

UDC

中华人民共和国行业标准

JB

P

JB/J6-96

机械工厂电力设计规范

CODE FOR ELECTRICAL DESIGN OF
MACHINE FACTORY

1996-06-10 发布

1996-12-01 实施

中华人民共和国机械工业部发布

中华人民共和国行业标准

机械工厂电力设计规范

JBJ6-96

主编单位：中机中电设计研究院

批准部门：中华人民共和国机械工业部

施行日期：1996年12月1日



机械工业出版社

1996 北京

图书在版编目(CIP)数据

中华人民共和国行业标准 JBJ6-96:机械工厂电力设计规范/中华人民共和国机械工业部发布. —北京:机械工业出版社,1996.12

ISBN 7-111-05422-9

I. 中... II. 中... III. ①机械工厂-电力系统-设计-规范-中国②行业标准-中国 N. TH183.3-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 20560 号

出版人: 马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码 100037)

责任编辑:孙本绪 版式设计:王颖 责任校对:姚培新

封面设计:姚毅 责任印制:王国光

国防大学第一印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1997年1月第1版第1次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·24.75印张·657千字

0 001—4 000册

定价:78.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

关于发布行业标准《机械工厂 电力设计规范》的通知

机械计〔1996〕492号

中机中电设计研究院主编的《机械工厂电力设计规范》，已经部审查通过，现批准为强制性行业标准。该标准编号为 JBJ6-96，自 1996 年 12 月 1 日起施行。原《工厂电力设计技术规程》JBJ6-80 同时废止。

本规范由中机中电设计研究院负责管理和解释，机械工业出版社负责出版发行。

中华人民共和国机械工业部

1996 年 6 月 10 日

修 订 说 明

本规范是根据原机械电子工业部机电建[1992]254号文的要求,由机械工业部中机中电设计研究院主编并会同有关单位组成修订组,对原《工厂电力设计技术规程》JB16-80进行修订而成。

本规范的修订基础是有关的现行国家标准。在修订过程中,规范修订组进一步总结了近年来机械工业电力应用技术的发展,借鉴了国际标准和工业较发达国家的标准,吸收了我国电工产品的新技术成果。经过修订的本规范,在内容上比较充实完善,更好地反映了机械工业电力应用的实践经验,更符合机械工业电力设计的需要。

本规范共分 19 章 22 个附录。各章的编写单位如下:

第一、二、四、五、六、七、 十五章	中机中电设计研究院
第十一、十六、十七章	机械工业部设计研究院
第九、十八章	机械工业部第一设计研究院
第三、十二章	机械工业部第二设计研究院
第十三、十四章	机械工业部第四设计研究院
第八、十、十九章	机械工业部第七设计研究院

为了完善规范,做到发现问题及时修订和补充,请各单位在使用过程中结合工程实际,注意积累资料,总结经验。如发现需要修改和补充之处,请将意见及时寄给主编单位:中机中电设计研究院。地址:北京广外大街莲花河胡同 1 号;邮编:100055。

机械工业部行业发展司

1996 年 6 月

目 次

1	总则	1
2	术语、符号与代号	11
2.1	术语	11
2.2	符号与代号	25
3	供配电系统	32
3.1	一般规定	32
3.2	负荷分级与供电要求	32
3.3	电源与供电系统	37
3.4	电压选择与电能质量	39
3.5	无功补偿	43
3.6	低压配电	45
4	35~110kV 变电所	47
4.1	一般规定	47
4.2	所址选择与所区布置	47
4.3	主变压器与主接线	50
4.4	所用电源与操作电源	52
4.5	控制室、二次接线、通信与远动	52
4.6	并联电容器装置	53
4.7	电缆敷设	53
4.8	照明	54
4.9	建筑与公用	51
4.10	防火	56
5	6~10kV 变电所与配电所	60
5.1	所址选择	60
5.2	电气	60
5.3	型式与布置	62
5.4	并联电容器装置	64

5.5	建筑与防火	66
5.6	采暖、通风与其他	67
6	3~110kV 配电装置	69
6.1	一般规定	69
6.2	环境条件	69
6.3	导体与电器	71
6.4	配电装置的布置	74
6.5	建筑	82
7	1kV 以下配电装置	84
7.1	电器的选择	84
7.2	配电设备的布置	85
8	继电保护与自动装置	90
8.1	一般规定	90
8.2	电力变压器的保护	93
8.3	3~63kV 中性点非直接接地电力网中线路的保护	97
8.4	母线的保护	98
8.5	电力电容器的保护	100
8.6	3kV 及以上电动机的保护	101
8.7	自动重合闸	103
8.8	备用电源与备用设备的自动投入装置	104
8.9	二次回路	105
9	电气测量与电能计量	108
9.1	一般规定	108
9.2	电流测量	109
9.3	电压测量与绝缘监测	110
9.4	功率、频率与谐波测量	110
9.5	电能计量	111
10	通用用电设备配电	114
10.1	电动机	114
10.2	起重运输设备	122
10.3	电焊机	127
10.4	电镀	128
10.5	蓄电池充电	130

10.6	静电滤清器电源	131
11	电热装置	134
11.1	一般规定	134
11.2	电弧炉与矿热炉装置	138
11.3	工频感应电热装置	143
11.4	中频感应电热装置	144
11.5	高频感应电热装置	145
11.6	电阻炉	146
12	照明	148
12.1	照明方式与照明种类	148
12.2	照度标准	149
12.3	光源	157
12.4	灯具	158
12.5	照明质量	160
12.6	照明供电	165
12.7	室外照明设计	169
12.8	照明节能	170
13	架空线路	171
13.1	一般规定	171
13.2	气象条件	171
13.3	导线、绝缘子和金具	173
13.4	导线排列	176
13.5	杆塔与基础	178
13.6	对地距离与交叉跨越	181
13.7	10kV 及以下接户线	183
14	电缆线路	186
14.1	一般规定	186
14.2	电缆的选择	186
14.3	电缆敷设的一般要求	187
14.4	电缆直接埋地敷设	188
14.5	电缆在电缆沟及隧道内敷设	189
14.6	电缆在桥架内敷设	192
14.7	电缆在保护管及排管内敷设	195

14.8	电缆在室内敷设	196
14.9	防止电缆着火延燃	196
15	1kV 以下配电线路	199
15.1	一般规定	199
15.2	导体选择	199
15.3	配电线路的保护	201
15.4	配电线路敷设	209
16	交流电气装置过电压保护	218
16.1	一般规定	218
16.2	系统接地方式与运行中出现的各种电压	218
16.3	暂时过电压、操作过电压及其保护	220
16.4	雷电过电压与保护装置	225
16.5	高压架空线路的雷电过电压保护	237
16.6	发电厂与变电所的雷电过电压保护	241
16.7	配电系统的雷电过电压保护	253
16.8	旋转电机的雷电过电压保护	254
17	建筑物防雷	261
17.1	一般规定	261
17.2	建筑物的防雷分类	261
17.3	建筑物的防雷措施	262
17.4	防雷装置	279
17.5	接闪器的选择与布置	283
18	电气装置的接地	284
18.1	一般规定	284
18.2	低压配电系统的接地	286
18.3	保护接地的范围	290
18.4	接地电阻	291
18.5	接地装置与 PE 线	294
19	爆炸与火灾危险环境电力装置	302
19.1	一般规定	302
19.2	爆炸性气体环境	302
19.3	爆炸性粉尘环境	332
19.4	火灾危险环境	340

附录 A	电压偏差的计算	345
附录 B	配电变压器分接头的选择	346
附录 C	无功补偿容量的确定	347
附录 D	变电所建筑物的均布活荷载与耐火等级	348
附录 E	变电所污秽分级标准	350
附录 F	裸导体的长期允许载流量	351
附录 G	裸导体载流量在不同海拔高度及环境 温度下的综合校正系数	359
附录 H	亮度曲线及其应用	360
附录 I	室内照明目标效能推荐值	363
附录 J	架空线路与铁路、道路、管道及各种架空线路 交叉或接近的基本要求	364
附录 K	直接埋地敷设的电缆与各种设施的最小净距	366
附录 L	阀式避雷器的电气特性	371
附录 M	建筑物年预计雷击次数	372
附录 N	建筑物易受雷击的部位	374
附录 O	接地装置冲击接地电阻与工频接地 电阻的换算	375
附录 P	滚球法确定接闪器的保护范围	378
附录 Q	按热稳定确定 PE 线截面的 K 值	388
附录 R	工频接地电阻简易计算公式	390
附录 S	土壤和水的电阻率参考值	391
附录 T	爆炸性气体混合物分级、分组	393
附录 U	爆炸性粉尘特性	400
附录 V	本规范用语说明	406
附加说明	407
条文说明	409

1 总 则

1.0.1 机械工厂的电力设计应做到保障人身和财产安全,供电可靠;电能质量符合标准,技术先进,经济合理,节能和维护方便。

1.0.2 本规范适用于机械工厂下列工程项目的设计:

- (1)新建生产性、辅助生产性工程项目、车间办公室和生活间;
- (2)新建、扩建和改建的有爆炸和火灾危险的工程项目;
- (3)扩建和改建中的单项新建工程项目。

1.0.3 室内电力设计应与其所处环境相适应。主要生产车间和其它建筑物的环境分类宜符合表 1.0.3 的规定。

1.0.4 机械工厂的电力设计,应根据工程特点、规模和发展规划,适当考虑发展的可能。

1.0.5 机械工厂设计,除应符合本规范外,尚应符合现行的有关国家标准和规范的规定。

主要生产车间和其它建筑物的环境分类 表 1.0.3

建筑物名称	房间或工作地点	环境类别	备注
铸造车间	熔化工部、浇铸工部、落砂工部、旧砂输送地沟和走廊、烘干室	高温、有非导电性灰尘	在电弧炼钢炉上方,当无排烟装置时电力装置应考虑防腐
	热处理炉工部、烘包工部、造型工部、砂库、废砂斗、新砂输送地沟和走廊、炉料仓库、泥蕊工部、砂准备工部	高温有非导电性灰尘	

(续)

建筑物名称	房间或工作地点	环境类别	备注
铸造车间	煤的球磨机间	22区	
	抛丸室、喷砂室、清理工部	有少量 导电性灰 尘	
	电炉控制室、平炉控制室、 联锁控制室、快速分析室	正常	
	水力清砂的高压水泵室、砂 再生工部	正常	
	水力清砂的地下室 砂处理工部	潮湿 有非导 电性灰尘	当砂中含 有煤粉时, 为有少量导 电性灰尘 (如铸铁车 间)
	铸件冷却走廊	高温	
微粉(磨料)车间	车间内	潮湿	
刚玉、碳化硅冶炼车间	车间内	高温多尘	有非导电 性灰尘,潮 湿时导电
磨料、磨具备配料车间、磨料制粒车间	车间内	多尘	有非导电 性灰尘,潮 湿时导电
热处理车间	加热炉工部	高温	在盐浴炉 上方,当无 排烟装置时 电力装置应 考虑防腐
	淬火工部(油槽)	高温	

(续)

建筑物名称	房间或工作地点	环境类别	备注
热处理车间	淬火工部(水槽) 备料工部、计器室、井式电气加热炉的地下部分 地下油泵间、贮油槽间 井式煤气加热炉的地下部分 多个井式炉区	高温、潮湿 正常 21区 有爆炸危险 高温	
锻压车间、拨丝车间、废钢铁处理车间	加热炉工部、水压机工部、锻造工部 水压机蓄势站 冷拔工部、冲压工部、压延工部、冷切备料工部、配料、切割、打包、压切屑、分类、验收	高温 正常 正常	加热炉工部若烧煤则为有导电性灰尘
金属加工车间、装配车间、冶金附具车间	机床工部、装配工部、检验工部、涂油包装工部、铁屑处理间 乳化液泵间、乳化液配制间 乳化脂配制间 装配线上的喷漆室及其烘干室距室门框6m以内的空间	正常 潮湿 21区 有爆炸危险	
电镀车间、酸洗车间	电镀工部、酸洗工部 酸液配制间、酸液贮存间 喷砂室、抛光室	腐蚀、潮湿 腐蚀 有导电性灰尘	
木工车间	大锯间	22区	

(续)

建筑物名称	房间或工作地点	环境类别	备注
木工车间	机床工部、机制模型工部	23区	工部内 起重机不 宜采用滑 触线
	手工制模工部、木料存放 间、木料冷却间、装配工部	23区	
油漆车间	涂漆室、非连续式烘干室距 室门框6m的空间内	有爆炸 危险	
	喷漆室、连续式烘干室距室 门框6m的空间内	有爆炸 危险	
	漆泵间	有爆炸危险	
	桶装贮漆间、调漆间	有爆炸危险	
	非桶装的地下贮漆间	有爆炸危险	
	油漆干燥间	有爆炸危险	
	敞开的喷漆工房(无小室)	有爆炸危险	
集成电路车间	氢气净化、氢气充瓶	有爆炸危险	
	氧气纯化间	21区	
修理车间： 机电修 理	修理、拆装等间 油洗间、变压器修理或拆装间、 油料处理间、变压器油存放间和油 泵间	正常 21区	
建修	炉工备料	有非导电 性灰尘	
钣金管修	木工修理、木工备料	23区 正常	
铆焊车间	焊接工部、切割装配工部、电渣 焊工部、热铆工部、冷铆工部、备 料工部	正常	
试验车间	电气试验、发动机试验 水轮机试验	正常 潮湿	

(续)

建筑物名称	房间或工作地点	环境类别	备注
熔剂车间、耐火材料车间	破碎工部、粉碎工部、造型工部、合成工部、筛料工部、粉粒材料堆放处、砖料堆放处 烘炉工部、烧结工部、干燥工部、预热工部	有非导电性灰尘 高温、有非导电性灰尘	
线圈车间	浸漆工部 浸胶工部	有爆炸危险 21区	
线缆车间	熔炼、连铸连轧工部、压延工部、压铅压铝工部 切纸工部 橡胶加工工部 干燥浸油工部 漆包线工部	高温 23区 有非导电性灰尘 21区 有爆炸危险	如包括加工炭黑则为有导电性灰尘
电碳车间	黑色有色工部 加工装配工部 石墨化工部 加压浸渍工部	有导电性灰尘 有导电性灰尘 高温、潮湿、有导电性灰尘 23区、高温	
压缩空气站	机器间	正常	
二氧化碳站	压缩间、灌瓶间、修理间、空瓶库、实瓶库、脱吸塔间 液泵间、贮碱间	正常 腐蚀	

(续)

建筑物名称	房间或工作地点	环境类别	备注
供水建筑物	水处理间、水塔、污水泵房、雨水泵房、深井泵房、加压水泵房、消防水泵房、地下水箱间、循环水泵房 修理间 贮氯化物间	潮湿 正常 腐蚀	
锅炉房	燃煤锅炉间 燃油锅炉间 出灰间 天然气调压间 重油泵房 煤粉制备间、碎煤机室、运煤走廊 化学净水间 热力出入口、热力地沟、热交换站 回水泵房、凝结水间	高温、有非导电性灰尘 正常 有非导电性灰尘 有爆炸危险 21区 22区 潮湿 潮湿、高温 特潮、高温	
发生炉煤气站	发生炉间三层 发生炉间二层 发生炉间底层 破碎筛分间 受煤室、输煤皮带走廊 机器间、加压室、煤气分配间	有爆炸危险 高温、有导电性灰尘 有非导电性灰尘 有爆炸危险 22区 有爆炸危险	煤斗附近空间有局部爆炸危险，卸料小车的电动机应采用防爆型

(续)

建筑物名称	房间或工作地点	环境类别	备注
发生炉 煤气站	整流装置室、中央仪表间、 急救室、化验间 焦油泵房 煤库 电气滤清器、洗涤塔 循环水泵房、酚水间	正常 21区 23区 有爆炸危险 腐蚀	
乙炔站	发生器间、乙炔压缩机间、 灌瓶间、空瓶间、实瓶间、贮气 罐间、电石库、中间电石库、电 石破碎间、乙炔瓶库、露天设 置的贮气罐、乙炔汇流排间 气瓶修理间、丙酮间 机修间、电气设备间、多孔 性材料充填间、化验室、生活 室、压缩机传动机间	有爆炸危险 有爆炸危险 正常	
冷冻站	氨压缩机室 氟里昂室	有爆炸危险 正常	
通风室	进风室、排风室、预热室、过 滤室、鼓风室、卫生通风室、冷 却通风室 为腐蚀环境服务的排风室	正常 腐蚀	
氧气站	制氧机间、修理间 碱液间 灌瓶间、大瓶间、水压试验间、 空瓶库、实瓶库、氧气汇流排间 净化间、氢气瓶间	正常 腐蚀 正常 有爆炸危险	
液化石油 气配气站	配气间 站内辅助房间	有爆炸危险 正常	
天然气 配气站	配气间 站内辅助房间	有爆炸危险 正常	

(续)

建筑物名称	房间或工作地点	环境类别	备注
柴油机发电站	发电机房 日用油箱间	21区 有爆炸危险	
电气室	电机室、变压器室、油开关室、配电盘室、继电器盘室、控制室、值班室、电话总机室、广播室 电缆通行地沟 携带式蓄电池充电间 开启式酸性蓄电池间	正常 潮湿 正常 有爆炸危险、腐蚀	在通风柜或罩内充电
仓库	粉粒材料仓库 酸库、碱库 成品库、工具库、金属材料库、设备仓库 粘结剂库 油漆、溶剂、易燃油料等贮存间、汽车用润滑油再生站、汽车库的油泵间 擦料贮存间、擦料翻新间、擦料分类间 油料再生站	有灰尘 腐蚀 正常 高温 有爆炸危险 23区 21区	灰尘是否具有导电性,视粉粒材料性质确定
燃料油等场所	原油泵间、原油罐区、汽油罐区、桶装汽油库 重油泵房、渣油泵房、柴油泵房、润滑油泵房、重油罐区、渣油罐区、柴油罐区、润滑油罐区、重油卸车站台、柴油卸车站台、润滑油卸车站台	有爆炸危险 21区	

(续)

建筑物名称	房间或工作地点	环境类别	备注
燃料油等場所	原油卸车站台、汽油卸车站台 室外汽车加油站	有爆炸危险	
汽车库	携带式蓄电池充电间 硫化间、汽化器间 停车间、修理间 停车间下部(对于电气设备安 装高度为低于 1.8m,对于线路 为低于 4m) 清洗间 机工间	有爆炸危险 有爆炸危险 正常 21 区 潮湿 正常	不在通风 柜或罩内工 作
消防车 库	停车间 停车间房间下部(对于电气 设备为低于 1.8m,对于线路 为低于 4m) 信号间、器材贮存室	正常 21 区 正常	
蓄电池车 库	停车间 蓄电池修理间 酸液间 酸性蓄电池充电间	正常 潮湿 腐蚀 有爆炸危险	
机车库	蒸汽机车停车间 擦料贮存室 内燃机车停车间、车皮修理间 机工间、轴瓦间、制动阀间 锻工间、焊工间、砂棚 油料分发室、防水锈剂室 烘砂室	潮湿,有 非导电性 灰尘 23 区 正常 正常 有非导 电性灰尘 21 区 高温	

(续)

建筑物名称	房间或工作地点	环境类别	备注
实验室	机工实验室、物理实验室、 化学实验室、计量检定室、特 殊射线室、暗室、显微镜室、试 剂贮存室、收样准备室、玻璃 吹制室、天平室 铸工实验室、焊接实验室、 热处理实验室 表面处理实验室、腐蚀室 硫化氢室 1. 在通风柜或罩内工作 2. 不在通风柜或罩内工作	正常 有非导 电性灰尘 正常 正常 有爆炸危险	
办公室、 公用室、生 活用室	办公室、值班室、休息室、阅 览室、绘图室、描图室、打字 室、设计室、衣帽间、理发室、 哺乳室、儿童作息室、医疗室、 用餐室 图书、资料、档案库、晒图、 装订室 与浴室相连的更衣室、开水 间、备餐室 浴室、热力入口、洗涤室 烧火间	正常 23区 潮湿 特潮 高温、有 导电灰尘	

2 术语、符号与代号

2.1 术语

2.1.1 一级负荷中特别重要负荷 (special important load in first class)

中断供电将发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷,以及特别重要场所的不允许中断供电的负荷。

2.1.2 应急电源 (emergency power supply)

在正常电源发生故障情况下,为确保一级负荷中特别重要负荷的供电电源。

2.1.3 自备电源 (customer's electric power supply)

企业为满足生产工艺过程的用电需要,或为提高供电可靠性,建设以自发自用为主的各种类型的发电设施。

2.1.4 电源系统结线 (supply system connection)

电源点至企业总变电所(或总配电所)的结线系统。

2.1.5 供电电压 (supply voltage)

供电部门与用户的产权分界处的电压或由供用电协议所规定的电能计量点的电压。

2.1.6 电压偏差 (voltage deviation)

供配电系统改变运行方式和负荷缓慢地变化使供配电系统各点的电压也随之变化,各点的实际电压与系统额定电压之差。

2.1.7 逆调压方式 (mode of counter voltage regulation)

逆调压方式就是负荷大时电网电压向高调,负荷小时电网电压向低调,以补偿电网的电压损失。

2.1.8 公共供电点 (point of common coupling)

用户接入电力系统中连结处。

2.1.9 冲击性功率负荷 (fast-speed varying load)

生产(或运行)过程中周期性地从供电网中取用快速变动功率的负荷。

2.1.10 电压波动(voltage fluctuation)

一系列的电压变动或电压包络线的周期性变动,电压的最大值与最小值之差与系统额定电压的比值以百分数表示,其变化速度不低于每秒0.2%时称为电压波动。

2.1.11 电压闪变(voltage flicker)

负荷急剧的波动造成供配电系统瞬时电压升降,照度随之急剧变化,使人眼对灯闪感到不适。

2.1.12 不平衡度(unbalance factor)

不平衡度是衡量多相负荷平衡状态的指标。多相系统的电压负序分量与电压正序分量之比值称为电压不平衡度。电流负序分量与电流正序分量之比值称为电流不平衡度。

2.1.13 电压正弦波形畸变率(harmonic distortion in percentage of sinusoidal voltage)

$$\text{电压正弦波形畸变率 } U_T = \frac{100}{U_1} \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2} \%$$

式中 U_1 —— 50Hz 基波电压;

U_n —— n 次谐波电压。

2.1.14 无功补偿(reactive power compensation)

指为满足电力网和负荷端电压水平及经济运行的要求必须在电力网内和负荷端设置的无功电源。例如:电容器、调相机等。

2.1.15 自然功率因数(natural power factor)

用户在没有安装专门的无功补偿装置时实际达到的用电功率因数。

2.1.16 基本无功功率(base reactive power)

当用电设备投入运行时所需的最小无功功率。如该用电设备有空载运行的可能,则基本无功功率即为其空载无功功率。如其最小运行方式为轻负荷运行,则基本无功功率为在此轻负荷情况下

的无功功率。

2.1.17 变电所(electric substation)

从电力系统接收电能、变换电压、并对用电设备供电。

2.1.18 配电所(distribution)

所内仅有起开闭和分配电能作用的高压配电装置,母线上无主变压器。

2.1.19 露天变电所(outdoor substation)

变压器位于露天地面上的变电所。

2.1.20 半露天变电所(half outdoor substation)

变压器位于露天地面上的变电所,但变压器的上方有顶板或挑檐。

2.1.21 附设变电所(appendant substation)

变电所的一面或数面墙与建筑物的墙共用,且变压器室的门和通风窗向建筑物外开。

2.1.22 车间内变电所(in shop substation)

位于车间内部的变电所,且变压器室的门向车间内开。

2.1.23 独立变电所(separated substation)

变电所为一独立建筑物。

2.1.24 室内变电所(indoor substation)

附设变电所、独立变电所和车间内变电所的总称。

2.1.25 主保护(main protection)

满足系统稳定和设备安全要求,能以最快速度、有选择地切除被保护设备和全线路故障的保护。

2.1.26 后备保护(reserve protection)

主保护或断路器拒动时,用以切除故障的保护。后备保护可分为远后备保护和近后备保护两种方式。

2.1.27 远后备保护(remote reserve protection)

当保护或断路器拒动时,由相邻电力设备,或线路的保护实现后备。

2.1.28 近后备保护(near reserve protection)

当主保护拒动时,由本电力设备或线路的另一套保护实现后备。当断路器拒动时,由断路器失灵保护实现后备。

2.1.29 辅助保护(auxiliary protection)

为补充主保护的后备保护的性能而增设的简单保护。

2.1.30 异常运行保护(abnormal running protection)

反应被保护电力设备或线路异常运行状态的保护。

2.1.31 复合电压起动的过电流保护(over-current protection started by compound voltage)

保护由负序电压、接于线电压的低电压和过电流三个元件组成。负序电压和低电压元件按或回路接线。

2.1.32 可靠性(reliability)

指保护装置该动作时应动作,不该动作时不误动作,前者为信赖性,后者为安全性。即可靠性包括信赖性和安全性。

2.1.33 选择性(selectivity)

指首先由故障设备或线路本身的保护切除故障,当故障设备或线路本身的保护拒动时,则由相邻设备或线路的保护切除故障。

2.1.34 灵敏性(sensitivity)

指在被保护设备或线路范围内金属性短路时,保护装置应具有必要的灵敏系数。

2.1.35 速动性(fast-acting property)

指保护装置应能尽快地切除短路故障,提高系统稳定性,减轻故障设备和线路的损失程度。

2.1.36 电气测量仪表(electric measuring instrument)

是对电力装置回路的电力运行参数作经常测量、选择测量、记录用的仪表和作计费、技术经济分析考核管理用的计量仪表的总称。

2.1.37 常用测量仪表(general electric measuring instrument)

只指对电力装置回路的电力运行参数作经常测量、选择测量、记录用的仪表,不包括电度表。

2.1.38 电能计量仪表(power measuring instrument)

只指对电力装置回路发电、供电、用电的技术经济考核分析和对电力用户用电量的测量、计量的仪表。不包括电力定量器等对电力用户用电量控制管理用的仪表。

2.1.39 选测系统(selection measuring system)

是指采用一套测量仪表,以切换设备测量多个电力装置回路运行参数的测量方式及组合。

2.1.40 永久性外桥断路器回路(durable switch networks for out of bridge)

是指工程初期采用外桥断路器接线方式,今后不再扩建成将外桥断路器接线改为单母线分段的主接线和其他主接线的情况。

2.1.41 牵入转矩(pull-in torque)

同步电动机在额定功率、额定电压下施加励磁(如有励磁)时,有将其负荷牵入同步时所承受的最大转矩。

注:牵入转矩与转动部分的总惯量有关。

2.1.42 堵转转矩(locked-rotor torque)

电动机在额定频率、额定电压和转子堵住时所产生的转矩测得的最小值。

2.1.43 起动转矩(starting torque)

电动机在起动过程中所产生的电磁转矩。

注:这种转矩不是单一数值,需要用电动机完整的转速转矩曲线来表示。

2.1.44 工作制(duty)

电机所承受的一系列工作条件。

即对电机各种负载情况,包括空载、停机和断能及其持续时间和先后次序等的说明。

2.1.45 连续工作制(continuous running duty-type)

在无规定期限的长时间内是恒载的工作制。

在恒定负载下连续运行达到热稳定状态。

2.1.46 短时工作制(short-time duty-type)

在恒定负载下按给定的时间运行,在未达到热稳定前即停机和断能,其时间足以使电机冷却到与冷却介质温度之差在 2K 以

内。

2.1.47 断续周期工作制 (intermittent periodic duty-type)

按一系列相同的工作周期运行,每一周期由一段恒定负载运行时间和一段停机并断能时间所组成。但在每一周期内这些时间较短,均不足以使电机达到热稳定,且每一周期的起动电流对温升无明显的影响。

2.1.48 最大连续定额 (maximum continuous rating)

制造厂对电机所规定的可以作长期运行的负载和条件。

2.1.49 短时定额 (short-time rating)

制造厂对电机所规定的,可以作短时运行的负载时间和条件。电机应在实际冷状态下起动,并在规定的时限内运行。

2.1.50 周期工作定额 (duty-cycle rating)

制造厂对电机所规定的可以按指定的工作周期运行的负载和条件。

2.1.51 电弧焊机 (arc welding machine)

用电弧供给焊接能量的焊机。

2.1.52 电阻焊机 (resistance welding machine)

利用电流通过工件及焊接接触面间的电阻产生热量,同时对焊接处加压进行焊接的焊机。

曾称:接触焊机。

2.1.53 电渣焊机 (electro-slag welding machine)

利用电流通过熔化极和导电熔化渣池的电阻热效应,使电极经渣池,溶入熔池,由逐渐上升的冷却滑块保持接缝间的金属熔池和溶化渣池,使焊接过程向上进行焊接的焊机。

2.1.54 恒电流充电 (constant-current charge)

蓄电池充电电流恒定,充电电压随充电过程逐渐升高的一种充电方式。

2.1.55 恒电压充电 (constant-voltage charge)

蓄电池充电电压恒定,充电电流随充电过程逐渐下降的一种充电方式。

2.1.56 短网(heavy current lines)

电热装置的低压大电流导体,例如三相电弧炉短网包括硬铜母线、软电缆、电极横臂上铜管和石墨电极。

2.1.57 三相电弧炉供电母线的电压波动值(voltage fluctuation value of bus supplied three-phase arc furnace)

供电给三相电弧炉和一般用电负荷的公用母线在三相电弧炉变压器空载时同三相电弧炉三相工作短路时,该母线的电压差与额定电压的百分比值。

2.1.58 频闪效应(stroboscopia effect)

在以一定频率变化的光的照射下,观察到的物体运动显现出不同于其实际运动的现象。

2.1.59 混光(mixed light)

在同一场所内,采用二种及二种以上的光源照明。

2.1.60 灯具遮光角(shielding angle of luminaire)

光源最边缘的一点和灯具出光口的连线与通过光源发光中心的水平线之间的夹角。

2.1.61 灯具效率(luminaire efficiency)

在规定条件下测得的灯具发射光通量(流明)与灯具内的全部光源在灯具外按规定条件点燃时发射的总光通量之比。

2.1.62 工作面(work plane)

通常指在其上面进行工作的平面,也是规定和测量照度的平面。

2.1.63 视觉作业(visual task)

在工作和活动中,必须观察的呈现在背景前的细节和目标。

2.1.64 视觉环境(visual surround or visual environment)

视觉中除视觉作业以外的所有部分。

2.1.65 识别对象(identification object)

识别的物体和细部(如需要识别的点、线、伤痕、污点等)。

2.1.66 亮度对比(luminance contrast)

视野中目标和背景的亮度差与背景(或目标)亮度之比。

2.1.67 维护系数(maintenance factor)

照明设备使用一定时期后,在工作面上产生的平均照度与该设备新装时在同样条件下产生的平均照度之比。

2.1.68 一般照明(general lighting)

不考虑特殊局部的需要,为照亮整个场地而设置的照明。

2.1.69 局部照明(local lighting)

为满足某些部位(如工作面)的特殊需要而设置的照明。

2.1.70 混合照明(mixed lighting)

一般照明和局部照明组成的照明。

2.1.71 分区一般照明(localized general lighting)

根据需要,提高特定区域照度的一般照明。

2.1.72 正常照明(normal lighting)

在正常情况下使用的室内外照明。

2.1.73 应急照明(emergency lighting)

因正常照明的电源发生故障而启用的照用。

2.1.74 疏散照明(scattered lighting)

作业应急照明的一部分,用以确保安全出口通道能被有效的辨认和应用,使人们安全撤离建筑物。

2.1.75 安全照明(safe lighting)

作为应急照明的一部分,用以确保处于潜在危险之中的人员安全。

2.1.76 备用照明(stand-by lighting)

作为应急照明的一部分,用以确保正常活动继续进行。

2.1.77 眩光(glare)

在视觉中由于光亮的分布或范围不适宜,或在空间和时间上存在着极端的亮度不适宜,或在空间和时间上存在着极端的亮度对比,以致引进不舒适和降低物体可见度的视觉条件。

2.1.78 直接眩光(direct glare)

由视野外中的高亮度或未曾充分遮蔽的光源所产生的眩光。

2.1.79 反射眩光(reflecting glare)

由视野中的光泽表面的反射所产生的眩光。

2.1.80 光幕反射(veiling reflection)

在视野作业上镜面与漫反射重叠出现的现象。

2.1.81 一般显色指数(general colour rendering index)

由 CIE 规定的试验色样,在被测光源照明和由参考光源照明时相符的程度的度量。

2.1.82 照明均匀度(uniformity of illuminance)

表示给定平面上照度变化的度量。为最小照度与平均照度之比。

2.1.83 相对照度系数(relative illuminance factor)

在试验光源和标准光源照明下,达到颜色识别能力相当时,所需要的照度之比。

2.1.84 反射比(reflectance ratio)

从一个表面反射出来的光通量与入射该表面的光通量之比。

2.1.85 照度补偿系数(depreciation factor)

维护系数的倒数。

2.1.86 蝴蝶式绝缘子(shackle insulator)

具有两个或多个伞裙和近似圆柱形外形的绝缘子,它有一个轴向穿通的安装孔和一个用来固定导线的圆周槽。

2.1.87 针式绝缘子(pin insulator)

通过装在绝缘件孔内的一个脚可以刚性地安装到支持结构上的一种刚性绝缘子。其绝缘件可以由一个或彼此永久地连接在一起的多个绝缘元件组成。

2.1.88 悬式绝缘子(cap and pin insulator)

由一个盘状或钟状的绝缘件与沿着其轴线布置的附件——帽和脚组成的绝缘子,帽胶装在绝缘件外面,脚胶装在绝缘件孔内。

2.1.89 绝缘子串(insulator string)

二个或多个串接在一起的绝缘子串元件,作架空线路导线的可挠支持用,绝缘子串主要承受拉力。

2.1.90 破坏荷载(failing load)

绝缘子在规定的试验条件下作机械破坏试验时试品所能达到的最大荷载。

2.1.91 外护层(protective covering)

包覆在电缆的金属套或非金属套外面,以保护其免受外界机械损坏和腐蚀,包括铠装(层)和外被层。

2.1.92 外被层(serving)

在电缆外面的一层或几层非挤出的覆盖层。

2.1.93 铠装(armour)

通常用以防止外界机械影响由金属带、线、丝制成的电缆的覆盖层。

2.1.94 桥架(tray)

由支承电缆的托盘、梯架以及支、吊架等组合构成的刚性结构系统。

2.1.95 少雷区(region of less thunderstorms)

平均年雷暴日数小于或等于 15 天的地区。

2.1.96 中雷区(region of middle thunderstorms)

平均年雷暴日数大于 15 天且小于或等于 40 天的地区。

2.1.97 多雷区(region of more thunderstorms)

平均年雷暴日数大于 40 天且小于或等于 90 天的地区。

2.1.98 雷电活动特殊强烈地区(region of most thunderstorms)

平均年雷暴日数大于 90 天的地区,及根据运行经验雷害特殊严重的地区。

2.1.99 集中接地装置(concentrated earth-termination system)

为加强对雷电流的散流作用,降低对地电压而敷设的附加接地装置。

2.1.100 接闪器(air-termination system)

避雷针、避雷带(线)、避雷网的直接截受雷击部分,以及用作接闪的金属屋面和金属构件等。

2.1.101 引下线(down-conductor)

连接接闪器与接地装置的金属导体。

2.1.102 接地装置(earth-termination)

接地体(极)和接地线的总合。

2.1.103 接地体(极)(earth electrode)

埋入土壤或混凝土基础中作散流用的导体。

与大地紧密接触并与大地形成电气连接的一个或一组可导电部分。

2.1.104 接地线(earthing conductor)

从引下线断接卡或换线处至接地体的连接导体。

将总接地端子或总接地母线接至接地极的保护线。

2.1.105 防雷装置(lightning protection system)

接闪器、引下线、接地装置、过电压保护器及其它连接导体的总合。

2.1.106 直击雷(direct lightning stroke)

雷电直接击在建筑物上,产生电效应、热效应和机械力者。

2.1.107 雷电感应(lightning induction)

雷电放电时,在附近导体上产生的静电感应和电磁感应,它可能使金属部件之间产生火花。

2.1.108 静电感应(electrostatic induction)

由于雷云先导的作用,使附近导体上感应出与先导通道符号相反的电荷,雷云主放电时,先导通道中的电荷迅速中和,在导体上感应电荷得到释放,如不就近泄入地中就会产生很高的电位。

2.1.109 电磁感应(electromagnetic induction)

由于雷电流迅速变化在其周围空间产生瞬变的强电磁场,使附近导体上感应出很高的电动势。

2.1.110 雷电波侵入(penetration of lightning waves)

由于雷电对架空线路或金属管道的作用,雷电波可能沿着这些管线侵入屋内,危及人身安全或损坏设备。

2.1.111 过电压保护器(surge suppressor)

用来限制存在于某两物体之间的冲击过电压的一种设备,如放电间隙、避雷器或半导体器具。

2.1.112 电气设备(electrical equipment)

发电、变电、输电、配电或用电的任何物体,诸如电机、变压器、电器、测量仪表、保护装置、布线材料、电气用具。

2.1.113 电气装置(electrical installation)

一定的空间或场所中若干互相连接的电气设备的组合。

2.1.114 带电部分(live part)

正常使用被通电的导体或导电部分,它包括中性导体,但按惯例不包括保护中性导体(PEN线)。

2.1.115 外露可导电部分(exposed conductive part)

电气装置能被触及的导电部分,它在正常时不带电,但在故障情况下可能带电。

2.1.116 装置外可导电部分(extraneous conductive part)

不属于电气装置一部分的导电部分,它可能引入电位,一般是地电位。

2.1.117 中性线(N线)(neutral conductor)

与系统中性点相连接并能起传输电能作用的导体。

2.1.118 保护线(PE线)(protective conductor)

为满足某些故障情况下电击保护措施所要求的用来将以下任何部分作电气连接的导线:外露导电部分、装置外导电部分、总接地端子、接地线、电源接地点或人工接地点。

2.1.119 保护中性线(PEN线)(PEN conductor)

起中性线和保护线二种作用的接地的导线。

2.1.120 总接地端子、总接地端子母线(main earthing terminal main earthing terminal bar)

将保护线、包括等电位联结线和工作接地线(如有)与接地部件相连接的端子或接地母线。

2.1.121 总接地端子板(main earthing terminal board)

若干个相互能连接或隔离的接地端子装在一起的板,如用作总接地的则称为总接地端子板。

2.1.122 接触电压(touch voltage)

绝缘损坏时能同时触及的部分之间出现的电压。

2.1.123 跨步电压(step voltage)

人的两脚接触地面上水平距离为 0.8m 的两点间的电位差。

2.1.124 约定接触电压限值(符号 U_1)(conventional touch voltage limit)

在规定的各界影响下,允许长期保持的接触电压最大值。

2.1.125 安全或隔离特低电压(符号 SELV)(safety or separated extra-low voltage)

在用安全隔离变压器或具有独立绕组的变流器与供电干线隔离的电路中,导体之间或任何一个导体与地之间均方根值不超过 50V 的交流电压。

2.1.126 故障电流(fault current)

由于绝缘损坏或绝缘被短接所产生的电流。

2.1.127 接地故障电流(earth fault current)

流向大地的故障电流。

2.1.128 等电位联结(equipotential bonding)

使各个外露可导电部分和装置外可导电部分基本上处于相等电位的电气联结。

2.1.129 等电位联结线(equipotential bonding conductor)

