www.789pdf.com 789书库网

国家电网
STATE GRID

农网建设与改造

相关技术标准汇编

国家电网公司农电工作部 编

中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

国家电网
STATE GRID

农网建设与改造相关技术标准汇编

155123.472
上架建议：电力工程/供用电

统一书号：155123·472
定　　价：65.00 元

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

国家电网
STATE GRID

农网建设与改造

相关技术标准汇编

国家电网公司农电工作部 编

中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

内 容 提 要

为配合国家新一轮农网改造升级工程，国家电网公司农电工作部组织编制了《农网建设与改造相关技术标准汇编》，共收录了农网改造升级工程相关的标准27个，可供农网改造升级工程建设和各级农网工程管理人员参考和使用。

农网建设与改造相关技术标准汇编

*

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街19号　100005　http://www.cepp.sgcc.com.cn）

北京丰源印刷厂印刷

*

2011年6月第一版　2011年6月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米　16开本　32.25印张　796千字

印数0001—3000册

*

统一书号155123·472　定价**65.00**元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有　翻 印 必 究

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

前 言

为加强农村电网建设，促进农村经济和社会发展，2010 年，党中央、国务院审时度势部署启动了新一轮农网改造升级工程。为满足工程建设需要，方便广大工程建设与管理者准确把握和采用国家及国家电网公司有关技术标准，使农网建设与改造有法可依、有章可循、有据可查，国家电网公司农电工作部组织编制了《农网建设与改造相关技术标准汇编》。本书共收录了与农网改造升级工程相关的 27 个标准，供各级农网工程管理人员参考和使用。本书的出版，对指导各单位做好农网改造升级工程建设与管理工作具有重要意义。

由于相关技术标准和规程在不断完善和修订，各单位在使用中要注意及时更新，以最新的技术标准为准，更有效地指导农网改造升级工作。

国家电网公司农电工作部

二〇一一年三月八日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目 录

前言

一、综合类 ……1

Q/GDW 462—2010 农网建设与改造技术导则 ……3

DL/T 5118—2010 农村电力网规划设计导则 ……27

二、10kV 及以下部分 ……51

GB/T 14049—2008 额定电压 10kV 架空绝缘电缆 ……53

GB/T 12527—2008 额定电压 1kV 及以下架空绝缘电缆 ……73

GB/T 50303—2002 建筑电气工程施工质量验收规范（略） ……87

DL/T 5220—2005 10kV 及以下架空配电线路设计技术规程 ……89

DL/T 499—2001 农村低压电力技术规程 ……123

Q/GDW 176—2008 架空平行集束绝缘导线低压配电线路设计规程 ……183

Q/GDW 463—2010 非晶合金铁心配电变压器选用导则 ……205

Q/GDW 338—2009 农村配网自动化典型设计规范 ……227

Q/GDW 339—2009 农村配网自动化典型应用模式 ……243

三、35kV 及以上部分 ……257

GB 50061—2010 66kV 及以下架空电力线路设计规范（略） ……259

GB 50060—2008 3～110kV 高压配电装置设计规程（略） ……261

DL/T 5103—1999 35kV～110kV 无人值班变电所设计规程 ……263

DL/T 1101—2009 35kV～110kV 变电站自动化系统验收规范 ……285

DL/T 5242—2010 35kV～220kV 变电站无功补偿装置设计技术规定 ……307

Q/GDW 340—2009 农村电网无人值班变电站管理规范 ……361

Q/GDW 383—2009 智能变电站技术导则 ……381

Q/GDW Z 410—2010 高压设备智能化技术导则 ……401

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

四、其他专业规程 ……429
GB 50217—2007　电力工程电缆设计规范（略）……431
GB 50168—2006　电气装置安装工程电流线路施工及验收规范（略）……433
GB/T 4623—2006　环形混凝土电杆……435
GB 50169—2006　电气装置安装工程接地装置施工及验收规范（略）……459
DL 493—2001　农村安全用电规程……461
DL/T 736—2010　农村电网剩余电流动作保护器安装运行规程……469
Q/GDW 127—2005　农村电网电压质量和无功电力管理办法……485
Q/GDW 435—2010　农村电网无功优化补偿技术导则……493

www.789pdf.com 789书库网

一、综合类

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Q/GDW 462—2010

农网建设与改造技术导则

The rural electric network construct and reconstruct technical guide

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目 次

前言……4
1 范围……5
2 规范性引用文件……5
3 术语和定义……6
4 总则……6
5 高压配电网……7
6 中压配电网……9
7 低压配电网……11
8 自动化及通信……12
9 无功补偿……12
附录A（资料性附录） 高压配电网典型接线图……14
附录B（资料性附录） 10（20）kV架空网典型接线图……16
附录C（资料性附录） 10（20）kV电缆网典型接线图……16
附录D（资料性附录） 380V/220V配电网典型接线图……17
编制说明……19

前 言

为贯彻中央决定，更好地实施新一轮农村电网改造升级工程，切实提升农网供电可靠性和供电能力，落实国家电网公司建设坚强智能电网的总体要求，实施“新农村、新电力、新服务”农电发展战略，统筹城乡电网协调发展，逐步建成“结构优化、布局合理、技术适用、供电质量高、电能损耗低”的新型农网，特制定本导则。

本导则针对农村电网的基本特点，在汲取前期农网建设与改造经验的基础上，对农网建设与改造的原则、技术要求等作了明确规定。

本导则的附录A、附录B、附录C、附录D均为资料性附录。

本导则由国家电网公司农电工作部提出并负责解释。

本导则由国家电网公司科技部归口。

本导则主要起草单位：中国电力科学研究院、河北省电力公司、辽宁省电力有限公司。

本导则主要起草人：孙吉昌、张莲瑛、刘福义、陈俊章、倪广德、曾四鸣、路召杰、高振平、张博、代欧根、陈明知、李永来、李磊、李鹏。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农网建设与改造技术导则

1 范围

本导则规定了在农村电网建设与改造中应遵循的主要技术原则和要求。

本导则适用于国家电网公司所辖110kV及以下农村电网的建设与改造。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期（文件号）的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 50059　35～110kV变电所设计规范

GB 50061　66kV及以下架空电力线路设计规范

GB 50217　电力工程电缆设计规范

GB/T 12325　电能质量　供电电压偏差

DL/T 499　农村低压电力技术规程

DL/T 599　城市中低压配电网改造技术导则

DL/T 620　交流电气装置的过电压保护和绝缘配合

DL/T 621　交流电气装置的接地

DL/T 736　农村电网剩余电流动作保护器安装运行规程

DL/T 890　能量管理系统应用程序接口（EMS-API）

DL/T 5118　农村电力网规划设计导则

DL/T 5131　农村电网建设与改造技术导则

DL/T 5220　10kV及以下架空配电线路设计技术规程

Q/GDW 126　农村电网自动化及通信系统技术导则

Q/GDW 127　农村电网电压质量和无功电力管理办法

Q/GDW 338　农村配网自动化典型设计规范

Q/GDW 339　农村配网自动化典型应用模式

Q/GDW 340　农村电网无人值班变电站管理规范

Q/GDW 370　城市配电网技术导则

Q/GDW 383　智能变电站技术导则

Q/GDW 435　农村电网无功优化补偿技术导则

Q/GDW Z 461　地区智能电网调度技术支持系统应用功能规范

国务院批转发展改革委电监会关于加强电力系统抗灾能力建设若干意见的通知（国发[2008]20号）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

关于全面推广实施国家电网公司输变电工程典型设计的通知（国家电网基建[2006]1200号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本导则。

3.1

农村电网 rural electric power network

指主要向县（包括县级市、区、旗，以下简称县）级行政区域内的县城、乡（镇）村或农场及林、牧、渔场等各类用户供电的110kV及以下各级配电网，简称农网。农网包括县城电网和乡村电网。

3.2

县城电网 county electric power network

指主要向县政府所在城镇地域用户供电的110kV及以下各级配电网。

3.3

乡村电网 village electric power network

指主要为县级行政区域内的乡（镇）村或农场及林、牧、渔场的用户供电的110kV及以下各级配电网。

3.4

高压配电网 high voltage distribution network

指标称电压为35kV、66kV及 110kV的配电网。

3.5

中压配电网 medium voltage distribution network

指标称电压为10kV（20kV）的配电网。

3.6

低压配电网 low voltage distribution network

指标称电压为380V/220V的配电网。

4 总则

4.1 农网建设与改造应满足县域内国民经济、社会发展和人民生活的用电需求，满足社会主义新农村建设要求。

4.2 农网建设与改造应遵循“统一规划、分步实施、因地制宜、适度超前”的原则，变（配）电站的布局及高、中、低压配电网主干线路的建设应满足农村经济中长期发展要求，避免重复建设。

4.3 积极采用国家电网公司“三通一标”（通用设计、通用设备、通用造价、标准工艺）和典型设计。

4.4 应符合国家相关政策规定，按照“安全可靠、经济高效、技术适用、减少维护、节能环保”的原则，采用成熟先进的新技术、新设备、新材料、新工艺，禁止使用国家明令淘汰及不合格的产品。

4.5 对于特殊地段、具有高危和重要用户的线路、重要联络线路，可实行差异化设计，提高

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农网防灾、抗灾能力。

4.6 农网智能化建设应坚持“统筹规划、试点先行、分步实施、稳妥推进”的原则，重点开展新能源分散接入、配电自动化、智能配电台区、农村用电信息采集等试点建设。

4.7 农网通信通道应与电网同步建设。

4.8 城市化水平较高的县城电网建设可参照 Q/GDW 370 执行。

5 高压配电网

5.1 网架结构

5.1.1 加强主干网架及联络线的建设与改造，提高农网整体输送能力和供电可靠性。高压配电网应采取以 220kV（330kV）变电站为中心、分片供电的模式。

5.1.2 在没有 220kV 及以上变电站的县域范围内，至少有两条 110kV（66kV）线路作为主供电源为其供电。

5.1.3 变电站的布局及网架结构应符合电网发展规划，满足用电负荷不断增长的需求。

5.1.4 高压配电网的接线方式一般为放射式、环式及链式，县城电网宜采用环式或链式接线方式。常用接线方式参见附录 A。

5.2 高压线路

5.2.1 高压配电网线路宜采用架空线路。

5.2.2 县城区、变电站进出线或线路走廊受限时，架空线路宜采用双回路或多回路同杆架设。

5.2.3 跨越铁路、高速公路等重要的交叉跨越应采用独立或四塔三档耐张段设计，并使用双联绝缘子串。

5.2.4 线路导线截面选择应满足负荷中长期发展要求，根据规划区域内饱和负荷值，按经济电流密度一次选定。110kV 线路架空导线截面不宜小于 185mm^2，66kV 不宜小于 150mm^2，35kV 不宜小于 120mm^2。

5.2.5 35kV 线路在满足设计要求前提下优先选用钢筋混凝土电杆。

5.2.6 线路污秽等级应根据各区域的污秽分区图，结合污湿特征、盐密值和运行经验等因素综合确定，线路与变电站的绝缘配合应满足 DL/T 620。III级及以上污秽区可选择硅橡胶合成绝缘子。

5.2.7 110kV（66kV）线路一般沿全线架设避雷线，多雷区宜架双避雷线；35kV 线路在进出线段 1km～2km 及大跨越段应架设避雷线。山区易雷击段或易雷击点的杆塔可采取安装线路避雷器的措施。

5.2.8 线路杆塔接地电阻不大于 30Ω。

5.2.9 所有铁塔 6m 以下部分及杆塔拉线应采取防盗措施，各种杆塔均应装设运行标识牌和安全警示牌。

5.3 变电站

5.3.1 高压电网的容载比宜控制在 1.8～2.1 之间。负荷增长较快地区取高值。

5.3.2 县城供电的变电站应满足供电 N–1 安全准则。

5.3.3 新建变电站应按无人值班标准建设，现有变电站应逐步改造为无人值班变电站，有条件的可按照 Q/GDW 383 试点建设智能化变电站。

5.3.4 变电站站址选择应遵循 GB 50059 的要求，符合城乡规划、电网规划的要求，应靠近负

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

荷中心地区。

5.3.5 变电站低压侧采用户内布置，高（中）压侧可室外布置。选址困难的城镇及污染严重地区可采用户内型变电站。

5.3.6 变电站主变压器选择。

a） 变电站主变压器台数宜按不少于 2 台设计，主变压器应采用 S11 及以上有载调压节能型变压器。

b） 应根据供电分区的规划最大负荷合理选择主变压器容量，110kV 主变压器容量一般为 20MVA～63MVA，66kV 主变压器容量一般为 6.3MVA～40MVA，35kV 主变压器容量一般为 3.15MVA～20MVA。

5.3.7 变电站主接线选择。

变电站电气主接线要尽量简化，应根据变电站在电力系统中的地位、出线回路数、负荷性质等条件，并满足安全、可靠、灵活、操作方便和节约投资等要求来确定。

a） 变电站的主接线高压侧宜采用单母线、单母线分段、桥接线和线路变压器组接线。多电源进线时，宜采用母线分段接线。

b） 终端变电站和双“T”变电站高压侧宜采用线路变压器组或桥型接线。

c） 变电站中、低压侧宜采用单母线分段接线方式，每台主变压器带一段母线。低压侧出线数应按地区和农网规划考虑，一般每段母线不宜少于 3 回出线。

5.3.8 配电装置。

a） 35kV 及以上高压配电装置选用 SF_6 断路器或真空断路器，宜采用户外半高型或中型布置。

b） 10kV 配电装置宜采用户内布置，选用真空开关柜。

c） 场地狭小、污秽严重地区的变电站，可选用组合电器装置（GIS、HGIS）。

5.3.9 防雷接地。

a） 变电站的防雷应符合 DL/T 620、接地应符合 DL/T 621 要求。

b） 变电站可采用进线杆塔加装避雷针与独立避雷针联合构成防直击雷保护。

5.3.10 站用电。

变电站宜配置 2 台站用变压器，并符合 GB 50059 的要求。

5.3.11 保护与测控。

a） 变电站应配置保护与测控系统，并满足相关技术规程要求。

b） 保护装置的交流电流回路、直流电源、跳闸回路和信号传输通道彼此独立。

c） 变电站应具备小电流单相接地选线功能。

d） 新建变电站均采用变电站自动化监控系统，监控系统应满足无人值班要求，具备防误操作功能，并符合 Q/GDW 340 的要求。

e） 变电站应能满足远方监控的需要。

5.3.12 交、直流系统。

a） 直流系统额定电压采用 220V，宜选用免维护蓄电池组和带冗余模块的高频开关电源。

b） 变电站通信电源可由 2 套 DC/DC 电源供给。重要变电站设立独立通信电源。

c） 两个站用变压器的低压交流回路应能实现自动切换。

d） 交流不停电电源系统，宜采用逆变电源供电，逆变电源的直流可取自站用直流系统。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.3.13 计量及其他。

a） 变电站选用多功能电能表，安装电能量采集终端，实现电能量信息远传。

b） 新建变电站应设置工业电视、消防及防盗报警系统，并具有远方传输功能。

c） 采用 SF_6 气体绝缘户内设备的变电站，应有相应 SF_6 气体检测报警装置。

5.3.14 建筑部分。

a） 变电站的总布置设计应结合站址自然地形地貌、周围环境、地域文化、建筑环境等优化设计，因地制宜进行规划和布置，减少占地、工程投资。

b） 变电站建筑物应与环境协调，符合“安全、经济、美观、节约占地”的原则，应按照最终规模一次建成。

c） 变电站构、支架宜采用钢筋混凝土杆或热镀锌钢管杆。

d） 在寒冷地区主体建筑墙体宜采用无机轻质复合保温材料等。

e） 变电站围墙宜采用实体墙。主体建筑正面应统一采用国家电网公司标识。

f） 变电站应按相应规程、规范设置消防设施。

6 中压配电网

6.1 网络结构

6.1.1 中压配电网应合理布局，接线方式灵活、简洁。公用线路应分区、分片供电，供电范围不应交叉重叠。

6.1.2 县城中压配电网架空线路宜采用多分段适度联络接线方式，导线及设备应满足转供负荷要求；乡村中压配电网宜采用放射式接线方式。有条件的乡（镇）村也可采用末端联络接线方式。常用接线方式参见附录 B。

6.1.3 电缆线路接线方式一般为单环式、双射式和双环式，常用接线方式参见附录 C。

6.1.4 中压配电网线路主干线应根据线路长度和负荷分布情况进行分段并装设分段开关，重要分支线路宜装设分支开关。

6.2 中压配电线路

6.2.1 中压配电线路宜采用架空方式，城镇、林区、人群密集区域宜采用架空绝缘导线，并在适当的部位装设验电接地装置。特殊地段可采用电缆。

6.2.2 中压配电网线路应依据 DL/T 5118 确定合理供电半径，推荐值见表 1。县城中压配电网线路供电半径不宜超过 4km，乡村中压配电网线路供电半径不宜超过 15km。对负荷密度小、超长的 10kV 线路，可采取装设线路调压器的方式，调整线路中后段电压。

表 1 中压配电网合理供电半径推荐值 km

变电层次	负荷密度（kW/km²）						
	10	30	50	100	300	500	1000 及以上
110/10kV 66/10kV	16	12	10	8～9	6	5	≤4.0
110/35/10kV	11	8	7	5	4	3	≤2.5
110/20kV 66/20kV	23	16	14	11	7	5.5	≤4.5

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.2.3 中压配电网主干线路导线截面选择应参考供电区域饱和负荷值，按经济电流密度选取。县城电网架空主干线截面不宜小于 120mm^2，乡村电网主干线不宜小于 95mm^2。

6.2.4 中压配电网线路杆塔在城镇选用 12m 及以上杆塔，乡村一般选用 10m 及以上杆塔，并满足 DL/T 499 对交叉跨越距离的要求。城镇路边不宜采用预应力型混凝土电杆，且应采取防撞措施，防止车撞脆断。

6.2.5 城镇线路档距不宜超过 50m，乡村线路档距不宜超过 70m。

6.2.6 对雷害多发地区及架空绝缘线路应加强防雷击断线的措施。

6.2.7 中压架空线路横担层距和线间距离的确定应有利于开展带电作业。

6.2.8 在中压架空线路干线分段处、较大支线首段、电缆支线首段等部位宜安装故障指示器。

6.3 中压电缆线路

6.3.1 下列情况可采用电缆线路：

a） 架空线路无法通过的地区。

b） 易受热带风暴侵袭的沿海主要城镇重要供电区域。

c） 电网结构或安全运行的特殊需要。

6.3.2 电缆截面选择。

a） 变电站馈出至开关站的干线电缆截面不宜小于 300mm^2，馈出至单环网和双射网的干线电缆截面不宜小于 185mm^2，其他专线电缆截面应满足载流量及动、热稳定的要求。

b） 开关站馈出电缆和其他分支电缆的截面应满足载流量及动、热稳定的要求。

6.3.3 双射、单环电缆线路的最大负荷电流不应大于其额定电流的 50%，转供时不应过载。

6.3.4 地下电缆敷设路径起点、终点及转弯处应设置电缆警示桩或行道警示砖，直线路径每隔 50m 应设置电缆警示标识。

6.4 中压配电设备

6.4.1 当变电站 10kV 出线数量不足或线路走廊条件受限制时，可建设开关站。开关站接线应力求简化，宜采用单母线分段接线方式。开关站应按无人值班建设，再分配容量不宜超过 10 000kVA。

6.4.2 配电变压器应按照“小容量、密布点、短半径”的原则建设与改造。变压器应布置在负荷中心，一般采用柱上安装方式，变压器底部距地面高度不应低于 2.5m。城镇主要街道、建筑群及新农村电气化村也可采用箱式变电站或配电站。

6.4.3 新装及更换配电变压器应选用 S11 及以上节能型配电变压器。

6.4.4 安装在高层建筑、地下室及有特殊防火要求的配电变压器应采用干式变压器。

6.4.5 配电变压器容量按近期规划负荷选择，适当考虑负荷发展。柱上配电变压器容量不超过 400kVA；箱式变电站单台变压器容量宜小于 630kVA；单台干式变压器容量宜小于 1250kVA。配电站可配置双路电源，宜装设 2～4 台变压器，单台容量不宜超过 800kVA。

6.4.6 柱上配电变压器低压配电出线数量一般按照 2～3 回考虑；配电站低压出线可按每台变压器 2～6 回考虑。

6.4.7 单相变压器容量最大不超过 100kVA，以居民生活用电为主，且供电分散的地区单相变压器容量不宜超过 20kVA。

6.4.8 配电变压器的进出线应采用绝缘导线或电缆。配电变压器的高低压接线端应安装绝缘

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

护套。

6.4.9 配电变压器的高压侧应采用熔断器或开关保护，低压侧应装设熔丝保护或自动开关保护。

6.4.10 柱上配电变压器低压侧应装设低压配电装置，低压配电装置应具有防雷、过流保护、无功补偿、剩余电流动作保护、计量、测量等功能。壳体宜采用坚固防腐材质。

6.4.11 配电变压器低压配电装置内宜预留安装智能配电变压器终端的位置。有条件的可开展具有状态参数监测、无功补偿本地/远程控制投切、剩余电流保护监测管理、谐波监测、三相不平衡监测、电量抄录、远程通信、变压器防盗等功能的智能配电变压器台区建设。

6.4.12 箱式变（配）电站壳体采用坚固防腐材质。配电站开关设备采用免维护的全密封、全绝缘负荷开关（带熔丝），开关设备应具备“五防”功能。

6.4.13 变压器等配电设施应采取必要的防盗措施。

6.5 配电线路及变压器、开关站、配电站、箱式变、环网柜等设备根据运行环境应装设永久性的标识牌及警示牌。

7 低压配电网

7.1 低压配电网坚持分区供电原则，低压线路应有明确的供电范围；低压配电网应结构简单、安全可靠，一般采用单电源辐射接线和单电源环网接线，积极应用新农村典型供电模式，常用接线方式参见附录D。

7.2 农网供电半径不宜超过500m，县城及经济发达地区供电半径不宜超过400m。农业排灌和用户特别分散的地区供电半径可适当延长，但应满足电压质量要求。

7.3 低压架空线路。

7.3.1 低压主干线路导线截面参考供电区域饱和负荷值，按经济电流密度选取。城镇低压主干线路导线截面不宜小于120mm^2，乡村低压主干线路导线截面不宜小于50mm^2。

7.3.2 县城、集镇和人口密集地区、穿越林区低压架空线路应采用绝缘导线。

7.3.3 县城、集镇和人口密集地区的低压架空线路宜采用10m及以上混凝土杆，其他地区宜采用8m及以上混凝土杆，梢径不小于150mm。

7.3.4 低压线路可与同一电源10kV配电线路同杆架设。当10kV配电线路有分段时，同杆架设的低压线路不应跨越分段区。

7.4 低压电缆线路。

7.4.1 低压电缆可采用排管、沟槽、直埋等敷设方式。当采用直埋方式时，宜采用铠装电缆；穿越道路时，应采用抗压力保护管。

7.4.2 低压电缆进出线集中敷设时宜选用阻燃电缆。

7.5 低压接户线应使用绝缘导线。导线截面应根据用户负荷确定，铝芯绝缘导线截面不小于10mm^2，铜芯绝缘导线截面不小于4mm^2。

7.6 低压用户应采用“一户一表”的计量方式，电能表应按农户用电负荷合理配置，一般容量不宜小于4kW，经济欠发达地区可不小于2kW，并应安装在计量表箱内。

7.7 集中式计量箱进线侧应装设总开关。电能表出口宜装设分户开关，用户应能够对其进行操作。有条件的地区可安装集中抄表装置，可逐步开展智能电能表应用。

7.8 低压配电网应分级装设剩余电流保护装置。剩余电流总保护和中级保护应能够及时切除

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

低压配电网主干线和分支线路上因断线接地等产生的较大剩余电流故障。

7.9 室外计量表箱宜选用防腐非金属计量表箱。金属计量表箱应可靠接地。

7.10 低压配电网应按照 Q/GDW 127 的规定安装电压监测装置。

8 自动化及通信

8.1 新建或改造自动化系统应统筹多种自动化系统的需求，统一规划设计数据采集平台。

8.2 新建或改造的县级调度和配电自动化系统选用调配一体化系统。

8.3 新建或改造调度自动化系统应遵循 IEC 61970 标准，应用功能可参考 Q/GDW Z 461 指导性技术文件，并具备 Q/GDW 126 规定的基本功能及遥控安全约束、运行设备在线状态监测等功能。

8.4 配电自动化建设与改造应符合 Q/GDW 338 与 Q/GDW 339 的要求。配网自动化系统应在配电网规划的基础上，统筹规划、分步实施，以配电网监视与控制（SCADA）、馈线自动化（FA）基本功能为主，具备扩展配电变压器监测功能、配电设备管理（DMS）、地理信息系统（GIS）接口能力。

8.5 农村电网通信系统应满足电网自动化和企业信息化系统数据、语音、图像等综合信息传输的需要。变电站、供电所和开关站的通信主干线宜采用光纤通信方式，有条件地区可采用光纤通信环网链接方式，中低压电网分散通信点可采用载波、无线、公众通信网及卫星等通信方式。重要的无人值班变电站可采用独立的不同路由或不同物理介质的主备双通道。有条件的地区应建立通信网网管，对通信网络设备和通信链路实现集中监控和管理。

8.6 有条件的地区可试点建设基于载波、无线通信方式或 GPRS 无线数据传输的用户用电信息采集系统。

8.7 自动化及通信系统的安全性应能满足国家相关规定的要求。

9 无功补偿

9.1 农网无功补偿应坚持“全面规划、合理布局、全网优化、分级补偿、就地平衡”的原则。按照集中补偿与分散补偿相结合，高压补偿与低压补偿相结合，调压与降损相结合的补偿策略，确定最佳补偿方案。

9.2 农网无功优化补偿建设应从电压无功信息采集、无功优化计算、装置配置、控制与管理等方面开展。积极应用信息和自动化技术，实现电压无功综合治理和优化控制。

9.3 无功优化补偿目标：变电站在主变压器最大负荷时其高压侧功率因数应不低于 0.95，低谷负荷时功率因数应不高于 0.95 且不低于 0.92；10（6）kV 出线功率因数应在 0.90 及以上；100kVA 及以上 10kV 公用配电变压器低压侧功率因数应不低于 0.90，其他公用配电变压器低压侧功率因数宜达到 0.90；农业用户配电变压器低压侧功率因数应在 0.85 及以上。

9.4 变电站无功补偿容量一般按主变压器容量的 10%～30%配置，宜采用动态补偿方式。

9.5 中压线路补偿点以一处为宜，一般不超过两处，补偿容量依据局部电网配电变压器空载损耗和无功基荷两部分来确定。以电缆为主的中压线路，其所接变电站母线电容电流较大或消弧线圈处于欠补偿状态时，应尽量避免采用线路补偿方式，防止中压线路单相接地时，电容电流过大产生过电压。

9.6 100kVA 以下配电变压器采用固定补偿方式：最低负载率低于 10%时可按变压器容量的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5%～7%配置；最低负载率在 10%～20%时可按变压器容量的 7%～10%配置；最低负载率在 20%～30%时可按变压器容量的 10%～15%配置。最低负载率大于 30%时，可参照 100kVA 及以上配电变压器无功补偿配置。

9.7 100kVA 及以上配电变压器无功补偿容量配置：低压侧功率因数低于 0.6 时可按变压器容量的 30%～70%配置；低压侧功率因数为 0.6～0.8 时可按变压器容量的 15%～45%配置；低压侧功率因数在 0.8～0.85 时可按变压器容量的 10%～35%配置。应采用动态补偿方式。

9.8 无功优化补偿装置的选型和无功补偿应用模式应遵循 Q/GDW 435 规定。

9.9 谐波治理应遵循“谁污染、谁治理”的原则。谐波污染较为严重的变电站和配电台区，宜选用无功补偿与滤波相结合的无功补偿装置，满足 35kV 电网总谐波畸变率应不大于 3%，10kV 电网总谐波畸变率应不大于 4%，低压电网总谐波畸变率应不大于 5%的要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 A
（资料性附录）
高压配电网典型接线图

A.1 单侧电源辐射接线：以居民用电负荷为主的乡村电网，同一输电线路向一座或多座变电站送电，变电站串接于输电线路，见图 A.1 和图 A.2。

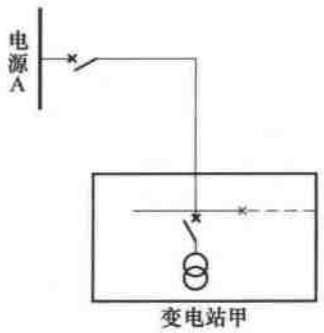
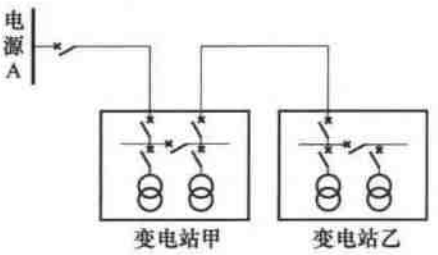
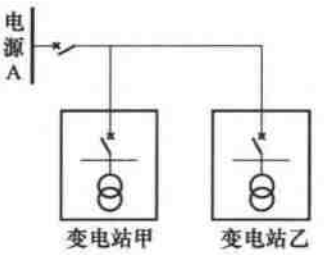


图 A.1 单侧电源辐射接线方式一示意图



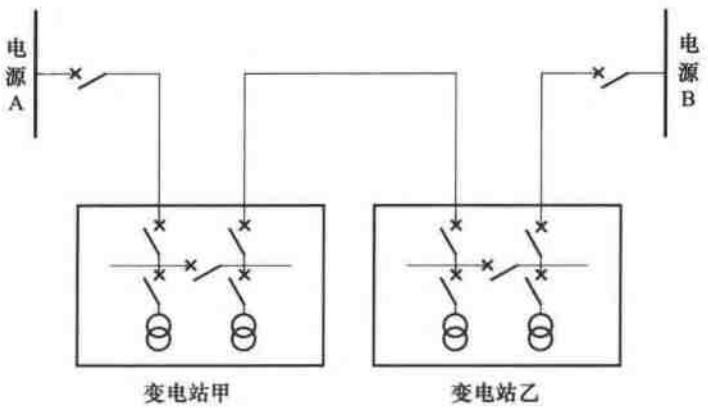
a) 链状辐射接线



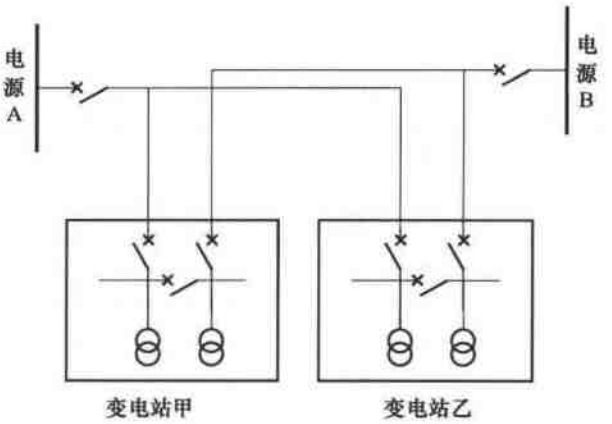
b) T接辐射接线

图 A.2 单侧电源辐射接线方式二示意图

A.2 双侧电源单回路拉手环网或单 T“互备供电”接线：具有重要负荷的乡村电网，两侧电源线连接在同一变电站母线上，T 接于各电源线上的变电站实现双电源互备供电，见图 A.3。



a) 拉手环网接线



b) 双T接线1

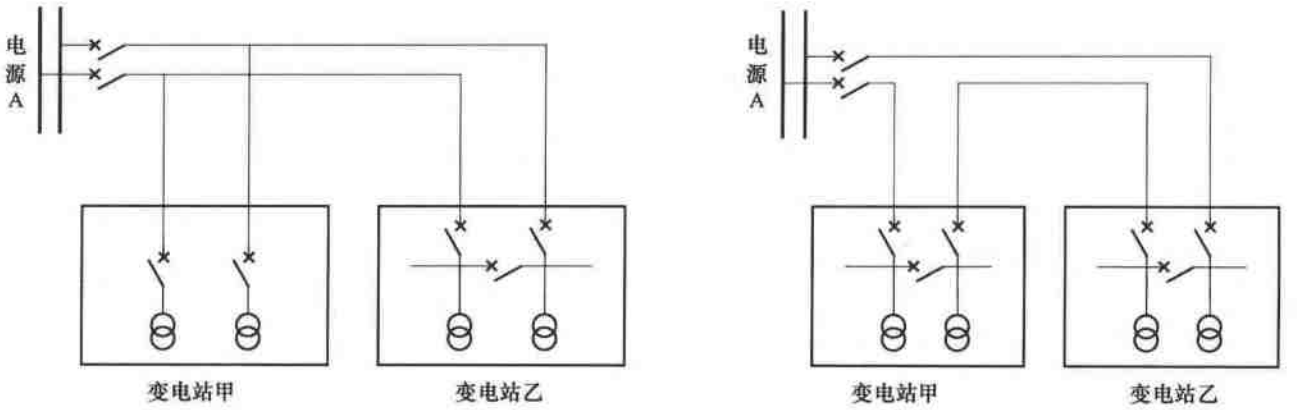
图 A.3 双侧电源接线示意图

A.3 单侧电源双回路双 T 接线或自环网接线：负荷密度较大、可靠性要求较高的城镇及重要负荷地区，变电站双 T 接于同一双回电源线，见图 A.4。

A.4 双侧电源双回路环网接线：负荷密度大、可靠性要求高的地区，变电站接于双侧电源双回电源线，电源实现一主一备供电，见图 A.5。

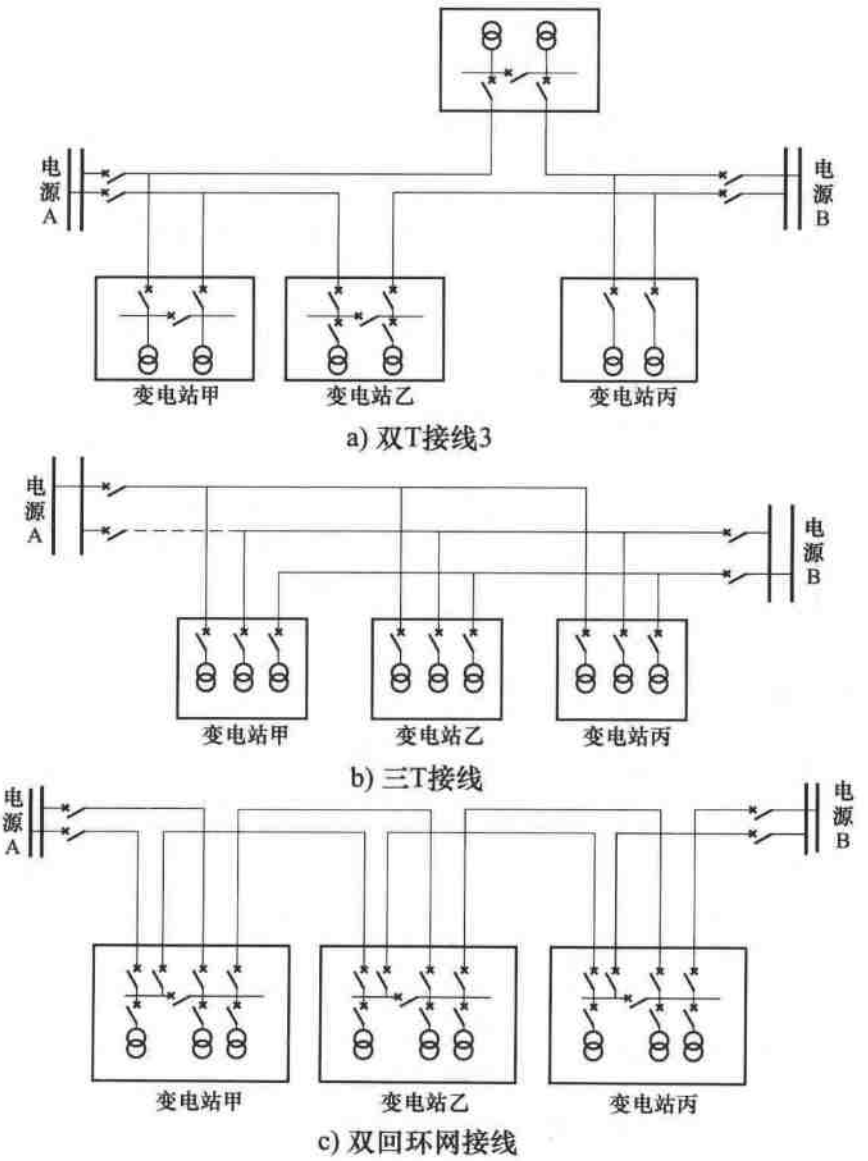
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



a) 双T接线2　　b) 自环网接线

图 A.4　单侧电源双回路接线示意图



a) 双T接线3

b) 三T接线

c) 双回环网接线

图 A.5　双侧电源双回路接线示意图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 B
（资料性附录）
10（20）kV 架空网典型接线图

B.1 辐射接线：采用树枝型放射状结构，干线可分段，必要时适当增加联络开关，见图 B.1、图 B.2。

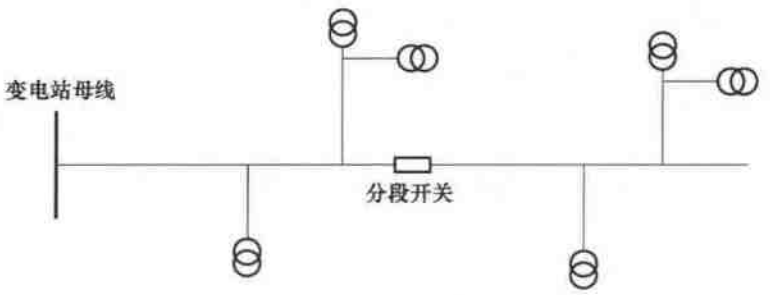


图 B.1 辐射接线图

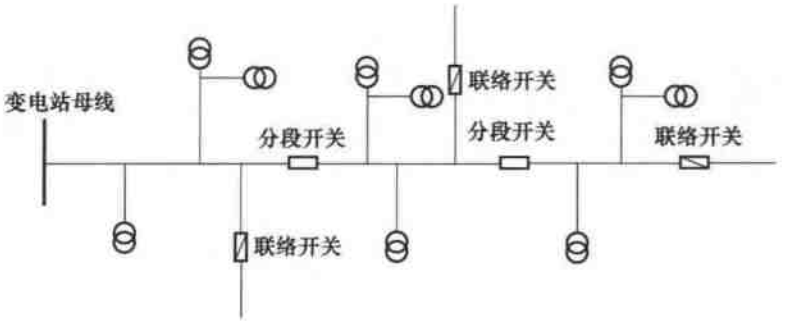


图 B.2 弱联络辐射接线图

B.2 单联络接线方式：两条配电线路通过分段开关联络，实现单联络的线路来自不同变电站或同一变电站的不同母线，见图 B.3。

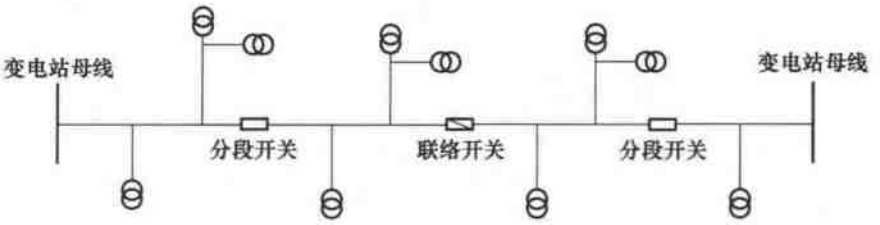


图 B.3 单联络接线图

附 录 C
（资料性附录）
10（20）kV 电缆网典型接线图

C.1 单环网接线方式：自同一供电区域两座变电站的中压母线（或一座变电站的不同中压母

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

线）或两座开关站的中压母线（或一座开关站的不同中压母线）或不同方向电源的两座变电站，馈出单回线路构成单环网，开环运行，见图 C.1。

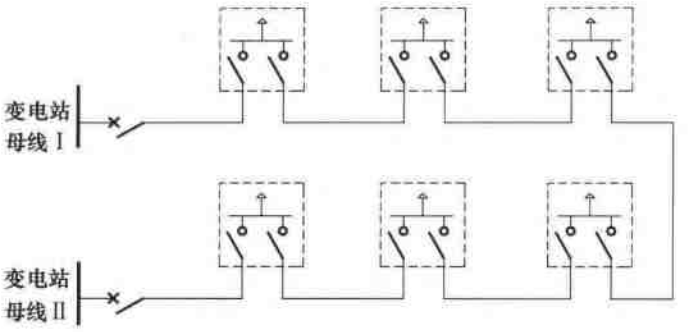


图 C.1　双侧电源单环式

C.2　双射接线方式：自一座变电站或开关站的不同中压母线引出双回路线路，形成双射接线方式；或自同一供电区域的不同变电站引出双回线路，形成双射接线方式，见图 C.2。

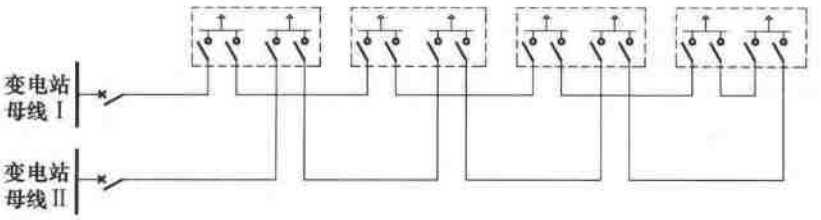
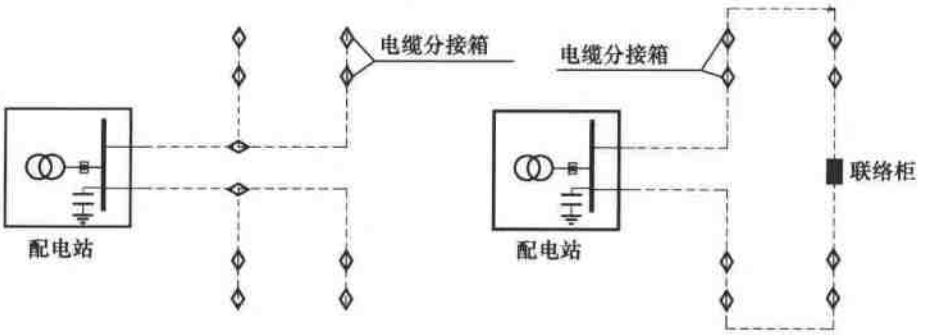


图 C.2　单侧电源双射式

附　录　D
（资料性附录）
380V/220V 配电网典型接线图

D.1　电缆接线方式：适用于多层建筑为主的居住区，配电变压器布置方式为集中布置，配电变压器安装方式以配电站为主，导线以电缆为主，见图 D.1。



a) 单回辐射　　b) 环式

图 D.1　电缆接线图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

D.2 单电源辐射接线模式一：适用于联排建筑为主的居住区，配电变压器布置方式为集中布置，配电变压器安装方式以柱上变压器为主，导线以绝缘线为主，见图 D.2。

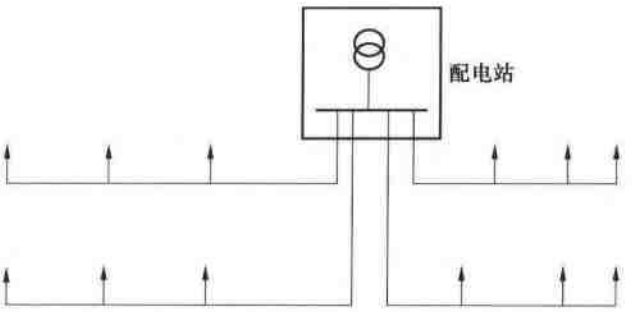


图 D.2 单电源辐射接线模式一

D.3 单电源辐射接线模式二：适用于分散建筑为主的居住区，配电变压器布置方式为分散布置，配电变压器安装方式以柱上变压器为主，导线以绝缘线为主，见图 D.3。

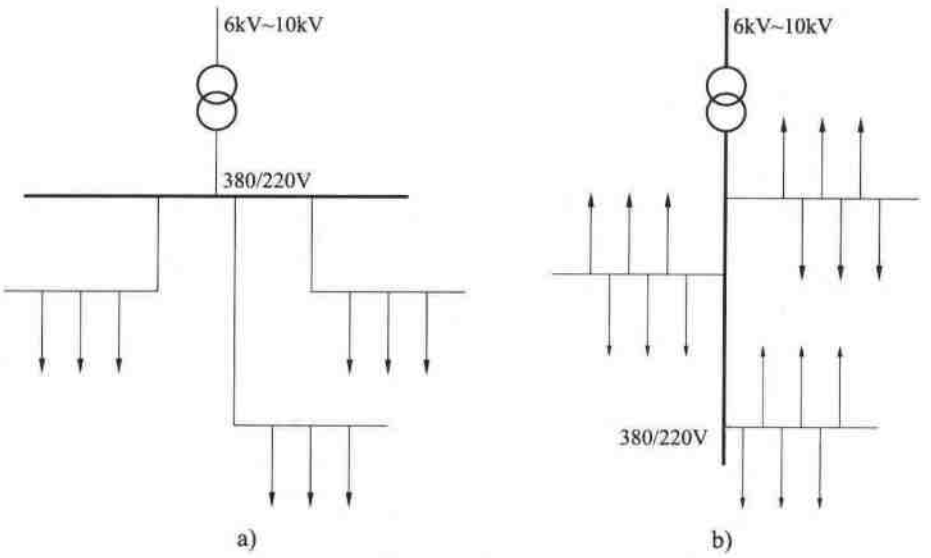


图 D.3 单电源辐射接线模式二

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农网建设与改造技术导则

编 制 说 明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目 次

一、编制背景……20
二、编制主要原则及思路……20
三、与其他标准的关系……21
四、主要工作过程……21
五、导则结构及内容……21

为进一步加强农村电力基础设施建设，深入实施“三新”农电发展战略，落实公司建设统一坚强智能电网的总体要求，明确新一轮农村电网改造升级工程技术标准，指导今后农网改造工程顺利开展，国家电网公司于2008年10月委托河北省电力公司开展《农网建设与改造技术导则》的编制工作任务。

一、编制背景

自1998年农网建设与改造工程实施以来，农网建设与改造的技术标准执行的是DL/T 5131《农村电网建设与改造技术导则》和Q/GDW 125《县城电网建设与改造技术导则》。近年来，随着农村经济社会快速发展，农村负荷增长迅速，对农网的建设标准提出新的更高要求，原有的农网建设技术标准已不能满足农村经济社会快速、持续发展的需要；2009年，国家电网公司提出要逐步建成“结构优化、布局合理、技术适用、供电质量高、电能损耗低、抗灾能力强”的具有智能化特性的新型坚强农网，2010年中央提出要启动新一轮农网改造升级工程，迫切要求及时确定农网改造升级技术标准。

二、编制主要原则及思路

（1）本导则是为了适应农网的快速发展，应对新一轮农网改造而制定，并对今后农网改造起到指导作用，必须在全面总结近十年农网建设与改造经验的基础上，适当提高技术标准，准确把握农网建设方向，要具有前瞻性和先进性，避免低水平重复建设。

（2）要与公司建设统一坚强智能电网要求相协调，统筹城乡电网发展，适当考虑农网智能化建设，可重点体现新能源接入、配网自动化建设、智能配电台区、农村用电信息采集等内容。同时要防止不切实际的过于超前，造成浪费。

（3）农网主网架建设必须适度超前，应满足中长期发展（15年以上）规划要求，避免频繁改造。变电站布点、输电线路及中低压主干线路导线截面应能够满足中长期负荷发展要求，参考饱和负荷值选取。

（4）应积极应用“三通一标”（通用设计、通用设备、通用造价、标准工艺），应着力解决县域电网与主网联系薄弱问题，体现差异化设计思想，最大限度避免县域电网大面积停电事故的发生，努力提高农网抵御自然灾害的能力。

（5）考虑农网覆盖面广，地域差异大，本标准应重点针对大部分中等发展水平的农网（乡村电网）建设，对城市化水平较高、经济发达的地区可参照城市电网建设标准。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

三、与其他标准的关系

本导则在制定时，在框架方面主要参照了 DL/T 5131《农村电网建设与改造技术导则》和 Q/GDW 125《县城电网建设与改造技术导则》；在技术标准方面主要参照了 DL/T 5118《农村电力网规划设计导则》，借鉴了 Q/GDW 370《城市配电网技术导则》相关内容；在自动化及通信和无功优化补偿两个章节主要分别参照了 Q/GDW 126《农村电网自动化及通信系统技术导则》和 Q/GDW 435《农村电网无功优化补偿技术导则》的相关内容。

四、主要工作过程

（1）2008 年 10 月，接受国家电网公司下达的编写任务，成立工作小组，编制工作计划。明确任务分工，收集相关资料。

（2）2008 年 11 月 12 日，完成初稿编写和工作小组内部评审。

（3）2008 年 12 月 25 日在北京召开会议，专家建议先主要编写要点，用于指导农网完善工程。根据会议精神，修改了文稿。

（4）2009 年 4 月 10 日，国家电网公司印发《农网完善工程技术要点》（国家电网农［2009］378 号）。在公司系统内广泛推广，并听取收集单位对技术要点的意见。

（5）2009 年 11 月，国家电网农电部根据形势决定细化《农网完善工程技术要点》（国家电网农［2009］378 号），委托河北省电力公司起草企业标准《农网建设与改造技术导则》。

（6）2010 年 1 月 14 日，在北京召开专家讨论会，对讨论稿进行了详细讨论。会后根据专家意见修改完善了讨论稿。

（7）2010 年 3 月 31 日，在北京召开第二次专家讨论会，经过进一步完善和修改，形成送审稿。

（8）2010 年 7 月 27 日，在北京召开专家审查会，进行最终审查，经过讨论，专家一致同意根据审查意见修改送审稿形成报批稿，并尽快报批。

五、导则结构及内容

本导则依据 DL/T 800—2001《电力企业标准编制规则》进行编制。导则主要结构及内容如下：

3 术语和定义

本章共 6 条，主要明确了下列内容：

（1）说明了农村电网的定义。

（2）根据供电区域的不同定义了县城电网和乡村电网，并明确了各自的供电服务对象。

（3）明确定义了高、中、低压配电网划分范围。

4 总　　则

4.1　提出了农网建设与改造的总体要求。

4.2　规定了农网建设与改造应遵循的基本原则及网络布局与农村经济发展的关系，使农网发展趋于合理，提高农网的供电能力。

4.5　规定了可实行差异化设计的对象，以提高农网防灾、抗灾的能力。

4.6　规定了试点农网智能化建设应遵循的基本原则及其工作重点。

4.7　明确了农网通信通道建设与农网建设之间的关系，保障通信通道建设，为实现配网自动

02783861

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

化及智能化建设奠定基础。

4.8 明确了县域经济发达、城市化水平较高的农网建设与改造可按相关城网的规划设计导则及技术标准执行。

5 高压配电网

5.1 网架结构

5.1.1 强调了在县域范围内应建设以220kV变电站为中心、以高压配电网为主干网架的坚强电网。同时规定了高压配电网建设的基本模式。

5.1.2 规定了在没有220kV及以上变电站的县域范围内，至少要有两条110kV（66kV）线路向该地区供电，以保证在一条线路故障检修情况下，另一条线路能提供相应供电。

5.1.3 农网的变电站及网架结构应根据农网负荷发展合理规划布局，满足经济发展的需要。

5.2 高压线路

5.2.1 强调了高压配电网线路应尽量采用架空线路，以降低造价。

5.2.2 在特殊地段，特别是线路走廊受限时，可采取双回路或多回路同杆塔架设，以充分利用线路走廊，节约用地。

5.2.4 规定了线路导线截面应根据区域内负荷中长期发展的饱和值按经济电流密度选择。同时推荐了各电压等级线路导线的最小截面。

5.2.5 明确指出在满足设计要求的前提下，推荐35kV线路选用钢筋混凝土电杆。

5.2.6 规定了判定线路污秽等级的依据，线路与变电站的绝缘等级应相互配合，满足DL/T 620《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》的相关规定，避免雷电流通过线路击毁变电站。推荐III级及以上污秽区使用硅橡胶合成绝缘子。

5.2.7 明确了110kV（66kV）线路应架设避雷线，推荐在多雷区地段架设双避雷线；规定了35kV线路架设避雷线的条件，同时规定了安装线路避雷器的使用条件。

5.2.9 规定了线路杆塔需采取防盗措施的部分，同时每基杆塔需装设运行标识牌和安全警示牌，以保障线路安全，方便运行维护。

5.3 变电站

5.3.1 规定了农网变电站的容载比。对于负荷增长较快的地区，负荷发展储备系数应较高，其容载比宜取上限值。

5.3.2 规定了县城电网变电站应满足供电N–1安全准则的要求，以保证在故障、检修等特殊情况下，电网运行方式调整后仍能实现为负荷供电。

5.3.5 规定的变电站布置方式是为了减少建筑面积，减少占地，降低工程造价。

5.3.6 规定了主变压器的选型标准及容量选择的依据，并推荐了各电压等级主变压器的容量。为了保证电压质量和节能降耗，规定了选用S11及以上有载调压节能型变压器。110kV及以下变电站设计规程要求的主变压器设置原则不少于2台，变压器台数多，运行率和供电可靠性可提高，但超过两台会引起接线复杂，造成事故时均匀转移负荷困难。单台（三相）主变压器容量范围的规定是综合考虑用电负荷、供电半径和供电可靠性等诸多因素确定的，单台变压器过大，短路容量大，低压出线过多，不易馈出。

5.3.11 规定了变电站的保护与测控系统应满足的相关技术规范和设计标准，变电站采用综合自动化保护，保护通信通道应相互独立。同时变电站应实现远方监控，其自动化监控系统

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

亦应满足无人值班和智能化的要求。

5.3.12 规定了直流系统的额定电压等级，同时推荐了直流系统选用的设备类型。为保障变电站通信时刻畅通，规定了通信电源的构成方式，推荐了交流不停电系统选用的设备类型及其供电方式。

5.3.13 明确了变电站计量系统所需实现的功能，对计量设备设定了选型标准。对变电站屋内采用 SF_6 气体绝缘设备的，规定要求安装 SF_6 气体检测报警装置，以保障运行人员安全。

5.3.14 明确提出了变电站建筑设计应与周围环境协调，符合“安全、经济、美观、节约占地”的基本原则。同时具体规定了变电站构、支架所采用的材料类型，在寒冷地区变电站主体建筑墙体推荐使用无机轻质复合保温材料等。对变电站的围墙、标识及消防措施作出了相应的规定。

6 中压配电网

6.1 网络结构

6.1.1 配电网的网络结构和接线方式应充分考虑所在区域的类别、地区负荷密度以及负荷性质，与地区发展规划相结合，合理确定配电网的目标网络结构和接线方式，同时配电网网络结构应灵活、简洁，并尽量减少结构种类，以提高供电可靠性并利于今后可能的各项配电自动化功能实现。为保证安全供电，并有利于运行管理，供电范围应分区分片、避免交叉重叠。

6.1.2 明确了中压配电架空线路接线方式和联络方式，以及分段、联络的基本原则。通常可根据实际情况将较长或用户数量较多的中压架空线路分为 3 段，以便于故障处理或检修时减小停电区间，增加线路运行的灵活性。县城或有条件的乡（镇）村，为提高供电可靠性，每条架空线路一般可设 2～3 处联络点，每个分段可设 1 处联络，一方面可以合理减少设备投入，另一方面便于调度控制，故在此推荐适度联络。一般乡村中压配电网宜采用放射式接线方式。

6.1.3 单环式接线的电缆线路，当一侧电源出现故障时，可以通过线路倒闸，由另一侧电源继续供电，并且网架结构简洁，有利于实施自动化。

双射式电缆线路通常在建设初期由双电源侧向同一方向建设施工，易于实施，并在有需求时，可进一步发展为双环接线和异站对射接线，供电可靠性高。

本导则在征集各地供电单位意见的基础上，结合农村电网特点，重点推荐单环式、双射式和双环式接线方式。

6.1.4 进一步明确了中压配电主干线分段原则，为提高中压主干线路供电可靠性和运行灵活性，减少故障或检修时停电范围，可根据主干线路长度、用户数量及负荷情况，适当进行分段，对可靠性要求较高的，可选用具有自动重合功能的分段开关。同时，开关设备的选型应充分考虑满足配网自动化建设的需要，避免重复投资。

6.2 中压配电线路

6.2.1 中压配电线路一般选用架空方式，考虑到城镇、林区、人群密集区域树枝刮碰、交通建筑施工机械可能危及杆（线），抛扔、风刮杂物等现象较为突出，同时裸导线线路也对人群密集区的居民生命财产安全造成威胁，因此在城镇、林区、人群密集区域推荐采用中压架空绝缘线路。应严格控制电缆的使用，避免盲目的高标准建设。

6.2.2 明确了中压配电线路供电半径确定依据，给出了一般情况下县城、乡村中压配电线路合理供电半径值，对于缺少电源点、负荷密度小、超长的线路，电压质量不能满足要求时，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

可以采取加装线路调压器措施。线路供电半径的确定应以保证供电质量为核心，既要满足用户对电压质量的要求，又要考虑节省投资。调压器额定电流应能满足线路负荷发展要求。

6.2.3 明确了中压配电主干线路导线截面选择应以“中压配电网主干线路导线截面选择应参考供电区域饱和负荷值，按经济电流密度选取”为原则，同时按照农网建设经验，给出了一般情况下县城、乡村中压配电主干线路推荐选择的导线截面。参照农村电力网规划设计导则，结合前期农网建设改造经验和农村经济发展较快的实际，为满足农村经济发展对电力的持续增长需求，避免重复投资建设改造，本技术导则对中压配电主干线导线截面选择适当提高了标准。

6.2.4 明确了中压架空线路选用钢筋混凝土电杆的长度。由于预应力型混凝土电杆易在发生车辆撞杆时造成脆断或根部错位，威胁出行人员及车辆的安全，故路边电杆不推荐使用预应力型混凝土电杆，宜采用非预应力钢筋混凝土电杆或选用铁塔、钢杆。

6.2.5 明确了中压线路在农网不同区域宜采用的档距标准。在人口聚集区，中压线路档距应按照地形条件确定，也不宜超过 50m。

6.2.6 明确提出对中压线路，特别是绝缘架空线路要采取必要的防雷措施，避免雷击断线事故的发生。

6.2.7 明确随着农网带电作业工作的不断推广，在电网建设时有必要在线路设计阶段考虑带电作业对横担层距和线间距离的要求。

6.2.8 明确了线路故障指示仪对中压线路运行维护的重要作用，强调在线路关键部位应合理装设线路故障指示仪，既要有利于运行工作的开展，又要避免盲目增加故障指示仪数量。

6.3 中压电缆线路

6.3.1 明确了采用电缆线路的条件，在本条款所列条件下，符合公司相关规定要求，且具备相应的各项实施条件后，方可开展电缆项目建设。

6.3.2 规定变电站馈出电缆截面，主要目的是为了在便于施工的前提下，尽可能有效利用电缆通道资源，合理提高线路最大输送负荷能力。铜芯电缆与铝芯电缆相比较，通道资源和建设费用基本相同，铝芯电缆设备成本有优势，铜芯电缆的最大输送负荷能力、可靠性及安全性方面具有优势。参见 GB 50217—2007《电力工程电缆设计规范》 条文说明 3.1.2 条。可在满足动、热稳定要求的前提下，通过开展方案经济技术比较，确定电缆材质。

6.3.3 中压电缆线路负荷的控制原则与其接线方式有关，双放射式线路裕度应不小于其额定载流量的 1/2，单环网式线路应根据分段点及电缆线路的具体情况确定。

6.4 中压配电设备

6.4.1 明确了建设开关站的条件，并对开关站建设方式、接线方式、容量规模进行了规范。

6.4.2 明确了配电变压器建设与改造原则，应按照“小容量、密布点、短半径”原则设置配电变压器，既可以有效缩短低压供电半径，又可以充分利用原有低压线路资源，防止出现低压供电瓶颈。配电装置包括永久性户内配电室、箱式变电站和柱上变压器三种方式，一般情况下推荐柱上变压器，在城镇主要街道、建筑群及有特殊要求的新农村电气化村可考虑采用箱式变压器或配电站。

6.4.3 在配电变压器选型上，根据当前配电设备主流及发展情况，参照国家节能政策要求，对新建及更新配电变压器要求选用 S11 及以上节能型配电变压器，并逐步淘汰老旧落后的非节能型配电变压器。对非晶合金变压器的选用应在充分考虑其过载能力的同时，执行国家电

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

网公司有关要求。

6.4.4 明确了干式变压器的使用范围。

6.4.5 明确了配电变压器容量选择原则，根据 DL/T 5220—2005《10kV 及以下架空配电线路设计技术规程》规定，“400kVA 及以下的变压器，宜采用柱上式变压器台。400kVA 以上的变压器，宜采用室内装置。”柱上配电变压器的容量不宜过大，否则易导致二次侧额定电流过大，而受柱上施工条件所限，引流导体的配置及连接工艺质量难以得到有效保障，不利于设备安全；同时发生故障时影响范围大，造成用户供电可靠性降低。根据各单位反馈意见，原有配电变压器容量不能满足要求时，应优先采取分装配电变压器设备的方式，而不是更换大容量变压器，且柱上变压器容量不宜超过 400kVA。箱式变压器单台变压器容量宜小于 630kVA；单台干式变压器容量宜小于 1250kVA。配电站可配置双路电源，宜装设 2～4 台变压器，单台容量不宜超过 800kVA。

6.4.6 依据新农村典型供电模式要求确定。

6.4.7 单相变容量规定总体与城网标准相一致，但在以居民生活用电为主，且供电分散的农村地区单相变压器容量不宜过大。

6.4.8 配电变压器进出线、高低压接线端因相间距离较小，为防止人员、小动物、漂浮物等造成触电或短路故障，提高配电变压器运行的安全可靠性，应采取绝缘配置。

6.4.9 配电变压器是配电网主设备，为保证其安全可靠运行，并方便检修维护，应按照设计规程要求合理设置高低压侧保护。变压器两侧应设置明显断开点。

6.4.10 对配电变压器低压侧保护配置提出明确要求，同时明确了与配电变压器配套的户外低压配电装置壳体材质要求。

6.4.11 配电台区是智能电网建设重要组成部分，为满足以后智能配电变压器台区建设改造需要，避免重复投资，新安装或改造的配电变压器低压配电装置应考虑预留智能配电变压器终端的安装位置。

7 低压配电网

7.1 明确了低压配电网分区供电的原则、网络结构和接线方式，按照新农村典型供电模式要求，推荐了三种典型接线方式。

7.2 明确要求低压供电半径的选择必须以保证低压供电质量为核心。

7.3 低压架空线路

7.3.1 明确了低压主干线路导线截面选择原则，根据 DL/T 5118《农村电力网规划设计导则》8.3.6、DL/T 5131《农村电网建设与改造技术导则》8.1.1，并参照 Q/GDW 370《城市配电网技术导则》8.2.1 条款内容，结合农村用电量增长情况，给出了城镇、农村低压主干线路宜选择的导线截面。

7.3.2 在林区采用绝缘导线的目的是提高低压电网安全水平；在县城、集镇和人口密集地区采用绝缘导线可在提高低压电网安全水平的同时，提高防窃电的水平。

7.4 低压电缆线路

7.4.1 明确了低压电缆敷设方式和注意事项。

7.4.2 低压电缆进出站集中敷设时，为防止出现着火事故时扩大事故范围，宜选用阻燃电缆。

7.5 参照县城电网建设技术标准，基于低压用户目前用电水平和中期负荷增长的预测，按照

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

最低每户不小于4kW考虑确定低压接户线导线最小截面。

7.6 明确农网低压供电应实现供电到户，并规定了电能表的容量要求。

7.7 明确农网可选用集中式电表箱，每户电表出口应设置用户可操作的分户开关，同时按照建设智能电网要求，提出应逐步开展智能电能表应用。

7.8 明确了低压电网一级、二级剩余电流保护装置的主要作用是及时切除低压配电网主干线和分支线路上因断线接地等产生的较大剩余电流故障。三级剩余电流保护装置应属用户设备。

7.9 鉴于目前低压非金属计量表箱制造工艺日趋成熟，为简化施工工艺，降低工程造价，本标准推荐使用防腐非金属计量表箱；同时强调金属表箱必须可靠接地，防止发生外壳带电伤人事故发生。

8 自 动 化 及 通 信

8.1 由于县级供电企业管理、技术等水平存在较大差异性，要求以县公司的核心业务为中心，建立多专业、多数据的统一数据采集平台。

8.2 根据公司相关要求县级供电企业新建或改造调度和配电自动化系统应采用调配一体化系统。

8.3、8.4 规定了新建或改造自动化系统应符合相关规程、规定和标准，明确了自动化系统应具备的各项基本功能、扩展功能。

8.5、8.6 规定了农网通信应满足的基本要求，并提出了推荐的通信方式。为保证无人值班变电站操作命令畅通，规定采用双通道自动切换的通信方式。同时针对供电区域内的变压器台区、低压等分散负荷的数据采集，可采用以无线通信为主的多种通信方式。

8.7 提出了自动化及通信系统的安全性应满足的要求，具体可按国家相关规定执行。

9 无 功 补 偿

9.1 明确无功优化原则。引自Q/GDW 435《农村电网无功优化补偿技术导则》4.1.2和4.1.3。主要考虑各地农网发展不均衡，允许各地根据实际情况采取恰当的无功补偿方式，不宜强调某种方式，故去掉了有关标准中“农网无功优化补偿策略为集中补偿与分散补偿相结合，以分散补偿为主；高压补偿与低压补偿相结合，以低压补偿为主；调压与降损相结合，以降损为主”的“以……为主”部分。在总体原则中增加了“全网优化”项，强调现阶段无功优化应具有系统性和全局观。

9.2 明确无功优化工作方法。主要考虑现阶段技术发展更加有利于无功优化从全局视角开展，无功优化补偿是一项系统工程。

9.3 明确无功优化目标。

9.6 中压配电变压器低压侧的无功补偿部分引自Q/GDW 435《农村电网无功优化补偿技术导则》4.3.3.2。参考Q/GDW 212《国家电网公司电力系统无功补偿配置技术原则》7.1和8.2。

9.9 明确对谐波质量的要求。对谐波治理要求进行了说明。公网内（变电站、台区）有关指标部分引自GB/T 14549—1993《电能质量 公用电网谐波》。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

DL/T 5118—2010
代替 DL/T 5118—2000

农村电力网规划设计导则

Plan design guide for the rural electric power network

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目 次

前言 ……28
1 范围 ……29
2 规范性引用文件 ……29
3 术语和定义 ……29
4 规划的编制 ……30
5 负荷预测 ……32
6 电力（电量）平衡 ……33
7 规划设计的技术原则 ……33
8 供电设施 ……39
9 农网自动化及通信系统 ……41
10 特种用户的供电技术要求 ……42
11 环境影响 ……42
条文说明 ……43

前 言

本标准是对 DL/T 5118—2000 的修订。

本标准与 DL/T 5118—2000 比较有以下主要变化：

——增加了“术语和定义”，对农村电力网、县城电力网及乡村电力网给出明确定义；

——对规划编制原则进行了修改；

——对负荷预测提出了进行总体负荷预测、负荷分布预测及分电压级负荷预测的要求，提出了综合选用两种以上方法进行预测的要求；

——对于电网规划的技术原则、供电设施等内容，分别对县城电力网和乡村电力网因地制宜地提出不同的、有一定前瞻性的要求；

——对于农网自动化及通信系统提出了统一规划、分步实施的明确要求；

——取消“电源规划”一章；

——增加“电力（电量）平衡”一章；

——增加“环境影响”一章。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业农村电气化标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：国家电网公司、中国农业大学、中国电力科学研究院。

本标准主要起草人：郭喜庆、盛万兴、张莲瑛、刘福义、陈俊章、解芳、陈志强。

本标准实施后代替 DL/T 5118—2000。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1 范　围

本标准规定了农村电力网规划的编制要求、技术要求及相关事宜。

本标准适用于农村电力网建设与改造的规划设计。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 156　标准电压

GB 3096—2008　声环境质量标准

GB/T 12325　电能质量　供电电压偏差

GB 15707—1995　高压交流架空送电线　无线电干扰限值

GB 16203—1996　作业场所工频电场卫生标准

GB 50053—1994　10kV 及以下变电所设计规范

GB 50260　电力设施抗震设计规范

DL/T 635　县级电网调度自动化功能规范

DL/T 814　配电自动化系统功能规范

中华人民共和国能源部、建设部能源电［1993］228 号　城市电力网规划设计导则

中华人民共和国主席令［1989］22 号　中华人民共和国环境保护法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

农村电力网　rural electric power network

主要向县（包括县级市、区、旗，简称县）级行政区域内的县城、乡（镇）村或农场及林、牧、渔场等各类用户供电的 110kV（220kV）及以下各级配电网，简称农网。

3.2

县城电力网　county electric power network

主要为县级政府所在建制镇行政区域内各类用户供电的 110kV（220kV）及以下各级配电网。

3.3

乡村电力网　village electric power network

主要为除县级政府新在建制镇以外的县级行政区域内的乡（镇）村或农场及林、牧、渔场的各类用户供电的 110kV（220kV）及以下各级配电网。

3.4

农村高压配电网　rural high voltage distribution network

农网内标称电压为 35kV、66kV 及 110kV（220kV）的配电网，简称高压配电网。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.5

农村中压配电网 rural medium voltage distribution network

农网内标称电压为 6kV、10kV、20kV 的配电网，简称中压配电网。

3.6

农村低压配电网 rural low voltage distribution network

农网内标称电压为 380V/220V、440V/220V 的配电网，简称低压配电网。

4 规划的编制

4.1 编制原则

4.1.1 农网应满足县域经济和社会发展的需要并适度超前。

4.1.2 应不断改善农网的技术经济指标，提高电压质量，降低电能损耗。

4.1.3 县城与乡村电力网、高压与中低压配电网、一次设备与二次设备、有功电源与无功电源应统一规划，协调发展。并应使农网新建和改造相结合，近期建设与远期发展相结合。

4.1.4 农网发展应坚持科技创新，不断提高科技含量、装备水平和智能化水平，并考虑新能源发电分散接入的可能。

4.1.5 应节约用地，少占耕地。电力设施应符合环保要求，并与周围环境相协调。

4.2 基本要求

4.2.1 应以县、乡（镇）、村总体规划为依据并纳入其经济和社会发展总体规划。

4.2.2 应与上级电网规划相协调并纳入上级电网规划。

4.2.3 应强化网架，优化布局，提高农网供电能力，并适当简化电压等级。

4.2.4 适当增强互供能力，提高供电可靠性，对县城、重要供电地区及重要用户应满足供电安全的 N–1 准则。

4.2.5 变电站、线路与配变台区应采用标准化设计；在自然灾害易发地区，应适当提高变电站和线路设计标准，提高农网抗御自然灾害的能力。

4.3 规划年限分期及对各期规划的要求

4.3.1 农网规划年限应与国民经济发展规划和城乡发展规划的年限一致，一般分为近期（5 年）、中期（5 年～15 年）和远期（15 年以上）三种。

4.3.2 近期规划应根据县、乡（镇）、村国民经济和社会近期发展规划，分析农网现状，解决当前农网存在的主要问题，提出 5 年内农网结构调整和建设原则，确定逐年建设项目、时序及投资估算。

4.3.3 远期规划应根据县、乡（镇）、村国民经济和社会长期发展规划、能源分布与开发状况，对农村电力市场、电源、负荷和环境等进行综合分析，提出可持续发展的农网建设基本原则和方向，确定农网电源布局、主网架等。

4.3.4 中期规划应根据县、乡（镇）、村国民经济和社会中期发展规划，以近期规划为基础、远期规划为指导，提出规划水平年农网布局、结构和建设项目。

4.4 规划的主要内容

4.4.1 农网现状分析

在了解县、乡（镇）、村社会经济现状及发展情况的前提下，主要分析农网能否适应县、乡（镇）、村社会经济现状及发展的需要，找出存在问题，包括：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1 供电能力能否满足当前负荷发展的需求，各级电网供电能力是否匹配，有无瓶颈现象。

2 电网网架、布局及主要供电设备状况。

3 供电可靠性能否满足用户要求。

4 各级电网正常运行时电压水平及干线线路电压损耗。

5 电网线损率状况。

6 电网自动化及通信状况。

4.4.2 负荷预测

应进行总量负荷预测和分区负荷预测，包括年最大负荷预测和电量预测。有条件的应进行负荷分布预测。

4.4.3 规划目标及技术原则

确定各规划期的目标、变电站布局、网架结构及技术原则。技术原则应有一定的前瞻性。

4.4.4 电力电量平衡

主要进行有功电力负荷平衡，必要时进行电量平衡，提出供电电源的建设要求。

4.4.5 农村高压配电网规划

4.4.5.1 近期规划

根据近期预测负荷和电网现状分析，按照近期规划目标，确定近期高压配电网的规划方案，包括：

1 变电站布点、容量构成和供电范围。

2 网架结构。

3 无功配置。

4 校验计算（潮流、短路、N–1）。

4.4.5.2 远期规划

根据预测的远期负荷水平和已确定的技术原则，按照远期规划目标，确定远期高压配电网的规划方案，包括：

1 变电站布点、容量构成和供电范围。

2 网架结构。

3 线路走廊和变电站站址。

4 所需电源容量和布局，对上级电网提出要求。

4.4.5.3 中期规划

根据中期预测负荷，以近期规划为基础、远期规划为指导，确定中期高压配电网的规划方案，包括：

1 变电站布点、容量构成和供电范围。

2 网架结构。

4.4.6 农村中压配电网规划

中压配电网一般只做近期规划。在变电站布局、负荷分布确定的基础上，确定中压配电网的规划方案，包括：

1 电网结构。

2 主干线路路径和供电范围。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3 线路容量、导线型号。

4 无功配置。

5 校验计算（电能损耗、电压损耗、可靠率）。

4.4.7 农村低压配电网规划

低压配电网一般只做近期规划。在负荷分布确定的基础上，确定低压配电网的规划方案，包括：

1 配电方式（三相、单相）。

2 配电变压器的布局、供电范围和容量。

3 线路容量、导线型号（架空裸线、绝缘线、集束导线、电缆线等）。

4 校验计算（电能损耗、电压损耗）。

4.4.8 建设规模

1 近期各年度高、中压配电网建设项目及规模；自动化及通信系统规模；低压配电网发展规模。

2 中期期末高压配电网建设项目及规模。

3 远期期末高压配电网建设项目及规模。

4.4.9 投资规模

根据建设规模估算各规划水平年的静态投资规模和总投资。

4.4.10 经济评估

进行财务评价和社会效益评价。

4.4.11 规划文本

编写规划文本及说明书。

4.5 规划的修编

4.5.1 滚动修编

近期规划应逐年滚动修编，中期规划应三年修编一次，远期规划应五年修编一次。

4.5.2 不定期修编

当预测负荷有较大变动时，或县、乡（镇）总体规划、电力系统规划变动调整时，或电网技术有较大发展时，应对农网规划进行全面修编。

4.6 规划的编制、审批与实施

4.6.1 农网规划由供电企业负责编制，编制工作宜采用计算机辅助设计手段。

4.6.2 农网规划报上级电网企业审核，经县人民政府批准后，纳入县、乡（镇）总体规划。

4.6.3 县、乡（镇）总体规划所确定的输配电设施及输电线路走廊等公共服务设施用地及其他需要依法保护的用地，严禁擅自改变用途。

4.6.4 农网规划由供电企业具体负责实施。

4.6.5 农网规划的实施应由县、乡（镇）、村人民政府负责组织协调。

5 负 荷 预 测

5.1 一般要求

5.1.1 负荷预测应收集和积累的资料包括：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1 社会、经济资料，包括县、乡（镇）社会经济发展规划、土地规划、路网规划及相关历史资料（文档、图）。

2 综合资料，包括人口、土地与自然资源、区域划分、居民收入、环境与气象条件等。

3 负荷资料，包括全县、分供电区、分电压等级、分行业的历年用电量和负荷、负荷曲线和功率因数等历史资料。

4 电源状况，包括上级电网为本县供电的变电站布局、电力电量平衡及其他电源状况。

5 大用户状况，包括合同需求负荷及电量、主要产品产量和用电单耗及大用户的用电发展规划等。

5.1.2 负荷预测结果应给出电量、负荷的总预测值及分区、分电压等级与分行业的预测值。

5.1.3 负荷预测的年限应与相应的规划年限一致。近期预测应分年度进行，中、远期预测可只预测期末负荷。

5.2 预测方法

5.2.1 一般采用自然增长率法、用电单耗法、外推法、相关法及智能预测方法等进行预测。可根据负荷预测的条件和所搜集的数据综合选用两种及以上适宜的方法进行预测并相互校核。

5.2.2 预测工作宜先进行用电量预测，再进行负荷需求预测。一般先进行各目标年的电量需求预测，再根据年综合最大负荷利用小时数求得最大负荷需求的预测值。

6 电力（电量）平衡

6.1 有功电力平衡

农网规划以电力平衡为主，电力平衡按规划目标年份，分阶段、分电压等级、分供电区进行，主要包括：

1 确定目标年度由上级电网供电的容量和备用容量，由地方电厂（包括单位自备电厂）和新能源发电装备供电的容量及电量。

2 确定由上级电网供电的各电源变电站的站址、容量。

3 确定电源点（含电源变电站及其他电源）及其配套工程的建设年限、规模及进度。

4 确定其他电厂（含新能源发电装置）接入农网的电压等级、接入方式及供电范围。

6.2 无功电力平衡

无功电力平衡应根据就地平衡的原则，分电压等级、分供电区进行。

6.3 电量平衡

对于水电电源比例较高的县（其供电电量大于30%），应分丰水期、枯水期进行电量平衡。对于新能源比例较高的县也应进行电量平衡。其他主要由大电网供电的县，一般可不进行电量平衡。

7 规划设计的技术原则

7.1 电压等级

7.1.1 农网电压等级应符合 GB/T 156 的规定。

7.1.2 经济发达地区，宜引入 220kV 电压级。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.1.3 对于采用 110kV/35kV/10kV 电压等级的地区，在新建或改造时，宜优先采用 110kV/10kV 电压级。

7.2 合理供电半径

7.2.1 高压配电网的供电半径

1 110kV、66kV 高压配电网的供电半径分别不宜大于 120km、80km。

2 35kV 高压配电网合理供电半径推荐值见表 1。

表 1 35kV 高压配电网合理供电半径推荐值

负荷密度 kW/km^2	10	30	50	100	250	500	1000 及以上
供电半径 km	28	20	16	12	8.5	7	5

7.2.2 中压配电网的供电半径

中压配电网合理供电半径推荐值见表 2。

表 2 中压配电网合理供电半径推荐值

变电层次	下列负荷密度（kW/km^2）时合理供电半径（km）						
	10	30	50	100	300	500	1000 及以上
110kV/10kV 66kV/10kV	16	12	10	8～9	6	5	≤4.0
110kV/35kV/10kV	11	8	7	5	4	3	≤2.5
110kV/20kV 66kV/20kV	23	16	14	11	7	5.5	≤4.5

7.2.3 低压配电网的供电半径

低压配电网的合理供电半径推荐值见表 3 和表 4。

表 3 380V 三相低压配电网合理供电半径推荐值

村、镇用电设备容量密度 kW/km^2		<200	200～400	400～1000	>1000
380V 三相低压配电网合理供电半径 km	平地村落	0.7～1.0	<0.7	<0.5	<0.4
	山区村落	0.8～1.5	<0.7	<0.5	—
注：用电设备容量密度等于供电区用电设备额定容量总和与供电范围之比。					

表 4 440V/220V 单相低压配电网合理供电半径推荐值

村、镇用电设备容量密度 kW/km^2		50	200	300	500	1000
440V/220V 单相低压配电网合理供电半径 km	平地村落	0.9	0.6	0.5	0.4	<0.4
	山区村落	0.8～1.5	<0.7	—	<0.5	—
注：用电设备容量密度等于供电区用电设备额定容量总和与供电范围之比。						

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.3 供电可靠性

7.3.1 经济发达和较发达县的县城电力网，其高中压配电网应满足供电安全的 N–1 准则，即

1 高压配电网中 1 条线路或变电站中 1 台降压变压器发生故障停运时：

1） 在正常情况下不损失负荷；

2） 在计划停运的条件下又发生故障时，允许部分停电，但应在规定时间内恢复供电。

2 中压配电网中 1 条线路发生故障停电时：

1） 在正常情况下，除故障段外不停电，并不得发生电压过低，以及供电设备不允许的过负荷；

2） 在计划停运情况下，又发生故障停运时，允许部分停电，但应在规定时间内恢复供电。

7.3.2 N–1 准则可以通过选择电网和变电站的接线方式和控制设备正常运行时的最高负载率 T 达到。T 的定义为：

$$T=\frac{\text{设备的实际最大负载（kW）}}{\cos\varphi\times\text{设备额定容量（kVA）}}\times100\% \tag{1}$$

式中：

T——设备正常运行时最高负载率，%；

$\cos\varphi$——最大负载时负载的功率因数。

35kV～110kV 变电站负载率计算。变电站应配置 2 台及以上变压器，当 1 台变压器故障或检修停运时，其负荷可自动转移至正常运行变压器，负荷侧可并列运行的变压器正常运行时，最高负载率应控制为：

$$T_1=\frac{KS(N-1)}{NS}\times100\% \tag{2}$$

式中：

T_1——变压器正常运行时的最高负载率，%；

N——主变压器台数；

S——单台变压器额定容量，kVA；

K——变压器过载率，取 1.6～1.3。

负荷侧不可并列运行的变压器，其负载率与母线接线方式有关。

35kV～110kV 线路负载率计算。高压配电线路应由两个（或两个以上）回路组成，一回路停运时，应在两回路间自动切换负荷，使总负荷不超过正常运行线路的安全电流限值（长期热稳定电流限值），线路正常运行时的最高负载率不应超过：

$$T_2=\frac{N_2-1}{N_2}\times100\% \tag{3}$$

式中：

T_2——线路正常运行时最高负载率，%；

N_2——线路回数。

开环运行的单环中压配电网，其线路正常运行时应控制的最高负载率计算与双回路相同。

7.3.3 经济发达和较发达县的乡村电力网，其高压配电网宜满足安全供电的 N–1 准则。

7.3.4 低压配电网一般不执行 N–1 准则。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.3.5 为满足供电可靠性要求，变电站进出线容量与变压器容量应互相匹配，即：变电站进线总供电能力（容量）应与变电站一次侧母线容量及主变压器额定容量相配合；主变压器的额定容量应与变电站二次侧出线的总送出容量相配合，并留有适当裕度。

7.4 容载比

7.4.1 容载比指同一供电区域、同一电压等级变电站主变压器总容量(kVA)与最大负荷(kW)的比值。其中用户专用变电站的主变压器容量与用电负荷应扣除，地方电厂升压变压器容量及电厂直供负荷也不计入。

容载比计算公式为：

$$R_s = \frac{\sum S_{ei}}{P_{max}} \tag{4}$$

式中：

R_s ——容载比，kVA/kW；

S_{ei} ——该电压级第 i 个变电站的主变压器总额定容量，kVA；

P_{max} ——该电压级全网或供电区的预测年最大负荷，kW。

7.4.2 农网 35kV～110kV 电网的容载比值宜控制在 1.8～2.1 之间。负荷增长较快地区取高值；反之，取低值。乡村电力网宜取低值。

7.5 农网接线

7.5.1 选择确定农网接线应达到以下要求：

1 接线方式应满足用户需要及电力系统要求。

2 电网接线应标准化并应简化。

3 上下级电网应协调匹配，具有充足的供电能力。

4 应避免高低压电网电磁环网。

7.5.2 在负荷密度大、用电量大、经济发达的县，宜将 220kV 电网引入县级（市）行政区域，由省、市电网企业进行规划。

7.5.3 高压配电网的接线参考下列各条确定：

1 经济发达和较发达县（市）的县城电力网的 35kV～110kV 配电网应采用有备用的接线方式，变电站由单电源不同母线引出的双回路线路供电（简称双回路供电）或由双电源分别引出的单回路线路供电（简称双电源供电）。

2 经济发达和较发达县（市）的乡村电力网，其 66kV～110kV 配电网变电站应采用双回路供电或双电源供电，其 35kV 电网采用环式接线开环运行的接线方式。

3 经济欠发达县的高压配电网可采用单电源、放射式接线方式，但应考虑有发展为环型接线、开环运行的可能性。采用放射式接线时，每条高压配电线路上的变电站不宜超过 2 个。

7.5.4 中压配电网接线参考下列各条确定：

1 中压配电网应根据变电站的位置、负荷密度和运行管理的需要划分为若干个互不交叉重叠的独立供电区，明确每条中压线路的供电范围。

2 经济发达、较发达县（市），其县城电力网的中压配电网应采用环网接线开环运行的接线方式。变电站之间中压环网应有足够的联络容量，异常时能转移负荷。变电站出线断路器因故停用时，应能转移负荷，对用户不停电。

3 经济发达或较发达县（市）的乡村电力网的中压配电网在负荷密度高的供电区宜采用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

环网接线开环运行的接线方式。

4 经济欠发达地区县城电力网、乡村电力网的中压配电网可采用单电源放射干线式接线方式。

5 中压配电线路宜采用分段开关进行分段。

7.5.5 以地方电厂供电为主的农网，与大电网连接时，宜采用一点连接，连接点应同时为解列点。

7.5.6 中、小型发电厂与农网联网时，应在变电站实现联网，联网点即为解列点。

7.6 中性点运行方式

7.6.1 高压、中压农网中性点运行方式一般规定如下：

1 110kV 电网直接接地。

2 66kV 电网经消弧线圈接地。

3 35kV～10kV 架空电网不接地或经消弧线圈接地。

4 县城电力网中压电缆线路较长、系统对地电容电流较大时，也可经电阻接地。

7.6.2 低压农网中性点运行方式如下：

1 380V/220V 低压配电网直接接地。

2 380V 三线制低压配电网不接地或经高阻抗接地。

3 440V/220V 单相低压配电网直接接地。

7.6.3 35kV～10kV 电压等级不接地系统，当发生单相接地故障时，若单相接地电流超过 10A，宜采用经消弧线圈接地，将接地电流控制在 10A 以内。

7.6.4 35kV～10kV 电压等级不接地或经消弧线圈接地系统，当单相接地电流超过 150A 时，宜改为低电阻接地系统。

7.6.5 35kV～10kV 电压等级经低电阻接地系统，在发生单相接地故障时，20kV、10kV 接地电流宜控制在 150A～500A 范围内，35kV 接地电流宜控制在 1000A 及以下，应考虑跳闸停运，并与重合闸装置配合。

7.7 电压调整与电压损耗分配

7.7.1 农网各类用户供电电压偏差的限值应符合 GB/T 12325 的规定：

1 35kV 及以上供电电压正、负偏差绝对值之和不超过标称电压的 10%。

注：如供电电压上下偏差同号（均为正或负）时，按较大的偏差绝对值作为衡量依据。

2 20kV 及以下三相供电电压偏差为标称电压的±7%。

3 220V 单相供电电压偏差为标称电压的+7%、−10%。

7.7.2 应采用合理限制线路电压损耗与调压技术相结合的方法，解决农网用户供电电压偏差问题。

7.7.3 农网各级线路电压损耗控制值见表 5。

表 5 农网各级线路电压损耗控制值

线路电压 kV	110	66	35	10		0.38/0.22
				（66～110）/10	35/10	
电压损耗 %	4.5～7	4.5～7	2～4	3～6	2～5	<7
注：当负荷密度≥150kW/km^{2}时，电压损耗取低限。						

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.7.4 农网电压调整的技术措施主要有：

1 改变变压器分接头进行调节。

2 35kV～110kV 变电站应采用有载调压变压器。

3 投切并联电容器调压。

4 加装线路调压器。

5 调整线路三相电压不平衡率。

6 以中、小型水电站供电为主的农网，利用靠近负荷中心的水电机组调相运行调压。

7.8 无功补偿

7.8.1 无功补偿原则如下：

1 应坚持“全面规划、优化配置、分级补偿、就地平衡”的原则。下级电网（或用户）不得向上级电网倒送无功功率。

2 应通过全网无功优化计算以确定最佳补偿点和最佳补偿容量。

3 农网无功补偿实行集中补偿与分散补偿相结合、高压补偿与低压补偿相结合。

4 农网无功补偿应采用先进适用的新技术、新设备。

7.8.2 农网最大负荷时无功补偿的合理功率因数见表 6。

表 6 农网最大负荷时无功补偿的合理功率因数

场 所	变电站 10（20）kV 侧		公用配电变压器低压侧	中压用户
	（66 kV～110kV）/ 10（20）kV	35kV/10kV		
合理功率因数	0.96～0.92	0.95～0.9	0.9	0.95
注：负荷密度大时，合理功率因数取低值。				

7.8.3 农网无功补偿装置安装地点如下：

1 变电站低（中）压侧母线。

2 较长的中压线路上。

3 配电变压器低压侧。

4 低压大无功用户的异步电动机端或厂房、车间配电盘母线。

7.8.4 无功补偿容量的确定如下：

1 补偿容量的计算公式为：

$$Q_b = (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)P_{max} \tag{5}$$

式中：

Q_b ——需要补偿的无功容量，kvar；

φ_1 ——无功补偿前的功率因数角；

φ_2 ——无功补偿后的功率因数角；

P_{max} ——最大负荷，kW。

2 35kV～110kV 变电站低压侧母线上的并联电容器容量，原则上与变电站主变压器本身消耗的无功相平衡。变压器本身的无功补偿容量的计算公式为：

$$Q_1 = (S^2 \times U_k\% / S_N^2 \times 100 + I_0\% / 100)S_N \tag{6}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

式中：

Q_1 ——变压器自身需要补偿的容量，kvar；

S ——变压器视在负荷功率， kVA；

S_N ——变压器额定容量，kVA；

U_k% ——变压器阻抗百分值；

I_0% ——变压器空载电流百分值。

7.8.5 变电站补偿容量按第 7.8.4 节确定，当缺乏资料时，变电站补偿容量以主变压器容量的 15%为宜。当补偿电容器容量较大时，应装设电容器分组投切装置，以防止无功功率倒送，并起到调压的作用。

7.8.6 低压电动机或车间电动机群的无功补偿容量宜按补偿电动机的空载无功功率或将功率因数提高到 0.9 以上来确定。当用户电动机、并联电容器的年运行小时大于表 7 所列数值时，对电动机进行无功补偿在经济上是适宜的。反之，若无特殊要求可不进行补偿。

表 7 并联电容器的年经济最小运行小时数

并联电容器容量 kvar	3～5	5～8	8～11	>11
电容器最小运行小时 h	3000～1500	1500～1000	1000～600	600

7.9 短路容量

农网短路容量的控制值为：

220kV	40kA、50kA
110kV	31.5kA、40kA
66kV	31.5kA
35kV	25kA
10kV（20kV）	16kA、20kA

对于农网 110kV 及以下变电站低压侧宜取较低的数值。

7.10 通信干扰

农网对通信设施的干扰及保护措施，应符合中华人民共和国能源部、建设部能源电[1993]228 号文中 4.9 的规定。

8 供 电 设 施

8.1 35kV～110kV 变电站

8.1.1 站址选择应满足以下要求：

1 接近负荷中心；

2 便于进、出线的布置，交通方便；

3 少占农田，利用自然地形可有效排水；

4 避开易燃、易爆及严重污染地区；

5 根据发展规划预留扩建的位置，占地面积应满足最终规模的要求；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6 注意对公用通信设施的干扰问题；

7 土壤电阻率不要过大，使接地易于实现。

8.1.2 县城电力网变电站建筑物应与环境协调。县城中心区在选址困难时，可考虑采用户内型、紧凑型，并考虑与其他建筑物混合建设。

8.1.3 乡村电力网变电站及县城非中心区变电站宜采用全户外或半户外布置，宜按无人值班变电站设计。

8.1.4 变电站主变压器的台数宜为 2 台或 1 台，最多不超过 4 台。二次侧为 10kV 的三相变压器单台容量宜在下列范围：

110kV	10MVA～63MVA
66kV	1MVA～31.5MVA
35kV	1MVA～16MVA

8.1.5 变电站设备选择应满足如下要求：

1 主变压器应为有载调压、低损耗节能型。

2 断路器及其他配电设备应为无油型，宜选择性能好、质量好、可靠性高、免维护或少维护的产品。

3 继电保护装置应采用微机保护装置。

4 装设必要的自动化装置。

5 无人值守变电站应配置防盗系统、防火报警系统和遥视系统。

8.1.6 县城电力网变电站建筑物及配电装置应具有与所在地区地震烈度相匹配的抗震能力，电气设备应满足 GB 50260 的抗震要求。

8.2 架空高压配电线路

8.2.1 高压配电线路应采用架空线路。

8.2.2 高压架空配电线路宜选用钢芯铝导线，110kV 架空线路也可选用铝合金导线。导线截面积应按经济电流密度选择，并进行电压损耗与发热等项校验。主干线的截面积应根据规划最终负荷值一次选定。110kV 主干线导线标称截面积宜不小于 160mm^2，66kV 主干线导线标称截面积宜不小于 125mm^2，35kV 主干线导线标称截面积宜不小于 100mm^2。

8.2.3 架空高压配电线路的杆塔，35kV 线路宜采用钢筋混凝土电杆，66kV、110kV 线路宜采用钢筋混凝土电杆、窄基铁塔或钢管杆。

8.2.4 通过县城区的高压配电线路，应采用双回路或多回路同杆架设，导线、金具与绝缘子、杆塔及基础的安全系数应适当提高。

8.2.5 高压配电线路的防雷、防污染等应达到相关规程、标准规定的要求。

8.3 配电变压器台（室）及中、低压配电线路

8.3.1 配电变压器应采用节能型电力变压器。

8.3.2 配电变压器台（室）的布置按下列规定确定：

1 配电变压器台（室）应设在负荷中心附近。

2 315kVA 以下配电变压器宜采用架空变压器台。

3 315kVA 及以上配电变压器宜采用低式布置，布置方式应符合 GB 50053—1994 中 4.2.2 的规定。

4 当有严重污染及其他危及安全运行的场所，不适合露天布置时，宜采用户内布置或箱

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

式变电站。

8.3.3 中压开关站接线应简化，一般采用单母线分段，两回进线。

8.3.4 架空中压（或低压）配电线路同杆架设时，同杆并架的线路应为同一电源。

8.3.5 架空中压配电线路宜选用钢芯铝绞线或铝绞线，县城城区及乡镇所在地等人口密集区域的线路宜选用绝缘导线。架空中压配电线路主干线截面积应根据规划负荷按经济电流密度一次选定，并校验电压损耗。中压主干线导线截面积宜不小于：

县城电力网 $100mm^2$。

乡村电力网 $63mm^2$。

8.3.6 架空低压配电线路可采用钢芯铝绞线、铝绞线、铝芯绝缘线、铝芯集束绝缘导线。主干线导线截面积应根据规划负荷按经济电流密度选定，并校验电压损耗。主干线截面积宜不小于 $40mm^2$。

9 农网自动化及通信系统

9.1 规划原则

9.1.1 应遵循统一规划、分步实施、重在实用、兼顾发展的原则。

9.1.2 新建或改建的配电网自动化系统宜采用与调度自动化系统统一建设的模式。

9.2 调度自动化

9.2.1 县级电网调度是电力系统五级调度的组成部分（简称县调）。在农网规划设计时，应按农网规模规划县调的技术装备，并应考虑与上级调度相协调。

9.2.2 县调自动化系统的配置和功能应符合 DL/T 635 的规定。

9.2.3 县调自动化系统应按照电力行业有关电力二次系统安全防护的要求，建立安全防护体系。

9.2.4 县调自动化系统应采用标准的通信规约，其接口应能与管理信息系统、配电网自动化系统及远动抄表系统等智能化设备的接口相配合。

9.3 变电站自动化

9.3.1 对于常规变电站，其保护设备仍能满足系统安全可靠运行的前提下，可采用 RTU 方式；其保护设备不能满足安全可靠运行要求的，应采用分层分散式或集中式变电站自动化系统。

9.3.2 新建变电站应采用分层分散式或集中式变电站自动化系统。

9.4 配电网自动化

9.4.1 配电网自动化系统的配置和功能应符合 DL/T 814 的规定。

9.4.2 新建或改建的配电线路的配电终端宜选用多功能的一体化装置。

9.5 通信

9.5.1 农网通信包括调度通信、数据传输、图形传输和业务管理通信。

9.5.2 农网通信系统宜采用光纤、电力载波、公用网等多种通信方式，满足信息传输的需要。

9.5.3 县调自动化系统至变电站之间的通信通道应建立专用通道；至枢纽变电站和无人值班站之间宜采用有备用通道。

9.6 电源

县级调度、通信设备及自动化装置均应有稳定可靠的电源。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10 特种用户的供电技术要求

特种用户的供电技术要求，按中华人民共和国能源部、建设部能源电［1993］228 号文中 7.1～7.5 的规定执行。

11 环 境 影 响

11.1 噪声

11.1.1 噪声标准

县城电力网各类变电站、配电室和箱式变电站运行时的厂界噪声应符合 GB 3096—2008 中 5.1 的要求。县城电力网杆上变压器运行的噪声也应符合 GB 3096—2008 中 5.1 的要求。

11.1.2 县城电力网变压器（电抗器）的噪声

1 户内变电站主变压器（电抗器）的外形结构和冷却方式，应充分考虑自然通风散热措施，根据需要确定散热器的安装位置。

2 110kV、35kV 户内变电站应控制在 60dB（A）～65dB（A）以下。

11.2 工频电场

按照 GB 16203—1996 中的有关规定，输、变、配电设备运行时产生的工频电场 8h 最高容许值为 5kV/m。

11.3 无线电干扰限值

根据 GB 15707—1995 的有关规定，距边导线投影 20m 处的 110kV 线路干扰限值不超过 46μV/m；220kV 线路干扰限值不超过 53μV/m。

11.4 环境影响的评价

11.4.1 按照《中华人民共和国环境保护法》的有关规定，县城电力网重要电网建设项目在必要时应开展环境影响评价工作。

11.4.2 县城电力网供电设施的建设应与城市的建设特点相适应，与市容环境相协调，并注意水土保持。

1 在保护地区、重点景观环境周围，所建变电站和线路应与周围环境相协调。

2 在新建供电设施时，应注意采用新技术，以减少对自然保护区、绿化带、植被及周围生态环境的破坏。

3 应对电力设施在运行过程中产生的废油、废气等排放物进行有效的处理。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农村电力网规划设计导则

条 文 说 明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目 次

1 范围……44
2 规范性引用文件……44
3 术语和定义……44
4 规划的编制……45
5 负荷预测……46
6 电力（电量）平衡……46
7 规划设计的技术原则……46
8 供电设施……48
9 农网自动化及通信系统……49
10 特种用户的供电技术要求……50
11 环境影响……50

1 范围

本章明确提出了："本标准规定了农村电力网规划的编制要求，技术要求及相关事宜。本标准适用于农村电力网建设与改造的规划设计。"其中"编制要求"一词是新增加的，这更符合本标准的实际内容。将 DL/T 5118—2000（简称 2000 版）中的"新建、扩建"改为"建设"，文字上更简洁。

2 规范性引用文件

相对于 2000 版的"引用标准"一章，对本标准的规范性引用文件作了调整和增补。

3 术语和定义

本章为新增加的内容。

3.1 "农村电力网"是把 2000 版前言中农村电力网的定义在文字和电压等级上略加修改而成。明确农网的服务对象主要是县（包括县级市、区、旗，简称县）级行政区域内的县城、乡（镇）村或农场及林、牧、渔场等各类用户。考虑到农网的发展，把农网电压等级改为 110kV（220kV）及以下。

3.2、3.3 农网发展至今，县城和乡村的用电负荷、用户有一定差别，供电要求也不相同，因此电网的规划设计和建设改造也应区别对待，分别提出不同的标准和要求。考虑到上述因素，第 3.2 节和第 3.3 节分别定义了县城电力网和乡村电力网。两者的区别是供电服务的行政区域有所不同。前者服务于县级政府所在建制镇（县城）的行政区域，后者服务于除县城以外的县辖行政区或农场及林、牧、渔场。这样定义后，农村电力网就由县城电力网和乡村电

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

力网两部分组成。

3.4～3.6 考虑到相关标准中的名词术语，为了与之相协调，并使本标准的用语更明确，第3.4节～第3.6节定义了农村高压配电网、农村中压配电网和农村低压配电网。

4 规划的编制

本章是由2000版第3章的内容修订而成的。2000版第3章分5节，修订中删除了其中的第3.3节“经济技术评估”，增补“基本要求”和“规划的修编”2节，现本章共6节。

4.1 编制原则

认真考虑国家改革开放形势与国家对农村、农业和农民的相关政策，结合农网发展的实际情况，吸取和接受以往的经验教训，本章明确提出农网发展适度超前的原则、科技创新提高农网科技含量和装备水平的原则，以及农网协调发展与环境协调的原则。

4.2 基本要求

本节根据2000版第3.1.4条与第3.1.5条修订而成，共提出5条要求。修改的内容主要有：

1）明确提出强化网架、优化布局、提高供电能力和适当简化电压等级的要求。强化网架和优化布局是为了适应农网用户和负荷发展的需要，简化电压等级是电网发展的趋势，我国近期研究成果也证明农网简化电压等级在技术经济上是适宜的。

2）提出了增强互供能力，提高供电可靠性的要求，对于县城、重要供电地区及重要用户应满足供电安全的N–1准则。

3）对于自然灾害易发地区，提出应适当提高变电站和线路的设计标准，提高农网抗御自然灾害的能力。

4.3 规划年限分期及对各期规划的要求

本节由2000版的第3.4.1条和第3.4.2条修订而成，内容未作大的改变。

4.4 规划的主要内容

本节由2000版的第3.2节“规划的任务和内容”及第3.4节的第3.4.3条、第3.4.4条修订而成。将2000版第3.2节的9条内容增补为11条。将农村高中压配电网规划编制流程归入本节内。本节主要修改之处如下：

1）将2000版第3.2.1条搜集资料的内容移至本版本中第5章“负荷预测”的第5.1节中。

2）增加了“4.4.1 农网现状分析”一条。因为现状分析是农网规划工作的基础，是规划编制不可缺少的内容。

3）第4.4.2条中明确提出进行总量负荷预测和分区负荷预测，并提出有条件的应进行负荷分布预测，比2000版有了较明确和较高的要求，以适应农网发展的新要求。

4）第4.4.5条中明确提出农村高压配电网进行近期规划、远期规划和中期规划。规定了各期规划的内容，指出在高压配电网远期规划中应就所需电源容量和布局对上级电网提出相应要求。

5）第4.4.6条中规定农村中压配电网仅进行近期规划，而不必进行中、远期规划。这更符合目前规划工作的实际情况，同时没有必要提出更高的要求。

4.5 规划的修编

本节是由2000版第3.4.5条修订而成的。规定了滚动修编和不定期修编的年限。滚动修编的年限在2000版中未作规定。考虑到规划工作的重要性，本版本的规定更为严格、明确。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.6 规划的编制、审批与实施

本节是由2000版的第3.5节修订而成的。修改的主要内容有：

1）提出了宜采用计算机辅助设计手段进行农网的规划设计。这有利于提高农网规划工作水平，使规划工作科学化更有意义，并使农网科学规划工作进入农网建设与改造、农网管理工作的正常程序。

2）明确了规划编制完成后的审核、批准的程序。由上级电网企业审核，经县人民政府批准后，纳入县、乡（镇）总体规划。

5 负荷预测

主要修订内容有：

1）将2000版第3.2.1条搜集资料的内容移至本章第5.1.1条，并作了修改、增补。

2）对于预测方法进行了修改，规定了“综合选用两种及以上适宜的方法进行预测并相互校核。”

3）将2000版第4.3节“电力电量平衡”不作为本章内容，而单列为第6章。

6 电力（电量）平衡

本章由2000版第4.3节单列修改而成，主要修订内容有：

1）规定了农网规划以电力平衡为主，对于新能源或小水电供电电源比例较高的县应进行电量平衡。

2）规定了进行无功电力平衡的要求。这是农网规划不可忽视的内容。

7 规划设计的技术原则

本章由2000版的第6章修订而成。将原来的9节改为10节。

7.1 电压等级

本节为新增的节，是由2000版第6.1.1条和第6.1.2条修订而成的。修改的内容主要有：

1）在经济发达的县宜引入220kV电网。这是农网发展提出的新要求，有的地区已经这样做了。

2）在采用110kV/35kV/10kV电压级的地区，在新建或改造电网时，宜优先采用110kV/10kV电压级。经过论证，110kV/ 10kV电网在技术经济上优于110kV/35kV/10kV电网。此外，这种电压级比较容易实现，有的地区已经进行了改造。

7.2 合理供电半径

本节为新增的节，是由2000版的第6.1.3条和第6.1.4条修订而成的。修改的内容主要有：

1）增加了35kV高压配电网在不同负荷密度下的合理供电半径推荐值（见表1），这是根据农网最新研究成果推荐的供电半径值。

2）根据科研成果，新推荐了110kV/10kV和66kV/10kV电网中10kV配电网的合理供电半径。负荷密度范围为10kW/km^2～1000kW/km^{2}及以上。合理供电半径对于农网合理布局有重要意义。

7.3 供电可靠性

本节是由2000版的第6.2节修订而成的，修改的内容主要有：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1） 经济发达和较发达县的县城电力网，其高中压配电网应满足供电安全的 N–1 准则。

2） 经济发达和较发达县的乡村电力网，其高压配电网宜满足供电安全的 N–1 准则。

2000 版仅提出重要的 35kV～110kV 变电所应满足供电安全的 N–1 准则，中压配电网可不采用供电安全的 N–1 准则。本版的要求更明确、更高。这是适应农网发展和用户要求而提出的。

7.4 容载比

本节是由 2000 版的第 6.4 节修订而成的，未作重大修改。

7.5 农网接线

本节由 2000 版的第 6.3 节修订而成。修改的内容主要有：

1） 第 7.5.1 条提出了对于选择农网接线方式的 4 点要求，比 2000 版更简要、明确。

2） 第 7.5.2 条提出了由省、市电网企业规划 220kV 电网引入县级行政区域的要求。

3） 推荐的接线方式相应地与供电可靠性的要求相一致。

7.6 中性点运行方式

本节是由 2000 版的第 6.5 节修订而成的，修改的内容主要有：

1） 66kV 电网接地方式，由 2000 版的“不接地或经消弧线圈接地”改为“经消弧线圈接地”。这是根据东北电网 66kV 电网运行经验进行修改的。

2） 增加了第 7.6.3 条：“35kV～10kV 电压等级不接地系统，当发生单相接地故障时，若单相接地故障电流超过 10A，宜采用经消弧线圈接地，将接地电流控制在 10A 以内。”这样，当因雷电等原因引起非金属性单相弧光接地时，有利于电弧电流经零时自动熄灭，增强电网的安全性。

3） 增加了第 7.6.4 条：“35kV～10kV 电压等级不接地或经消弧线圈接地系统，当单相接地电流超过 150A 时，宜改为低电阻接地系统。”低电阻接地是为了限制单项接地电流。

4） 增加了第 7.6.5 条：“35kV～10kV 电压等级经低电阻接地系统，10kV、20kV 系统单相接地电流宜控制在 150A～500A 范围内，35kV 系统控制在 1000A 及以下，考虑跳闸停运，并与重合闸装置相配合。”

7.7 电压调整与电压损耗分配

本节是由 2000 版 6.7 节修订而成，修改内容主要如下：

1） 第 7.7.1 条将 GB 12325—2008 中的“电能质量　供电电压允许偏差”的主要规定列入本条。2000 版仅提出“农网各类用户供电电压允许偏差应符合 GB 12325—1990 的规定。”

2） 新增第 7.7.2 条，规定应采取合理限制线路电压损耗与调压技术相结合的方法，解决农网用户供电电压偏差问题。

从本质上讲，电压偏移是电压损耗造成的，所以解决该问题应当限制电网元件（线路、变压器）的电压损耗。但在现有技术条件下，变压器的电压损耗已无太大的降低空间，所以未对其提出更高要求，而仅对线路的电压损耗提出限制要求。只靠限制线路电压损耗来满足电压偏移的要求，在技术上有困难，在经济上不合算。因此，必须与调压技术相配合，才能解决电压质量问题。目前，电压质量问题在农网中仍未妥善解决，所以要求在规划工作中予以重视，采取措施。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3） 第 7.7.3 条中，根据最新研究成果，将 2000 版第 6.7.3 条中的线路电压损耗控制值进行了修改和补充。

线路损耗的大小事关电网的投资、网损和年总费用，也关系着供电成本和供电企业的经济效益。本条所列数据是有关单位综合考虑农网的技术、经济指标，以年总费用最小为目标函数，以各级电网允许电压偏移等为约束条件，以供电半径、线路电压损耗等为优化变量，综合优化电网结构和线路电压损耗所得出的结果。

4） 第 7.7.4 条中推荐了 6 种农网适应的调压方式。

7.8 无功补偿

本节由 2000 版第 6.6 节修订而成。修改内容如下：

1） 第 7.8.1 条规定了 4 项无功补偿原则，与 2000 版第 6.6.1 条相比，增加了“不得向上级电网倒送无功功率”和“采用先进适用的新技术、新设备”两项内容。这是针对目前存在的问题而提出的。

2） 第 7.8.2 条分别规定了变电站、公用配电变压器低压侧及中压用户的功率因数值。2000 版仅规定了低压用户和配电变压器低压侧的功率因数值（0.9）。

本条所推荐的功率因数值也是有关单位对农网综合优化研究得到的结果。

3） 第 7.8.5 条为新增条，规定了当补偿容量较大时，应装设电容器分组投切装置，以防止无功功率倒送，并起到调压的作用。

7.9 短路容量

2000 版中第 6.9 节为引用中华人民共和国能源部、建设部“城市电力网规划设计导则”的第 4.7 条，未列出短路容量值。本版本节列出了短路容量的值。由于系统容量增加，短路容量也有所提高。

7.10 通信干扰

本节为 2000 版的第 6.8 节，未进行修改。

8 供电设施

本章由 2000 版的第 7 章修订而成，取消了原“7.4 电缆线路”一节。

8.1 35kV～110kV 变电站

本节由 2000 版的第 7.1 节修订而成，修改内容主要有：

1） 第 8.1.1 条站址选择增加了“注意对公用通信设施的干扰问题”和“土壤电阻率不要过大”的要求。

2） 第 8.1.4 条中变电站主变压器，三相变压器的单台容量范围有改变，110kV、66kV 分别扩大为 10MVA～63MVA、1MVA～31.5MVA，35kV 压缩为 1MVA～16MVA。

3） 取消 2000 版第 7.1.5 条关于噪声的要求。相关要求列于本版本第 11 章。

4） 第 8.1.5 条规定了设备选择的新要求。

5） 取消了 2000 版第 7.1.7 条。

6） 第 8.1.6 条规定了建筑物抗震的要求。

8.2 架空高压配电线路

本节由 2000 版第 7.2 节修订而成。修改的内容主要有：

1） 将 2000 版第 7.2.1 条中的“高压配电线路宜采用架空线路”，改为本节第 8.2.1 条“高

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

压配电线路应采用架空线路”，用词更为严格。

2） 取消了 2000 版的第 7.2.2 条。

3） 本节第 8.2.2 条将架空高压配电线路的导线最小截面积进行了调整，110kV 主干线导线标称截面积宜不小于 160mm^2，66kV 主干线导线标称截面积宜不小于 125mm^2，35kV 主干线导线标称截面积宜不小于 100mm^2。

4） 2000 版第 7.2.4 条中把 66kV 线路的杆塔与 35kV 线路归为一类进行选型，本版第 8.2.3 条把 66kV 线路的杆塔等同 110kV 线路进行选型。

5） 增加了第 8.2.4 条，规定了通过县城区的高压配电线路，应采用双回路或多回路同杆架设，并适当提高安全系数。这是为了节约占地、充分利用线路走廊，并增加线路的安全储备。

6） 取消了 2000 版第 7.2.5 条关于高压配电线路不宜与中、低压线路同杆假设的规定。

8.3 配电变压器台（室）及中、低压配电线路

本节由 2000 版第 7.3 节修订而成，修改的主要内容有：

1） 将 2000 版第 7.3.1 条分成本版第 8.3.1 条和第 8.3.2 条两条，内容未变。

2） 取消了 2000 版第 7.3.2 条关于线路走廊的相关规定。该内容已包含在本版本其他部分。

3） 增加了第 8.3.3 条，规定了中压开关站接线应简化，一般采用单母线分段，两回进线。

4） 第 8.3.5 条对架空中压配电线路主干线导线最小截面进行了修改，县城电力网为 100mm^2；乡村电力网为 63mm^2。2000 版 7.3.4 条的规定均为 70mm^2。

5） 增加了第 8.3.6 条，规定架空低压配电线路主杆线截面不小于 40mm^2。

9 农网自动化及通信系统

本章由 2000 版第 8 章修订而成，修改的内容主要有：

1） 对节的结构进行修改，见表 1。

表 1 本版本第 9 章的节与 2000 版的对比

2000 版	节号	8.1	8.2	8.3	8.4	—	—
	节名	调度	通信	自动化	电源	—	—
本版本	节号	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6
	节名	规划原则	调度自动化	变电站自动化	配网自动化	通信	电源

2） 本版本第 9.1 节为新增内容，规定了农网自动化及通信系统的规划原则，这是总结以往经验而提出的。

3） 本版本第 9.2 节由 2000 版第 8.1 节“调度”修订而成，新增了“农网县调的技术装备应考虑与上级调度相协调”的要求。

4） 2000 版第 8.3 节“自动化”分成本版本的第 9.3 节“变电站自动化”、第 9.4 节“配网自动化”。分别补充提出了具体的事实要求。

5） 本版本第 9.5 节“通信”是由 2000 版第 8.2 节“通信”修订而成的。修改的主要内容有：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

——增加了对通信系统图像传输的要求。

——取消了 2000 版的第 8.2.2 条。

——规定了“农网通信系统宜采用光纤、电力载波、公用网等多种通信方式”，对于 2000 版所列的“微波、扩频通信、无线通信及音频电缆”等方式不再推荐。

10 特种用户的供电技术要求

本章对应 2000 版的第 9 章，未进行修改。

11 环境影响

本章为新增加的一章。增加的主要内容有：

1） 根据 GB 3096—2008，规定了县城电力网各类变电站、配电室厂界噪声标准和变压器、电抗器的噪声标准。

2） 根据 GB 16203—1996，规定了输、变、配电设备运行时产生的工频电场 8h 最高允许值。

3） 根据 GB 15707—1995，规定了 110kV、220kV 架空线路的无线电干扰限值。

4） 根据《中华人民共和国环境保护法》，规定了县城电力网重要建设项目必要时应开展环境影响评价工作，以及应采取的措施。

www.789pdf.com 789书库网

二、10kV 及以下部分

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

GB/T 14049—2008
代替 GB 14049—1993

额定电压 10kV 架空绝缘电缆

Aerial insulated cables for rated voltage of 10kV

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言 ……55
1　范围 ……56
2　规范性引用文件 ……56
3　术语与定义 ……57
4　符号和代号 ……57
5　使用特性 ……58
6　型号和规格 ……58
7　技术要求 ……59
8　试验方法 ……65
9　验收规则 ……66
10　包装、运输及贮存 ……66
附录 A（规范性附录）　架空电缆用绝缘料半导电屏蔽料性能要求 ……67
附录 B（规范性附录）　架空绝缘电缆黏附力（滑脱）试验方法 ……68
附录 C（规范性附录）　人工气候老化试验方法（氙灯法） ……69

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

前　言

本标准代替 GB 14049—1993《额定电压 10kV、35kV 架空绝缘电缆》。

本标准与 GB 14049—1993 相比，主要变化如下：

——标准名称改为《额定电压 10kV 架空绝缘电缆》；

——删除了关于额定电压 35kV 架空绝缘电缆的条目（1993 版的第 1 章，3.1.3，4.1，表 2，表 3，7.7.2，表 5，表 8）；

——增加导体标称截面 400mm^2（见表 2，表 3）；

——删除对导体绞合节径比和绞向的规定（1993 版的 7.2.5）；

——增加了线芯的标志方法（见 7.3.4）；

——删除对有绝缘屏蔽电缆的局部放电作为例行试验项目（1993 版的 7.7.4）；

——修改了 10kV 架空电缆的冲击电压试验值（1993 版的表 8，本标准表 8）；

——按照 GB/T 1.1—2000 进行了格式的修改。

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 为规范性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国电线电缆标准化技术委员会（SAC/TC 213）归口。

本标准起草单位：上海电缆研究所，江苏远东集团有限公司，海口威特电气集团有限公司，福建南平太阳电缆股份有限公司，无锡江南电缆有限公司，扬州曙光电缆有限公司，湖南华菱线缆股份有限公司。

本标准起草人：孙建生、汪传斌、蒙忠奎、范德发、刘军、梁国华、张公卓。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB 14049—1993。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

额定电压 10kV 架空绝缘电缆

1 范围

本标准规定了交流额定电压 10kV 架空绝缘电缆（架空电缆）产品的型号、规格、技术要求、试验方法、验收规则、包装、运输及贮存。

本标准适用于交流额定电压 U（U_m）为 10（12）kV 的架空电力线路用铜芯、铝芯、铝合金芯交联聚乙烯（XLPE）和高密度聚乙烯（HDPE）绝缘架空电缆。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 1179—1999 圆线同心绞架空线（eqv IEC 61089：1991）

GB/T 2951.1—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 1 部分：通用试验方法 第 1 节：厚度和外形尺寸测量——机械物理性能试验（idt IEC 60811-1-1：1993）

GB/T 2951.2—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 1 部分：通用试验方法 第 2 节：热老化试验方法（idt IEC 6081 1-1-2：1985）

GB/T 2951.5—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 2 部分：弹性体混合料通用试验方法 第 1 节：耐臭氧试验——热延伸试验——浸矿物油试验（idt IEC 60811-2-1：1986）

GB/T 3048.4—2007 电线电缆电性能试验方法 第 4 部分：导体直流电阻试验

GB/T 3048.5—2007 电线电缆电性能试验方法 第 5 部分：绝缘电阻试验

GB/T 3048.7—2007 电线电缆电性能试验方法 第 7 部分：耐电痕试验

GB/T 3048.8—2007 电线电缆电性能试验方法 第 8 部分：交流电压试验（IEC 60060-1：1989，NEQ）

GB/T 3048.11—2007 电线电缆电性能试验方法 第 11 部分：介质损失角正切试验

GB/T 3048.12—2007 电线电缆电性能试验方法 第 12 部分：局部放电试验（IEC 60885-3：1988，MOD）

GB/T 3682—2000 热塑性塑料熔体质量流动速率和熔体体积流动速率的测定（idt ISO 1133：1997）

GB/T 3953—1983 电工圆铜线（neq ASTM B1：1970）

GB/T 3955—1983 电工圆铝线（neq ASTM B230：1977）

GB/T 4909.2—1985 裸电线试验方法 尺寸测量（neq IEC 60251：1978）

GB/T 4909.3—1985 裸电线试验方法 拉力试验（neq IEC 60207：1966）

GB/T 6995.3—2008 电线电缆识别标志方法 第 3 部分：电线电缆识别标志

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

JB/T 8134—1995　电工圆铝线及圆铝合金线　铝镁硅系合金圆线

JB/T 8137—1999（所有部分）　电线电缆交货盘

JB/T 10696.3—2007　电线电缆机械和理化试验方法　第 3 部分：弯曲试验

3　术语与定义

3.1

额定电压　rated voltage

额定电压是电缆设计和运行的基准电压，用 $U(U_m)$表示，单位为 kV。U——电缆两相导体之间的电压有效值。U_m——设备最高电压有效值。

额定电压 $U(U_m)$ 10（12）kV 架空电缆可用于单相接地故障时间每次一般不大于 1min 的系统，亦可用于最长每次不超过 8h，每年累计不超过 125h 的系统。

4　符号和代号

4.1

4.1.1　系列代号

架空电缆系列……JK

4.1.2　材料和结构特征代号

铜导体……省略

软铜导体……TR

铝导体……L

铝合金导体……LH

交联聚乙烯绝缘……YJ

高密度聚乙烯绝缘……Y

本色绝缘……/B

耐候黑色绝缘……省略

轻型薄绝缘结构……/Q

普通绝缘结构……省略

4.2　产品的表示方法

4.2.1　产品用型号，规格及本标准编号表示。

4.2.2　示例：

a）　铝芯交联聚乙烯轻型薄绝缘架空电缆，额定电压 10kV，单芯，标称截面为 120mm²，表示为：

JKLYJ/Q-10　1×120　GB/T 14049—2008

b）　铝芯本色交联聚乙烯绝缘架空电缆，额定电压 10kV，4 芯，其中主线芯为 3 芯，标称截面为 240mm²；承载绞线为镀锌钢丝，标称截面为 95mm²，表示为：

JKLYJ/B-10　3×240+95（A）　GB/T 14049—2008

c）　铝合金线芯聚乙烯绝缘架空电缆，额定电压 10kV，单芯，标称截面为 185mm²，表示为：

JKLHY-10　1×185　GB/T 14049—2008

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5 使用特性

5.1 额定电压为 10kV。

5.2 电缆敷设温度应不低于–20℃。

5.3 短路时（最长持续时间不超过 5s）电缆的最高温度：

交联聚乙烯绝缘……250℃

高密度聚乙烯绝缘……150℃

5.4 电缆导体的最高长期允许工作温度：

a） 有承载线结构电缆　由绝缘的最高长期允许工作温度决定。

交联聚乙烯绝缘……90℃

高密度聚乙烯绝缘……75℃

b） 无承载线结构电缆（在考虑中）

5.5 电缆的允许弯曲半径应不小于电缆弯曲试验用圆柱体直径。

6 型号和规格

架空电缆的型号如表 1。

表 1

型　号	名　称	主 要 用 途
JKYJ JKTRYJ JKLYJ JKLHYJ JKY JKTRY JKLY JKLHY	铜芯交联聚乙烯绝缘架空电缆 软铜芯交联聚乙烯绝缘架空电缆 铝芯交联聚乙烯绝缘架空电缆 铝合金芯交联聚乙烯绝缘架空电缆 铜芯聚乙烯绝缘架空电缆 软铜芯聚乙烯绝缘架空电缆 铝芯聚乙烯绝缘架空电缆 铝合金芯聚乙烯绝缘架空电缆	架空固定敷设，软铜芯产品用于变压器引下线。 电缆架设时，应考虑电缆和树木保持一定距离，电缆运行时，允许电缆和树木频繁接触
JKLYJ/B JKLHYJ/B	铝芯本色交联聚乙烯绝缘架空电缆 铝合金芯本色交联聚乙烯绝缘架空电缆	架空固定敷设用 电缆架设时，应考虑电缆和树木保持一定距离，电缆运行时，允许电缆和树木频繁接触
JKLYJ/Q JKLHYJ/Q JKLY/Q JKLHY/Q	铝芯轻型交联聚乙烯薄绝缘架空电缆 铝合金芯轻型交联聚乙烯绝缘架空电缆 铝芯轻型聚乙烯绝缘架空电缆 铝合金芯轻型聚乙烯绝缘架空电缆	架空固定敷设用 电缆架设时，应考虑电缆和树木保持一定距离，电缆运行时，只允许电缆和树木作短时接触

架空电缆的型号如表 2。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 2

型　号	芯　数	标称截面/mm²
JKYJ JKTRYJ JKLYJ JKLHYJ	1	10～400
	3	25～400
	3+K（A） 或 3+K（B）	25～400 其中 K25～120
JKY，JKTRY JKLY，JKLHY JKLYJ/Q，JKLHYJ/Q JKLY/Q，JKLHY/Q	1	10～400
JKLYJ/B JKLHYJ/B	3	25～400
	3+K（A） 或 3+K（B）	25～400 其中 K25～120

注 1：其中 K 为承载绞线，按工程设计要求，可任选表 2 中规定截面与相应导体截面相匹配，如杆塔跨距更大采用外加承载索时，该承载索不包括在电缆结构内。

注 2：其中（A）表示钢承载绞线，（B）为铝合金承载绞线。

7 技术要求

7.1 架空绝缘电缆的结构和技术参数如表 3 规定，承载绞线拉断力要求如表 4 规定。

表 3

导体标称截面/mm²	导体最少单线根数	导体直径（参考值）/mm	导体屏蔽层最小厚度[a]（近似值）[b]/mm	绝缘标称厚度/mm		绝缘屏蔽层标称厚度/mm	20℃时导体电阻不大于/Ω/km				导体拉断力不小于/N		
				薄绝缘	普通绝缘		硬铜芯	软铜芯	铝芯	铝合金芯	硬铜芯	铝芯	铝合金芯
10	6	3.8	0.5	—	3.4	—	—	1.830	3.080	3.574	—	—	—
16	6	4.8	0.5	—	3.4	—	—	1.150	1.910	2.217	—	—	—
25	6	6.0	0.5	2.5	3.4	1.0	0.749	0.727	1.200	1.393	8465	3762	6284
35	6	7.0	0.5	2.5	3.4	1.0	0.540	0.524	0.868	1.007	11 731	5177	8800
50	6	8.3	0.5	2.5	3.4	1.0	0.399	0.387	0.641	0.744	16 502	7011	12 569
70	12	10.0	0.5	2.5	3.4	1.0	0.276	0.268	0.443	0.514	23 461	10 354	17 596
95	15	11.6	0.6	2.5	3.4	1.0	0.199	0.193	0.320	0.371	31 759	13 727	23 880
120	18	13.0	0.6	2.5	3.4	1.0	0.158	0.153	0.253	0.294	39 911	17 339	30 164
150	18	14.6	0.6	2.5	3.4	1.0	0.128	—	0.206	0.239	49 505	21 033	37 706
185	30	16.2	0.6	2.5	3.4	1.0	0.102 1	—	0.164	0.190	61 846	26 732	46 503
240	34	18.4	0.6	2.5	3.4	1.0	0.077 7	—	0.125	0.145	79 823	34 679	60 329
300	34	20.6	0.6	2.5	3.4	1.0	0.061 9	—	0.100	0.116	99 788	43 349	75 411
400	53	23.8	0.6	2.5	3.4	1.0	0.048 4	—	0.077 8	0.090 4	133 040	55 707	100 548

a 轻型薄绝缘结构架空电缆无内半导电屏蔽层；

b 近似值是既不要验证又不要检查的数值，但在设计与工艺制造上需予充分考虑。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4

承载绞线截面/mm²	钢承载绞线拉断力不小于/N	铝合金承载绞线拉断力不小于/N
25	30 000	6284
35	42 000	8800
50	56 550	12 569
70	81 150	17 596
95	110 150	23 880
120	—	30 164

7.2 导体及承载绞线

7.2.1 导体应采用紧压圆形绞合硬铜硬铝或铝合金导体或钢芯铝绞线导体，其中铜导体应采用 TY 型硬铜圆线，并符合 GB/T 3953—1983 规定；铝导体应采用 L8 或 LY9 型硬铝圆线，并符合 GB/T 3955—1983 规定；铝合金导体应采用 LHA 或 LHB 型铝合金圆线，并符合 JB/T 8134—1995 的规定。导体的结构尺寸、机械拉断力及导体电阻应符合表 3 规定。

7.2.2 作为变压器引下线用的架空电缆导体应采用 TR 型软铜圆线，并符合 GB/T 3953—1983 规定。

7.2.3 承载绞线材料和结构应符合 JB/T 8134—1995 或 GB/T 1179—1999 相应规定，其拉断力应符合表 4 规定。

7.2.4 导体表面应光洁，无油污，无损伤屏蔽及绝缘的毛刺，锐边，以及凸起或断裂的单线。

7.2.5 导体中的单线为 7 根及以下时，所有单线均不允许有接头；7 根以上时，单线允许有接头，但成绞线上两单线接头间的距离应不小于 15m。

7.3 绝缘

7.3.1 绝缘应采用交联聚乙烯（XLPE）或高密度聚乙烯（HDPE）混合料，如绝缘层无半导电屏蔽层，材料应采用黑色耐候料。绝缘料性能应符合附录 A 要求。

7.3.2 绝缘应紧密地挤包在导体或导体屏蔽层上，绝缘表面应平整，色泽均匀。

7.3.3 绝缘标称厚度应符合表 3 规定，绝缘厚度的平均值应不小于标称值，其最薄处厚度应不小于标称值的 90%减去 0.1mm。

7.3.4 3 芯电缆绝缘表面推荐采用标有可识别相序的凸出标志，A 相为 1 根凸脊，B 相为 2 根凸脊，C 相为 3 根凸脊，也可采用其他耐久的标志方法。中性线芯应采用区别于上述标志方法的其他标志。

7.4 屏蔽

7.4.1 导体屏蔽

导体表面除轻型薄绝缘结构外，均应有半导电屏蔽层，导体屏蔽用半导电料可以是交联型的或者是非交联型的，半导电屏蔽层应均匀地包覆在导体上，表面应光滑，无明显绞线凸纹，不应有尖角，颗粒，烧焦或擦伤的痕迹。半导电屏蔽层厚度可参照表 3 规定。半导电屏蔽料性能应符合附录 B 规定。

7.4.2 绝缘屏蔽

3 芯绞合成缆的绝缘线芯，应有挤包的半导电层作为绝缘屏蔽，不允许采用轻型薄绝缘

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

结构。单芯电缆均采用耐候黑色绝缘，可不包覆半导电屏蔽层。

绝缘屏蔽层应采用可剥离半导电交联料，并应均匀地包覆在绝缘表面，表面应光滑，不应有尖角、颗粒、烧焦或擦伤的痕迹。

绝缘屏蔽层厚度的平均值应不小于表 3 规定的标称值，最薄处厚度应不小于标称值的 90%减去 0.1mm。

7.5 成缆

3 芯电缆应绞合成缆，成缆节径比应小于 25，绞合方向为右向。

如具有承载绞线时，承载绞线应处于中心位置。

7.6 试验条件

7.6.1 除非另有规定，电压试验的环境温度为（20±15）℃，其他项目试验的环境温度为（20±5）℃。

7.6.2 交流电压试验的频率为（49～60）Hz，电压波形基本上是正弦波形。

7.6.3 冲击电压试验波形规定波前时间为（1～5）μs，半峰值时间为（40～60）μs。

7.7 例行试验（代号 R）

7.7.1 导体直流电阻试验

导体直流电阻应符合表 3 规定。

7.7.2 绝缘电阻试验

无绝缘屏蔽电缆，应进行绝缘电阻试验。

试验在成盘电缆上进行，在室温下，将电缆浸于水中不少于 1h，施加电压（80～500）V 直流电压，稳定时间应不小于 1min，且不大于 5min。普通绝缘结构电缆的绝缘电阻应不小于 1500MΩ·km，轻型薄绝缘结构电缆的绝缘电阻应不小于 1000MΩ·km。

7.7.3 交流电压试验

试验在成盘电缆上进行。在室温下，将电缆浸于水中不少于 1h 后施加试验电压，维持时间为 1min，电缆应不击穿，对应各额定电压电缆的试验电压值如表 5 规定。

表 5

额定电压/kV	10	
	普通绝缘结构电缆	轻型薄绝缘结构电缆
试验电压/kV	18	12

7.8 抽样试验（代号 S）

7.8.1 抽样试验的数量

7.8.1.1 结构尺寸检查应在每批同一型号及规格的电缆上进行，其数量应不超过交货批电缆段数量的 10%。

7.8.1.2 交货批中 3 芯电缆总长度超过 2km，单芯电缆总长度超过 4km，可根据表 6 确定抽取的试样数。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6

电缆交货长度 L/km		试 样 数
3 芯电缆	单芯电缆	
$2<L\leqslant10$	$4<L\leqslant20$	1
$10<L\leqslant20$	$20<L\leqslant40$	2
$20<L\leqslant30$	$40<L\leqslant60$	3
其余类推	其余类推	其余类推

7.8.2 结构和尺寸检查

导体结构应符合 7.2 规定。

承载绞线结构应符合 7.2 规定。

绝缘结构应符合 7.3 规定。

屏蔽结构应符合 7.4 规定。

7.8.3 4h 交流电压试验

除终端外，成品电缆试样应不少于 5m，将电缆浸入水中按表 5 规定施加交流电压，持续时间 4h，试验过程中，绝缘应不发生击穿。

7.8.4 热延伸试验

交联聚乙烯绝缘应进行热延伸试验，试验条件及要求应符合表 7 规定。

表 7

序号	试 验 项 目		指 标
1	试验条件		
1.1	温度（偏差±3℃）/℃		200
1.2	荷载时间/min		15
1.3	机械应力/MPa		0.2
2	负载下伸长率/%	最大	175
3	冷却后永久伸长率/%	最大	15

7.9 型式试验（代号 T）

7.9.1 试样长度及试验顺序

7.9.1.1 电气型式试验应在一段成品电缆试样上进行，除终端外，试样长度为（10～15）m，其他类型的型式试验试样长度均在各项试验方法中规定。

7.9.1.2 有绝缘屏蔽的电缆必须按下列顺序逐项试验：

a） 局部放电试验（见 7.9.2）；

b） 弯曲试验及随后的局部放电试验（见 7.9.3）；

c） tanδ 与电压关系试验（见 7.9.4）；

d） tanδ 与温度关系试验（见 7.9.5）；

e） 热循环试验后的局部放电试验（见 7.9.6）。

有绝缘屏蔽电缆按 7.9.2～7.9.6 顺序试验完毕后即可进行其他项目的型式试验。但不必进行 7.9.10 的耐电痕试验和 7.9.15 的绝缘耐候试验。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.9.1.3 与 7.9.1.2 中 c）和 d）两项有关 tanδ 试验也可以另取试样试验。

