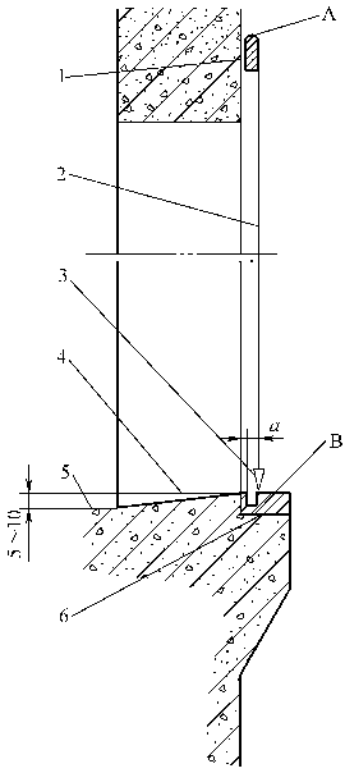


图 15-69　厅门导轨和地槛的测量

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

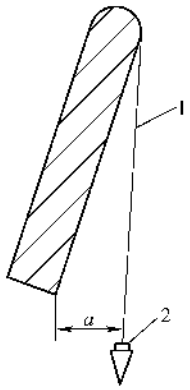


图 15-70 导轨铅垂度的测量

1—铅垂线 2—地锤

四、门扇的安装

门扇的上沿通过滑轮吊挂在导轨上，下沿插入地槛的凹槽中，经联动机构开闭。

（一）准备工作

门扇安装前应重新测量门框、导轨和地槛的垂直度、水平度，并仔细检查安装有无不妥之处；检查门扇滑轮转动是否灵活，并注入润滑剂；清扫导轨，地槛及凹槽，如防锈保护层应清除干净；检查门扇有无凹凸及不妥之处，并提醒安装人员高度注意，不得划伤和撞击门板。

（二）门扇的安装及调整

1）将滑块在地槛凹槽内试滑，合适后安装在门窗下沿，然后将门扇立起，下沿将滑块插入地槛的凹槽里。在扇下沿两侧与地槛间分别垫上 4～6mm 的定距板（用硬质木材预先制作好），支好固定，再将门滑轮吊在导轨上，如图 15-71 所示。

用螺栓将门滑轮座与门扇连接并通过加减垫片来调整门扇下沿与地槛面的间隙，垫片总厚度不得大于 5mm，垫片面积与滑轮座面积相同。把定距板取掉，调整滑轮架上的偏心挡轮与导轨下端的间隙 c（见图 15-71），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，如图 15-72 所示。同样应用铅笔末在地槛处润滑。

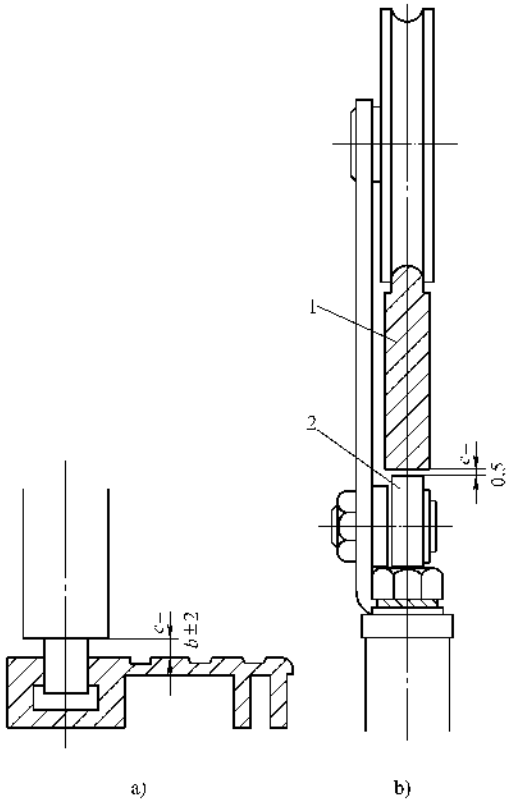


图 15-71 门扇的安装及调整

a）底部 b）上部

1—导轨 2—挡轮

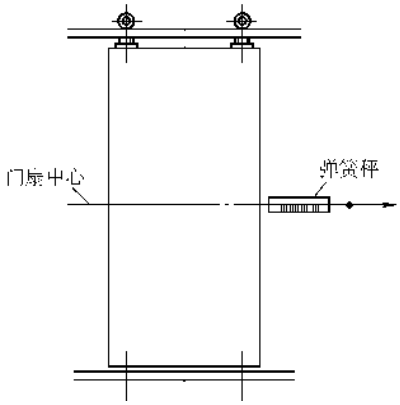


图 15-72 门扇拉力的测量

五、轿门与厅门联动机构的安装

联动机构是厅门和轿厢门中间连接并使厅门和轿厢门同步动作的装置，有中分式和旁开式之分，其机构如图 15-73 所示。中分式采用钢丝绳式联动机构，旁开式常采用单撑臂式、双撑臂式、摆杆式和钢丝绳式。

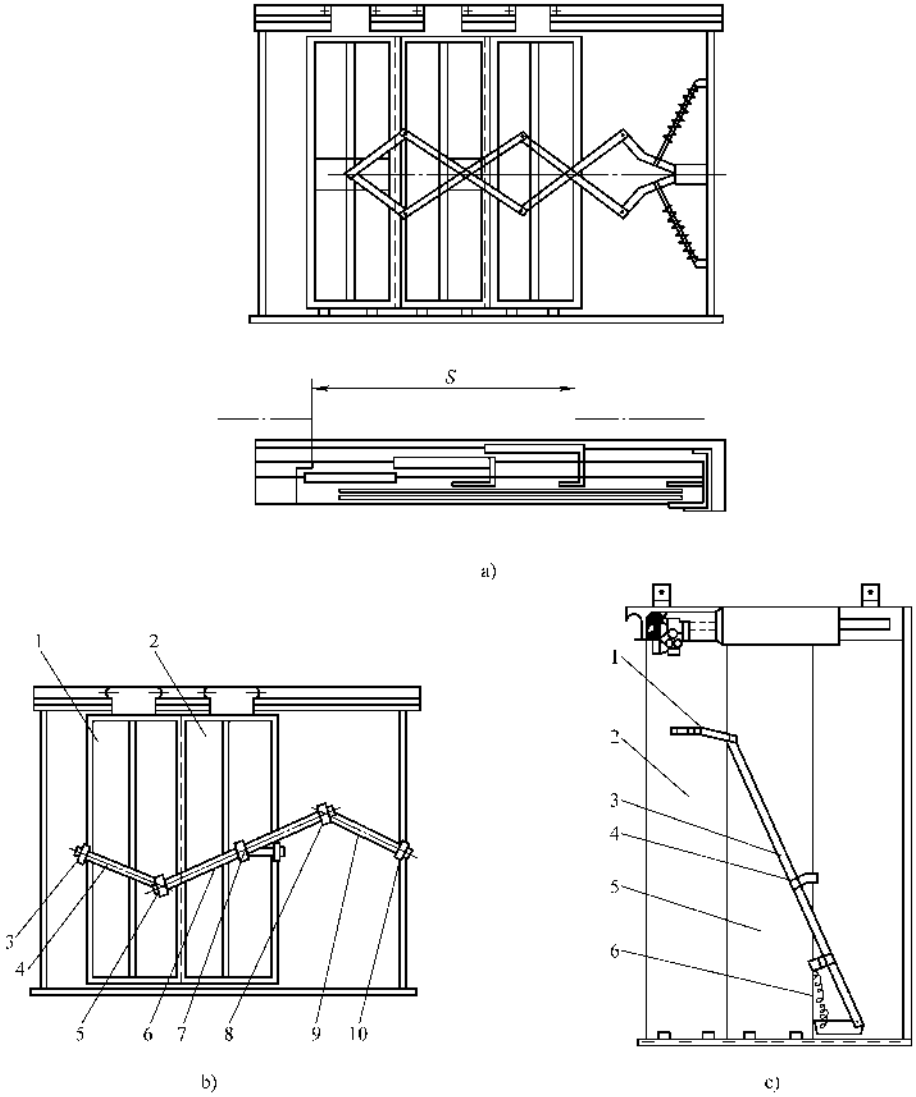


图 15-73　联动机构示意图

a）双撑臂式层门联动机构　b）单撑臂式层门联动机构

1—快门　2—慢门　3—固定铰链　4—撑杆　5—活动铰链

6—撑杆　7—固定铰链　8—活动铰链　9—撑杆　10—固定铰链

c）摆杆式层门联动机构

1—快门连杆　2—快门　3—摆杆　4—慢门连杆　5—慢门　6—拉簧

联动机构按图装配，用杠杆传动的旁开式门扇，在快慢门上装上杠杆组合；对于撑臂式联动机构要实现快慢门的速度比，必须做到各铰接点间的撑杆长度相等，且各固定门的铰链位于一条水平直线上。

用钢丝绳传动的旁开式门扇，在绳滑轮上装上钢丝绳，并与拉绳架相连接，调整两个绳轮间的距离，使钢丝绳张紧。

中分式门扇在闭合时，门中缝应与地槛中对齐，有自闭装置的门扇应在其装置的作用下自动关闭。

六、门锁的安装

门锁是电梯重要的安全装置，门锁除了锁门，使层门和轿门只有用钥匙才能在厅站外打开以外，还有联锁作用，只有各层的门都关闭严密确实在关闭状态时，电梯才能起动运行；在运行中，任一厅门被打开，电梯立即停止。

1）最常见的门锁为撞击式机械门锁，它与门刀配合使用。

门刀用钢板制成，如图 15-74 所示。它垂直安装

在轿门外侧顶部，每一层站均能准确地插入门锁的两个滚轮中间，开门刀与各层厅门地槛和各层机械电气联锁装置的滚轮及轿厢地槛间的间隙（刀刃端面对地槛间）应为 5～8mm。

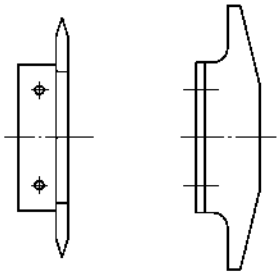


图 15-74　门刀示意图

厅门门锁及安装如图 15-75 所示。

2）将轿厢停在顶层，从轿门的门刀顶面中心沿井道悬挂放下一根铅垂线至底坑固定，作为安装各层门锁的基准。然后在各层厅门上装上门锁和微动开关，这时将电梯打慢车，精确调整门锁位置，使门刀插入时准确无误并无一点撞击，安装人员站在轿顶上精心调整，使每层的门锁都在同一垂线上。将各层厅门门锁装好后，应再次打慢车仔细调整门锁位置，然后再将门锁螺栓紧密固定。

门锁的锁沟、锁臂及动触点动作应灵活，关门时无撞击声，接触良好，手动开锁装置灵活可靠。

3）门锁的调整。电梯门锁常用的种类有很多，现仅以 D10.4（D10.4-A）型和 GS75—11 型为例进行介绍。

D10.4（D10.4-A）型门锁安装时应注意以下两点：一是锁解脱后，撑杆能否在自重下回转到工作位置，当关门时能否将锁臂撑住；二是门闭合时，能否使撞击螺钉将撑杆顶开。

GS75—11 型门锁安装时应注意以下两点：一是拉簧的位置要合适，使滚轮在翻转后，其中心高于滚轮座的中心，同时应保证拉力不松弛；电气开关的触点应灵活可靠。

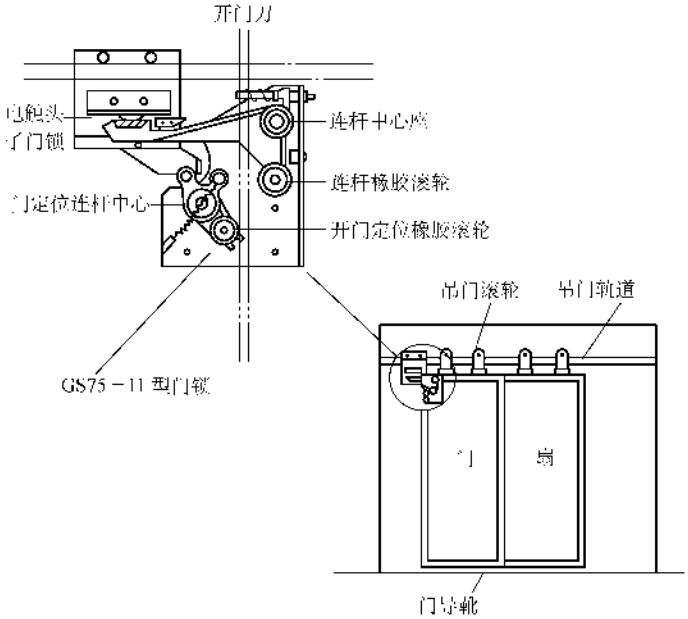


图 15-75　厅门门锁安装示意图

门锁装好后将主机和开门机接上电源打慢车，平层后立即停车，然后再起动开门机，这里要注意开门刀是否准确地插入滚轮之中。开门机起动后，仔细观察（站在轿厢顶上）轿门和厅门开动的情况，发现异常立即停止。观察门锁的动作，该层调整后，轿厢慢车至下层，当轿厢行至上层厅门中心以下时，将主机停车，人站在轿厢顶上用力扳动厅门，安装正常时门应紧闭扳不开，门锁正常，否则应重新调整。

再调整下层的门，直至最底层。将门和门锁调整好后，电梯机械部分已基本安装完毕。所有门的传动或转轴部位应上以少许机油，厅门轿门地槛的凹道中清扫干净后通常应加以部分铅笔末以增加润滑。然后调整并修复前段安装缺陷。

前述第三、四、五节的机械设备的安装基本上概括了电梯机械设备安装的内容，一些新型的电梯（如 PLC 或微机交流变频调速电梯）其机械部分与其

基本相同，不同的是元件、设备的型号、规格不同，它们的安装方法基本相同，读者可参照安装，这里不再一一讲述。

第六节　电气设备的安装与接线

电梯电气设备和动力电路基本相同，安装方法也基本相同，主要有控制柜、电源装置、井道布线、信号系统、操作系统、保护系统、平层系统、照明及排气装置，其中平层系统前面的章节没有介绍。电梯是机电一体的设备，因而其在电气安装上也有其特点，电气控制原理图的画法也与常规电气控制电路有所不同，安装时要引起注意。

一、机房电气设备的安装与接线

根据机房平面布置图确定控制柜、电阻箱、电源总开关以及室内布线的位置，图 15-76 是电梯机房常见的布置方式。

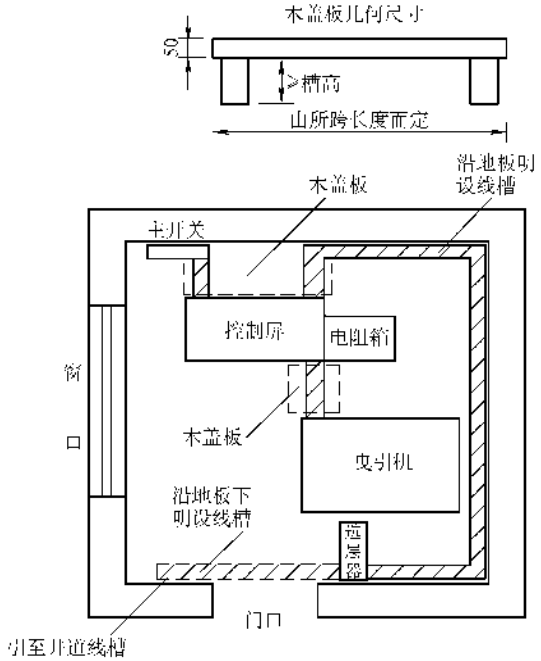


图 15-76　机房平面布置图

（一）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。

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。

（二）电源总开关的安装

先将开关板支撑角钢预埋在墙上，中心标高 1.4m，角钢埋入部分先做成鱼尾，埋入深度大于 150mm，如图 15-77 所示。角钢一般为 40mm×40mm×4mm。

把 δ10mm 厚的塑料板固定在角钢支架上，固定前要找正。

将三相打头开关（实际是电梯专用的铁壳开关）和照明的单相开关安装在塑料板上，如图 15-77 所示。三相开关与极限保护有关，安装方法见井道电气设备保护系统的安装。

（三）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，现在着重讲述线槽布线。

1. 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。

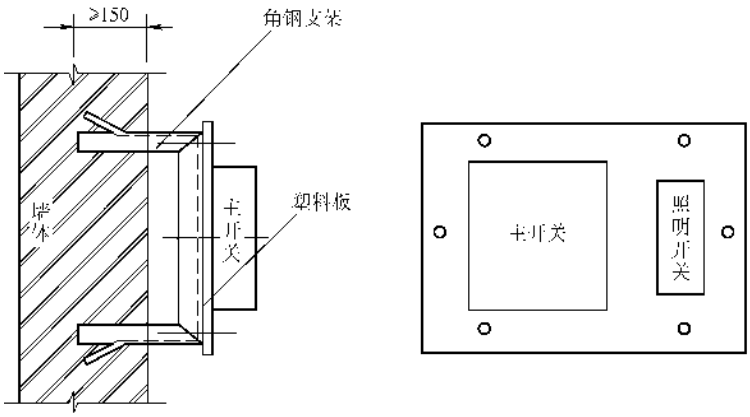


图 15-77 主开关开关板示意图

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。

2. 机房线槽敷设及布线

1）按图 15-76 所示，从电源开关板到地面划一垂线，然后从该地面处到控制柜、从控制柜到选层器划出线槽敷设的中心线。

2）在划出线的位置上打 ϕ10mm 的膨胀螺栓。膨胀螺栓的间距不大于 1m 且每一段线槽至少有两只膨胀螺栓。

3）将线槽底中心的孔套入膨胀螺栓并用螺母加平光垫固定。

4）根据图中导线的规格根数确定导线的长度，预留长度要适中。导线一律使用铜线，通往选层器动触板的线应为软铜线，并将导线两端作好编号、编号应与图中的编号对应一致。应留有足够根数的备用线，长度为槽中最长的导线。导线根数的计算见井道布线。

5）清除槽内杂物，并检查有无不妥之处，然后将导线放入槽内，排列整齐，用压板压好，最后将槽盖上好。摇测导线的绝缘电阻应大于 1MΩ。有碍通行和作业部位的槽应加木盖板。

3. 电气接线

图 15-78（见全书后插页）是一双速交流电梯控制原理图，控制柜内的接线已由厂家完成，这里只说明柜内有关端子与外部的接线。接线前应对照原理图查线并看懂原理图，分析电路原理，查线与接线要求同第七章。由于电梯的控制方式及功能不同，其控制电路有很多，这里仅以图 15-78 为例，说明电梯电气元件的安装及接线方法，不同类别的电梯可参照执行，图中符号名称及安装位置见表 15-13。

1）由配电室或动力配电箱引来的三根动力线先接在三相主开关的上闸口，两根照明线接在单相照明开关的上闸口。同时将打头开关的下闸口经过端子 M21、M22、M23 接至上行接触器 KMU 的上闸口。

2）将端子 M33、M32、M31 接至电动机 4 极的 1、2、3 端子上；将端子 M41、M42、M43 接至电动机 24 极的 1、2、3 端子上。

3）起动电阻 RST 是并联在快速运行接触器 KMF_2 的主触点 m_2m_1、m_4m_3、m_6m_5 上的，接线时同相的上下闸口接在同一组电阻器上，不得接错。

表 15-13 图 15-78 电梯控制原理图中符合名称表及安装位置

代号	名　　称	安装位置
KMU	上行接触器	控制柜内
KMD	下行接触器	
KMF	快速接触器	
KMF_1	准备快速运行接触器	
KMF_2	快速运行接触器	
KMS_2	慢速运行接触器	
KMS	慢速接触器	
1KMB	第一制动接触器	
2KMB	第二制动接触器	
KMC	控制电源接触器	
KMUA	上行辅助接触器	
KMDA	下行辅助接触器	

（续）

代号	名　　称	安装位置
KAU	向上平层继电器	控制柜内
KAD	向下平层继电器	
KAV	换速继电器	
KAO	厅外开门继电器	
KAL	门联锁继电器	
KAEM	急停继电器	
KMI	轿内选层继电器	
KAUS	厅外上行呼叫继电器	
KADS	厅外下行呼叫继电器	
KH	热继电器	
KTF	快速加速延时继电器	
KTS	延时停梯继电器	
1KTB	第一制动延时继电器	
2KTB	第二制动延时继电器	
3KTB	第三制动延时继电器	
KAOF	开门继电器	
KAON	关门继电器	
KAOU	运行继电器	
KAST	起动关门继电器	
KA	检修状态继电器	
1KAU	向上方向继电器	
1KAD	向下方向继电器	
SL	极限开关	机房墙壁开关板
S	单相刀开关	
M	交流双速电动机	机房曳引机
RST	起动电阻	机房电阻箱
RB	制动电阻	
U	硅整流器	控制柜内
TS	信号变压器	
V	直流电压表	
A	直流电流表	
1FU	硅整流器一次（侧）熔断器	
2FU	信号变压器一次（侧）熔断器	
3FU	交流电源熔断器	
4FU	开关门电路熔断器	
5FU	信号灯电路熔断器	
6FU	检视灯电路熔断器	
7FU	照明及电扇电路熔断器	

（续）

代号	名　　称	安装位置
S_1	底层钥匙开关	底层呼梯钮
SI1	轿内电源钥匙开关	轿厢内操作盘
LB	制动器电磁线圈	机房电动机
MA	自动开关门电动机	轿顶
LMA	自动开关门电动机励磁线圈	轿顶
SEML	底坑检修急停开关	底坑
S2	选层器钢带张紧开关	钢带张紧轮
S3	断绳开关	机房限速器
S4	安全钳开关	轿厢安全钳
S5	安全窗开关	轿厢安全窗口
SEMU	轿上检修急停开关	轿厢操作盘
SBSE	急停按钮	轿厢操作盘
S6	轿顶检修开关	轿顶
S7	厅门开关	厅门滑道
S8	安全触板开关	轿门
SLU	上行限位开关	井道
SLD	下行限位开关	
SUD	上行缓速开关	井道
SDD	下行缓速开关	
STOF	开门行程开关	轿门滑道
STON	关门行程开关	
SBOF	开门按钮	轿厢操作盘
SBON	关门按钮	
SBIU	轿内上行检修按钮	
SBID	轿内下行检修按钮	
SB	直驶按钮	
SBOU	轿顶上行检修按钮	轿顶
SBOD	轿顶下行检修按钮	
SBI	轿内选层按钮	轿厢操作盘
SBU	上行召唤按钮	厅门侧
SBD	下行召唤按钮	
XO	轿内选层记忆消失接点	选层器
XUS	向上召唤清除接点	
XDS	向下召唤清除接点	
XA	自动定向接点	
XAf	自动定向接点	

（续）

代号	名　　称	安装位置
XV XUV	换速接点 上行换速接点	选层器
XDV	下行换速接点	选层器
SQU SQD	上平层干簧管传感器 下平层干簧管传感器	轿厢顶
REC RD	LB 的经济电阻 LB 的放电电阻	控制柜
RADJ RC	LMA 的可调电阻 开门机限流电阻	控制柜
RSOF RSON	关门分流电阻 开门分流电阻	轿顶电阻箱
VD1 VD2 VD3	硒堆 硒堆 硒堆	控制柜
VD4、 VD5	硒堆	选层器
X1 X2	指层灯动触头 指层灯静触头	选层器
HIL HID HIU	轿内选层信号灯 轿内向下方向指示灯 轿内向上方向指示灯	轿厢操作盘
HOUS HODS	向上呼唤信号灯 向下召唤信号灯	厅门侧
HI	轿内指层灯	轿厢
HOD HOU	厅门外下方向指示灯 厅门外上方向指示灯	厅门上侧
ELI SELI L S	轿内照明灯 风扇 轿内照明开关 镇流器 风扇开关	轿厢操作盘
ELO SELD	轿顶检修灯 轿顶检修灯开关	轿顶
HA_2	蜂鸣器	轿厢操作盘
XS1	轿顶插座	轿顶

（续）

代号	名　　称	安装位置
ELIL SEL XS2	底坑检修灯 底坑检修灯开关 底坑插座	底坑
HA_1 $SBHA_1$ UHA_1	警铃 警铃按钮 警铃电源	轿厢操作盘
SI_2	轿内检修开关	轿厢操作盘

4）制动电阻 RB 是并联在慢速运行接触器 KMS2 的主触点 m_2m_1、m_4m_3、m_6m_5 上的，仍是同相的上下闸口接在同一组电阻器上，不得接错。同时将两只制动接触器 1KMB、2KMB 的主接点对应接在电阻的滑动触头点，以便短接部分制动电阻。

制动电阻和起动电阻接线时必须保证相序的一致性。

5）将主电源 M21、M22、M23 端子引线至控制电源接触器 KMC 上闸口的熔断器上。

6）选层器作为一种机械式的模拟轿厢位置的开关在电梯中占有重要的地位，其接线较为复杂，特别是层数多的电梯因其信号导线根数多，接线时更要精心细致，选层器分动滑板和定滑板两部分。

① 动滑板如图 15-79 所示，原理接线图如图 15-78 所示，在控制柜中“各层呼梯、记忆及消号控制区”中 23#和 24#端子接两根软线，软线另一端接动滑板的滑块 23 和 24；在控制柜中“轿内自动定向外截车控制区”中 28#和 29#端子接两根软线，软线另一端接动滑板的滑块 28 和 29；在“信号指示照明控制区”中用软铜线将 39#线 X_1 端引至动滑板的滑块 39。可以看出选层器上的编号与图中的代号是一致的。

动滑板应用软铜线，并在动滑板和触头连接处留有动滑板滑动高度适应的余量。

② 定滑板如图 15-79 所示。

a. 由定滑板“轿厢位置指示”端子每端各接出两根线，其中一根的另一端接控制柜内厢内楼层指示端子板，见⑧区的 $E_1 \sim E_n$；而另一根的另一端送入井道，接在井道顶部的总线箱楼层指示端子上。

b. 由控制柜中“轿内选层、记忆及信号消除控制区”A 端子和 G 端子各接好 n 根导线（n 为层站数）导线另一端分别对应接在定滑触板“轿内选层记忆与消号”端子的 A 和 G 端。

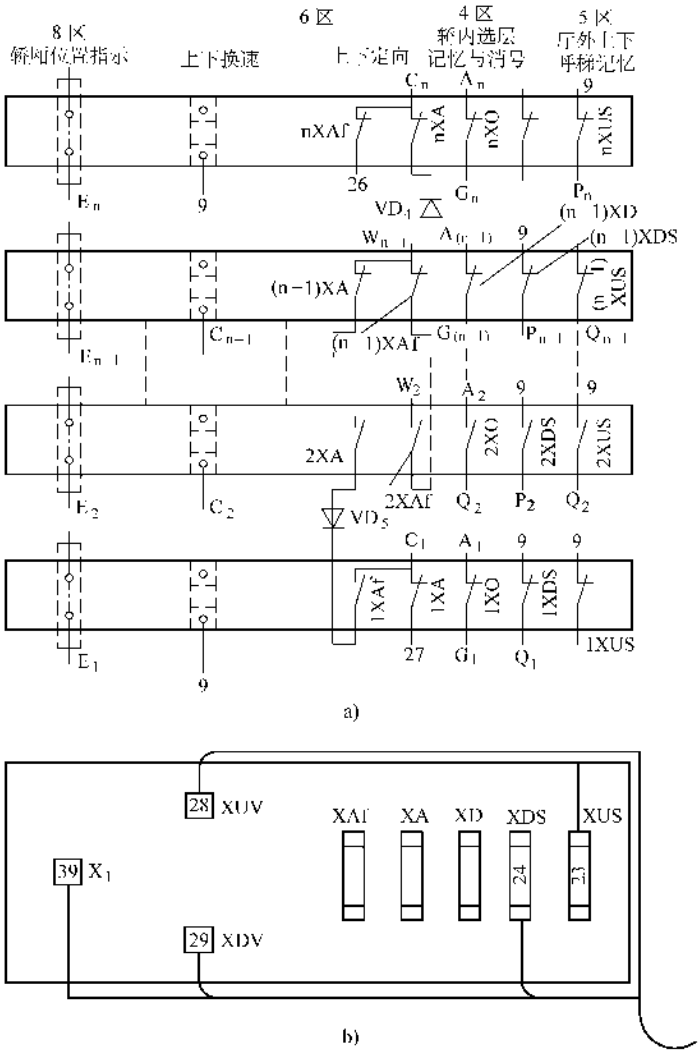


图 15-79　选层器接线示意图

a）定滑板　b）动滑板

c. 由控制柜中“各层呼梯、记忆消号控制区”P 和 Q 端子接出导线，导线的另一端对应接到定滑板“厅外上下呼梯记忆”P 和 Q 的端子上；另外由控制柜中“电梯运行过程控制区”中 9 号端子板接出一根导线引至定滑板“厅外上下呼梯记忆”9 号接线端，并馈至其他 9 号接线端。

d. 由控制柜中“轿内自动定向外截车控制区”C_n、C_1#端子上各接一根导线，导线另端分别对应接在定滑板“上下行定向”C_n、C_1#端子上。同时从 $W_{(n-1)}$…W_2#上各接出一根导线，导线另一端分别对应接在定滑板的 $W_{(n-1)}$…W_2#端子上。将柜上 26#、27#端子接在定滑板的 26#、27#端子上。同时将二极管（1A）VD4 和 VD5 按定滑板上的标注焊接在相应的接点上。

e. 由柜上“轿内自动定向外截车区”的 $C_{(n-1)}$#…C_2#端子上各接出导线引接至定滑板内上下换速对应的端子上，同时将柜内 9#端子引接至板上的对应端子上。

将上述接线完成后应再仔细查对一次，以免错接。

7）有些控制要求较高的电梯采用了电气选层器，电气选层器是由双稳态磁开关和相应的继电器逻辑电路组成的，适用于半导体逻辑控制系统和微机控制系统。使用电气选层器的电梯其控制系统与前述基本相同。

双稳态磁开关是由装在轿厢顶上的磁性开关元件

组（通常由7~9只双稳态磁开关组成）与电梯井道内对应于每个层站适当位置处的多个圆形永久磁铁组成，轿厢上下运动时，磁开关与磁铁相对运动，磁开关便产生轿厢位置的信号。

电气选层器的安装要点：

① 永久磁铁安装位置的确定及安装。

a. 根据电梯的运行速度先确定制动距离SKA和测试距离SKK。其中测试距离是指给定测试点至平层位置的距离，制动距离是指发出制动信号后电梯爬行或滑行的距离，一般应按表15-14中的数值确定，其中制动距离是参考给定值，调试时必须经实测确定，应根据实际爬行或滑行的距离增减。

表15-14 制动距离和测试距离的确定

电梯运行速度/（m/s）	1.0	1.5	1.6	1.75
制动距离/SKA/mm	1200	1800	1900	2100
测试距离/SKK/mm	335	335	535	535

b. 磁体架安装在导轨的背侧，安装必须牢固并保证层层平行且在同一个铅垂面上，通常是在井道内由顶部放置铅垂线来测定，层与层的距离应按表15-14确定并按安装永久磁铁的非导磁材料槽的长短确定。磁体架与非导磁材料槽的连接必须牢固可靠，一般应由电梯厂家配套供货。

c. 非导槽安装在磁体架的正面，其长度应按表15-14选定，并保证磁体有足够的调节量，非导槽必须与地面垂直并且与同一磁开关对应的非导槽在同一铅垂线上。每行非导槽的间距应一致，并与磁开关的间距对应。

d. 永磁体安装在非导槽的正面，安装应牢固且不受电梯运行时振动的影响，其安装位置应按表15-14选定，其极性应按其功能不同而设定。所有磁体伸出槽面的长度应一致，并保证所有磁体伸出面在同一铅垂面上。永磁体应与非导槽的规格对应，一般应配套供货。永磁体安装前应测试其磁感应强度的大小，通常是在20mm的距离上吸动同一质量的小铁块，其吸力应一致，小铁块的质量一般取25g。

② 磁开关组的安装

a. 确定开关组的安装位置，磁开关组是安装在轿顶上的，首先应保证每个磁开关对正相应的永磁铁，同时与永磁铁的间隔为10mm左右，并保证一致。

b. 将磁开关组固定在轿顶的隔磁支架上，固定时应有防振措施。

c. 用井道内的任一永磁铁接近磁开关组的每一个开关，并用万用表测试其接点的开闭情况。试验时应注意两点，并且保证满足这两点时磁开关的接点才由开→闭或由闭→开。一是受到与原来使开关处于开或闭的永磁铁极性相反磁板的作用，二是开关元件的运动方向与原来使开关处于开或闭的运动方向相反，原来是由上向下接近磁体，现在应由下向上接近磁体。上述试验也可用上下点车的方法进行试验，当确认所有磁开关满足上述条件后，才算试验完毕。

d. 仔细检查上述安装有无错误，核对有关安装距离，直到完全正确。

e. 由轿顶接线盒按前述方法将磁开关一一接到图样标注的位置上。上述安装的示意图如图15-80所示。

③ 试验及调整除按前述试车调整外，主要是调整制动距离SKA，根据平层结果进行调整，直到达到平层要求。

8）有些电梯引入了二进制编码的楼层磁开关，楼层地址是用二进制编码确定的，楼层磁体布置如图15-81所示。这里讲一下井道圆磁铁的安装。

① 将磁开关盒水平固定于轿顶上，并使磁开关的工作面保持垂直。使轿厢处于平层位置（即轿内外地槛相平），将磁开关盒水平中心线位移到导轨上，此线即为安装井道圆磁铁的基准中心线。

② 用标准圆磁铁测量每个磁开关的动作状态应符合以下情况：当圆磁铁的N极对磁开关的垂直中心线自上而下经过后，开关触点应断开，若圆磁铁N极再自上而下经过，则磁开关应呈闭合状态。

③ 将圆磁铁组件按统一尺寸进行整理，根据磁体布置图和导轨上的基准线将组件固定于导轨上。保持圆磁铁与磁开关盒端面之间的距离在8~10mm之间，垂直中心线相互偏差不大于1mm。

④ 将轿厢分别慢车上下全程运行，用万用表电压挡检查磁开关功能，其触点开、闭应符合磁体图的功能规定，即相对于粗线为磁开关闭合，电压表指示为(22±4)V或(80±5)V，相对于细线为磁开关断开，电压显示0V。

⑤ 迅达生产的电梯，它的楼层信号是通过磁开关的二进制代码，它的特点在于，任意两个相邻数对应的代码只有一位数不同，如8与9对应的代码是1100与1101，只有第四位不同，又如0与15对应的代码是0000与1000，只有左边第一位不同。所以轿厢经过任一楼层，只要有一个磁开关翻转，就能反映所在楼层。

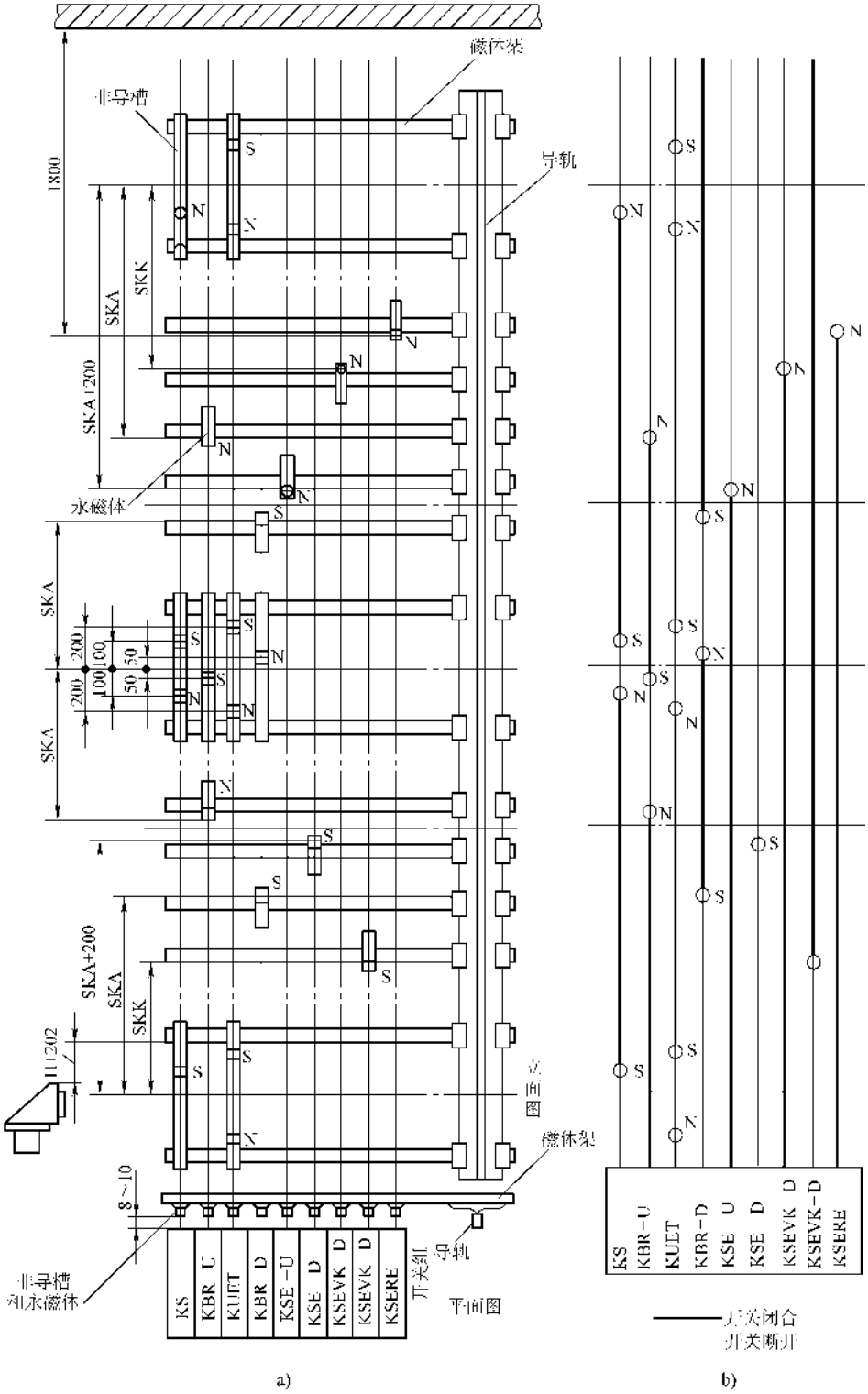


图 15-80　磁开关安装示意图

a）元件布置图　b）状态图

楼层与二进制代码的对应关系如图 15-81 所示，“1”表示磁开关闭合，其电压为(22±4)V；“0”表示磁开关断开，电压为 0V。4 个磁开关可表示 1～15 层的楼层信号。

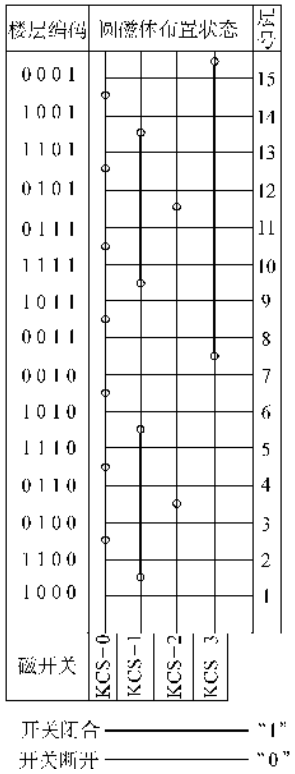


图 15-81 楼层磁体布置图

⑥ 慢车逐层移动轿厢至井道全程，测量数码 ANA 板输入电缆上的电压应与图示相符，断开 JTHS、JH，将 ANA 板插入印板接线盒，在电缆插好、接线无误的情况下，接通 JH、JTHS。使轿厢全程慢车运行，数显板显示应正确。

二、井道布线

从电气角度上讲，井道是连接机房、轿厢和厅门电气设备及元件的通道，这里有控制柜和选层器通往厢内控制盘、厅门指示及呼梯按钮、保护开关、平层装置、井道照明等处的操作控制线达数百根、上千根，这里的安装同样是一项细致的工作。

（一）井道平面布置

井道内安装的电线管和电线槽应便于检修，总槽道常安装于距离召唤按钮较近的井道壁上。井道电缆架，线槽安装位置如图 15-82 所示。

井道电缆架与电线管、电线槽安装不得阻卡运行中摆动的电梯软电缆。

有的电梯不设井道电缆架，只设线槽，软电缆从中线盒接出，引至轿底。

井道内箱、盒安装通常接图 15-83 所示布置安装，有的电梯将呼梯按钮和楼层指示及上下行指示制作在一起，并将其安装在呼梯钮的位置上。

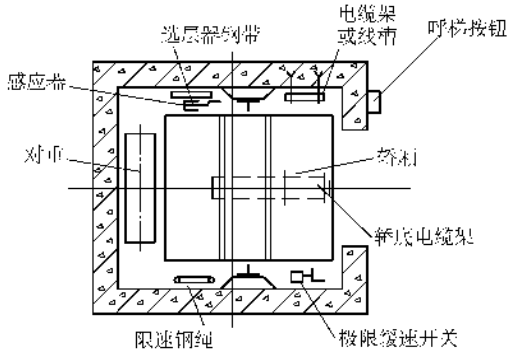


图 15-82 井道布置示意图

（二）井道布线

井道控制布线有两种：一种是通往轿厢内的控制盘上的操作信号指示线，这些线通常是由软电缆的一端悬挂在轿厢底再送进厢内，另一端固定在井壁上，与总线盒连接或直接由柜内引出，轿厢升降时软电缆随厢升降，有时也叫做随行电缆；另一种是通往呼梯按钮，厅门外楼层指示的控制信号线，这些导线通常是敷设在井壁上的线槽里，然后再用分线盒分出送往按钮盒和指示灯盒内。下面讲述安装方法。

1）将电梯打慢车，将轿厢升至井道顶，先确定总线箱的位置。总线箱一般安装在最上层站地槛向上 3.5m 的井道壁上或隔声层里，也可以装在机房。总线箱的位置如图 15-83 所示。

总线箱位置确定后，从总接线箱到底坑用墨斗在井壁上弹出一条铅垂黑线，作为线槽敷设的基准。

2）用膨胀螺栓将总线箱固定在井壁上，总线箱的水平度和垂直度的偏差应小于 1mm；将选层器送至总线箱的线槽用膨胀螺栓延板下固定好，如图 15-76 所示。总线箱通往线槽的部位要预先开好缺口，开口时应用铁锯或扁铲，然后用铁锉将口修整平滑，使其无毛刺，不得用气割开孔。线槽应穿入箱内，穿入深度一般不大于 5mm。

3）从总线盒往下按垂直黑线安装第一节线槽，并用膨胀螺栓固定。安好后轿厢下降，当操作高度和顶层厅门楼层指示灯位置一致时，轿厢停止，在线槽靠门侧和厅门楼层指示灯平行等高位置安装一只楼层指示分线盒，一般用 ϕ6mm 的膨胀螺栓，也可用打入塑料胀塞用木螺钉固定。

然后再使轿厢下降，当操作高度和顶层厅门外呼梯按钮盒位置一致时，轿厢停止，在线槽靠门侧和呼

梯盒平行等高位置安装一只呼梯分线盒，同样在井道顶部和底部各安装一只安全开关分线盒，方法同前。

按照上述方法将线槽一节一节地安装好，并把每层的分线盒安装好，直至最底层。为了节约材料，可按楼层的高度将线槽逐渐减小其规格，线槽变径时可在楼层分线盒处按前述方法处理好接口。有时也可把每层的两个分线盒做在一起。

4）当轿厢下降到操作高度在提升高度的 1/2 并加高 1.7m 的位置时，在线槽靠门侧应安装中线箱，方法同前。中线箱的作用是由此引出软电缆，另端挂于轿厢底部使电缆和轿厢随行，且不妨碍运行。如果随行电缆直接由机房引出则不设此箱。

5）厅门的楼层指示灯盒和呼梯按钮盒通常应在土建工程中预埋。如果没有预埋则应该剔墙洞现场安装，其标高位置如图 15-83 所示。

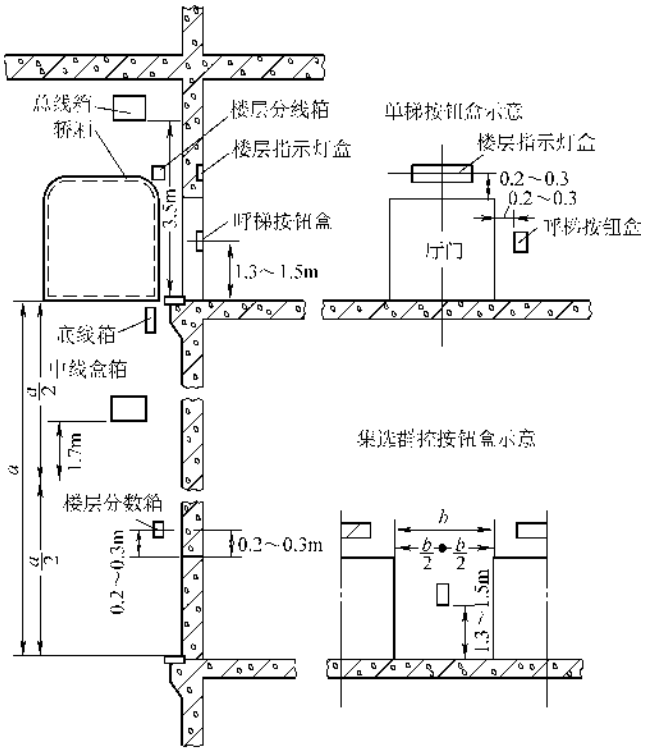


图 15-83　井道内箱盒位置示意图

其具体操作方法如下：

先按盒的外形尺寸在墙上划出轮廓，然后用扁铲或冲击钻在墙上开孔，最后修整成型，其深度应略大于盒的深度，剔的面积不宜太大。剔好后用一 ϕ32mm 的冲击钻头从外向井道里打一透孔，透孔的位置应与盒的进线孔一致，以便将导线和金属软管一同送进来。

将盒置于剔好的槽孔内，并用两支 ϕ6 膨胀螺栓固定，四周用 300# 水泥砂浆抹好，最后应经土建技术人员验收合格。盒的安装应在门口装修前进行，并使盒的前盖略凹进装修板面，以便取平。

6）槽内布线的方法要求和前述相同，现以图 15-78 为例说明一下导线根数的计算方法：

①　控制柜通往选层器的导线根数：

a. 动滑板如图 15-79 所示，共有 5 根线。

b. 定滑板“轿厢位置指示”到控制柜共 n 根线，n 为厅站数。

c. 定滑板“轿内选层记忆与消号”到控制柜共有 $2n$ 根线。

d. 定滑板“厅外呼梯记忆”到控制柜共有 $2(n-1)+1=2n-1$ 根线。

e. 定滑板“上下行定向”到控制柜共有 $2+n-2+2=n+2$ 根线。

f. 定滑板“上下换速”到控制柜共有 $n-2+1=n-1$ 根线。

将以上导线根数相加，控制柜通往选层器的导线根数共有 $7n+5$ 根导线，实际敷设应加 0.1（$7n+5$）的余量。

②　选层器通往总线箱导线根数由层数 n 决定，实际敷线应为 $1.1n$ 根。

③ 控制柜通往轿厢内外及控制操作盘的软电缆的线芯数应满足控制系统的需要软电缆一般随电梯一同供货，制造厂已考虑了足够的余量。电缆线芯数取决于厅站数、各种开关数以及信号照明回路数。

a. 根据原理图和元件表数一下轿厢控制盘及厢顶厢底安装的各种开关数量，每个元件按 2 根考虑，设开关数为 x，即用 $2x$ 根线。

b. 轿内选层按钮个数为 n，即用 $2n+2$ 根线；

c. 轿内选层信号灯及指层信号灯个数各为 n，即用导线 $2n+2$ 根；

d. 轿内方向指示灯个数为 2，即用 3 根导线；

e. 轿内上下呼梯信号灯个数为 $2n-2$，即用 $2n-2+1=2n-1$ 根导线；

f. 轿内照明和风扇及轿顶检修灯共用 3 根线。

将以上导线根数相加即为 $6n+2x-9$，实际敷线应增加 0.1 的余量。

图 15-78 中轿厢内及顶部底部有轿内电源钥匙开关、安全窗开关、轿上检修急停开关、急停按钮、轿顶检修开关、厅门开关、安全触板开关、开门按钮、关门按钮、轿内上下行检修按钮、轿顶检修上下行按钮、轿内检修开关、上下平层干簧管、开关门行程开关、蜂鸣器、超重传感器等。

④ 控制柜通往总线箱导线的根数

a. 根据原理图和元件表数一下井道内和厅门安装的各种开关的数量，每个元件按 2 根考虑、设开关数为 y，即用 $2y$ 根导线。

b. 厅门呼梯按钮共 $2n-2$ 个，即用 $2n-2+1=2n-1$ 根导线。

c. 厅门呼梯信号灯共 $2n-2$ 个，即用 $2n-2+1=2n-1$ 根导线。

d. 厅门楼层指示灯共 n 个，加上每层的方向指示灯 2 个，共 $n+2$ 个，即用 $n+3$ 根导线。

将以上导线根数相加即为 $5n+1+2y$，实际敷线应增加 0.1 的余量。

图 15-78 中井道中有底层钥匙开关、底坑检修急停开关、断绳开关、安全钳开关、上行限位开关、下行限位开关、上行缓速开关，下行缓速开关、底坑检修灯及开关等线，加上蜂鸣器的一根控制线，总共用有 $5n+20$ 根导线。

这里需要说明的一点就是上述各种计算公式都为经验公式，每一部电梯的控制电路都不尽相同，实际敷线也不尽一样，套用时要注意。另外，有的开关或元件、接点有共用线，这样导线根数 $2n$ 应为 $n+1$。

按照上述的计算方法把导线根数计算好，把导线敷在槽内送入总线箱，下一步是将导线按类别和用途接入总线箱。

总线箱端子的布置应按接线顺序、左右接线的方便考虑。一般情况下，总线应按图 15-84 布置端子，然后把送入的线接在相应端子上，并把线号编好，标在上面。

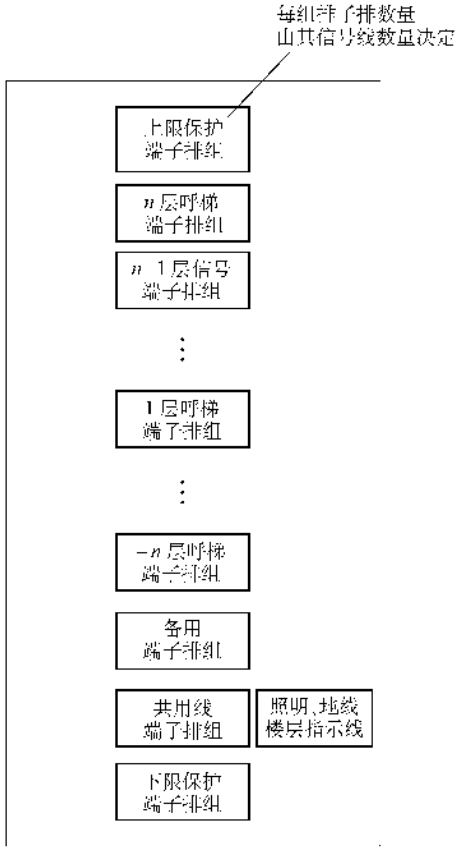


图 15-84 总线箱端子布置示意图

7）随行电缆的安装有两种形式：一种是由机房控制柜端子板上把要送给轿厢的导线用线槽引至井道顶的总线箱，然后随行软电缆上端从总线箱接线，下端伸至底坑，再返至停留在底层轿厢的厢底电缆架上，最后送入控制盘。这样由控制柜送往总线箱的导线数应加上软电缆的芯线数。或者是将软电缆上端直接穿过顶板接在控制柜的端子上，下端同前，这样由控制柜送往总线箱的导线根数不必增加。

另一种是将控制柜送往轿厢的导线用线槽通过井道总线箱送往井道的中线箱，然后随行软电缆上端从中线箱接线，下端伸至底坑，再返回到停留在底层的轿厢厢底电缆架上，最后送入控制盘，这样由控制柜送往总线箱的导线根数应加上软电缆使用的芯线数，如图 15-85 所示。

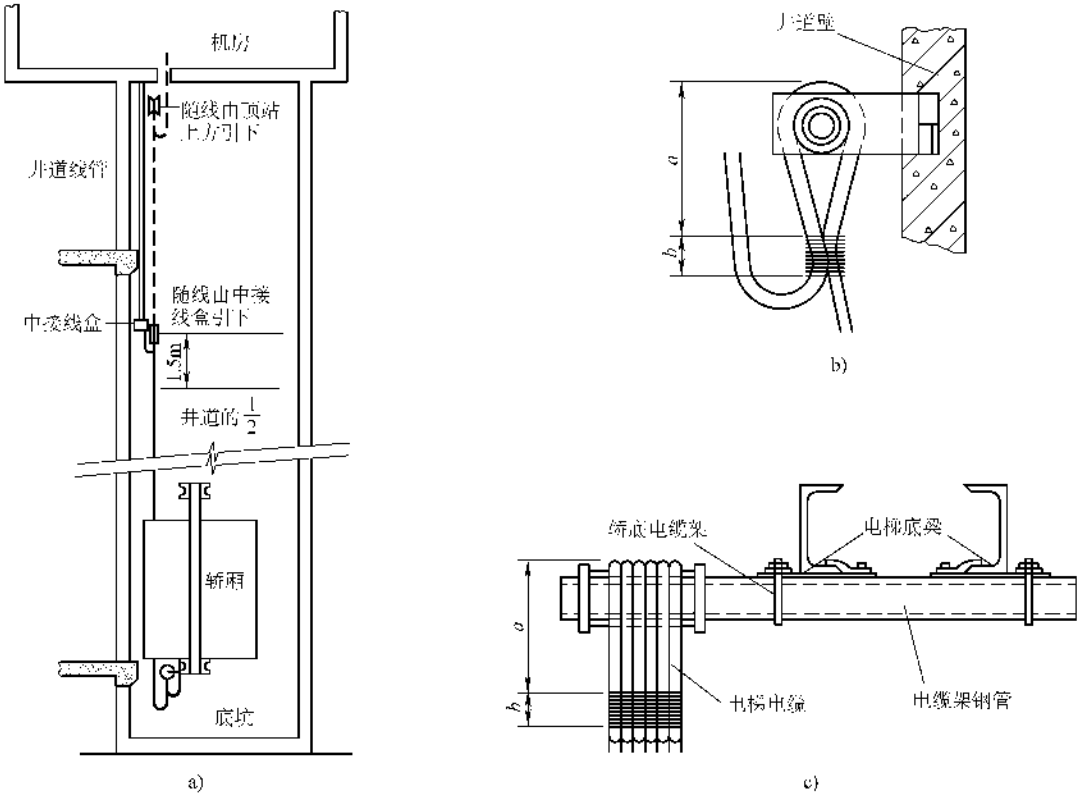


图 15-85　随行电缆安装图

a）随行电缆安装示意图　b）井道上电缆的绑扎　c）轿厢底电缆的绑扎

图中 a 为钢管直径的 2.5 倍，且不大于 200mm；b 为 30～70mm

第一种用软电缆较多，施工方便，但软电缆受拉力较大，一般高于 10 层的很少采用。第二种用软电缆较少，但需另敷线槽增加导线根数，然而电缆受力较小。无论采用哪种型式，在挂随线之前，都要把软缆吊起，使其自由悬垂，充分消除其内应力，以免轿厢在运行过程中软缆发生扭转。展放电缆必须用放线架。随行电缆可由下向上拖放，也可将电缆提升到顶层由上向下拖放，但都要保证长度有一定的余量和充分退扭，以消除应力。任何时候不得承受外力。

随行电缆的固定如图 15-85 所示，绑扎应均匀、牢固、可靠，绑扎长度为 30～70mm；多根电缆安装后的长短应一致，电缆的不运动部分应用卡子固定；进入轿厢的位置应为轿厢操作盘的垂下方夹层内，进口处应光滑无毛刺，不得划伤电缆。随行电缆的活动弯曲半径，8 芯不小于 250mm，16～24 芯不小于 400mm。

三、井道及轿厢电气设备及元件的安装和接线

1. 轿厢电气安装

轿厢电气安装包括厢内控制操作盘及其上面的元件、轿顶检修开关及上下行检修按钮、安全触板开关、安全窗开关、开关门行程开关、上下平层干簧管、厢内照明、排风扇及厢顶照明等设备的安装。

（1）随行电缆端头的处理　在厢底电缆进厢处安装一接线盒，并把接线端子用 ϕ6mm 螺栓固定在厢底的钢架上。端子个数为实际使用的芯线总数减去操作控制盘上使用的芯线数。安装前应用摇表测试端子板接线柱间的绝缘，应大于 1MΩ。

将从操作控制盘到接线盒的长度测量好，然后按其将电缆外皮的统包剥掉，剥掉长度可增加 300mm。

数出通往操作控制盘导线的根数，并将其用塑料带统包两层，每层都为半压半法，然后由厢底送入控制盘。剩下的电缆线芯按顺序接在接线盒的端子上。接入前应按控制电路的编号套入号码管，写好编号。控制电缆线芯上面已有印好的号码，从而给接线带来了很大的方便。

端子板上接线应做到以下几点：

1）线芯剥切绝缘长度不大于 15mm，然后将散股拧紧镀锡。

2）插入端子板孔内的尺寸一致，排列整齐，不挤不压不交叉，整洁美观。

3）压紧螺钉，不宜太紧，以免将线芯挤断。

4）号码管长度应一致，字迹应清晰。

另外，在厢顶和电缆进口垂直的上方安装一接线盒，方法同前。把轿顶所用导线从厢底接线盒引至厢顶，和端子连接同前。导线通常穿入金属软管进行保护，沿轿厢四周或沿轿顶加强筋敷设，并应整齐美观、维修操作方便。

通往轿顶的线有安全窗开关、轿上检修急停开关、轿顶检修开关、安全触板开关、轿顶检修上下行按钮、上下平层干簧管、开关门行程开关、轿内指层信号灯、轿内方向指示灯、轿顶照明电源和开门电动机线等。

通往轿底的有轿底照明电源、超重报警器等线。

其余的线均穿入轿厢内控制盘。

（2）轿厢内电气设备的安装

1）将由厢底送入厢内的电缆由控制盘的位置抽出，并用宽带卡子将电缆端部固定在厢体夹层内。

2）将控制板上的元件按钮、指示灯、扳把开关、钥匙开关等一一进行检查并拧紧上好，然后将盖板盖好，看其开孔位置和元件是否吻合，否则应调整。

3）根据元件的位置将电缆线芯的多余部分去掉，并将线头剥去绝缘层，露出线芯长度一般不大于15mm，然后将多股线拧紧镀锡。

4）按照图样标注将线芯接在元件上，螺钉要拧紧，垫要垫好，接线要正确，并将导线芯上的号码和元件一一对应标注在图样上。有的电梯在操作盘装有数层信号灯，接线时要一并接好。

5）另附两根线接在超重报警信号灯和电笛上，另一端通至轿底接线盒内。再附三根线，其中一根接在照明开关的上闸口上，再引接至风扇开关的上闸口上；另两根线分别接至照明开关和风扇开关的下闸口，然后将三根线通至轿顶接线盒上，接在相应的端子上。

6）先由接线人员校对接线，无误后再由一名技术较高的非接线人员核对接线，全部正确无误后将盖盖好，拧紧螺钉，最好用蜡或漆封好。试车前凡需要打开的应征得负责人的同意。

（3）轿顶电气设备的安装

1）安全窗开关 S5 是一行程开关，装在轿顶通往轿厢内的窗口上，当司机或维修人员将窗口打开进行检修时，S5 便切断急停继电器 KAEM 回路使控制电路断开无电，电梯不能起动运行。

先检查 S5 的关断性和绝缘电阻、并检查机械性能。然后用螺钉固定在窗口和窗框处。当关窗后常开点闭合且窗无任何晃动，当开窗后常开点打开且无闭合的可能，一定要用万用表测试好。

用 2.5mm^2 塑料软铜线将 S5 两接点接好穿入金属软管，沿轿顶四周引至轿顶接线盒，接在对应编号的端子上。途经应用非金属带将金属软管和轿框固定。

2）开关门行程开关 2STOF、3STON 是装在轿门滑道的外侧，由门上的撞块操作的，安装时只是将其暂时固定好，调整时还要仔细调整其位置。其接线一端接在并联电阻上，另一端接在电动机的电枢上，如图 15-78 所示。连接线引接至轿顶接线盒相应的端子上，行程开关安装时要检查测试其关断性及可靠性。

3）轿顶照明电路的安装一般是为检修设置的，多为平灯口及扳把开关，电源由轿厢内引入至轿顶接线盒。

4）检修开关通常是安装在轿厢顶梁的上侧，将轿上检修急停开关 SEMU、轿顶检修开关 S6、轿顶上、下行检修按钮 SBOU、SBOD、轿顶检修灯 ELO、轿顶检修灯开关 SELO 装于一个控制盒内，然后把线引入。

① 检查上述开关、按钮的关断性的绝缘性，并检查外观和机械性能。

② 将元件装在控制盒上，如图 15-86 所示，控制盒可用 0.5mm 厚的钢板自制。

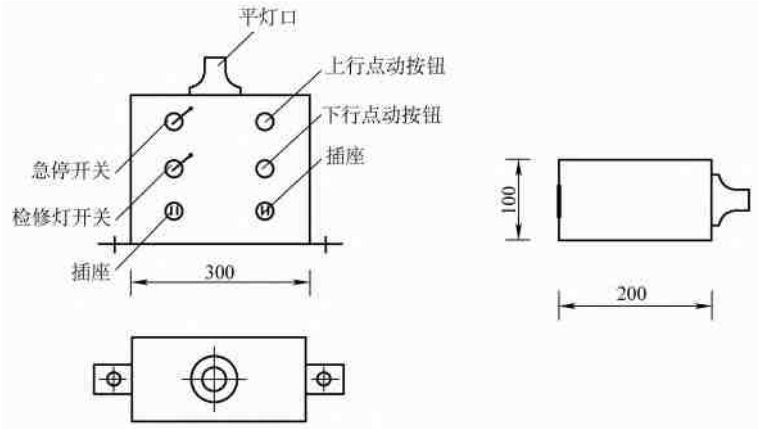


图 15-86 检修开关盒

然后将送入盒内的导线由轿厢顶接线盒引出穿金属软管沿厢边和梁接入盒内。软管应和厢顶固定。

③　按照图样将线芯接在元件上，也可将元件先拆下，接好线再装上，经校对无误后，将导线芯上的号码和元件一一对应标注在图样上。

④　将接线盒固定在上梁上，并把线和金属软管整理固定好。

5）开门电动机除了电动机本身的接线外，还有变速电阻和切除变速电阻行程开关的接线以及碰铁的安装。

①　将电阻箱固定在支架上，并把短接线用金属软管引出送至行程开关的位置。1STON、2STON、1STOF 行程开关安装在和曲柄轮对应的支架上。

②　用手盘动曲柄轮，使轿门开启和关闭，观察各开关与弧形碰铁碰撞情况及位置是否合适，初步确定各个行程开关的位置。

③　将电动机的线接好，这里要注意电动机的型号，有的是交流三相，有的是交流单相，有的是直流 110V，有的是直流 220V，图 15-78 是直流 110V。装上 V 带，使门电动机接上临时电源转动，试验开门关门速度，通常开门时间为 2s，关门时间为 2.5s。改变 RC 阻值，可改变开关门速度；改变 RSOF 阻值，可改变关门的速度；改变 RSON 阻值，可改变开门的速度。改变电阻的大小，使开关门的速度在规定范围之内。

④　分别带上各层层门，调整每层门的开关速度，应使其平稳碰撞声音微小并符合规定。每层调整后将开关固定好。调整时，应使曲柄轮上弧形碰铁在门电动机变速时同时碰撞两个开关，减小门电动机瞬间加速现象，从而影响门的运行质量。

6）平层感应器由两部分组成，一是安装在轿厢顶支架上的感应盒，另一个是安装在每层导轨旁侧支架上的感应板。

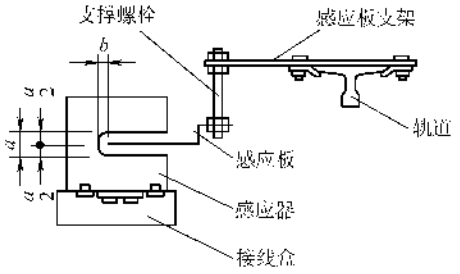
感应盒是由干簧管和磁钢组成的，统装在一个盒内，用接线盒将接线端子引出，安装时将短路板摘掉，把感应盒装在轿顶支架上，按照图样的要求将感应盒开口侧对着导轨上的感应桥，如图 15-87 所示。

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，如图 15-87 所示。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。



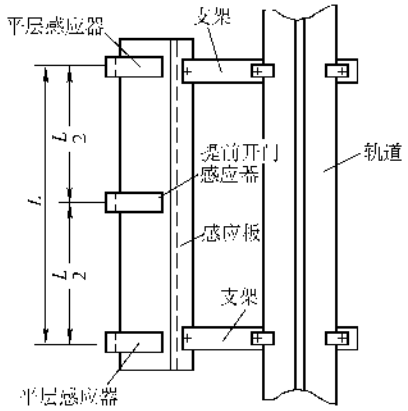


图 15-87　平层感应器安装示意图

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。

将轿厢升至轿顶，先测量好顶层安装感应桥的位置，对应轿顶已安装好的感应盒将顶层感应板装好，然后从顶层感应板向轿底放一铅垂线。

把轿厢打慢车从顶层往下一一将感应板安装好，边安边调整，按以上要求装好。

最后将轿顶接线盒接出导线并穿软金属管引至感应盒对应于线号接好，并把软金属管沿轿顶沿固定。导线的接出应对应于图 15-78 中“电梯运行过程控制区”中的 13#和 14#端子，5#端子为公共端。图 15-78 中没设置提前开门感应器。

在一些高级且平层换速要求较高的电梯上，除上下平层感应器外，还装有上下行高速换速感应器、上下行中速换速感应器及提前开门感应器和上下行校正感应器，全部装在轿顶的感应器板上，形成6列，对应井道中的6排感应板。其中上下行校正感应器GSJ、GXJ为一列，上下行平层GSP、GXP和提前开门感应器GQM为一列，上下行中速换速、上下行高速换速感应器GSZ、GXZ、GSG、GXG各为一列，由相应的感应板触发，安装位置示意如图15-88和图15-89所示。其中校正环节的作用是：轿厢平层后其准确度超过规定要求，或轿槛高于厅门地槛，或轿槛低于厅门地槛，这是因为有GXJ上行校正感应器或GSJ下行校正感应器未进轿板，而GSJ或GXJ进桥板。经过线路的切换产生校正信号，使低速运行继电器重新吸合，轿厢便以低速一半的速度爬行，进行再度平层，直到GXJ和GSJ同时进入轿板为正。当然这样的配合也加大了电路的复杂性。

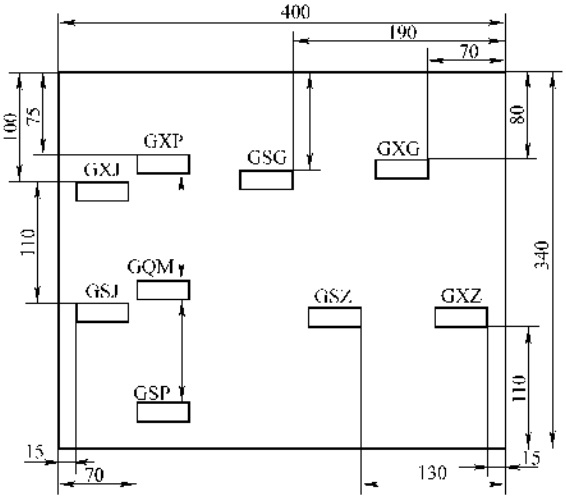


图15-88 六列感应器安装位置示意图（轿厢顶）

除干簧感应器外，还常用双稳态磁开关、光电开关、接近开关，霍尔开关及编码器作为信号开关，其中后四种感应器常用微机控制系统，双稳磁开关用圆形永久磁铁进行触发。

平层感应器的安装必须在整机调整试验时精心细调其安装位置，否则不能达到要求，详见第九节。

7）轿内指层信号灯和方向指示灯的布线由轿顶接线盒接出穿金属软管送入指层灯盒。先检查灯座是否完好，有无破损，再检查灯泡是否完好，有无断丝，然后进行接线。接线时先确定一根公共线，也就是图15-78中38#线，将指层灯和方向指示灯底座的一个端子用导线串接起来，最后将38#线与其连接，再把由选层器引来的E_n#…E_1#线按层号顺序分别接到指层灯座的另一个端子上，把由控制柜引来的40#、41#线分别接到上行灯座、下行灯座的另一个端子上。连接必须可靠正确，并把线号标在图上，接线前应把盒内清除干净，接好线后将盖盖好。

轿顶元件全部接好线后，同样由一名非接线人员校对接线，发现有误及时更正。

（4）轿底电气设备的安装　轿底电气设备较简单，有轿底照明和超重装置。按上述方法把超重接点接好，通过接线盒与轿厢控制盘送来的线接好即可。图15-78中没有设超重保护，超重保护的常闭接点应串接在急停继电器KAEM的回路里，常开接点并接在警铃HA1的常开接钮SBHA1上。

（5）中间试验　为了及时发现接线错误应进行中间试验，即安装工作进行到某一段后接通电源，让曳引机工作，在轿内操作盘上控制电梯，看其运行是否正常。这里要注意的是只在中间层站试运行，并随时操作急停按钮，以免冒顶和冲底。

接通电源，先慢车操作使轿厢上下运行两次，然后将其停在中间层站，如十层电梯可停在三楼或五楼。

在轿内操作关门按钮，使轿门关闭，将安全窗关好。操作7层按钮，电动机慢速起动，然后加速，即到七层时缓速，然后停至7层，门自动打开，楼层指示正确。平层误差可能较大，不必调整，可用慢车先找好平层。尔后再关门，操作3层或4层按钮，电梯行至到站，门自动打开。

反复几次试验，动作正确即可，否则有接线错误，应查线找出错误。通常按上述方法精心安装，不会有错误。

试验过程中如果到站不停，应立即操作急停按钮，以免冒顶或蹲底。

2. 井道电气设备的安装

井道电气设备包括各种安全极限开关、门呼梯按钮及信号，门庭楼层指示灯及上下方向指示灯，井道照明、插座，底坑照明及插座等，特别是各种安全极限开关的安装尤为重要。

（1）安全极限开关的安装

1）在井道的顶部和底部分别装有极限开关、限位开关和缓速开关见安装示意图分别见图15-90和图15-91。极限开关的作用是当电梯失控后，轿厢冲过了平层、缓速开关和限位开关，这时轿厢碰铁就会碰到极限开关的拉绳滚轮，切断主电源，造成曳引机停车抱闸制动。拉绳滚轮分别装在底坑和顶站末端，上下极限都能保护。上下碰轮动作后极限开关靠重砣的重力掉闸切断电源。

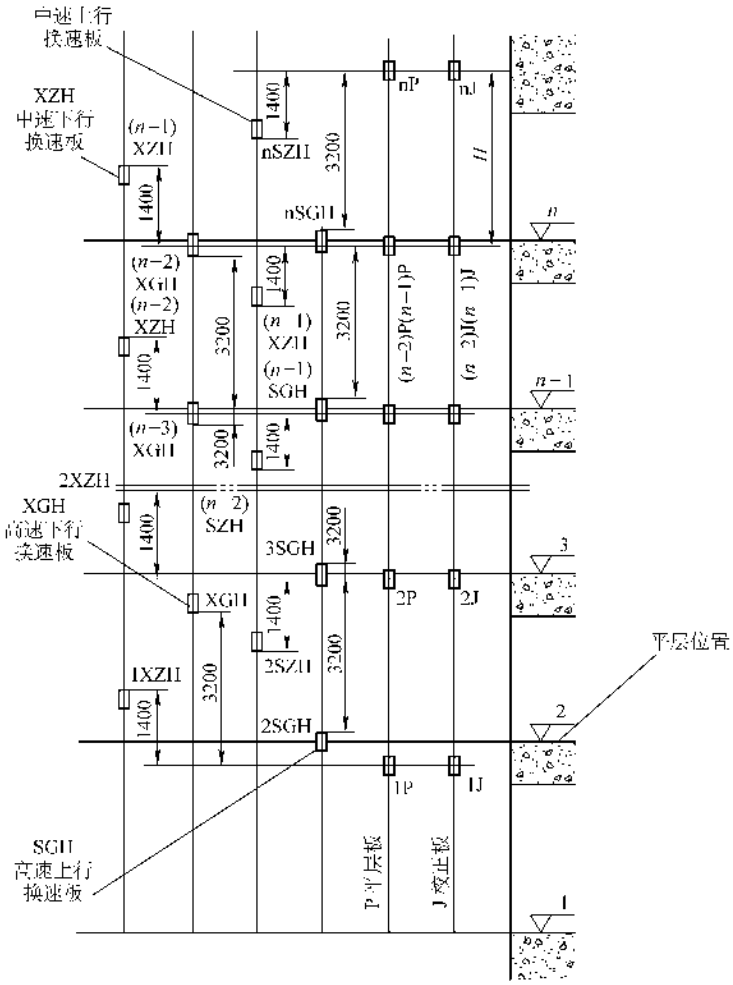


图 15-89　六列感应板安装位置示意图（井道）

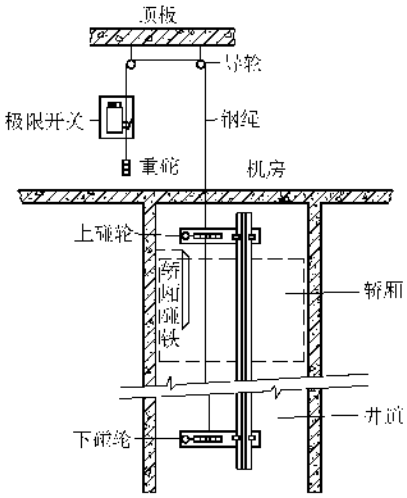


图 15-90　极限开关安装示意图

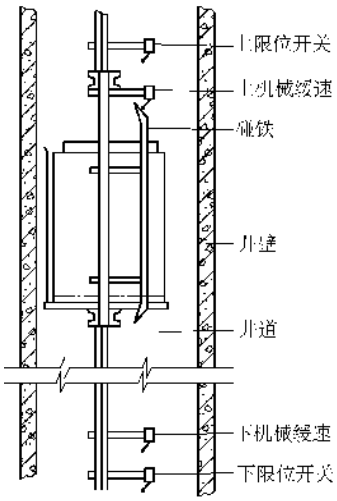


图 15-91　限位开关和缓速开关安装示意图

限位开关由缓速开关配合控制轿厢运行时不能冲过一定的位置，一旦越位轿厢上的碰铁就先碰到缓速开关，缓速开关动作将快车继电器切断，强迫轿厢减速，直至限位开关动作，切断主接触器回路，造成曳引机停车制动。

2）缓速限位开关是电梯运行中的第一级和第二级安全保护装置，通常宜安装在轿厢地槛超越上、下端站地槛 50～100mm 以内。

极限开关是电梯运行中的最后一级安全保护装置，因为极限开关的碰轮要安装在底坑最下端和顶层的最上端。通常宜安装在轿厢地槛超越上、下端站地槛 250mm，有时为了安全可靠，在 350mm 处再安装一个碰轮。

对于直流高、快速电梯强迫缓速开关的安装位置，应按电梯的额定速度、减速时间及停制距离选定。但其安装位置不得使电梯停制距离小于电梯允许的最小停制距离，电梯允许最小停制距离中的平均减速度不应大于 $1.5m/s^2$。

强迫缓速开关的位置一般可按表 15-15 中的停制距离选定。

表 15-15　停制距离

停制距离/m ＼ 额定速度 m/s ＼ 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

3）在测量好的位置上，用角钢做好支架，安装在导轨的背面，角钢伸出导轨的长度一般不大于 500mm。将缓速限位开关（即行程开关，但有的厂商制造成组合式箱盒或限位开关组）用螺栓固定在角铁的端部，并使其垂直，调整缓速开关和限位开关的碰轮，使其垂直对准轿厢碰铁中心，然后打慢车使碰铁撞击行程开关，同时用万用表测试行程开关接点开闭的情况，及时调整开关的位置。使其在碰铁碰撞行程开关的撞轮时，其内部常闭点打开，常开点闭合，碰铁离开后接点自动复位。碰撞时，开关不应受到额外的应力。

极限开关的碰轮的安装同上。

在垂直于极限开关碰轮的顶部凿一洞，有的已经预留，然后在机房垂直至碰轮的顶板处安装一小滑轮，小滑轮的安装可用射钉枪射钉，然后再在电源总开关手把齿轮的垂上方顶板处同样方法安装一个小滑轮。两个滑轮应轮动灵活，然后用一根 ϕ6mm 的钢丝绳沿井道下碰轮、上碰轮经楼板穿至导轮，最后在总开手把齿轮圆辊上绕 4 圈，要顺开关断开方向，顺下后挂上重砣。在上碰轮和下碰轮处固定好。安装好将开关合上，触动上碰轮和下碰轮，开关应掉闸灵活可靠，试验不得少于 5 次。ϕ6mm 钢丝绳的安装方法同轿厢钢丝绳。

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 15-92）：

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。

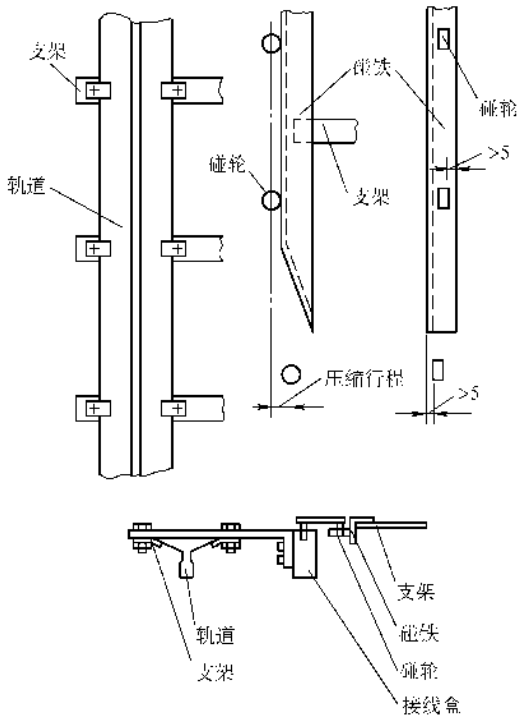


图 15-92　极限、限位、缓速开关及碰轮和碰铁安装时的调整示意图

4）将轿厢打慢车行至顶部距安全开关分线盒便于操作的位置，用软金属管将线的分线盒引至缓速和限位开关，沿途应将其固定在井壁上，混凝土井道应用射钉枪固定卡钉，砖筑井道可用胀塞木螺钉固定。

导线应留有适当的余量，开关位置经调整后，再把余量可靠固定。

接线方法及要求同前，上行限位开关 SLU 和下行限位开关 SLD 的线号是 22#、17#和 16#，17#为公共线；上行缓速开关 SUD、下行缓速开关 SDD 的线号是 18#、19#和 20#，19#为公共线。接线时应用手动方法和万用表测试一下触点的开闭情况，并把导线编号标在图样上。

（2）厅门指示和呼梯按钮的安装　厅门指示和呼梯按钮的安装应从顶层开始，主要有三项工作：一项是将线槽中的信号指示线接入每层的分线盒，再从分线盒引至厅门指示器；一项是将操作线对应接入每层的呼梯分线盒；再者就是安装厅门指示器和呼梯按钮并接好线。

1）将电梯打慢车升到顶层，人站在轿厢顶便于操作的位置，将由总线箱送来的信号指示线接入顶层的分线盒；然后丈量好顶层分线盒到下一层分线盒的距离，按照信号线的根数并留有适量余量把导线截好；把截好的导线一一对应接在顶层的分线盒下端，并把导线顺着线槽送至下层分线盒，等把顶层全部接完后轿厢降至下层时再接下分线盒；然后丈量好从顶层分线盒到顶层厅门指示器的距离，按照信号线的根数并留有适量余量把导线截好。再把金属软管的尺寸丈量好，这里要注意金属软管的两端都要进入盒内，尺寸应从每层分线盒到厅门指示盒内。把导线穿入软管内，一端送入层分线盒，另一端送入厅门信号指示器盒，送入前先用剪子把管口沿圆周每隔 5mm 剪 5mm 长的小口，送入盒内先把导线接线位置比试好，然后用旋钉螺具把管口剪好的剪口一一撅成直角，如图 15-93 所示，这样就把管和盒固定起来了，然后把软管和井壁至少固定两点。工程中，管口处一般应用配套接头。

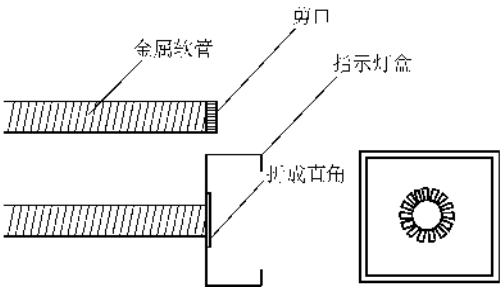


图 15-93　金属软管与盒的连接

最后接线，先找出公共零线，并把其和灯座的下端接好，通常是用一裸铜线将所有灯座的下端和其焊接，然后把零线和裸线焊好，然后分别一一对应将信号线和灯座上端接好。然后把外盖盖好，暂不上灯泡。

接线前应检查灯座的完好性，检查有无裂纹和破损。

楼层指示器接线示意图如图 15-94 所示。

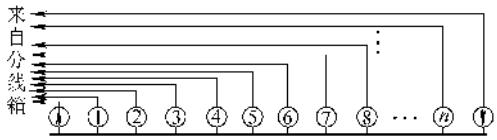


图 15-94　楼层指示器接线示意图

2）将由总线箱经线槽送来的顶层呼梯按钮线接入顶层分线盒，然后丈量到呼梯按钮的距离，截线、穿软金属管同前。接线时要注意，一是按钮线，柜上端子号为下行 $D_n \sim D_2$、上行 $B_{n-1} \sim B_1$，公共线为 9#；一是呼梯按钮指示灯线，柜上端子号为下呼 $T_n \sim T_2$、上呼 $R_{n-1} \sim R_1$，公共线为 38#；再是蜂鸣器与按钮并接的 39#、64#线。

3）将顶层接好后，打慢车行至下层，用同样的方法将线接好。行至中线箱位置时把随行电缆和中线箱端子一一对应接好，并把导线编号标在图纸上，然后下行一一接好直到最底一层。最底一层有一电梯门锁开关 S1 接线时要注意线号端子 0#和 15#。分线箱接线如图 15-95 所示。

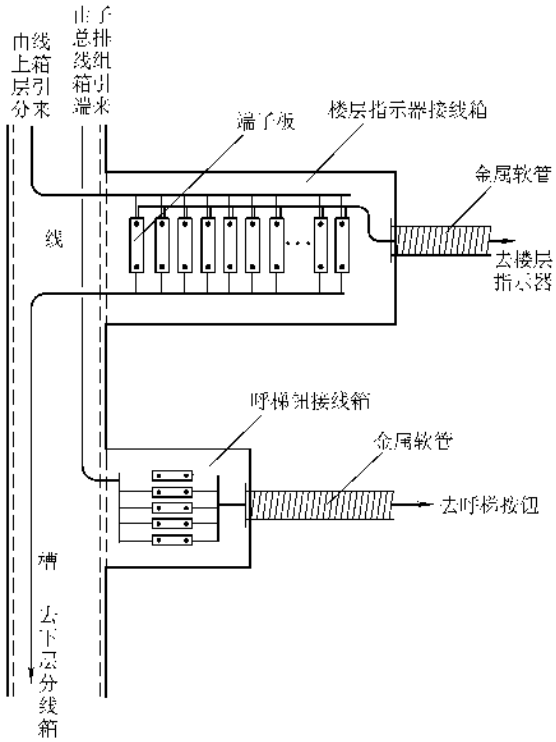


图 15-95　分线箱接线示意图

（3）井道照明及厢底照明的安装　为了便于检修，井道一般每隔 2～3 层应装一井道照明灯并安装一插座，并使用安全电压。井道照明灯一般安装于线槽附近，直接由线槽引至照明盒，或用金属软管引至安装位置，如图 15-96 所示，固定方法为混凝土井道用射钉，砖混井道用膨胀螺栓。

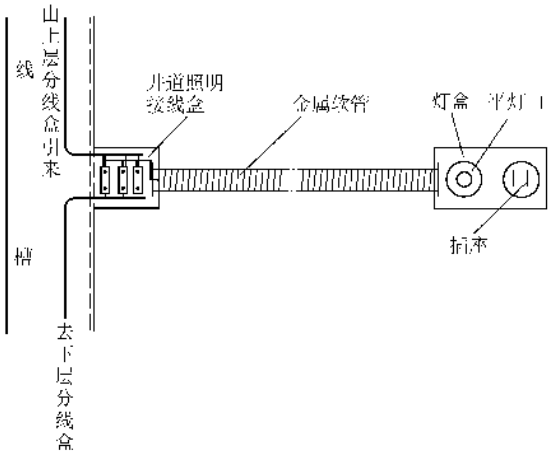


图 15-96　井道照明安装示意图

3. 安全开关、厅门开关的处理

1）在控制原理图中，SEML（底坑检修急停开关）、S2（选层器钢带张紧开关）、S3（断绳开关）、S5（安全窗开关）、S4（安全钳开关）、SEMU（轿上检修急停开关）和 SBSE（急停按钮）是串起来接在急停继电器 KAEM 的回路里的，前面已把 S5、SBSE、SEMU 的线接好，送往接线盒，由随行电缆送至了中线盒。

现在可在井道用软金属管重新布线，方法同前，把井道内的 SEML、S2、S3、S4 串接起来，由线槽引下送至中线盒，在中线盒内再和 S5、SEMU、SBSE 完成串联，再由线槽送回控制柜，接在 KAEM 的回路里。

在开关接线前应重新测试开关的性能，必须灵敏可靠，否则应更换。

2）在控制原理图中，n 个厅门开关 S7 是串联起来接在门联锁继电器 KAL 的自保回路里的，用上述方法将其串联起来，通常应从底层开始往上串接，最后送入总线箱引至控制柜，并接在 KAL 的自保护回路里。

井道电气接线完成以后同样应由几名非接线技工仔细检查一次接线，发现错误及时更正，并由接线人员证实后才可改接。

四、控制柜与控制线路的接线

到目前井道和轿厢的电气设备安装和接线已经完成，并通过线槽和随行软电缆把控制操作线和信号线经总线箱、中线箱送到了控制柜，下一步就是要完成这些线在控制柜内的接线。完成这些接线前应由非接线人员和接线人员一同再次检查井道和轿厢内的接线，以免贻误，只有确定无误后方可进行柜内接线，接线要求同控制柜的制作。

（一）随行软电缆柜内接线

前一段的安装已将线芯的编号和线路的编号标注在图纸上了，为了接线正确无误通常用下述方法查线，且边查边接，接线时镀锡压垫同前。

1）在操作盘和控制柜两处分别有两人操作，按安装时在图上的标号用对讲机、万用表或对线器核对线号。查线和接线应按电路图的先后顺序进行。

2）用对讲机联系，接轿内电源钥匙开关 ST_1 的线，控制柜侧先按图上的标号找出 ST_1 的两根线，然后将万用表的欧姆挡接在两根线的线端。接好后用对讲机联系，让操作盘侧用钥匙开动开关，万用表应有指示，接通时万用表指针指向零，断开时万用表指针指向∞，这时说明 ST_1 的两根线正确。然后把两种线接在控制柜 1#和 2#端子上（见控制图）。

3）用上述方法，将以下开关、接点一一按顺序接好。

①　将开门钮 SBOF 常开点的两根线接在 12#和 7#的端子上。

②　将安全触板开关 1S8、2S8 和开门钮 SBOF 常闭点按图串联起来，接在 8#和 10#的端子上，串联的接点是在轿厢接线盒内进行的。

③　将关门按钮 SBON 的两根导线并接在 10#和 11#的端子上。

④　将轿内检修开关 SI_2 和轿顶检修开关 S_6 串联后接在 8#和 9#的端子上，串联的接点同样是在轿厢接线盒内进行的。

⑤　将上平层干簧管接点 SQU 和下平层干簧管接点 SQD 的常开点分别接在 13#和 5#、14#和 5#的端子上。

⑥　将关门行程开关 3STON 接在 20#和 21#的端子上。

⑦　将直驶按钮 SB 的常闭点接在 25#和 9#的端子上，SB 常开点接在 23#和 24#的端子上。

⑧　将图 15-78 中“轿内自动定向外截车控制区”的轿内上行检修按钮 SBIU、轿内下行检修按钮 SBID、轿顶上行检修按钮 SBOU 和轿顶下行检修按钮 SBOD 在轿厢接线盒内连接好，然后将其分别并接在 26#和 27#的端子上，图中 12#端子线应接在系统的 12#端子上，见②区。

⑨　将开门行程开关 2STOF 常闭点和关门行程开关 3STON 的常闭点分别接在 3#和 30#、1#和 33#的端子上，见⑦区。

⑩　将安全触板开关 1S8、2S8 和开门按钮 SBOF 的常开点并联后接在 30#和 31#的端子上，见⑦区。

⑪　将轿内选层按钮（1～n）SBI 每个按钮的进线端在操作盘内连接在一起作为公共端接在控制柜 9#端子上，每个按钮的出线端分别对应接在 A_1、$A_2 \cdots A_n$ 的端子上，见④区。

同时将轿内选层信号灯（1～n）HIL 的一端在操作盘内连接在一起接在 38#的端子上，另一端分别对应接在 H_1、$H_2 \cdots H_n$ 的端子上，见⑧区。

⑫　将轿内向上、向下方向指示灯 HIU 和 HID 的一端接在 38#端子上，另一端分别接在柜内 40#和 41#端子上，见⑧区。

⑬　将轿内指层灯（1～n）HI 的一端并在一起，接在 38#的端子上，另端一一对应接在由选层器轿厢位置指示的$E_n \cdots E_1$ 端子上。

⑭　将厢内照明灯 ELI 和排风扇 FS 按⑧区图中接好，引接到柜内 7FU 熔断器下闸口，同时将轿顶检修灯、插座接好。

⑮　将蜂鸣器 HA2 的一端接在 38#端子上，另一端接在控制盘内的 64#端子上，准备与由井道呼梯按钮引来的线连接，其线是软电缆由总线盒或中线盒引来的。

⑯　将超重保护线和报警线接好。

⑰　检查所有的接线，应牢固正确。

（二）线槽导线在柜内的接线

井道内各种安全开关、按钮、信号灯、插座照明的接线已在安装中完成，并和井道内各分线厢接好。现在就是要把线槽中的导线经查对核实无误后，接在控制柜的相应端子上。

1）井道底、轿厢和控制柜各有一人手持布话机，并将 KAEM 急停继电器装设在井道里的安全开关常开点闭合，控制柜侧按图上标号查出该回路送往控制柜的两根线，用万用表欧姆挡测量应指向零位，然后分别断开任一开关，指针应指向∞，再闭合应指零，反复试验无误后，将两根线分别接在 2#和 4#端子上。

2）用上述方法将串联好的厅门开关 S_7 接在 8#和 7#端子上。

3）用上述方法将上行限位开关 SLU 接在 17#和 22#端子上，将下行限位开关 SLD 接在 16#和 17#端子上，将上行缓速开关 SUD 接在 18#和 19#端子上，将下行缓速开关 SDD 接在 19#和 20#端子上。

4）厅门按钮 SBU 和 SBD 及呼梯指示、蜂鸣器的接线应从一楼开始，并与控制柜侧各手持步话机联系，先查出线号，接万用表，按动按钮指示为零，松开按钮指向∞，即可把按钮线接在 9#端子和 B_1#端子上；从二楼起到顶层的下一层均有上下呼梯按钮，查出线号后即把线分别接在 B_2 和 D_2 端子上，至顶层只有下行按钮，查线后接在 D_n 端子上。同时呼唤信号灯的线查出后对应接在柜内 R#或 T#端子上，公共端接在 38#端子上。

5）厅门信号指示从总线箱上找出线号，控制柜侧将厅外下方向灯 HOD 和厅外上方向灯 HOU 接在 40#和 41#端子上，公共端接到 38#端子上；厅门指层信号灯按层号接在由选层送来的相应端子上 E′，公共端接在 38#端子上（图 15-78 中没有厅门指层信号灯）。

6）把井道照明电源接在 0#和 70#端子上。

上述接线完成后应仔细查对一次，以免有错误。必要时可先送上电源，观察厢内和厅门的楼层指示是否正确，否则不能试车。

五、接地系统的安装

电梯系统中的电源有交流和直流，控制系统中也有交流和直流，电压也不相同，三相和单相交流电贯穿于电梯机房、井道、轿厢等处。为了保证人身安全、防止间接触电，电梯系统必须可靠接地。

（一）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。

（二）接地系统的布置

1）电梯常采用 TN-C-S 系统的保护方式，如图 15-97 所示。

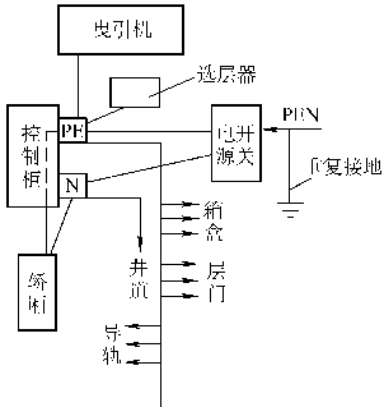


图 15-97　零线和地线分开设置的保护接地方式（TN-C-S）

2）TN-C 系统布置示意图如图 15-98 所示，但电梯一般不得采用。

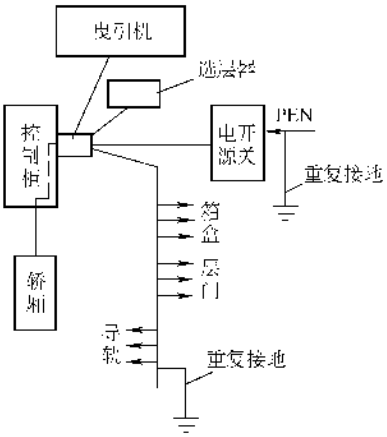


图 15-98 零线和地线合并设置的保护方法（TN-C）

3）电梯接地的设备有曳引机组、电源总开关、控制柜、操作盘、线槽、轿厢、导轨、箱、盒等所有金属部件或构件。

4）安装接线的方法：接地干线的敷设一般和电源电缆一同进行，先将电缆沿井道中电源总开关放下的垂线敷设在墙上，送入总开关，再将接地线 ϕ12mm 镀锌圆钢敷设在墙上，下端做重复接地，上端与总开关接地端子可靠连接，然后将开关的零线端子与电源的工作零线连接，开关接地端子再与柜内接地端子电气连接。这样就从进开关处将工作零线与接地线严格分开了。首先把机房内的曳引机、电动机、选层器及电阻箱外壳的接地端子与柜内接地端子电气连接，然后从柜内接地端子接一根 10mm^2 的铜线送入井道接线箱的接地端子上，作为井道接地干线。随行电缆两线芯也接在柜内接地端子上送入轿厢，作为轿厢接地干线。井道电气设备外壳的接地和轿厢本体及操作盘上的接地螺栓应与地干线可靠连接。

在底坑将导轨和接地线连接并重复接地。

所有做法应按第十四章第三节接地系统的安装的要求进行。系统中接地保护线（PE）应与工作零线（N）严格分开。

第七节 微机控制交流变频调速电梯的安装

电梯的结构和控制技术随电子技术、微机技术和变频技术的发展也在不断发展，微机控制交流变频调速电梯也越来越普及，这里仅以典型的上海新时达电气有限公司生产的电梯为例讲述新型微机控制交流变频调速电梯的安装。微机控制交流变频调速电梯与前述内容有很多相同的地方，这里仅讲述不同之处。

一、图样分析及安装接线要点

（一）系统结构

系统结构如图 15-99 所示。

由图可知，系统由 6 部分组成。

1. 控制柜

包括调整器（变频器）、继电器、接触器（主要是接通/断开曳引电动机回路和变频器主回路的）、微机主控板等。微机主控板是系统控制的中心部件。

2. 曳引电动机和旋转编码器

曳引电动机由调速器（变频器）驱动，信号由主板发出，而主板接受厅外及轿厢的信号而工作。旋转编码器是按旋转周数而确定轿厢位置的。

3. 井道

主要包括安全开关、位置开关、厅门锁等，以控轿厢的位置及安全保护等。

4. 轿厢

轿厢接受厅外的信号，进行停靠平层、门机进行开关门动作。由轿厢控制器控制接受信号后发出停靠信号，并确定平层。

5. 厅外

主要是召唤按钮及其控制器，发出电梯运行信号（上/下）和停靠信号。

6. 各类保护

如超载、满载、限位、安全触板等。

7. 系统元件设备代号表（见表 15-16）。

表 15-16 元件代号表

元件代号	元件定义	型号及规格	置放处所	备注
AP1	光耦隔离板		控制柜	
BKU	制动单元		控制柜	
BIT	涡流制动器		轿顶	迅达 QKS9 门机有
C1	抱闸电容		控制柜	
EL1	轿顶 36V 照明灯		轿顶	
EL2	底坑 36V 照明灯		底坑	
EL3	轿厢照明灯		轿厢	
EL4	轿厢照明灯		轿厢	
F1	220V 刀开关		机房	
FM1	快速熔断丝		机房	

（续）

元件代号	元件定义	型号及规格	置放处所	备　注
FR1～FR3	快速熔断丝		机房	
FU1	快速熔断丝		控制柜	24V
FU2	快速熔断丝		控制柜	110V
FU3	快速熔断丝		控制柜	220V
FU4	快速熔断丝		控制柜	36V
HAA	警铃		井道	
HAB	蜂鸣器		轿厢	
HAD	下到站钟		轿底	
HAU	上到站钟		轿顶	
HC1～HCN	指令灯		轿厢	
HCL	关门灯		轿厢	
HD1～HDN	下召灯		召唤盒	
HFN	风扇		轿厢	
HOL	超载灯		轿厢	
HOP	开门灯		轿厢	
HU1～HUN	上召灯		召唤盒	
JRET	门机抱闸开关		轿顶	迅达 QKS9 门机有
KAC	关门继电器		控制柜	
KAD	厅门锁继电器		控制柜	
KAE	照明继电器		控制柜	
KAGC	群控转换继电器		控制柜	
KAO	开门继电器		控制柜	
KAP	相序继电器		控制柜	
KAQ	提前开门继电器		控制柜	
KAS	安全回路继电器		控制柜	
KMB	抱闸接触器		控制柜	
KMC	主接触器		控制柜	
KMY	辅助接触器		控制柜	
KMZ	抱闸强激接触器		控制柜	

（续）

元件代号	元件定义	型号及规格	置放处所	备　注
M	主机		机房	
MDO	门机电动机		轿顶	
MGH	门机抱闸		轿顶	迅达 QKS9 门机有
PG	旋转编码器		机房	
PG-B2	反馈卡		控制柜	安川变频器用
PHO-M	对讲母机		机房	
PHO-S	对讲子机		轿厢	
QF	380V 断路器		机房	
RB	制动电阻		控制柜	
RCL	关门电阻		轿顶	
RMD	门机总电阻		轿顶	
ROP	开门电阻		轿顶	
RZ1	抱闸维持电阻		控制柜	
RZ2	抱闸续流电阻		控制柜	
SAD2	门机电源开关		控制柜	两联
SAD3	门机电源开关		控制柜	三联
SBB	警铃按钮		井道	
SBC1～SBCN	指令按钮		轿厢	
SBCD	轿厢下行按钮		轿厢	
SBCL	关门按钮		轿厢	
SBCU	轿厢上行按钮		轿厢	
SBD1～SBDN	下召按钮		召唤盒	
SBOP	开门按钮		轿厢	
SBPD	控制柜下行按钮		控制柜	
SBPS	直驶按钮		轿厢	
SBPU	控制柜上行按钮		控制柜	
SBTD	轿顶下行按钮		轿顶	
SBTU	轿顶上行按钮		轿顶	
SBU1～SBUN	上召按钮		召唤盒	

（续）

元件代号	元件定义	型号及规格	置放处所	备　注
SHC	轿厢照明开关		轿厢	
SHL	底坑36V照明开关		底坑	
SHT	轿顶36V照明开关		轿顶	
SLC	开门到位开关		轿顶	
SLDL	下极限开关		井道	
SLDT	下强迫停车开关		井道	
SLO	开门到位开关		轿顶	
SLUL	上极限开关		井道	
SLUT	上强迫停车开关		井道	
SM-01-F3	主控制板		控制柜	
SM-02-B	轿厢控制板		轿厢	
SM-03-B	轿厢指令控制板		轿厢	
SM-04	厅外召唤和显示板		召唤盒和轿厢	
SMC	轿门锁		轿厢	
SMH1～SMHN	1～*N*层厅门锁		井道	
SQD	下平层感应器		轿顶	
SQE	安全触板行程开关		轿厢	
SQM	门区感应器		轿顶	
SQU	上平层感应器		轿顶	
SRCI	轿厢检修开关		轿厢	
SRK	锁梯钥匙开关		基站	
SRP	控制柜检修开关		控制柜	
SRT	轿顶检修开关		轿顶	
SSAN	安全钳开关		轿顶	
SSAW	安全窗开关		轿顶	
SSBB	对重缓冲器开关		底坑	
SSC	关门减速开关		轿顶	
SSCB	轿厢缓冲器开关		底坑	
SSD	下强迫慢车开关		井道	
SSDL	下行多层强慢开关		井道	

（续）

元件代号	元件定义	型号及规格	置放处所	备　注
SSFU	满载开关		轿底	
SSLS	限速器开关		机房	
SSO	开门减速开关		轿顶	
SSOL	超载开关		轿底	
SSRG	断绳保护开关		底坑	
SSU	上强迫慢车开关		井道	
SSUL	上行多层强慢开关		井道	
STC	轿厢急停开关		轿厢	
STL	底坑急停开关		底坑	
STP	控制柜急停开关		控制柜	
STT	轿顶急停开关		轿顶	
SW	单联断路器		控制柜	
SWD	司机/自动转换开关		轿厢	
SWFL	消防开关		撤离站	
SWN	风扇开关		轿厢	
SWV	独立运行开关		轿厢	
TCO	控制变压器		控制柜	
TPB	开关电源		控制柜	
TSF	36V照明变压器		控制柜	
UFC	主变频器		控制柜	
UFD	门机变频器		轿顶	
UR1	24V整流桥		控制柜	
UR2	110V整流桥		控制柜	
UR3	抱闸续流二极管		控制柜	
V	电压表		控制柜	
XS1	轿顶220V插座		轿顶	
XS2	底坑220V插座		底坑	
XS3	轿顶36V插座		轿顶	
XS4	底坑36V插座		底坑	
YBK	抱闸线圈		机房	
YDO	门机励磁		轿顶	

（二）变频器控制主回路及接线

变频器控制主回路如图15-100所示。

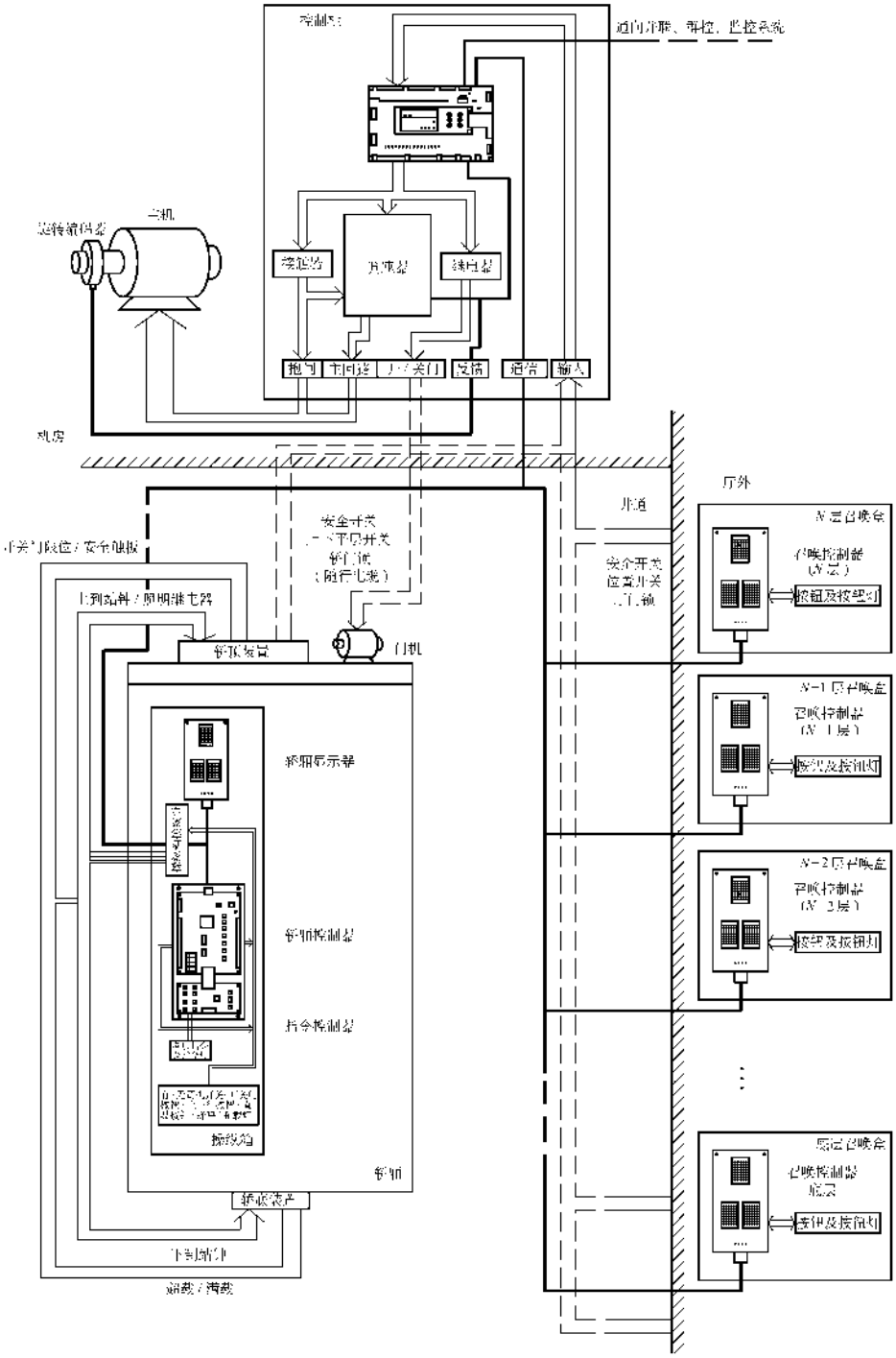


图 15-99　微机控制交流变频调速电梯的系统结构图

1）变频器 UFC 的进线端 R、S、T 端子直接与电源经电容器 FR1 ~ FR3 和接触器 KMC 连接，其相线端 U、V、W 经接触器 KMY 与主曳引电动机 M 连接。同时旋转编码器与 M 同轴，其直接由 UFC 的 TA1 端子控制。

2）变频器 UFC 直接与主控电脑板 SM-01-F3 连接。

3）UFC设置制动单元BKU，RB为制动电阻；

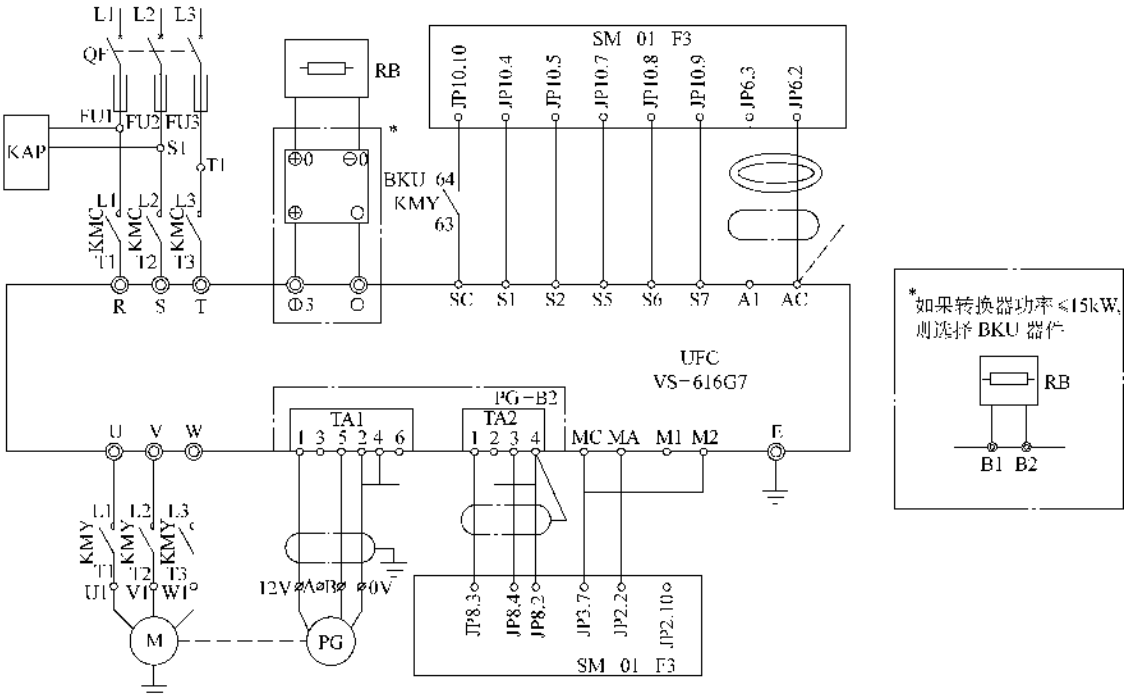


图 15-100 变频器控制主回路接线图

当 M < 15kW 时，可不设置 BKU，而只设置制动电阻 RB。

4）电源主回路设置相序继电器 KAP，以确保相序的正确，使电梯准确上升/下降。

（三）电脑控制板及接线

电脑控制板取代了复杂的继电器控制系统。共有电脑控板 4 块，主控电脑板、轿厢电脑板、指令电脑板和召唤显示电脑板。

1. 主控电脑板 SM-01-F3（见图 15-101）

主控电脑板的电源是由控制电源（见图 15-101）经开关电源 TPB 取得的。主控电脑板接收井道信号电缆（TXV）和轿厢信号电缆（TXA）的信号，经运算后确认信号，并按其程序运行，驱动抱闸接触器（KMB）、抱闸强激接触器（KMZ）、主接触器（KMC）、辅动接触器（KMY）和继电器 KAC（关门）、KAD（厅门锁）动作，电梯按锁定程序开始运行。

输入到主板的信号还有 SLUT（上强迫停车开关）、SLDT（下强迫停车开关）、SSU（上强迫慢车开关）、SSD（下强迫慢车开关）、SQU（上平层感应器）、SQD（下平层感应器）、SWFI（消防开关）以及继电器接触器的触点，如 KAS（安全回路继电器）、KAD（厅门锁继电器）、KMC（主接触器）、KMY（辅助接触器）和 KMB（抱闸接触器）等。

这些输入信号都需要在现场用电缆进行接线，接线必须正确无误。

2. 轿厢电脑板 SM-02-B（见图 15-102）

轿厢电脑板的电源是由控制电源直接取得的。轿厢电脑板接收信号电缆 TXV 和 TXA 的信号，经运算后确认信号，并按其程序运行。输入到轿厢板的信号还有 SLO（开门到位开关）、SLC（关门到位开关）、SQE1 和 SQE2（安全触板行程开关）、SSOL（超载开关）、SSFU（满载开关）、SWD（司机/自动转换开关）、SWV（独立运行开关）、SBPS（直驶按钮）等。

轿厢板上还接有 HOL（超载灯）、HAB（蜂鸣器）、HOP（开门灯）、SBOP（开门按钮）、HCL（关门灯）和 SBCL（关门按钮）等。

轿厢板的 JPT 点直接与轿厢指令电脑板 SM-03-B 连接。

同样这样的信号均在现场用电缆接线。

3. 轿厢指令电脑板 SM-03-B（见图 15-103）

轿厢指令电脑板与轿厢主板是直接接口的，每块板可供 8 层使用，即 JP1 ~ JP8，接有指令灯（HC）和指令按钮（SBC），作为轿内选层指示和按钮。图 15-103 用了两块 SM-03-B，可供 16 层使用，板与板之间直接接口。

指令板的接线已由厂商完成，但应查找，特别是出现故障时。

4. 厅外召唤和显示板 SM-04（见图 15-104）

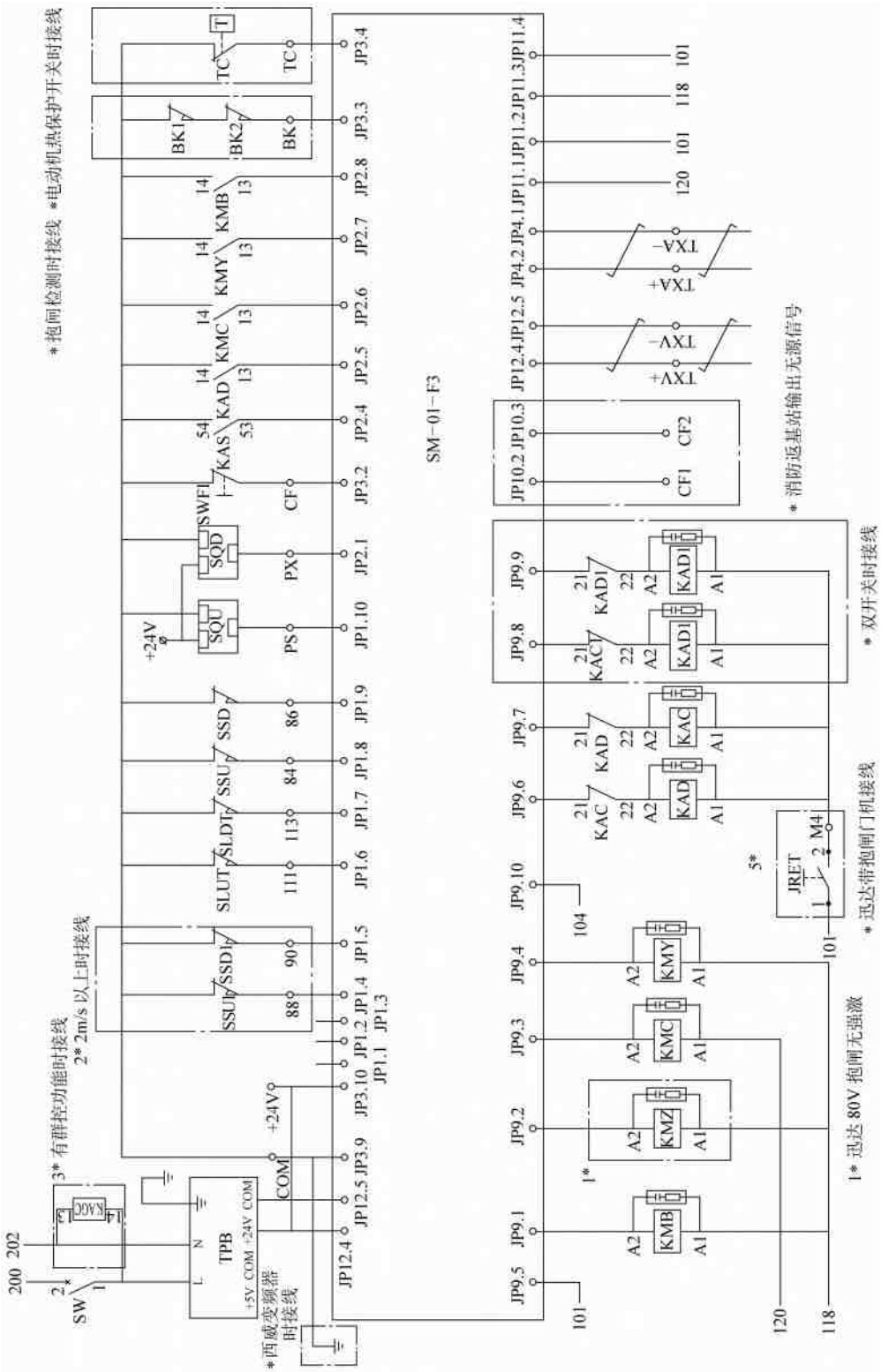


图 15-101　主控电脑板 SM-01-F3 接线图

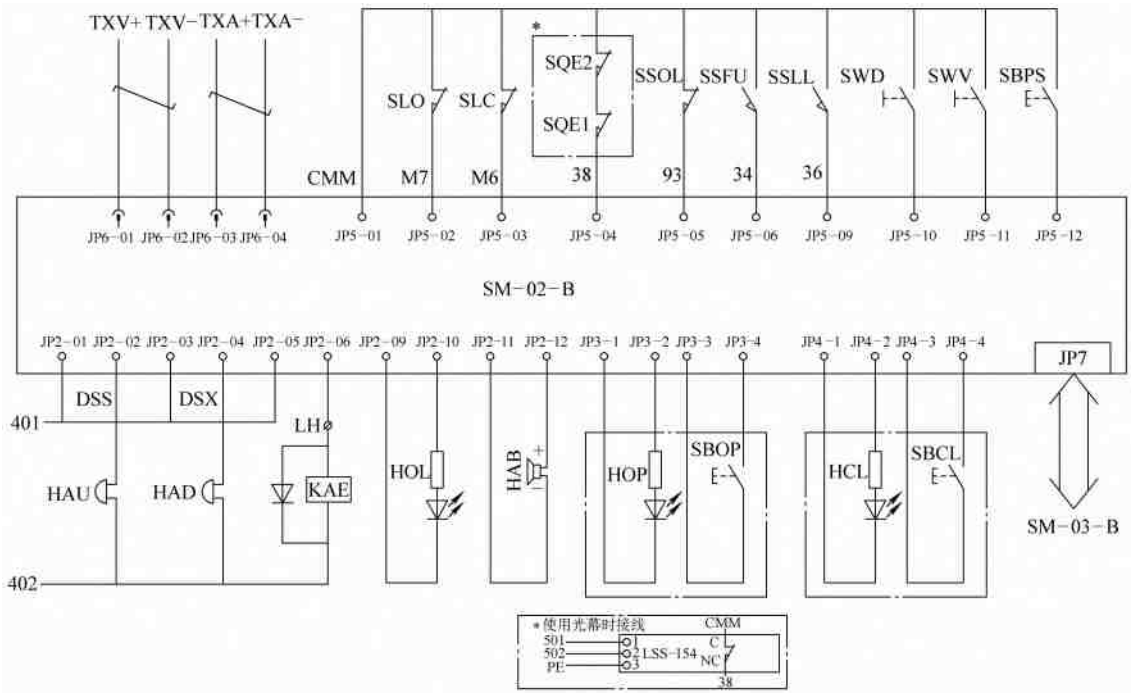


图 15-102 轿厢电脑板 SM-02-B 接线图

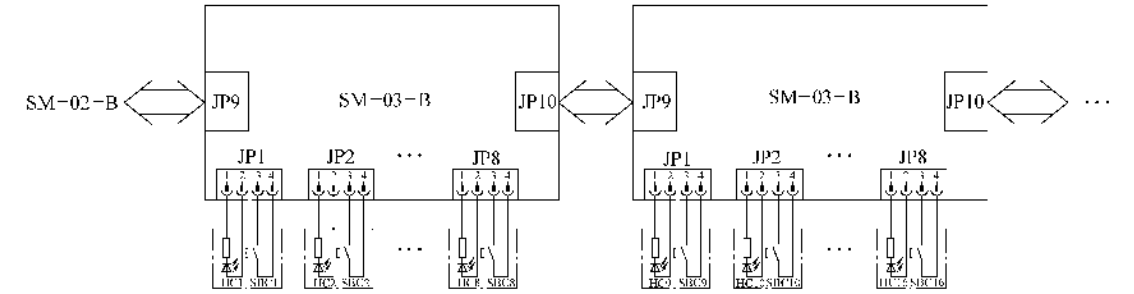


图 15-103 轿厢指令电脑板 SM-03-B 接线图

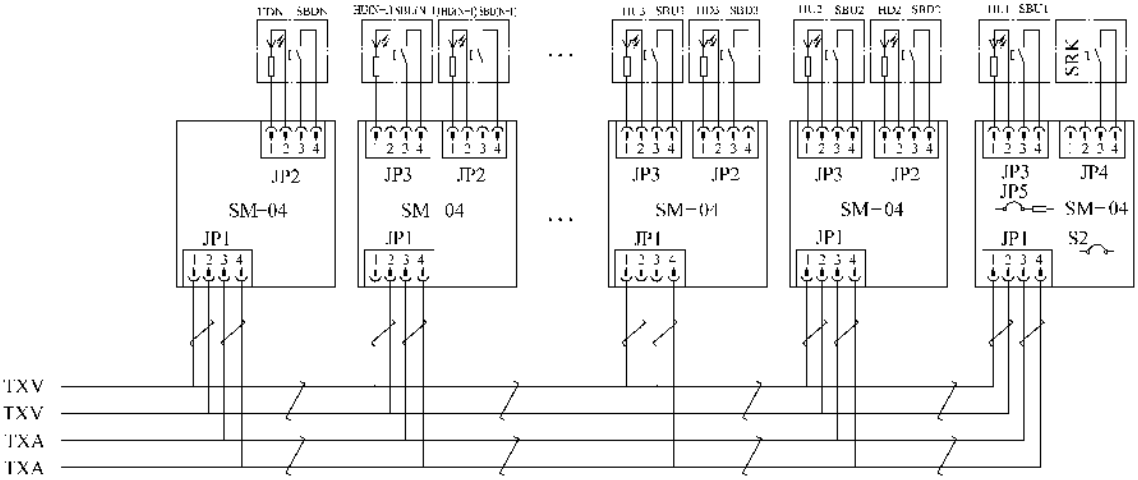


图 15-104 厅外召唤和显示板 SM-04 接线图

厅外召唤和显示板每层一块，接有上下召唤灯（HU、HD）和上下召唤按钮（SBU、SBD）供乘梯人使用。这些线已由厂家接好。

厅外召唤和显示板均与电缆 TXV、TXA 连接，这些线均在召唤盒及电缆中装好后在现场连接。

（四）安全及制动回路和接线

安全及制动回路如图 15-105 所示。

安全及制动回路与继电器控制电梯基本相同，分为 3 个部分。一是安全回路继电器（KAS），二是厅门锁继电器（KAD），三是制动抱闸线圈（YBK）。

这些接线都是在现场完成的，图中标注可由表 15-16 查询。

（五）门机回路和接线

门机回路如图 15-106 所示。

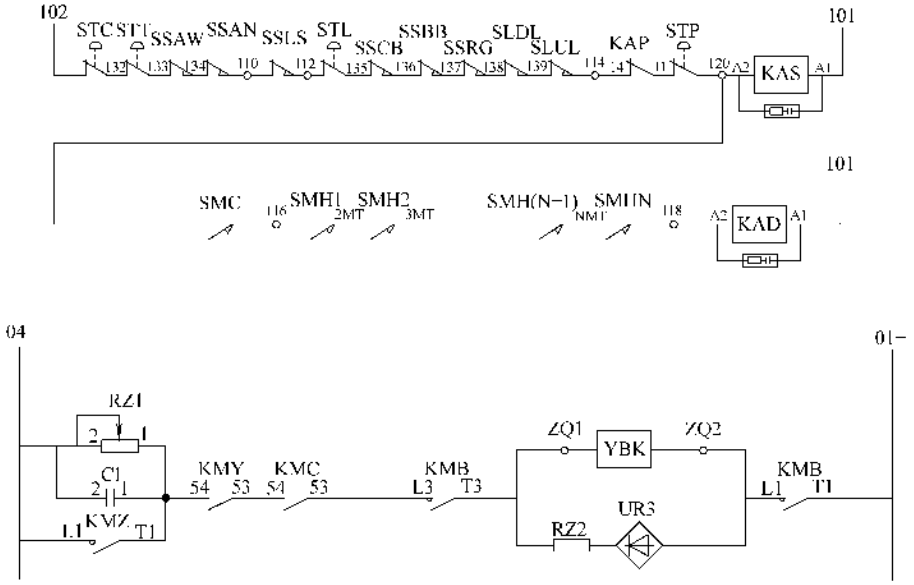


图 15-105　安全及制动回路接线图

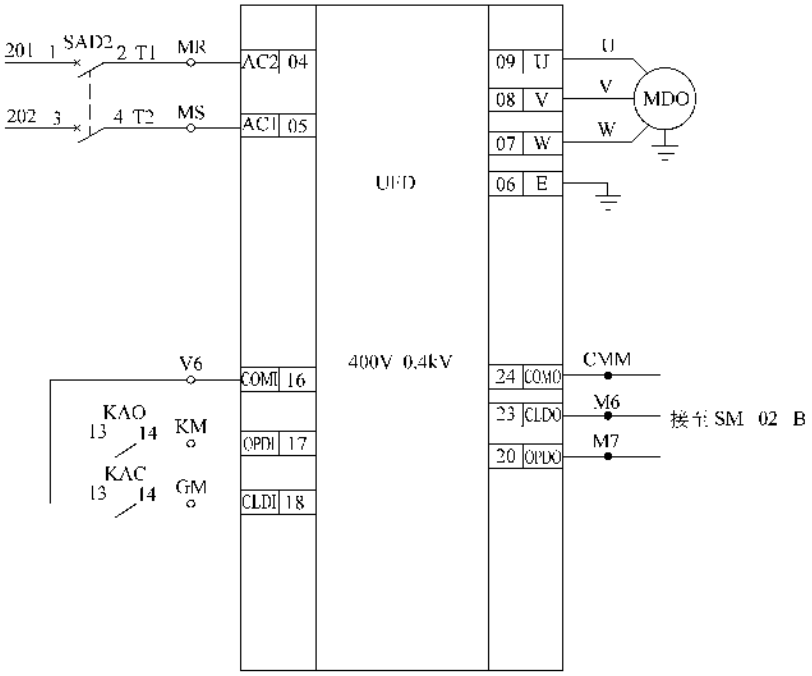


图 15-106　门机回路接线图

门机电动机 MDO 是由门机变频器（UFD）直接控制的。电源由控制电源经门机电源开关 SAD2 取得。MDO 直接与 UFD 连接。UFD 的输入信号由开、关门继电器（KAO、KAC）接点引入，其他信号来自轿厢主板 SM-02-B，这些接线均在现场完成。

（六）电缆布线图

微机控制交流变频调速电梯的电缆布线图有很多，也很复杂，接线是一项烦琐而必须细致的工作。任何安装者都不得掉以轻心，不得粗心大意，否则将会给调试、试车带来很大的麻烦。

电缆布线图主要有井道电缆布线图、井道分支电缆布线图、厅门锁电缆布线图、井道呼梯电缆布线图、随行电缆布线图、轿顶分支电缆布线图等，详见图 15-107 ~ 图 15-116。

1）井道电缆布线图最主要的是要将各种开关、元件的接点接对，主要有 SLUL（上极限开关）、SLUT（上强迫停车开关）、SSU（上强迫慢车开关）、SSUL（上行多层强慢开关）、SSDL（下行多层强慢开关）、SSD（下强迫慢车开关）、SWFL（消防开关）、HAA（警铃）、SLDT（下强迫停车开关）、SLDL（下极限开关）以及底坑内的 SSCB（轿厢缓冲器开关）、SSBB（对重缓冲器开关）、STL（底坑急停开关）、SSRG（断绳保护开关）、插座 XS、照明灯（ELZR）开关 SHL 等。

2）井道分支电缆布线图即为井道电缆布线图的分支，它详细说明了各元件、开关、接点的接线。

3）厅门锁电缆布线图详细说明了 1 ~ N 层厅门锁（SMH）的接线，其中要特别注意保护线 PE 的连接。

4）井道呼梯电缆布线图是电缆 TXV、TXA 与呼梯盒（装有楼层指示、运行方向指示的 SM-04 板）的接插件接线端子 CH-4 的连线图，读图时该图应与召唤和显示板 SM-04 接线图共同阅读，接线全部在现场接线。

5）随行电缆布线图是控制屏与轿顶接线端的连接图，全部现场接线。

6）轿顶分支电缆布线图共有 5 张，详细说明了门区开关（上平层感应器、下平层感应器），轿门锁，安全窗开关，安全钳开关，触板开关，超载、满载、轻载开关，轿厢风扇及照明，到站钟，门机开关门信号，检修上下行开关，检修优先开关，轿顶急停开关，轿顶照明插座，轿厢控制板接插件（CH-4）的接线及轿顶接线箱操纵盘端子台的接线。电缆布线接线图全部现场接线，接线时必须用通信工具来核对接线，保证 100% 正确。

（七）布线图

布线图共有 4 张，如图 15-117 ~ 图 15-120 所示，其中井道布线图与前述井道电缆布线图对应，轿顶布线图与前述轿顶分支电缆布线图对应，轿厢布线图与前述轿厢电脑板 SM-02-B 接线图对应。

机房布线图详细说明了由控制框引出的呼梯通信线 TXV 和 TXA、井道电缆、随行电缆的接线端子号及与主电动机、抱闸、旋转编码器的布线。另外，电源的引入和限速器的引出也标注在了机房布线图上。

（八）系统总图

系统电缆总图如图 15-121 所示。

系统总图详细说明了电梯控制柜、主电动机、限速器、井道、呼梯钮、轿厢、轿顶、底坑、线缆的来龙去脉，它与系统结构图对应。

（九）相关图纸

相关图纸还有控制电源接线图、检修回路接线图、照明回路接线图、对讲机回路接线图，如图 15-122 ~ 图 15-125 所示。请读者自行分析。

（十）主板参数检查

全部接线完毕后，应对主板参数进行核查，不符应即时纠正。以 SM-01-F3 为例，可根据表 15-17 检查主板参数，加#参数根据电梯规格设置。

二、布线技术总体要求

（一）电缆的要求

1. 井道及随行电缆布线（见图 15-126）

2. 电缆布线要求

井道内电缆和随行电缆中均有四根用于通信的电缆，即 TXV +、TXV −、TXA + 和 TXA −，对其必做到以下几点：

1）防止通信电缆 TXV +、TXV −、TXA +、TXA − 与其他电缆之间短路。通电之前，必须用万用表检查这四根电缆与其他电缆间是否有回路，如，24V、36V、110V、220V、380V 或其他电源电缆。必要时应测其绝缘电阻。

2）TXV +、TXV − 提供各分支点 24V 电源（分支点包括轿厢内的轿顶控制器、轿厢控制器和轿厢显示器以及各召唤箱控制器），要求线径 $\geqslant 0.75\text{mm}^2$。

3）TXA +、TXA − 为主控制器与各分支点之间的通信总线。

4）采用非屏蔽双绞线，建议 TXA + 为黄色，TXA − 为绿色。

5）双绞线规格：特性阻抗 120Ω，允许范围 ±10%；
绞合节距：≤30mm；
线径：$\geqslant 0.75\text{mm}^2$。

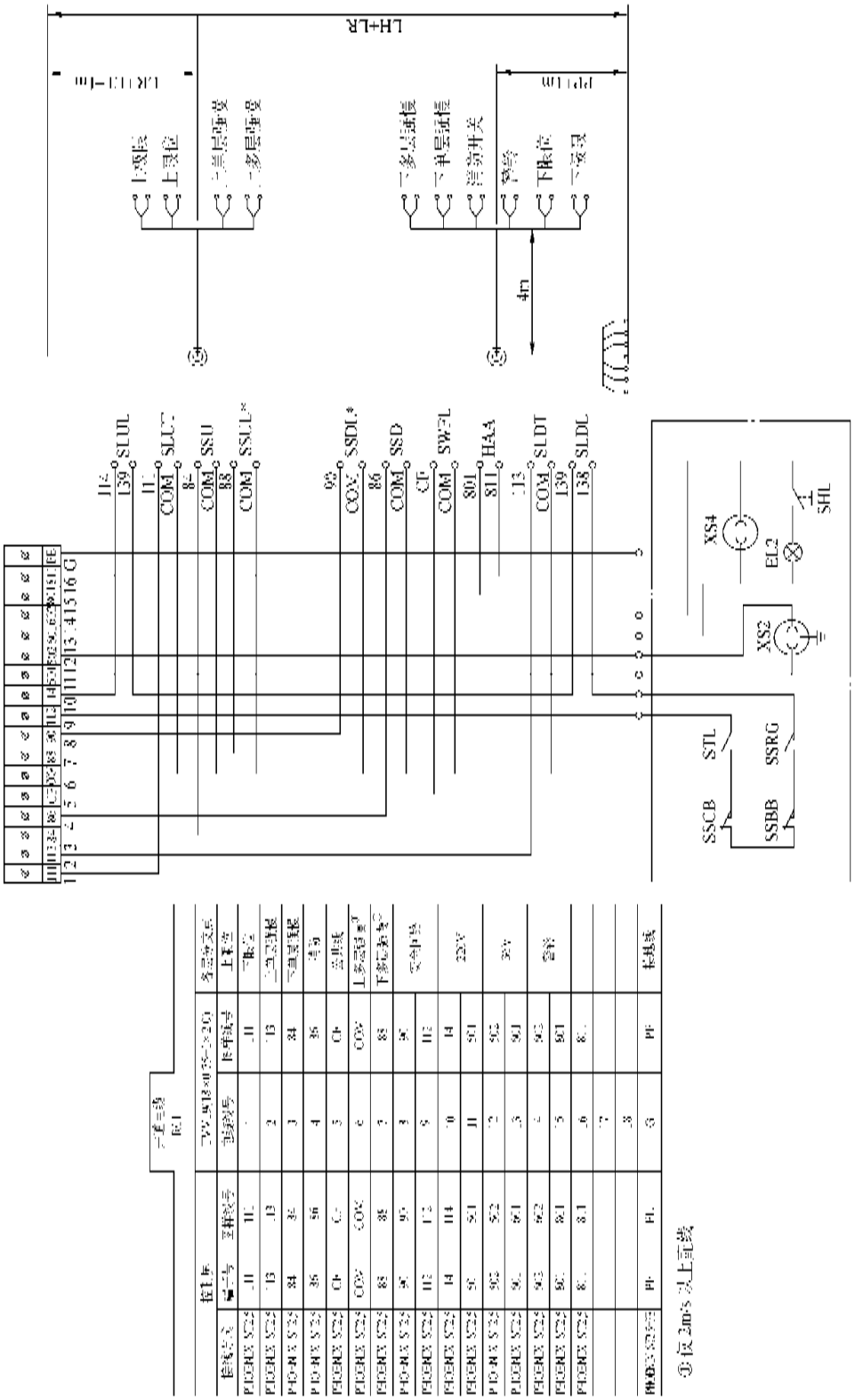


图 15-107　井道电缆布线图

L=4.0m			分支电缆 H01		
顶层分支盒			TVV2 (2×0.75)		上极限 (SLUL)
电缆名称	三端线号	图样线号	电缆线号	图样线号	
井道三端	10	114	1	114	电缆端子
R01	10	139	2	139	电缆端子

L=4.0m			分支电缆 H02		
顶层分支盒			TVV2 (2×0.75)		上极限 (SLUL)
电缆名称	三端线号	图样线号	电缆线号	图样线号	
井道三端	1	111	1	111	电缆端子
R01	6	COM	2	COM	电缆端子

L=4.0m			分支电缆 H03		
顶层分支盒			TVV2 (2×0.75)		下强迫 (SSU)
电缆名称	三端线号	图样线号	电缆线号	图样线号	
井道三端	3	84	1	84	电缆端子
R01	6	COM	2	COM	电缆端子

L=4.0m			分支电缆 H04		
基站分支盒			TVV2 (2×0.75)		消防开关 (SWFI)
电缆名称	三端线号	图样线号	电缆线号	图样线号	
井道三端	5	CF	1	CF	电缆端子
R01	6	COM	2	COM	电缆端子

L=4.0m			分支电缆 H05		
基站分支盒			TVV2 (2×0.75)		下极限(SLDL)
电缆名称	三端线号	图样线号	电缆线号	图样线号	
井道三端	10	139	1	139	电缆端子
R01	10	138	2	138	电缆端子

L=4.0m			分支三端 H06		
基站分支盒			TVV2 (2×0.75)		下限位 (SLDT)
三端名称	三端线号	图样线号	三端线号	图样线号	
井道三端	2	113	1	113	电缆端子
R01	6	COM	2	COM	电缆端子

L=4.0m			分支三端 H07		
基站分支盒			TVV2 (2×0.75)		下强迫 (SSD)
三端名称	电缆线号	图样线号	三端线号	图样线号	
井道三端	4	86	1	86	电缆端子
R01	6	COM	2	OMC	电缆端子

L=4.0m			分支三端 H08		
基站分支盒			TVV2 (2×0.75)		警铃 (HAA)
三端名称	电缆线号	图样线号	三端线号	图样线号	
井道三端	15	801	1	801	电缆端子
R01	16	811	2	811	电缆端子

L=4.0m			分支三端 H09①		
顶层分支盒			TVV2 (2×0.75)		上多层强迫 (SSU1)
三端名称	电缆线号	图样线号	三端线号	图样线号	
井道三端	7	88	1	88	电缆端子
R01	6	COM	2	COM	电缆端子

①仅2m/s以上有。

L=4.0m			分支三端 H10①		
基站分支盒			TVV2 (2×0.75)		下多层强迫 (SSD1)
三端名称	电缆线号	图样线号	电缆线号	图样线号	
井道三端	8	90	1	90	电缆端子
R01	6	COM	2	COM	电缆端子

①仅2m/s以上有。

图 15-108　井道分支电缆布线图

井道电缆 R02					
控电屏			TVV3 (2×0.75+1×2.0)		各层分支点
接线方式	端子号	芯样线号	电缆线号	图中线号	
PHOENIX ST2.5	116	116	1	116	厅门锁
PHOENIX ST2.5	118	118	2	118	
PHOENIX ST2.5-PE	PE	PE	G	PE	接地线

L=4.0m			分支电缆 HDN		(n−1)根
各层分支盒			TVV3 (2×0.75+1×2.0)		厅门锁
电缆之间	电缆线号	芯样线号	电缆线号	芯样线号	
井道电缆 R02	2	118	1	118	电缆端子
	2	118N	2	118N	电缆端子
	PE	PE	G	PE	接地线

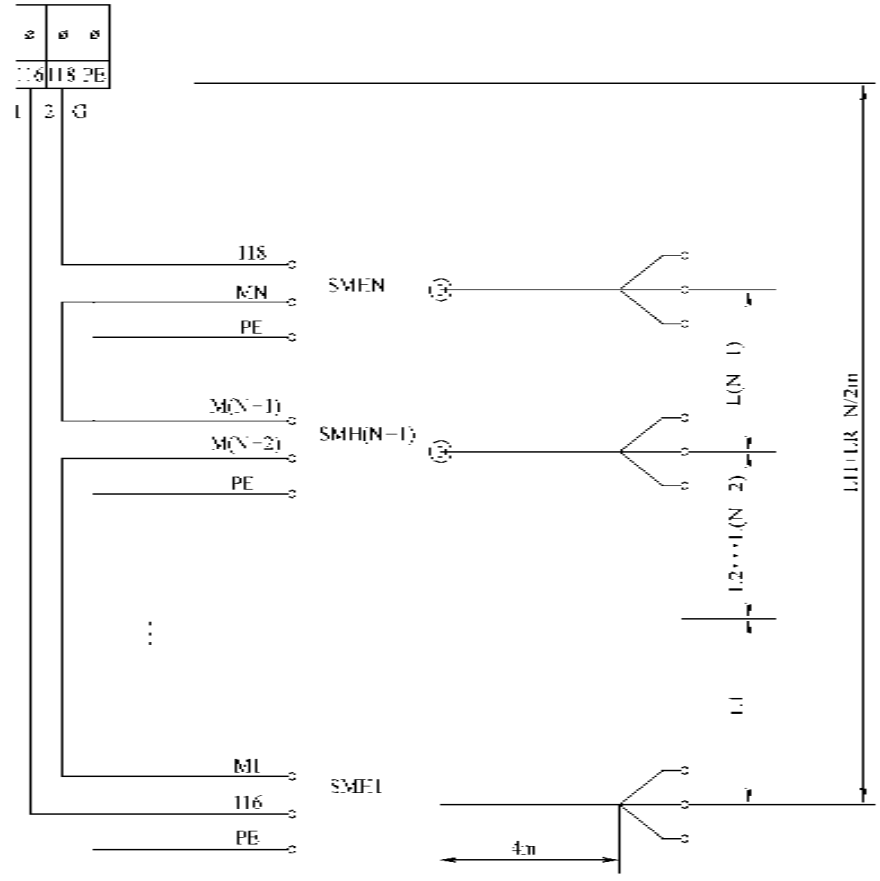


图 15-109　厅门锁电缆布线图

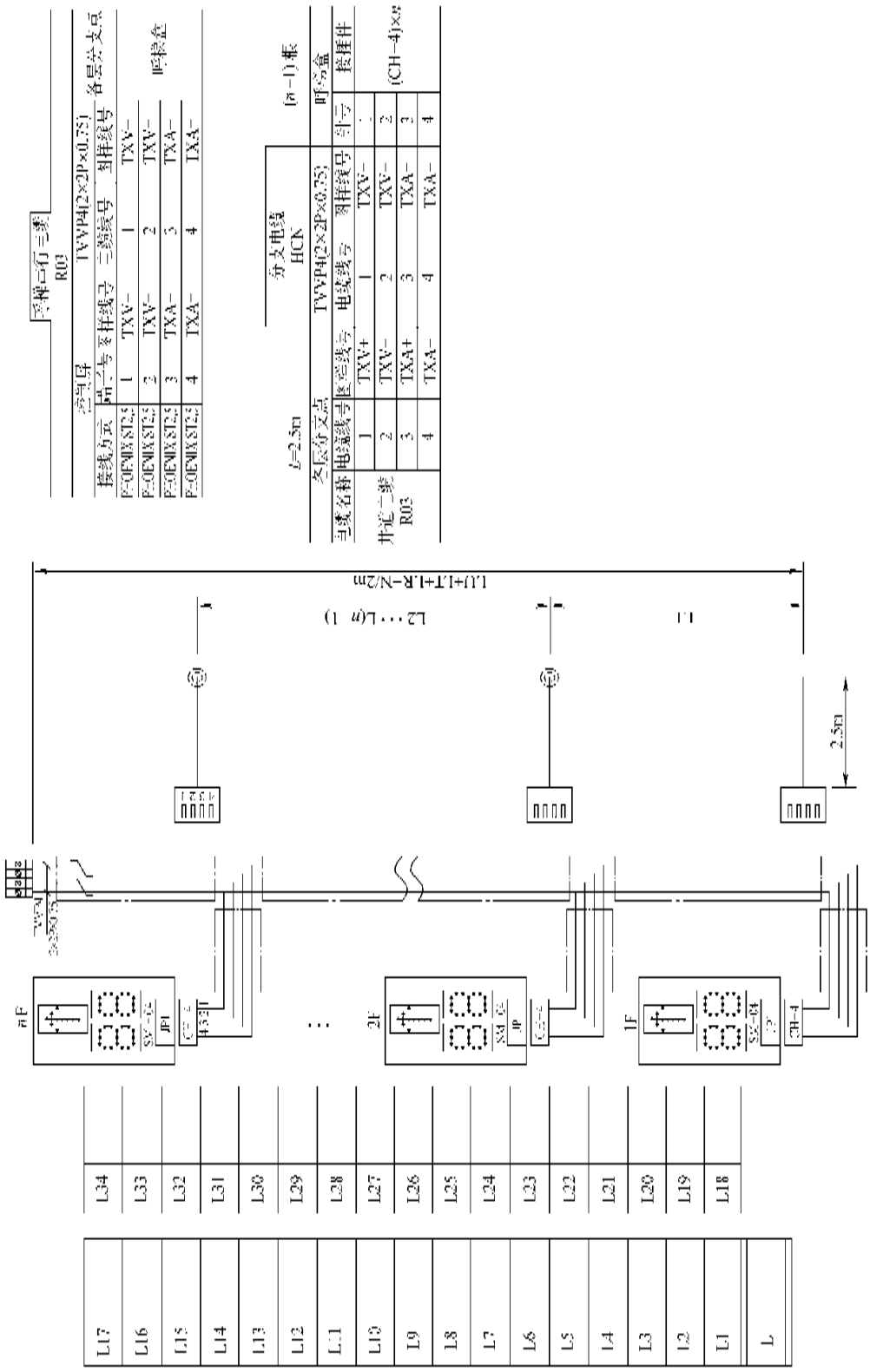


图 15-110 井道呼梯电缆布线图

随行电缆 C00						
轿厢侧			TVVBP40(36×0.75+2×2P×0.75)	轿顶接线端		
接线方式	端子号	图纸线号	电缆线号	图纸线号	端子号	接线端子
			1			
PHOENIX ST2.5	102	102	2	102	102	
PHOENIX ST2.5	110	110	3	110	110	
PHOENIX ST2.5	120	120	4	120	120	
PHOENIX ST2.5	116	116	5	116	116	
PHOENIX ST2.5	501	501	6	501	501	
PHOENIX ST2.5	502	502	7	502	502	
PHOENIX ST2.5	504	504	8	504	504	
PHOENIX ST2.5	LH	LH	9	LH	LH	
PHOENIX ST2.5	MR	MR	10	MR	MR	
PHOENIX ST2.5	MS	MS	11	MS	MS	
PHOENIX ST2.5	MT①	MT①	12	MT①	MT①	
PHOENIX ST2.5	KM	KM	13	KM	KM	
PHOENIX ST2.5	GM	GM	14	GM	GM	
PHOENIX ST2.5	V6	V6	15	V6	V6	
PHOENIX ST2.5	80	80	16	80	80	
PHOENIX ST2.5	82	82	17	82	82	
PHOENIX ST2.5	78	78	18	78	78	
PHOENIX ST2.5	PS	PS	19	PS	PS	
PHOENIX ST2.5	PX	PX	20	PX	PX	
PHOENIX ST2.5	COM	COM	21	COM	COM	
PHOENIX ST2.5	24V	24V	22	24V	24V	
PHOENIX ST2.5	401	401	23	401	401	
PHOENIX ST2.5	402	402	24	402	402	
PHOENIX ST2.5	601	601	25	601	601	
PHOENIX ST2.5	602	602	26	602	602	
PHOENIX ST2.5	802	802	27	802	802	
PHOENIX ST2.5	811	811	28	811	811	
PHOENIX ST2.5	P−	P+	29	P−	P+	
PHOENIX ST2.5	LA	LA	30	LA	LA	
PHOENIX ST2.5	Y	Y	31	Y	Y	
PHOENIX ST2.5	N−	N−	32	N−	N−	
PHOENIX ST2.5	PE	PE	33	PE	PE	
PHOENIX ST2.5	PE	PE	34	PE	PE	
PHOENIX ST2.5	603	603	35	603	603	
			36			
PHOENIX ST2.5	TXV−	TXV−	双绞 1	TXV+	TXV−	
PHOENIX ST2.5	TXV	TXV	双绞 2	TXV	TXV	
PHOENIX ST2.5	TXA+	TXA	双绞 3	TXA+	TXA	
PHOENIX ST2.5	TXA−	TXA−	双绞 4	TXA−	TXA−	

①仅三相门机电源中接线。

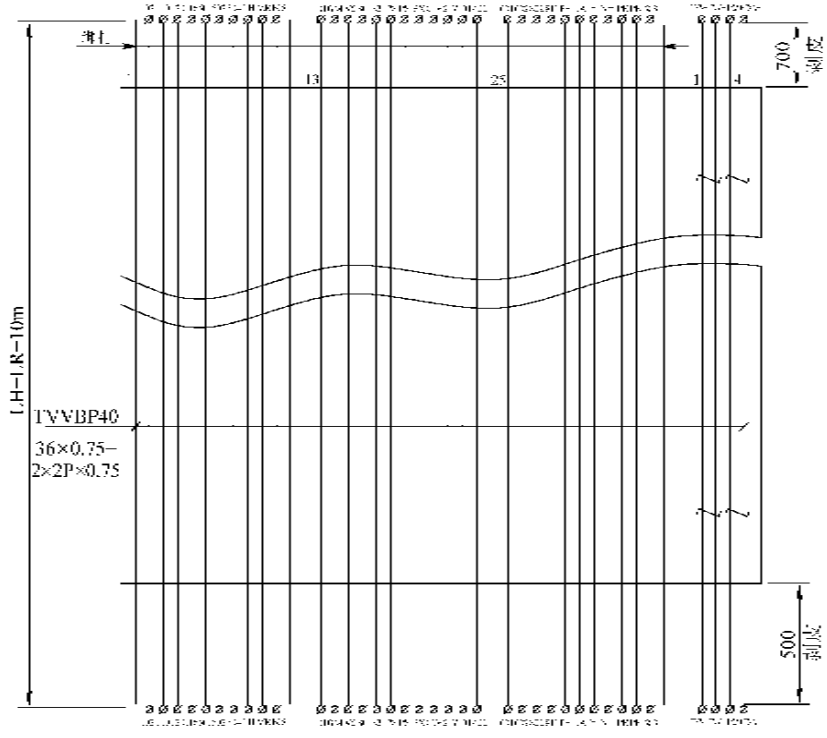


图 15-111　随行电缆布线图

L=3m	分支电缆 M01				
轿顶接线箱	TVVS(4×0.75+1×2.0)			门区开关	
接线方式	端子号	图样线号	电缆线号	图号线号	
端子	COM	COM	1	COM	公共端
端子	24V①	24V①	2	24V①	光电门开关
端子	PS	PS	3	PS	上平层门开关
端子	PX	PX	4	PX	下平层门开关
接地端子	PE	PE	G	PE	

① 门区开关为永磁传感器时，24V不配线。

L=3m	分支电缆 M02				
轿顶接线箱	TVV3(3×0.75+1×2.0)			轿厢灯	
接线方式	端子号	图样线号	电缆线号	图号线号	
端子	116	116	1	116	
端子	120	120	2	120	
接地端子	PE	PE	G	PE	

L=3m	分支电缆 M03				
轿顶接线箱	TVV2(2×0.75)			安全钳开关	
接线方式	端子号	图样线号	电缆线号	图样线号	
端子	133	133	1	133	
端子	134	134	2	134	

L=5m	分支电缆 M04				
轿顶接线箱	TVV2(2×0.75)			安全钳开关	
接线方式	端子号	图号线号	电缆线号	图样线号	
端子	134	134	1	134	
端子	110	110	2	110	

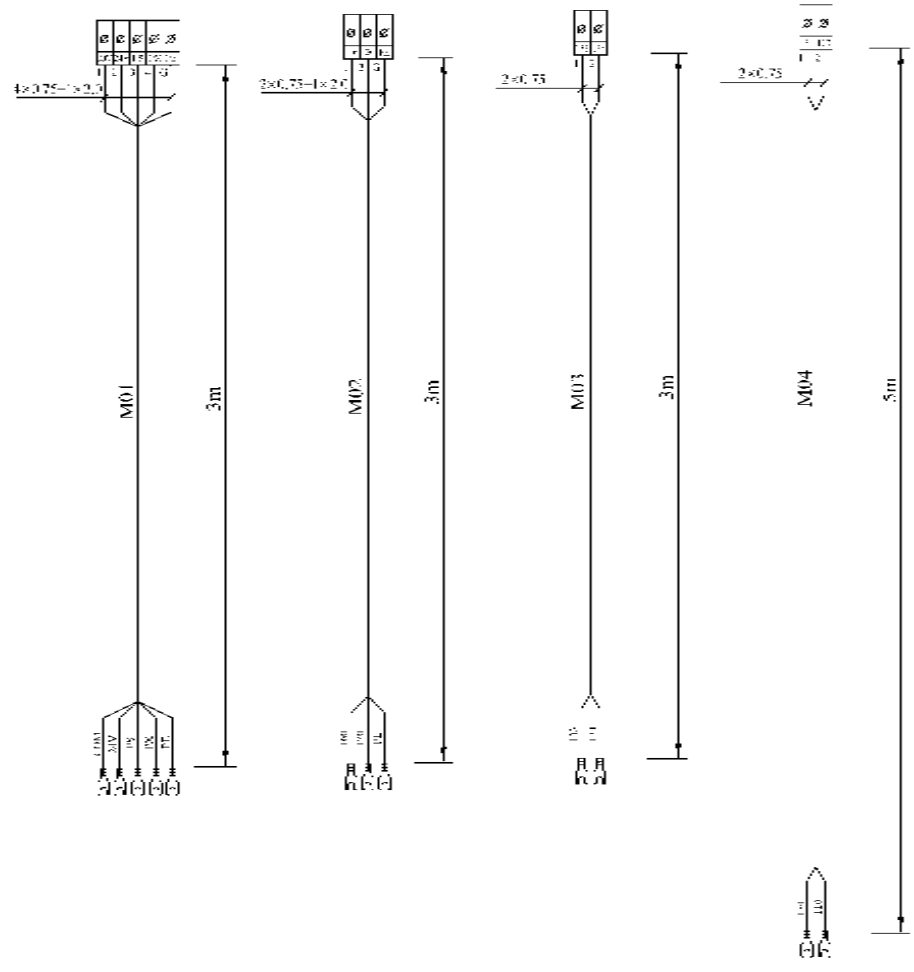


图 15-112　轿顶分支电缆布线图 1

L=5m　分支三缆　M05

轿顶接线箱		TVVS(4×0.75+1×2.0)		钮盒开关	
接线方式	端子号	图样线号	电缆线号	图样线号	
端子	38	38	1	38	
端子	CMM	CMM	2	CMM	
端子	501	501	3	501	光幕开
端子	502	502	4	502	光幕关
接地端子	PE	PE	G	PE	

注：轿板开关为光幕开，501、502 短线

L=5m　分支电缆　M06

轿顶接线箱		TVV4(4×0.75)		超、满、强载开关	
接线方式	端子号	图样线号	电缆线号	图样线号	
端子	93	93	1	93	超载开关
端子	34	34	2	34	满载开关
端子	36	36	3	36	强载开关
端子	CMM	CMM	4	CMM	

L=5m　分支电缆　M07

轿顶接线箱		TVV3(3×0.75)		照明、风扇	
接线方式	端子号	图样线号	电缆线号	图样线号	
端子	501	501	1	501	
端子	JN1	JN1	2	JN1	轿厢风扇
端子	JN2	JN2	3	JN2	轿厢照明

L=5m　分支电缆　M08

轿顶接线箱		TVV4(4×0.75)		到站钟	
接线方式	端子号	图样线号	电缆线号	图样线号	
端子	401	401	1	401	24V 电源
端子	402	402	2	402	
端子	DSS	DSS	3	DSS	上到站钟
端子	DSX	DSX	4	DSX	下到站钟

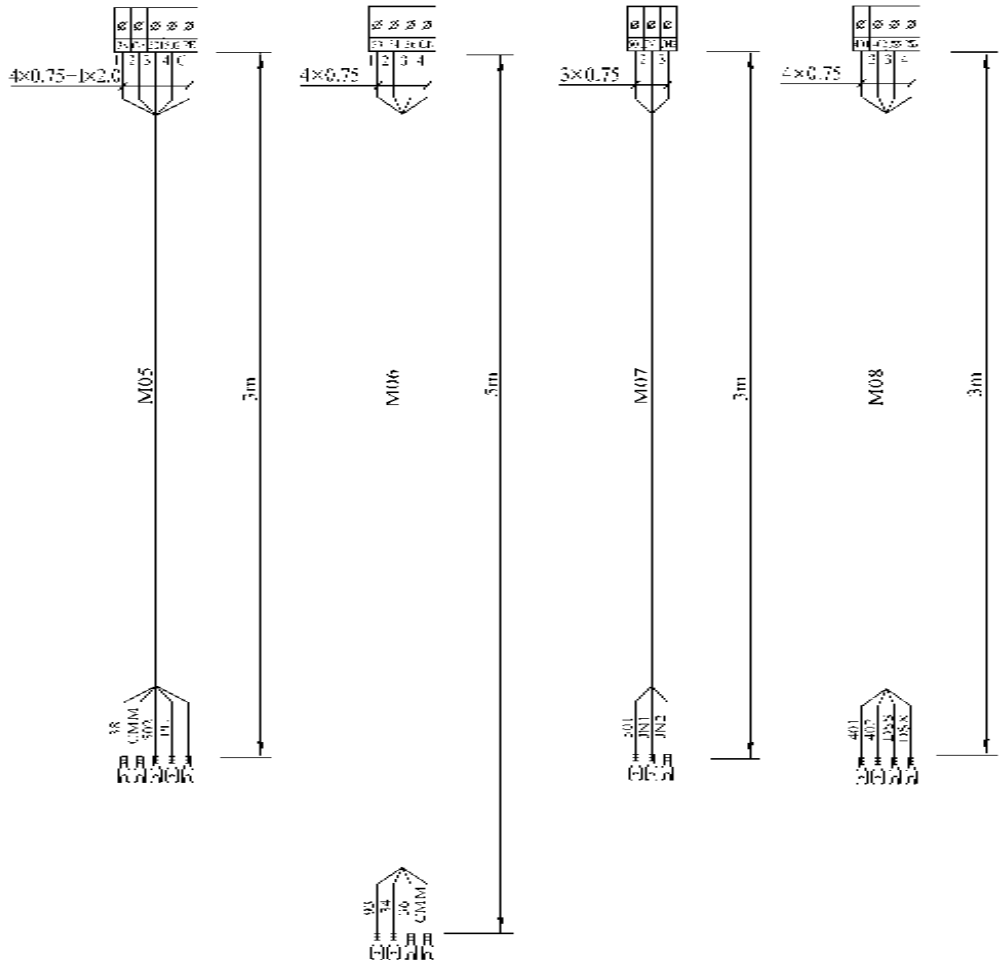


图 15-113　轿顶分支电缆布线图 2

L=3m　分支电缆 M09

轿顶控制箱		TVV-3(12×0.75+1×2.0)		门孔	
接线方式	端子号	图样线号	电缆线号	图样线号	
端子	MR	MR	1	MR	
端子	MS	MS	2	MS	门孔电源
端子	MT①	MT①	3	MT①	
端子	KM	KM	4	KM	开门信号
端子	GM	GM	5	GM	关门信号
端子	V6	V6	6	V6	
端子	M6	M6	7	M6	关门到位
端子	M7	M7	8	M7	开门到位
端子	CMM	CMM	9	CMM	
			10		
			⋮		
			12		
接地端子	PE	PE	G	PE	

① 设三相门机电源时接线。

L=3m　分支电缆 M10

轿顶控制箱		TVV7(7×0.75)		轿顶检修盒	
接线方式	端子号	图样线号	电缆线号	图样线号	
端子	80	80	1	80	检修上行
端子	82	82	2	82	检修下行
端子	COM	COM	3	COM	
端子	10	10	4	10	检修优先
端子	132	132	5	132	轿顶急停
端子	133	133	6	133	
			7		

L=3m　分支电缆 M11

轿顶控制箱		TVVS(4×0.75+1×2.0)		轿顶插座，插座	
接线方式	端子号	图样线号	电缆线号	图样线号	
端子	501	501	1	501	220V 插座
端子	502	502	2	502	
端子	601	601	3	601	36V 照明
端子	602	602	4	602	
接地端子	PE	PE	G	PE	

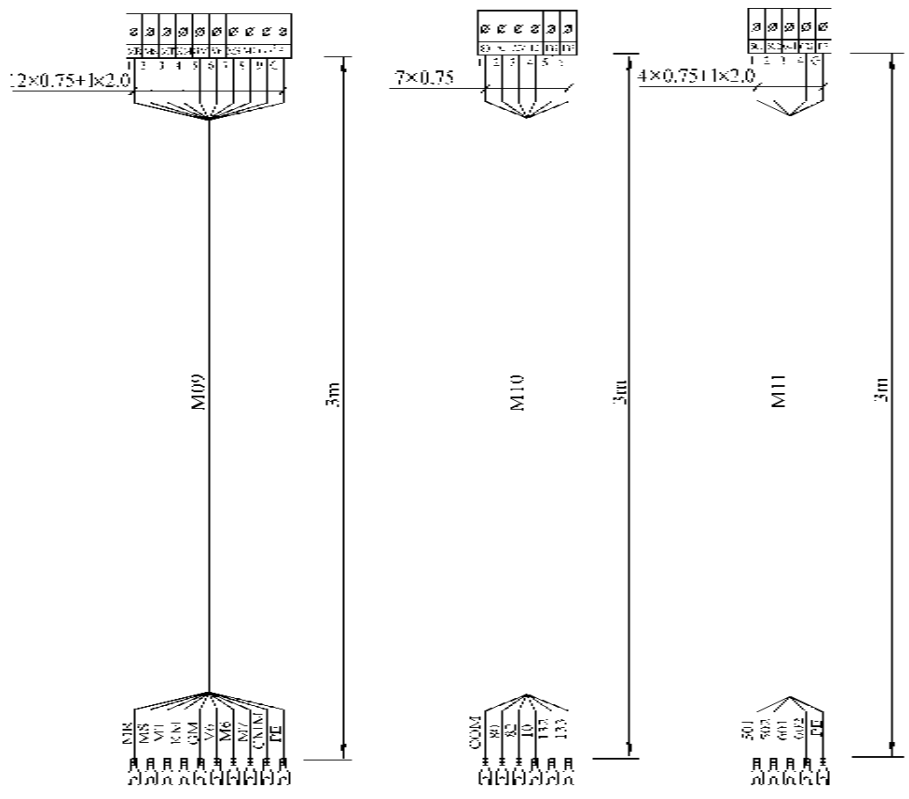


图 15-114　轿顶分支电缆布线图 3

L=3m　分支电缆 T01

轿顶接线箱			TVVP4(2×2P×0.75)		轿厢控制板	
接线端子	端子号	图样线号	电缆线号	图样线号	端子号	接插件
端子	TXV−	TXV+	红色1	TXV−	1	(CH−4)×6
端子	TXV−	TXV−	黄色2	TXV−	2	
端子	TXA−	TXA+	绿色3	TXA−	3	
端子	TXA−	TXA−	蓝色4	TXA−	4	

L=3m　分支电缆 T02

轿顶接线箱			TVVP4(2×2P×0.75)		显示控制板	
接线端子	端子号	图样线号	电缆线号	图样线号	端子号	接插件
端子	TXV−	TXV+	红色1	TXV−	1	(CH−4)×6
端子	TXV−	TXV−	黄色2	TXV−	2	
端子	TXA−	TXA+	绿色3	TXA−	3	
端子	TXA−	TXA−	蓝色4	TXA−	4	

L=3m　分支电缆 T03

轿顶接线箱		TVV13(12×0.75 12×2.0)			轿厢操纵盘子台
接线方式	端子号	图样线号	电缆线号	图样线号	
端子	CMM	CMM	1	CMM	
端子	M7	M7	2	M7	
端子	M6	M6	3	M6	
端子	38	38	4	38	
端子	93	93	5	93	
端子	34	34	6	34	
端子	36	36	7	36	
端子	401	401	8	401	
端子	DSS	DSS	9	DSS	
端子	DSX	DSX	10	DSX	
端子	LH	LH	11	LH	
			12		
			G		

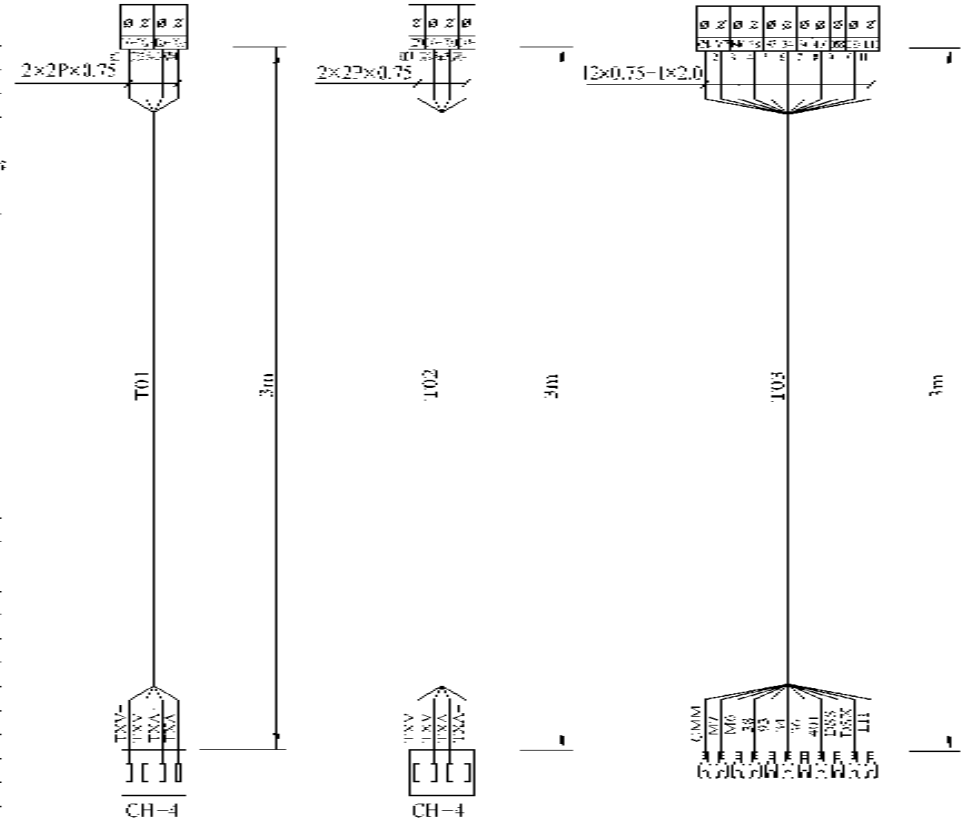


图 15-115　轿顶分支电缆布线图 4

L=3m

分支电缆
T04

轿顶接线箱		TVV19(18×0.75+1×2.0)			操纵箱端子台
接线方式	端子号	端子线号	电缆线号	医生线号	
端子	504	504	1	504	
端子	JN1	JN1	2	JN1	
端子	JN2	JN2	3	JN2	
端子	102	102	4	102	
端子	132	132	5	132	
端子	10	10	6	10	
端子	78	78	7	78	
端子	80	80	8	80	
端子	82	82	9	82	
端子			10		
端子	811	811	11	811	
端子	LA	LA	12	LA	
端子	Y	Y	13	Y	
端子	P+	P+	14	P-	
端子	N-	N-	15	N-	
端子	601	601	16	601	
端子	603	603	17	603	
			18		
端子	PE	PE	G	PE	

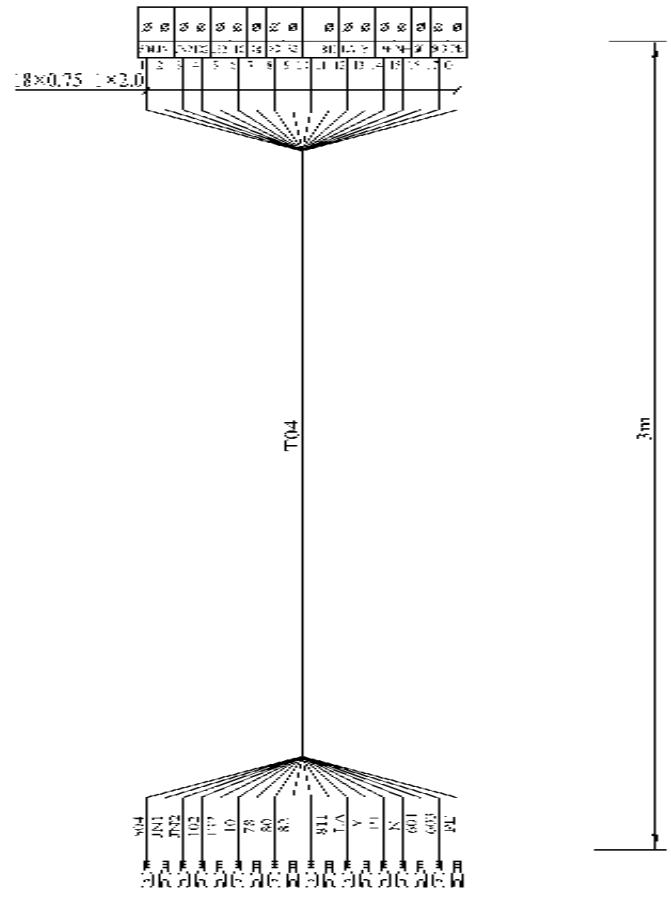


图 15-116　轿顶分支电缆布线图 5

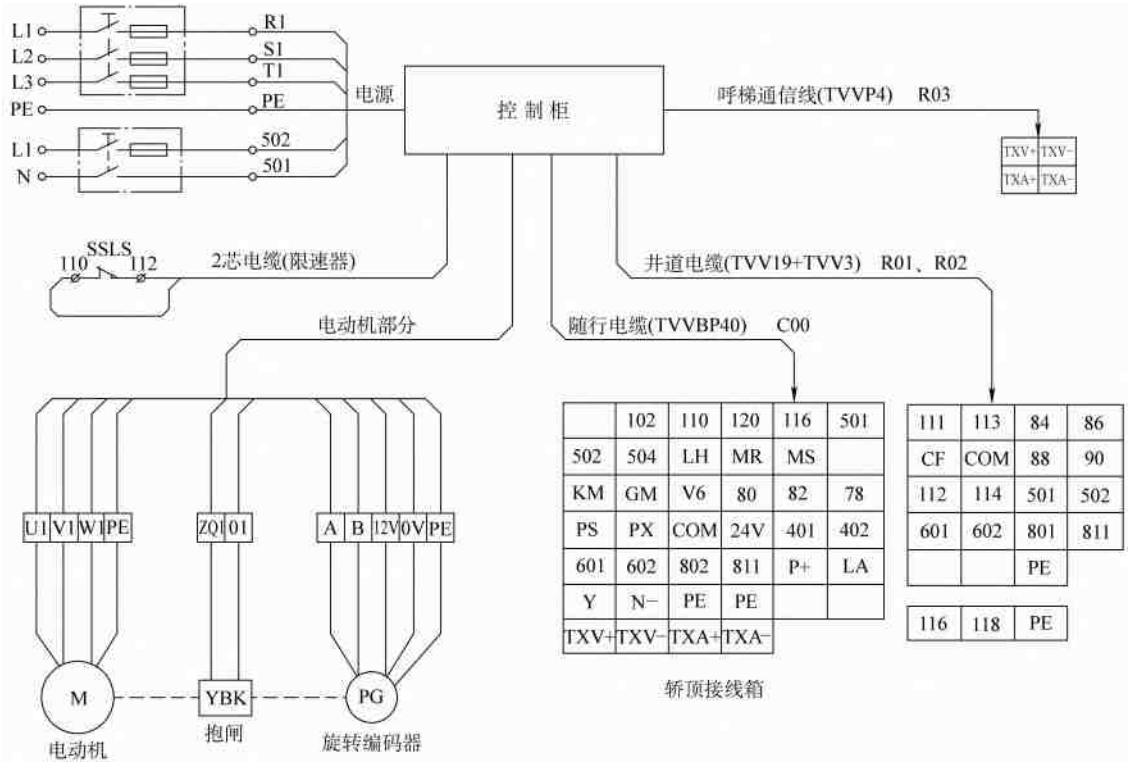


图 15-117　机房布线图

6）通信线与动力线平行布线段超过 5m 时，通信线与动力线必须相距 30cm 以上，以防止电源串扰。当限于布线空间无法满足条件时，须采用屏蔽双绞线，且屏蔽线单端接地。

7）井道电缆和随行电缆要注意强电（包括门机电源、安全回路、门锁回路、照明电路等）与弱电（包括通信线、直流 0V 线、直流 24V 线、平层干簧、端站强迫减速开关、端站限位开关等）分开。通信线必须采用双绞线，双绞线绞距在 20～30mm 之间。有条件的使用屏蔽双绞线，并且屏蔽层接地。

8）如果强电与弱电平行布线，那么必须使得强电分布在一边，弱电分布在另一边。在强电与弱电之间必须用接地线分隔开。

3. 召唤箱与 TXV＋、TXV－、TXA＋、TXA－的连接方式

1）采用总线分支方式，必须保证分支线与总线的接点接触良好，如图 15-127 所示。

2）TXV＋、TXV－、TXA＋、TXA－可与其他弱电信号（电压≤24V）电缆共用一根随行电缆，其余高于 24V 的强电信号电缆使用另一根随行电缆。

3）总线与分支线连接点处应剥去绝缘护套，不截断，接入接线端子一端。端子另一端接分支线。总线长度≤500m，分支长度≤3.0m。总线两端安装 120Ω 终端匹配电阻，如果不接此终端匹配电阻，通信抗干扰能力将降低。

（二）井道各类开关的安装位置

1）模拟量控制梯速不超过 1.75m/s，数字量多段速控制梯速不超过 1.0m/s 时，要求井道中安装上下对应的上极限开关、上限位开关、上单层强慢开关各 3 个。

2）模拟量控制梯速超过 1.75m/s，数字量多段速控制梯速超过 1.0m/s 时，要求井道中安装上下对应的上极限开关、上限位开关、上单层强慢开关各 3 个外，还要求井道安装上下对应的上下双层强迫慢车开关。

3）井道中开关安装的具体位置如图 15-128 所示。

减速斜率不同，开关位置也应有所不同，减速开关的距离略低于正常减速时的实际距离即可，如果开关安装距离和实际所需减速距离差别较大，则会导致电梯在端站运行不正常。

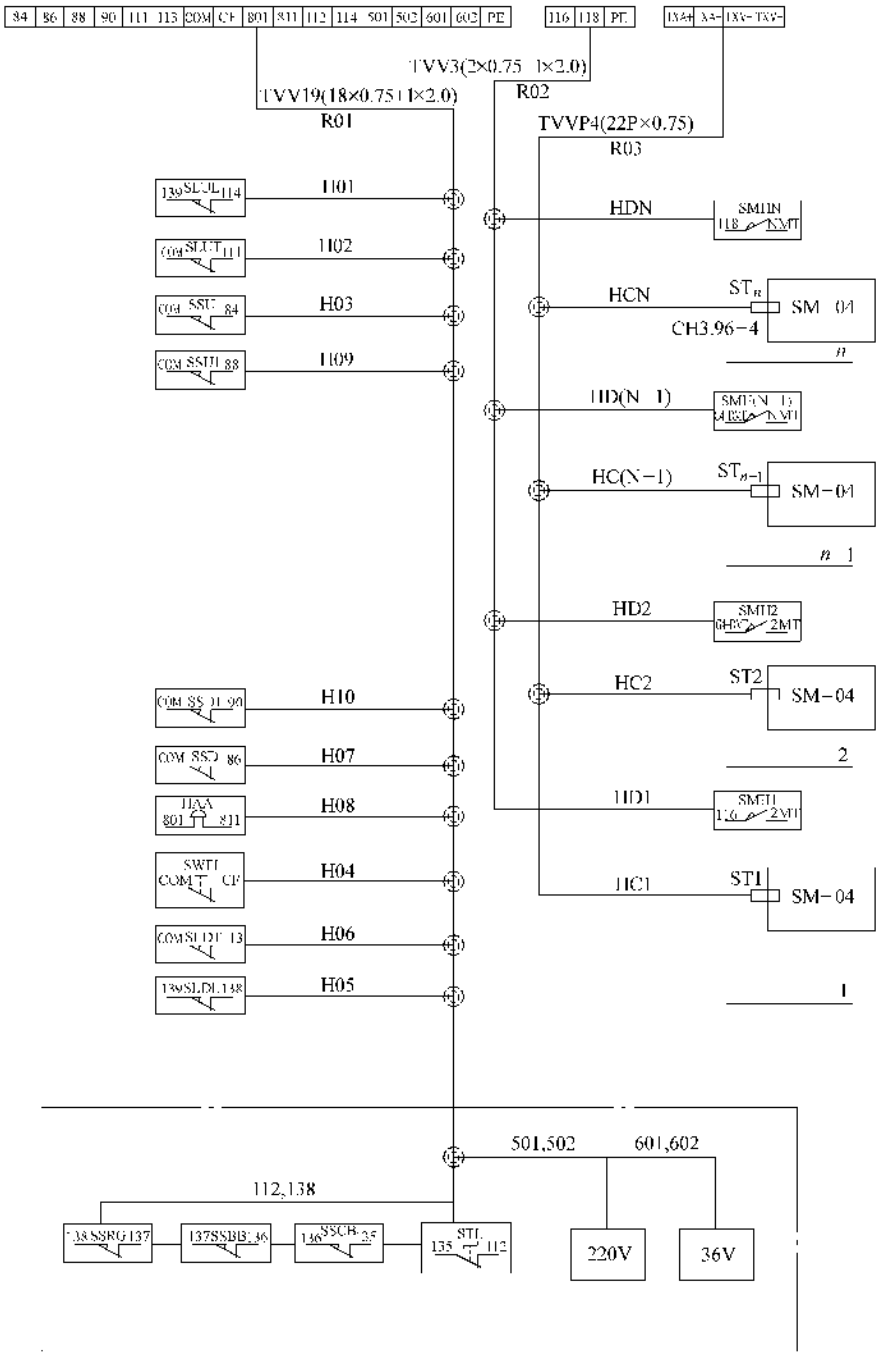


图 15-118 井道布线图

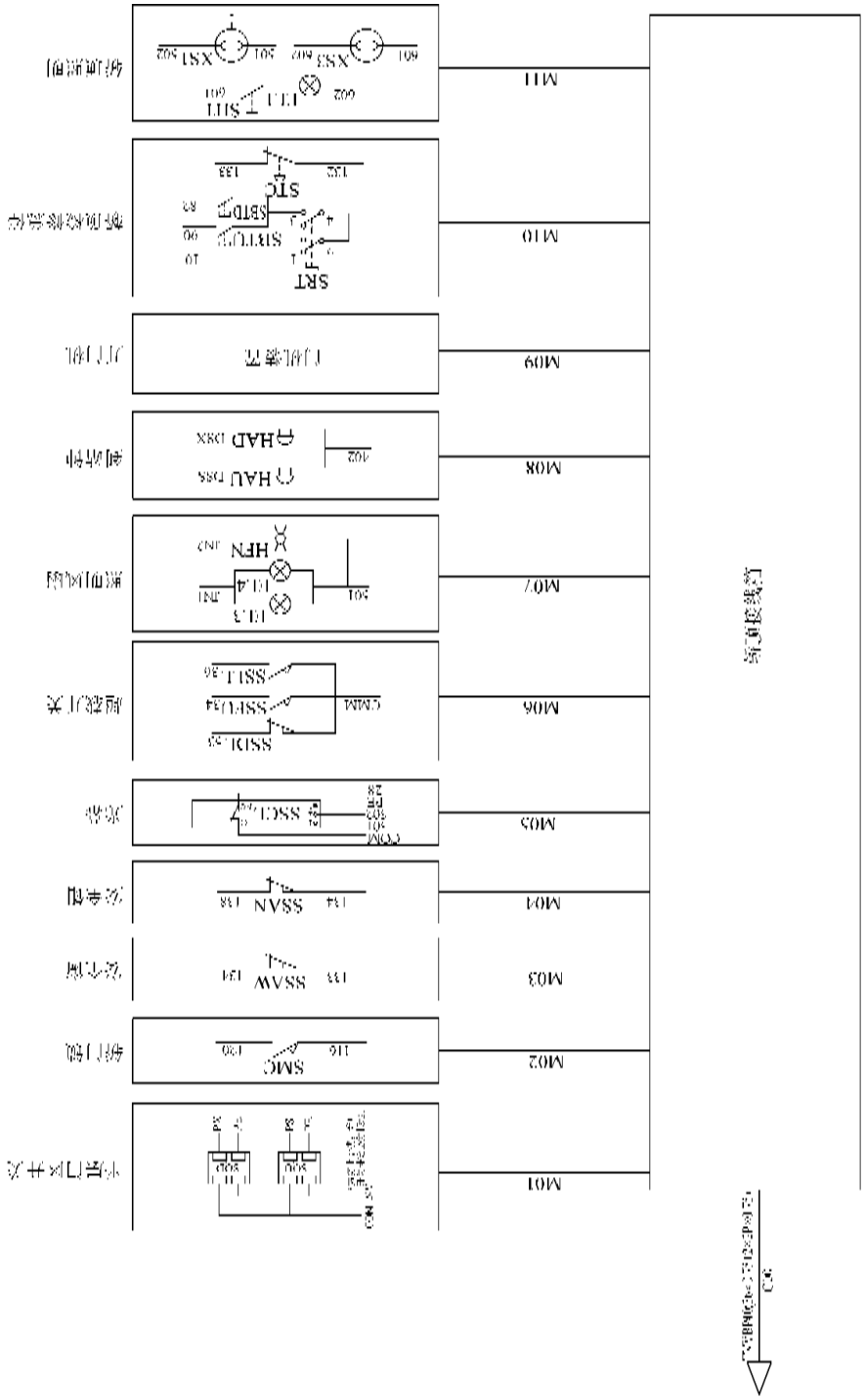


图 15-119　轿顶布线图

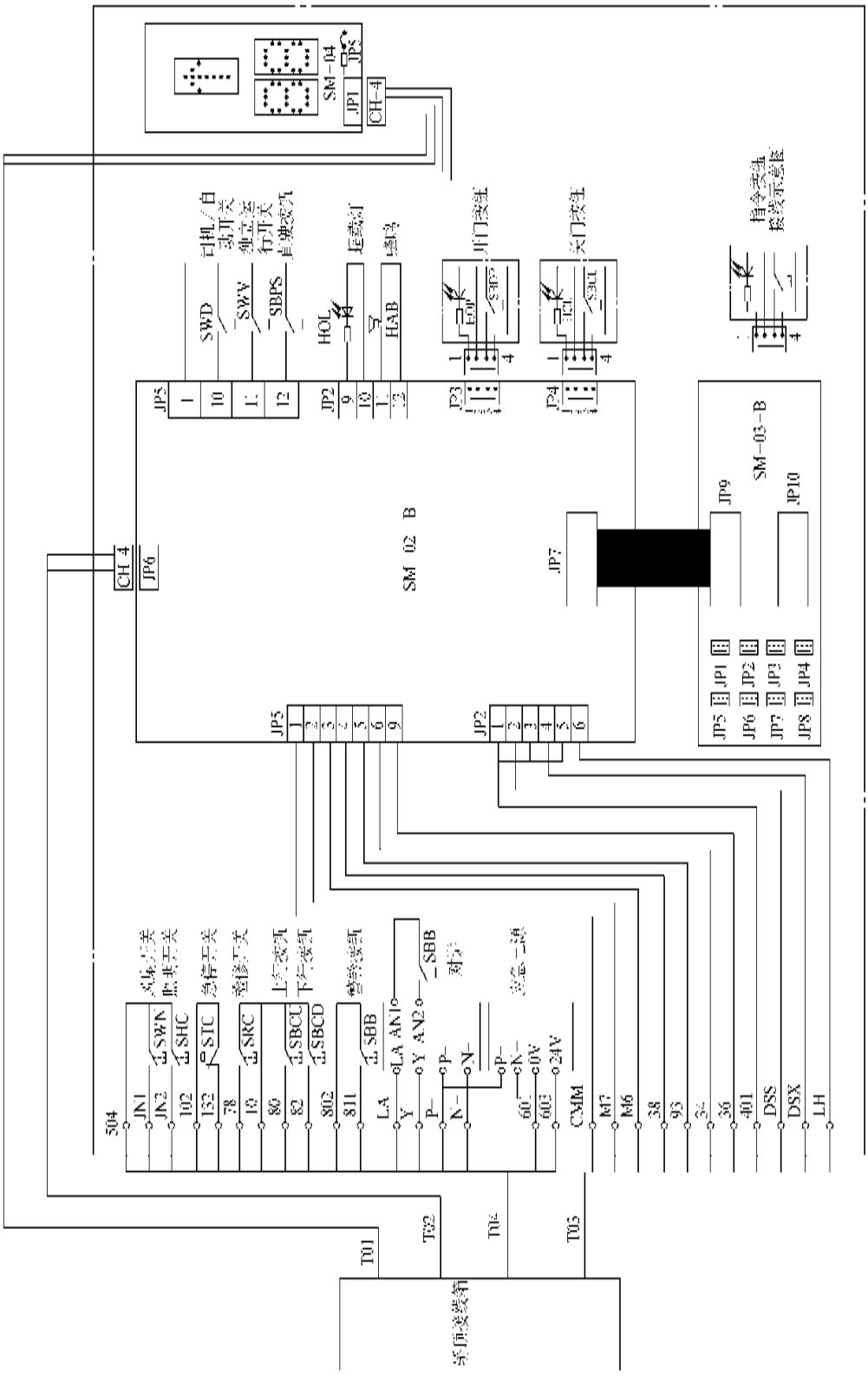


图 15-120 轿厢布线图

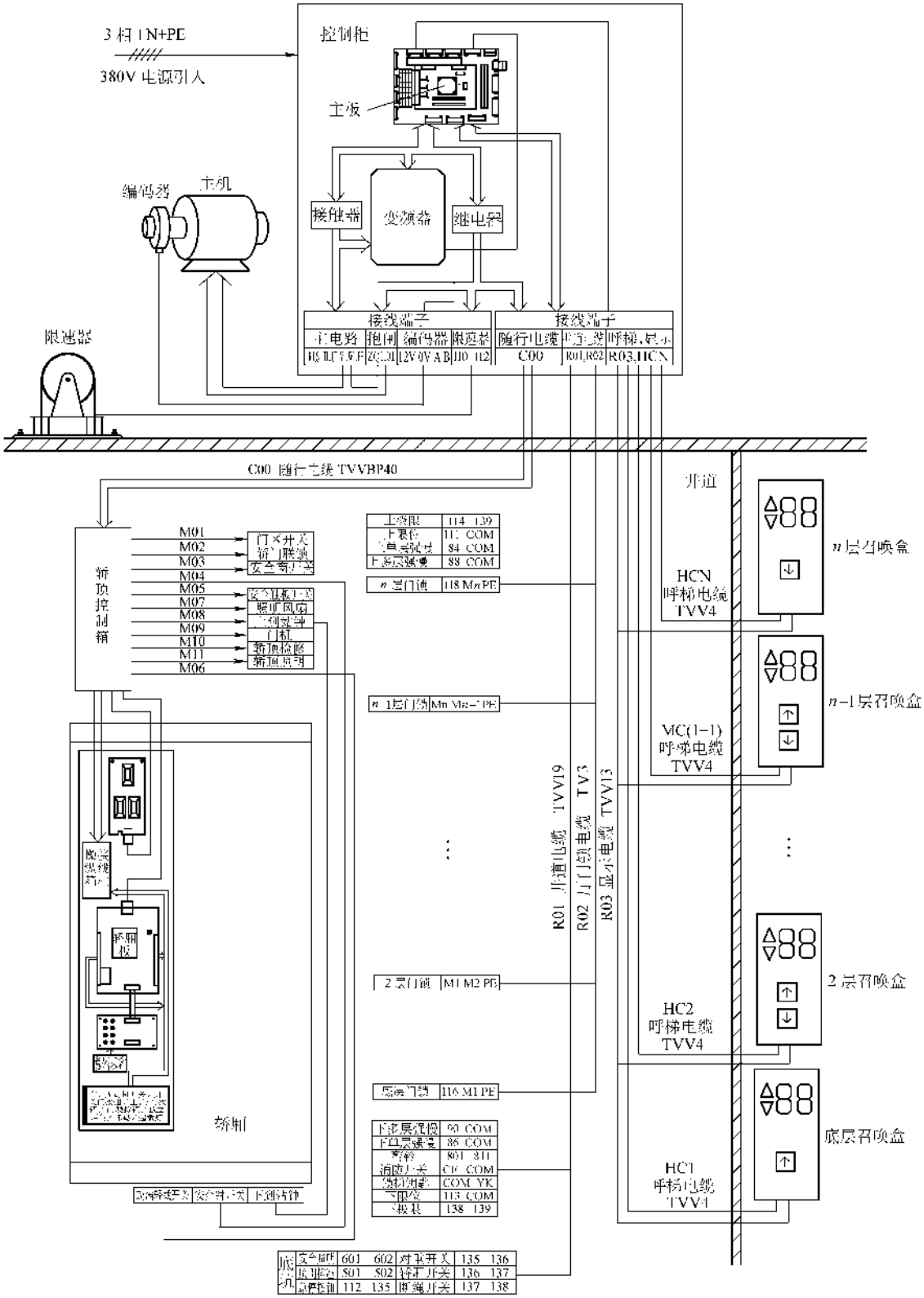


图 15-121　系统电缆总图

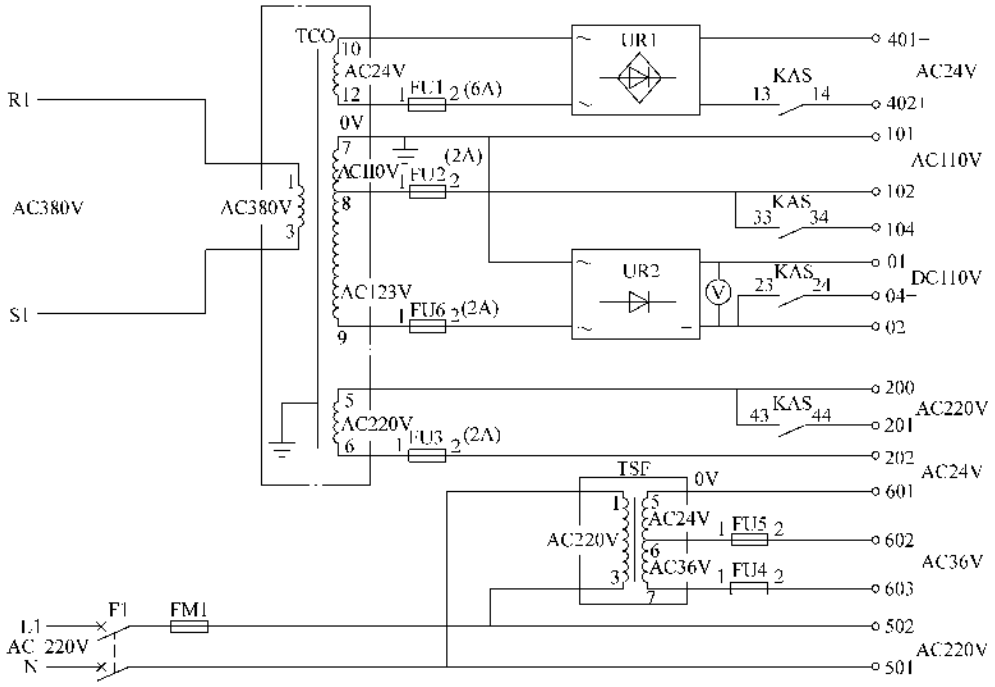


图 15-122 控制电源接线图

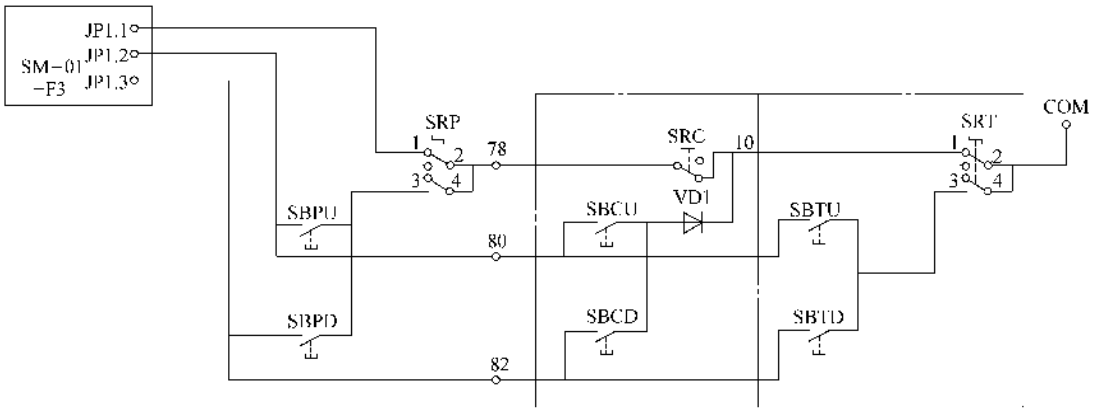


图 15-123 检修回路接线图

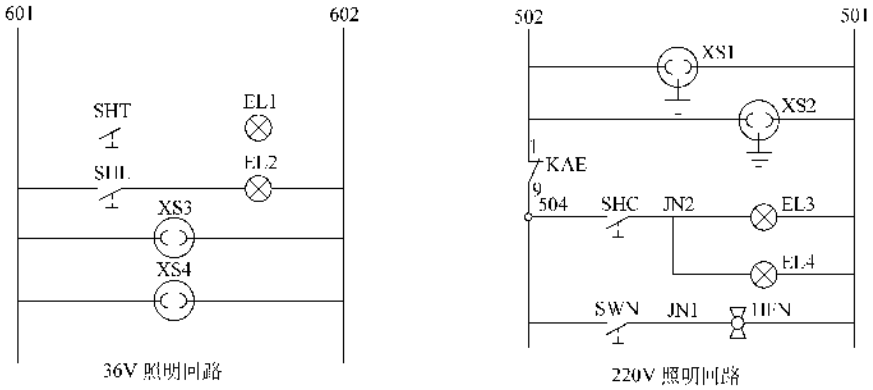


图 15-124 照明回路接线图

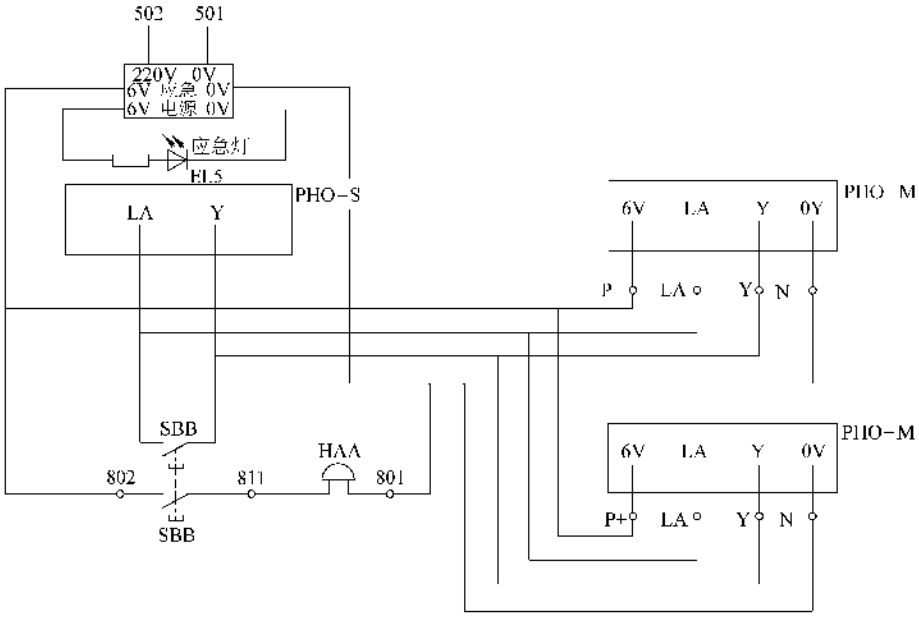


图 15-125　对讲机回路接线图

表 15-17　SM-01-F3 主板参数

参　数　名	出 厂 设 置	参　数　名	出 厂 设 置	参　数　名	出 厂 设 置
Acceleration	50	Floor Offset	0	Home　Delay	0
Deceleration	50	No. Of Floor	#	Level Adj.	73
S Jerk t0	130	Inspec. Speed	25	Dup. Home	1
S Jerk t1	110	Relevel Speed	4	Dup. No.	0
S Jerk t2	110	C-Call Dr Time	40	Driver Mode	1
S Jerk t3	130	H-Call Dr Time	25	Input Type	*1
Rated Speed	#	Brake Delay1	10	Door Blocking	*2
Motor Speed	#	Brake Delay2	5	Designation	*3
Encoder Pulses	#	Fire　Home	1	Menu F	*4
Main Floor	1	Park　Home	1	Save parameter	