用作等电位联结的保护线。

2.1.130 固定式设备(stationary equipment)

紧固式设备,或没有搬运把手且重量又使人难以移动的设备。

2.1.131 移动式设备(portable equipment)

在工作时移动的设备,或在接有电源时能容易地从一处移至另一处的设备。

2.1.132 手握式设备(hand-held equipment)

在正常使用时要用手握住的移动式设备,如果有电动机,它应包括在该设备中。

2.1.133 闪点(flash-point)

标准条件下能使液体释放出足够的蒸气而形成能发生闪燃的

爆炸性气体混合物的液体最低温度。

2.1.134 引燃温度(ignition temperature)

按照标准试验方法,引燃爆炸性混合物的最低温度。

2.1.135 环境温度(ambient temperature)

指所划区域内历年最热月平均最高温度。

2.1.136 易燃物质(flammable material)

指易燃气体、蒸气、液体或薄雾。

2.1.137 易燃气体(flammable gas)

以一定比例与空气混合后而形成的爆炸性气体混合物的气体。

2.1.138 易燃液体(flammable liquid)

在可预见的使用条件下能产生易燃蒸气或薄雾,闪点低于45℃的液体。

2.1.139 易燃薄雾(flammable mist)

弥散在空气中的易燃液体的微滴。

2.1.140 爆炸性气体混合物(explosive gas mixture)

大气条件下气体、蒸气、薄雾状的易燃物质与空气的混合物,点燃后燃烧将在全范围内传播。

2.1.141 爆炸性气体环境(explosive gas atmosphere)

含有爆炸性气体混合物的环境。

2.1.142 爆炸极限(explosive limits)

2.1.142.1 爆炸下限(lower explosive limit)

易燃气体、蒸气或薄雾在空气中形成爆炸性气体混合物的最低浓度。

2.1.142.2 爆炸上限(upper explosive limit)

易燃气体、蒸气或薄雾在空气中形成爆炸性气体混合物的最高浓度。

2.1.143 爆炸危险区域(hazardous area)

爆炸性混合物出现的或预期或能出现的数量达到足以要求对电气设备的结构、安装和使用采取预防措施的区域。

2.1.144 非爆炸危险区域(non-hazardous area)

爆炸性混合物预期出现的数量不足以要求对电气设备的结构、安装和使用采取预防措施的区域。

2.1.145 区(zone)

爆炸危险区域的全部或部分。

注:按照爆炸性混合物出现的频繁程度和持续时间,可分为不同危险程度的若干区。

2.1.146 释放源(source of release)

可释放出能形成爆炸性混合物的物质所在的位置或地点。

注:在确定释放源时,不应考虑工艺容器、大型管道或贮罐等的毁坏性事故如炸裂等。

2.1.147 自然通风环境(natural ventilation atmosphere)

由于天然风力或温差的作用能使新鲜空气置换原有混合物的区域。

2.1.148 机械通风环境(artificial ventilation atmosphere)

用风扇、排风机等装置使新鲜空气置换原有的混合物的区域。

2.1.149 爆炸性粉尘混合物(explosive dust mixture)

大气条件下粉尘或纤维状易燃物质与空气的混合物,点燃后燃烧将在全范围内传播。

2.1.150 爆炸性粉尘环境(explosive dust atmosphere)

含有爆炸性粉尘混合物的环境。

2.1.151 火灾危险环境(fire hazardous atmosphere)

存在火灾危险物质以致有火灾危险的区。

2.2 符号与代号

2.2.1 电动机和电焊机的保护

I_{zd} 过电流继电器的整定电流(A);

I_{ed} 电动机的额定电流(A);

K_k 可靠系数;

K_{jx} 接线系数;

- K_h 继电器返回系数；
- n 电流互感器变比；
- I_{er} 熔断器熔体的额定电流(A)；
- I_{eh} 电焊机一次侧额定电流(A)；
- ε_h 电焊机额定负载持续率(%)；
- K_{js} 计算系数。

2.2.2 照明

- GGY 荧光高压汞灯；
- NG 高压钠灯；
- ZJD 高光效金属卤化物灯；
- DDG 镝灯；
- NGX 中显色高压钠灯；
- KNG 钪钠灯。

2.2.3 架空线气象条件

- W 电杆或导线的风荷载(N)；
- C 风载体型系数；
- F 电杆杆身侧面的投影面积或导线直径与水平档距的乘积(m^2)；
- V 设计风速(m/s)。

2.2.4 导线、绝缘子和金具

- K_d 导线的安全系数；
- σ_p 导线的抗拉强度(MPa)；
- σ_{max} 导线在弧垂最低点的最大使用应力(MPa)；
- K_j 绝缘子的机械强度安全系数；
- T 绝缘子的破坏荷载(N)；
- T_{max} 绝缘子的最大使用荷载(N)。

2.2.5 电压、电流和功率

- U_n —系统标称电压；
- U_m —系统最高运行电压；
- $U_{m.g}$ —发电机最高运行电压；

U_i —雷电感应过电压最大值；

U_s —雷电直击过电压最大值；

$U_{n.c}$ —并联电容补偿装置中电容器的额定电压；

I —雷电流幅值；

I_c —接地电容电流；

W —消弧线圈的容量。

2.2.6 电阻、电容、电感和阻抗

R —工频接地电阻；

R_i —冲击接地电阻；

R_{Δ} —电磁式电压互感器开口三角形绕组接入电阻；

$R_{p.n}$ —电磁式电压互感器中性点对地接入电阻；

C —旋转电机保护用电容器；

C_c —并联电容补偿装置中电容器；

L_c —并联电容补偿装置中电抗器；

L' —进线保护段用电抗线圈；

L —限流电抗器；

X_{co} —系统每相对地容抗；

X_m —电磁式电压互感器在线电压作用下单相绕组的励磁电抗。

2.2.7 时间参数和几何特征

τ_i —雷电流波头长度；

D —两避雷针、避雷线间的距离；

D' —避雷针与等效避雷针间的距离；

f —通过两支等高避雷针顶点和保护范围上部边缘最低点的圆弧的弓高；

h —避雷针、避雷线的高度，避雷针校验点的高度，保护变电所用的避雷线的高度；

h_a —避雷针、避雷线的有效高度；

h_r —被保护物的高度；

h_o —两等高避雷针、避雷线间保护范围上部边缘最低点的高

度或两等高避雷针间假想避雷针的高度；

h_c —导线平均高；

θ —避雷针或避雷线保护范围顶部的保护角；

l —档距长度；

l' —避雷线两支柱间的距离；

l_c —电缆段；

l_o —进线保护段长度；

l_p — SF_6 管道；

Δl —避雷线上校验的雷击点与接地支柱间或最近支柱间的距离；

l_2 —避雷线上校验的雷击点与另一端支柱间的距离；

b_x —两针间在 h_x 水平面上的保护范围一侧最小宽度；

R'_0 —通过两避雷针(避雷线)顶点以及两针(线)间保护范围上部边缘最低点的圆的半径；

r —避雷针在地面上的保护半径；

r_x —避雷针在 h_x 水平面上的保护半径；

s_a —避雷针、避雷线与被保护物间的空气中距离；

s_e —避雷针、避雷线与被保护物间的地中距离；

s —雷击点与线路的距离；

s_1 —导线与避雷线间的距离；

p —避雷针、避雷线的高度影响系数；

β' —避雷线分流系数；

K_{11} —电磁式电压互感器一次绕组与开口三角绕组的变化。

2.2.8 避雷器和间隙

FB—阀式避雷器,包括碳化硅和金属氧化物避雷器；

PB—排气式避雷器；

FZ—电站碳化硅普通阀式避雷器；

FCZ—电站碳化硅磁吹阀式避雷器；

YWZ—电站无间隙金属氧化物避雷器；

Y CZ—电站有串联间隙金属氧化物避雷器；

FS—配电碳化硅普通阀式避雷器；
 YWS—配电无间隙金属氧化物避雷器；
 YCS—配电有串联间隙金属氧化物避雷器；
 FCD—旋转电机碳化硅磁吹阀式避雷器；
 YWD—旋转电机无间隙金属氧化物避雷器；
 YWBZ—变压器中性点无间隙金属氧化物避雷器；
 YWDZ—旋转电机中性点无间隙金属氧化物避雷器；
 YWDR—并联电容补偿装置无间隙金属氧化物避雷器；
 PB—排气式避雷器；
 YWDL—无间隙金属氧化物电缆护层保护器；
 JX—保护间隙；
 SF6—六氟化硫绝缘气体。

2.2.9 建筑物防雷部分

l —架空避雷线的水平长度；
 金属铠装电缆或护套电缆穿钢管埋于地中的长度；
 l_1 —从架空避雷网中间最低点沿导体至最近支柱的距离；
 l_r —引下线计算点到地面或到连接点的长度；
 l_e —接地体的有效长度；
 l_r —补加水平接地体的长度；
 l_v —补加垂直接地体的长度；
 h —架空避雷线(网)支柱或避雷针(线)的高度；
 h_1 、 h_2 —避雷针的高度；
 h_x 、 h_y —被保护物的高度；
 h_o 、 h_o' —保护范围最低点或最高点的高度；
 h_r —滚球半径；
 b_o —双支避雷针在地面每侧的最小保护宽度；
 b_r —避雷线在 h_r 高度的保护宽度；
 b_m —高度大于 h_r 的两根等高避雷线位于 h_r 高处的最小保护宽度；
 r_r —单支避雷针在 h_r 高度的保护半径；

r_0 —单支避雷针在地面上的保护半径；

D —两避雷针(线)间的距离；

建筑物的扩大宽度；

D_1 —从双支不等高避雷针之一到最小保护宽度处的距离；

D_2 、 D_3 —两避雷针间的距离；

A —环形接地体或成环的条形基础钢筋所包围的面积或槽形、板形基础钢筋网在水平面的投影面积；

换算系数

A_e —与建筑物截收相同雷击次数的等效面积；

S_{a1} —独立避雷针或架空避雷线(网)的支柱至被保护建筑物及其有联系的金属物之间的空气中距离；

S_{a2} —避雷线(网)至被保护物的空气中距离；

S_{a3} —金属物或电气线路至独立接地的防雷引下线之间的空气中距离；

S_{a4} —金属物或电气线路与防雷引下线之间的空气中距离；

S_{e1} —独立避雷针或架空避雷线(网)支柱处的接地装置至被保护建筑物及其有联系的金属物之间的地中距离；

S_{e2} —防直击雷的接地装置至电气设备接地装置和埋地金属管道等之间的地中距离；

S —钢筋表面积总和；

L 、 W 、 H —分别为建筑物的长、宽、高；

R_{\sim} —接地装置的工频接地电阻；

R_i —接地装置的冲击接地电阻；

n —从避雷网中间最低点沿导体至最近支柱并有同一距离 l_1 的个数；

N —建筑物年预计雷击次数；

N_g —雷击大地的年平均密度；

T_d —年平均雷暴日；

K —校正系数；

k_c —雷电流分流系数；

ρ —土壤电阻率。

2.2.10 低压配电系统的接地型式

TN 系统—在此系统内,电源有一点与地直接连接,负荷侧电气装置的外露可导电部分通过 PE 线与该点连接;

TN-C 系统—在 TN 系统内 N 线和 PE 线是合为一根的;

TN-C-S 系统—在 TN 系统内有一部分 N 线和 PE 线是合一的;

TN-S 系统—在 TN 系统内 N 线和 PE 线是分开的;

TT 系统—在此系统内,电源有一点与地直接连接,负荷侧电气装置外露可导电部分连接的接地极和电源的接地极无电气联系;

IT 系统—在此系统内,电源与地绝缘或一点经阻抗接地。负荷侧电气装置外露可导电部分接地。

3 供配电系统

3.1 一般规定

3.1.1 本章适用于新建或扩建的机械工厂 110kV 及以下的供配电系统的设计。

3.1.2 供配电系统设计应根据工程特点、规模和发展规划正确处理近期建设和远期发展的关系,做到远近期结合,以近期为主,适当考虑发展的可能按照负荷的性质、用电容量、地区供电条件,合理确定设计方案。

3.2 负荷分级与供电要求

3.2.1 电力负荷应按生产过程中的重要性和中断供电在政治、经济上所造成的损失或影响的程度进行分级,并应符合下列规定。

3.2.1.1 符合下列情况之一时应为一级负荷:

(1) 中断供电将造成人身伤亡时;

(2) 中断供电将在政治、经济上造成重大损失时;

(3) 中断供电将影响有重大政治、经济意义的用电单位的正常工作时。

在一级负荷中,当中断供电将发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷,以及特别重要场所的不允许中断供电的负荷,应视为特别重要的负荷。

3.2.1.2 符合下列情况之一时应为二级负荷:

(1) 中断供电将在政治、经济上造成较大损失时;

(2) 中断供电将影响重要用电单位的正常工作时;

3.2.1.3 不属于一级和二级负荷者应为三级负荷。

3.2.2 机械工厂常用重要用电设备的负荷级别不应低于表 3.2.2

的规定：

常用重要用电设备的负荷级别

表 3.2.2

建筑物名称	用电设备及部位名称	负荷级别
炼钢车间	容量为 100t 及以上的平炉加料起重机、浇铸起重机、倾动装置及冷却水系统的用电设备	一 级
	容量为 100t 及以下的平炉加料起重机、浇铸起重机、倾动装置及冷却水系统的用电设备	二 级
	平炉鼓风机、平炉用其它用电设备。5t 以上电弧炼钢炉的电极升降机构、倾炉机构及浇铸起重机	二 级
	总安装容量为 30MVA 以上，停电会造成重大经济损失的多台大型电热装置（包括电弧炉、矿热炉、感应炉等）	一 级
铸铁车间	30t 及以上的浇铸起重机、部重点企业冲天炉鼓风机	二 级
热处理车间	井式炉专用淬火起重机、井式炉油槽抽油泵	二 级
锻压车间	锻造专用起重机、水压机、高压水泵、油压机	二 级
金属加工车间	价格昂贵、作用重大、稀有的大型数控机床、停电会造成设备损坏。如自动跟踪数控仿形铣床、强力磨床等设备	一 级
	价格贵、作用大、数量多的数控机床工部	二 级
电镀车间	大型电镀工部的整流设备、自动流水作业生产线	二 级
试验站	单机容量为 200MW 以上的大型电机试验、主机及辅机系统、动平衡试验的润滑油系统	一 级

(续)

建筑物名称	用电设备及部位名称	负荷级别
试验站	单机容量为 200MW 及以下的大型电机试验、主机及辅机系统，动平衡试验的润滑油系统	二 级
	采用高位油箱的动平衡试验润滑油系统	二 级
层压制品车间	压机及供热锅炉	二 级
线缆车间	熔炼炉的冷却水泵、鼓风机、连铸机的冷却水泵、连轧机的水泵及润滑泵 压铅机、压铝机的熔化炉、高压水泵、水压机 交联聚乙烯加工设备的挤压交联冷却、收线用电设备。漆包机的传动机构、鼓风机、漆泵 干燥浸油缸的连续电加热、真空泵、液压泵	二 级
磨具成型车间	隧道窑鼓风机、卷扬机构	二 级
油漆树脂车间	2500L 及以上的反应釜及其供热锅炉	二 级
焙烧车间	隧道窑鼓风机、排风机、窑车推进机、窑门关闭机构 油加热器、油泵及其供热锅炉	二 级
热煤气站	煤气加压机、加压油泵及煤气发生炉鼓风机	一 级
	有煤气缶的煤气加压机、有高位油箱的加压油泵	二 级
	煤气发生炉加煤机及传动机构	二 级
冷煤气站	鼓风机、排送机、冷却通风机、发生炉传动机构、高压整流器等	二 级

(续)

建筑物名称	用电设备及部位名称	负荷级别
锅炉房	中压及以上锅炉的给水泵	一级
	有汽动水泵时,中压及以上锅炉的给水泵	二级
	单台容量为 20t/h 及以上锅炉的鼓风机、引风机、二次风机及炉排电机	二级
水泵房	供一级负荷用电设备的水泵	一级
	供二级负荷用电设备的水泵	二级
空压站	部重点企业单台容量为 60m ³ /min 及以上空压站的空气压缩机、独立励磁机	二级
	离心式压缩机润滑油泵	一级
	有高位油箱的离心式压缩机润滑油泵	二级
制氧站	部重点企业中的氧压机、空压机冷却水泵、润滑油泵(带高位油箱)	二级
计算中心	大中型计算机系统电源(自带 UPS 电源)	二级
理化计量楼	主要实验室、要求高精度恒温的计量室的恒温装置电源	二级
刚玉、碳化硅冶炼车间	冶炼炉及其配套的低压用电设备	二级
涂装车间	电泳涂装的循环搅拌、超滤系统的用电设备	二级

3.2.3 对负荷等级没有明确规定的重要设备及部位,应与工艺部门、建设单位和供电部门等协商确定。

3.2.4 一级负荷的供电电源应符合下列规定:

3.2.4.1 一级负荷应由两个电源供电,当一个电源发生故障时,另一个电源不应同时受到损坏。

一级负荷容量较大或有高压用电设备时，应采用两路高压电源。一级负荷容量不大时，可采用从电力系统取得第二低压电源，亦可采用柴油发电机组等。

3.2.4.2 一级负荷中特别重要的负荷，除上述两个电源外，还必须增设应急电源，为保证对特别重要负荷的供电，严禁将其他负荷接入应急电源系统。

应急电源必须按工艺允许停电时间迅速向一级负荷中特别重要的负荷供电。

3.2.5 下列电源可作为应急电源：

- (1) 独立于正常电源的发电机组；
- (2) 供电网络中独立于正常电源的专用馈电线路；
- (3) 蓄电池；
- (4) 干电池。

3.2.6 根据允许中断供电时间可分别选择下列应急电源：

(1) 快速自起动的发电机组，适用于允许中断供电时间为 15s 以上的供电；

(2) 带有自动投入装置的独立于正常电源的专用馈电线路，适用于允许中断供电时间为 1.5s 以上的供电；

(3) 蓄电池静止型不间断供电装置，蓄电池机械贮能电机型不间断供电装置或柴油机不间断供电装置，适用于允许中断供电时间为毫秒级的供电。

应急电源的工作时间，应按生产技术上要求的停车时间考虑。当与自动起动的发电机配合使用时，不宜少于 10min

3.2.7 二级负荷宜由两回线路供电。在负荷较小或地区供电条件困难时，二级负荷可由一回 6kV 及以上专用电源供电；且当采用架空线时可为一回架空线供电，而当采用电缆线路时，应采用两根电缆组成的电缆线路供电，其每根电缆应能承受 100% 的二级负荷。

3.2.8 三级负荷对供电电源无特殊要求。

3.3 电源与供电系统

3.3.1 符合下列情况之一的机械工厂宜设置自备电源：

(1) 需要设置自备电源作为一级负荷中特别重要负荷的应急电源时或电源不能满足一级负荷的条件时；

(2) 设置自备电源较从电力系统取得第二电源经济合理时；

(3) 有大量连续的热负荷，按“以热定电”原则建热电站技术经济合理时；

(4) 有常年稳定的余热、压差、废气可供发电，技术经济合理时；

(5) 所在地区偏僻、远离电力系统，设置自备电源经济合理时。

3.3.2 应急电源与正常电源之间必须采取可靠措施防止并列运行。

3.3.3 在设计供配电系统时，除一级负荷中特别重要负荷外，不应考虑一电源系统检修或故障的同时，另一电源系统又发生故障。

3.3.4 需要两回线路的工厂，宜采用同级电压供电。但根据各级负荷的不同需要及地区供电条件，亦可采用不同电压供电。

3.3.5 有一级负荷的工厂难以从地区电力网取得两个电源，而有可能从邻近单位取得第二电源时，则宜从该单位取得第二电源。

3.3.6 同时工作的供电电源线路为两回及以上时，应满足其中一回线路中断供电时，其余线路仍能保证全部一级负荷及二级负荷的用电需要。

3.3.7 供配电系统应简单可靠，同一电压的配电级数不宜多于二级。

3.3.8 高压供电电源线路应深入负荷中心。根据负荷容量和分布，宜使总变电所和配电所靠近高压负荷中心，变电所靠近各自低压负荷的中心。

3.3.9 当供电电压为 35kV 及以上，电源系统结线方式应根据总变电所的数量和位置确定，宜采用放射式或树干式结线。

3.3.10 35kV 及以上放射式电源系统可采用下列结线方式:

(1) 单回专用电源线路和单台主要变压器,可采用“线路——变压器组”的单元结线,适用于二、三级负荷的供电;

(2) 两回电源线路和两台主变压器,当电源线路较长或不需要经常切换变压器时可采用内桥结线;反之则采用外桥结线。适用于一、二级负荷的供电;

(3) 两回电源线路和两台以上主变压器或出线回路数多于二回不超过四回时,可采用单母线或单母线分段结线。适用于大中型企业一、二级负荷的供电。

(4) 两回电源线路,当出线回路数在四回以上、负荷重要或有其他特殊要求时,可采用双母线结线。适用于大型企业的一、二级负荷的供电。

3.3.11 35kV 及以上树干式电源系统可采用下列结线方式:

(1) 只有一回电源线路,且装设一台或两台变压器的变电所在二座以上的三级负荷企业,可采用单回路干线式供电;

(2) 有二回电源线路,但厂区占地面积大、车间多、负荷分散的大型企业,可采用双回路干线式供电。

3.3.12 当供电电压为 10 (6) kV 时,电源系统结线宜采用单母线或单母线分段。

3.3.13 当供电电压为 35kV 且负荷小而集中的用电企业,当无 10 (6) kV 用电设备以及受地理、环境等条件限制,发展可能性小时,可采用 35/0.4kV 配电变压器直降供电。

3.3.14 10 (6) kV 配电系统宜采用放射式。根据负荷等级、负荷容量、地理位置和环境等情况,亦可采用树干式、环式以及三者不同组合的混合式配电系统。

3.3.15 当厂区采用单回路树干式配电时,每条线路上经常供电的变压器装接容量不宜大于 2000kVA,当为架空线路时其数量不宜超过 5 台,电缆线路时其数量不宜超过 3 台。

3.3.16 环式配电系统一般由同一配电所的两段母线供电,采用开环运行方式。

3.3.17 在工厂内部邻近变电所之间宜设置低压联络线,其容量不应小于较大变压器容量的10%。

3.3.18 负荷很小,用电设备总容量在250kW及以下或需用变压器容量在160kVA及以下的一般工厂,宜由当地低压电网供电。

3.4 电压选择与电能质量

3.4.1 选择工厂的供电电压,应根据电力系统现状和发展规划、输送容量大小、送电距离、供电线路的回路数、用电设备特性、工厂的远景规划等因素,经技术经济比较后与电力部门协商确定。

3.4.2 各级电压的供电功率和供电距离的宜符合表3.4.2的规定。

各级电压供电线路的输送能力

表 3.4.2

线路电压 (kV)	线路种类	供电功率 (kW)	供电距离 (km)
0.22	架空线	<50	0.51以下
0.22	电缆	<100	0.2以下
0.38	架空线	100	0.25
0.38	电缆	175	0.35
6	架空线	1000	10以下
8	电缆	3000	8以下
10	架空线	200~2000	20~6
10	电缆	5000	10以下
35	架空线	2000~10000	50~20
110	架空线	10000~50000	150~50

3.4.3 当供电电压为35kV及以上时,厂内的配电电压应采用10kV;当6kV电动机或其他6kV用电设备较多,装机总容量占全厂用电负荷50%及以上,选用6kV技术经济合理时,宜采用6kV。

低压配电电压应采用 220/380V。

3.4.4 供电电压为 35kV，且能减少配变电级数、简化结线、节约电能、节约投资和提高电能质量时，配电电压宜采用 35kV。

3.4.5 工厂受电端的供电电压允许偏差（以额定电压的百分数表示）应符合下列要求：

(1) 35kV 及以上供电电压正、负偏差的绝对值之和不超过额定电压的 10%；

(2) 10kV 及以下三相供电电压偏差为 $\pm 7\%$ ；

(3) 220V 单相供电电压偏差为 $+7\%$ ， -10% 。

3.4.6 正常运行情况下用电设备端子处电压偏差允许值（以额定电压的百分数表示）宜符合下列规定：

(1) 电动机为 $\pm 5\%$ ；

(2) 照明

在一般工作场所为 $\pm 5\%$ ；对于远离变电所的小面积一般工作场所，难以满足上述要求时，可为 $+5\%$ ， -10% ；应急照明、道路照明和警卫照明等为 $+5\%$ ， -10% ；

(3) 其他用电设备当无特殊规定时为 $\pm 5\%$ 。

电压偏差的计算宜符合附录 A 的规定。

3.4.7 当电压偏差超过允许范围时，宜采取以下措施之一或几种同时并用。

(1) 合理选择变压器的变比、阻抗和电压分接头；

(2) 选用有载调压变压器；

(3) 正确设计供配电网络、合理减少系统阻抗，尽量使三相负荷平衡；

(4) 设置并联补偿电容器或自动静止补偿装置；

(5) 调整同步电动机的励磁电流；

(6) 利用自备发电机输出无功进行逆调压；

(7) 改变供配电系统运行方式。

3.4.8 合理选择配电变压器分接头的位置以适当改变变压器的变化。对离总变电所很近的配电变压器，宜选用 $10.5(6.3)\pm 5\%$ 。

0.4kV；对离总变电所较远的配电变压器宜选用 $10(6) \pm 5\% / 0.4\text{kV}$ 。

配电变压器分接头的选择宜符合附录 B 的规定。

3.4.9 变电所中的变压器在下列情况之一时，应采用有载调压型：

(1) 35kV 以上降压变电所的主变压器直接向 35kV、10(6)kV 配电系统馈电时；

(2) 35kV 降压变电所的主变压器，在电压偏差不能满足要求时。

10(6)kV 配电变压器不宜采用有载调压型；但在当地 10(6)kV 电源电压偏差不能满足要求，且用电负荷对电压要求严格，另设调压装置技术经济不合理时，亦可采用 10(6)kV 有载调压变压器。

3.4.10 有载调压变压器分接开关的选择，应满足下列要求：

(1) 调压范围应采用 $15\% \sim 20\%$ （从正分接到负分接）；

(2) 调压装置的分级电压不宜过大，可采用 2.5% ；

(3) 额定分接位置宜在调压范围的中间。

3.4.11 电压偏差应符合用电设备端电压的要求，35kV 以上变压器的有载调压宜实行逆调压方式。逆调压的范围宜为额定电压的 $0 \sim +5\%$ 。

3.4.12 在电力系统公共供电点，由冲击性功率负荷产生的电压波动允许值宜符合表 3.4.12 的要求。

冲击性功率负荷产生的电压波动允许值 表 3.4.12

额定电压 (kV)	电压波动允许值 V_t (%)
10 及以下	2.5
35~110	2.0

3.4.13 对冲击性功率负荷供电所引起的电网电压波动和闪变超过允许范围时，宜采取下列措施：

- (1) 用专线供电；
- (2) 与其他负荷共用配电线路时，降低配电线路阻抗；
- (3) 较大功率的冲击功率负荷群与对电压波动、闪变敏感的负荷分别由不同的变压器供电；
- (4) 采用降压起动等办法限制电动机启动电流；
- (5) 对于大功率电弧炉的炉用变压器由短路容量较大的电网供电；
- (6) 自备热电站的发电机组装设快速自动励磁调节装置；
- (7) 采用动态无功功率补偿装置。

3.4.14 控制各类非线性用电设备所产生的谐波引起的电网电压正弦波形畸变率，宜采取下列措施：

3.4.14.1 各类大功率非线性用电设备变压器由短路容量较大的电网供电。

3.4.14.2 对大功率静止整流器宜采取下列措施：

- (1) 提高整流变压器二次侧的相数和增加整流器的整流脉冲数；
- (2) 多台相数相同的整流装置，使整流变压器的二次侧有适当的相角差；
- (3) 按谐波次数装设分流滤波器。

3.4.14.3 选用 D、Yn₁₁ 结线组别的三相配电变压器。

3.4.15 设计低压配电系统时宜采取下列措施降低三相低压配电系统的不平衡。

(1) 220V 或 380V 单相用电设备接入 220/380V 三相系统时，宜使三相平衡。

(2) 对由低压配电系统供电的 220V 照明负荷大于 30A 时，宜以 220/380V 三相四线制供电。

3.4.16 为限制半波整流装置向电网注入直流电流，功率大于 1kW 的单相半波整流器或大于 3kW 的三相半波整流器，应经过隔离变压器才能接入 220/380V 配电系统。

3.4.17 对大容量的用电设备，宜采取直接由总变电所供电或由专

用变压器供电的方式。

3.4.18 有稳定负荷的隐极式同步电动机,不应与较大冲击负荷的用电设备接在同一段母线上。

3.5 无功补偿

3.5.1 设计中应正确选择电动机、变压器的容量,减少线路感抗,当工艺条件适当时,采用同步电动机以及选用带空载切除的间歇工作制设备等措施,以提高工厂的自然功率因数。

3.5.2 高压供电的工厂,功率因数应不低于 0.9;如低压供电时,应不低于 0.85。当采用提高自然功率因数措施后,仍不能达到这一要求时,应采用并联电力电容器作为无功补偿装置。当经过技术经济比较,确认采用同步电动机作为无功补偿装置合理时,可采用同步电动机。

3.5.3 采用无功补偿装置时,无功电力应就地平衡,并做到随其负荷和电压的变动及时投入或切除,防止无功电力往电网倒送。

3.5.4 采用电力电容器作无功补装置时,低压部分的无功功率宜由低压电容器补偿,高压部分的无功功率宜由高压电容器补偿。容量较大,负荷平衡且经常使用的用电设备的无功功率宜单独就地补偿。补偿基本无功功率的电容器组,宜在配变电所内集中补偿,在环境正常的车间内,低压电容器宜分散补偿。

3.5.5 无功补偿容量宜按无功功率曲线或无功补偿计算方法确定。

无功补偿容量的确定宜符合附录 C.5.5 的规定。

3.5.6 无功补偿装置的投切方式,具有下列情况之一者,宜采用手动投切的无功补偿装置。

(1) 补偿低压基本无功功率的电容器组;

(2) 常年稳定的无功功率;

(3) 经常投入运行的变压器或配变电所内投切次数较少的高压电容器组。

3.5.7 无功补偿装置的投切方式,具有下列情况之一者,宜装设无

功自动补偿装置。

(1) 避免过补偿，装设无功自动补偿装置在经济上合理；

(2) 避免在轻载时电压过高，造成某些用电设备损坏，而装设无功自动补偿装置在经济上合理；

(3) 只有装设无功自动补偿装置才能满足在各种运行负荷的情况下的电压偏差允许值。

3.5.8 当采用高、低压自动补偿装置效果相同时，宜采用低压自动补偿装置。

3.5.9 无功自动补偿的调节方式，宜根据下列原则确定：

(1) 以节能为主进行补偿者，采用无功功率参数调节；当三相负荷平衡时，也可采用功率因数参数调节。

(2) 提供维持电网电压水平所必要的无功功率及以减少电压偏差为主进行补偿者，应按电压参数调节，但已采用变压器自动调压者除外。

(3) 无功功率随时间稳定变化时，按时间参数调节。

3.5.10 电容器分组时，应满足下列要求：

(1) 分组电容器投切时，不应产生谐振；

(2) 适当减少分组组数和加大分组容量；

(3) 应与配套设备的技术参数相适应；

(4) 应满足电压偏差的允许范围。

3.5.11 接到电动机控制设备侧的电容器的额定电流，不应超过电动机励磁电流的0.9倍，其馈电线和过电流保护装置的整定值，应按电动机——电容器组的电流确定。

3.5.12 高压电容器组宜串联适当参数的电抗器，低压电容器宜加大投切容量或采用专用投切接触器，以减少合闸冲击涌流。当受谐波含量较大的用电设备影响的线路上装设电容器组时，宜串联电抗器。

3.5.13 电容器组应装设单独的控制、保护和放电设备。对单台设备实行单独补偿用的电容器，可与该台设备共用其控制、保护装置，此电容器不需另设放电设备。

3.5.14 电容器组装设的放电设备，高压放电 5min，低压放电 1min 后，电容器两端的残余电压不应大于 50V。电容器组的载流部分，其长期允许电流不应小于电容器组额定电流值的 1.5 倍。

3.5.15 气体放电光源宜采用单灯电容器补偿。

3.6 低压配电

3.6.1 低压配电电压应采用 220/380V。带电导体系统的型式宜采用单相二线制两相三线制，三相三线制和三相四线制。

3.6.2 在正常环境的车间或建筑物内，当大部分用电设备为中小容量、且无特殊要求时，宜采用树干式配电。

3.6.3 当用电设备为大容量、或负荷性质重要、或在有特殊要求的车间、建筑物内，宜采用放射式配电。

3.6.4 当部分用电设备距供电点较远，而彼此相距很近，生产性质相同，容量很小的一般用电设备，可采用链式配电。每一路环链设备不宜超过 5 台，环链配电箱不宜超过 3 台，总容量不超过 10kW。电源插座（箱）采用链式配电时，其数量可适当增加。

3.6.5 单层厂房内树干式配电的干线宜采用架空明线敷设。如有特殊要求，亦可采用封闭式插接母线槽。

3.6.6 在采用树干式配电的车间内，凡符合下列条件之一的用电设备，宜由变电所直接以放射式配电：

(1) 距离供电点较近的大容量用电设备由于干线供电在经济上不合理时；

(2) 电压质量要求严格的用电设备由于干线就近供电不能满足要求时；

(3) 容量较大的用电设备由于干线供电将使干线的电压质量不能满足要求时。

3.6.7 在多层厂房内，当向楼层各配电点供电时，宜采用分区树干式配电；部分较大容量的集中负荷或重要负荷，应从低压配电室以放射式配电。

3.6.8 多条平行生产流水线或互为备用的生产机组，根据生产要

求，宜由不同的回路配电；同一生产流水线的各用电设备宜由同一回路配电。

3.6.9 当用电设备因工艺需要可能经常变动且数量多、功率小、布置比较均匀时，宜采用分干线配电，分干线借助于控制和保护装置与主干线相连。在工艺设备可能有变化处和环境条件允许有这种变化处，宜采用封闭式插接母线槽作分干线。

3.6.10 对低压一级负荷配电的两个电源或两回线路，应在最末一级配电箱处自动切换。

3.6.11 由建筑物外引来的配电线路，应在屋内靠近进线点便于操作维护的地方装设隔离电器。

3.6.12 生产厂房内的动力用电设备与照明用电设备不宜共线配电，动力和照明电源应在低压配电室或由建筑物外引来的配电线路进线开关处分开。

3.6.13 无附设变电所的大型单层生产厂房宜设配电间，多层厂房每层均宜设配电间并有电气竖井。

3.6.14 在新建工程采用 TN 及 TT 系统接地型式的低压电网中，宜选用 D、Y_{nl1} 结线组别的三相变压器作为配电变压器。

3.6.15 在 TN 及 TT 系统接地型式的低压电网中，当选用 Y、Y_{no} 结线组别的三相变压器时，其由单相不平衡负荷引起的中性线电流不得超过低压绕组额定电流的 25%，且其一相的电流在满载时不得超过额定电流值。

3.6.16 当采用 220/380V 的 TN 及 TT 系统接地型式的低压电网时，照明和其他电力设备宜由同一台变压器供电。必要时亦可单独设置照明变压器供电。

4 35~110kV 变电所

4.1 一般规定

4.1.1 本章适用于电压为 35~110kV 变电所的设计；不适用于 35kV 降压为 0.4kV 的变电所设计。

4.2 所址选择与所区布置

4.2.1 变电所的所址选择，应综合考虑下列要求：

- (1) 靠近负荷中心；
- (2) 便于线路的引入和引出；
- (3) 节约用地，不占或少占农田；
- (4) 便于运输主变压器和其他主要设备；
- (5) 不设在空气污秽地区，如无法远离时，不设在污染源的下风侧；
- (6) 避开有剧烈振动的场所；
- (7) 变电所有扩建余地；
- (8) 所址标高宜在 50 年一遇高水位之上，且不是低洼场地；
- (9) 应考虑变电所与周围环境、邻近设施的相互影响。

4.2.2 在下列情况之一时，变电所的配电装置宜采用屋内式：

- (1) 受厂区地形和面积的限制；
- (2) 所址环境污秽；
- (3) 35kV 及以下的配电装置。

4.2.3 所区地面应有排水措施，地面设计坡度不宜小于 0.5%，所区地面为坡形场地，地面坡度不应超过 6%。

排水明沟、电缆沟的沟底和道路的纵向坡度不宜小于 0.5%，局部困难地段不应小于 0.3%。

变电所所区内地下管线之间

序号	管线, 建筑物 名称		地下管线间最小水平净距						地下 最小水	
			给水管	排水管	热力管	压缩空气管	通信电缆	直埋 电力 电缆 35kV 及以 下	事故 排油 管	建筑 物建 筑线
1	给水管		—	1.5~ 3.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0~ 5.0
2	排水管		1.5~ 3.0	—	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	2.5
3	热力管和管沟		1.5	1.5	—	1.5	2.0	2.0	1.0	2.0
4	压缩空气管		1.0	1.5	1.5	—	1.0	1.0	1.0	1.5
5	通 电	直埋 穿管	1.0	1.0	2.0	1.0	—	0.5	1.0	0.5
6	直埋电力电缆 (35kV 及以下)		1.0	1.0	2.0	1.0	0.5	—	1.0	0.5
7	事故排油管		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	—	2.5

注：①表中所列净距应自管壁或防护设施的外缘算起。

②当管线埋深大于邻近建筑物的基础埋深时，应考虑土壤安息角来校正表中

③当有可靠的根据或措施时，可缩小表列数值。

④表中有两个数值时，当给水管直径大于 200 毫米时用大值，直径小于或等

⑤给水管和排水管交叉时，给水管应敷设在上面。

⑥电缆之间的净距还应满足工艺布置的要求。

⑦管沟穿越道路时的最小垂直净距不限。

和地下管线与建筑物、道路之间的最小净距 (m)

表 4.2.5

管线与建筑物的 平净距			地下管线互相交叉或与道路交叉的最小 垂直净距									
电杆外缘	围墙边缘	道路 路面 边缘	给 水 管	排 水 管	热 力 管	压 缩 空 气 管	通 信 电 缆 (直埋)	通 信 电 缆 (穿管)	直埋 电力 电缆 35kV 及以 下	道 路 路 面	明 沟 沟 底	事 故 排 油 管
1.5	1.5~ 2.0	1.5	0.15	0.15	0.15	0.15	0.50	0.15	0.50	0.80	0.50	0.25
1.5	1.5	1.5	0.15	0.15	0.15	0.15	0.50	0.15	0.50	0.80	0.50	0.15
1.5	1.5	1.5	0.15	0.15	0.10	0.15	0.50	0.25	0.50	0.70	0.50	0.25
1.5	1.0	1.5	0.15	0.15	0.15	0.10	0.50	0.25	0.50	0.70	0.50	0.25
0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.50	0.50	—	—	—	1.00	0.50	0.50
			0.15	0.15	0.25	0.25						0.25
0.6	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	—	—	—	1.00	0.50	0.50
1.5	1.5	1.5	0.25	0.15	0.25	0.25	0.5	0.25	0.5	1.00	0.50	0.25