7.9.1.4 无绝缘屏蔽电缆不必进行 7.9.2～7.9.6 各项型式试验，但必须进行其余各项型式试验。

7.9.2 局部放电试验

在 10kV 电缆试样上施加 9kV 交流电压，电缆的放电量应不大于 20pC。

7.9.3 弯曲试验及随后的局部放电试验

7.9.3.1 弯曲试验

按 7.9.7 规定试验。

7.9.3.2 局部放电试验

按 7.9.2 规定试验。

7.9.4 tanδ 与电压关系试验

在 10kV 电缆试样上进行，在室温下分别施加 3kV、6kV、12kV 交流电压，6kV 时测得的 tanδ 应不大于 40×10^{-4}，在 3kV 和 12kV 时测得的 tanδ 应不大于 20×10^{-4}。

7.9.5 tanδ 与温度关系试验

在 10kV 电缆试样上进行，分别在室温和 90℃温度下测量，施加交流电压 2kV，室温时测得的 tanδ 值应不大于 40×10^{-4}，90℃时测得的 tanδ 应不大于 80×10^{-4}。

7.9.6 热循环试验后的局部放电试验

在 10kV 电缆试样导体上通以电流，使导体达到并稳定在 100℃，多芯电缆试样的加热电流应通过所有导体。加热循环应持续至少 8h，在每一加热过程中，导体在达到规定温度后至少应维持 2h，并随即在空气中自然冷却至少 3h。如此重复循环 3 次，随后进行局部放电试验，试验结果应符合 7.9.2 规定。

7.9.7 弯曲试验

电缆应在室温下，按 JB/T 10696.3—2007 规定进行弯曲试验。

弯曲试验用圆柱体直径按下列规定确定：

单芯电缆 $20\,(D+d)$ ±5%，mm；

多芯电缆 $15\,(D+d)$ ±5%，mm；

式中：

D——试样的实际外径，mm；

d——试样导体的实际外径，mm。

7.9.8 冲击电压试验及交流电压试验

7.9.8.1 冲击电压试验

在经过弯曲试验后电缆试样上进行，试样长度应不小于 5m，在室温下浸水中 1h，按表 8 中规定施加冲击电压，正负极各 10 次，试样不击穿。

表 8

额定电压/kV	10	
	普通绝缘结构电缆	轻型薄绝缘结构电缆
试验电压/kV	95	75

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.9.8.2 交流电压试验

试验应在经过冲击电压试验试样上进行。

在室温下，按表 5 规定对电缆试样施加交流电压 15min，电缆试样应不击穿。

7.9.9 4h 交流电压试验

按表 5 规定，对电缆试样施加交流电压 4h，电缆试样应不击穿，该项试验也可以另取试样进行，但对有绝缘屏蔽的 10kV 电缆试样必须先经过 7.9.3 和 7.9.6 规定的试验，对无绝缘屏蔽的电缆试样必须先经过 7.9.7 规定的试验。

7.9.10 绝缘耐漏电痕迹试验

无绝缘屏蔽的电缆应进行此项试验。

在 4kV 电压下，经 101 次喷水后，表面应无烧焦，泄漏电流应不超过 0.5A。

7.9.11 导体承载绞线拉力试验

导体拉力试验应在电缆试样上进行，拉断力应不小于表 3 规定。承载绞线拉断力应符合表 4 规定。

7.9.12 绝缘机械物理性能试验

7.9.12.1 老化前后绝缘机械性能试验

试验要求应符合表 9 规定。

表 9

序号	试 验 项 目		XLPE	HDPE
1	老化前机械性能			
1.1	抗张强度/MPa	最小	12.5	10.0
1.2	断裂伸长率/%	最小	200	300
2	空气老化后机械性能			
	温度/℃		135	100
	温度偏差/℃		±3	±2
	持续时间/d		7	10
2.1	抗张强度变化率/%	最大	±25	—
2.2	断裂伸长率变化率/%	最大	±25	—
2.3	断裂伸长率/%	最小	—	300

7.9.12.2 高密度聚乙烯绝缘熔体指数试验

试验结果应符合表 10 规定。

表 10

试 验 项 目		指 标
老化前熔体指数/（g/10min）	最大	0.4

7.9.13 绝缘黏附力（滑脱）试验

在 10m 电缆上取 3 个试样，试样置一个旋转滑脱机上进行，其滑脱力应不小于 180N。试验方法按附录 B 规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.9.14 交联聚乙烯绝缘热延伸试验

试验条件及试验要求应符合表 7 规定。

7.9.15 绝缘耐候试验

无绝缘屏蔽的电缆应进行本项试验，试验方法按附录 C 规定。

在大气和光老化作用下，试样经 42d 老化后，绝缘的抗张强度和伸长率的变化率应不超过±30%范围，经过 21d 老化后试样与经 42d 老化后试样对比，抗张强度和伸长率的变化率应不超过±15%范围。

7.9.16 外半导电层剥离试验

可剥离外半导电层应经受剥离试验。

取带有外半导电层的绝缘芯 0.5m，沿轴向将半导电层平行切割成两条至绝缘的深痕，间距 10mm。用力拉已切割成条的外半导电层，力的方向应垂直于轴心，力的大小应不小于 8N 且不大于 40N，绝缘应不拉坏，且无半导电层残留在表面上。

7.9.17 印刷标志耐擦试验

按 GB/T 6995.3—2008 规定的试验方法和要求进行。

7.10 成品电缆标志

成品电缆的表面应有制造厂名、产品型号及额定电压的连续标志，标志应字迹应清楚，容易辨认，耐擦。成品电缆标志应符合 GB/T 6995.3—2008 规定。

8 试验方法

产品按表 11 规定项目和试验方法进行试验。

表 11

序号	项　目	本标准条文号	验收规则		试验方法
			有绝缘屏蔽	无绝缘屏蔽	
1	导体直流电阻试验	7.7.1	R	R	GB/T 3048.4—2007
2	绝缘电阻试验	7.7.2	—	R	GB/T 3048.5—2007
3	交流电压试验	7.7.3	R	R	GB/T 3048.8—2007
4	结构和尺寸检查	7.8.2	S	S	
4.1	导体结构	7.8.2	S	S	GB/T 4909.2—1985
4.2	承载绞线结构	7.8.2	S	S	GB/T 4909.2—1985
4.3	绝缘厚度	7.8.2	S	S	GB/T 2951.1—1997
4.4	屏蔽结构	7.8.2	S	S	GB/T 2951.1—1997
5	4h 交流电压试验	7.8.3	S	S	GB/T 3048.8—2007
6	热延伸试验	7.8.4	S	S	GB/T 2951.5—1997
7	局部放电试验	7.9.2	T	—	GB/T 3048.12—2007
8	弯曲试验及随后的局部放电试验	7.9.3	T	—	JB/T 10696.3—2007 及
9	tanδ 与电压关系试验	7.9.4	T	—	GB/T 3048.12—2007
10	tanδ 与温度关系试验	7.9.5	T	—	GB/T 3048.11—2007
11	热循环后局部放电试验	7.9.6	T	—	GB/T 3048.11—2007

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 11（续）

序号	项　目	本标准条文号	验收规则		试验方法
			有绝缘屏蔽	无绝缘屏蔽	
12	弯曲试验	7.9.7	T	T	GB/T 3048.12—2007
13	冲击电压及交流电压试验	7.9.8	T	T	JB/T 10696.3—2007
14	4h 交流电压试验	7.9.9	T	T	GB/T 3048.8—2007
15	绝缘耐漏电痕迹试验	7.9.10	—	T	GB/T 3048.8—2007
16	导体承载绞线拉力试验	7.9.11	T	T	GB/T 3048.7—2007
17	绝缘机械物理性能试验	7.9.12	T	T	GB/T 4909.3—1985
17.1	老化前后绝缘机械性能试验	7.9.12.1	T	T	GB/T 2951.1 和.2—1997
17.2	高密度聚乙烯绝缘熔体指数试验	7.9.12.2	T	T	GB/T 3682—2000
18	绝缘黏附力（滑脱）试验	7.9.13	T	T	本标准附录 B
19	交联聚乙烯绝缘热延伸试验	7.9.14	T	T	GB/T 2951.5—1997
20	绝缘耐候试验	7.9.15	—	T	本标准附录 C
21	半导电层剥离试验	7.9.16	T	—	本标准 7.9.16
22	印刷标志耐擦试验	7.9.17	T	T	GB/T 6995.3—2008

9 验收规则

9.1 产品应由制造厂的技术部门检查合格后方能出厂。每个出厂的包装件上应附有产品质量检验合格证。

9.2 产品应符合 7.8.1.2 规定试验频度进行抽样试验。如果第一次试验的结果不符合 7.8 规定的任一项试验要求，应在同一批电缆中再取 2 个试样，就不合格项目进行试验，如果 2 个试样均合格，则该批电缆符合本标准要求；否则该批电缆判为不合格。

9.3 电缆的交货长度和允许短段电缆长度及数量由用户和制造厂商定。

10 包装、运输及贮存

10.1 电缆应妥善包装在符合 JB/T 8137—1999 规定要求的电缆盘上交货。

10.2 电缆端头应可靠密封、伸出盘外的电缆端头应钉保护罩，伸出的长度应不小于 300mm。

10.3 成盘电缆的电缆盘外侧及成圈电缆的附加标签应标明：

a） 制造厂名或商标；

b） 电缆型号及规格；

c） 长度（m）；

d） 毛重（kg）；

e） 制造日期：　　年　　月；

f） 表示电缆盘正确旋转方向的符号；

g） 标准编号。

10.4 运输和贮存

a） 电缆应避免在露天存放，电缆盘不允许平放；

b） 运输中禁从高处扔下装有电缆的电缆盘，严禁机械损伤电缆；

c） 吊装包装件时，严禁几盘同时吊装。在车辆船舶等运输工具上，电缆盘必须放稳，并用合适方法固定，防止互撞或翻倒。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 A
（规范性附录）
架空电缆用绝缘料半导电屏蔽料性能要求

A.1 绝缘材料

绝缘料性能应符合表 A.1 规定。

表 A.1

序号	项 目		XLPE	黑色 XLPE	黑色 HDPE
1	密度/g/cm^3		0.922±0.003	0.922±0.003	≥0.945
2	老化前机械性能				
	抗张强度/MPa	最小	17	14.5	18.6
	断裂伸长/%	最小	420	400	650
3	空气老化后机械性能				
	温度/℃		135	135	100
	温度偏差/℃		±3	±3	±2
	持续时间/d		7	7	10
3.1	抗张强度变化率%	最大	±20	±20	—
3.2	断裂伸长变化率/%	最大	±20	±20	—
3.3	断裂伸长/%	最小	—	—	650
4	维卡软点化/℃	最小	—	—	110
5	冲击脆化温度/℃	不大于	−76	−76	−76
6	耐环境应力开裂/h	不小于	—	1000	500
7	熔体指数/（g/10min）	不大于	—	—	0.4
8	介电常数	不大于	2.3	2.35	2.45
9	介质损耗角正切/20℃	不大于	5×10^{-4}	10×10^{-4}	10×10^{-4}
10	介电强度/（kV/mm）	不小于	35	35	35
11	热延伸/200℃	15min			
12	负荷下伸长率/%	不大于	80	80	—
13	冷却后永久变形/%	不大于	5	5	—
14	凝胶含量/%		80	—	—
15	光老化性能[a]				
	绝缘试片经 42d 老化后（见附录 C）				
	抗张强度变化率/%	最大	±30	±30	±30
	断裂伸长率变化率/%	最大	±30	±30	±30

a 绝缘料制成电缆试样后制备绝缘试片，进行试验。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

A.2 半导电屏蔽料

半导电屏蔽料性能应符合表 A.2 规定。

表 A.2

项目		导体屏蔽半导电料		绝缘屏蔽可剥离半导电交联料
		热塑性料	可交联料	
抗拉强度/MPa	不小于	15	15	10
断裂伸长率/%	不小于	200	200	200
空气箱老化后				
断裂伸长率/%	不小于	100	100	100
热延伸/（200℃/0.2MPa/15min）				
负荷伸长率/%	不大于	—	175	175
冷却后永久变形/%	不大于	—	15	15
冲击脆化温度/℃	不大于	–45	–50	–50
剥离力/N		—	—	8～40
体积电阻率/（Ω·cm）	不大于			
23℃		100	100	100
90℃		500	500	500

附 录 B
（规范性附录）
架空绝缘电缆黏附力（滑脱）试验方法

B.1 适用范围

本试验方法适用于架空绝缘电缆绝缘层与导体之间黏附力的测定。

B.2 试验设备

B.2.1 （0～1000）N 拉力试验机一台。

B.2.2 夹具。如图 B.1 所示。

B.3 试验准备

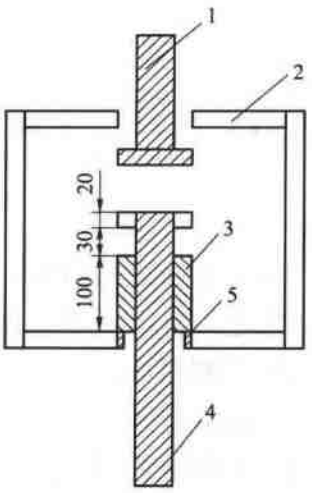
B.3.1 从被测电缆上选取长度不小于 250mm 的试样 3 只，并按图 B.1 所示尺寸进行处理，处理时应保证被测部分绝缘层完整无损。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

B.3.2 处理好的试样应在室温状态下放置 4h 后，方可进行测试。

单位为毫米



1—夹具上端部；2—夹具框架；3—绝缘尺；4—导体，夹于拉力试验机下端部；5—平面轴承

图 B.1

B.4 试验步骤

B.4.1 试验在室温（25±5）℃进行。

B.4.2 将试样放在图 B.1 所示夹具内，起动拉力机在（2±1）cm/min 速度下拉伸。

B.4.3 记录下每只试样的绝缘层与导体产生滑移时的拉力 T。

B.5 实验结果

3 只试样的拉力 T 均应不小于产品标准中规定的黏附力要求。

附 录 C
（规范性附录）
人工气候老化试验方法（氙灯法）

C.1 适用范围

本试验方法适用于聚氯乙烯（PVC）、聚乙烯（PE）、交联聚乙烯（XLPE）绝缘架空电缆的人工气候老化性能的规定。

C.2 试验设备

C.2.1 氙灯气候老化箱

C.2.1.1 氙灯功率 6kV，试样转架直径ϕ（800～959）mm，高 365mm，试样转架每分钟旋转一周，箱体温度（55±3）℃，相对湿度（85±5）%。

C.2.1.2 喷水应为清洁的自来水，喷水水压（0.12～0.15）MPa，喷水嘴内径ϕ0.8mm。以 18min 喷水、光照、102min 单独光照，周期进行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

C.2.2 臭氧发生装置

C.2.3 工业用二氧化硫

C.2.4 –40℃冷冻箱

C.2.5 拉力试验机

示值精度：从各级度盘 1/10 量程以上，但不小于最大负荷的 4%开始，为±1%。

C.3 试样制备

从被试电缆的端部 500mm 处切取足够长度的电缆，并从电缆中取出导体，制取绝缘试样（试片），能供三组试验测定有效性能。有机械损伤的样段不能作为试样用于试验。

第一组试样至少应 5 个，供原始性能测量用。

第二组试样至少应 5 个，供 0h～1008h 光老化后性能测量用。

第三组试样至少应 5 个，供 504h～1008h 光老化后性能测量用。

C.4 试验步骤

C.4.1 第一组试样保存在阴凉干燥处，第二、三组试样应放入氙灯气候箱内进行试验，其中第三组试样应在试验开始 504h 后放入，试样放入气候箱内后，应在保持约 5%的伸长下进行试验。

C.4.2 试验循环：整个试验持续 6 个星期，每星期为一次循环，其中 6d 按 C.2.1.1 和 C.2.1.2 进行试验，第 7d 按下述的调节 a、调节 b、调节 c 规定的条件进行试验。

调节 a：老化试样应在温度为(40±3)℃，含 0.067%二氧化硫和浓度大于 20×10^{-6}(20PPm)臭氧的环境中放置 1d。

调节 b：老化试样应从 C.2.1.1 和 C.2.1.2 的环境中移至（–25±2）℃冷冻室内，进行冷热试验，共进行三次，每次 2h 两次热震时间应等于或大于 1h。

调节 c：老化试样应在（40±3）℃，含 0.067%二氧化硫饱和湿度的容器内放置 8h，然后，打开容器，在试验室温环境中放置 16h。

C.4.3 在规定的老化时间后，取出试样，置环境温度下存放至少 16h，与第一组试样对比进行外观检查。

C.4.4 按 GB/T 2951.1—1997 的要求，在光照面冲切哑铃片和预处理后，测定老化前后三组试片的抗张强度和断裂伸长率，制作试片时，不能磨削光照面。

C.4.5 当按 C.4.4 规定，不能在光照面冲切哑铃片时，允许从同一型号的其他规格上切取，其老化性能等效。

C.5 试验结果及计算

C.5.1 检查光照面、试样应无明显的龟裂。

C.5.2 试验结果用老化前后的抗张强度和断裂伸长率的变化率（%）表示，按下式计算，其变化率应符合产品标准的规定。

$$TS_1=(T_2-T_1)/T_1\times100\%$$

$$EB_1=(E_2-E_1)/E_1\times100\%$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$TS_2=(T_2-T_3)/T_1\times100\%$$

$$EB_2=(E_2-E_3)/E_1\times100\%$$

式中：

TS_1——（0～1008）h 光老化后抗张强度的变化率，%；

EB_1——（0～1008）h 光老化后断裂伸长率的变化率，%；

TS_2——（504～1008）h 光老化后抗张强度的变化率，%；

EB_2——（504～1008）h 光老化后断裂伸长率的变化率，%；

T_1——光老化前（第一组试样）抗张强度的中间值，MPa；

E_1——光老化前（第一组试样）断裂伸长率的中间值，%；

T_2——光老化后（第二组试样，光老化 1008h）抗张强度的中间值，MPa；

E_2——光老化后（第二组试样，光老化 1008h）断裂伸长率的中间值，%；

T_3——光老化后（第三组试样，光老化 504h）抗张强度的中间值，MPa；

E_3——光老化后（第三组试样，光老化 504h）断裂伸长率的中间值，%。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

GB/T 12527—2008
代替 GB 12527—1990

额定电压 1kV 及以下架空绝缘电缆

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言 ……74
1　范围 ……75
2　规范性引用文件 ……75
3　术语和定义 ……76
4　符号和代号 ……76
5　使用特性 ……77
6　型号、规格 ……77
7　技术要求 ……78
8　试验方法 ……82
9　验收规则 ……82
10　包装、运输及贮存 ……84
附录 A（资料性附录）　人工气候老化试验方法（氙灯法） ……84
附录 B（规范性附录）　耐磨性能试验 ……86

前　言

本标准代替 GB 12527—1990《额定电压 1kV 及以下架空绝缘电缆》。

本标准与 GB 12527—1990 相比主要变化如下：

——修改了额定电压的定义（1990 版的 3.4，本标准的 3.4）；

——修改了产品表示方法（1990 版的 3.7，本标准的 4.3）；

——增加了单芯电缆铝及铝合金导体规格 300mm^2、400mm^2（见表 2，表 4）；

——取消了对导体绞合节径比和绞向的规定（1990 版的 7.1.2）；

——增加了线芯的标志方法（见 7.2.2）。

本标准的附录 A 为资料性附录，附录 B 为规范性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国电线电缆标准化技术委员会（SAC/TC 213）归口。

本标准负责起草单位：上海电缆研究所。

本标准参加起草单位：上海电缆研究所、无锡江南电缆有限公司、常熟市电缆厂、福建南平南线电缆有限公司、广东新亚光电缆实业有限公司、武汉第二电线电缆有限公司、天津塑力线缆集团有限公司。

本标准主要起草人：曲文波、刘军、钱国峰、陈宝坤、卢占宇、沈勇、韩长武。

本标准所替代标准的历次版本发布情况为：

——GB 12527—1990。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

额定电压 1kV 及以下架空绝缘电缆

1 范围

本标准规定了交流额定电压 1kV 及以下架空绝缘电缆的技术条件、试验方法、验收规则、包装、运输及贮存。

本标准适用于交流额定电压 U 为 1kV 及以下架空电力线路用铜芯、铝芯、铝合金芯耐候型聚氯乙烯、聚乙烯和交联聚乙烯绝缘架空电缆。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2900.10—2001 电工术语 电缆（idt IEC 60050–461：1984）

GB/T 2951.1—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 1 部分：通用试验方法 第 1 节：厚度和外形尺寸测量——机械性能试验（idt IEC 60811–1–1：1993）

GB/T 2951.2—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 1 部分：通用试验方法 第 2 节：热老化试验方法［idt IEC 60811–1–2：1985 No.1（1989）第 1 次修正］

GB/T 2951.3—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 1 部分：通用试验方法 第 3 节：密度测量方法——吸水试验——收缩试验（idt IEC 60811–1–3：1993）

GB/T 2951.4—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 1 部分：通用试验方法 第 4 节：低温试验［idt IEC 60811–1–4：1985 No.1（1993）第 1 次修正］

GB/T 2951.5—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 2 部分：弹性体混合料通用试验方法 第 1 节：耐臭氧试验——热延伸试验——浸矿物油试验［idt IEC 60811–2–1：1986 No.1（1992）第 1 次修正 No.2（1993）第 2 次修正］

GB/T 2951.6—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 3 部分：聚氯乙烯混合料专用试验方法 第 1 节：高温压力试验——抗开裂试验［idt IEC 60811–3–1：1985 No.1（1994）第 1 次修正］

GB/T 2951.7—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 3 部分：聚氯乙烯混合料专用试验方法 第 2 节：失重试验 热稳定性试验［idt IEC 60811–3–2：1985 No.1（1993）第 1 次修正］

GB/T 3048.4—2007 电线电缆电性能试验方法 第 4 部分：导体直流电阻试验

GB/T 3048.5—2007 电线电缆电性能试验方法 第 5 部分：绝缘电阻试验

GB/T 3048.8—2007 电线电缆电性能试验方法 第 8 部分：交流电压试验（IEC 60060–1：1989，NEQ）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

GB/T 3048.9—2007 电线电缆电性能试验方法 第 9 部分：绝缘线芯火花试验

GB/T 3682—2000 热塑性塑料熔体质量流动速率和熔体体积流动速率的测定（idt ISO 1133：1997）

GB/T 3953—1983 电工圆铜线（neq ASTM B1：1970）

GB/T 4909.2—1985 裸电线试验方法 尺寸测量（neq IEC 60251：1978）

GB/T 4909.3—1985 裸电线试验方法 拉力试验（neq IEC 60207：1966）

GB/T 6995.1—2008 电线电缆识别标志方法 第 1 部分：一般规定

GB/T 6995.4—2008 电线电缆识别标志方法 第 4 部分：电气装备电线电缆绝缘线芯识别标志

GB/T 17048—1997 架空绞线用硬铝线（idt IEC 60889：1987）

GB/T 18380.1—2001 电缆在火焰条件下的燃烧试验 第 1 部分：单根绝缘电线或电缆的垂直燃烧试验方法（idt IEC 60332-1：1993）

JB/T 8134—1997 架空绞线用铝—镁—硅系合金圆线（idt IEC 60104-1：1987）

JB/T 8137—1999（所有部分） 电线电缆交货盘

3 术语和定义

GB/T 2900.10—2001 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

型式试验（代号 T） type test

按一般商业原则，对本标准规定的一种型号电线或电缆在供货前进行的试验，以证明电线或电缆具有良好的性能，能满足规定的使用要求。型式试验的本质是一旦进行这些试验后，不必重复进行，如果改变电线或电缆材料或设计会影响电线或电缆的性能时，则必须重复进行。

3.2

抽样试验（代号 S） sample test

在成品电缆试样上或取自成品电缆的元件上进行的试验，以证明成品电缆产品符合设计规范。

3.3

例行试验（代号 R） routine test

由制造方在成品电缆的所有制造长度上进行的试验，以检验所有电缆是否符合规定的要求。

3.4

额定电压 rated voltage

电缆设计和运行的基准电压，用 U 表示，单位为 kV。U——电缆两相导体之间的电压有效值。

4 符号和代号

4.1 系列代号

架空绝缘电缆代号——JK

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.2 材料代号

4.2.1 导体材料代号

铜导体——省略

铝导体——L

铝合金导体——LH

4.2.2 绝缘材料代号

聚氯乙烯绝缘——V

聚乙烯绝缘——Y

交联聚乙烯绝缘——YJ

4.3 产品表示方法

4.3.1 产品用型号、规格及本标准编号表示。

4.3.2 产品表示方法举例：

a） 额定电压 1kV 铜芯聚氯乙烯绝缘架空电缆，单芯，标称截面为 70mm^2，表示为：

JKV-1 1×70 GB/T 12527—2008；

b） 额定电压 1kV 铝合金芯交联聚乙烯绝缘架空电缆，4 芯，标称截面为 16mm^2，表示为：

JKLHYJ-1 4×16 GB/T 12527—2008；

c） 额定电压 1kV 铝芯聚乙烯绝缘架空电缆，4 芯，其中主线芯为 3 芯，其标称截面为 35mm^2，承载中性导体为铝合金芯，其标称截面为 50mm^2，表示为：

JKLY-1 3×35+1×50（B） GB/T 12527—2008。

5 使用特性

5.1 额定电压 U 为 1kV 及以下。

5.2 电缆导体的长期允许工作温度：聚氯乙烯绝缘、聚乙烯绝缘应不超过 70℃；交联聚乙烯绝缘应不超过 90℃。

5.3 电缆的敷设温度应不低于-20℃。

5.4 电缆外径（D）小于 25mm 的电缆，弯曲半径不小于 4D。电缆外径（D）大于或等于 25mm 的电缆，弯曲半径应不小于 6D。

6 型号、规格

6.1 型号

架空绝缘电缆的型号如表 1。

表1 架空绝缘电缆型号

型 号	名 称	用 途
JKV	额定电压 1kV 铜芯聚氯乙烯绝缘架空电缆	架空固定敷设、引户线
JKY	额定电压 1kV 铜芯聚乙烯绝缘架空电缆	
JKYJ	额定电压 1kV 铜芯交联聚乙烯绝缘架空电缆	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表1（续）

型　号	名　　称	用　　途
JKLV	额定电压 1kV 铝芯聚氯乙烯绝缘架空电缆	架空固定敷设、引户线
JKLYJ	额定电压 1kV 铝芯交联聚乙烯绝缘架空电缆	
JKLY	额定电压 1kV 铝芯聚乙烯绝缘架空电缆	
JKLHY	额定电压 1kV 铝合金芯聚乙烯绝缘架空电缆	
JKLHV	额定电压 1kV 铝合金芯聚氯乙烯绝缘架空电缆	
JKLHYJ	额定电压 1kV 铝合金芯交联聚乙烯绝缘架空电缆	

6.2 规格

架空绝缘的规格如表 2。

表2 架空绝缘的规格

型　　号	芯数	主线芯标称截面/mm^2
JKV、JKLV、JKLHV、JKY、JKLY、JKLHY、JKYJ、JKLYJ、JKLHYJ	1	10～400
	2、4	10～120
JKLV、JKLY、JKLYJ	$3+k^a$	10～120

a 辅助线芯 k 为承载线芯或带承载的中线线芯。根据工程需求，任选其中截面与主线芯搭配。（A）表示钢承载绞线，（B）为铝合金承载绞线。

7 技术要求

7.1 导体

7.1.1 材料

铜导电线芯应采用 GB/T 3953—1983 中的 TY 型圆铜线。多芯电缆的铜导电线芯允许采用 TR 型软圆铜线。铝导电线芯应采用 GB/T 17048—1997 中的 LY9 型 H9 状态硬圆铝线。铝合金导电线芯应采用 JB/T 8134—1997 的 LHA1 型或 LHA2 型铝合金圆线。

7.1.2 要求

导体应采用紧压圆形绞合的铜、铝线或铝合金导线。导体中的单线在 7 根及以下不允许有接头。7 根以上的绞线中单线允许有接头，但成品绞线上两接头间的距离不小于 15m。

导体表面应光洁、无油污、无损伤绝缘的毛刺、锐边以及凸起或断裂的单线。

7.1.3 结构

铜芯导体架空绝缘电缆的结构应符合表 3 的规定。铝芯、铝合金芯架空绝缘电缆的结构应符合表 4 规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 3 铜芯架空绝缘电缆技术要求

导体标称截面/mm²	导体中最少单线根数	导体外径（参考值）/mm	绝缘标称厚度/mm	电缆平均外径最大值/mm	20℃时最大导体电阻/Ω/km		额定工作温度时最小绝缘电阻/MΩ·km		单芯电缆拉断力/N
					硬铜	软铜	70℃	90℃	硬铜
10	6	3.8	1.0	6.5	1.906	1.83	0.006 7	0.67	3471
16	6	4.8	1.2	8.0	1.198	1.15	0.006 5	0.65	5486
25	6	6.0	1.2	9.4	0.749	0.727	0.005 4	0.54	8465
35	6	7.0	1.4	11.0	0.540	0.524	0.005 4	0.54	11 731
50	6	8.4	1.4	12.3	0.399	0.387	0.004 6	0.46	16 502
70	12	10.0	1.4	14.1	0.276	0.268	0.004 0	0.40	23 461
95	15	11.6	1.6	16.5	0.199	0.193	0.003 9	0.39	31 759
120	18	13.0	1.6	18.1	0.158	0.153	0.003 5	0.35	39 911
150	18	14.6	1.8	20.2	0.128	0.124	0.003 5	0.35	49 505
185	30	16.2	2.0	22.5	0.102 1	0.099 1	0.003 5	0.35	61 846
240	34	18.4	2.2	25.6	0.077 7	0.075 4	0.003 4	0.34	79 823

表 4 铝芯、铝合金芯架空绝缘电缆技术要求

导体标称截面/mm²	导体中最少单线根数	导体外径（参考值）/mm	绝缘标称厚度/mm	单根线芯标称平均外径最大值/mm	20℃时最大导体电阻/Ω/km		额定工作温度时最小绝缘电阻/MΩ·km		单芯电缆拉断力/N	
					铝芯	铝合金	70℃	90℃	铝芯	铝合金芯
10	6	3.8	1.0	6.5	3.08	3.574	0.006 7	0.67	1650	2514
16	6	4.8	1.2	8.0	1.91	2.217	0.006 5	0.65	2517	4022
25	6	6.0	1.2	9.4	1.20	1.393	0.005 4	0.54	3762	6284
35	6	7.0	1.4	11.0	0.868	1.007	0.005 4	0.54	5177	8800
50	6	8.4	1.4	12.3	0.641	0.744	0.004 6	0.46	7011	12 569
70	12	10.0	1.4	14.1	0.443	0.514	0.004 0	0.40	10 354	17 596
95	15	11.6	1.6	16.5	0.320	0.371	0.003 9	0.39	13 727	23 880
120	15	13.0	1.6	18.1	0.253	0.294	0.003 5	0.35	17 339	30 164
150	15	14.6	1.8	20.2	0.206	0.239	0.003 5	0.35	21 033	37 706
185	30	16.2	2.0	22.5	0.164	0.190	0.003 5	0.35	26 732	46 503
240	30	18.4	2.2	25.6	0.125	0.145	0.003 4	0.34	34 679	60 329

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4（续）

导体标称截面/mm²	导体中最少单线根数	导体外径（参考值）/mm	绝缘标称厚度/mm	单根线芯标称平均外径最大值/mm	20℃时最大导体电阻/Ω/km		额定工作温度时最小绝缘电阻/MΩ·km		单芯电缆拉断力/N	
					铝芯	铝合金	70℃	90℃	铝芯	铝合金芯
300	30	20.8	2.2	27.2	0.100	0.116	0.003 3	0.33	43 349	75 411
400	53	23.2	2.2	30.7	0.077 8	0.090 4	0.003 2	0.32	55 707	100 548

7.2 绝缘

7.2.1 材料

绝缘应采用耐候型的聚氯乙烯、聚乙烯、交联聚乙烯为基的混合料。材料的机械物理性能应符合表 5 的规定。

表5 绝缘材料技术要求

序号	项目		单位	性能要求		
				聚氯乙烯	聚乙烯	交联聚乙烯
1	抗张强度和断裂伸长率					
1.1	原始性能					
	抗张强度	最小	MPa	12.5	10	12.5
	断裂伸长率	最小	%	150	300	200
1.2	空气烘箱老化试验					
	老化温度		℃	80±2	100±2	135±2
	老化时间		h	168	240	168
	抗张强度	最小	MPa	12.5	—	—
	变化率	最大	%	±20	—	±25
	断裂伸长率	最小	%	150	300	
	变化率	最大	%	±20	—	±25
1.3	人工气候老化试验[a]					
	老化时间		h	1008	1008	1008
	试验结果：					
	a）0h～1008h					
	抗张强度变化率	最大	%	±30	±30	±30
	断裂伸长率变化率	最大	%	±30	±30	±30
	b）504h～1008h					
	抗张强度变化率	最大	%	±15	±15	±15
	断裂伸长率变化率	最大	%	±15	±15	±15
2	热失重试验					
	温度		℃	80±2	—	—
	时间		h	168	—	—
	失重	最大	mg/cm²	2.0	—	—

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5（续）

序号	项　目	单位	性能要求		
			聚氯乙烯	聚乙烯	交联聚乙烯
3	抗开裂试验				
	温度	℃	150±3	—	—
	时间	h	1	—	—
	试验结果		不开裂	—	—
4	高温压力试验				
	温度	℃	80±3	—	—
	时间	h	4（6）	—	—
	试验结果	%	50	—	—
5	低温卷绕试验				
	温度	℃	–35	—	—
	试验结果		不开裂	—	—
6	低温拉伸试验				
	温度	℃	–35	—	—
	断裂伸长率　最小	%	20	—	—
7	低温冲击试验				
	温度	℃	–35	—	—
	试验结果		不开裂	—	—
8	吸水试验				
8.1	电压法				
	温度	℃	70±2	—	—
	时间	h	240	—	—
	试验结果		不开裂	—	—
8.2	重量法				
	温度	℃	—	85±2	85±2
	时间	h	—	336	336
	吸水量　最大量	%	—	1	1
9	收缩试验				
	温度	℃	—	100±2	130±2
	时间	h	—	1	1
	收缩率　最大值	%	—	4	4
10	热延伸试验				
	温度	℃	—	—	200±3
	载荷时间	min	—	—	15
	机械应力	N/cm^2	—	—	20
	载荷下伸长率	%	—	—	175
	冷却后永久伸长率	%	—	—	15
11	熔融指数				
	老化前允许值	g/10min		0.4	—

a　人工老化试验方法见附录 A。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.2.2 结构

绝缘厚度的标称值应符合表 3、表 4 的规定。绝缘厚度的平均值应不小于标称值，最薄处厚度应不小于标称值的 90%减去 0.1mm 后的结果。

绝缘应紧密挤包在导体上，绝缘表面应平整、色泽均匀。

两芯及两芯以上电缆的绝缘上应有识别相序的标志，且容易识别。A 相为一根凸脊，B 相为二根凸脊，C 相为三根凸脊。根据供需双方协议，也可采用其他耐久易区分的标示方法。

7.2.3 中间检验

绝缘线芯应按 GB/T 3048.9—2007 的规定，进行火花试验，作为生产过程中的中间检验。

7.3 绞合电缆成缆

两芯及两芯以上电缆的绝缘线芯应按 A、B、C 顺向序绞合成束，绞合方向为右向，绞合节距不大于绝缘线芯计算绞合外径的 25 倍。

7.4 成品电缆

7.4.1 电缆的外径和结构尺寸应符合表 3、表 4 的规定。导体的单线直径不做考核。

7.4.2 电缆的拉断力应符合表 3、表 4 的规定。软铜线芯多芯电缆的拉断力由承载线芯决定，视具体工程配套用辅助线芯而定。

7.4.3 电缆的导体电阻应符合表 3、表 4 的规定。

7.4.4 电缆应能承受 3.5kV、1min 电压试验。

单芯电缆应浸在室温水（附加电极）中 1h 后进行。

注：单芯电缆的火花试验正在考虑中。

7.4.5 电缆的绝缘电阻应符合表 3、表 4 的规定。试样应在通过 7.4.4 规定的电压试验后的电缆上截取，其长度不小于 10m，浸入为电压额定工作温度±2℃中，2h 后进行试验。

7.4.6 电缆绝缘的机械物理特性应符合表 5 的规定。

7.4.7 电缆的燃烧性能应符合 GB/T 18380.1—2001 的规定。

7.4.8 电缆应按附录 B 规定的方法进行耐磨性试验，电缆的耐磨次数应不少于 20 000 次。

试验时试样端部悬挂的负荷应符合下述规定：

——导体标称截面 16mm^2 及以上电缆：50N；

——导体标称截面 16mm^2 以下电缆：30N。

7.4.9 成品电缆的表面应有制造厂名、型号或制造厂名、型号、截面和电压的连续标志。标志应字迹清楚、容易辨认、耐擦。标志可以印刷，也可以采用凹模压印在电缆表面上，一个完整标志的末端与下一个标志的始端之间的距离应不超过 500mm。油墨印刷标志的耐磨性试验应按照 GB/T 6995.4—2008 的规定。

7.4.10 电缆交货长度按双方协议规定。长度计量误差应不超过±0.5%。

8 试验方法

产品应按照表 6 规定的项目和试验方法进行试验。

9 验收规则

9.1 产品应由制造厂的质量检查部门检查合格后方能出厂，出厂产品应附有质量检验合格证。

9.2 产品应按规定试验进行验收。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表6 检 验 规 则

序号	试验项目	条款	试验类型			试验方法
			聚氯乙烯绝缘	聚乙烯绝缘	交联聚乙烯绝缘	
1	结构尺寸					
1.1	导体	7.1	T，S	T，S	T，S	GB/T 4909.2—1985
1.2	绝缘厚度	7.1、7.2.2	T，S	T，S	T，S	GB/T 2951.1—1997
1.3	电缆外径	7.1、7.4.1	T，S	T，S	T，S	GB/T 2951.1—1997
2	电缆拉断力	7.1、7.4.2	T，S	T，S	T，S	GB/T 4909.3—1985
3	导体电阻	7.1、7.4.3	T，R	T，R	T，R	GB/T 3048.4—2007
4	电压试验	7.4.4	T，R	T，R	T，R	GB/T 3048.8—2007
5	绝缘电阻	7.1、7.4.5	T，S	T，S	T，S	GB/T 3048.5—2007
6	绝缘机械物理性能	7.4.6				
6.1	空气烘箱老化试验		T，S	T，S	T，S	GB/T 2951.2—1997
6.2	人工气候老化试验		T，S	—	—	本标准附录A
6.3	热失重		T，S	—	—	GB/T 2951.7—1997
6.4	抗开裂		T，S	—	—	GB/T 2951.6—1997
6.5	高温压力		T，S	—	—	GB/T 2951.6—1997
6.6	低温卷绕		T，S	—	—	GB/T 2951.4—1997
6.7	低温拉伸		T，S	—	—	GB/T 2951.4—1997
6.8	低温冲击		T，S	—	—	GB/T 2951.4—1997
6.9	吸水试验					
6.9.1	电压法		T，S			GB/T 2951.5—1997
6.9.2	重量法		—	T，S	T，S	GB/T 2951.5—1997
6.10	收缩试验		—	T，S	T，S	GB/T 2951.3—1997
6.11	热延伸		—	—	T，S	GB/T 2951.5—1997
6.12	熔融指数		—	T，S	—	GB/T 3682—2000
7	燃烧性能	7.4.7	T，S	—	—	GB/T 18380.1—2001
8	耐磨性能	7.4.8	T，S	T，S	—	本标准附录B
9	印刷标志耐磨性能	7.4.9	T，S	T，S	T，S	GB/T 6995.1—2008
10	交货长度	7.4.10	R	R	R	计米器

9.3 每批抽样数量由双方协议规定。如果用户不提出要求时，由制造厂规定。

9.4 抽检项目的检验结果不合格时，应加倍取样。如果对不合格项目进行第二次试验仍不合格时，应100%进行检验。

9.5 制造厂和用户对验收如有争议，应由双方认可的权威机构进行仲裁试验。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10 包装、运输及贮存

10.1 电缆应妥善包装在符合 JB/T 8137—1999 规定要求的电缆盘上交货。

10.2 电缆端头应可靠密封、伸出盘外的电缆端头应钉保护罩，伸头的长度应不小于 300mm。

10.3 成盘电缆的电缆盘外侧及成圈电缆的附加标签应标明：

a） 制造厂名或商标；

b） 电缆型号及规格；

c） 长度（单位为 m）；

d） 毛重（单位为 kg）；

e） 制造日期：　　年　　月；

f） 表示电缆盘正确旋转方向的符号；

g） 标准编号。

10.4 运输和贮存应按照下列要求进行：

a） 电缆应避免在露天存放，电缆盘不允许平放；

b） 运输中禁止从高处扔下装有电缆的电缆盘，严禁机械损伤电缆；

c） 吊装包装件时，严禁几盘同时吊装。在车辆船舶等运输工具上，电缆盘必须放稳，并用合适方法固定，防止互撞或翻倒。

附　录　A
（资料性附录）
人工气候老化试验方法（氙灯法）

A.1 适用范围

本试验方法适用于聚氯乙烯（PVC）、聚乙烯（PE）、交联聚乙烯（XLPE）绝缘架空电缆的人工气候老化性能的规定。

A.2 试验设备

A.2.1 氙灯气候老化箱：

——氙灯功率 6kW，试样转架直径ϕ800mm～959mm，高 365mm，试样转架每分钟旋转一周，箱体温度 55℃±3℃，相对湿度（85±5）%。

——喷水应为清洁的自来水，喷水水压 0.12MPa～0.15MPa，喷水嘴内径ϕ0.8mm。以 18min 喷水、光照、102min 单独光照，周期进行。

A.2.2 臭氧发生装置。

A.2.3 工业用二氧化硫。

A.2.4 –40℃冷冻箱。

A.2.5 拉力试验机：示值精度，从各级度盘 1/10 量程以上，但不小于最大负荷的 4%开始，为±1%。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

A.3 试样制备

从被试电缆的端部 500mm 处切取足够长度的电缆，并从电缆中取出导体，制取绝缘试样（试片），能供三组试验测定有效性能。有机械损伤的样段不能作为试样用于试验。

——第一组试样至少应 5 个，供原始性能测量用；

——第二组试样至少应 5 个，供 0h～1008h 光老化后性能测量用；

——第三组试样至少应 5 个，供 504h～1008h 光老化后性能测量用。

A.4 试验步骤

A.4.1 第一组试样保存在阴凉干燥处，第二、第三组试样应放入氙灯气候箱内进行试验，其中第三组试样应在试验开始 504h 后放入，试样放入气候箱内后，应在保持约 5%的伸长下进行试验。

A.4.2 试验循环：整个试验持续 6 个星期，每星期为一次循环，其中 6 天按 A.2.1 进行试验，第 7 天按下述的 a、b、c 调节规定的条件进行试验。

——调节 a：老化试样应在温度为 40℃±3℃，含 0.067%二氧化硫和浓度大于 20×10^{-6} 臭氧的环境中放置 1 天；

——调节 b：老化试样应从 A.2.1 的环境中移至–25℃±2℃冷冻室内，进行冷热试验，共进行三次，每次 2h，两次热震时间应等于或大于 1h；

——调节 c：老化试样应在 40℃±3℃，含 0.067%二氧化硫饱和湿度的容器内放置 8h，然后，打开容器，在试验室温环境中放置 16h。

A.4.3 在规定的老化时间后，取出试样，置环境温度下存放至少 16h，与第一组试样对比进行外观检查。

A.4.4 按 GB/T 2951.1—1997 的要求，在光照面冲切哑铃片和预处理后，测定老化前后三组试片的抗张强度和断裂伸长率。制作试片时，不能磨削光照面。

A.4.5 当按 A.4.4 的规定，不能在光照面冲切哑铃片时，允许从同一型号的其他规格上切取，其老化性能等效。

A.5 试验结果及计算

A.5.1 检查光照面，试样应无明显的龟裂。

A.5.2 试验结果用老化前后的抗张强度和断裂伸长率的变化率（%）表示，按下式计算，其变化率应符合产品标准的规定。

$$TS_1=(T_2-T_1)/T_1\times100\%$$

$$EB_1=(E_2-E_1)/E_1\times100\%$$

$$TS_2=(T_2-T_3)/T_1\times100\%$$

$$EB_2=(E_2-E_3)/E_1\times100\%$$

式中：

TS_1 ——0h～1008h 光老化后抗张强度的变化率，%；

EB_1 ——0h～1008h 光老化后断裂伸长率的变化率，%；

TS_2 ——504h～1008h 光老化后抗张强度的变化率，%；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

EB_2——504h～1008h 光老化后断裂伸长率的变化率，%；
T_1——光老化前（第一组试样）抗张强度的中间值，MPa；
E_1——光老化前（第一组试样）断裂伸长率的中间值，%；
T_2——光老化后（第二组试样，光老化 1008h）抗张强度的中间值，MPa；
E_2——光老化后（第二组试样，光老化 1008h）断裂伸长率的中间值，%；
T_3——光老化后（第三组试样，光老化 504h）抗张强度的中间值，MPa；
E_3——光老化后（第三组试样，光老化 504h）断裂伸长率的中间值，%。

附 录 B
（规范性附录）
耐 磨 性 能 试 验

B.1 适用范围

本试验方法适用于架空绝缘电缆的耐磨性能的测定。

B.2 试验设备

试验装置的直径为 12cm，类似鼠笼转子。在转子圆周上均匀配置 12 根直径为 12mm 钢制的圆棒，固定在转子的两端面上，转子旋转方向应与挂重物一端的重力方向一致，其转速为 8r/min±0.5r/min，被试电缆置于转子的钢制圆棒上。

B.3 试样制备

从被试电缆的端部 500mm 处切取三根 75cm 长的单芯试样，仔细擦净并弄直试样，然后剥取一端的绝缘，把 24V 电压施加在导体和试验装置之间。

B.4 试验步骤

B.4.1 试验前，被试电缆应置于 23℃±5℃的环境至少 24h。
B.4.2 把被试电缆的中点按水平方向置于转子的钢制圆棒上，其一端固定，另一端悬挂按产品标准规定的重量，并接通 24V 试验电压。
B.4.3 如被试电缆的耐磨次数大于 5000 次，则在 5000 次时，应擦净试样和钢棒间的磨屑。
B.4.4 试验环境温度为 23℃±5℃。

B.5 试验结果

如无特殊规定，试验至被试试样露导体（即试样和圆棒相接触，24V 试验回路动作）次数的平均值为耐磨次数，并应符合产品标准的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

GB/T 50303—2002

建筑电气工程施工质量验收规范（略）[1]

[1] 本标准因版权问题暂不收录。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

DL/T 5220—2005
代替 SDJ 206—1987

10kV 及以下架空配电线路设计技术规程

Code for designing over-head distribution transmission line up to 10kV

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言……91
1　范围……92
2　规范性引用文件……92
3　术语和符号……92
4　总则……93
5　路径……93
6　气象条件……94
7　导线……94
8　绝缘子、金具……96
9　导线排列……97
10　电杆、拉线和基础……98
11　变压器台和开关设备……100
12　防雷和接地……101
13　对地距离及交叉跨越……102
14　接户线……104
附录 A（规范性附录）　典型气象区……107
附录 B（规范性附录）　架空配电线路污秽分级标准……107
附录 C（规范性附录）　弱电线路等级……108
附录 D（规范性附录）　公路等级……109
条文说明……110

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

前　言

本标准是根据原国家经贸委《关于下达2000年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（国经贸电力［2000］70号）的安排，对原水利电力部1987年1月颁发的SDJ 206—1987《架空配电线路设计技术规程》进行的修订。

本标准较修订前的规程有以下重要技术内容的改变：

（1）本标准将范围明确为10kV及以下架空电力线路设计，以满足城市和农村供电的要求。

（2）为满足城市电网供电的可靠性及电能质量日益提高的要求，1990年以后在我国大中城市配电线路建设中逐步采用架空绝缘导线。故本次修订增加了10kV及以下绝缘导线设计的有关内容。

（3）对交叉跨越提出了补充，补充了典型气象区。

（4）原规程中某些不适合当前生产要求的章节条款，已予删除或修改。

本标准实施后代替SDJ 206—1987。

本标准的附录A、附录B、附录C、附录D均为规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电力规划设计标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准主要起草单位：天津电力设计院。

本标准参加起草单位：北京供电设计院、武汉供电设计院、南京电力设计研究院。

本标准主要起草人：李世森、程景春、许宝颐、刘寅初、王秀岩、刘纲、王学仓。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1 范 围

1.0.1 本标准规定了 10kV 及以下交流架空配电线路（以下简称配电线路）的设计原则。

1.0.2 本标准适用于 10kV 及以下交流架空配电线路的设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 1179 圆线同心绞架空导线

GB 12527 额定电压 1kV 及以下架空绝缘电缆

GB 14049 额定电压 10kV、35kV 架空绝缘电缆

GB/T 16434 高压架空线路和发电厂、变电所环境污区分级及外绝缘选择标准

GB 50060 3～110kV 高压配电装置设计规范

GB 50061 66kV 及以下架空电力线路设计规范

DL/T 765.1 架空配电线路金具技术条件

DL/T 5092 110kV～500kV 架空送电线路设计技术规程

DL/T 5130 架空送电线路钢管杆设计技术规定

JTJ 001 公路工程技术标准

3 术语和符号

3.1 术语

3.1.1

平均运行张力 everyday tension

导线在年平均气温计算情况下的弧垂最低点张力。

3.1.2

钢筋混凝土杆 reinforced concrete pole

普通钢筋混凝土杆、部分预应力混凝土杆及预应力钢筋混凝土杆的统称。

3.1.3

居民区 residential area

城镇、工业企业地区、港口、码头、车站等人口密集区。

3.1.4

非居民区 nomresidential area

上述居民区以外的地区。虽然时常有人、有车辆或农业机械到达，但未建房屋或房屋稀少。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.1.5

交通困难地区 difficult transport area

车辆、农业机械不能到达的地区。

3.1.6

大档距 iarge distance

配电线路由于档距已超出正常范围，引起杆塔结构型式、导线型号均需特殊设计，且该档距中发生故障时，修复特别困难的耐张段（如线路跨越通航大河流、湖泊、山谷等）。

3.2 符号

W_X——导线风荷载标准值，kN。

W_0——基准风压标准值，kN/m^2。

μ_s——风荷载体型系数。

μ_z——风压高度变化系数。

β——风振系数。

α——风荷载档距系数。

L_W——水平档距，m。

4 总 则

4.0.1 配电线路的设计必须贯彻国家的建设方针和技术经济政策，做到安全可靠、经济适用。

4.0.2 配电线路设计必须从实际出发，结合地区特点，积极慎重地采用新材料、新工艺、新技术、新设备。

4.0.3 主干配电线路的导线布置和杆塔结构等设计，应考虑便于带电作业。

4.0.4 配电线路大档距的设计，应符合 DL/T 5092 的规定。

4.0.5 配电线路的设计，除应按本标准规定执行外，还应符合现行国家标准和有关电力行业标准的规定。

5 路 径

5.0.1 配电线路路径的选择，应认真进行调查研究，综合考虑运行、施工、交通条件和路径长度等因素，统筹兼顾，全面安排，做到经济合理、安全适用。

5.0.2 配电线路的路径，应与城镇总体规划相结合，与各种管线和其他市政设施协调，线路杆塔位置应与城镇环境美化相适应。

5.0.3 配电线路路径和杆位的选择应避开低洼地、易冲刷地带和影响线路安全运行的其他地段。

5.0.4 乡镇地区配电线路路径应与道路、河道、灌渠相协调，不占或少占农田。

5.0.5 配电线路应避开储存易燃、易爆物的仓库区域。配电线路与有火灾危险性的生产厂房和库房、易燃易爆材料场以及可燃或易燃、易爆液（气）体储罐的防火间距不应小于杆塔高度的 1.5 倍。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6 气 象 条 件

6.0.1 配电线路设计所采用的气象条件，应根据当地的气象资料和附近已有线路的运行经验确定。如当地气象资料与附录 A 典型气象区接近，宜采用典型气象区所列数值。

6.0.2 配电线路的最大设计风速值，应采用离地面 10m 高处，10 年一遇 10min 平均最大值。如无可靠资料，在空旷平坦地区不应小于 25m/s，在山区宜采用附近平坦地区风速的 1.1 倍且不应小于 25m/s。

6.0.3 配电线路通过市区或森林等地区，如两侧屏蔽物的平均高度大于杆塔高度的 2/3，其最大设计风速宜比当地最大设计风速减少 20%。

6.0.4 配电线路邻近城市高层建筑周围，其迎风地段风速值应较其他地段适当增加，如无可靠资料时，一般应按附近平地风速增加 20%。

6.0.5 配电线路设计采用的年平均气温应按下列方法确定：

（1）当地区的年平均气温在 3℃～17℃时，年平均气温应取与此数较邻近的 5 的倍数值。

（2）当地区的年平均气温小于 3℃或大于 17℃时，应将年平均气温减少 3℃～5℃后，取与此数邻近的 5 的倍数值。

6.0.6 配电线路设计采用导线的覆冰厚度，应根据附近已有线路运行经验确定，导线覆冰厚度宜取 5mm 的倍数。

7 导 线

7.0.1 配电线路应采用多股绞合导线，其技术性能应符合 GB/T 1179、GB 14049、GB 12527 等规定。

7.0.2 钢芯铝绞线及其他复合导线，应按最大使用张力或平均运行张力进行计算。

7.0.3 风向与线路垂直情况导线风荷载的标准值应按下式计算：

$$W_X=\alpha\mu_s dL_W W_0 \qquad (7.0.3)$$

式中：

W_X——导线风荷载的标准值，kN；

α——风荷载档距系数，按本标准第 10.0.7 条的规定采用；

μ_s——风荷载体型系数，当 $d<17$mm，取 1.2；当 $d\geqslant17$mm，取 1.1；覆冰时，取 1.2；

d——导线覆冰后的计算外径，m；

L_W——水平档距，m；

W_0——基准风压标准值，kN/m^2。

7.0.4 城镇配电线路，遇下列情况应采用架空绝缘导线：

1 线路走廊狭窄的地段。

2 高层建筑邻近地段。

3 繁华街道或人口密集地区。

4 游览区和绿化区。

5 空气严重污秽地段。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6 建筑施工现场。

7.0.5 导线的设计安全系数，不应小于表 7.0.5 所列数值。

表 7.0.5 导线设计的最小安全系数

绝缘导线种类	一 般 地 区	重 要 地 区
铝绞线、钢芯铝绞线、铝合金线	2.5	3.0
铜绞线	2.0	2.5

7.0.6 配电线路导线截面的确定应符合下列规定：

1 结合地区配电网发展规划和对导线截面确定，每个地区的导线规格宜采用 3～4 种。无配电网规划地区不宜小于表 7.0.6 所列数值。

表 7.0.6 导 线 截 面 mm^2

导线种类	1kV～10kV 配电线路			1kV 以下配电线路		
	主干线	分干线	分支线	主干线	分干线	分支线
铝绞线及铝合金线	120（125）	70（63）	50（40）	95（100）	70（63）	50（40）
钢芯铝绞线	120（125）	70（63）	50（40）	95（100）	70（63）	50（40）
铜绞线	—	—	16	50	35	16
绝缘铝绞线	150	95	50	95	70	50
绝缘铜绞线	—	—	—	70	50	35
注：（ ）为圆线同心绞线（见 GB/T 1179）。						

2 采用允许电压降校核时：

1） 1kV～10kV 配电线路，自供电的变电所二次侧出口至线路末端变压器或末端受电变电所一次侧入口的允许电压降为供电变电所二次侧额定电压的 5%。

2） 1kV 以下配电线路，自配电变压器二次侧出口至线路末端（不包括接户线）的允许电压降为额定电压的 4%。

7.0.7 校验导线载流量时，裸导线与聚乙烯、聚氯乙烯绝缘导线的允许温度采用+70℃，交联聚乙烯绝缘导线的允许温度采用+90℃。

7.0.8 1kV 以下三相四线制的零线截面，应与相线截面相同。

7.0.9 导线的连接，应符合下列规定：

1 不同金属、不同规格、不同绞向的导线，严禁在档距内连接。

2 在一个档距内，每根导线不应超过一个连接头。

3 档距内接头距导线的固定点的距离，不应小于 0.5m。

4 钢芯铝绞线，铝绞线在档距内的连接，宜采用钳压方法。

5 铜绞线在档距内的连接，宜采用插接或钳压方法。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6 铜绞线与铝绞线的跳线连接，宜采用铜铝过渡线夹、铜铝过渡线。

7 铜绞线、铝绞线的跳线连接，宜采用线夹、钳压连接方法。

7.0.10 导线连接点的电阻，不应大于等长导线的电阻。档距内连接点的机械强度，不应小于导线计算拉断力的95%。

7.0.11 导线的弧垂应根据计算确定。导线架设后塑性伸长对弧垂的影响，宜采用减小弧垂法补偿，弧垂减小的百分数为：

1 铝绞线、铝芯绝缘线为20%。

2 钢芯铝绞线为12%。

3 铜绞线、铜芯绝缘线为7%～8%。

7.0.12 配电线路的铝绞线、钢芯铝绞线，在与绝缘子或金具接触处，应缠绕铝包带。

8 绝缘子、金具

8.0.1 配电线路绝缘子的性能，应符合现行国家标准各类杆型所采用的绝缘子，且应符合下列规定：

1 1kV～10kV 配电线路：

1） 直线杆采用针式绝缘子或瓷横担。

2） 耐张杆宜采用两个悬式绝缘子组成的绝缘子串或一个悬式绝缘子和一个蝴蝶式绝缘子组成的绝缘子串。

3） 结合地区运行经验采用有机复合绝缘子。

2 1kV 以下配电线路：

1） 直线杆宜采用低压针式绝缘子。

2） 耐张杆应采用一个悬式绝缘子或蝴蝶式绝缘子。

8.0.2 在空气污秽地区，配电线路的电瓷外绝缘应根据地区运行经验和所处地段外绝缘污秽等级，增加绝缘的泄漏距离或采取其他防污措施。如无运行经验，应符合附录B所规定的数值。

8.0.3 绝缘子和金具的机械强度应按式（8.0.3）验算：

$$KF < F_u \tag{8.0.3}$$

式中：

K ——机械强度安全系数，可按表8.0.4采用；

F ——设计荷载，kN；

F_u ——悬式绝缘子的机电破坏荷载或针式绝缘子、瓷横担绝缘子的受弯破坏荷载或蝶式绝缘子、金具的破坏荷载，kN。

8.0.4 绝缘子和金具的安装设计宜采用安全系数设计法。绝缘子及金具的机械强度安全系数，应符合表8.0.4的规定。

表8.0.4 绝缘子及金具的机械强度安全系数

类型	安全系数	
	运行工况	断线工况
悬式绝缘子	2.7	1.8
针式绝缘子	2.5	1.5

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 8.0.4（续）

类　型	安全系数	
	运行工况	断线工况
蝴蝶式绝缘子	2.5	1.5
瓷横担绝缘子	3	2
有机复合绝缘子	3	2
金　　具	2.5	1.5

8.0.5　配电线路采用钢制金具应热镀锌，且应符合 DL/T 765.1 的技术规定。

9 导 线 排 列

9.0.1　1kV～10kV 配电线路的导线应采用三角排列、水平排列、垂直排列。1kV 以下配电线路的导线宜采用水平排列。城镇的 1kV～10kV 配电线路和 1kV 以下配电线路宜同杆架设，且应是同一电源并应有明显的标志。

9.0.2　同一地区 1kV 以下配电线路的导线在电杆上的排列应统一。零线应靠近电杆或靠近建筑物侧。同一回路的零线，不应高于相线。

9.0.3　1kV 以下路灯线在电杆上的位置，不应高于其他相线和零线。

9.0.4　配电线路的档距，宜采用表 9.0.4 所列数值。耐张段的长度不应大于 1km。

表 9.0.4　配电线路的档距　　m

电压 / 地段	1kV～10kV	1kV 以下
城　镇	40～50	40～50
空　旷	60～100	40～60
注：1kV 以下线路当采用集束型绝缘导线时，档距不宜大于 30m。		

9.0.5　沿建（构）筑物架设的 1kV 以下配电线路应采用绝缘线，导线支持点之间的距离不宜大于 15m。

9.0.6　配电线路导线的线间距离，应结合地区运行经验确定。如无可靠资料，导线的线间距离不应小于表 9.0.6 所列数值。

表 9.0.6　配电线路导线最小线间距离　　m

档距 / 线路电压	40 及以下	50	60	70	80	90	100
1kV～10kV	0.6（0.4）	0.65（0.5）	0.7	0.75	0.85	0.9	1.0
1kV 以下	0.3（0.3）	0.4（0.4）	0.45	—	—	—	—
注：（ ）内为绝缘导线数值。1kV 以下配电线路靠近电杆两侧导线间水平距离不应小于 0.5m。							

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.0.7 同电压等级同杆架设的双回线路或 1kV～10kV、1kV 以下同杆架设的线路、横担间的垂直距离不应小于表 9.0.7 所列数值。

表 9.0.7 同杆架设线路、横担间的最小垂直距离 m

电压类型 \ 杆型	直线杆	分支和转角杆
10kV 与 10kV	0.80	0.45/0.60[a]
10kV 与 1kV 以下	1.20	1.00
1kV 以下与 1kV 以下	0.60	0.30

[a] 转角或分支线如为单回线，则分支线横担距主干线横担为 0.6m；如为双回线，则分支线横担距上排主干线横担为 0.45m，距下排主干线横担为 0.6m。

9.0.8 同电压等级同杆架设的双回绝缘线路或 1kV～10kV、1kV 以下同杆架设的绝缘线路、横担间的垂直距离不应小于表 9.0.8 所列数值。

表 9.0.8 同杆架设绝缘线路、横担间的最小垂直距离 m

电压类型 \ 杆型	直线杆	分支和转角杆
10kV 与 10kV	0.5	0.5
10kV 与 1kV 以下	1.0	—
1kV 以下与 1kV 以下	0.3	0.3

9.0.9 1kV～10kV 配电线路与 35kV 线路同杆架设时，两线路导线间的垂直距离不应小于 2.0m。1kV～10kV 配电线路与 66kV 线路同杆架设时，两线路导线间的垂直距离不宜小于 3.5m，当 1kV～10kV 配电线路采用绝缘导线时，垂直距离不应小于 3.0m。

9.0.10 1kV～10kV 配电线路架设在同一横担上的导线，其截面差不宜大于三级。

9.0.11 配电线路每相的过引线、引下线与邻相的过引线、引下线或导线之间的净空距离，不应小于下列数值：

1 1kV～10kV 为 0.3m。

2 1kV 以下为 0.15m。

3 1kV～10kV 引下线与 1kV 以下的配电线路导线间距离不应小于 0.2m。

9.0.12 配电线路的导线与拉线、电杆或构架间的净空距离，不应小于下列数值：

1 1kV～10kV 为 0.2m。

2 1kV 以下为 0.1m。

10 电杆、拉线和基础

10.0.1 杆塔结构构件及其连接的承载力（强度和稳定）计算，应采用荷载设计值；变形、抗裂、裂缝、地基和基础稳定计算，均应采用荷载标准值。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10.0.2 杆塔结构构件的承载力的设计采用的极限状态设计表达式和杆塔结构式的变形、裂缝、抗裂计算采用的正常使用极限状态设计表达式，应按 GB 50061 的规定设计。

型钢、混凝土、钢筋的强度设计值和标准值，应按 GB 50061 的规定设计。

10.0.3 各型电杆应按下列荷载条件进行计算：

1 最大风速、无冰、未断线。

2 覆冰、相应风速、未断线。

3 最低气温、无冰、无风、未断线（适用于转角杆和终端杆）。

10.0.4 各杆塔均应按以下 3 种风向计算杆身、导线的风荷载：

1 风向与线路方向相垂直（转角杆应按转角等分线方向）。

2 风向与线路方向的夹角成 60°或 45°。

3 风向与线路方向相同。

10.0.5 风向与线路方向在各种角度情况下，杆塔、导线的风荷载，其垂直线路方向分量和顺线路方向分量，应符合 GB 50061 的规定。

10.0.6 杆塔的风振系数β，当杆塔高度为 30m 以下时取 1.0。

10.0.7 风荷载档距系数α，应按下列规定取值：

1 风速 20m/s 以下，α=1.0。

2 风速（20～29）m/s，α=0.85。

3 风速（30～34）m/s，α=0.75。

4 风速 35m/s 及以上，α=0.7。

10.0.8 配电线路的钢筋混凝土电杆，应采用定型产品。电杆构造的要求应符合现行国家标准。

10.0.9 配电线路采用的横担应按受力情况进行强度计算，选用应规格化。采用钢材横担时，其规格不应小于：∠63mm×∠63mm×6mm。钢材的横担及附件应热镀锌。

10.0.10 拉线应根据电杆的受力情况装设。拉线与电杆的夹角宜采用 45°。当受地形限制可适当减小，且不应小于 30°。

10.0.11 跨越道路的水平拉线，对路边缘的垂直距离，不应小于 6m。拉线柱的倾斜角宜采用 10°～20°。跨越电车行车线的水平拉线，对路面的垂直距离，不应小于 9m。

10.0.12 拉线应采用镀锌钢绞线，其截面应按受力情况计算确定，且不应小于 25mm^2。

10.0.13 空旷地区配电线路连续直线杆超过 10 基时，宜装设防风拉线。

10.0.14 钢筋混凝土电杆，当设置拉线绝缘子时，在断拉线情况下拉线绝缘子距地面处不应小于 2.5m，地面范围的拉线应设置保护套。

10.0.15 拉线棒的直径应根据计算确定，且不应小于 16mm。拉线棒应热镀锌。腐蚀地区拉线棒直径应适当加大 2mm～4mm 或采取其他有效的防腐措施。

10.0.16 电杆基础应结合当地的运行经验、材料来源、地质情况等条件进行设计。

10.0.17 电杆埋设深度应计算确定。单回路的配电线路电杆埋设深度宜采用表 10.0.17 所列数值。

表 10.0.17 单回路电杆埋设深度 m

杆高	8.0	9.0	10.0	12.0	13.0	15.0
埋深	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.3

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10.0.18 多回路的配电线路验算电杆基础底面压应力、抗拔稳定、倾覆稳定时，应符合 GB 50061 的规定。

10.0.19 现浇基础的混凝土强度不宜低于 C15 级，预制基础的混凝土强度等级不宜低于 C20 级。

10.0.20 采用岩石制作的底盘、卡盘、拉线盘应选择结构完整、质地坚硬的石料（如花岗岩等），且应进行试验和鉴定。

10.0.21 配电线路采用钢管杆时，应结合当地实际情况选定。钢管杆的基础型式、基础的倾覆稳定应符合 DL/T 5130 的规定。

11 变压器台和开关设备

11.0.1 配电变压器台的设置，其位置应在负荷中心或附近便于更换和检修设备的地段。

11.0.2 下列类型的电杆不宜装设变压器台：

1 转角、分支电杆。

2 设有接户线或电缆头的电杆。

3 设有线路开关设备的电杆。

4 交叉路口的电杆。

5 低压接户线较多的电杆。

6 人员易于触及或人员密集地段的电杆。

7 有严重污秽地段的电杆。

11.0.3 400kVA 及以下的变压器，宜采用柱上式变压器台。400kVA 以上的变压器，宜采用室内装置。当采用箱式变压器或落地式变台时，应综合考虑使用性质、周围环境等条件。

11.0.4 柱上式变压器台底部距地面高度，不应小于 2.5m。其带电部分，应综合考虑周围环境等条件。

落地式变压器台应装设固定围栏，围栏与带电部分间的安全净距，应符合 GB 50060 的规定。

11.0.5 变压器台的引下线、引上线和母线应采用多股铜芯绝缘线，其截面应按变压器额定电流选择，且不应小于 16mm^2。变压器的一、二次侧应装设相适应的电气设备。一次侧熔断器装设的对地垂直距离不应小于 4.5m，二次侧熔断器或断路器装设的对地垂直距离不应小于 3.5m。各相熔断器水平距离：一次侧不应小于 0.5m，二次侧不应小于 0.3m。

11.0.6 配电变压器应选用节能系列变压器，其性能应符合现行国家标准。

11.0.7 一、二次侧熔断器或隔离开关、低压断路器，应优先选用少维护的符合国家标准的定型产品，并应与负荷电流、导线最大允许电流、运行电压等相配合。

11.0.8 配电变压器熔丝的选择宜按下列要求进行：

1 容量在 100kVA 及以下者，高压侧熔丝按变压器额定电流的 2～3 倍选择。

2 容量在 100kVA 及以上者，高压侧熔丝按变压器额定电流的 1.5～2 倍选择。

3 变压器低压侧熔丝（片）或断路器长延时整定值按变压器额定电流选择。

4 繁华地段，居民密集区域宜设置单相接地保护。

11.0.9 1kV～10kV 配电线路较长的主干线或分支线应装设分段或分支开关设备。环形供电网络应装设联络开关设备。1kV～10kV 配电线路在线路的管区分界处宜装设开关设备。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

12 防雷和接地

12.0.1 无避雷线的 1kV～10kV 配电线路，在居民区的钢筋混凝土电杆宜接地，金属管杆应接地，接地电阻均不宜超过 30Ω。

中性点直接接地的 1kV 以下配电线路和 10kV 及以下共杆的电力线路，其钢筋混凝土电杆的铁横担或金属杆，应与零线连接，钢筋混凝土电杆的钢筋宜与零线连接。

中性点非直接接地的 1kV 以下配电线路，其钢筋混凝土电杆宜接地，金属杆应接地，接地电阻不宜大于 50Ω。

沥青路面上的或有运行经验地区的钢筋混凝土电杆和金属杆，可不另设人工接地装置，钢筋混凝土电杆的钢筋、铁横担和金属杆也可不与零线连接。

12.0.2 有避雷线的配电线路，其接地装置在雷雨季节干燥时间的工频接地电阻不宜大于表 12.0.2 所列的数值。

表 12.0.2 电杆的接地电阻

土壤电阻率（Ω·m）	工频接地电阻（Ω）	土壤电阻率（Ω·m）	工频接地电阻（Ω）
100 及以下	10	1000 以上至 2000	25
100 以上至 500	15	2000 以上	30[a]
500 以上至 1000	20	—	—

a 如土壤电阻率较高，接地电阻很难降到 30Ω，可采用 6～8 根总长不超过 500m 的放射型接地体或连续伸长接地体，其接地电阻不限制。

12.0.3 柱上断路器应设防雷装置。经常开路运行而又带电的柱上断路器或隔离开关的两侧，均应设防雷装置，其接地线与柱上断路器等金属外壳应连接并接地，且接地电阻不应大于 10Ω。

12.0.4 配电变压器的防雷装置应结合地区运行经验确定。防雷装置位置，应尽量靠近变压器，其接地线应与变压器二次侧中性点以及金属外壳相连并接地。

12.0.5 多雷区，为防止雷电波或低压侧雷电波击穿配电变压器高压侧的绝缘，宜在低压侧装设避雷器或击穿熔断器。如低压侧中性点不接地，应在低压侧中性点装设击穿熔断器。

12.0.6 1kV～10kV 配电线路，当采用绝缘导线时宜有防雷措施，防雷措施应根据当地雷电活动情况和实际运行经验确定。

12.0.7 为防止雷电波沿 1kV 以下配电线路侵入建筑物，接户线上的绝缘子铁脚宜接地，其接地电阻不宜大于 30Ω。

年平均雷暴日数不超过 30 日/年的地区和 1kV 以下配电线被建筑物屏蔽的地区以及接户线与 1kV 以下干线接地点的距离不大于 50m 的地方，绝缘子铁脚可不接地。

如 1kV 以下配电线路的钢筋混凝土电杆的自然接地电阻不大于 30Ω，可不另设接地装置。

12.0.8 中性点直接接地的 1kV 以下配电线路中的零线，应在电源点接地。在干线和分干线

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

终端处，应重复接地。

1kV 以下配电线路在引入大型建筑物处，如距接地点超过 50m，应将零线重复接地。

12.0.9 总容量为 100kVA 以上的变压器，其接地装置的接地电阻不应大于 4Ω，每个重复接地装置的接地电阻不应大于 10Ω。

总容量为 100kVA 及以下的变压器，其接地装置的接地电阻不应大于 10Ω，每个重复接地装置的接地电阻不应大于 30Ω，且重复接地不应少于 3 处。

12.0.10 悬挂架空绝缘导线的悬挂线两端应接地，其接地电阻不应大于 30Ω。

12.0.11 1kV～10kV 绝缘导线的配电线路在干线与分支线处、干线分段线路处宜装有接地线挂环及故障显示器。

12.0.12 配电线路通过耕地时，接地体应埋设在耕作深度以下，且不宜小于 0.6m。

12.0.13 接地体宜采用垂直敷设的角钢、圆钢、钢管或水平敷设的圆钢、扁钢。接地体和埋入土壤内接地线的规格，不应小于表 12.0.13 所列数值。

表 12.0.13 接地体和埋入土壤内接地线的最小规格

名称		地上	地下
圆钢直径 mm		8	10
扁钢	截面 mm^2	48	48
	厚 mm	4	4
角钢厚 mm		—	4
钢管壁厚 mm		—	3.5
镀锌钢绞线 mm^2		25	50

注：电器装置设置的接地端子的引下线，当采用镀锌钢绞线，截面不应小于 $25m^2$，腐蚀地区上述截面应适当加大，并采取防腐措施。

13 对地距离及交叉跨越

13.0.1 导线对地面、建筑物、树木、铁路、道路、河流、管道、索道及各种架空线路的距离，应根据最高气温情况或覆冰情况求得的最大弧垂和最大风速情况或覆冰情况求得的最大风偏计算。

计算上述距离，不应考虑由于电流、太阳辐射以及覆冰不均匀等引起的弧垂增大，但应计及导线架线后塑性伸长的影响和设计施工的误差。

13.0.2 导线与地面或水面的距离，不应小于表 13.0.2 数值。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 13.0.2 导线与地面或水面的最小距离 m

线路经过地区	线路电压	
	1kV～10kV	1kV 以下
居民区	6.5	6
非居民区	5.5	5
不能通航也不能浮运的河、湖（至冬季冰面）	5	5
不能通航也不能浮运的河、湖（至 50 年一遇洪水位）	3	3
交通困难地区	4.5（3）	4（3）
注：括号内为绝缘线数值。		

13.0.3 导线与山坡、峭壁、岩石地段之间的净空距离，在最大计算风偏情况下，不应小于表 13.0.3 所列数值。

表 13.0.3 导线与山坡、峭壁、岩石之间的最小距离 m

线路经过地区	线路电压	
	1kV～10kV	1kV 以下
步行可以到达的山坡	4.5	3.0
步行不能到达的山坡、峭壁和岩石	1.5	1.0

13.0.4 1kV～10kV 配电线路不应跨越屋顶为易燃材料做成的建筑物，对耐火屋顶的建筑物，应尽量不跨越，如需跨越，导线与建筑物的垂直距离在最大计算弧垂情况下，裸导线不应小于 3m，绝缘导线不应小于 2.5m。

1kV 以下配电线路跨越建筑物，导线与建筑物的垂直距离在最大计算弧垂情况下，裸导线不应小于 2.5m，绝缘导线不应小于 2m。

线路边线与永久建筑物之间的距离在最大风偏情况下，不应小于下列数值：

1kV～10kV：裸导线 1.5m，绝缘导线 0.75m。（相邻建筑物无门窗或实墙）

1kV 以下：裸导线 1m，绝缘导线 0.2m。（相邻建筑物无门窗或实墙）

在无风情况下，导线与不在规划范围内城市建筑物之间的水平距离，不应小于上述数值的一半。

注 1：导线与城市多层建筑物或规划建筑线间的距离，指水平距离。

注 2：导线与不在规划范围内的城市建筑物间的距离，指净空距离。

13.0.5 1kV～10kV 配电线路通过林区应砍伐出通道，通道净宽度为导线边线向外侧水平延伸 5m，绝缘线为 3m，当采用绝缘导线时不应小于 1m。

在下列情况下，如不妨碍架线施工，可不砍伐通道：

1 树木自然生长高度不超过 2m。

2 导线与树木（考虑自然生长高度）之间的垂直距离，不小于 3m。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

配电线路通过公园、绿化区和防护林带，导线与树木的净空距离在最大风偏情况下不应小于 3m。

配电线路通过果林、经济作物以及城市灌木林，不应砍伐通道，但导线至树梢的距离不应小于 1.5m。

配电线路的导线与街道行道树之间的距离，不应小于表 13.0.5 所列数值。

表 13.0.5 导线与街道行道树之间的最小距离 m

最大弧垂情况的垂直距离		最大风偏情况的水平距离	
1kV～10kV	1kV 以下	1kV～10kV	1kV 以下
1.5（0.8）	1.0（0.2）	2.0（1.0）	1.0（0.5）
注：括号内为绝缘导线数值。			

校验导线与树木之间的垂直距离，应考虑树木在修剪周期内生长的高度。

13.0.6 1kV～10kV 线路与特殊管道交叉时，应避开管道的检查井或检查孔，同时，交叉处管道上所有金属部件应接地。

13.0.7 配电线路与甲类厂房、库房，易燃材料堆场，甲、乙类液体贮罐，液化石油气贮罐，可燃、助燃气体贮罐最近水平距离，不应小于杆塔高度的 1.5 倍，丙类液体贮罐不应小于 1.2 倍。

13.0.8 配电线路与弱电线路交叉，应符合下列要求：

1 交叉角应符合表 13.0.8 的要求。

表 13.0.8 配电线路与弱电线路的交叉角

弱电线路等级	一级	二级	三级
交叉角	≥45°	≥30°	不限制

2 配电线路一般架在弱电线路上方。配电线路的电杆，应尽量接近交叉点，但不宜小于 7m（城区的线路，不受 7m 的限制）。

13.0.9 配电线路与铁路、道路、河流、管道、索道、人行天桥及各种架空线路交叉或接近，应符合表 13.0.9 的要求。

14 接 户 线

14.0.1 接户线是指 10kV 及以下配电线路与用户建筑物外第一支撑点之间的架空导线。

14.0.2 1kV～10kV 接户线的档距不宜大于 40m。档距超过 40m 时，应按 1kV～10kV 配电线路设计。1kV 以下接户线的档距不宜大于 25m，超过 25m 时宜设接户杆。

14.0.3 接户线应选用绝缘导线，1kV～10kV 接户线其截面不应小于下列数值：

铜芯绝缘导线为 25mm^2；

铝芯绝缘导线为 35mm^2。

www.789pdf.com 789书库网

表 13.0.9 架空配电线路与铁路、道路、河流、管道、索道及各种架空线路交叉或接近的基本要求

项目	铁路			公路		电车道	河流				弱电线路		电力线路 kV						特殊管道	一般管道、索道	人行天桥
	标准轨距	窄轨	电气化线路	高速公路，一级公路	二、三、四级公路	有轨及无轨	通航		不通航		一、二级	三级	1 以下	1～10	35～110	154～220	330	500			
导线最小截面	铝线及铝合金线 50mm²，铜线为 16mm²																				
导线在跨越档内的接头	不应接头	—	—	不应接头	—	不应接头	不应接头		—		不应接头	—	交叉不应接头	交叉不应接头	—	—	—	—	不应接头		—
导线支持方式	双固定		—	双固定	单固定	双固定	双固定		单固定		双固定	单固定	单固定	双固定	—	—	—	—	双固定		—
最小垂直距离 m：项目	至轨顶		接触线或承力索	至路面		至承力索或接触线	至常年高水位	至最高航行水位的最高船檐顶	至最高洪水位	冬季至冰面	至被跨越线		至导线						电力线在下面		—
最小垂直距离 m：线路电压						至路面													电力线在下面	电力线在下面至电力线上的保护设施	—
1kV～10kV	7.5	6.0	平原地区配电线路入地	7.0		3.0/9.0	6	1.5	3.0	5.0	2.0		2	2	3	4	5	8.5	3.0	2.0/2.0	5（4）
1kV 以下	7.5	6.0	平原地区配电线路入地	6.0		3.0/9.0	6	1.0	3.0	5.0	1.0		1	2	3	4	5	8.5	1.5/1.5		4（3）
最小水平距离 m：项目	电杆外缘至轨道中心			电杆中心至路面边缘		电杆中心至路面边缘	与拉纤小路平等的线路，边导线至斜坡上缘				在路径受限制地区，两线路边导线间		在路径受限制地区，两线路边导线间						在路径受限制地区，至管道、索道任何部分		导线边线至人行天桥边缘
最小水平距离 m：线路电压						电杆外缘至轨道中心															
1kV～10kV	交叉：5.0 平行：杆高+3.0		平行杆高+3.0	0.5		0.5/3.0	最高电杆高度				2.0		2.5	2.5	5.0	7.0	9.0	13.0	2.0		4.0
1kV 以下						0.5/3.0					1.0								1.5		2.0
备注			山区入地困难时，应协商，并签订协议	公路分级见附录D，城市道路的分级，参照公路的规定			最高洪水位时，有抗洪抢险船只航行的河流，垂直距离应协商确定				① 两平行线路在开阔地区的水平距离不应小于电杆高度；② 弱电线路分级见附录C		两平行线路开阔地区的水平距离不应小于电杆高度						① 特殊管道指架设在地面上的输送易燃、易爆物的管道；② 交叉点不应选在管道检查井（孔）处，与管道、索道平行、交叉时，管道、索道应接地		

注 1：1kV 以下配电线路与二、三级弱电线路，与公路交叉时，导线支持方式不限制；
注 2：架空配电线路与弱电线路交叉时，交叉档弱电线路的木质电杆应有防雷措施；
注 3：1kV～10kV 电力接户线与工业企业内自用的同电压等级的架空线路交叉时，接户线宜架设在上方；
注 4：不能通航河流指不能通航也不能浮运的河流；
注 5：对路径受限制地区的最小水平距离的要求，应计及架空电力线路导线的最大风偏；
注 6：公路等级应符合 JTJ001 的规定；
注 7：（ ）内数值为绝缘导线线路。

www.789pdf.com 789书库网
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1kV 以下接户线的导线截面应根据允许载流量选择，且不应小于下列数值：

铜芯绝缘导线为 $10mm^2$；

铝芯绝缘导线为 $16mm^2$。

14.0.4 1kV～10kV 接户线，线间距离不应小于 0.40m。1kV 以下接户线的线间距离，不应小于表 14.0.4 所列数值。1kV 以下接户线的零线和相线交叉处，应保持一定的距离或采取加强绝缘措施。

表 14.0.4 1kV 以下接户线的最小线间距离 m

架设方式	档距	线间距离
自电杆上引下	25 及以下	0.15
	25 以上	0.20
沿墙敷设水平排列或垂直排列	6 及以下	0.10
	6 以上	0.15

14.0.5 接户线受电端的对地面垂直距离，不应小于下列数值：

1kV～10kV 为 4m；

1kV 以下为 2.5m。

14.0.6 跨越街道的 1kV 以下接户线，至路面中心的垂直距离，不应小于下列数值：

有汽车通过的街道为 6m；

汽车通过困难的街道、人行道为 3.5m；

胡同（里、弄、巷）为 3m；

沿墙敷设对地面垂直距离为 2.5m。

14.0.7 1kV 以下接户线与建筑物有关部分的距离，不应小于下列数值：

与接户线下方窗户的垂直距离为 0.3m；

与接户线上方阳台或窗户的垂直距离为 0.8m；

与窗户或阳台的水平距离为 0.75m；

与墙壁、构架的距离为 0.05m。

14.0.8 1kV 以下接户线与弱电线路的交叉距离，不应小于下列数值：

在弱电线路的上方为 0.6m；

在弱电线路的下方为 0.3m。

如不能满足上述要求，应采取隔离措施。

14.0.9 1kV～10kV 接户线与各种管线的交叉，应符合表 13.0.8 和表 13.0.9 的规定。

14.0.10 1kV 以下接户线不应从高压引下线间穿过，严禁跨越铁路。

14.0.11 不同金属、不同规格的接户线，不应在档距内连接。跨越有汽车通过的街道的接户线，不应有接头。

14.0.12 接户线与线路导线若为铜铝连接，应有可靠的过渡措施。

14.0.13 各栋门之前的接户线若采用沿墙敷设时，应有保护措施。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 A
（规范性附录）
典 型 气 象 区

表 A.1 典 型 气 象 区

气 象 区		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ
大气温度℃	最高	+40								
	最低	−5	−10	−10	−20	−10	−20	−40	−20	−20
	覆冰	−5								
	最大风	+10	+10	−5	−5	+10	−5	−5	−5	−5
	安装	0	0	−5	−10	−5	−10	−15	−10	−10
	雷电过电压	+15								
	操作过电压、年平均气温	+20	+15	+15	+10	+15	+10	−5	+10	+10
风速 m/s	最大风	35	30	25	25	30	25	30	30	30
	覆冰	10[a]							15	
	安装	10								
	雷电过电压	15	10							
	操作过电压	0.5×最大风速（不低于 15m/s）								
覆冰厚度 mm		0	5	5	5	10	10	10	15	20
冰的密度 g/cm³		0.9							-	

a 一般情况下覆冰同时风速 10m/s，当有可靠资料表明需加大风速时可取 15m/s。

附 录 B
（规范性附录）
架空配电线路污秽分级标准

表 B.1 架空配电线路污秽分级标准

污秽等级	污 湿 特 征	盐密 mg/cm²	线路爬电比距 cm/kV	
			中性点非直接接地	中性点直接接地
0	大气清洁地区及离海岸盐场 50km 以上无明显污染地区	≤0.03	1.9	1.6

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 B.1（续）

污秽等级	污 湿 特 征	盐密 mg/cm²	线路爬电比距 cm/kV	
			中性点非直接接地	中性点直接接地
Ⅰ	大气轻度污染地区，工业区和人口低密集区，离海岸盐场 10km～50km 地区。在污闪季节中干燥少雾（含毛毛雨）或雨量较多时	＞0.03～0.06	1.9～2.4	1.6～2.0
Ⅱ	大气中等污染地区，轻盐碱和炉烟污秽地区，离海岸盐场 3km～10km 地区。在污闪季节中潮湿多雾（含毛毛雨）但雨量较少时	＞0.06～0.10	2.4～3.0	2.0～2.5
Ⅲ	大气污染严重地区，重雾和重盐碱地区，近海岸盐场 1km～3km 地区，工业与人口密度较大地区，离化学污源和炉烟污秽 300m～1500m 的较严重地区	＞0.10～0.25	3.0～38	2.5～3.2
Ⅳ	大气特别严重污染地区，离海岸盐场 1km 以内，离化学污源和炉烟污秽 300km 以内的地区	＞0.25～0.35	3.8～4.5	3.2～3.8
注：本表是根据 GB/T 16434 而订。				

附 录 C
（规范性附录）
弱 电 线 路 等 级

C.1 一级线路

首都与各省（直辖市）、自治区所在地及其相互间联系的主要线路；首都至各重要工矿城市、海港的线路以及由首都通达国外的国际线路；由邮电部门指定的其他国际线路和国防线路；铁道部与各铁路局及各铁路局之间联系用的线路，以及铁路信号自动闭塞装置专用线路。

C.2 二级线路

各省（直辖市）、自治区所在地与各地（市）、县及其相互间的通信线路；相邻两省（自治区）各地（市）、县相互间的通信线路；一般市内电话线路；铁路局与各站、段及站段相互间的线路，以及铁路信号闭塞装置的线路。

C.3 三级线路

县至区、乡的县内线路和两对以下的城郊线路；铁路的地区线路及有线广播线路。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 D
（规范性附录）
公 路 等 级

D.1 高速公路为专供汽车分向、分车道行驶并全部控制出入的干线公路

四车道高速公路一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 25 000～55 000 辆。

六车道高速公路一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 45 000～80 000 辆。

八车道高速公路一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 60 000～100 000 辆。

D.2 一级公路为供汽车分向、分车道行驶的公路

一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 15 000～30 000 辆。为连接重要政治、经济中心，通往重点工矿区、港口、机场，专供汽车分道行驶并部分控制出入的公路。

D.3 二级公路

一般能适应按各种车辆折合成中型载重汽车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 3000～15 000 辆，为连接重要政治、经济中心，通往重点工矿、港口、机场等的公路。

D.4 三级公路

一般能适应按各种车辆折合成中型载重汽车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 1000～4000 辆，为沟通县以上城市的公路。

D.5 四级公路

一般能适应按各种车辆折合成中型载重汽车的远景设计年限年平均昼夜交通量为：双车道 1500 辆以下；单车道 200 辆以下，为沟通县、乡（镇）、村等的公路。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10kV 及以下架空配电线路设计技术规程

条 文 说 明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

1　范围……111
3　术语和符号……111
4　总则……111
5　路径……112
6　气象条件……112
7　导线……113
8　绝缘子、金具……114
9　导线排列……115
10　电杆、拉线和基础……116
11　变压器台和开关设备……119
12　防雷和接地……120
13　对地距离及交叉跨越……121
14　接户线……122

1　范　围

根据 2000 年 10 月电规标质［2000］43 号文《关于印发 2000 年度电力勘测设计行业科研、标准化、信息计划项目的通知》，明确将 1987 年 7 月颁发的 SDJ 206—1987《架空配电线路设计技术规程》进行修改。

2001 年 6 月，中国电力规划设计协会委托中国电力建设工程咨询公司以协标质［2001］50 号文下达了修编大纲审查会议纪要，确定本次修编标准范围仍为 10kV 及以下架空配电线路设计技术范围。

3　术语和符号

本章为新增内容，根据电力行业“对电力标准编写基本规定”（DL/T 600—2001）将本标准常使用的一些名词、术语集中到本章内做明确规定。

4　总　则

4.0.1　原规程 1.0.1 条文。

本条是根据国家电力公司国电运［1998］418 号《关于加快城市电力建设改造的若干意

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

见》和 DL/T 599—1996《城市中低压配电网改造技术条例》及 DL/T 600《电力标准编写的基本规定》等文件精神编写的。

建国以来，各地区在架空配电线路建设中积累了很多宝贵经验，结合当前国家综合实力的增强，“十五”期间国家电力公司提出要提高设备可靠性，提高电网自动化水平。截止到 2000 年上半年，全国已有 24 家供电企业达到一流供电企业标准，将原规程中提出的“安全适用”修改为“安全可靠”，以实现供电可靠率要求。

4.0.2 原规程 1.0.1 条修改条文。

本条文在原规程提出的新设备、新材料的基础上，结合各地近年来发展的情况，补充提出新技术、新工艺是现代化工程设计的原则，简称四新。

4.0.3 原规程 1.0.7 条保留条文。

4.0.4 原规程 1.0.8 条保留条文。

4.0.5 原规程 1.0.5 条保留条文。

5 路 径

原规程在总则第 1.0.6 条中分别列出 6 条做了规定，修订后的规程，将路径单独列出。

5.0.1 原规程 1.0.5 条、1.0.6 条合并条文。

提出路径要进行方案比较，选择最佳方案，以利控制工程造价，节省投资，严格质量，有利于线路安全运行，此条符合原电力部《电力建设市场管理规定》的要求。

5.0.2 原规程 1.0.6 条保留条文。

《中华人民共和国电力法》已经第八届全国人大常委会第十七次会议审议通过 1996 年 4 月 1 日起施行，第十一条规定城市电网的建设与改造规划，应当纳入城市总体规划。

5.0.3 原规程 1.0.6 条保留条文。

城镇架空配电线路的路径，应与城市总体规划相结合，线路路径位置应与各种管线协调，不仅考虑上空的范围，更要注意与地下部分危险管线的接近，如煤气管道、天然气管道、热力管线等架空配电线路经确定后，需经当地规划部门的批准。

5.0.4 原规程 1.0.6 条修改条文。

原规程中提出不占或少占农田，修订后规程中对农田有新的解释。农田用词广泛，有高产田，低产田，有盐碱地，有水浇地，北方很多经过改良出现冬季种植的塑料大棚，占用后土地赔偿费用很高，在设计选线中尽量避免占用这类产值高的农田。

5.0.5 原规程 1.0.6 条、1.0.7 条合并条文。

按照 GBJ 16—1987《建筑设计防火规范》（2001 年版）中第 10.2.11 条的规定。

6 气 象 条 件

6.0.1 原规程 2.0.1 条的保留条文。

原条文提出典型气象区分为 7 级，根据调查一些地区提出原条文规定不能满足需要，考虑与 DL/T 5092—1999《110～500kV 架空送电线路设计技术规程》一致分为 9 级典型气象区，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在典型气象内最大风速由 30m/s 增加到 35m/s，覆冰厚度从 15mm 增加到 20mm。

6.0.2 原标准 2.0.2 条保留条文。

6.0.3 新增条文。

指出在线路通过周围两侧有建筑物和森林绿化地段时，线路导线和杆塔因屏蔽物而减小风的影响。目前城市建筑物多为 7 层以下，建筑高度在 10m～20m，此高度与常用 10m～15m 的配电线路杆塔高度接近并有屏蔽作用。为此，对最大设计风速可减少 20%。此条与 GB 50061—1997《66kV 及以下架空线路设计规范》相一致。

6.0.4 新增条文。

由于城市高层建筑物增多高层建筑物之间有出现风速增大的现象，甘肃省某市曾出现高层之间因风速增大有倒杆现象的发生。2001 年曾对城市高层建筑周围进行了三处两次最大风速的实测，并将观测结果与同期气象观测站 10m 风速进行对比分析。不同时间，现场在 12m 处观测风速平均增大 22.75%，13m 处增大 34.5%，15m 处增大 27.15%，三组平均增大 28.16%，最大风速差可达到 2.5m/s。初步确定风速的增大可能与风向变化、建筑物型式及观测点位置有关。根据实测结果又查阅了资料，GBJ 9—1987《建筑结构荷载规范》第 6.1.4 条对风荷载与大风方向一致的谷口、山口对风压值要增加 1.2～1.5 的调整系数。而城市的高层建筑物特别是高层群之间所保留的设计消防通道可类似山口和谷口，高压送电线路设计时对于垂直于开口山口，山沟汇交等处，在无资料时，一般应按附近平地风速增加 20%。本次修订标准，增加了城市高层建筑周围地段，比附近平地风速增加 20%的规定。

GB 50009—2001《建筑结构荷载规范》第 7.1.2 条基本风压应按 50 年一遇的风压采用，但不得小于 0.3kN/m^2。对于高层建筑、高耸结构以及对风荷载比较敏感的其他结构，基本风压应适当提高，并应由有关的结构设计规范具体规定。

6.0.5 新增条文。

年平均气温的确定与 GB 50061—1997《66kV 及以下架空线路设计规范》的规定一致。

6.0.6 原规程 2.0.4 条修改条文。

根据运行经验和 GB 50061—1997《66kV 及以下架空线路设计规范》的规定。

7 导　线

7.0.1 原规程 3.0.1 条和 3.0.7 条修改条文。

近几年城乡电网建设改造中，出现很多电气设备制造厂家，尤其是电线生产厂家很多。本次修订规程中对多股铝绞合导线，按照国家质量技术监督局发布的 GB/T 1179—1999《圆线同心绞架空导线》执行。

7.0.2 原规程第 3.0.2 条修改条文。

对原规程按综合计算拉断力进行修订，本规程用最大使用张力或平均运行张力进行计算。

7.0.3 原规程第 2.0.3 条修改条文。

电杆、导线的风荷载计算式，将导线风荷载计算列入本标准章节内，电杆风荷载计算列入新修订标准第 10.2 条内。

7.0.4 新增条文。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

对需架设绝缘导线地段进行了规定：

利用绝缘导线大多数在已有架空线路的走廊里或同杆架设，原一回线路输送容量受到限制再增加新的出线，而改用绝缘导线；高层建筑周围防止高空坠物造成线间短路跳闸；很多城市为了解决树与线的矛盾，每年春季都要组织园林部门进行剪树，而利用绝缘导线缓解了线与树的矛盾，繁华街道和人员密集地段考虑人的安全利用绝缘导线；严重污秽地区，特别是有对金属裸导线腐蚀的气体，利用绝缘导线，本标准又增加了建筑施工现场需采用绝缘导线，主要是施工期间来往车辆较多容易出现外力破坏（如吊车碰导线时有发生），所以本规程规定了施工现场一条。

7.0.5 原规程 3.0.3 条修改条文。

目前的单股导线极少使用，标准中不再列入单股导线的安全系数。

7.0.6 原规程 3.0.4 条修改条文。

导线截面的确定按照 1993 年能源电［1993］228 号文《城市电力网规划设计导则》的规定和 1996 年 DL/T 599—1996《城市中低压配电网改造技术导则》规定 10kV 主干线截面应为 150mm^2～240mm^2，分支线截面不宜小于 70mm^2。全国大多数城市基本按照上述规定进行，本规程要求各地应结合本地区电网发展规划确定导线截面，每地区可采用 3～4 种。对无配电网规划地区不宜小于表内所列数值，由于铝导线的截面采用了新的制造标准，本规程把新截面与接近的老截面进行归并（如 125mm^2 与 120mm^2 相并，63mm^2 与 70mm^2 相并）为一个档次。

7.0.7 原规程 3.0.5 条补充条文。

新增加交联聚乙烯绝缘导线的允许温度采用+90℃，是根据 XLPE 绝缘材料测试维卡软化温度不小于 93℃，XLPE 绝缘材料的导线可耐温度允许达到+90℃而定的。

7.0.8 原规程 3.0.6 条保留条文。

三相四线制零线截面与相线截面相同，是由于三相负荷不平衡，民用家电谐波成分较高，零线截面与相线相同，可保证回路畅通，有利于安全使用。

7.0.9 原规程 3.0.9 条，3.0.10 条合并条文。

导线的连接在设计中取消了爆破压接。爆压起源于 20 世纪 60 年代，多年实践证明，由于爆压时炸声对环境影响较大，影响鸡下蛋，鱼塘鱼全部入泥中，造成损失纠纷，在施工中往往引起群众不满，争执时有发生，国家环保局对城市区域环境噪声有规定值。

在爆压中，炸药与雷管的运输公安部规定不能同车运输，增加了运输困难。河北省石家庄市曾发生爆炸事件，对炸药和雷管的保管更加严格，所以本次修订中把爆压取消。

7.0.10 原规程 3.0.10 条保留条文。

7.0.11 原规程 3.0.11 条保留条文。

导线弧垂对塑性伸长的影响，而采取的减少弧垂法补偿的百分数。此法是目前广泛采用的处理初伸长的方法。

7.0.12 原规程 3.0.12 条保留条文。

8 绝缘子、金具

8.0.1 原规程 4.0.1 条保留条文。

目前全国各地绝缘子的种类有针式、瓷横担、悬式绝缘子等，根据污秽等级标准可供

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

选用。

对于瓷横担绝缘子，江苏等地仍在采用，由于产品定型机械性能所限，难以扩大选用，本标准未作修改。调查中有些地区在 10kV 配电线路上试用了有机复合绝缘子。有机复合绝缘子（指硅橡胶合成绝缘子）是我国 20 世纪 70 年代末进行研制，20 世纪 80 年代后期有较大突破，在科研、运行部门协助下，开始少量生产，投入电力线路上试用运行情况良好。

1990 年前后在一些地区连续发生污闪事故，分析原因提出对策发现在电力线路中试用的有机复合绝缘子运行情况良好。

有机复合针式绝缘子具有较好的抗污闪性能，可用于污秽地段，由于费用相对较高，设计中需酌情使用。

8.0.2 原规程 4.0.2 条修改条文。

配电线路绝缘子的防污，各地有许多经验，本条保留原来规定。所提附录 B 是按 GB/T 16434—1996《高压架空线路和发电厂、变电所环境污区分级及外绝缘选择标准》内容所编写。

8.0.3、8.0.4 原规程 4.0.3 条和 4.0.5 条的修改条文。本标准对悬式绝缘子统一按机电破坏荷载计算与原规程有所不同。绝缘子与金具的选型设计采用安全系数设计法，故其荷载应相应地采用原安全系数设计法中的标准荷载即“荷载标准值”。

绝缘子与金具所采用的金属材料与机械零件所采用材料相似，而机械零件设计所采用设计方法，仍是安全系数设计法，故绝缘子、金具的选型设计仍采用安全系数设计法。

悬式绝缘子机械强度的安全系数，原规程以 1h 机电试验负荷为计算基础，改为以额定机电破坏负荷为基准，1h 机电负荷是额定机电破坏负荷的 75%。因此，安全系数相应提高了。

8.0.5 原规程 4.0.4 条和 4.0.5 条的修改条文。

要求金具表面采用热镀锌工艺，仍是目前较为有效的防腐措施，也是配电线路多年来运行经验的总结。

新标准中的配电线路所用金具均符合 DL/T 765.1—2001《架空配电线路金具技术规定》，适用于架空配电线路中的裸导线及绝缘导线。

9 导 线 排 列

9.0.1 原规程 5.0.1 条保留条文。

本标准在修订过程中经调研各地未提出意见，故仍保留原规程条文。

9.0.2 原规程 5.0.2 条保留条文。

调研中各地对原规程条文，反映良好仍保留原规程条文。

9.0.3 原规程 5.0.3 条保留条文。

9.0.4 原规程 5.0.4 条保留条文。

9.0.5 原规程 5.0.5 条保留条文。

9.0.6 原规程 5.0.6 条修订条文。

增加绝缘导线内容，10kV 及以下配电线路在档距中的水平线间距离与线路运行电压和档距等因素有关，虽有计算方式（经验计算公式），一些地区多年来仍按运行经验确定，本条规定数值是以各地提供资料为依据并分析比较得出。

各地从 1980 年以后，在 10kV 及以下配电线路建设中，逐步采用绝缘导线（城网改造中

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

使用量增长很快），对绝缘导线的线间距离，各地采用情况、架设方式和规定不一。经过多年累积的运行情况，取得了一些运行经验，根据一些地区（如北京等）规定总结分析后，在本条表 9.6 括号内提出绝缘线线间距离数值。

9.0.7 原规程 5.0.7 条保留条文。

9.0.8 新增条文。

总结一些地区运行经验提出数值。

9.0.9 原规程 5.0.8 条保留条文。

原规程只涉及与 35kV 线路同杆架设的距离规定。目前一些地区 10kV 及以下与 66kV 线路进行同杆架设，调研中得知一些地区，以按 GB 50061—1997《66kV 及以下架空电力线路设计规范》规定，所以按国标规定列入。

9.0.10 原规程 5.0.9 条保留条文。

9.0.11 原规程 5.0.10 条保留条文。

9.0.12 原规程 5.0.11 条保留条文。

10 电杆、拉线和基础

10.0.1～10.0.2 新增条文。

杆塔结构设计采用概率极限状态设计法是按照 GBJ 68—1984《建筑结构设计统一标准》的规定。以概率理论为基础的极限状态设计法，是当前国际上结构设计较先进的方法，概率极限状态设计法是以结构失效概率ρ定义结构的可靠度，并以与其相对应的可靠指标β来度量结构的可靠度。它能较好地反映结构可靠度的实质，使概念更为科学和明确。采用概率极限状态设计法，必须采用统一的荷载计算参数、材料计算指标以及构件抗力计算方法。例如采用概率极限状态设计法中的材料指标，而不采用其分项系数，或者随意采用其他规范中的荷载计算方法，都是绝对不允许的。

杆塔结构属于“一般工业建筑物”其结构重要系数γ_0=1.0，在表达式中往往省略。

概率极限状态是指结构或构件在规定的各种荷载组合作用下或在各种变形或裂缝的限制条件下满足线路安全运行的临界状态。

杆塔结构构件的承载力极限状态设计表达式，即计算荷载效应小于或等于结构计算抗力与单一安全系数不同，极限状态设计法采用分项系数，实质上可以形象地认为是把容许应力设计法中的安全系数，按影响结构安全度的因素，用各分项安全系数来考虑，采用分项安全系数的优点：

1 与容许应力设计法在形式上可以衔接，结构的具体设计计算方法与传统方法相似。

2 不同荷载组合以及不同材料组合将获得更加一致安全度。

3 对新的结构和试验工作，均可较合理地确定安全度。

本次修订标准时，由于计算理论，表达式等均作了较大调整，GBJ 68—1984《建筑结构设计统一标准》对各种等级的结构作了规定，故不再列入安全系数法规定。

考虑到在配电线路建设中，电杆已选用钢筋混凝土电杆，该电杆均按国家现行标准进行设计和生产，技术性能和指标有规定，并经多年使用技术性能满足要求，运行情况良好。配电线路设计已直接按所需技术要求选用符合技术条件的钢筋混凝土电杆。另配电线路采用的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

钢筋混凝土电杆的设计，大多数地区的设计部门不承担此项工作，本次修订规程时不再更多列入一些条文，如工程设计中遇有要求进行设计时，应按 GB 50061—1997《66kV 及以下架空电力线路设计规范》的规定，并可参照 DL/T 5092—1999《110～500kV 架空送电线路设计技术规程》的规定进行设计。

原规程中对钢筋混凝土电杆的强度计算采用安全系数法，并按状况分别提出了安全系数值，在配电线路设计中虽已运用多年收到良好效果。由于计算理论和国家现行标准有新的规定，故本次修订标准时不再列入。

10.0.3 原规程 6.0.1 条保留条文。

10.0.4～10.0.7 新增条文。

这是按 GB 50061—1997《66kV 及以下架空电力线路设计规范》的规定。它用于风向与线路几种计算情况，并用表格方式作出规定，规定明确，使用方便。

风振系数是考虑风的脉动对结构的作用而给定的，这一作用的大小与结构的自振周期有关。电力线路杆塔的自振周期与其整体的刚性有关。柔性较大的杆塔，自振较大，风的脉动作用也较大。

风荷载档距系数原称为风速不均匀系数，指在档距内由于风速不均匀而应将导线（地线）上的风荷载进行折减，原定系数与设计风速相关。GBJ 9—1987《建筑结构荷载规范》中的导线绳索基本风压调整系数与档距（跨长）相关，看来这两个系数含义不一。在线路设计中原定已使用多年，并取得一定经验。

在配电线路设计中，当需要进行设计计算时，应按 GB 50061—1997《66kV 及以下架空电力线路设计规范》规定，或参照 DL/T 5092—1999《110～500kV 架空送电线路设计技术规程》进行设计。

10.0.8 原规程 6.0.3 条保留条文。

配电线路建设中已广泛采用钢筋混凝土电杆。调研中各地区对钢筋混凝土电杆的结构不再进行设计，均采用按国家标准规定生产的定型产品，它满足了使用质量。GB 396—1994《环形钢筋混凝土电杆》规定了各类梢径的电杆技术性能，并列出了具体的技术数据。

近几年来造成电杆本体事故情况仍有发生，其中粗制滥造，又不按技术规定进行设计计算，结构、材料（配筋）水泥标号，养护期均不合理，强度上得不到保证，选用中应引起注意。

10.0.9 原规程 6.0.5 条修改条文。

原规程中对木横担的使用作了规定，本次修订在调研时得知木横担在配电线路中已极少采用，故不再列入。

10.0.10 原规程 6.0.9 条保留条文。

10.0.11 原规程 6.0.9 条、6.0.10 条保留条文。

10.0.12 原规程 6.0.8 条修订条文。

原规程对拉线采用镀锌铁线的使用规格，强度作了规定，本次修订不再列入。对于拉线采用钢绞线，仅提出最小截面 25mm^2。要说明的是，不同规格的钢绞线具有不同的不均匀性，其强度设计值也不一样，这一点在原规程中没有体现。拉线张力主要由导线张力和拉线承受风力等可变荷载产生，荷载系数可按 1.4 计算。对于 1×7 结构的钢绞线计算的强度设计值，相当于原定安全系数为 2.4（1.4/0.9/0.65）（按 GB 50061—1997 规范计算）的计算结果。对于

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

其他结构的钢绞线计算的强度设计值，相当于原安全系数为 2.8（1.4/0.9/0.56）的计算结果。当按 GB 50061—1997 内公式计算强度设计值，在设计拉线时，可不再对拉线拉力乘 1.05 的经验系数，其结果对应原安全系数即为 2.3 和 2.7 左右。

10.0.13 原规程 6.0.11 条保留条文。

10.0.14 原规程 6.0.12 条保留条文。

拉线装设绝缘子，各地视各种情况并结合运行经验而订。原规程提出“宜”装设，但一些地区从安全运行考虑只对穿越导线的拉线均作了装设，本次修订中考虑到安全，规定了在地面范围的拉线处，设置醒目保护套，且这一做法，在一些地区已实施。

10.0.15 原规程 6.0.13 条保留条文。

10.0.16 原规程 6.0.14 条保留条文。

10.0.17 原规程 6.0.14 条保留条文。

10.0.18 新增条文。

近年来，一些地区在配电线路建设中，由于受路径限制，在同级电压情况下，出现了同杆共架多回路配电线路的状况，为保持电杆埋设深度合理性和安全性，应进行一些计算是必要的。

基础底面下压应力的计算，可按下列公式的要求：

$$P \leqslant f$$

式中：

P——作用于基础底面处的平均压应力标准值，N/m^2；

f——地基承载力设计值，应按 GBJ 7—1989《建筑地基基础设计规范》的规定采用。

基础倾覆稳定，可按下列公式的要求：

$$\gamma_s \times F_0 \leqslant F_j$$

$$\gamma_s \times M_0 \leqslant M_j$$

式中：

F_0——作用于基础的倾覆力的标准值，kN；

F_j——基础的极限倾覆力，kN；

M_0——作用于基础的倾覆力矩标准值，kN·m；

M_j——基础的极限倾覆力矩，kN·m；

γ_s——倾覆稳定系数，直线杆 1.5，耐张杆 1.8，转角杆 2.2。

10.0.19 新增条文。

本标准对混凝土结构构件的计算，均应按 GBJ 10—1989《混凝土结构设计规范》中有关规定进行。

10.0.20 原规程 6.0.17 条修改条文。

由于岩石强度均质系数小，除强调要结构完整，质地坚硬外，应经过试验取得数据，再通过鉴定。有利于设计时采用数据，明确设计强度。

10.0.21 新增条文。

钢管杆是近年来出现的一种产品，型式也随同建设的要求，其基础型式目前有钢套筒式、直埋式、预制桩式等。已颁发的 DL/T 5130—2001《架空送电线路钢管杆设计技术规定》规定，选用时应结合地区情况按该规定进行设计。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

11 变压器台和开关设备

11.0.1 原规程 7.0.1 条保留条文。

11.0.2 原规程 7.0.2 条修订条文。

不宜装设变压器台地段在原规程基础上，又增加了相关规定。这些都是总结各地运行经验，从安全出发避免影响变压器正常运行。

11.0.3 原规程 7.0.3 条保留条文。

11.0.4 原规程 7.0.4 条保留条文。

修改后采用 GB 50060—1990《3～110kV 高压配电装置设计规范》。

11.0.5 原规程 7.0.5 条保留条文。

在调研中一些地区提出，目前国内一些电器设备制造厂家，在 10kV 及以下电器设备生产中，引进国外先进技术将低压电器装置元件统装于箱体内与变压器二次相连，但按规程规定的装设高度难以达到。目前装设的高度未发生问题，由于各地使用又未普及，各地可按当地运行经验确定装设高度，但应注意安全及造型。

11.0.6 新增条文。

规定了变压器选型的原则。10kV 级 S9 系列变压器是全国统一设计的节能产品，它的铁心和绕组以及选材都与 S7 系列相近，但其在加工工艺及产品结构等方面有所改进与 S7 系列电力变压器相比空载损耗降低、负载损耗降低 25%左右。S11 系列变压器和非晶合金变压器，其性能进一步提高，已逐步用于城网改造中。本条文规定将为今后更大范围设计使用节能变压器打下基础。

全国有些城市提出对配电变压器要考虑减少噪声对周围居民的影响。

11.0.7 新增条文。

对开关设备的选择，设计标准提出宜积极选用少维护、寿命长的真空断路器或 SF_6 断路器，柱上真空自动化断路器为 10kV 馈线自动化打下基础，其故障自动定位，故障段自动隔离，自动恢复，能够一次性或分阶段实现自动化升级。

11.0.8 原规程 7.0.7 条保留条文。

该条款在编修过程中，曾考虑增设变压器低压侧出线的保护和接地保护等内容。在送审稿审核中，由于各地还未有普遍使用经验和达成共识，审核会纪要要求在条文说明中列出，各地在设计中应予以充分的考虑。

对于低压侧出线保护的设置，主要是根据国内各地低压网络结构变化而提出，在城镇非电缆化或不具备电缆化区域，架空绝缘导线得到了普遍的应用。变压器容量在 200kVA～400kVA 时，低压侧出线一般在两回及以上，架空裸导线也有两回出线的状态存在。变压器低压侧如果仅设一组总的过负荷保护，在低压侧有多回路出线的条件下，低压侧出线的导线不能得到有效的保护，导线有可能因负荷电流超出其最大允许电流而引起过热，机械性能下降而发生导线断线。由于我国不同区域工况运行条件差异性很大，低压断路器或熔断器和导线的过负荷保护配合参数在 0.6～1，如果不考虑日照增强因素和谐波成分，其取值宜小于 0.8（即低压侧保护熔丝（片）或低压断路器长延时脱扣电流值/导线在最热月平均最高温度下最大允许电流）。各地应结合本区域的日照强度，低压网络中谐波成分的比例、环境温度等相关

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

因素，综合考虑确定。

所以，在设计中有必要考虑设置低压侧出线保护并考虑级差保护配合。

针对架空绝缘导线对树木等物摩擦而发生飞弧断线时有发生，高阻单相接地比例很高，对设备的安全运行和行人的人身安全威胁很大。所以各地在设计中应引起关注和考虑。繁华地段、居民密集区域宜设置单相接地保护，以保障行人安全。

11.0.9 原规程 7.0.8 条、7.0.9 条的保留条文。

12 防雷和接地

12.0.1 原规程 8.0.1 条保留条文。

12.0.2 原规程 8.0.2 条保留条文。

12.0.3 原规程 8.0.3 条、8.0.9 条的保留条文。

12.0.4 原规程 8.0.4 条修改条文。

防雷装置目前全国各城市大多采用复合型绝缘护套氧化锌避雷器，替代了以往采用的各种阀型避雷器。

在接地中突出强调一点接地。根据 DL/T 620—1997《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》。

12.0.5 原规程 8.0.5 条保留条文。

12.0.6 新增条文。

主要防止 10kV 绝缘配电线雷击断线问题，其断线机理分析经清华大学、山东淄博供电局、北京供电局共同作出结论指出“普通型绝缘导线配电线路发生断线事故的原因是由于雷电引起绝缘子闪络，激发工频续流、烧断导线。据资料介绍，国外日本、澳大利亚每杆上装设避雷装置。苏州地区实践经验就是增加避雷器泄漏雷电流幅值，减少工频续流发生，达到减少导线烧断方法。调研中一些地方结合本地区雷电活动情况及运行中的经验所采取的可行措施，本规程进行了原则规定。

12.0.7 原规程 8.0.6 条保留条文。

12.0.8 原规程 8.0.7 条保留条文。

12.0.9 原规程 8.0.8 条保留条文。

12.0.10 新增条文。

挂绝缘导线的承力线，雷电时首先触及；为此在每个耐张段两端要有可靠的接地点，对绝缘导线起到避雷效果。

12.0.11 新增条文。

绝缘导线为便于运行，检修提出装设地线挂环及短路故障显示器。目前，很多城市已陆续使用如：天津、昆明、重庆、西安等城市。

12.0.12 原规程 8.0.10 条保留条文。

12.0.13 原规程 8.0.11 条修改条文。

考虑土壤腐蚀状况，土壤中的各种污物（化肥、城市污水）对接地地下部分腐蚀严重，为与现有规程相适应，加大接地装置导体的最小尺寸。

钢筋混凝土电杆接地装置的工频接地电阻设计中可按下式计算：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$R \approx K\rho$$

式中：

R——工频接地电阻，Ω；

ρ——土壤电阻率，Ω·m；

K——自然接地系数。

表 1 钢筋混凝土电杆的自然接地系数

杆塔型式	单杆	双杆	拉线杆	一个拉线
K	0.3	0.2	0.1	0.28

13 对地距离及交叉跨越

13.0.1 原规程 10.0.1 条保留条文。

13.0.2 原规程 10.0.2 条保留条文。

增加了绝缘导线的数值。

13.0.3 原规程 10.0.3 条保留条文。

执行本条文时，当采用绝缘导线净空距离可适当缩小。

13.0.4 原规程 10.0.4 条保留条文。

增加了绝缘导线的规定。

13.0.5 原规程 10.0.5 条保留条文。

增加了绝缘导线的规定。

13.0.6 原规程 10.0.6 条保留条文。

13.0.7 原规程 10.0.7 条保留条文。

增加了丙类液体贮罐规定，主要是城市使用的煤制气、石油天然气。本条文适用于绝缘导线。

13.0.8 原规程表 10.0.8 条保留条文。

13.0.9 本条文在原规程表 11.0.9 条做了局部修订：

1 通航河流将原主要、次要改为通航、不通航。

2 通航河流分为至常年高水位和至最高航行水位的最高船檐顶。

3 不通航分为至最高洪水位，冬季至冰面，因为我国地域广阔，南方发生在洪水较多但不结冰，而在北方、东北、两种情况均可发生，规程中分别提出要求。

4 通航河流备注中，修改为“最高洪水位时，有抗洪抢险船航行的河流，垂直距离应协商确定，保证了抗洪紧急时的人身、设备的安全”，加入备注说明。

5 电力线路中根据 DL/T 5092—1999《110～500kV 架空送电线路设计技术规程》规定，增加了 500kV 线路垂直距离 8.5m、水平距离 13m。截至 2000 年底，我国共有 500kV 交、直流线路 22 927km，今后若干年来为配合三峡输变电工程的进展，各地区联网相继建成，配合“西部大开发战略”、“西电东送”均需建设超高压长距离线路。为此，本标准补充 10kV 对 500kV 交叉距离规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6 索道一栏内增加一般管道，备注栏中增加“交叉点不应选在管道检查井（孔）处，与管道、索道平行，交叉时，管道、索道应接地，以保安全。

7 JTJ 001—1997《公路等级采用国家现行标准》规定。分为高速公路及一、二、三、四级公路，此修订分为高速公路、一级公路及二、三、四级。

8 总表注，保留 1、2、3，又增加了 4～7 条注，对路径受限制地区的最小水平距离的要求，应计及架空电力线路导线的最大风偏。

14 接 户 线

14.0.1 原规程 9.0.1 条保留条文。

14.0.2 原规程 9.0.2 条保留条文。

14.0.3 原规程 9.0.3 条保留条文。

14.0.4 原规程表 9.0.4 修改条文。

接户线沿墙敷设较多，增加水平与垂直排列，装设位置考虑楼房平台及一楼、二楼居民的安全考虑取对地 2.5m，正处在二楼窗户下，一楼顶上位置，保证安装接户线的安全。

14.0.5 原规程 9.0.5 条保留条文。

14.0.6 原规程 9.0.6 条保留条文。

14.0.7 原规程 9.0.7 条保留条文。

14.0.8 原规程 9.0.8 条保留条文。

14.0.9 原规程 9.0.9 条保留条文。

14.0.10 原规程 9.0.10 条保留条文。

14.0.11 原规程 9.0.12 条保留条文。

14.0.12 原规程 9.0.13 条保留条文。

14.0.13 新增条文。

主要考虑安全对弱电线如有线、通信线等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

DL/T 499—2001

农村低压电力技术规程

The rural low-voltage electric power technical code

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言 …… 125
1　范围 …… 126
2　引用标准 …… 126
3　低压电力网 …… 127
4　配电装置 …… 131
5　剩余电流保护 …… 138
6　架空电力线路 …… 141
7　地埋电力线路 …… 148
8　低压电力电缆 …… 149
9　接户与进户装置 …… 152
10　无功补偿 …… 153
11　接地与防雷 …… 157
12　临时用电 …… 162
附录 A（标准的附录）　电器外壳防护等级 …… 163
附录 B（标准的附录）　剩余电流动作保护器主要特性参数 …… 164
附录 C（标准的附录）　额定电压 1kV 及以下架空绝缘电缆（GB 12527）标准 …… 165
附录 D（标准的附录）　常用导线结构及技术指标 …… 166
附录 E（标准的附录）　环形预应力混凝土电杆标准检验弯矩 …… 168
附录 F（标准的附录）　额定电压 450/750V 及以下农用直埋铝芯塑料绝缘塑料护套电线（JB 2171）标准 …… 168
附录 G（标准的附录）　其他用途的绝缘电线 …… 170
附录 H（提示的附录）　按防触电方式的电器分类 …… 172
附录 I（提示的附录）　农村常用低压电器型号及技术数据 …… 173
附录 J（提示的附录）　典型气象区 …… 176
附录 K（提示的附录）　架空线路污秽分级标准（GB 50061 标准） …… 177
附录 L（提示的附录）　弱电线路等级 …… 178
附录 M（提示的附录）　雷电区划分 …… 178
附录 N（提示的附录）　公路等级 …… 178
附录 O（提示的附录）　名词术语 …… 179
附录 P（提示的附录）　本规程表示严格程度的用词说明 …… 182

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

前　言

本标准是根据国家经贸委电力司《关于确认1999年度电力行业标准修、制定计划项目的通知》（电力［2000］22号），由电力行业农村电气化标准化技术委员会组织有关单位对DL/T 499—1992《农村低压电力技术规程》修订而成。

在修订过程中，编制组进行了广泛的调查研究，认真总结了DL/T 499—1992规程实施以来的经验，结合农村电网建设与改造工程的实践，从适应农村电网发展和农村电力管理体制改革的需要出发，依据现行的各有关法规、国家标准和行业标准，对原规程进行了全面修订。

本规程共分十二章和附录部分。对原1、2、3、4、5、6、7、11、12、13章的有关部分作了修改补充，其中对涉及农电管理体制的章节，按农电体制改革后的现状及最终实现城乡一体化管理目标的要求，依据有关供用电法规进行了修改；对有关技术标准、装置规范，本着逐步提高农网装备、运行水平的指导思想，依据现行各相关国家标准、行业标准进行了修订；对剩余电流动作保护增加了对保护功能、范围的描述，对三级保护的动作值、时间配合等进行了较大的修改；增加了第8章低压电力电缆部分。

对原第8章室内外配线，第9章照明与生活用电，第10章电动机及附属装置部分，根据征求各方面意见，认为其内容属用电户内部装置要求，有关国家标准、行业标准（建设部《民用建筑电气规范》）均有明确规定，应遵照其执行，不在本规程中列入。

本标准生效之日同时代替DL/T 499—1992。

本标准的附录A、附录B、附录C、附录D、附录E、附录F、附录G是标准的附录。

本标准的附录H、附录I、附录J、附录K、附录L、附录M、附录N、附录O、附录P是提示的附录。

本标准由国家电力公司农电工作部提出。

本标准由电力行业农村电气化标准化技术委员会归口。

本标准由国家电力公司农电工作部、江苏省电力公司农电工作部起草。

本标准主要起草人：原固均、张莲瑛、蒋明其、邹建中、张政、窦建华、崔学智。

本标准由电力行业农村电气化标准化技术委员会负责解释。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农村低压电力技术规程

1 范围

本标准规定了农村低压电力网的基本技术要求，适用于380V及以下农村电力网的设计、安装、运行及检修。对用电有特殊要求的农村电力用户应执行其他相关标准。

各级电力管理部门从事农电的工作人员、电力企业从事农电的工作人员、农村电力网中用户单位的电气工作人员应熟悉并执行本标准。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 12527—1990 额定电压1kV及以下架空绝缘电缆

GB 13955—1992 漏电保护器安装和运行

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

GB 4623—1994 环形预应力混凝土电杆

GB 6829—1995 剩余电流动作保护器的一般要求

GB/T 6915—1986 高原电力电容器

GB/T 773—1993 低压绝缘子瓷件技术条件

GB/T 1386.1—1997 低压电力线路绝缘子 第1部分：低压架空电力线路绝缘子

GB/T 16934—1997 电能计量柜

GB/T 6916—1997 湿热带电力电容器

GB/T 1179—1999 圆线同心绞架空导线

GB/T 17886.1—1999 标称电压1kV及以下交流电力系统用非自愈式并联电容器，第一部分：总则—性能试验～安全要求—安装和运行导则

GB/T 11032—2000 交流无间隙金属氧化物避雷器

GBJ 63—1990 电力装置的电测量仪表装置设计规范

GBJ 149—1990 电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范

DL/T 601—1996 架空绝缘配电线路设计技术规程

DL/T 602—1996 架空绝缘配电线路施工及验收规程

JB 2171—85 额定电压450/750V及以下农用直埋铝芯塑料绝缘塑料护套电线

JB 7113—93 低压并联电容器装置

JB 7115—93 低压无功就地补偿装置

中华人民共和国电力工业部第8号令《供电营业规则》1996年10月8日

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3 低压电力网

3.1 低压电力网的构成

自配电变压器低压侧或直配发电机母线，经由监测、控制、保护、计量等电器至各用户受电设备的380V及以下供用电系统组成低压电力网。

3.2 配电变压器的装置要求

3.2.1 农村公用配电变压器应按“小容量、密布点、短半径”的原则进行建设与改造，配电变压器应选用节能型低损耗变压器，变压器的位置应符合下列要求：靠近负荷中心；避开易爆、易燃、污秽严重及地势低洼地带；高压进线、低压出线方便；便于施工、运行维护。

3.2.2 正常环境下配电变压器宜采用柱上安装或屋顶式安装，新建或改造的非临时用电配电变压器不宜采用露天落地安装方式。经济发达地区的农村也可采用箱式变压器。

3.2.3 柱上安装或屋顶安装的配电变压器，其底座距地面不应小于2.5m。

3.2.4 安装在室外的落地配电变压器，四周应设置安全围栏，围栏高度不低于1.8m，栏条间净距不大于0.1m，围栏距变压器的外廓净距不应小于0.8m，各侧悬挂“有电危险，严禁入内”的警告牌。变压器底座基础应高于当地最大洪水位，但不得低于0.3m。

3.2.5 安装在室内的配电变压器，室内应有良好的自然通风。可燃油油浸变压器室的耐火等级应为一级。变压器外廓距墙壁和门的最小净距不应小于表1规定。

表1 可燃油油浸变压器外廓与变压器室墙壁和门的最小净距

变压器容量 kVA	100～1000	1250及以上
变压器外廓与后壁、侧壁净距 mm	600	800
变压器外廓与门净距 mm	800	1000

3.2.6 配电变压器的容量应根据农村电力发展规划选定，一般按5年考虑。若电力发展规划不明确或实施的可能性波动很大，则可依当年的用电情况按下式确定：

$$S=R_S P$$

式中：

S ——配电变压器在计划年限内（5年）所需容量（kVA）；

P ——一年内最高用电负荷（kW）；

R_S ——容载比，一般取1.5～2。

3.2.7 配电变压器应在铭牌规定的冷却条件下运行。油浸式变压器运行中的顶层油温不得高于95℃，温升不得超过55K。

3.2.8 配电变压器连接组别宜采用为Y，yn0或D，yn11。配电变压器的三相负荷应尽量平衡，不得仅用一相或两相供电。对于连接组别为Y，yn0的配电变压器，中性线电流不应超过低压侧额定电流的25%；对于连接组别为D，yn11的配电变压器，中性线电流不应超过低压侧额定电流的40%。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.2.9 配电变压器的昼夜负荷率小于 1 的情况下，可在高峰负荷时允许有适量的过负荷，过负荷的倍数和允许的持续时间可参照图 1 的曲线确定。

3.2.10 配电变压器各相负荷不平衡时，按如下两式确定过负荷电流：

$$I_U^2 + I_V^2 + I_W^2 \leqslant 3I_N^2$$

$$I_U、I_V、I_W \leqslant 1.3\,I_N$$

式中：

I_U、I_V、I_W ——U、V、W 相负荷电流；

I_N ——低压侧额定电流。

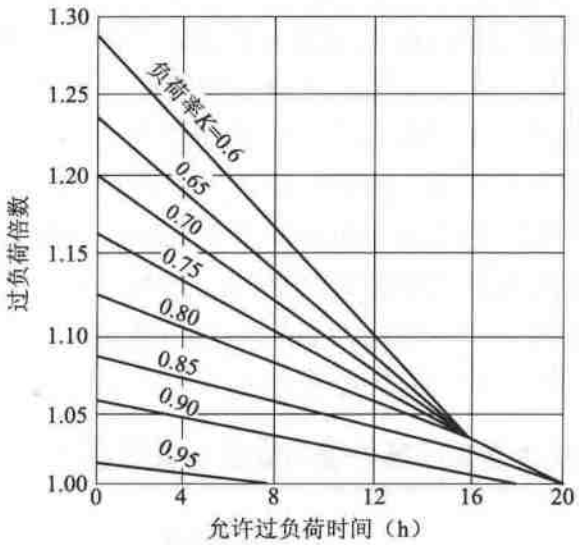


图 1 变压器负荷率小于 1 允许过负荷时间和倍数

3.3 供电半径和电压质量

3.3.1 低压电力网的布局应与农村发展规划相结合，一般采用放射形供电，供电半径一般不大于 500m，也可根据具体情况参照表 2 确定。

表 2 受电设备容量密度与供电半径参考值

供电半径 km / 受电设备容量密度 kW/km² / 供电区域地形	<200	200～400	400～1000	>1000
块状（平地）	0.7～1.0	<0.7	<0.5	0.4
带状（山地）	0.8～1.5	<0.7	<0.5	—

3.3.2 供电电压偏差应满足的要求：

380V 为±7%；

220V 为−10%～+7%。

对电压有特殊要求的用户，供电电压的偏差值由供用电双方在合同中确定。

注：供电电压系指供电部门与用户产权分界处的电压，或由供用电合同所规定的电能计量点处的电压。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.4 低压电力网接地方式及装置要求