Input Type *1

参　数　名	出 厂 设 置	参　数　名	出 厂 设 置	参　数　名	出 厂 设 置
X0	常闭	X11	常开	X22	常闭
X1	常开	X12	常开	X23	常开
X2	常开	X13	常开	X24	常开
X3	常开	X14	常开	X25	常开
X4	常开	X15	常开	X26	常开
X5	常闭	X16	常开	X27	常开
X6	常闭	X17	常开	X28	常开
X7	常闭	X18	常开	X29	常开
X8	常闭	X19	常开	X30	常开
X9	常开	X20	常开	X31	常开
X10	常开	X21	常开		

（续）

参 数 名	出 厂 设 置	参 数 名	出 厂 设 置	参 数 名	出 厂 设 置
TX0	常闭	TX11	常开	TX22	常开
TX1	常闭	TX12	常开	TX23	常开
TX2	常闭	TX13	常开	TX24	常开
TX3	常开	TX14	常开	TX25	常开
TX4	常开	TX15	常开	TX26	常开
TX5	常开	TX16	常开	TX27	常开
TX6	常开	TX17	常开	TX28	常开
TX7	常闭	TX18	常开	TX29	常开
TX8	常开	TX19	常开	TX30	常开
TX9	常开	TX20	常开	TX31	常开
TX10	常开	TX21	常开		

Door Blocking *2

参 数 名	出 厂 设 置	参 数 名	出 厂 设 置	参 数 名	出 厂 设 置
1 层	停	9 层	停	17 层	停
2 层	停	10 层	停	18 层	停
3 层	停	11 层	停	19 层	停
4 层	停	12 层	停	20 层	停
5 层	停	13 层	停	21 层	停
6 层	停	14 层	停	22 层	停
7 层	停	15 层	停	23 层	停
8 层	停	16 层	停	24 层	停

Designation *3（如订单有特殊显示要求按订单要求设置）

参 数 名	出 厂 设 置	参 数 名	出 厂 设 置	参 数 名	出 厂 设 置
01	1	09	9	17	17
02	2	10	10	18	18
03	3	11	11	19	19
04	4	12	12	20	20
05	5	13	13	21	21
06	6	14	14	22	22
07	7	15	15	23	23
08	8	16	16	24	24

（续）

Menu F *4

参　数　名	出厂设置	参　数　名	出厂设置	参　数　名	出厂设置
F00	50	F21	73	F45	160
F01	50	F22	1	F46	320
F02	130	F23	0	F47	320
F03	110	F24	1	F48	0
F04	110	F25	481	F49	0
F05	110	F26	64	F50	65535
F06	#	F27	135	F51	65535
F07	#	F28	0	F52	65535
F08	#	F29	65535	F53	0
F09	1	F30	65535	F54	0
F10	0	F31	65535	F55	0
F11	#	F32	65535	F56	50
F12	25	F33	0	F57	50
F13	4	F34	0	F58	0
F14	40	F35	0	F59	0
F15	25	F36	0	F60	0
F16	10	F40	80	F61	0
F17	5	F41	30	F62	0
F18	1	F42	50	F63	0
F19	1	F43	0	F64	0
F20	0	F44	255		

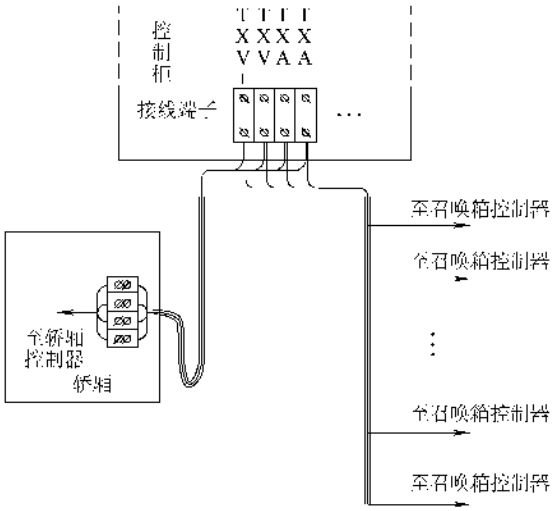


图 15-126　井道及随行电缆布线图

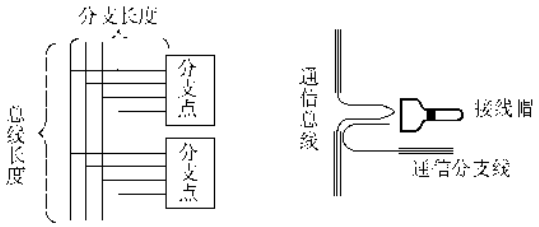
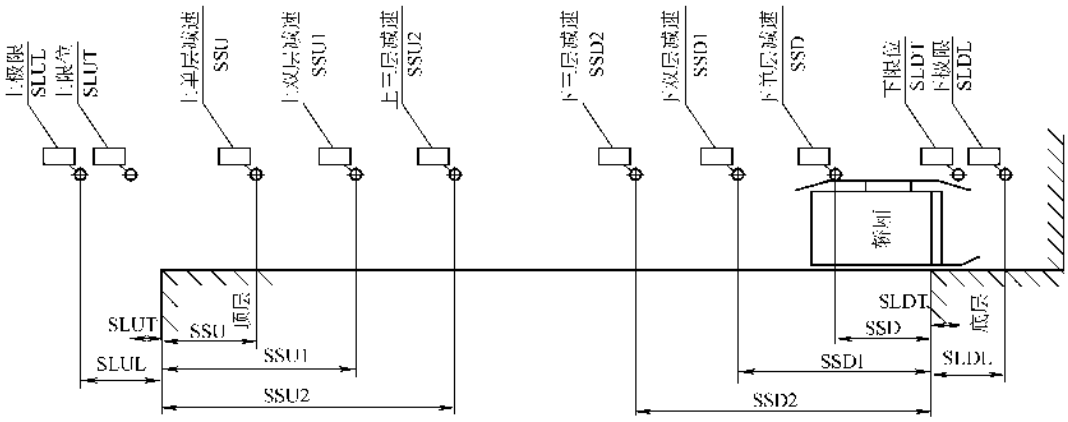


图 15-127　分支线与总线的连接

（三）上、下平层感应器的安装位置

电梯的平层控制需要现场安装两只上下平层感应器和若干块隔磁板。如有提前开门或开门再平层功能则必须增加两个门区感应器。感应器和隔磁板的具体要求见表 15-18，上下平层感应器的安装位置如图 15-129 所示。



模拟量控制各开关位置表

开关	轿厢速度	0.63	1.0	1.6	1.75	2.0	2.5
极限	SLUL,SLDL	150	150	150	150	180	180
限位	SLUT,SLDT	30～50	30～50	30～50	30～50	30～50	30～50
平层	SSU,SSD	900	1200	2400	2600	1800	1800
减速	SSU1,SSD1					3600	5200

数字量多段控制各开关位置表

开关	轿厢速度	0.63	1.0	1.6	1.75	2.0	2.5
极限	SLUL,SLDL	150	150	150	150	180	180
限位	SLUT,SLDT	30～50	30～50	30～50	30～50	30～50	30～50
平层	SSU,SSD	900	1400	1400	1400	1400	1400
减速	SSU1,SSD1			2600	2800	2800	2800
减速	SSU2,SSD2					3800	5400

图 15-128 井道中开关安装的具体位置

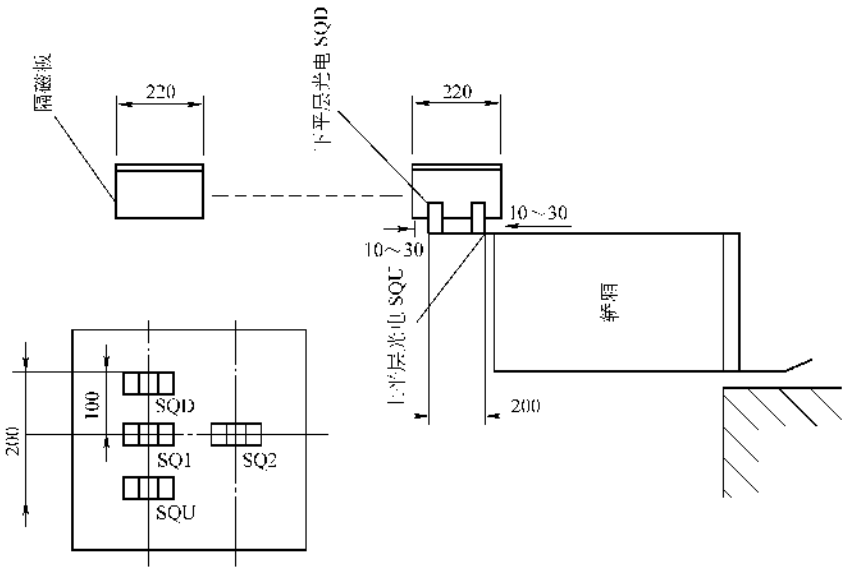


图 15-129 上下平层感应器的安装位置

表 15-18　感应器、隔磁板技术要求

类　　别	平层感应器	提前开门门区感应器	隔　磁　板
类型、材质	永磁感应器或光电开关，建议使用光电开关	永磁感应器	铁板厚度≥1.5mm
数量	2 个	2 个	没有特殊需要，为楼层的层数
高度、长度、深度	上下感应器的上下两端面高度为 200mm 左右	两个门区感应器在同一水平线上，保证同时动作	隔磁板的长度为 220mm，吃进深度超过 2/3，建议隔磁板的长度不小于 220mm
安装位置	轿顶	轿顶	井道
注意事项	接地处理	接地处理	感应器为非绝缘体材质时，一定要接地处理

（四）接地要求

1）机房必须具有符合电梯技术条件中所列的接地条件，进入机房的接地线必须接至控制柜的接地铜排上。

2）机房中的设备必须可靠接地，如五线制电源输入的地线、电动机外壳、控制柜外壳、编码器的外壳等，接地点为控制柜的接地铜排。

3）控制柜中的设备必须可靠接地，如变频器、开关电源、变压器，接地点为控制柜的接地铜排。

4）轿顶设备必须可靠接地，如门机、轿厢顶部整体，接地点为控制柜的接地铜排。

5）厅外呼梯盒应统一接地，接地点为控制柜的接地铜排。

6）编码器屏蔽线的接地：

①　编码器外壳已经接地，但编码器的屏蔽线和外壳相通，此时编码器的屏蔽线另一端（接变频器端）可不接地。

②　编码器外壳已经接地，但编码器的屏蔽线和外壳不相通，此时编码器的屏蔽线另一端（接变频器端）必须接地。

7）为了抑制线路间的感应干扰，还应该将变频器的输出动力线和编码器的走线分别引入已经接地的金属管内，且动力线与信号线的距离至少在 30cm 以上。

三、电梯初步调整

微机控制交流变频调速电梯经过安装、接线基本完工时，应进行初步调整，以为整机调试及交验创造条件。初步调整主要包括通电慢车试运行、通电快车试运行和一般故障处理。

（一）通电慢车试运行

1. 通电前的检查

（1）检查机械系统的装配　支架、导轨、曳引机、对重、轿厢、钢丝绳、控制柜、限速器等按标准安装到位。

确认所有安全回路组件，如机房、轿厢、轿顶、底坑共四处急停按钮，相序，限速器开关，上、下极限开关，液压缓冲器开关，断绳开关，安全钳开关，安全窗开关等，都安装到位，动作有效，处于正常工作状态。

确认所有厅门、轿门都安装到位，动作有效，处于正常工作状态。

拆除井道中的脚手架及一切有碍电梯运行的障碍物。

（2）检查电气系统的装配

1）检查下列接线是否按图接线，确保接线正确。

①　电梯总电源箱至控制柜 R1、S1、T1 的三相进线。

②　主机抱闸线圈至控制柜中 01、ZQ1 的接线。

③　控制柜 U1、V1、W1 至主电动机三相进线的接线。

④　主机编码器与控制柜中 12V、0V、A、B 间的接线。

⑤　安全回路 102、114 是否通路。

⑥　门锁回路 120、118 是否通路。

⑦　轿顶接线应正确。

⑧　检修回路通断逻辑正确。

⑨　门机电源及信号接线正确。

⑩　轿厢 CAN-BUS 通信回路接线正确。

⑪　井道 CAN-BUS 通信回路接线正确。

⑫　电脑板电源接线正确。

2）检查通信线，测量绝缘电阻。

①　检查 TXV＋、TXV－、TXA＋和 TXA－四根线与其他电源线（R1、S1、T1、U1、V1、W1、200、201、202、101、102、104、01、02、04、ZQ1、401、

402、501、502、601、602）之间的电阻应接近无穷大。

② 测量 TXV+、TXV-、TXA+、TXA-与 PE（接地）之间的电阻，阻值为无穷大。

③ 测量 TXA+、TXA-之间的电阻。先确认轿厢内的 SM-04 板上的 JP5 跨线是否已接上，以及最低一层的井道模块、SM-04 板上的 JP5 跨线是否已接上。当只接井道通信模块等时，其阻值应为 120Ω 左右；当只接轿厢通信模块等时，其阻值应为 120Ω 左右；当全部井道和轿厢通信模块接上后，其阻值应为 60Ω 左右。

3）检查电动机三相之间的电阻是否平衡。

4）接地检查

① 以下检查的电阻阻值应趋向于无穷大，若发现电阻值偏小，应立即检查，找出故障，修复后才能继续调试。

a. R1、S1、T1 与 PE 之间；b. 01-、02+、04、ZQ1 与 PE 之间；c. 200、201、202 与 PE 之间；d. 101、102、104 与 PE 之间；e. 501、502 与 PE 之间；f. 601、602 与 PE 之间；g. TXV+、TXV-、+24V、COM、TXA+、TXA-与 PE 之间；h. 电动机三相 U、V、W 与 PE 之间；i. 旋转编码器 12V、A、B、0V 与 PE 之间；j. 401、402 与 PE 之间；k. 变频器及制动单元上各信号端子及动力电端子与 PE 之间；l. 安全回路及门锁回路中的中间接线的端子与 PE 之间；m. 检修回路中的端子与 PE 之间。

② 以下检查要求各测量端子及部位与 PE 接地的电阻值尽可能小，一般为 0～3Ω。

a. 市电电源接地点与 PE 之间；b. 电动机接地点与 PE 之间；c. 旋转编码器线缆屏蔽层与 PE 之间；d. 旋转编码器线缆外用金属软管进柜端与 PE 之间；e. 变频器接地点与 PE 之间；f. 开关电源接地点与 PE 之间；g. 抱闸接地点与 PE 之间；h. 控制柜壁及门与 PE 之间；i. 线槽最末端与 PE 之间；j. 限速器与 PE 之间；k. 轿厢与 PE 之间；l. 厅门电气门锁与 PE 之间；m. 井道底坑由各安全开关接地点与 PE 之间。

（3）编码器的检查

1）检查编码器的固定应牢固，编码器轴与主机延伸轴之间的联轴器应连接固定良好。

2）编码器连线最好直接从编码器引入控制柜。

3）若编码器连线不够长，需要增加连接线，应延长部分也应为屏蔽线，并且与编码器原线的连接最好采用烙铁焊接，线与线之间应绝缘隔离，外套金属纸进行屏蔽。

4）按接线图及编码器上线色定义正确接线。

5）编码器屏蔽线接在控制柜中的接地端子上。

6）编码器线缆必须穿在金属软管中排布，金属软管须从编码器一直排布至控制柜中，如长度不够需增加。两段接头需可靠相连，且金属软管进柜端必须接地。若发现编码器屏蔽线原本接地，则该屏蔽线可悬空不接，但应保证不能与任何有电端子或接地外壳接触。

7）将编码器脱机，用手转动并用数字表测试其输出，其显示应正确。

2. 通电后的检查工作

（1）确认及检查

1）取掉抱闸线 01、ZQ1。

2）确认所有的开关、熔丝处于断开状态。

3）确认控制柜上的检查/正常开关拨在检修位置，急停开关被按下。

4）确认轿顶、轿厢上的检修开关处在正常位置。

5）确认井道、轿厢、轿顶、底坑无人，并具备适合电梯安全运行的条件。

6）确认井道外的施工不可能影响电梯安全运行。

（2）检查现场提供的三相五线制的进线电压，三相电压应为 380×（1±7%）V，相间偏差不应大于 15V 每一相与 N 线之间的单相电压为 220×（1±7%）V，N 线与 PE 之间若相通，则 N-PE 之间的电压不能大于 30V。

（3）检查总进线线规及总开关容量应达到设计图纸的要求。

（4）以上检查都得以确认正常后，则可通电调整。

（5）通电后的检查

1）合上总电源开关，检查相序继电器 KAP，若 KAP 上有绿灯显示，则表示相位正常，否则应关闭总电源开关，然后更换任意两相进线相位。

2）检查控制柜中的控制变压器，并测量电压，控制变压器的电压见表 15-19。

表 15-19 控制变压器端子电压值

控制变压器端子	5-6	7-9	8-9	10-11	10-12	0-2	R1-S1	S1-T1	R1-T1
测量电压/V	220±7%	110±7%	90±7%	12±7%	24V±7%	380±7%	380±7%	380±7%	380±7%

3）若与表 15-19 不符，应立即检查故障。

4）若检测正常，则合上 FU2，端子 101-102 的电压应为 110×（1±7%）V，端子 01-02 的电压应为 110×（1±7%）V；合上 FU3，端子 200-202 的电压应为 220×（1±7%）V；合上 SW，主控板 SM-01 上的液晶显示器应有显示。

5）将控制柜上的急停开关 STOP 复位后，应检查以下项目：

① 开关电源 PB 直流电源检查，见表 15-20。

表 15-20　开关电源直流电压值

端子	L-N	+24-COM	+5-COM
电压/V	200×（1±7%）	24.3±0.3	5.1±0.1

若上述直流电压不能达到要求，则可调节 PB 端子排右侧的电位器适当调整至以上数值。

② 检查 TXV+、TXV-间的电压为 24.3V±0.3V。

③ 检查主板上 LED 的发光显示情况，下面以 SM-01-F 为例说明。

SM-01-F 板上的 LED 的发光显示情况见表 15-21。

④ 检查控制柜中继电器吸合的情况，柜中继电器 KAP（相序继电器）、KAS（安全继电器）、KAD（门锁继电器）、KMC（电源接触器）均应动作吸合。

表 15-21　SM-01-F 板 LED 发光显示表

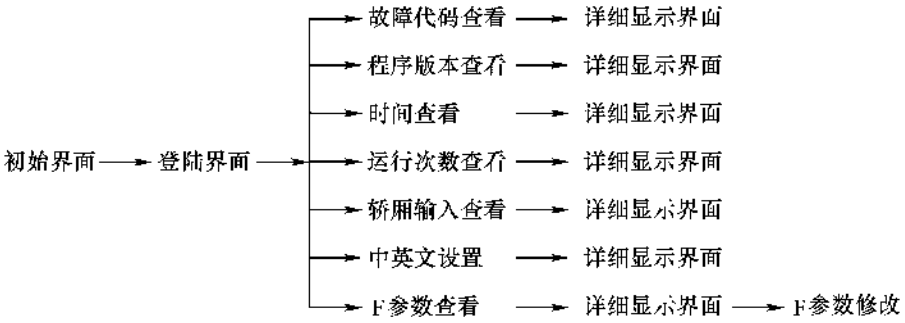
LED 名称	4*	5*	6*	7*	8*	9*	14	15	C	B	D3
对应的输入、输出端子	JP1.4	JP1.5	JP1.6	JP1.7	JP1.8	JP1.9	JP2.4	JP2.5	JP11.1	JP11.3	JP9.3

注：打*的符号表示调试时可能尚未接线，所以只有通过跨接 COM 端子才能使 LED 亮起。

3. 显示界面的操作

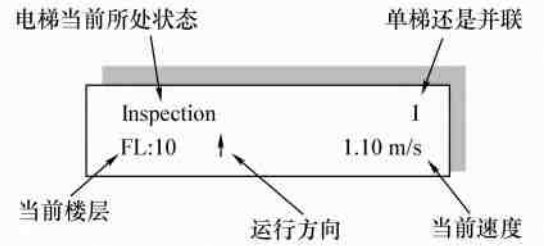
通电检查合格后，在液晶操作器上输入密码，进入参数菜单，检查参数设置，并根据合同及调试要求进行设置。

（1）菜单结构　菜单结构如下：

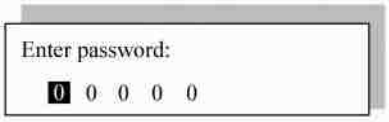


（2）操作说明

连好线通电后，液晶屏首先出现的是初始界面，提示电梯状态、并联/单梯、当前楼层、当前速度及运行方向等信息，其界面如下：



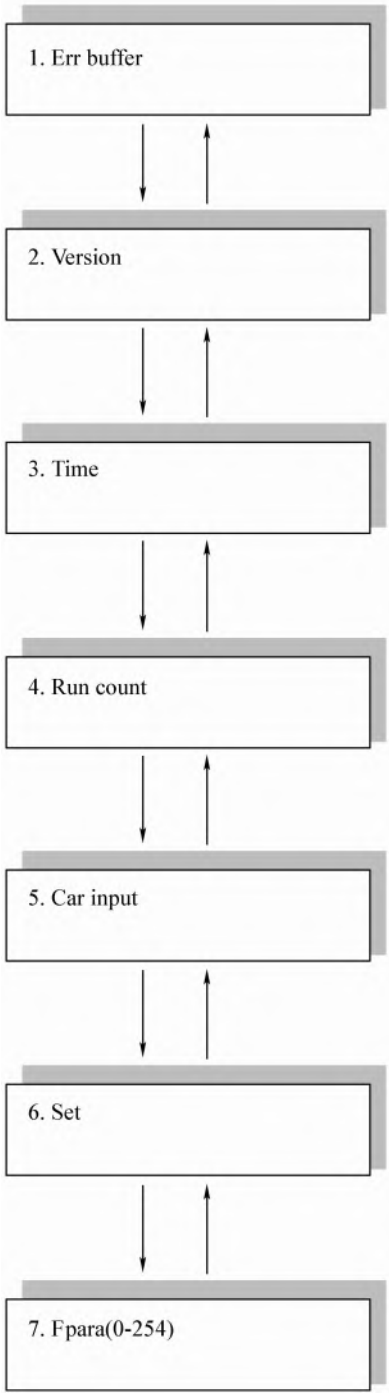
按下“ENTER”功能键进入登录界面：



按键盘“←”、“→”键移动光标位置，按键盘“↑”、“↓”键设置密码。密码分为 3 级。

按下“ENTER”功能键进入第一个子界面，即故障代码查看界面，如下：

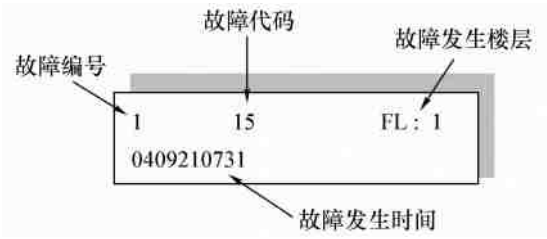
此时，按“↑”或“↓”功能键可在七个子界面中轮流切换，界面如下：



在子界面中按下“ENTER”功能键可以进入子界面的详细显示界面。

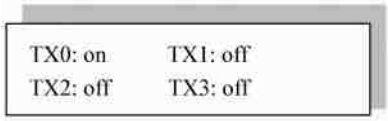
（3）重要的子界面如下：

1）子界面 1 的详细显示界面如下：



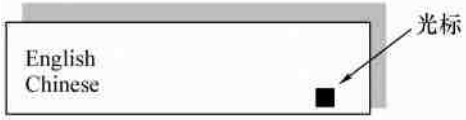
可以显示 20 个最近发生的故障代码，按“↑”或“↓”功能键轮流切换显示。

2）子界面 5 的详细显示界面如下：

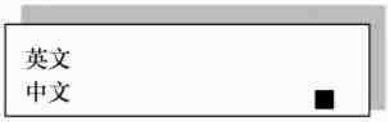


每屏显示 4 个轿厢输入点的状态，共 6 屏，用“↑”或“↓”键轮流切换显示。

3）子界面 6 的详细显示界面如下：



光标停留在哪一行，显示界面文字就会以对应的文字来显示。如上图中，光标在第二行是中文，原来的显示文字是英文，那么此时按下“ENTER”功能键后，界面变为下图：



此时，再切换到其他界面后，文字都以中文显示。

4）子界面 7 的详细显示界面

用“↑”或“↓”键切换查看 F000 ~ F254 的各个参数。

按“ENTER”键可以进入各个参数的设置界面。

设置界面中会有光标显示，按“↑”或“↓”键设置数值大小，按“←”和“→”键来移动光标位置。修改确定后按“ENTER”键来保存设置。如不想保存可按“ESC”键退出。

在F参数查看和修改菜单中，根据登录时输入的不同密码级别来开放相应的权限。输入初级密码只能查看F参数，输入中级密码可以查看和修改除高级密码外的其他所有F参数，输入高级密码可以查看和修改所有F参数。

4. 电动机参数自学习

1）关掉电梯电源，按下控制柜上的急停开关，将控制柜中自动运行/检修开关拨至检修位置；确认主机抱闸线已正确接在控制柜01、ZQ1端子上；将轿厢吊起，卸下钢丝绳，确认电动机在空转时，不会出现安全故障。

2）将编码器按照要求装好，将编码器线对号入座。

3）将抱闸、抱闸强激接触器KMB和KMZ，变频器输入、输出接触器KMC有效吸合。

4）把变频器参数A1-02设置为3，并根据变频器相关参数设置。

5）设定变频器为“AUTO-TUNING（电动机参数自学习）”模式。共需输入7个数据，依次为：

① T1-00：选择电动机1或2（不选择电动机2时，此参数不被显示）。

② T1-01：选择电动机自学习模式（0：旋转型自学习；1：停止型自学习；2：只对线间电阻的停止型自学习）。

③ T1-02：电动机的输出功率（kW）。

④ T1-03：电动机的额定电压（V）。

⑤ T1-04：电动机的额定电流（A）。

⑥ T1-05：电动机的额定频率（Hz）。

⑦ T1-06：电动机极数。

⑧ T1-07：电动机的额定转速（r/min）。

⑨ T1-08：旋转编码器脉冲数。

6）按“▲”键，变频器出现“Tuning Ready? / Press RUN Key”画面后，将输出接触器KMY有效吸合，观察抱闸是否打开，要确认电动机空转时没有磨擦阻力。再按“RUN”键，变频器即开始进行自整定。

7）整定结束后断电，将抱闸、抱闸强激接触器KMB和KMZ，变频器输入、输出接触器KMC和KMY的短接线拆掉，再将电梯的机械部分等恢复原样。

5. 检修运行

1）合上总电源，将控制柜急停开关复位。

2）安全回路畅通：102～104畅通，相序正常，控制柜急停按钮复位，即LED灯C和D14亮。一般灯C和D14亮，Y2就会亮，电源接触器KMC吸合，D16亮，变频器得电。

如果相序异常，则在关掉总电源后，将电源线R、S、T中任意两根对调重新接线即可。

3）门锁回路畅通：120～116畅通，厅门串联回路畅通；116～118畅通，轿门回路畅通，即LED灯B和D15亮。

4）上、下限位回路畅通：COM～111畅通，上行限位畅通，即D6亮。COM～113畅通，下行限位畅通，即D7亮。

5）上、下强迫减速回路也必须保持畅通，否则慢车运行时，电梯实际运行速度将为检修速度的一半。COM～84畅通，上行强迫减速畅通，即D8亮。COM～86畅通，下行强迫减速畅通，即D9亮。

6）确定检修回路接线无误。

① COM～JP1.1闭合为正常，即D1亮，主板液晶左上角显示为“自动”。

② COM～JP1.1断开为检修，即D1不亮，主板液晶左上角显示为“检修”。

7）检修时按上行按钮，D2亮，主板液晶上有“ ”，慢车上行；按下行按钮，D3亮，主板液晶上有“ ”，慢车下行。

① 当电梯运行时，变频器显示当前电梯的运行转速或频率；

② 同时也可在变频器的输入输出状态中检查信号的接收和输出状态；

③ 若原先开环方式可开慢车，设为闭环并修改变频器相关参数后，电梯慢车运行发生振动或速度异常时，可将电动机编码器的A、B相在关电后对换，然后再送电观察运行情况；

④ 若电梯的运行方向与按钮的方向不一致，则在关电后对换电动机进变频器的相线V、W，同时将电动机编码器的A、B两线对换，然后在送电检查运行情况；

⑤ 检查液晶操作器上显示的速度，上行应为正值，下行应为负值。若异常，则在关电后调换变频器PG板输出到主板的A、B相即可；

⑥ 检查液晶操作器上显示的速度是否与设定的速度值相一致，如果显示的数值波动厉害则需检查编码器和电动机的接地状况。

8）机房慢车运行正常后则可进行剩下的排布接线工作。

（二）通电快车试运行

1. 电气系统检查和确认

1）电机及系统接线应正确，光幕接线应正确。

2）轿顶平层感应器接线正确，安装尺寸正确。

3）井道内各安全开关动作正确有效。

4）井道内上、下极限安全开关安装位置正确且开关动作正确有效。

5）上、下限位开关安装位置正确且开关动作正确有效。

6）上、下强迫减速开关安装位置正确且开关动作正确有效。

7）对讲机接线应正确，并确认通话正常。

8）到站钟接线应正确。

9）呼机通信板的接线可靠、正确。

10）关闭总电源开关，检查通信线（见通电慢车试运行相关内容）。

11）轿厢照明及风扇接线正确。

2. 通电检查

（1）在上述检查和确认后，需进行下列步骤的确认及检查

1）电源关闭。

2）确认所有开关处于断开位置。

3）确认控制柜上的检修/自动开关在检修位置，急停开关被按下。

4）确认井道、轿厢内无人，并具备适合电梯安全运行的条件。

5）确认井道外的施工不可能影响电梯安全运行。

（2）门机的检查和调试

1）合上熔丝 FU1、FU2、FU3、FU4、FU5、SW。

2）合上电梯电源。

3）复原控制柜急停开关。

4）合上控制柜门机电源开关，将轿顶检修/自动开关转至检修位置。

5）检查变频门机板电源端子之间的电压应为 220×（1±7%）V。

6）按照门机说明书进行门机调试。

7）检查开、关门动作：

① 将门机设置成自动状态，门处于关闭状态。

② 用手按开门 KAO 继电器，门机执行开门动作。

③ 用手按关门 KAC 继电器，门机执行关门动作。

④ 让门处于完全打开位置，手按轿顶上行或下行按钮，此时门机应自动关闭。

8）检查开、关门到位动作：

① 使电梯停在平层位置，把检修/自动开关转到正常位置，门处于关闭状态。

② 观察液晶操作器上应显示自动状态。

③ 让液晶操作器处于输入状态监视栏，观察开门到位 TX0 右边应显示“※”，关门到位 TX1 右边应显示“—”。

④ 用手按开门 KAO 继电器，门机执行开门动作，开门到位后 TX0 右边显示“—”，TX1 右边应显示“※”。

⑤ 用手按关门 KAC 继电器，门机执行关门动作，关门到位后 TX0 右边显示“※”，TX1 右边应显示“—”。

（3）光幕的检查

在自动状态下进入输入状态监视栏，观察安全触板 TX2，当光幕无阻挡物时，TX2 右边应显示“※”，当光幕有阻挡物时，TX2 右边应显示“—”。

（4）轿厢显示器的检查

1）关闭电梯电源，接上轿厢通信线，然后合上电梯电源。

2）确认轿厢显示器显示正常，而且随控制柜上液晶操作器上的显示改变而同时改变。

3）将 S1 跨接线端子短接，确认层显显示$^{1}_{0}$，而后将 S1 跨接线去除。如果显示的不是$^{1}_{0}$，可重新设置该板为$^{1}_{0}$。作为轿内显示板，应设为“0”；作为厅外显示板，应设为“1”。

4）将层显板后 JP5 跨接线端子短接。

（5）平层感应器接线检查

1）平层感应器接线应按图正确接线，以 YPS 为上平层信号，YPX 为下平层信号。

2）平层感应器信号的检查。

① 将电梯由上至下行驶，进入平层区域时，平层感应器的信号顺序为先 YPS，再 YPX。

② 对应的信号输入点 LED 应该是上平层灯先亮，下平层灯后亮（平层为常开信号）。

3）限位及极限开关位置的检查

① 在液晶操作器上输入检修速度为 0.05m/s。

② 以 0.05m/s 的速度将轿厢向上运行，直至上限位开关 SLUT 动作，此时轿厢地槛应高出顶层厅门地槛 50mm。

③ 以 0.05m/s 的速度将轿厢向下运行，直至下限位开关 SLDT 动作，此时轿厢地槛应低于底层厅门地槛 50mm。

④ 将上、下限位开关跨接后，将轿厢以 0.05m/s 的速度向上运行直至上极限安全开关（SLUL 开关）动作，此时轿厢地槛应高出顶层厅门

地槛 130mm。

⑤　将轿厢以 0.05m/s 的速度向下运行直至下极限安全开关（SLDL 开关）动作，此时轿厢地槛应低于顶层厅门地槛 130mm。

⑥　调整完后，将跨接线取掉，恢复原来的接线。

（6）终端强迫减速开关的检查和调整

1）将电梯以 0.05m/s 的速度上行至上终端强迫减速开关 SSU 动作，此时轿厢地槛低于顶层厅门地槛的距离为 h，见表 15-22。

表 15-22　终端强迫减速开关动作距离

电梯额定速度/（m/s）	h/mm
0.5～0.63	1000
1.00	1500
1.75	2700

2）将电梯以 0.05m/s 的速度下行至下终端强迫减速开关 SSD 动作，此时轿厢地槛高于底层厅门地槛的距离为 h，见表 15-22。

3）调整完毕后，将所有接线恢复至该调整前的状态。

（7）检查每层平层插板安装位置、数量应正确无误。

3. 井道位置自学习

1）将电梯检修速度设定为 0.25m/s，电梯处于机房检修状态。

2）将电梯往下运行至下限位开关动作，并确认 SM-01 主板上的相关信号已经动作。

3）保持安全回路畅通。

4）确认电梯能安全的在井道全程行驶。

5）在液晶操作器上进入井道自学习模式。

6）电梯将自动以检修速度向上运行，并自动记录各平层插板位置，上、下限位开关，上、下终端强迫减速开关的位置。

7）在井道自学习模式，液晶操作器上将自动显示相关的楼层指示、速度等信息。

8）当电梯行驶至上限位开关后，系统自动结束井道学习程序，液晶操作器上显示井道学习结束界面。保存井道自学习的数据后，将液晶操作器上的显示退至状态窗口。

4. 快车运行

井道位置自学习完毕后可先在机房运行快车，并在液晶操作器上观察反馈速度是否正确。

1）轿厢、轿顶、井道和底坑等处不要留任何人，所有厅门和轿门都关好，确认安全和门锁回路正常。

2）在机房将电梯慢车运行至中间楼层，转为自动，在控制柜中打单层指令，电梯会跑单层速度，观察反馈曲线、平层信号及曳引机等，看其是否能正常起动、加速、减速、平层、停车。如异常，调整相关参数。

3）单层运行正常后，打双层指令，电梯会跑双层速度，观察反馈曲线、平层信号及曳引机等，看其是否正常起动、加速、减速、平层、停车。如异常，调整相关参数。

4）双层运行正常后，再打多层指令，让电梯跑多层观察是否正常起动、加速、减速、平层、停车。如异常，调整相关参数。

5）多层运行正常后，分别让电梯以多层速度到顶层和底层，看其是否正常。

6）顶层和底层运行正常后，检查上、下强迫减速开关动作有效距离是否符合标准。确认强迫上、下减速开关距离符合标准后，分别让电梯向下错层和向上错层，观察电梯到顶层和底层时是否会冲顶和沉底。如异常，调整上、下强迫减速开关距离。

5. 调整平层

1）平层插板要插入光敏开关或磁开关 2/3 深度，并且要检查每一层的平层插板都要垂直并且插入深度都一样。

2）平层插板插入光敏开关或磁开关后要保证两端露出 10～30mm。

3）安装时注意保持平层时每层的插板的中心和感应器的中心在同一直线上，确保平层。

4）电梯正常分别上行、下行到达每个楼层，记录轿厢地槛与厅门地槛的高度差异。电梯向上运行时，轿厢地槛高为平层越层，轿厢地槛低为平层不到；电梯向下运行时，轿厢地槛低为平层越层，轿厢地槛高为平层不到。记录后对个别不平层的楼层相应移动本层的井道插板，移动后要注意再次记录。

如果各楼层平层高低差异较大，则可通过调整平层插板使大多数楼层平层偏差相同，以此为参照，调试参数使这些楼层平层偏差控制在标准范围内。

①　模拟量平层调整：平层偏差在 15mm 以内的，可用 F56、F57 来调节平层精度；平层偏差大于 15mm 的，必须先调整平层插板，然后用 F56、F57 来调节平层精度。

当上行时冲过平层则减小 F56，不到平层则增大 F56。当下行时冲过平层则减小 F57，不到平层则增大 F57。F56 和 F57 的设定范围是 0～100，50 为出厂值，表示没有偏移。

②　数字量平层调整：上、下平层精度都是平层不到，可将爬行速度适当调大；上、下平层精度都是平层冲过层，可将爬行速度适当调小。

爬行速度调得太大，舒适感会很差。因此，上行或下行平层精度相差太多时，可先调整平层开关和平层插板相对位置。

另外，平层精度调整也可用 C1-02、C2-03、C2-04调整平层精度。

③ 当旋转编码器受干扰或质量较差时也会影响平层精度，要注意检查编码器是否用屏蔽线，并且屏蔽层要在控制柜一端接地。还要注意布线时使编码器接线不和动力线在同一线槽。

第八节 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方法安装外，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》；

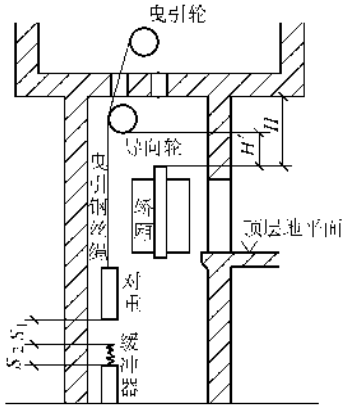
6）GB 50310—2002《电梯工程施工质量验收规范》；

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。

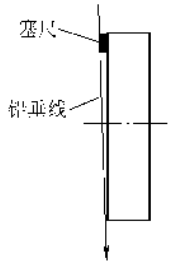
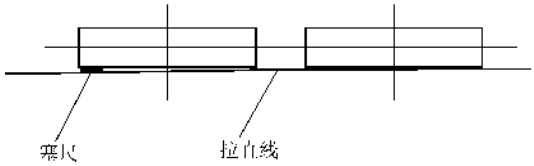
电梯安装质量的检测可按表 15-23 进行。

表 15-23

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”指的是对重将缓冲器完全压缩时，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

（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	不设减震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
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≤5%	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

（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 加油油质参见表15-4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	

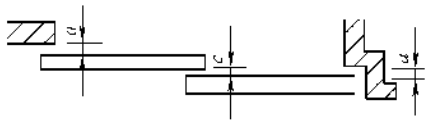
（续）

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 埋筑支架时不能使用白灰砂浆
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，参见图15-35
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，参见（同上）
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

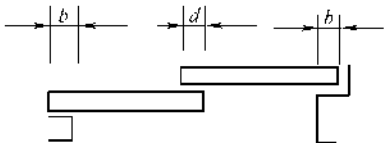
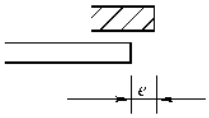
三、轿厢、层门组装（详见GB 50310—2002）

主要检测项目及规范要求		基本检测方法及注意要点
1.	轿厢地槛与各层门地槛的距离偏差$^{+2}_{-1}$mm	在各层站平层位置尺量检查，门开度两端各测量一点 各层门地槛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	开门刀与各层门地槛的距离为5～8mm	用检修速度，使门刀至各层地槛（顶层除外）对应位置，尽量检查。（门开度任意位置均要符合）

（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槛的距离为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槛对应位置，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15-45，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  门扇的间隙
6.3	门与门扇间隙 c（对旁开门）为（6±2）mm	

（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	层门下端距地槛面的距离为（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	层门锁在锁合时锁勾、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.	层门地槛高出地面为 2～5mm	尺量检查
8.	层门地槛水平度≤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 绝缘电阻计测量

（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，并做压接，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	

（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三极插座	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三极插座	

（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、皮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脱
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

（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，轿厢地槛超越上、下端站层地槛距离为100～200mm	检修速度实际运行检查、尺量检查 在首层（或顶层）尺量检查轿厢与地槛间相对垂直距离
4.3	限位开关动作时，轿厢地槛超越上、下端站层地槛距离为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、轿厢地槛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

（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	

第九节　电梯调试及试运行

电梯调试是安装电梯的最后一个工序，也是安装过程中一个最重要的环节。电梯调试又分机械调整和电气调试两部分。调试工作应通过一定的步骤、方法对各种装置进行试验、调整，使系统能安全可靠地工作，使电梯达到国家有关规定和产品的设计要求。电梯调试也是对产品的性能和安装质量的全面考核，可同时修正和弥补安装及制造上的某些不足之处，使电梯以优良的质量为用户服务。

一部优良的电梯应具备以下基本条件：

1. 安全可靠

电梯在使用中应能避免安全事故的发生，同时又要降低故障率，使用户有安全感。

2. 乘坐舒适

电梯在整个运行过程中应平稳舒适，在变速时能较平稳地过渡，满足乘客心理状态的要求。

3. 功能正确

电梯有很多功能，应能正确地反映出来，发挥其应有的作用。

电梯调试是一项机电相结合的细致工作，应由技术素质高、专业知识强、实践经验丰富的专业人员承担。调试前调试人员应熟悉电气原理图，熟悉电梯布线和接线图，熟悉各装置的位置及作用，熟悉机组性能和特点以及有关电梯的标准和规范。

一、电梯调试总体原则

（一）电梯调试的原则

1. 必须保证电梯运行的安全性

电梯运行的安全性包括人身安全和设备安全。因此必须保证自身安全和他人安全；必须保证电气设备和机械设备安全。进行电梯调试必须注重安全，遵守安全操作规范。

2. 必须保证电梯运行的可靠性

通过调试和检查，消除各种电梯故障隐患，提高电梯运行可靠性。

3. 必须保证电梯运行的舒适性

在保证电梯安全、可靠运行的基本条件，兼顾电梯运行效率的同时，将电梯运行舒适感调试至最佳状态。在电梯运行效率与电梯运行舒适感之间，一般条件下，办公楼、商务楼电梯较为讲究运行效率；而酒店和住宅电梯较为注重电梯运行舒适感，这要引起调试人员的重视。

（二）调试总则

与电梯运行舒适感相关的因素主要有三点：一是机械方面的因素，如导轨垂直度、表面平整度、连接处导靴松紧度、钢丝绳张力均匀度等；二是运行曲线相关参数设置，如加速度、减速度、S曲线弯角时间、起动抱闸延时、停车抱闸延时等；三是矢量控制相关PI参数设置，如比例增益、积分时间等。机械系统各方面的工作配合状态是决定电梯运行舒适感的最根本性的因素。

如果机械系统方面存在着问题而影响舒适感，电气调试只能是改善舒适感更好一些，而无法根本改变机械缺陷。

调试的总则就是在保证电梯安全性和运行可靠性的前提下，协助电梯安装人员调整好电梯机械系统的各部件工作配合状态的同时，调整好设备相关参数以进一步改善舒适感，使舒适感达到最佳的状态，测试并确认各项功能正常。

（三）舒适感的性能指标

1. 电梯起动舒适感

起动是否平稳，有无台阶感、振动等。

2. 电梯高速运行中舒适感

高速运行是否平稳，有无振动、晃动等。

3. 电梯停车舒适感

平层停车是否平稳可靠，有无制动感、振动等。

4. 电梯加速是否很急

通过运行曲线加速斜率调节。

5. 电梯减速是否很急

通过运行曲线减速斜率调节。

6. 电梯运行中是否有风鸣共振声音

一般与轿厢密封度、机械装配及井道有关。

（四）电梯调试程序及要点（见表 15-24）

表 15-24　电梯调试程序要点

序号	项目/程序	主要调试内容	备注
1	线路检查	通电前线路检查，通电后线路检查	
2	曳引机自整定	旋编安装，参数设置，曳引机自整定	
3	慢车运行	安全回路，门锁回路，上、下限位，上、下强慢	
4	井道学习	井道各开关，平层感应器，井道学习，井道学习数据保存	自学习指微机电梯
5	快车运行	单层、双层、多层、顶层、底层运行，冲顶沉底试验	
6	舒适感调试	机械调整，运行曲线设定，速度环 PI 值（电流环 PI 值）	
7	功能检查	按合同要求逐一测试各项标准功能和特殊功能	
8	平层调整	平层精度测量记录，平层感应器插板调整，相应平层参数调整	
9	其他	其他不妥	

二、交流双速电梯的调试（货梯）

交流双速电梯一般由双速笼型电动机驱动，采用继电器逻辑控制，其调试可分为慢车运行和快车试车两个阶段，慢车作为检修维护电梯时使用，快车作为正常运行，两者既是独立系统，又是密切配合的。

（一）慢车运行

1. 准备工作

1）检查清理井道，井道内应无任何安装遗留物，无积水；孔洞均已修补堵塞；清扫井道内的灰尘、土建遗留物，清扫轿厢顶部杂物、灰尘，并把厢内清扫干净。

2）用 500V 摇表重新摇测电动机和电气线路的绝缘电阻应符合规定。

3）机械设备的转动部分应注油润滑，有脏污的部位应清洗后再注油；曳引机的油箱应清洗后加规定的齿轮油。

4）制动器的抱闸应进行初步调整，动作应灵活可靠。

5）所有的安全装置应全部在正常位置，拆除短接线，使其正常投入使用。

6）检查所有部位有无不妥之处，并及时修复。

2. 运行步骤及方法

1）拆除开关门控制线，使门电动机不能工作。将轿厢门打开，使门刀脱离滚轮或暂不安装门刀，运行时不准碰擦滚轮。

2）在机房里单独给制动器通电或用机械扳手开启抱闸，并随时可制动。用手盘动电动机的平衡轮，分别使轿厢向上、向下各运行 500～600mm，凭手感判断蜗轮、蜗杆有无咬死现象，其他部位有无卡住情况，然后将轿厢盘行到中间层位置。必要时要进行全程的盘车试验。

3）将电源开关合上，在机房用旋钉螺具按动 1KAU 和 KMU 或 1KAD 和 KMD 的铁心衔铁使电梯点动慢行，上下行不超过 1m，确认轿厢运行方向与实际操作的继电器的标志是否一致，如不符可将电动机的三相进线任意对倒两相，然后按上述方法将电梯向上、向下各运行数次、通过选层器观察，不应使轿厢行驶到最高层或最低层。

4）机房点动操作无误后，可分别进入厢内或轿顶，以操作上下行检修按钮，根据行驶方向复核按钮标志是否正确，否则应调换按钮的接线。

3. 慢车运行后的调整

1）慢车运行时应观察和倾听轿厢有无碰撞和异常声响，如有应找出原因并消除。

2）检查和调整机械装置，不妥之处应修复至合格，如导靴与导轨顶面的间隙、轿厢地槛与各层层门锁滚轮的距离、开门刀与各层层门地槛的距离、开门刀与各层层门开门滚轮的吻合情况、平层感应器与各层感应板的吻合情况、限速器钢丝绳随轿厢运行情况及各种安全开关的触碰距离、随行软电缆与井道中盒管槽及其他物体的距离有无碰触的可能、安全钳 4 个楔块与导轨的间隙等。

3）调整时一般应由轿顶上和轿内的人员配合且内外联系，发现问题及时停车，并触动上下行限位开关，看其是否能使轿厢停车制动。

4. 制动电路的调整

制动器调整应包括机械装置和电气控制两个部分，应在调整过程中相互配合，使制动器在制动时能迅速有力地刹住制动轮，且只产生较小的冲击，又能满足电梯静载试验的要求。在运行中，电磁铁的吸力必须迅速克服弹簧力使制动器松闸，保证电梯起动运行。

图 15-130 是典型的制动器电气原理图，电梯起动时，继电器 KTF 得电，制动器线圈 LB 两端承受全部电压；在运行时 KTF 失电，LB 两端承受与 REC 的分压，维持制动器开启状态。合适的维持电压可以减小制动器线圈的功率损耗，又能迅速制动，同时又能保证外界电压波动时，制动器的状态不受影响，仍能可靠地工作。维持电压一般应为释放电压的 1.3 ~ 1.5 倍。

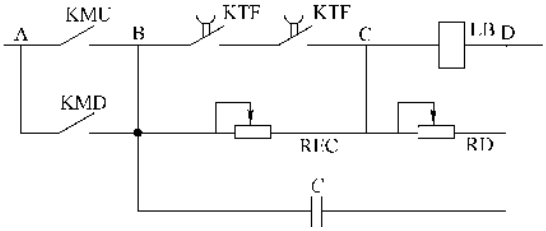


图 15-130　典型的制动器电气原理图

先调整 RD，使其阻值为线圈 LB 直流阻值的 3 ~ 5 倍，然后在线圈两端 CD 并接一只直流电压表。将 REC 的滑动触点向 C 点移动，并用导线短接 AB、BC 使 AD 间为额定电压 110V，电磁铁应立即吸合。然后拆除 BC 短接线，并逐渐将 REC 的触点向 B 点缓慢移动，使制动器刚好释放即停止移动，这时电压表指示的电压即为释放电压。将上述步骤重复一次，当 REC 动触点由 C 向 B 点移动且使电压表指示为 1.3 ~ 1.5 倍释放电压时，将动触点固定在此位置上。最后拆除电压表，至此调整工作完毕。

一般情况下维持电压是额定工作电压的 75% 左右，即 80V。

5. 开关门电路的调整

（1）门开关电路的工作原理　门电动机通常是直流电动机，电动机的转速与电枢电压成正比，转速方向由电枢电压的极性来决定。图 15-131 是典型的门开关电气原理图。

当开门继电器 KAOF 通电吸合后，使门电动机 MD 向开门方向旋转，电枢在串联电阻 RC 和并联电

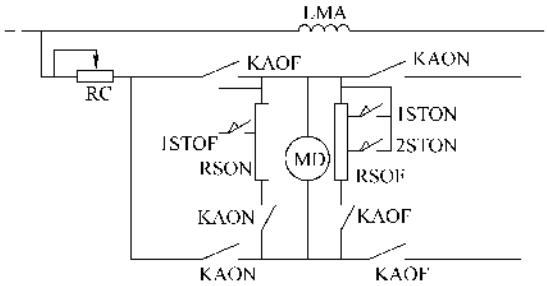


图 15-131　典型的开关门电气原理图

阻 RSON 全部电阻下运转，当门开至 75% 左右时，行程开关 1STOF 接通，短接了 RSON 的大部分电阻，分流后使 MD 的转速降低，门继续慢速开启，最后当门开足时，限位开关 2STOF 断开，KAOF 释放，MD 失电停转。2STOF 在继电器 KAOF 回路。

当关门继电器 KAON 通电吸合时，使 MD 反向得电，电动机向关门方向旋转，当门关至 70% 行程时，行程开关 1STON 接通、短接了 RSOF 的大部分电阻，于是 MD 的转速降低，门继续关闭，当门关至 90% 行程时，2STON 接通，又短接了 RSOF 一部分电阻，MD 的转速继续降低，直至关门，限位开关 3STON 断开，KAON 释放，MD 失电停转。3STON 在 KAON 回路。

上述的 2STOF、3STON 是开关门停止的限位开关，画在电气原理图中，如图 15-78 的⑦区所示。

（2）速度调整　图 15-132 是开关门速度曲线图。调整速度主要是调整行程开关的位置，从而改变变阻器的值来改变速度。

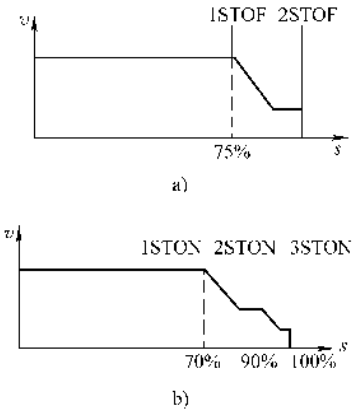


图 15-132　开关门速度曲线图

a）开门　b）关门

1）拆下电动机上的 V 带，用手盘动曲柄轮使轿厢门开启或关闭，从而初步确定限位开关 2STOF 和

3STON 的位置。

2）接通电源，在操作盘上按住开门按钮，电动机正转（开门），然后再分别手动按动 1STOF 和 2STOF，电动机转速降低和停止。同样操作关门按钮，电动机反转（关门）、分别手动 1STON、2STON 和 3STON，转速会由高到低直至停止。

3）盘动曲柄轮，分别使轿门开启和关闭，观察各开关与碰铁碰撞情况，适当调整碰铁的位置或开关的位置。

4）装上 V 带使关门电动机工作，试验开、关门速度。一般开门为 2s，关门为 2.5s。

5）分别关上层门，从上至下慢车行驶、到每层都停止，然门按动开门按钮，厢门带动厅门开启，然后按动关门钮，门关闭。每层的开关速度应平稳，碰撞声音应符合规定。每层调整后再固定所有开关的位置。同时应将固定螺栓封漆，一般情况下不得变动。

在调整过程中，应使曲柄轮上的弧形碰铁在门电动机变速时同时碰撞两个开关，否则会使门电动机转速有瞬时加快的现象，影响门运行质量。

6. 安全系统的试验和调整

安全系统由机械和电气两部分组成，它们之间联系紧密，系统中任何装置发生故障都会引起电梯不能起动或在运行中自动停止，保证电梯的安全运行。

机械安全保护装置有：电磁制动器、限速器、缓冲器、层门、轿门、安全触板、安全钳等。

电气安全保护装置有：限位开关、极限开关、超载装置、超速保护开关，急停开关、断相保护、错相保护等，详见表 15-25。

表 15-25　电梯安全保护装置表

安全保护装置名称	保护方式
△极限开关（打头开关）	电梯失控开到极限位置、撞顶、蹲底时，切断总电源开关
△终端限位开关	用行程开关装在基站和顶站适当位置，以限制电梯越位
△终端缓速开关	电梯到终端站时，迫使减速（换速）
△超速保护	以限速器代动联锁开关、切断控制线路
轿厢超载保护	用压磁式或杠杆式称量装在轿底，带动开关保护
△轿顶安全窗保护	打开轿顶安全窗时，切断控制回路，不能开车
△厅门轿门安全保护	打开厅门，轿门切断控制回路，不能开车
△轿厢门安全触板	在自动开关门的电梯中，轿门侧面装有活动安全触板；在关门过程中，人触及触板门即开，防止夹人
轿厢侧门安全保护	在并排电梯中、轿厢设有侧门，当侧门打开时不能开车
轿顶，底坑安全作业保护	当工作人员在轿顶或底坑工作时，电梯不能开车
△涨绳保护	限速器钢绳随轿厢运行，在底坑装有涨绳轮，当钢绳发生故障，涨绳轮开关即切断控制回路
△选层器钢带断裂保护	当选层器钢带断裂时，涨紧装置带动开关切断控制回路
△测速机断绳保护	当测速发电机断绳（带）时，带动开关切断控制线路
△事故逆转保护	直流电梯的检测、给定信号与速度信号产生差值时，事故继电器动作切断控制线路
△急停按钮	在轿厢操纵盘上装有急停按钮，在事故情况下，按急停按钮即停车
△直流电动机弱磁保护	当直流电动机弱磁时，欠磁继电器动作，即停车
相序及断相保护	当电源相位颠倒或断相，相序继电器动作，切断控制回路
△过载短路保护	当电动机过载电流增大发热时，热继电器动作或熔断器断开，直流电动机用反时限或延时继电器动作，切断控制回路

注：有△者为基本安全装置。

电梯慢车试验后，应按 GB/T 10059—2009《电梯试验方法》进行安全装置的调整和试验。

（1）限位和极限的调整　电梯以检修速度向上和向下运行，当超越上、下限位工作位置时，限位开关应动作，动作后电梯应停止，轿厢地槛越过上、下层站地槛的距离应在 50～100mm 范围内；试验极限开关时应先将限位开关的接点短接（试验完毕后再拆除），当超越上、下极限位置时，极限开关应动作，动作后电梯应停止，轿厢超越上、下端站层地槛的距离应在 100～200mm 范围内。

上述制动后溜车太长一是应调整开关的位置，再是调整电磁制动器闸瓦和制动轮的间隙，一般应小于

0.7mm。

（2）供电系统断相、错相保护装置的调整　可将总开关取掉一只熔断器或交换相序，再合闸试车，这时相序继电器应发出信号，使电梯不能起动。

（3）限速器和安全钳的调整　电梯停在底层端站的上一层，轿空载，用检修速度向下运行，然后在机房人为动作限速器，这时安全钳开关动作使电动机停转，安全钳卡住导轨。试验后将安全钳开关复位，这时再点动下行，电梯应停止不动。如果能向下运行，说明安全钳没有卡紧导轨，修复调整安全钳后再试验，直到卡住导轨为止。然后可把轿厢停在底层端站的上三层，重复以上试验，安全钳应动作准确无误。

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下进行试验；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。

（4）缓冲器的试验　试验前应将限位开关和极限开关短接，轿厢以空载和额定载荷分别对对重缓冲器和轿厢缓冲器进行静压5min，然后将轿厢和对重提起，放松缓冲器，使其恢复正常位置。液压缓冲器复位时间应小于90s，弹簧缓冲器复位时间应小于5s。

（5）层门锁与轿厢门电气联锁装置的调整　当任一层门轿门没有关闭或锁紧时，操作按钮起动电梯，电梯应不能起动；轿厢运行时，将层门或轿门强迫打开一点，电梯应立即停止运行，否则应调整。

通常由底层向上，一层一层试验，直到全部合格为止。

（6）安全窗的试验　电梯运行时将安全窗打开，电梯应立即停止；安全窗没有关好关严，电梯不能起动。

（二）快车运行

交流双速电梯采用双绕组电动机，其中一组为6极，供电梯起动和快车运行；另一组为24极，供平层和检修之用。由于控制系统简单，在起动、减速和制动方面性能较差，平层准确度低、乘坐舒适感差。因此，双速电梯的调整比较困难，需要各方面兼顾配合，在符合规定的基础上提高调试质量。

1. 双速电动机的特性

（1）双速电动机的特性曲线　当电源电压和电源频率均为额定值时，在定子电路和转子电路中不接电阻和电抗，按照规定方式接线时的机械特性称为固有特性；凡是不同时具备上述条件的机械特性都是人为特性，如图15-133所示。电动机的起动、运行、减速和制动过程都将沿着曲线工作。

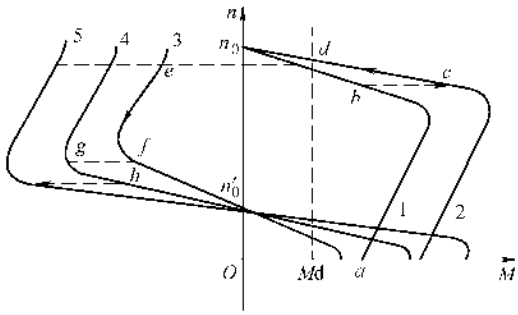


图15-133　双速电动机运行特性曲线

1—串联阻抗　2—快速固有特性（6极）

3—串联阻抗特性　4—串联电抗特性

5—慢速固有特性（24极）　Md—恒负载转矩

（2）电动机起动加速过程　图15-134为定子串联阻抗起动的电路图，电动机接通电源后，就在串联阻抗特性曲线上起动，较大的起动电流在电阻R和电抗L上产生了较大的电压降，降低了定子电压，使电梯起动时有较好的舒适感。当转速升高到80%额定转速时，KM_1动作，短接了阻抗，定子绕组直接接到电源上，并在固有特性曲线继续加速到稳态运行。

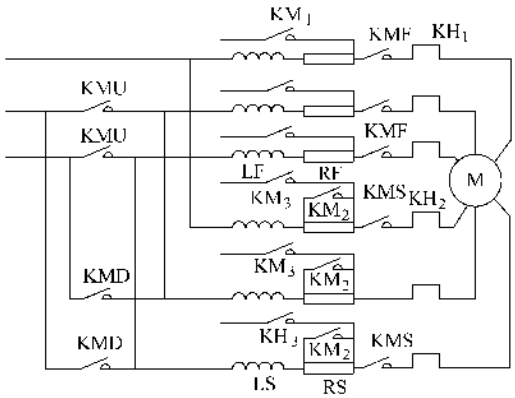


图15-134　双速电动机主电路

电梯专用交流双速电动机的起动转矩是负载转矩的1.8倍左右，按照这样的起动转矩进行加速，将给电梯设备带来较大的冲击，降压起动电压就是为了将起动转矩限制在1.2～1.3倍负载转矩以下，使电梯有较好的加速过程。但是电压又不能降得太大，否则会造成起动困难，使起动电流剧增，损坏电动机绝缘。起动过慢应减小起动阻抗，起动过猛应加大起动阻抗。

由于不同规格电梯的载重量、轿厢自重、静阻力矩等参数不一样，每台电动机所需的起动转矩也不相同，因此在实际调整时应根据实际情况进行整定，一般串入电抗的匝数是20～40匝，经1.5～2s切除

阻抗。

（3）电梯减速过程　电梯进入平层区之前需要减速制动，这时由井道信号装置或机房选层器提供减速信号，切断电动机 6 极绕组的电源，同时给 24 极绕组通电，由于转动惯量的原理，转速不能突变。在减速一开始实际转速大于电动机同步转速，电动机处于发电制动状态，强行将电动机由 950r/min 降至 225r/min 后产生很大的制动转矩，出现明显的阶跃感。因此在变速过程中，24 极绕组回路中要串联阻抗，以减小发电制动力矩，提高舒适感。

如图 15-133 和图 15-134 所示，当快车接触器 KMF 释放后慢车接触器 KMS 立即吸合，电动机制动转矩降低，当转速下降到 f 点时 KM_2 吸合短接电阻 RS，电动机只串接电抗慢速运行；当 KM_3 吸合将阻抗 LS 全部短接，电动机转入 24 极慢速运行，进入平层阶段。

在减速过程中分两级切除电阻和电抗，时间分别为 1s 和 0.5s，这时串入电抗大约是 40～60 匝。

2. 减速点的选择和调整

电梯减速应有减速点，也就是从什么时候开始减速。减速点关系到减速过程的舒适感和平层准确度，因此，减速点的设置必须保证有适当长的减速距离及平层段距离。减速点的选择有三种方法。

（1）方法一　加长减速板，使铁板提前插入减速感应器，这样减速就会提前，如图 15-135 所示，铁板提前插入，使 A 点移至 A′点，由于减速度不变，相当于把 AB 平移为 A′B′，平层段延长了 BB′长度，保证了制动时转速在 225r/min 左右。但是铁板加长后不能超过任一层的层高，否则会使感应板同时插入邻近层的感应器，造成系统混乱。这种方法简单方便，但受到层高的限制，对于低于 3m 的楼层不适用。

（2）方法二　调整串联在主回路中的电阻和电抗的抽头及切换时间，就可以改变减速度的大小。如图 15-135 中减速点 A 没有变，减速度加大，使 B 点移到 B′点，形成斜线 AB′，平层段相应延长了 BB′长度，保证了制动时的转速。这种方法效果明显，但减速度加大会使舒适感变差。电抗器抽头调整的原则是：串入的电抗大，制动力弱，减速度小；串入的电抗小，制动力强，减速度大。调整电抗器一般作为粗调，调整电阻作为细调，两者需配合进行，同时每相串入的阻抗大小应平衡。

（3）方法三　改变电气控制线路，增加减速感应器，使电梯上下行的减速点分别控制，使减速点提前到达，延长平层段。在减速不变的情况下，如图

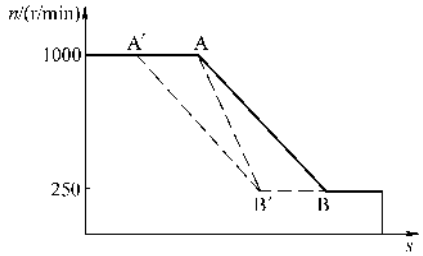


图 15-135　减速示意图

15-135 中的 A′B′。这种方法较好，可以调整任何层的减速距离，但不能将减速距离调的太长，否则会引起运行效率降低和电动机发热。减速感应器增加的个数是 $N-2$，N 为层站数。

实际调整时应根据具体情况选择最佳方案，使减速过程舒适感好，平层准确。

图 15-78 所示的电梯控制原理图是在选层上加装了换速触点来改变电动机转速的，可适当调整触点的位置来改变减速点。

3. 平层段的确定

电梯进入平层段运行，转速应在 225r/min 以内，否则平层准确度差，还会使电梯制动时发生冲击。平层段的转速可用下述方法来确定。

1）用转速表来测量。

2）在机房内观察电动机转度的变化情况。

3）在厢内凭感觉，判断检修运行制动和正常运行制动所产生的冲击大小，如两者相同，则说明转速在 225r/min 左右。

以上方法均应在空载上行和满载下行时进行，这样才能较正确地反映实际情况。测量时应注意转速变化后能稳定时间的长短，制动器才动作。

4. 平衡系数的调整

（1）平衡系数的概念　当电梯轿厢的重量与对重侧的重量基本相等时，在对重侧多加的重量与轿厢额定载重的比值称为平衡系数，一般用式 15-6 来表示：

$$K = \frac{W_d - G}{Q} \tag{15-6}$$

式中　K——平衡系数；

W_d——对重侧重量总和，单位为 kg；

G——轿厢自重，单位为 kg；

Q——轿厢额定载重量，单位为 kg。

平衡系数的选取，直接影响电梯的平层准确性、电动机的正常工作、实际速度与额定速度之间的误差，直接影响电梯的运行质量。

平衡系数该取多大，需要在调试和运行中确定，

一是要考虑轿厢空载和满载两种运行情况，二是要根据梯型（客梯、货梯）不同加以考虑。客梯的流量变化较大，常常不在额定负荷下运行，K 可取 0.45 左右；货梯常在额定负荷或接近负荷下运行，K 可取 0.5。

（2）平衡系数的测定方法

① 手感法：现以载重 1t 的客梯为例说明手感法测定平衡系数的方法。

在轿厢内放置 450kg 的重物，其中包括操作人员的体重，先把轿厢停在和对重同一水平位置上。然后在机房用手盘动电动机的飞轮盘，使轿厢分别向上和向下 300～500mm，可几人分组重复盘动几次，凭手感判断轿厢与对重两边的重量是否相等，若不相等，则应调整对重的重量，直到两边的重量相等。盘动飞轮前应先使电梯处于检修状态，并把主开关的电源关掉，用机械扳手将抱闸松闸，否则盘不动车，且有安全作用。两边重量调整到相等后，轿厢仍负载 450kg，一人在机房手持转速表，顶针顶住轴心，另一人站在轿顶上，用明显的标志标出井道的中间位置，并用步话机联络。然后将电源送上，将电梯打入运行状态，使电梯上升至顶层，再降至底层，当轿厢经过中间位置时，机房即测量电动机的转速，反复测几次，若向上和向下时中间位置的转速相差 2～3 转，即可认为平衡系数为 0.45。

手感法测出的平衡系数准确度尚小，但方法简单，常用在货梯和层站不多的一般客梯上。

② 坐标法：现以 1t 的客梯为例说明坐标法测定平衡系数的方法。

先使轿厢与对重处于同一水平位置上，并在机房里的曳引轮与曳引绳上作好标志，绳上的标志要牢固。然后操作电梯快行，当曳引轮上的标志和曳引绳上的标志重合时，说明轿厢与对重在同一水平位置上。然后使轿厢分别以额定荷载的 25%、40%、50%、60%、100% 作上、下快车运行，当两个标志重合时，记录主回路的电压、电流及转速，并在坐标纸上分别作出转速与载重的坐标点以及功率（电压×电流×$\sqrt{3}$×$\cos\phi$）与载重的坐标点，把这些点连接起即为两条曲线，这两条曲线的交点对应的横坐标就是平衡系数的值。

③ 还有一种方法是先使电梯慢车并加上少量的重块，用“手感法”使轿厢重量等于对重重量。然后根据设定的 K 值（客梯取 0.45，货梯取 0.5），先计算一下需要增加对重块的数量：

$$n = KG/g \tag{15-7}$$

式中 n——需要增加对重的块数；

G——电梯载重量，单位为 kg；

g——对重块每块的重量，单位为 kg。

然后将 n 块对重块放在对重装置上，轿厢内放置 K 倍的额定重量，快车运行进行校验，测定快车上行、下行列中间位置时电动机的转速，若相差 2～3 转，说明正确，否则应调整，有时也可用“坐标法”作图校验。

5. 电梯平层的调整

平衡系数调整后，应先做静载试验，才可进行平层的调整。

（1）电梯的静载试验　将轿厢停在底层，先将轿门打开，然后将电源切断，陆续加重物于厢内。客梯、医用梯和 2t 以上的货梯可到额定载重的 200%；其他型号的电梯可加到额定载重的 150%。保持上述状态 10min，观察各承重构件有无损坏现象或变形、曳引绳在槽内有无滑移溜车现象、制动器制动是否可靠、系统中有无异常声响及其他不妥之处。试验时应几人从机房、井道、轿顶、厢内等处来回检查发现问题并及时解决。试验完后，将重物取出，使电梯进入正常。

（2）基准层的调整　将整个楼层的中间层站作为调整感应器和铁板位置的基准层，在这里轿厢和对重基本相等，有利提高平层的准确性。

在电梯轿厢内加 50% 额定载重或按平衡系数确定加入重量，将电梯运行到中间层，使轿厢地槛与层门地槛处在同一水平位置，误差不得大于 ±2mm。先固定轿厢顶上的上下两个平层感应器及该层平层铁板位置，并使铁板两端各超过感应器 10mm 左右。然后将轿厢从中间层快车运行到中间层的下层，调整上感应器的位置，再从此快车上行到中间层，调整下感应器的位置，使平层精度在 2～3mm 以内。调整后再多次从其他层上行或下行到中间层，也能保证平层精度在 2～3mm 内。这时将上下两个感应器固定好，中间层的调整完毕。

调整其他层的平层只需调整每层感应铁板的位置，不得调整感应器的位置。

（3）平层感应铁板的调整　用图 15-136 来说明平层感应板的调整。

图中 A、B、C 分别表示每层感应板的不同位置，a 为上下感应器的距离，b 为轿厢地槛与层门地槛的距离。

在图 15-136a 中，电梯上行时感应板在 A 的位置时，感应板插入感应器后，轿厢地槛与层门地槛平层，说明感应板的位置正确；当感应板在 B 的位置时，感应板插入感应器后，轿厢地槛就要高于层地槛

50mm；当感应板在 C 的位置，轿厢平层时其地槛就要低于层门地槛 50mm。

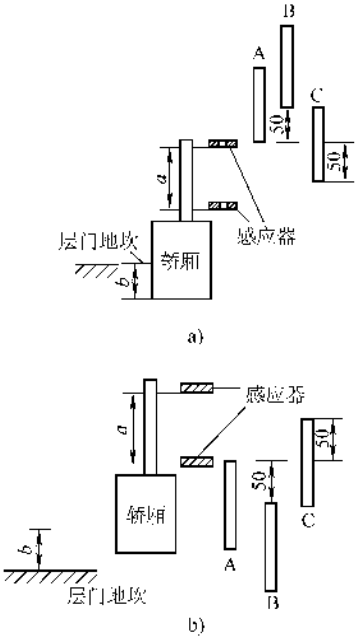


图 15-136　平层感应铁板位置示意图

a）电梯上行　b）电梯下行

在图 15-136b 中，电梯下行时感应板于 A 位置，插入感应器后，轿厢地槛与层门地槛平层，说明感应板位置正确；B 的位置平层时，轿厢地槛就要低于层门地槛；C 的位置平层时，轿厢地槛就要高于层门地槛。

调整铁板时，无论上下行，只要平层高，应将感应板往下移；平层低，应将感应板往上移。平层的调整必须耐心且反复调整，特别是感应板的移动需经多次试验，才能找到最良好的固定点。

6. 轿厢载荷试验

电梯调试的最后一步就是载荷试验。载荷试验分三种状态：即试运行、负荷静载、超载运行。前面已讲述了静载试验，下面说明试运行和超载运行试验。试运行和超载运行试验必须在全部调整工作完毕后进行。

（1）试运行试验　试运行分空载、额定载重量的 50%、额定载重量的 100% 三种情况进行。每一种情况均应在通电持续率不少于 40% 的情况下往复升降 1.5h。运行时应观察起动、运行和制动停止时有无剧烈振动，制动器制动是否可靠，平层情况，制动器线圈的温度（一般不超过 60℃），曳引机油温（一般不超过 85℃），曳引机、轿厢、井道是否有异常声响，电梯信号及各种控制是否正常，控制柜、操作盘是否工作正常，应多人在各层站呼梯试验。试运行中应符合下列要求：

①　电梯的起动、制动应平稳、迅速，加、减速度最大值不大于 $1.5m/s^2$，可用加速度测试仪测试；交流、直流快速电梯平均加、减速度不小于 $0.5m/s^2$；直流高速电梯平均加、减速度不小于 $0.7m/s^2$；

②　运行时厢内应无剧烈振动和冲击；客梯、医用梯的水平振动加速度不应大于 $50mm/s^2$；

③　指令、召唤、选层定向、程序转换、开车、截车、停车、平层等装置应准确无误，声光信号显示清晰正确；

④　上下端站极限、限位、缓速开关位置准确，保护要可靠；

⑤　门电动机的速度、减速和停止符合机械要求；安全触板等保护装置灵敏可靠；

⑥　厅门机械、电气联锁装置、极限开关和其他机械、电气联锁开关的作用应可靠；控制屏、柜和电动机、发电机组、曳引机、制动器等工作应正常；

⑦　消防专用电梯，消防员专用开关应转换迅速，可靠；

（2）超载运行试验　经空载试验合格后，即可进行超载运行试验，使轿厢承载额定载重的 110%，通电持续率 40% 的情况下运行 30min，观察电梯起动、制动、平层误差，制动器是否可靠，曳引机工作是否正常。超载试验时应将超载开关短接，试验后再拆除。

超载运行试验，电梯应正常工作。

（3）电梯运行指标

①　交流双速电梯在额定载重量时实际升、降速度的平均值，对额定速度的差值不应超过 ±3%；

②　直流高、快速电梯在额定载重量时的实际升、降速度的平均值，对额定速度的差值不应超过 ±2%；

③　电梯的平层准确度应符合表 15-26 的要求；

表 15-26　平层准确度

电梯类别	额定速度 /（m/s）	平层准确度不应超过/mm
交流双速	≤0.63	±15
交流双速	≤1.00	±30
交直流调速	≤2.00	±15
交直流调速	≥2.50	±10

④　根据不同的要求，对于较高级的电梯还要进行加速度、振动加速度的测试以及噪声的测试，采用

的仪器分别为加速度测试仪、振动加速度测试仪和声级计。其测试结果应符合电梯设计要求。

三、交流调速电梯的调试要点

随电子技术的发展，特别是半导体功率器件——晶闸管在电力拖动系统的广泛应用以及大规模集成电路和微型计算机的出现，控制装置和控制技术不断提高、完善，交流调速技术已应用于电梯的拖动系统，出现了交流调压调速电梯和变频变压调速电梯，有取代交流双速电梯之势。但交流双速电梯具有结构简单、维修方便、控制系统简单、价格低廉等优点，所以仍是目前应用最广泛的一种电梯。

交流调压调速电梯的工作原理：

通过测速发电机取出一个速度信号送入速度调节系统，经过处理后控制晶闸管器件的导通角，使电压在一定范围内无级变化，从而控制电动机的力矩，使电梯尽可能沿着人为的理想给定曲线运行，即实行对电动机速度的闭环控制。

交流调压调速电梯有分立元件和继电器组成的控制系统，也有微型计算机为主的控制系统。

交流调速电梯的调试除控制系统外和双速电梯基本相同，这里列出控制系统的调试要点，供参考。这里涉及的各种符号接触器和继电器的编号，电位器的编号等，都是模拟的，应以电梯生产厂家配套的原理图上的标注为准。

交流调速电梯主拖动电路如图 15-137 所示。

交流调速（电梯）系统由给定电压、速度调节器、触发电路、变流装置等组成，其结构框图如图 15-138 所示。

1. 交流调速装置的静态参数

1）控制板上交流输入电压为 18V；

2）控制板上直流输出电压为 ±12V；

3）同步变压器二次侧输出交流电压为 30V；

4）给定直流电压：

多层：$U_{gd}=-8V$；

单层：$U_{gd}=-6V$；

爬行：$U_{gd}=-1.6V$；

调节给定环节电路中的 RP_2，可使爬行电压在 $-1.6\sim0V$范围内变化。

2. 交流调速装置的动态参数

1）电网电压波动应小于 ±7%；

2）部分参数对应关系：

多层：$U_{gd}=-8V$ 对应 $U_{fn}=76V$ 转速 1350r/min，U_{fn}大小可调节速度调节器中的电位器 RP_4；

单层：$U_{gd}=-6V$ 对应 $U_{fn}=55V$ 转速 900r/min；

爬行：$U_{gd}=0\sim-1.6V$ 对应 $U_{fn}=4\sim6V$ 大小可调节给定环节的 RP_2。

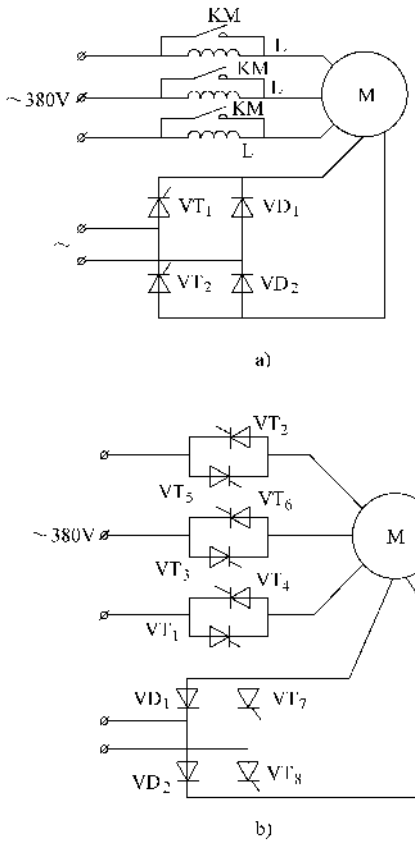


图 15-137 交流调速电梯主拖电路

a）有触点控制 b）无触点控制

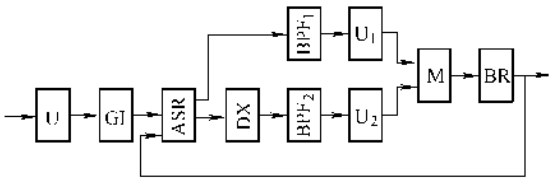


图 15-138 交流调速电梯结构框图

U—稳压电源 GI—给定积分器

ASR—速度调节器 DX—倒相器

BPF_1—触发器 BPF_2—触发器

U_1—三相整流装置 U_2—单相整流装置

M—交流电动机 BR—测速发电机

3）U_{fn}与转速大约对应关系：当 U_{fn}不超过 76V，U_{fn}每升高 1V 对应电动机转速升高 20r/min；U_{fn}每降低 1V 对应电动机转速下降 20r/min。

3. 调整步骤与方法

（1）准备工作

1）所有安全回路都应正常工作，且不得有短接线。

2）确保上、下行制动减速距离为 2.2～2.7m，并保证所有层站制动减速距离一致，偏差控制在 3cm 范围以内。

3）上、下平层感应器的距离为 12cm，开门感应器应安装在两只感应器的中间位置，偏差控制在 2mm 以内，电梯平层时，平层铁板应准确插入感应器间隙内。

4）电梯在检修速度下运行全程，在机房观察各层站继电器和基站控制继电器能否按顺序正常运行。然后电梯停止在某层平层位置，置于有司机状态，观察上、下平层感应器和开门感应器应都能吸合，此时不准起动电梯。

5）电梯置于司机状态，拆去门电动机熔丝，关闭 12V 触摸式开关稳压电源。

6）断开快车接触器 KMF 的线圈回路。

7）试验检修急停开关的可靠性，在调试过程中应能随时手动切断电源。

（2）模拟运行试验　先将起动、制动保护电路中的保护继电器 K 从插座上拔出。这样，因为快速继电器的回路已经断开，其他回路得电后，给单层或多层运行指令，手动一级起动继电器（手推动衔铁使其吸合），就可以模拟电梯单层或多层运行。

1）给多层运行指令，手动一级起动继电器吸合，单层运行判别继电器不吸合，这时在线路板上测得 $U_{gd}=-8V$；给单层运行指令，手动一级启动继电器吸合，多层运行判别继电器不吸合，这时可测得 $U_{gd}=-6V$。同时，一级起动继电器吸合后，三相指示灯应很快同时发亮。

2）保持上述状态，手动开门继电器吸合，应看到三相指示灯慢慢变暗，能耗指示灯慢慢变亮；松开开门继电器，三相指示灯很快变亮，能耗指示灯很快变暗。

3）用检修急停开关切断电源，消除 1）和 2）状态，再用其开关将电源送上，使控制系统重新得电，不给指令，手动运行继电器吸合，测得 $U_{gd}=0\sim-1.6V$，同时三相指示灯变亮。

4）以上试验正常后，手动制动保护继电器且自保，使电梯处于检修状态。然后手动向上或向下运行继电器，将电梯运行到中间层站，用检修急停开关切断电源，消除检修状态。接通快速接触器的供电回路，再合上检修急停开关，使电梯恢复正常并处于有司机状态。

（3）电梯试运行

1）任给一层指令，手动一级起动继电器吸合，电梯起动运行，注意观察电梯是否按指令运行，有无反向，否则应调换相序。

2）给多层运行指令，电梯运行，测出电动机转速为 1380r/min，若偏低，可调节电位器 RP_4，见速度调节器。

3）电梯进入平层段运行时，调节电位器 RP_2，使平层速度尽量慢，但又不抖动，见给定电路。

4）给单层指令，单层运行判断继电器应吸合，手动一级起动继电器使电梯起动运行。当进行制动减速后，因为单层运行距离短，应注意观察，若平层段运行时间太长，可调节电位器 RP_1，见减速点触发电路。

（4）起动和制动减速保护电路　先将保护继电器 K 插入插座。

1）起动保护可靠性试验。拆去接触器 KMF 的供电线圈，给指令并手动继电器 K_6 使其吸合，K_6 吸合后 3～4s，继电器 K 也应吸合，控制柜上保护制动减速继电器 K_7 吸合，系统处于检修状态，说明起动保护正常。

2）制动减速保护可靠性试验。接通接触器 KMF，断开能耗回路，给单层或多层运行指令。当多层继电器 K_8 失电时单层继电器 KT 吸合，电梯进入制动减速阶段 1～2s，K 吸合，系统处于检修状态。这里要注意，电梯不能给最高或最低层指令，以防冲顶或撞底。

（5）单层制动点调试　单层运行距离短，特别是层站距离不一致时，调试较为困难。

单层调试关键在于电位器 RP_1 的负电位及爬行速度，见减速点触发电路。由于现场情况复杂，层楼有高有低，在调整时以楼层低的为起点，兼顾高层的运行效果，U_{RP1} 越高，KT 动作时间越早，U_{RP1} 越低，KT 动作时间越迟。通常 U_{RP1} 调节至 $-3.3\sim-2.5V$，要根据现场情况精心调节，从小到大逐步调整，效果最佳为止，并把 RP_1 封好。

四、直流调速电梯的调试要点

直流电梯是由交流电动机、直流发电机和直流电动机组成的拖动系统，发电机的励磁电流受三相晶闸管整流装置控制，从而调节电动机的转速。系统引入速度负反馈和其他反馈，使电动机的转速跟随给定曲线自动控制运行，电梯便按照要求的速度图线运行。直流电梯的调整主要在于励磁系统，其他部分和前述相同，这里仅列出励磁系统的调试要点，供参考。

高速直流电梯系统结构如图 15-139 所示。

1. 极性的确定

1）检查系统的全部接线应和电气原理图相符，并保证正确无误。通常应有两人检查。

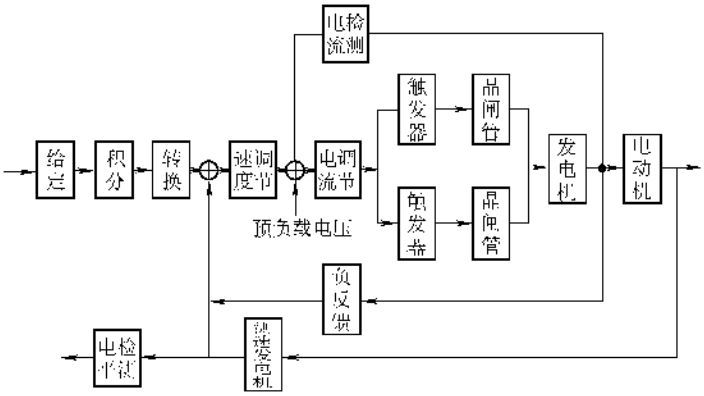


图 15-139 高速直流电梯系统结构图

2）断开发电机和电动机的连线，使发电机空载。起动直流发电机组，使触发电路工作，这时用万用表直流电压挡确定两个极的“+”和“-”，发电机的“+”和“-”应和电动机的“+”和“-”一致，转速方向才和电梯升降一致，否则应调换发电机励磁绕组两端的接线。

3）把主回路上发电机和电动机的连接按“+”和“-”接好，并将电动机和曳引机的联轴器摘开，取掉测速发电机的连线，起动发电机组，使系统开环空载正反转运行，观察转速方向是否和电梯一致。

4）开环空车运行时测试正反转的电压和极性。

以上确认无误后，将系统接线连好，准备闭环运行试车。

2. 空车调试

起动直流发电机组使系统在较低的速度下正反向空载运行，观察系统中各环节输入、输出情况，应保证：

正向给定电压→速度调节器负输入→速度调节器正输出→电流调节器正输入→电流调节器负输出→正向触发脉冲前移
→反向触发脉冲后移→晶闸管输出正向电压，轿厢下降。

反向给定电压与上述相反。

3. 预负载调试

将联轴器接好，让曳引机带动轿厢，以低速把轿厢运行至井道中间位置，将轿厢内的称重信号电压加在电流调节器的同相输入端，使速度调节器输出为零。打开制动器仍抱闸，调节称重信号的衰减度，改变称重信号的大小，使轿厢在抱闸松开的情况下不发生溜车即可。

把预负载信号加入控制系统，即可保证电梯在起动瞬间电磁抱闸松开后不会溜车，同时提高乘坐舒适感和拖动系统的可靠程度。

4. 拖动轿厢调试

在轿厢上加上负载（重物），使其与对重平衡，以低速上下运行。若出现振荡现象，应仔细调节速度调节器中的3RP和电流调节器中的2RP。然后把测速发电机电枢电压的分压电阻调至最大的位置上，使测速负反馈最强。

1）电梯高速运行，实测运行速度。若电梯运行速度高于所需速度，可适当调整给定分压电阻的高速端的分压值，即 R_1 的值，使轿厢速度降低；若电梯运行速度低于所需速度，则保持在给定最大输出的前提下，调整测速发电机电枢的分压电阻 R_1，降低测速反馈强度，直到轿厢有合适的运行速度为止。

2）平快、平慢速度只需调整给定分压电阻 R_1 ~ R_4，就可以得到所需的速度。

3）起动、制动时间的调整应在乘坐舒适的前提下，与选层器的调整相配合，尽量缩短起、制动时间，可适当调整转换电路的积分时间常数，通常调整 C_1 或 R_1 ~ R_6 的数值。

4）用超低频示波器观察速度反馈信号对速度给定信号的跟踪情况，若发现两信号曲线的跟踪较差，则在保证系统稳定的前提下，适当调节速度调节器中的 RP_3 和 RP_4 及电压负反馈中的 RP_1 和 RP_2。

5. 励磁系统反馈的作用

励磁系统引入了多种反馈，有速度反馈、电压反馈、电流反馈，目的是使系统工作稳定。

1）直流测速发电机的电枢电压反映电梯轿厢的运行速度，经分压滤波与给定信号比较后输入调节器，进行调节放大，控制晶闸管的输出电压。速度反馈可以减小静态转速降，扩大调节范围，提高系统静特性的硬度，使电梯轿厢的运行速度跟随给定速度。速度负反馈系统的抗干扰能力很强，任何原因引起的

速度变化，都将通过反馈的作用，使速度变化明显减弱，保证良好的运行指标。

2）电流负反馈信号由电流检测电路提供，它反映主回路电流的变化情况，可稳定输出电流，提高系统动态品质。电流负反馈可限制电梯在起动和制动过程中可能出现的大电流，达到保护电动机和晶闸管的目的，改善和提高电梯在起动、制动时的舒适感。

3）电压负反馈信号取至发电机电枢电压，经电压把电压谐波分量滤掉，得到较平直的电压量，经过电阻和电容微分回路，把电压变化量$\frac{dv}{dt}$反馈到速度调节器上，在电压突变时起反馈作用，保证系统稳定运行。

继电器电梯调试过程常见故障和排除方法见表15-27。

表 15-27　继电器电梯调试过程常见故障和排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
关闭厅门、轿门经选层起动，轿厢不能运行	1. 开关门锁电气接点松动，未能接通KAL	1. 调整门锁电气接点S7触头簧片，使其接触良好，或更换触头簧片并检查KAL
	2. 关门行程开关未接通	2. 调整行程开关位置、角度、使其接触动作灵活，紧固行程开关，固定螺钉
	3. 起动回路接点未接通或元件故障	3. 检查起动回路，找出故障元件
厅门未关能选层开车	1. 门锁继电器动作不正常	1. 调整门锁继电器，更换门锁继电器
	2. 门锁连接线短路	2. 检查门锁线路，排除短路点
关门夹人，安全触板失灵	1. 安全触板微动开关被压死，不能动作	1. 更换微动开关，使其连接或断开灵活
	2. 安全触板接线短路	2. 检查线路排除短路点
	3. 安全触板传动机构损坏	3. 检查调整传动机构触板拉链。转轴等，使其动作灵活
开关门速度明显降低	1. 开门机励磁线圈串联电阻RADJ阻值过小	1. 适当增大RADJ电阻值进行试验，一般调至全电阻3/4比较合适
	2. 开门机带轮皮带打滑或皮带太松	2. 调整带轮偏心轴或开门机底座螺栓，更换皮带

（续）

故障现象	可能原因	排除方法
开关门速度明显过快	开门机励磁线圈串联电阻RADJ阻值过大或短路	适当减小RADJ电阻值 找出故障点
开关门时门扇跳动，振动过大	1. 吊门滚轮磨损或导轨偏斜	1. 调整门导轨，更换吊门滚轮
	2. 吊门滚轮下的偏心轴挡轮间隙过大	2. 调整门导轨下的偏心轴挡轮间隙
	3. 地槛门滑道积尘过多，卡有异物	3. 清扫地槛门滑道，排除卡阻异物，并用铅粉润滑
电梯运行中轿厢有抖动或晃动	1. 蜗轮副齿侧间隙增大，蜗杆推力轴承磨损或曳引机故障	1. 更换中心距调整垫及轴承盖处调整垫，或更换轴承，检修曳引机组
	2. 曳引机地脚螺栓或挡板压板松动	2. 检查紧固地脚螺栓和挡板压板并进行找正
	3. 个别导轨架或导轨压板松动	3. 检查导轨架及压道板紧固情况，并进行紧固，校正轨距
	4. 导轨接口不平滑，有“台阶”	4. 用细齿锉刀按要求进行修光平整并校正
电梯运行时在轿厢中听到摩擦响声	1. 轿厢滑动导靴尼龙衬磨损严重，其金属压板与导轨发生磨蹭	1. 更换新的导靴衬，并调整导靴弹簧，使四只导靴压力一致
	2. 滑动导靴衬套油槽中卡入异物	2. 清除卡存在导靴内的异物并进行清洗
	3. 安全钳楔块与导轨间隙过大，有时摩擦导轨	3. 调整安全钳楔块与导轨间隙使其符合要求（2～3mm为宜）
电梯运行中轿厢在通过厅门时有碰撞摩擦声响	1. 开门刀与厅门地槛间隙过小或摩擦	1. 测量各层间隙并检查轿厢有无倾斜现象，必要时用砣块调平轿厢
	2. 开门刀与门锁滚轮相碰或与异物相碰	2. 检查轿门倾斜度，必要时调整开门刀和门锁滚轮位置，清除异物

（续）

故障现象	可能原因	排除方法
限速器有时误动作或有响声	1. 限速器转动轴由于油路不畅、锈蚀或磨损	1. 清洗限速器通畅油路，对转动轴磨损者可用零号砂布细磨修饰，清除杂物
	2. 弹簧或压紧螺钉松动	2. 螺钉松动可进行紧固，压簧松紧程度与限速器动作速度有关，应送电梯厂进行调整整定
预选层站不停车（选不上）	1. 内选层继电器KMI失灵	1. 检修或更换KMI继电器，检修内选线路或更换元件
	2. 选层器上滑块接触不良或接不上，滑块碰坏	2. 调整滑块距离，使接触良好，检修选层器
未选层站停车	1. 快速保持回路接触不良	1. 检查调整快速回路中的继电器接触器接点，使其动作灵活接触良好并检修线路
	2. 有的层站换速碰块连接线与换速电源相碰或选层器上的层间信号隔离二极管击穿短路	2. 调整滑块连接线或更换二极管或调整选层器
局部熔丝经常烧断	1. 该回路导线有接地点或电气元件有接地	1. 检查回路接地点，加强电气元件与接地体的绝缘，找出接地或短路故障点
	2. 有的继电器绝缘垫片击穿	2. 加绝缘垫片绝缘或更换继电器
主熔丝经常烧断	1. 熔丝片容量小，压接松，接触不良	1. 按额定电流更换熔丝片，并压接紧固
	2. 有的接触器接触不良有卡阻或造成相间短路	2. 检查调整接触器，排除卡阻或更换接触器
	3. 起动、制动时间过长	3. 按厂规定，调整起动、制动时间
	4. 起动、制动电阻（电抗器）接头压片松动	4. 紧固接点，压紧压片

（续）

故障现象	可能原因	排除方法
个别信号灯不亮	1. 灯丝烧断	1. 核对电压，更换灯泡
	2. 线路接点断开或接触不良	2. 检查线路，紧固接点
呼梯按钮和选层按钮失灵或不复位	1. 按钮连接线有断开点或接触不良	1. 检查线路，紧固接点
	2. 按钮块与边框有卡阻	2. 清除孔内毛刺，调整安装位置
	3. 隔离二极管装反	3. 调整或更换二极管
	4. 呼梯继电器或选层继电器失灵或线路故障	4. 更换继电器找出故障点
停梯断电后再使用，发现运行方向相反	1. 内无相序保护装置，外线三相电源相序接反	1. 将三相电源线中任意两相互换
	2. 相序故障	2. 检修相序继电器或更换
电梯起动和运行速度有明显降低	1. 抱闸未完全打开或局部未张开	1. 调整抱闸间隙
	2. 三相电源有一相接触不良	2. 检查三相电源线路、紧固各接点，使接触良好
	3. 接触器接点接触不良	3. 检修或更换接触器
	4. 电源电压低或电动机故障	4. 调整三相电压使压降不超过±5%或检修电动机或绕组
轿厢或厅门有麻电感觉	1. 轿厢接地线断开或接触不良	1. 检查接通接地线，并测量接地电阻不大于4Ω
	2. 接零系统零线重复接地线断开	2. 检查零线重复接地恢复保护接零系统
	3. 轿厢上的线路有接地漏电	3. 检查线路绝缘，使其绝缘电阻值不低于每伏工作电压1kΩ
平层误差过大（上行平层高，下行平层低）	抱闸弹簧过松，间隙大或不均匀	调整弹簧压力并按规定调整抱闸间隙或更换元件

（续）

故障现象	可能原因	排除方法
平层误差过大（上行平层低，下行平层高）	抱闸弹簧，过紧，间隙小或不均匀	调整弹簧压力，并按规定调整抱闸间隙，调整平层器与感应铁距离间隙或重新调整平层
平层误差过大（上行平层高下行平层也高）	对重重量（平衡砣）过重	按平衡系数计算，用电流表测量正反向电流值，调整对重砣块 如对轿厢和对重重量不清楚，一时不能进行平衡计算时，可参考下列方法进行调整： 1. 将轿厢停在梯井全高的 1/2 处，并使轿厢和对重在同等高度线上（可按绳头组合位置的高度一致为准）。 2. 在机房中松开抱闸，用摇车手轮反正摇车试验轿厢和对重重量，并使轿厢和对重的重量相等。如摇车手轮正反转用力一致时，则表明两者相等。 3. 在增减砣块后，如果轿厢和对重的重量相等，摇车手轮反正摇动都很松快。 4. 在对重一方再加上轿厢额定载重量的 45% ~50%
平层误差过大（上行平层低下行平层也低）	对重重量（平衡砣）过轻	按平衡系数计算，用电流表测量正反方向电流值，调整对重砣块

五、微机控制交流变频调速电梯的调试要点

目前，微机控制的电梯系统其具体电路有很多，且各个厂家的电路也不尽相同，这里仅以上海新时达电气公司 STEP 生产的微机控制交流变频调速电梯的调试为例，讲述调试方法，供读者参考。

在第七节所述的初步调整中，已经详细地讲述了微机控制交流变频调整电梯的通电慢车试运行、通电快车试运行、故障处理、调整注意事项等内容，为整机调试奠定了基础。

接下来将要讲述电梯舒适感的调试，主要包括主板调整、变频器参数的调整、机械方面的调整，使电梯具备交付使用正式运行的条件。

（一）舒适感的调试

1. SM-01 主板相关参数的调整

电梯运行曲线如图 15-140 所示，图中表示电梯准备运行，先打开抱闸，经 F16（打开抱闸机械延时时间）后，开始按运行曲线运行：起动→起动过渡时间 T0→匀加速 F0→加速末过渡时间 T1→匀速运行→初减速过渡时间 T2→匀减速 F1→平层信号检测→减速停车过渡时间 T3→消号停车，经 F17（释放抱闸机械延时时间）后，抱闸抱牢，开门。其参数设置见表 15-28。

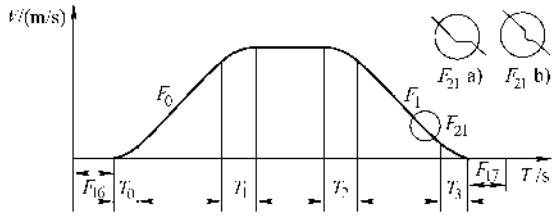


图 15-140　电梯运行曲线图

2. 变频器相关参数的调整

电梯运行速度曲线如图 15-141 所示。

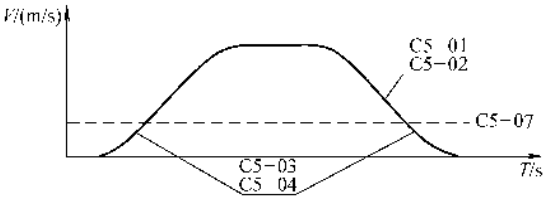


图 15-141　电梯运行速度曲线图

当电梯运行时发生振动或抖动时，可通过改变变频器相关参数进行调整，电梯运行速度曲线分为以 C5-07 为分界的高速区和低速区。

（1）低速区　包括 0 速→C5-07 起动段和 C5-07→0 速停车段。如有抖动或振动，则将 C5-03 调大，C5-04 调小，效果会更明显一些。

（2）高速区　即从起动段 C5-07→恒速→停车段 C5-07。如有抖动或振动，则将 C5-02 调大，C5-01 调小，效果会更明显一些。调整参数见表 15-29。

表 15-28 舒适感调整推荐参数

参数号	参数名称	推荐值和参考范围	参 数 范 围
*F*16	抱闸延时 1/s	10 (5～12)	电梯起动时，先打开抱闸，经过此延时后才给出速度。一般不调，起动时有明显延时即可。如果带闸起动，则调大此延时；如果起动有倒溜，可酌情适当调小
*F*17	抱闸延时 2/s	5 (5～12)	电梯停止时，先降为零速，经过此延时后才合上抱闸。一般不调，停车时有明显延时即可。如果抱闸动作太快，停车太急，可适当调大；如果抱闸太慢，停车回溜，可适当调小，也可调抱闸机械结构
*F*0	加速斜率 *a*1	50 (40～65)	此值越小，加速越平稳，太小则效率不高。越大加速越急：①太急则用户感觉不太舒适；②太急易引起变频器出现“0C”过电流故障。一般 1m/s 为 40；1.5～1.8m/s 为 50；2.0m/s 为 60 较为合适。尤其是酒店及老人小孩较多的住宅电梯不宜太大
*F*1	减速斜率 *a*2	50 (40～65)	此值越小，减速越平稳，太小则效率不高；越大减速越急：①太急则用户感觉不太舒适，②太急易引起变频器出现“0V”过电压故障。一般 1m/s 为 40；1.5～1.8m/s 为 50；2.0m/s 为 60 较为合适。尤其是酒店及老人小孩较多的住宅电梯不宜太大
*F*2	运行曲线 *T*0	140 (130～160)	*T*0：起动到加速段初的过渡时间曲线，调大起动更平稳。此时段电梯速度很低，太长易出现电动机拖不动电梯的现象致使变频器出现“PG0”故障，或过电流“0C”故障，尤其轿厢重载满载时
*F*3	运行曲线 *T*1	110 (100～120)	*T*1 为加速段末到最高速度间的过渡时间曲线，*T*2 为最高转速到减速段初的过渡时间曲线 *T*1 和 *T*2 对舒适感没有明显的影响，一般不调。*T*2 调得太大易出现冲层现象
*F*4	运行曲线 *T*2	110 (100～120)	
*F*5	运行曲线 *T*3	140 (130～160)	*T*3 为减速段末到停车间的过渡时间曲线，调大停车更平稳。此时段电梯速度很低，太长易出现电动机拖不动致使变频器出现“PG0”故障，或过电流“0C”故障，尤其是轿厢重载、满载时
*F*21	平层延时调整	73 (56～90)	此参数为平层延时补偿。因为光敏开关和磁开关动作灵敏程度不一样，所以各个电梯现场平层插板长度不一样（同一台电梯的平层插板必须长度一致）。如果第一个平层开关插入平层插板时有台阶感，则根据图 15-140a、b 所示圆圈处是平台状，还是凹进状的调整该值。平台状 *F*21 调小；凹进状 *F*21 调大。主要看舒适感而调

表 15-29 变频器参数调整范围

参数名称	推荐值/mm	参考范围/mm
C5-01	15	12～20
C5-02	0.5	0.4～0.6
C5-03	30	20～55
C5-04	0.5	0.3～0.6
C5-07	8	3～15

（3）顶层起动有倒溜　C5-03 调大一点，可消除倒溜，但一般 C5-03 不宜大于 55。

（4）机械方面没有问题　如果高速或低速时有抖动或振动，调整相关比例和积分增益均无明显变化，则有“电气共振”的可能。可适当调一下滤波时间 H3-12 和 C5-06，然后再重新调整舒适感，参数调整范围见表 15-30。

表 15-30　滤波时间参数调整范围

参数名称	推荐值/s	参考范围/s	备注
C5-06	0.004	0.004～0.008	一般不调
H3-12	0.04	0.04～0.08	一般不调

（5）C5-07＝5Hz，而抖动发生在 8Hz 或 10Hz 处　调试人员在轿厢中仍感觉是低速段发生的抖动或振动，但是用 C5-03 和 C5-04 调节仍消除不了，此时可设 C5-07 为 10Hz 或 12Hz，再重新用 C5-03 和 C5-04 来调，即可消除该点的抖动或振动。

3. 机械相关因素的调整

（1）导轨　导轨表面平整度、导轨安装垂直度、导轨之间连接头的处理是导轨安装最重要的指标。

导轨垂直度和两导轨平行度应控制在国家标准规定的范围以内。如果误差太大，则会影响高速运行时的电梯舒适感，会出现抖动或振动，或在某些位置处轿厢左右有晃动。导轨连接头处理不好，会使电梯运行在某些固定位置处出现台阶感。

（2）导靴松紧程度　导靴太紧起动易有台阶感，停车易有制动感；导靴太松运行时轿厢中易有晃动感。导靴是滑动式的，则导靴与导轨之间应留有少量间隙。如果没有间隙，甚至导靴紧蹭导轨面，会使电梯在起动和停车时出现振动或台阶感。调试时，可在轿顶上，用脚左右用力晃轿厢，如果轿厢有明显晃动则可将导靴在左右方向上少许位移。

（3）钢丝绳张紧均匀度　钢丝绳张紧不均匀，会出现电梯运行时某几根钢丝受力绷紧，某几根很松受力而抖动或振动，对电梯起动、高速运行、停车都有影响。调试时，可将电梯停在中间楼层，在轿顶上用手以同样的力，拉每一根钢丝绳。如果拉开距离大致相同，则说明该钢丝绳张紧均匀；如果拉开距离不一样，则必须让安装人员调整钢丝绳张紧均匀度。

另外，钢丝绳在安装以前盘旋捆扎，内有回复扭应力，如果直接安装，电梯运行时容易产生振动。所以钢丝绳安装之前必须先充分释放这种回复扭应力。

（4）轿厢安装紧固、密封度　电梯高速运行时，整个轿厢要受到很大的作用力。如果轿厢支架或轿厢壁等处某个部位没有紧固好，则当电梯高速运行时，该部位处很容易有相对错动，使轿厢产生振动。高速运行中，轿厢有时会出现风鸣共振声，这多与轿厢安装紧固度、轿厢密封度及井道有关。

（5）检查是否有防机械共振的装置

1）曳引机搁置钢梁下应垫橡胶垫。

2）在轿厢钢丝绳绳头处用木头夹头或其他类似装置有利于振动的消除。

3）轿厢采用新颖轻质材料，使轿厢质量较轻，易产生“机械共振”，尤其是高层高速电梯。出现此种现象时，可在轿厢处适当加一些负载改变轿厢的固有频率，从而消除机械共振。

（6）曳引机　曳引机由于装配不当，蜗轮蜗杆或齿轮之间啮合不好，或使用时间长了，蜗轮蜗杆或齿轮之间磨损较大，会出现电梯加速或减速时有轴向窜动，导致加速或减速时有台阶感。

（7）轿厢平衡问题　由于设计或安装等原因，导致轿厢质量不平衡而向一侧倾斜，电梯运行时，导靴紧蹭导轨面，在运行中有抖动或振动感。此时，可在轿厢质量较轻的一侧加重块测试，使其保持基本平衡。

（8）其他　应按标准对曳引轮导向轮平行度、运行时抱闸间隙进行调整，确保符合标准要求。

（二）调试舒适感的宗旨要点

舒适感是电动机调试中一项最重要的指标，电梯舒适感调试一般须考虑以下相关因素，才能保证舒适感达到用户要求。

1. 电梯起动时，应确保以下参数正确

1）主板：加速斜率 *F*0，S 曲线 *T*0，抱闸延时时间 1；

2）变频器：C5-03，C5-04，C5-07；

3）机械：导靴松紧度，钢丝绳张紧均匀度。

2. 电梯停车时，应确保以下参数正确

1）主板：减速斜率 *F*1，S 曲线 *T*3，抱闸延时时间 2，平层调整 *F*21；

2）变频器：C5-03，C5-04，C5-07；

3）机械：导靴松紧度，钢丝绳张紧均匀度。

3. 电梯高速运行时，应确保以下参数正确

1）变频器：C5-01，C5-02；

2）机械：导轨垂直度，导轨连接头处理，钢丝绳张紧均匀度。

（三）微机控制交流变频调速电梯故障判断及处理

这里以上海新时达电气公司 STEP 电梯为例，详细说明。

1. 故障说明

（1）故障类别

1）显性故障：显性故障指电梯系统发生了比较严重而又不能自动复位、且必须由维修人员或经过专业培训的人员排除、手动复位才能再次正常运行的故障。

如电梯运行中，由于门刀撞坏门锁或其他原因，使门锁回路在运行中突然断开并且不能自动复位，故障代码为02，该故障必须由维修人员手动修复门锁回路才能完成。（故障代码编号见表15-32）

显性故障必须查明原因，并及时解决问题。

2）隐性故障：隐性故障指电梯系统发生了比较轻微的、无需维修人员或经过专业培训的人员排除、手动复位就能再次正常运行的一般性故障。

如电梯运行中，门刀瞬间蹭开厅门滚轮一下，或门锁某一处触点接触不好，跳一下又马上复位，也就是说门锁回路瞬间断开一下又立即复位。此时就会记录下02和22、31三个故障代码。

电梯运行中，门锁回路瞬间断开（02），又立即复位，电梯马上溜车急停（31）。溜车急停过程中，遇到平层插板，则平层停车；没有遇到平层插板，电梯系统认为前方出现故障，则电梯会在停下来后，马上反向自动找平层22：俗称反向溜车，到达最近的楼层平层停车。平层停车开门后，主板自动检测运行条件，判断是否符合正常运行条件，则会继续运行。如图15-142所示，图中虚线为理想运行曲线。09、31、24、31故障现象和曲线类似于02、31故障。09、31、22、24、31、22故障现象和曲线类似于02、31、22故障。

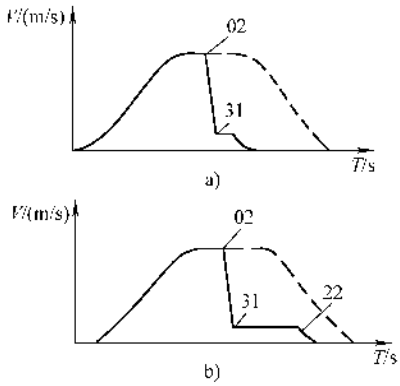


图15-142 电梯运行曲线及故障示意图

根据故障记录分析，02、09、24是故障发生的根本原因，31或31、22则是02，09，24故障引起的联锁故障，是主板在电梯故障时发出的保护性动作。

隐性故障具有隐蔽性，一般可通过故障记录查询，维修人员可根据故障记录找出原因，并通过对相关部件或线路的检查和调整，消除故障隐患。

3）运行条件错误：运行条件错误指电梯运行中，人为的使运行条件出错而不满足电梯运行条件，造成运行中断的情况，只是电梯运行条件不满足，而不是故障。

如，02故障，维修人员在5楼厅外想上轿顶，这时可打一个4楼指令，然后看着厅外显示，估计能上轿顶了，就用三角钥匙打开5楼厅门。如果这时电梯还在运行，就会马上停止，故障代码只有一个02。这时的02就并不是真正的故障，而是人为造成的条件错误。

电梯正常使用时，一般4s即可关门；超过1min关不上，蜂鸣器就会鸣叫，提醒门中间的人注意避开或不要阻挡关门；超过4min关不上，除蜂鸣器继续鸣叫外，还会留下06（关门关不上）这一故障记录。一般故障轻微，在较短的时间内门中间的物件或人移开，系统会在错误条件消除后，自动复位继续投入正常运行；当故障严重时，则需人工断电再通电复位。所以，06故障记录并不是真正的故障，而是人为造成的条件错误。

主板内最多只能保存20个故障记录。但真正有意义的故障信息很容易被一些没有实际意义的故障记录冲掉，而不利于故障隐患的查找和排除。因此，要求现场维修保养人员在维保和现场维修时，都必须用专用统一的笔记本记录下所有故障记录。一是便于分析故障发生规律，查找并排除故障隐患，二是便于总结现场经验，提高调试、维修、保养人员素质。

（2）电梯发生故障后的注意事项　无论在现场调试、维修，还是维护保养，在完成当前工作任务外，还必须针对一些重点事项和电梯现场经常容易出错的地方（详见2. 安装调试维修注意事项）做详细的检查。这样有利于提高维修工作的效率，也有利于提高系统的可靠性和稳定性。

电梯发生故障后，应注意以下几点：

1）外围线路是否满足系统运行的条件；

2）必须重点检查的事项是否都逐一认真检查；

3）通信电压是否正常；

4）主板及变频器内参数是否有异常值；

5）机械系统是否有潜在的隐患；

6）接地是否良好；

7）电源是否正常；

8）电梯轿厢移动时有无异常声响和振动；

9）较大故障时必须详细检查系统硬件和设备；

10）较大故障修复后必须进行系统测试。

2. 安装调试维修注意事项

（1）通信回路的正确接线方法

1）接线、换线必须注意记录清楚相关线号，以免错接。

2）外呼板接线必须注意插头线号与进柜端的线号对应关系，准确接线。只有逐一测量通信电压均正

确无误后，才可插上该插头。外呼板通信电压标准及顺序参看 SM-04 外呼显示板图及现场应用图纸。

3）操纵箱内 02 轿厢板和 04 显示板必须在使用之前先拔下通信插头，轿厢通信线接好无误后才可送电，这时在轿内用万用表测量通信插头电压顺序均正确无误后（两个插头都要量！切记!），方可插上该插头。严禁未知接线是否正确就盲目插上该插头。

4）02 轿厢板和 04 显示板插头一样，顺序一样。注意插头括口朝上！

5）通信板的正确安装方法和操作方法：

①　检查所有通信板与周围金属部件绝缘隔离情况，防止通信板与周围金属部件接触而发生短路。

②　所有通信板电路部分都不可用手直接接触，以防电子元件氧化或被静电损坏。安装召唤控制板（04 板）之前先用手接触一下旁边接了地的金属部分放掉静电，安装 04 显示板或设置召唤地址时不要用手接触电路板部分，尤其不要接触芯片部分。

③　通信插头接线应注意：看插针、卡簧片是否损坏；线不要拉得太紧，防止拉脱接触不好；夹线时应先将夹头顶到线的塑料皮处再夹紧，预防线头相互碰接短路。

6）严禁将TXV＋、TXV－、24V-COM、5V-COM、12V-0V 挪作其他电源用。

7）通信线如用屏蔽双绞线，则屏蔽线必须单端接地，严禁将屏蔽线与通信线中的任意一根线相连。

8）通电之前必须先量一下开关电源 24V、5V、COM，旋转编码器 12V、0V、A、V，通信线TXV＋、TXV－、TXA＋、TXA－与接地之间阻值大于 10kΩ；否则请仔细检查一下相关回路。

9）串行系统的所有电路板（01、02、04 板等）和变频器上绝不允许做任何改动和烙焊。变频器上方接线时，要用纸盖严在变频器上，以防金属线头等掉入变频器中引起短路。

10）错误方法：接线错误都会损坏通信板，影响电梯运行。

（2）两块平层插板之间高度绝对不允许超过 8m　平层板之间间隙一般不宜超过 6m，如超过 8m 时，必须加上平层插板作为虚拟楼层。

召唤控制器地址设置：一般最底层平层插板所对应的召唤地址设为 1，向上每个平层插板所对应的召唤地址依次增 1；轿厢显示板的地址必须设为 0。

平层开关和平层插板位置一般不得变动，必须变动时，必须重新进行井道自学习，电梯才能投入正常运行。

楼层召唤控制器不得更动安装位置，当某一楼层召唤控制器拿到其他楼层用时，必须重新设置对应正确的楼层地址值方能投入使用。各楼层召唤控制器都必须设置相应的正确楼层地址值；

（3）未经允许，安装人员不准擅自修改系统的接线　安装、维修过程中，如需调整外围接线的，修改之前必须进行设计，改完后必须由非接线人员先检查一下对应线路的修改是否达到目的，并用万用表测量每一条线，要特别注意已接好的地方是否有必要修改，以防止接好的地方被改错。

检查无误后，方可通电试车。

（4）平层开关、限位开关、极限开关、强慢开关安装时必须调整到位。

1）看其是否有效动作；

2）其动作距离按技术标准设定；

3）用电梯正常检修速度运行进行实际测试。

（5）平层开关安装标准　轿厢地槛与厅门地槛保持绝对水平时，平层插板上面高出下平层开关、下面低出上平层开关的长度都是 10mm 左右，这样便于调舒适感和平层精度。平层插板标准长度为 220mm，并且要保证每块都一样长（长度误差不超过 3mm），如图 15-143 所示。

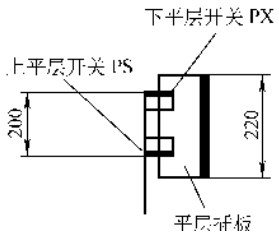


图 15-143　平层开关安装示意图

1）平层开关用磁开关的，必须注意：①平层插板插入平层开关的深度必须足够深，以保证平层开关动作的有效性和可靠性；②平层插板上下垂直度要求较高，以保证平层停车时不会出现一只平层开关动作有效，另一只平层开关却已脱离有效动作范围的现象，这样易影响电梯正常运行。

2）平层开关用光敏开关的，系统输入接口一般接受低电平有效信号：

①　将安装孔周围阴影部位的油漆全部刮去，使光敏开关金属外壳通过螺栓、支架、轿顶良好接地；如果刮去油漆后在安装螺栓下面压一根接地线，连到轿顶接线箱接地桩头上，效果更好，如图 15-144a 所示。

②　光敏开关最好用屏蔽线缆连到轿顶接线箱，并且将屏蔽层接地。

③ 光敏开关最好用常开开关，这样可大大降低光敏开关本身受干扰的程度。

④ 如果运行时光敏开关有闪烁现象而导致电梯运行或平层有所异常，可能是受干扰，这时可在光敏开关的 COM 与 PS（或 PX）之间连接一个 0.1μF/63V 的电容，如图 15-144b 所示。

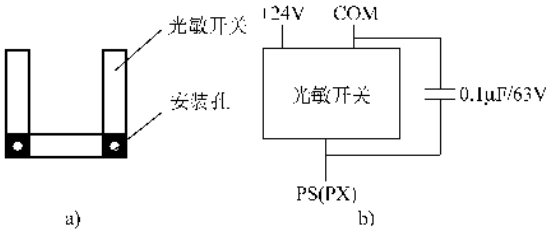


图 15-144 光敏平层开关

a）安装示意图 b）并联电容图

（6）通信线必须用双绞线，绞距在 2～3cm 之间。

（7）旋转编码器必须用屏蔽线；如需加长，则加长的部分也必须用屏蔽线，两者的屏蔽层必须可靠焊接，并与控制柜的接地端子连接；连接头部分须用金属屏蔽纸及胶带裹好。旋编多余的线头（如 Z 相）都必须用胶带单独裹好，不能与屏蔽线等接触。无论旋编线是否与动力线一起排布，都必须穿在金属管中，金属软管须从旋编一直到控制柜，如有接头，两接头金属部分须可靠相连，且在进控制柜的一端接地，另一端不能接地，如图 15-145 所示。

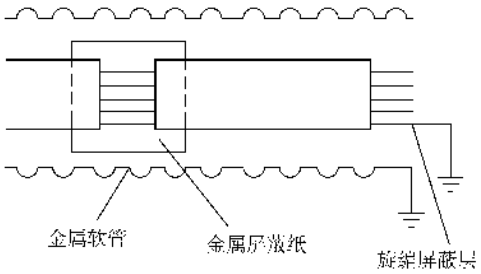


图 15-145 旋转编码器接线示意图

（8）通信回路必须在最底层的外呼显示板和轿内显示板各加一个终端电阻跳线。

（9）继电器、接触器、抱闸线圈、到站钟等电感性负载必须在线圈一侧加装吸收回路。交流型用 RC 吸收，电阻为 100Ω/4W，电容为 0.1μF/630V；直流型用反向并联二极管吸收。直流抱闸回路电流较大的可以用整流桥堆代替二极管。

（10）井道电缆和随行电缆要注意强电线缆和弱电线缆分开，中间用地线隔开，如果没有地线，至少用两根 0.75mm² 铜导线作地线，此处强电线缆主要指 24V 以上的（如 36V、80V、110V、220V、380V 等），弱电线缆主要指 24V（包括 24V）以下的控制回路的线缆。

（11）接地系统

1）以控制柜接地端子为基准，其他与之相连的部位有：曳引机地线、市电地线、旋编用金属软管进柜端和屏蔽线接地、变频器接地、开关电源接地、井道接地线、轿厢随行电缆的接地线、抱闸接地、通信电缆的屏蔽线等；

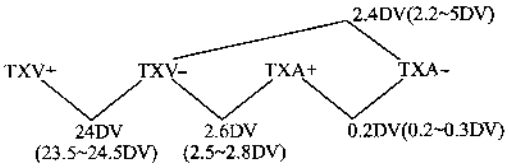
2）轿顶接线箱以接地端子为基准；随行电缆中的接地线有：门机接地、门机变频器接地、操纵箱外壳接地、光幕接地和平层光敏开关用的屏蔽线等；

3）井道接地线：每个外呼盒均须用一根黄绿线接地，厅门接地，通信线的屏蔽线等。

（12）通信电压

1）正常情况下，没有接外围通信线时，在控制柜接线端子上可直接测量出主板通信电压；

2）接入外围通信线，并且在最底层外呼显示板和轿厢显示板各短接一个终端电阻跳线，这时，可测量得电梯串行系统正常使用时的通信电压为：



其中，未加括号的是正常标准值，括号内为较理想的偏差范围值。

通信电压如偏差太大，则说明通信回路异常。

① 检查通信线路有无断线、接触不良或接错线，是否存在接地短路等现象。

② 检查 SM-02-B 轿厢板和 SM-04 显示板有无损坏等现象。

查找方法：①将轿厢和井道两路通信线分别单独接入系统测量通信电压，电压异常时说明接入的线路有通信板损坏；②通信回路电压异常，将某一块通信板脱离通信线时，通信电压立即恢复正常，则该板损坏；③正常情况下，SM-02-B 轿厢板或 SM-04 显示板与通信回路断开时，用万用表 20kΩ 挡测量 TXV－与 TXA＋，TXV－与 TXA－间的阻值均为“1”，即无穷大，则可以认为该板是正常的；而如果 TXV－与 TXA＋、TXV－与 TXA－间任一值不为“1”，即有阻值显示，则可以认为该通信板已损坏（通信回路故障）；④外呼和显示不接，主板空载通信电压应是

TXA+对 TXV－为 3.0V 左右，TXA－对 TXV－为 2.0V 左右，否则主板通信口损坏。

外围通信板（SM-02-B 和 SM-04）通信回路故障时，表现为：电梯在大部分时间内能正常运行，偶尔会要指令或外召打不进，或者偶尔也会影响开门、关门动作，或可能造成主板“死机”；有时故障出了几分钟后能自动复位，有时需人为断一下电再送电后恢复正常。

（13）轿厢布线　操纵盘内部布线要尽可能使强电线路远离轿厢板，因为强电有可能造成轿厢板 CPU 死机。

（14）到站钟　到站钟建议用 24V 电子式，如果用强电线圈式则交流必须加阻容吸收，直流加反向二极管。

（15）电梯舒适感　对于主板加减速斜率按表 15-31 设置。

表 15-31　主板加减速斜率表

项目 / 速度/(m/s)	Acceleration 加速斜率	Deceleration 减速斜率	S Jerk t0 起动初弯角时间/s	S Jerk t1 加速末弯角时间/s	S Jerk t2 减速初弯角时间/s	S Jerk t3 减速末弯角时间/s
1	40～45	40～45	130～160	110	110	100～130
1.5	50～55	50～55	130～160	110	110	100～130
1.6	50～55	50～55	130～160	110	110	100～130
1.75	55～60	55～60	130～160	110	110	100～130
2.0	60～65	60～65	130～160	110	110	100～130

对于变频器参数（以安川为例）可按以下参数设置（富士变频器不要在变频器中加斜率）：

C1－01＝1.0，C1－02＝1.0，C2－01＝0.5，C2－02＝0.5，C2－03＝0，C2－04＝0，C5－01＝15，C5－02＝0.5，C5－03＝30，C5－04＝0.5，C5－07＝10，H3－12＝0.04。

（16）观察轿厢输入信号

轿厢输入信号有无必须通过主板液晶显示器才能观察，主板在自动状态下在“轿厢输入”界面下观察，当为“＊”显示时表示此输入点导通，当为“－”显示时表示此输入点断开。当轿厢板通信正常时可以看到轿厢板上“D1”常亮，“D2”快速闪亮。

（17）调整平层的方法

1）平层插板要插入光敏开关或磁开关 2/3 深度，并且要检查每一层的平层插板都要垂直并且插入深度都一样。

2）平层插板插入光敏开关或磁开关后要保证两端露出 10～30mm。

3）安装时必须保证平层时每层的插板的中心和感应器的中心在同一直线上。

4）电梯正常上行、下行到达每个楼层，记录轿厢地槛与厅门地槛高度差异。电梯向上运行时：轿厢地槛高为平层越层，轿厢地槛低为平层不到；电梯向下运行时：轿厢地槛低为平层越层，轿厢地槛高为平层不到。调整后对个别不平层的楼层相应移动本层的井道插板，移动后要注意再次调整。

如果各楼层平层高低差异较大，可通过调整平层插板使大多数楼层平层偏差相同，以此为参照，使这些楼层平层偏差控制在标准范围内。

5）模拟量平层调整如下：

平层偏差在 15mm 以内的，可用 F56、F57 来调节平层精度；平层偏差大于 15mm 的，必须先调整平层插板，然后用 F56、F57 来调节平层精度。

当上行时冲过平层则减小 F56，不到平层则增大 F56。当下行时冲过平层则减小 F57，不到平层则增大 F57。F56 和 F57 的设定范围是 0～100，50 为出厂值，表示没有偏移。

6）数字量平层调整如下：

如果上、下平层精度都是平层不到，可将爬行速度适当调大；如果上、下平层精度都是平层冲过层，可将爬行速度适当调小。

但爬行速度调得太大，舒适感会很差。所以，上行或下行平层精度相差太多时，可先调整平层开关和平层插板相对位置。也可用 C1-02、C2-03、C2-04 调整平层精度。

7）旋转编码器受干扰或质量较差时也会影响平层精度，要注意检查编码器是否用屏蔽线，并且屏蔽层要在控制柜一端接地。布线时使编码器接线不得和动力线在同一线槽内。

3. 常见故障判断

PLC·变频电动机式电梯常见故障见表 15-32。

表 15-32 PLC·变频电动式电梯常见故障判断

故障代码	内容	故障原因	处理方法
02	运行中门锁脱开（急停）	运行中门刀擦门球	调节门刀与门球的间隙
		门锁线头松动	压紧线头
03	错位（超过45cm），撞到上限位开关时修正，即层楼置为最高层	上限位开关误动作	检查限位开关
		限位开关移动后未写层	重新写层
		编码器损坏	更换编码器
04	错位（超过45cm），撞到下限位开关时修正，即层楼置为最底层	下限位开关误动作	检查限位开关
		限位开关移动后未写层	重新写层
		编码器损坏	更换编码器
05	电梯到站无法开门	门锁短接	停止短接
		门电动机打滑	检查皮带
		门机不工作	检查门机控制器
06	关门关不上，蜂鸣器响	关门时门锁无法合上	检查门锁
		安全触板动作	检查外呼按钮
		外呼按钮卡死	检查安全触板
		门电动机打滑	
		门机不工作	
08	通信中断	通信受到干扰	检查通信线是否远离强电
		通信中断	连接通信线
		终端电阻未短接	短接终端电阻
09	变频器出错，急停，停止运行	变频器故障	对应变频器故障代码表处理
10	错位（超过45cm），撞到上终端减速开关时修正	上行多层减速开关误动作	检查多层减速开关
		多层减速开关移动后未写层	重新写层
		编码器损坏	更换编码器
11	错位（超过45cm），撞到下终端减速开关时修正	下行多层减速开关误动作	检查多层减速开关
		多层减速开关移动后未写层	重新写层
		编码器损坏	更换编码器
12	错位（超过45cm），撞到上终端减速开关时修正	上行单层减速开关误动作	检查单层减速开关
		单层减速开关移动后未写层	重新写层
		编码器损坏	更换编码器
13	错位（超过45cm），撞到下终端减速开关时修正	下行单层减速开关误动作	检查单层减速开关
		单层减速开关移动后未写层	重新写层
		编码器损坏	更换编码器
15	变频器未输出运行信号到 SM-01 的 JP2.10（X19）	电动机电源接触器吸合后无运行信号	检查变频器
		接触器不吸合	检查连接线
16	变频器运行信号在上抱闸前无	抱闸接触器吸合后运行信号掉	检查变频器

（续）

故障代码	内　　容	故障原因	处理方法
17	参数错误	主控制器的设置参数超出本身的默认值	修改到允许范围以内
18	平层时层楼不符	设定参数与实际层楼不符	设定成一致
		平层插板偏离	调整平层插板
		平层感应器受到干扰	平层感应器接地，整理线路
20	平层开关动作不正确	动作次序不对，两个平层开关接反了	更改接线
		平层开关坏	更换平层开关
		轿厢卡死或钢丝绳打滑使电动机空转	检查轿厢或钢丝绳
22	电梯反向溜车	变频器未工作	检查变频器
		严重超载	调整超载开关
		编码器损坏	更换编码器
23	电梯超速急停	编码器打滑或损坏	检查编码器的连接或更换
		严重超载	调整超载开关
24	电梯失速急停	机械上有卡死现象，如：安全钳动作，蜗轮蜗杆咬死，电动机轴承咬死	检查安全钳，蜗轮、蜗杆、齿轮箱、电动机轴承
		抱闸未可靠张开	检查抱闸张紧力
		编码器损坏	检查编码器连线或更换
31	电梯溜车急停	抱闸弹簧过松	检查抱闸状况，紧抱闸弹簧
		严重超载	减轻轿厢重量，调整超载开关
		钢丝绳打滑	更换绳轮或钢丝绳
		编码器损坏	更换编码器
32	安全回路断开急停	相序继电器不正常	检查相序
		安全回路动作	检查安全回路
33	电动机电源接触器保护，停止起动	接触器损坏，不能正常吸合	更换接触器
		接触器卡死	更换接触器
		X16 输入信号断开	检查连接线
34	抱闸接触器保护，停止起动	接触器损坏，不能正常吸合	更换接触器
		接触器卡死	更换接触器
		X17 输入信号断开	检查连接线
35	抱闸接触器保护，停止起动	接触器损坏，不能正常断开	更换接触器
		接触器卡死	更换接触器
		X17 输入信号断开	检查连接线

（续）

故障代码	内　　容	故障原因	处理方法
36	电动机电源接触器保护，停止起动	接触器损坏，不能正常吸合	更换接触器
		接触器卡死	更换接触器
		X16 输入信号断开	检查连接线
37	轿门锁继电器保护，停止起动	接触器损坏，不能正常吸合	更换接触器
		接触器卡死	更换接触器
		输入信号 X23 与 X27 不一致	检查连接线
38	抱闸开关故障	抱闸不张	检查连接线
		抱闸开关坏	更换抱闸开关
39	安全回路的触点保护	其中 KAS（安全继电器）的一副常开点是进主板的 X13 检测信号，另外 KAS 的线圈电压也进主板 X26 检测，这两路的检测信号应该是一致动作的	安全继电器卡死
			主板进线 AC110V 的部分损坏
44	门区开关动作不正确	两个平层感应器都动作而门区开关不动作	检查门区开关
		两个平层感应器都不动作而门区开关动作	检查门区开关
45	开门再平层继电器触点保护	接触器损坏，不能正常吸合	检查连接线，更换接触器
		接触器卡死	更换接触器
49	在开门到位的状态下厅门锁与轿门锁不一致	厅门锁短接	拆除短接线
		轿门锁短接	拆除短接线
50	厅门锁与厅门锁继电器检测不一致	接触器损坏，不能正常吸合	更换接触器
		接触器卡死	更换接触器
		输入信号 X14 与 X28 不一致	检查连接线
51	门连续受阻超过 3 次	门地槛有异物	去除异物并加少许炭粉
52	开门再平层超过 10s 仍不平	平层感应器坏	更换平层感应器
53	控制调速器进线接触器信号与调速器进线接触器触点检测不一致	接触器损坏，不能正常吸合	更换接触器
		接触器卡死	更换接触器
		输入信号 X15 断开	检查连接线

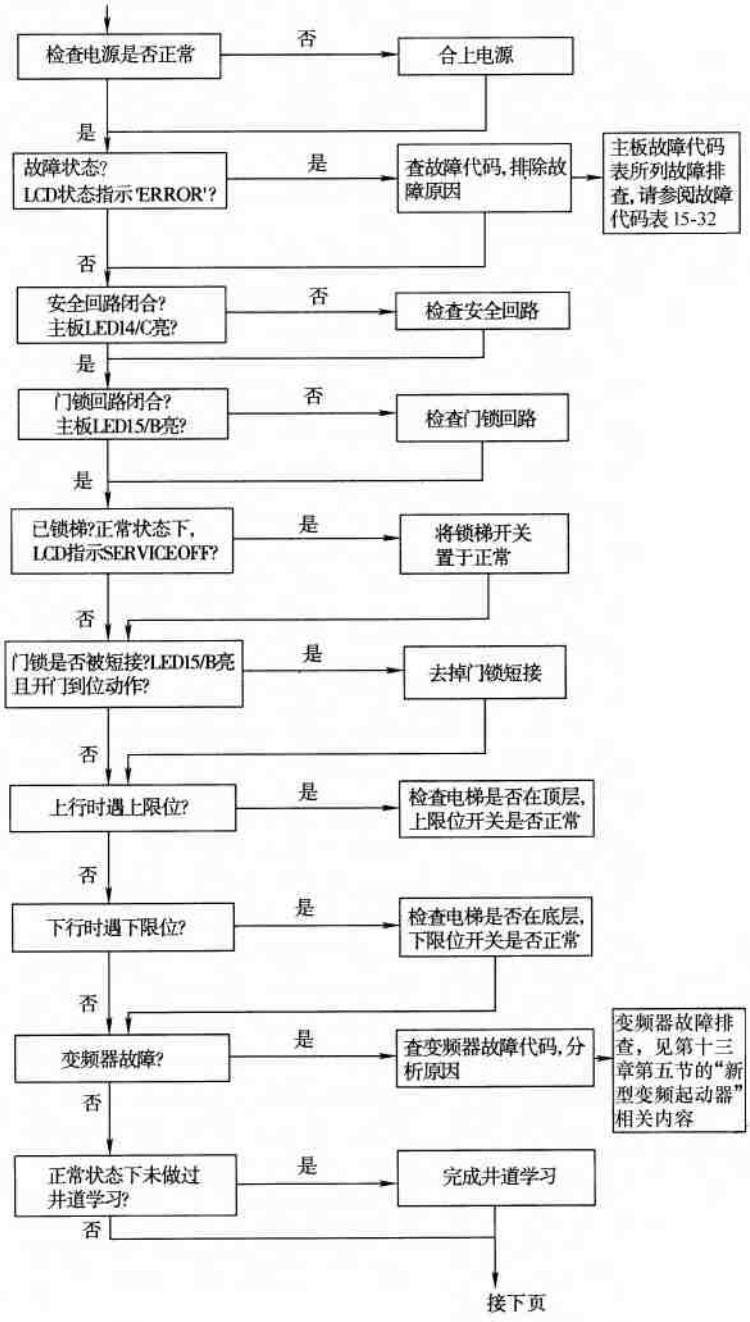
注：X□□　X 为主板输入点，后面的数字为编号。

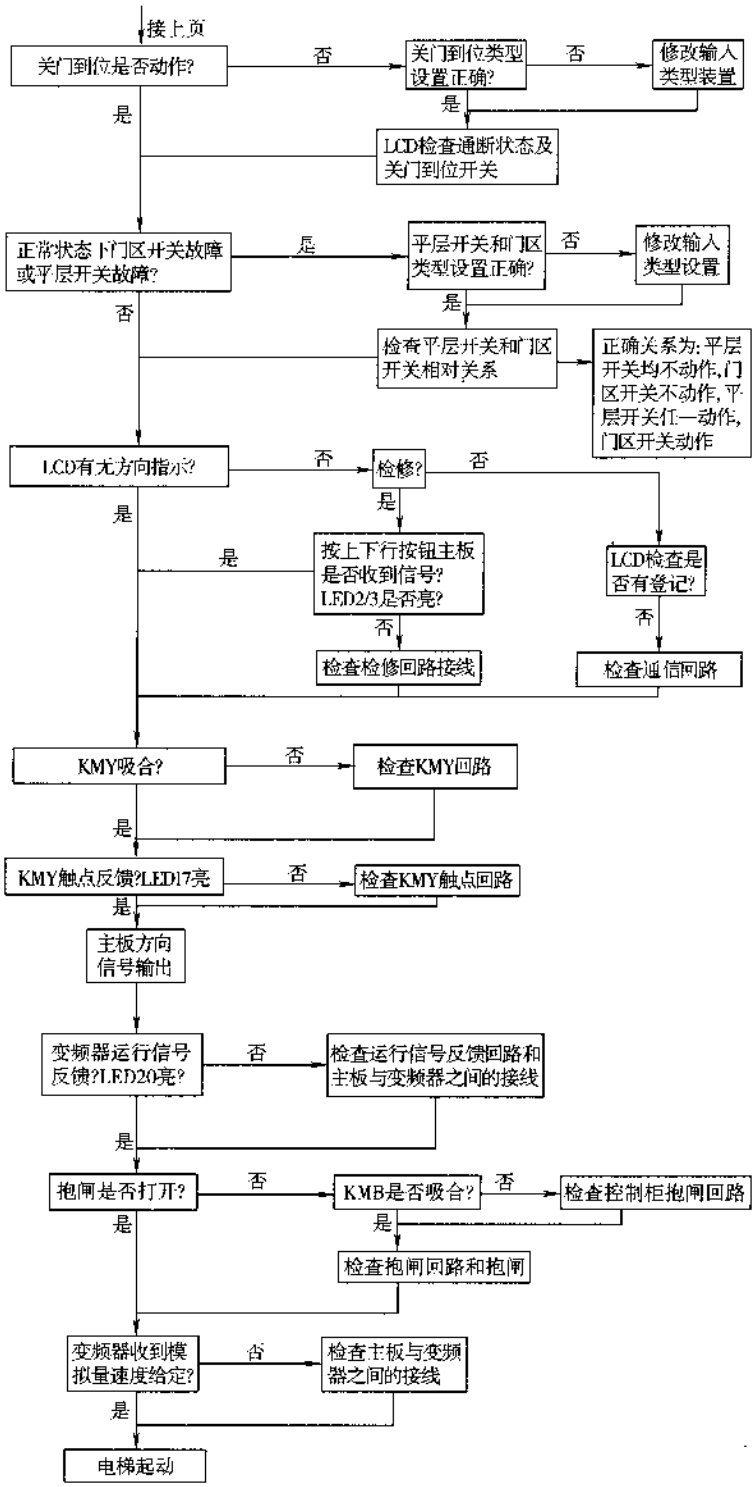
4. 常见故障处理程序

常见故障处理方法一般可按下列程序进行。其中，主要字母的意义是：

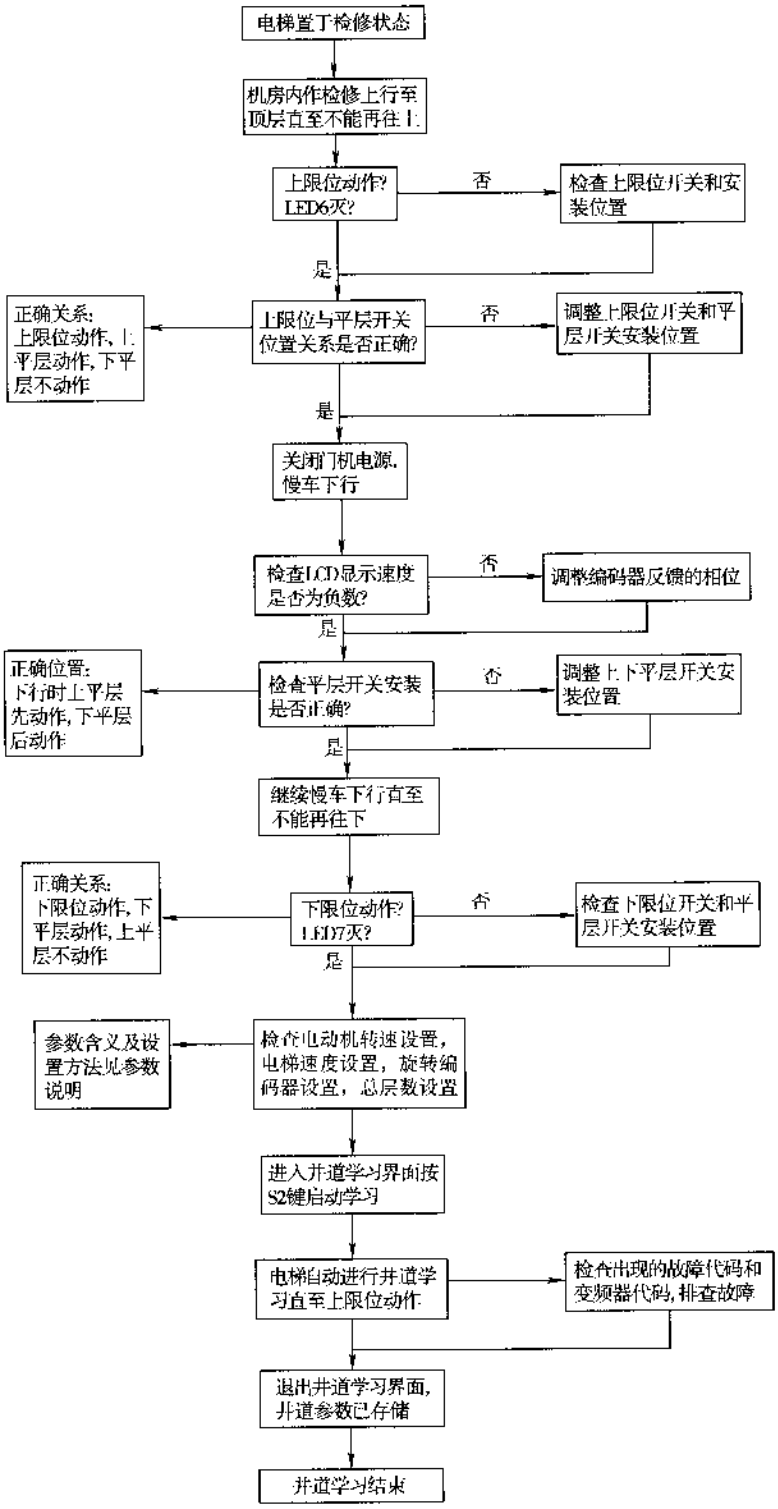
LCD——液晶显示器，KMY——输出接触器，LED——主板显示器，KMB——抱闸接触器，KAO——开门继电器，KAQ——提前开门继电器，KAC——关门继电器，TXA +/TXA -——通信电缆的正负极，CAN——总线。

（1）电梯不能起动

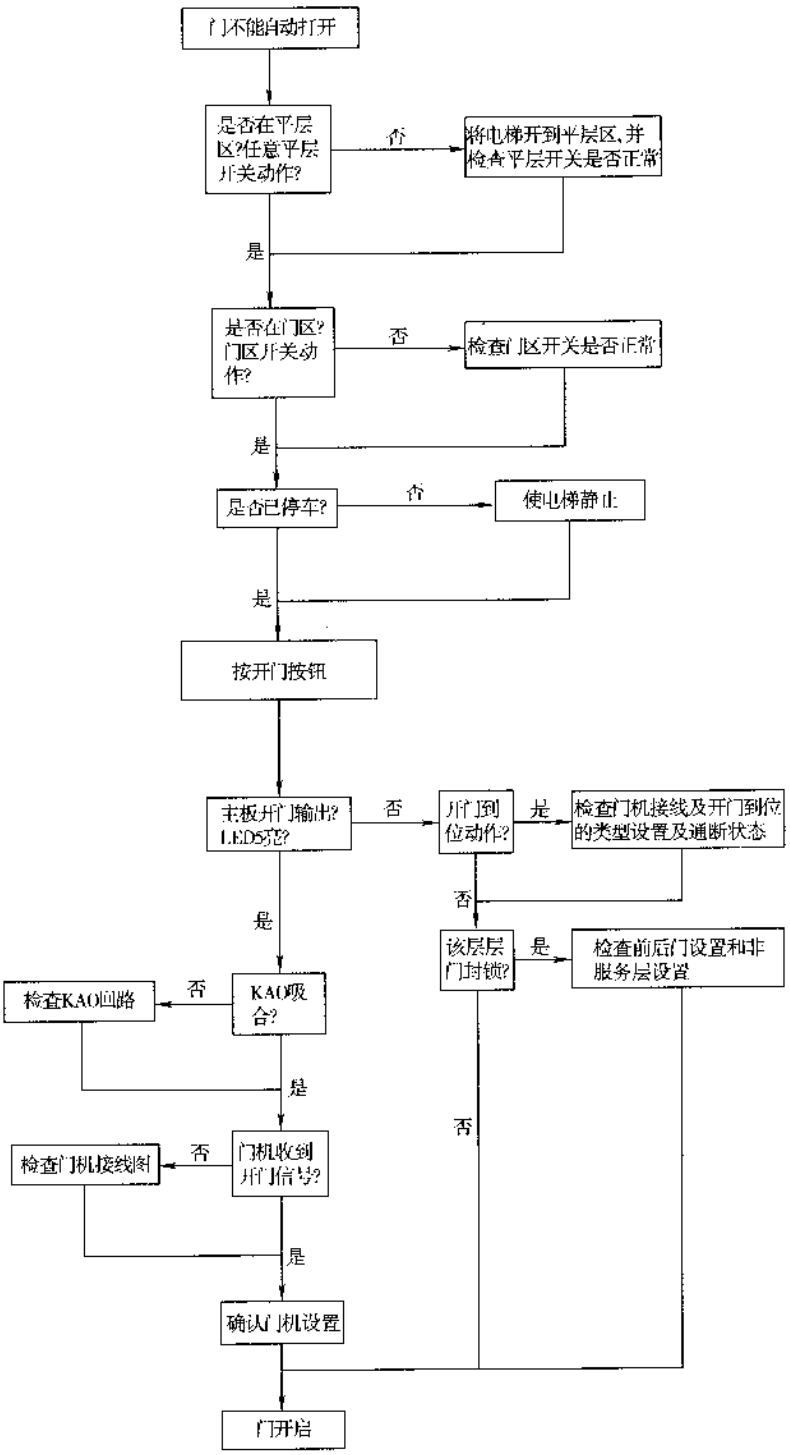



接上页
关门到位是否动作?
否
关门到位类型设置正确?
否
修改输入类型装置
是
是
LCD检查通断状态及关门到位开关
正常状态下门区开关故障或平层开关故障?
是
平层开关和门区类型设置正确?
否
修改输入类型设置
是
否
检查平层开关和门区开关相对关系
正确关系为:平层开关均不动作,门区开关不动作,平层开关任一动作,门区开关动作
LCD有无方向指示?
否
检修?
否
是
是
是
按上下行按钮主板是否收到信号?LED2/3是否亮?
LCD检查是否有登记?
否
否
检查检修回路接线
检查通信回路
KMY吸合?
否
检查KMY回路
是
KMY触点反馈?LED17亮
否
检查KMY触点回路
是
主板方向信号输出
变频器运行信号反馈?LED20亮?
否
检查运行信号反馈回路和主板与变频器之间的接线
是
抱闸是否打开?
否
KMB是否吸合?
否
检查控制柜抱闸回路
是
是
检查抱闸回路和抱闸
变频器收到模拟量速度给定?
否
检查主板与变频器之间的接线
是
电梯起动

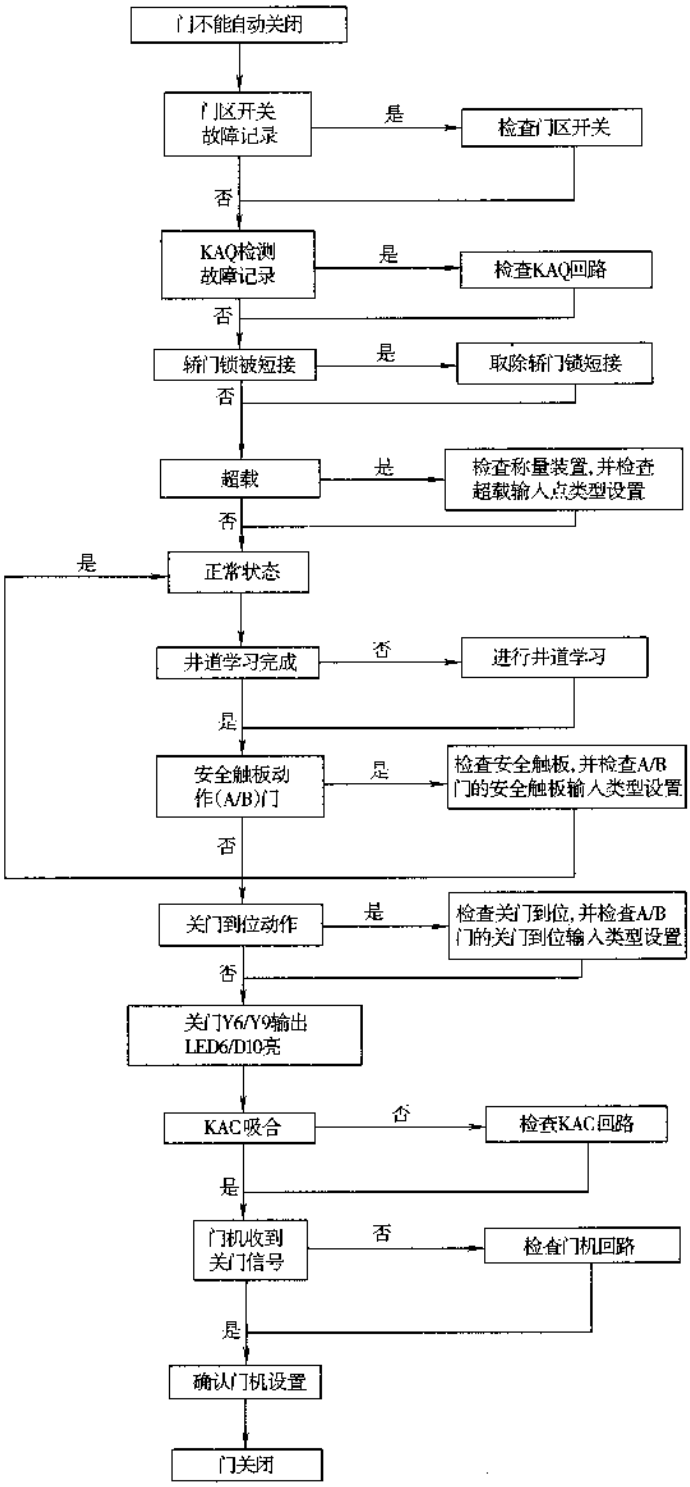
（2）电梯不能井道自学习


电梯置于检修状态
机房内作检修上行至顶层直至不能再往上
上限位动作？LED6灭？
否
检查上限位开关和安装位置
是
上限位与平层开关位置关系是否正确？
否
调整上限位开关和平层开关安装位置
正确关系：上限位动作，上平层动作，下平层不动作
是
关闭门机电源，慢车下行
检查LCD显示速度是否为负数？
否
调整编码器反馈的相位
是
检查平层开关安装是否正确？
否
调整上下平层开关安装位置
正确位置：下行时上平层先动作，下平层后动作
是
继续慢车下行直至不能再往下
下限位动作？LED7灭？
否
检查下限位开关和平层开关安装位置
正确关系：下限位动作，下平层动作，上平层不动作
是
检查电动机转速设置，电梯速度设置，旋转编码器设置，总层数设置
参数含义及设置方法见参数说明
进入井道学习界面按S2键启动学习
电梯自动进行井道学习直至上限位动作
检查出现的故障代码和变频器代码，排查故障
退出井道学习界面，井道参数已存储
井道学习结束

（3）电梯不能开门

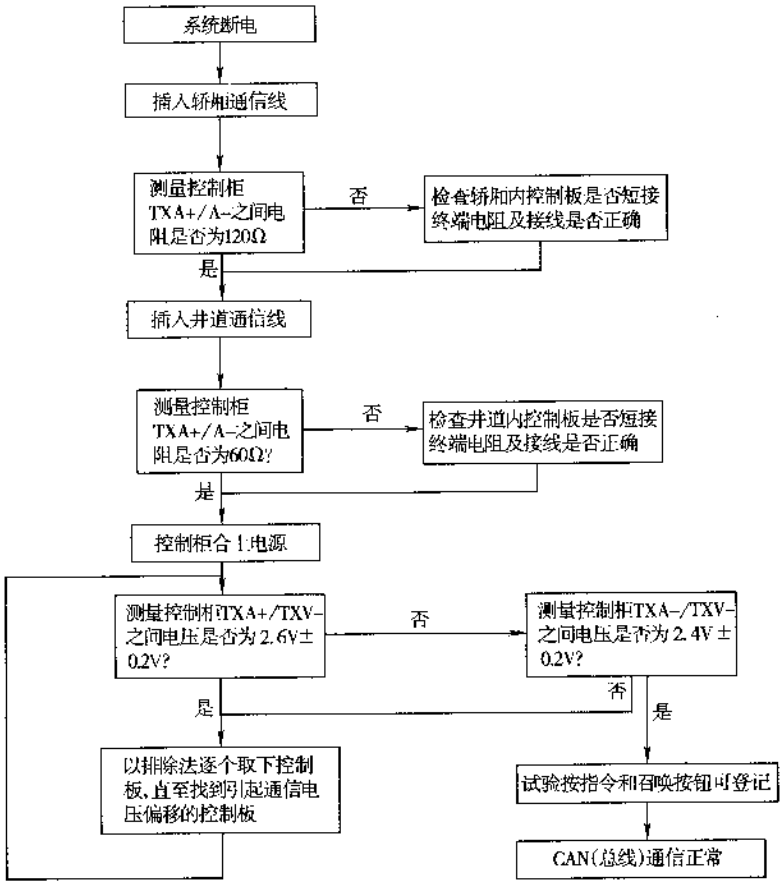

门不能自动打开
是否在平层区?任意平层开关动作?
否
将电梯开到平层区,并检查平层开关是否正常
是
是否在门区?门区开关动作?
否
检查门区开关是否正常
是
是否已停车?
否
使电梯静止
是
按开门按钮
主板开门输出?LED5亮?
否
开门到位动作?
是
检查门机接线及开门到位的类型设置及通断状态
否
是
该层层门封锁?
是
检查前后门设置和非服务层设置
检查KAO回路
否
KAO吸合?
是
否
检查门机接线图
否
门机收到开门信号?
是
确认门机设置
门开启

（4）电梯不能关门



（5）CAN（总线）通信检查

必须注意：在未进行通信线检查之前请勿连接通信总线。



六、整机调整及试运行中的检测

电梯经安装、质量检测、调试及运行已基本具备了运行的条件，但在调试及运行中还要进行一系列检测，主要内容有：

1）平衡系数的测定。

2）限速器与安全钳动作可靠性试验。

3）液压缓冲器复位、负载试验。

4）静载试验。

5）运行试验。

6）轿厢满超载装置动作可靠性试验。

7）额定运行速度试验。

8）平层准确度试验。

9）噪声测定。

试验方法、要求及注意要点见表 15-33 ~ 表 15-42。

电梯在调试及运行中会出现一些故障，这些故障一般是由制造、安装或调试不当造成的，通常经过修复均可达到满意效果，这里将以交流双速继电器控制电梯为例，把常见故障和排除方法列出，供参考，读者也可不断总结安装、调试、维修的经验，进而保证电梯的安装质量，以赢得用户的信赖，进而取得更大的效益。

表 15-33 平衡系数的测定

试 验 方 法	试验要求及注意要点
轿厢以空载且额定载荷的 25%、50%、75%、100%、110% 作上、下运行，当轿厢与配重运行到同一水平位置时，分别记录电压、电流、转速各参数。电流测量并结合速度的测量适用于交流电动机，电流测量并结合电压的测量适用于直流电动机 电流的测量，当电梯轿厢与配重运行到同一水平位置时，用钳型表测量上行、下行的电流	配重砣块应放多少块与轿厢的载重有关，通常用 $W_d = G + KQ$ 计算 式中 W_d——配重总重，单位为 kg； G——轿厢自重，单位为 kg； Q——轿厢额定载重量，单位为 kg； K——平衡系数，一般为 40% ~50%

（续）

试　验　方　法	试验要求及注意要点
速度的测量，当电梯轿厢与配重运行到同一水平位置时，用转速表在曳引机飞轮端测量上行、下行的转速	轿厢的载荷一般用砝码，测量参数时要注意正确使用仪表，同时应注意安全

表 15-34　限速器与安全钳动作可靠性试验

试　验　方　法	试验要求及注意要点
一、安全钳楔块检查 牵动轿厢上的绳头拉手、安全钳的楔块应同时接触导轨工作面，此项检查轿厢应位于底层。检查人员在井道底坑内检查安全钳楔块的实际动作情况 二、限速器与轿厢安全钳动作可靠性试验 试验应在轿厢下行期间进行 1. 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。 2. 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 先把空载轿厢停于上端站附近，在机房手动限速器夹住钢绳，然后以检修速度开始下降，安全钳应动作，并使轿厢可靠地停制于轨道上，同时还应观察与之联锁的电气开关是否先于刹车动作而可靠断开	1. 安全钳动作时，电梯必须可靠地停止 2. 安全钳动作使轿厢停止时，轿厢地板的倾斜度应与其正常位置差 <5% 3. 刹车动作发生后，应不借助任何外力，即正常的上行开车，能使轿厢自动脱离闸车状态 4. 此项试验对轨道面有不同程度的损伤，不宜多做

表 15-35　液压缓冲器复位试验、负载试验

项目	试　验　方　法	试　验　要　求（结果）
复位试验	在轿厢空载的情况下，以检修速度下降，将缓冲器全压缩，然后轿厢离开缓冲器使其自然回复原状	从轿厢开始离开缓冲器一瞬间，直至缓冲器回复原状止，所需时间应小于 90s
负载试验	轿厢以额定载荷和额定速度碰撞缓冲器； 对重以轿厢空载和额定速度碰撞缓冲器	缓冲器应平稳，零件应无损伤和明显变形

表 15-36　静载试验

试　验　方　法	试　验　要　求
将轿厢位于底层，陆续、平稳地加入载荷 乘客、医院用电梯和额定起重量不大于 2000kg 的载货电梯，载以额定起重量的 200%；其余各种电梯载以额定起重量的 150%，历时 10min	在试验过程中 1. 各承重构件无损坏 2. 曳引绳在槽内无滑移 3. 制动器应可靠地刹紧

表 15-37 运行试验

试验方法	试验要求
轿厢分别以空载平衡载荷（额定起重量的40%～50%，根据取定的平衡系数确定）、满载（额定起重量的100%）在通电持续率40%的情况下，往复升降，各自历时2h 减速机箱内油温升的测定，可在运行试验开始时放入温度计，待运行结束时进行观察	1. 电梯起动、运行和停止时，轿厢内应无剧烈的振动和冲击 2. 控制柜、电动机、曳引机工作应正常，电压、电流实测最大值应符合相应的规定：平衡载荷运行试验，上、下方向的电流值应基本相符，差值不应超过5% 3. 制动器动作可靠，运行时制动器闸瓦与制动轮无摩擦：制动器线圈温升不应超过60℃ 4. 减速器油的温升不应超过60℃，且温度不应超过85℃ 5. 集选控制电梯，轿厢内指令、召呼和选层装置的作用应准确无误 6. 按钮操纵的电梯，选层定向应可靠 7. 设有消防员专用控制钮的电梯，消防员专用开关应及时转换可靠 8. 多台程序控制的电梯，程序转换应良好可靠 9. 各层门的机械电气联锁装置、极限开关和其他电气联锁的作用应良好可靠 10. 平层准确、声光信号正确、运行无故障

表 15-38 超载试验

试验方法	试验要求
轿厢内载以110%的额定起重量，在通电持续率40%的情况下，历时30min 加载物可利用试车砝码或其他重物 设有超载保护装置的电梯，在试验时先将超载保护装置电气回路断开	1. 电梯能安全起动、运行和停止 2. 曳引机工作正常、起动运行可靠 3. 制动器动作可靠 4. 减速机电动机工作正常 5. 系统（包括钢丝绳、绳轮、钢架、导轨）工作正常

表 15-39 轿厢满超载装置动作可靠性试验

试验方法	试验要求
当轿厢负载超过额定起重量时	轿厢内超载灯应亮，蜂鸣器应响，电梯不能关门，电梯不能起动
当轿厢负载降至额定起重量或低于额定起重量时	电梯应立即恢复正常
当轿厢在满载状态下	电梯不接受任何召呼

表 15-40 额定运行速度试验

试验方法	试验要求
一、用转速表测量电动机转速并按下式计算轿厢运行速度： $V_{平均}=\frac{\pi D(n_{上}+n_{下})}{2\times 60 i i_{曳}}$ 式中 $V_{平均}$——轿厢实际升降速度的平均值，单位为m/s D——曳引绳直径，单位为m $n_{上}$、$n_{下}$——额定起重量升、降时电动机转速，单位为r/min i——减速机速比 $i_{曳}$——轿厢的曳引速比 注：对直流高速电梯（无齿轮）， $i_{曳}=1$ 二、实际升、降速度的平均值对额定速度的差值、按下式计算： 允差值=（实测速度－额定速度）/额定速度×100% 三、轿厢运行速度也可以用测速装置测量曳引绳线速度	轿厢内加入平衡载荷，分别上下运行至行程中段（除去加速和减速段）时的速度平均值不应超过额定速度的5% 加速度或减速度应≤1.5m/s² 额定速度大于1m/s，小于2m/s的电梯，平均加速度和平均减速度应≥0.5m/s² 额定速度大于2m/s的电梯，平均加速度和平均减速度应≥0.7m/s² 客梯、病床梯，运行中水平方向振动加速度应≤0.15m/s²，垂直方向振动加速度应≤0.25m/s² 转速表的转速与计算线速度的换算不应大于2%

表 15-41　平层准确度检测

检　测　方　法	平层准确度要求		
	电梯类别	额定速度/（m/s）	允许偏差/mm
一、电梯分别在空载和额定载荷以正常速度升降时，轿厢停靠各层站后，测量其地槛上平面对层门地槛上平面垂直方向的误差值 二、检测时应特别注意上、下两个站点，即轿厢空载上行至上端站，轿厢满载下行至下端站的平层情况	交流双速	≤0.63	±15
	交流双速	≤1.00	±30
	交直流调速	≤2.00	±15
	交直流调速	≥2.5	±10

表 15-42　噪声测定

项目	技术要求	测　量　方　法
轿厢内运行（货梯不测）	<55dB	传声器置于轿厢内距轿厢地面高 1.5m，以额定速度上行、下行时测试取最大值
轿厢门和层门开关过程	<65dB	传声器分别置于层门和轿厢门宽度中央；距门 0.20m、距地面高 1.5m。以开、关门过程的峰值作评定依据
机房内	<80dB	传声器在机房中，距地面高 1.5m、距声源 1m 处测四点，在声源上部 1m 处测一点，共测五点。峰值除外，取平均值

第十节　电梯工程安装质量监督及标准

电梯安装质量监理要点见表 15-43～表 15-50。

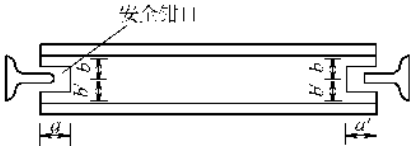
表 15-43　导轨质量监理要点

项　　目	质量监理要点
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
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

（续）

项　　目	质量监理要点
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 型导轨的直线偏差，导轨导向二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伤
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（≈300kg）。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 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，如图 15-34 所示 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与铅垂线偏差，每 5m 应不大于 0.6mm ③ 导轨接头处的缝隙 a 应不大于 0.5mm，如图 15-36 所示 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，如图 15-35 所示 ⑤ 导轨接头处的台阶应按表 15-9 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 15-8 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

表 15-44　轿厢安装监理要点

项　　目	质量监理要点
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
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，须按图纸要求调整，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

（续）

项　　目	质量监理要点
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 15-45　对重（平衡重）安装监理要点

项　　目	质量监理要点
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，如图15-146所示
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15-12 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勾连在一起 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，如图15-147所示

（续）

项　　目	质量监理要点
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如图 15-148 所示

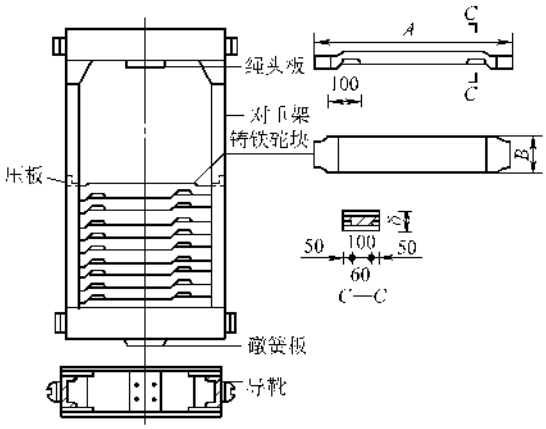


图 15-146　对重架和砣块

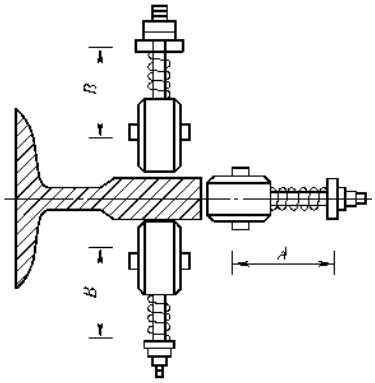


图 15-147　滚轮式导靴安装

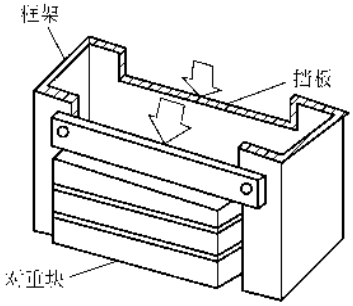
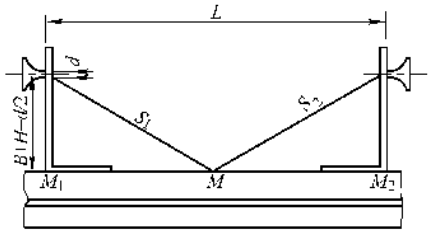


图 15-148　挡板式防振装置

表 15-46　门系统安装监理要点

项　　目	质量监理要点
层门地槛安装	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），在层门地槛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槛、牛腿及牛腿支架位置如图 15-149 所示 2）若地槛牛腿为混凝土结构，用清水冲洗干净，将地脚爪装在地槛上。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。安装地槛时要用水平尺找平，同时三个卧点分别对正三条基准线，并找好与线的距离 地槛安装好后，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槛平面抹平，如图 15-150 所示

（续）

项　　目	质量监理要点
层门地槛安装	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槛。分两种情况： ①　额定载重量在1000kg（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，并稳装地槛，如图15-150所示。牛腿支架不少于3个 ②　额定载重量在1000kg（10kN）以上的各类电梯（不包括1000kg（10kN））可采用$\delta=10$mm的钢板及槽钢制做牛腿支架，进行焊接，并稳装地槛。牛腿支架不少于5个，地槛牛腿钢支架见示意图15-151 4）额定载重量在1000kg（10kN）以下（包括1000kg）的各类电梯，若厅门地槛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槛 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槛的安装位置，方法如下： ①　在层门地槛中心M两侧的$L/2$（L是轿厢导轨间距）处的M_1及M_2点分别做上标记如下图所示  ②　稳装地槛时，用直角尺测量尺寸，使层门地槛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槛外边缘尺寸 H——轿厢地槛与层门地槛距离（一般是25mm或30mm） d——轿厢导轨工作端面宽度 ③　左右移动层门地槛，使M_1、M_2与直角尺的外角对齐，这样地槛的位置就确定了。但为了复核层门中心点是否正确，可测量层门地槛中心点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槛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槛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。上滑道与地槛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

（续）

项　　目	质量监理要点
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槛槽，门轮挂到滑道上 2）在门扇和地槛间垫上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，撤掉门扇和地槛间所垫之物，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如图15-152所示 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，如图15-153所示。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、门楣或地槛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　轿门地槛、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

（续）

项　　目	质量监理要点
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 15-154 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 500kg（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 15-155）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 同样的，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

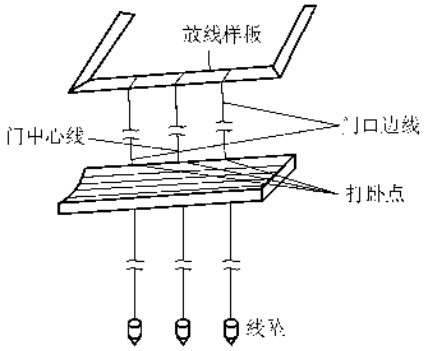


图 15-149　层门放线

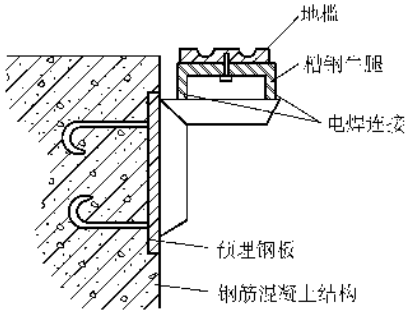


图 15-150　混凝土地面上安层门槛

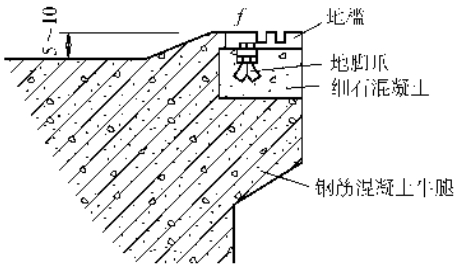


图 15-151　地槛牛腿钢支架

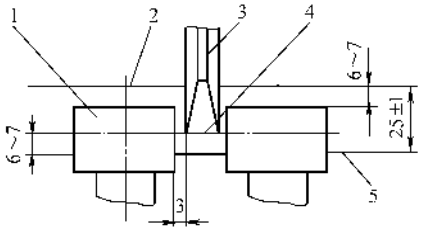


图 15-152　门刀与门锁滚轮和厅轿门踏板调整示意图

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

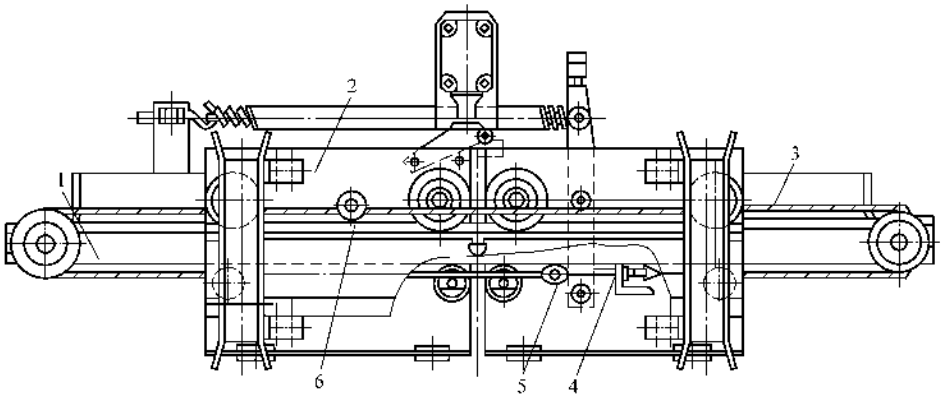


图 15-153　带悬挂架的轿厢门上梁

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

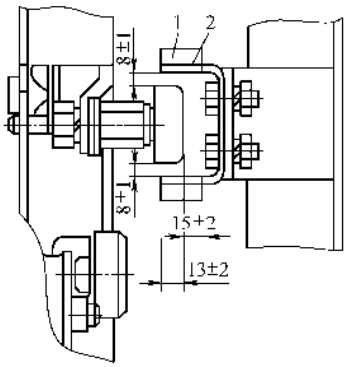


图 15-154　梯井门与轿厢门断电装置间的空隙示意图

1—轿厢门断电装置　2—梯井门断电装置

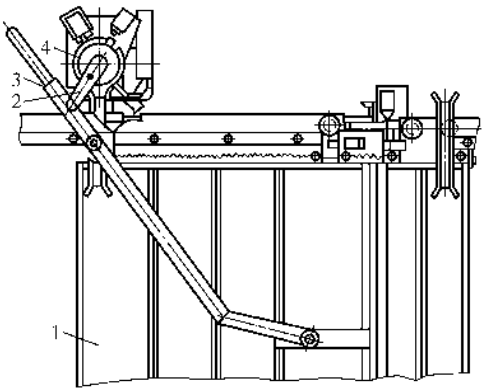


图 15-155　从宽侧入口的起重量 500kg（5kN）电梯轿厢门的传动装置

1—宽门扇　2—牵引杆　3—拉杆　4—扇形轮

表 15-47 驱动主机安装监理要点

项　　目	质量监理要点
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

（续）

项目	质量监理要点
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：常见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震的橡胶垫，如图15-12所示，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，如图15-12所示 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

（续）

项目	质量监理要点
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如图 15-18 所示 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 15-156 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，如图 15-157 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，如图 15-158 所示 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，如图 15-159 所示
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

（续）

项目	质量监理要点
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，如图15-160所示。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15-161）、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

（续）

项目	质量监理要点
制动器的安装	当，间隙可调到 0.2～0.4mm，最后需拧紧各部位的压紧螺母 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

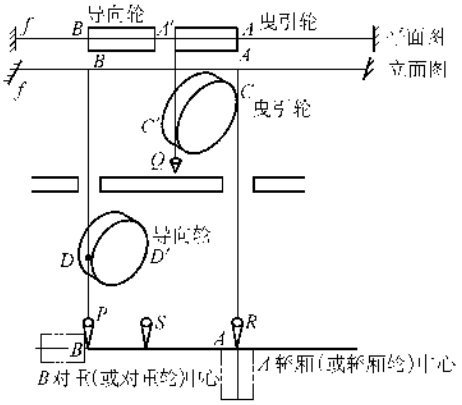


图 15-156 单绕式曳引机、导向轮位置的确定

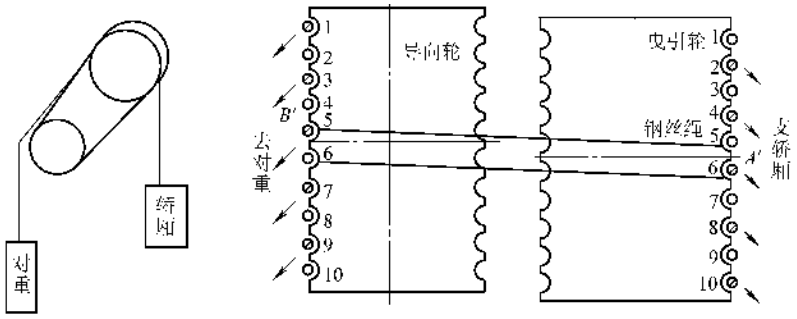


图 15-157 复绕式曳引机和导向轮安装位置的确定

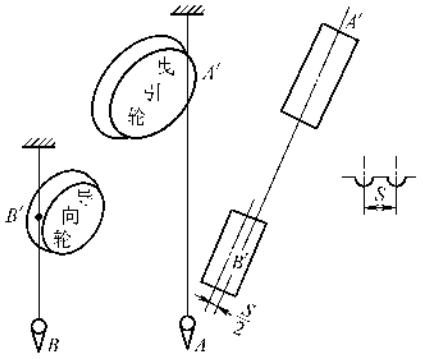


图 15-158 导向轮、曳引轮位置确定

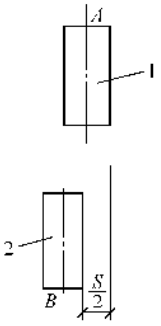


图 15-159 曳引轮、导向轮侧线定位

1—曳引轮 2—导向轮

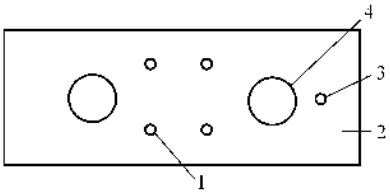


图 15-160　限位器钢板底座

1—螺栓孔（连接限速器）　2—钢板

3—膨胀螺栓孔　4—绳孔

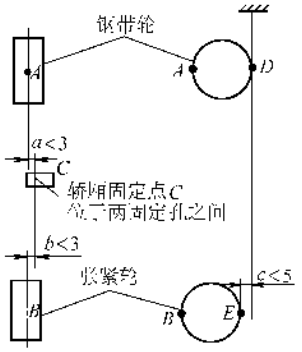


图 15-161　钢带轮安装

表 15-48　安全部件安装监理要点

项目	质量监理要点
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 15-6 确定 2）根据表 15-6 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 15-162）（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

（续）

项目	质量监理要点
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，如图 15-163 所示 ② 用水平尺测量缓冲器顶面，要求其水平度误差小于 $4S/1000$，如图 15-164 所示 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如图 15-165 所示，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 15-87） 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，如图 15-166 所示 4）开关碰轮的安装方向应符合要求，以防损坏，如图 15-166 所示 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 极限开关的安装如图 15-90 所示