所列数值。

于 200mm 时用小值。

4.2.4 所区内的建筑物标高、基础埋深、路基和管线埋深应互相配合。建筑物室内地面宜高出室外地面 300mm；屋外电缆沟壁宜高出地面 100mm。

4.2.5 各种地下管线之间和地下管线与建筑物、道路之间的最小净距，应根据敷设和检修的要求、建筑物基础的构造、管线的埋设深度等条件确定，其最小净距宜符合表 4.2.5 所列数值。

4.2.6 变电所内为满足消防要求和运输主变压器的道路宽度不应小于 3.5m，此道路应具备回车条件，并应与变电所外部的道路连接。

4.2.7 变电所宜设置不低于 2.2m 高的围墙，其高度和形式应与周围环境相协调。

4.2.8 变电所排出的污水必须符合现行国家标准《工业企业设计卫生标准》的有关规定。

4.3 主变压器与主接线

4.3.1 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。

采用有载调压变压器时，主变压器的台数不宜少于两台。

4.3.2 在有一、二级负荷的变电所中应装设两台或两台以上主变压器。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，也可装设一台主变压器。

4.3.3 装有两台主变压器的变电所中，当断开一台时，另一台主变压器的容量应保证全厂的一级负荷和二级负荷的用电，并宜满足工厂主要生产用电。

单台主变压器的额定容量不应小于全部负荷的 60%。

4.3.4 具有三种电压的变电所中，如通过主变压器各侧线圈的功率均达到该变压器容量的 15% 以上，主变压器宜采用三线圈变压器。

4.3.5 电力潮流变化大和电压偏移大的变电所，如经计算普通变压器不能满足电力系统和用户对电压质量的要求时，应采用有载

调压变压器。

4.3.6 变电所的主接线,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、操作检修方便、节约投资和便于扩建等要求。

4.3.7 当能满足运行要求时,变电所高压侧宜采用断路器较少或不用断路器的接线,如桥形接线或变压器线路组接线等。当能满足电网继电保护要求时,亦可采用线路分支接线。

4.3.8 35~110kV 线路为两回时,宜采用桥形接线。超过两回时,宜采用扩大桥形、单母线或分段单母线的接线。35~63kV 线路为6回及以上时,亦可采用双母线接线。110kV 线路为6回及以上时,宜采用双母线接线。

4.3.9 在采用单母线、分段单母线或双母线的35~110kV 主接线中,当不允许停电检修断路器时,可设置旁路设施。

当有旁路母线时,首先宜采用分段断路器或母联断路器兼作旁路断路器的接线。当110kV 线路为6回及以上,35~63kV 线路为6回及以上时,可装设专用的旁路断路器。主变压器35~110kV 回路中的断路器,有条件时亦可接入旁路母线。采用SF₆ 断路器的主接线可不设置旁路设施。

4.3.10 当变电所装有两台主变压器时,6~10kV 侧宜用分段单母线。线路为12回及以上时,亦可采用双母线。当不允许停电检修断路器时,可设置旁路设施。

当6~35kV 配电装置采用手车式高压开关柜时,不宜设置旁路设施。

4.3.11 当需限制变电所6~10kV 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) 在变压器回路中装设电抗器或分裂电抗器。

4.3.12 接在母线上避雷器和电压互感器,可合用一组隔离开关。对接在变压器引出线上的避雷器,不宜装设隔离开关。

4.4 所用电源与操作电源

4.4.1 在有两台及以上主变压器的变电所中，宜装设两台容量相同可互为备用的所用变压器，如能从变电所外引入一个可靠的低压备用所用电源时，亦可装设一台所用变压器。

当 35kV 变电所只有一回电源进线及一台主变压器时，可在电源进线断路器之前装设一台所用变压器。

4.4.2 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。

4.4.3 重要变电所的操作电源，宜采用一组 110V 或 220V 固定铅酸蓄电池组或镉镍蓄电池组，作为充电、浮充电用的硅整流装置宜合用一套。一般变电所的操作电源，宜采用成套的小容量镉镍电池分、合闸硅整流装置。

电磁操动机构的断路器采用整流合闸电源时，应校核该整流合闸电源能否保证断路器在事故情况下可靠合闸。

4.4.4 蓄电池组的容量，应满足下列要求：

- (1) 全所事故停电 1h 的放电容量；
- (2) 事故放电末期最大冲击负荷容量。

小容量镉镍电池装置中的镉镍电池容量，应满足分闸、信号和继电保护的要求。

4.4.5 变电所宜设置固定的检修电源。

4.5 控制室、二次接线、通信与远动

4.5.1 控制室应位于运行方便、电缆较短、朝向良好和便于观察屋外主要设备的地方。

4.5.2 控制屏(台)的排列布置，宜与配电装置的间隔排列次序相对应，并应避免日光直射和发生反光。

4.5.3 控制室的建筑，应按变电所的规划容量在第一期工程中一次建成。

4.5.4 变电所内的下列元件，应在控制室内控制：

- (1) 主变压器；
- (2) 母线分段、旁路及母联断路器；
- (3) 63~110kV 屋内外配电装置的线路，35kV 屋外配电装置的线路。

4.5.5 35kV 屋内配电装置馈电线路和并联电容器装置，宜在控制室内控制。

6~10kV 屋内配电装置馈电线路，宜在就地控制。

4.5.6 变电所宜装设能重复动作、延时自动解除或手动解除音响的中央事故信号和预告信号装置。

断路器的控制回路，应有监视信号。

4.5.7 隔离开关与相应的断路器和接地刀闸之间，应装设闭锁装置。屋内的配电装置，尚应装设防止误入带电间隔的设施。

闭锁联锁回路的电源，应与继电保护、控制信号回路的电源分开。

4.5.8 遥信、遥测、遥控装置的信息内容，应根据安全监控、经济调度和保证电能质量以及节约投资的要求确定。

4.5.9 工业企业的变电所，宜装设与该企业中央控制室联系的有关信号。

4.5.10 变电所应装设调度通信；工业企业变电所尚应装设与企业内部的通信；对重要变电所必要时可装设与当地供电局的通信。

4.5.11 运动和通信设备应有可靠事故备用电源，其容量应满足电源中断一小时的使用要求。

4.6 并联电容器装置

4.6.1 变电所并联电容器装置的设计，应符合现行国家标准《并联电容器装置设计规范》的规定。

4.7 电缆敷设

4.7.1 变电所电缆敷设设计，应符合本规范第十三章的规定。

4.8 照 明

4.8.1 变电所的照明设计,应符合现行的国家标准《工业企业照明设计标准》的规定。

4.8.2 在控制室、屋内配电装置室、蓄电池室及屋内主要通道等处,应装设应急照明。

4.8.3 照明设备的安装位置,应便于维修。屋外配电装置的照明,可利用配电装置和避雷针的构架装设照明器,但应符合现行的国家标准《电力装置的过电压保护设计规范》的规定。

4.8.4 在控制室主要监屏位置和屏前工作位置观察屏面时,不应有明显的反射眩光和直接眩光。

4.8.5 铅酸蓄电池室内的照明,应采用防爆型照明器,不应在蓄电池室内装设开关、熔断器和插座等可能产生火花的电器。

铅酸蓄电池室环境分类应符合本规范表 1.0.3 的规定。

4.8.6 电缆隧道内的照明电压不应高于 24V,如高于 24V 应采取防止电击的安全措施。

4.9 建筑与公用

4.9.1 主控制室的净高宜采用 3.6~4.2m,当有空调设施时,其高度可适当降低。电缆夹层的层高宜采用 2.0~2.2m,但当电缆夹层的多余空间辟作值班休息室或其他用途时,其层高可采用 2.3~2.6m。底层辅助生产房间层高宜采用 3.0~3.4m。

4.9.2 当控制屏与继电器屏采用分室布置时,两部分的建筑、照明、采暖通风等设计均宜采用不同的标准。

4.9.3 控制室、配电室和电容器室等应设置防止雨雪和蛇、鼠类小动物从采光窗、通风窗、门、电缆沟等进入室内的设施。

4.9.4 控制室的可开启窗户,应装设纱窗。蓄电池室向阳的窗户,应装磨砂玻璃或在玻璃上涂漆。风沙大的地区或严寒地区宜设置双层窗。

4.9.5 主控制室和通信室的地坪应采用水磨石或其他不起灰的地

坪。其他房间的地坪宜采用高标号水泥抹面压光。

4.9.6 铅酸蓄电池室和调酸室的顶棚宜作成平顶。顶棚、墙面、门窗、排风机的外露部分及其他金属结构或零件，均应涂耐酸漆或耐酸涂料。地面、墙裙及支墩宜选用耐酸且易于清洗的面层材料，面层与基层之间应设防酸隔离层。当采用全封闭防酸防爆式蓄电池并有可靠措施时，地面、墙裙及支墩的防酸材料可适当降低标准。地面应有排水坡度，将酸水集中后作妥善处理。

4.9.7 控制楼和配电装置室的屋面，应设置保温层或隔热层。屋面应有不小于 3% 的坡度和有组织排水，并应有可靠的防水和排水措施。

4.9.8 在采暖地区，控制室、值班室、蓄电池室等房间应采暖。在严寒地区，如配电室室内温度影响电气设备元件和仪表正常运行时应采暖。

炎热地区主控制室宜装设空调。

电气设备间内的采暖装置，宜采用钢管焊接，且不应有法兰、螺纹接头和阀门等。

4.9.9 主控制室及通信室的室温不宜超过 35℃；继电器室、电力电容器室、蓄电池室及屋内配电装置室的室温不宜超过 40℃；油浸变压器室的室温不宜超过 45℃；电抗器室的室温不宜超过 55℃。

4.9.10 屋内配电装置室及采用全封闭防酸防爆式蓄电池的蓄电池室和调酸室其每小时通风换气次数，均不应低于 6 次。蓄电池室的风机，应采用防爆式。

4.9.11 变电所各房间的地面活荷载，应根据实际的工艺及设备情况确定，其标准值不应低于附录 D—F 所列的数值。

4.9.12 变电所宜设厕所和给排水设施。电缆沟或电缆隧道内应采取有效的防水和排水措施。

4.9.13 变电所的抗震设计应符合现行国家标准《电力设施抗震设计规范》的规定。

4.10 防 火

4.10.1 变电所内建筑物、构筑物的耐火等级，不应低于表 4.10.1 的要求。

4.10.2 变电所与所外的建筑物、堆场、储罐之间的防火净距，应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》的规定。变电所内部的设备之间、建筑物之间及设备与建筑物、构筑物之间的最小防火净距，应符合表 4.10.2 的规定。

4.10.3 变电所应根据容量大小及其重要性，对主变压器等各种带油电气设备及建筑物，配备适当数量的手提式及推车式化学灭火器。对主控制室等设有精密仪器、仪表设备的房间，应在房间内或附近走廊内配置灭火后不会引起污损的灭火器。

4.10.4 油重均为 2500kg 及以上的屋外油浸变压器之间，当防火净距小于表 4.10.2 的规定值时，应设置防火隔墙。墙应高出油枕顶，墙长应大于贮油坑两侧各 0.5m，防火墙与变压器外廓的距离不应小于 1m。屋外油浸变压器与油量在 600kg 以上的本回路充油电气设备之间的防火净距不应小于 5m。

4.10.5 屋外充油电力设备单个油箱的充油量为 1000kg 及以上时，应设置容量为单个油箱充油量的 100% 或 20% 的贮油池。设置 20% 油量的贮油池时，应设置总事故油池，其容量不应小于最大单台设备油量的 60%。

贮油池的各边尺寸宜较设备外廓尺寸相应长 1m。总事故油池应有油水分离的功能，其出口应引至安全处所。

贮油池内一般铺设厚度不小于 250mm 的卵石层，卵石直径一般为 30~50mm。贮油池四周应高出地面 100mm。

4.10.6 当建筑物外墙距屋外油浸变压器外廓 5m 以内时，在变压器总高度以上 3m 的水平线以下及外廓两侧各 3m 的范围内，不应有门、窗和通风孔。当建筑物外墙距变压器外廓为 5~10m 时，可在外墙上设防火门，并可在变压器总高度以上设非燃性的固定窗。

4.10.7 主变压器的油释放装置或防爆管，其出口宜引至贮油坑的

排油口处。

4.10.8 充油电气设备间的总油量在 100kg 及以上且门开向室内公共走道或其他建筑物的房间时，应采用非燃烧或难燃烧的实体门。

4.10.9 电缆从室外进入室内的入口处、电缆竖井的出入口处及主控制室与电缆层之间，应采取防止电缆火灾蔓延的阻燃及分隔措施。

电缆隧道在进入建筑物处和变电所围墙处，应设带门的防火墙。

变电所建筑物、构筑物的最低耐火等级 表 4.10.1

序号	建、构筑物名称		火灾危险性类别	最低耐火等级
1	主控制室、继电器室（包括蓄电池室）		戊	二级
2	配电装置室	每台设备油量 60kg 以上	丙	二级
		每台设备油量 60kg 及以下	丁	
3	油浸变压器室		丙	一级
4	有可燃介质的电容器室		丙	二级
5	材料库、工具间（仅贮藏非燃烧器材）		戊	三级
6	电缆沟及电缆隧道	用阻燃电缆	戊	二级
		用一般电缆	丙	

注：序号 1 之戊类需采取防止电缆着火延燃的安全措施。

建筑物、构筑物及

建、构筑物及设备名称			丙、丁、戊类生 产建筑 耐火等级	
			一、二级	三 级
丙、丁、戊类 生产建筑	耐 火 等 级	一、二级	10	12
		三级	12	14
变 压 器 (油浸)	电 压 等 级	35kV	10	10
		63kV	10	10
		110kV	10	10
屋外可燃介质电容器			10	10
总事故油池			5	5
所内生活 建 筑	耐 火 等 级	一、二级	10	12
		三级	12	11

注：①如相邻两建筑物的面对面外墙其较高一边为防火墙时，其防火净距可不限，
 ②耐火等级为一、二级建筑物，其面对变压器、可燃介质电容器等电器设备的外
 设门窗不开孔洞时，则该墙与设备之间的防火净距可不受限制；如在上述范围
 ③所内生活建筑与油浸变压器之间的最小防火净距，应根据最大单台设备的油
 三级)；当油量大于10t时为20m(对一、二级)或25m(对三级)。

设备的最小防火净距 (m)

表 4.10.2

变 压 器 (油浸) 电 压 等 级			屋外 可燃 介质 电容 器	总事 故油 池	所内生活建筑 耐 火 等 级	
35kV	63kV	110kV			一、二级	三级
—	—	—	10	5	10	12
—	—	—	10	5	12	14
5	—	—	10	5	—	—
—	6	—	10	5	—	—
—	—	8	10	5	—	—
10	10	10	—	5	15	20
5	5	5	5	—	10	12
—	—	—	15	10	6	7
—	—	—	20	12	7	8

但两座建筑物侧面门窗之间的最小净距应不小于 5m。

墙的材料及厚度符合防火墙的要求且该墙在设备总高加 3m 及两侧各 3m 的范围内不内虽不开一般门窗但没有防火门时,则该墙与设备之间的防火净距应等于或大于 5m。量及建筑物的耐火等级确定:当油量为 5t~10t 时为 15m (对一、二级)或 20m (对

5 6~10kV 变电所与配电所

5.1 所址选择

5.1.1 配电所、变电所位置的选择，应根据下列要求综合考虑确定：

- (1) 接近负荷中心；
- (2) 进、出线方便；
- (3) 接近电源侧；
- (4) 不应设在有剧烈震动的场所；
- (5) 不宜设在多尘或有腐蚀性气体的场所，当无法远离时，不应设在污染源盛行风向的下风侧。
- (6) 不应设在地势低洼和雨季积水的场所。
- (7) 不应设在厕所、浴室或其他经常积水场所的正下方，且不宜与上述场所相毗连。
- (8) 不应设在有爆炸危险场所的正上方或正下方，也不宜设在有火灾危险场所的正上方或正下方。当与有爆炸或火灾危险场所的建筑物毗连时，应符合现行国家标准《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》的规定。

5.1.2 露天或半露天变电所，不应设置在下列场所：

- (1) 有腐蚀性气体的场所；
- (2) 挑檐为燃烧体或难燃烧体和耐火等级为四级的建筑物旁；
- (3) 附近有棉、粮及其他易燃、易爆物品集中的露天堆场；
- (4) 容易沉积可燃粉尘、可燃纤维、灰尘或导电尘埃且严重影响变压器安全运行的场所。

5.2 电 气

5.2.1 变电所、配电所的高压及低压母线，宜采用单母线或单母

线分段的接线方式。当供电连续性要求很高时，高压母线可采用单母线分段带旁路母线或双母线的接线方式。

5.2.2 从厂外引至工厂配电所的专用电源进线开关，宜采用断路器或带熔断器的负荷开关。当无继电保护和自动装置要求且出线回路少无需带负荷操作时，也可采用隔离开关或隔离触头组的方式。

5.2.3 变电所的非专用电源进线侧，应装设带保护的断路器或负荷开关。当双电源供电多个变电所时，宜采用环网供电方式。

5.2.4 从总降压变电所或总配电所以放射式向本部门的分配电所供电时，该分配电所电源进线开关可不装设断路器。

当分配电所需要带负荷操作或继电保护、自动装置有要求时，应采用断路器。

5.2.5 6~10kV 母线分段处宜装设断路器，当不需带负荷操作且无继电保护和自动装置要求时，可装设隔离开关或隔离触头组。

5.2.6 配电所之间 6~10kV 联络线，应在供电侧的配电所装设断路器，另侧装设隔离开关或负荷开关。当两侧的供电可能性相同时，应在两侧均装设断路器。

5.2.7 配电所的引出线宜装设断路器。当能满足继电保护和操作要求时，也可装设带熔断器的负荷开关，但变压器容量不宜大于 500kVA。

5.2.8 在高压固定式配电装置的出线侧，对架空出线回路或有反馈可能的电缆出线回路中，应装设线路隔离开关。

5.2.9 向频繁操作的高压用电设备供电的出线开关兼做操作开关时，应采用真空断路器或六氟化硫断路器。

5.2.10 高压电容器组回路的操作断路器，宜采用真空断路器。

5.2.11 采用高压熔断器负荷开关固定式配电装置时，应在电源侧装设隔离开关。

5.2.12 10/6(3)kV 的变电所，二次侧总开关可采用隔离开关或隔离触头组。当属下列情况之一时，应采用断路器：

(1) 出线回路大于 4 回路；

(2) 有并列运行要求；

(3) 有继电保护和自动装置要求。

5.2.13 接在母线上的避雷器和电压互感器，宜合用一组隔离开关。配变电所架空进、出线上的避雷器回路中，可不装设隔离开关。

5.2.14 变压器室内变压器一次侧开关的装设，应符合下列规定：

(1) 以树干式供电时，应装设带保护的开关设备或跌落式熔断器；

(2) 以放射式供电时，宜装设隔离开关或负荷开关。当变压器在本配变电所内时，可不装设开关：

5.2.15 变电所中单台变电器（低压为 0.4kV）的容量不宜大于 1250kVA，当用电设备容量较大、负荷集中且运行合理时，可选用较大容量的变压器。

5.2.16 变电所、配电所的所用电源宜引自就近的配电变压器 220/380V 侧。重要或规模较大的配电所宜设专用的所用变压器。柜内所用变压器的容量一般为 30~50kVA。

5.2.17 配电所装有电磁操动机构的断路器时，宜采用镉镍电池电源装置。

5.2.18 小型配电所宜采用弹簧储能操动机构，其操作电源宜采用小容量镉镍电池，小型配电所也可采用交流电操作。

5.3 型式与布置

5.3.1 工厂变电所的型式应根据用电负荷的状况和周围环境情况，按以下原则确定：

(1) 负荷较大的车间和站房，宜设附设变电所或半露天变电所。

(2) 负荷较大的多跨厂房，负荷中心在厂房的中部且环境许可时，宜设车间内变电所或组合式成套变电站。

(3) 负荷小而分散的工业企业宜设独立变电所，有条件时也可设附设变电所或户外箱式变电站。

(4) 环境允许的工厂生活区，当变压器容量在 315kVA 及以下时，宜设杆上变压器台或高台式变电站。

5.3.2 负荷较大的工业厂房，当采用组合式成套变电站时，根据厂房环境条件可采用高台式架空布置，其平台高度距地面不宜低于 4m。平台应设有 1.2m 高的固定围栏，柜（屏）前后间距通道应符合本规范第 7.2.8 条。

5.3.3 带可燃性油的高压配电装置，宜装设在单独的高压配电室内。当高压配电装置的量为 6 台及以下时，可与低压配电屏设置在同一房间内。

5.3.4 不带可燃性油的高、低压配电装置、非油浸的低压电容器和非油浸的电力变压器，可设置在同一房间内。

具有符合 IP3X 防护等级外壳的不带可燃性油的高、低压配电装置和非油浸的电力变压器，当环境允许时，可相互靠近布置在车间内。

5.3.5 在同一配电室内单列布置高、低压配电装置时，当顶面有裸露带电导体时，两者之间的净距不应小于 2m，当顶面为封闭外壳防护等级符合 IP2X 级时，两者可靠近布置。

5.3.6 变电所宜单层布置，当采用双层布置时，变压器应设在底层，设于二层的配电室应设搬运设备的通道、平台或孔洞。

5.3.7 配电所值班室宜单独设置。当有低压配电室时，值班室可与低压配电室合并，此时低压配电装置的正面或一个侧面到墙的距离不应小于 3m。

配电所的控制室应单独设置。

值班室应与高压配电室直通或经过通道相通。值班室应有门直接通向户外或通向走廊。

值班室内不得有高压配电装置。

5.3.8 高(低)压配电室内，宜留有适当数量配电装置的备用位置。

5.3.9 户外箱式变电站和组合式成套变电站的进出线宜采用电缆。

5.3.10 可燃油油浸变压器外廓与变压器室墙壁和门的最小净距，

不应小于表 5.3.10 所列数值。

可燃油浸变压器外廓与变压器室

墙壁和门的最小净距 (mm)

表 5.3.10

项 目	变压器容量	
	100~1000kVA	1250kVA 及以上
变压器外廓与后壁侧壁净距	600	800
变压器外廓与门净距	800	1000

5.3.11 设置于变电所内的非封闭干式变压器,应装设高度不低于 1.7m 的固定遮栏,遮栏网孔不应大于 40mm×40mm。变压器外廓与遮栏的净距不宜小于 0.6m,变压器之间的净距不应小于 1.0m。

5.3.12 当露天或半露天变电所的变压器四周,应设不低于 1.7m 高的固定围栏(墙)、变压器外廓与围栏(墙)的净距不应小于 0.8m,变压器底部距地面不应小于 0.3m,相邻变压器外廓之间的净距不应小于 1.5m。

5.3.13 当露天或半露天变电所供给一级负荷用电时,相邻变压器的防火净距不应小于 5m,当小于 5m 时应设置防火墙。防火墙应高出油枕顶部,且墙两端应大于档油设施各 0.6m。

5.3.14 由同一配电所供给一级负荷用电时,母线分段处应设防火隔板或有门洞的隔墙。供给一级负荷用电的两路电缆不应通过同一电缆沟,当无法分开时,该电缆沟内的两路电缆应采用阻燃性电缆,且应分别置于电缆沟两侧支架上。

5.3.15 高压配电装置的柜顶为裸母线分段时,两段母线分段处宜装设不低于 0.3m 高的绝缘隔板。

5.4 并联电容器装置

5.4.1 电容器的补偿方式,应根据补偿效果、投入运行利用率以及维护管理方便等综合考虑确定。

5.4.2 电容器装置的开关设备及导体等载流部分的长期允许电

流，高压电容器不应小于电容器额定电流的 1.35 倍，低压电容器不应小于电容器额定电流的 1.5 倍。

5.4.3 电容器组应装设放电装置，使电容器组两端的电压从峰值 ($\sqrt{2}$ 倍额定电压) 降至 50V 所需的时间，对高压电容器不应大于 5min，低压电容器不应大于 1min。

5.4.4 高压电容器组宜接成中性点不接地星形，容量较小时宜接成三角形。低压电容器组应接成三角形。

5.4.5 高压电容器组容量在 500kVAR 及以上时，电容器的投入与切除应采用高压断路器。断路器禁止装设重合闸。

5.4.6 电容器的额定电压与电力网的标称电压相同时，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标称电压时，应将每相电容器的支架绝缘，其绝缘等级应和电力网的标称电压相配合。

5.4.7 高压电容器组应直接与放电装置连接，中间不应设置开关或熔断器。低压电容器组和放电设备之间，可设自动接通的接点。

5.4.8 电容器组应装设单独的控制和保护装置，当电容器组为提高单台用电设备功率因数时，可与该设备共用控制和保护装置。

5.4.9 单台高压电容器应设置专用熔断器作为电容器内部故障保护，熔丝额定电流宜为电容器额定电流的 1.5~2.0 倍。

5.4.10 当装设电容器装置引起的高次谐波含量超过规定允许值时，应在回路中设置抑制谐波的串联电抗器。

5.4.11 室内高压电容器装置宜设置在单独房间内。

低压电容器可设置在低压配电室内集中补偿，当电容器柜超过 3 台、总容量大于 450kVAR 时，宜设置在单独的房间内。

5.4.12 安装在室内的电容器组，下层电容器的底部距地面不应小于 0.2m，上层电容器的底部距地面不宜大于 2.5m。

油浸式电容器组的布置不宜超过三层。

5.4.13 在室外落地安装的电容器组，下层电容器的底部距离地面不应小于 0.4m，地面应进行必要的处理，以防杂草丛生。

电容器组四周应装设不低于 1.7m 高的固定围栏，在炎热地

区应尽量避免日光直射。

5.4.14 电容器外壳之间(宽面)的净距,不宜小于0.1m。电容器的排间距离,不宜小于0.2m。

5.4.15 当装配式电容器组单列布置时,网门与墙距离不应小于1.3m;当双列布置时,网门之间距离不应小于1.5m

5.4.16 当成套电容器柜单列布置时,柜正面与墙距离不应小于1.5m;当双列布置时,柜面之间距离不应小于2.0m。

5.5 建筑与防火

5.5.1 可燃油油浸电力变压器室的耐火等级应为一级。高压配电室和非燃性介质的电力变压器室的耐火等级不应低于二级。低压配电室的耐火等级不应低于三级,屋顶承重构件应为二级。

5.5.2 装设可燃性介质高压电容器的电容器室,其耐火等级不应低于二级。装设非燃性介质的高压电容器室和低压电容器室,其耐火等级不应低于三级。

5.5.3 变压器室的通风窗,应采用非燃性材料。

5.5.4 车间内变电所的油浸变压器不应设在三、四级耐火等级或火灾危险性为甲、乙类的生产厂房内,如设在二级耐火等级的厂房内时,厂房应采取局部防火措施。

5.5.5 有下列情况之一时,油浸变压器室的门应为甲级防火门:

- (1) 变压器室位于车间内;
- (2) 变压器室位于容易沉积可燃粉尘、可燃纤维的场所;
- (3) 变压器室附近有粮、棉及其它易燃物大量集中的露天堆场;
- (4) 变压器室位于建筑物内;
- (5) 变压器室下面有地下室;

5.5.6 附设变电所、露天或半露天变电所中,当装设油量大于1000kg的变压器时,应设置容量为100%或20%油量的挡油设施,超出的油量应排到安全场所。

5.5.7 油浸变压器室位于建筑物的二层或更高层时,应设置能将

油排到安全处所的设施。

5.5.8 室内变电所的每台油量为 100kg 及以上的三相变压器，应设在单独的变压器室内。

5.5.9 民用主体建筑内的附设变电所和车间内变电所的油浸变压器室，应设置容量为 100% 变压器油量的贮油池。

5.5.10 当露天或半露天变电所采用油浸变压器时，其变压器外廓距建筑物外墙应大于 5m，当小于 5m 时，建筑物外墙在下列范围内不应有门、窗或通风孔：

(1) 油量大于 1000kg 时，变压器总高度加 3m 及外廓两侧各加 3m；

(2) 油量在 1000kg 以下时，变压器总高度加 3m 及外廓两侧各加 1.5m。

5.5.11 高压配电室宜设不能开启的自然采光窗，窗台距室外地坪不宜低于 1.8m；低压配电室、电容器室可设能开启的自然采光通风窗。值班室应有自然采光，并宜朝南，其面积不宜小于 12m²。

5.5.12 变压器室、配电室、电容器室的门应向外开启。相邻配电室之间有门时，此门应能双向开启。

5.5.13 配电室、电容器室和变压器室的内墙面应抹灰刷白，其顶棚面层应牢固不脱落。地面宜采用高标号水泥抹面压光，值班室可采用水磨石地面。

5.6 采暖、通风与其他

5.6.1 变压器室应有良好的自然通风。夏季的排风温度不宜高于 45℃，进风和排风的温差不宜大于 15℃。

5.6.2 干式变压器室内安装并设有封闭防护罩时，宜设有强迫散热通风设施。

5.6.3 电容器室应有良好的自然通风，其通风量应根据电容器允许温度类别，按夏季排风温度不超过电容器所允许的最高环境空气温度计算。当自然通风不能满足排热要求时，可增设机械排风。

电容器室内应有反映室内温度的指示装置。

5.6.4 变压器室,电容器室当装设机械通风管道时,应采用非燃烧材料制作。如周围环境污秽时,宜加空气过滤器。

5.6.5 高压配电室装有较多油断路器时,宜有事故排烟装置。

5.6.6 在采暖地区,值班室和控制室应采暖,采暖计算温度为18℃。

在严寒地区的配电室内,应设值班采暖。采暖计算温度为10℃。

5.6.7 控制室和配电室内的采暖装置宜采用钢管焊接,且不应有法兰、螺纹接头和阀门等。

5.6.8 在蚊子和其他昆虫较多的地区,值班室应装设纱窗,通向室外的门应装设纱门。

5.6.9 配电室、变压器室、电容器室和控制室内,不应有与其无关的管道和线路通过。

5.6.10 有人值班的独立变电所,宜设有给排水和厕所。

5.6.11 变压器室、配电室、电容器室等应设置防止雨雪和小动物从采光窗、通风窗、门、电缆沟等进入室内的设施。

5.6.12 在配电装置室内裸导体正上方,不应布置灯具和明敷线路。当在配电室内裸导体上方布置灯具时,灯具与裸导体的水平净距不应小于1.0m,灯具不得采用吊链和软线吊装。

6 3~110kV 配电装置

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于新建和扩建的 3~110kV 配电装置工程的设计。

6.1.2 配电装置的布置和导体、电器、架构的选择,应满足在当地环境条件下正常运行、安装维修、短路和过电压状态的要求。

6.1.3 配电装置的绝缘水平应符合现行国家标准《电力装置的过电压保护设计规范》的规定。

6.1.4 电压为 63kV 及 110kV 的配电装置,每段母线上宜装设接地刀闸或接地器,对断路器两侧隔离开关的断路器侧和线路隔离开关的线路侧,宜装设接地刀闸。

屋内配电装置间隔内的硬导体及接地线上,应留有安装携带式接地线的接触面或连接端子。

6.1.5 充油电气设备的布置,应满足在带电时观察油位和油温的安全和方便的要求。从地面到变压器或电器的取油阀门的距离,不宜小于 0.2m。

6.2 环境条件

6.2.1 屋外配电装置中的电气设备和绝缘子,应根据空气污秽程度采取相应的外绝缘标准及其它防尘、防护措施、并应便于清扫。

变电所污秽分级标准见附录 E。

6.2.2 裸导体和电器的环境温度应符合表 6.2.2 的规定。

选择裸导体和电器的环境温度 (°C) 表 6.2.2

类别	安装场所	环境温度	
		最高	最低
裸导体	屋外	最热月平均最高温度	—
	屋内	该处通风设计温度	—

(续)

类别	安装场所	环境温度	
		最高	最低
电器	屋外	年最高温度	年最低温度
	屋内电抗器	该处通风设计最高排风温度	—
	屋内其它	该处通风设计温度	—

注：①年最高（或最低）温度为一年中所测得的最高（或最低）温度的多年平均值。

②最热月平均最高温度为最热月每日最高温度的月平均值，取多年平均值。

③屋内裸导体及其它电器的环境温度，若该处无通风设计温度资料时，可取最热月平均最高温度加 5℃。

6.2.3 导体和电器的相对湿度，应采用当地湿度是最高月份的平均相对湿度。在湿热带地区应采用温热带型电器产品。在亚湿热带地区可采用普通电器产品，但应根据当地运行经验加强防潮、防水、防锈、防霉及防虫害等措施。

6.2.4 周围环境温度低于电气设备，仪表和继电器的最低允许温度时，应装设加热装置或采取保温措施。

在积雪、复冰严重地区，应采取防止冰雪引起事故的措施。

户外配电装置隔离开关的破冰厚度，不应小于设计最大复冰厚度。

6.2.5 设计配电装置及选择导体和电器时的最大风速，可采用离地 10m 高且 30 年一遇的 10min 平均最大风速。设计最大风速超过 35m/s 的地区，在屋外配电装置的布置中，宜采取降低电气设备的安装高度，加强设备与基础的固定等措施。

6.2.6 配电装置的抗震设计应符合现行国家标准《电力设施抗震设计规范》的规定。

6.2.7 海拔超过 1000m 的地区，配电装置应选择适用于该海拔高度的电器和电瓷产品，其外部绝缘的冲击和工频试验电压应符合现行国家标准的有关规定。

当海拔高度在 4000m 以下时，其试验电压应乘以系数 k，系数可按下式计算：

$$k = \frac{1}{1.1 - \frac{H}{10000}}$$

式中——H 安装地点的海拔高度 (m)。

海拔高度超过 1000m 的地区，可选用高原型产品或选用外绝缘提高一级的产品。在海拔高度为 3000m 以下地区，110kV 及以下配电装置亦可选用磁吹避雷器来保护一般电器的外绝缘。

6.2.8 电压为 110kV 的电器及金具，在 1.1 倍最高工作相电压下，晴天夜晚不应出现可见电晕。

110kV 导体的电晕临界电压应大于导体安装处的最高工作电压。

在海拔高度不超过 1000m 的地区，在常用相间距离情况下，110kV 的不小于 LGJ-70 的软导线和外径 $\phi 20$ 的管形导体均可不进行电晕校验。

6.2.9 对布置在居民区和工业区内的配电装置其噪声应符合现行国家标准《工业企业噪声控制设计规范》和《城市区域环境噪声标准》的规定。

6.3 导体与电器

6.3.1 选用的电器的允许最高工作电压不得低于该回路的最高运行电压。

选用的导体的长期允许电流不得小于该回路的最大持续工作电流；对于高压开断电器没有连续过载能力，在选择其额定电流时，应满足各种可能运行方式下回路持续工作电流的要求，对屋外导体和电器尚应计及日照对其载流量的影响。

6.3.2 配电装置的母线和引线宜采用铝导体。

6.3.3 配电装置各回路的相序宜一致，并应涂刷相色油漆或应有相色标志。

6.3.4 屋内、外配电装置的隔离开关与相应的断路器和接地刀闸

之间应装设闭锁装置。屋内配电装置尚应设置防止误入带电间隔的闭锁装置。

6.3.5 验算导体和电器动稳定、热稳定以及电器开断电流所用的短路电流，应按设计规划容量计算，并考虑电力系统5~10年的远景发展规划（宜为该期工程建成后5~10年。）

短路电流应按可能发生最大短路电流的正常接线方式计算。

6.3.6 验算导体和电器用的短路电流，宜按下列情况进行计算：

(1) 除计算短路电流的衰减时间常数时，元件的电阻回路可不计。

(2) 在电气连接的网络中应计及具有反馈作用的异步电动机的影响和电容补偿装置放电电流的影响。

6.3.7 导体和电器的动稳定、热稳定以及电器的开断电流，可按三相短路验算，当单相、两相接地短路较三相短路严重时，应按严重情况验算。

6.3.8 验算导体短路热效应的计算时间，宜采用主保护动作时间加相应的断路器全分闸时间。当主保护有死区时，应采用对该死区起作用的后备保护动作时间，并采用相应的短路电流值。

验算电器时宜采用后备保护动作时间加相应的断路器全分闸时间。

6.3.9 用熔断器保护的电压互感器回路，可不验算动、热稳定。

用高压限流熔断器保护的导体和电器，可根据限流熔断器的特性来验算其动、热稳定。

6.3.10 校验断路器的断流能力，宜取断路器实际开断时间（继电保护动作时间与断路器固有分闸时间之和）的短路电流作为校验条件。

装有自动重合闸装置的断路器，应计及重合闸对额定开断电流的影响。

6.3.11 用于切合35kV并联补偿电容器组的断路器，宜选用SF₆断路器。用于切合3~10kV并联补偿电容器组的断路器，宜选用真空断路器或SF₆断路器；当电容器组容量较小时，亦可选用少

油断路器。

6.3.12 裸导体的正常最高工作温度不应大于 $+70^{\circ}\text{C}$ ，在计及日照影响时，钢芯铝线及管形导体不宜大于 $+80^{\circ}\text{C}$ 。

当裸导体接触面处有镀（搪）锡的可靠覆盖层时，可提高到 $+85^{\circ}\text{C}$ 。

6.3.13 验算短路热稳定时，裸导体的最高允许温度，对硬铝及铝锰合金可取 200°C ，硬铜可取 300°C ，短路前的导体温度应采用额定负荷下的工作温度。

6.3.14 按回路正常工作电流选择裸导体截面时，其导体的长期允许载流量，应按所在地区的海拔高度及环境温度进行修正。

裸导体的长期允许载流量及其修正系数可按附录 F 及附录 G 执行。

导体采用多导体结构时，应计及邻近效应和热屏蔽对载流量的影响。

6.3.15 在正常运行和短路时，电器引线的最大作用力不应大于电器端子允许的荷载。屋外配电装置的导体、套管、绝缘子和金具，应根据当地气象条件和不同受力状态进行力学计算。其安全系数不应小于表 6.3.15 的规定。

导体和绝缘子的安全系数

表 6.3.15

类 别	荷载长期作用时	荷载短时作用时
套管、支持绝缘子及其金具	2.5	1.67
悬式绝缘子及其金具	5.3	3.3
软导体	4	2.5
硬导体	2.0	1.67