3.4.1 农村低压电力网宜采用 TT 系统，城镇、电力用户宜采用 TN-C 系统；对安全有特殊要求的可采用 IT 系统。

同一低压电力网中不应采用两种保护接地方式。

3.4.2 TT 系统：变压器低压侧中性点直接接地，系统内所有受电设备的外露可导电部分用保护接地线（PEE）接至电气上与电力系统的接地点无直接关联的接地极上，如图 2 所示。

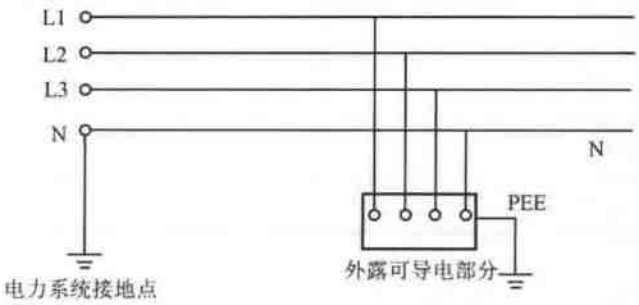


图 2 TT 系统

3.4.3 TN-C 系统：变压器低压侧中性点直接接地，整个系统的中性线（N）与保护线（PE）是合一的，系统内所有受电设备的外露可导电部分用保护线（PE）与保护中性线（PEN）相连接，如图 3 所示。

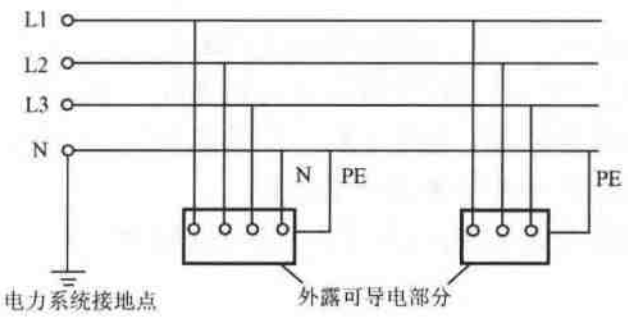


图 3 TN-C 系统

3.4.4 IT 系统：变压器低压侧中性点不接地或经高阻抗接地，系统内所有受电设备的外露可导电部分用保护接地线（PEE）单独的接至接地极上，如图 4 所示。

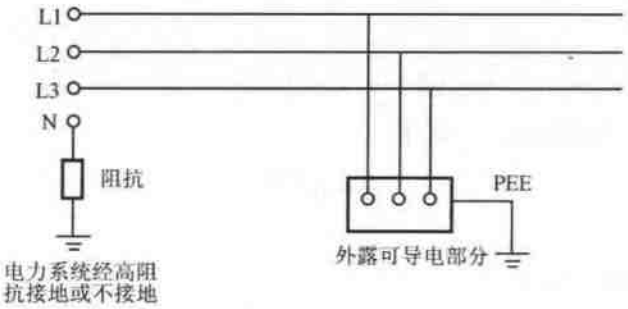


图 4 IT 系统

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.4.5 采用 TT 系统时应满足的要求：

a） 除变压器低压侧中性点直接接地外，中性线不得再行接地，且应保持与相线同等的绝缘水平。

b） 为防止中性线机械断线，其截面不应小于表 3 的规定。

表 3 按机械强度要求中性线与相线的配合截面 mm^2

相线截面 S	中性线截面 S_0
$S \leqslant 16$	S
$16 < S \leqslant 35$	16
$S > 35$	$S/2$
注：相线的材质与中性线的材质相同时有效。	

c） 必须实施剩余电流保护，包括：

——剩余电流总保护、剩余电流中级保护（必要时），其动作电流应满足第 5.5.1 条的要求；

——剩余电流末级保护。

剩余电流末级保护应满足以下条件：

$$R_e I_{op} \leqslant U_{lim}$$

式中：

R_e——受电设备外露可导电部分的接地电阻（Ω）；

U_{lim}——通称电压极限（V），在正常情况下可按 50V（交流有效值）考虑；

I_{op}——剩余电流保护器的动作电流（A），应满足 5.5.2 的要求。

d） 中性线不得装设熔断器或单独的开关装置。

e） 配电变压器低压侧及各出线回路，均应装设过电流保护，包括：

——短路保护；

——过负荷保护。

3.4.6 采用 TN-C 系统时应满足如下要求：

a） 为了保证在故障时保护中性线的电位尽可能保持接近大地电位，保护中性线应均匀分配地重复接地，如果条件许可，宜在每一接户线、引接线处接地。

b） 用户端应装设剩余电流末级保护，其动作电流按 5.5.2 的要求确定。

c） 保护装置的特性和导线截面必须这样选择：当供电网内相线与保护中性线或外露可导电部分之间发生阻抗可忽略不计的故障时，则应在规定时间内自动切断电源。

为了满足本项要求，应满足以下条件：

$$Z_{sc} I_{op} \leqslant U_0$$

式中：

Z_{sc}——故障回路阻抗（Ω）；

I_{op}——保证在表 4 所列时间内保护装置动作电流（A）；

U_0——对地标称电压（V）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4 最大接触电压持续时间

最大切断时间 s	预期的接触电压 （交流有效值）V	最大切断时间 s	预期的接触电压 （交流有效值）V
5	50	0.2	110
1	75	0.1	150
0.5	90	0.05	220

d） 保护中性线的截面不应小于表 3 的规定值。

e） 配电变压器低压侧及各出线回路，应装设过流保护，包括：

——短路保护；

——过负荷保护。

f） 保护中性线不得装设熔断器或单独的开关装置。

3.4.7 采用 IT 系统时应满足如下要求：

a） 配电变压器低压侧及各出线回路均应装设过流保护，包括：

——短路保护；

——过负荷保护。

b） 网络内的带电导体严禁直接接地。

c） 当发生单相接地故障，故障电流很小，切断供电不是绝对必要时，则应装设能发出接地故障音响或灯光信号的报警装置，而且必须具有两相在不同地点发生接地故障的保护措施。

d） 各相对地应有良好的绝缘水平，在正常运行情况下，从各相测得的泄漏电流（交流有效值）应小于 30mA。

e） 不得从变压器低压侧中性点配出中性线作 220V 单相供电。

f） 变压器低压侧中性点和各出线回路终端的相线均应装设高压击穿熔断器。

3.5 电气接线要求

3.5.1 变压器低压侧的电气接线应满足如下基本要求：

a） 装设电能计量装置；

b） 变压器容量在 100kVA 以上者，宜装设电流表及电压表；

c） 低压进线和出线应装设有明显断开点的开关；

d） 低压进线和出线应装设自动断路器或熔断器。

3.5.2 严禁利用大地作相线、中性线、保护中性线。

4 配电装置

4.1 一般要求

4.1.1 配电变压器低压侧应按下列规定设置配电室或配电箱：

a） 宜设置配电室的配电变压器：

1） 周围环境污秽严重的地方；

2） 容量较大、出线回路较多而不宜采用配电箱的；

3） 供电给重要用户需经常监视运行的。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

b） 除 4.1.1a）所述以外的配电变压器低压侧可设置配电箱。

c） 排灌专用变压器的配电装置可安装于机泵房内。

4.1.2 配电变压器低压侧装设的计收电费的电能计量装置，应符合 GBJ 63 标准和《供电营业规则》的规定。

4.1.3 配电变压器低压侧配电室或配电箱应靠近变压器，其距离不宜超过 10m。

4.2 配电箱

4.2.1 配电变压器低压侧的配电箱，应满足以下要求：

a） 配电箱的外壳应采用不小于 2.0mm 厚的冷轧钢板制作并进行防锈蚀处理，有条件也可采用不小于 1.5mm 厚的不锈钢等材料制作；

b） 配电箱外壳的防护等级（参见附录 A），应根据安装场所的环境确定。户外型配电箱应采取防止外部异物插入触及带电导体的措施；

c） 配电箱的防触电保护类别（参见附录 H）应为Ⅰ类或Ⅱ类；

d） 箱内安装的电器，均应采用符合国家标准规定的定型产品；

e） 箱内各电器件之间以及它们对外壳的距离，应能满足电气间隙、爬电距离以及操作所需的间隔；

f） 配电箱的进出引线，应采用具有绝缘护套的绝缘电线或电缆，穿越箱壳时加套管保护。

4.2.2 室外配电箱应牢固的安装在支架或基础上，箱底距地面高度不低于 1.0m，并采取防止攀登的措施。

4.2.3 室内配电箱可落地安装，也可暗装或明装于墙壁上。落地安装的基础应高出地面 50mm～100mm。暗装于墙壁时，底部距地面 1.4m；明装于墙壁时，底部距地面 1.2m。

4.3 配电室

4.3.1 配电室进出引线可架空明敷或暗敷，明敷设宜采用耐气候型电缆或聚氯乙烯绝缘电线，暗敷设宜采用电缆或农用直埋塑料绝缘护套电线，敷设方式应满足下列要求：

a） 架空明敷耐气候型绝缘电线时，其电线支架不应小于 40mm×40mm×4mm 角钢，穿墙时，绝缘电线应套保护管。出线的室外应做滴水弯，滴水弯最低点距离地面不应小于 2.5m。

b） 采用农用直埋塑料绝缘塑料护套电线时，应在冻土层以下且不小于 0.8m 处敷设，引上线在地面以上和地面以下 0.8m 的部位应有套管保护。

c） 采用低压电缆作进出线时，应符合第 8 章低压电力电缆的规定。

4.3.2 配电室进出引线的导体截面应按允许载流量选择。主进回路按变压器低压侧额定电流的 1.3 倍计算，引出线按该回路的计算负荷选择。

4.3.3 配电室一般可采用砖、石结构，屋顶应采用混凝土预制板，并根据当地气候条件增加保温层或隔热层，屋顶承重构件的耐火等级不应低于二级，其他部分不应低于三级。

4.3.4 配电室内应留有维护通道：

固定式配电屏为单列布置时，屏前通道为 1.5m；

固定式配电屏为双列布置时，屏前通道为 2.0m；

屏后和屏侧维护通道为 1.0m，有困难时可减为 0.8m。

4.3.5 配电室的长度超过 7m 时，应设两个出口，并应布置在配电室两端，门应向外开启；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

成排布置的配电屏其长度超过 6m 时，屏后通道应设两个出口，并宜布置在通道的两端。

4.4 配电屏及母线

4.4.1 配电屏宜采用符合我国有关国家标准规定的产品，并应有生产许可证和产品合格证。

4.4.2 配电屏出厂时应附有如下的图和资料：

a） 本屏一次系统图、仪表接线图、控制回路二次接线图及相对应的端子编号图；

b） 本屏装设的电器元件表，表内应注明生产厂家、型号规格。

4.4.3 配电屏的各电器、仪表、端子排等均应标明编号、名称、路别（或用途）及操作位置。

4.4.4 配电屏应牢固的安装在基础型钢上，型钢顶部应高出地面 10mm，屏体内设备与各构件连接应牢固。

4.4.5 配电屏内二次回路的配线应采用电压不低于 500V，电流回路截面不小于 $2.5mm^2$，其他回路不小于 $1.5mm^2$ 的铜芯绝缘导线。配线应整齐、美观、绝缘良好、中间无接头。

4.4.6 配电屏内安装的低压电器应排列整齐。

4.4.7 控制开关应垂直安装，上端接电源，下端接负荷。开关的操作手柄中心距地面一般为 1.2m～1.5m；侧面操作的手柄距建筑物或其他设备不宜小于 200mm。

4.4.8 控制两个独立电源的开关应装有可靠的机械和电气闭锁装置。

4.4.9 母线宜采用矩形硬裸铝母线或铜母线，截面应满足允许载流量、热稳定和动稳定的要求。

4.4.10 支持母线的金属构件、螺栓等均应镀锌，母线安装时接触面应保持洁净，螺栓紧固后接触面紧密，各螺栓受力均匀。

4.4.11 母线相序排列应符合表 5 的规定（面向配电屏）。

4.4.12 母线应按下列规定涂漆相色：

U 相为黄色，V 相为绿色，W 相为红色，中性线为淡蓝色，保护中性线为黄和绿双色。

表 5 母线的相序排列

相　别	垂直排列	水平排列	前后排列
U	上	左	远
V	中	中	中
W	下	右	近
N、PEN	最下	最右	最近

注：
1 在特殊情况下，如果按此相序排列会造成母线配置困难，可不按本表规定；
2 N 线或 PEN 线如果不在相线附近并行安装，其位置可不按本表规定。

4.4.13 室内配电装置的母线应满足如下安全距离：

带电体至接地部分：20mm；

不同相的带电体之间：20mm；

无遮栏裸母线至地面：屏前通道为 2.5m，低于 2.5m 时应加遮护，遮护后护网高度不应低于 2.2m；屏后通道为 2.3m，当低于 2.3m 时应加遮护，遮护后的护网高度不应低于 1.9m。不同时停电检修的无遮栏裸母线之间水平距离为 1875mm；与电器连接处不同相裸母线最小净

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

距离为 12mm。

4.4.14 母线与母线、母线与电器端子连接时，应符合下列规定：

a） 铜与铜连接时，室外高温且潮湿或对母线有腐蚀性气体的室内，必须搪锡，在干燥的室内可直接连接；

b） 铝与铝连接时，可采用搭接，搭接时应净洁表面并涂以导电膏；

c） 铜与铝连接时，在干燥的室内，铜导体应搪锡，室外或较潮湿的室内应使用铜铝过渡板，铜端应搪锡。

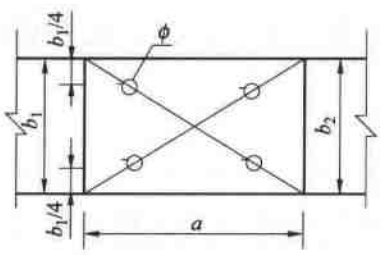
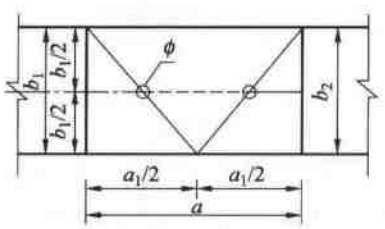
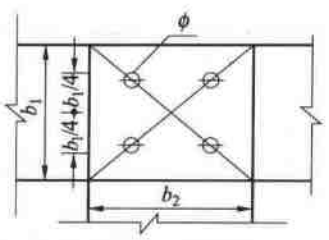
4.4.15 相同布置的主母线、分支母线、引下线及设备连接线应一致，横平竖直，整齐美观。

4.4.16 硬母线搭接连接时，应符合以下要求：

a） 母线应矫正平直，切断面应平整。

b） 矩形母线的搭接连接，应符合表 6 的规定。

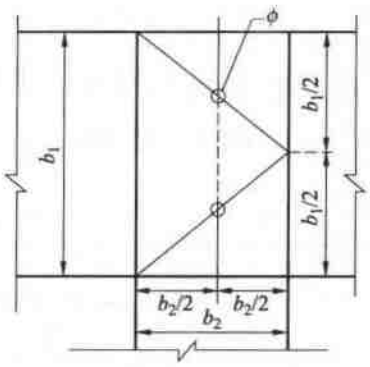
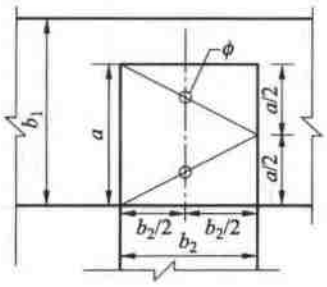
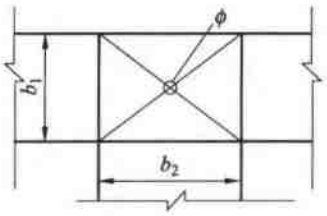
表 6 矩形母线搭接要求

搭接形式	类别	序号	连接尺寸 mm			钻孔要求		螺栓规格
			b_1	b_2	a	ϕ mm	个数	
	直线连接	1	125	125	b_1 或 b_2	21	4	M20
		2	100	100	b_1 或 b_2	17	4	M16
		3	80	80	b_1 或 b_2	13	4	M12
		4	63	63	b_1 或 b_2	11	4	M10
		5	50	50	b_1 或 b_2	9	4	M8
		6	45	45	b_1 或 b_2	9	4	M8
	直线连接	7	40	40	80	13	2	M12
		8	31.5	31.5	63	11	2	M10
		9	25	25	50	9	2	M8
	垂直连接	10	125	125		21	4	M20
		11	125	100～80		17	4	M16
		12	125	63		13	4	M12
		13	100	100～80		17	4	M16
		14	80	80～63		13	4	M12
		15	63	63～50		11	4	M10
		16	50	50		9	4	M8
		17	45	45		9	4	M8

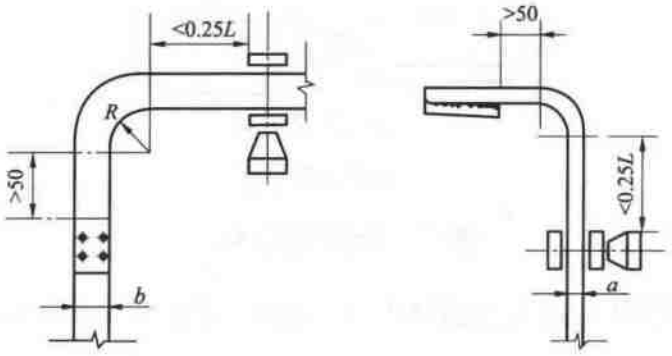
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6（续）

搭接形式	类别	序号	连接尺寸 mm			钻孔要求		螺栓规格
			b_1	b_2	a	ϕ mm	个数	
	垂直连接	18	125	50～40		17	2	M16
		19	100	63～40		17	2	M16
		20	80	63～40		15	2	M14
		21	63	50～40		13	2	M12
		22	50	45～40		11	2	M10
		23	63	31.5～25		11	2	M10
		24	50	31.5～25		9	2	M8
	垂直连接	25	125	31.5～25	60	11	2	M10
		26	100	31.5～25	50	9	2	M8
		27	80	31.5～25	50	9	2	M8
	垂直连接	28	40	40～31.5		13	1	M12
		29	40	25		11	1	M10
		30	31.5	31.5～25		11	1	M10
		31	25	22		9	1	M8

c） 母线弯曲时应符合以下规定（见图 5）。



a) 立弯母线　　b) 平弯母线

a—母线厚度；b—母线宽度；L—母线两支持点间的距离

图 5　硬母线的立弯与平弯

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1） 母线开始弯曲处距最近绝缘子的母线支持夹板边缘不应大于 0.25L，但不得小于 50mm；

2） 母线开始弯曲处距母线连接位置不应小于 50mm；

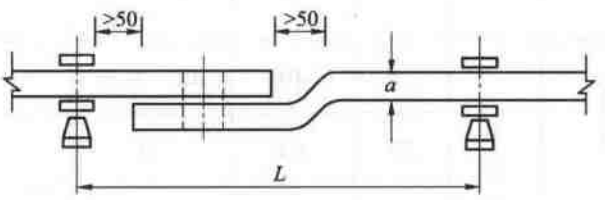
3） 矩形母线应减少直角弯曲，弯曲处不得有裂纹及显著的折皱，母线的最小弯曲半径应符合表 7 的规定；

4） 多片母线的弯曲度应一致。

d） 矩形母线采用螺栓固定搭接时，连接处距支柱绝缘子的支持夹板边缘不应小于 50mm；上片母线端头与下片母线平弯开始处的距离不应小于 50mm，见图 6。

表 7 母线最小弯曲半径（*R*）值

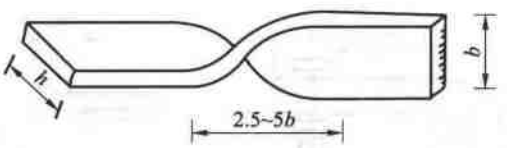
母线种类	弯曲方式	母线断面尺寸	最小弯曲半径		
			铜	铝	钢
矩形母线	平弯	50mm×5mm 及其以下	2a	2a	2a
		125mm×10mm 及其以下	2a	2.5a	2a
	立弯	50mm×5mm 及其以下	1b	1.5b	0.5b
		125mm×10mm 及其以下	1.5b	2b	1b



L—母线两点支持点之间的距离；a—母线厚度

图 6 矩形母线搭接

e） 母线扭转 90°时，其扭转部分的长度应为母线宽度的 2.5～5 倍，见图 7。



b—母线的宽度

图 7 母线扭转 90°

4.4.17 母线接头螺孔的直径宜大于螺栓直径 1mm；钻孔应垂直，螺孔间中心距离的误差不超过±0.5mm。

4.4.18 母线的接触面加工必须平整、无氧化膜。经加工后其截面减少值：铜母线不应超过原截面的 3%；铝母线不应超过原截面的 5%。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.4.19 矩形母线的弯曲、扭转宜采用冷弯，如需热弯时，加热温度不应超过250℃。

4.5 控制与保护

4.5.1 配电室（箱）进、出线的控制电器和保护电器的额定电压、频率应与系统电压、频率相符，并应满足使用环境的要求。

4.5.2 配电室（箱）的进线控制电器按变压器额定电流的1.3倍选择；出线控制电器按正常最大负荷电流选择。手动开断正常负荷电流的，应能可靠地开断1.5倍的最大负荷电流；开断短路电流的，应能可靠地切断安装处可能发生的最大短路电流。

4.5.3 熔断器和熔体的额定电流应按下列要求选择：

a） 配电变压器低压侧总过流保护熔断器的额定电流，应大于变压器低压侧额定电流，一般取额定电流的1.5倍，熔体的额定电流应按变压器允许的过负荷倍数和熔断器的特性确定。

b） 出线回路过流保护熔断器的额定电流，不应大于总过流保护熔断器的额定电流，熔体的额定电流按回路正常最大负荷电流选择，并应躲过正常的尖峰电流，可参照下式选取。

对于综合性负荷回路：

$$I_N \geqslant I_{max \cdot st} + (\Sigma I_{max} - I_{max \cdot N})$$

对于照明回路：

$$I_N \geqslant K_m \Sigma I_{max}$$

式中：

I_N——熔体额定电流（A）；

$I_{max \cdot st}$——回路中最大一台电动机的起动电流（A）；

ΣI_{max}——回路正常最大负荷电流（A）；

$I_{max \cdot N}$——回路中最大一台电动机的额定电流（A）；

K_m——熔体选择系数，白炽灯、荧光灯K_m取1，高压汞灯、钠灯K_m取1.5。

c） 熔断器极限分断能力应满足下式：

$$I_{oc} \geqslant I_k^{(3)}$$

式中：

I_{oc}——熔断器极限分断能力（A）；

$I_k^{(3)}$——安装处的三相短路电流（周期有效值）（A）。

d） 熔断器的灵敏度应满足下式：

$$I_{min \cdot k} \geqslant K_{op} I_N$$

式中：

K_{op}——熔体动作系数，一般取4；

$I_{min \cdot k}$——被保护线段的最小短路电流（A），对于TT、TN-C系统为单相短路电流，对于IT系统为两相短路电流；

I_N——熔体额定电流（A）。

4.5.4 配电变压器低压侧总自动断路器应具有长延时和瞬时动作的性能，其脱扣器的动作电流应按下列要求选择：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

a） 瞬时脱扣器的动作电流，一般为控制电器额定电流的 5 或 10 倍；

b） 长延时脱扣器的动作电流可根据变压器低压侧允许的过负荷电流确定。

4.5.5 出线回路自动断路器脱扣器的动作电流应比上一级脱扣器的动作电流至少应低一个级差。

a） 瞬时脱扣器，应躲过回路中短时出现的尖峰负荷。

对于综合性负荷回路：

$$I_{op} \geqslant K_{rel}(I_{max \cdot st} + \Sigma I_{max} - I_{max \cdot N})$$

对于照明回路：

$$I_{op} \geqslant K_c \Sigma I_{max}$$

式中：

I_{op}——瞬时脱扣器的动作电流（A）；

K_{rel}——可靠系数，取 1.2；

$I_{max \cdot st}$——回路中最大一台电动机的起动电流（A）；

ΣI_{max}——回路正常最大负荷电流（A）；

$I_{max \cdot N}$——回路中最大一台电动机的额定电流（A）；

K_c——照明计算系数，取 6。

b） 长延时脱扣器的动作电流，可按回路最大负荷电流的 1.1 倍确定。

4.5.6 选出的自动断路器应作如下校验：

a） 自动断路器的分断能力应大于安装处的三相短路电流（周期分量有效值）。

b） 自动断路器灵敏度应满足下式要求：

$$I_{min} \geqslant K_{op} I_{op}$$

式中：

I_{min}——被保护线段的最小短路电流（A），对于 TT、TN-C 系统，为单相短路电流，对于 IT 系统为两相短路电流；

I_{op}——瞬时脱扣器的动作电流（A）；

K_{op}——动作系数，取 1.5。

注：一般单相短路电流较小，很难满足要求，可用长延时脱扣器作后备保护。

c） 长延时脱扣器在 3 倍动作电流时，其可返回时间应大于回路中出现的尖峰负荷持续的时间。

5 剩余电流保护

5.1 保护范围

5.1.1 剩余电流动作保护是防止因低压电网剩余电流造成故障危害的有效技术措施，低压电网剩余电流保护一般采用剩余电流总保护（中级保护）和末级保护的多级保护方式。

a） 剩余电流总保护和中级保护的范围是及时切除低压电网主干线路和分支线路上断线接地等产生较大剩余电流的故障。

b） 剩余电流末级保护装于用户受电端，其保护的范围是防止用户内部绝缘破坏、发生人身间接接触触电等剩余电流所造成的事故，对直接接触触电，仅作为基本保护措施的附加保护。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.1.2 剩余电流动作保护器对被保护范围内相—相、相—零间引起的触电危险，保护器不起保护作用。

5.2 一般要求

5.2.1 剩余电流动作保护器，必须选用符合 GB 6829 标准，并经中国电工产品认证委员会认证合格的产品。

5.2.2 剩余电流动作保护器安装场所的周围空气温度，最高为+40℃，最低为–5℃，海拔不超过 2000m，对于高海拔及寒冷地区，以及周围空气温度高于+40℃低于–5℃运行的剩余电流动作保护器可与制造厂家协商制定。

5.2.3 剩余电流动作保护器的安装场所应无爆炸危险、无腐蚀性气体，并注意防潮、防尘、防震动和避免日晒。

5.2.4 剩余电流动作保护器的安装位置，应避开强电流电线和电磁器件，避免磁场干扰。

5.3 保护方式

5.3.1 采用 TT 系统方式运行的，应装设剩余电流总保护和剩余电流末级保护。对于供电范围较大或有重要用户的农村低压电网可增设剩余电流中级保护。

5.3.2 剩余电流总保护方式有：安装在电源中性点接地线上；安装在电源进线回路上；安装在各条配电出线回路上。

5.3.3 剩余电流中级保护可根据网络分布情况装设在分支配电箱的电源线上。

5.3.4 剩余电流末级保护可装在接户或动力配电箱内，也可装在用户室内的进户线上。

5.3.5 TT 系统中的移动式电器、携带式电器、临时用电设备、手持电动器具，应装设剩余电流末级保护（Ⅱ类和Ⅲ类电器除外）。

5.3.6 剩余电流动作保护器动作后应自动开断电源，对开断电源会造成事故或重大经济损失的用户，其装置方式按 GB 13955 规定执行。

5.3.7 剩余电流保护方式，可根据实际运行需要进行选定。

5.4 剩余电流保护装置

5.4.1 剩余电流总保护、剩余电流中级保护及三相动力电源的剩余电流末级保护，宜采用具有漏电保护、短路保护或过负荷保护功能的剩余电流断路器，当采用组合式保护器时，宜采用带分励脱扣的低压断路器。

5.4.2 单相剩余电流末级保护，应选用剩余电流保护和短路保护为主的剩余电流断路器。

5.4.3 剩余电流断路器、组合式剩余电流动作保护器的电源控制开关，其通断能力应能可靠的开断安装处可能发生的最大短路电流。

5.4.4 组合式剩余电流动作保护器的零序电流互感器为穿心式时，其穿越的主回路导线宜并拢，并注意防止在正常工作条件下不平衡磁通引起的误动作。

5.4.5 组合式剩余电流动作保护器外接控制回路的电线，应采用单股铜芯绝缘电线，截面不应小于 1.5mm^2。

5.4.6 单独安装的剩余电流断路器或组合式保护器的剩余电流继电器，宜安装在配电盘的正面便于操作的位置。

5.5 额定剩余动作电流

5.5.1 剩余电流总保护在躲过农村低压电网正常剩余电流情况下，额定剩余动作电流应尽

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

量选小，以兼顾人身间接接触触电保护和设备的安全。剩余电流总保护的额定剩余动作电流宜为固定分档可调，其最大值可参照表 8 确定。

表 8 剩余电流总保护额定剩余动作电流 mA

电网剩余电流情况	非阴雨季节	阴 雨 季 节
剩余电流较小的电网	50	200
剩余电流较大的电网	100	300
注：剩余电流动作保护器主要特性参数见附录 B。		

5.5.2 农村低压电网选用二级保护时，额定剩余动作电流可参照表 9 确定。

表 9 二级保护额定剩余动作电流 mA

二 级 保 护	总 保 护	末 级 保 护
额定剩余动作电流	100～200	≤30[1]
1）家用电器、固定安装电器、移动式电器、携带式电器及临时用电设备为 30mA；手持式电动器具为 10mA；特别潮湿的场所为 6mA（常用低压电器技术数据参见附录 J）。		

5.5.3 农村低压电网选用三级保护时，额定剩余动作电流可参照表 10 确定。

表 10 三级保护额定剩余动作电流 mA

三级保护	总保护	中级保护	末级保护
额定剩余动作电流	200～300	60～100	≤30[1]
1）家用电器、固定安装电器、移动式电器及临时用电设备为 30mA；手持式电动器具为 10mA；特别潮湿的场所为 6mA（常用低压电器技术数据参见附录 J）。			

5.6 剩余电流动作保护器分断时间

5.6.1 快速动作型保护器，其最大分断时间应符合表 11 的规定。

表 11 快速动作型保护器分断时间

$I_{\Delta n}$[1] A	I_n[2] A	最大分断时间 s		
		$I_{\Delta n}$	$2I_{\Delta n}$	$5I_{\Delta n}$
≥0.03	任何值	0.2	0.1	0.04
	只适用≥40[3]	0.2	—	0.15

1）$I_{\Delta n}$ 为额定剩余动作电流。
2）I_n 为保护器额定电流。
3）为组合式剩余电流动作保护器（包括断路器的断开时间）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.6.2 农村低压电网选用二级保护时，为确保保护器动作的选择性，总保护必须选用延时型剩余电流动作保护器，其分断时间与末级保护的分断时间应符合表 12 的规定。

表 12 二级保护的最大分断时间 s

二级保护	总保护	末级保护
最大分断时间	0.3	≤0.1
注：延时型剩余电流动作保护器的延时时间的级差为 0.2s。		

5.6.3 农村低压电网选用三级保护时，为确保保护器动作的选择性，总保护和中级保护必须选用延时型剩余电流动作保护器，其相互间的配合应符合表 13 的规定。

表 13 三级保护的最大分断时间 s

三级保护	总 保 护	中级保护	末级保护
最大分断时间	0.5	0.3	≤0.1

5.7 各级保护的技术参数

各级保护的技术参数如表 14 所示。

表 14 额定剩余动作电流、分断时间表

三级保护	总保护	中级保护	末级保护
额定剩余动作电流 mA	200～300	60～100	≤30
最大分断时间 s	0.5	0.3	≤0.1

5.8 检测

5.8.1 安装剩余电流总保护的农村低压电网，其剩余电流不应大于剩余电流动作保护器额定剩余动作电流的 50%。

5.8.2 装设剩余电流动作保护器的电动机及其他电气设备的绝缘电阻不应小于 0.5MΩ。

5.8.3 装设在进户线的剩余电流动作保护器，其室内配线的绝缘电阻，晴天不宜小于 0.5MΩ；雨天不宜小于 0.08MΩ。

5.8.4 剩余电流动作保护器安装后应进行如下检测：

a） 带负荷分、合开关 3 次，不得误动作；

b） 用试验按钮试跳 3 次，应正确动作；

c） 各相用 1kΩ左右试验电阻或 40W～60W 灯泡接地试跳 3 次，应正确动作。

6 架空电力线路

6.1 一般要求

6.1.1 计算负荷：应结合农村电力发展规划确定，一般可按 5 年考虑。

6.1.2 路径选择应符合下列要求：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

a） 应与农村发展规划相结合，方便机耕，少占农田；

b） 路径短，跨越、转角少，施工、运行维护方便；

c） 应避开易受山洪、雨水冲刷的地方，严禁跨越易燃、易爆物的场院和仓库。

6.1.3 线路设计的气象条件：应根据当地的气象资料（采用 10 年一遇的数值）和附近已有线路的运行经验确定。如选出的气象条件与典型气象区接近时，一般采用典型气象区所列数值（典型气象区参见附录 J）。

6.1.4 当采用架空绝缘电线时，其气象条件应按 DL/T 601 标准的规定进行校核。

6.1.5 线路设计要考虑地区污染和大气污染情况（架空线路污秽分级标准参见附录 K）。

6.2 导线

6.2.1 农村低压电力网应采用符合 GB/T 1179 标准规定的导线。禁止使用单股、破股（拆股）线和铁线。

居民密集的村镇可采用符合 GB 12527 标准规定的架空绝缘电线（参见附录 C），但应满足 6.1.4 规定的条件。

6.2.2 铝绞线、钢芯铝绞线的强度安全系数不应小于 2.5；架空绝缘电线不应小于 3.0。强度安全系数 K 可用下式表示：

$$K \geqslant \frac{\sigma}{\sigma_{max}}$$

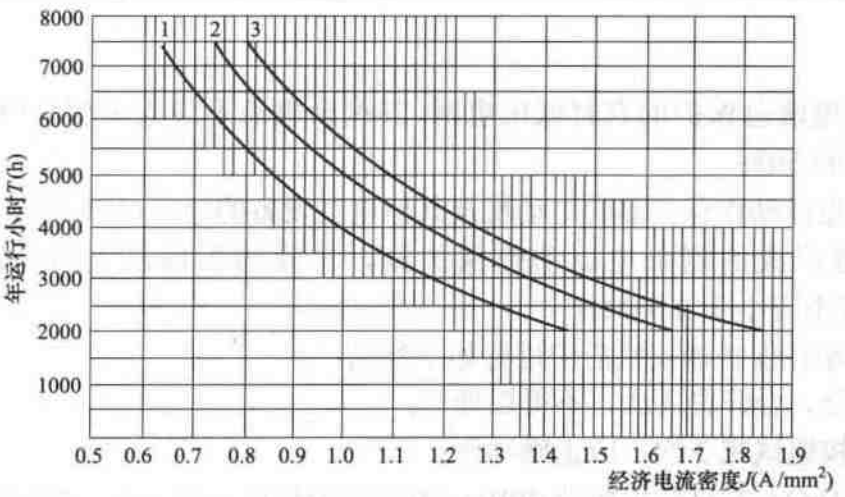
式中：

σ ——导线的抗拉强度（N/mm^2）；

σ_{max} ——导线的最大使用应力（N/mm^2）。

6.2.3 选择导线截面时应符合下列要求：

a） 按经济电流密度选择，见图 8；



1—导线为 LJ 线，10kV 及以下导线；2—导线为 LGJ 型，10kV 及以下导线；

3—导线为 LGJ、LGJQ 型，35～220kV 导线

图 8 软导线经济电流密度

b） 线路末端的电压偏差应符合 3.3.2 的规定；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

c） 按允许电压损耗校核时：自配电变压器二次侧出口至线路末端（不包括接户线）的允许电压损耗不大于额定低压配电电压（220V、380V）的 7%；

d） 导线的最大工作电流，不应大于导线的允许载流量；

e） 铝绞线、架空绝缘电线的最小截面为 25mm^2，也可采用不小于 16mm^2 的钢芯铝绞线；

f） TT 系统的中性线和 TN-C 系统的保护中性线，其截面应按允许载流量和保护装置的要求选定，但不应小于 3.4.5 中表 3 的规定。单相供电的中性线截面应与相线相同。

6.2.4 施放导线时，应采取防止导线损伤的措施，并应进行外观检查：铝绞线、钢芯铝绞线表面不得有腐蚀的斑点、松股、断股及硬伤的现象。架空绝缘电线：表面不得有气泡、鼓肚、砂眼、露芯、绝缘断裂及绝缘霉变等现象。

6.2.5 铝绞线、钢芯铝绞线、架空绝缘电线有硬弯或钢芯铝绞线钢芯断一股时应剪断重接，接续应满足下列要求：

a） 铝绞线、钢芯铝绞线：宜采用压接管；

b） 架空绝缘电线：芯线采用圆形压接管；外层绝缘恢复宜采用热收缩管；

c） 导线接续前应用汽油清洗管内壁及被连接部分导线的表面，并在导线表面涂一层导电膏后再行压接。

6.2.6 同一档距内，每根导线只允许一个接头，接头距导线固定点不应小于 0.5m，不同规格、不同金属和绞向的导线，严禁在一个耐张段内连接。

6.2.7 铝绞线在同一截面处不同的损伤面积应按下列要求处理：

a） 损伤截面占总截面 5%～10%时，应用同金属单股线绑扎，单股线直径应不小于 2mm，绑扎长度不应小于 100mm。

b） 损伤截面占总截面 10%～20%时，应用同金属单股线绑扎，单股线直径应不小于 2mm，绑扎长度不应小于：

1） LJ-35 型及以下：140mm；

2） LJ-95 型及以下：280mm；

3） LJ-185 型及以下：340mm。

c） 损伤截面积超过 20%或因损伤导致强度损失超过总拉断力的 5%时，应将损伤部分全部割去，应采用压接管重新接续。

6.2.8 钢芯铝绞线在同一截面处不同的损伤面积，应按 GB 50173 标准的规定要求处理；架空绝缘导线在同一截面处不同的损伤面积应按 DL/T 602 标准的规定要求处理。

6.2.9 架空绝缘电线的绝缘层操作时，应用耐气候型号的自黏性橡胶带至少缠绕 5 层作绝缘补强。

6.2.10 架空绝缘电线施放后，用 500V 兆欧表摇测 1min 后的稳定绝缘电阻，其值应不低于 0.5MΩ。

6.2.11 导线的设计弧垂，各地可根据已有线路的运行经验或按所选定的气象条件计算确定。考虑导线初伸长对弧垂的影响，架线时应将铝绞线和绝缘铝绞线的设计弧垂减少 20%，钢芯铝绞线设计弧垂减少 12%。

6.2.12 档距内的各相弧垂应一致，相差不应大于 50mm。同一档距内，同层的导线截面不同

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

时，导线弧垂应以最小截面的弧垂确定。

6.2.13 常用导线结构及技术指标见附录 D。

6.3 绝缘子

6.3.1 架空导线应采用与线路额定电压相适应的绝缘子固定，其规格根据导线截面大小选定。

6.3.2 绝缘子应采用符合 GB/T 773、GB/T 1386.1 标准的电瓷产品。

6.3.3 直线杆一般采用针式绝缘子或蝶式绝缘子，耐张杆采用蝶式或线轴式绝缘子，也可采用悬式绝缘子。中性线、保护中性线应采用与相线相同的绝缘子。

6.3.4 绝缘子在安装前应逐个清污并作外观检查，抽测率不少于 5%。

a） 绝缘子的铁脚与瓷件应结合紧密，铁脚镀锌良好，瓷釉表面光滑、无裂纹、缺釉、破损等缺陷。

b） 用 2500V 兆欧表摇测 1min 后的稳定绝缘电阻，其值不应小于 20MΩ。

6.4 横担及铁附件

6.4.1 线路横担及其铁附件均应热镀锌或其他先进的防腐措施。镀锌铁横担具体规格应通过计算确定，但不应小于：

直线杆采用角钢时：50mm×50mm×5mm；

承力杆采用角钢时：2 根 50mm×50mm×5mm。

6.4.2 单横担的组装位置，直线杆应装于受电侧；分支杆、转角杆及终端杆应装于拉线侧。横担组装应平整，端部上、下和左右斜扭不得大于 20mm。

6.4.3 用螺栓连接构件时，应符合下列要求：

a） 螺杆应与构件面垂直，螺头平面与构件间不应有间隙。

b） 螺母紧好后，露出的螺杆长度，单螺母不应少于两个螺距；双螺母可与螺母相平。当必须加垫圈时，每端垫圈不应超过两个。

c） 螺栓穿入方向：顺线路者从电源侧穿入；横线路者面向受电侧由左向右穿入；垂直地面者由下向上穿入。

6.5 导线排列、档距及线间距离

6.5.1 导线一般采用水平排列，中性线或保护中性线不应高于相线，如线路附近有建筑物，中性线或保护中性线宜靠近建筑物侧。同一供电区导线的排列相序应统一。路灯线不应高于其他相线、中性线或保护中性线。

6.5.2 线路档距，一般采用下列数值：

a） 铝绞线、钢芯铝绞线：集镇和村庄为 40m～50m；田间为 40m～60m；

b） 架空绝缘电线：一般为 30m～40m，最大不应超过 50m。

6.5.3 导线水平线间距离，不应小于下列数值：

a） 铝绞线或钢芯铝绞线：档距 50m 及以下为 0.4m；档距 50m～60m 为 0.45m；靠近电杆的两导线间距离，不应小于 0.5m。

b） 架空绝缘电线：档距 40m 及以下为 0.3m；档距 40m～50m 为 0.35m；靠近电杆的两导线间距为 0.4m。

6.5.4 低压线路与高压线路同杆架设时，横担间的垂直距离，不应小于下列数值：

直线杆：1.2m；

www.789pdf.com 789书库网

· www.789pdf.com 789书库网

分支和转角杆：1.0m。

6.5.5 未经电力企业同意，不得同杆架设广播、电话、有线电视等其他线路。低压线路与弱电线路同杆架设时电力线路应敷设在弱电线路的上方，且架空电力线路的最低导线与弱电线路的最高导线之间的垂直距离，不应小于1.5m。

6.5.6 同杆架设的低压多回线路，横担间的垂直距离不应小于下列数值：直线杆为0.6m；分支杆、转角杆为0.3m。

6.5.7 线路导线每相的过引线、引下线与邻相的过引线、引下线或导线之间的净空距离，不应小于150mm；导线与拉线、电杆间的最小间隙，不应小于50mm。

6.6 电杆、拉线和基础

6.6.1 电杆宜采用符合GB 4623标准规定的定型产品，杆长宜为8m，梢径为150mm。

6.6.2 混凝土电杆的最大使用弯矩，不应大于混凝土电杆的标准检验弯矩（参见附录E）。

6.6.3 各类电杆的运行工况，应计算下列工况的荷载：

a） 最大风速、无冰、未断线；

b） 覆冰、相应风速、未断线；

c） 最低温度、无冰、无风、未断线（适用于转角杆、终端杆）。

6.6.4 混凝土电杆组立前应作如下检查：

a） 电杆表面应光滑，无混凝土脱落、露筋、跑浆等缺陷；

b） 平放地面检查时，不得有环向或纵向裂缝，但网状裂纹、龟裂、水纹不在此限；

c） 杆身弯曲不应超过杆长的1/1000；

d） 电杆的端部应用混凝土密封。

6.6.5 电杆的埋设深度，应根据土质及负荷条件计算确定，但不应小于杆长的1/6。电杆的倾覆稳定安全系数不应小于：直线杆为1.5；耐张杆为1.8；转角、终端杆为2.0。

6.6.6 电杆组立后（未架线），杆位横向偏离线路中心线不应大于50mm。

6.6.7 架线后，杆身倾斜：直线杆杆梢位移，不应大于杆梢直径的1/2；转角杆应向外倾斜；终端杆应向拉线侧倾斜，其杆梢位移不应大于杆梢直径。

6.6.8 转角、分支、耐张、终端和跨越杆均应装设拉线，拉线及其铁附件均应热镀锌。

6.6.9 拉线一般固定在横担下不大于0.3m处。拉线与电杆夹角为45°，若受地形限制，不应小于30°。

6.6.10 跨越道路（非公路）的水平拉线，对路面的垂直距离不应低于5m，拉线柱应向张力反方向倾斜10°～20°。

6.6.11 拉线宜采用镀锌钢绞线，强度安全系数不应小于2.0，截面不应小于25mm^2。

6.6.12 拉线的底把宜采用直径不小于16mm的热镀锌圆钢制成的拉线棒，连接处应采用双螺母，其外露地面部分的长度应为露出地面0.5m～0.7m。

6.6.13 拉线盘需具有一定抗弯强度，宜采用钢筋混凝土预制块，其规格不应小于150mm×250mm×500mm。

6.6.14 拉线的埋设深度，应根据土质条件和电杆的倾覆力矩确定，其抗拔稳定安全系数不应小于：直线杆为1.5；耐张杆为1.8；转角杆、终端杆为2.0。

6.6.15 穿越和接近导线的电杆拉线必须装设与线路电压等级相同的拉线绝缘子。拉线绝缘子应装在最低导线以下，应保证在拉线绝缘子以下断拉线情况下，拉线绝缘子距地面不应小

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

于 2.5m。

6.6.16 拉紧绝缘子的强度安全系数不应小于 3.0。

6.6.17 拉线坑、杆坑的回填土，应每填 0.3m 夯实一次，最后培起高出地面 0.3m 的防沉土台，在拉线和电杆易受洪水冲刷的地方，应设保护桩或采取其他加固措施。

6.7 对地距离和交叉跨越

6.7.1 导线对地面和交叉跨越物的垂直距离，应按导线最大弧垂计算；对平行物的水平距离，应按导线最大风偏计算，并计及导线的初伸长和设计、施工误差。

6.7.2 裸导线对地面、水面、建筑物及树木间的最小垂直和水平距离，应符合下列要求：

a） 集镇、村庄（垂直）：6m；

b） 田间（垂直）：5m；

c） 交通困难的地区（垂直）：4m；

d） 步行可达到的山坡（垂直）：3m；

e） 步行不能达到的山坡、峭壁和岩石（垂直）：1m；

f） 通航河流的常年高水位（垂直）：6m；

g） 通航河流最高航行水位的最高船桅顶（垂直）：1m；

h） 不能通航的河湖冰面（垂直）：5m；

i） 不能通航的河湖最高洪水位（垂直）：3m；

j） 建筑物（垂直）：2.5m；

k） 建筑物（水平）：1m；

l） 树木（垂直和水平）：1.25m。

6.7.3 架空绝缘电线对地面、建筑物、树木的最小垂直、水平距离应符合下列要求：

a） 集镇、村庄居住区（垂直）：6m；

b） 非居住区（垂直）：5m；

c） 不能通航的河湖冰面（垂直）：5m；

d） 不能通航的河湖最高洪水位（垂直）：3m；

e） 建筑物（垂直）：2m；

f） 建筑物（水平）：0.2m；

g） 街道行道树（垂直）：0.2m；

h） 街道行道树（水平）：0.5m。

6.7.4 低压电力线路与弱电线路交叉时，电力线路应架设在弱电线路的上方；电力线路电杆应尽量靠近交叉点但不应小于对弱电线路的倒杆距离。电力线路与弱电线路的交叉角以及最小距离应符合下列规定：

a） 与一级弱电线路的交叉角不小于 45°；

b） 与二级弱电线路的交叉角不小于 30°；

c） 与弱电线路的距离（垂直、水平）为 1m。

弱电线路等级参见附录 L。

6.7.5 低压电力线路与铁路、道路、通航河流、管道、索道及各种架空线路交叉或接近时，应符合表 15 的要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 15 架空电力线路与各种工程设施交叉接近时的基本要求

编号	项目		一		二		三		四		五					六	
			铁路		道路		通航河流		弱电线路		电力线路（kV）						
			标准轨距	窄轨	一、二级公路	三、四级公路	主要	次要	一、二级	三级	1.0以下	6～10	35～110	154～220	330	特殊管道	铁索道
1	导线最小截面		铝绞线及铝合金线为 35mm²，其他导线为 16mm²														
2	导线在跨越档内的接头		不应接头	—	不应接头	—	不应接头	—	—	—	—	—	—	—	—	不应接头	
3	导线支持方式		双固定		双固定	单固定	双固定	单固定	双固定	单固定	单固定	—	—	—	—	双固定	
4	最小垂直距离（m）	项目 / 线路电压	至轨顶		至路面		至50年一遇洪水位		至被跨越线		至导线					电力线在上面	
			至承力索或接触线				至最高航行水位的最高船桅顶									电力线在下面	电力线在下面时至电力线上的保护设施
		低压	7.5	6.0	6.0		6.0		1.0		1	2	3	4	5	1.5	
			3.0	3.0			1.0									1.5	
5	最小水平距离（m）	项目 / 线路电压	电杆外缘至轨道中心		电杆中心至路面边缘		与拉纤小路平行的线路，边导线至斜坡上缘		在路径受限制地区、两线路边导线间		在路径受限制地区，两线路外边侧导线间					在路径受限制地区至管索道任何部分	
		低压	交叉：5.0 平行：杆高加3.0		0.5		最高电杆高度		1.0		2.5	2.5	5.0	7.0	9.0	1.5	
6	备注				公路分级见附录		开阔地区的最小水平距离不得小于电杆高度		两平行线路在开阔地区的水平距离不应小于电杆高度		两平行线路在开阔地区的水平距离不应小于电杆高度					在路径不受限制地区与管索道的水平距离不应小于电杆高度	

注：低压架空电力线路与二、三级弱电线路、低压线路、公路交叉跨越的导线最小截面可按 6.2.3 规定执行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7 地埋电力线路

7.1 一般要求

7.1.1 地埋电力线路（简称地埋线）的电线必须符合 JB 2171 标准的规定（参见附录 F）。

7.1.2 白蚁聚居、鼠类活动频繁、土壤中含有腐蚀塑料的物质、岩石或碎石地区，不宜敷设地埋线。

7.1.3 地埋线的敷设路径和电线的计算负荷，应与农村发展规划相结合通盘考虑，一般不应少于 5 年。

7.2 地埋线

7.2.1 地埋线的型号选择，北方宜采用耐寒护套或聚乙烯护套型；南方采用普通护套型，严禁用无护套的普通塑料绝缘电线代替。

7.2.2 地埋线的截面选择，除应满足 6.2.3 有关规定外，其截面不应小于 $4mm^2$。

7.2.3 地埋线的接续宜采用压接。接头处的绝缘和护套的恢复，可用自黏性塑料绝缘带缠绕包扎或用热收缩管的办法。

当采用缠绕包扎时，一般至少缠绕 5 层作绝缘恢复，再缠 5 层作为护套。包扎长度应在接头两端各伸延 100mm，缠绕时严防灰尘、水分混入，严禁用黑胶布包扎接头。

7.2.4 地埋线的接续也可引出地面用接线箱连接。

7.3 敷设

7.3.1 地埋线应敷设在冻土层以下，其深度不宜小于 0.8m。

7.3.2 地埋线一般应水平敷设，线间距离为 50mm～100mm，电线至沟边距离不应小于 50mm。

7.3.3 地埋线的沟底应平坦坚实，无石块和坚硬杂物，并铺设一层 100mm～200mm 厚的松软细土或细砂，当地形高度变化时应作平缓斜坡。线路转向时，拐弯半径不应小于地埋线外径的 15 倍。

7.3.4 地埋线施放前，必须浸水 24h 后，用 2500V 兆欧表摇测 1min，其稳定绝缘电阻应符合有关技术标准的规定。

7.3.5 环境温度低于 0℃或雨、雪天，不宜敷设地埋线。

7.3.6 放线时，应作外表检查：

a） 绝缘护套不得有机械损伤、砂眼、汽泡、鼓肚、漏芯、粗细不匀等现象；

b） 芯线不偏心、无硬弯、无断股；

c） 无腐蚀霉变现象。

7.3.7 放线时应将地埋线托起，严禁在地面上拖拉。谨防打卷、扭折和其他机械损伤。

7.3.8 地埋线在沟内应水平面蛇形敷设，遇有接头、接线箱、转弯处、穿管处，应留有余度伸缩弯的半径不应小于地埋线外径的 15 倍，沟内各相接头应错开。

7.3.9 地埋线与其他地下工程设施相互交叉、平行时，其最小距离应符合表 16 的规定。

表 16 地埋线与其他地下设施交叉、平行时允许的最小距离 m

地下设施名称	平　行	交　叉
地埋电力线路	0.5	0.5（0.25）
10kV 及以下电力电缆	0.5	0.5（0.25）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 16（续）

地下设施名称	平　行	交　叉
通信电缆	0.5	0.5（0.25）
自来水管	0.5	0.5（0.25）
注：表中括号内数字是指地埋线有穿管保护或加隔板的最小距离。		

7.3.10　地埋线穿越铁路、公路时，应加钢管套保护，管的内径不应小于地埋线外径的 1.5 倍，管内不得有接头，保护管距公路路面、铁轨路基面，不应小于 1.0m。

7.3.11　地埋线引出地面时，自埋设深处起至接线箱应套装硬质保护管，管的内径不应小于地埋线外径的 1.5 倍。

7.4　接线箱

7.4.1　地埋线路的分支、接户、终端及引出地面的接线处，应装设地面接线箱，其位置应选择在便于维护管理、不易碰撞的地方。

7.4.2　接线箱内应采用符合我国有关国家标准的产品，并应满足 4.2.1 的规定。

7.4.3　接线箱应牢固安装在基础上，箱底距地面不应小于 1m。

7.5　填埋

7.5.1　回填土前应核对相序，做好路径、接头与地下设施交叉的标志和保护。

7.5.2　回填土应按以下步骤进行：

1）　回填土应从放线端开始，逐步向终端推移，不应多处同时进行。

2）　电线周围应填细土或细砂，覆土 200mm 后，可放水让其自然下沉或用人排步踩平，禁用机械夯实。

3）　用 2500V 兆欧表复测绝缘电阻，并与埋设前所测电阻相比，若阻值明显下降时，应查明原因进行处理。

4）　当复测绝缘电阻无明显下降时，才可全面回填土，回填土时禁用大块泥土投击，回填土应高出地面 200mm。

8　低压电力电缆

8.1　农村低压电力电缆选用要求

8.1.1　一般采用聚氯乙烯绝缘电缆或交联聚乙烯绝缘电缆。

8.1.2　在有可能遭受损伤的场所，应采用有外护层的铠装电缆；在有可能发生位移的土壤中（沼泽地、流沙、回填土等）敷设电缆时，应采用钢丝铠装电缆。

8.1.3　电缆截面的选择，一般按电缆长期允许载流量和允许电压损耗确定，并考虑环境温度变化、土壤热阻率等影响，以满足最大工作电流作用下的缆芯温度不超过按电缆使用寿命确定的允许值。聚氯乙烯电缆允许载流量及持续工作的缆芯工作温度见表 17。

表 17　聚氯乙烯绝缘电缆允许持续载流量（建议性基础值）

敷设方式	空气中数值 A		直埋数值 A			
护　套	无钢铠护套		无钢铠护套		有钢铠护套	
缆芯数	二芯	三芯或四芯	二芯	三芯或四芯	二芯	三芯或四芯

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 17（续）

敷设方式		空气中数值 A		直埋数值 A			
缆芯截面 mm^2	10	44	38	62	52	59	50
	16	60	52	83	70	79	68
	25	79	69	105	90	100	87
	35	95	82	136	110	131	105
	50	121	104	157	134	152	129
	70	147	129	184	157	180	152
	95	181	155	226	189	217	180
	120	211	181	254	212	249	207
	150	242	211	287	242	273	237
	185	—	246	—	273	—	264
	240	—	294	—	319	—	310
	300	—	328	—	347	—	347
缆芯最高工作温度 ℃		70					
环境温度℃		40		25			

注：
1 表中系铝芯电缆数值，铜芯电缆的允许持续载流量可以乘以 1.29；
2 直埋敷设土壤热阻系数不小于 1.2。

8.1.4 农村三相四线制低压供电系统的电力电缆应选用四芯电缆。

8.2 电缆路径

8.2.1 敷设电缆应选择不易遭受各种损坏的路径

a） 应使电缆不易受到机械、振动、化学、水锈蚀、热影响、白蚁、鼠害等各种损伤。

b） 便于维护。

c） 避开规划中的施工用地或建设用地。

d） 电缆路径较短。

8.3 电缆敷设

8.3.1 敷设电缆前，应检查电缆表面有无机械损伤；并用 1kV 兆欧表摇测绝缘，绝缘电阻一般不低于 10MΩ。

8.3.2 敷设电缆时应符合的要求

a） 直埋电缆的深度不应小于 0.7m，穿越农田时不应小于 1m。直埋电缆的沟底应无硬质杂物，沟底铺 100mm 厚的细土或黄砂，电缆敷设时应留全长 0.5%～1%的裕度，敷设后再加盖 100mm 的细土或黄砂，然后用水泥盖板保护，其覆盖宽度应超过电缆两侧各 50mm，也可用砖块替代水泥盖板。

b） 电缆穿越道路及建筑物或引出地面高度在 2m 以下的部分，均应穿钢管保护。保护管长度在 30m 以下者，内径不应小于电缆外径的 1.5 倍，超过 30m 以上者不应小于

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2.5 倍，两端管口应做成喇叭形，管内壁应光滑无毛刺，钢管外面应涂防腐漆。电缆引入及引出电缆沟、建筑物及穿入保护管时，出入口和管口应封闭。

c） 交流四芯电缆穿入钢管或硬质塑料管时，每根电缆穿一根管子。单芯电缆不允许单独穿在钢管内（采取措施者除外），固定电缆的夹具不应有铁件构成的闭合磁路。

8.3.3 电缆的埋设深度，电缆与各种设施接近与交叉的距离，电缆之间的距离和电缆明装时的支持间距离应符合表 18 的规定。

表 18 电缆装置中的最小距离 m

项目	最小距离		
		平行	交叉
电力电缆间及其与控制电缆间	一般情况	0.1	0.5
	穿管或用隔板隔开	0.1	0.25
电缆与各种设施接近与交叉净距离	公路	1.5	1.0
	集镇街道路面	1.00	0.70
	可燃气体与易燃液体管道（沟）	1.00	0.50
	热力管道（沟）	2.00	0.50
	其他管道	0.50	0.50
	建筑物基础（边线）	0.60	—
	杆基础（边线）	1.00	—
	排水沟	1.00	0.50

8.3.4 敷设电缆时，应防止电缆扭伤和过分弯曲。电缆弯曲半径与电缆外径比值，不应小于下列规定：

聚氯乙烯护套多芯电力电缆为 10 倍；

交联聚乙烯护套多芯电力电缆为 15 倍。

8.3.5 低压塑料绝缘电力电缆室内终端头可采用自黏性绝缘带包扎或采用预制式绝缘首套；室外终端头宜采用热缩终端头加绝缘带包扎或预制式绝缘首套加绝缘带包扎的方式。

8.3.6 直埋电缆拐弯、接头、交叉、进入建筑物等地段，应设明显的方位标桩。直线段应适当增设标桩，标桩露出地面以 150mm 为宜。

8.3.7 电缆经过含有酸碱、矿渣、石灰等场所，不应直接埋设。若必须经过该地段时，应采用缸瓦管、水泥管等防腐保护措施。在有腐蚀性气体的场所电缆明敷时，应采用防腐型电缆。

8.3.8 直埋电缆不应平行敷设在各种管道上面或下面。

8.3.9 电缆沿坡敷设时，中间接头应保持水平，多条电缆同沟敷设时，中间接头的位置应前、后错开，其净距不应小于 0.5m。

8.3.10 在钢索上悬吊电缆固定点间的距离应符合设计要求，无特殊规定的不应超过下列数值：

水平敷设：电力电缆为 750mm；

垂直敷设：电力电缆为 1500mm。

8.3.11 电缆钢支架及安装应符合的要求

所用钢材应平直，无显著扭曲，切口处应无卷边、毛刺；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

支架应安装牢固、横平竖直；

支架必须先涂防腐底漆、油漆应均匀完整；

安装在湿热、盐雾以及有化学腐蚀地区的电缆支架，应作特殊的防腐处理或热镀锌，也可采用其他耐腐蚀性能较好的材料制作支架。

8.3.12 电缆在支架上敷设时，支架间距离不应大于下列数值：

水平敷设：电力电缆为 0.8m；

垂直敷设：电力电缆为 1.5m。

8.3.13 易燃、易爆及腐蚀性气体场所内电缆明敷时，应穿管保护，管口应封闭。

8.3.14 同一电缆芯线的两端，相色应一致，且与连接的母线相色相同。

8.3.15 三相四线制系统中，不应采用三芯电缆另加单芯电缆作零线，严禁利用电缆外皮作零线。

9 接户与进户装置

9.1 接户线、进户线的确定

9.1.1 用户计量装置在室内时，从低压电力线路到用户室外第一支持物的一段线路为接户线；从用户室外第一支持物至用户室内计量装置的一段线路为进户线。

9.1.2 用户计量装置在室外时，从低压电力线路到用户室外计量装置的一段线路为接户线；从用户室外计量箱出线端至用户室内第一支持物或配电装置的一段线路为进户线。

9.2 计量装置

9.2.1 低压电力用户计量装置应符合 GB/T 16934 的规定。

9.2.2 农户生活用电应实行一户一表计量，其电能表箱宜安装于户外墙上。

9.2.3 农户电能表箱底部距地面高度宜为 1.8m～2.0m，电能表箱应满足坚固、防雨、防锈蚀的要求，应有便于抄表和用电检查的观察窗。

9.2.4 农户计量表后应装设有明显断开点的控制电器、过流保护装置。每户应装设末级剩余电流动作保护器。

9.3 接户线、进户线装置要求

9.3.1 接户线的相线和中性线或保护中性线应从同一基电杆引下，其档距不应大于 25m，超过 25m 时，应加装接户杆，但接户线的总长度（包括沿墙敷设部分）不宜超过 50m。

9.3.2 接户线与低压线如系铜线与铝线连接，应采取加装铜铝过渡接头的措施。

9.3.3 接户线和室外进户线应采用耐气候型绝缘电线，电线截面按允许载流量选择，其最小截面应符合表 19 的规定。

表 19 接户线和室外进户线最小允许截面 mm^2

架设方式	档 距	铜 线	铝 线
自电杆引下	10m 及以下	2.5	6.0
	10m～25m	4	10.0
沿墙敷设	6m 及以下	2.5	6.0

9.3.4 沿墙敷设的接户线以及进户线两支持点间的距离，不应大于 6m。

9.3.5 接户线和室外进户线最小线间距离一般不小于下列数值：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

自电杆引下：150mm；

沿墙敷设：100mm。

9.3.6 接户线两端均应绑扎在绝缘子上，绝缘子和接户线支架按下列规定选用：

a） 电线截面在 16mm^2 及以下时，可采用针式绝缘子，支架宜采用不小于 50mm×5mm 的扁钢或 40mm× 40mm×4mm 角钢，也可采用 50mm×50mm 的方木；

b） 电线截面在 16mm^2 以上时，应采用蝶式绝缘子，支架宜采用 50mm×50mm×5mm 的角钢或 60mm×60mm 的方木。

9.3.7 接户线和进户线的进户端对地面的垂直距离不宜小于 2.5m。

9.3.8 接户线和进户线对公路、街道和人行道的垂直距离，在电线最大弧垂时，不应小于下列数值：

公路路面：6m；

通车困难的街道、人行道：3.5m；

不通车的人行道、胡同：3m。

9.3.9 接户线、进户线与建筑物有关部分的距离不应小于下列数值：

与下方窗户的垂直距离：0.3m；

与上方阳台或窗户的垂直距离：0.8m；

与窗户或阳台的水平距离：0.75m；

与墙壁、构架的水平距离：0.05m。

9.3.10 接户线、进户线与通信线、广播线交叉时，其垂直距离不应小于下列数值：

接户线、进户线在上方时：0.6m；

接户线、进户线在下方时：0.3m。

9.3.11 进户线穿墙时，应套装硬质绝缘管，电线在室外应做滴水弯，穿墙绝缘管应内高外低，露出墙壁部分的两端不应小于 10mm；滴水弯最低点距地面小于 2m 时进户线应加装绝缘护套。

9.3.12 进户线与弱电线路必须分开进户。

10 无功补偿

10.1 一般要求

10.1.1 低压电力网中的电感性无功负荷应用电力电容器予以就地充分补偿，一般在最大负荷月的月平均功率因数应达到下列规定：

农村公用配电变压器不低于 0.85；

100kVA 以上的电力用户不低于 0.9。

10.1.2 应采取防止无功向电网倒送的措施。

10.1.3 低压电力网中的无功补偿应按下列原则设置：

a） 固定安装年运行时间在 1500h 以上，且功率大于 4.0kW 的异步电动机，应实行就地补偿，与电动机同步投切；

b） 车间、工厂安装的异步电动机，如就地补偿有困难时可在动力配电室集中补偿。

10.1.4 异步电动机群的集中补偿应采取防止功率因数角超前和产生自励过电压的措施。

10.2 补偿容量

10.2.1 单台电动机的补偿容量，应根据电动机的运行工况确定：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

a） 机械负荷惯性小的（切断电源后，电动机转速缓慢下降的），补偿容量可按 0.9 倍电动机空载无功功率配置，即：

$$Q_{com}=0.9\sqrt{3}\,U_N I_0$$

式中：

Q_{com}——电动机所需补偿容量（kvar）；

U_N——电动机额定电压（kV）；

I_0——电动机空载电流（A）。

电动机的空载电流，可由厂家提供，如无，可参照下式确定：

$$I_0=2I_N(1-\cos\varphi_N)$$

式中：

I_0——电动机空载电流（A）；

I_N——电动机额定电流（A）；

$\cos\varphi_N$——电动机额定负荷时功率因数。

b） 机械负荷惯性较大时（切断电源后，电动机转速迅速下降的）：

$$Q_{com}=(1.3\sim1.5)\,Q_0$$

式中：

Q_{com}——电动机所需补偿容量（kvar）；

Q_0——电动机空载无功功率（kvar）。

10.2.2 车间、工厂集中补偿容量 Q_{com}，可按下式确定，也可直接查表 20 得出：

$$Q_{com}=P_{av}(\tan\varphi_1-\tan\varphi_2)$$

式中：

P_{av}——用户最高负荷月平均有功功率（kW）；

$\tan\varphi_1$——补偿前功率因数角的正切值；

$\tan\varphi_2$——补偿到规定的功率因数角正切值。

10.2.3 配电变压器的无功补偿容量可按表 20 进行配置。容量在 100kVA 以上的专用配电变压器，宜采用无功自动补偿装置。

10.3 就地补偿装置应符合 JB 7115 标准的规定

10.3.1 直接起动的电动机补偿电容器，可采用低压三相电容器直接并于电动机的接线端子上，如图 9 所示。

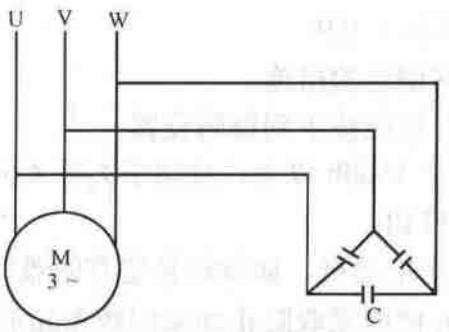


图 9 三相电容器并联接线

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表20 无功补偿容量表

补偿前	为得到所需 $\cos\varphi_2$ 每千瓦负荷所需电容器千乏数											
$\cos\varphi_1$	0.70	0.75	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98
0.30	2.16	2.30	2.42	2.49	2.53	2.59	2.65	2.70	2.76	2.82	2.89	2.98
0.35	1.66	1.80	1.93	1.98	2.03	2.08	2.14	2.19	2.25	2.31	2.38	2.47
0.40	1.27	1.41	1.54	1.60	1.65	1.70	1.76	1.81	1.87	1.93	2.00	2.09
0.45	0.97	1.11	1.24	1.29	1.34	1.40	1.45	1.50	1.56	1.62	1.69	1.78
0.50	0.71	0.85	0.98	1.04	1.09	1.14	1.20	1.25	1.31	1.37	1.44	1.53
0.52	0.62	0.76	0.89	0.95	1.00	1.05	1.11	1.16	1.22	1.28	1.35	1.44
0.54	0.54	0.68	0.81	0.86	0.92	0.97	1.02	1.08	1.14	1.20	1.27	1.36
0.56	0.46	0.60	0.73	0.78	0.84	0.89	0.94	1.00	1.05	1.12	1.19	1.28
0.58	0.39	0.52	0.66	0.71	0.76	0.81	0.87	0.92	0.98	1.04	1.11	1.20
0.60	0.31	0.45	0.58	0.64	0.69	0.74	0.80	0.85	0.91	0.97	1.04	1.13
0.62	0.25	0.39	0.52	0.57	0.62	0.67	0.73	0.78	0.84	0.90	0.97	1.06
0.64	0.18	0.32	0.45	0.51	0.56	0.61	0.67	0.72	0.78	0.84	0.91	1.00
0.66	0.12	0.26	0.39	0.45	0.49	0.55	0.60	0.66	0.71	0.78	0.85	0.94
0.68	0.06	0.20	0.33	0.38	0.43	0.49	0.54	0.60	0.65	0.72	0.79	0.88
0.70	—	0.14	0.27	0.33	0.38	0.43	0.49	0.54	0.60	0.66	0.73	0.82
0.72	—	0.08	0.22	0.27	0.32	0.37	0.43	0.48	0.54	0.60	0.67	0.76
0.74	—	0.03	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.43	0.48	0.55	0.62	0.71
0.746	—	—	0.11	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.43	0.50	0.56	0.65
0.75	—	—	0.05	0.11	0.16	0.21	0.27	0.32	0.38	0.44	0.51	0.60
0.80	—	—	—	0.05	0.10	0.16	0.21	0.27	0.33	0.39	0.46	0.55
0.82	—	—	—	—	0.05	0.10	0.16	0.22	0.27	0.33	0.40	0.49
0.84	—	—	—	—	—	0.05	0.11	0.16	0.22	0.28	0.35	0.44
0.86	—	—	—	—	—	—	0.06	0.11	0.17	0.23	0.30	0.39
0.88	—	—	—	—	—	—	—	0.06	0.11	0.17	0.25	0.33
0.90	—	—	—	—	—	—	—	—	0.06	0.12	0.19	0.28
0.92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.06	0.13	0.22
0.94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.07	0.16

10.3.2 星—三角起动的电动机的补偿电容器，可采用如图10的接线方式。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

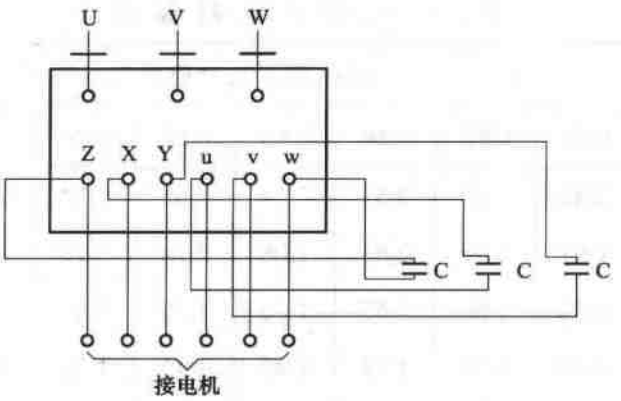
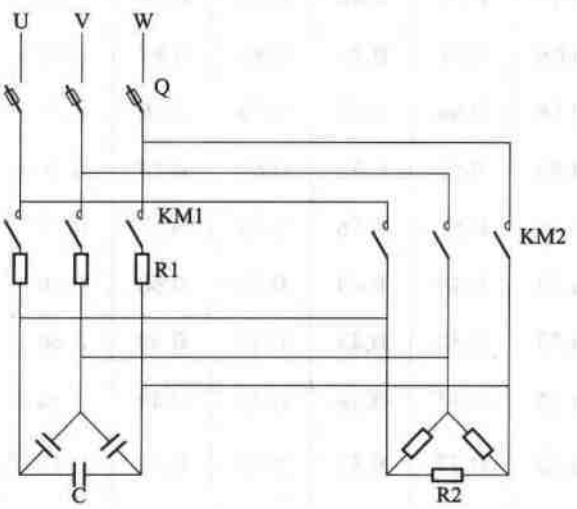


图 10 星—三角起动电动机的补偿电容器接线

10.3.3 集中补偿电容器装置应符合 JB 7113 规定，其接线原理示意如图 11。



Q—跌开式熔断器；KM1、KM2—接触器；R1—切合电阻；R2—放电电阻

图 11 集中补偿的电容器接线

注：1. 关合：先合 KM1，延时 0.2ms～0.5ms 后合 KM2。
2. 断开：先开 KM2，延时后再开 KM1。

10.3.4 电容器开关容量应能断开电容器回路而不重燃和通过涌流能力，其额定电流一般可按电容器额定电流的 1.3～1.5 倍选取。

10.3.5 为抑制开断时的过电压及合闸涌流，集中补偿的电容器宜加装切合电阻，其阻值应按电容器组容抗的 0.2～0.3 倍选取。

10.3.6 电容器（组）应装设熔断器，其断流量不应低于电容器（组）的短路故障电流，熔断器的额定电流一般可按电容器额定电流的 1.5～2.5 倍选取。

10.3.7 电容器（组）应设放电电阻，但以下情况可不再另装设放电电阻：

a） 不经开断电器直接与电动机绕组相连接的电容器；

b） 出厂时，电容器内已装设放电电阻。

10.3.8 电容器的放电电阻，应满足如下要求：

a） 非自动切换的电容器组，电容器断电 1min 后，其端电压不应超过 75V，放电电阻值

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

可按下式确定：

$$R = t_1 / \left[C\ln\left(\sqrt{2U_C} / 75 \right) \right]$$

式中：

R——放电电阻（Ω）；

t_1——放电降到 75V 以下所需时间（s）；

C——电容器电容（F）；

U_C——电容器额定电压（V）。

b） 自动切换的电容器组，开合时电容器上的残压不应高于 $0.1U_C$，放电电阻值可按下式确定：

$$R=0.38t_2/C$$

式中：

t_2——切合之间的最短时间间隔（s）。

c） 放电电阻按长期运行条件考虑，有功损耗不应大于 1W/kvar。

10.4 安装

10.4.1 电容器（组）的连接电线应用软导线，截面应根据允许的载流量选取，电线的载流量可按下述确定：

单台电容器为其额定电流的 1.5 倍；

集中补偿为总电容电流的 1.3 倍。

10.4.2 电容器的安装环境，应符合产品的规定条件：

a） 海拔不超过 1000m 的地区（非湿热带）可采用符合 GB/T 17886.1 标准规定的定型产品；

b） 海拔在 1000m～5000m 的高原地区，应采用符合 GB/T 6915 标准规定的定型产品；

c） 海拔在 1000m 以下的热带地区，应采用符合 GB/T 6916 标准规定的定型产品。

10.4.3 室内安装的电容器（组），应有良好的通风条件，使电容器由于热损耗产生的热量，能以对流和辐射散发出来。

10.4.4 室外安装的电容器（组），其安装位置，应尽量减小电容器受阳光照射的面积。

10.4.5 当采用中性点绝缘的星形连接组时，相间电容器的电容差不应超过三相平均电容值的 5%。

10.4.6 集中补偿的电容器组，宜安装在电容器柜内分层布置，下层电容器的底部对地面距离不应小于 300mm，上层电容器连线对柜顶不应小于 200mm，电容器外壳之间的净距不宜小于 100mm（成套电容器装置除外）。

10.4.7 电容器的额定电压与低压电力网的额定电压相同时，应将电容器的外壳和支架接地。当电容器的额定电压低于电力网的额定电压时，应将每相电容器的支架绝缘，且绝缘等级应和电力网的额定电压相匹配。

11 接地与防雷

11.1 工作接地

11.1.1 TT、TN-C 系统配电变压器低压侧中性点直接接地。

11.1.2 电流互感器二次绕组（专供计量者除外）一端接地。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

11.2 保护接地

11.2.1 在 TT 和 IT 系统中，除Ⅱ类和Ⅲ类电器外，所有受电设备（包括携带式和移动式电器）外露可导电部分应装设保护接地。

11.2.2 在 TT 和 IT 系统中，电力设备的传动装置、靠近带电部分的金属围栏、电力配线的金属管、配电盘的金属框架、金属配电箱以及配电变压器的外壳应装设保护接地。

11.2.3 在 IT 系统中，装设的高压击穿熔断器应装设保护接地。

11.2.4 在 TN-C 系统中，各出线回路的保护中性线，其首末端、分支点及接线处应装设保护接地。

11.2.5 与高压线路同杆架设的 TN-C 系统中的保护中性线，在共敷段的首末端应装设保护接地。

11.3 接保护中性线

11.3.1 在 TN-C 系统中，除Ⅱ类和Ⅲ类电器外，所有受电设备（包括携带式、移动式和临时用电电器）的外露可导电部分用保护线接保护中性线。

11.3.2 在 TN-C 系统中，电力设备的传动装置、配电盘的金属框架、金属配电箱，用保护线接保护中性线。

11.3.3 在 TN-C 系统中，保护中性线的接法应正确，如图 3 所示，即是从电源点保护中性线上分别连接中性线和保护线，其保护线与受电设备外露可导电部分相连，严禁与中性线串接。

11.3.4 保护线应采用绝缘电线，其截面应能保证短路时热稳定的要求，如按表 3 选择时，一般均能满足热稳定要求，可不作校验。

11.4 接地电阻

11.4.1 工作接地和保护接地的电阻（工频）在一年四季中均应符合本规程的要求。

11.4.2 配电变压器低压侧中性点的工作接地电阻，一般不应大于 4Ω，但当配电变压器容量不大于 100kVA 时，接地电阻可不大于 10Ω。

11.4.3 非电能计量的电流互感器的工作接地电阻，一般可不大于 10Ω。

11.4.4 在 IT 系统中装设的高压击穿熔断器的保护接地电阻，不宜大于 4Ω，但当配电变压器容量不大于 100kVA 时，接地电阻可不大于 10Ω。

11.4.5 TN-C 系统中保护中性线的重复接地电阻，当变压器容量不大于 100kVA，且重复接地点不少于 3 处时，允许接地电阻不大于 30Ω。

11.4.6 TT 系统中，在满足 5.5.2～5.5.3 的情况下，受电设备外露可导电部分的保护接地电阻，可按下式确定：

$$R_e \leqslant \frac{U_{lom}}{I_{op}}$$

式中：

R_e ——接地电阻（Ω）；

U_{lom} ——通称电压极限（V），在正常情况下可按 50V（交流有效值）考虑；

I_{op} ——按 5.5.2～5.5.3 所确定的剩余电流保护器的动作电流（A）。

11.4.7 在 IT 系统中，受电设备外露可导电部分的保护接地电阻，必须满足：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$R_e \leqslant \frac{U_{lom}}{I_k}$$

式中：

R_e——接地电阻（Ω）；

U_{lom}——通称电压极限（V），在正常情况下可按 50V（交流有效值）考虑；

I_k——相线与外露可导电部分之间发生阻抗可忽略不计的第一次故障电流，I_k 值要计及泄漏电流（A）。

11.4.8 电力设备的传动装置、靠近带电部分的金属围栏、电力金属管配线、配电屏的金属框架、金属配电箱的保护接地电阻，在 TT 系统中应满足 11.4.6 的要求，在 IT 系统中应满足 11.4.7 的要求。

11.4.9 在 IT 系统中的高土壤电阻率的地区（沙土、多石土壤）保护接地电阻可允许不大于 30Ω。

11.4.10 不同用途、不同电压的电力设备，除另有规定者外，可共用一个总接地体，接地电阻应符合其中最小值的要求。

11.5 接地体和保护接地线

11.5.1 接地体可利用与大地有可靠电气连接的自然接地物，如连接良好的埋设在地下的金属管道、金属井管、建筑物的金属构架等，若接地电阻符合要求时，一般不另设人工接地体。但可燃液体、气体、供暖系统等金属管道禁止用作保护接地体。

11.5.2 利用自然接地体时，应用不少于两根保护接地线在不同地点分别与自然接地体相连。

11.5.3 人工接地体应符合下列要求：

a） 垂直接地体的钢管壁厚不应小于 3.5mm；角钢厚度不应小于 4.0mm，垂直接地体不宜少于 2 根（架空线路接地装置除外），每根长度不宜小于 2.0m，极间距离不宜小于其长度的 2 倍，末端入地 0.6m；

b） 水平接地体的扁钢厚度不应小于 4mm，截面不小于 48mm^2，圆钢直径不应小于 8mm，接地体相互间距不宜小于 5.0m，埋入深度必须使土壤的干燥及冻结程度不会增加接地体的接地电阻值，但不应小于 0.6m；

c） 接地体应作防腐处理。

11.5.4 在高土壤电阻率的地带，为能降低接地电阻，宜采用如下措施：

a） 延伸水平接地体，扩大接地网面积；

b） 在接地坑内填充长效化学降阻剂；

c） 如近旁有低土壤电阻率区，可引外接地。

11.5.5 自被保护电器的外露可导电部分接至接地体地上端子的一段导线称为保护接地线（PEE），对保护接地线要求如下：

a） 在 TT 系统中，保护接地线的截面应能满足在短路电流作用下热稳定的要求，如按表 3 选择时，一般均能满足热稳定要求，可不作校验。

b） 在 IT 系统中，保护接地线应能满足两相在不同地点产生接地故障时，在短路电流作用下热稳定的要求，如果满足了下述条件，即满足了本条要求：

1） 接地干线的允许载流量不应小于该供电网中容量最大线路的相线允许载流量的 1/2；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2） 单台受电设备保护接地线的允许载流量，不应小于供电分支相线允许载流量的1/3。

c） 在 TN-C 系统中，保护中性线的重复接地线，应满足 11.5.5a）的规定。

11.5.6 采用钢质材料作保护接地线时，在 TT 系统中和 IT 系统中除分别满足 11.5.5 的规定外，其最小截面应符合表 21 的要求。

11.5.7 采用铜铝线作保护接地线时，在 TT 系统中和 IT 系统中除分别满足 11.5.5 的规定外，其最小截面应符合表 22 的要求。不得用铝线在地下作接地体的引上线。

表 21 钢质保护接地线的最小规格 mm^2

类 别	室 内	室 外	类 别	室 内	室 外
圆钢直径	5	6	扁钢厚度	3	4
扁钢截面	24	48	角钢厚度	2	2.5

表 22 铜、铝保护接地线的最小截面 mm^2

种 类	铜	铝	种 类	铜	铝
明设裸导线	4.0	6.0	电缆的保护接地芯线	1.0	1.5
绝缘电线	1.5	2.5	—		

11.5.8 钢质保护接地线与铜、铝导线的等效导电截面按表 23 确定。

表 23 钢、铝、铜的等效截面

扁 钢	铝（mm^2）	铜（mm^2）	扁 钢	铝（mm^2）	铜（mm^2）
15mm×2mm	—	1.3～2.0	40mm×4mm	25	12.5
15mm×3mm	6	3	60mm×5mm	35	17.5～25
20mm×4mm	8	5	80mm×8mm	50	35
30mm×4mm 或 40mm×3mm	16	8	100mm×8mm	75	47.5～50

11.6 接地装置的连接

11.6.1 接地装置的地下部分应采用焊接，其搭接长度：扁钢为宽度的 2 倍；圆钢为直径的 6 倍。

地下接地体应有引上地面的接线端子。

11.6.2 保护接地线与受电设备的连接应采用螺栓连接，与接地体端子的连接，可采用焊接或螺栓连接。采用螺栓连接时，应加装防松垫片。

11.6.3 每一受电设备应用单独的保护接地线与接地体端子或接地干线连接，该接地干线至少应有两处在不同地点与接地体相连。禁止用一根保护接地线串接几个需要接地的受电设备。

11.6.4 携带式、移动式电器的外露可导电部分必须用电缆芯线作保护接地线或作保护线。该芯线严禁通过工作电流。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

11.7 接地装置形式及其计算电阻（工频）

11.7.1 配电变压器和车间、作坊的接地装置，宜采用复合式环形闭合接地网。

复合式环形闭合接地网的垂直接地体不少于 2 根，水平接地网面积不小于 $100m^2$ 时，接地网的工频接地电阻可按下式计算：

$$R=\rho\left(\frac{1}{4r}+\frac{1}{L}\right)$$

式中：

R ——工频接地电阻（Ω）；

r ——接地网的等效半径（m）；

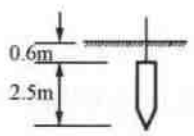
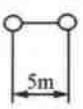
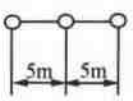
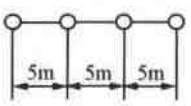
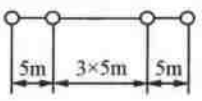
L ——水平接地体和垂直接地体的总长度（m）；

ρ ——土壤电阻率（Ω·m）。

ρ 的取值：砂质黏土为 100；黄土为 250；砂土为 500。

11.7.2 固定安装电器以及其他需作保护接地的设施，可根据周围地形和土壤种类参照表 24 选择接地型式。

表 24 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 ϕ20mm	钢管 ϕ50mm	角钢 50mm×50mm×5mm	扁钢 40mm×4mm	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 81.0	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
6 根			15.0	15.0	25.0 25.0	3.58 3.73	8.95 9.32	17.9 18.6

11.8 防雷保护

11.8.1 在下列场所应装设符合 GB 11032 标准规定要求的低压避雷器：

a） 多雷区（年平均雷电日大于 40 日的地区）和易受雷击地段的配电变压器低压侧各出

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

线回路的首端；

b） 在多雷区和易受雷击的地段，直接与架空电力线路相连的排灌站、车间和重要用户的接户线；

c） 在多雷区和易受雷击的地段，架空线路与电缆或地埋线路的连接处。

11.8.2 在下列处所应将绝缘子铁脚接地：

a） 在多雷区和易受雷击地段的接户线；

b） 人员密集的教室、影剧院、礼堂等公共场所的接户线；

c） 电动机的引接线。

11.8.3 防雷接地电阻，按雷雨季考虑，而且按工频值计及。

11.8.4 低压避雷器的接地电阻不宜大于 10Ω。

11.8.5 绝缘子铁脚的接地电阻不宜大于 30Ω，但在 50m 内另有接地点时，铁脚可不接地。

11.8.6 雷电区的划分见附录 M。

12 临时用电

12.1 临时用电是指小型基建工地、农田基本建设和非正常年景的抗旱、排涝等用电，时间一般不超过 6 个月。临时用电不包括农业周期性季节用电，如脱粒机、小电泵、黑光灯等电力设备。

12.2 临时用电架空线路应满足的要求

a） 应采用耐气候型的绝缘电线（参见附录 G），最小截面为 $6mm^2$；

b） 电线对地距离不低于 3m；

c） 档距不超过 25m；

d） 电线固定在绝缘子上，线间距离不小于 200mm；

e） 如采用木杆，梢径不小于 70mm。

12.3 临时用电应装设配电箱，配电箱内应配装控制保护电器、剩余电流动作保护器和计量装置。配电箱外壳的防护等级应按周围环境确定，防触电类别可为 I 类或 II 类。

12.4 如临时用电线路超过 50m 或有多处用电点时，应分别在电源处设置总配电箱，在用电点设置分配电箱，总、分配电箱内均应装设剩余电流动作保护器。

12.5 配电箱对地高度宜为 1.3m～1.5m。

12.6 临时线路不应跨越铁路、公路（公路等级参见附录 N）和一、二级通信线路，如需跨越时必须满足本标准 6.7.4 及 6.7.5 的规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 A
（标准的附录）
电器外壳防护等级

IP × ×

- 第二位表征数字，见表A2
- 第一位表征数字，见表A1
- 表征字符

表 A1 第一位表征数字

第一位表征数字	防护等级	
	简 述	含 义
2	防止大于 12mm 的固体异物	能防止手指或长度不大于 80mm 的类似物体触及壳内带电部分或运动部件 能防止直径大于 12mm 的固体异物进入壳内
3	防止大于 2.5mm 的固体异物	能防止直径（或厚度）大于 2.5mm 的工具、金属线等进入壳内 能防止直径大于 2.5mm 的固体异物进入壳内
4	防止大于 1mm 的固体异物	能防止直径（或厚度）大于 1mm 的工具、金属线等进入壳内 能防止直径大于 1mm 的固体异物进入壳内
5	防尘	不能完全防止尘埃进入壳内，但进尘量不足以影响电器的正常运行
6	尘密	无尘埃进入

表 A2 第二位表征数字

第二位表征数字	防护等级	
	简 述	含 义
0	无防护	无专门防护
1	防滴水	垂直滴水应无有害影响
2	15° 防滴	当电器从正常位置的任何方向倾斜至 15°以内任一角度时，垂直滴水应无有害影响
3	防淋水	与垂直线成 60°范围以内的淋水应无有害影响
4	防溅水	承受任何方向的溅水应无有害影响
5	防喷水	承受任何方向的喷水应无有害影响
6	防海浪	承受猛烈的海浪冲击或强烈喷水时，电器的进水量应不致达到有害的影响

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 B
（标准的附录）
剩余电流动作保护器主要特性参数

B1 额定频率，Hz。

额定频率的优选值为 50Hz。

注：本附录内容依据国家标准 GB 6829 的规定。

B2 额定电压，U_N。

额定电压的优选值为 220、380V。

B3 辅助电源额定电压，U_{SN}。

辅助电源额定电压的优选值：

直流：12、24、48、60、110、220V。

交流：12、24、48、220、380V。

B4 额定电流，I_N。

额定电流优选值：

6、10、16、20、25、32、40、50、63、80、100、125、160、200A。

B5 额定剩余动作电流，$I_{\Delta on}$。

额定剩余电流的优选值为：

0.006、0.01、0.03、0.05、0.1、0.3、0.5A。

B6 额定剩余不动作电流（$I_{\Delta no}$）的优选值为 $0.5I_{\Delta n}$。

a） 带短路保护的剩余电流动作保护器额定接通分断能力，如主电路接通分断应符合 GB 10963 的要求，如采用低压断路器时，应符合 GB 14048.2 的要求。

b） 不带短路保护的剩余电流动作保护器的额定短路接通分断能力的最小值如表 B1 所示。

B7 主回路中不导致误动作的过流极限值

在主回路没有剩余电流情况下，能够流过而不导致剩余电流动作保护器动作的最大电流值不应小于 $6I_N$（平衡或不平衡负载）。

表 B1 额定短路接通分断能力的最小值 A

额定电流 I_N	额定短路接通分断电流 I_m
$I_N \leqslant 10$	500（300）
$10 < I_N \leqslant 50$	500
$50 < I_N \leqslant 100$	1000
$100 < I_N \leqslant 150$	1500
$150 < I_N \leqslant 200$	2000
$200 < I_N \leqslant 250$	2500

注：括号内的值目前仍允许使用。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 C
（标准的附录）
额定电压 1kV 及以下架空绝缘电缆（GB 12527）标准

表 C1 架空绝缘电缆型号

型 号	名 称	额定电压 U_0/U kV	芯 数	导体截面 mm^2
JKV	架空铜芯聚氯乙烯绝缘电缆	0.6/1.0	1，2，4	16～240/10～120
JKLV	架空铝芯聚氯乙烯绝缘电缆			
JKLH	架空铝合金芯聚氯乙烯绝缘电缆			
JKY	架空铜芯聚乙烯绝缘电缆			
JKLY	架空铝芯聚乙烯绝缘电缆			
JKLHY	架空铝合金芯聚乙烯绝缘电缆			
JKYJ	架空铜芯交联聚乙烯绝缘电缆			
JKLYJ	架空铝芯交联聚乙烯绝缘电缆			
JKLHYJ	架空铝合金芯交联聚乙烯绝缘电缆			

注：J—架空线；V—聚氯乙烯；L—铝芯；Y—聚乙烯；HL—铝合金；YJ—交联聚乙烯。

表 C2 架空绝缘电缆结构和技术参数

导体标称截面 mm^2	导体中最少单线根数		导体外径（参考值）mm	绝缘标称厚度 mm	单芯电缆平均外径上限 mm	20℃时导体电阻不大于 Ω/km				额定工作温度时最小绝缘电阻率 MΩ·km		电缆拉断力 N		
	紧压圆					铜芯		铝芯	铝合金芯	70℃	90℃	硬铜芯	铝芯	铝合金芯
	铜芯	铝、铝合金芯				硬铜	软铜							
10	6	6	3.8	1.0	6.5	1.906	1.83	3.08	3.574	0.006 7	0.67	3471	1650	2514
16	6	6	4.8	1.2	8.0	1.198	1.15	1.91	2.217	0.006 5	0.65	5486	2517	4022
25	6	6	6.0	1.2	9.4	0.749	0.727	1.20	1.393	0.005 4	0.54	8465	3762	6284
35	6	6	7.0	1.4	11.0	0.540	0.524	0.868	1.007	0.005 4	0.54	11 731	5177	8800
50	6	6	8.4	1.4	12.3	0.399	0.387	0.641	0.744	0.004 6	0.46	16 502	7011	12 569
70	12	12	10.0	1.4	14.1	0.276	0.268	0.443	0.514	0.004 0	0.40	23 461	10 354	17 596
95	15	15	11.6	1.6	16.5	0.199 9	0.193	0.320	0.371	0.003 9	0.39	31 759	13 727	23 880
120	18	15	13.0	1.6	18.1	0.158	0.153	0.253	0.294	0.003 5	0.35	39 911	17 339	30 164
150	18	15	14.6	1.8	20.2	0.128	—	0.206	0.239	0.003 5	0.35	49 505	21 033	37 706
185	30	30	16.2	2.0	22.5	0.102 1	—	0.164	0.190	0.003 5	0.35	61 846	26 732	46 503
240	34	30	18.4	2.2	25.6	0.077 7	—	0.125	0.145	0.003 4	0.34	79 823	34 679	60 329

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 C3 架空绝缘电缆在空气温度为 30℃时的长期允许载流量

导体标称截面 mm^2	铜导体 A		铝导体 A		铝合金导体 A	
	PVC	PE	PVC	PE	PVC	PE
16	102	104	79	81	73	75
25	138	142	107	111	99	102
35	170	175	132	136	122	125
50	209	216	162	168	149	154
70	266	275	207	214	191	198
95	332	344	257	267	238	247
120	384	400	299	311	276	287
150	442	459	342	356	320	329
185	515	536	399	416	369	384
240	615	641	476	497	440	459

注：
1 PVC——聚氯乙烯为基材的耐气候性能的绝缘材料；
PE——聚乙烯为基材的耐气候性能的绝缘材料。
2 当空气温度不为 30℃时，应将表中架空绝缘电线的长期允许载流量乘以校正系数 K，其值见表 C4。

表 C4 架空绝缘电线长期允许载流量的温度校正系数 K

在下列温度（℃）时载流量校正系数 K 的值									
–40	–30	–20	–10	0	+10	+20	+30	+35	+40
1.66	1.58	1.50	1.41	1.32	1.22	1.12	1.00	0.94	0.87

附 录 D
（标准的附录）
常用导线结构及技术指标

表 D1 铝 绞 线

标称截面 mm^2	实际截面 mm^2	结构尺寸根数/直径根/mm	计算直径 mm	20℃时直流电阻 Ω/km	拉断力 N	弹性系数 N/mm^2	热膨胀系数（10^{-6}/℃）	载流量 A			计算质量 kg/km	制造长度 m
								70℃	80℃	90℃		
25	24.71	7/2.12	6.36	1.188	4	60	23.0	109	129	147	67.6	4000
35	34.36	7/2.50	7.50	0.854	5.55	60	23.0	133	159	180	94.0	4000
50	49.48	7/3.55	9.00	0.593	7.5	60	23.0	166	200	227	135	3500
70	69.29	7/3.55	10.65	0.424	9.9	60	23.0	204	246	280	190	2500

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 D1（续）

标称截面 mm^2	实际截面 mm^2	结构尺寸根数/直径根/mm	计算直径 mm	20℃时直流电阻 Ω/km	拉断力 N	弹性系数 N/mm^2	热膨胀系数（10^{-6}/℃）	载流量 A			计算质量 kg/km	制造长度 m
								70℃	80℃	90℃		
95	93.27	19/2.50	12.50	0.317	15.1	57	23.0	244	296	338	257	2000
95	94.23	19/4.14	12.42	0.311	13.4	60	23.0	246	298	341	258	2000
120	116.99	19/2.80	14.00	0.253	17.8	57	23.0	280	340	390	323	1500
150	148.07	19/3.15	15.75	0.200	22.5	57	23.0	323	395	454	409	1250
185	182.80	19/3.50	17.50	0.162	27.8	57	23.0	366	450	518	504	1000
240	236.38	19/3.98	19.90	0.125	33.7	57	23.0	427	528	610	652	1000
300	297.57	37/3.20	22.40	0.099	45.2	57	23.0	490	610	707	822	1000

注：资料来自 1989 年版工程师通用手册。

表 D2 钢芯铝绞线

标称截面 mm^2	实际截面 mm^2		铝钢截面比	结构尺寸根数/直径根/mm		计算直径 mm		直流电阻 20℃ Ω/km	拉断力 N	热膨胀系数（10^{-6}/℃）	弹性系数 N/mm^2	载流量 A			计算质量 kg/km	制造长度不小于 m
	铝	钢		铝	钢	导线	钢芯					70℃	80℃	90℃		
16	15.3	2.54	6.0	6/1.8	1/1.8	5.4	1.8	1.926	5.3	19.1	78	82	97	109	61.7	1500
25	22.8	3.80	6.0	6/2.2	1/2.2	6.6	2.2	1.289	7.9	19.1	89	104	123	139	92.2	1500
35	37.0	6.16	6.0	6/2.8	1/2.8	8.4	2.8	0.796	11.9	19.1	78	138	164	183	149	1000
50	48.3	8.04	6.0	6/3.2	1/3.2	9.6	3.2	0.609	15.5	19.1	78	161	190	212	195	1000
70	68.0	11.3	6.0	6/3.8	1/3.8	11.4	3.8	0.432	21.3	19.1	78	194	228	255	275	1000
95	94.2	17.8	5.03	28/2.07	7/1.8	13.68	5.4	0.315	34.9	18.8	80	248	302	345	401	1500
95	94.2	17.8	5.03	7/4.14	7/1.8	13.68	5.4	0.312	33.1	18.8	80	230	272	304	398	1500
120	116.3	22.0	5.3	28/2.3	7/2.0	15.20	6.0	0.255	43.1	18.8	80	281	344	394	495	1500
120	116.3	22.0	5.3	7/4.6	7/2.0	15.20	6.0	0.253	40.9	18.8	80	256	303	340	492	1500
150	140.8	26.6	5.3	28/2.53	7/2.2	16.72	6.6	0.211	50.8	18.8	80	315	387	444	598	1500
185	182.4	34.4	5.3	28/2.88	7/2.5	19.02	7.5	0.163	65.7	18.8	80	368	453	522	774	1500
240	228.0	43.1	5.3	28/3.22	7/2.8	21.28	8.4	0.130	78.6	18.8	80	420	520	600	969	1500
300	317.5	59.7	5.3	28/3.8	19/2	25.2	10.0	0.093 5	111	18.8	80	511	638	740	1348	1000

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 E
（标准的附录）
环形预应力混凝土电杆标准检验弯矩

表 E1 环形预应力混凝土电杆标准检验弯矩 Nm

梢径（mm）荷重			ϕ100mm		ϕ130mm			
L（m）	L_1（m）	L_2（m）	50	75	75	100	125	150
6.0	4.75	1.0	2333.83	3490.94	3490.94	4657.85	5824.76	6981.87
6.5	5.15	1.1	2529.95	3785.12	3785.12	5050.09	6315.06	7570.23
7.0	5.55	1.2	2726.07	4079.30	4079.30	5442.33	6805.36	8158.59
7.5	6.0	1.25	—	—	4412.70	5883.6	7354.50	8825.4
8.0	6.45	1.3	—	—	4746.10	6324.87	7903.64	9492.21
8.5	6.85	1.4	—	—	—	—	—	—
9.0	7.25	1.5	—	—	—	—	—	10 668.93

注：
1 标准检验弯矩即支持点断面处弯矩，等于荷重乘以荷重点高度。
2 破坏弯矩为标准检验弯矩的两部。
3 L 表示杆长；L_1 表示荷重点高度；L_2 表示支持点高度。
4 梢端至荷重点距离为 0.25m。

附 录 F
（标准的附录）
额定电压 450/750V 及以下农用直埋铝芯塑料绝缘塑料护套电线（JB 2171）标准

表 F1 型号和名称

型 号	名 称	适用地区
NLYV	农用直埋铝芯聚乙烯绝缘，聚氯乙烯护套电线	一般地区
NLYV-H	农用直埋铝芯聚乙烯绝缘，耐寒聚氯乙烯护套电线	一般及寒冷地区
NLYV-Y	农用直埋铝芯聚乙烯绝缘，防蚁聚氯乙烯护套电线	白蚁活动地区
NLYY	农用直埋铝芯聚乙烯绝缘，黑色聚乙烯护套电线	一般及寒冷地区
NLVV	农用直埋铝芯聚氯乙烯绝缘，聚氯乙烯护套电线	一般地区
NLVV-Y	农用直埋铝芯聚氯乙烯绝缘，防蚁聚氯乙烯护套电线	白蚁活动地区

注：横线前面字符，N 表示农用直埋，L 表示铝芯，Y 表示聚乙烯，V 表示聚氯乙烯；横线后面字符，H 表示防寒性，Y 表示防白蚁。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 F2 规 格

标准截面 mm²	根数/单线标称直径 mm	绝缘标称厚度 mm		护套标称厚度 mm		平均外径 mm				20℃时导体电阻 Ω/km	绝缘电阻不小于 MΩ·km			
						非紧压导电线芯		紧压导电线芯			NLYV，NLYY NLYV-H，NLYV-Y		NLVV NLVV-Y	
		PE	PVC	PVC	PE	下限	上限	下限	上限	不大于	20℃	70℃	20℃	70℃
4	1/2.25	0.8		1.2		6.0	6.9	—	—	7.39	600	300	8	0.008 5
6	1/2.76	0.8		1.2		6.4	7.4	—	—	4.91			7	0.007 0
10	7/1.35	1.0		1.4		8.2	9.8			3.08			7	0.008 5
16	7/1.70	1.0		1.4		9.2	10.9	9.1	10.9	1.91			6	0.005 8
25	7/2.14	1.2		1.4		10.8	12.8	10.5	12.6	1.20	600	300	5	0.005 0
35	7/2.52	1.2		1.6		12.2	14.4	11.8	14.1	0.868			5	0.004 0
50	19/1.79	1.4		1.6		13.5	16.2	13.2	15.7	0.641			5	0.004 5
70	19/2.14	1.4		1.6		15.0	18.5	14.8	17.4	0.443			5	0.003 5
95	19/2.52	1.6		2.0		18.2	21.5	17.6	20.5	0.320			5	0.003 5

表 F3 地埋线的允许载流量

标称截面 mm²	长期连续负荷允许载流量 A	标称截面 mm²	长期连续负荷允许载流量 A
4	31	35	135
6	40	50	165
10	55	70	205
16	80	95	250
25	105		

注：

1 土壤温度 25℃；

2 导电线芯最高允许工作温度：65℃；

3 如土壤温度不为 25℃时，允许载流量乘以温度校正系数，见表 F4。

表 F4 温 度 校 正 系 数

实际环境温度 ℃	校正系数 K	实际环境温度 ℃	校正系数 K
5	1.22	30	0.935
10	1.17	35	0.865
15	1.12	40	0.791
20	1.06	45	0.707
25	1.00	—	—

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 G
（标准的附录）
其他用途的绝缘电线

G1 额定电压 300/500V 及以下橡皮绝缘固定敷设电线（JB/DQ 7141 标准）见表 G1、表 G2。

表 G1 额定电压 300/500V 及以下橡皮绝缘固定敷设电线

型 号	名 称	主 要 用 途
BXW	铜芯橡皮绝缘氯丁护套电线	适用于户内明敷和户外
BLXW	铝芯橡皮绝缘氯丁护套电线	特别是寒冷地区
BXY	铜芯橡皮绝缘黑色聚乙烯护套电线	适用于户内穿管和户外
BLXY	铝芯橡皮绝缘黑色聚乙烯护套电线	特别是寒冷地区
注：B 表示固定敷设，X 表示橡皮绝缘，W 表示氯丁护套，Y 表示聚乙烯护套，L 表示铝芯，铜芯无字符表示。		

表 G2 BXW、BLXW、BXY、BLXY 型橡皮绝缘电线

导体标称截面 mm^2	导电线芯根数/单线标称直径 mm/mm	绝缘与护套厚度之和标称值 mm	绝缘最薄点厚度不小于 mm	护套最薄点厚度不小于 mm	平均外径上限 mm	20℃时导体电阻不大于 Ω/km		
						铜芯	镀锡铜芯	铝芯
0.75	1/0.97	1.0	0.4	0.2	3.9	24.5	24.7	—
1.0	1/1.13	1.0	0.4	0.2	4.1	13.1	18.2	—
1.5	1/1.38	1.0	0.4	0.2	4.4	12.1	12.2	—
2.5	1/1.78	1.0	0.6	0.2	5.0	7.41	7.56	11.8
4	1/2.25	1.0	0.6	0.2	5.6	4.61	4.70	7.39
6	1/2.76	1.2	0.6	0.25	6.8	3.08	3.11	4.91
10	7/1.35	1.2	0.75	0.25	8.3	1.83	1.84	3.08
16	7/1.70	1.4	0.75	0.25	10.1	1.15	1.16	1.91
25	7/2.14	1.4	0.9	0.30	11.8	0.727	0.731	1.20
35	7/2.52	1.6	0.9	0.30	13.8	0.524	0.529	0.868
50	19/1.78	1.6	1.0	0.30	15.4	0.387	0.391	0.641
70	19/2.14	1.8	1.0	0.35	18.2	0.263	0.270	0.443
95	19/2.52	1.8	1.1	0.35	20.6	0.193	0.195	0.320
120	37/2.03	2.0	1.2	0.40	23.0	0.153	0.154	0.253
150	37/2.25	2.0	1.3	0.40	25.0	0.124	0.126	0.206
185	37/2.52	2.2	1.3	0.40	27.9	0.099 1	0.100	0.164
240	61/2.25	2.4	1.4	0.40	31.4	0.075 4	0.076 2	0.125

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

G2 橡皮绝缘编织软电线（GB 3958）

适用于交流 300V 及以下室内照明灯具、家用电器和工具的绝缘电线型号，如表 G3、G4、G5 所列。

表 G3 RX 型软电线

标称截面 mm^2	导电线芯结构根数/单线直径 mm	绝缘标称厚度 mm	电线外径 mm				直流电阻不大于 Ω/km	
			2 芯		3 芯			
			最小	最大	最小	最大	不镀锡铜芯	镀锡铜芯
0.3	16/0.15	0.6	4.1	6.0	4.3	6.4	71.3	73.0
0.4	23/0.15	0.6	4.5	6.4	4.8	6.9	49.6	51.1
0.5	28/0.15	0.8	5.4	7.6	5.7	8.1	40.2	41.3
0.75	42/0.15	0.8	5.8	8.0	6.2	8.6	26.8	27.5
1	32/0.20	0.8	6.2	8.4	6.6	9.0	20.1	20.6
1.5	43/0.20	0.8	8.8	9.0	7.2	9.6	13.7	14.1
2.5	77/0.20	1.0	9.3	12.1	10.0	13.0	8.2	8.46
4	126/0.20	1.0	10.4	13.3	11.1	14.3	5.1	5.24

表 G4 RXH 型软电线

标称截面 mm^2	导电线芯结构根数/单线直径 mm	绝缘标称厚度 mm	电线外径 mm				直流电阻不大于 Ω/km	
			2 芯		3 芯			
			最小	最大	最小	最大	不镀锡铜芯	镀锡铜芯
0.3	16/0.15	0.6	4.3	5.7	4.6	6.1	69.2	71.2
0.4	23/0.15	0.6	4.7	6.1	5.0	6.5	48.2	49.6
0.5	28/0.15	0.6	4.9	6.3	5.2	6.7	39.0	40.1
0.75	42/0.15	0.6	5.4	6.8	5.7	7.2	26.0	26.7
1.0	32/0.20	0.6	5.7	7.2	6.1	7.6	19.5	20.0
1.5	43/0.20	0.8	7.1	8.7	7.6	9.3	13.3	13.7
2.5	77/0.20	0.8	9.8	11.6	10.5	12.4	7.98	8.21
4.0	126/0.20	0.8	10.9	12.7	11.7	13.6	4.95	5.09

注：H 表示橡皮保护层总编织圆形。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 G5 RXS 型软电线

标称截面 mm^2	导电线芯结构根数/单线直径 mm	绝缘标称厚度 mm	每根编织绝缘线芯平均外径最大值 mm	软电线直流电阻不大于 Ω/km	
				不镀锡铜芯	镀锡铜芯
0.3	16/0.15	0.6	3.0	69.2	71.2
0.4	23/0.15	0.6	3.1	48.2	49.6
0.5	28/0.15	0.6	3.2	39.0	40.1
0.75	42/0.15	0.6	3.4	26.0	26.7
1	32/0.20	0.6	3.6	19.5	20.0
1.5	43/0.20	0.8	4.4	13.3	18.7
2.5	77/0.20	0.8	5.2	7.98	8.21
4	126/0.20	0.8	5.7	4.95	5.09

注：R 表示软电线，X 表示橡皮绝缘，S 表示编织双绞。

附 录 H
（提示的附录）
按防触电方式的电器分类

H1 0 类电器

依靠基本绝缘来防止触电危险的电器。它没有接地保护的连接手段。

H2 Ⅰ类电器

该类电器的防触电保护不仅依靠基本绝缘，而且还需要一个附加的安全预防措施。其方法是将电器外露可导电部分与已安装在固定线路中的保护接地导体连接起来。

H3 Ⅱ类电器

该类电器在防触电保护方面，不仅依靠基本绝缘，而且还有附加绝缘。在基本绝缘损坏之后，依靠附加绝缘起保护作用。其方法是采用双重绝缘或加强绝缘结构，不需要接保护线或依赖安装条件的措施。

H4 Ⅲ类电器

该类电器在防触电保护方面，依靠安全电压供电，同时在电器内部任何部位均不会产生比安全电压高的电压。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 I
（提示的附录）
农村常用低压电器型号及技术数据

表 I1 HK2 系列开启式负荷开关（瓷底胶盖熔断器式刀开关）

额定电流 A	极数	额定电压 V	控制异步电动机功率 kW	熔体额定电流 A	熔体最大分断电流（cosφ=0.6） A
10	2	250	1.1	10	500
15	2	250	1.5	15	500
30	2	250	3.0	30	1000
15	3	380	2.2	15	500
30	3	380	4.0	30	1000
60	3	380	5.5	60	1500

注：开关触刀最大分断能力，当 cosφ=0.6 时，为额定电流的 2 倍。

表 I2 HH10□系列开关熔断器组

型号规格	额定电流 A		接通电流 I A	分断电流 I_C A	接通电压 V	熔断短路电流 kA
	AC-21、AC-22	AC-23				
HH10□-20	20	8	80	64	1.1×415	50
HH10□-32	32	14	140	112		
HH10□-63	63	25	250	200		
HH10□-100	100	40	400	320		

表 I3 HH11□系列熔断器式开关

型号规格	额定电流 A	接通电流 A		分断电流 A		熔断短路电流 kA
	AC-22、AC-23	AC-22	AC-23	AC-22	AC-23	
HH11□-100	100	300	400	300	320	50
HH11□-200	200	600	800	600	640	
HH11□-315	315	945	1000	945	800	
HH11□-400	400	1200	1300	1200	1000	

注：
1 AC-21 表示通断电阻性负荷，包括适当过负荷；
2 AC-22 表示通断电阻和电感混合负荷，包括适当的过负荷；
3 AC-23 表示通断电感性负荷、电动机负荷。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 I4 RT14 系列有填料封闭管式圆筒形熔断器

额定电压 V	额定电流 A		额定分断能力		熔体耗散功率 W
	支持件	熔断体	kA	cosφ	
380	20	2、4、6、10、16、20	100	0.1～0.2	≤3
	32	2、4、6、10、16、20、25、32			≤5
	63	10、16、20、25、32、40、50、63			≤9.5

熔体额定电流 I_N A	约定时间 h	约定不熔断电流 I_{Nf} A	约定熔断电流 I_f A
$I_N \leq 4$	1	$1.5I_N$	$2.1I_N$
$4 < I_N \leq 10$			$1.9I_N$
$10 < I_N \leq 25$		$1.4I_N$	$1.75I_N$
$25 < I_N \leq 63$		$1.3I_N$	$1.6I_N$

表 I5 QJ10 系列自耦减压起动器

型 号	被控 Y 系列电动机功率 kW	Y 系列电动机额定电流 A	热继电器动作电流 A	一次或数次连续起动时间 s
QJ10-11	11	24.6	24.6	30
QJ10-15	15	31.4	31.4	
QJ10-18.5	18.5	37.6	37.6	40
QJ10-22	22	43	43	
QJ10-30	30	58	58	
QJ10-37	37	71.8	71.8	
QJ10-45	45	85.2	85.2	60
QJ10-55	55	105	105	
QJ10-75	75	142	142	

表 I6 QX4 系列自动星—三角起动器技术数据

型 号	控制功率 kW	额定电压 V	额定电流 A	热元件动作电流 A	延时调节范围 s	短时工作操作频率 次/h
QX4-17	17	380	33	19	13	30
QX4-30	30	380	58	34	17	30
QX4-55	55	380	105	61	24	30
QX4-75	75	380	142	85	30	30
QX4-125	125	380	260	100～160	14～60	30

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 I7 万能式（框架式）空气断路器

型 号	壳架等级额定电流 A	可选定额定电流 I_N A	额定通断能力 kA	保护功能		操作方法	
				过负荷	短路	手动	电动
DW10-200	200	100、150、200	10	√	√	√	√
DW10-400	400	100、150、200、250、300、350、400	15	√	√	√	√
DW10-600	600	500、600	15	√	√	√	√
DW10-1000	1000	400～1000	20	√	√	√	电磁铁
DW15-200	200	100、160、200	200/50	√	√	√	电磁铁
DW15-400	400	200、315、400	250/88	√	√	√	电磁铁
DW15-630	630	315、400、630	300/126	√	√	√	电磁铁
DW15-1000	1000	630、800、1000	400/300	√	√	√	电动

注：分子为瞬时通断能力，分母为延时通断能力。

表 I8 塑壳式空气断路器

型 号	壳架等级额定电流 A	可选定额定电流 I_N A	额定通断能力 kA	保护功能		操作方法	
				过负荷	短路	手动	电动
DZ10-100	100	15、20、25、50、100	6、9、12	√	√	√	×
DZ10-250	250	100、120、140、170、200、225、250	30①	√	√	√	√
DZ10-600	600	200、250、300、350、400、500、600	50①	√	√	√	√
DZ15-40	40	6、10、15、20、30、40	2.5	√	√	√	×
DZ15-60	60	10、15、20、40、60	5.0	√	√	√	
DZ20-100	100	16、20、32、48、50、63、80、100	18	√	√	√	
DZ20-200	200	100、125、160、180、200	25	√	√		
DZ20-400	400	200、250、315、400	42	√	√		
DZ20-630	630	400、500、600	30	√	√		
DZ20-1250	1250	630、700、800、1000、1250	50	√	√		
DZ12	60	15、20、30、40、50、60	3.0	√	√	√	
DZX19-63	63	10、20、30、40、50、63	10	√	√	√	

① DZ10 的通断能力为短路峰值。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 I9 交流接触器

型号	额定绝缘电压 V	AC-1		AC-2		AC-3 Ⅰ类 AC-4		额定控制功率 AC-3 kW
		额定电压 220V、380V		额定电压 220V、380V		额定电压 220V、380V		
		额定电流 A	操作频率 次/h	额定电流 A	操作频率 次/h	额定电流 A	操作频率 次/h	
CJ20-10	660	10	1200	—	—	10	1200/300	2.2
CJ20-16	660	16	1200	—	—	16	1200/300	4.5
CJ20-25	660	32	1200	—	—	25	1200/300	5.5
CJ20-40	660	55	1200	—	—	40	1200/300	11.0
CJ20-63	660	80	1200	63	300	63	1200/300	18.0
CJ20-100	660	125	1200	100	300	100	1200/300	28.0
CJ20-160	660	200	1200	160	300	160	1200/300	48.0
CJ20-250	660	315	600	250	300	250	600/30	80.0
CJ20-400	660	400	600	400	300	400	600/30	115.0
CJ20-630	660	630	600	630	300	630	600/30	175.0
注：表中操作频率栏中，分子是 AC-3 Ⅰ类，分母是 AC-4 类。								

表 I10 低压无间隙金属氧化物避雷器

避雷器额定电压（有效值） kV	系统额定电压（有效值） kV	避雷器持续运行电压（有效值） kV	标称放电电流 1.5kA	
			雷电冲击电流残压（峰值）不大于 kV	直流（mA）参考电压不小于 kV
0.28	0.22	0.240	1.3	0.6
0.500	0.38	0.420	2.6	1.2

附 录 J
（提示的附录）
典型气象区

表 J1 典型气象区

气象区		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
大气温度 ℃	最高	+40						
	最低	−5	−10	−5	−20	−20	−40	−20
	导线覆冰	—	−5					
	最大风	+10	+10	−5	−5	−5	−5	−5

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 J1（续）

气　象　区		I	II	III	IV	V	VI	VII
风速 m/s	最大风	30	25	25	25	25	25	25
	导线覆冰	10						
	最高、最低气温	0						
覆冰厚度，mm		—	5	5	5	10	10	15
冰的密度		0.9						
注：最大风速系指离地面 10m 高、10 年一遇 10min 平均最大值。								

附　录　K
（提示的附录）
架空线路污秽分级标准（GB 50061 标准）

污秽等级	污　秽　条　件		瓷绝缘单位泄漏距离 cm/kV	
	污　秽　特　征	盐　密 mg/cm	中性点直接接地	中性点非直接接地
0	大气清洁地区及离海岸 50km 以上地区	0～0.03（强电解质） 0～0.06（弱电解质）	1.6	1.9
1	地区轻度污染地区或地区中等污染地区 盐碱地区，炉烟污秽地区，离海岸 10km～50km 的地区，在污闪季节中干燥少雾（含毛毛雨）或雨量较多时	0.03～0.10	1.6～2.0	1.9～2.4
2	大气中等污染地区：盐碱地区，炉烟污秽地区，离海岸 3km～10km 地区，在污闪季节潮湿多雾.（含毛毛雨），但雨量较少时	0.05～0.10	2.0～2.5	2.4～3.0
3	大气严重污染地区：大气污秽而又有重雾的地区，离海岸 1km～3km 地区及盐场附近重盐碱地区	0.10～0.25	2.5～3.2	2.4～3.0
4	大气特别污染地区：严重盐雾侵袭地区，离海岸 1km 以内地区	＞0.25	3.2～3.8	3.8～4.5

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 L
（提示的附录）
弱 电 线 路 等 级

一级——首都与各省（市）、自治区政府所在地及其相互间联系的主要线路；首都至各重要工矿城市、海港的线路以及由首都通达国外的国际线路；由邮电部指定的其他国际线路和国防线路。

铁道部与各铁路局及各铁路局之间联系用的线路；以及铁路信号自动闭塞装置专用线路。

国家电力公司与各网、省电力公司的中心调度所以及国家电力公司中心调度所联系的线路；各网、省电力公司之间及其内部的多通道回路、遥控线路。

二级——各省（市）、自治区政府所在地与各地（市）、县及其相互间的通信线路；相邻两省（自治区）各地（市）、县相互间的通信线路；一般市内电话线路。

铁路局与各站、段及站段相互间的线路，以及铁路信号闭塞装置的线路。

各网、省电力公司的中心调度所与各地（市）电力公司调度所及各主要发电厂和变电所联系的线路、遥测线路。

三级——县至乡、镇、村的县内线路和两对以下的城郊线路；铁路的地区线路及有线广播线路。

各网、省电力公司所属的其他弱电流线路。

其他各部门及机关（包括军事机关）所属弱电流线路等级可参照本附录与有关单位磋商确定。

附 录 M
（提示的附录）
雷 电 区 划 分

雷电区名称	年平均雷暴日数（日）
少雷区	不超过 15
多雷区	超过 40
雷电活动特殊强烈区	超过 90 或根据运行经验雷害特别严重地区

附 录 N
（提示的附录）
公 路 等 级

高速公路：专供汽车分向、分车道行驶，并全部控制出入的干线公路。

四车道：一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限 20 年，年平均昼夜交通量

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

为 25 000～55 000 辆。

六车道：一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限 20 年，年平均昼夜交通量为 45 000～80 000 辆。

八车道：一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限 20 年，年平均昼夜交通量为 60 000～100 000 辆。

一级公路：供汽车分向、分车道行驶的公路。一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限 20 年，年平均昼夜交通量为 15 000～30 000 辆。

二级公路：一般能适应按各种车辆折合成中型载重汽车的远景设计年限 15 年，年平均昼夜交通量为 3000～7500 辆。

三级公路：一般能适应按各种车辆折合成中型载重汽车的远景设计年限 10 年，年平均昼夜交通量为 1000～4000 辆。

四级公路：一般能适应按各种车辆折合成中型载重汽车的远景设计年限 10 年，年平均昼夜交通量为：双车道 1500 辆以下，单车道 200 辆以下。

附 录 O
（提示的附录）
名 词 术 语

受电设备　The electric power acceptor

与低压电力网有电气连接的一切设备，它包括：

1） 供给用户电能时需要设置的电路、监测、控制、保护、计量等电器；

2） 将电能转换为其他能源的电器。

中性线　The neutral wire

字符 N，与变压器低压侧中性点连接用来传输电能的导线。

保护线　The protective wire

字符 PE，在某些故障情况下电击保护用的电线，在本规程中系指在 TN-C 系统中受电设备外露可导电部分与保护中性线连接的电线。

保护中性线　The protective neutral lead

字符 PEN，起中性线与保护线两种作用的导线。

保护接地线　The protective earthing lead

字符 PEE，在某些故障情况下电击保护用的电线，在本规程中系指在 TT 系统与 IT 系统中受电设备外露可导电部分与接地体地面上的接线端子连接的导线。

外露可导电部分　Exposed conductive part

受电设备能被触及的可导电部分，它在正常时不带电，但在故障情况下可能带电。

直接接触　Direct contact

人或家畜与带电部分的接触。

间接接触　Indirect contact

人或家畜与故障情况下已带电的外露可导电部分的接触。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

接触电压　Contact voltage

绝缘损坏时能同时触及部分之间出现的电压。

预期接触电压　The anticipative contact voltage

在受电设备中发生阻抗可忽略不计的故障时，可能出现的最高接触电压。

通称电压极限　The generally called voltage limit

在正常情况下人能允许的最高接触电压的极限。一般为交流 50V（有效值），特殊情况下可能低于此值。

耐气候型绝缘电线　The climate bearable insulated wire

系指符合 JB/DQ 7147 规定的绝缘电线。

剩余电流　The remnant current

系指通过剩余电流保护器主回路的电流矢量和。

分级保护　The classified protection

由剩余电流总保护、剩余电流中级保护和剩余电流末级保护组成的保护系统。

保护器分断时间　The disjuction time of the protection instrument

为了切断电路使剩余电流保护器的主触头从闭合位置转换到打开位置的动作时间。

额定剩余动作电流　The rated remnant operant current

在规定的条件下使剩余电流保护器动作的电流。

弱电线路　The light current circuitry

系指电报、电话、有线广播、信号等线路。

净空距离　The headroom distance

架空线路的导线、过引线、引下线在最大风偏时，过引线、引下线之间或导线、过引线、引下线对电杆、拉线的空间相对几何尺寸。

电气间隙　The electric clearance

两导体部件间的最短直线距离。

爬电距离　The creepage distance

在两个导体之间，沿绝缘材料表面的最短距离。

污秽　Nastiness

任何附加的外界固态、液态或气态（游离气体）的物质，凡能使绝缘的电气强度或绝缘电阻降低，均称作污秽。

电感性无功负荷　Inductive character reactive termination

在负荷电路里，电流与电压不同相，电流滞后电压 90° 相位角，负荷与电源之间仅是相互传递功率而不消耗电能。

电容性无功负荷　Capacitive reactive termination

在负荷电路里，电流与电压不同相，电压滞后电流 90° 相位角，负荷与电源之间仅是相互传递功率而不消耗电能。

就地补偿　Retrieve on the spot

在供给电感性无功负荷时，尽量使无功电流不在电路里相互传递，或者减少其传递量值和传递距离，为此在感性负荷的就近处对所需的无功电流进行适量补偿。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

机械负荷惯性　The inertia of the mechanical load

泛指物体（或机械器具）从静止状态转变为运动状态时所需力或力矩的大小程度。

放电电阻　Discharge resistance

当电容器从电源断开后能有效地把电容器上的剩余电压降低到安全值之下装设的电阻。

切合电阻　The cutoff and close resistance

为了降低电容器（组）投合时的涌流和防止开关重燃而引起的过电压而装设的电阻。

涌流　Surge current

当电容器（组）投入回路时可能产生高频率和高幅值的过渡过电流。

残压　Residual voltage

当电容器（组）断电并放电到一定时限（本规程规定为 1min）后其端子上残存的电压（本规程规定为 75V）。

自激过电压　Self-excitation excess voltage

电动机退出运行时，电容器对其定子绕组放电产生的过电压。

工作接地　Working earthing

电力网运行时需要的接地，如配电变压器低压侧中性点的直接接地等。

保护接地　Protective earthing

为防止人身触电而作的接地，如 TT 系统、IT 系统中受电设备外露可导电部分所作的接地。

防雷接地　Lightningproof earthing

为将雷电流泄入大地而作的接地，如线路绝缘子的铁脚接地等。

接地电阻　Earthing resistance

电流经金属接地体流入大地土壤时呈现的电气阻力，其值等于接地体的对地电压与通过接地体流入大地电流的比值。

如果通过接地体流入大地的电流是 50Hz（我国的电能频率是 50Hz）的交变电流，则呈现的电气阻力即称作工频接地电阻。

如果通过接地体的电流是雷电流，则呈现的电气阻力即称作雷电接地电阻或冲击接地电阻。

雷电日　Thunder day

在一天 24h 内，如果发生了雷电现象，不管其雷电的次数是多少，就算一个雷电日。

泄漏电流　Leakge current

系指网络中各相导线通过绝缘阻抗向大地泄漏的电流。

高土壤电阻率地带　High soil resistivity area

系指土壤电阻率 $\rho \geqslant 500\Omega \cdot m$ 的地区。

低土壤电阻率地带　Low soil resistivity area

系指土壤电阻率 $\rho \leqslant 200\Omega \cdot m$ 的地区。

导电能力　Conducting power

系指金属导体通过电流的难易程度，用导电率表示。

携带式电器　Carriable electrical equipment

非固定使用，工作需要时可随身携带至任何地点的电器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

固定式电器 Fixed electrical equipment

固定使用或质量超过 18kg 又无携带手柄的电器。

移动式电器 Movable type electrical equipment

非长期固定使用，工作时可以移动或在连接电源后能容易地从一处移到另一处的电器。

附 录 P
（提示的附录）
本规程表示严格程度的用词说明

P1 执行本规程条文时，要求严格程度的用词，说明如下，以便在执行中区别对待。

P1.1 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词一般采用“必须”；

反面词一般采用“严禁”。

P1.2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词一般采用“应”；

反面词一般采用“不应”或“不得”。

P1.3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词一般采用“宜”或“一般”；

反面词一般采用“不宜”。

P1.4 表示一般情况下均应这样做，但硬性规定这样做有困难时，采用“应尽量”。

P1.5 表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

P2 条文中必须按指定的标准、规范或其他有关规定执行的写法为“按……执行”或“符合……要求”。非必须按所指的标准、规范或其他规定执行的写法为“参照……”。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Q/GDW 176—2008

架空平行集束绝缘导线低压配电线路设计规程

Design technique regulations for low-voltage distribution network based on the overhead bundled insulated conductors

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言 …… 185
1　范围 …… 186
2　规范性引用文件 …… 186
3　术语和定义 …… 186
4　总则 …… 186
5　气象条件 …… 187
6　平行集束导线技术要求 …… 187
7　金具与绝缘子 …… 188
8　平行集束导线截面的选择 …… 188
9　敷设方式 …… 188
10　平行集束导线架设 …… 188
11　防雷和接地 …… 189
附录 A（资料性附录）　典型气象区 …… 190
附录 B（资料性附录）　导线的性能参数 …… 190
附录 C（资料性附录）　平行集束导线绝缘材料的机械物理性能 …… 191
附录 D（规范性附录）　平行集束导线结构形状断面示意图 …… 193
附录 E（规范性附录）　平行集束导线的结构尺寸和技术参数 …… 194
附录 F（规范性附录）　平行集束导线的型式试验 …… 198
附录 G（资料性附录）　平行集束导线的代号和型号 …… 199
编制说明 …… 201

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

前 言

本标准根据国家电网公司国家电网科［2004］337号《关于下达〈2004年度国家电网公司技术标准制定计划〉的通知》要求制定。

一、二期农村电网建设与改造工程以来，农村低压配电网络中开始使用架空平行集束绝缘导线，由于它与以往使用的绝缘线相比，在导线结构及施工等方面有特殊性。为规范其选用、设计和施工等，特制定本标准。

本标准的附录A、附录B、附录C和附录G为资料性附录，附录D、附录E和附录F为规范性附录。

本标准由国家电网公司农电工作部提出并负责解释。

本标准由国家电网公司科技部归口。

本标准主要起草单位：国家电网公司农电工作部、辽宁省电力有限公司农电工作部、沈阳农业大学信息与电气工程学院等。

本标准主要起草人：张莲瑛、陈俊章、张博、朴在林、盛万兴、刘忠亚等。

本标准自发布之日起实施。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

架空平行集束绝缘导线低压配电线路设计规程

1 范围

本标准规定了架空平行集束绝缘导线低压配电线路的设计与施工技术规则。

本标准适用于新建和改建的额定电压为380V/220V架空平行集束绝缘导线线路的设计与施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2951.1～7—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法

GB 3953—1983 电工圆铜线

GB 3955—1983 电工圆铝线

GB/T 3956—1997 电缆的导体

GB 12527—1990 额定电压 1kV 及以下架空绝缘电缆

DL/T 464.1～5—1992 额定电压 1kV 及以下架空绝缘电线金具和绝缘部件

DL/T 493—2001 农村安全用电规程

DL/T 499—2001 农村低压电力技术规程

DL/T 601—1996 架空绝缘配电线路设计技术规程

3 术语和定义

架空平行集束绝缘导线 bundled insulated conductors

指用于低压架空线路的两根、三根或四根绝缘导线平行连接在一起的导线束，简称平行集束导线。

4 总则

4.1 平行集束导线线路设计应与城镇的总体规划相协调。

4.2 低压配电线路宜采用平行集束导线。

4.3 下列地区宜优先采用平行集束导线。

a） 架空线与建筑物的距离不能满足 DL/T 601—1996 要求的地区；

b） 高层建筑群地区；

c） 繁华街道、人口密集区；

d） 绿化地区及林带；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

e） 污秽严重地区。

5 气象条件

5.1 平行集束导线低压架空线路设计所采用的气象条件，应根据当地的气象资料（采用十年一遇的数值）和附近已有线路的运行经验确定。如当地的气象资料与附录 A 典型气象区接近，宜采用典型气象区所列的数值。

5.2 平行集束导线低压架空线路的最大设计风速值，应采用离地面10m高处，十年一遇10min平均最大值。如无可靠资料，在空旷平坦地区不应小于 25m/s。在山区宜采用附近平坦地区风速的 1.1 倍，且不应小于 25m/s。

5.3 电杆、绝缘导线束的风荷载按下式计算：

$$W = 9.807CF\frac{v^2}{16} \tag{1}$$

式中：

W——电杆或绝缘导线束的风荷载，N；

C——风载体型系数，圆形截面的钢筋混凝土杆，取 0.6；矩形截面的钢筋混凝土杆，取 1.4；绝缘导线束外切圆直径小于 17mm，取 1.2；绝缘导线束外切圆直径不小于 17mm，取 1.1；绝缘导线束覆冰（不论直径大小），取 1.2；

F——电杆杆身侧面的投影面积或绝缘导线束外切圆直径与水平档距的乘积，m^2；

v——设计风速，m/s。

应按风向与线路走向相垂直的情况计算风荷载（转角杆按线路夹角等分线方向）。

5.4 平行集束导线架空低压线路设计冰厚，应根据附近已有线路的运行经验确定。如无资料，除第 I 气象区外，参见附录 A。

6 平行集束导线技术要求

6.1 导体

6.1.1 铜芯应采用符合 GB 3953—1983 中的 TR 型软圆铜线。

6.1.2 铝芯应采用符合 GB 3955—1983 的 LY9 型 Hg 状态的硬圆铝线。

6.1.3 铜芯 $10mm^2$ 及其以上，铝芯 $16mm^2$ 及其以上导体应采用紧压圆形绞合，绞合的铜、铝导体、导体绞合节距比、绞合方向应符合 GB/T 3956—1997 的规定。

6.1.4 7 股及以下绞合线芯单股不允许有接头。

6.1.5 线芯应表面光洁（无油污、无毛刺、无锐边、无凸起等），无断裂。

6.1.6 导线材料的机械物理性能参见附录 B。

6.2 绝缘

6.2.1 应采用耐候型的交联聚乙烯（XLPE）、聚乙烯（PE）或聚氯乙烯（PVC）。

6.2.2 绝缘材料应紧密挤包在导体上，表面应平整、色泽均匀、无机械损伤、断面无可见的气孔。

6.2.3 绝缘材料的机械物理性能参见附录 C。

6.3 结构

6.3.1 平行集束导线结构形状断面示意图遵照附录 D 的要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.3.2 平行集束导线的结构尺寸和技术参数遵照附录 E 的要求。

6.3.3 平行集束导线的每束外皮绝缘厚度的标称值应符合附录 D 的规定，绝缘厚度的平均值应不小于标称值，其最薄处厚度不小于标称值的 90%。

6.3.4 平行集束导线的中性线应有明显的凸纹标志。

6.4 试验要求

6.4.1 型式试验应遵照附录 F 的要求。

6.4.2 出厂试验线芯与线芯之间及线芯与地之间应能经受 3500V，1min 交流耐压试验，其他试验项目应遵照附录 E 的规定。

7 金具与绝缘子

7.1 金具

7.1.1 铆定线夹、并沟线夹、悬吊线夹使用前要进行外观检查，且应满足以下要求：组件齐全，铝合金、金属部件应光洁、无裂痕、无毛刺、无飞边、无沙眼、无气泡；塑料、橡胶件应完整无损；螺帽螺杆配合良好。

7.1.2 抱箍、U 形螺栓、延长环、墙担、尖铁、连板等应镀锌良好，无锈蚀。

7.2 绝缘子

瓷釉光滑，无裂纹、无缺釉、无斑点、无烧痕，绝缘子安装前应清除表面污垢、附着物。

8 平行集束导线截面的选择

应根据 DL/T 601—1996 的有关规定进行选择。

9 敷设方式

9.1 平行集束导线的敷设方式有沿墙敷设和杆上敷设两种敷设方式。

9.2 杆上敷设时宜采用 8m 水泥拔梢杆，档距不超过 50m。

9.3 电杆、拉线和基础的施工宜符合 DL/T 499—2001 的规定。

10 平行集束导线架设

10.1 放线

10.1.1 宜在干燥天气进行，施工温度：0℃～40℃。

10.1.2 放线过程中，应将平行集束导线放在塑料滑轮或套有橡胶护套的铝滑轮内。滑轮直径不应小于平行集束导线外径的 12 倍，槽深不小于平行集束导线外径的 1.25 倍，槽底部半径不小于 0.75 倍平行集束导线等效外径。

10.1.3 放线时，平行集束导线不得在地面、杆塔、横担、绝缘瓷瓶或其他物体上拖拉，以防损伤绝缘层。

10.1.4 平行集束导线宜采用网套牵引。

10.2 平行集束导线的连接

10.2.1 平行集束导线应在耐张杆上非承力线处采用专用的并沟线夹连接。

10.2.2 平行集束导线 T 接应采用并沟线夹，各相 T 接点顺导线方向的间距不小于 0.15m。

10.2.3 平行集束导线连接后，应进行安全防护处理。连接点应加装绝缘防雨罩，绝缘罩不

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

得磨损、划伤，安装位置不得颠倒，并保持封闭，防止进水。

10.3 紧线

10.3.1 平行集束导线不宜过牵引。

10.3.2 应使用网套或面接触的卡线器，严禁直接用紧线器紧线，防止卡伤绝缘层。

10.3.3 导线安装弧垂按设计值确定，并进行观测，紧线后每个耐张段的各档导线的弧垂应力，力求一致。

10.4 固定

10.4.1 耐张杆、终端杆采用塑料绝缘垫衬的铆定线夹。

10.4.2 直线杆采用橡胶绝缘垫衬悬吊线夹。

10.4.3 过引线、引下线与相邻的过引线、引下线之间的净空距离不应小于 100mm，绝缘导线束与拉线、电杆或构架间的净空距离不应小于 50mm。

10.4.4 接户线长度不大于 5m 时，建筑物上第一支撑点采用尖铁与绝缘子固定；接户线长度大于 5m 时，用铆定线夹、尖铁和连板配合固定。

10.5 接户线

应执行 DL/T 499—2001 的相关规定。

11 防雷和接地

参照 DL/T 499—2001 的相关规定执行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 A
（资料性附录）
典 型 气 象 区