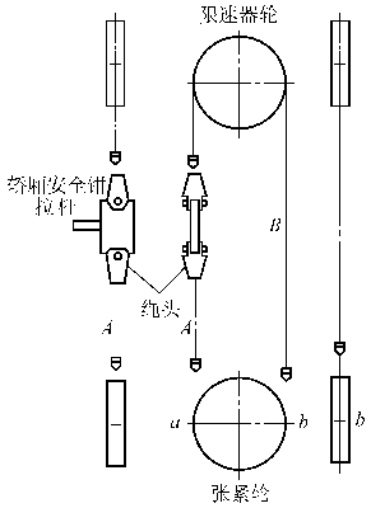


图 15-162　限速绳张紧装置安装

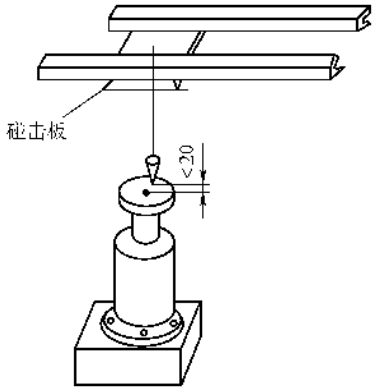


图 15-163　缓冲器中心位置找正

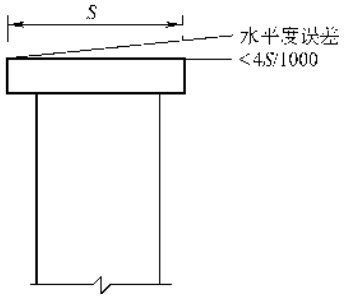


图 15-164　缓冲器顶面水平度

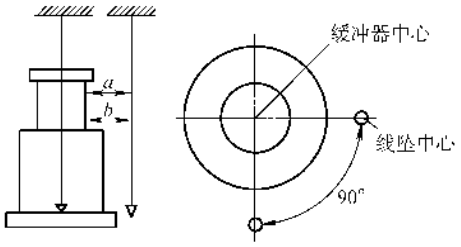


图 15-165　缓冲器活塞垂直度测量

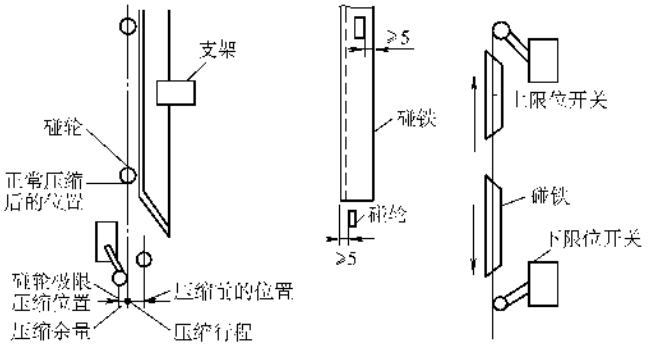


图 15-166　碰轮与碰铁安装

表 15-49　悬挂装置、随行电缆与补偿装置安装监理要点

项目	质量监理要点
悬挂装置安装	轿厢悬挂装置的安装，以曳引比 1∶1 为例，如图 15-167 所示 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）。

（续）

项目	质量监理要点
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按图 15-85 所示进行绑扎，绑扎长度在 30～70mm 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如图 15-51 所示 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，这里不再叙述了 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，使电梯驱动主电动机停止运转，该开关应动作灵敏、安全可靠

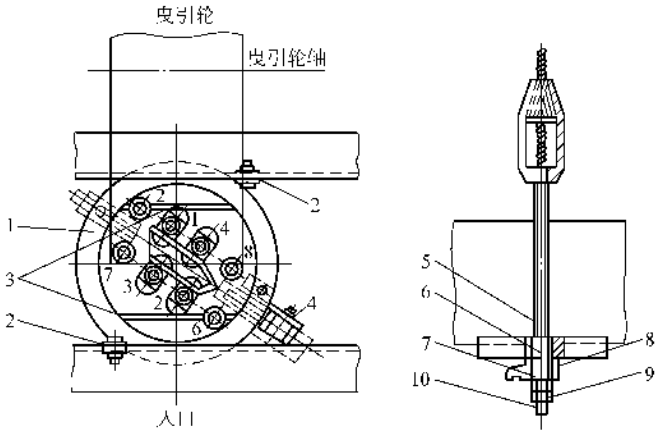


图 15-167　轿厢悬挂装置的安装

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 15-50　电气装置安装监理要点

项目	质量监理要点
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，如图 15-168 所示 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（最底层层门地槛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槛的要求来确定 若梯井较小，轿门地槛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，如图 15-169 所示 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

（续）

项目	质量监理要点
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作成直角连接 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

（续）

项目	质量监理要点
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	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

（续）

项目	质量监理要点
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，使其与电梯运行、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

（续）

项目	质量监理要点
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

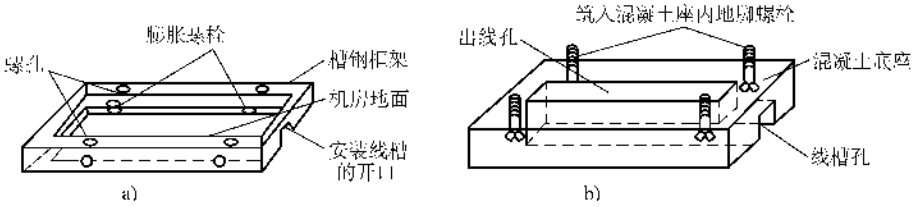


图15-168　控制柜底座

a）用型钢制作的控制柜底座　b）控制柜混凝土底座

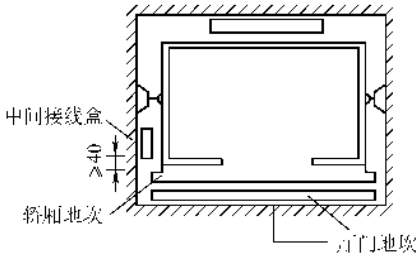


图15-169　中间接线盒安装位置

电梯电气装置安装及调整的质量检查及标准见表15-51和表15-52。

表 15-51 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			按规范 GB 50171—2012 规定	对照规范检查
	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

（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	用兆欧表测量
	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纸检查
	超载试验		安全可靠地起动运行	试车检查

表 15-52　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	
电动机过电流、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。）

第十六章　自动化仪表及自动装置的安装

自动化仪表及自动装置是电气工程的一个组成部分，特别是在锅炉、动力装置、自动生产线、冶金设备、石油化工设备、轻工及纺织设备等方面应用较多，它与电气控制系统组成了复杂的自动化系统或装置，在工业生产上有着很重要的位置。

第一节　总体要求及准备工作

一、总体要求

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 光照像。

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《自动化仪表工程施工及验收规范》GB 50093—2002。

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。

二、准备工作

施工准备工作包括施工技术准备、培训、劳动力动员、施工机具设备动员、临时设施准备、物资采购、设备及材料运输、验收和保管等内容。

（一）施工技术准备

1）仪表工程施工应根据施工组织设计和施工方案进行组织。对复杂、关键的安装和试验工作应编制施工技术方案。

2）仪表工程施工前，建设单位或监理单位应组织施工图设计文件会审，施工单位应参加会审。

3）仪表工程施工前，应对施工人员进行技术交底。

4）施工组织设计和施工方案的编制及实施对控制工程进度、质量、安全、成本起着重要作用。电气工程施工组织设计中通常都包括了仪表工程的内容，仪表工程应编制施工方案。仪表工程施工方案可包括下列内容：

① 工程概况和工程特点；

② 工程进度计划；

③ 劳动力计划；

④ 施工机具设备计划；

⑤ 临时设施计划；

⑥ 施工技术措施和需编制的技术方案目录；

⑦ 施工质量计划和安全措施；

⑧ 施工中应执行的标准、规范、规程目录。

5）工程设计交底和图样会审一般由建设单位、设计单位、监理单位和施工单位共同参加，施工单位技术人员应预先熟悉图样。设计质量是保证工程质量的前提，而进行施工图设计会审有利于提高施工准备工作的质量，提前发现和解决问题，减少返工和设计修改造成的损失。

图样会审包括下列内容：

① 检查设计文件的完整情况和设计深度；

② 核查控制流程图、系统图、回路图、平面布置图、设备一览表、安装图等中相应仪表的位号、型号、规格、材质、位置等的一致性；

③ 核查系统原理图与接线图的一致性；

④ 核查仪表专业方面提出的盘柜基础、预埋件、预留孔等条件在土建设计图中的相应位置、尺寸和数量上的符合性；

⑤ 核查仪表设备和取源部件在设备图、管道图中相应位号的型号、规格、材质、位置上的符合性；

⑥ 核查仪表设备、仪表管线、仪表电缆槽的安装位置与有关专业设施在空间布置上的合理性；

⑦ 核查仪表控制系统相互之间，仪表专业与电气专业相互之间在供电、接地、联锁、信号等相关设计中的要求的一致性及连接的正确性；

⑧ 核对仪表材料数量；

⑨ 检查设计是否有漏项。

6）技术交底包括工程施工任务的具体内容和安排，以及有关施工工艺、方法、质量、安全、工作程

序和记录表格方面的要求。工程需要或工程中有新设备、新材料、新技术、新工艺时，还应进行技术培训。技术培训必要时应由生产厂商进行。

（二）仪表设备及材料的检验和保管

1）仪表设备及材料到达现场后，应进行检验或验证。

2）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。

3）对仪表盘、柜、箱的开箱检查还应符合下列要求：

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。

4）仪表设备的性能试验应按 GB 50093—2002 及前述相关内容的规定进行。

5）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。

6）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、材料或其中某些部件的性能变化、失效和超过质量保质期。

7）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。

8）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，有关规定在关于质量体系的 ISO 9000 族标准中有详细描述，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。

9）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，以及不能保证安装后工程质量的产品不得使用。

（三）其他准备工作

其他准备工作及施工组织设计（施工方案）的编制基本与电气工程相同，敬请读者参阅《电气工程项目管理及策划技术手册》的相关内容。

三、自动化仪表相关术语

1. 自动化仪表（automation instrumentation）

自动化仪表是对被测变量和被控变量进行测量及控制的仪表装置和仪表系统的总称。

2. 测量（measurement）

测量是指以确定量值为目的的一组操作。

3. 控制（control）

控制是指为达到规定的目标，在系统上或系统内的有目的的活动。

4. 现场（site）

现场是指工程项目施工的场所及电气设备、线路的安装位置。

5. 就地仪表（local instrument）

就地仪表是指安装在现场控制室外的仪表，一般在被测对象和被控对象附近。

6. 检测仪表（detecting and measuring instrument）

检测仪表是指用以确定被测变量的量值或量的特性、状态的仪表。

7. 传感器（transducer）

接收输入变量的信息，并按一定规律将其转换为同种或别种性质输出变量的装置称传感器。

8. 转换器（converter）

接收一种形式的信号并按一定规律转换为另一种信号形式输出的装置称转换器。

9. 变送器（transmitter）

输出为标准化信号的传感器称变送器。

10. 显示仪表（display instrument）

显示被测量值的仪表称显示仪表。

11. 控制仪表（control instrument）

用以对被控变量进行控制的仪表称控制仪表。

12. 执行器（actuator）

在控制系统中通过其机构动作直接改变被控变量的装置称执行器。

13. 检测元件/传感元件（sensor）

检测元件/传感元件是指测量链中的一次元件，它将输入变量转换成宜于测量的信号。

14. 取源部件（tap）

取源部件是指在被测对象上为安装连接检测元件所设置的专用管件、引出口和连接阀门等元件。

15. 检测点（measuring point）

对被测变量进行检测的具体位置，即检测元件和取源部件的现场安装位置称检测点。

16. 测温点（temperature measuring point）

温度检测点称测温点。

17. 取压点（pressure measuring point）

压力检测点称取压点。

18. 系统（system）

由若干相互联系和相互作用的要素组成的具有特定功能的整体称系统。

19. 控制系统（control system）

控制系统是指通过精密制导或操纵若干变量以达到既定状态的系统。仪表控制系统由仪表设备装置、仪表管线、仪表动力和辅助设施等硬件，以及相关的软件所构成。

20. 综合控制系统（comprehensive control system）

采用数字技术、计算机技术和网络通信技术，具有综合控制功能的仪表控制系统称综合控制系统。

21. 管道（piping）

管道是指用于输送、分配、混合、分离、排放、计量、控制或截止流体的管子、管件、法兰、紧固件、垫片、阀门和其他组成件及支撑件的总称。

22. 仪表管道（instrumentation piping）

仪表管道是仪表测量管道、气动和液动信号管道、气源管道和液压管道的总称。

23. 测量管道（measuring piping）

从检测点向仪表传送被测介质的管道称测量管道。

24. 信号管道（signal piping）

用于传送气动或液动控制信号的管道称信号管道。

25. 气源管道（air piping）

为气动仪表提供气源的管道称气源管道。

26. 仪表线路（instrumentation line）

仪表线路是仪表电线、电缆、补偿导线、光缆和电缆槽、保护管等附件的总称。

27. 电缆槽（cable tray）

电缆槽是指敷设和保护电线电缆的槽形制成品，包括槽体、盖板和各种组成件。

28. 保护管（protective tube）

敷设和保护电线电缆的管子及其连接件称保护管。

29. 回路（loop）

在控制系统中，一个或多个相关仪表与功能的组合称回路。

30. 伴热（heat tracing）

伴热指为使生产装置和仪表设备、管道中的物料保持规定的温度，在设备、管道旁敷设加热源，进行跟踪加热的措施。

31. 脱脂（degreasing）

脱脂指除去物体表面油污等有机物的作业。

32. 检验（inspection）

对产品或过程等实体进行计量、测量、检查或试验，并将结果与规定要求进行比较，以确定每项特性合格情况所进行的活动称检验。

33. 试验（testing）

对产品或过程等实体的额定值（或极限值）或特性、指标、质量进行验证称试验。

34. 检定（verification）

由法制计量部门或法定授权组织按照检定规程，通过试验提供证明来确认测量器具的示值误差满足规定要求的活动称检定。

35. 校准（calibration）

校准指在规定条件下，为确定测量仪器仪表或测量系统的示值、实物量具或标准物质所代表的值与相对应的由参考标准确定的量值之间关系的一组操作。

36. 调整（adjustment）

调整指为使测量器具达到性能正常、偏差符合规定值而适于使用的状态所进行的操作。

37. 防爆电气设备（explosion-protected electrical apparatus）

在规定条件下不会引起周围爆炸性环境点燃的电气设备称防爆电气设备。

38. 爆炸性环境（explosive atmosphere）

爆炸性环境指在大气条件下，气体、蒸气、薄雾、粉尘或纤维状的可燃物质与空气形成混合物，点燃后，燃烧传至全部未燃混合物的环境。

39. 危险区域（hazardous area）

爆炸性环境大量出现或预期可能大量出现，以致要求对电气设备的结构、安装和使用采取专门措施的区域称危险区域。

40. 本质安全电路（intrinsically-safe circuit）

在规定的试验条件下，正常工作或规定的故障状态下产生的电火花和热效应均不能点燃规定的爆炸性气体或蒸气的电路称本质安全电路。

41. 本质安全型设备（intrinsically-safe apparatus）

全部电路均为本质安全电路的电气设备称本质安全型设备。

42. 关联设备（associated apparatus）

设备内的电路或部分电路并非全是本质安全电路，但有可能影响本质安全电路安全性能的电气设备

称关联设备。

第二节　自动化仪表的类别及功能

自动化仪表的类别按其功能作用划分，一般可分为温度、压力、流量、物位、机械量、成分分析等仪表。

1. 常用测量温度的仪表

常用测量温度的仪表见表 16-1。

表 16-1　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	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
	约瑟夫逊结			
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

（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。

2. 常用测量压力的仪表

常用测量压力的仪表主要有 U 形管压力计、单管压力计、多管压力计、弹簧管式压力表、膜片式压力表、膜盒式压力表、电接点压力表、波纹管式压力继电器、压力变送器及其显示仪表等。显示仪表包括动圈式仪表、电子平衡式显示仪表及数字式仪表。

3. 常用测量流量的仪表

常用测量流量的仪表分体积流量计和质量流量计两种。体积流量计主要有压差流量计（也称孔板流量计）、转子流量计、靶式流量计、电磁流量计等，见表 16-2。质量流量计见表 16-3。

4. 常用测量物位的仪表

表 16-2 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/（$\times 10^{-6} m^2/s$）	>5000	>20000	>80000	500cst	500cst	500cst	—

（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	

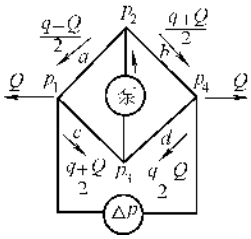
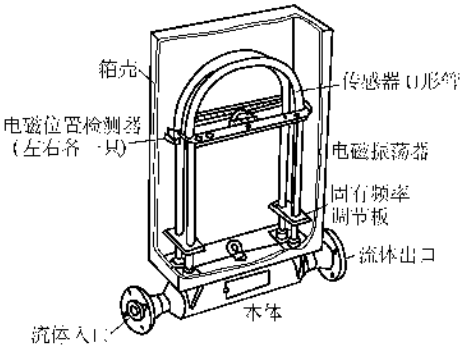
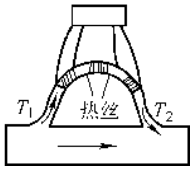
注：1. 液体流量范围按20℃水计算。

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. 本表内温度和压力是基本型品种允许的最大值。

表 16-3 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、一定振幅作相对振动，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 $\Delta T=(T_2-T_2)$，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

物位测量仪表分直读式、差压式、浮力式、电子式、声学式、核辐射式等。常用测量物位的仪表见表 16-4。

5. 常用测量机械量的仪表

机械量指力、转矩、位移、转角、几何尺寸、速度(转速)、振动等，这些量的测量较为复杂。它也是将各种参量经传感器变成可测的电量送入测量电路，该量与电量有函数关系，再经表头进行示值显示或记录控制。现将主要机械量测量仪表列出，供读者参考，见表 16-5～表 16-9。

表 16-4　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	

（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 16-5 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

表 16-6　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 ϕ50～6000mm 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 16-7　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

（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，分辨率高（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ϕ70～100mm	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%），分辨率高（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	分辨率、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

表 16-8　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 16-9　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

（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。

6. 常用成分分析仪表

成分分析仪是用来对混合物的成分进行分析及对湿度、黏度等量进行测量的仪表。各种成分分析仪的组成框图相同，其性能比较见表16-10。

表16-10　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	测量范围为15%～100%，温度范围为－30～100℃，准确度为±2%	固体颗粒及气体的湿度

第三节　自动化仪表的校验和检定

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，是自动化仪表及自动装置安装工程中的最重要环节。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）。

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局计量行政部门制定，属国家标准。

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。

有关自动化仪表的校验（准）和检定已在第五章及前述章节中进行了详细的讲述，敬请读者参阅相关内容。

第四节　线缆安装敷设

自动化仪表及自动装置工程中线缆的安装工艺方法与电气系统基本相同。但是由于自动化仪表及自动装置的特殊性，有些要求也不尽相同。因此，其线缆的安装敷设必须遵守以下相关规定。

1. 仪表线路的安装

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，应有明显标识。

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。

2. 仪表设备支架制作安装

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、电线的安装敷设

电缆、电线的安装包括电缆槽、线缆保护管及线缆敷设三部分。

（1）电缆槽的安装

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。

（2）线缆保护管的安装

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：

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、蒸气、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。

（3）电缆、电线的敷设

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、无折皱、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。

4. 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，均应按设计图纸标号。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。

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。

第五节　自动化仪表及自动装置的安装

自动化仪表及自动装置的安装主要包括就地仪表、取源部件、传感器或检测元件、控制室内或盘框上的仪表（包括检测仪表、控制仪表、转换器、变送器、显示仪表等，其中转换器、变送器也有安装在现场的）、执行器等装置的安装。

一、安装要求

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，有的设备元件已纳入弱电系统，有的是转换数字信号而已。

二、自动化仪表及自动装置的安装图样

安装图样是自动仪表及自动装置的依据和凭证，这里以某大型锅炉热工测量控制系统图和仪表导管电缆连接图为例，讲述读图，审图，为安装提供有效的依据和方法。

（一）导管线缆连接图

大型蒸气锅炉测量控制系统和导管电缆连接图是大型蒸气锅炉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. 锅炉房常用仪表（见图 16-1）

由图可以看出，一般仪表均用一个圆表示，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。

2. 锅炉正面的热工测量控制系统（见图 16-2）、锅炉平面的热工测量控制系统（见图 16-3）和锅炉热工仪表导管电缆连接（见图 16-4）。

由图可以知道以下内容：

（1）温度的测量有四个点

1）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 TIA 902 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，如图 16-3 中的 A 点所示。

	热电偶	LT	就地安装液位变送器
	热电阻	LRA H L	盘上安装带高、低信号液位记录表
	流量孔板	HLSS	盘上安装信号灯、控制开关有联锁
EI	盘上安装电压指示表	HLSS	盘上安装电流表、信号灯开关有联锁
TI	盘上安装温度指示表	HIS	盘上安装电流表控制设备
TS	盘上安装温度切换开关	M	电动调整门
TIA H	盘上安装带高信号温度指示表	M	电动调整挡板
PI	就地安装压力指示表	HLS	盘上安装信号灯控制按钮
PI	盘上安装压力指示表	HSS	盘上安装控制开关有联锁
PIA H	盘上安装带高信号压力指示表	HSA	盘上安装控制按钮报警
FT	就地安装流量变送器	HLSA	盘上安装信号灯控制按钮报警
FR	盘上安装流量记录表	LI	就地安装(透读)液位指示表

图 16-1 工业锅炉房常用仪表及自动装置图例

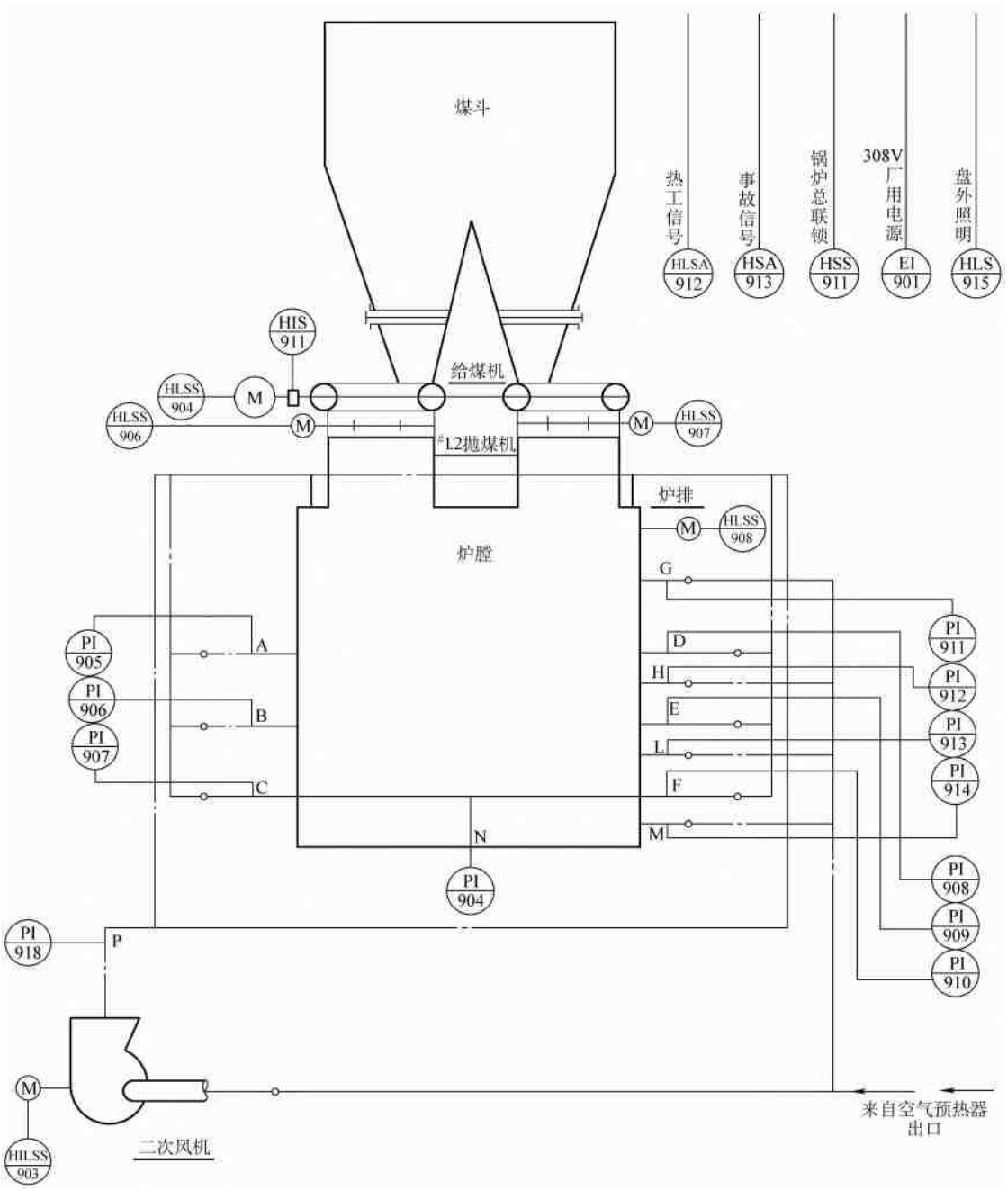


图 16-2　某工业锅炉热工测量系统图（正面）

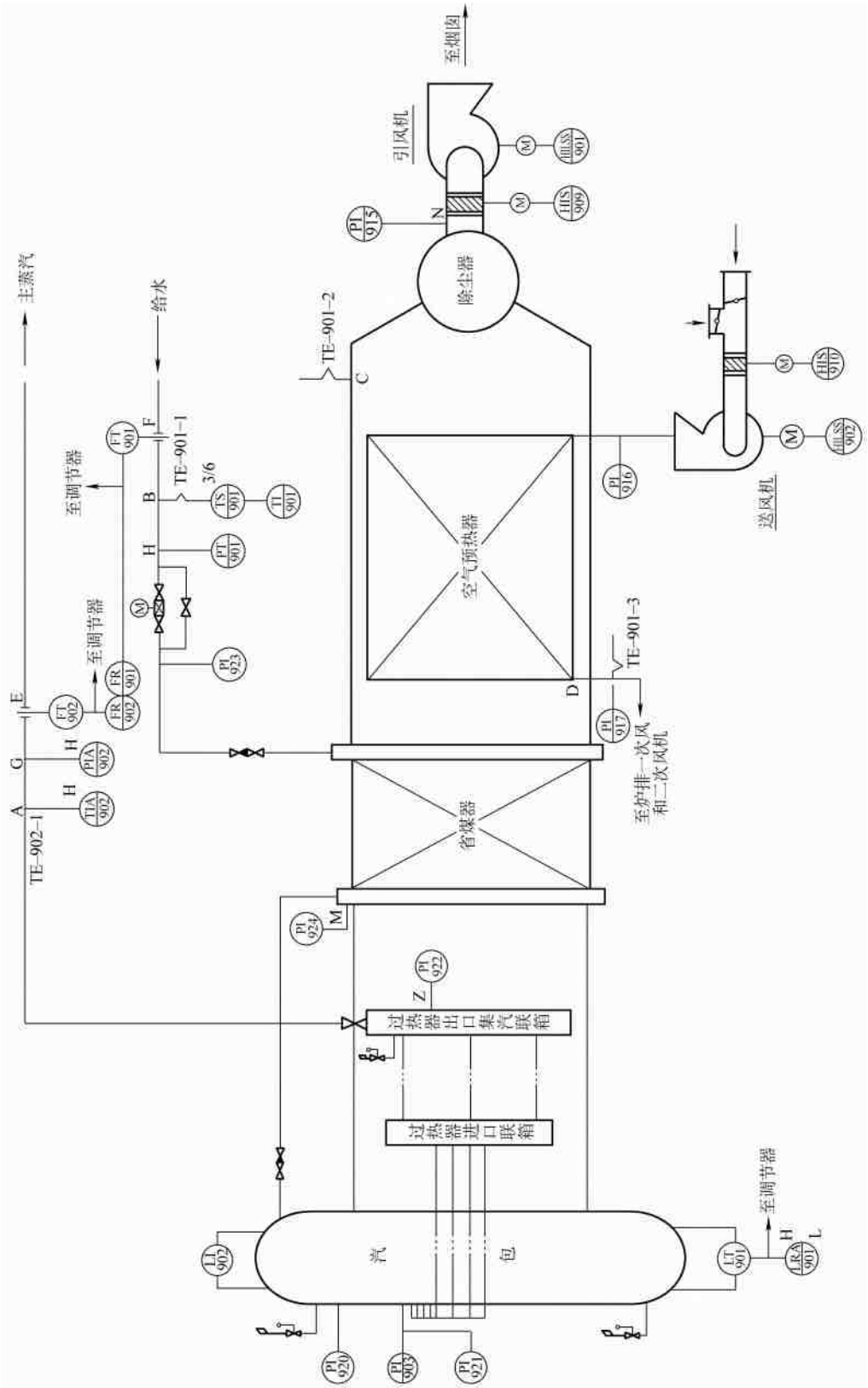
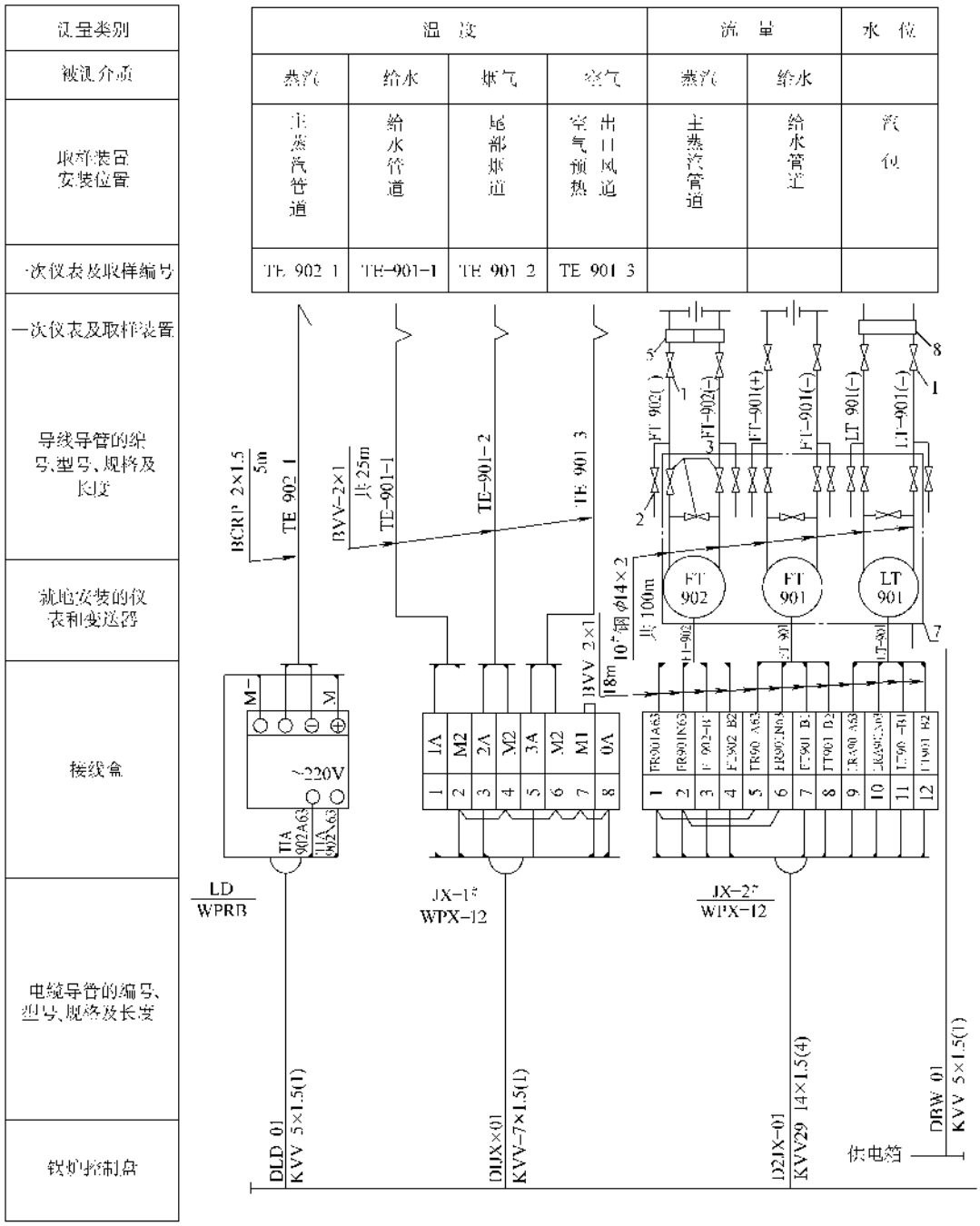
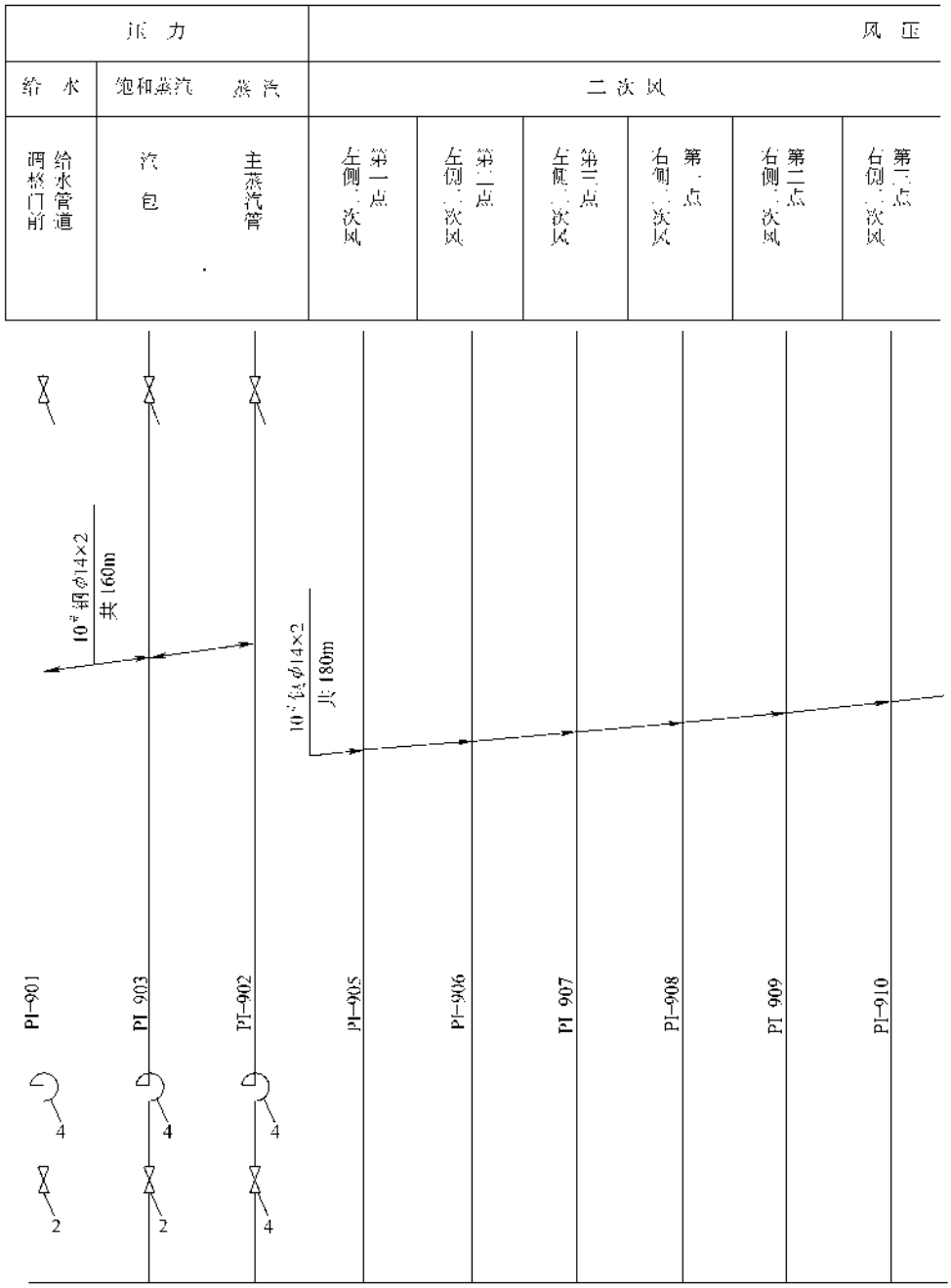


图 16-3 某工业锅炉热工测量系统图(平面)



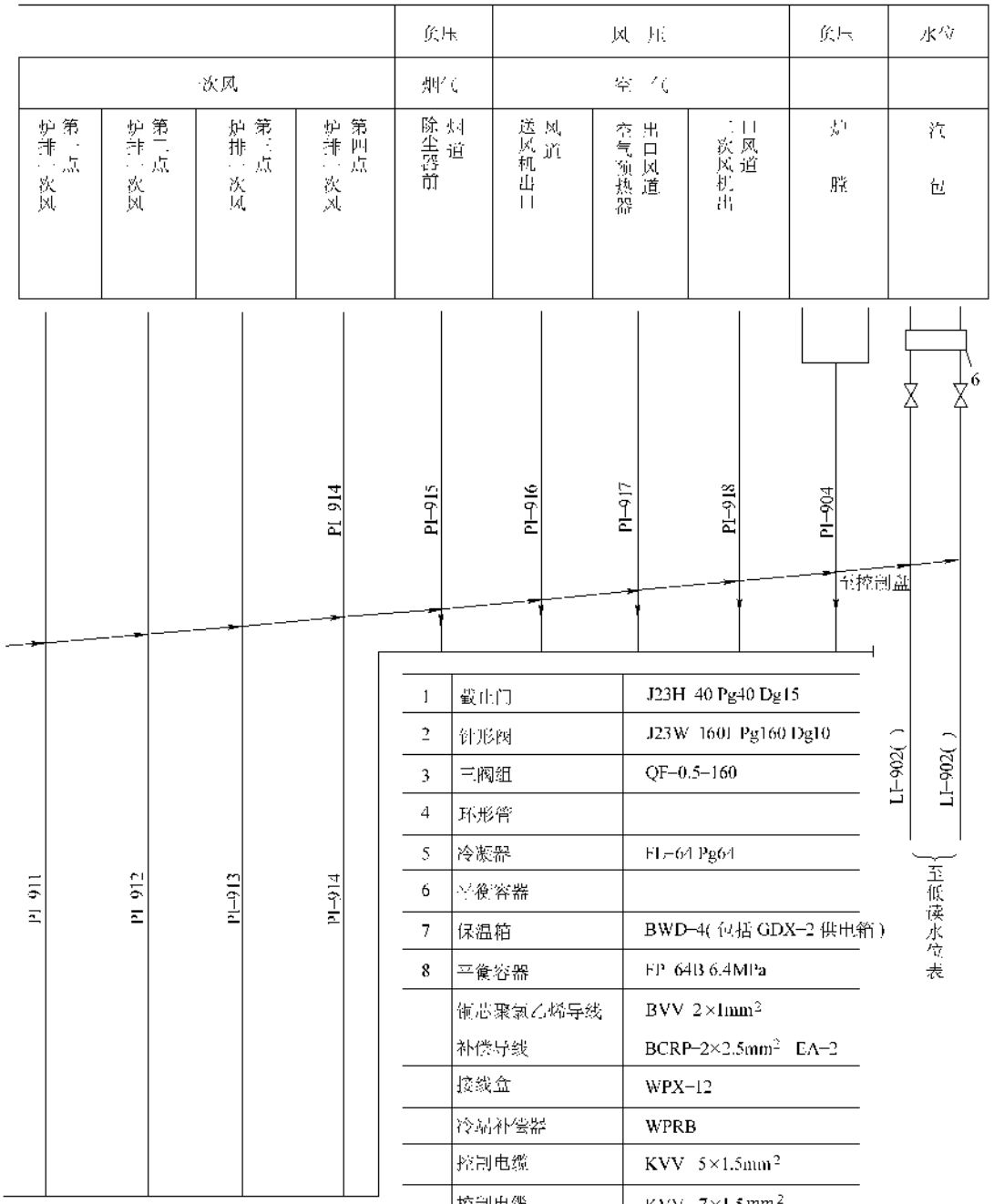
a)

图 16-4　某工业锅炉导管电缆连接图


压 力
风 压
给 水
饱和蒸汽
蒸 汽
二 次 风
给水管道调整门前
汽 包
主蒸汽管
第一点左侧二次风
第二点左侧二次风
第三点左侧二次风
第一点右侧二次风
第二点右侧二次风
第三点右侧二次风
10#钢φ14×2 共160m
10#钢φ14×2 共180m
PI-901
PI-903
PI-902
PI-905
PI-906
PI-907
PI-908
PI-909
PI-910
4
4
4
2
2
4

b)

图 16-4



1	截止门	J23H-40 Pg40 Dg15
2	针形阀	J23W-160I Pg160 Dg10
3	三阀组	QF-0.5-160
4	环形管	
5	冷凝器	FL-64 Pg64
6	平衡容器	
7	保温箱	BWD-4(包括 GDX-2 供电箱)
8	平衡容器	FP-64B 6.4MPa
	铜芯聚氯乙烯导线	BVV 2×1mm²
	补偿导线	BCRP-2×2.5mm² EA-2
	接线盒	WPX-12
	冷端补偿器	WPRB
	控制电缆	KVV 5×1.5mm²
	控制电缆	KVV 7×1.5mm²
	控制电缆	KVV_{29} 14×1.5mm²
	煤气管	ϕ15mm(ϕ1/2in)

c)

（续）

2）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(TI 901)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(TS 901)。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，如图16-3中的B点所示。

3）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2）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，如图16-3中的C点所示。

4）空气预热出口风道空气温度的测量，测量元件为热电阻，编号TE-901-3，其他与3）中烟气温度测量相同，安装位置如图16-3中的D点所示。

（2）流量的测量有两个点

1）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(FT 902)，流量变送器现场就地安装，变送器输出的电信号用BVV塑铜线接至接线盒WPX-12，然而用控制电缆引至控制盘上的记录仪(FR 901)上并引至调节器。其中导压管为10#钢ϕ14mm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，如图16-3中的E点所示。

2）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，如图16-3中的F点所示。

（3）汽包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(LT 901)，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(LRA 901)H L上并引至调节器上。汽包水位信号、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。安装位置如图16-3汽包两端所示，另一端的变送器(LI 902)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、汽包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(PIA 902)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，如图16-3的G点所示。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），如图16-3中的H点所示，同时其后端（出水端）安装就地压力表(PI 923)。而汽包的蒸汽压力取压点设在汽包的中部，同时设置了两块就地测量压力的仪表(PI 920)和(PI 921)，如图16-3中的汽包所示。此外，在过热器出口集气联箱上设就地压力表(PI 922)一块，在省煤器上设就地压力表(PI 924)一块，如图16-3的Z、M点所示。

（5）二次风压的测量共有六个点，均为用导压管直接引至控制盘上的压力表上，其中取压点如图16-2中的A、B、C、D、E、F点所示。

（6）炉排一次风压的测量点共有四个点，用导压管直接引至控制盘上的压力表上，取压点如图16-2的G、H、L、M点所示。

（7）负压的测量共有两个点

1）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，取压点如图16-3的N点所示。

2）炉膛负压的测量，用导压管直接引至控制盘上的压力表上，取压点如图16-2的N点所示。

（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如图16-3的送风机出口(PI 916)所示，空气预热器出口风压取样点如图16-3的D点(PI 917)所示，二次风机出口风压取样点如图16-2的P点(PI 918)所示。

（9）蒸汽流量、给水流量、汽包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汽包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，如图 16-3 送风机的标注 HIS 902 所示，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，如图 16-3 送风机的标注 HIS 910 所示。

（11）引风机控制的设置与送风机相同，如图 16-3的标注 HIS 136 和 HIS 909 所示。

（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，如图 16-2 二次风机的标注 HIS 903 所示，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，如图 16-2 给煤机的标注 HIS 904 所示，同时给煤机速度的控制由控制器完成，如图 16-2 的标注 HIS 911 所示，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，如图 16-2 的标注 HIS 906 和 HIS 907 所示。

（二）微机控制工业锅炉导管线缆连接图

目前微机控制在逐步替代传统的自动化仪表控制，这里介绍工业锅炉微机控制系统。

1. 控制项目和内容

（1）水位控制　通过传感器测量汽包水位、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，使控制精度达到了 ±5mm。

（2）汽压与燃烧控制　通过传感器测量汽包压力，用自适应算法，控制炉排给煤速度和送风量，保证蒸汽压力。并利用氧化耗氧量分析仪校正风量煤量的配比，实现最佳燃烧，压力控制精度为 ±0.05MPa，对负荷较大时的调整具有很强的适应性。

（3）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。

（4）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，从而掌握锅炉运行情况。

（5）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。

（6）设置后备仪表，保证调试和检修时使用

2. 锅炉微机控制系统流程图

由于该图较大，可将其分成 4 部分列出，如图 16-5 ~ 图 16-8 所示。读者可与图 16-2 和图 16-3 进行比较，图中的测量参数和测量点增加了，测量元件没有太大变化，图中增加了微机系统 UU 101，并且所有的测量参数均引入了 UU 101，实现了多功能、多变量的集中控制及集中显示。

3. 锅炉微机控制系统导管电缆连接图（见图 16-9）

读者可与图 16-4 进行比较。由图可以看出，所有测量信号引入仪表柜后将全部再引入微机控制系统，以便集中控制和监视。

三、取源部件、传感器及检测元件

取源部件就是在被测参量的检测点上安装的为连接检测元件、传感器而设置的专用管件、介质引出口或连接阀门等元件。如，为测量温度而设置的热电偶/热电阻的套管、插座及其热元件；测量压力的取压装置，包括取压插座、取压导管至一次阀门的所有部件；测量流量的差压取出装置，包括孔板、喷嘴及其固定法兰、环室、取压插座、取压导管至一次阀门的所有部件；测量液位的差压取出装置，包括平衡容器、取压导管至一次阀门的所有部件。取源部件与传感器检测元件是紧密相连的。

取源部件安装的一般规定是：

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。

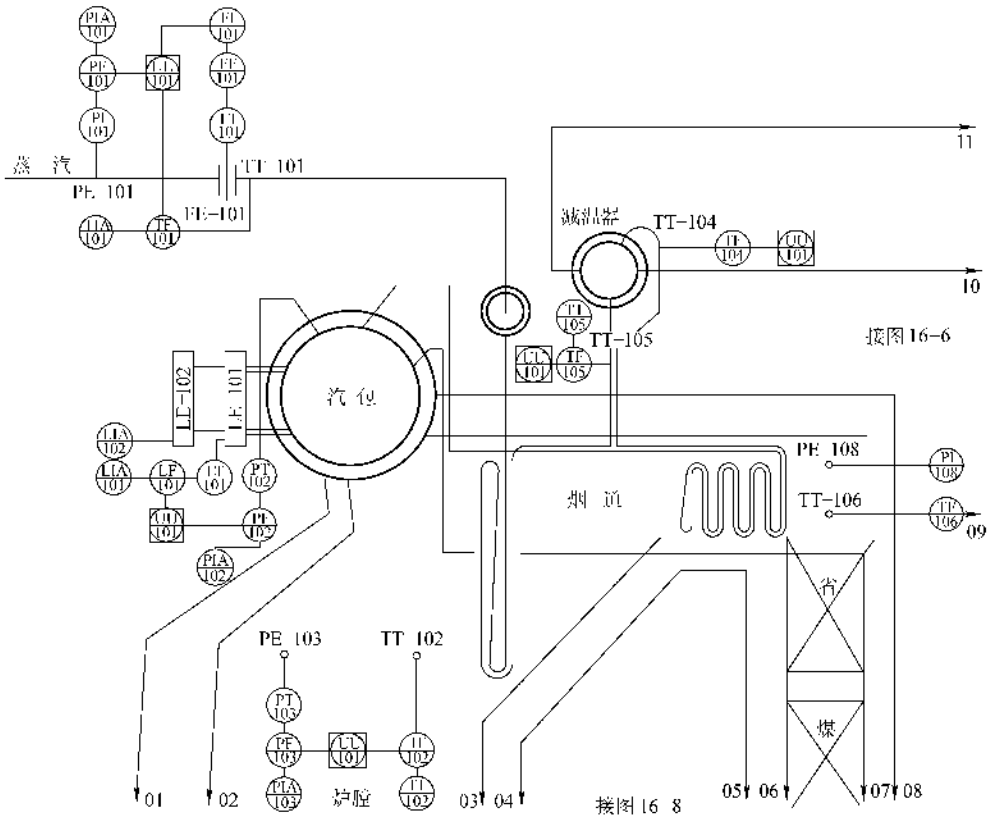


图 16-5 锅炉微机控制系统流程图汽包部分

注：图 16-5 ~ 图 16-8 箭线所标数字序号是一致的。

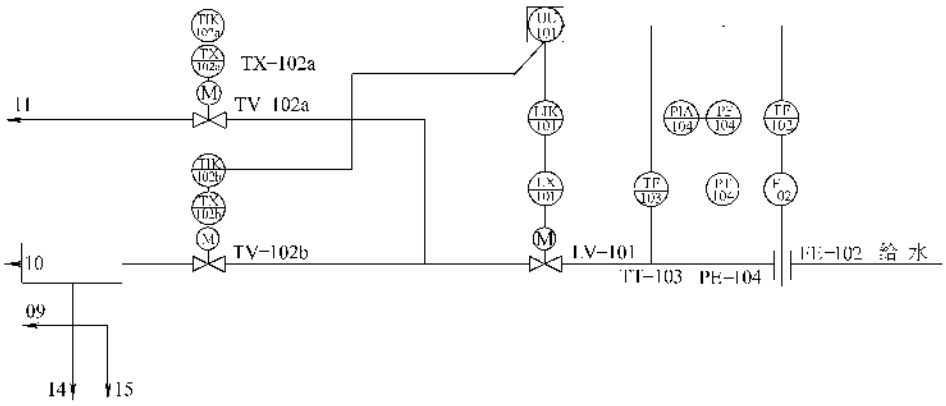


图 16-6 锅炉微机控制系统流程图给水部分

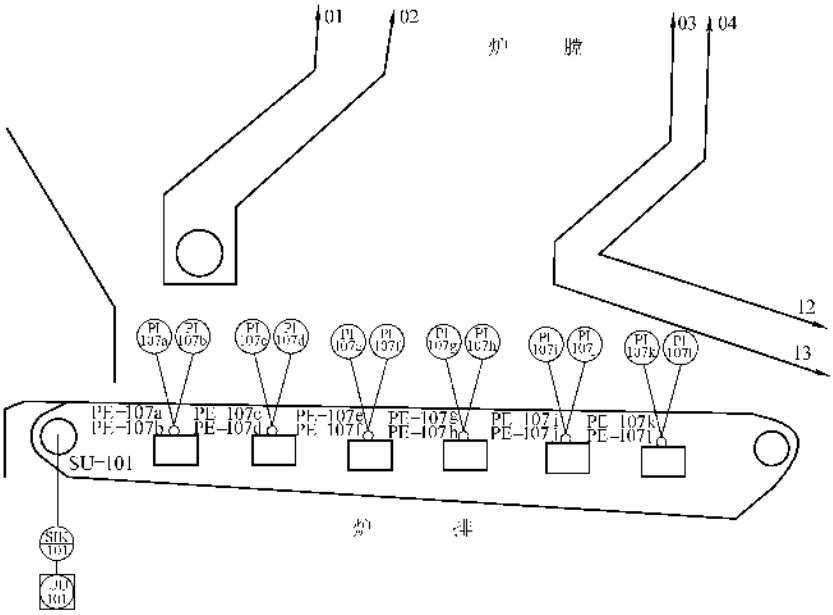


图 16-7　锅炉微机控制系统流程图炉膛炉排部分

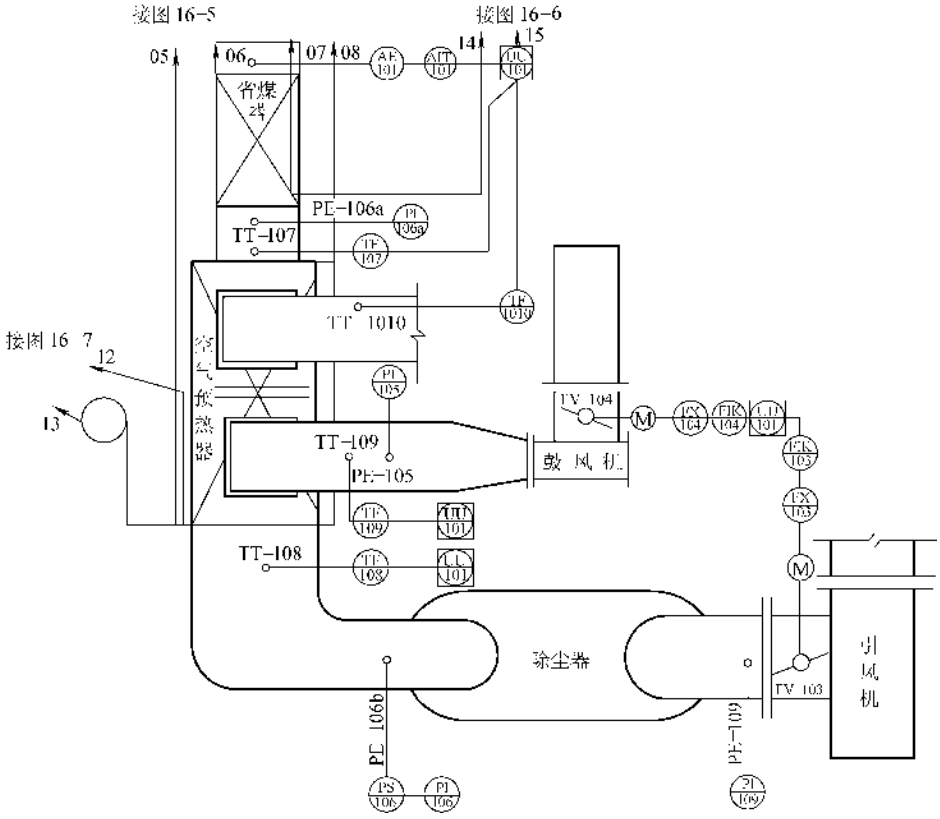
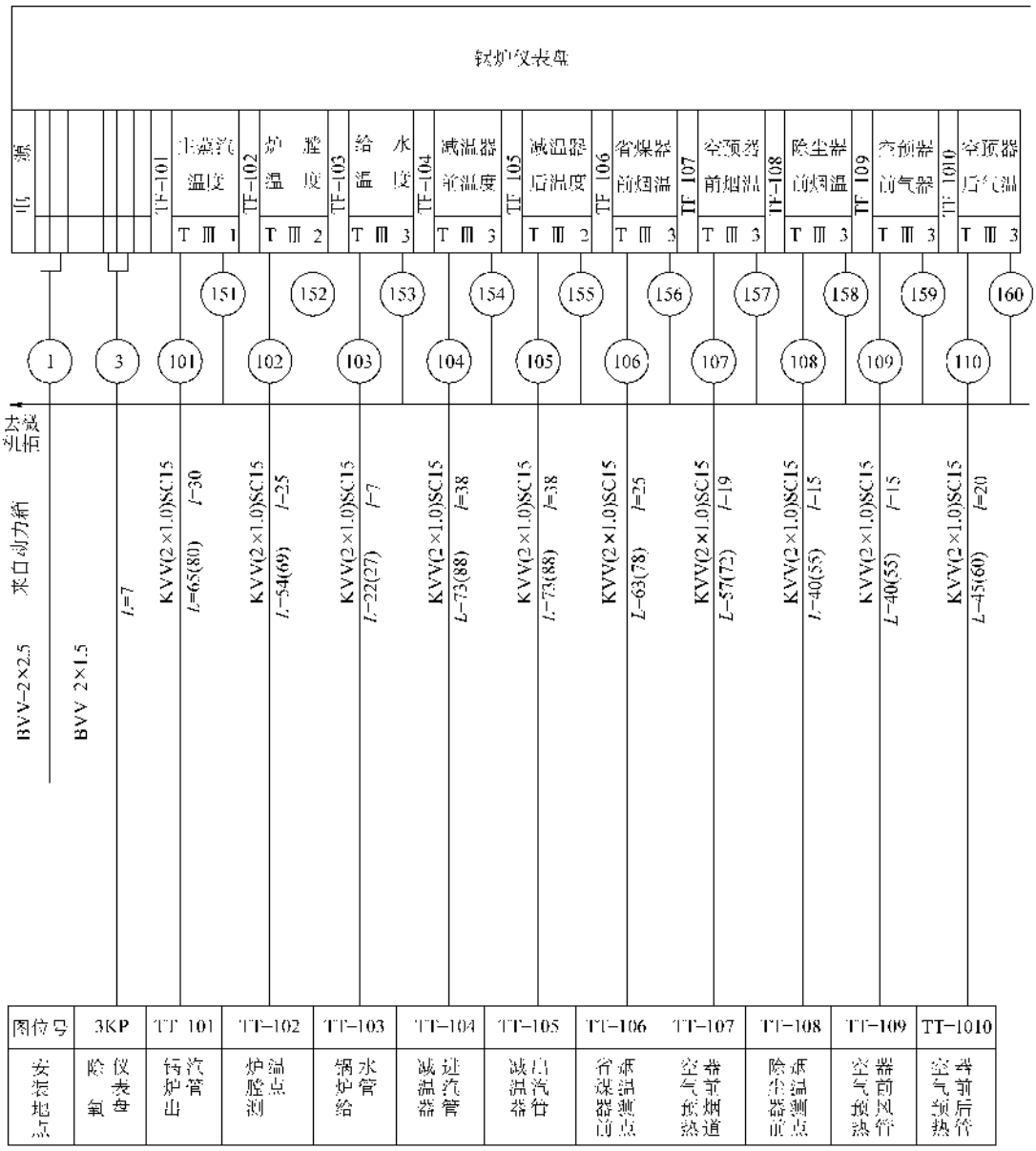
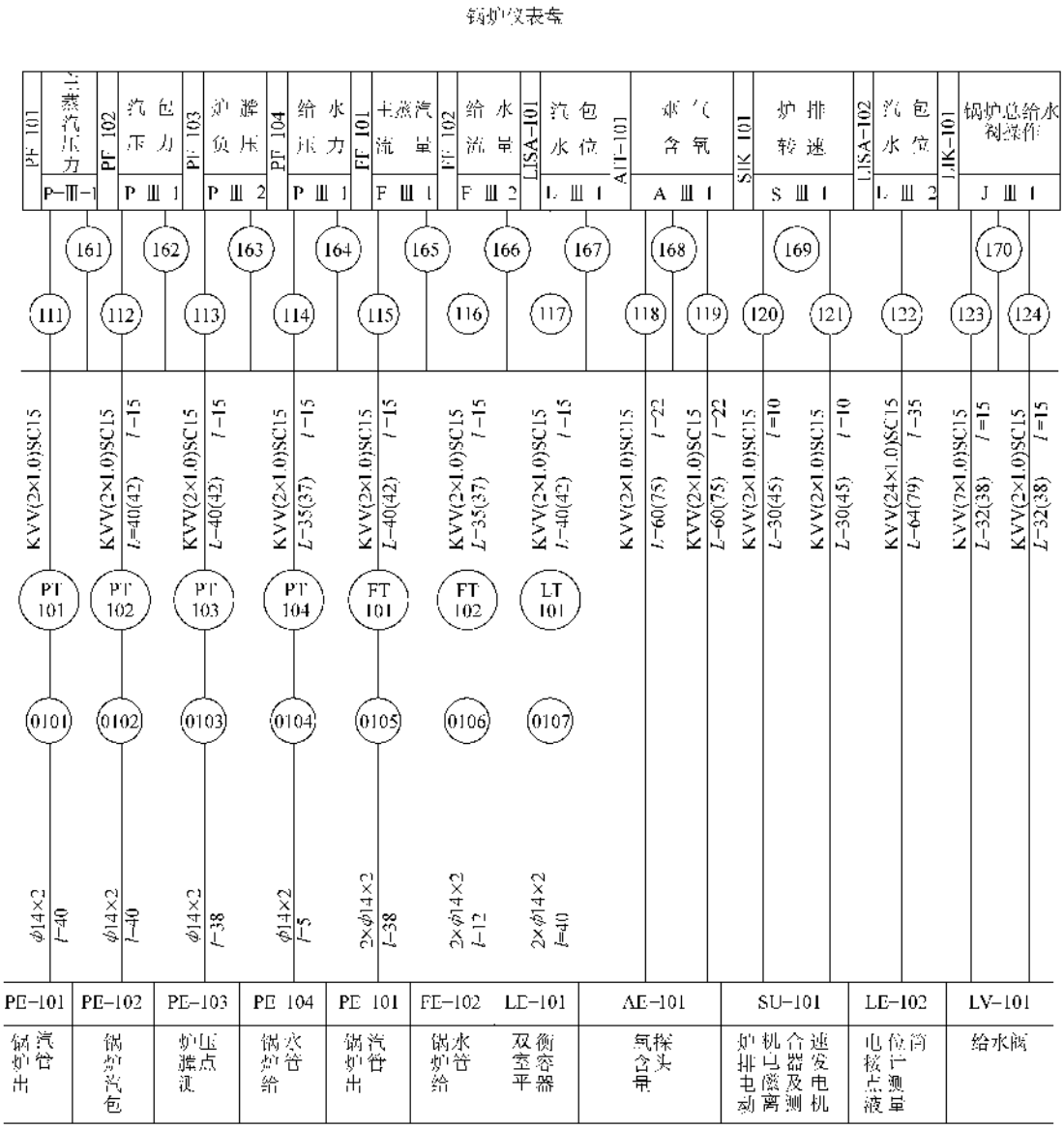


图 16-8　锅炉微机控制系统流程图引风鼓风部分



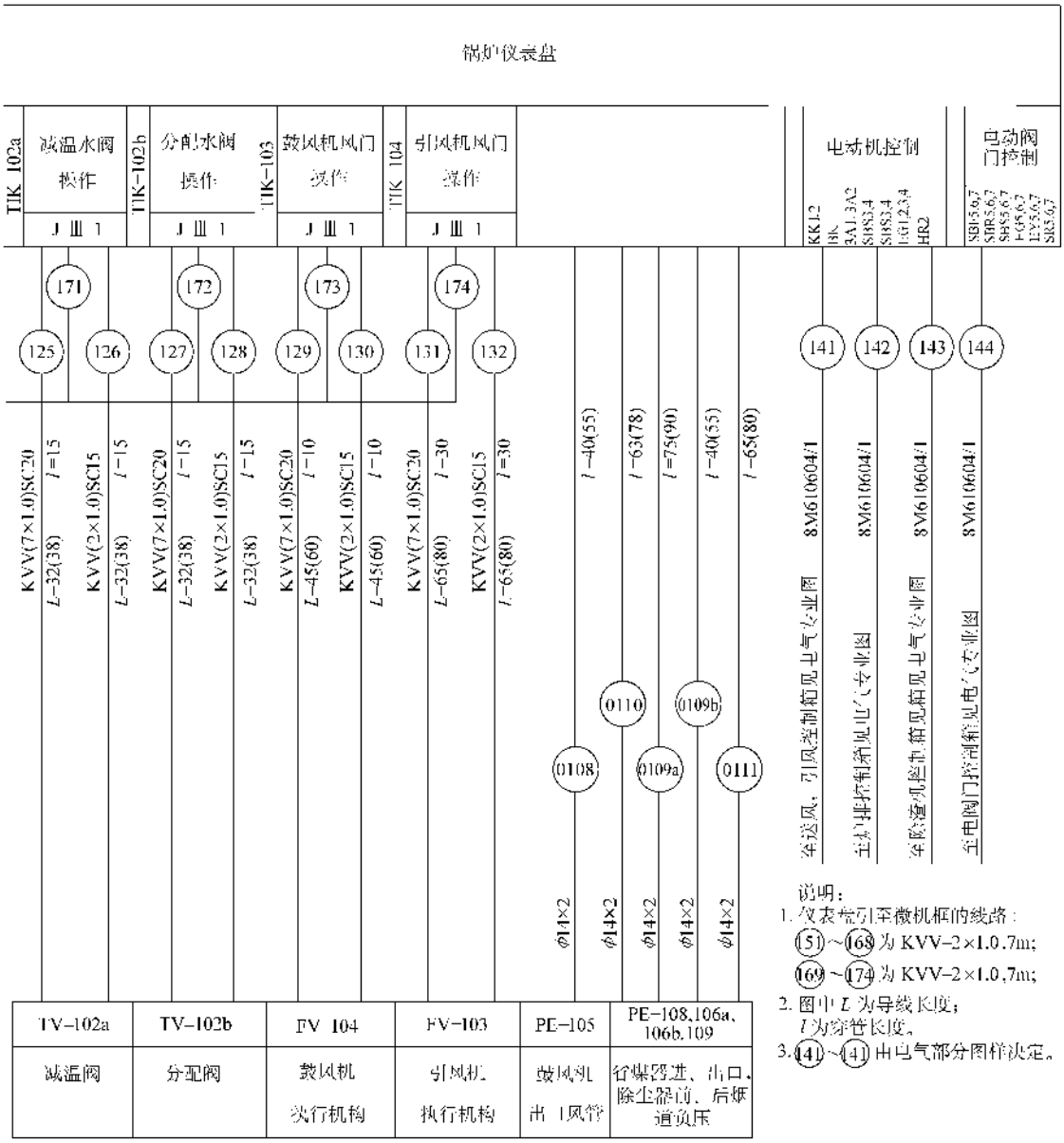
a)

图 16-9 锅炉微机控制


锅炉仪表车
PF 101
主蒸汽压力
P-Ⅲ-1
PF 102
汽包压力
P Ⅲ 1
PF 103
炉膛负压
P Ⅲ 2
PF 104
给水压力
P Ⅲ 1
FF 101
主蒸汽流量
F Ⅲ 1
FF 102
给水流量
F Ⅲ 2
LISA-101
汽包水位
L Ⅲ 1
AIT-101
烟气含氧
A Ⅲ 1
SIK 101
炉排转速
S Ⅲ 1
LISA-102
汽包水位
L Ⅲ 2
LIK-101
锅炉总给水调操作
J Ⅲ 1
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
KVV(2×1.0)SC15
KVV(2×1.0)SC15 L=40(42) l=15
KVV(2×1.0)SC15 L=40(42) l=15
KVV(2×1.0)SC15 L=35(37) l=15
KVV(2×1.0)SC15 L=40(42) l=15
KVV(2×1.0)SC15 L=35(37) l=15
KVV(2×1.0)SC15 L=40(42) l=15
KVV(2×1.0)SC15 L=60(75) l=22
KVV(2×1.0)SC15 L=60(75) l=22
KVV(2×1.0)SC15 L=30(45) l=10
KVV(2×1.0)SC15 L=30(45) l=10
KVV(24×1.0)SC15 L=64(79) l=35
KVV(7×1.0)SC15 L=32(38) l=15
KVV(2×1.0)SC15 L=32(38) l=15
PT 101
PT 102
PT 103
PT 104
FT 101
FT 102
LT 101
0101
0102
0103
0104
0105
0106
0107
φ14×2 l=40
φ14×2 l=40
φ14×2 l=38
φ14×2 l=5
2×φ14×2 l=38
2×φ14×2 l=12
2×φ14×2 l=40
PE-101
PE-102
PE-103
PE 104
PE 101
FE-102
LE-101
AE-101
SU-101
LE-102
LV-101
锅炉出汽管
锅炉汽包
炉膛压力测点
锅炉给水管
锅炉出汽管
锅炉给水管
双平衡容器
氧化锆含氧量探头
炉排电动机
机械离合器
测速发电机
电接点液位计
液位测量筒
给水阀

b)

系统导管电缆连接图


锅炉仪表盘
TIK-102a
减温水阀
操作
J Ⅲ 1
TIK-102b
分配水阀
操作
J Ⅲ 1
TIK-103
鼓风机风门
操作
J Ⅲ 1
TIK-104
引风机风门
操作
J Ⅲ 1
电动机控制
KKL2
BK
3AL 3AC
SHS3,4
SHS3,4
HGL2,3,4
HR2
电动阀
门控制
SBH5,6,7
SHR5,6,7
SHS5,6,7
HGS5,6,7
HZS5,6,7
SRS5,6,7
125
126
127
128
129
130
131
132
171
172
173
174
141
142
143
144
KVV(7×1.0)SC20 l=15
L=32(38)
KVV(2×1.0)SC15 l=15
L=32(38)
KVV(7×1.0)SC20 l=15
L=32(38)
KVV(2×1.0)SC15 l=15
L=32(38)
KVV(7×1.0)SC20 l=10
L=45(60)
KVV(2×1.0)SC15 l=10
L=45(60)
KVV(7×1.0)SC20 l=30
L=65(80)
KVV(2×1.0)SC15 l=30
L=65(80)
l=40(55)
l=63(78)
l=75(90)
l=40(55)
l=65(80)
0108
0110
0109a
0109b
0111
8M610604/1
8M610604/1
8M610604/1
8M610604/1
至送风、引风控制箱见电气专业图
主汽门排控制箱见电气专业图
至除渣机控制箱见电气专业图
至电阀门控制箱见电气专业图
Φ14×2
Φ14×2
Φ14×2
Φ14×2
Φ14×2
说明：
1. 仪表盘引至微机框的线路：
151～168 为 KVV-2×1.0,7m;
169～174 为 KVV-2×1.0,7m;
2. 图中 L 为导线长度；
l 为穿管长度。
3. 141～144 由电气部分图样决定。
TV-102a
TV-102b
FV 104
FV-103
PE-105
PE-108,106a、106b,109
减温阀
分配阀
鼓风机
执行机构
引风机
执行机构
鼓风机
出口风管
省煤器进、出口、除尘器前、后烟道负压

c)

图 16-9 （续）

7）取源阀门与设备或管道的连接不宜采用卡套式接头。

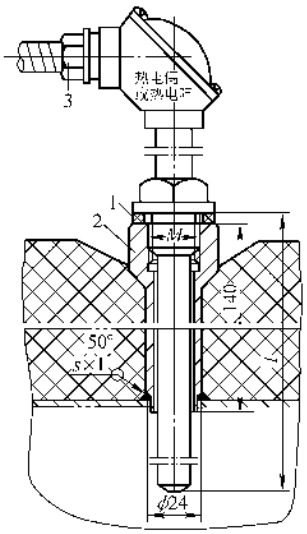
8）取源部件安装完毕后，应随同设备和管道进行压力试验。

传感器、检测元件应与取源部件配套，取源部件能起到保护传感器和检测元件的作用。传感器、检测元件的接线应与说明书或图样相符，其线路的设置应符合本章相关内容的要求。

（一）温度

1. 热电偶/热电阻的安装

热电偶/热电阻由于安装地点不同、用途不同，其安装方法也不尽相同。这里以几个常用常见的安装方法为例，进一步说明，详见图 16-10～图 16-14。由图可以看出热电阻/热电偶与取源部件是配套的。



安装说明

1) 压力小于 *PN*2.5 的使用场所，件 1 为 XB450 材质，件 2 为 Q235-A 材质。

2) 插入深度 *l* 由设计定。

3) 焊缝熔透深度 *s* 应大于焊件中较小壁厚的 0.7 倍。

尺寸表

方案	件 2	件 1	
		规格	ϕ_1/ϕ_2
Ⅰ	M27×2	*d*	42/28
Ⅱ	M33×2	*f*	50/34

明细表

件号	名称及规格	数量	材　质	图号或规格号	备　注
1	垫片　ϕ_1/ϕ_2；t=2	1	XB450/LF_2		
2	直形连接头 H=140；M	1	Q235-A/20	YZ10-12	
3	挠性连接管 M20×1.5/$G^1/_2$	1		FNG13×700	

图 16-10　热电偶、热电阻垂直安装（保温）*PN*4.0

由图可以看出，热电偶/热电阻的安装必须将其放置一个坚固且与其严密接触的管状物里，一方面是为了保护其不受损坏，另一方面是为了检测到的温度具有可靠性，管状物即为取源部件。

2. 双金属温度计的安装

双金属温度计的安装与热电偶/热电阻基本相同，分内、外螺纹连接，如图 16-15 和图 16-16 所示。

3. 压力式温度计测温包的安装

压力式温度计测温包的安装如图 16-17 所示与上述基本相同。

4. 温度取源部件在管道上的安装

温度取源部件在管道上的安装，应符合下列规定：

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；

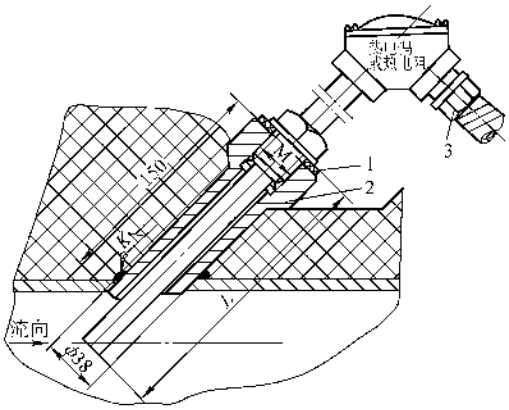
3）在管道倾斜角度上安装时，宜逆着物料流向，取源部件轴线应与管道轴线相交。

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。

（二）压力

1. 指示式压力表的安装

指示式压力表的安装较为简单，主要是管路及管件的安装，如图 16-18 所示。



安装说明

1) 压力小于 *PN*2.5 的使用场所，件 1 为 XB450 材质，件 2 为 Q235-A 材质。

2) 插入深度由设计定。

3) 焊角高度 *K* 应不小于焊件中的最小壁厚。

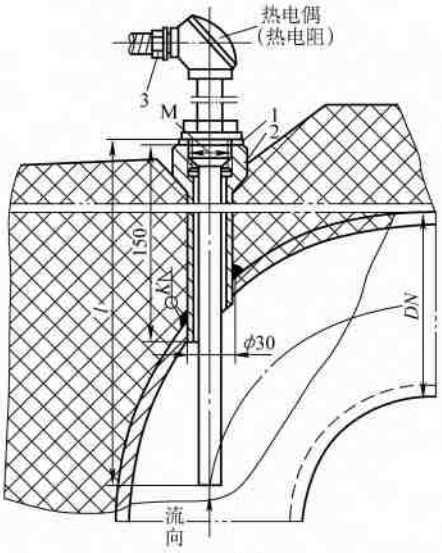
尺寸表

方案	件 2	件 1	
		规格	ϕ_1/ϕ_2
Ⅰ	M27×2	*d*	44/28
Ⅱ	M33×2	*f*	50/34

明细表

件号	名称及规格	数量	材　质	图号或规格号	备注
1	垫片 ϕ_1/ϕ_2；t=2	1	XB450/LF2	JK1-4-01	
2	连接头 *H*=150；M	1	Q235 A/20	YZ10-13	
3	挠性连接管 M20×1.5/G 1/2	1		FNG-13×700	

图 16-11　热电偶、热电阻倾斜 45°的安装（保温）*PN*4.0；*DN*80～*DN*900



安装说明

1) 插入深度由设计定。

2) 焊角高度 *K* 应不小于焊件中的最小壁厚。

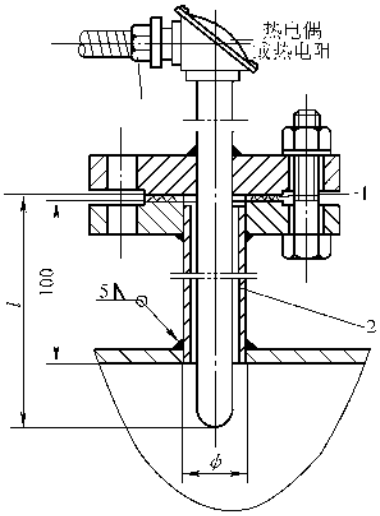
尺寸表

方案	件 2	件 1	
		规格	ϕ_1/ϕ_2
Ⅰ	M27×2	*d*	44/28
Ⅱ	M33×2	*f*	50/34

明细表

件号	名称及规格	数量	材　质	图号或规格号	备注
1	垫片 ϕ_1/ϕ_2；t=2	1	XB350		
2	连接头 *H*=150；M	1	Q235-A	YZ10-13	
3	挠性连接管 M20×1.5/G 1/2	1		FNG-13×700	

图 16-12　热电偶、热电阻在弯头上的安装（保温）*DN*80～*DN*200；*PN*1.6



安装说明

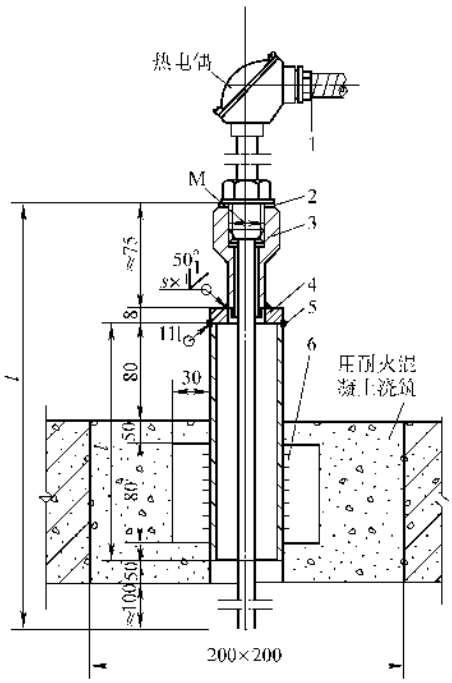
插入深度 l 由设计定。

方案	使用于热电偶（阻）外径 D/mm	ϕ/mm	件 2		件 1
			规格	DN	
Ⅰ	12、16	27	a	15	热片 15-25
Ⅱ	20	32	b	20	热片20 25

明细表

件号	名称及规格	数量	材　质	图号或规格号	备注
1	法兰垫片 DN；PN2.5	1	XB450		
2	法兰短管 DN；PN2.5	1			
3	挠性连接管 M20×1.5/G$^1/_2$	1		FNG-13×700	

图 16-13　热电偶、热电阻法兰连接处的垂直安装 *PN*2.5



安装说明

1) 本图适用于地上烟道，若安装在地下烟道上，则在安装热电偶处应预留安装孔或人孔。
2) 插入深度 l 及件5长度 l 由设计定。
3) 焊缝熔透深度 s 应大于焊件中最小壁厚的 0.7 倍。

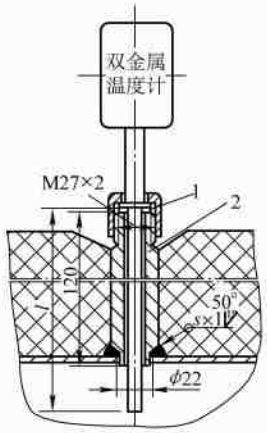
尺　寸　表

方案	件2		件3		件4		件5	
	规格	ϕ_1/ϕ_2	规格	M	规格	ϕ_1/ϕ_2	规格	DN
Ⅰ	d	44/28	a	M27×2	b	48/23	a	40
Ⅱ	f	50/34	b	M33×2	c	60/31	b	50

明　细　表

件号	名称及规格	数量	材　质	图号或规格号	备注
1	挠性连接管 M20×1.5/G$^1/_2$	1		FNG-13×700	
2	垫片 ϕ_1/ϕ_2；t=2	1	XB200		
3	连接头 H=80	1	Q235-A	YZ10-12	
4	圈板 ϕ_1/ϕ_2；δ=8	1	Q235-A		
5	焊接钢管 DN；L	1	Q235-B		
6	筋板 80×30；δ=3	2	Q235-B		

图 16-14　热电偶在烟道上的安装（圈板固定）*PN*0.25



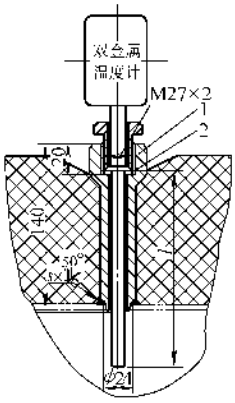
安装说明

1) 插入深度 l 由设计定。
2) 焊缝熔透深度 s 应大于焊件中最小壁厚的 0.7 倍。

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备 注
1	直形连接头 M27×2; H=120	1	20	YZ10-20	
2	垫片(a) $\phi_1$24/$\phi_1$14; t=2	1	XB450		

图 16-15 双金属温度计内螺纹连接的安装（保温）*PN*4.0



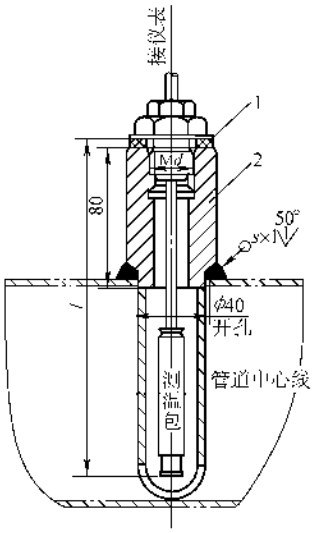
安 装 说 明

1) 插入深度 l 由设计定。
2) 焊缝熔透深度 s 应大于焊件中最小壁厚的 0.7 倍。

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备 注
1	直形连接头 M27×2; H=140	1	20	YZ10-12-8	
2	垫片 $\phi_1$24/$\phi_1$17; t=2	1	XB450		

图 16-16 双金属温度计外螺纹连接的安装（保温）*PN*4.0



安 装 说 明

1) 插入深度 l 由设计定。

2) 为了改善热传导性能，在套管内宜充填下列物料：

① $t>150$ ℃时，铜屑；

② $t\leqslant150$ ℃时，变压器油。

3) 焊缝熔透深度 s 应大于焊件中最小壁厚的 0.7 倍。

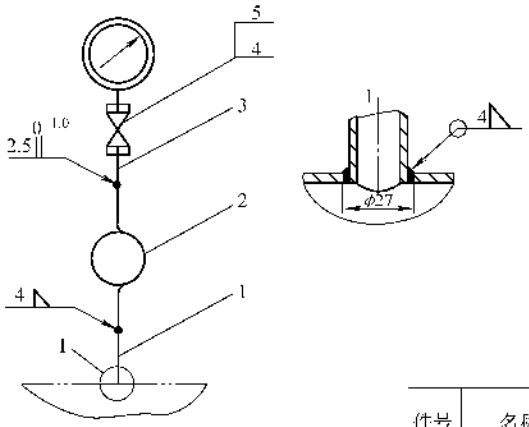
尺 寸 表

方案	件1		件2	
	规格号	ϕ_1/ϕ_2	规格号	M
Ⅰ	d	44/28	a	M27×2
Ⅱ	f	50/34	b	M33×2

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材 质	图号或规格号	备 注
1	垫片 ϕ_1/ϕ_2；t=2	1	XB450		
2	套管连接头 M；H=80	1	20		

图 16-17　压力式温度计测温包的安装（封闭式套管）***PN*4.0**



安 装 说 明

适用于热水或蒸汽介质，压力表需安对正的场所。

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材 质	图号或规格号	备 注
1	无缝钢管 D25×3；l=50	1	10、20		
2	冷凝弯 D18×3	1	10、20		
	冷凝圈 D18×3	1	10、20		
3	接表阀接头 M20×1.5/φ18	1	Q235 A	YZ10-1	
4	垫片 φ16/φ28；t=2.5	2	XB350		
5	压力表球阀 *PN*1.6；*DN*10(M20×1.5)	1		YZ9-3-1	QG.M1-1

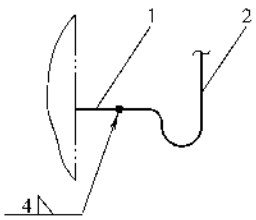


图 16-18　压力表安装示意图（带冷凝管、接表阀）***PN*1.0**

2. 压力传感器的安装

压力传感器的型号有很多，一般常用的有膜盒式、膜片式、应变片式和弹簧管式四种，安装方法基本相同。

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。

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。

3. 压力取源部件的安装

压力取源部件的安装应符合以下规定：

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。

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。

4. 压差传感器的安装

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。

一般常用在流量测量或物位测量上。

5. 安装注意事项

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。

这三点要特别引起注意。

（三）流量

流量的取源部件按其测量的介质不同有多种，主要有孔板、文丘里喷嘴、钻孔式喷嘴等，其安装如图16-19～图16-23所示。

1. 测量流量时的注意事项

流量的测量较为复杂，也是难点，除按说明书和设计图样要求外，尚应做到以下几点：

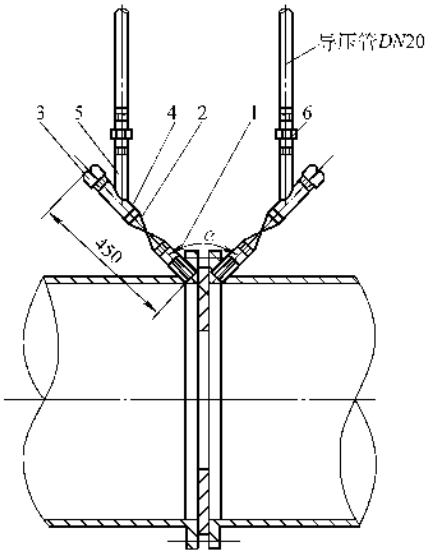
1）流量取源部件在上、下游直管段的最小长度，应按设计文件规定，并符合产品技术文件的有关要求。

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。

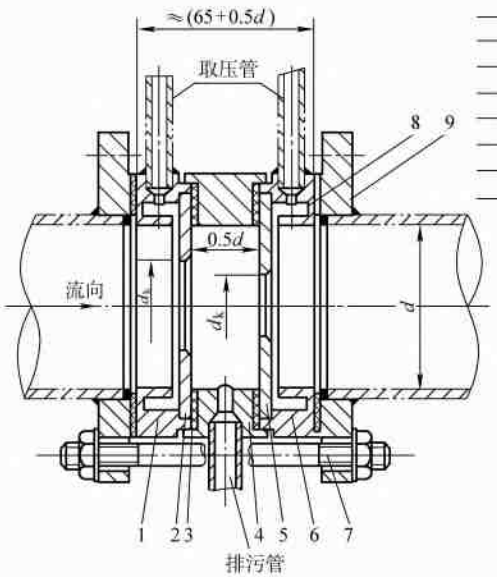


夹角 α 可视导压管敷设方法确定。

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材 质	图号或规格号	备 注
1	焊接钢管 DN20; l=200	2	Q235-A	见工程设计图	
2	球阀 Q11F-16C	2			
3	管帽 DN20	2	KT33-8		
4	焊接钢管 DN20; l=150	2	Q235 A		
5	焊接钢管 DN20; l=150	2	Q235 A		
6	活接头 DN20	2	KT33-8		

图 16-19　平孔板取压部件



明 细 表

件号	名称及规格	数量	材 质	图号或规格号
1	前环室	1		见工程设计图
2	前孔板（辅孔板）	1		
3	垫 片	2		
4	中 间 环	1		
5	后孔板（主孔板）	1		
6	后 环 室	1		
7	双头螺柱		Q275	
8	垫 片	2	XB350	
9	法 兰	2	Q275	

安 装 说 明

1) 安装时应注意：两块孔板的前后位置，开孔大的为前孔板（辅孔板），开孔小的为后孔板（主孔板）；孔板的正负方向，圆柱口的一面为正，对着流向，圆锥口的一面为负，背着流向；孔板与管道应准确同心，其误差不得大于$0.015d(\frac{1}{\beta}-1)$的数值，$\beta=\frac{d_k}{d}$；孔板的前端面应与管道轴线垂直，不垂直度不得大于1°。

2) 本图也适用于垂直管道上安装孔板，但对液体介质，其流向只能自下而上。

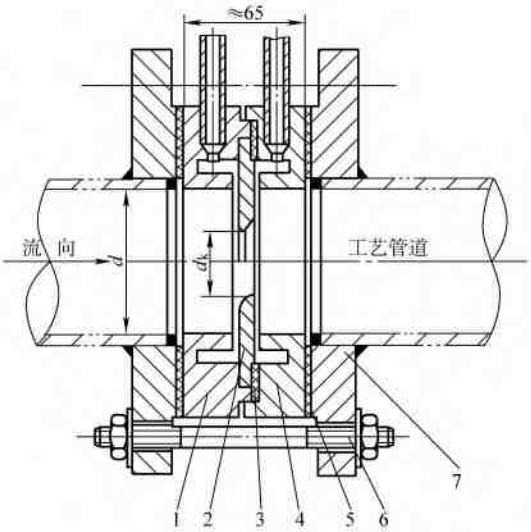
3) 密封垫片（件8）夹紧后不得突入管道内壁。

4) 新安装的管道必须在冲洗和扫线后才能进行孔板的安装。

图 16-20　环室式双重孔板的安装（*DN*50 ~ *DN*400；*PN*0.6、*PN*1.0、*PN*2.5）

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材 质	图号或规格号	备 注
1	前环室	1		见工程设计	
2	孔板（或 1/4 圆喷嘴）	1			
3	垫 片	1			
4	后环室	1			
5	法兰垫片	2	XB350		
6	双头螺柱	n	Q275		
7	法 兰	2	Q235-A		



安 装 说 明

1) 节流件的前端面应与管道轴心线垂直，不垂直度不得超过±1°；节流件应与管道同心，不同心度不得超过 $0.015d(\frac{1}{\beta}-1)$ 的数值，$\beta=d_k/d$。

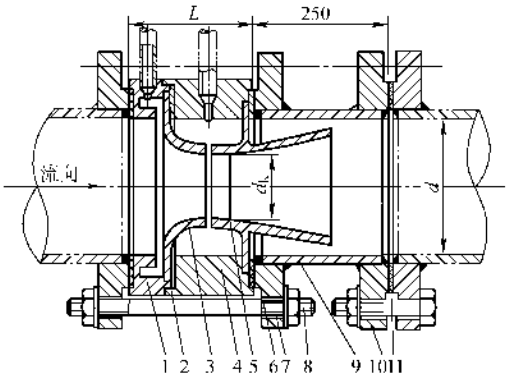
2) 节流件取压口的径向方位，应符合相关标准的规定。

3) 新安装的管路系统必须在管道冲洗和扫线以后再进行节流件的安装。

4) 密封垫片（件 5）在夹紧后不得突入管道内壁。

5) 法兰件 7、法兰垫片件 5 应由孔板制造厂家配套供应。

图 16-21 环式孔板（或 1/4 圆喷嘴）**的安装**（*DN*50～*DN*400；*PN*0.6、*PN*1.0、*PN*1.6、*PN*2.5）



明 细 表

件号	名称及规格
1	前环室
2	喷 片
3	喷 嘴
4	中间弱环
5	后扩管
6	垫 片 ϕ_1/ϕ_2 $t=2$
7	法 兰
8	双头螺柱
9	短 管
10	法 兰
11	垫 片

安 装 说 明

1) L 尺寸随管内径 d、喷嘴开孔直径 d_k，开孔截面比 $m=(d_k/d)^2$ 而异

当 *DN*50～125，$m\leqslant0.45$ 时，$L=53.7+0.604d_k$

$m>0.45$ 时，$L=53.7-0.404d_k-\sqrt{0.75d_kd-0.25d^2-0.5225d_k^2}$

当 *DN*150～250，$m\leqslant0.45$ 时，$L=53.7+0.604d_k$

$m>0.45$ 时，$L=53.2+0.404d_k-\sqrt{0.75d_kd-0.25d^2-0.5225d_k^2}$

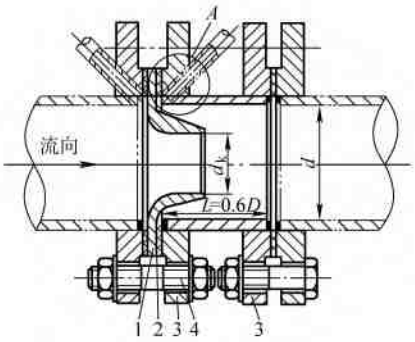
2) 喷嘴前端面应与管道轴线垂直，不垂直度不得大于±1°；喷嘴应与管道同心，不同心度不得超过 $0.015d(\frac{1}{\beta}-1)$ 的数值，$\beta=d_k/d$。

3) 短管（件 9）的内径、壁厚、材质应与工艺管道完全相同。

4) 密封垫片（件 6、件 11）在夹紧后不得突入管道内壁。

5) 文丘里喷嘴较重，应加设支架。

图 16-22 文丘里喷嘴的安装（*DN*50～*DN*250；*PN*0.6、*PN*1.0）



法兰上钻孔

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备 注
1	喷嘴	1		见工程设计	
2	垫片	1	XB350		
3	法兰	4	Q235		
4	双头螺栓	n	Q275		

安 装 说 明

1) 喷嘴前端面应与管道轴线垂直，不垂直度不得超过 ±1°；喷嘴应与管道同心，不同心度不得超过 0.015 $(\frac{1}{\beta}-1)$ 的数值，$\beta=d_k/d$。

2) 新安装的管路系统必须在管道冲洗和扫线以后再进行喷嘴的安装。

3) 密封垫片（件 2）夹紧后不得突入管道内壁。

(1)用于 $DN200\sim DN400$ 管道　(2)用于 $DN450\sim DN1200$ 管道

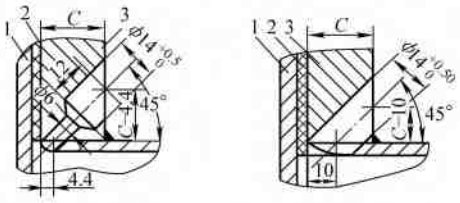


图 16-23　法兰钻孔式喷嘴的安装（$DN200\sim DN1200$；$PN0.6$、$PN1.0$、$PN1.6$、$PN2.5$）

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。

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。

2. 节流装置在工艺管道上的安装要求

（1）基本要求

1）有关节流件安装位置邻近的管段、管件的名称如图 16-24 所示。

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。

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16-11。

4）表16-11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。

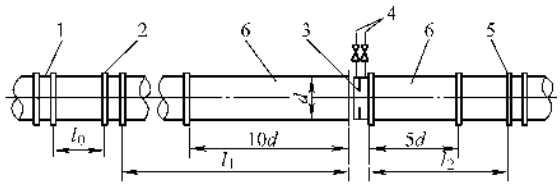


图16-24 节流装置的管段和管件

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

表16-11-1 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16-11-2 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)
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。

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 $\beta \leqslant 0.65$ 时，$0.005d \leqslant b \leqslant 0.03d$；当 $\beta > 0.65$ 时，$0.01d \leqslant b \leqslant 0.02d$；对任意 β 值，$1\text{mm} \leqslant b \leqslant 10\text{mm}$。采用的角接取压有表 16-12 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 $\beta \leqslant 0.5$，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。

表 16-12　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 16-25 所示的范围选定。

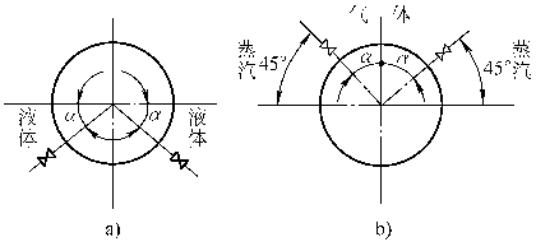


图 16-25　在水平或倾斜管道上取压孔位置示意图

a）被测流体为液体时，$\alpha \leqslant 45°$

b）被测流体为气体时，$\alpha \leqslant 45°$

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。

（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，如图 16-26 所示。

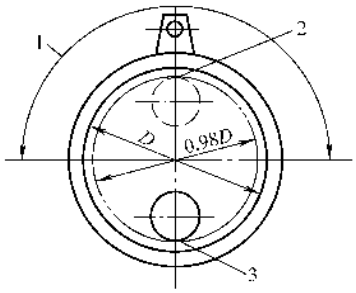


图 16-26　偏心孔板取压点位置图

1—取压孔的设置区　2—顶部切点　3—底部切点

（四）物位

物位测量的取源部件主要有浮筒、浮球、平衡容器电接点，静压液位计等装置的导向管或其他导向装置。

物位取源部件的安装应符合以下规定：

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。

（五）成分分析

分析取源部件的安装应符合以下规定：

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°。

四、仪表设备的安装

（一）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。

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。

（二）温度仪表的安装

在之前的内容中已经讲述了热电阻、热电偶、双金属温度计及压力式温度计的安装，与热电阻、热电偶配套的显示仪表一般是动圈表。动圈表一般安装在盘框上，安装方法同电气仪表。

温度仪表的安装有以下规定和要求：

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。

（三）压力仪表的安装

压力仪表的安装在前面的内容已经进行了讲述，包括压力、压差变送器的安装，安装中应注意以下几点：

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。

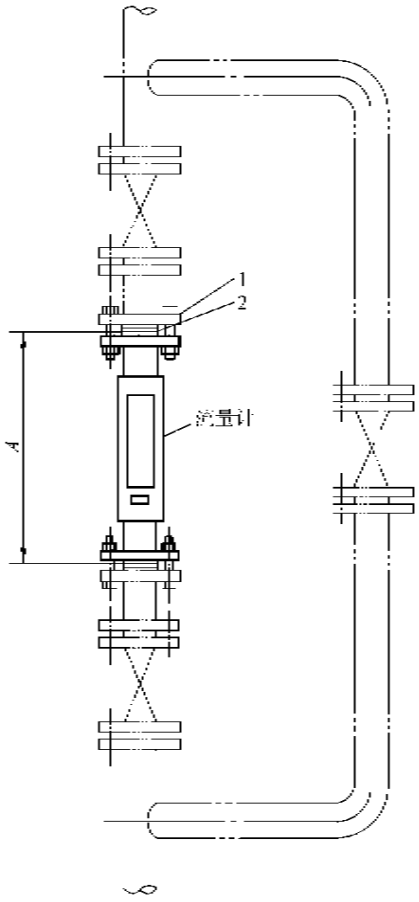
2）测量低压的压力表或变送器的安装高度，宜与取压点的高度一致。

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。

（四）流量仪表的安装

流量仪表除前面已经讲述的孔板、喷嘴外，与其配套的主要是显示、记录、积算仪表，这些仪表一般安装在盘柜，安装方法同电工仪表。

其他形式的流量计安装方法如图16-27~图16-32所示。



仪表连接形式及规格

序号	仪表型号	1法兰			2法兰垫片			安装尺寸 A
		规格	数量	材质	规格	数量	材质	
1	LZB-15	法兰15-10	2	Q235-A	垫片15-10	2	XB200	470
2	LZB-25	法兰25-10			垫片25-10			470
3	LZB-40	法兰40-10			垫片40-10			570
4	LZB-50	法兰50-10			垫片50-10			570
5	LZB-80	法兰80-6			垫片80-6.0			660
6	LZB-100	法兰100-6			垫片100-6.0			660

安装说明

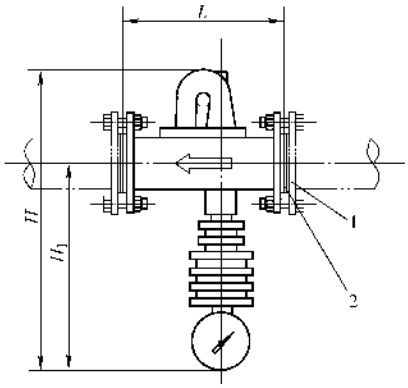
1) 流量计的安装位置、连接法兰以及旁路管道和阀门的设置均由工艺专业统一考虑。

2) 流量计的安装应使被测流体垂直地自下而上地流过。

3) 流量计安下游要求2～5倍管径的直管段，安上游要求5～10倍管径的直管段。

4) 使用于腐蚀介质，法兰应视具体情况选用。

图 16-27　LZB 系列玻璃转子流量计的安装（*DN*15 ~ *DN*100）



仪表连接形式及规格

序号	仪表型号	1法兰			2法兰垫片			安装尺寸		
		规格	数量	材质	规格	数量	材质	L	H	H_1
1	LFX-25A	法兰25-10	2	Q235-A	垫片25-10	2	XB350	200	464	356
2	LFX-50A	法兰50-16			垫片50-16			320	645	435
3	LFX-80A	法兰80-16			垫片80-16			660	675	453
4	LFX-100A	法兰100-16			垫片100-16			660	687	464

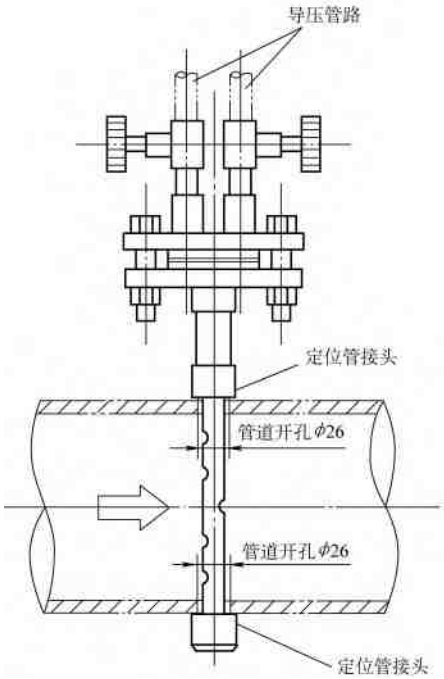
安装说明

1) 流量计的安装位置、连接法兰均由工艺专业统一考虑。

2) 流量计必须安装在水平的直管道中间段，并保证流量计前10倍管径、后5倍管径的直管段。

3) 流量计的安装必须使其表头处于管道的下方，并且使其轴线与地面垂直。

图 16-28 LFX 系列分流旋翼式蒸汽流量计的安装（*DN*25～*DN*100）



安装说明

1) 流量计的安装位置由工艺专业统一考虑。

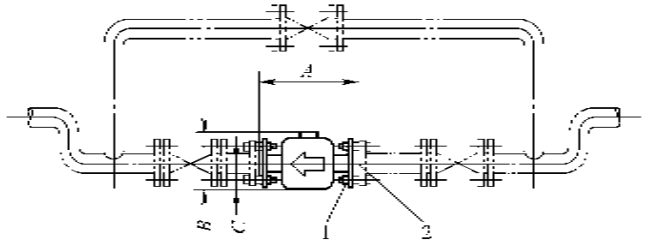
2) 流量计在水平管道垂直管道上均可安装。

3) 流量计对下游要求5倍管径的直管段，对上游要求10～15倍管径的直管段。

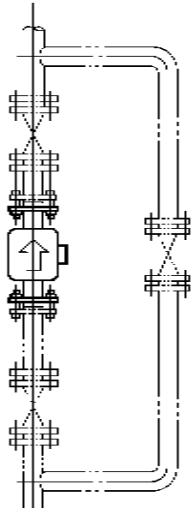
4) 导压管路的连接参见流量测量仪表的管路连接图。

5) 流量计安装所需的定位管接头均由仪表厂随流量计供货。

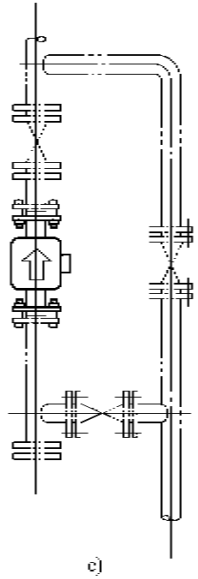
图 16-29 ANB 系列笛形均速管流量计的安装（*DN*100～*DN*3000）



a)



b)



c)

仪表连接形式及规格

序号	仪表型号	1 法兰			2 法兰垫片			安装尺寸		
		规　格	数量	材质	规　格	数量	材质	A	B	C
16	M960-350	法兰350-10	2	Q235-A	垫片350-10	2	XB350	500	721	329
17	M960-400	法兰400-10			垫片400-10			600	770	353
18	M960-500	法兰500-10			垫片500-10			600	871	404
19	M960-600	法兰600-10			垫片600-10			600	972	455
20	M960-700	法兰700-10			垫片700-10		XB200	700	1072	505
21	M960-800	法兰800-10			垫片800-10			800	1173	555
22	M960-900	法兰900-10			垫片900-10			900	1274	606
23	M960-1000	法兰1000-10			垫片1000-10			1000	1375	656
24	M960-1200	法兰1200-6			垫片1200-6			1200	1595	776
25	M960-1400	法兰1400-6			垫片1400-6			1400	1792	872
26	M960-1600	法兰1600-6			垫片1600-6			1600	2001	981
27	M960-1800	法兰1800-6			垫片1800-6			1800	2196	1075
28	M960-2000	法兰2000-6			垫片2000-6			2000	2396	1175

安装说明

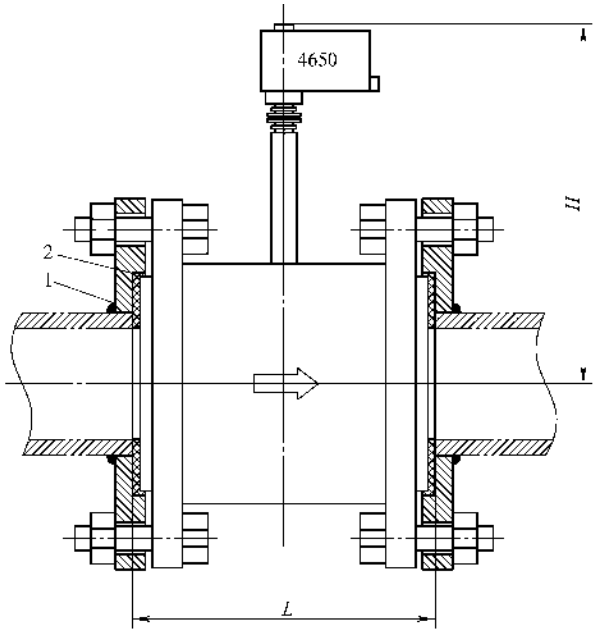
1) 流量计与安装位置、连接法兰以及旁路管道和阀门的设置应由工艺专业统一考虑。

2) 流量计水平安装时应平低于管道，并保证电极处于水平位置，如图16-30a所示。

3) 流量计垂直安装时介质流向应自下向上，如图16-30b所示。对于易结垢、易沉淀的介质可设置如图16-30c所示的清洗口。

4) 流量计前下游要求2～5倍管径的直管段，前上游要求5～10倍管径的直管段。

图16-30　M900系列电磁流量变送器的安装（*DN*350～*DN*2000）



仪表连接形式及规格

序号	仪表规格及尺寸			1 法兰			2 法兰垫片		
	DN	*L*	*H*	规格	数量	材质	规格	数量	材质
1	250	505	564	法兰 250-10	2	Q235-A	垫片 250-10	2	XB200
2	300	605	588	法兰 300-10			垫片 300-10		
3	350	705	617	法兰 350-10			垫片 350-10		
4	400	805	643	法兰 400-10			垫片 400-10		
5	450	905	662	法兰 450-10			垫片 450-10		

安装说明

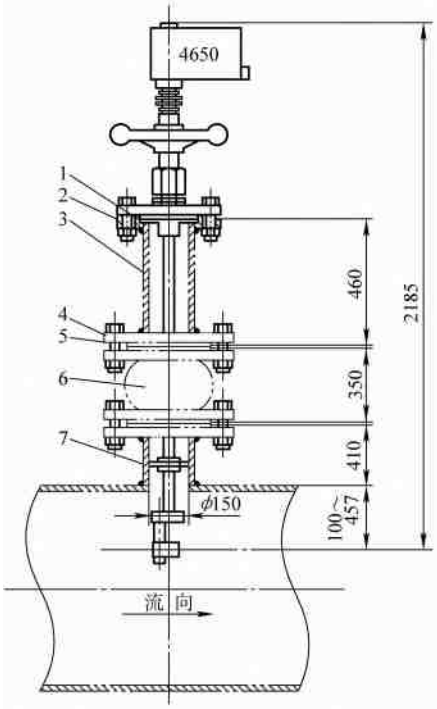
1) 流量计的安装位置由工艺专业统一考虑。

2) 流量计必须垂直地安装在水平的直管道中间段，并保证其上游和下游分别有 20 倍和 5 倍管径的直管段。

3) 为了安装和检修的方便，流量计顶部上方应留有至少 610mm 的间距。

4) 连接法兰及法兰垫片由仪表制造厂家配套供应。

图 16-31 2525/3010 型管法兰式涡街流量计的安装（*DN*250 ~ *DN*450；*PN*1.0）



安 装 说 明

1) 流量计的安装位置、伸缩管、连接法兰、闸阀以及连接短管均由工艺专业统一考虑。

2) 流量计必须垂直地安装在水平的直管道中间段，并保证其上游和下游分别有 20 倍和 5 倍管径的直管段。

3) 为了安装和维修的方便，流量计顶部上方应留有至少 610mm 的间距。

4) 工艺管道开孔以及连接短管的内径应为 150mm，并保证光滑平整。

5) 件 2 连接法兰与法兰垫片由制造厂家配套供应。

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备注
1	垫片 150-16	1	XB450	见工程设计图	
2	法兰	1			仪表厂配供
3	伸缩管 $D159\times4.5$；$l=442$	1	10、20		
4	法兰 150-25	1	Q235-A		
	法兰 150-16	1	Q235-A		
5	垫片 150-25	1	XB450		
	垫片 150-16	1	XB450		
6	闸阀　Z41H-25；DN150	1			
	闸阀　Z41H-16；DN150	1			
7	短管　$D159\times4.5$；$l=402$	1	10、20		

图 16-32　3620/3725 型插入式涡街流量计的安装（$DN250\sim DN2700$）

流量检测仪表安装的规定和要求如下：

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。

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_x 应符合下式的要求：

$$e_x \leqslant \frac{0.0025D}{0.1+2.3\beta^4} \tag{16-1}$$

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16-13和表16-14。

表16-13 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 16-14　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）
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。

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；

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。

（五）物位仪表的安装

物位仪表的型号、规格有很多，这里以几个常见的物位仪表为例说明安装方法，如图 16-33～图 16-37 所示。

物位仪表的安装应符合下列要求和规定：

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。

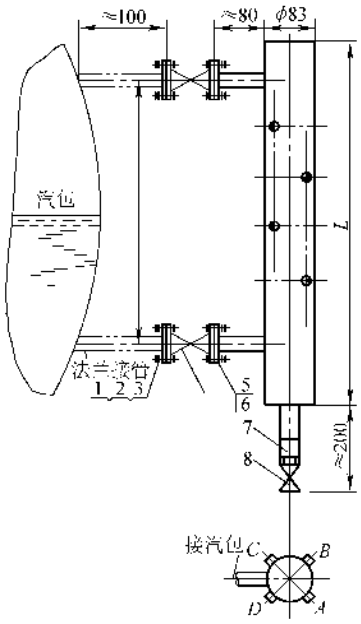
4）用差压计或差压变送器测量液位时，仪表安装高度不应高于下部取压口。

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。



安 装 说 明

1) 本图适用于锅炉汽包、除氧器、加热器、凝汽器、清水箱等设备上安装UDZ型液位计，法兰接管是工艺设备附带的。

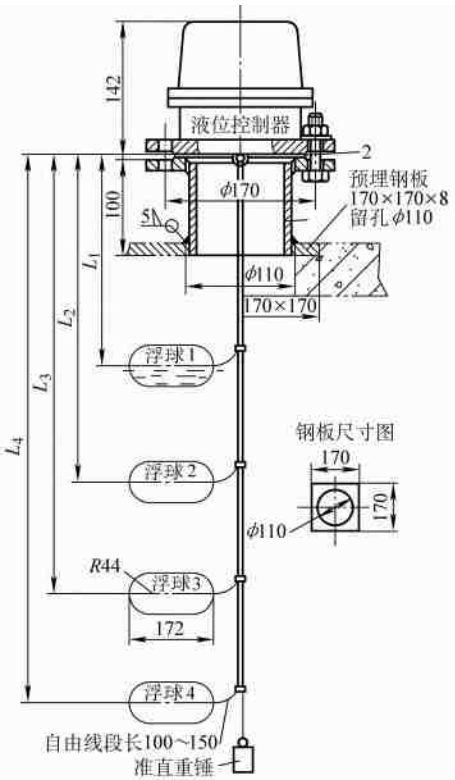
2) 尺寸L和l者由工程设计确定。

3) 与容器连接的接管规格、连接方式、长度应由仪表专业人员向容器设计专业人员提出资料，在压力容器制造厂整体完成制作。

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备注
方案 A *PN*4.0MPa、*t*≤250℃					
1	螺栓 M12×60	16	35	见工程设计图	
2	螺母 M12	16	25		
3	垫圈 12	16			
4	截止阀J43H 40*DN*20	2	锻钢		
5	垫片 20 40	4	XB-450		
6	法兰 20 40	2	25		
7	短节 R1/2	1	25	YZ10-2-1A	
8	截止阀J12SA 1; *DN*15	1			

图 16-33 UDZ 型电接点液位计测量筒在锅炉汽包、除氧器等容器上的安装（*PN*4.0）



安 装 说 明

1) 本图适用于工作压力小于（或等于）0.6MPa的容器内浮球式液位计的安装。

2) 图中 L_1～L_4 是液位控制的限位点深度，由工程设计确定。

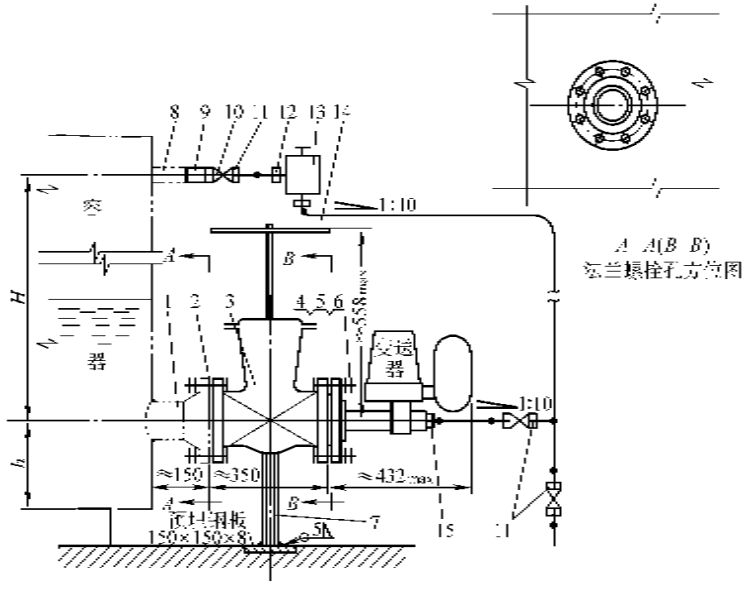
3) 图左容器材质为钢板，图右为混凝土结构当容器为混凝土结构时应预埋钢板并留安装孔，并预埋钢板。

4) 安装好后安装件应涂两遍底漆一遍灰漆。

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备注
1	法兰管 (*a*); *DN*100, *PN*0.6	1	Q235	JK4-4-06	
2	垫片100-6.0	1	XB350		

图 16-34 UQK-$\frac{611}{612}$，UQK-$\frac{613}{614}$型液位控制器在器顶的安装（*PN*0.6）



安装说明

1) 本系列法兰差压液位变送器多需要隔离的场合，其公称压力PN4.0MPa的容器，安装上述变送器，容器的工作时是连续的，在检修时需要变送器时，可将阀门关闭。

2) 法兰接管（件1）的规格与选用的变送器的规格相同，它与接管（件8）应一起委托工艺专业设计，先安装在容器上。H和h由工艺专业确定。

3) 截阀（件3）应与变送器的温度、工作压力和工作温度一致，也可用相同规格的球阀。

4) 当测量腐蚀性介质的液体时，所有部件、零件及管道材质，应使用耐腐蚀材质。

5) 安装方案如下：

① 凡可选变送器的法兰不符合本图所列规格时，仍可用本图的安装方式，但法兰接管上的法兰应与所选阀门配合，阀门的法兰应与变送器的法兰配合。

② 支柱（件7）下的预埋钢板其中心应与阀门的中心相对应。

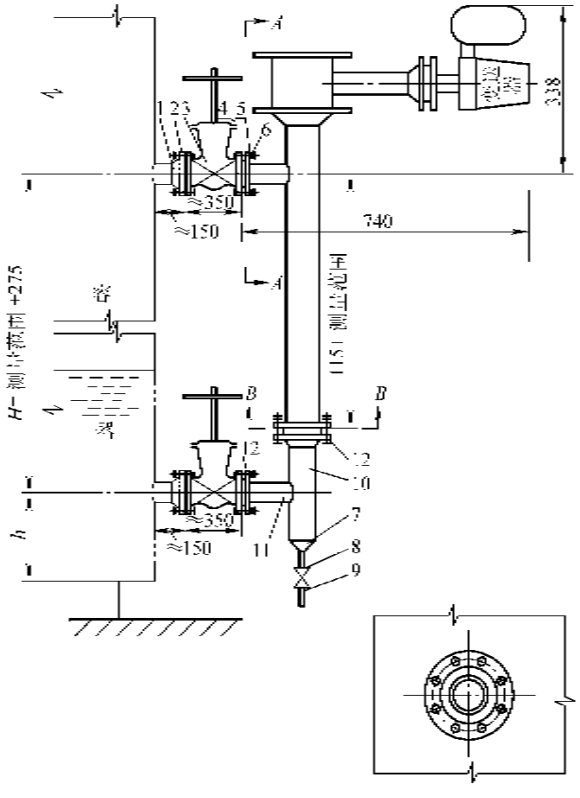
安装方案与部、零件尺寸表

安装方案	变送器的 公称直径 DN	变送器的 公称压力 PN	1. 法兰接管规格	2. 垫片	4. 螺栓	5. 螺母	6. 垫圈
A	80	4.0	a	垫片80-40	M16×80	M16	φ16
B	100		b	垫片100-40	M20×80	M20	φ20

明细表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备注
1	凸法兰接管，DN，PN见上表	1		JK4-4-23	见安装说明书2
2	垫片	2	XB450		
3	截阀	1			见安装说明书3
4	螺栓（见上表）	16	35		
5	螺母（见上表）	16	25		
6	弹簧垫圈（见上表）	16	65Mn		
7	支柱，焊接钢管 DN50，见安装图	1			
8	无缝钢管，D22×3.5	1	10、20		见安装说明书2
9	短节 R型	1	Q235-A	YZ10-2-1A	
10	球阀 Q11F-16，DN15	3			
11	直通终端接头 14/R1/2	5	Q235-A	YZ5-1-3	
12	直通管接头 14	2	Q235-A		
13	冷凝容器 PN6.4MPa，DN100	1	Q235-A		
14	无缝钢管 D14×2		10、20		见安装工程设计
15	压力表接头 φ14×2（焊接式）	1	Q235-A		随变送器带

图 16-35　DBF、DBC、QBF、QBC 型单平法兰差压液位变送器在密封容器上的安装（带切断阀和冷凝容器）



安装说明

1) 本图适用于在公称压力 *PN*4.0 的容器上安装上述变送器，容器的工作制可以是连续的，在检修和拆卸变送器时，可将阀门关闭。

2) 法兰接管（件 1）的规格因选用的仪表的规格不同，应委托工艺专业人员设计预先安装在容器。*H* 和 *h* 由工艺设计确定。

3) 平阀（件 3）应与测量介质、工作温度、工作压力一致，它可与同规格的旋塞阀互换。

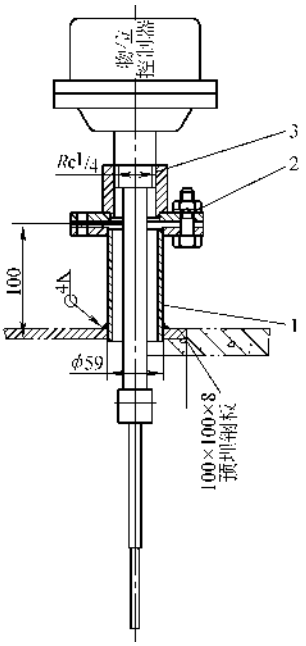
4) 当测量腐蚀性介质的液位时，所有部件、零件及管道应选用耐腐蚀材料。

5) 凡所选变送器的法兰不符合本图所列规格时，仍可按本图的安装方式，但应注意各法兰之间的配合、法兰接管上的法兰与阀门配合、阀门上的法兰与变送器配合。

材料表

序号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备注
1	平法兰接管 *PN*4.0 *DN*40	2		JK2-4-24	
2	垫片 *DN*40 *PN*4.0	4	XB450		
3	平阀 Z41H-40，*DN*40	2			见安装说明 3
4	螺栓 M16×70	20	35		
5	螺母 M16	20	25		
6	弹簧垫圈 16	20	65Mn		
7	异径管 *DN*40/15，*L*=70	1	20		
8	球阀 Q11F-40，*DN*15	1			
9	短节 *R*1/2	2	20	YZ10-2-1A	
10	无缝钢管 40×3.5，*L*=320	1	20		
11	无缝钢管 45×3.5，*L*=102	1	20		
12	法兰 40—40	2	20		

图 16-36　DBUM、DBUT 型侧面浮筒液位界面变送器在器壁上的安装（*PN*4.0）



安 装 说 明

1) 本图所示为水平安装，也可用于垂直安装。
2) 安装好后，安装件涂两道底漆一遍灰漆。

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备注
1	法兰短管 a，DN50，PN0.25	1	Q235	JK4-4-05	
2	垫片 50　2.5	1	XB350		
3	法兰螺纹接头	1	Q235	JK4-4-19	

图 16-37　RF9000 系列电容物位控制器根部加长探头安装

（六）机械量检测仪表及装置的安装

1. 电阻应变式负载传感器与显示仪表（见图 16-38）

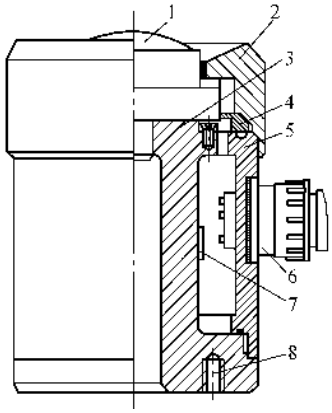


图 16-38　电阻应变式负载传感器

1—球状受力块　2—盖　3—弹性元件
4—压块　5—外壳　6—导线插头
7—应变片　8—安装螺孔

负载传感器在安装使用时必须注意以下各点：

1）称重传感器的设计应保证受力垂直，或采取适当的措施使受力垂直；

2）负载传感器安装时应克服各种因素引起的横向力；

3）负载传感器受力点必须保持清洁以消除摩擦而引起的误差；

4）在振动、冲击的场合使用时应增加避振措施，如缓冲弹簧和减振橡皮衬垫等；

5）传感器安装时应消除各种不均匀热源及某一方向的强辐射热的影响；

6）当一台电子秤中使用两个以上的称重传感器时，受力应尽可能均匀；

7）安装时传感器的连接导线应不受拉力。

电阻应变式负载传感器的几种应用及安装形式如图 16-39 和图 16-40 所示。

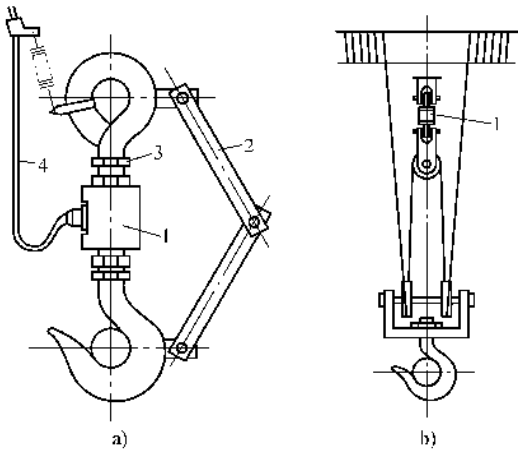


图 16-39　电子吊车秤

a）吊钩安装式　b）固定安装式
1—传感器　2—防扭转臂　3—限位螺母　4—信号电缆

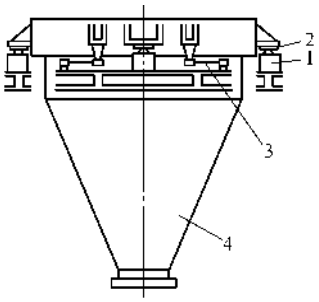


图 16-40 电子料斗秤

1—传感器 2—防振垫 3—限位杆 4—料斗

电子吊车秤在安装时必须注意转臂与吊钩、吊环上的连接板的配合一定要好，上、下限位螺母不能拧得太紧。

而电子料斗秤安装时要考虑冲击力对传感器的影响，所以要采取适当的防振措施，也要注意保持料斗位置的稳定，为此安装了四根限位杆，把料斗拉紧，使料斗在水平方向的移动受到限制。

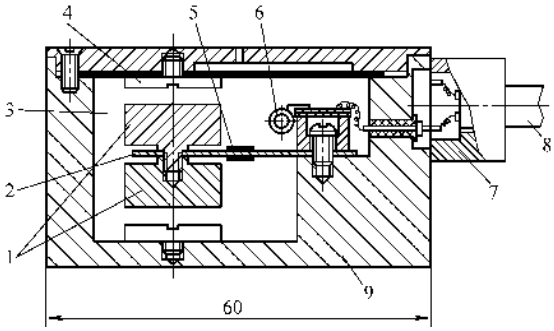


图 16-41 电阻应变式加速度传感器

1—质量块 2—应变梁 3—硅油阻尼液 4—保护块 5—电阻应变片 6—温度补偿电阻 7—压线板 8—电缆 9—壳体

2. 电阻应变式加速度传感器（如图 16-41）

电阻应变式加速度传感器的安装其壳体必须与被测设备弹性连接，以确保测量的准确性。

3. 电感式位移传感器（见图 16-42）

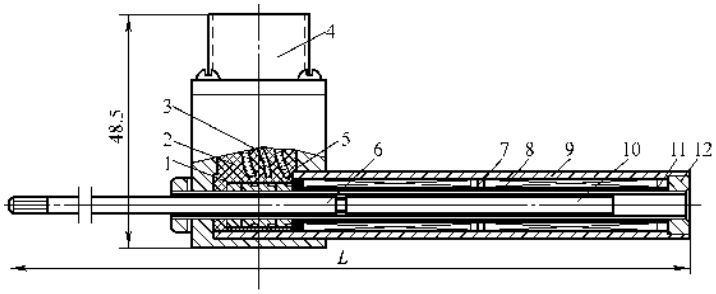


图 16-42 DWZ 型电感式位移传感器

1—绝缘隔座 2—密封填料 3—引出线 4—插座 5—接线环 6—连杆 7—线圈架 8—线圈 9—外壳 10—铁心 11—导向管 12—端盖

电感式位移传感器的安装应避开强磁场的干扰。

4. 压电式加速度传感器（见图 16-43），压电式加速度传感器适用于测定高频（数百～数千赫兹）的机械振动参数，不适合静态变化的测定。安装时其基座应与被测设备刚性连接，且紧密牢固。

5. 磁阻式转速传感器（见图 16-44）磁阻式转速传感器与被测设备同轴刚性连接。

6. 振弦式转矩传感器（见图 16-45）安装时将安装块上的 4 个孔用销钉和卡环连接起来，卡环装设在被测轴的两个相邻面上。在安装振弦传感器时，先调节凸轮来调节弦的初始张力，凸轮是顶着左边的夹紧装置的，当旋转凸轮时，可迫使安装块移动，这样由于夹紧装置的移动，从而使振弦拉紧，以达到所要求的起始张力，在调节完毕后，就把安装块用螺钉与卡环的凸台固定，然后再把凸轮反向旋回，脱离夹紧装置。

机械量检测仪表安装规定及要求有以下几点：

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。

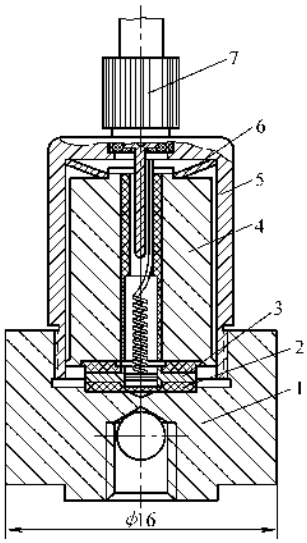


图 16-43　压电式加速度传感器

1—基座　2—压电晶体片　3—导电片　4—质量块　5—外壳　6—片弹簧　7—输出插头

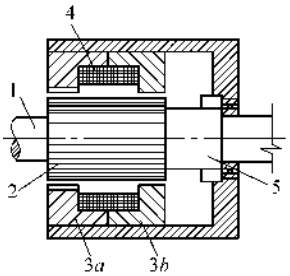


图 16-44　闭磁路磁阻式转速传感器

1—转轴　2—内齿轮　3*a*、3*b*—外齿轮　4—线圈　5—永磁铁

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。

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。

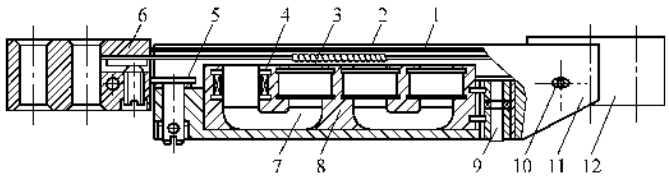


图 16-45　振弦式转矩传感器

1—振弦　2—软铁丝　3—极靴　4—线圈　5—凸轮　6—夹紧装置　7—永磁铁　8—环氧树脂　9—接线柱　10—定位装置　11—壳体　12—安装块

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。

（七）成分分析及其他仪表安装规定及要求

成分分析及其他仪表的形式有很多，在安装中经常遇到。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（五）—6）条的安装要求。

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。

下面给出常见分析仪表安装示意图，供参考，如图 16-46～图 16-49 所示。

（八）变送器的安装

变送器是将传感器检测到的信号转换成仪表及控制系统能够识别和接收的标准电信号（模拟仪表及控制系统）或数字信号（数字仪表及控制系统），以便完成显示、记录、调节或控制功能的装置。因此变送器的安装必须做到以下 5 点：

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。

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。

这里将常用变送器的安装工艺方法列出，供读者参考，如图 16-50～图 16-59 所示。

（九）执行器的安装

1. 总体要求

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）执行器中电气元件、电动机必须按第五章的要求和方法进行测试和试验。

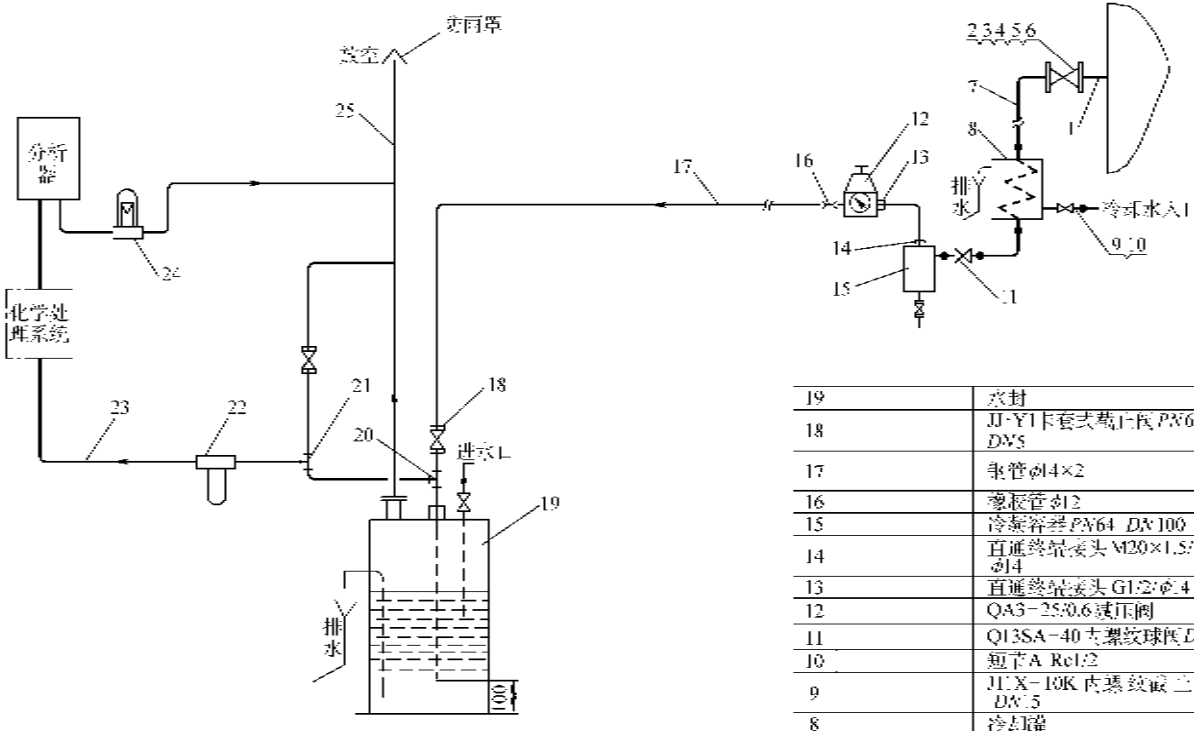
2. 执行器的安装调整

执行器的形式类别、规格有很多，这里仅以几种常用的执行器为例，说明其安装方法和注意事项。

（1）SMS 型角行程电动执行器（见图 16-60）

1）将执行器用地脚螺栓紧固在牢固的基础上，找平找正。安装位置应符合环境条件且便于维修，并有防止损坏的措施。

2）在把调节机构与执行机构连接之前，首先把执行机构的限位凸轮放在空挡，并且将位置发信变阻器的活动臂的螺钉放松，以免在调整时损坏元件。



注：

1) 适用于合成氨造气（以油为原料的）过程中 CH_4、CO、CO_2 等气体分析。

2) 放空、放空管（件号 19 及 25）是共用的，根据分析点数目多少选择相应的系列尺寸。

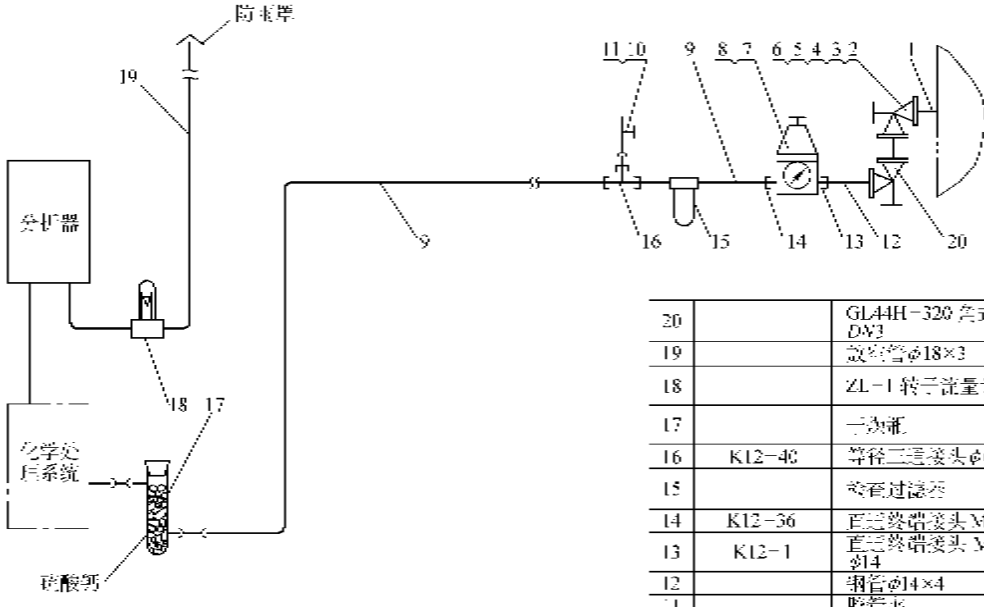
3) 化学处理系统由分析器配带，或现场组配，根据实际情况决定。

4) 件号 22、24 通常与分析器配套供应，否则另外购置。

件号	名称及规格	数量	材料	
			Ⅰ	Ⅱ
19	放封	1	碳钢	
18	JJ-Y1卡套式截止阀 PN64 DN5	3	碳钢	
17	银管φ14×2		10	1Cr18Ni9Ti
16	螺旋管φ12			
15	冷凝容器 PN64 DN100	1	碳钢	
14	直通终端接头 M20×1.5/φ14	1	碳钢	
13	直通终端接头 G1/2/φ14	1	碳钢	
12	QA3-25/0.6 减压阀	1		
11	Q13SA-40 内螺纹球阀 DN15	1	碳钢	
10	短节 A Rc1/2	4	10	
9	J11X-10K 内螺纹截止阀 DN15	2	碳钢	
8	冷却罐	1	碳钢	
7	银管φ18×3		10	
6	Z41H-40 闸阀 DN15	1	碳钢	
5	垫片φ39/19 δ=1.5	2	橡胶石棉板	
4	螺母 AM12	8	Q235	
3	螺栓 M12×65	8	Q235	
2	凸面法兰 PN40 DN15	2	10	
1	银管φ18×3	1	10	

件号	名称及规格	数量	材料	
25	放空管 DN40、50	10		
24	ZL-1 转子流量计	1		
23	导管φ6×1		1Cr18Ni9Ti	聚四氟乙烯
22	巡查过滤器	1		
21　K12-13	三通异径接头φ14/φ6	1	碳钢	
20　K12-7	三通口径接头φ14	1	碳钢	

图 16-46　红外线气体分析器管路连接安装示意图（$P_N \leqslant 40$　$T = 120 \sim 350℃$）



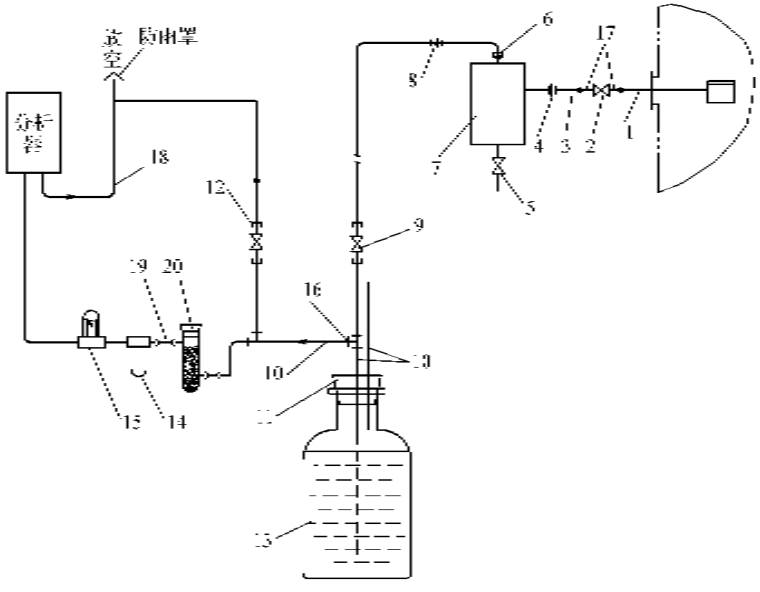
序号	图号或标准号	名称及规格	数量	材料	
20		GL44H-320 截式气流阀 DN3	1	碳钢	
19		放空管φ18×3		10	
18		ZL-1 转子流量计	1		
17		干燥器	1	玻璃	
16	K12-40	等径三通接头φ6	1	Q235	
15		冷凝过滤器	1		
14	K12-36	直通螺纹接头 M10×1:φ6	1	Q235	
13	K12-1	直通螺纹接头 M18×1.5:φ14	1	Q235	
12		钢管φ14×4		20	
11		胶管夹	1		
10		橡胶管φ6			
9		钢管φ6×1		1Cr18Ni9Ti	
8	K05-13	减压阀	1		
7		Y-60Z 压力表 0~16kgf/cm²	1		
6	H17-67	六角螺母 M14	24	25	
5	H16-67	双头螺栓 M14×2 l=80	12	40	
4	H18-67	透镜垫 DN6	4	20	
3		GJ44H-320 截式截止阀 DN3	1	碳钢	
2	H12-67	透镜垫密封螺纹法兰 DN6	4	35	
1	K21-45	高压引出口 PN320 DN6	1		

附注

1) 适用于含氨氮煤烟气中测量 CO_2 或 $CO+CO_2$ 的分析。

2) 化学处理系统由买方组配。

图 16-47 CO、CO_2 红外线气体分析器管路连接安装示意图($P_N=160$ $T\leqslant40℃$)



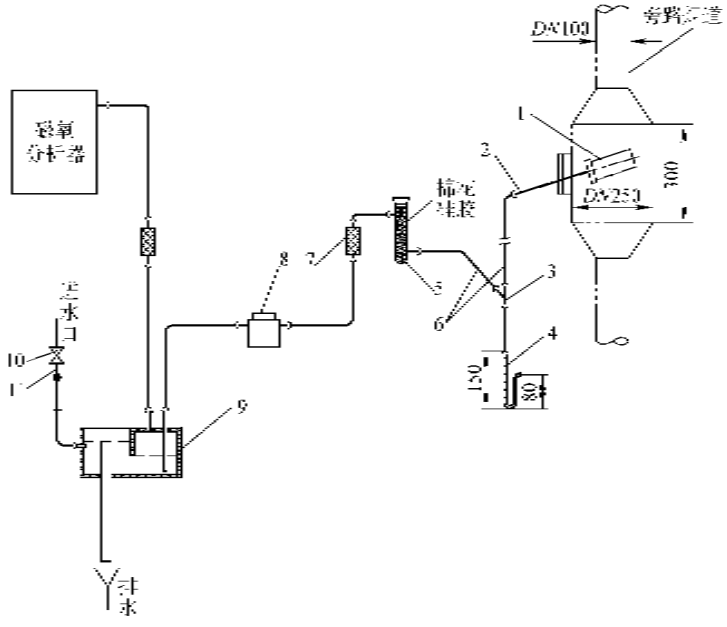
附注

1) 件号 14 和 15 仅表示配置，否则另行订购。

2) 当主要示适用烟囱工况 T≤300℃ 的烟气，若取样点 SO_2 发现烟囱口，T≤600℃ 时，则可不安装碳化硅过滤器。

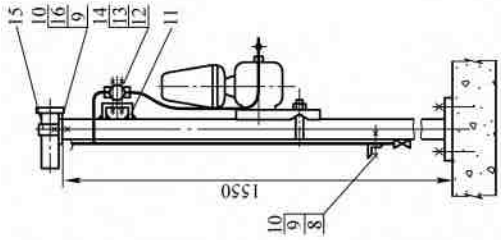
件号	序号或标准号	名称及规格	数量	材料	
20		干燥瓶	1	玻璃	
19		橡胶管 φ6			
18		无缝钢管 φ14×2		碳钢	
17	K12-52	短节 ZG1/2-A	4	碳钢	
16		三通接头 φ6	3	无龙	
15		ZL-1 型转子流量计	1		
14		过滤器	1		
13		注射器 V=10l	1	玻璃瓶	
12		直通螺纹接头 KG1/2-3	4	无龙	
11		橡皮塞	1		
10		塑料管 φ6		聚氯乙烯	
9		球阀 1/2-3	2	黑龙	
8	K12-11	直通异径接头 φ14/φ6	1	碳钢	
7	K14-12	除尘器	1	碳钢	
6	K12-14	等径弯接接头 φ14	1	碳钢	
5		JLX-10K 内螺纹截止阀 DN15	2	碳钢	
4		2m 活接头	1	碳钢	
3		碳钢管 φ2m	1	碳钢	
2		ZLH-40 型螺纹闸阀 PN40 DN15	1		
1		碳化硅过滤器取样探管件			

图 16-48　二氧化硫分析器管路连接安装示意图（P_N = 2.5　T≤300℃）



件号	图号或标准号	名称及规格	数量	材料
11	K12-52	短节 ZG12-A	1	Q235
10		JIIX-10K 内螺纹截止阀 DN15	1	
9	KJ4-34	纯水过滤器	1	聚氯乙烯
8		YG-400 自吸泵	1	
7		排气过滤器	2	
6		橡胶管 φ9×1.5		
5		二氧瓶	1	玻璃
4		水封管	1	玻璃
3		等三通 φ10 等 30°	1	聚氯乙烯
2	K12-56	橡胶管接头	1	Q235
1		氧化锆过滤器	1 套	

图 16-49 烟道气中氧量分析管路连接安装示意图（$P=-50\text{mmH}_2\text{O}$ $T=300℃$）



附注
1. 在支柱上方安装的 DXZ-110 型单针指示仪为变送器输出信号的指示表。
2. 图中括号内的数字为安装微差压变送器用。

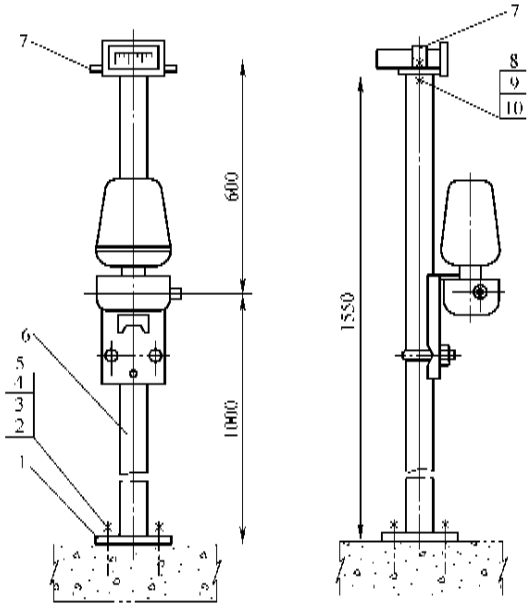
件号	名称及规格	数量	材料	备注
16	垫圈 A5	2	Q235	
15	仪表固定架	1	Q235	
14	螺栓 M10×60	2	Q235	
13	垫圈 A10	2	Q235	
12	螺母 AM10	2	Q235	
11	扁钢架(—)3×40 展开长 l=180	1	Q235	
10	螺钉 M5×16	4	Q235	
9	螺母 AM5	4	Q235	
8	管卡 2×20	2	Q235	
7	角钢架 L25×25×4 l=370	1	Q235	
6	支柱 $\varnothing$2in l=1550	1	Q235	
5	花篮紧固件 $\varnothing$17 l=50	3	20	
4	锥形螺栓 M10×80	3	Q235	
3	垫圈 10	3	Q235	
2	螺母 AM10	3	Q235	
1	底板 $\varnothing$200 t=6	1	Q235	

图 16-50　差压变送器在地上安装(变送器低于测量点)

附注
在支柱上方安装的 DXZ-110 型单针指示仪为变送器输出信号的指示表。

件号	名称及规格	数量	材料	备注
14	螺栓 M5×16	2	Q235	
13	垫圈 A5	2	Q235	
12	螺母 AM5	2	Q235	
11	仪表固定架	1	Q235	
10	螺栓 M10×60	2	Q235	
9	垫圈 A10	2	Q235	
8	螺母 AM10	2	Q235	
7	扁钢架(—)3×40 展开长 l=180	1	Q235	
6	支柱 $\varnothing$2in l=1550	1	Q235	
5	花篮紧固件 $\varnothing$17 l=50	3	20	
4	锥形螺栓 M10×80	3	Q235	
3	垫圈 10	3	Q235	
2	螺母 AM10	3	Q235	
1	底板 $\varnothing$200 t=6	1	Q235	

图 16-51　差压变送器在地上安装(变送器高于测量点)

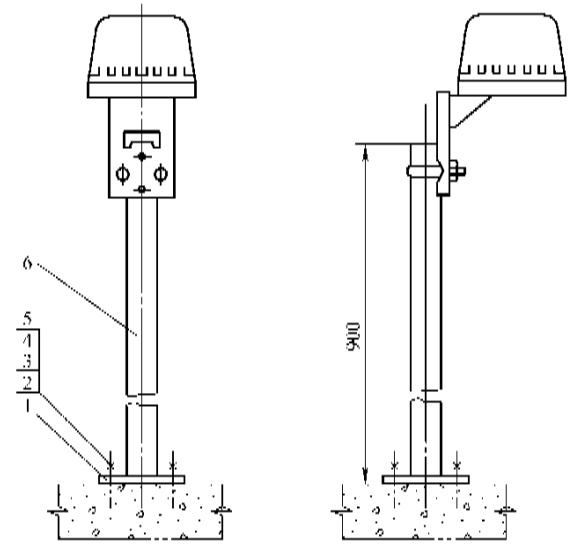


附注

在支柱上方安装的DXZ-110型单针指示仪为受送器输出信号的指示表。

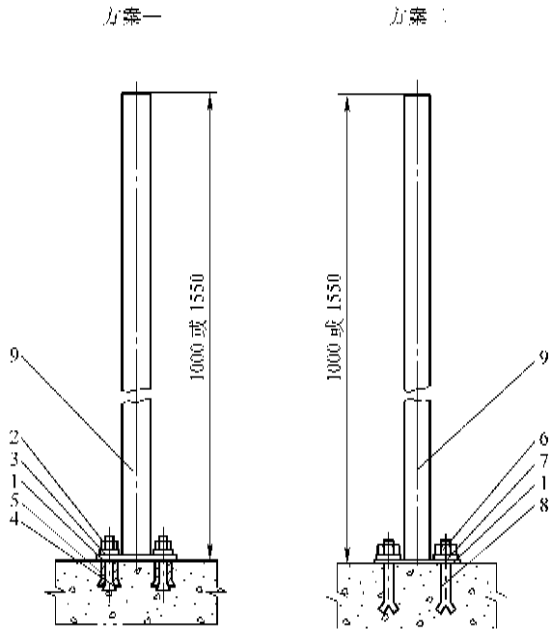
件号	名称及规格	数量	材料	备注
10	螺栓 M5×16	2	Q235	
9	垫圈 A5	2	Q235	
8	螺母 AM5	2	Q235	
7	仪表固定架	1	Q235	
6	支柱 ϕ2in l=1550	1	Q235	
5	花瓣紧固件 ϕ17 l 50	3	20	
4	锥形螺栓 M10×80	3	Q235	
3	弹簧圈 10	3	Q235	
2	螺母 AM10	3	Q235	
1	底板 ϕ200 t=6	1	Q235	

图 16-52　压力变送器在地上安装



件号	名称及规格	数量	材料	备注
6	支柱 ϕ2in l 900	1	Q235	
5	花瓣紧固件 ϕ17 l 50	3	20	
4	锥形螺栓 M10×80	3	Q235	
3	弹簧圈 10	3	Q235	
2	螺母 AM10	3	Q235	
1	底板 ϕ200 t=6	1	Q235	

图 16-53　温度变送器在地上安装

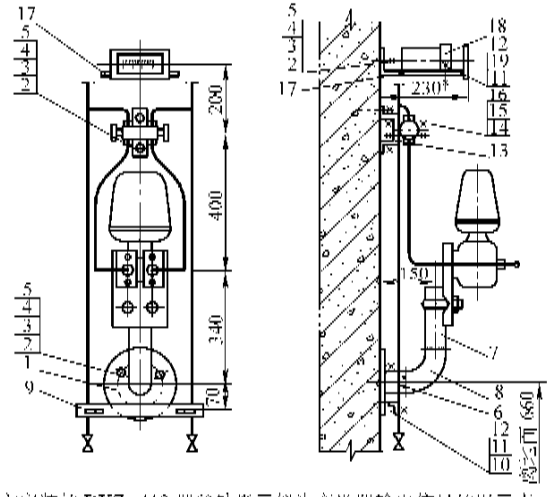


附注

尽可能采用方案一的安装方式。若因施工条件限制，没有电动打眼机和拉紧螺钉时，则可采用方案二的安装方式。

件号	名称及规格	数量	材料	备注
9	支柱φ2in　l=1000或1550	1	Q235	
8	地脚螺栓 M10×160	3	Q235	方案二用
7	垫圈 10	3	Q235	方案二用
6	螺母 AM10	3	Q235	方案二用
5	花瓣紧固件φ17　l=50	3	20	方案一用
4	锥形螺栓 M10×80	3	Q235	方案一用
3	垫圈 10	3	Q235	方案一用
2	螺母 AM10	3	Q235	方案一用
1	底板φ200　t　6	1	Q235	

图 16-54　变送器在地上安装的支架

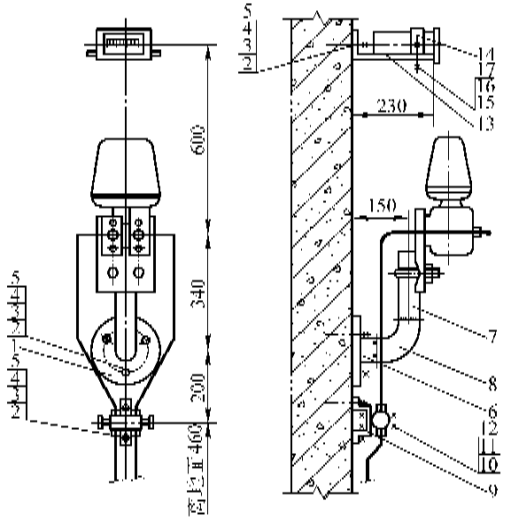


附注

在墙上方安装的 DXZ-110 型单刻指示仪为变送器输出信号的显示表。

件号	名称及规格	数量	材料	备注
19	垫圈 A5	2	Q235	
18	下板 2×30 展开长 l 337	1	Q235	
17	支架 185×306　t－2	1	Q235	
16	螺栓 M10×60	2	Q235	
15	垫圈 A10	2	Q235	
14	螺母 AM10	2	Q235	
13	扁钢架（－）3×40　l 240	1	Q235	
12	螺钉 M5×16	4	Q235	
11	螺母 AM5	4	Q235	
10	管卡 2×20	1	Q235	
9	角钢架 L 25×25×4　l=370	1	Q235	
8	弯头φ2in	1	Q235	
7	支柱φ2in　l　200	1	Q235	
6	支柱φ2in　l－70	1	Q235	
5	花瓣紧固件φ17　l　50	7	20	
4	锥形螺栓 M10×8	7	Q235	
3	垫圈 10	7	Q235	
2	螺母 AM10	7	Q235	
1	底板φ200　t　6	1	Q235	

图 16-55　差压变送器在墙上安装（变送器低于测量点）

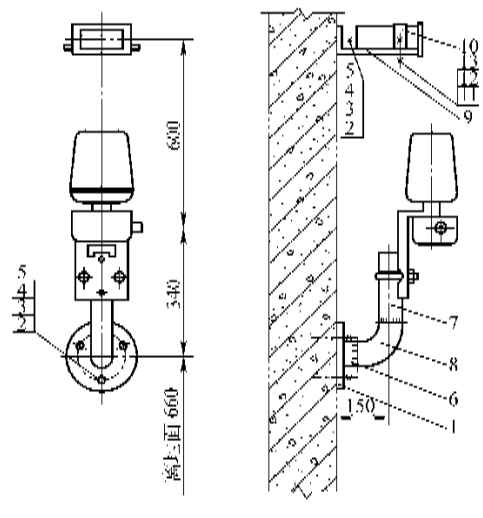


附注

在墙上方安装的 DXZ-110 型单针指示仪为变送器输出信号的指示表。

件号	名称及规格	数量	材料	备注
17	螺栓 M5×16	2	Q235	
16	垫圈 A5	2	Q235	
15	螺母 AM5	2	Q235	
14	卡板 2×30 展开长 l 337	1	Q235	
13	支架 185×306 l 2	1	Q235	
12	螺栓 M10×60	2	Q235	
11	垫圈 A10	2	Q235	
10	螺母 AM10	2	Q235	
9	扁钢架（二）3×40 l 240	1	Q235	
8	弯头 φ2in	1	Q235	
7	支杆 φ2in l=200	1	Q235	
6	支杆 φ2in l=70	1	Q235	
5	花瓣紧固件 φ17 l 50	7	20	
4	锥形螺栓 M10×80	7	Q235	
3	垫圈 10	7	Q235	
2	螺母 AM10	7	Q235	
1	底板 200 l=6	1	Q235	

图 16-56 差压变送器在墙上安装（变送器高于测量点）

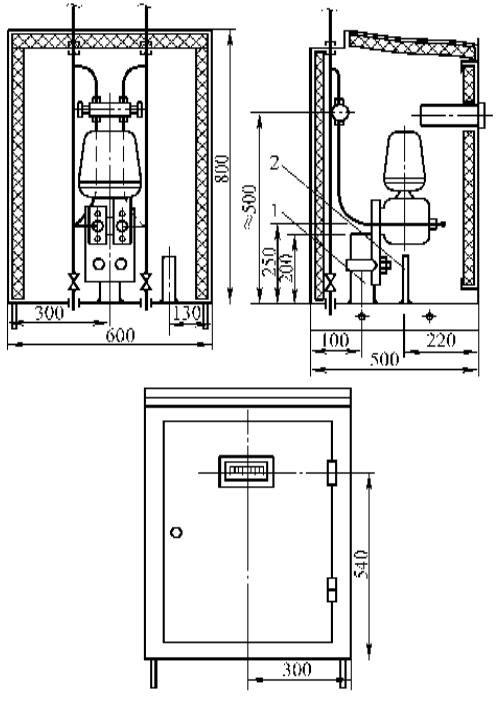


附注

在墙上方安装的 DXZ-110 型单针指示仪为变送器输出信号的指示表。

件号	名称及规格	数量	材料	备注
13	螺栓 M5×16	2	Q235	
12	垫圈 A5	2	Q235	
11	螺母 AM5	2	Q235	
10	卡板 2×30 展开长 l 337	1	Q235	
9	支架 185×306 l=2	1	Q235	
8	弯头 φ2in	1	Q235	
7	支杆 φ2in l 200	1	Q235	
6	支杆 φ2in l=70	5	Q235	
5	花瓣紧固件 φ17 l=50	5	20	
4	锥形螺栓 M10×80	5	Q235	
3	垫圈 10	5	Q235	
2	螺母 AM10	5	Q235	
1	底板 200 l 6	1	Q235	

图 16-57 压力变送器在墙上安装



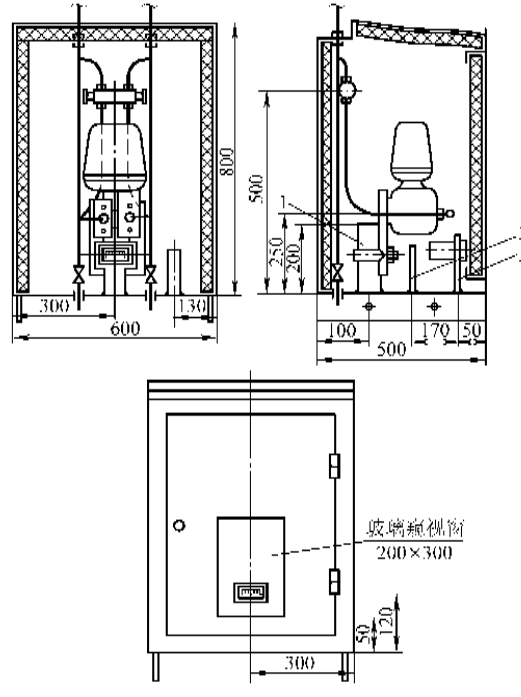
附注

1) 箱面上安装的 DXZ 110 型单针指示仪为变送器输出信号的指示仪表。

2) 件号 2 扁钢架需根据设计中选用的电源开关类型开好安装孔后再与箱底焊接。

件号	图号或标准号	名称及规格	数量	材料	备注
2		扁钢架 3×40 l=140	1	Q235	安装电源开关用保温箱带
1		支柱 ϕ2in l=200	1	Q235	

图 16-58　差压变送器在保温箱内安装(一)



附注

1) 箱内安装的 EFZX-111 型单针指示仪为变送器输出信号的指示仪表。

2) 件号 2 扁钢架需根据设计中选用的电源开关类型开好安装孔后再与箱底焊接。

件号	图号或标准号	名称及规格	数量	材料	备注
3	K08-08	仪表支架	1		安装电源开关用保温箱带
2		扁钢架 3×40 l=140	1	Q235	
1		支柱 ϕ2in l=200	1	Q235	

图 16-59　差压变送器在保温箱内安装(二)

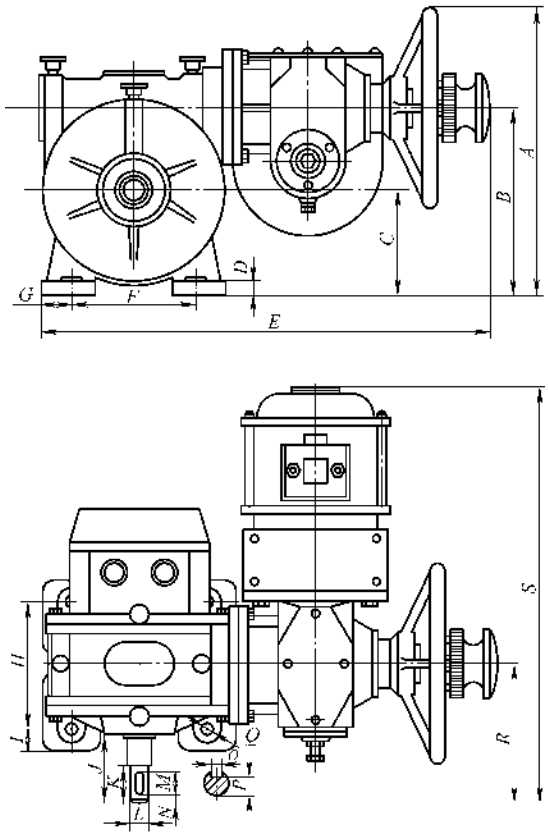


图 16-60 SMS 型执行器外形

3）在调节机构与执行机构连接好后，用手轮操作执行机构，使执行机构输出轴走完全行程时，调整发信变阻器的活动臂，从变阻器的一个固定端走到另一个固定端，同时用万用表的欧姆挡测量电阻变化，应均匀增大并无突跳现象。极限开关的凸轮位置调整在执行机构输出曲柄到达极限位置时开断电路。

4）使用与维护

① 执行机构在通电前必须查看电路连接是否正确，所用电源电压是否与规定值相符。

② 执行机构应定期检查、清洗、加油。

5）电磁制动器通电后不动作的检修步骤：用万用表交流电压挡测量制动线圈两端是否有电压；如有电压而仍不动作，应进一步用万用表欧姆挡测量制动线圈是否断路。

6）电动机通电后不动作的检修步骤：用万用表测量电动机绕组端是否有电压；如有电压仍不动作，应进一步检查电动机绕组是否断路；如电动机绕组端无电压，应检查极限开关是否良好。

7）位置发信器无输出信号或输出不正常的检修步骤：用万用表欧姆挡测量变阻器的两个固定端是否有开路现象；然后测量滑动触点与固定端之间的电阻值能否随输出轴旋转而均匀变化，并保持接触良好。

（2）ZDC 型角行程电动执行器（见图 16-61）

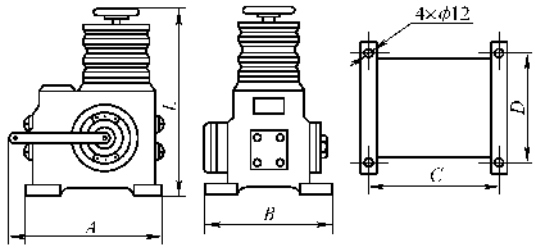


图 16-61 ZDC 型角行程电动执行机构外形

1）同 SMS 型角行程电动执行器的 1）～3）。

2）电动机通电后不动作的检修步骤：测量电源电压是否正常；然后测量滚切电动机绕组端电压，每组绕组电压应保持对称；如不对称，应检查每个二极管是否有开路或短路现象，并检查电动机绕组是否有开路现象；如电动机绕组、二极管都良好，而电动机不动作，应检查分相电容是否有短路或开路现象；如以上检查都无问题时，应打开电动机检查偏心机构是否有卡住现象。

3）位置发信器无输出信号或输出不正常的检修步骤：测量变阻器两个固定端是否有开路现象；然后测量变阻器的滑动触点与固定端之间的电阻值，判断能否随输出轴转动而均匀变化，保持接触良好。

（3）DKJ 型比例式电动执行器（见图 16-62）

DKJ 型比例式角行程执行机构包括伺服放大器和执行机构两个独立部分。伺服放大器是墙挂式结构，可垂直安装在金属骨架或立柱上。

执行机构部分包括减速器、伺服电动机、位置发信器等部件，减速器箱体的底部有安装孔，用地脚螺钉安装在牢固的基础上。

DKJ 型执行器安装后应进行校验，并按说明书正确接线。校验主要有伺服放大器、执行机构和反馈系统。

（4）ZDA 型直行程电动执行器（见图 16-63）

1）ZDA 型直行程电动执行机构通常与调节阀配合使用，直接安装在调节阀上。

2）把执行机与调节阀之间连接妥当后，调整限位槽的位置，使调节阀从全关到全开时推杆刚好走完全行程，同时位置发信器的阻值应从零到最大值。

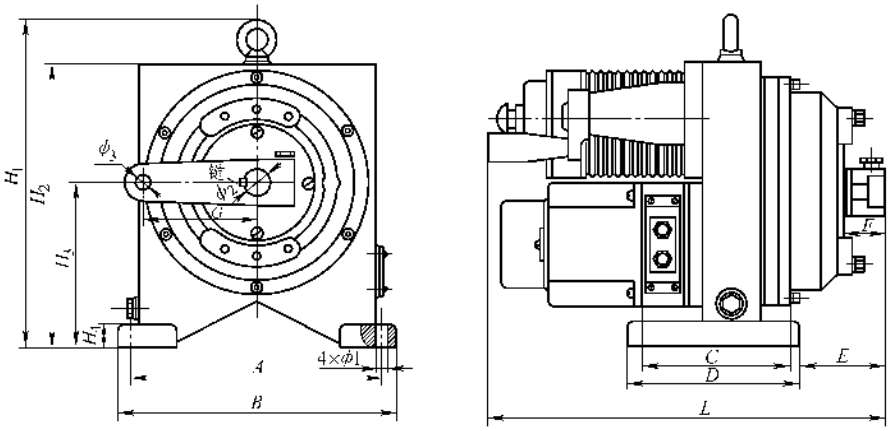


图 16-62　DKJ 型执行机构外形

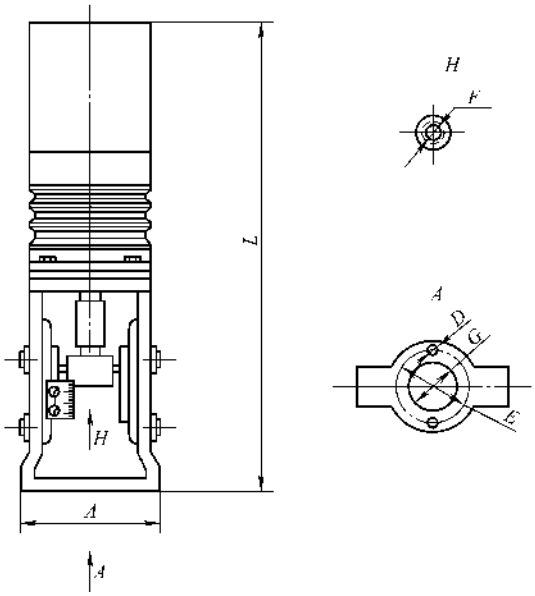


图 16-63　ZDA 型直行程电动执行机构外形

3）在通电使用前必须按使用说明书查看电路接线是否正确。

4）执行机构应定期检查、清洗、加油。

5）电动机通电后不动作的检修步骤：按前面已述方法检查滚切电动机绕组、二极管、分相电容是否良好；如电动机部分都良好，应检查推杆两侧的滚柱与限位槽之间间隙是否均匀，如因不均匀而卡死，则应放松限位槽的紧固螺钉重新调整间隙。

6）位置发信器无输出或输出不正常的检修步骤：用万用表欧姆挡检查多圈电位器是否有开路或短路现象；多圈电位器的滑动端与固定端之间电阻能否随推杆移动而均匀变化，保持接触良好。

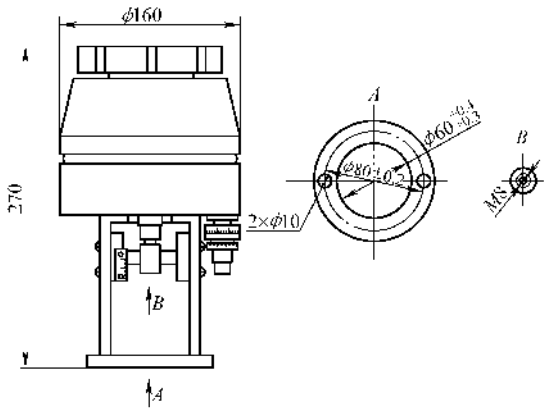


图 16-64　ZAZ 型直行程执行机构外形

（5）ZAZ 型直行程电动执行器（见图 16-64）

1）ZAZ 型直行程执行机构通常与调节阀配合使用，直接安装在调节阀上。

2）把执行机构与调节阀连接妥当后，调整限位槽位置，使调节阀从全关到全开时推杆刚好走完全行程，同时螺旋电位器的输出阻值应从零到最大值，如果不在零位，需拨动弹性联轴器的拨盘使它从零开始。

3）在通电使用前必须查看电路接线是否正确，并按说明书检查。

4）执行机构应定期检查、清洗、加油。

5）电动机通电后不动作的检修步骤：与上面介绍的几种方法一样，首先检查电动机电源是否正常，电动机绕组和分相电容器是否良好；如电动机部分都正常，则应检查推杆与限位槽之间是否卡死。

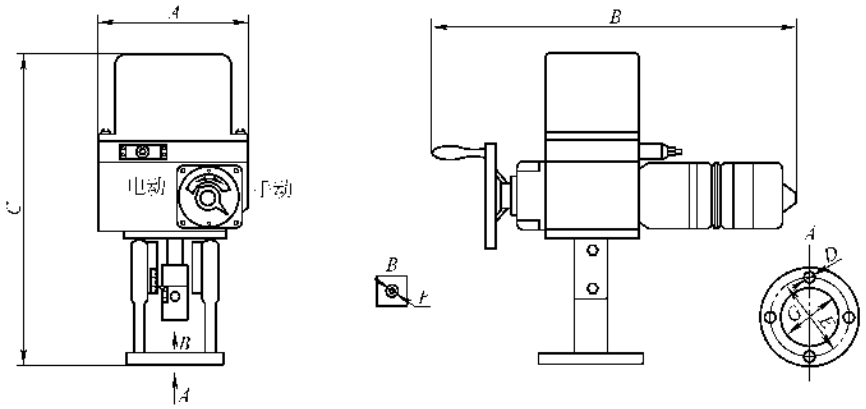


图 16-65 DKZ 型直行程电动执行器机构外形

6）位置发信器无输出或输出不正常的检修步骤：首先检查多圈电位器是否有短路和开路现象；检查多圈电位器滑动触点接触是否良好。

（6）DKZ 型直行程电动执行器（见图 16-65）

1）安装和接线：DKZ 型比例式直行程执行机构包括伺服放大器和直行程执行机构两个独立部分。伺服放大器是墙挂式结构，可垂直安装在金属骨架或立柱上，使用前应对放大器、执行机构和反馈系统按说明书进行校验。

2）DKZ 型直行程电动执行机构通常与调节阀配合使用，直接安装在调节阀上，故需按调节阀所需的推力、行程和连接尺寸选用适当型号的直行程执行机构。

3）电动执行机构投入运行或调整前应检查电源电压是否符合规定值，以及各部分接线是否正确牢固，并按说明进行核对。

4）执行机构出厂时调整在当推杆由下往上、从 0 到100% 位置时，位置发信器输出电流对应为 0 ~ 10mA。

如果现场需要当推杆由上往下从 100% 到 0 位置时，使位置发信器输出电流对应为 0 ~ 10mA，这时先放松差动变压器的紧固螺钉，调整差动变压器绕组与铁心之间的工作位置。

5）电动执行机构应定期进行检查、调整，减速器应定期清洗、加油。

（7）电动调节阀

电动调节阀通常与电动执行器配合使用，安装使用应注意以下 8 点：

1）调节阀应垂直安装在水平管道上，在特殊情况下，需要水平或倾斜安装时，除小口径调节阀外，一般都要加支撑。

2）调节阀安装时需加旁通装置，当调节阀发生故障时，可将调节阀卸除而不影响正常生产。

3）调节阀接入管道时，注意阀体上流体箭头方向应与实际工作介质流向一致。

4）调节阀在投入运行之前，应将整个管道和阀门清洗干净，以免杂质进入阀内而损坏阀芯和阀座。

5）阀体内壁和隔膜阀的隔膜经常受到介质的冲击和腐蚀，重点检查耐压、耐腐的情况，避免发生事故。

6）阀座和阀体连接螺纹，检查因受介质腐蚀是否有松动，影响阀芯的正常动作。

7）阀芯是调节阀的可动部分，受介质的冲蚀最为严重，检查时应注意各部位是否有腐蚀、磨损，如有损坏应及时更换。

8）密封填料是否老化、密封面是否有损坏，必要时应及时更换。

（8）电磁阀

1）安装注意事项

① 注意工作介质的流通方向，应按阀体上标志的箭头所指的工作介质流通方向安装，并与法兰连接严密可靠。

② 注意电源条件（交流或直流、电压、频率、功率等）是否与电磁阀名牌所示的符合，以及它与控制继电器的配合是否准确。

③ 管道系统如果没有接地，电磁阀应安装有接地线，以保证工作安全。

④ 阀内装有弹簧，能承受一定程度的振动，安装稍有不正仍可正常工作。但仍应尽可能考虑在振动较小的地方与正立的位置上安装。

⑤ 导阀与阀盖上的螺栓应分别捻紧，不然会泄

汽伤人，而且由于主阀内阀衬与阀塞间的间隙发生漏汽，使阀门难以正常工作。

⑥　在有腐蚀性介质的工作场所，一般不可选用本阀。但如确有迫切需要不得不选用本阀时，应在阀的外露部分（阀体、阀盖、外壳与底板、隔热垫与隔热弹簧等）与引线部分加防护措施。

⑦　在室外安装时，应有防护措施。

⑧　不得在易发生爆炸等危险环境中使用。

2）维护注意事项

①　使用前应将管道中的积污排除。在排污前，最好在主阀的阀腔内取出阀衬、阀塞、主阀弹簧与过滤器等。

②　阀盖经过拆卸后，最好更换新的阀盖密封垫，以免发生漏汽现象而导致不能可靠开阀。

③　不工作期间，应关闭本阀前的手动截止阀。

④　在较长期间（如半个月以上）不工作时，应取出主阀阀腔内的阀塞、主阀弹簧、阀衬与过滤器。不然，会由于管道的严重积垢停滞在阀内，使工作部件卡住，而不能正常工作。

3）故障排除方法

①　通电时不工作，检查线圈是否断线。

②　通电时不能开阀，可能阀盖上的螺栓未捻紧；阀盖密封垫是否过薄或厚薄不均；阀塞是否被杂物卡住；导阀阀口是否堵塞。

③　断电时不能关阀，阀塞是否被杂物卡住；导阀阀口是否被杂物卡住，处于开阀状态；导阀的活动铁心阀口软垫是否破损。

④　阀关闭后仍严重漏汽，阀塞密封垫是否破损；阀座是否松动。

（十）仪表盘、柜、箱的安装及规定要求

仪表盘、柜、箱与电气盘、柜、箱的安装工艺方法基本相同。单独放置的一般安装在现场，陈列设置的均安装在仪表控制室内。具体安装方法参阅第七章的相关内容。这里将某 70t/h 的蒸汽锅炉控制盘的图样列出，进一步讲述仪表盘柜的功能和安装工艺方法。

1. 锅炉仪表控制盘柜功能

图 16-66 是锅炉房热工仪表控制盘正面元件布置图，它给出了仪表及元件的规格型号及其控制单元的组合情况，表 16-15 是设备元件表。

表 16-15　图 16-66 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-101 PI-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	
T1-901	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	

（续）

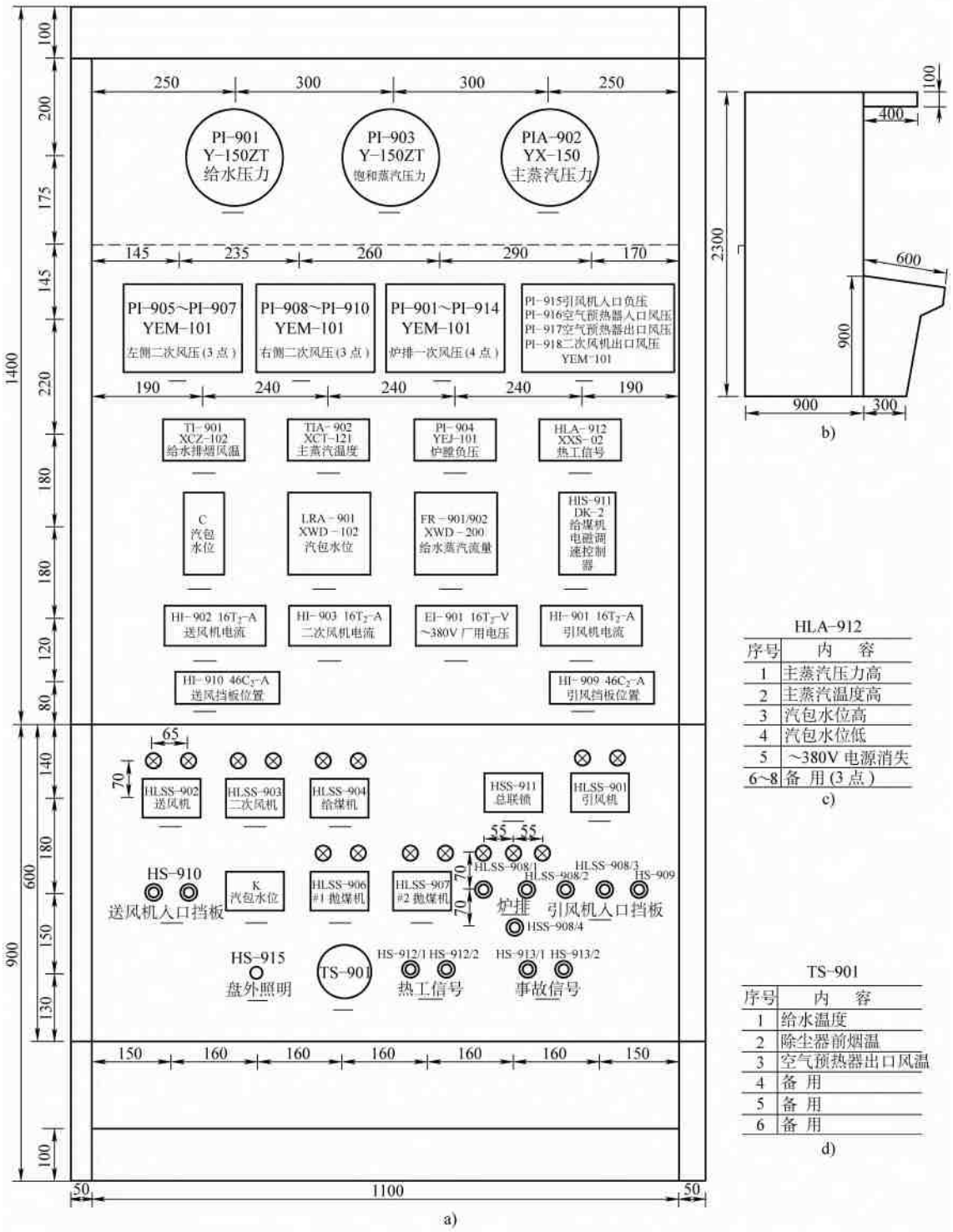
编号	名称	型式规格	数量	备注
	标志框		36	
HIS-911	控制器	DK-2	1	锅炉厂供
HSS-911	转换开关	LW5-P 1587/5	1	
HLSS-901～904，906～907	转换开关	LW5-15 B4815/5	6	
HI-909 HI-910	电流表	46C2-A 0～10mA 0～100%	2	
HI-901	电流表	16T2-A 300/5A	1	
HI-902	电流表	16T2-A 150/5A	1	
HI-903	电流表	16T2-A 75/5A	1	
EI-901	电压表	16T2-V 0～450V 380/100V	1	
HSS-908/4 HLSS-908/1、2、3	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 12V/12W
	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

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，测量范围为 0～400℃，分度号为 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#接线盒接至控制盘的 TS-901 切换开关上，型号为 FK-6，而后再接至温度仪表 XCZ-102 上，该表是动圈指示仪，测量范围为 0～300℃，分度号为 BA2，与热电阻配套。

3）主管蒸汽道蒸汽流量、给水管道给流量和汽包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 和汽包水位调节器 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、给水流量和汽包水位）。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，记录汽包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，可进行四个参数的调节，同时设 DFD-05 操作器一只。

4）给水压力、汽包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。



序号	内　容
1	主蒸汽压力高
2	主蒸汽温度高
3	汽包水位高
4	汽包水位低
5	~380V 电源消失
6~8	备　用(3点)

序号	内　容
1	给水温度
2	除尘器前烟温
3	空气预热器出口风温
4	备　用
5	备　用
6	备　用

图 16-66　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

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。

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，规格为 -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、汽包水位过高或过低、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，220V、100W 荧光灯。

15）控制盘设总联锁转换开关 LW5-P1587/5。

2. 仪表盘柜箱台的安装规定及要求

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。

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。

（十一）控制仪表和综合控制系统的安装

控制仪表和综合控制系统与仪表盘、柜、箱、台的安装是同时进行的，应满足以下要求。

1）在控制室内安装的各类控制、显示、记录仪表和辅助单元，以及综合控制系统设备均应在室内开箱，开箱和搬运中应防止剧烈振动并避免灰尘、潮气进入设备。

2）综合控制系统设备安装前应具备下列条件：

①　基础底座安装完毕；

②　地板、顶棚、内墙、门窗施工完毕；

③　空调系统已投入运行；

④　供电系统及室内照明施工完毕并已投入运行；

⑤　接地系统施工完毕，接地电阻符合设计规定。

3）综合控制系统设备安装就位后应保证产品规定的供电条件、温度、湿度和室内清洁。

4）在插件的检查、安装、试验过程中应采取防止静电的措施。

控制仪表和综合控制系统的安装，从人员上要进行细分工，并做好相应的接口工作。

一般可分为：

1）管路组：检查管路的正确性和严密性；

2）线缆组：检查线缆的正确性和绝缘性；

3）设备元件组：检查设备元件的技术文件，包括校验/检定证。

4）接线组：正确接线，并试验。

5）其他组：协助系统进行相应工作。

（十二）仪表电源设备安装

电源设备的安装与电气安装相同，详见第七章相关内容。其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。

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。

（十三）爆炸和火灾危险环境仪表的安装

爆炸和火灾危险环境仪表的安装与前述基本相同。但所有设备应采用防爆型，并符合下列规定和要求：

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—2002《自动化仪表工程施工及验收规范》。

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；

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。

（十四）自动化仪表工程的接地

自动化仪表工程的接地与电气系统相同，详见防雷接地一章，但应符合下列规定和要求。

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。

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。

（十五）自动化仪表工程的防护

自动化仪表工程的防护包括隔离、吹洗、防腐、绝热、伴热等。

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℃；

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国家标准 GB 50126—2008《工业设备及管道绝热工程施工规范》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。

第六节 仪表系统管路的安装

一、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。

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。

二、管路的安装

仪表的管路有很多，用途也不尽相同，应按设计图纸安装，安装时应与管道工密切配合。这里仅以测量取压管路为例说明管路布置及安装方法，如图16-67～图16-74所示。

三、安装规定和要求

1. 测量管道的安装

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。

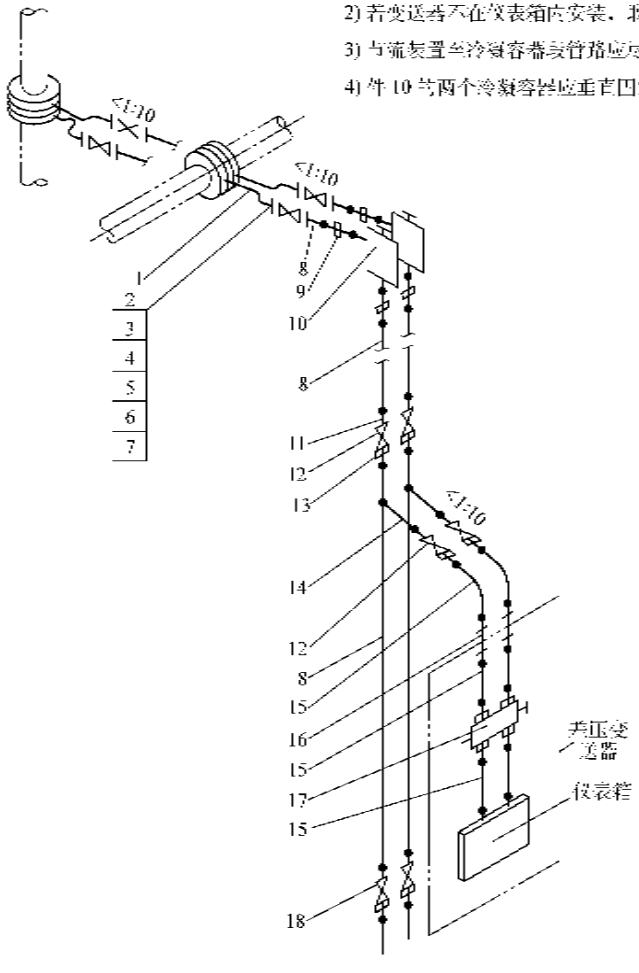
安装说明

1) 件 12 的安装位置应视现场具体条件而定。或者置于导压三管（实线绘出 A 方案），或者置于导压支管（虚线绘出 B 方案）。当采用 A 方案时，件 14、件 15 为连续无缝管。