注：①悬式绝缘子的安全系数对应于破坏荷载，而不是一小时机电试验荷载。若是后者，则安全系数分别应为 4 和 2.5。

②硬导体的安全系数对应于破坏应力，而不是屈服点应力。若是后者则安全系数分别应为 1.6 和 1.4。

6.3.16 验算短路动稳定时，硬导体的最大应力不应大于表 6.3.16 的规定。

硬导体的最大允许应力 (MPa) 表 6.3.16

导体材料	硬 铝	硬 铜	LF21 型铝锰合金管
最大允许应力	70	140	90

重要回路的硬导体应力计算，应计及动力效应的影响。

6.3.17 导体和导体、导体和电器的连接处，应有可靠的连接接头。

硬导体间的连接宜采用焊接。需要断开的接头及导体和电器端子的连接处，应采用螺栓连接。

不同金属的导体连接时，根据环境条件，应采取装设过渡接头等措施，以防止金属间发生电化腐蚀。

矩形导体接头的搭接长度不应小于导体的宽度。

6.3.18 采用硬导体时，应根据温度变化、不均匀沉降和振动等情况，在适当的位置装设伸缩接头或采取防振措施。

矩形硬铝导体的直线段，宜每隔 20m 左右安装一个伸缩接头。对滑动支持式铝管母线宜每隔 30~40m 安装一个伸缩接头。对滚动支持式铝管母线应根据计算确定。

6.4 配电装置的布置

I 安全净距

6.4.1 屋外配电装置的安全净距按图 6.4.1-1、6.4.1-2 和 6.4.1-3 的位置校验，不应小于表 6.4.1 的规定。

6.4.2 屋外配电装置使用软导线时，在不同条件下，带电部分至接地部分和不同相带电部分之间的最小电气距离，应符合表 6.4.2 的规定，并采用其中最大数值。

电气设备外绝缘体最低部位距地面小于 2.5m 时，应装设固定遮栏。

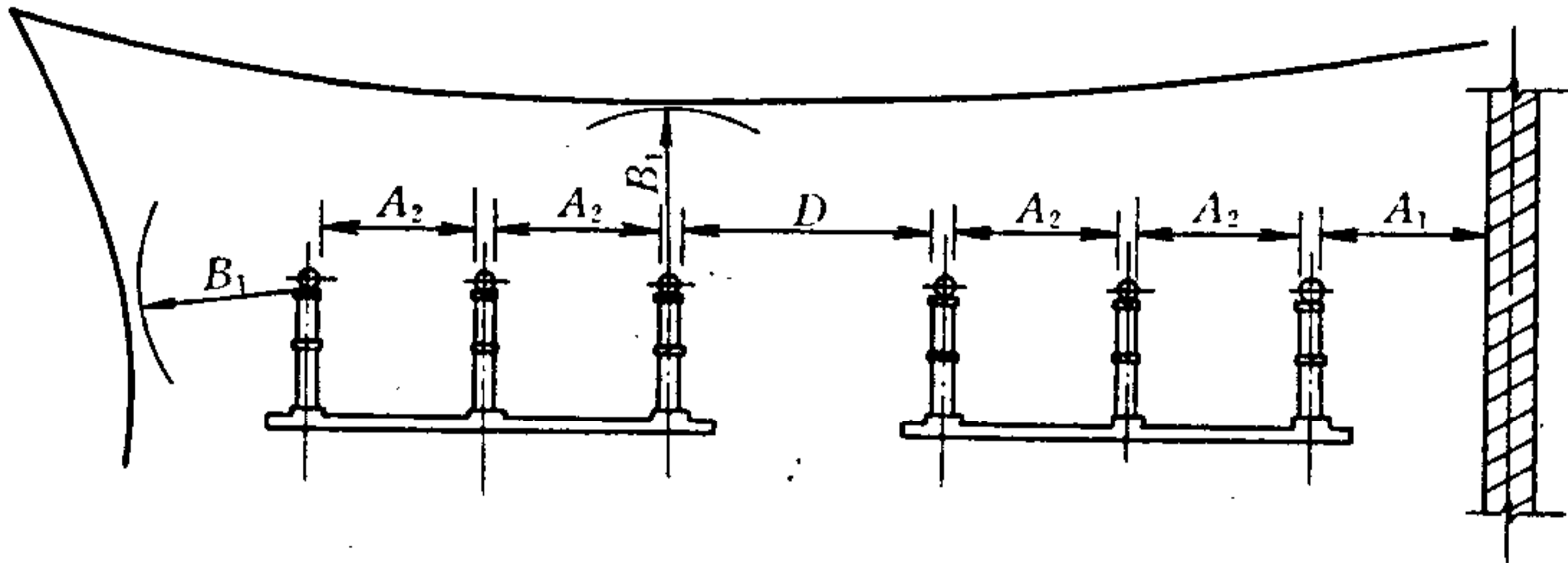


图 6.4.1-1 屋外 A_1 、 A_2 、 B_1 、 D 值校验图

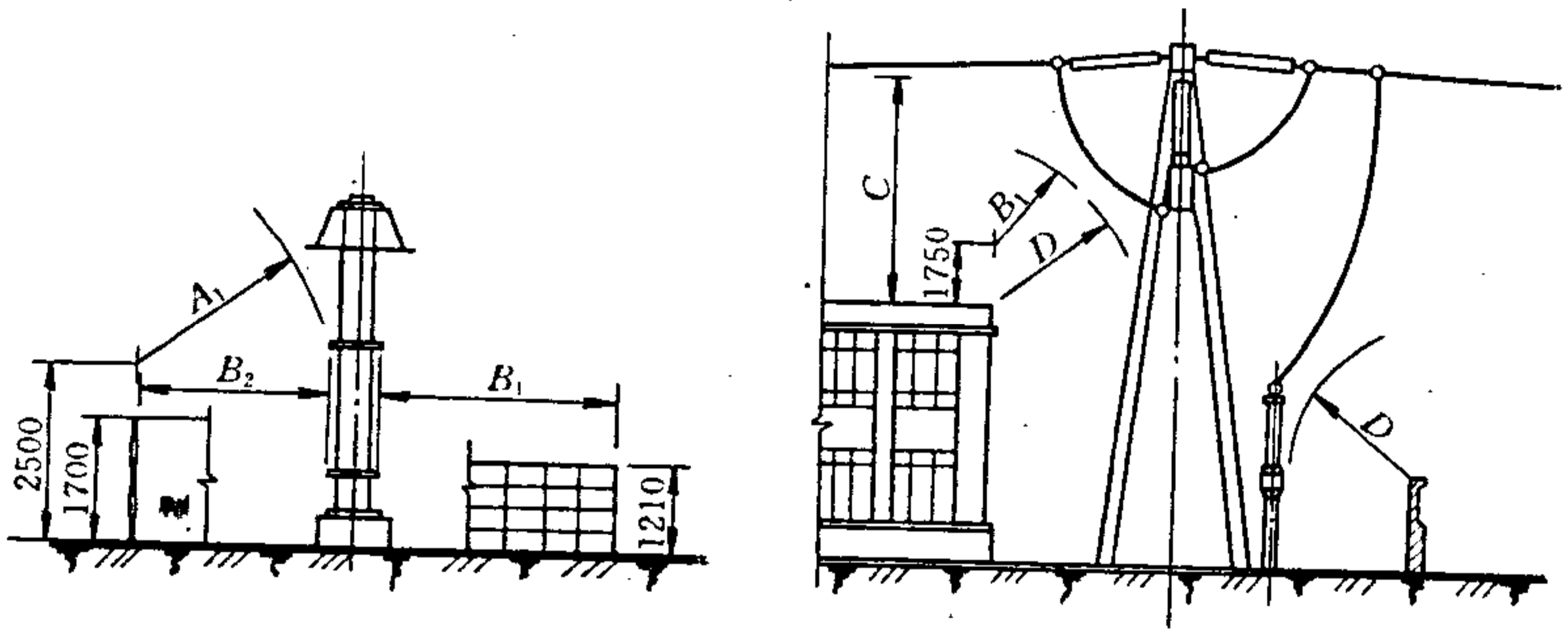


图 6.4.1-2 屋外 A_1 、 B_1 、 B_2 、 C 、 D 值校验图

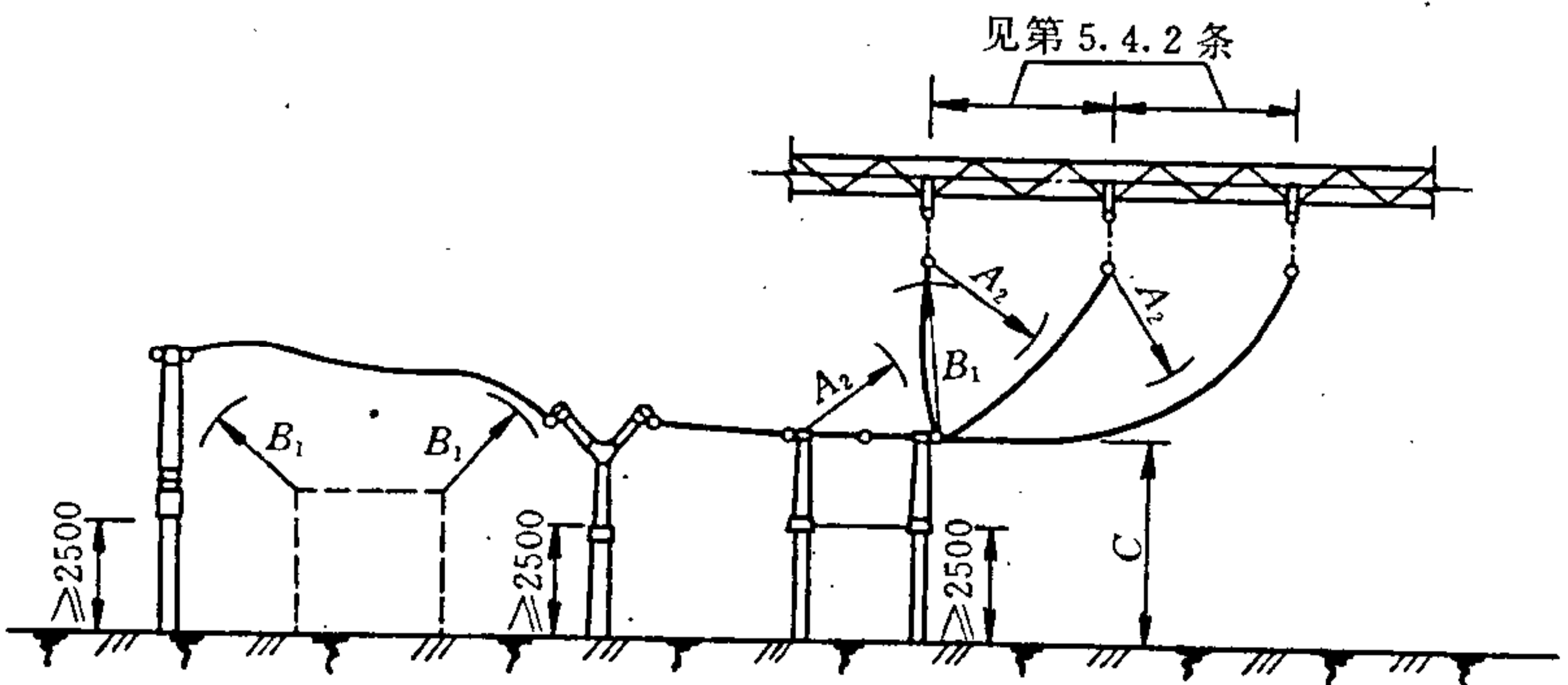


图 6.4.1-3 屋外 A_2 、 B_1 、 C 、值校验图

屋外配电装置的安全净距(mm) 表 6.4.1

序号	适用范围	符号	图号	额定电压 (kV)					
				3~10	15~20	35	63	110J ^①	110
1	1. 带电部分至接地部分之间	A ₁ ^②	6.4.1-1						
	2. 网状遮栏向上延伸线距地 2.5m 处与遮栏上方带电部分之间		6.4.1-2	200	300	400	650	900	1000
2	1. 不同相的带电部分之间	A ₂ ^②	6.4.1-1	200	300	400	650	1000	1100
	2. 断路器和隔离开关的断口两侧引线带电部分之间		6.4.1-3						
3	1. 设备运输时,其外廓至无遮栏带电部分之间	B ₁	6.4.1-1	950	1050	1150	1400	1650	1750
	2. 交叉的不同时停电检修的无遮栏带电部分之间		6.4.1-2						
	3. 栅状遮栏至绝缘体和带电部分之间		6.4.1-3						
4	1. 网状遮栏至带电部分之间	B ₂	6.4.1-2	300	400	500	750	1000	1100
5	1. 无遮栏裸导体至地面之间	C	6.4.1-2						
	2. 无遮栏裸导体至建筑物,构筑物顶部之间		6.4.1-3	2700	2800	2900	3100	3400	3500
6	1. 平行的不同时停电检修的无遮栏带电部分之间	D	6.4.1-1						
	2. 带电部分与建筑物,构筑物的边沿部分之间		6.4.1-2	2200	2300	2400	2600	2900	3000

注:①此项 110J 系指中性点有效接地电网。

②海拔超过 1000m 时, A 值的净距应进行修正。

6.4.3 屋内配电装置的安全净距不应小于表 6.4.3 的规定，并按图 6.4.3-1 和图 6.4.3-2 校验。

电气设备外绝缘体最低部位距地面小于 2.3m 时，应装设固定遮栏。

不同条件下的计算风速和安全净距 (mm) 表 6.4.2

条 件	校 验 条 件	计算风速 (m/s)	A 值	额定电压 (kV)			
				35	63	110J	110
雷电过电压	雷电过电压和风偏	10 ^①	A ₁	400	650	900	1000
			A ₂	400	650	1000	1100
操作过电压	操作过电压和风偏	最大设计风速的 50%	A ₁	400	650	900	1000
			A ₂	400	650	1000	1100
最 大 工作电压	1. 最大工作电压短 路和风偏 (取 10m /s 风速)	10 或最大设计 风速	A ₁	150	300	300	450
	2. 最大工作电压和 最大设计风速的风偏		A ₂	150	300	500	500

注：①在气象条件恶劣的地区（如最大设计风速为 35m/s 及以上，以及雷暴时风速较大的地区）用 15m/s。

6.4.4 配电装置中相邻带电部分的额定电压不同时，应按高的额定电压确定其安全净距。

6.4.5 屋外配电装置带电部分的上面或下面，不应有照明，通信和信号线路架空跨越或穿过，屋内配电装置裸露带电部分的上面不应有明敷的照明或动力线路跨越。

屋内配电装置的安全净距 (mm) 表 6.4.3

序号	适用范围	符号	图号	额定电压 (kV)								
				3	6	10	15	20	35	63	110J	110
1	1. 带电部分至接地部分之间 2. 网状和板状遮栏向上延伸线距地 2.3m 处, 与遮栏上方带电部分之间	A ₁	6.4.3-1	75	100	125	150	180	300	550	850	950
2	1. 不同相的带电部分之间 2. 断路器和隔离开关的断口两侧带电部分之间	A ₂	6.4.3-1	75	100	125	150	180	300	550	900	1000
3	1. 栅状遮栏至带电部分之间 2. 交叉的不同时停电检修的无遮栏带电部分之间	B ₁	6.4.3-1 6.4.3-2	825	850	875	900	930	1050	1300	1600	1700
4	1. 网状遮栏至带电部分之间	B ₂	6.4.3-1	175	200	225	250	280	400	650	950	1050
5	1. 无遮栏裸导体至地(楼)面之间	C	6.4.3-1	2500	2500	2500	2500	2500	2600	2850	3150	3250
6	1. 平行的不同时间停电检修的无遮栏裸导体之间	D	6.4.3-1	1875	1900	1925	1950	1980	2100	2350	2650	2750
7	1. 通向所区外的出线套管至屋外通道的路面	E	6.4.3-2	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4500	5000	5000

注: ① 110J 系指中性点有效接地电网。
 ② 当为板状遮栏时, 其 B₂ 值可取 A₁+30mm。
 ③ 通向屋外配电装置的出线套管至屋外地面的距离, 不应小于表 6.1.1 中所列屋外部分之 C 值。
 ④ 海拔超过 1000m 时, A 值的净距应进行修正。

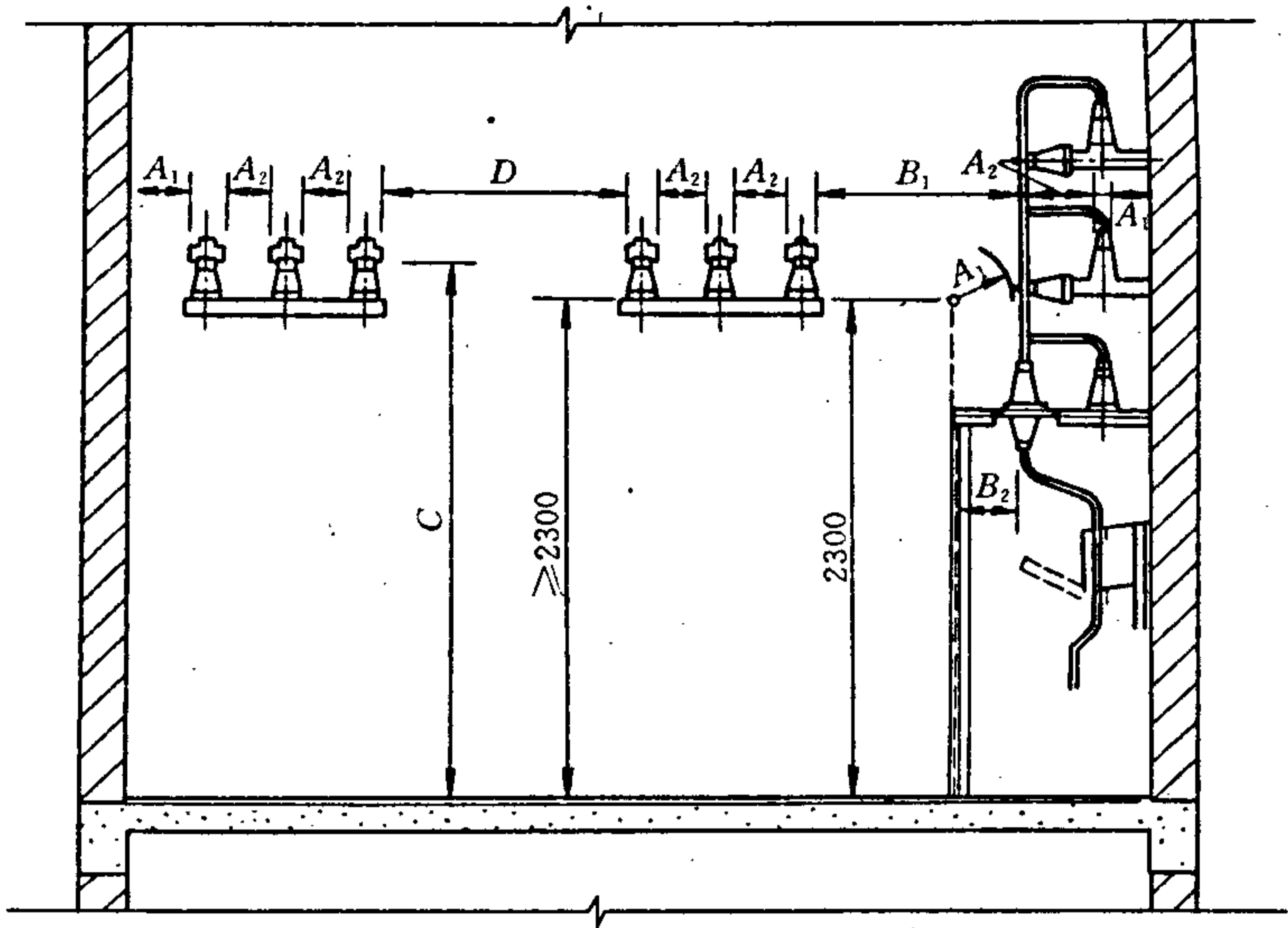


图 6.1.3-1 屋内 A_1 、 A_2 、 B_1 、 B_2 、 C 、 D 值校验图

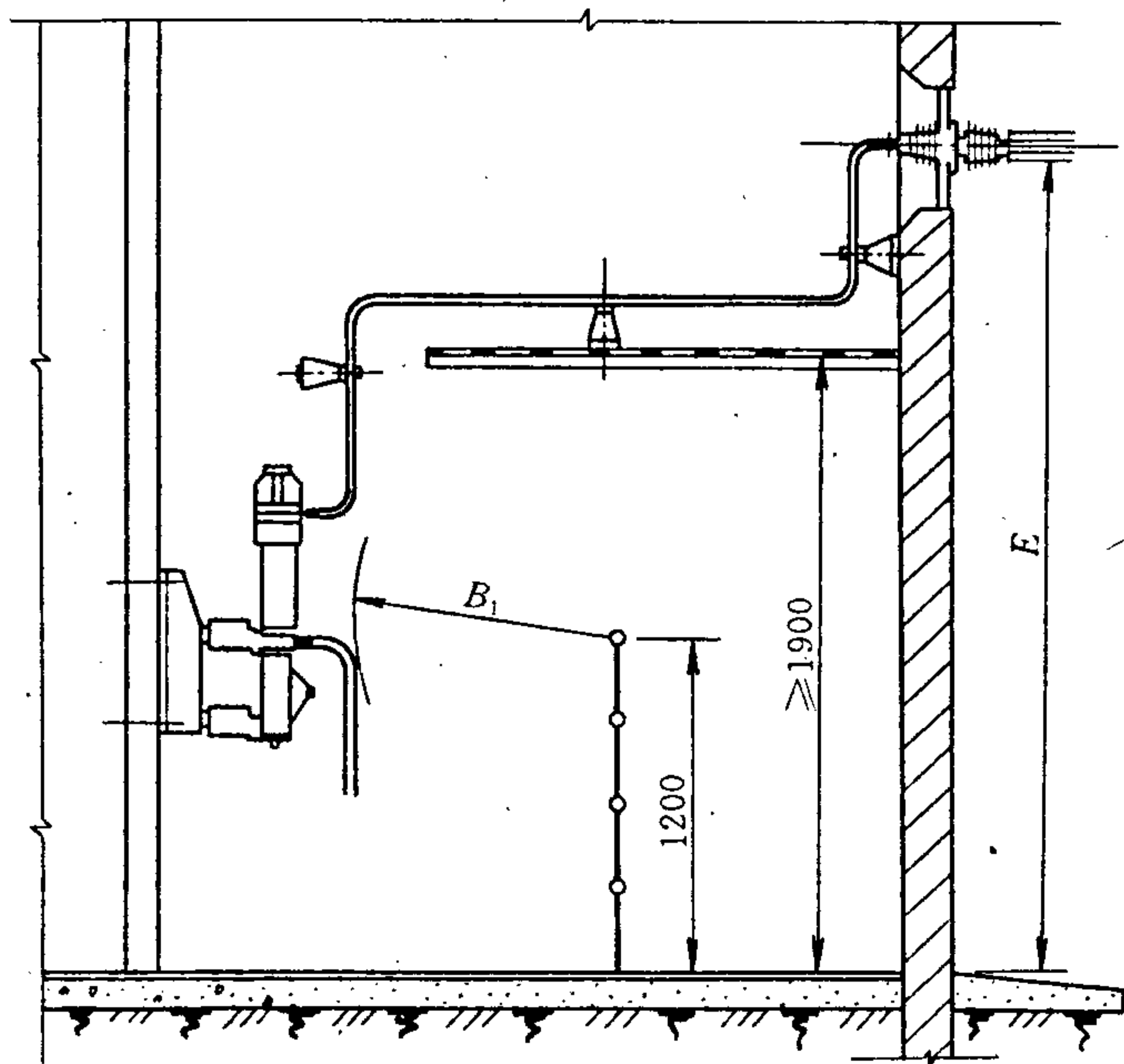


图 6.4.3-2 屋内 B_1 、 E 值校验图

II 型式选择

6.4.6 选择配电装置的型式，应根据所在地区的地理情况及环境条件，当技术经济合理时，应选择下列占地少的配电装置布置型式：

(1) 35kV 及以下配电装置宜采用屋内成套配电装置。

(2) 污秽地区或市区的 63kV 及 110kV 配电装置宜采用屋内布置。

(3) 大城市中心地区或环境恶劣地区的 63kV 及 110kV 配电装置可采用全封闭 SF₆ 组合电器，简称 GIS。

(4) 地震基本烈度 3 度以上地区的 110kV 配电装置宜采用屋外中型布置。

6.4.7 GIS 宜采用屋内布置，断路器宜单列式布置，断路器断口的布置形式应根据场地和检修方式而定。当 GIS 采用屋外布置时，应考虑气温、日温差、日照及冰雹及腐蚀等气象条件的影响。

6.4.8 在高型配电装置上层的 110kV 隔离开关宜采用就地电动操作机构。

6.4.9 当采用管型母线的配电装置时，管型母线选用单管结构，固定方式宜用支持式。

对支持式管型母线在无冰无风时的挠度不宜大于 0.5~1.0 倍的管型母线直径。

采用管型母线时，尚应分别采取，消除端部效应、微风振动及温差对支持式绝缘子产生内应力的措施。

III 通道及围栏

6.4.10 配电装置的布置，应考虑便于设备的操作、搬运、检修和试验。

屋外配电装置应设置必要的巡视小道及操作位置，并宜设置能满足设备运输和消防要求的通道，此通道应具备回车条件。

6.4.11 高型布置的屋外配电装置，应设高层实体通道和必要的围

栏。通道宽度 110kV 可采用 2m。通道两侧宜设 100mm 高的护沿，并应设置两个楼梯，楼梯宽度不应小于 800mm，坡度不大于 45°，楼梯踏步应有防滑措施。

6.4.12 配电装置室内各种通道的宽度不应小于表 6.4.12 的规定。

配电装置室内各种通道的最小宽度净距 (mm)

表 6.4.12

通道分类 开关布置型式		操作通道		维护通道		靠墙布置时离墙距离	
		单列布置	双列布置	单列布置	双列布置	背面	侧面
固定式		1500	2000	800	1000	50	200
手车式	3~10kV	单车长+ 1200	双车长+ 900	800	1000		200

6.4.13 屋内布置的 GIS 应设置通道。其通道宽度应满足运输部件的需要，但不宜小于 1.5m。屋外布置的 GIS，其通道宽度应根据现场作业要求确定。

6.4.14 厂区内的屋外配电装置，其周围应设置围栏，高度不应小于 1.5m。

6.4.15 配电装置中电气设备的栅状遮栏高度，不应小于 1.2m，栅状遮栏最低栏杆至地面的净距，不应大于 200mm。

配电装置中电气设备网状遮栏高度，不应小于 1.7m，网状遮栏网孔不应大于 40mm×40mm。

围栏门应装锁。

6.4.16 在安装有油断路器的屋内间隔内除设置遮栏外，对就地操作的油断路器及隔离开关，应在其操作机构处设置防护隔板，宽度应满足人员的操作范围，高度不应小于 1.9m。

6.4.17 屋外的母线桥，当外物有可能落在母线上时，应根据具体情况采取防护措施。

IV 防火与蓄油设施

6.4.18 3~35kV 双母线布置的屋内配电装置，母线与母线隔离开

关之间宜装设耐火隔板。

6.4.19 安装在屋内的 35kV 及以下断路器、油浸电流互感器和电压互感器，宜装设在两侧有隔墙（板）的间隔内；63~110kV 的断路器、油浸电流互感器和电压互感器，则应安装在有防爆隔墙的间隔内。

总油量超过 100kg 的屋内油浸电力变压器，应装设在单独的变压器室内，并应设置消防设施。

6.4.20 屋内单台电气设备总油量在 100kg 以上应设置贮油设施或挡油设施。挡油设施宜按容纳 20% 油量设计，并应有将事故油排至安全处的设施，或设置能容纳 100% 油量的贮油设施。

排油管内径不应小于 100mm。

6.5 建 筑

6.5.1 配电装置室的建筑，应符合下列要求：

(1) 长度大于 7m 的配电装置室，应有两个出口，并宜布置在配电装置室的两端；长度大于 60m 时，宜有 3 个出口；当配电装置室有楼层时，一个出口可设在通往层外楼梯的平台处。

(2) 装配式配电装置的母线分段处，宜设置有门洞的隔墙。

(3) 充油电气设备间的门若开向不属配电装置范围的建筑物内时，其门应为非燃烧体或难燃烧体的防火门。

(4) 配电装置室的门应为向外开的防火门，应装弹簧锁，严禁用门闩。相邻配电装置室之间有门时，应能向两个方向开启。

(5) 配电装置室可开窗，窗台距室外地坪不宜低于 1.8m，但应采取防止雨、雪、小动物、风砂及污秽尘埃进入的措施。配电装置室临街的一面不宜开窗。

(6) 配电装置室的耐火等级，不应低于二级。

配电装置室的顶棚和内墙面应作处理。地（楼）面宜采用高标号水泥抹面并压光，GIS 配电装置室也可采用水磨石地面。

(7) 配电装置室有楼层时，其楼层应有防水措施。

(8) 配电装置室按事故排烟要求，可装设事故通风装置。

GIS 配电装置室应设通风装置。

(9) 配电装置室内通道应保证畅通无阻,不得设立门槛,并不应有与配电装置无关的管道通过。

6.5.2 屋外配电装置架构的荷载计算,应符合下列主要要求:

(1) 计算用气象条件应按当地的气象资料确定。

(2) 架构宜根据实际受力条件(包括远景可能发生的不利情况),分别按终端或中间架构设计。

架构设计不考虑断线。

(3) 架构设计应计入下列运行、安装、检修及地震时的荷载:

运行情况:取30年一遇的最大风(无冰、相应气温)、最低气温(无冰、无风)及最严重复冰(相应气温及风速)等三种情况及其相应的导线及避雷线张力、自重等;

安装情况:对导线及避雷线的架设,应计入梁上作用人和工具重 2kN 以及相应的风荷载、导线及避雷线张力、自重等;

检修情况:根据实际检修方式的需要,可计入三相同时上人停电检修(每相导线的绝缘子根部作用人和工具重为 1kN)及单相跨中上人带电检修(人及工具重 1.5kN)两种情况的导线张力,相应的风荷载及自重等;对挡距内无引下线的情况可不考虑跨中上人;

地震情况:计入水平地震作用及相应的风荷(或相应的冰荷载)、导线及避雷线张力、自重等,地震情况下的结构抗力或设计强度均允许提高25%使用。

(4) 高型和半高型配电装置的平台及走道的活荷载标准值采用 $1.5\text{kN}/\text{m}^2$ (装配式板应取 1.5kN 集中荷重验算)。架构横梁应计入适当的起吊荷载。

7 1kV 以下配电装置

7.1 电器的选择

7.1.1 低压配电设计选用的电器,应符合国家现行的有关标准,并应符合下列要求。

- (1) 电器的额定电压应与所在回路标称电压相适应;
- (2) 电器的额定电流不应小于所在回路的计算电流;
- (3) 电器的额定频率应与所在回路的频率相适应;
- (4) 电器应适应所在场所的环境条件;

(5) 电器应满足短路条件下的动稳定与热稳定的要求。用于断开短路电流的电器,应满足短路条件下的通断能力。

7.1.2 验算电器在短路条件下的通断能力,应采用安装处预期短路电流周期分量的有效值。

7.1.3 计算短路电流时采用的接线方式,应为可能发生最大短路电流的正常接线方式。可按短路时降压变压器高压侧电压不变及低压侧短路电流不衰减,并可只计及高压系统阻抗、变压器阻抗和低压线路阻抗。

7.1.4 最大短路电流计算时,应考虑导体运行时冷态或热态温度变化的影响。导体电阻值可取温度为 20℃ 的冷态电阻值。最小短路电流计算时,导体电阻值可取 1.5 倍的冷态电阻值。

7.1.5 变电所低压配电出线回路的短路电流计算时,应考虑电动机的反馈电流。当接到短路点的所有低压电动机的额定电流总值超过短路电流(不计入电动机反馈电流)的 1% 时,应计算电动机反馈电流的数值。电动机的堵转电流可取电动机额定电流的 5 倍。

对最小短路电流和单相接地短路电流的计算,可忽略电动机反馈电流的影响。

7.1.6 隔离电器可采用下列电器：

- (1) 单极或多极隔离开关、隔离插头；
- (2) 插头与插座；
- (3) 连接片；
- (4) 不需要拆除导线的特殊端子；
- (5) 熔断器。

7.1.7 半导体电器严禁做隔离电器。

7.1.8 执行操作功能的开关电器可采用下列电器：

- (1) 负荷开关及断路器；
- (2) 继电器、接触器；
- (3) 半导体电器；
- (4) 10A 及以下容量的插头与插座。

7.2 配电设备的布置

I 一般规定

7.2.1 配电室的位置应靠近用电负荷中心，并应设置在尘埃少、腐蚀介质少、干燥和震动轻微的地方。宜适当留有发展余地。

7.2.2 配电设备的布置必须遵循安全、可靠、适用和经济等原则，并应便于安装、操作、搬运、检修、试验和监测。

7.2.3 配电室内除本室需用的管道外，不应有其他的管道通过。室内管道上不应有阀门和中间接头，水汽管道与散热器的连接应采用焊接。配电屏的上方不应敷设管道。

7.2.4 落地式配电箱的底部宜抬高，户内宜高出地面 50mm 以上；户外应高出地面 200mm 以上。底座周围应采取封闭措施，应能防止鼠、蛇类等小动物进入箱内。

7.2.5 同一配电室内并列的两段母线，当任一段母线有一级负荷时，母线分段处应设防火隔断措施。

7.2.6 当高压及低压配电设备设在同一室内时，且二者有一侧柜顶有裸露的母线，二者之间的净距不应小于 2m。

表 7.2.8 配电屏前后的通道宽度 (m)

布置方式		单排布置			双排面对面布置			双排背对背布置			多排同向布置		
		屏前	屏后 维护	屏后 操作	屏前	屏后 维护	屏后 操作	屏前	屏后 维护	屏后 操作	屏间	屏前、后 维护	屏前、后 操作
固定式	不受限制时	1.5	1.0	1.2	2.0	1.0	1.2	1.5	1.5	2.0	2.0	1.5	1.0
	受限制时	1.3	0.8	1.2	1.8	0.8	1.2	1.3	1.3	2.0	2.0	1.3	0.8
抽屉式	不受限制时	1.8	1.0	1.2	2.3	1.0	1.2	1.8	1.0	2.0	2.3	1.8	1.0
	受限制时	1.6	0.8	1.2	2.0	0.8	1.2	1.6	0.8	2.0	2.0	1.6	0.8

注：①受限制时：是指受到建筑平面的限制、通道内有柱等局部突出物。

②屏后操作通道是指需在屏后操作运行中的开关设备的通道。

7.2.7 成排布置的配电屏，其长度超过 6m 时，屏后的通道应设两个通向本室或其它房间的出口，并宜布置在通道的两端，当两出口之间的距离超过 15m 时，其间尚应增加出口。

7.2.8 成排布置的配电屏，其屏前和屏后的通道宽度不应小于表 7.2.8 的规定。

控制屏前后及平台上成套变电站的配电屏前后通道受到限制时，可按表 7.2.8 的规定适当缩小。

II 安全措施

7.2.9 有危险电位的裸带电体应加遮护或置于人的伸臂范围以外。

注：①置于伸臂范围以外的保护仅用来防止人无意识地触及裸带电体。

②伸臂范围：是指人手伸出后可能触及的区域。

7.2.10 标称电压超过交流 25V（均方根值）的裸带电体，正常运行时应用防护等级不低于 IP2X 级的遮护物或外罩遮护。

7.2.11 遮护物和外罩应可靠地固定，并具有足够的稳定性和耐久性。

7.2.12 当需要移动遮护物、打开或拆卸外罩时，必须采取下列的措施之一：

(1) 使用钥匙或工具；

(2) 切断裸带电体的电源，且只有将遮护物或外罩重新放回原位或装好后才能恢复供电。

7.2.13 当裸带电体用遮护物遮护时，裸带电体与遮护物之间的净距应满足下列要求：

(1) 当用不低于 IP2X 级的网状遮护物时，不应小于 100mm；

(2) 当用板状遮护物时，不应小于 50mm。

7.2.14 容易接近的遮护物或外罩的水平顶部，其防护等级不应低于 IP4X 级。

7.2.15 当采用遮护物和外罩有困难或不必要时，可采用阻挡物进行保护，阻挡物应能防止下列情况的发生：

(1) 人体无意识地接近裸带电体；

(2) 操作设备过程中人体无意识地触及裸带电体。

注：阻挡物用于防止无意识地触及裸带电体。

7.2.16 不应将裸带电体布置在伸臂范围以内、并应符合下列规定：

(1) 裸带电体布置在人的上方时，裸带电体与人所站立地面或平台的垂直净距不应小于 2.5m；

(2) 裸带电体布置在人的侧面或下方时，裸带电体与人所站立平台边缘的水平净距不应小于 1.25m。当裸带电体具有防护等级低于 IP2X 级的阻挡物时，伸臂范围应从阻挡物计算。

7.2.17 在正常工作时手中需执有大的或长的导电物体的场所，计算伸臂范围时应计及这些物件的外型尺寸。

7.2.18 配电室通道上方裸带电体距地面的高度不应小于下列规定：

(1) 屏前通道为 2.5m；当低于 2.5m 时应加遮护，遮护后的护网高度不应低于 2.2m。

(2) 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。

7.2.19 安装在生产车间和有人场所的开敞式配电设备，其未遮护的裸导电部分距地高度不应小于 2.5m，当低于 2.5m 时应设置阻挡物，其与裸导电部分的水平净距不应小于 0.8m，阻挡物的高度不应小于 1.4m，阻挡物内屏前、屏后的通道宽度应符合本章 7.2.8 的规定。

III 建 筑

7.2.20 配电室屋顶承重物件的耐火等级，不应低于二级，配电室其他部分不应低于三级。

7.2.21 配电室长度超过 7m 时，应设两个出口，并宜布置在配电室的两端，当配电室为楼上楼下两部分布置时，楼上部分的出口中至少应有一个通向该层走廊或室外的安全出口。

配电室的门应向外开，但通向高压配电室的门应为双向开启门。

7.2.22 配电室的顶棚、墙面及地面的建筑装饰应少积灰和不起灰，天棚不应抹灰。

7.2.23 配电室内的电缆沟应采取防水和排水的措施，防止沟内积水。

7.2.24 当严寒地区冬季室温影响设备的正常工作时，配电室应采暖。炎热地区，夏天气温过高时应采取隔热，通风或人工降温等措施。

有人值班的配电室，白天宜有自然采光，在休息室内宜设给、排水设施，附近无厕所时宜设厕所。

7.2.25 位于地下室和楼层内的配电室，应有设备运输的通道，并应有良好的通风和可靠的照明系统。

7.2.26 配电室的门、窗关闭应密合，与室外相通的洞、通风孔应设防止小动物进入的网罩，其防护等级不宜低于IP3X级，直接与户外露天相通的通风孔，还应采取防止雨、雪飘入的措施。

8 继电保护与自动装置

8.1 一般规定

8.1.1 本章适用于 3~110kV 电力设备和 3~63kV 线路的继电保护和自动装置。

8.1.2 继电保护和自动装置的设计应选用符合现行国家标准的合格产品。

8.1.3 继电保护和自动装置应能尽快地切除短路故障和恢复供电。以保证电力系统安全运行,防止故障设备和线路的损坏和减少停电损失。

8.1.4 电力设备和线路应有主保护,后备保护和异常运行保护,必要时可增设辅助保护。

8.1.5 继电保护和自动装置的选择,应满足可靠性、选择性、灵敏性和速动性的要求,并符合下列规定:

(1)继电保护和自动装置应简单可靠,使用的元件和接点应尽量少,接线回路简单,运行维护方便,在能够满足要求的前提下,宜采用最简单的保护。

(2)对相邻设备和线路有配合要求的保护,前后两级之间的灵敏性和动作时间应相互配合。

(3)当被保护设备和线路范围内发生故障时,应具有必要的灵敏系数。

(4)保护装置应能尽快地切除短路故障。当需要加速切除短路故障时,可允许保护装置无选择性地动作,但应利用自动重合闸或备用电源自动投入装置缩小停电范围。

8.1.6 保护装置的灵敏系数,应根据不利正常运行方式和不利故障类型进行计算,必要时,应计及短路电流衰减的影响。

各类保护装置的灵敏系数不应小于表 8.1.6 的规定。

8.1.7 装有排气式避雷器的线路,保护装置的动作时间不应大于 0.08s,保护装置起动元件的返回时间不应小于 0.02s。

8.1.8 在正常运行情况下,当电压互感器二次回路断线或其它故障能使保护装置误动作时,应装设断线闭锁装置;当保护装置不致误动作时,应装设电压回路断线信号装置。

8.1.9 在保护装置内应设置由信号继电器或其它元件等构成的指示信号。指示信号应符合下列要求:

(1)在电压消失时不自动复归,或在电压恢复时仍能维持原动作状态。

(2)能分别显示各保护装置的动作情况。

(3)对复杂保护装置,能分别显示各部分及各段的动作情况。根据装置具体情况,可设置能反映装置内部异常的信号。

8.1.10 保护装置用的电流互感器及中间电流互感器的稳态比误差不应大于 10%。对 35kV 及以下的线路和设备,当技术上难以满足要求,且不致使保护装置误动作时,可允许有较大的误差。

8.1.11 全厂配电所的数量在两个及以上时,宜设置总值班室,室内宜有各配电所的事故和警告遥信装置。

8.1.12 断路器事故跳闸时应发出事故音响信号(电笛)。当单相接地、线路过负荷和变压器轻瓦斯、温度保护动作时,应发出警告音响信号(电铃)。

对有人值班的配电所,上述信号应发至本配电所的值班室;对无人值班的配电所,上述信号宜遥信至总值班室。

8.1.13 配电所有较多配出回路时,工厂供电系统可采用微机集中监控装置,实现远距离测量,监视和控制。

8.1.14 断路器采用弹簧储能操动机构时,3~10kV 系统的小型配变电所继电保护宜采用交流操作。

8.1.15 当采用交流操作的保护装置时,短路保护可由被保护元件的电流互感器取得操作电源,变压器的瓦斯保护和中性点非直接接地电力网的接地保护,可由变电所所用变压器或电压互感器取

表 8.1.6 保护装置的灵敏系数

保护分类	保护类型	组成元件	计算条件	灵敏系数
主保护	变压器、线路及电动机纵联差动保护	差流元件	按保护区末端金属性短路计算	2.0
	变压器、线路及电动机电流速断保护	电流元件	按保护安装处金属性短路计算	2.0
	电流保护和电压保护	电流元件 电压元件	按保护区末端金属性短路计算	1.5
	带方向的电流保护或电压保护	零序、负序方向元件	按保护区末端金属性短路计算	2.0
	平行线路横差方向和电流平衡保护	电流或电压启动元件 电流元件	线路两侧均未断开前,其中一侧保护按线路中点金属性短路计算 线路自一侧断开后,按另一侧对端金属性短路计算	2 1.5
	母线不完全差动保护	差流元件	按金属性短路计算	1.5
	距离保护	距离启动元件 距离测量元件	按保护区末端金属性短路计算	1.5 1.3
	母线完全差动保护	差流元件	按金属性短路计算	2
	中性点非直接接地保护	电流元件	按保护区末端金属性短路计算	4
	距离保护	负序和零序增量(或实变量)启动元件	按保护区末端金属性短路计算	4
	平行线路横差方向保护	零序方向元件	线路两侧均未断开前,其中一侧保护按线路中间金属性短路计算 线路一侧断开后,另一侧保护按对侧金属性短路计算	4 2.5
	后备保护	电流保护和电压保护	电流元件、电压元件	按相邻电力设备和线路末端金属性短路计算

得操作电源。

8.1.16 交流整流电源作为继电保护直流电源时,直流母线电压,在最大负荷时保护动作不应低于额定电压的 80%,最高电压不应超过额定电压的 115%。并应采取稳压、限幅和滤波的措施。电压允许波动应控制在额定电压的 5%范围内,波纹系数不应大于 5%。

8.1.17 断路器采用直流电磁操动机构时,宜选用镉镍蓄电池直流电源装置作为直流操作电源。

8.1.18 当采用蓄电池组作直流电源时,由浮充电设备引起的波纹系数不应大于 5%;电压允许波动应控制在额定电压的 5%范围内。放电末期直流母线电压下限不应低于额定电压的 85%,充电后期直流母线电压上限不应高于额定电压的 115%。

8.2 电力变压器的保护

8.2.1 对电力变压器的下列故障及异常运行方式,应装设相应的保护装置。

(1)绕组及其引出线的相间短路和在中性点直接接地侧的单相接地短路。

(2)绕组的匝间短路。

(3)外部相间短路引起的过电流。

(4)中性点直接接地电力网中外部接地短路引起的过电流及中性点过电压。

(5)过负荷。

(6)油面降低。

(7)变压器温度升高或油箱压力升高或冷却系统故障。

8.2.2 800kVA 及以上的油浸式变压器和 400kVA 及以上的车间内油浸式变压器,应装设瓦斯保护。当壳内故障产生轻微瓦斯或油面下降时,应瞬时动作于信号;当产生大量瓦斯时,应动作于断开变压器的各电源侧断路器。当变压器安装处电源侧无断路器或短路开关时,可作用于信号。

8.2.3 对变压器引出线、套管及内部的短路故障,应装设相应的保护装置,并应符合下列规定:

(1)10000kVA 及以上单独运行变压器和 6300kVA 及以上的并列运行变压器,应装设纵联差动保护。6300kVA 及以下单独运行的重要变压器,亦可装设纵联差动保护。

(2)10000kVA 以下的变压器可装设电流速断保护和过电流保护。当过电流保护时限大于 0.5s 时,应装设电流速断保护。2000kVA 及以上的变压器,当电流速断灵敏系数不符合要求时,宜装设纵联差动保护。

(3)400kVA 及以上,一次电压为 10kV 及以下,线圈为三角一星形连接的变压器,可采用三相三继电器式的过电流保护。

(4)本条规定的各项保护装置,应动作于断开变压器的各电源侧断路器。

8.2.4 纵联差动保护,应符合下列要求:

(1)应能躲过励磁涌流和外部短路产生的不平衡电流。

(2)差动保护范围应包括变压器套管及其引出线。当不能包括引出线时,应采取快速切除故障的辅助措施。但在 63kV 和 110kV 电压等级的终端变电所和分支变电所,以及具有旁路母线的电气主结线在变压器断路器退出工作由旁路断路器代替时,纵联差动保护可利用变压器套管内的电流互感器,引出线可不再采取快速切除故障的辅助措施。

8.2.5 对由外部相间短路引起的变压器过电流,应装设相应的保护装置,保护装置应带时限动作于跳闸,并应符合下列规定:

(1)过电流保护宜用于降压变压器。

(2)复合电压起动的过电流保护或低电压闭锁的过电流保护,宜用于升压变压器、系统联络变压器和过电流不符合灵敏性要求的降压变压器。

8.2.6 双线圈变压器外部相间短路保护应装于主电源侧。根据主接线情况,保护装置可带一段或两段时限,以较短的时限动作于缩小故障影响范围,以较长的时限动作于断开变压器各侧断路器。

8.2.7 三线圈变压器的外部相间短路保护,应符合下列规定:

8.2.7.1 宜装于主电源侧及主负荷侧。主电源侧的保护应带两段时限,以较短的时限断开未装保护侧的断路器。当不符合灵敏性要求时,可在所有各侧装设保护装置。各侧保护装置应根据选择性的要求装设方向元件。

8.2.7.2 其它各侧保护可仅作本侧相邻电力设备和线路的后备保护。灵敏系数可适当降低,但对本侧母线上的各类短路应符合灵敏性要求。

8.2.8 中性点直接接地的 110kV 电力网中,当低压侧有电源的变压器中性点直接接地运行时,对外部单相接地引起的过电流,应装设零序电流保护,并应符合下列规定:

(1)零序电流保护可由两段组成,每段应带两个时限,并应以较短的时限动作于缩小故障影响范围,以较长的时限有选择性地动作于断开变压器各侧断路器。

(2)双线圈及三线圈变压器的零序电流保护应接到中性点引出线上的电流互感器上。

8.2.9 110kV 中性点直接接地的电力网中,当低压侧有电源的变压器中性点接地运行或不接地运行时,对外部单相接地引起的过电流,以及对因失去接地中性点引起的电压升高,应装设相应的保护装置,并应符合下列规定:

8.2.9.1 全绝缘变压器应按本规范第 8.2.8 条中的规定装设零序电流保护,并应装设零序过电压保护。当电力网单相接地且失去接地中性点时,零序过电压保护宜经 0.3~0.5s 时限动作于断开变压器各侧断路器。

8.2.9.2 分级绝缘变压器的零序保护,应符合下列要求:

(1)中性点装设放电间隙时,应按本规范第 8.2.8 条的规定装设零序电流保护,并增设反应间隙回路的零序电压和间隙放电电流的零序电流电压保护。当电力网单相接地且失去接地中性点时,零序电流电压保护宜经 0.3~0.5s 时限动作于断开变压器各侧断路器。

(2)中性点不装设放电间隙时,可装设两段零序电流保护和一套零序电流电压保护。零序电流保护第一段设置一个时限,第二段设置两个时限;当每组每线上至少有一台中性点接地变压器时,第一段和第二段的较短时限宜动作于缩小故障影响范围。零序电流电压保护用于在中性点不接地运行时保护变压器,其动作时限应与零序电流保护第二段时限相配合,先切除中性点不接地变压器,不应切除中性点接地变压器。当某一组母线上的变压器中性点均不接地时,零序电流保护不应动作于断开母线联络断路器,应先断开中性点不接地的变压器。

8.2.10 高压侧为单电源,低压侧无电源的降压变压器,不宜装设专门的零序保护。

8.2.11 400kVA及以上,线圈为星形—星形联结低压侧中性点直接接地的变压器,对低压侧单相接地短路应选择下列保护方式,保护装置应带时限动作于跳闸。

(1)利用高压侧的过电流保护时,保护装置宜采用三相式。

(2)接于低压侧中性线上的零序电流保护。

(3)接于低压侧的三相电流保护。

8.2.12 400kVA及以上,一次电压为10kV及以下,线圈为三角—星形联结,低压侧中性点直接接地的变压器,对低压侧单相接地短路,当灵敏性符合要求时,可利用高压侧的过电流保护。保护装置带时限动作于跳闸。

8.2.13 400kVA及以上变压器,当数台并列运行或单独运行并作为其他负荷的备用电源时,应根据可能过负荷的情况装设过负荷保护。对三线圈变压器,保护装置应能反应各侧过负荷的情况。

过负荷保护采用单相式,带时限动作于信号。

在无经常值班人员的变电所,过负荷保护可动作于跳闸或断开部分负荷。

8.2.14 1000kVA及以上油浸变压器或500kVA及以上干式变压器,当温度升高或冷却系统故障,应装设可作用于信号或动作于跳闸的装置。

8.3 3~63kV 中性点非直接接地电力网中线路的保护

8.3.1 对 3~63kV 线路的下列故障或异常运行,应装设相应的保护装置:

- (1)相间短路;
- (2)单相接地;
- (3)过负荷。

8.3.2 对 3~10kV 线路装设相间短路保护装置,应符合下列要求:

8.3.2.1 由电流继电器构成的保护装置,应接于两相电流互感器上,同一网络的所有线路均应装在相同的两相上。

8.3.2.2 后备保护应采用远后备方式。

8.3.2.3 当线路短路使主要电源联结点母线或重要用户母线电压低于额定电压的 60%时,以及线路导线截面过小,不允许带时限切除短路时,应快速切除故障。

8.3.2.4 当过电流保护时限不大于 0.5~0.7s,且没有第三款所列的情况,或没有配合上的要求时,可不装设瞬动的电流速断保护。

8.3.2.5 对单侧电源线路可装设两段过电流保护:第一段为不带时限的电流速断保护;第二段为带时限的过电流保护。可采用定时限或反时限特性的继电器。对单侧电源带电抗器的线路,当其断路器不能切断电抗器前的短路时,不应装设电流速断保护,此时,应用母线保护或其它保护切除电抗器前的故障。

8.3.2.6 对双侧电源线路,可装设带方向或不带方向的电流速断和过电流保护。对 1~2km 双侧电源的短线路,当采用上述保护不能满足选择性、灵敏性或速动性的要求时,可采用带辅助导线的纵联差动保护作主保护,并装设带方向或不带方向的电流保护作后备保护。

8.3.2.7 对并列运行的平行线路宜装设横联差动保护作为主保护,并应以接于两回线电流之和的电流保护,作为两回线同时运行

的后备保护及一回线断开后的主保护及后备保护。

8.3.3 对 35~63kV 线路,宜按下列要求装设相间短路保护装置:

8.3.3.1 对单侧电源线路可采用一段或两段电流速断或电流闭锁电压速断作主保护,并应以带时限过电流保护作后备保护。

当线路发生短路,重要用户母线电压低于额定电压的 60% 时,应能快速切除故障。

8.3.3.2 对双侧电源线路可装设带方向或不带方向的电流电压保护。当采用电流电压保护不能满足选择性、灵敏性和速动性要求时,可采用距离保护。

双侧电源或环形网络中,不超过 3~4km 的短线路,当采用电流电压保护不能满足要求时,可采用带辅助导线的纵差保护作主保护,并应以带方向或不带方向的电流电压保护作为后备保护。

8.3.3.3 对并列运行的平行线路,可装设横联差动保护作主保护,并应以接于两回线电流之和的阶段式保护或距离保护作为两回线同时运行的后备保护及一回线断开后的保护及后备保护。

8.3.4 对 3~63kV 中性点非直接接地电力网中的单相接地故障,应装设接地保护装置,并应符合下列规定:

(1) 在变电所母线上,应装设接地监视装置,动作于信号。

(2) 电缆线路或经电缆引出的架空线路,宜装设有选择性的接地保护,并动作于信号。当危及人身和设备安全时,保护装置应动作于跳闸。

(3) 在出线回路数不多,或难以装设选择性单相接地保护时,可采用依次断开线路的方法,寻找故障线路。

8.3.5 对可能经常出现负荷过负荷的电缆线路,应装设过负荷保护。保护装置宜带时限动作于信号;当危及设备安全时,可动作于跳闸。

8.4 母线的保护

8.4.1 主要变电所的 3~10kV 母线及并列运行的双母线,符合下列情况下应装设专用母线保护:

(1)须快速而有选择地切除一段或一组母线上的故障,才能保证电力网安全运行和重要负荷的可靠供电时。

(2)当线路断路器不允许切除线路电抗器前的短路时。

8.4.2 对3~10kV分段母线宜采用不完全电流差动保护,保护装置应接入有电源支路的电流。保护装置应由两段组成,第一段可采用无时限或带时限的电流速断,当灵敏系数不符合要求时,可采用电流闭锁电压速断;第二段可采用过电流保护,当灵敏性不符合要求时,可将一部分负荷较大的配电线路接入差动回路。

8.4.3 对3~10kV中小容量变电所,接在母线上的出线不带电抗器,或者带电抗器但允许带时限切除母线故障时,可以不装设专用母线保护。母线故障可利用变压器断路器的后备保护和分段断路器的保护来切除。

8.4.4 变电所的35~110kV电压的母线,符合下列情况时,应装设专用的母线保护:

(1)110kV双母线。

(2)110kV单母线,重要变电所的35~63kV母线,根据系统稳定要求或为保证重要用户最低允许电压要求,需要快速地切除母线上的故障时。

8.4.5 35~110kV电压的专用母线保护可以采用按循环原理构成的电流差动保护或母联电流相位比较差动保护及母线电流比相保护。

8.4.6 35~110kV变电所装设专用母线保护时,应符合下列要求:

(1)双母线的母线保护宜先跳开母联断路器。

(2)应增设简单可靠的闭锁装置或采用两个以上元件同时动作作为判别条件。

(3)应采取措旆,减少外部短路产生的不平衡电流的影响,并装设电流回路断线闭锁装置。

(4)在一组母线或某一段母线充电合闸时,应能快速而有选择地断开有故障的母线。

(5)双母线情况下母线保护动作时,应闭锁平行双回线路的横联差动保护。

8.4.7 旁路断路器和兼作旁路的母联或分段断路器上,应装设可代替线路保护的保护装置。

在专用的母联或母线分段断路器上,可装设相电流或零序电流保护,作母线充电合闸时的保护。

8.5 电力电容器的保护

8.5.1 3kV 及以上的并联补偿电容器组有下列故障及异常运行方式时,应装设相应的保护装置:

- (1)电容器组和断路器之间连接线短路。
- (2)单台电容器内部故障及其引出线短路。
- (3)电容器组的单相接地。
- (4)电容器组中某一故障电容器切除后所引起的过电压。
- (5)电容器组过电压。
- (6)所连接的母线失压。
- (7)电容器组的过负荷。

8.5.2 电容器组和断路器之间连接线的短路,可装设带有短时限的电流速断和过电流保护,动作于跳闸。速断保护的動作电流,应按最小运行方式下,电容器端部引线发生两相短路时,有足够灵敏系数整定。过电流保护装置的動作电流,应按躲过电容器组长期允许的最大工作电流整定。

8.5.3 对单台电容器内部故障及其引出线短路,宜对每台电容器分别装设专用的熔断器。熔丝的额定电流可为电容器额定电流的1.5~2.0倍。

8.5.4 电容器组的单相接地故障,可利用电容器组所联接母线上的绝缘监察装置进行监视和检查。当电容器组所联接母线有引出线路时,可统一装设单相接地保护,但安装在绝缘支架上的电容器组,可不再装设单相接地保护。

8.5.5 当电容器组中故障电容器切除到一定数量,引起电容器端

电压超过 110% 额定电压时,保护应将整组电容器断开。对不同接线的电容器组,可采用下列保护措施:

8.5.5.1 电容器组为单星形接线时,可采用零序电压保护,保护装置接在电压互感器的开口三角绕组上。

8.5.5.2 电容器组为双星形接线时,可采用中性线不平衡电流或不平衡电压保护。

8.5.5.3 多段串联单星形接线的电容器组,可采用段间电压差动或桥式差电流保护。

8.5.6 由于系统过电压及高次谐波可能引起电容器组过负荷时,电容器组宜装设过负荷保护。带时限动作于信号或跳闸。保护宜采用反时限特性的继电器,并可与过电流保护结合起来。

8.5.7 母线失压应装设带时限动作于信号或跳闸的低电压保护。

8.5.8 电容器组的过电压应装设带时限动作于信号或跳闸的过电压保护。

8.6 3kV 及以上电动机的保护

8.6.1 对电压为 3kV 及以上异步电动机和同步电动机有下列故障及异常运行方式时,应装设相应的保护装置:

(1) 定子绕组相间短路。

(2) 定子绕组单相接地。

(3) 定子绕组过负荷。

(4) 定子绕组低电压。

(5) 同步电动机失步。

(6) 同步电动机失磁。

(7) 同步电动机出现非同步冲击电流。

8.6.2 电动机绕组及引出线的相间短路,应装设相应的保护装置,并符合下列规定:

(1) 2000kW 以下的电动机,宜采用两相式电流速断保护装置。

(2) 2000kW 及以上的电动机,或电流速断保护灵敏系数不符

合要求的 2000kW 以下电动机,应装设纵联差动保护装置。

(3)保护装置应动作于跳闸。对于具有自动灭磁装置的同步电动机,保护装置尚应动作于灭磁。

8.6.3 单相接地故障,当接地电流小于 5A 时,可装设接地检测装置。当接地电流大于 5A 时,应装设有选择性的单相接地保护。

单相接地电流为 10A 及以上时,保护装置动作于跳闸;单相接地电流为 10A 以下时,保护装置可动作于跳闸或信号。

8.6.4 电动机应装设过负荷保护,并应符合下列规定:

(1)生产过程中易发生过负荷的电动机应装设带时限作用于信号或跳闸的过负荷保护装置。

(2)起动或自起动困难、需要防止起动或自起动时间过长的电动机,应装设动作于跳闸的过负荷保护装置。

8.6.5 对母线电压短时降低或中断,应装设电动机低电压保护,并应符合下列规定:

(1)当电源电压短时降低或短时中断后又恢复时,需要断开的次要电动机和有备用自动投入机械的电动机,应装设低电压保护。

(2)根据生产过程不允许或不需要自起动的电动机,应装设低电压保护。

(3)在电源电压长时间消失后须从电力网中自动断开的电动机,应装设低电压保护。

(4)保护装置应动作于跳闸。

8.6.6 同步电动机应装设带时限动作的失步保护。对于重要同步电动机,应装设带时限动作于再同步控制回路的失步保护装置;不能再同步或根据生产过程不需要再同步的电动机,应动作于跳闸。

8.6.7 对同步电动机失磁引起母线电压严重降低时,宜装设带时限动作于跳闸的专用失磁保护。

8.6.8 2000kW 及以上及不允许非同步冲击的同步电动机,应装设防止电源短时中断再恢复时造成非同步冲击的保护装置。

保护装置应确保在电源恢复前动作。重要电动机的保护装置,应作用于再同步控制回路;不能再同步或根据生产过程不需要再

同步的电动机,保护装置应动作于跳闸。

8.7 自动重合闸

8.7.1 3~63kV 的架空线路和电缆与架空的混合线路,当用电设备允许且无备用电源自动投入时,应装设自动重合闸装置。

8.7.2 旁路断路器和兼作旁路的母联或分段断路器应装设自动重合闸装置。

8.7.3 单侧电源线路的自动重合闸方式的选择应符合下列规定:

(1)采用一次重合闸;

(2)由几段串联线路构成电力网时,宜采用重合闸前加速保护动作或顺序自动重合闸。

8.7.4 双侧电源线路的自动重合闸方式的选择应符合下列规定:

8.7.4.1 并列运行的电力系统之间,具有四条及以上联系的线路或三条紧密联系的线路,可采用不检查同步的三相自动重合闸。

8.7.4.2 并列运行的电力系统之间,具有二条联系的线路或三条联系不紧密的线路,可采用下列重合闸方式:

(1)当非同步合闸的最大冲击电流倍数超过表 8.7.4 中规定的允许值时,可采用同步检定和无电压检定的三相重合闸。

(2)当非同步合闸的最大冲击电流倍数不超过表 8.7.4 中规定的允许值时,可采用不检查同步的三相重合闸。

自同步和非同步合闸时允许的冲击电流倍数 表 8.7.4

机 组 类 型	允 许 倍 数
同步调相机 电力变压器	$0.81/X_d'$ $1/X_B$

注:① X_d' ——同步电机的纵轴超瞬变电抗标么值。

② X_B ——电力变压器的短路电抗,标么值。

(3)没有其他联系的并列运行双回线路,当不能采用非同步重合闸时,可采用检查另一回线路有电流的自动重合闸。

8.7.4.3 双侧电源的单回线路,可采用下列重合闸方式:

(1)可采用解列重合闸。

(2)可采用一侧无电压检定,另一侧同步检定的重合闸。

8.7.5 自动重合闸装置,应符合下列要求:

(1)手动或通过遥控装置将断路器断开或将断路器投入故障线路上而随即由保护装置将其断开时,自动重合闸均不应动作。

(2)自动重合闸装置在装置的某些元件损坏以及继电器触点粘住或拒动等情况下,均不应使断路器多次重合。

(3)当断路器处于不正常状态不允许实现自动重合闸时,应将自动重合闸装置闭锁。

8.8 备用电源与备用设备的自动投入装置

8.8.1 备用电源和备用设备的自动投入装置,应符合下列规定:

(1)由双电源供电的变电所和配电所,其中一个电源经常断开作为备用。

(2)变电所和配电所内有互为备用的母线段。

(3)变电所内有备用变压器。

(4)变电所内有两台所用变压器。

(5)生产过程中某些重要机组有备用机组。

8.8.2 备用电源和备用设备的自动投入装置,应符合下列要求:

(1)保证备用电源有电压,工作回路断开后才投入备用回路。

(2)工作回路上的电压,不论因任何原因消失时,自动投入装置均应延时动作。

(3)手动断开工作回路时,不起动自动投入装置。

(4)保证自动投入装置只动作一次。

(5)装有同步检查或低电压起动的备用电源自动投入装置,可设置信号或闭锁装置,来防止因工作电源的电压互感器二次侧熔断器熔断或其它原因引起的自动投入装置的误动。

(6)备用电源自动投入装置动作后,如投到故障上,必要时,应使保护装置加速动作。

8.9 二次回路

8.9.1 二次回路的工作电压不应超过 500V。

8.9.2 互感器二次回路连接的负荷,不应超过继电保护和自动装置工作准确等级所规定的负荷范围。

8.9.3 二次回路应采用铜芯控制电缆和绝缘导线。

在绝缘可能受到油浸蚀的地方,应采用耐油的绝缘导线或电缆。

8.9.4 铜芯控制电缆或绝缘导线的芯线最小截面,应满足机械强度要求,强电控制回路的截面不应小于 1.5mm^2 ;弱电回路截面不应小于 0.5mm^2 。

8.9.5 电流回路电缆芯线截面应使电流互感器的工作准确等级,符合本规范第 9 章及本章 8.1.10 条的规定。短路电流倍数无可靠数据时,可按断路器的断流容量确定最大短路电流,电缆芯线截面不应小于 2.5mm^2 。

8.9.6 电压回路电缆芯线截面应满足电能计量用电压互感器的精确度等级及至电度表的电缆压降应符合本规范第 9 章的规定。当全部保护装置和安全自动装置动作时(考虑到发展,电压互感器的负荷最大时)电压互感器至测量仪表及保护和自动装置屏的电缆压降不应超过额定电压的 3%,电缆芯线截面不应小于 1.5mm^2 。

8.9.7 操作回路电缆芯线截面在通过最大负荷下,操作母线至设备的电压降不应超过额定电压的 10%。

8.9.8 在安装各种设备、断路器和隔离开关的连锁接点、端子排和接地线时,应能在不断开 3kV 及以上一次线的情况下,保证在二次回路端子排上安全地工作。

8.9.9 电压互感器的一次侧隔离开关断开后,其二次回路应有防止电压反馈的措施。

8.9.10 电流互感器的二次回路应在配电装置附近经端子排一点接地。但对于有几组电流互感器连接在一起的保护装置,应在保护屏上经端子排接地。

8.9.11 电压互感器二次侧中性点或线圈的一端应接地。对 110kV 直接接地系统的电压互感器,应设置公共接地点。接地点宜设在控制室内,并应牢固焊接在小母线上。

向交流操作的保护装置和自动装置操作回路供电的电压互感器,应通过击穿保险器接地。采用 B 相直接接地的星形接线的电压互感器,其中性点也应通过击穿保险器接地。

8.9.12 在电压互感器二次回路中,除开口三角绕组和另有专门要求外,应装设熔断器或自动开关。

在接地线上不应安装有开断可能的设备。当采用 B 相接地时,熔断器或自动开关应装在线圈引出端子与接地点之间。

电压互感器开口三角绕组的试验用引出线上,应装设熔断器或自动开关。

8.9.13 各独立安装单位二次回路的操作电源,应经过专用的熔断器或自动开关。

在变电所中,每一安装单位的保护回路和断路器控制回路,可合用一组单独的熔断器或自动开关。

8.9.14 配变电所中重要设备和线路的继电保护和自动装置,应有经常监视操作电源的装置。断路器的跳闸回路、重要设备断路器的合闸回路和装有自动重合闸装置的断路器合闸回路,应装设监视回路完整性的监视装置。

8.9.15 在可能出现操作过电压的二次回路内,应采取降低操作过电压的措施。

8.9.16 屏和屏上设备的前面和后面,应有必要的标志,以标明其所属安装单位及用途。屏上的设备,在布置上应使各安装单位分开,不允许互相交叉。

8.9.17 接到端子和设备上的电缆芯和绝缘导线应有标志,并应避免跳合闸回路靠近正电源。

8.9.18 在采用静态保护时,根据保护装置的要求,在二次回路内应采用下列抗干扰措施:

(1)在电缆敷设时,首先应充分利用自然屏蔽物的屏蔽作用。

- (2)采用屏蔽电缆,屏蔽层宜在两端接地。
- (3)强电和弱电回路不宜合用同一根电缆。
- (4)保护用电缆与电力电缆不应同层敷设。
- (5)保护用电缆敷设路径,宜避开高压母线及高频暂态电流的入地点。

9 电气测量与电能计量

9.1 一般规定

9.1.1 本章适用于固定安装在屏、台、柜、箱上的指示仪表、数字仪表、记录仪表以及仪表配用的互感器等器件。

9.1.2 仪表的安装和工作环境条件,应符合仪表技术条件的要求。当工作环境条件不能符合技术条件的要求时,应采取保证仪表正常工作的有效措施。

9.1.3 仪表的安装设计,应符合仪表现场调试正常工作以及运行监测的技术条件。

9.1.4 仪表水平中心线距地面尺寸:指示仪表和数字仪表,宜为0.8~2.0m;电能计量仪表和记录仪表,宜为0.6~1.8m。

9.1.5 常用电气测量仪表应符合下列要求:

(1)能正确反映电力设备的运行参数。

(2)能随时监测电力装置回路的绝缘状况。

(3)在发生事故时能使运行人员迅速判断情况。

9.1.6 交流测量回路仪表的精确等级不应低于2.5级,配用的互感器不应低于1.0级。

9.1.7 电量变送器的精确度等级,不应低于0.5级,配用的互感器不应低于0.5级,电量变送器输出侧仪表精确度等级,不应低于1.0级。

9.1.8 直流测量回路仪表的精确度等级不应低于1.5级,配用的外附分流器精确度等级,不应低于0.5级。

9.1.9 仪表的测量范围和电流互感器变比的选择,宜能满足电力装置回路以额定值的条件运行时,仪表的指示在标度尺的70%~100%处。重载电动机,起动电流大且时间较长或运行过程中可能

出现较大电流时,宜装设有过负荷标度尺的电流表。

对有可能双向运行的电力装置回路,应采用具有双向标度尺的仪表。

9.1.10 多个同类型电力装置回路参数的测量,宜采用以电量变送器组成的选测系统。参数种类及数量的选择,可根据生产工艺和运行监测的需要确定。

9.1.11 仪表装置的二次回路,应符合本规范第8章的有关规定。

9.2 电 流 测 量

9.2.1 下列电力装置回路,应测量交流电流。

(1)电力变压器回路;

(2)1kV 及以上的线路,1kV 以下的供电、配电、用电网络的总干线线路;

(3)变电所低压配电装置出线;

(4)移相电容器组;

(5)消弧线圈;

(6)55kW 及以上的电动机,容量在 50kW 及以上的电加热器;

(7)母线联络,母线分段,旁路和桥断路器回路;

(8)根据生产工艺或电力装置运行要求,需监视交流电流的其他回路。

9.2.2 三相电流基本平衡的电力装置回路,可采用一只电流表测量其中一相电流,但在下列电力装置回路,应采用三只电流表分别测量三相电流。

(1)并联电力电容器组的总回路;

(2)三相负荷不平衡率大于 10%的 1kV 及以上的电力线路和三相负荷不平衡率大于 15%的 1kV 以下的供电线路。

9.2.3 下列电力装置回路,应测量直流电流。

(1)直流发电机和直流电动机;

(2)蓄电池组回路和电力整流装置回路;

(3)同步电动机励磁系统回路；

(4)根据生产工艺或电力设备运行要求，需监视直流电流的其他回路。

9.2.4 下列电力装置回路，宜测量或记录负序电流。

(1)电弧炼钢炉；

(2)功率较大的工频、中频及高频加热炉。

9.3 电压测量与绝缘监测

9.3.1 下列电力装置回路，应测量交流电压。

(1)交流系统的各段母线；

(2)容量在 50kW 及以上的电加热设备(不包括电阻炉)；

(3)根据生产工艺要求，需监测交流电压的其他电力装置回路。

9.3.2 下列电力装置回路，应测量直流电压。

(1)直流系统各段母线；

(2)直流发电机和电力整流装置回路；

(3)蓄电池组回路；

(4)充电回路；

(5)根据生产工艺的要求，需监测直流电压的其他电力装置回路。

9.3.3 在中性点非直接接地的交流系统母线上和直流系统母线上，宜装设绝缘监视装置。

9.4 功率、频率与谐波测量

9.4.1 下列电力装置回路，应测量有功功率、无功功率。

(1)高压侧为 35kV 及以上，低压侧为 1kV 及以上的变压器，双绕组变压器只测量一侧，三绕组变压器测量两侧；

(2)35kV 及以上的线路；

(3)专用旁路和兼用旁路的断路器，35kV 及以上的永久性外桥断路器回路；

(4)1kV 及以上的并联电力电容器组；

(5)根据生产工艺要求,需监测有功功率、无功功率的其他电力装置回路。

9.4.2 下列电力装置回路,应装设功率因数表。

(1)10kV 及以上的变配电所；

(2)高供高计的变电所；

(3)高供低计的变电所变压器出线端；

(4)同步电动机。

9.4.3 下列电力装置回路,应设置频率监测点。

(1)接有发电机的各段母线；

(2)变电所中,有可能解列运行的各段母线。

9.4.4 下列电力装置回路宜装设谐波电压和谐波电流测量仪表。

(1)电弧炼钢炉及电磁搅拌装置；

(2)大、中型硅整流设备；

(3)高频、中频及工频加热装置。

9.5 电能计量

9.5.1 工厂电能计量装置,宜按厂、车间或动力站房、工段三级进行配备。厂级计量应满足生产和生活分别计量的要求。

9.5.2 专用电能计量装置的设置,应按供用电管理部门对工厂不同计费方式的规定确定。

9.5.3 下列电力装置回路,应装设有功电度表。

(1)电力系统中,1kV~110kV 的线路；

(2)电力变压器回路；

(3)75kW 及以上的电动机回路和 50kW 及以上的电加热设备；

(4)变电所低压配电装置上的电力出线回路；

(5)工厂电源进线处；

(6)单独建筑物供电线路；

(7)多层厂房分工段或分层的供电线路；

(8)其他需进行技术经济分析的电力设备和线路。

9.5.4 用于技术经济分析的有功电度表,装设在高压回路的宜采用三相式,装设在低压回路的宜采用单相式。当三相负荷不平衡时,应采用三相式。不平衡负荷为相零间负荷时,应采用三相四线式。

9.5.5 装设在 63kV 及以上的电能计量点的计费电度表,应使用互感器专用二次回路;装设在 63kV 以下的工厂处电能计量点的计量电度表,应设置专用的互感器。

9.5.6 有功电度表的精确度等级,应符合下列规定:

9.5.6.1 月平均用电量为 $10^6\text{kW}\cdot\text{h}$ 及以上的工厂电能计量点,应为 0.5 级。

9.5.6.2 下列电力装置回路,应为 1.0 级。

(1)电力变压器;

(2)月平均用电量小于 $10^6\text{kW}\cdot\text{h}$ 在 315kVA 及以上的变压器高压侧计费的工厂电能计费点;

(3)需要考核有功电量平衡的送配电线路。

9.5.6.3 下列电力装置回路,应为 2.0 级。

(1)容量在 315kVA 以下的变压器低压侧计费的工厂电能计费点;

(2)容量在 75kW 及以上的电动机,50kW 及以上的电加热设备;

(3)作技术经济考核而不计费的线路和电力装置回路。

9.5.7 下列电力装置回路,应装设无功电度表。

(1)工厂 1~110kV 电源进线电路;

(2)低压侧装有移相电容器的变压器出线回路;

(3)高压同步电动机回路;

(4)3~10kV 移相电容器回路;

(5)其他需进行无功考核的电力设备和线路。

9.5.8 无功电度表的精确度等级,应符合下列规定。

9.5.8.1 下列电力装置回路,宜为 2.0 级。

(1) 并联电力电容器组；

(2) 容量在 315kVA 及以上的变压器高压侧计费的工厂电能计量点。

9.5.8.2 下列电力装置回路,应为 3.0 级。

(1) 容量在 315kVA 及以下的变压器低压侧计费的工厂电能计量点；

(2) 技术经济考核而不计费的工厂电能计量点。

9.5.9 专用电能计量仪表的精确度等级的选择,应按其计量对象分别采用与其精确度等级相一致的电度表的等级。

9.5.10 电能计量用互感器的精确度等级,应符合下列规定。

(1) 0.5 级的有功电度表和 0.5 级的专用电能计量仪表,应为 0.2 级；

(2) 1.0 级的有功电度表和 1.0 级的专用电能计量仪表,2.0 级计费用的有功电度表及 2.0 级无功电度表,应为不低于 0.5 级；

(3) 作技术经济考核而不计费的 2.0 级有功电度表及 3.0 级的无功电度表,宜为不低于 1.0 级。

9.5.11 电能计量用电流互感器的二次侧电流,当电力装置回路以额定值的条件运行时,宜为电度表标定电流的 70%~100%。

9.5.12 双向送、受电的电力装置回路,应分别计量送、受电的电量。当以两只电度表分别计量送、受电时,应采用有止逆器的电度表。

计费用的有功、无功电度表,宜装在电源进线上,全厂只有一台变压器且容量较小时,宜装设在低压侧。

9.5.13 工厂电源进线处的电能计量装置,宜采用按全国统一标准设计的电能计量柜。

10 通用用电设备配电

10.1 电动机

I 一般规定

10.1.1 本节适用于额定功率 0.55kW 及以上的一般用途电动机。其中，Ⅱ和Ⅲ分节适用于额定电压不超过 10kV 的电动机；Ⅳ分节适用于额定电压不超过 1000V 的电动机；Ⅴ和Ⅵ分节适用于额定电压不超过 1000V 的交流电动机。

10.1.2 3~10kV 异步电动机和同步电动机的保护和二次回路，应符合本规范第 8 章的有关规定。

3~10kV 异步电动机和同步电动机的开关设备和导体选择，应符合本规范第 6 章的有关规定。

II 电动机的选择

10.1.3 电动机的工作制、额定功率、堵转转矩、最小转矩、最大转矩、转速及其调节范围等电气和机械参数，应满足电动机所拖动的机械在各种运行方式下的要求。

10.1.4 电动机类型的选择，应符合下列规定：

10.1.4.1 机械对起动、调速及制动无特殊要求时，应采用笼型电动机，但功率较大且连续工作的机械，当在技术经济上合理时，宜采用同步电动机。

10.1.4.2 符合下列情况之一时，宜采用绕线转子电动机。

(1) 重载起动的机械，选用笼型电动机不能满足起动要求或加大功率不合理时；

(2) 调速范围不大的机械，且低速运行时间较短时。

10.1.4.3 机械对起动、调速及制动有特殊要求时,电动机类型及其调速方式应根据技术经济比较确定。在交流电动机不能满足机械要求的特性时,宜采用直流电动机;交流电源消失后必须工作的应急机组,亦可采用直流电动机。

变负载运行的风机和泵类机械,当技术经济上合理时,应采用调速装置,并应选用相应类型的电动机。

10.1.5 电动机额定功率的选择,应符合下列规定:

10.1.5.1 连续工作负载平稳的机械,应采用最大连续定额的电动机,其额定功率应按机械的轴功率选择。当机械为重载起动时,笼型电动机和同步电动机的额定功率应按起动条件校验;对同步电动机,尚应检验其牵入转矩。

10.1.5.2 短时工作的机械,应采用短时定额的电动机,其额定功率应按机械的轴功率选择;当无合适规格的短时定额电动机时,可按允许过载转矩选用周期工作定额的电动机。

10.1.5.3 断续周期工作的机械应采用相应的周期工作定额的电动机,其额定功率宜根据制造厂提供的不同负载持续率和不同起动次数下的允许输出功率选择,亦可按典型周期的等值负载换算为额定负载持续率选择,并按允许过载转矩校验。