典型气象区见表 A.1。

表 A.1 典 型 气 象 区

气象区		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
大气温度 ℃	最高	+40						
	最低	−5	−10	−5	−20	−20	−40	−20
	导线覆冰	—	−5					
	最大风	+10	+10	−5	−5	−5	−5	−5
风速 m/s	最大风	30	25	25	25	25	25	25
	导线覆冰	10						
	最高、最低气温	0						
覆冰厚度 mm		—	5	5	5	10	10	15
冰的比重		0.9						

附 录 B
（资料性附录）
导线的性能参数

铝线的性能参数见表 B.1。

表 B.1 铝 线 的 性 能 参 数

单线根数	最终弹性系数 N/mm^2	线膨胀系数 1/℃
7	59 000	23.0×10^{-6}
19	56 000	23.0×10^{-6}
37	56 000	23.0×10^{-6}
61	54 000	23.0×10^{-6}

注 1：弹性系数值的精确度为±3000N/mm^2。

注 2：弹性系数适用于导线受力在 15%～50%导线计算拉断力时。

铝合金线的性能参数见表 B.2。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 B.2 铝合金线的性能参数

导线种类	最终弹性系数 N/mm²	线膨胀系数 1/℃
铝合金线	54 900～65 700	23.0×10^{-6}
注 1：铝合金线根据其所含金成分不同而最终弹性系数有差别，故可在此范围内选择。 注 2：弹性系数适用于导线受力在 15%～50%导线计算拉断力时。		

铜线的性能参数见表 B.3。

表 B.3 铜线的性能参数

导线种类	最终弹性系数 N/mm²	线膨胀系数 1/℃
硬铜线	127 000	17×10^{-6}
软铜线	98 000	17×10^{-6}
注 1：弹性系数值的精确度为±3000N/mm²。 注 2：弹性系数适用于导线受力在 15%～50%导线计算拉断力时。		

附 录 C
（资料性附录）
平行集束导线绝缘材料的机械物理性能

平行集束导线绝缘材料的机械物理性能见表 C.1。

表 C.1 平行集束导线绝缘材料的机械物理性能

序号	项目				单位	性能要求		
						PVC	PE	XLPE
1	抗张强度和断裂伸长率	原始性能	最小抗张强度		MPa	12.5	10	12.5
			最大断裂伸长率		%	150	300	200
		空气烘箱老化试验	老化条件	温度	℃	80±2	100±2	135±3
				时间	h	168	240	168
			试验结果	最大抗张强度	MPa	12.5	—	—
				最小变化率	%	±20	—	±25
				最小断裂伸长率	%	150	300	—
				最大变化率	%	±20	—	±25

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 C.1（续）

序号	项目				单位	性能要求		
						PVC	PE	XLPE
1	人工气候老化试验	老化时间			h	1008	1008	1008
		试验结果	0h～1008h	最大抗张强度变化率	%	±30	±30	±30
				最小断裂伸长率变化率	%	±30	±30	±30
			504h～1008h	最大抗张强度变化率	%	±15	±15	±15
				最大断裂伸长率变化率	%	±15	±15	±15
2	热失重试验	处理时间			h	168	—	—
		处理温度			℃	80±2	—	—
		最大失重			mg/cm^2	2	—	—
3	抗开裂试验	处理温度			℃	150±3	—	—
		处理时间			h	1	—	—
		试验结果				不开裂	—	—
4	高温压力试验	处理温度			℃	80±2	—	—
		处理时间			h	4（6）	—	—
		最大变形率			%	50	—	—
5	低温卷烧试验	处理温度			℃	-35	—	—
		试验结果				不开裂	—	—
6	低温拉伸试验	处理温度			℃	-35	—	—
		最小断裂伸长率			%	20	—	—
7	低温冲击试验	处理温度			℃	-35	—	—
		试验结果				不开裂	—	—
8	吸水试验	电压法	温度		℃	70±2	—	—
			时间		h	240	—	—
			试验结果			不击穿	—	—
		重量法	温度		℃	—	85±2	85±2
			时间		h	—	336	336
			最大吸水量		mg/cm^2	—	1	1
9	收缩实验	温度			℃	—	100±3	130±3
		时间			h	—	1	1
		最大允许收缩率			%	—	4	4

www.789pdf.com 789书库网

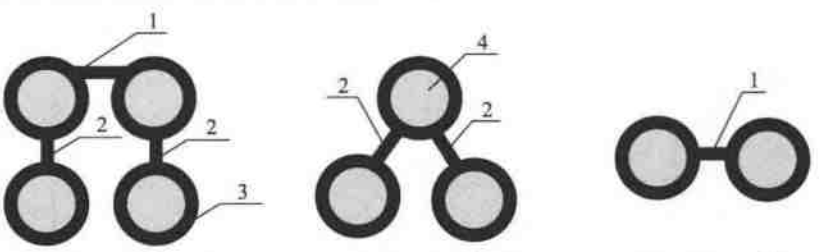
www.789pdf.com 789书库网

表 C.1（续）

序号	项目		单位	性能要求		
				PVC	PE	XLPE
10	热延伸试验	温度	℃	—	—	200±3
		载荷时间	min	—	—	15
		机械应力	N/cm^2	—	—	20
		最大载荷下伸长率	%	—	—	175
		最大冷却后伸长率	%	—	—	15
11	熔融试验					
	最大老化前允许值		g/min	—	0.4	—

附 录 D
（规范性附录）
平行集束导线结构形状断面示意图

平行集束导线结构形状断面示意图见图 D.1。



a) BS1—四芯形　b) BS2—三芯形　c) BS3—二芯形

1—横向连接筋；2—竖向连接筋；3—导线外皮绝缘厚度；4—导线

图 D.1　平行集束导线结构形状断面示意图

www.789pdf.com 789书库网

附 录 E
（规范性附录）
平行集束导线的结构尺寸和技术参数

BS1—四芯形同截面绝缘导线束结构尺寸和技术参数见表 E.1。

表 E.1 BS1—四芯形同截面绝缘导线束结构尺寸和技术参数

芯数×标称截面 mm^2	导体中最少单线根数 紧压圆形		导体外径 mm	绝缘厚度 mm	连接筋尺寸 厚度×长度（近似值） mm×mm		20℃时导体电阻最大值 Ω/km		额定工作温度时最小绝缘电阻 MΩ·km		综合拉断力 N	
	铜芯	铝芯			竖	横	铜芯	铝芯	70℃	90℃	铜芯	铝芯
4×10	6	1	铜 3.8 铝 3.56	1	0.7×2.0	0.3×5.8	1.83	3.08	0.006 7	0.67	9200	5480
4×16	6	6	4.8	1.2	0.7×3.0	0.3×7.5	1.15	1.91	0.006 5	0.65	14 720	8806
4×25	6	6	6	1.2	0.9×3.0	0.3×8.0	0.727	1.2	0.005 4	0.54	23 000	13 760
4×35	6	6	7	1.4	0.9×3.0	0.4×8.5	0.524	0.868	0.005 4	0.54	32 200	19 264
4×50	6	6	8.3	1.4	0.9×3.0	0.4×9.5	0.387	0.641	0.004 6	0.46	46 000	27 520
4×70	12	12	10	1.4	0.9×3.0	0.4×11.0	0.268	0.443	0.004	0.4	64 400	38 360
4×95	15	15	11.6	1.6	1.0×3.0	0.5×12.0	0.193	0.32	0.003 9	0.39	87 400	52 060
4×120	18	15	13	1.6	1.0×3.0	0.5×12.5	0.153	0.253	0.003 5	0.35	110 400	65 760

注：BS1—四芯形同截面绝缘导线束的型号有 BS1—JKV、BS1—JKLV、BS1—JKV、BS1—JKLY、BS1—JKYJ 和 BS1—JKLYJ，额定电压为 0.6kV/1kV。

www.789pdf.com 789书库网
www.789pdf.com 789书库网

BS1—四芯形不同截面平行集束导线结构尺寸和技术参数见表 E.2。

表 E.2 BS1—四芯形不同截面平行集束导线结构尺寸和技术参数

芯数×标称截面 mm^2	导体中最少单线根数				导体外径 mm		绝缘厚度 mm		连接筋尺寸厚度×长度（近似值）mm×mm		20℃时导体电阻最大值 Ω/km				额定工作温度时最小绝缘电阻 MΩ·km		综合拉断力 N	
	紧压圆形										铜芯		铝芯		主线芯			
	铜芯		铝芯															
	主线芯	第四芯	主线芯	第四芯	主线芯	第四芯	主线芯	第四芯	竖	横	主线芯	第四芯	主线芯	第四芯	70℃	90℃	铜芯	铝芯
3×10+1×6	6	1	1	1	铜 3.8 铝 3.56	2.67	1	0.9	0.7×2.0	0.3×5.8	1.83	3.08	3.08	4.91	0.006 7	0.67	8280	4954
3×16+1×10	6	6	6	1	4.8	铜 3.8 铝 3.56	1.2	1	0.7×3.0	0.3×7.5	1.15	1.83	1.91	3.08	0.006 5	0.65	13 340	7981
3×25+1×16	6	6	6	6	6	4.8	1.2	1.2	0.9×3.0	0.3×8.0	0.727	1.15	1.2	1.91	0.005 4	0.54	20 930	12 522
3×35+1×25	6	6	6	6	7	6	1.4	1.2	0.9×3.0	0.4×8.5	0.524	0.727	0.868	1.2	0.005 4	0.54	29 900	17 810
3×50+1×35	6	6	6	6	8.3	7	1.4	1.4	0.9×3.0	0.4×9.5	0.387	0.524	0.641	0.868	0.004 6	0.46	42 550	25 345
3×70+1×50	12	12	12	6	10	8.3	1.4	1.4	0.9×3.0	0.4×11.0	0.268	0.387	0.443	0.641	0.004	0.4	59 800	35 620
3×95+1×70	15	15	15	12	11.6	10	1.6	1.4	1.0×3.0	0.5×12.0	0.193	0.268	0.32	0.443	0.003 9	0.39	81 650	58 635
3×120+1×95	18	15	15	15	13	11.6	1.6	1.6	1.0×3.0	0.5×12.5	0.153	0.193	0.253	0.32	0.003 5	0.35	10 465	62 335

注：BS1—四芯形不同截面平行集束导线型号有 BS1—JKV、BS1—JKLV、BS1—JKY、BS1—JKLY、BS1—JKYJ 和 BS1—JKLYJ，额定电压为 0.6kV/1kV。

www.789pdf.com 789书库网
www.789pdf.com 789书库网

BS2—三芯形同截面三芯平行集束导线结构尺寸和技术参数见表 E.3。

表 E.3　BS2—三芯形同截面三芯平行集束导线结构尺寸和技术参数

芯数×标称截面 mm²	导体中最少单线根数 紧压圆形		导体外径 mm	绝缘厚度 mm	连接筋尺寸厚度×长度（近似值）	20℃时导体电阻最大值 Ω/km		额定工作温度时最小绝缘电阻 MΩ·km		综合拉断力 N	
	铜芯	铝芯				铜芯	铝芯	70℃	90℃	铜芯	铝芯
3×16	6	6	4.8	1.2	0.4×4.7	1.15	1.91	0.006 5	0.65	11 040	6580
3×25	6	6	6	1.2	0.4×5.4	0.727	1.2	0.005 4	0.54	17 250	10 280
3×35	6	6	7	1.4	0.4×6.1	0.524	0.868	0.005 4	0.54	24 150	14 380
3×50	6	6	8.3	1.4	0.4×6.9	0.387	0.641	0.004 6	0.46	34 500	20 550
3×70	12	12	10	1.4	0.5×8.1	0.268	0.443	0.004	0.4	48 300	28 770
注：BS2—三芯形同截面三芯平行集束导线型号有 BS2—JKV、BS2—JKLV、BS2—JKY、BS2—JKLY、BS2—JKYJ 和 BS2—JKLYJ，额定电压为 0.6kV/1kV。											

BS2—三芯形不同截面平行集束导线结构尺寸和技术参数见表 E.4。

表 E.4　BS2—三芯形不同截面平行集束导线结构尺寸和技术参数

芯数×标称截面 mm²	导体中最少单线根数 紧压圆形				导体外径 mm		绝缘厚度 mm		连接筋尺寸厚度×长度（近似值） mm×mm	20℃时导体电阻最大值 Ω/km				额定工作温度时最小绝缘电阻 MΩ·km		综合拉断力 N	
	铜芯		铝芯							铜芯		铝芯		主线芯			
	主线芯	第四芯	主线芯	第四芯	主线芯	第四芯	主线芯	第四芯		主线芯	第四芯	主线芯	第四芯	70℃	90℃	铜芯	铝芯
2×16+1×10	6	6	6	1	4.8	铜 3.8 铝 3.56	1.2	1	0.4×3.5	1.15	1.83	1.91	3.08	0.006 5	0.65	9660	5750
2×25+1×16	6	6	6	6	6	4.8	1.2	1.2	0.4×4.5	0.727	1.15	1.2	1.91	0.005 4	0.54	15 180	9040
2×25+1×16	6	6	6	6	7	6	1.4	1.2	0.4×5.2	0.524	0.727	0.868	1.2	0.005 4	0.54	21 850	13 020
2×50+1×35	6	6	6	6	8.3	7	1.4	1.4	0.4×6.2	0.387	0.524	0.641	0.87	0.004 6	0.46	31 050	18 500
2×70+1×50	12	6	12	5	10	8.3	1.4	1.4	0.5×6.9	0.268	0.387	0.443	0.44	0.004	0.4	43 000	26 030
注：BS2—三芯形不同截面平行集束导线型号有 BS2—JKV、BS2—JKLV、BS2—JKY、BS2—JKLY、BS2—JKYJ 和 BS2—JKLYJ，额定电压为 0.6kV/1kV。																	

www.789pdf.com 789书库网
www.789pdf.com 789书库网

BS3—二芯形平行集束导线结构尺寸和技术参数见表 E.5。

表 E.5　BS3—二芯形平行集束导线结构尺寸和技术参数

芯数×标称截面 mm^2	导体中最少单线根数 紧压圆形		导体外径 mm	绝缘厚度 mm	连接筋尺寸 厚度×长度（近似值） mm×mm	20℃时导体电阻最大值 Ω/km		额定工作温度时最小绝缘电阻 MΩ・km		综合拉断力 N	
	铜芯	铝芯				铜芯	铝芯	70℃	90℃	铜芯	铝芯
2×4	1	1	2.26	0.9	0.6×2.0	4.61	7.41	0.01	1	1840	1100
2×6	1	1	2.76	0.9	0.6×2.0	3.08	4.91	0.008 7	0.87	2760	1651
2×10	6	1	铜 3.8 铝 3.56	1	0.7×2.5	1.83	3.08	0.006 7	0.67	4600	2752
2×16	6	6	4.8	1.2	0.9×3.0	1.15	1.91	0.006 5	0.65	7360	4403
2×25	6	6	6	1.2	1.0×3.0	0.727	1.2	0.005 4	0.54	11 500	6880
2×35	6	6	7	1.4	1.0×3.0	0.524	0.868	0.005 4	0.54	16 100	9632
2×50	6	6	8.3	1.4	1.0×3.0	0.387	0.641	0.004 6	0.46	23 000	13 760
2×70	12	12	10	1.4	1.0×3.0	0.268	0.443	0.004	0.4	32 200	19 180
2×95	15	15	11.6	1.6	1.0×3.0	0.193	0.32	0.003 9	0.39	43 700	26 030
2×120	18	15	13	1.6	1.0×3.0	0.153	0.253	0.003 5	0.35	55 200	32 880

注：BS3—二芯形平行集束导线型号有 BS3—JKV、BS3—JKLV、BS3—JKY、BS3—JKLY、BS3—JKYJ 和 BS3—JKLYJ，额定电压为 0.6kV。

www.789pdf.com 789书库网
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 F
（规范性附录）
平行集束导线的型式试验

平行集束导线的型式试验方法见表 F.1。

表 F.1 平行集束导线的型式试验方法

序号	试 验 项 目	试验类型			试验方法
		JKV	JKY	JKYJ	
		JKLV	JKLY	JKLYJ	
1	结构尺寸				
1.1	导体	TS	TS	TS	GB 4909.2
1.2	绝缘厚度	TS	TS	TS	GB 3957
2	导体电阻	TR	TR	TR	GB 2951.2
3	电压试验	TR	TR	TR	GB 3048.4
4	绝缘电阻	TS	TS	TS	GB 3048.4
5	绝缘和机械物理性能	TS	TS	TS	
5.1	空气烘箱老化试验	TS	TS	TS	GB 2951.4A
5.2	热失重	TS	—	—	GB 2951.10
5.3	抗开裂	TS	—	—	GB 2951.31
5.4	高温压力	TS	—	—	GB 2951.16
5.5	低温卷烧	TS	—	—	GB 2951.12
5.6	低温拉伸	TS	—	—	GB 2951.13
5.7	低温冲击	TS	—	—	GB 2951.14
5.8	吸水试验				
5.8.1	电压法	TS	—	—	GB 2951.30
5.8.2	重量法	—	TS	TS	GB 2951.29
5.9	收缩试验	—	TS	TS	GB 2951.33
5.10	熔融指数	—	TS	TS	GB 3682
6	不延燃性能	TS	—	—	GB 2951.19
7	交货长度	R	R	R	计米器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 G
（资料性附录）
平行集束导线的代号和型号

G.1 平行集束导线的代号

系列代号（架空）：JK。

材料和结构特征代号：铜导体—省略；铝导体—L；聚氯乙烯绝缘—V；聚乙烯绝缘—Y；交联聚乙烯绝缘—YJ。

G.2 平行集束导线产品表示方法

a） 额定电压 0.6kV/1kV 架空铜芯聚氯乙烯绝缘导线束、四芯形、标称截面 25mm^2。表示为：BS1—JKV—0.6/1kV 4×25。

b） 额定电压 0.6kV/1kV 架空铝芯聚乙烯绝缘导线束、四芯形，其中主线芯为三芯，标称截面为 35mm^2，第四芯标称截面为 25mm^2。表示为：BS1—JKLY—0.6/1kV 3×25+1×25。

c） 额定电压 0.6kV/1kV 架空铝芯交联聚乙烯绝缘导线束、三芯形，其中主线芯为二芯，标称截面为 25mm^2，第三芯标称截面为 16mm^2。表示为：BS2—JKLYJ—0.6/1kV 2×25+1×16。

d） 额定电压 0.6kV 架空铝芯聚乙烯绝缘导线束，二芯形，标称截面 16mm^2。表示为：BS3—JKLY—0.6kV 2×16。

平行集束导线的型号及名称见表 G.1。

表 G.1 平行集束导线的型号及名称

型 号	名 称
BS1—JKV—0.6/1kV	额定电压 0.6kV/1kV 铜芯四芯形聚氯乙烯架空绝缘导线束
BS1—JKLV—0.6/1kV	额定电压 0.6kV/1kV 铝芯四芯形聚氯乙烯架空绝缘导线束
BS2—JKV—0.6/1kV	额定电压 0.6kV/1kV 铜芯三芯形聚氯乙烯架空绝缘导线束
BS2—JKLV—0.6/1kV	额定电压 0.6kV/1kV 铝芯三芯形聚氯乙烯架空绝缘导线束
BS3—JKV—0.6kV	额定电压 0.6kV 铜芯二芯形聚氯乙烯架空绝缘导线束
BS3—JKLV—0.6kV	额定电压 0.6kV 铝芯二芯形聚氯乙烯架空绝缘导线束
BS1—JKY—0.6/1kV	额定电压 0.6kV/1kV 铜芯四芯形聚乙烯架空绝缘导线束
BS1—JKLY—0.6/1kV	额定电压 0.6kV/1kV 铝芯四芯形聚乙烯架空绝缘导线束
BS2—JKY—0.6/1kV	额定电压 0.6kV/1kV 铜芯三芯形聚乙烯架空绝缘导线束
BS2—JKLY—0.6/1kV	额定电压 0.6kV/1kV 铝芯三芯形聚乙烯架空绝缘导线束
BS3—JKY—0.6kV	额定电压 0.6kV 铜芯二芯形聚乙烯架空绝缘导线束
BS3—JKLY—0.6kV	额定电压 0.6kV 铝芯二芯形聚乙烯架空绝缘导线束

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 G.1（续）

型　号	名　称
BS1—JKYJ—0.6/1kV	额定电压 0.6kV/1kV 铜芯四芯形交联聚乙烯架空绝缘导线束
BS1—JKLYJ—0.6/1kV	额定电压 0.6kV/1kV 铝芯四芯形交联聚乙烯架空绝缘导线束
BS2—JKYJ—0.6/1kV	额定电压 0.6kV/1kV 铜芯三芯形交联聚乙烯架空绝缘导线束
BS2—JKLYJ—0.6/1kV	额定电压 0.6kV/1kV 铝芯三芯形交联聚乙烯架空绝缘导线束
BS3—JKYJ—0.6kV	额定电压 0.6kV 铜芯二芯形交联聚乙烯架空绝缘导线束
BS3—JKLYJ—0.6kV	额定电压 0.6kV 铝芯二芯形交联聚乙烯架空绝缘导线束

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

架空平行集束绝缘导线低压配电线路设计规程

编制说明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

1　工作简况……202
2　标准编写原则和主要内容……203
3　与国家标准、行业标准同类标准相比……203
4　主要试验验证情况和预期达到的效果……203
5　贯彻标准的要求和措施建议……204

1　工作简况

1.1　任务来源

本标准根据国家电网公司国家电网科［2004］337 号《关于下达〈2004 年度国家电网公司技术标准制定计划〉的通知》要求而起草的。同时根据原电力工业部局司水农电［1997］18 号《关于下达〈分裂组合绝缘导线束及低压配电网新模式科研项目计划〉的通知》的文件精神，其成果之一将作为国家电网公司的企业标准，用于指导规范架空平行集束绝缘导线选用、设计和施工等。

1.2　主要工作过程

“分裂组合绝缘导线束及低压配电网新模式”被列为原电力工业部水农司 1997 年度科研项目［水农电（1997）18 号］，课题承担单位为辽宁省农电局、沈阳农业大学信息与电气工程学院、辽宁农村电气化研究所。

1997 年 3 月经东北电管局虎石台试验中心检测，试验测得的电气参数为：电抗 0.078 6Ω/km、电纳 30.9×10^{-6}S/km，与理论计算的电气参数完全相符（理论验证由沈阳农业大学信息与电气工程学院完成）。

1997 年 11 月东北电力集团公司科技部主持召开了“低压配电网采用导线束供电新模式”的专家论证会，由工程院院士黄其励总工程师主持。

1997 年 12 月 15 日由本溪电线电缆检测监督中心对本溪电缆厂塑缆分厂研制的《额定电压 1kV 及以下可分裂组合式架空绝缘导线束》进行了检测［本检字（1997）第 1012 号］。

2000 年 8 月国家电力公司在杭州组织召开了农网改造四新工作会议，课题组向全体与会人员全面讲述了课题研究成果的理论依据、计算结果、试点效果，得到了与会专家一致肯定，并被列为农网改造可应用的四新内容。

2001 年 8 月 2 日～4 日由国家电力公司农电部在辽宁（沈阳市棋盘山）组织召开了针对绝缘导线束试用情况现场交流会，来自全国各省、市、县的专家、领导听取了“关于对基于绝缘导线束的低压配电网新模式”应用情况的汇报，并到沈阳市东陵区康红村、后康村进行了实地考察，形成了《关于对平行集束架空绝缘线试用情况的评估意见》。经过全面的比较和评估一致认为：平行集束导线的试用情况是成功的，可以在农村低压电网中试点和逐步推广。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

并讨论了《平行集束架空绝缘电缆选用技术》、《平行集束架空绝缘电缆线路设计技术规范》、《平行集束架空绝缘电缆施工规范》的暂行规定。

2001 年 10 月 18 日由国家电力公司农电部在北京召开了专家论证会，与会专家听取了课题组前段工作的全面汇报后，经过充分的讨论，形成了《关于在农村电网中应用平行集束架空绝缘电缆的若干意见》。专家一致认为：用低压绝缘导线束构成的供电新模式具有降损节能、提高电压质量、提高供电可靠性和供电能力、防触电、防窃电、施工简单、美观大方、减少空间等优点，明确了“在农村电网建设与改造工程中，可进一步扩大平行集束导线的应用”的试点工程。至此揭开了“基于绝缘导线束的低压配电网新模式”在全国大面积推广的序幕。

2002 年 8 月 30 日由辽宁省产品质量监督检验院对沈阳经济技术开发区大鹏电缆有限公司研制的“额定电压 0.6/1kV 铝芯聚乙烯绝缘架空电缆”进行了监督检验［（辽宁）第 200204301320798］。检验结论为：依据 GB 12527—1990 和《辽宁省电线电缆产品质量监督检验细则》检验及判定，该批产品合格。

2002 年 12 月 3 日由辽宁省产品质量监督检验院对沈阳经济技术开发区大鹏电缆有限公司研制的“额定电压 0.6/1kV 铝芯框型聚乙烯平行集束架空绝缘电缆”进行了监督检验［（辽宁）第 200221237］。检验结论为：依据 Q/SDP.J02.01—2002 检验，该产品所检项目合格。

注：Q/SDP.J02.01—2002 为沈阳大鹏电缆有限公司在产品检验时提交的检验标准。

2006 年 8 月 17 日由国家电网公司农电部组织在北京国家电网公司召开了国家电网公司企业标准——《架空平行集束绝缘导线低压配电线路设计规程》（送审稿）专家审查会。与会专家对送审稿进行了认真讨论，对规范性引用文件、总则、技术要求、平行集束导线架设等方面提出了宝贵的建议，使该技术规范更为适用和可行。

2007 年 3 月 10 日，根据专家审查会的意见，项目起草工作组对技术规范的送审稿进行了反复推敲、讨论修改后，形成了《架空平行集束绝缘导线低压配电线路设计规程》（报批稿）。

本标准主要起草单位：沈阳农业大学信息与电气工程学院。

本标准参加起草单位：国家电网公司农电工作部、辽宁省电力有限公司农电工作部。

2 标准编写原则和主要内容

标准编写原则是规范架空平行集束绝缘导线选用、设计和施工等。主要内容包括总则、气象条件、平行集束导线技术要求、金具与绝缘子、平行集束导线截面的选择、敷设方式、平行集束导线架设、防雷和接地、资料性附录和规范性附录。

3 与国家标准、行业标准同类标准相比

目前国家、行业、企业尚无此标准。本标准在制定时主要参照了 GB 12527—1990、GB/T 2951.1～7—1997、GB 3953—1983、GB 3955—1983、GB/T 3956—1997、DL/T 499—2001、DL/T 601—1996、DL/T 493—2001、DL/T 464.1～5—1992、DL/T 601—1996 等标准。

4 主要试验验证情况和预期达到的效果

电网建设与改造以来，架空平行集束绝缘导线束设计与实施的三相四线供电模式不受地域分布影响，可延伸到每一角落，将分散的单相负荷重组为对称三相负荷，迫使零线电流最小，降损显著。两火一零单相变压器供电模式实现了小容量、密布点、短半径、高压延伸的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

网络布局，特别适合于我国负荷分散的农村、山区供电。已在辽宁、安徽、河南、陕西、内蒙古、山东、山西、江苏、福建、广西、甘肃、河北等 18 个省市地区得到广泛的应用。

绝缘导线束供电模式的应用与推广，为电网的建设改造与运营带来了巨大的经济效益和社会效益，开辟了电网建设改造的新路子。增加了安全性、可靠性、减少了线损，降低了电价，减轻了农民的负担，提高了电力部门的服务质量和在社会的信誉度，达到了预期效果。

5 贯彻标准的要求和措施建议

平行集束导线是用于低压架空线路的两根、三根或四根绝缘导线平行连接在一起的导线束。考虑运行的安全性和可靠性，其导线束的结构尺寸和技术参数必须符合附录 D、附录 E 和附录 F 的规范。

本设计规程与有关现行法律、法规和强制性标准相一致，采取直接引用。建议本设计规程推荐为行业标准、国家标准。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Q/GDW 463—2010

非晶合金铁心配电变压器选用导则

The guide for choice amorphous alloy core distribution transformers

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言 ……206
1　范围 ……207
2　规范性引用文件 ……207
3　术语和定义 ……208
4　主要分类及选用 ……208
5　技术要求 ……209
6　试验要求 ……213
7　标志、包装、运输和贮存 ……214
8　安装 ……215
附录 A（资料性附录）　20kV、35kV 电压等级三相油浸式非晶变压器技术性能参数 ……216
附录 B（资料性附录）　非晶变压器与传统配电变压器主要性能参数比较 ……218
附录 C（资料性附录）　配电变压器总费用计算方法 ……219
编制说明 ……224

前　言

国家正在积极推进建设节约型社会和社会主义新农村建设，《国家电网公司农网“十一五”科技发展规划纲要》明确提出：“在一次设备建设中，大力推广节能型、环保型配电变压器，提高农网节能降损水平。”非晶合金铁心配电变压器作为一种新型节能配电变压器，与普通硅钢配电变压器相比，具有低空载损耗特性，在轻载或空载时间长、平均负荷率低的配电台区应用，节能效果显著。

《非晶合金铁心配电变压器选用导则》（以下简称“本标准”）是根据国家电网公司科技部《关于下达 2009 年度国家电网公司标准制（修）订计划的通知》（国家电网科［2009］217 号）文件，并依据目前国内非晶合金铁心配电变压器的研制、生产、应用等具体情况而制定的。本标准参考了相关标准，为用户选用非晶合金铁心配电变压器提供参考。

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 为资料性附录。

本标准由国家电网公司农电工作部提出并负责解释。

本标准由国家电网公司科技部归口。

本标准主要起草单位：中国电力科学研究院。

本标准主要起草人：王金丽、盛万兴、张莲瑛、刘福义、陈俊章、解芳。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

非晶合金铁心配电变压器选用导则

1 范围

本标准规定了非晶合金铁心配电变压器（简称非晶变压器）的术语和定义，主要分类及选用，技术要求，试验要求，标志、包装、运输和贮存，安装。

本标准适用于额定频率为 50Hz，电压等级为 10kV 的单相油浸式非晶变压器、三相油浸式非晶变压器和三相干式非晶变压器。

注：20kV 和 35kV 级的三相油浸式非晶变压器可参照本标准，其性能参数参见附录 A。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 1094.1—1996 电力变压器 第 1 部分：总则

GB 1094.2—1996 电力变压器 第 2 部分：温升

GB 1094.3—2003 电力变压器 第 3 部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙

GB 1094.5—2008 电力变压器 第 5 部分：承受短路的能力

GB/T 1094.10—2003 电力变压器 第 10 部分：声级测定

GB 1094.11—2007 电力变压器 第 11 部分：干式变压器

GB/T 6451—2008 油浸式电力变压器技术参数和要求

GB 3096—2008 声环境质量标准

GB/T 5273 变压器、高压电器和套管的接线端子

GB/T 5465.2—2008 电气设备用图形符号 第 2 部分：图形符号

GB 12348—2008 工业企业厂界噪声排放标准

GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件

GB/T 17468—2008 电力变压器选用导则

GB/T 22072—2008 干式非晶合金铁心配电变压器技术参数和要求

GBJ 148—1990 电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范

DL/T 985—2005 配电变压器能效技术经济评价导则

DL/T 5161.3—2002 电气装置安装工程质量检验及评定规程

JB/T 501—2006 电力变压器试验导则

JB/T 3837—2010 变压器类产品型号编制办法

JB/T 10318—2002 油浸式非晶合金铁心配电变压器技术参数和要求

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3 术语和定义

3.1

非晶合金铁心配电变压器 amorphous alloy core distribution transformers

采用非晶合金铁心的配电变压器。

3.2

总费用 total owning cost

配电变压器在其整个经济适用期内的所有投资及运行费用之总和，包含配电变压器的初始投资（包括设备购置费用及安装调试费用）和在其整个经济适用期内将要支付的电气损耗（包括变压器空载损耗和负载损耗）的等效初始费用。

4 主要分类及选用

4.1 主要分类

4.1.1 单相油浸式非晶变压器

额定容量范围为 30kVA～100kVA，适用于负荷分散、负荷密度较低且需要高压深入的单相供电或单三相混合供电台区。

4.1.2 三相油浸式非晶变压器

额定容量范围为 30kVA～1000kVA，适用于广大城市和农村配电网中的配电台区。

4.1.3 三相干式非晶变压器

额定容量范围为 30kVA～1250kVA，适用于防火要求较高的场所。

4.2 选用原则

4.2.1 非晶变压器的空载损耗比同容量的普通硅钢配电变压器低，在年平均负荷率低于20%或接近空载运行时间较长（如路灯、纯居民、农电等）的配电台区应用，节能效果尤为显著。

4.2.2 选用非晶变压器应符合 GB/T 17468 的相关规定，应按照实际运行环境和运行方式确定主要性能参数（与普通硅钢配电变压器主要性能参数比较参见附录 B），保证变压器的可靠性、安全性和经济性。

4.2.3 选用非晶变压器应结合配电台区负荷性质和运行特点，依据 DL/T 985 中总费用（TOC）方法（参见附录 C）判断其寿命期内综合经济性，并按照经济负荷率进行合理选用。

4.2.4 选用非晶变压器可根据需要提出特殊要求，同时，应考虑性能参数要求与投资成本的关系。

4.2.5 非晶变压器噪声一般比同容量的普通硅钢配电变压器偏高，对噪声要求较严格的场所，应明确提出声级限值要求，使生产厂家在非晶变压器的设计、制造等相应环节中采取技术措施加以控制，或用户自行采取有效的隔音措施。

4.2.6 选用非晶变压器产品应严把质量关，充分考虑制造厂的制造水平、质量保障实力等相关因素，应加强对生产厂家资质考察和产品入网前的测试工作，确保产品质量。

4.2.7 选用非晶变压器如与其他变压器并联运行，应满足变压器并联运行条件。

4.2.8 非晶合金材料由于压力敏感性较大，非晶变压器的油箱内部压力、安装运输、过励磁、不均匀负荷和出口短路等情况均可导致变压器空载损耗增大，需加强对其制造质量的监控。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5 技术要求

5.1 油浸式非晶变压器

5.1.1 基本要求

油浸式非晶变压器应符合 GB 1094.1、GB 1094.2、GB 1094.3、GB 1094.5 及 JB/T 10318 的规定。

5.1.2 性能参数

5.1.2.1 单相油浸式非晶变压器

单相油浸式非晶变压器的额定容量、电压组合及分接范围、联结组标号、空载损耗、负载损耗、空载电流及短路阻抗应符合表 1 的规定。

5.1.2.2 三相油浸式非晶变压器

三相油浸式非晶变压器的额定容量、电压组合及分接范围、联结组标号、空载损耗、负载损耗、空载电流及短路阻抗应符合表 2 的规定。

表 1 30kVA～100kVA 单相油浸式非晶变压器性能参数

额定容量 kVA	电压组合及分接范围			联结组标号	空载损耗 W	负载损耗（75℃） W	空载电流 %	短路阻抗（75℃） %
	高压 kV	高压分接范围 %	低压 kV					
30	10 10.5 11	±5 ±2×2.5	2×（0.22～0.24）或 0.22～0.24	Ii0	30	560	1.4	3.5
50					40	855	1.0	
80					60	1260	0.8	
100					70	1485	0.8	

注 1：其他容量的产品性能参数由制造厂与用户协商确定。
注 2：低压为 2×（0.22～0.24）kV 组合的变压器，当低压为 0.22～0.24kV 时，容量减半（并联使用时除外）。
注 3：对短路阻抗值有其他要求时，由用户与制造厂协商。

表 2 30kVA～1000kVA 三相油浸式非晶变压器性能参数

额定容量 kVA	电压组合及分接范围			联结组标号	空载损耗 W	负载损耗（75℃） W	空载电流 %	短路阻抗（75℃） %
	高压 kV	高压分接范围 %	低压 kV					
30	10 10.5 11	±5 ±2×2.5	0.4	Dyn11	33	600	1.5	4.0
50					43	870	1.2	
100					75	1500	0.9	
200					120	2600	0.6	
315					170	3650	0.5	
400					200	4300	0.5	
500					240	5150	0.5	
630					320	6200	0.3	4.5
800					380	7500	0.3	
1000					450	10 300	0.3	

注：当铁心为三相三柱时，根据需要也可采用 Yyn0 联结组。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.1.2.3 技术参数允许偏差

油浸式非晶变压器的空载损耗和负载损耗应符合表 1 和表 2 的规定，空载损耗、负载损耗的允许偏差应在 5%以内。

5.1.2.4 在下列各种情况下，变压器空载损耗的增量不应大于 4%：

a） 油箱内部压力±0.03MPa；

b） 运输冲撞 3g；

c） 1.1 倍过励磁后至额定电压下；

d） 1.5 倍过负荷 20min 后；

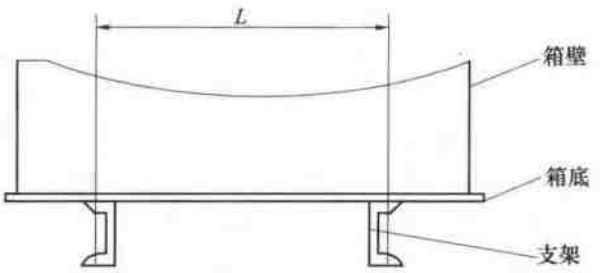
e） 变压器倾斜 2°；

f） 按 GB 1094.5 要求变压器每相 3 次规定的短路冲击后。

5.1.3 安全保护装置、油保护装置和油温测量装置应符合 GB/T 6451 或 GB/T 22072 的相关规定。

5.1.4 油箱及其附件。

5.1.4.1 单、三相油浸式非晶变压器一般不供给小车，如箱底焊有支架，其焊接位置应符合图 1 的规定。



注：L 尺寸可按非晶变压器容量大小选择为 200mm、300mm、400mm、550mm、660mm、820mm。

图 1 箱底支架焊接位置（长轴方向）

5.1.4.2 单相油浸式非晶变压器安装套管的油箱开孔直径应符合表 3 的规定，三相油浸式非晶变压器安装套管的油箱开孔直径应符合表 4 的规定。

表 3 单相油浸式非晶变压器油箱开孔直径 mm

高压		低压
不带气隙	带气隙	
70	62	30

表 4 三相油浸式非晶变压器油箱开孔直径 mm

电压 kV	315A 及以下	316A～630A	631A～1000A	1001A～2000A
0.4	30	50	60	70
10	70	—	—	—

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.1.5 外观要求

5.1.5.1 变压器瓷套颜色宜采用棕色。

5.1.5.2 变压器油箱、储油柜、冷却装置及连管的外表面颜色宜为海灰 B05。

5.1.5.3 各相套管带电端部应涂明显相别色标。

5.2 干式非晶变压器

5.2.1 基本要求

5.2.1.1 三相干式非晶变压器应符合 GB 1094.1、GB 1094.2、GB 1094.3、GB 1094.5、GB 1094.11 及 GB/T 22072 的相关规定。

5.2.1.2 变压器组、部件的设计、制造及检验等应符合相关标准的要求。

5.2.1.3 变压器的接地装置应有防锈层及明显的接地标志。

5.2.1.4 变压器一次和二次引线的接线端子应符合 GB/T 5273 的规定。

5.2.1.5 变压器防止直接接触的保护标志应符合 GB/T 5465.2 的规定。

5.2.1.6 变压器的铁心和金属件应有防腐蚀的保护层。

5.2.1.7 变压器应装有底脚，其上应设有安装用的定位孔，按照变压器大小，孔中心距（横向尺寸）可选择为 300mm、400mm、550mm、660mm、820mm 或 1070mm；如要求装有滚轮时，轮中心距（横向尺寸）可选择为 550mm、660mm、820mm 或 1070mm。

5.2.1.8 根据需求，可装设变压器运行温度监测装置，生产厂家应提供监测方法和必要的数据。

5.2.1.9 变压器应具有承受整体总质量的起吊装置。

5.2.2 性能参数

三相干式非晶变压器的额定容量、电压组合及分接范围、联结组标号、空载损耗、负载损耗、空载电流及短路阻抗应符合表 5 的规定。

表 5 30kVA～1250kVA 三相干式非晶变压器性能参数

额定容量 kVA	电压组合及分接范围			联结组标号	空载损耗 W	不同的绝缘耐热等级下的负载损耗 W			空载电流 %	短路阻抗 %
	高压 kV	高压分接范围 %	低压 kV			100℃（B）	120℃（F）	145℃（H）		
30	10 10.5 11	±5 ±2×2.5	0.4	Dyn11	70	670	710	760	1.6	4.0
50					90	940	1000	1070	1.4	
100					130	1480	1570	1690	1.2	
200					200	2370	2530	2710	1.0	
315					280	3270	3470	3730	0.9	
400					310	3750	3990	4280	0.8	
500					360	4590	4880	5230	0.8	
630					420	5530	5880	6290	0.7	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5（续）

额定容量 kVA	电压组合及分接范围			联结组标号	空载损耗 W	不同的绝缘耗热等级下的负载损耗 W			空载电流 %	短路阻抗 %
	高压 kV	高压分接范围 %	低压 kV			100℃（B）	120℃（F）	145℃（H）		
630	10 10.5 11	±5 ±2×2.5	0.4	Dyn11	410	5610	5960	6400	0.7	6.0
800					480	6550	6960	7460	0.7	
1000					550	7650	8130	8760	0.6	
1250					650	9100	9690	10 370	0.6	

注：表中所列的负载损耗为括号内绝缘耗热等级（B、F、H）所对应的参考温度（见 GB 1094.11 的规定）下的值。

5.2.3 技术参数允许偏差

三相干式非晶变压器的空载损耗和负载损耗应符合表 5 的规定，空载损耗、负载损耗的允许偏差应在 5%以内。

5.3 声级水平要求

5.3.1 非晶变压器声级水平测定应按照 GB/T 1094.10 的规定，油浸式非晶变压器是在距离变压器本体 0.3m 的周围选择 8～10 个点进行的声级测量；干式非晶变压器是在距离变压器本体 1m 的周围选择 8～10 个点进行的声级测量。

5.3.2 单、三相非晶变压器的声级水平应符合所在地环保等级的规定要求。一般居民地区应达到 1 类标准，即户外布置 45dB（A），户内布置 50dB（A）～55dB（A）。

5.3.3 噪声判断

按 GB 12348 和 GB 3096 的规定，间接判断变压器噪声及安装是否符合环境保护的要求，环境噪声是在距离建筑物（或其他目标物体）1m 的地方进行声压级测量。表 6 和表 7 分别为环境噪声限值与工业企业厂界环境噪声排放限值规定。

表 6 环境噪声限值

声环境功能区类别		声压级 dB（A）	
		昼间	夜间
0 类		50	40
1 类		55	45
2 类		60	50
3 类		65	55
4 类	4a 类	70	55
	4b 类	70	60

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 7 工业企业厂界环境噪声排放限值

厂界外声环境功能区类别	声压级 dB（A）	
	昼间	夜间
0 类	50	40
1 类	55	45
2 类	60	50
3 类	65	55
4 类	70	55

表 6 和表 7 中，声环境功能区类别含义如下：

0 类声环境功能区：指康复疗养区等特别需要安静的区域。

1 类声环境功能区：指以居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公为主要功能，需要保持安静的区域。

2 类声环境功能区：指以商业金融、集市贸易为主要功能，或者居住、商业、工业混杂，需要维护住宅安静的区域。

3 类声环境功能区：指以工业生产、仓储物流为主要功能，需要防止工业噪声对周围环境产生严重影响的区域。

4 类声环境功能区：指交通干线两侧一定距离之内，需要防止交通噪声对周围环境产生严重影响的区域，包括 4a 类和 4b 类两种类型。4a 类为高速公路、一级公路、二级公路、城市快速道、城市主干路、城市次干路、城市轨道交通（地面段）、内河航道两侧区域；4b 类为铁路干线两侧区域。

6 试验要求

6.1 非晶变压器试验应符合 JB/T 501 的规定。

6.2 新购或大修后的非晶变压器，应进行出厂试验和交接试验，变压器在短路试验后的空载损耗值与短路试验前相比不应有明显增加。

6.3 变压器的绕组直流电阻不平衡率：相间应不大于 4%，线间应不大于 2%。交接试验应与同温度下的出厂试验实测值进行比较，其偏差应不大于 2%。

注 1：绕组直流电阻不平衡率应以三相实测最大值减最小值作分子，三相实测平均值作分母计算。

注 2：对所有引出的相应端子间的电阻值均应进行测量比较。

6.4 经长途运输的非晶变压器，应进行交接试验，试验结果应与出厂试验数据基本一致。

6.5 除出厂试验外，如果要求变压器重做型式试验项目、标准规定的特殊试验项目、用户要求的研究性试验项目，则应在询价和订货时与制造单位协商，并在合同中规定。

6.6 非晶变压器出厂前应进行抽样声级测定（用户监测），抽样方法由制造厂与用户协商确定，声级测定方法应符合 GB/T 1094.10 的要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

7.1.1 非晶变压器应有接线端子、运输及起吊标志，所有标志应牢固且耐腐蚀，标志内容应符合相关标准规定。

7.1.2 油浸式非晶变压器的接地处均应有明显的接地符号或“接地”字样。

7.1.3 对于低压为 2×（0.22～0.24）kV 组合的单相油浸式非晶变压器，其低压绕组内部接线图应在铭牌中表示标出。

7.1.4 非晶变压器应具有承受变压器总重的起吊装置，变压器器身、油箱、可拆卸结构的储油柜（如果有）、散热器等均应有起吊装置。

7.1.5 单相油浸式非晶变压器高、低压套管排列顺序从左向右依次为 A、X；a、x1（如果有）、x（面向高压侧），带气隙的密封式单相油浸式非晶变压器低压接线端子一般应在箱壁引出。

7.1.6 三相非晶变压器的相序排列位置一般如图 2 所示。

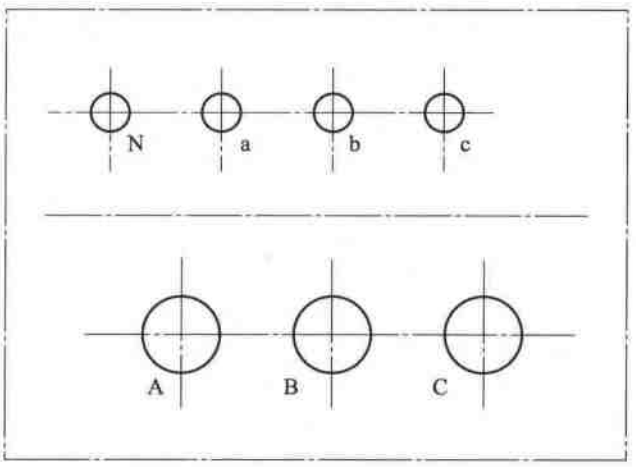


图 2 三相非晶变压器相序排列位置

7.2 包装

7.2.1 非晶变压器包装箱外壁的文字与标志应耐受风吹日晒，不应因雨水冲刷而模糊不清，其内容应包括：

a） 收货单位名称及地址；

b） 产品名称及型号；

c） 毛重和变压器总重；

d） 制造方名称；

e） 包装箱外形尺寸；

f） 包装箱储运指示标志。

7.2.2 随产品出厂的文件应包括：

a） 装箱单；

b） 出厂检验记录；

c） 产品外形尺寸图；

d） 产品合格证书；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

e） 产品安装使用说明书。

7.2.3 产品使用说明书至少应包括以下内容：

a） 产品概述、产品用途和使用条件；

b） 主要规格和技术参数；

c） 结构简介；

d） 非晶变压器允许运行方式；

e） 非晶变压器的维护、保养及注意事项。

7.3 运输和贮存

7.3.1 非晶变压器运输时一般不装箱，但应有保证不受剧烈冲击和振动的措施。根据用户的要求也可装箱运输，包装应符合 GB/T 13384 的规定。

7.3.2 非晶变压器内部结构应在经过正常的铁路、公路及水路运输后相互位置不变，紧固件不松动。变压器的组、部件如套管、散热器（管）、阀门和储油柜（如果有）等的结构及布置位置，应不妨碍吊装、运输及运输中紧固定位。

7.3.3 在整体运输时，应将非晶变压器紧固在载体上，并应保护所有组、部件在运输中不损坏、不受潮。

7.3.4 非晶变压器不应因运输而造成空载损耗和声级水平明显增加。

7.3.5 成套拆卸的组件和零件（如气体继电器、套管、测温装置及紧固件等）的包装应保证经过运输、贮存直到安装前不得损伤和受潮。

8 安装

8.1 施工安装

8.1.1 施工方的安装质量应符合 GBJ 148 和 DL/T 5161.3 的规定，另外还应符合制造厂及专业部门的有关规定。

8.1.2 应做好安装前检查工作，油浸式非晶变压器套管瓷质表面应无裂纹、无伤痕。非晶变压器放油阀应完好无渗漏，非晶变压器的储油柜和冷却器（如果有）等应完好无损。

8.1.3 安装用紧固件宜采用镀锌制品，镀锌应保证质量。

8.1.4 非晶变压器的安装应考虑运行、维护及运输方便。

8.1.5 安装非晶变压器应保持器身平衡并固定牢靠。

8.1.6 柱上非晶变压器的高、低压侧引线及其母线，应采用绝缘导线。

8.2 引接线型式

8.2.1 油浸式非晶变压器低压套管宜装设一个可变化方向的平板式接线端子，以便于接线安装。

8.2.2 油浸式非晶变压器套管端子板应能承受引线张力和重力引起的力矩而不发生变形。

8.2.3 非晶变压器各侧引线端子与其他设备连接应采用软过渡，以防止高应力损坏设备。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 A
（资料性附录）
20kV、35kV 电压等级三相油浸式非晶变压器技术性能参数

A.1 20kV 三相油浸式非晶变压器技术性能参数

20kV 电压等级的三相油浸式非晶变压器的额定容量、电压组合及分接范围、联结组标号、空载损耗、负载损耗、空载电流及短路阻抗应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 20kV 三相油浸式非晶变压器技术性能参数

额定容量 kVA	电压组合及分接范围			联结组标号	空载损耗 W	负载损耗（75℃）W	空载电流 %	短路阻抗（75℃）%
	高压 kV	高压分接范围 %	低压 kV					
30	20	±5 ±2×2.5	0.4	Dyn11	40	660	1.50	5.5
50					55	960	1.20	
63					65	1150	1.10	
80					75	1370	1.00	
100					90	1650	0.90	
125					100	1980	0.80	
160					120	2420	0.60	
200					145	2860	0.60	
250					165	3350	0.60	
315					200	4010	0.50	
400					240	4730	0.50	
500					290	5660	0.50	
630					370	6820	0.30	6.0
800					450	8250	0.30	
1000					530	11 330	0.30	
1250					620	13 200	0.20	
1600					750	15 950	0.20	
2000					900	19 140	0.20	
2500					1080	22 220	0.20	

注 1：表中数据适用于 20kV 三相油浸式双绕组无励磁调压配电变压器。
注 2：根据需要，也可选用其他高压分接范围的变压器。
注 3：表中的性能参数也适用于高压为双电压 20（10）kV 的变压器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

A.2 35kV 三相油浸式非晶变压器技术性能参数

35kV 电压等级的三相油浸式非晶变压器的额定容量、电压组合及分接范围、联结组标号、空载损耗、负载损耗、空载电流及短路阻抗应符合表 A.2 的规定。

表 A.2 35kV 三相油浸式非晶变压器技术性能参数

额定容量 kVA	电压组合及分接范围			联结组标号	空载损耗 W	负载损耗（75℃） W	空载电流 %	短路阻抗（75℃） %
	高压 kV	高压分接范围 %	低压 kV					
50	35	±5 ±2×2.5	0.4	Dyn11	85	1140	1.5	6.5
100					120	1910	1.2	
125					135	2260	1.1	
160					150	2680	0.9	
200					175	3160	0.9	
250					205	3760	0.9	
315					245	4530	0.7	
400					295	5470	0.7	
500					345	6580	0.7	
630					420	7870	0.5	
800					500	9400	0.5	
1000					590	11 540	0.5	
1250					710	13 940	0.4	
1600					850	16 670	0.4	
2000					1090	19 710	0.4	
2500					1280	23 300	0.4	

注 1：表中数据适用于 35kV 三相油浸式双绕组无励磁调压配电变压器。
注 2：当铁心为三相三柱时，根据需要也可采用 Yyn0 联结组。
注 3：根据需要，也可选用其他高压分接范围的变压器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 B
（资料性附录）
非晶变压器与传统配电变压器主要性能参数比较

B.1 典型单相油浸式配电变压器主要性能参数比较

10kV 电压等级的典型单相油浸式配电变压器的额定容量、电压组合及分接范围、联结组标号、空载损耗、负载损耗、空载电流及短路阻抗等主要性能参数比较具体见表 B.1。

表 B.1 典型单相油浸式配电变压器主要性能参数比较

额定容量 kVA	电压组合及分接范围			联结组标号	空载损耗 W		负载损耗（75℃）W		空载电流 %		短路阻抗（75℃）%
	高压 kV	高压分接范围 %	低压 kV		D11	DH15	D11	DH15	D11	DH15	
30	10 10.5 11	±5 ±2× 2.5	2×（0.22～0.24） 或 0.22～0.24	Ii0	80	30	560	560	2.8	1.4	3.5
50					120	40	855	855	2.3	1.0	
80					160	60	1260	1260	2.0	0.8	
100					190	70	1485	1485	1.9	0.8	

B.2 典型三相油浸式配电变压器主要性能参数比较

10kV 电压等级的典型三相油浸式配电变压器的额定容量、电压组合及分接范围、联结组标号、空载损耗、负载损耗、空载电流及短路阻抗等主要性能参数比较具体见表 B.2。

表 B.2 典型三相油浸式配电变压器主要性能参数比较

额定容量 kVA	电压组合及分接范围			联结组标号	空载损耗 W			负载损耗（75℃）W	空载电流 %		短路阻抗（75℃）%
	高压 kV	高压分接范围 %	低压 kV		S11	S13	SH15		S11 S13	SH15	
30	10 10.5 11	±5 ±2×2.5	0.4	Dyn11 Yzn11 Yyn0	100	80	33	630/600	2.3	1.5	4.0
50					130	100	43	910/870	2.0	1.2	
100					200	150	75	1580/1500	1.8	0.9	
200					340	240	120	2730/2600	1.5	0.6	
315					480	340	170	3830/3650	1.4	0.5	
400					570	410	200	4520/4300	1.3	0.5	
500					680	480	240	5410/5150	1.2	0.5	
630				Dyn11 Yyn0	810	570	320	6200	1.1	0.3	4.5
800					980	700	380	7500	1.0	0.3	
1000					1150	830	450	10 300	1.0	0.3	

注：S11 型配电变压器在 Dyn11 和 Yzn11 联结组别时的负载损耗为斜线上方的数值，斜线下方的负载损耗值适用于 Yyn0 联结组以及 SH15 型非晶合金配电变压器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

B.3 典型三相干式配电变压器主要性能参数比较

10kV 电压等级的典型三相干式配电变压器的额定容量、电压组合及分接范围、联结组标号、空载损耗、负载损耗、空载电流及短路阻抗等主要性能参数比较具体见表 B.3。

表 B.3 典型三相干式配电变压器主要性能参数比较

额定容量 kVA	电压组合及分接范围			联结组标号	空载损耗 W			不同的绝缘耐热等级下的负载损耗 W									空载电流 %			短路阻抗 %
	高压 kV	高压分接范围 %	低压 kV					100℃（B）			120℃（F）			145℃（H）						
					SC 10A	SC 10 B	SC H15	SC 10A	SC 10 B	SC H15	SC 10A	SC 10B	SC H15	SC 10A	SC 10B	SC H15	SC 10A	SC 10B	SC H15	
30	10 10.5 11	±5 ±2×2.5	0.4	Dyn11	190	180	70	670	700	670	710	740	710	760	790	760	2.4	2.3	1.6	4.0
50					270	250	90	940	1010	940	1000	1060	1000	1070	1140	1070	2.4	2.2	1.4	
100					400	360	130	1480	1600	1480	1570	1690	1570	1690	1830	1690	1.8	1.7	1.2	
200					620	580	200	2370	2550	2370	2530	2690	2530	2710	2880	2710	1.4	1.3	1.0	
315					880	780	280	3270	3450	3270	3470	3690	3470	3730	3970	3730	1.2	1.1	0.9	
400					980	890	310	3750	4100	3750	3990	4350	3990	4280	4640	4280	1.2	1.1	0.8	
500					1160	1040	360	4590	4870	4590	4880	5160	4880	5230	5530	5230	1.2	1.1	0.8	
630					1340	1200	420	5530	5810	5530	5880	6140	5880	6290	6560	6290	1.0	0.9	0.7	
630					1300	1160	410	5610	5950	5610	5960	6330	5960	6400	6800	6400	1.0	0.9	0.7	6.0
800					1520	1370	480	6550	6960	6550	6960	7380	6960	7460	7900	7460	1.0	0.9	0.7	
1000					1770	1560	550	7650	8250	7650	8130	8730	8130	8760	9420	8760	1.0	0.9	0.6	
1250					2090	1810	650	9100	9830	9100	9690	10 390	9690	10 370	11 140	10 370	1.0	0.9	0.6	

注：表中所列的负载损耗为括号内绝缘等级所对应的参考温度下的值。

附 录 C
（资料性附录）
配电变压器总费用计算方法

C.1 配电变压器能效评价方法及基本计算公式

对配电变压器进行能效经济评价，可采用综合考虑其初始投资和在其经济使用期内将要支付的电气损耗费用的综合能效费用法（TOC 法）。

配电变压器的综合能效费用（TOC_{EFC}）包括：配电变压器的初始费用（CI）、变压器空载损耗的等效初始费用（P_{OEFC}）和变压器负载损耗的等效初始费用（P_{KEFC}），其计算表达式为：

$$TOC_{EFC} = CI + P_{OEFC} + P_{KEFC} \quad (C.1)$$

$$P_{OEFC} = A[P_0 + C(I_0\%S_N/100)] \quad (C.2)$$

$$P_{KEFC} = B[P_k + C(U_k\%S_N/100)] \quad (C.3)$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

或简化为：

$$TOC_{EFC} = CI + (AP_0 + BP_k)/1000 \quad (C.4)$$

式中：

TOC_{EFC}——配电变压器的综合能效费用，元；

CI——配电变压器初始费用，元。对于新项目，CI 采用设备价格即可；对于更换变压器项目，CI 应包括设备价格、运输、安装费用等；

P_{OEFC}——变压器空载损耗的等效初始费用，元；

P_{KEFC}——变压器负载损耗的等效初始费用，元；

A——单位空载损耗的等效初始费用，元/kW；

B——单位负载损耗的等效初始费用，元/kW；

C——无功经济当量，一般为 0.1kW/kvar；

P_0——变压器额定空载损耗，kW；

P_k——变压器额定负载损耗，kW；

I_0——变压器额定空载电流，%；

U_k——变压器额定短路阻抗，%；

S_N——变压器额定容量，kVA。

配电变压器单位空载损耗的等效初始费用 A 系数是指在整个配电变压器经济使用期内，每单位千瓦空载损耗所引起的费用总支出的贴现值。

配电变压器的单位负载损耗等效初始费用 B 系数是指在整个配电变压器经济使用期内，每单位千瓦负载损耗所引起的费用总支出的贴现值。

C.2 供电企业的 A、B 系数计算公式

计算供电企业配电变压器的损耗费用，应根据变压器经济使用期间供电企业的平均购电成本和其电网平均增量费用来确定。

供电企业平均购电成本是指在变压器经济使用期内，供电企业向发电企业以及输电企业采购电力电量的平均综合购电成本。应根据变压器经济使用期间供电企业所在地区的电力市场运行模式、短期及长期购售电合同等情况进行分析预测。

电网平均增量费用指变压器经济使用期间，供电企业因电网扩展所产生的单位增量容量的平均年费用，包括新增资产的财务费用、税费、保险费、运行维护费、调试费等。供电企业的电力负荷特性、预计的系统最大负荷、系统维护、可靠性、现有和未来的电力供需平衡情况等是影响供电企业网络扩展平均增量费用的主要因素。

供电企业的单位空载损耗等效初始费用 A 系数的简易计算公式如下：

$$A = k_{pv} \times (E_{en} \times H_{py} + E_{ca}) \times (1 + L) \quad (C.5)$$

其中

$$k_{pv} = \{1 - [1/(1+i)]^n\}/i \quad (C.6)$$

式中：

k_{pv}——年贴现率为 i 的连续 n 年等年费用现值系数；

i——年贴现率；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

n——配电变压器经济适用期年数；

E_{en}——供电企业平均购电成本，元/kWh；

E_{ca}——供电网平均年增量费用，元/kW；

H_{py}——配电变压器的年带电小时数，通常取 8760h；

L——供电网的附加损耗系数。

供电企业的单位负载损耗等效初始费用 B 系数的简易计算公式如下：

$$B=(E_{en}\times\tau+E_{ca}\times RF^2)\times PL^2\times(1+L)\times k_t \tag{C.7}$$

式中：

RF——变压器高峰负载同时系数；

τ——年最大负载损耗小时数，h；

k_t——变压器的温度校正系数；根据电力变压器标准 GB 1094.1、GB 1094.2 和 GB 1094.11，可以认为我国变压器（油浸式和干式）铭牌上所标示的额定负载损耗、短路阻抗均为按照其绝缘耐热等级校正到相应的参考温度下的数值，因此温度校正系数可取为 1.0；

L——供电网的附加损耗系数；

PL——变压器经济使用期间的年负荷等效系数。由于变压器负载损耗随变压器负载成平方关系变化，所以在 B 系数的计算公式中 PL 以平方形式表示。

PL^2 的计算公式为（假设变压器在经济使用期内不需要因负荷增长太快而被更换）

$$\begin{aligned}PL^2&=\sum_{j=1}^{n}\left\{\left[\beta_0\times(1+g)^{(j-1)}\right]^2\times1/(1+i)^j\right\}\\&=\frac{\beta^2{}_0}{(1+i)^n}\times\frac{(1+i)^n-(1+g)^{2n}}{(1+i)-(1+g)^2}\end{aligned} \tag{C.8}$$

式中：

n——变压器的经济使用期年数；

β_0——变压器的初始负载系数，标幺值；

g——变压器最大负荷年增长率（预测值），%；

i——年贴现率，%。

当 g=0（即认为变压器经济使用期内负载不变）时，$PL^2=k_{pv}\times\beta_0^2$。

C.3 应用实例

根据有关参考文献资料可以查到一些典型行业的负载特点、年最大负载利用小时数 T_{max} 以及不同功率因数（cosφ）下的年最大负载损耗小时数τ，具体如表 C.1 所示。

表 C.1 年最大负载损耗小时数 τ 与年最大负载利用小时数 T_{max} 的关系

T_{max} h	τ h				
	cosφ= 0.8	cosφ= 0.85	cosφ= 0.9	cosφ= 0.95	cosφ= 1
2000	1500	1200	1000	800	700
2500	1700	1500	1250	1100	950

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 C.1（续）

T_{max} h	τ h				
	$\cos\varphi=0.8$	$\cos\varphi=0.85$	$\cos\varphi=0.9$	$\cos\varphi=0.95$	$\cos\varphi=1$
3000	2000	1800	1600	1400	1250
3500	2350	2150	2000	1800	1600
4000	2750	2600	2400	2200	2000
4500	3150	3000	2900	2700	2500
5000	3600	3500	3400	3200	3000
5500	4100	4000	3950	3750	3600
6000	4650	4600	4500	4350	4200
6500	5250	5200	5100	5000	4850
7000	5950	5900	5800	5700	5600
7500	6650	6600	6550	6500	6400
8000	7400		7350		7250

假定数据的计算条件，配电变压器经济使用期年数 n=20 年，年利率 i=7%，通货膨胀率 $a=0$，功率因数 $\cos\varphi$=0.9，表 C.2 给出了典型不同用电行业的 A、B 系数值供计算参考。

表 C.2 典型不同用电行业的 A、B 值

行业名称	T_{max} h	T（$\cos\varphi=0.9$） h	A 元/kW	B 元/kW		
				负载率 β=1.0	负载率 β=0.75	负载率 β=0.5
铝电解	8200	8000	48 672	44 647	25 114	11 162
有色电解	7500	6550	48 672	36 970	20 796	9243
化工	7300	6375	48 672	36 048	20 277	9012
石油	7000	5800	48 672	32 998	18 561	8250
有色冶炼	6800	5500	48 672	31 410	17 668	7853
黑色冶炼	6500	5100	48 672	29 292	16 477	7323
纺织、地铁	6000	4500	48 672	26 115	14 690	6529
有色采选	5800	4350	48 672	25 321	14 243	6330
机械制造	5000	3400	48 672	20 290	11 413	5073
食品工业	4500	2900	48 672	17 643	9924	4411
冷藏仓库	4000	2400	48 672	14 995	6747	3749
电线厂、农村企业	3500	2000	48 672	12 877	7243	3219
农业灌溉	2800	1600	48 672	10 759	6052	2690
城市生活用电	2500	1250	48 672	8906	5010	2227
一般仓库	2000	1000	48 672	7582	4265	1896
农村照明	1500	750	48 672	6259	3521	1565

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 C.2 中的 A、B 系数是在特定的两部电价和寿命期时间价值下计算的，如果电价及寿命期发生变化，则表 C.2 中的数值需要按 A、B 系数的公式重新计算。对于一定的电价，系数 A 是固定的，而系数 B 随着负载率β不同和各行业最大负载损耗小时数而改变（即按照最大负载利用小时数及功率因数改变）。

计算比较 SH15-400/10 型与 S11-400/10 型变压器的总费用，经济使用年限设定为 20 年，配电台区主要负荷类型为农村企业，变压器平均负载率为 75%，则对应的 A=48 672 元/kW，B=7243 元/kW。如 SH15-400/10 单价=69 975 元；S11-400/10 单价=48 800 元，则：

（1）SH15-400/10 的总费用计算

$$TOC_{EFC(SH15)}=69\,975+48\,672\times[0.2+0.1\times(0.5\times400/100)]+7243\times[4.3+0.1\times(4\times400/100)]$$
$$=69\,975+19\,468.8+42\,733.7$$
$$=132\,177.5\text{（元）}$$

（2）S11-400/10 的总费用计算

$$TOC_{EFC(S11)}=48\,800+48\,672\times[0.57+0.1\times(1.3\times400/100)]+7243\times[4.3+0.1\times(4\times400/100)]$$
$$=48\,800+53\,052.5+42\,733.7$$
$$=144\,586.2\text{（元）}$$

可以看出：

$$TOC_{EFC\,(SH15)}<TOC_{EFC\,(S11)}$$

故使用 SH15-400/10 比使用 S11-400/10 经济。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

非晶合金铁心配电变压器选用导则

编 制 说 明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

一、编制背景……225
二、编制主要原则及思路……225
三、与其他标准的关系……225
四、主要工作过程……226
五、标准结构及内容……226

根据国家电网公司科技部《关于下达2009年度国家电网公司标准制（修）订计划的通知》（国家电网科［2009］217号）文件，并依据目前国内非晶合金铁心配电变压器的研制、生产、应用等具体情况制定《非晶合金铁心配电变压器选用导则》。

一、编制背景

目前国际上尚无此标准，2002年机械行业标准《油浸式非晶合金铁心配电变压器技术参数和要求》发布实施，2008年国家标准《干式非晶合金铁心配电变压器技术参数和要求》发布实施。

二、编制主要原则及思路

（1）标准起草工作组在大量收集相关国家标准、行业标准与企业标准的基础上，紧密结合目前国内非晶合金铁心配电变压器的研制、生产及应用具体情况，以方便用户合理选用非晶合金铁心配电变压器产品为主要目的，对非晶合金铁心配电变压器的术语和定义、产品型号及涵义、主要分类及选用、技术要求、试验要求等关键问题进行了深入的分析与讨论。

（2）与会专家结合目前国内非晶合金铁心配电变压器的技术水平和实际应用情况对标准中的术语和定义、产品型号及涵义、主要分类及选用、技术要求、试验要求等方面提出了宝贵的意见与建议，使标准内容更具合理性、适用性及可操作性。

（3）根据专家审查会及部分专家对标准送审稿的意见与建议，对相关标准条款进行了修改完善，并进一步完善了干式非晶合金铁心配电变压器技术要求部分，并将非晶合金铁心配电变压器噪声水平声功率级限值修改为直观的声压级限值，修改了试验要求等其他相关内容。

三、与其他标准的关系

（1）引用了GB/T 1094.10《电力变压器　第10部分：声级测定》。

（2）引用了GB/T 22072《干式非晶合金铁心配电变压器技术参数和要求》。

（3）引用了GB 3096《声环境质量标准》。

（4）引用了GB 12348《工业企业厂界噪声排放标准》。

（5）引用了GB/T 17468《电力变压器选用导则》。

（6）引用了DL/T 985《配电变压器能效技术经济评价导则》。

（7）引用了JB/T 10318《油浸式非晶合金铁心配电变压器技术参数和要求》。

（8）引用了JB/T 3837《变压器类产品型号编制办法》。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（9）引用了 JB/T 501《电力变压器试验导则》等相关标准。

（10）编写规格和规则按 GB/T 1.1《标准化工作导则　第 1 部分：标准的结构和编写规则》。

四、主要工作过程

（1）2007 年 11 月～2008 年 11 月，针对国家电网公司科技项目《非晶合金铁心配电变压器在新农村建设中的应用研究》的关键技术展开重点研究，并选择 5 省 9 县进行了非晶合金铁心配电变压器规模应用试点，综合理论分析与试点工程应用评估情况，对目前非晶合金铁心配电变压器产品的性能水平和适用范围有了较为详细的了解与掌握。

（2）2008 年 12 月，中国电力科学研究院承担国家电网公司编制《非晶合金铁心配电变压器选用导则》企业标准的编制工作，同时成立了标准起草工作组。

（3）2009 年 1～2 月，基于项目研究成果，起草完成《非晶合金铁心配电变压器选用导则》（草案）。同时，标准起草工作组多次广泛征求相关领域专家的意见与建议，根据收集到的专家意见与建议进行了多次修订与完善，形成《非晶合金铁心配电变压器选用导则》（讨论稿）。

（4）2009 年 3 月 4 日，由电力行业农村电气化标准化技术委员在北京组织召开了国家电网公司企业标准——《非晶合金铁心配电变压器选用导则》（讨论稿）专家审查会。

（5）2009 年 4～11 月，标准起草工作组依据专家审查会意见与建议进行了认真的整理、修订与完善，形成了《非晶合金铁心配电变压器选用导则》（送审稿）。

（6）2009 年 12 月 17 日，电力行业农村电气化标准化技术委员在北京组织召开了国家电网公司企业标准——《非晶合金铁心配电变压器选用导则》（送审稿）专家审查会。

（7）2009 年 12 月下旬期间，标准起草工作组组织了内部讨论，并修改完善后发给相关专家审查，并上报国家电网公司农电部。

五、标准结构及内容

本标准依据 DL/T 800《电力企业标准编制规则》的编写要求进行了编制。标准主要结构及内容如下：

1. 目次；

2. 前言；

3. 本标准正文共设 8 章：范围，规范性引用文件，术语和定义，主要分类及选用，技术要求，试验要求，标志、包装、运输和贮存，安装；

4. 本标准设 3 个资料性附录：20kV、35kV 电压等级三相油浸式非晶变压器技术性能参数、非晶变压器与传统配电变压器主要性能参数比较、配电变压器总费用计算方法。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Q/GDW 338—2009

农村配网自动化典型设计规范

The typical design specifications of rural distribution automation

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言……228
1　范围……229
2　规范性引用文件……229
3　设计总则……229
4　典型模式设计规范……229
编制说明……240

前　言

根据国家电网公司“关于下达2006年度国家电网技术标准制修订计划的通知”（国家电网科［2006］980号）和目前国内农村配网自动化的具体情况，特制订《农村配网自动化典型设计规范》。

本标准的编写，旨在为县供电企业农村配网自动化建设提供模型和依据。同时，也可作为科研院所、配网系统开发企业在配网自动化研究领域的参考和交流文件。

本标准由国家电网公司科技部归口。

本标准由国家电网公司农电工作部提出并负责解释。

本标准由中国电力科学研究院负责起草。

本标准主要起草人：张莲瑛、刘福义、陈俊章、盛万兴、付永长、秦莉、张文斌、解芳、唐建岗。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农村配网自动化典型设计规范

1 范围

本标准规定了县及以下配网自动化典型设计的基本技术要求及相关功能规范、配置方案、设备选型原则。

本标准适用于农村配网自动化工程的方案设计。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 1984—2003 高压交流断路器

GB 3804—2004 3.6kV～40.5kV 高压交流负荷开关

DL/T 721—2000 配电网自动化系统远方终端

DL/T 813—2002 12kV 高压交流自动重合器技术条件

JB/T 7569—1994 交流高压自动分段器

Q/GDW 126—2005 农村电网自动化及通信系统技术导则

电监会 5 号令《电力二次系统安全防护规定》

3 设计总则

3.1 配网自动化系统设计应满足配网规划及配网自动化规划需求。

3.2 配网自动化系统设计应适应县级配电网现状，适当超前。

3.3 配网自动化的通信设计应综合利用已有的电力通信资源。

3.4 配网自动化主站可考虑与调度自动化系统进行一体化设计。新建的调度自动化系统宜综合考虑配网自动化需求。

3.5 网架设计应遵循以下原则。

3.5.1 10kV 架空线路主干线宜分为 2～3 段。分段距离根据负荷和电网结构确定，不宜超过 5 段。干线分段应遵循负荷均衡，长度相近，结构简单，节省投资的原则。

3.5.2 相互联络的 10kV 主干线路应有转移线路负荷电流的能力。

3.5.3 联络方式宜以双电源环网供电为主体，优先采用不同变电站 10kV 馈线之间或同一变电站不同母线 10kV 馈线互联，网络结构以简单、清晰为主。

3.5.4 根据负荷增长要求，可适当增加联络点，为网络安全、经济优化运行创造条件。

3.5.5 接线方式按闭环设计、开环运行。

4 典型模式设计规范

4.1 就地控制模式

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.1.1 重合器—时间电流型重合分段器方式

4.1.1.1 重合器—时间电流型重合分段器

除应符合 DL/T 813—2002 相关要求外，还需满足以下功能：

a） 具备快慢曲线。

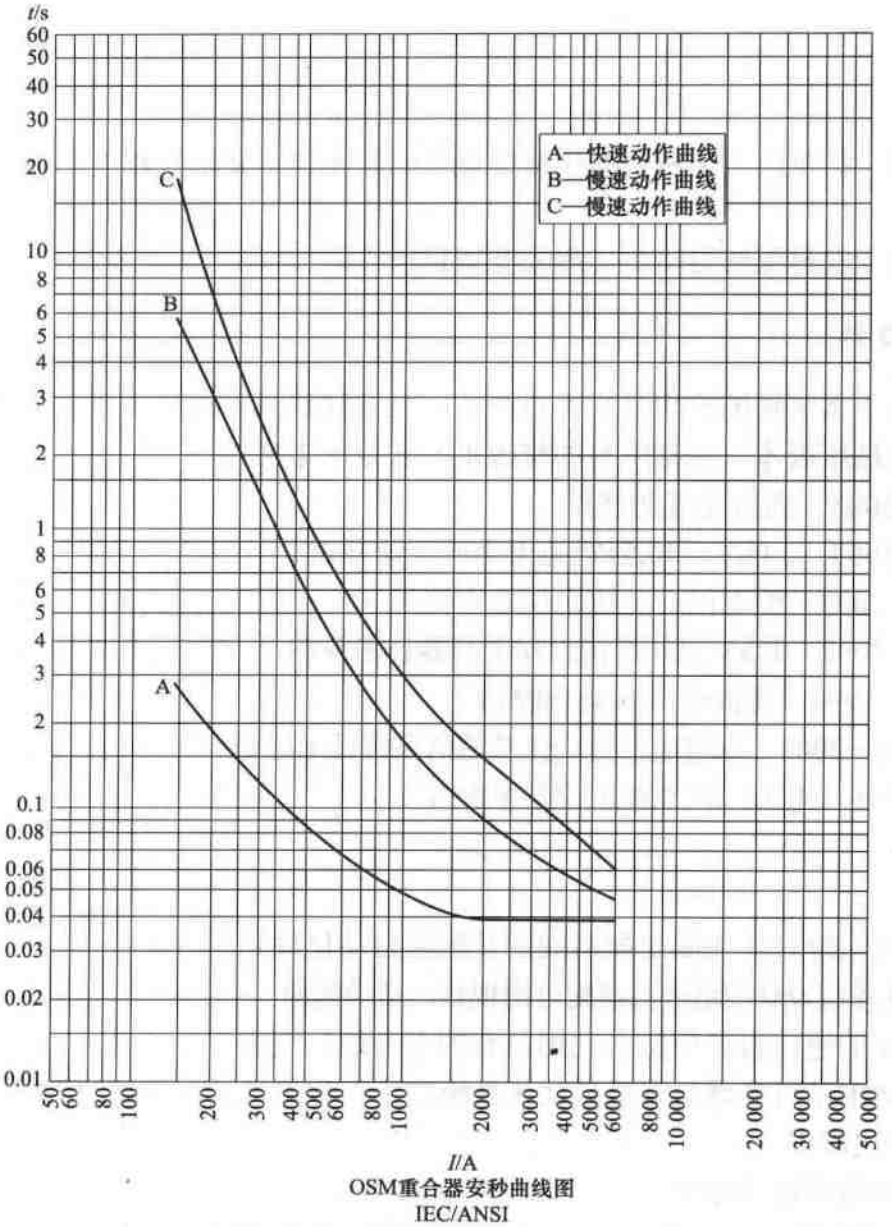


图 1 IEC 安秒特性曲线

b） 可以实现三次以上的重合闸，每次重合闸时间可以调整。

c） 短路电流符合 IEC 安秒特性曲线。

d） 额定操作顺序 O-0.1s-CO-1s-CO-1s-CO。

4.1.1.2 分支分段器

分支分段器应满足 JB/T 7569—1994 且记忆时间应在 15s～20s 范围内。

4.1.1.3 互感器

开关设备根据需要配备一套保护电流互感器或测量电流互感器。对测量精度要求不高、主要用于故障检测的可采用保护电流互感器，对测量精度要求较高的，应采用测量电流互感

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

器，并要求远方终端设备具备利用测量电流互感器的饱和特性进行故障检测的功能，也可采用保护电流互感器，另加一组测量电流互感器的方式。

应配置一组电压互感器为终端设备提供工作电源。

4.1.1.4 电源

电源应能满足开关操动机构、终端设备和通信装置用电，具备保护功能和防止反送电措施。应配置可靠、免维护、长寿命的备用电源，电网停电时正常运行时间不小于 8h，并保证开关设备的分合次数足以完成本方式馈线自动化的逻辑功能。

4.1.2 重合器—时间电压型重合分段器方式

4.1.2.1 重合器

重合器除应符合 DL/T 813—2002 外，还应满足可以实现两次以上的重合闸，每次重合闸时间可以调整。

4.1.2.2 时间电压型重合分段器

4.1.2.2.1 时间电压型重合分段器作为分段开关时，除应符合 GB 3804—2004 外，还需满足以下功能：

a） 失电瞬时分闸、得电延时合闸。

b） Y 时限内失电分闸，脉动闭锁合闸。

c） 脉动闭锁功能。

4.1.2.2.2 时间电压型重合分段器作为联络开关时，除应符合 GB 3804—2004 外，还需满足以下功能：

a） 一侧失电延时合闸，两侧有电禁止合闸。

b） 脉动闭锁功能。

4.1.2.3 互感器

开关设备根据需要配备一套保护电流互感器或测量电流互感器。对测量精度要求不高、主要用于故障检测的可采用保护电流互感器，对测量精度要求较高的，应采用测量电流互感器，并要求远方终端设备具备利用测量电流互感器的饱和特性进行故障检测的功能，也可采用保护电流互感器，另加一组测量电流互感器的方式。

开关两侧应配置两组电压互感器。

4.1.2.4 电源

电源应能满足开关操动机构、终端设备和通信装置用电，具备保护功能和防止反送电措施。应配置可靠、免维护、长寿命的备用电源，电网停电时正常运行时间不小于 8h，并保证开关设备的分合次数足以完成本方式馈线自动化的逻辑功能。

4.2 集中控制模式

4.2.1 集中监控方式

4.2.1.1 系统架构

通过安装数据采集终端设备和计算机系统，并借助通信手段，对配电网的运行情况进行实时监控、完成馈线自动化功能。系统采用两层设计，如图 2 所示。第一层为数据采集层，主要为馈线终端单元（FTU），开闭所、环网柜终端单元（DTU）、配变终端单元（TTU）等构成。第二层为主站层。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

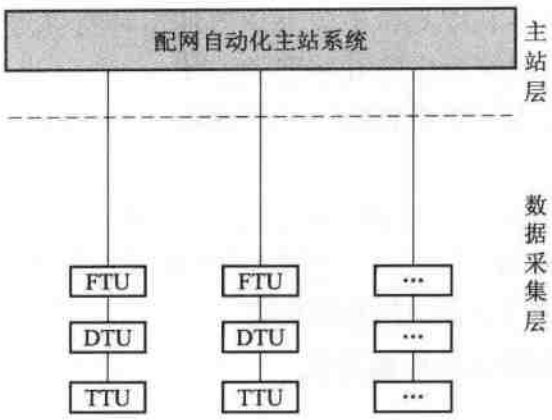


图 2 集中监控方式系统架构示意图

4.2.1.2 设备选型

a） 断路器。断路器应符合标准 GB 1984—2003 的相关技术要求和功能规范。

b） 负荷开关。负荷开关应符合标准 GB 3804—2004 的相关技术要求和功能规范。

c） 配电终端设备。配电终端设备应符合标准 DL/T 721—2000 相关技术要求和功能规范。

4.2.1.3 通信系统

4.2.1.3.1 通信介质

配网自动化中常用的通信介质有光纤、电力线载波、无线网络等。

4.2.1.3.2 通信系统信道的选用

a） 应根据现有通信条件、通信规划和配电自动化及管理系统的需求，按分层配置、资源共享的原则予以确定。

b） 配网自动化通信宜根据建设现场的实际条件，采用单一的通信方式或多种通信方式组成通信系统。

4.2.1.3.3 主要通信方式

a） 光纤通信的特点。传输容量大、不受电磁干扰的影响、通信质量好，但投资相对较高，敷设工作量大。

1） 宜采用光纤通信系统作为通信主干线。

2） 在新建的电缆线路上预留通信管孔的，其通信媒介优先考虑使用光纤通信方式。

3） 系统对可靠性要求较高的场合，可使用星形结构或具有自愈能力的光纤双环网。

b） 电力线载波通信设备的特点。安装调试简便，通信距离远，建设投资较低，但当电力线路故障或停电检修时，通信会中断。

1） 不宜采用光纤通信且对实时性要求不高的场合，可采用电力线载波。

2） 在线路谐波干扰小的线路上可选用电力线载波通信。

3） 分支线路通信可采用电力线载波。

4） 可作为备用通信方式。

c） 无线公网（GPRS/CDMA）的特点。可提供广域的无线 IP 连接，实施迅速快捷，组网简单灵活，覆盖范围广，系统容量大、易于扩充，但运行费用较高。

1） 在不宜采用光纤通信系统和电力线载波时，可采用无线公网。

2） 对于实时监测要求不高且量大面广的数据采集可采用无线公网。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3） 采用无线公网通信时，应当采取具有一定强度的数据加密等有效安全防护措施，重点防护控制指令的安全。

d） 无线专网（McWill、WiMax 等）的特点。可以同时提供 VoIP 语音业务、宽带数据接入业务、视频监控业务等宽带业务和窄带业务一体化的业务,安全性高，覆盖范围广，系统容量大、易于扩充，但需要建设通信基站。

监测设备分散、数量庞大，不宜采用光纤和无线专网的可选用无线专网。

e） 其他通信方式。包括无线扩频、卫星通信、音频电缆、公众通信网等，可以根据各自的特点作为以上通信方式的补充。

4.2.1.3.4 通信规约

通信规约应使用电力系统常用的 DL/T 634.5.101—2002、DL/T 634.5.104—2002、MODBUS、DNP3.0 等规约，也可以选择其他符合国际标准、国家标准，或者事实上的工业标准的电力通信规约。

4.2.1.3.5 通信接口及速率

通信接口可以选择 RS232/RS422、RS485 或网络接口。

传输速率可选用 600bit/s，1200bit/s，2400bit/s，4800bit/s，9.6kbit/s，19.2kbit/s，2048kbit/s 或 10Mbit/s 等。

4.2.1.4 主站系统

4.2.1.4.1 主站系统结构

主站系统结构如图 3 所示。

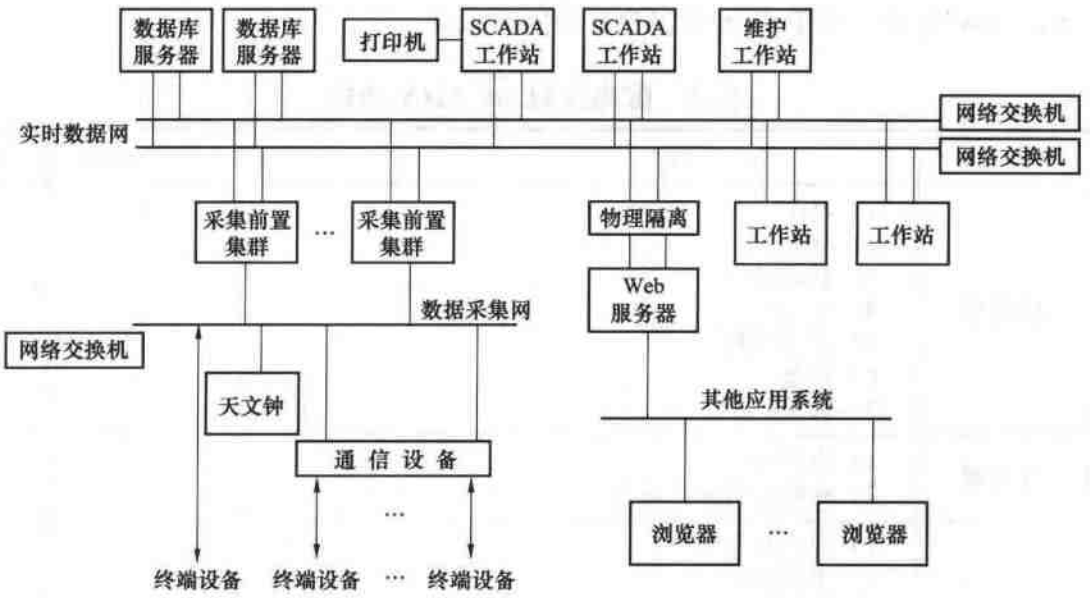


图 3 主站系统典型结构示意图

4.2.1.4.2 主站硬件要求

a） 数据库服务器。承担数据存储、数据处理工作，一般应选用高性能服务器，宜采用双机热备技术。

b） 采集前置集群。

1） 负责与各配电终端进行通信，实现数据采集和各种设置、控制命令的下发。

2） 根据系统的规模和可靠性要求，采集前置集群可以配置一台至多台。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3） 对于可靠性要求较高的系统，采集前置集群间要有适当的资源备用。

c） 工作站。供业务部门人员使用系统功能时使用，根据系统功能和现场需求，工作站可以配置一台至多台，配电自动化系统应该规定明确的工作站数目上限。

d） 实时数据网。

1） 配网自动化系统内的各服务器、采集前置集群、工作站都接入实时数据网，通过实时数据网交换数据。

2） 实时数据网应遵循百兆或者千兆以太网标准，并实现双网备份，自动分流。

e） 数据采集网。

1） 配网自动化系统的采集前置集群和网络方式远方终端都接入数据采集网，通过数据采集网交换数据。

2） 数据采集网应遵循百兆以上以太网标准。

3） 对于系统规模小，数据采集量小的系统，数据采集网可以不单独建立，借用实时数据网。

f） Web 服务器。配电系统如果需要向其他系统发布数据则必须配置专门的 Web 服务器，Web 服务器一般选用 PC 服务器，Web 服务器与系统实时数据网之间要采用物理隔离装置，进行单向隔离。

g） 天文钟。为保证系统时钟的准确性，系统应采用基于卫星时钟（优先采用北斗）与地面时钟互备方式获取精确时间，系统内的机器应保证与标准时钟的时间差小于 1s。

4.2.1.4.3 主站系统功能及要求

a） SCADA 功能。配电主站 SCADA 功能见表 1。

表 1 配电主站 SCADA 功能

功能			基本功能	选配功能
数据采集	模拟量	1）电压	√	
		2）电流	√	
		3）有功功率	√	
		4）无功功率	√	
		5）功率因数		√
		6）温度		√
		7）频率		√
	计算量	1）电能量		√
		2）标准时钟接收输出		√
	状态量	1）开关状态	√	
		2）事故跳闸信号	√	
		3）保护动作信号和异常信号	√	
		4）终端状态信号	√	
		5）开关储能信号	√	
		6）通道状态信号	√	
		7）SF_6开关压力信号		√
数据传输		1）与远方终端通信	√	
		2）与调度自动化系统通信	√	
		3）与负荷管理系统通信	√	
		4）与电能量计量计费系统通信	√	
		5）与其他系统通信	√	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表1（续）

功能			基本功能	选配功能
数据处理		1）有功功率总加	√	
		2）无功功率总加	√	
		3）有功电能量总加	√	
		4）无功电能量总加	√	
		5）越限告警	√	
		6）计算功能	√	
		7）合理性检查处理	√	
		8）三相不平衡计算		√
控制功能		1）开关分合闸	√	
		2）闭锁控制功能	√	
		3）保护功能远方投停		√
事件报告		1）事件顺序记录	√	
		2）事故追忆		√
人机交互	画面显示与操作	1）配电网络图	√	
		2）变电站、开闭所、配电所、中压用户一次接线图	√	
		3）系统实时数据显示	√	
		4）实时负荷曲线图，选出最大值、最小值、平均值	√	
		5）预测负荷曲线图，选出最大值、最小值、平均值		√
		6）主要事件顺序显示	√	
		7）事件报警	√	
		8）终端运行状况图	√	
		9）发送遥控、校时、广播冻结电能命令等	√	
		10）修改数据库的数据	√	
		11）生成修改图形报表	√	
	报表管理打印	1）报表编辑	√	
		2）定时打印	√	
		3）召唤打印	√	
		4）异常及事故打印	√	
		5）操作记录存储、查询、打印	√	
	大屏幕			√
系统维护	主站维护	1）数据库	√	
		2）界面及图形维护	√	
		3）通信系统设备参数的维护	√	
		4）设备自诊断	√	
	远方维护	1）配电终端远方维护		√

b） 保护功能。配电主站保护功能见表2。

表2 配电主站保护功能

功能		基本功能	选配功能
远方召唤	1）保护功能投停状态		√
	2）保护定值	√	
	3）保护定值区号		√
	4）故障事件报告（实时采集）	√	
	5）保护自诊断信息		√
	6）故障报告		√
	7）保护模拟量		√
	8）保护数字量		√

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 2（续）

功　能		基本功能	选配功能
远方设置	1）保护定值 2）保护定值区号		√ √
历史记录查询	1）保护功能远方投停 2）保护定值 3）保护定值区号 4）故障事件报告（实时采集） 5）保护自诊断信息 6）故障报告 7）保护模拟量 8）保护数字量		√ √ √ √ √ √ √ √

c） 馈线自动化功能。配电主站馈线自动化功能见表 3。

表 3　配电主站馈线自动化功能

功　能		基本功能	选配功能
故障处理	1）故障区段定位 2）故障区段隔离 3）恢复非故障区段供电 4）处理记录 5）处理告警	√ √ √	 √ √
故障模拟	1）故障区段定位 2）故障区段隔离、恢复非故障区段供电 3）网络重构 4）处理记录 5）处理告警		√ √ √ √ √

d） 配电高级应用。配电主站配电高级应用功能见表 4。

表 4　配电主站配电高级应用功能

功　能		基本功能	选配功能
应用软件	1）网络拓扑 2）潮流计算 3）短路电流计算 4）电压/无功分析及优化 5）负荷预测 6）网络优化		√ √ √ √ √ √

e） 与其他系统接口。预留调度自动化系统、GIS 系统、SG186、MIS、模拟屏等系统接口，安全性应能满足《电力二次系统安全防护规定（电监会 5 号令）》的要求及《配电二次系统安全防护方案》关于网络安全区域划分的规定。

4.2.1.5　电源要求

4.2.1.5.1　主站系统电源

a） 交流供电电源应可靠，应由两路来自不同电源点的供电线路供电。电源质量符合设

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

备要求，电压波动范围宜小于±10%。

b） 为保证供电的质量和可靠性，主站系统应采用交流不间断电源供电。外供交流电消失后不间断供电维持时间应不小于 2h。

4.2.1.5.2 终端设备电源

a） 对于开闭所、环网柜等监控终端（RTU、DTU），除采用双电源供电，通过自动切换装置保证当缺少任一路供电时其电源不间断。此外还需要配置智能充电器及免维护蓄电池，其容量应能保证馈线远方终端在主电源故障时正常运行时间不小于 8h，且能保证开关设备完成馈线自动化需要的分合次数。

b） 馈线远方终端（FTU）应配置后备电源，其容量应能保证馈线远方终端在主电源故障时正常运行时间不小于 8h，且能保证开关设备完成馈线自动化功能所需分合闸次数。

c） 其他终端设备电源可根据现场实际条件灵活获取。

4.2.1.6 性能指标

a） 主站系统。配电自动化系统主要技术指标见表 5。

表 5 配电自动化系统主要技术指标

内 容		指 标
模拟量	1）遥测综合误差 2）遥测合格率	≤1.5% ≥98%
状态量	遥信动作正确率（年）	≥99%
遥控	1）遥控正确率 2）遥控拒动率	≥99.99% ≤2%/月
系统响应时间	1）开关量变位由终端传递到子站 2）开关量变位传递到主站 3）遥控完成时间 4）双机切换时间 5）站内时间分辨率（站内单个远方终端） 6）重要模拟量越死区传递时间 7）画面调用时间 8）事故画面推出时间 9）故障区段隔离 10）非故障区段恢复供电	<5s（光纤方式） <10s（光纤方式） <20s（光纤方式） <60s <10ms <15s <5s <15s <1min <2min
子站、远方终端平均无故障时间		≥8760h
系统可用率		≥99.9%
其他	配电自动化设备的环境温度、湿度、耐压强度、抗电磁干扰、抗振动、防雷等	满足 GB/T 13729 和 DL/T 721 要求

b） 通信系统

误码率：$\leqslant 10^{-5}$（S/N≤17db 时）

4.2.2 分层监控方式

4.2.2.1 系统架构

通过安装数据采集终端设备、采集监控子站和主站计算机系统，并借助通信手段，配电

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

子站完成所辖范围的数据采集监控，主站系统接收子站系统信息，完成管理功能及直接接入主站系统终端设备的监控功能。系统采用三层设计。如图 4 所示，第一层为数据采集层，主要为馈线终端单元（FTU），开闭所、环网柜终端单元（DTU）等构成，第二层为子站层，第三层为主站层。

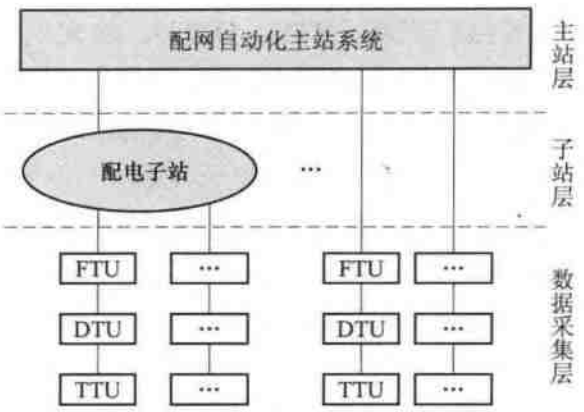


图 4　分层监控方式系统结构示意图

4.2.2.2　设备选型

参见本标准第 5.2.1.2 节。

4.2.2.3　子站系统

配电子站完成所辖区域配电终端设备的监控，完成所辖区域内配网线路的馈线自动化功能，同时向配网主站转发数据。如图 5 所示。

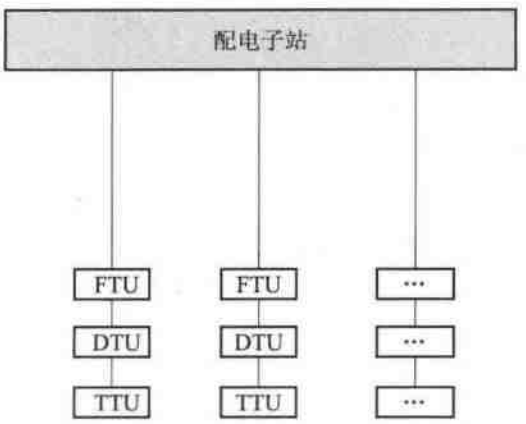


图 5　子站系统示意图

配电子站功能见表 6。

表 6　配 电 子 站 功 能

功　能		基本功能	选配功能
数据采集	1）状态量 2）模拟量 3）计数量 4）事件顺序记录	√ √ √ √	
控制功能	1）当地控制 2）远方控制	√ √	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6（续）

功　能		基本功能	选配功能
数据传输	1）与主站通信	√	
	2）与终端通信	√	
	3）支持多种通信规约		√
	4）与其他智能设备通信		√
维护功能	1）当地维护	√	
	2）远方维护		√
通信监视	1）通道码显示、保存、查询	√	
	2）通信故障监视	√	
	3）通信故障上报	√	
故障处理	1）故障区段定位	√	
	2）故障区段隔离	√	
	3）非故障区段恢复供电	√	
其他功能	1）校时	√	
	2）设备自诊断及程序自恢复	√	
	3）后备电源	√	

4.2.2.4 通信系统

参见本标准第 4.2.1.3 节。

4.2.2.5 主站系统

参见本标准第 4.2.1.4 节。

4.2.2.6 电源要求

主站系统及配电终端电源参见本标准第 4.2.1.5 节。

为保证电源系统供电的质量和可靠性，子站系统应采用交流不间断电源供电。外供交流电消失后不间断供电维持时间应不小于 2h。

4.2.2.7 性能指标

参见本标准第 4.2.1.6 节。

4.3 其他模式

其他模式以故障指示器方式为主。包括设备选型，通信系统，主站系统。

a） 设备选型

故障指示器应具有通信接口，便于安装和更换，自带备用电源，在线路停电后能及时将故障信息传输至主站。

b） 通信系统

通信系统宜采用无线公网、无线专网等无线网络方式。

c） 主站系统

主站系统配置应结构简单、易于维护。功能上应能显示线路图形、标识故障信息，能及时将线路发生故障的信息通知运行管理人员。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农村配网自动化典型设计规范

编 制 说 明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

一、编制背景……241
二、编制主要原则及思路……241
三、与其他标准的关系……241
四、主要工作过程……241
五、结构及内容……242

根据“关于下达2006年度国家电网技术标准制修订计划的通知”（国家电网科［2006］980号）和目前国内农村配电网自动化的具体情况，制订《农村配网自动化典型设计规范》。

一、编制背景

本标准旨在为农村供电企业制定10kV线路配网自动化工程建设提供典型设计依据。同时，也可作为科研院所、配网系统开发企业研究配网自动化的参考和交流文件。

二、编制主要原则及思路

（1）总结了20世纪90年代以来我国农村电网的配网自动化方案及实施工程的经验、教训，提出配网自动化系统设计应满足配网规划及配网自动化规划需求的原则。

（2）汇总分析了近年来我国及国外配网自动化的新发展趋势、配电领域新设备，提出配网自动化系统设计应适应县级供电企业配电网现状，适当超前的原则。

（3）进行了我国配网及调度自动化现场所使用的电力系统通信方式的调研，提出配网自动化的通信设计应遵循综合利用已有的电力通信资源、经济适用、实施方便，稳定可靠的原则。

（4）结合《农村配网自动化典型应用模式》，针对该标准中的各种应用模式，提出一次设备、终端设备、通信系统、主站系统、子站系统等的选型原则、技术要求和功能规范。

三、与其他标准的关系

目前国内尚无此标准，本标准在制定时主要参照了GB 1984—2003《高压交流断路器》，GB 3804—2004《3.6kV～40.5kV 高压交流负荷开关》，DL/T 721—2000《配电网自动化系统远方终端》、DL/T 813—2002《12kV高压交流自动重合器技术条件》，JB/T 7569—1994《交流高压自动分段器》、Q/GDW 126—2005《农村电网自动化及通信系统技术导则》，《电力二次系统安全防护方案》，《配电二次系统安全防护方案》等标准、规范和文件。

四、主要工作过程

（1）2007年6月工作小组进行工作计划的编制，明确任务分工，进行相关资料收集，编写标准内容提纲。

（2）2007年7～10月工作小组根据标准内容提纲，组织标准编写工作，形成初稿，工作小组内部评审，形成初稿评审意见。

（3）2007年11～12月根据初稿评审意见进行修改，形成初稿第二版，在内部传阅，广泛征求意见建议。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（4）2008 年 1～4 月根据内部意见形成标准讨论稿。

（5）2008 年 5 月 22～23 日，组织中国电力科学研究院及配网自动化相关厂家、供电企业代表等专家对讨论稿进行开会讨论，决定将原标准题目《配网自动化系统建设典型设计标准》改为《农村配网自动化典型设计规范》。会后根据专家意见，对稿件进行修改，形成送审稿。

（6）2008 年 10 月在北京召开标准审查会，会后根据专家的意见汇总修改完成报批稿。

五、结构及内容

本标准依据 DL/T 800—2001《电力企业标准编制规则》的编写要求进行了编制。主要结构及内容如下：

（1）目次。

（2）前言。

（3）正文共设 4 章：范围、规范性引用文件、设计总则、典型模式设计规范。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Q/GDW 339—2009

农村配网自动化典型应用模式

The typical application modes of rural distribution automation

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言 ……244
1　范围 ……245
2　规范性引用文件 ……245
3　基本原则 ……245
4　典型应用模式 ……245
5　各模式适用范围 ……248
附录 A（资料性附录）　配网自动化典型案例 ……249
编制说明 ……253

前　言

根据国家电网公司“关于下达 2006 年度国家电网技术标准制修订计划的通知”（国家电网科［2006］980 号）和目前国内农村配网自动化的具体情况，特制订《农村配网自动化典型应用模式》。

本标准的编写，旨在为供电企业制定农村配网自动化规划和建设提供模型和依据。同时，也可作为科研院所、配网系统开发企业在配网自动化研究领域的参考和交流文件。

本标准附录 A 为资料性附录。

本标准由国家电网公司科技部归口。

本标准由国家电网公司农电工作部提出并负责解释。

标准由中国电力科学研究院负责起草。

本标准主要起草人：张莲瑛、刘福义、陈俊章、盛万兴、付永长、秦莉、张文斌、解芳。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农村配网自动化典型应用模式

1 范围

本标准规定了县及以下配网自动化典型应用模式。

本标准适用于县及以下配网自动化建设。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

DL/T 721—2000 配电网自动化系统远方终端

DL/T 814—2002 配电自动化系统功能规范

DL/T 5003—2005 电力系统调度自动化设计技术规程

Q/GDW 125—2005 县城电网建设与改造技术导则

Q/GDW 126—2005 农村电网自动化及通信系统技术导则

3 基本原则

3.1 配网自动化建设应在配电网规划的基础上，制定配网自动化规划，分步实施、注重实效。

3.2 配网自动化建设应首选负荷密度高、用户供电可靠性要求高的区域。

3.3 各县供电企业配网自动化建设应根据当地的电网结构、用户性质等因素合理选择适宜的典型应用模式。

3.4 配网自动化建设应综合考虑与调度自动化、GIS、负荷管理、集中抄表等其他系统的有效衔接。

4 典型应用模式

4.1 总述

农村配网自动化建设根据馈线自动化的实现方式分为就地控制模式、集中控制模式及其他模式。

就地控制模式指不依赖于主站、通信系统，通过变电站出线开关和线路上具有自动控制功能的智能开关设备间的配合实现故障区域隔离、非故障区域恢复供电的模式。

集中控制模式指通过装设在主站或子站的配网自动化软件系统，以配电终端上传的信息为基础，自动判断故障区域，以自动遥控或人工遥控方式实现故障区域隔离，非故障区域恢复供电的模式。

其他模式指除以上两种模式之外的其他模式。

4.2 就地控制模式

4.2.1 重合器—时间电流型重合分段器方式

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

主干线路上装设时间电流型重合分段器，分支线路上装设过流脉冲计数分段器。主干线路利用变电站出线开关的重合功能与线路上的时间电流型重合分段器的重合闸功能和电流保护功能隔离故障区域、恢复非故障区域的供电。分支线路利用过流脉冲计数分段器记忆故障电流的次数，隔离分支线路故障。

如图 1 所示，电网在正常状态下，重合器 B1、时间电流型重合分段器 R1、R2 和过流脉冲计数分段器 F1、F2 均处于合闸状态线路供电正常。当 e 区段发生故障时，B1、R1、R2 均执行一次快曲线分闸。若为瞬时性故障，重合成功后恢复线路供电，F1、F2 没有达到整定的计数次数仍处于合闸状态。若为永久性故障，时间电流型重合分段器 R2 再次执行快曲线分闸，B1、R1 因执行慢曲线不动作，过流脉冲计数分段器 F2 达到整定计数次数分闸跌落，F1 没有达到整定计数次数而处于合闸状态，经过适当延时后，时间电流型重合分段器 R2 重合成功隔离故障 e 区段，a、b、c、d 区段恢复正常供电。

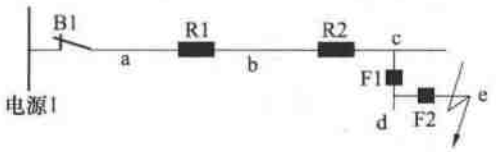


图 1 重合器—时间电流型重合分段器方式示意图

4.2.2 重合器—时间电压型重合分段器方式

主干线路上装设时间电压型重合分段器，通过变电站出线开关的重合闸功能和线路上具有失电快速分闸、得电延时合闸及脉动闭锁功能的时间电压型重合分段器配合实现隔离故障区域和恢复非故障区域的供电。

如图 2 所示，B1、B2 为变电站出线开关，以 BW1、BW2 之间的永久性故障为例，当故障发生时，B1 保护动作跳闸，BW1、BW2 失电瞬时分闸，BW3 开始计时 XL；B1 一次重合闸，BW1 电源侧来电开始 X 计时，X 计时结束合闸，Y 计时开始，由于合闸到故障上，B1 再次跳闸，BW1 失电瞬时分闸；由于 BW1 在 Y 计时内失电，闭锁在分闸状态；BW2 脉动闭锁在分闸状态，从而将故障段隔离。B1 二次重合闸，恢复 B1 至 BW2 之间区域的供电，BW1 由于闭锁不再合闸，BW3 计时 XL 结束后合闸，恢复 BW2 至 BW3 之间区域的供电。

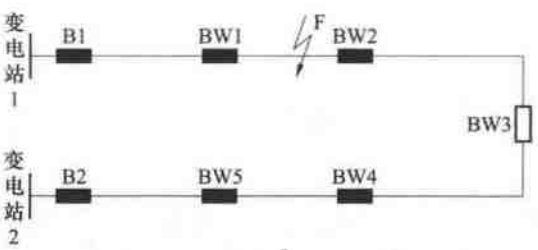


图 2 重合器—时间电压型重合分段器方式示意图

4.3 集中控制模式

4.3.1 通过安装数据采集终端设备和计算机系统，并借助通信手段，在配电网正常运行时，实时监视配电网的运行情况并进行远方控制；在配电网发生故障时，自动判断故障区域并通过遥控线路开关隔离故障区域和恢复受故障影响的健全区域供电的系统。

4.3.2 配电网故障时可实现故障迅速定位；故障区域隔离和受故障影响的健全区域恢复供

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电可以采取遥控方式；配电网正常运行时可监视配电网的运行情况，可以通过遥控改变运行方式。

4.3.3 集中控制模式包含：集中监控方式、分层监控方式。

4.3.3.1 集中监控方式

建立一套配网自动化主站系统，所有数据集中采集到主站。由配网主站实现全部监控功能，故障隔离与非故障区域恢复供电由主站系统实现。系统结构如图 3 所示。

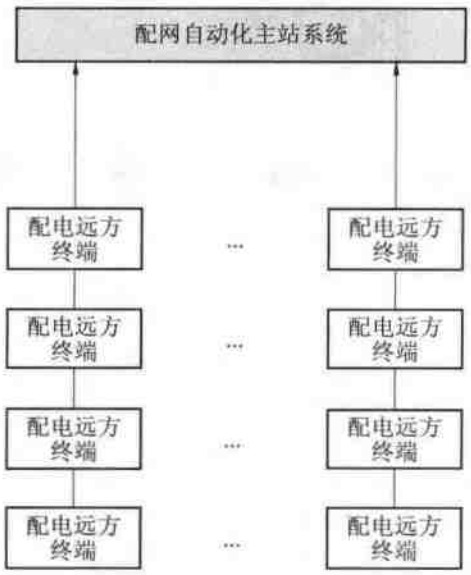


图 3 集中监控方式示意图

4.3.3.2 分层监控方式

建立一套配网自动化主站系统，所有数据集中采集到主站。由配网主站和各远程配电子站共同实现监控功能，故障隔离与非故障区域恢复供电可以由配电子站系统实现。为保证效率、可靠性和安全性，配网主站与配电子站间应采用光纤方式通信。系统结构如图 4 所示。

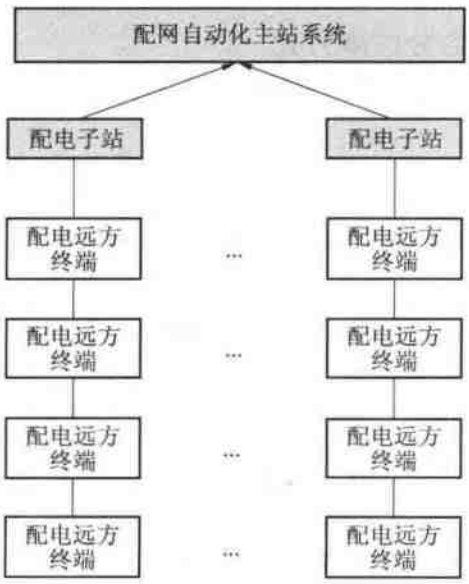


图 4 分层监控方式示意图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.4 其他模式

其他模式以故障指示器方式为主。配电网线路故障指示器方式为在断路器或隔离开关等分段设备处安装的故障指示器上加装遥信采集装置，采集故障指示器是否翻转的遥信信号，并将该信号传送至主站。在主站端的微机上绘制线路示意图，并将故障信号直观地显示在图形中。

它的组成如图 5 所示。

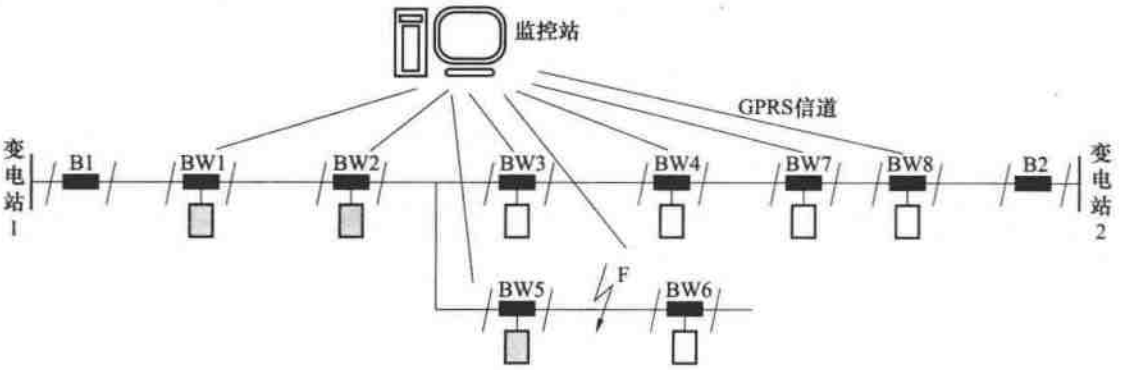


图 5 故障指示器方式示意图

图中虚线表示 GPRS/CDMA 等通信信道，白色方块表示故障指示器未发生翻转，灰色方块表示故障指示器发生翻转，主站监控机根据这些信息可以判断出故障发生在开关 BW5 和 BW6 之间的区域。

5 各模式适用范围

县供电企业对于不同的供电区域，可以按照各种模式的特点选用其中一种应用模式或不同应用模式的组合。

5.1 就地控制模式

5.1.1 重合器—时间电流型重合分段器方式

适用于负荷密度小的区域。线路为辐射状，且主干线路分段数量不大于 3 段。

5.1.2 重合器—时间电压型重合分段器方式

适用于负荷密度小的区域。线路为辐射状或“手拉手”结构。

5.2 集中控制模式

5.2.1 集中监控方式

适用于负荷密度大、供电可靠性要求高、需要快速恢复供电，电网结构复杂的区域。

5.2.2 分层监控方式

适用于负荷密度大、供电可靠性要求高、配电终端数量较多、管理权限分散、需要快速恢复供电，电网结构复杂的区域。

5.3 其他模式

其他模式以故障指示方式为主。适用于配电线路长，供电半径大，需要快速判定故障位置但无需快速恢复供电的区域。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 A
（资料性附录）
配网自动化典型案例

A.1 就地控制模式

A.1.1 重合器—时间电流型分段器方式案例

本案例的网架结构如图 A.1 所示，为辐射型架空线路，配网自动化方案采用就地控制模式中的重合器—时间电流型分段器方式。

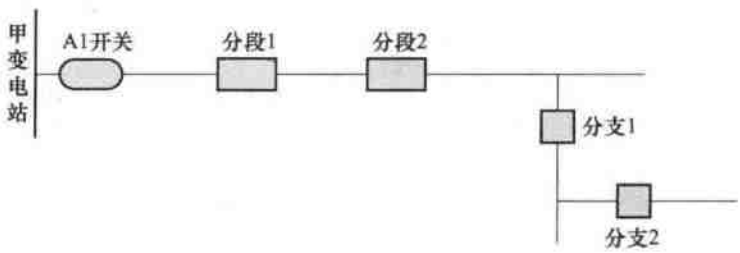


图 A.1 重合器—时间电流型重合分段器方式示意图

A1 开关为变电站出线开关，线路上分段 1、分段 2 分别安装时间—电流型重合分段器，分支 1、分支 2 安装跌落式分段器，根据线路的状况，分别将出线 A1 开关、分段 1、分段 2 设定为一快三慢（1A3C）、一快三慢（1A3B）、二快二慢（2A2B）、分别将分支 1、分支 2 计数次数设定为 3 次、2 次。通过重合器和分段器实现馈线自动化。

本案例在工程实施后，有效减少故障停电次数和停电时间，缩小停电范围，提高供电可靠性和供电质量；有效减少和缩短设备检修停电时间，有效提高为用户服务的响应速度和服务质量。

A.1.2 重合器—时间电压型重合分段器方式案例

本案例共分两期执行，一期采用就地控制模式，方案选择为重合器—时间电压型重合分段器方式。二期在一期的基础上建设通信系统和主站系统，并将开关控制器的环网功能退出，改为集中控制模式，采用集中监控方式建设。

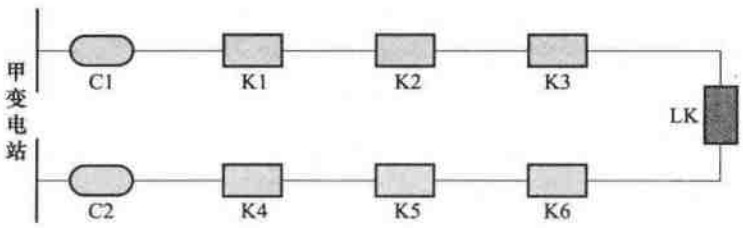


图 A.2 重合器—时间电压型重合分段器方式示意图

本案例的网架结构如图 A.2 所示，C1、C2 为甲变电站的两条不同母线上的 10kV 出线开关，开关选用重合器，并将保护设置为三次重合闸，K1～K6 为分段开关，采用时间电压型分段器，控制终端投入来电延时合闸、失电瞬时分闸、脉动闭锁功能，LK 为联络开关，采用

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

时间电压型分段器，控制器投入一侧失电延时合闸、脉动闭锁功能。

二期工程在一期的基础上沿线路建设了光纤通道，敷设光缆 25km，增加小型子站数据光端机 12 台、主站机架式局端光端机 2 台。通过通信系统的建设，不仅将参与配网自动化的开关实时数据传送至主站，而且为配电变压器监测、负荷控制等系统预留了良好的光纤通道。

在局调度建设了集中监控方式的主站系统。主站系统硬件配置为双网双服务器、采集前置集群。软件系统包括配调 SCADA 系统、Web 子系统、FA 子系统等，实现了报表查询打印、实时信息显示、告警查询、事故追忆等功能，同时将原来的就地馈线自动化升级为主站控制的馈线自动化系统，将原来变电站出线开关的三次重合闸改回两次重合闸，减少了对一次设备的冲击。

二期工程如图 A.3 所示。

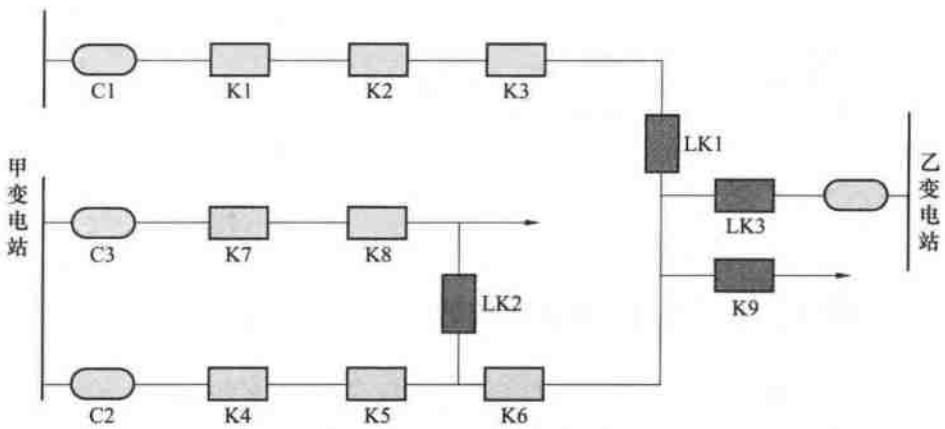


图 A.3 二期工程示意图

本案例在工程实施后，有效减少故障停电次数和停电时间，缩小停电范围，提高供电可靠性和供电质量；有效减少和缩短设备检修停电时间，减少配电检修维护费用；有效提高为用户服务的响应速度和服务质量。

A.2 集中控制模式

A.2.1 集中监控方式案例

本案例网架结构如图 A.4 所示，共涉及两个变电站的 10kV 出线 4 条，10kV 电缆线路安装环网柜 6 台。

通信系统采用光纤通信方式，沿甲、乙变电站出线敷设双环自愈光纤环网，共计铺设光缆 21km，架设 6 台子站光端机、2 台局端光端机。

主站系统为双网结构，硬件包括 2 台数据库服务器、1 台 Web 服务器，2 台前置集群、2 台调度员工作站、2 台维护工作站，同时配置了对系统提供精确对时的卫星时钟，网络打印机等其他设备。主站系统的软件系统包括配网 SCADA 系统、FA 馈线故障处理子系统、Web 发布子系统等。

本案例在工程实施后，有效减少故障停电次数和停电时间，缩小停电范围，提高供电可靠性和供电质量；有效减少和缩短设备检修停电时间，减少配电检修维护费用；有效提高为用户服务的响应速度和服务质量；有效提高供电设备利用率，增强供电能力，节省建设投资，大幅提高了企业管理水平。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

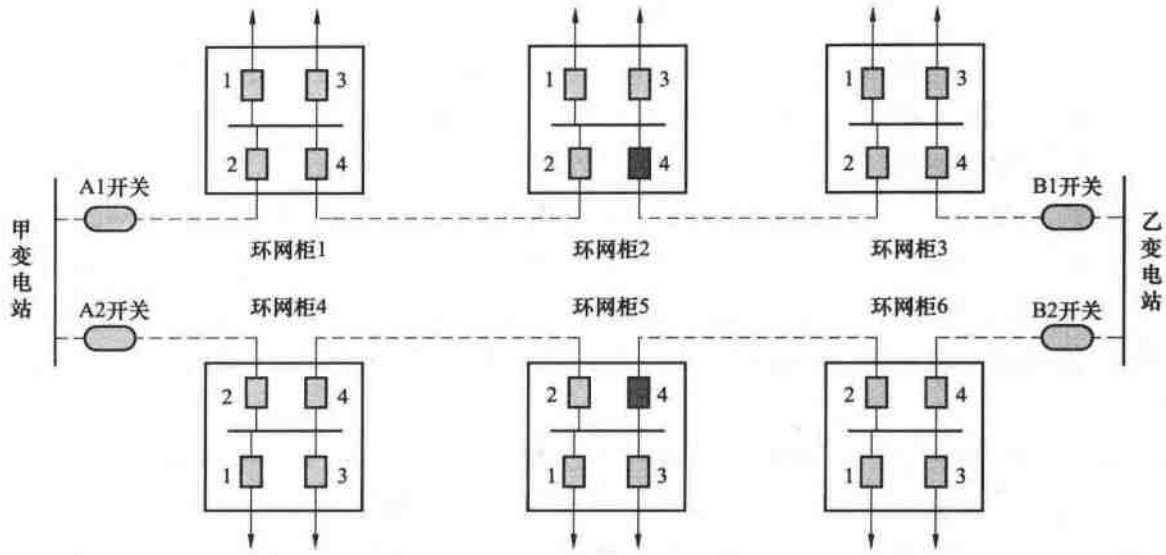


图 A.4 集中监控方式

A.2.2 分层监控方式案例

本案例的网架结构如图 A.5 所示，共涉及 6 个变电站的 10kV 出线 20 条，线路上安装了柱上开关 30 台、配电变压器监测终端 100 台（未在图上画出）。

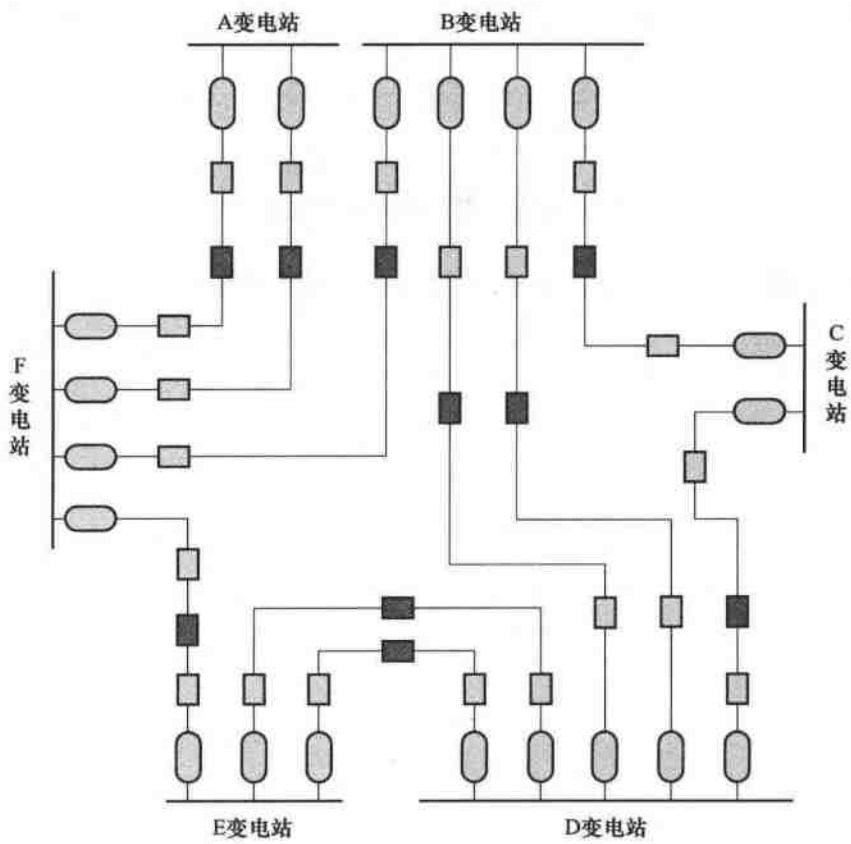


图 A.5 分层监控方式示意图

通信系统采用光纤通信方式，在 A、B、C、E 四个变电站分别建设采集子站，各自形成独立的双环自愈光纤环网，共计敷设光缆 35km，终端光端机 30 台，每个子站内安装局端光

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

端机 1 台。配电变压器监测终端采用 RS485 通信方式，通过双绞线接入就近的光端机中。

配网采集子站采用标准 42U 机柜组屏，设备包括服务器 1 台，采集前置机 1 台，局端光端机 1 台、UPS1 套。采集系统采用 RS232 接口、polling 模式与终端通信，采集柱上开关信息并将其转换为网络规约，通过局 SDH 自愈光纤网络接入主站系统。

主站系统为双网结构，硬件包括 2 台数据库服务器、1 台磁盘阵列、1 台 Web 服务器，1 台通信前置机（与子站前置机通信）、2 台前置集群、2 台调度员工作站、2 台维护工作站、1 台 FA 工作站，同时配置了对系统提供精确对时的 GPS 天文钟，网络打印机等其他设备。主站系统的软件系统包括配网 SCADA 系统、FA 馈线故障处理子系统、Web 发布子系统、PAS 系统等。

本案例在工程实施后，有效减少故障停电次数和停电时间，缩小停电范围，提高供电可靠性和供电质量；有效减少和缩短设备检修停电时间，减少配电检修维护费用；有效提高为用户服务的响应速度和服务质量；有效优化网络结构和无功配置，降低电能损耗；有效提高供电设备利用率，增强供电能力，节省建设投资；有效地调整负荷，有利于削峰填谷；大幅提高了企业管理水平。

A.3 其他模式

其他模式以故障指示器方式案例为例。本案例的网架结构如图 A.6 所示，在辐射型线路上共安装 7 组带 GPRS 通信功能的故障指示器，并在供电所安装一套监视系统。

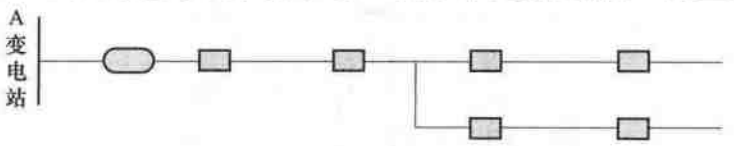


图 A.6 故障指示器方式

本案例在工程实施后，有效地缩短故障的查找、定位时间，有效提高为用户服务的响应速度和服务质量。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农村配网自动化典型应用模式

编 制 说 明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

一、编制背景……254
二、编制主要原则及思路……254
三、与其他标准的关系……254
四、主要工作过程……254
五、结构及内容……255

根据“关于下达 2006 年度国家电网技术标准制修订计划的通知”（国家电网科［2006］980 号）和目前国内农村配电网自动化的具体情况，制订《农村配网自动化典型应用模式》。

一、编制背景

本标准旨在为农村供电企业制定 10kV 线路配网自动化工程规划提供模型和依据。同时，也可作为科研院所、配网系统开发企业研究配网自动化的参考和交流文件。

二、编制主要原则及思路

（1）总结了 20 世纪 90 年代以来我国农村电网的配网自动化模式及实施工程的经验、教训，将现场已经验证实用性差的模式进行合理淘汰。

（2）汇总分析了近年来我国及国外配电网自动化的新发展趋势、配电领域新设备，适当增加了部分适合农村配网自动化应用的新模式。

（3）进行了我国配网及调度自动化现场所使用的电力系统通信方式的调研，对现场已经验证在农村配网中实用性较差的通信模式进行合理淘汰。

（4）汇总分析了近年来我国及国外农村配电网通信方式的新发展趋势、通信领域新技术、新设备，适当增加了部分适合农村配网自动化应用的通信模式。

（5）整理我国农村配网常用配网自动化主站、子站、终端设备、一次设备等的功能规范、技术要求，将现场已经验证实用性较差的部分功能进行缩减或修订为选配功能，针对农村配网应用的实际情况，重新对这些设备提出技术要求。

三、与其他标准的关系

目前国际上尚无此标准，本标准在制定时主要参照了 DL/T 721—2000《配电网自动化系统远方终端》，DL/T 814—2002《配电自动化系统功能规范》，DL/T 5003—2005《电力系统调度自动化设计技术规程》，Q/GDW 125—2005《县城电网建设与改造技术导则》，Q/GDW 126—2005《农村电网自动化及通信系统技术导则》等标准、规范和文件。

四、主要工作过程

（1）2007 年 6 月工作小组进行工作计划的编制，明确任务分工，进行相关资料收集，编写标准内容提纲。

（2）2007 年 7～10 月工作小组根据标准内容提纲，组织标准编写工作，形成初稿，工作

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

小组内部评审，形成初稿评审意见。

（3）2007 年 11～12 月根据初稿评审意见进行修改，形成初稿第二版，在内部传阅，广泛征求意见建议。

（4）2008 年 1～4 月根据内部评审意见形成标准讨论稿。

（5）2008 年 5 月 22～23 日，组织电科院及配网自动化相关厂家、供电企业代表等专家对讨论稿进行开会讨论，决定将原标准题目《配网自动化系统建设典型应用模式》改为《农村配网自动化典型应用模式》。会后根据专家意见，对稿件进行修改，形成送审稿。

（6）2008 年 10 月在北京召开标准审查会，根据专家的意见汇总修改完成报批稿。

五、结构及内容

本标准依据 DL/T 800—2001《电力企业标准编制规则》的编写要求进行了编制。主要结构及内容如下：

（1）目次。

（2）前言。

（3）正文共设 5 章：范围、规范性引用文件、基本原则、典型应用模式、各模式适用范围。

（4）设 1 个资料性附录：配网自动化典型案例。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

三、35kV 及以上部分

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

GB 50061—2010

66kV及以下架空电力线路设计规范（略）[1]

[1] 本标准因版权问题暂不收录。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

GB 50060—2008

3～110kV高压配电装置设计规程（略）[1]

[1] 本标准因版权问题暂不收录。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

DL/T 5103—1999

35kV～110kV无人值班变电所设计规程

Design code for unattended substation of 35kV～110kV

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言……264
1　范围……265
2　引用标准……265
3　名词术语……266
4　总则……266
5　所址选择和所区布置……267
6　电气部分……268
7　土建部分……272
附录 A（标准的附录）　远方控制端信息采集量……274
附录 B（提示的附录）　工业企业厂界噪声标准……275
条文说明……276

前　言

根据原电力工业部科学技术司技综［1996］40 号文《关于下达 1996 年制定、修订电力行业标准计划项目（第一批）的通知》，制定 110kV 及以下无人值班变电所设计规程。

制定本标准是为适应供电发展需要，规范无人值班变电所设计，达到供电安全可靠、技术先进、经济适用和运行维护方便的目的。

本标准以现行国家标准 GB 50059—1992《35～110kV 变电所设计规范》为基础，参照有关国家标准和电力行业标准，对无人值班管理方式下的相关方面作出规定。

本标准是在广泛调查、总结国内近年来无人值班变电所设计、运行、管理经验的基础上制定的。国家电力公司发输电运营部、国家电力调度通信中心、国家电力公司电力规划设计总院对本标准制定参与具体指导。

本标准的提出单位：国家电力公司。

本标准的归口单位：国家电力公司电力规划设计总院。

本标准的负责起草单位：江苏省电力设计院；参加起草单位：广州电力设计院、大连电力勘察设计院。

本标准的主要起草人：谢尚德、贾沛义、俞寿南、张增祈、陈志飞、邓盈盈、张强、陈小平、顾品

本标准委托江苏省电力设计院负责解释。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1 范 围

本标准规定了对无人值班变电所在土建、电气、采暖通风、给排水及防火等方面的设计要求。

本标准适用于电压为 35kV～110kV 单台变压器容量为 5000kVA 及以上新建无人值班变电所（以下简称变电所）的设计。对 35kV～110kV 改、扩建的变电所和 220kV 终端变电所有关部分的设计，可参照使用。

2 引 用 标 准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 12348—1990 工业企业厂界噪声标准