2) 若变送器不在仪表箱内安装，取消件 16。

3) 与流量测量冷凝容器或管路应尽量缩短设置，否则须进行保温。

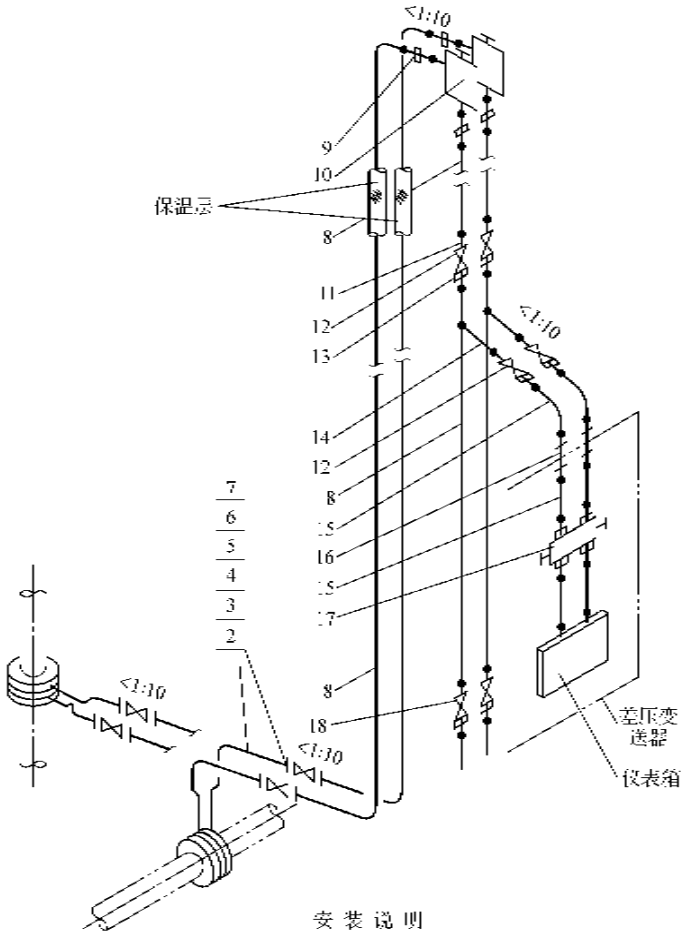
4) 件 10 与两个冷凝容器应垂直固定安装在同一水平线高上。



明细表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备注
1	无缝钢管 φ14×3、l=200	2	10、20		
2	闸阀 Z41H-40, DN10	2			
3	法兰 10-40	4	20		
4	垫片 10-40	4	XB350		
5	双头螺柱 M12×60	16	35		
6	螺母 M12	32	25		
7	垫圈 12	32	25		
8	无缝钢管 φ14×2	2	10、20		长度设计定
9	管接头 14	4	35		
10	冷凝容器 PN6.4DN100	2	20	YZ13-23-1	
11	直通终端接头 φ14×R½	4	20	YZ5-1	
12	闸阀 Z11H-40, DN15	2			
13	直通终端接头 φ14×R½	4	20	YZ5-1	
14	紫铜管 φ10×1	2	T_2		A 方案
	无缝钢管 φ14×2	2	10		B 方案
15	紫铜管 φ10×1	2	T_2		
16	管接头 14	2	35		
17	闸阀	1			变送器附带
18	闸阀 Z41H-40, DN15	2			

图 16-67　蒸汽流量测量管路的安装连接图（变送器低于节流装置）（PN2.5；t≤300℃）



明 细 表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或标准号	备注
1	无缝钢管 φ14×3，l=200	2	10、20		
2	闸阀 Z41H-40, DN10	2			Z41H-40型
3	法兰 10-40	4	20		
4	垫片 10-40	4	XB350		
5	双头螺柱 M12×60	16	35		
6	螺母 M12	32	25		
7	垫圈 12	32	25		
8	无缝钢管 φ14×2	2	10、20		长度由工程设计确定
9	管接头 14	4	35		
10	冷凝容器 PN6.4DN100	2	20	YZ13-23-1	
11	直通终端接头 φ14-R1/2	4	20	YZ5-1	
12	闸阀 Z11H-40, DN15	2	25		Z11H-40型
13	直通终端接头 φ14-R1/2	4	20	YZ5-1-1	
14	紫铜管 φ10×1	2	T_2		A方案
	无缝钢管 φ14×2	2	10		B方案
15	紫铜管 φ10×1	2	T_2		
16	管接头 14	2	35		
17	三阀组	1			变送器附件
18	闸阀 Z11H-40, DN15	2	25		Z11H-40型

安 装 说 明

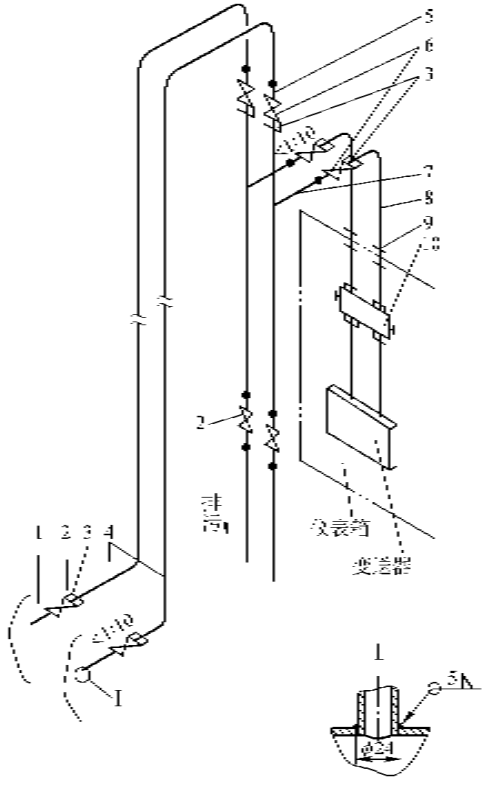
1) 件 12 的安装位置应视现场最设条件而定，或者等于导压三通（实线绘出A方案），或者等于导压支管（虚线绘出B方案）。当采用A方案时，件14、件15为连续紫铜管。

2) 若变送器不在仪表箱内安装，取消件16。

3) 节流装置至冷凝容器及管路须保温，如虚线所示。

4) 件10的两个冷凝容器应垂直对称安装在同一水平线高上。

图 16-68　蒸汽流量测量管路的安装连接图（变送器高于节流装置）（$PN2.5$；$t\leq300℃$）



安 装 说 明

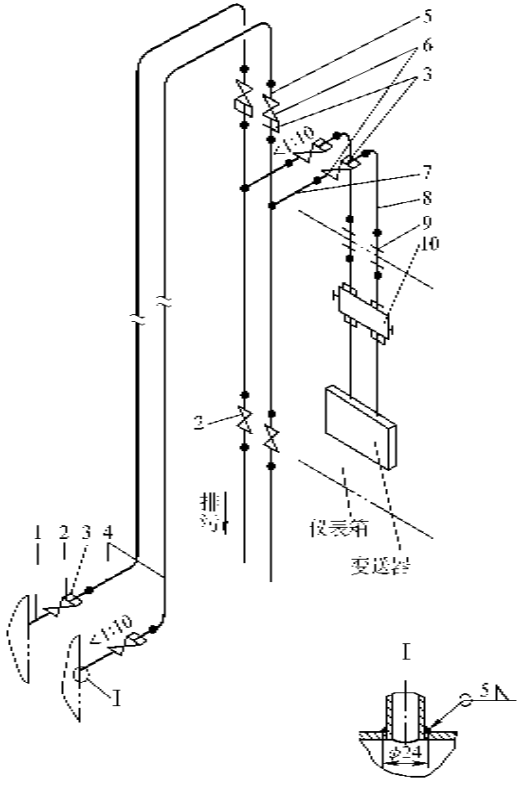
1）取压装置引压管阀门5安装共两个方案，A方案阀门6安装在工艺管上；B方案阀门6安装在支管上，当选用A方案时，件7、件8方连接气源管。

2）变送器不装在仪表箱内时，件9取消。

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或标准号	备注
1	取压管　φ×15	2	10、20	JK2-5-07	
2	球阀　Q11F-25，DN15	4			
3	直通卡套式接头　R1/2 in×φ14	4	Q235-A	YZ5-1-11	
4	无缝钢管　φ14×2		10、20		长度设计定
5	直通卡套式接头　R1/2 in×φ14	6	Q235-A	YZ5-1	
6	球阀　Q11F-25；DN15	2			
7	无缝钢管　φ14×2；l=500	1	10、20		
8	紫铜管　φ10×1		T2		长度设计定
9	管接头 14	2	Q235-A		
10	三　阀　组	1		与变送器成套供应	

图 16-69　气体测差压管路连接图（取压点低于差压计）（*PN*2.5）



安装说明

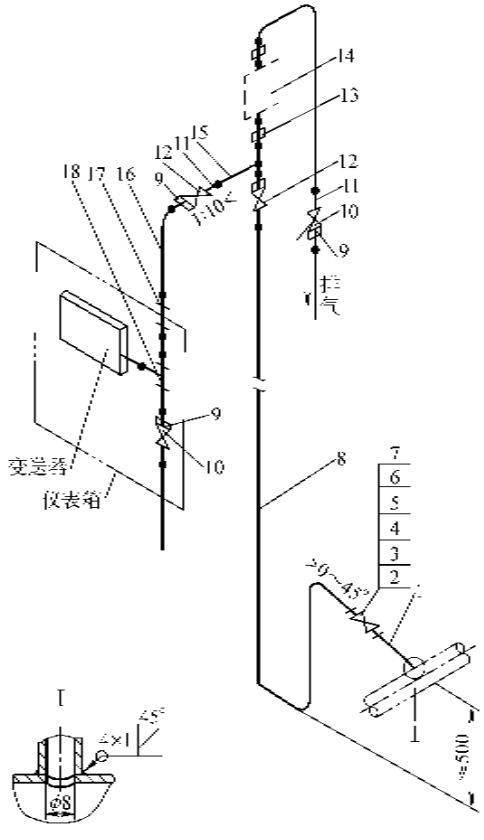
1) 取压装置与正管阀门6安装分两个方案，A方案阀门6安装在主管上；B方案阀门6安装在支管上，当选用A方案时，件7、件8为连续纯铜管。

2) 变送器不装在仪表箱内时，件9取消。

明细表

序号	名称及规格	数量	材质	图号或型号	备注
1	无缝钢管 φ22×3；l=120	2	10、20		
2	球阀 Q11F-25,DN15	4			
3	直通终端接头 G½涂4	4	Q235-A	YZS-1-3	
4	无缝钢管 φ14×2		10号、20号		长度设计定
5	直通终端接头 R½涂4	6	Q235-A	YZS-1-11	
6	球阀 Q11F-16C,DN15	2			
7	无缝钢管 φ14×2；l≈500	1	10、20		
8	紫铜管 φ10×1		T_2		长度设计定
9	等接头 14	2	Q235-A		
10	三阀组	1		与变送器成套供应	

图 16-70 气体测差压管路连接图（取压点低于差压计）（*PN*1.0）



安装说明

1) 取压装置导压管阀门 12 安装分两个方案，A 方案阀门安装在主管上；B 方案阀门安装在支管上。当选用 A 方案时，件 15、件16 为连续纯铜管。

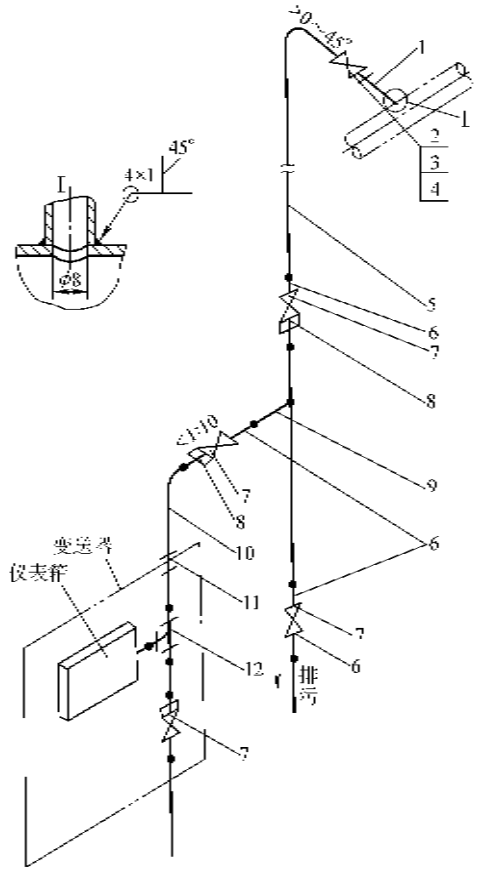
2) 为便于安装拆卸阀门件 10，如不需要，则阀门与连接的管件一并取消（虚线所示）。

3) 变送器不装在仪表箱内时，件 17 取消。

明细表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备注
1	取压管	1	20	JK2-3-06	
2	法兰　10-40	2	20		
3	垫片　10-40	2	XB350		
4	螺栓　M12×50	8	35		
5	螺母　M12	8	25		
6	垫圈 12	8	25		
7	闸阀　Z41H-40;*DN*10	1			
8	无缝钢管　ϕ14×2		20		长度设计定
9	三通终端管接头　R½;ϕ14	3	20	YZ5-1-11	
10	闸阀　Z11H-40;*DN*15	2			
11	三通终端管接头 R½;ϕ14	3	20	YZ5-1	
12	闸阀　Z11H-40;*DN*15	1			
13	管接头 14	2	20		
14	分离容器　*DN*6.4;*DN*100	1	20	YZ13-24-1	
15	无缝钢管　ϕ14×2;$l\approx$400	1	20		
16	纯铜管　ϕ10×1		T2		长度设计定
17	管接头 14	1	20		
18	管接头 14	1	20		

图 16-71　蒸汽测压管路连接图（取压点低于压力计）（*PN*2.5；$t\leqslant$425℃）



安 装 说 明

1）取压装置导压管阀门有7个安装位置方案，A方案阀门安装在三管上；B方案阀门安装在支管上，当选用A方案时，件9、件10为连续弯制管。

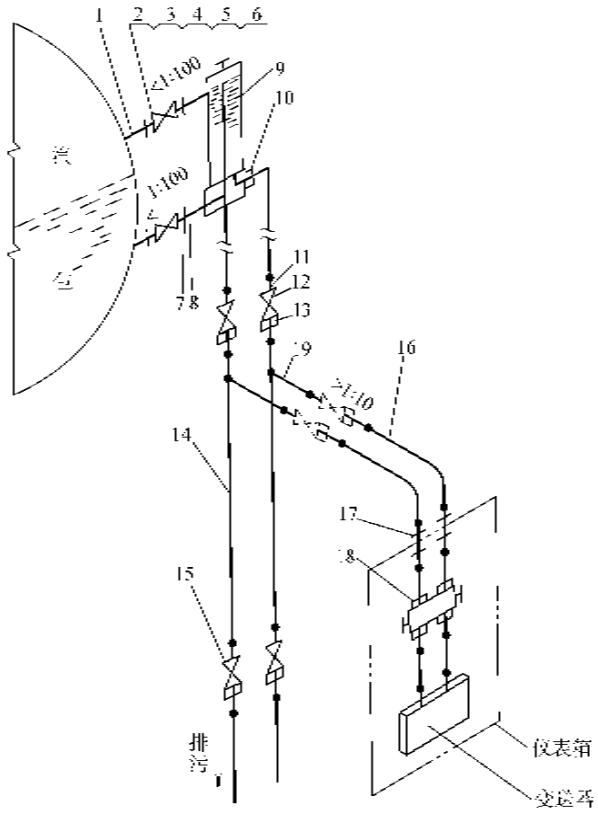
2）为校零安装阀门件7，如不需要，则阀门与连接管件一并取消（虚线所示）。

3）变送器不装在仪表箱内时，件11取消。

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备注
1	取压管	1	20	JK2-3-06	
2	法兰 10-25	2	20		
3	垫片 10-25	2	XB350		
4	截止阀 Z41H-25;DN10	1			
5	无缝钢管 φ14×2		10、20		长度设计定
6	直通终端接头 R½/φ14	4	20	YZ5-1	
7	截止阀 Z11H-25;DN15	1			
8	直通终端管接头 R½/φ14	2	20	YZ5-1-11	
9	无缝钢管 φ14×2;l≈400	1	10、20		
10	弯制管 φ10×1		T2		
11	管接头14	1	20		
12	管接头14	1	20		

图16-72 蒸汽测压管路连接图（取压点高于压力计）（$PN1.0$；$t\leqslant425℃$）



安装说明

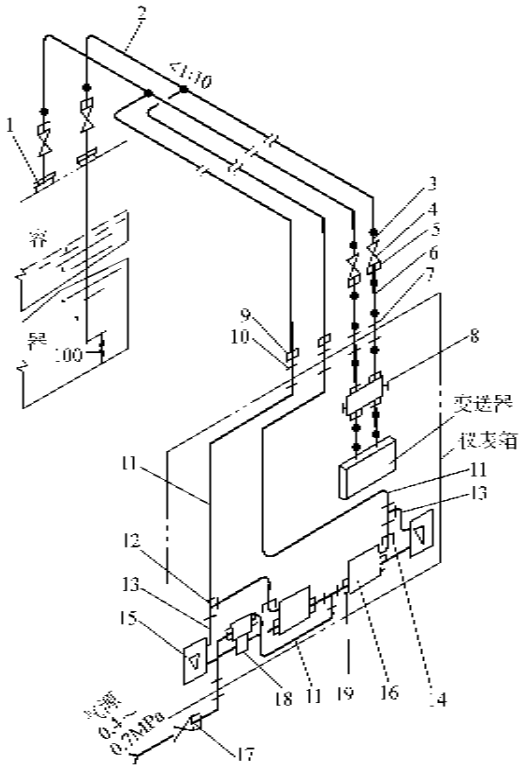
1) 法兰接管（件1）随锅炉设备带，其法兰为 *PN*4.0,*DN*20。

2) 阀（件12）当安装位置应视现场具体条件而定。或者装于导压三管（实线绘出A方案），或者装于导压支管（虚线绘出B方案）。如采用A方案，则件16、件19为连续紫铜管。

明 细 表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备　注
1	法兰接管 *DN*20, *PN*4.0	2			随工艺设备带
2	闸阀 Z41H-40,*DN*20	2			
3	螺栓 M12×60	16	35		
4	螺母 M12	16	25		
5	弹簧垫 12	16	65Mn		
6	垫片 *DN*20*PN*2.5	4	XB450		
7	法兰 *DN*20*PN*2.5	2	20		
8	无缝钢管 $\phi25\times3$, $l\approx100$	2	20		
9	双室平衡容器 *PN*6.4	1	20	YZ14-38	
10	管接头 14/M18×1.5	2	35		
11	直通终端接头 $\phi14/R1/2$	4	20	YZ5-1	
12	闸　阀　Z41H-25; *DN*15	2	25		
13	直通终端接头 $\phi14/R1/2$	4	20	YZ5-1	
14	无缝钢管 $\phi14\times2$	2	20		长度设定
15	闸　阀　Z11H-25; *DN*15	2	25		
16	紫铜管 $\phi10\times1$	2	T2		长度设定
17	管接头 14	2	35		
18	三阀组	1			变送器带
19	紫铜管 $\phi10\times1$, $l\approx150$	2	T2		B方案

图 16-73　差压法测量锅炉汽包水位的管路连接图（*PN*2.5；$t\leqslant300$℃）



安装说明

当测量腐蚀性介质的液体时，所用部件、零件及管道材质，应选用耐腐蚀材质。

明细表

件号	名称及规格	数量	材质	图号或规格号	备注
1	双吹气插管装置，方案B	1		JK4-26	
2	无缝钢管 φ14×2	2	10、20		长度设计定
3	直通螺纹接头 φ14/R½	2	Q235-A	YZ5-1	
4	球阀 Q11F-16C；DN15	2			
5	直通螺纹接头 φ14/R½	2	Q235-A	YZ5-1	
6	紫铜管 φ10×1	2	T2		长度设计定
7	管接头 12	2	Q235-A		
8	三阀组	1			变送器带
9	管接头 Z14/6	2	Q235-A		
10	管接头 J6	3	Q235-A		
11	紫铜管 φ6×1	2	T2		长度设计定
12	管接头 B6	2	H62		
13	尼龙管 φ6	1	尼龙1010		长度设计定
14	管接头 6	2	Q235-A		
15	玻璃转子流量计 160L/h	2			LZB-4型
16	恒差继动器 (01～1)×10⁵Pa	2			QFH-100型
17	球阀 QGQY1；DN10 G½/φ6	1	黄铜		
18	空气过滤减压器	1			QFH-111型
19	直通管接头 B6	6	黄铜		

图 16-74　吹气（差压）法测量压力容器内液位的管路连接图（双吹气插管，双吹式）

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。

2. 液压管道的安装

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。

3. 盘、柜、箱内的仪表管道的安装

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。

4. 气动信号管道的安装

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。

5. 气源管道的安装

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；

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。

6. 自动化仪表的管路和管道安装后的检查试验

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。

四、管路的脱脂

脱脂，简单地讲就是除去仪表、管路及所有部件的油污及有机物的作业。这是管路安装前必须进行的工作。

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。

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. 脱脂方法

1）有明显锈蚀的管道部位，应先除锈再脱脂。

2）易拆卸的仪表、控制阀和管道组成件在脱脂时，应将需脱脂的部件、附件及填料拆下，放入脱脂溶剂中浸泡，浸泡时间应为1～2h。

3）不易拆卸的仪表脱脂时，可采用灌注脱脂溶剂的方法，灌注后浸泡时间不应少于2h。

4）管子脱脂可采用在脱脂槽内浸泡的方法，浸泡时间应为1～1.5h。

5）采用擦洗法脱脂时，应使用不易脱落纤维的布或丝绸。不应使用棉纱，脱脂后严禁有纤维附着在脱脂件上。

6）用氢氧化钠溶液脱脂时，应将溶液加热至60～90℃，浸泡脱脂件30min，用水冲洗后再将脱脂件放入15%硝酸溶液中中和，然后用清水洗净风干。

7）经脱脂的仪表、控制阀、管子和其他管道组成件应进行自然通风或用清洁无油、干燥的空气或氮气吹干。当允许用蒸汽吹洗时，可用蒸汽吹洗。

3. 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%。

第七节　仪表柜及仪表的接线

仪表柜及仪表的接线与电气控制柜及电气仪表的接线工艺基本相同，要求也基本相同，敬请读者参阅第三章加工制作、第七章动力电路相关内容。这里将某 70t/h 的蒸汽锅炉控制柜接线图的部分列出，进一步讲述自动化仪表盘柜的接线工艺方法。

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。

1. 汽包水位自动调节接线图

图 16-75 是汽包水位三冲量自动调节的原理接线图，表 16-16 是其所用设备表。

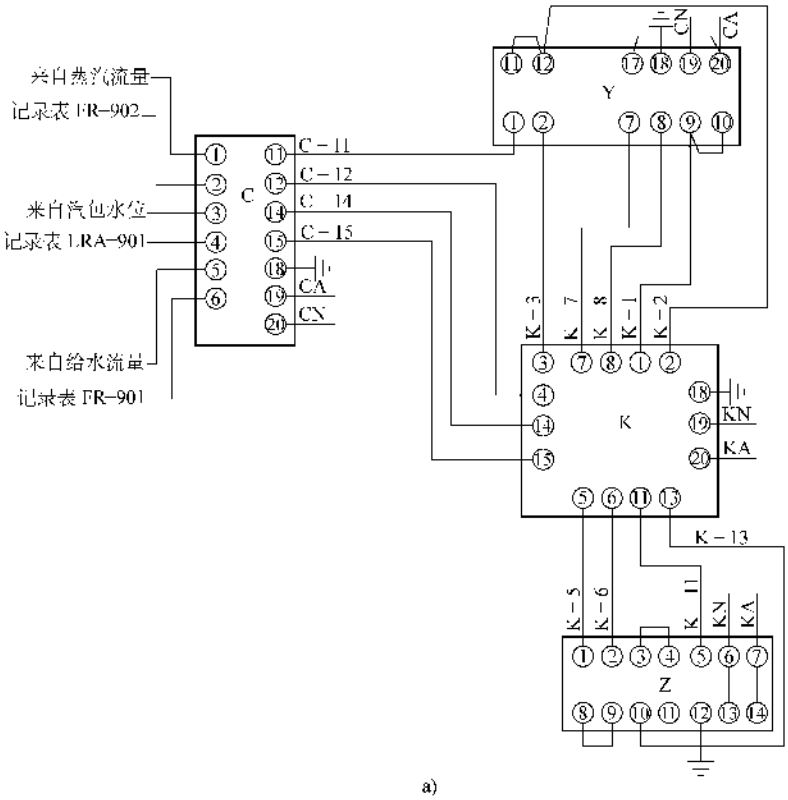
图 16-76 是控制盘内的接线图，该图不包括记录仪和开方器的接线，图中 CA、CN、KA、KN 是交流 220V 电源，N 为工作零线，C-1 ~ C-6 信号线的引入是由 FR901 给水流量记录仪、FR902 蒸汽流量记录仪和 LRA901 汽包水位记录仪引来的。图中线束中的 ⑬、⑮表示线束导线的根数。

2. 记录仪接线图

锅炉房蒸汽流量和给水流量是由 XWD-200 双笔记录仪记录的，接线图如图 16-77 所示，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。

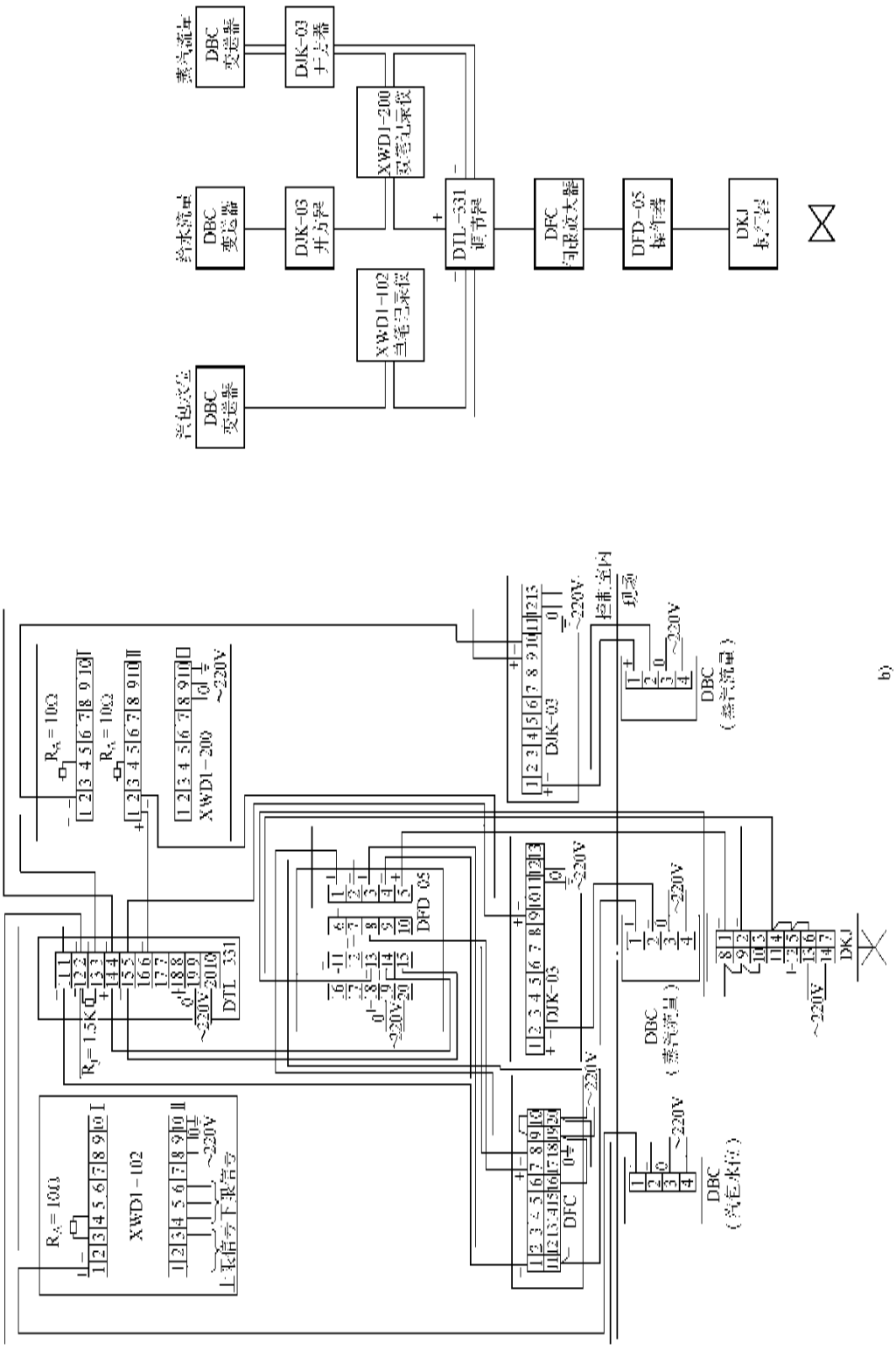
汽包水位是由 XWD-102 单笔记录仪记录的，接线图如图 16-78 所示，其中端子板上的 9 ~ 11（G、D、Z）端子是引至热工信号的报警信号，上限高位和下限低位均报警，其他同图 16-77。两台记录仪由现场到盘上的连接是用电缆完成的。

3. 动圈温度仪表的接线



a)

图 16-75　汽包水位三冲量自动调节原理图



b)

图 16-75 （续）

注：汽包高低水位信号可用水位记录仪中上限和下限信号接点组成报警系统。

表 16-16　汽包水位调节设备表

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

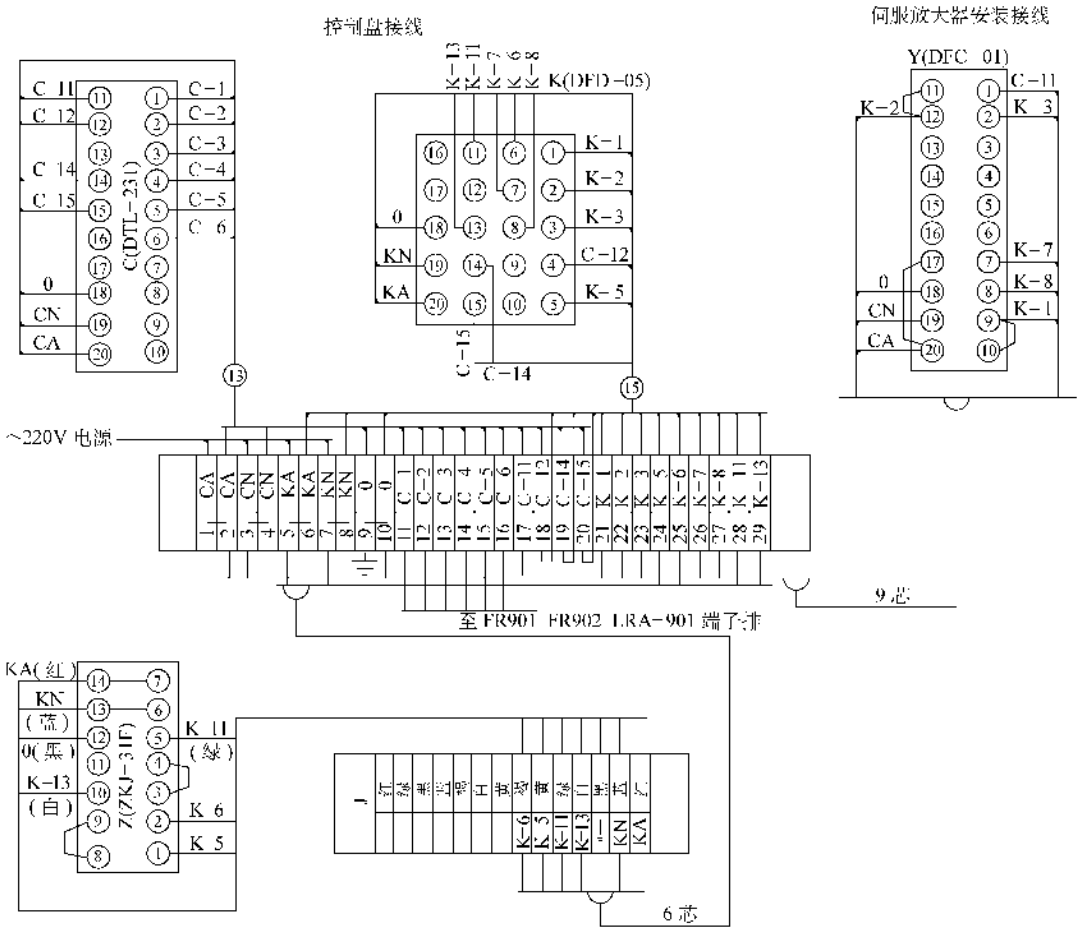


图 16-76　控制盘内汽包水位调节接线图

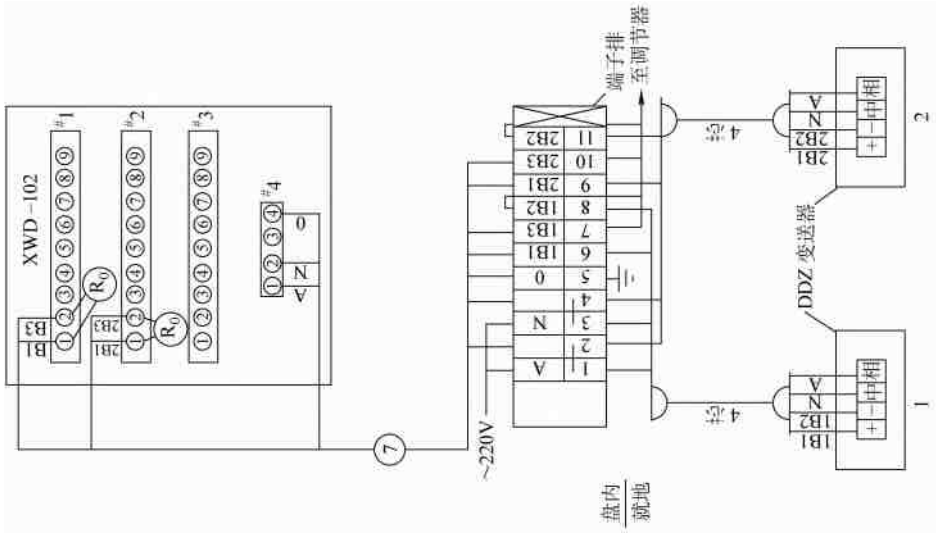


图 16-77 XWD-200 双笔记录仪接线图

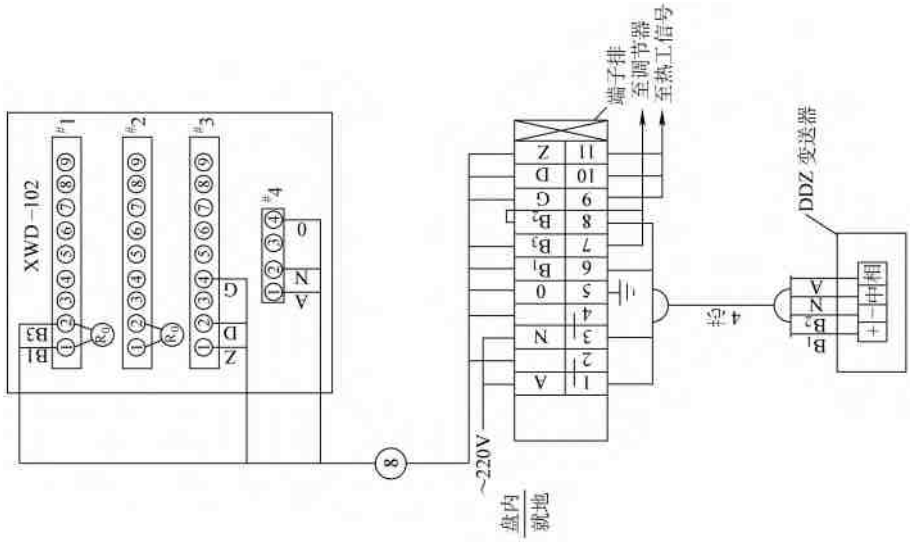


图 16-78 XWD-102 单笔记录仪接线图（上下限报警）

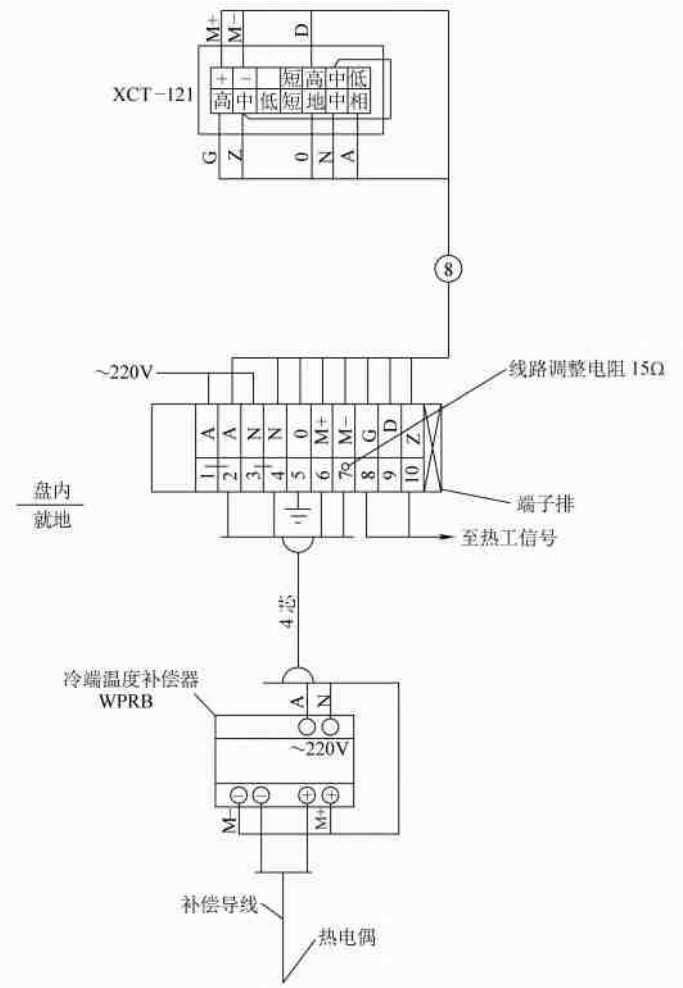


图 16-79　热电偶与动圈调节仪 XCT-121 的接线图

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，其接线图如图 16-79 所示，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，接线图如图 16-80 所示。该图是 6 只热电阻共用一块动圈温度表测量 6 个点的接线图，用 FK-6 型切换开关单点显示，此锅炉只用 3 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 16-81 是电动执行机构的原理接图，图 16-82 是控制盘上控制显示电动执行机构的接线图，表 16-17 是其设备元件表。

由图 16-81 可知，执行机构本身设行程开关两只 SBON（开）和 SBOF（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 16-82 中，A 为相线，N 为工作零线，盘上与现场用 6 芯电缆连接。

表 16-17　图 16-82 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

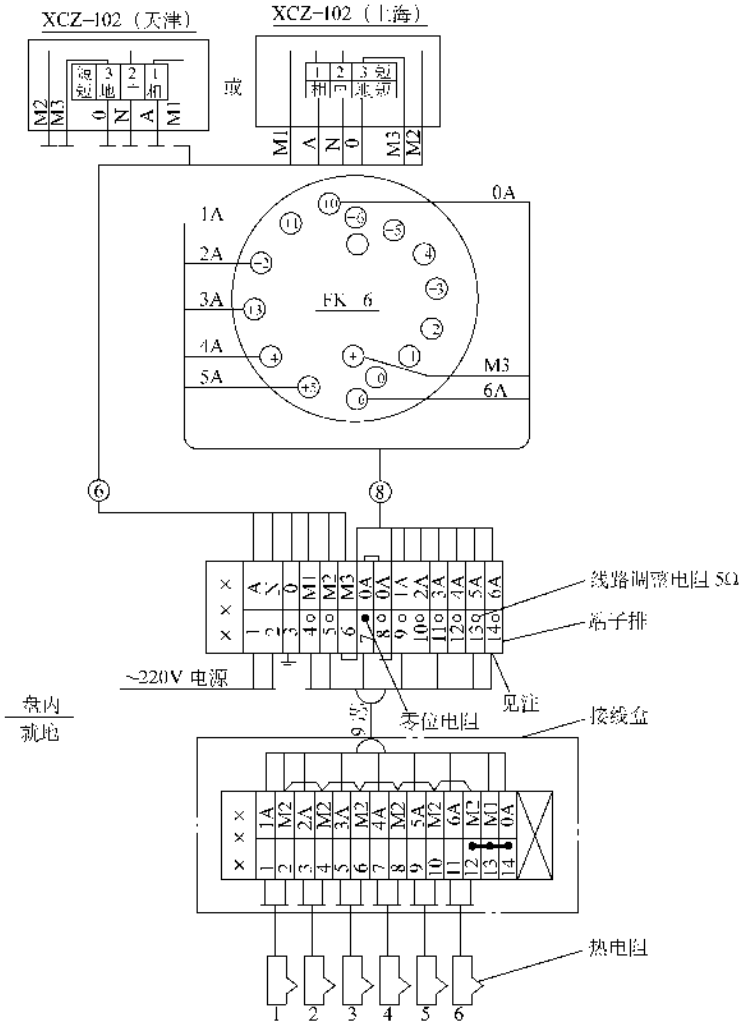


图 16-80　一只动圈表 XCZ-102 测量多点温度时的接线图（6 点）

注：当有备用点时，需将此处备用端子的接线并联到邻近测点端子上。

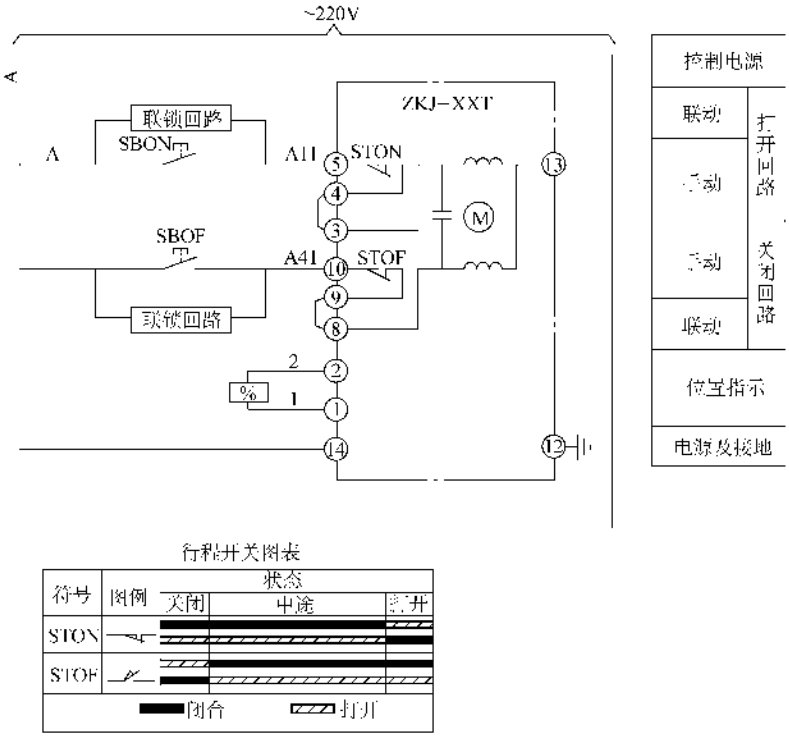


图 16-81　ZKJ 电动执行机构原理接线图

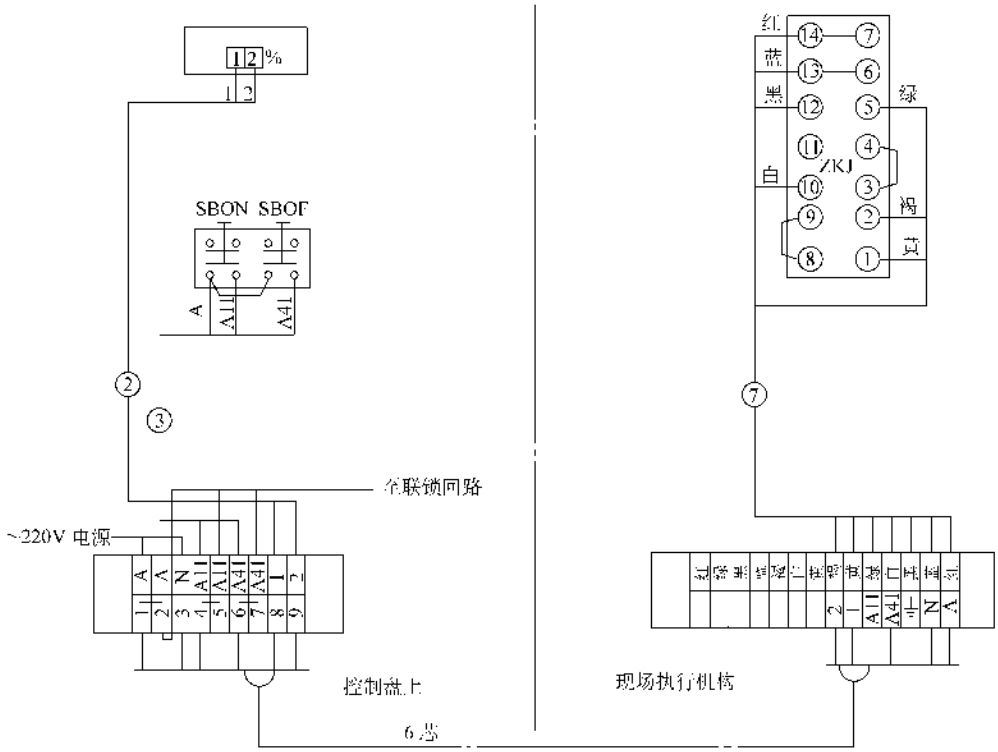


图 16-82　控制盘控制、显示及执行机构接线图

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，其接线图如图 16-83 所示。A、N 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。

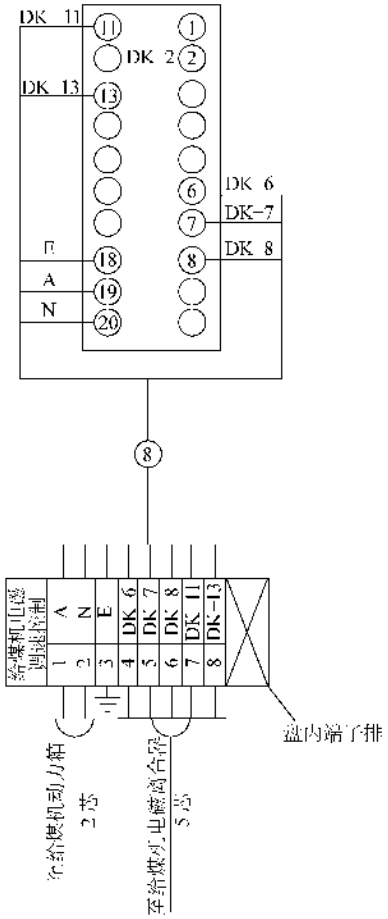


图 16-83 DK—2 型电磁调速控制器接线图

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，其接线图如图 16-84 所示。

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。

7. 二次风机电动机控制接线图（见图 16-85）

8. 炉排电动机控制接线图（如图 16-86）

9. 锅炉热工信号接线图

锅炉热工信号接线图如图 16-87 所示，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，汽包水位信号来自盘汽包水位记录仪 XWD-102，在前述内容中已提到了这点，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，如图 16-88 所示，其安装接线见图 16-94。

11. 锅炉微机控制系统单元接线图

单元接线图基本相同，且较简单，这里列出几个典型的例子供参考。

1）带显示仪表的温度测量及控制单元接线如图 16-89 所示。由图可知，这里采用的是带热电偶一体化的温度变送器，温度信号经配电器后，一是作为显示仪表的信号，二是引入微机控制系统。

2）无显示仪表的给水流量测量及控制单元接线如图 16-90 所示。给水流量是由 $\sqrt{\Delta P}$ 流量变送器测量的，流量信号经配电器后引入微机控制系统。

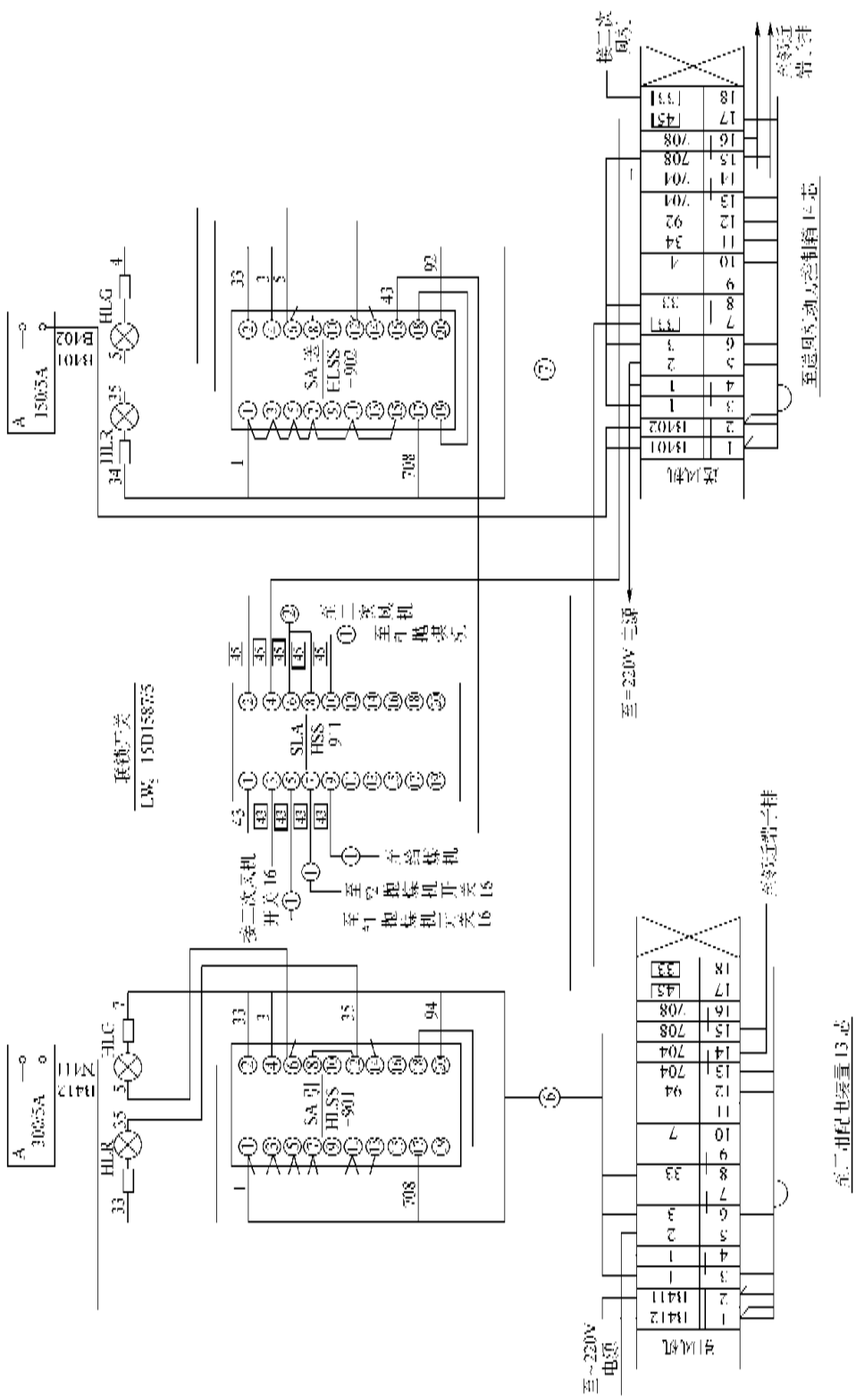
3）ZKZN 电动调节阀微机控制单元接线如图 16-91 所示。微机控制系统接收的有关给水流量的信号经运算后输出控制信号，这个信号给电动操作器、伺服放大器，使电动调节阀的开度变化而改变了给水的流量。在前述的仪表控制中，是由三冲量自动调节系统完成的，如图 16-75 和图 16-76 所示。

4）DKJ 电动执行机构微机控制单元接线如图 16-92 所示，可与前述图 16-81 和图 16-82 进行比较，请读者自行分析。

5）炉排转速调速微机控制单元接线如图 16-93 所示，可与前述图 16-83 进行比较，请读者自行分析。

12. 其他接线图

除了上述图样外，锅炉微机控制系统还有很多图样，这些图样与前述自动化仪表控制系统是对应的，这里不再一一列举。


至送风机电动机控制箱上端
至二次风机电动机控制箱上端
至二次风机
至送风机
至二次风机
至二次风机
至二次

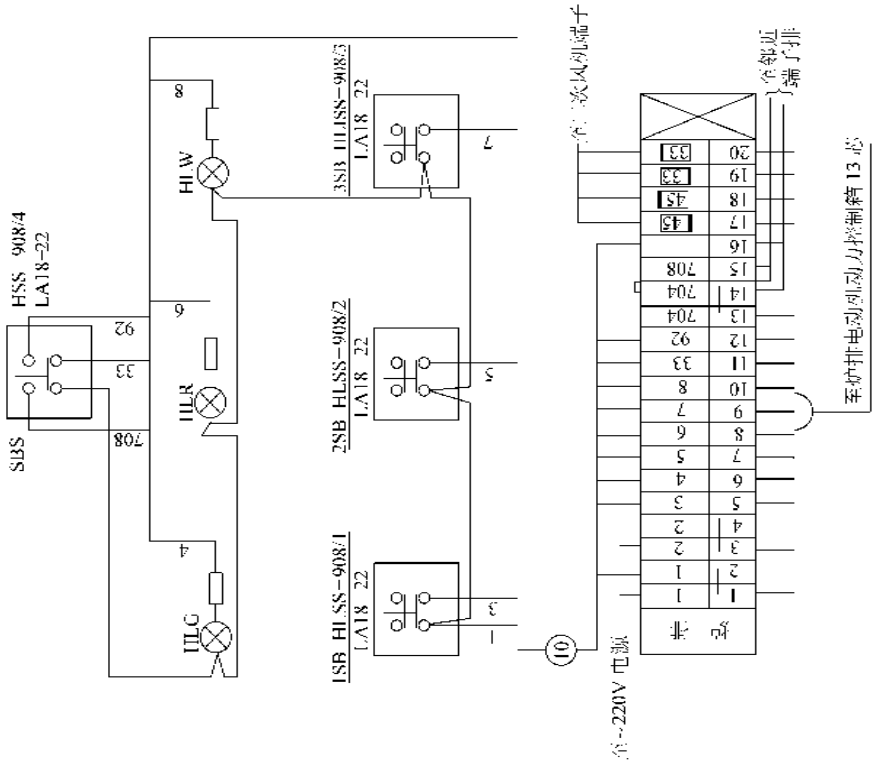


图 16-86 三速炉排电动机控制接线图

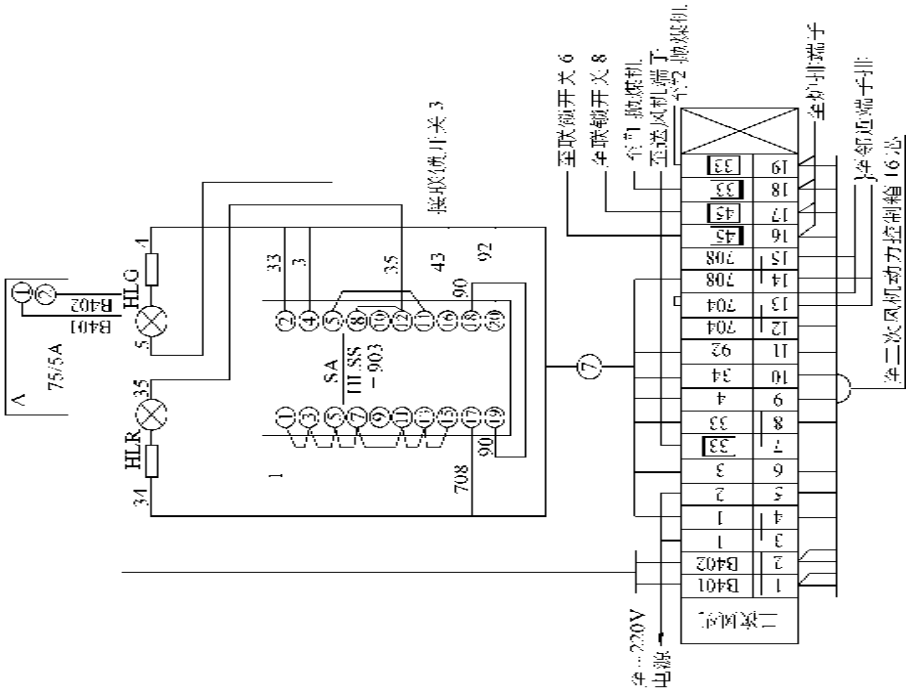


图 16-85 二次风机电动机控制接线图

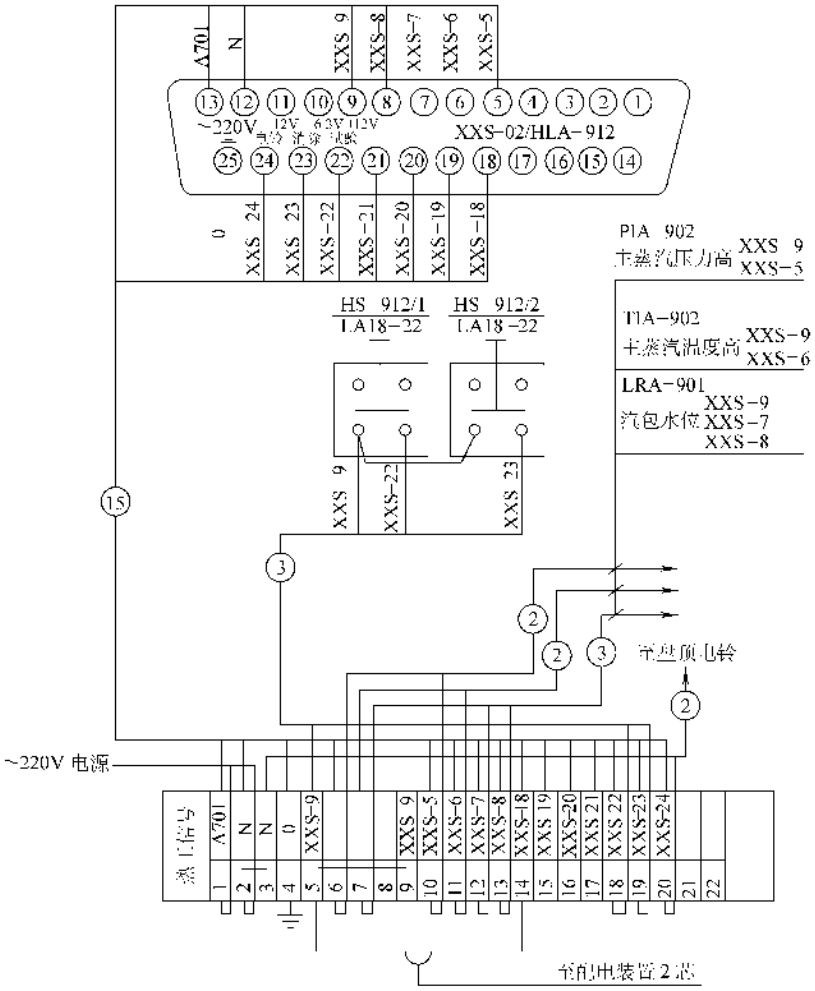


图 16-87　锅炉热工信号接线图

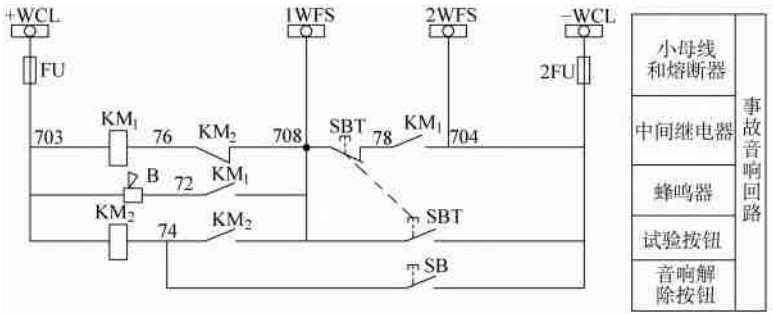
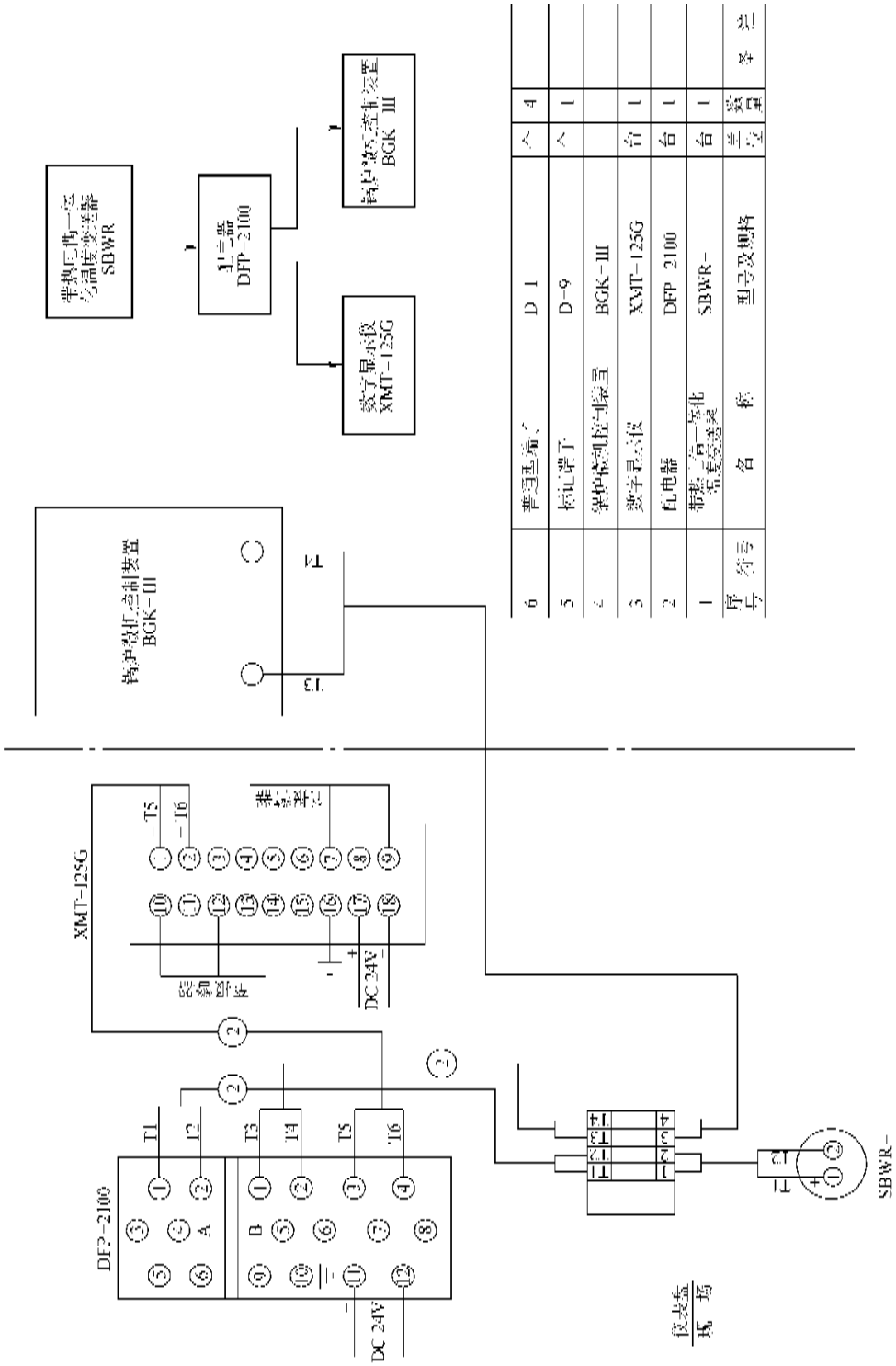
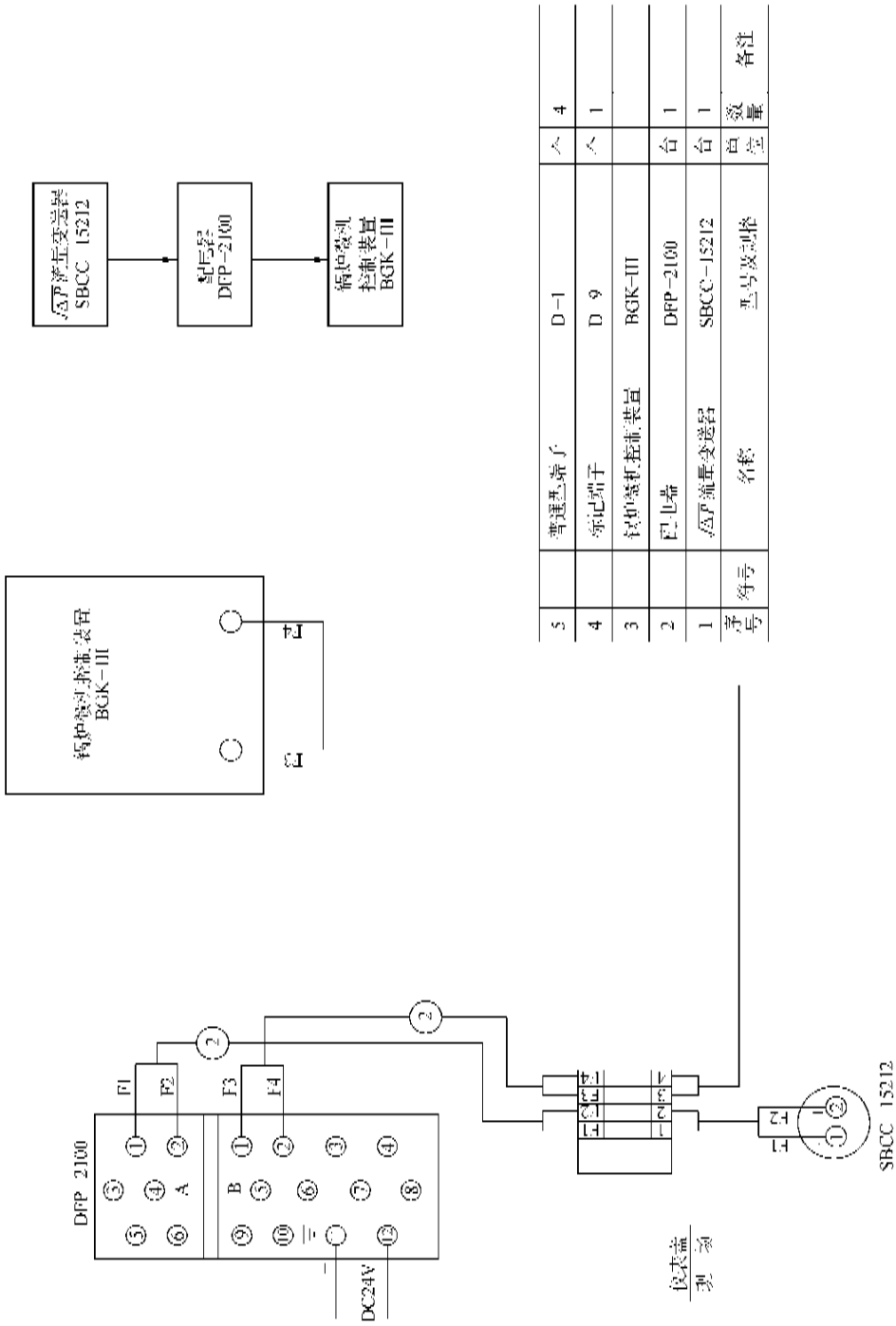


图 16-88　锅炉事故信号回路



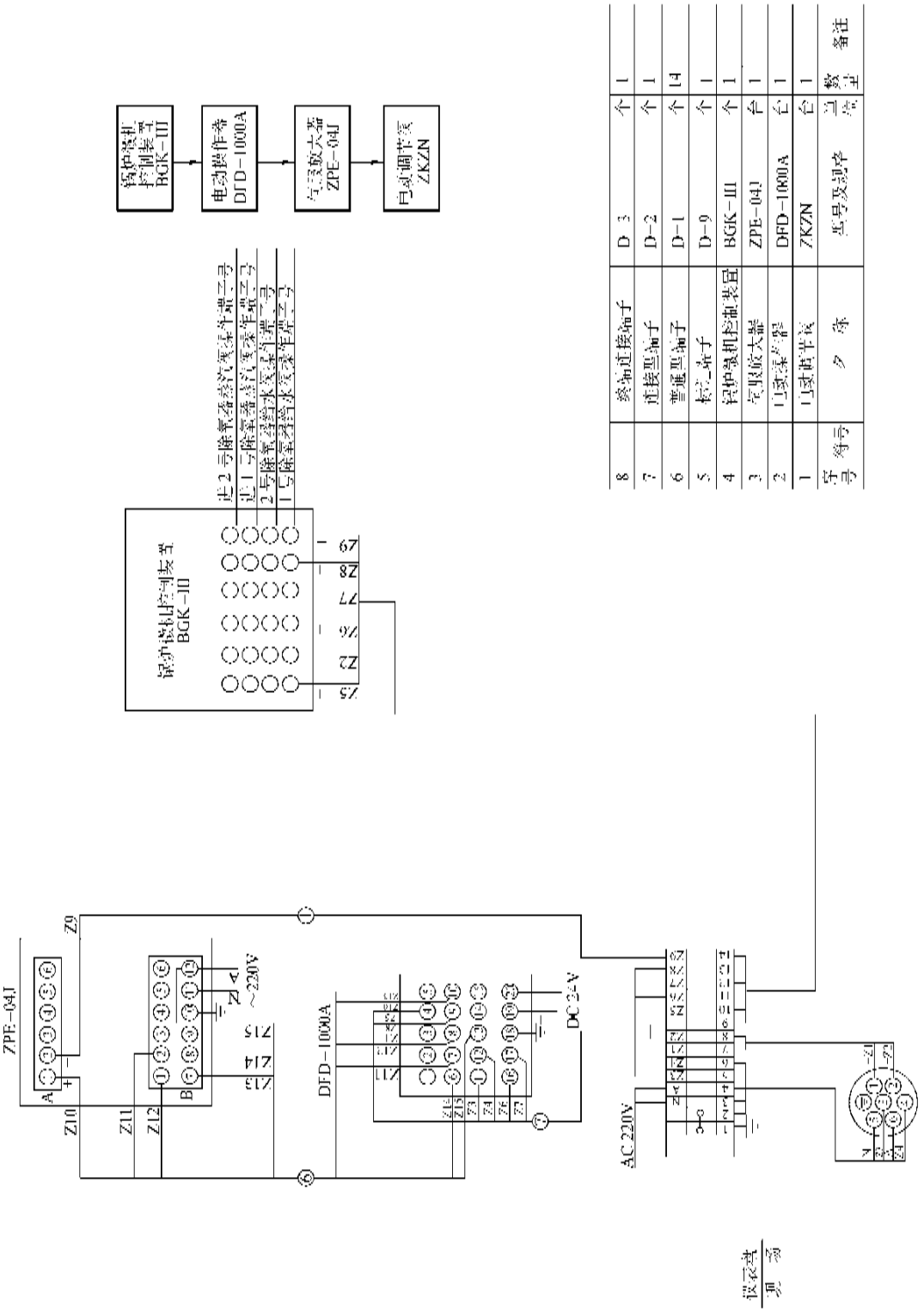
序号	符号	名称	型号及规格	单位	数量	备注
6		普通电缆	DJ	米	4	
5		接线端子	D-9	个	1	
4		钢护装置控制装置	BGK-III			
3		数字显示仪	XMT-125G	台	1	
2		巡检仪	DFP 2100	台	1	
1		带热电偶一定温度变送器	SBWR-	台	1	

图 16-89 带显示仪表的温度测量及控制单元接线图



序号	符号	名称	型号及规格	单位	数量	备注
1		总产流量变送器	SBCC-15212	台	1	
2		巴士器	DFP-2100	台	1	
3		锅炉燃烧控制装置	BGK-III			
4		示记灯	D 9	个	1	
5		带通熔断器	D-1	个	4	

图 16-90　无显示仪表的给水流量测量及控制单元接线图



序号	名称	型号及规格	单位	数量	备注
8	接线端子	D-3	个	1	
7	连接端子	D-2	个	1	
6	警报端子	D-1	个	14	
5	标定端子	D-9	个	1	
4	锅炉微机控制装置	BGK-III	个	1	
3	气动放大器	ZPE-04J	台	1	
2	电动执行器	DFD-1000A	台	1	
1	电动调节阀	ZKZN	台	1	

图 16-91 ZKZN 电动调节阀微机控制单元接线图

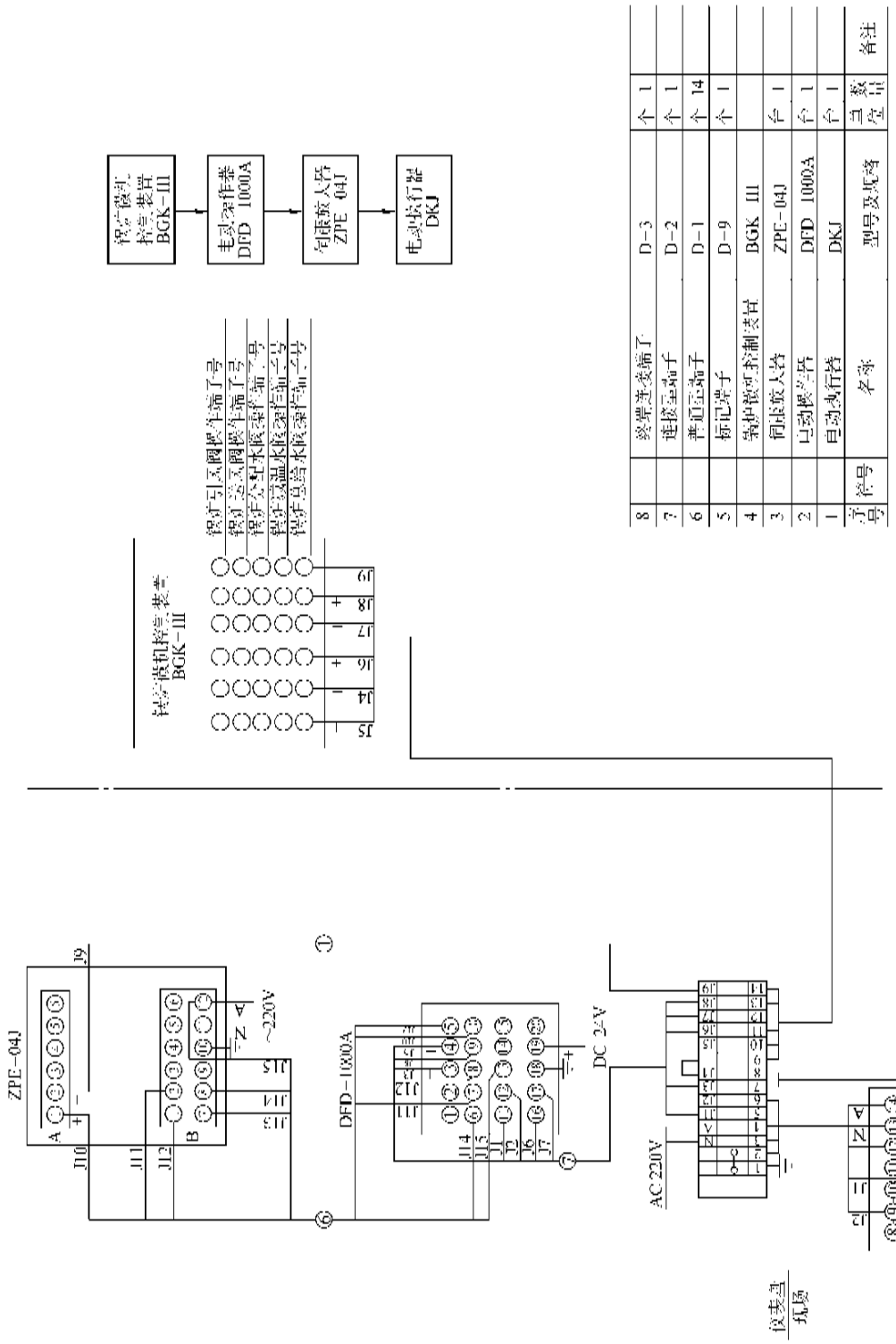
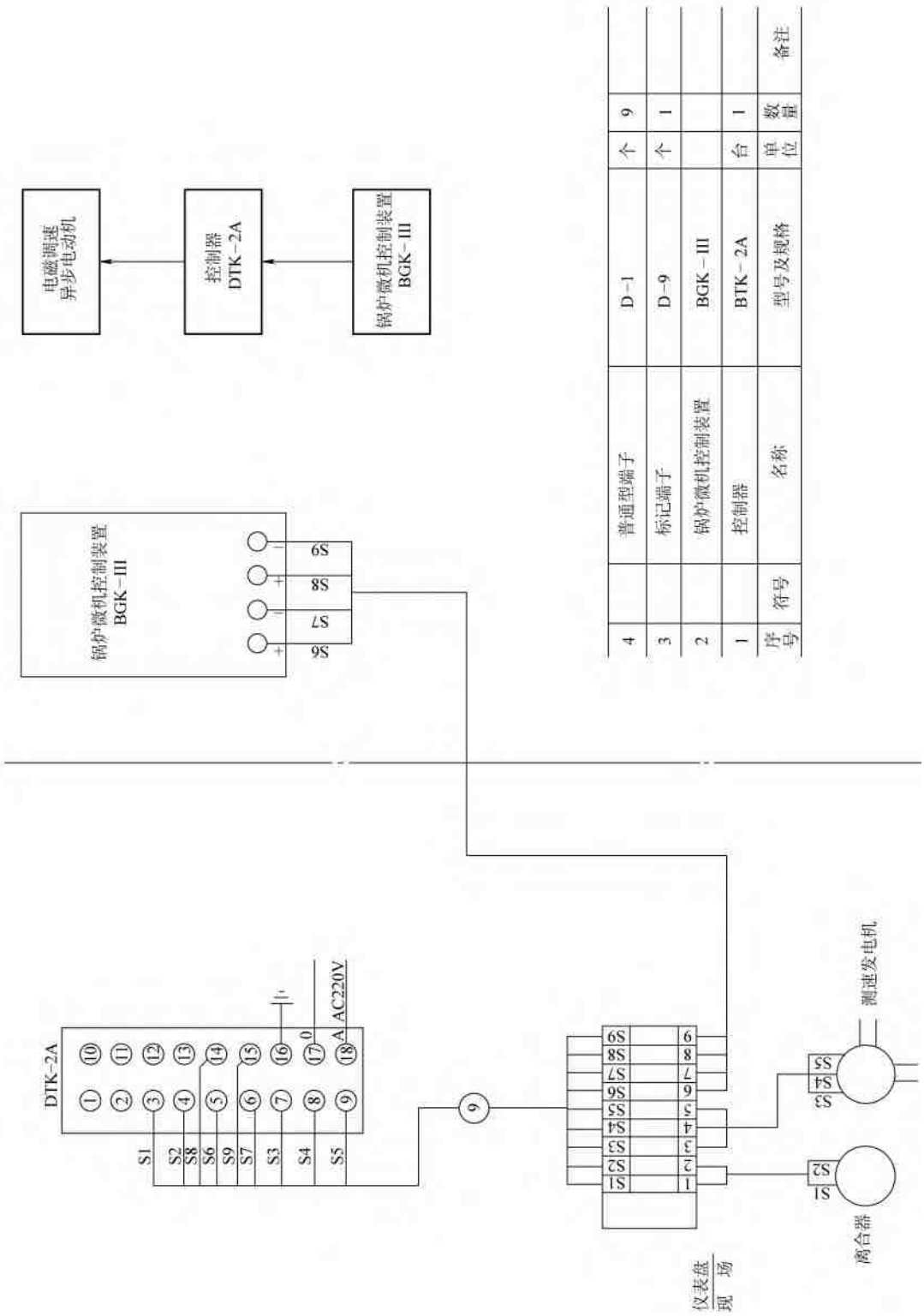


图 16-92　DKJ 电动执行机构微机控制单元接线图



序号	符号	名称	型号及规格	单位	数量	备注
4		普通型端子	D-1	个	9	
3		标记端子	D-9	个	1	
2		锅炉微机控制装置	BGK-III			
1		控制器	BTK-2A	台	1	

图 16-93 炉排转速调速微机单元接线图

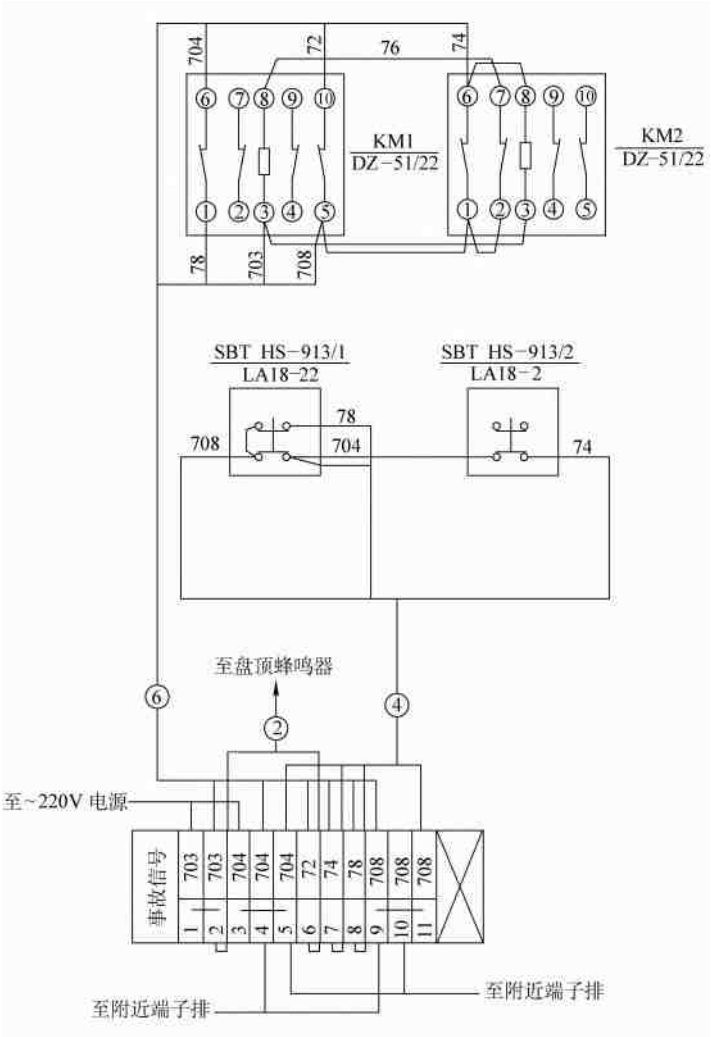


图 16-94　锅炉事故信号回路接线图

第八节　系统调整试验及投入试运行

自动化仪表及自动装置经过施工准备、校验/检定、线缆安装敷设、设备元件安装、系统管路安装、系统接线后已具备了系统调整试验及投入试运行的条件。自动化仪表及自动装置系统调整试验及投入试运行与电气工程系统调整试验及试运行基本相同。不同的是试验时，温度、压力、差压、分析等信号应有模拟装置。

一、调整试验及试运行的准备工作

1）收集整理系统中所有仪表、元件、装置的校验/检定记录，并核对其可靠性，对没有记录的要单独重新进行校验/检定，出具记录。

2）从取源部件、传感器、变送器、仪表、执行器到仪表柜箱及整个系统（包括电源）仔细查线、核对接线是否正确可靠，并与安装使用说明书或图样对照，确保接线正确可靠。

3）从取源部件、传感器、变送器到盘柜仔细核对仪表管路是否正确，并核查气密试验记录，没有记录的要单独重新进行气密试验，出具记录，确保系统管路正确无误，核对时应与安装使用说明书或图样对照。

4）检查系统中所有仪表、元件、装置的安装质量及其管线进出的正确性。

5）与其他专业、建设单位沟通，确认其设备装置的状态，确认是否具备系统调试及试运行的条件，

出具书面文件。

6）清理现场、准备调试用的设备装置材料、进行人员分工、制订纪律和要求、准备记录纸和笔。

7）制订调试方案和试运行方案，并向所有人员交底，提出注意事项和关键部位的要求。

8）与电气专业的技术人员沟通，并请其协同搞好调试工作，及时开启电源及其动力装置。

9）提出安全注意事项，设置安全设施。

10）制订应急预案，准备必要的消防器械和交通工具、急救药品等。

二、系统调整试验

主要包括平台仪表及其附件的校准和试验、仪表电源设备的试验、综合控制系统的试验和回路试验等。

1. 一般规定

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。

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；

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 记录机构的画线或打印点应清晰，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 2.—5）条要求外，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。

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及安全防护采取必要措施。

三、投入试运行

（一）自动化仪表及自动装置投入试运行的条件

1）仪表、元件、装置单体校验/检定合格；

2）系统接线已查线，接线正确牢固；

3）系统管路已核对，气密试验合格；

4）仪表、元件、装置安装质量合格；

5）系统调整试验（包括模拟试验）已进行，且符合设计要求；

6）电气系统已验收合格；

7）被控设备或系统已具备试运行条件。

（二）投入试运行的程序

投入试运行的程序可按系统车间、房号依次进行，具体程序如下：

1）温度测控系统，将每个子系统按顺序一一分别试投入后关闭，处理出现的问题；

2）压力测控系统，其他同上；

3）流量测控系统，其他同上；

4）物位测控系统，其他同上；

5）机械量测控系统，其他同上；

6）其他测控系统，其他同上；

7）相连系统按顺序分别同时投入，并调整相关量，使系统达到平衡。

8）所有测控系统同时投入，调整相关量，使系统达到平衡，试运行72h。

9）每项试投入时：先模拟，后实际；先接通仪表设备电源，后观测显示仪表；先调整变送器，后调整计算控制元件；先观测控制结果，后调整执行器；先观测、后调整，最后定值。

（三）投入试运行的方法

1. 热电偶测温线路的投入

以热电偶多点测量为例，测温线路投入步骤如下：

1）打开显示仪表上防止运输时指针摆动的短路线。

2）将切换开关切换到零位（或拆下显示仪表接线柱的任意一根导线），用螺钉旋具转动仪表前的指针定位螺钉，使仪表指示于冷端补偿温度上（此温度值标在冷端补偿器铭牌上，一般为0℃或+20℃）。

3）恢复仪表接线，投入冷端补偿器电源（测量其输入电压为直流4V）切换开关切换到任一点热电偶上，若此时热电偶的热端温度高于冷端温度，则显示仪表指示出相应的热端温度值；若此时热电偶的热端处于室温状态，冷端的温度又较补偿温度为低，则仪表指针应向减小的方向移动；反之，指针应向增大的方向移动，其减小、增大的数值应等于冷端温度与补偿温度的差值。

4）热电偶测温线路投入后的常见故障及处理

① 显示仪表无指示：对于热电偶单点测量线路，可用便携式电位差计或数字万用表按下列顺序逐段测量线路的热电势，缩小故障范围，找出故障部位，加以消除。

对于热电偶多点测量线路，应先将切换开关顺序切换一遍，若各点都无指示，则应检查显示仪表；若只有某几点不指示，则应检查切换开关是否接触不好或断线；如仍无指示，则可按上述方法检查热电偶线路的故障部位。

② 显示仪表指示异常：按照上述方法用便携式电位差计确定故障部分，以便修理。热电偶测温线路可能发生的仪表指示异常现象和原因分析见表16-18。可能发生的仪表指示异常现象分析如下：

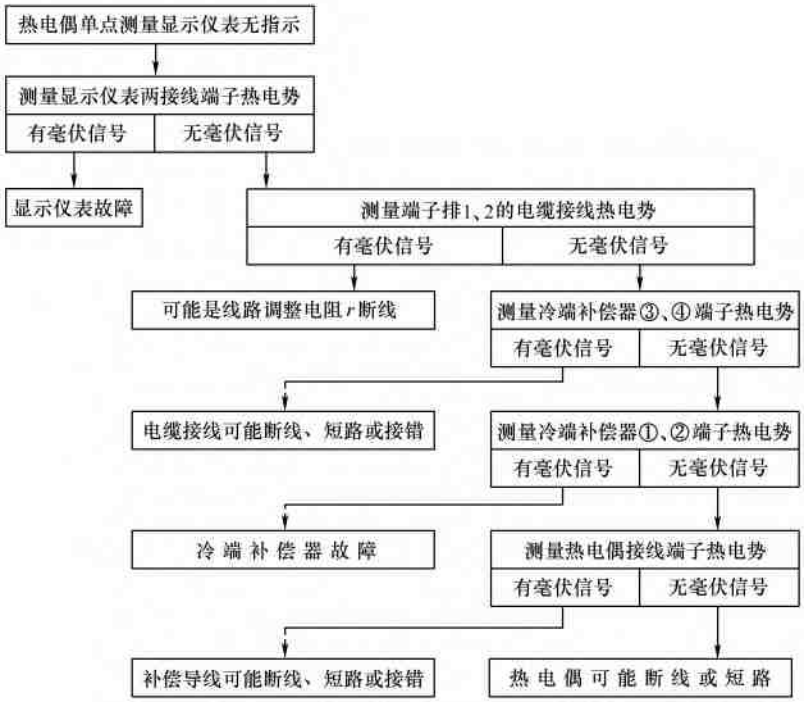


表 16-18　热电偶测温线路中仪表指示异常分析

故障现象	原因分析	修理方法
指示偏低	1）热电偶变质； 2）热电偶的热接点将要断开； 3）热电偶受潮、有灰尘等原因而漏电或短路； 4）热电偶接线端子（胶木型的）因高温损坏而漏电； 5）补偿导线与热电偶的极性接反； 6）补偿导线绝缘不好或短路； 7）在冷端温度高于补偿温度的情况下，冷点补偿器电源消失； 8）在冷端温度高于补偿温度的情况下，补偿电源接反（断电后指示增大）； 9）线路调整电阻偏大； 10）切换开关接触不良，接触电阻大； 11）接线端子接触不良； 12）热电偶、补偿导线、冷端补偿器、显示仪表的分度号不符	1）更换热电偶； 2）重新焊接热接点； 3）将热电偶烘干，清理干净；若由于瓷管绝缘不良，应予更换； 4）换用瓷接线柱； 5）补偿导线在热电偶处的接线以及补偿导线在接线盒处的接线，同时改接极性； 6）将短路处重新绝缘，或换补偿导线； 7）检查后送电； 8）重新改接； 9）测量阻值后，重新配制； 10）用酒精清洗切换开关的接触铜片，调整好动触头的压紧螺钉； 11）紧固接线端子螺钉； 12）更换设备，使之型号相同

（续）

故障现象	原因分析	修理方法
指示偏高	1）热电偶变质； 2）在冷端温度低于补偿温度情况下，冷端补偿器电源消失； 3）在冷端温度低于补偿温度情况下，冷端补偿器电源接反（断电后指示减小）； 4）线路调整电阻短路或偏小； 5）热电偶、补偿导线、冷端补偿器、显示仪表的分度号不符	1）更换热电偶； 2）检查后送电； 3）重新改接； 4）消除短路或重新配制； 5）更换设备，使之型号相同
指示摆动	1）热电偶热端已断，但有断续连接现象； 2）热电偶安装不牢固，发生摆动； 3）线路连接端子、切换开关等接触不良； 4）线路有断续短路或接地	1）重新焊接热端； 2）将热电偶安装牢固； 3）紧固各接线端子螺钉，清洗切换开关的接触铜片； 4）找出短路处或接地处
指针指向刻度终端	一般是由于冷端补偿器的直流 4V 电源串入显示仪表	立即断开电源，检查线路，清除故障点
指针反方向指示	热电偶的极性接反	在多点测量线路中，若此现象各点都出现，可将显示仪表两接线调换；若此现象只在切换开关到某一点时出现，则应将此点的补偿导线在热电偶处的接线以及补偿导线在接线盒处的接线同时改换极性

2. 热电阻测温线路的投入

以热电阻多点测量为例，测温线路投入步骤如下：

1）打开动圈仪表上防止运输时指针摆动的短路线。

2）在仪表未投入电源以前，调整好指针的零位。

3）投入仪表电源，切换开关切换到零位，仪表指示为零；逐点转动切换开关，仪表指针应指示到相应的温度值。

4）热电阻测温线路投入后的常见故障及处理：热电阻测温线路投入后发生异常时，应首先判断是显示仪表还是线路的故障。对于热电阻多点测量线路，若各测量点的现象是一样的，则可判断故障在仪表内部或在线路公用部分；若只有其中一点或数点有异常而其他测量点正常，则指示异常的测量点有故障。

对于热电阻单点测量线路，可拆下显示仪表 1、2、3 接线端子上的导线，将 1、2 短接，2、3 接一电阻箱。改变电阻箱的电阻值时，若指示随电阻箱的变化而变化，示值与电阻值能基本对得起来，则故障发生在线路上；否则故障在仪表本身。

热电阻测温线路可能发生的故障及原因见表 16-19。

表 16-19　热电阻测温线路可能发生的故障及原因

故障现象	原因分析	修理方法
仪表指示值无限大	热电阻所在桥臂上的线路断路，如热电阻、接线端子、切换开关、线路调整电阻等断路	用万用表逐段检查断路部位，修复或更换
仪表指示反向	1）热电阻桥臂上的线路短路，如热电阻接线端子等短路； 2）XCZ-102 动圈指示仪接线端子“2”的线路断路； 3）XCZ-102 动圈指示仪接线端子“2”与“3”接线接反； 4）三线制接线的负电源线在热电阻接线端子上的线号接错	1）用万用表逐段检查短路部位，修复或更换 2）用万用表逐段检查断路部位，对其进行修复； 3）重新换接； 4）查对线号

（续）

故障现象	原因分析	修理方法
指示偏高	1）热电阻桥臂上的电阻过大，如热电阻温度计电阻值、线路调整电阻、切换开关和连接导线的接触电阻等过大； 2）另一桥臂的电阻过小，如该桥臂线路调整电阻短路或过小等； 3）电源电压过高	1）用万用表逐段测量电阻值，检查故障部位，对其进行修复； 2）用万用表逐段测量该桥臂线路电阻，检查故障部位，对其进行修复； 3）用万用表测量电源电压值，调整电压至规定值
指示偏低	1）热电阻桥臂上的电阻过小，如热电阻温度计局部短路或受潮后绝缘性能降低，线路调整电阻短路或过小等； 2）另一桥臂的电阻过大，如该桥臂的切换开关和连接导线接触电阻、线路调整电阻过大等； 3）电源电压过低	1）用万用表逐段测量阻值，检查故障部位，对其进行修复； 2）用万用表逐段测量阻值，检查故障部位，对其进行修复； 3）用万用表测量电源电压值，调整电压至规定值
指示波动	1）热电阻保护套管内有水，引起断续短路； 2）线路连接点或供电线路上有接触不良的现象	1）将水清除，并将热电阻干燥至绝缘良好； 2）用万用表逐段测量阻值，检查故障部位后，使接点接触良好

3. 压力表的投入程序

1）开启一次阀门，使导管充满介质。

2）二次阀门为三通门时，缓缓开启排污手轮，用被测介质冲洗导管。干净后，再关闭排污手轮。

3）缓慢开启二次阀门（蒸汽或高温介质的压力表，应待导管内有凝结水或高温介质温度已降低至不烫手时，才开启二次阀门），投入仪表。

4）测量蒸汽或液体的压力表投入后，如指针指示不稳或有跳动现象，一般是导管内有空气，装有放气阀门的应进行放气。未装放气阀门的，可关闭二次阀门，将仪表接头稍稍松开，再稍稍打开二次阀门，放出管内空气。待接头有液体流出来后，再关紧二次阀门，拧紧接头，重新投入仪表。

5）多点测量的风压表投入后，应逐点检查指示是否正常。

6）真空压力表投入后，应进行严密性试验。在正常状态下，关闭一次阀门，5min 内指示值的降低不应大于 3%。

4. 差压仪表的投入程序

（1）冲洗仪表导管

1）关闭差压仪表的正、负压门，打开平衡门。

2）开启排污门，缓缓打开一次阀门，冲洗导管。

3）关闭排污门。

（2）准备启动仪表

待导管冷却后，再启动仪表；若管路中装有空气门，应先开启一下空气门，排除空气后，才能启动仪表。

（3）仪表的启动

1）检查仪表平衡门是否已处在开启位置。

2）渐渐开启仪表正压门。当测量介质为蒸汽或液体时，待充满被测凝结水或液体后，松开仪表的正、负测量室的排污螺钉。待介质逸出并排净气泡后，拧紧排污螺钉，然后检查仪表各部分是否有渗漏现象，并检查仪表零点。

3）关闭平衡门，逐渐打开负压门，此时仪表应有指示。

（4）仪表投入后的检查

1）在运行过程中，如要检查导管及仪表是否工作正常，可稍开排污门。开正排污门时，仪表指示应减小；开负排污门时，仪表指示应增大。

2）在运行过程中，如要检查仪表零位，可先打开平衡门，再关负压门，从而进行观察（切勿在平衡门，正、负压门都在打开位置时，检查仪表零位）。

3）在运行过程中，如要进行排污冲洗时，必须注意先打开仪表平衡门，再关闭正、负压门，然后打开排污门，以免仪表承受过大的单向静压。

5. 补偿式平衡容器水位表的投入

水位表投入前，先关闭汽包与平衡容器相接的蒸汽管上的一次阀门，打开连接下降管的排水管的上、下两个阀门，炉水即由排水管流入平衡容器，充满正压恒位水槽。然后冲洗导管，待导管内凝结水冷却后，打开汽包与平衡容器相接的一次阀门，水位表即可投入。

6. 带隔离容器的仪表投入

带隔离容器的仪表在投入前，应先将仪表内的残余介质排除，并检查各连接接头已拧紧，再从隔离容器的上堵头处灌入隔离液。当仪表为差压表时，应同时把差压表的三个阀门全部打开，在一个隔离容器内灌注液体，并稍开差压计测量室的排污螺钉，排出空气后，再拧紧排污螺钉，继续灌注液体，直到由另一个隔离容器内溢出时为止，然后把差压表上的正、负压门同时关闭。

隔离容器灌液后，仪表即可投入运行。在运行中应检查是否有泄漏，防止隔离液漏光、腐蚀介质进入仪表。

7. 差压测量仪表校验和注意事项

1）利用节流装置测量流量时，由于被测流量是与差压的平方根成正比例关系，因此仪表的流量指示值应为差压值的方根值。表计常用的显示方法有：

① 指示式流量表的标尺采用方根刻度。

② 差压变送器输出电流（或电压）与差压值成正比例关系，欲使显示仪表的指示与变送器电流或电压亦成正比例关系，则显示仪表的流量标尺应采用方根刻度。

③ 差压变送器的输出电流与差压值成正比例关系，经电子开方器后输入给显示仪表，则显示仪表的流量标尺便采用比例刻度。

④ 差压变送器（如差动变压器式差压变送器）的输出信号与差压值成正比例关系，显示仪表（如电子差动仪）采用平方特性的凸轮作为反馈，则显示仪表的流量标尺为比例刻度。

⑤ 差压流量变送器（如 DBL 型）在反馈回路内接入一个平方转换器，则变送器的输出电流就和被测的流量成正比，显示仪表的流量标尺采用比例刻度。

2）利用平衡容器产生差压，测量受压容器水位时，由于差压值是随着被测水位的升高而减小的，因此仪表的水位指示值与差压值成正比例关系而方向相反。一般仪表的指针机械零位在左边，标尺刻度都是从左向右增大，不能满足上述要求。解决方法是：

① 指示式水位表的导管连接采用正接，表针机械零位仍在左边，将标尺刻度改为从左向右减小。这样，水位最低时（差压值最大）水位表指示值最小。

② 差压变送器的导管连接采用正接，其输出电流与差压值成正比例关系。将指示式显示仪表指针的机械零位改在右边，并将显示仪表与变送器输出电流的连线反接，显示仪表标尺上的指示值由左向右增大。在差压增大时（水位降低），显示仪表接收负信号，指针就由右向左向水位标尺减小的方向移动。

③ 差压变送器（如差动变压器式差压变送器）的导管连接采用正接，变送器与显示仪表（如电子差动仪）两差动变压器二次侧之间的连接线反接，则差压增大时显示仪表接受负信号，指针向水位刻度减小的方向移动。

④ 差压变送器（如电动单元组合仪表的差压变送器）的导管连接采用正接，显示仪表（如电子电位差计）与变送器输出电流的连线采用反接，并在显示仪表输入端接入恒流单元输出的 10mA 电流，使显示仪表输入为恒流单元与变送器输出的差值，如图 16-95 所示。在最高水位时（变送器输出电流为 0mA），显示仪表接受恒流单元输出的 10mA 电流，指针指向右边（指示最高水位），随着水位的降低，差压值增大，变送器输出电流增大（与恒流单元的差值减小），显示仪表的指针向水位刻度减小的方向移动。

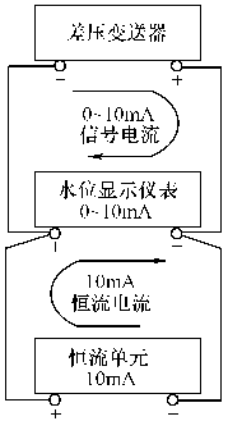


图 16-95 显示仪表接入信号电流与恒流电流差值的接线图

⑤ 差压变送器（如电动单元组合仪表变送器）的导管连接采用反接（即水位测点的正压管接至变送器的负压侧；负压管接至正压侧），对变送器进行零点负迁移，使水位最低时（差压为负的最大）变送器的输出电流为零，显示仪表指针在左边（最低水位），而水位最高时，变送器输出电流为 10mA，显示仪表指示最高水位。

压力测量仪表不存在上述问题，其指示值与压力值成正比例关系，因此，无论是指示式仪表或与变送器配套的显示仪表，都是均匀刻度，各校验点的示值与输入值成正比例。

8. 流量仪表的投入

1）按“4. 差压仪表的投入程序”对蒸汽流量、汽包水位、给水流量的取源管道进行检查和测试，管路必须畅通无阻。

2）用数字万用表测试蒸汽流量、汽包水位、给水流量三台变送器的输出（以实际量为准）。

3）用数字万用表测试比例积分调节器的输出，这时应观测伺服放大器的动作情况（先自动、后手动），并观测执行器的动作情况：

① 如果汽包水位较高，可适当调小给水流量；

② 如果蒸汽流量较大，可适当调大给水流量；

③ 同时记录反馈信号的大小，如果反馈较小应适当调大，并观察基本平衡点的量并将其记录锁定；

④ 如果汽包水位较低，可适当调大给水流量；

⑤ 如果蒸汽流量较小，可适当调小给水流量；

⑥ 同时记录反馈信号的大小，如果反馈量较小应适当调大，并观察基本平衡点的量并将其记录锁定。

用上述方法反复测试调整，最终使系统达到平衡。也就是蒸汽流量较大时，给水流量增加，保证水位不高于上限；蒸汽流量较小时，给水流量减小，保证水位不低于下限。因为系统采用负反馈，反复耐心调整可达到基本满意结果。

流量调试投入较为烦琐，要耐心、细心，不要急于求成，调整时切记要微调。

仪表系统的投入内容很多，这里仅以常见的为例讲述，读者可在其中摸索规律和经验，其实也不难，世上无难事，只怕有心人。

第九节　智能数字测量控制仪表的安装及调试

前述章节对传统仪表和部分微机仪表控制装置以及数—模转换等内容进行了详尽的讲述，这是自动化仪表（包括智能数字仪表）的基础，没有这个积淀去直接接触智能数字测量控制仪表是非常困难的。

在自动化仪表的发展过程中，智能数字测量控制仪表的出现是正常的，这是随着电子技术、数字技术、微机技术、人工智能技术的发展而出现的，同样传统仪表的技术也是其发展的基础，也是处处分不开的，两者的结合永远是自动化仪表发展的主题。

智能数字测量控制仪表的主要功能先是将采集到的信号（数字信号或模拟信号）送入到具有对数据处理存储、转换运算、逻辑判断、自动化操作等自动控制功能的控制器中，然后将其再进行信号转换输出，通过接口实现对系统的自动检测、显示、控制、调节，使系统实现自动化，简化了传统仪表中复杂的调节控制系统。其他，传感器、变送器、检测元件、取原部件、执行器等与前述基本相同，也是智能数字仪表不可缺少的部件。

由图 16-96 可以看出，传感元件的信号或电气元件的信号直接输入仪表，仪表便可自动输出执行信号，由执行机构或电气元件去调节被监控对象的数据，使系统按预定的程序去测量显示、调节、控制，完成自动控制的功能。有关信号隔离技术请参见第十八章第八节。

一、智能数字测量控制仪表基本结构及功能

智能数字测量控制仪表主要有模拟量输入自动控制仪表，脉冲量、开关量、数字量输入自动控制仪表，积算功能自动显示仪表，以及其类型的自动控制显示仪表，见表 16-20 ~ 表 16-23（部分举例）。

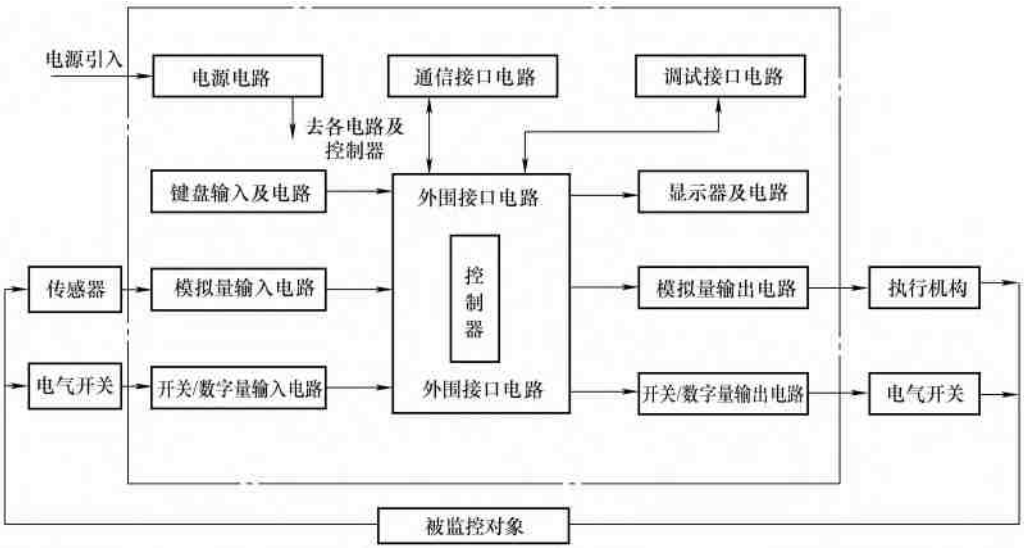


图 16-96　智能数字测量控制仪表结构框图

表 16-20 模拟量输入智能数字仪表（部分举例）

名称	精度	测控周期	用　　途
PID 调节仪	±0.2%	0.2s	对温度、压力、液位、流量、成分等过程量进行定值控制
单回路调节仪	±0.2%	0.4s	带外给定功能的 PID 调节仪，可实现手动、自动、串级控制
操作器	±0.2%	0.4s	配合调节仪表、PLC 或上位机实现对执行器的直接操作，实现控制系统的手动/自动切换与信号的跟踪
经济型显示仪	±0.5%，±0.2%	0.3s	单点过程量的显示、报警、变送
数显仪	±0.2%	0.2s	单点过程量的显示、报警、变送、通信、记录、打印
高精度数显仪	±0.05%	0.2s	单点过程量的显示、报警、变送、通信、记录、打印
多通道数显仪	±0.2%	0.2s×通道数	2~4 点过程量的显示、报警、变送、通信、记录、打印
巡检仪	±0.2%	0.1s×通道数	4 点以上过程量的显示、报警、通信、记录、打印
称重仪	±0.05%	50~300 次/s	称重显示、控制、变送、通信、打印，也适用于压力、力、位移等快速变化物理量的检测，峰值、谷值的记录
包装机控制仪	±0.05%	50 次/s	各类包装机的控制
皮带秤	±1%	25 次/s	与皮带秤配套，作为计量仪表
液位、容量显示仪	±0.2%	0.2s	对罐、箱、槽的液位、容量、重量的测量、报警、记录、打印
无纸记录仪	±0.2%	0.1s	16 点过程参数的记录

表 16-21 脉冲量、开关量、数字量输入智能数字仪表（部分举例）

名称	用　　途
转速·线速·频率仪	转速、线速、频率的测量、报警、变送、通信、记录、打印。也适于与各类频率输出方式的变送器配合使用
计数器	用于记录数量，测量位移、长度等，有预置输出、变送、通信、打印功能
闪光报警器	8 点闪光和音响信号报警，有消音、测试、通信功能
开关量输入单元	16 点开关量输入，作为开关量的采集，或与二进制码、BCD 码、格雷码输出的编码器配合。具有显示、变送、报警、通信、打印功能
开关量单元	8 点开入、8 点开出。通过通信实现采集和输出
温度显示控制仪	配接 DS18B20 单总线温度传感器，测量范围 -55~125℃，1~96 点。实现温度测量、控制、显示、打印、通信等功能
显示单元	与计算机或 XS 系列各类型仪表配合，通过通信接口传送数据并显示
智能打印单元	与 XS 系列各类型仪表配合，使多台仪表共用一台打印机

表 16-22　积算功能智能数字仪表(部分举例)

名称	用　　途
模拟量输入流量积算仪	与模拟量输出的流量变送器配合,瞬时量、累计量的显示、报警、变送、通信、打印等功能
脉冲量输入流量积算仪	与脉冲量输出的流量变送器配合,瞬时量、累计量的显示、报警、变送、通信、打印等功能
温度、压力补偿流量积算仪	用于蒸汽、气体等需要进行温度、压力补偿的各类介质的流量计量
定量控制仪	液体的定量灌装、配秤控制,总量、分量计数功能,大阀、小阀分级,提前量控制功能

表 16-23　其他功能数字智能仪表(部分举例)

名称	用　　途
定时器	2 段时间设置,1 点输出
计时器	2 段时间设置,2 点输出
停电计时器	记录累积停电时间,停电次数,以及最近 8 次停电和来电时间
可编程给定器	电流或电压输出。输出信号的大小及变化斜率可以编程设定,并且具备多种外部控制功能
时间程序给定器	电流、电压或继电器输出。32 段设置,按预定时间输出预定电流、电压或者使继电器动作
SSI 仪表	配接 SSI 的绝对编码器
KZDP 系列大屏显示器	1.8～12in LED 显示,分为测量型、通信接口型和时钟型 3 种,满足各种需求
通信转换器	RS-232/RS-485 的转换。分为隔离型和非隔离型两类
模拟信号发生器	0～55mV,0～20mA,0～10V 三挡输出,0.05% 级精度
脉冲信号发生器	0～30kHz　0.05% 级精度

(一) 输入信号

1. 模拟量输入

智能仪表的模拟量信号主要如下:

(1) 标准电流信号　DC 4～20mA; DC 0～10mA, DC 0～20mA。当信号大于 DC 5A 时, 则应用分流器或变送器进行处理后再输入表内。一般取 DC 4～20mA 信号。

(2) 标准电压信号　DC 1～5V, DC 0～5V。当信号大于 100V 时, 则应用变送器处理后再输入表内。

模拟量信号常用于温度、压力的测量, 一般由热电偶、热电阻、电位器、电阻器提供, 并输入仪表, 先进行保护、变换、滤波、放大及 A-D 转换输入单片机。单片机经过采样、数字滤波、补偿运算、量纲转换、折线运行、零点及满度修正等程序后输出结果。

1) 采样即通过 A-D 转换器得到与输入信号成比例关系的数字信号;

2) 数字滤波即克服显示中的波动和跳变;

3) 补偿运算即电阻输入时引线电阻的补偿, 热电偶输入时冷端的补偿;

4) 量纲转换即电阻信号, 按电阻值温度值分度表转换, 热电偶信号按 mV 值温度值分度表转换;

5) 折线运算即当输入信号与即将显示数据出现单调上升非线性时, 用折线运算功能, 使信号增加时, 显示数据也增加, 不出现输入信号增加而显示数据反而下降的现象;

6) 零点、满度修正即仪表显示存在误差时, 可通过零点及满度修正程序进行校正, 保证精度。

2. 脉冲量输入

主要用于转速、流量和记数测量, 一般分为三种: 一种是测量频率; 另一种是测量脉冲个数; 最后一种是测量脉冲个数和频率一体的测量, 如流量的积算、速度及里程的测量。

3. 开关量输入

开关量指“通”、“断”(ON/OFF) 状态, 如调节阀的全开/全关, 电动机的转/停, 参数的正常/超限, 报警状态的有/无等, 一般有电压型、集电极开路型 (oc 门) 和无源触点等。

4. 数字量输入

主要有单总线温度传感器、单总线温/湿度变送器接口、通信接口、并行口数据、RS-232/RS-485/接口配接等。

(二) 输出信号及控制方式

1. 报警信号输出

根据测量结果与预先设定值比较结果输出系统的状态，有开关量输出、定时输出、系统运行状态输出等，主要是开关量输出，有报警灵敏度、报警延时、报警方式等。

2. 时间比例控制

根据测量结果与预先设定值的偏差，控制系统在设定的时间周期内确定“开”和“关”的时间，使被控量保持在设定值的范围内，如温度、压力、流量等。当测量值与设定值的负偏差大于设定值的最小值时，系统保持“开”的状态；当正偏差大于最大值时，系统保持“关”的状态；测量值与设定值相等时，开和关的时间相等。

3. 定位控制

根据测量结果与给定值偏差的大小控制调节系统决定动作、微动或不动，避免超调控制，主要是设定动作灵敏度、动作范围、动作周期、点动步距等参数。

当调节装置（如调节阀、电位器等）开度小于给定开度，且偏差大于点动范围，控制其动作，直到实际开度增加到点动范围后则转入点动控制，直到实际开关度增加到灵敏度及动作范围内则停止动作，然后等待下一次测量及偏差结果再进行调节动作。

4. PID 控制（比例、积分、微分控制）

该控制系统是最为精度高的控制，是由仪表控制调节装置自动完成的。任何一个控制系统通常是要把某一物理量维持一个指定的数值上，以保持系统的平衡，这只是一种设想，实际工程常用 PID 控制来完成。该控制调节系统当测量结果与给定值出现偏差时，便对其进行比例、积分、微分运算，进而输出一个精准的信号去驱动执行机构，使执行机构总在调上、调下及微调中工作，及时使系统恢复到给定值，保持系统的稳定工作。当然，执行机构必须具有这种调节的功能。

1）比例调节中，仪表比例参数 P 设定值小则调节灵敏度高，反之则低。一般设为 0.04，输出控制量则为 1.00，P 为测量值偏离给定值的多少，比例调节能使测量值尽快接近给定值。

2）积分调节过程主要是消除静差，以提高精度。只要有偏差存在，无论大小，积分运算的作用则是将控制量向消除偏差的方向移动。仪表设定积分的时间越短，积分作用越强，反之则弱。积分时间表示对固定偏差的调节，积分作用输出量达到和比例作用相同输出量需要的时间相同。

3）微分调节的作用是按偏差产生的速度对输出量进行修正，使控制系统尽快回到原来的控制状态。设定的微分时间越长，微分修正作用越强，反之越弱。

5. 位式 PID 控制

按照一定的周期通过控制触点的“通”“断”对系统进行控制，在一个周期内，触点断、通时间的长短确定控制量的大小。通常是用连续的电流/电压输入到执行机构对系统进行控制。当触点在整个周期内完全接通时，控制量为 100%，完全断开时，控制量为 0%。

6. 其他控制调节

可按照系统控制的要求和精度编制程序，以满足系统控制调节的需要，如可编程序给定器、时间程序给定器、定时器、计时器、定量控制器等。

（三）通用功能

1. 变送输出

主要有测量输出和运算输出两种。

1）测量输出是将测量值以电流或电压方式输出供给仪表、计算机、PLC 等装置，该信号是经过数字滤波、补偿运算、量纲转换、折线运算、零点满度修正的结果，有清零功能。

2）运算输出是由 1 路或多路信号输入后的 +、-、×、÷、平均值、最大值、最小值及其运算后输出的。

3）分辨力一般可分为 10 位或 12 位分辨力，控制和跟踪一般用 10 位分辨力，变送和运算按其精度较高的用 12 位分辨力，一般用 10 位分辨力。

4）信号均经过隔离处理，具有抗干扰能力，运行速度与测量速度是一致的。

2. 通信接口

包括 RS-232、RS-485、RS-422 等，并配置通信转换器，分非隔离（C485）和全隔离多重保护（JR485）两种。全隔离可保证通信的抗干扰和计算机的安全。仪表通信接口与无线数—模转换模块或电路配接时，一定要注意收/发控制要求、延时及无线模块与仪表的距离和屏蔽，消除干扰。

3. 打印及记录功能齐全

4. BCD 码输出

用于与计算机、PLC 的连接，传送测量数据，速度快、编程简单，引线较多、安装接线时必须高度注意。

（四）软件主要功能

1）折线运算功能；

2）积算功能；

3）温度、压力补偿运算；

4）+、-、×、÷、平均、比较运算；

5）零点、满度修正；

6）数字滤波；

7）清零；

8）最大值、最小值记忆；

9）定时及条件判断；

10）其他辅助功能等。

二、常用智能数字测量控制仪表的安装接线

智能数字测量控制仪表的种类及品种很多，各个厂家同类品种也不尽相同，但无论何种产品或品种，安装接线时必须先进行测试、试验，并按厂家提供的接线图进行接线，熟读其使用说明书及相关技术条件，以确保质量及用户需求，安装接线、测试试验方与前述章节内容相同。这里列出部分仪表的功能与接线供读者参考。

1）PID 控制仪可与各类传感器、变送器配合，实现对温度、压力、液位、成分、流量等参量的测量、显示、控制、调节，其接线图如图 16-97 所示。

2）单回路 PID 调节仪可与各类传感器、变送器配置，实现温度、压力、液位、成分、流量等参数的测量、变换、显示、控制、调节、通信及串级控制，其接线如图 16-98 所示。

3）智能操作器是一种手动操作的控制仪表，可控制调节阀、伺服电动机等执行机构的动作；亦可与电动调节阀、PLC 连接，进行手动/自动的切换，并为计算机控制系统的输出单元，通过通信接口实现控制输出及手动/自动的切换，其接线如图 16-99 所示。

4）单输入通道数字式智能仪表可与各种模拟量传感器、变送器配合使用，实施对温度、压力、流量、液位、成分、力和位移等参量的测量、显示、控制、变送、记录、报警等，其接线如图 16-100 所示。

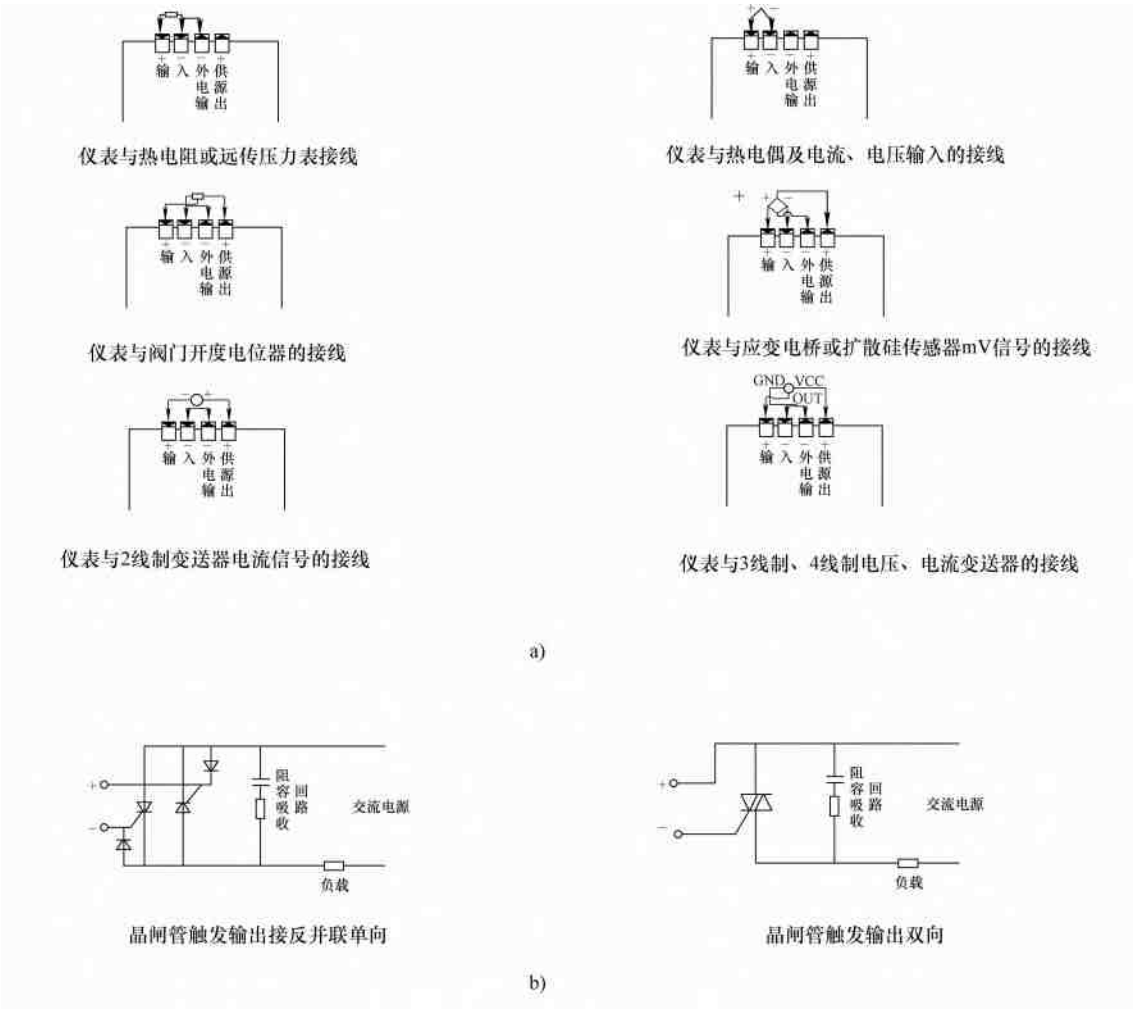


图 16-97　PID 控制仪安装接线图（举例）

a）输入信号接线图　b）晶闸管输出接线图

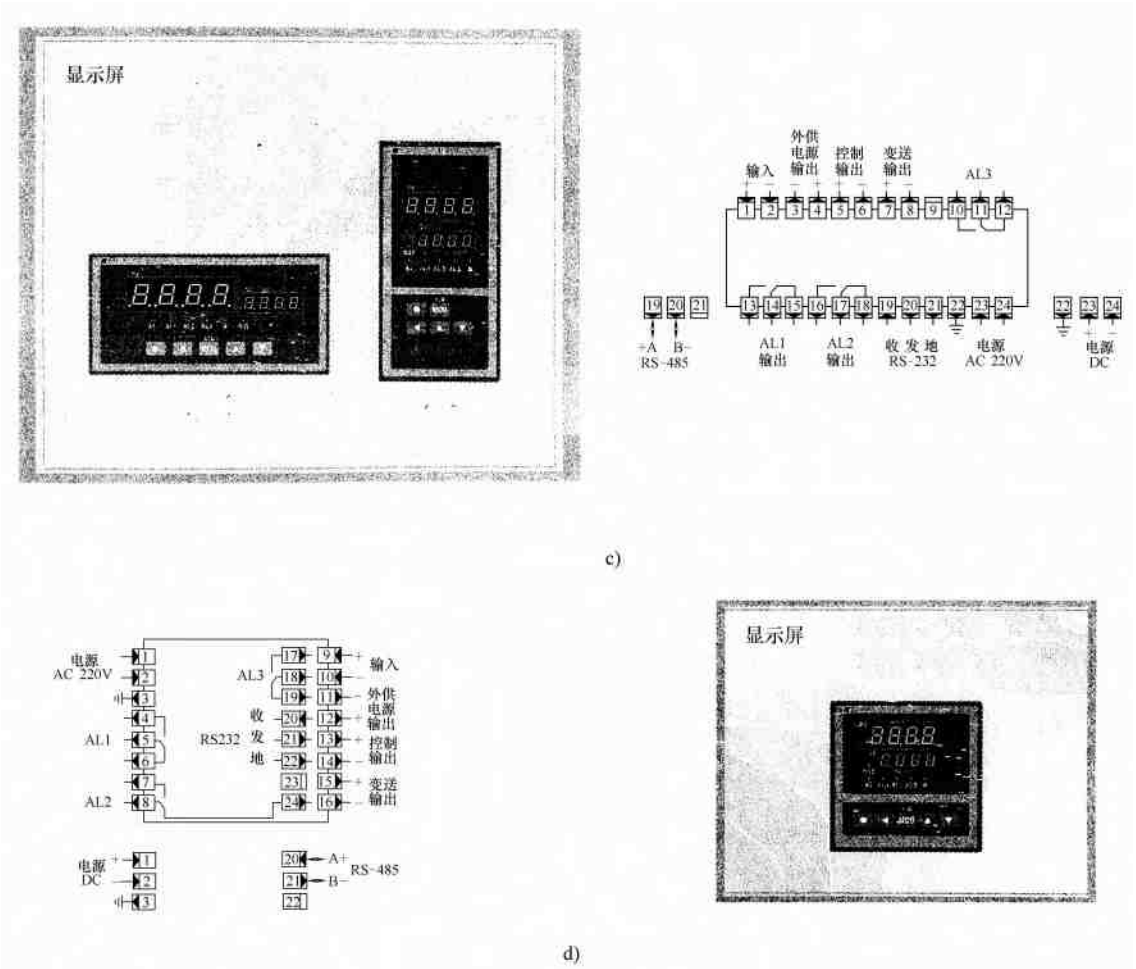


图 16-97 （续）

c）接线图（一） d）接线图（二）

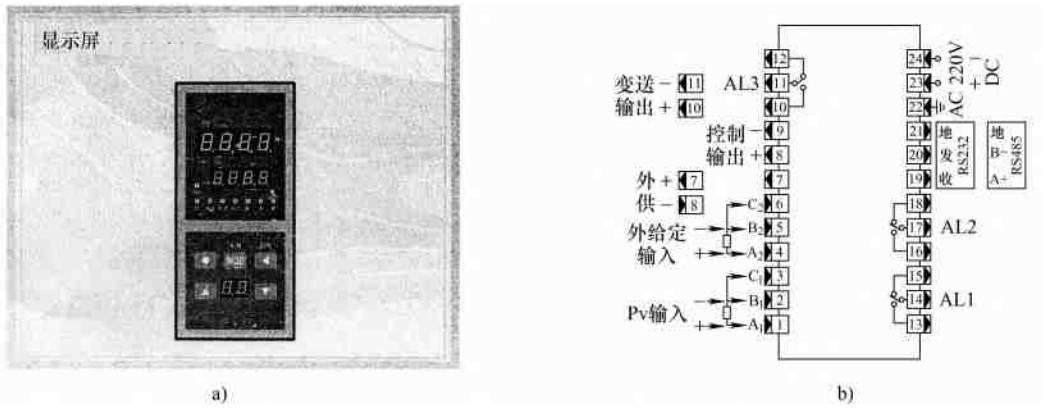


图 16-98 单回路 PID 调节仪安装接线图（举例）

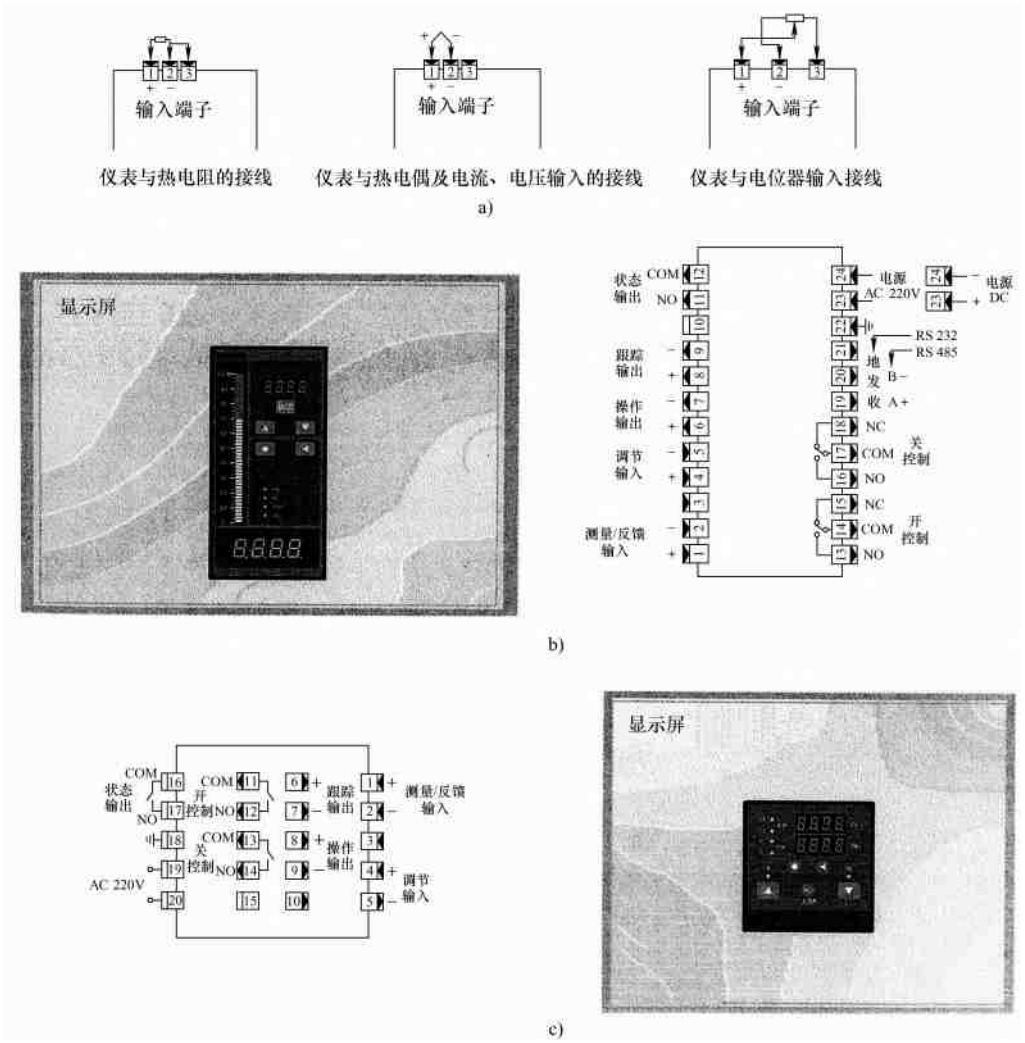


图 16-99　智能操作安装接线图（举例）

a）输入信号接线图　b）接线图（一）　c）接线图（二）

5）增强型单输入通道数字式智能仪表是 5 位的高精度显示仪表，功能同 4）单输入通道数字式智能仪表，其接线如图 16-101 所示。

6）多通道数字仪表是 2 通道、3 通道、4 通道数字仪表，功能同 4）单通道数字式智能仪表，可对多个参数进行测量、变换、显示、传送、记录、控制、调节，与各类模拟量输出的传感器、变送器配合，对温度、压力、流量、液位、成分、力和位移等参数进行测量、变换、显示、传送、记录和控制、调节，其接线图如图 16-102 所示。

7）智能巡回检测报警器可对 5 ~ 80 点过程参量的检测和报警，接受热电阻、热电偶、直流电压/电流等传感器、变送器的信号，其接线如图 16-103 所示。

8）智能称重显示控制仪与拉力传感器、扭矩传感器配合，用于称重显示、控制，其接线如图 16-104 所示。

9）智能液位容量显示控制仪与各种液位传感器、变送器配合，测量显示控制液位，计算并显示容器内液体的体积/重量，其接线图如图 16-105 所示。

10）智能无纸记录仪接收热电阻、热电偶、直流电压、直流电流等模拟、数字标准信号（见前述信号输入）可显示数字、图形、实时趋势曲线，及记录仪全部功能，可追忆曲线，对生产工艺过程记录、故障分析、工艺参数优化提供准确数据。如实时画面、棒图画面、报警一览、调节画面、累积数据、主菜单、通道组态、数显画面、历史画面、报警追忆、系统组态、PID 组态、累积组态等。

11）速度频率智能测量控制仪接收各种 PNP 型

晶体管、NPN 型晶体管、oc 门等输出的接近开关、旋转编码器、2 线制脉冲、TTL 脉冲及 mV 型磁电式接近开关等信号，用于转速、线速、频率、脉冲信号流量传感器的瞬时流量等参数的测量、显示、传送、记录和控制，接线图如图 16-106 所示。

12）智能计数器接收各种脉冲信号传感器的脉冲信号，用于数量、长度、位移等参数的测量、显示、变换、传送和控制，接线图如图 16-107 所示。

13）温度显示智能控制仪可与多个（96 及 96 以内）DS18 系列温度传感器连接进行多点温度测量系统温度测量、报警、记录、显示，接线如图 16-108 所示。

14）智能流量积算控制仪接收流量传感器和变送器的直流电流/电压、脉冲信号，对系统瞬时流量进行测量、变换、传送、记录、显示和控制及累计，接线如图 16-109 所示。

15）温度/压力补偿智能流量积算仪接收直流电流/电压、脉冲、热电阻、热电偶等温度、压力、流量信号，对系统温度压力、流量进行测量显示、控制、积算，接线如图 16-110 所示。

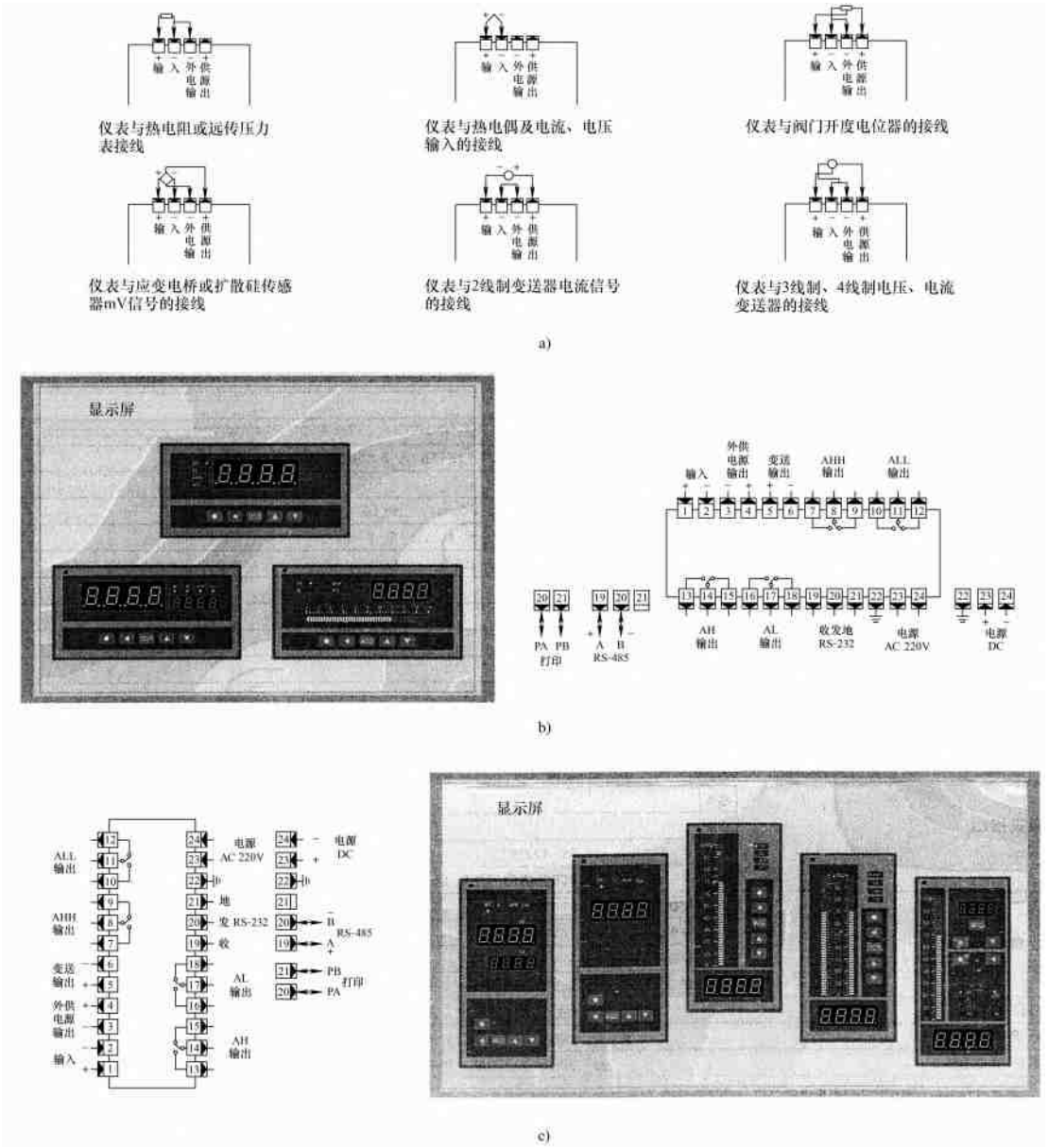


图 16-100　单输入通道数字智能仪表安装接线图（举例）

a）输入信号接线图　b）接线图（一）　c）接线图（二）

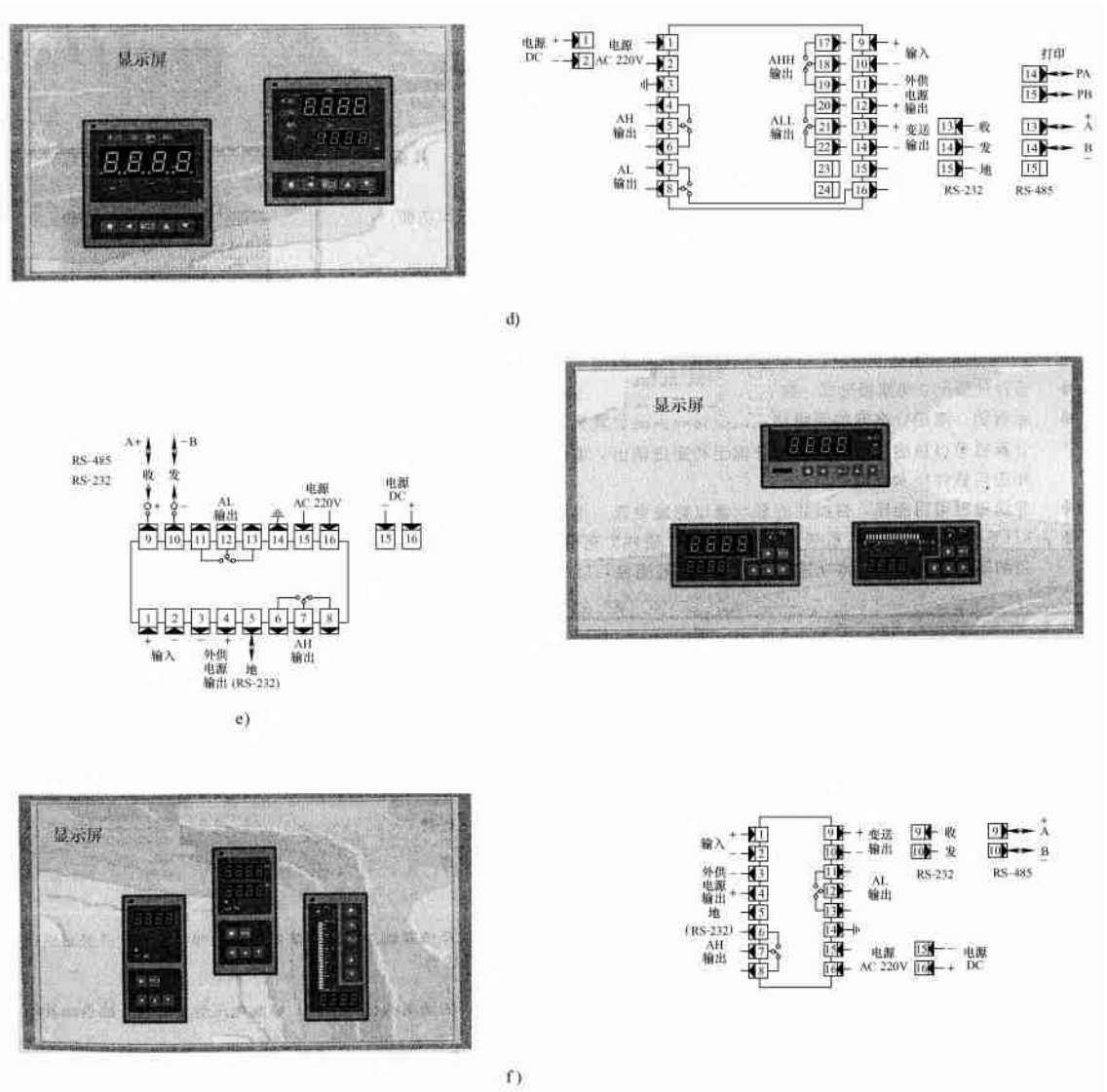


图 16-100　（续）

d）接线图（三）　e）接线图（四）　f）接线图（五）

16）其他智能数字测量控制仪表。

① 智能闪光报警器；

② 智能开关量单元；

③ 智能显示单元；

④ 智能打印、传送单元；

⑤ 智能定时器；

⑥ 定量控制仪；

⑦ 定时器；

⑧ 计时器；

⑨ 停电计时器；

⑩ 可编程序给定器；

⑪ 时间程序给定器；

⑫ 大屏幕显示器；

⑬ 通信转换器；

⑭ 接口仪表等。

这 14 种仪表安装接线较为简单，不再赘述，以使用说明书为准。

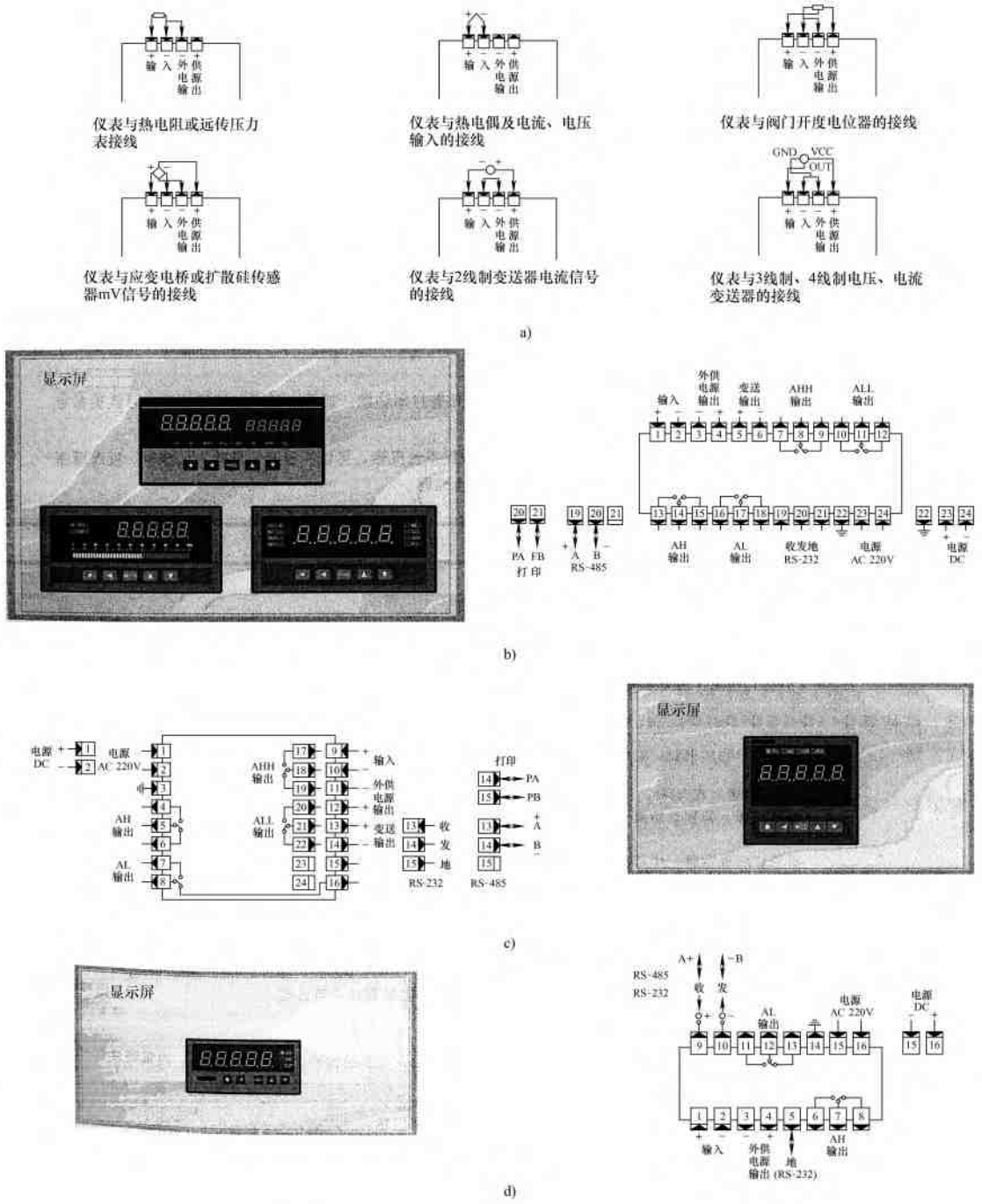


图 16-101　增强型单输入通道数字智能仪表安装接线图（举例）

a）输入信号接线图　b）接线图（一）　c）接线图（二）　d）接线图（三）

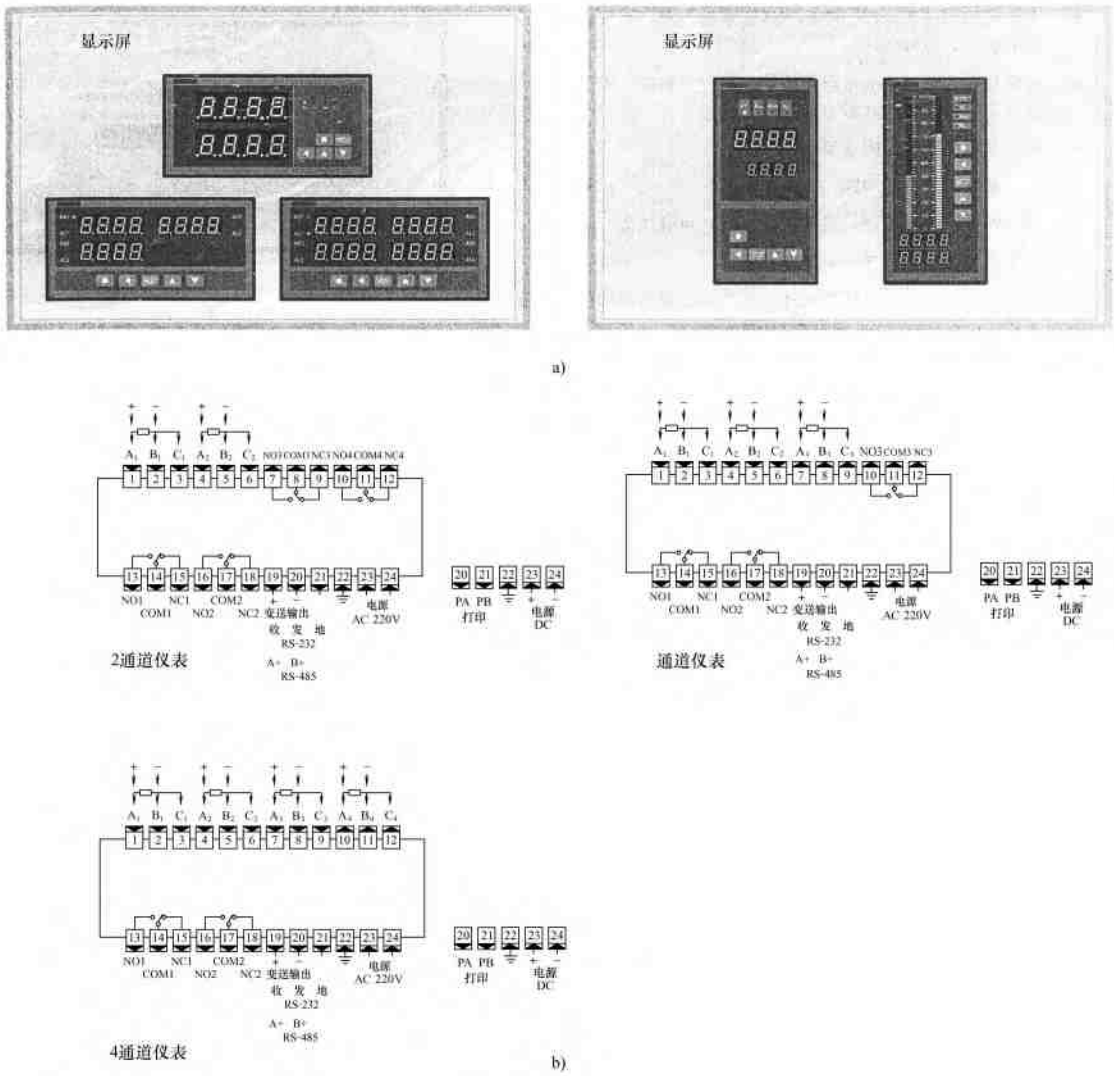


图 16-102　多通道智能数字仪表安装接线图（举例）

a）面板显示　b）接线图

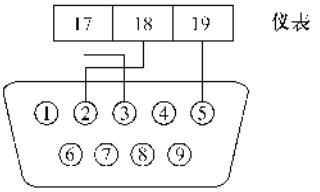
说明：

① A、B、C 表示输入，电阻信号时 A B C，其他信号时 + − A B

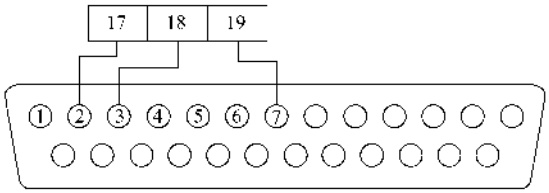
② NO、COM、NC 表示报警输出。继电器输出时 NO COM NC，电压输出时 + − NO COM

三、智能数字测量控制仪表使用注意事项及方法技巧

智能数字测量控制仪表的结构原理与自动控制系统、微机及自动化装置一样，是一个复杂的难解的技术，三句话、两句话是讲不清的，几本教科书也是讲不清的，很多高学历的人在实践中遇到难题都是束手无策的。对于安装、调试、工程设计人员来讲，在工程中不要硬去钻研它的结构原理，而是要掌握它的功能、作用、测试、试验、安装、接线和调试的基本技能，让其能准确、正常的进入工作状态，保证系统的运行即可。有了充分的时间再去钻研它的结构原理，当然这不是一件简单的事情，必须要学很多自动化、自动控制的很多知识，甚至要从微积分学起，还有电子技术、微机技术、传感器技术、自动控制理论等很多知识，不是一年两年的事情，也不是本书的初衷。这里我们简单地讲述一下，在工程实践中遇到复杂的、难解的技术问题时的方法和技巧。



与9芯计算机接口相接时

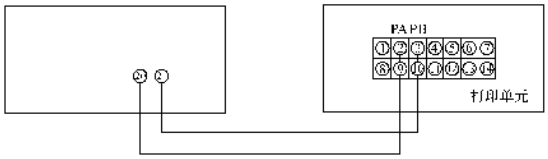


与25芯计算机接口相接时

通信

RS-232 接口　第 3 排端子的 17、18、19 分别为接收端、发送端和地

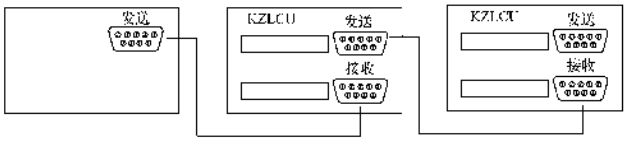
a）



打印

将第 3 排端子的 20（PA），21（PB）分别接到打印单元的 PA 和 PB 端

b）



报警

RL1 ~ RL4 分别为 4 点公用报警输出，常开触点

c）

接线说明：

电源：

交流供点的仪表⏚应接大地，无接地条件时可不接

第 3 排端子的 30 和 31 接 AC 220V

直流供电的仪表，电源接第 3 排端子的 30 和 31，30 为正，31 为负

输入信号：

热电阻输入 A B C

热电阻输入时，各热电阻的 A 端（单线端），接到端子上相应通道的 A 端，B 端接到端子上相应通道的 B 端。仪表第 3 排端子的 1 ~ 16 为公共端，内部全部接通，热电阻的 C 端接到公共端。

当输入的热电阻多于 16 点时，应在配线架上将热电阻的 C 端汇总后再接到仪表公共端。

如果输入为 2 线制，应将 B 与 C 短接。

输入信号的屏蔽层可接到公共端。

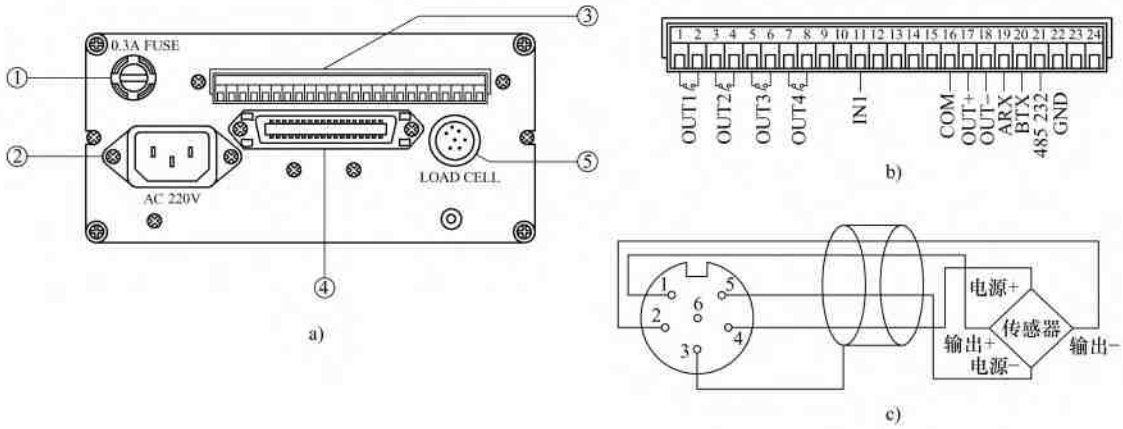
热电偶、直流电流，直流电压输入 ⊕ ⊖ A B

正极接相应通道的 A 端，负极接相应通道的 B 端。

输入信号的屏蔽层可接到公共端。

图 16-103　智能巡回检测报警仪安装接线图（举例）

a）通信接口　b）打印　c）巡检仪与控制单元接线示意图



后面板说明

① 0.3A 熔丝座

② AC 220V 插座

③ 比较输出、模拟量输出、RS-232/RS-485 接口、开关量输入端子

④ BCD 码或大屏显示器输出

⑤ 传感器插座

传感器与仪表的连线采用屏蔽电缆，屏蔽层必须接到第 3 脚，否则不能抑制干扰。

图 16-104　智能称重显示仪安装接线图（举例）

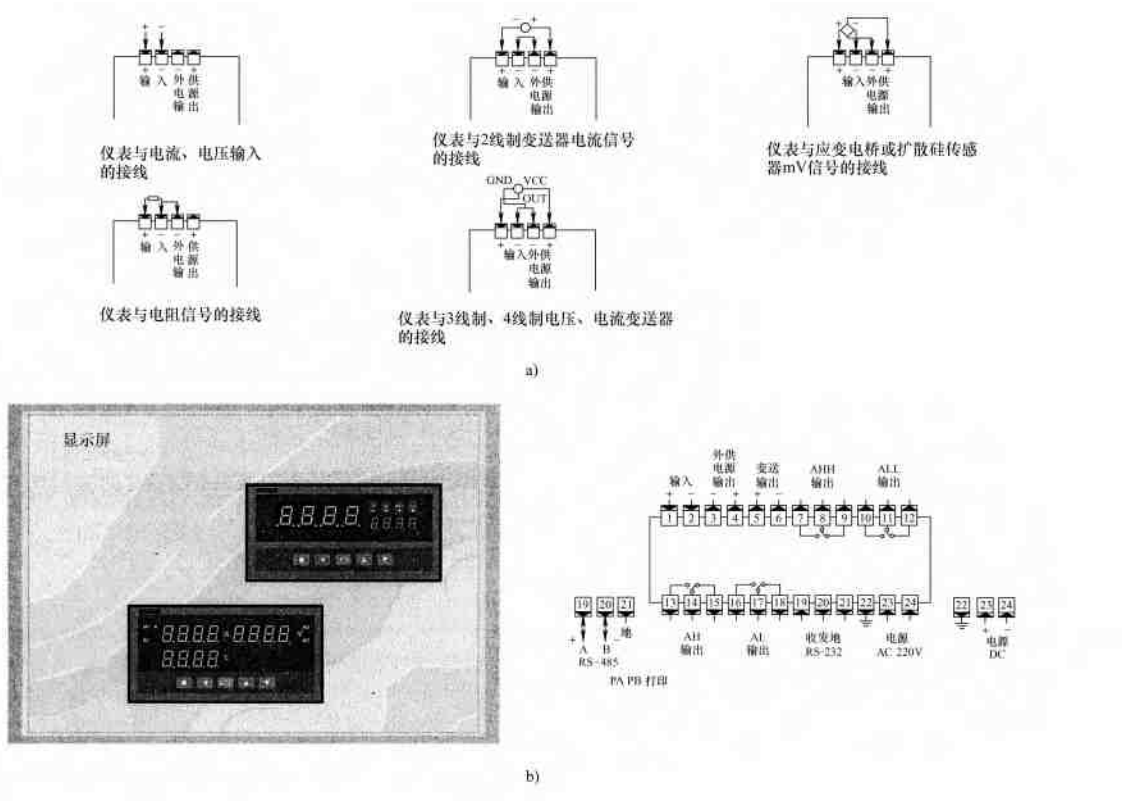


图 16-105　智能液位/容量显示控制仪安装接线图（举例）

a）输入信号接线图　b）接线图（一）

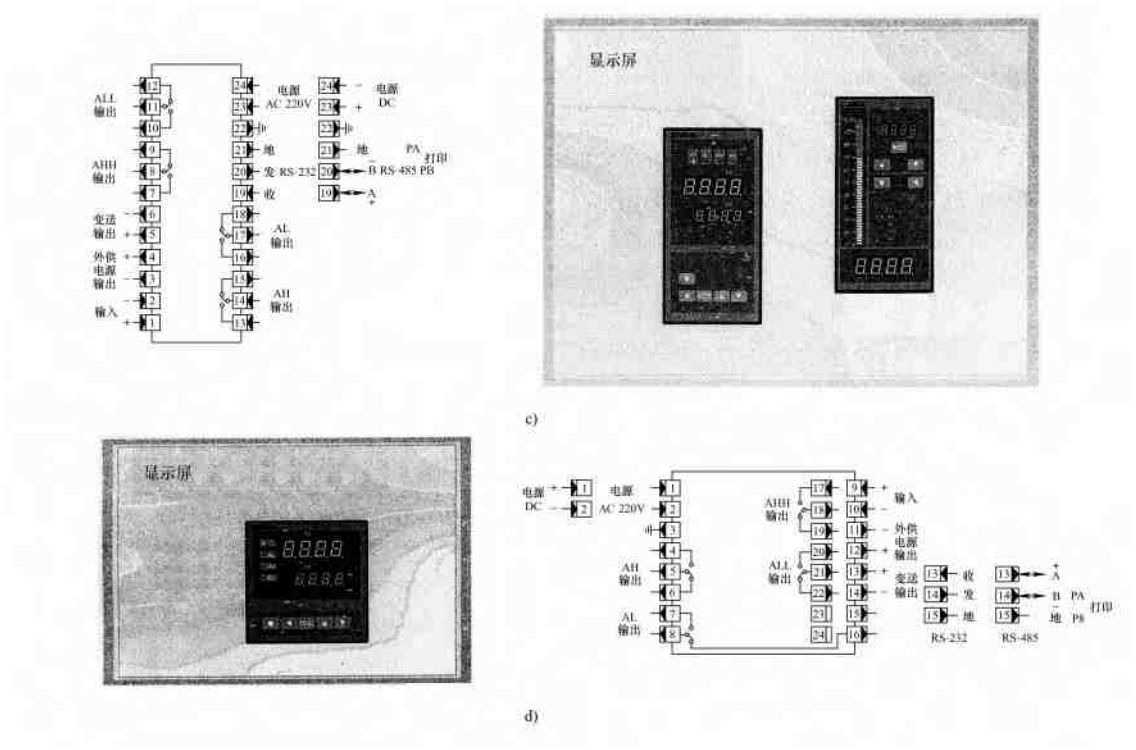


图 16-105 （续）

c）接线图（二） d）接线图（三）

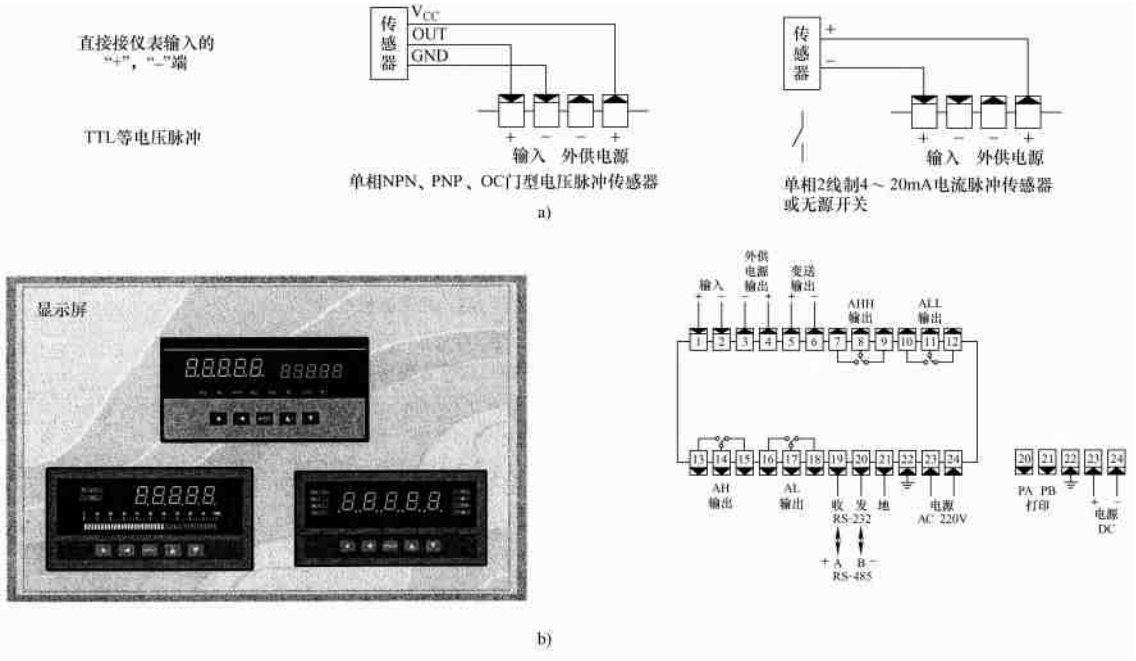


图 16-106 速度/频率测量控制仪安装接线图（举例）

a）传感器与仪表接线 b）接线图（一）

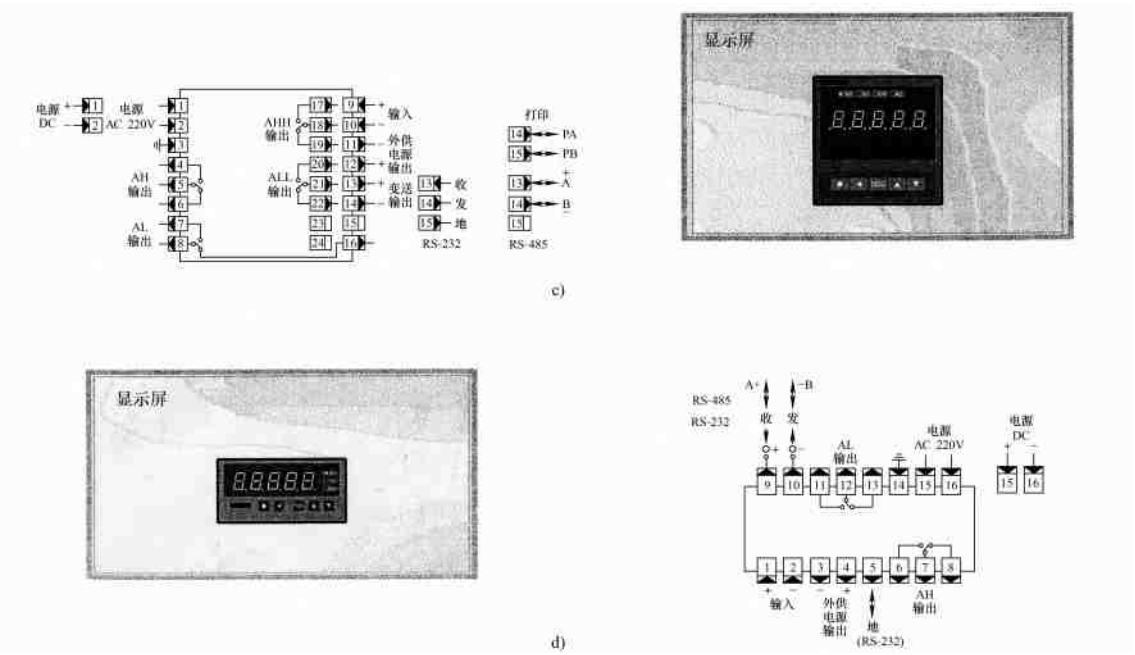


图 16-106　（续）

c）接线图（二）　d）接线图（三）

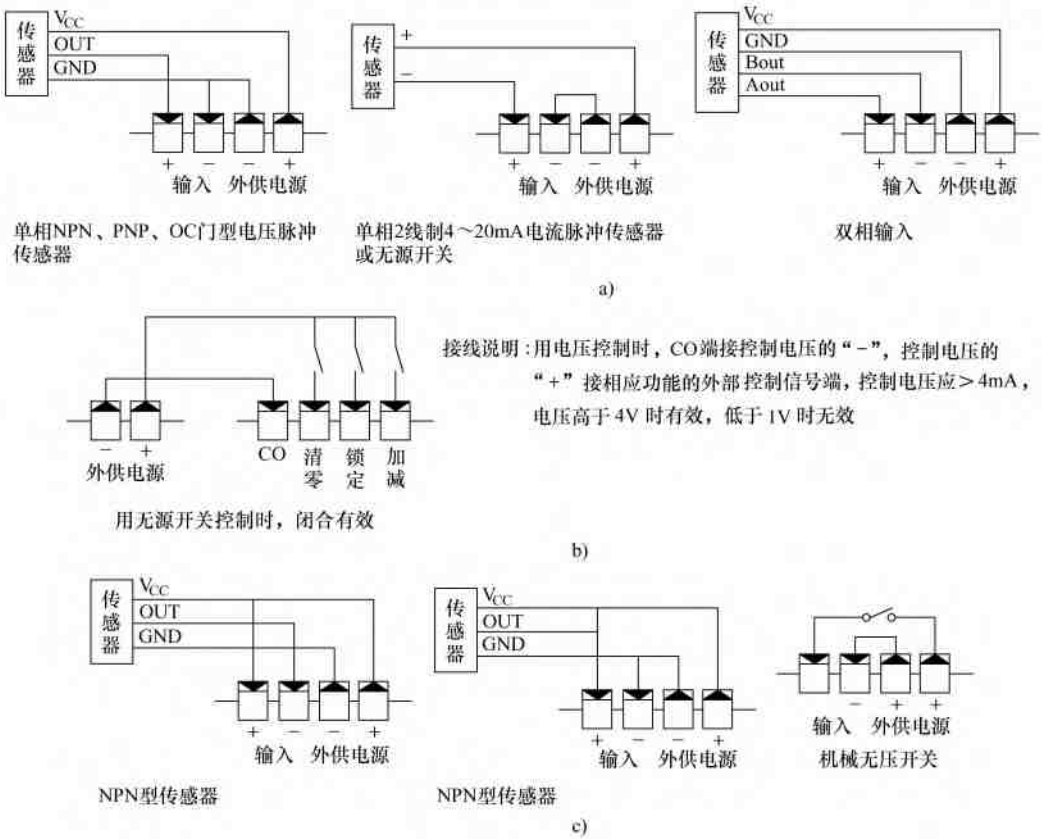
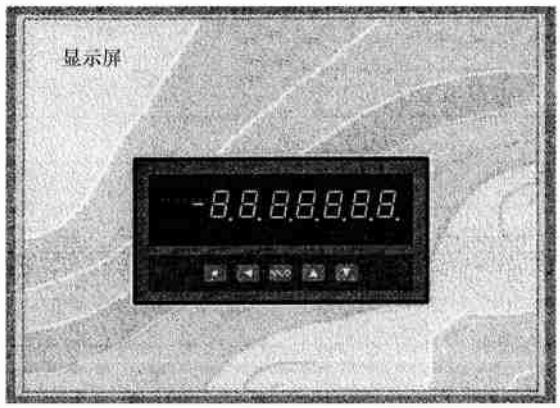
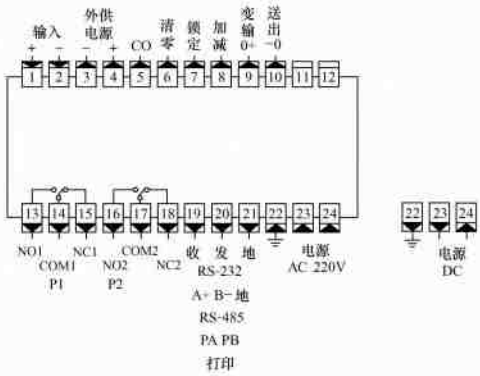


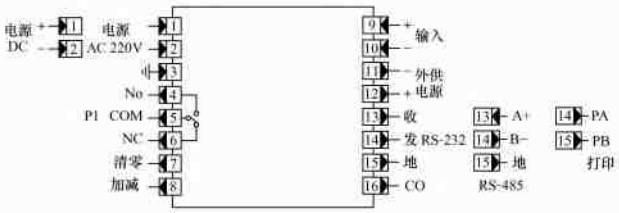
图 16-107　智能计数器接线图（举例）

a）输入信号接线图　b）外部控制信号接线图　c）输入信号由 D 型仪表发出的接线

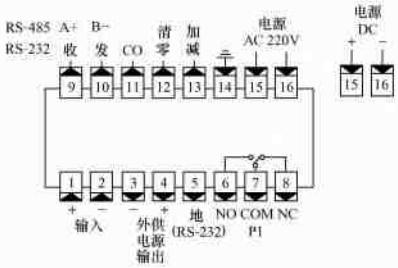




d)



e)



f)

图 16-107 （续）

d）接线图（一） e）接线图（二） f）接线图（三）

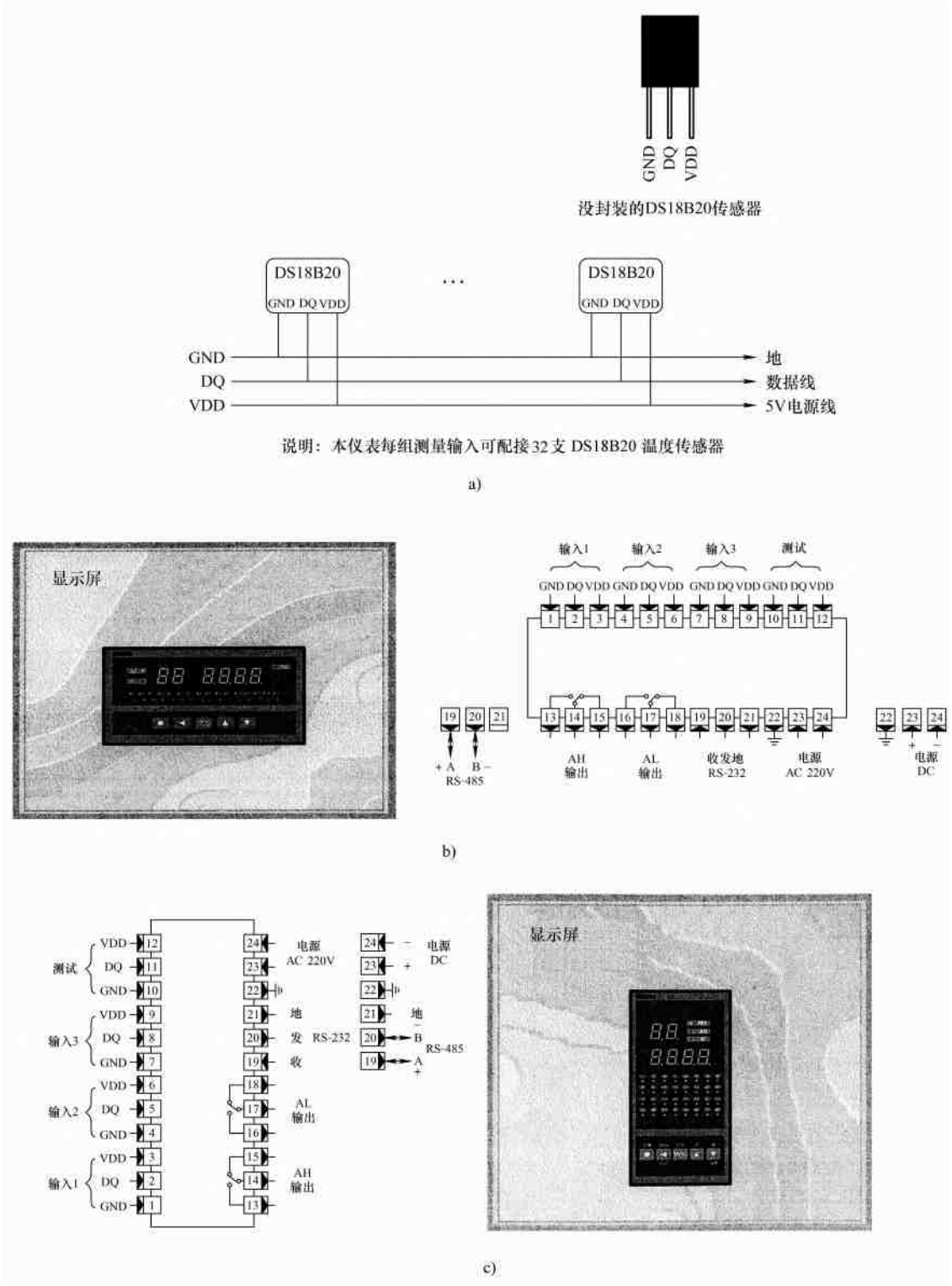


图 16-108　温度显示智能控制仪接线图（举例）

a）输入信号接线图　b）接线图（一）　c）接线图（二）

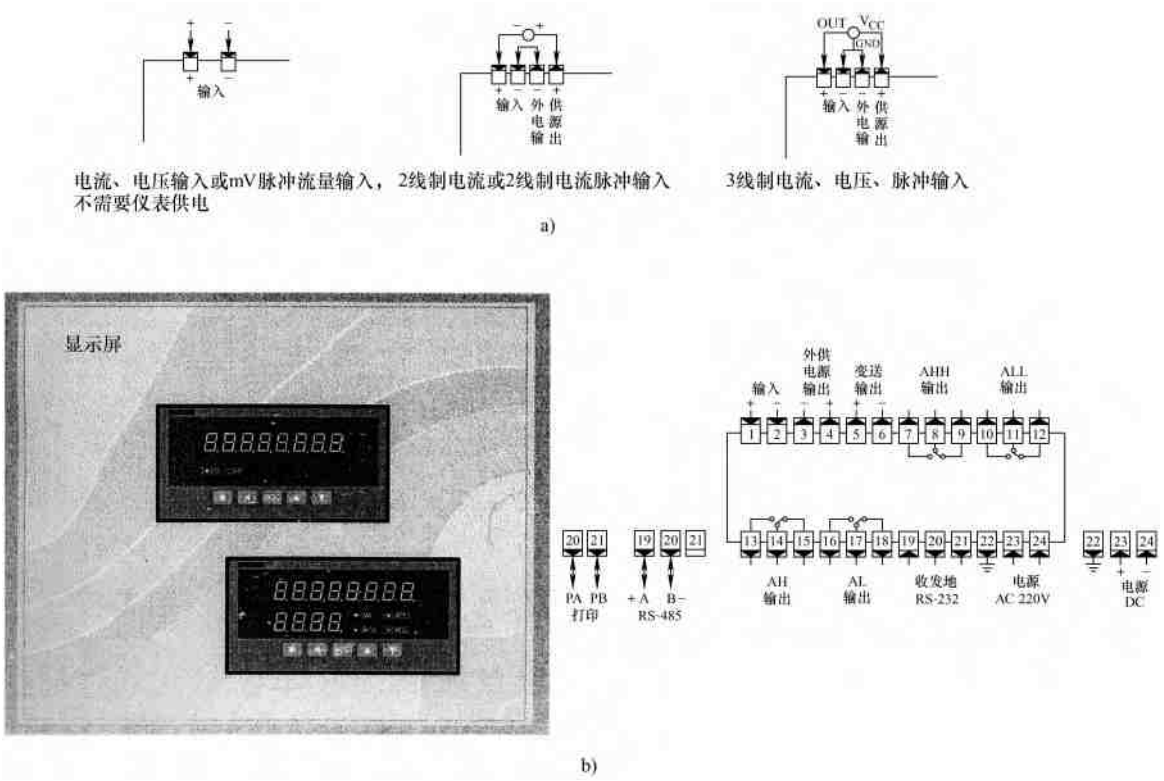


图 16-109 智能流量积算控制仪接线图（举例）

a）输入信号接线图 b）接线图

任何复杂的事物都是由简单的事物组成的，在电气工程中也不例外，这是分析复杂电气工程难点的基本出发点。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、电能储存、电能利用六大内容，其中控制技术（包括继电保护、自动化仪表及控制等）是核心技术，也是难点，有时也很复杂。前述内容已对一般的疑难点进行了详尽的讲述，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或难点，其分析的第一步是将其解剖，解剖成一个个单元电路或组件。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，以及信号值或范围，如触点信号（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 DC 30V、DC 0.1A）、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

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触点，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。

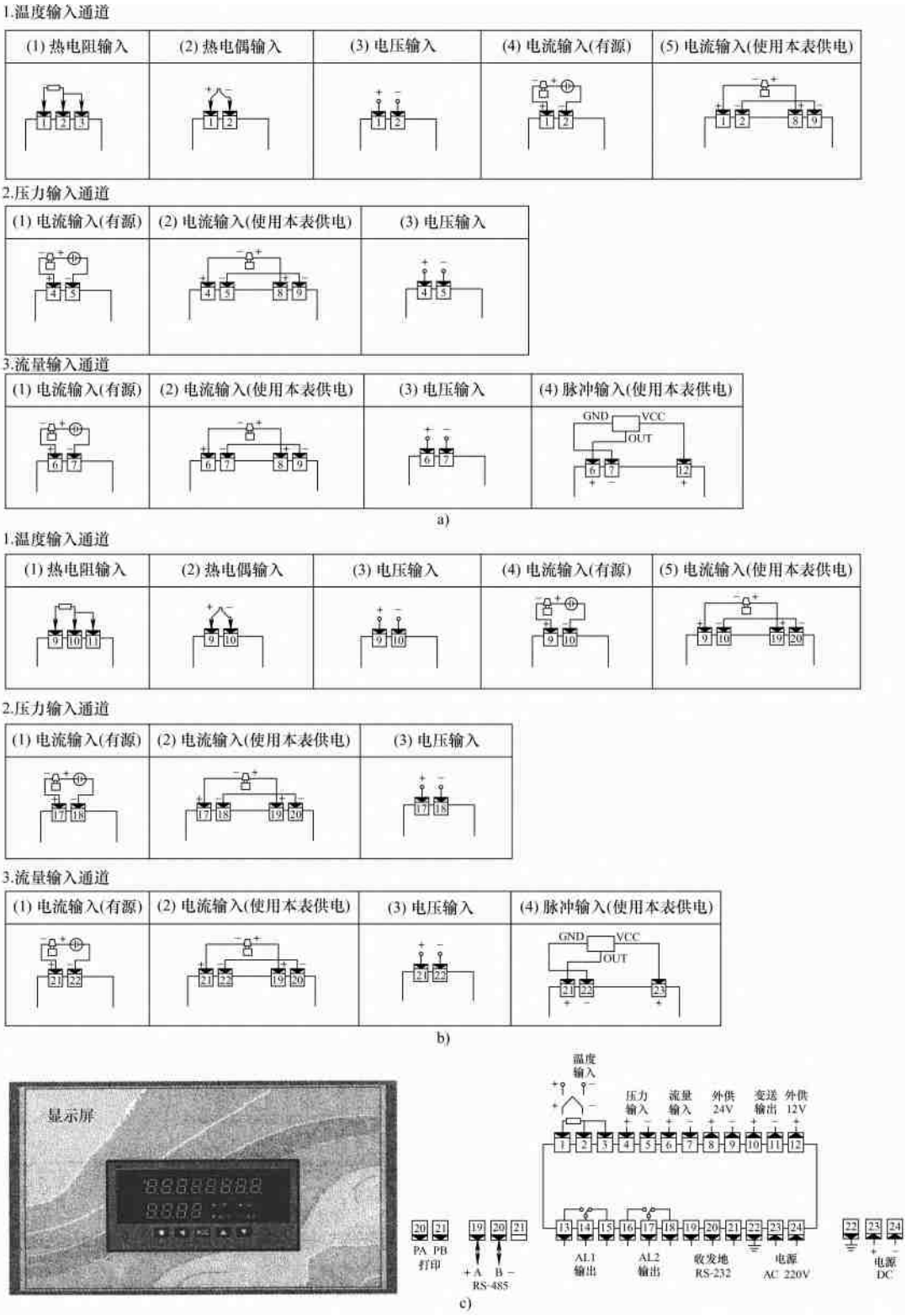


图 16-110　温度/压力补偿智能流量积算仪安装接线图（举例）

a）A 型输入信号接线图　b）B 型输入信号接线图　c）接线图（一）

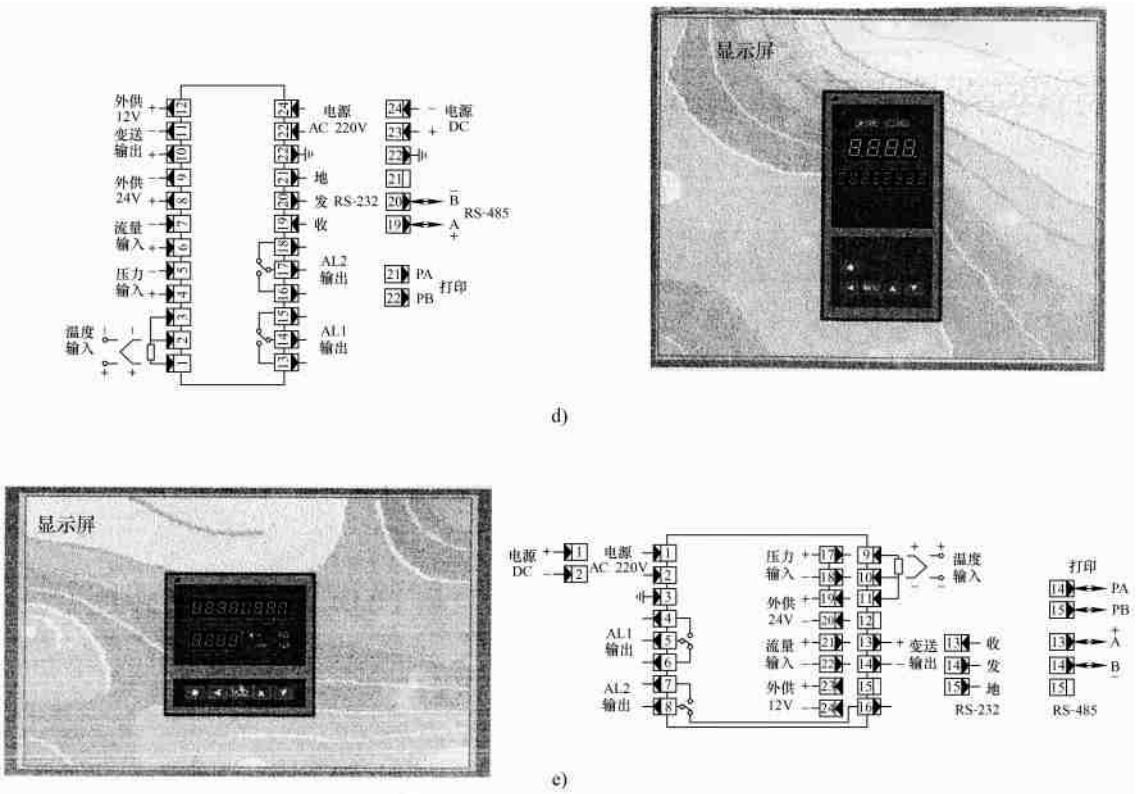


图 16-110 （续）

d）接线图（二） e）接线图（三）

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，不能漏掉任何一个）；

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

自动化仪表检测控制是由传感器（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传给

执行器，实现闭环控制；

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

微机控制、保护、检测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。如果不考虑微机车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。

第十七章　空调系统电气设备的安装

空调系统电气设备一般指对空气的温度、湿度、洁净度、CO_2 浓度等参数进行调节、指示和报警而达到舒适性要求的电气或弱电系统装置。空调系统本身与给水专业有密切的联系，并配以传感器、变送器、调节器、电动阀、仪表、空气过滤器、调节阀、空气加热/冷却器等装置，与电气装置组成闭环控制系统，实现对空气的调节。其中部分内容与第十六章自动化仪表、第十八章弱电系统的设备有很多相同之处，并有密切的联系。因此，有很多内容在这两章中进行了讲述。为了使本章具有系统性和完整性，这里还是将其各节一一列出，并说明一些未曾讲过的内容。

空调系统主要有风机盘管自控系统、新风和空气处理机组自控系统、制冷机组自控系统和空调微机（DDC）自控系统等。

第一节　总体要求及准备工作

基本与第十六章第一节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—2003《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 50300—2001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。

第二节　元件类别及功能

元件类别有很多与自动化仪表相同，这里仅列出自动化仪表工程未曾讲过的元件。

1）湿度传感器：将湿度参数变成电信号的装置。

2）压差开关：压力差可以自动操作的开关元件。

3）水流开关：水流可以自动操作的开关元件。

4）控制器（包括压力、温度、湿度等），一般是数字式的，可以对压力、温度、湿度进行自动控制，信号来自传感器/变送器。

5）空气质量传感器：将空气中 CO、CO_2、烟雾、丙烷等含量变成电信号的装置。

6）空气速度传感器：将空气流速变成电信号的装置。

7）低/高温断路恒温器：在温度低/高时切断供给回路而保持恒温的装置。

8）DDC 直接数字控制器：能与微机直接接口的数字控制装置，被控参数的传感器、执行器通过 DDC 与系统连接，既进行数据采集，又进行闭环控制，在 MPU（中央处理器）控制下操纵系统工作，并与中央计算机连接，代替复杂的继电器控制。DDC 是专为空调系统制作的微机控制单元，既能满足空调功能要求，又能与中央控制系统联网，是目前较为先进的替代产品。