10.1.5.4 连续工作负载周期变化的机械应采用相应的周期工作定额的电动机,其额定功率宜根据制造厂提供的数据选择,亦可按等值电流法或等值转矩法选择,并按允许过载转矩校验。

10.1.5.5 选择电动机额定功率时,根据机械的类型和重要性,应计入适当的储备系数。

10.1.5.6 当电动机使用地点的海拔和冷却介质温度与规定的工作条件不同时,其额定功率应按制造厂的资料予以校正。

10.1.6 电动机的额定电压应根据其额定功率和所在系统的配电电压选定,必要时,应根据技术经济比较确定。

10.1.7 电动机的防护型式应符合安装场所的环境条件。

10.1.8 电动机的结构及安装型式应与机械相适应。

Ⅲ 电动机的起动

10.1.9 电动机起动时,其端子电压应能保证机械要求的起动转矩,且在配电系统中引起的电压波动不应妨碍其他用电设备的工作。

10.1.10 交流电动机起动时,配电母线上的电压应符合下列规定:

10.1.10.1 在一般情况下,电动机频繁起动时,不宜低于额定电压的 90%,电动机不频繁起动时,不宜低于额定电压的 85%。

10.1.10.2 配电母线上未接照明或其他对电压波动较敏感的负荷,且电动机不频繁起动时,不应低于额定电压的 80%。

10.1.10.3 配电母线上未接其他用电设备时,可按保证电动机起动转矩的条件决定;对于低压电动机,尚应保证接触器线圈的电压不低于释放电压。

10.1.11 笼型电动机和同步电动机起动方式的选择,应符合下列规定:

10.1.11.1 当符合下列条件时,电动机应全压起动。

(1)电动机起动时,配电母线的电压符合本规范 10.1.10 的规定;

(2)机械能承受电动机全压起动时的冲击转矩;

(3)制造厂对电动机的起动方式无特殊规定。

10.1.11.2 当不符合全压起动的条件时,电动机宜降压起动,亦可选用其他适当的起动方式。

10.1.11.3 当有调速要求时,电动机的起动方式应与调速方式相配合。

10.1.12 绕线转子电动机宜采用在转子回路中接入频敏变阻器或电阻器起动,并应符合下列要求:

(1)起动电流平均值不宜超过电动机额定电流的 2 倍或制造厂的规定值;

(2)起动转矩应满足机械的要求;

(3)当有调速要求时,电动机的起动方式应与调速方式相配

合。

10.1.13 直流电动机宜采用调节电源电压或电阻器降压启动,并应符合下列要求:

(1)启动电流不宜超过电动机额定电流的1.5倍或制造厂的规定值;

(2)启动转矩和调速特性应满足机械的要求。

IV 低压电动机的保护

10.1.14 交流电动机应装设短路保护和接地故障保护,并应根据具体情况分别装设过载保护、断相保护和低电压保护。同步电动机尚应装设失步保护。

10.1.15 每台交流电动机应分别装设相间短路保护,但符合下列条件之一时,数台交流电动机可共用一套短路保护电器。

(1)总计算电流不超过20A,且允许无选择地切断时;

(2)根据工艺要求,必须同时起停的一组电动机,不同时切断将危及人身设备安全时。

10.1.16 交流电动机的短路保护器件,宜采用熔断器或低压断路器的瞬动过电流脱扣器,必要时,可采用带瞬动元件的过电流继电器。保护器件的装设应符合下列规定:

(1)短路保护兼作接地故障保护时,应在每个不接地的相线上装设。

(2)仅作相间短路保护时,熔断器应在每个不接地的相线上装设,过电流脱扣器或继电器应在两相或三相上装设。

(3)当只在两相上装设时,在有直接电气联系的同一网络中,保护器件应装设在相同的两相上。

10.1.17 当交流电动机正常运行、正常启动或自启动时,短路保护器件的选择,应符合下列规定:

10.1.17.1 应正确选择保护电器的使用类别;熔断器、低压断路器和过电流继电器,宜采用保护电动机型。

10.1.17.2 熔断体的额定电流应大于电动机的额定电流,且其

安秒特性曲线计入偏差后略高于电动机起动电流和起动时间的交点。当电动机频繁起动和制动时,熔断体的额定电流应再加大一至二级。

10.1.17.3 瞬动过电流脱扣器或过电流继电器瞬动元件的整定电流,应取电动机起动电流的 2~2.5 倍。

10.1.18 交流电动机的接地故障保护,应符合下列规定:

(1)每台电动机应分别装设接地故障保护,但共用一套短路保护电器的数台电动机,可共用一套接地故障保护器件。

(2)接地故障保护应符合本规范第 15 章的有关规定。

(3)当电动机的短路保护器件能满足接地故障保护要求时,应采用短路保护兼作接地故障保护。

10.1.19 运行中容易过载的电动机、起动或自起动条件困难而要求限制起动时间的电动机,应装设过载保护。额定功率大于 3kW 的连续运行电动机宜装设过载保护;但断电将导致比过载损失更大时,不宜装设过载保护,或使过载保护动作于信号。

10.1.20 短时工作或断续周期工作的电动机可不装设过载保护,当电动机运行中可能堵转时,应装设保护电动机堵转的过载保护。

10.1.21 交流电动机过载保护器件的动作特性,应与电动机过载特性相配合。过载保护器件宜采用热过载继电器(以下简称热继电器)或反时限特性的过载脱扣器,亦可采用反时限过电流继电器。有条件时,可采用温度保护。

10.1.22 交流电动机正常运行、正常起动或自起动时,过载保护器件的选择不应误动作。为此,应符合下列规定:

(1)热继电器或过载脱扣器的整定电流,应接近但不小于电动机的额定电流;

(2)过载保护的動作时限,应躲过电动机的正常起动或自起动时间。过电流继电器的整定电流应按下式确定:

$$I_{zd} = K_k K_{js} \frac{I_{bd}}{K_h n} \quad (10.1.22)$$

式中 I_{zd} ——过电流继电器的整定电流(A);

I_{nl} ——电动机的额定电流(A);

K_k ——可靠系数,动作于断电时取 1.2,动作于信号时取 1.05;

K_j ——接线系数,接于相电流时取 1.0,接于相电流差时取 1.73;

K_n ——继电器返回系数,取 0.85;

n ——电流互感器变比。

必要时,可在起动过程的一定时限内短接或切除过载保护器件。

10.1.23 交流电动机的断相保护应符合下列规定:

(1)连续运行的三相电动机,当采用熔断器保护时,应装设断相保护;当采用低压断路器保护时,宜装设断相保护;当低压断路器兼作电动机控制电器时,可不装设断相保护。

(2)短时工作或断续周期工作的电动机或额定功率不超过 3kW 的电动机,可不装设断相保护。

(3)断相保护器件宜采用断相保护热继电器,亦可采用温度保护或专用的断相保护装置。

10.1.24 交流电动机的低电压保护的装设应符合下列规定:

(1)按工艺或安全条件不允许自起动的电动机或为保证重要电动机自起动而需要切除的次要电动机,应装设低电压保护。

次要电动机宜装设瞬时动作的低电压保护。不允许自起动的重要电动机,应装设短延时的低电压保护,其时限可取 0.5~1.5s。

(2)对自起动的重要电动机,按工艺或安全条件在长时间停电后不允许自起动时,应装设长延时的低电压保护,其时限可取 9~20s。

(3)低电压保护器件宜采用低压断路器的欠电压脱扣器或接触器的电磁线圈;必要时,可采用低电压继电器和时间继电器。

当采用电磁线圈作低电压保护时,其控制回路宜由电动机主回路供电;如由其他电源供电时,则主回路失压时应自动断开控制

电源。

10.1.25 对于不装设低电压保护或装设延时低电压保护的重要电动机,当电源电压中断后在规定的时限内恢复时,其接触器应维持吸合状态或能重新吸合。

10.1.26 同步电动机应装设失步保护。或用定子回路的过载保护兼作失步保护。失步保护宜动作于断开电源,亦可动作于失步再整步装置。失步保护可装设在转子回路中,必要时,应在转子回路中加装失磁保护和强行励磁装置。

10.1.27 直流电动机应装设短路保护,并根据需要装设过载保护。他励、并励及复励电动机宜装设弱磁或失磁保护。串励电动机和机械有超速危险的电动机应装设超速保护。

V 低压交流电动机的主回路

10.1.28 隔离电器的装设,应符合下列规定:

10.1.28.1 每台电动机的主回路上应装设隔离电器,当符合下列条件之一时,数台电动机可共用一套隔离电器:

(1)共用一套短路保护电器的一组电动机;

(2)由同一配电箱(屏)供电且允许无选择地断开的一组电动机。

10.1.28.2 电动机及其控制电器宜共用一套隔离电器。符合隔离要求的短路保护电器可兼作隔离电器。移动式和手握式设备可采用插头和插座作为隔离电器。

10.1.28.3 隔离电器宜装设在控制电器附近或其他便于操作和维修的地点。无载开断的隔离电器应能防止无关人员误操作。

10.1.29 短路保护电器应与其负荷侧的控制电器和过载保护电器协调配合。短路保护电器宜采用接触器或起动机产品标准中规定的型式和规格。

短路保护电器的分断能力,应符合本规范第15章的有关规定。

10.1.30 每台电动机应分别装设控制电器,当工艺需要或使用条

件许可时,一组电动机可共用一套控制电器。

10.1.31 控制电器宜采用接触器、起动器或其他电动机专用控制开关。起动次数少的电动机可采用低压断路器兼作控制电器。当符合控制和保护要求时,3kW 及以下的电动机可采用封闭式负荷开关。

10.1.32 控制电器应能接通和断开电动机的堵转电流,其使用类别和操作频率应符合电动机的类型和机械的工作制。

10.1.33 控制电器宜装设在电动机附近或其他便于操作和维修的地点。过载保护电器宜靠近控制电器或为其一部分。

10.1.34 导线或电缆(以下统称导线)的选择,应符合下列规定:

10.1.34.1 电动机主回路导线的载流量,不应小于电动机的额定电流。当电动机经常接近满载工作时,导线载流量宜有适当的裕量。

当电动机为短时工作或断续工作时,应使导线在短时负载下或断续负载下的载流量不小于电动机的短时工作电流或额定负载持续率下的额定电流。

10.1.34.2 电动机主回路的导线应按机械强度、电压损失和短路条件下的热稳定进行校验。

10.1.34.3 绕线转子电动机转子回路导线的载流量应符合下列规定:

(1)起动后电刷不短接时,不应小于转子额定电流。当电动机为断续工作时,应采用导线在断续负载下的载流量。

(2)起动后电刷短接,当机械的起动静阻转矩不超过电动机额定转矩的 50%时,不宜小于转子额定电流的 35%;当机械的起动静阻转矩超过电动机额定转矩的 50%时,不宜小于转子额定电流的 50%。

VI 低压交流电动机的控制回路

10.1.35 电动机的控制回路应装设隔离电器和短路保护电器,但由电动机主回路供电且符合下列条件之一时,可不装设:

- (1)主回路短路保护器件的额定电流不超过 20A 时；
- (2)控制回路接线简单、线路很短且有可靠的机械防护时；
- (3)控制回路断电会造成严重后果时。

10.1.36 控制回路的电源及接线方式应安全可靠,简单适用,并应符合下列规定:

(1)当 TN 或 TT 系统中的控制回路发生接地故障时,控制回路的接线方式应能防止电动机意外起动或不能停车。必要时,可在控制回路中装设隔离变压器。

(2)对可靠性要求高的复杂控制回路,可采用直流电源。直流控制回路宜采用不接地系统,并应装设绝缘监视装置。

(3)额定电压不超过交流 50V 或直流 120V 的控制回路的接线和布线,应能防止引入较高的电位。

10.1.37 电动机的控制按钮或开关,宜装设在电动机附近便于操作和观察的地点。当不能在电动机或机械的地点进行控制时,应在控制点装设指示电动机工作状态灯光信号或仪表。

电动机的测量仪表应符合本规范第 9 章的有关规定。

10.1.38 自动控制或联锁控制的电动机,应有手动控制和解除自动控制或联锁控制的措施;远方控制的电动机,应有就地控制和解除远方控制的措施;当突然起动可能危及周围人员时,应在机械旁装设起动预告信号和应急断电开关或自锁式按钮。

10.2 起重运输设备

I 起 重 机

10.2.1 I 分节适用于电动桥式起重机、电动梁式起重机、门式起重机和电动葫芦的配电。

10.2.2 电动桥式起重机、电动梁式起重机和电动葫芦宜采用绝缘式安全滑触线供电。在对金属有强烈腐蚀作用的环境中或小型电动葫芦,宜采用软电缆供电。

10.2.3 滑触线或软电缆的电源线,应装设隔离电器和短路保护电

器,并应装设在便于操作和维修的地点。

10.2.4 滑触线或软电缆的截面选择,应符合下列要求:

(1)截流量不应小于负荷计算电流;

(2)满足机械强度的要求;

(3)自配电变压器的低压母线至起重机电动机端子的电压损失,在尖峰电流时,不宜超过额定电压的15%。

10.2.5 为减少起重机供电线路的电压损失,可根据具体情况采取下列措施:

(1)电源线尽量接至滑触线的中部;

(2)采用绝缘式安全滑触线;

(3)适当增大绝缘式安全滑触线截面;

(4)增加绝缘式安全滑触线供电点或分段供电;

(5)增大电源线或软电缆截面。

10.2.6 绝缘式安全滑触线在其直线段上和跨越建筑物伸缩缝处,膨涨补偿装置的装设,应根据产品结构和技术参数确定。

10.2.7 两台及以上的起重机在共同的绝缘式安全滑触线上工作,且起重机上的集电器不能与滑触线脱开时,宜在起重机轨道的两端设置检修段;中间检修段的设置,应根据生产、检修的需要确定。检修段长度应比起重机桥身宽度大2m。

10.2.8 绝缘式安全滑触线的工作段与检修段之间的绝缘间隙,宜为50mm。工作段与检修段之间应装设隔离电器,隔离电器应装设在安全和便于操作的地方。

10.2.9 绝缘式安全滑触线宜安装在驾驶室同侧,并可采取防护措施。

10.2.10 起重机的绝缘式安全滑触线上,不应连接与起重机无关的用电设备。电磁式、运送液态金属或失压时能导致事故的起重机的绝缘式安全滑触线上,严禁连接与起重机无关的用电设备。

10.2.11 门式起重机供电方式按下列原则选择:

(1)移动范围大,容量较大的门式起重机,可根据生产环境,采用地沟内绝缘式安全滑触线、架空绝缘式安全滑触线或悬挂式滑

触线供电。

(2)移动范围不大,且容量较小的门式起重机,可根据生产环境,采用悬挂式软电缆或卷筒式软电缆供电。

10.2.12 卷筒式的软电缆宜采用重型橡套电缆;悬挂式的软电缆可根据具体情况采用重型或中型橡套电缆。

10.2.13 悬挂式滑触线宜采用钢绳吊挂双沟形铜电车线。

10.2.14 起重机的负荷等级应按中断供电造成损害的程度确定,其分级及供电要求应符合本规范第3章的有关规定。

10.2.15 起重机轨道的接地应按本规范第18章的有关规定执行。轨道的伸缩缝或断开处应采用足够截面的跨接线连接,并应形成可靠通路。当有不导电灰尘沉积或其他原因造成车轮与轨道不可靠的电气连接时,宜增设一根接地用滑触线。

当起重机装在露天时,轨道除采取上述措施外,接地点不应少于两处。

II 胶带运输线

10.2.16 同一胶带运输线的电气设备的供电电源,宜取自同一供电回路,若胶带运输线较长或电气设备较多时,可按工艺分段,采用多回路供电。

当主回路和控制回路由不同线路或不同电源供电时,应装设联锁装置。

10.2.17 胶带运输线的电动机起动时,起动电压应符合本规范的有关规定,当多台同时起动不能满足要求时,应分批起动。

10.2.18 胶带运输线的电气联锁必须满足工艺和安全的要求,并应可靠、经济。

10.2.19 胶带运输线中的料流信号及胶带跑偏、打滑、纵向撕裂、断带、超速、堵料等信号检测装置,应由工艺根据需要设置。

10.2.20 胶带运输线起动和停止的程序,应按工艺要求确定。运行中,任何一台联锁机械故障停车时,应使给料方向的联锁机械立即停车。当运输线设有中间贮料装置时,可不立即停车。

10.2.21 胶带运输线应能解除联锁,实现机旁控制。单机调试起停按钮或开关,应安装在便于操作维修的地点。

10.2.22 胶带运输线控制方式的选择,应符合下列规定:

(1)当联锁机械少且分散时,宜采用联锁分散控制;

(2)当联锁机械较少且集中或联锁机械虽较多但工艺允许分段控制时,宜按系统或按工艺分段,采用联锁局部集中控制;

(3)当联锁机械多,工艺流程复杂时,宜在控制室内集中控制或自动控制。控制装置宜采用可编程序控制器或计算机。

10.2.23 胶带运输线上的除铁器应在胶带输送机起动前先接通电源。当采用悬挂式除铁器时,应在联锁线停车后人工断电。

胶带运输线上的除尘风机,应在胶带输送机起动前先起动,并在胶带输送机停车后延时停风机。

10.2.24 胶带运输线应采取下列安全措施:

10.2.24.1 沿线设置起动预告信号;

10.2.24.2 在值班点设置事故信号、设备运行信号、允许起动信号;

10.2.24.3 控制箱(屏、台)面上设置事故断电开关或自锁式按钮;

10.2.24.4 根据具体情况在联锁机械旁设置事故断电开关或自锁式按钮。

10.2.25 事故断电开关宜采用钢绳操作的限位开关或防尘密闭式开关。当采用防尘密闭式开关或自锁式按钮时,宜每隔20~30m设置一个。

10.2.26 控制室或控制点与有关场所的联系,宜采用声光信号,当联系频繁时,宜设置通信设备。

10.2.27 控制箱(屏、台)面板上的电气元件,应按控制顺序布置;较复杂的控制系统,宜设置模拟图。当采用可编程序控制器或计算机控制时,可采用电子显示器或终端装置。

10.2.28 控制室和控制点的位置应符合下列要求:

(1)便于观察、操作和调度;

- (2)通风、采光良好;
- (3)振动小、灰尘少;
- (4)线路短、进出线及检修方便。

10.2.29 胶带卸料小车及移动式配合胶带输送机,宜采用悬挂式软电缆供电。

10.2.30 胶带运输线上各电气设备的接地应符合本规范第18章的有关规定。胶带卸料小车及移动式胶带输送机的接地,宜采用移动电缆的第四根芯线作专用接地线。可编程序控制器或计算机的接地应符合产品要求。

Ⅲ 电 梯

10.2.31 Ⅲ分节适用于设在工业建筑中,载重大于300kg的电力拖动的各类电梯的配电。

10.2.32 各类电梯的负荷分级及供电要求应符合本规范第3章的有关规定。

10.2.33 每台电梯的电源线,应装设隔离电器和短路保护电器。有多路电源进线的电梯机房,每路进线均应装设隔离电器,并应装设在电梯机房内便于操作和维修的地点。

10.2.34 电梯供电导线的选择应由电动机铭牌额定电流及其相应的工作制确定,并应符合下列规定:

(1)单台交流电梯供电导线的连续工作载流量应大于其铭牌连续工作制额定电流的140%或铭牌半小时(或一小时)工作制额定电流的90%。

(2)单台直流电梯供电导线的连续工作载流量,应大于交直流变流器的连续工作制交流额定输入电流的140%。

(3)向多台电梯供电,应计入同时系数。

10.2.35 轿厢的照明电源,可从电梯的动力电源隔离电器前取得,并应装设隔离电器和短路保护电器。

10.2.36 向电梯供电的电源线路,不应敷设在电梯井道内。除电梯的专用线路外,其他线路不得沿电梯井道敷设。

在电梯井道内的明敷电缆以及穿线的管、槽,应采用难燃型的。

10.2.37 电梯机房、轿厢和井道的接地应符合下列规定:

(1)机房和轿厢的电气设备、井道内的金属件与建筑物的用电设备采用同一接地体;

(2)轿厢和金属件应采用等电位连接;

(3)当轿厢接地线采用电缆芯线时,不得少于两根。

IV 电动平车

10.2.38 行程 15m 以下的电动平车,宜采用 380V 地面自由拖动重型橡套电缆供电;行程 15m 及以上的室内电动平车,宜采用单相 24V 轨道供电。

10.2.39 向 24V 电动平车供电的降压变压器,其空载电压不应超过 33V,在一次和二次绕组之间应设置金属屏蔽隔离层;该隔离层与变压器外壳及铁芯连接并接地。

10.2.40 电动平车不工作时,轨道不应带电,并宜采用延时自动断电装置。

10.2.41 电动平车的钢轨应与地绝缘。

10.2.42 电动平车电动机端电压应不低于额定电压的 90%,且不高于额定电压的 110%;起动时不应低于额定电压的 80%。

10.3 电焊机

10.3.1 本节适用于一般的电弧焊机、电阻焊机和电渣焊机的配电。

10.3.2 电焊机的电源线、隔离电器、控制电器和短路保护电器的装设应符合下列规定:

(1)手动弧焊变压器或弧焊整流器的电源线,应装设隔离电器、开关和短路保护电器。

(2)自动弧焊变压器、电渣焊机或电阻焊机的电源线,应装设隔离电器和短路保护电器。

隔离电器、开关和短路保护电器,应装设在电焊机附近便于操作和维修的地点。

10.3.3 单台交流弧焊变压器、弧焊整流器或电阻焊机采用熔断器保护时,其熔体的额定电流宜按下列公式确定:

(1)交流弧焊变压器、弧焊整流器

$$I_{er} \geq K_{js} I_{eh} \sqrt{\epsilon_n} \quad (10.3.3-1)$$

式中 I_{er} ——熔断器熔体的额定电流(A);

I_{eh} ——电焊机一次侧额定电流(A);

ϵ_n ——电焊机额定负载持续率;

K_{js} ——计算系数,一般取 1.25。

(2)电阻焊机

$$I_{er} \geq 0.7 I_{eh} \quad (10.3.3-2)$$

10.3.4 直流弧焊电动发电机组的配电,应符合本规范的有关规定。

10.3.5 电焊机电源线的载流量不应小于电焊机的额定电流;断续周期工作制的电焊机的额定电流应为其额定负载持续率下的额定电流,其导线载流量应为断续负载下的载流量。

10.3.6 多台单相电焊机宜均匀地接在三相线路上。

10.3.7 电渣焊机、容量较大的电阻焊机,宜采用专用线路供电。大容量的电焊机,可采用专用变压器供电。

10.3.8 空载运行次数较多和空载持续时间超过 5min 的中小型电焊机,宜装设空载自停装置。

10.3.9 连接多台电焊机且无功功率较大的线路,宜装设电力电容器进行补偿。

10.4 电 镀

10.4.1 电镀用的直流电源,应采用整流管或晶闸管整流设备。

10.4.2 整流设备的选择,应符合下列规定:

10.4.2.1 直流额定电压应大于并接近镀槽所需电压。对需要冲击电流的镀槽,整流设备的电压尚应符合冲击的要求。

10.4.2.2 直流额定电流不应小于镀槽所需电流,对需要冲击电流的镀槽,整流设备的额定电流应根据镀槽冲击电流值及电源设备短时允许过载能力确定。当多槽共用整流设备时,其额定电流不应小于各槽所需电流之和乘以同时使用系数及负荷系数。

10.4.2.3 整流设备的整流接线方式,应根据电镀工艺的要求确定。

10.4.2.4 当工艺需要自动换向电镀时,应采用带有自动换向的晶闸管整流设备。

10.4.3 整流管整流设备调压方式的选择,应符合下列规定:

10.4.3.1 工艺要求电流调节精度高,并经常使用在低负荷的镀槽,可采用自耦变压器或感应调压器的调压方式。

10.4.3.2 经常工作在30%以上负荷的镀槽,可采用饱和电抗器调压方式。

10.4.4 当选择晶闸管整流设备作直流电源,且技术经济比较合理时,宜采用带恒电位仪或电流密度自动控制的晶闸管整流设备。

10.4.5 电镀电源宜采用一台整流设备供给一个镀槽。当工艺条件许可时,对电压等级相同的小电流镀槽,亦可采用一台整流设备供给几个镀槽用电。

对不同时使用的两个镀槽,其电压、电流参数相近,位置又接近时,可合用一台整流设备供电。

10.4.6 放置在电镀间内的整流设备应采用防腐型,集中放置在电源室内的整流设备可采用普通型。

10.4.7 当一台整流设备向一个镀槽供电,且整流设备集中放置时,应在镀槽附近设置电流调节装置、测量仪表和开停整流设备的控制按钮。

10.4.8 当一台整流设备向几个镀槽同时供电时,应在每个镀槽附近设置电流调节装置及测量仪表。

10.4.9 直流线路截面的选择,应符合下列规定:

(1)母线或导线允许载流量不应小于镀槽的计算电流。

(2)线路的电压损失不宜大于镀槽额定电压的10%。

10.4.10 每台整流设备的电源线,应装设隔离电器和短路保护电器。隔离电器额定电流及电源导线载流量不应小于整流设备的额定输入电流。

10.4.11 集中放置整流设备的电源室,应接近负荷中心,并宜靠近外墙。当自然通风不能满足要求时,应采用机械通风。

10.4.12 电镀间内的电力设备、线路及金属支架等均应采取防腐措施。

10.5 蓄电池充电

10.5.1 本节适用于牵引用铅酸蓄电池、起动用铅酸蓄电池、固定型防酸式铅酸蓄电池和镉镍蓄电池。

10.5.2 蓄电池充电用直流电源,应采用整流管或晶闸管整流设备。

10.5.3 铅酸蓄电池与其充电用整流设备不宜装设在同一房间内。
镉镍蓄电池与其充电用整流设备可装设在同一房间内。

10.5.4 酸性蓄电池与碱性蓄电池应分开在不同房间内充电及存放。

10.5.5 蓄电池车充电时,每辆车宜采用单独充电回路,并应能分别调节。

10.5.6 整流设备应根据蓄电池组容量、数量和不同充电方式选择。

10.5.7 当采用恒电流充电方式时,整流设备直流额定电流不应小于下列规定:

(1)牵引用铅酸蓄电池为 $0.7I_5$ 。

(2)起动用铅酸蓄电池为 I_{10} 。

(3)固定型防酸式铅酸蓄电池为 I_{10} 。

(4)镉镍蓄电池为 I_5 。

蓄电池快速充电时,整流设备的直流额定电流不应小于上述蓄电池充电电流 2~2.5 倍。

注: I_{10} 和 I_5 分别为蓄电池 10h 放电率的电流及 5h 放电率的电流。

10.5.8 当采用恒电流充电方式时,整流设备的直流额定电压不宜低于蓄电池组电压的 150%。

注:蓄电池标称电压为:铅酸蓄电池每个电池为 2V,镉镍蓄电池每个电池为 1.2V。

10.5.9 当采用恒电压充电方式时,整流设备的直流额定电压按不同蓄电池的充电电压值计算,起动用铅酸蓄电池单个电池的充电电压值应为 2.46V,镉镍蓄电池单个电池的充电电压值应为 1.45V。

10.5.10 当采用浮充电方式,整流设备直流侧接有浮充电的固定型蓄电池组时,整流设备的直流额定电流应为蓄电池组浮充电电流和其他常接负荷电流之和。

10.5.11 充电设备应装设直流电压表和直流电流表。并联充电的各回路应装设单独的调节装置和直流电流表。

10.5.12 充电间应符合下列要求:

(1)防酸式铅酸蓄电池充电间的墙壁、门窗、顶部、金属管道及构架等宜采取耐酸措施。地面应能耐酸,并应有适当的坡度及给排水设施。

(2)防酸式铅酸蓄电池充电间的地面下,不宜通过无关的沟道和管线,配电线路不宜埋地或在电缆沟内敷设。

(3)酸性或碱性蓄电池充电间应通风良好,当自然通风不能满足要求时,应采用机械通风,每小时通风换气次数不小于 8 次。防酸式铅酸蓄电池充电间的上下方,均应有排风设施。

(4)防酸式铅酸蓄电池充电间内的电气照明应采用增安型照明器,充电间内不应装设开关、熔断器或插座等可能产生火花的电器。

(5)充电间内的固定式线路,应采用铜芯绝缘线穿焊接钢管敷设或铜芯塑料护套电缆,并有防止外界损伤的措施;移动式线路应采用铜芯重型橡套电缆。

10.6 静电滤清器电源

10.6.1 本节适用于直流电压为 40~80kV 除尘、除焦油等静电滤

清器(以下简称电滤器)用电源装置。

10.6.2 每个单电场电滤器应由单独的整流设备供电,多电场电滤器的每个电场宜由单独的整流设备供电,但工作条件相近的电场可共用一套整流设备。

10.6.3 户内式整流设备宜装设在靠近电滤器的单独房间内,并按现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》的有关规定设置灭火设施。每套整流设备的高压整流器、变压器和转换开关应装设在单独的隔间内。

整流隔间遮栏宜采用金属网制作,网孔尺寸不应大于 $40\text{mm} \times 40\text{mm}$,高度不应低于 2.5m 。

户外式整流设备应装设在电滤器上。

10.6.4 直流 $40\sim 80\text{kV}$ 配电装置的设备绝缘等级,不应低于工频 35kV 的绝缘等级。配电装置的导体及带电部分的各项电气净距,不应小于下列规定:

- (1)带电部分至接地部分为 300mm ;
- (2)带电部分至网状遮栏为 400mm ;
- (3)带电部分至板状遮栏为 330mm ;
- (4)无遮栏裸导体至地面为 2600mm ;
- (5)不同时停电检修的无遮栏裸导体的水平净距为 2100mm ;
- (6)高压出线套管至有人行通道的室外地面为 4000mm 。

10.6.5 户内式整流器的整流隔间的门上应装设开门后断开交流电源的电气联锁装置,户外式整流器的交流电源侧亦应装设联锁装置,当检修整流设备或操作高压隔离开关时,应先断开交流电源。

10.6.6 户内式整流设备的控制屏应装设在整流隔间外附近的地方,整流隔间与控制屏间通道不宜小于 2m ,户外式整流设备的控制屏应装设在电滤器附近的房间内。

10.6.7 户内式整流器负极与电滤器电晕电极之间的连接线宜采用专用高压电缆。户内式或户外式整流器正极与电滤器收尘电极之间的连接线不应少于两根,并应接地,其连接线宜采用 $25\text{mm} \times$

4mm 镀锌扁钢,不得利用设备外壳或金属结构作为连接线。接地电阻不应大于 4Ω 。

10.6.8 整流设备因故障停电时,值班室应有声光信号。

11 电热装置

11.1 一般规定

11.1.1 本章适用于电弧炉、矿热炉、感应电炉、感应加热器和电阻炉等电热装置。

11.1.2 车间内电热装置变电所可装设电压为 110kV 及以下的专用变压器。

11.1.3 电热装置宜属于二级或三级负荷,当事故停电将在国民经济上造成重大损失的多台大型电热装置宜属于一级负荷。

电热装置的辅助设备的负荷等级,应根据事故停电所造成损失或影响的程度确定。

11.1.4 电热装置的变压器、变频或变流装置与电炉或加热器的距离应小,但应便于操作、维护和检修。

11.1.5 电热装置应设置满足维修安全和正确操作的联锁装置。

11.1.6 电热装置的继电保护装置、测量仪表、控制电器和导线的设置,应便于操作、监视和维修,并应避免受热、受潮、受电磁感应、受撞击和积聚灰尘。

11.1.7 高频、中频电流或工频大电流导体的截面选择和布置,应减少由于集肤效应和邻扰效应所引起的导体中电流的不均匀分布。

11.1.8 电热装置导体的支架、保护遮板、套管、铠装、紧固件和邻近的金属部件的设置和其材料,当在频率较高或电流较大时应减少感应发热的影响。

11.1.9 电热装置短网的配置,应使其电阻和电抗较小,并使三相阻抗平衡。

11.1.10 单台功率等于或大于 400kW 的电热装置,当其自然功率

因数较低时,应装设单独的无功功率补偿装置,经技术经济比较采用集中补偿有利时或当工厂、车间无功功率富裕时,可不装设单独的补偿装置。

11.1.11 电热装置的无功功率补偿装置采用电力电容器时,其性能和接线方式应计入无功负荷的变化和高次谐波的影响。

11.1.12 电热装置冷却水系统的设置,应便于监视其工作状况,并应根据需要装设水温、水压、流量等信号和保护装置。必要时,应采取断开电热装置的电源等安全措施。

11.1.13 连接水冷工频导体与金属给排水管间的绝缘水管,其内径和长度的选择,应使每根绝缘水管内水的泄漏电流不超过20mA或采取其他安全措施。

11.1.14 电热装置宜采用闭路冷却,在闭路系统中不得产生气泡。

11.1.15 多台单相电热装置,应均匀地接在三相电路上。

11.1.16 单相电热装置的容量较大时,应验算电热装置引起的负序电流和负序电压对电网的影响,当超过现行国家标准的允许值时,应将单相负荷连接到更大的短路容量的电网点或设置相平衡装置。当在运行过程中不经常产生不平衡时,应装设三相电网间可切换单相负荷的切换电器。当工艺过程允许采用直流加热时,可将单相负荷由三相交流整流后以直流供电。

11.1.17 不平衡电流较大的电热装置或单相电热负荷较多的变(配)电所应设监视负序电流的仪表。

11.1.18 电热装置的电力负荷引起公用电网电压波形的非正弦畸变不应超过现行国家标准的要求;当不能满足要求时,应采取装设谐波过滤装置等措施。

11.1.19 在变压器室地面上1.9m以下的电炉变压器的四周突出部分与变压器室内墙之间的净距,应符合下列规定:

(1)至变压器室靠电炉或其他电热装置的前面墙:

容量小于或等于12.5MVA 为0.6m

大于12.5MVA 为0.8m

(2)至变压器室两侧面和后面墙:

容量小于 0.4MVA	为 0.8m
0.4~12.5MVA	为 1.0m
大于 12.5MVA	为 1.2m

11.1.20 电热装置中母线或母线组的绝缘支持物与母线间的衬垫,在小于 1kV 的直流或交流工频、低频和中频的电路中可采用绝缘浸渍处理的石棉水泥板(块);当电压大于 1kV 小于 1.6kV 时应采用电胶木、玻璃纤维板或耐热塑胶。当电压小于 500V 时可采用在干燥油中浸渍处理的木材。具有迅速变化冲击负荷电炉的绝缘支持物应采用耐震材料。

电压大于和等于 1.6kV 应采用瓷或玻璃制成的支柱绝缘子,当工频电流大于和等于 1.5kA、中频和高频任何电流值时,绝缘子的附件应采用铝材,当用铝屏蔽保护或由少磁性生铁制造时,可采用铸铁附件的绝缘子。

母线组夹紧的金属部件当工频电流大于和等于 1.5kA 和中频、高频任何电流值时,宜采用由非磁性钢板制成弯形侧面的 II 型截面或焊接侧面和硅铝合金部件,但重型多片母线组除外。

大电流母线的紧固件宜采用非磁性的铬镍、铜锌或其他合金制成的螺栓和双头螺栓。

母线组不同极(不同相)母线间的绝缘电阻(kΩ)

表 11.1.21

功 率 (MVA)	电 压(kV)			
	<1	1~<1.6	1.6~<3	3~15
<5	10	20	100	500
5~25	5	10	50	250
>25	2.5	5	25	100

注:测量绝缘电阻应采用电压为 2.5kV 的兆欧表,并断开导体与变压器、变频器、开关设备、电阻炉加热元件等的出线端,提起电炉电极以及拆开水冷系统软管时测量。

11.1.21 电热装置变压器二次侧导体母线组不同极(不同相)母线

表 11.1.22 交流或直流二次硬导体的不同极(不同相)母线间净距(mm)

导体装设场所	直 流		交 流					
	<1kV	1~3kV	50Hz		500~10000Hz	>10000Hz		
干燥、无尘	12	20~130	<0.2kV	0.2~<1kV	1~3kV	<1.6kV	1.6~3kV	<15kV
			10	15	20~30	15~20	20~30	30~140
干燥、多尘	16	30~150	12	20	25~35	20~25	25~35	35~150

注:①上表系指母线高为250mm以下,当高于此值最小净距应增加5~10mm。

②多尘系指非导电尘。

间的绝缘电阻应满足产品技术要求,当产品技术要求未规定绝缘电阻值时,母线组不同极(不同相)母线间的绝缘电阻应符合表 11.1.21 的规定。

11.1.22 交流或直流二次硬导体的不同极(不同相)母线间的净距,应符合表 11.1.22 的规定。

11.1.23 电热装置需要在距安装地面 2m 及以上高度进行维护的部分,应设置有护栏和固定梯的平台。在维护人员可能触及装置带电部分的区域内,平台、护栏和梯应采用难燃烧材料,工作平台的走道板应有阻燃的绝缘材料的覆盖物。

11.1.24 电热设备液压系统的蓄势泵和充油装置,当其油量在 60kg 及以上时,应设置事故排油设施。

11.1.25 对危及工作人员安全或电热装置正常运行的静电荷,应采取接地、屏蔽或保持足够距离等抑制措施。

11.2 电弧炉与矿热炉装置

I 电炉装置的主电路系统

11.2.1 电炉应设置与供电系统连接的专用变压器。专用变压器的容量,应符合工艺规定的用电制度和变压器允许的过负荷能力;其二次电压和调压方式,应符合工艺过程的要求;其一次电压应根据供电的技术经济比较确定。

11.2.2 电炉的供电系统应简单并操作方便,单台电炉装置宜由一回路供电。电炉变电所不宜引接向外部供电的高压线路。

11.2.3 三相电弧炉工作短路引起供电母线的电压波动值不应超过 2.5%,但专供电弧炉用的变电所二次母线的电压波动不应受此限制。当不能满足上述要求时,应采取将电弧炉接到短路容量更大的电网点上等降低电压波动的措施。

11.2.4 有工作短路的电炉装置,应采取限制工作短路电流在电气设备允许范围内的措施。三相电弧炉装置的工作短路电流,不应大于电炉变压器额定电流的 3.5 倍。当采用电抗器限制短路电流时,

电抗器应设旁路开关。

11.2.5 三相电弧炉装置主电路系统的导体载流量应按变压器额定容量的 120% 计算；开关设备和互感器额定电流可按大于 120% 选择。

11.2.6 三相电弧炉装置应采用具有频繁操作性能的操作断路器。

11.2.7 电弧炉和矿热炉变压器，应采取下列限制操作过电压的措施：

(1) 在电炉变压器与操作断路器间装设氧化锌避雷器或压敏电阻。

(2) 在三绕组电炉变压器的三次侧装设氧化锌避雷器或压敏电阻和阻容吸收装置。

(3) 在电炉变压器的二次侧装设阻容吸收装置。

11.2.8 有二台及以上三相电弧炉的工厂，宜装设最大电力需量的电子计算机控制装置。

11.2.9 三相电弧炉高压电源电缆的截面选择应计入高次谐波电流的影响。

II 保护、控制、信号与测量

11.2.10 电炉变压器应装设故障短路的电流速断保护，变压器过负荷保护和变压器及其有载分接开关的瓦斯保护，并应符合下列规定：

(1) 故障短路的电流速断保护，其整定值应躲开电炉的最大工作短路电流；

(2) 变压器过负荷保护，应采取反时限特性的过电流继电器，保护的整定值应考虑电极的提升速度，宜在三倍额定电流时 6s 左右动作；对矿热炉的整定值应防止长时间不大的过负荷；