GB 14285—1993 继电保护和安全自动装置技术规范

GB/T 13729—1992 远动终端通用技术条件

GB/T 13850—1998 交流电量转换为模拟量或数字信号的电测量变送器

GB/T 15544—1995 三相交流系统短路电流计算

GB 50034—1992 工业企业照明设计标准

GB 50059—1992 35～110kV 变电所设计规范

GB 50060—1992 3～110kV 高压配电装置设计规范

GB 50217—1994 电力工程电缆设计规范

GB 50227—1995 并联电容器装置设计规范

GB 50229—1996 火力发电厂与变电所设计防火规范

GB 50260—1996 电力设施抗震设计规范

GBJ 11—1989 建筑抗震设计规范

GBJ 16—1987 建筑设计防火规范

GBJ 19—1987 采暖通风与空气调节设计规范

DL 451—1991 循环式远动规约

DL/T 620—1996 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合

DL/T 621—1997 交流电气装置的接地

DL/T 630—1997 交流采样远动终端技术条件

DL/T 634—1997 远动设备及系统 第 5 部分 传输规约第 101 篇 基本远动任务配套标准

DL 584—1994 电力系统通信站防雷运行管理规程

DL 5002—1991 地区电网调度自动化设计技术规程

DL/T 5029—1994 火力发电厂建筑装修设计标准

DL/T 5035—1994 火力发电厂采暖通风与空气调节设计技术规定

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

DL/T 5053—1996 火力发电厂劳动和工业卫生设计规程
DL/T 5056—1996 变电所总布置设计技术规程
NDGJ 8—1989 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规定
SDJ 9—1987 电测量仪表设计技术规程
SDJ 2—1988 220～500kV 变电所设计技术规程

3 名 词 术 语

3.0.1 无人值班变电所 unattended substation

所内不设置固定运行、维护值班人员，运行监测、主要控制操作由远方控制端进行，设备采取定期巡视维护的变电所。

3.0.2 远方控制端 distant control station

远方监控装置设置在与无人值班变电所相关的调度机构或某中心变电所或一个独立的集中控制中心的部分，即为远方控制端。

3.0.3 远方监控终端 supervisory control terminal unit

远方监控装置设置在被监控变电所内的部分，即为远方监控终端，包括信息采集、处理、发送，命令接受、输出和执行的设备。

3.0.4 电气二次设备室 electric secondary equipment room

电气二次设备室是一个综合性房间，用于布置不宜设置在配电装置和主变压器现场的电气二次设备。如远动终端及相应设备、通信设备、交直流电源、交流不停电电源、继电保护、测控、计量和其他自动装置等。与控制室相比，主要差别是不适宜作为长期有人值班的监控场所。

4 总 则

4.0.1 变电所的设计应以 5～10 年电网发展规划，通信、调度自动化和厂所自动化规划为基础，以电网结构、变电所性质和设计任务书明确的变电所规划建设规模、内容、建设期限、资金限额以及调度关系和监控关系为依据，正确处理近期建设与远期发展的关系。

4.0.2 变电所的设计必须从全局出发，统筹兼顾，按照负荷性质、用电容量、工程特点、地区供电条件、交通条件、消防条件、所址区域社会和地理环境等，结合国情因地制宜合理地确定变电所设计方案。

4.0.3 变电所的设备选择要坚持安全可靠、技术先进、经济适用的原则，要注重小型化、无油化、自动化、免维护或少维护，要适合于无人值班的运行条件，选用质量优良的国产定型产品。

4.0.4 变电所的设计必须坚持节约用地，减少建筑面积，控制工程造价的原则。市区变电所宜采用全户内或半户内式多层建筑，并与城建规划相协调，大城市中心区可建设地下变电所。

4.0.5 变电所的设计应根据所址环境条件和供电负荷重要性，设置必要的防范和报警措施。

4.0.6 新建变电所应按一次实现无人值班设计，不得采取设计有人值班的过渡措施。

4.0.7 抗震设防烈度为 6 度及以上变电所电力设施的抗震设计，应符合国家标准 GBJ 11 及

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

GB 50260 的有关规定。

4.0.8 变电所的设计除应执行本规程外，尚应符合有关国家标准的规定。

5 所址选择和所区布置

5.0.1 变电所所址的选择，应根据下列要求，综合考虑确定：

（1）符合电网区域规划，靠近负荷中心。

（2）节约用地、不占或少占耕地及经济效益高的土地。

（3）与城乡或工矿企业规划相协调，便于架空线路、电缆线路的引入。

（4）交通运输方便。

（5）宜设在受污染影响最小处。

（6）具有适宜的地质、地形和地貌条件（例如避开断层、滑坡、塌陷区、溶洞地带、山区风口和有危岩或易发生滚石的场所），所址应避免选在重要文物地点或开采后对变电所有影响的矿藏地点。

（7）所址标高宜高于频率为 2%高水位，否则，所区应有可靠的防洪措施或与地区（工业企业）的防洪标准相一致。

（8）应考虑水源及排水条件。

（9）应考虑与周围环境、邻近设施的相互影响。

5.0.2 变电所的总平面布置应在规划基础上因地制宜紧凑合理，不设所前区。

5.0.3 户外和半户内变电所宜为实体围墙，高度不低于 2.2m，顶部可设置防范措施。全户内变电所可设置或不设围墙。市区变电所围墙的高度及形式，应满足变电所安全防护的要求，并与周围环境相协调。

5.0.4 变电所的进所道路应利用城建或公用道路。新建进所道路和所内运输道路宽度不应小于 3.5m，并宜具有回车条件。

5.0.5 全户内、地下变电所的出入口地面建筑物与相邻建筑物之间的消防车道和防火间距，应满足国家标准 GBJ 16 的有关规定。

5.0.6 变电所的场地设计坡度，应根据设备布置、土质条件、排水方式和道路纵坡确定，宜为 0.5%～2%，不应小于 0.3%，不宜大于 6.0%，平行于母线方向的坡度，应满足电气及结构布置的要求。当利用路边明沟排水时，道路及明沟的纵向坡度宜为 0.5%～3.0%，不应小于 0.3%，不应大于 6.0%。

电缆沟及其他类似沟道的沟底纵坡，不宜小于 0.5%。

5.0.7 变电所的所内地坪宜高于所外自然场地标高 0.3m。变电所内的建筑物标高、基础埋深、路基和管线埋深，应相互配合；建筑物内地面标高，宜高出屋外地面 0.3m；所内的屋外电缆沟壁宜高出地面 0.1m，并应与所内道路标高相协调。

5.0.8 各种地下管线之间和地下管线与建筑物、构筑物、道路之间的最小净距，应满足安全、检修安装及工艺的要求，并应符合电力行业标准 DL/T 5056 的有关规定。

5.0.9 变电所所区场地绿化应按当地城市绿化规划要求进行，并严防绿化物种影响电气设备的安全运行。

5.0.10 变电所排出的污水必须符合电力行业标准 DL 5053 的有关规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6 电 气 部 分

6.1 主变压器

6.1.1 主变压器的台数和容量应根据地区供电条件、负荷性质、用电容量和运行方式等条件综合考虑确定。

6.1.2 变电所中宜装设两台主变压器。负荷密度较高的地区，可装设三台主变压器。如变电所可由中、低压侧电力网取得足够容量的备用电源时，可装设一台主变压器。

6.1.3 装有两台及以上主变压器的变电所，当断开一台时，其余主变压器的容量应不小于 60% 的全部负荷，并应保证用户的一、二级负荷。

6.1.4 当能满足供电规划要求时，宜选用双绕组变压器。经技术经济比较合理时，可采用三绕组变压器。

6.1.5 当不能满足电力系统和用户电压质量指标时，应采用有载调压变压器。

6.2 电气主接线

6.2.1 变电所的电气主接线应根据变电所在电力网中的地位、出线回路数、设备特点及负荷性质等条件确定，并应满足供电可靠、运行灵活、适应远方控制、操作检修方便、节约投资和便于扩建等要求。

变电所在满足供电规划的条件下，宜减少电压等级和简化接线。

6.2.2 当能满足运行要求时，变电所高压侧宜采用不设断路器或断路器较少的接线。

6.2.3 高压侧线路为三回及以下、主变压器为三台及以下的终端变电所，宜采用线路变压器组、桥形或扩大桥形接线。高压侧线路有系统穿越功率的变电所，宜采用桥形、扩大桥形、单母线或分段单母线的接线。

6.2.4 变电所装有两台及以上主变压器时，6kV～35kV 负荷侧宜采用分段单母线。分段方式宜考虑当其中一台主变压器停运时有利于其他主变压器的负荷分配。

6.2.5 主接线回路宜采用断流性能好的无油断路器，市区建筑密集地带和地下变电所可采用气体绝缘全封闭电器；配电装置宜采用易于检修、操作的开关柜，不宜设置旁路设施。

6.2.6 电气回路短路电流的计算方法应符合国家标准 GB/T 15544 的有关规定。当需限制变电所 6kV～10kV 线路的短路电流时，可采用下列措施之一：

（1）变压器分列运行。

（2）采用高阻抗变压器。

（3）在变压器回路中串接限流电抗器。

6.2.7 接在母线上的避雷器和电压互感器可合用一组隔离开关。接在变压器引出线上的避雷器，不宜装设隔离开关。

6.3 所用电源和直流电源

6.3.1 在有两台及以上主变压器的变电所，宜装设两台容量相同可互为备用的所用变压器，每台所用变压器容量按全所计算负荷选择。两台所用变压器可分别接自主变压器最低电压级不同段母线。如有可靠的 6kV～35kV 电源联络线，也可一台接于电源联络线断路器外侧。

以所用电作为交流控制电源的 35kV 变电所，当只有一回电源进线时，宜在电源进线断路器之前装设一台所用变压器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

对采用直流控制电源的 35kV 及以上变电所，当只有一回电源进线，并选用自冷式变压器时，可在主变压器最低电压母线上引接一台所用变压器。

6.3.2 按规划需装设消弧线圈补偿装置的变电所，如主变压器无引出的中性点时，所用变压器宜采用中心点接地变压器。户内所用变压器宜采用干式变压器。

6.3.3 所用电接线及供电方式：

（1）所用电低压配电宜采用中性点直接接地的 TN 系统，动力和照明共用的供电方式，额定电压为 380V/220V。

（2）所用电低压母线宜采用单母线分段接线，每台所用变压器各接一段母线。

（3）重要所用电负荷采用双回路供电方式时，宜分别接于不同母线段。

6.3.4 变电所的直流母线宜采用单母线或分段单母线的接线。采用分段单母线时，蓄电池应能切换至任一母线段。

6.3.5 操作电源宜采用一组 110V 或 220V 蓄电池，不设端电池。

蓄电池组宜采用性能可靠、维护量少的蓄电池，如阀控式密封铅酸蓄电池等，冲击负荷较大时亦可采用高倍率蓄电池。

作为充电、浮充电用的整流装置宜合用一套，66kV 及以上的变电所可采用两套充电装置或单套具有热备用部件的充电装置。

变电所直流系统宜具有自动调节功能，充电装置宜采用智能化整流电源装置。

6.3.6 交流不停电电源宜统一设置。当变电所设置蓄电池组时，交流不停电电源的直流电源宜由所内蓄电池组供电。

6.3.7 由交流电源供电的远方监控设备可由交流不停电电源供电。通信设备的备用电源可独立设置一组专用蓄电池直供或利用所用蓄电池直流变换方式。

6.3.8 蓄电池组的容量，应满足下列要求：

（1）全所事故停电 2h 的放电容量；

（2）事故放电末期最大冲击负荷的容量。

6.3.9 变电所宜设置固定的检修和试验电源，并应设置漏电保护装置。

6.4 电气二次设备室

6.4.1 继电保护装置、测控设备、交直流电源和其他自动装置宜分散安装在开关柜上或相应的配电装置附近。当为屏、柜结构采用集中布置时，宜统一布置在电气二次设备室。

6.4.2 电气二次设备室应位于运行管理方便，电缆总长较短的位置，设施应简化、布置应紧凑，面积应满足设备布置和定期巡视维护要求，屏位按变电所规划容量一次建成，并留有增加少量屏位的余地。屏、柜的布置宜与配电装置间隔排列次序相对应。

6.5 二次接线

6.5.1 变电所二次接线的设计应符合 NDGJ 8 标准的有关规定，二次接线应根据无人值班变电所的特点予以简化。

6.5.2 下列电气一次设备，应能远方控制端控制和所内控制：

（1）6kV～110kV 线路、主变压器、母线和电容器的断路器、负荷开关；

（2）主变压器有载调压分接开关；

（3）需要远方控制改变运行方式的主变压器中性点接地隔离开关。

6.5.3 所内操作、控制方式可为就地操作、控制和电气二次设备室控制：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（1）下列电气一次设备宜采用就地操作或控制：

1） 6kV～35kV 屋内配电装置馈线、并联电容器组断路器；

2） 6kV～110kV 配电装置的隔离开关；

3） 无需远方控制改变运行方式的主变压器中性点接地隔离开关。

（2）下列电气一次设备宜采用就地控制，有困难时亦可在电气二次设备室控制：

1） 主变压器各侧断路器；

2） 母线分段断路器；

3） 35kV～110kV 屋外配电装置和 110kV 屋内配电装置线路断路器。

6.5.4 所内控制方式作为远方遥控的备用控制手段，控制电路应为强电直接控制电路。远方遥控和所内控制操作，两者之间需设操作切换闭锁。

6.5.5 变电所不宜设置同步装置。

6.5.6 断路器的控制回路应有监视信号。

6.5.7 配电装置应装设防止电气误操作闭锁装置。防止电气误操作闭锁装置优先采用机械闭锁，成套开关柜应采用机械闭锁装置。

闭锁连锁回路的电源，应与继电保护、控制信号回路的电源分开。

6.5.8 变电所的主变压器有载分接开关调节、并联电容器组投切、蓄电池组充电、直流母线电压调节宜采用自动控制，变电所的主变压器有载分接开关调节和并联电容器组投切自动装置应具有远动装置的接口。

6.6 照明

6.6.1 变电所的照明设计应符合国家标准 GB 50034 的有关规定。

6.6.2 在电气二次设备室、屋内配电装置及主要通道等处，宜装设事故照明。事故照明总开关应装在变电所的入口处内侧，并应设有明显的标志。

6.6.3 事故照明宜采用应急灯，亦可由所内直流系统供电。事故照明应在运行维护人员到达变电所后人工开启，并能维持照明 1h。

6.6.4 照明设备的安装位置应便于维修。屋外配电装置的照明可利用配电装置构架装设照明器，但应符合电力行业标准 DL/T 620 的有关规定。

6.7 并联电容器装置

并联电容器装置的设计应符合国家标准 GB 50227 的有关规定。

6.8 电缆敷设

电缆敷设的设计应符合国家标准 GB 50217 的有关规定。

6.9 远方监控

6.9.1 为实现远方控制端监控无人值班变电所，所内必须装设远方监控终端设备。监控终端可为远动终端（RTU）或微机监控终端等。它应根据变电所在电网中的地位、电压等级、规模和电网调度自动化规划等因素进行选型。

6.9.2 远动终端、微机监控终端的技术要求：

（1）应满足信息采集、处理、发送和命令接收、输出和执行的要求，具备与继电保护装置和远方控制端及所内调试计算机（接口）的通信功能，确保实现变电所遥测、遥信、遥控（调）。

（2）总体结构应满足变电所安装布置的不同要求。

（3）性能应符合国家标准 GB/T 13729 和电力行业标准 DL/T 630 的有关规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（4）电气量的采集宜交流采样。当采用电工测量变送器时，其性能应符合国家标准GB/T 13850的有关规定。

（5）所内不设置固定的计算机监视设备（运行值班员工作站），但应设置能与现场维护调试用便携式计算机相适应的硬、软件接口。

（6）变电所的同一被控设备只允许由一个远方控制端对其实施遥控。

6.9.3 信息传输条件：

（1）信息的传输规约宜符合电力行业标准DL/T 634或DL 451的有关规定。

（2）远动终端或微机监控终端至远方控制端应设一条可靠的远动通道，宜设一条独立于主通道的备用通道，远动主备通道应能自动或手动切换。

（3）信息传输速率不应小于300bit/s。

6.9.4 远方控制端信息采集量见附录A（标准的附录）。

6.9.5 远动终端或微机监控终端应有可靠的事故备用电源。

6.10 通信

6.10.1 变电所应设置满足继电保护、远方监控和通话的通信通道，如通道安排困难可采用通道复用方式。

6.10.2 远方监控、保护和电话通道组织及通道方式选择，应根据地区通信网现状结合地区通信规划确定，并应满足远方监控、继电保护和电话通道的技术要求。

6.10.3 变电所通信设备应有可靠的事故备用电源。当独立设置专用蓄电池组织时，其容量按应能维持供电2h～3h。

6.10.4 通信设备的保护接地、防雷击和过电压保护措施应符合电力行业标准DL 584的有关规定。

6.11 配电装置

变电所配电装置的设计，应符合国家标准GB 50060的有关规定。

6.12 继电保护和自动装置

6.12.1 变电所内继电保护和自动装置设计，应符合国家标准GB 14285的有关规定。

6.12.2 继电保护和安全自动装置的设计应保证相对独立性，在变电所其他（电源除外）系统故障时，继电保护和安全自动装置应能正常工作。装置应具备向远方传送有关信息和接受远方控制命令信息的传输接口。

6.12.3 继电保护装置应具有远方复归功能。

6.13 电气测量

6.13.1 变电所的电气测量应符合电力行业标准SDJ 9的有关规定。

6.13.2 变电所内宜在下列二次回路中设置就地分散的直接测量值：

（1）电压——各段交流母线线；
各段直流母线；
蓄电池组；
充电回路。

（2）绝缘监测——中性点非有效接地的交流电压母线的$3U_0$；
直流系统母线。

（3）电流——主变压器高压侧一相；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

所用变压器低压侧一相；
蓄电池组；
充电回路；
并联电容器组一相；
6kV～110kV 线路一相。

6.14 过电压保护

变电所的过电压保护的设计应符合电力行业标准 DL/T 620 的有关规定。

6.15 接地

变电所交流电气装置的接地应符合电力行业标准 DL/T 621 的有关规定。

7 土 建 部 分

7.1 建筑物

7.1.1 变电所土建应按规划规模一次建成，建筑物应采用联合建筑，除生产建筑物外，其他建筑应从简设置。根据变电所特点及地区条件，必要时可设护卫室、工器具室、泵房、厕所、电锅炉房等，35kV 小型变电所可不设置除生产建筑物外的建筑。

7.1.2 电气二次设备室净高应满足设备安装维护要求，宜采用 3.3m。电缆层的板间净高宜采用 2.1m～2.4m，大梁底对楼（地）面的净高宜不低于 1.8m。底层辅助生产房屋楼板底至地面的净高宜采用 3.0m。

7.1.3 对设有重要电气设备的建筑物，其屋面防水标准宜适当提高。根据需要可采用双层防水屋面，屋面排水坡度不应小于 2%，年降雨量大于 900mm 的地区檐口标高大于 8m 的建筑物及一般地区檐口标高大于 10m 的建筑物，应采用有组织排水。对屋内配电装置建筑宜采用有组织排水。

7.1.4 建筑风格、外装修标准要与周围环境相协调，内装修应力求简化。

（1）无环境协调要求时，外墙面装修宜采用清水墙、普通外墙涂料、水刷石或干粘石及一般抹灰。有环境协调要求时，可相应提高外装修标准。

（2）内墙面装修应采用普通内墙涂料、一般抹灰及清水砖墙喷浆墙面，对厕所可采用白瓷砖墙面。

（3）楼（地）面装修采用水泥楼（地）面、普通水磨石楼地面。厕所可采用马赛克或普通水磨石楼（地）面。

（4）顶棚装修采用板底直接喷涂。

（5）门窗宜采用彩板门窗、塑钢门窗、钢门窗。外墙门窗可与周围环境相协调。

7.1.5 建筑物底层不宜设窗，如城市规划要求或采光需要，可设置假窗或有可靠防范措施的高窗。底层因通风需要可设有防小动物进入等防范措施的通风窗或通风口。建筑物底层出入口采用实体钢门。

7.1.6 全户内及地下变电所建筑：

（1）地下变电所的通风小室、检修吊物孔和人员出入口小室的布置，当邻近有规划时应与之协调。

（2）建筑物安全出口的数量不应少于两个，其中必须有一个直通室外的安全出口；如地

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

下变电所用防火墙分隔成几个防火分区时，应符合国家标准 GBJ 16 的有关规定。

（3）油浸变压器室周围宜采用框架结构配筋砖墙或钢筋混凝土墙。油浸变压器室开向户内的门应为防火门，开向户外的门宜为防火门。当满足建筑物防火间距时可不设防火门，但门前应避开人员集中的场所。

（4）应考虑建筑物内外噪声对相邻环境的影响，采用有效的隔声、消声及吸声设计，变电所边界处的噪声应满足国家标准 GB 12348 的有关规定，各类厂界噪声标准值见附录 B。

（5）变电所应有可靠的防止由外部电缆隧道进水的设施。地下变电所的地下建筑应有可靠的防水措施。

7.2 采暖通风

7.2.1 采暖通风的设计应符合国家标准 GBJ 19 的有关规定。

7.2.2 凡不采暖难以满足生产工艺或设备需要的房间均可设置局部采暖设施，采暖设施宜采用市政供热管路或电能源。

7.2.3 当电气设备无特殊要求时，生产建筑不宜采用空调设施。生产建筑宜采用自然通风，当自然通风不能满足运行要求时可采用机械通风。重风沙地区宜设有防沙尘措施。

7.2.4 电气二次设备室室温不宜超过 35℃，电力电容器室和屋内配电装置室室温不宜超过 40℃，油浸变压器室室温不宜超过 45℃。当不能满足要求时应设置排风装置。

7.2.5 屋内配电装置室通风设备应满足事故时，每小时通风换气次数不低于 6 次，排风口应设在室内上部。

7.2.6 六氟化硫电气设备室应采用机械通风，室内空气不允许再循环，排风口应设在室内下部和上部。通风设备应满足事故时的通风换气次数每小时不少于 4 次。六氟化硫电气设备室的通风及报警设置应符合电力行业标准 DL/T 5035 及 DL 5053 中的六氟化硫电气设备室部分的规定。

7.3 给排水及防火

7.3.1 变电所给水应根据当地条件选择可靠水源，经技术经济比较选择确定自来水或浅井供水方式。

7.3.2 变电所排水应根据场地设计标高、坡度、周围环境和当地排水管网选择散排、散排与局部有组织排水和全部有组织排水方式。

7.3.3 变电所的防火及火灾探测报警装置应符合国家标准 GB 50229 的有关规定。

7.4 其他

有关变电所土建部分的一般规定、荷载计算、建筑物的抗震构造和构筑物的技术要求应满足国家标准 GB 50229 的有关规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 A
（标准的附录）
远方控制端信息采集量

A.1 变电所应采集下列遥测信息：

A.1.1 35～110kV 线路的一相电流、有功功率、无功功率。

A.1.2 6～10kV 线路的一相电流。

A.1.3 三绕组变压器两侧有功功率、有功及无功电能量及两侧一相电流。

A.1.4 双绕组变压器一侧有功功率、有功及无功电能量及一侧一相电流。

A.1.5 母线分段、分支断路器一相电流。

A.1.6 6～110kV 系统电压监视点线电压（中性点非有效接地系统增测三个相电压）。

A.1.7 主变压器有载分接开关位置（当用模拟方式处理时）。

A.1.8 直流母线电压。

A.1.9 所用变压器低压侧一个线电压。

A.1.10 并联电容器三相电流。

A.1.11 消弧线圈零序电流。

A.1.12 主变压器上层油温。

A.2 根据管理需要和设备可能，变电所可采集下列遥测信息：

A.2.1 6～10kV 线路的有功功率。

A.2.2 三绕组变压器两侧无功功率。

A.2.3 双绕组变压器一侧无功功率。

A.2.4 并联电容器无功功率。

A.2.5 6～110kV 线路有功、无功电能量。

A.3 变电所应采集下列遥信信息：

A.3.1 所有断路器位置信号。

A.3.2 反映运行方式的隔离开关位置信号。

A.3.3 主变压器有载分接开关位置（当用遥信方式处理时）。

A.3.4 断路器控制回路断线信号。

A.3.5 断路器操作机构故障信号。

A.3.6 6～110kV 线路保护动作信号和重合闸动作信号。

A.3.7 110kV 母线保护动作信号。

A.3.8 电容器保护动作信号。

A.3.9 6～110kV 线路、母线分段、主变压器交流电压回路断线信号。

A.3.10 6～35kV 系统接地信号。

A.3.11 主变压器保护动作信号。

A.3.12 主变压器轻、重瓦斯动作信号。

A.3.13 变压器油温过高信号。

A.3.14 主变压器冷却系统故障信号。

A.3.15 主变压器过负荷信号。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

A.3.16 直流系统接地信号。

A.3.17 直流母线电压异常信号。

A.3.18 充电装置故障信号。

A.3.19 安全自动装置动作信号。

A.3.20 继电保护装置故障信号。

A.3.21 远方监控通道故障信号。

根据设备特点及确保安全运行需要，可增加相应的特殊信号或对一些遥信量进行合并。

A.4 根据变电所的管理需要和设备可能，变电所可采集下列遥信信息：

A.4.1 全所事故总信号。

A.4.2 所用变压器失电信号。

A.4.3 主变压器有载分接开关控制电源消失信号。

A.4.4 主变压器及有载分接开关油位异常总信号。

A.4.5 消弧线圈动作信号。

A.4.6 控制方式由遥控转为所内控制的信号。

A.4.7 UPS主电源消失信号。

A.4.8 远方监控终端遥控电源消失信号。

A.4.9 通信电源交流故障信号。

A.4.10 六氟化硫配电装置室六氟化硫气体泄漏报警信号。

A.4.11 消防及安全防范装置动作信号。

根据设备特点及确保安全运行需要，可增加相应的特殊信号或对一些遥信量进行合并。

A.5 变电所应能接收下列遥控（调）信息：

A.5.1 所有断路器、负荷开关的分、合。

A.5.2 可遥控的主变压器中性点接地闸刀分、合。

A.5.3 主变压器有载分接开关位置调整。

附 录 B
（提示的附录）
工业企业厂界噪声标准

表B.1 各类厂界噪声标准值 Leq［dB（A）］

类 别	昼 间	夜 间
Ⅰ	55	45
Ⅱ	60	50
Ⅲ	65	55
Ⅳ	70	55

注：（1）各类标准适用范围由地方人民政府划定。
（2）Ⅰ类标准适用于以居住、文教机关为主的区域。
（3）Ⅱ类标准适用于居住、商业、工业混杂区及商业中心。
（4）Ⅲ类标准适用于工业区。
（5）Ⅳ类标准适用于交通干线道路两侧区域。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

35kV～110kV 无人值班变电所设计规程

条文说明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

前　言

本规程编制以国家标准 GB 50059—1992《35～110kV 变电所设计规范》为基础。

规程条文增删、改变的重点是在变电所设计中“无人值班”和“有人值班”的差异部分，当无差异时一般仍应用原条文。

引用标准基本采用国家标准，个别无国家标准或行业性较强的引用电力行业标准。引用标准中的内容本规程一般不再复述。

规程内容深度参照国家标准 GB 50059。

目　次

前言 ……277
1　范围 ……277
4　总则 ……277
5　所址选择和所区布置 ……278
6　电气部分 ……278
7　土建部分 ……283

1　范　围

适用范围为变压器单台容量为 5000kVA 及以上的新建无人值班变电所，与国家标准 GB 50059 一致。

220kV 终端变电所的接线、设备、控制方式选择的原则等与本规程有关部分相似的可参照使用，但所址选择及 220kV 配电装置等部分仍应执行相应的设计标准。

变电所的设计只涉及变电所内的装置，变电所外的远方控制端设备和系统不在变电所的设计范围，也不属本标准规定之内。

4　总　则

4.0.1　无人值班变电所的设计必须有确定的调度和远方监控关系，涉及电气一次网络、调度自动化、通信及厂所自动化等发展规划，需与电网调度、远方控制端、通信网络、信息传输等协调。因此有些设计条件应在设计任务书中明确。

4.0.2　选择较好的交通条件、消防条件、所址区域社会和地理环境将缩减维修操作人员往返

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

变电所的时间，有利于防火及安全防范措施。

4.0.4 节约用地是基本国策，土地是非再生资源。在城区多层建筑比单层建筑费用相当或增加不多时，宜采用节省用地的方案。

半户内式变电所大部分电气设备设在户内，仅主变压器或有部分高压电器设在户外，该变电所占地较少又有利于主变压器的散热和消防。与城市规划协调时也可在城市综合建筑物内建设变电所。

地下或半地下变电所费用增加较多，一般不采用，只在市区中心繁华地带无从选择所址或有其他特殊需要时采用。

4.0.6 新建变电所应按一次实现无人值班设计，不得采取设计有人值班的过渡措施。调查中发现有些变电所系按同时具备无人值班的设备条件和近期有人值班的建筑条件设计，设置了供值班人员使用的所内微机监控设备和建筑，监控室装修讲究，生活设施齐全，浪费了设备和建设资金。

5 所址选择和所区布置

5.0.1 由于对文物保护意识的加强，所址应避免选在重要文物或开采后对变电所有影响的矿藏地点。

对于全户内变电所自然场地标高低于频率为 2%高水位，且无法将场地填高时，其建筑物屋内地面标高不应低于频率为 2%高水位。

所址选择应考虑排水条件，是为了暴雨时排水流畅，避免引起所区周围积水。

5.0.2 无人值班变电所无经常性人员活动，无需所前活动区。

5.0.3 对户外和半户内变电所，根据环境需要，防范措施可采用加高围墙或增设防攀越等措施，有的变电所在围墙上加装了既增加高度又向外延伸带锋利顶端的防攀越措施，经试攀认为比单纯增加围墙高度更为有效。

调查中发现有些全户内变电所也设置了围墙或局部设置了围墙。因主变压器室门前均有消防及运输通道，考虑消防安全避开人员集中场所门前宜有一定间距，结合所址条件可根据需要设置局部围墙。

5.0.7 变电所的所内地坪宜高于所外自然场地标高 0.3m，是为了避免所区附近因暴雨或自流排水不畅引起的暂时性积水侵入所内。

所内的屋外电缆沟壁宜高出地面 0.1m 是防止泥水进入电缆沟内，一般所内道路也高于所内场地标高，电缆沟顶面宜与所内道路持平。

5.0.8 国家标准 GB 50059 未列出地下管线与建筑物、构筑物之间最小水平净距附录表，其最小净距值采用电力行业标准 DL/T 5056 的规定较为适合。

6 电 气 部 分

6.1 主变压器

6.1.2 装设三台主变压器当断开一台时可保证全容量的 67%，高于国家标准 GB 50059 规定 60%的要求，提高主变压器负载率，有利于提高供电可靠性和便于负荷发展；一般扩建第三

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

台主变压器的投资较低。负荷密度较高的地区装设三台主变压器的情况逐步增多。

6.1.4 选用双绕组变压器可减少变电所电压等级，有利于简化主接线提高供电可靠性和无人值班变电所的远方监控。

6.1.5 市场经济要求严格履行供电质量指标，系统内对电压合格率也有严格的考核，调查表明一般均装设有载调压变压器。

6.2 电气主接线

6.2.1 变电所的电气主接线要适应远方控制的要求，是指要减少设置运行方式时隔离开关的倒闸操作。隔离开关宜现场操作，如改变运行方式时需进行隔离开关的操作，则增加了操作人员往返现场的几率，延误操作时间。

减少变电所电压等级和简化接线，可以大幅度地减少远方监控操作。

6.2.2 35kV、110kV 变电所大部分是馈供负荷的终端变电所，电源侧的接线较多地采用了桥接线和线路变压器组。单回独立供电的线路变压器组在变电所侧可不设断路器，条件许可时35kV 变电所也可采用熔断器加负荷开关的接线。

6.2.3 调查表明在负荷密集地区装设三台主变压器，分别采用三回线路变压器组的接线，因其接线简单、布置方便、运行可靠而被采用。

采用内桥或外桥应根据当地电网条件确定，除考虑线路及变压器的故障几率还应考虑改变运行方式的方便和有利于继电保护的设置。

由于双母线、旁路母线接线隔离开关倒闸操作多，影响远方遥控操作，故未作为推荐接线。

有负载电流的隔离开关不宜接入遥控，主要原因如下：

（1）隔离开关操作是否到位目前尚需现场观察确认；

（2）调查表明即便是气体绝缘全封闭电器（GIS）的隔离开关也发生过误分；

（3）有负载电流的隔离开关误分后果极其严重；

（4）35kV 及以下的隔离开关尚缺少能远方控制的产品。

6.2.4 分段方式宜考虑当其中一台主变压器停运时有利于其他主变压器的负荷分配，是指装设三台变压器时的情况。当装设三台变压器时可采用如下接线：

第一、二台变压器引出端经断路器后各设一段母线，第三台变压器引出端分经两台断路器设两个半段母线，并分别与第一、二台变压器的母线段设分段断路器连接。这种两段加两个半段的接线方式能满足停用任一台变压器时，其余两台变压器各负担半数的出线回路。

6.2.5 提高单回线路供电可靠性的根本措施应是建设第二供电回路。因为在单回线路供电情况下中断供电的主要因素是线路故障，而不是断路器检修，尤其是无人值班变电所选用了断流性能良好的 SF_6 断路器或真空短路器后，断路器检修几率大为减少，故不宜设置旁路断路器。

配电装置采用易于检修的开关柜是指中置式、移开（手车）式或拆装断路器方便的固定式等开关柜。

6.3 所用电源和直流电源

6.3.1 当 35kV 变电所只有一回电源进线及一台主变压器时，宜在电源进线断路器之前装设一台所用变压器，是为了有利于变电所停用检修时取得检修电源。若电压为 66、110kV 时，如也参照采用在电源进线断路器之前装设一台所用变压器则投资增高太多，故在能确保变电所安全运行的条件下，无电地区新建 66、110kV 变电所第一台主变压器时，对所用变压器的引接方式作了规定，以便能减少投资有利于所用变压器的引接。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.3.2 户内所用变压器或接地变压器采用干式变压器有利于防火。

6.3.3 中性点直接接地的 TN 系统，见电力行业标准 DL/T 621。TN 系统有 TN-S、TN-C-S、TN-C 等 3 种型式，在实际使用中较难加以限定，故不宜做出规定。

重要所用电负荷采用双回路供电方式时，宜分别接于不同母线段。如设置备用自投，宜分别设在负荷侧。避免设置母线段自投，是为防止一段母线故障时，备用自投后造成所用电全部中断而扩大事故。

6.3.5 调查中有些变电所采用两个半容量蓄电池组的做法，以便于蓄电池更换或核对性充放电，但也增加了运行和直流回路的复杂性。易因蓄电池容量难以匹配，实际造成选用两组蓄电池增大了投资。国内生产的阀控式密封铅酸蓄电池（即所谓免维护蓄电池）质量已大为提高，能满足变电所运行的可靠性。因其占地小、维护简便，在新建的无人值班变电所已被普遍采用。

基于充电装置的故障几率要比蓄电池的故障几率多，对较重要的变电所可设一套备用充电装置。66kV 及以上的变电所因供电范围相对较大，相对较为重要，直流电源故障影响也较大，故可采用两套充电装置，也可采用一套设有热备用模块的电源装置。

考虑到无人值班变电运行管理上的特点，要求直流电源装置宜具有自动调节功能。目前已有此类成熟的产品，例如智能化高频开关电源或相控电源已具有较好的性能，能实现自动调节和稳压稳流运行及故障记录，并具有数字通信接口。

6.3.6 统一设置交流不停电电源便于设备维护管理。由于所内蓄电池组比各独立设置的蓄电池组能有较好的维护管理，运行可靠性高，故交流不停电电源的直流电源宜由所内蓄电池组供电。

6.3.7 通信设备的电源一般采用直流 48V，而远动设备的电源一般均为交流 220V。通信设备与远动设备合用或分别设置备用电源将选择不同的通信电源设备，故通信设备与远动设备是否合用宜通过技术经济比较确定。

6.3.8 蓄电池组在全所事故停电后要满足 2h 的放电容量，是考虑事故停电后增加维修人员前往变电所的路途时间 1h。根据调查，控制端距被控变电所的控制范围半径为 20km，控制距离一般不超过 30km，只有极个别的达 50km，由于交通状况的差异宜计及 1h 路途时间。

事故照明不设自投，事故照明灯在维修人员到达现场后开启，如事故照明负荷由所内蓄电池组供电可只按 1h 计算。

当采用小容量镉镍蓄电池时，事故照明不应接入镉镍蓄电池组，可用应急灯。

6.4 电气二次设备室

6.4.1 强调了继电保护装置、测控设备、交直流电源和其他自动装置宜分散就地安装。10kV～35kV 的配电装置，如为开关柜时宜分散安装在开关柜上，也可设在配电装置附近的屏、箱内。当无条件就地设置时，可采用屏、柜结构统一集中布置在电气二次设备室。

6.4.2 电气二次设备室的功能为原控制室的部分功能，即取消了原控制室有人值班的功能。强调了电气二次设备室设施应简化，布置应紧凑，面积应满足设备布置和定期巡视维护要求。屏前的场地面积应比常规控制室有较大缩减。

由于无人值班变电所不设常规的控制屏，屏、柜的布置排列次序规律已不显著，但相对、局部地与配电装置间隔排列次序相对应，仍有利于运行、检修人员的现场作业。

6.5 二次接线

6.5.1 变电所内实施无人值班，有关所内仪表、信号、控制等回路因正常情况不实施运行监

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

视和控制，除本规程规定设置必要的监视和控制备用手段外，还应根据无人值班变电所的特点予以简化。

6.5.2 电气一次设备、断路器一般均为远方控制方式，隔离开关一般均为就地操作或控制方式。

6.5.3 考虑到远方控制端、远动终端或微机监控终端，以及远动通道故障时需要在所内实施运行操作或现场维护调试操作，远方控制的设备在所内均需设有备用控制手段。所内控制手段使用较少，有条件时一般宜设在就地，就地设置有困难时宜设在电气二次设备室。

6.5.4 作为远方遥控的备用控制手段的控制电路应为强电直接控制电路，是为防止远动终端或微机监控终端故障而设置，它宜设在就地或保护装置出口回路，确有困难时也可设在电气二次设备室。所内控制接线应大量简化，一般可设就地分、合闸按钮。

6.5.7 由于电气主接线的简化，10kV～35kV 一般均为单母线或分段单母线，防误闭锁装置采用开关柜成套供应的机械闭锁装置，简单可靠；35kV～110kV 屋内外配电装置可采用电磁式或其他形式。

6.5.8 变电所的主变压器有载分接开关调节、并联电容器组投切、蓄电池组充电、直流母线电压宜采用自动调节，是因为这些装置的远方遥控量太大，占据了控制端运行人员太多的时间，甚至会延误操作。

6.6 照明

6.6.2 在电气二次设备室、屋内配电装置及主要通道等处，宜装设事故照明，是考虑供电企业提高用户用电的可靠性进行及时抢修的需要。事故照明总开关应装在所内的入口处，是考虑无人值班变电所事故照明不需设自投，只需便于进所时开启，并应设有夜间能明显显示的标志。

6.6.3 无人值班变电所事故照明只需在运行或维护人员到达后人工开启，故照明需维持的时间仍为 1h。

6.6.4 照明设备的安装位置要避免设在带电设备的上方，装设的位置不宜过高，与带电设备应保持足够的安全距离，便于在运行状态下更换灯泡和安全维修作业。

6.9 远方监控

6.9.1 远方监控装置设置在变电所内的部分即为远方监控的终端，它包括信息采集、处理、发送，命令接受和执行的弱电部分。

6.9.2 远动终端、微机监控终端技术要求：

远动终端或微机监控终端应选择已获国家电力公司安运部、国家电力调度通信中心和电力规划设计院联合颁布远动终端设备产品进网许可证有效期内的产品。

本规程主要明确了无人值变电所应具备的远动终端或微机监控终端的功能。由于各种方式或各种装置都可以组成和实现变电所的远动或监控功能，将某些功能综合在一起，根据不同的综合内容可以形成不同的装置，因此本规程未采用“综合”这一不确定的概念。调查中绝大多数变电所是采用了常规的远动终端、保护和所内自动装置分设的装置。同时，远动终端的结构和功能也在传统的基础上利用微机技术发展，因此，规程不宜限定某种装置形式，而应允许各种（包括今后发展的）装置竞争发展。

关于资源共享，应首先满足各专业的特定技术要求，不宜笼统而论。鉴于继电保护、监控回路需要相对独立，某些关键部分的资源共享尚有待进一步的探索。

远动终端或微机监控终端的总体结构应满足变电所安装布置要求，是指远动终端或微机

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

监控终端的总体结构选型，应与电气总体布置采用电气二次设备集中安装或就地分散安装相协调。

电气量的采集宜交流采样，直采直用减少变换和干扰，有利于降低造价。

远动终端或微机监控终端测控部分应相对独立，是指不得与其他回路相混杂。因为远方遥控必须及时、准确，避免其他回路信息的延缓和影响。

变电所内不宜设置独立的计算机监视设备（运行值班员工作站），这是因为：

（1）变电所无人值班后就地监控功能一般只在现场调试时使用，装置使用率太低。

（2）如设置就地监控功能，制造商必将按照就地有人监控技术要求配置系统，其系统功能与大型变电所所内监控或变电所集中控制的远方控制端类似，使系统造价增加。

（3）制造商在配置各套监控设备时，易注重对远动终端或微机监控终端与当地监控装置（运行值班员工作站）的完善匹配，而忽视远动终端或微机监控终端对远方控制端的接口匹配，易形成与远方控制端接口的多样性。

（4）如每个变电所设置一套就地监控装置（运行值班员工作站），则在每一集控区内将由只需控制端一套增加至十余套，设备和资金浪费较多。

（5）现场不设置运行操作界面可以避免非运行操作人员的误动干扰。

（6）备有与 PC 机或便携机的接口，能满足调试维护人员现场使用要求。

无人值班变电所的同一被控设备在同一时间只允许由一个控制端对其实施遥控，是为了防止控制混乱。国家电力调度通信中心和电力部电力规划设计总院调自［1996］43 号文附件《实现变电站无人值班对调度自动化系统的基本要求》中作了此项规定。

6.9.3 信息传输条件：

远动通道是变电所远方监控的重要组成部分，根据需要应设主备通道，但调查表明多数变电所只有一条通道。如均要求设有主备通道投资较高，尤为农村电网变电所分布较广，通道较远，难以实现，故强调了应设一条可靠的远动通道。当有条件时宜配置备用通道，是因为有些地区一时难以实现主、备双通道，不作强求。

所谓“独立于主通道的备用通道”，是指同一次故障不会引起同时中断的通道。

6.9.4 附录 A 远方控制端信息采集量的确定，基本采用国家电力调度通信中心和电力部电力规划设计总院调自［1996］43 号文附件《实现变电站无人值班对调度自动化系统的基本要求》和电力行业标准 DL 5002 规定的量，只作了少量调整，并增加了根据变电所的管理需要和设备情况增加了采集的遥测量、遥信量的内容。

6.10 通信

6.10.1 建设可靠通道的费用较高，在技术上满足要求时可采用通道复用方式。

6.10.3 变电所通信设备一般以 48V 专用蓄电池作为备用电源，当设一组蓄电池，其容量按 2～3h 计算。下限 2h 是考虑事故后维修人员路途时间增加了 1h，上限 3h 是考虑到无人值班变电所通信的重要性，参照 SDJ 2 标准中通信备用电源的要求，考虑事故后 2h 内未能恢复供电而需要继续保持通信的可能性。另由于通信设备耗电量较小，其计算容量一般不影响蓄电池选择结果。

6.12 继电保护和自动装置

6.12.2 继电保护和安全自动装置的设计应保证其独立性，是为了保证其动作的实时性、准确性及可靠性。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.12.3 变电所事故后继电保护装置信号采用远方复归，还是采用现场复归是管理方式问题。设备功能应能满足两种管理方式的要求，故规定继电保护装置信号应具有远方复归功能。

虽考虑远方控制端计算机系统已具备记录事故、操作信息等功能，但一般考虑事故后宜有现场检查确认的过程，如实际运行管理经验和习惯认为有必要时仍可采用现场复归方式。

6.13 电气测量

6.13.2 变电所宜在各有关二次回路中直接测量电压值和电流值，是为防止微机测控系统故障而设置的最基本的就地监视手段，应力求简化直观，宜设在就地或利用设在保护、测控装置上的显示功能，不应集中设置仪表屏。

7 土 建 部 分

7.1 建筑物

7.1.1 变电所建筑物不宜扩建，故应按规划一次建成。按变电所特点及地区条件，必要时可设护卫室、泵房、工器具室、厕所、电锅炉房等。必要时可设护卫室的设置应根据护卫方式确定，如为代管、兼管或外包保安等均不设护卫室。护卫室的使用面积控制为 $10m^2$，当设有排水泵时可设泵房，工器具室只供存放不便携带的工器具和消防器材，也作为进入变电所运行维修人员暂息室，控制使用面积为 $20m^2$，并应充分利用建筑物的剩余面积。

变电所内一般不设卫生间，可设 1～2 个共用的厕位间隔。35kV 小型变电所当邻近有共公厕所时可不设厕所，因变电所规模较小以简化上下水和卫生管理。电锅炉房应根据采暖方式需要确定。

7.1.2 电气二次设备室净高采用 3.3m，是由于室内无人值班采用较低标准。电缆层的梁底净高不低于 1.8m 是因为进入无人值班变电所的人极少，已能适应多数人的身高。其他建筑物净高同国家标准 GB 50059。

7.1.3 对屋面排水增加按年雨量及建筑物檐口标高确定排放方式是考虑减少暴雨时，较高建筑物屋面排水飘淋引起电气设备室墙、窗的渗入。电气设备建筑物为减少漏雨宜做外天沟，避免设置女儿墙。

7.1.4 建筑风格、外装修标准要与周围环境相协调，是适应城乡规划景观的需要。内装修和在所外观赏不到的建筑物外装修参照电力行业标准 DL/T 5029 中三级标准。

关于钢门窗的采用，建设部已在住宅、商住楼、办公楼和公共建筑中因能耗高，保温、隔音、防腐性能差列为淘汰产品。但工业建筑中考虑防火、便于开闭等要求，目前尚不能完全有适合的产品代替，故门窗的选用应注意满足使用功能要求，又避免选用淘汰产品。

7.1.5 建筑物底层不宜设窗是考虑有利安全防范（有专人护卫的护卫室除外）。

7.1.6 全户内及地下变电所比较突出的问题是邻近其他建筑物，故对防火、防噪按有关标准列出要求。

油浸变压器室可根据建筑物特点宜采用框架结构配筋砖墙或钢筋混凝土墙。变压器室的大门因面积较大，做大防火门有困难时可改砌填充墙设小防火门或不设门。当不设防火门时，门前宜按建筑防火间距要求。

7.2 采暖通风

7.2.2 无人值班变电所不需全面采暖，故只需设局部采暖。采暖设施宜采用市政供热管路或

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电能源，清洁卫生、控制维护方便。

7.2.4 电气二次设备室应设有排风装置，是因为变电所取消了专用的固定式铅酸蓄电池室和调酸室，电气二次设备室内一般都布置了阀控式密封铅酸蓄电池组。夏季室温不宜超过 35℃，是满足设备和维护人员的要求。

7.2.6 六氟化硫电气设备室的通风及设置报警仪要求见电力行业标准 DL/T 5035 及 DL 5053 的六氟化硫电气设备室部分。六氟化硫电气设备室应采用机械通风，室内空气不允许再循环，排风口应设在室内下部和上部。通风设备应满足事故时的通风换气次数每小时不少于 4 次。

关于六氟化硫电气设备配电装置室应配备六氟化硫气体净化回收装置，调查的变电所中一般均设置移动式六氟化硫气体净化回收装置。六氟化硫电气设备室气体泄漏报警一般采用六氟化硫电气设备气体压力下降报警。

7.3 给排水及防火

7.3.3 国家标准 GB 50229 除对变电所的防火间距、消防道路、变压器及其他带油设备、电缆及敷设、主要生产建筑物等作出规定外，还规定“市区内无人值班的变电所，宜设置火灾探测报警装置，并应将火警信号传至有关单位。重要的无人值班的变电所，宜设置悬挂式气体自动灭火装置。”在条文说明中指出“本条中的悬挂式气体自动灭火装置是指卤代烷自动灭火器，宜设置在重要的无人值班的变电所易起火设备的房间内。”

无人值班变电所设计中除主变压器外基本按实现无油化考虑，易起火设备的房间主要为户内布置的油浸变压器室。

根据《蒙特利尔议定书》修正案，技术发达国家到公元 2000 年将完全停止生产和使用氟利昂、卤代烷和氯氟烃类，人均消耗量低于 0.3kg 的发展中国家，这一期限可延迟至 2010 年。目前设计的变电所仍可按国家标准 GB 50229 采用 1211 卤代烷气体灭火，待以后规范修订或有适宜的新产品时再代用。

7.4 其他

无人值班变电所土建部分的一般规定、荷载计算、建筑物的抗震构造和构筑物的技术要求与有人值班变电所并无差别，故应满足国家标准 GB 50229 的有关规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

DL/T 1101—2009

35kV～110kV变电站自动化系统验收规范

Acceptance specification for 35kV～110kV substation automation system

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言 ……286
1　范围 ……287
2　规范性引用文件 ……287
3　术语和定义 ……287
4　验收管理 ……288
5　出厂验收 ……289
6　现场验收 ……291
7　整体考核验收 ……294
8　验收内容和要求 ……294
附录 A（规范性附录）　验收测试记录格式 ……300
附录 B（规范性附录）　缺陷、偏差索引表及记录报告 ……301
附录 C（规范性附录）　验收流程图 ……303

前　言

根据《国家发展改革委办公厅关于下达 2003 年行业标准项目补充计划的通知》（发改办工业［2003］873 号）的要求，为使 35kV～110kV 变电站自动化系统的验收工作更具专业性、规范性和可操作性，保证投运后的系统稳定、安全可靠运行，特制定本标准。

本标准所列验收内容主要针对目前常用的分层分布式结构的变电站自动化系统，对于常规的微机远动终端，也可参照本标准相关内容检查验收。

本标准是在吸收设备使用单位、设备供应单位的相关技术资料基础上，并听取了国内众多行业专家的集体意见后，编制整理而成。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 均为规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业农村电气化标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准主要起草单位：国网电力科学研究院。

本标准参加起草单位：国家电网公司农电部、中国电力科学研究院。

本标准起草人：朱金大、沈昌国、张莲瑛、顾锦汶、刘剑欣、于海波、盛万兴、解芳。

本标准在执行过程中的意见或建议请反馈至中国电力企业联合会标准化中心（北京市宣武区白广路二条一号，100761）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

35kV～110kV 变电站自动化系统验收规范

1 范围

本标准规定了 35kV～110kV 电压等级变电站自动化系统验收的管理、验收流程、验收内容和要求等。

本标准适用于 35kV～110kV 电压等级变电站自动化系统新建、改造工程的建设和验收工作。本规范可作为编制变电站自动化系统招标文件技术规范的依据。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程

GB/T 15153.1 远动设备及系统 第2部分：工作条件 第1篇：电源和电磁兼容性（GB/T 15153.1—1998，IEC 60870—2—1：1995，IDT）

GB/T 15153.2 远动设备及系统 第2部分：工作条件 第2篇：环境条件（气候、机械和其他非电影响因素）（GB/T 15153.2—2000，IEC 60870—2—2：1996，IDT）

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验（GB/T 17626.4—2008，IEC 61000—4—4：2004，IDT）

GB 50171—1992 电气装置安装工程 盘、柜及二次回路结线施工及验收规范

DL 451 循环式远动规约

DL/T 621 交流电气装置的接地

DL/T 634.5101 远动设备及系统 第5-101部分：传输规约基本远动任务配套标准（DL/T 634.5101—2002，IEC 60870—5—101：2002，IDT）

DL/T 634.5104—2002 远动设备及系统 第5-104部分：传输规约采用标准传输协议子集的 IEC60870—5—101 网络访问

DL/T 687—1999 微机型防止电气误操作装置通用技术条件

DL/T 995—2006 继电保护和电网安全自动装置检验规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

出厂验收 factory acceptance test

变电站自动化系统在完成系统集成工作后，由设备供应单位组织，设备使用单位及受邀

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的行业专家共同进行的系统设备出厂验收试验。

3.2

现场验收 site acceptance test

设备现场安装调试完毕后，对变电站自动化系统的功能、性能的正确性进行验证，还包括对变电站自动化系统与其周围运行环境条件的测试，使用最终参数对全部安装的设备的测试。现场验收为变电站自动化系统做运行准备。

3.3

整体考核验收 whole check acceptance test

变电站自动化系统投运后，由变电站自动化系统设备使用单位组织设备供应单位及设备安装、调试单位对系统性能、现场验收遗留问题、试运行期间出现的问题等进行的综合考核验收。

3.4

缺陷 bug

在验收测试过程中发现的不满足合同技术协议文件或相关技术规范要求的基本功能和主要性能指标、影响系统稳定运行的问题。

3.5

偏差 warp

在验收测试过程中发现的不满足合同技术协议文件或相关技术规范要求的具体功能和性能指标、但不影响系统稳定运行、可通过简易修改补充得以纠正的问题。

4 验收管理

4.1 基本要求

变电站自动化系统的验收工作遵循出厂验收、现场验收、整体考核验收的顺序进行。出厂验收报告经出厂验收工作组确认合格后，设备方可出厂。现场验收完毕后，对验收过程中发现的问题应限期解决，遗留问题解决后，验收工作组针对遗留问题进行重新验收。验收顺序只有在前一阶段验收通过后，方可进入下一阶段工作。

4.2 验收职责

4.2.1 设备供应单位是变电站自动化系统的制造或集成单位，负责出厂验收的组织工作。设备使用单位是变电站自动化系统的最终使用单位，负责现场验收和整体考核验收的组织工作。设备安装、调试单位具体负责项目的设备安装、调试；没有确定专门设备安装、调试单位的项目，该部分职责由设备使用单位组织完成。

4.2.2 设备供应单位职责如下：

a） 负责项目出厂验收申请报告的编制工作；

b） 负责项目出厂验收大纲的编制工作；

c） 负责项目出厂验收组织工作；

d） 负责项目出厂验收报告的编制工作；

e） 参加项目现场验收大纲的编制工作；

f） 参加项目现场验收工作；

g） 参加项目整体考核验收大纲的编制工作；

h） 参加项目整体考核验收工作。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.2.3 设备使用单位职责如下：

a） 参加项目出厂验收工作；

b） 负责项目现场验收、整体考核验收大纲的编制工作；

c） 负责项目三个阶段验收大纲的审核工作；

d） 负责项目现场验收组织工作；

e） 负责项目整体考核验收申请报告的编制工作；

f） 负责项目整体考核验收组织和验收工作；

g） 负责项目现场验收、整体考核验收报告的编制工作。

4.2.4 设备安装、调试单位职责如下：

a） 负责现场验收申请报告的编制工作；

b） 参加项目现场验收大纲的编制工作；

c） 参加项目现场验收工作；

d） 参加项目整体考核验收大纲的编制工作；

e） 参加项目整体考核验收工作。

4.3 验收组织

4.3.1 负责项目各阶段验收组织工作的单位在验收条件具备后，应立即启动该阶段验收流程，根据各阶段的验收内容和性质，及时组织成立相应的验收工作组。

4.3.2 验收工作组在验收开始前做好各项准备工作，验收大纲经审查通过后，进入验收过程。验收工作组设领导小组和工作小组。领导小组主要负责验收的管理、协调、监督指导工作；工作小组设测试组和资料审查组，主要负责项目的具体验收工作，其成员应具备相应的专业技术水平，对工作范围内的设备进行过培训，熟悉验收过程，责任意识强。

4.3.3 变电站自动化系统的验收应坚持严谨的科学工作态度。在验收过程中，验收工作组按照验收大纲和验收流程进行该阶段的验收工作，并在验收测试工作结束后完成验收报告的审核、报批工作。

4.3.4 详细、认真填写验收记录。验收各个阶段的验收测试记录格式见附录 A，验收各个阶段缺陷、偏差索引表及记录报告见附录 B。

5 出厂验收

5.1 出厂验收具备条件

5.1.1 设备供应单位已按照系统的配置要求在工厂环境下完成了软件开发、系统集成及调试工作。

5.1.2 设备供应单位已搭建模拟测试环境，提供了合格的测试设备，并完成相关技术资料的编写。

5.1.3 设备供应单位已完成产品质量检验测试，并已达到合同及相关技术规范的要求。

5.1.4 设备供应单位已将质量检验报告和出厂验收申请报告提交设备使用单位。

5.1.5 设备供应单位已编写出厂验收大纲，并经出厂验收工作组审核确认后，形成正式文本。

5.2 出厂验收大纲

5.2.1 出厂验收大纲的编制。设备供应单位应根据项目招标技术文件、项目投标技术应答书、项目合同技术协议书及技术联络会形成的技术文件以及相关技术规范，编制项目出厂验收大

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

纲，并提交出厂验收工作组审核确认。

5.2.2 出厂验收大纲的内容。设备供应单位编制的出厂验收大纲包括（但不限于）以下内容。

a） 系统文件及资料包括（但不限于）以下内容：

1） 设备清单及配置情况说明；

2） 产品鉴定证书；

3） 产品出厂试验报告；

4） 产品技术说明书、使用与维护说明书；

5） 产品原理图、各控制对象的逻辑框图；

6） 屏柜安装、布置及端子接线图（图集及软件备份）；

7） 有关设备的型式试验报告（包括 EMC 试验报告）；

8） 质量检验报告；

9） 项目招标技术文件；

10）项目投标技术应答书；

11）合同技术协议书；

12）技术联络会纪要及备忘录（技术部分）；

13）设计变更说明文件（设计变更情况下有效）；

14）出厂验收申请报告。

b） 出厂验收测试项目：

1） 出厂验收测试项目由设备供应单位参照本标准第 8 章所列内容选取并报请出厂验收工作组审批，至少应包括外观检查、功能测试、性能测试、连续通电稳定性测试等内容以及出厂验收工作组提出的其他测试内容；

2） 出厂验收测试中，如某项测试内容涉及被测点数较多时，可采取抽测方式进行。当采用抽测方式进行测试时，每项抽测点数不得少于被测项目点数总量的三分之一。被抽测的项目应全部合格，否则应改为全部测试。

5.3 出厂验收合格条件

出厂验收达到以下要求时，可认为出厂验收通过，设备方可出厂：

5.3.1 系统文件及资料齐全；

5.3.2 所有软、硬件设备型号、数量、配置均符合项目合同技术协议书要求；

5.3.3 出厂验收结果满足本标准要求，测试结果应无缺陷、偏差项。

5.4 出厂验收流程

5.4.1 具备出厂验收条件后，验收工作组开始进行出厂验收。出厂验收流程图按附录 C 的 C.1 执行。

5.4.2 严格按审核确认后的验收大纲所列测试内容进行逐项测试、记录。

5.4.3 在测试中发现的缺陷和偏差，允许设备供应单位进行修改完善，但修改后应对所有相关项目重新测试。

5.4.4 测试完成后，由设备供应单位编写验收报告，验收工作组审核验收报告并确定出厂验收结论。

5.5 出厂验收报告

出厂验收报告应包含以下内容：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

a） 出厂验收测试记录及分析报告；

b） 出厂验收缺陷、偏差消除及调整记录；

c） 出厂验收结论。

6 现场验收

6.1 现场验收具备条件

6.1.1 系统硬件设备和软件系统已在现场完成安装、调试工作。

6.1.2 设备安装、调试单位完成二次回路接线，完成安装图纸和资料的编制以及安装设备的调试，相关图纸及资料正确，并已提交设备使用单位。

6.1.3 变电站自动化系统的信息已全部接入相关系统，且已完成与调度自动化主站系统等的信息联调工作。

6.1.4 与系统相关的辅助设备（电源、接地、防雷等）已安装调试完毕。

6.1.5 设备安装、调试单位已经将现场验收申请报告提交项目设备使用单位。

6.1.6 设备安装、调试单位已会同设备供应单位共同完成现场验收大纲的编写工作，项目现场验收大纲已由现场验收工作组审核并确认。

6.2 现场验收准备

6.2.1 项目现场验收组织部门在验收前批准现场验收申请报告，并组建现场验收工作组。

6.2.2 现场验收工作组在验收前组织有关人员审查验收大纲、竣工图纸和安装、调试报告。

6.2.3 现场验收前，设备安装、调试单位应把设备的安装使用情况向设备使用单位的值班人员交底，设备使用单位的运行部门按有关规定办理好验收工作许可手续，应模拟进行一次预演习以确保操作正确无误。

6.2.4 现场验收工作组在验收前应组织有关人员对设备及场地进行一次全面检查，场内无杂物，符合文明生产条件，设备名称及编号标志清楚，且经调度核对无误。已经对验收过程中的各种危险点进行了深入细致的分析，见表 1；并提出了应采取的安全措施，见表 2。

表 1 验收过程中的危险点分析

序号	内 容
1	图纸及技术方案如有错误，造成现场安全技术措施采取不当
2	拆动及测量二次电压回路，易造成二次交、直流电压回路短路、接地
3	拆动及测量二次电流回路，易开路或失去接地点，引起人员伤亡及设备损坏
4	拆动二次回路接线，如拆端子外侧接线时，易发生遗漏及恢复错误
5	表计使用不当，易造成二次交、直流电压回路短路或误动
6	遥控传动配合不当造成人员伤亡及开关误动
7	带电插拔插件，易造成 TA 开路、集成电路损坏
8	传动遥信时，工作人员间协调不好，易造成遗漏及误恢复
9	查看设备运行状况时，操作失误，易造成丢失参数及破坏系统配置
10	工作时注意力不集中，易造成走错间隔或点错端子

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表1（续）

序号	内　　容
11	设备带电部位不清，易造成触电事故
12	频繁插拔插件，易造成插件插头松动
13	拆动计算机电源线易造成交流短路
14	拔插通信线接头，易造成接头松动
15	使用其他外存设备，易造成计算机感染病毒

表2 安 全 措 施

序号	内　　容
1	明确工作任务及范围，做好安全、组织、技术措施
2	检查现场端子排及实际接线与图纸是否一致
3	工作时应认真核对回路接线，如需拆线，首先用万用表交、直流电压挡测量接头电压，并用绝缘胶布包好，做好记录，以防误接、漏接
4	应正确使用工具及仪器、仪表，所有带电仪器、仪表地线应可靠接地，以防外壳漏电引起触电事故
5	验收过程中发现问题先查明原因，不要频繁插拔插件，断开电源后才允许插拔插件。插拔遥测插件时应防止交流电流回路开路，在插入插件时严禁插错插件的位置
6	严禁电流回路开路或失去接地点，防止引起人员伤亡及设备损坏。用钳型电流表测量电流时，看清位置及电流进出方向，严禁强行拉电流电缆
7	用测试仪测量电压时，要按A、B、C、N的相序逐个用带绝缘护套的鳄嘴夹接入电压；拆除时，也按A、B、C、N的顺序逐个拆除，鳄嘴夹之间要保持一定的安全距离，不能使裸露的金属部分相距过近
8	测量遥信接点时，先用万用表测量接点的对地电压；确认没电后，方可测量回路电阻或通断情况
9	查看装置信息时，应在查询状态下进行，以防误修改装置参数
10	拔下通信接头时应做好标记
11	查看当地监控工作站信息时，应在值班员权限下进行，以防误修改系统参数
12	需要修改数据库时，应提前做好备份。若修改有误，便于及时恢复
13	连接外存储设备应做好防病毒措施

6.3 现场验收大纲

6.3.1 现场验收大纲的编制

设备安装、调试单位及设备供应单位负责根据出厂验收大纲以及变电站相关设备、环境的配置情况编制现场验收大纲，由项目现场验收工作组审核批准认可，并形成现场验收大纲正式文本。

6.3.2 现场验收大纲的内容

现场验收大纲应至少包括（但不限于）以下内容：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

a） 系统文件及资料。在出厂验收大纲相关内容的基础上增加以下内容：

1） 产品合格证书；

2） 生产许可证；

3） 质量保证体系文件；

4） 系统建设报告；

5） 设备现场安装、调试报告；

6） 系统测点清册；

7） 系统设计及施工图纸；

8） 系统备品、备件清单；

9） 专用测试仪器及工具清单；

10）现场验收申请报告。

b） 现场验收测试内容。现场验收的主要目的是检验系统与变电站内一次系统及其他设备的配合，系统的各项功能是否实现，系统的性能指标是否达到。现场验收测试内容应包含本标准第 8 章所列内容及验收工作组提出的其他测试内容，现场情况下不能进行的测试项目和不必测试的项目需经验收工作组同意。现场测试过程不允许采取抽测方式，应采用逐点全部测试方式，测试过程应包含到一次设备的二次回路。

6.4 现场验收合格条件

现场验收达到以下要求时，可认为现场验收通过：

6.4.1 系统文件及资料完整、齐全。

6.4.2 所有软、硬件设备型号、数量、配置等与出厂验收结果一致。

6.4.3 系统所采集的信息满足各级调度自动化主站系统的要求。

6.4.4 现场验收各项结果满足本标准要求，测试结果应无缺陷、偏差项。

6.5 现场验收流程

6.5.1 现场验收条件具备后，设备使用单位启动现场验收程序。现场验收流程图按附录 C 的 C.2 执行。

6.5.2 验收组织部门成立现场验收工作组。

6.5.3 设备安装、调试单位应将工程竣工报告、设备资料、试验报告、现场验收大纲及现场验收申请报告等提交现场验收工作组审核。

6.5.4 现场验收工作组应召集设备安装、调试单位及设备供应单位按照验收大纲内容组织验收。

6.5.5 现场验收工作组按照验收大纲所列测试内容进行逐项测试、记录。

6.5.6 设备安装、调试单位在处理验收提出的问题后，验收工作组重新验收，并确认无遗留问题后填写验收报告。

6.5.7 测试完成后，由验收工作小组编写验收报告，报验收领导小组审核并确定现场验收结论。

6.6 现场验收报告

现场验收报告应包含以下内容：

a） 现场验收测试记录、统计及分析报告；

b） 现场验收缺陷和偏差记录；

c） 现场验收结论。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7 整体考核验收

7.1 整体考核验收具备条件

7.1.1 系统现场验收合格，现场验收的遗留问题已经处理并经验收测试小组重新测试通过。

7.1.2 系统现场验收后 3 个月内运行正常，设备使用单位提交试运行报告。

7.1.3 整体考核验收申请报告经过整体考核验收工作组审核并确认。

7.1.4 整体考核验收大纲已形成正式文本。

7.2 整体考核验收大纲

7.2.1 整体考核验收大纲的编制。依照本标准所列验收内容的规定，针对系统运行过程中出现的问题，由设备使用单位负责组织设备供应单位及设备安装、调试单位共同编制整体考核验收大纲。整体考核验收大纲应经整体考核验收工作组审核确认后，形成整体考核验收大纲文本。

7.2.2 整体考核验收内容。整体考核验收内容包括现场验收大纲所列的系统性能测试部分、现场验收遗留问题、试运行中发现的问题等。

7.3 整体考核验收合格条件

7.3.1 系统在 3 个月的试运行期间运行稳定可靠，未出现系统崩溃、死机等稳定性问题。

7.3.2 系统性能指标的测试结果满足本标准相关条款的规定。

7.3.3 在整体考核验收测试中，测试结果应无缺陷、偏差项。

7.4 整体考核验收流程

7.4.1 设备使用单位的运行部门在系统满足整体考核验收条件后，向整体考核验收工作组提交整体考核验收申请报告、整体考核验收大纲、试运行报告。整体考核验收流程图按附录 C 的 C.3 执行。

7.4.2 整体考核验收工作组会同设备供应单位及设备安装、调试单位进行整体考核验收。

7.4.3 验收应按照整体考核验收大纲所列各项测试内容，进行逐项测试、记录。

7.4.4 测试完成后，由整体考核验收工作小组编写整体考核验收报告。设备使用单位根据整体考核验收结论报上级主管部门批复。

7.5 整体考核验收报告

整体考核验收报告应包括以下内容：

a） 整体考核验收大纲；

b） 整体考核验收测试报告；

c） 整体考核验收测试统计及分析报告；

d） 项目文件审查报告；

e） 试运行报告；

f） 整体考核验收结论。

8 验收内容和要求

8.1 外观检查

外观检查的对象包括站控层设备、间隔层设备、网络设备及辅助设备。内容及要求如下：

8.1.1 屏柜及装置的安装检查，按照 GB 50171 的相关内容进行检查验收。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8.1.2 变电站自动化系统设备的铭牌检查。

8.1.3 现场与机柜的接口检查，包括：

a） 检查电缆屏蔽线接地良好；

b） 检查接线正确；

c） 检查端子编号正确；

d） 检查 TV（PT）端子熔丝接通良好；

e） 检查 TA（CT）回路负载符合要求；

f） 检查各设备信息指示运行情况，设备应无告警信号；

g） 检查各类开关、电源闸刀电气接触良好。

8.2 系统功能验收

8.2.1 间隔层功能验收

间隔层功能验收主要包括下列验收测试项目：

a） 数据采集和数据处理，包括：

1） 开关量和模拟量的扫描周期检查；

2） 开关量防抖动功能检查；

3） 模拟量的滤波功能检查；

4） 模拟量越死区上报功能检查；

5） 脉冲量的计数功能检查；

6） 二—十进制数（BCD 码）功能检查。

b） 与站控层通信应正常。

c） 输入/输出（I/O）监控单元面板功能检查，包括：

1） 就地控制功能检查；

2） 状态监视功能检查；

3） 遥测准确性检查。

d） 输入/输出（I/O）监控单元自诊断功能检查，包括：

1） 输入/输出单元故障诊断功能检查；

2） 处理单元故障诊断功能检查；

3） 电源失电诊断功能检查；

4） 通信单元故障诊断功能检查。

8.2.2 站控层功能验收

站控层功能验收主要包括下列验收测试项目。

a） 与调度主站通信，包括：

1） 遥信正确性检查；

2） 遥测准确性检查；

3） 遥信变位历史记录检查；

4） 遥控功能检查；

5） 主变压器分接头调节检查（针对有载调压变压器）；

6） 通信故障、站控层设备工作状态检查。

b） 操作控制功能检查，包括：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1） 控制方式分为就地控制、站控层控制、远方遥控三级控制，同一时间只允许一种控制方式有效；

2） 在测控柜上应设“远方/就地”转换开关，任何时候只允许一种模式有效；

3） 远方操作既可在站控层操作，也可在远方控制中心遥控；

4） 对程序化操作变电站，按规定的程序进行自动控制操作；

5） 应能进行控制权限管理设置；

6） 所有的遥控操作采用选择、返校、执行方式，并有相应的记录信息。

c） 电压无功控制功能：

1） 电压无功控制功能投入/退出检查；

2） 闭锁电压无功控制功能检查；

3） 主变压器分接头调节，电抗器和电容器协调控制功能检查；

4） 电压无功控制对象操作时间、次数、间隔等统计功能检查。

d） 事故追忆功能：

1） 事故追忆不同触发信号功能检查；

2） 故障前和故障后模拟量追忆功能检查；

3） 事故追忆的时间跨度和时间间隔的设定功能检查。

e） 与其他设备的通信功能：

1） 与微机保护装置的通信；

2） 与电能计量管理系统的通信；

3） 与交、直流电源监控系统的通信；

4） 与微机消弧线圈自动补偿装置的通信；

5） 与故障录波装置的通信；

6） 与低频、低压减载装置的通信；

7） 与上述未提及的其他设备的通信。

f） 系统自诊断和自恢复：

1） 自诊断告警功能检查；

2） 站控层和间隔层通信中断自动诊断和告警功能检查。

g） 不间断电源系统功能检查，包括：

1） 交流电源失压，不间断电源系统自动切换至直流功能检查；

2） 切换时间测量；

3） 故障告警信号检查。

h） 时钟同步对时系统功能检查。

i） 人—机联系功能。35kV/66kV 变电站可以不设当地监控计算机系统，但应留有当地监控计算机系统接口以方便调试和维护。对于设有当地监控计算机系统的变电站，其人—机联系功能主要包括：

1） 实时显示采集和计算的系统运行参数、信息正确性检查；

2） 实时显示系统主接线图，具有多级窗口，局部区域放大、缩小功能，画面漫游、画面在线修改及拷贝功能；

3） 事故打印和事件顺序记录打印，报表生成、修改功能，报表定时、随机打印功能；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4） 遥测、遥信、电能量的人工设置功能；
5） 遥控操作闭锁及解锁投运功能；
6） 对一个遥测、遥信量或全部进行设置或恢复告警操作；
7） 在线计算和信息记录功能；
8） 数据库参数生成、修改功能，历史数据库的记录维护管理功能；
9） 定值等信息的查询、召唤功能；
10）信息告警及解除功能；
11）打印功能不影响主机的其他工作。

8.3 系统性能验收

变电站自动化系统性能验收的前提应建立在系统的可用率、可操作性、可维护性和稳定性均满足相应要求的前提下进行。性能指标验收主要包括下列项目：

a）	模拟量量程裕度	≥20%
b）	模拟量测量综合误差	≤0.5%
c）	电网频率测量误差	≤0.01Hz
d）	站内事件顺序记录分辨率（SOE）	≤2ms
e）	站内遥测信息响应时间	≤3s
f）	站内遥信变化响应时间	≤2s
g）	站内控制命令从生成到输出的时间	≤1s
h）	站内画面实时数据更新周期（模拟量）	≤3s
i）	站内画面实时数据更新周期（开关量）	≤2s
j）	控制操作正确率	=100%
k）	控制操作成功率	≥99.99%
l）	遥测合格率	≥98%
m）	事故时遥信年正确动作率	≥99%
n）	系统可用率	≥99.8%
o）	平均无故障间隔时间（MTBF）：	
	站控层	≥20 000h
	间隔层	≥40 000h
p）	站控层各工作站 CPU（中央处理单元）平均负荷率：	
	正常时（任意 30min 内）	≤30%
	电力系统故障时（10s 内）	≤50%
q）	自动化系统网络平均负荷率：	
	正常时（任意 30min 内）	≤30%
	电力系统故障时（10s 内）	≤50%
r）	时钟同步系统对时精度	≤1ms
s）	历史曲线采样间隔	1min～30min，可调
	历史曲线日报，月报储存时间	≥1 年
t）	事故追忆：	
	事故前	5 帧

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

	事故后	10 帧
u）	模数转换分辨率	≥12 位
v）	双机自动切换到系统功能恢复正常	≤30s
w）	远动通道切换时间	≤10s
x）	接地电阻	≤0.5Ω
y）	网络通信负荷率：	
	变电站运行正常时通信负荷率	≤30%
	一次设备发生故障时通信故障率	≤50%

8.4 稳定性测试

变电站自动化系统的稳定性测试应在连续通电下测试，主要在出厂验收阶段进行，连续通电测试时间不小于 72h。系统稳定性测试应满足下列要求：

a） 稳定测试运行期间，对外围设备不应有任何调整，不能修改程序或进行系统维护；

b） 有故障的单元可用备件代替，故障单元运行时间应该被扣除；

c） 如果由于设备故障出现系统崩溃、死机等稳定性问题而停止试验，该测试视为无效，测试应重新进行；

d） 连续通电测试的重复次数不得超过 2 次；

e） 在测试过程的任何阶段，应能在系统上进行模拟和正常操作；

f） 若在稳定性测试期间，系统发生运行中断，则测试将重新进行；

g） 测试过程中应定时（如每隔 12h）进行一次选项测试或检查，发现产品质量问题时应立即中止测试，待问题解决后重新开始测试。

8.5 继电保护功能验收

继电保护装置的配置应满足 GB/T 14285 的相关要求，并参照 DL/T 995 相关内容检查验收。

8.6 微机防误闭锁系统功能验收

对于装设微机防误闭锁系统的变电站自动化系统，应参照 DL/T 687 的相关内容检查验收。

8.7 系统型式试验

a） 在出厂验收前，设备供应单位应根据用户要求提供所有设备、元器件的型式试验合格报告。

b） 型式试验报告至少包括环境试验和电磁干扰试验等，对间隔层控制设备及网络设备的抗扰性应符合以下试验等级要求：

1） 静电放电	符合 GB/T 17626.4	4 级
2） 辐射电磁场	符合 GB/T 17626.4	3 级（网络要求 4 级）
3） 快速瞬变	符合 GB/T 17626.4	4 级
4） 冲击涌流	符合 GB/T 17626.4	3 级
5） 电磁感应的传导	符合 GB/T 17626.4	3 级
6） 工频电磁场	符合 GB/T 17626.4	4 级
7） 脉冲电磁场	符合 GB/T 17626.4	5 级
8） 阻尼振荡磁场	符合 GB/T 17626.4	5 级
9） 振荡波	符合 GB/T 17626.4	2 级（信号端口）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

c） 型式试验应在国内或国际认可的专业实验室进行。

d） 型式试验还包括用户规约的仿真测试。

8.8 现场验收其他事项

a） 远动信息完整性检查：远动信息应满足集控站、县调或地调等监视、控制和运行管理的需要。

b） 对照 GB/T 15153.1 和 GB/T 15153.2，检查变电站自动化系统中各设备的工作电源接入是否符合规范要求，电源质量是否合格，电源开关、熔断器设置是否合理。

c） 根据 DL/T 621，检查屏柜、设备、电缆的接地是否符合规范要求，主控室接地网是否按要求设置。

d） 变电站自动化系统应有防雷击、防过电压干扰的必要措施，至少应在电源、通信线路上采取必要的防护手段，如交流电源防雷器、加装浪涌冲击吸收器等手段。

e） 变电站自动化系统应能满足同时与两个主站系统实现主备信道通信的要求。与调度主站的通信规约宜采用 DL/T 451、DL/T 634.5101、DL/T 634.5104 规定的规约。

f） 变电站自动化系统与微机保护及其他智能电子设备的通信接口，应配备通信接口隔离保护器；主要通信接口应采用标准通信规约。

g） 装置有关的计数器与专用记录簿中的记载一致；借出的图纸、资料等如数归还，并有登记记录。

h） 保护定值整定通知单齐全，整定值与调度部门下达的通知单或调度命令相符；运行人员由于运行方式需要而改变定值区后，要求有打印新的定值单，且与整定通知书一致。

i） 交/直流电源系统、消弧系统、计量系统、低频低压减载装置、故障录波装置及站内其他设备（空调、火灾报警、视频监控等）参照相关技术标准或招标文件的技术要求进行现场验收和整体考核验收。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 A
（规范性附录）
验收测试记录格式

A.1 验收测试记录格式如表 A.1 所示。

表 A.1 验收测试记录格式

_____变电站　　第____页，共____页

验收所属阶段：				
验收测试内容：				
验收使用仪器：				
危险点分析及控制措施：				
验收地点：				
验收日期：				
序号	验收项目	验收标准或要求	测试结果	测试人
验收结论： 日期：　　年　月　日				
验收工作组代表（签字）：		设备供应单位代表（签字）：		

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 B
（规范性附录）
缺陷、偏差索引表及记录报告

B.1 缺陷记录索引表

表 B.1 缺陷记录索引表

_____变电站

缺陷编号	缺陷发现日期	缺陷提出者	测试项目	缺陷责任方签字	缺陷改正日期	缺陷改正评价

B.2 缺陷记录报告

表 B.2 缺陷记录报告

变电站名称：	
缺陷编号：	测试项目：
缺陷情况：	
缺陷提出者：	提出日期：
缺陷接受者：	接受日期：
计划改正日期：	实际改正日期：
缺陷原因：	
改正者：	
经再次测试结果表明，上述缺陷项已经改正，通过验收。特此确认。 设备供应单位代表（签字）： 日期： 年 月 日 设备安装、调试单位代表（签字）： 日期： 年 月 日 验收工作组代表（签字）： 日期： 年 月 日	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

B.3 偏差记录索引表

表B.3 偏差记录索引表

_____变电站

偏差编号	偏差发现日期	偏差提出者	测试项目	偏差责任方签字	偏差改正日期	偏差改正评价

B.4 偏差记录报告

表B.4 偏差记录报告

变电站名称：	
偏差编号：	测试项目：
偏差情况：	
偏差提出者：	提出日期：
偏差接受者：	接受日期：
计划改正日期：	实际改正日期：
偏差原因：	
改正者：	
经再次测试结果表明，上述偏差项已经改正，通过验收。特此确认。 设备供应单位代表（签字）： 日期： 年 月 日 设备安装、调试单位代表（签字）： 日期： 年 月 日 验收工作组代表（签字）： 日期： 年 月 日	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 C
（规范性附录）
验 收 流 程 图

C.1 出厂验收流程图

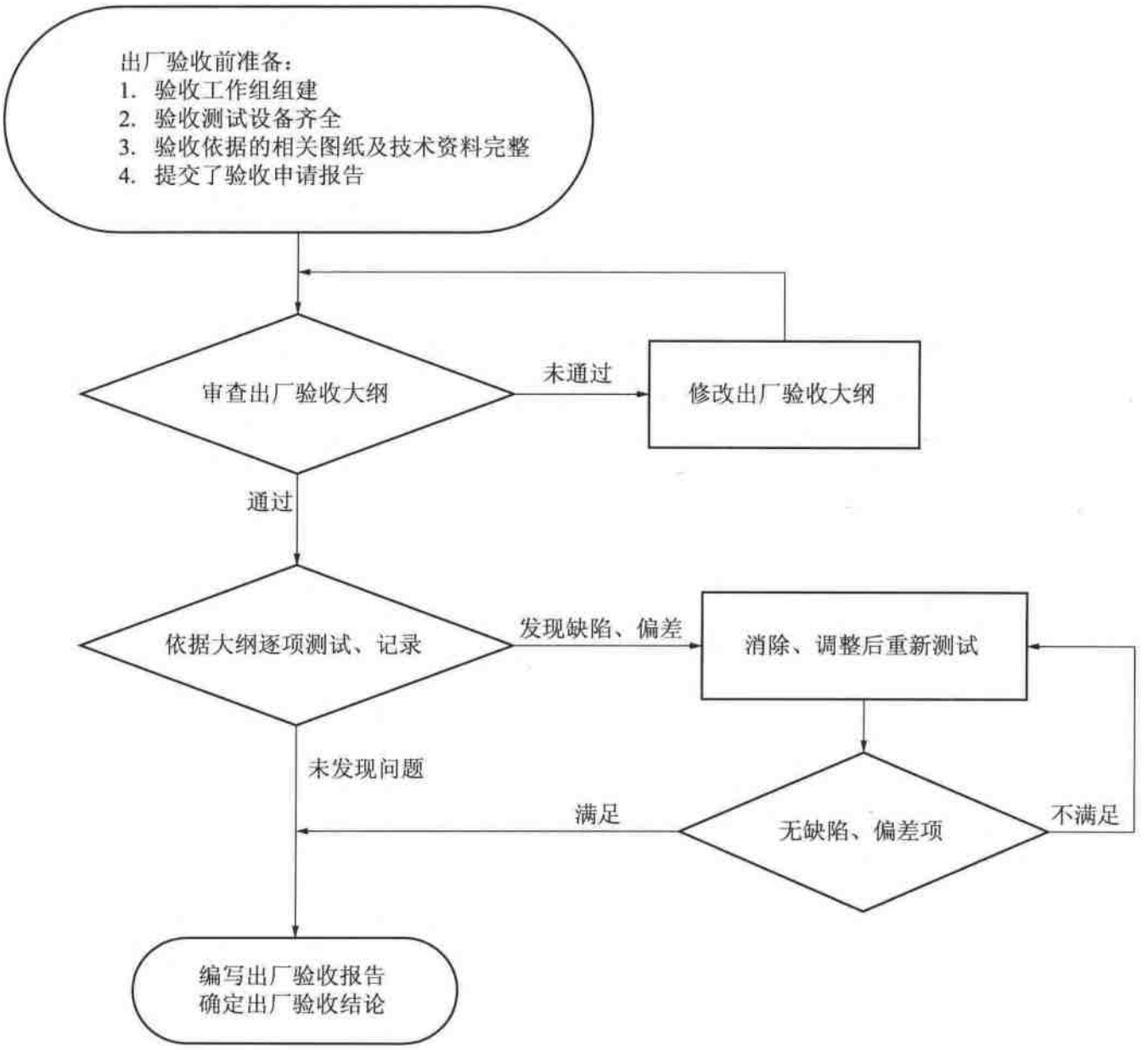


图 C.1 出厂验收流程图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

C.2 现场验收流程图

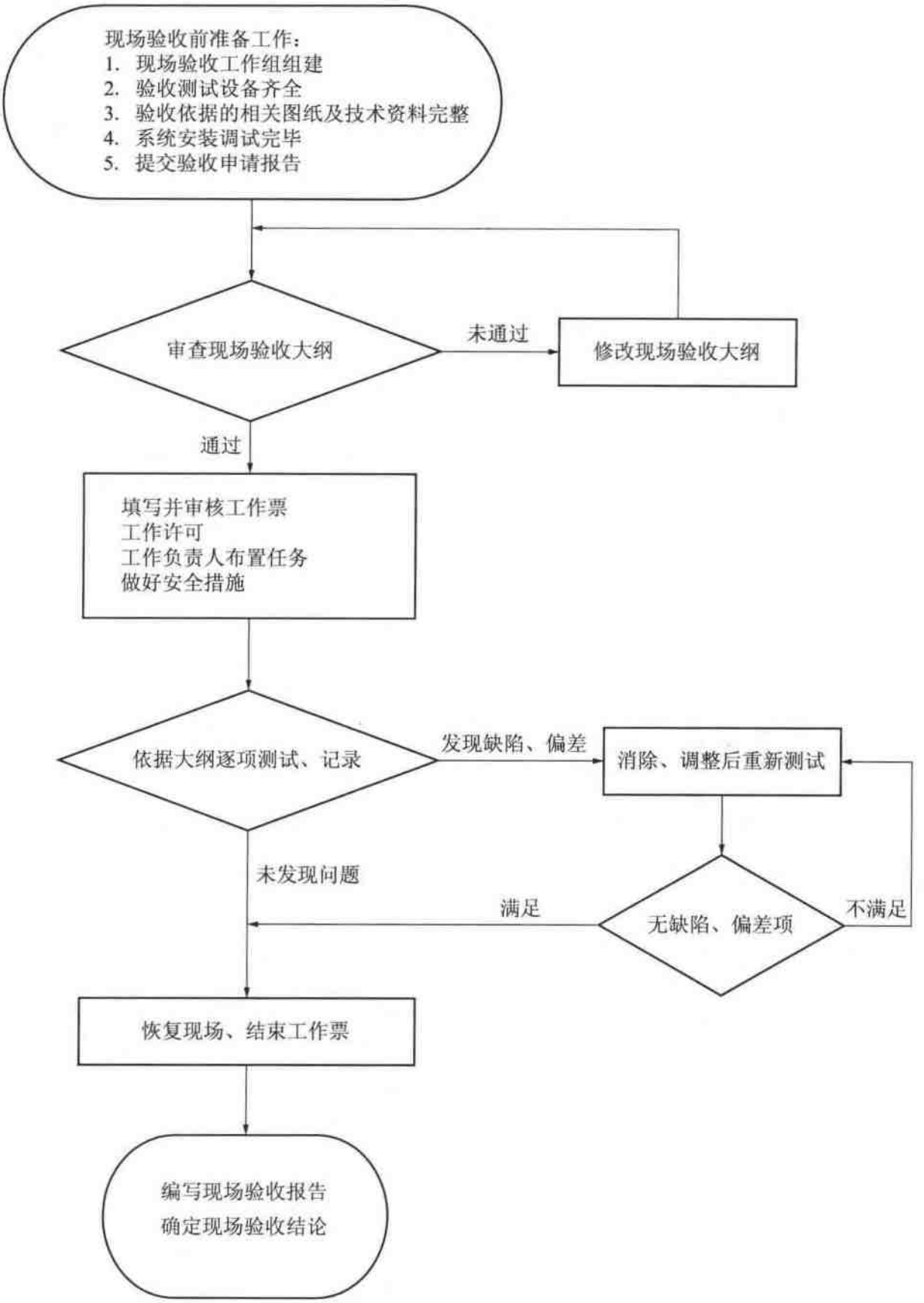


图 C.2 现场验收流程图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

C.3 整体考核验收流程图

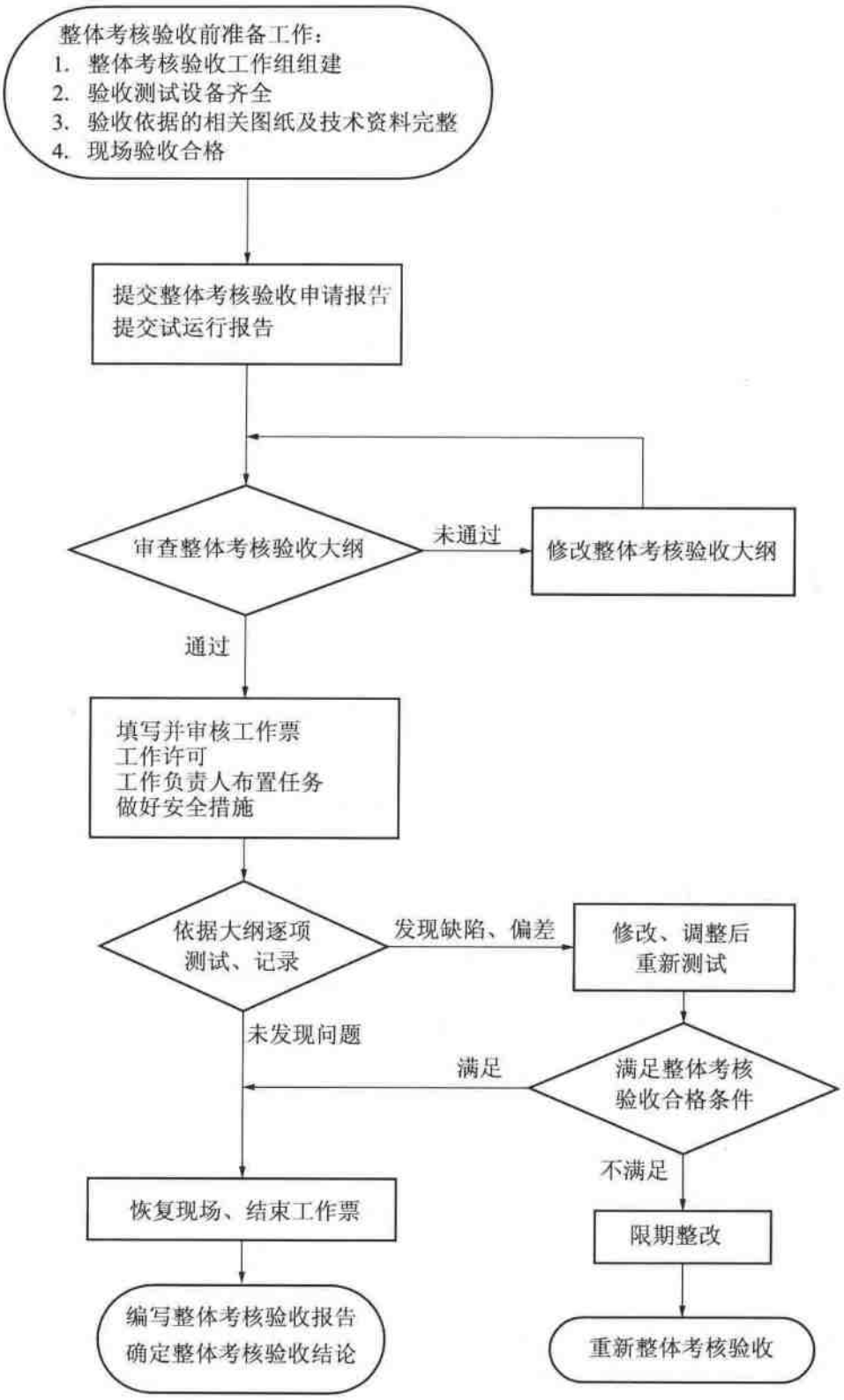


图 C.3 整体考核验收流程图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

DL/T 5242—2010

35kV～220kV变电站无功补偿装置设计技术规定

Technical rules for designing of reactive power compensation equipment in 35kV～220kV substations

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言 ……308
1　范围 ……309
2　规范性引用文件 ……309
3　术语和定义 ……309
4　总则 ……311
5　系统要求 ……311
6　接线 ……312
7　电器和导体选择 ……313
8　安装与布置 ……317
9　二次接线、继电保护和自动投切 ……319
10　防火、通风与采暖 ……322
附录 A（规范性附录）　无功补偿装置接线图 ……324
附录 B（规范性附录）　计算公式 ……327
条文说明 ……329

前　言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2005 年行业标准计划项目的通知》（发改办工业［2005］739 号）的安排制定的。

本标准的附录 A、附录 B 为规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会标准化管理中心提出。

本标准由电力行业电力规划设计标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：上海电力设计院有限公司、济南迪生电子电气有限公司。

本标准参加起草单位：东北电力设计院、北京电力设计院、沈阳电力勘测设计院、许继集团有限公司。

本标准主要起草人：唐宏德、袁智强、吕伟强、孙士民、张利、张东江、曹林放、潘东华、汪亚伦、杨益芹、汪筝、徐劲松、梁学宇、孙国庆。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条 1 号，100761）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

1 范 围

本标准规定了 35kV～220kV 变电站中的无功补偿装置，包括 10kV～66kV 的并联电容器装置、并联电抗器装置、静止无功补偿器装置、静止无功发生器装置的工程设计。

本标准适用于 35kV～220kV 新建变电站，改扩建工程可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 1984 高压交流断路器（IEC 62271—100：2001，MOD）

GB 50229 火力发电厂与变电站设计防火规范

GB/T 2900.16 电工术语 电力电容器［IEC 60050（436）：1990，NEQ］

GB/T 11024（所有部分）标称电压 1kV 以上交流电力系统用并联电容器

GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波

DL/T 620 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合

DL/T 840 高压并联电容器使用技术条件

DL/T 5002 地区电网调度自动化设计技术规程

DL/T 5003 电力系统调度自动化设计技术规程

DL/T 5222 导体和电器选择设计技术规定

DL/T 5352 高压配电装置设计技术规程

SD 325 电力系统电压和无功电力技术导则

3 术语和定义

GB/T 2900.16 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.0.1

单台电容器 capacitor unit

由一个或多个电容器元件组装于单个外壳中并有引出端子的组装体。

3.0.2

集合式电容器 assembling capacitor

将单台电容器集装于一个容器或油箱中的电容器。

3.0.3

电容器组 capacitor bank

电气上连接在一起的一组电容器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.0.4

并联电容器装置 installation of shunt capacitors

由并联电容器和相应的一次及二次配套设备组成，并联连接于三相交流电力系统中，能完成独立投运的一套设备。

3.0.5

电抗器 reactor

由于其电感而在电力系统中使用的电器。

3.0.6

并联电抗器 shunt reactor

并联连接在系统中，用以补偿电容电流的电抗器。

3.0.7

空心电抗器 reactor with air core

一种无铁心的电抗器。

3.0.8

铁心电抗器 reactor with iron core

由绕组和自成闭环的铁心（含小气隙）构成的电抗器。

3.0.9

半心电抗器 reactor with half iron core

含有铁心，但沿铁心不构成闭合磁路的电抗器。

3.0.10

油浸式电抗器 oil-immersed type reactor

浸渍于绝缘油中的电抗器。

3.0.11

干式电抗器 dry-type reactor

不浸于绝缘油中的电抗器。

3.0.12

串联电抗器 series reactor

串接于并联电容器组回路中的电抗器。

3.0.13

电抗率 reactance ratio

串联电抗器的感抗与并联电容器组的容抗之比，以百分数表示。

3.0.14

并联电抗器装置 installation of shunt reactors

由并联电抗器和相应的一次及二次配套设备组成，并联连接于三相交流电力系统中，能完成独立投运的一套设备。

3.0.15

晶闸管控制电抗器（TCR） thyristor-controlled reactor

一种与晶闸管串联连接并可连续调节无功功率的并联电抗器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.0.16

磁控电抗器（MCR） magnetically-controlled reactor

一种通过改变电抗器铁心的磁通密度来实现自身电抗值调节的电抗器。

3.0.17

静止无功补偿器（SVC） static var compensator

无运动元件，能够跟踪系统要求，可连续调节容性或感性无功功率的成套补偿装置。

3.0.18

静止无功发生器（STATCOM） static compensator

无运动元件，能够跟踪系统要求，连续发出所需容性或感性无功功率，其输出可独立于交流系统电压的装置，亦称为静止同步发电机。

3.0.19

响应时间 response time

在任何超调之前，从控制信号的阶跃变化输入到静止无功补偿器（SVC）达到要求输出的 90%的持续时间。

3.0.20

静止无功补偿装置 installation of static compensators

静止无功补偿器和静止无功发生器装置的总称。

3.0.21

无功补偿装置 reactive compensation equipment

用于补偿容性或感性无功的装置总称。

4 总 则

无功补偿装置的设计必须执行国家的技术经济政策，并应根据安装地点的电网条件、谐波水平、负荷特性、环境情况、运行检修要求和实际经验等，合理地选择装置型式，确定补偿容量、电压等级、补偿方式、接线方式、布置型式及控制、保护方式。设计中应做到安全可靠，技术经济合理，运行检修方便。

5 系 统 要 求

5.0.1 各级电压无功补偿应根据分层分区、就地平衡的原则确定。

5.0.2 变电站内装设的感性和容性无功补偿设备的容量和型式，应根据电力系统近、远期调相调压、电力系统稳定、电能质量标准的需要选择，同时考虑敏感和波动负荷对电能质量的影响。

5.0.3 无功补偿装置应优先考虑采用投资省、损耗小、可分组投切的并联电容器和并联电抗器。为满足系统稳定和电能质量要求而需装设静止无功补偿器或静止无功发生器时，应通过技术经济及环境因素等综合比较确定。

5.0.4 变电站内用于补偿输电线路充电功率的并联电抗器一般装在主变压器低压侧，需要时也可装在高压侧。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.0.5 并联电容器装置一般装设在变压器的低压侧，当条件允许时，应装设在变压器的主要负荷侧。

5.0.6 变电站内装设的并联电容器组和并联电抗器组的补偿容量，不宜超过主变压器容量的30%。

无功补偿装置应按最终规模设计，并宜根据无功负荷增长和电网结构变化分期装设。

5.0.7 综合考虑简化接线、节省投资、提高设备补偿效益，对并联电容器组和并联电抗器组进行合理分组，确定无功补偿设备的分组数。

5.0.7.1 电容器分组装置在不同组合方式下投切时，不得引起高次谐波谐振和有危害的谐波放大。

5.0.7.2 投切一组电容器或电抗器所引起接入母线电压的变动值，不宜超过其额定电压的2.5%。

5.0.8 根据电容器组合闸涌流、系统谐波情况以及对系统和电容器组的影响等方面的验算确定分组投切的并联电容器组的电抗率。当变电站无谐波实测值时，可按 GB/T 14549 中规定的各级电压母线的谐波电压畸变率及谐波电流允许值计算。

5.0.9 静止无功补偿器中电容器组的设计应避免与其他静止无功补偿支路及系统电源侧产生谐振。

6 接　线

6.1 一般规定

6.1.1 无功补偿装置的额定电压应与其接入系统的各种运行方式下的运行电压相配合，符合安全经济原则。

6.1.2 无功补偿装置的接线方式应根据补偿性质、设备特点和分组数等条件确定，并应满足安全可靠、节约投资、运行维护方便和有利于分期扩建、改建等要求。

6.1.3 无功补偿装置宜采用直接接入母线的接线方式。当该母线上有供电线路，经技术经济比较合理时，可设置无功补偿装置专用母线的接线方式。

6.1.4 无功补偿装置的接线方式应满足下列要求：

1 任一组无功补偿装置故障不应导致主变压器切除。

2 无功补偿装置应装设总断路器或分组断路器，装设总断路器时各组无功补偿装置可装设负荷开关、断路器或其他开关电器。

6.1.5 多台主变压器的无功补偿装置之间不宜装设相互切换的设施。

6.1.6 静止无功补偿器或静止无功发生器应连接在主变压器低压侧或单独采用降压（连接）变压器接在主要负荷侧或低压侧。

6.2 并联电容器及其配套设备的接线方式

6.2.1 并联电容器组可采用单星形接线或双星形接线。在中性点非直接接地的电网中，星形接线电容器组的中性点不应接地。

6.2.2 并联电容器装置应在每组回路中设置串联电抗器。串联电抗器装设在电容器的电源侧或中性点侧，应根据并联电容器装置的接线方式、电抗器的耐受动、热稳定电流及母线短路容量等经技术经济比较确定。常见接线方式见附录 A 图 A.1。

6.2.3 并联电容器装置应设置满足电容器投切要求的专用断路器或负荷开关等，分组断路器

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

和负荷开关等不能满足开断短路的要求时，应增设开断短路用的总断路器。

6.2.4 当电容器的外壳直接接地时，保护单台电容器的专用外部熔断器应接于电源侧。

6.2.5 当电容器组需自动投切或单台电容器无内放电电阻时，必须加装专用放电器件，放电器件的首尾端子应与电容器组对应端子直接连接。

6.2.6 并联电容器装置的避雷器可采用相对地或中性点接线方式，中性点避雷器应校核放电容量。

6.2.7 并联电容器装置宜在其电源侧和中性点侧设置检修接地开关，当中性点侧装设接地开关有困难时，也可采用接地端子等其他检修接地措施。

6.3 并联电抗器及其配套设备的接线方式

6.3.1 并联电抗器回路应装设断路器。

6.3.2 用于保护电抗器的过电压保护装置应装设在断路器的并联电抗器侧。

6.3.3 并联电抗器宜采用星形接线方式。

6.4 静止无功补偿装置的接线方式

6.4.1 静止无功补偿装置通过单独的升压变压器或变压器的低压绕组经断路器与系统相连。接线方式见附录 A 图 A.2～图 A.4。

6.4.2 当有静止无功补偿器或静止无功发生器时，断路器的装设原则应符合下列条件：

1 SVC 主回路装设总断路器，分支回路宜装设负荷开关，TCR 回路可不装设负荷开关；当不装设总断路器时，各分支回路均应装设断路器。

2 TCR 回路与谐波滤波器回路应固定连接在一起。

3 静止无功发生器主回路应装设断路器，断路器具有开断最大容性短路故障的能力。

6.4.3 各次谐波滤波器中的电容器组及电抗器装置接线可参照本章有关条款要求。

7 电器和导体选择

7.1 一般规定

7.1.1 无功补偿装置中的导体和电器选择均应符合 DL/T 5222 的有关规定。

7.1.2 无功补偿装置的电器和导体，应根据其技术条件及安装地点的环境条件选择和校验。

7.1.3 无功补偿装置的电器和导体应满足在当地环境条件下正常运行、短路故障及操作过程的要求。

7.1.4 无功补偿装置总回路和分回路的电器和导体选择时，回路工作电流应按稳态过电流最大值确定，电容器过电流倍数为回路额定电流的 1.30 倍。

7.1.5 无功补偿装置的绝缘水平，应与变电站中同级电压的其他电气设备相一致。

7.1.6 无功补偿装置宜采用分组结构，在保证可靠性的情况下尽可能减少尺寸，节约占地。

7.2 并联电容器

7.2.1 电容器的选型应符合下列规定：

1 组成并联电容器组的并联电容器，可选用单台电容器、集合式电容器。单组容量较大时，宜选用单台容量较大的电容器。

2 设置在特殊环境中的电容器，均应满足环境条件的特殊要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.2.2 电容器额定电压的选择，应符合下列要求：

1 电容器组的额定电压宜与安装处的母线实际运行电压计入因串联电抗器引起的稳态电压升高相适应。

2 电容器在运行中应能承受 1.10 倍额定电压的长期工频过电压。

3 静止无功补偿器中电容器的额定电压应满足系统设计的要求。

7.2.3 电容器的稳态过电流允许值应为其额定电流的 1.30 倍。对于具有最大电容正偏差的电容器，其过电流允许值应为电容器额定电流的 1.37 倍。

7.2.4 单台电容器额定容量选择，应根据电容器装置设计容量和每相电容器串联段数和并联台数确定，并宜在电容器产品额定容量系列的优先值中选取。

7.2.5 电容器的绝缘水平，应满足电容器组接线方式确定的串并联组合、安装方式要求等，根据电容器产品标准选取。

7.2.6 单台电容器的技术条件应满足 GB/T 11024 和 DL/T 840 的要求。

7.3 并联电抗器

7.3.1 并联电抗器选型时，可采用干式空心、半心并联电抗器或油浸铁心并联电抗器，户内布置时也可采用干式铁心并联电抗器，但应进行技术、经济与环境的综合比较。

7.3.2 并联电抗器三相间感抗偏差值不应大于±2%，每相偏差不应大于额定值的±5%。

7.3.3 并联电抗器总损耗值不宜大于额定容量的 0.5%。

7.3.4 并联电抗器在外施电压为 1.10 倍最高工作电压时，其伏安特性仍为线性。

7.3.5 并联电抗器的绝缘水平应符合 DL/T 620 中的规定，其中性点为全绝缘。

7.3.6 并联电抗器的噪声水平，油浸铁心式不应超过 75dB(A)；干式空心不应超过 60dB(A)；干式半心不应超过 65dB（A）；干式铁心不应超过 62dB（A）。

7.3.7 当感性无功需要调节时可选择磁控电抗器，但应经技术经济比较确定。

7.4 串联电抗器

7.4.1 串联电抗器一般采用干式电抗器，安装在户内的串联电抗器宜采用干式铁心电抗器。

7.4.2 用于限制合闸涌流的串联电抗器的电抗率一般按不大于 1%选择；用于限制 5 次及以上谐波，串联电抗率可取 4.5%～6%；限制 3 次及以上谐波，串联电抗率可取 12%。

7.4.3 串联电抗器的电抗值允许偏差应符合下列要求：

1 在额定电流下电抗值的允许偏差为额定值的 0～+5.0%。

2 空心干式电抗器在所允许的过电流下的电抗值应等于其额定电流下的电抗值。

3 铁心电抗器在 1.30 倍额定电流下的电抗值应不低于额定值，在 1.80 倍额定电流下其电抗值下降应不超过 5%。

4 电抗器每相电抗值的偏差应不超过三相平均值的±2%。

7.4.4 串联电抗器的过负荷能力应符合下列要求：

1 应能在 1.10 倍额定电压下连续运行。

2 应能在 1.30 倍额定电流下连续运行。

7.4.5 串联电抗器的最大短时允许电流应符合下列要求：

1 电抗率在 4.5%及以上的串联电抗器，应能承受 25 倍额定电流、持续 2s 而不产生任何热的和机械的损伤。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2 电抗率小于 4.5%的串联电抗器，应与制造厂协商确定最大短时允许电流值，但不得低于 7.4.5 第 1 款的要求。

7.4.6 串联电抗器的绝缘水平应符合下列要求：

1 地面安装的串联电抗器绝缘水平应符合表 7.4.6-1 的要求。

表 7.4.6-1 地面安装的串联电抗器绝缘水平

额定电压 kV	额定短时工频耐受电压 （干、湿，min，有效值） kV	额定雷电冲击耐受电压 （1.2/50μs，峰值） kV
10	30	95
20	50	125
35	80	200
66	140	325

2 安装于绝缘台架上的铁心串联电抗器绝缘水平应符合表 7.4.6-2 的要求。

表 7.4.6-2 绝缘台架上安装的铁心串联电抗器绝缘水平

额定电压 kV	额定短时工频耐受电压 （干、湿，min，有效值） kV	额定雷电冲击耐受电压 （1.2/50μs，峰值） kV
35	50	125
66	80	200

7.4.7 串联电抗器的噪声水平不应超过 65 dB（A）。

7.5 开关电器

7.5.1 并联电容器装置的断路器应选择真空断路器或 SF_6 断路器，断路器技术性能应满足 GB 1984 的要求，当不要求开断短路电流时可选择其他开关电器，但均应满足下列要求：

1 应具备频繁操作的性能。

2 合分时触头弹跳均应不大于限定值，开断时不应出现重击穿，当不能满足此要求时，应有操作过电压的防护措施。

3 应能承受关合涌流和工频短路电流，以及电容器高频涌流的联合作用。

7.5.2 用于并联电容器装置的开关电器的长期容性允许电流，应不小于电容器组额定电流的 1.30 倍。

7.5.3 用于无功补偿装置的总断路器应具有投切其所连接的全部无功补偿装置最大输出电流和短路电流的能力。

7.5.4 用于无功补偿装置的断路器，除应考虑开断系统短路电流外，还需考虑并联电容器组的放电电流的影响。在选择其动稳定电流时应叠加电容器的放电冲击电流值。在选择其遮断容量时，应叠加电容器相应的放电衰减电流值。

7.5.5 为防止过高的操作过电压，电容器回路应采用不重击穿的断路器或负荷开关。

7.5.6 当并联电抗器回路采用的断路器会产生较高截流过电压时，应加装过电压保护装置加

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

以保护。

7.5.7 其他投切设备应满足相关的要求。

7.6 熔断器

7.6.1 单台电容器保护用外部熔断器应采用专用的熔断器。

7.6.2 熔断器的额定电压不应低于电容器的额定电压，最高工作电压应为额定电压的 1.10 倍。

7.6.3 熔断器熔体的额定电流，应按不小于电容器额定电流的 1.37 倍，并不大于 1.50 倍进行选择。

7.6.4 熔断器的耐爆能量应不小于 15kJ/（kW·s）。

7.7 电容器放电器件

7.7.1 放电线圈应采用电容器组专用的油浸或干式放电线圈。油浸式放电线圈应为全密封结构，产品内部压力应满足使用环境温度变化的要求。

7.7.2 放电线圈的绝缘水平应根据设备安装方式确定：安装在地面上的放电线圈，额定绝缘水平应不低于同电压等级电气设备的额定绝缘水平；安装在绝缘框（台）架上的放电线圈，其额定绝缘水平应与安装在同一绝缘框（台）架上的电容器组的额定绝缘水平一致。

7.7.3 放电线圈的放电时间应能满足电容器组脱开电源后，在 5s 内将电容器组的剩余电压降至 50V 及以下。

7.7.4 放电线圈的容量应满足在最大放电容量下放电时的热稳定要求，当选用带有二次线圈的放电线圈时尚应满足二次负荷及电压变比误差的要求。

7.7.5 放电线圈的中性点应为全绝缘，并有套管引出。

7.8 避雷器

7.8.1 并联电容器装置操作过电压保护用避雷器，应选用无间隙金属氧化物避雷器。

7.8.2 选择保护并联电容器装置的金属氧化物避雷器的额定电压应考虑系统单相接地引起的工频电压升高。

7.8.3 设计中应校验避雷器通流容量以确保运行安全。

7.9 静止无功补偿装置

7.9.1 应对静止无功补偿装置的暂态及动态稳定、谐波、暂态过电压下的性能作出评价，以保证静止无功补偿装置中各组件或部件在各种系统扰动下能够正常、可靠地运行。

7.9.2 应对静止无功补偿装置在最严重运行情况下引起的电压畸变和谐波电流值作出评价，包括非特征谐波的影响，应合理选择谐波滤波器的电气参数，以保证在正常运行时的谐波指标满足 GB/T 14549 有关条款的要求。

7.9.3 静止无功补偿装置由强制停电造成的年可用率不应低于 96%，强制停电的次数不应多于 5 次。

7.9.4 静止无功补偿装置的室外噪声不应大于 65dB（A）。

7.9.5 滤波电容器组额定电压的选取应考虑下列因素：

1 串联电抗器引起的滤波电容器工频电压升高。

2 谐波滤波器接入点的系统最高运行电压。

3 谐波引起的滤波电容器电压升高。

7.9.6 谐波滤波器装置中的滤波电容器稳态过电流允许值应满足第 7.2.3 条的要求，或由用户和制造厂协商确定；其他电器的稳态过电流允许值不应小于滤波电容器的稳态过电流

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

允许值。

7.9.7 为降低静止无功补偿装置的运行费用，在选型时，应考虑其损耗特性，并对静止补偿装置的损耗进行经济性分析。

7.9.8 静止无功补偿装置正常运行时工作人员需要进入的地方，磁场强度应低于 2mT。

7.10 阀体

7.10.1 阀体和所有相关设备的设计应耐受系统稳态及暂态运行相关的电压和电流应力，其中过电流应满足静止无功补偿装置最大的故障电流。

7.10.2 阀体冷却系统必须保证半导体元件的正常运行，冷却方式可采用水冷或其他介质的冷却，冷却系统中用的风扇和水泵应设有 100%的备用。

7.10.3 阀单元的冗余最少为 10%，但每相阀单元的冗余不少于 1 个。阀体的性能和保护要求应满足所有冗余阀单元短路的情况。

7.10.4 密闭循环去离子纯水冷却系统的正常运行水阻率应不低于 5MΩ/cm，异常情况下不低于 3MΩ/cm。

7.10.5 失效水冷元件的更换应在不打开冷却水回路的情况下进行。

7.10.6 噪声应符合静止无功补偿装置的总体要求。

7.11 导体与其他

7.11.1 并联电容器装置的分组回路，应按 1.30 倍并联电容器组额定电流选择回路导体截面，并联电容器组的汇流母线和均压线导线截面与分组回路的导体截面相同。

7.11.2 单台电容器至母线或熔断器的连接线应采用软导线，长期允许电流不应小于单台电容器额定电流的 1.50 倍。

7.11.3 双星形电容器组的中性点连接线和桥形接线电容器组的桥连接线，其长期允许电流不应小于电容器组的额定电流。

7.11.4 并联电容器装置的所有连接导体除了应满足长期允许电流的要求，还应满足动稳定和热稳定要求。

7.11.5 用于电容器装置电流不平衡保护的电流互感器，应符合下列要求：

1 额定电压应按接入处电网电压选择。

2 额定电流不应小于最大稳态不平衡电流。

3 应能承受故障状态下的短路电流和高频涌放电流。

4 准确等级可按继电保护要求确定。

7.11.6 用于电容器装置的支柱绝缘子，应按电压等级、泄漏距离、机械荷载等技术条件选择和校验。

7.11.7 TCR 回路、滤波器回路及用于谐波补偿目的的 STATCOM 回路的连接线的长期允许电流，应考虑由于谐波电流带来的涡流和集肤效应导致的热效应，不应小于该回路包含长期和短时基波及谐波电流在内的最大允许过电流，并满足机械强度的要求。

8 安装与布置

8.1 一般规定

8.1.1 无功补偿装置及其配电装置的带电距离应满足 DL/T 5352 的要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8.1.2 无功补偿装置的布置和安装设计，应利于分期扩建、通风散热、运行巡视、便于维护检修和更换设备。

8.1.3 无功补偿装置的布置形式，应根据安装地点的环境条件、设备性能和当地实践经验，选择户外或户内布置。

8.1.4 户内布置的无功补偿装置宜设置防止凝露引起污闪事故的措施。

8.1.5 户内无功补偿装置宜独立布置。

8.2 并联电容器组

8.2.1 电容器组的布置，可分相设置独立的框（台）架，也可采用柜式成套装置。

8.2.2 大容量并联电容器装置宜采用多层、分相布置方式。分层布置的电容器组框（台）架，不宜超过 3 层，每层不应超过 2 排，四周和层间不得设置隔板。当电容器超过 3 层时，宜采用横放电容器及相应布置结构。

8.2.3 电容器组的安装设计最小尺寸，应符合表 8.2.3 的规定。

表 8.2.3 电容器组的安装设计最小尺寸 mm

名称	电容器（户外、户内）		电容器底部距地面		装置顶部至屋顶净距
	间距	排间距离	户内	户外	
最小尺寸	70	100	200	300	1000

8.2.4 户内、外布置的电容器组，在其四周或一侧应设置维护通道，其宽度（净距）不应小于 1200mm。维护通道与电容器间应设置网状遮栏，其高度按 DL/T 5352 规定不应低于 1700mm。

当电容器采用柜式结构双排布置时，相互之间的维护通道宜按单侧门宽加 800mm 设计，最小尺寸不得小于 1200mm。

电容器框架与墙或框架间应设置检修通道。停电后打开网门方能进行检修和更换设备的通道，其宽度不宜小于 1000mm。电容器在框架上单排安装时，框架与墙之间不设检修通道，可靠墙布置。

注：1 维护通道系指正常运行时巡视、停电后进行维护检修和更换设备的通道。

2 检修通道系指停电后维护检修工作使用的通道。

8.2.5 电容器组的绝缘水平，应与电网绝缘水平相配合。电容器与电网绝缘水平一致时，应将电容器外壳和框（台）架可靠连接并接地；当电容器绝缘水平低于电网的绝缘水平时，应将电容器安装在与电网绝缘水平相一致的绝缘框（台）架上，绝缘框（台）架应与中间电位相连接，电容器的外壳应与框（台）架可靠连接。各并联段框（台）架之间应无电的连接。电容器组的绝缘台架应分相设置。

8.2.6 电容器套管相互之间和电容器套管至母线或熔断器的连接线，应采用软导线连接，并应满足下列要求：

1 严禁直接利用电容器套管连接或支撑硬母线。单套管电容器组的连接壳体导线，应采用软导线由壳体端子上引接。

2 熔断器应安装在通道侧，熔断后应有明显标志。

8.2.7 并联电容器装置，可根据周围环境鸟、鼠、蛇类等小动物活动的情况，设置防侵袭的封堵、围栏和网栏等设施。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8.2.8 凡不与地绝缘的每个电容器的外壳及电容器的框（台）架均应接地；凡与地绝缘的电容器的外壳均应接到固定的电位上。未装设接地开关的电容器装置应设便于挂接地线的端子。

8.2.9 电容器装置的钢构架应采取镀锌、刷漆等防锈措施。

8.3 电抗器

8.3.1 干式铁心串、并联电抗器，宜采用户内布置方式。铁心电抗器布置在户内时，应考虑电抗器的防振动措施。干式空心并联电抗器宜布置在户外，空心并联电抗器宜分相中型布置或品字形布置。

8.3.2 干式空心串、并联电抗器对其四周、上部、下部和基础中的金属构件的距离，以及形成闭合回路的金属构件的距离，均应满足防电磁感应的要求。

8.3.3 空心串、并联电抗器的围网、围栏在条件许可的情况下宜选用非金属材料。

8.3.4 当空心电抗器布置在户内时，为防止电抗器对二次微机保护及其他弱电设备的电磁干扰，应避免电抗器与易受干扰的弱电设备上、下布置或水平相邻靠近布置，当无法避免时必须采取防电磁干扰的措施。

8.3.5 干式空心串、并联电抗器的板形引接线宜立放布置，电抗器所有组件的零部件宜采用不锈钢螺栓连接。

8.3.6 干式空心串、并联电抗器的支撑绝缘子接地，应采用放射形或开口环形，并应与主接地网可靠连接。

8.4 静止无功补偿装置

8.4.1 静止无功补偿装置阀体应采用户内（阀厅）布置，阀厅应采取电磁屏蔽措施。

8.4.2 静止无功补偿装置阀体的冷却系统，除热交换器外，均宜采用户内布置，根据总体布局尽量与阀厅就近布置。

8.4.3 电抗器一般为户外布置。对于大容量单相空心电抗器，布置时应满足 8.3.2 条要求。

8.4.4 直流励磁饱和电抗器一般为户外布置。

8.4.5 光纤的铺设应考虑能够耐受的机械应力，拉力、弯曲半径应满足要求，且信号衰减也应满足要求。

9 二次接线、继电保护和自动投切

9.1 一般规定

9.1.1 变电站中的无功补偿装置（并联电抗器、并联电容器和静止无功补偿装置等设备）的二次接线（包括控制、信号、测量）、继电保护和自动投切等的设计，应与变电站其他部分的相应设计统一考虑，必须满足安全可靠、协调配合和便于使用的要求。变电站中的无功补偿装置宜采用微机型保护和计算机进行监控。

9.2 控制

9.2.1 并联电容器和并联电抗器，宜由变电站计算机监控系统集中控制；静止无功补偿装置宜采用独立的就地控制保护装置，应具备计算、自动调节、监视、保护、通信、启动、停止、顺序控制、文件记录等功能，同时在主控制室应具有远方投切和调整的功能；静止无功补偿装置的冷却系统（例如晶闸管用的冷却系统电动机）可就地和远程控制。

9.2.2 无功补偿装置的断路器应由变电站计算机监控系统进行控制。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.2.3 无功补偿装置的隔离开关、接地开关以及网门，应具有“五防”功能，以达到防止误操作的目的。

9.2.4 无功补偿装置的监视、控制、保护用直流电源应使用变电站内的直流电源。

9.3 信号

9.3.1 并联电容器和并联电抗器应接入变电站计算机监控的信号系统。静止无功补偿装置可根据需要设置专用信号系统，在设置专用信号系统时，除发出就地信号外，还应将有关信号接入变电站计算机监控系统。

9.3.2 无功补偿装置应分别装设反映故障跳闸的信号、异常运行的报警信号以及设备的运行状态信号。

9.3.3 与各种无功补偿装置有关的模拟量和开关量应接入计算机监控系统的测控装置。

9.3.4 对需要远距离传输至各级调度的信息，可根据 DL/T 5003、DL/T 5002 和所属调度自动化系统功能的要求执行。

9.4 测量

9.4.1 应对并联电容器和低压并联电抗器的下列电量进行测量，测量装置宜采用交流采样：

1 总回路及分组回路中各相电流。

2 中性点非有效接地系统的母线上，接有无功补偿装置时，应测量用于绝缘检查的 3 个相电压和相间电压。

3 应测量总回路的无功功率和无功电能。当总回路之下同时接有并联电容器和低压并联电抗器时，应分别测量和计量容性和感性电能。

9.4.2 测量装置应满足各无功补偿设备允许通过的最大电流和允许耐受的最高电压的要求。

9.4.3 静止无功补偿器或静止无功发生器就地应测量下列电气量：

1 一路参考电压（一般为中压侧）。

2 一路主变压器中压侧电压。

3 中间变压器高压侧的各相电流。

4 静止无功补偿装置各分组电容器回路的各相或一相电流。

5 总回路双方向无功功率。

6 所接的母线电压。

7 冷却系统主要部件的运行状态，并具备信号上传和远程控制功能。

9.4.4 静止无功补偿器或静止无功发生器在监控系统中应测量下列电气量：

1 一路参考电压（一般为中压侧）。

2 中间变压器高压侧的各相电流。

3 分组电容器回路的各相或一相电流。

4 对总回路的测量，可参照本标准 9.4.1 执行。

9.5 并联电容器保护

9.5.1 单台电容器内部故障保护可由内熔丝或外熔断器和继电保护装置实现。单台电容器当设置专用的外熔断器作为内部故障及引出线的短路保护时，熔断器应有动作指示。

9.5.2 并联电容器组的继电保护装置，应对下列故障和异常运行方式，分别作出有选择性的切除或发出信号：

1 电容器内部故障及其引出线短路。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2 电容器组和断路器之间连接线短路。

3 电容器组中某一故障电容器切除后所引起的剩余电容器的过电压。

4 电容器组的单相接地故障。

5 电容器组过电压。

6 电容器组所连接的母线失压。

7 中性点不接地的电容器组，各相对中性点的单相短路。

8 当发生谐波谐振放大引起的电压或电流超过限值时。

9.5.3 并联电容器组可装设电流保护，保护设速断和过流两段，保护动作于跳闸。

9.5.4 并联电容器组内部故障，按并联电容器组的不同接线方式，分别采用下列类型保护装置：

1 单星形接线的电容器组可采用开口三角零序电压保护（接线图见附录 A 图 A.5）。

2 多段串并联星形电容器组可采用桥式差电流保护或采用电压差动保护（接线图见附录 A 图 A.6）。

3 双星形接线的电容器组可采用中性点不平衡电流保护（接线图见附录 A 图 A.7）。

9.5.5 并联电容器组应设置母线过电压保护，保护动作值按电容器额定电压的 1.10 倍整定，动作后带时限切除电容器组。

9.5.6 并联电容器组应设置母线失压保护。当母线电压降到额定值的 60%时，失压保护动作后带时限切除全部失压的电容器组。

9.5.7 中性点非有效接地系统中的电容器发生一点接地故障时应发出信号。对于采用低电阻接地方式的系统，发生一点接地故障时应装设零序电流保护，零序电流保护动作带时限切除故障电容器组。

9.5.8 对于多组并联电容器组的无功补偿装置应装设总保护和电容器组分保护，总保护应装设短路保护，电容器组分保护应装设故障保护。多电容器组的无功补偿装置保护示意图见附录 A 图 A.8 和图 A.9。总保护和电容器组分保护应满足如下要求：

1 总保护对整套无功补偿装置的一次设备以及引线电缆、套管的过流和短路进行保护，保护分为速断和过流保护。

2 电容器组分保护，对电容器组的内部故障进行保护，保护类型依据 9.5.4 进行选择。同时设过流保护。

9.5.9 对油浸集合式并联电容器应装设压力释放和油温保护，压力释放动作于跳闸或信号，油温保护动作于信号。

9.6 并联电抗器保护

9.6.1 对低压并联电抗器的下列故障及异常运行状态，应装设相应的保护：

1 绕组的单相接地和匝间短路。

2 绕组及其引出线的相间短路和单相接地短路。

3 过负荷。

4 油面过低（油浸式）。

5 油温过高（油浸式）。

9.6.2 油浸式并联电抗器应装设瓦斯保护，重瓦斯动作于跳闸，轻瓦斯动作于信号。

9.6.3 并联电抗器应装设电流速断保护，保护动作电流值可按最小运行方式下，并联电抗器端部两相短路时有足够灵敏系数整定，动作后瞬时切除并联电抗器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.6.4 并联电抗器应装设过流保护。保护动作值按躲过最大可能的负荷电流整定。动作后带时限切除并联电抗器。

9.6.5 为防止电源电压升高引起并联电抗器过负荷，可装设过负荷保护，保护动作后带时限发出信号。在过电压运行情况下不应切除并联电抗器。

9.7 静止无功补偿装置保护

9.7.1 静止无功补偿器用的并联电容器、滤波器和可控电抗器的继电保护，按 9.5 及 9.6 对并联电容器和并联电抗器规定的保护配置原则执行。

9.7.2 当静止无功补偿装置经中间变压器与变电站的主变压器连接时，中间变压器的保护配置宜与同容量的电力变压器相同。

9.7.3 静止无功补偿装置中的阀元件应装设完善的过电压、过电流保护和触发回路的抗干扰措施，防止由于暂态或稳态的过电压或过电流引起阀元件损坏，保护装置动作于切除故障或发出信号。

9.7.4 静止无功补偿装置应装设反映阀元件冷却系统故障的保护装置。当冷却系统故障，不能保障阀元件有效冷却时，应瞬时退出整套装置。

9.7.5 静止无功补偿装置的阀触发用的电源必须备有电压监视装置。当该回路失去电压时，应立即切除受控的阀体或切除全部静止无功补偿装置。

9.8 自动投切

9.8.1 并联电容器和并联电抗器，可按电力系统要求进行分组投切。无功补偿装置的自动投切，应满足 SD 325 的要求。

9.8.2 自动投切应有防止保护跳闸时误投无功补偿装置的闭锁逻辑回路，并应具备解除闭锁功能。

9.8.3 无功补偿装置回路严禁设置自动重合闸。

9.8.4 分组并联电容器和并联电抗器自动投切时应采用循环投切方式并应防止发生投切振荡。

10 防火、通风与采暖

10.1 防火

10.1.1 无功补偿装置的防火要求应按 GB 50229 中的相关内容执行。

10.1.2 户内布置的油浸电容器（电抗器）室属丙类生产建筑物，其耐火等级不应低于二级。其楼板、隔墙、门窗和孔洞均应满足相应的二级耐火等级的防火要求。

电容器（电抗器）装置的支架应采用不燃或难燃烧性材料制作。

10.1.3 独立布置的电容器（电抗器）室以及户外布置的油浸电容器（电抗器）与其他建筑物或主要电气设备之间的防火距离，不应小于 10m。

当不能满足上述规定时，应设防火墙；当相邻建筑物的外墙为不开门窗及洞口的防火墙时，防火距离可不受限制；当相邻建筑物的外墙为设有甲级防火门的防火墙时，防火距离不应小于 5m。当与其他建筑物联合布置时，其间应设防火墙，防火墙的长高尺寸应比设备外廓尺寸每边大 1m，并在防火墙的两侧 2m 范围内，不得开门窗及洞口。

10.1.4 电容器（电抗器）室的门应向疏散方向开启；当门外为公共走道或其他房间时，该门应采用乙级防火门。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

电容器（电抗器）室不宜设置采光玻璃窗。

10.1.5 电容器（电抗器）装置必须就近设置能灭油火的消防设施，并应设有消防通道。

10.1.6 连接电容器（电抗器）室的电缆沟道，应采取防止液体溢流或火势蔓延的保护设施，应在电缆敷设完毕后采用防火材料封堵沟管孔洞。

10.1.7 油浸集合式并联电容器，应设置贮油池或挡油坎。户外布置的无功补偿装置的单台充油设备油量超过 1000kg 时，宜设置大于其外廓尺寸各 1000mm 的贮油池，池内应铺设厚度不小于 100mm 的卵石层或碎石层，如没有总贮油池，其贮油池应能容纳 100%油量。

10.1.8 油浸铁心电抗器下应设置事故油池。

10.2 通风

10.2.1 电容器室、电抗器室的通风量应按消除室内余热考虑。余热量包括设备散热量及通过围护结构传入的太阳辐射热。

10.2.2 电容器室的夏季排风温度不宜大于 40℃。电抗器室的夏季排风温度不宜大于 45℃。

10.2.3 电容器装置室和静止无功补偿装置室的冷却水泵房应优先采用自然通风。当采用自然通风不能满足要求时，可采用自然进风、机械排风或机械进风、机械排风。

10.2.4 静止无功补偿装置的配电装置室应设置不少于 10 次/h 换气次数的事故排风装置。事故排风装置可兼作平时通风换气用。

事故排风装置的开关应装在门口便于操作的位置，室内宜安装电源插座，作为检修临时电源。

10.2.5 静止无功补偿装置的控制室和阀室应维持室内温度小于 35℃，如通风换气不能满足要求时，应设置以降温为主的空调系统，空调机宜选用风冷形式。

10.2.6 静止无功补偿装置的控制室和阀室的夏季计算热负荷包括以下几项：

1 围护结构传热量和太阳辐射热量。

2 电子仪表及电气设备散热量。

3 照明散热量。

在上述计算中，室内空气计算温度不应大于 30℃。

10.2.7 电容器装置室和静止无功补偿装置室各个房间的进、排风口，应采取防止鸟类、鼠、蛇类等小动物进入和防雨雪飘进的措施。在风沙较大的地方，应设置防尘措施，进风口宜设置过滤装置，在严寒地区，进、排风口宜有防寒措施。

10.3 采暖

10.3.1 位于集中采暖区的静止无功补偿装置的控制室、阀室和冷却水泵房应设置采暖系统，室内采暖计算温度可取 5℃。

10.3.2 静止无功补偿装置的控制室、阀室和冷却水泵房如采暖，宜设置电热采暖。设置电热采暖时，不得使用直接裸露在空气中的电阻丝的电加热器具，并应具有可靠的接地措施。

10.3.3 如果电气设备对于环境参数有特殊要求，则应根据电气设备的要求设计采暖和空调系统。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 A
（规范性附录）
无功补偿装置接线图