其相关数据型号读者可参阅相关手册。

第三节　元件的校验和试验

与第十六章自动化仪表相同。

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。

试验/校验方法见第五章相关内容。

第四节　管路、线缆安装敷设

与第十六章自动化仪表相同，不再赘述。

第五节　元件的安装接线

元件的安装接线与自动化仪表工程相同，并在弱电系统相关节内有详细讲述。

这里以图 17-1 简单说明一下元件的接线。

1. 01 号温湿度传感器（回风温度、相对湿度）

01 号温湿度传感器有 5 个接线端子，其 1#端子要与 11 号湿度调节器的 18#端子连接，同时要与 02 号和 03 号温湿度传感器的 1#端子连接，1 号、2 号、3 号传感器的 1#端子对于 11 号调节器的 18#端子是“或”的关系；

2#端子要与 11 号湿度调节器的 8#端子连接；

3#端子要与 10 号温度调节器的 9#端子经 05 号指针式显示器（送风温度）连接，并与电源变压器 TC 二次公共接地线连接；

4#端子要与 10 号温度调节器的 11#端子连接；

5#端子要与 10 号温度调节器的 10#端子连接。

2. 02 号温湿度传感器（送风温度、相对湿度）

1#端子上述已与 11 号湿度调节器的 18#端子连接；

2#端子要与 11 号湿度调节器的 9#端子连接；

3#端子与 TC 二次公共接地线连接；

4#端子要与 10 号温度调节器的 13#端子连接；

5#端子要与 10 号温度调节器的 12#端子连接。

3. 03 号温湿度传感器（新温度、相对湿度）

1#端子上述已与 11 号湿度调节器的 18#端子连接；

2#端子与 12 号焓值调节器的 14#端子连接；

3#端子与 TC 二次公共接地线连接；

4#端子与 12 号焓值调节器的 11#端子连接；

5#端子与 12 号焓值调节器的 10#端子连接。

4. 16 号加热阀（电动调节阀）

B#端子与 TC 二次电源端连接（24V）并与 10 号温度调节器的 1#端子连接；

0#端子与 TC 二次公共接地线连接，并与 10 号温度调节器的 2#端子连接，显然 B#、0#端子是 16 号加热阀的电源，10 号温度调节器的 1#、2#也是电源，交流 24V；

E#端子经二极管 D_1 与 10 号温度调节器的 6#端子、12 号焓值调节器的 4#端子连接，显然 10 号调节器的 6#端子、12 号调节器的 4#端子和 16 号调节器的 E#端子均是直流端子；

5. 17 号 冷却 减湿 阀（电动调节阀）

B#、0#端子是电源，与 TC 二次连接，0#接地；

E#端子经 KA1 常开触点（KA1 是该图右下角信号报警系统中中间继电器 KA1 的常开点 13-14）和二极管 D_2 接至 12 号焓值调节器的 4#端子。

6. 15 号加湿阀（电动调节阀）

B#、0#端子与 TC 二次连线，0#端子接地；

E#端子经二极管 D_3 与 11 号湿度调节器的 6#端子连接，这里要注意，11#湿度调节器 6#端子与 D_4 阳极连接后与二极管 D_2 连接。

7. 20 号排风风阀（电动风阀）

B#、0#端子与 TC 二次连接，0#接地；

E#端子经中间继电器 KA1（17-24）与 12 号焓值调节器的 6#端子连接。

8. 19 号回风风阀（电动风阀）

B#、0#端子与 TC 二次连接，0#接地；

E#端子与 20#排风风阀 E#端子连接。

9. 18 号新风风阀（电动风阀）

B#、0#端子与 TC 二次连接，0#接地；

E#端子与 19#回风风阀 E#端子连接。可以看出 18#～20#风阀的 E#端子是“或”的关系。

10. 其他

21 号压差开关（更换过滤网）、22 号压差开关（风速开关）和 23 号温度开关（盘管防冻）及报警信号系统的接线与上述及电气接线相同，这里不再赘述。

此外，还有几根接线未述：

1）电源变压器 TC 的一次与～220V 电源连接；

2）16 号加热阀 E#端子经 KA1（12-11）常闭点与 10 号调节器的 18#端子连接；

3）TC 二次接地端经 04 号指针式显示器分别与 10#调节器 8#端子、12#调节器 9#端子连接；

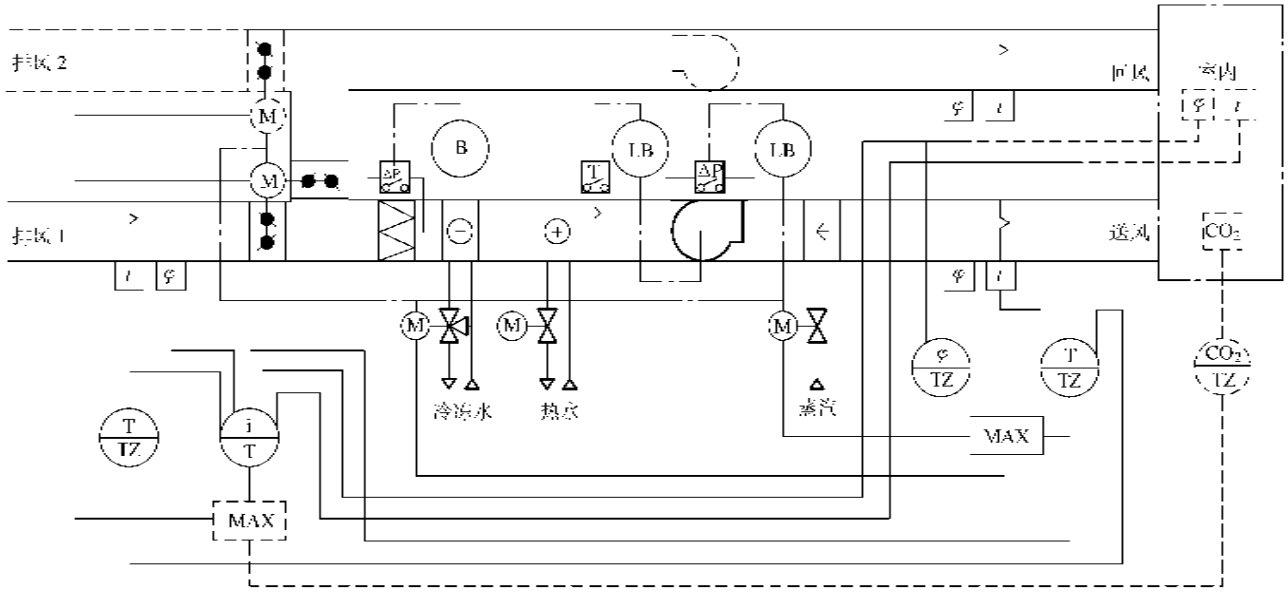
4）11 号、12 号调节器的 1#、2#端子分别与 TC 二次连接，为调节器的电源；

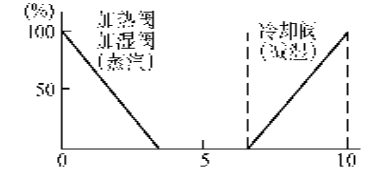
5）11 号调节器 9#端子经 08 号指针式显示器（送风相对湿度）与 TC 接地端连接；

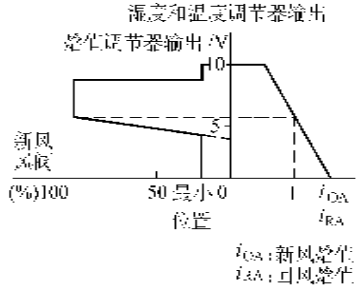
6）11 号调节器 8#端子、12 号调节器 16#端子均经 07 号指针式显示器（回风相对湿度）与 TC 接地端连接；

7）12 号调节器 8#端子和 13 号调节器 8#端子均经 06 号指针式显示器（新风温度）与 TC 二次接地端连接；

8）12 号调节器 14#端子经 09 号指针式显示器（新风相对湿度）与 TC 二次接地端连接；







所需元件：

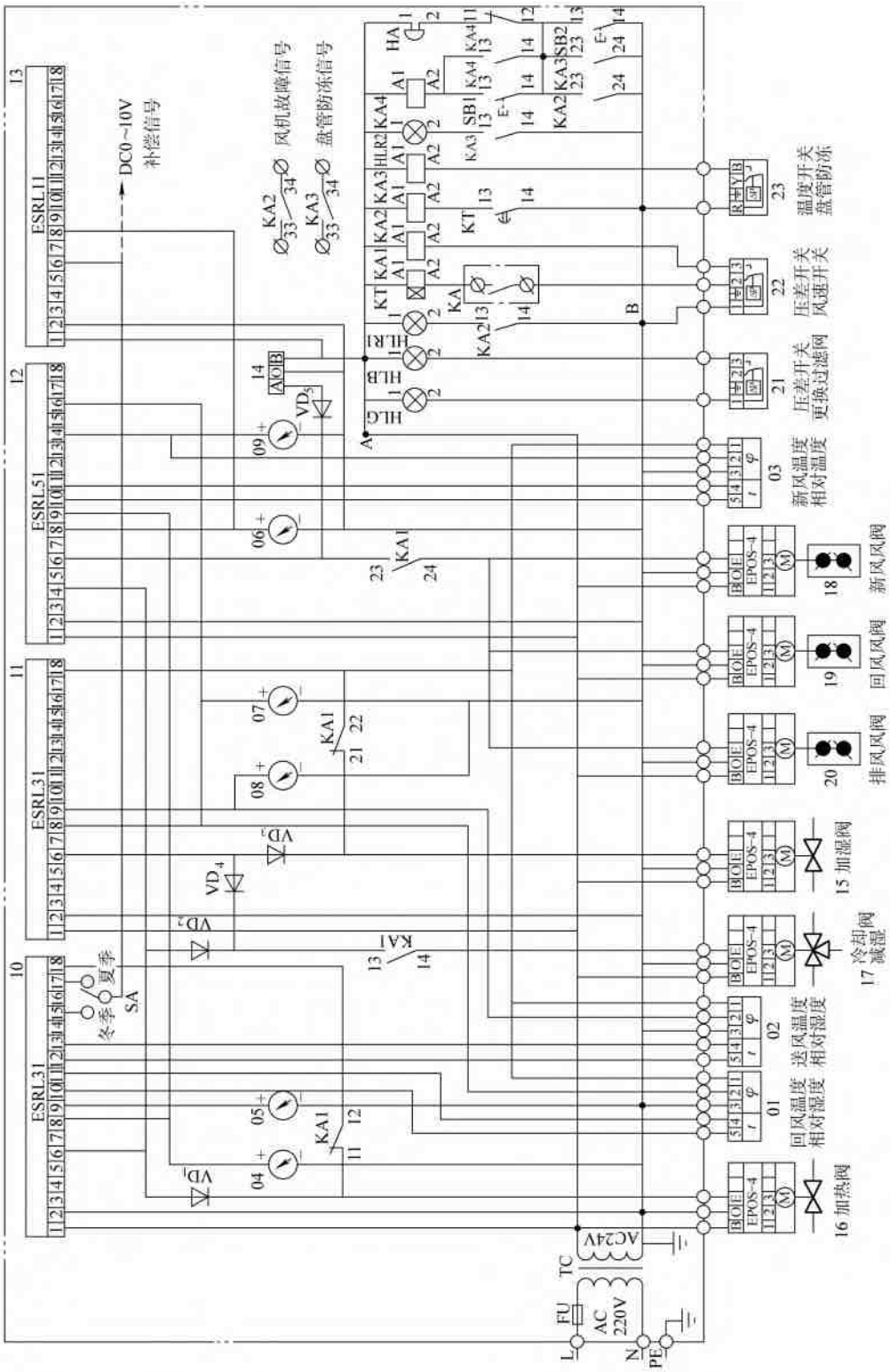
编号	元件名称
01	温湿度传感器（回风）
02	温湿度传感器（送风）
03	温湿度传感器（新风）
04	指针式显示器（回风温度）
05	指针式显示器（送风温度）
06	指针式显示器（新风温度）
07	指针式显示器（回风相对湿度）
08	指针式显示器（送风相对湿度）
09	指针式显示器（新风相对湿度）
10	温度调节器
11	湿度调节器
12	焓值调节器

型号	编号	零件名称
EKFM020/40	13	补偿调节器
EKFM020/40	14	电压给定器
EKFM020/40	15	电动调节阀（加湿）
EAKT020/40	16	电动调节阀（加热）
EAKT020/40	17	电动调节阀（冷却）
EAKT020/40	18	电动风阀（新风）
EAKE0/100	19	电动风阀（回风）
EAKE0/100	20	电动风阀（排风）
EAKE0/100	21	压差开关（过滤网）
ESRL31	22	压差开关（风机）
ESRL31	23	温度开关（热管防冻）
ESRL51		

型号
ESRL11
ESTS
EGSVD (EPOS) (AC 24V)
EGSVD (EPOS) (AC 24V)
EGSVD (EPOS) (AC 24V)
ESM (EPOS) (AC 24V)
ESM (EPOS) (AC 24V)
ESM (EPOS) (AC 24V)
CYM (AC 24V)
CYM (AC 24V)
A11D-4

a)

图 17-1　空气处理机组四管制送冷风和热风且加湿控制电气原理接线图


ESRL11
ESRL51
ESRL31
ESRL31
DC0~10V
补偿信号
风机故障信号
盘管防冻信号
冬季
夏季
SA
FU
TC
AC 220V
AC24V
L
N
PE
温度开关
盘管防冻
压差开关
风速开关
压差开关
更换过滤网
新风温度
相对湿度
新风风阀
回风风阀
排风风阀
加湿阀
冷却阀
送风温度
相对湿度
回风温度
相对湿度
加热阀

b)

图 17-1　（续）

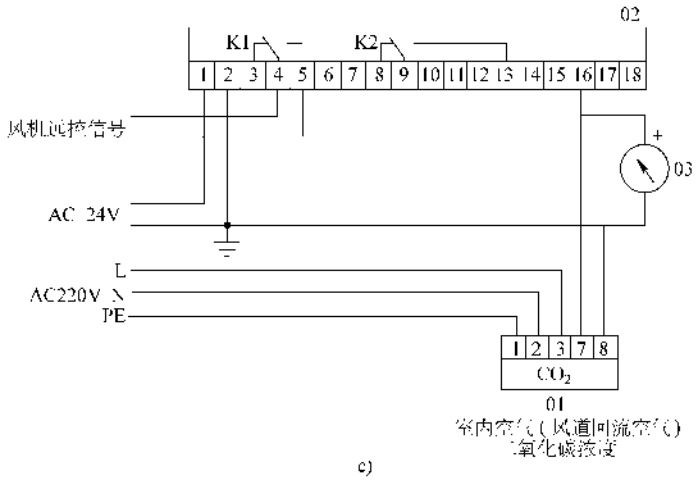


图 17-1 （续）

9）11 号调节器 18#端子经中间继电器 KA1（21-22）常闭点与 15 号加湿器 E#端子连接；

10）13 号调节器 1#端子与 TC 二次电源连接，2#端子与 TC 公共接地端连接；6#端子与转换开关 SA 连接，然后接至 DC0～10V 补偿信号；

11）14 号电压给定器 0#、B#端子分别与 TC 二次电源连接，A#端子经二极管 D_5 与 12 号调节器 6#端子连接；

12）信号报警系统的 A、B 点分别与 TC 二次连接；

13）c）图的接线较为简单，读者自行分析。

空调系统的自动控制部分接线较多，加之元件较多也很繁琐。接线时一定要以一个元件为主全部接完后再接另一个元件；线与线的连接必须在元件端子上进行，每个端子一般不得超过两根线；接线后应先检查无误后才可开启电源变压器，让元件得电，然后观察有无不妥，否则应立即修复；接线一般不要超过三人，各负其责，查线时应互查，不得自查；接线前所有器件均应有合格证和检验试验报告，否则不得接线。

第六节 控制柜的安装与接线

空调系统通常采用集中控制，并显示各房间的状态，特别是微机控制系统可随时监控各房间状态，但有些较为小或简的也有采用分散或就地控制的。无论哪种方法其安装接线均与自动化仪表、动力电路相同，这里不再赘述。读者可参阅第七章和第十六章相关内容。

其实在本章第五节元件的安装接线中已讲述了部分内容，加上第七章、第十六章控制柜的安装接线，已水到渠成，不成问题。

第七节 动力装置的安装

动力装置主要指各种泵、冷冻机、风机等，其设备本体由装机人员安装，电动机及其启动部分与第七章动力电路相同，这里不再赘述。

第八节 系统调整试验及试运行

系统调整试验及试运行基本与第十六章自动化仪表工程相同，不同的是除元件、设备可模拟试验外，系统调试时以实际送风调试，并按夏天、冬天分别调试。

这里以图 17-1 为例说明调试方法。

一、工艺流程图及设置

1. 工艺上设新风—送风管和回风—排风管，其中新风—送风管 1 中设置新风阀、空气过滤器、空气冷却器和加热器、送风机、加湿器、湿度传感器、温度传感器和热电阻。回风—排风管 2 中设置排风风阀、排风机、湿度传感器、温度传感器。新风和回风管间设回风风阀。在被调节空气的室内设湿度传感器、温度传感器和 CO_2 传感器。

2. 系统设联锁装置，并设温度调节指示仪、CO_2 调节指示仪、湿度调节指示仪、焓值调节器和最大信号选择器，其他设置与上述新风机组基本相同。

二、调节控制原理图

调节控制原理可分调节自控和信号报警两个内容。

1. 调节及自动控制系统

1）系统采用 220V 交流电源，控制部分采用经

TC 变压后的交流 24V 电源。

2）调节控制系统采用串级调节，所谓串级调节就是系统采用主调节器与副调节器串联的形式，其中主调节器的输出作为副调节器副调参数的给定值，进而形成双回路闭环调节，如图 17-2 所示。系统中主调参数为回风温度和湿度，副调参数为送风温度和湿度。

3）系统设置 4 只温湿度传感器，分别去测量新风、送风、回风和被调室内的温度和湿度，被调室内还设有 CO_2 传感器，测量室内的 CO_2 浓度，并且将测量到的非电信号变为电信号。其中送风、回风和室内的信号送到温度调节器和湿度调节器中，与给定信号比较后输出连续 PI 调节信号去控制冷水、热水和蒸汽电动阀的开度，同时将信号送至新风处的焓值调节器中。焓值调节器是调节热能的，它接受温度和湿度信号，可进行 PI 调节。

4）焓值调节器一方面接受新风的温度、湿度信号，同时又接受回风和室内的温度、湿度信号，此外还接受送风被调节后的调节信号和室内 CO_2 浓度调节器的信号，根据新风和回风的焓值比较来调节新风阀、排风阀和回风阀的开度，达到经济运行的开度。

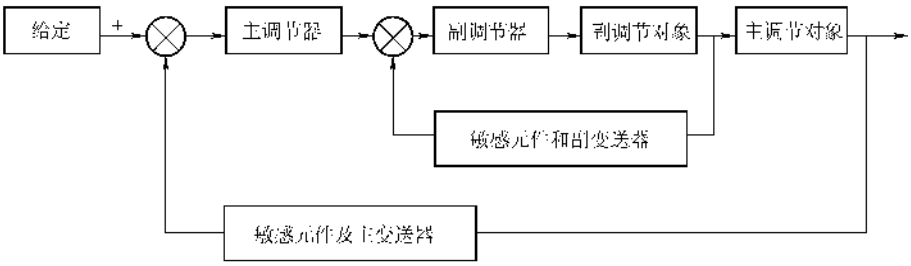


图 17-2　串级调节方框示意图

5）根据以上分析可以看出系统是通过两个调节器串联的方式进行工作的。串级温度调节器分程调节加热阀、冷却阀和控制焓值调节器，来控制回风的温度，副调送风温度，又按新风温度通过补偿调节器设定回风温度给定值。同时串级湿度调节器也是分程调节蒸汽加湿阀、冷却减湿阀来控制回风的相对湿度，副调送风湿度，其中冷却阀的控制是取之温度湿度调节器输出的最大（max）信号来自动选择调节的。焓值调节器的调节方式使两组串级调节（温度、湿度）达到配合合理，促使系统经济运行。

6）调节系统中设置了转换开关 SA，并由其决定冬季和夏季的工作方式。同时设置了 6 块针式显示仪表，显示回风、送风、新风的温度和相对湿度。

2. 信号报警系统

信号报警系统取掉了工况转换中间继电器，请读者自行分析。同时系统设置了两只温度调节指示仪、一只湿度调节指示仪、一只焓值调节仪、一只 CO_2 调节指示仪，均装在仪表柜上。

该系统可人为按最小新风需要量设置风阀的最小位置，也可选用指针式仪表显示探测部位的温度和阀位，这些应按工艺设计要求进行。

其他形式的几种空气调节机组电气控制原理与上述内容基本相同，除了工艺上的差异外，在新风调节上采用的是混风调节器，实际上是一个温差调节器（ΔT/T），它只接受新风、回风的温度信号及送风温度调节器的调节信号，然后进行超驰控制来调节新风阀、回风阀和排风阀而达到经济开度。超驰控制是指某参数达到临界时，为了系统安全，执行器受此参数控制，或处于最大或处于最小位置，有时比临界值稍小一点，保证系统安全。

三、送风机的控制原理图

空气调节自动控制系统中风机的控制原理图与前述章节中电动机的控制基本相同，一般采用双速电动机直接起动或单速电动机直接起动，容量较大的采用Y-△起动，这里只介绍一种电动机控制原理图的另一种画法，供读者在识图中参考。图 17-3 是送风机Y-△起动控制原理图，表 17-1 是主要电气元件表，图中 X□:□（方框中为数字）是接线座的一种标注方法，表示接线座的序号，图中同一标注的序号是连接的。图中每一回路均用 1、2…按顺序表示，并在序号的下面画出该回路接触器辅助触点或继电器触点在图中各个回路的分布情况，其中数字表示回路的序号，△表示外引触点，—⊥—各表示常开触点、常闭触点。这种画法为分析电路带来了极大的方便。

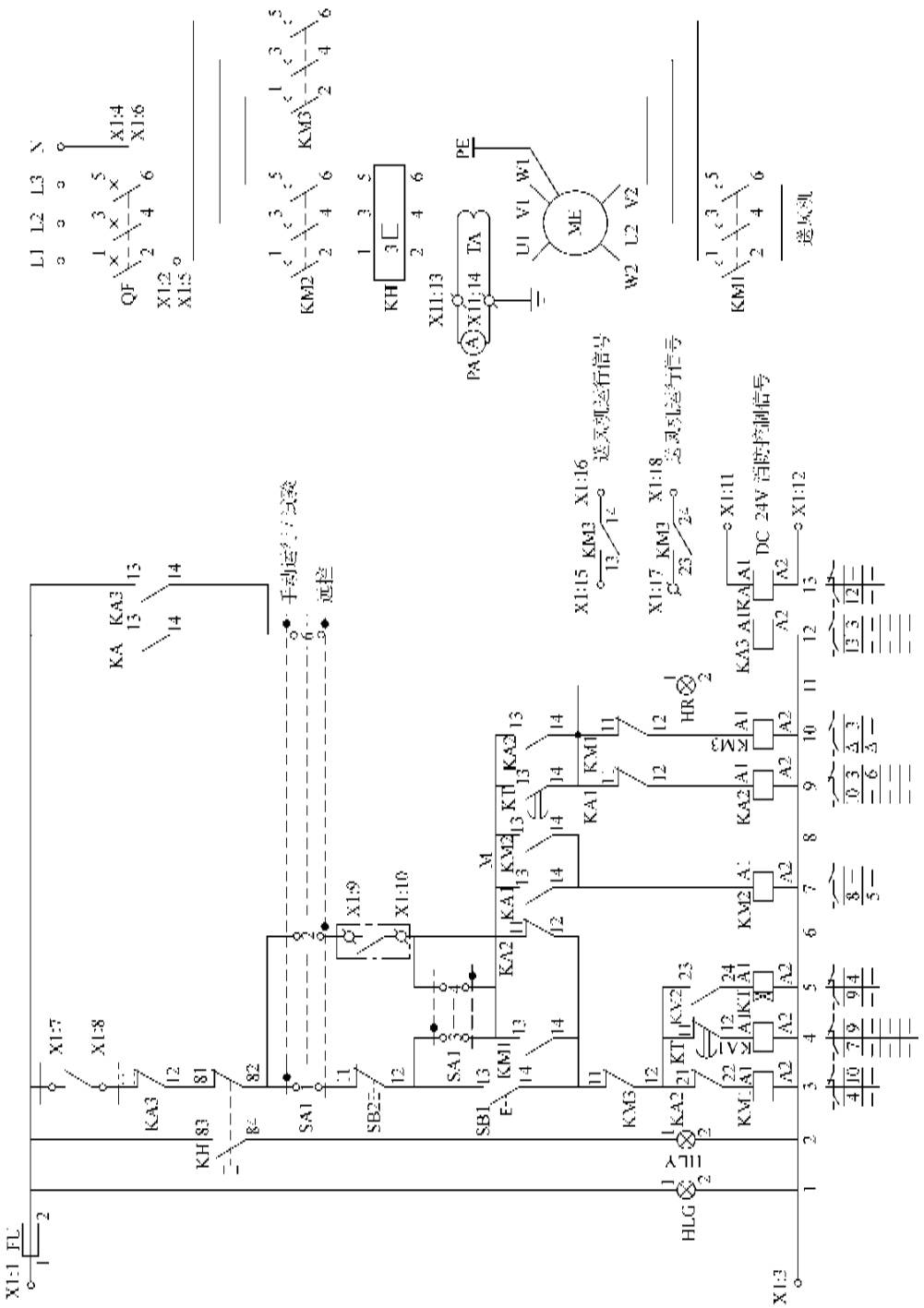


图 17-3 送风机丫-△起动控制原理图

表 17-1　主要电气元件表

文字符号	名　称	型号规格
QF	断路器	设计确定
KM1～3、KM4～6	接触器	设计确定
KH、KH1、KH2	热继电器	设计确定
TA、TA1、TA2	电流互感器	设计确定
PA、PA1、PA2	电流表	设计确定
FU	熔断器	RT9-20/6A
SA1	转换开关	LW5-15D1044/4
SA2	转换开关	LW5-15D1370/5
SA3	钮子开关	KN3-B1Z1D
SB1、SB3	控制按钮	LA101-P11-2220
SB2、SB4	控制按钮	LA101-P11-2210
KT1、KT2	时间继电器	JS17-31/2
KA1～5	中间继电器	JDJ1-44
KA	中间继电器	HH52 DC 24V
HG	信号灯	AD11-10/21 绿色
HY、HY1、HY2	信号灯	AD11-10/21 黄色
HR、HR1、HR2	信号灯	AD11-10/21 红色
X1	接线座	JH2-2.5L l=300mm

注：未注明的二次电路元件额定电压均为交流 220V。

1. 手动运行（SA1 打在手动运行/试验上）

1）电源有电、熔断器 FU 完好，第一回路接通，绿色信号灯 HG 点亮，说明控制电源正常。

2）第三回路中，KA3（11-12）、KH（81-82）、SB2（11-12）、KM3（11-12）、KA2（21-22）均为常闭接点，接线座（X1:7-X1:8）是由仪表控制回路的盘管防冻信号引来的常闭接点，SA1-1 手动运行中是闭合的，因此手按动 SB1 按钮时接触器 KM1 吸合，其主触点将主回路中电动机的 W2、U2、V2 接成星形。其辅助触点的分布使第四回路的常开触点 KM1（13-14）闭合自保，使第十回路的常闭触点 KM1（11-12）打开，实现 KM1 和 KM3 的互锁。

3）第四回路中，KT（11-12）为常闭，中间继电器 KA1 得电吸合，其接点的分布使第七回路的常开触点 KA1（13-14）闭合，使第九回路的常闭触点 KA1（11-12）打开。这样第七回路的接触器 KM2 得电吸合，电动机接成星形全压起动。KM2 接点的分布使第八回路的常开触点 KM2（13-14）闭合实现自保，使第五回路的常开触点 KM2（17-24）闭合，这样时间继电器 KT 得电吸合并开始延时。

4）KT 接点的分布使第四回路的 KT（11-12）延时打开，这样 KA1 失电，其分布在第七回路的常开断开，因 KM2（13-14）自保，不影响 KM2 的工作状态；分布在第九回路的常闭触点 KA1（11-12）复位闭合，KT 分布在第九回路的 KT（13-14）延时闭合，这样第九回路接为通路，中间继电器 KA2 得电吸合。

5）KA2 接点的分布使第三回路的 KA2（21-22）打开，KM1 失电，其分布在第四回路的 KM1（13-14）打开解除自保，第十回路的 KM1（11-12）复位闭合为 KM3 得电作准备，这时电动机星点被 KM1 解开。KA2 在第六回路的触点 KA2（11-12）打开，KA2 在第十回路的常开触点 KA2（13-14）闭合，接通了接触器 KM3，电动机完成了星形起动到角形运行的过渡，这时电动机 U_1W_2、V_1U_2、W_1V_2 被 KM3 连接为三角形，起动完毕。

6）KM3 辅助触点的分布使第三回路的常闭触点 KM3（11-12）打开，解除与 KM1 的互锁，两对常开触点 KM3（13-14）、KM3（17-24）闭合，发出风机运行的信号，供外引电路使用。同时 KT 失电，其第九回路的触点 KT（13-14）打开，因 KA2（13-14）闭合自保，不影响 KM3 和 KA2 的工作状态。

这时要注意到，三角形运行后 KM2、KA2、KM3 的得电回路是直接从 SB2（12）-SA1（3）-KM2（13）-KA2（13）的连线 M 上得到的（图中 M 的标注是作者为了识读的讲述而画上的，原图无 M 字样）。另外，三角形运行后，KM2 仍然吸合，这时图中 KH 和 TA 是接在电动机的相绕组上的，测得的电流是相电流，而不是线电流，在调整中应注意，这也是本电路的一个缺点。

7）在风机正常运行中，若发生以下情况，电动机将失电停止运行。

① 操作 SA1 或 SB2 可将电动机手动停止，为运行人员提供了一旦发生事故可及时停车。

② 运行过程中电动机过负荷时限超过热继电器 KH 的时限，KH 则动作，其常闭触点 KH（81-82）打开切断控制电源的回路，接触器 KM2、KM3 失电，电动机自动停止；KH（83-84）闭合点亮事故信号灯 HY。

③ 当火灾发生时，第十三回路的信号继电器 KA 得电吸合，发出火警信号，分布在第十二回路的常开触点 KA（13-14）闭合，使 KA3 接通吸合，第十三回路的常开触点 KA3（13-14）闭合自保，第三回路的常闭触点 KA3（11-12）打开切断控制回路电

源，电动机停止。

④ 空调系统盘管防冻信号继电器 KA3 吸合后，外引入接点接线座（X1:7-X1:8）打开，切断控制回路电源，电动机停止。

⑤ 当电动机内部发生短路或主回路发生短路时，断路器 QF 自动跳闸，切断电动机电源，电动机停止。

2. 远控运行（SA1 打在远控上）

1）同 1. -1）。

2）SA1（2）接通，远控信号由接线座（X1:9-X1:10）引入，电源经 SA1（4）引入图中标注 M 的线段上，同时电源经 X1:10-KA2 常闭触点（11-12）-KM3 常闭触点（11-12）使 KM1、KA1 得电吸合，以下控制程序基本同手动控制的程序，可按 1. -2）及以下的内容进行分析。

3）停车同 1. 。

说明一点，新风及空气处理机组自控系统采用的传感器、调节器、电动阀、压差开关、温度开关及各种电子元件等，均应以工程提供的施工图样中标注的型号为准，其电路及工作方式应以其产品说明书为准，这里的图样及型号则是为了讲述的方便而选用的。

四、调试程序内容

1. 准备工作

2. 系统调整试验

3. 投入试运行

（1）试运行条件

（2）试运行程序

上述 3 点见第十六章相关内容。

五、调试及试运行方法

1）将转换开关 SA 打到夏季/冬季。

2）开启电压变压器 TC 的电源，使所有元件接通电源，然后检查柜、箱、设备、元件、线路是否正常，并及时处理。

3）开启冷冻水泵/热水泵，并开启新风风机和排风风机，室外空气干燥时可开启蒸汽汽源，同时检查机械、电气是否正常，并及时处理。

4）微量手动开启 17 号电动调节阀（冷却）/16 号电动调节阀（加热）及 18 号新风电动阀、19 号回风电动阀和 20 号排风电动阀，同时观测 06 号新风温度显示器、04 号回风温度显示器和 05 号送风温度显示器，根据下列要求进行调节：

① 室内温度较高可适当加大 17 号/16 号以及 18 号、19 号、20 号电动阀，并记录 04 号、05 号、06 号温度显示器数值，精心掌握电动阀加大/减小量与温度的关系，最后锁定在设计温度上，然后将其打到自动调节上。

② 观测自动调节运行中的上述三表温度变化情况，若较大，则适当减少反馈量；反之加大反馈量。

③ 按上述几经调整，让温度保持在设计温度的 ±1℃上，试运行 8h，观测其变化，否则再进行微调。

5）观测 07 号回风相对湿度显示器、08 号送风相对湿度显示器和 09 号新风相对湿度显示器，其相对湿度偏低/偏高时，可适当微调 11 号湿度调节器，使其反馈量增大/减小，以观测结果，如有效则可适当再度微调；如无效，则应加大/减小蒸汽的汽源，这时再度观测，然后用上述方法进行微调。

湿度调整时，上述 4）的调整保持不变。

6）上述 4、5 调整基本衡定后，观测 12 号焓值调节器，其值较低则可微调 17 号/16 号及 15 号调节阀，以观结果，有效即可再度微调；无效则应加大/减小 17 号/16 号和 15 号调节阀。反复调整，并掌握其变化规律和关系，最后将其锁定在设计数值上。

7）上述调整有效即可再度精调，否则应将系统全部停止，按上述方法再度进行调整。

8）空调系统的调整是一项非常细致的工作，同时调整受到多方因素的制约和影响，一般情况下，一次、二次是难以调好的，因此，应做到以下 10 点：

① 细致耐心，不得急于求成；

② 调试时应由一人指挥并确定调节元件及其调节的大小，任何人不得随意调节；

③ 调试时现场最好有建设单位的各种人员进行正常的工作，但不得干预或参与调整；

④ 开启的冷冻泵/热水泵、新风机、排风机和蒸汽汽源不得随意增大/减小给出量，如需变动，必须由指挥人发出指令；

⑤ 调试时非调试人员应退出现场；

⑥ 调试时冷冻泵、热水泵、新风机、排风机、蒸汽汽源、电源等处必须有运行值班人员，随时接受指挥人的指令，不得擅离职守；

⑦ 调试时最好昼夜不停、一气呵成，中途除不可抗力外，调试人员应坚守岗位（可轮班现场休息），确保调试一次成功。

⑧ 空调系统较大时，应编制调试方案，并组织全体调试人员充分发挥每个人的积极性，修改方案，最后组织学习，照章办事。

⑨ 调试工作最好在天气较好时进行，要避开风雪雨天气。

⑩ 其他参照电气调试和仪表调试相关内容。

9）送风机的调试与动力电路相同，详见第七章。

六、调整试验总体要求

1. 一般要求

1）系统调试所使用的测试仪器和仪表的性能应稳定可靠，其精度等级及最小分度值应能满足调试的要求，并应符合国家有关计量法规及检定规程的规定。

2）通风与空调工程的系统包括电气控制调节系统调试，应由施工单位负责和实施，并由多工种配合，监理监督。

施工单位无能力的可委托给具有调试能力的其他单位并有合同协议约束。

3）系统调试前，承包单位应编制调试方案，报送专业监理工程师审核批准；调试结束后，必须提供完整的调试资料和报告。

4）通风与空调工程系统无生产负荷的联合试运转及调试，应在制冷设备和通风与空调设备单机试运转合格后进行。空调系统带冷（热）源的正常联合试运转不应少于8h，当竣工季节与设计条件相差较大时，仅做不带冷（热）源试运转。通风、除尘系统的连续试运转不应少于2h。电气控制调节系统应先进行单体调试。

5）净化空调系统运行前应在回风、新风的吸入口处和粗、中效过滤器前设置临时用过滤器（如无纺布等），实行对系统的保护。净化空调系统的检测和调整，应在系统进行全面清扫，且已运行24h及以上达到稳定后进行。

洁净室洁净度的检测，应在空态或静态下进行或按合约规定。室内洁净度检测时，人员不宜多于3人，均必须穿与洁净室洁净度等级相适应的洁净工作服。

2. 主要项目要求

1）通风与空调工程安装完毕，必须进行系统的测定和调整（简称调试）。系统调试应包括下列项目：

①　设备单机试运转及调试；

②　系统无生产负荷下的联合试运转及调试。

2）设备单机试运转及调试应符合下列规定：

①　通风机、空调机组中的风机，叶轮旋转方向正确、运转平稳、无异常振动与声响，其电动机运行功率应符合设备技术文件的规定。在额定转速下连续运转2h后，滑动轴承外壳最高温度不得超过70℃；滚动轴承不得超过80℃；

②　水泵叶轮旋转方向正确，无异常振动和声响，紧固连接部位无松动，其电动机运行功率值符合设备技术文件的规定。水泵连续运转2h后，滑动轴承外壳最高温度不得超过70℃；滚动轴承不得超过75℃；

③　冷却塔本体应稳固、无异常振动，其噪声应符合设备技术文件的规定。风机试运转应符合①的规定；

冷却塔风机与冷却水系统循环试运行不少于2h，运行应无异常情况；

④　制冷机组、单元式空调机组的试运转，应符合设备技术文件和现行国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274—2010的有关规定，正常运转不应少于8h；

⑤　电控防火、防排烟风阀（口）的手动、电动操作应灵活、可靠，信号输出正确。

⑥　电气控制自动调节系统应与设备功能配套，显示参数准确，自动调节及时有效，电气控制系统电动机运行正常，温度调节误差±1℃，湿度调节误差±10%，其他参数±15%～20%。

3）系统无生产负荷的联合试运转及调试应符合下列规定：

①　系统总风量调试结果与设计风量的偏差不应大于10%；

②　空调冷热水、冷却水总流量测试结果与设计流量的偏差不应大于10%；

③　舒适空调的温度、相对湿度应符合设计的要求。恒温、恒湿房间室内空气温度、相对湿度及波动范围应符合设计规定。

4）防排烟系统联合试运行与调试的结果（风量及正压），必须符合设计与消防的规定。

5）净化空调系统还应符合下列规定：

①　单向流洁净室系统的系统总风量调试结果与设计风量的允许偏差为0～20%，室内各风口风量与设计风量的允许偏差为15%。

新风量与设计新风量的允许偏差为10%。

②　单向流洁净室系统的室内截面平均风速的允许偏差为0～20%，且截面风速不均匀度不应大于0.25。

新风量和设计新风量的允许偏差为10%。

③　相邻不同级别洁净室之间和洁净室与非洁净室之间的静压差不应小于5Pa，洁净室与室外的静压差不应小于10Pa；

④　室内空气洁净度等级必须符合设计规定的等级或在商定验收状态下的等级要求。

高于等于5级的单向流洁净室，在门开启的状态下，测定距离门0.6m室内侧工作高度处空气的含尘

浓度，亦不应超过室内洁净度等级上限的规定。

3. 一般项目要求

1）设备单机试运转及调试应符合下列规定：

① 水泵运行时不应有异常振动和声响、壳体密封处不得渗漏、紧固连接部位不应松动、轴封的温升应正常；在无特殊要求的情况下，普通填料泄漏量不应大于60mL/h，机械密封的不应大于5mL/h；

② 风机、空调机组、风冷热泵等设备运行时，产生的噪声不宜超过产品性能说明书的规定值；

③ 风机盘管机组的三速、温控开关的动作应正确，并与机组运行状态一一对应。

2）通风工程系统无生产负荷联动试运转及调试应符合下列规定：

① 系统联动试运转中，设备及主要部件的联动必须符合设计要求，动作协调、正确，无异常现象；

② 系统经过平衡调整，各风口或吸风罩的风量与设计风量的允许偏差不应大于15%；

③ 湿式除尘器的供水与排水系统运行应正常。

3）空调工程系统无生产负荷联动试运转及调试还应符合下列规定：

① 空调工程水系统应冲洗干净、不含杂物，并排除管道系统中的空气；系统连续运行应达到正常、平稳；水泵的压力和水泵电动机的电流不应出现大幅波动。系统平衡调整后，各空调机组的水流量应符合设计要求，允许偏差为20%；

② 各种自动计量检测元件和执行机构的工作应正常，满足建筑设备自动化（BA、FA等）系统对被测定参数进行检测和控制的要求；

③ 多台冷却塔并联运行时，各冷却塔的进、出水量应达到均衡一致；

④ 空调室内噪声应符合设计规定要求；

⑤ 有压差要求的房间、厅堂与其他相邻房间之间的压差，舒适性空调正压为0～25Pa；工艺性的空调应符合设计的规定；

⑥ 有环境噪声要求的场所，制冷、空调机组应按现行国家标准的规定进行测定。洁净室内的噪声应符合设计的规定。

⑦ 电气控制及自动调节系统应满足设计要求。

4）通风与空调工程的电气控制和自动监测设备，应能与系统的检测元件和执行机构正常运行，系统的状态参数应能正确显示，设备联锁、自动调节、自动保护应能正确动作。

七、常用测试方法

系统调试基本正常后应测试管道漏风及室内静压差、空气过滤器泄漏、洁净度、风量/风速、菌类、温度、相对湿度、单向流速、噪声等参数，这些测试是电工和通风工配合进行的。主要仪器仪表有：精密测压仪、微差压力计、光学粒子计数器、激光粒子计数器、凝结核计数器、热球风速仪、微生物采样皿、高精度温度计、高精度湿度计、测定架固定风速仪、倍频程分析声级计等。仪器的使用应按其使用说明书进行。测定后再对自检系统微调，以达到更高的满意度。

1. 漏风的测量试验

1）漏风量测试应采用经检验合格的专用测量仪器仪表，并由有使用经验的人员进行。

2）漏风量测试装置可采用风管式或风室式。风管式测试装置采用孔板做计量元件；风室式测试装置采用喷嘴做计量元件。

3）漏风量测试装置的风机，其风压和风量应选择分别大于被测定系统或设备的规定试验压力及最大允许漏风量的1.2倍。

4）漏风量测试装置试验压力的调节，可采用调整风机转速的方法，也可采用控制节流装置开度的方法。漏风量值必须在系统经调整后，保持稳压的条件下测得。

5）漏风量测试装置的压差测定应采用微压计，其最小读数分格不应大于2.0Pa。

6）风管式漏风量测试装置：

① 风管式漏风量测试装置由风机、连接风管、测压仪器、整流栅、节流器和标准孔板等组成，如图17-4所示。

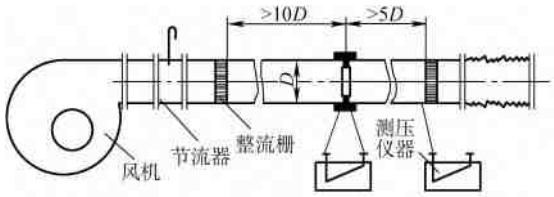


图17-4 正压风管式漏风量测试装置

② 采用角接取压的标准孔板。孔板β值范围为0.22～0.7（$\beta = d/D$）；孔板至前、后整流栅及整流栅外直管段距离，应分别符合大于10倍和5倍圆管直径D的规定。

③ 连接风管均为光滑圆管。孔板至上游$2D$范围内其圆度允许偏差为0.3%；下游为2%。

④ 孔板与风管连接，其前端与管道轴线垂直度允许偏差为1°；孔板与风管同心度允许偏差为$0.015D$。

⑤ 在第一整流栅后，所有连接部分应该严密不

漏。

⑥　用下列公式计算漏风量：

$$Q = 3600\varepsilon\alpha A_n\sqrt{\frac{2}{\rho}\Delta P} \qquad (17\text{-}1)$$

式中　Q——漏风量，单位为 m^3/h；

ε——空气流束膨胀系数；

α——孔板的流量系数；

A_n——孔板开口面积，单位为 m^2；

ρ——空气密度，单位为 kg/m^3；

ΔP——孔板差压，单位为 Pa。

⑦　孔板的流量系数与 β 值的关系根据图 17-5 确定，其适用范围应满足下列条件，在此范围内，不计管道粗糙度对流量系数的影响。

$10^5 < Re < 2.0\times10^6$

$0.05 < \beta^2 \leqslant 0.49$

$50mm < D \leqslant 1000mm$

雷诺数小于 10^5 时，则应按相应流量测量节流装置规范求得流量系数 α。

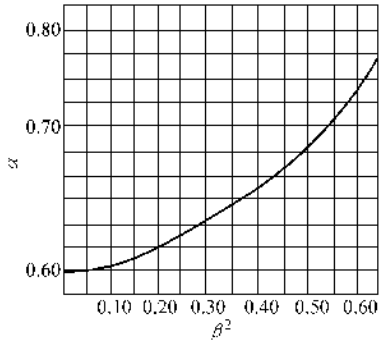


图 17-5　孔板流量系数图

⑧　孔板的空气流束膨胀系数 ε 值可根据表 17-2 查得。

表 17-2　采用角接取压标准孔板流束膨胀系数 ε 值（$k=1.4$）

P_2/P_1 ＼ β^4	1.0	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.85	0.80	0.75
0.08	1.0000	0.9930	0.9866	0.9803	0.9742	0.9681	0.9531	0.9381	0.9232
0.1	1.0000	0.9924	0.9854	0.9787	0.9720	0.9654	0.9491	0.9328	0.9166
0.2	1.0000	0.9918	0.9843	0.9770	0.9698	0.9627	0.9450	0.9275	0.9100
0.3	1.0000	0.9912	0.9831	0.9753	0.9676	0.9599	0.9410	0.9222	0.9034

注：1. 本表允许内插，不允许外延。

2. P_2/P_1 为孔板后与孔板前的全压值之比。

⑨　当测试系统或设备负压条件下的漏风量时，装置连接应按图 17-6 进行。

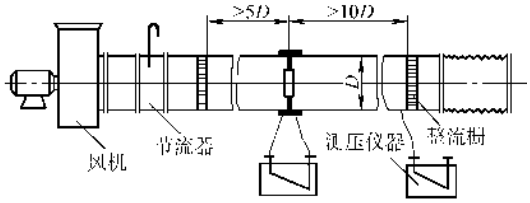


图 17-6　负压风管式漏风量测试装置

7）风室式漏风量测试装置：

①　风室式漏风量测试装置由风机、连接风管、测压仪器、均流板、节流器、风室、隔板和喷嘴等组成，如图 17-7 所示。

②　测试装置采用标准长颈喷嘴，如图 17-8 所示。喷嘴必须按图 17-7 的要求安装在隔板上，数量可为单个或多个。两个喷嘴之间的中心距离不得小于较大喷嘴喉部直径的 3 倍；任一喷嘴中心到风室最近侧壁的距离不得小于其喷嘴喉部直径的 1.5 倍。

③　风室的断面面积不应小于被测定风量按断面平均速度小于 0.75m/s 时的断面积。风室内均流板（多孔板）安装位置应按图 17-7 进行。

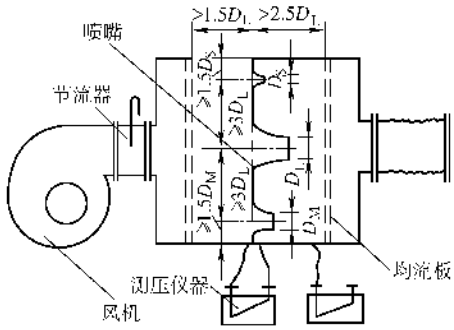


图 17-7　正压风室式漏风量测试装置

D_S—小号喷嘴直径　D_M—中号喷嘴直径　D_L—大号喷嘴直径

④　风室中喷嘴两端的静压取压接口，应为多个且均布于四壁。静压取压接口至喷嘴隔板的距离不得大于最小喷嘴喉部直径的 1.5 倍。然后，并联成静压环，再与测压仪器相接。

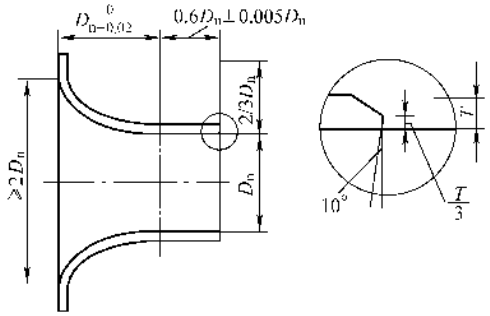


图 17-8 标准长颈喷嘴

⑤ 采用此装置测定漏风量时，通过喷嘴喉部的流速应控制在 15～35m/s 范围内。

⑥ 本装置要求风室中喷嘴隔板后的所有连接部分应严密不漏。

⑦ 用下列公式计算单个喷嘴风量：

$$Q_n = 3600C_d \cdot A_d \sqrt{\frac{2}{\rho}\Delta P} \qquad (17\text{-}2)$$

多个喷嘴风量： $Q = \sum Q_n$ （17-3）

式中 Q_n——单个喷嘴漏风量，单位为 m^3/h；

C_d——喷嘴的流量系数（直径 127mm 以上取 0.99，小于 127mm 按表 17-3 或图 17-9 查取）；

A_d——喷嘴的喉部面积，单位为 m^2；

ΔP——喷嘴前后的静压差，单位为 Pa。

表 17-3 喷嘴流量系数表

Re	流量系数 C_d	*Re*	流量系数 C_d
12000	0.950	8000	0.983
16000	0.956	90000	0.984
20000	0.961	100000	0.985
30000	0.969	150000	0.989
40000	0.973	200000	0.991
50000	0.977	250000	0.993
60000	0.979	300000	0.994
70000	0.981	350000	0.994

注：不计温度系数。

⑧ 当测试系统或设备负压条件下的漏风量时，装置连接应按图 17-10 进行。

8）漏风量测试：

① 正压或负压系统风管与设备的漏风量测试，分正压试验和负压试验两类。一般可采用正压条件下的测试来检验。

② 系统漏风量测试可以整体或分段进行。测试

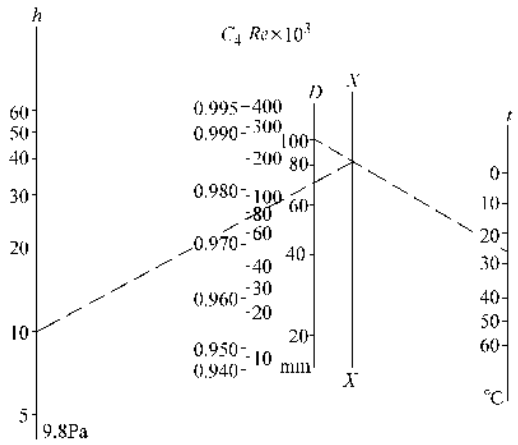


图 17-9 喷嘴流量系数推算图

注：先用直径与温度标尺在指数标尺（*X*）上求点，再将指数与压力标尺点相连，可求取流量系数值。

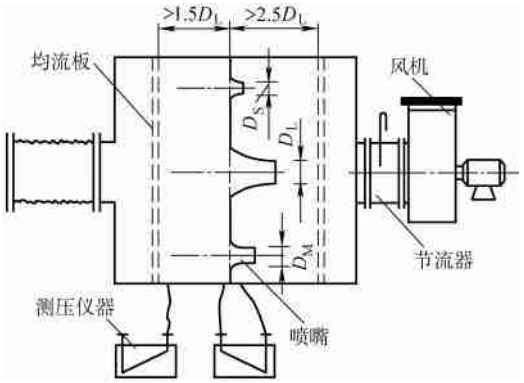


图 17-10 负压风室式漏风量测试装置

时，被测系统的所有开口均应封闭，不应漏风。

③ 被测系统的漏风量超过设计和国家标准规范的规定时，应查出漏风部位（可用听、摸、观察、水或烟检漏），做好标记；修补完工后，重新测试，直至合格。

④ 漏风量测定值一般应为规定测试压力下的实测数值。特殊条件下，也可用相近或大于规定压力下的测试代替，其漏风量可按下式换算：

$$Q_0 = Q(P_0/P)^{0.65} \qquad (17\text{-}4)$$

式中 P_0——规定试验压力，500Pa；

Q_0——规定试验压力下的漏风量，单位为 $m^3/(h \cdot m^2)$；

P——风管工作压力，单位为 Pa；

Q——工作压力下的漏风量，单位为 $m^3/(h \cdot m^2)$。

2. 静压差的检测

1）静压差的测定应在所有的门关闭的条件下进行，并由高压向低压、由平面布置上与外界最远的里

间房间开始，依次向外测试。

2）采用的微差压力计，其灵敏度不应低于2.0Pa。

3）有孔洞相通的不同等级相邻的洁净室，其洞口处应有合理的气流流向。洞口的平均风速大于等于0.2m/s时，可用热球风速仪检测。

3. 空气过滤器泄漏测试

1）高效过滤器的检漏，应使用采样速率大于1L/min的光学粒子计数器。D类高效过滤器宜使用激光粒子计数器或凝结核计数器。

2）采用粒子计数器检漏高效过滤器，其上风侧应引入均匀浓度的大气尘或含其他气溶胶尘的空气。对大于等于0.5μm的尘粒，浓度应大于或等于3.5×10^5pc/m^{3}㊀；或对大于或等于0.1μm的尘粒，浓度应大于或等于3.5×10^7pc/m^3；若检测D类高效过滤器，对大于或等于0.1μm的尘粒，浓度应大于或等于3.5×10^9pc/m^3。

3）高效过滤器的检测采用扫描法，即在过滤器下风侧用粒子计数器的等动力采样头，放在距离被检部位表面20～30mm处，以5～20mm/s的速度，对过滤器的表面、边框和封头胶处进行移动扫描检查。

4）泄漏率的检测应在接近设计风速的条件下进行。将受检高效过滤器下风侧测得的泄漏浓度换算成透过率，高效过滤器不得大于出厂合格透过率的2倍；D类高效过滤器不得大于出厂合格透过率的3倍。

5）在移动扫描检测工程中，应对计数突然递增的部位进行定点检验。

4. 室内空气洁净度等级的检测

1）空气洁净度等级的检测应在设计指定的占用状态（空态、静态、动态）下进行。

2）检测仪器的选用：应使用采样速率大于1L/min的光学粒子计数器，在仪器选用时应考虑粒径鉴别能力、粒子浓度适用范围和计数效率。仪表应有有效的检定合格证书。

3）采样点的规定：

①　最低限度的采样点数N_L，见表17-4；

表17-4　最低限度的采样点数N_L表

测点数N_L	2	3	4	5	6	7	8	9	10
洁净区面积A/m^2	2.1～6.0	6.1～12.0	12.1～20.0	20.1～30.0	30.1～42.0	42.1～56.0	56.1～72.0	72.1～90.0	90.1～110.0

注：1. 在水平单向流时，面积A为与气流方向呈垂直的流动空气截面的面积。

2. 最低限度的采样点数N_L按公式$N_L=A^{0.5}$计算（四舍五入取整数）。

表17-5　每次采样的最少采样量V_s（L）表

洁净度等级	粒径/μm					
	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	5.0
1	2000	8400	—	—	—	—
2	200	840	1960	5680	—	—
3	20	84	196	568	2400	—
4	2	8	20	57	240	—
5	2	2	2	6	24	680
6	2	2	2	2	2	68
7	—	—	—	2	2	7
8	—	—	—	2	2	2
9	—	—	—	2	2	2

②　采样点应均匀分布于整个面积内，并位于工作区的高度（距地坪0.8m的水平面），或设计单位、业主特指的位置。

4）采样量的确定：

①　每次采样的最少采样量见表17-5；

②　每个采样点的最少采样时间为1min，采样量至少为2L；

③　每个洁净室（区）最少采样次数为3次。当洁净区仅有一个采样点时，则在该点至少采样3次；

㊀　pc即颗粒。

④ 对预期空气洁净度等级达到4级或更洁净的环境，采样量很大，可采用ISO 14644-1规定的顺序采样法。

5）检测采样的规定：

① 采样时采样口处的气流速度，应尽可能接近室内的设计气流速度；

② 对单向流洁净室，其粒子计数器的采样管口应迎着气流方向；对于非单向流洁净室，采样管口宜向上；

③ 采样管必须干净，连接处不得有渗漏。采样管的长度应根据允许长度确定，如果无规定时，不宜大于1.5m；

④ 室内的测定人员必须穿洁净工作服，且不宜超过3名，并应远离或位于采样点的下风侧静止不动或微动。

6）记录数据评价。空气洁净度测试中，当全室（区）测点为2～9点时，必须计算每个采样点的平均粒子浓度 C_i 值、全部采样点的平均粒子浓度 N 及其标准差，导出95%置信上限值；采样点超过9点时，可采用算术平均值 N 作为置信上限值。

① 每个采样点的平均粒子浓度 C_i 应小于或等于洁净度等级规定的限值，见表17-6。

表17-6 洁净度等级及悬浮粒子浓度限值

洁净度等级	大于或等于表中粒径 D 的最大浓度 C_n/（pc/m³）					
	0.1μm	0.2μm	0.3μm	0.5μm	1.0μm	5.0μm
1	10	2	—	—	—	—
2	100	24	10	4	—	—
3	1000	237	102	35	8	—
4	10000	2370	1020	352	83	—
5	100000	23700	10200	3520	832	29
6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
7	—	—	—	352000	83200	2930
8	—	—	—	3520000	832000	29300
9	—	—	—	35200000	8320000	293000

注：1. 本表仅表示了整数值的洁净度等级（N）悬浮粒子最大浓度的限值。

2. 对于非整数洁净度等级，其对应于粒子粒径 D（μm）的最大浓度限值（C_n），应按下列公式计算求取。

$$C_n = 10^N \times \left(\frac{0.1}{D}\right)^{2.08}$$

3. 洁净度等级定级的粒径范围为0.1～5.0μm，用于定级的粒径数不应大于3个，且其粒径的顺序级差不应小于1.5倍。

② 全部采样点的平均粒子浓度 N 的95%置信上限值，应小于或等于洁净度等级规定的限值，即

$$(N + t \times s/\sqrt{n}) \leqslant \text{级别规定的限值}$$

式中 N——室内各测点平均含尘浓度，$N = \sum C_i/n$；

n——测点数；

s——室内各测点平均含尘浓度 N 的标准差：

$$s = \sqrt{\frac{(C_i - N)^2}{n-1}};$$

t——置信度上限为95%时，单侧 t 分布的系数，见表17-7。

表17-7 t 系数

点数	2	3	4	5	6	7～9
t	6.3	2.9	2.4	2.1	2.0	1.9

5. 风量或风速的检测

1）对于单向流洁净室，采用室截面平均风速和截面积乘积的方法确定送风量。离高效过滤器0.3m，垂直于气流的截面作为采样测试截面，截面上测点间距不宜大于0.6m，测点数不应少于5个，以所有测点风速读数的算术平均值作为平均风速。

2）对于非单向流洁净室，采用风口法或风管法确定送风量，做法如下：

① 风口法是在安装有高效过滤器的风口处，根据风口形状连接辅助风管进行测量。即用镀锌钢板或其他不产尘材料做成与风口形状及内截面相同，长度等于2倍风口长边长的直管段，连接于风口外部。在辅助风管出口平面上，按最少测点数不少于6点均匀布置，使用热球式风速仪测定各测点的风速。然后，

以求取的风口截面平均风速乘以风口净截面积求取测定风量。

②　对于风口上风侧有较长的支管段，且已经或可以钻孔时，可以用风管法确定风量。测量断面应位于大于或等于局部阻力部件前3倍管径或长边长，局部阻力部件后5倍管径或长边长的部位。

对于矩形风管，是将测定截面分割成若干个相等的小截面。每个小截面尽可能接近正方形，边长不应大于200mm，测点应位于小截面中心，但整个截面上的测点数不宜少于3个。

对于圆形风管，应根据管径大小，将截面划分成若干个面积相同的同心圆环，每个圆环测4点。根据管径确定圆环数量，不宜少于3个。

6. 室内浮游菌和沉降菌的检测

1）微生物检测方法有空气悬浮微生物法和沉降微生物法两种，采样后的基片（或平皿）经过恒温箱内37℃、48h的培养生成菌落后进行计数。使用的采样器皿和培养液必须进行消毒灭菌处理。采样点可均匀布置或取代表性地域布置。

2）悬浮微生物法应采用离心式、狭缝式和针孔式等碰击式采样器，采样时间应根据空气中微生物浓度来决定，采样点数可与测定空气洁净度测点数相同。各种采样器应按仪器说明书规定的方法使用。

沉降微生物法，应采用直径为90mm培养皿，在采样点上沉降30min后进行采样，最少培养皿数应符合表17-8的规定。

表17-8　最少培养皿数

空气洁净度级别	培养皿数
<5	44
5	14
6	5
≥7	2

3）特殊环境洁净室（包括药厂生物洁净室）室内浮游菌和沉降菌测试，也可采用按协议确定的采样方案。

4）用培养皿测定沉降菌，用碰撞式采样器或过滤采样器测定浮游菌，还应遵守以下规定：

①　采样装置采样前的准备及采样后的处理，均应在设有高效空气过滤器排风的负压实验室进行操作，该实验室的温度应为22℃±2℃；相对湿度应为50%±10%；

②　采样仪器应消毒灭菌；

③　采样器选择应审核其精度和效率，并有合格证书；

④　采样装置的排气不应污染洁净室；

⑤　沉降皿个数及采样点、培养基及培养温度、培养时间应按有关规范的规定执行；

⑥　浮游菌采样器的采样率宜大于100L/min；

⑦　碰撞培养基的空气速度应小于20m/s。

7. 室内空气温度和相对湿度的检测

1）根据温度和相对湿度波动范围，应选择相应的具有足够精度的仪表进行测定。每次测定间隔不应大于30min。

2）室内测试点布置：

①　送回风口处；

②　恒温工作区具有代表性的地点（如沿着工艺设备周围布置或等距离布置）；

③　没有恒温要求的洁净室中心；

④　测点一般应布置在距外墙表面大于0.5m，离地面0.8m的同一高度上；也可以根据恒温区的大小，分别布置在离地不同高度的几个平面上。

3）测点数应符合表17-9的规定。

表17-9　温、湿度测点数

波动范围	室面积≤50m²	每增加20～50m²
$\Delta t=\pm0.5\sim\pm2$℃	5个	增加3～5个
$\Delta RH=\pm5\%\sim\pm10\%$		
$\Delta t\leqslant\pm0.5$℃	点间距不应大于2m，点数不应少于5个	
$\Delta RH\leqslant\pm5\%$		

4）有恒温恒湿要求的洁净室。室温波动范围按各测点的各次温度中偏差控制点温度的最大值，占测点总数的百分比整理成累积统计曲线。如90%以上测点偏差值在室温波动范围内，为符合设计要求。反之，为不合格。

区域温度以各测点中最低的一次测试温度为基准，各测点平均温度与超偏差值的点数，占测点总数的百分比整理成累计统计曲线，90%以上测点所达到的偏差值为区域温差，应符合设计要求。相对温度波动范围可按室温波动范围的规定执行。

8. 单向流洁净室截面平均速度，速度不均匀度的检测

1）洁净室垂直单向流和非单向流应选择距墙或围护结构内表面大于0.5m，离地面高度0.5～1.5m作为工作区。水平单向流以距送风墙或围护结构内表面0.5m处的纵断面为第一工作面。

2）测定截面的测点数和测定仪器应符合7. 温度湿度检测的3）的要求的规定。

3）测定风速应用测定架固定风速仪，以避免人体干扰。不得不用手持风速仪测定时，手臂应伸至最

长位置，尽量使人体远离测头。

4）室内气流流形的测定，宜采用发烟或悬挂丝线的方法，进行观察测量与记录。然后，标在记录的送风平面的气流流形图上。一般每台过滤器至少对应1个观察点。

风速的不均匀度 β_0 按下列公式计算，一般 β_0 值不应大于0.25。

$$\beta_0 = \frac{s}{v} \tag{17-5}$$

式中 v——各测点风速的平均值；

s——标准差。

9. 室内噪声的检测

1）测噪声仪器应采用带倍频程分析的声级计。

2）测点布置应按洁净室面积均分，每 $50m^2$ 设一点。测点位于其中心，距地面1.1～1.5m高度处或按工艺要求设定。

第九节 空调系统的竣工验收

空调系统电气设备控制及自动调节系统的竣工验收是随空调系统安装工程一并进行的，是其一个分部（项）工程，非属电气工程。因此，这里列出竣工验收相关事宜，供读者参阅。

1）通风与空调工程的竣工验收，是在工程施工质量得到有效监控的前提下，施工单位通过整个分部工程的无生产负荷系统联合试运转与调试和观感质量的检查均符合国家标准规范和设计要求，方可进行的交验活动。

2）通风与空调工程的竣工验收，应由建设单位负责，组织施工、设计、监理等单位共同进行，合格后即应办理竣工验收手续。

3）通风与空调工程竣工验收时，应检查竣工验收的资料，一般应有下列文件及记录（包括电气设备控制及自动调节系统）：

① 图样会审记录、设计变更通知书和竣工图；

② 主要材料、设备、成品、半成品和仪表及其电气设备、自动调节元件等的出厂合格证明及进场检（试）验报告；

③ 隐蔽工程检查验收记录；

④ 工程设备、风管系统、管道系统、电气及自控系统的安装及检验记录；

⑤ 管道试验记录；

⑥ 设备单机试运转记录；

⑦ 系统无生产负荷联合试运转与调试记录；

⑧ 分部（子分部）工程质量验收记录；

⑨ 观感质量综合检查记录；

⑩ 安全和功能检验资料的核查记录。

4）观感质量检查项目：

① 风管表面应平整、无损坏；接管合理，风管的连接以及风管与设备或调节装置的连接，无明显缺陷；

② 风口表面应平整，颜色一致，安装位置正确，风口可调节部件应能正常动作；

③ 各类电气设备、仪表、调节装置的安装应正确牢固、调节灵活、功能有效、操作方便。防火及排烟阀等关闭严密，动作可靠；

④ 制冷及水管系统的管道、阀门及仪表安装位置正确，系统无渗漏；

⑤ 风管、部件及管道的支、吊架形式、位置及间距应符合此规范要求；

⑥ 风管、管道的软性接管位置应符合设计要求，接管正确、牢固，自然无强扭；

⑦ 通风机、制冷机、水泵、风机盘管机组的安装应正确牢固；

⑧ 组合式空气调节机组外表平整光滑、接缝严密、组装顺序正确，喷水室外表面无渗漏；

⑨ 除尘器、积尘室安装应牢固、接口严密；

⑩ 消声器安装方向正确，外表面应平整无损坏；

⑪ 风管、部件、管道及支架的油漆应附着牢固，漆膜厚度均匀，油漆颜色与标志符合设计要求；

⑫ 绝热层的材质、厚度应符合设计要求；表面平整、无断裂和脱落；室外防潮层或保护壳应顺水搭接、无渗漏。

5）净化空调系统的观感质量检查项目：

① 空调机组、风机、净化空调机组、风机过滤器单元和空气吹淋室等的安装位置应正确、固定牢固、连接严密，其偏差应符合本规范有关条文的规定；

② 高效过滤器与风管、风管与设备的连接处应有可靠密封；

③ 净化空调机组、静压箱、风管及送回风口清洁无积尘；

④ 装配式洁净室的内墙面、吊顶和地面应光滑、平整、色泽均匀、不起灰尘，地板静电值应低于设计规定；

⑤ 送回风口、各类末端装置以及各类管道等与洁净室内表面的连接处密封处理可靠严密。

第十八章　弱电系统的安装

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微机控制及管理系统，本章将讲述各个系统的安装及调试方法。

所谓弱电是相对于强电而言的，其中弱电系统传递的是低电压、小电流信号，电压一般为毫伏级，电流为毫安或微安级，且为直流信号、数字信号或脉动信号。弱电信号主要是用于通信、广播、检测和测量、自动控制、智能装置、微机及网络系统以及防火、防盗等系统的控制系统。而强电则为高电压、大电流，电压一般为0.11～500kV级、电流为几安至千安级，且为交流电流；即便是直流，电压一般也为110～400V级，电流至千安级。强电主要用于动力、照明及工业设备的电源上。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。在第七章动力电路及低压配电室的安装、第八章低压发电设备的安装、第十二章变配电装置的安装、第十五章电梯的安装等章节中也已详细地介绍了控制系统中以弱控强的内容。

第一节　总体要求及准备工作

一、总体要求

（一）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）弱电系统工程应包括通信网络系统、信息网络系统、建筑设备监控系统、火灾自动报警及消防联动系统、安全防范系统、综合布线系统、智能化系统集成、电源与接地、环境和住宅（小区）智能化等子分部工程（支系统）；子分部工程又分为若干个分项工程（子系统）。

3）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。

4）工程的现场质量管理应符合GB 50339—2003的规定，包括施工图会审、施工组织设计/方案、施工安全技术措施/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、设备元件和材料检验、保管制度以及开工报告审批等。

5）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。

6）所有的设备、元件、材料安装前必须进行测试和试验，详见第五章。

（二）常规产品质量检查检验

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定机构负责审定；

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。

（三）网络及监控设备的检测试验

1. 计算机网络系统的检测

计算机网络系统的检测应包括连通性检测、路由检测、容错功能检测、网络管理功能检测。连通性检测方法可采用相关测试命令进行测试，或根据设计要求使用网络测试仪测试网络的连通性。

（1）主要项目

1）连通性检测：

① 根据网络设备的连通图，网管工作站应能够和任何一台网络设备通信。

② 各子网（虚拟专网）内用户之间的通信功能检测：根据网络配置方案要求，允许通信的计算机之间应可以进行资源共享和信息交换，不允许通信的计算机之间应无法通信，并保证网络节点符合设计规定的通信协议和适用标准。

③ 根据配置方案的要求，检测局域网内的用户与公用网之间的通信能力。

2）对计算机网络进行路由检测，路由检测方法可采用相关测试命令进行测试，或根据设计要求使用网络测试仪测试网络路由设置的正确性。

（2）一般项目

1）容错功能的检测方法应采用人为设置网络故障，检测系统正确判断故障及故障排除后系统自动恢复的功能；切换时间应符合设计要求。

① 对具备容错能力的网络系统，应具有错误恢复和故障隔离功能，主要部件应冗余设置，并在出现故障时可自动切换。

② 对有链路冗余配置的网络系统，当其中的某条链路断开或有故障发生时，整个系统仍应保持正常工作，并在故障恢复后应能自动切换回主系统运行。

2）网络管理功能检测：

① 网管系统应能够搜索到整个网络系统的拓扑结构图和网络设备连接图。

② 网络系统应具备自诊断功能，当某台网络设备或线路发生故障后，网管系统应能够及时报警和定位故障点。

③ 应能够对网络设备进行远程配置和网络性能检测，提供网络节点的流量、广播率和错误率等参数。

2. 应用软件的检测

智能建筑的应用软件应包括智能建筑办公自动化软件、物业管理软件和智能化系统集成等应用软件系统。应用软件的检测应从其涵盖的基本功能、界面操作的标准性、系统可扩展性和管理功能等方面进行检测，并根据设计要求检测其行业应用功能。满足设计要求时为合格，否则为不合格。不合格的应用软件修改后必须通过回归测试。应先对软硬件配置进行核对，确认无误后方可进行系统检测。

1）软件产品质量检查应按照下列要求和规定执行。应采用系统的实际数据和实际应用案例进行测试。

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）。

2）应用软件检测时，被测软件的功能、性能确认宜采用黑盒法进行。

① 功能测试：在规定的时间内运行软件系统的所有功能，以验证系统是否符合功能需求。

② 性能测试：检查软件是否满足设计文件中规定的性能，应对软件的响应时间、吞吐量、辅助存储区、处理精度进行检测。

③ 文档测试：检测用户文档的清晰性和准确性，用户文档中所列应用案例必须全部测试。

④ 可靠性测试：对比软件测试报告中可靠性的评价与实际试运行中出现的问题，进行可靠性验证。

⑤ 互连测试：应验证两个或多个不同系统之间的互连性。

⑥ 回归测试：软件修改后，应经回归测试验证是否因修改引出新的错误，即验证修改后的软件是否仍能满足系统的设计要求。

3. 网络安全系统的检测

网络安全系统宜从物理层安全、网络层安全、系统层安全、应用层安全等四个方面进行检测，以保证信息的保密性、真实性、完整性、可控性和可用性等信息安全性能符合设计要求。

1）计算机信息系统安全专用产品必须具有公安部计算机管理监察部门审批颁发的“计算机信息系统安全专用产品销售许可证”；特殊行业有其他规定时，还应遵守行业的相关规定。

2）如果与因特网连接，智能建筑网络安全系统必须安装防火墙和防病毒系统。

3）网络层安全的安全性检测

①　防攻击：信息网络应能抵御来自防火墙以外的网络攻击，使用流行的攻击手段进行模拟攻击，不能攻破判为合格。

②　因特网访问控制：信息网络应根据需求控制内部终端机的因特网连接请求和内容，使用终端机用不同身份访问因特网的不同资源，符合设计要求判为合格。

③　信息网络与控制网络的安全隔离：测试方法应按前面“计算机网络系统的检测”中的“连通性检测”的要求，保证做到未经授权，不能从信息网络进入控制网络；符合此要求者判为合格。

④　防病毒系统的有效性：将含有当前已知流行病毒的文件（病毒样本）通过文件传输、邮件附件、网上邻居等方式向各点传播，各点的防病毒软件应能正确地检测到该含病毒文件，并执行杀毒操作；符合本要求者判为合格。

⑤　入侵检测系统的有效性：如果安装了入侵检测系统，使用流行的攻击手段进行模拟攻击（如拒绝服务攻击），这些攻击应被入侵检测系统发现和阻断；符合此要求者判为合格。

⑥　内容过滤系统的有效性：如果安装了内容过滤系统，则尝试访问若干受限网址或者访问受限内容，这些尝试应该被阻断；然后，访问若干未受限的网址或者内容，应该可以正常访问；符合此要求者为合格。

4）系统层安全应满足以下要求：

①　操作系统应选用经过实践检验的具有一定安全强度的操作系统。

②　使用安全性较高的文件系统。

③　严格管理操作系统的用户账号，要求用户必须使用满足安全要求的口令。

④　服务器应只提供必需的服务，其他无关的服务应关闭，对可能存在漏洞的服务或操作系统，应更换或者升级相应的补丁程序；扫描服务器，无漏洞者为合格。

⑤　认真设置并正确利用审计系统，对一些非法的侵入尝试必须有记录；模拟非法尝试，审计日志中有正确记录者判为合格。

5）应用层安全应符合下列要求：

①　身份认证：用户口令应该加密传输，或者禁止在网络上传输；严格管理用户账号，要求用户必须使用满足安全要求的口令。

②　访问控制：必须在身份认证的基础上根据用户及资源对象实施访问控制；用户能正确访问其获得授权的对象资源，同时不能访问未获得授权的资源，符合此要求者判为合格。

4. 监控系统

1）电气设备及元件、电线电缆应按本章相关条款进行。

2）各类传感器、变送器、电动阀门、执行器、现场控制设备及仪表按本书第七章动力电路及低压配电室的安装、第十六章自动化仪表及自动装置的安装、第十七章空调系统电气设备的安装中相关条款进行。

3）网络设备及软件产品按上述网络系统相关条款进行。

5. 新产品、新元件的测试、试验和接线

随着技术的进步和电子技术的发展，弱电装置层出不穷，作为弱电电工的技术技能要求，也越来越高，特别是新产品、新元件以及弱电与强电相结合的部位或系统更应该去学习、去掌握。

对于不熟悉的弱电模块、新产品、新元件，首先要熟读其说明书，特别是电源电压、输入信号、输出信号和具体的接线图，在安装、测试时必须与其要求一致，不得混淆或接错。

1）首先是识别电源电压，是交流电源还是直流电源；交流电源是220V，还是12V、36V等；直流电源是24V，还是12V等；交流电源的端子有无相线（L）、地线或零线（N）的区分，如果有必须接对，不得混接；直流电源端子有无正极（+）、负极（-）的区分，必须接对，不得混接。

2）输入信号是数字信号还是模拟信号，当是模拟信号时，必须按其规定输入mA/mV信号（如0~5mA/0~10mV等）；当是数字信号时，必须按其规定输入电压的数字信号，并用数字信号仪检测，不得混淆。

3）输出信号是数字信号还是模拟信号，当是数字信号时，必须用数字信号仪检测；当是模拟信号时，必须用mA表或mV表检测，不得混淆。

4）输入信号是数字信号，其输出信号一般是数字信号，但不排除输出模拟信号；输入信号是模拟信号，其输出一种可能是模拟信号，一种可能是数字信号，其输入信号的数值与输出信号的数值相对应则该

器件是合格的，其对应值一般说明书中有对照表，否则不合格。

5）接线时应注意输入信号端子、输出信号端子有无标识，如有应按其要求接线。

6）在输入信号上有的产品是采用脉冲输入或开关量输入，检测和接线时要注意。脉冲输入以脉冲个数为准，开关量输入是以“通”或“断”（ON 或 OFF）为准。

7）对于元件的内部结构不要过多地考虑，因为其内部为复杂的电子电路，一两本书也难以说明。

（四）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检证，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（二）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。填写试运行记录并提供试运行报告。

（五）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。

（六）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。

二、准备工作

准备工作与动力照明系统基本相同，这里仅列出准备工作的主要项目：

1）配合土建工程预埋管路、箱盒、铁件等已验收合格；

2）施工组织设计已经审核批准且已开始实施；

3）设备、元件、材料已到位，经检试、测试合格，并已妥善保管；

4）安全设施已到位，安全方案已编制实施；

5）质量管理体系已开始运行；

6）开工报告已审批；

7）现场已清理，具体开工要求；

8）施工用仪器仪表、机具、主要施工人员已到位；

9）技术交底、安全交底已集中学习；

10）其他准备工作均已到位。

第二节　火灾自动报警及自动消防系统的安装

火灾自动报警及自动消防系统（以下简称防灾系统）是现代建筑中必备的消防安全装置，如工业厂房及仓库、高级饭店、办公写字楼、候机（车）楼，影剧院、科研中心、计算机房（中心）、教学楼、军事设施、体育场馆、高层建筑及人员较多的公共场所等都必须装设防灾系统，为预报火灾、减少火灾、减小损失提供可靠的保证。

防灾系统管路设置与照明电路相同，元件及线路安装方法也与照明电路基本相似，但是电源是单独提供的消防电源。防灾系统的效果主要取决于元件的选择、电路的设计及系统的调试。安装人员应熟悉元件的选择，并根据工程的现场情况对设计及图样仔细进行分析，不妥之处应通过设计部门、公安消防部门进行修改。防灾系统的设计及图样必须经当地公安消防主管部门的审批后方可进行安装。防灾系统的安装应符合电气工程施工验收规范的要求。

防灾系统的安装国家实行法制管理，进行安装的单位必须取得省级以上的安装许可证，未取得安装资格证的单位首次安装须经当地公安消防部门的核准。

一、开工条件及元件的检查测试

（一）开工条件

与照明电路相同，详见第六章。

（二）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）测试方法：防灾元件的基本测试方法就是把探测器与报警控制器（箱）暂时按照系统设计的接线原理图接线并接通电源，加上相应的信号或模拟火灾的温度、烟雾、火焰信号等观察元件的功能是否正确，是否符合产品的性能要求，否则应更换。这个方法做起来比较麻烦，往往不被某些安装人员接受，但是这样的做法却给调试带来了极大的方便。

有关接线方法，性能要求将在后面讲述。经过这种试验的元件和设备均为合格品，因此在系统调试时只考虑线路的敷设及接线正确与否，加快了工程进度。有条件时可用单点式探测器试验仪或探测器检验装置进行试验，详见系统调试。

二、线路敷设及要求

线路敷设及要求应符合照明电路中的各条要求，此外应注意以下几点：

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18-1。

表18-1　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

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。

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。

多线制导线根数的计算：

①　四线制探测器

a. 探测器每一回路至区域报警器的导线根数 N 可用下式计算，即

$$N = 2n + 2 \tag{18-1}$$

式中 n——回路中探测器的个数；

2——两根公用电源线。

同时在布线中该回路每经过一只探测器，则导线减少两根。

b. 有时为了控制及维修上的方便，将每 10 只探测器分为一组单独供电，则式（18-1）变为

$$N = 2n + n/10 + 1 \qquad (18\text{-}2)$$

c. 区域报警器输出导线根数 N_Q 可用下式计算，即

$$N_Q = n + n/10 + 3 \qquad (18\text{-}3)$$

式中 n——与探测器对应的房号线（火警线）根数；

$n/10$——总检线根数；

3——巡检线、故障线、地线各一根。

d. 集中报警器输入（输出）导线根数 N_j 可用下式计算：

$$N_j = n_1 + n_1/10 + S + 2 \qquad (18\text{-}4)$$

式中 n_1——每台区域报警器监控的房号数；

$n_1/10$——集中报警器的总检线数；

S——集中报警器监控区域报警器台数；

2——故障线、地线各一根。

② 两线制探测器

对应上述的 4 个公式应为

$$N = n + 1 \qquad (18\text{-}5)$$

$$N = n + n/10 \qquad (18\text{-}6)$$

$$N_Q = n + n/10 + 3 \qquad (18\text{-}7)$$

$$N_j = n_1 + n_1/10 + S + 2 \qquad (18\text{-}8)$$

这里要说明一点，有时各个厂家厂的产品不尽统一，配线方式不尽相同，应根据其说明书要求进行配线。

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。

三、探测器的安装及编码

探测器的安装分两步进行：第一步是先把其底座按导线的颜色或编号分别引在相应的端子上（按说明书要求），然后用螺钉将底座固定在屋顶表面预埋的盒上或吊顶部位开好孔内的盒上，最后把线接好。第二步是在调试前将探测器盒旋入或插入底座，如图 18-1 所示，四线探测器接线图如图 18-2 所示。

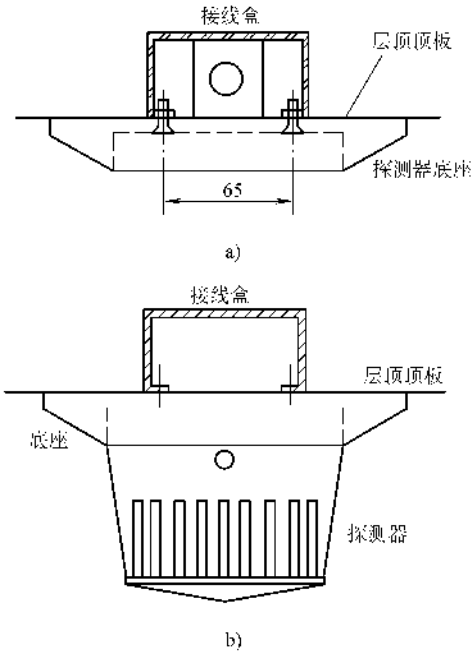


图 18-1 探测器安装示意图

a）底座安装 b）探测器旋入底座

系统采用多线制时按上述要求进行即可；系统采用少线制时除按上述要求进行外，还要进行地址编码。有的编码器装在底座上，有的则装在探测器盒上。所谓编码器就是 8 只或 7 只微型开关，每只依次表示二进制数码的位数，可进行二进制、十进制的编码，编码时一般用钟表扦子或细棍拨动微型开关。可用接通表示为“1”，断开表示为“0”，即可编出 128 组编码，如 00000001、00010000、00000011、00000101、10001000 等，报警控制的分路数 ×128 即是该系统的容量数。然后将每只探测器的编码标注在图样上，作为该探测器的地址或房号，同时标注在报警器的房号指示灯的标签框处。由于各厂家的产品不统一，编码时应按说明书进行。

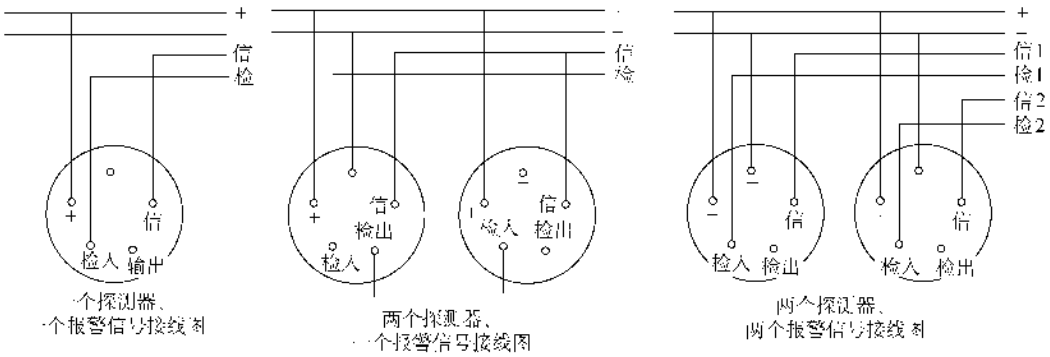


图 18-2　四线制探测器接线图

注：图中“+”、“-”为直流 24V，“信”为信号线，“检”为检测线。

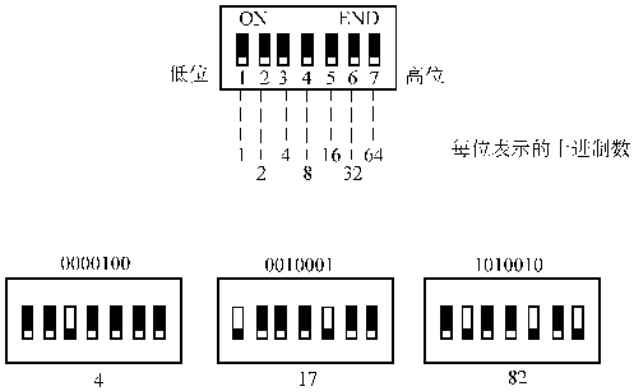


图 18-3　探测器编码开关示意图

（一）探测器的编码方法

1. 二进制地址编码

拨动 8 位或 7 位（个）微型开关，使之分别闭合或断开，形成不同的地址码，如图 18-3 所示。如果二进制码需与房间号对应，则可进行换算。

二进制码换算成十进制数则从最高位依次用每位的“1”或“0”乘以位数的 $n-1$ 次方，然后将其结果相加即可，例如

$$(00000110)_二 = 2^{3-1} + 2^{2-1} = 2^2 + 2^1 = 4 + 2 = 6$$

$$(01001010)_二 = 2^{7-1} + 2^{4-1} + 2^{2-1} = 64 + 8 + 2 = 74$$

$$(10101010)_二 = 2^{8-1} + 2^{6-1} + 2^{4-1} + 2^{2-1}$$
$$= 128 + 32 + 8 + 2 = 170$$

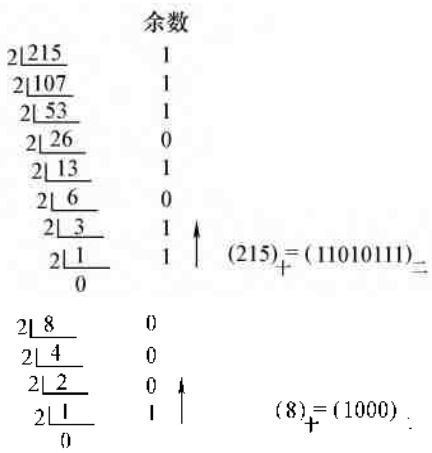
同样可将十进制数换算成二进制码，可用其数除以 2，且商数再除以 2，一直到最后商为 0 时为止，凡除尽的余数记做“0”，除不尽的余数记作“1”，然后将其余数按倒序排列起来，即为二进制码，例如

	余数
2⌊170	0
2⌊85	1
2⌊42	0
2⌊21	1
2⌊10	0
2⌊5	1
2⌊2	0
2⌊1	1
0	

$(170)_十 = (10101010)_二$

	余数
2⌊74	0
2⌊37	1
2⌊18	0
2⌊9	1
2⌊4	0
2⌊2	0
2⌊1	1
0	

$(74)_十 = (1001010)_二$



2. 十六进制地址编码

有些探测器采用十六进制编码，是用三只圆形的十六个导通位置的转换开关组成的编码器。编码时，打开探测器上的三个小孔，用小扦子将旋钮旋至箭头所指数字即可，如图 18-4 所示，二进制、十进制与十六进制对照见表 18-2。

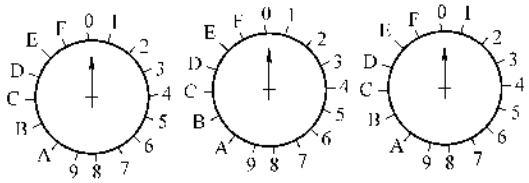


图 18-4　十六进制编码开关示意图

表 18-2　二进制、十进制与十六进制对照表

十进制	0	1	2	3	4	5	6	7
十六进制	0	1	2	3	4	5	6	7
二进制	0	1	10	11	100	101	110	111
十进制	8	9	10	11	12	13	14	15
十六进制	8	9	A	B	C	D	E	F
二进制	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111

3. 编码的其他方法

有的编码不采用编码开关，而是采用 7 芯或 8 芯的平行线，剪断为“0”，不剪断为“1”。

（二）探测器安装应注意的事项

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。

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 18-3。

表 18-3　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，如图 18-5 所示，先在接点上涂无腐蚀焊药，用电烙铁搪锡，焊接后包扎绝缘带，或者用在接线盒内接线端子上过渡的形式（见图 18-47）。

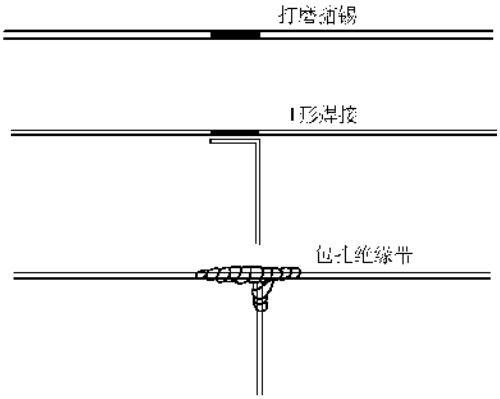


图 18-5　T 形接线示意图

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。

（三）新型火灾自动报警装置的安装

1. 红外光束线型感烟探测器的安装

红外感烟探测器应按产品安装说明书进行安装。发射器和接收器应相对安装在保护空间的两端，以底面为平地面，安装面应互相平行且垂直于地面，光束在相对两墙墙壁上的安装平面示意如图 18-6 所示。相对安装在平顶棚上时的平面示意如图 18-7 所示。

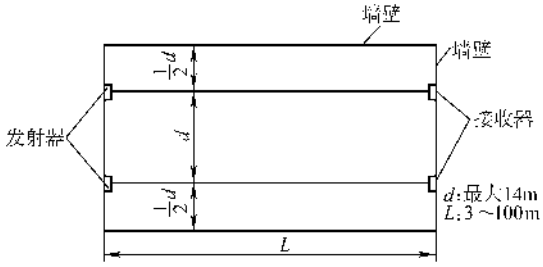


图 18-6　光束感烟探测器相对安装在两墙墙壁上安装的平面示意图

光束感烟探测器的安装如图 18-8 所示。

屋顶可分为平顶和斜顶两种：

（1）顶棚为平顶

顶棚高度 $h \leqslant 5$m，探测器到顶棚的距离 $h_2 = h - h_1 \leqslant 30$cm，如图 18-9a 所示；

顶棚高度 $5\text{m} \leqslant h \leqslant 8\text{m}$，探测器到顶棚的距离 h_2：$30\text{cm} \leqslant h_2 \leqslant 150\text{cm}$，且 $h_1 \leqslant 6.5$m；

顶棚高度 $h > 8$m，探测器应分层安装，h 在 8～14m 时，一般分两层安装，如图 18-9b 所示；h 在14～20m 时，一般分三层安装。

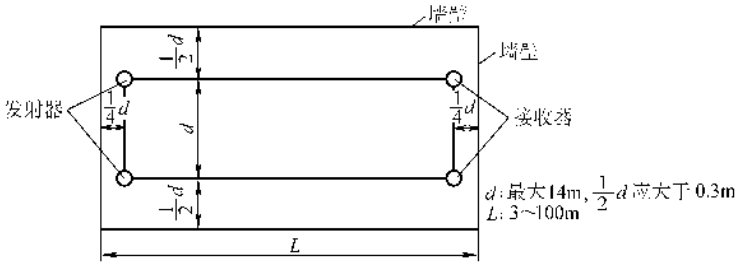


图 18-7　光束感烟探测器相比安装在平顶棚上安装的平面示意图

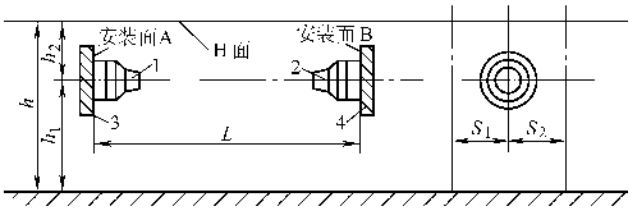


图 18-8　光束感烟探测器的安装示意图

1—接收器　2—发射器　3、4—固定安装架（可以为墙）

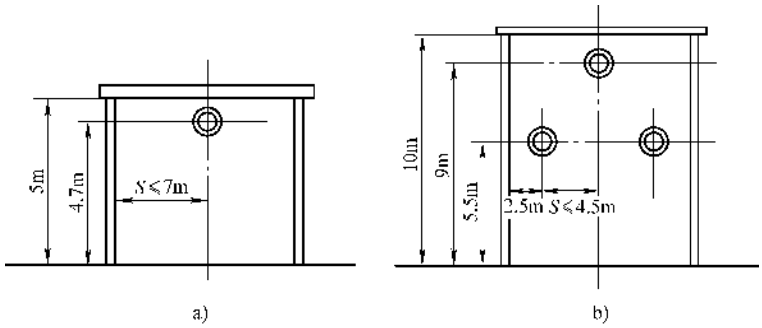


图 18-9 不同房间高度时，探测器的安装示意图

a）平顶房 b）高大平顶房

（2）顶棚为斜顶 人字形或斜屋顶房间安装光束探测器如图 18-10 所示。

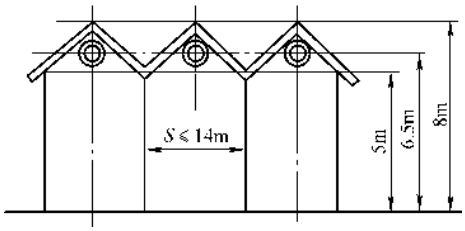


图 18-10 多间人字形房顶安装光束探测器示意图

2. 缆式线形定温火灾探测器（热敏电缆）

热敏电缆结构如图 18-11 所示。

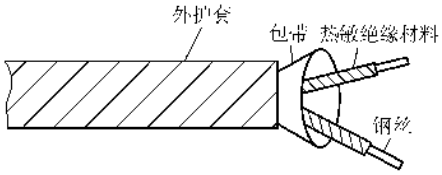


图 18-11 热敏电缆结构图

1）缆式线形探测器动作温度参照表 18-4 选定。

表 18-4 缆式线形定温探测器的动作温度

安装地点允许的温度范围/℃	额定动作温度/℃	备 注
-30 ~ +40	68(1 ±10%)	应用于室内、可架空及靠近安装使用
-30 ~ +55	85(1 ±10%)	应用于室内、可架空及靠近安装使用
-40 ~ +75	105(1 ±10%)	适用于室内、外
-40 ~ +100	138(1 ±10%)	适用于室内、外

2）缆式线形探测器可敷设在室内顶棚上，距顶棚垂直距离 d 为 0.5m 以下，如图 18-12 所示。

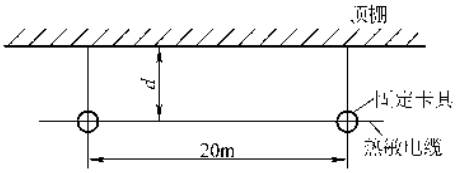


图 18-12 热敏电缆在顶棚下方安装

热敏电缆之间及其和墙壁之间的距离如图 18-13 所示。

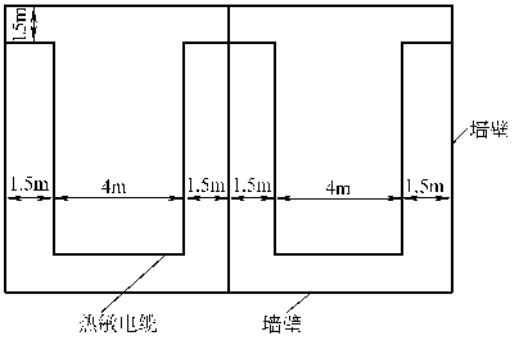


图 18-13 热敏电缆线路之间及其和墙壁之间的距离

3）热敏电缆安装在电缆托架或支架上时，必须紧贴电力电缆或控制电缆的外护套，且为正弦波方式敷设，如图 18-14 所示，热敏电缆的长度按下式确定，即

热敏电缆的长度 = 托架长 × 倍率系数

式中，倍率系数按表 18-5 确定。

表 18-5 倍率系数的确定

托架宽/m	倍率系数
1.2	1.75
0.9	1.50
0.6	1.25
0.5	1.15
0.4	1.10

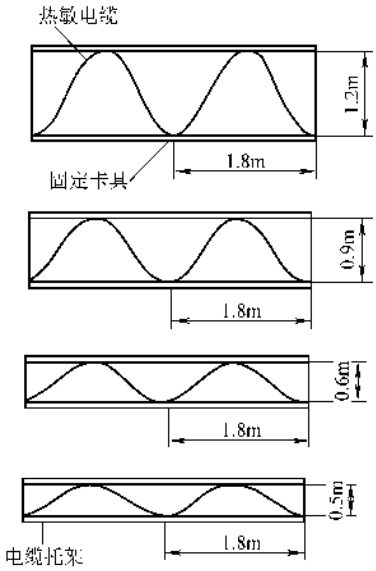


图 18-14　热敏电缆安装在电缆托架上的敷设方式

4）传送带上安装：

①　安装在上方，如图 18-15 所示。

②　安装在传送带的两侧：热敏电缆安装在传送带空转臂轮上如图 18-16 所示。

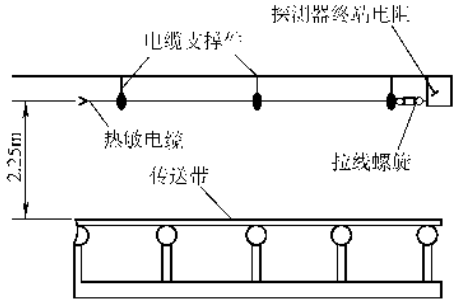


图 18-15　热敏电缆安装于传送带上方

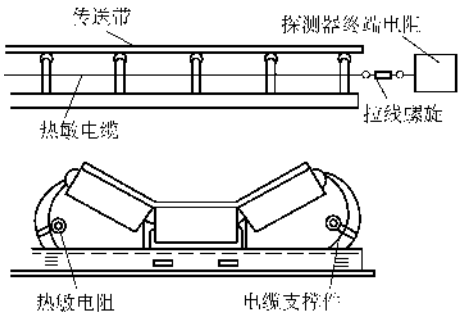


图 18-16　热敏电缆安装于传送带空转臂上

热敏电缆安装在传送带侧面如图 18-17 所示。

5）安装在动力配电装置上：热敏电缆呈带状安

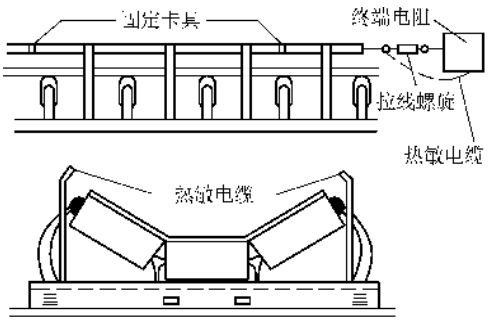


图 18-17　热敏电缆安装在传送带侧面

装于电器控制盘上如图 18-18 所示。

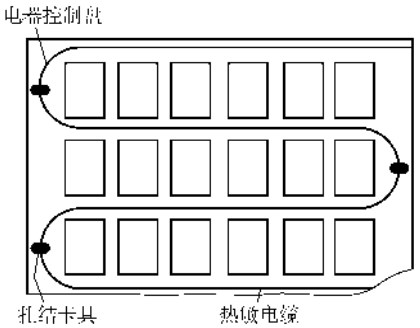


图 18-18　热敏电缆安装在电器控制盘上

6）热敏电缆的安装应与被保护物有良好的接触，宜采用直线式、近似正弦式或环绕式的方法。环绕式如图 18-19 所示。

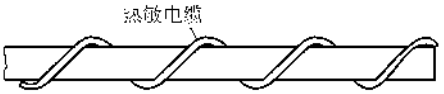


图 18-19　环绕式敷设

7）探测器连接时，传输导线与接线盒、热敏电缆与接线盒、终端盒的连接，应使用盒内的接线端子连接，如图 18-20 所示。

8）探测器安装敷设用固定卡具时，直线部分卡具间隔应小于 50cm；弯曲部分卡具间隔宜小于 10cm。

9）热敏电缆敷设时严禁硬性折弯、扭转，防止护套破损。必须弯曲时，弯曲半径应大于 20cm。

10）接线盒及终端盒应固定牢固，端子和固定卡具的间隔应小于 10cm。

11）热敏电缆安装前应用 1000V 绝缘电阻表测试绝缘状态，阻值呈无限大。

3. 空气管线形差温火灾探测器

空气管线形差温火灾探测器由两部分组成，其中热敏感元件空气管为 ϕ3mm×0.5mm 纯铜管，安装于现场；传感元件膜盒和电路部分安装在保护现场或者

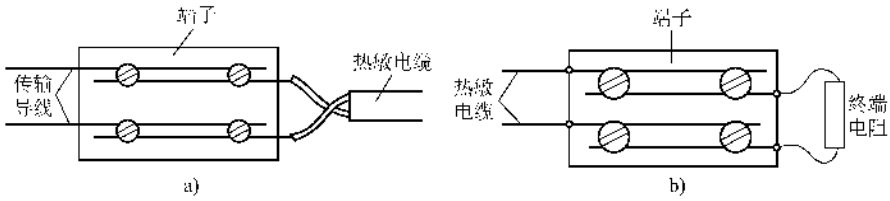


图 18-20 用接线端子连接

装在保护现场之外，中间用补偿线缆连接。

1）灵敏度见表 18-6。

表 18-6 空气管线形差温探测器灵敏度

规格	动作温升速率/(℃/min)	不动作温升速率
1	7.5	1℃/min 持续上升 10min
2	15	2℃/min 持续上升 10min
3	30	3℃/min 持续上升 10min

说明：以第 2 种规格为例，当空气管总长度的 1/3 感到以 15℃/min 速率上升温度时，1min 之内会给出报警信号；而空气管总长度的 2/3 感到以 2℃/min 速率上升的温度时，10min 之内不应发出报警信号。

不同灵敏度的空气管差温探测器，适于下列使用场合，见表 18-7。

2）空气管线形差温探测器在平顶棚上的安置示意图如图 18-21 所示。

表 18-7 三种不同灵敏度的使用场合

规格	最大空气管长度/m	使用场合
1	<80	书库、仓库、电缆隧道、地沟等温度变化率较小的场所
2	<80	暖房设备等温度变化较大的场所
3	<80	消防设备中要与消防泵自动灭火装置联动的场所

空气管线形探测器应安装在距安装面 100mm 处，最大不得大于 300mm。同一探测器的空气管互相间隔应在 5～7m 之间。

3）空气管的安装，直线部分，固定点间距小于 1m；弯曲部分，应在离弯曲部位小于 5cm 的位置加以固定；空气管的连接处，必须在连接部位前后 5cm 的位置加以固定。

空气管必须弯曲安装时，其弯曲半径必须大于 5mm，空气管穿通墙壁等部位安装时必须用绝缘套管等进行保护。

两根空气管相互连接时，应把空气管的连接端磨平，插入套管，用焊锡焊牢，如图 18-22 所示。

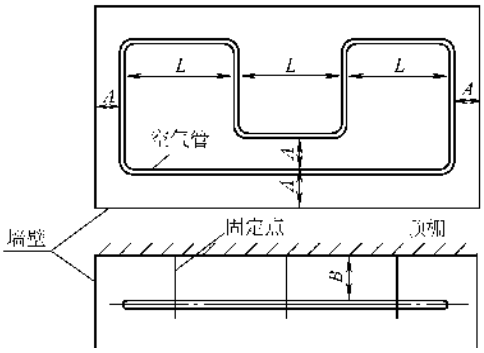


图 18-21 空气管线形探测器在平顶棚上的安装示意图

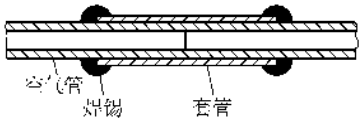


图 18-22 两根空气管的相互连接

4）平面顶棚上安装时，空气管一般应敷设在顶棚的四周，无法保证四周时，可进行如下敷设：

① 开口形敷设，如图 18-23、图 18-24 所示。

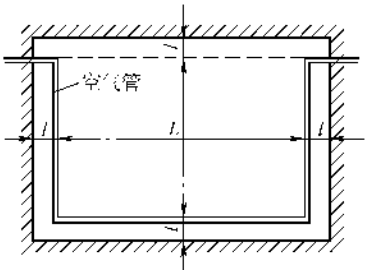


图 18-23 开口形空气管安装

注：$L<7$m（耐火结构）；$L<5$m（一般结构）；$L<7.5$m。

② 减掉两边的空气管的安装，如图 18-25 所示，但对于两段平行空气管间的距离，耐火结构建设物小于 6m，一般结构建筑物小于 5m，空气管的露出长度大于 20m。

5）空气管的敷设长度应大于 20m。在小房间、厨房等处，当 20m 单层敷设不下时，可以敷设 2 层、3 层，或者绕成螺旋状敷设。空气管的最大连接长度不应大于 100m，如图 18-26 所示。

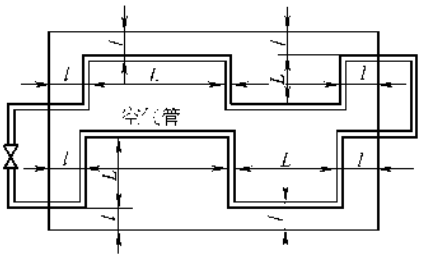


图 18-24　开口空气管敷设

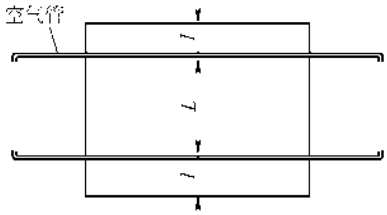
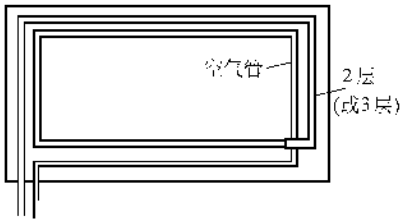
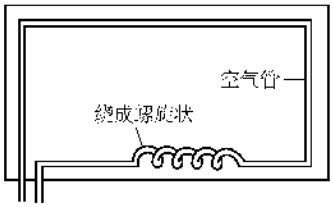


图 18-25　可减掉两边的空气管



a)



b)

图 18-26　空气管敷设示意图

a）可敷设 2 层或 3 层　b）可绕成螺旋状敷设

6）空气管的检验

①　安装前必须进行空气管的流通试验和外观检查，空气管应不堵、不漏，不破不损，检验合格后方可进行安装。

②　安装时必须小心，不得使铜管扭弯、挤压、堵塞，以保证空气管的原有功能。

③　安装完毕后，应通电试验并用 U 形水压计和空气压入器组成的检测仪进行检验，不漏、不堵以确保整个探测器处于正常状态，并确保其安装质量。

4. 红外线火焰探测器

红外线火焰探测器的安装应按产品说明书进行，必须符合规范要求，安装前要进行检测。

1）安装在能对火灾危险区域各部分提供清晰“视线”的位置，探测器的有效探测范围内不应有障碍物。

2）安装应使探测器有最大的直接“视角”。在锯齿形顶棚或有梁顶棚上安装时，安装位置应选在最高处的下面，使探测器能提供最大的视角，如图 18-27 所示。

3）宜安装在顶棚桁架、支撑物、墙壁或墙角的适当位置，并牢靠固定。

4）安装时，应避免使阳光或灯光直射或反射到探测器上。必要时应采取防护措施，对反射光源加以遮挡，以免引起误报。

5）探测器安装间距（L）应小于安装高度（h）的 2 倍，即 $L<2h$，如图 18-28 所示。

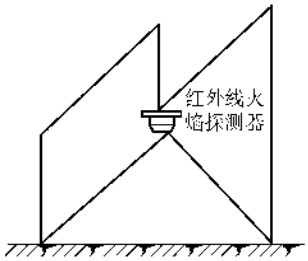


图 18-27　锯齿形顶棚上的安装

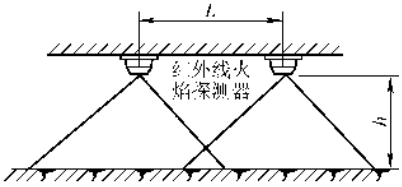


图 18-28　安装间距与安装高度间的关系

5. 紫外线火焰探测器

紫外线火焰探测器的安装应按产品说明书进行，必须符合规范要求，安装前应进行检验。

1）安装位置应处于其被监视部位的视角范围以内。探测器的有效探测范围内不应有障碍物。

2）不宜安装在可能产生火焰区域的正上部。在探测器安装区域及邻近区域内，不得进行电焊操作，也不允许安装能产生大量紫外线的碘钨灯等照明设备，以免引起误报。

3）应安装在墙上或其他支撑物上，并牢靠固定。安装在潮湿场所应注意密封，并尽可能避免雨淋，防

止受潮。

4）安装数量要适当，要防止盲区。

6. MT340 型手动报警按钮的安装

MT340 型手动报警按钮应用于模拟量编址二总线火灾报警系统，其外形及与探测总线连接图如图 18-29 所示。

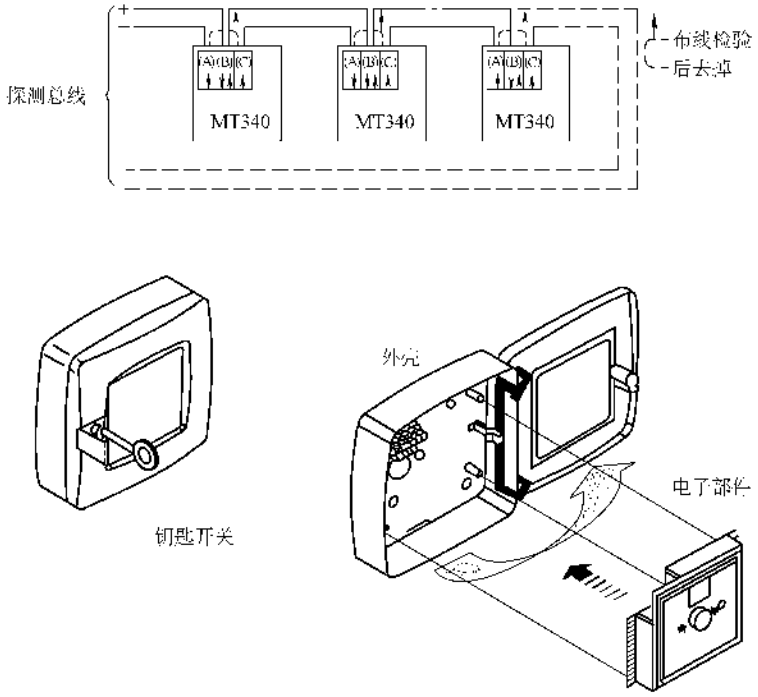


图 18-29 MT340 型手动报警按钮外形、探测总线连接

手动报警按钮安装在探测总线回路中。不设编址开关，编址方式与探测器相同，地址号按其安装顺序自动分配。

安装时，将其外壳固定于墙上。三个端子 ABC，每个端子插入接线 0.2～1.5mm^2。A、B 端子之间接临时跨线，用于布线检查，布线正常后去掉。

7. 接口模块的安装

接口模块的种类有很多，但功能各异，必须注意下述几点：同一报警区域的模块应安装在同一个金属箱内；模块或金属箱应有防潮、防腐蚀的措施；其连接导线应留有 150mm 余量，端部有明显标志；隐蔽安装时应有部位显示标志和检修孔。

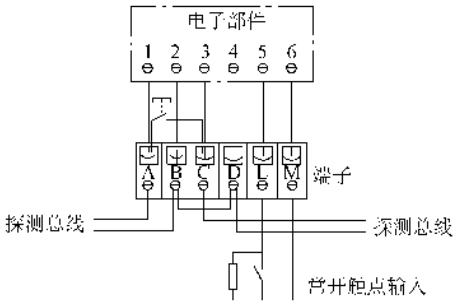


图 18-30 EB620 型输入模块安装接线图

1）EB620 型输入模块安装连接图如图 18-30 所示。模块外壳应固定于墙上，端子板接线见图 18-30。A、C 间的接线是为了布线检查用，电子部件装入后即断开。每个端子插入接线 0.2～2.5mm^2。与探测总线相接的四个端子(A～D)同探测器底座。输入信号回路电阻≤50Ω,一组输入端(L、M 端子)，可接收常开触点信号，如水流指示器及非编址手动报警按钮的触点等，特殊情况下也可选择常闭触点信号作为输入信号。

2）CB620 型输出模块也用于模拟量编址二总线火灾报警系统，其安装连接图如图 18-31 所示。

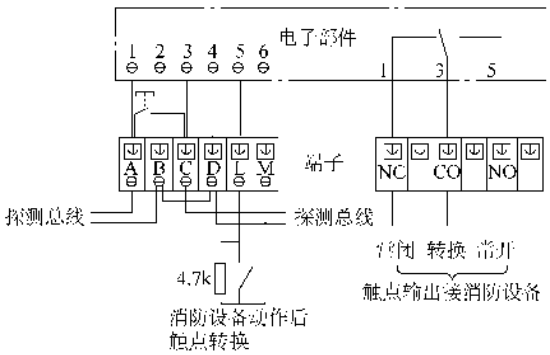


图 18-31 CB620 型输出模块（有回答输入）安装连接图

3）MMX-1 型监视模块接线示意图如图 18-32 所示，模块上 1、2 两个端子与系统的总线连接，连接时应注意极性。使用时注意开关量信号端必须接 47kΩ 终端电阻。用于从模块到被监视设备之间的两根状态反馈线用多股铜芯塑料平行软线。

模块上有两个圆形十进制拨码盘，即编址模块的编址开关。其状态指示与编址开关、安装示意图如图 18-33 所示。

4）LD-300 型编码输入模块上盖编码孔示意图和底盒端子示意图如图 18-34 所示。

端子 Z1、Z2 用于连接四总线中的两根信号线（不分极性），四总线中的 +24V 线和地线可用于与需供电的设备直接连接。若设备无需供电（非供电型水流指示器、压力开关等），此模块可不接这两根线。

端子 COM、NO 用来和设备的无源常开触点连接（设备动作闭合报警型），NC 与 COM 端子需用短路片连接。

端子 COM、NC 用来和设备的无源常闭触点连接，NO 与 COM 端子可空置。

该模块 NC、COM、NO 三个输入端子绝不可直接与有源触点连接，以防烧坏模块。

模块的安装方法如图 18-35 所示。其安装要求为：模块在现场通常安装在接线盒内；根据设计要求也可将模块集中安装在模块箱中，模块箱通常安装在弱电竖井（房）中。

8. 通风、空调及电动防火阀控制系统模块的安装

排烟阀联动设计需设一个控制模块和一个监视模块，如图 18-36 所示。该图中 CMX-2 为控制模块，MMX-1 为监视模块。

通风、空调、防排烟设备及电动防火阀控制系统的常用接线系统图如图 18-37 所示。

9. 防火卷帘门、防火门控制系统模块的安装

一般常选用 LD-303 型双输入/双输出控制模块，如图 18-38 所示。

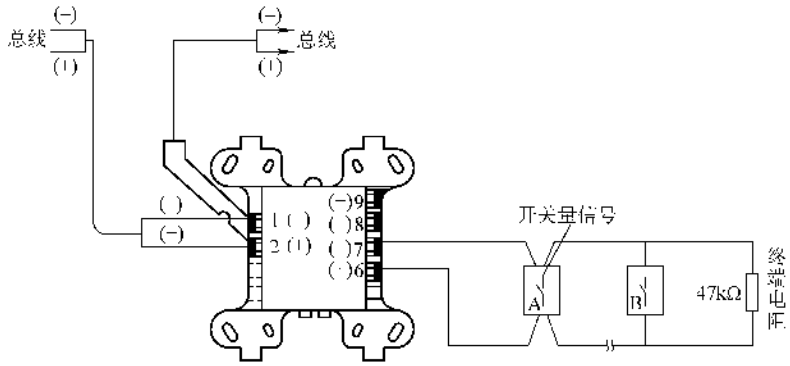


图 18-32　监视模块接线示意图

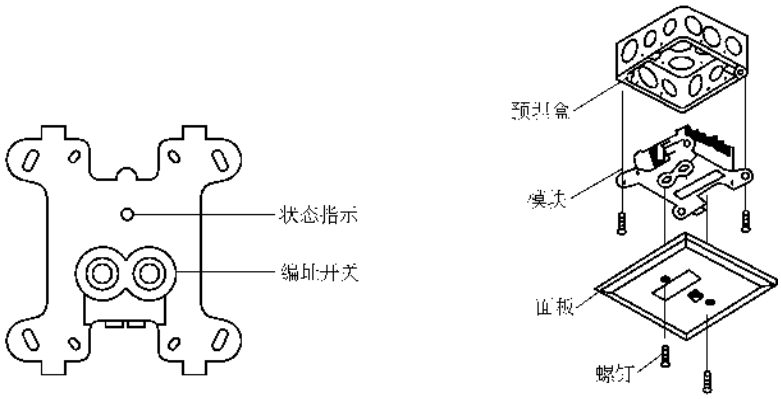


图 18-33　编址模块及安装示意图

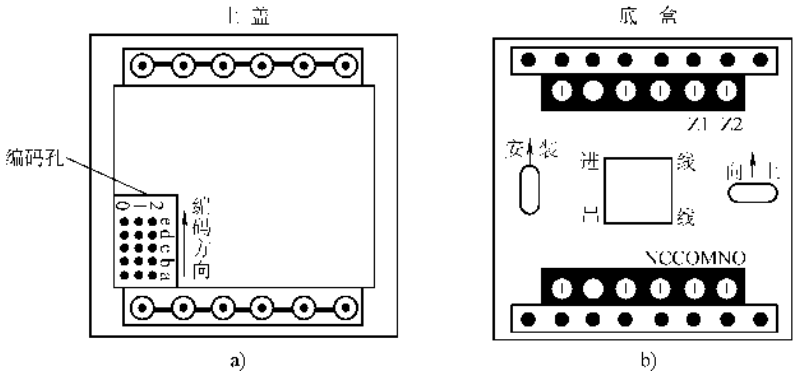


图 18-34 LD-300 型模块示意图

a）LD-300 模块上盖编码孔示意图 b）LD-300 模块底盒端子示意图

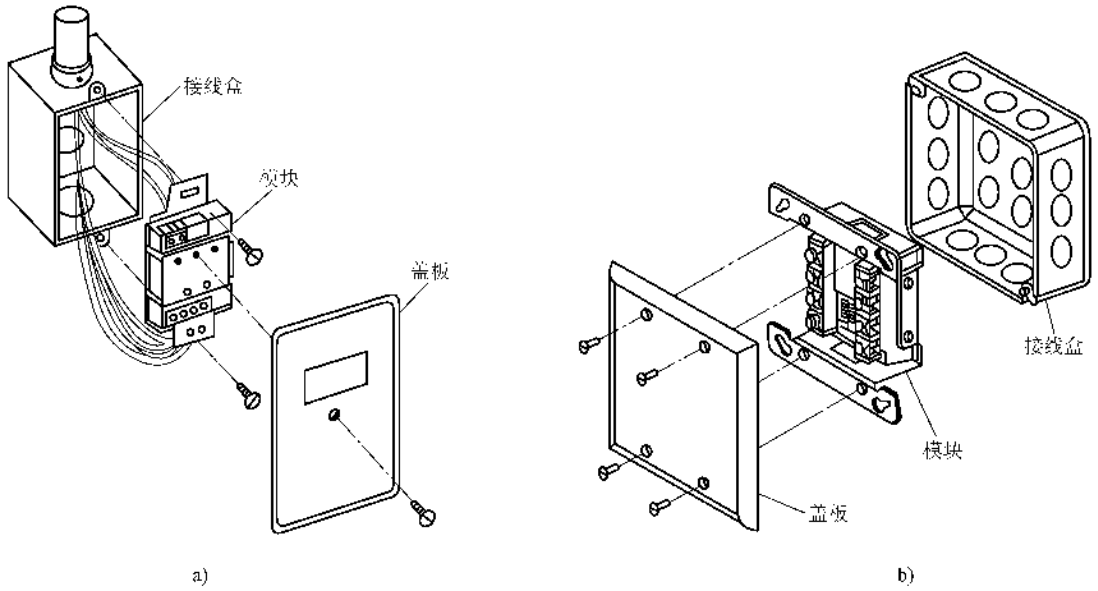


图 18-35 火灾自动报警系统模块安装方法

a）方式一 b）方式二

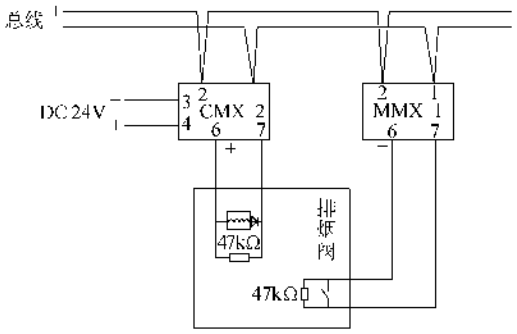


图 18-36 排烟阀的联动控制与信号反馈的接线示意图

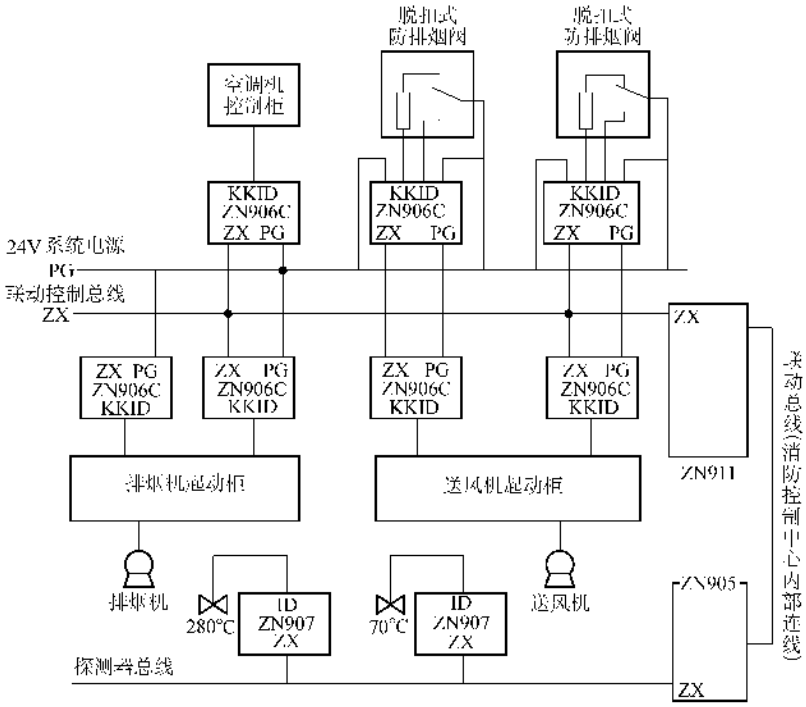


图 18-37　ZN911 防排烟控制系统接线图

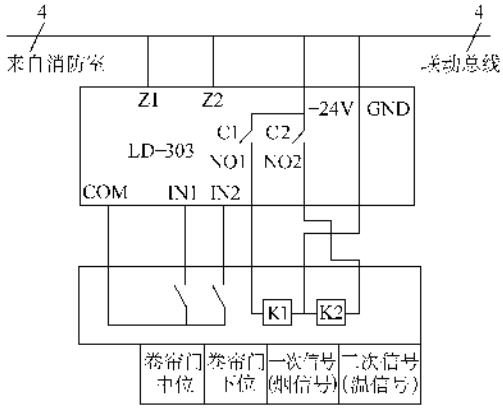


图 18-38　LD-303 型模块控制防火卷帘门示意图

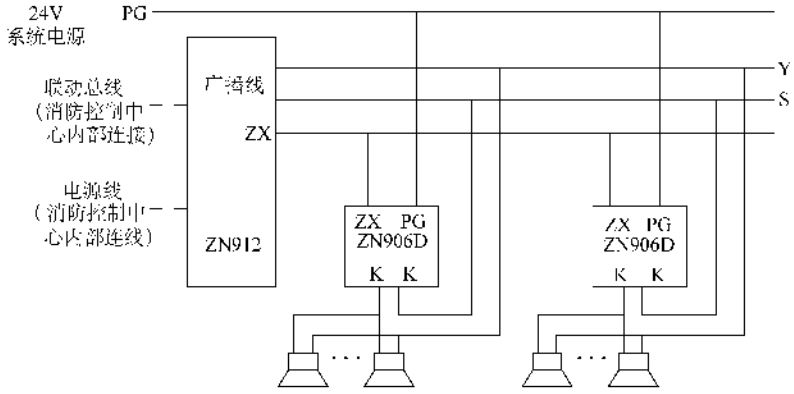


图 18-39　ZN912 型火灾事故广播系统接线图

10. 火灾事故广播与警报系统模块的安装

ZN912 型火灾事故广播与警报系统接线图如图 18-39 所示。

为了正常广播与消防广播间的现场切换控制，可采用专用模块。LD-305 型编码广播切换模块，设有两对常开和两对常闭触点以完成现场切换，Z1、Z2 为由联动控制来的信号线端子，连接示意图如图 18-40 所示。

11. 防爆火灾报警系统的安装

该系统由防爆型感烟、感温探测器、防爆型手动报警按钮、安全栅、火灾报警控制器组成。防爆系统构成图如图 18-41 所示。

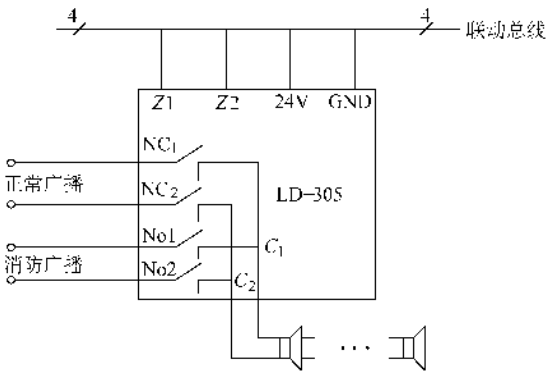


图 18-40 LD-305 型编码广播切换模块用于现场切换连接示意图

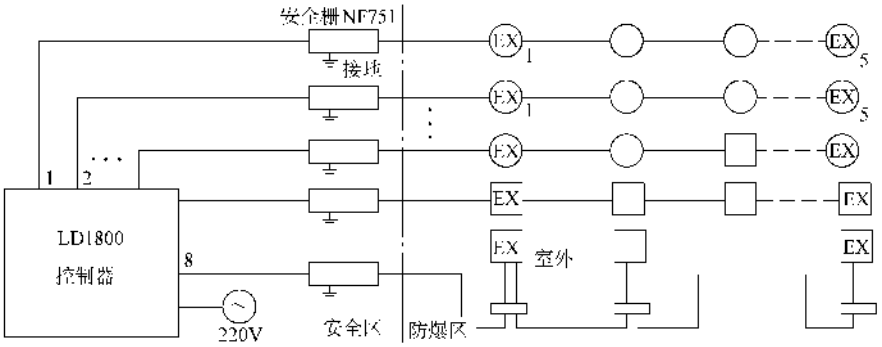


图 18-41 防爆系统构成图

图 18-41 中，每个探测回路串一组 NF751 型安全栅，控制器和安全栅置于安全区。每个探测回路所接的防爆型感烟或感温探测器的数量不超过 5 只，防爆型手动报警按钮的数量不限。

二极管安全栅接在本安电路与非本安电路之间，采用熔丝或电阻器保护的并联二极管组件将供给本安电路的电压和电流限制在一定的安全范围之内。NF751 型安全栅线路图及安装示意图如图 18-42 所示。

安全栅接地线电阻小于 1Ω，接地极电阻小于 4Ω，且应安置在相对湿度小于 85% 无腐蚀气体的安全场所。安全栅极性不得接反。安全栅属一次性保护组件，一旦损坏后，内装快速熔断器熔断，不得自行修复。系统采用 1.5～2.0mm^{2}PVC 双色双绞线，总电阻应 <40Ω，分部电容 <0.02μF，分部电感 <2mH。

熔断阀及电磁熔断阀的安装如图 18-43 所示。

水流指示器的安装如图 18-44 所示。

四、区域报警控制器的安装接线

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，如图 18-45 所示，其壁挂式安装标高 1.5m，落地式

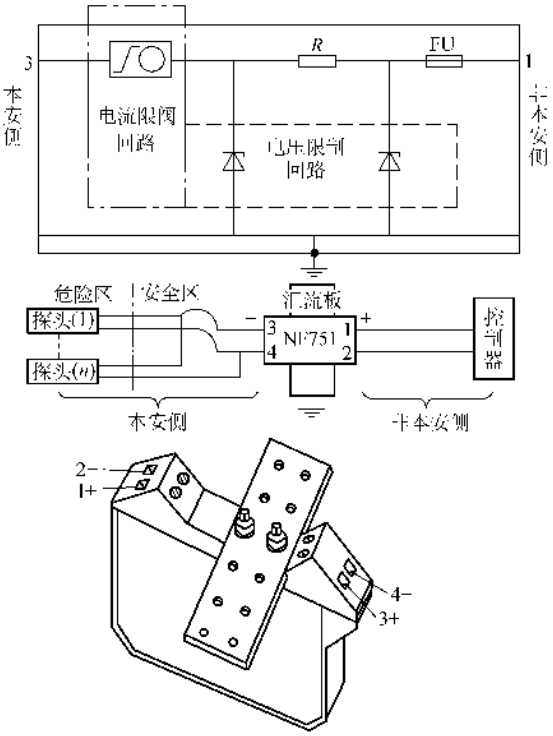


图 18-42 NF751 型安全栅线路图及安装示意图

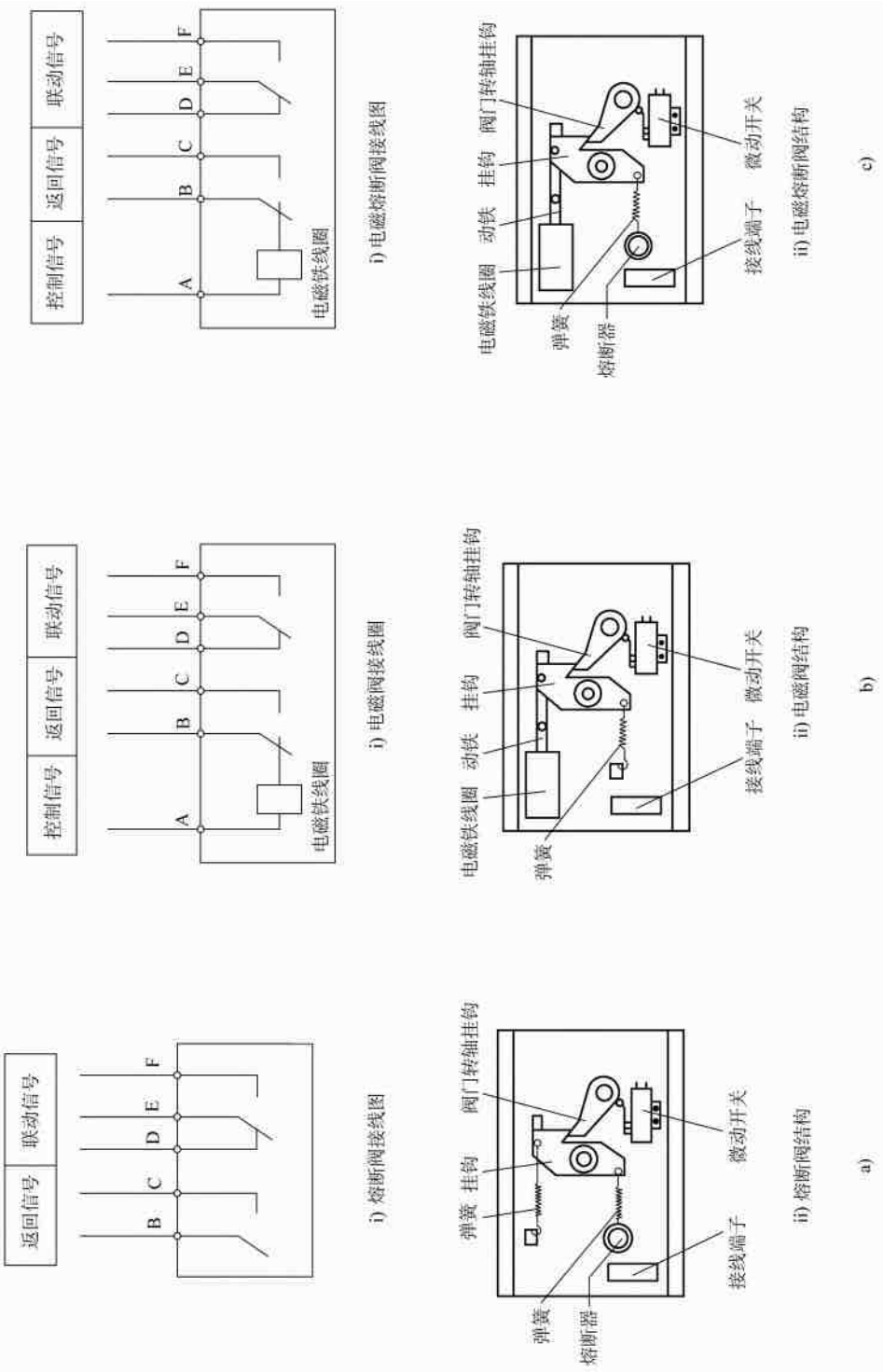


图 18-43　熔断阀及电磁熔断阀的安装

a）熔断阀安装方法　b）电磁阀安装方法　c）电磁熔断阀安装方法

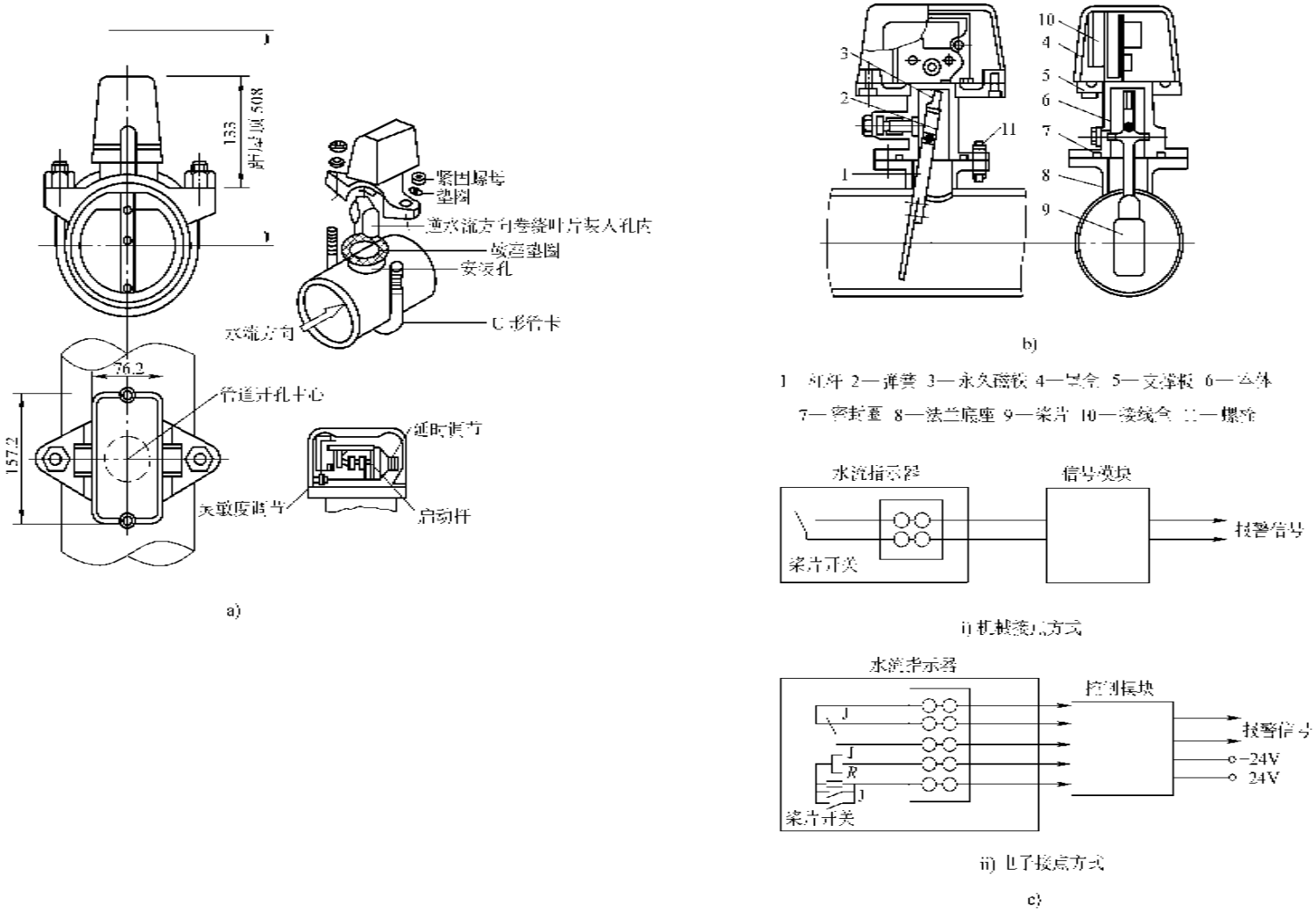


图 18-44 水流指示器的安装

a）板式马鞍形水流指示器安装方法 b）桨式叶片水流指示器安装方法 c）水流指示器接线图

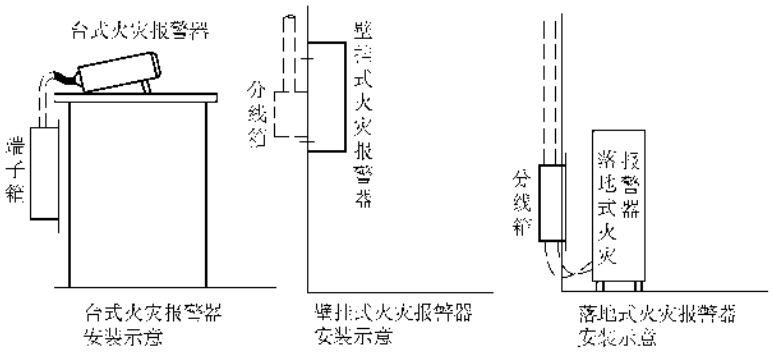


图 18-45　明装示意图

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。

下面着重讲一下区域报警器的接线方法及安装注意事项：

（一）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。

（二）多线制区域报警器的接线方法

各种型号的报警器输入输出端的接线不尽相同，现以常见的举例说明，如图 18-46 所示，同时把另种报警器不同的接线方法列出，供读者参考。

1）将所有输入输出导线或电缆线按接线位置留下余量，把多余的长度剪去，剥去绝缘，露出 10mm 线芯，然后镀锡，并准备好异型管端子号。接线前先套入端子号，接时要拧紧螺钉，但不要使线芯受到机械损伤。接线要准确，不得有误。

2）将各探测器回路的电源线按正、负（红、黑）接在报警器直流电源输出的正、负端子上。

3）将各探测器信号线（黄）按顺序号或房间序号一一接在报警器信号线输入的端子上，同时将检测线(绿)按顺序号一一接在报警器检测输入的端子上。

4）单独使用的区域报警器还应将手动火警按钮线和外接警铃线接好。

5）凡是没有接探测器的输入端应接终端器，终端器一般为 4.7kΩ 电阻或一个二极管与 36kΩ 电阻并联，接线端子应按说明书要求进行，一般接在对应的信号线端子和检测线端子上。

6）区域报警器的输出（至集中报警器的接线）线一般分两种，对于大系统来讲，先将其引入弱电竖井内的接线端子箱内，由端子箱引入集控器或消防中心；对于小系统来讲则是经管路或线槽直接引入集控器。区域报警器的电源（220V）是由集中报警器或消防中心集中提供的，并备有 UPS。

大系统在竖井内端子箱的接线如图 18-47 所示。

小系统的接线如图 18-48 所示。

（三）微机总线制区域报警器的接线方法

微机总线制区域报警是与编码探测器对应的，其产品型号很多，现仅以 JB-TB-W-101 型微机四线制通用火灾报警器和 H8400 系列微机二线制火灾报警器为例，说明其接线方法。但是，这里要提请读者注意，由于产品的不同，接线方法也不尽相同，因此各种型号的控制器接线必须按照厂家提供的说明书进行。

1. JB-TB-W-101 型微机四线制通用火灾报警器的接线

JB-TB-W-101 型可用作区域报警器，也可用作集中报警器，其工作状态由机内开关设定。

（1）工作状态的设定　工作状态设定由开关 S_2 完成，S_2 为一个七位二进制编码器，同前。状态的设定应按表 18-8 预置。

表 18-8　编码器的设置

开关位置	工　作　状　态
10××××××	用作集中报警器
0110×××	用作区控器，与集控器相连
0101×××	用作区控器，不与集控器相连
其他状态	不允许

注："1"指开关在"ON"位置；"0"指开关在"OFF"位置；"×"表示开关在任意位置。

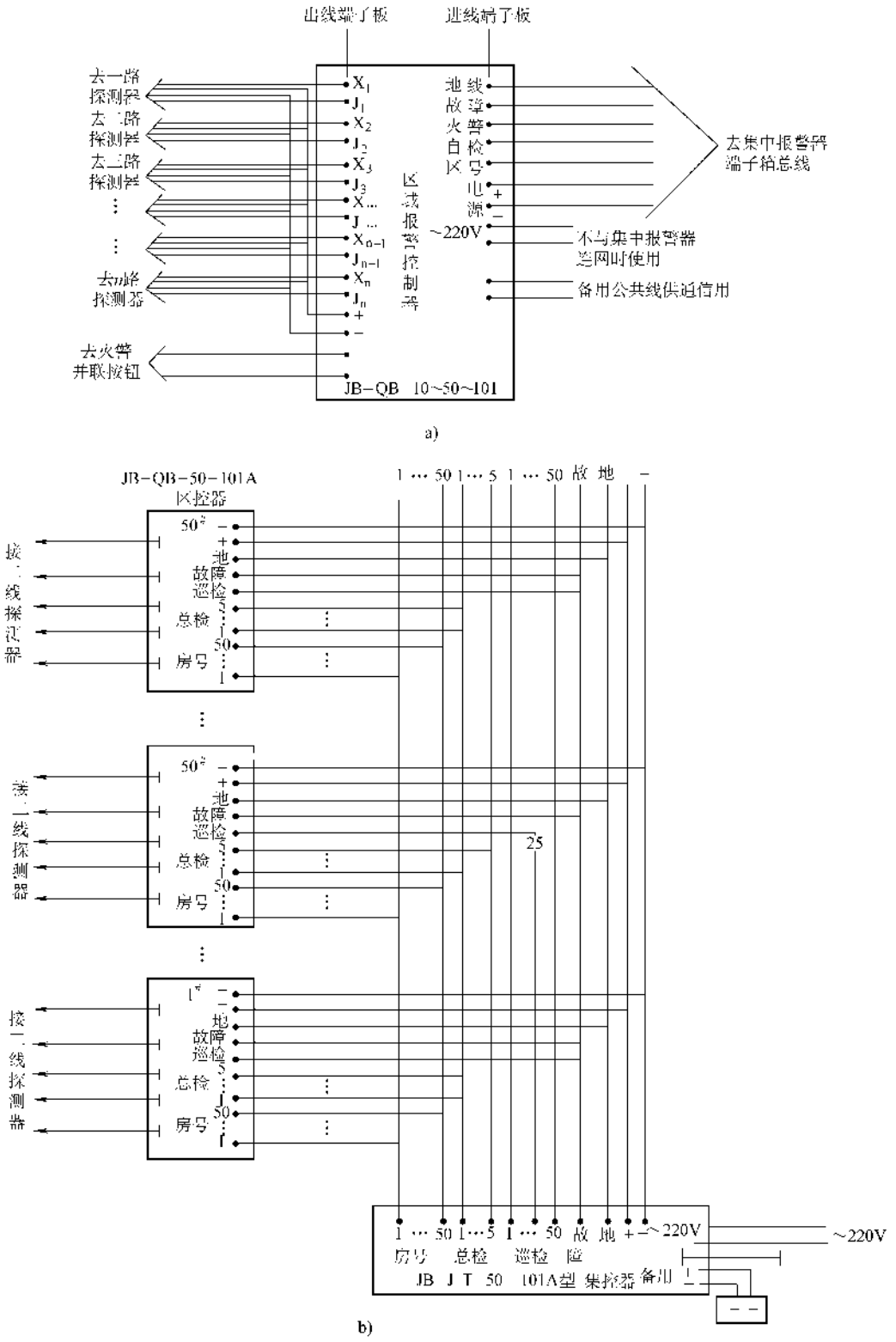


图 18-46 多线制区域报警器的接线示意图

a）JB-QB-10～50-11 型区控制 b）JB-$\frac{T}{QB}$-10～50-101A 型区控器

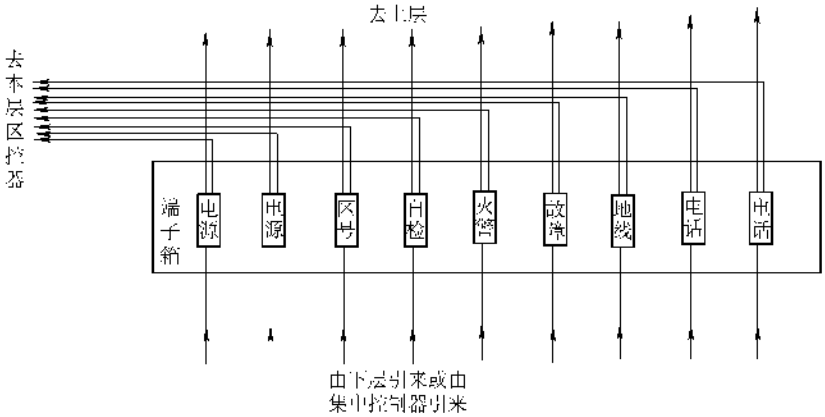


图 18-47　竖井内端子箱的接线

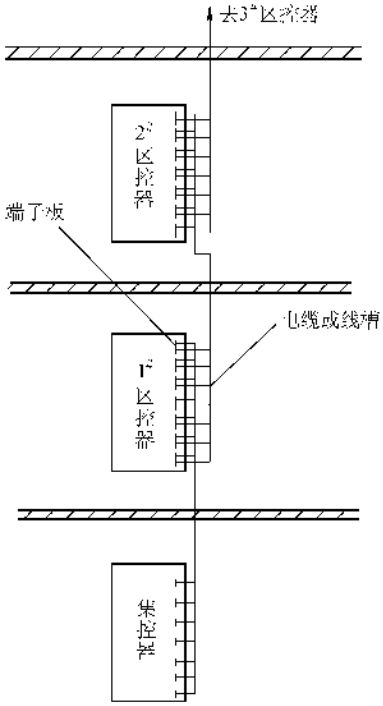


图 18-48　小系统的直接接线

编码开关位置如图 18-49 所示。

（2）编码开关　编码开关位置如图 18-49 中的 S_1，用作区控器时用此开关进行二进制编码，方法同探测器的编码。但是一般情况下，定货时可由厂家根据用户要求将编码固化，编码范围为 0 ~ 127，中间可出现空号，也可自行编码。

（3）接线　用作区控制器时接线包括两个部分：

1）输出线共有六根，分别对应接在相应的端子上，其中“+24V”、“S”、“CP”和“-”是供系统

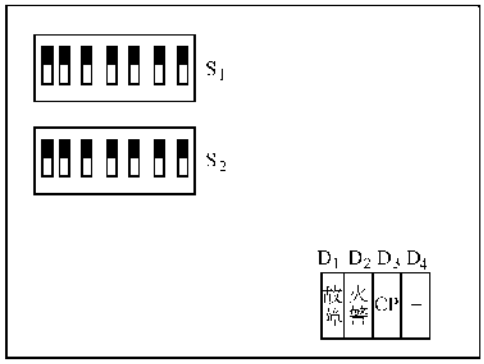


图 18-49　JB-TB-W-101 型报警器的编码开关位置示意图

中四线制编码探测器接线用的，“火警”线和“故障”线是供显示器用的，显示器接线时还要用到“CP”线和“-”线，如图 18-50 所示。

如果不与集控器连接而单独使用，还应将其主电源的三个端子分别对应于交流 220V 的“相”、“零”、“地”接好，将备用电源的“+”极“-”极与端子对应接好即可。

如果与集控器连接，则应按输入线连接方法连接。

2）输入线共有六根，分别对应接在相应的端子上，“+”、“-”、“信号”、“巡检”、“同步”、“数据”，如图 18-51 所示。

（4）火灾报警显示器的接线　JB-BX-W-101 火灾报警显示器是与 JB-$\frac{TB}{QB}$-W-101 型区控器配套使用的显示设备，一般与区控器安装在同一室内，将火警或故障的区、位号显示出来，并有声光信号及手动消音钮等。每台显示器可监测 32 个地址的火警信号。

显示器的接线如图 18-52 所示。

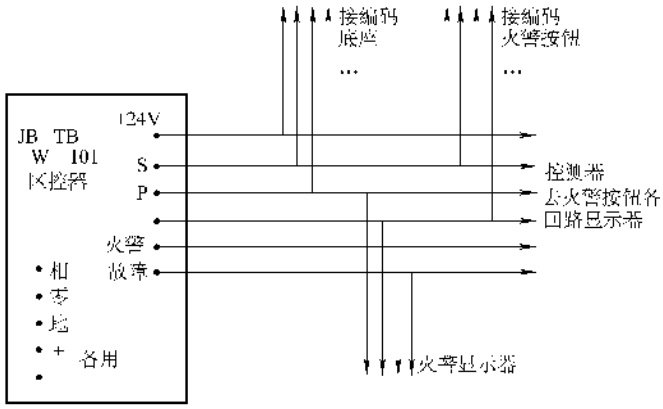


图 18-50 JB-TB-W-101 型区域报警器输出线的接线

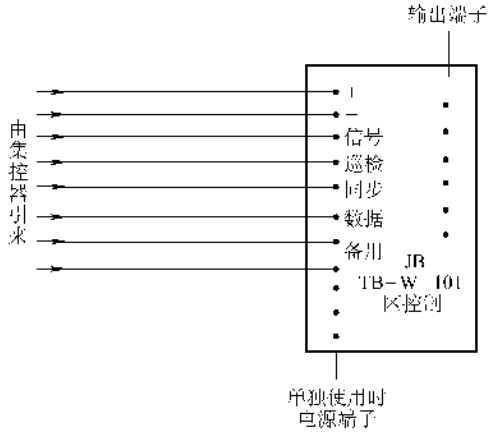


图 18-51 JB-TB-W-101 型区域报警器输入线的接线

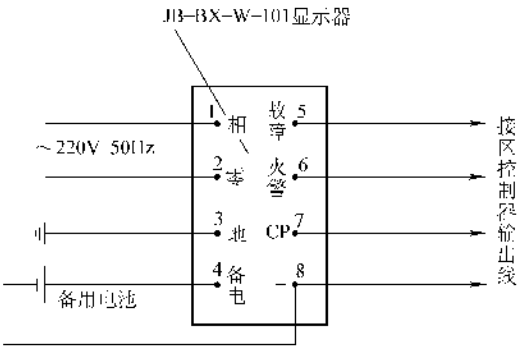


图 18-52 JB-BX-W-101 型火警显示器的接线

显示器设置了一个两位拨码开关，可用来区分显示报警的区域，将开关拨向“ON”的位置为“1”，将开关拨向“OFF”的位置为“0”，可用表 18-9 中的拨码位置确定监控的部位。

表 18-9 显示器补码开关设置

监控部位	拨码位置
01～32	00
33～64	01
65～96	10
97～128	11

2. H8420 系列微机二线制区域报警控制器的接线

H8420 共有六组端子：

（1）与集控器连接的端子　有 JT、PV、JG、JR，分别对应于集控器总线连接。

（2）与显示器连接的端子　X_1～X_6，其 X_1X_2、X_3X_4、X_5X_6 分别接显示器 H8440。

（3）输出触点 HSC　可与外接继电器连接，20V、20mA，1～12 端子作用等同。

（4）总线端分五路　分别接二线制探测器。

（5）火警继电器输出触点 K　24V、1A，可与外部 24V 电源配合直接驱动外部音响或消防设备。

（6）电源接点　H8420 除直接用市电 220V 外，还可与自动切换电源 H8603 连接，并有自浮充电功能，也可直接用 DC24V 自备直流电源，但不能浮充。

H8420 接线图如图 18-53 所示。

五、集中报警控制器的安装接线

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

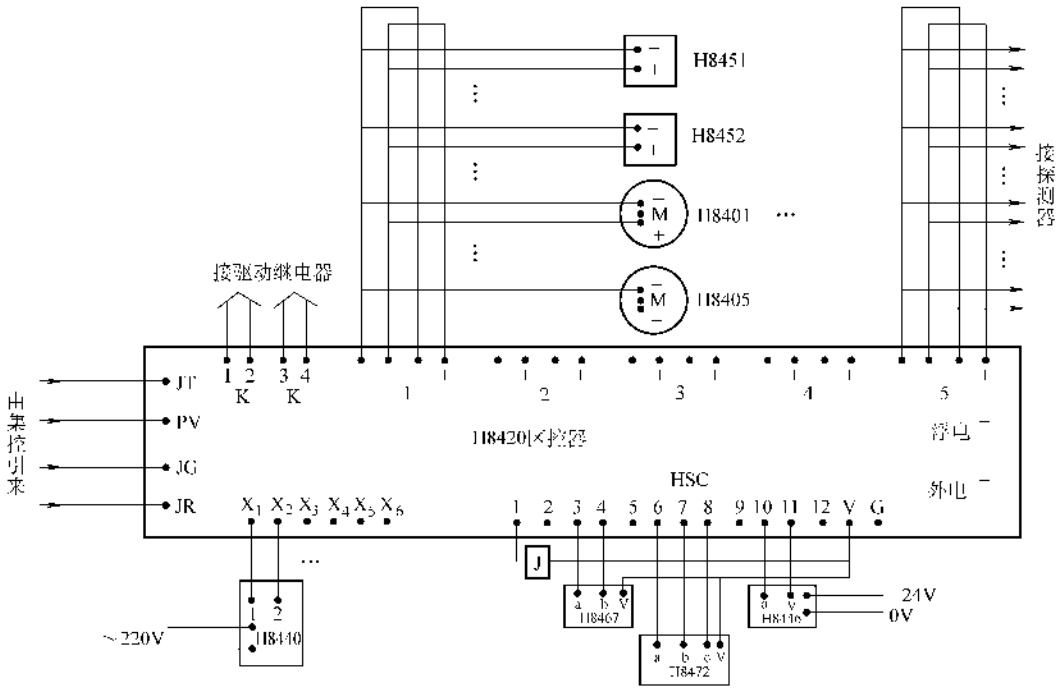


图 18-53　H8420 区控器的接线

式和落地式，安装方法同低压控制柜和区域报警器，接线方法见消防控制室控制设备的安装。

六、消防控制室控制设备的安装

1. 消防控制室控制设备

一般由下列部分或全部组成：

1）火灾集中报警控制器；

2）室内消火栓系统的控制装置；

3）自动喷水灭火系统的控制装置；

4）泡沫、干粉灭火系统的控制装置；

5）卤代烷、二氧化碳等管网灭火系统的控制装置；

6）电动防火门、防火卷帘的控制装置；

7）通风空调、防烟排烟设备及电动防火阀的控制装置；

8）消防电梯的控制装置；

9）火灾事故广播设备的控制装置；

10）消防通信设备（包括直拨火警电话）；

11）上述所有控制设备的显示装置。

2. 消防控制设备的功能

1）室内消火栓控制系统能控制消防泵的起动、停止，显示起泵按钮起动位置，显示消防水泵的工作及故障状态。

2）自动喷水控制系统能控制喷水系统的起停，显示报警阀、闸阀及水流指示器的工作状态，显示消防加压泵的工作及故障状态。

3）泡沫、干粉控制系统能控制灭火系统的起动、停止并显示系统的工作状态。

4）卤代烷、二氧化碳控制系统能控制系统的紧急起动和切断；由火灾探测器联动的控制设备具有30s可调节的延时装置；显示系统的手动、自动工作状态；在报警、喷射各阶段，控制室应有相应的声、光信号，并能手动切除声响信号；在延燃阶段，能自动关闭防火门、窗，停止通风、空气调节系统。

5）火灾报警后，消防控制设备对联动控制对象应能停止有关部位的风机，关闭防火阀，并接收其反馈信号；起动有关部位的防烟、排烟风机（包括正压送风机）和排烟阀，并接收其反馈信号。

6）火灾确认后，消防控制设备对联动控制对象应能关闭有关部位的防火门、防火卷帘，并接收其反馈信号；发出控制信号，强制电梯全部停于首层，并接收其反馈信号；接通火灾事故照明灯和疏散指示灯；切断有关部位的非消防电源。

7）火灾确认后，消防控制设备能按疏散顺序接通火灾报警装置和火灾事故广播。报警装置的控制程序如下：

① 一层、二层或两层以上楼层发生火灾，宜先接通火灾层及其相邻的上下层；

② 地下层发生火灾，宜先接通地下各层及首

层；

③ 某层发生火灾后，应将相邻的上下层电源自动切断，并保留事故照明电源。

8）消防通信设备，应符合下列要求：

① 消防控制室与值班室、消防水泵等、配电室、通风空调机房、电梯机房、区域报警控制器及卤代烷等管网灭火系统应急操作装置处，有固定的对讲电话；

② 手动报警钮处有对讲电话插孔；

③ 消防控制室有直拨当地消防部门的火警电话。

3. 消防控制室控制设备的安装

一般消防控制室如同一个电气自动控制室，其平面布置如图 18-54 所示。

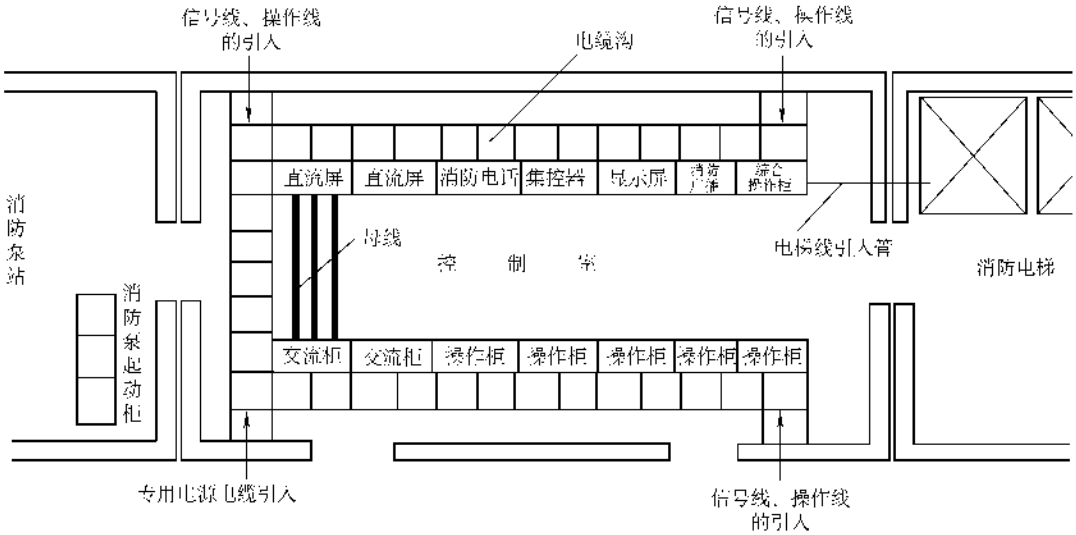


图 18-54 消防控制室平面布置图

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。

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。

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。耐火耐热配线方式如图 18-55 所示。

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，可自动切换，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。

所谓耐火配线是将耐热绝缘导线穿钢管埋设在耐火结构部位；耐热配线是将耐热绝缘导线敷设于金属管中。

耐热导线一般有 BV-105 500V、RV-105 和 AVRT 型 250V，其线芯长期工作温度为 105℃。AF-200、AFP-200、AF-250、AFP-250 型，耐热温度为 200℃和 250℃，有 500V 和 250V 之分。见表 18-10。

表 18-10 耐热导线型号及名称

型号	名 称①
AF-250	镀银铜芯聚四氟乙烯绝缘线
AFP-250	镀银铜芯聚四氟乙烯绝缘屏蔽线
AF-200	镀锡或镀银铜芯氟塑料-46 绝缘线
AFP-200	镀锡或镀银铜芯氟塑料-46 绝缘屏蔽线
型号	**名 称②**
AF-250	氟塑料$_4$（PTFE）绝缘镀银铜线芯耐热电线
AFP-250	氟塑料$_{46}$（PTFE）绝缘镀银铜线芯屏蔽耐热电线
FF-200	氟塑料$_4$（FEP）绝缘镀锡铜线芯耐热电线
FFP-200	氟塑料$_{46}$（FEP）绝缘镀锡铜线芯屏蔽耐热电线

① 湘潭生产；

② 沈阳生产。

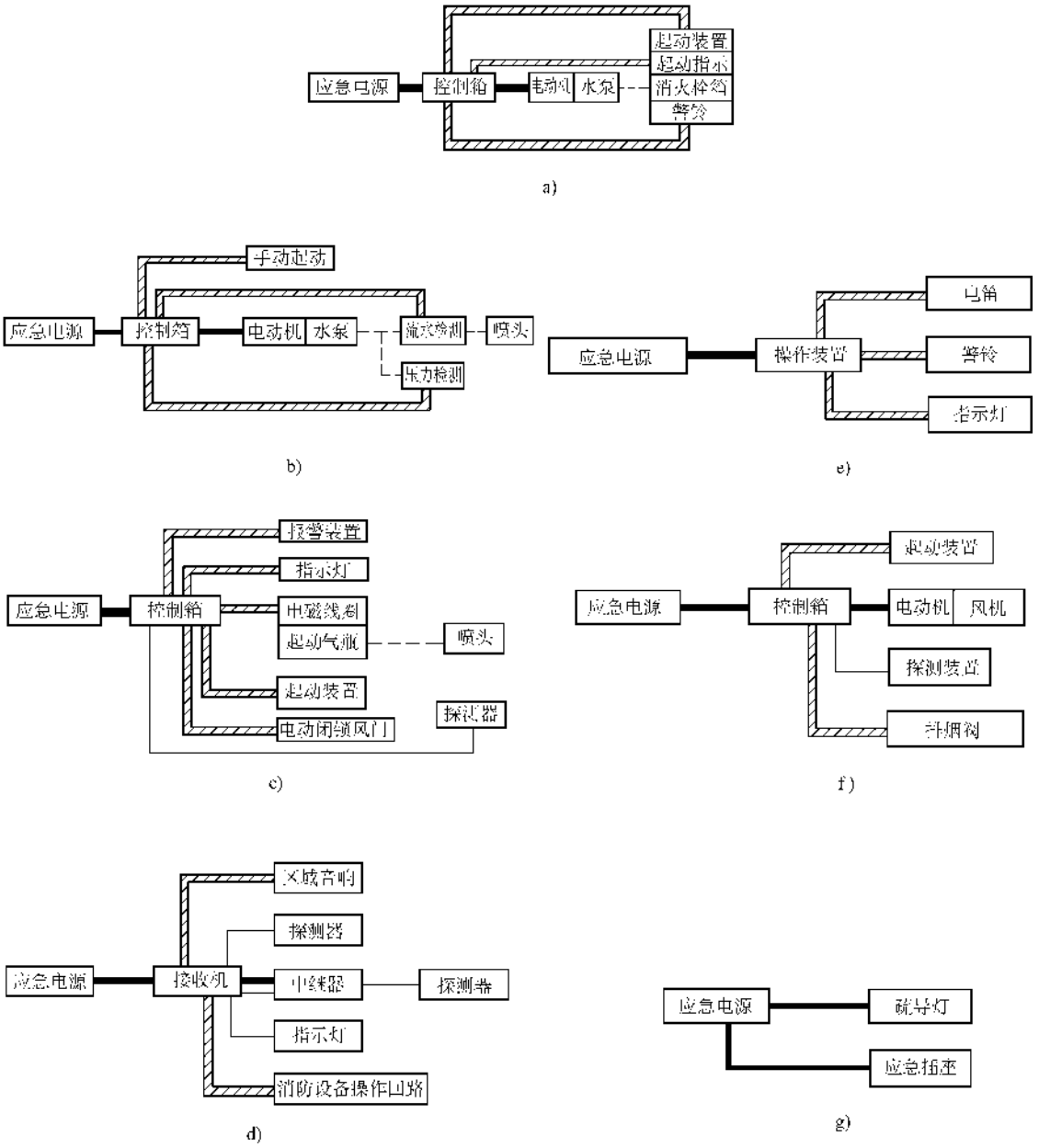


图 18-55　耐火耐热配线方式说明

a）消火栓系统　b）喷洒系统　c）二氧化碳灭火系统（卤化物）（干粉）

d）自动报警控制系统　e）报警装置　f）排烟设备　g）疏导灯及应急插座

注：　　耐火配线

所示。

② H8410 微机二线制集控器的接法：接线前对所联动的区控器或扩展显示器的总数由一只七位 SD 开关设置，SD 开关如图 18-58 所示。如总数为 20，则应把第 3 位和第 5 位拨向数字方向，总数为 54，则应把第 2、3、5、6 位拨向数字一边。

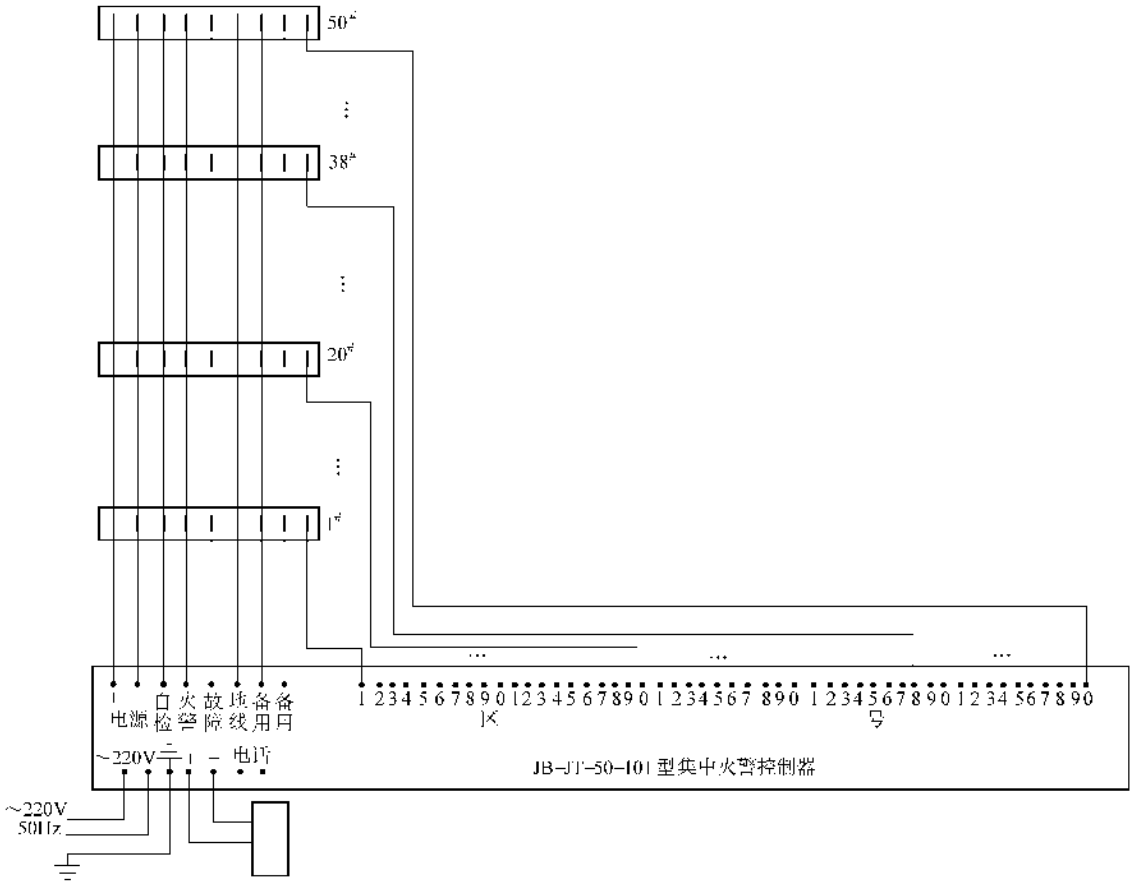


图 18-56 多线制集控器的接线示意图

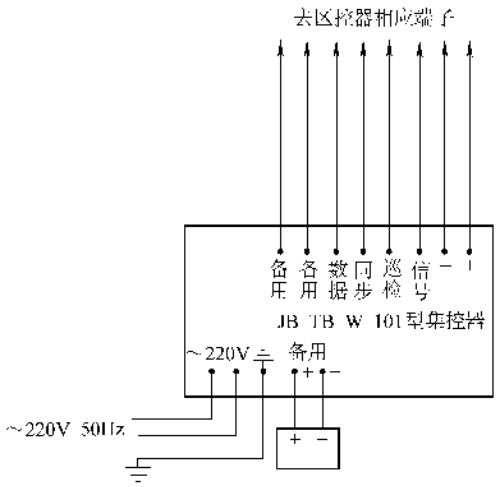


图 18-57 JB-TB-W-101 型集控器的接线

本集控器可设置两台模拟区控器或扩展显示器，由于与集中控制器相接的区控器或扩显器编号是从 1 开始顺序排列的，如集中器带 20 台区控器或扩显器，则区控器或扩显器的对应编号是 1、2、3…20，这个编号应用区控器或扩显器上面的键盘输入（详见厂家操作手册）。如果某区控器或扩显器由于某些原因不用或出现临时性故障，就要把模拟编号通过 SD 开关（模拟开关 1 或 2）输入，方法同区控器或扩显器总数设置，如图 18-58 所示。

由于有两个 SD 开关，最多可输入两台模拟区控器或扩显器。当没有模拟区控输入时，应把每个模拟区控 SD 开关拨向 ON 方向。

H8410 集中控制器的接线如图 18-59 所示。

（2）综合操作柜　综合操作柜是中央火警控制室中控制或驱动各类消防设备起停和显示运行情况的综合柜，根据容量的大小有的为一台，有的则为几台，有的为柜式，有的为操作台式，不尽相同，也可

以自制，但接线安装方法相同。有关各种消防设施的控制柜是单设的，柜内元器件的接线已由厂家接好，自制可参考第三章的内容，经查线后，只是把各种起停按钮及信号装置的有关导线拆开引接至综合柜的相应端子上即可。综合柜上的开关、按钮信号元件已装好，有关接线也接好并引接至端子板上。

（3）消火栓控制系统的接线　仅以图 18-60a 为例说明接线方法。

1）将各层、处消防按钮串联起来，如图 18-60b 所示，最后将图中“SBS”按钮的一个端子断开，将线引至消防中心综合起动柜上消火栓的常闭按钮上。

2）消防按钮是接在常开钮上的，正常时是被玻璃压挤为闭合的，击碎玻璃后断开，KM_1 失电，导至消防泵自动起动。

3）将消火栓起动控制柜上的自动、手动切换开关的线引至综合操作柜上，并在操作柜上同型号的切换开关上接线，同时将起动柜上每台电动机的起动、停止按钮线（点划线框内、外各三根线）引至操作柜上，与按钮连接，停止按钮与其串联，起动按钮与其并联。

4）把管网压力高、低位水池断水、水泵房检修开关未复位、警铃、1HY、2HY 水泵工作状态信号从图中右端各接一根线引至操作柜相应的端子上。

5）把管网压力继电器接点 1KP、低位水池断水接点 1KS 从安装元件处用导线穿管引入消火栓控制柜相应的接线端子上。

6）把高位水池水位信号线从元件安装处用导线穿管引入操作柜接在相应的端子上。

7）将 1KH、2KH 的常开触点从起动柜引入操作柜，接在相应的端子上。

（4）自动喷水灭火系统的接线　仅以图 18-61 为例说明接线方法，主电路接线同图 18-60。

1）将切换开关线引接到操作柜相应的端子上，将起动按钮线引接到操作柜相应的端子上。

2）把 1LK ~ nLk n 个元件的接点 1—1、1—2 ~ n—1、n—2 分别用导线穿管引接到控制柜相应的端子上。

3）将电铃接点 1—3 ~ n—3 分别接线穿线引至各区域警铃安装处，并与电铃接好，电铃的另一端则接在零线上；同时将 HR_1 ~ HR_n 的 1—3 ~ n—3 引接到操作柜相应的端子上。

4）把 1HG 和 2HG、1KH 和 2KH 常开触点引接到操作柜相应的端子上。

5）把管网压力继电器的接点 KPL 和 KPH 从元件在管网的安装处穿线引接到控制柜相应的端子上。

（5）泡沫、干粉灭火系统的接线　泡沫、干粉灭火系统通常都安装在消防现场，用上述的方法将起停按钮及系统工作状况引到操作柜相应的端子上。

（6）卤代烷、二氧化碳灭火系统的接线　卤代烷、二氧化碳灭火系统也都安装在消防现场，如图 18-62 所示，用上述方法将有关紧急起动、切断按钮、手动自动工作状态信号、报警及喷射阶段相应的声光信号、自动关闭防火门、窗按钮及停止通风空调系统的按钮等引入操作柜相应的端子上。

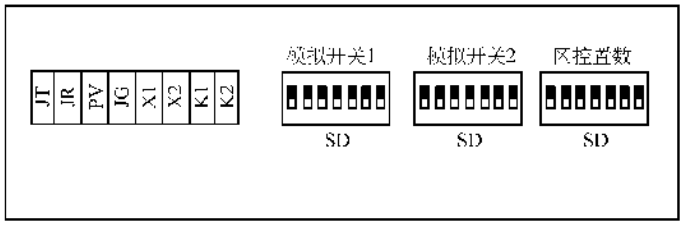


图 18-58　H8410 集控器的置数开关

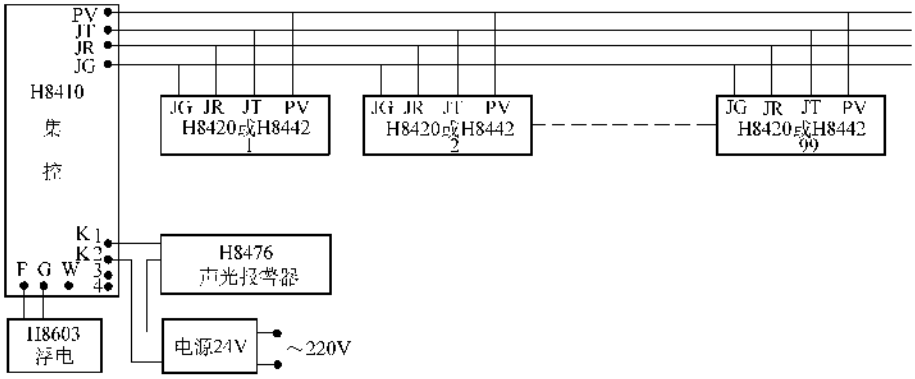
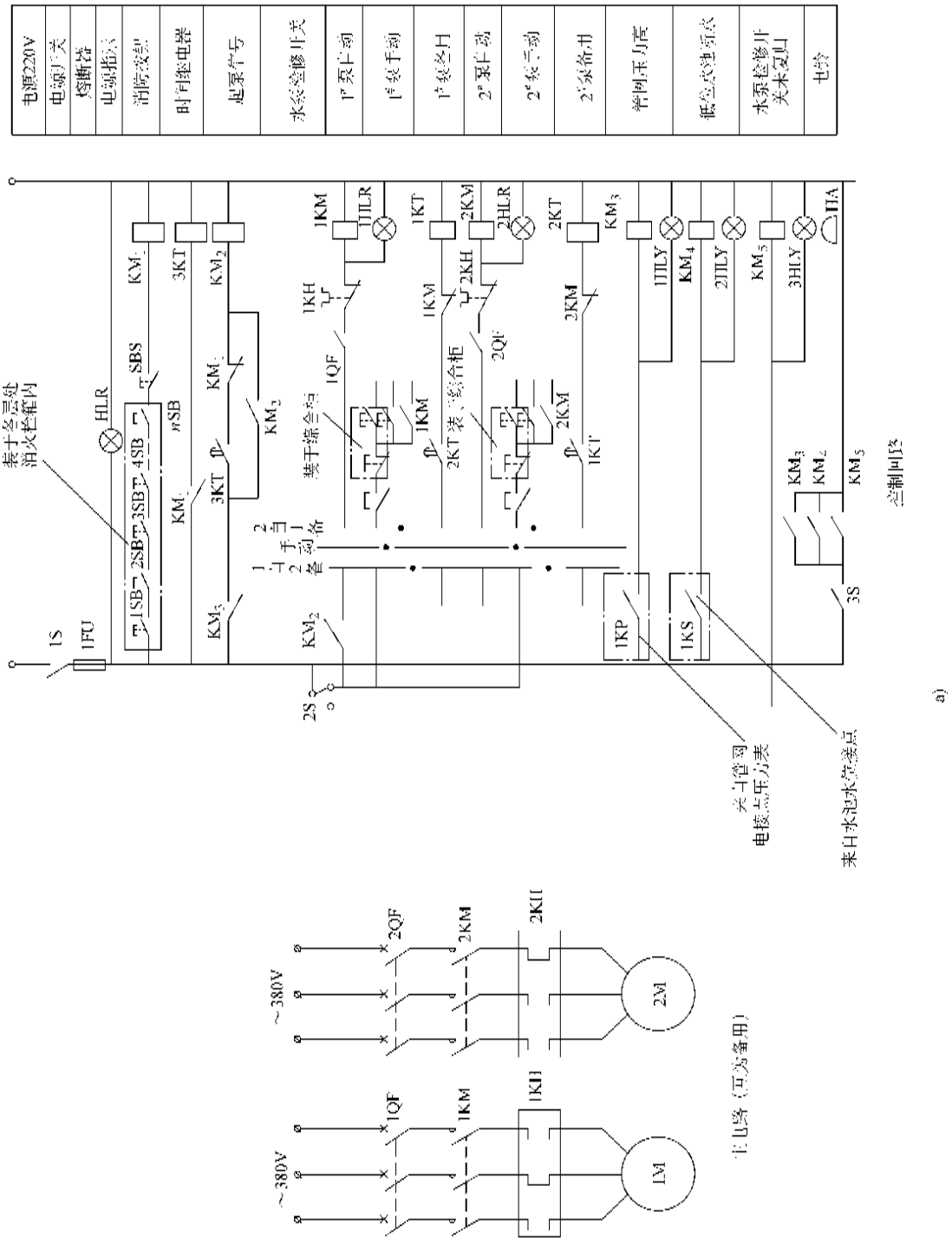


图 18-59　H8410 集控器接线图


电源220V
电源开关
熔断器
电源指示
消防控制
时间继电器
起泵信号
水泵检修开关
1#泵启动
1#泵手动
1#泵运行
2#泵启动
2#泵手动
2#泵备用
管网压力高
低位水池液位高
水泵检修开关未复归
电铃
装于各层处消火栓箱内
1S
1FU
HLR
1SB
2SB
3SB
4SB
SBS
nSB
KM1
3KT
KM2
KM3
1KM
1HLR
1KT
2KM
2HLR
2KT
KM3
1HLY
KM4
2HLY
KM5
3HLY
HA
1KH
1QF
2KH
2QF
装于综合柜
2KT表、综合柜
1KT
1KP
1KS
2S
3S
1#手动
2#手动
1#备用
2#备用
控制回路
关闭管网电接点压力表
来自水池水位接点
a)
~380V
1QF
1KM
1KH
1M
2QF
2KM
2KH
2M
主电路（互为备用）

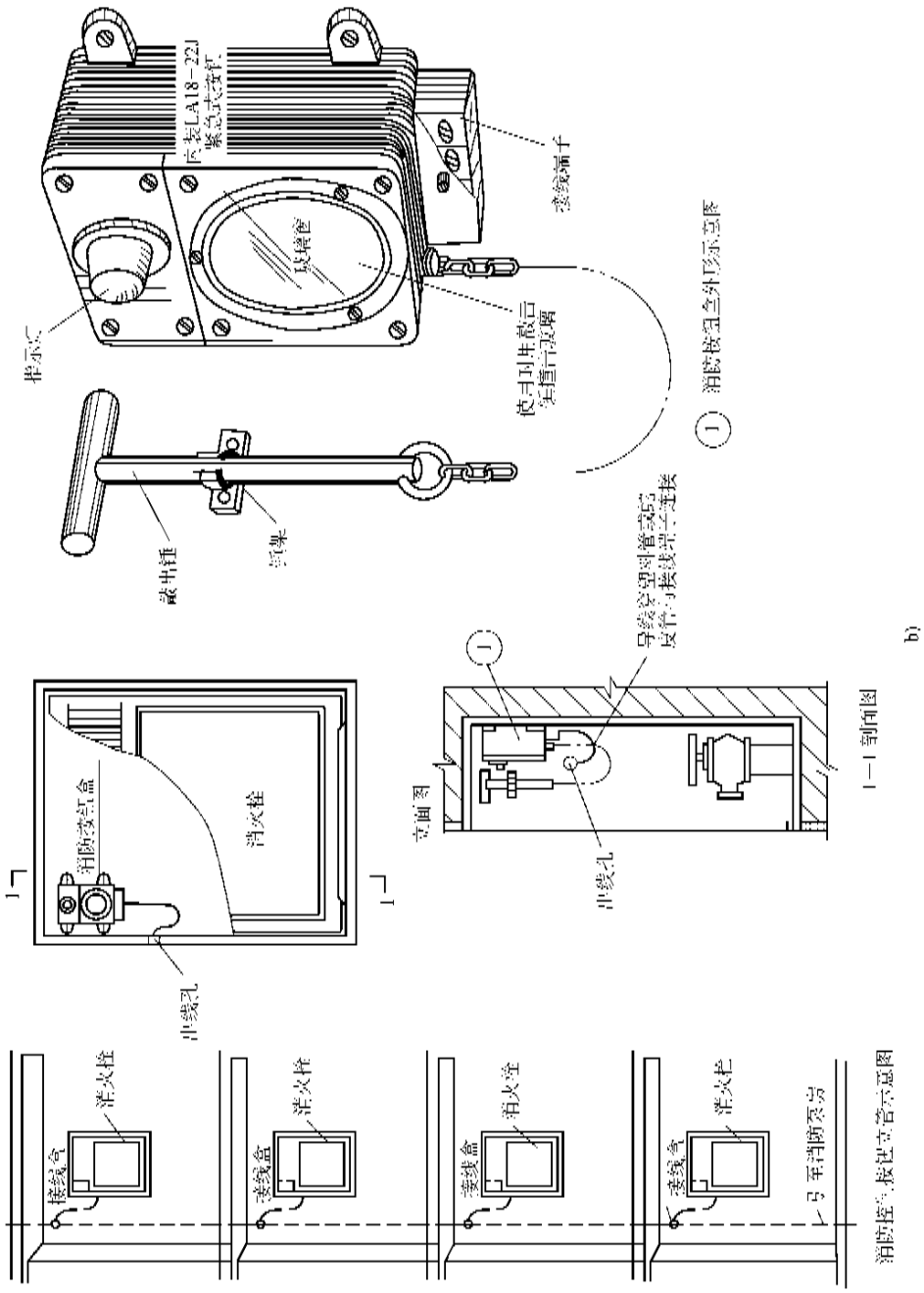


图 18-60　消火栓控制系统的接线方法

a）消火栓泵控制原理图　b）消防泵控制按钮安装示意图

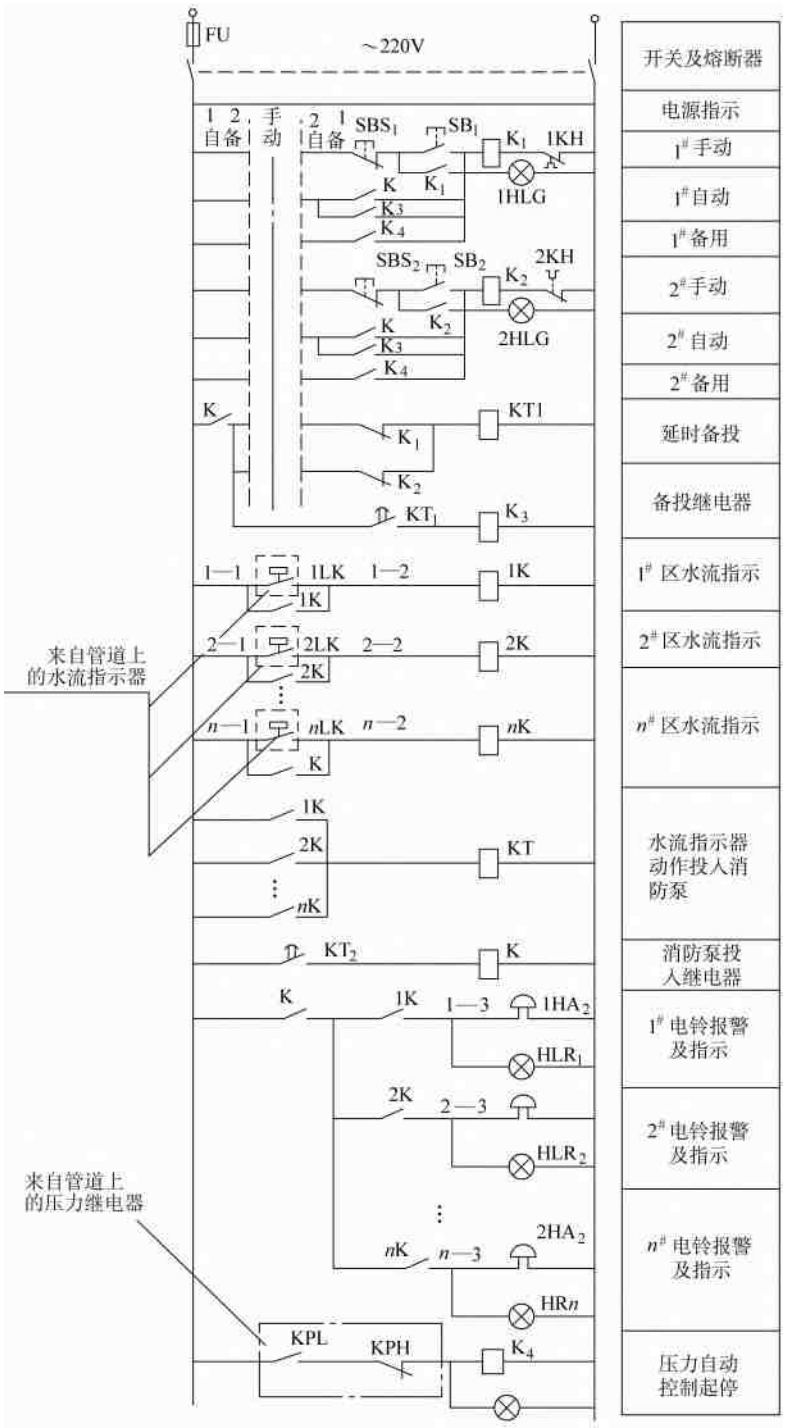
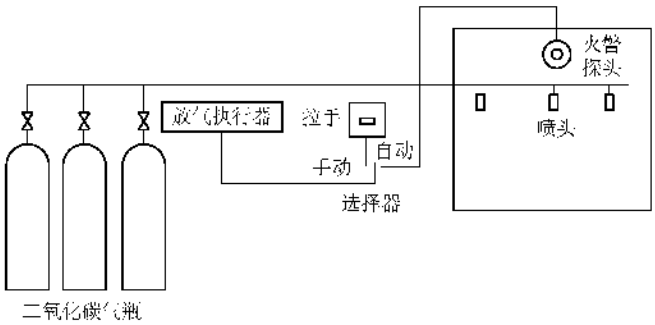


图 18-61 自动喷水控制原理图

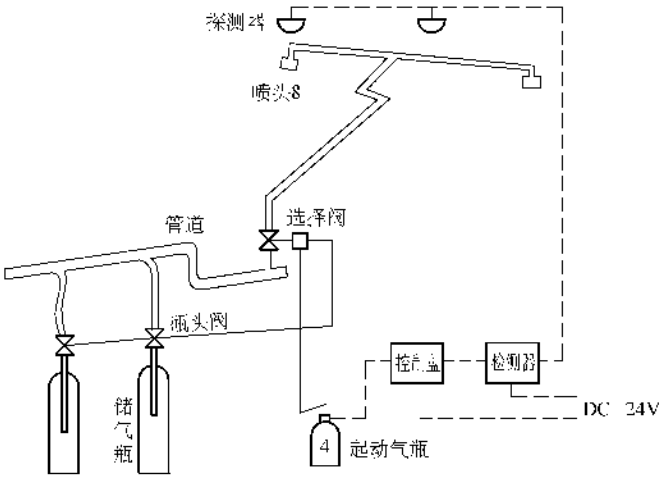
（7）其他操作控制系统的接线要点

1）火灾事故照明与疏散指示的控制：操作柜上装有火灾事故照明及疏散指示的总控制按钮，通常高层建筑的事故照明及疏散指示是由接触器控制的，如图 18-63 所示。

事故照明、疏散标志灯是与照明电路同时安装的，只是线路的设置是分设的，穿线时要区分开，并将其引至配电室，接在事故照明接触器的下闸口，而



a)



b)

图 18-62　卤代烷、二氧化碳灭火系统示意图

a）CO_2 自动灭火系统原理图　b）国产 1301 自动灭火系统原理图

线圈 KM 的控制线则引至综合控制柜，接在事故照明的钮子开关上，如用按钮则应有自保回路。

2）有关部位防排烟风机、防火阀的安装及其反馈信号的控制接线：排烟口或送风口如图 18-64 所示，用于排烟风道系统在室内的排烟口处或正送风风道系统的室内送风口处。其内部为阀门，可通过感烟信号联动、手动或温度熔断器使其瞬时开启，外部为百叶窗。感烟信号联动由直流 24V、0.3A 电磁铁执行，联动信号来自综合控制柜的按钮，直流 24V 由直流柜提供。温度熔断器可选定动作温度值，当环境温度升到选定值时便使阀门脱扣开启。阀门打开后其联动开关便接通信号回路，经穿管导线引至综合柜接在相应的端子上，用于信号显示或控制其他装置。动作后应更换温度熔断器。

防烟防火调节阀如图 18-65 所示。接线方法及信号反馈同排烟口。

3）有关部位的防火门、防火卷帘及其反馈信号的控制：防火门安装图如图 18-66 所示，防火门锁一般有两种：一种是防火门被永久磁铁吸住即处于开启状态，火灾时感烟探测器或综合控制柜按钮发来指令，使直流 24V、0.6A 电磁铁线圈吸合，克服永久磁铁的磁力，靠弹簧自动将门关闭，也可手动关门；另一种则是门被电磁锁锁住为开启状态，当火灾时感烟探测器或综合控制柜按钮发来指令使电磁锁打开，门靠弹簧将门自动关闭，也可手动关门。可将电磁铁或电磁锁的控制线及门的信号线穿线引至综合柜，接在相应的端子上。

防火卷帘门安装如图 18-67 所示，安装在防火分区通道口处，火灾时探测器或综合控制柜按钮发来指令，水幕同步供水，隔离火区，卷帘延时落至地面。控制电路如图 18-68 所示，电动机及传动装置安装在门的侧上方，控制箱安装在门侧 1.4m 处，可远距离

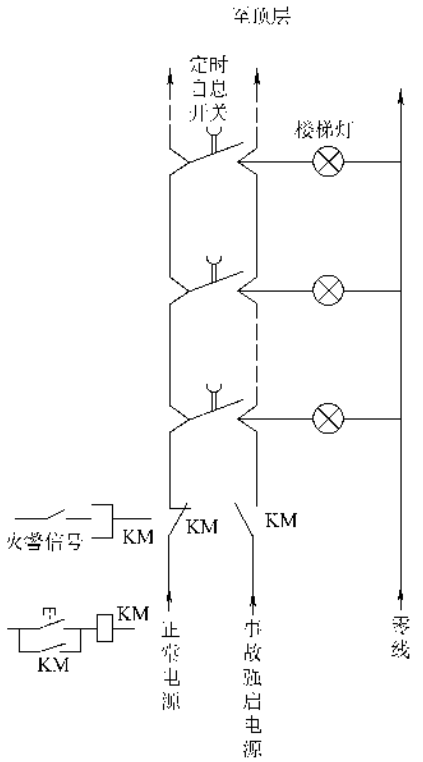


图 18-63 楼梯正常照明与事故照明切换接线图

操作或就地操作，同样将起停按钮及信号引至综合柜，并将烟感及温感接点 K_1、K_2 引至控制箱内。

4）强制电梯全部返回停至首层及其反馈信号的控制：

① 综合操作柜装有消防电梯的操作按钮及梯层指示器，能使消防电梯按要求停靠在任何楼层并指示位置，控制线及信号线是由电梯控制柜经井道引入控制室的。

② 综合操作柜装有将普通电梯从任何楼层返回底层并停止工作的安全按钮。如果不专设消防电梯，当火灾发生时由普通电梯作为消防电梯使用，这样必须装设两套按钮，一套是安全按钮，一套是操作按钮，并将其楼层指示器的信号线引入操作柜。安全按钮通常是在底层呼梯按钮上并联一只双联按钮并引至综合操作柜，功能是先切断电梯至其他层的运行的操作回路，二是将电梯迅速返至底层，如图 18-69 所示。操作按钮同样是将电梯的控制线及信号线由电梯控制柜经井道引入控制室。

5）切断有关部位的非消防电源的控制：在配电室内将每层供电电源开关的释放线圈回路断开，并将断开点穿管引自操作柜，接在柜上常闭按钮的接点上，一层一个常闭钮，值班员可根据火灾信号切断火灾部位及其上下或左右邻近房间的工作电源，有时可同时投入事故电源，维持事故照明。

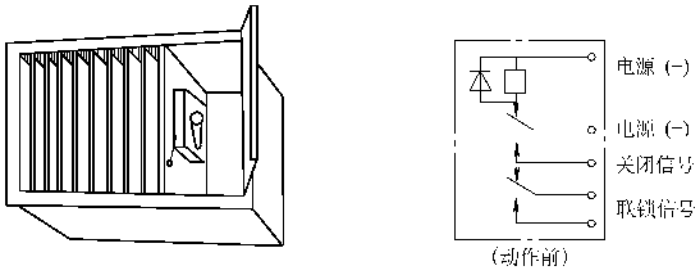


图 18-64 排烟口、送风口外形图及控制电路图

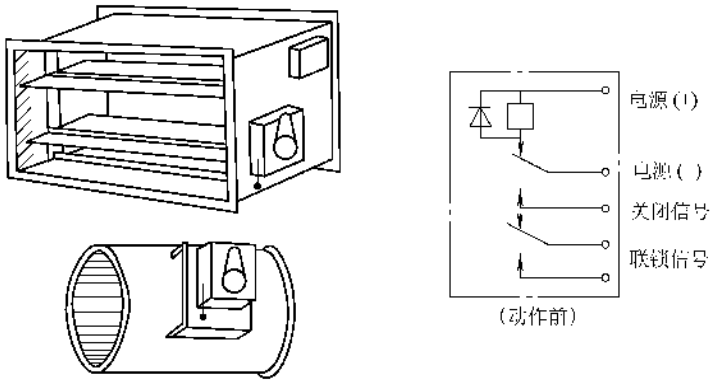


图 18-65 防烟、防火调节阀外形及电路图

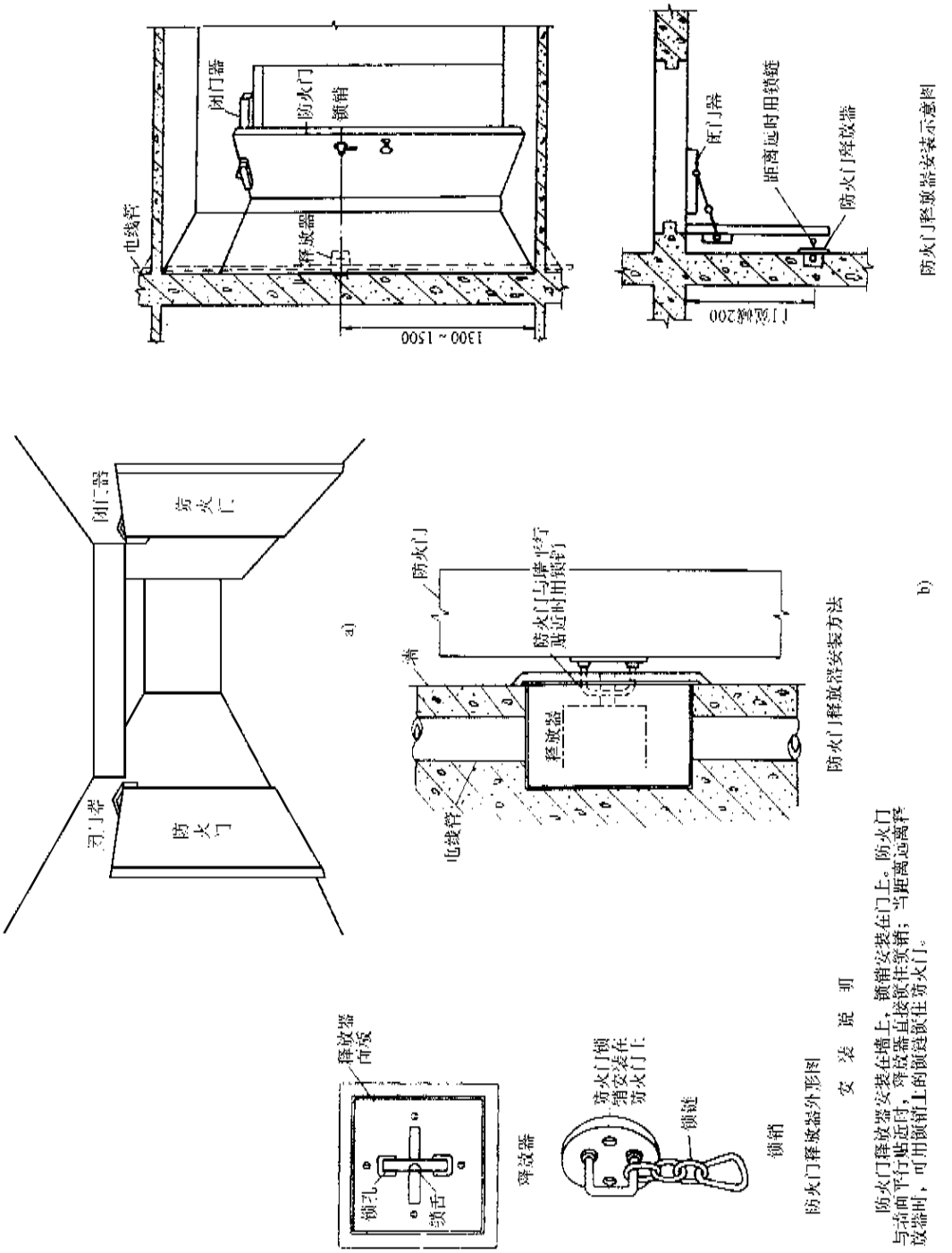


图 18-66　防火门安装图

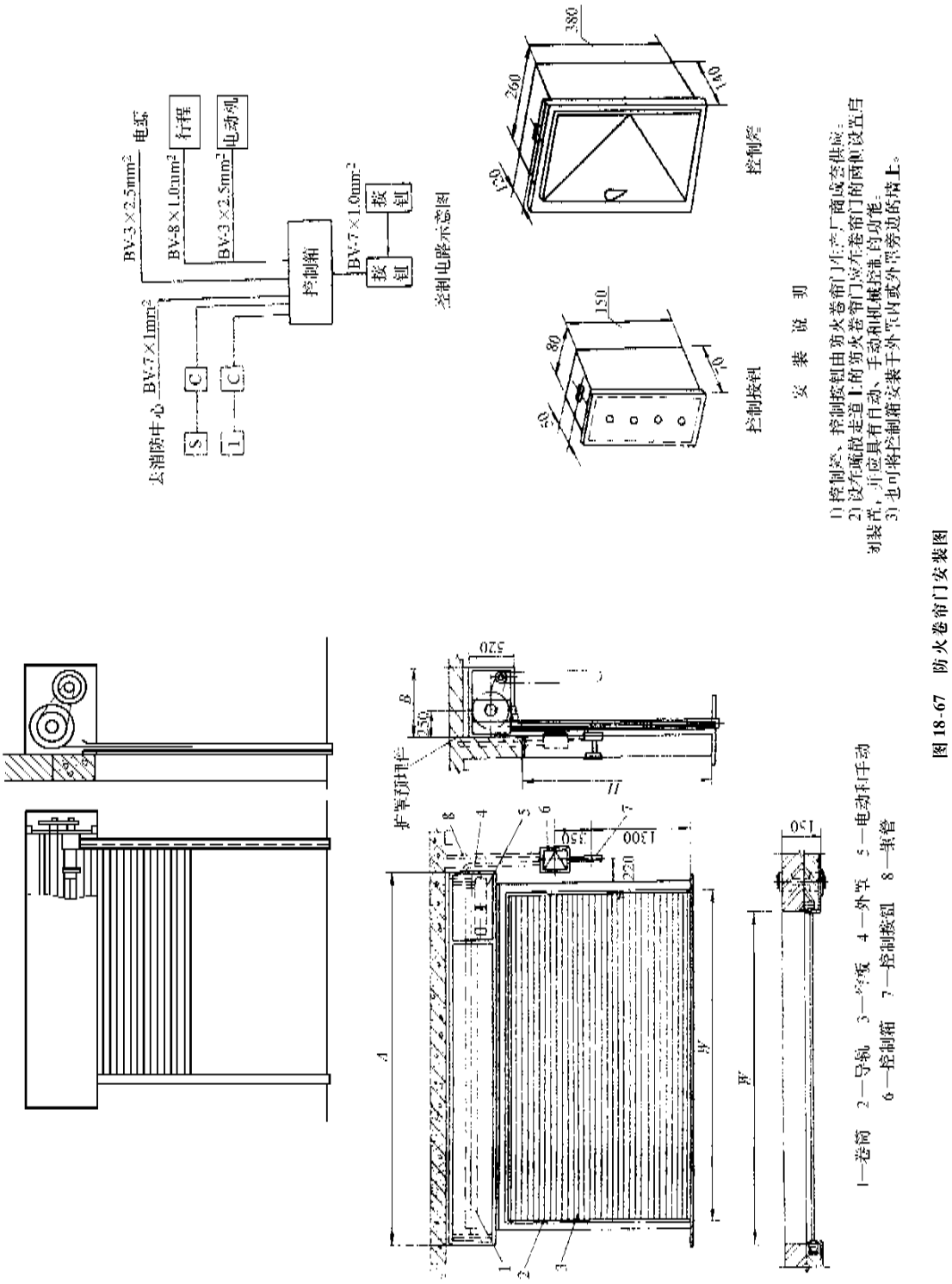


图 18-67 防火卷帘门安装图

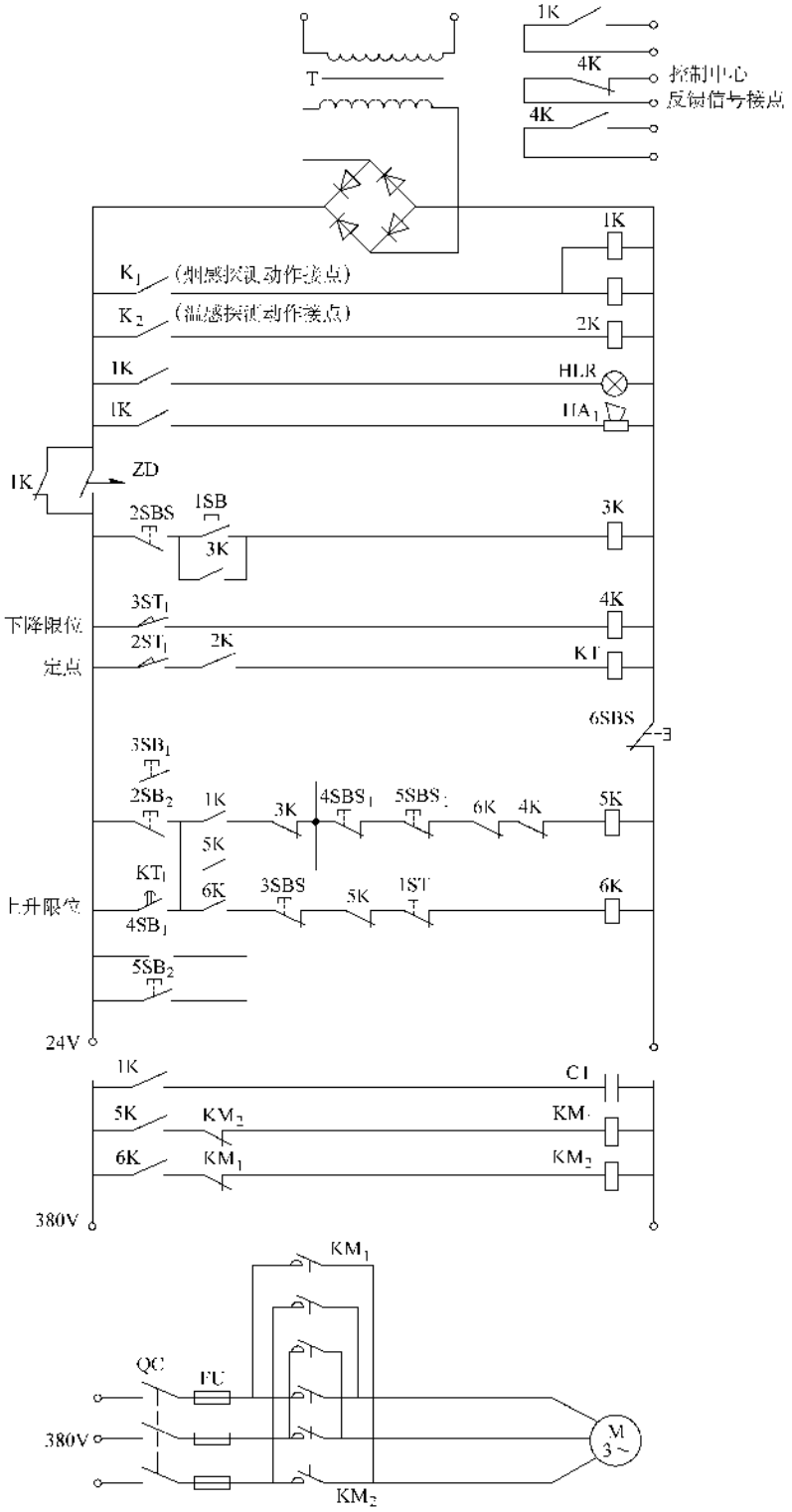


图 18-68　防火卷帘门控制电路图

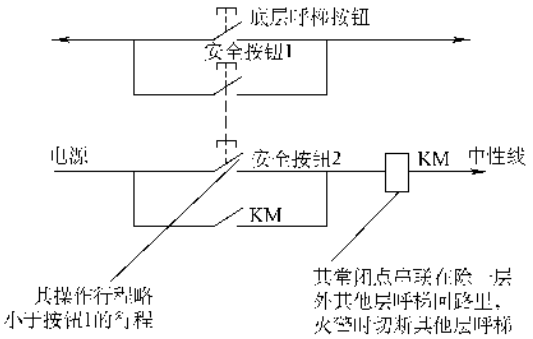


图 18-69 安全按钮的接线原理图

6）火灾消防电话广播系统：消防电话总机一般装在控制室内，与系统公用电话是分开单设的，电话机采用集中对讲电话，分机设在各个防火区，同时在系统的关键部位，所有机房设有火警电话插孔，值班巡更人员可随时用移动话机插入后通话，安装方法同前。

消防广播扩音机一般可设在控制室内，也可装设在系统的广播机房内，但能在控制室遥控。扬声器是与系统广播共用的，但是在消防广播时，扬声器处的开关或音量电位器都不起作用，并能停止原系统广播。每只扬声器的开关或音量电位器 RP 在火灾广播时是被断路的，如图 18-70 所示。

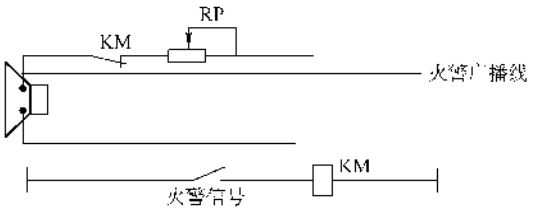


图 18-70 火警广播接线示意图

消防中心有消防火灾控制盘，可随火灾情况向某区域或某几个区域同时报警，如图 18-71 所示。

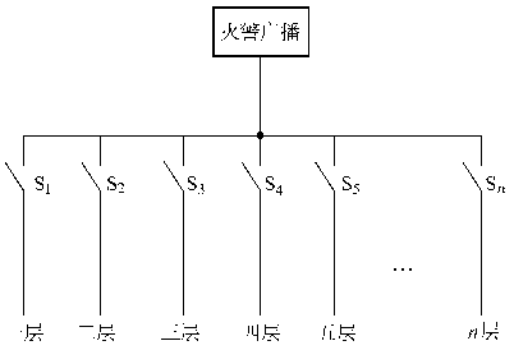


图 18-71 报警信号控制系统图

由上可见，在原系统广播布线时，应将消防广播线同时布下，送回至消防中心。

（8）当系统设有微机自动管理系统时 火灾报警和自动灭火系统及其联动控制的消防装置都纳入微机控制系统，各种开关量、模拟量的信号都通过信号采集器输入中央控制室的微机，并发出指令到各个执行机构，实现自动报警、自动消防。

（9）接地安装和要求 消防控制室及消防系统的接地安装同前，但要求工作接地线应采用截面积不小于 16mm^2 的铜芯导线电缆，不得利用镀锌扁铁、圆钢或金属软管；工作地线与保护地线必须分开设置。接地电阻应小于 4Ω，如其采用联合接地则应小于 1Ω。

七、系统调试及试运行

系统调试应保证系统功能的实现，主要功能有：火灾报警自检功能、消音复位功能、故障报警功能、火灾优先功能、报警记忆功能、电源自动转换和备用的自动充电功能、备用电源的欠电压和过电压报警功能。

（一）调试程序

1）查线及设备元件的检查；

2）电源系统；

3）探测器—区域报警器—集中报警器；

4）消防设备；

5）操作柜及联动系统；

6）消防电话及广播系统；

7）试运行。

（二）主要仪器及工器具

步话机、移动电话机、烟雾发生器、电炉子及点式温度计、3kVA 调压器、拖布、手提泡沫灭火器、手提 CO_2 灭火器、电工常用仪表等。其中烟雾发生器、电炉子及点式温度计、3kVA 调压器等模拟火灾的器具在有条件的情况下，可购置 BHTS-1 型携带式火灾探测试验器。该仪器可产生烟、温、可燃气体三种模拟信号，并分别由烟杆或烟瓶、温杆、单点试验器组成。也可用 FJ-2706/001 型火灾探测器检验装置进行。

（三）查线及设备元件的检查

一般应由专业技术人员和安装人员每组至少三人按照图纸要求分别仔细检查各个部件、管线、箱盒、柜及各层处的消防栓按钮、管网系统压力继电器、流水指示器、泡沫干粉、卤代烷二氧化碳灭火装置、防排烟装置、防火门、卷帘门、消防电话、广播、电梯系统等有关与消防系统联动或反馈部件的安装是否符合要求，接线是否正确，不妥之处及时修复并验收合

格，必要时应由消防、给水专业的人员配合。检查顺序与调试顺序相同，逐点检查，并要符合设计规范要求。

1. 对系统中下列装置的安装位置、施工质量和功能等应进行检查和验收：

（1）火灾报警系统装置（包括各种火灾探测器、手动火灾报警按钮、火灾报警控制器和区域显示器等）；

（2）消防联动控制系统（含消防联动控制器、气体灭火控制器、消防电气控制装置、消防设备应急电源、消防应急广播设备、消防电话、传输设备、消防控制中心图形显示装置及模块、消防电动装置、消火栓按钮等设备）；

（3）自动灭火系统控制装置（包括自动喷水、气体、干粉、泡沫等固定灭火系统的控制装置）；

（4）消火栓系统的控制装置；

（5）通风空调、防烟排烟及电动防火阀等控制装置；

（6）电动防火门控制装置、防火卷帘控制器；

（7）消防电梯和非消防电梯的回降控制装置；

（8）火灾警报装置；

（9）火灾应急照明和疏散指示控制装置；

（10）切断非消防电源的控制装置；

（11）电动阀控制装置；

（12）消防联网通信；

（13）系统内的其他消防控制装置。

2. 系统中各装置的安装位置、施工质量和功能等的验收数量应满足下列要求：

（1）各类消防用电设备主、备电源的自动转换装置，应进行3次转换试验，每次试验均应正常。

（2）火灾报警控制器（含可燃气体报警控制器）和消防联动控制器应按实际安装数量全部进行功能检验。消防联动控制系统中其他各种用电设备、区域显示器应按下列要求进行功能检验：

1）实际安装数量在5台以下者，全部检验；

2）实际安装数量在6～10台者，抽验5台；

3）实际安装数量超过10台者，按实际安装数量30%～50%的比例抽验，但抽验总数不应少于5台；

4）各装置的安装位置、型号、数量、类别及安装质量应符合设计要求。

（3）火灾探测器（含可燃气体探测器）和手动火灾报警按钮，应按下列要求进行模拟火灾响应（可燃气体报警）和故障信号检验：

1）实际安装数量在100只以下者，抽验20只（每个回路都应抽验）；

2）实际安装数量超过100只，每个回路按实际安装数量10%～20%的比例抽验，但抽验总数不应少于20只；

3）被检查的火灾探测器的类别、型号、适用场所、安装高度、保护半径、保护面积和探测器的间距等均应符合设计要求。

（4）室内消火栓的功能验收应在出水压力符合现行国家有关建筑设计防火规范的条件下，抽验下列控制功能：

1）在消防控制室内操作起、停泵1～3次；

2）消火栓处操作起泵按钮，按实际安装数量5%～10%的比例抽验。

（5）自动喷水灭火系统，应在符合现行国家标准《自动喷水灭火系统设计规范》GB 50084—2001的条件下，抽验下列控制功能：

1）在消防控制室内操作启、停泵1～3次；

2）水流指示器、信号阀等按实际安装数量的30%～50%的比例抽验；

3）压力开关、电动阀、电磁阀等按实际安装数量全部进行检验。

（6）气体、泡沫、干粉等灭火系统，应在符合国家现行有关系统设计规范的条件下按实际安装数量的20%～30%的比例抽验下列控制功能：

1）自动、手动启动和紧急切断试验1～3次；

2）与固定灭火设备联动控制的其他设备动作（包括关闭防火门窗、停止空调风机、关闭防火阀等）试验1～3次。

（7）电动防火门、防火卷帘，5樘以下的应全部检验，超过5樘的应按实际安装数量20%的比例抽验，但抽验总数不应小于5樘，并抽验联动控制功能。

（8）防烟排烟风机应全部检验，通风空调和防排烟设备的阀门，应按实际安装数量10%～20%的比例抽验，并抽验联动功能，且应符合下列要求：

1）报警联动起动、消防控制室直接起停、现场手动起动联动防烟排烟风机1～3次；

2）报警联动停止、消防控制室远程停止、通风空调送风1～3次；

3）报警联动开启、消防控制室开启、现场手动开启防排烟阀门1～3次。

（9）消防电梯应进行1～2次手动控制和联动控制功能检验，非消防电梯应进行1～2次联动返回首层功能检验，其控制功能、信号应正常。

（10）火灾应急广播按10%～20%的抽检率，应合格。

（11）消防专用电话与对讲分机、插孔电话、外线电话通信正常。

（12）消防应急照明、疏散指示功能正常。

（四）电源系统的检查

电源的检查包括交流电源、交流备用电源（第二电源或UPS）、直流电源（包括蓄电池组）及配电装置的检查。主要内容有电压、相位、切换，详见第七章动力电路部分内容。

这里要特别提请注意的是，有的元件使用220V交流电，有的使用24V直流电，两者绝对不能混淆，必须用导线颜色或编号严格区分；再者系统若采用控制室集中供电，则应先接通控制室或集中报警器的电源，并一一插上区域报警器的熔断器，并用万用表测量有关各点（包括探测器、测量或反馈信号点）的电压，应符合要求，否则应即查明原因修复；如果电源系统集用双回路供电，而各区域单独由消防电源供电，接通总电源后则应分别测试。电源正常后即可进行以下的试验。

（五）探测器—区报器—集报器的试验

该试验应按区域报警器的控制范围为界，逐区进行，通常由首层开始，现以某层为例详细说明。

1）集中报警器，区域报警器处应有两人，各持步话机。另三人持步话机、万用表、试验装置，按房号顺序或编码地址一一进行。

2）通话后，系统接通或合上电源开关，先测量探测器端的电压，正常后把探测器拧入底座，并使其接触良好。

3）根据探测器的性质（烟、温、光、可燃气体等）准备试验器具，然后进行模拟火灾试验。

4）试验开始时，立即通知区报器和集报器，这时区报器应声光报警，并显示“火灾”部位，应与试验房号相同，并记下时间和部位；同时集报器声光报警且巡检火灾部位，片刻在“火灾”部位信号牌处光信号停留2s，同时发出变调声响，并记下火灾时间，应与试验房号相同。经电话联系后，将“火灾”去掉，报警应解除。

5）将探测器的接线断开一点或将探测器取下，这时区报器故障灯亮，并发生单音调的故障报警信号，同时集报器故障报警，按自检按钮巡检，即在故障信号牌处光信号停留2s，并发出变调声响。然后将断开点恢复或将探测器拧好，并投入“火灾”信号，自检停止，优先“火灾”巡检。

6）区报器与集报器接线正确与否的检查：将区报器通往集报器的接线拆掉一根或将两条线对倒接上，这时集报器报警，手动总检按钮，先发出置“0”信号，并将检查信号输入五进制计数电路，这时则按1～10、11～20、21～30、31～40、41～50顺序亮灯，这时该区灯不亮，说明有故障。

7）按动手动火灾报警钮，区报警和集报器应报警并显示部位。

每个房间试验时应及时清理现场，熄灭火源，杜绝事故，并专门委托一人做为监护和检查。

8）探测器的试验方法、仪器的使用方法等详见第二章及第五章第九节火灾自动报警设备的测试相关内容。

（六）自动消防系统的试验

1）消火栓泵的投入应先手动，后自动，并且要从现场按钮分别操作，各种信号应正确无误，试验方法及要求见第七章动力电路及低压配电室的安装。

2）自动喷水灭火系统：试验前应将管网及高位水箱的水加满直到高水位继电器或高压压力继电器动作为止。

在设置喷水灭火的房间里，用温杆或电炉子在喷头300mm远处升温加热，并用点式温度计测温，当升至喷头额定喷水温度时（通常有57℃、68℃、79℃、93℃等）开始喷水，这时水流继电器动作，综合操作柜报警铃响，指示灯亮，并指出报警部位。在首层试验时，喷水时间应长一些，便使加压泵自动起动。

喷头应抽检，一般为10%，各个区域试完后，应将积水清除干净，试验前应有可靠的排水或防水措施，并由给水专业配合。

水幕阻火系统与上述相同。

3）泡沫、干粉、卤代烷、CO_2灭火系统的试验应在有关专业人员的配合下进行，控制信号正确，试验时要把灭火剂气瓶或容器的出口闸阀关闭，只试验电磁阀开闭的情况，不实际喷射。试验动作程序及方法是，用模拟火灾信号使现场安装的火灾探测器发出火灾信号给控制盘，经过确认后先发作第一次灭火的警报，这时人员可疏散，同时空调系统的阀门及百叶窗关闭；经延时后，起动装置（起动用的气瓶或容器）的电磁阀自动打开，放出起动用的灭火剂，当该灭火剂进入选择开关后打开阀门，灭火用的气瓶或容器的灭火剂被送入管道，向消防区域内喷射，同时由于压力开关的动作，发出信号使声光报警。

上述动作时消防控制中心的综合操作柜应有反馈信号，并能进行远距离操作。

4）其他自动灭火控制装置：在综合操作柜上操作事故照明、火警信号疏散指示灯、风机、防火阀、防火门、防火卷帘及电梯动作，并能切断非消防电

源，且反馈指示信号正确。试验时要在现场与机房用步话机联系好，试验后应做好装置的复位及其他善后工作。

5）火灾电话广播系统的试验见前述内容。此外还要试验插孔移动电话，火警广播能切断正常广播的控制系统。

（七）电源系统的切换试验

在进行上述各项试验时，应同时进行电源系统的切换试验。一般采用将正常市电消防电源拉闸而备用电源（第二消防电源、UPS、蓄电池组）则能自动投入并不影响试验的进行，否则应进行切换时间的调整。备用直流电源应进行连续三次充放电试验，且应工作正常。

（八）系统的试运行

系统经调试进入正常后，可根据建设单位的要求进行试运行，试运行通常要连续进行 120h，无故障且能正常报警工作时，才能填写调试报告。

1. 系统运行的条件

1）建设单位应有经过专门培训并经过考试合格的专门负责系统管理、操作、维修及消防的人员。

2）应有操作规程、值班员职责、值班记录及图表、技术资料等。

3）系统竣工图、接线图。

4）全员的安全、消防教育已全面进行并验收合格。

2. 防灾系统的定期检查、试验

1）每日应检查火灾报警控制器的功能并记录。

2）每季应检查试验探测器动作功能、报警器声光显示；水流指示器、压力开关报警功能、信号显示；主电源及备用电源的自动切换；直流电源充放电；自动或手动进行综合控制柜各种功能试验；消防电梯、火警通信广播试验；所有分断开关、切换开关试验，自动消防系统的检查及灭火试验。

3）系统运行两年后及以后每隔三年应全部清洗探测器一遍，并做响应阈值及其他功能试验，不合格的应进行更换。

系统在运行中有时还应不定期地进行各种功能的抽验，进而保证系统长期处于正常工作状态。只有这样才能保证在火灾发生时准确报警，自动消防，减少火灾发生，减少火灾损失。否则达不到“养兵千日，用在一时”的效果。

第三节　通信广播系统的安装

通信广播系统作为现代通信工具已进入建筑工程之中，当今几乎所有的民用及工业建筑都安装了电话及广播系统，在较高级的办公写字楼、商业中心、金融中心还安装了文字处理机、传真机、无线传呼机等通信设备以及个人电脑并和计算机联网的声像通信系统。本节只就常规的电话广播系统安装进行一般介绍，大型高级的通信系统通常由邮电部门的专业队伍安装。

通信广播系统的安装应符合信息产业部、广电总局的有关标准。

一、开工条件及元件的检查、测试及试验

（一）开工条件

开工条件基本同照明电路。

（二）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。

二、电话系统的安装

（一）开工条件

同照明电路。

（二）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，通信电缆可按表 18-11 ~ 表 18-14 进行选择。

表 18-11 电缆对数和芯数

HPVV	标称对数	5	10	20	30	50	80	150
	实际对数	5	10	20	30	51	81	152
HJVV、HJVVP	芯数	12、22、33、42、44、48、63、78、84、93、104、105、205、210						

表 18-12 HPVV 型配线电缆

对数	电缆外径/mm	对数	电缆外径/mm	对数	电缆外径/mm	对数	电缆外径/mm
5	8.65	20	14.36	40	18.16	100	26.76
10	12.26	25	15.06	50	21.36	150	32.76
15	13.76	30	16.06	80	25.96	200	36.56

表 18-13 HJVV 型局用电缆

芯数	电缆外径/mm	芯数	电缆外径/mm	芯数	电缆外径/mm	芯数	电缆外径/mm
12	7.26	33	11.80	50	13.60	93	17.66
15	7.90	42	12.36	63	14.96	104	19.16
22	10.46	44	12.56	78	16.30	105	19.56
24	10.46	48	13.00	84	17.00	205	26.06

表 18-14 HJVVP 型局用电缆

芯数	电缆外径/mm	芯数	电缆外径/mm	芯数	电缆外径/mm	芯数	电缆外径/mm
12	7.2	33	12.0	63	14.1	104	17.9
15	8.1	42	12.1	78	16.5	210	25.5
22	9.6	48	13.2	84	17.2		
24	9.6	50	13.8	93	17.3		

（三）辅助设备的安装

1. 交接箱的安装

在不设电话交换机的多机用户（主要指大厦、楼宇、写字楼、建筑楼群等），用户电话直接驳自市话网络，一般应设交接箱。交接箱实际是接线箱，可落地或杆上、墙上安装在室内室外，型号规格很多，安装方法同动力配电箱，安装前应将引入或引出的电缆或管线敷设完毕，XF5 交接箱结构示意如图 18-72 所示，有关数据见表 18-15。

用 500V 绝缘电阻表测试绝缘电阻，各接头或端子与箱体间应大于 500MΩ，各接头或端子之间应大于 300MΩ。

2. 电话组线箱（端子箱）的安装

多层或高层建筑常将端子箱安装在竖直线路管道的中间（有电话交换机层）或首层或地下层（无电话交换机，直拨市内电话者），其具体位置由设计而定，通常一竖直上下线路管道装一只端子箱，其容量大小由其管道上下一串中电话的台数设定。其作用是将由交换机或市电话引来的用户线在这里分解到上下用户电话终端。端子箱一般暗装在墙内，标高 300mm，安装时应将引入电缆或导线及引出电话线敷设完毕，安装方法同照明配电箱，其外形结构如图 18-73 所示。其端子板容量为 5、10、20、30、50、100 对等。引入电缆或导线应在箱内预留一段长度，作为备用。绝缘电阻同交接箱。

表 18-15 XF5 容量系列及外形尺寸

容量	外形尺寸/mm	门的数量/扇
300/300Z	1400×660×240	1
600/600Z	1400×660×240	1
600/600K	1400×1200×240	2
1200/1200K	1400×1200×240	2
1200/1200G	2000×1200×240	2
400/400Z	1400×660×240	1
800/800Z	1400×660×240	1
800/800K	1400×1200×240	2
1600/1600	1400×1200×240	2
1600/1600	2000×1200×240	2
3200/3200G	2000×1200×240	2

注：Z 表示窄形，K 表示宽形、G 表示高形，数值表示进线对数/出线对数。

3. 用户盒的安装

用户盒是与电话终端连接的，安装方法同照明电路中的插座，上有端子，标高 500～800mm，由设计定。其进线由端子箱引来，出线接话机，也有插座式的，如图 18-74 所示。

插座或用户盒安装好后，应将引入线接在进线端子上，并将线号标注在图样上。接线前应测试电缆线芯或导线的绝缘电阻。

所有的用户盒接线完毕后，应将端子箱的进线及出线接好，接线必须可靠牢固，同样将线号标注在图样上。每一用户电话应对应一对端子，一直对应到交换机或市内电话局的总配线架上，这是电话号码的依据，不能弄错。

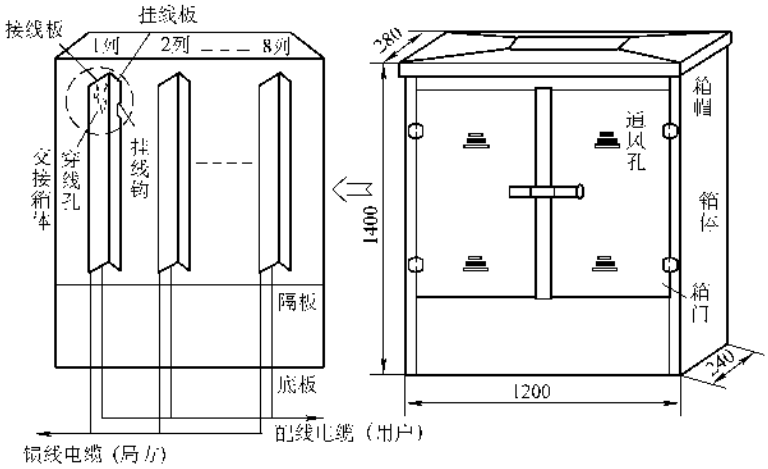
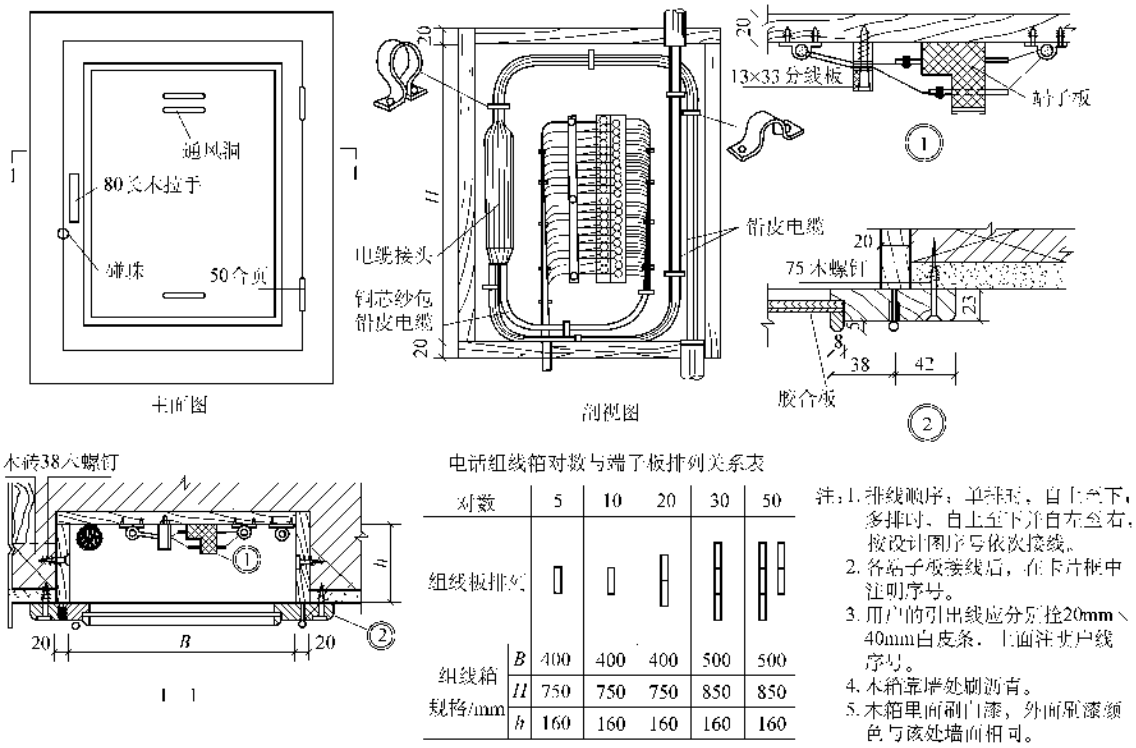


图 18-72　交接箱结构示意图



对数		5	10	20	30	50
组线板排列						
组线箱规格/mm	B	400	400	400	500	500
	H	750	750	750	850	850
	h	160	160	160	160	160

图 18-73　室内组线箱示意图

（四）机房设备的安装

机房设备主要有主机（交换机及服务台）、配线架、交流电源柜、直流电源柜（浮充）或蓄电池组，较高级的机房还有诊断台、打印机、空调机等。

1. 地板及基础的安装

机房一般设木制地板，并把电缆或电话线敷设在地板下面，一般由土建完成并由电气配合，如图18-75a所示。

先把地面清扫干净，并用布将灰迹脏物擦干净，风干后刷两道防潮漆至木地板标高处。

设置铜接地网，如图 14-61 所示，与计算机房设置相同，并与接地体可靠连接，接地电阻一般应≤4Ω，如需与建筑物防雷接地、交流电源工作接地共用接地时，应≤1Ω。

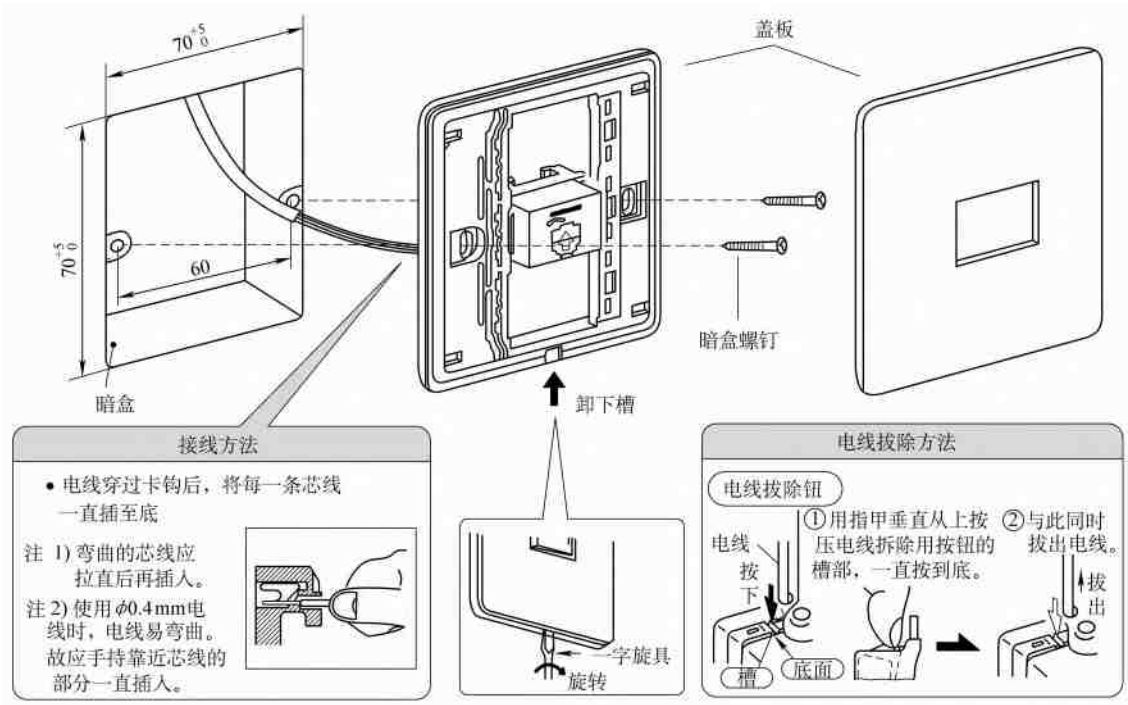


图 18-74　电话用户盒的安装

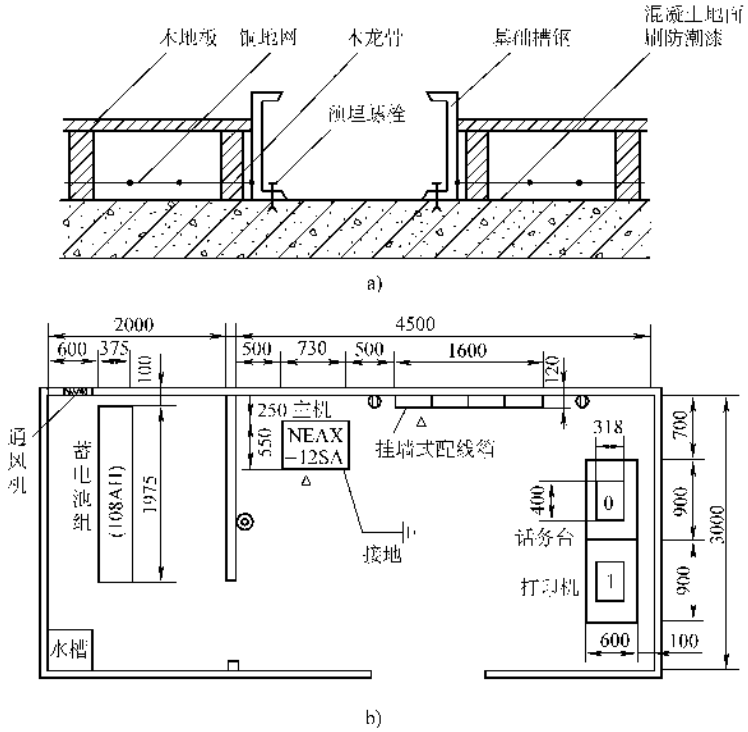


图 18-75　电话机房地板结构及平面布置图

a）地板结构　b）平面布置

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。

程控电话交换机房对土建的要求见表 18-16。

表 18-16　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

2. 设备的安装

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，参见平面布置图 18-75b。配线架的绝缘电阻同交接箱。

将引自电话组线箱的导线在配线架上接好，然后将其另侧端子对应接在主机的端子上，线号必须与前段接线对应。最后将市电话局的进线接在主机外线端子上。引入主机的电话局外线应装设避雷器，接线图如图 18-76 所示。

除机房设备外，现代建筑物的通信系统常设有无线寻呼系统，其系统图如图 18-77 所示，主要设备有

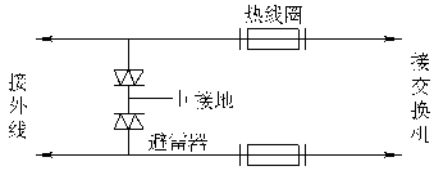


图 18-76　电话总机进线避雷器接线圈

天线塔、发射器及控制器，接线时要注意发射器和控制器使用的是 220V 交流电源。所有接线应按图样或设备说明书接在相应的端子上。天线塔的防雷及其上面的交流电源线路的敷设同避雷针（塔）。

设备的安装要作好接地，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。

（五）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，每组至少两人，检查顺序为主机—配线架（交接箱）—端子箱—电话终端，以及机房设施之间的接线。

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、蓄电池等应按第七章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：

①　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。

②　从配线架（或交接箱）的端子用①中的方法通话，要求同①。

③　起动电源使主机进入工作状态，工作稳定后，用主机的话机拨用户电话号码，一一分别通话，要求同①。

④　通过主机用户电话之间通话，要求同①。

⑤　通过主机用户电话向外线电话通话，要求同①。

这里要说明一点，交接箱引入的市局电缆或引入主机的电话电缆一般由市局工程队安装，双方应按协

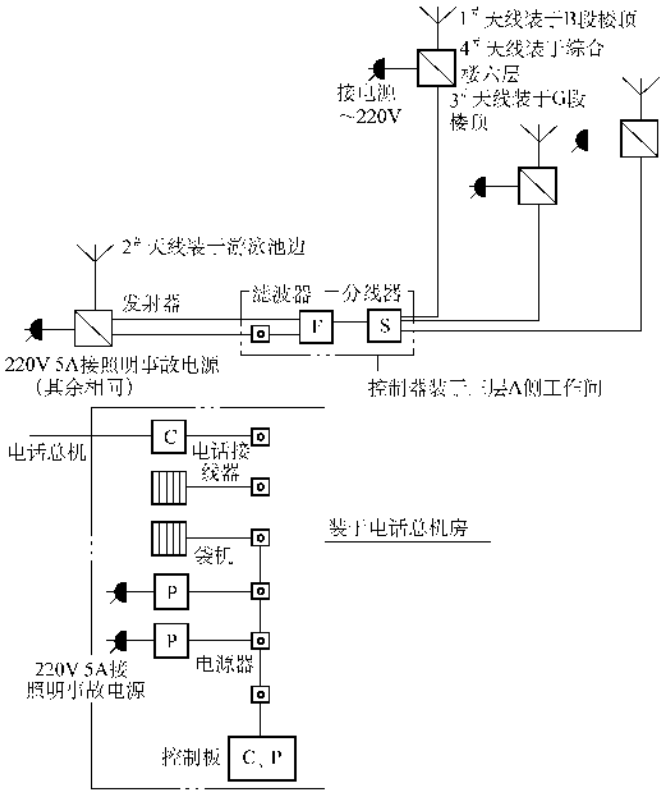


图 18-77　无线寻呼系统示意图

议作好配合工作，以免误会。

（六）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，给安装带来了方便，并节约了大量的管材和工时。

1. 根据机房位置或交接箱的位置，确定线路敷设的路径以及技术要求

从机房引出的电缆应沿天花板与墙的结合角处水平送到各个单元，并在此设端子箱；从端子箱再向上向下引电缆，一直到顶层底层，并在每层设接户盒（小端子箱）；同样从接户盒引自用户盒的电话线应沿天花板与墙的结合角处及墙与墙的结合角处，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，入户线应从门口或窗户口进入，金属门窗应加塑料护套；引入户内的电话线应沿墙角、踢角线天花板与墙结合角敷设到用户盒处。

从交接箱引出的电缆同上，交接箱宜设在二层或三楼，布线要求同前。布线遇混凝土柱子时，应围绕柱子敷设。

2. 凿洞

凿洞应用冲击钻或凿孔机，孔径应为保护套管外径加 2mm，洞应与开凿面垂直。

3. 箱盒的安装

箱盒的安装同配电箱，一般应预埋螺栓或用射钉枪，安装时将电缆或导线置于箱盒的里面。

4. 电缆的敷设

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，敷设路径见 1. 。

5. 用户线的敷设

用户线宜用白色平行线，尼龙卡子间距 600mm，路径见 1. 。

6. 用户盒标高、接线、测试、通话试验

同前。

三、广播音响系统的安装

系统开工条件，管内穿线、分层接线箱或端子箱的安装接线、机房及天线设备安装与接地要求等与电话电路相同。

（一）音箱（扬声器）的选择、测试及安装

1. 扬声器的选择

一般应由设计而定，也可结合扩大机的形式用下面的方法选择。

（1）定阻式扩大机

1）扩大机的输出阻抗必须与系统中音箱的总阻抗相等，同时扩大机的输出功率应≥系统音箱的总功率，当大于时，应选用合适的电阻作为假负载，使系统平衡。匹配时要选择适当的阻抗变压器来使系统的阻抗平衡。

2）扩大机的输出阻抗一般有低阻（8Ω、16Ω）和高阻（500Ω、250Ω、125Ω）两类，低阻适用于近距离（50m 以内），可直接连接，一般要经过串并联的方法使阻抗匹配；高阻适用于远距离，必须经过线间变压器（阻抗变压器）连接，使其阻抗匹配。

3）常用的连接方法如图 18-78 所示。

4）阻抗变压器的选择：阻抗变压器的一次阻抗 Z 可按下式计算取得：

$$Z = Z_{机} P_{机} / P_{扬} \qquad (18\text{-}9)$$

式中　$Z_{机}$——扩音机输出阻抗值，单位为 Ω；

$P_{机}$——扩音机额定输出功率，单位为 W；

$P_{扬}$——扬声器的额定功率，单位为 W。

（2）定压式扩音机

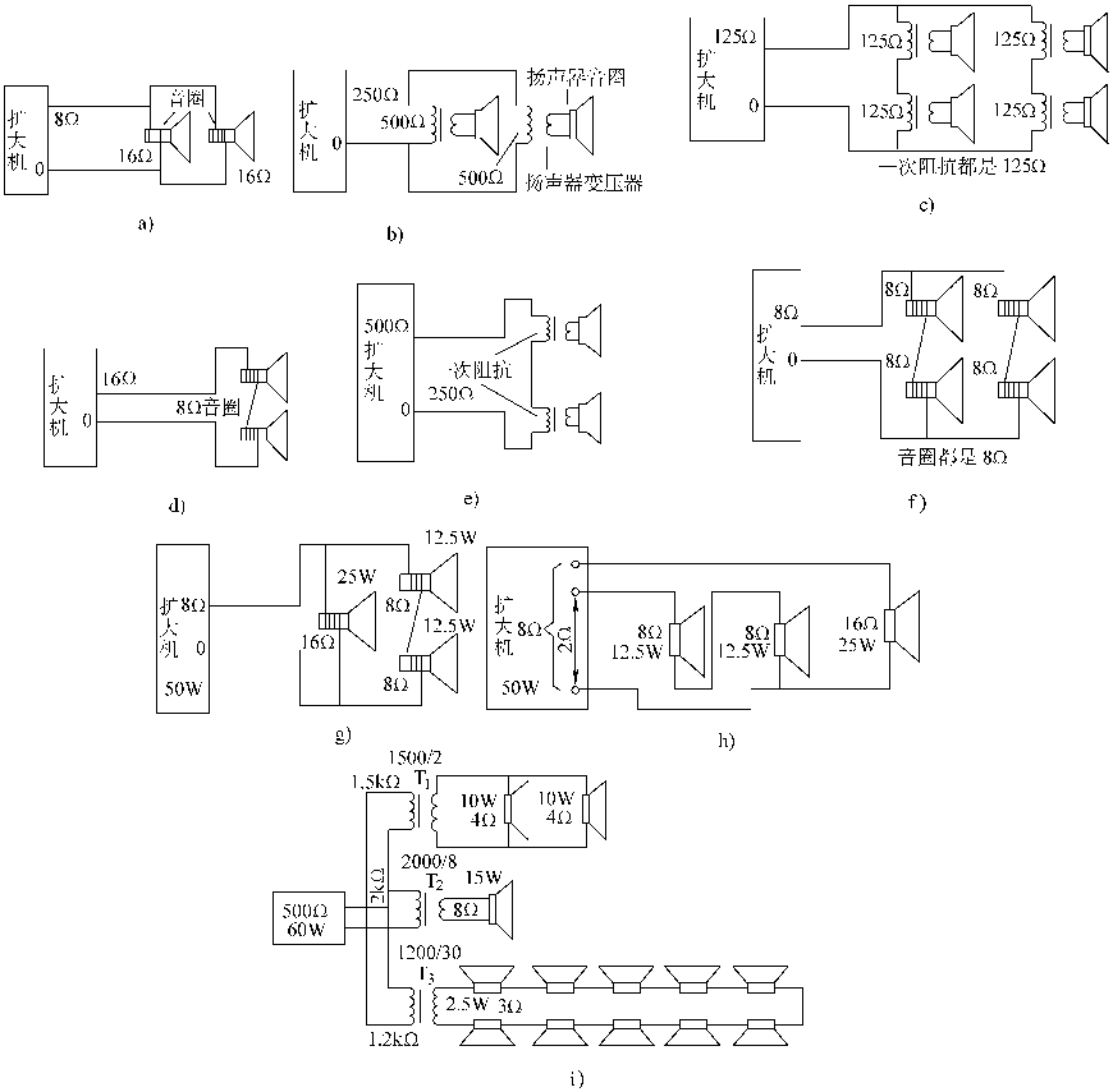


图 18-78　扬声器常用的连接方法

a）音圈并联法　b）扬声器变压器并联法　c）扬声器变压器串并联法　d）扬声器串联法

e）扬声器变压器一次串联法　f）扬声器串并联法　g）阻抗功率均不同

h）阻抗功率均不同　i）不同功率同阻抗的接法

1）扩音机或输送变压器的输出电压不得高于扬声器的额定工作电压，扩音机的输出功率应大于或等于系统音箱的总功率。配接时要使用输送变压器。

2）扩大机的输出电压一般有 20V（直接连接）、120V 和 240V（变压器连接）三种。使用时应将扬声器的阻抗 Z 和功率 P 换算成额定工作电压。

$$U = \sqrt{PZ} \tag{18-10}$$

式中 U——扬声器的工作电压，单位为 V；

P——扬声器的额定功率，单位为 W；

Z——扬声器的额定阻抗，单位为 Ω。

3）输送变压器的选择：

① 定压式输送变压器使用灵活可变，一次与二次都有几只绕组，每只绕组又有中心抽头，使用时可将绕组串联或并联或改变抽头而获得不同的输出、输入电压。连接时要注意极性，串联时应为异极性连接，以获得较大的电压；并联时应为同极性连接，以获得较大的电流，而保证变压器的输出功率。输送变压器的标称功率不得小于扬声器的总功率。常用定压式变压器的型号规格见表 18-17。

表 18-17 常用定电压式输送变压器型号规格表

型号	标称功率/W	一次电压/V	二次电压/V
SBV-5-1	5	0-90-120 0-90-120	0-20-30-45
SBV-10-2	10	0-90-120 0-90-120	0-20-30-45
SBV-15-3	15	0-90-120 0-90-120	0-20-30-45
SBV-20-4	20	0-90-120 0-90-120	0-20-30-45
SBV-25-5	25	0-90-120 0-90-120	0-20-30-60
SBV-30-6	30	0-90-120 0-90-120	0-20-30-60
SBV-60-7	60	0-90-120 0-90-120	0-20-30-60

② 定阻式输送变压器，应用下式计算来选择：

$$U_1 = \sqrt{PZ_1} \tag{18-11}$$

$$U_2 = \sqrt{PZ_2} \tag{18-12}$$

式中 U_1——变压器一次各抽头相应工作电压，单位为 V；

U_2——变压器二次各抽头相应工作电压，单位为 V；

P——扬声器标称功率，单位为 W；

Z_1——变压器一次阻抗，单位为 Ω；

Z_2——变压器二次阻抗，单位为 Ω。

然后查表 18-18 即可得出所选变压器。

2. 音箱的选择

可按图 18-79 进行选择，其中的扬声器应按 1. 中的方法选择。

表 18-18 常用定阻抗式输送变压器型号规格表

	一次阻抗/Ω	端子	连接	一次阻抗/Ω	端子	连接
1～2W 输送变压器（SBR-2-1 型）	250	1-8	1-5 2-6	9000	1-6	2-4 3-5
	1000	1-6	2-5	16000	2-5	3-4
	4000	2-5	2-4 3-5	20000	1-5	3-4
	6250	1-6	1-4 3-6	25000	1-6	3-4
3-5W 输送变压器（SBR-5-2 型）	500	1-6	1-5 2-6	4000	2-5	3-4
	1000	2-5	2-4 3-5	6000	1-6	2-4
	2000	1-6	2-5	7000	2-6	3-4
	3000	1-6	1-4 3-6	12000	1-6	3-4
10-25W 输送变压器（SBR-10-3 型）（SBR-15-4 型）（SBR-25-5 型）	250	1-6	1-5 2-6	2000	2-5	3-4
	500	2-5	2-4 3-5	3000	1-6	3-5
	1000	1-6	2-5	3500	1-5	3-4
	1500	1-6	1-4 3-6	6000	1-6	3-4

3. 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。

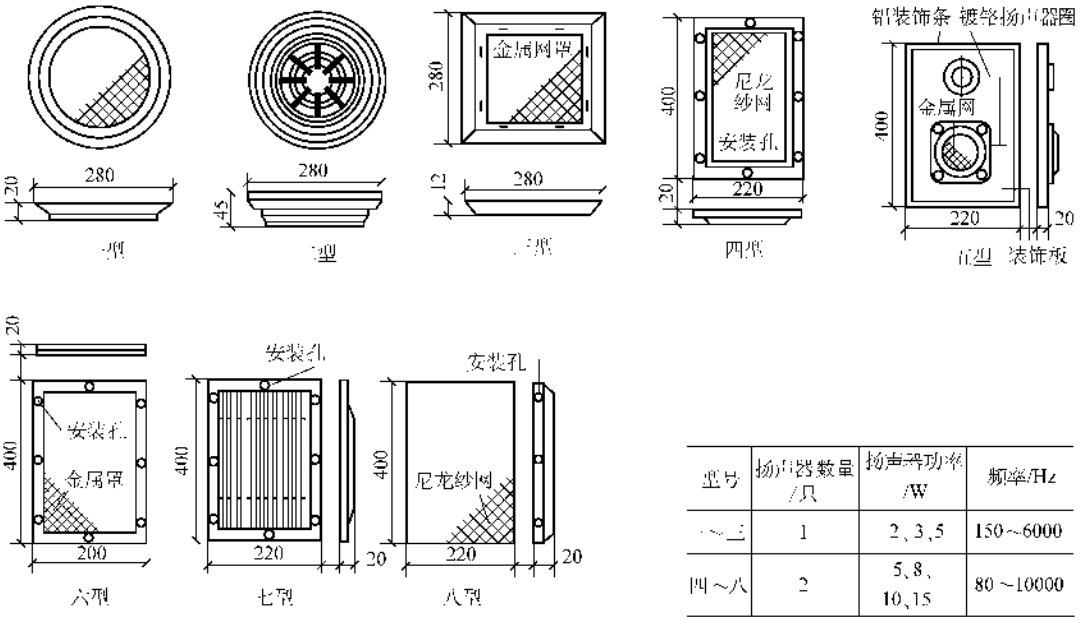
3）可将扬声器接在音频电路里（收音机或录音机）使其工作，声音应柔和悦耳无沙哑且音量可调。无条件可用一号电池点接音圈，应“嘎、嘎”作响。

4. 安装方法

可明装或暗装，又分立装（墙上安装）和水平安装（顶棚上安装），安装应牢固可靠，接线正确无误，具体如图 18-80～图 18-83 所示。

（二）系统测试及放音试验

系统测试及放音试验基本同电话线路，所不同的是其音响效果应由有音响经验的人去现场收听。一般



型号	扬声器数量/只	扬声器功率/W	频率/Hz
一～三	1	2、3、5	150～6000
四～八	2	5、8、10、15	80～10000

图 18-79　音箱的选择

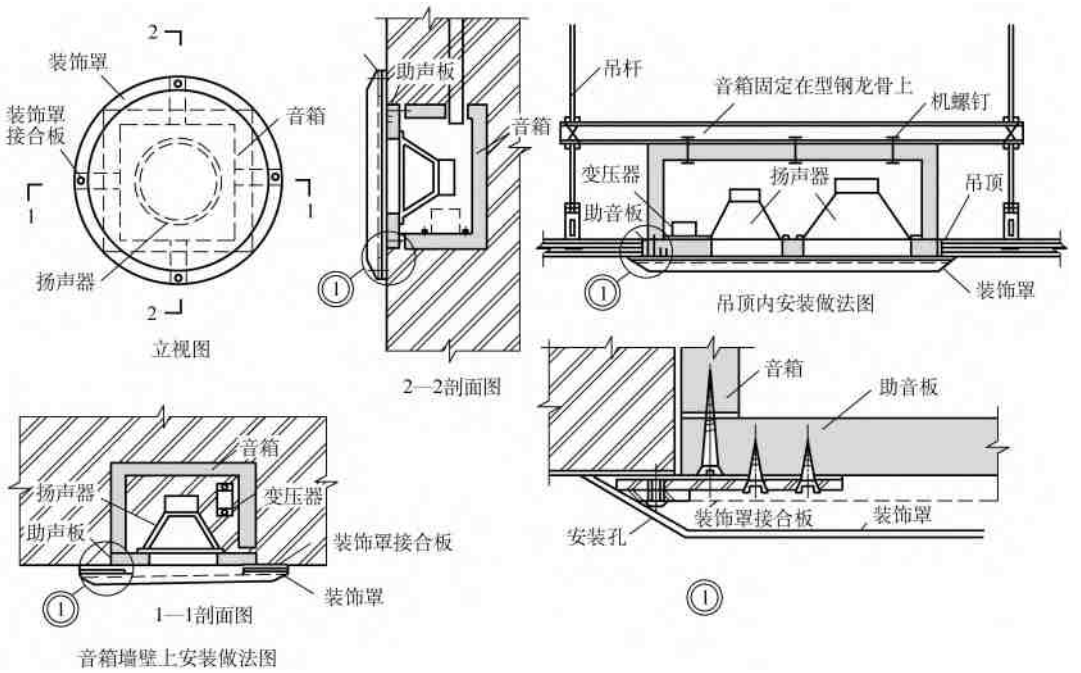


图 18-80　音箱的安装示意图（一）

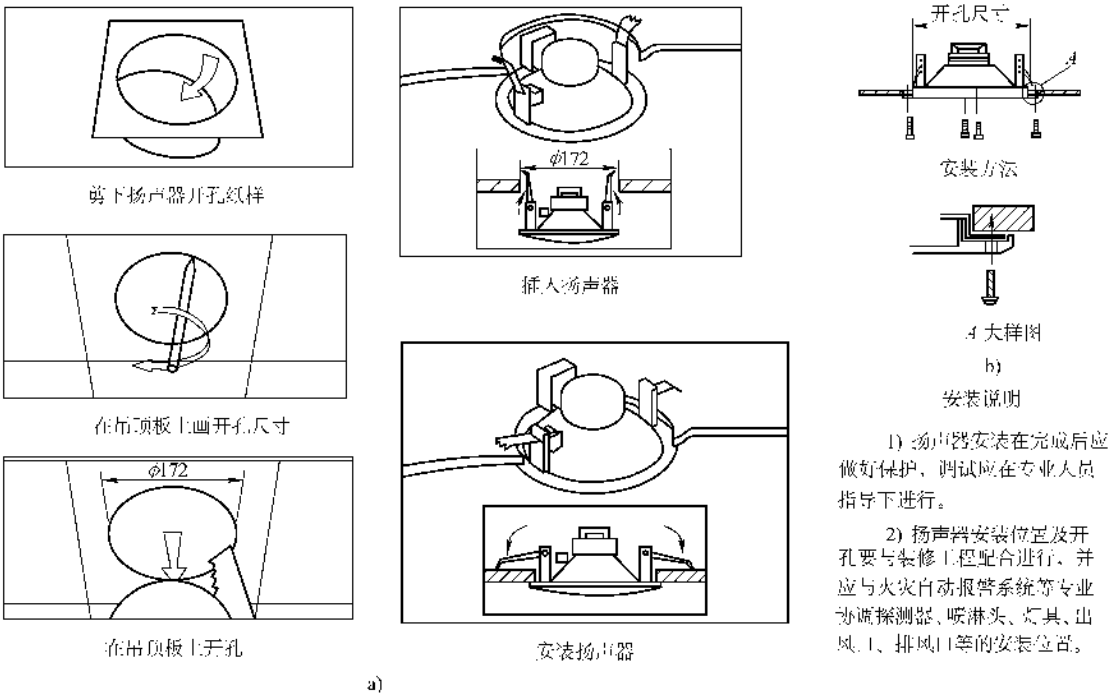


图 18-81 音箱的安装示意图（二）

a）扬声器在吊顶上嵌入安装步骤 b）扬声器在吊顶上嵌入安装方法

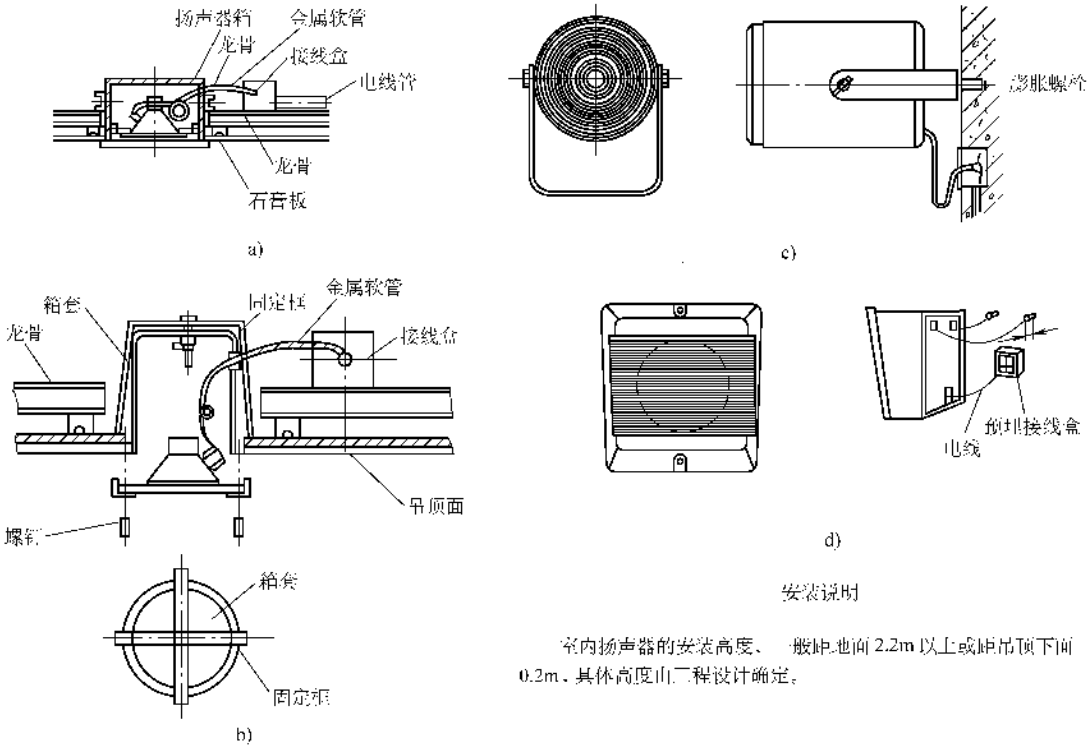


图 18-82 音箱的安装示意图（三）

a）扬声器箱在吊顶上嵌入安装方法（一） b）扬声器箱在吊顶上嵌入安装方法（二）

c）扬声器壁装方法（三） d）扬声器壁装方法（四）

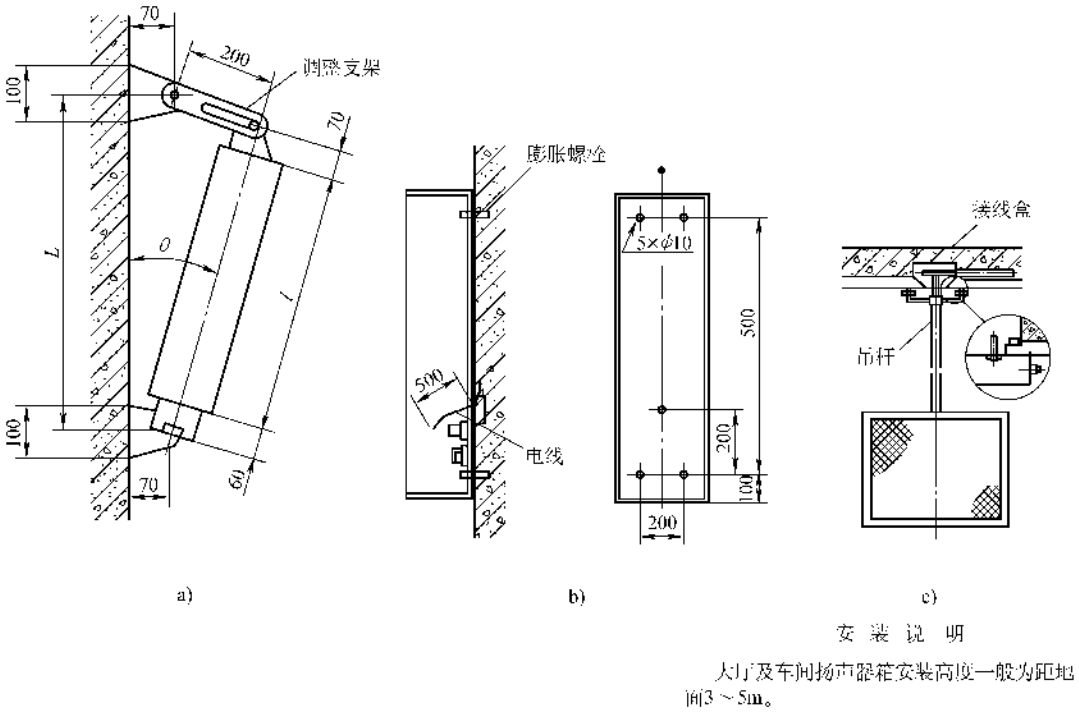


图 18-83　音箱的安装示意图（四）

a）扬声器箱壁装方法（一）　b）扬声器箱壁装方法（二）　c）扬声器箱吊装方法

规定，从扩音机到任一扬声器间线路的衰减不应大于4dB（1000Hz 时）。衰减量 B（dB）是以线路始端电压 U_1 与线路终端电压 U_2 的比值计算的，即

$$B = 20\lg\frac{U_1}{U_2} \qquad (18\text{-}13)$$

当衰减小于 4dB 时，U_1 与 U_2 的比值不得小于 1.58，即线路电压选用 120V，扬声器末端电压不得小于 76V，而选用 30V 时，末端不得小于 19V。

现将不同截面积的线路每千米可负载的 1W 扬声器的参考数列于表 18-19 中，供读者参考。

表 18-19　按线路衰耗考虑时可负载扬声器数量的简化计算

线路允许衰耗/dB	每千米铜线可带 1W 扬声器数量/只			
	工作电压 30V		工作电压 120V	
	0.4mm²	0.8mm²	0.4mm²	0.8mm²
2	7	10	105	165
3	12	18	185	290
4	16	25	250	400

注：本表系为扬声器沿线均匀分布的粗略计算。当线路长度不同，可将表中数值除以实际千米数；当扬声器功率不同，可按实际瓦数折合；扬声器集中分布时，可减少一半。

下面讲一下扩音机使用时的注意事项：

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。

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，应使话筒（传声器）及话筒线远离电源部分，避免交流声。如发生啸叫，可先关小声音，再更换话筒位置。

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。

四、通信广播系统室外线路及光缆的安装

（一）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，安装方法都与电力线路相同，但有以下几点不同：

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，如图18-84所示。

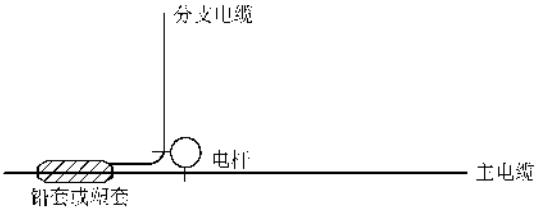


图18-84 架空通信电缆分支平面示意图

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。

（二）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，如图18-85a所示，或采用石棉水泥管，如图18-85b所示。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18-20。

其他有关内容请参阅第十一章的内容。

（三）光缆的安装

1. 光缆概述

（1）光纤光缆的概念。光纤由纤芯、包层和被覆层构成，纤芯折射率比周围包层的折射率略高，光信号主要在纤芯中传输，包层为光信号提供反射边界并起机械保护作用，被覆层起增强保护作用。光缆由传输光信号的纤维光纤、承受拉力的抗张元件和外部保护层组成。

表18-20 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		
200～400mm给水管	1.0	1.0	0.15	0.5
400mm以上给水管	1.5	1.5		
排水管 热水管	1.0	1.0	0.15 0.25	0.5
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		

衡量光纤传输质量的关键指标是损耗。光纤产生损耗的原因有：①吸收损耗，由固有光吸收、杂质吸收引起；②散射损耗，由固有散射、结构不完整散射引起；③辐射损耗，由弯曲损耗、耦合辐射引起。光纤中存在着一些低损耗窗口，开发和利用这些窗口可以提高光纤的传输质量。

光纤中光的传输存在着色散现象，使传播常数随频率变化。光纤的色散引起传输脉冲的展宽，从而限制了通信容量。在实际应用中，常采用一些色散补偿技术，以减少色散的影响。

光纤应具有足够的抗拉强度和剪切强度，且在恶劣环境下不会因疲劳而破坏。机械强度降低的主要原因是光纤中的裂纹，它来自光纤预制棒中存在的固有裂纹和光纤制造过程产生的裂纹。

（2）光纤的结构与分类　通常光纤由裸光纤、一次被覆、二次被覆组成，裸光纤由纤芯和包层组成。

按组成裸光纤的材料可分四类，见表18-21。

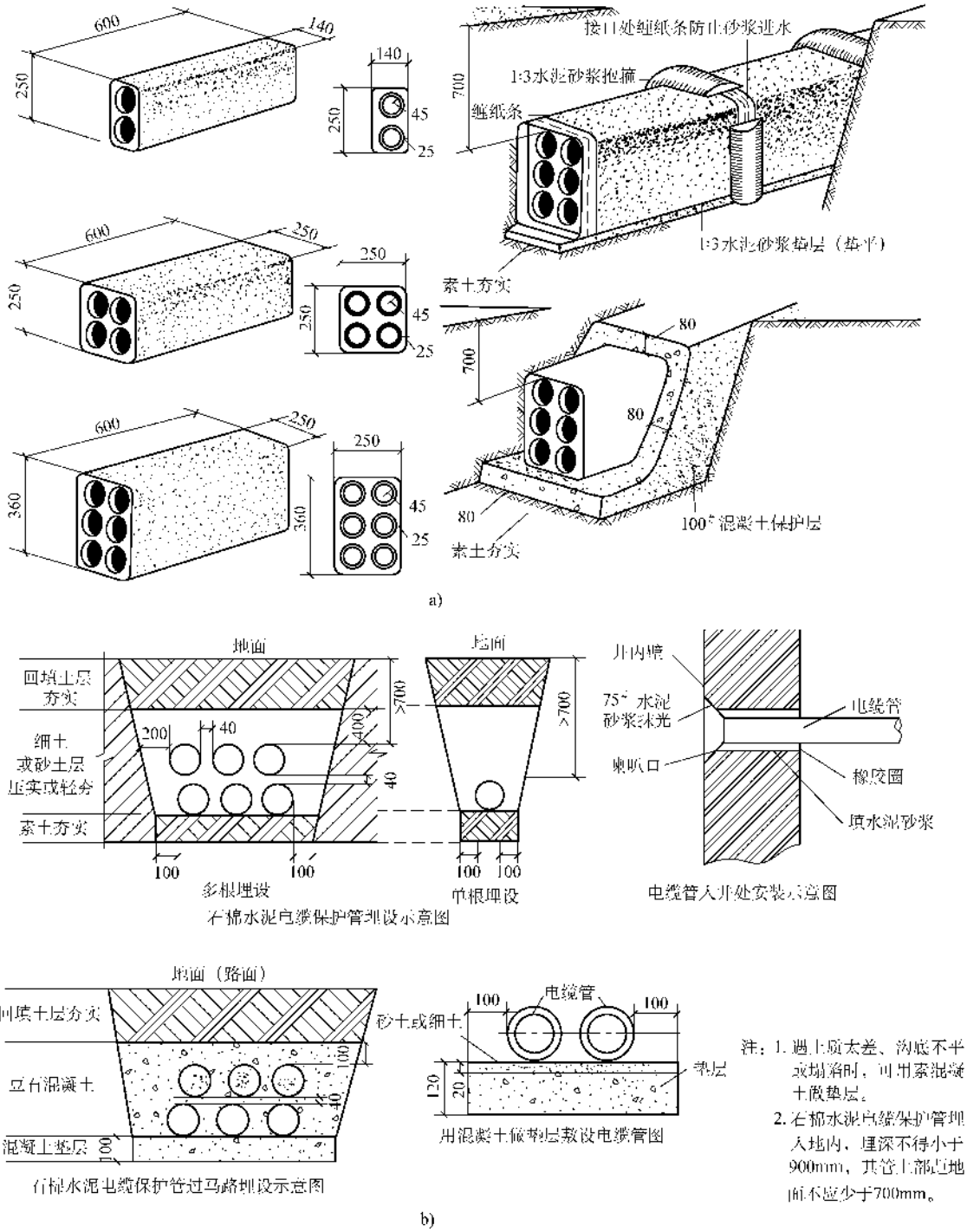


图 18-85　管道敷设电缆示意图

a）混凝土多孔管块的敷设　b）石棉水泥管的敷设

表 18-21 裸光纤的组成材料

裸光纤材料	组成和特点
石英系光纤	纤芯和包层由不同的石英制成，高纯度石英中因分别掺入不同的杂质（GeO_2、P_2O_5、B_2O_3、F 等）而有不同的折射率；目前产量最大、性能最佳、在通信系统中应用最广泛
多组分玻璃光纤	以多种氧化物成分玻璃作为纤芯材料，较容易制成廉价的大芯径大数值孔径光纤；应用于中短距离光通信系统
聚合物包层光纤	由 SiO_2 和折射率较小的聚合物（硅树脂、聚四氟乙烯）包层组成，包层材料折射率低，具有较大的芯径和较大的数值孔径；用于计算机网络和专用仪器设备
塑料光纤	由折射率高的透明塑料纤芯与折射率低的透明塑料包层组成，常用材料有聚甲基丙烯酸甲脂、聚苯乙烯等；特点是数值孔径较大、芯径大，柔韧性好、耐冲击、重量轻、易加工、省电、使用方便、使用寿命长、价格便宜（约为玻璃光纤的 1/10），可用于工作环境恶劣的各种短距离通信系统，能大大降低整个系统的成本，并且由于近年提高了传输带域超过了同型玻璃光纤，传输损耗从 3500dB/km 降到 20dB/km，因此应用愈来愈广；近年来，中红外光纤、传感器用光纤、大芯径大数值孔径光纤、耐辐照光纤等也有较大的发展

（3）光缆的基本结构　光纤是光通信的基本单元，实用传输线路需要将光纤制成光缆，光缆通常是由光纤单元、抗张加强芯、金属铠装层和外护套组成。

1）光缆中的抗张元件（加强件）起保护光纤的作用，使其尽量与外界压力隔离。一般情况下加强件用高强度钢丝，但在有强电干扰的场合或对光缆重量有限制的情况下，则使用多股芳纶纱或纤维增强塑料。

2）光纤涂覆层涂层的粘弹性能起保护光纤不受机械损伤的作用，同时使光纤不致因微弯而引起光损耗。涂层是聚合物，其渗水性将促进光纤老化与疲劳使其强度劣化，因此应采用各种密封涂层。理想的密封涂层应当在光纤高速拉丝时，易于施加到光纤上，而不应引起任何附加损耗。

光纤被覆有一次被覆和二次被覆。光纤的一次涂覆层，常用热固化硅酮树脂和紫外光固化丙烯酸类树脂。一次涂覆的光纤可直接成缆，但要将它安放在骨架的开槽中。

一次涂覆的光纤在成缆之前大都需加上二次被覆层（套管），目的是减少光纤受到侧压力时产生的微弯曲和使用方便。

为了改善光纤的温度特性，常在一次被覆和二次被覆间增加一个缓冲层，或二次被覆采用松套结构。

3）光缆的绞合结构为了保证光纤有一定的柔软性和提高光缆的抗拉性能，与通信电缆一样，光缆多数也采用螺旋绞或 SZ 绞的绞合结构，选择绞合节距，节距越小，光缆的柔软性和抗拉伸性能越好，但光缆材料消耗增加，光纤的弯曲半径也小，当小到一定程度时就会引起附加衰减。

（4）光缆的分类

1）按缆芯结构分见表 18-22。

表 18-22 光缆按缆芯结构分类

结构类型	特　　点
层绞式光缆	在中心抗张元件周围绞合数根二次被覆光纤而成。光缆一般均为单层绞合。但松套结构制造的光缆可达 48 芯，甚至高到 144 ~ 上千芯
骨架式光缆	在抗张元件外挤塑料骨架，然后将一次涂覆光纤嵌入骨架的开槽中，槽可呈螺旋形，也可为 S-Z 形。每槽可放一根光纤，也可放多根光纤或光纤带。槽内一般充填胶状物
单位式光缆	把若干根光纤以层绞式或骨架式制成光纤单位，然后再将若干个光纤单位经绞合而成。可制作成包含几百根光纤的光缆
中心管式光缆	在一根高密度聚乙烯塑料管或聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）管内充填胶状物，放入具有适当余长的不同色谱的光纤。塑料管外加阻水带和皱纹镀铬钢带铠装层，两根直径为 1.6mm 的钢丝沿铠装层纵放在缆芯轴线对称的两侧作为抗张元件，然后再挤上高密度聚乙烯护套

（续）

结构类型	特　　点
带状光缆	先将多根光纤制成光纤带，然后把多组光纤带绞合成光缆或多组光纤带置于骨架中成缆，具有光纤分布密度高和便于接续等优点；带状光缆与骨架式结构相结合，可生产4000芯以上的大芯数光缆，这将成为未来光缆的主要品种
综合光缆	由光纤与通信电缆、电力电缆或电气装备线组成

2）按应用的通行网类别分有①干线光缆，干线通信网中所使用的光缆称为干线光缆；它主要是直埋光缆和管道光缆以及架空光缆；②接入网光缆，接入网是指将众多用户接入公用通信网而构成的网络，它包括本地交换局与用户之间的所有机线设备。

3）按使用环境分见表18-23。

表18-23　光缆按使用环境分类

光缆品种		特点与应用
直埋光缆		有防水层和铠装层，用于长途光通信干线，是目前主要的生产品种
管道光缆		采用铝带聚乙烯复合护层，应用在市内中继线路中
架空光缆		往往附加轻型金属铠装层轻型铠装，能防外力损伤，应用在省内干线或区域通信线路中
海底光缆		光纤衰减小、频带宽和尺寸小，对光缆缆芯、抗张元件、铠装护套要求高，能承受敷设、打捞时的张力和海底高压力，最大承受水压可达80MPa，抗张力为80kN。将替代海底通信电缆
水下光缆		具有良好的径向和纵向密封性能，在缆芯外需增加钢丝铠装层，应用于通信线路的过河区段
软光缆		光缆柔软，尺寸小，重量轻，具有良好的弯曲性能和足够的抗拉伸能力，用于非固定场合
室内光缆		外护套采用低烟无卤材料为佳，应用在大楼内的局域网中或作为室外光缆线路的室内引入缆
设备内光缆		结构轻巧，芯径较大，用于设备内光路连接
专用电缆	光电综合通信光缆	将光缆和电缆并成一缆，可降低线路的造价，应用在铁路通信系统中
	全介质自承式光缆	简称ADSS，高压输电线路中使用的通信光缆
	光纤复合架空地线	由铝管保护的光纤和电力线路架空线（铝包钢线或铝合金线）组成
	光纤复合电力电缆	光纤放置在三相缆芯的间隙中构成复合缆，既能传输电力，又能实现无感应和没有串话的数据通信

4）按缆芯的纵向阻水方式分有①非填充式光缆，在缆芯或是除松套管以外的缆芯部分不填充或涂覆阻水油膏；②填充式光缆，是在缆芯部分甚至是光缆全截面的间隙中均填充和涂覆油膏，光缆沿纵向式不渗水；③干式光缆，利用一种亲水性的不含油脂的遇水膨胀材料来代替油膏，目前应用最普遍的材料是粉末状的交联聚丙烯酸酯，它与其他材料组合，制成阻水带或阻水纱，包覆在缆芯上或填入缆芯的间隙中。

（5）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，它对光纤损耗的影响很大，引起接续损耗的主要原因有两根光纤数值孔径和芯径不同、端面反射、端面质量以及各种机械偏移（纵向偏移、横向偏移、角度偏移）。因此光缆接续中，端面处理、中心轴对准、光纤熔接技术至关重要。

光缆的试验内容包括光纤尺寸检测、光纤光学性能测量、光纤传输特性测量、光缆力学性能测量、光环境性能测量等。光纤尺寸检测方法和标准见GB/T 15972.20～21—2008、IEC 60793-1-2：1995和TU-T/G 650，光纤的光学性能和传输特性测量方法和标准见GB/T 15972.40～47—2008、GB/T 15972.49—2008、IEC 60793-1-4：1995和ITU-T/G 650，光缆的力学性能试验方法和标准见GB/T 7424.1—2003、IEC 60793-1-3：1995，光缆的环境性能试验方法和标准见GB/T 7424.1—2003和GB/T 3048.10—2007、IEC 60793-1-5：1995。

2. 光缆架空敷设

光缆架空敷设与架空线路基本相同，但必须做到以下几点：

1）光缆敷设前，应使用光时域反射计和光纤衰耗测试仪检查光纤是否有断点，以及衰耗值是否符合设计要求。光缆的展放必须用光缆展放机进行，展放过程中不得拖地或碰击其他物体，并派人监督，不得强拉硬拉。

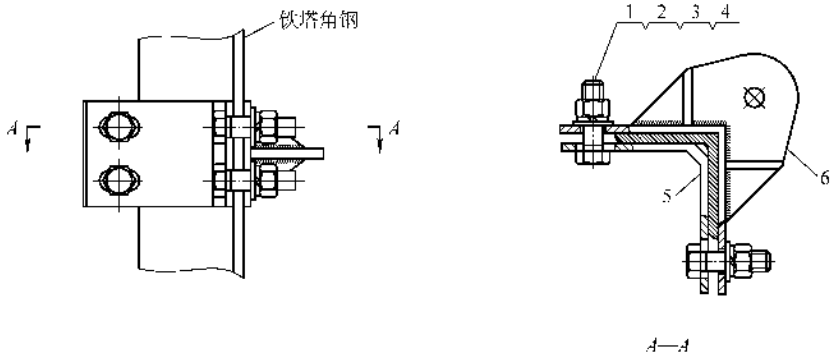
牵引力应施加于加强芯上，最大不应超过1500N，牵引速度宜为10m/min，一次牵引的直线长度不宜超过1km。

2）光缆在横担上必须经专用塑料或木制滑轮穿越，不得使用金属滑轮。专用滑轮悬挂时应检查其外观质量，滑轮灵活，无阻无卡，悬挂时必须紧固、可靠。

3）光缆的连接必须用光缆接线仪进行，并由有经验的人进行，没有经验应到当地电信部门求教并进行培训。

4）光缆在横担、杆体、塔架上应用专用金具固定，专用金具必须与光缆配套，一般为同一家厂商的产品。金具安装时应进行检查。

5）光缆在横担、杆体、塔架上安装示意图如图18-86～图18-93所示。



说明

1）本工程选用TTJ-125-100型紧固夹具，光缆起点位置主材尺寸为125mm。

2）紧固夹具破坏荷载要求与ANZ 30 70型引张金具串配套。

材 料 表

序号	名称	型号及规格	单位	数量	材料
6	外夹板		件	1	热镀锌钢
5	内夹板		件	1	热镀锌钢
4	螺母	M16	个	4	热镀锌钢
3	弹簧垫圈		个	4	热镀锌钢
2	平垫圈		个	4	热镀锌钢
1	螺栓	M16×80	个	4	热镀锌钢

图18-86 TTJ-1型塔用紧固夹具装配图

3. 光缆穿管埋地敷设

光缆穿管埋地敷设应穿硬质塑料管，塑料管的接口处应密封处理，光缆井一般为60m左右，井盖必须设防水防灌装置。

4. 光缆直埋敷设

直埋敷设与电缆基本相同，但沿径必须设立标志，穿越道路、铁路时必须设置厚壁钢管保护。光缆连接处应设光缆井。

穿管或埋地敷设时必须遵守使用光缆展放器和光缆接线仪的规定。

5. 光缆的敷设应符合下列要求：

1）总体要求：

① 电缆的弯曲半径应大于电缆直径的15倍；

② 电源线宜与信号线、控制线分开敷设；

③ 室外设备连接电缆时，宜从设备的下部进线；

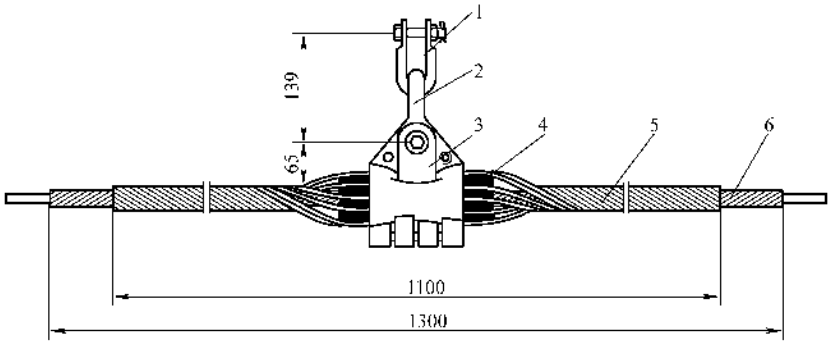
④ 电缆长度应逐盘核对，并根据设计图上各段线路的长度来选配电缆。宜避免电缆的接续；当电缆接续时应采用专用接插件。

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盖，其厚度应



注：1. 线夹整串强度大于50kN。
2. 线夹所握力大于14%RTS。

序号	名　称	代　号	数量	材料	单重/kg	总重/kg	备注
6	内绞丝		1套	铝合金	0.6	3.8	
5	外绞丝		1套	铝合金	1.2		
4	橡胶夹块		1套	三元乙丙	0.6		
3	铸铝套完	TK-5	1套	铸铝	1.0		
2	直角挂环	ZH-5	1只	镀锌锻件	0.2		
1	U型挂环	U-5	1只	镀锌锻件	0.2		

图 18-87　悬垂金具串组装图

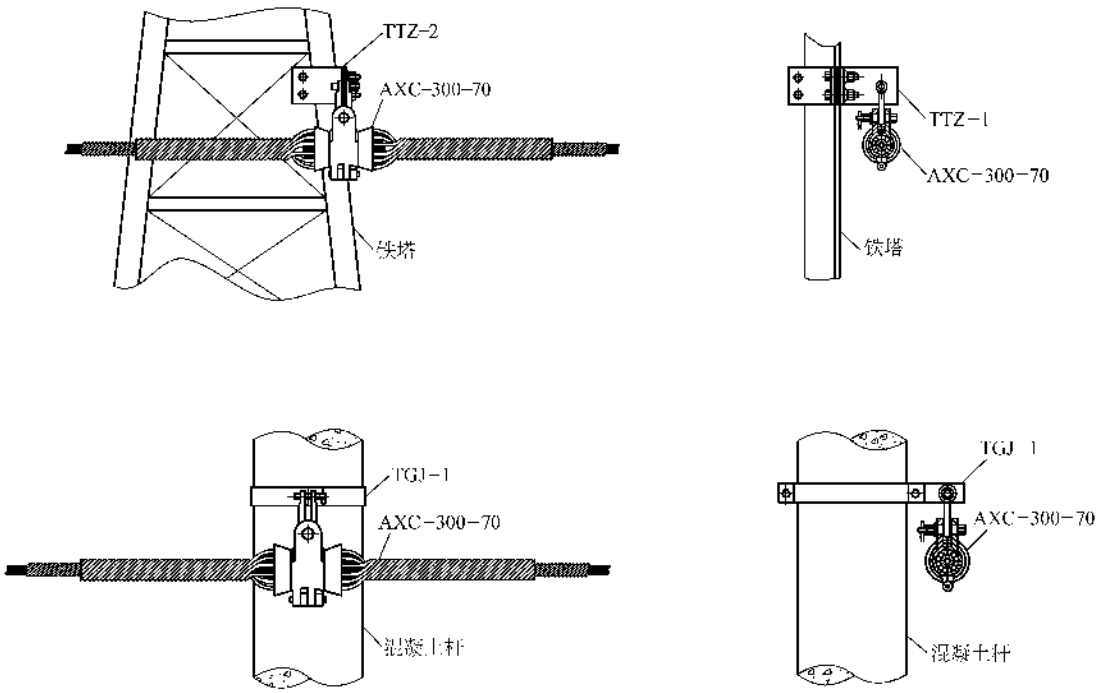
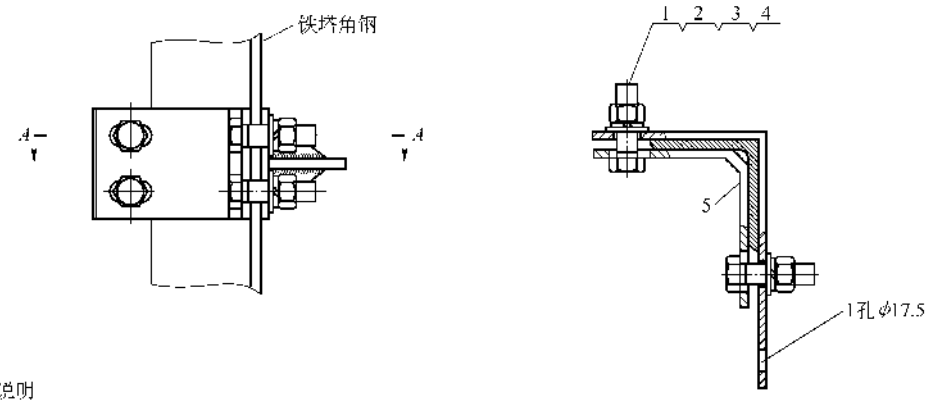


图 18-88　悬垂金具串安装示意图



说明

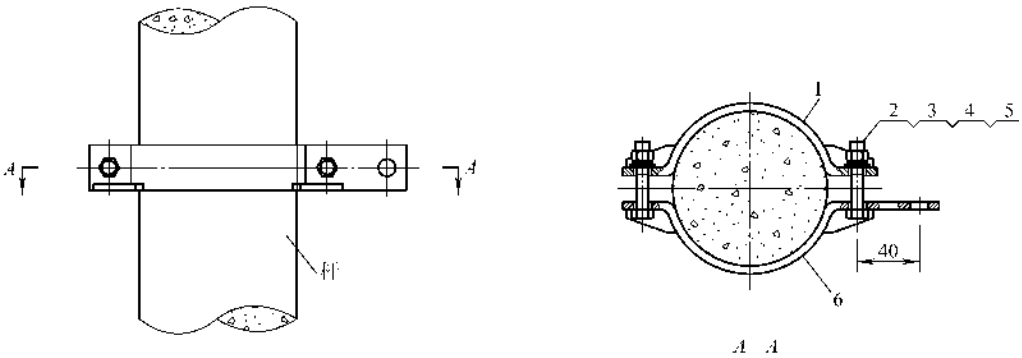
1) 本工程选用TTJ－125－100型紧固夹具，光缆挂点位置主材尺寸为125mm。

2) 紧固夹具破坏荷载要求与AXC－300－70－1型金具中配套。

材 料 表

序号	名称	型号及规格	单位	数量	材料
6	外夹板	设计选定	件	1	热镀锌钢
5	内夹板	设计选定	件	1	热镀锌钢
4	螺母	M16	个	4	热镀锌钢
3	弹簧垫圈	16	个	4	热镀锌钢
2	平垫圈	16	个	4	热镀锌钢
1	螺栓	M16×80	个	4	热镀锌钢

图 18-89 塔用紧固夹具装配图（TTJ-2）



说明

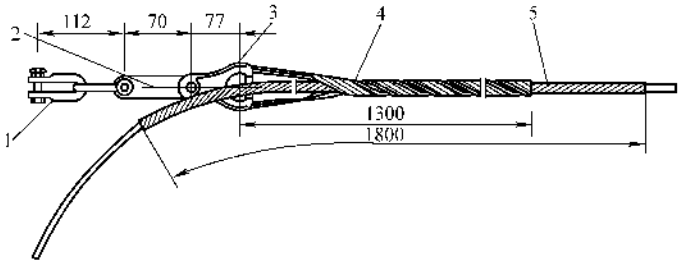
1) 本工程选用TGX－250－070型紧固夹具，安装于水泥杆导线横担下1.4m处。

2) 紧固夹具破坏荷载要求与AXC－30－70型悬垂金具中配套。

材 料 表

序号	名称	型号及规格	单位	数量	材料
6	加长抱箍板	－4	件	1	热镀锌钢
5	螺母	M16	个	2	热镀锌钢
4	弹簧垫圈	16	个	2	热镀锌钢
3	平垫圈	16	个	2	热镀锌钢
2	螺栓	M16×80	个	2	热镀锌钢
1	抱箍板	4	件	1	热镀锌钢

图 18-90 杆用紧固夹具装配图



序号	名　称	代　号	数量	材料	单重/kg	总重/kg	备注
5	内绞丝		1套	铝包钢丝	0.8	3.2	
4	外绞丝		1套	铝包钢丝	1.2		
3	嵌　环	QH-5	1只	铸　钢	0.4		
2	挂　板	PD-5	1只	Q235	0.4		
1	U型挂环	U-5	2只	锻造锻件	0.2		

图 18-91　耐张金具串组装图

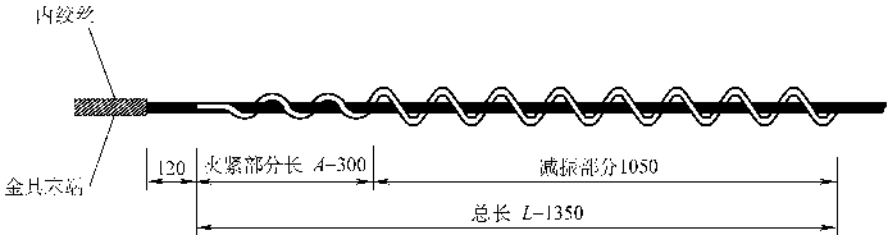


图 18-92　螺旋防振器装配图

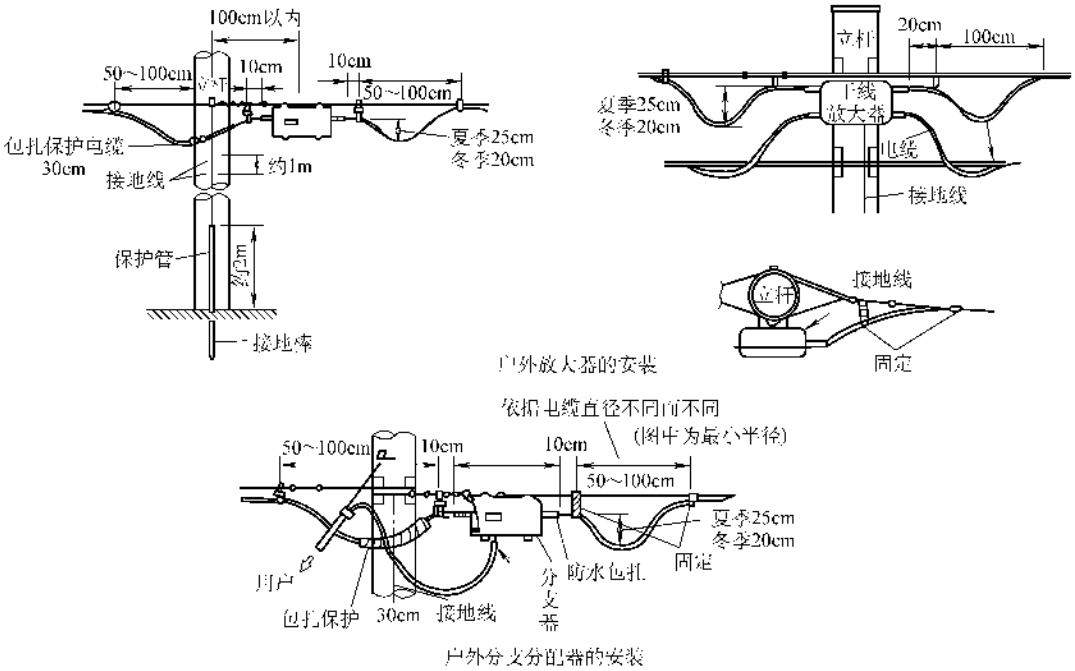


图 18-93　杆上部件安装图

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：

① 敷设管道线之前应先清刷管孔；

② 管孔内预设一根镀锌铁线；

③ 穿放电缆时宜涂抹黄油或滑石粉；

④ 管口与电缆间应衬垫铅皮，铅皮应包在管口上；

⑤ 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：

① 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。

② 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。

③ 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。

④ 光缆接头的预留长度不应小于8m。

⑤ 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，如图18-94所示。

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，必须采用钢管保护如图18-94所示。

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。

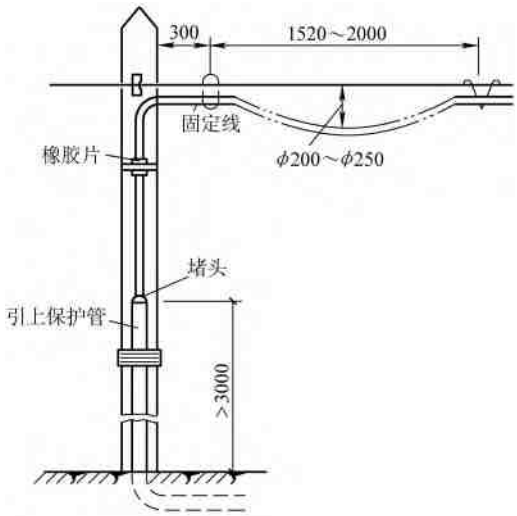


图18-94 光缆的余兜及引上线钢管保护

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：

① 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。

② 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。

③ 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。

④ 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。

⑤ 郊区旷野架空电缆直接引入建筑物内时，在入口处应加装避雷器，并有良好的接地，如图18-95所示。

15）光电缆入户的方式，一般采用图18-96的方式。

6. 光缆的室内安装

光缆经架空或埋地或穿管进入进线室后要余留一定长度，外线光缆余留长度一般为10m左右；局内光缆余留长度一般为5～10m。

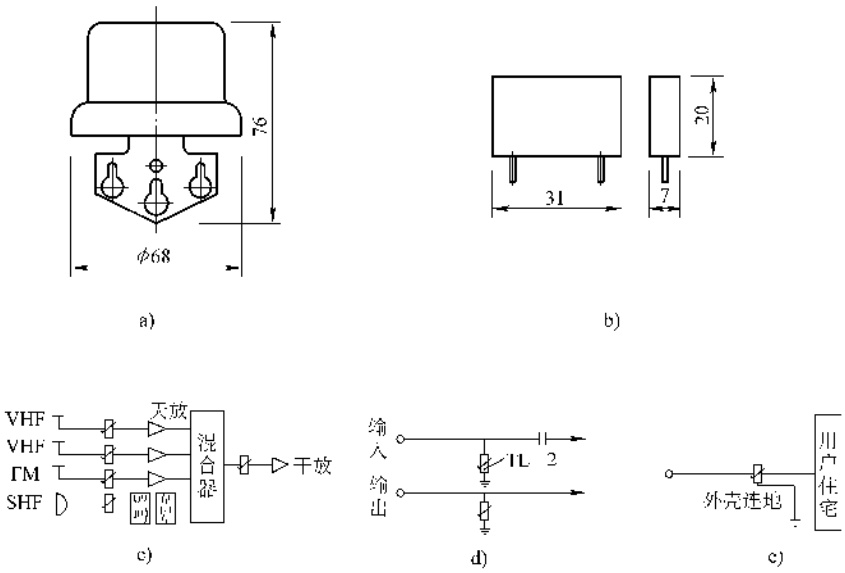


图 18-95　高频避雷器接线图

a）TL—1 型　b）TL—2 型　c）天线用 TL—1 型避雷器接线图　d）天线放大器用 TL—1 型避雷器接线图　e）长距离架空同轴电缆用 TL—1 型避雷器接线图

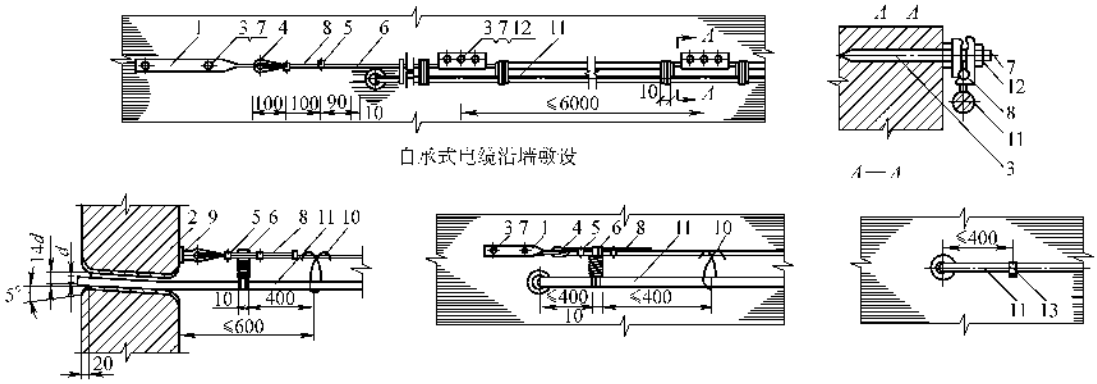


图 18-96　电缆沿墙敷设及电缆入户示意图

1—有眼拉擎　2—瓷管或钢管　3—射钉　4—拉线衬环　5—U 形钢绞线卡　6—铁丝　7—螺母　8—吊线　9—U 形拉擎　10—电缆挂钩　11—电缆　12—三孔单槽夹板　13—电缆挂钩

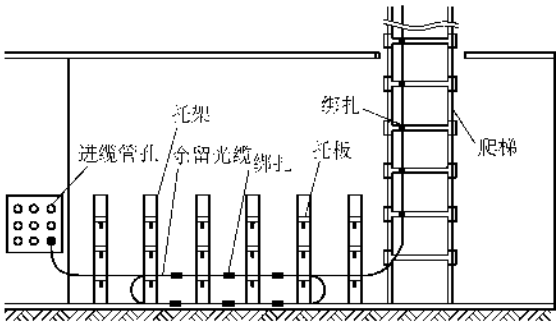


图 18-97　进户光缆安装固定示意图

进线室光缆安装固定示意图如图 18-97 所示。配线架光缆终端盘如图 18-98 所示。

光缆的敷设有很多与电缆相同，但也有其自身的特点。光缆的开剥前先截除多余的光缆，包括受伤和受潮的部分。开剥光缆护套应使用专用工具，以免损伤缆芯。

1）开启式Ⅰ型光缆接头盒的埋式光缆与管道光缆剥切尺寸标准如图 18-99 所示。

加强芯的截留长度一般应待光缆与余留盘等连接固定好后再确定。松套管的截留长度 L 在松套管进入余留盘时确定，切割点一般应在入口固定卡内侧 10mm 处。

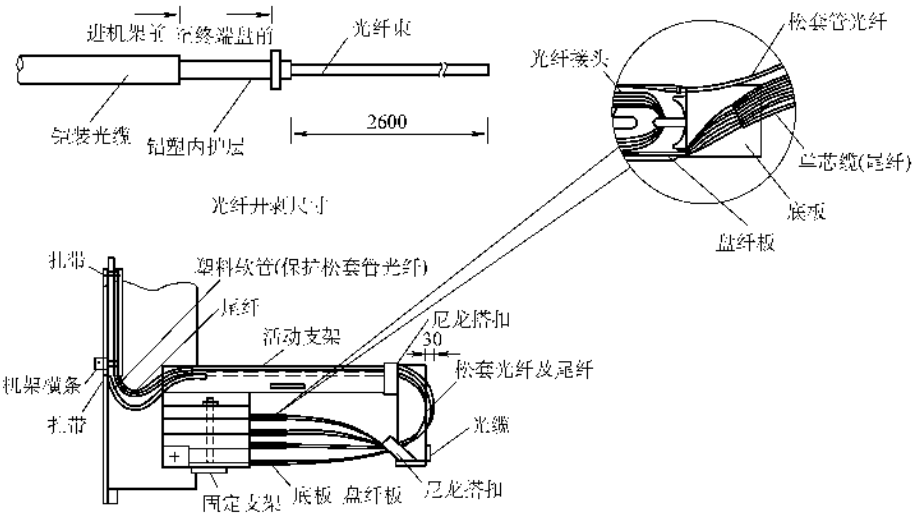


图 18-98 配线架光缆终端盘

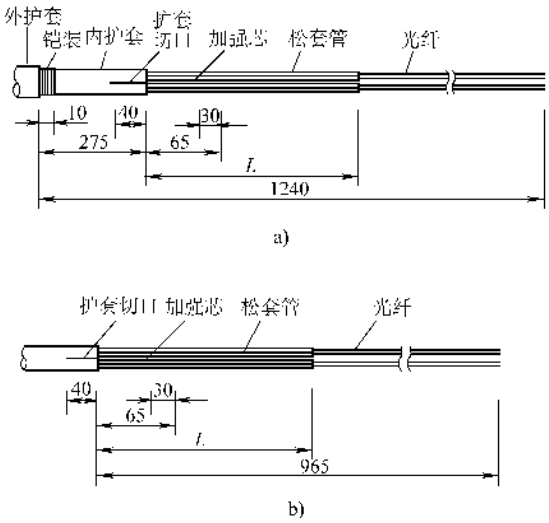


图 18-99 光缆剥切尺寸标准之一

a）埋式光缆开剥尺寸标准

b）管道光缆开剥尺寸标准

用开启式Ⅰ型光缆接头盒连接光缆，光缆必须从两端进入接头盒，要根据光缆直径在端板上打孔，接头盒的各个开口部位均应放置密封胶带和胶条，封装时应根据受力均衡的原则分多次逐个地拧紧每个螺钉。

2）半开启式接头盒的光缆剥切尺寸标准图如图 18-100 所示。

用半开启式光缆接头盒连接光缆，光缆可以从两端进入接头盒，也可从一端进入，该接头盒每端最多允许 4 条光缆进入。光缆的入口处和端板周围应加适量的密封带，套筒的合拢槽中应加密封条，端板紧固带和套筒紧固带均应采用专门的收紧器适当地紧固。

3）光缆传输系统应使用标准单元光缆（ST）连接器。

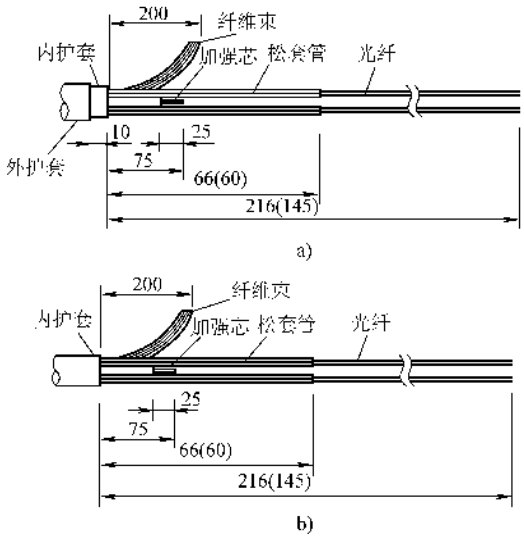


图 18-100 光缆剥切尺寸标准之二

a）埋式光缆开剥尺寸标准

b）管道光缆开剥尺寸标准

ST 连接器安装步骤为剥开光缆→安装固定连接器→切割光纤→磨光。其中安装固定连接器需借助于 ATC 卷曲工具（有六角形几种孔距）来卷曲连接器

的卷曲绞管；切割光纤也要使用专用工具；磨光则使用光纤连接磨光机，在玻璃板上磨光薄膜作 8 字形运动，如图 18-101 所示。

连接好光纤的 ST 连接器如图 18-102 所示。

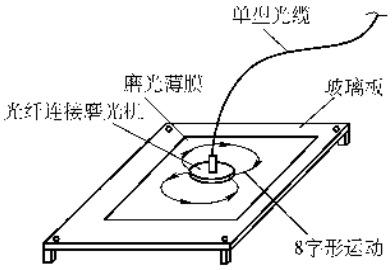


图 18-101　ST 连接器磨光步骤示意图

4）光纤连接装置（LIU）是用来端接光纤和跨接线光缆的设备，支持 ST 连接器。LIU 互连单元（光纤连接装置）其面板有光纤耦合器，可端接 ST 连接器。一般 LIU 连接装置分别有端接 12 芯、24 芯、48 芯光缆等几种规格。

ST 连接器及其安装方法及要求如图 18-103 ~ 图 18-106 所示。

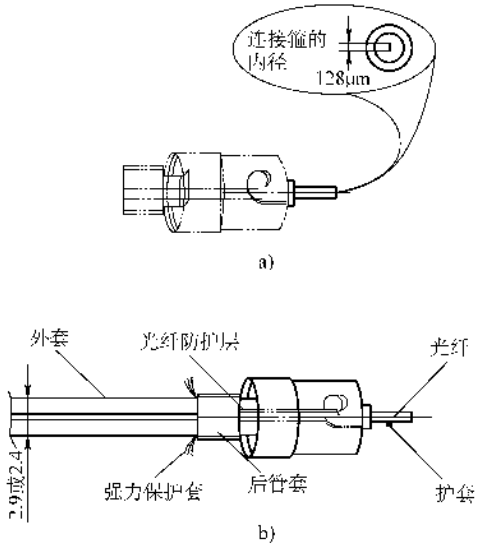


图 18-102　连接好光纤的 ST 连接器示意图

a）ST 连接器　b）兼容连接器

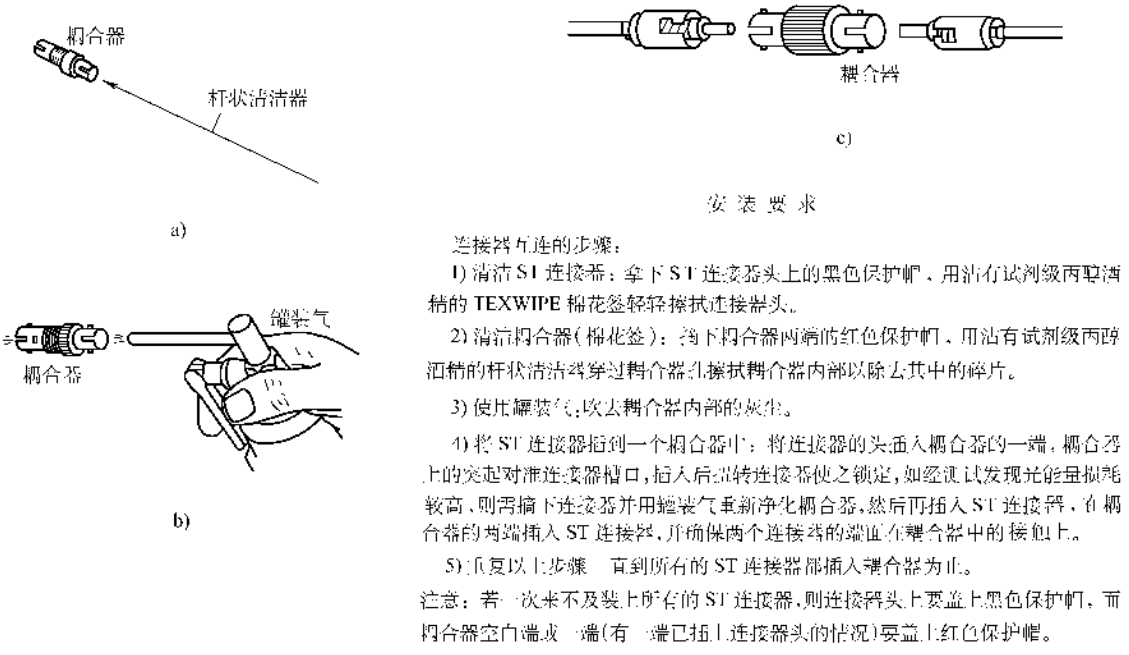
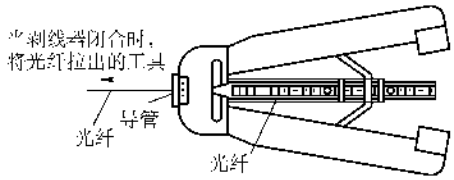
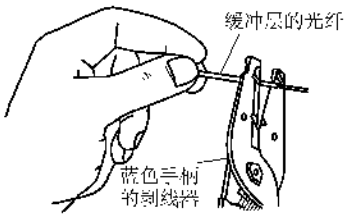


图 18-103　光纤连接器的互连方法

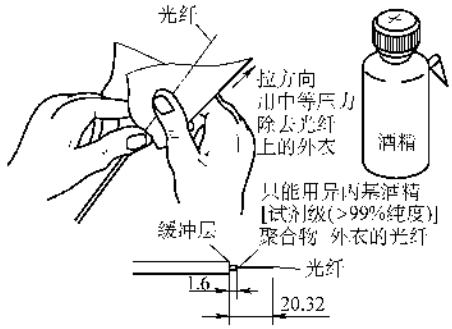
a）用杆状清洁器除去碎片　b）用罐装气吹除耦合器中的灰尘　c）将 ST 连接器插入耦合器



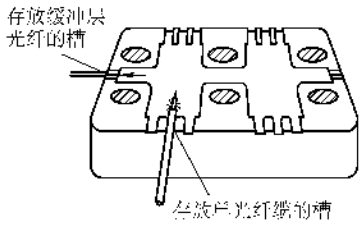
a)



b)



c)



d)

安 装 要 求

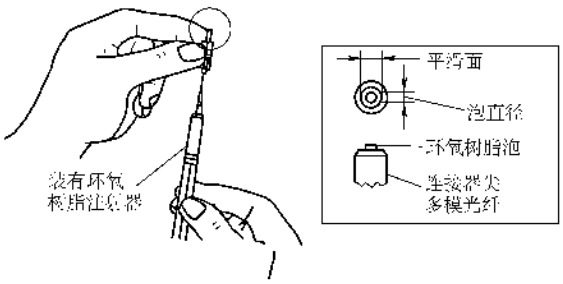
1) 剥除光纤外皮方法有两种：① 利用“585机械剥线器”剥除缓冲层光纤的外衣；② 利用“剥线器”剥除SBJ光纤的外衣。

2) 用没有酒精的纸巾从缓冲层向前擦试，去掉光纤上残留的外皮，要求擦试两次才合格，且擦试时不能使光纤弯曲。

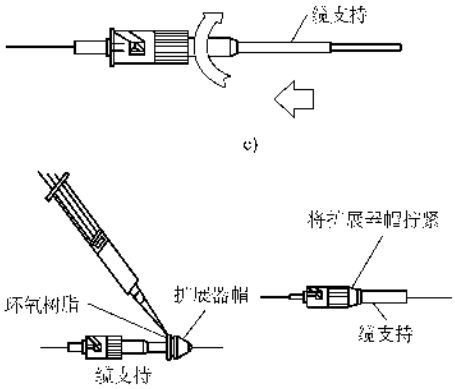
3) 将准备好的光纤存放在“保持块”上。

图 18-104 ST Ⅱ 型光纤连接器安装方法（一）

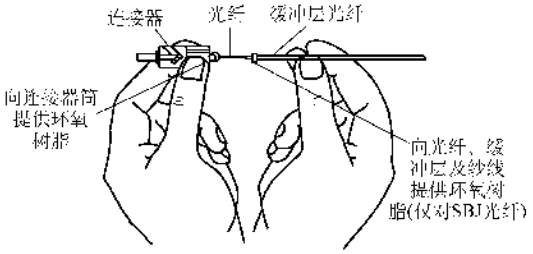
a）机械剥线器 b）剥去光纤的缓冲层 c）擦试光纤 d）将光纤存在保持器块中



a)



d)



b)

安 装 要 求

1) 将环氧树脂注入连接器，直到一个大小合适的泡出现在连接器陶瓷尖头上平滑部分为止。

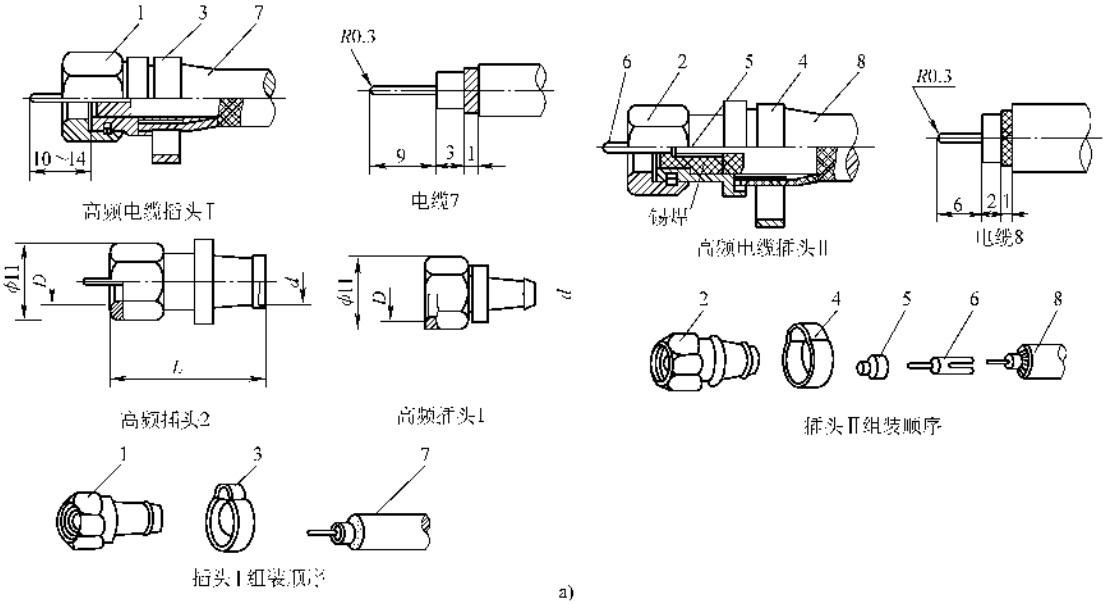
2) 通过连接器的背部插入光纤，轻轻地旋转连接器。

3) 将缓冲器光纤的“支持(引导)”滑动到连接器后部的筒上去，旋转“支持(引导)”以使提供的环氧树脂在筒上均匀分布。

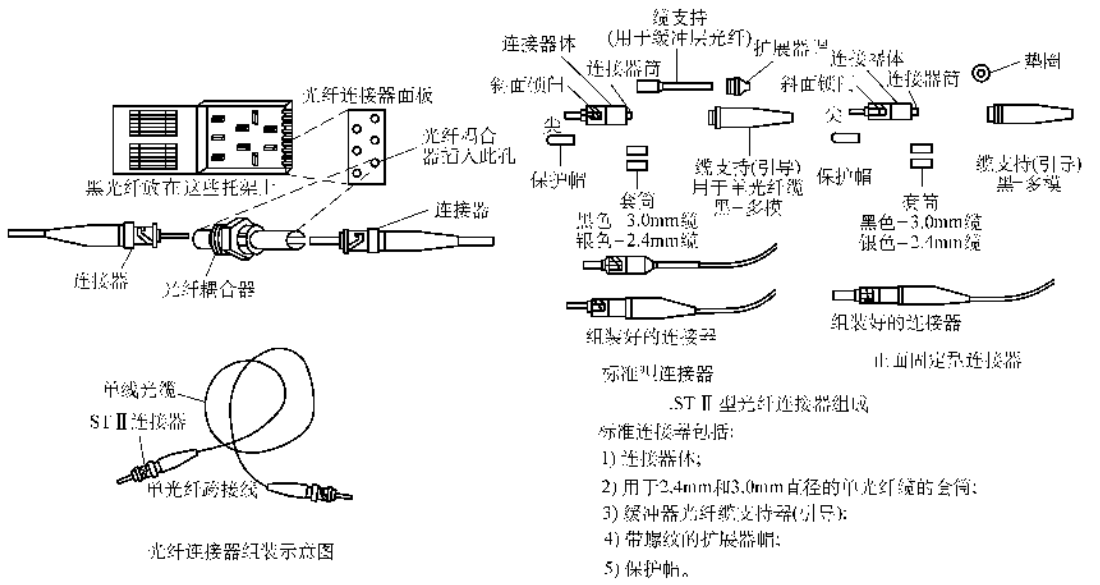
4) 往扩展器帽的螺纹上涂刷一滴环氧树脂，将扩展器帽向缆“支持(引导)”，并将扩展器帽通过螺纹拧到连接器体中去，确保光纤已就位。

图 18-105 ST Ⅱ 型光纤连接器安装方法（二）

a）在连接器尖上的环氧树脂泡 b）插入光纤 c）组装缆支持 d）加上扩展器帽



a)

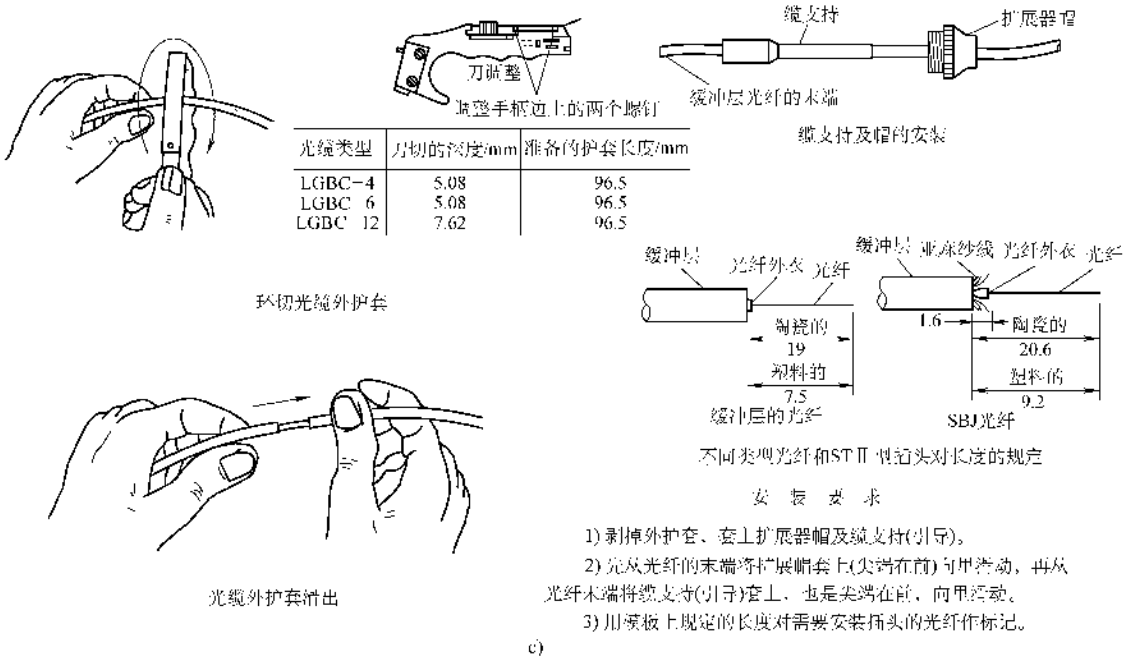


b)

图 18-106　ST Ⅱ型光纤连接器组装方法

a）高频电缆插头组装示意图　b）ST Ⅱ型光纤标准连接器

1、2—高频插头　3、4—轧头　5—绝缘子　6—插针　7、8—电缆



光缆类型	刀切的深度/mm	准备的护套长度/mm
LGBC-4	5.08	96.5
LGBC 6	5.08	96.5
LGBC 12	7.62	96.5

c)

图 18-106 （续）

c）ST Ⅱ 型光纤连接器组装方法

五、公共场所通信广播系统的安装

公共场所通信广播系统的安装基本与照明系统相同，但必须做到以下几点：

1）遵守本节前述内容的相关要求。

2）安装程序：

① 配合土建埋设管路、箱、盒；

② 穿线；

③ 清理箱盒杂物，安装箱盒内设备元件；

④ 接线；

⑤ 试验；

⑥ 装设话机、插孔、音箱等设备，并设置安全防护装置。必要时应有监控设施。

3）清理现场，张贴或挂设文明使用公约标牌。

第四节 有线电视系统的安装

人们把共用天线电视系统、闭路电视系统及卫星天线电视接收系统通称为有线电视系统。有线电视的出现给广播电视带来了极大的好处，改善了弱信号地区的接收效果，减小了雪花干扰，消除了重影杂波，提高了抗干扰能力，使图像清晰逼真。其用途及功能可扩展到传真通信、有线电视、信号监测、自动报警控制和信息传递、网络技术等方面。因此，现代建筑中都装设了有线电视系统。新建筑物通常采用暗装，而旧建筑物则采用明装。

有线电视的安装效果主要取决于元件的选择和系统的调试，具体安装方法与电话广播系统有相似的地方，其中分配电平是电缆电视系统的关键，安装人员必须学会系统的计算及元件的选择，见《电气工程项目管理与策划技术手册》一书或其他有关资料。有线电视系统的安装应符合施工及验收规范的要求。

一、开工条件与元件的检查、测试及试验

（一）开工条件

与照明电路相同。

（二）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、型号规格符合图纸要求。

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的使用详见第二

章第十一节“常用电工调整试验仪器及使用”和第五章第十节“电缆电视设备的测试”中相关内容。

二、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 18-24。

表 18-24　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

CATA 系统在用户端一般采用“串联分支”的方式，如图 18-107 所示，因此电缆的敷设要按照图纸的要求进行，同时应在每层的用户盒处（或串联一分支器）将电缆留出一定的预量，以便接线，通常先将电缆在该处做成 Ω 的形式，如图 18-108 所示。

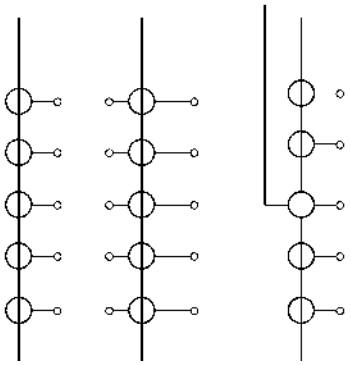


图 18-107　串联分支接线方法

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，如图 18-109 所示。

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、钢铰线或镀锌铁线架设，方法同电力电缆。但钢索、钢绞线或铁线应可靠接地。

电缆的外线架设如图 18-110 所示。

架空架设时杆长、杆距见表 18-25。

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

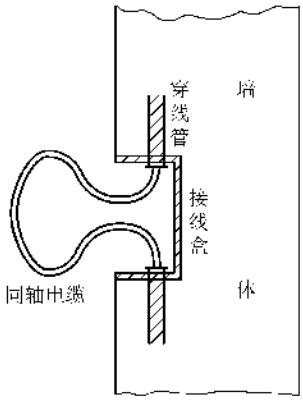


图 18-108　同轴电缆穿管时的预留

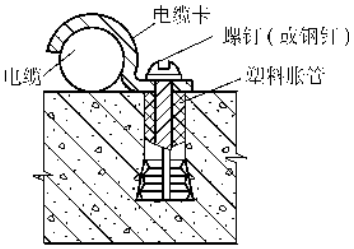


图 18-109　同轴电缆明设的卡子

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 18-26。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 18-25　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	5～6	9	10	10	11	12
SYV-75-9	6.5～7.5	9	10	11	11	12
干线	5～6	9	9	10	10	11
SYV-75-7	6.5～7.5	9	9	10	10	11
分配线	5～6	8	8	9	9	10
SYV-75-5	6.5～7.5	8	9	9	10	11
分配线	5～6	7	7	8	8	9
SYV-75-5	6.5～7.5	7	7	8	8	9
	5～6	8	9	10	11	
	6.5～7.5	9	9	10	11	

表 18-26　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

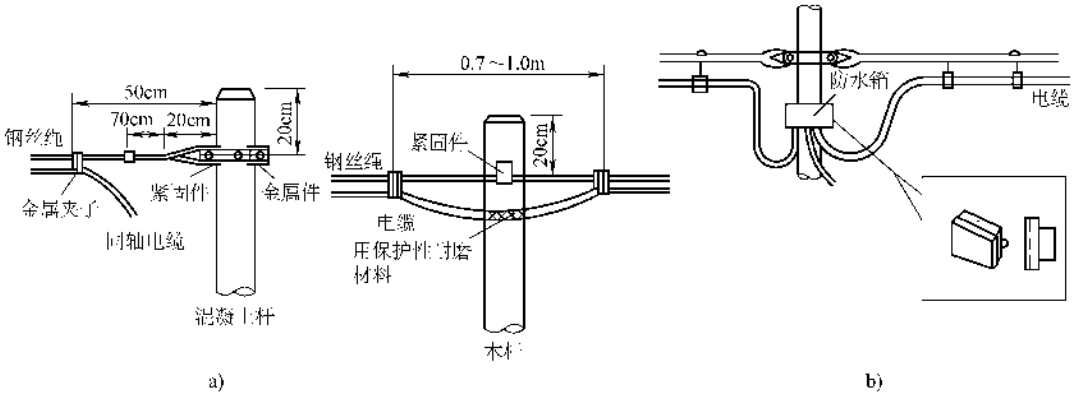


图 18-110 同轴电缆的架空架设

a）室外架空电缆 b）室外防水箱

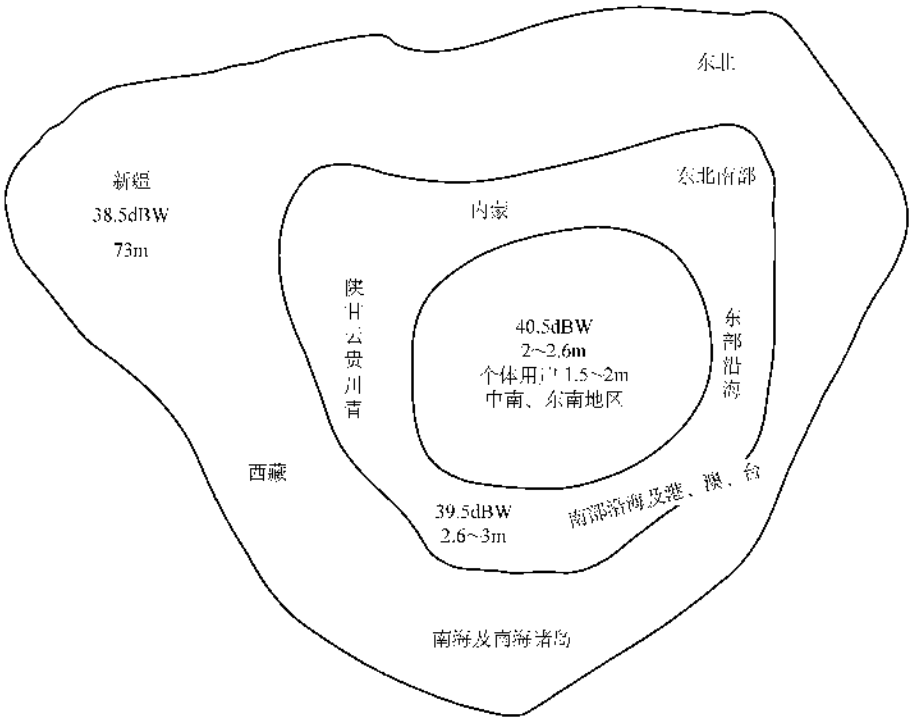


图 18-111 卫星天线直径的选择

注：卫星定点位置：东经 105°，地面站仰角≥25°，图中 3m、2.6～3m、1.5～2m 表示天线直径尺寸。

三、天线及天线的安装

天线在电缆电视系统中是很重要的一环，其形式、位置、高度、方向都决定着系统质量的好坏。

（一）天线的选择

1. 天线形式的选择

天线的形式由设计而定，它是根据所接收频道信号的场强大小和周围的环境等因素综合考虑的，一般可按表 18-27 选择。

卫星天线直径的选择应按接收地点在国内具体的地理位置选择天线直径，如图 18-111 所示一般应选稍大一点的。

2. 天线位置的选择

登上楼顶，用场强仪实测电视台各频道场强信号值的大小，然后考虑系统中心位置及各个电视台信号的强弱、距此有无遮挡物等综合因素，初步确定天线的位置。一般应使信号强的服从信号弱的，当信号弱的不能用位置调节时，则应改变天线的形式，选用高增益天线或设天线放大器来弥补信号的不足。有时为了实际收视效果着想，则把电视机搬上楼顶，实测各台信号的大小。

表 18-27　天线形式的选择（仅供参考）

接收频道	选用的天线形式
单一频道	单频道天线距离较远时，选高增益天线
同一方向上，两个以上多频道	宽频带天线或多个单频道天线，全频道天线
V 道	五单元天线信号强时，可用三单元天线，远距电视台，可用七单元以上天线
U 道	八单元天线远离电视台时，应用十五单元天线
远离电视台、强场弱区所有频道	几组相同五单元、八单元天线组成的水平或竖直的天线阵

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。

卫星地面接收天线的位置还要考虑其基础的设置应位于载重梁上。

3. 天线高度的选择

天线应安装在建筑物的至高点，特殊情况也可在地面立塔（同避雷针塔）安装，两者的高度都必须超出附近所有的建筑物，特别是电视台方向的建筑物。但是有时不一定是越高越好，由于电波传输时产生的反射和折射现象，场强会沿着高度变化及水平方向上的变化而发生变化，在 U 道更为明显，如图 18-112 所示。因为高度确定之后，应用场强仪实测接受到的信号电平，应与设计要求基本相符，同杆上下架设的天线间距应 $\geqslant \lambda/2$。

4. 天线方向的选择

天线的方向应对准电视发射塔，有时为了避开干扰源或障碍物，可根据实际情况使接收天线的方向稍微偏一些，否则应调整其高度，必要时可接收反射波。方向初步确定后，应实测信号电平，在系统安装后进入调试阶段时还要调整。

（二）天线塔杆的制作

一般的天线塔可用圆钢焊接而成，制作方法同独立避雷针。特殊或较高大的天线塔应用型钢制作焊接或铆接而成，制作方法同电力线路中的塔，可根据图纸制作。

普通的天线杆用不同径钢管套插焊接而成，一般可分三段，下段钢管为 G70，中间段为 G50，上段为 G25，并把顶部作成尖形，如图 18-113 所示。G25 段至少 2.5m，且应大于各个天线元件中最长、最高的一根。管与管间采用插入焊接法，插入深度应大于 300mm。上段应镀锌处理，其他可刷银粉漆。

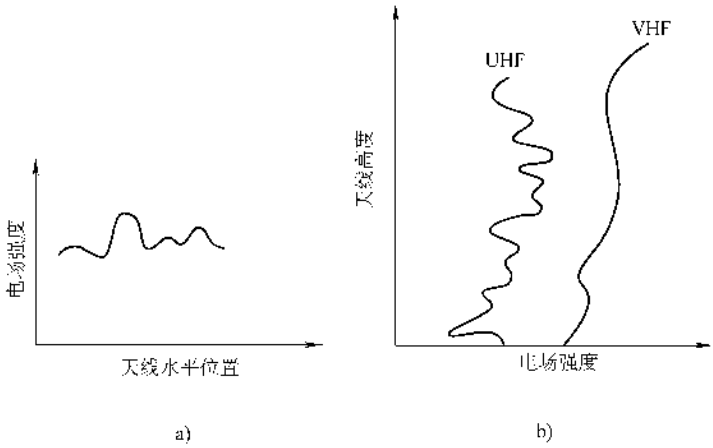


图 18-112　天线水平位置及高度对场强的影响

a）电场强度随天线水平位置变化的曲线

b）接收场点随天线高度变化的曲线

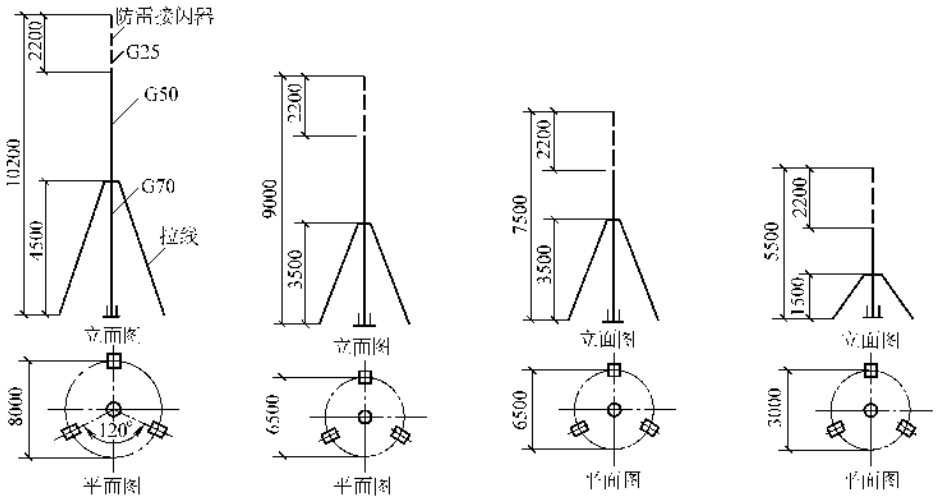


图 18-113 电视天线杆的制作示意图

多节钢管组接的天线杆，每段钢管的长度都要匹配合适，否则会影响天线的正常接收，下段一般为 2.5～6m，不小于一个波长；中间段与固定天线的组数有关，一般应大于 3m；天线杆的制作应根据高度和天线组数设置一组或两组拉线环。

（三）基础的制作及安装

天线塔的基础用钢筋混凝土浇注，由土建完成，与独立避雷针或线路塔的基础相同。

普通天线杆的基础形式有很多，现介绍三种常用的形式。

1）预埋螺栓式天线基座如图 18-114 所示。

2）槽钢式天线基座如图 18-115 所示。

3）预埋钢管天线基座如图 18-116 所示。

上述三种形式基础在土建施工时要配合土建预埋，另外还要预埋管路（天线馈线、电源）、防风绳地锚等。天线立杆前应检查其预埋的质量及是否牢固，不得有松动现象，地脚螺栓的丝扣完好并与螺母配合良好。

（四）天线的组装

1. 普通杆式天线的组装

1）普通杆式天线的组装一般在屋顶进行，为了方向的准确先把主杆立起来与基础固定好，并将拉线紧好固定，拉线可用钢丝绳或镀锌铁线，拉线与杆的角度一般为 30°～45°，各线夹角度≤120°，在离天线近的一段内，应每隔小于 1/4 中心波长的距离内连接一个拉紧绝缘子，每根串接 2～3 个，与地锚的连接一般用花篮螺钉，以便调节，如图 18-117 所示。立杆及拉线的设置应注意安全。

杆立直后，可将能升降的高凳立在杆旁，按照高频至低频的顺序和测定的方向把天线一组一组固定在杆上，间隔应大于 1.5m，天线振子应水平，折合振子可水平或竖直安装，同时把天线放大器、带通滤波器、阻抗匹配器装上；把天线引下电缆或馈线及有源元件的电源电缆接好并一一引下，其长度应大于连接处到前端箱的长度，中间不得有接头，天线与馈线应匹配，接线正确牢固。引下的天线信号线应当即测其信号电平，与设计或要求不符者应及时调整方向或高度，紧固好的各组天线不得再有移动。引下线应每隔

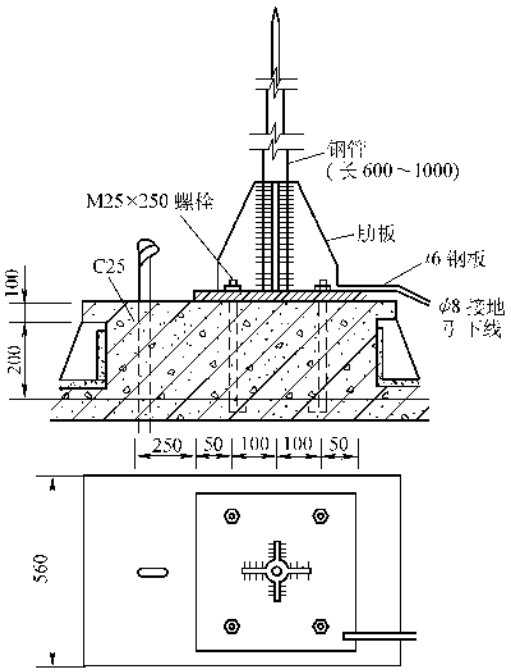


图 18-114 预埋螺栓天线基座

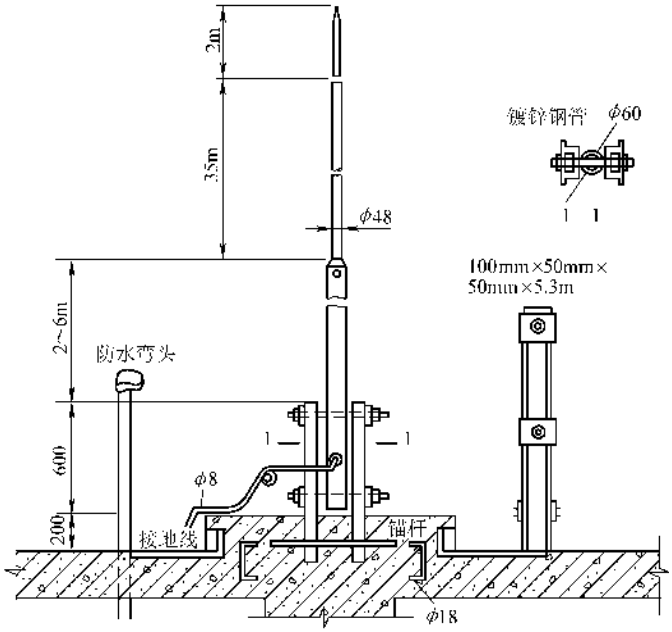


图 18-115　槽钢式天线基座

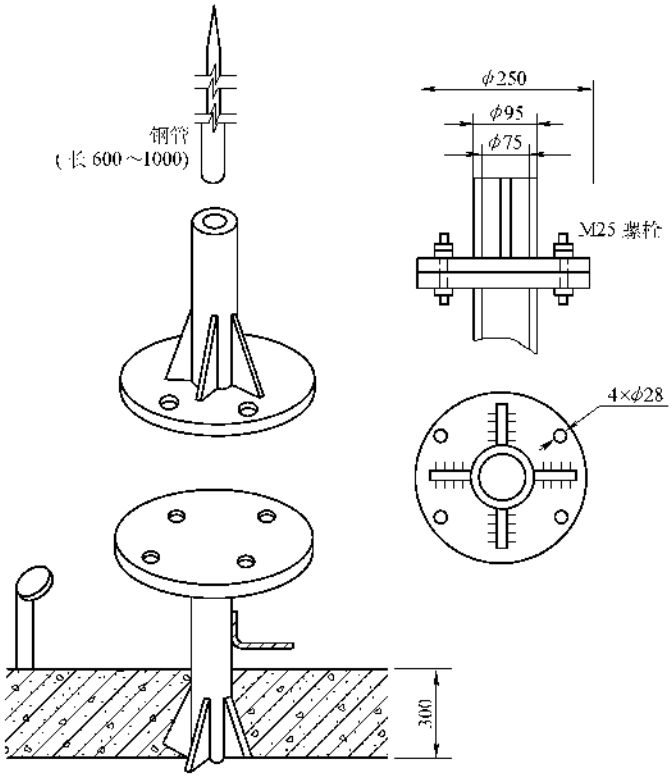


图 18-116　预埋钢管天线基座

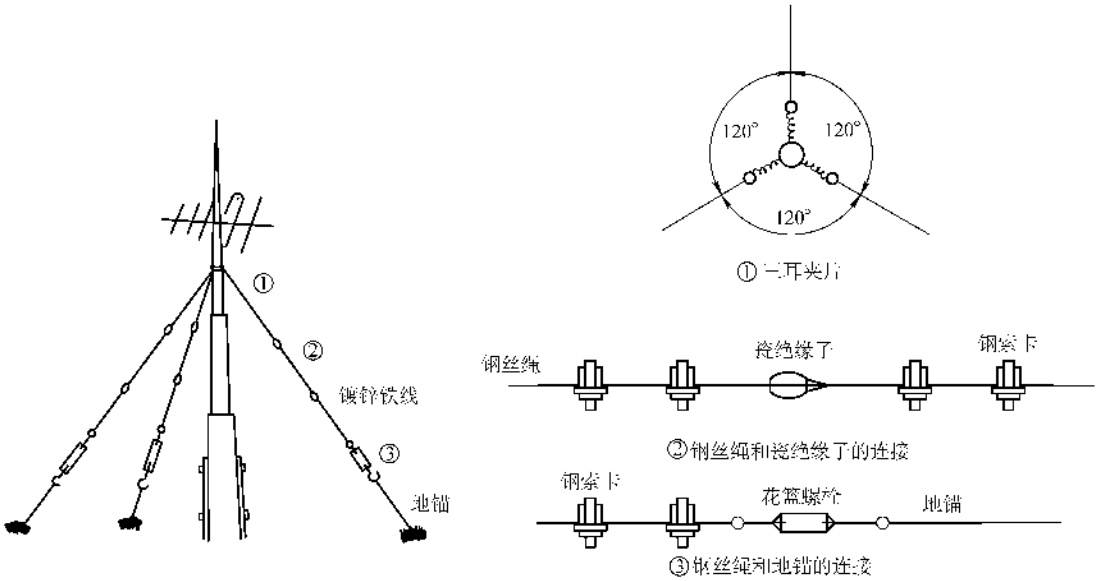


图 18-117 拉线的设置

1m 用绝缘带与主杆扎紧，以免风摆。

塔式天线应登塔安装天线组，要求同上。

天线在杆或塔上的固定都用天线配套紧固零件，螺母拧紧时必须有平垫、弹垫或防松装置。

2）普通杆式天线，在没有高凳的情况下，可先将杆端部支起组装，像电杆组装横担那样，然后再将天线杆立起。

组装时必须把电视台的方向测算好，并使杆立起后能使天线对准电视台，否则立起后不宜调整，通常是在图样上准确画出各个电视台的方位，并标出其相互角度，组装时按其角度准确组装。其他要求同前。

组装好的天线杆特点是头重脚轻且细而高，一般是先将底部与基础铰接后再立杆。竖立前应仔细检查振子及接线的安装，无误后才能起立。

先将天线基座置于基础上，可由铅丝绑扎铰接，并把拉线按角度撒开，起立的方向应有一根拉线作为起立的主牵引线，人员分配好后，将另一端尽力抬高，并由两人保证基座不移动，最好是用较高的竹杆类似架空线路人工立杆那样将天线杆支起，当与层面的夹角超过 60°时，即可用拉线将其拉起，同时另两根拉线应随着起立而松弛，起多少松多少作为保护，并与地锚挂好，以免倒置。

起立后的天线杆应保证各组天线的方向正确，否则可稍加转动进行调整，然后拆开铅丝使其基座置于基础的螺栓内。如果人工不能使其就位时，可在基础处立一小型三木塔用 0.5t 的手拉葫芦将天线杆竖直吊起一定高度，同时用三根拉线的撑紧保证主杆的竖直。

就位后用拉线将其调整竖直，并把拉线用花篮螺栓与地锚固定好。

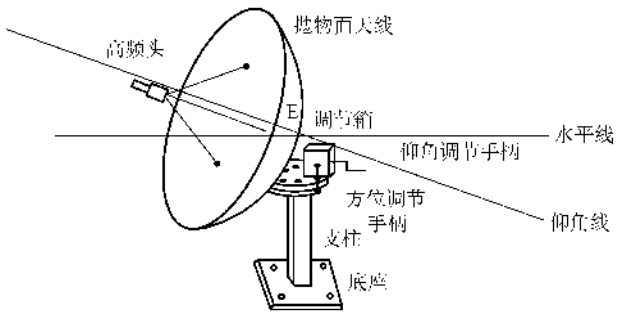


图 18-118 卫星抛物面天线结构示意图

2. 卫星天线的安装

卫星天线一般采用抛物面天线，基结构如图 18-118 所示。

（1）底座或支架的安装　抛物面天线通常安装在屋顶上或塔架上。在屋顶上安装应预浇注混凝底座基础，一般高 500mm，顶面边长应大于抛物面天线底座 200mm。顶面应平整，地脚螺栓应牢固。安装好后支撑应与基础顶面垂直。

抛物天线在塔架上安装时，应先在塔架上装设吊装架，然后再将天线吊装上去。在基础上安装时，一般采用在屋顶上组装的方法，组装时应先在屋顶搭设脚手架。

（2）抛物面天线的组装　无论是板状或网状的抛物面天线，都是在现场由 8 块、12 块、18 块、24 块不等的块数拼装起来的，现场拼装必须做到以下几点：

1）反射面不应有任何机械损伤，不应使灰尘、水滴等杂物进入馈线内部，不得在天线某一部位施加集中的冲击力，不得使天线表面出现凹凸不平的状态。

2）拼装中使用的连接螺栓必须紧固且应一致，不应有漏紧、脱扣现象。

3）天线拼装中应尽量不碰伤漆面，拼装好后应用白漆补涮。如果制造厂没有喷漆处理，则拼装好后应喷白漆。

4）拼装时要保证其装配精度，高频头及馈线应装于抛物面的焦点处，并在抛物面的中心轴线上，要保证同轴度。通常厂家给的部件尺寸基本能保证装配精度，应按说明书的要求进行。

（3）抛物面天线的安装应牢固且便于调整　塔架或基础的强度应与天线的重量、抛物面的面积、当地的风力等因素必须相符。当整体吊装或分片吊装有困难时，一般可采用尼龙网套住后吊装。

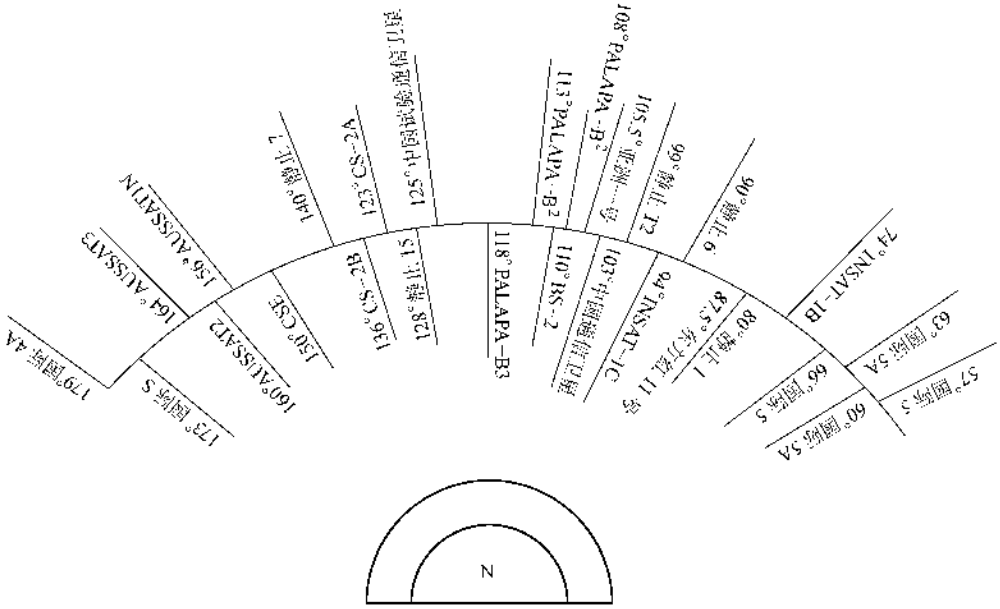


图 18-119　东经 57°～179°通信卫星及高播卫星的位置

（4）抛物面天线角坐标的调整　调整包括两个内容，即方位角 A（°）和仰角 E（°）。

1）角坐标的确定：角坐标可用下式进行计算：

$$A = 180° - \arctan\frac{\tan(\phi_1 - \phi')}{\sin\theta} \quad (18\text{-}14)$$

$$E = \arctan\frac{\cos(\phi_1 - \phi')\cos\theta - r/R}{\sqrt{1 - [\cos(\phi_1 - \phi')\cos\theta]^2}} \quad (18\text{-}15)$$

式中　θ——天线地理位置的纬度，单位为°；

ϕ'——天线地理位置的经度，单位为°；

ϕ_1——卫星的定点经度，单位为°（见图 18-119）；

r——地球半径，取 6378km；

R——卫星同步轨道半径，取 4216km。

使用上式时，有以下规定：

方位角取正北为 0°，平面内顺时针增加；仰角取水平为 0°，竖直方向增加。

为了方便之计，表 18-28 列出了我国主要城市接收卫星电视信号的角坐标及部分卫星的定点经度，供读者参考。

2）角坐标的调整：调整时，小型天线可用罗盘

表 18-28　我国主要城市接收卫星电视信号仰角、方位角一览表(仅供参考)

城市	东经	北纬	66°E(租星)		90°E(独联体)		99°E(独联体)		103°E(中国)		108°E(东南亚)		110°E(日本)		179°E(美国)	
			仰角	方位角	仰角	方位角	仰角	方位角	仰角	方位角	仰角	方位角	仰角	方位角	仰角	方位角
哈尔滨	126°37′	45°41′	11°31′	68°3′	26°19′	46°5′	30°47′	36°10′	32°28′	31°25′	24°17′	25°12′	34°54′	22°38′	16°55′	-61°7′
长　春	125°30′	43°54′	13°5′	67°38′	28°21′	45°38′	32°56′	35°31′	34°39′	30°38′	36°28′	24°13′	37°5′	21°34′	16°57′	-62°58′
沈　阳	123°27′	41°47′	16°16′	66°57′	31°2′	44°45′	35°42′	34°18′	37°25′	20°13′	30°13′	22°31′	39°40′	19°44′	16°37′	-65°26′
上　海	121°26′	30°11′	21°16′	70°53′	40°58′	50°33′	47°8′	39°23′	40°27′	33°32′	51°52′	25°24′	52°39′	21°54′	16°25′	-72°18′
杭　州	120°11′	30°15′	22°19′	70°1′	41°50′	49°6′	47°50′	37°34′	50°2′	31°32′	52°18′	23°11′	53°1′	19°37′	18°19′	-73°2′
福　州	119°18′	26°15′	24°30′	71°45′	45°21′	51°45′	51°54′	39°54′	54°21′	33°28′	56°50′	24°18′	57°37′	20°19′	18°40′	-75°30′
南　京	118°47′	32°02′	22°50′	68°3′	41°29′	46°0′	46°59′	34°8′	48°58′	28°3′	50°55′	19°45′	51°30′	16°14′	16°34′	-73°6′
合　肥	117°19′	31°51′	24°8′	67°5′	42°33′	44°23′	47°56′	32°6′	49°47′	25°48′	51°33′	17°16′	52°4′	13°40′	15°23′	-74°7′
天　津	117°12′	39°08′	20°58′	63°5′	36°39′	39°9′	40°54′	27°31′	42°21′	21°50′	43°41′	14°23′	44°5′	11°19′	13°2′	-71°13′
北　京	116°27′	39°55′	21°7′	62°4′	36°22′	37°47′	40°25′	26°5′	41°46′	20°26′	43°0′	13°2′	43°20′	9°59′	12°12′	-71°33′
南　昌	115°54′	23°41′	26°38′	67°59′	46°5′	45°19′	51°42′	32°20′	53°38′	25°30′	55°25′	16°7′	55°54′	12°9′	14°59′	-76°18′
石家庄	114°29′	38°02′	23°30′	61°23′	39°3′	36°28′	43°2′	24°12′	44°19′	18°14′	45°24′	10°27′	45°41′	7°15′	11°17′	-73°36′
武　汉	114°04′	30°38′	27°23′	65°24′	45°43′	41°14′	50°41′	27°50′	52°18′	20°59′	53°41′	11°46′	54°1′	7°56′	12°54′	-76°35′
郑　州	113°39′	34°44′	25°47′	62°33′	42°25′	37°32′	46°48′	24°38′	48°4′	18°15′	49°12′	9°51′	49°27′	6°23′	11°31′	-75°20′
广　州	113°18′	23°15′	31°6′	69°50′	52°14′	47°29′	58°22′	32°51′	60°24′	24°43′	62°8′	13°13′	62°32′	18°18′	13°45′	-79°53′
长　沙	112°59′	28°05′	29°26′	66°17′	48°34′	42°1′	53°45′	27°52′	55°24′	20°30′	56°45′	10°29′	57°3′	6°19′	12°31′	-78°10′
太　原	112°34′	37°54′	24°58′	59°49′	40°8′	34°4′	43°51′	21°26′	44°56′	15°20′	45°49′	7°24′	46°0′	4°10′	6°49′	-75°0′
呼和浩特	111°39′	40°50′	23°59′	57°24′	37°50′	31°15′	41°2′	18°56′	41°58′	13°5′	42°39′	5°34′	42°46′	2°31′	8°20′	-74°44′
西　安	108°56′	34°15′	29°42′	58°49′	45°20′	31°21′	48°47′	17°17′	49°41′	10°27′	50°11′	1°39′	50°10′	-1°53′	7°45′	-73°27′
南　宁	108°21′	22°50′	35°54′	66°56′	56°11′	40°31′	61°15′	22°59′	62°35′	13°34′	63°16′	-0°54′	63°12′	-4°14′	9°12′	-82°14′
贵　阳	106°43′	26°35′	35°37′	62°31′	53°48′	33°52′	57°46′	16°50′	58°40′	8°15′	58°54′	-2°51′	58°40′	-7°18′	7°10′	-81°51′
银　川	106°17′	38°28′	29°5′	53°49′	42°18′	25°9′	44°48′	11°36′	45°18′	5°16′	45°24′	-2°45′	45°16′	-5°57′	—	-79°2′
成　都	104°05′	30°40′	35°33′	53°56′	51°5′	26°11′	53°50′	9°58′	54°15′	2°7′	54°0′	-7°38′	53°41′	-11°29′	—	-82°10′
兰　州	103°53′	36°01′	32°20′	52°55′	45°40′	22°47′	47°52′	8°16′	48°11′	1°30′	47°53′	-6°58′	47°42′	10°19′	—	-81°7′
昆　明	102°44′	25°05′	39°52′	60°24′	57°23′	28°3′	60°22′	8°45′	60°40′	-0°37′	60°4′	-12°16′	59°33′	-16°44′	—	-81°5′
西　宁	101°41′	36°35′	33°20′	50°18′	45°47′	19°8′	47°28′	4°29′	47°32′	-2°17′	47°2′	-10°31′	46°39′	-13°46′	—	-82°21′
拉　萨	91°10′	29°41′	45°47′	43°29′	55°22′	2°21′	54°20′	-15°31′	53°1′	-22°55′	50°49′	-31°25′	40°42′	-34°33′	—	-83°55′
乌鲁木齐	87°34′	43°46′	35°5′	29°44′	39°22′	-3°31′	38°14′	-16°17′	37°12′	-21°45′	35°31′	-28°18′	34°44′	-30°49′	—	-89°0′

注:卫星方位角正南为 0 度,偏西为正,偏东为负。

仪，大型天线则用经纬仪。调整时先将天线的中心轴调至水平，同时在水平面上旋转方位调节器，使旋转的角度为方位角 A，这时应将其角度固定死。然后再用仰角调节器调节仰角，仰角是抛物面天线中心轴线与水平面的夹角，使仰起的角度为仰角 E。调整好后，将其固定死。

这里的调整称为粗调，在系统调试时，再以图像信号的好坏细调，调整方法如图 18-120 所示。

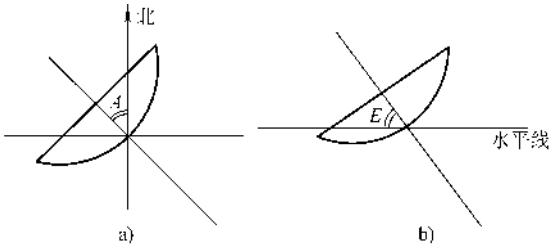


图 18-120　抛物面天线调整示意图

a）水平方向的方位角 A　b）水平方向的仰角 E

（5）高频头及馈线的安装　高频头一般采用防水型的进口产品，其噪声系统低，增益高，通常安装在抛物面天线的焦点上，用支撑杆支撑固定，并保证其位置的准确。高频头的中心轴线应与天线中心轴线重合。

馈线的连接要可靠牢固，通常用锡焊封住，并经支撑引入机房；高频的直流电源是由机房卫星电视接收机供给的，做法同上，但两种馈线都不得使高频头受力而位移。

此外，卫星天线安装时，要避开遮挡物，天线中心轴线所指的方向上不得有建筑物、大树、架空线路等障碍物。与共用天线同屋顶安装时，应安装在公用天线的前面，共用天线的拉线、频道天线等物不得遮挡。

整个天线结构上凡上下用螺栓连接的部位应焊接地线跨接线，并将接地引线引至机座处，以便使其可靠接地，如其左右或后面有高大建筑物并设有避雷装置时，也可不接地，但必须在防雷保护范围之内。

所用的安装螺栓必须按设计要求选择，以保证整个天线的强度。

3. 焊接地线

使天线杆或塔可靠接地，接地电阻应小于 10Ω。焊接点应清除焊渣，涂沥青漆，风干后用银粉漆填补齐全。

天线的安装应选择在无风暖和的天气条件下进行，并应对全体人进行详细的技术交底和安全交底。

四、前端设备的安装

前端设备包括频道放大器、衰减器、调制器、混合器、分配器、电源等，其中频道放大器有时装在天线上。一般情况下，将元件装在铁箱或木箱之内，和照明箱一样，称作前端箱，系统大的有时则做成柜式。

前端箱通常安装在直对屋顶天线位置的走廊墙上，距天线的距离越近越好，其通往屋顶及各个单元的管路和箱壳已在配合土建时预埋，像安装照明箱的二层底一样将元件固定在底板上，如图 18-121 所示。

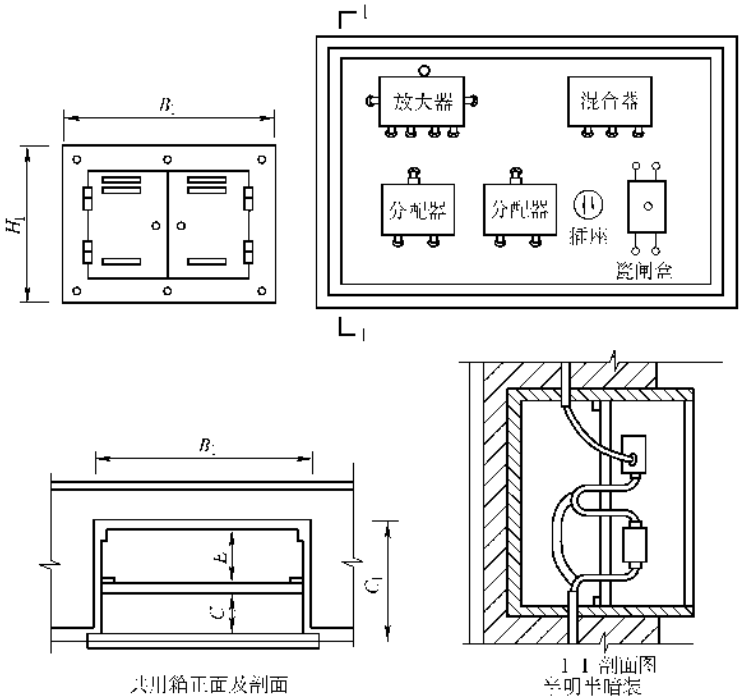
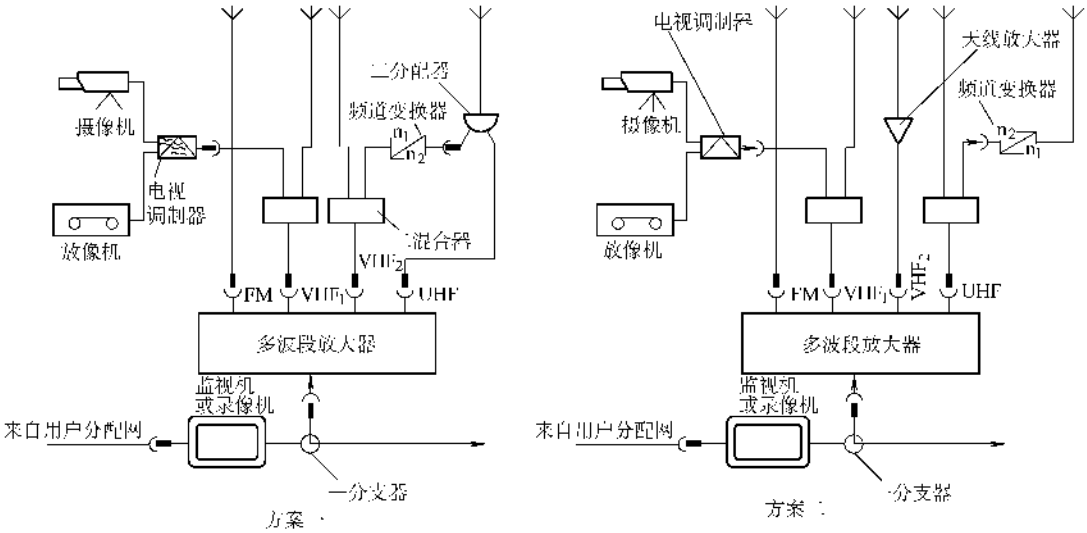


图 18-121　前端箱安装示意图

前端的设计方案有很多，是根据接收频道的多少、信号的强弱、功能的多少等因素决定的，现介绍几种常见的形式，如图 18-122 所示。柜式前端一般安装在机房内。

前端箱元件安装好后，把输入、输出电缆以及电源线从板后穿过二层底的进线孔，留有一定的余量后把同轴电缆的端部装上插头，插头和电缆的连接要用电烙铁锡焊，线芯与中心柱焊接，屏蔽层与外圈焊接，焊接必须良好。然后把插头按图纸要求插到各个元件上去。



注：1. VHF Ⅰ的频道范围为 1~5 频道。
2. VHF Ⅲ的频道范围为 6~12 频道。
3. UHF 的频道范围为 13~56 频道。
4. 其中摄录机、放像机、电视调制器及其使用的混合器可省掉。

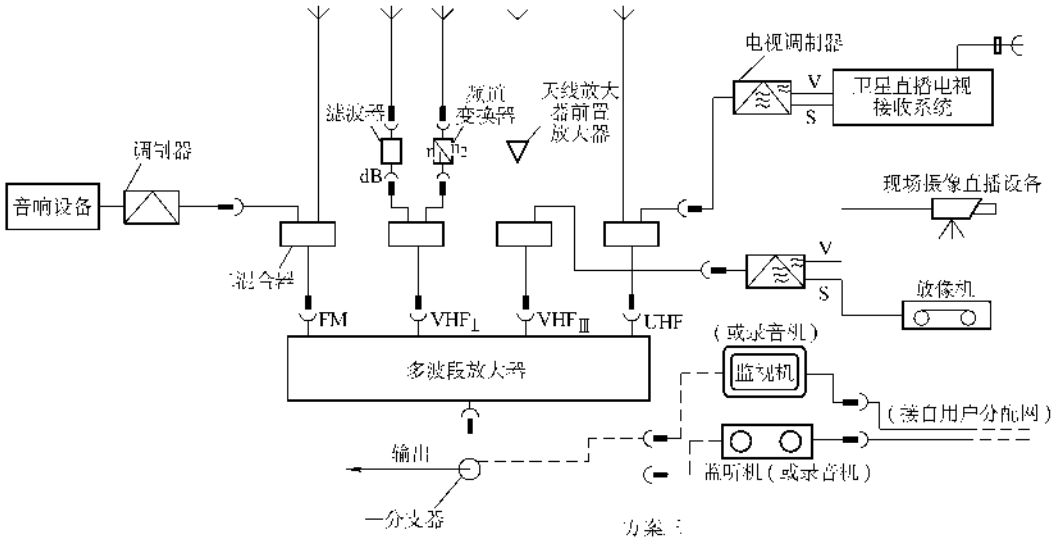
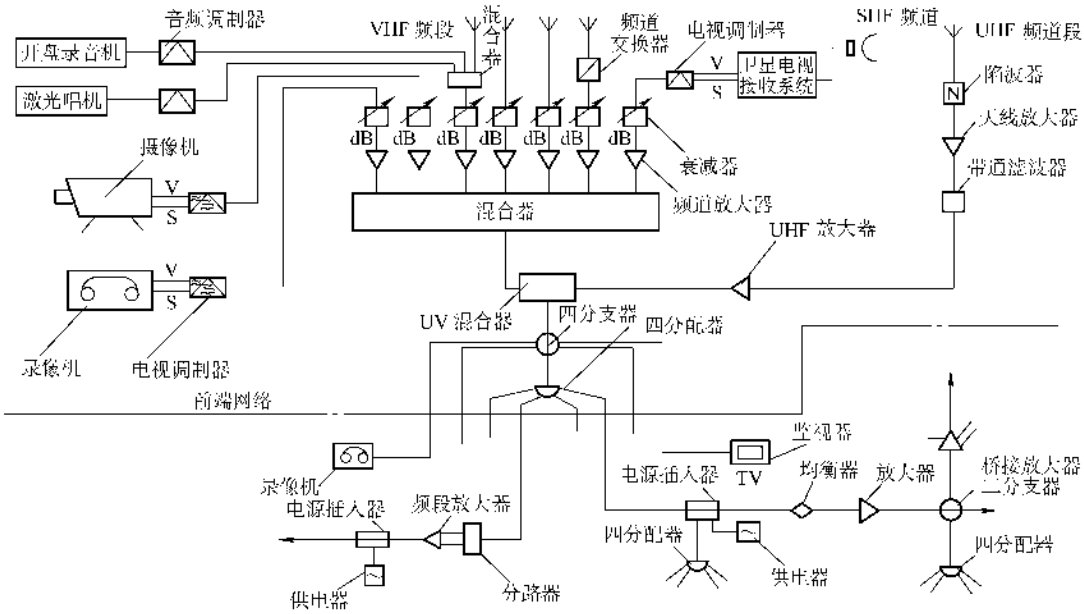
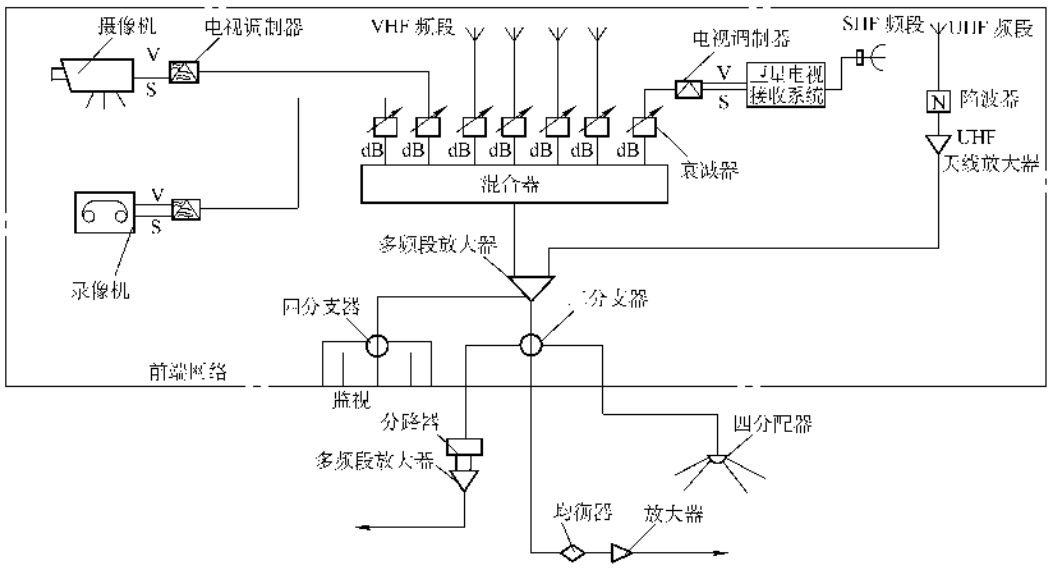


图 18-122 前端设计方案



方案四



方案五

图 18-122　（续）

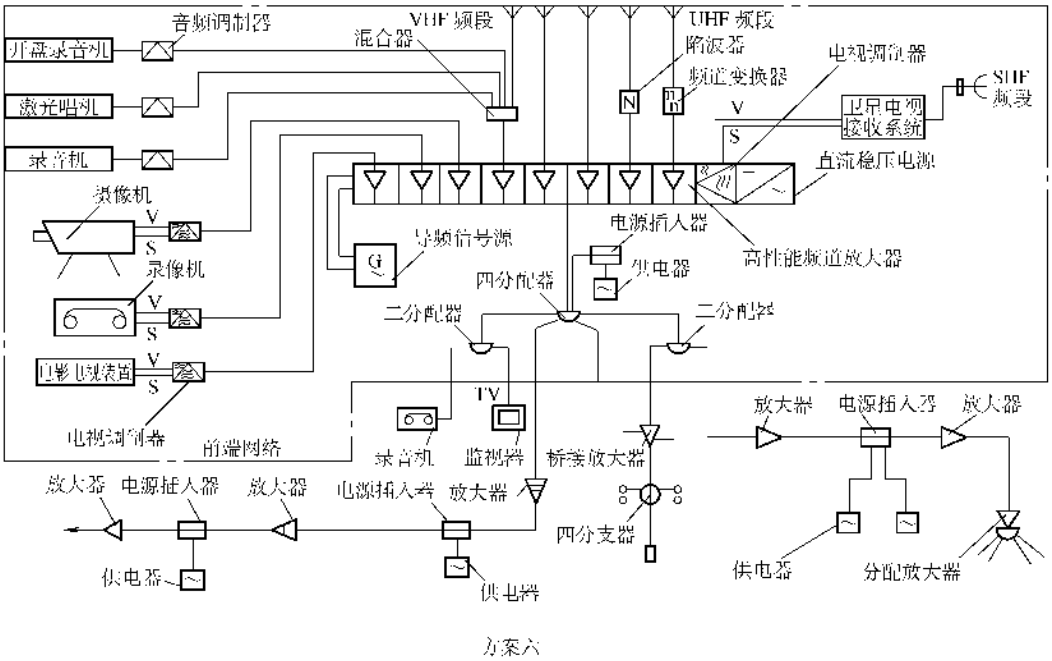


图 18-122 （续）

电缆电视系统线路的连接都是用专用插头连接的，插入时应比较困难，这说明连接紧密可靠、插接损耗小，否则应更换插头。

再把电源接到放大器、混合器等元件相应的电源接线柱上去。

最后将二层底装入箱内用螺钉固定，要注意同轴电缆不要压死，避免死弯，弯曲半径应大于外径的 5～10 倍。电源线要绝缘良好，最好用有屏蔽层的铜绞线，屏蔽层可靠接地。箱门应严实。

明装前端箱要求同上，电缆要排列整齐牢固。

前端箱安装应注意以下几点：

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，见图 18-129。一般应在 90dB 左右，否则系统不正常，应查明原因。