A.1 无功补偿装置接线方式见图 A.1～图 A.4。

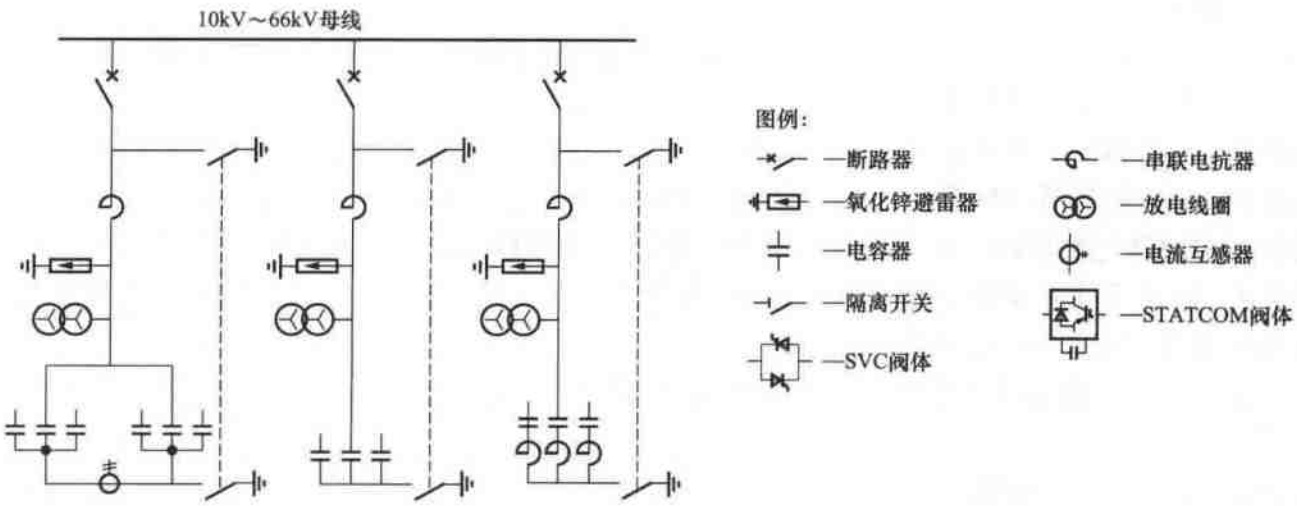


图 A.1 电容器装置接线方式图

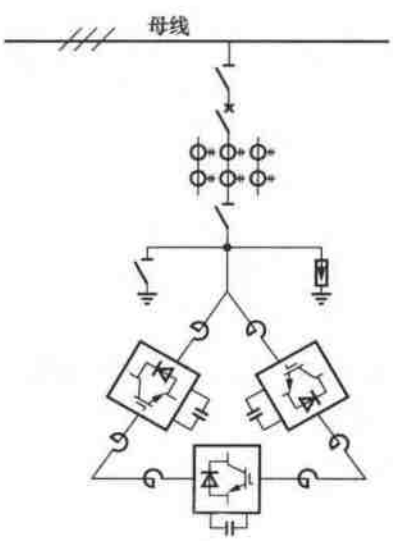


图 A.2 链式 STATCOM 接线方式

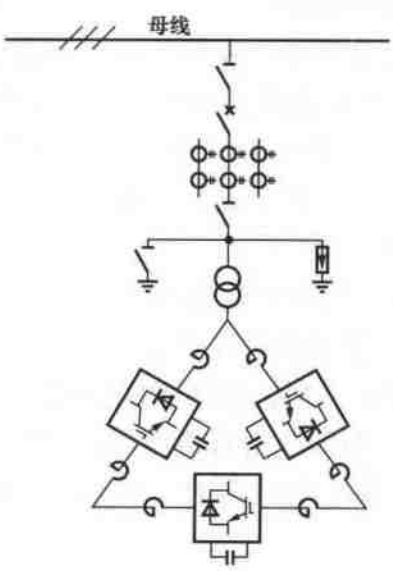


图 A.3 变压器多重化的 STATCOM 接线方式

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

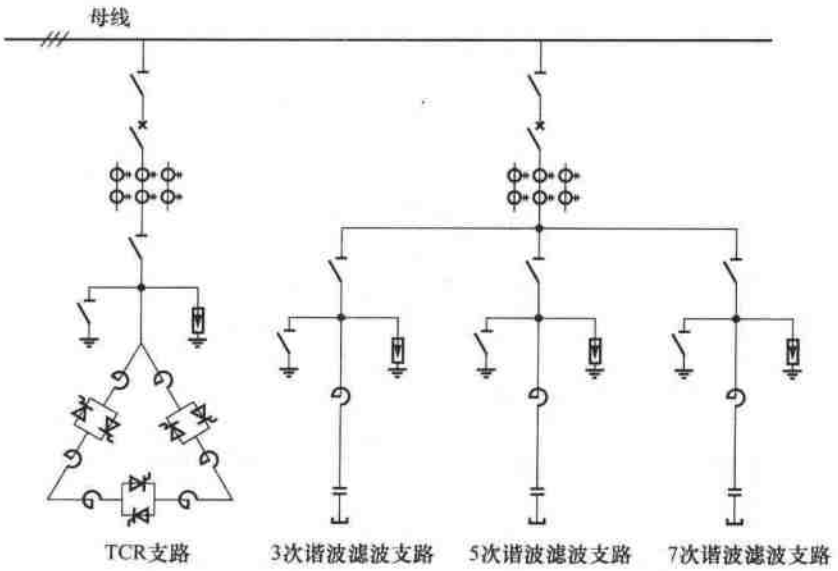


图 A.4 TCR+FC 接线方式

A.2 电容器装置保护接线图见图 A.5～图 A.9。

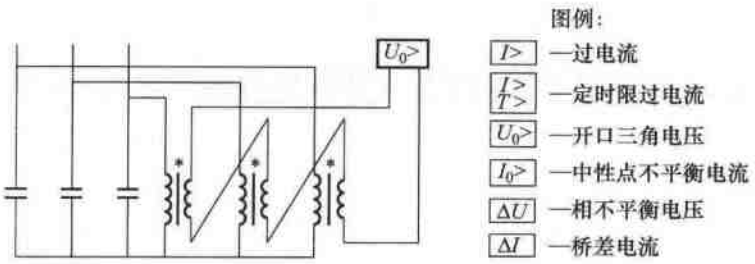
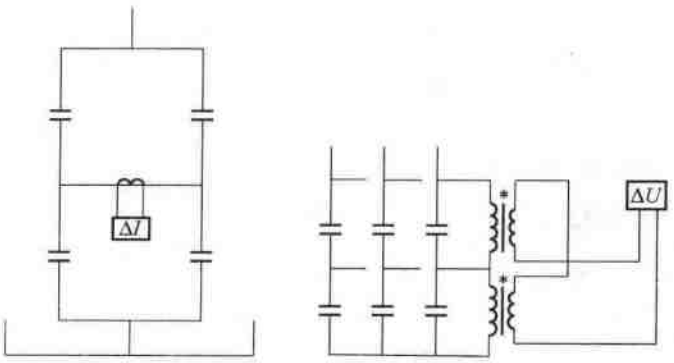


图 A.5 开口三角电压保护接线



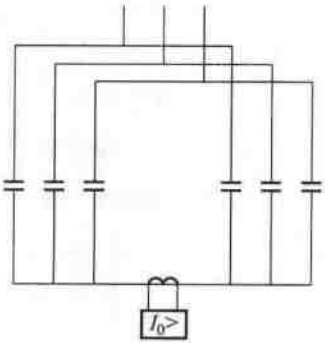


图 A.6 桥式差电流保护接线、相电压差动保护接线 **图 A.7 中性点不平衡电流保护接线**

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

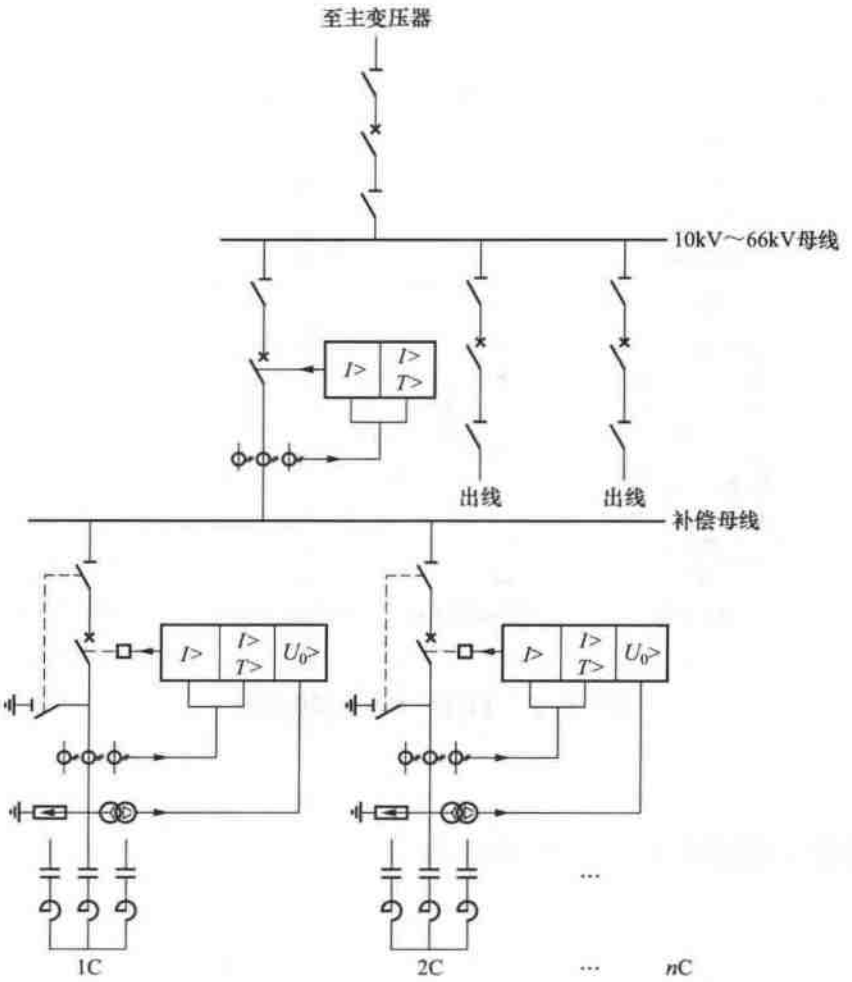


图 A.8 多路电容器组采用专用补偿母线的分级保护设置

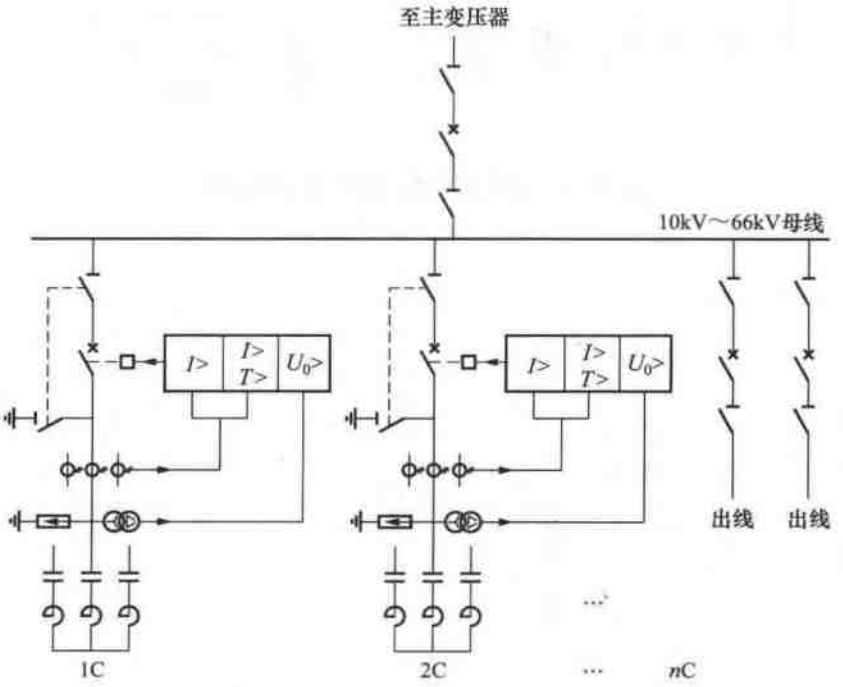


图 A.9 多路电容器组接入同级电压母线的同级保护设置

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 B
（规范性附录）
计 算 公 式

B.1 电容器谐振容量计算

发生谐振的电容器容量，可按式（B.1）计算：

$$Q_{CX}=S_d\left(\frac{1}{n^2}-K\right) \tag{B.1}$$

式中：

Q_{CX}——发生 n 次谐波谐振的电容器容量，Mvar；

S_d——并联电容器装置安装处的母线短路容量，MVA；

n——谐波次数，即谐波频率与电网基波频率之比；

K——串联电抗器的感抗与并联电容器组的容抗之比，即电抗率。

B.2 电容器组投入电网时的涌流计算

B.2.1 同一电抗率的电容器组单组投入或追加投入时，涌流应按式（B.2）计算：

$$I_{ym}^{*}=\frac{1}{\sqrt{K}}\left(1-\beta\frac{Q_0}{Q}\right)+1 \tag{B.2}$$

其中

$$\beta=1-\frac{1}{\sqrt{1+\frac{Q}{KS_d}}}$$

$$Q=Q'+Q_0$$

式中：

I_{ym}^{*}——涌流峰值的标么值（以投入的电容器组额定电流峰值为基准值）；

Q——同一母线上装设的电容器组总容量，Mvar；

Q_0——正在投入的电容器组容量，Mvar；

Q'——所有正在运行的电容器组容量，Mvar；

β——电源影响系数。

B.2.2 当有两种电抗率的多组电容器追加投入时，涌流计算应符合下列规定：

a） 设正在投入的电容器组电抗率为 K_1，当满足 $\frac{Q}{K_1S_d}<\frac{2}{3}$ 时，按式（B.3）计算涌流：

$$I_{ym}^{*}=\frac{1}{\sqrt{K_1}}+1 \tag{B.3}$$

式中：

Q——同一母线上装设的电容器组总容量，Mvar。

b） 仍设正在投入的电容器组电抗率为 K_1，K_2 为两种电抗率中的另一种电抗率，当满足

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$\frac{Q}{K_1S_d} \geqslant \frac{2}{3}$时，且$\frac{Q}{K_2S_d} < \frac{2}{3}$时，符合上述条件时涌流仍应按式（B.2）计算，其中，$K=K_1$。

B.3 串并联电容器的最大并联台数

串并联电容器的最大并联台数按式（B.4）计算：

$$M_{zd} \leqslant \frac{259E_{zx}}{Q_{ed}} + 1 \tag{B.4}$$

式中：

M_{zd}——每相串联段的电容器的最大并联台数（对于双星形接线采用中性线不平衡电压保护时，为每臂各串联段的电容器的最大并联台数）；

E_{zx}——厂家保证的电容器外壳能承受的爆裂能量，kJ；

Q_{ed}——单台电容器的额定容量，kvar。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

35kV～220kV 变电站无功补偿装置设计技术规定

条 文 说 明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

1　范围……330
2　规范性引用文件……330
3　术语和定义……330
4　总则……330
5　系统要求……331
6　接线……334
7　电器和导体选择……339
8　安装与布置……350
9　二次接线、继电保护和自动投切……355
10　防火、通风与采暖……359

1　范　围

本规定的适用范围为安装于 35kV～220kV 变电站内的无功补偿装置，包括 10kV、35kV 和 66kV 电压等级带投切的并联电容器装置、并联电抗器装置和静止无功补偿器装置、静止无功发生器装置。本规定不包含安装于线路侧的并联电抗器以及调相机。

2　规范性引用文件

本章给出了本标准涉及的规程规范。

3　术语和定义

为执行本规定条文时正确理解特定的名词术语含义，特列入了一些与本规范相关的名词术语，便于执行条文规定时查找使用。

条文和附录中计算公式采用的符号，是按本专业的特点和通用性来制订的。

附录中图例的图形符号，是根据本专业的特点制订的。

4　总　则

本条阐述本规定的指导思想及主要设计原则。

1　首先强调装置的设计必须执行国家的技术经济政策。

2　在总的设计思想中突出了安全可靠。由于无功补偿装置节能的经济效益很显著，但无

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

功补偿装置对电能质量和电力系统的安全运行影响很大，在设计中，应将安全可靠摆在首位，经济性放在次要地位。

3 无功补偿装置设计时要考虑各工程的具体情况和当地实践经验，不能一概而论。本规范的一些条文规定具有一定的灵活性，要正确理解，结合本地区的情况合理运用条文规定。

5 系 统 要 求

5.0.1 本条是 35kV～220kV 电力系统无功补偿的总原则。无功的分层分区、就地平衡，有利于减少输电路径上无功的流动，网损也相应减少，这是无功补偿的基本原则。

5.0.2 不同的无功补偿型式和容量对稳定电压所起的作用不同，而不同类型的用户对系统电压的影响和要求均有所不同，因此需要根据对电能质量的影响和要求确定无功补偿类型和容量。

5.0.3 虽然静止无功补偿器和静止无功发生器能够快速调节无功出力，适合于抑制快速变化的负荷所产生的电压波动和闪变，改善系统电压质量和提高电力系统在小干扰和大干扰下的稳定性，但由于装置造价高、损耗大、占地多等原因，当需要采用静止无功补偿器或静止无功发生器时应作技术经济论证。条文中明确应首先考虑采用可分组投切的并联电容器和并联电抗器。

静止无功补偿器和静止无功发生器的选型应通过技术经济比较和控制补偿目标来确定，对于常规无功缺额，宜采用分组投切并联电容器和电抗器，在输电系统，对于系统电压稳定和抑制系统振荡的要求，宜采用响应速度快的 SVC 或 STATCOM 装置。考虑到经济因素，推荐采用混合式安装，以系统电压波动范围确定 SVC 或 STATCOM 中动态补偿容量。在配电和用电系统，侧重电能质量要求，宜采用动态 SVC 或 STATCOM 装置，其中 SVC 的响应时间在 2～3 个周波，由于产生谐波较大，需要配置滤波器，占地面积较大，成本较低；而 STATCOM 的响应时间在 1～2 个周波，不产生谐波，占地面积较小，成本较高，可以根据具体补偿要求确定。

CIGRE 工作组 14.19 的报告 Static Synchronous Compensator 指出，静止无功补偿器和静止无功发生器的差别见表 1。

表 1 静止无功补偿器和静止无功发生器的差别

类 型	SVC	STATCOM
基本原理	控制或投切并联阻抗	通过电抗连接的控制电压或电流源
稳态特性	见图 1 和图 2	见图 1 和图 2
高/低电压下的运行	恒阻抗/电纳	恒电流
占地面积	大（电抗器，电容器）	小于 SVC
损耗	1.0%～1.5%	1.0%～1.5%
对暂态的影响	无	输出最大电流
电压控制及其响应	响应取决于系统强度，要求变增益控制	响应取决于系统强度，比 SVC 更快、更稳定

www.789pdf.com 789书库网

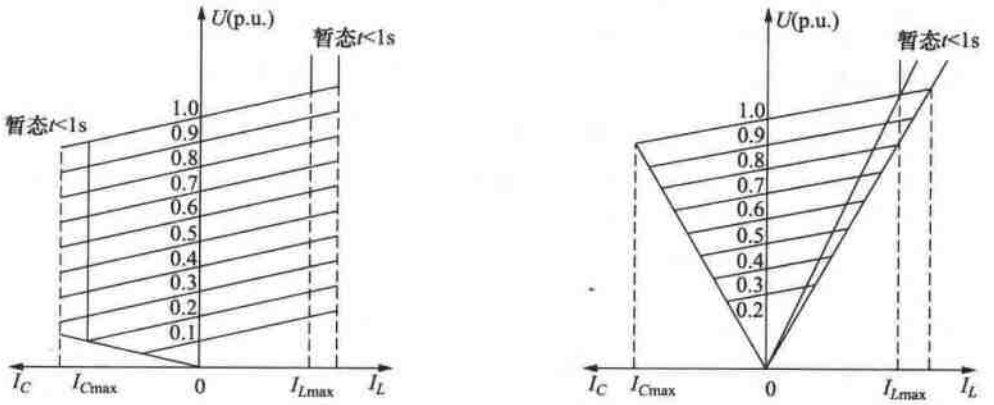
www.789pdf.com 789书库网

表 1（续）

类　型	SVC	STATCOM
对传输功率、稳定及阻尼的改善	取决于容量和位置	取决于容量和位置，但性能大大优于 SVC
初始通电	从高压系统直接通电	储存能量迅速充电到运行电压
闪变补偿	能有效抑制闪变	优于 SVC
谐波产生	产生低阶谐波	产生高次谐波，取决于开关模式
系统及谐振	对既有谐振有影响	不影响既有谐振
滤波	通常要求无源滤波	通常不要求无源滤波
电压/电能质量改善能力	存在响应限制	性能大大优于 SVC

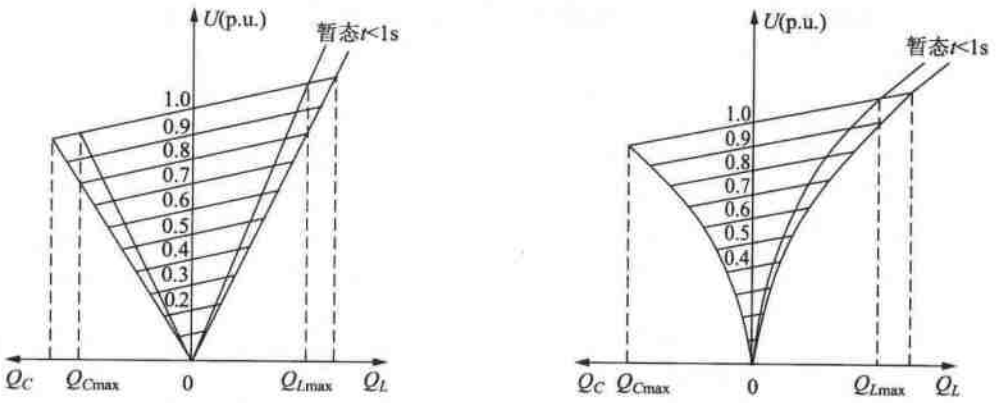
静止无功补偿装置应对 SVC、STATCOM 性能、占地面积、成本等因素进行综合考虑。

由于 STATCOM 具有快速的无功电流控制和与母线电压无关的电流输出特性，在输电系统，等容量的 STATCOM 要比 SVC 更有效地减少既有系统的问题，更好地加强系统的稳态和动态特性，因此含有 SVC 和 STATCOM 的综合式静止无功补偿装置可以作为一种成本和性能折中的方案；在配电系统 STATCOM 比 SVC 在抑制闪变的效果上更加明显，具有更好的电压稳定效果，能够更好地节约电弧炉等负荷的运行成本，因此在实际工程中应从投资和收益等角度综合分析。



a) STATCOM　　b) SVC

图 1　STATCOM 和 SVC 的 *U/I* 特性



a) STATCOM　　b) SVC

图 2　STATCOM 和 SVC 的 *U/Q* 特性

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.0.4 由于并联电抗器装设在高压侧投资较大，且不能像装设在变压器低压侧那样很方便地随负荷变化频繁投切，难以控制低压侧电压，因此电抗器宜首先考虑装设在主变压器低压侧。但当需要补偿容量较大，装在低压侧影响到向负荷供电时，也可装在高压侧。

5.0.5 据调查，目前国内变电站并联电容器大多装设在低压侧。由于并联电容器装置装设在主变压器的主要负荷侧，可以获得最佳的无功补偿效果，因此有条件时应装在主要负荷侧。由于 220kV、110kV 设备较贵，到目前为止，还没有在 220kV、110kV 电压等级上装设并联电容器的工程实例。

5.0.6 一般 35kV～220kV 变电站电容器组补偿的目的是：

1 补偿主变压器无功损耗。

2 向主变压器中低压侧电网输送部分无功。

变电站配置无功补偿容量应根据无功规划，进行调相调压计算来确定。计算原则按照 SD 325《电力系统电压和无功电力技术导则》的规定。

据调查，在变电站中，并联电容器安装容量占主变压器容量的比例，由于各地电网情况和无功补偿容量的差异而略有不同，一般不大于 30%。在国家电网生［2004］435 号《国家电网公司电力系统无功补偿配置技术原则》中，对各级电压变电站的估算值作了细化规定：500kV 为 10%～20%；220kV 为 10%～25%；35kV～110kV 为 10%～30%。同时作了如下规定：所装设的无功补偿装置应避免大量的无功电力穿越变压器，35kV～220kV 变电站，在主变压器最大负荷时，其高压侧功率因数应不低于 0.95，在低谷负荷时功率因数应不高于 0.95。

一般 35kV～220kV 变电站并联电抗器组补偿的目的是补偿电缆线路的充电功率，并联电抗器补偿总容量一般要求为线路充电功率总和的 100%以上。在变电站投运初期由于负荷较轻，特别是在最小负荷运行方式下，输送容量小，是并联电抗器需要量最大的时期，它决定变电站需装电抗器的总容量。

目前，国内只有几座大型城市中在 220kV 变电站内主变压器低压侧装设并联电抗器，补偿容量一般不大于主变压器容量的 30%。在国家电网生［2004］435 号《国家电网公司电力系统无功补偿配置技术原则》中规定，对于大量采用 10kV～220kV 电缆线路的城市电网，在新建 110kV 及以上电压等级的变电站时，应根据电缆进、出线情况在相关变电站分散配置适当容量的感性无功补偿装置。

针对上述补偿目的，35kV～220kV 变电站主变压器低压侧补偿容量一般为主变压器容量的 30%以下为宜；对于距电厂较近的变电站，在保证安全并经济合理的前提下可多吸收电厂无功，减少补偿容量，节省投资。

在变电站投运初期，由于轻载，为节省投资，电容器容量可安装较少，甚至不装电容器。随着负荷增长和电网发展，安装容量相应增加。这些情况在变电站平面布置和控制室设计中，应考虑分批安装无功设备的需要。

5.0.7 变电站中装设的无功补偿总容量确定以后，为提高设备的利用率，满足电网运行的要求，通常需要分成若干组再进行安装，分组原则主要是根据电压波动、负荷变化、电网背景谐波含量，以及设备技术条件等因素来确定。

各分组电容器投切时，不能发生谐振，同时也要防止谐波的严重放大。因为，谐振是谐波严重放大的极端状态，谐振将导致电容器组产生严重过载，引起电容器产生异常声响和振

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

动，外壳膨胀变形，甚至产生外壳爆裂而损坏。为了躲开谐振点，电容器组设计之前，应测量或分析系统主要谐波含量，根据设计确定的电抗率配置，进行谐振容量计算，在设计分组容量时避开谐振容量。分组电容器在各种容量组合投切时，均应能躲开谐振点。另外，正式投产前，应进行投切试验，测量系统谐波分量变化，如有过分的谐波放大或谐振，应采取对策消除。

分组电容器在不同组合下投切，变压器各侧母线的任何一次谐波电压含量，均不应超过GB/T 14549《电能质量 公用电网谐波》的规定。

在国家电网生［2004］435 号《国家电网公司电力系统无功补偿配置技术原则》中规定，一般情况下 220kV 变电站无功补偿装置的单组容量，接于 66kV 电压等级时不宜大于 20Mvar，接于 35kV 电压等级时不宜大于 12Mvar，接于 10kV 电压等级时不宜大于 8Mvar。110kV 变电站无功补偿装置的单组容量不宜大于 6Mvar，35kV 变电站无功补偿装置的单组容量不宜大于 3Mvar，单组容量的选择还应考虑变电站负荷较小时无功补偿的需要。

5.0.8 原则上 35kV～220kV 变电站的电容器组均需装设串联电抗器，以防止合闸涌流及高次谐波放大。具体串联电抗器是否安装和数值大小，可根据具体工程情况验算和测试确定。

5.0.9 静止无功补偿器中滤波器组的谐波电流和系统电源的谐波电流的和可能大于 TCR 产生的谐波电流。该现象是由于滤波器组和系统电源间并联谐振导致电流被放大，因此滤波器组的设计应该避免与其他静止无功补偿支路及系统电源发生谐振。

6 接　线

6.1 一般规定

6.1.1 本条文规定为电压配合的原则要求。

并联无功补偿装置的无功容量与施加在其上电压的平方成正比。选择的并联无功补偿装置额定电压高于电网运行电压时，并联无功补偿装置无功输出将大大减少，影响无功补偿效果。

并联无功补偿装置额定电压低于电网运行电压时，并联无功补偿装置无功输出大为增加，造成装置过负荷，其危害也很大。所以装置的过电压运行也是应该避免的。因此，在设计中应尽量做到使补偿装置既能输出额定功率又不过载，以符合既安全又经济的要求。

在选择单台电容器额定电压时还应考虑串联电抗器使电容器端电压升高的影响。

应该指出，电容器虽然可以在 1.10 倍额定电压下长期运行，但在考虑接线方式时，尽可能少利用这个裕度。

6.1.2 本条文明确提出了进行无功补偿装置的主接线设计中应考虑的主要条件和基本要求，其中安全可靠和节约投资是最主要的基本要求。针对无功补偿装置的补偿性质和安装容量与负荷增长情况密切相关，需要分期分批投资建设的特点，在设计主接线及总布置时要考虑有利于分期扩建、改建等要求。设计中应根据方针政策，结合工程具体情况，综合考虑对主接线的要求，并通过技术经济比较确定。

6.1.3 本条文对无功补偿装置分组回路接入母线的方式作了一般性规定。

若无功补偿装置分组回路采用能开断母线短路电流的断路器，会引起工程造价提高，为节约投资，设置无功补偿装置专用母线，专用母线的总回路断路器按能开断母线短路电流选择，分组回路开关不考虑开断母线短路电流，采用价格便宜的真空开关，满足频繁投切要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.1.4 本条文规定了主接线可靠性的基本要求。

在主接线设计时，应首先考虑在此种情况下任一组无功补偿装置出现故障时不影响主变压器的连续运行。

无功补偿装置出现故障时，电网应能及时将故障的补偿装置切除，避免事故范围的扩大，因此需要安装能切断短路故障电流的断路器。但是为了节约投资，当装设总断路器时，接入总断路器下的分组回路不再必须安装断路器，可装设能投切电容器组的其他开关电器。

6.1.5 本条文强调主变压器的无功补偿装置不宜切换运行。由于每组主变压器装设的无功补偿装置主要是补偿本组变压器本身及其所供负荷所需要的无功容量，同时如果采用切换方式，会造成电气接线复杂，不易实现，存在潜在的安全隐患，增加工程造价，而并未带来明显的经济效益。因而，不宜考虑两台或多台主变压器装设的并联无功补偿装置通过连接线装置，互相切换运行。

6.1.6 主变压器低压侧 10（35）kV 电压等级适用于调相机补偿方式或静止无功补偿方式。

目前国内静止无功补偿装置的电压等级一般为不大于 35kV，连接在主变压器低压侧或通过升压变压器与系统连接，推荐通过主变压器低压侧与系统连接。具体工程中对主变压器低压侧电压等级的选取可通过对不同电压等级下各组件的综合技术经济比较确定。这些组件包括：主变压器；开关设备；换流阀；电容器、电抗器组；所用电源设备；其他辅助设备。

6.2 并联电容器及其配套设备的接线方式

6.2.1 本条文规定了并联电容器组的接线方式。

相关资料表明，20 世纪 80 年代以前，并联电容器组接线有两类：三角形类和星形类。单串联段三角形接线方式的并联电容器组，在技术上存在问题，因为这种三角形接线并联电容器组，发生极间全击穿的机会是比较多的，这时相当于相间短路，注入故障点的能量，不仅有故障相健全电容器的涌放电流，还有其他两相电容器的涌放电流和系统的短路电流。这些电流的能量远远超过电容器油箱的耐爆能量，因而油箱爆炸事故较多。而星形接线电容器组发生全击穿时，故障电流受到健全相容抗的限制，来自系统的工频电流将大大降低，最大不超过电容器组额定电流的 3 倍，并且没有其他两相电容器的涌放电流，只有来自同相的健全电容器的涌放电流，这是星形接线电容器组油箱爆炸事故较少的技术原因之一。所以，本规定强调并联电容器组接线方式是星形接线。

根据我国目前的设备制造现状，35kV～220kV 变电站的并联电容器组的电压等级为 66kV 及以下，而 66kV 及以下电网为非有效接地系统，所以，星形接线电容器组中性点均应不接地。

电容器组接线方式选择，应根据电容器组容量和采用的保护方式综合考虑。常用电容器组接线和保护方式主要有 4 种：单星形接线采用开口三角电压保护；单星形接线采用相电压差动保护；双星形接线采用中性点不平衡电流保护；双星形接线采用桥式差电流保护。单星形接线是电容器组的最基本的接线方式，其他接线方式都是由单星形演变来的。

6.2.2 本条文强调装设串联电抗器的位置。

为抑制高次谐波和涌流，目前在电网中均要求装设串联电抗器。对于星形接线的并联电容器组，限制合闸涌流或抑制谐波的串联电抗器，无论接在电容器组的电源侧或中性点侧，其阻抗特性是完全一样的，可以起相同的作用。串联电抗器接电源侧，当电容器组的母线侧短路时，串联电抗器必须承受系统短路电流，因此需要选择具有较高的动、热稳定性的电抗器。串联电抗器装于中性点侧，可以不受系统短路电流的作用，从而降低了对串联电抗器动、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

热稳定的要求，对产品的机械强度要求可以降低，价格也相应低一些。

对于双星形接线的并联电容器组，若把串联电抗器装在中性点侧，电抗器的技术经济指标虽可降低，但要装 2 组；而装在电源侧虽需提高电抗器的电气性能，提高价格，但只需装一组，又可兼作限流电抗器，发挥其多功能作用。

综上所述，串联电抗器在电容器装置回路中的装设位置，应根据技术经济比较结果确定。

6.2.3 在电网中并联电容器组需要随负荷的变化经常投切，因此电容器组的断路器或负荷开关通常操作较为频繁，电容器组合闸时将产生涌流，断路器或负荷开关在开断电容电流时，又容易产生电弧重击穿，合闸时的高频涌流和开断时的重击穿产生的过电压，将会对电容器及回路中其他设备的绝缘造成损害。限制电容器组分闸过电压或降低其倍数的关键是消除或减少断路器或负荷开关的重击穿，为此电容器装置必须设置适合电容器组投切要求的专用断路器或负荷开关。

当开断短路用断路器与投切用断路器或负荷开关在价格上有明显差别时，可以采用价格便宜的投切用断路器或负荷开关用于各分组，而选用一台能开断短路及全部电容器组的断路器作各分组电容器的总断路器，以节省投资。

6.2.4 并联电容器组是由若干台并联电容器按要求串、并联组合而成的，在运行中如果内部元件击穿而不及时将故障电容器切除退出运行，将导致内部元件全击穿，致使箱壳发生爆裂，进而波及邻近健全电容器，甚至使整组电容器烧毁。因此，对于电容器内部故障保护的基本要求是：

1） 内部串联元件未全部击穿之前，保护装置应能灵敏地反应并迅速加以切除。

2） 在切除故障的同时应能确定和隔离发生故障的单台电容器，并保证其余健全电容器能在不发生过电压的情况下继续运行。

作为电容器的极间保护，外熔断器装在电源侧或中性点侧，作用都一样。但是，当发生套管闪络和极对壳击穿时，故障电流只流经电源侧，中性点侧无故障电流，所以，装在中性点侧的外熔断器对这类故障不起作用。另外，当中性点侧已发生一点接地，若再发生电容器套管闪络或极对壳击穿事故，相当于两点接地，装设在中性点侧的外熔断器被短接而不起保护作用。

本条文强调单台电容器外部专用熔断器应接于电源侧。

6.2.5 电容器是储能元件，断电后两极之间的最高电压可达 $\sqrt{2}\,U_N$（U_N 为电容器额定电压），最大储能为 CU_N^2，由于自身绝缘电阻高，不能自行放电至安全电压。

电容器放电有两种方式：在电容器内部装设放电电阻，与电容元件并联；在电容器外部装设放电线圈，与电容器直接并联。放电电阻和放电线圈，都能达到使电容器放电的目的，但放电电阻的放电速度较慢，电容器断开电源后，剩余电压在 5min 内才能由额定电压幅值降至 50V 以下；放电线圈放电速度快，电容器组断开电源后，剩余电压可在 5s 内降至 50V 以下。为了避免合闸过电压，必须装设放电设备，在短时间内使残压降至安全电压，以保障再次合闸时的设备安全及检修人员安全。同时，对自动投切的电容器组加装了外放电线圈，可降低单相重击穿过电压倍数。如果只靠电容器内附的放电电阻，其放电速度太慢，重击穿过电压将比装设了外放电线圈的电容器组高。

6.2.6 因为电容器组投切时产生过电压是无法避免的，为了降低过电压幅值，保护回路设备的安全，应装设抑制操作过电压的避雷器。根据对并联电容器装置操作过电压的研究，通常

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

性能好的断路器极少发生重击穿，产生单相重击穿，出现的是对地过电压，装设相对地避雷器，即可抑制对地过电压。本规定考虑的是断路器仅仅发生单相重击穿，只需要设置电容器对地绝缘保护，在这种情况下，应装设的是相对地避雷器或中性点对地避雷器。

6.2.7 由于放电器件往往不能将电容器的残留电荷放泄殆尽，为确保检修人员的人身安全，检修工作进行之前，还必须对电容器组进行接地放电。虽然停电时挂临时接地线也是放电方式之一，但操作过程麻烦，不能设置防止误操作的机械或电气连锁，安全性差，考虑接地开关可装设电气连锁，同时检修时接地方便，宜采用装设接地开关的方式。

需要说明，星形接线电容器组，长时间运行后，中性点积有电荷，电源侧经接地放电后，中性点仍会具有一定电位，威胁检修人员的安全。为杜绝触电事故发生，检修工作进行之前，应在电容器的电源侧和中性点侧，同时进行短路接地放电。

需要注意，当电容器的外熔断器熔断，或电容器内部连线断线，这种情况的电容器脱离运行时，均可能带有残留电荷，为保证安全，在接触这些电容器之前，应进行对地短接放电。

6.3 并联电抗器及其配套设备的接线方式

6.3.1 在线路侧装设并联电抗器主要用于限制工频过电压和潜供电流，此时为节约投资，可不考虑装设断路器或只装设投切用的断路器。并联电抗器作为无功补偿设备使用时，电抗器回路必须保证装设断路器，以满足切断短路电流的要求。但对于主变压器低压侧设有总断路器的接线方式，并联电抗器回路断路器只作投切电感电流用，不作开断三相短路电流用，这样可选用低开断容量的断路器或负荷开关，从而降低设备投资。

6.3.2 断路器开断并联电抗器时，由于断路器截流，电抗器上储存的能量将通过电抗器入口端的等值电容释放，并产生振荡，在电抗器上形成截流过电压。空气断路器产生的截流过电压较大，真空断路器次之，SF_6断路器产生的截流过电压最小。

因断路器操作并联电抗器产生的截流过电压发生在并联电抗器端部，要限制此过电压，则应将避雷器装设在断路器的并联电抗器侧，这样才能起到保护并联电抗器的作用。

6.3.3 由于空心户外干式并联电抗器选用双星形中性点差流保护接线方式，可检测其内部匝间短路，因此此种保护接线方式已得到应用。但由于双星形中性点差流保护接线方式要求单相并联电抗器线圈内部分裂并联绕制，对制造要求的精度极高，往往致使三相两中性点之间出现不平衡电位，正常差流值大，同时空心户外干式电抗器一般匝间电压仅数百伏，而其绝缘耐压达 3kV 以上，因此出现匝间击穿的可能性极小。为简化保护及一次设备的制造工艺，使运行维护简单，一些地区选用高一级绝缘的单相单星形接线方式。

6.4 静止无功补偿装置的接线方式

6.4.1 在当前的电力电子器件制造水平下，单个不采用器件串联技术的三相逆变桥的容量在 5Mvar～7Mvar，因此，要制造输配电系统的大容量 STATCOM，同时满足谐波等多项性能要求，必须采用多种技术和方法设计主电路结构。

在目前国内外使用的 STATCOM 装置中，主电路结构有多重化变压器方式、多电平结构、链式（逆变桥串联）、逆变桥并联等。中国对 STATCOM 装置的研究包括多重化变压器方式和链式结构，并且已在工程中投入使用。

链式 STATCOM 装置的核心为串联连接的单相电压源逆变器，它在运行时相当于一个电压相位和幅值均可调节的三相交流电源。每相通过若干个单相电压源逆变器串联，适当的控制可以消除装置的谐波电流。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

系统连接电抗器起到限制 STATCOM 输出电流的作用，为了在故障时减小故障电流，通常在每相设置两个电抗器分别位于阀体的两边。最后，链式 STATCOM 装置通过升压变压器与系统相连。

基于变压器多重化的 STATCOM 结构是提高装置容量的最有效方法，采用多个逆变桥通过变压器组合使用，可成倍提高装置容量。采用变压器多重化需注意考虑逆变桥交流侧变压器的连接方式和不同逆变桥间的移相角。通过变压器的多重化，不仅提高了装置容量，同时也消除了高次谐波，但多重化变压器也付出了代价。

在变压器多重化 STATCOM 装置的设计中，变压器重数过少得不到良好的谐波特性，重数过多则使得电路复杂，损耗太高。通常，变压器多重化 STATCOM 装置的变压器重数控制在 8 重以下。

迄今为止，世界上已投运的大容量 STATCOM 装置多采用变压器多重化主电路结构。然而多重化变压器带来了很多问题，如价格昂贵、损耗大、占地面积大、非线性特性导致控制困难等。链式 STATCOM 采用多个单相逆变桥直接串联，摒弃了多重化变压器，因此避免了上述缺点，同时还可通过冗余设计进一步提高装置的可靠性。

链式 STATCOM 结构是大容量 STATCOM 的发展方向，STATCOM 接线方式见图 3。

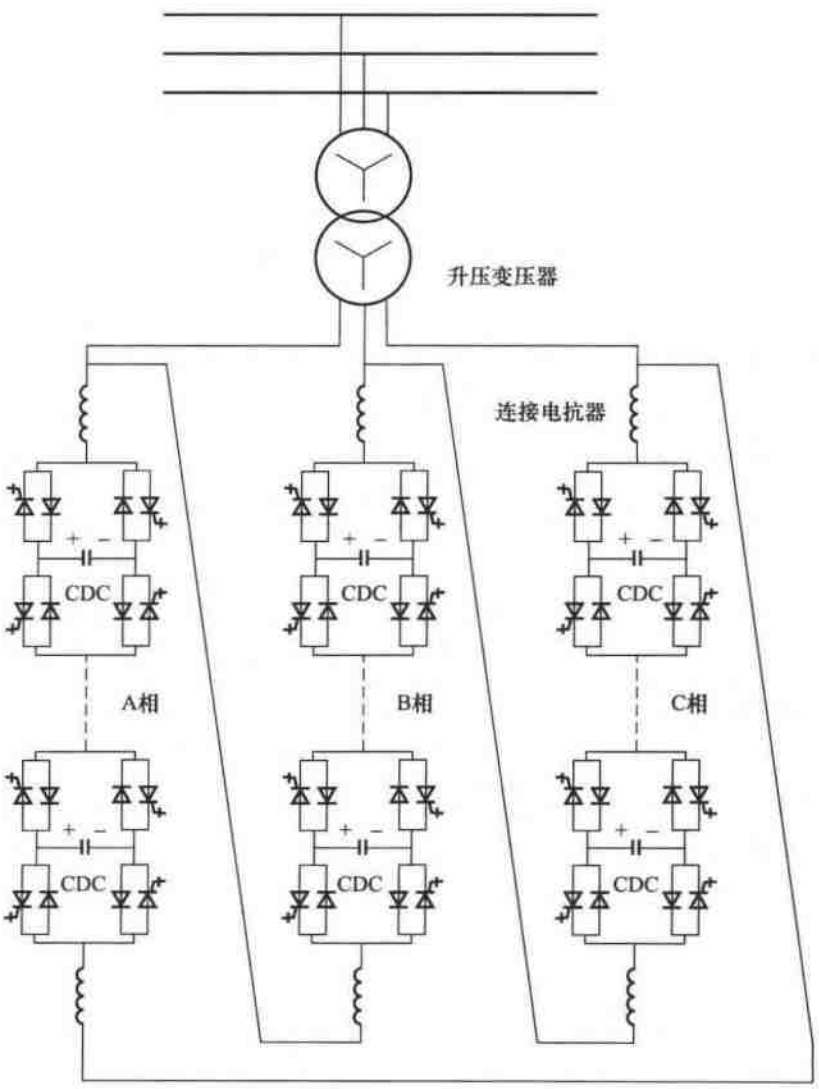


图 3 链式 STATCOM 接线

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目前静止无功补偿器和静止无功发生器的电压等级不大于 35kV，均连接在主变压器低压侧。由于配套设备的原因，电压等级过高则费用增高，有时甚至难以满足技术要求。当主变压器低压侧电压等级过高时，可采用升压变压器使补偿设备的电压降低。

6.4.2 SVC 的总断路器应具有投切其所连接的全部无功补偿装置最大输出电流和短路电流的能力，为节约投资，分组支路的宜采用负荷开关。TCR 回路中的晶闸管装置为控制电抗器运行的设备，能起到负荷开关的作用，可用于正常运行条件下的操作。故当主回路装设具有切短路故障能力的总断路器，并在其他分支回路装设负荷开关时，在 TCR 回路可不装设负荷开关。为保证主变压器及变电站的运行可靠性，当不装设总断路器时，各分支回路包括 TCR 回路均应装设具有切短路故障能力的断路器。

由于 SVC 中的谐波滤波器主要是吸收相控电抗器产生的谐波分量，故相控电抗器支路与谐波滤波器支路应固定连接在一起并为一个分支。当谐波滤波器容量较大时，也可研究在该回路设分支断路器。

STATCOM 主回路包含不同拓扑结构的换流阀与连接电抗器，即可工作在感性区也可工作在容性区，由于 STATCOM 装置具有储能电容，STATCOM 主回路应装设具有切断容性短路故障能力的断路器。

7 电器和导体选择

7.1 一般规定

7.1.2 本条是选择无功补偿装置的电器和导体的原则要求。对电器和导体的其他特殊要求在以下各节中有具体规定。无功补偿装置的电器和导体的有关技术条件和对环境条件的一般要求不再一一列出。本规定未列入的其他电器以及导体选择的其他要求，均参照 DL/T 5222《导体和电器选择设计技术规定》的有关规定执行。

7.1.3 本条规定为无功补偿装置电器和导体的选择应满足的技术要求。为保证安全运行，选用的电器和导体应满足运行电压，长期允许电流，短时的动、热稳定要求及操作过程的特殊要求。操作过程的特殊要求包括：合闸过程的高频涌流、分闸过程可能产生的重燃以及重燃引起的过电压、频繁操作性能等。

7.1.4 本条规定的主要依据是：电容器组的容量偏差不超过+10%、电容器长期过电压不超过 1.05 倍额定电压、电容器组过负荷保护的电流整定值不超过额定电流的 1.30 倍。如并联电容器装置装设串联电抗器，正常工况回路工作电流将小于电容器组的额定电流计算值，即使在谐波和过电压的共同作用下，回路电流一般不超过 1.30 倍电容器组额定电流，否则过负荷保护将动作跳闸，所以取 1.30 倍电容器组额定电流作为选择回路设备和导体的条件是安全的，也是合理的。

7.1.5 无功补偿装置是变电站的一个组成部分，保证其安全运行对电网十分重要。因此，强调无功补偿装置外绝缘配合应与同级电压的其他电气设备相一致。

7.2 并联电容器

7.2.1 本条为电容器选型的主要原则。包括对电容器型式、适应环境条件等提出的要求。

1 电容器的型式选择应符合产品标准，满足技术先进、适应国情的原则。至于选用常规的单台电容器或是集合式电容器以及大容量电容器（单台容量 334kvar 及以上）组成的电容

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

器组，可根据工程具体条件进行技术经济比较确定，本条不作限制性规定。需要说明的是，上述类型的产品各有利弊，例如，单台电容器容量组合灵活，更换故障电容器方便，工程中用得最多的是这种，但特殊环境需建电容器室采用户内安装，台数越多维护工作量越大；集合式电容器（包括箱式电容器），在户外安装占地少，安装设计简单，施工方便，但这种电容器的场强取得较低，油箱内装有大量绝缘油，所以消耗原材料多，经济性不如单台电容器，一旦出现故障，整台停运，现场更换箱体内的故障电容器困难，如返厂修理停运时间长。上述情况选型时应予以综合考虑。

2 设置在严寒、高海拔、湿热带等地区和污秽、易燃易爆等环境中的电容器，环境条件对电容器的选型要求是必要条件，应予以满足，达不到要求将影响电容器组的安全运行。

7.2.2 本条为电容器额定电压选择的主要原则。

1 电容器组接入串联电抗器后，电容器的端电压将升高，如串联电抗值为 6%电容器组的电抗值时，电容器的端电压将升高 1.063 8 倍。为了使电容器组避免在过电压下长期运行可能导致不利影响，在选择电容器组的额定电压时宜计及这个升高值。过去有的工程设计不考虑这种影响，使电容器长期处于过高电压下运行，因此在正常运行情况下不应较多占去电容器允许 1.10 倍过电压长期运行的裕度，当出现非正常运行时其端电压可能超过 1.10 倍额定电压，从而促使电容器组退出运行。为此在设计选择电容器组的额定电压时应避免这种不合理情况的出现。

2 电容器的输出容量与其运行电压的平方成正比（即 $Q=\omega CU^2$），电容器运行在额定电压下则输出额定容量，当电容器运行电压低于额定电压则达不到额定输出，因此，电容器的额定电压，取过大的安全裕度就会出现过大的容量亏损。运行电压高于额定电压，如超过 1.10 倍，将造成不允许的过负荷，电容器在过电压下运行将使其介质场强增高而影响电容器的性能和寿命，当过电压的幅值及作用时间超过允许值时，将使电容器内介质产生局部放电。局部放电对绝缘介质的危害很大，由于电子和离子直接撞击介质，使固体和液体介质分解产生臭氧和氮的氧化物等气体，使介质受到化学腐蚀，并使介质增大，局部过热，并可能发展成绝缘击穿。为了使电容器的额定电压选择合理，达到经济和安全运行的目的，在分析电容器端子上的预期电压时，下面几种情况应予以考虑：

1） 电容器装置接入电网后引起的电网电压升高；

2） 谐波引起的电网电压升高；

3） 装设串联电抗器引起的电容器端电压升高；

4） 电容器组相间和串联段间的容差，将形成电压分配不均，使部分电容器的电压升高；

5） 轻负荷引起的电网电压升高。

GB/T 11024.1—2001《标称电压 1kV 以上交流电力系统用并联电容器 第 1 部分：总则 性能、试验和定额 安全要求 安装和运行导则》第七篇 安装和运行导则中第 28 条对额定电压的选择解释是："电容器的额定电压应不低于该电容器接入的网络的最高运行电压，并且还应考虑电容器本身的影响。在某些网络中，网络的运行电压与标称电压相差很大，购买方应提供其详细情况，以便制造厂能为之留出适当的裕度。因此，所选用的电容器的额定电压应略高于网络的运行电压。但是，安全裕度不宜过高，以免容量亏损过多。在有些情况下，电网的实际电压和额定值相差较大，在安装电容器前后最好实际测量一下电网电压。"

按 IEC 标准和中国国家标准规定电容器的最高长期允许过电压应满足：电容器单元应适

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

合于当端头间的电压有效值升到不超过 1.10 倍额定电压值的电压（过渡过程除外）下连续运行。但是，选择电容器的额定电压时，不宜将此裕度全部考虑进去。

3 静止无功系统中静止无功补偿器产生的谐波将引起并联电容器承受的电压升高。

7.2.3 本条系对选用电容器基本技术条件的规定。

GB/T 11024.1—2001《标称电压 1kV 以上交流电力系统用并联电容器 第 1 部分：总则 性能、试验和定额 安全要求 安装和运行导则》第四篇 过负荷中第 20 条规定："电容器单元适于在电流方均根值为 1.30 倍该单元在额定正弦电压和额定频率下产生的电流下连续运行，过渡过程除外。"对于具有最大正偏差的电容器，这个过电流允许值达到 1.37 倍电容器的额定电流。

基于上述标准的规定，本标准作出相应规定，要求选用的电容器满足这一规定，使在允许过电流和谐波的作用下，电容器能正常运行。

7.2.4 对本条规定，电容器组的单台电容器容量的选择，首先要考虑电容器组的容量，随着电容器组容量的增大，单台电容器容量也要相应选择较大的容量，如 5000kvar 以下的中小型电容器组，单台电容器宜选用 50kvar、100kvar 或 200kvar，大型电容器组则宜选用 200kvar、334kvar、417kvar 或 500kvar 及以上的单台电容器。对于中小容量的电容器组，宜选择标准产品，在电容器额定容量优先值中选择，电容器额定容量优先值为 50kvar、100kvar、200kvar、334kvar、417kvar，无特殊情况，不宜采用非标准产品。500kvar 以上的大容量电容器，尚未制订优先值系列，通常是制造厂根据大容量电容器组容量配置需要定制的。

选用单台容量较大的电容器，不仅可以减少占地面积和安装维护工作量，而且大容量电容器能承受的爆破能量大，可以减少电容器外壳爆破的可能性。因此，大型电容器组则宜选用单台容量较大的电容器。

7.2.5 电气设备的绝缘水平选择是设计的最基本原则之一，电容器的绝缘水平选择应遵守这一通用原则，同时，所选取的电容器绝缘水平应与同电压等级的其他设备相适应，以符合电网对电气设备绝缘水平的要求。

7.3 并联电抗器

7.3.1 电抗器产品有干式和油浸式两大类，干式电抗器包括干式空心电抗器、干式半心电抗器和干式铁心电抗器。这两大类电抗器各自具有不同特点，干式空心电抗器的优点是无油、噪声小、磁化特性好、机械强度高，适合室外安装；干式半心电抗器和干式铁心电抗器具有无油、体积小、漏磁小的特点，干式铁心电抗器可做成三相式产品、安装简单、占地少，这两种产品在室内安装，其防电磁感应效果优于干式空心电抗器。油浸式铁心电抗器损耗小、价格便宜，通常为三相共体式结构，并具有体积小、安装简单、占地少的优点，室内外安装均可。

对安装在室内的电气一次设备通常有两点要求：无油化，对电气二次弱电设备影响小。按照这两点要求要达到无油化就要采用干式电抗器；对电气二次弱电设备影响小，就是要求电抗器本体周围漏磁小，这样只有半心式电抗器或干式铁心电抗器满足要求。

针对以上情况，电抗器选型时，各工程要根据自身的条件和对设备的不同要求，进行技术经济比较来确定。

7.3.2 本条并联电抗器感抗偏差值范围取自 GB/T 10229—1988《电抗器》中所采取的数值。

7.3.3 并联电抗器的总损耗值，与其本身造价及年运行费用有着直接关系，此值取得过低，将使造价直线上升，但年运行费用下降，原则上应按综合经济比较后选定最佳合理值。本条所

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

列之值是按我国电价与电抗器造价及以往工程订货时制造厂与用户均能接受的指标选定的。

7.3.4 本条是针对铁心电抗器制定的。为保证电抗器正常运行时铁心不饱和，避免过高的谐波电流和出现谐振等问题，要求所选定的铁心电抗器在外施电压为 1.10 倍最高工作电压时，其伏安特性仍为线性。

并联电抗器的最高工作电压，对并联电抗器的选择是很重要的，其值得注意的特点是：

1） 并联电抗器的实际容量与运行电压的平方成正比，这将确定电网无功平衡的有效容量。

2） 并联电抗器必须能在可能出现的最高电压下连续运行，这将决定电抗器制造容量。现以 63kV、35kV 并联电抗器为例，列表说明见表 2。

表 2 并联电抗器允许最高连续运行电压

电网额定电压 kV	63	35
电抗器最高工作电压/相应的容量 kV/Mvar	66/60	36.75/60
电抗器实际工作电压/相应的容量 kV/Mvar	60～63/49.6～54.7	33.3～35/49.3～54.4

表 2 说明选定并联电抗器的最高运行电压为接入处的电网最高运行电压对电抗器作用的发挥意义很大。如 63kV 并联电抗器铭牌容量为 60Mvar（在 66kV 时）在工作电压为 60kV～63kV 时的实际容量只有 49.6Mvar～54.7Mvar。

7.3.5 并联电抗器用于中性点不接地系统时，其中性点的绝缘水平，与变压器一样，是按线端全绝缘水平要求的。

7.3.6 本条中的数值是根据国内已有工程设计中所采用的且制造厂接受的数值。

7.3.7 磁控电抗器具有动态调节系统感性无功的功能，对稳定系统电压水平有作用，各工程要根据自身的要求，经技术经济比较来确定选用。

7.4 串联电抗器

7.4.1 串联电抗器的选型原则参照 7.3.1。

7.4.2 本条规定是为了明确串联电抗器电抗率的选用原则。

7.4.3 本条相关条款中的数值是参照了有关标准中的推荐值，以及国内已有工程设计中所采用的且制造厂接受的数值。

7.4.4 本条中是根据电容器允许长期过电流运行的条件，同时考虑铁心电抗器的饱和作用而定的。

1.30 倍额定电流中的谐波含量与电抗器制造的造价关系很大，尤其是对铁心电抗器。由于目前对谐波电流含量尚无明确规定，因此，谐波电流含量值宜按工程系统具体情况及电抗器型式与制造厂协商确定，可在 60%～80%之间选择。

7.4.5 本条相关条款中，当串联电抗值在 4.5%X_C 以上时，在电抗器后的短路电流为其额定电流的 25 倍或以下，持续时间 2s 是按制造标准及目前工程中惯用之值。当电抗值小于 4.5%X_C 时，其后的短路电流按其电抗率倒数倍的额定电流计算，可能很大，此时电抗线圈要承受很高的动、热稳定和要求高的匝间绝缘，可能使电抗器造价过大，应与制造厂协商确定最大短时允许电流值。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.4.6 本条相关条款中的要求与 GB 311.1《高压输变电设备的绝缘配合》相一致。

7.4.7 本条噪声水平是根据设备制造水平和环保要求列出的，噪声值应按 GB/T 1094.10—2003《电力变压器 第 10 部分：声级测定》规定的方法进行测量。

7.5 开关电器

7.5.1 本条提出了断路器选型要求，并联电容器装置应选用真空断路器或 SF_6 断路器。用于高压并联电容器装置的断路器，除了应符合一般断路器共用技术条款的要求外，还应满足电容器回路的特殊要求。当不要求开断短路电流时可选择其他开关电器。

1 并联电容器装置要随无功功率需求和电压调节的要求进行投切，所以，每天断路器的投切次数多，动作频繁，满足频繁投切的需要，是对断路器的一个特殊要求。

2 并联电容器装置回路具有独特的电路特性，断路器在合分过程中产生的弹跳和分闸重击穿都将产生过电压，过电压是造成电容器故障的重要原因，所以选择断路器必须慎重。根据实践经验总结和相关规定对开关弹跳提出的限定值为：合闸弹跳时间应小于 2ms；分闸弹跳距离应小于开关断口间距的 20%。当不能满足此要求时，应有操作过电压的防护措施。

3 承受关合涌流以及工频短路电流和电容器高频涌流的联合作用，是电容器组回路断路器的特殊运行工况，断路器应具备这种特殊性能。

7.5.2 GB/T 11024.1—2001《标称电压 1kV 以上交流电力系统用并联电容器 第 1 部分：总则 性能、试验和定额 安全要求 安装和运行导则》第四篇 过负荷中第 20 条规定："电容器单元适于在电流方均根值为 1.30 倍该单元在额定正弦电压和额定频率下产生的电流下连续运行，过渡过程除外。"考虑到电容器组各相有正的容差，其配套开关电器的额定电流应大于电容器组额定电流的 1.30 倍。

7.5.3 本条规定是为了更合理地选择电容器投切装置，尤其在 220kV 变电站中装设多组并联电容器在选择其投切装置时应加以考虑。因为当总断路器应两相短路而跳闸时，其中有一相还要切除电容电流，因此，对整组断路器来说应具有切除全部电容器的能力。由于总开关设备设置的目的之一是保护短路，故总断路器还应能开断回路的短路故障。

7.5.4 在电力系统中装有大容量并联电容器组时，可能改变了接入处电力系统的网络性质。成都科技大学电力系统教研室对当并联电容器组装置的母线及邻近的电源支路或厂用变压器支路发生短路时，电容器的端电压和网络短路电流的变化规律及其实用的工程计算方法，进行了深入的理论研究，找出了在电力系统短路计算中是否需要计及电容器组的影响的判据，建立了有效值校正系数和冲击校正系数，将装有大量并联电容器组的短路计算问题转化成常规的短路计算问题。这些结论和计算方法经浙江省电力试验研究所系统试验站进行系统模拟试验证实。

7.6 熔断器

7.6.1 本条明确规定单台电容器保护用外熔断器应采用专用熔断器，不得再采用其他非电容器专用的产品替代，配套设备选择时应遵循这条规定。当电容器采用外熔断器保护时，因为这种电容器专用熔断器，额定电流 50A 以下已经有了成熟的系列产品，但 50A 以上还存在问题，尚不能全部通过试验项目，因此选用时应慎重。

7.6.2 本条是根据 DL/T 442—1991《高压并联电容器单台保护用熔断器订货技术条件》制定。

7.6.3 本条为外熔断器熔丝额定电流选择规定。本标准要与相关的国家现行标准协调一致，DL/T 442—1991 已经进行了修订，熔断器的熔丝额定电流选择已修改，本条中电容器额定电

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

流 1.37～1.50 倍的规定，就是该标准的修订值。

7.6.4 本条是根据 GB/T 11024.1—2001《标称电压 1kV 以上交流电力系统用并联电容器 第 1 部分：总则 性能、试验和定额 安全要求 安装和运行导则》熔断器的选择中的相关要求而制定的。

7.7 电容器放电器件

7.7.1 放电器件包括装设在电容器外部的放电线圈和装设在电容器内部的放电电阻。本条为放电线圈的选型规定，放电线圈产品有油浸式和干式两种，油浸式放电线圈的早期产品，不是全密封型，运行时容易吸潮进水，在全国各地已经多次发生事故。而在其后研制的全密封型放电线圈和干式放电线圈没有吸潮进水问题，事故较少。为保证全密封放电线圈的安全运行，产品结构应保证其内部压力在恰当范围内，使其在最低环境温度时，不应出现负压，在最高环境温度时，内部压力不应大于 0.1MPa，上述要求是根据实践经验提出来的。

7.7.2 本条为放电线圈绝缘水平的规定。放电线圈的绝缘水平与安装方式有关，安装方式有两种：在地面基础上落地安装和在绝缘台架上安装。无论采用哪种方式安装，放电线圈的绝缘水平均应与其并联的电容器组的绝缘水平相一致。在绝缘台架上安装时，放电线圈的额定电压低，绝缘水平也低，因此，设备价格便宜，同时安装占地面积小。例如 35kV 电容器组采用 10kV 电压等级的放电线圈，与 10kV 电容器组（串联段）并联，安装在电容器组的绝缘台架上，比采用 35kV 电压等级的放电线圈，在地面基础上安装，既价格便宜又少占地。但是，二次线圈如果要引出作继电保护用，就需要采用落地安装方式，因为绝缘台架上安装的放电线圈，二次线圈是无法引出绝缘台架的，这需要在设计时考虑。

7.7.3 本条是对放电线圈放电性能的要求。

能满足本条要求的放电时间和剩余电压的放电线圈，就可以用于自动投切的电容器组，由于手动投切的时间间隔长，将这种放电线圈用于手动投切的电容器组，同样可以满足要求，而且，放电时间的长短对放电线圈产品的价格影响不大，也就没有必要生产两种型式的放电线圈去适应两种不同的投切方式，因此，对放电线圈放电时间和剩余电压的要求只有一种。

7.7.4 放电线圈的额定容量是从其线圈的热稳定要求中提出来的。单星形接线电容器组采用开口三角电压保护或相电压差动保护，选用带有二次线圈的放电装置，抽取二次电压用于电容器组保护或测量不平衡电压，应按继电保护要求校验二次线圈容量是否满足保护设计对二次负荷的要求。同时，电压变比误差根据继电保护设计有关规定应小于±1%。

7.7.5 当电容器组需自动投切或单台电容器无内放电电阻时，必须加装专用放电器，放电器的三相及中性点宜与电容器组直接连接。为满足此要求，放电装置的中性点应有套管引出，并为全绝缘。

7.8 避雷器

7.8.1 本条为电容器组操作过电压保护用避雷器的选型规定。由于无间隙金属氧化物避雷器的性能优于有间隙的碳化硅避雷器，这种避雷器已在国内外各级电压的过电压保护中广泛应用。中国在用避雷器限制电容器组操作过电压时，也是用无间隙金属氧化物避雷器。由于带间隙的金属氧化物避雷器间隙放电时，产生冲击过电压，这种冲击过电压足以构成对电容器绝缘的威胁甚至造成损坏，电力行业的反事故措施中已明文规定，禁止在电容器组中使用带间隙的金属氧化物避雷器产品，为保证安全，避雷器选型应遵循本条规定。

7.8.2 避雷器额定电压应大于其安装点出现的最大暂时过电压。对于中性点不接地系统，允

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

许单相接地故障 2h，故最大暂时过电压为系统发生单相接地故障时健全相的电压升高。

从保护电容器组的金属氧化物避雷器运行情况来看，金属氧化物避雷器损坏的一个主要原因是其额定电压选取不当。在保证绝缘配合的前提下应将避雷器的额定电压选得高一些，从而提高避雷器的通流能力。具体对额定电压参数的选取可参照 GB 11032—2000《交流无间隙金属氧化物避雷器》中建议的数值，见表 3。

表 3 金属氧化物避雷器电压参数表 kV

系统额定电压（有效值）	避雷器额定电压（有效值）	避雷器最大残压（峰值）	
		雷电冲击电流（8/20μs，5kA）	操作冲击电流（1000A）
35	51	134	105
63	84	221	176

7.8.3 避雷器的吸收能量，一般应通过计算或试验确定，对保护单相重燃过电压的金属氧化物避雷器，应考虑带故障单相重燃的情况，其原因如下：

1） 带故障单相重燃时避雷器的吸收能量远大于无故障单相重燃时避雷器的吸收能量，以带故障单相重燃为校验条件对避雷器要求更高，有利于安全运行。

2） 因中性点不接地系统允许单相接地故障 2h，在此期间内，断路器的投切是难以避免的。

3） 用 EMTP 进行的计算分析表明：对 35kV 等级的电容器组，当电容量为 208μF 时，避雷器的吸收能量可达 500kJ，对金属氧化物避雷器允许吸收能量假定为 13kJ/kV，对 35kV 级的避雷器其允许吸收能量为 585kJ，大于 500kJ，所以按带故障单相重燃来校验避雷器的通流容量是可行的。

当没有条件进行计算机计算或试验时，可参照下列经验公式计算：

1） 对于主要用来限制带故障单相重燃过电压的接于相—地之间的避雷器，其最大吸收能量为：

$$W=52.22(U_m/U_r-0.26)[1+3.6(X_l/X_C-0.06)]C^{0.643}U_m^2$$

式中：

W——避雷器的吸收能量，J；

U_m——电源母线最高工作电压（峰值），kV；

U_r——避雷器的参考电压，kV；

X_l——限流电抗器的电抗，Ω；

X_C——电容器组的电抗，Ω；

C——电容器组的电容量，μF。

2） 对于主要用来限制带故障单相重燃过电压的接于相中性点—地之间的避雷器，其最大吸收能量为：

$$W=21.73(U_m/U_r-0.3)[1+2.024(X_l/X_C-0.06)]C^{0.73}U_m^2$$

式中各符号意义同上。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3） 对于用来限制两相重燃过电压的直接接于电容器两端的避雷器，其最大吸收能量为：

$$W=4.31(H-0.2)[1-2.61(X_l/X_C-0.06)]\,CU_m^2$$

式中：

H——避雷器的荷电率。

其余符号意义同上。

7.9 静止无功补偿装置

7.9.1 暂态和动态稳定性研究在特定工程中用于验证静止无功补偿装置在系统干扰期间控制系统的性能，例如，主要故障和甩负荷，并评估所有规定的功能：

1） 启动研究，包括变压器上电、关机及其他开关事件。

2） 响应时间及静止无功补偿装置对故障后的系统恢复行为和贡献研究。

3） 静止无功补偿装置保护和保护间配合的研究。

4） 用于确定绝缘等级、间隙和避雷器额定参数的绝缘配合（包括动态过电压、雷电、故障和开关的暂态特性）。

5） 如果包含这些控制，验证所有附加控制的运行研究，这些附加控制设计用于抑制系统干扰后的振荡。

6） 评估静止无功补偿装置控制与其他附近控制系统的相互作用研究，包括高压直流输电（HVDC）控制、发电机控制和其他柔性交流输电系统（FACTS）装置的控制。

7.9.3 静止无功补偿装置的可靠性定义：

1） 强制停电是指 SVC/STATCOM 设备中的故障导致的停电，该故障导致 SVC/STATCOM 所有或部分关键功能损失。

2） 计划停电是指对保证 SVC/STATCOM 连续可靠运行必要的预防维护停电。这些停电可能导致所有或部分 SVC/STATCOM 的暂时损失。

3） 停电持续时间是指从 SVC/STATCOM 退出运行时刻到准备好返回运行的时刻过去的时间（小时）。

停电持续时间包含下列内容：

1） 要求确定停电原因或确定设备的哪个单元或组件需修理或更换的停机时间。

2） 修理工作准备中系统操作员要求设备断开和接地及修理完成后去除接地和重新连接设备的时间。由于有资格的用户人员的不在导致的延迟不计入停电持续时间。

3） 部分停电。如果 SVC/STATCOM 的部分输出是可用的，等效的停电持续时间应该按降低定额条件产品的持续时间和该周期不能达到的额定输出范围的比例计算。

4） 年可用率是指每年用百分数计算的等效强制停电的可用率，包括总的和部分，用按小时计算的持续时间定义为：

$$\left(1-\sum\frac{\text{强制停电的持续时间}}{8760}\right)\times 100$$

IEEE Std 1031—2000《输电用静止无功补偿器功能规范导则》指出：通常 SVC/STATCOM 强制停电可用率为 98%，事件的次数为 5 次。假如供应商推荐的备件被保存在现场，并且及时进行预防性的维护，SVC/STATCOM 的可用率和可靠性保证在该水平上是合理的。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.9.4 必须规定在补偿器所在地和周围地区不同位置的可接受的噪声水平，如控制室、阀厅等，根据中国的情况，静止无功补偿装置的室外噪声不大于 65dB。

7.9.7 对于每一个运行点，不管是否通过电流，运行中的 SVC/STATCOM 部件或连接的部件的损耗应该被计算。如果多于一个 SVC/STATCOM 部件的组合可能在给定输出下运行，值不仅应该给出还要单独求和，用于解释，平均值应该提出进行求和。

开关、母线、电缆、夹子、连接器等的损耗被排除在外。与谐波电流相关的损耗也应该在评估中从损耗计算中忽略（尽管它们应该被考虑用于确定冷却设备和同样情况的额定参数）。

对于 SVC，损耗的计算应该包含 1）～6）描述的设备。对于 STATCOM，损耗的计算应该包含 1）～3）描述的设备。

1） 阀体损耗。

2） 变压器损耗。

3） 电抗器损耗。

4） 电容器组损耗（TSC，MSC 及滤波器）。

5） 电阻器损耗。

6） 辅助系统电源。

7） 总损耗评估。

运行中每个设备［1）～6）］的损耗在要求的每个负荷水平（不管容性还是感性）被求和，应该按以下方法被评估：

Point1 - _____Mvar: _____￥/kW×计算损耗_____kW=￥_____

Point2 - _____Mvar: _____￥/kW×计算损耗_____kW=￥_____

. - _____ . . . . .

. - _____ . . . . .

. - _____ . . . . .

Point*n*- _____Mvar: _____￥/kW×计算损耗_____kW=￥_____

损耗总评估=￥_____

每千瓦损耗的金额（￥/kW）的值考虑 SVC 与其在无功输出或附近预期运行的时间比例。以上损耗值的和应该被累加到设备的第一成本以确定总的评估成本。

7.9.8 目前国内尚未对工作人员的安全磁场强度作出相应的规定，按照国际辐射防护协会（IRPA）的规定，职业人员全天暴露于磁场的强度应低于 5mT，数小时暴露于磁场的强度应低于 5mT，一般民众全天暴露于磁场的强度应低于 0.1mT，数小时暴露于磁场的强度应低于 1mT。英国放射保护局在人进入的地方推荐磁场强度不超过 2mT。

建议中国静止无功系统工作人员的安全磁场强度为 2mT。

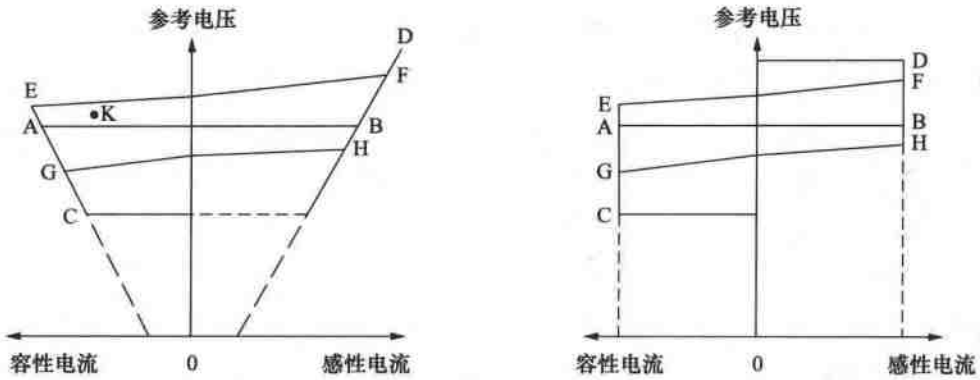
7.10 阀体

7.10.1 SVC 及 STATCOM 阀体和所有相关设备的设计应该耐受图 4 所示的系统稳态运行下各组件对阀体应力的影响及阀体的操作应力，不同阀组件在不同条件下的最大损耗应该得到满足。

阀体必须能够承受系统所需的短时过电压和最大频率偏移及其持续时间。在短时过电压期间，TSC 支路应立即闭锁以防止过电压的进一步增长，TCR/TSR 支路应连续导通，STATCOM 应满发感性无功电流。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



a) SVC　　b) STATCOM

A—额定容性电纳；B—额定感性电纳；C—最小短时交流系统线电压；D—最大短时交流系统线电压；
E—在最大参考电压和最小斜率时容性输出；F—在最大参考电压和最小斜率时感性输出；
G 和 H—分别为最大和最小斜率时的连续运行的最小整定电压；
K—最严酷的运行状态，选择用以定义滤波组件额定参数

图 4　SVC 及 STATCOM 运行特性

在实际的工程研究中，暂态过电压研究应该通过实际的控制来模拟，目的是校验 SVC/STATCOM 设备是否足够保护电力系统暂态及 SVC/STATCOM 系统误操作导致的过电压和过电流（包括过大的阀恢复电压）。校验应该要求，系统谐波不会影响暂态和稳态下的 SVC 控制。被评估的相关项目应该包括下列内容：

1）　高压和低压母线（单相接地、相间和三相）故障。

2）　TCR 和 TSC、STATCOM 故障。

3）　严酷系统条件下所诱发的误触发电压。

7.10.2　阀体冷却系统的目的是去除阀体产生的热量，把热量排到环境中。阀体的冷却方式较多，主要有水冷、油冷、乙二醇冷和风冷。水、油和空气的热交换系数之比为 100:10:1，水和油的热容量远比空气大，所以采用液体冷却可大大改善冷却效果。风冷的特点是空气流量的控制简单，易于维护、修理和更换，但体积和重量较大，且噪声对周围环境干扰严重，一般用于小容量的阀体。油冷与风冷相比能提高运行可靠性、噪声小，但油有燃点低、易老化、不干净等缺点，在静止无功补偿装置中极少采用。乙二醇低温性能好，且具有绝缘特性，缺点是价格贵。水冷是在风冷和油冷基础上发展起来的，水冷具有良好的冷却特性，噪声小、无污染，特别是对大容量的阀体更具有优越性，是国内外普遍采用的冷却方式。

本条推荐在大容量的 SVC 或 STATCOM 装置的阀体中采用水冷方式。

冷却系统是保证晶闸管装置可靠运行的重要设备，运行中出现故障的几率较大。为了保证静止无功补偿装置总的可靠性，使可用率和强制停电限制在规定的范围内，在设计冷却系统时应注意各方面可能出现的问题，以保证阀体正常运行。

考虑到冷却系统对整个静止无功补偿装置运行的重要性，根据国内外工程的实际经验，因此本条中规定冷却系统用的水泵、风扇和电动机有 100%的备用。

水冷系统通常一个泵应该运行，而冗余的泵处于备用模式。如果一个泵发生故障，另一个泵应该自动切换而不关闭设备。

风冷系统通常一个风机运行另一个备份。如果一个风机发生故障，另一个应该自动切换而不关闭设备。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.10.3 为了保证静止无功补偿装置的可靠性，阀体的冗余以第一个阀单元故障后不影响系统的运行为目的，每个单相阀的冗余应不少于 1 个，对于电压等级较高的系统，阀体的冗余度应不少于 10%。

阀体应该在冗余阀单元短路的情况下对性能及保护进行测试。

7.10.4 水冷系统一般采用密闭式的循环去离子纯水冷却方式，作为阀体正常运行的辅助设备，该系统冷却介质必须具有极高的电阻率，才能适应阀体的高电压运行环境。通过对水冷系统的有效控制，冷却介质能够保持稳定的电阻率，使循环冷却水的温度处于正常的水平，从而达到阀体的散热控制的目的。

为了保证在阀体的正常运行，其水阻率应不低于 5MΩ/cm，异常情况下也不应低于 3MΩ/cm。

7.10.5 为了保证静止无功补偿装置的可用率，冷却系统也应具有易维护的特点，失效水冷元件的更换应在不打开冷却水回路的情况下进行，以保证水冷元件失效时能在最短的时间内被更换。

7.10.6 在静止无功补偿装置的控制室、保护室、建筑物的围墙外等地方，噪声的要求应符合当地的规定，阀体的噪声应与静止无功补偿装置的总体要求符合。

7.11 导体与其他

7.11.1 本条是对电容器组回路导体、汇流母线和均压线导体截面选择的规定。因为，汇流母线和均压线中通过的电流，不会超过分组回路的最大工作电流，为保证安全，按回路最大工作电流选择导线，同时，也可减少导线规格，方便于设备安装。

7.11.2 本条是对导线型式及导线载流量要求的规定。

为了避免电容器套管受力，不允许用硬导线连接，应选择软导线，同时根据电容器产品标准中 1.50 倍额定电流是对其允许的稳态过电流值规定的，过电流是由多种因素造成的：稳态过电压、谐波、电容器的容量正偏差，单台电容器至外熔断器或母线的连接导线的截面较小，为增加可靠性适当加大导线截面，并与相关行业标准协调一致，故规定按不小于 1.50 倍单台电容器额定电流来选择导线截面。

7.11.3 正常情况下，双星形电容器组的中性点连接线和桥形接线电容器组的桥连接线，通过的电流为不平衡电流，该电流是由电容器组的容差造成的，数值很小。当故障电容器被外部熔断器切除后，容差增大，不平衡电流增加，按最严重情况考虑，最大稳态不平衡电流将不超过电容器组的额定电流，故按本条规定选择的连接线导体截面可满足安全要求。

7.11.4 对导体动、热稳定的要求是保证安全运行的必要条件之一，按照允许电流选择的导体，虽然已经满足了回路载流要求，但对一些小截面导体来说，可能没有满足动、热稳定要求，应以此作为限制性条件，因此，导体的允许电流和动、热稳定要求是导体选择的两个必要条件。

7.11.5 本条针对单星形接线和双星形接线的电容器组，采用电流不平衡保护，如桥式差流保护和中性点不平衡电流保护，选择电流互感器提出的 4 项要求。这 4 项要求是根据 IEC TC33—149《并联电容器和并联电容器组的保护导则》中的要求并结合中国的实际情况提出的，其中电流互感器的准确等级可选 10P 级。为了使电流互感器不致因短路电流和高频涌放电流冲击而损坏，IEC 标准要求在电流互感器的一次侧加间隙或避雷器。中国采取的措施有：在电流互感器一、二次侧同时装设低压避雷器；有的只在一次侧装低压避雷器；还有采用加

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

强电流互感器的匝间绝缘来提高抗冲击能力。

7.11.6 选择和校验支柱绝缘子的重要技术条件是电压等级、泄漏距离、机械强度，本条予以强调。多层布置的电容器组的绝缘框架，为加强底层支柱绝缘子的强度，工程中通常采用增加绝缘子数量和选高一级电压的产品两种方式。

7.11.7 为保证 TCR 回路、滤波器回路及 STATCOM 的安全可靠运行，回路连接线的长期允许电流不应小于该回路包含谐波电流在内的最大允许稳态过电流。

STATCOM 常用于电能质量的综合治理，回路中通过相应的谐波电流，相控电抗器和滤波器回路正常运行时有谐波分量，当某次谐波电流的频率接近导体的固有振动频率时，会引起导体强烈的机械振动，在设计中应予以避免，使导体的机械强度满足运行要求。

8 安装与布置

8.1 一般规定

8.1.1 无功补偿装置及其配电装置的带电距离应满足 DL/T 5352《高压配电装置设计技术规程》的要求。

8.1.2 本条规定为并联电容器装置布置和安装设计时应考虑的主要技术问题。

8.1.3 本条为高压并联电容器装置布置形式选择原则。布置形式选择有 3 个依据：环境条件、设备性能、当地实践经验。这 3 个依据中设备性能是主要的，甚至是决定因素。只要设备性能允许，推广采用户外布置。户外布置和户内布置是本规范规定的工程中选用的正规布置形式。

为防止夏季烈日对电容器外壳直接照射引起过高的温升，一些地区曾采用半露天布置（即户外搭遮阳棚），运行中出现一些问题：有的工程采用简易的石棉瓦遮阳棚，容易破裂漏雨；由于遮阳棚强度不够，甚至出现被大风吹掉棚顶的事故；这种布置设备容易积灰尘，又失去了雨水自然清洗条件，容易出现污闪事故；冬季棚顶暖和，麻雀栖息又引来了黄鼠狼和猫捕食造成的短路事故。因此，这种布置形式不宜在设计中采用。

户外布置土建施工工作量小，可缩短工期，节约工程造价。在运行上通风散热条件好，风及雨水可对电容器进行自然清洗。户外布置的缺点是受天气和环境污染影响大。20 世纪 80 年代初期曾出现户外电容器到了夏季损坏率升高，特别是酷暑天降暴雨后损坏多，究其原因还是电容器质量差。随着电容器质量提高，户外电容器组的年损坏率已大大下降，除特殊地区和特殊环境外应优先考虑采用户外布置。

户内布置的电容器组，受天气和环境污染的影响小，防范鸟害和小动物侵袭的效果好。但缺点是土建工作量大，工期长，工程造价高，如设置了机械通风还会增加运行费。在严寒、温热、风沙、污秽等特殊地区，设备性能不满足户外安装条件或技术经济比较合理时，可采用户内布置。

8.1.4 户内布置容易产生凝露，而凝露又会发生污闪事故，在国内，户内配电装置曾多次发生由凝露而引起的污闪事故，应在设计中采取防范措施。

8.2 并联电容器组

8.2.1 由于电容器产品的多样化，不同电压等级及不同形式电容器组布置形式较多，可根据具体工程情况选择电容器组的布置方式，独立框架、三相共用框架、柜式结构、箱式结构。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8.2.2 本条是对电容器框架设计的要求。设计电容器组框架应考虑以下几点：

1 利于通风散热。电容器通风散热良好是减少故障的重要条件。调查中曾看到，少数单位怕上层电容器漏油滴到下层电容器上，在层间加了隔板，并认为这样做还可防止电容器爆裂时损坏相邻层的电容器。有少数厂家生产的电容器柜。四周用钢板围护。上述做法均影响电容器的通风散热，增加温升进而导致故障发生，应予以纠正。

2 方便维护和更换设备。设计电容器组框架，应考虑巡视设备的运行状况和停电后的检查、清扫工作，以及更换故障电容器。调查时有运行人员反映，放置电容器的框架设计未考虑维护，框架上无法站脚，换熔丝、清扫及更换电容器均感不便。特别在设计多层绝缘框架时要为电容器组维护和检修尽量创造方便条件。

3 节约占地。工程建设要考虑节约占地。分层布置利于节约占地，在采用分相布置时，也要考虑电容器分层放置。为方便运行巡视和维护检修，分层框架不宜超过 3 层，若超过 3 层，站在地面不易看清上层设备的运行情况，为降低框架高度还可考虑采用横放式电容器。节约占地和方便运行维护在设计时应二者兼顾。

4 单层布置：

1） 单台电容器质量在 50kg 及以上，且安装场所的面积允许时，宜采用单层布置。

2） 优点：安装、检修、更换电容器方便；散热条件好。缺点：占地面积大。

3） 当 N=1 时，单套管可横放的电容器应布置在分相的相应电网额定电压级的绝缘平台或架构上，实现星形或三角形接线；双套管立放电容器可直接安装在接地的金属架构或固定在水泥台上。

当 N>1 时，电容器均应布置在绝缘架构或平台之上。

5 多层布置：

1） 单台电容器质量在 50kg 以下，且安装场所面积紧张时，宜采用多层布置。

2） 缺点：安装、检修、更换电容器不方便；散热条件差；电容器渗漏油时，易造成下层电容器污染。

8.2.3 本条对电容器组的安装设计最小尺寸作了规定，现作如下说明：

1 电容器间距。电容器介质损耗产生的热量主要依靠对流来散发，其散热量与单台电容器容量和介质损耗大小有关。不同容量的电容器在框架上放置，彼此间距取多大合适，应通过电容器温升试验来确定。从下面一个温升试验结果，可看出电容器间距对温升的影响（见表 4），表 4 中百分值基准是以下台单独运行的电容器稳定温升为 100%，试验条件是在电容器四周围以薄铁板，从表 4 中可见下层电容器温升较上层低，间距增大则温升降低，当间距超过 100mm，下层温升与一台单独运行的电容器已比较接近。如无充分理由，本条规定的电容器安装间距不应缩小。

表 4 电容器安装间距对其温升的影响

电容器间距 mm	电容器油箱壁温升的百分比 %		
	下层	中层	上层
12.7	191	216	233
25	161	181	198

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4（续）

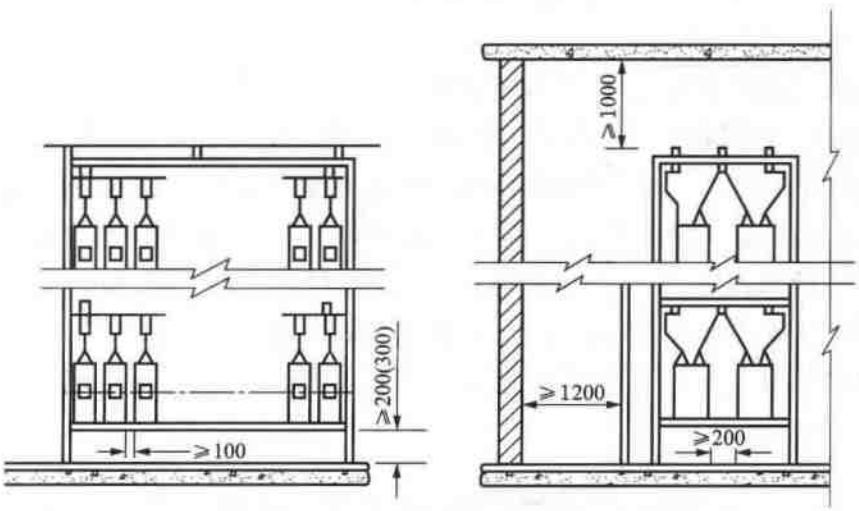
电容器间距 mm	电容器油箱壁温升的百分比 %		
	下层	中层	上层
50	136	155	170
100	123	140	153
200	118	135	148

2 底部距地面距离。为使电容器通风散热，电容器不能直接安装在地面上，安装在地面上容易造成底部锈蚀。户外电容器组的对地距离高于户内，是为了防止下雨时泥水溅到电容器器身上和防止爬行小动物爬上电容器造成事故。据调查，户外 10kV 电容器组多数为 400mm，户内电容器多数为 300mm。35kV 和 66kV 电容器组因用的是绝缘框台架，比上述尺寸还要大一些。

3 排间距离。在框（台）架上安装两排电容器时，排间应有一定距离，以利通风散热、维护和更换电容器。本条规定的最小间距 200mm 是国内较为普遍的采用值。

4 框架顶部至屋顶净距。从利于空气对流散热考虑，框架顶部至屋顶距离越大越好，但由这个条件无法确定一个合理值。从检修人员站在框架上层不致头碰屋顶则可确定一个最小尺寸，本条规定的框架顶部至屋顶净距的最小尺寸为 1000mm，即是从检修条件考虑的，满足带电距离绰绰有余，同时，符合国内较普遍的情况。

用 3 层及以上构架安装的户外电容器组总高度较高，宜选用横放结构的电容器，并采用横放安装方式，以降低构架高度，提高构架本体的抗地震性能及便于安装、维护、检修单台电容器。电容器的安装示意见图 5。



a) 正视图　　b) 侧视图

图 5 电容器的安装示意图（括号中数值适用于户外布置）

8.2.4 本条电容器组设置的通道有两种：正常运行时巡视用的主通道，本标准定名为维护通道；带电体无防护，停电后才能走人的通道，无通用名称，参照各地的习惯称呼，本标准称为检修通道。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

在电容器组四周都设置维护通道，将会多占地，也无十分必要。当户内只有一组电容器时，通常只在电容器框架的一侧设置维护通道，另一侧与墙之间设检修通道；有两组电容器时，通道设置有两种情况：其一是电容器组靠近两侧墙布置，在两组的框架之间设维护通道，在框架与墙间设检修通道；其二是电容器组布置在室内中部，框架之间设检修通道，框架与墙之间设维护通道。当电容器在框架上单排安装时，框架与墙之间无必要设检修通道，可靠墙布置。户外电容器组的通道设置可参照上述情况考虑。通道的宽度系根据 20 世纪 80 年代初各地规定的尺寸和工程中比较普遍的采用值，并经多年运行实践证明是合适的，所以，本条规定了通道的最小尺寸，通道设置示意见图 6 和图 7。

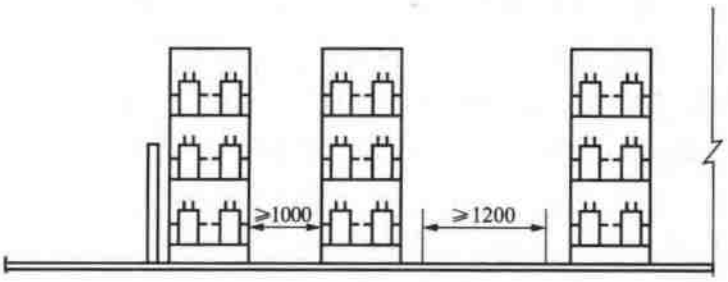
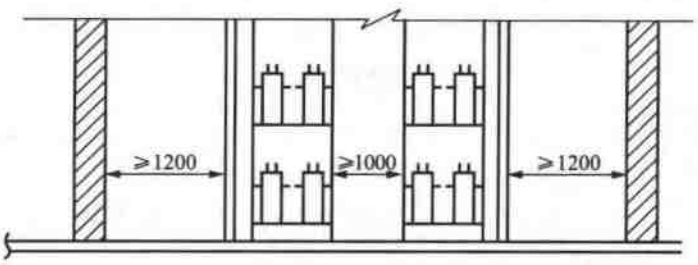
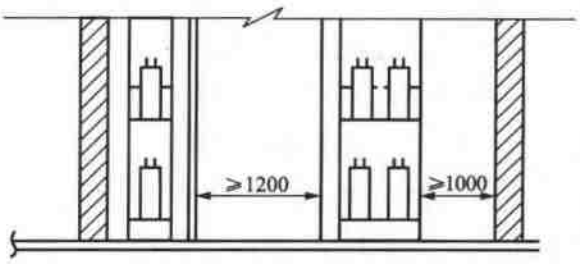


图 6　户外电容器组通道设置示意图



a) 断面图一



b) 断面图二

图 7　户内电容器组通道设置示意图

8.2.5　本条规定是根据绝缘配合要求提出的，这也是电气设计的一个通用基本原则。当电气设备的绝缘水平与电网一致或略高时，设备可装在地面基础上，金属外壳需接地，电气设备的绝缘水平低于电网时，应将其装在绝缘台上，绝缘台的绝缘水平不得低于电网。例如，额定电压为 $11/\sqrt{3}$ kV 的电容器，它的极间额定电压约为 6.35kV，绝缘水平是 10kV 等级，供星形接线的电容器组接入 10kV 电网采用，电容器的外壳与框（台）架一起接地；额定电压为 11kV 的电容器，它的极间额定电压和绝缘水平都是 11kV，采用两段串联接成星形，其极间电压满足了 35kV 电容器组的要求，但电容器的绝缘水平比电网低，要把电容器安装在 35kV 级的绝缘框（台）架上才能满足绝缘配合要求。安装在绝缘框（台）架上的电容器外壳具有

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

一定电位，把所有外壳与框（台）架可靠相连，目的是使外壳电位固定。而且，为防止运行人员触及带电外壳，设计图应要求安装时注明带电标记。

8.2.6 电容器的瓷套与箱壳的连接比较脆弱，因此，无论正常运行或事故情况均应避免套管受力而使其焊缝开裂引起渗漏油，所以，应使用软导线连接套管并使连线有一定的松弛度是必需的，设计应对安装提出要求。

据调查，不少单位有过用硬母线连接电容器组引起事故的教训，因为安装时受力和运行中热胀冷缩，均使瓷套承受过大应力，电容器的瓷套与箱壳连接处则可能发生焊缝开裂，继而出现渗漏油。用硬母线连接的电容器组，当一台电容器发生爆裂时，邻近电容器瓷套因受硬连接线牵连而被拉断，从而造成多台电容器损坏的事故发生。为杜绝此类事故发生，本条作了强制性规定，设计中应遵循。

1 单套管电容器的接壳端子虽然与外壳是连在一起的，但为了保持回路接触良好，不能用外壳连接代替接壳导线，接壳导线应由接壳端子上引出，以保持载流回路接触良好。

2 关于铜铝导体的连接要求，由于在 DL/T 5352—2006《高压配电装置设计技术规程》中已有规定，本条虽未对此作相应规定，但应参照执行。

3 熔断器安装在通道侧，主要是为了方便熔丝的更换。熔断器的安装位置不但要考虑正常运行，而且要考虑事故状态，即熔丝在熔断时及熔断后跌落的整个过程中都应满足安全要求。例如，喷逐式熔断器喷出的气体不应损坏邻近设备或引起相间、极间闪络，熔丝熔断后的引线不应搭在电容器外壳上，否则会造成接地故障。

应当说明，熔断器安装后不能一劳永逸，事实上，长期运行后可能产生熔管受潮发胀，拉紧弹簧锈蚀弹力下降，一旦熔丝熔断，尾线难以弹出，而且熔丝的开断性能变差。装设熔断器也犹如“养兵千日，用兵一时”，当电容器故障，正该熔断器发挥作用时，它失效了，从而造成事故，因此，应定期对熔断器进行检查，及时更换失效品。

8.2.7 本条的目的在于提请设计人员注意，根据各地区情况防范鸟、鼠、蛇类等小动物侵袭事故。据调查，各地都发生过鸟、鼠、蛇类等小动物进入并联电容器装置造成的短路事故，而且，此类事故在主变压器和配电装置中也时有发生。防范鸟、鼠、蛇类等小动物侵袭事故的措施，应根据周围环境中鸟、鼠、蛇类等小动物的活动情况，并参照相应电压级别配电装置采用的办法予以确定。对小动物不可不防，但也不能花太多的投资设防。各地采取的措施有：对户外并联电容器装置，在其四周设置网状围栏，但多雨潮湿地区网状围栏易于锈蚀；采用全封闭的网笼比较少。电容器室通常采取的是封堵方式，进排风口、窗洞口装金属网，电缆沟道口封堵，为了防止老鼠钻进电容器室，有的工程设置了门槛并堵塞所有墙洞。一般来说，电容器室在采取上述措施后效果较好。因此，执行本条规定可因地制宜采取不同办法。

8.2.8 本条规定目的在于提请设计人员和施工人员注意，没有设置接地开关的并联电容器装置，应把检修挂临时接地线的上下两处的接线条件准备好，以利检修前接地放电。

8.2.9 本条为通用要求。钢部件采用刷漆防腐措施简单方便，但防腐效果不如镀锌好。因此，凡有条件均应将钢结构件进行镀锌处理，特别是户外并联电容器装置使用的钢部件最好采用热镀锌，使其达到长期不维修的目的。

8.3 电抗器

8.3.1 高压并联电抗器布置的选择原则，是在满足电气主接线要求，符合配电装置场地条件

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

的前提下，尽量使总体布置合理，节约占地面积，选择布置在户内或户外主要是考虑设备的运行环境条件要求，并考虑环境污秽条件而定。铁芯电抗器布置在户内时，应考虑电抗器的防振动措施，目的是通过采取减振措施，减小振动有利于设备的安全运行。油浸式铁芯并联电抗器布置在户内时，散热器宜采用分体式布置。散热器采用分体式布置有利于通风散热、降低噪声。

8.3.2 干式空心串联电抗器的特点是线圈磁力线均经周围空间而形成闭合回路，设备周围存在着强磁场，为了减少它在邻近导体（包括铁磁性金属部件及接地体）中引起严重的电磁感应电流而发热及产生电动力效应，安装设计要满足厂家提出的防电磁感应的空间范围要求。有些厂家提出的防电磁感应距离有两个：一是对金属体的距离；二是对形成闭合回路的金属体的距离，设计中均应满足。

8.3.3 目的是防止在围网、围栏中产生涡流使其发热。

8.3.4 在实际安装运行中曾发生过电抗器安装在二次微机保护装置的楼下，电抗器投运后电磁干扰二次微机设备，使其不能正常运行的后果。

8.3.5 本条规定是为了尽量降低空心电抗器的空间磁场在板形接线及连接用螺栓上的涡流损耗，避免它们超过允许温升。

8.3.6 主要是为了防止在闭合的接地网中产生涡流，所以要求采用放射形或开口环形接地。

8.4 静止无功补偿装置

8.4.2 静止无功补偿装置的阀元件及其冷却系统环境温度一般要求在+5℃～+40℃，采用户内安装有利于温度控制，使阀元件的运行条件极大地改善，提高安全运行可靠性。为加强散热效果，冷却器应安装在户外。

8.4.5 为使光纤能够安全可靠运行，提出光纤施工安装中的基本要求。

9 二次接线、继电保护和自动投切

9.1 一般规定

9.1.1 本条款强调并联电容器、并联电抗器和静止无功补偿装置等设备的二次设计应与变电站的二次设计综合考虑。

9.2 控制

9.2.1 目前绝大多数变电站均采用计算机监控系统，并联电容器、并联电抗器采用计算机监控系统集中控制，但有条件的变电站仍保留了一些就地控制方式。

9.2.2 目前绝大多数变电站均采用计算机监控系统，静止无功补偿装置就目前运行情况，一般就地设一套独立二次系统对补偿系统进行调节、保护、触发和监测，阀的导通由此二次系统控制器来控制。但对于补偿装置的断路器仍应由变电站监控系统来控制。

9.2.3 为防止操作事故，本条款强调防止误操作的要求。

9.2.4 本条就无功补偿装置的直流电源作了规定。

9.3 信号

9.3.1 目前新建变电站普遍使用监控系统，无功补偿装置不再另设专用信号系统。对于静止补偿装置就目前情况一般由一次设备生产厂家成套提供一套独立测控系统，此系统具备信号采集及与变电站监控系统通信的功能。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.3.2 本条对无功补偿装置的信号类型作了规定。

9.3.3 为简化二次回路，有关的模拟量和开关量应接入对应的测控装置或综合保护测控装置。

9.4 测量

9.4.1 本条主要规定并联电容器和低压并联电抗器应配置的测量量。

9.4.2 本条针对无功补偿设备，除规定有额定电流和额定电压外，尚规定有最大允许稳态过电流和最高运行电压。因此，测量范围不仅要满足额定电压、电流的要求，还应满足最大允许电流和最高允许电压的要求。

9.4.3 由于静止补偿装置运行经验较少，可根据实际运行经验调整相关电气量。

9.4.4 由于静止补偿装置运行经验较少，可根据实际运行经验调整相关电气量。

9.5 并联电容器保护

9.5.1 并联电容器装置的单台电容器内部故障保护，通常有以下 3 种方式：内熔丝配合继电保护、外熔断器配合继电保护和无熔丝仅有继电保护。外熔断器加继电保护方式，在国内大部分地区的中小容量电容器组上采用；内熔丝加继电保护方式，前几年主要是进口电容器和集合式并联电容器采用，近期，中国发展起来的大容量单台电容器装设有内熔丝，也采用这种保护；电容器内部没有熔丝保护，又不装设外熔断器仅采用继电保护，这种方式应用比较少。建议依据各地运行经验采用前两种保护方式。

9.5.2 明确针对并联电容器组的不同故障及异常运行方式设置相应的保护。

9.5.3 并联电容器应装设电流速断保护，按电容器端部引线故障时灵敏系数不小于 2 整定，一般整定为 3～5 倍的额定电流，时间一般为 0.1s～0.2s。过流保护电流定值按躲过最大可能的负荷电流整定，一般整定为 1.50～2 倍的额定电流，动作时间一般整定为 0.3s～1.0s。

9.5.4 电容器内部发生故障以后，将引起电容器组内部相关的两部分之间的电容量不平衡，利用这种特性可以构成各种保护方式。本条第 1 款、第 2 款、第 3 款所列的 4 种保护方式是常用的。其基本原理是利用电容器组内部相关的两部分之间电容量之差，形成电流差或电压差构成的保护，故称为不平衡保护，又可以称之为不平衡电流保护和不平衡电压保护。

9.5.5 本条规定的目的是为了避免电容器在工频过电压下运行发生绝缘损坏。电容器有承受过电压的能力，在中国现行标准中有具体规定：电容器在 1.10 倍额定电压下允许长期运行；在 1.15 倍额定电压下允许运行 30min；在 1.20 倍额定电压下允许运行 5min；在 1.30 倍额定电压下允许运行 1min。原则上过电压保护可以按标准中规定的电压和时间作为整定值，但是，电网过电压还是较少出现的，为了安全起见，实际整定值选得比较保守。例如，在 1.10 倍额定电压时动作信号，在 1.20 倍额定电压时经 5s～10s 动作跳闸，延时跳闸的目的是避免瞬时电压波动引起误动。

9.5.6 电容器装置装设失压保护的目的在于防止所连接的母线失压对电容器产生的危害。从电容器本身的特点来看，运行中的电容器如果失去电压，电容器本身并不会损坏，而它的危害在于：

1） 电容器装置失压后立即复电（有电源的线路装设的自动重合闸重合）将造成电容器带电荷合闸，致使电容器因过电压而损坏。

2） 变电站失电后复电，可能造成变压器带电容器合闸，变压器与电容器的合闸涌流与过电压将使它们受到损害。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3） 失电后的复电可能因无负荷而使电压过高。

失压保护在电源断电时，应能自动将电容器装置从电网切除。失压保护应带适当时限以躲开线路故障引起的电压波动。

9.5.7 为了防止外壳接地的并联电容器组，发生电容器极对壳绝缘击穿，或套管闪络击穿后，没有接地保护，不能即时发现处理，时间长了在另一相发生同类事故，引起多相接地而扩大事故。北京、上海、广州等地已普遍使用低电阻接地方式，但其保护定值区域性、经验性较强，所以本条款未对保护定值进行明确规定。

9.5.8 由总断路器与分组断路器控制多组电容器分别投切时，电流保护可装设在总回路上。可配置成两段式保护：第一段为短时限的速断保护，第二段为过流保护，与分组过流保护相配合。当串联电抗器装设在电源侧时，分组回路保护动作应跳开本回路断路器，电抗器前短路时应跳开总断路器（分组断路器不满足开断短路电流要求时）。当电抗器装设在中性点侧时，短路故障均应跳开总断路器。应采取措施（加大相间距离，对连接导线采用绝缘材料封包）使跳总断路器的机会减到最少。

9.5.9 本条为针对集合式电容器的特点设置的保护。

9.6 并联电抗器保护

9.6.2 瓦斯保护是油箱内各种故障最灵敏、快速的保护，本条规定了油浸式电抗器应装设瓦斯保护。当并联电抗器油箱内部产生大量瓦斯时，瓦斯保护应动作于跳闸，当产生轻微瓦斯或油面下降时，瓦斯保护应动作于信号。

9.6.3 并联电抗器应装设电流速断保护，电流定值应躲过电抗器投入时的励磁涌流，一般整定为 5～7 倍的额定电流。DL/T 584—2007《3kV～110kV 电网继电保护装置运行整定规程》4.2.12.2 规定“在常见运行方式下，电抗器端部引线故障时灵敏系数不小于 1.3”。

9.6.5 GB/T 14285—2006《继电保护和安全自动装置技术规程》未要求低压并联电抗器安装过负荷保护，可根据具体运行情况确定是否安装此保护。

9.7 静止无功补偿装置保护

除了被提供作为阀体及其控制的保护特点外，应提供单独保护系统保护补偿器组件防止所有可能发生的不正常运行状态。以下表 5 中的数据来源于 IEEE/PES 的工作报告和中国上海 STATCOM 工程的保护配置。

表 5 静止无功发生器的保护配置

保护区	保 护 功 能	说 明
变压器	差动	
	过流	
	瓦斯/温度/油位过低	
	接地过电流	
低压母线	差动	
	过流	
	过电压	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5（续）

保护区	保护功能	说明
低压母线	过电压（开口三角）	接地故障
	接地过电流	用接地互感器
TSC	不平衡	跨接不平衡测量
	差动	
	过电流	支路故障或限流电抗器过负荷
	负序	不平衡
	零序	不平衡，作为负序的替代保护
	过负荷	通过测量电流的电容器过电压保护
	接地过电流	支路故障
TCR/TSR	差动	
	过电流	
	过负荷	电抗器热过负荷
	负序	电抗器支路不平衡
	零序	电抗器支路不平衡
	接地过电流	接地故障
TCR/TSR/TSC 晶闸管阀	过电压	TSC 阀端的避雷器及 TCR/TSR 的击穿二极管
	过电流	控制中的常规过电流或过负荷
	晶闸管故障	监视晶闸管
	热过负荷	
滤波器	中性点电压偏移	
	不平衡	
	过电流	
	过电压	
	差动	滤波器差动电流
	接地过电流	接地故障检测
冷却系统	温度	冷却水温度的告警或跳闸
	流动	冷却水流告警或跳闸
	电阻率	冷却水电阻率的告警或跳闸
	泄漏	液体损失
	变换故障或掉电	
STATCOM	过流保护	
	过电压保护	
	直流电容过压保护	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

9.8 自动投切

9.8.1 并联电容器组和并联电抗器采用自动投切方式，可以使输出的无功功率自动适应负荷变化的需要，从而减轻了操作运行人员的工作量。目前自动投切功能在变电站中普遍应用，所以本标准推荐自动投切方式。

9.8.2 本条规定是对自动投切装置（或软件）的功能要求。

9.8.3 由于经保护装置动作而断开的电容器组在一次重合闸前的短暂时间里，电容器的剩余电压不能降低到允许值，如果设置了自动重合闸，将使电容器在残压较高的情况下，重新加压，致使电容器过电压超过允许值而损坏。因此，本条规定并联电容器组回路严禁设置自动重合闸。

9.8.4 本条规定的目的是为了避免断路器频繁动作，造成寿命缩短及维护工作量增加。变电站有两种电抗率的并联电容器装置时，其中 12%的装置应具有先投后切的功能。

10 防火、通风与采暖

10.1 防火

10.1.1 明确无功补偿装置防火的原则要求。

10.1.2 电容器单台充油量虽然不多，但由于成组布置，其总油量仍可能较大。另外，若一台电容器爆炸起火可引起多台损坏，甚至可能造成整个电容器室被烧毁。据调查，电容器曾多次发生过类似爆炸事故，引起火灾。因此，对电容器室的防火要求不应低于同电压等级的配电装置室。

按 GB 50229—2006《火力发电厂与变电站设计防火规范》第 11.1.1 条规定，有可燃介质的电容器室的火灾危险性分类定为丙类，耐火等级为二级。

电容器装置的支架等采用非燃烧材料，目的是防火及防止火灾事故蔓延，并与电容器室建筑防火要求相一致。

10.1.3 本条防火间距的确定是考虑到与其他有关规范、规程的有关规定相一致。

当场地紧张无法达到规定的防火距离时，可采用防火墙分隔或采用联合建筑形式来减少用地。在联合建筑中与相邻其他用房的隔墙、楼板等均应满足防火要求。

10.1.4 电容器室的门与其他电气设备用房的门一样，其防火要求应与 GB 50229—2006《火力发电厂与变电站设计防火规范》中的相关内容保持一致。

电容器室内除巡视外，无人值班，对采光无特殊要求，尽量少设采光窗，对隔热、采暖和减少玻璃窗维护工作以及减少电容器爆裂时造成玻璃碎片飞溅伤人均为有利。因此，电容器室不宜设采光玻璃窗，可考虑设置散热用的通风百叶窗。

10.1.5 本条所指的能灭油火的消防设施，除一般采用的移动式磷酸铵盐干粉灭火器或防火砂箱外，还有移动式泡沫灭火器、手提式气体灭火器等。其放置位置应就近、顺路、方便。一般可放在电容器室外入口或户外电容器组附近。

消防通道应与站内道路作统一考虑，并尽可能起到方便运行和搬运设备的作用。

10.1.6 沟管孔洞的防火封堵，是防止电气火灾扩散的重要措施，同时也可防止小动物进入。但常不为人们重视，特别在电缆安装后，或电缆维修时把原封堵拆除后，无专人管理，造成遗漏。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10.1.7 集合式并联电容器充油量相对较大，设置贮油池或挡油坎可防止事故时绝缘油向四周流散，防止火灾蔓延和保护环境免受油污染。

10.1.8 油浸铁心电抗器的油量与防火要求基本上与油浸变压器的要求相同。

10.2 通风

10.2.1 电容器室、电抗器室通风的主要目的是排除室内的余热，以保证设备的安全运行和使用年限。在进行通风计算时，余热量包括设备散热量及通过围护结构传入的太阳辐射热。

10.2.2 电容器允许的最高环境温度按电容器的类别不同，分别为 40℃、45℃、50℃、55℃。电容器室的夏季排风温度取 40℃，可保证电容器的环境温度小于或等于 40℃。电抗器室的夏季排风温度取值参照油浸变压器的有关规定。

10.2.3 自然通风方式是最有效和节能的通风方式，所以建议优先采用。

10.2.4 沿用 GB 50049—1994《小型火力发电厂设计规范》第 14.3.6 条“厂用配电装置室的事故通风量，应按每小时换气次数不少于 10 次计算。事故排风机可兼作通风换气用。”

10.2.5 根据电气工艺要求，静止无功补偿装置的控制室及阀室夏季室内温度不允许高于 35℃。对于夏季室外通风计算温度高于或等于 32℃的地区，如仍然采用机械通风方式，通风量会很大，且高温盛夏，室内温度很难保证小于 40℃。所以建议采用降温为主的空调系统。空调机建议选用风冷型式，是因为运行比较方便。

10.2.6 静止无功补偿装置的控制室和阀室如采用空调系统，则建议夏季室内计算温度取为 28℃～30℃。

10.3 采暖

10.3.1 静止无功补偿装置的控制室、晶闸管阀室和冷却水泵房按电气工艺要求，室内计算温度不应低于 5℃。如已经采用集中采暖，则冬季室内计算温度取为 10℃，偏于安全，也易做到。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Q/GDW 340—2009

农村电网无人值班变电站管理规范

Specification for unattended substation management of the rural electric power network

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言……362
1　范围……363
2　规范性引用文件……363
3　术语和定义……363
4　管理职责……363
5　无人值班变电站的基本条件……364
6　安全管理……364
7　运行管理……366
8　设备管理……369
9　变电站自动化系统运行维护……370
10　人员培训和文明生产……371
附录 A（资料性附录）　管理部门职责……372
附录 B（资料性附录）　视频监控系统功能及实用化要求……373
附录 C（资料性附录）　设备巡视内容及要求……374
附录 D（规范性附录）　倒闸操作“七要、八步骤”……375
附录 E（资料性附录）　设备定期试验、定期轮换常规项目……376
编制说明……377

前　言

为规范农村电网无人值班变电站的运行管理，进一步提高电网安全、可靠、优质、经济管理水平，特制定《农村电网无人值班变电站管理规范》（以下简称“规范”）。本规范对所涉及的管理部门职能、专业管理以及专业技术提出了要求。本规范分正文和附录两部分，正文重点反映原则性的规定、概念、基本要求等，对内容较多、较具体的则纳入附录。

该规范包括 5 个附录，附录 D 为规范性附录。附录 A、附录 B、附录 C、附录 E 为资料性附录。

下列有关人员应熟悉本规范：农电管理部门、县级供电企业分管生产的领导、主任工程师；县级供电企业的生产、安全、人力资源等部门负责人及有关管理人员；县级供电企业的变电、调度、远动、通信、检修、计量等生产单位人员。

本规范由国家电网公司科技部归口。

本规范由国家电网公司农电工作部提出并负责解释。

本规范主要起草单位：安徽省电力公司、中国电力科学研究院。

本规范主要起草人：吴平、安四清、王凤鸣、陈俊章、盛万兴、解芳、任水华、徐曦、张会兵、查力、唐元寿、米晓东。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农村电网无人值班变电站管理规范

1 范围

本规范规定了农村电网无人值班变电站（以下简称“变电站”）各管理单位的职责，变电站的基本条件，安全、运行和设备管理。

2 规范性引用文件

下列文件对于本规范的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用于本规范。

DL/T 635—1997 县级电网调度自动化功能规范

DL/T 737 农网无人值班变电所运行管理规定

DL 5027—1993 电力设备典型消防规程

Q/GDW 126—2005 国家电网公司农村电网自动化及通信系统技术导则

电监会 5 号令 电力二次系统安全防护总体方案

国电发［2001］796 号 电力生产企业安全设施规范手册

国家电网生［2003］243 号 防止电气误操作装置管理规定

国家电网农［2004］477 号 国家电网公司县供电公司安全性评价依据
国家电网公司县供电公司安全性评价标准

国家电网安监［2005］83 号 国家电网公司电力安全工作规程

国家电网安监［2005］516 号 国家电网公司安全工器具管理规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

3.1

无人值班变电站 unattended substation

运行监测和主要控制操作由远方控制端进行，采取定期巡视和维护的方式且没有运行人员值守的变电站。

3.2

监控中心 supervisory control center

在电网管辖范围内，按照调度指令，通过计算机监控系统对无人值班变电站实施远方监视、控制的远方控制中心或调度中心。

4 管理职责

4.1 国家电网公司管理职责

国家电网公司农电工作部是农村电网变电站归口管理部门，负责制定相关技术标准和管

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

理办法，并指导和监督各网省公司贯彻执行。

4.2 网、省公司管理职责

4.2.1 负责农村电网发展规划审批和变电站建设方案的审批工作。

4.2.2 负责制定农村电网变电站无人值班改造技术规范及要求。

4.2.3 负责制定县级电网无人值班变电站验收规范及标准。

4.2.4 负责实施全省农村电网变电站规范化管理，并定期抽查实施情况。

4.3 市公司管理职责

4.3.1 负责农村电网发展规划审查、汇编工作，负责变电站建设方案的申报、工程管理和竣工验收工作。

4.3.2 负责组织农村电网变电站实施无人值班改造验收工作。

4.3.3 负责组织农村电网变电站实施规范化管理与验收工作。

4.4 县级供电企业管理职责

负责编制农村电网发展规划。负责变电站建设和安全生产管理以及人员教育培训等工作。各管理部门职责参见附录 A。

5 无人值班变电站的基本条件

5.1 变电站具备遥测、遥信、遥控、遥调等远方功能。

5.2 主变压器具备有载调压功能。变电站各电压等级的断路器、主变压器有载调压分接开关等均能实现远方遥控操作。反映设备运行状况的实时信息能远传至监控中心，且站用电源能自动切换并实现远方监测。事故信号和预告信号应具有就地、远方复归功能。

5.3 与监控中心之间具有一主一备双通道；变电站自动化系统应满足《变电站二次系统安全防护方案》的要求。

5.4 防误闭锁装置应具备五防功能，可靠并投入。

5.5 变电站的远动通信、监控设备必须配置主备电源且实现自动切换。

5.6 变电站具备当地功能的监视系统或端口。

5.7 变电站具备完善的防盗、报警功能，并配置标准消防设施。站内宜设遥视、消防自动报警系统。

5.8 站内应有符合实际的图纸资料、运行规程。

6 安全管理

6.1 安全责任制与安全活动

6.1.1 建立健全各岗位安全生产责任制，逐级签订安全生产责任书，明确各岗位安全责任。

6.1.2 认真执行有关规章制度和条例，搞好安全生产。

6.1.3 监控中心、操作队定期开展安全活动，做到有内容、有分析、有措施、有落实、有记录。

6.2 安全工器具管理

6.2.1 安全工器具使用、保管和配置应符合《国家电网公司电力安全工作规程》、《国家电网公司安全工器具管理规定》。

6.2.2 建立安全工器具台账，做到账、卡、物相符。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.2.3 安全工、器具按规定进行周期性试验，定期检查、维护，及时更换不合格的工、器具，建立试验、检查、更换、使用记录。

6.3 防误闭锁装置管理

6.3.1 严格执行《防止电气误操作装置管理规定》，做好防误装置的选型、安装、验收、运行、维护等管理。

6.3.2 新建或改造的变电站应优先采用微机防误闭锁装置。

6.3.3 按电气设备管理要求，落实防误装置的巡视和消缺维护工作。

6.3.4 制定解锁工具（钥匙）或备用解锁工具（钥匙）的使用管理制度。严禁随意将防误装置退出运行，若停用或退出防误闭锁装置，必须经分管领导（主任工程师）批准。

6.3.5 当防误闭锁装置确因事故处理或检修工作需要退出运行或停用时，必须严格执行解锁制度。

6.3.6 设有微机闭锁的变电站，其监控主机宜设置在当地，由操作队进行操作和管理，设置口令权限。电脑钥匙应放置在变电站妥善保管，解锁钥匙应封存管理。

6.3.7 防误装置微机应专机专用，使用独立、不间断电源。不得与办公自动化系统主机合用，不得与因特网联接。

6.4 安全保卫

6.4.1 变电站大门应设置“未经许可不得入内”警示牌，进、出时应随时上锁。

6.4.2 因工作需要进入变电站的人员必须办理相关手续，严禁无关人员入内。

6.4.3 装有遥视系统的变电站，应能对围墙、大门等站内部位进行有效监视。变电站周边应安装防盗报警系统或电子围栏。视频监控系统功能及实用化要求参见附录B。

6.4.4 变电站宜装设烟雾、水位探测器等监测设备。

6.5 防小动物管理

6.5.1 变电站应有完备的防小动物管理措施。

6.5.2 开关室（箱）、控制室门口应安装防小动物挡板，挡板高度不低于50cm，上端应标有10cm高度的警示线。

6.5.3 控制室、开关室、电容器室等通往室内外的电缆口必须进行严密封堵。

6.5.4 防小动物封堵措施应纳入设备检修的验收范围。

6.6 消防管理

6.6.1 变电站的消防设施应符合DL 5027—1993规定，主管部门应按照国家颁发的消防法规，制定消防措施并认真落实。

6.6.2 操作队和维修人员均能熟练掌握消防知识和消防器具的性能和使用方法。

6.6.3 定期检查消防器具的放置、数量以及完好情况。

6.6.4 变电站的电缆沟应设置阻燃点，电缆隧道和夹层应有防火措施，控制盘、配电盘和端子箱等电缆孔应用防火材料封堵。

6.6.5 变电站设备室或设备区不得存放易燃、易爆物品。因工作需要放在设备区的易燃、易爆物品，应做好预防措施，并按规定取用，工作结束后应立即运走。

6.6.6 变电站内进行动火作业的工作，工作单位应办理动火工作票，并有安全防护措施。

6.7 安全检查与安全性评价

6.7.1 每年进行春、秋季安全检查。特殊情况下（自然灾害、迎峰期间）应增加检查次数。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

对查出的问题，制定整改措施，及时消除安全隐患。

6.7.2 安全性评价执行《国家电网公司县供电公司安全性评价依据（试行）》和《国家电网公司县供电公司安全性评价标准（试行）》，按照“评价——分析——评估——整改”的过程循环推进。

6.7.3 建立健全安全性评价档案。根据隐患性质，科学制定控制方案和整改措施，落实整改资金、整改时间、整改责任人和督办人。

6.8 安全应急管理

6.8.1 应具备变电站电气设备事故应急处理预案。

6.8.2 操作队应根据地区气候特点，制定变电站防汛、防风、防寒等管理措施，建立防自然灾害应急处理机制。

7 运行管理

7.1 监控中心

7.1.1 通过监控系统对变电站进行监控，认真监视变电站设备运行工况和电网无功电压；通过遥视系统做好设备监视，在特殊时段和负荷高峰期对变电站设备进行检查。

7.1.2 定期与操作队人员核对设备现场状态；正确判断事故、异常，及时汇报、处理并记录。

7.1.3 负责变电站单一的遥控、遥调操作，远方操作宜实行双位双机操作，并严格执行监护复诵制。操作中注意信号、参数变化，有异常或疑问时，应立即停止操作，汇报调度。

7.1.4 交接班应尽量避开操作。交接班发生事故或异常时，由交班人员负责处理，接班人员配合。

7.1.5 严格执行监控中心交接班制度。交接班时，应交清以下内容：

a） 变电站设备运行情况；

b） 设备缺陷、异常和事故处理情况；

c） 自动化系统的运行情况；

d） 接受的调度指令票、需移交的所有未完成的工作；

e） 系统接线图是否与设备实际相符；

f） 上级指示，各种记录和技术资料；

g） 核对遥信、遥测等远方信息；

h） 本班未完成需下一班做的工作和注意事项等；

i） 设备修试、校验情况和工作票的执行情况，现场安全措施情况。

7.1.6 严禁擅自退出监控系统。

7.1.7 当系统发生障碍、异常时，须经现场或遥视检查、核对，不得只凭监控系统遥信、遥测信号进行处理。

7.1.8 发现变电站交、直流系统异常时，应立即通知操作人员赶赴现场进行处理。

7.1.9 严禁在监控机、专用“五防”闭锁微机上非法操作并安装非允许软件。

7.1.10 配合变电站现场检修人员进行“四遥”信息的核对和远传。

7.2 操作队

7.2.1 认真值班，做好设备现场巡视工作，掌握变电站运行方式和设备工况。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.2.2 操作队必须保持通信畅通，接到调度、监控中心指令后及时到达现场。

7.2.3 操作队工作时，应充分做好准备工作，携带好记录簿、工器具、钥匙和通信工具等。

7.2.4 严格履行交接班制度，接班人员应提前 15 分钟到达。交接班由双方正值主持，双方人员应全部参加，对口交接。

7.2.5 交接班期间，遇有事故处理或操作时应停止交接，由交班人员负责指挥处理，接班人员予以协助。当事故处理完毕或操作告一段落时，方可履行交接手续。

7.3 设备巡视

7.3.1 巡视设备须按运行规程规定的项目进行，发现缺陷时，应及时填报。

7.3.2 监控中心通过监控系统对变电站进行监视，定时检查变电站设备运行工况和信息库，通过遥视系统对变电站设备定时监视。

7.3.3 操作队主要以定期巡视、夜巡、特巡、全面巡视等方式负责变电站现场巡视工作。

7.3.4 巡视时，应对安全用具、生产工具、备品备件、钥匙、通信、防火防盗等设施进行检查。

7.3.5 操作队应根据巡视卡或标准化作业指导书开展巡视工作。具体巡视内容参见附录 C。

7.4 工作票、操作票管理

7.4.1 工作票管理

7.4.1.1 第一种工作票，检修单位应提前一天送达操作队，当值人员应审核工作票的正确性和合理性。工作当天，操作队与检修单位在工作地点办理工作许可手续。

7.4.1.2 第二种工作票，检修单位在工作前与操作队联系，办理工作许可手续。

7.4.1.3 现场运行人员办理工作许可手续后，设备检修的整个过程由工作负责人全面负责。现场检修若需对所检修的设备进行必要的操作，按规定须经运行管理当值负责人许可后，方可进行操作，工作结束后须恢复原状并汇报结束。

7.4.1.4 当日内不能完成的检修工作，检修工作负责人在每日收工时，必须向操作队当值交回工作票，由值班人员详细记入运行值班记录。次日复工前，征得操作队当值负责人许可，取回工作票，并认真核对现场安全措施符合工作票要求，方可复工。

7.4.1.5 在变电站进行设备检修时，操作队值班员应到达现场接收调度指令，并在现场办理工作许可手续。

7.4.1.6 工作负责人在工作结束前，提前通知监控中心，以便操作队人员及时办理设备验收与工作终结手续，减少设备停运时间。

7.4.1.7 当设备检修完毕后，经操作队现场和监控中心远方验收合格后，方可办理工作票终结手续。设备恢复运行无异常，现场人员方可撤离。

7.4.1.8 有关工作票的管理和其他规定，按《国家电网公司电力安全工作规程》和有关规定执行。

7.4.2 操作票管理

7.4.2.1 操作票应严格按照《国家电网公司电力安全工作规程》要求规范填写和审核。

7.4.2.2 操作票应统一编号，按编号使用，在一年内不得使用重复号。

7.4.2.3 操作票宜使用计算机开票，推广使用典型操作票。

7.4.2.4 电子操作票在纸型、字体、字形以及签字、盖章等方面应有规范的固定格式。

7.4.2.5 操作票填写应履行审核制度，操作票结束后应定期抽查，合格率应达到要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.5 倒闸操作

7.5.1 一般规定

7.5.1.1 倒闸操作应严格遵守《国家电网公司电力安全工作规程》和有关规定，杜绝误操作。

7.5.1.2 倒闸操作应按当值调度员的指令进行，同时符合倒闸操作的“七要、八步骤”（见附录 D）。

7.5.1.3 操作人员应提前赶到操作的变电站，根据现场设备状态认真审核操作票。操作前后，必须进行“四核对”，即：核对变电站名称、设备名称和编号、设备位置、设备状态，并保持与现场相符。

7.5.1.4 操作过程中发生疑问或遇到设备故障、系统事故时，操作人员应立即停止操作，并向发令人汇报，待发令人再行许可后，方可继续操作。

7.5.1.5 倒闸操作结束后，操作人员应根据现场一、二次设备运行方式的变化及时更改模拟图和校正计算机画面，并将调度指令的执行结果向值班调度员汇报。

7.5.1.6 大型操作应由安全员或队长审票，并到现场监护。必要时生产、安监部门应派人到现场加强监督，操作前应充分做好危险点分析和预控方案。

7.5.1.7 计划性检修工作，调度应提前一天下达操作预令；非计划性检修工作，调度应提前下达操作预令。

7.5.1.8 因故有可能延误执行指令时，操作人员应立即与当值调度员取得联系。

7.5.1.9 现场操作任务完成后，经当值调度员同意，操作人员方可离开现场。

7.5.1.10 操作队人员在变电站进行操作或巡视时，若遇有事故或紧急缺陷必须立即处理时，可直接向调度申请口令操作，但仍要向监控中心作简要汇报。

7.5.1.11 操作队应配备移动录音设备，对操作全过程进行录音，且录音内容保存不少于三个月。

7.5.2 监控中心操作

7.5.2.1 监控系统工作站应具有防误操作措施，设置分级操作权限，宜实现双位双机控制。

7.5.2.2 监控中心应根据调度指令要求，进行远方遥控操作。除下列操作可在监控中心遥控操作外，其他操作必须到现场操作。

a） 拉合断路器、负荷开关的单一操作；

b） 调节变压器分接头位置（遥调）；

c） 主变压器中性点接地开关。

7.5.2.3 事故紧急处理时，允许监控人员遥控操作（包括刀闸）隔离故障点，但事后必须立即对现场进行检查。

7.5.2.4 遥控操作应在监护下进行，并做好记录。当变电站的遥控、遥调功能失灵时，应及时向值班调度员汇报。当连续两次遥控、遥调失灵时，禁止再进行遥控、遥调操作，应分析情况，及时向有关部门汇报进行处理。

7.5.2.5 当遥控、遥调同一个设备连续两次及以上时，操作间隔时间不少于 3 分钟；遥控电容器开关操作间隔时间不少于 5 分钟；无励磁可调容电容器在退出运行 5 分钟后，才能进行挡位调节。

7.5.2.6 监控中心应配备录音电话，且录音内容保存不少于三个月。

7.5.3 遥控切换开关状态设置

7.5.3.1 运用中的遥控切换开关应置于“远控”状态，由监控中心进行遥控操作（对“远控/

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

就地”遥控切换开关简称“遥控切换开关”)。

7.5.3.2 检修、试验时，遥控切换开关应置于“就地”状态，不得进行“远控”操作。

7.5.3.3 设备停电检修时，由操作队将遥控切换开关置于“就地”状态，待检修结束后，再将遥控切换开关切至“远控”状态。

7.5.3.4 当设备停电检修，需做传动试验时，检修负责人必须征得操作队同意后方可进行。

a) 当检修负责人做“就地”传动时，应告知监控中心；

b) 若需“远控”传动时，经操作队同意并向监控中心申请，得到批准后，由检修负责人与监控中心联系，双方配合做“远控”传动；

c) 传动试验结束后，由检修负责人及时向监控中心和操作队汇报，并负责将设备恢复至原状态，将遥控切换开关恢复至“就地”状态。

7.5.3.5 现场事故处理时，操作队应将相关遥控切换开关切至“就地”状态，并按调度指令执行。

7.6 事故及异常处理

7.6.1 监控人员应根据监控系统的事故报警、遥信和遥测信息的变化，正确判断和处理；并向当值调度员汇报；同时立即通知操作人员到达现场做进一步检查。监控人员接到操作人员对设备检查情况的详细汇报后，应及时汇报当值调度，并详细记录处理过程和处理结果。需要检修人员处理的事故，由当值调度员通知主管部门和相关班组迅速处理。

7.6.2 在未查明事故和异常原因前，不得将监控信息复位。

7.6.3 调度自动化系统或监控系统出现故障或异常时，当值调度或监控人员应通知有关部门立即处理，同时通知操作队加强设备巡视，以免因监视不力危及电网安全。

7.6.4 变电站发生事故或异常时，操作队在接到通知后应及时到达现场处理。

7.6.5 操作队到达现场后，应详细检查保护及安全自动装置动作情况、设备状况、故障原因，与监控人员核对后，按规定进行相应处理。

7.6.6 当变电站因故不具备无人值班条件时，运行人员应及时到达现场值班。

7.7 运行分析

7.7.1 建立运行分析制度，定期开展运行分析。重点分析主站系统、变电站设备异常、缺陷及事故、两票三制和技术管理。分析工作有针对性、有措施、有总结，记录详细完整。

7.7.2 对设备运行参数、试验参数定期对比分析，详细记录、存档。

7.7.3 定期对电能平衡、无功电压、系统潮流分布等情况进行分析，掌握设备输送能力及变化情况。

7.7.4 根据季节性特点，查找、分析隐患，制定预控措施。

8 设备管理

8.1 设备标识

8.1.1 变电站设备标识、安全标识应按《电力生产企业安全实施规范手册》完善。

8.1.2 变电站必须具有安全标识，设备及安全工、器具标识，安全警示线，安全防护设施等。

8.1.3 变电站常设的安全标识有禁止、警告、指令、提示、消防及其他标识。

8.2 设备缺陷管理

8.2.1 设备缺陷应分级闭环管理；在巡视检查、试验、检修以及操作中发现的缺陷，应及时

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

纳入设备缺陷管理系统；缺陷消除时限应严格按缺陷管理制度执行。

8.2.2 巡视人员在发现危急缺陷后，应立即向有关部门汇报，同时加强现场监视并做好安全措施，视现场情况进行紧急处理；事后应汇报调度，详细记录设备缺陷和缺陷处理情况。

8.2.3 操作队应对存在缺陷的设备进行跟踪监视，掌握缺陷变化状况，做好相应记录。

8.2.4 设备检修及缺陷消除后，操作队应认真验收。

8.3 设备定期试验和轮换

8.3.1 根据设备管理的要求和实际运行状况，对一、二次设备、直流系统、照明系统、防误操作闭锁装置等制定试验、轮换制度。有关试验可随设备巡视或检修作业完成。

8.3.2 变电站的定期试验、轮换项目及周期规定参见附录 E。

8.3.3 对长期备用的无功补偿设备，每个季度应安排投运一定的时间，保持设备处于完好状态。

8.4 设备测温

8.4.1 变电站设备应定期进行测温。

8.4.2 测温分计划普测和重点抽测。计划普测每季不少于一次。根据设备负荷及设备状况进行重点抽测，高峰负荷期应增加测温次数。

8.4.3 测温内容：一、二次设备及其他易发热设备部位。

8.4.4 测温范围：只要表面发出的红外辐射不受阻挡都属于红外诊断的有效监测设备。例如：变压器、断路器、互感器、电力电容器、避雷器、电力电缆、母线、导线、组合电器、低压电器及二次回路等。对于无法进行红外测温的设备，应采取其他测温手段，如贴试温蜡片等。

8.4.5 测温要求：

a） 在低温下检测应注意仪器自身工作要求；

b） 认真填写测温记录并对测温结果进行分析。

8.4.6 测温方法：用热成像仪、点温仪等专用测温设备以及试温蜡片等进行测温。

8.4.7 对具备遥视系统的变电站，可结合雨、雪天气对发热设备进行监视。

8.5 设备定级

8.5.1 评级工作应根据设备实际运行状况，按照评级标准进行。安全性评价结果可作为评级依据。

8.5.2 设备评级工作由生产部门组织。操作队定期做好变电站的设备定级工作，将评级结果报生产部门审定，作为消缺计划安排和技改、大修项目的编制依据。

8.5.3 变电站的主设备完好率应达到 100%，且一级设备占 90%以上。新投入设备和大修设备应符合一级设备标准。

8.5.4 设备评级每年不少于两次，评级工作实行动态管理。

9 变电站自动化系统运行维护

9.1 变电站自动化系统应集变电站继电保护、测量、监视、控制和通信于一个系统中，其功能和配置应满足无人值班要求。

9.2 变电站自动化系统各设备应明确专责维护人员负责运行、检测、调试和故障检查。

9.3 设备运行管理单位应建立自动化设备台账（卡）、运行日志、设备缺陷和测试记录，并做好统计分析。

9.4 变电站自动化系统应按照电力行业有关电力二次系统安全防护的工作要求，建立健全安

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

全防护体系。定期进行操作系统补丁、病毒库升级和数据备份等工作；严禁在自动化系统上运行无关软件。

9.5 无人值班变电站技术改造后，设备管理单位应及时对有关图纸资料予以修正、补充，保持与现场一致，其自动化系统必须按管理权限接受验收。

10 人员培训和文明生产

10.1 人员培训的基本要求

根据岗位特点加强专业培训工作并开展一定的实践训练；做好各项培训记录，培训记录和考试成绩存入个人培训档案。

10.2 文明生产

10.2.1 运行人员宜着装整齐，现场操作人员应按规定着工作服，工作及休息场所应实行定置管理，做到清洁整齐、规范有序。

10.2.2 变电站内应保持清洁，现场各种记录簿和工器具摆放整齐，实行定置管理。

10.2.3 变电站室外环境应保持整洁、美观，场地相对平整、隙地适当绿化。

10.2.4 设备应无锈蚀、无渗漏。沟内电缆应排列整齐，无杂物、无堵塞、无积液，电缆沟盖板应完整无损。

10.2.5 检修单位在变电站工作结束后，必须做到工完、料净、场地清。

10.2.6 监控中心、操作队通信设备，必须处于良好状态，保持通信畅通。

10.2.7 操作队应配备专用工作车辆并保持良好待发状态，不得移作他用。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 A
（资料性附录）
管理部门职责