五、机房设备的安装

系统较大的电缆电视系统常设有机房或称电缆电视中心，除了完成上述电视信号的接收及传输功能外，还可以自办多套电视节目，如播放录像，现场直播、放映电视电影及幻灯等服务项目，有的还可进行简易的编辑、配音、监视、教学或配有演播厅或节目制作系统，形成完整的闭路电视系统。

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。现将常用的机房设置系统列出，供读者参考，如图 18-122 和图 18-123 所示。

这里主要说明一下卫星天线室内设备的安装。由天线高频头引入的 1GHz 频带的中频信号接到卫星接收机的输入端，其输出端的伴音信号和视频信号接入调制器，即可调制成某一电视频道的射频信号，这个信号就可送入电缆电视（CATV）系统，如图 18-124 所示。卫星电视接收机和卫星电视信号调制器安装时只需交流电源，室内应保持清洁无灰尘、无振动，可将设备放置在台子上，电缆插接必须紧密牢固，交流电源应设交流稳压器。安装时应避开强电磁场和热源，尽量减少干扰。交流电源及稳压器的安装应符合要求。

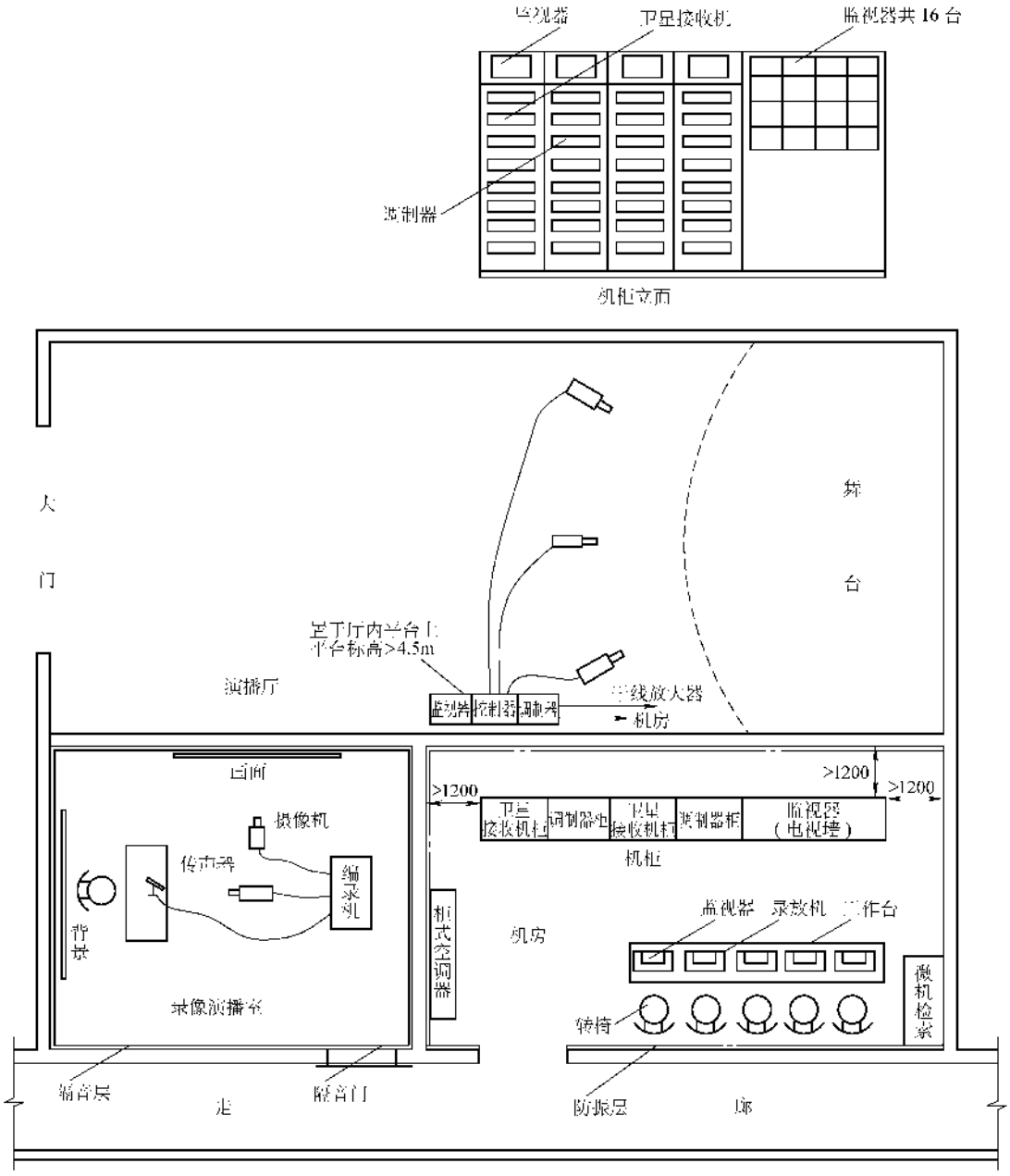


图 18-123　机房平面布置图

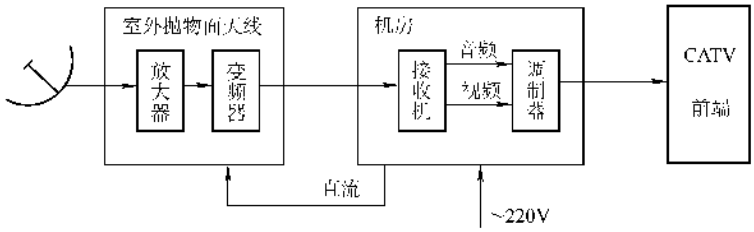


图 18-124　卫星天线框图

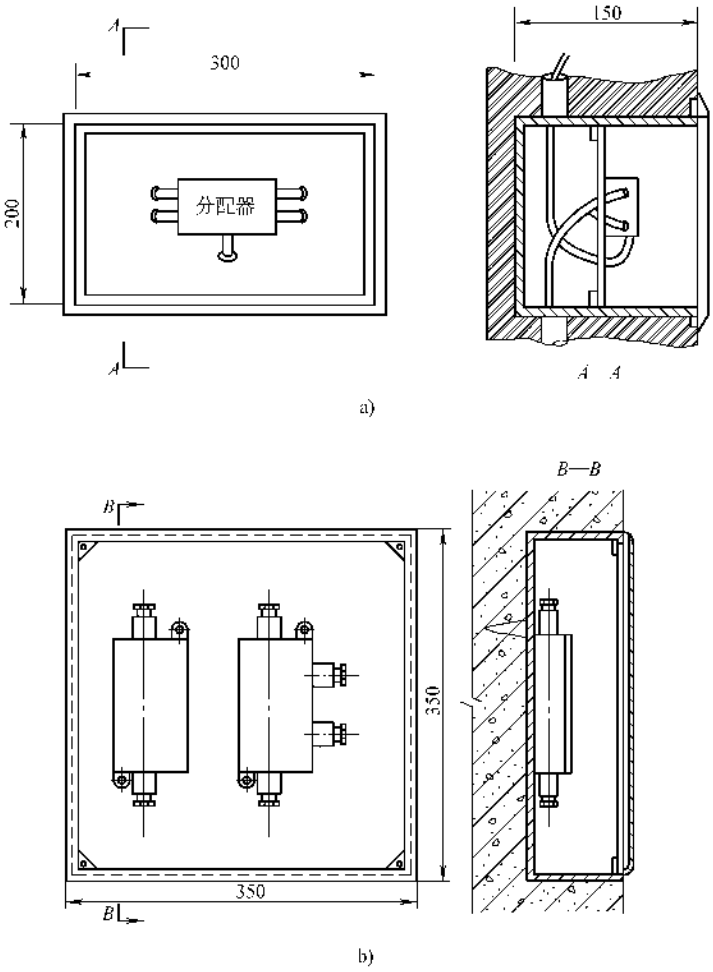


图 18-125 分配器、分支器安装示意图

a）暗装分配器安装示意图 b）分配器或分支器安装

六、分配系统元件的安装

（一）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，如图 18-110 所示。

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。箱体的尺寸由元件多少而定。

明装时应使用膨胀螺栓固定，要求同前端箱。

（二）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，如图 18-125 所示。

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。

（三）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。暗装已在墙上预埋了盒，方法同电源插座或电话插座，将芯子与同轴电缆接好，扣

在盒上用螺钉紧好即可，如图 18-126 所示。

对于只有一墙之隔相邻两个终端盒通常用二分支器连接另一个终端盒，其方法如图 18-127 所示。

明装用户盒应用膨胀螺钉固定，要求平、正，接线同前。

彩色电视机的天线插头可用 75Ω 同轴电缆直接插在终端盒上；黑白电视机应采用 75～300Ω 阻抗变换器插入用户盒，阻抗变换器应用平行馈线（阻抗 300Ω）接在电视天线接线柱上，如图 18-128 所示。如采用 300Ω 插孔的用户盒，可直接用平行馈线插入，不必变换，但馈线不宜超过 2m，越短越好。

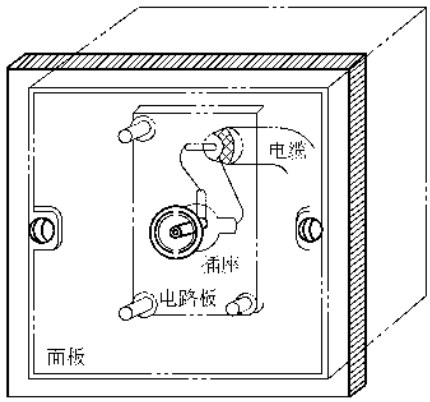


图 18-126　用户盒安装示意图

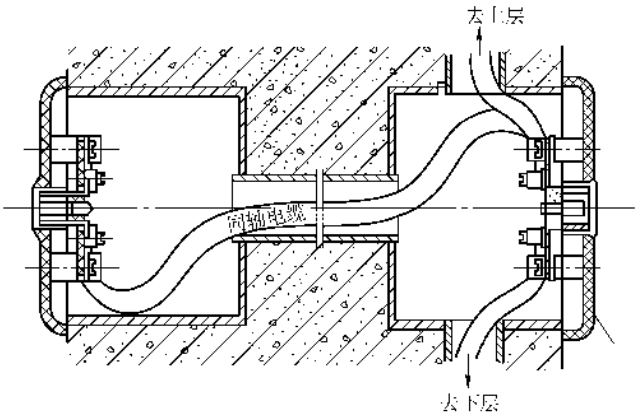


图 18-127　相邻两个用户盒安装示意图

七、系统调试

一般情况下，按上述方法安装的电缆电视系统，稍加调整即可得到满意的效果，除了使用仪器之外，主要以实际收看效果为准。

（一）准备工作

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。

常用的有扫频仪、电平表或场强仪、电视信号发生器、质量尚好的电视机或高频示波器等。

3）准备步话机、手电、爬梯、安全带，冬季还要准备防寒用品及临时电源线（防水线）等。

（二）调试顺序

一般情况下，应按天线系统、前端设备、干线系统、分配系统，直到用户端进行，要防止急于求成或越级测试。

（三）调试方法

现以图 18-129 为例，说明系统调试方法。

1. 天线的调整

天线一般已在安装时调整好，现在主要是重新测试并核对电平。天线的测试通常用以下的方法：

将天线的输出 75Ω 同轴电缆直接插接在电平表或场强仪上，测量信号电平，同时适当调整天线方向或高度，观察指示有无变化，最后把方向定在最大位置上或图中标注数值上。如果调整时示值无明显变化，则说明天线组装、阻抗变换、电缆与天线的接点、电缆本身、天线放大器、滤波器等元件存在故障，应逐个检查，直到找到故障点并加以修复或调换，然后重新测试，直至合格。

2. 天线的实测

把天线馈线接在彩色电视接收机的天线插孔上，接通电源，观查每个频道的图像和伴音质量。如有重影可稍转动天线方向，直到重影消失为止，并把该频道的天线固定好。白天没有节目的频道可在夜间进行

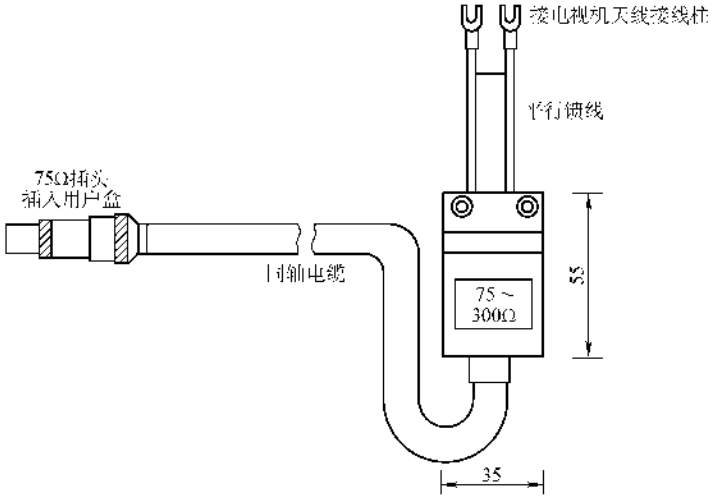


图 18-128　75～300Ω 阻抗变换器的接线

实测，但必须注意安全。

3. 前端设备的调试

1）将天线信号接入混合器，对于有源混合器，应调整输入端的电位器，使混合器输出电平差在 2dB 左右。对于无源混合器，应在强信号频道的混合器输入端加接衰减器，使混合器输出端各频道电平差控制在 ±2dB 左右。可将混合器输出端插入仪表直接读出各频道的电平值，图 18-129 中的电平值为 84.8/83.3dB。

2）接入放大器，并直接测试输出端各频道的电平，应大于 105dB，一般不超过 110dB，图中因距离较短，控制在 100.8/103.3dB 上，能满足收看。然后在放大器输出端接一彩色电视机，观察各频道收视效果和交、互干扰情况。如有交、互干扰，可适当减小放大器的输出电平，直至干扰消除，但一般不得小于 100dB，条件差时不得小于 105dB，否则说明该放大器抗干扰性能差，应更换放大器。

如果系统有闭路自办电视节目，应投入系统，逐个检查摄像机、录像机、调制器的工作情况及输出电平的大小，并用彩色电视机收视检查效果。如有杂波等故障，应检查系统，包括主机、线路、插接、录像带等，直到效果正常。

如果系统装有卫星天线，则应按说明书进行，同时应测试各级的电平，并调节调制器的输出电平，使之与系统匹配，进入混合器时一般应保持在 85dB 左右，一般不大于 95dB。

4. 干线系统的调试

对于输送距离较长的干线应进行调试，特别是向本楼以外的单元输送信号必须进行干线的调试。

干线系统的调试首先是调整干线放大器输入端各频道的电平差；再是调整干线放大器输入端的电平，以防止信号通过干线放大器产生交、互干扰。

根据实际经验，各频道信号电平差应控制在 2～4dB 之间，同时应保证放大电路输出端的电平，使其符合设计要求，一般应在 100～110dB 之间。如果有交、互干扰，应在输入端串入衰减器。为了保证收视效果，则应在放大器输出端接一电视接收机，以观看实际效果。

5. 分配系统的调试

将前端的电源关掉，并将放大器的输入端断开，同时将电视信号发生器的输出端接在前端的分配器上，选择 U 道信号，调整输出电平与设计相符，图 18-129 中为 90.3/92.8dB，然后用电平表或电视机，从上至下分别在分支器和用户端进行测量和观看，其电平值应与设计相符，见图中所标注，图像应良好、无重影、无干扰（电视主要技术指标和评价标准可参见表 18-36 和表 18-37）。否则系统有断线、短路、错接、屏蔽无接地等故障，应逐级查找并修复。电平值与设计相差较大，可能是元件选择不当或元件本身有故障，应更换元件后再测；也许是电缆长度或每米衰减分贝不准，设计不当造成。若调整无效，则要改变分配方式或重新计算，而获得理想均衡的电平信号，这就是审图时进行核算的必要性。用户电平的极限值是 57/83dB，最好是保持在 70dB 左右。

调试完后即可将放大器接入前端的分配器，检查无误后即可开机工作。在用户端接入电视机观测收视效果，一般情况下应工作正常，图像清晰，信号无干扰、杂波，声音正常。如有不妥可适当变换一下电视机的位置，即可得到满意的效果。

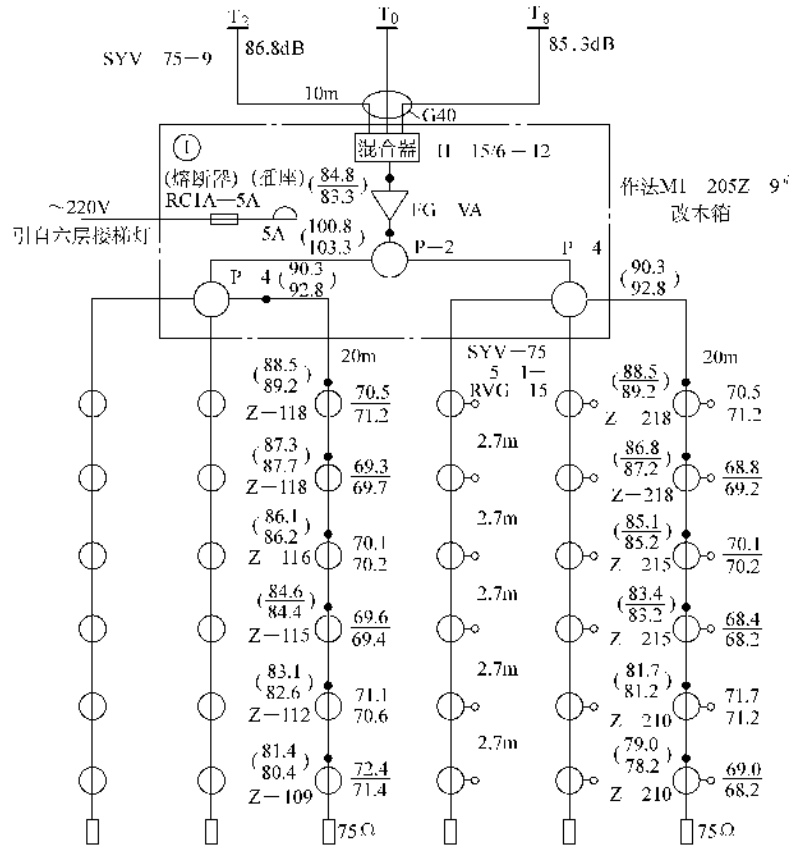


图 18-129　共用天线电视系统图

分配系统调试应注意以下几点：

1）分配系统若有线路放大器，应先用万用表检查各分支线路有无短路或断路，再接通其电源；然后测其输出输入电平及各频道间的电平差，应符合要求。相差太大应调整放大器的增益。

2）有源分配系统有无交、互干扰决定着系统能否正常工作，可在系统输入端接入高、中、低三个频道信号，如有干扰，可调整延长放大器的输入衰减或前端放大器的输出电平。如不能消除，应调换放大器。

八、常见故障及处理方法

（一）常见故障

1）电视屏幕出现雪花，无法收看，这是由于接收到的信号电平低，干扰信号相对突出引起的。

2）重影是由于系统某一部位发生短路或开路等故障造成的反射，也可能是系统外部高大建筑物使接收到的信号有较强的反射波的成分，也可能是电视台附近有较强的直射波造成。

3）除接收本频道的图像外，屏幕同时出现另一频道的图像，情况不严重时只出现一个慢慢移动的黑色竖直道。这是由于线路放大器中干扰频道信号的输出电平太高，超过其最大输出电平所致。

4）当引入电视机天线插孔的平行馈线或同轴电缆有一接线端断开时，电视图像基本正常，而将线接好时，则有严重雪花干扰，这是由于系统部件本身或接线端的短路造成的。接一根导线相当于加长了天线，亦可正常收视；由于部件短路接两根线相当于将电视机天线插孔短路，因此无法收看。

5）电视接收机只能收到部分频道的节目，这是由于前端故障所致。

（二）处理方法

系统有故障时，首先要确定电视台、录像系统有无故障，有无电气或磁场干扰，电视接收机有无故障等。然后再看故障的范围，是个别单一用户或部分用户，还是竖向干线上所有用户，还是系统所有用户。必须仔细查找，反复测试或收看，才能有的放矢的处理，使之正常。

1）个别用户收视质量不好，则是连接这台接收机的天线馈线或该线两端的插接件有故障或许松动，也许是与之相连的分支器或分配器有故障，也可能是

这台接收机有故障，可更换元件重新插接收看。也可用仪器测试各插接件的电平，找出故障。

2）某竖向干线单元内所有用户收视质量不好，则为该干线分配器、电缆插接或分配器本身故障，可调换同型号分配器试看，同样可测试各插接件的电平，找出故障。

3）系统所有用户收看所有频道效果不好，则是混合器电路焊点虚脱、元件损坏、干线短路或开路，或放大器故障，可将前端以后全部摘开，一一查找。

4）系统收视效果不好的只是某一或两个频道，则说明该频道天线损坏或方向变动，或天线馈线开路或短路、脱焊或螺钉松动；或混合器中有关元件脱焊开路或损坏，插头接触不良、电缆短路；或频道放大器、UV 变换器发生故障等。

上述故障检查时，不要将仪器或电视机并接在系统中观测，要将被测点后面部分甩掉，直接在该点测量，以保证系统的匹配。这样可缩小故障范围，很容易找到故障点。

5）重影的消除：

① 调节天线方向或选用方向性强的天线，如反射波来自和电视台相反的方向，应选择前后比大的天线；

② 采用差值天线或其他抗干扰天线；

③ 合理选择传输电缆的长度，重新计算，使系统内匹配；

④ 适当提高用户接收电平，使之达到 80 ~ 85dB；

⑤ 在室内改变电视机的位置或高低，观察其效果，以最好为准；

⑥ 增设频道转换器，在天线后将电视频道转换到另一空闲频道上，通过高频头的选择，将干扰波隔断，并将转换器屏蔽起来。

⑦ 将接收机屏蔽起来，并选用屏蔽性能好的电缆、分支器和分配器为用户提供信号。

现将常见故障及检查处理方法列于表 18-29 中，供参考。

表 18-29 常见故障检查及处理方法

现象症状	判断故障点	检查办法和地点
无信号	前端的电源失效	现场检查电源电压 220V
	前端设备失效	测量输入信号有无
	天线系统故障	检查短路和开路传输线，插头变换器，检查天线放大器电源（18V 或 220V）
	线路放大器的电源失效	检查输入插头是否开路和电源 DC21 ~ 18V，总电源 220V 从头测量每只放大器的输出信号和稳压电源是否工作正常
	干线电缆故障	同上，前端至各级放大器间电缆是否开路或断路，包括各种插头
信号微弱，所有信号均有雪花	分支器短路	断开分支器测量分支信号。若信号电平正常，可能为馈线和引下线短路
	前端设备故障	
	天线系统故障	同前（天线系统故障），也检查天线放大器
	线路放大器故障	同前（线路放大器）
	干线故障	同前（干线电缆故障），检查电缆和线路放大器电平是否过低
	分支器故障	同前（分支器短路），除了电缆损坏外，到放大器距离间可能短路

（续）

现象症状	判断故障点	检查办法和地点
只有一个频道的信号	前端设备故障	测量这段频道放大器的输出
	天线系统故障	同前（天线系统故障），若为频道天线，则检查出现故障单频道信号的天线
	广播中止	通过电话询问，或在前端用电视机接收判断
一个或多个频道信号微弱，其余正常	线路、放大器故障或需要调节	同前（广播中止），检查频响曲线
重影（在所有引入线处）	天线引出故障	用便携式电视机，检查天线系统质量，检查图像质量
	干线故障	同前（干线故障），除采用便携式电视机观看图像外，隔断故障电缆部分
	线路放大器故障	同前（干线故障），判断是否由放大器发生故障
重影（同一分配电缆传送到所有引下线）	桥接放大器故障	在桥接输出外，用便携式电视机检查图像质量
	分配或馈线电缆故障	同前（桥接放大器故障），若图像质量好应分析重影属于什么原因
	电缆终端故障	断开终端电阻，用便携式电视机检查图像质量，若好更换终端电阻
	分支处故障	从线路每一端入手，一次一个，用电话联系，同时看便携式电视机图像质量
其图像失真	信号电平超出	测量线路放大器和用户分支器的信号电平
来自 CB 通信站的干扰干扰所有用户	前端有谐波和寄生参量的接收	在前端用可调接收机检查是否落在有干扰电视机频道上，在天线和天线传输线终端接滤波器或安装高通滤波器、开路线和短路线
同上，但仅在一个或多个用户出现	由于用户接收机对谐波和寄生参量的接收	在电视机天线终端接高通滤波器
在同一频道同时收到两个电视频道（经常）	来自远地站的跳跃传输	采用抗同频干扰天线来消除

第五节　保安系统的安装

保安装置常用于高层建筑、饭店、商厦、金融、办公楼宇、博物馆、仓库、监狱、居住小区等防盗要求较高的场所。它的安装特点是保密性要求高，所有设备、元件及线路均为暗装且隐秘可靠；再者是有些设备、元件价格昂贵。有的则与电缆电视系统、微机系统连网，形成完整的保安中心，实行人机结合，对建筑物的安全起着很大的作用。其安装方法与火灾报警系统、电缆电视系统、电话广播系统及照明电路有很多相同的地方，另外，保安系统的电路元件设置设计很多，这里仅以几例说明安装调试方法，其他形式的电路安装读者可参照进行。本书只讲述一般的保安装置安装注意方法，仅供参考。

一、开工条件及元件、设备的检查、测试和试验

（一）开工条件

开工条件与照明系统基本相同，但除电气安装人员外，其他专业施工人员已全部撤离现场。保安系统安装前应将现场进一步清理，除建设单位允许外，其他人员不得进入现场。

（二）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

除按本章第一节·一·（二）常规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—2003 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《建筑电气安装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，自检采用逐点测试及模拟试验的形式进行，确保功能的实现。

二、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，详见第四、六章相关内容，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，请参见本章第六节相关内容。

三、可视—对讲—电锁门系统的安装

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像逼真的假镜头，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，如图 18-130 所示。

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、电源接线有否错误，无误后便可开机进行住户通话试验。系统示意图如图 18-138 所示。

9）安装前元件应进行功能及外观检查，方法同前。

10）接地要求、屏蔽接地要求同前。

四、闭路电视保安系统的安装

管路敷设、开工条件、穿线等基本同前。

（一）安装要点

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，如图 18-131～图 18-137 所示。

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 18-16。机房设施主要有电源柜、直流（浮充）柜、报警控制台、UPS，自动电话交换机，磁带自动录像系统，视频放大器、视频自动切换开关、视频分配放大器等都装于对应的机柜内，安装同前。

3）装有遥控装置的系统，一般将遥控继电器箱装于机房机柜上，执行机构装于摄像头处且隐蔽安装，中间用控制电缆连接。

4）电缆全部暗装，200m以内可用多芯闭路电视

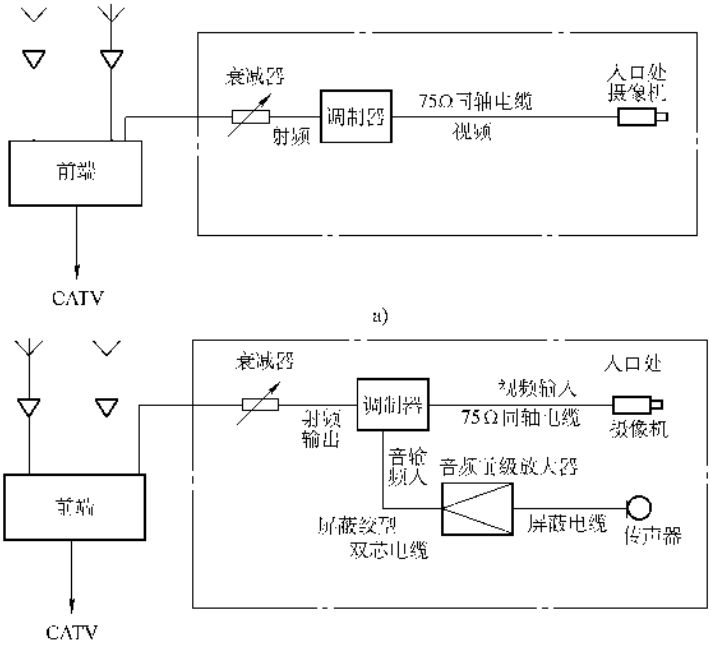
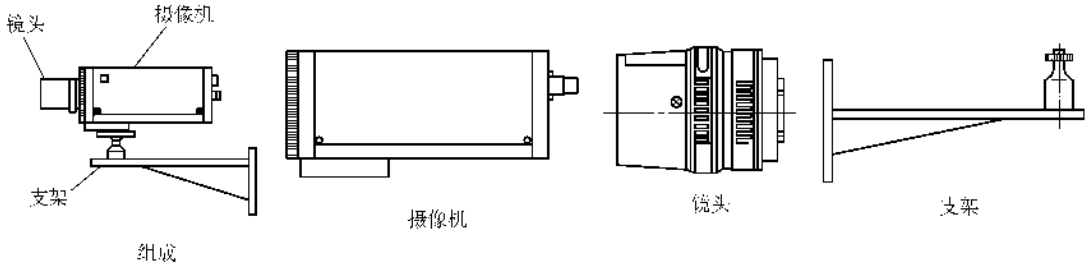
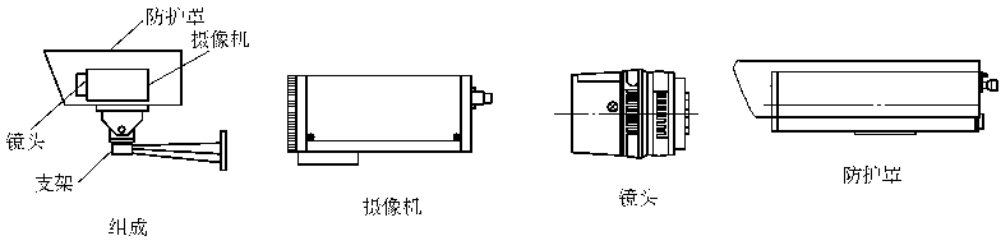
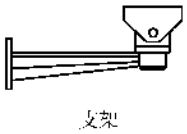


图 18-130　摄像机、传声器引入 CATV 系统图

a）将摄像机引入 CATV 系统　b）将摄像机、传声器引入 CATV 系统







安　装　要　求

固定式摄像机安装一般由螺栓固定在支架上，摄像机方向的调节有一定的范围，调整方向时可松开方向调节螺栓进行，调好后旋紧螺栓，摄像机的方向就固定下来了。

图 18-131　固定式摄像机安装方式

a）固定式摄像机组成图　b）带防护罩固定式摄像机组成图

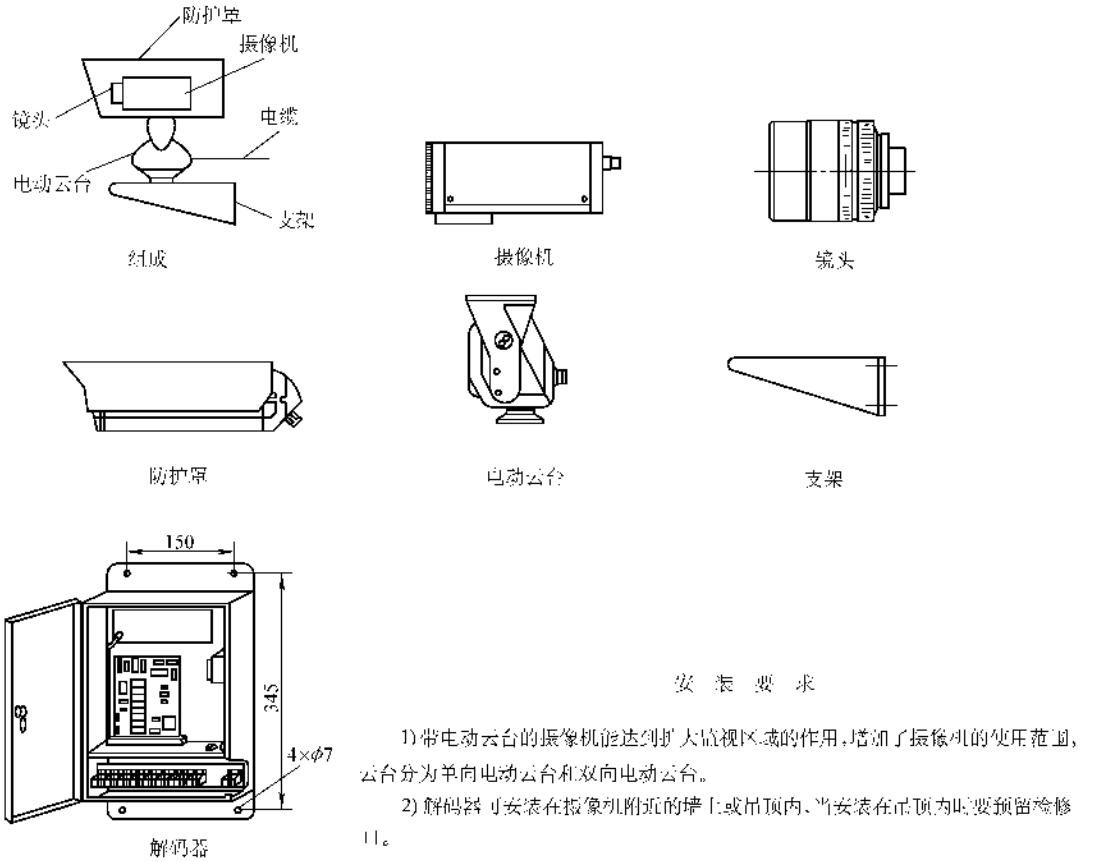


图 18-132 带电动云台的摄像机安装方式

电缆，200m 以上用同轴电缆，传送视频信号用多芯电视电缆传送其他控制信号。

5）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。

6）安装前的设备应进行功能及外观检查。

7）接地、屏蔽接地要求同前。

8）系统全部调试完后，应选择非安装人员模拟盗窃破坏试验，从保安中心中观察监视器，最后通过录像核实模拟人员的全部行动，如有漏录，则说明系统欠缺，应增补设施。

9）遥控装置应运行自如。

10）安装和试验时应有保卫安全部门的专业人员参加。

有关设备的选择及参数见表 18-30 ~ 表 18-35，系统示意图如图 18-138 所示。

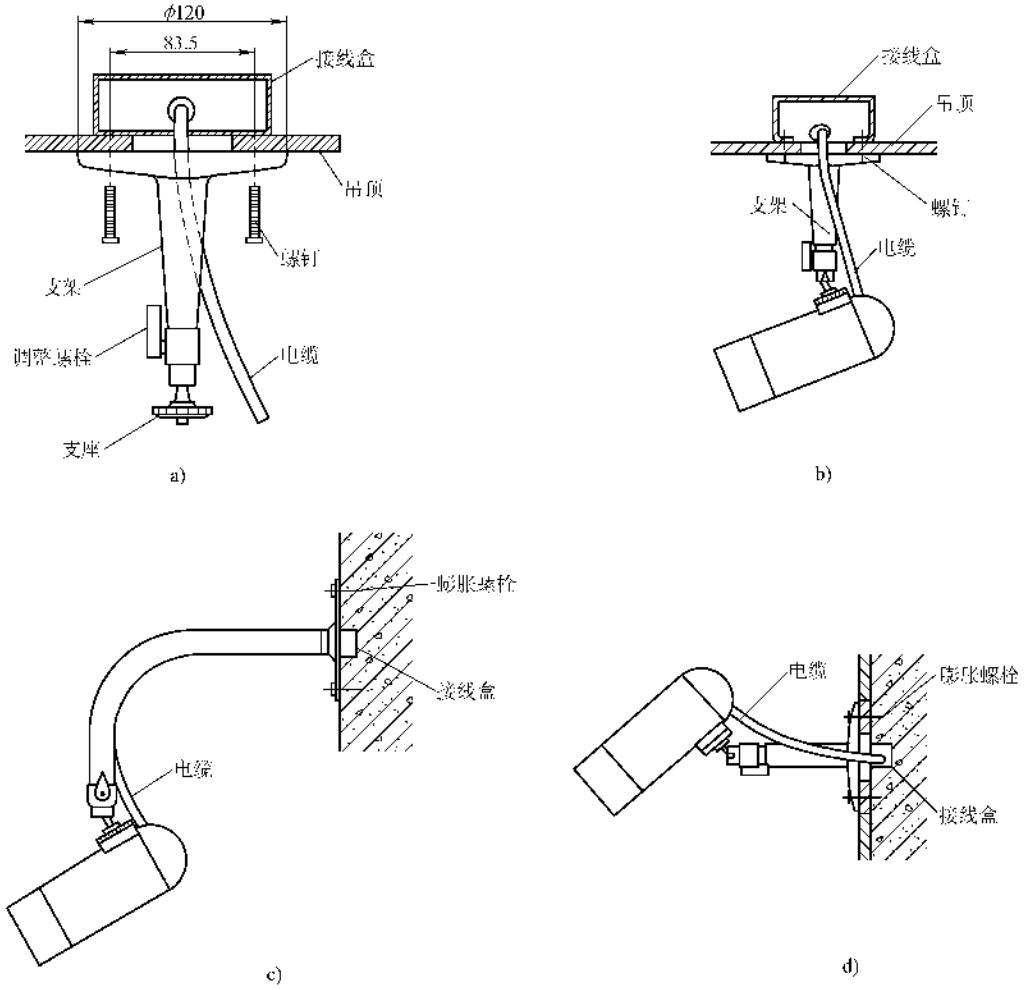
闭路电视的设置有以下几种形式，如图 18-139 所示。

表 18-30 TOA 系列 CCTV 摄像机

型　　号	CC-1200	CC-1240	CC-1500	CC-1540
扫描系统	按 2:1 隔行扫描		按 2:1 隔行扫描	
同步	内/外/电源锁定		内/外/电源锁定	
扫描频率	水平:15.75(15.625)kHz,垂直:60(50)Hz		水平:15.75(15.625)kHz,垂直:60(50)Hz	
视频输出	复合 $1.0V_{(p-p)}$(75ΩBNC 连接)		复合 $1.0V_{(p-p)}$(75ΩBNC 连接)	
解像度	中心 600 线		中心 550 线	
视频带宽/MHz	9		9	
摄像管	2OPE20 2/3″		E5392 2/3″	

（续）

型　　号	CC-1200	CC-1240	CC-1500	CC-1540
镜头	可选配广角至远摄的一系列镜头			
镜头架	标准“C”,焦距可调			
载噪比/dB	43			
最低照度/lx	5		0.5	
标准照度/lx	50		10	
外同步输入	水平/垂直驱动信号:$4V_{(p-p)}$负(BNC 连接)			
环境温度/℃	-10～+50			
功率消耗/W	10	9	10	9
电源	交流主电源	交流 24V	交流主电源	交流 24V
外形(宽×高×深)/mm	86×80×223(不包括连接器)			
质量/kg	1.7(不包括镜头)			



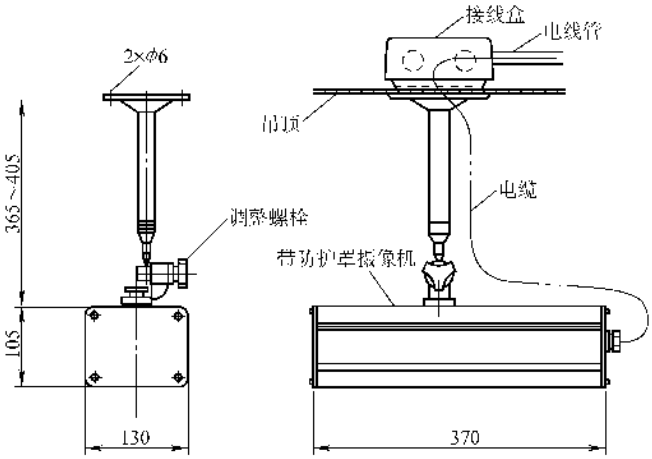
安装要求

1)室内摄像机安装高度为2.5～5m。

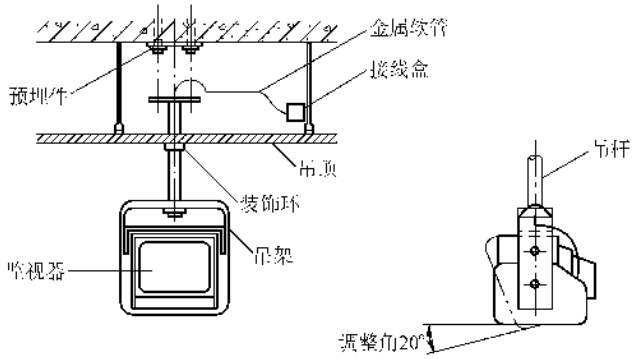
2)摄像机安装可根据摄像机重量选用膨胀螺栓或塑料胀管和螺钉。

图 18-133　室内摄像机安装方法

a)支架吊装方法　b)室内固定摄像机吊装方法　c)室内固定摄像机壁装方法(一)　d)室内固定摄像机壁装方法(二)



a)



b)

安装要求

1) 摄像机在吊顶上安装时，要使用专用吊杆将摄像机固定。

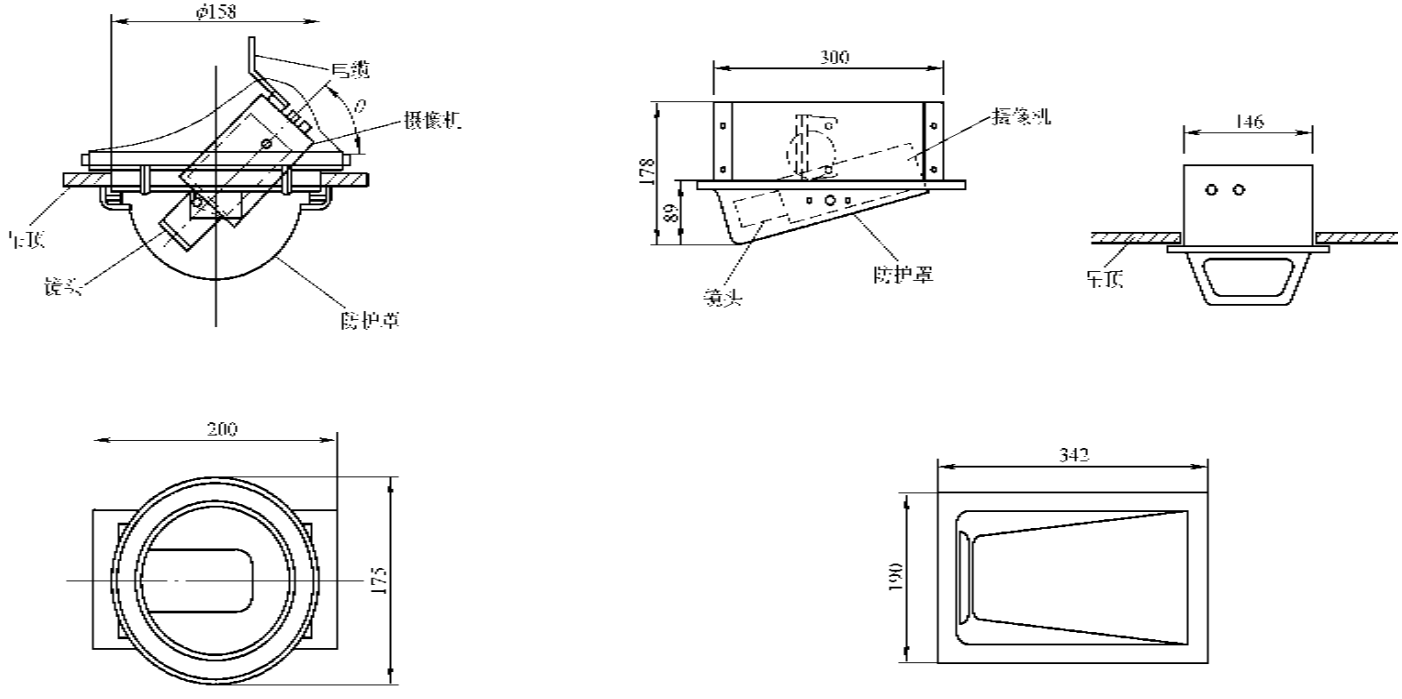
2) 室内摄像机安装高度为 2.5～5m。

3) 监视器吊装高度宜在 2m 以上。

4) 摄像机支架安装可用膨胀螺栓将支架固定在墙、顶棚等处，摄像机安装完可通过支架调整螺栓调整摄像机角度。

图 18-134 摄像机及监视器吊装安装方法

a) 摄像机吊装方法 b) 监视器吊装方法



a)　　b)

安装要求

1) 摄像机在吊顶上嵌入安装后，要使用弓杆固定摄像机。

2) 安装工要与相关专业配合进行吊顶板开孔。

3) 管线要设可使用φ20电线管及接线盒在吊顶内进行，用金属软管与摄像机连接牢，线架分管。

图 18-135　摄像机在吊顶上嵌入安装方法

a)半球形摄像机吊顶上嵌入安装方法　b)楔形摄像机在吊顶上嵌入安装方法

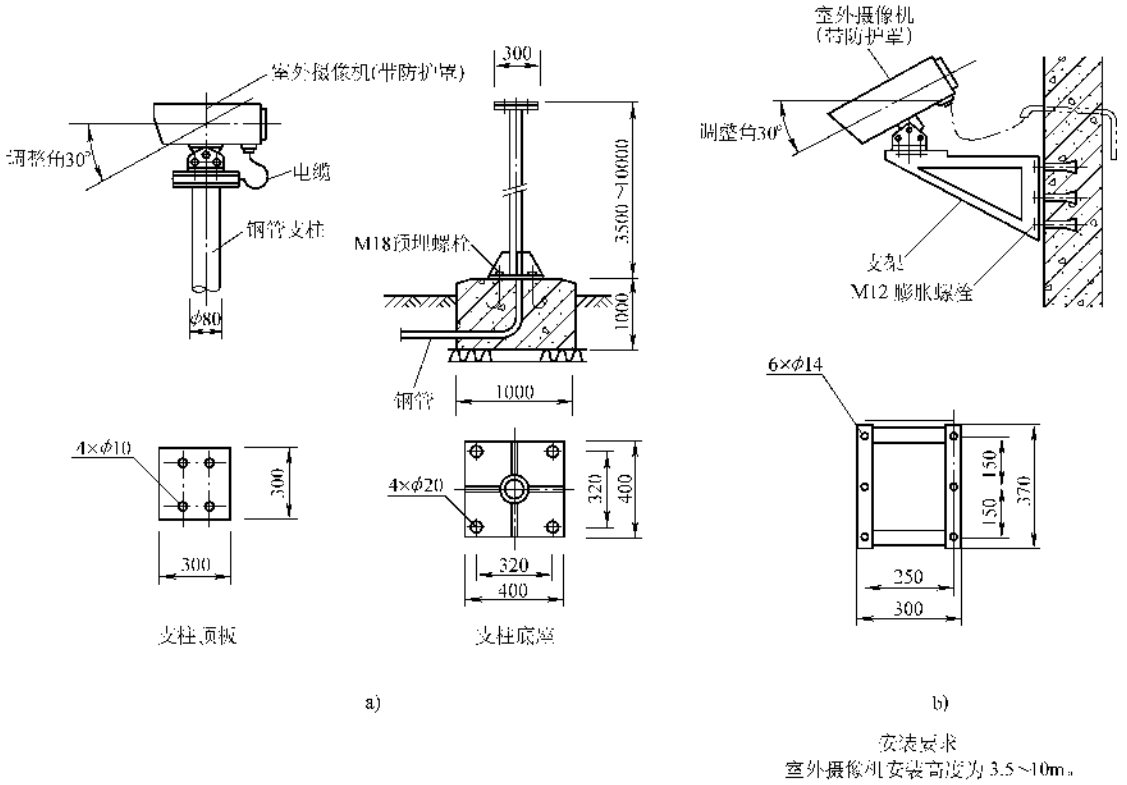


图 18-136 室外摄像机安装方法

a)室外摄像机安装方法(一) b)室外摄像机安装方法(二)

表 18-31 TOA 系列摄像机摇摆头(云台)

名　　称	户外摇摆头	户内摇摆头	户内摇摆头
型号	CC-5530	CC-5520	CC-5510
应用场所	户　　外	户　　内	户　　内
外形尺寸/mm	202(W)×244(H)×301(D)	175(D)×245(H)	120(W)×160(H)×160(D)
电　　源	~24V,50/60Hz	~24V,50/60Hz	~24V,50/60Hz
功率消耗/VA	≤65	≤65	≤15
环境温度/℃	-10~+45	-10~+45	-10~+45
使用载荷/kg	≤15(垂直向前方向)	≤15(垂直向前方向)	≤10(垂直向前方向)
摇摆角度	水平摇角0°~340°可调 垂直摆角:向上30°,向下50°可调	水平摇角0°~340°可调 垂直摆角:向上45°,向下45°可调	水平摇角0°~340°可调 垂直半固定角:向上30°,向下45°
转动速度	水平:3°/s(50Hz) 3.6°/s(60Hz) 垂直:3°/s(50Hz) 3.6°/s(60Hz)	水平:6°/s(50Hz) 7.2°/s(60Hz) 垂直:3°/s(50Hz) 3.6°/s(60Hz)	水平:6°/s(50Hz) 7.2°/s(60Hz)
重量/kg	11	6	2.3

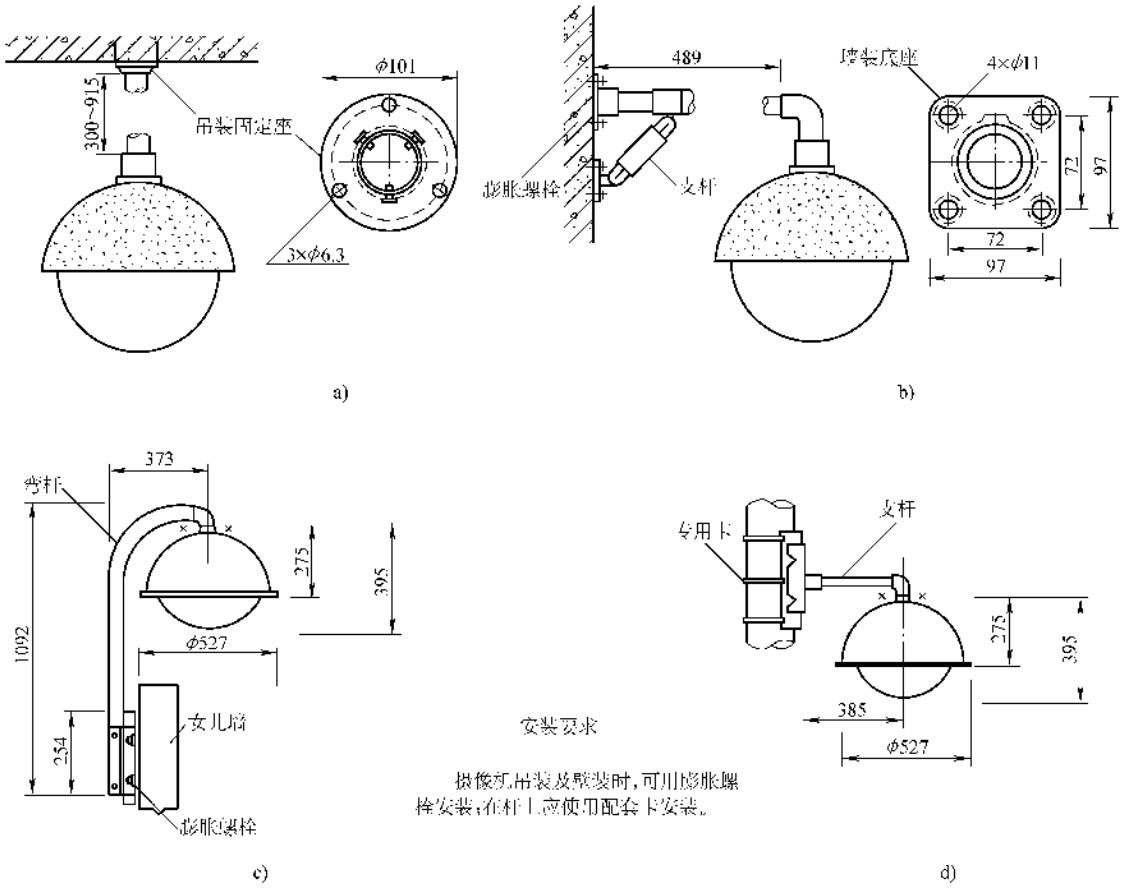


图 18-137　球形摄像机安装方法

a）球形摄像机吊装方法　b）球形摄像机壁装方法　c）球形摄像机弯杆安装方法　d）球形摄像机杆装方法

表 18-32　TOA 系列遥控继电器箱

型号	电源	功率消耗/W	控制输入	控制输出	环境温度/℃	外形尺寸/mm	重量/kg
CC-5120	交流主电源 50/60Hz	135（包括：操作摄像机、移镜变焦距、摇摆头、风扇、加热器和化冰器）	电动摇摆头 水平摇动（左/右/自动） 垂直摆动（上/下） 摄像机外壳 化冰器（合、断） 清扫器（合、断） 摄像机电源 （合、断） 电动移镜（广、远） 焦距（远、近），光圈（正/反）	AC，24V，50/60Hz 供电动摇摆头；摄像机及其箱壳的电源；DC +6V，0.15A 供移镜变焦距装置；供照明	户内，-10 ~ +50	360（W）×300（H）×100（D）	7.5

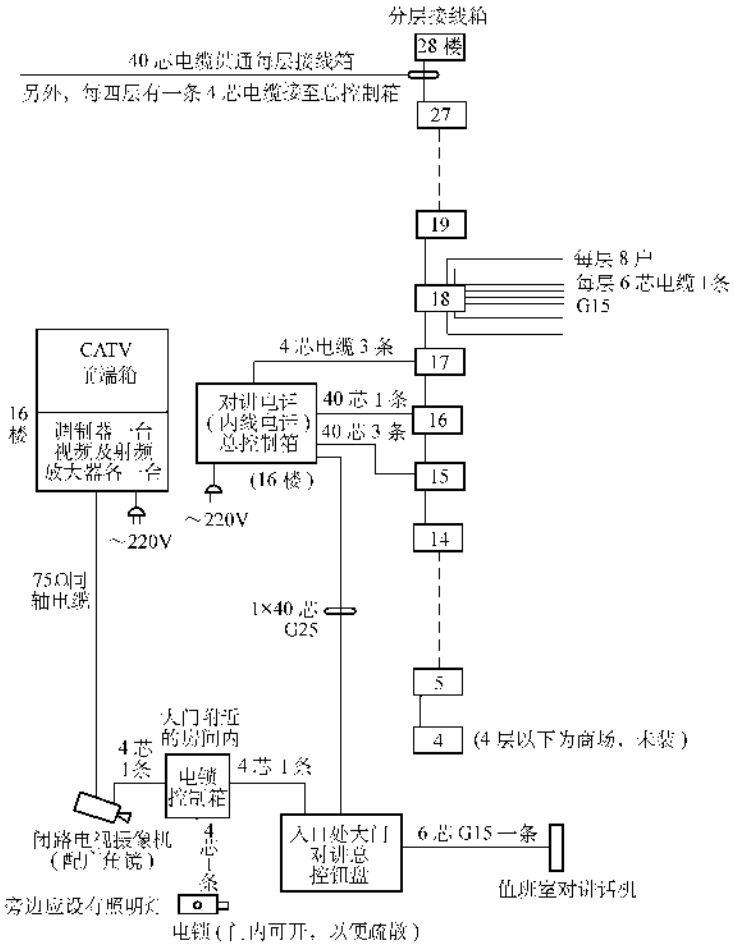


图 18-138　可视—对讲—电门锁保安系统示意图

表 18-33　TOA 系列遥控控制器

型　　号	CC-5010	CC-5110
电源输入 主电源 箱壳电源	AC，24V，50/60Hz（用于电动摇摆头、摄像机和自动移镜变焦距装置）； AC，24V，50/60Hz（用于摄像机箱壳）	全部电源来自遥控继电器箱 CC-5120
控制输出	AC，24V，50/60Hz（用于电动摇摆头，摄像机箱壳和摄像机） DC，±6V，0.15A 用于移镜变焦距装置	提供每一控制的预定输出
控制： 电动摆摇头 摄像机箱壳 摄像机 移镜变焦距	 摇角（左/右/自动）；摆角（上/下） 化冰器（合，断），清扫器（合，断） 合，断 移镜（广/远）；变焦距（远/近），光圈（正/反）	
环境温度/℃	户内 -10 ~ +50	
外形尺寸/mm	420(W)×44.5(H)×253(D)	
质量/kg	3.6	2.3

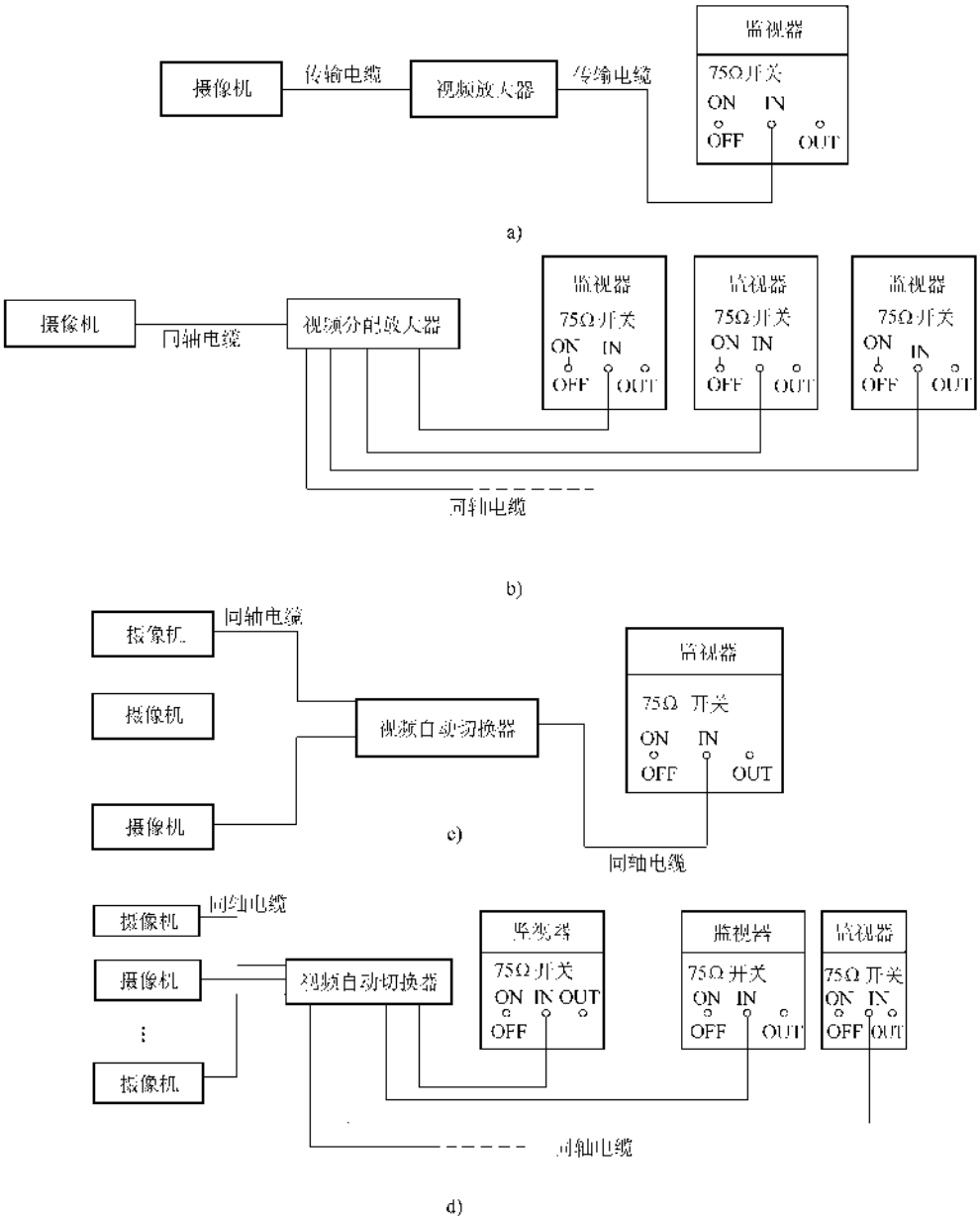


图 18-139　闭路电视的设置方式

a）在一处监视一个目标　b）在多处监视一个目标

c）在一处监视多个目标　d）在多处监视多个目标

表 18-34　TOA 系列摄像机选择器

型　　号	CC-3110	CC-3120	CC-3210	CC-3220
视频输入	6 路	12 路	6 路	12 路
	输入电平：复合视频信号 $1.0V_{(p-p)}$；输入阻抗：75Ω（BNC 连接）			
视频输出	自动输出：复合视频信号 $1.0V_{(p-p)}$（75Ω，BNC 连接） 定点输出：复合视频信号 $1.0V_{(p-p)}$（75Ω，BNC 连接）			

（续）

型　　号	CC-3110	CC-3120	CC-3210	CC-3220
输入选择	使用开关独立选择自动和定点			
频道识别	自动——7 排发光二极管显示 定点——每个频道的发光二极管显示			
摄像机输入			6 路	
			摄像机与选择器之间最大距离约为 1km	
报警时限			约 60s 可调	
报警信号			周期 100ms 间断音响，66dBSPL	
自动切换间隔	内装式计时器，1～30s 可变，也可以由外界信号控制			
遥控	定点/全部（可切换）、时钟周期都可以实现遥控			
环境温度/℃	－10～＋50			
电源	交流主电源　50/60Hz			
外形尺寸/mm	420(W)×44.5(H)×230(D)			
质量/kg	3.4		3.6	3.7

表 18-35　TOA 系列监视器

型　　号	CC-2090	CC-2120	CC-2170
显像管	9″,90°,230BLB4	12″,90°,310JHB4	17″,114°,440MB4
输入阻抗	高阻或 75Ω,利用开关可切换(桥式连接也可以)		
输入信号电平	复合视频信号　$1.0V_{(p-p)}$(0.5～2V)		
扫描频率	水平:15.76kHz,垂直:50Hz;水平:15.625kHz,垂直:50Hz		
解像度	水平(中心):700 线以上,水平(中心):300 线以上		
环境温度/℃	－10～＋45	－10～＋50	－10～＋45
电源	交流主电源,50/60Hz		
功率消耗/W	26	35	65
外形尺寸/mm	218(W)×231(H)×225(D)	307(W)×274(H)×289(D)	410(W)×395(H)×310(D)
质量/kg	5.5	8.5	16

（二）调整试验

1）系统检测：

①　检测内容：

a. 系统功能检测：云台转动，镜头、光圈的调节，调焦、变倍，图像切换，防护罩功能的检测；

b. 图像质量检测：在摄像机的标准照度下进行图像的清晰度及抗干扰能力的检测；

检测方法：按表 18-36 和表 18-37 的规定对图像质量进行主观评价，主观评价不应低于 4 分；抗干扰能力按相关安防视频监控系统技术要求进行检测；

c. 系统整体功能检测：功能检测应包括视频安防监控系统的监控范围、现场设备的接入率及完好率；矩阵监控主机的切换、控制、编程、巡检、记录等功能；

对数字视频录像式监控系统还应检查主机死机记录、图像显示和记录速度、图像质量、对前端设备的控制功能以及通信接口功能、远端联网功能等；

对数字硬盘录像监控系统除检测其记录速度外，还应检测记录的检索、回放等功能；

d. 系统联动功能检测：联动功能检测应包括与出入口管理系统、入侵报警系统、巡更管理系统、停车场（库）管理系统等的联动控制功能；

e. 视频安防监控系统的图像记录保存时间应满足管理要求。

② 摄像机抽检的数量应不低于20%且不少于3台，摄像机数量少于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。

监控电视技术指标、图像评价标准见表18-36和表18-37。

表18-36　监控电视主要技术指标

序号	项目名称	测试频道	主观评测标准
1	系统输出电平（dBμV）	系统内的所有频道	60～80
2	系统载噪比	系统总频道的10%且不少于5个，不足5个全检，且分布于整个工作频段的高、中、低段	无噪波，即无“雪花干扰”
3	载波互调比	系统总频道的10%且不少于5个，不足5个全检，且分布于整个工作频段的高、中、低段	图像中无垂直、倾斜或水平条纹
4	交扰调制比	系统总频道的10%且不少于5个，不足5个全检，且分布于整个工作频段的高、中、低段	图像中无移动、垂直或斜图案，即无“窜台”
5	回波值	系统总频道的10%且不少于5个，不足5个全检，且分布于整个工作频段的高、中、低段	图像中无沿水平方向分布在右边一条或多条轮廓线，即无“重影”
6	色/亮度时延差	系统总频道的10%且不少于5个，不足5个全检，且分布于整个工作频段的高、中、低段	图像中色、亮信息对齐，即无“彩色鬼影”
7	载波交流声	系统总频道的10%且不少于5个，不足5个全检，且分布于整个工作频段的高、中、低段	图像中无上下移动的水平条纹，即无“滚道”现象
8	伴音和调频广播的声音	系统总频道的10%且不少于5个，不足5个全检，且分布于整个工作频段的高、中、低段	无背景噪声，如丝丝声、哼声、蜂鸣声和串音等

表18-37　图像的主观评价标准

等级	图像质量损伤程度
5分	图像上不觉察有损伤或干扰存在
4分	图像上有稍可觉察的损伤或干扰，但不令人讨厌
3分	图像上有明显觉察的损伤或干扰，令人讨厌
2分	图像上损伤或干扰较严重，令人相当讨厌
1分	图像上损伤或干扰极严重，不能观看

2）系统调试

① 调试程序：设备调试（或自检）、分系统调试、系统联调。

② 调试常用设备仪器：万用表、场强仪（用于射频传输系统）、示波器、逻辑笔、小型监视器（用于室外分系统或摄像机的测试）和彩色信号发生器（或方格机）。

③ 调试专用设备：噪声测量仪（用于系统信噪比的测量）、波形监视器（用于系统中心的测试、图像等级评估等）、扫频仪（用于频带宽度的测量）、光纤传输用的专用测试仪等。

④ 单项设备的调试：摄像机电气性能的调试，如电子快门、逆光处理、γ校正、增益控制、ABL调整等。配合镜头的调整，包括后截距的调整；终端解码器的自检；云台转角限位的测定和调试；放大器的调试；视频放大器或射频放大器以及其他一些能独立进行调试的设备、部件的调试或测试。单项设备调试一般应在设备安装前进行，以保证系统调试方便进行。

⑤ 分系统的调试：一个是按其功能或作用划分；另一个是按所在部位或区域划分。分系统的调试主要是传输系统，特别是摄像机路数多、传输距离远的系统。每条线路要分别一一进行通、断、短路测试并做出标记。传输系统在调试中要在传输线上接入“纵向扼流圈”以较好地消除噪声干扰；阻抗不匹配时，会产生高频振荡而严重影响图像质量，应在末端接入线性电阻75Ω时消除。

⑥ 系统调试：系统联调主要环节是供电电源的正确性（不能短路、断路，供电电压要符合设备的要求），其次就是信号线路的连接正确性、极性的正确

性、对应关系的正确性（例如输入、输出的对应关系）。

系统联调顺序：首先开通系统电源，然后依次开通电源控制箱上各分电源开关，使系统进入工作状态。

通过控制主机或控制台选定1#监视器，1#摄像机，在1#监视器上观看到1#摄像机图像。操作控制台显示2#摄像机图像，……依此类推，可把全部摄像机图像浏览一遍，即先支路、后分别，最后总路，与变配电调试程序相同。

从1#摄像机开始，逐台进行摄像机上下左右角度、镜头聚焦和光圈的仔细调整，直到图像清晰，数据精确为止。

⑦ 注意事项：

a. 聚焦时应取下镜头盖，放松定距环固定螺钉；再观察监视器荧光屏，转动定距环直到目的物影像清晰为止；最后，旋紧定距环螺钉，以防止因振动使得定距环转动。

b. 敏感度调整已在出厂前预先设定，一般使用时不需进行调整。若画面过暗或过亮，则可用螺钉旋具转动敏感度控制器，使画面达到理想。

c. 镜头焦点调整时，可装一个ND滤光片，打开光圈，然后再调整焦点。有时调整透镜仍不能聚焦时，则必须调整摄像机背焦。将镜头装在背焦调整环内，使背焦调整环螺钉放松，然后依反时针方向慢慢转动镜头，将镜头聚焦并旋紧螺钉。

d. 调整时，前端设备处人员应与监控室人员及时进行通信联系，以获得最佳的图像质量信号。

e. 带云台和变焦镜头的摄像机，要摇动操作杆，使云台按此对应地转动，再按控制台上的ZOOM、FOCUS、IRIS键分别调节镜头的焦距、聚焦和光圈。

按上述操作步骤，将某摄像机图像显示在其余的各监视器上，检查各监视器的工作是否正常。按操作说明书规定，要将全部摄像机分组显示在所有监视器上，可按自动切换操作键，按下停止操作键，图像停止切换。录像机检查，先自动倒带后自动录像，操作多画面处理器或控制台，按录像机的放像键，实现录像带的重放。

f. 调整时不要急于求成，要从单体元件、设备一一调整开始，直到最后成功。

五、保安防盗报警系统的安装

保安防盗报警系统主要由传感器、控制器、信号传输及控制中心四部分组成，如图18-140所示。

1. 传感报警器

传感报警器的种类很多，主要有开关式、振动式、超声波式、次声式、主动与被动红外式、微波式、激光式、视频运动式、复合式等。常用传感报警器的比较见表18-38和表18-39。

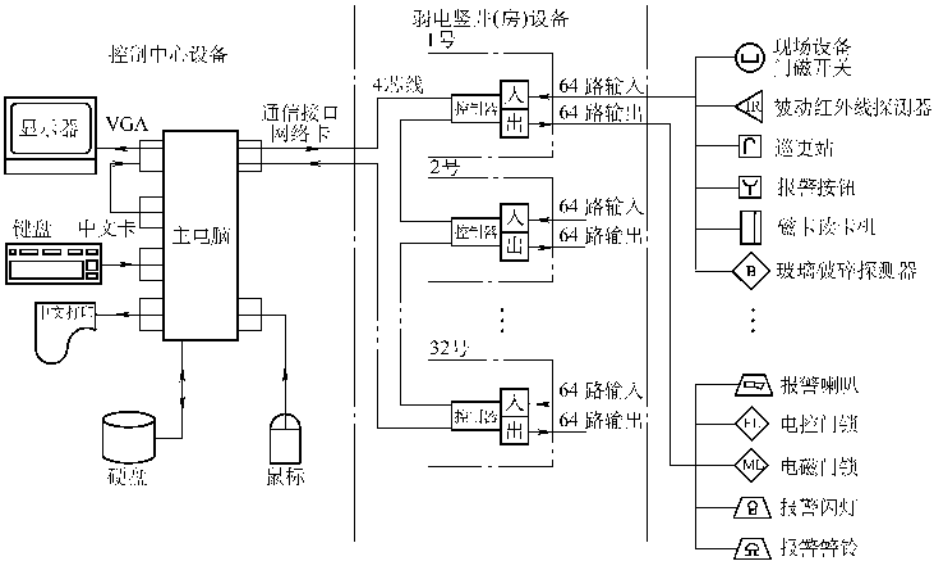


图18-140 保安防盗报警系统图

表 18-38　各种防盗报警器的工作特点

报警器名称		警戒功能	工作场所	主要特点	适于工作的环境及条件	不适于工作的环境及条件
微波	多普勒式	空间	室内	隐蔽，功耗小，穿透力强	可在热源、光源、流动空气的环境中正常工作	机械振动，有抖动摇摆物体、电磁反射物、电磁干扰
	阻挡式	点、线	室内、外	与运动物体速度无关	室外全天候工作，适于远距离直线周界警戒	收发之间视线内不得有障碍物或运动、摆动物体

表 18-39　三种入侵探测器对于环境因素的要求

环境因素	红　外	微　波	超　声　波
振　动	尚　可	不　行	尚　可
门、窗的晃动	尚　可	不　行	注意安装位置
水在塑料管中流动	可	靠近不行	可
小动物的活动	靠近不行，但可改变指向或用挡光片	靠近不行	靠近不行
在薄墙或玻璃外侧活动	可	注意安装位置	可
通风口或空气流	温度较高的热对流不行	可	注意安装位置
阳光、车大灯	注意安装位置	可	可
加热器	注意安装位置	可	极少不行
运转的机械	尚可	注意安装位置	注意安装位置
雷达干扰	尚可	靠近不行	极少不行
荧 光 灯	可	靠近不行	可
温度变化	不行	可	不太行
湿度变化	可	可	不行
无线电干扰	严重时不行	严重时不行	严重时不行

2. 传感报警器的安装及注意事项

（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（包括发射器和接受器）安装方法如图 18-141 所示。

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）

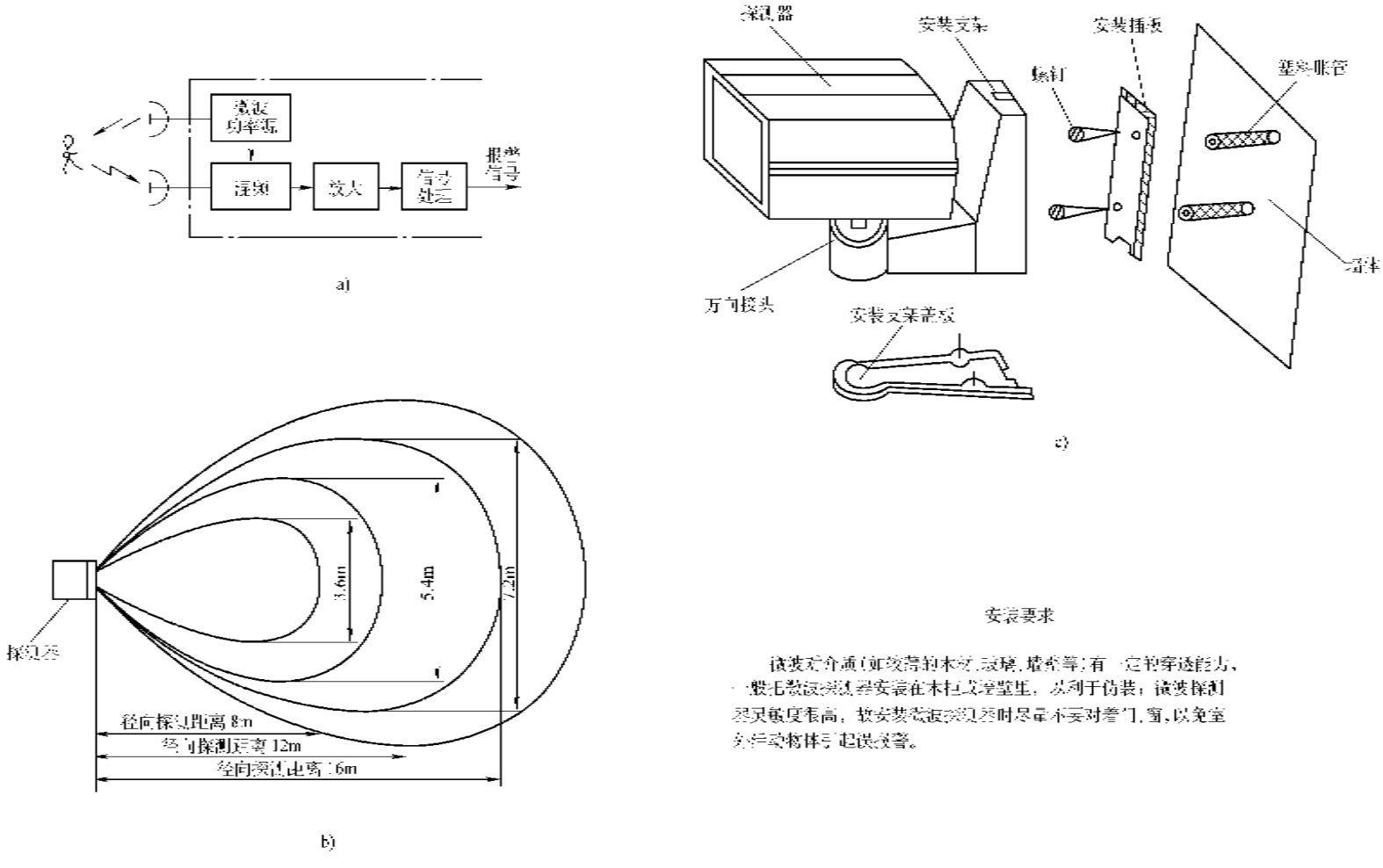
1）发射器和接收器对直放置安装。

2）主动式红外报警器布置方式如图 18-142～图 18-146 所示。

（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、窗户口的墙壁上，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、空调器出风口、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。

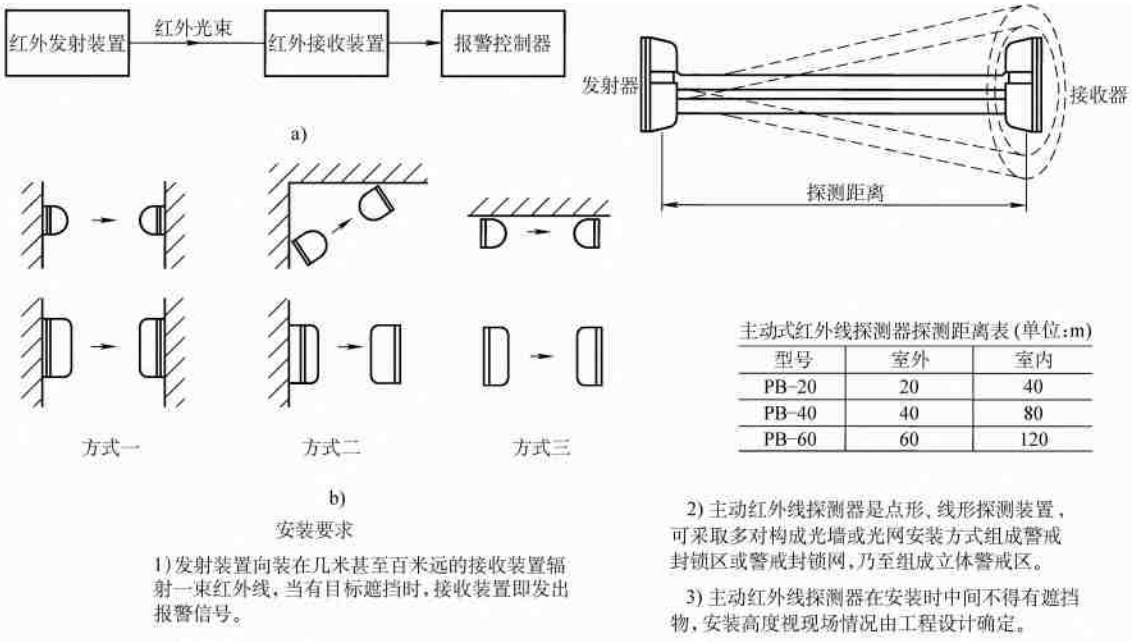


安装要求

微波穿透介质(如玻璃、塑料、木板、墙壁、墙壁等)有一定的穿透能力，一般无需将探测器安装在木柜或墙壁里，以利于伪装；微波探测器灵敏度很高，故安装微波探测器时尽量不要对着门、窗，以免室外行人或物体引起误报警。

图 18-141　微波探测器安装方法

a)微波探测器方框图　b)微波探测区域图(TC-8 型)　c)微波探测器安装方法



主动式红外线探测器探测距离表(单位:m)

型号	室外	室内
PB-20	20	40
PB-40	40	80
PB-60	60	120

图 18-142　主动式红外线探测器安装方法

a）主动式红外线探测器的组成　b）主动式红外线探测器安装位置示意图

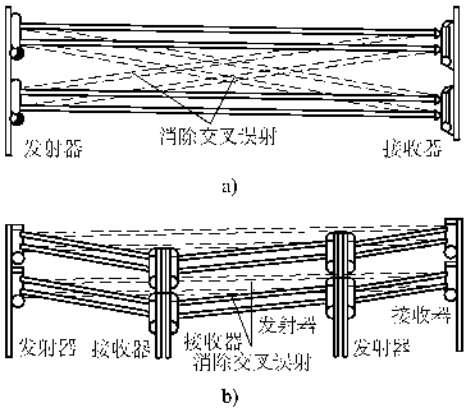


图 18-143　双光束主动式红外探测器的防范布局方式

a）射束层叠使用法　b）长距离使用法

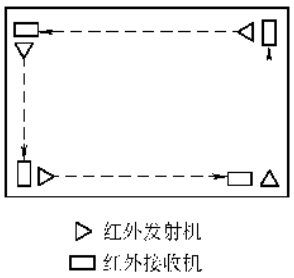


图 18-144　四组红外收、发机构成的周界警戒线

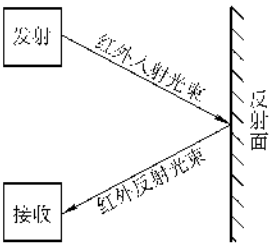


图 18-145　反射型安装方式

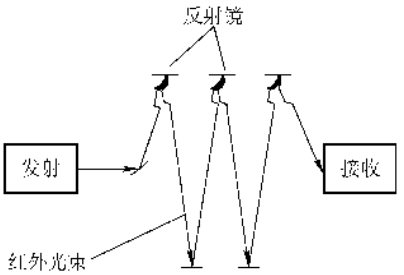


图 18-146　利用反射型安装方式所形成的红外警戒网

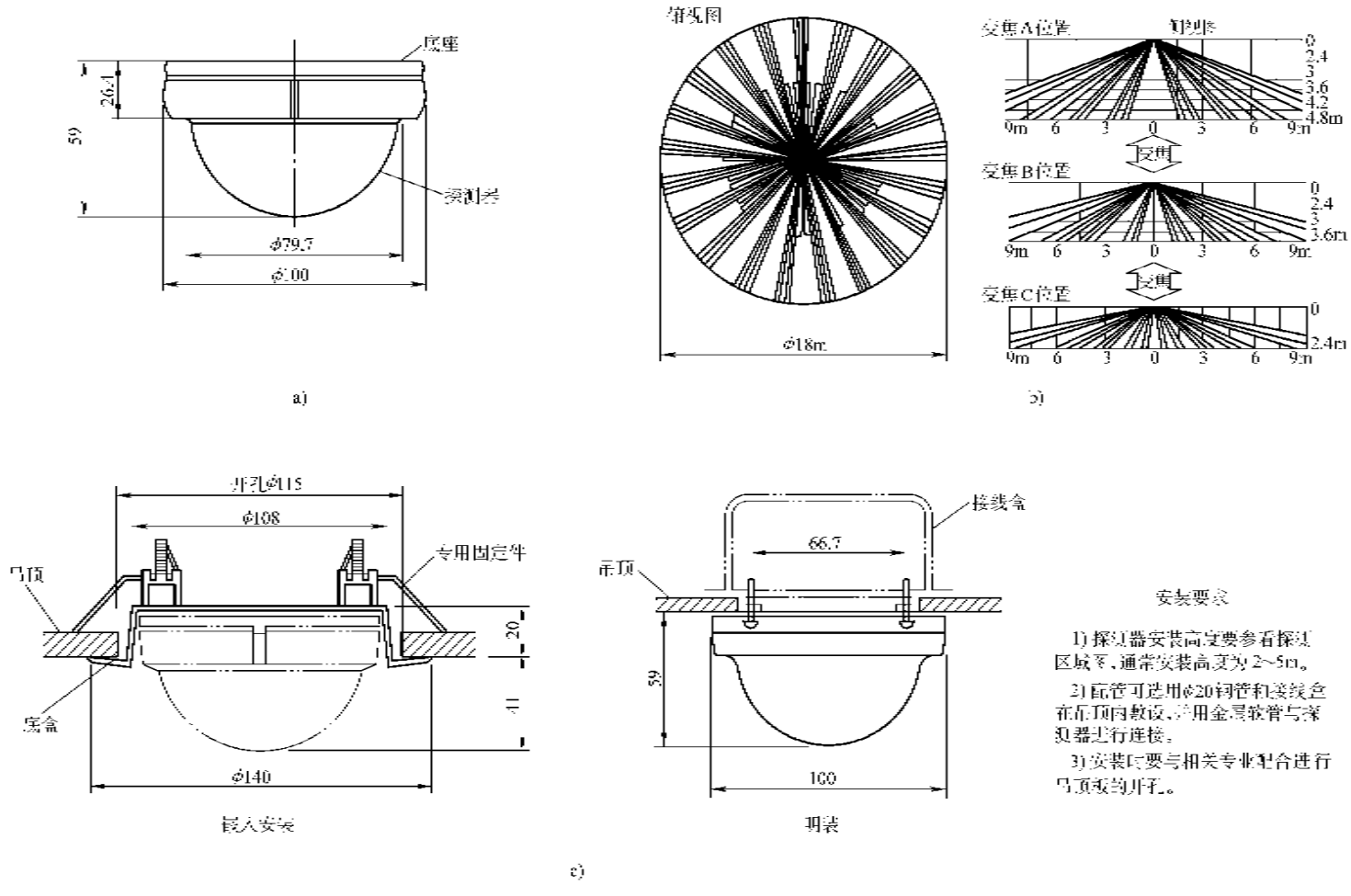


图 18-147　被动红外线探测器安装方法

a)顶装被动红外线探测器规格尺寸　b)顶装被动红外线探测器探测区域图(SX-360Z)　c)顶装被动红外线探测器安装方法

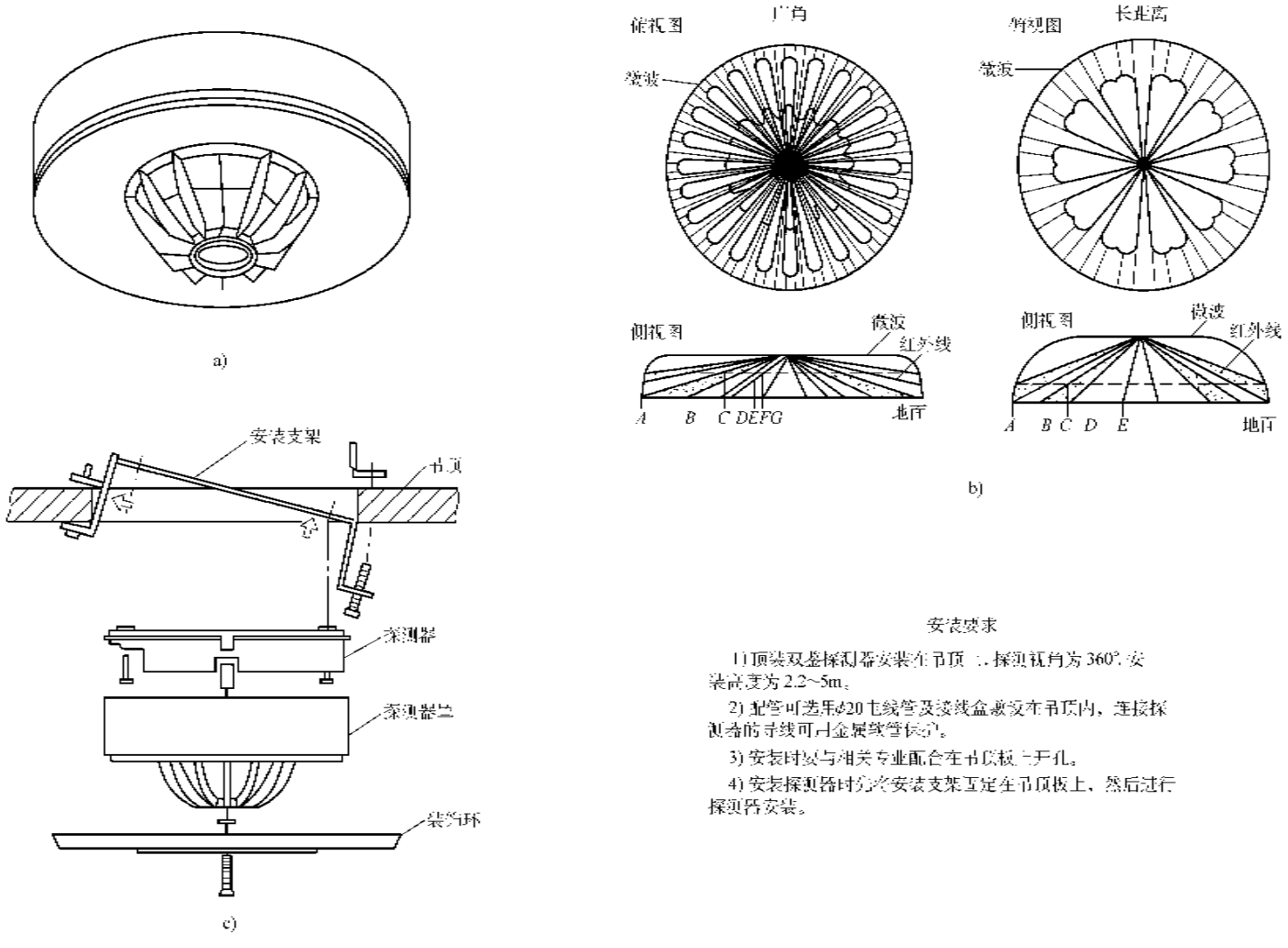


图 18-148　微粒/被动红外线双鉴探测器安装方法

a) 顶装双鉴探测器　b) 顶装双鉴探测器探测区域图　c) 顶装双鉴探测器安装方法

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）探测器的安装如图 18-147 ~ 图 18-149 所示，安装时，先将底座固定，再将电路板放回原位，其中 +、-端接电源，另外报警回路两个端子，反破坏回路两个端子。

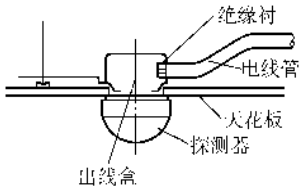


图 18-149　探测器安装图

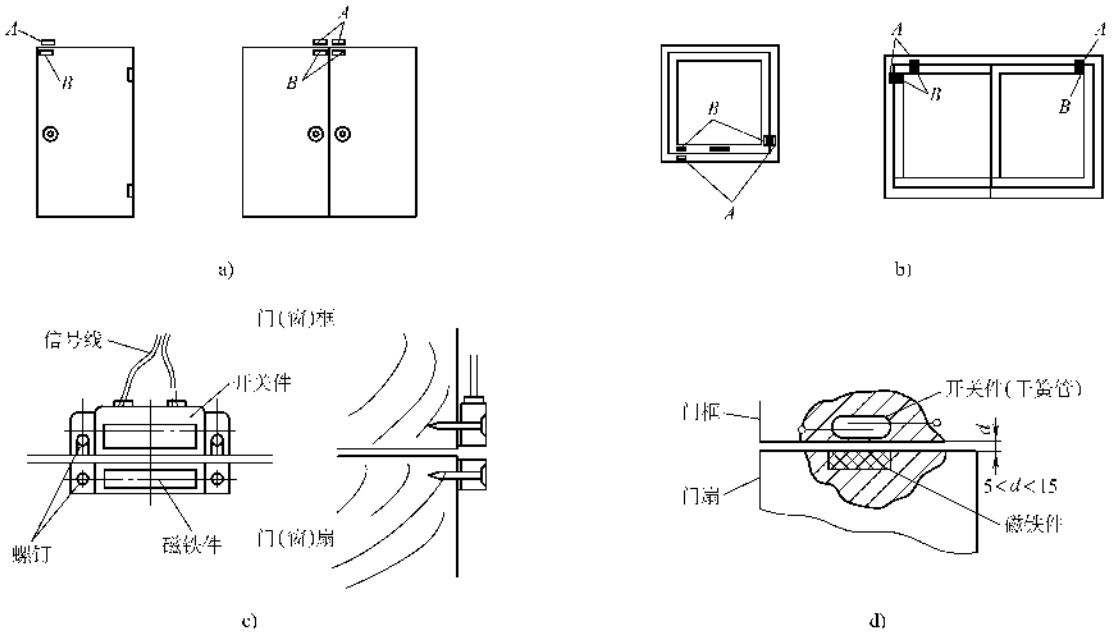


图 18-150　磁控开关安装方法

a）磁控开关在门上安装位置示意图　b）磁控开关在窗上安装位置示意图

c）明装磁控开关安装方法　d）磁控开关安装大样图

（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）它是一副开关接点，可接通线路。

1）磁控开关可将干簧管固定在门框或窗框上，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，安装方法如图 18-150 所示。

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。

详见图 18-151。

（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。

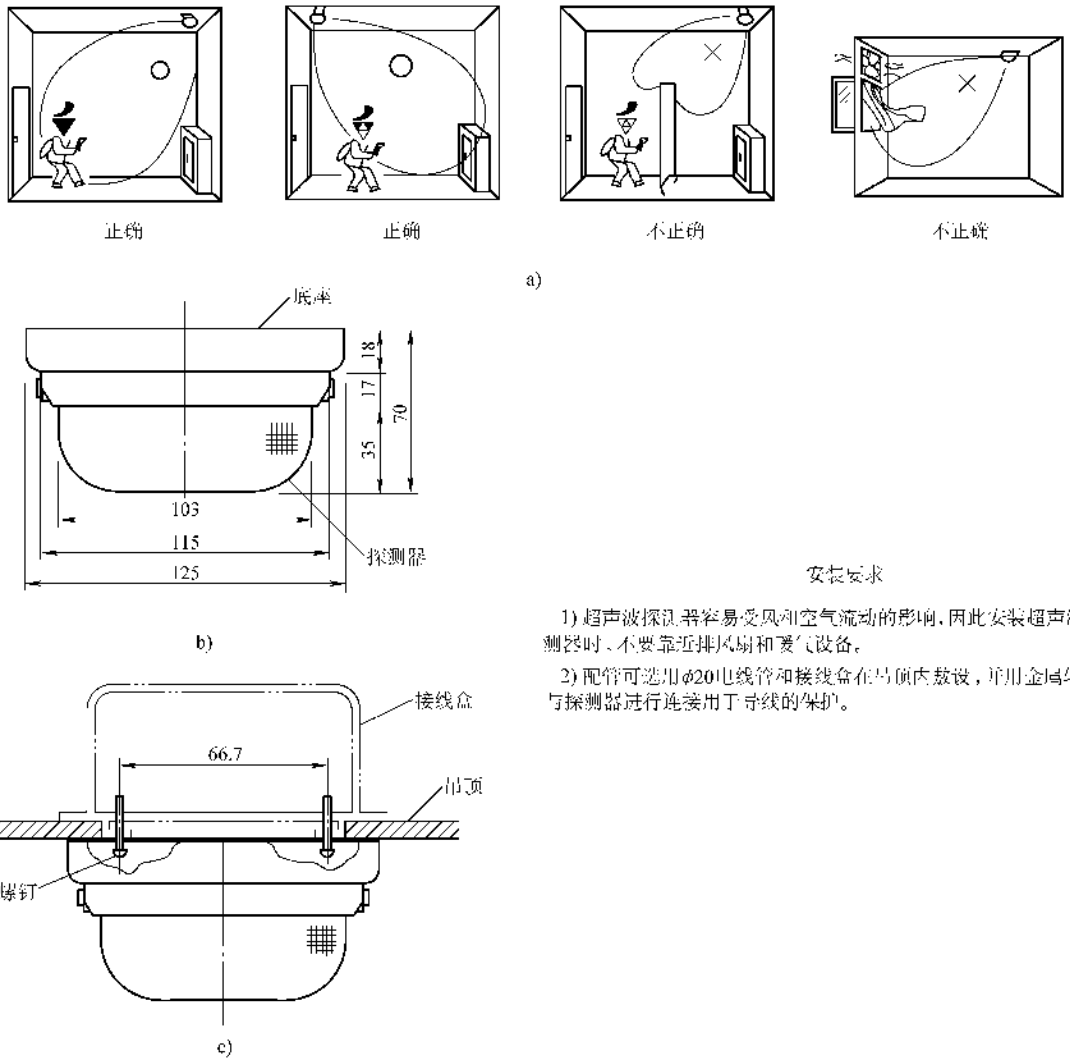
（8）振动报警器（包括振动传感器和控制器）

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：测试前先将振动入侵探测器放在窗台上或不易振动的地方，在测试时，万用表的表笔不要直接接触探测器，应与引出线串接。检查前先将 DC +12V、地线一、信号开关 NC、C 四根线

引出壳外按图接好（见图 18-152），再将电源打开，振动入侵灵敏度指示灯闪烁 3s 后自动熄灭，这时万用表（$R \times 1k\Omega$）电阻 $R=0$。轻轻敲击探测器周围时，灵敏度灯应闪烁，万用表（$R \times 1k\Omega$）电阻 $=\infty$，过 3s 后灵敏度指示灯灭，万用表电阻 $R=0$ 则测试正常。



安装要求

1) 超声波探测器容易受风和空气流动的影响，因此安装超声波探测器时，不要靠近排风扇和暖气设备。

2) 配管可选用φ20电线管和接线盒在吊顶内敷设，并用金属软管与探测器进行连接用于导线的保护。

图 18-151　超声波探测器安装方法

a）超声波探测器安装示意图　b）超声波探测器规格尺寸　c）超声波探测器安装方法

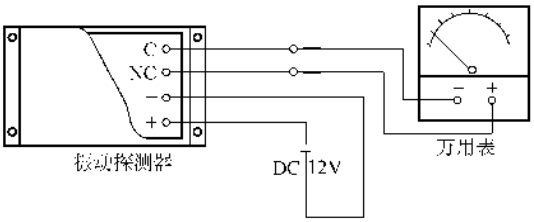


图 18-152　振动探测器检测试验接线图

振动入侵探测器的灵敏度在出厂时已基本调好，只需适当微调。测试检查正常工作后应检查它的控制范围。一般是以振动入侵探测器为中心（必须放在不易振动的地方），每隔 3～4m 按上述实验方式敲打墙壁 2～3 次，应报警。报警后再继续扩大范围，重复试验，若发现控制范围小，可将灵敏度钮顺时针旋微量。若控制范围大，可将灵敏度逆时针旋微量，调到用户满意为止。一般情况下，调到行人走路、汽车在 3m 之外驶过不报警即可。

测试完后，将线与报警控制器（或电视监控）连接起来，送电试验，检查报警器是否正常。经 72h 观察，若发现偶尔有误报，可将灵敏度稍微调低一

点，再观察几天，至正常为止。

（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）。

3. 防盗报警系统的安装

防盗报警系统是将各类传感器的信号进行处理或解码，然后发出报警信号。其具体安装、线缆敷设同前。

4. 安装注意事项

安装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，如图18-153所示。

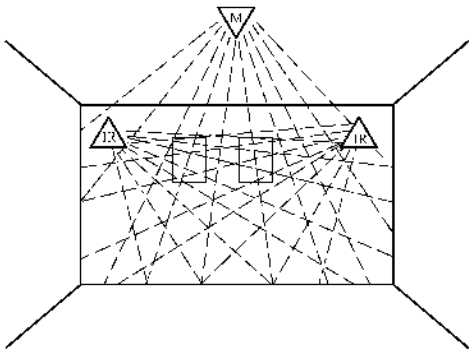


图18-153　交叉保护图例

在该图中，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。

5. 自动门的安装

自动门是由机械部分及电气控制部分组成的，安装时应配合机械安装人员进行，所有电控元件、电缆均为隐蔽暗装。

通常在自动门内侧附近的房间内装设一只微型电源开关，并从开关的下侧暗设管路至自动门的上方电机及齿轮箱处，开关上方应引至电源箱处。所用的电气元件应检测试验且合格。这个微型开关实际上是一个状态传感器，除了控制门的状态外，主要的是将这个状态信号传输到控制中心，以便记录和监控。

自动门的安装及接线应按产品说明书进行，并于现场配合其他工种作业。安装及接线基本要求同动力电路。

6. 入侵报警系统（包括周界入侵报警系统）

入侵报警系统的安装基本同前，检测试验应注意以下几点：

（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。

六、出入监控系统安装要点

出入监控系统主要由读卡机、打印机、中央控制器、卡片、报警及监控设备组成，其管线设置、设备安装基本同前。

（一）感应式读卡出入监控系统安装要点

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。

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18-40确定。安装系统图如图18-154所示。

表18-40　线材规格比较

电流选择	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。

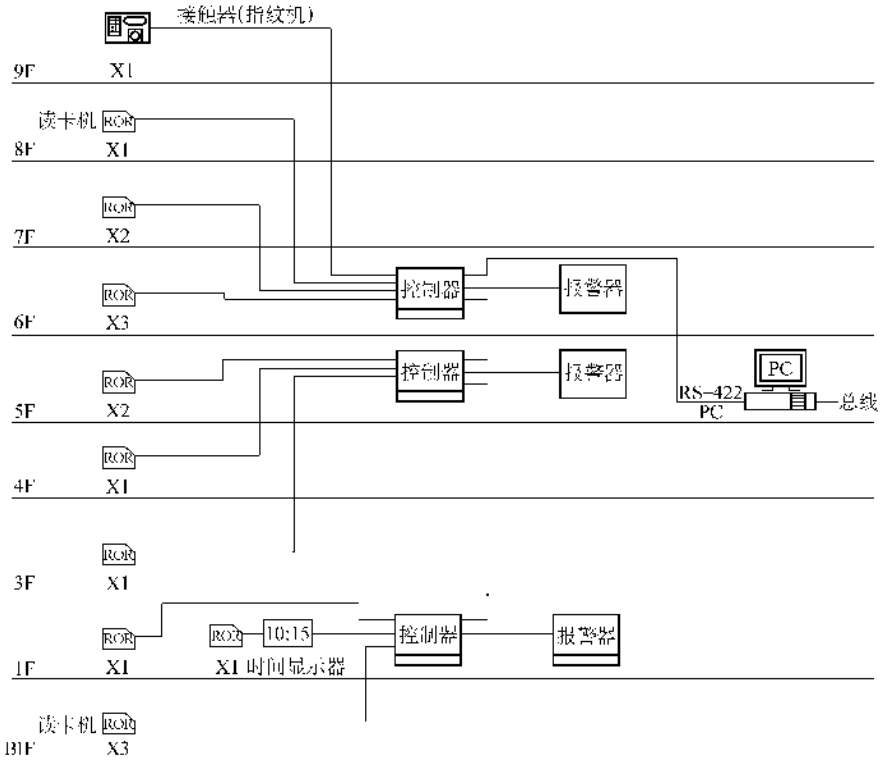


图18-154　出入监控安装系统图

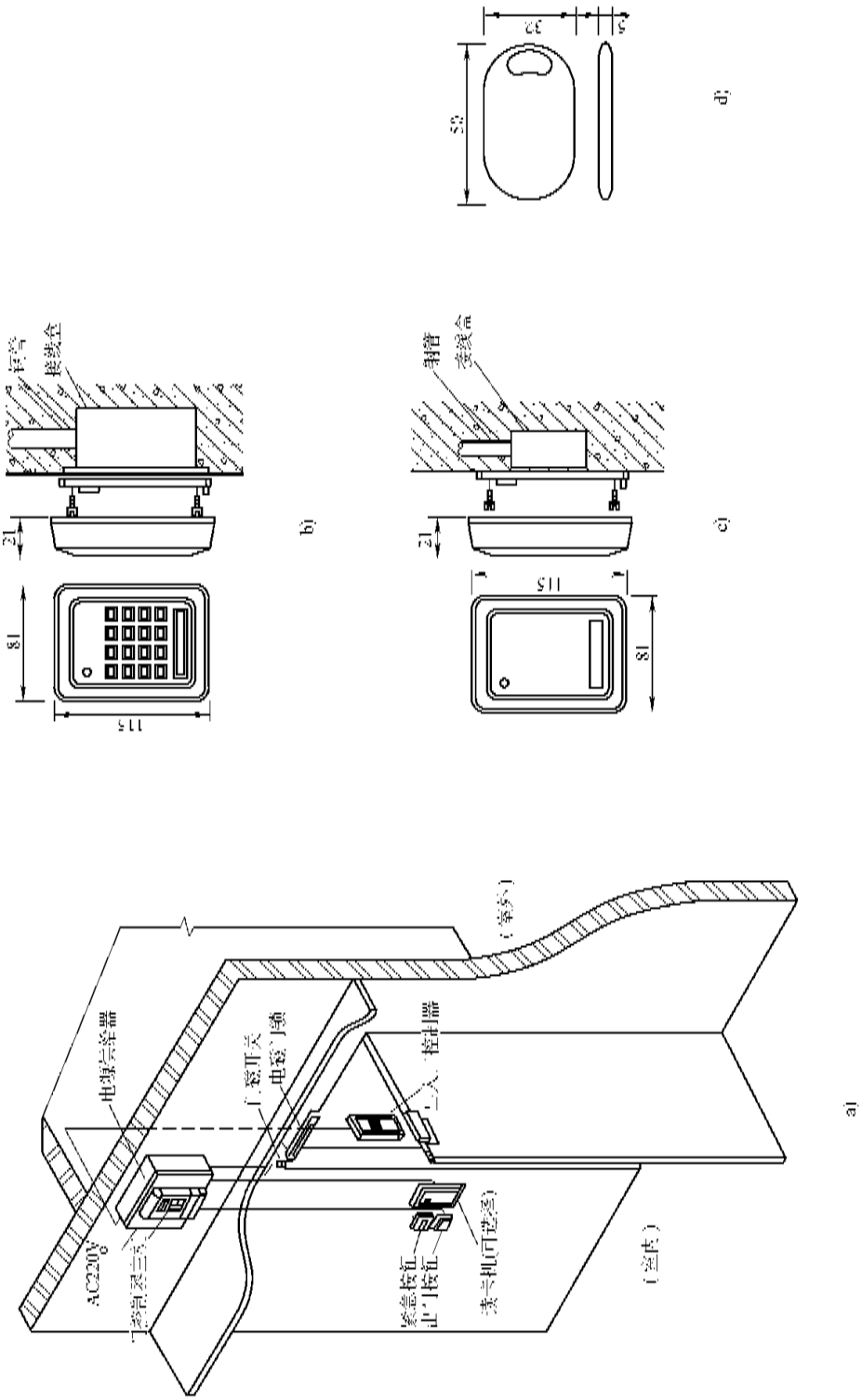
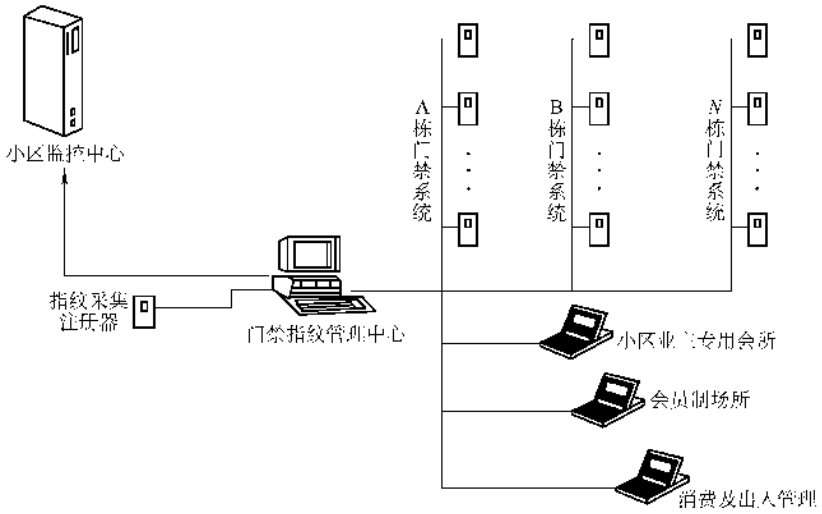
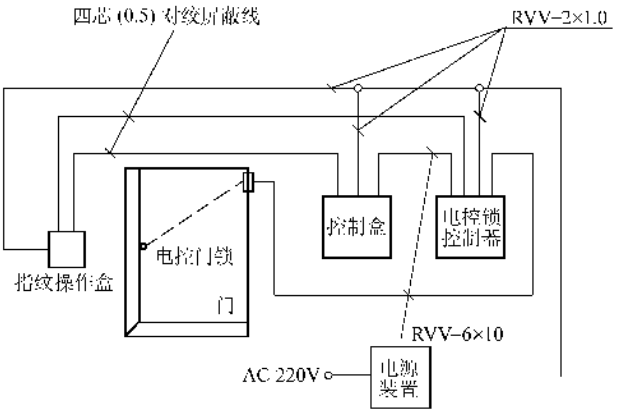


图 18-155 非接触式读卡门禁系统设备布置图及安装方法

a) 非接触式读卡门禁系统设备布置图 b) 出入口控制器安装方法 c) 读卡机安装方法 d) 钥匙卡标签



a)



b)

图 18-156　活体指纹识别门禁及监控系统

a）小区活体指纹识别门禁及监控系统图　b）活体指纹识别门禁系统图

4）非接触式读卡门禁系统设备布置及安装方法如图 18-155 所示。

5）活体指纹识别门禁及监控系统如图 18-156 所示，具体安装方法同前。

6）智能建筑保安与门禁系统如图 18-157 所示，具体安装方法同前。

（二）出入口控制（门禁）系统的检测

1. 检测内容

（1）出入口控制（门禁）系统的功能检测

1）系统主机在离线的情况下，出入口（门禁）控制器独立工作的准确性、实时性和储存信息的功能；

2）系统主机对出入口（门禁）控制器在线控制时，出入口（门禁）控制器工作的准确性、实时性和储存信息的功能，以及出入口（门禁）控制器和系统主机之间的信息传输功能；

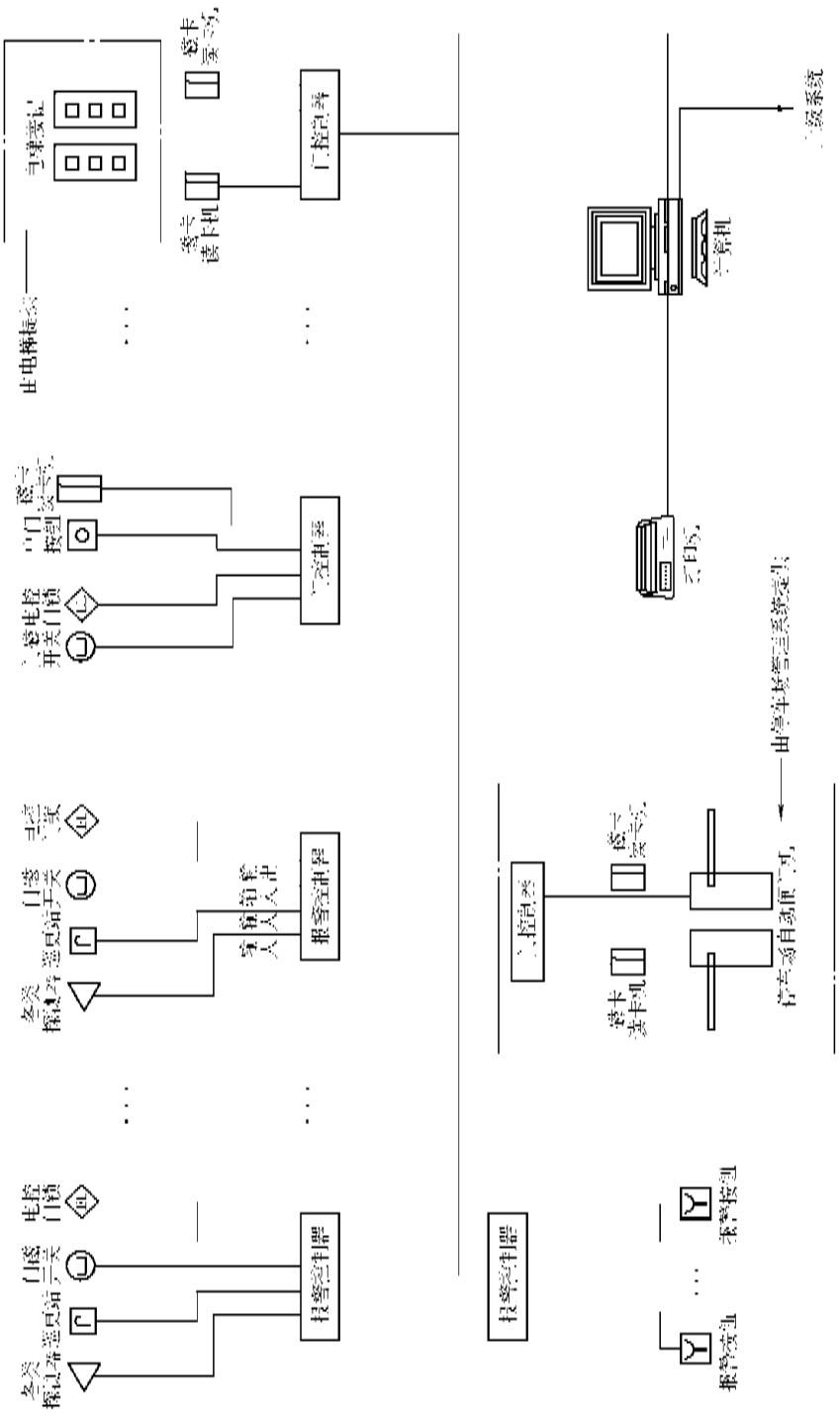


图 18-157 智能建筑保安与门禁系统

3）检测掉电后，系统启用备用电源应急工作的准确性、实时性和信息的存储和恢复能力；

4）通过系统主机、出入口（门禁）控制器及其他控制终端，实时监控出入控制点的人员状况；

5）系统对非法强行入侵及时报警的能力；

6）检测本系统与消防系统报警时的联动功能；

7）现场设备的接入率及完好率测试；

8）出入口管理系统的数据存储记录保存时间应满足管理要求。

（2）系统的软件检测

1）演示软件的所有功能，以证明软件功能与任务书或合同书要求一致；

2）根据需求说明书中规定的性能要求，包括时间、适应性、稳定性等以及图形化界面友好程度，对软件逐项进行测试；对软件的检测按本章第一节软件产品质量检查中的要求执行；

3）对软件系统操作的安全性进行测试，如系统操作人员的分级授权、系统操作人员操作信息的存储记录等；

4）在软件测试的基础上，对被验收的软件进行综合评审，给出综合评审结论，包括软件设计与需求的一致性、程序与软件设计的一致性、文档（含软件培训、教材和说明书）描述与程序的一致性、完整性、准确性和标准化程度等。

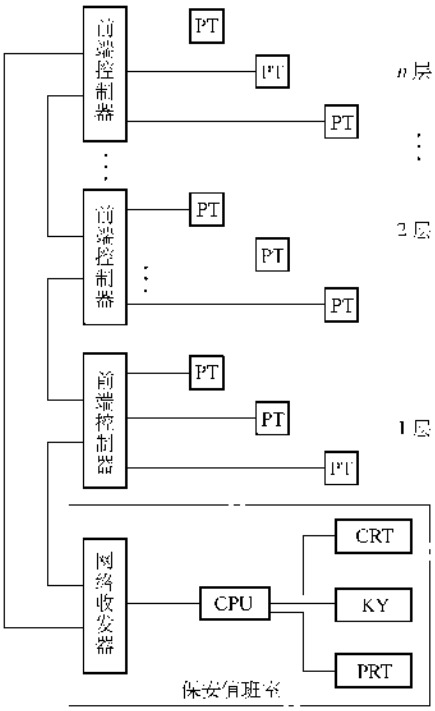
2. 出/入口控制器检测

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。

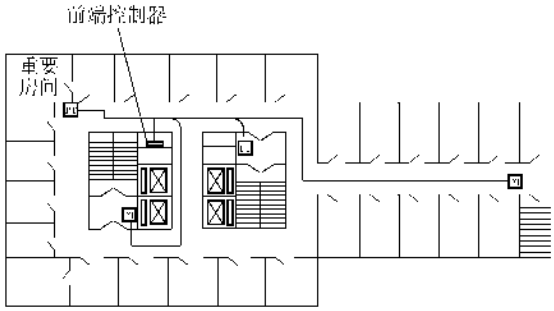
七、电子巡更系统安装要点

（一）有线巡更系统

有线巡更系统一般由计算机、网络收发器、前端控制器、巡更点等设备组成。保安人员到达巡更点并触发巡更点开关PT，巡更点将信号通过前端控制器及网络收发器送到计算机。该系统图及巡更点设置如图18-158所示。



a)



b)

图18-158　有线巡更系统图及巡更点设置示意图

a）系统图　b）巡更点设置示意图

有线巡更系统的安装基本与前述相同，若采用综合布线系统则更有利于设备、元件的安装，但必须做到设备、元件要进行检试试验，杜绝伪劣产品；接线必须正确。系统调试时要先模拟测试，一切正常后再投入运行。

（二）无线巡更系统

无线巡更系统一般由计算机、传送单元、手持读取器、编码片等设备组成。编码模块安装在巡更点处代替巡更点，保安人员巡更时手持读取器读取巡更点上编码模块资料，巡更结束后将手持读取器插入传送单元，使其存储的所有信息输入到计算机，记录各种巡更信息并可打印各种巡更记录。

无线巡更系统的安装同样与前述相同，不同的是其布线较少，系统主要取决于设备、元件的可靠性和准确性。因此，设备、元件的检测是安装中的关键，其他同有线巡更系统。

（三）巡更管理系统的检测

1. 检测内容

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。

2. 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。

八、停车场管理系统安装要点

停车场管理系统由车辆出入检测控制、车位车满显示管理和计时收费管理三部分组成。管线敷设、设备元件安装基本同前。

（一）停车场管理系统安装要点

停车场管理系统总体布置如图18-159所示。

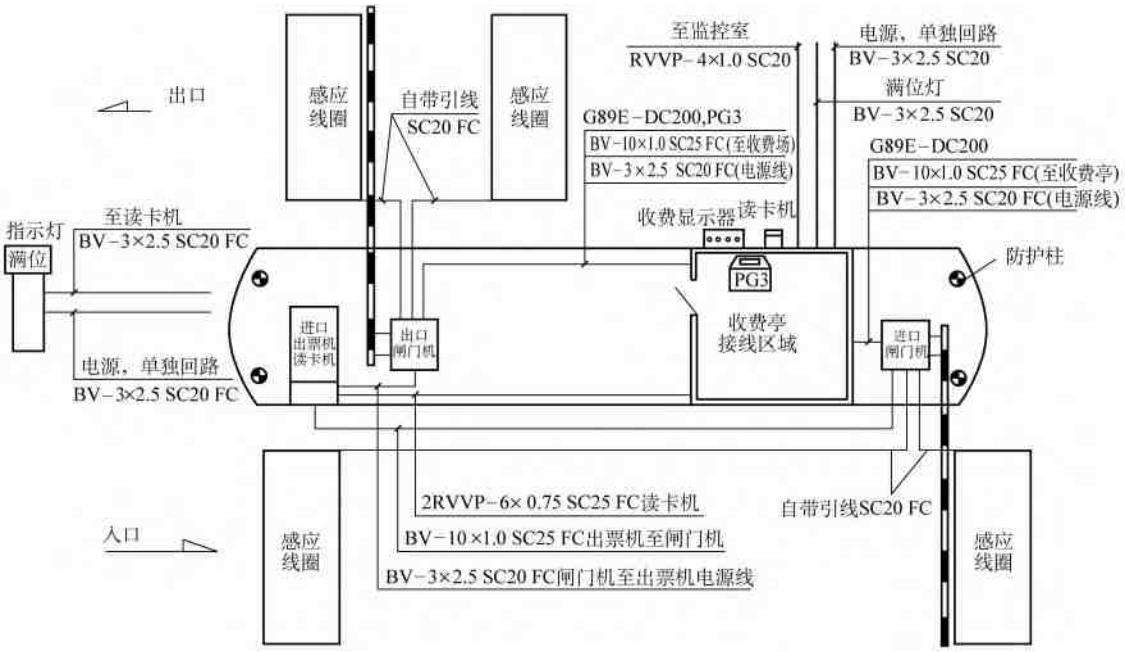


图18-159 停车场管理系统总体布置图

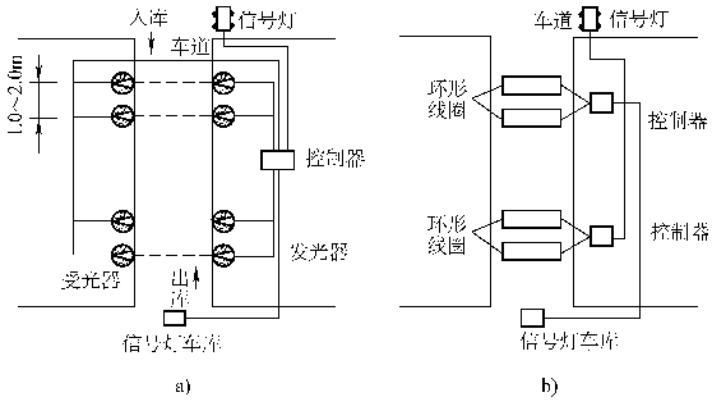


图 18-160　检测出入车辆的两种方式

a）红外光电方式　b）环形感应线圈方式

1. 车辆出入检测控制装置

检测方式有两种，光电检测（红外线检测）方式和环形感应线圈方式，如图 18-160 所示。

如图 18-160a 所示，在水平方向上相对设置红外收、发装置，当车辆通过时，红外光线被遮断，接收端即发出检测信号。

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，其安装如图 18-161 所示。

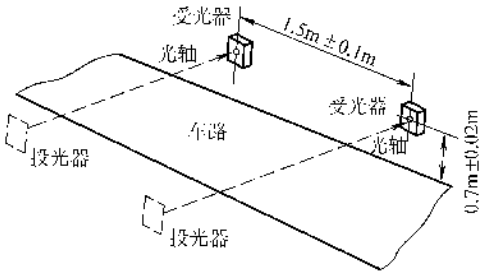


图 18-161　红外光电式检测器的安装

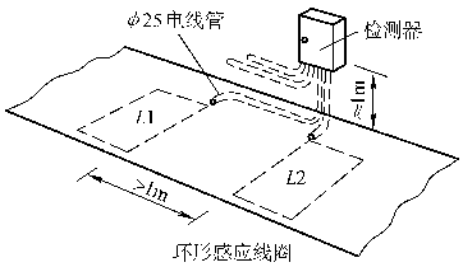


图 18-162　环形感应线圈的布置

环形感应线圈方式如图 18-160b 所示，使用电缆或绝缘电线做成环形，埋在车路地下检测信号。在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）。环形线圈的布置如图 18-162 所示，安装时应注意以下几点：

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。

具体安装方法如图 18-163 所示。

6）自动闸门机安装如图 18-164 所示。

①　闸门机边上可安装防护柱进行保护，防护柱可用 φ100 钢管制成，外涂黄黑色油漆。

②　车道宽度大于 6m 时，可在两侧同时安装两台闸门机。

③　当车道的高度低于栏杆的抬起高度时，应选用折杆式闸门机。

2. 信号控制装置

信号灯控制装置按车辆检测方式和不同进出口形

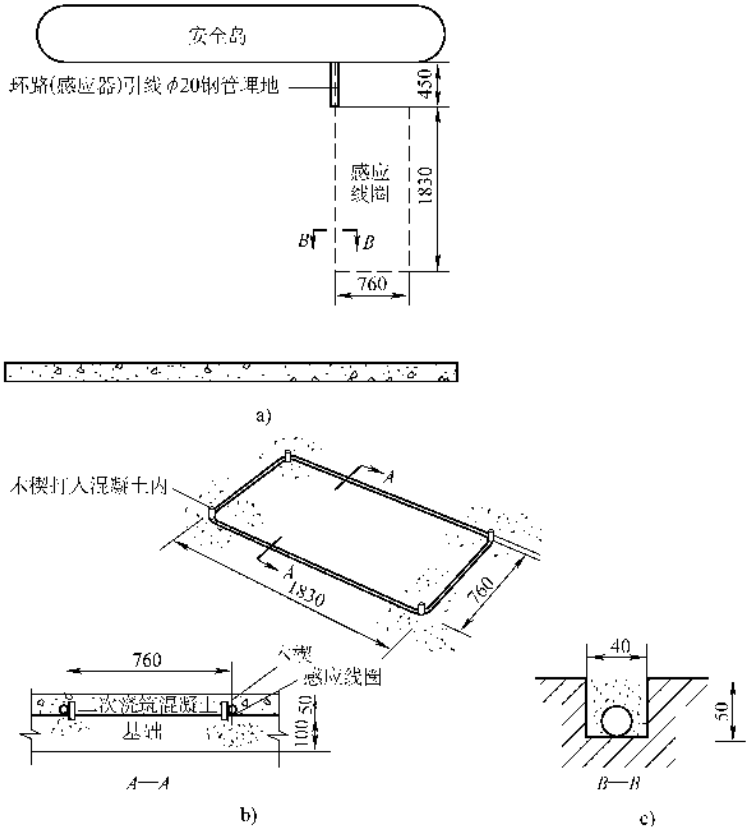


图 18-163 感应线圈安装方法

a）感应线圈布置图 b）感应线圈安装方法一（木楔固定法） c）感应线圈安装方法二（开槽固定法）

式，有多种组合方式，这里仅举两例，如图 18-165 和图 18-166 所示。

1）出入不同口时环形线圈检测方式，如图 18-165 所示，通过环形线圈 L1 使灯 S1 动作；通过线圈 L2 使灯 S2 动作。

2）出入不同口时红外线检测方式如图 18-166 所示，车进来时，D1 动作并点亮 S1 灯；车出去时，D2 动作并点亮 S2 灯。

3）安装时要注意信号灯与环形线圈或红外装置的距离大于 5m，一般为 10～15m。

3. 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。

满位指示灯安装如图 18-167 所示，并注意以下两点：

1）在停车场入口处可设置满位指示灯，当停车场车位满时，满位指示灯点亮。满位指示灯与计算机管理系统及车辆计数器连接。

2）满位指示灯为全天候运行带遮阳罩，在土建施工时，应预埋电气配管。壁装时安装高度在 2.2m 以上，可用膨胀螺栓固定。

4. 计时收费装置

计时收费装置与读卡进/出有关，并与微机联网，微机及时显示停泊时间和收费情况，并打印计费单。

1）读卡机安装 如图 18-168 所示。

2）自动出票机安装 如图 18-169 所示。

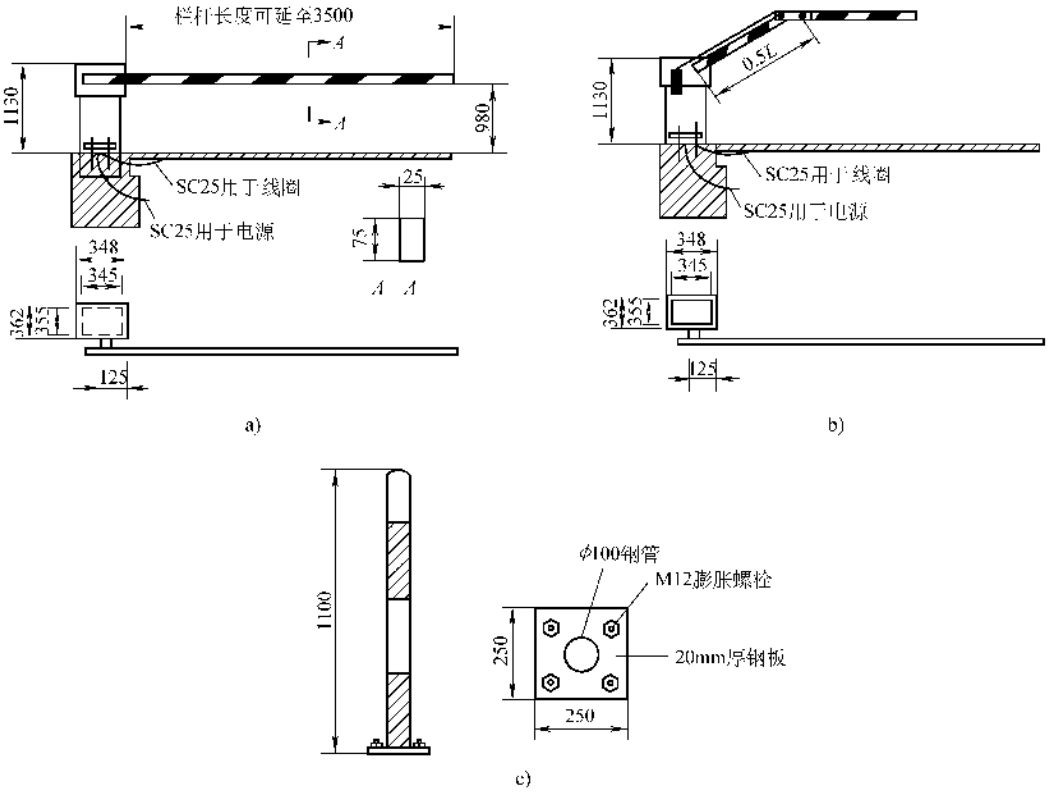


图 18-164　自动闸门机安装方法

a）直杆式自动闸门机安装方法　b）折杆式自动闸门机安装方法　c）防护柱安装方法

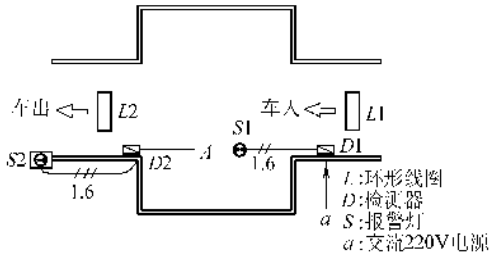


图 18-165　信号灯控制出入不同口时以环形线圈管理车辆进出

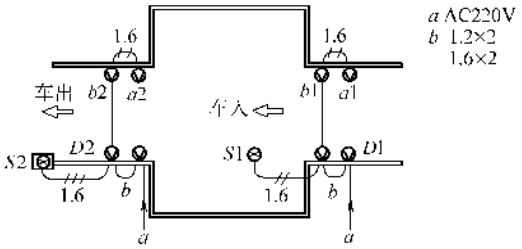


图 18-166　信号灯控制出入不同口时以光电眼管理车辆进出

（二）停车场（库）管理系统的检测

1. 检测内容

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；

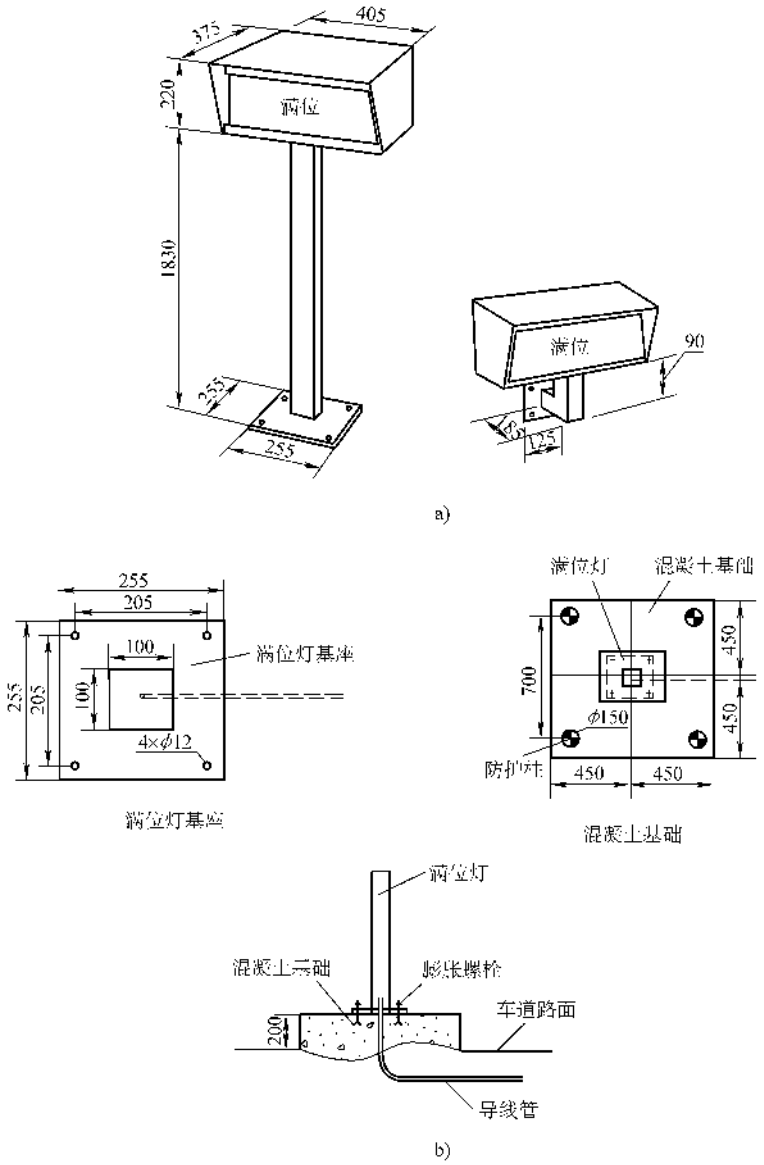


图 18-167 满位指示灯安装方法

a）满位指示灯规格尺寸 b）满位指示灯安装方法

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。

2. 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。

九、保安集中监控系统的安装

保安集中监控系统的安装是建立在前述对讲系统、闭路电视系统，保安防盗报警系统、出入监控系统、电子巡更系统、停车管理系统上的，也就是说将这些小系统的信号传输到保安监控中心，由中心的电子屏幕进行显示并记录。管线敷设、设备安装基本同前，但应做到以下 5 点：

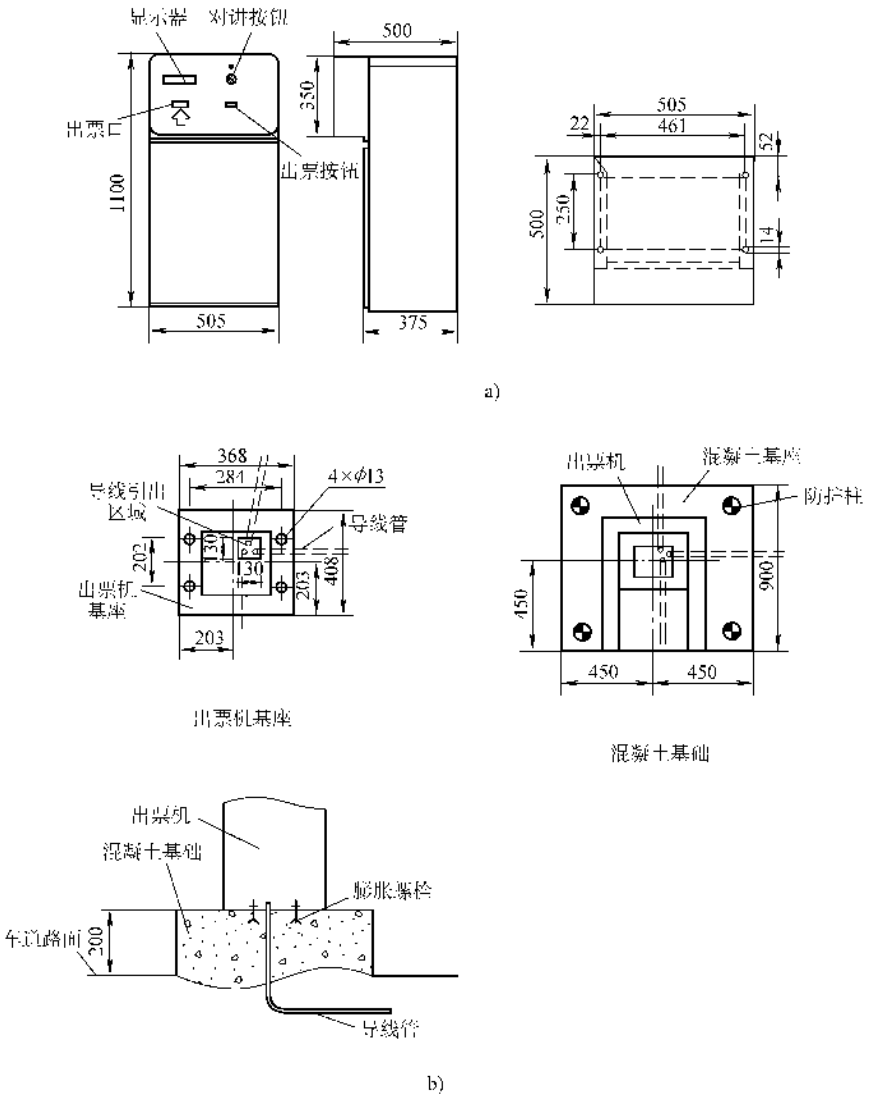


图 18-168　读卡机安装方法

a）读卡机外形　b）读卡机安装方法

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纸，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。

十、系统调整试验及试运行

系统调整试验与动力、变配电基本相同，这里列出程序要点和注意事项。

（一）各子系统

1）元件、设备的检测试验；

2）查线及接线正确可靠；

3）子系统接地良好；

4）通电试验正常；

5）与集中控制接口电路或元件的信号应统一，接口电路正确，线路正确。

（二）系统调整试验

1）各子系统按顺序将信号传入控制中心，查显示、记录、打印情况，应正确正常。

2）每个子系统运行后将信号传入控制中心，显示、记录、打印、切换等情况应正常。

3）试运行 72h 后仍应正常。

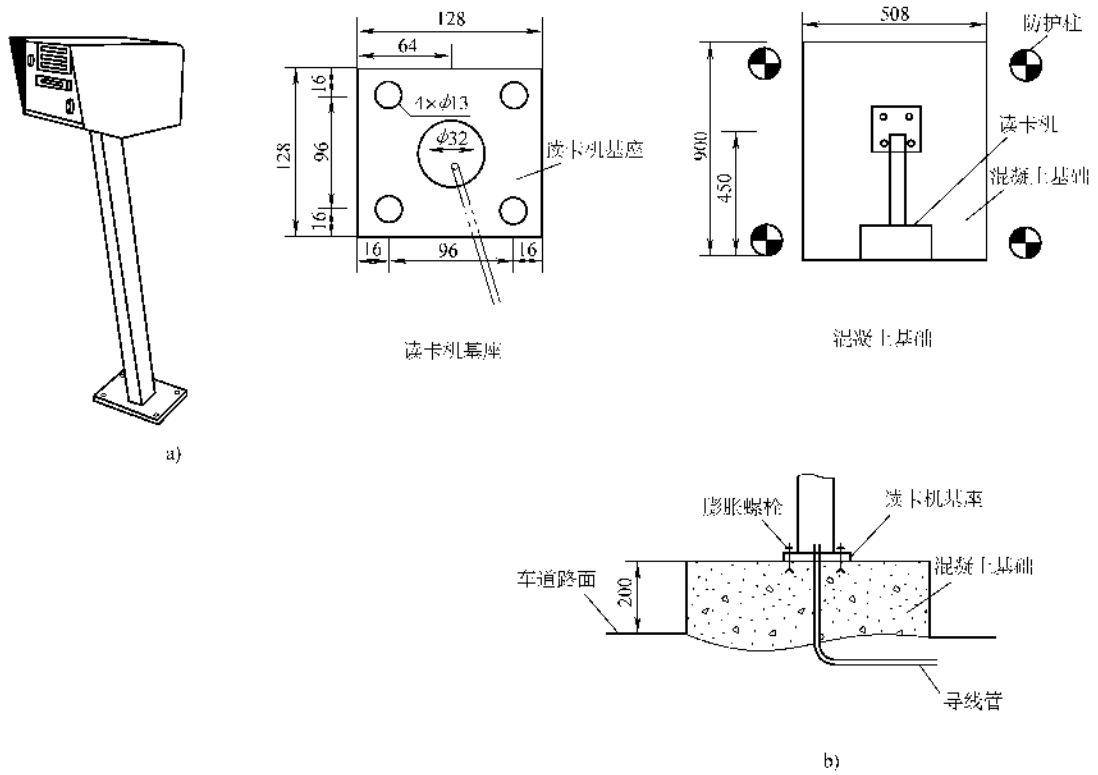


图 18-169 自动出票机安装方法

a）自动出票机规格尺寸 b）自动出票机安装方法

（三）试运行后应做到以下 8 点

1）记录所有的数据和运行情况；

2）随时监控各子系统的运行情况；

3）用电话机与子系统通话，了解其运行情况；

4）出现故障后应及时排除；

5）将系统记录与子系统记录对照，查有无不妥；

6）检查所有设备、元件运行情况有无不妥，及时修复；

7）每天跟踪设备的运行情况，并做详细记录，为交验作好准备；

8）运行时要注意电源的运行情况等。

（四）系统检测

1. 安全防范系统的系统检测

安全防范系统的系统检测应由国家或行业授权的检测机构进行检测，并出具检测报告，检测内容、合格判据应执行国家公共安全行业的相关标准。

2. 安全防范系统检测

安全防范系统检测应依据工程合同技术文件、施工图设计文件、工程设计变更说明和洽商记录、产品的技术文件进行。

3. 安全防范系统进行系统检测时应提供的内容

1）设备材料进场检验记录；

2）隐蔽工程和过程检查验收记录；

3）工程安装质量和观感质量验收记录；

4）设备及系统自检测记录；

5）系统试运行记录。

4. 安全防范系统综合防范功能检测应包括的内容

1）防范范围、重点防范部位和要害部门的设防情况、防范功能，以及安防设备的运行是否达到设计要求，有无防范盲区；

2）各种防范子系统之间的联动是否达到设计要求；

3）监控中心系统记录（包括监控的图像记录和报警记录）的质量和保存时间是否达到设计要求；

4）安全防范系统与其他系统进行系统集成时，应按规范规定检查系统的接口、通信功能和传输的信息等是否达到设计要求。

5. 安全防范综合管理系统的检测

综合管理系统完成安全防范系统中央监控室对各子系统的监控功能，具体内容按工程设计文件要求确定。

（1）检测内容

1）各子系统的数据通信接口：各子系统与综合管理系统以数据通信方式连接时，应能在综合管理监控站上观测到子系统的工作状态和报警信息，并和实际状态核实，确保准确性和实时性；对具有控制功能的子系统，应检测从综合管理监控站发送命令时子系统响应的情况；

2）综合管理系统监控站：对综合管理系统监控站的软、硬件功能的检测包括：

①　检测子系统监控站与综合管理系统监控站对系统状态和报警信息记录的一致性；

②　综合管理系统监控站对各类报警信息的显示、记录、统计等功能；

③　综合管理系统监控站的数据报表打印、报警打印功能；

④　综合管理系统监控站操作的方便性，人机界面应友好、汉化、图形化。

（2）综合管理系统功能　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。

第六节　智能建筑及综合布线系统的安装

一、概述及总体要求

（一）概述

智能建筑是现代工业、现代文明和自动化的产物，其主要包括：

1. 建筑设备自动化系统（Building Automation System，BAS）

建筑设备自动化系统就是我们这里讲的楼宇及其机电设备自控系统，是将建筑物或建筑群内的空调与通风、变配电、照明、给排水、热源与热交换、冷冻和冷却及电梯和自动扶梯等系统，以集中监视、控制和管理为目的构成的综合系统。

2. 通信网络系统（Communication Network System，CNS）

通信网络系统是建筑物内语音、数据、图像传输的基础设施。通过通信网络系统，可实现与外部通信网络（如公用电话网、综合业务数字网、互联网、数据通信网及卫星通信网等）相连，确保信息畅通和实现信息共享。

3. 信息网络系统（Information Network System，INS）

信息网络系统是应用计算机技术、通信技术、多媒体技术、信息安全技术和行为科学等先进技术和设备构成的信息网络平台。借助于这一平台实现信息共享、资源共享和信息的传递与处理，并在此基础上开展各种应用业务。

4. 智能化系统集成（Intelligent System Integrated，ISI）

智能化系统集成应在建筑设备监控系统、安全防范系统、火灾自动报警及消防联动系统等各子分部工程的基础上，实现建筑物管理系统集成。BMS可进一步与信息网络系统、通信网络系统进行系统集成，实现智能建筑管理集成系统，以满足建筑物的监控功能、管理功能和信息共享的需求，便于通过对建筑物和建筑设备的自动检测与优化控制，实现信息资源的优化管理和对使用者提供最佳的信息服务，使智能建筑达到投资合理、适应信息社会需要的目标，并具有安全、舒适、高效和环保的特点。

5. 火灾报警系统　（Fire Alarm System，FAS）

火灾报警系统由火灾探测系统、火灾自动报警及消防联动系统和自动灭火系统等部分组成，实现建筑物的火灾自动报警及消防联动。

6. 安全防范系统（Security Protection and Alarm System，SAS）

安全防范系统就是保安系统，它是根据建筑安全防范管理的需要，综合运用电子信息技术、计算机网络技术、视频安防监控技术和各种现代安全防范技术构成的用于维护公共安全、预防刑事犯罪及灾害事故为目的的，具有报警、视频安防监控、出入口控制、安全检查、停车场（库）管理的安全技术防范体系。

7. 住宅（小区）智能化（Community Intelligent，CI）

住宅（小区）智能化就是小区网络及信息服务系统，它是以住宅小区为平台，兼备安全防范系统、火灾自动报警及消防联动系统、信息网络系统和物业管理系统等功能系统以及这些系统集成的智能化系统，具有集建筑系统、服务和管理于一体，向用户提供节能、高效、舒适、便利、安全的人居环境等特点的智能化系统。

8. 家庭控制器（Home Controller，HC）

家庭控制器就是家居智能信息平台，它将完成家庭内各种数据采集、控制、管理及通信的控制器或网络系统，一般应具备家庭安全防范、家庭消防、家用电器监控及信息服务等功能。

9. 控制网络系统（Control Network System，CNS）

控制网络系统就是用控制总线将控制设备、传感器及执行机构等装置连接在一起进行实时的信息交互，并完成管理和设备监控的网络系统。

（二）总体要求

详见本章总体要求，此外必须做到以下10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纸设计要求。

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、电源布置应符合图纸设计要求。

3）现场控制器DDC、监控点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、布置应符合设计图纸要求。

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、执行器等应在图纸上标明安装位置、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、电源应在图纸上标明。

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，并标注在设计图纸上。

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。同时配备协调员与总指挥联系，解决相关事宜。

二、开工条件

开工条件与低压动力、变配电装置、照明系统基本相同，前期配合阶段各工种、各施工队可同时施工；当土建工程已完工，设备安装工程已进入调整阶段，弱电与强电工程可进入安装阶段。

三、综合布线系统的安装测试

（一）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。

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。

（二）设备安装及检验

设备安装方法与前述基本相同，请读者参见相关内容。

1. 机柜、机架安装

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. 各类配线部件安装

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 位模块式通用插座安装

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. 电缆桥架及线槽安装

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。

（三）布线系统的安装

布线系统包括水平敷设、主干线敷设、工作区敷设、管理区敷设、设备区敷设等。

1. 水平敷设

水平敷设包括地埋敷设、活动单元地板下敷设、架空地板下敷设、地埋导管、天花板内敷设和其他一些水平穿线敷设。

（1）地埋管道　地埋管道一般均埋于混凝土中，一般从通信管理区引出，覆盖整个水平区域，直至信息点安装盒。水平地埋管道如图 18-170 所示。

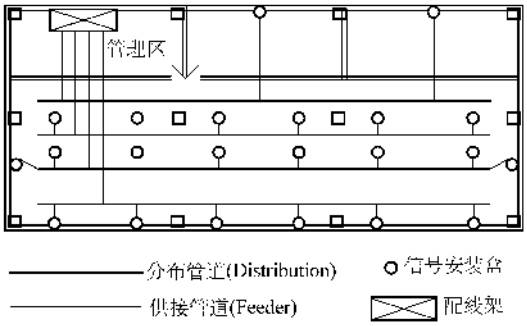


图 18-170　水平地埋管道

地埋管道包括：

1）单层地埋管道：适合水泥深度 64mm 及以上的土建施工。

2）双层地埋管道：适合水泥深度 100mm 及以上的土建施工。

3）平面金属地埋管道：适合水泥深度 25mm 以下的土建施工。

4）复合地埋管道：适合水泥深度 75mm 以上的土建施工。

（2）活动单元地板穿线　一种是钢构架活动地板，其分为两个部分：一部分是表面的金属平板；另一部分是金属平板下的槽型钢架结构。安装时首先安装钢架，在钢架中穿线，然后再覆盖金属平板。钢构架活动地板的厚度一般为 50 ~ 75mm；

再一种是水泥结构活动地板，一般厚度为 100mm、150mm 或 200mm。

（3）架空地板穿线　架空地板是一种模块化的地板，用防火材料或防静电材料制作在金属的基础支座

上安装，支座之间一般有横向的支撑。架空地板常用于计算机房、设备间或主要的办公房间。

（4）穿线管穿线　与第九章配合土建下管相同，线管的弯曲半径至少大于6倍的线管直径，当线管直径大于50mm时，弯曲半径应为10倍线管直径，当线管内穿光缆时，所有弯角的弯曲半径必须保证10倍于线管直径。在选择线管尺寸时，必须考虑内穿线缆的数量和尺寸，参见表18-41。

表18-41　穿线管的尺寸

穿线管		线缆的数量									
内径/mm	线管型号	线缆直径/mm									
		3.3	4.6	5.6	6.1	7.4	7.9	9.4	13.5	15.8	17.8
15.8	1/2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20.9	3/4	6	5	4	3	2	2	1	0	0	0
26.6	1	8	8	7	6	3	3	2	1	0	0
35.1	1-1/4	16	14	12	10	6	4	3	1	1	1
40.9	1-1/2	20	18	16	15	7	6	4	2	1	1
52.5	2	30	26	22	20	14	12	7	4	3	2
62.7	2-1/2	45	40	36	30	17	14	12	6	3	3
77.9	3	70	60	50	40	20	20	17	7	6	6
90.1	3-1/2							22	12	7	6
102.3	4							30	14	12	7

（5）天花板内穿线　通信电缆常利用活动吊顶上的空间穿线，有时也可以穿光缆或电力线缆，如图18-171所示。

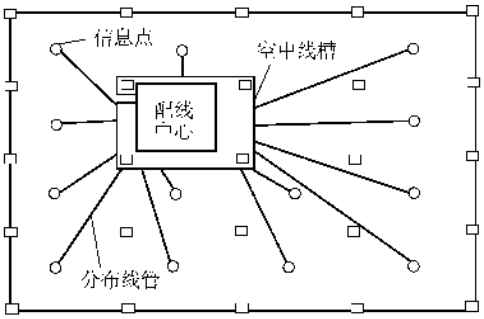


图18-171　天花板穿线管道

在空间狭小、不易接触的天花板内不得穿线，天花板内穿线应采用防潮和坚固的穿线管道保护线缆。

（6）墙面穿线　墙面穿线方式可分线槽安装、埋入管路安装和制模式安装。制模安装是指护墙板、隔断等材料中留有穿线位置，在墙面装修的同时就已经完成了水平布线施工。施工方法基本与第九章、第十二章相同。

（7）地毯下穿线　地毯下穿线是最简便的方法，但线缆必须使用厚度不超过1mm的扁平线，但仅适用于弱电系统且为高级办公场所，其他不宜采用且有后患。

2. 主干路敷设

（1）建筑物内主干路　建筑物内主干路主要是子系统到管理区子系统之间的线路敷设，包括各种竖井、线管、套管、线槽和桥架条。如图18-172所示。施工方法基本同第四章、第六章。

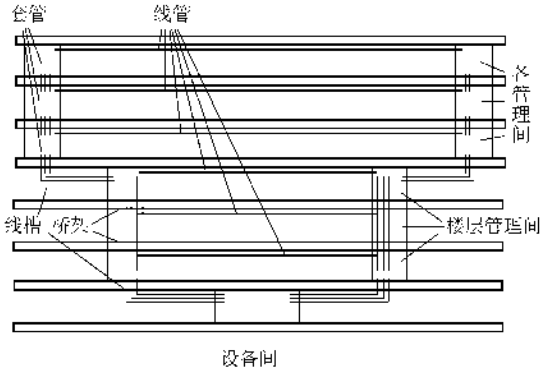


图18-172　建筑物内主干路径

主干路径施工时，应注意线管、线槽、套管和桥架的防潮、屏蔽和强度要求。

（2）建筑物外主干路敷设　建筑物外主干路敷设用于连接分立的多幢建筑物，主要包括地下管道、地下直埋、架空和隧道等多种敷设方法。

竖井是室内垂直安装管路、管线的最好方法，而隧道侧是室外水平安装管路、管线的最好方法。

隧道中通常放置各种管路、护鞘和支撑架，如图18-173所示。

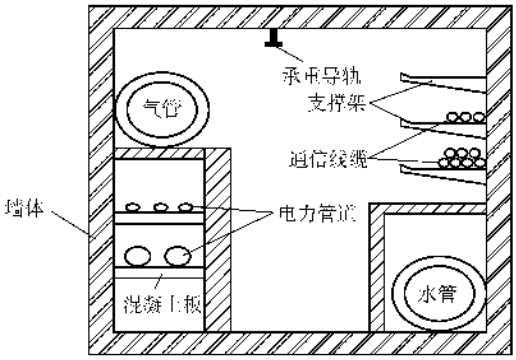


图18-173　典型的隧道结构

3. 工作区敷设

工作区主要包括各种电器、弱电及自动装置的电源、信息盒插口及管线等，基本与第四章、第六章相同，目前现代办公场所使用最多的是地板上安装铜盖地插座，在家具上安装金属插座盖板等，如图7-56～图7-58所示，线槽安装如图7-59～图7-61所示。

4. 管理区敷设

规范要求在每个建筑面积超过1000m^{2}的区域，或者最长水平距离超过90m的区域，至少应该设有一个管理区。一个工作区一般为10m^2，管理区的面积与服务区的面积见表18-42，管理区内部布置如图18-174所示。

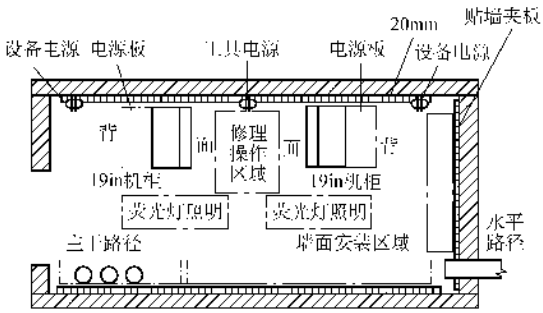


图18-174　管理区布置示意图

注：1in＝0.0254m

表18-42　管理区面积

管理区服务面积/m^2	管理区建议面积/mm
1000	3000×3400
800	3000×2800
500	3000×2200

5. 设备区敷设

设备区的线路敷设基本同第四章、第七章的内容，这里有照明、动力、弱电及其板体等电气装置。因此，必须强调，弱电信号有一个传输距离的问题，同时还有强电对弱电干扰的问题。

在弱电传输导线上必须选择弱电信号允许的导线，并且与强电场，大电流、强磁场有一定的距离或采取屏蔽、接地等措施。施工中应与设计及建设单位协商，不要怕麻烦、怕费事，并把有害物质和污染控制在允许范围之内，见表18-43。

表18-43　有害物质控制标准

有害物质种类	控制标准浓度
氯	0.01×10^{-6}
硫化氢	0.05×10^{-6}
氧化氮	0.1×10^{-6}
二氧化硫	0.3×10^{-6}
灰尘	100μg/m^3/24h
碳氢化合物	4μg/m^3/24h

（四）缆线敷设和保护方式的检验

1. 缆线的敷设

（1）缆线敷设要求

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18-44的规定，综合布线与配电箱、变电室、电梯机房、空调机房之间最小净距宜符合表18-45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18-46的规定。

表 18-44 对绞电缆与电力线缆最小净距

单位 / 范围 / 条件	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	注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。在同一线槽中，可用金属板隔开。

表 18-45 综合布线电缆与其他机房最小净距

名称	最小净距/m	名称	最小净距/m
配电箱	1	电梯机房	2
变电室	2	空调机房	2

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 18-47。

预埋线槽宜采用金属线槽，线槽的截面利用率不应超过 50%。

表 18-46 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

表 18-47 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		
		1	2	3
内径 D /mm	内径截面积 A /mm^2	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。

2. 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。

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如图18-175所示。

（五）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；

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18-176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。

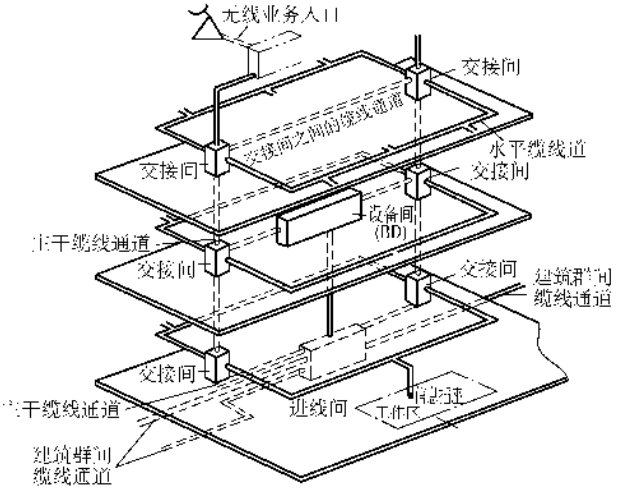


图 18-175 建筑物内缆线通道系统示意图

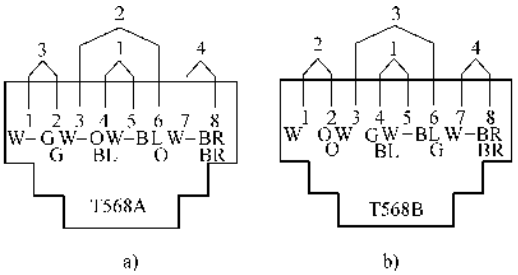


图 18-176 8 位模块式通用插座连接图

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 18-48 的规定。

表 18-48 光纤连接损耗

光纤连接损耗/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
机械连接	—	0.3	—	0.3

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。

（六）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 18-49 规定的要求。

表 18-49 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 18-50)

表 18-50　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
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

（续）

阶　段	验收项目	验收内容	验收方式
四、电、光缆布放（楼间）	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	
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。

7. 现场测试仪应能对屏蔽电缆屏蔽层两端作导通测试

总屏蔽的直流电阻应小于下列公式的计算值：

$$R(D)=\frac{62.5}{D}$$

式中　$R(D)$——总屏蔽电阻，单位为 Ω/km；

D——总屏蔽外径，单位为 mm。

100m 以内大对数主干电缆及所连接的配线模块可按布线系统的类别进行长度、接线图、衰减的测试，对于 5 类大对数电缆布线系统应测试近端串音，测试结果不得低于 5 类 4 对对绞电缆布线系统所规定的数值。

综合布线系统工程电缆电气性能测试记录表中四项内容测试不合格产生的原因。见表 18-51。

表 18-51　测试项目不合格产生的原因

测量结果	可能产生的原因
近端串音（NEXT）不合格	电缆与接插件卡接不良； 电缆线对扭绞不良； 外部噪声源影响； 接插件性能不良或没有达到 5 类产品技术指标
衰减不合格	布线系统水平电缆超过规定长度； 现场高温影响； 电缆与接插件卡接不良； 接插件性能不良或没达到 5 类产品技术指标

（续）

测量结果	可能产生的原因
布线图不合格	线对交叉； 终接处线对非扭绞长度超过要求； 线对串接； 终接处及芯线断线； 终接处及芯线短路
长度不合格	测试仪表传播时延（NVP）调整不准确； 布线系统电缆超过规定长度； 电缆断线； 电缆短路

对于光缆链路的测试，首选在两端对光纤进行测试的连接方式，如果按两根光纤进行环回测试时，对于所测得的指标应换算成单根光纤链路的指标来验收。

8. 综合布线系统工程电气测试方法及测试内容

（1）测试连接

1）基本链路连接及永久链路如图 18-177 所示。其中，永久链路连接如图 18-177b 所示，永久链路适用于水平电缆及相关连接器件固定链路的测试。

2）信道连接如图 18-178 所示，适用于工作区、电信间水平跳线及器件的连接测试。

（2）测试包括以下内容

1）接线图的测试，主要测试水平电缆终接工作区 8 位模块式通用插座及交接间配线设备接插件接线端子间的安装连接正确或错误，具体如图 18-179 所示。

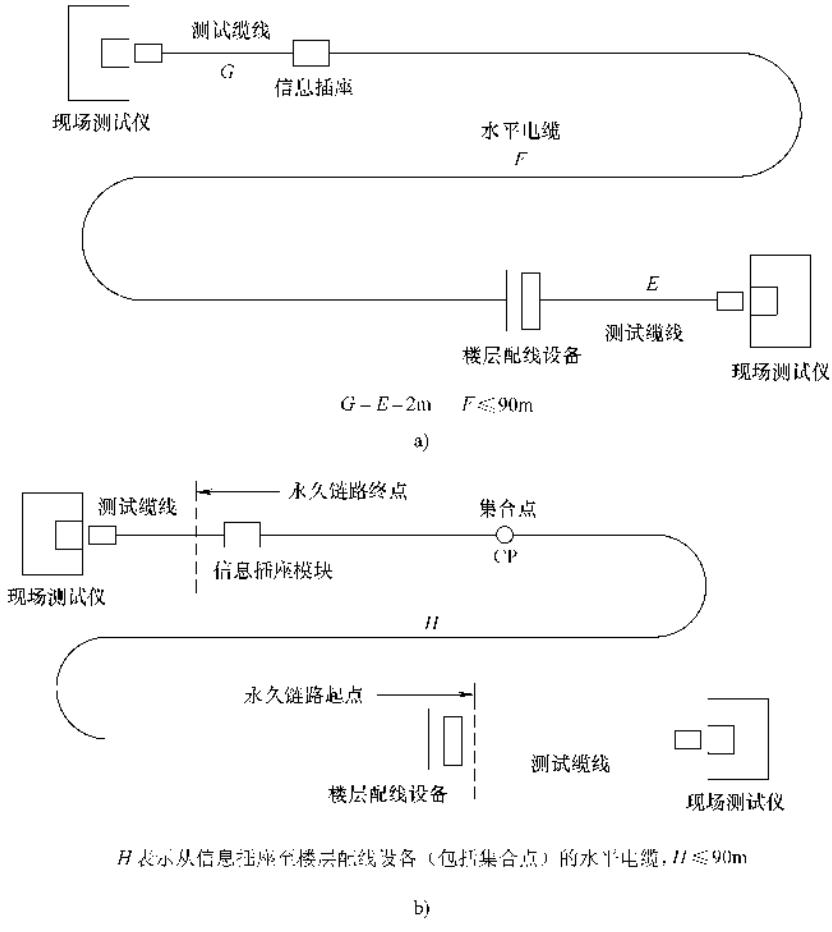


图 18-177　链路方式图

a）基本链路方式　b）永久磁路方式

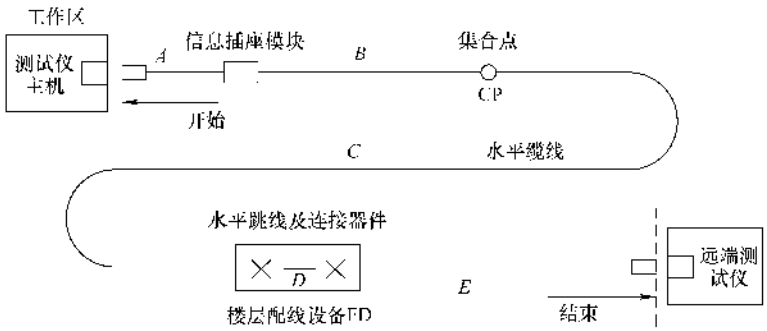


图 18-178　信道方式

A—工作区终端设备电缆　*B*—CP 缆线　*C*—水平缆线

D—配线设备连接跳线　*E*—配线设备到设备连接电缆

$B+C\leqslant 90\text{m}$　$A+D+E\leqslant 10\text{m}$

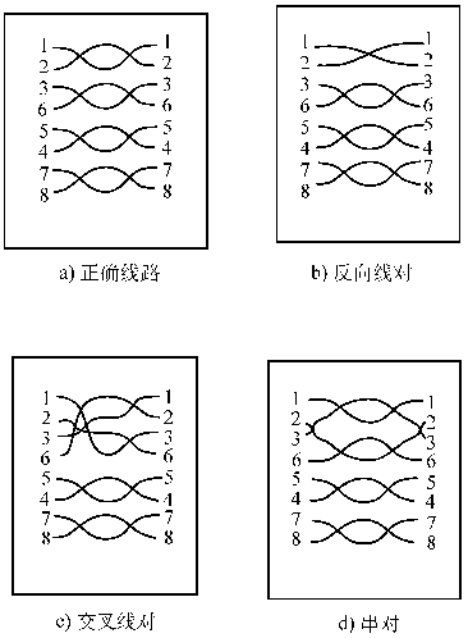


图 18-179 接线图

2）测试长度应在测试连接图所要求的范围之内。

3）在选定的某一频率上信道和基本链路衰减量应符合表 18-52 和表 18-53 的要求，信道的衰减包括 10m（跳线、设备连接线之和）及各电缆段、接插件的衰减量的总和。

4）近端串音是对绞电缆内二条线对间信号的感应。对近端串音的测试，必须对每对线在两端进行测量。某一频率上，线对间近端串音应符合表 18-54 和表 18-55 的要求。

（3）所有测试结果 应有记录，并纳入文档管理。

表 18-52 信道衰减量

频率/MHz	3 类/dB	5 类/dB
1.00	4.2	2.5
4.00	7.3	4.5
8.00	10.2	6.3
10.00	11.5	7.0
16.00	14.9	9.2
20.00	—	10.3
25.00	—	11.4
31.25	—	12.8
62.50	—	18.5
100.00	—	24.0

注：总长度在 100m 以内。

表 18-53 基本链路衰减量

频率/MHz	3 类/dB	5 类/dB
1.00	3.2	2.1
4.00	6.1	4.0
8.00	8.8	5.7
10.00	10.0	6.3
16.00	13.2	8.2
20.00	—	9.2
25.00	—	10.3
31.25	—	11.5
62.50	—	16.7
100.00	—	21.6

注：1. 总长度在 94m 以内。

2. 以上测试是以 20℃ 为准，对 3 类对绞电缆，每增加 1℃ 则衰减量增加 1.5%，对 5 类对绞电缆，则每增加 1℃ 会有 0.4% 的变化。

表 18-54 信道近端串音（最差线间）

频率/MHz	3 类/dB	5 类/dB
1.00	39.1	60.0
4.00	29.3	50.6
8.00	24.3	45.6
10.00	22.7	44.0
16.00	19.3	40.6
20.00	—	39.0
25.00	—	37.4
31.25	—	35.7
62.50	—	30.6
100.00	—	27.1

注：最差值限于 60dB。

9. 光纤链路测试方法

1）测试前应对所有的光连接器进行清洗，并将测试接收器校准至零位。

2）测试包括以下内容：

① 对整个光纤链路（包括光纤和连接器）的衰减进行测试；

② 光纤链路的反射测量以确定链路长度及故障点位置。

3）测试按下图进行连接。

表 18-55　基本链路近端串音（最差线间）

频率/MHz	3 类/dB	5 类/dB
1.00	40.1	60.0
4.00	30.7	51.8
8.00	25.9	47.1
10.00	24.3	45.5
16.00	21.0	42.3
20.00	—	40.7
25.00	—	39.1
31.25	—	37.6
62.50	—	32.7
100.00	—	29.3

注：最差值限于 60dB。

① 在两端对光纤逐根进行测试，连接方式如图 18-180 所示。

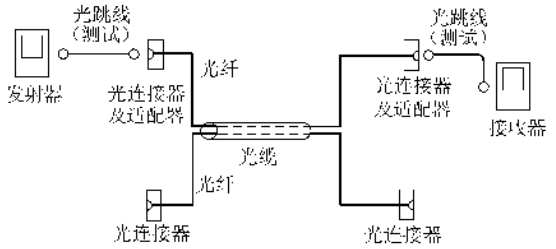


图 18-180　光纤链路测试连接图（一）

② 在一端对 2 根光纤进行环回测试，连接方式如图 18-181 所示。

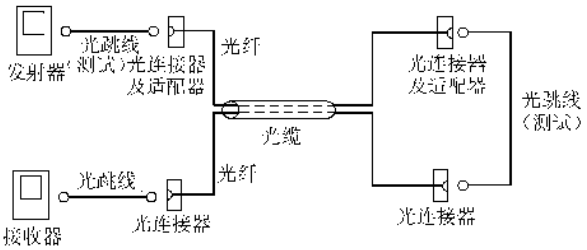


图 18-181　光纤链路测试连接图（二）

4）光纤链路系统指标应符合设计要求。

5）文档的保存和管理要求同上。

6）光缆布线信道在规定的传输窗口测量出的最大光衰减（介入损耗）应不超过表 18-56 的规定，该指标已包括链路接头与连接插座的衰减在内。

7）光缆布线信道对不同类型光缆标称波长，每 km 最大衰减值，应符合表 18-57 的规定。

表 18-56　光缆信道衰减范围

级别	最大信道衰减/dB			
	单模		多模	
	1310nm	1550nm	850nm	1300nm
OF-300	1.80	1.80	2.55	1.95
OF-500	2.00	2.00	3.25	2.25
OF-2000	3.50	3.50	8.50	4.50

注：每个连接处的衰减值最大为 1.5dB。

表 18-57　光缆衰减

最大光缆衰减/（dB/km）				
项目	OM1，OM2 及 OM3 多模		OS1 单模	
波长	850nm	1300nm	1310nm	1550nm
衰减	3.5	1.5	1.0	1.0

10. 光纤连接器极性

1）推荐选用的光纤连接器件（连接器和适配器）应适用不同类型的光纤的匹配，并使用色码来区分不同类型的光纤。

连接器件分为单工和双工两种连接方式。

建议水平光缆或主干光缆终接处的光缆侧采用单工连接器，用户侧采用双工连接器，以保证光纤连接的极性正确。

2）连接方式如图 18-182 ~ 图 18-184 所示。

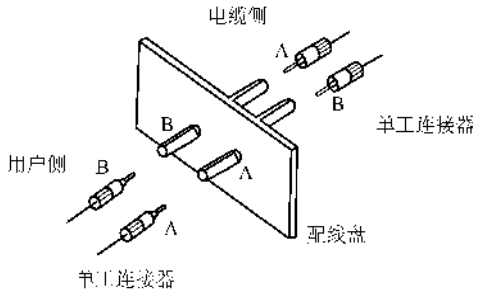


图 18-182　单工连接极性图

11. 对绞电缆型号表示法

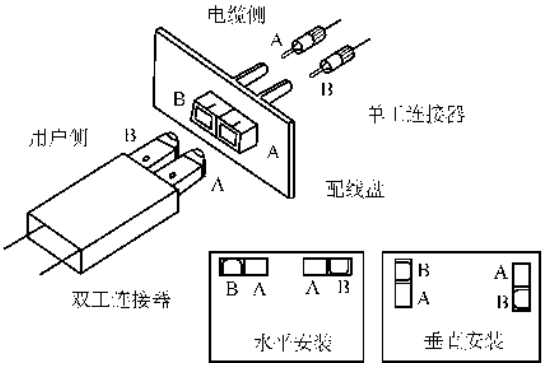


图 18-183　单工至双工（混合型）连接极性图

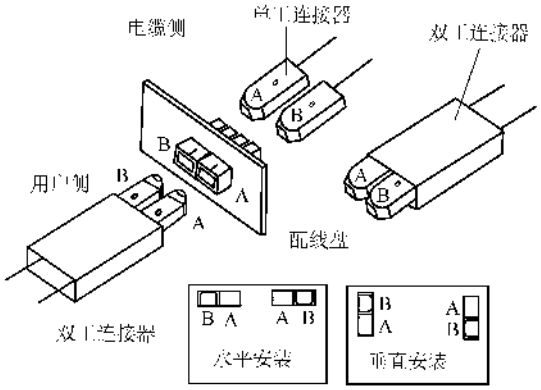


图 18-184 双工连接极性图

数字通信用对称电缆产品系列代号为 HS，型号表示按下列内容分类。

1）产品按用途分为大楼用主干电缆、水平电缆。

2）产品按导体结构可分为实心导体、绞合导体、铜皮导体电缆。

3）产品按绝缘材料可分为聚烯烃、聚氯乙烯、含氟聚合物及低烟无卤热塑性材料绝缘电缆。

4）产品按绝缘形式分为实心绝缘和泡沫实心皮绝缘电缆。

5）产品按有无总屏蔽可分为无总屏蔽电缆和带总屏蔽电缆。

6）产品按护套材料可分为聚氯乙烯、含氟聚合物及低烟无卤热塑性材料护套电缆。

7）产品按规定的最高传输频率可分为 16MHz（3 类）、100MHz（5 类）电缆。

8）产品按特性阻抗应为 100Ω 对绞电缆。

四、楼宇及其机电设备自控系统的安装

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。

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。

传感器包括温度、湿度、压力、压差、流量、液位传感器以及强电系统各种电气信号采集的传感器等。设备安装需要在管道及设备上进行信号的采集，信号采集点应选在流量、压力均匀处，避免在管道转弯处进行信号的采集，施工时要与相关专业配合在管道上开孔，设备安装完成后要注意保护。控制器通常安装在墙上等处。强电信号传感器一般装在电气设备处。

执行器包括各种电动阀、电磁阀、风门驱动器等。执行器通常安装在管道阀门处。

设备接口是指 DDC 箱与控制箱、动力柜（箱）等设备的连接，楼宇及其机电设备自控系统监控点有很多，也很杂，为了安装有条不紊，应将其列表，其一览表见表 18-58。

楼宇及其机电设备自控系统的系统框图如图 18-185所示。

（一）线路敷设及要求

1）所有现场设备通过 DDC 箱与控制中心计算机相连，DDC 箱之间、DDC 箱与控制中心间通常用金属线槽敷设线路，DDC 箱与现场设备的连接导线通常用金属管敷设。

2）线路敷设同前，可按综合布线的要求进行。

（二）传感器的安装

传感器的种类有很多，这里仅介绍几种常见的传感器安装方法，供参考。其他种类的可参照进行安装，传感器的安装应由管工或钳工配合，并执行相应标准和规范。

1. 温度传感器的安装

（1）温度传感器的安装（见图 18-186 和图 18-187）

① 不得安装于阳光直射的位置，且远离有较强振动、电磁干扰、热源、水源上方等区域，室外温度传感器应有防风雨防护罩。

② 远离窗、门和风口的位置，如无法避开则与之距离不应小于 2m。

③ 温度传感器至 DDC 之间的连接必须按设计要求进行，尽量减少因接线引起的误差，镍温度传感器的接线电阻应小于 3Ω，1kΩ 铂温度传感器的接线总电阻应小于 1Ω。

（2）风管式温度传感器的安装（见图 18-188）

安装注意事项基本同上，传感器应安装在风速平稳、能反映风温的位置，且在保温层完成后，安装在风管直管段或应避开风管死角的位置或蒸汽放空口位置。高电磁干扰区域应采用屏蔽线，传感器导线与电源线之间的距离应大于 150mm。

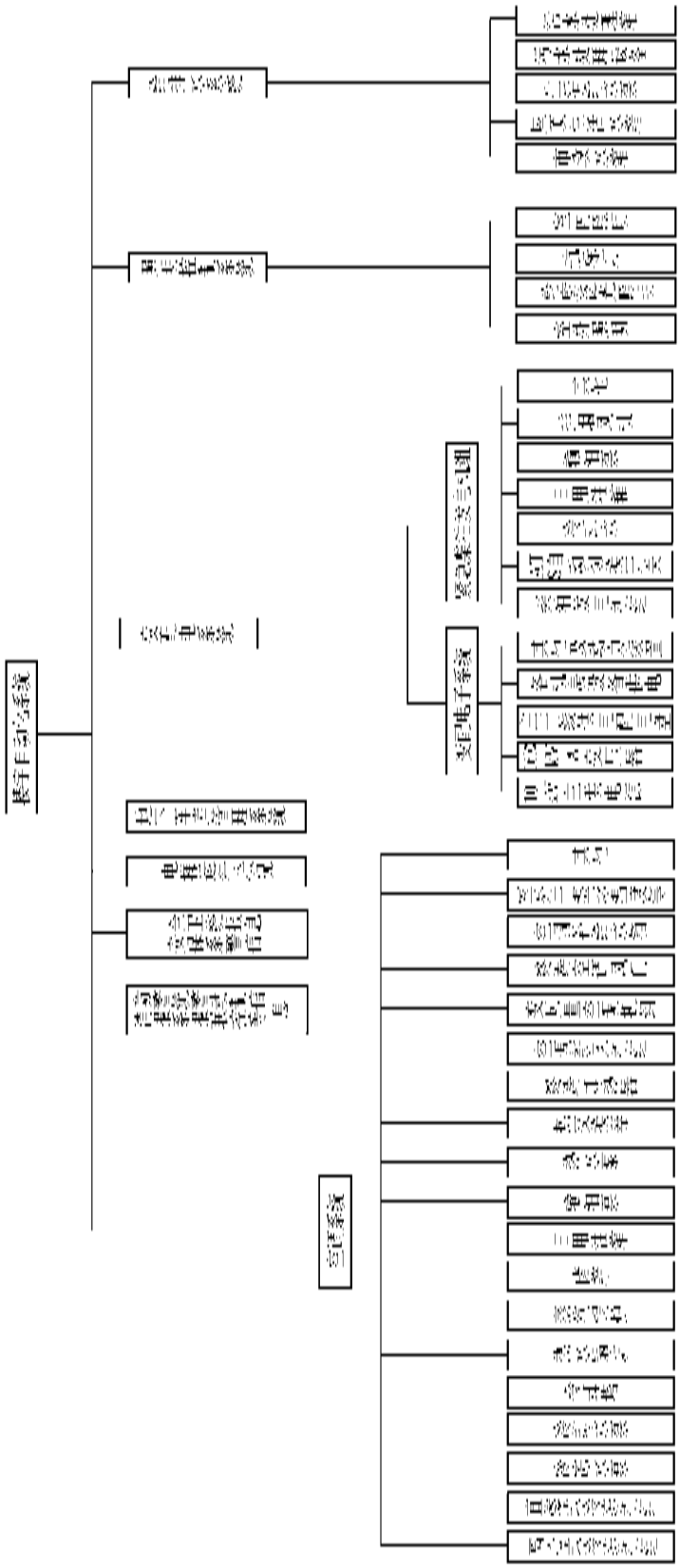
2. 温度传感器及电子控制器的安装

温度传感器及电子控制器的安装外形如图 18-189 和图 18-190 所示，安装方法同前。一般是用管三通与管道连接，传感器和控制器的距离不超过 50m。

3. 水管式温度传感器的安装（见图 18-191）

表 18-58　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																																			


楼宇及其机电设备自控系统
公共区域照明
电梯运行状况
空调冷冻水系统
冷冻机组
冷冻水泵
冷冻水温度
冷冻水压差
冷冻水流量
冷冻水阀门
冷冻水过滤器
冷冻水管道
冷冻水膨胀水箱
冷冻水管道保温
冷冻水管道支吊架
冷冻水管道防腐
冷冻水管道试压
冷冻水管道冲洗
冷冻水管道排气
冷冻水管道排污
冷冻水管道标识
冷冻水管道阀门
冷冻水管道法兰
冷冻水管道焊口
冷冻水管道焊缝
冷冻水管道支架
冷冻水管道吊架
冷冻水管道防腐
冷冻水管道保温

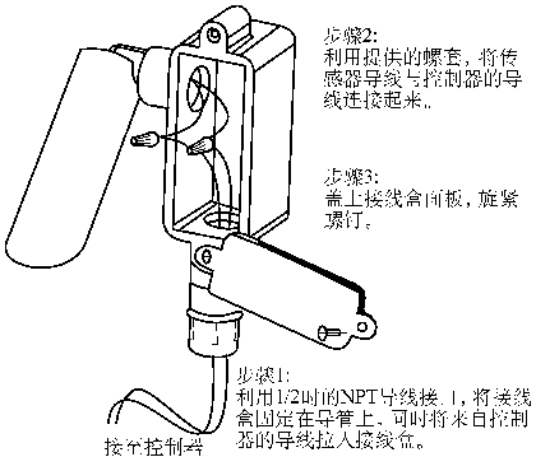


图 18-186　室外温度传感器安装示意图

注：可以通过接线盒背面的螺钉将室外温度传感器固定在平面上。

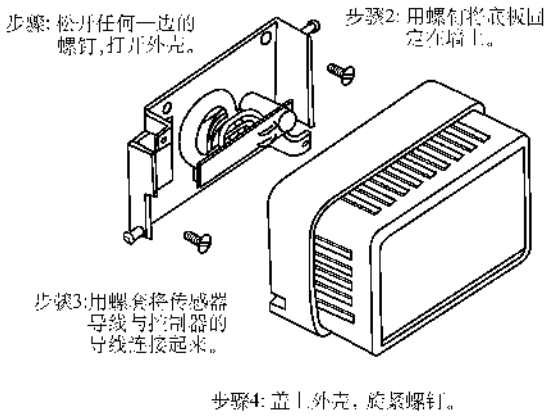
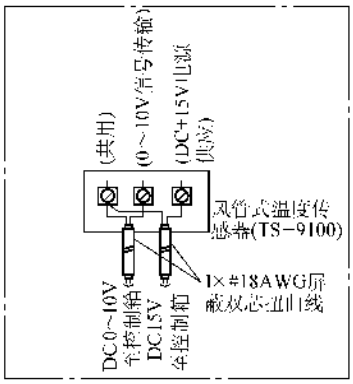
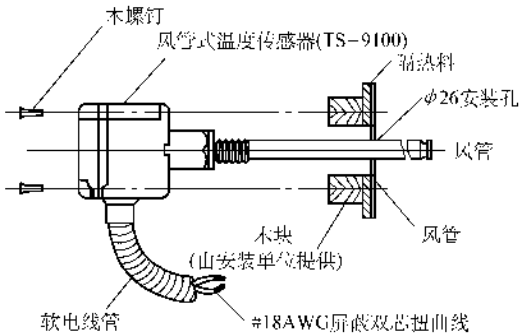


图 18-187　室内温度传感器安装示意图



a)



b)

图 18-188　风管式温度传感器安装示意图

a）风管式温度传感器（TS-9100）接线图　b）风管式温度传感器（TS-9100）安装细则

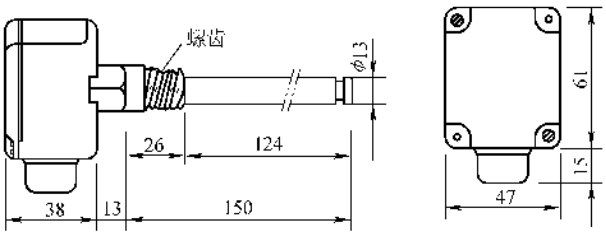


图 18-189　温度传感器外形

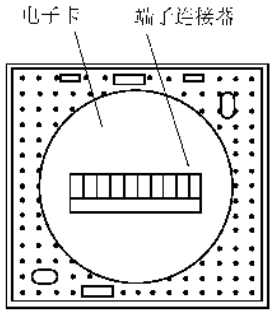


图 18-190　电子控制器外形

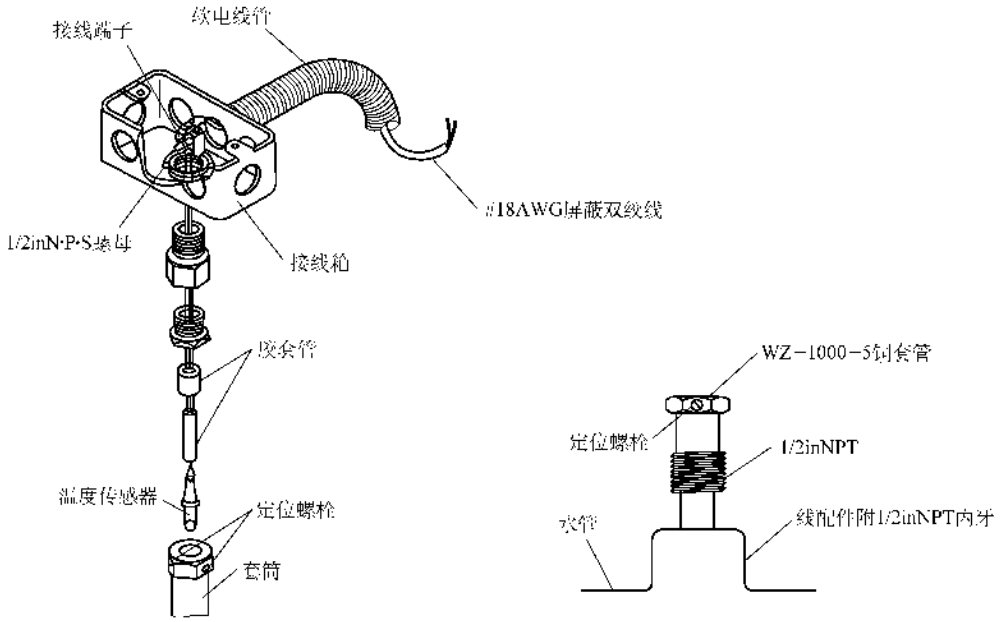


图 18-191 水管式温度传感器安装示意图

安装位置应在水流温度变化灵敏和具有代表性的地方，不宜选择在阀门等阻力件附近和水流流束死角及振动较大的位置，当感温段大于管道口径的 1/2 时，可安装在管道的顶部，感温段小于管道口径 1/2 时，应安装在管道的侧面或底部。不得安装在焊缝及其边缘上开孔和焊接处。