A.1 生产部门

A.1.1 生产部门是变电站生产技术、生产管理的主管部门。
A.1.2 负责变电站的规划、建设工作；负责协调各部门对变电站的管理。
A.1.3 组织落实对监控中心、操作队的管理、检查、考核。
A.1.4 组织制定变电站管理制度、技术规程，并负责监督执行。
A.1.5 负责变电站设备缺陷管理，组织与协调涉及多个部门的设备缺陷处理工作。

A.2 安监部门

A.2.1 安监部门是变电站安全技术管理的主管部门。
A.2.2 监督、检查现场安全管理执行情况。
A.2.3 监督变电站安全保卫和安全设施管理工作。
A.2.4 监督变电站防误闭锁装置的运行管理。
A.2.5 负责编制变电站反事故措施和安全劳动保护措施并监督实施。
A.2.6 组织事故调查和分析，审核反事故预案。

A.3 人力资源部

A.3.1 负责组织人员技能培训及考核工作。
A.3.2 监督、检查生产单位岗位培训执行情况。

A.4 监控中心

A.4.1 负责制定监控中心直接进行操作的设备、操作范围和操作规定。
A.4.2 负责并确保调度自动化系统或监控系统正常、可靠运行。
A.4.3 监视电网运行情况，接受调度指令。
A.4.4 有效控制电压、功率因数在合格范围内，确保电网电能质量和电网经济运行。对变电站实施单一操作。
A.4.5 负责变电站的远方运行监视、远方操作，联络操作队对变电站进行操作与维护。
A.4.6 按规定通过视频和安防系统对变电站进行监视和定期检查。

A.5 操作队

A.5.1 负责变电站现场巡视、操作、事故（或异常）处理；负责检修工作许可、验收及站内维护管理工作。
A.5.2 负责制定操作队的规章制度，编制变电站现场运行规程。
A.5.3 做好变电站的安全检查、安全性评价工作。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

A.5.4 参加变电站新建、扩建、改建、大修等工程验收。

A.5.5 参与编制或提出变电站年度“两措”计划并检查、实施。

A.5.6 落实岗位培训计划。

附 录 B
（资料性附录）
视频监控系统功能及实用化要求

B.1 功能

视频监控系统主要用于监控并记录变电站的视频及安防信息，实现电子布防及安防自动报警；能监控到全站主要电气设备状态、围墙周边环境；具有远方控制灯光功能，满足夜间监视与摄像要求。

B.2 实用化要求

B.2.1 户外监视

主变压器、断路器、隔离开关、互感器、母线、避雷器、站用变压器等设备状态以及变电站大门、围墙内外周边环境。主要监视部位包括：

a） 主变压器：油位、油温、油色、套管、引线等附件。

b） 断路器：分合指示、断路器套管、引线等附件。

c） 隔离开关：动静触头、分合位置等附件。

d） 互感器：油位、油色、套管、引线等附件。

e） 避雷器：套管、引线等附件。

f） 站用变：套管、引线等附件。

g） 变电站大门、围墙等。

B.2.2 户内监视

开关柜分合指示及保护屏、测控柜、直流屏等设备运行情况和室内防火、防盗情况。

B.2.3 其他设施

控制室、高压室、安全工器具室、变电站围墙应安装电子防盗系统；电缆层、控制室、箱式变箱体、蓄电池室应安装烟感、水位探测器。

B.2.4 系统软件功能

B.2.4.1 系统报警时可自动切换触发点画面，启动录像设备同步记录，并语音提示。

B.2.4.2 主站应具有 Web 浏览和多画面显示功能，多点触发时以多画面显示为主。

B.2.4.3 事件信息可以通过显示器和打印机输出。

B.2.4.4 系统软件宜具备图像预置和对预置点巡航的功能。

B.2.5 传输信道应采用专用通道

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 C
（资料性附录）
设备巡视内容及要求

C.1 设备巡视主要内容

C.1.1 主变压器声音、油位、油温是否正常，外壳是否清洁、有无渗漏油，瓷套管有无破损，气体继电器是否充满油，防爆管玻璃有无裂纹，冷却系统是否正常，呼吸器是否畅通，硅胶没于油中变色不应超过 1/3。有载调压装置传动连杆应无变形、无腐蚀，计数器应显示清晰。

C.1.2 检查断路器的充油设备有无渗漏，充气设备压力是否正常，真空管颜色有无变化，瓷套管有无破损等，操作电源及合闸电源回路是否正常。

C.1.3 检查电压互感器、电流互感器有无渗油及异音；瓷套管有无破损等。

C.1.4 检查母线有无异音，连接部位有无发热、放电现象。

C.1.5 检查隔离开关动静触头是否接触良好，变色漆或试温蜡片有无过热变色。

C.1.6 检查电容器有无放电声，电缆头有无冒油现象，放电设备应良好，呼吸器内吸湿剂不应受潮。

C.1.7 检查在线监测设备是否正常、运行参数有无异常变化；所有高压设备的电气连接点有无冒油过热、放电现象，线夹压接是否牢固、有无裂纹、有无发热变色；熔断器、熔断管及熔丝是否完好正常。

C.1.8 检查接地引下线和接地螺栓有无腐蚀，设备机构、设备标志、警示牌和编号牌、消防设施、安全工具、电缆沟盖板、门窗是否完好。

C.1.9 检查室外端子箱、机构箱、接线盒关闭是否严密，是否有受潮现象。端子箱内闸刀、开关及端子排标签是否齐全、清楚、投停正确。

C.1.10 检查变电站的直流系统和直流电压是否正常。

C.1.11 无人值班变电站的通信及远动、自动化设备的巡视检查周期和检查测试项目，按通信及自动化系统有关管理要求进行。

C.1.12 雨雪天气巡视，应通过检查引线、线夹有无积雪融化、水蒸气等现象，判明设备是否发热；夜间巡视，应通过检查设备有无放电火花、发红等现象，判明设备隐患。

C.1.13 有条件单位可使用设备巡视信息系统、标准化设备巡视指导书等新科技、新手段。

C.1.14 保护装置和安全自动装置面板信号指示正确，液晶显示正确，通信正常。

C.2 操作队巡视

C.2.1 操作队负责无人值班变电站的设备巡视工作。

C.2.2 设备巡视检查分为定期巡视、夜巡、特巡、全面巡视。

C.2.3 设备的巡视周期应根据设备的健康状况确定，一般应按下列规定执行：

a） 定期巡视：每周 1～2 次；

b） 夜巡：高峰负荷期间每月不少于 2 次，其余时间每月 1 次；

c） 特巡：大风前后、雷雨后，冰雹、大雾及风沙期间，高温、高负荷及设备异常时，

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

新建设备，技改、大修改造后的新投运设备法定假日或者有重要供电任务时，应进行特巡，并适当增加巡视次数；

d） 全面巡视：每月1次，对全站所有设备、设施进行全面巡视检查、记录。

C.2.4 巡视人员应将巡视时间、巡视内容及发现的问题记入有关记录，并及时汇报。

C.2.5 巡视检查设备必须遵守有关规定，不得进行与巡视无关的工作。

C.3 监控中心监视

监控中心应定期监视无人值班变电站设备运行工况和信息库，并通过遥视系统完成以下监视任务：

a） 遥视变电站范围内的设施、设备的安全，以及防火、防盗等情况；

b） 监视主变压器和高压配电设备的运行状态，监视设备节点和接头部位有无异常；

c） 对主控室的仪表盘、直流系统、远动装置、综合自动化系统以及通信设备等运行情况进行监视；

d） 通过遥视系统监督现场人员倒闸操作的正确性，防止操作人员误入带电间隔；监督并及时制止检修人员的违章、违规现象，防止工作人员误入带电间隔；

e） 在遥控、遥调操作后，监控中心值班员应通过遥视系统核对设备现场状态，保证设备现场状态与主站系统的显示保持一致；

f） 当主站系统发出遥信报警时，应通过遥视系统进行现场查巡，并配合事故处理；

g） 通过遥视系统对设备隐患进行跟踪监视，对事故现象进行录像、保存以备事故分析；

h） 当变电站有人工作时，遥视画面应切换到该站。

附 录 D
（规范性附录）
倒闸操作“七要、八步骤”

D.1 倒闸操作“七要”

D.1.1 操作人员应考试合格且名单经运行管理单位批准公布。

D.1.2 现场设备应有明显标志，包括命名、编号、分合指示、旋转方向、切换位置的指示和区别电气相别的色标。

D.1.3 一次系统模拟图或电子接线图应与现场实际相符合。

D.1.4 应具备齐全和完善的运行规程、典型操作票和统一规范的调度操作术语。

D.1.5 应有确切的操作指令和合格的操作票。

D.1.6 应有合格的操作工具、安全用具和设施（包括对号放置接地线的专用装置）。

D.1.7 电气设备应有完善的防止电气误操作闭锁装置。

D.2 倒闸操作“八步骤”

D.2.1 操作人员按预先布置的操作任务（操作步骤）正确填写操作票。

D.2.2 经审票并预演正确。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

D.2.3 操作前明确操作目的，做好危险点分析和预控。

D.2.4 接受调度发布的操作指令及发令时间。

D.2.5 操作人员检查核对设备命名、编号和状态。

D.2.6 按操作票逐项唱票、复诵、监护、操作，确认设备状态与操作票内容相符并打勾。

D.2.7 向调度员汇报操作结束及时间。

D.2.8 做好记录并使系统模拟图与设备状态一致，然后签销操作票。

附 录 E
（资料性附录）
设备定期试验、定期轮换常规项目

E.1 设备定期试验常规项目

E.1.1 变电站控制设备、信息采集及传输设备的主、备电源，半月一次。

E.1.2 直流系统绝缘检查，每周一次，蓄电池充放电按规定执行。

E.1.3 防误闭锁装置，每季一次。

E.1.4 备用电源自投装置，每月一次。

E.1.5 主变压器冷却装置在备用或辅助状态时，每月一次。

E.1.6 事故照明系统，每月一次。

E.1.7 电气设备的取暖、驱潮电热装置在相应季节来临前，进行一次全面检查。

E.1.8 事故排风，每月一次。

E.1.9 备用站用变压器，每月一次。

E.1.10 剩余电流动作保护器，每月一次。

E.1.11 结合一次设备检修，参与保护装置传动试验与验收（远方、就地信号）。

E.1.12 每半年，按照保护定值通知单核对保护定值和保护压板。

E.1.13 定期检查变电站各类保护及自动化装置信息是否正常，并与远方监控系统核对信息的正确性。

E.2 设备定期轮换常规项目

E.2.1 主站前置机和主、备服务器，每周一次。

E.2.2 通信设备传输主、备通道，每半月一次。

E.2.3 备用无功补偿装置，每季运行一定时间。

E.2.4 GIS 设备操动机构集中供气站的工作气泵和备用气泵，每季轮换运行一次。

E.2.5 备用变压器与运行变压器，每季轮换运行一定时间。

E.2.6 变电站的备用风机与工作风机，每季轮换运行一次。

E.3 E.1 和 E.2 的常规项目检查情况应记入定期试验和定期轮换记录簿

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农村电网无人值班变电站管理规范

编 制 说 明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

一、编制背景……378
二、编制原则及思路……378
三、编制依据……378
四、规范编制过程……379
五、规范主要内容……379

一、编制背景

以往国内、外没有适用于无人值班变电站的管理规范。为规范国家电网公司农村电网无人值班变电站的管理，国家电网公司于 2007 年 4 月委托安徽省电力公司和中国电力科学研究院承担《农村电网无人值班变电站管理规范》的编制工作任务。本规范规定了农村电网无人值班变电站各管理单位的职责，无人值班变电站的基本条件，安全、运行、设备管理。本规范适用于农村电网 110kV 及以下无人值班变电站（以下简称“变电站”）的运行管理及相关专业管理。

二、编制原则及思路

（1）本规范侧重于对人的工作行为和工作内容进行规范，并对无人值班变电站的安全生产管理工作提出保障措施。从安全、运行、设备管理、调度自动化系统运行维护、人员培训等主要方面阐述无人值班变电站所涉及的人和设备的管理内容与要求，编写中所涉及的各个专业和相关内容与现行执行的规程、规定保持一致。

（2）“4 管理职责”介绍了从国家电网公司到网、省、市、县管理部门和管理单位的职责，明确无人值班变电站从规划和建设初期抓起；制定了县公司的管理部门职责和无人值班变电站的各生产岗位职责。因各地管理模式上存在差异，将其列为资料性附录供各地参考执行。

（3）“6.4 安全保卫”中首次引进了视频监控系统作为安全防范措施，并在附录中说明了视频监控系统的功能与实用化的要求。目前电力行业对此功能尚无条文规定，工作组根据该系统在实际使用中的运行情况，制定出“视频监控系统功能及实用化要求”，作为资料性附录供各地参考建设。

（4）将“7.4 工作票、操作票管理”和“7.5 倒闸操作”纳入运行管理，其中，倒闸操作分监控中心和操作队分别说明，对倒闸操作的共性问题作了一般规定，同时强调了倒闸操作的“七要、八步骤”这些在多年实践中被证实为经典的要求，将其列入规范性附录。基于无人值班变电站设备的控制特点，特别强调了在设备处于运行、检修和传动三种状态下“遥控切换开关状态设置”。

三、编制依据

本规范的制定过程主要依据和参考如下文献：

Q/GDW 126—2005　国家电网公司农村电网自动化及通信系统技术导则

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

DL/T 737　农网无人值班变电所运行管理规定

四、规范编制过程

（1）2007年4月，成立了规范起草工作组，确立编研工作总体目标，构建组织机构，确定参编单位及其人员，开展课题前期研究工作。

（2）2007年5月开始全面开展调研、收资。学习了多个网省公司的管理经验，编制了本规范的初稿。

（3）2007年9月，国家电网公司农电工作部、农电标委会在安徽黄山组织召开专家讨论会议。与会专家结合本地无人值班变电站建设管理情况对本规范进行了认真讨论，从规范的结构、主体内容到附录认真梳理、分析，对所涉及的相关专业与管理内容一一研究，使规范趋于可行性、内容具有普遍性，同时突出了无人值班变电站工作特点。

（4）2007年10月，根据专家组审查意见，编写人员认真对原稿进行补充、修改。其中，补充了“倒闸操作‘七要、八步骤’”作为规范性附录、“视频监控系统功能及实用化要求”作为资料性附录。

（5）2007年12月，国家电网公司农电工作部与农电标委会在苏州组织召开专家审查会，对《农村电网无人值班变电站管理规范》（送审稿）进行审查，专家组对送审稿认真讨论，并对具体的内容因各地管理模式不同所形成的差异进行规避。工作组根据审查意见，在术语和定义中补充了对“操作队”的定义；将正文中“县级供电企业部门管理职责”纳入到附录中与“岗位职责”合并形成“附录A　管理部门职责”；删除了资料性附录“设备缺陷管理办法”和“设备评级标准”。其中，“设备评级标准”主要是以1986年华东版为主要评价依据，且内容未完全涵盖新设备，与会专家建议农电标委会立项重新修订，在本规范中不体现。

（6）2008年根据国家电力调度通信中心和专家的意见，进行了修改，最终完成报批稿。

五、规范主要内容

本规范依据DL/T 600—2001《电力行业标准编写基本规定》的编写要求进行了编制。规范的主要结构和内容如下：

（1）目次；

（2）前言；

（3）规范正文共10章，包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、管理职责、无人值班变电站的基本条件、安全管理、运行管理、设备管理、变电站自动化系统运行维护、人员培训和文明生产；

（4）规范有1个规范性附录和4个资料性附录，分别为：倒闸操作“七要、八步骤”；管理部门职责；视频监控系统功能及实用化要求；设备巡视内容及要求；设备定期试验、定期轮换常规项目。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Q/GDW 383—2009

智能变电站技术导则

Technical guide for smart substation

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言……382
1　范围……383
2　规范性引用文件……383
3　术语和定义……384
4　技术原则……385
5　体系架构……385
6　设备功能要求……386
7　系统功能要求……388
8　辅助设施功能要求……390
9　变电站设计……390
10　调试与验收……391
11　运行维护……391
12　检测评估……391
附录 A（规范性附录）　本标准用词说明……392
编制说明……393

前　言

智能变电站是坚强智能电网的重要基础和支撑。按照“统一规划、统一标准、统一建设”的工作方针，规范开展智能变电站建设，国家电网公司组织编制了《智能变电站技术导则》。本标准编写过程中，广泛征求了调度、生产、基建、设计、科研等多方意见，着力吸收国内外智能电网相关研究成果，积极创新技术、管理理念，力求充分展现设备智能化，引领变电站技术的发展方向。

本标准是智能变电站建设的技术指导性文件，对于实际工程实施，应在参考本标准的基础上，另行制定新建智能变电站相关设计规范，及在运变电站的智能化改造指导原则。

智能变电站技术条件及功能要求应参照已颁发的与变电站相关的技术标准和规程；本标准描述的内容如与已颁发的变电站相关技术标准和规程相抵触，应尽可能考虑采用本标准的可能性。

本标准由国家电网公司智能电网部提出并解释。

本标准由国家电网公司科技部归口。

本标准主要起草单位：国网电力科学研究院、中国电力科学研究院。

本标准主要参加单位：江苏省电力公司、浙江省电力公司。

本标准主要起草人：徐石明、刘有为、丁杰、冯庆东、刘明、舒治淮、王永福、曾健、修建、倪益民、周泽昕、陆天健、丁网林、伍雪峰、许庆强、宋锦海、赵翔、李刚、杨卫星、吴军民、冯宇。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

智能变电站技术导则

1 范围

本标准作为智能变电站建设与在运变电站智能化改造的指导性规范，规定了智能变电站的相关术语和定义，明确了智能变电站的技术原则和体系结构，对智能变电站的设计、调试验收、运行维护、检测评估等环节作出了规定。

本标准适用于110kV（包括66kV）及以上电压等级智能变电站。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2900.15 电工术语 变压器、互感器、调压器和电抗器

GB/T 2900.50 电工术语 发电、输电及配电 通用术语

GB/T 2900.57 电工术语 发电、输电和配电 运行

GB/T 13729 远动终端设备

GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程

GB 50150 电气装置安装工程电气设备交接试验标准

DL/T 448 电能计量装置技术管理规程

DL/T 478 静态继电保护及安全自动装置通用技术条件

DL/T 663 220kV～500kV电力系统故障动态记录装置检测要求

DL/T 723 电力系统安全稳定控制技术导则

DL 755 电力系统安全稳定导则

DL/T 769 电力系统微机继电保护技术导则

DL/T 782 110kV及以上送变电工程启动及竣工验收规程

DL/T 860 变电站通信网络和系统

DL/T 995 继电保护和电网安全自动装置检验规程

DL/T 1075 数字式保护测控装置通用技术条件

DL/T 1092 电力系统安全稳定控制系统通用技术条件

DL/T 5149 220kV～500kV变电所计算机监控系统设计技术规程

JJG 313 测量用电流互感器检定规程

JJG 314 测量用电压互感器检定规程

JJG 1021 电力互感器检定规程

Q/GDW 157 750kV电力设备交接试验标准

Q/GDW 168 输变电设备状态检修试验规程

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Q/GDW 213 变电站计算机监控系统工厂验收管理规程

Q/GDW 214 变电站计算机监控系统现场验收管理规程

IEC 61499 Function blocks for embedded and distributed control systems design

IEC 61588 Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems

IEC 62351 Power systems management and associated information exchange-data and communications security

IEC 62439 High availability automation networks

国家电力监管委员会第 34 号文，2006 年 2 月 电力二次系统安全防护总体方案

3 术语和定义

GB/T 2900.15、GB/T 2900.50、GB/T 2900.57、DL/T 860.1 和 DL/T 860.2 中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

智能变电站 smart substation

采用先进、可靠、集成、低碳、环保的智能设备，以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本要求，自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能，并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级功能的变电站。

3.2

智能组件 intelligent component

由若干智能电子装置集合组成，承担宿主设备的测量、控制和监测等基本功能；在满足相关标准要求时，智能组件还可承担相关计量、保护等功能。可包括测量、控制、状态监测、计量、保护等全部或部分装置。

3.3

智能电子装置 intelligent electronic device，IED

一种带有处理器、具有以下全部或部分功能的一种电子装置：① 采集或处理数据；② 接收或发送数据；③ 接收或发送控制指令；④ 执行控制指令。如具有智能特征的变压器有载分接开关的控制器、具有自诊断功能的现场局部放电监测仪等。

3.4

监测功能组 monitoring group

实现对一次设备的状态监测，是智能组件的组成部分。监测功能组设一个主 IED，承担全部监测结果的综合分析，并与相关系统进行信息互动。

3.5

智能设备 intelligent equipment

一次设备和智能组件的有机结合体，具有测量数字化、控制网络化、状态可视化、功能一体化和信息互动化特征的高压设备，是高压设备智能化的简称。

3.6

全景数据 panoramic data

反映变电站电力系统运行的稳态、暂态、动态数据以及变电站设备运行状态、图像等的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

数据的集合。

3.7

顺序控制 sequence control

发出整批指令，由系统根据设备状态信息变化情况判断每步操作是否到位，确认到位后自动执行下一指令，直至执行完所有指令。

3.8

站域控制 substation area control

通过对变电站内信息的分布协同利用或集中处理判断，实现站内自动控制功能的装置或系统。

4 技术原则

智能变电站应以高度可靠的智能设备为基础，其基本技术原则如下：

a） 智能变电站设备具有信息数字化、功能集成化、结构紧凑化、状态可视化等主要技术特征，符合易扩展、易升级、易改造、易维护的工业化应用要求。

b） 智能变电站的设计及建设应按照 DL/T 1092 三道防线要求，满足 DL 755 三级安全稳定标准；满足 GB/T 14285 继电保护选择性、速动性、灵敏性、可靠性的要求。

c） 智能变电站的测量、控制、保护等装置应满足 GB/T 14285、DL/T 769、DL/T 478、GB/T 13729 的相关要求，后台监控功能应参考 DL/T 5149 的相关要求。

d） 智能变电站的通信网络与系统应符合 DL/T 860 标准。应建立包含电网实时同步信息、保护信息、设备状态、电能质量等各类数据的标准化信息模型，满足基础数据的完整性及一致性的要求。

e） 宜建立站内全景数据的统一信息平台，供各子系统统一数据标准化规范化存取访问以及和调度等其他系统进行标准化交互。

f） 应满足变电站集约化管理、顺序控制等要求，并可与相邻变电站、电源（包括可再生能源）、用户之间的协同互动，支撑各级电网的安全稳定经济运行。

g） 应满足无人值班的要求。

h） 严格遵照《电力二次系统安全防护总体方案》和《变电站二次系统安全防护方案》的要求，进行安全分区、通信边界安全防护，确保控制功能安全。

5 体系架构

5.1 体系分层

智能变电站分为过程层、间隔层和站控层。

5.2 过程层

过程层包括变压器、断路器、隔离开关、电流/电压互感器等一次设备及其所属的智能组件以及独立的智能电子装置。

5.3 间隔层

间隔层设备一般指继电保护装置、系统测控装置、监测功能组主 IED 等二次设备，实现使用一个间隔的数据并且作用于该间隔一次设备的功能，其实现与各种远方输入/输出设备、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

传感器和控制器通信。

5.4 站控层

站控层包括自动化站级监视控制系统、站域控制、通信系统和对时系统等，实现面向全站设备的监视、控制、告警及信息交互功能，完成数据采集和监视控制（SCADA）、操作闭锁以及同步相量采集、电能量采集、保护信息管理等相关功能。

站控层功能宜高度集成，可在一台计算机或嵌入式装置实现，也可分布在多台计算机或嵌入式装置中。

智能变电站数据源应统一、标准化，实实现网络共享。

智能设备之间应实现进一步的互联互通，支持采用系统级的运行控制策略。

智能变电站自动化系统采用的网络架构应合理，可采用以太网、环形网络，网络冗余方式宜符合 IEC 61499 及 IEC 62439 的要求。

6 设备功能要求

6.1 一次设备

a） 一次设备应具备高可靠性，外绝缘宜采用复合材料，并与运行环境相适应。

b） 智能化所需各型传感器或/和执行器与一次设备本体可采用集成化设计。

c） 根据需要，电子式互感器可集成到其他一次设备中。

6.2 智能组件

6.2.1 结构要求

a） 智能组件是可灵活配置的智能电子装置，测量数字化、控制网络化和状态可视化为其基本功能；

b） 根据实际需要，在满足相关标准要求的前提下，智能组件可集成计量、保护等功能；

c） 智能组件宜就地安置在宿主设备旁；

d） 智能组件采用双电源供电；

e） 智能组件内各 IED 凡需要与站控层设备交互的，接入站控层网络；

f） 根据实际情况，可以由一个以上智能电子装置实现智能组件的功能。

6.2.2 通用技术要求

a） 应适应现场电磁、温度、湿度、沙尘、降雨（雪）、振动等恶劣运行环境；

b） 相关 IED 应具备异常时钟信息的识别防误功能，同时具备一定的守时功能；

c） 应具备就地综合评估、实时状态预报的功能，满足设备状态可视化要求；

d） 宜有标准化的物理接口及结构，具备即插即用功能；

e） 应优化网络配置方案，确保实时性、可靠性要求高的 IED 的功能及性能要求；

f） 应支持顺序控制；

g） 应支持在线调试功能。

6.3 信息采集和测量功能要求

a） 应实现对全站遥测信息和遥信信息（应包括刀闸、变压器分接头等信息）的采集；

b） 对测量精度要求高的模拟量，宜采用高精度数据采集技术；

c） 对有精确绝对时标和同步要求的电网数据，应实现统一断面实时数据的同步采集；

d） 宜采用基于三态数据（稳态数据、暂态数据、动态数据）综合测控技术，进行全站

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

数据的统一采集及标准方式输出；

e） 测量系统应具有良好的频谱响应特性；

f） 宜具备电能质量的数据测量功能。

6.4 控制功能要求

a） 应支持全站防止电气误操作闭锁功能；

b） 应支持本间隔顺序控制功能；

c） 遥控回路宜采用两级开放方式抗干扰措施；

d） 应支持紧急操作模式功能；

e） 应支持网络化控制功能。

6.5 状态监测功能要求

a） 宜具备通过传感器自动采集设备状态信息（可采集部分）的能力；

b） 宜具备从相关系统自动复制宿主设备其他状态信息的能力；

c） 宜将传感器外置，在不影响测量和可靠性的前提下，确需内置的传感器，可将最必要部分内置；

d） 应具备综合分析设备状态的功能，具备将分析结果与他相关系统进行信息交互的功能；

e） 应逐步扩展设备的自诊断范围，提高自诊断的准确性和快速性；

f） 应具备远方调阅原始数据的能力。

6.6 保护功能要求

a） 应遵循继电保护基本原则，满足 GB/T 14285、DL/T 769 等相关继电保护标准的要求；

b） 保护装置宜独立分散、就地安装；

c） 保护应直接采样，对于单间隔的保护应直接跳闸，涉及多间隔的保护（母线保护）宜直接跳闸，对于涉及多间隔的保护（母线保护），如确有必要采用其他跳闸方式，相关设备应满足保护对可靠性和快速性的要求；

d） 保护装置应不依赖于外部对时系统实现其保护功能；

e） 双重化配置的两套保护，其信息输入、输出环节应完全独立；

f） 当采用电子式互感器时，应针对电子式互感器特点优化相关保护算法、提高保护性能；

g） 纵联保护应支持一端为电子式互感器、另一端为常规互感器或两端均为电子式互感器的配置形式。

6.7 计量功能要求

a） 应能准确地计算电能量，计算数据完整、可靠、及时、保密，满足电能量信息的唯一性和可信度的要求；

b） 应具备分时段、需量电能量自动采集、处理、传输、存储等功能，并能可靠地接入网络；

c） 应根据重要性对某些部件采用冗余配置；

d） 计量用互感器的选择配置及准确度要求应符合 DL/T 448 的规定；

e） 计量 IED 应具备可靠的数字量或模拟量输入接口，用于接收合并单元输出的信号。合并单元应具备参数设置的硬件防护功能，其准确度要求应能满足计量要求；

f） 宜针对不同计量 IED 特点制定各方认可的检定和溯源规程。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.8 通信功能要求

a） 宜采用完全自描述的方法实现站内信息与模型的交换。

b） 应具备对报文丢包及数据完整性甄别功能。

c） 网络上的数据应分级，具备优先传送功能，并计算和控制流量，满足全站设备正常运行的需求。

d） 宜按照 IEC 62351 要求，采用信息加密、数字签名、身份认证等安全技术，满足信息通信安全的要求。

7 系统功能要求

7.1 基本功能要求

7.1.1 顺序控制

a） 满足无人值班及区域监控中心站管理模式的要求；

b） 可接收和执行监控中心、调度中心和本地自动化系统发出的控制指令，经安全校核正确后，自动完成符合相关运行方式变化要求的设备控制；

c） 应具备自动生成不同主接线和不同运行方式下典型操作流程的功能；

d） 应具备投、退保护软压板功能；

e） 应具备急停功能；

f） 可配备直观图形图像界面，在站内和远端实现可视化操作。

7.1.2 站内状态估计

实现数据辨识与处理，保证基础数据的正确性，支持智能电网调度技术支持系统对电网状态估计的应用需求。

7.1.3 与主站系统通信

宜采用基于统一模型的通信协议与主站进行通信。

7.1.4 同步对时

a） 应建立统一的同步对时系统。全站应采用基于卫星同步时钟（优先采用北斗）与地面时钟互备方式获取精确时间；

b） 地面时钟系统应支持通信光传输设备提供的时钟信号；

c） 用于数据采样的同步脉冲源应全站唯一，可采用不同接口方式将同步脉冲传递到相应装置；

d） 同步脉冲源应同步于正确的精确时间秒脉冲，应不受错误的秒脉冲的影响；

e） 支持网络、IRIG-B 等同步对时方式。

7.1.5 通信系统

a） 应具备网络风暴抑制功能，网络设备局部故障不应导致系统性问题；

b） 应具备方便的配置工具，用以进行网络配置、监视、维护；

c） 应具备对网络所有节点的工况监视与报警功能；

d） 宜具备 DoS 防御能力和防止病毒传播的能力。

7.1.6 电能质量评估与决策

宜实现包含谐波、电压闪变、三相不平衡等监测在内的电能质量监测、分析与决策的功能，为电能质量的评估和治理提供依据。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.1.7 区域集控功能

当智能变电站在系统中承担区域集中控制功能时，除本站功能外，应支持区域智能控制防误闭锁，同时应满足集控站相关技术标准及规范的要求。

7.1.8 防误操作

具备全站防止电气误操作闭锁功能。根据变电站高压设备的网络拓扑结构，对开关（断路器）、刀闸（隔离开关）操作前后不同的分合状态，进行高压设备的有电、停电、接地三种状态的拓扑变化计算，自动实现防止电气误操作逻辑判断。

7.1.9 配置工具

应采用标准化的配置工具实现对全站设备和数据建模，以及进行通信配置。

7.1.10 源端维护

变电站作为调度/集控系统数据采集的源端，应提供各种可自描述的配置参量，维护时仅需在变电站利用统一配置工具进行配置，生成标准配置文件，包括变电站主接线图、网络拓扑等参数及数据模型。

变电站自动化系统与调度/集控系统可自动获得变电站的标准配置文件，并自动导入到自身系统数据库中。同时，变电站自动化系统的主接线图和分画面图形文件，应以标准图形格式提供给调度/集控系统。

7.1.11 网络记录分析

可配置独立的网络报文记录分析系统，实现对全站各种网络报文的实时监视、捕捉、存储、分析和统计功能。

网络报文记录分析系统宜具备变电站网络通信状态的在线监视和状态评估功能。

7.2 高级功能要求

7.2.1 设备状态可视化

应采集主要一次设备（变压器、断路器等）状态信息，进行状态可视化展示并发送到上级系统，为实现优化电网运行和设备运行管理提供基础数据支撑。

7.2.2 智能告警及分析决策

应建立变电站故障信息的逻辑和推理模型，实现对故障告警信息的分类和过滤，对变电站的运行状态进行在线实时分析和推理，自动报告变电站异常并提出故障处理指导意见。

可根据主站需求，为主站提供分层分类的故障告警信息。

7.2.3 故障信息综合分析决策

宜在故障情况下对包括事件顺序记录信号及保护装置、相量测量、故障录波等数据进行数据挖掘、多专业综合分析，并将变电站故障分析结果以简洁明了的可视化界面综合展示。

7.2.4 支撑经济运行与优化控制

应综合利用变压器自动调压、无功补偿设备自动调节等手段，支持变电站及智能电网调度技术支持系统安全经济运行及优化控制。

7.2.5 站域控制

利用对站内信息的集中处理、判断，实现站内自动控制装置（如备用电源自动投入装置、母线分合运行）的协调工作，适应系统运行方式的要求。

7.2.6 与外部系统交互信息

宜具备与大用户及各类电源等外部系统进行信息交换的功能。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8 辅助设施功能要求

8.1 视频监控

站内宜配置视频监控系统并可远传视频信息，在设备操控、事故处理时与站内监控系统协同联动，并具备设备就地和远程视频巡检及远程视频工作指导的功能。

8.2 安防系统

应配置灾害防范、安全防范子系统，告警信号、量测数据宜通过站内监控设备转换为标准模型数据后，接入当地后台和控制中心，留有与应急指挥信息系统的通信接口。

宜配备语音广播系统，实现设备区内流动人员与集控中心语音交流，非法入侵时能广播告警。

8.3 照明系统

应采用高效节能光源以降低能耗，应有应急照明设施。有条件时，可采用太阳能、地热、风能等清洁能源供电。

8.4 站用电源系统

全站直流、交流、逆变、UPS、通信等电源一体化设计、一体化配置、一体化监控，其运行工况和信息数据能通过一体化监控单元展示并转换为标准模型数据，以标准格式接入当地自动化系统，并上传至远方控制中心。

8.5 辅助系统优化控制

宜具备变电站设备运行温度、湿度等环境定时检测功能，实现空调、风机、加热器的远程控制或与温湿度控制器的智能联动。

9 变电站设计

9.1 设计原则

变电站设计选型应遵循安全可靠的原则，采用符合智能变电站高效运行维护要求的结构紧凑型设备，减少设备重复配置，实现功能整合、资源和信息共享。设备宜采用新材料。

系统设计内容包括但不限于如下方面：全站的网络图、VLAN 划分、IP 配置、虚端子设计接线图、同步系统图等。

9.2 变电站布置

在安全可靠、技术先进、经济合理的前提下，智能变电站设计应符合资源节约、环境友好的技术原则和设计要求。宜结合智能设备的集成，简化智能变电站总平面布置（包括电气主接线、配电装置、构支架等），节约占地，节能环保。

9.3 土建与建筑物

a） 结合智能变电站设备的融合，宜减少占地和建筑面积，合并相同功能的房间；合理减少机房、主控楼等建筑的面积，节约投资。

b） 结合智能变电站电缆减少、光缆增加的情况，采用合理的电缆沟截面。

9.4 网络架构

a） 局域网络设备可灵活配置，合理配置交换机数量，降低设备投资。

b） 网络系统应易扩展、易配置。

c） 应计算和控制信息流量，设立最大接入节点数和最大信息流量，在变电站新设备接

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

入引起网络性能下降时，也应满足自动化功能及性能指标的要求。

d） 网络通信架构设计应确保在运行维护时试验部分的网络不影响运行系统。

10 调试与验收

10.1 调试

应提供面向各项功能要求的方便、可靠的调试工具与手段，满足调试简便、分析准确、结果清晰的要求。

调试工具通过连接智能组件导入智能组件模型配置文件，自动产生智能组件所需的信息文件，自动检测智能组件的输出信息流。调试工具具备电力系统动态过程的仿真功能，可输出信息流，实现对智能组件的自动化调试。

合并单元调试专用工具，可向电子互感器提供输入信号，监测合并单元的输出，测试合并单元的同步、测量误差等性能指标。

智能组件或各功能的调试工具，可向合并单元提供输入信号，监测智能组件或各功能的输出，测试智能组件或各功能的数字采样的正确性、同步、测量误差等性能指标。

10.2 验收

工程启动及竣工验收应参照 DL/T 782、DL/T 995 及相关调试验收规范。工程启动调试组织应在实施启动前编制启动调试方案，相关调度部门负责编写调度方案。

电力设备的现场交接试验和预防性试验应满足 GB 50150 以及 Q/GDW 157、Q/GDW168 等标准的要求。智能设备的特殊验收办法应由相关部门共同制定。

工厂验收流程应按 Q/GDW 213 开展；现场验收流程应按 Q/GDW 214 开展。

工厂验收时对于不易搬动的设备，应具备设备模拟功能，以便完成完整功能验收。

具备状态监测功能组的设备验收应包括：对自检测功能逐一进行检验，要求测量值正确、单一测量评价结论合理；故障模式及几率预报功能正常，预报结果合理。

11 运行维护

应配套一体化检验装置或系统，满足整间隔检修及移动检修的要求。

智能变电站设备检修，应能依托顺序控制及工作票自动管理系统，自动生成设备和网络的安全措施卡，指导对检修设备进行可靠、有效的安全隔离。

工作票自动管理系统应能根据系统方式的安排和调度员的指令，自动生成相关内容和步骤，并能与顺序控制步骤进行校核和监控。

12 检测评估

12.1 基本要求

智能变电站的设备和系统应进行统一标准的应用功能测试与整体性能评估。

智能电子设备和交换机等设备，变电站自动化系统及子系统，应满足对应的标准要求及工程应用需求，并通过国家电网公司认可的检验机构检验。

批量生产的设备应由国家电网公司认可的检验机构做定期抽样检验。

通信规约应通过国家电网公司认可的检验机构的一致性测试，再进行工程应用。

智能电子设备与系统应在仿真运行环境中进行测试与评估，在变电站典型故障的仿真环

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

境下进行设备、网络、系统的测试与评估，验证功能与性能。

应用创新技术的设备，相关单位应组织制定试验方法、评价工具及可靠性指标，进行综合评估，保证应用的质量和水平。

12.2 电能计量装置的检验

12.2.1 实验室检验

电能计量器使用前应先在实验室进行全面检测，量值应溯源到上一级的电能计量基准；电子式互感器量值应能溯源到电压和电流比例基准，其有关功能和技术指标的检定和现场检验，宜由当地供电企业在具备资质的电能计量技术机构进行，也可委托上级电力部门具备资质的电能计量技术机构进行。

12.2.2 现场检验

新投运的电能计量装置，应在一个月内进行首次检验，其后的检验周期应参照 DL/T 448 的相关规定执行。

12.2.3 远程检验

宜适时实现电能表站内集中选择校验功能。

附 录 A
（规范性附录）
本标准用词说明

A.1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

a） 凡出现“应”的条款，属要求型条款，表示声明符合标准需要满足的要求，并且不准许存在偏差；

b） 凡出现“宜”的条款，属推荐型条款，表示在几种可能性中推荐特别适合的一种，不提及也不排除其他可能性；

c） 凡出现“可”的条款，属陈述型条款，表示在标准的界限内所允许的行动步骤。

A.2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

智能变电站技术导则

编 制 说 明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目 次

一、任务来源……394
二、标准编制目的和解决的主要问题……394
三、标准编制原则和思路……395
四、与其他标准的关系……395
五、主要工作过程……395
六、标准主要技术内容……396
七、条文说明……396

一、任务来源

2009 年 5 月，国家电网公司提出了立足自主创新，以统一规划、统一标准、统一建设为原则，建设以特高压电网为骨干网架，各级电网协调发展，具有信息化、自动化、互动化特征的坚强智能电网的发展目标。智能变电站作为统一坚强智能电网的重要基础和节点支撑，是必不可少的建设内容。为贯彻这一战略部署，根据国家电网《智能电网第一阶段重点项目实施方案》、《关于下达智能电网试点工程项目计划的通知》（国家电网智能［2009］909 号文）的安排，由国家电网公司智能电网部牵头、国网电力科学研究院、中国电力科学研究院、江苏省电力公司、浙江省电力公司共同参加起草，编制了《智能变电站技术导则》（以下简称《导则》）。

二、标准编制目的和解决的主要问题

智能变电站技术属变电技术领域的前沿，国内没有先例，国外也尚未有正式运行的报道，国内外均没有针对智能变电站的相关技术规范。

目前在国内变电环节存在常规变电站和数字化变电站两大模式。常规变电站存在采集资源重复、存在多套系统、厂站设计、调试复杂、互操作性差、标准化规范化不足等问题；数字化变电站存在缺乏相关标准规范、过程层设备稳定性和可靠性有待验证、缺乏相关评估体系和手段等问题。所有这些都影响了变电站生产运行的效率，不利于电网安全运行水平的进一步提高，迫切需要一种新的变电站模式。

随着特高压建设进入实用化阶段，风电、光伏发电等新能源也要陆续接入系统，系统的安全稳定性要求更高，对作为智能电网支撑节点的变电站也提出了新的要求，比如优化资源配置、智能设备之间应实现进一步的互联互通，支持采用系统级的运行控制策略、提供高级应用、与大用户、调度、相邻变电站、电源之间协同互动等内容。

在技术方面，变电站自动化领域技术发展很快，计算机信息与通信技术也有很大发展，国际上即将颁布 IEC 61850 第二版，这些都为智能变电站建设提供了有力支撑。

智能变电站是变电站自动化领域发展的下一个阶段。根据上述情况，制定《智能变电站技术导则》用于指导智能变电站建设显得十分必要和可行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

鉴于数字化变电站建设没有相关标准规范指导，建设模式众多，不利于工业化生产的经验，《智能变电站技术导则》需要规范智能变电站的相关术语和定义，明确智能变电站的技术原则、体系结构和功能，且对智能变电站的设计、调试验收、运行维护、检测评估等环节提出技术要求，并作为智能变电站相关标准规范编制的依据。

三、标准编制原则和思路

本标准的编制依据了《智能电网综合研究报告》和《智能电网关键技术框架》等文件。

考虑到智能电网建设周期长，技术会出现重大进步，为保证技术导则的导向性和前瞻性，按照智能变电站发展的理想目标对变电站的各个环节提出原则性的功能要求，详细的技术细节、指标和配置等内容由后续的设计规范或其他标准规范完成。

本标准的编制出发点是强调集成、灵活、互动、优化、管理。

四、与其他标准的关系

本标准属于开拓性导则，大量内容初次涉及，概念、功能前瞻，与原有标准、规范、规定、规程等文档有所冲突，比如《DL/T 1075—2007 数字式保护测控装置通用技术条件》。但这是发展中的问题，待智能变电站成功试点并总结经验后，在保证安全可靠性的前提下，自然会有所协调。

五、主要工作过程

2009 年 7 月 16 日，在国家电网公司总部召开《智能变电站技术导则》项目启动会，成立了以国网电力科学研究院、中国电力科学研究院、江苏省电力公司专家组成的编写工作组，工作组专业人员的专业涵盖了变电站所有的专业。会议要求 9 月底完成《智能变电站技术导则》的编制。

2009 年 7 月 21 日，召开《智能变电站技术导则》第一次协调会。会议要求《导则》要全力支撑智能电网建设，要引领智能变电站的发展方向，以描写智能变电站的功能为主，并制定了《智能变电站技术导则》的详细工作计划表。

2009 年 7 月 24 日～31 日，编写组在南京集中封闭，着重对范围、智能变电站定义、分层、配置模式等问题进行研讨，列出智能电网中智能变电站需要解决的关键技术及解决思路，编写《导则》框架文件并召开专家评审会。

2009 年 8 月 19 日～20 日，在北京召开了《智能变电站技术导则》初稿审查会。

在编写期间，共召开了各类专题会议 18 次，在天津、华北、西安、江苏、浙江等地对数字化变电站技术水平开展了调研，同时，对南京南瑞集团公司、西电集团、西安同维公司等企业的技术储备进行了摸底，并与智能变电站 7 个试点单位进行了共同研究和探讨。

2009 年 9 月 14 日，《导则》发出征求意见稿，涉及国家电网公司相关部门、全部网省公司、科研单位、顾问集团公司、设计院、西安高压电器研究院有限责任公司、西安西电开关电气有限公司、平高集团有限公司、保定天威保变电气股份有限公司、特变电工沈阳变压器集团有限公司、特变电工衡阳变压器有限公司、许继集团、国电南京自动化股份有限公司、东方电子等设备厂家，共 59 个单位，另外还有数十位专家。最后收到 45 份来自不同部门、单位、专家的反馈意见，经整理、归并共 548 条意见，另外还有批注式意见 5 份，打印意见 1 份，手写意见 1 份。编写组将相关意见整理成册，并研究讨论是否采纳，最终形成送审稿。

2009 年 9 月 27 日，在南京召开了《智能变电站技术导则（送审稿）》的评审会，会议形成如下意见：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

（1）该导则送审稿格式规范，资料齐全，内容全面，符合评审要求。

（2）该导则是在广泛征求调度、生产、基建、科研等多方对建设智能变电站的需求意见的基础上编制。

（3）该导则规定了智能变电站的相关术语和定义，明确了智能变电站的技术原则和体系结构，提出了设备、系统及辅助设施等功能要求，并对智能变电站的设计、调试验收、运行维护、检测评估等环节做出了规定。

（4）该导则框架明晰，技术前瞻，对智能变电站的建设、改造、发展具有较强的指导作用，可作为智能变电站建设与在运变电站智能化改造的指导性文件。

评审组一致同意该导则通过评审，编写组应根据评审会提出的意见和建议进行修改后形成报批稿，报主管部门批准。

2009 年 10 月，编写组根据专家意见进行修改，形成报批稿。

六、标准主要技术内容

本标准的主要结构及内容如下：

（1）目次；

（2）前言；

（3）正文共设 12 章：范围、规范性引用文件、术语和定义、技术原则、体系架构、设备功能要求、系统功能要求、辅助设施功能要求、变电站设计、调试与验收、运行维护、检测评估。

七、条文说明

1 范围

本节规定本标准的适用范围。

考虑电压等级、负荷大小、运行方式以及对整个电网影响等因素，经过讨论研究，确定本标准适用范围为 110kV（包括 66kV）及以上的智能变电站。

2 规范性引用文件

本节列出了与本标准内容相关的标准。引用的原则为：对与本标准内容有关的主要 GB、DL 标准均逐条列出；当没有对应的标准时，则引用相应的 IEC 标准和国内的一些管理文件和规定。因此，在使用本标准引用标准时，也按上述顺序引用。

3 术语和定义

3.1 智能变电站

该定义主要强调了设备、标准化平台和与常规变电站所不同的功能，体现向集成一体化、信息标准化、协同互动化发展的重要特征。

3.2 智能组件

智能组件是服务于一次设备的测量、控制、状态监测、计量、保护等各种附属装置的集合，包括各种一次设备控制器（如变压器冷却系统汇控柜、有载调压开关控制器、断路器控制箱等）及就地布置的测控、状态监测、计量、保护装置等。

组成智能组件的各种装置，从物理形态上可以是独立分散的；在满足相关标准要求时，也可以是部分功能集成的。用于设备状态监测的传感器可以外置，也可以内嵌。但是智能组

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

件的发展趋势是功能集成、结构一体化。

3.3 智能电子装置

构成智能组件的基本元件。

3.4 监测功能组

一次设备的状态监测功能归入功能组概念。

3.5 智能设备

智能设备由一次设备和智能组件组成，现阶段从物理形态和逻辑功能上都可理解为“一次+二次”；未来应该会逐步走向功能集成化和结构一体化。

3.6 全景数据

针对现有变电站自动化系统采集数据不全的情况，强调不仅包含实时稳态、暂态、动态数据，还要有信息模型、设备在线监测、视频等数据。

3.7 顺序控制

可以理解为变电站内倒闸操作的集合，多组操作在一次命令中执行完成。

3.8 站域控制

一种基于全站信息的、集中处理架构自动控制装置或系统。在网络通信和 CPU 处理能力理想的情况下，是可行的。

4 技术原则

首先解释智能变电站的发展目标。

a） 强调智能变电站的技术特征，其设备应满足工业化要求。

b） 应满足电力系统基本的安全管理方面的规定。

c） 解释智能变电站的基本功能应遵循的标准和规范。

d） 强调智能变电站应统一建模，保证基础数据的完整性和一致性。

e） 强调打造统一的、标准的信息化数据平台，通信过程也要标准化。

f） 强调协同互动和运行维护方面的要求。

g） 变电站在智能化后，更要高效，继续贯彻无人值班的管理运行模式，并提倡集控。

h） 强调安全防护的要求。

5 体系架构

5.1 体系分层

参照 DL/T 860，智能变电站分为过程层、间隔层和站控层。

5.2 描述过程层内容。

5.3 描述间隔层内容。

5.4 描述站控层构成，强调原来变电站站内多套系统应该集成，系统功能实现的计算机根据变电站的实际规模灵活配置。站内网络结构需要考虑网络拓扑、冗余、分级和流量等问题。总体设计思路也是集成一体化，优先采用系统级控制策略。

6 设备功能要求

6.1 强调一次设备本身应具有高可靠性，不是所有的一次设备都需要在线监测，需要经常维

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

护。智能设备是一次设备与智能组件有机结合的形式，因此要求其今后设计、生产时应考虑与智能组件的对接所带来的接口、安装等问题。

6.2 智能组件。

6.2.1 对智能组件提出结构要求。智能组件可灵活组合，各功能之间可相对独立。智能组件的形态可以是独立的保护、测控装置。

6.2.2 对智能组件提出通用技术要求，包括运行环境、识别防误功能、即插即用、支持顺序控制等功能。

6.3 测量作为通用性很强的功能，为满足采集数据的多种用途，强调采集数据的统一和通用。根据现有硬件和通信规约的技术条件，测量采集模数转换位数应为高精度数据，如至少 16 位；同时需要绝对时标，同时满足三态数据采集要求。

6.4 控制功能要有纵横双向闭锁功能。

6.5 状态监测功能要求。明确了传感器内置和外置的原则、调阅原始数据的能力。

6.6 保护功能强调安全性和可靠性，给出了在数字接口情况下独立、分散、双重化配置原则。经多方反复论证，明确保护应采用直接采样、直接跳闸的方式。对母线保护，如确有必要采用其他跳闸方式，相关设备应满足保护对可靠性和快速性的要求。保护装置应不依赖于外部卫星时钟或站内对时系统实现其保护功能。

6.7 计量功能与传统模式有着本质区别，数据采样以通信方式获得，准确度已经不完全依赖于本身，而是依赖于数据采集前端—电子式互感器。

6.8 通信提倡采用自描述方式实现信息、特别是模型的交互，这可能需要新的自描述方法。在不影响实时性的情况下，可以采用通信安全措施。

7 系统功能要求

7.1 基本功能要求

7.1.1 顺控应可自动生成典型的操作票（比如间隔倒闸），在操作时每一步都是在控、可控，还可急停干预。顺控不仅包括开关、刀闸的控制操作，还包括一些智能组件具体功能的运行方式设置，包括软压板投退、定值区切换等也在操作范围。

7.1.2 主站系统希望变电站能提供可靠的数据以减轻主站系统的运算负担并提高可靠性，这种数据可靠性就需要通过变电站状态估计计算来实现。

7.1.3 与主站通信时强调模型信息也要传输，不能仅限于简单的四遥数据，有模型的数据可以让主站信息接收处理简化，且保证信息齐全。

7.1.4 智能变电站的对时要求远高于传统变电站和数字化变电站。传统变电站对时主要给 SOE 和保护事件提供时标，用于判断动作时序，但不影响电网本身的安全运行。数字化变电站强调采样的同一时刻，但并不强调绝对时刻。智能变电站由于与站外有协同互动功能，必须要有精确的绝对时标。

7.1.5 对通信系统给出一般要求。

7.1.6 具有电能质量评估功能，尤其是与大用户互动时需要。

7.1.7 区域集控可以节约资源，提高维护工作效率，尤其是在今后小型变电站结构紧凑，全户外模式，不存在主控室的情况下。

7.1.8 防误操作强调按一次设备的拓扑结构，进行智能操作全面防误闭锁。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7.1.9 智能变电站自动化系统今后模型处理的任务会越来越重，一个好的配置工具是必备手段。模型统一即可以实现统一配置。

7.1.10 源端维护是智能变电站的重要概念。数据从源头就实现标准化，便于后面各种应用利用，可以大幅提高工作效率，减少重复工作。比如今后调度端的数据、模型、各种图表等工程数据均可根据变电站提供的文件（或者通过自描述手段）自动生成。采用 SVG 交换图形格式，目前已为电力系统中的图形交换的主要采用方式。

7.1.11 自数字化变电站之后，通信的重要性日益上升，智能变电站也有必要对网络数据进行监视、记录和分析。可以这样理解，在智能变电站中，故障录波升级变成了网络录波。网络的在线监测功能是确保网络系统运行正常的重要手段。

7.2 高级功能要求

7.2.1 变电站中的变压器、断路器等主设备的设备状态应接入系统，可随时监视。为今后实现变电站全寿命周期管理提供必要的数据和技术支撑。

7.2.2 智能告警是对变电站内的各种事件做一个梳理，理清其间的轻重缓急。根据事件的重要性，合理安排告警信息，屏蔽没有意义或者在运行情况下低一级的告警信息。例如在正常操作或者保护动作之后，遥测越限告警就意义不大了。主要是为减轻主站系统的负担。

7.2.3 故障信息综合分析决策是指在发生电力系统事故或者故障情况下，系统根据获取的各种信息，自动为值班运行人员提供一个事故分析报告并给出事故处理预案，便于迅速判定事故原因和应采取的措施，而且可以人工分析直接提供相关数据信息。

7.2.4 根据变电站实时运行的情况，运用数学模型算法，结合站内的调压、无功投切等手段，给出经济运行和优化控制策略，强调为调度系统服务，如电压无功控制的限值可能是由调度系统下发的。

7.2.5 在通信和数据处理速度满足要求的情况下，应考虑基于全站数据信息的集中式处理架构的应用，系统级的运行控制策略优于面向单间隔的策略。与以往的分散、分布式完全不同，采集全站内全部或者部分实时运行数据，集中运算，基于全站系统级策略，实现控制，是一种集中式处理架构。

7.2.6 是智能变电站的互动化体现，一些大用户比如钢厂有此需求。

8 辅助设施功能要求

8.1 视频监控应与监控系统联动，在设备操控和事故处理时显示被操作对象的实时图像信息，进一步保证整个过程的可靠实施，减轻工作人员劳动强度，也是今后无人值班站操作模式的发展方向。

8.2 安防系统的信息接入当地后台和控制中心，能可靠、有效地发挥安防系统的作用；留有与应急指挥信息系统的通信接口是保留进一步发挥安防系统作用的可能性，便于以后的发展需求。

8.3 在照明系统中重点考虑节能，提倡采用清洁能源。

8.4 站内各种电源能一体化考虑，并接入监控系统和上传至控制中心，达到高效、可靠控制整个变电站站用电源的目的。

8.5 为保证变电设备的安全运行，需要实时了解其运行环境，也需要能远程控制相应设备改

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

变变电设备的运行状况。

9 变电站设计

9.1 变电站设计在满足安全可靠的前提下，在设备结构、布置和组屏等方面都强调了优化、节约、高效和环保，同时给出了系统设计的初步范围。

9.2 变电站设计还同时强调了智能变电站在系统设计时必须提供的一些内容。

9.3 在土建与建筑物方面，同样强调了优化和节约。

9.4 在网络架构的角度考虑，对其经济性、可扩展性和运行维护安全性提出具体要求。

10 调试与验收

10.1 设备调试需要高性能的工具和手段，也会向自动化方向发展。调试工具应具备检验手段和试验数据，可以提供故障数据，输出信息流，直接在数字通道上模拟变电站运行情况。

10.2 给出了验收时应遵循的标准和规范。

11 运行维护

11.1 智能变电站配置一体化检验装置或系统，实现整间隔检修及移动检修，可以达到“接线简单、试验一键、分析自动、报告自动”的目的，提高检修效率，缩短停电时间，也充分体现运行维护智能化的要求。

11.2 对智能变电站设备检修时，通过借助于程序化控制和工作票自动管理系统，以及相互之间的校核和监控，保证不影响正常设备的安全运行。

11.3 对智能变电站的工作票自动管理系统提出自身的要求，并能使其与程序化控制进行配合，保证各操作步骤的准确性。

12 检测评估

12.1 汲取数字化变电站的建设经验，智能变电站应该进行统一评估、统一测试，给出某些指标，满足工业化的要求。

12.2 给出了对电能计量装置在实验室、现场和远程校验的具体要求。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Q/GDW Z 410—2010

高压设备智能化技术导则

Technical guide for smart electric equipments

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言……402
1　范围……403
2　规范性引用文件……403
3　术语和定义……403
4　总则……404
5　智能化高压设备技术要求……408
6　智能化高压设备的试验或监测、调试、验收……416
附录 A（规范性附录）　智能组件柜技术要求……417
附录 B（资料性附录）　高压设备智能化示意图……418
附录 C（资料性附录）　部分词语说明……420
编制说明……421

前　言

根据国家电网公司建设坚强智能电网的战略目标和智能变电站建设与改造的要求，制定了本指导性技术文件。本指导性技术文件给出了高压设备智能化的技术特征和硬件结构，提出了基本技术要求和应用原则。本指导性技术文件适用于 110kV 及以上高压设备的智能化设计和改造。

本指导性技术文件附录 A 为规范性附录，附录 B、附录 C 为资料性附录。

本指导性技术文件由国家电网公司智能电网部提出并负责解释。

本指导性技术文件由国家电网公司科技部归口。

本指导性技术文件主要起草单位：中国电力科学研究院。

本指导性技术文件主要起草人：刘有为、吴立远、邓彦国、李刚、苏瑞、周泽昕、万博、王冬青。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

高压设备智能化技术导则

1 范围

本指导性技术文件用于指导国家电网公司高压设备智能化工作。

本指导性技术文件适用于 110kV 及以上电压等级系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本指导性技术文件的引用而成为本指导性技术文件的条款，其最新版本适用于本指导性技术文件。

GB 2423.1 电工电子产品基本环境试验规程 试验 A：低温试验方法

GB 2423.2 电工电子产品基本环境试验规程 试验 B：高温试验方法

GB 2423.4 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Db：交变湿热试验方法

GB 4208 外壳防护等级

GB 14285 继电保护和安全自动装置技术规程

GB/T 17626.2 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 辐射（射频）电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.6 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

GB/T 17626.8 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.9 脉冲磁场抗扰度试验

GB/T 17626.10 阻尼振荡磁场抗扰度试验

GB/T 17626.11 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验

GB/T 17626.12 振荡波抗扰度试验

DL 663 220kV～500kV 电力系统故障动态记录装置监测要求

DL/T 478 静态继电保护及安全自动装置通用技术条件

DL/T 769 电力系统微机继电保护技术导则

DL/T 860 变电站通信网络和系统

DL/T 1075 数字式保护测控装置通用技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本指导性技术文件。

3.1

智能化高压设备 smart equipment

由高压设备本体和智能组件组成，具有测量数字化、控制网络化、状态可视化、功能一

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

体化和信息互动化特征的高压设备。

3.2

智能组件 intelligent component

由若干智能电子装置集合组成，承担与宿主设备相关的测量、控制和监测等基本功能。在满足相关标准要求时，还可承担计量、保护等功能。

3.3

智能电子装置 intelligent electronic device（IED）

一种带有处理器、具有以下全部或部分功能的装置：① 采集或处理数据；② 接收或发送数据；③ 接收或发送控制指令；④ 执行控制指令。如具有智能特征的变压器有载分接开关的控制器、具有自诊断功能的现场局部放电监测仪等。

3.4

监测功能组 monitoring function group

当有一个以上 IED 用于监测时，宜设监测功能组。监测功能组设一个主 IED，承担全部监测结果的综合分析，并与相关系统进行信息互动。

3.5

传感器 sensor

高压设备的状态感知元件，用于将设备某一状态参量转变为可采集的信号。如 SF_6 压力传感器、变压器油中溶解气体传感器等。

3.6

执行器 final controlling element

接收控制信息并对受控对象施加控制作用的装置，如开关设备的操动机构等。

3.7

控制器 controller

向受控对象的控制器发布控制信息、采集受控对象状态信号的一种智能电子装置，如变压器冷却系统控制器、开关设备控制器等。

3.8

内置传感器 inside sensor

置于高压设备或其部件内部的传感器，包括传感器用测量引线和接口。如内置于变压器主油箱、用于局部放电监测的特高频传感器。

3.9

外置传感器 outside sensor

置于高压设备或其部件外部（含外表面）的传感器，包括传感器用测量引线和接口。如贴附于变压器主油箱外壁、用于变压器振动波谱监测的振动传感器。

4 总则

4.1 基本技术特征

4.1.1 测量数字化

对高压设备或其部件的常规测控参量进行就地数字化测量，测量结果可根据需要发送至站控层网络或/和过程层网络，用于高压设备或其组部件的运行与控制。所属常规测控参量包括变压器油温、有载分接开关分接位置，开关设备分、合闸位置等。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.1.2 控制网络化

对有控制需求的高压设备或其部件实现基于网络的控制。如变压器冷却装置、有载分接开关，开关设备的操动机构等。控制方式包括：

a） 高压设备或其部件自有控制器就地控制；

b） 智能组件通过就地控制器或执行器控制；

c） 站控层设备通过智能组件控制（如需要）。

正常运行情况下，网络化控制的优先顺序是：站控层设备、智能组件、就地控制器。

4.1.3 状态可视化

基于传感器获取的监测信息和经由信息互动获得的高压设备其他状态信息，通过智能组件的自诊断，以智能电网其他相关系统可辨识的方式表述自诊断结果，使高压设备状态（包括运行状态、控制状态和可靠性状态）在电网中是可观测的。

4.1.4 功能一体化

在满足相关标准要求的情况下，可进行功能一体化设计，包括以下 3 个方面：

a） 传感器或/和执行器与高压设备或其部件进行一体化设计，以达到特定的监测或/和控制目的；

b） 电子式互感器与变压器、断路器等高压设备进行一体化设计，以减少变电站占地；

c） 在智能组件中，将相关测量、控制、计量、监测、保护进行一体化融合设计。

4.1.5 信息互动化

信息互动化包括以下 2 个方面：

a） 与调度系统交互。智能化高压设备将其自诊断结果报送（包括主动和应约）到调度系统，使其成为调度决策和高压设备事故预案制定的基础信息之一。

b） 与设备运行管理信息系统互动。包括智能组件自主从设备运行管理信息系统获取宿主设备其他状态信息，以及将自诊断结果、监测数据报送到设备运行管理信息系统 2 个方面。

4.2 智能化高压设备的组成架构

智能化高压设备在组成架构上包括以下 3 个部分：

a） 高压设备；

b） 传感器或/和执行器，内置或外置于高压设备或其部件；

c） 通过传感器或/和执行器，智能组件与高压设备形成有机整体，实现宿主设备相关测量、控制、计量、监测、保护等全部或部分功能。

根据高压设备的类别和现场实际情况，智能组件与执行器之间由模拟信号电缆或光纤网络连接。传感器与智能组件之间通常由模拟信号电缆连接。

附录 B 中图 B.1、图 B.3、图 B.4 为智能化高压设备的组成架构示意图。

4.3 智能组件的组成架构

智能组件内可包括过程层设备和间隔层设备。

智能组件宜集成与宿主设备相关的测量、监测和控制等基本功能，由若干 IED 实现。同一间隔电子式互感器的合并单元（MU）及相关继电保护装置可作为智能组件的扩展功能。

智能组件内的每一个 IED 都应做到功能清晰，一个 IED 不宜集成过多的功能。若监测参量较多，需要 1 个以上 IED 完成时，宜组成监测功能组并设主 IED。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

智能组件应满足以下技术要求：

a） 智能组件柜按 GB 4208 标准检测，户内型和户外型应分别符合外壳防护等级 IP31 和 IP55 要求。

b） 智能组件内各 IED 宜有独立机箱。

c） 对因故障失去与其他 IED 信息交互时也可独立工作的 IED，应具备此种故障下的独立工作能力。

d） 监测功能组的主 IED 应具备综合管理各监测 IED 数据并进行综合评估的功能；应具有从外部相关系统接收、管理宿主设备指纹信息和非自监测信息的功能；综合评估结果每 24h 报送 1 次，设备状态有明显改变时立即附加报送 1 次。

e） 智能组件应具有断电不丢失存储数据的功能。

f） 继电保护装置（如集成）应有独立机箱，除必须的网络通信外，与智能组件内其他 IED 独立，并满足继电保护相关标准要求；有冗余配置要求时，继电保护装置应采用双重化配置，电源、采样值输入回路、开入和开出均应完全独立。

g） 智能组件内各 IED 应有足够的抗干扰能力和环境适应能力。智能组件箱体应加强电、磁屏蔽，内部装设环境控制装置等。智能组件及各功能组宜符合 GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.4、GB/T 17626.5、GB/T 17626.6、GB/T 17626.8、GB/T 17626.9、GB/ T 17626.10、GB/T 17626.11、GB/T 17626.12 标准的最高要求。

h） 智能组件内各 IED 应满足 GB 2423.1、GB 2423.2 和 GB 2423.4 标准的相关要求。

i） 智能组件的系统测控装置、继电保护装置等应满足 GB/T 13729、GB/T 14285、DL/T 478、DL/T 769、DL/T 1075 标准的相关要求。

j） 智能组件柜应留有适当的扩展空间。

k） 双重化的两套保护及其相关设备（电子式互感器、合并单元、智能单元、网络设备、跳闸线圈等）的直流电源应分别一一对应，详见附录 A。

l） 智能组件各 IED 应支持功能自检，支持现场和网络调试和维护。

智能组件内部结构示意图参见附录 B 的图 B.2。

4.4 智能组件的通信要求

4.4.1 一般性要求

智能组件包括过程层网络通信和站控层网络通信，遵循 DL/T 860 通信协议。

智能组件内所有 IED 都应接入过程层网络，同时与站控层网络有信息交互需要的 IED，还应接入站控层网络，如监测功能组的主 IED、继电保护装置 IED（如集成）等。

根据实际情况，组件内可以有不同的交换机配置方案，应采用优先级设置、流量控制、VLAN 划分等技术优化过程层网络通信，可靠、经济地满足智能组件过程层及站控层的网络通信要求。

网络通信应满足以下技术要求：

a） GOOSE 信息处理时延应满足站内各种情况下最大不超过 1ms。

b） 装置光通信接口输出最低功率应为–22.5dBm，裕度应在 10dBm 以上；输入最低功率应为–30dBm，裕度应为 10dBm。

c） 智能组件对外通信接口至少应支持 100Mbit/s。

d） 智能组件对外通信接口应采用光纤接口。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

e） 快速以太网接口支持 100Mbit/s 或 1000Mbit/s，端口模块可选择（SC/ST/LC）类型端口模块。

智能组件网络通信示意图参见附录 B 中图 B.2。

4.4.2 开关设备控制器

开关设备控制器采集本间隔开关设备状态信号，直接或通过过程层网络基于 GOOSE 服务发布采集信息；直接或通过过程层网络基于 GOOSE 服务接收控制指令，驱动执行器完成控制功能。

4.4.3 监测功能组

监测功能组所属各监测 IED 采用 DL/T 860 协议与主 IED 通信，各监测 IED 的评价结果通过过程层网络采用 REPORT 服务传输至主 IED，监测数据文件按标准格式通过文件服务传输至主 IED，主 IED 汇总并综合分析，采用 REPORT 服务传送至站控层网络，监测数据文件仅在召唤时以文件服务方式传送至站控层网络。

4.4.4 合并单元（如集成）

合并单元接收、合并本间隔的电流和/或电压采样值，应能同时支持 GB 20840、DL/T 860.92 等规约，在工程应用时应能灵活配置。当合并单元采用 GB 20840 时，应支持数据帧通道可配置功能。

4.4.5 测控装置（如集成）

采用 GOOSE 服务实现与开关设备控制器及其他相关 IED 的信息交互，采用 DL/T 860.92 接收来自合并单元的采样值信息，实现测控功能，测控装置与站控层网络通信采用 DL/T 860.81 标准。

4.4.6 继电保护装置（如集成）

直接或通过过程层网络基于 GOOSE 服务实现与开关设备控制器及其他相关 IED 的信息交互，采用 DL/T 860.92 或 GB 20840 接收来自合并单元的采样值信息，实现保护功能，与站控层网络的信息交互采用 DL/T 860.81 标准。

4.4.7 计量装置（如集成）

采用 DL/T 860.92 接收来自合并单元的测量/计量值信息。与站控层网络的信息交互宜采用 DL/T 860.81 标准。

4.5 传感器接入/植入技术要求

一般性要求：

a） 涉及高压设备本体，可内置亦可外置的传感器，应采用外置方式；

b） 涉及高压设备本体，内置传感器宜采用无源型，或仅内置无源部分；

c） 内置传感器宜由高压设备制造商在制造时植入，已投运高压设备内置传感器时，须咨询高压设备制造商的意见；

d） 有良好的电、磁屏蔽措施和环境适应能力，必要时采用冗余设计。

对内置传感器的要求：

a） 高压设备的所有出厂试验应在安装内置传感器之后进行；

b） 内置传感器与外部的联络通道（接口）应符合高压设备的密封要求；

c） 内置传感器的使用寿命应不小于 15 年。

对外置传感器的要求：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

a） 新造高压设备应设计有外置传感器的安装位置。外观应整洁、易维护、不降低高压设备外绝缘水平。

b） 宜安装在地电位处，因监测需要必须安装于高压部位时，其绝缘水平应符合或高于高压设备的相应要求。

c） 与高压设备内部气体或液体绝缘介质相通的外置传感器，其密封性能、机械杂质含量控制等应符合或高于高压设备的相应要求；应有避免测量用载气进入变压器主油箱的相应措施。

4.6 利用接地引线进行监测的技术要求

除制造商专门设计和试验验证的情形外，高压设备的接地线上不应直接串联取样阻抗，需要取样时，应采用穿心式的线圈耦合方式，使接地线保持连续、一致的通流能力。

高压设备接地线的延长应满足接地线的设计要求。

5 智能化高压设备技术要求

5.1 油浸式电力变压器

5.1.1 智能组件要求

一台油浸式电力变压器应仅有一个智能组件。智能组件应符合 4.3 节的要求。冷却装置控制器和有载分接开关控制器应有可连接智能组件的接口，并能响应智能组件的控制。控制器应符合本指导性技术文件 4.1.2 所述特征的要求。

已投运变压器的智能化改造应参考上述原则进行，根据实际情况，允许以 1 个以上物理设备组合的方式实现智能组件功能。

5.1.2 智能化项目及技术要求

对新造和已投运变压器的智能化项目及技术要求分别见表 1、表 2。

表 1 新造变压器智能化项目及技术要求

功能组	智能化项目	电压等级	应用建议	技术要求
测量	参见表 3	110kV 及以上	应采用	参见表 3
控制	冷却装置	110kV 及以上	应采用	见 5.1.4.1
	有载分接开关	110kV 及以上	应采用	见 5.1.4.2
计量	电子式互感器	110kV 及以上	宜采用（如有）	符合设计要求
监测	自诊断监测（参见表 6）	110kV 及以上	应采用	参见表 6
保护	集成继电保护功能	110kV 及以上	可采用	见 5.1.6

表 2 已投运变压器智能化项目及技术要求

功能组	智能化项目	电压等级	应用建议	技术要求
测量	参见表 3	110kV 及以上	应采用	参见表 3
控制	冷却装置	110kV 及以上	应采用	见 5.1.4.1
	有载分接开关	110kV 及以上	应采用	见 5.1.4.2

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 2（续）

功能组	智能化项目	电压等级	应用建议	技术要求
计量	电子式互感器	110kV 及以上	宜采用（如有）	符合设计要求
监测	自诊断监测（参见表 7）	110kV 及以上	应采用	参见表 7
保护	集成继电保护功能	110kV 及以上	可采用	见 5.1.6

5.1.3 测量项目及技术要求

变压器常规测量项目及技术要求如表 3 所示。常规测量项目应采用数字化测量。

表 3 变压器常规测量项目及技术要求

测 量 参 量	应 用	技 术 要 求
主油箱油面温度	过热、冷却装置异常	1℃（不确定度）
气体继电器节点信息	内部严重放电、短路	零差错
压力释放器状态信号	内部严重放电、短路	零差错
主油箱油位	上限、下限	1cm（不确定度）
分接开关油箱油位	上限、下限	1cm（不确定度）
风扇电机电流、电压	风扇及风扇电机状态	1.5%（不确定度）
油流继电器信号（如有）	油泵异常指示	零差错
有载分接开关驱动电源电压	操动电源状态	1.5%（不确定度）
有载分接开关切换次数	机械寿命	零误差
有载分接开关当前分接位置	状态量	零差错
各侧负荷电流及中性点电流	保护、状态感知	符合设计要求

5.1.4 控制项目及技术要求

5.1.4.1 冷却装置

对新造变压器，冷却装置应由智能组件通过控制器控制；对已运行变压器，可由控制器就地自主控制，亦可由智能组件通过控制器控制。

冷却装置控制的相关参量及要求见表 4。

表 4 冷却装置控制的相关参量及要求

测 量 参 量	功 能 简 述	技 术 要 求
主油箱油面温度	过热、冷却装置异常	1℃（不确定度）
主油箱底部油温（如有）	过热、冷却装置异常	1℃（不确定度）
绕组光纤测温（如有）	过热、冷却装置异常	2℃（不确定度）
冷却装置开启组数	冷却装置运行状态	零差错
铁心接地电流	是否存在多点接地	2.5%（不确定度）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4（续）

测 量 参 量	功 能 简 述	技 术 要 求
变压器各侧电流	发热原因判断、温度预测	1.5%（不确定度）
变压器各侧电压	是否过励磁	1.5%（不确定度）
环境温度	发热原因判断、温度预测	1℃（不确定度）

5.1.4.2 有载分接开关

有载分接开关可由控制器自主控制或由智能组件通过控制器控制。有载分接开关控制的相关参量及要求见表 5。

表 5 有载分接开关控制的相关参量及要求

控 制 参 量	功 能 简 述	技 术 要 求
分接位置	控制参考量	零差错
变压器各侧电压	控制参考量	1.5%（不确定度）
变压器各侧电流	控制参考量	1.5%（不确定度）
变压器状态	智能控制	与专家评价一致

5.1.5 监测项目及技术要求

5.1.5.1 监测项目概览

新造和已运行变压器推荐监测项目及技术要求分别参见表 6、表 7。

表 6 新造变压器推荐监测项目及技术要求

监 测 项 目	电压等级	应用建议	技 术 要 求
局部放电	110kV/220kV	可采用	见 5.1.5.2
	500kV 及以上	宜采用	
油中溶解气体	110kV/220kV	可采用	见 5.1.5.3
	500kV 及以上	宜采用	
油中含水量	220kV 及以上	可采用	
绕组光纤测温	220kV～500kV	可采用	见 5.1.5.4
	750kV	可采用	
气体聚集量（轻瓦斯）	110kV/220kV	可采用	10mL（不确定度）
	500kV 及以上	宜采用	
主油箱底部油温	220kV 及以上	宜采用	1℃（不确定度）
铁心接地电流	110kV/220kV	可采用	2.5%（不确定度）
	500kV 及以上	宜采用	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 6（续）

监 测 项 目	电压等级	应用建议	技 术 要 求
侵入波	500kV 及以上	可采用	见 5.1.5.5
电容式套管电容量	220kV 及以上	可采用	0.5%（不确定度）
套管介质损耗因数	220kV 及以上	可采用	0.001（不确定度）
变压器振动波谱	500kV 及以上	可采用	见 5.1.5.6
变压器声学指纹	500kV 及以上	可采用	

表 7　已运行变压器推荐监测项目及技术要求

监 测 项 目	电压等级	应用建议	技 术 要 求
局部放电	500kV 及以上	可采用	见 5.1.5.2
油中溶解气体	110kV/220kV	可采用	见 5.1.5.3
	500kV 及以上	宜采用	
油中含水量	220kV 及以上	可采用	
气体聚集量（轻瓦斯）	110kV/220kV	可采用	10mL（不确定度）
	500kV 及以上	宜采用	
铁心接地电流	110kV/220kV	可采用	2.5%（不确定度）
	500kV 及以上	宜采用	
电容式套管电容量	220kV 及以上	可采用	0.5%（不确定度）
套管介质损耗因数	220kV 及以上	可采用	0.001（不确定度）
变压器振动波谱	500kV 及以上	可采用	见 5.1.5.6
变压器噪声	500kV 及以上	可采用	

5.1.5.2　局部放电监测

局部放电监测一般用于电压等级为 500kV 及以上的重要变压器。

对于新造变压器，局部放电监测宜采用内置型特高频天线接收式监测技术或外置型高频线圈耦合式监测技术。对于已投运变压器，宜采用外置型高频线圈耦合式监测技术。

所采用的局部放电监测技术应具有良好的抗电晕干扰能力。在变电站正常运行条件下，最小可监测的视在放电量应不大于 500pC，最大可测放电量应不低于 5000pC。

5.1.5.3　油中溶解气体监测

油中溶解气体监测宜应用于电压等级为 220kV 及以上的重要变压器。

实际工程中，用户根据油中溶解气体监测需要，可酌情选择电化学法、色谱法、光谱法等技术，满足智能组件状态可视化的基本要求。在变电站正常运行条件下，对油中溶解气体

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

监测的基本要求见表 8，其中氢气（H_2）和乙炔（C_2H_2）为应选，其他气体及水分为可选。

表 8 油中溶解气体监测的基本要求

特 征 气 体	最小可测量	测量范围	精 确 度
氢气（H_2）	10×10^{-6}	$0\sim2000\times10^{-6}$	max（10%，20×10^{-6}）
乙炔（C_2H_2）（色谱法）	0.5×10^{-6}	$0\sim100\times10^{-6}$	max（10%，1×10^{-6}）
乙炔（C_2H_2）（电化学法）	3×10^{-6}	$0\sim100\times10^{-6}$	max（10%，3×10^{-6}）
CH_4、C_2H_4、C_2H_6	2×10^{-6}	$0\sim1000\times10^{-6}$	max（10%，2×10^{-6}）
CO	50×10^{-6}	$0\sim2000\times10^{-6}$	max（10%，50×10^{-6}）
CO_2	50×10^{-6}	$0\sim10\,000\times10^{-6}$	max（10%，50×10^{-6}）
水分（相对湿度）	2%	2%～100%	2%

5.1.5.4 绕组光纤测温

绕组光纤测温宜用于电压等级为 220kV 及以上的重要变压器。

绕组光纤测温测量不确定度应不大于 2℃，测量范围应不小于 5℃～180℃。

5.1.5.5 侵入波监测

侵入波监测可用于电压等级为 500kV 及以上的重要变压器。

侵入波监测可从具有较高响应特性的电压互感器取样，也可在变压器套管末屏加装分压电容来取样（需制造商认可或专门设计），测量回路的方波响应时间应不大于 0.6μs、幅值测量的不确定度不大于 5%。

5.1.5.6 变压器振动波谱和噪声

应有变压器振动波谱和噪声的正常指纹，应有相关故障或缺陷的特征指纹，应有相应的指纹分析技术。传感器位置、监测频率、灵敏度等应满足监测要求。可参考的指标是，监测频率大致在 0.1Hz～20kHz，最小可测量不大于 0.001g。

5.2 断路器及高压组合电器

5.2.1 智能组件要求

对于敞开式断路器，一个智能组件隶属于一个断路器间隔，包括断路器及与其相关的隔离开关、接地开关、快速接地开关等。对于高压组合电器设备，还可包括相关的电流和电压互感器。智能组件应符合 4.3 节的要求。隔离开关、接地开关、快速接地开关的控制可有以下 2 种形式：

a） 有就地控制器，通过网络连接至智能组件的开关设备控制器，接收开关设备控制器的分、合指令并向开关设备控制器发送相关测量和监测信息（如有）。

b） 仅有执行器，由智能组件中的开关设备控制器直接控制分、合操作，相关测量、监测以模拟信号方式传送至开关设备控制器。

对于新造开关设备间隔，汇控柜应与智能组件合并，整体称为智能组件；对于已投运断路器间隔的智能化改造应参考上述原则进行，根据实际情况，允许以 1 个以上物理设备组合的方式实现智能组件功能。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.2.2 智能化项目概览

新造和已投运断路器及高压组合电器的智能化项目及技术要求分别参见表9、表10。

表9 新造断路器及高压组合电器智能化项目及技术要求

功能组	智能化项目	电压等级	应用建议	技术要求
测量	参见表11	110kV及以上	应采用	参见表11
控制	分、合闸控制	110kV及以上	应采用	见5.2.4
	合闸选相控制	110kV及以上	可采用	
计量	电子式互感器	110kV及以上	宜采用（如有）	符合设计要求
监测	自诊断监测（参见表12）	110kV及以上	应采用	参见表12
保护	集成继电保护功能	110kV及以上	可采用	见5.1.6

表10 已运行断路器及高压组合电器设备智能化改造项目及技术要求

功能组	智能化项目	电压等级	应用建议	技术要求
测量	参见表11	110kV及以上	应采用	参见表11
控制	分、合闸控制	110kV及以上	应采用	见5.2.4
	合闸选相控制	110kV及以上	可采用	
计量	电子式互感器	110kV及以上	宜采用（如有）	符合设计要求
监测	自诊断监测（参见表13）	110kV及以上	应采用	参见表13
保护	集成继电保护功能	110kV及以上	可采用	见5.1.6

5.2.3 测量项目及技术要求

断路器及高压组合电器设备常规测量项目及技术要求如表11所示。常规测量项目应采用数字化测量，是智能组件功能的一部分。

表11 断路器及高压组合电器设备常规测量项目及技术要求

测量参量	应用	技术要求
QF就地/远方操作指示信号	就地/远方操作指示	零差错
QS、ES、FES就地/远方位置信号	位置指示	零差错
联锁/解锁位置信号	联锁/解锁位置指示	零差错
QF、QS、ES、FES合位置信号	位置指示	零差错
QF、QS、ES、FES分位置信号	位置指示	零差错
QF、QS、ES、FES操作次数	机械寿命	零差错
QF合、分控制回路断线信号	控制回路断线故障指示	零差错
QF低油压分闸闭锁报警信号	QF低油压分闸闭锁报警	符合设计要求

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 11（续）

测量参量	应用	技术要求
QF 低油压合分闭锁报警信号	QF 低油压合分闭锁报警	符合设计要求
QF 低油压分合分闭锁报警信号	QF 低油压分合分闭锁报警	符合设计要求
QF 未储能报警信号	QF 未储能报警	符合设计要求
QF 电机过流过时报警信号	QF 电机过流过时报警	符合设计要求
QF 三相不同期分闸双重化报警信号 1	QF 三相不同期分闸报警	符合设计要求
QF 三相不同期分闸双重化报警信号 2		
QF 气室 SF_6 低气压闭锁双重化报警信号 1	QF 气室低气压闭锁报警	符合设计要求
QF 气室 SF_6 低气压闭锁双重化报警信号 2		
QF 气室 SF_6 低气压报警信号	QF 气室低气压报警	符合设计要求
其他气室 SF_6 低气压报警信号	其他气室低气压报警	符合设计要求
直流电源失电报警信号	直流电源失电报警	符合设计要求
交流电源失电报警信号	交流电源失电报警	符合设计要求

注 1：QF—断路器；ES—接地开关；FES—快速接地开关；QS—隔离开关。
注 2：操动机构类型不同，常规测量项目会有所差异。

5.2.4 控制项目及技术要求

5.2.4.1 分、合闸操作控制

智能组件应支持所属断路器间隔各开关设备的网络化控制。控制应满足所属各开关设备的逻辑闭锁和保护闭锁要求。控制形式参见 5.2.1 的要求。此外，智能组件还应支持宿主断路器间隔各开关设备的顺序控制，即接收一个完整操作的一系列指令，智能组件自动按照规定的时序和逻辑闭锁要求逐一完成各指令所规定的操作。

5.2.4.2 合闸选相控制

合闸选相控制是指断路器智能选择合适的相位进行合闸操作。在需要减少合闸暂态电压和涌流等场合，宜选择合闸选相控制器。加装合闸选相控制器之后，断路器实际合闸相位与预期合闸相位之间的系统偏差应不大于 1ms，合闸时间的分散性（σ）应不大于 1ms。

5.2.5 监测项目及技术要求

5.2.5.1 监测项目概览

新造和已运行断路器及高压组合电器设备的监测项目及技术要求参见表 12、表 13。

表 12 新造断路器及高压组合电器设备监测项目及技术要求

监测项目	电压等级	应用建议	技术要求
局部放电	110kV/220kV	可采用	见 5.2.5.2
	500kV 及以上	可采用	

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 12（续）

监 测 项 目	电 压 等 级	应用建议	技 术 要 求
分合闸线圈电流波形	110kV/220kV	可采用	见 5.2.5.3
	500kV 及以上	可采用	
QF 分合闸时间	110kV/220kV	可采用	
	500kV 及以上	可采用	
QF 行程—时间曲线	500kV 及以上	可采用	
QF 断路器声学指纹	220kV 及以上	可采用	
SF_6 气体压力	110kV/220kV	宜采用	5%
	500kV 及以上	应采用	
SF_6 气体水分	110kV/220kV	可采用	max（5%，50μL/L）（不确定度）
	500kV 及以上	宜采用	
QF 储能电机工作状态	110kV 及以上	宜采用	见 5.2.5.4
开关设备触头红外测温	220kV 及以上	可采用	1℃（不确定度）
开关设备气室温度	110kV 及以上	可采用	1℃（不确定度）

表 13 已运行断路器及高压组合电器设备监测项目及技术要求

监 测 项 目	电 压 等 级	应用建议	技 术 要 求
局部放电	110kV/220kV	可采用	见 5.2.5.2
	500kV 及以上	宜采用	
QF 分合闸线圈电流波形	110kV	可采用	见 5.2.5.3
	220kV 及以上	宜采用	
QF 分合闸时间	110kV/220kV	可采用	
	500kV 及以上	宜采用	
QF 断路器声学指纹	500kV 及以上	可采用	
SF_6 气体压力	110kV/220kV	宜采用	5%
	500kV 及以上	应采用	
QF 储能电机工作状态	110kV 及以上	宜采用	见 5.2.5.4
注：QF：断路器。			

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.2.5.2 局部放电监测

对于 500kV 断路器和高压组合电器设备，可进行局部放电监测。对于新造 220kV 及以上高压组合电器设备，可采用内置传感器；对已投运 500kV 及以上高压组合电器，可采用外置传感器。

局部放电监测应具有良好的抗电晕干扰能力，在变电站正常运行条件下，局部放电监测单元最小可监测的视在放电量应不大于 50pC，最大可测量为 5000pC。

5.2.5.3 操动机构特性监测

断路器操动机构特性监测包括分合闸线圈电流波形、分合闸时间、行程—时间曲线和声学指纹。对于 220kV 及以上高压组合电器，宜采用分合闸线圈电流波形监测技术。行程—时间曲线只推荐在 500kV 及以上电压等级由开关设备制造商集成应用。声学指纹的监测需有明确声学指纹特征之后应用。

分合闸线圈电流波形允许测量不确定度为 1.5%（幅值）、1ms（时间）；分合闸时间允许测量不确定度为 1ms；行程时间曲线的时间和幅值测量不确定度应满足诊断要求。声学指纹的监测频率宜在 0.1Hz～20kHz，最小可测量应不大于 0.001*g*。

5.2.5.4 储能电机工作状态

断路器储能电机工作参量包括电机电流、电压、工作时间，允许不确定度分别为 1.5%、1.5%和 5s/24h；对于液压机构，还应统计储能电机的启动次数/24h、累计工作时间/24h 等。

5.3 其他高压设备的智能化原则和要求

需要智能化的高压设备应该是或故障率相对较高，或故障影响较大，具有自监测、自诊断的需求和价值，除变压器、断路器/高压组合电器设备之外，电力电缆、电抗器、避雷器等高压设备也可根据实际需要进行智能化。在实际应用中，应遵从可靠、高效、经济的绿色电网理念，兼顾以下几个方面的因素，统筹确定：

a） 高压设备在电网中的重要性。决定高压设备重要性的因素包括电压等级、容量、冗余情况、用户类别、故障影响及其发生几率等。

b） 自监测技术本身的可靠性及其对宿主设备可靠性的影响等。

c） 自监测技术的成本，有无更加经济的替代方案（如带电监测）等。

对于那些结构简单、可靠性高、故障影响小的高压设备，不推荐智能化。确需进行智能化时，应按本指导性技术文件所给出的原则和要求进行。

各型电子式电流/电压互感器及其合并单元的技术要求请参考相关技术标准。

5.4 设备状态的综合分析要求

通常，一台设备会有多个自监测参量，监测 IED（仅 1 个监测 IED 时）或监测功能组的主 IED 应自动汇总各自监测参量的单项诊断结果，结合由信息互动获得的其他状态信息（如有），给出综合诊断结果，且综合诊断结果的表述符合 4.1.3 的要求。在依据相同信息的条件下，综合诊断结果与专家的一致性应达到 80%以上。

6 智能化高压设备的试验或监测、调试、验收

6.1 智能化高压设备的试验或监测

智能化高压设备的型式试验和出厂试验应在智能组件（包括传感器、控制单元等）安装

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

完毕后进行。在进行高压试验时，智能组件应处于工作状态。试验中和试验后，整个智能化高压设备，包括高压设备、传感器和控制单元、智能组件等，应无异常。

智能组件有关 IED 还应按 4.3 节所述标准进行试验，要求试验中、后各 IED 工作正常；按 4.4 节要求测试智能组件的通信功能，应符合设计要求。

6.2 智能化高压设备的调试

调试主要是针对智能组件及其功能实现。具体调试包括两个部分，一是各 IED 的功能调试，包括测量、控制、计量（如集成）、监测、保护（如集成）等；二是智能组件的整体调试，主要检验各 IED 与站控层网络和过程层网络的信息交互情况，检验结果应符合设计要求。

依据各 IED 功能，已有标准的按标准要求调试，无标准的按功能实现要求调试。

6.3 智能化高压设备的验收

完备的型式试验报告、出厂试验报告、交接试验报告和现场调试报告，且均符合合同要求。

附 录 A
（规范性附录）
智能组件柜技术要求

A.1 供电方案

采用 DC 220V/110V±10%电源供电，引自直流电源系统。电源容量按 1.2 倍智能组件最大功率配置。柜内设置 220V 直流母线排和预留 20%备用接线端子，方便日后智能组件扩展使用。

智能组件柜内的总电源及每台 IED 的电源进线侧需单独配置微型断路器，其脱扣电流应与直流电源屏的上级断路器有可靠的级差配合。

智能组件柜内需提供 AC 380V 或 AC 220V 电源，容量满足柜内加热、除湿或空调装置等的工作电源需要。柜内配置 AC 220V 交流插座，便于设备调试使用。

如集成保护装置且采用双重配置，第二套保护装置由第二套独立电源供电。

A.2 材质和结构要求

柜体材质宜采用优质冷轧钢板或不锈钢板，表面需进行严格的防腐处理。智能组件柜体应有足够的机械强度，并应预留充裕的扩展空间和维护空间。柜内需配备照明装置、插座等辅助设备。

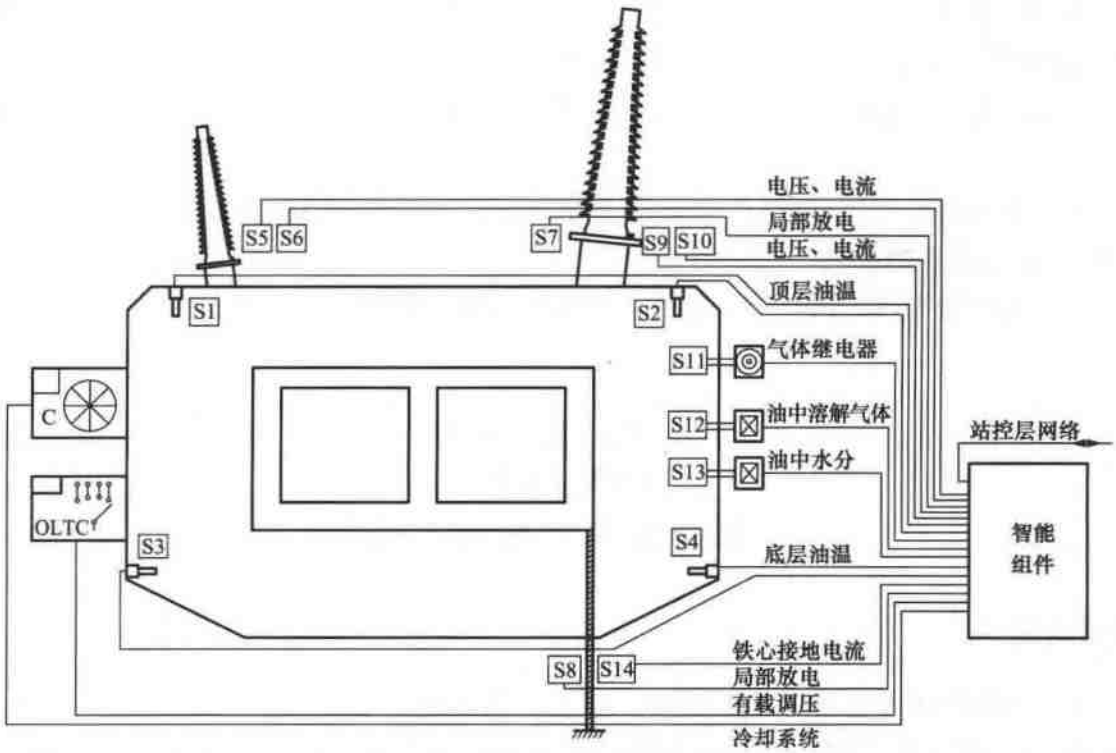
A.3 智能组件柜内环境要求

智能组件柜应达到户外 IP55、户内 IP31 防护等级的要求。在运行地点可能存在的极端自然环境下，智能组件柜应能保证其内部环境符合各 IED 长期可靠运行的要求。必要时采用温控、湿控、防凝露和电磁屏蔽等技术措施。

www.789pdf.com 789书库网

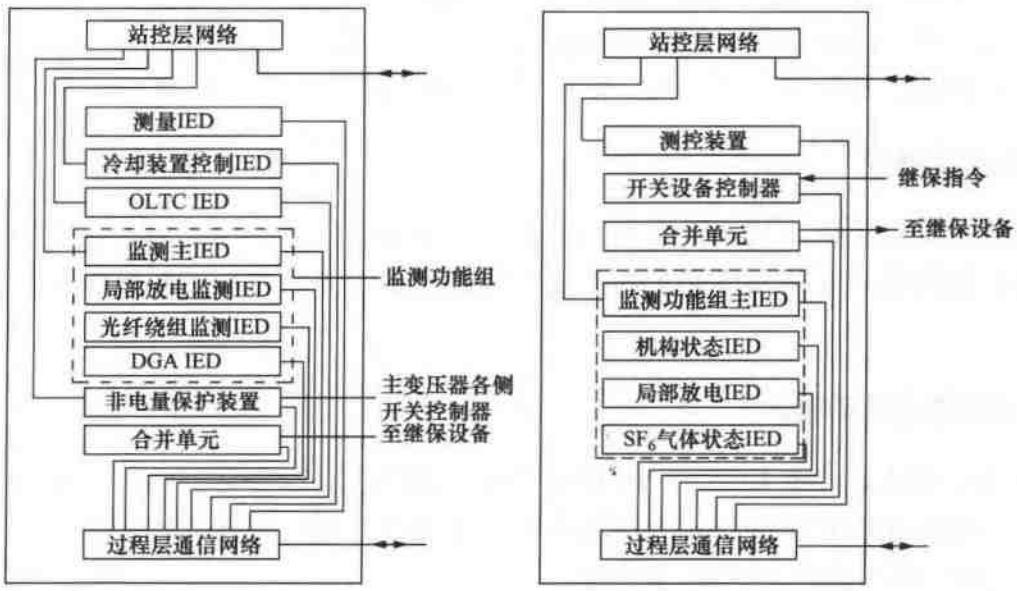
www.789pdf.com 789书库网

附 录 B
（资料性附录）
高压设备智能化示意图



S1、S2—顶层油温；S3、S4—底层油温；S5、S6、S9、S10—电压、电流；S7、S8—局部放电；S11—气体继电器；S12—油中溶解气体；S13—油中水分；S14—铁心接地电流；C—冷却系统；OLTC—有载调压系统

图 B.1 油浸式电力变压器智能化组成架构示意图

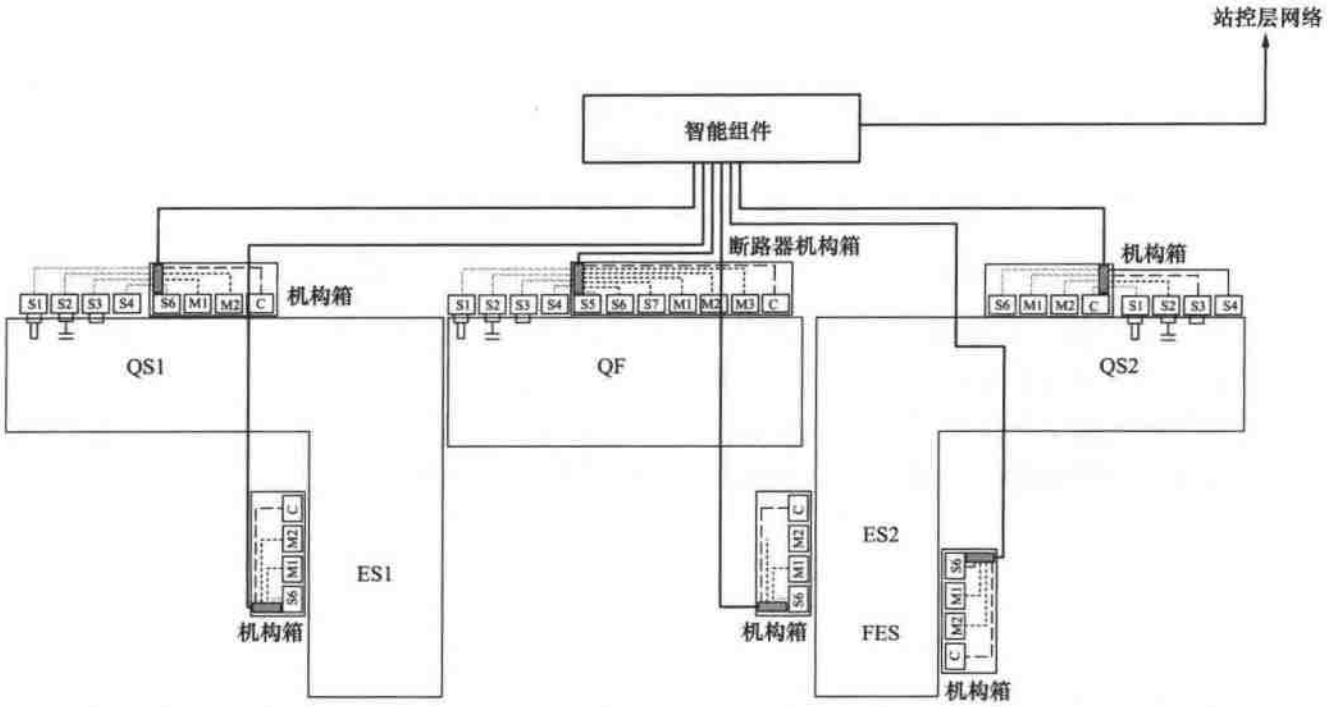


a）电力变压器智能组件　　b）开关设备智能组件

图 B.2 智能组件结构及通信网络组成架构示意图

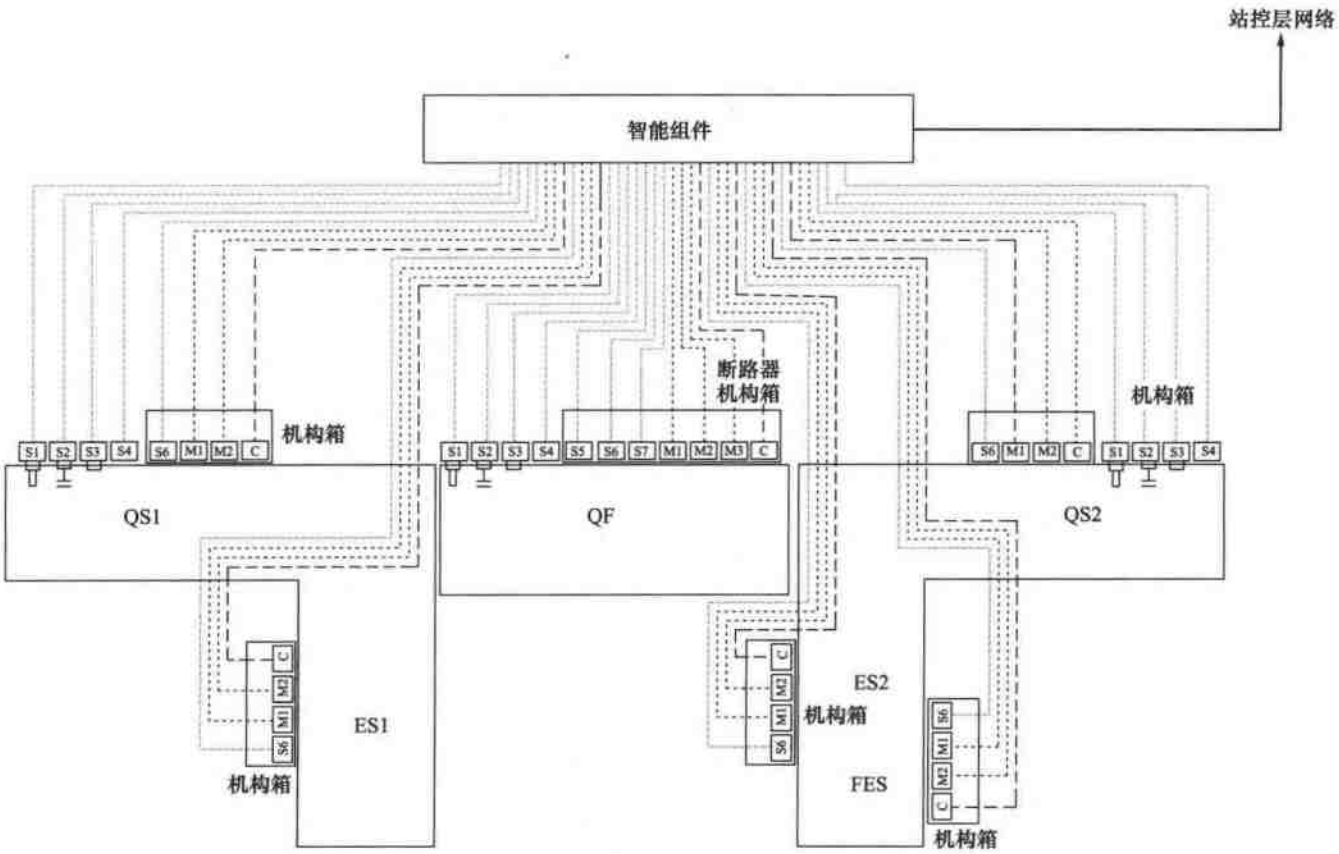
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网



S1—温度；S2—湿度；S3—气体压力；S4—局部放电；S5—分合闸线圈电流；S6—机构电机电流；
S7—机械特性；M1—机构储能报警；M2—位置；M3—压力闭锁；C—控制信号
———检测；------控制；·····测量；———光纤

图 B.3　高压组合电器智能化组成架构示意图（方案 1）



S1—温度；S2—湿度；S3—气体压力；S4—局部放电；S5—分合闸线圈电流；S6—机构电机电流；
S7—机械特性；M1—机构储能报警；M2—位置；M3—压力闭锁；C—控制信号
———检测；------控制；·····测量；———光纤

图 B.4　高压组合电器智能化组成架构示意图（方案 2）

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 C
（资料性附录）
部分词语说明

关于“应”、“宜”、“可”的说明：在本指导性技术文件的有关条款中，凡出现“应”的条款，则该条款属于必须满足的要求性条款；凡出现“宜”的条款，则该条款属于推荐性条款，本指导性技术文件有推荐倾向，但执行者可根据实际情况可以执行，也可以不执行；凡出现“可”的条款，则该条款属于选择性条款，本指导性技术文件没有任何推荐倾向，执行者可根据实际情况自行决定执行或不执行。详细说明参考 GB/T 1.1。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

高压设备智能化技术导则

编 制 说 明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

一、任务来源……422
二、编制目的和解决的主要问题……422
三、编制原则和思路……422
四、与其他标准的关系……423
五、主要工作过程……423
六、主要技术内容……423
七、条文说明……424

一、任务来源

2009 年 5 月，国家电网公司提出了立足自主创新，以统一规划、统一标准、统一建设为原则，建设以特高压电网为骨干网架，各级电网协调发展，具有信息化、自动化、互动化特征的坚强智能电网的发展目标。为贯彻、落实这一发展目标，规范推进智能电网试点工程项目建设，由国家电网公司智能电网部提出，中国电力科学研究院负责起草本指导性技术文件。

二、编制目的和解决的主要问题

高压设备是电网的基本单元，高压设备智能化（亦称智能化高压设备）是智能电网的重要组成部分，也是区别传统电网的主要标志之一。目前国内外关于智能化高压设备尚没有统一的定义和标准。IBM 电力专家提出的智能电网概念是利用传感器对关键设备的运行状况进行实时监控，然后把获得的数据通过网络系统进行收集、整合，最后通过对数据的分析、挖掘，达到对整个电力系统运行的优化管理。埃森哲提出利用传感器、嵌入式处理器、数字化通信和 IT 技术，使电网可观测（能够监测电网所有元件的状态）、可控制（能够控制电网所有元件的状态）和自动化（可自适应并实现自愈），从而打造更加清洁、高效、安全、可靠的电力系统。从以上对智能电网的定义不难看出，利用传感器对关键设备的运行状况进行实时监控，进而实现电网设备可观测、可控制和自动化是智能化高压设备的核心和目标。到目前为止，上述论述还只是相关专家的一种设想，并没有给出高压设备智能化的明确定义，更没有论及高压设备智能化的实现方案，从其描述中可以看到思路仍然停留在在线监测的框架下，而这一框架是难以实现其描述的目标的。

由于中国智能电网建设的试点工程已经启动，迫切需要一个更加具体、更具操作性的高压设备智能化技术方案，以规范和指导高压设备智能化的工作。这是本指导性技术文件拟达到的主要目的。在本指导性技术文件中，对高压设备智能化的定义、组成结构、功能、技术要求、应用策略、调试和试验等主要方面进行了较详细的阐述。

三、编制原则和思路

本指导性技术文件的编制主要依据了《高压设备智能化技术分析报告》，同时遵循了《智能变电站技术导则》所确定的基本原则。重点是以更加具体、更加明确、更具操作性的技术

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

导则，为高压设备智能化提供一种可实施的方案。

本指导性技术文件兼顾了新造设备的智能化需求和已运行变电站智能化改造需求。

本指导性技术文件所确定的智能化方向是基于传感器信息和智能分析，支持电网的优化运行。

本指导性技术文件既倡导创新技术的应用，又兼顾了工程实际的多样性和稳步推进的基本原则。

四、与其他标准的关系

本指导性技术文件是智能电网标准体系的一部分。由于国际和国内尚未颁布类似标准，因此，本指导性技术文件属于原创性标准。

高压设备本体依旧要遵循高压设备的相关标准要求，智能组件中的各 IED 也要遵循相关标准要求。

五、主要工作过程

2009 年 8 月初，国家电网公司智能电网部提出了一次设备智能化的技术论证需求，中国电力科学研究院提出了初步技术设想。

2009 年 8 月 24 日，国家电网公司智能电网部主持，中国电力科学研究院和西电公司有关专家参加，就高压设备智能化方案进行了首次技术交流，并到相关企业进行了调研。国家电网公司智能电网部责成中国电力科学研究院编写《高压设备智能化技术分析报告》。

2009 年 9 月 17 日，中国电力科学研究院主持，西变、沈变、保变、西开、沈开、平开等一次设备制造企业专家参加，就高压设备智能化方案进行了第二次技术交流，并讨论了《高压设备智能化技术分析报告》的初稿。

2009 年 9 月 23 日，国家电网公司智能电网部主持，西变、沈变、保变、西开、沈开、平开等一次设备制造企业专家参加，讨论了由中国电力科学研究院起草的《高压设备智能化技术分析报告》。

2009 年 11 月初，基于《高压设备智能化技术分析报告》完成了本指导性技术文件——《高压设备智能化技术导则》的初稿。

2009 年 11 月 20 日，国家电网公司智能电网部主持，对本指导性技术文件送审稿进行了评审，评审专家有总部各有关部门、部分网省公司、高等院校、一次设备制造企业等方面的专家。评审顺利通过。

2009 年 11 月 30 日，中国电力科学研究院根据专家评审意见，对《高压设备智能化技术导则》进行了修订，形成报批稿。

六、主要技术内容

本指导性技术文件的主要结构和内容如下：

a）目次。

b）前言。

c）正文。共设 6 章：范围，规范性引用文件，术语和定义，总则，智能化高压设备技术要求，智能化高压设备的试验或监测、调试、验收。

d）附录。附录 A 为规范性附录，附录 B、附录 C 为资料性附录。

e）编制说明。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

七、条文说明

1 范围

本章规定本指导性技术文件的适用范围。

确定本指导性技术文件的适用范围为 110kV（包括 66kV）及以上高压设备的智能化设计和改造。同时考虑了新造智能化设备和已运行设备的智能化改造的差异。

2 规范性引用文件

本章列出了与本指导性技术文件相关的标准。引用的原则为：在指导性技术文件中有引用的 GB、DL 标准均逐一列出。

3 术语和定义

3.1 智能化高压设备

智能化高压设备是由传统高压设备和智能组件组成，传感器和执行器为两者间的纽带，三者之间的关系类似于身体、大脑和神经。智能组件承担宿主设备的数值化测量、智能化控制和状态监测的基本功能，也可集成相关计量、保护等扩展功能。

3.2 智能组件

智能组件是中国在研究制订智能电网标准体系时提出的一个新概念，是集中反映了宿主设备智能化的关键部件，定义为一个以上智能电子装置（IED）的集合组成，是宿主设备的一部分。

智能控制和状态可观测是高压智能化的基本要求，其中运行状态、控制状态和可靠性状态的监测是基础。因此，测量、控制和监测是智能组件的基本功能。

当主设备集成了计量互感器时，相关的合并单元甚至计量功能也可以就近集成到智能组件中。在满足继电保护标准要求的前提下，也可以将相关保护功能集成到智能组件中。即实现测量、控制、计量、监测、保护等的一体化设计。

智能组件具有以下 3 个属性：

a） 是一个物理设备；

b） 是宿主高压设备的一部分；

c） 由一个以上智能电子装置组成。

根据工程实际，可以由多个独立的智能电子装置实现智能组件的功能，他们的集合可以称为逻辑智能组件，但不宜把各独立智能电子装置称为智能组件。

3.3 智能电子装置

智能电子装置（以下简称 IED）是 DL/T 860 中泛指具有处理器的各种装置，这些装置都是物理上独立的设备。在本指导性技术文件中，定义稍有扩展，以涵盖状态监测的内容，同时强调多个智能电子装置可以集合成一个新的物理装置，即智能组件。

3.4 监测功能组

多数情况下，一台设备的状态监测通常是由多个监测 IED 实现的。为了便于信息交互，优化网络通信，当有一个以上 IED 用于监测时，宜设监测功能组。监测功能组设一个主 IED，承担全部监测结果的综合分析，并与相关系统进行信息互动。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.5 传感器

传感器是高压设备的状态感知元件，通常安置在高压设备内部或外部，可视为高压设备本体的一部分，其信息流向是从传感器（高压设备）到智能组件，用于将高压设备的某一状态参量转变为可采集的信号。如 SF_6 压力传感器、变压器油中溶解气体传感器等。为了避免歧义，传感器不包括集成于高压设备的各型互感器等原属一次设备的功能元件。

3.6 执行器

执行器是高压设备状态调整的执行元件，也称为执行机构，通常视为高压设备的一部分，其信息流向是从智能组件到执行器（高压设备）。如开关设备的操动机构等。

传感器和执行器是高压设备与智能组件之间的纽带和桥梁。

3.7 控制器

控制器是一种向执行器发布控制信息、采集受控对象状态信号的智能电子装置。控制器的控制信息可以是控制器根据采集信息自主生成的，如变压器冷却装置控制器的控制信息；也可以是来自其他装置的控制信息，如开关设备控制器接收继电保护装置的控制信息等。

3.8 内置传感器

指置于高压设备或其部件内部的传感器，如内置于变压器主油箱、用于局部放电监测的特高频传感器。专门提出内置传感器主要是为了强调传感器内置时，对其可靠性和安全性的额外要求。

3.9 外置传感器

置于高压设备或其部件外部（含外表面）的传感器，包括传感器用测量引线和接口。如贴附于变压器主油箱外壁、用于变压器振动波谱监测的振动传感器。

4 总则

4.1 基本技术特征

首先描述了高压设备智能化的基本特征。

4.1.1 测量数字化

高压设备，主要是电力变压器和开关设备，有许多状态信号（如油温、分节位置、开关设备的分合位置、气室压力信号等）都需要通过模拟信号电缆传送至主控室测量。高压设备智能化后，这部分信号应就地数字化测量。

4.1.2 控制网络化

在运行中，电力变压器的冷却装置、有载分接开关和开关设备分合操作是需要控制的，基于 DL/T 860 的过程层网络和站控层网络，实现上述部件或设备的智能控制是高压设备智能化的重要组成部分。由于技术的限制，开关设备分合操作的网络化控制需要随着技术的成熟逐步实现。

4.1.3 状态可视化

这里所谓状态可视并非对运行人员而言，而是对相关系统的，如高压设备运行管理系统和电网调度系统。也就是基于智能组件的状态可视化功能，这些系统可以“看”到所属设备的健康状态，以便自动生成检修建议方案和针对可靠性显著下降设备的故障切除预案，以优化电网的运行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.1.4 功能一体化

传感器与一次设备的一体化。传感器将设备的状态信号转化为可测量信息，是设备状态的感知元件，在自监测功能中具有关键作用。过去，高压设备制造商很少关注设备的自监测功能，大多数监测功能是设备投运之后由监测技术提供商加装的。由于一部分传感器需要改装主设备，这不仅或多或少地影响主设备的安全，传感器也往往不能置于最佳位置。对于外置传感器，虽然不需改装主设备，但影响设备的美观甚至外绝缘。还有部分传感器，一旦设备制造完毕，就无法植入，如变压器绕组光纤测温等。综合这些情况，智能化应从高压设备的设计开始，充分考虑自监测的需求，对需要内置的传感器在设计时就应充分考虑、制造时就安装好，且有规范的信号接口，出厂试验时应带着传感器进行。对于外置传感器，应留有专门的安装位置，或者也由高压设备制造商集成。这样处理之后，不仅设备的整体性和美观方面得到改进，也会提升自监测的质量、保障宿主设备的安全。目前，许多先进的自监测技术掌握在监测技术供应商手中，为了充分发挥高压设备制造商和监测技术供应商各自的优势，提出了智能组件开放式的平台方案，这是智能高压设备整体技术方案的一部分，这样，虽然传感器由高压设备制造商集成，但不会扼杀监测技术供应商的技术创新，彼此达到双赢，并最终使电力企业受益。

集成光电测量技术及特殊测量装置。由于系统电压、电流实现了数字化测量，因而容量及二次线圈数的需求都明显减少，互感器的体积显著下降。特别是随着光电测量技术的日益成熟，变压器和罐式断路器套管等可以集成满足计量要求的互感器。也有电压、电流互感器一体化的产品等。这不仅可以充分利用数字化、网络化带来的好处、节约变电站的占地，也为变压器、断路器的状态评估带来很大的好处，包括寿命周期成本管理。变压器套管还可以兼做电容分压器，其频响特性一般可以满足测量雷电侵入波的需要，位置又在变压器的入口，对监测变压器侵入波极为便利。侵入波是变压器状态分析的重要参考，特别是对于 750kV 及特高压变压器，绝缘裕度小，电压分布的不均匀度高，侵入波监测意义更加重要。

测量、控制、监测、计量、保护趋向融合。如前所述，变压器、断路器、GIS 设备等都有测控要求。随着电子式互感器与变压器、断路器等高压设备的集成，计量也可成为高压设备附属功能的一部分。作为智能化高压设备，自然还包括一个自监测部分。在作好物理隔离和满足相关标准要求的前提下，继电保护也可以集成到智能组件中。这样，围绕高压一次设备，智能组件涵盖了测、控、计、监、保等多项功能。在这些功能中，有些信息是可以共享的，如电压、电流信息，通过融合设计，从整体上简化硬件配置，提升智能组件功能的一体化程度，减少占地，提高可靠性，总的成本也会有明显下降。

4.1.5 信息互动化

智能组件中既有过程层设备，也有间隔层设备，对过程层网络和站控层网络都有信息交互，这是信息互动化的一部分。信息互动化还指设备状态可视化信息上报给调度系统，作为调度决策或制定预案的参考。值得指出的是，不论实际监测结果反映设备故障多严重、多紧急，都不会成为直接跳闸依据。理论上，调度系统也可以主动查询特定设备的健康状态。信息互动化也指设备状态可视化信息上报给检修管理系统和从检修管理系统下载设备指纹信息和非自监测信息等。信息互动目前仅以双向交互的方式进行。

4.2 智能化高压设备的组成架构

智能化高压设备是高压设备智能化的一种称谓。智能化高压设备是一个物理设备，而不

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

是逻辑设备，在设备转移时，支撑其智能化的所有信息可随智能组件一同转移。智能化高压设备在组成架构上包括以下3个部分：

a） 高压设备，即高压设备本体。

b） 传感器或/和执行器，内置或外置于高压设备或其部件，智能组件与执行器之间由模拟信号电缆或光纤网络连接。传感器与智能组件之间通常由模拟信号电缆连接。

c） 智能组件，通过传感器或/和执行器，与高压设备形成有机整体，实现与宿主设备相关的测量、控制、计量、监测、保护等全部或部分功能。

4.3 智能组件的组成架构

智能组件的基本功能是测量、控制和监测。通常情况下，高压设备应由一个智能组件实现前述基本功能，特别是新造设备。对于已运行设备的智能化改造，则可根据实际情况，基于经济、有效、可靠的原则，灵活布置。

根据实际需要，智能组件的功能可以扩展，如集成同一间隔电子式互感器的合并单元，甚至集成相关计量、保护功能等。扩展功能的集成应符合相关标准要求。

由于在制订 DL/T 860 时，还没有智能组件这种装置，因此智能组件在“三层二网”的分类时显得有些不清晰。表面上，由于智能组件直接关联于高压设备，属过程层设备，但实际上，在智能组件内既有过程层设备，也有站控层设备。智能组件是一个跨层的设备。

4.4 智能组件的通信要求

智能组件的通信形式复杂、多样，这与其集成了不同功能IED有关，而且还扩展了监测功能组这样一个在制订 DL/T 860 时尚未考虑的新功能。在本指导性技术文件中，智能组件包括过程层网络通信和站控层网络通信。智能组件内所有IED都应接入过程层网络，同时与站控层网络有信息交互需要的 IED，还应接入站控层网络，如监测功能组的主 IED、继电保护装置IED（如集成）等。

根据实际情况，组件内可以有不同的交换机配置方案，应采用优先级设置、流量控制、VLAN 划分等技术优化过程层网络通信，可靠、经济地满足智能组件过程层及站控层的网络通信要求。

5 智能化高压设备技术要求

5.1 油浸式电力变压器

油浸式电力变压器是最重要的高压设备之一，事故率较高、故障影响较大，对电网可靠性有较大影响。油浸式电力变压器也是结构最复杂、故障原因最复杂的电网设备。油浸式电力变压器在运行中，有不少需要测量的参量（如油温、油位、分接位置），也有需要控制的部件（如冷却系统、有载调压系统）。综合这些因素，油浸式电力变压器具有智能化的价值，是高压设备智能化的重要对象之一。

本章根据目前已有的技术，基于可靠、有效、经济的原则，给出了油浸式电力变压器智能化的项目和技术要求。由于实际情况差异较大，本指导性技术文件对于大部分项目都给出了“可采用”或“宜采用”的推荐意见。

5.2 断路器及高压组合电器

包括敞开式和 GIS。智能组件对于开关设备，不是仅对 1 台断路器，还包括相关的隔离开关、接地开关等。开关设备是机电一体化设备，是电网中唯一有机械运动部件的设备，也

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

是事故率相对较高、事故影响较大的设备。由于开关设备承担着电网运行控制的重要职责，开关设备是最早进行智能化的设备。在本指导性技术文件中，对开关设备的智能化提出了更加具体、明晰的技术要求。

6 智能化高压设备的试验或监测、调试、验收

高压设备智能化之后，高压设备本体、传感器和执行器、智能组件等调试是一项十分复杂的技术工作，这部分规定是原则性的，今后还应该总结经验、结合相关研究成果，进一步充实、完善和可操作。

www.789pdf.com 789书库网

四、其他专业规程

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

GB 50217—2007

电力工程电缆设计规范（略）[1]

[1] 本标准因版权问题暂不收录。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

GB 50168—2006

电气装置安装工程电流线路施工及验收规范（略）[1]

[1] 本标准因版权问题暂不收录。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

GB/T 4623—2006
代替 GB 396—1994、GB 4623—1994

环形混凝土电杆

Circular concrete pole

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言……437
1　范围……438
2　规范性引用文件……438
3　术语和定义……438
4　分类……439
5　原材料及构造……444
6　要求……446
7　试验方法……448
8　检验规则……449
9　标志与出厂证明书……451
10　贮存、运输……452
附录A（规范性附录）　电杆力学性能试验方法……453

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

前　言

本标准是依据国内环形混凝土电杆的实际生产和使用现状，对原国家标准 GB 396—1994《环形钢筋混凝土电杆》和 GB 4623—1994《环形预应力混凝土电杆》进行整合修订而成。在本标准修订过程中参考了日本工业标准 JIS A 5309：1995《离心预应力混凝土电杆》、美国标准 ASTM C1089：1997《离心法成型预应力混凝土电杆》等国外标准。

本标准代替 GB 396—1994 和 GB 4623—1994。

本标准与 GB 396—1994 和 GB 4623—1994 的主要差异在于：

——标准的名称修改为《环形混凝土电杆》；

——电杆的范围涵盖了环形钢筋混凝土电杆、预应力混凝土电杆和部分预应力混凝土电杆；

——调整了部分规范性引用文件；

——调整了电杆的规格系列，增加了部分大弯矩电杆（第 4 章）；

——进一步完善了技术要求内容（第 6 章）；

——修改了混凝土抗压强度试验方法（第 7 章）；

——修改了检验批量和判定规则（第 8 章）。

本标准附录 A 为规范性附录。

本标准由中国建筑材料工业协会提出。

本标准由全国水泥制品标准化技术委员会（SAC/TC 197）归口。

本标准由苏州混凝土水泥制品研究院、苏州中材建筑建材设计研究院负责起草。

本标准参加起草单位：国电电力建设研究所、云南电信网信实业集团通信线路器材公司、山东电力管道工程公司、宜昌昌耀水泥制品厂、徐州三元杆塔有限公司、湖南省电力线路器材厂、陕西红旗电杆有限公司、潍坊潍菱水泥制品厂、上海电力线路器材有限公司、江苏金桥建材有限公司、长兴县电力电杆有限公司、深圳市达盈信实业有限公司、唐山华通水泥制品有限公司、北票电力电杆制造有限公司、湖北中南水泥制品有限责任公司、无锡华润实业公司、武汉双强水泥制品有限责任公司、济南普天通信设备厂、苏州市相城区星火水泥电杆厂、重庆市万州区龙宝金湖水泥制品厂、聊城中能电力杆塔公司、江苏如皋擎天建材公司、泰州海恒建材机械有限责任公司、江都市建材机械厂、天津市银龙预应力钢丝有限公司、天津市泉子金属制品有限公司。

本标准主要起草人：沈丽华、张东英、李慧良、任梅、吴赤球、单庆威、李长春、党智斌、吉星、陈东浩、朱茂慧、余洪方。

本标准委托苏州混凝土水泥制品研究院、苏州中材建筑建材设计研究院负责解释。

本标准所替代标准的历次版本发布情况为：

——GB 396—1984，GB 396—1994；

——GB 4623—1984，GB 4623—1994。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

环形混凝土电杆

1 范围

本标准规定了环形混凝土电杆的分类、原材料及构造、要求、试验方法、检验规则、标志与出厂证明书、贮存及运输等内容。

本标准适用于电力、通讯及接触网架空线路的电杆、照明支柱和信号机柱等。不包括电杆的其他组成部分，如横担、卡盘、底盘等配件。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 175 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥

GB 199 快硬硅酸盐水泥

GB 748 抗硫酸盐硅酸盐水泥

GB 1344 矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥

GB 1499 钢筋混凝土用热轧带肋钢筋（GB 1499—1999，neq ISO 6935-2：1991）

GB/T 5223—2002 预应力混凝土用钢丝（ISO 6934-2：1991，NEQ）

GB/T 5223.3—2005 预应力混凝土用钢棒（ISO 6934-3：1991，MOD）

GB/T 5224—2003 预应力混凝土用钢绞线（ISO 6934-4：1991，NEQ）

GB 8076 混凝土外加剂

GB 13013 钢筋混凝土用热轧光圆钢筋

GB/T 14684 建筑用砂

GB/T 14685 建筑用卵石、碎石

GB/T 50081—2002 普通混凝土力学性能试验方法标准

GB 50204—2002 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB J 107—1987 混凝土强度检验评定标准

JGJ 19—1992 冷拔钢丝预应力混凝土构件设计与施工规程

JGJ 63 混凝土拌合用水标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

钢筋混凝土电杆（G） reinforced concrete pole

纵向受力钢筋为普通钢筋的电杆。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.2

预应力混凝土电杆（Y） prestressed concrete pole

纵向受力钢筋为预应力钢筋的电杆，抗裂检验系数允许值〔γ_{cr}〕=1.0。

3.3

部分预应力混凝土电杆（BY） partially prestressed concrete pole

纵向受力钢筋由预应力钢筋与普通钢筋组合而成或全部为预应力钢筋的电杆，抗裂检验系数允许值〔γ_{cr}〕= 0.8。

3.4

裂缝 crack

电杆表面有伸入混凝土内部的缝隙。

3.5

漏浆 leakage

电杆表面因水泥浆流失而露出集料。

3.6

露筋 exposed steel

电杆内部的钢筋未被混凝土包裹而外露。不包括电杆端部的纵向预应力钢筋头。

3.7

塌落 slump

电杆内壁混凝土成块状脱落。

3.8

蜂窝 honeycomb

电杆表面因漏浆或缺少水泥砂浆而引起的蜂窝状空洞。

3.9

麻面 pitted surface

电杆外表面呈现的密集微孔。

3.10

粘皮 peeling

电杆外表面的水泥浆层被模具粘去后留下的粗糙表面。

3.11

龟纹 plastic crack

电杆外表面呈现出龟背状纹路，无整齐的边缘和明显的深度。

3.12

水纹 water graining

电杆外表面湿润时呈现可见微细纹路，水分蒸发后纹路随之消失。

4 分类

4.1 产品按外形分为锥形杆（Z）和等径杆（D）两种，见图 1。若按产品的不同配筋方式，可分为钢筋混凝土电杆、预应力混凝土电杆和部分预应力混凝土电杆。

4.2 锥形杆和等径杆均有整根杆和组装杆之分。

电杆梢径（或直径）、长度见表 1、表 2、表 3、表 4 和表 5。

www.789pdf.com 789书库网

表1 整根钢筋混凝土锥形杆开裂检验弯矩

单位为千牛米

L/m	L_1/m	L_2/m	梢径/mm																							
			130			150						170					190								230		
			开裂检验荷载 P/kN																							
			A 1.00	B 1.25	C 1.50	B 1.25	C 1.50	D 1.75	E 2.00	F 2.25	G 2.50	D 1.75	E 2.00	F 2.25	G 2.50	H 2.75	F 2.25	G 2.50	H 2.75	I 3.00	J 3.50	K 4.00	L 5.00	M 6.00	L 5.00	M 6.00	N 7.00
6.00	4.75	1.00	4.75	5.94	7.12	5.94	7.12	8.31	9.50	10.69	11.88																
6.50	5.15	1.10	5.15	6.44	7.72	6.44	7.72	9.01	10.30	11.59	12.88																
7.00	5.55	1.20	5.55	6.94	8.32	6.94	8.32	9.71	11.10	12.49	13.88	9.71	11.10	12.49	13.88							22.20					
7.50	6.00	1.25	6.00	7.50	9.00	7.50	9.00	10.50	12.00	13.50	15.00																
8.00	6.45	1.30	6.45	8.06	9.68	8.06	9.68	11.29	12.90	14.51	16.12	11.29	12.90	14.51	16.12		14.51	16.13									
8.50	6.85	1.40					10.28	11.99	13.70	15.41	17.12																
9.00	7.25	1.50				9.06	10.88	12.69	14.50	16.31	18.12	12.69	14.50	16.31	18.12		16.31			21.75	25.38	29.00	36.25				
10.00	8.05	1.70					12.08	14.09	16.10	18.11	20.12	14.09	16.10	18.11	20.12	22.14	18.11	20.12	22.14	24.15							
11.00	8.85	1.90						15.49					17.70	19.91	22.12	24.34	19.91	22.12	24.34	26.55							
12.00	9.75	2.00											19.50	21.94	24.38	26.81	21.94	24.38	26.81	29.25	34.12	39.00	48.75	58.50	48.75	58.50	68.25
13.00	10.55	2.20															23.74	26.38	29.01	31.65	36.93	42.20	52.75	63.30	52.75	63.30	73.85
15.00	12.25	2.50															27.56	30.62	33.69	36.75	42.88	49.00	61.25	73.50	61.25	73.50	85.75

注1：用悬臂式试验时开裂检验弯矩（M_k）即在开裂检验荷载作用下支持点断面处的弯矩。对特殊电杆可根据工程需要确定支持点高度。

注2：电杆承载力检验弯矩 $M_u=\beta_u \cdot M_k$，β_u—承载力综合检验系数，取2.0。

注3：A、B、C、D…是不同开裂检验荷载的代号。

注4：经供需双方协议，也可生产其他承载力检验弯矩的电杆。

注5：杆长≥12m的电杆可采用分段制作。分段制作的电杆，必须组装后进行力学性能检验。

注6：按照上级主管部门批准的图纸或用户提供的图纸生产的产品，则根据图纸注明的要求进行检验。

www.789pdf.com 789书库网
www.789pdf.com 789书库网

表 2 组装钢筋混凝土锥形杆开裂检验弯矩

单位为千牛米

L/m	L_1/m	L_2/m	梢径/mm																		
			190			210			230			270				310					
			开裂检验荷载 P/kN																		
			K 4.00	L 5.00	M 6.00	K 4.00	L 5.00	M 6.00	K 4.00	L 5.00	M 6.00	N 7.00	L 5.00	M 6.00	N 7.00	O 8.00	M 6.00	N 7.00	O 8.00	P 9.00	
12	9.75	2.00	39.00	48.75	58.50	39.00	48.75	58.50	39.00	48.75	58.50	68.25	48.75	58.50	68.25	78.00	58.50	68.25	78.00	87.75	
13	10.55	2.20	42.20	52.75	63.30	42.20	52.75	63.30	42.20	52.75	63.30	73.85	52.75	63.30	73.85	84.40	63.30	73.85	84.40	94.95	
15	12.25	2.50	49.00	61.25	73.50	49.00	61.25	73.50	49.00	61.25	73.50	85.75	61.25	73.50	85.75	98.00	73.50	85.75	98.00	110.25	
18	15.25	2.50	61.00	76.25	91.50	61.00	76.25	91.50	61.00	76.25	91.50	106.75	76.25	91.50	106.70	122.00	91.50	106.70	122.00	137.25	
21	18.25	2.50	73.00	91.25	109.50	73.00	91.25	109.50	73.00	91.25	109.50	127.75	91.25	109.50	127.75	146.00	109.50	127.75	146.00		
24	21.25	2.50							85.00	106.25	127.50		106.25	127.50	148.75		127.50	148.75			
27	24.25	2.50							97.00	121.25			121.25	145.50			145.50				

注 1：用悬臂式试验时开裂检验弯矩（M_k）即在开裂检验荷载作用下支持点断面处的弯矩。对特殊电杆可根据工程需要确定支持点高度。

注 2：电杆承载力检验弯矩 $M_u=\beta_u \cdot M_k$，β_u—承载力综合检验系数，取 2.0。

注 3：K、L、M、N…是不同开裂检验荷载的代号。

注 4：经供需双方协议，也可生产其他承载力检验弯矩的电杆。

注 5：生产条件许可或工程需要也可整根生产。分段制作的电杆，必须组装后进行力学性能检验。

注 6：按照上级主管部门批准的图纸或用户提供的图纸生产的产品，则根据图纸注明的要求进行检验。

www.789pdf.com 789书库网
www.789pdf.com 789书库网

表 3 整根预应力、部分预应力混凝土锥形杆开裂检验弯矩

单位为千牛米

L/m	L_1/m	L_2/m	梢径/mm																									
			130			150								170					190							230		
			开裂检验荷载 P/kN																									
			A 1.00	B 1.25	C 1.50	B 1.25	C 1.50	C_1 1.65	D 1.75	E 2.00	F 2.25	G 2.50	I 3.00	D 1.75	E 2.00	G 2.50	I 3.00	J 3.50	E 2.00	G 2.50	I 3.00	J 3.50	K 4.00	L 5.00	M 6.00	L 5.00	M 6.00	N 7.00
6.00	4.75	1.00	4.75	5.94	7.12	5.94	7.12	7.84	8.31	9.50		11.88																
6.50	5.15	1.10	5.15	6.44	7.72	6.44	7.72	8.50	9.01	10.30	11.59																	
7.00	5.55	1.20	5.55	6.94	8.32	6.94	8.32	9.16	9.71	11.10	12.49	13.88		9.71	11.10	13.88			11.10		16.65		22.20					
7.50	6.00	1.25	6.00	7.50	9.00	7.50	9.00	9.90	10.50	12.00																		
8.00	6.45	1.30	6.45	8.06	9.68	8.06	9.68	10.64	11.29	12.90	14.51	16.12	19.35	11.29	12.90	16.12			12.90		19.35		25.80					
8.50	6.85	1.40					10.28	11.30																				
9.00	7.25	1.50			10.88	9.06	10.88	11.96	12.69	14.50	16.31	18.12	21.75	12.69	14.50	18.12	21.75	25.38	14.50		21.75	25.38	29.00	36.25				
10.00	8.05	1.70					12.08	13.28	14.08	16.10	18.11	20.12	24.15	14.08	16.10	20.12	24.15	28.18	16.10	20.12	24.15							
11.00	8.85	1.90					13.28		15.49						17.70		26.55		17.70	22.12	26.55							
12.00	9.75	2.00													19.50	24.38			19.50	24.38	29.25	34.12	39.00	48.75	58.50	48.75	58.50	68.25
13.00	10.55	2.20																	21.10	26.38	31.65	36.93	42.20	52.75	63.30	52.75	63.30	73.85
15.00	12.25	2.50																	24.50	30.62	36.75	42.88	49.00	61.25	73.50	61.25	73.50	85.75

注 1：用悬臂式试验时开裂检验弯矩（M_k）即在开裂检验荷载作用下支持点断面处的弯矩。对特殊电杆可根据工程需要确定支持点高度。

注 2：电杆承载力检验弯矩 $M_u=\beta_u \cdot M_k$，β_u—承载力综合检验系数，取 2.0。

注 3：A、B、C、D…是不同开裂检验荷载的代号。

注 4：经供需双方协议，也可生产其他承载力检验弯矩的电杆。

注 5：杆长≥12m 的电杆可采用分段制作。分段制作的电杆，必须组装后进行力学性能检验。

注 6：按照上级主管部门批准的图纸或用户提供的图纸生产的产品，则根据图纸注明的要求进行检验。

www.789pdf.com 789书库网
www.789pdf.com 789书库网

表 4 组装预应力、部分预应力混凝土锥形杆开裂检验弯矩

单位为千牛米

L/m	L_1/m	L_2/m	梢径/mm																						
			190			210			230				270				310				350				
			开裂检验荷载 P/kN																						
			K 4.00	L 5.00	M 6.00	K 4.00	L 5.00	M 6.00	K 4.00	L 5.00	M 6.00	N 7.00	L 5.00	M 6.00	N 7.00	O 8.00	L 5.00	M 6.00	N 7.00	O 8.00	P 9.00	Q 10.00	I 11.00	S 13.00	T 15.00
12	9.75	2.00	39.00	48.75	58.50	39.00	48.75	58.50	39.00	48.75	58.50	68.25	48.75	58.50	68.25	78.00	48.75	58.50	68.25	78.00	87.75	97.50	107.25	126.25	146.25
13	10.55	2.20	42.20	52.75	63.30	42.20	52.75	63.30	42.20	52.75	63.30	73.85	52.75	63.30	73.85	84.40	52.75	63.30	73.85	84.40	94.95	105.50	116.05	137.15	158.25
15	12.25	2.50	49.00	61.25	73.50	49.00	61.25	73.50	49.00	61.25	73.50	85.75	61.25	73.50	85.75	98.00	61.25	73.50	87.75	98.00	110.25	122.50	134.75	159.25	183.75
18	15.25	2.50	61.00	76.25	91.50	61.00	76.25	91.50	61.00	76.25	91.50	106.75	76.25	91.50	106.70	122.00	76.25	91.50	106.70	122.00	137.25	152.50	167.75	198.25	228.75
21	18.25	2.50	73.00	91.25	109.50	73.00	91.25	109.50	73.00	91.25	109.50	127.75	91.25	109.50	127.75		91.25	109.50	127.75						
24	21.25	2.50							85.00	106.25	127.50		106.25	127.50			106.25	127.50							
27	24.25	2.50							97.00	121.25			121.25	145.50			121.25	145.50							

注 1：用悬臂式试验时开裂检验弯矩（M_k）即在开裂检验荷载作用下支持点断面处的弯矩。对特殊电杆可根据工程需要确定支持点高度。

注 2：电杆承载力检验弯矩 $M_u=\beta_u \cdot M_k$，β_u—承载力综合检验系数，取 2.0。

注 3：K、L、M、N…是不同开裂检验荷载的代号。

注 4：经供需双方协议，也可生产其他承载力检验弯矩的电杆。

注 5：生产条件许可或工程需要也可整根生产。分段制作的电杆，必须组装后进行力学性能检验。

注 6：按照上级主管部门批准的图纸或用户提供的图纸生产的产品，则根据图纸注明的要求进行检验。

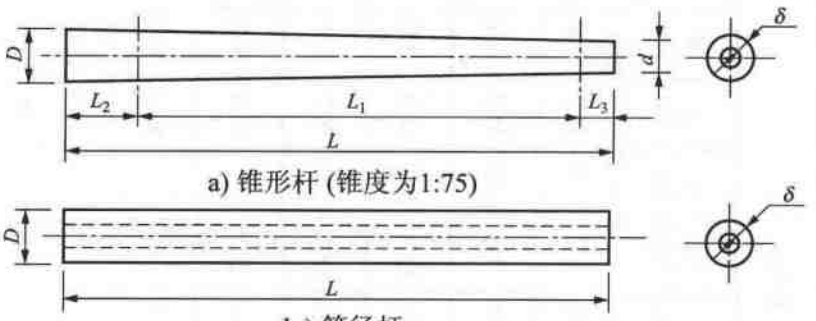
www.789pdf.com 789书库网
www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 5 等径杆开裂检验弯矩

直径/mm	开裂检验弯矩（长度：3.0m、4.5m、6.0m、9.0m）/kN·m							
300	20	25	30	35	40	45		
400	40	45	50	55	60	70	80	90
500	70	75	80	85	90	95	100	105
550	90	115	135	155	180			

注 1：用简支式试验时，开裂检验弯矩（M_k）即在开裂检验荷载作用下两加荷点间断面处的最大弯矩。
注 2：电杆承载力检验弯矩 $M_u=\beta_u \cdot M_k$，β_u—承载力综合检验系数，取 2.0。
注 3：经供需双方协议，也可生产其他承载力检验弯矩的电杆。
注 4：按照上级主管部门批准的图纸或用户提供的图纸生产的产品，则根据图纸注明的要求进行检验。



a) 锥形杆 (锥度为1:75)

b) 等径杆

L—杆长；　　D—根径或直径；
L_1—荷载点高度；　　d—梢径；
L_2—支持点高度；　　δ—壁厚。
L_3—梢端至荷载点距离（为 0.25m）；

图 1 锥形杆和等径杆示意图

5 原材料及构造

5.1 原材料

5.1.1 水泥

宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、抗硫酸盐硅酸盐水泥或快硬硅酸盐水泥，其性能应分别符合 GB 175、GB 1344、GB 748 及 GB 199 的规定。

5.1.2 集料

细集料宜采用中粗砂，细度模数为 3.2～2.3。粗集料宜采用碎石或卵石，其最大粒径不宜大于 25mm，且应小于钢筋净距的 3/4。砂、石的其他质量应分别符合 GB/T 14684、GB/T 14685 的规定。

5.1.3 水

混凝土拌合用水应符合 JGJ 63 的规定。

5.1.4 外加剂

外加剂的质量应符合 GB 8076 的规定，严禁使用氯盐类外加剂或其他对钢筋有腐蚀作用的外加剂。

5.1.5 掺合料

掺合料不得对电杆产生有害影响，使用前必须进行试验验证。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.1.6 钢材

5.1.6.1 普通纵向受力钢筋

宜采用热轧带肋钢筋或热轧光圆钢筋，其性能应分别符合 GB 1499、GB 13013 的规定。

5.1.6.2 预应力纵向受力钢筋

宜采用预应力混凝土用钢丝、钢绞线和钢棒（热处理钢筋），其性能应分别符合 GB/T 5223—2002、GB/T 5224—2003 和 GB/T 5223.3—2005 的规定。

5.1.6.3 架立圈筋

宜采用热轧光圆钢筋、冷拔低碳钢丝，其性能应分别符合 GB 13013、JGJ 19—1992 的规定。

5.1.6.4 螺旋筋

宜采用冷拔低碳钢丝，其性能应符合 JGJ 19—1992 的规定。

5.2 构造

5.2.1 钢筋骨架

5.2.1.1 纵向受力钢筋沿电杆环向均匀配置，锥形杆不得少于 6 根，等径杆不得少于 8 根。部分预应力混凝土电杆的纵向受力钢筋中，若需配置普通钢筋时，其根数不得少于 6 根。纵向受力钢筋直径不得大于壁厚的 2/5。端面应平整，不应有局部弯曲，表面不得有油污。

5.2.1.2 预应力钢筋调直下料后，其下料长度相对误差应不大于钢筋长度的 1.5/10 000。

5.2.1.3 预应力钢筋不得有接头；普通钢筋允许有接头，连接时应采用对焊连接，其接头技术要求应符合 GB 50204—2002 的规定。

5.2.1.4 纵向受力钢筋净距不宜小于 30mm，锥形杆小头不宜小于 25mm。当配筋太密时，可采取双根并列布置。

5.2.1.5 纵向受力钢筋内侧应设架立圈，架立圈钢筋直径宜采用 5mm～8mm。其间距对于钢筋混凝土电杆不宜大于 500mm，对于预应力、部分预应力混凝土电杆不宜大于 1000mm。

5.2.1.6 预应力钢筋镦头的强度不得低于该材料标准强度的 95%。

5.2.1.7 电杆在其全部长度范围内均应配置螺旋钢筋。螺旋钢筋直径宜采用 2.5mm～6mm，其间距不宜大于 120mm，距两端各 1.5m 之内的间距不宜大于 70mm。

5.2.1.8 骨架成型后，各部尺寸应符合下列要求：

a） 纵向受力钢筋间距偏差不得超过±5mm；

b） 螺旋筋应缠于纵向受力钢筋外，其间距偏差不得超过±10mm；

c） 架立圈间距偏差不得超过±20mm，垂直度偏差不得超过架立圈直径的 1/40。

5.2.2 电杆接头、预埋件及预留孔。

5.2.2.1 电杆分段制造时，接头可采用钢板圈、法兰盘或其他接头形式。

5.2.2.2 纵向受力钢筋与连接件的连接：预应力钢筋宜采用先穿筋后镦头的方法，镦头的承力面应在同一平面内；普通钢筋应采用焊接，焊接质量应符合 GB 50204—2002 的规定。

5.2.2.3 电杆接头强度不得低于接头处断面承载能力。

5.2.2.4 预埋件、预留孔及泄水孔按设计图纸设置，并清理干净。

5.2.2.5 接地螺母、脚钉母、接线盒等的外露金属部分应有明显标记。

5.2.3 当采用普通松弛预应力钢筋时，为减少预应力钢筋松弛影响，可采用超张拉，张拉程度及应力控制方法应符合 GB 50204—2002 的规定。

5.2.4 预应力钢筋不得断筋。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.2.5 产品出厂前，梢端应用混凝土或砂浆封实。如有特殊要求，另行处理。

5.2.6 脱模后或出厂前，电杆不带钢圈（或法兰盘）的一端或二端已外露的纵向受力钢筋头必须切除，并采取有效防腐措施处理。

6 要求

6.1 混凝土抗压强度

6.1.1 钢筋混凝土电杆的混凝土强度等级不宜低于 C40，脱模时混凝土抗压强度不宜低于 20MPa。

6.1.2 预应力混凝土电杆、部分预应力混凝土电杆的混凝土强度等级不宜低于 C50，脱模时混凝土抗压强度不宜低于 30MPa。

6.2 外观质量

电杆的外观质量应符合表 6 的规定。

6.3 尺寸允许偏差

电杆外形尺寸应符合本标准要求或按设计图纸制造。尺寸允许偏差应符合表 7 的规定。

6.4 保护层厚度

纵向受力钢筋的净保护层厚度不得小于 15mm。钢板圈、法兰盘接头端纵向受力钢筋顶部，必须采取有效防腐措施处理。保护层允许厚度偏差见表 7。

表6 外观质量要求

序号	项目		项目类别	质量要求
1	表面裂缝		A	预应力混凝土电杆和部分预应力混凝土电杆不得有环向和纵向裂缝。钢筋混凝土电杆不得有纵向裂缝，环向裂缝宽度不得大于 0.05mm
2	漏浆	模边合缝处	A	模边合缝处不应漏浆。但如漏浆深度不大于 10mm、每处漏浆长度不大于 300mm、累计长度不大于杆长的 10%、对称漏浆的搭接长度不大于 100mm 时，允许修补
		钢板圈（或法兰盘）与杆身结合面	A	钢板圈（或法兰盘）与杆身结合面不应漏浆。但如漏浆深度不大于 10mm、环向长度不大于 1/4 周长、纵向长度不大于 50mm 时，允许修补
3	局部碰伤		B	局部不应碰伤。但如碰伤深度不大于 10mm、每处面积不大于 $50cm^2$ 时，允许修补
4	内、外表面露筋		A	不允许
5	内表面混凝土塌落		A	不允许
6	蜂窝		A	不允许
7	麻面、粘皮		B	不应有麻面或粘皮。但如每米长度内麻面或粘皮总面积不大于相同长度外表面积的 5%时，允许修补
8	钢板圈坡口至混凝土端面距离		B	大于钢板厚度的 1.5 倍且不小于 20mm
注：表面裂缝中不计龟纹和水纹。				

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.5 力学性能

包括抗裂、裂缝宽度、承载力检验弯矩和挠度检验。以表1、表2、表3、表4、表5所列开裂检验弯矩或设计图纸作为检验依据，并应符合下列要求。

6.5.1 钢筋混凝土电杆加荷至开裂检验弯矩时，裂缝宽度应小于0.20mm。加荷至开裂检验弯矩卸荷后，残余裂缝宽度不得超过0.05mm。杆长小于10m时，杆顶挠度应小于$(L_1+L_3)/35$；杆长大于等于10m、小于等于12m时，杆顶挠度应小于$(L_1+L_3)/32$；杆长大于12m、小于等于15m时，杆顶挠度应小于$(L_1+L_3)/25$。

6.5.2 预应力混凝土电杆加荷至开裂检验弯矩时，不得出现裂缝。锥形杆杆长小于或等于12m时，杆顶挠度应小于$(L_1+L_3)/70$；杆长大于12m、小于等于15m时，杆顶挠度应小于$(L_1+L_3)/50$。

6.5.3 部分预应力混凝土电杆加荷至开裂检验弯矩的80%时，不得出现裂缝；加荷至开裂检验弯矩时，裂缝宽度应小于0.10mm。锥形杆杆长小于或等于12m时，杆顶挠度应小于$(L_1+L_3)/50$；杆长大于12m、小于等于15m时，杆顶挠度应小于$(L_1+L_3)/35$。

6.5.4 等径杆、杆长大于15m的锥形杆及对挠度和裂缝宽度有特殊要求的锥形杆，其挠度和裂缝宽度由供需双方协议规定。

6.5.5 加荷至承载力检验弯矩时，不得出现下列任一种情况。

a） 受拉区裂缝宽度达到1.5mm或受拉钢筋被拉断；

b） 受压区混凝土破坏；

c） 挠度：按悬臂式试验的锥形杆，杆顶挠度大于等于$(L_1+L_3)/10$；按简支式试验的等径杆：直径小于400mm，挠度大于等于$L_0/50$；直径大于或等于400mm，挠度大于等于$L_0/70$。

注：梢径在310mm以上，长度在8m以下的组装锥形杆杆段，不做挠度检验。

表7 保护层允许厚度偏差

序号	项目		项目类别	质量要求/mm
1	杆长	整根杆	B	+20 −40
		组装杆杆段	B	±10
2	壁厚		A	+10 −2
3	外径		B	+4 −2
4	保护层厚度		A	+8 −2
5	弯曲度	电杆梢径小于或等于190	A	≤L/800
		电杆梢径或直径大于190	A	≤L/1000
6	端部倾斜	杆底	B	≤5
		钢板圈	B	≤3
		法兰盘	B	≤2

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表7（续）

序号	项目				项目类别	质量要求/mm
7	预埋件	预留孔	纵向两孔间距		B	±4
			横向	固定式	B	≤2
				埋管式	B	≤3
			直径		B	+2
		钢板圈	厚度		B	+1 −0.8
			内径	电杆外径≤400	B	±2
				电杆外径>400	B	±3
		法兰盘	内外径		B	±2
			螺孔中心距		B	±1
			端板厚度	铸造	B	+1.5 −0.5
				焊接	B	±0.5
8	钢板圈或法兰盘轴线与杆段轴线				B	≤2
注：保护层厚度偏差为制造与设计的差数，但最小厚度必须符合6.4的规定。						

7 试验方法

7.1 混凝土抗压强度

7.1.1 混凝土拌合物应在搅拌站或喂料工序中随机取样，制作立方体试件，3个试件为一组。

7.1.2 每天拌制的同配合比的混凝土，取样不得少于一次，每次至少成型二组。一组试件与电杆同条件养护，另一组试件进行标准养护。

7.1.3 一组与电杆同条件养护的试件用于检验脱模强度；一组经标准养护的试件用于检验评定混凝土28d抗压强度。

7.1.4 混凝土抗压强度试验方法应符合GB/T 50081—2002的规定。

7.2 外观质量和尺寸

外观质量和尺寸的检验工具与检验方法见表8。

7.3 保护层厚度

保护层厚度检验工具与检验方法见表8。

表8 保护层厚度检验工具与检验方法

序号	检验项目	检验方法	量具分度值/mm
1	裂缝宽度	用20倍读数放大镜测量，精确至0.01mm	0.01
2	漏浆长度	用钢卷尺测量，精确至1mm	1

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表8（续）

序号	检验项目	检 验 方 法	量具分度值/mm
3	漏浆深度	用深度游标卡尺测量，精确至0.1mm	0.10
4	碰伤长度	用钢卷尺（或钢直尺）测量，精确至1mm	1
5	碰伤深度	用深度游标卡尺测量，精确至0.1mm	0.10
6	内、外表面露筋	观察	
7	内表面混凝土塌落	观察	
8	蜂窝	观察	
9	麻面、粘皮	用钢卷尺（或钢直尺）测量，精确至1mm	1
10	钢板圈焊口距离	用钢直尺测量，精确至1mm	1
11	杆长	用钢卷尺测量，精确至1mm	1
12	壁厚	用钢直尺在同一断面互相垂直的两直径上测量四处壁厚，取其平均值，精确至1mm	0.5
13	外径	用钢直尺或卡尺在同一断面测量互相垂直的两直径，取其平均值，精确至1mm	1
14	保护层厚度	用深度游标卡尺测量3个点，每个断面测1点：a）锥形杆第1点在B支座处；第2点在距梢端0.6m处；第3点在前面两点中间的任一处。b）等径杆1点在中部；另两点在两端支座处，精确至0.1mm。	0.10
15	弯曲度	将拉线紧靠电杆的两端部，用钢直尺测量其弯曲处的最大距离，精确至1mm	0.5
16	端部倾斜	用90°角度尺及150mm长钢直尺测量，精确至1mm	0.5
17	预留孔直径及位置	用钢卷尺（或钢直尺）测量，精确至1mm	0.5
18	钢板圈内径	用钢卷尺或内卡测量，精确至1mm	0.5
19	钢板圈、法兰盘厚度	用游标卡尺测量，精确至0.1mm	0.10
20	钢板圈或法兰盘轴线与杆段轴线偏差	用吊锤及钢直尺测量，精确至1mm	0.5

7.4 力学性能

锥形杆采用悬臂式试验方法，等径杆采用简支式试验方法。电杆力学性能试验方法见附录A。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验二类。

8.2 出厂检验

8.2.1 检验项目

混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差（不包括保护层厚度）、抗裂、裂缝宽度和开裂检

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

验弯矩时的挠度等。

8.2.2 批量

同材料、同工艺、同品种、同荷载级别、同规格的电杆，每2000根为一批；但在3个月内生产总数不足2000根但不少于30根时，也应作为一个检验批。

8.2.3 抽样、检验

8.2.3.1 混凝土抗压强度

28d混凝土抗压强度按GBJ 107—1987检验评定。

8.2.3.2 外观质量和尺寸偏差

从受检批中随机抽取10根电杆，逐根进行外观质量和尺寸偏差检验。

8.2.3.3 力学性能

从外观质量及尺寸偏差检验合格的样品中，随机抽取1根电杆进行开裂检验弯矩时的抗裂、裂缝宽度和挠度检验。

8.2.4 判定规则

8.2.4.1 外观质量和尺寸偏差

10根受检电杆中：A类项目的所有检查点必须全部合格；每项B类项目的超差不超过2个检查点，B类项目的超差不超过2项，则判定该批产品的外观质量和尺寸偏差合格。

8.2.4.2 力学性能

开裂检验弯矩时的抗裂、裂缝宽度和挠度检验均符合本标准6.5规定时，判该批产品力学性能合格。如有1项不符合6.5规定时，允许从同批产品中抽取加倍数量电杆进行复检。复检结果如全部符合6.5规定时，则剔除原不合格的1根，判该批产品力学性能合格。复检结果如仍有1根电杆不符合6.5规定，则判该批产品力学性能不合格。

8.2.5 总判定

混凝土抗压强度、外观质量和尺寸偏差、力学性能均符合标准要求时，则判该批产品为合格。

8.3 型式检验

8.3.1 检验项目

混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差、力学性能和保护层厚度检验等。

8.3.2 当有下列情况之一时，应进行型式检验

a） 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；

b） 正式生产后如产品结构、原材料、生产工艺和管理有较大改变，可能影响产品性能时；

c） 产品长期停产后，恢复生产时；

d） 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；

e） 当相同产品连续生产4000根或在6个月内生产总数不足4000根时；

f） 国家或地方质量监督检验机构提出进行检验时。

8.3.3 抽样、检验

8.3.3.1 混凝土抗压强度

同8.2.3.1。

8.3.3.2 外观质量和尺寸偏差

同8.2.3.2。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8.3.3.3 力学性能

从外观质量和尺寸偏差检验合格的电杆中随机抽取 2 根，进行力学性能检验。

8.3.3.4 保护层厚度

抽取 1 根经承载力检验弯矩检验合格的电杆，进行保护层厚度检验。

8.3.4 判定规则

8.3.4.1 外观质量和尺寸偏差

同 8.2.4.1。

8.3.4.2 力学性能

电杆抗裂、裂缝宽度、承载力检验弯矩和挠度检验时，2 根电杆均符合本标准 6.5 规定时，则判该批产品力学性能合格。2 根电杆中有 1 根不符合 6.5 规定时，允许从同批产品中抽取加倍数量电杆进行复检。复检结果如全部符合 6.5 规定时，则剔除原不合格的 1 根，判该批产品力学性能合格。复检结果如仍有 1 根电杆不符合 6.5 规定，则判该批产品力学性能不合格。2 根电杆都不符合 6.5 规定时，不得复检，判该批产品力学性能不合格。

8.3.4.3 保护层厚度

被测的 3 点，均符合 6.4 规定时，则判该批产品保护层厚度合格。3 点中有 1 点不符合 6.4 规定时，允许从同批产品中抽取加倍数量电杆进行复检。复检结果如全部符合 6.4 规定时，则剔除原不合格的 1 根，判该批产品保护层厚度合格。复检结果如仍有 1 点不符合 6.4 规定，则判该批产品保护层厚度不合格。3 点中有 2 点不符合 6.4 规定时，不得复检，判该批产品保护层厚度不合格。

8.3.5 总判定

混凝土抗压强度、外观质量和尺寸偏差、保护层厚度及力学性能均符合标准要求时，则判该批产品为合格。

9 标志与出厂证明书

9.1 标志

9.1.1 永久标志

制造厂厂名或商标，应标记在电杆表面上。其位置：梢径（或直径）大于或等于 190mm 的电杆，宜标在距根端 3.5m 处；梢径小于 190mm 的电杆，宜标在距根端 3.0m 处。

9.1.2 临时标志

包括电杆品种、规格、组装杆在整根杆中的位置、荷载级别（或代号）、商标和制造年、月、日等，标在电杆表面上，其位置略低于永久标志。

9.2 出厂证明书

电杆出厂时，应随带企业统一编号的出厂证明书，其内容应包括：

a） 制造厂厂名、商标、厂址、电话；

b） 生产日期、出厂日期；

c） 执行标准；

d） 产品品种、规格、荷载级别；

e） 混凝土抗压强度检验结果；

f） 纵向受力钢筋抗拉强度检验结果；

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

g） 外观及尺寸偏差检验结果；

h） 力学性能检验结果；

i） 制造厂技术检验部门签章。

10 贮存、运输

10.1 贮存

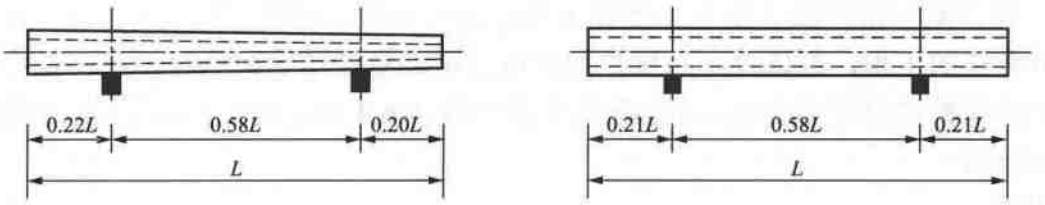
10.1.1 产品堆放场地应坚实平整。

10.1.2 产品可根据不同杆长分别采用两支点或三支点堆放。杆长小于或等于 12m 时，采用两支点支承；杆长大于 12m 时，采用三支点支承。电杆支点位置如图 2。

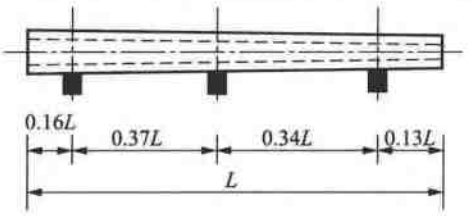
注：若堆场地基经过特殊处理，也可采用其他堆放形式。

10.1.3 产品应按品种、规格、荷载级别、生产日期等分别堆放。锥形杆梢径大于 270mm 和等径杆直径大于 400mm 时，堆放层数不宜超过 4 层；锥形杆梢径小于或等于 270mm 和等径杆直径小于或等于 400mm 时，堆放层数不宜超过 6 层。

10.1.4 产品堆垛应放在支垫物上，层与层之间用支垫物隔开，每层支承点在同一平面上，各层支垫物位置在同一垂直线上。



a) 两支点位置



b) 三支点位置

图 2 电杆支点位置示意图

10.2 运输

10.2.1 产品起吊与运输时，不分电杆长短均须采用两支点法。装卸、起吊应轻起轻放，严禁抛掷、碰撞。

10.2.2 产品在运输过程中的支承要求应符合本标准 10.1 中的有关规定。

10.2.3 产品装卸过程中，每次吊运数量：梢径大于 170mm 的电杆，不宜超过 3 根；梢径小于或等于 170mm 的电杆，不宜超过 5 根；如果采取有效措施，每次吊运数量可适当增加。

10.2.4 产品由高处滚向低处，必须采取牵制措施，不得自由滚落。

10.2.5 产品支点处应套上软质物，以防碰伤。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 A
（规范性附录）
电杆力学性能试验方法

本附录适用于环形混凝土电杆的力学性能试验，包括试验用仪器设备的技术要求和试验结果评定。

A.1 适用范围

A.1.1 悬臂式试验方法，适用于不同梢径锥形杆的力学性能试验。

A.1.2 简支式试验方法，适用于不同直径等径杆的力学性能试验。

A.2 试件

试件按出厂检验或型式检验的规定随机抽样。

A.3 试验仪器设备

A.3.1 台座

用于固定试件的支承座，可采用钢支座或钢筋混凝土支座。悬臂式试验或简支式试验采用水平加荷时，为消除杆段自重影响应加设灵活的滚动支座。

A.3.2 仪器

试验用仪器，应按规定期限进行检定。其技术要求见表 A.1。

表 A.1 试验仪器技术要求

测量项目	仪器名称	单位	技术指标		
			量程	分度值	精度
荷载	荷载测力器	kN	0～10 0～20	0.01	满程：0.5%
			0～100 0～200	0.1	
挠度	挠度仪	mm	0～100	0.1	满程：0.5%
			0～1500	1.0	
支座位移	数字式微位移仪或百分表	mm	0～10	0.01	0.5%
					1 级
裂缝宽度	20 倍读数放大镜	mm	0～6	0.01	0.01

A.4 试验方法

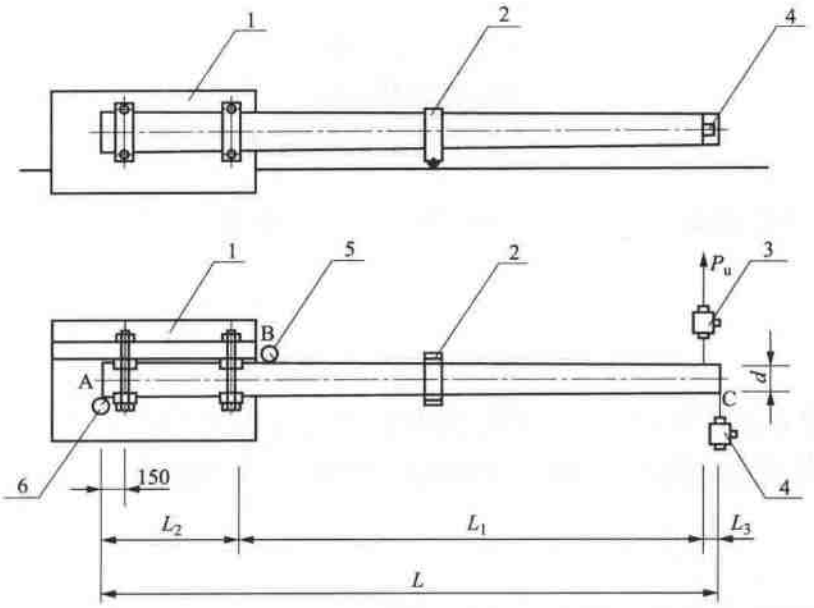
A.4.1 悬臂式试验方法

锥形电杆如杆长小于或等于 10mm，采用一个滚动支座；如杆长大于 10m，采用两个或

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

两个以上滚动支座。加荷原理见图 A.1。



1—混凝土（或钢制）台座；　　4—挠度传感器；

2—滚动支座；　　5—B 测点百分表；

3—测力传感器；　　6—A 测点百分表；

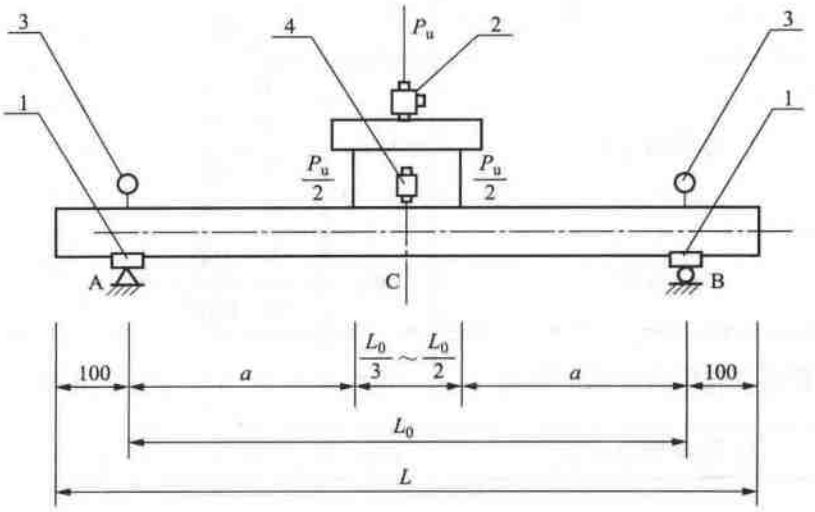
A、B—支座（宽 150mm 硬木制成的 U 型垫板）；P_u—荷载；L—杆长。

注：U 型垫板放置位置：A 支座处于垫板中心线到电杆根端的距离等于 150mm；B 支座处于右端面到电杆根端面的距离等于 L_2。

图 A.1　悬臂式试验装置示意图

A.4.2　简支式试验方法

等径电杆宜采用水平加荷或垂直加荷。允许加荷点与支点互换。应考虑自重影响。加荷原理见图 A.2。



1—宽 150mm 硬木制成的 U 型垫板；　　3—支座位移百分表；

2—测力传感器；　　4—挠度传感器；

P_u—荷载；L_0—跨距；L—杆长。

图 A.2　简支式试验装置示意图

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

A.5 加荷程序

A.5.1 钢筋混凝土电杆

第一步：由零按开裂检验弯矩20%的级差加荷至开裂检验弯矩的80%，然后按开裂检验弯矩10%的级差继续加荷至开裂检验弯矩，每次静停时间不少于3min，测量并记录裂缝宽度及挠度值。

第二步：由开裂检验弯矩卸荷至零，卸荷后静停时间不少于3min，测量并记录残余裂缝宽度及挠度值。

第三步：由零按开裂检验弯矩20%的级差加荷至开裂检验弯矩，测量并记录裂缝宽度及挠度值。递增至开裂检验弯矩的160%后，按开裂检验弯矩10%的级差继续加荷至承载力检验弯矩，每次静停时间不少于3min，观测并记录各项读数。

A.5.2 预应力混凝土电杆

第一步：由零按开裂检验弯矩20%的级差加荷至开裂检验弯矩的80%，然后按开裂检验弯矩10%的级差继续加荷至开裂检验弯矩，观察是否有裂缝出现。如果在开裂检验弯矩下未出现裂缝，则继续按开裂检验弯矩10%的级差加荷至裂缝出现，测量并记录裂缝宽度及挠度值，每次静停时间不少于3min。

第二步：由初裂弯矩（裂缝宽度小于0.02mm时的弯矩值）卸荷至零，卸荷后静停时间不少于3min，测量并记录其残余裂缝宽度及挠度值。

第三步：由零按开裂检验弯矩20%的级差加荷至开裂检验弯矩，测量并记录裂缝宽度及挠度值。递增至开裂检验弯矩的160%后，按开裂检验弯矩10%的级差继续加荷至承载力检验弯矩，每次静停时间不少于3min，观测并记录各项读数。

A.5.3 部分预应力混凝土电杆

第一步：由零按开裂检验弯矩20%的级差加荷至开裂检验弯矩的60%，然后按开裂检验弯矩10%的级差继续加荷至开裂检验弯矩的80%，观察是否有裂缝出现。若无裂缝出现，再按开裂检验弯矩10%的级差继续加荷至开裂检验弯矩，每次静停时间不少于3min，测量并记录裂缝宽度及挠度值。

第二步：由开裂检验弯矩卸荷至零，卸荷后静停时间不少于3min，测量并记录残余裂缝宽度及挠度值。

第三步：由零按开裂检验弯矩20%的级差加荷至开裂检验弯矩，测量并记录裂缝宽度及挠度值。递增至开裂检验弯矩的160%后，按开裂检验弯矩10%的级差继续加荷至承载力检验弯矩，每次静停时间不少于3min，观测并记录各项读数。

A.5.4 加荷值偏差

试验时，加荷值的允许偏差为2%。

A.5.5 初裂荷载和承载力的确定

A.5.5.1 当在加载过程中第一次出现裂缝时，应取前一级荷载值作为初裂荷载实测值；当在规定的荷载持续时间内第一次出现裂缝时，应取本级荷载值与前一级荷载值的平均值作为初裂荷载实测值；当在规定的荷载持续时间结束后第一次出现裂缝时，应取本级荷载值作为初裂荷载实测值。

A.5.5.2 当在加载过程中出现本标准6.5.5所列的情况之一时，应取前一级荷载值作为承载

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

力荷载的实测值；当在规定的荷载持续时间内出现上述情况之一时，应取本级荷载值与前一级荷载值的平均值作为承载力荷载的实测值；当在荷载持续时间结束后出现上述情况之一时，应取本级荷载值作为承载力荷载实测值。

A.6 试验结果计算

A.6.1 弯矩计算

A.6.1.1 锥形杆采用悬臂式试验时，实测弯矩按式（A.1）计算：

$$M_{ui} = P_{ui} \cdot L_1 \tag{A.1}$$

式中：

M_{ui}——任一级荷载作用下的弯矩值，单位为千牛米（kN·m）；

P_{ui}——任一级荷载加荷值，单位为千牛（kN）；

L_1——荷载点高度，单位为米（m）。

A.6.1.2 等径杆采用简支式试验时，实测弯矩按式 A.2～式 A.4 计算：

水平加荷时：$M_{ui} = \frac{P_{ui}}{2} \cdot a$（消除自重影响） （A.2）

向下加荷时：$M_{ui} = \frac{P_{ui} + Q}{2} \cdot a + \frac{1}{8} q L_0^2$ （A.3）

向上加荷时：$M_{ui} = \frac{P_{ui} - Q - qL_0}{2} \cdot a + \frac{1}{2} q a^2$ （A.4）

式中：

M_{ui}——任一级荷载作用下的弯矩值，单位为千牛米（kN·m）；

L_0——跨距，单位为米（m）；

a——加荷点至支座中心线的距离，单位为米（m）；

q——电杆单位长度的自重，单位为千牛每米（kN/m）；

Q——试验设备总重，单位为千牛（kN）；

P_{ui}——由测力器测得的加荷值，单位为千牛（kN）。

A.6.2 抗裂计算

电杆的抗裂检验系数 r_{cr}^0，是以初裂弯矩与开裂检验弯矩之比求得，见式 A.5。

$$r_{cr}^0 = \frac{M_f}{M_k} \tag{A.5}$$

式中：

r_{cr}^0——抗裂检验系数；

M_f——实测初裂弯矩值，单位为千牛米（kN·m）；

M_k——开裂检验弯矩值，单位为千牛米（kN·m）。

A.6.3 挠度计算

A.6.3.1 悬臂式试验时，任一级荷载作用下的梢端挠度，按式（A.6）计算：

$$a_{si} = a_{Ci} - \frac{a_{Ai} + a_{Bi}}{L_2} L + a_{Ai} \tag{A.6}$$

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

式中：

a_{si}——悬臂式试验时，任一级荷载作用下的梢端挠度值，单位为毫米（mm）；

a_{Ci}——由测量仪器测得的任一级荷载作用下梢端的变形值，单位为毫米（mm）；

a_{Ai}——由测量仪器测得的任一级荷载作用下 A 测点处的变形值，单位为毫米（mm）；

a_{Bi}——由测量仪器测得的任一级荷载作用下 B 测点处的变形值，单位为毫米（mm）；

L——电杆总长度，单位为毫米（mm）；

L_2——电杆支持点高度（见本标准图 1），单位为毫米（mm）。

A.6.3.2 简支式试验时，任一级荷载作用下的跨中挠度按式 A.7～式 A.8 计算：

$$a_{si} = a_{Ci} - \frac{a_{Ai} + a_{Bi}}{2} \pm a_1 \frac{P_0}{P_1} \tag{A.7}$$

$$a_1 = a_{C1} - \frac{a_{A1} + a_{B1}}{2} \tag{A.8}$$

式中：

a_{si}——简支式试验时，任一级荷载作用下的跨中挠度值，当向下加荷时取“+”，向上加荷时取“–”，水平加荷时，忽略不计由于电杆自重所产生的挠度，单位为毫米（mm）；

P_0——仪表为零读数时，已作用于电杆上的荷载。如电杆自重和加荷设备的总重，单位为千牛（kN）；

P_1——开裂检验荷载的第一级荷载（不包括 P_0），单位为千牛（kN）；

a_{Ai}——由测量仪表测得支点 A 处任一级荷载作用下的变形值，单位为毫米（mm）；

a_{Bi}——由测量仪表测得支点 B 处任一级荷载作用下的变形值，单位为毫米（mm）；

a_{Ci}——由测量仪表测得中点任一级荷载作用下的变形值，单位为毫米（mm）；

a_1——电杆在第一级荷载作用下的挠度值，按（A.8）计算，单位为毫米（mm）；

a_{A1}——由测量仪表测得支点 A 处第一级荷载作用下的变形值，单位为毫米（mm）；

a_{B1}——由测量仪表测得支点 B 处第一级荷载作用下的变形值，单位为毫米（mm）；

a_{C1}——由测量仪表测得电杆中点第一级荷载作用下的变形值，单位为毫米（mm）。

A.7 试验结果评定

A.7.1 承载力检验弯矩

实测承载力检验弯矩，应符合式 A.9 要求：

$$M_u^0 \geqslant \beta_u M_k \tag{A.9}$$

式中：

M_u^0——电杆承载力检验弯矩实测值，单位为千牛米（kN·m）；

β_u——电杆承载力综合检验系数，取值为 2；

M_k——开裂检验弯矩值，单位为千牛米（kN·m）。

A.7.2 抗裂检验

A.7.2.1 钢筋混凝土电杆抗裂检验结果，用 100%开裂检验弯矩下最大裂缝宽度 W_{max} 和卸荷后残余裂缝宽度 W 表示（见式 A.10）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$W_{max} < 0.20\text{mm}$$
$$W < 0.05\text{mm} \tag{A.10}$$

A.7.2.2 预应力混凝土电杆和部分预应力混凝土电杆抗裂检验结果应符合式（A.11）要求：

$$r_{cr}^{0} \geqslant [r_{cr}] \tag{A.11}$$

式中：

r_{cr}^{0} ——抗裂检验系数实测值，即电杆的初裂弯矩实测值与开裂检验弯矩之比值；

$[r_{cr}]$——电杆的抗裂检验系数允许值。

对于预应力混凝土电杆：$[r_{cr}]=1.0$；

对于部分预应力混凝土电杆：$[r_{cr}]=0.8$。在100%开裂检验弯矩下，其最大裂缝宽度应符合式（A.12）要求。

$$W_{max} < 0.10\text{mm} \tag{A.12}$$

或由设计者在设计图中明确给出抗裂检验允许值的指标。

A.7.3 挠度检验

电杆挠度检验结果，应符合式（A.13）要求：

$$a_{s}^{0} \leqslant [a_{j}] \tag{A.13}$$

式中：

a_{s}^{0} ——开裂检验荷载或承载力检验荷载作用下挠度的实测值，单位为毫米（mm）；

$[a_{j}]$——本标准6.5中规定的开裂检验荷载或承载力检验荷载作用下挠度的允许值，或在设计图中明确给出的挠度允许值指标，单位为毫米（mm）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

GB 50169—2006

电气装置安装工程接地装置施工及验收规范（略）[1]

[1] 本标准因版权问题暂不收录。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

DL 493—2001

农村安全用电规程

The rural electric safe working code

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目 次

前言……462
1 范围……463
2 引用标准……463
3 名词解释……463
4 安全用电管理中各责任方的职责……463
5 安全用电……465

前 言

本标准除 2 和 3 两章为推荐性条文外，其余均为强制性条文。

本标准是根据国家经贸委电力司“关于确认 1999 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知”（电力［2000］22 号），由电力行业农村电气化标准化技术委员会组织有关单位对 DL 493—1992《农村安全用电规程》修订而成。

在修订过程中，修订工作组根据农村电力体制改革与发展需要，认真总结了 DL 493—1992 规程实施以来的经验，结合全国各地农村安全用电的情况，广泛征求意见，依据现行的国家法律、法规、国家标准和行业标准在原规程的基础上，对原标准有关章节的内容作了修改和增删。

为了维护电力投资者、经营者和使用者的合法权益，保障电力安全运行，使电力更有效地为农业、农民、农村经济服务。本标准明确了农村安全用电管理中以资产为纽带，产权为分界点的各责任方的职责，对原规程中各责任方职责作了修改；删除了原规程中“安全用电管理组织和职责”和“乡村电工和安全工作职责”2 个章节，对其中有关内容作了修改，并将其归入了新增加的“安全用电管理中各责任方的职责”章节中；删除了原标准中“用电设施的安全管理”、“用电设施的检修与试验”和“农村人身触电伤亡事故的调查、报告和统计”3 个章节，将其中的有关内容归入到本标准的“安全用电”的章节中。

本标准生效之日同时替代 DL 493—1992。

本标准由国家电力公司农电工作部提出。

本标准由电力行业农村电气化标准化技术委员会归口。

本标准由国家电力公司农电工作部、浙江省电力公司农电工作部起草。

本标准主要起草人：李振生、徐腊元、沈悦阳、赵启明、徐方平、黄迺元、王光德。

本标准由电力行业农村电气化标准化技术委员会负责解释。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农村安全用电规程

1 范围

本规程规定了农村安全用电的基本要求和责任方的职责，适用于农村电网的管理、经营、使用活动。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 13869—1992　用电安全导则

DL/T 477 —××××　农村低压电气安全工作规程

DL/T 499—××××　农村低压电力技术规程

DL/T 633—1997　电事故调查统计规程

《电力设施保护条例》（1998 年 1 月 7 日中华人民共和国国务院令第 239 号）

3 名词解释

3.1

用户受、用电设施　the effector and consumer of the user

指按产权属用户的配电变压器、低压配电室（箱）、低压线路、接户线、进户线、室内配线和动力设备、用电器具及其相应的保护、控制等电气装置。

3.2

特低电压限值　the limitation of especially low voltage

指在最不利的情况下（预计到所有应考虑的外部因素，如电网电压的容差等），允许存在于两个可同时触及的可导电部分间的最高电压。

3.3

特低电压　especially low voltage

指在特低电压限值范围的电压，在相应条件下对人员不会有危险的。

4 安全用电管理中各责任方的职责

4.1　电力管理部门的职责：

4.1.1　负责农村安全用电的监督管理。

4.1.2　制订、宣传、普及有关农村安全用电的法律、法规知识以及安全用电常识。

4.1.3　监督有关农村安全用电的法律、法规和电力技术标准的执行。

4.1.4　协调处理安全用电纠纷，协助司法机关对农村人身触电伤亡事故的调查和处理。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.1.5 负责对在用户受、送电装置上作业的电工的考核和承装、承修、承试电力设施单位的资格审查，并核发许可证。

4.2 电力企业的职责：

4.2.1 接受电力管理部门对安全用电的监督和管理。

4.2.2 执行国家及电力管理部门颁布的电力法律、法规、政策和电力技术规程、行业管理标准中有关安全用电工作的规定。

4.2.3 协助电力管理部门制订农村安全用电管理规章制度及宣传、普及农村安全用电知识。

4.2.4 协助做好辖区内人身触电伤亡事故的调查和处理工作。

4.2.5 依法开展安全用电检查工作。

4.2.6 承办电力管理部门委托的其他事项。

4.2.7 组织对自备电源用户的安全检查及其电气设施的验收。

4.2.8 依法保护电力设施。

4.2.9 建立健全安全用电工作的基础资料、用户档案和保障安全用电的工作制度。

4.2.10 向电力管理部门报告农村安全用电情况。

4.3 电力使用者的职责：

4.3.1 执行国家及电力管理部门的电力法律、法规、政策和电力规程中有关安全用电的规定。

4.3.2 接受电力管理部门对安全用电的监督管理。

4.3.3 接受电力企业依法开展的用电检查。

4.3.4 做好预防事故工作，制定并落实反事故措施。

4.3.5 必须安装防触、漏电的剩余电流动作保护器，并做好运行维护工作。

4.3.6 学习并掌握安全用电知识。

4.3.7 发生事故后必须保护事故现场，配合做好对人身触电伤亡事故的调查和处理工作。

4.3.8 严格执行《电力设施保护条例》，做好对电力设施的保护工作。

4.3.9 企、事业电力用户，必须配备专职或兼职电气工作人员（以下称用户电工），并接受当地电力管理部门的监督。

4.3.10 企、事业电力用户按规定建立健全产权范围内的安全用电工作的基础资料、用电设施检修和运行的工作台账等以及保障安全用电的工作制度。

4.3.11 企、事业电力用户应按规定及时上报电力事故。

4.3.12 用户电工应具备下列基本条件：

a） 必须接受当地电力管理部门和电力企业的业务指导，身体健康，无妨碍工作的病症。事业心、责任心强，具有良好的社会公德和职业道德，不以权谋私；

b） 具有初中及以上文化程度；

c） 熟悉和遵守有关电力安全、技术等法规和规程，熟练掌握操作技能，熟练掌握“人身触电紧急救护法”；

d） 必须经电力企业培训、考核，电力管理部门审查合格；

e） 能从事用户产权范围内的用电设备运行维护和安全用电工作。

4.3.13 电力使用者在承装、承修、承试电力设施时：

a） 接受电力管理部门的监督和管理；

b） 执行国家及电力管理部门的电力法律、法规、政策和电力技术规程、行业管理标准

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

以及有关安全用电工作的规定；

c） 接受电力企业的资质考核和电力管理部门的资格审查，并取得相应资质；

d） 接受电力企业依法开展的用电检查工作；

e） 接受电力企业对承装、承修、承试电力设施的验收。

5 安全用电

5.1 安全用电、人人有责。

5.2 用户受、用电设施的选型、设计、安装和运行维护应符合国家和行业的有关标准的规定。

5.3 用户用电或临时用电应向当地电力企业申请。

5.4 用电设施安装应符合 DL/T499 规定的要求，验收合格后方可接电，不准私拉乱接用电设备。临时用电期间用户应设专人看管临时用电设施，用完及时拆除。

5.5 严禁私自改变低压系统运行方式，禁止采用“一相一地”方式用电。

5.6 严禁私设电网防盗和捕鼠、狩猎、捕鱼。

5.7 严禁使用挂钩线、破股线、地爬线和绝缘不合格的导线接电。

5.8 严禁攀登、跨越电力设施的保护围墙或遮栏。

5.9 严禁往电力线、变压器上扔东西。

5.10 不准在电力线附近放炮采石。

5.11 不准靠近电杆挖坑或取土，不准在电杆上拴牲畜，不准破坏拉线，以防倒杆断线。

5.12 不准在电力线路上挂晒衣物。晒衣线（绳）与低压电力线要保持 1.25m 以上的水平距离。

5.13 不准通信线、广播线与电力线同杆架设。通信线、广播线和电力线进户时要明显分开。

5.14 不得在电力线路的保护区内盖房子、打井、打场、堆柴草、栽树和种植自然生长最终高度与电力线路的导线之间不符合垂直和水平安全距离规定的竹子、树木。

5.15 在电力线附近立井架、修理房屋和砍伐树木时，必须经当地电力企业或产权人同意，采取防范措施。当发生纠纷时，由当地电力管理部门依法协调。

5.16 演戏、放电影、钓鱼和集会等活动要远离架空电力线路和其他带电设备，防止触电伤人。

5.17 船只通过跨河线时，应及早放下桅杆；马车通过电力线时，不要扬鞭；机动车辆行驶或田间作业时，不要碰电杆和拉线。

5.18 教育儿童不玩弄电气设备、不爬电杆、不摇晃拉线、不爬变压器台，不要在电力线附近打鸟、放风筝和有其他损坏电力设施、危及安全的行为。

5.19 发现电力线断落时，不要靠近；如距离导线的落地点 8m 以内时，应及时将双脚并立，按导线落地点反方向跳离，并看守现场或立即找电工处理。

5.20 发现有人触电，不要赤手拉触电人，应尽快断开电源，并按 DL 477 附录 A 紧急救护法进行抢救。

5.21 必须跨房的低压电力线与房顶的垂直距离应保持 2.5m 及以上，对建筑物的水平距离应保持 1.25m 及以上。

5.22 架设电视天线时应远离电力线路，天线杆与高低压电力线路的最小距离应大于杆高 3.0m，天线拉线与上述电力线路的净空距离应大于 3.0m。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5.23 剩余电流动作保护器动作后，应迅速查明跳闸原因，排除故障后方能投运。

5.24 家庭用电禁止拉临时线和使用带插座的灯头。

5.25 用户发现有线广播喇叭发出怪叫时，不准乱动设备，要先断开广播开关，再找电工处理。

5.26 擦拭灯头、开关、电器时，要断开电源后进行。更换灯泡时，要站在干燥木凳等绝缘物上。

5.27 用电器具出现异常，如电灯不亮，电视机无影或无声，电冰箱、洗衣机不启动等情况时，要先断开电源，再作修理，如果用电器具同时出现冒烟、起火或爆炸的情况，不要赤手去切断电源开关，应尽快找电工处理。

5.28 用电器具的外壳、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。

5.29 Ⅰ类用电器具及其启动装置外露可导电部分，均应按照低压电力系统运行方式的要求装设保护接地。

5.30 新购置和长时间停用的用电设备，使用前应检查绝缘情况。

5.31 为防止电气火灾事故，用户应遵守下列规定：

a） 用电负荷不得超过导线的允许载流量，发现导线有过热的情况，必须立即停止用电，并报告电工检查处理。

b） 熔断器的熔体等各种过流保护器、剩余电流动作保护装置，必须按国家和行业的有关规程的要求装配，保持其动作可靠；不得随意加大熔体的规格，不得以其他金属导体代替熔体。

c） 使用电热器具，应与易燃易爆物体保持安全距离，无自动控制的电热器具，人离去时应断开电源。

d） 防火检查应按照有关规定进行。

e） 发生电气火灾时，要先断开电源再行灭火，严禁用水熄灭电气火灾。

5.32 有爆炸危险场所、严重腐蚀场所、高温场所的安全检查应按 GB/T 13869 的要求及有关规定执行。

5.33 彩灯的安装应满足下列要求：

a） 彩灯应采用绝缘电线。干线和分支线的最小截面除满足安全电流外，不应小于 $2.5mm^2$，灯头线不应小于 $1.0mm^2$。每个支路负荷电流不应超过 10A。导线不能直接承力，导线支持物应安装牢固，彩灯应采用防水灯头。

b） 供彩灯的电源，除总保护控制外，每个支路应有单独过流保护装置，并加装剩余电流动作保护器。

c） 彩灯的导线在人能接触的场所，应有“电气危险”的警告牌。

d） 彩灯对地面距离小于 2.5m 时，应采用特低电压。

5.34 用电设备采用特低安全电压（交流有效值 55V 以下）供电时，必须满足下列条件：

a） 特低电压要由隔离变压器提供。禁止直接使用自耦变压器、分压器、半导体整流装置作为电源；安全隔离变压器不允许放在金属容器内使用，不应与热体接触，也不要放在潮湿的地方。

在潮湿地方使用安全隔离变压器的，其电压不应超过特低电压限值 33V。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

b） 使用特低电压的插座与插头必须配套装设，并具备其他电压系统不能插入的特点。

c） 工作在特低电压下的电路，必须与其他电气系统和任何无关的可导电部分实行电气上的隔离。

d） 当采用 33V 以上的特低电压时，必须采取防止直接接触带电体的保护措施。

5.35 用户自备电源和不并网电源的使用和安装应符合国家电力技术标准和有关规程的规定和要求。凡有自备电源或备用电源的用户，在投入运行前要向电力部门提出申请并签订协议，必须装设在电网停电时防止向电网返送电的安全装置（如联锁、闭锁装置等）。

5.36 凡需并网运行的农村电源必须依法与电力企业签订《并网协议》后方可并网运行。

5.37 当发生农村人身触电伤亡事故时，按 DL/T 633 的规定进行事故调查处理和责任划分。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

DL/T 736—2010
代替 DL/T 736—2000

农村电网剩余电流动作保护器安装运行规程

Specifications for instal lation and operation of residual current protector in rural grids

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言……470
1　范围……471
2　规范性引用文件……471
3　术语和定义……471
4　总则……472
5　剩余电流动作保护器对低压电网的要求……473
6　剩余电流动作保护器的配置方式……474
7　保护器的选择……475
8　保护器的安装和投运……476
9　保护器的运行管理……476
附录A（资料性附录）　保护器主要特性参数……478
附录B（资料性附录）　电流通过人体的效应……478
附录C（资料性附录）　保护器安装环境要求……480
附录D（资料性附录）　TT系统中剩余电流动作保护器的接线图……480
附录E（规范性附录）　保护器运行管理记录……481
附录F（资料性附录）　保护器跳闸排查和处理办法……482

前　言

本标准是对DL/T 736—2000进行的修订。

本标准与DL/T 736—2000版比较有以下一些主要变化：

——在框架结构和编写格式上作了变动；

——依据GB/T 13870.1—2008的规定并结合我国国情，合理地提高了保护器灵敏度、动作速度和科学地选择动作延时时间；

——依据《中华人民共和国电力法》、《中华人民共和国产品质量法》对实现分级保护后的各方责任进行明确；

——增加了对用电连续性要求的指标；

——增加了提高剩余电流动作保护器运行率的要求和辅助技术措施。

本标准实施后代替DL/T 736—2000。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业农村电气化标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院。

本标准主要起草人：盛万兴、黄迺元、郭行干、解芳、汪萍、王忠贵、邓宏芬。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农村电网剩余电流动作保护器安装运行规程

1 范围

本标准规定了农村低压电网剩余电流动作保护器（亦称漏电保护器，以下简称保护器）的技术要求和使用条件。

本标准适用于为农村供电的中性点直接接地的低压电网（以下简称电网）的保护器的安装、运行和管理。县及县以下的城镇电网可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 6829—2008 剩余电流动作保护电器的一般要求

GB/T 13870.1—2008 电流对人和家畜的效应 第1部分：通用部分

GB 14536.1—2008 家用和类似用途电自动控制器 第1部分：通用要求

GB/T 22387—2008 剩余电流动作继电器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

分级保护 selective protection

保护器分别安装在低压电网的电源端、支（干）线路、负载端，由两级以上保护构成的漏电电流保护系统。且各级保护器的漏电动作电流值与动作时间相互协调配合，实现具有选择性的分级保护。接近电源的保护器相对其后的保护器称为上级保护器。

3.2

总保护 main protection

安装在低压电网电源端的保护器，亦称总保。

3.3

户保 household protection

安装在用户进线处的漏电保护器，亦称家保。

3.4

中保 middle protector

安装在总保和户保之间的支（干）线路上的漏电保护器，亦称分保。中保因安装地点不同，可分为“三相中保”和“单相中保”。

3.5

末级保护 grid end protection

安装在电网末端，用于保护单台电气设备的漏电保护器。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

3.6

对地泄漏电流　earth leakage current

无绝缘故障，从设备的带电部件流入地的电流。

3.7

接地故障　earth fault

电气设备发生绝缘损坏导致带电部分接地。

3.8

接地故障电流　earth fault current

电气设备发生接地故障时流入大地的电流。

3.9

除障　fault clearance

排除接地故障。

3.10

接地故障相　fault phase

发生接地故障的相别。

3.11

剩余电流　residual current

通过保护器各相（含中性线）电流的瞬时值。

3.12

剩余电流动作保护器　residual current operated protective devices

在正常运行条件下能接通、承载和分断电流，以及在规定条件下当剩余电流达到规定值时能使触头断开的开关电器。

3.13

延时型保护器　time-delay residual current operated protective devices

对应于一个给定的剩余电流值，能在一个预定的时间内不动作（即可返回）的保护器。

3.14

保护器分断延时时间　delay break-time of protector

从施加额定剩余电流动作电流开始，到保护器开始动作的时间。

3.15

额定动作时间　rated operating time

从施加剩余电流瞬间开始到各电极电弧熄灭瞬间止的时间间隔。

4　总则

4.1　农村低压电网分级装设漏电保护器是保证低压电网安全运行，减少或防止发生人身触电伤亡事故的有效措施之一，也是防止由漏电引起电气火灾和电气设备损坏事故的技术措施。安装保护器后，农村低压电网安全工作仍应以预防为主，并配合其他安全技术装备或措施。

4.2　保护器应采用自动切断电源的保护方式。遇特殊情况（如洪水、地震等紧急情况），应因地制宜地制定保护器运行应急预案，优先考虑人身安全，待环境恢复正常后应及时恢复正

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

常运行状态。户保对发生相线与中性线（并且不接地）之间的触电不起保护作用。

4.3 省（市）电力企业应根据本标准制定保护器现场运行管理实施细则。电力用户应掌握和严格执行本标准及当地电力企业的实施细则。

4.4 保护器应通过国家强制性产品认证（即 3C 认证）。对 3C 认证以外的附加功能，应列入生产企业的企业标准，并在当地技术监督部门备案，经有资质的第三方机构检测（或电力行业产品认证机构）确认后方可宣传、销售。制造企业还应承诺：运行中发现安全隐患或频繁跳闸等制造企业未事先告知的瑕疵时应予召回。

5 剩余电流动作保护器对低压电网的要求

5.1 安装分级保护的农村低压配电网应采用 TT 系统接线。

5.2 从总保护负荷侧引出的中性线不得重复接地，并应具有与相线相同的绝缘水平。用电设备采用保护接零方式的，必须拆除保护接零并改为保护接地。总保护后的中性线、相线均不得与其他回路共用。

5.3 电动机及其他电气设备安装保护器后，外露可导电部分应可靠接地，其接地电阻不应超过表 1 规定；当保护器额定动作电流值≤30（15）mA，且在确认保护器性能可靠时，表 1 中*号所示场所使用的上述设备允许不另装设专用接地装置。

表 1 电气设备安装保护器后对接地电阻的条件

保护器额定动作电流（mA）		15	30	50	75	100	200	300
接地电阻（Ω）	一般场所	*	*	500	500	500	250	160
	特别潮湿场所	*	500	500	330	250	125	80
注：* 允许不另装设专用接地装置。								

5.4 照明及其他单相负荷宜均匀分配到三相上，力求各相负荷电流（含泄漏电流）大致相等；当低压线路采用地埋线时，三相长度应相等。

5.5 保护器安装地点的对地绝缘电阻晴天时不应小于 0.5MΩ，雨天时不应小于 0.08MΩ；用户对地泄漏电流的限值见表 2；当用户对地泄漏电流依不同地区大于 5mA（10mA）时，表明出现接地故障，这时用户应除障后才能恢复用电；电动机及其他电气设备在正常运行时的对地绝缘电阻不应小于 0.5MΩ。

表 2 用户对地泄漏电流的限值 mA

区 域	平 均 值	最 大 值
干燥地区	<1	<5
潮湿地区	<（1.5～2）	<10

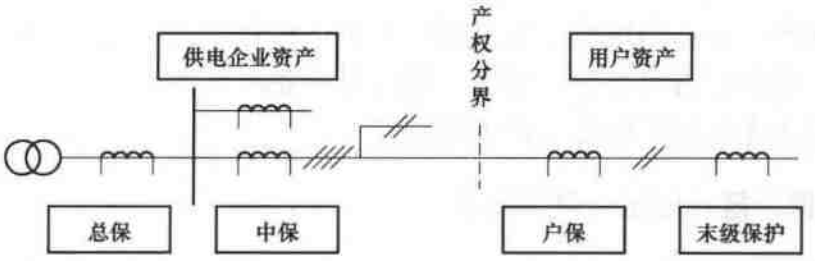
5.6 装有保护器的线路及电气设备，其泄漏电流不应大于额定剩余动作电流值的 30%；达不到要求时，应查出原因，处理达标后再投入运行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6 剩余电流动作保护器的配置方式

6.1 农村低压电网的漏电保护系统应实行分级保护，分级保护系统中保护器的安装位置示意见图1。



注：中保可以是“三相”，也可为“单相”。在集中表箱处可以装设单相保护器。

图1 农村公用变压器台区分级保护系统保护器安装位置示意图

6.2 农村公用变压器台区的总保应由供电企业安装，安装在变压器台区的总线上或各条架空引出线上。三相电力用户应配置三相户保，其安装、运行、维护工作可参照供电企业对总保或三相中保的要求。用电户专用变压器使用架空裸导线作为低压引出线时，应安装总保。总保护应选用如下任一种安装位置：

a） 保护器安装在电源中性点接地线上；

b） 保护器安装在电源进线回路上；

c） 保护器安装在各条配电出线回路上。

6.3 农户必须安装户保（家保）；户保应安装在用户进线上。

6.3.1 户保和末级保护是用电户的资产，应由用电户出资安装并负责运行、管理和承担责任。户保的作用是：本户出现接地故障漏电流时，能及时切断电源，确保本户的用电安全，并防止因本户的接地故障漏电流影响总保、中保的运行，影响其他用电户的正常用电。

6.3.2 户保保护范围内的用电器具可设置末级保护。不设末级保护时，户保应选择快速动作型保护器并确认其性能良好。

6.3.3 在下列情况下应安装末级保护：

a） 使用移动式电气设备及手持电动工具；

b） 农业生产用的电气设备；

c） 温室养殖与育苗、水产品加工用电(其额定动作电流为10mA，特别潮湿的场所为6mA)；

d） 施工工地的电气机械设备；

e） 临时用电的电气设备，应在临时线路的首端设置末级保护；

f） 家用潜水泵；

g） 其他需要设置保护器的场所。

电器本身设有末级保护时，户保宜选择微延时型保护。

6.4 中保（二级保护）安装在总保和户保之间，其中“三相分保”安装在分支线上；采用集中式电表箱时可在电源进线端安装“单相中保”。

6.5 低压电网在配置分级保护时，必须在额定剩余动作电流或分断时间上作级差配合，达到选择性动作。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

7 保护器的选择

保护器主要特性参数的选择可参照附录 A。

7.1 保护装置选择的原则

7.1.1 总保护器宜选用机电一体式三相四线保护器以及符合 GB/T 22387—2008 规定的组合式保护器。保护器应具有如下功能：

a） 剩余电流保护、过负荷、短路等保护功能和一次自动重合闸功能；

b） 有条件时，可选配信息（如运行时间、停运时间、工作挡位、总剩余电流实际挡位等）的测量、显示、储存、通信功能的保护器，积极发展智能化功能；

c） 对已实施智能化的配网台区应兼容、协调。

7.1.2 中级保护宜采用具有上述功能的保护器。

7.1.3 户保和末级保护宜采用具有过电压保护、过流保护和短路保护功能的保护器。

7.1.4 各型保护器的开关应能可靠分断安装处可能发生的最大短路电流。

7.2 额定剩余动作电流的选择

7.2.1 保护器的额定剩余动作电流值应在躲过低压电网固有泄漏电流的前提下尽量选小。总保的最大定值可参照表 3 确定，并符合 GB/T 22387—2008 的规定，中保的 S 型保护器应符合 GB 14536.1—2008 的规定。

表 3 保护器额定剩余动作电流最大值 mA

级别和地区		动作电流最大值	
		I 挡（正常使用）	II 挡（暂时使用）
总保（一级）	干燥地区	50	200
	潮湿地区	100	300
中保（二级，S 型）		30	50
户保（三级）		10（15）	30

7.2.2 户保的动作电流依表 3 选择并尽量选用 I 挡。移动式、温室养殖与育苗、水产品加工等潮湿环境下使用的电器以及临时用电设备的保护器，动作电流值为 15mA，手持式电动器具动作电流值为 10mA；特别潮湿的场所为 6mA。

7.2.3 中级（二级）保护的定值依表 3 选择并尽量选用 I 挡，并宜选用 S 型保护；为农田供电且只在农事活动时才有负载的专用线路，在其电源端宜选用动作电流为 30mA 的 S 型保护器。

7.3 保护器分断时间的确定

7.3.1 保护器分断时间宜处于 GB/T 13870.1—2008 中的 AC-3 区内（C1 线以左），参见附录 B。

7.3.2 由保护器制造厂依上述国家标准选择动作时间，并应具有如下性能：

a） 能实现分级保护有选择性的动作；

b） 在 250mA 的动作电流时，必须符合表 4 规定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 4 保护器动作时间选用表

序号	用途	级别	型式	额定动作电流（mA）	时间（s）	测试剩余电流 0.25A～20A
1	总保	一级	延迟型	（50），100，（200），300	最大分断时间	0.27、0.3
2					最小延迟时间	0.15
3	中保	二级	S 型	30，（50）	最大分断时间	0.15
4					最小延迟时间	0.04
5	户保	三级	一般型	10（15），30	最大分断时间	0.04
6					最小延迟时间	（0.01）
注：括号内是新增优化值。						

7.3.3 额定剩余动作电流的优选值（$I_{\Delta n}$）为 0.006A，0.01A，（0.015A），0.03A，（0.05A），0.1A，（0.15A），0.2A，0.3A，0.5A；额定剩余不动作电流优选值为 $0.5I_{\Delta n}$（$0.7I_{\Delta n}$）。括号内是本标准增加的优选值。

7.3.4 采用全电缆或绝缘电线的公用台区，可根据运行经验将保护器设为接地漏电故障报警方式。采用直埋式电缆，保护器宜设置为动作于跳闸。

7.3.5 接于公用线路的用户，若总保切断电源时可能造成重大事故或重大经济损失的，应申请架设专用线路，并采用绝缘电线或电缆供电。

8 保护器的安装和投运

8.1 保护器的安装

8.1.1 保护器的安装环境参见附录 C；具体安装方法应符合制造厂说明书，有特殊要求的由双方约定。

8.1.2 保护器的各项参数应满足被保护线路或电气设备的要求。

8.1.3 保护器的安装接线应正确，接线方式见附录 D。

8.2 保护器的投运

8.2.1 应按产品说明书认真检查接线，确认安装接线正确方可通电试验。

8.2.2 用试验按钮试跳 3 次，均应正确动作。

8.2.3 用试验电阻［一般为（1kΩ～2kΩ）/2W］对各相进行接地试验 3 次，均应正确动作。

8.2.4 带负荷分合保护器 3 次，不得发生误动作。

9 保护器的运行管理

9.1 电力企业应对管辖范围内的总保、分保建立设备档案、运行记录和试验记录（格式见附录 E）。

9.2 安装漏电保护系统应在减少事故率的同时降低跳闸率。总保月平均跳闸率是以运行维护单位为统计单位，根据所辖总保的数量和当月总保跳闸次数，按公式（1）求出当月平均跳闸率：

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

$$K=N/M \tag{1}$$

式中：

K ——当月平均跳闸率；

N ——总保跳闸次数；

M——总保台数。

总保月平均跳闸率是对保护器性能、低压电网运行分析的重要数据，也是对保护器质量的考核。

总保护跳闸率的用户评价表见表 5。评价为优、良或中说明保护器合格；评价为差或劣说明保护器不合格，应找出原因进行改进。

表 5 总保护跳闸率的用户评价表

评　价	优	良	中	差	劣
平均跳闸率（K）	0.1	0.3	1	3	10
用户感觉	偶尔跳闸	跳闸不频繁	尚能接受	跳闸频繁	跳闸很频繁

9.3 总保应有自动重合闸功能，重合闸延迟时间为 20s～40s，闭锁期为 5s。当重合闸失败后，应申请停电后找出故障点，妥善处理后方可送电。在闭锁期内重合闸被闭锁，闭锁期后重合闸功能恢复。在边远山区或交通不便地区是否启用重合闸功能，由电力企业根据当地情况经试点后确定，并报上级主管部门备案。第二次重合闸的延迟时间宜延长至 20min～40min。

9.4 二级保护是否启动自动重合闸，由电力企业根据当地气象条件和电网情况自行决定。

9.5 电力企业应对所辖三相总保护及二级保护的保护器进行定期检查和测试，每 1～2 月结合抄表工作进行接地试跳一次，并作好记录。

9.6 用电户应保证户保的完好。用电户发现本户保护器跳闸，可试送电一次，试送电失败时，应找出原因，排除接地故障（简称除障）后才能投入使用；跳闸后不宜多次试送。

9.7 用电户对本户的保护器每月应试跳一次，并作好记录；三相电力用户可参照执行。

9.8 末级保护在使用前应用按钮试跳一次。

9.9 电力企业应协助电力主管部门对用户宣传每月试跳一次保护器的重要性；运行维护单位可帮助用户建立户保档案，记录户保的安装、更换、运行等情况。

9.10 保护器跳闸后的除障方法参见附录 F。

9.11 电力设备运行维护单位应配备以下检测设备：

a） 500V（1000V、2500V）绝缘电阻表一台。

b） 钳型漏电电流表一台（最小量程 30mA～300mA，分辨率小于 1mA）。

c） 万能表一台（有交直流电压、交直流电流/交流毫安、电阻等挡位）。

d） 试跳电阻或试跳笔（可模拟线路 10mA～300mA 漏电流的发生），每个专职电工和农电管理有关人员人手一只。

e） 保护器测试仪一台（能测量保护器动作电流、动作时间、额定延迟时间）。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 A
（资料性附录）
保护器主要特性参数

A.1 额定频率（f）

额定频率为 50Hz。

注：本附录内容依据 GB 6829—2008 作出规定。

A.2 额定电压（U_n）

额定电压的优选值为 220V（230V）、380V（400V）。

A.3 辅助电源额定电压（U_{sn}）

辅助电源额定电压的优选值。

直流：12V、24V、48V、60V、110V、220V。

交流：12V、24V、48V、220V、380V。

A.4 额定电流（I_n）

额定电流优选值：6A、10A、16A、20A、25A、32A、40A、50A、63A、80A、100A、125A、160A、200A、250A、315A、630A。

A.5 额定剩余动作电流（$I_{\Delta n}$）

额定剩余电流的优选值为：0.006A、0.01A、(0.015)、0.03A、0.05A、0.1A、(0.2A)、0.3A、0.5A。

注：括号为本标准增加的优选值。

A.6 额定剩余不动作电流（$I_{\Delta no}$）

额定剩余不动作电流的优选值为 $0.5I_{\Delta n}$（$0.7I_{\Delta n}$）。

注：括号为本标准增加的优选值，鼓励制造厂提高精度。

附 录 B
（资料性附录）
电流通过人体的效应

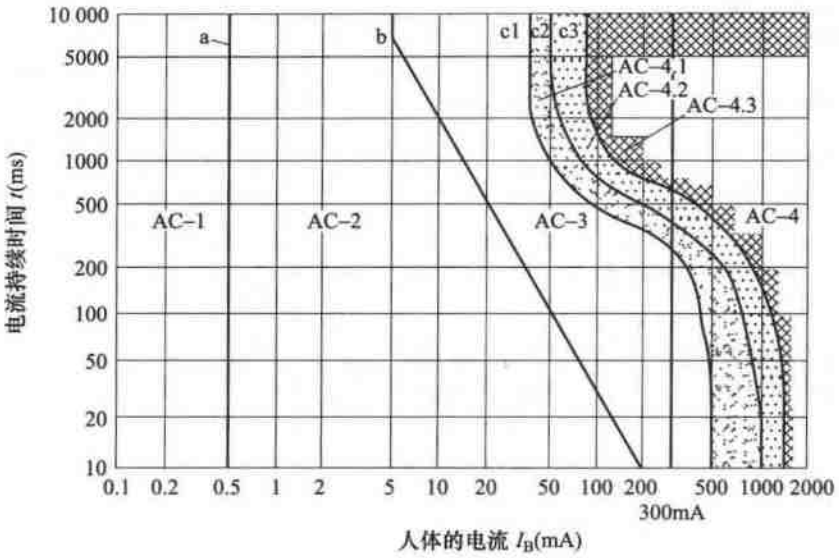
B.1 电流通过人体的效应

电流通过人体的效应见图 B.1 和表 B.1（图 B.1 和表 B.1 摘自 GB/T 13870.1—2008 中的

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 11 和图 20）。



注：图 B.1　电流路径为左手到双脚的交流电流（15Hz～100Hz）对人效应的约定时间/电流区域（说明见表 B.1）。

根据 GB/T 13870.1—2008 表 2，人体在接触电压为 220V 时最小阻抗约为 775Ω，也即最大触电电流为 283mA。在我国对地额定电压为 220V 情况下，一般情况下可不考虑图中大于 300mA 部分。

图 B.1　电流通过人体的效应

从图 B.1 查得（注意，图中是对数座标），c1 线的几个关键点数值见表 B.1。

表 B.1　对应于图 B.1 中 c1 线的几个关键点数值

通过人体电流（横轴） mA	40	50	100	300
对应 c1 线上的时间点（纵轴） ms	2000	1000	450	270

B.2　人身触电时的生理效应（见表 B.2）

表 B.2　一手到双脚的通路，交流 15Hz～100Hz 的时间/电流区域（图 B.1 中各区域的简要说明）

区域	范　围	生　理　效　应
AC-1	0.5mA 的曲线 a 的左侧	有感知的可能性，但通常没有“吓一跳”的反应
AC-2	曲线 a 至曲线 b	可能有感知和不自主地肌肉收缩但通常没有有害的生理反应
AC-3	曲线 b 至 c1	可强烈地不自主的肌肉收缩，呼吸困难。出现可逆性的心脏功能障碍。活动抑制可能出现，随着电流幅值增大而加剧效应。通常没有预期的器官破坏

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

表 B.2（续）

区域	范　围	生　理　效　应
AC-4[a]	曲线 c1 以上	可能发生病理—生理学效应，如心搏停止、呼吸停止以及烧伤或其他细胞破坏。心室纤维性颤动的概率随着电流的幅度和时间的增加而增加
	c1-c2	AC-4.1 心室纤维性颤动概率增到大约 5%
	c2-c3	AC-4.2 心室纤维性颤动概率增到大约 50%
	曲线 c3 的右侧	AC-4.3 心室纤维性颤动概率超过 50%以上

a 电流的持续时间在 200ms 以下，如果相关的阈被超过，心室纤维性颤动只有在易损期才能被激发。关于心室纤维性颤动，本图与在从左手到双脚的路径中流通的电流效应相关。对其他电流路径，应考虑心脏电流系数。

附　录　C
（资料性附录）
保护器安装环境要求

C.1　温度的上限不超过 40℃（户保）；24 小时内温度平均值不超过 35℃；周围环境温度的下限不低于–5℃或–25℃（–30℃）。

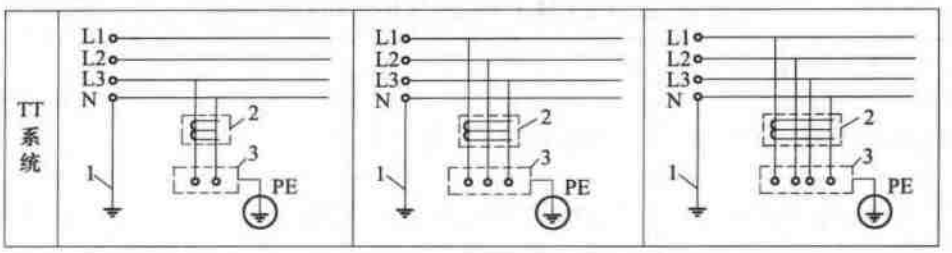
C.2　安装地点海拔不超过 2000m。

C.3　安装地点的空气相对湿度在最高温度为+40℃时不超过 50%，在较低温度下可有较高的相对湿度，最湿月的月平均最低温度不高于+25℃，该月的月平均最大相对湿度不超过 90%，并应考虑温度变化时的凝露问题。

C.4　当环境指标超出上述范围时，应与供应商协商解决。

附　录　D
（资料性附录）
TT 系统中剩余电流动作保护器的接线图

D.1　电力系统有一点直接接地，电气设备的外露可导电部分通过保护接地线接到与电力系统接地点无关的接地极（见图 D.1）。



L1、L2、L3—相线；N—中性线；PE—接地保护线；
1—电源端接地；2—保护器；3—用电设备外露可导电部分

图 D.1　保护器接线方式

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 E
（规范性附录）
保护器运行管理记录

E.1 低压电网总保护运行记录见表 E.1。

表 E.1 低压电网总保护运行记录表

投运日期　　年　月　日

运行情况记录					
日期	气候	试验项目及试验结果	运行动作情况记录		试验人或调查人
			成功次数	不成功次数	

E.2 保护器设备情况见表 E.2。

表 E.2 保护器设备情况统计表

台区名称（编号）		安装地点	
挂网用户数		变压器容量	kVA
保护器型号规格		用电性质	
生产厂商		额定剩余动作电流	mA
出厂日期	年　月　日	额定剩余不动作电流	mA
出厂编号		断路器额定电流	A

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

附 录 F
（资料性附录）
保护器跳闸排查和处理办法

F.1 排查步骤

排查一般分为初步判断、搜索、进入接地故障户内检查三个步骤。

F.1.1 初步判断

a） 应首先巡视台区，消除导线断落等危情。

b） 根据总保上显示的接地故障相位判别接地故障点。

c） 当总保上没有接地故障相位判别时，将总保放置在强送位置（投入强送时应向上级汇报并做好记录），在各相上轮流注入接地电流，抵消网上的接地故障漏电流，以此判别接地故障相。

F.1.2 搜索

a） 总保放置在强送位置暂时运行，派留守员在变压器台区观察总保上剩余电流的指示（如总保无剩余电流指示则利用钳形电流表观察）。留守员应与搜索人员保持联系，随时报告剩余电流的变化。

b） 搜索人员进村内逐步检查用户（重点是接地故障相）的户保是否在投运位置，发现有停运的应推拉该户用电开关并和留守员取得联系，了解接地故障是否消失；也可用钳形漏电电流表测量漏电流，判断是否是接地故障户。

c） 依次对全村各用户检查完毕，通常情况下，95%几率接地故障点发生在用户内部。也有5%几率接地故障点发生在户外电网上，因此在进村检查时顺线路留意观察导线有否碰树、断线落地或和广播线、电话线、金属导体相碰等异常现象，并一一消除。

F.1.3 进入接地故障户内检查

与留守员联系确认接地故障用户后，进入故障户内检查接地故障点：

a） 首先检查户保。一般来说接地故障户的户保是处于停运状态，用试验按钮检查户保损坏与否。如户保已坏，应督促用户更新户保。

b） 如该户内部有分路出线开关，则依次推拉开关判定接地故障分路，然后顺接地故障分路寻找接地故障点。

c） 重点检查水泵（尤其是潜水泵）及其他电器，日光灯及其他特殊用电器具，可用推拉开关方法判定是否有接地故障。

d） 当全部电器检查完毕且为正常时，开始检查室内线路。对明敷线路重点检查瓷夹板和瓷柱，绝缘胶布包扎点；对暗敷线路应逐条断开电源来判定接地故障点。

e） 查出接地故障点并修理完毕，总保剩余电流流正常后即可恢复供电。工作结束后应告知用户，并做好工作记录和向供电所汇报。

F.2 总保、中保跳闸频繁的原因

a） 线路穿越树林，树木未及时修剪都会导致漏电流增加。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

b） 线路上的瓷瓶、穿墙套管出现接地故障点。

c） 用户保护器有停运或故障情况。

d） 保护器动作电流偏低，没有躲过电网正常的泄漏电流。

e） 动作延时时间选择过短。

f） 选用技术不成熟的保护器。

g） 电网上有特殊电器，发生谐波干扰。

h） 中性线对地绝缘不良或有接地点，在中性线上出现不平衡负荷电流时，会在中性线上产生电压降，由这个电压降产生中性线漏电流。

i） 总保供电范围过大。

j） 保护器制造质量不良。

k） 人为因素造成总保跳闸。

l） 其他原因。

F.3 户保跳闸频繁的主要原因

a） 户内布线上有接地故障点。

b） 户内水泵电机、灶房电机及其他用电设备漏电。

c） 户保没带微延时功能，因此无法躲过雷击及其他瞬间过电压、过电流等干扰。

d） 保护器制造不良，内部元器件不合格。

e） 电网上有特殊电器，发生谐波干扰。

f） 户内中性线对地绝缘不良有接地故障点，在中性线上有瞬时电位升高时发生中性线对地故障漏电。

g） 户保上装的过电压保护定值偏低或没有足够的延时。

h） 由一根相线和一根地线用电。

i） 其他原因。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Q/GDW 127—2005

农村电网电压质量和无功电力管理办法

Rural Power Grid Voltage Quality & Reactive Power Management Method

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言……486
1　范围……487
2　规范性引用文件……487
3　电压质量与无功补偿基本要求……487
4　电压质量标准……487
5　无功补偿……488
6　专业管理及职责分工……488
7　调压设备管理……489
8　电压监测……489
9　统计考核……490
10　考核与奖惩……490
11　附则……491

前　言

为了加强农村电网电压质量和无功电力的管理，提高农村电网电压质量，特制定本办法。

本办法依据国家有关法规和DL 755—2001《电力系统安全稳定导则》、SD 325—1989《电力系统电压和无功电力技术导则》及相关技术标准，参照《国家电网公司电力系统电压质量和无功电力管理规定》和《国家电网公司电力系统无功补偿配置技术原则》，结合我国农村电网特点和实际情况而制定。

本办法解释权属国家电网公司。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农村电网电压质量和无功电力管理办法

1 范围

本办法规定了农村电网电压质量和无功补偿的基本要求和管理标准，适用于国家电网公司系统农村电网电压质量和无功电力的管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 156 标准电压

GB 12325 电能质量 供电电压允许偏差

DL 755—2001 电力系统安全稳定导则

SD 325—1989 电力系统电压和无功电力技术导则

3 电压质量与无功补偿基本要求

3.1 农村电网电压质量合格率应达到下列要求：

县供电企业综合电压合格率不低于 95%；

D 类居民用户端电压合格率不低于 90%。

3.2 功率因数应达到以下要求：

变电所主变压器低压侧功率因数不低于 0.90；

变电所 10（6）kV 出线功率因数不低于 0.9；

用户变压器功率因数不低于 0.9；

公用配电变压器低压侧功率因数不低于 0.85；

农业用户配电变压器低压侧功率因数不低于 0.85。

4 电压质量标准

4.1 农村电网各级标称电压值为：110kV、66kV、35kV、10kV、6kV、3kV、380V、220V。

4.2 供电电压允许偏差值

35kV 及以上供电电压正、负偏差的绝对值之和不超过标称电压的 10%。

10kV 及以下三相供电电压允许偏差为标称电压的–7%～+7%。

220V 单相供电电压允许偏差值为标称电压的–10%～+7%。

对电压质量有特殊要求的用户，供电电压允许偏差值根据供用电协议确定。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

5 无功补偿

5.1 农村电网无功补偿的原则和方式

5.1.1 农村电网无功补偿的原则为：统一规划，合理布局，分级补偿，就地平衡。

5.1.2 农村电网无功补偿的方式为：集中补偿与分散补偿相结合，以分散补偿为主；高压补偿与低压补偿相结合，以低压补偿为主；调压与降损相结合，以降损为主。

5.2 无功补偿容量的确定

5.2.1 35kV 及以上变电所原则上补偿主变压器无功损耗，补偿容量根据主变压器容量的10%～15%确定。

5.2.2 10（6）kV 配电变压器应进行无功补偿，补偿容量根据负荷性质确定。容量在 100kVA 及以上的专用配电变压器，宜采用分组自动投切补偿装置。

5.2.3 10（6）kV 配电线路的无功补偿应根据无功负荷情况采取分散补偿。

5.2.4 5kW 及以上的交流异步电动机应进行随机补偿，补偿容量依据电动机空载无功损耗确定。

6 专业管理及职责分工

6.1 农村电网电压质量和无功电力管理实行统一领导，分级管理。做到分工明确，强化责任制。

6.2 国家电网公司农电工作部负责公司系统农村电网电压质量和无功电力管理的指导、监督和检查工作。

6.3 区域电网有限公司、省（市、自治区）公司（以下简称网省公司）及其下属地（市、区）公司（以下简称市公司）农电管理部门，负责所辖农村电网电压质量和无功电力的管理，其职责为：

6.3.1 贯彻执行国家和上级部门颁发的有关电压质量和无功电力的管理标准、规程、制度等。

6.3.2 建立健全以分管领导负责的农村电网电压和无功管理体系。农电管理部门应设电压和无功管理专责人员。

6.3.3 编制上报农村电网电压质量和无功电力管理发展规划、年度工作计划和考核指标。审批下级公司农村电网电压质量和无功电力管理发展规划、年度工作计划和考核指标。

6.3.4 了解和掌握农村电网电压质量状况及电压调控和监测设备的运行情况，做好日常统计报表的管理工作。

6.3.5 检查、指导和考核下级公司电压质量、无功电力和功率因数管理工作。

6.3.6 组织开展专业技术培训和技术交流工作，总结和推广应用新技术、新成果、新经验。

6.4 县供电企业（以下简称县公司）负责所辖电网的电压和无功管理，其职责为：

6.4.1 贯彻执行国家和上级部门颁发的有关电压质量和无功电力的管理标准、规程、制度等。

6.4.2 建立以分管领导负责，由有关部门专业人员组成的电压和无功管理体系。建立健全电压和无功管理办法、考核标准和定期分析制度。

县供电企业设电压和无功管理专责人，供电所设相应的电压和无功管理专责人。

6.4.3 编制上报电压质量和无功电力管理的发展规划和年度工作计划，制定和落实改进电压质量的技术措施，完成上级下达的考核指标。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.4.4 加强电压和无功电力调度管理，制定电压曲线并及时调整电压，保证电网电压处于合格范围之内。

6.4.5 做好农村电网建设与改造工程中电压和无功的优化管理工作，把好设备质量关、施工质量关和工程验收关。

6.4.6 加强电压调控和监测设备的日常运行管理工作，提高设备投运率和健康水平。

6.4.7 做好电压质量和无功电力管理工作的统计、分析、总结工作，按规定及时、准确完整地上报统计报表。

6.4.8 对供电所、高压用户等相关人员进行电压和无功专业的技术培训和技术交流工作，总结和推广应用新技术、新成果、新经验，提高电压质量和无功电力管理水平。

7 调压设备管理

7.1 加强电压质量调控和监测设备定期巡视检查，发现问题及时进行检修维护，确保电压监测设备投运率不低于95%，变电所无功补偿装置可用率不低于96%。

7.2 农网新建变电所应采用节能型有载调压变压器，对已投运的无载调压变压器要逐步进行有载调压改造。

7.3 用户端电压过高或过低时，应及时调整变压器分接头位置。

7.4 积极应用地区电网和变电所无功电压优化控制技术，努力提高各类电压合格率水平。

7.5 县公司应制订电压监测装置安装、位置变更、定期检查和校验制度。电压和无功专责人员应掌握电压监测装置的正确操作方法，并应加强对电压监测装置的运行巡视检查，对不合格的装置及时进行更换，提高电压监测的准确性和可靠性。

8 电压监测

8.1 各类电压监测点的定义：

A类：带地区供电负荷的变电站和发电厂（直属）的10（6）kV母线电压；

B类：35（66）kV专业供电和110kV及以上供电的用户端电压；

C类：35kV（66）kV非专线供电的和10（6）kV供电的用户端电压；

D类：380/220V低压网络和用户端的电压。

8.2 电压监测点设置原则：

8.2.1 变电所的10（6）kV母线及35（66）kV用户受电端，都应设定电压监测点。

并列运行的主变压器，可选其中一台主变压器的低压侧母线为电压监测点。

8.2.2 变电所供电区内有10kV高压用户时，至少设一个高压用户监测点。该监测点应设在具有代表性的高压用户分界点。

8.2.3 小火（水）电厂与农村电网并网的联结处应设一个电压监测点，以监测小火（水）电厂的电压质量。

8.2.4 每座变电所供电区至少设两个低压监测点，其中一个监测点设在配电变压器二次侧出口，另一个设在具有代表性的低压线客户端。

8.2.5 供电所每百台配电变压器设一个低压监测点，但不得少于一个电压监测点。

县公司配电变压器总数超过2000台时，超过部分每200台设一个监测点。县城低压居民用户电压监测点不得少于3个，设在负荷性质不同的低压客户端。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

8.2.6 各类电压监测点应进行定期轮换。

8.2.7 为抽测典型时间段居民用户电压质量状况，宜另行设置移动式统计型电压监测点，作为调查分析的补充。

8.3 电压监测装置：

8.3.1 各类电压监测点，都必须装设自动记录型电压监测仪。变电所已装设具有电压监测和统计功能的自动化设备，可以不再装设电压监测装置。

8.3.2 运行中的电压监测仪测量精度不应低于0.5级，能按要求打印各项功能数据，每天24h连续不间断地进行监测记录，并至少保证停电72h不丢失已监测数据。

8.3.3 电压监测仪器应进行定期轮测，以确保测量准确度。

9 统计考核

9.1 电压合格率是指实际运行电压在允许电压偏差范围内累计运行时间与对应的总运行统计时间之比的百分值。

9.2 电压合格率计算方法：

9.2.1 某监测点电压合格率=［1−监测点电压超限时间（min）/监测点运行时间（min）］×100%

9.2.2 某基层单位同类监测点电压合格率=［1−（Σ超上限时间+Σ超下限时间）/Σ运行总时间］

9.2.3 某基层单位农村电网综合电压合格率

$$K_z=0.5K_a+0.5(K_b+K_c+K_d)/N \quad (1)$$

式中：

K_a——为A类电压监测点电压合格率；

K_b——为B类电压监测点电压合格率；

K_c——为C类电压监测点电压合格率；

K_d——为D类电压监测点电压合格率；

N——指K_b、K_c、K_d类别数。

9.2.4 某网省公司的各类电压合格率分别为其各所属单位相应电压合格率与其对应监测点数的加权平均值

$$K_i=\Sigma N_{ij}K_{ij}/\Sigma N_{ij}$$

其中：$j=1,2,\cdots,n$；$i=a,b,c,d$；N为监测点数。

9.2.5 某网省公司的综合电压合格率在计算出网省公司的各类电压合格率后，利用公式（1）计算求出。

9.3 农村电网电压和无功统计报表实行分级管理逐级上报的方式。县公司实行月报制，市公司实行季报制，网省公司实行季报制，每季度首月3日前向国家电网公司农电工作部报出上一季度报表。

10 考核与奖惩

10.1 国家电网公司对农村电网电压和无功管理工作中作出突出贡献的单位和个人进行表彰。

10.2 网省公司应将农村电网电压合格率指标列为各级供电公司年度生产经营考核主要指标。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10.3 网省公司应对农村电网电压和无功管理工作中取得优异成绩的单位和个人，予以表彰和奖励；对违反本办法规定的单位和个人予以批评、纠正，或给予处理。

10.4 县公司应将农村电网电压合格率列为下级部门的奖惩考核指标，并制订详细的考核办法。

11 附则

11.1 网省公司可依据本办法并结合本地区实际情况，制订实施细则，并报国家电网公司农电工作部备案。

11.2 本办法自发布之日起实行。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

Q/GDW 435—2010

农村电网无功优化补偿技术导则

Technology guide for reactive power optimization and compensation on rural electric power network

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

前言……494
1　范围……495
2　规范性引用文件……495
3　术语和定义……495
4　无功优化补偿技术规范……496
5　无功优化补偿建设方法……499
6　无功优化补偿装置选型……499
7　无功优化补偿管理要求……500
附录A（规范性附录）　农网无功优化补偿典型应用模式……501
编制说明……506

前　言

本标准根据《关于下达2009年度国家电网公司规范制（修）订计划的通知》（国家电网科［2009］217号）要求制定。

为进一步加强农网无功优化补偿，提高农网无功补偿能效，提升电压调控能力，提高农网电压无功综合管理水平，特制定本标准。

本标准的附录A为规范性附录。

本标准由国家电网公司农电工作部提出并负责解释。

本标准由国家电网公司科技部归口。

本标准主要起草单位：中国电力科学研究院。

本标准主要起草人：盛万兴、朱军、孟晓丽、张培杰、解芳、王金丽、卢兴国、王熠。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农村电网无功优化补偿技术导则

1 范围

本标准规定了农村电网无功优化补偿技术规范、建设方法、装置选型、管理要求等内容。本标准适用于农村电网的无功优化补偿。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 14549—1993　电能质量公用网谐波

GB 50227—2008　并联电容器装置设计规范

DL/T 597—1996　低压无功补偿控制器订货技术条件

DL/T 604—1996　高压并联电容器装置订货技术条件

DL/T 672—1999　变电所电压无功调节控制装置订货技术条件

DL/T 842—2003　低压并联电容器装置使用技术条件

JB/T 10558—2006　柱上式高压无功补偿装置

Q/GDW 212—2008　电力系统无功补偿配置技术原则

国家电网生［2009］133 号　国家电网公司电力系统电压质量和无功电力管理规定

3 术语和定义

3.1

低压用户端　low voltage load

指由低压配电网供电的各类负荷终端。

3.2

农网无功优化技术　technology for reactive power optimization on rural electric power network

指调节农网无功潮流分布，降低有功功率损耗，保证农网电压稳定和经济运行的技术措施。主要包括电压无功信息系统建设、无功电源建设与改造、电压无功优化补偿与控制技术等。

3.3

农网全网无功优化　full-net reactive power optimization on rural electric power network

指根据农网各电压等级历史的、实时的及预测的负荷情况，按照分层分区无功就地平衡的原则，经无功潮流优化计算，确定出电压无功装置最优或次优配置方案。一般分为农网无

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

功补偿规划优化和运行优化两部分。

农网无功补偿规划优化是指在统筹考虑全网现有及未来网架结构、装置状况及负荷情况的基础上，确定无功补偿装置最佳安装位置、类型和容量，实现降低网损、节省投资费用的目的。

农网无功补偿运行优化是指在现有电压无功装置和技术条件下，根据实际负荷变化及短期负荷预测，确定电压无功装置最佳配合方式，满足供电电压质量要求，实现网损最小、运行费用最少的目的。

3.4

无功优化计算 optimization calculation on reactive power

指以电网网架结构不变、除平衡节点以外的各节点有功功率不随无功功率变化而变化、节点电压改变对系统频率及负荷影响忽略不计的假设条件下，在满足各节点电压不越限、无功不越限、补偿装置投切次数及变压器挡位开关动作次数不越限、并列运行变压器无环流等约束条件下，以网损最小（次小）、运行费用最小（次小）为目标的一种优化潮流计算方法。

3.5

农网全网无功优化补偿 full-net reactive power optimization and compensation on rural electric power network

指根据农网全网无功优化计算结果，进行无功补偿装置优化配置，调节电压无功装置配合关系，实现分层分区无功就地平衡。

4 无功优化补偿技术规范

4.1 农网无功优化补偿基本原则

4.1.1 农网无功优化补偿应树立全网无功优化思想，科学规划并组织落实无功优化补偿的技术措施。

4.1.2 农网无功优化补偿应坚持“全面规划、合理布局、全网优化、分级补偿、就地平衡”的原则。

4.1.3 农网无功优化补偿策略为集中补偿与分散补偿相结合，高压补偿与低压补偿相结合，调压与降损相结合。高压配电网以变电站集中补偿为重点，中压配电网以线路补偿和配电变压器低压侧集中补偿为重点，低压配电网以用户侧分散补偿为重点。

4.1.4 农网无功优化补偿应根据全网无功优化计算的结果，合理选择从高压配电网到低压配电网或从低压配电网到高压配电网的顺序，逐层实施无功优化补偿。农网无功优化补偿方式如图 1 所示。

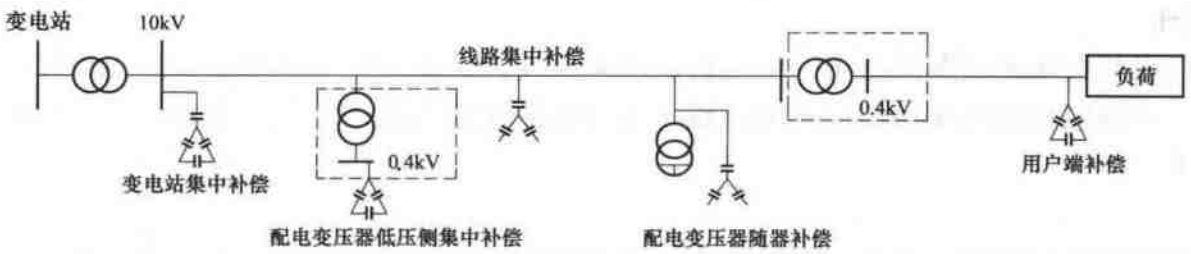


图 1 农网无功优化补偿方式

4.1.5 农网无功优化补偿应遵循相关国家标准、行业标准及文件的规定，结合各地区电网实

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

际状况，因地制宜选用经济实用的无功优化补偿模式，积极采用动态补偿、平滑调节等新技术、新设备。

4.2 高压配电网无功优化补偿

4.2.1 无功优化补偿目标

4.2.1.1 主变压器最大负荷时其高压侧功率因数应不低于 0.95，低谷负荷时功率因数应不高于 0.95 且不低于 0.92；低压侧功率因数应大于 0.90。

4.2.1.2 35kV 及以上供电的电力用户在变压器最大负荷时，其一次侧功率因数应不低于 0.95，在任何情况下不应向电网倒送无功功率。

4.2.1.3 35kV 及以上供电电压用户受电端正、负偏差绝对值之和不超过额定电压的 10%。

4.2.1.4 谐波治理符合 GB/T 14549—1993 规定的要求，电压正弦波畸变率，110（66）kV 不大于 1.5%，35kV 不大于 3%。

4.2.2 无功优化计算原则

4.2.2.1 以采集到的高压配电网各节点运行电压、无功功率和有功功率等实时（或代表日）运行数据及电网设备实际运行状态为无功优化计算依据。

4.2.2.2 以高压配电网为统一整体，进行无功优化计算。

4.2.3 无功优化补偿容量配置原则

4.2.3.1 35kV～110kV 变电站无功补偿装置的分组容量选择，应根据计算确定，最大单组无功补偿装置投切引起所在母线电压变化不宜超过电压额定值的 2.5%。

4.2.3.2 35kV～110kV 变电站的容性无功补偿装置以补偿变压器无功损耗为主，适当兼顾负荷侧的无功补偿。容性无功补偿容量应按下列三种情况选择，并满足 35kV～110kV 主变压器最大负荷时，其高压侧功率因数不低于 0.95 要求：① 当 35kV～110kV 变电站内配置了滤波电容器时，按主变压器容量的 20%～30%配置；② 当 35kV～110kV 变电站为电源接入点时，按主变压器容量的 15%～20%配置；③ 其他情况按主变压器容量的 15%～30%配置。

4.2.3.3 110（66）kV 变电站的单台主变压器容量为 40MVA 及以上时，每台主变压器配置不少于两组的容性无功补偿装置。当在主变压器的同一电压等级侧配置两组容性无功补偿装置时，其容量宜按无功容量的 1/3 和 2/3 进行配置；当主变压器中、低压侧均配有容性无功补偿装置时，每组容性无功补偿装置的容量宜一致。

4.2.3.4 110（66）kV 变电站容性无功补偿装置的单组容量不应大于 6Mvar，35kV 变电站容性无功补偿装置的单组容量不应大于 3Mvar。单组容量的选择还应考虑变电站负荷较小时无功补偿的需要。

4.2.4 无功优化补偿装置配置原则

4.2.4.1 枢纽及相对重要的变电站，宜采用动态连续调节的自动无功补偿装置。

4.2.4.2 已安装固定电容器组进行无功补偿的变电站，其补偿容量如果在高峰负荷时处于欠补偿状态或低谷负荷时处于过补偿状态，可以根据负荷情况，加装一定容量的动态无功调节单元进行调控。

4.2.4.3 已安装自动投切无功补偿装置的变电站，其无功补偿容量如果已满足高峰负荷需求，可直接加装动态无功调节单元，实现无功补偿容量的动态连续调控。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.2.4.4 新建或改扩建变电站，优先选用动态平滑调节无功补偿装置。

4.2.5 无功优化补偿典型应用模式

高压配电网典型应用模式见附录A。

4.3 中、低压配电网无功优化补偿

4.3.1 中、低压配电网无功优化补偿目标

4.3.1.1 10（6）kV出线功率因数应在0.90及以上。

4.3.1.2 100kVA及以上10kV公用配电变压器低压侧功率因数应不低于0.90，其他公用配电变压器低压侧功率因数宜达到0.90。

4.3.1.3 农业用户配电变压器低压侧功率因数应在0.85及以上。

4.3.1.4 100kVA及以上10kV供电的电力用户，其低压侧功率因数应大于0.95，其他电力用户，其低压侧功率因数应大于0.90。

4.3.1.5 10kV及以下三相供电电压用户受电端允许偏差为额定电压的-7%～+7%。

4.3.1.6 谐波治理符合GB/T 14549—1993规定的要求，10kV电压正弦波畸变率应不大于4%。

4.3.2 无功优化补偿计算原则

4.3.2.1 以采集到的中、低压配电网各节点运行电压、无功功率和有功功率等实时（或代表日）运行数据及电网设备实际运行状态为无功优化计算的依据。

4.3.2.2 中压配电网以馈线为单位，低压配电网以台区为单位，根据负荷状况（最大负荷、一般负荷、最小负荷或指定负荷）进行无功优化计算。

4.3.3 无功优化补偿容量配置原则

4.3.3.1 中压线路补偿点以一处为宜，一般不超过两处，补偿容量依据局部电网配电变压器空载损耗和无功基荷两部分来确定。以电缆为主的中压线路，其所接变电站母线电容电流较大或消弧线圈处于欠补偿状态时，应尽量避免采用线路补偿方式，防止中压线路单相接地时，电容电流过大产生过电压。

4.3.3.2 配电变压器低压侧的无功补偿装置容量可按变压器最大负载率为75%、负荷自然功率因数为0.85、补偿到变压器最大负荷时，其高压侧功率因数不低于0.95进行无功优化计算后确定。

4.3.3.3 低压线路补偿作为配电变压器低压侧集中补偿和随机补偿的辅助手段，补偿容量不宜过大，可通过低压配电网无功优化计算分析后确定。

4.3.4 无功优化补偿装置配置原则

4.3.4.1 100kVA及以上公用配电变压器宜采用自动投切无功补偿装置。

4.3.4.2 电力用户应根据负荷特点，合理配置无功补偿装置，宜采用自动投切无功补偿装置；对于特殊非线性、冲击性负荷用户如冶金、电铁等，用户应进行电能质量综合治理，使电能质量达到相关技术标准要求。

4.3.4.3 供电电压质量、功率因数不达标的中低压线路宜装设可自动投切的线路无功补偿装置。

4.3.5 无功优化补偿典型应用模式

中、低压配电网典型应用模式见附录A。

4.4 低压用户端无功优化补偿

4.4.1 无功优化补偿目标

4.4.1.1 低压用户端功率因数应大于0.85。

4.4.1.2 380V三相供电电压用户受电端允许偏差为额定电压的-7%～+7%；220V单相供电电压用户受电端允许偏差为额定电压的-10%～+7%。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

4.4.1.3 电压正弦波畸变率应不大于5%。

4.4.2 无功优化补偿计算原则

4.4.2.1 以低压用户端设备负载率和功率因数为无功优化计算依据。

4.4.2.2 以用户端功率因数和供电电压质量为约束条件。

4.4.3 无功优化补偿容量配置原则

4.4.3.1 低压用户电动机随机无功补偿容量应以电动机负载大小、负载特性、满载功率因数的高低为条件进行确定，应以不向电网反送无功，或在电网负荷高峰时不从或少从电网吸收无功为原则。

4.4.3.2 机械负荷惯性较大的电动机（切断电源后，电动机转速迅速下降的，如水泵等），随机补偿容量可按电动机空载无功功率的1.3～1.5倍配置。

4.4.3.3 机械负荷惯性小的电动机（切断电源后，电动机转速缓慢下降，如风机等），随机补偿容量可按电动机空载无功功率的0.9倍配置。

4.4.4 无功优化补偿装置配置原则

4.4.4.1 远离配电房、距供电设备距离在100m以上连续运行、功率在5kW及以上，以及启动电压不足的电动机均应采用随机补偿方式。

4.4.4.2 车间、工厂安装的异步电动机，如就地补偿困难时，可在动力配电室采用自动投切无功补偿装置进行补偿。

4.4.4.3 对于频繁启动或经常正反向运转及运行环境中存在易燃、易爆和腐蚀性气体的电动机，为安全考虑不宜采取随机补偿方式。

4.4.5 低压用户端典型应用模式

低压用户端典型应用模式见附录A。

5 无功优化补偿建设方法

5.1 农网无功优化补偿建设应从电压无功信息采集、无功优化计算、装置配置、控制与管理等方面开展。

5.2 信息采集应结合现有生产管理信息系统、营销管理信息系统、调度自动化系统、配网自动化系统等，实现信息共享。

5.3 无功补偿装置配置应根据无功优化计算结果，合理选择补偿模式、补偿容量、补偿位置，结合实地勘验情况，进行无功电源建设与改造。

5.4 积极应用信息和自动化技术，实现电压无功综合治理和优化控制。

6 无功优化补偿装置选型

6.1 一般要求

6.1.1 安装于变电站的无功补偿装置应具有电压、无功功率、各组电容投切状态等运行数据自动采集和上传功能。

6.1.2 安装于10kV线路和配电变压器低压侧的无功补偿装置和终端用户无功补偿装置，应具有自动采集电压无功运行数据、数据存储和上传功能。

6.1.3 补偿装置控制器宜按电压、无功功率、功率因数等实现组合控制。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

6.1.4 存在谐波污染时，应综合考虑谐波治理。

6.1.5 补偿装置应具有防震、防腐、抵御恶劣环境的能力。

6.1.6 补偿装置其他方面应符合 GB 50227—2008 相关条文要求。

6.2 高压配电网装置选型

6.2.1 采用自动分组投切模式时应选择分散式电容器组，按负荷性质确定分组投切容量。

6.2.2 采用自动分组投切模式时，投切开关应选用可靠性高、满足频繁投切要求的控制设备。

6.2.3 补偿装置其他方面应符合 DL/T 604—1996、DL/T 672—1999 相关条文要求。

6.3 中低压配电网装置选型

6.3.1 采用自动分组投切补偿装置时，装置的补偿容量宜分为固定补偿和动态补偿两部分，固定补偿容量应满足中压线路自然功率因数补偿要求，动态补偿容量应满足中压线路高峰负荷要求，同时考虑负荷发展并留有容量裕度。

6.3.2 装于线路上的无功补偿装置其他方面应符合 JB/T 10558—2006 相关条文要求。

6.3.3 中压线路投切开关应选用可靠性高、满足频繁投切要求的控制设备；配电变压器低压侧无功补偿装置的投切开关宜选用复合开关。

6.3.4 装于配电变压器低压侧的无功补偿装置其他方面应符合 DL/T 842—2003 相关条文要求。

6.4 低压用户端装置

6.4.1 低压补偿电容器宜选用自愈式电容器。

6.4.2 低压无功补偿装置投切开关，宜选用机电一体化复合开关；在负荷基本平稳、且三相电压基本平衡的工作环境下可选择电容器专用接触器。

6.4.3 其他方面应符合 DL/T 842—2003、DL/T 597—1996 相关条文要求。

7 无功优化补偿管理要求

7.1 规划优化管理

7.1.1 规划优化应结合电网规划定期滚动修订。

7.1.2 规划优化应满足现状需求并适度超前。

7.1.3 规划优化制定的方案宜包含补偿位置、补偿容量、补偿装置类型。

7.2 运行优化管理

7.2.1 宜建立无功补偿装置运行监测系统，监测各补偿点的电压、无功运行情况及设备工况。

7.2.2 运行优化控制宜采用实时优化控制方式，可采用集中控制、分散控制、集中和分散混合控制。

7.2.3 运行优化控制应确保电网运行安全，避免无功补偿装置频繁投切和变压器分接头频繁调节。

7.3 统计与分析

7.3.1 应定期统计分析主变压器各侧、配电变压器低压侧和配电线路在一定时段内的功率因数最大值、最小值及功率因数分布情况。

7.3.2 应定期统计分析变电站母线、配电变压器低压侧在一定时段内的电压最大值、最小值及电压分布情况。

7.3.3 应定期统计分析 110kV 变电站、110kV 用户变电站、35kV 变电站、35kV 用户变电站、

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

10kV 线路、100kVA 及以上 10kV 配电变压器、10kVA 用户专用变压器、0.38kV 及以上客户的无功补偿率及无功补偿容量可用率。

7.3.4 宜采用无功优化计算软件对无功运行数据定期进行统计和分析。

附 录 A
（规范性附录）
农网无功优化补偿典型应用模式

A.1 高压配电网典型应用模式

高压配电网无功优化补偿方式主要是在变电站进行集中补偿。

A.1.1 模式 A：动态平滑调节无功补偿

适用范围：在枢纽及相对重要的变电站，可采用动态平滑调节无功补偿模式，提高电网的电压稳定能力，实现变电站无功潮流的最优控制。

动态平滑调节无功补偿方式如图 A.1 所示。其主要特点是：

a） 可自动跟踪无功负荷变化而连续平滑改变无功补偿容量，补偿精度高、响应速度快。

b） 可实现变电站无功动态就地平衡，降低电容器投切开关、有载调压开关的投切频率，延长其使用寿命。

c） 安装方便，可靠性高，维护工作量小。

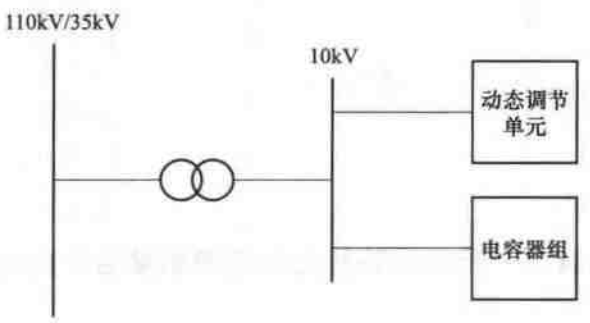


图 A.1 动态平滑调节无功补偿方式

A.1.2 模式 B：自动投切无功补偿

适用范围：在负荷波动较大的变电站，可选用自动投切无功补偿模式，使无功功率尽可能实现分站、分压、分线平衡，降低高压配电网损耗。

其主要特点是：

a） 可根据无功负荷的变化自动投切电容器组，使功率因数和电压保持在规定范围内，避免出现较为严重的过、欠补偿现象。

b） 可实现电容器组自动循环投切，使电容器及其配套开关设备使用几率接近，延长设备使用寿命。

c） 能够与有载调压变压器配合，实现电压无功综合自动控制，并具有过电压等保护功能。

d） 补偿级数（即补偿电容器分组数量）越多，补偿精度越高，装置成本越高，体积越大。

e） 有触点开关投切电容器的操作容易产生合闸涌流和操作过电压，其日动作次数受

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

限制。

A.1.3 模式 C：固定无功补偿

适用范围：在负荷变化相对稳定的变电站，宜安装固定无功补偿装置，补偿变压器空载损耗和无功基本负荷。

其主要特点是：

a） 不能随实际无功负荷的变化调整无功补偿容量，当无功负荷波动幅度较大时，容易发生过补偿或欠补偿现象。

b） 固定无功补偿容量不宜过高，一般不应超过主变压器容量的 15%，当主变压器轻载时，必须及时切除所投入的电容器，否则可能会因为过补偿造成电压升高，进而引发电网和设备事故。

c） 接线简单，便于维护，适用于无功负荷较平稳的场所。

A.1.4 模式 D：无功补偿＋滤波

适用范围：谐波污染较为严重的变电站，可选用无功调节单元与无源滤波器相结合的模式进行无功补偿和谐波治理。

无功调节单元与滤波相结合补偿方式如图 A.2 所示。其主要特点是：

a） 在变电站进行集中无功补偿后，可就近向配电线路输送无功，同时还可兼顾谐波治理。

b） 与单独安装无功补偿装置和滤波装置相比，成本低，维护工作量小。

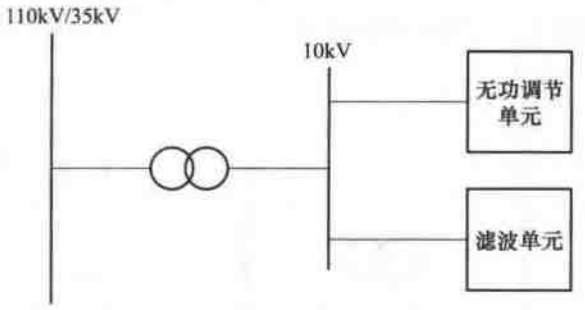


图 A.2 无功调节单元与滤波相结合补偿方式

A.2 中低压配电网典型应用模式

中、低压配电网无功优化补偿主要采用配电变压器低压侧集中补偿和 10kV 线路补偿的方式。配电变压器低压侧集中补偿主要补偿配电变压器无功功率损耗和低压无功基荷，实现低压电网无功就地平衡。10kV 线路无功补偿主要补偿线路感性电抗所消耗的无功功率和配电变压器励磁无功功率损耗。

A.2.1 模式 A：配电变压器低压侧集中补偿＋中压线路补偿

适用范围：供电半径长、负荷重、功率因数低的 10kV 馈线，可选用公用配电变压器低压侧集中补偿与中压线路补偿相结合的无功补偿模式。

根据无功补偿装置类型的不同，该模式具有以下主要特点：

a） 采用动态平滑调节无功补偿装置的特点：

——补偿效果好，能够自动跟踪无功负荷变化平滑改变无功补偿容量，有效减少线路和配电变压器上无功电流的流动，可有效降低线路和配电变压器损耗。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

——能有效避免中压馈线和配电变压器轻载时出现过补偿和电压升高问题，有效改善线路的输电性能。

——可提高无功补偿的准确性、快速性、稳定性，可减少电容器投切次数，延长电容器及其投切开关的使用寿命。

——维护工作量小，成本高，回收周期长。

b） 采用自动投切无功补偿装置的特点：

——补偿效果较好，能够自动跟踪无功负荷变化而改变无功补偿容量，可有效减少线路和配电变压器上无功电流流动，降低线路和配电变压器损耗。

——能有效避免馈线和配电变压器轻载时出现过补偿和过补偿引起的电压升高问题，能有效改善线路的输电性能，提高功率因数和供电电压质量。

——补偿电容器分组越多，补偿精度越高，成本越高，维护工作量较大，回收期较长。

c） 采用固定无功补偿装置的特点：

——因其不能跟随线路和配电变压器无功负荷变化而及时改变无功补偿容量，所以负荷波动幅度较大时补偿效果不理想，容易发生过补偿或欠补偿现象。

——在仅补偿无功基荷的场所使用时，补偿效果较好，投资省。

——维护工作量较小，成本较低，回收周期较短。

A.2.2 模式 B：配电变压器低压侧集中无功补偿

适用范围：供电半径较短、负荷轻的 10kV 馈线，可选用在配电变压器低压侧进行集中无功补偿的模式。主要补偿配电变压器消耗的无功功率，实现低压台区就地无功平衡，有效减少配电变压器和配电线路的损耗。

该模式除适用范围与模式 A 不同以外，具有与模式 A 相同的特点。

A.2.3 模式 C：中压线路补偿

适用范围：供电半径较长、负荷轻且较为集中的中压馈线，可选用中压线路无功补偿的模式。

根据无功补偿装置类型的不同，该模式具有以下主要特点：

a） 采用动态平滑调节无功补偿装置的特点：

——补偿效果较好，能够自动跟踪线路无功负荷变化而平滑改变无功补偿容量，有效减少中压线路上无功电流流动，降低线路损耗。

——能有效避免中压线路轻载时出现过补偿和过补偿引起的电压升高问题，改善线路的输电性能。

——可提高补偿的准确性、快速性、稳定性，大幅度减少电容器投切次数，延长电容器及其投切开关的使用寿命。

——维护工作量小，成本高，回收周期长。

b） 采用自动投切无功补偿装置的特点：

——补偿效果较好，能够自动跟踪线路无功负荷变化而改变无功补偿容量，可有效减少中压线路上无功电流流动，降低线路损耗。

——能有效防止线路轻载时出现过补偿和过补偿引起的电压升高问题，显著改善线路的输电性能，提高功率因数和供电电压质量。

——补偿电容器分组越多，补偿精度越高，成本越高，维护工作量较大，回收期较长。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

c） 采用固定无功补偿装置的特点：

——补偿效果不理想，不能跟随线路无功负荷变化而改变无功补偿容量。

——适用于负荷波动不大的场所，负荷波动较大时容易出现过补偿或欠补偿现象。

——维护工作量小，成本低，回收周期短。

A.2.4 模式 D：无功补偿＋滤波

适用范围：容易产生谐波污染的厂矿、大型企业、铁路等高压用户的专用变压器以及谐波污染较为严重的配电台区，可选用变压器低压侧装设带有谐波滤波单元的无功补偿模式。既可补偿变压器无功损耗，又可兼顾谐波治理功能。无功补偿与滤波相结合补偿方式如图 A.3 所示。

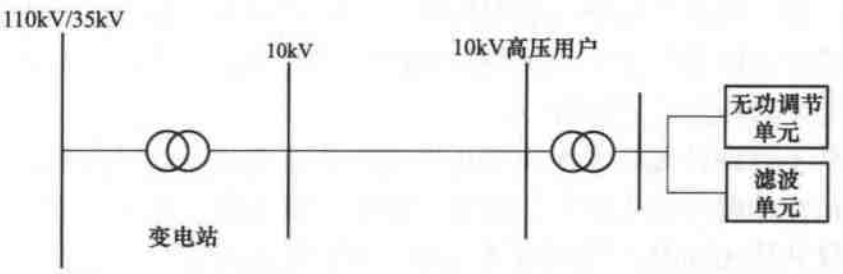


图 A.3 无功补偿与滤波相结合补偿方式

该模式的主要特点是：

a） 能有效补偿配电变压器消耗的无功功率，同时还可有效减少谐波源的谐波分量，抑制电压波动、闪变，改善三相负荷不平衡状况，具有综合经济效益。

b） 可有效减小电容器对谐波的放大作用，保证电容器组的安全运行。

c） 一次性投资较大，回收周期较长。

A.3 低压用户端典型应用模式

低压用户端无功优化补偿主要有电动机随机补偿和配电室集中补偿方式。

A.3.1 模式 A：电动机随机补偿

适用范围：较大功率的电动机可采用随机无功补偿模式。补偿电动机无功功率，减少电压损失，改善电动机启动能力。电动机随机补偿方式如图 A.4 所示。

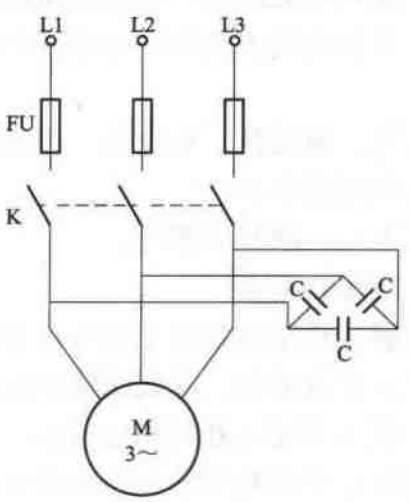


图 A.4 电动机随机补偿方式

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

其主要特点是：

a） 对大中型电动机比重较大、利用小时数较高的厂区宜进行随机补偿，可有效改善电动机起动和运行条件。

b） 可有效降低配电台区的电能损耗。

c） 对电动机逐台进行补偿，可有效提高线路供电能力。

d） 投资多，维护工作量大。

A.3.2 模式 B：配电室集中补偿

适用范围：当工厂、车间安装的电动机采用随机补偿方式有困难时，可选用在配电室集中补偿的模式。

其主要特点是：

a） 可有效降低配电台区的电能损耗，但不能减少厂区内部的线损。

b） 采用分级、分相自动集中补偿，可提高补偿精度，有效降低三相负荷不平衡所造成的电能损失。

c） 无须对每台电动机进行就地补偿，投资小，便于运行管理。

A.3.3 模式 C：随机补偿＋配电室集中补偿

适用范围：随机补偿与配电室集中补偿相结合的补偿模式适用于负荷较重的配电台区。对利用率较高的大功率（>5kW）电动机进行随机补偿，对未进行补偿的小功率电动机在配电室集中补偿。

其主要特点是：

a） 补偿效果好，能有效降低配电变压器和低压配电线路的电能损耗和电压损失，提高功率因数，改善用户端电压质量。

b） 在县级电网各类无功补偿方式中无功经济当量最高，综合经济效益较好。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

农村电网无功优化补偿技术导则

编制说明

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

目　次

一、项目来源……507
二、编制目的……507
三、编制原则及思路……507
四、编制依据……508
五、标准编制过程……508
六、标准主要内容……509

一、项目来源

当前国内有关电压无功的标准、规范、办法等中针对农村电网无功优化补偿部分的内容较少、较粗，不满足农村电网无功优化补偿的要求。

2006年国家电网公司农电工作部委托中国电力科学研究院编写《110kV及以下县级配电网无功优化补偿技术规范和典型应用模式》，并于2007年10月发布试行。

2007年5月，国家电网公司还下发了编制《农村电网无功补偿设备配置导则及运行管理标准（草案）》（后改名为《农村电网无功优化补偿技术导则》）工作任务。

二、编制目的

为进一步规范和加强农网无功优化补偿，增强农网无功补偿和电压调控能力，提高农网电压无功综合管理水平，实现农网电压无功精细化管理，国家电网公司2009年根据《关于下达2009年度国家电网公司规范制（修）订计划的通知》（国家电网科［2009］217号）要求，向中国电力科学研究院下发《农村电网无功补偿优化技术导则》的编制工作任务。本标准即基于《110kV及以下县级配电网无功优化补偿技术规范和典型应用模式（试行）》和《农村电网无功补偿设备配置导则及运行管理标准（草案）》编制形成，规定了农村电网无功优化补偿技术规范、建设方法、装置选型、管理要求等内容，是指导农村电网开展无功优化补偿工作的重要依据。

三、编制原则及思路

本标准的编制遵守：

GB/T 1.1—2000　标准化工作导则　第1部分：标准的结构和编写规则；

GB/T 1.2—2002　标准化工作导则　第2部分：标准中规范性技术要素内容的确定方法。

本标准内容不应与现行国家标准、行业标准、企业标准的有关规定有冲突。

编写中：

a）工作组首先查阅整理了行业现有相关规范、导则和技术条件等相关资料；在相关电力公司的配合下，通过了解供电公司无功电压管理工作现状及现场考察，了解目前国内农村电网无功优化补偿的具体情况；结合新农村供电模式及综合示范工程项目

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

有关研究成果，整理相关资料，作为本标准编写的参考。

b） 作为国家电网公司的企业标准，本标准为进一步规范和加强农网无功优化补偿，增强农网无功补偿和电压调控能力，提高农网电压无功综合管理水平，实现农网电压无功精细化管理提供支持。

c） 去掉了有关标准中“农网无功优化补偿策略为集中补偿与分散补偿相结合，以分散补偿位置；高压补偿与低压补偿相结合，以低压补偿为主；调压与降损相结合，以降损为主”的“以……为主”部分，见 4.1.3。

d） 增加了无功优化补偿“应根据全网无功优化计算的结果”要求，并允许选择从高压配电网到低压配电网或从低压配电网到高压配电网的顺序进行无功补偿，见 4.1.4。

e） 增加了鼓励使用“平滑调节”补偿装置的内容，见 4.1.5 和 4.2.4。

f） 《国家电网公司农村电网电压质量和无功电力管理办法》没有明确公用配电变压器功率因数要求，此处明确了公用配电变压器低压侧功率因数的要求，见 4.3.1.2。提高了有关功率因数的要求，将《国家电网公司电力系统电压质量和无功电力管理规定》（国家电网生［2009］133 号）第十七条规定的“100kVA……宜达到 0.95 以上”改为“应大于 0.95”，原来没有明确高低压侧功率因数，此处明确为低压侧功率因数，见 4.3.1.4；将《国家电网公司电力系统电压质量和无功电力管理规定》（国家电网生［2009］133 号）第 17 条规定的“其他电力用户，其功率因数宜达到 0.90 以上”明确为“其他电力用户，其低压侧功率因数应大于 0.90”。

g） 高压配电网、中低压配电网、低压用户端无功优化计算原则，见 4.2.2、4.3.2、4.4.2。

h） 明确了电动机随机补偿的容量配置方法，见 4.4.3.2 和 4.4.3.3。

四、编制依据

a） 引用了 GB 50227—2008《并联电容器装置设计规范》、DL/T 597—1996《低压无功补偿控制器订货技术条件》、DL/T 604—1996《高压并联电容器装置订货技术条件》、DL/T 672—1999《变电所电压无功调节控制装置订货技术条件》、DL/T 842—2003《低压并联电容器装置使用技术条件》、JB/T 10558—2006《柱上式高压无功补偿装置》。

b） 引用了 GB/T 14549—1993《电能质量公用网谐波》、Q/GDW 212—2008 《电力系统无功补偿配置技术原则》中的相关规定。

c） 引用了国家电网生［2009］133 号 国家电网公司电力系统电压质量和无功电力管理规定。

五、标准编制过程

2007 年 5 月接收到任务。

2007 年 5～7 月，搜集了有关国家标准、行业标准及有关无功补偿设备技术参数；完成了部分网省公司配电网无功优化技术应用情况的调研工作。根据调研情况，分析确定出农村电网无功补偿配置及运行管理实践工作中急需解决的问题，针对这些问题，形成提纲。

2007 年 7～8 月，编写无功补偿方案部分。

2007 年 8～9 月，项目组编写无功补偿设备选型部分。

2007 年 9～10 月，项目组编写无功补偿设备安装要求部分。

www.789pdf.com 789书库网

www.789pdf.com 789书库网

2007年10～11月，项目组编写无功补偿设备运行管理部分。

2007年12月27日，第一次召开针对草稿的内部评审会议，完善和修改了部分内容。

2008年3月14日，在北京召开第一次讨论会，会议决定将本标准题目修改为：《农村电网无功优化补偿技术导则》，把主要内容修整为无功优化、无功补偿、设备配置原则、安装要求、维护管理五大部分，并提出一些其他完善意见和建议。

2008年3～4月，针对北京第一次讨论会作出的决定，修整完毕。

2008年5月8日，在洛阳召开讨论会，会议讨论决定将主要内容修整为无功优化补偿、无功优化建设、装置选型、运行管理，充分吸取《110kV及以下县级配电网无功优化补偿技术规范和典型应用模式（试行）》成果。

2008年5～7月，根据洛阳会议专家意见，整理完毕后，开始征求各地电力公司意见。

2009年9月18日，在济南召开审查会，讨论、修改形成送审稿。

六、标准主要内容

本标准依据《电力企业标准编制规则》DL/T 800—2001的编写要求进行了编制。标准主要结构和内容如下：

1. 目次；

2. 前言；

3. 标准正文共设7章：范围、规范性引用文件、术语和定义、无功优化补偿技术规范、无功优化补偿建设方法、无功优化补偿装置选型、无功优化补偿管理要求；

4. 标准设1个规范性附录：农网无功优化补偿典型应用模式。

www.789pdf.com 789书库网

Document generated by Anna’s Archive around 2023-2024 as part of the DuXiu collection (https://annas-blog.org/duxiu-exclusive.html).

www.789pdf.com 789书库网

Images have been losslessly embedded. Information about the original file can be found in PDF attachments. Some stats (more in the PDF attachments):

{
  "before_pdg2pic_conversion": {
    "filename": "MTM4ODMyMjEuemlw",
    "filename_decoded": "13883221.zip",
    "filesize": 119578664,
    "md5": "59d1d3a01f6a09883ce505fa92ee69d1",
    "header_md5": "b118288a106380d999ebbad539bacfeb",
    "sha1": "2e03006187cda3a04043e54aed2fc0e2a6784ba1",
    "sha256": "72f5f992b80eff0bd8ba7c3b2d2d568ec3a41691c7d6e4ed19a4b2ccfe949c8e",
    "crc32": 4148158940,
    "zip_password": "",
    "uncompressed_size": 119468842,
    "pdg_dir_name": "\u253c\u2310\u2550\u00b0\u255c\u00bf\u2554\u03a6\u2559\u03b4\u2555\u2500\u2558\u221e\u2567\u03b1\u2563\u256a\u255d\u255d\u2569\u2321\u2592\u03a9\u256b\u255d\u2557\u03c0\u2592\u03b1_13883221",
    "pdg_main_pages_found": 509,
    "pdg_main_pages_max": 509,
    "total_pages": 516,
    "total_pixels": 43965600
  },
  "after_pdg2pic_conversion": {
    "filename": "MTM4ODMyMjEuemlw",
    "filename_decoded": "13883221.zip",
    "filesize": 97020794,
    "md5": "bf82094663ea76cbb9dbdcdfc0adcf89",
    "header_md5": "418e5992ee96ad5d6928a4a01cd2f860",
    "sha1": "c937c81596154e327192d5c0e710875fd71eff17",
    "sha256": "09f590443aa5ef6930ee75e814aa20f1d5c5be961429673f722f88e664a3f855",
    "crc32": 135920116,
    "zip_password": "",
    "uncompressed_size": 119402547,
    "pdg_dir_name": "",
    "pdg_main_pages_found": 509,
    "pdg_main_pages_max": 509,
    "total_pages": 516,
    "total_pixels": 3219588096
  },
  "pdf_generation_missing_pages": false
}

www.789pdf.com 789书库网