湿度传感器的安装与温度传感器基本相同。

4. 压力、传感器、压差传感器、压差开关的安装（见图 18-192 ~ 图 18-195）

1）传感器应安装在温、湿度传感器的上游侧。

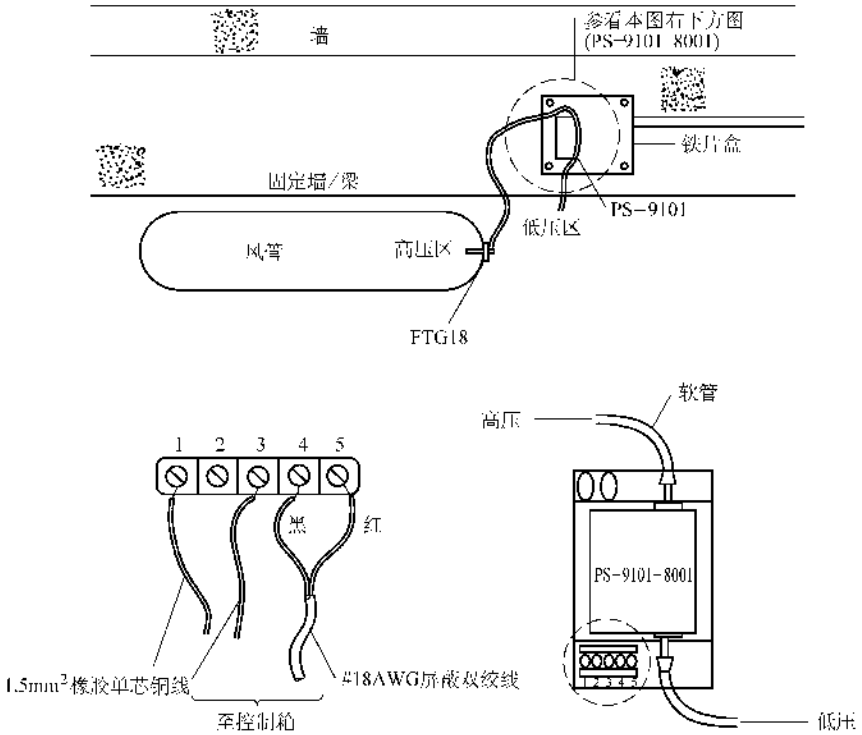


图 18-192 空气压差传感器安装示意图

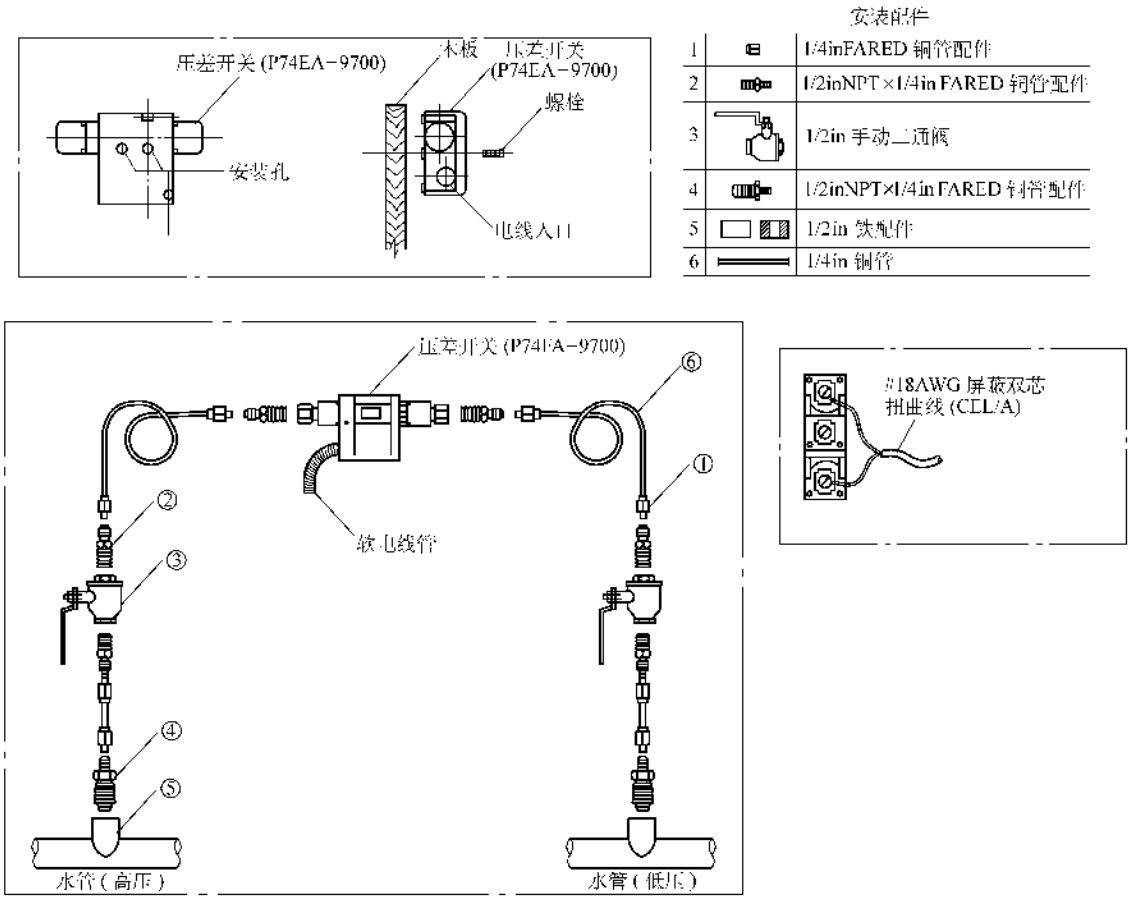


图 18-193　压差开关安装示意图

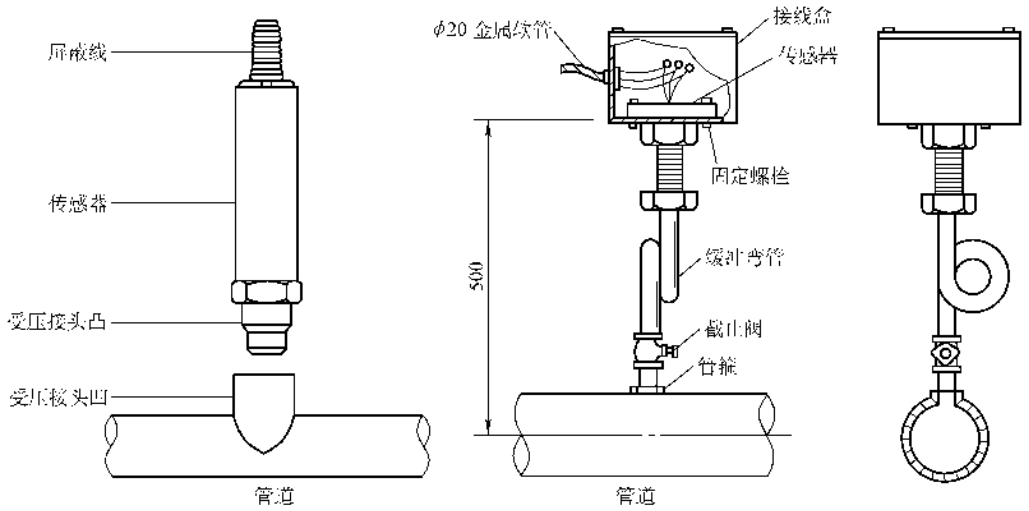


图 18-194　不同形式的压力传感器安装示意图

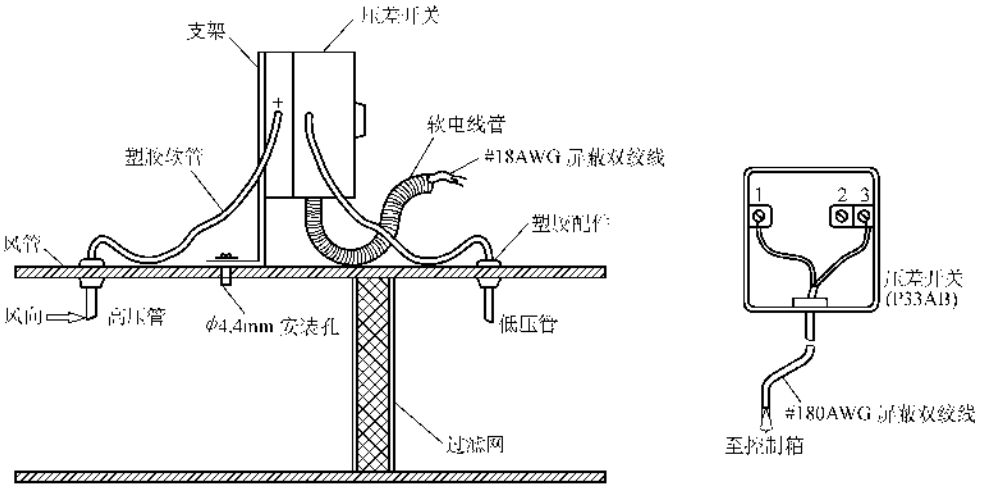


图 18-195 压差开关安装示意图

2）风管式压力、压差传感器应安装在风管的直管段，如不能安装在直管段，则应避开风管内通风死角和蒸汽放空口的位置。

3）水管式、蒸汽式压力、压差传感器不宜安装在管道焊缝及其边缘上开孔及焊接处。

4）当水管式、蒸汽式压力、压差传感器的直压段大于管道口径的 2/3 时可安装在管道顶部，小于管道口径 2/3 时可安装在侧面或底部和水流流束稳定的位置，不宜选在阀门等阻力部件的附近、水流流束死角和振动较大的位置。

5）安装压差开关时，宜将薄膜处于垂直于平面的位置，安装必须严密并将其接触部位封死封严、不得影响系统的严密性。

6）水流开关的安装如图 18-196 和图 18-197 所示。

水流开关应安装在水平管段上，不得安装在垂直管段上。流量开关不得安装在测流孔、直角弯头或阀门附近。安装时应将水流开关旋紧定位，使叶片与水流方向成直角，标志着的箭头方向要与水流方向一致。

7）压差开关的安装要注意以下两点，如图 18-198所示。

① 压差开关应垂直安装。

② 开孔方式、铜管长度及弯曲度由现场情况确定，但不得取直角。

5. 电磁流量计的安装（见图 18-199 和图18-200）

1）应安装在避免有较强的交直流磁场或有剧烈振动的场所。

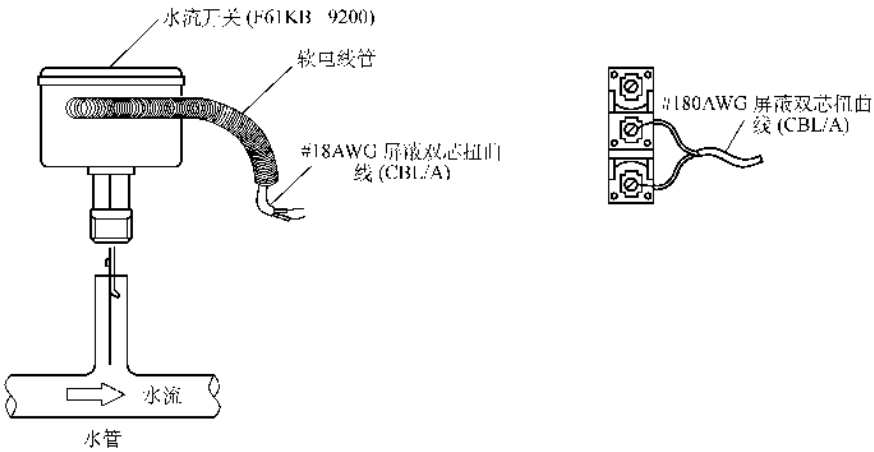


图 18-196 水流开关安装示意图

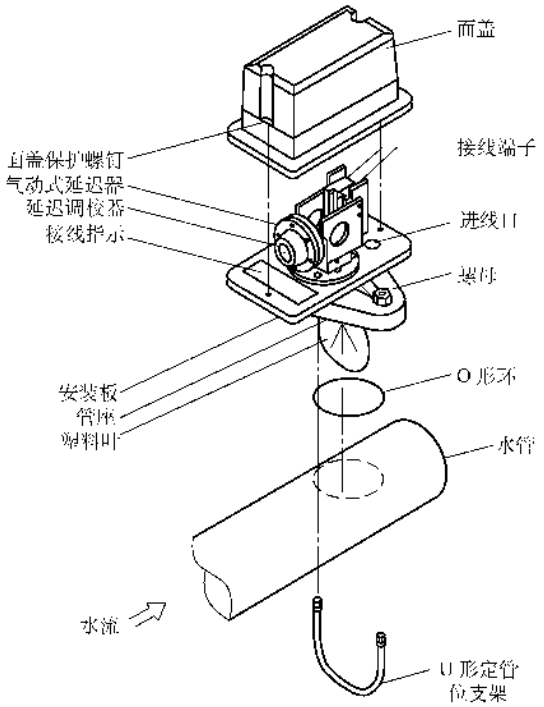


图 18-197　水流开关大样图

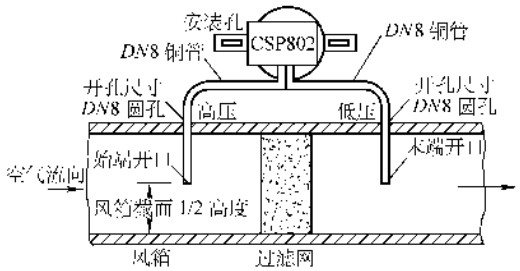


图 18-198　压差开关的安装

2）流量计、被测介质及工艺管道三者之间应该连成等电位，并应接地。

3）电磁流量计应设置在流量调节阀的上游，流量计的前后应有一定的直管段，长度为 $L=10D$（D 为管径），下游段应有 $L=4\sim5D$ 的直管段。

4）流量计应在水平管路上安装，一般条件下不装在竖直的管路上。

6. 涡轮式流量传感器（见图 18-201）

1）变送器应安装在避免管道振动、避免强磁场及热辐射的场所。

2）传感器要水平安装，流体的流动方向必须与传感器壳体上标志的流向一致。

3）流量变送器应在后面装设止逆阀。流量变送器应装在测压点上游，距测压点（3.5～5.5）D 的位置；测温点应设置在下游侧，距流量传感器（6～8）D 的位置。

4）流量传感器需要装在有一定长度的直管上。流量传感器上游应留有 10 倍管径长度的直管，下游有 5 倍管径长度的直管。若传感器前后的管道中安装有阀门和管道缩径、弯管等影响流量平稳的设备，则直管段的长度还需相应增加，增加长度由现场定。

7. 气体流量开关的安装（见图 18-202）

1）安装时叶片与气体流动方向成直角，开关体上标志着的箭头方向必须与气流方向一致。

2）线路敷设可选用 ϕ20 电线管及接线盒，并用金属软管与气体流动开关连接。

8. 电量变送器（见图 18-203）

电量变送器的功能是将交流强电电流、电压、频率、cosϕ、功率等参数或信号变换为 0～5V 或 0～20mA 的电信号，以便使 DDC 识别和控制。接线应按说明书进行。

1）变送器接线必须正确无误，严防其电压输入端短路和电流输入端开路。

2）变送器的输入、输出端的范围与设计和 DDC 所要求的信号必须相符。

9. 空气质量传感器

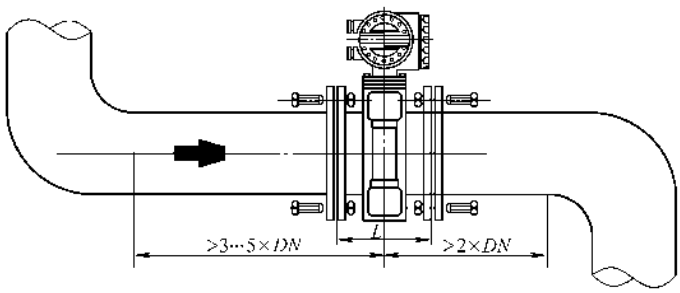
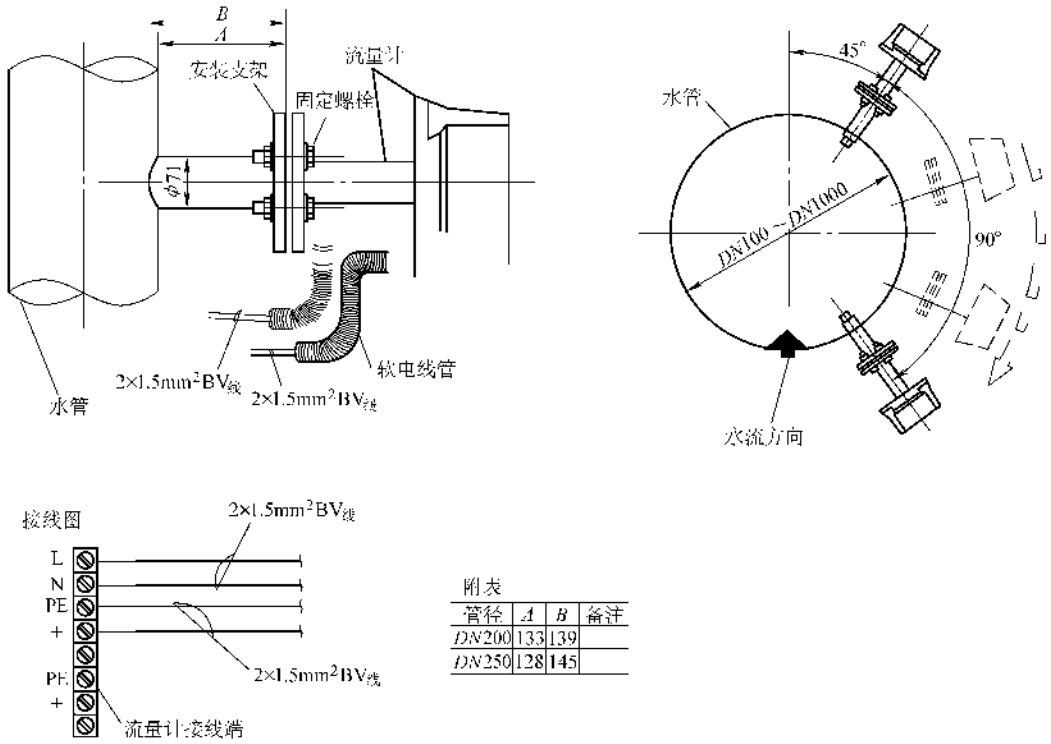


图 18-199　电磁流量计安装示意图



附表

管径	A	B	备注
DN200	133	139	
DN250	128	145	

图 18-200 流量计安装示意图

空气质量传感器的安装基本同室内管道温、湿度传感器，要求如下：

1）应安装在风管的直管段，当现场条件使得不能安装在直管段时，则应安装在避开风管内通风盲区的位置。

2）安装位置应避开蒸汽放空口。

3）探测气体比重轻的空气质量传感器应安装在风管或房间的上部，探测气体比重重的空气质量传感器应安装在风管或房间的下部。

10. 空气速度传感器

同空气质量传感器，见 9。

11. 风机盘管温控器、电动阀的安装（见图 18-204～图 18-206）

1）温控开关安装时，距地面高度应一致，一般为 1.4m。

2）电动阀阀体上箭头的指向应与水流方向一致。

3）风机盘管电动阀安装于风机盘管的回水管上。

4）四管制风机盘管的冷热水管电动阀的共用线应为零线，且可靠接地（零）。

（三）执行器的安装

执行器的种类有很多，这里仅介绍几种常见的执行器安装方法，其他执行器可参照执行。有关自动化仪表系统的执行器可参见第十六章。

1. 阀门驱动器的安装（见图 18-207）

阀门驱动器应直立安装，当条件不允许时只要输出轴是水平的，也可采用其他形式安装，安装时应防止水滴入内。

2. 电磁阀的安装

1）电磁阀阀体上箭头的指向应与水流方向一致。

2）空调器的电磁阀旁应装有旁通管路。

3）电磁阀安装前应按安装使用说明书的规定检查并摇测线圈与阀体间的绝缘电阻。

4）电磁阀在安装前应进行模拟动作和压力试验。

3. 电动阀的安装（见图 18-208 和图 18-209）

1）电动阀阀体上箭头的指向应与水流方向一致。

2）空调器的电动阀旁一般应装有旁通管路。

3）电动阀应垂直安装于水平管道上，大口径电动阀不能有任何倾斜。

4）室外安装的电动阀应适当加防晒、防雨措施。

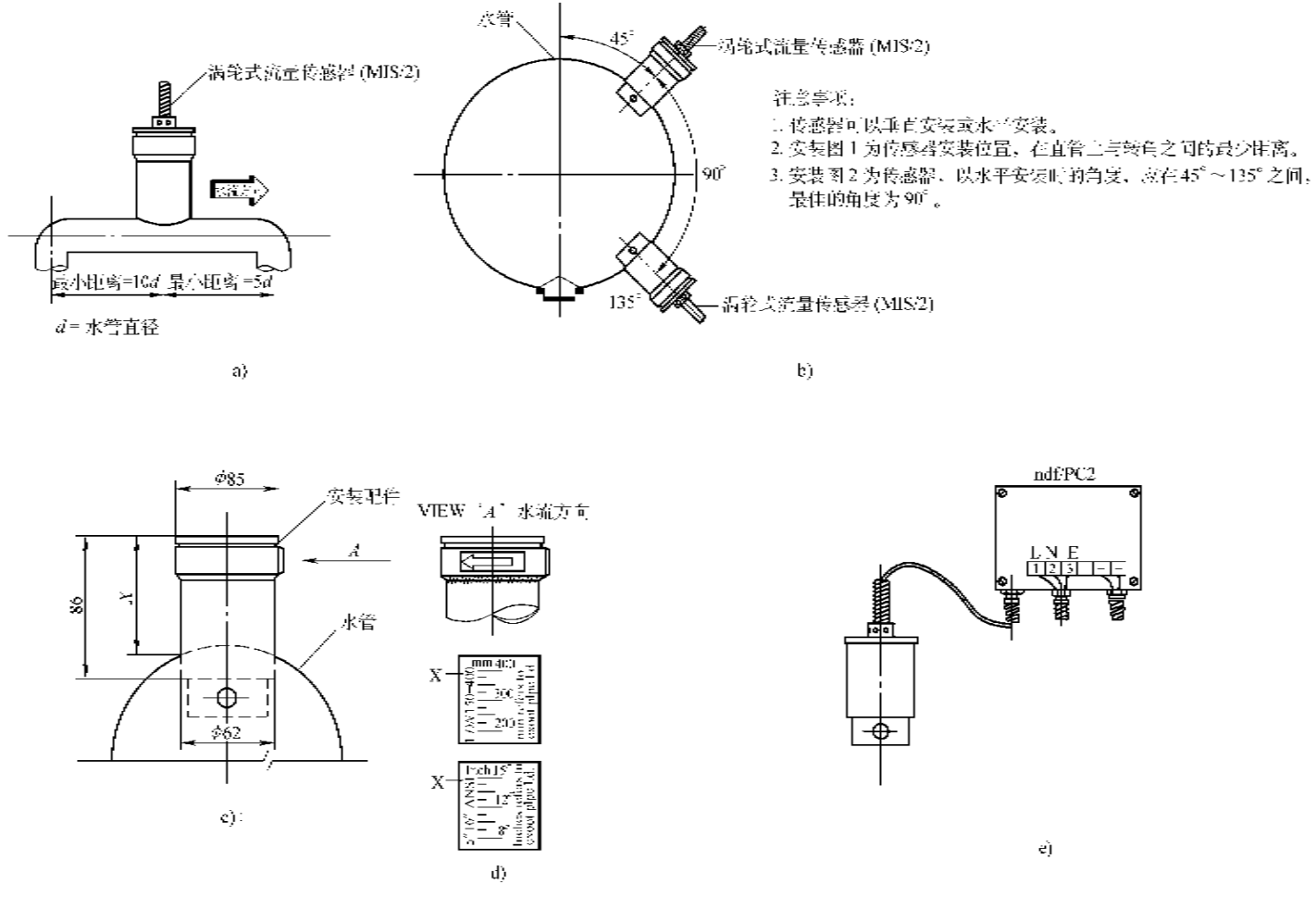


图 18-201　涡轮式流量传感器安装接线示意图

a)涡轮式流量传感器(MIS/2)安装图 1　b)涡轮式流量传感器(MIS/2)安装图 2

c)涡轮式流量传感器(MIS/2)安装配件尺寸图　d)对应水管直径　e)涡轮式流量传感器(MIS/2)接线图 2

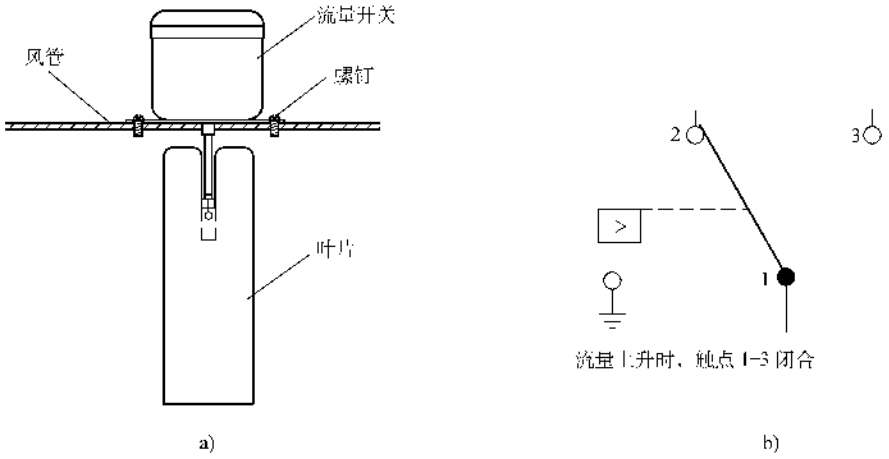


图 18-202 气体流量开关的安装示意图

a）气体流量开关安装示意图 b）气体流量开关触点功能示意图

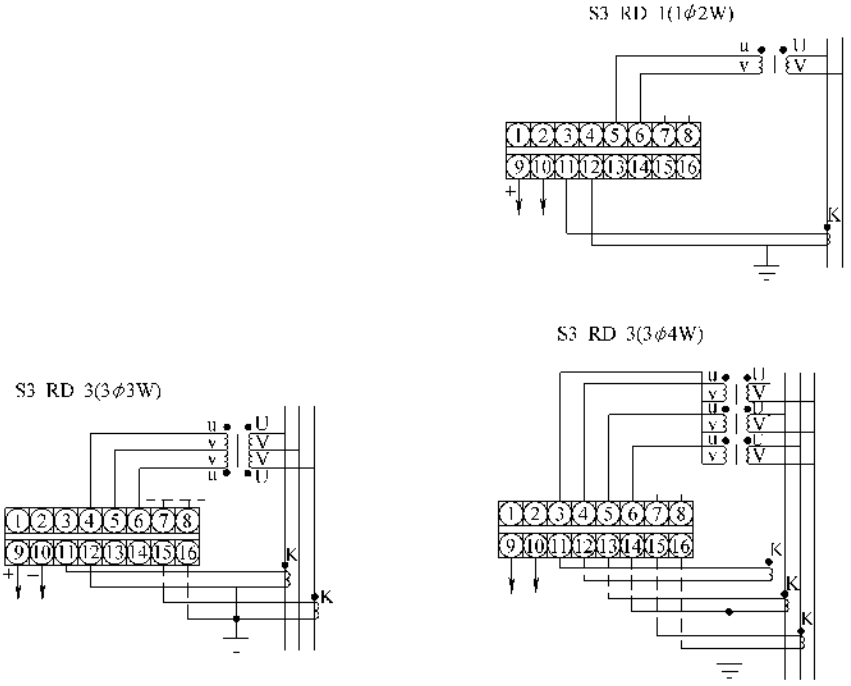


图 18-203 电量变送器接线图

5）电动阀在安装前应进行模拟动作和压力试验，检查电动阀门的驱动器，其行程、压力和最大关紧力（关阀的压力）、阀体强度、阀心经试验、输入电压、输出信号和接线方式必须满足设计和产品说明书的要求。

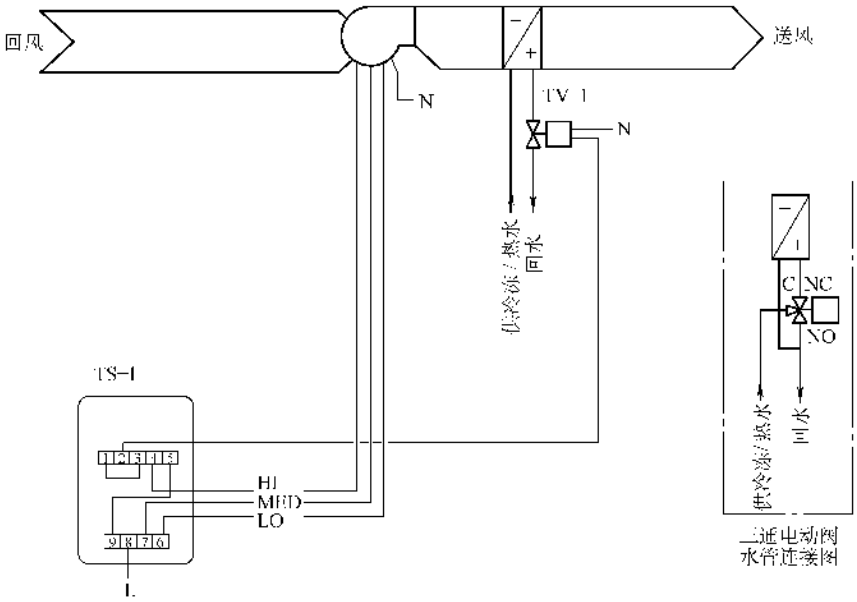
6）电动调节阀安装时，避免给调节阀带来附加压力，当调节阀安装在管道较长的地段时，应安装支架并采取避振措施，一般不宜超过 5m。

4. 电动风门驱动器的安装（见图 18-210）

1）风阀控制器上的开闭箭头的指向应与风门开闭方向一致。

2）风阀控制器应与风阀门轴垂直安装，垂直角度不小于 85°。

3）风阀控制器安装前应按安装使用说明书的规



代号	型号	说明
TS 1	T2000AAC-0	室内恒温器带风机三速开关
TV 1	VB-5X71/VA-7010	电动阀

图 18-204　风机盘管控制（二管式冷/热水二用盘管）示意图

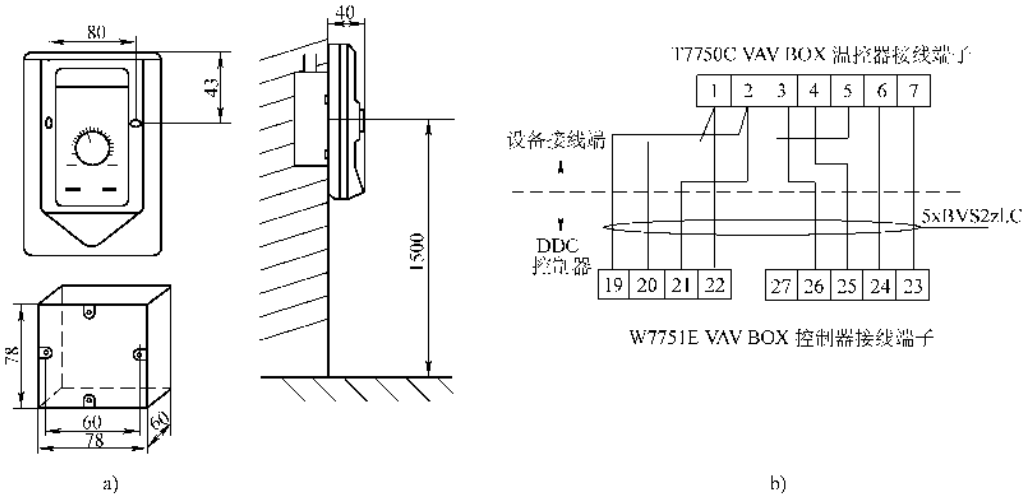


图 18-205　温控器安装接线示意图

a）T7750C 外观及标准接线盒尺寸

b）T7750C/W7751E 接线端子图

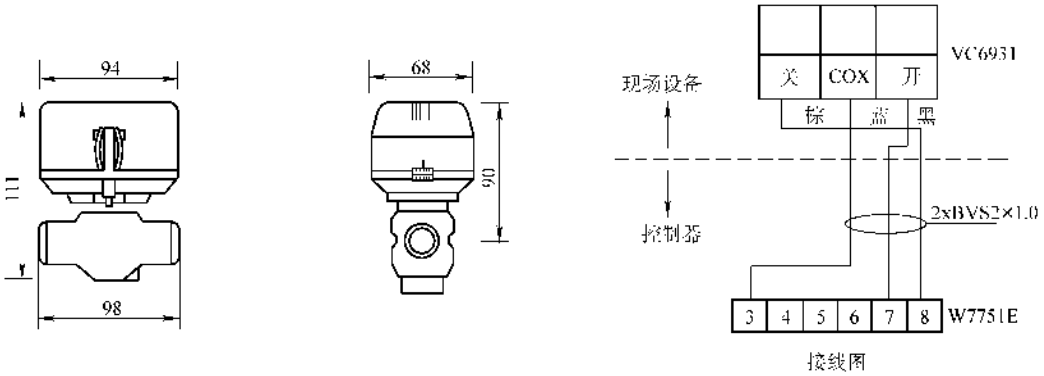


图 18-206 风机盘电动阀安装接线示意图

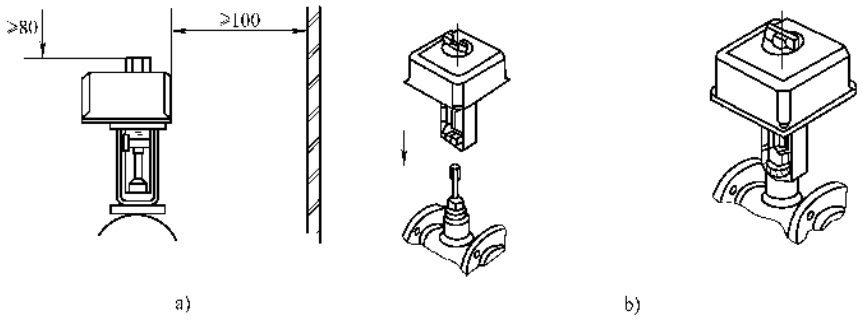


图 18-207 阀门驱动器的安装

a）阀门驱动器安装位置示意图 b）阀门驱动器安装示意图

定进行模拟动作检查线圈、阀体间的绝缘电阻、供电电压、控制输入等，应符合设计和产品说明书的要求。

4）当风阀控制器不能直接与风门挡板轴相连接时，可通过附件与挡板轴相连，其附件装置必须保证风阀控制器旋转角度的调整范围且转动灵活，无阻无卡。

5）试验时先将风门移至关闭位置，利用按钮手动卸载齿轮，将电动机夹子反转至关闭前一挡的位置，并使齿轮重新安置，将电动机校正到与风门轴呈90°，把螺帽拧紧于 V 形夹子上。

（四）控制器 DDC 接口的安装与接线

1. DDC 控制系统简介

系统微型机控制所使用的直接数字控制器（DDC）与变配电、工业锅炉房、电梯等控制系统使用的微机控制单元一样，均是专门为该系统制造的微机控制单元，一方面适用于此系统的功能要求，又一方面又能与中央控制系统联网。

系统采用的 DDC 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，即进行数据采集，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。采用 DDC 后，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。

图 18-211 是空调系统微机控制系统图，SYSTEM7/ZONEII 局部网控制系统说明：

（1）系统通信　区域直接数字控制器（DDC），简称分站，其之间的通信采用标准的 RS-485 令牌传递总线（网络协议依据 IEEE 802.4 标准），不同分支间由网桥（PLB）联络处理，整个系统中的各个 DDC 之间的通信是相等或“可见”的，中央处理器（MPU）通过 RS-232 串行接口接入网桥。

（2）系统特点　组成本系统的所有 DDC（分站）均由微处理机组成，具有独立的数据处理和控制功能，具备网络通信能力，它们都挂在计算机网络上工作，这种系统结构应具以下特点：

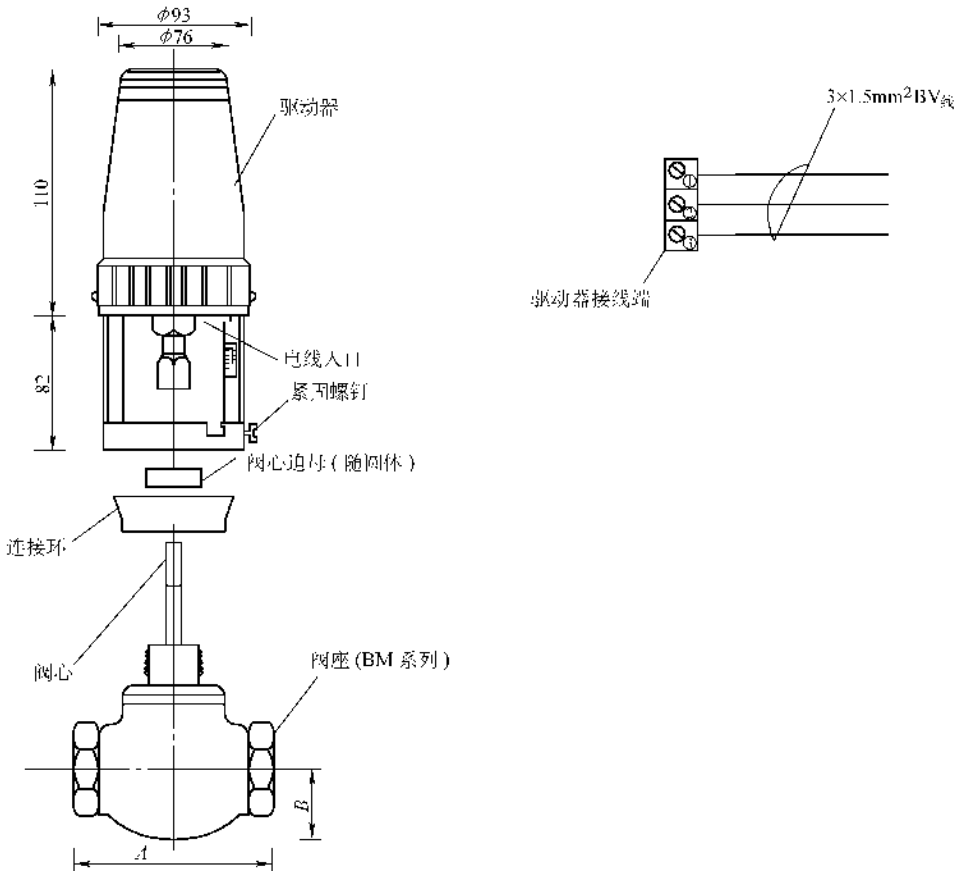


图 18-208　电动二通阀安装接线示意图（一）

1）DDC 就地安装，实现了彻底分散，DDC 与工艺设备结合在一起完成了“一体化”功能智能化。

2）DDC 之间可以实现点对点的通信交换数据，共享局域网信息，在没有中央处理器的情况下，照样可单独协调控制。

3）DDC 功能单一，组态多样，易于组配和扩展。

4）提供丰富成熟的软件及汉语编程。

5）工程中因设备分散，选用 24 个监控点的分站，更有效地发挥了分布式 DDC 系统的特点。

（3）符号说明

$a\frac{b-c}{d}$　a—分站编号　b—监控点数　c—实际占用点数　d—设置地点或层数

由图 18-211 可看出以下内容：

1）系统采用型号 TA6711 区域 DDC，按建筑物的结构设 12 台 DDC，每台监控 24 点，监控内容及监控点分类见表 18-59。

2）中央处理器与 DDC 的连接是经过网络桥 PLB 进行的，图 18-211 中标注的 RS-232 和 RS-485 是令牌传递总线，不同支路由 PLB 联络处理。

3）DDC 就地安装，与工艺设备结合在一起实现功能、智能一体化。

2. 控制器 DDC 接口的安装与接线

DDC 箱通常安装在弱电竖井中或主要设备机房中（如冷冻站、热交换站、水泵房、空调机房等）。在墙上用膨胀螺栓安装，安装高度一般为 1.4m，进出线应采用金属线槽敷设。控制器和 DDC 箱的安装同小型配电箱或照明箱，一般安装在墙上或被监控设备附近。

控制器 DDC 的接线应做到以下 4 点：

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。

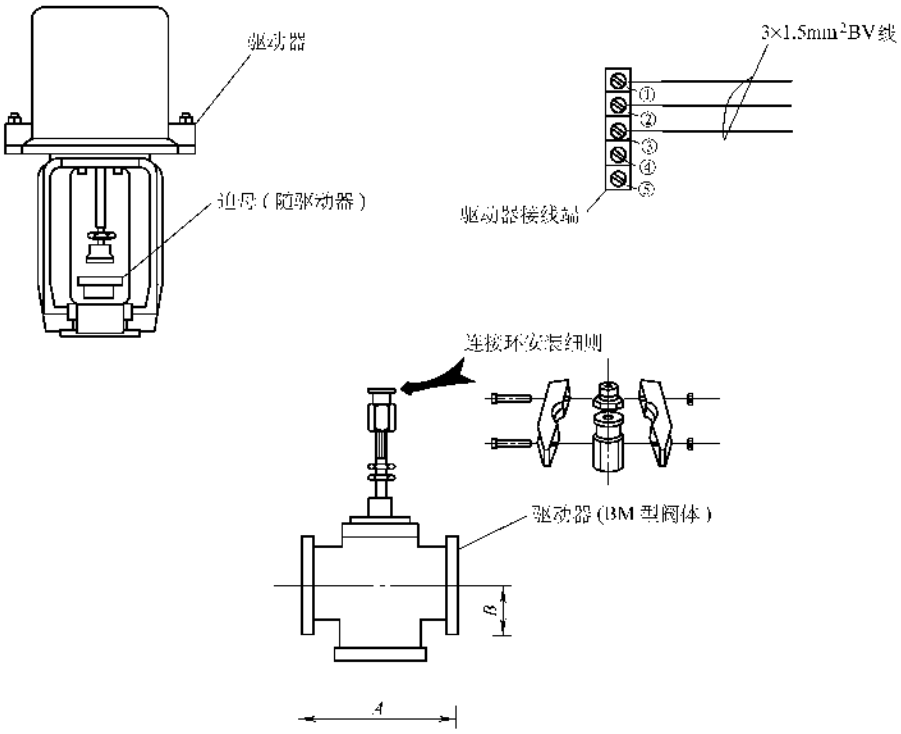


图 18-209 电动二通阀安装接线示意图（二）

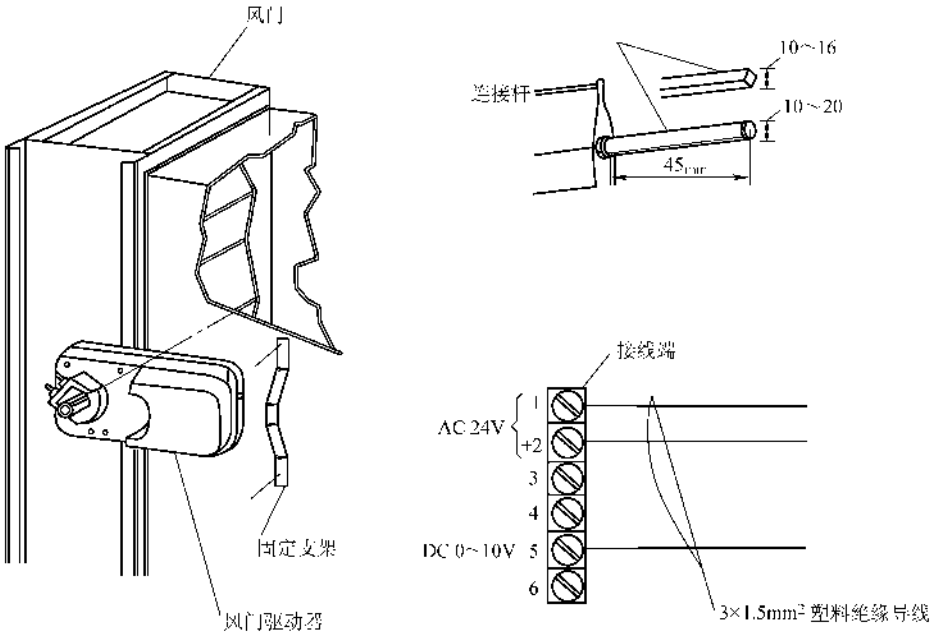


图 18-210 风门驱动器安装示意图

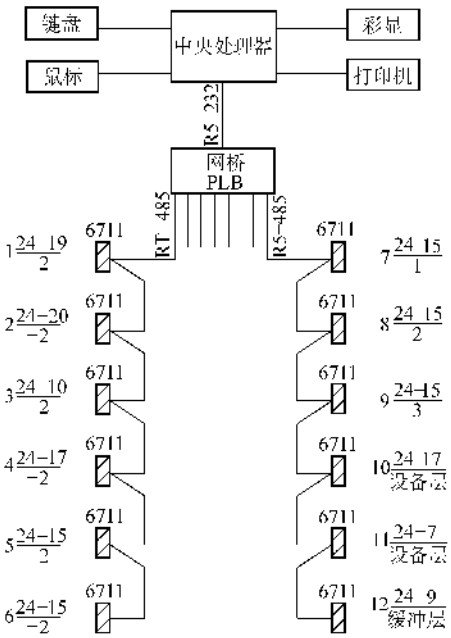


图 18-211　空调系统微机控制系统图

2）确认 DDC 的端子和设备的引出端子，在监控系统中，常把信号分为两种，其中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，如电动机的起或停、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 的字头 I 表示输入，用 out 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。

3）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。

4）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。

表 18-59　监控内容及监控点分类

序号	分站编号	监控内容	监控点分类						位置
			DI	DO	AI	AO	占用点数	剩余点数	
1	1	制冷机冷却水系统监控	12	6	1		19	5	地下二层
2	2	制冷机及冷冻水系统监控	9	6	4	1	20	4	地下二层
3	3	热交换及供热系统监控	3	3	2	2	10	14	地下二层
4	4	1PAU　1AHU	6	2	5	4	17	7	一层
5	5	2PAU　2AHU	6	2	3	4	15	9	二层
6	6	3PAU　3AHU	6	2	3	4	15	9	三层
7	7	4PAU　4AHU	6	2	3	4	15	9	一层
8	8	5PAU　5AHU	6	2	3	4	15	9	二层
9	9	6PAU　6AHU	6	2	3	4	15	9	三层
10	10	7PAU	3	1	1	2	7	17	设备层
11	11	8PAU	3	1	1	2	7	17	设备层
12	12	9PAU	5	1	1	2	9	15	缓冲层
13	13		71	30	30	33	164	124	

注：每个 6711 分站有 24 个监控点，总计 12×24＝288 点。

3. DDC 控制原理图

DDC 控制原理图与第十七章空调系统 DDC 基本相同，这里仅介绍几种常见的图样供读者参考，并不做为安装接线依据。

1）图例及符号见表 18-60。

2）冷冻系统 DDC 控制原理图如图 18-212 所示。

表 18-60 楼宇自动控制系统图形符号

1. GBJ 温度传感元件	8. CO_2 * 二氧化炭浓度测量元件（*为位号）	15. ZT * 位置变送器（*为位号）	22. J * 有功功率变送器	29. GB/T、IEC O 计数器控制
2. GBJ 湿度传感元件	9. TT * 温度变送器（*为位号）	16. ST * 速率变送器（*为位号）	23. Q 无功功率变送器	30. GB/T、IEC 流体控制
3. GBJ 液位传感元件	10. MT * 湿度变送器（*为位号）	17. IT * 电流变送器（*为位号）	24. IEC Wh 有功电能表	31. GB/T、IEC 气流控制
4. GBJ 流量传感元件	11. LT * 液位变送器（*为位号）	18. XT * 电压变送器（*为位号）	25. GB/T、IEC WM 水表	32. GB/T、IEC $\%H_2O$ 相对湿度控制
5. GBJ 压力传感元件	12. FT * 流量变送器（*为位号）	19. ET * 电能变送器（*为位号）	26. GB/T、IEC GM 燃气表	33. FS 液体流量开关
6. FE * 流量测量元件（*为位号）	13. PT * 压力变送器（*为位号）	20. f * 频率变送器（*为位号）	27. A/D 模拟/数字转换器	34. AFS 气体流量开关
7. CO * 一氧化碳浓度测量元件（*为位号）	14. PdT * 压差变送器（*为位号）	21. $\cos\varphi$ * 功率因数变送器（*为位号）	28. D/A 数字/模拟转换器	35. IT 防冰开关

（续）

36. GB/T、IEC 电动阀	41. GBJ 空气过滤器	46. GBJ 对开式多叶调节阀	51. GBJ 加湿器	56. 水泵
37. GB 电磁阀	42. GBJ 空气加热器	47. GBJ 电动对开多叶调节阀	52. 风机	57. 电气配电、照明箱
38. 电动三通阀	43. GBJ 空气冷却器	48. GBJ 三通阀	53. 冷却塔	58. GB/T、IEC DDC 直接数字控制器
39. 电动蝶阀	44. GBJ 风机盘管	49. GBJ 四通阀	54. 冷水机组	59. GB/T、IEC BAC 建筑自动化控制器
40. 电动风门	45. GB 窗式空调器	50. GBJ 节流孔板	55. 热交换器	60. GB/T、IEC T 数据传输线路

3）汽/水热交换系统 DDC 控制原理图如图18-213所示。

4）二次泵系统 DDC 控制原理图如图 18-214 所示。

5）空调机组系统 DDC 控制原理图如图 18-215 所示。

6）给水系统 DDC 控制原理图如图 18-216 所示。

7）排水系统 DDC 控制原理图如图 18-217 所示。

8）变配电系统 DDC 控制原理图如图 18-218 所示。

（五）系统调整试验及试运行

楼宇及其机电设备自控系统各专业安装调试合格后应进行系统的调整和试验，合格后即可进行系统的试运行。系统调试应按照程序进行，并在各个子系统调试合格后进行。系统调试是一项复杂的工作，各个子系统、各个专业、各施工技术人员既要分工细致，又要精诚合作，既要责任清晰，又要互相礼让，任何时候、任何条件下应确保工程按质按期交付，避免责任推脱，互相推脱。

1. 调整试验的条件及程序

（1）调整试验应具备的条件

1）系统的全部设备包括现场的各种阀门、执行器、传感器等全部安装完毕，线路敷设和接线全部符合设计图纸和标准规范的要求。

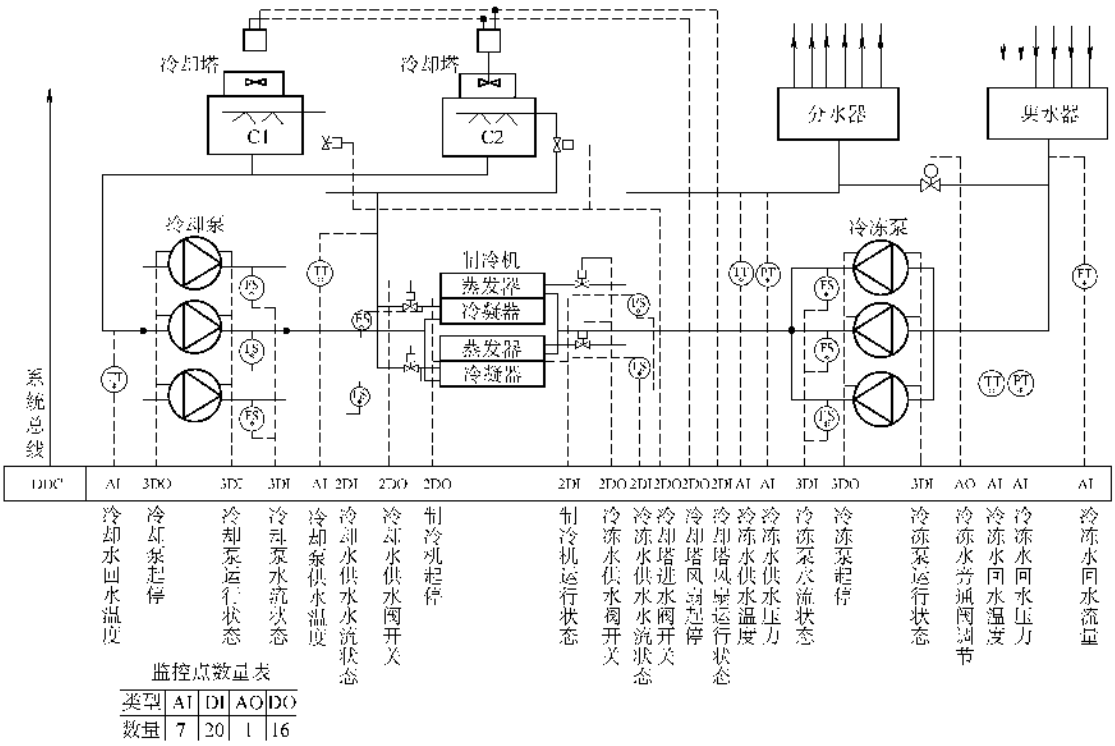


图 18-212 冷冻系统 DDC 控制原理图

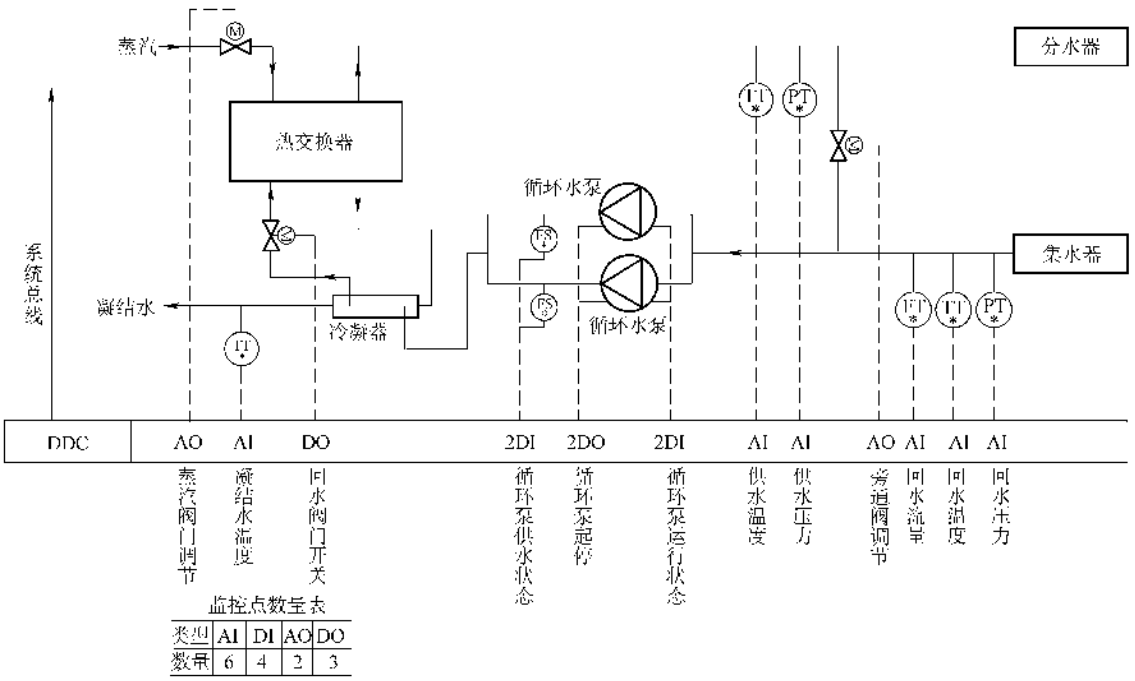


图 18-213 汽/水热交换系统 DDC 控制原理图

注：1. AI—模拟量输入；DI—数字量输入。

2. AO—模拟量输出；DO—数字量输出。

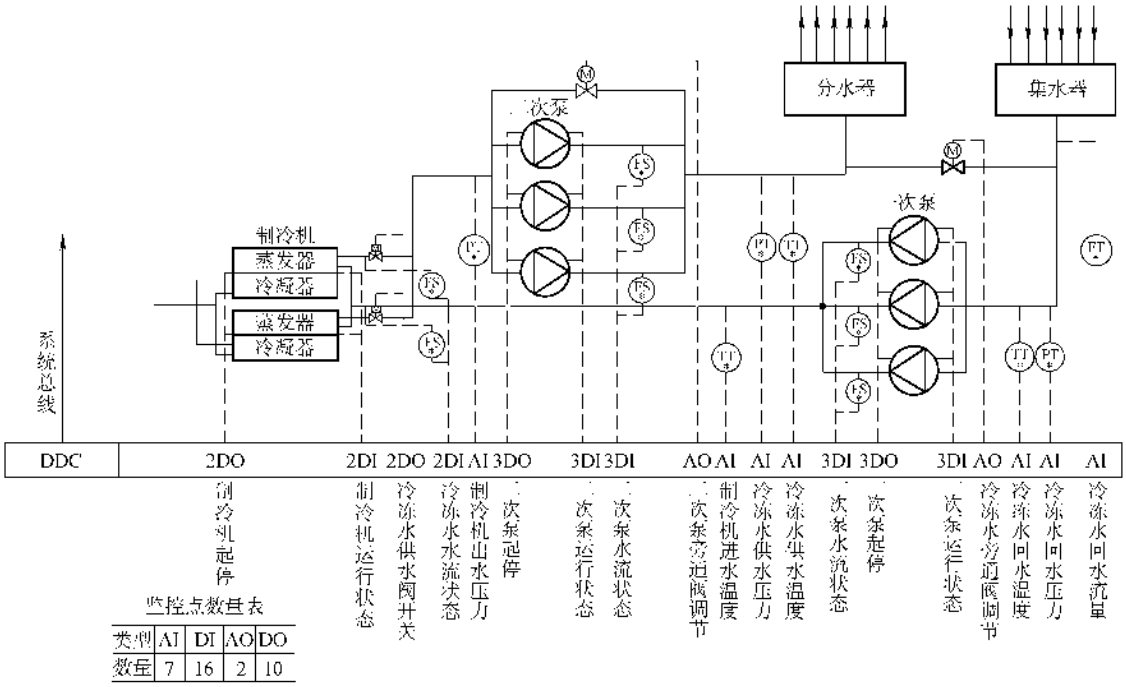


图 18-214　二次泵系统 DDC 控制原理图

注：1. AI—模拟量输入；DI—数字量输入。

2. AO—模拟量输出；DO—数字量输出。

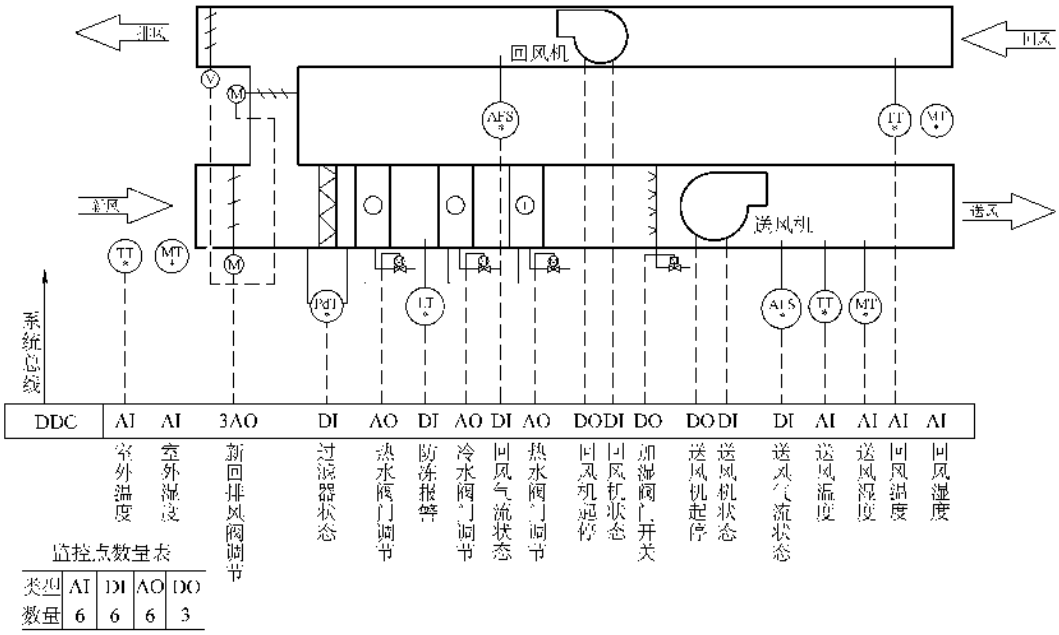
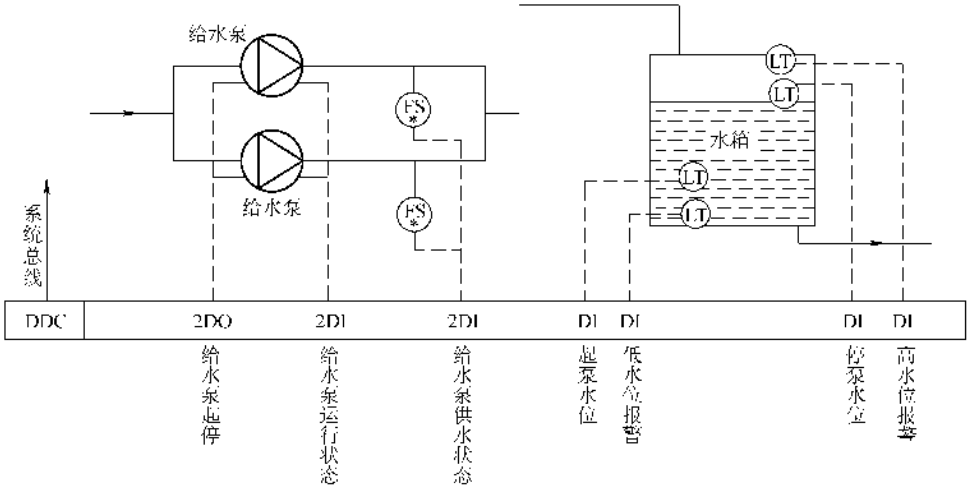


图 18-215　空调机组系统 DDC 控制原理图

注：1. AI—模拟量输入；DI—数字量输入。

2. AO—模拟量输出；DO—数字量输出。



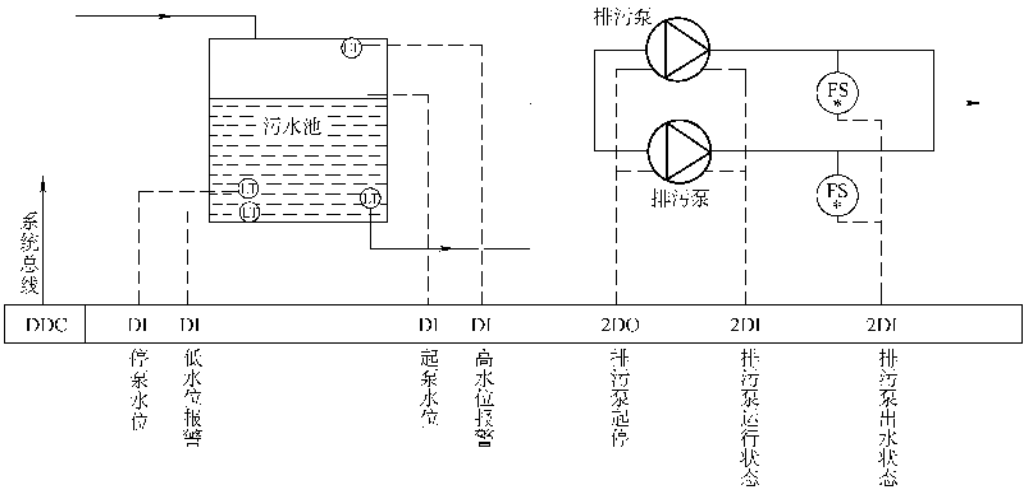
监控点数量表

类型	AI	DI	AO	DO
数量		8		2

图 18-216 给水系统 DDC 控制原理图

注：1. AI—模拟量输入；DI—数字量输入。

2. AO—模拟量输出；DO—数字量输出。



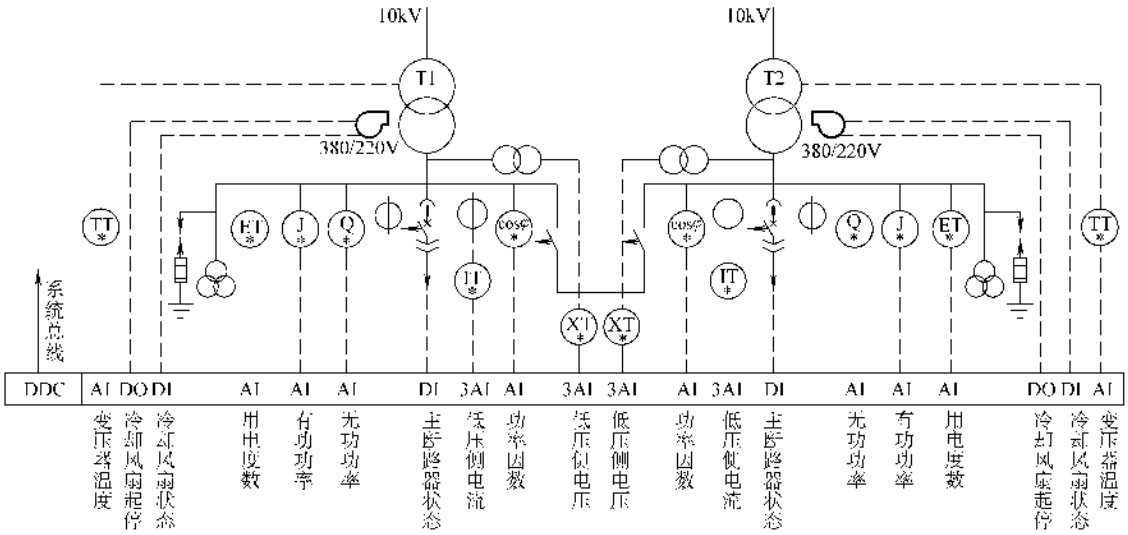
监控点数量表

类型	AI	DI	AO	DO
数量		8		2

图 18-217 排水系统 DDC 控制原理图

注：1. AI—模拟量输入；DI—数字量输入。

2. AO—模拟量输出；DO—数字量输出。



监控点数量表

类型	AI	DI	AO	DO
数量	22	4		2

图 18-218　变配电系统 DDC 控制原理图

注：1. AI—模拟量输入；DI—数字量输入。

2. AO—模拟量输出；DO—数字量输出。

2）系统的受控设备及其自身的系统不仅安装完毕，而且单体或自身系统的调试结束；同时其设备或系统的测试数据必须满足自身系统的工艺要求，单机运行正常。

3）检查系统与各子系统的联动、信息传输和线路敷设等必须满足设计要求。

（2）系统的调整试验程序

1）准备工作

①　设备外观和安装质量检查或测试。

②　环境、温度、湿度、卫生条件、供电电源系统的检查和测试。

③　接地系统的检查和测试。

上述三条合格后方可进行 2）的程序，存在的缺陷或不合格项必须及时修复检验合格。

2）系统及设备之间接线的检查应无错接、漏接、虚接现象。

3）单体设备的检查、测试及通电试车应正常。

4）DDC 功能测试应正常。

5）受控设备单体动作/运行/功能测试应合格。

6）系统调试及试运行应合格。

2. 试整试验细则

（1）数字量输入测试

1）信号电平的检查和确认

①　接点输入信号按设备说明书和设计要求确认其逻辑值。

②　脉冲或累加信号按设备说明书和设计要求确认其发生脉冲数与接收脉冲数一致，并符合设备说明书规定的最小频率、最小峰值电压、最小脉冲宽度、最大频率、最大峰值电压、最大脉冲宽度。

③　电压或电流信号（有源与无源）按设备说明书和设计的要求进行确认。

2）动作试验按不同信号的要求，用程序方式或手动方式对全部测点进行测试，并将测点的值记录下来。

3）特殊功能检查：按工程规定的功能进行检查，如高保安数字量信号输入以及正常、报警、线路、开路、线路短路的检测等。

（2）数字量输出测试

1）信号电平的检查和确认

①　继电器开关量的输出 ON/OFF：按设备说明书和设计要求确认其输出中规定的电压电流范围和允许工作容量。

②　输出电压或电流开关特性检查：其电压或电流输出值必须符合设备使用书和设计要求。

2）动作试验用程序方式或手动方式测试全部数字量输出，记录其测试数值并观察受控设备的电气控制开关的工作状态是否正常；受控单体受电试运行正常后，即可在受控设备正常受电后观察其受控设备运行是否正常。

3）特殊功能检查按工程规定的功能进行检查，如按设计要求进行三态（快、慢、停）和间歇控制（1s、5s、10s）等的检查。

（3）模拟量输入测试

1）输入信号的检查按设备说明书和设计要求确认有源或无源的模拟量输入的类型、数值大小、设定值（设计值）是否符合规定，一般传感器可按如下顺序进行检查和测试：

① 温度、湿度、压力、压差传感器的检查与测试

a. 按产品说明的要求确认设备接入的电源电压、频率、温度、湿度是否与实际相符。

b. 按产品说明书的要求检查确认传感器的内外部连接线是否正确。

c. 按产品说明书规定的输入量程范围，输入模拟输入信号如火源、压力手摇泵等产生温度、压力信号的装置，详见第五章、第十六章仪表测试相关内容。并在传感器输出端或 DDC 侧检查其输出信号是否与实际值相符。

② 电量、电压、电流、频率、功率因数传感器的检查与测试

a. 按说明书要求确认其电源、电压、频率、温度、湿度是否与实际相符。

b. 按产品说明书的要求检查确认传感器的内外部连接线是否正确。

c. 按产品说明书规定的输入量程范围输入模拟信号（详见第二章互感器及电工仪表测试相关内容）分别在传感器的输出端或 DDC 侧检查其输出信号是否与实际值相符。

③ 电磁流量传感器的检查与测试

a. 按说明书要求确认其电源、电压、频率、温度、湿度是否与实际相符。

b. 按产品说明书的要求检查确认其内外部连接线是否正确。

c. 静态调整：将流量传感器安装于现场后且探头部分必须完全浸没于静止的水中，在 DDC 侧测试其输出信号，这时信号值应为零，否则应按产品和系统要求进行自动校零或手动调零。

d. 动态检查：模拟管道中的介质流量（模拟安装于管道上，然后通以水），然后在 DDC 侧测试其传感器的输出信号，确认其是否与实际相符。

2）动作试验用程序方式或手控方式对全部的 AI 测试点逐点进行扫描测试并记录各测试点的数值，确认其值是否与实际情况一致，将该值进行记录。

3）模拟量输入精度测试：使用程序和手动方式测试其每一测试点，在其量程范围内读取三个测试点，全量程的 10%、50%、90%，其测试精度要达到该设备使用说明书规定的要求。

4）特殊功能检查：按设计要求进行检查和测试，应符合要求。

（4）模拟量输出测试

1）按设备使用说明书和设计要求确定其模拟量输出的类型、量程（容量）与设定值（设计值）是否符合，各种风门、电动阀门驱动器可按如下顺序进行检查与测试：

① 按产品说明书的要求确认该设备接入的电源、电压、频率、环境温度、湿度是否与实际相符。

② 检查并确认各种驱动器的内外部连接线是否正确。

③ 手动检查：首先将驱动器切换至手动挡，然后转动手动摇柄，检查驱动器的行程是否在 0 ~ 100% 范围内。

④ 在确认手动检查正确后，在现场按产品说明书要求，模拟其输入信号（同上）或者从 DDC 输出 AO 信号，确认其驱动器动作是否正常。

2）动作试验：用程序或手控方式对全部的 AO 测试点逐点进行扫描测试，记录各测试点的数值，同时观察受控设备的工作状态和运行是否正常。

3）模拟量输出精度的测试，按模拟量输入精度测试方法进行。

4）特殊功能检查：按工程规定的功能进行检查，如保持输出功能、事故安全功能报警等。

5）测试全部 DO、DI、AO、AI 点的信号值并根据监控点表或调试方案规定的监控点数量和参数值要求分别进行。

（5）DDC 功能测试 一般应按产品设备说明书和工程设计要求进行测试。

1）运行可靠性测试抽检任意（随机）受控设备设定的监控程序，测试其受控设备的运行记录和状态。

① 关闭中央监控主机、数据网关（包括主机至 DDC 之间的通信设备），确认系统全部 DDC 及受控设备运行正常后，重新开机后抽检部分 DDC 设备中受控设备的运行记录和状态，同时确认系统框图及其他图形均能自动恢复。

② 关闭 DDC 电源后，确认 DDC 及受控设备运

行正常，重新受电后确认 DDC 能自动检测受控设备的运行，记录状态并予以恢复。

③　DDC 抗干扰测试：将一台干扰源设备（例如冲击电钻）接于 DDC 同一电源，干扰设备开机后，观察 DDC 设备及其他设备运行参数和状态运行是否正常。

2）DDC 软件主要功能及其实时性测试按产品说明书和设计的要求进行测试。

①　DDC 点对点控制：在 DDC 侧用电脑或现场检测器，或者在中央控制机侧手控一台被控设备，测定其被控设备运行状态返回信号的时间应满足系统的设计要求。

②　在现场模拟一个报警信号，测定在 CRT 图面和触发蜂鸣器发出报警信号的时间必须满足系统设计要求。

③　在中央控制机画面开启一台空调机，测定电动阀门的开度从 0～50% 的时间。

3. 空调系统单体设备的调试

（1）新风机（二管制）单体设备调试（见图 18-219）

1）检查确认新风机控制柜的电气元器件有无损坏，内部与外部接线是否正确无误，严防强电电源串入 DDC，如需交流 24V 应确认接线正确，无短路故障。

2）按监控点表要求，检查温、湿度传感器、电动阀、风阀、压差开关等设备的位置、接线是否正确和输入、输出信号的类型、量程是否和设置相一致。

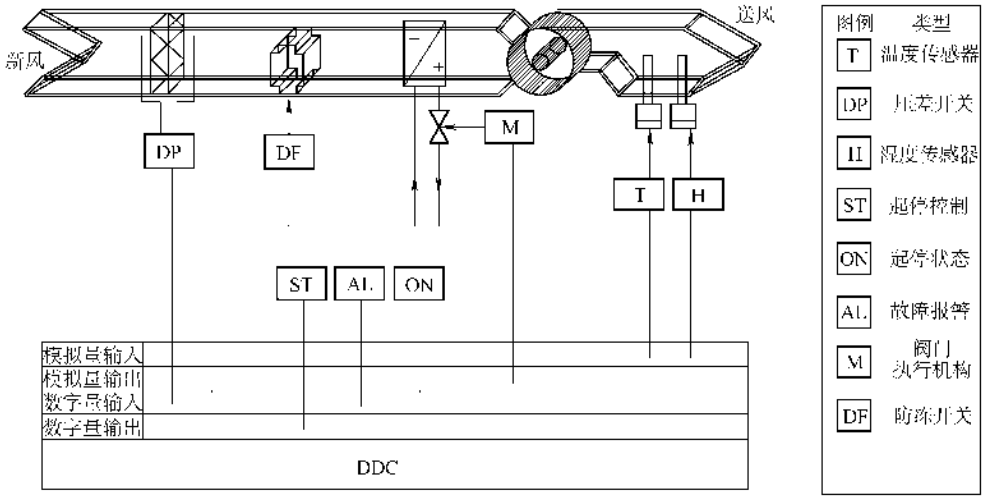


图 18-219　新风机组监控原理图

3）手动位置检查确认风机在非受控状态下已运行正常。

4）检查确认 DDC 控制器和 I/O 模块的地址码设置是否正确。

5）检查确认 DDC 送电并接通主电源开关后，观察 DDC 控制器和各元件状态是否正常。

6）用电脑或手提检测器检测附表记录的所有模拟量输入点送风温度和风压的量值，并核对其数值是否正确。记录所有开关量输入点（风压开关和防冻开关等）工作状态是否正常。将所有的开关量输出点置于开或关，确认相关的风机、风门、阀门等工作是否正常。将所有模拟量接入输入点，测试输出信号并确认相关的电动阀（冷热水调节阀）的工作是否正常及其位置调节是否跟随变化。

7）起动新风机，新风阀门应联锁打开，送风温度调节控制应投入运行。

8）将模拟送风温度值调至大于送风温度设定值（一般为 3℃左右），这时热水调节阀应逐渐减少，开度直至全部关闭（冬天工况）；或者冷水阀逐渐加大，开度直至全部打开（夏天工况）。再将模拟送风温度值调至小于送风温度设定值（一般为 3℃左右）时，确认其冷热水阀运行工况与上述完全相反。

9）将模拟送风湿度调至小于送风湿度设定值，这时加湿器应按预定要求投入工作，并且致使送风湿度趋于设定值，并用精确湿度计检测。

10）新风机组是变频调速或高、中、低三速控制时，应模拟变化风压测量值或其他工艺要求，确认风机转速能否相应改变或切换到测量值或稳定在设计值，当风机转速稳定在某值时，应按设计和产品说明书的要求记录 30%、50%、90% 风机速度时高、中、

低三速相对应的风压或风量。

11）当新风机停止运转后，新风门以及冷、热水调节阀门、加湿器等应自动回到全关闭状态。

12）按设计图纸及供应商的技术资料、软件功能和调试大纲的规定测试其他功能联锁、联动应符合设计要求。

13）单体调试完成时，按工艺和设计要求在系统中设定其送风温度、湿度和风压的初始状态。四管制新风机组调试基本同上。

（2）空气处理机（二管制）单体设备调试　空气处理机一般采用空调机组进行监控，空调机组监控原理图见图 18-220。

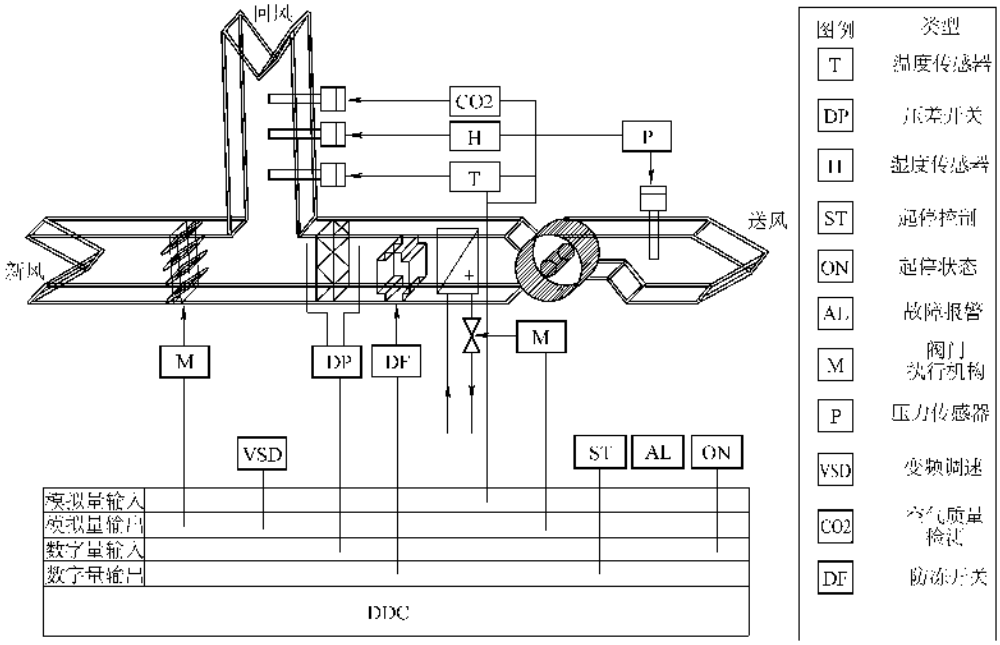


图 18-220　空调机组监控原理图

1）按新风二管制单体设备调试的 1）～6）子项的要求完成测试检查与确认。

2）起动空调机时，新风门、回风风门、排风风门等应联锁打开，各种调节控制应自动投入工作状态。

3）按新风二管制单体设备调试的 8）～10）的要求完成测试、检查与确认。

4）空调机组起动后，当回风温度跟踪设定值的速度太慢，可微量提高 PID 调节的比例放大作用；当系统稳定后，回风温度和设定值的偏差较大，可微量提高 PID 调节的积分作用；当回风温度在设定值上下明显地作周期性波动，其偏差超过范围，则应先降低或取消微分作用，再降低比例放大作用，直到系统稳定为止。

5）空调机停止动转时，新风机风门、排风门、回风门、冷热水调节阀、加湿器等应自动回到全关闭状态。

6）按设计图纸及供应商的技术资料、软件和调试大纲的规定测试其他功能及联锁、联动程序控制应符合设计要求。

7）当风压或风量稳定在设计值、风机速度应稳定在某一点上时，应按设计和产品说明书的要求记录 30%、50%、90% 风机速度时相对应的风压或风量（变频、调速）；还应在分挡变速时测量其相应的风压与风量。

8）按新风机二管制单体设备调试的子项要求，完成其他测试检查和确认项目，应符合要求。

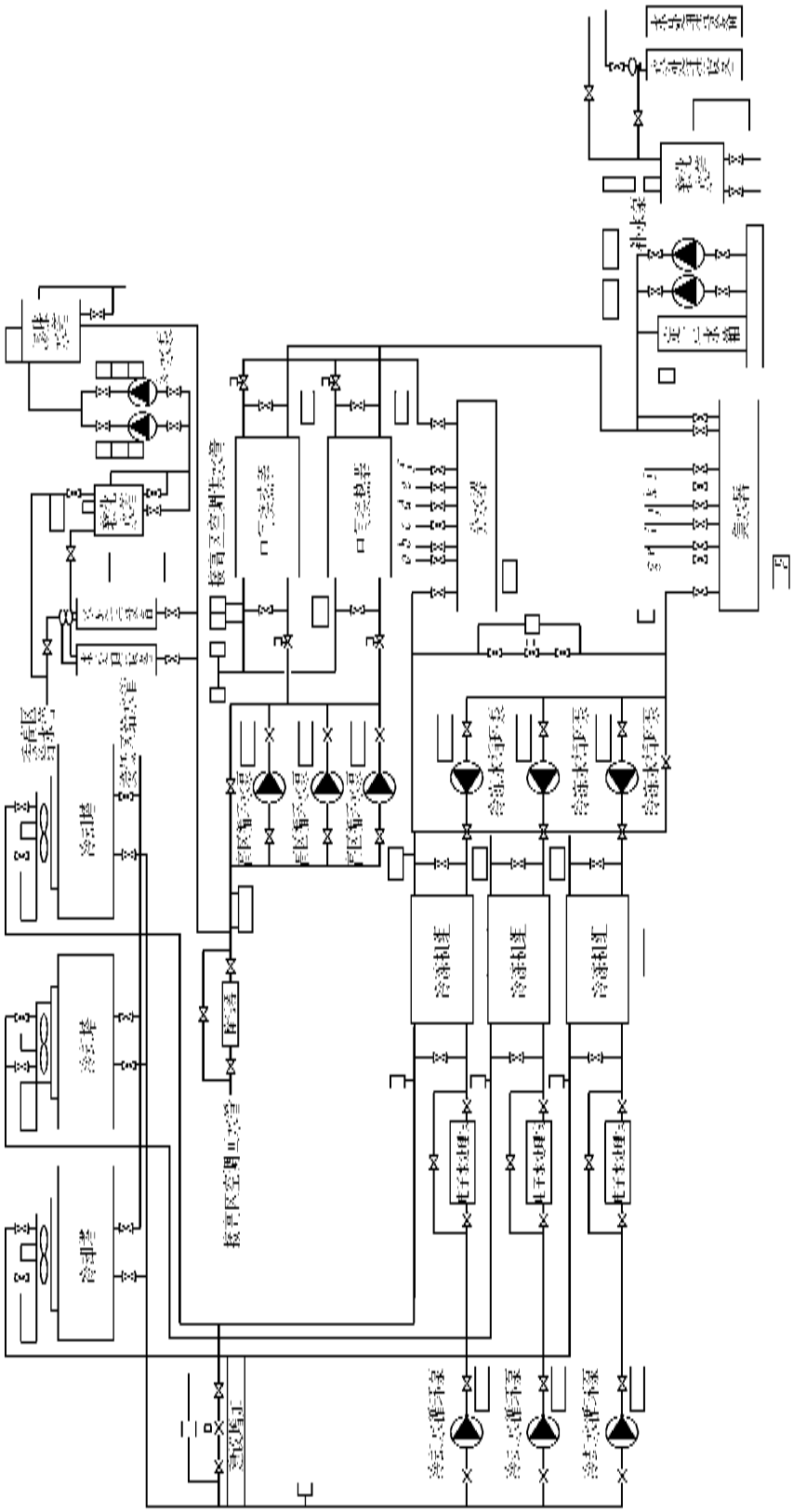
（3）空调冷热源设备调试

空调系统冷水机组控制如图 18-221 所示。

热泵机组控制如图 18-222 所示。

1）按上述新风机二管制单体设备调试的 1）～6）项的要求进行测试检查与确认，应符合设计要求。

2）按设计和产品技术说明书的规定，当主机、冷热水泵、冷却水泵、冷却塔、风机、电动蝶阀等相关设备单独运行正常下，在 DDC 侧或主机侧检测全部 AO、AI、DO、DI 点，应满足设计和监控点表的要求。当启动自动控制方式，系统各设备应按设计和工艺要求顺序自动投入运行。


冷却塔
冷却塔
冷却塔
冷却塔
冷却塔
冷却塔
冷却机组
冷冻机组
冷冻机组
冷冻水循环泵
冷冻水循环泵
冷冻水循环泵
冷却水循环泵
冷却水循环泵
冷却水循环泵
膨胀水箱
定压补水箱
换热器
换热器
换热器

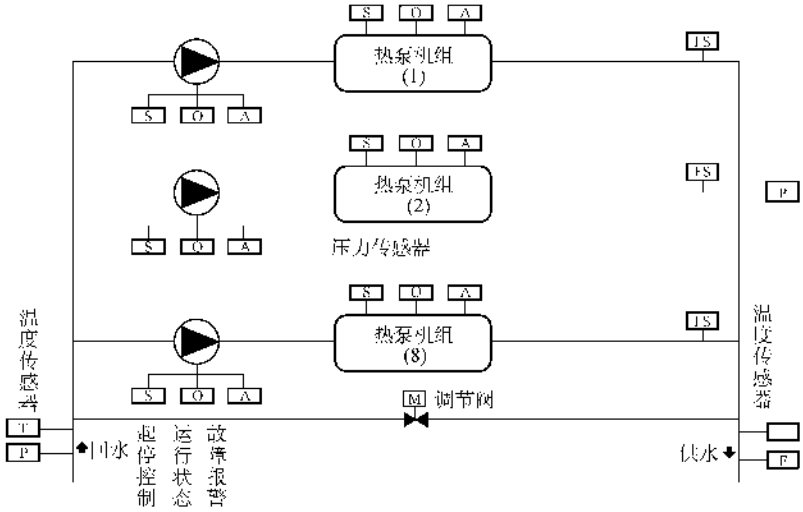


图 18-222 热泵机组控制原理图

3）增加或减少空调机运行台数并增加其冷热负荷，检验平衡管流量的方向和数值，自动起动或停止的冷热机组的台数满足负荷需要。

4）使一台设备故障停运以及整个机组停运，检验系统是否自动起动备用机组投入运行。

（4）末端装置单体调试

压力开关型末端装置控制如图 18-223 所示。

1）末端装置单体检测的项目和要求应按设计和产品供应商说明书的要求进行。

2）末端的检查与测试：

① 按设计图纸要求检查末端装置控制器、传感器、阀门、风门等设备的安装就位和末端装置控制器电源、风门和阀门的电源应正确。

② 按设计图纸检查末端装置控制器与末端装置、上位机之间的连接线（包括各种传感器、阀门、风门等），应安装接线正确。

③ 用末端装置控制器软件检查传感器、执行器工作应正常。

④ 用末端装置控制器软件检查风机运行应正常。

⑤ 测定并记录末端装置一次风最大流量、最小流量及二次风流量是否满足设计要求。

⑥ 确认末端装置控制器与上位机通信正常。

风机盘管单体调试、给排水设备单体调试基本同前，可按前述方法进行。上述调试安装应执行相应标准规范，并由钳工、管工及其他技术人员配合进行。

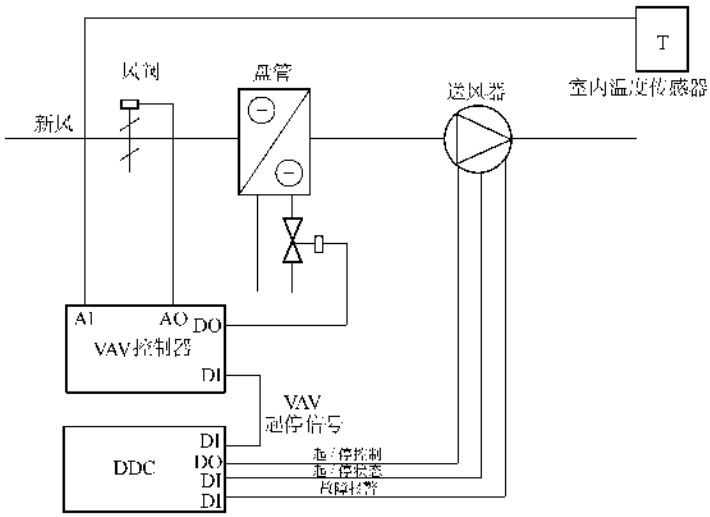


图 18-223 末端装置控制原理图

4. 变配电及照明系统单体设备调试

（1）检查核对接线

1）按设计图纸和变送器接线要求，检查变送器输入端与强电柜电压互感器、电流互感器接线是否正确、量程是否匹配（包括输入阻抗、电压、电流的量程范围）。检查变送器输出端与 DDC 接线是否正确和量程是否匹配。检查所有设备、元件的电源电压其数值、电源性质类别应正确无误。

2）强电柜与 DDC 通信方式检查：按设计图纸和通信接口的要求，检查核对接线是否正确，数据通信协议、格式、传输方式、速率是否符合设计要求。

（2）系统监控点的测试

1）根据设计图纸和系统监控点表的要求，分别逐点一一进行测试。

2）模拟量输入信号精度测试：在变送器输出端测量其输出信号的数值，通过计算与主机 CRT 上显示数值进行比较，其误差应满足设计和产品的技术要求。

3）系统照明配电箱及其照明设备运行正常时，启动顺序、时间或照度控制程序，按照明系统设计和监控要求，按顺序、时间程序或分区方式进行测试，应准确无误。

（3）电量计费的测试　按系统设计的要求，启动电量计费测试程序，检查其输出打印报告的数据并与用计算方法或常规电度计量仪表的数据进行比较，测试数据应满足设计和计量要求。

（4）柴油发电机运行测试

1）检查柴油发电机组及其相应配电柜的运行应正常。

2）检查柴油发电机输出配电柜处于断开状态时，严禁其输出电压能够接入正常的供配电回路里，一般情况下是设置双投开关。

模拟启动柴油发电机组起动控制程序，按设计和监控点表的要求检查相应开关设备动作和运行情况应正常。

5. 电梯系统运行状态的监测

1）按设计和监控点表要求检查 DDC 与电梯控制柜电梯内的读卡机之间的连接或通信线的连接应正确无误，检查相互之间的通信接口、数据传输、格式、传输速率等满足设计要求。

2）在 DDC 侧或主机侧按设计规定要求，检测电梯设备的全部监测点，核实其满足设计、监控点表和联动联锁的要求。

6. 基本应用软件设定与核实

（1）确认系统与实际运行设备一致。

1）按系统设计要求确认系统中主机、DDC、网络控制器、网关等设备运行及故障状态等。

2）按监控点表的要求确认系统各子系统设备的传感器、阀门、执行器等运行状态、报警、控制方式等。

（2）核实系统受控设备的平面图

1）核实系统受控设备的平面位置与实际位置应一致。

2）核实系统受控设备的平面位置后，检查其监控点的状态、功能与监控点表的功能应一致。

3）检查在 CRT 主机侧对现场设备进行手动控制操作。

7. 系统调试

（1）系统的接线检查　按系统设计图纸，检查主机与网络器、网关设备、DDC、系统外部设备（包括电源、UPS、打印设备）、通信接口（包括与其他子系统）之间的连接、传输线型号规格是否正确。通信接口的通信协议、数据传输格式、速率等是否符合设计要求。

（2）系统通信检查　主机及其相应设备通电后，启动自检程序检查主机与系统其他设备的通信是否正常，核实系统内设备无故障。

（3）系统监控性能的测试

1）在主机侧按监控点表和调试大纲的要求，对系统的 DO、DI、AO、AI 进行抽样测试，其抽样要求详见“系统验收规范”，工程中一般不小于 20%，100% 为合格。

2）系统有热备份系统，则应确认其中一机处于人为故障状态下，确认其备份系统运行正常并检查运行参数不变，确认现场运行参数不丢失。

3）按规范要求在主机侧对上述单机设备进行抽样测试，其抽样应按系统验收规范要求进行。

4）系统联动功能的测试及试运行：

①　系统与其他子系统采取硬连接方式联动，则按设计要求全部或分类对各监控点进行测试，并核实功能满足设计要求。

②　系统与其他子系统采取通信方式连接，则按系统集成的要求进行测试。

③　子系统开机运行应正常，并一一按顺序与系统联网，应正常。

④　系统运行正常。

五、三表计量及远程传输系统安装要点

三表计量及远程传输系统是智能建筑系统的子系统，如图 18-224 所示。

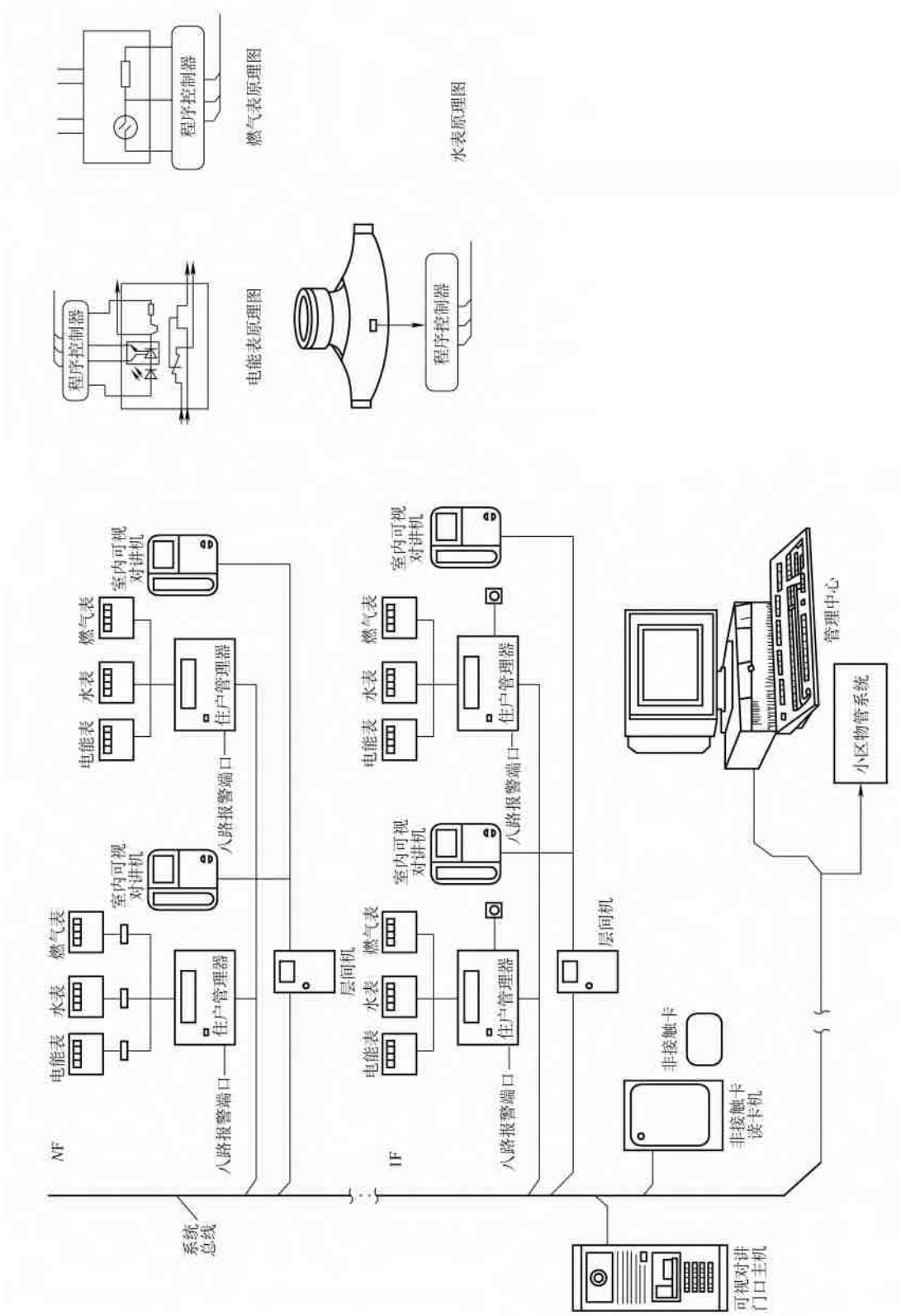


图 18-224 智能三表系统图

三表分别采用先进的脉冲式仪表，在表中附加一块微型程序控制器，系统具有小型数据库功能，可对三表用户进行录入、排序、分类，又能实现对一户、多户或全部用户抄表收费，还具有各种单据的管理和打印输出功能。

其安装要点、注意事项基本与本节的六、和七、相同。此外，必须做到以下几点：

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，并出据检定、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）三表数据的抄收及运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：

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。

六、小区信息网络智能化服务管理系统安装要点

小区信息网络智能化服务管理系统是集保安系统、机电设备监控、公共设施（水、电、气、电站、电视、计算机网络、各类探测器）、家居物业（水、电、气、电话、电视、计算机、各类探测器）为一体的控制、监视系统，如图18-225和图18-226所示。

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。

七、家居智能信息平台安装要点

家居智能信息平台是以家庭为单位设立的子智能化系统，它是建立在信息化、智能化基础上的，是智能建筑的子系统，如图18-227所示。

安装要点、注意事项基本与本节六、相同。此外，做为家居设施，必须保证各设备元件管线安装要美观大方，水平上要一致、竖直上要一致，标高、位置适中，给人一种美感和舒适感。

八、小区物业管理自动化系统安装要点

小区物业管理自动化系统是智能建筑系统的子系统，如图18-228所示。

安装要点、注意事项基本与本节六、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。

九、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。

（一）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。

（二）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。其试投的程序可按图18-229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。

（三）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。

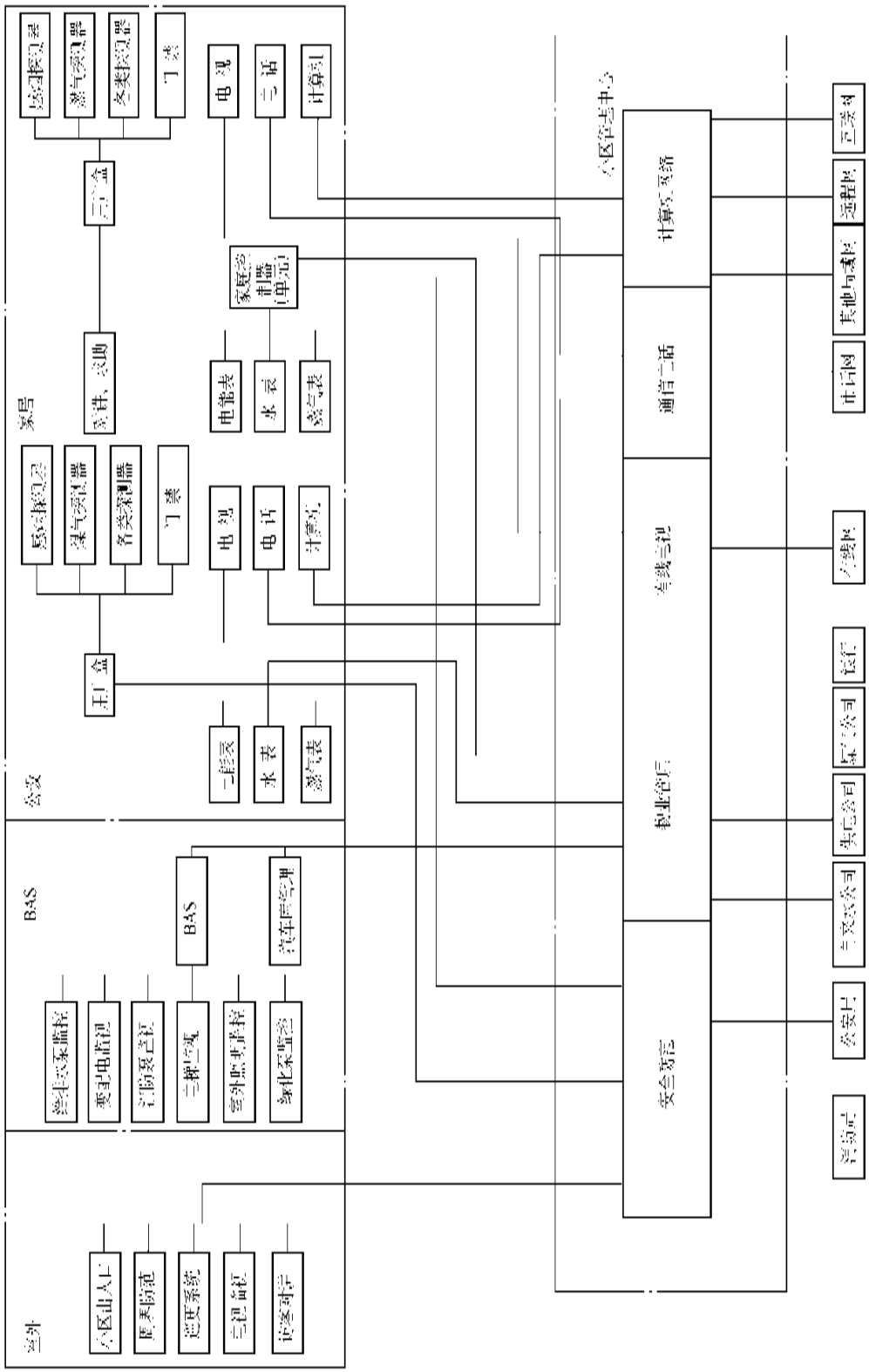


图 18-225 小区智能化系统总体框图

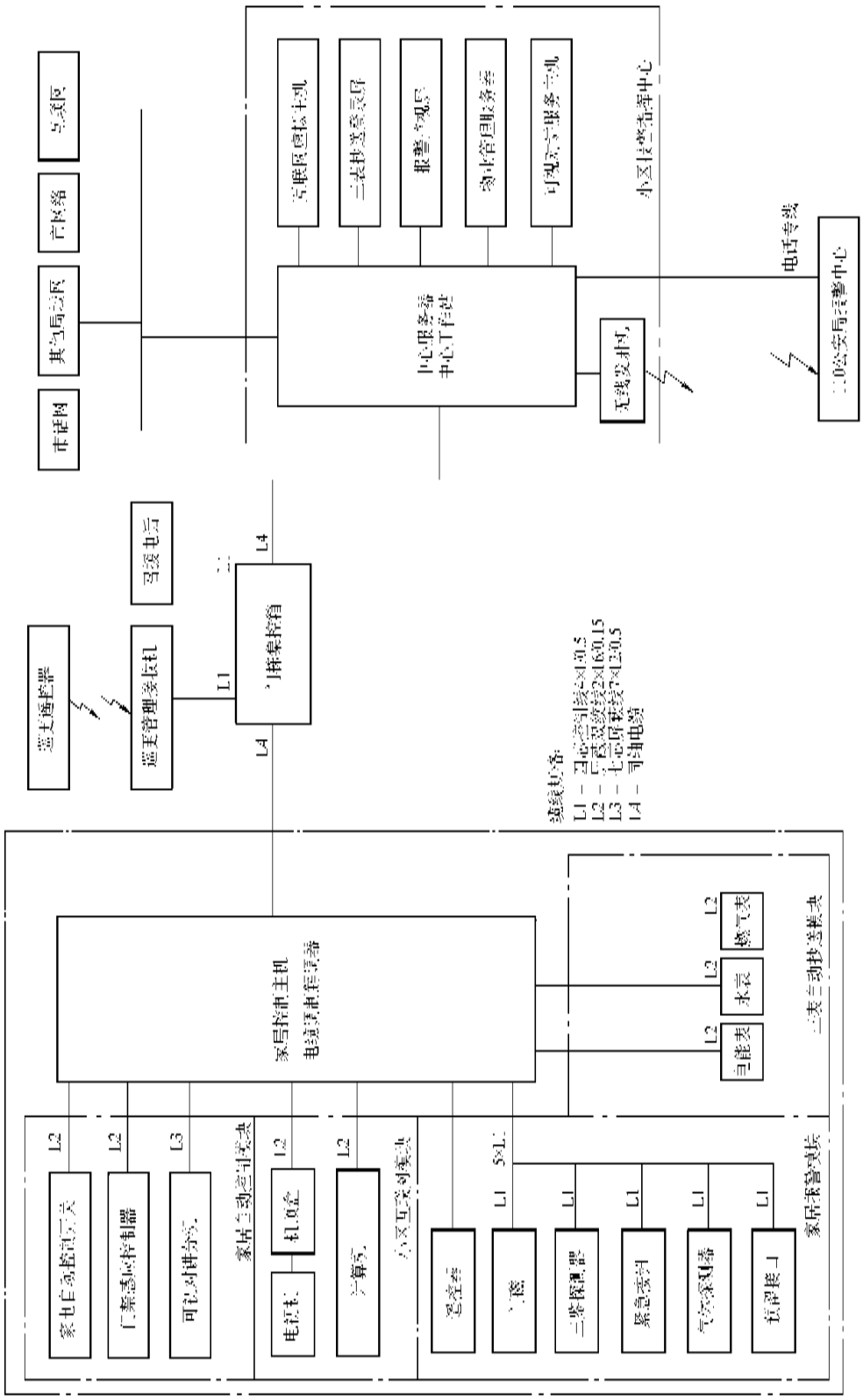


图 18-226　小区智能化管理系统图

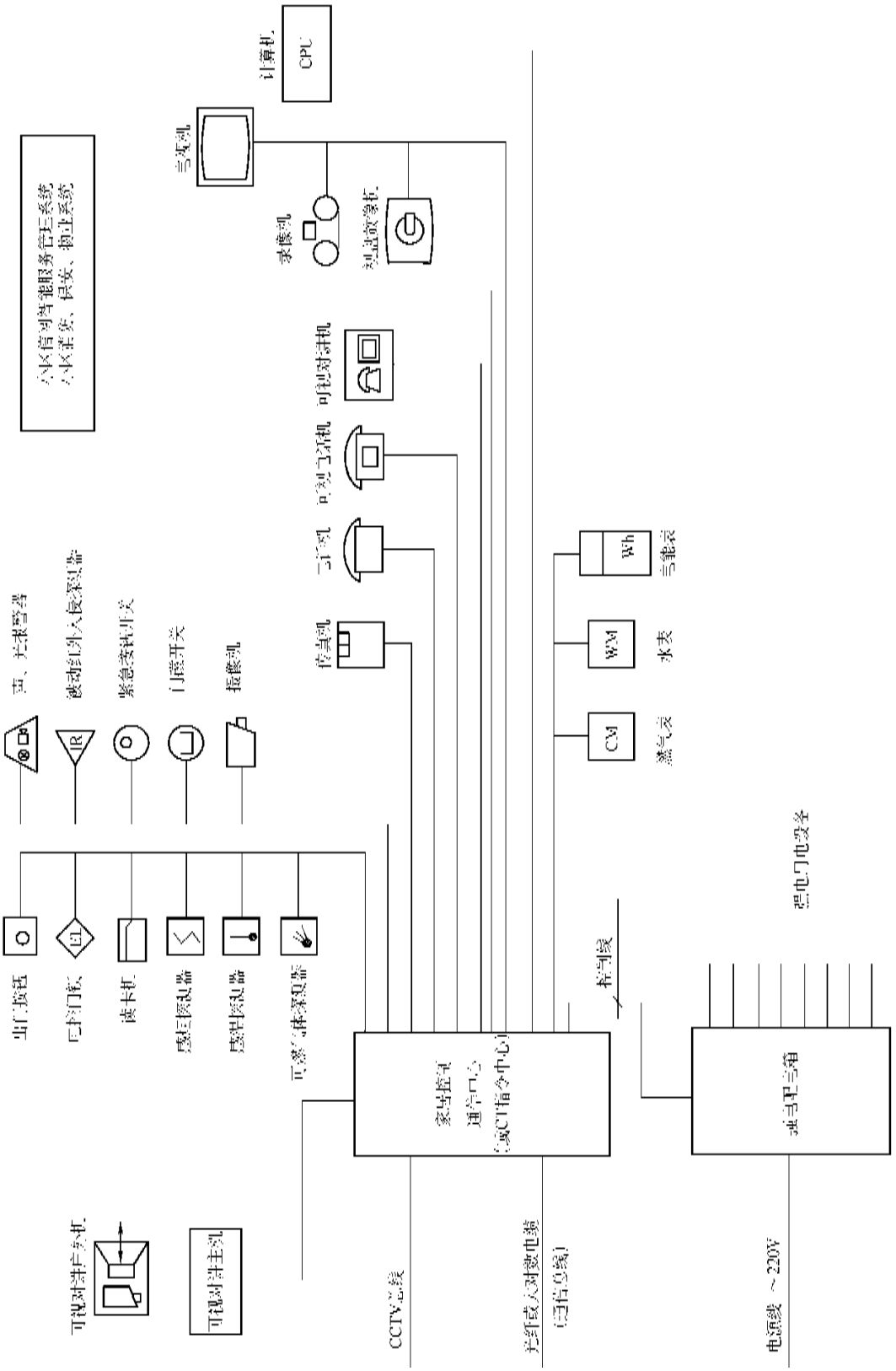


图 18-227 家居智能化系统示意图

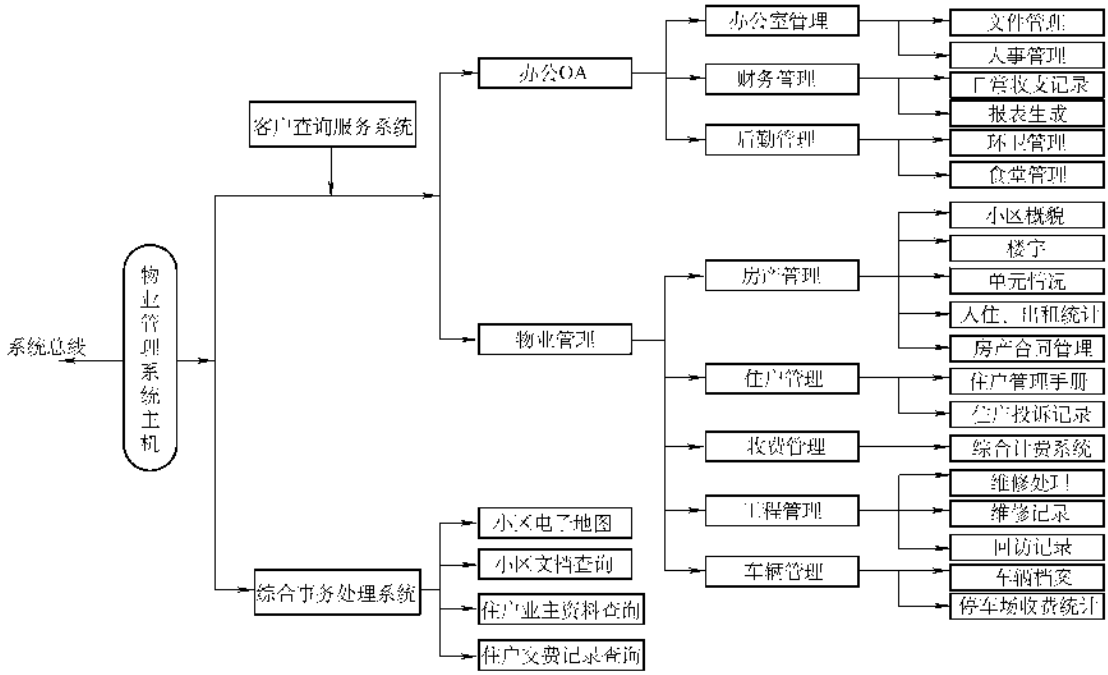


图 18-228　小区物业管理自动化系统图

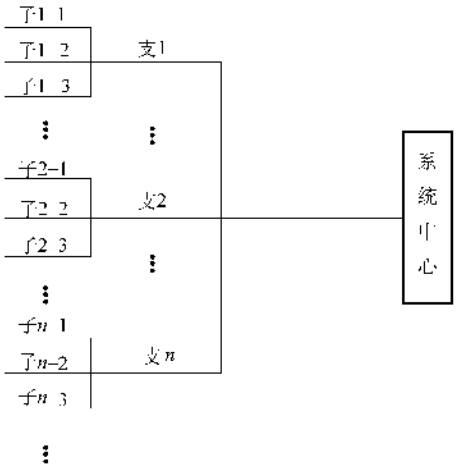


图 18-229　系统试投程序简图

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。

第七节　微机系统安装要点

微机系统一般由中央处理机 CPU、外围设备（CRT 屏幕显示器、键盘、彩色图像显示器 CCRT、打印机、记录仪等）、传输通道、数据收集站、检测或监测元件传感器、执行机构及系统软件组成。它是将建筑物消防系统的自动报警和联动监控系统、空调及通风监控系统、变配电及备用应急电站的监控系统、电力和照明监控系统、电梯监控系统、紧急广播系统、保安系统、给排水监控系统、紧急电话系统及其他监控系统集中管理及控制的自动化系统，以实现管理及控制的自动化。微机系统的安装应符合相应标准的要求。管路设置、元件安装同前，如图 18-230 所示。

一、安装要点

1）机房设备的安装：机房的地板、接地见防雷接地系统一章，如图 14-61 ~ 图 14-68 所示，对土建要求见表 18-16。

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，安装方法及要求同配电箱。

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。

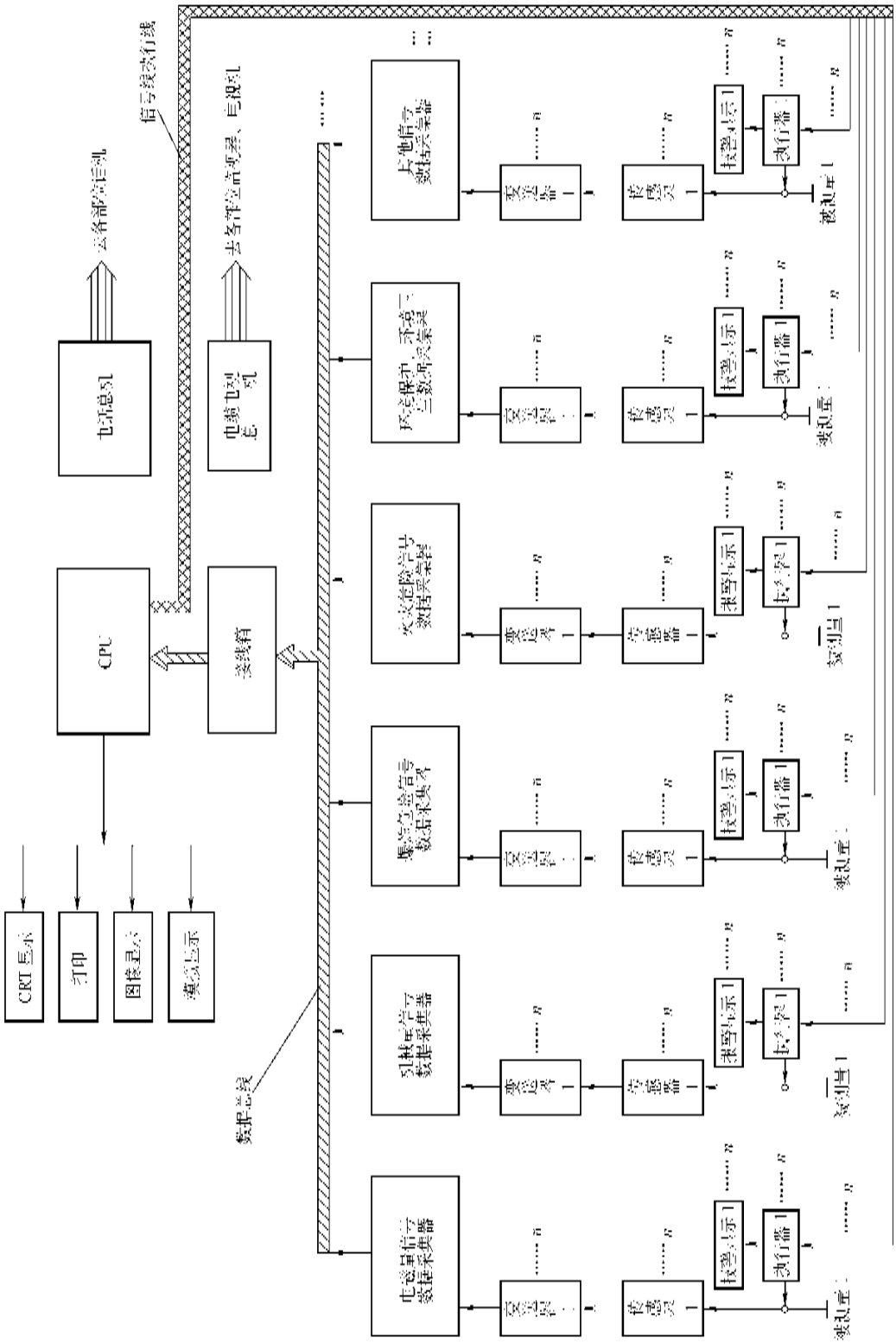


图 18-230 微机系统安装示意图

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。

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。

二、调整测试要点

电子计算机（包括微型机）类型繁多，各厂家的机型也不统一，功能各异，因此计算机系统的调试主要以设计和厂家的调试资料为准，并参照有关部分进行。此内容适用于工业过程控制和管理系统的计算机安装调试。

（一）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。

（二）一般检查

见 PC 系统的常规检查及要求（第四章）

（三）电源装置的调试

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。

（四）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。

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，发生停电导至直流电压降低时，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。

（五）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

① 对可换式磁盘装置，进行磁头位置和磁盘互换性的检查；

② 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：

a. 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）；

b. 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）；

③ 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；

④ 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。

（六）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、硬烤贝等，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。

（七）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。

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。

（八）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。

（九）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。

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

应按第七章第五节电子设备电磁兼容性试验一讲进行。

（十）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纸资料，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（外存存储的目地程序）；

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

1）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；

2）建立空闲区和工作文件区；

3）读入其他系统程序，要求同1）；

4）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；

5）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；

6）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

1）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；

2）按程序规定进行程序装入、排障（修改）和汇编等工作；

3）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；

4）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；

5）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。

（6）基本软件　一般应不作修改。

（7）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。

（8）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。

（9）所有存档软件文本　应复制使用，不得直接使用。

（10）所有存储在可读介质上的程序文本　应有保护。

（11）控制程序输入到只读存贮器中　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。

（十一）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

1）信号线、电缆的规格、型号、连接、标号应符合设计规定；用500V摇表测试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。

2）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。

1）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。

2）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。

3）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。

4）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。

5）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：

① 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；

② 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。

（十二）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。

（十三）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，按共同协订的试验方案进行。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。

第八节　弱电系统信号隔离器应用技术

在自动化控制系统及弱电信号传输系统中，现场环境会产生很多难以预测的电磁干扰，特别是在特殊环境、危险爆炸环境。这些干扰会给系统带来不稳定的因素，就会干扰、破坏、改变信号的品质及传输，甚至影响到系统的安全。怎样防止这种干扰是保证系统安全的关键技术，信号隔离器的产生给弱电系统带来了福音。什么是信号隔离器呢？

一、基本概念

信号隔离器是利用电子技术对各种电量信号隔离、放大、转换、滤波、抗干扰的有源或无源的电子器件，满足弱电系统信号需求，是自动化控制系统和数字仪表系统中不可缺少的重要元素。

（一）主要功能

（1）消除线路损耗提高驱动能力

在传感器驱动能力比较弱的情况下，若信号传输距离较长，很可能会导致信号严重衰减、失真造成信号接收困难，从而导致系统工作不正常，如果选用信号隔离器，可以大大提高驱动能力以抵消线路过长造成的损耗，从而满足系统对信号“真实性”的需求，达到稳定系统工作的目的，如图 18-231 所示。

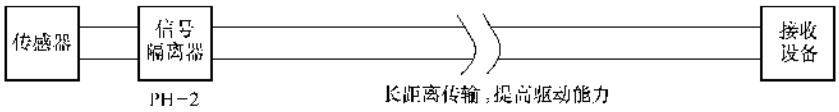


图 18-231　隔离器的设置

（2）防止电磁干扰

在信号传输过程中，由于电磁场作用经常会使信号发生畸变，称为电磁干扰，例如当变频器运行时，会产生高次谐波辐射，在干扰强的地方甚至会使系统误动作，当选用了隔离器后，可以大大降低电磁干扰所造成的影响，如图 18-232 所示。

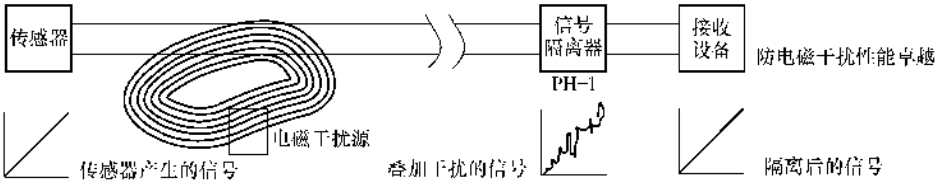


图 18-232　隔离器消除电磁干扰

（3）有效防止多路信号间的相互“交链”干扰

在多路信号同时传递的过程中，信号间会产生称之为“交链”的相互干扰，此类干扰会拉低系统的控制精度，严重时会造成系统控制失调，使用隔离器后，会使得相互间干扰降至最低，使得系统按照设计要求稳定工作，如图 18-233 所示。

（4）多种不同信号转换与匹配

自动化过程中，各种信号繁多，信号的发出端与接收端的匹配就成了一个不可忽视的环节，隔离器可解决此问题。例如现场传感器能够输出 4～20mA 信号，现在多个接收端能够接收的信号为 4～20mA，0～5V，0～10V，加上一个隔离器就可把传输端信号转换成所需要的一路或多路相互隔离的信号。信号间的相互转换与分配方便、灵活、可靠，如图 18-234 所示。

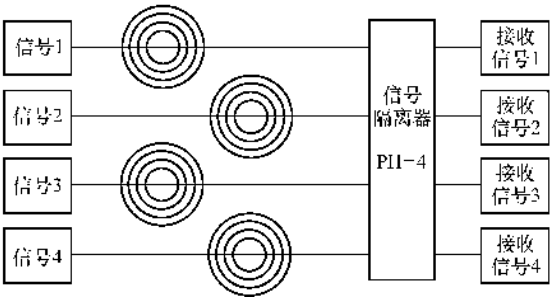


图 18-233　多路信号隔离器的设置

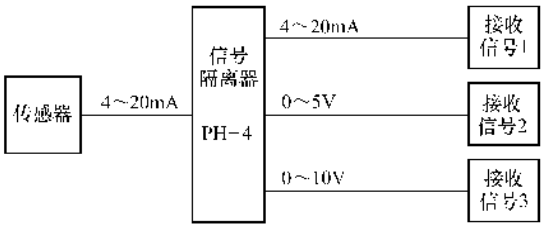


图 18-234　信号的转换

（5）提高闭环控制系统稳定性

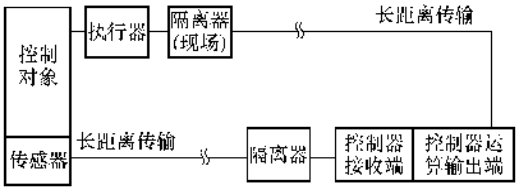


图 18-235　闭环控制系统隔离器的设置

在闭环控制回路中，由于各种干扰，传感器以及执行器反馈信号很有可能会带来干扰杂波，给系统造成影响，乃至系统不能正常工作，如果在输入输出端同时加入隔离器，就可有效阻止此种情况发生，有效提高闭环控制系统运行性能，如图 18-235 所示。

（6）防止直流静电干扰以及防雷保护

自动化系统中，传感器、执行器的传输线路有时会较长，这样就会受到外界高压直流静电或雷电干扰，线路中一旦“窜”入高压，很可能会造成毁坏设备、短路、引起火灾等破坏现象。选用隔离器后，会有效地防止此类现象发生，这使设备多了一道“防火墙”。

（二）信号隔离器的种类

信号隔离器的种类很多，主要有信号隔离器、信号隔离分配器、信号隔离变送器、信号隔离转换器、信号输入/输出安全栅、数字量通信隔离器等，按信号的输入输出数量分级。

1. 信号隔离器、分配器、转换器、变送器

1）无源信号隔离器，主要有直流电流型信号隔离器、直流型信号隔离器、交流型信号隔离器、配电型信号隔离器、热电阻型信号隔离器等，可一输入一输出，二输入二输出。

2）有源信号隔离器/分配器，主要有直流型信号隔离器/分配器、交流型信号隔离器/分配器、配电型信号隔离器/分配器、热电阻型信号隔离器、热电偶型信号隔离器、电位器型信号隔离器等，可一输入一

输出，一输入二输出。

3）有源多功能信号隔离器/分配器，基本同2），交直流电源可选，均可一输入一输出，一输入二输出。

4）多路信号隔离器/转换器，主要有直流型多通道信号隔离器，两通道、三通道、四通道。

5）多路信号隔离分配器，主要有配电型双通道信号隔离器，二输入二输出；直流型多通道信号隔离分配器，二输入四输出；直流型多路信号隔离分配器，一输入三输出、一输入四输出。

6）有源智能温度隔离变送器，主要有热电偶型智能温度隔离变送器，一输入一输出、一输入二输出。

7）频率隔离转换器，主要有模拟量转换频率隔离器，一输入一输出、一输入二输出；频率转换模拟量隔离器，一输入一输出、一输入二输出；频率转换频率隔离器，一输入一输出、一输入二输出。

2. 信号隔离式安全栅

1）信号配电输入安全栅，主要有信号配电输入安全栅，一输入一输出、一输入二输出、二输入二输出；信号配电输入报警安全栅，一输入一输出；电流电压输入报警安全栅，一输入一输出。

2）直流信号输出安全栅，一输入一输出、二输入二输出。

3）热电偶、热电阻、电位器输入安全栅，一输入一输出、一输入二输出、二输入二输出。

4）开关量输入/输出安全栅，一输入一输出、一输入二输出、二输入二输出。

5）信号配电输入安全栅，一输入一输出。

6）直流信号输出安全栅，一输入一输出。

3. 数字量通信隔离器

其主要功能是在通信系统防干扰、防雷电、防浪涌、防静电。主要有光电隔离转换器、光电隔离中继器/集线器、可编址串口转换器、串口通信卡、USB转换器串口光电隔离保护器等。

二、应用技术及要求

弱电信号隔离器应用很广，因种类很多，这里仅举几个实例，供读者参阅。

（一）信号隔离器/分配器/变送器

1. 无源信号隔离器的应用（见图18-236）

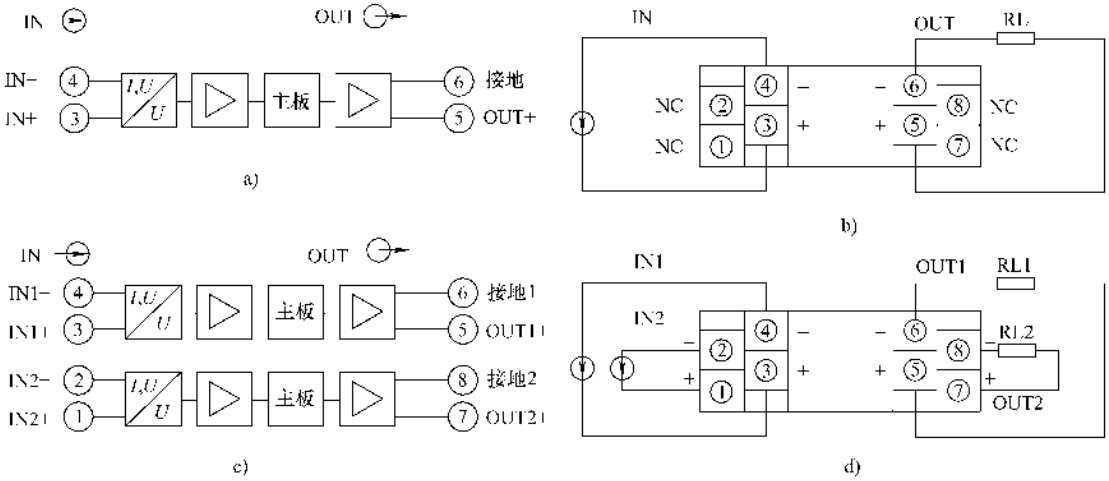


图18-236　无源直流电流型信号隔离器原理接线图

（1）使用要点

1）采用“无源”型工作方式，此类电路无需单独的外供电源，不设独立的电源接口端子，所谓“无源”型工作方式是指电路所耗电能由信号输入端（回路）或输出端（回路）提供，即电路由输入端（回路）或输出端（回路）取电，供给隔离转换所需，输入信号为直流、交流、电位器、热电阻，输出直流电流信号。

有的型号为直流电流信号并且输出与输入必须“一致”（例如输入为0～10mA，输出亦为0～10mA），有的型号输出信号为4～20mA两线制接口，使用时应注意说明书上的要求。

2）无源隔离器系列产品特别方便那些现场不能提供或无需提供独立电源的用户，此隔离器具有接线简单，省略供电电源等特点。相比有源隔离器对信号能量要求稍高，另传输距离不宜过长。

（2）隔离器分类

1）无源直流电流型：输入输出信号均为直流电

流信号，电路由输入端获取电源能量，把输入信号变送到输出端，电路设一路输入一路输出（单通道），两路输入两路输出（双通道）。

2）无源直流型：输入信号为直流电流或电压信号，电路由输出信号端获取电能，输出为 4～20mA 两线制接口。电路设一路输入一路输出（单通道），两路输入两路输出（双通道）。

3）无源交流型：输入信号为交流信号，电路由输出端获取电能，把输入信号变送转换到输出端，输出为 4～20mA 两线制接口，电路设一路输入一路输出（单通道），两路输入两路输出（双通道）。

4）无源配电型：输入信号为“配电型”信号，电路由输出信号端获取电能，传递到输入端变送器，为变送器供给电能，即“配电”，配电电压值范围 DC14～24V，电路输出为4～20mA 两线制接口，电路设一路输入一路输出（单通道），两路输入两路输出（双通道）。

5）无源热电阻型：输入信号为热电阻，热电阻引线必须为 3 线接线，其中热电阻现场接线处有两根线并联接电阻的一端，第三根线接电阻另一端，电路由输出端获取电能，输出 4～20mA 两线制接口，电路只设一路输入一路输出。

2. 有源信号隔离器/分配器的应用（见图 18-237）

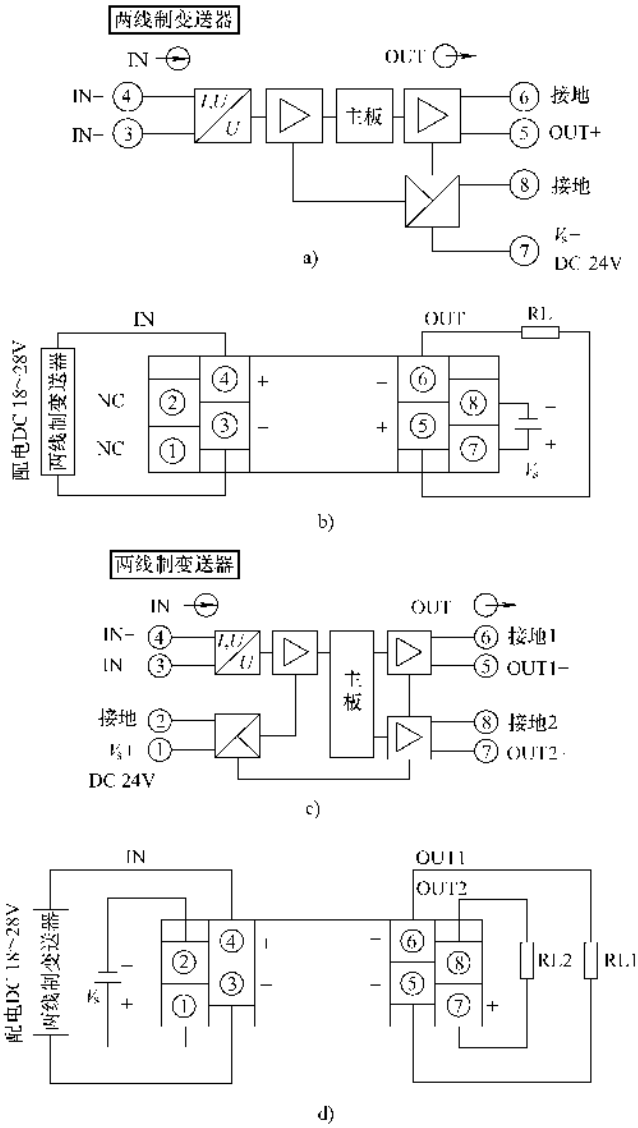


图 18-237 配电型信号隔离器/分配器接线原理图

（1）使用要点

有源隔离器，DC24V 供电，其输入、输出、电源间相互隔离，输入信号包括直流信号、交流信号、“配电型”信号、热电阻信号、热电偶信号、电位器信号，输出可选一路或两路灵活方便，输出信号为直流电流电压信号。相比无源隔离器，带载能力更强，信号传输距离更远，功能更多。

（2）隔离器、分配器分类

1）有源直流型：输入输出均为直流信号，可实现一路输入、一路或两路输出。

2）有源交流型：输入为交流信号，输出为直流信号，可实现一路输入、一路或两路输出。

3）有源配电型：输入为“配电型”信号，电路把电能传递到输入信号端，为两线制变送器配电，对变送器的配电电压为 DC18～28V，可实现一路输入、一路或两路输出，信号输出为直流。

4）有源热电阻型：输入为热电阻，输入热电阻引线必为 3 线接线，其中热电阻现场接线处有两根线并联接电阻的一端，第三根线接电阻另一端，只实现一路输入一路输出，信号输出为直流。

5）有源热电偶型：输入热电偶信号，只实现一路输入一路输出，信号输出为直流。

6）有源电位器型：输入为电位器信号，信号输出为直流，只实现一路输入一路输出。

3. 有源多功能信号隔离器/分配器的应用（见图 18-238）

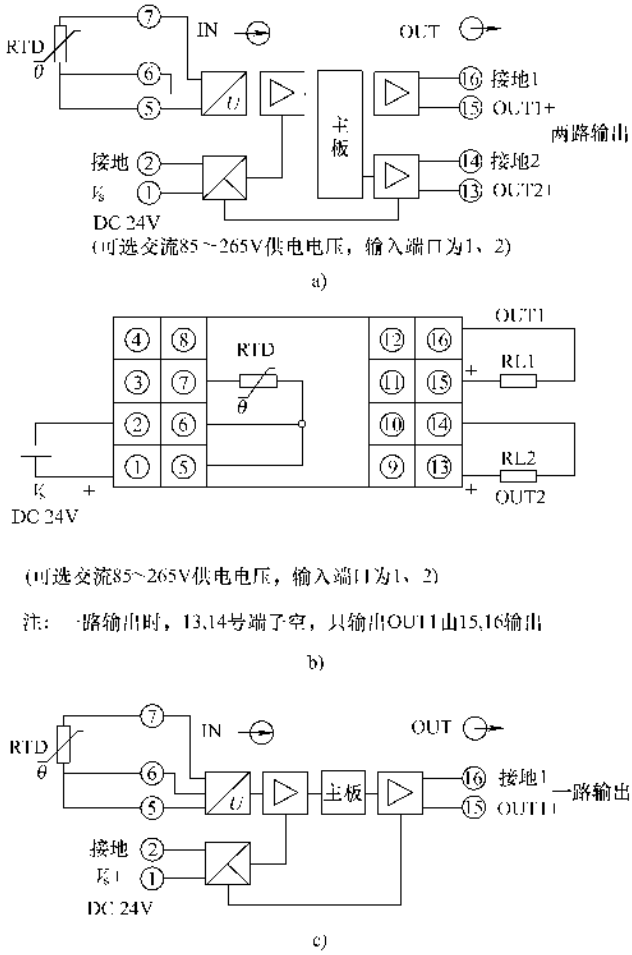


图 18-238　热电阻型信号隔离器/分配器的接线原理图

（1）使用要点

1）有源隔离分配，直流 DC24（1±10%）V 或交流 85～265V 电源供电可选，输入、输出、电源间相互隔离，输入信号包括直流信号、交流信号、两线制或三线制配电、热电阻信号、热电偶信号和电位器输出信号，输出可选一路或两路，灵活实用，输出为直流电流、电压信号。

2）相比无源隔离器，有源隔离器带载能力更强，信号传输距离更远，功能更多，功能更全，例如，电源交直流供电可选，防浪涌、防雷功能可选。

3）端子分为可插拔和不可插拔两种，选择可插拔端子时应注意（DC24V 供电时端子可热插拔，交流电源供电时，端子只可冷插拔）端子。

（2）分类

1）有源直流型：输入输出均为直流信号，可实现一路输入、一路或两路输出。

2）有源交流型：输入交流信号，输出直流信号，可实现一路输入、一路或两路输出。

3）有源配电型：输入信号配电，配电电压为 DC18～28V，可实现一路输入、一路或两路输出，信号输出为直流。

4）有源热电阻型：输入热电阻信号，输入热电阻引线必为 3 线接线，其中热电阻现场接线处有两根线并联接电阻的一端，第三根线接电阻另一端，可实现一路输入、一路或两路输出，信号输出为直流。

5）有源热电偶型：输入热电偶信号，可实现一路输入、一路或两路输出，信号输出为直流。

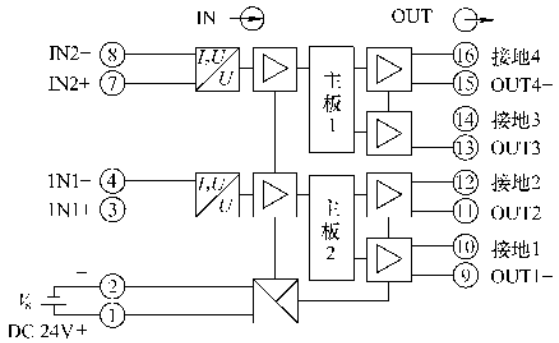
6）有源电位器型：输入电位器信号，转换电路把 2.5V 电压变送到输入端电位器，电位器再把分压值传回电路，可实现一路输入、一路或两路输出，信号输出为直流。

4. 多路信号隔离器/分配器的应用（见图 18-239）

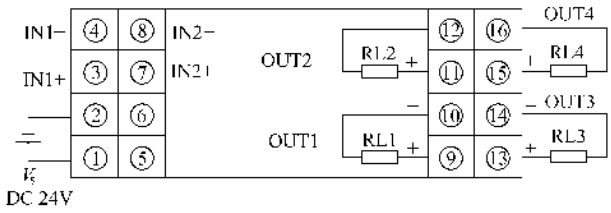
（1）使用要点

该系列有源隔离器，可直流 DC24(1±10%)V 或交流 85～265V 两类电源可选供电，其中 1 型为多路无源隔离器。4 型的输入信号包括直流电流电压信号，“配电型”信号（两线制或三线制变送器），输出为直流电流直流电压信号。

4 型相比 2 型/3 型，通道数更多，更能有效消除信号“交链”干扰，可灵活实现信号的不同形式间转换、分配，充分方便选择，节约成本，节约配电箱空间。



a)



b)

图 18-239 直流型多通道信号隔离分配器接线原理图

端子分为可插拔和不可插拔两种，选择可插拔端子时应注意（DC24V 供电时端子可热插拔，交流电源供电时，端子只可冷插拔）端子。

（2）分类

1）有源多路直流型：输入输出均为直流信号，可实现两路输入两路输出，三路输入三路输出隔离转换。

2）无源多路直流型，输入输出为直流电流信号，各通道电路由输入端获取电源能量，把输入信号变送到输出端，产品可实现二路输入二路输出、三路输入三路输出、四路输入四路输出隔离。

3）有源双路配电型：输入为两线或三线制变送器信号，电路为变送器供给电能，即“配电”，配电电压值范围为 DC18～28V，电路实现两路输入两路输出隔离转换，并为输入信号端配电，输出为直流信号。

4）有源多路直流分配型：输入输出信号为直流信号，电路可实现两路输入四路输出隔离转换分配，输出一、二由输入一控制，输出三、四由输入二控制。

5）有源直流分配型：输入为直流电压或电流信号，电路可实现一路输入，三路或四路输出隔离转换，输出为直流电压或电流信号。

5. 有源智能温度隔离变送器的应用（见图 18-240）

使用要点：

1）有源智能温度热电偶型隔离器，电源：直流 DC24(1±10%)V 或交流 85～265V 两类可选供电，其输入、输出、电源间相互隔离，输入信号为热电偶信号，输出为直流信号。电路内部设单片机对信号智能转换隔离，可实现一路输入，一路或二路输出，输入热电偶类型为 K、E、S、B、J、R、N 等。

2）产品端子分为可插拔和不可插拔两种，选择可插拔端子时应注意（DC24V 供电时端子可热插拔，交流电源供电时，端子只可冷插拔）端子。

3）配有可选 RS232、RS485、USB 通信接口。

4）具有高可靠性及稳定性。

6. 频率隔离转换器的应用（见图 18-241、图 18-242）

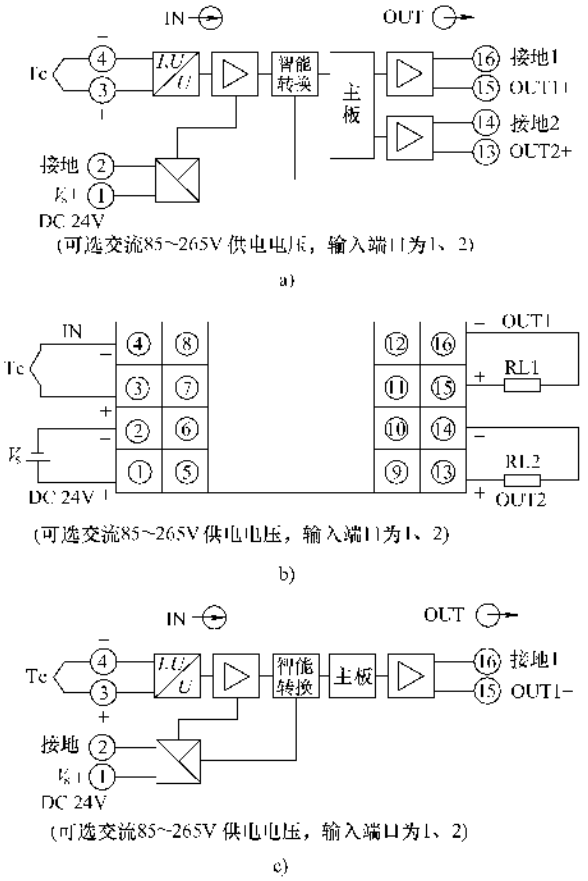


图 18-240　热电偶型智能温度隔离变送器接线原理图

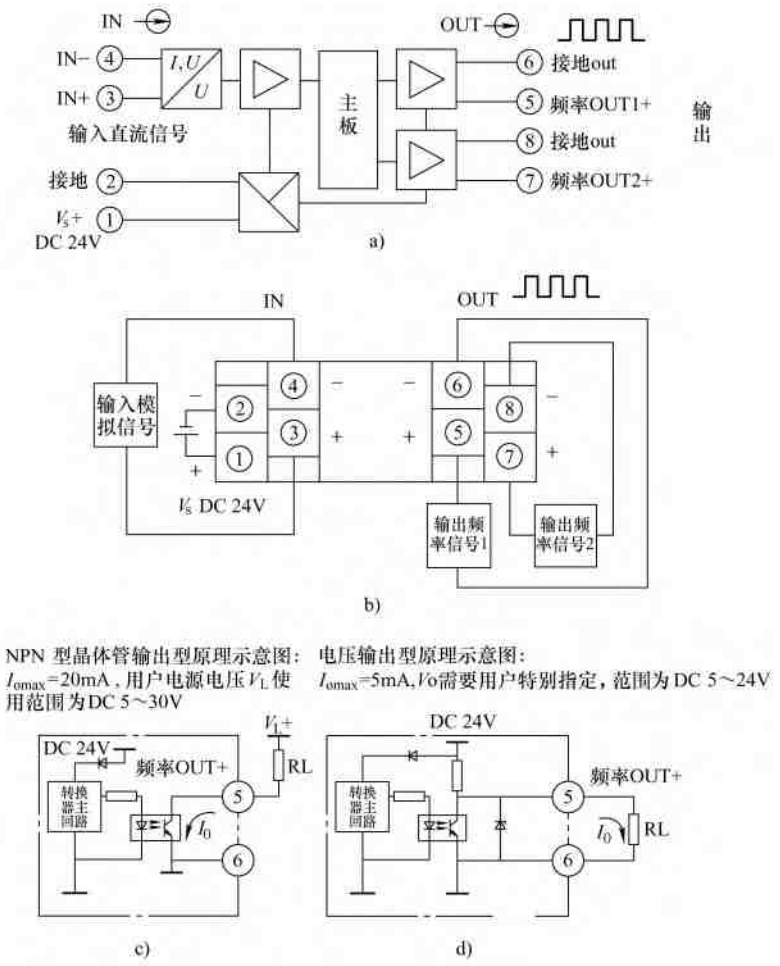


图 18-241 模拟量转频率隔离器接线原理图

（1）使用要点

DC24（1±10%）V 供电，其输入、输出、电源间相互隔离，输入信号为模拟量、频率量，输出为频率量、模拟量，输出为频率信号时，具有高稳定性占空比为 1∶1 方波。

（2）分类

1）模拟量转频率量：电路把模拟信号转换为频率信号，输出形式两种：第一种电压输出型，此时 I_{omax} = 5mA（拉出电流），范围为 DC5～24V。第二种为 NPN 型晶体管输出型，此时 I_{omax} = 10mA（灌入电流），电源电压使用范围为 DC5～30V。

2）频率量转模拟量：电路把频率信号转换为模拟信号，可输出两路，两路输出信号可以不同。电路输入频率信号电压幅度值为 DC5～24V。

3）频率量转频率量：电路把频率信号转换隔离为新的频率信号，输出形式两种：第一种电压输出型，此时 I_{omax} = 5mA（拉出电流），范围为 DC5～24V。第二种为 NPN 型晶体管输出型，此时 I_{omax} = 10mA（灌入电流），电源电压使用范围为 DC5～30V。此转换电路设两路输出，两路输出时，输出信号必须完全相同。

（二）信号隔离安全栅

1. 电流电压输入报警安全栅的应用（见图 18-243）

（1）输入回路（危险区）

输入通道：端子 1－、2＋接线（见图 18-243）

电流输入：4～20mA，0～20mA，或指定电流量程

电压输入：1～5V，0～5V，0～10V，或指定电压量程

（2）输出回路（安全区）

输出通道：一个继电器带转换触点

继电器特性：响应时间：≤2ms

驱动电压：AC250V 或 DC30V

输出电流：2A

负载类型：电阻性负载

报警点设定：通过电位器旋钮调节

上限点设定（HS），下限点设定（LS）

报警点电流范围：0.5～22mA

报警点的温度漂移：≤1.5A/℃

回滞：量程的1%

报警 LED 灯指示：上限报警（HA），下限报警（LA）

2. 热电偶输入安全栅的应用（见图 18-244）

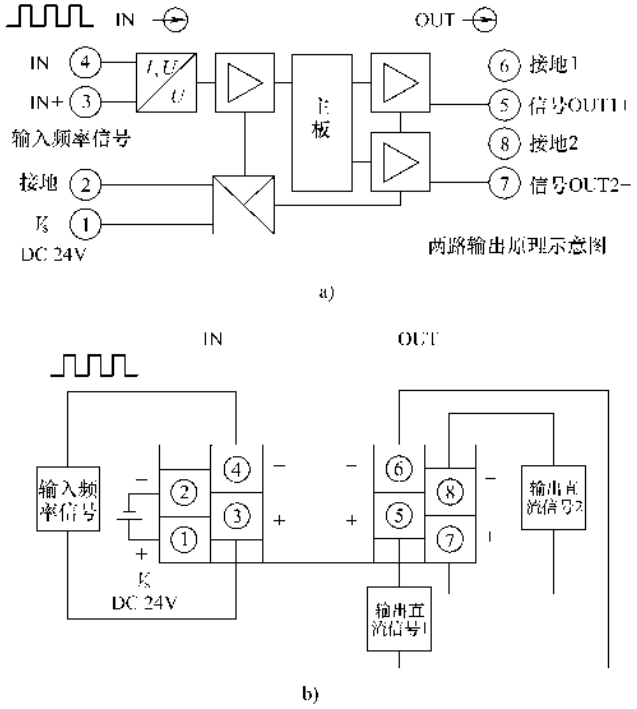


图 18-242　频率转模拟量隔离器接线原理图

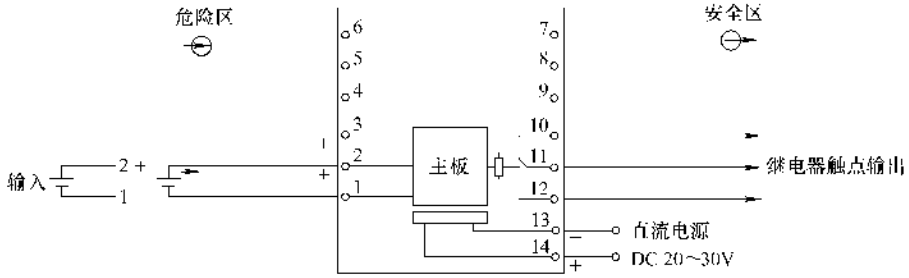


图 18-243　电流电压输入报警安全栅接线原理图

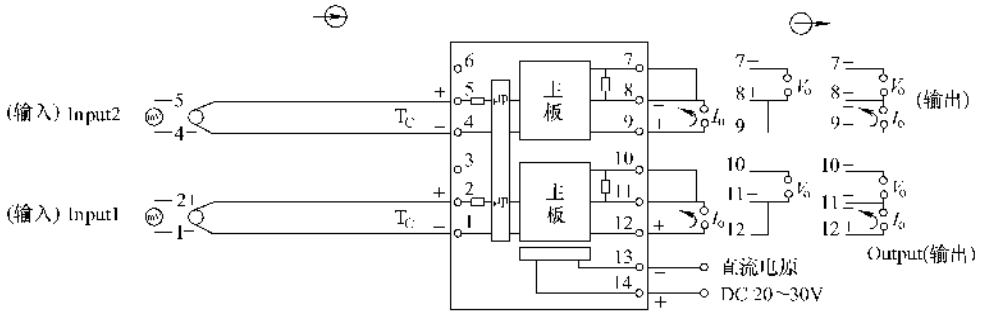


图 18-244　热电偶输入安全栅接线原理图

（1）输入回路（危险区）

两路通道隔离输入：

第一路输入通道：端子 1 －、2 ＋接热电偶

第二路输入通道：端子 4 －、5 ＋接热电偶

输入热电偶类型：K、E、S、B、R、T、N、W、J 等各型热电偶

可选输入毫伏信号：－5 ~ 60mV；或指定毫伏电压量程

（2）输出回路（安全区）

两路通道隔离输出：

第一路输出通道：端子 10、11、12 接线（见图 18-244）

第二路输出通道：端子 7、8、9 接线（见图 18-244）

输出电流：4 ~ 20mA，0 ~ 20mA，或指定电流量程

电流输出时允许外接负载：0 ~ 550Ω（4 ~ 20mA，0 ~ 20mA 输出时）

输出电压：1 ~ 5V，0 ~ 5V，0 ~ 10V，或指定电压量程

电压输出阻抗：内置输出电阻 250Ω

纹波（V_{p-p}）：＜10mV

3. 开关量输出安全栅的应用（见图 18-245）

（1）输入回路（安全区）

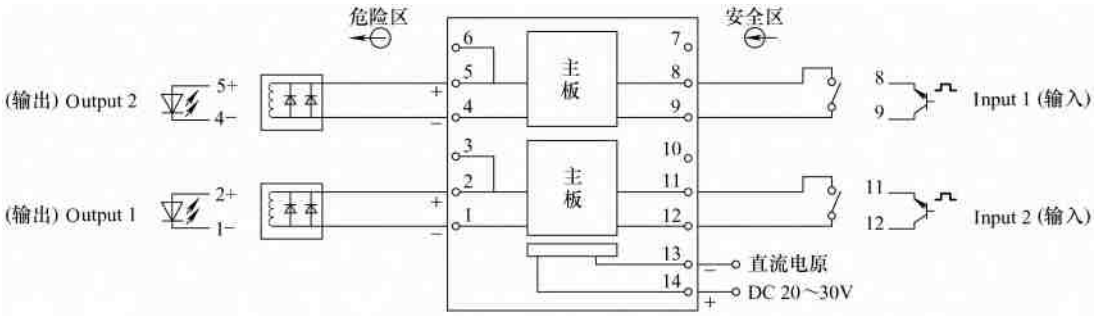


图 18-245　开关量输出安全栅接线原理图

两路通道隔离输入：

第一路输入通道：端子 11、12 接线（见图 18-245）

第二路输入通道：端子 8、9 接线（见图 18-245）

输入开关类型：适合开关触点，晶体管或逻辑驱动器

电流信号：≤1mA/24V

开关延时：≤2s

（2）输出回路（危险区）

两路通道隔离输出：0 ~ 25V 逻辑信号

第一路输出通道：端子 1 －，2 ＋接线（见图 18-245）

第二路输出通道：端子 4 －，5 ＋接线（见图 18-245）

（三）数字量通信隔离器

数字量通信隔离器主要是用于通信系统，包括 RS232、RS485、RS422 系统，该隔离器采用光电隔离技术，防止雷击浪涌引入转换器及通信设备。内置光电隔离器及 600W 浪涌保护电路，可提供 2500V 的隔离电压，有效地抑制闪电和静电放电，有效地防止雷击和共地干扰，供电电源采用外接开关电源供电，安全可靠，适合户外通信工程应用。同时可用于高速公路收费系统，道路监控系统及电力系统信号采集系统。

1）RS232 系统采用光电隔离保护器，完全隔离了通信两端 RS232 通信设备的电气与接地回路，保证通信设备免受电源地线回路和浪涌的干扰损坏，同时提高通信的距离，一般可延长 5km。

2）可编址串口转换器主要用于计算机系统和多个相同设备间的通信，在其他技术的支持下，可方便地构建 RS485/232 通信网络。

3）串口通信卡的应用如图 18-246 所示。主要用于计算机控制系统，有效抑制闪电和静电，提供 600W/每线雷击浪涌保护功率，确保 RS422/485 接口的高速传输。

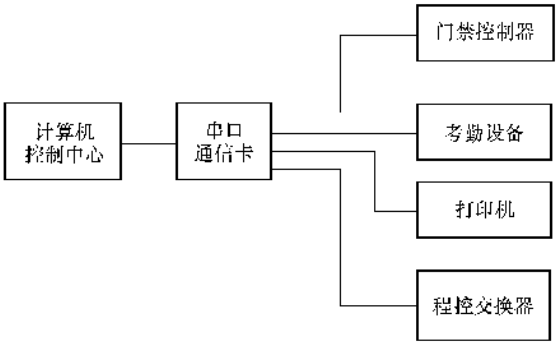


图 18-246　串口通信卡应用实例简图

4）USB 转换器具有即插即用，热插热拔功能，可使串口（RS232）外围设备在各种环境下正常工作，提供传输速率，如手机、数码相机、调制解调器等设备。

第十九章　电气安装调试工程安全技术

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。

做为项目经理，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的施工，也只有安全了，才能保证工程的质量。做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，它涉及到电气、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。

第一节　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、环境安全等涉及到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 12 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，使每个参于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《电气工程项目管理与策划技术手册》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、秉公执正为准。

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；

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. 电气作业安全警句

（1）电气作业完毕后，必须清点工具、材料、设备、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。

（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）发现有人触电不要用赤手拉触电者。

（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。

（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。

第二节　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 19-1。

在电气作业及用电过程中，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 19-2 和表 19-3。

（二）习惯性违章作业

习惯性违章作业的原因见表 19-4。

习惯性违章作业暴露的问题见表 19-5。

表 19-1　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；	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 ~ 50149—2010、GB 50168 ~ 50170—2006、GB 50150—2006、GB 50254 ~ 257—1996、GB 50182—1993、GB 50303—2011、GB 50171—2012、GB 50173—1993

（续）

类别	程　　序	要　　求
安装	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	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识； 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〉清点人员工具材料； 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
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，详见本书第十二章相关内容； 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

（续）

类别	程　　序	要　　求
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. 详见本书第七、十二章 8. 送电、试运行、试车中的故障、缺陷必须及时修复； 9. 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	
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

（续）

类别	程　　序	要　　求
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. 划线、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、标识，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. 划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. 焊接过程中及成型后的测量及保护； 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；
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. 划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据凭证； 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

（续）

类别	程　　序	要　　求
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据凭证； 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

表 19-2　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

（续）

序号	分　类	内　容
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
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 19-3　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
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	

（续）

序号	分　　类	内　　容
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	

表 19-4　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 19-5　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 19-6。

电气作业习惯性违章的表现形式及纠正措施见表 19-7。

工具使用习惯性违章作业的表现形式及纠正措施见表 19-8。

起重及高处作业习惯性违章的表现形式及纠正措施见表 19-9。

其他作业习惯性违章的表现形式及纠正措施见表 19-10。

表 19-6　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

表 19-7　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勾代替核对	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

（续）

序号	表现形式	纠正措施
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
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

（续）

序号	表现形式	纠正措施
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

表 19-8　工器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

（续）

序号	表现形式	纠正措施
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 19-9　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
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 19-10　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

第三节　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19-1所示。

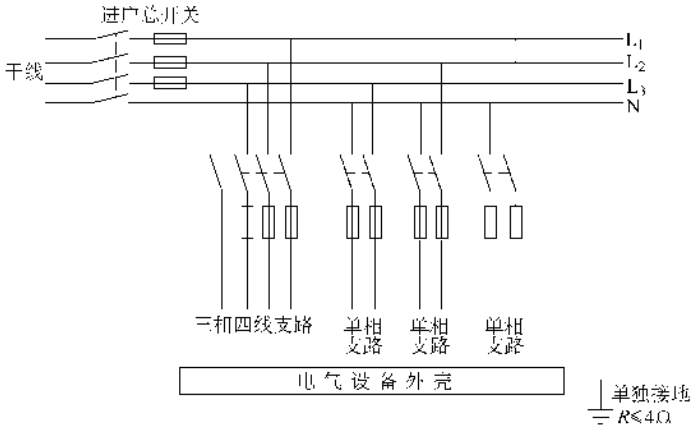


图19-1 中性点不接地电网单相设备的接线方式

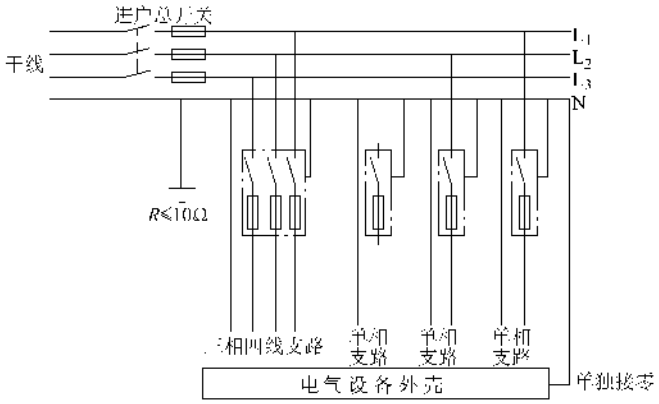


图19-2 中性点接地电网三相四线制单相设备接线方式

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 19-2 所示。

（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 19-3 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。

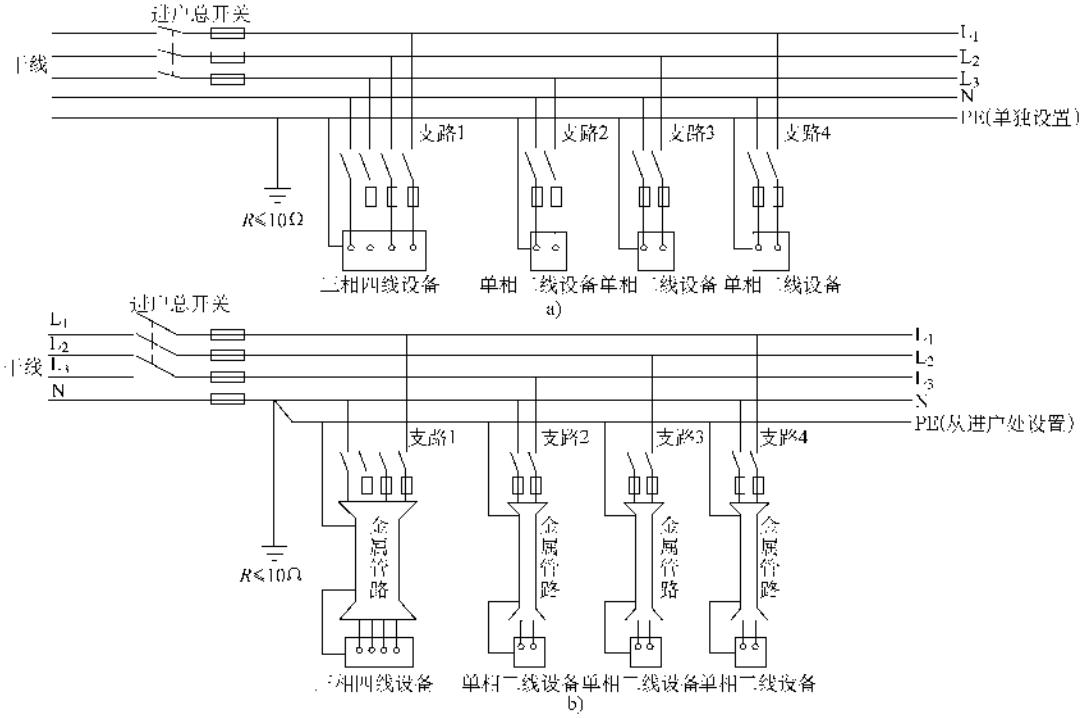


图 19-3　中性点接地电网三相五线制单相设备接线方式

a）PE 线单独设置　b）PE 线从零线引出

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 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：电源的火线应接在开关的静触头上，经过开关的控制火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、腐蚀气体及蒸气场所中的电气照明装置的开关、插座、安全变压器、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19-4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。

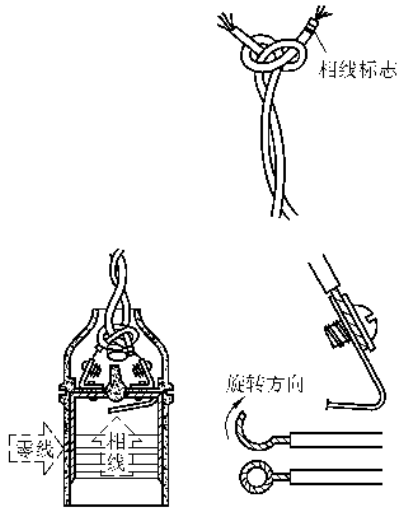


图19-4 软线在灯口或吊盒内的结扣

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。

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）非电气工作人员、非工地施工人员不得随意使用现场电气装置。

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）移动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。

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。

第四节 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

（一）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。

（二）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。

（三）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）竹杆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的竹杆，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、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。

（四）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。

（五）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。

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

（六）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，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。

2. 交流电焊机

1）应注意初、次级线，不可接错，输入电压必须符合电焊机的铭牌规定。严禁接触初级线路的带电部分。

2）次级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，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）严禁用摇表测试电焊机主变压器的次级线圈和控制变压器的次级线圈。

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。导线的截面不应小于表19-11的规定：

表19-11　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/mm^2	10	25	35	45			
一次电压为380V时的导线截面/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。

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。

（七）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。

（八）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。

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。夜间加添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，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。

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。

（九）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，与氧气瓶不得同放一处，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。

（十）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。

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。

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19-12，耐压试验时间为1min。

表19-12 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。

（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，以防贻误。

（十一）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作，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。

（一）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。

（二）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19-5所示。

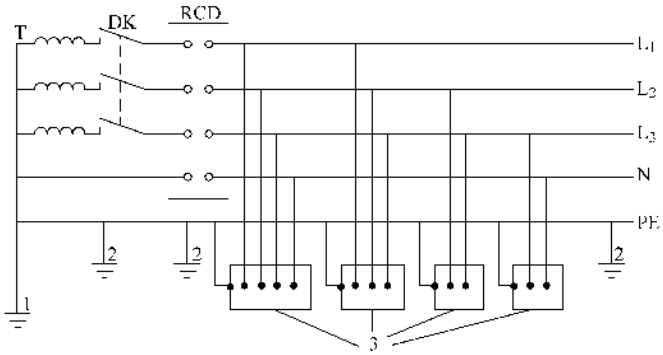


图19-5　专用变压器供电时TN-S接零保护系统示意图

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

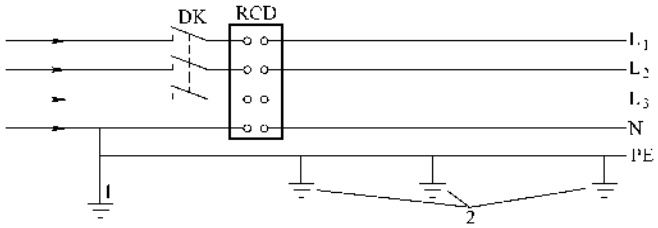


图19-6　三相四线供电时局部TN-S接零保护系统保护零线引出示意图

1—NPE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）

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19-6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19-13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19-13 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，其最小截面应符合表19-14的规定。

表19-14 PE线截面与相线截面的关系

相线芯线截面 S/mm^2	PE线最小截面/mm^2
$S \leqslant 16$	5
$16 < S \leqslant 35$	16
$S > 35$	$S/2$

9）保护零线必须采用绝缘导线。

配电装置和电动机械相连接的PE线应为截面不小于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：

① 电动机、变压器、电器、照明器具、手持式电动工具的金属外壳；

② 电气设备传动装置的金属部件；

③ 配电柜与控制柜的金属框架；

④ 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；

⑤ 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；

⑥ 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：

① 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）；

② 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。

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时。

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 19-15 的规定安装防雷装置。表 19-15 中地区年均雷暴日应按规范执行。

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。

表 19-15　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

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。

（三）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。

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（二）.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19-16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。

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

表19-16 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

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或其他启动控制装置。

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《剩余电流动作保护器的一般要求》GB/Z 6829—2008和《剩余电流动作保护装置安装和运行》GB 13955—2005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，应同时设置缺相保护。

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19-7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。

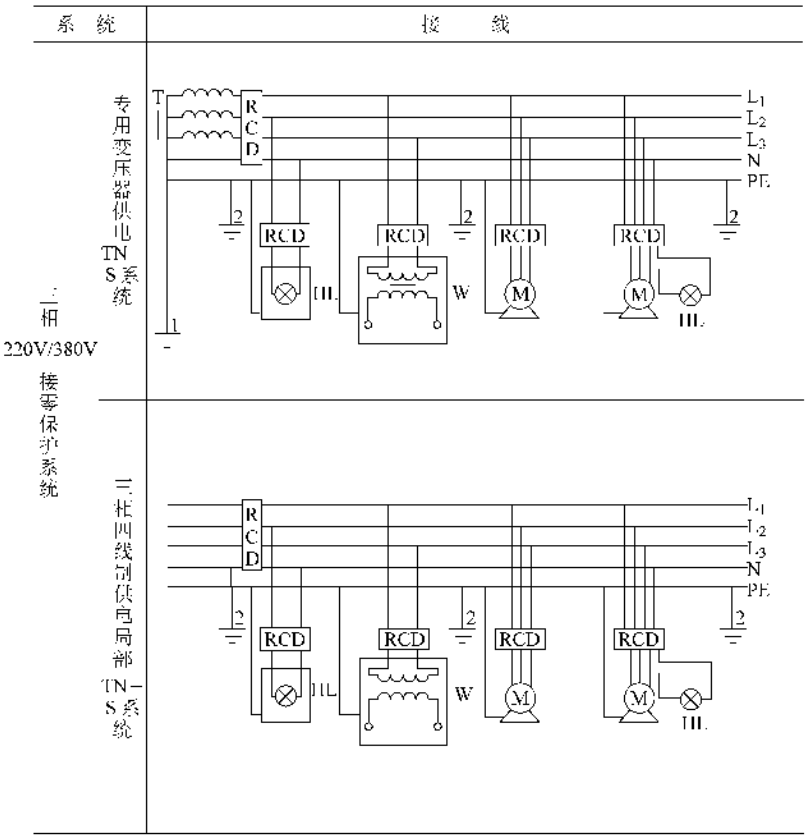


图19-7　漏电保护器使用接线方法示意图

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　H—照明器　W—电焊机　M—电动机

三、电气安装工程安装机械的正确使用

（一）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，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。

（二）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，有人工作”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，然后方可对触电者作紧急救护。严禁在未切断电源之前与触电者直接接触。

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摇测60s的绝缘电阻值；吸收比的测量应采用摇测60s绝缘电阻值与摇测15s绝缘电阻值的比值（$R60_s/R15_s$），极化指数的测量是指摇测时间10min的绝缘电阻值与摇测时间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兆欧表测定100～1000V的电气设备或回路。

（三）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。

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19-17的规定。

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，卷筒上应至少保留三圈，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。

表 19-17　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

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19-18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 19-18　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19-19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19-19报废标准按表19-20折减，并按折减后的断丝数报废。

表 19-19　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

表 19-20　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。

（四）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（三）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 19-21 的规定时，可不加支撑。

表 19-21　边坡坡度比例

土壤性质	在坑沟底挖土	在坑沟上边挖土
砂土回填土	1000 / 750	1000 / 1000
粉土砾石土	1000 / 500	1000 / 750
粉质粘土	1000 / 330	1000 / 750
粘土	1000 / 250	1000 / 750
干黄土	1000 / 100	1000 / 330

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。

（五）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（一）第 21 条的规定。

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。

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。

（六）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。

（七）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。

（八）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。

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。

电气安装调试工程安全技术涉及的面很广，内容也很多，我们这里仅仅是重点讲述，详尽内容请读者参阅机工版白公编著的《新标准　电工安全技术 365 问》一书。

参 考 文 献

[1] 天津电气传动研究所．电气传动自动化手册［M］．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] 05 系列建筑标准设计图集［M］．北京：中国建筑工业出版社，2005.

[9] 王建华．电气工程师手册［M］．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] 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.

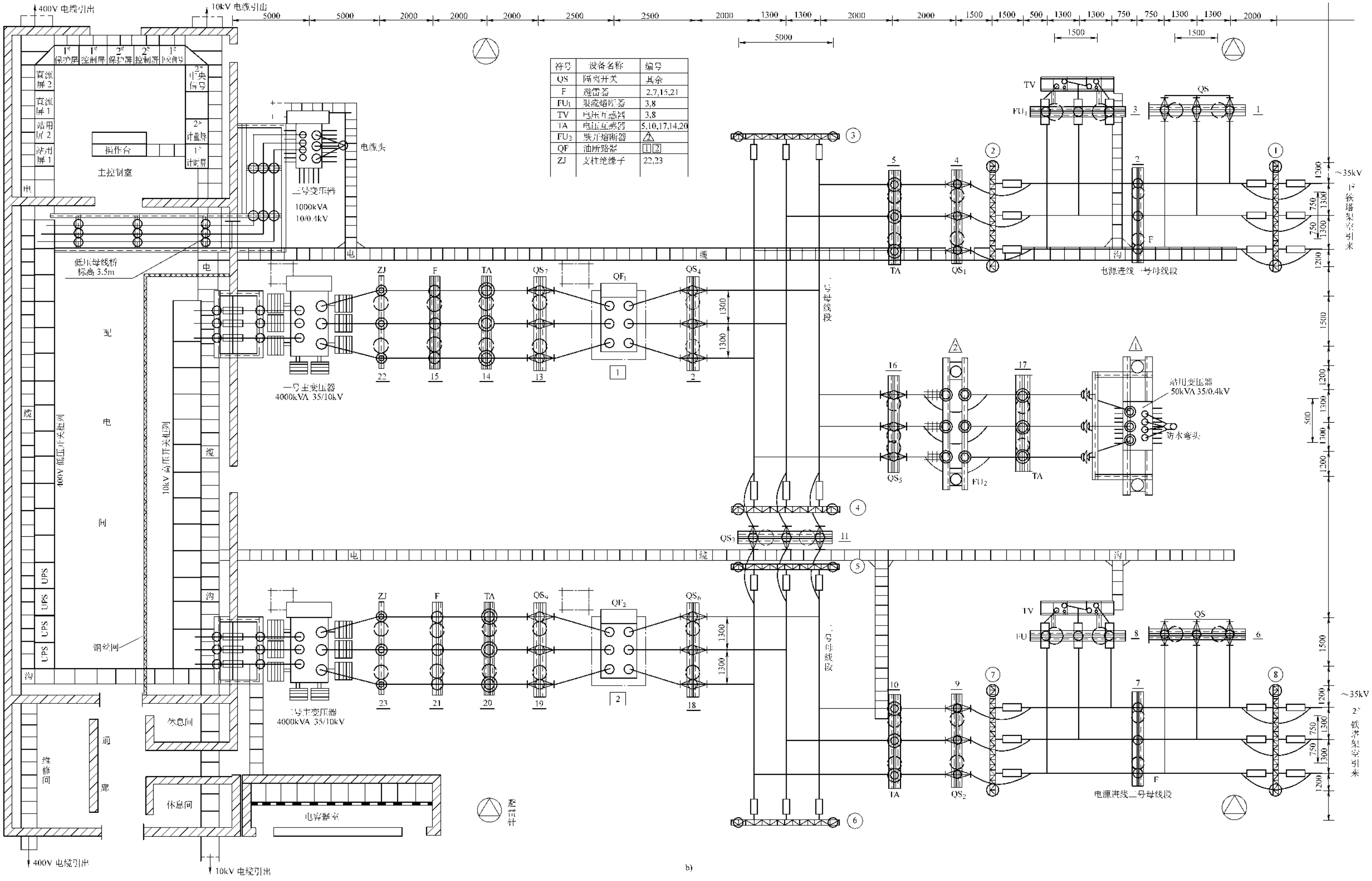
[31] 丁明往，等．高层建筑电气工程［M］．北京：水利电力出版社，1988.

[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

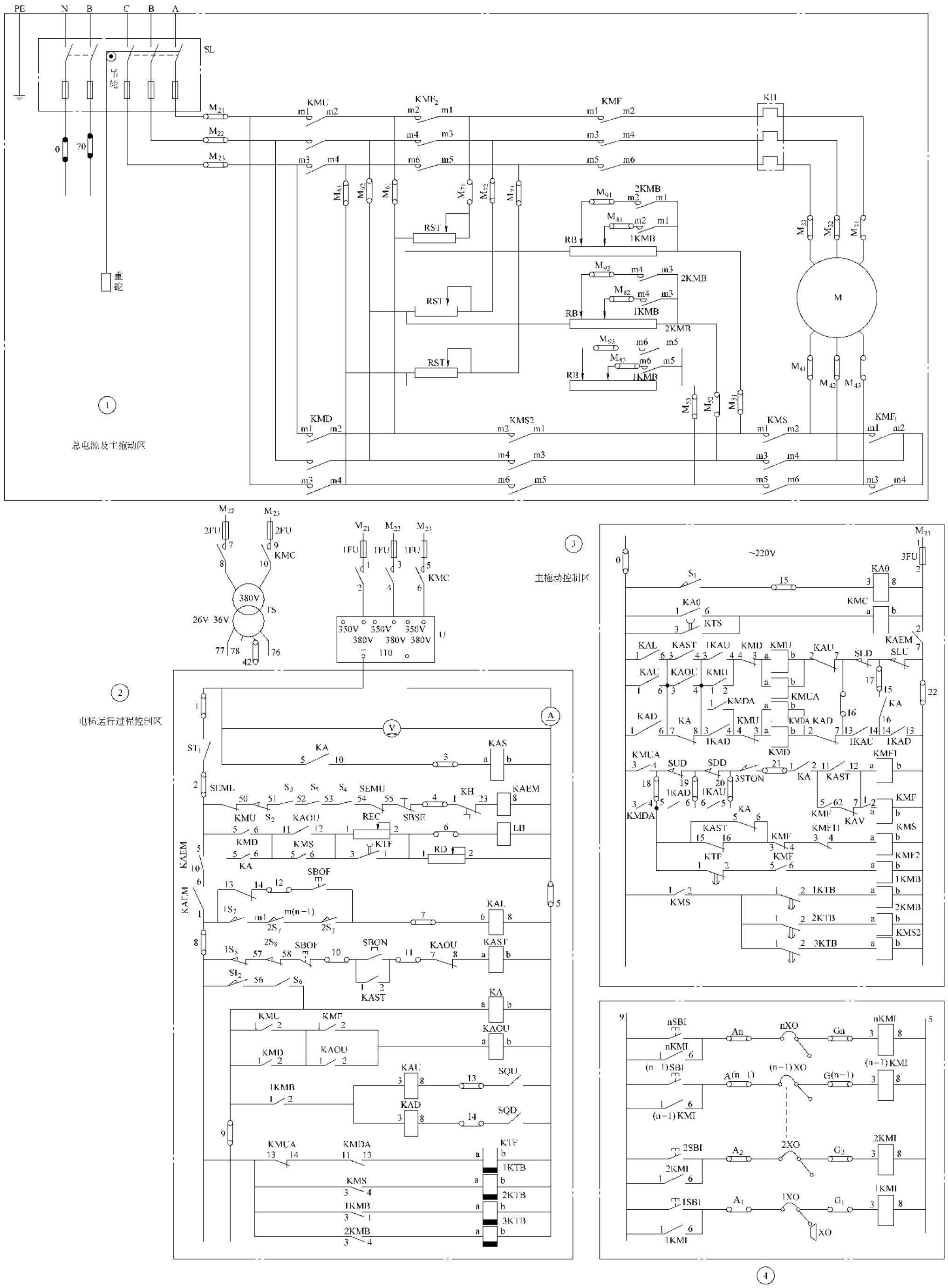
出版社，1995.
[35] 化学工业部劳资司，等．电气试验工［M］．北京：化学工业出版社，1990.
[36] 吕光大．电气安装工程图集［M］．北京：水利电力出版社，1987.
[37] 李东明．弱电工程安装及调试技术［M］．北京：物价出版社，1993.
[38] 农电手册编写组．农电手册［M］．北京：水利电力出版社，1983.
[39] 天津电气传动设计研究所．半导体逻辑元件及其应用［M］．北京：机械工业出版社，1975.
[40] 南京工学院无线电工程系电子线路实验编写组．电子线路实验［M］．北京：人民教育出版社，1982.
[41] 电气装置安装工程施工及验收规范汇编［M］．北京：中国计划出版社，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，2003.
[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，2003.
[59] 裘为章，吴锡忠．实用起重机电气技术手册［M］．北京：机械工业出版社，2005.
[60] 北京起重运输机械设计研究院，北京科正平机电设备检验所．起重运输机械产品选用手册［M］．北京：机械工业出版社，2009.
[61] 深圳中电力技术有限公司 PMC 产品说明书．
[62] GB/T 11022—1999 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求［S］．北京：中国标准出版社，1999.
[63] 西安高压电器研究所有限责任公司．高压电器产品手册［M］．北京：机械工业出版社，2008.
[64] 王春江．电缆电线手册［M］．2 版．北京：机械工业出版社，2001.
[65] 国家电网公司．电工安全操作规程［M］．北京：中国电力出版社，2003.
[66] 北京昆仑中大工程技术发展有限公司产品说明书．
[67] 张元良，王建军，等．智能仪表开发技术实例解析［M］．北京：机械工业出版社，2009.



符号	设备名称	编号
QS	隔离开关	其余
F	避雷器	2,7,15,21
FU_1	限流熔断器	3,8
TV	电压互感器	3,8
TA	电流互感器	5,10,17,14,20
FU_2	跌开熔断器	△
QF	油断路器	1 2
ZJ	支柱绝缘子	22,23

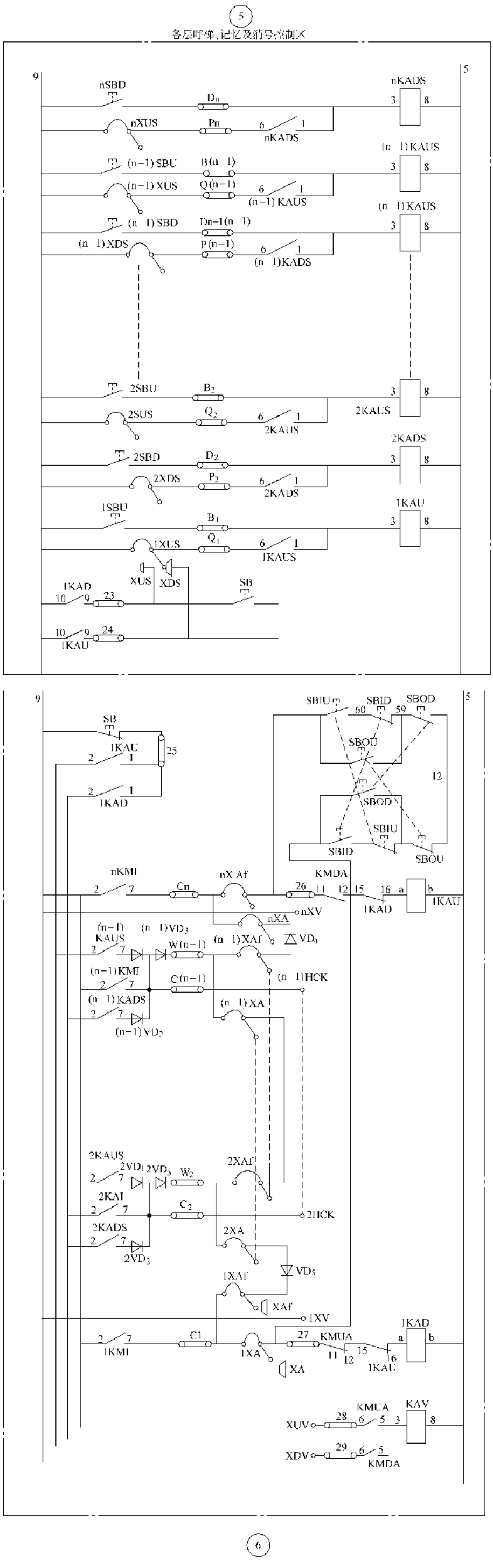
b)

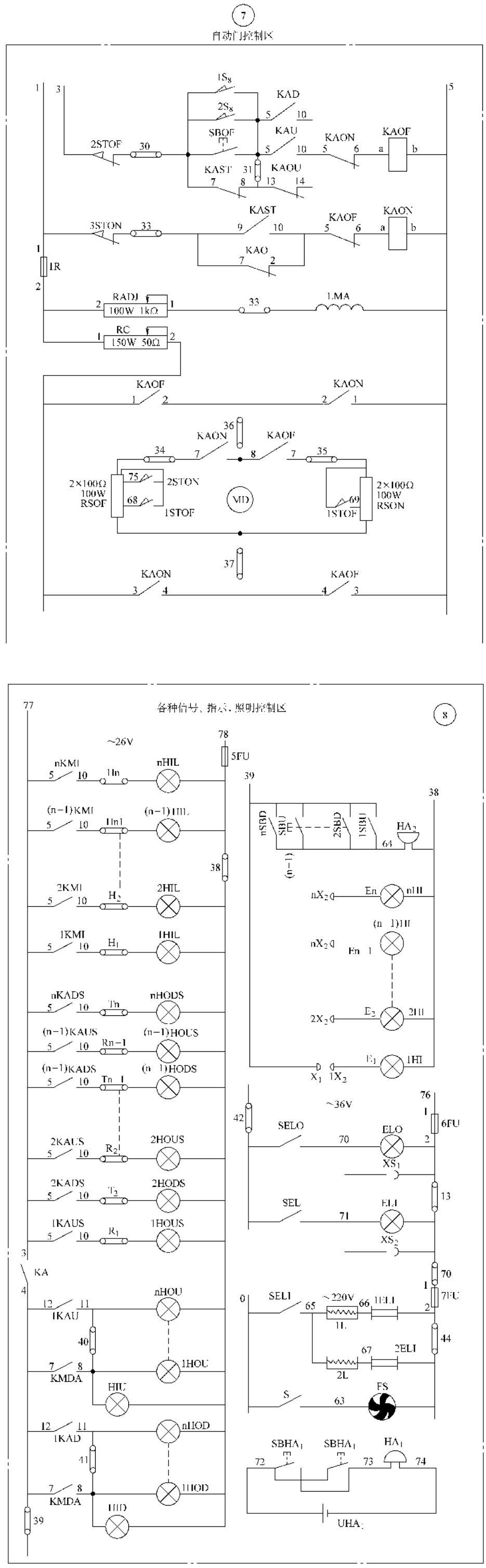
图 12-33 某 35kV变电所平面布置图(续)



a) 原理图

图 15-78　双速交流电梯控制原理图


5
各层呼梯、记忆及消号控制区
nSBD
nKADS
nXUS
nKADS
(n-1)SBU
(n-1)KAUS
(n-1)XUS
(n-1)KAUS
(n-1)SBD
(n-1)KADS
(n-1)XDS
2SBU
2KAUS
2SUS
2KAUS
2SBD
2KADS
2XDS
2KADS
1SBU
1KAU
1XUS
1KAUS
1KAD
XUS
XDS
SB
1KAU
6
SB
1KAD
SBIU
SBID
SBOD
SBOU
nKMI
nXAf
KMDA
nXV
nXA
(n-1)KAUS
(n-1)KMI
(n-1)KADS
(n-1)HCK
2KAUS
2KAI
2KADS
2HCK
2XAf
2XA
1XAf
XAf
1XV
1KAD
1KAU
1KMI
1XA
XA
KMUA
KAV
XUV
XDV
KMDA
6
轿内自动定向外截车控制区


7
自动门控制区
KAD
KAU
KAON
KAOF
2STOF
KAST
KAOU
3STON
KAO
1R
RADJ
100W 1kΩ
1MA
RC
150W 50Ω
2×100Ω
100W
RSOF
2STON
1STOF
VD
RSON
8
各种信号、指示、照明控制区
~26V
5FU
nKMI
nHIL
(n-1)KMI
(n-1)HIL
2KMI
2HIL
1KMI
1HIL
nKADS
nHODS
(n-1)KAUS
(n-1)HOUS
(n-1)KADS
(n-1)HODS
2KAUS
2HOUS
2KADS
2HODS
1KAUS
1HOUS
KA
nHOU
1HOU
HIU
nHOD
1HOD
HID
nSBD
SBU
2SBD
1SBU
HA2
nHI
2HI
1HI
~36V
6FU
SELO
ELO
XS1
SEL
ELI
XS2
7FU
SELI
~220V
1ELI
2ELI
S
FS
SBHA1
HA1
UHA
b) 原理图
图 15-78 （续）

内容全面 数据精准
强调实用 传授技能

DIANQI GONGCHENG ANZHUANG
JI TIAOSHI 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
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术／电气工程
ISBN 978-7-111-42975-3
策划编辑◎牛新国 / 封面设计◎马精明

ISBN 978-7-111-42975-3
9 787111 429753 >
定价：199.00元