矿热炉亦可采用带长延时的定时限过电流保护；

三相电炉变压器过负荷保护应为三继电器式；

(3) 变压器及其有载分接开关的瓦斯保护，重瓦斯动作于电炉变压器一次侧断路器跳闸，轻瓦斯动作于信号。

11.2.11 当采用三绕组的电炉变压器(带串联调压绕组)时,可在第三绕组装设电流互感器代替二次侧大电流互感器。但应换算变流比,其相位应一致。

11.2.12 电炉装置应接地,接地电阻不应大于 4Ω ,在土壤高电阻率地区可不大于 10Ω 。

11.2.13 在一次侧无电压互感器的 $6\sim 10\text{kV}$ 电炉变电所内应装设高压是否带电指示装置。

11.2.14 电炉变压器的低压侧应装设击穿保险器。

11.2.15 三相电弧炉应设电极自动调节器。矿热炉宜设电极自动调节器,但小型矿热炉可采用手动操作。

电极自动调节器应具有由自动操作转为手动操作的功能。

11.2.16 在电弧炉炉底与电压信号变压器间应装设防止电弧炉电极自动调节器的电压信号变压器烧损的隔直电容器。

11.2.17 三相电弧炉的电极自动调节器宜采取防止当电极触及不导电炉料时,折断电极的措施。

11.2.18 在大型矿热炉的操作平台处宜装设事故断电开关。

11.2.19 采用钥匙控制电炉的通电时,钥匙应仅在分断位置时才可能取下。

11.2.20 应在电炉操作区域内操作人员能看清的地方装设通电及断电的指示灯。

11.2.21 当电炉向浇注场地倾动时应设使在浇注场地的人员能见到听到的声、光信号。

11.2.22 电炉装置,应装设下列信号:

- (1)电炉高压通电及断电的信号;
- (2)调压装置在四级及以上时,指示电压等级的信号;
- (3)反映三相电弧炉每相电弧电压的信号;
- (4)油循环系统故障的信号;
- (5)水或风冷却系统故障的信号;
- (6)操作电源失压的信号;
- (7)根据工艺要求的其他信号。

11.2.23 电炉装置应装设有功电度表、无功电度表、电流表和电压表。10t 及以上的电弧炉宜装设三相有功功率表。上述仪表应装设在电炉变压器高压侧；5t 及以下电弧炉的仪表可装设在配电所。

电炉装置应装设显示电极电流、电压值的电流表和电压表。当采用电极自动调节器时，应装设监视调节器工作的仪表。

电弧炉的电流表，应有过负荷量程。

电弧炉应装设带有最大电力需量的有功电度表。

Ⅲ 电力设备的布置

11.2.24 一台电炉装置的变压器，电抗器、操作断路器、隔离开关、切换开关和互感器等电力设备，可装设在同一房间内。需经常操作的断路器和开关，宜采用电动操作或远方机械传动。

电炉变压器应靠近电炉以缩短短网长度；必要时可抬高变压器的安装高度。

11.2.25 门向车间内开的电炉变压器室，应设置容量为 100% 变压器油量的贮油池，或将油排到安全处所的设施。

11.2.26 电炉变压器室宜预留装设有载分接开关换油或过滤油的地方。

11.2.27 电炉变压器室可设开向控制室的防火门。

11.2.28 布置在车间内的电炉变电所的进风应直接引自室外。

11.2.29 电炉装置宜设控制室，并宜采用控制台。控制室地面的标高以及观察窗和控制台的位置，应能使操作人员观察到所操作机械设备的动作和炉前情况。电炉通电应在主控制台控制。控制室应采取防烟尘侵入的措施。

1kV 以下的电力设备，可装设在控制室内。

11.2.30 需在炉旁操作电炉装置的机械，应在炉旁设置控制设备。

11.2.31 电炉平台下和软电缆下应设置防止人员进入的警告牌或栅栏。

IV 短 网

11.2.32 经常有工作短路的电炉装置,应采用铜母线。负荷平稳的电炉装置可采用铝母线,但应设置可靠的铜铝过渡接头。

11.2.33 从硬母线引至电炉可动接线板的软电缆,应防止磨损和短路;5t 及以上的三相电弧炉,宜采用水冷软电缆。

11.2.34 矿热炉的母线应设置防止炉料喷溅或热辐射的防护设施。

11.2.35 对短网母线紧固,其垫块应采用绝缘浸渍处理的石棉水泥板或纤维压板;当电压在 500V 以下时可采用绝缘浸渍处理的木材。

11.2.36 10000A 及以上电炉短网的动稳定计算,应计入母线交叉及转弯处可能增加的电磁力。

导体支架间的距离,应进行谐振校验。

11.2.37 5000A 及以上的电炉短网与变压器之间,应采用挠性连接。

11.2.38 三相电弧炉中心线与电炉变压器室外墙间的距离和墙上短网出线口位置的确定,应在炉体倾动和炉盖旋转时使其软电缆尽量短。

11.2.39 在电炉变压器的短网进行电焊时,应采取防止由于电炉变压器二次侧带电使一次侧产生高电压造成危险的措施。

11.2.40 在测量电弧炉短网阻抗值和其不平衡率进行运行短路试验时,应计入电炉变压器绕组结线方式对测量值的影响。

V 电磁搅拌装置

11.2.41 30t 以上的三相电弧炉,当冶炼工艺需要时,可装设电磁搅拌装置。

11.2.42 电磁搅拌装置应能按工艺要求改变运行方式。

11.2.43 电磁搅拌装置的低频电源,应能调整低频频率及功率。

11.2.44 电磁搅拌装置采用晶闸管变频电源时,在其工频电源侧

应装设提高功率因数用的电容器,并宜在电容器前串联限制晶闸管变频所产生高次谐波影响的电抗器。

11.2.45 电磁搅拌装置应装设下列测量仪表:

(1)交流电源测:电流表、电压表、有功功率表和有功电度表;

(2)低频输出侧:电流表、电压表、频率表和有功功率表。

11.2.46 装有电磁搅拌装置的电炉,应装设漏炉保护装置和炉壳测温元件。

VI 炉外精炼装置

11.2.47 炉外精炼装置的加热工位的主电路系统,保护、控制、信号和测量,布置和短网应遵守本节 I 和 IV 中有关的规定。

11.2.48 炉外精炼装置的加热工位的中心线宜与电炉变压器低压端子中心线一致。

11.2.49 炉外精炼装置变压器室低压母线出线孔的标高宜位于电极横臂水冷导电铜管最高位置标高与最低位置标高的中点。

11.2.50 炉外精炼装置控制室中应预留设置真空测量控制柜的位置。

11.2.51 炉外精炼装置应设置钢包车行走与有关工位间的联锁装置。

11.2.52 炉外精炼装置变压器额定容量应按需精炼钢水重量和升温速度确定。

11.3 工频感应电热装置

11.3.1 工频感应电热装置的变压器一次侧电压,应根据供电的技术经济比较确定。变压器的容量、二次侧电压和调压方式等,应符合工艺的要求。

11.3.2 工频感应电热装置的硬母线,可采用铝导体。

11.3.3 在工频感应电热装置的感应电路中,应装设电容器组。电容器组应符合下列规定:

(1)电容器组的容量,能满足工频感应电热装置在无功率最

大时的补偿要求；

(2)电容器组容量应能调节；

(3)电容器组与感应线圈间的导体长度短。

11.3.4 工频感应电热装置的合闸冲击电流，应小于电力网允许值，并不宜大于额定电流的 3.5 倍。

11.3.5 工频感应电热装置应装设下列保护：

(1)装设短路保护，动作于分断主电源；

(2)装设冷却水停止、水压不足或水温过高的保护，动作于信号及分断主电源；

(3)1.5t 及以上感应熔炼装置，装设漏炉保护或监察措施，动作于信号及分断主电源；

(4)400kVA 及以上的变压器，装设过负荷保护，动作于信号。

11.3.6 工频感应电热装置应装设电流表、电压表、功率因数表、有功功率表和有功电度表。无专用变压器的工频感应电热装置的测量仪表可适当减少。

11.4 中频感应电热装置

11.4.1 本节适用于频率大于工频，并小于或等于 10kHz 的熔炼、淬火、透热等感应电热装置。

11.4.2 中频电源装置可采用晶闸管变频器或变频机组。多台交叉作业的电热装置宜由共用的中频电源供电。

11.4.3 中频电源装置并联运行，应符合产品技术条件的要求。

11.4.4 中频感应电热装置的感应回路中，应装设电容器组。电容器组应符合下列要求：

(1)电容器组的容量满足负载功率因数在最低值时的补偿要求；

(2)当采用变频机组时，电容器组的容量应能调节；

(3)电容器组与感应加热器或淬火变压器间的导体长度短。

11.4.5 频率为 8kHz 及以上的电动发电机组应装设空载限制器。当工作循环中，间歇时间长且电动发电机停车不合理时，可采取切

除发电机励磁的措施。

11.4.6 变频装置的电动发电机组产生的噪声大于 80db(A)时,电动发电机组应装设在电机室内。

11.4.7 固定敷设的中频线路,宜采用铝导体。

11.4.8 中频导体宜采用中频同轴电缆、同轴布置的管形母线或平行布置的矩形母线。

11.4.9 中频 10kHz 以下的电路中当采用钢铠装电缆或套钢管导线敷设时,必须利用电缆的一个芯线或同一钢管中的导线作为往返电流回路。

11.4.10 中频回路中采用矩形母线,应符合下列要求:

(1)平行布置的多片母线,应宽面相对,相邻的母线应为不同极性;

(2)不同相(不同极)矩形母线间的最小净距应符合本规范表 11.1.22 的规定;

(3)母线的夹板、隔板宜采用绝缘浸渍处理的硬木、塑料或层压绝缘板等材料制作。

11.4.11 中频感应电热装置,应装设下列动作于信号和分断电源保护:

(1)过电流和过电压保护;

(2)冷却水停止、水压不足和水温过高的保护;

(3)容量较大的熔炼炉装设漏炉保护。

11.4.12 中频电源装置的中频回路应装设电流表、电压表和有功功率表。晶闸管变频器直流回路,应装设电流表和电压表。变频机组尚应装设功率因数表,并应在励磁回路中装设电流表。

11.4.13 中频电源装置宜装设在单独房间内;当工作环境条件许可时,晶闸管变频器可不装设在单独房间内。

11.5 高频感应电热装置

11.5.1 本节适用于频率大于 10kHz,且小于或等于 300MHz 的熔炼、淬火等感应电热装置。

- 11.5.2 高频电源装置可采用电子管振荡器。
- 11.5.3 高频电源装置应有金属屏蔽外壳。高频回路中外露的导体和电气设备应采取操作人员免受高频电场伤害的局部屏蔽措施。
- 11.5.4 高频感应电流装置的电源线路,应装设滤波器。
- 11.5.5 容量较大的高频感应电源装置,宜装设在单独房间内或工作隔间内。
- 11.5.6 高频感应电源装置产生的无线电干扰超过现行国家标准辐射允许值时,应设置屏蔽室。
- 11.5.7 高频电源装置的屏蔽室,应符合下列要求:
- (1)屏蔽室的结构型式及材料,根据屏蔽要求确定;
 - (2)屏蔽室的通风口屏蔽;
 - (3)滤波器设置在电力线路进入屏蔽室的入口处;
 - (4)屏蔽网、滤波器和其它金属管道接地。
- 11.5.8 高频电源装置的金属外壳应就近接地,其接地电阻不应大于 4Ω ,并宜与车间接地干线连接。
- 11.5.9 电子管振荡器的振荡回路和高压整流部分,应装设联锁装置;当柜门开启时,应能自动分断电源。
- 11.5.10 电子管振荡器当冷却水流量,水压不正常或水温过高时,应装设发出信号或断开电源的装置。

11.6 电 阻 炉

- 11.6.1 本节适用于一般间接加热的成套工业电阻炉。
- 11.6.2 电阻炉配电线路的导线载流量、开关设备和熔断器熔体的额定电流,宜按下列条件计算:
- (1)无电炉变压器的金属发热元件电阻炉,按电阻炉额定功率的 1.1 倍;
 - (2)有电炉变压器的电阻炉,按变压器最高档电压的容量或按电阻炉额定功率的 1.2 倍~1.3 倍。
- 11.6.3 对硅碳棒等电阻系数变动较大的发热元件的电阻炉,宜装设电流表,并应配备调压变压器。

11.6.4 电阻炉应装设短路保护。当有几个加热区时,每个加热区宜分别装设短路保护。

有水冷却的电阻炉,应装设水压不足或水温过高的保护,动作于信号或断开电源。

11.6.5 电阻炉联锁装置的装设,应符合下列规定:

(1)人工装料的电阻炉,当操作人员有可能触及危险电压时,装设加料口开启时断开电源的联锁;

(2)有通风装置的电阻炉,当通风机断电可能造成设备损坏时,装设断开电源的联锁;

(3)根据生产要求对传动部分和其他附属装置装设必要的联锁。

11.6.6 接触器、空气开关不宜与测温仪表装在同一构架上。

11.6.7 电力线路不应与测温导线敷设在同一管中或共用一根电缆。

11.6.8 晶闸管调压器或调功器三相供电的电阻炉,可采用星形或三角形接法,不宜采用有中性线的星形接法。

12 照 明

12.1 照明方式与照明种类

12.1.1 照明方式的选择宜符合下列规定：

(1)当受生产技术条件限制,不适合装设局部照明或采用混合照明不合理时,宜采用一般照明。

(2)当某一工作区需要高于一般照明照度时,可采用分区一般照明。

(3)对于照度要求较高,工作位置密度不大,采用单独装设一般照明不合理的场所,宜采用混合照明。

(4)在一个工作场所内,不应只装设局部照明。

12.1.2 照明种类可分为:正常照明、应急照明、值班照明、警卫照明和障碍照明。应急照明包括备用照明、安全照明和疏散照明。

12.1.2.1 当正常照明因故障熄灭后,对需要确保正常工作或活动继续进行的场所(如不及时操作将造成爆炸、火灾、人身伤亡等严重事故的场所),应装设备用照明。

12.1.2.2 当正常照明因故障熄灭后,对需要确保处于危险之中的人员安全的场所(如易引起工伤事故或通行时易发生危险的场所),应装设安全照明。

12.1.2.3 当正常照明因故障熄灭后,对需要确保人员安全疏散的出口和通道,应装设疏散照明。

12.1.2.4 值班照明宜利用正常照明中能单独控制的一部分或利用应急照明的一部分或全部。

12.1.2.5 警卫照明应根据需要,在警卫范围内装设。

12.1.2.6 障碍照明的装设应严格执行所在地区航空或交通部门的有关规定,当需要装设时,应符合下列规定：

(1)障碍标志灯的水平、垂直距离不宜大于 45m。

(2)障碍标志灯应装设在建筑物或构筑物的最高部位。当最高点平面面积较大或为建筑群时,除在最高点装设障碍标志灯外,尚应在其外侧转角的顶端分别设置。

(3)在烟囱顶上装设障碍标志灯时,宜将其安装在低于烟囱口 1.5~3m 的地点,并成平面三角形布置。

(4)障碍灯宜采用光控或钟控装置控制。

(5)障碍标志灯应为红色闪光,其次数为 20~60 次/min,发光强度宜大于 2000cd,并应有更换光源的措施。

12.2 照度标准

12.2.1 照度标准应按以下系列分级:0.5、1、2、3、5、10、15、20、30、50、75、100、150、200、300、500、750、1000、1500、2000、3000lx。

12.2.2 本规范以生产场所工作面上平均使用照度值作为照度设计值的标准值。生产车间工作面上的照度标准值,应按表 12.2.2 的规定选用。

12.2.3 工作面上的照度标准值,宜采用每一照度范围的中间值。

12.2.4 凡符合下列条件之一时,工作面上的照度标准值应采用照度范围的高值。

(1) I ~ V 等视觉作业,当眼睛至识别对象的距离大于 500mm。

(2)连续长时间紧张的视觉作业,对视觉器官有不良影响。

(3)识别对象在活动面上,识别时间短促而辨认困难。

(4)工作需要特别注意操作安全。

(5)识别对象反射比小。

(6)当作业精度要求较高且产生差错会造成很大损失。

12.2.5 凡符合下列条件之一时,工作面上的照度标准值应采用照度范围的低值:

(1)临时性工作。

(2)当精度和速度无关重要。

生产场所工作面上的照度标准值

表 12.2.2

视觉作业特性	识别对象的最小尺寸 $a(\text{mm})$	视觉作业分类		亮度对比	照度范围(lx)	
		等	级		一般照明	混合照明
特别精细作业	$d \leq 0.15$	I	甲 乙	小 大	—	1500、2000、3000 1000、1500、2000
很精细作业	$0.15 < d \leq 0.3$	II	甲 乙	小 大	200、300、500 150、200、300	750、1000、1500 500、750、1000
精细作业	$0.3 < d \leq 0.6$	III	甲 乙	小 大	150、200、300 100、150、200	500、750、1000 300、500、750
一般精细作业	$0.6 < d \leq 1.0$	IV	甲 乙	小 大	100、150、200 75、100、150	300、500、750 200、300、500
一般作业	$1.0 < d \leq 2.0$	V	—	—	50、75、100	150、200、300
较粗糙作业	$2.0 < d \leq 5.0$	VI	—	—	30、50、75	—
粗糙作业	$d > 5.0$	VII	—	—	20、30、50	—
一般观察生产过程	—	VIII	—	—	10、15、20	—
大件贮存	—	IX	—	—	5、10、15	—
有自行发光材料的车间	—	X	—	—	30、50、75	—

12.2.6 当采用高强气体放电灯作为一般照明时,在经常有人工作的生产车间,其照度标准值不宜低于 50lx。

12.2.7 混合照明中的一般照明,其照度值应按该等级混合照明照度值的 5%~15%选取,且不宜低于 30lx。但一般照明采用高强气体放电灯时,不宜低于 50lx。

12.2.8 一般生产车间和工作场所工作面上的照度标准值,可按表

12.2.8 的规定选用。

一般生产车间和工作场所工作面上的照度标准值

表 12.2.8

车间和工作场所	视觉 作业 等级	照 度 (lx)		
		混合照明	混合照明中的 一般照明	一般照明
金属机械加工车间： (包括工具、机修车间)				
粗加工	Ⅲ 乙	300、500、750	30、50、75	—
精加工	Ⅱ 乙	500、750、1000	50、75、100	—
精密加工	Ⅰ 乙	1000、1500、2000	100、150、200	—
机电装配车间：				
大件装配	V	—	—	50、75、100
小件装配、试车台	Ⅱ 乙	500、750、1000	75、100、150	—
精密装配	Ⅰ 乙	1000、1500、2000	100、150、200	—
焊接车间：				
手动焊接*、切割*、 接触焊、电渣焊	V	—	—	50、75、100
自动焊接、一般划线*	Ⅳ 乙	—	—	75、100、150
精密划线*	Ⅰ 甲	750、1000、1500	75、100、150	—
备料(如有冲压、剪 切、设备则参照冲压剪 切车间)	Ⅵ	—	—	30、50、75
钣金车间	V	—	—	50、75、100
冲压剪切车间	Ⅳ 乙	200、300、500	30、50、75	—
锻工车间	X	—	—	30、50、75
热处理车间	Ⅵ	—	—	30、50、75

(续)

车间和工作场所	视觉 作业 等级	照 度(lx)		
		混合照明	混合照明中的 一般照明	一般照明
铸工车间：				
熔化浇铸	X	—	—	30、50、75
型砂处理、清理落砂	Ⅵ	—	—	20、30、50
手工造型	Ⅲ乙	300、500、750	30、50、75	—
机器造型	Ⅵ	—	—	30、50、75
木工车间：				
机床区	Ⅲ乙	300、500、750	30、50、75	—
锯木区	V	—	—	50、75、100
木模区	Ⅳ甲	300、500、750	50、75、100	—
表面处理车间：				
电镀槽间、喷漆间	V	—	—	50、75、100
酸洗间、发蓝间、喷 砂间	Ⅵ	—	—	30、50、75
抛光间	Ⅲ甲	500、750、1000	50、75、100	150、200、300
电泳涂漆间	V	—	—	50、75、100
电修车间：				
一般	Ⅳ甲	300、500、750	30、50、75	—
精密	Ⅲ甲	500、750、1000	50、75、100	—
拆卸、清洗场地*	Ⅵ	—	—	30、50、75
实验室：				
理化室	Ⅲ乙	—	—	100、150、200
计量室	Ⅰ乙	—	—	150、200、300

(续)

车间和工作场所	视觉 作业 等级	照 度(lx)		
		混合照明	混合照明中的 一般照明	一般照明
动力站房:				
压缩机房、热交换站 冷冻站、空调机房	VI	—	—	30、50、75
泵房、风机房、乙炔 发生站、纯水制备站	VII	—	—	20、30、50
锅炉房、煤气站的操 作层	VIII	—	—	20、30、50
氢、氧站	V	—	—	50、75、100
配、变电所:				
变压器室、高压电容 器室	VII	—	—	20、30、50
高低压配电室、低压 电容器室	VI	—	—	30、50、75
值班室	IV 乙	—	—	75、100、150
电缆间(夹层)	VIII	—	—	10、15、20
计算机房:				
主机房	II 甲	—	—	200、300、500
辅助用房	II 乙	—	—	150、200、300
电源室:				
电动发电机室、整流 间、柴油发电机室	VI	—	—	30、50、75
蓄电池室	VII	—	—	20、30、50

(续)

车间和工作场所	视觉 作业 等级	照 度(lx)		
		混合照明	混合照明中的 一般照明	一般照明
控制室:				
一般控制室	IV 乙	—	—	75、100、150
主控制室	II 乙	—	—	150、200、300
热工仪表控制室	III 乙	—	—	100、150、200
电话站:				
人工交接台、转接台	V	—	—	50、75、100
自动电话交换机室	IV 甲	—	—	100、150、200
广播室	IV 乙	—	—	75、100、150
仓库:				
大件贮存	IX	—	—	5、10、15
中小件贮存	VIII	—	—	10、10、15
精细件贮存、工具库	VI	—	—	30、50、75
乙炔瓶库、氧气瓶 库、电石库	VII	—	—	10、15、20
汽车库:				
停车间	VIII	—	—	10、15、20
充电间	VI	—	—	20、30、50
检修间	VI	—	—	30、50、75

注:①冲压剪切车间、铸工车间手工造型工段、锅炉房及煤气站操作层为了安全起见,照度应选最高值。

②“*”符号者,表示被照面的计算高度为零。

12.2.9 机械工厂辅助建筑的照度标准值,应按表 12.2.9 的规定选用。

机械工厂辅助建筑的照度标准值

表 12.2.9

场所名称	规定照度的平面	混合照明 (lx)	一般照明 (lx)
办公室、资料室、会议室、报告厅	距地 0.75m	—	75、100、150
工艺室、设计室、绘图室	距地 0.75m	300、500、750	100、150、200
打字室	距地 0.75m	500、750、1000	150、200、300
阅览室、陈列室	距地 0.75m	—	100、150、200
医务室	距地 0.75m	—	75、100、150
食堂、车间休息室、单身宿舍	距地 0.75m	—	50、75、100
浴室、更衣室、厕所、楼梯	地面	—	10、15、20
盥洗室	地面	—	20、30、50
托儿所、幼儿园：			
卧室	距地 0.4~0.5m	—	20、30、50
活动室	距地 0.4~0.5m	—	75、100、150

12.2.10 备用照明的照度标准值,除消防控制室、消防水泵房、配电室和自备发电机房等场所外,不应低于表 12.2.2 中一般照明的 10%。安全照明的照度标准值,不应低于表 12.2.2 中一般照明的 5%。主要通道上的疏散照明照度标准值,不应低于 0.5lx。

12.2.11 厂区露天工作场所和交通运输线的照度标准值,应按表 12.2.11 的规定选用。

厂区露天工作场所和交通运输线的照度标准值

表 12.2.11

工作种类和地点	规定照度的平面	照 度 (lx)
露天工作：		
视觉要求较高的工作	工作面	30、50、75
用眼睛检查质量的金属焊接	工作面	15、20、30
用仪器检查质量的金属焊接	工作面	10、15、20
间断的检查仪表	工作面	10、15、20
装卸工作	地面	5、10、15
露天堆场	地面	0.5、1、2
道路和广场：		
主干道	地面	2、3、5
次干道	地面	1、2、3
厂前区	地面	3、5、10
站台：		
视觉要求较高的站台	地面	3、5、10
一般站台	地面	1、2、3
装卸码头	地面	5、10、15

12.2.12 按表 12.2.2、表 12.2.8、表 12.2.9、表 12.2.11 规定选用的照度标准值，应除以表 12.2.12 所规定的维护系数值。

维护系数

表 12.2.12

环境污染特征	生产车间和工作场所举例	维护系数	照明器擦洗次数 (次/a)
清洁	仪器、仪表的装配车间、电子元器件的装配车间、实验室、办公室、设计室等	0.8	2
一般	机械加工车间、机械装配车间等	0.7	2
污染严重	锻工车间、铸工车间等	0.6	3
室外	道路和广场等	0.7	2

12.3 光源

12.3.1 悬挂高度在 4m 及以下时,宜采用荧光灯照明;悬挂高度在 4m 以上时,宜采用高强气体放电灯,当在技术和经济上不适于采用高强气体放电灯时,可采用白炽灯或卤钨灯。

12.3.2 下列场所宜使用白炽灯或卤钨灯照明:

- (1)需局部照明的场所;
- (2)需防止电磁波干扰的场所;
- (3)因光源频闪效应影响视觉效果等场所;
- (4)照明开关频繁的场所;
- (5)照度要求不高,照明时间较短的场所;
- (6)因建筑装饰要求,采用其它光源不合适的场所。

12.3.3 应急照明应采用能瞬时可靠点燃的白炽灯、荧光灯等,当应急照明作为正常照明的一部分经常点燃且不需要切换电源时,可采用其它光源。

12.3.4 当采用一种光源不能满足光色或显色性要求时,可采用由两种光源组合的混光光源。常用混光光源的混光光通量比、显色指数和色彩辨别效果,宜符合表 12.3.4 的规定。

常用混光光源的混光光通量比、显色指数
和色彩辨别效果

表 12.3.4

级数	混光光源	光通量比	显色指数	色彩辨别效果
I	DDG+NGX	0.40~0.60	≥80	除个别颜色为较好外其它颜色为良好
	DDG+NG	0.60~0.80	≥80	
II	KNG+NG	0.50~0.80	60~70	除部分颜色为较好外其它颜色为良好
	DDG+NG	0.30~0.60	60~80	
	KNG+NGX	0.40~0.60	70~80	
	GGY+NGX	0.30~0.40	60~70	
	ZJD+NGX	0.40~0.60	70~80	
III	GGY+NG	0.40~0.60	40~50	除个别颜色为可以外其它颜色为较好
	KNG+NG	0.30~0.50	40~60	
	GGY+NGX	0.40~0.60	40~60	
	ZJD+NG	0.30~0.40	40~50	

注：①代号说明：

GGY——荧光高压汞灯；DDG——镝灯；KNG——钨钠灯；NG——高压钠灯；NGX——中显色高压钠灯；ZJD——高光效金属卤化物灯。

②混光光通量比，系指前一种光源光通量与两种光源光通量的和之比。

③辨别效果顺序：良好——较好——可以。

12.4 灯 具

12.4.1 照明灯具应具有完整的光度参数，其机械、电气、防火方面的性能应符合现行国家标准《灯具通用安全要求和试验》和《灯具外壳防护等级分类》的有关规定。

12.4.2 灯具型式应按照环境条件以及被照工作面的配光要求合理选择。

12.4.3 按环境条件选择灯具时，应符合下列规定：

(1)在特别潮湿的场所，应采用防潮型灯具或带防水灯头的开启式灯具。

(2)在有腐蚀性气体和蒸汽的场所,宜采用由耐腐蚀性材料制成的密闭灯具,当采用开启式灯具时,各部分应有防腐蚀防水措施。

(3)在高温场所,宜采用带散热孔的开启式灯具。

(4)在有尘埃的场所,应按防尘的保护等级分类选择合适的灯具。

(5)在振动、摆动较大的场所,灯具应有防震措施和保护网,防止灯泡自动松脱与掉落。

(6)安装在易受机械损伤位置的灯具应加装保护网。

(7)在有爆炸和火灾危险场所使用的灯具,应符合本规范第19章的有关规定。

12.4.4 在大型锻锤、水压机、线材压延机的工作地点和铸钢车间熔化工部的出钢口以及其它需要局部加强垂直照度的场所,宜采用投光灯或泛照型灯具。

12.4.5 室内开启式灯具的效率不宜低于70%;带有包合式灯罩的灯具的效率不宜低于55%;带格栅灯具的效率不宜低于50%。

12.4.6 照明灯具布置应遵守下列要求:

(1)照明灯具在车间内均匀布置时,灯具的距离 L 与照明器的计算高度 H 之比值 L/H ,不宜超过被选用照明灯具的最大允许值。

(2)照明灯具布置时,应注意建筑结构型式、工艺设备和其它管道等布置情况以及安全维修等要求。

(3)高大厂房内的照明灯具,宜采用顶灯与投光灯(泛光型灯具)或顶灯与壁灯相组合的方案,只装壁灯不装顶灯的方案不宜采用。

(4)在维护不安全和无法维修的地方以及配、变电所母线的上方不应装设照明灯具。

(5)照明灯具不宜设置在有工业气流或自然气流经常冲击的场所。

(6)灯具和镇流器表面的高温部位靠近可燃物时,应采取隔

热、散热等防火保护措施。

(7)对有防电磁干扰要求的洁净厂房,当采用白炽灯不能满足照度要求时,宜采用荧光灯等气体放电光源,并将镇流器等灯具附属装置集中设置在无防电磁干扰要求的房间内。

(8)高强气体放电灯的触发器宜装设在靠近灯具的位置。

12.5 照明质量

I 眩光限制

12.5.1 室内照明直接眩光限制等级应按表 12.5.1 分级。

直接眩光限制等级 表 12.5.1

作业或活动的场所	限制等级
很严格的视觉作业	A 级(很高质量)
视觉要求高的作业;视觉要求中等但集中注意力要求高的作业	B 级
视觉要求和集中注意力要求中等的作业,并且工作人员有一定程度的流动性	C 级
视觉要求和集中注意力要求低的作业,工作人员在有限的区域内频繁走动	D 级
工作人员不限于一个岗位,而是来回走动,并且视觉要求低的房间,不是由同一批人连续使用的房间	E 级

12.5.2 室内照明直接眩光的限制,宜按附录 H 中的亮度曲线法计算和评价。

12.5.3 灯具亮度除满足亮度曲线法的限制要求外,尚应符合表 12.5.3 规定的灯具最小遮光角。

灯具最小遮光角

表 12.5.3

光源类型	灯具出光口的 平均亮度 ($10^3\text{cd}/\text{m}^2$)	直接眩光限制等级	
		A、B、C	D、E
管状荧光灯	≤ 20	20°	10°
涂荧光灯粉或漫射光玻璃的高强 气体放电灯	$>20 \sim \leq 500$	25°	15°
透明玻璃的高强气体放电灯、透明 玻璃白炽灯	>500	30°	20°

注：①线状的灯从端向看遮光角为 0° 。

12.5.4 直接眩光的限制，可按表 12.5.4 的规定限制灯具的最低悬挂高度。

灯具的最低悬挂高度

表 12.5.4

光源种类	灯具型式	灯具 遮光角 ($^\circ$)	光源功率 (W)	最低悬 挂高度 (m)
白炽灯	有反射罩	10~30	≤ 100	2.5
			150~200	3.0
			300~500	3.5
	乳白玻璃 漫射罩	—	≤ 100	2.2
			150~200	2.5
			300~500	3.0
荧光灯	无反射罩	—	≤ 40	2.2
	无反射罩	—	>40	3.0
	有反射罩	—	≤ 40	2.2
			>40	2.2
荧光高压汞灯	有反射罩	10~30	<125	3.5
			125~250	5.0
			≥ 400	6.0

(续)

光源种类	灯具型式	灯具遮光角(°)	光源功率(W)	最低悬挂高度(m)
荧光高压汞灯	有反射罩 带格栅	>30	<125	3.0
			125~250	4.0
			≥400	5.0
金属卤化物灯、高压钠灯、 混光光源	有反射罩	10~30	<150	4.5
			150~250	5.5
			250~400	6.5
			>400	7.5
	有反射罩 带格栅	>30	<150	4.0
			150~250	4.5
			250~400	5.5
			>400	6.5

12.5.5 在需要有效地限制工作面上的光幕反射和反射眩光的工作房间和场所,应采用下列措施:

(1)使视觉作业不处在也不接近任何照明光源同人眼形成的镜面反射角上。

(2)使用发光表面面积大、亮度低,有一定上射光通量的灯具。

(3)视觉作业和工作房间内的表面采用无光泽表面。

(4)采用在视线方向发光强度小的特殊灯具。

12.5.6 下列房间的灯具悬挂高度,可按表 12.5.4 中所规定的灯具悬挂高度降低 0.5m,但不得低于 2.2m。

(1)一般照明的照度小于 30lx 的房间;

(2)长度不超过灯具悬挂高度 2 倍的房间;

(3)人员短时停留的房间。

12.5.7 局部照明的灯具,应采用不透明材料或漫反射材料制成的反射罩。灯具的位置高于工作者眼睛水平视线时,其保护角不应小

于 30°, 低于工作者眼睛水平视线时, 不应小于 10°。

12.5.8 当工作面或识别物件的表面呈镜面反射时, 应采用漫射型或装有磨砂灯泡的照明灯具。

12.5.9 直接眩光限制等级为 A 级的房间, 当采用发光顶棚时, 发光面的亮度在眩光角的范围内不应大于 500cd/m²。

II 照度均匀度

12.5.10 工作区域内的一般照明照度均匀度不宜小于 0.7。

12.5.11 生产车间内走道和非工作区域的一般照明照度不宜小于工作区域内一般照明照度的 1/5。

III 光源颜色

12.5.12 室内照明光源的色表可按其相关色温分为三类, 其应用场所宜按表 12.5.12 的规定选取。

光源的色表类别

表 12.5.12

色表类别	色表	相关色温 (K)	应用场所
I	暖	<3300	车间局部照明, 工厂辅助生活设施等
II	中间	3300~5300	除要求使用冷色、暖色以外的各类车间
III	冷	>5300	高照度水平, 热加工车间等

12.5.13 在视觉作业中, 应根据对颜色辨别的要求选用不同显色性的光源, 光源的一般显色指数 R_a 宜按表 12.5.13 的规定选取。

光源的一般显色指数类别

表 12.5.13

显色类别	显色指数	光源	应用场所
IA	$R_a \geq 90$	白炽灯、卤钨灯	颜色匹配、颜色检验等
IB	$90 > R_a \geq 80$	三基色荧光灯 日光色钠灯	油漆等

(续)

显色类别	显色指数	光源	应用场所
Ⅰ	$80 > R_a \geq 60$	荧光灯、显色改进型高压钠灯、金属卤化物灯	机电装配、表面处理、控制室等
Ⅲ	$60 > R_a \geq 40$	荧光高压汞灯	机械加工、热处理、铸造等
Ⅳ	$40 > R_a \geq 20$	高压钠灯	仓库、大件金属库等

12.5.14 对颜色识别有要求的场所,当使用照度小于或等于500lx,采用光源的显色指数较低时,宜提高其照度标准值,提高值可按表 12.2.2 的照度标准值乘以表 12.5.14 中的相对照度系数值。

相对照度系数表

表 12.5.14

显色指数 R_a	照度范围(lx)	
	$\geq 300 \sim \leq 500$	< 300
$80 > R_a \geq 60$	1.20	1.25
$60 > R_a \geq 40$	1.30	1.40

12.5.15 采用混光照明时,应避免在地面和空间产生不均匀的色斑。

IV 反 射 比

12.5.16 在长时间连续工作的房间内,其表面反射比宜按表 12.5.16 的规定选取。

工作房间表面反射比

表 12.5.16

表面名称	反射比	表面名称	反射比
顶棚	0.70~0.80	地面	0.20~0.40
墙面	0.50~0.70	设备	0.25~0.45

12.6 照明供电

I 电 压

12.6.1 对于容易触及而又无防止触电措施的固定式或移动式灯具,其安装高度距地面为 2.2m 及以下时,且具有下列条件之一,其使用电压不应超过 24V。

- (1)特别潮湿的场所;
- (2)高温场所;
- (3)具有导电灰尘的场所;
- (4)具有导电地面的场所。

12.6.2 灯的端电压不宜高于其额定电压的 105%,且不宜低于其额定电压的下列数值:

- (1)一般工作场所为 95%。
- (2)露天工作场所照明、远离变电所的小面积工作场所难于满足 95%时,可降到 90%。
- (3)应急照明、道路照明、警卫照明及电压为 12~42V 的照明为 90%。

12.6.3 手提行灯及钳工台的局部照明灯的工作电压不应大于 42V。

在不便于工作的狭窄地点,且工作者接触着良好接地的大块金属面,使用手提行灯电压不应超过 12V。

II 供电方式

12.6.4 正常照明可与其它电力负荷共用变压器供电,但宜采取下列措施减少冲击电压波动和闪变对照明的影响。

(1)较大功率的冲击性负荷或冲击性负荷群与照明负荷分别由不同的配电变压器供电或设专用照明变压器供电。

(2)当冲击性负荷与照明负荷共用变压器供电时,照明负荷宜用专线供电。

(3)当电压偏移或波动过大,不能保证照明质量和灯泡寿命时,在技术经济合理的条件下,照明部分可采用调压装置。

12.6.5 生产厂房的照明线路,宜与电力线路分开。照明电源线路,应设带保护的总开关。当生产厂房内只设一台变压器且采用变压器——干线式配电系统而又无低压联络线时,照明电源宜接自低压侧总开关进线端;当有联络线时,则照明电源宜接自变压器低压侧总开关出线端。

车间变电所低压侧采用放射式配电系统时,本车间的照明宜接自低压配电屏的照明回路上。

12.6.6 由公共低压电网供电的照明负荷,线路电流不超过 30A 时,可用 220V 单相供电;线路电流超过 30A 时,应以 220/380V 三相四线供电。

12.6.7 应急照明电源应区别于正常照明电源。应急照明的供电方式宜根据不同的切换时间和连续供电时间按下列方式选用:

(1)独立于正常电源的发电机组。

(2)蓄电池。

(3)供电网络中,有效地独立于正常电源的馈电线路。

(4)自带直流逆变器的应急照明灯。

(5)当装有 2 台及以上变压器时,应与正常照明的供电干线分别接自不同的变压器。

(6)仅装有一台变压器时,应与正常照明的供电干线自变电所的低压屏上(或母线上)分开。

(7)当建筑物内未设变压器时,则在建筑物电源进线处与正常照明回路分开,并不得与正常照明共用一个总开关。

(8)按《高层民用建筑防火设计规范》的规定属于二类及以上防火要求的建筑物及其它一些重要场所的应急照明供电方式,应按本条(1)至(4)项之一选用。

12.6.8 不同用途的应急照明电源的切换时间和连续供电时间应符合下列规定:

(1)疏散照明和备用照明电源的切换时间不宜超过 15s。

(2)安全照明电源的切换时间不宜超过 0.5s。

(3)疏散照明电源的连续供电时间不应小于 30min,安全照明和备用照明电源的连续供电时间应按工作特点和实际需要确定。

12.6.9 电压小于或等于 42V 的局部照明和手提行灯电源,宜采用固定式降压变压器供电,不经常使用的地点宜由移动式降压变压器供电。

12.6.10 二次侧电压小于或等于 42V 的降压变压器,输入电路和输出电路必须实行电路上的隔离,严禁采用自耦降压变压器。降压变压器电源侧应设短路保护,其接地要求应符合本规范第 18 章的有关规定。

12.6.11 在气体放电灯的频闪效应对视觉作用有影响的场所,其同一或不同一照明灯具的相邻灯管和灯泡宜分接在不同的相位线路上。

12.6.12 照明线路各相负荷的分配,宜保持平衡,在每个配电箱中最大与最小相负荷电流差不宜超过 30%。

Ⅲ 回路分组及控制

12.6.13 使用小功率光源的室内照明线路,除花灯、彩灯、多管荧光灯外,每一单相分支回路的电流不宜超过 15A,所接灯头和插座总数不宜超过 25 个。

12.6.14 照明回路分组应满足工艺流程及线路敷设的要求,并宜使三相线路的各相负荷应尽可能平衡。

12.6.15 单层厂房内一般照明的控制,宜按生产工段、流水线等分区、分组集中于配电箱处控制。车间辅助用房、生活室及门灯等处宜分散控制。

12.6.16 多层建筑物内,宜每层设置照明配电箱。当建筑物不多于三层且其长度较短时,可由一个配电箱向各层供电,配电箱宜设在靠近楼梯处。

12.6.17 对高强气体放电灯的照明,每一单相分支回路的电流不宜超过 30A,并按启动和再启动特性,选择保护电器及检验线路

的电压损失值。

12.6.18 应急照明作为正常照明的一部分同时使用时,应有单独的控制开关。应急照明不作正常照明的一部分同时使用时,当正常照明因故停电中断时,应急照明宜自动投入。

12.6.19 在照明分支回路中,不应采用三相低压断路器对三个单相分支回路进行控制和保护。

12.6.20 插座宜由单独的回路配电。

IV 线路计算

12.6.21 建筑物照明电源线路的计算负荷宜按需要系数法计算,各类建筑的需要系数可按表 12.6.21 的规定选取。

建筑物照明负荷需要系数表

表 12.6.21

建筑物名称	需要系数
小型生产建筑物、小型仓库	1.0
大跨间组成的生产厂房	0.95
办公楼	0.90
由多数小房组成的生产厂房	0.85
学校、医院、托儿所、车间生活室、实验大楼	0.80
大型仓库、配电所、变电所等	0.60
应急照明、室外照明	1.0

12.6.22 在计算照明设备容量总和时应计及镇流器损耗,局部照明和移动式照明的容量宜按下列规定计算:

(1)由干式降压变压器供电的局部照明,按干式变压器的容量计入总和。

(2)由 220V 插座直接供电的局部照明,按每个插座容量为 40W 计入总和。

(3)检修用移动式照明灯具的容量不计入总和。

12.6.23 设计照明线路时,应满足本规范第 12.7.2 条对照明装置端电压的要求。

12.6.24 供气体放电灯的照明线路,其中性线的截面不应小于相线截面。

12.6.25 气体放电灯宜采用电容器补偿,以提高功率因数;装有单独补偿电容器的灯具应装设保护电器,其值应按功率因数改善后的电流进行整定。

12.7 室外照明设计

12.7.1 在下列地点宜装设室外照明:

- (1)经常有人通行的道路及车辆通行的道路;
- (2)露天堆场;
- (3)装卸货物的站台和码头。

12.7.2 室外照明的光源,宜选用高压钠灯以及荧光高压汞灯。当在建筑装饰等有特殊要求时,可采用白炽灯。

12.7.3 厂区道路照明除每回路应设短路保护外,每个照明灯具宜装设单独的短路保护。

12.7.4 厂区道路照明可采用光电控制、时钟控制或手动控制,控制点宜设在有值班人员的配电所内或警卫室内。并应考虑在深夜切除部分负荷,以节约电能。

12.7.5 厂区道路照明宜采用单侧布灯。

12.7.6 照明灯具的安装高度宜符合下列要求:

250W 以下高压钠灯、金属卤化物灯	$\geq 5\text{m}$
250~400W 高压钠灯、金属卤化物灯	$\geq 6\text{m}$
50~250W 荧光高压汞灯	$\geq 5\text{m}$
400W 荧光高压汞灯	$\geq 6\text{m}$
60~100W 白炽灯	$\geq 4\text{m}$

庭院灯的安装高度根据具体情况确定。

12.7.7 大面积露天堆场宜采用投光灯或高杆灯照明。

12.8 照明节能

12.8.1 高大厂房中宜采用高光效长寿命的高强气体放电灯,除特殊情况外,不宜采用卤钨灯、白炽灯、自镇流式荧光高压汞灯。

12.8.2 灯具选型应根据工艺要求和照明质量等条件,宜采用开启式灯具,少采用装有格栅、保护罩等附件的灯具。

12.8.3 高照度的场所,可增设局部照明,在同一照明房间内,当工作区的某一部分或几个部分需要高照度时,可采用分区一般照明方式。

12.8.4 室内顶棚、墙面、地面宜采用浅颜色的装修。

12.8.5 工业企业内的车间、宿舍照明用电应单独计量。

12.8.6 大面积使用气体放电灯的场所,宜装设补偿电容器,功率因数应提高到 0.85 以上。

12.8.7 照明线路、开关及控制宜按下列原则设置:

(1)室内照明线路宜分细,灯具宜单独控制,以便随手关灯。

(2)近窗的灯具单设开关,自然采光充足时关掉,充分利用天然光。

(3)车间内按工段分区设置开关。

12.8.8 建筑照明的节能指标可用节能效益比衡量,其值可按式计算:

$$ER = e_1 / e_2 \quad (12.8.8)$$

式中 ER ——节能效益比;

e_1 ——目标效能推荐值($W/m^2 \cdot 100lx$)按附录 I 采用;

e_2 ——实际效能值($W/m^2 \cdot 100lx$)。

注:当 $ER \geq 1$ 时节能; $ER < 1$ 时不节能。

12.8.9 室外照明宜采用下列节能措施:

(1)室外照明宜采用高压钠灯。

(2)室外照明宜采用自动控制。

(3)道路照明宜分组。

13 架空线路

13.1 一般规定

13.1.1 本章适用于工厂内部新建 35kV 及以下架空线路的设计。

13.1.2 架空线路路径和杆位的选择应符合下列要求：

(1) 应综合考虑运行、施工、交通条件和路径长度等因素。

(2) 应沿道路平行敷设，并宜避免通过铁路起重机或汽车起重机频繁活动地区和各种露天堆放场。

(3) 应尽可能减少与其它设施的交叉和跨越建筑物。

(4) 与有爆炸物、易燃物和可燃液(气)体的生产厂房、仓库、贮罐等接近时，应符合本规范第 19 章有关规定。

13.2 气象条件

13.2.1 架空线路设计所用计算气象条件，应根据当地的气象资料和已有线路的运行经验确定。对 35kV 架空线路，可采用 15 年一遇的数值；对 10kV 及以下的架空线路，可采用 10 年一遇的数值。

当沿线气象资料与表 13.2.1 典型气象区接近时，可采用典型气象区规定的数值。

典型气象区

表 13.2.1

气象区		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
大气温度 (°C)	最高	+40								
	最低	-5	-10	-10 (-5)	-20	-10 (-20)	-20 (-40)	-40 (-20)		-20

(续)

气象区		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
大气温度 (°C)	覆冰	-5									
	最大风	+10		-5		+10 (-5)	-5				
	安装	0		-5	-10	-5	-10	-15	-10		
	外过电压	+15									
	内部过电压 年平均气温	+20	+15		+10	+15	+10	-5	+10		
风速 (m/s)	最大风	35(30)	30(25)	25		30(25)	25	30(25)		30	
	覆冰	10							15(10)	15	
	安装	10									
	外过电压	15(10)	10								
	内过电压	0.5×最大风(不低于 15m/s)									
覆冰厚度(mm)		5			10			15	20		
冰的密度(kg/m ³)		900									

注:①表内一个栏内有两个数值,带括号的适用于 10kV 及以下线路,不带括号的适用于 35kV 线路。

②IX 级气象区仅适用于 35kV 线路。

13.2.2 架空线路的最大设计风速:对 35kV 架空线路,应采用离地面 15m 高,15 年一遇 10min 平均最大值;对 10kV 及以下的架空线路,应采用离地面 10m 高,10 年一遇 10min 平均最大值,工厂空旷平坦地区当无可靠资料时,采用的线路最大设计风速,不应低于 25m/s,架空线路通过厂区,当两屏蔽物的平均高度超过杆塔高度的 2/3 时,其最大设计风速宜减小 20%。线路位于河岸、湖岸、高峰以及山谷口等容易产生强风的地带时,其最大设计风速应适当加大。

13.2.3 电杆、导线的风荷载,应按下式计算:

$$W = 9.807CF \frac{v^2}{16} \quad (13.2.3)$$

式中 W ——电杆或导线的风荷载(N);

C ——风载体型系数,采用下列数值:

环形截面钢筋混凝土杆	0.6
矩形截面钢筋混凝土杆	1.4
直径小于 17mm 的导线	1.2
直径大于或等于 17mm 的导线	1.1

F ——电杆杆身侧面的投影面积或导线直径与水平档距的乘积(m^2);

v ——设计风速(m/s)。

各种电杆的风荷载应按风向与线路方向相垂直的情况计算;转角杆则应按转角等分线方向计算。

13.2.4 对厂区 10kV 及以下的架空线路设计冰厚,应根据当地城镇已有的配电线路、架空通信线路的运行经验确定。当无资料时,除 1 级气象区外,设计冰厚可采用 5mm。

13.3 导线、绝缘子和金具

13.3.1 架空线路采用的导线、避雷线和绝缘子,除应符合国家产品标准的规定外,尚应符合下列规定:

(1)架空线路导线宜采用铝导线,但不应采用单股的铝线与铝合金线。

(2)在对导线有腐蚀作用的地段,宜采用防腐型导线。

(3)越过树林,以及通道拥挤场所的 1kV 及以下线路,宜采用架空绝缘线。

13.3.2 架空导线连续允许的载流量,应按周围空气温度进行校正,周围空气温度应采用当地 10 年或 10 年以上的最热月的每日最高温度的月平均值。

13.3.3 自供电变电所二次侧出口至线路末端变压器一次侧入口的 6~10kV 架空线路电压损失,不宜超过供电变电所二次侧额定电压的 5%。

13.3.4 导线的安全系数应按下式计算:

$$K_d = \frac{\sigma_p}{\sigma_{\max}} \quad (13.3.4)$$

式中 K_d ——导线安全系数；

σ_p ——导线的抗拉强度(MPa)；

σ_{\max} ——导线在弧垂最低点的最大使用应力(MPa)。

但厂区线路的铝绞线、钢芯铝绞线及多股铝合金的安全系数不应小于 3.0。

13.3.5 钢芯铝绞线及其它复合成的导线的安全系数,应按综合抗拉强度计算。

13.3.6 避雷线应采用镀锌钢绞线,避雷线的安全系数宜大于同杆塔上导线的安全系数。

13.3.7 导线截面的选择应符合下列要求:

(1)架空线路导线的截面不应小于表 13.3.7 所列数值。

导线的最小截面(mm²) 表 13.3.7

导线种类	35kV 线路	6~10kV 线路	1kV 以下线路
铝绞线及铝合金线	35	35	16
钢芯铝绞线	35	25	16

(2)1kV 以下线路与铁路交叉跨越档裸绞线最小截面应为 35mm²。

(3)避雷线的钢绞线截面不宜小于 25mm²。

(4)不同金属或不同截面的导线不得在档距内连接。

13.3.8 架空线路绝缘子的选择,应符合下列要求:

(1)35kV 耐张绝缘子串的绝缘子个数,应比悬式绝缘子串的同型绝缘子多 1 个。

(2)6~10kV 架空线路,当采用铁横担时,针式绝缘子宜采用高一电压等级的绝缘子。

(3)1kV 以下的直线杆宜采用低压针式绝缘子,耐张杆应采

用低压蝴蝶式绝缘子。

(4) 绝缘子的组装方式,应能防止瓷裙积水。

(5) 海拔高度超过 1000m 的地区,应根据海拔高度和线路电压等级相应增强线路绝缘。

13.3.9 绝缘子的机械强度安全系数 K_j 应按下式计算:

$$K_j = \frac{T}{T_{\max}} \quad (13.3.9)$$

式中 K_j ——绝缘子的机械强度安全系数;

T ——绝缘子的破坏荷载或试验荷载(N);

T_{\max} ——绝缘子最大使用荷载(N)。

当绝缘子的机械强度安全系数小于下列数值时,应按下列数值采用:

瓷横担	3.0
针式绝缘子	2.5
悬式绝缘子	2.0
蝴蝶式绝缘子	2.5

35kV 架空线路,在断线情况下,瓷横担的机械强度安全系数不应小于 2.0;悬式绝缘子的机械强度安全系数不应小于 1.3。

13.3.10 在一般地区,绝缘子、绝缘子串或瓷横担的单位泄漏距离,不应小于 16mm/kV。

在空气污秽地区,应根据运行经验和可能污秽程度,增加绝缘子、绝缘子串或瓷横担的泄漏距离或采取其它防污措施。

13.3.11 金具的强度安全系数不应小于 2.5。35kV 架空线路,在断线情况下,金具的强度安全系数不应小于 1.5。

金具应为热镀锌。

13.3.12 1kV 及以上架空线路的铝绞线、钢芯铝绞线或铝合金线,在与绝缘子或金具的固定处,宜缠绕铝包带。35kV 架空线路,尚应根据导线或避雷线的防振要求,设置防振措施。

导线和避雷线的平均运行应力上限和相应的防振措施,应符合表 13.3.12 的规定。

**导线和避雷线的平均运行应力上限和
相应的防振措施**

表 13.3.12

档距情况	防振措施	平均运行应力上限 (抗拉强度的百分比)	
		钢芯铝绞线	钢绞线
档距不超过 120m	不需要	18	18
不论档距大小	护线条	22	—
不论档距大小	防振锤(线)或另加护线条	25	25

注:根据多年运行经验,可以证明当地导线和避雷线的振动危险性很小时,可不受本表的限制。

13.4 导线排列

13.4.1 10kV 及以下架空线路的档距不宜大于 50m。

13.4.2 在同一走廊内的 6~10kV 架空线路与 1kV 以下架空线路应同杆架设,但每杆上的回路数不应超过下列规定:

- (1)仅高压线路时 两回路;
- (2)仅低压线路时 四回路;
- (3)高低压同杆时 四回路,其中允许有高压两回路。

同杆架设时,应高压线路在上,低压线路在下。架设同一电压等级的不同回路导线时,应把有较大弧垂的导线放置在下层,路灯照明回路应架设在最下层。

高低压线路同杆或仅高压线路时,可在最下面再架设通讯电缆,仅低压线路时,可在最下面再架设广播明线和通信电缆。

注:上述三款中,低压回路包括厂区照明线路。

13.4.3 35kV 架空线路的导线,宜采用三角排列或水平排列。

6~10kV 架空线路的导线,宜采用三角排列或水平排列;多回路线路的导线,宜采用三角、水平混合排列或垂直排列。

1kV 以下架空线路的导线,宜采用水平排列。

13.4.4 架空线路导线的线间距离,不应小于表 13.4.4 规定的数值。

架空线路导线间的距离(m)

表 13.4.4

导线排列方式	档 距(m)							
	40 以下	50	60	70	80	90	100	120
用悬式绝缘子的 35kV 线路 导线水平排列	—	—	—	1.5	1.5	1.75	1.75	2.0
用悬式绝缘子的 35kV 线路 导线垂直排列	—	1.0	1.25	1.25	1.5	1.5	1.75	1.75
用针式绝缘子或瓷横担的 35kV 线路, 不论导线排列形式	—	—	—	—	—	—	—	—
用针式绝缘子或瓷横担的 6~ 10kV 线路, 不论导线排列形式	0.6	0.65	0.7	0.75	0.85	0.9	1.0	1.15
用针式绝缘子的 1kV 以下线 路, 不论导线排列形式	0.3	0.4	0.45	0.5				

注: 1kV 以下线路, 靠近电杆两侧导线间的水平距离不应小于 0.5m。

13.4.5 覆冰地区 35kV 架空线路, 上下层导线间或导线与避雷线间的水平偏移: 对设计冰厚为 10mm 地区, 不应小于 0.2m; 对设计冰厚为 15mm 地区, 不应小于 0.35m。

13.4.6 同杆架设 10kV 及以下双回路或多回路线路的横担间垂直距离, 不应小于表 13.4.6 规定的数值。

10kV 及以下线路与 35kV 线路同杆架设时, 导线间垂直距离不应小于 2.0m。

35kV 双回路或多回路的不同回路不同相导线间的距离不应小于 3.0m。

同杆架设 10kV 及以下线路的横担间

最小垂直距离(m)

表 13.4.6

横担间导线排列方式	直线杆	分支或转角杆
6~10kV 与 6~10kV	0.80	0.45/0.60
6~10kV 与 1kV 以下	1.20	1.00
1kV 以下与 1kV 以下	0.60	0.30

注: 表中 0.45/0.6 是指转角或分支线横担距上面的横担取 0.45m, 距下面的横担取 0.6m。

13.4.7 6~10kV 架空线路的过引线、引下线、接户线与相邻导线间的净空距离,不应小于 0.3m;1kV 以下时,不应小于 0.15m。

6~10kV 架空线路的导线与拉线、导线与电杆、导线与构架间的净空距离,不应小于 0.2m;1kV 以下时,不应小于 0.05m。

6~10kV 架空线路的引下线、接户线与低压线间的距离,不宜小于 0.2m。

13.4.8 通信电缆与 6~10kV 架空线路同杆时,其间距不得小于 2.5m;广播明线及通信电缆与 380V 及以下架空线路同杆时,其间距不得小于 1.5m。

13.5 杆塔与基础

13.5.1 架空线路宜采用预应力混凝土杆。

13.5.2 各类杆塔,应计算线路运行、断线及安装情况的荷载,并进行强度、稳定、变形和抗裂度计算。但对针式绝缘子的线路和 10kV 及以下的瓷横担线路,可不进行杆塔断线情况的计算。

13.5.3 各类杆塔在运行情况下的荷载,应按下列条件计算:

(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、无风、无冰、未断线。

13.5.4 采用悬式绝缘子不论几回路的直线型杆塔,在断线情况下的荷载计算,应按断一根导线、避雷线未断、无冰、无风时的条件计算。单导线的断线张力,应符合表 13.5.4 要求。

避雷线的不平衡张力,对钢筋混凝土电杆,不应小于避雷线最大使用张力的 15%~20%,对铁塔不应小于 50%。

13.5.5 采用悬式绝缘子不论几回路的耐张型杆塔,在断线情况下的荷载计算,应遵守下列规定:

(1)按在同一档内断两相导线,避雷线未断、无冰、无风的条件计算。计算时导线张力宜取导线最大使用张力的 70%,避雷线张力宜取避雷线最大使用张力的 80%。

(2)按断一根避雷线、导线未断、无冰、无风的条件计算。导线

和避雷线张力应按本规范 13.5.5(1)条的规定取用。

(3)终端杆塔应按进线档架线及未架线两种情况计算。

(4)单回路终端杆塔,尚应按断一相导线、避雷线未断、无冰、无风条件计算。

单导线的断线张力

表 13.5.4

导线截面 (mm ²)	断线张力占最大使用张力的百分数 (%)	
	钢筋混凝土杆及拉线铁塔	铁塔
≤95	30	40
120~185	35	40
≥240	40	50

注:①最大使用张力系指综合抗拉强度除以安全系数,安全系数可取 3.0。

②冲击系数可按具体情况采用。

③转动横担、变形横担的启动力应满足运行和施工安全的要求,对 35kV 线路可采用 2000~3000N。

④有避雷线的 35kV 线路,尚应计算在导线未断、无冰、无风条件下避雷线的不平衡张力。

13.5.6 各类杆塔在安装情况下的荷载计算,应按安装荷载、相应风速、无冰条件计算。

13.5.7 钢筋混凝土杆的强度计算,应采用安全系数的设计方法。普通钢筋混凝土构件采用的强度设计安全系数不应小于 1.7。预应力混凝土构件采用的强度设计安全系数不应小于 1.8。

13.5.8 需要另设接地体的普通钢筋混凝土杆,应设置接地螺母,接地螺母与主筋应有可靠的电气连接,主筋与内钢箍及螺旋筋应绑扎或焊接。

采用预应力混凝土杆时,其主筋不应兼作接地引下线。

13.5.9 杆塔构件使用钢材的厚度,不应小于表 13.5.9 规定的数值。

13.5.10 拉线应根据电杆的受力情况装设,拉线与电杆的夹角可采用 45°。当受地形限制,可适当减小,但不应小于 30°。

杆塔构件使用钢材的厚度(mm)

表 13.5.9

构件	防腐方式	热镀锌	涂 漆
	主材		4
斜材		3	4
铁横担		5	5

跨越道路的水平拉线,对路面中心的垂直距离,不应小于 6m,对道路边缘的垂直距离,不应小于 5m。拉线柱的倾斜角宜采用 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。

13.5.11 拉线应采用镀锌钢绞线或镀锌铁线,其强度安全系数及最小截面,应符合表 13.5.11 的要求。

拉线的强度安全系数及最小截面

表 13.5.11

拉线材料	强度安全系数	最小截面(mm ²)	
		线路电压(kV)	
		35	10
镀锌钢绞线	≥ 2.2	35	25
镀锌铁线	≥ 2.5	不宜采用	(3×直径 4.0mm)

镀锌钢绞线的设计机械强度,应采用绞线的抗拉强度。

13.5.12 拉线棒的直径不应小于 16mm。

拉线棒应热镀锌,在腐蚀严重地区,拉线棒直径应加大 2~4mm,或采取其它有效措施。

13.5.13 钢筋混凝土杆的拉线,可不装设拉线绝缘子,当拉线从导线之间穿过时,应装设拉线绝缘子,在断拉线的情况下,拉线绝缘子距地面不应小于 2.5m。

13.5.14 电杆基础应根据当地运行经验、材料来源、地质情况等设计。在有条件的地方,宜采用岩石底盘、卡盘和拉线盘。采用

岩石预制基础,应选择结构完整、质地坚硬的石料,并应进行强度试验,其强度安全系数,不应小于下列规定的数值:

岩石底盘	3
岩石卡盘	4
岩石拉线盘	5

13.5.15 杆塔基础按极限土抗力计算时,其上拔和倾覆稳定安全系数不应小于下列规定的数值:

直线杆塔	1.5
耐张杆塔	1.8
转角、终端杆塔	2.2

13.5.16 普通钢筋混凝土基础的强度安全系数,不应小于 1.7,混凝土基础的强度安全系数,不应小于 2.7。

杆塔基础的埋置深度,不应小于 0.6m。

13.5.17 10kV 及以下架空线路混凝土电杆埋设深度,可按表 13.5.17 规定的数值采用,但尚应进行倾覆稳定验算。

电杆埋设深度

表 13.5.17

杆高(m)	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	15.0
埋深(m)	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.3

13.6 对地距离与交叉跨越

13.6.1 架空线路的导线与地面、建筑物、树木、铁路、道路、管道及各种架空线路间的距离,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进行计算。

计算时,不应计及由于电流、太阳辐射等引起增大的弧垂,但应计及导线架线后塑性伸长的影响和设计施工的误差。

13.6.2 架空线路的导线与地面的距离,在最大计算弧垂情况下,不应小于下列规定的数值:

35kV 架空线路	7.0m
-----------	------

6~10kV 架空线路 6.5m

1kV 以下架空线路 6.0m

13.6.3 架空线路的导线与山坡、峭壁、岩石之间的净空距离,在最大计算风偏情况下,不应小于表 13.6.3 中规定的数值。

导线与山坡、峭壁、岩石的最小净距(m) 表 13.6.3

线路经过地区	线路电压(kV)		
	35	6~10	≤1
步行可以到达的山坡	5.0	4.5	3.0
步行不能到达的山坡、峭壁及岩石	3.0	1.5	1.0

13.6.4 6~35kV 架空线路不应跨越屋顶为易燃材料的建筑物。对其它建筑物亦不宜跨越;当必须跨越时,架空线路的导线在最大计算弧垂情况下与建筑物的垂直距离:35kV 线路,不应小于 4.0m;对 6~10kV 线路,不应小于 3.0m。

1kV 以下架空线路跨越建筑物时,导线与建筑物的垂直距离,在最大计算弧垂情况下,不应小于 2.5m。

13.6.5 架空线路接近建筑物时,线路边导线在最大计算风偏情况下与建筑物间的距离,不应小于下列规定的数值:

35kV 架空线路 3.0m

6~10kV 架空线路 1.5m

1kV 以下架空线路 1.0m

注:①导线与多层建筑物或规划建筑线间的距离是指水平距离。

②导线与不在规划范围内的建筑物间的距离是指净距,但无风情况下的水平距离不应小于上述所列数值的 50%。

③架空线路不宜接近有阳台、外走廊和窗的多层建筑物。

13.6.6 架空线路的导线与道路行道树间的距离,不应小于表 13.6.6 所列数值。

导线与道路行道树间的距离(m)

表 13.6.6

线路电压(kV)	35	6~10	1 以下
最大计算弧垂情况的垂直距离	3.0	1.5	1.0
最大计算风偏情况的水平距离	3.5	2.0	1.0

校验导线与树木间的垂直距离时,应考虑修剪周期内,树木生长的高度。

13.6.7 架空线路与铁路、道路、管道及各种架空线路交叉跨越杆塔的悬垂线夹,应采用固定型。

35kV 架空线路通过厂区时,应采用固定横担和固定线夹。

13.6.8 架空线路与铁路、道路、管道及各种架空线路交叉或接近时,应符合附录 J 的规定。

当铁路或道路有超限货物的车辆通过时,在最大计算风偏或最大计算弧垂情况下,架空线路的导线至超限货物的净空距离不应小于下列规定的数值:

35kV 架空线路 2.5m

6~10kV 架空线路 1.5m

1kV 架空线路 1.0m

13.6.9 电力线路与弱电线路交叉时,电力线路应架设在上方,并应符合本规范第 16.5 节有关条文的相关规定。

13.6.10 架空电力线路相互交叉时,电压较高的线路宜架设在上方。

13.6.11 杆塔的埋地部分与地下各种工程设施间的水平净距除与电缆线路间的净距外,不宜小于下列规定的数值:

35kV 架空线路 3.0m

10kV 及以下架空线路 1.0m

13.7 10kV 及以下接户线

13.7.1 本节适用于配电线路与建筑物外墙第一支持点之间的一

档架空导线的设计。

13.7.2 低压接户线应采用绝缘导线。

13.7.3 高压接户线的档距不宜大于 40m, 低压接户线的档距不宜大于 25m, 超过时宜设接户杆。

13.7.4 低压接户线截面, 应根据允许载流量选择, 但不应小于表 13.7.4 规定的数值。

低压接户线的最小截面 表 13.7.4

接户线架设方式	档距(m)	绝缘铝线(mm ²)
自电杆上引下	10 以下	4.0
	10~25	6.0

6~10kV 接户线铝绞线的截面, 不应小于 25mm²。

13.7.5 低压接户线的线间距离, 不应小于表 13.7.5 规定的数值。

低压接户线的线间距离 表 13.7.5

接户线架设方式	档距(m)	绝缘铝线(mm)
自电杆上引下	25 及以下	150
	25 以上	200

6~10kV 接户线的线间距离, 不应小于 450mm。

13.7.6 接户线的对地距离, 不应小于下列规定的数值:

 低压绝缘线接户线 2.5m

 6~10kV 接户线 4.5m

13.7.7 跨越道路的低压接户线, 至路面中心的垂直距离, 不应小于下列规定的数值:

 通行车道 6.0m

 人行道 3.5m

13.7.8 低压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 300mm

与接户线上方阳台或窗户的垂直距离	800mm
与窗户或阳台的水平距离	750mm
与墙壁、构架的距离	50mm

13.7.9 接户线跨越铁路时应符合附录 J 对架空线路的规定。

13.7.10 导线截面等于大于 16mm^2 的低压接户线,应使用低压蝴蝶式绝缘子。

14 电缆线路

14.1 一般规定

14.1.1 本章适用于工厂内部新建 35kV 及以下电缆线路的设计。

14.2 电缆的选择

14.2.1 电缆型号应根据线路的额定电压、环境条件、敷设方式和用电设备的特殊要求等条件选择。

14.2.2 电缆连续允许的载流量,应按敷设处的周围介质温度进行校正。

当周围介质为空气时,空气温度应取敷设处 10 年或 10 年以上的最热月的每日最高温度的月平均值。

在生产厂房、电缆隧道以及电缆沟内,所采用的周围空气温度尚应计入电缆发热、散热和通风等因素的影响。当缺乏计算资料时,可按上述空气温度另加 5℃。

当周围介质为土壤时,土壤温度应取敷设处历年最热月的平均温度。

14.2.3 电缆连续允许的载流量,应按敷设方式和土壤热阻率等因素进行校正。

14.2.4 沿不同冷却条件的路径敷设电缆时,当冷却条件最坏段的路径超过 10m 时,应按该段冷却条件选择电缆截面,或只对该段采用大截面的电缆。

14.2.5 电缆应按短路条件验算其热稳定,验算短路热稳定应符合本规范第 6 章的有关规定。验算时,电缆在短路时的最高允许温度宜符合表 14.2.5 规定的数值。

电缆在短路时的最高允许温度(℃)

表 14.2.5

电缆种类	最高允许温度
油浸纸绝缘电缆:	
铜芯,10kV 及以下	250
铝芯,10kV 及以下	200
35kV:	
橡皮绝缘电缆	150
聚氯乙烯绝缘电缆	160
交联聚乙烯绝缘电缆:	
铜芯	250
铝芯	200

14.3 电缆敷设的一般要求

14.3.1 电缆敷设的弯曲半径与电缆外径的比值,不应小于表 14.3.1 规定的数值。

电缆敷设的弯曲半径与电缆外径的比值 表 14.3.1

电缆种类		多芯	单芯
交联聚乙烯绝缘电缆		15	20
聚氯乙烯绝缘电缆		10	10
油浸纸绝缘电缆(铅包)		15	20
橡皮	橡皮或聚氯乙烯护套	10	—
绝缘	裸铅护套	15	—
电缆	铅护套钢带铠装	20	—

14.3.2 油浸纸绝缘电力电缆的敷设最大允许水平高差不应大于表 14.3.2 所列的数值。

油浸纸绝缘电力电缆的敷设最大允许水平高差 表 14.3.2

额定电压 (kV)	结构特征	最大允许水平高差 (m)
1	有铠装	25
	无铠装	20
6~10		15
35		5

当不能满足要求时,应采用塞子式接头盒,或另选用其水平高差不受限制的不滴流、塑料绝缘等电缆。

14.3.3 交流回路中采用单芯电缆时,应采用无钢带铠装的或具有非磁性材料护套的电缆。单芯电缆敷设时,应符合下列要求:

- (1)应使并联电缆间的电流分布均匀;
- (2)接触电缆的外皮时应无危险;
- (3)应防止邻近金属部件发热;
- (4)三相回路的单芯电缆宜组成紧贴的正三角形排列。

14.3.4 电缆在屋外明敷设时,应避免日光直晒。

14.3.5 电缆敷设长度的计算,除设计平面图上的路径长度,加上平面图未反映出的实际所需的附加长度外,尚应计入接头制作、蛇形弯曲、进建筑物预留等因素的裕量。

14.4 电缆直接埋地敷设

14.4.1 埋地敷设的电缆路径,应符合下列要求:

- (1)使电缆不致受到各种损坏及腐蚀。
- (2)避开规划中建筑工程需要挖掘的地方。
- (3)便于进行维修。
- (4)电缆的路径尽可能短。

14.4.2 电缆线路的终端、转弯处、中间接头以及沿直线段每隔一定距离处,应设置永久性的路径标志。

14.4.3 电缆在屋外直接埋地敷设的深度不应小于 0.7m;在寒冷地区应根据土壤冻结深度适当增加埋设深度。

在电缆上方应铺设水泥板或类似的保护层。保护层应超出电缆两侧各 50mm。

14.4.4 在屋外直接埋地敷设时,铅包电缆应采用有外被层的铠装电缆;对铝包电缆和 1kV 以下的塑料护套电缆,当不会受到机械损伤时,可采用非铠装塑料护套电缆。

14.4.5 直接埋地敷设时,沿同一路径敷设的电缆数量,不宜超过 8 根。

14.4.6 直接埋地敷设时,电缆与各种设施平行或交叉的净距,不应小于附录 K 规定的数值。

14.4.7 严禁将电缆平行敷设于管道的上方或下方。

14.4.8 电缆与建筑物平行敷设时,电缆应埋设在建筑物的散水坡外;电缆引入建筑物时,其保护管应超出建筑物散水坡 0.25m。

14.4.9 电缆与热力管沟交叉时,宜在热力管沟下方通过。

14.4.10 电缆与热力管沟交叉时,当电缆穿石棉水泥管保护,其长度应伸出热力管沟两侧各 2m;用隔热层保护时,应超过热力管沟和电缆两侧各 1m。

14.4.11 电缆与道路、铁路交叉时,应穿保护管,保护管应伸出路基 1m,当路基旁有排水沟时,宜超出排水沟边 0.5m。

14.4.12 在沼泽地、流砂及大型建筑物附近可能发生位移的土壤中,直埋敷设电缆时,应采用钢丝铠装电缆或采取预留电缆长度、用板桩或排桩加固土壤等措施。

14.4.13 在有腐蚀性或有杂散电流腐蚀的土壤中,当电缆直埋时,应采用塑料护套电缆或采用其它有效的防腐蚀措施。

14.5 电缆在电缆沟及隧道内敷设

14.5.1 隧道、电缆沟中通道的净宽,不宜小于表 14.5.1 规定的数值。

隧道、电缆沟中通道的最小净宽(mm) 表 14.5.1

敷设条件 距离名称	电缆 隧道	电缆沟沟深(mm)	
		≤600	>600
两边有电缆支架,支架间的通道宽	1000	300	500
一边有电缆支架,支架与墙壁间的通道宽	900	300	450

14.5.2 隧道、电缆沟中电缆支架层间垂直净距及支架上电力电缆间的水平净距,不宜小于表 14.5.2 规定的数值。

电缆支架层间垂直净距和电力电缆间水平净距的最小允许值(mm) 表 14.5.2

敷设条件 距离名称	电缆 隧道	电缆沟
电缆支架层间的垂直净距:	电力电缆	150
	控制电缆	100
电力电缆间的水平净距	35	35

14.5.3 隧道、电缆沟中电缆支架间或固定点间的间距,不宜大于表 14.5.3 规定的数值。

电缆支架间或固定点间的间距(m) 表 14.5.3

敷设方式 电缆类型	塑料护套、铅包、铝包、 钢带铠装		钢丝铠装电缆
	电力电缆	控制电缆	
水平敷设	1.0	0.8	3.0
垂直敷设	1.5	1.0	6.0

14.5.4 隧道中最上层电缆支架至顶板净距不应小于 300mm;最下层电缆支架至隧道底净距,不应小于 100mm。

电缆沟中最上层支架至盖板净距,不应小于 150mm;最下层支架至沟底净距,不应小于 50mm。

14.5.5 在支架上敷设时,电力电缆应放在控制电缆的上层,但 1kV 以下的电力电缆和控制电缆可并列敷设。

当两侧均有电缆支架时,小于 1kV 的电力电缆和控制电缆,宜与 1kV 以上的电力电缆分别敷设于不同侧支架上。

14.5.6 电缆支架的长度,在电缆沟内不应大于 350mm;在隧道内不应大于 500mm。盐雾地区或化学腐蚀地区的电缆支架,宜涂防腐漆或采取其它措施。

14.5.7 电缆隧道应设置人孔井。人孔井距终端的距离不宜超过 5m;人孔井间的距离,不应大于 75m。人孔井直径不应小于 0.7m。人孔井宜设爬梯。

14.5.8 电缆隧道的净高不应小于 1.9m,与其它沟道交叉的局部地段不应小于 1.4m。

14.5.9 电缆沟应采用钢筋混凝土盖板,盖板的质量不宜超过 50kg,在室内需经常开启的电缆沟,宜采用钢盖板。

14.5.10 室内电缆沟的盖板应与地坪相平,当地面容易积水和积灰时,宜用水泥砂浆将其缝隙抹严。

14.5.11 变电所屋外配电装置的电缆沟,其沟顶应高出地面 100mm,并可兼作操作走道。

厂区电缆沟的盖板顶部宜低于地面 300mm。

厂区内电缆隧道顶部宜低于地面 300~500mm。

14.5.12 电缆沟和电缆隧道应有可靠的防水措施;电缆沟底部应有不小于 5‰的纵向排水坡,隧道应设与纵向排水坡相同坡度的排水边沟;积水应排至下水道或按适当距离设置集水井,用泵将水排出。

14.5.13 电缆隧道内应设照明。

14.5.14 在有可燃气体或易燃、可燃液体管道的隧道或沟道内不应敷设电缆。

14.5.15 电缆隧道内,不得有其它管线横穿。电缆隧道和其它地下管线交叉时,应尽可能避免隧道局部下降。

14.5.16 电缆沟与铁路或公路的交叉地段应采取加固措施,或改为电缆穿管敷设。

14.5.17 电缆沟不应设置在有可能流入熔化金属液体或有损害电缆外护层的物质的地段。

14.5.18 电缆隧道宜采取自然通风。

14.6 电缆在桥架内敷设

14.6.1 托盘型式应按下列原则选择:

(1) 在含油、腐蚀性液体、易燃粉尘等场所或需抑制外部电气干扰时,应采用有盖无孔托盘;

(2) 需防护外部热源影响时,应采用有隔热板的托盘;

(3) 需灵活组装的场所,宜采用组装式托盘;

(4) 一般场所,可采用梯架或有孔托盘。

14.6.2 在容易积尘的场所以及户外,每层托盘或梯架应设置盖板。

垂直安装时离地面 2m 以内,以及其它容易受到机械损伤的地方,应设置盖板。

14.6.3 工作均布荷载应不大于所选托盘或梯架的允许均布荷载。

在工作均布荷载下钢制托盘或梯架的相对挠度:钢制的不宜大于 1/200;玻璃钢制的不宜大于 1/300;钢制托臂的相对挠度不宜大于 1/100。

在工程安装或检修时确无附加集中荷载,工作均布荷载可按电缆自重计,当可能有附加集中荷载时,工作均布荷载应按电缆自重与附加集中荷载之和计,附加集中荷载可以 900N 计。

14.6.4 各种型式支架、吊架应能承受电缆托盘、梯架的荷载及支架、吊架的自重及可能的附加集中荷载。

14.6.5 跨距大于 6m 的桥架,应按工程条件进行强度、刚度稳定性的计算或试验验证。户外设置的桥架,应考虑风载、雪载等影响。

14.6.6 一般情况下,水平敷设的桥架,托臂之间的距离宜为 1.5~3m;垂直敷设的桥架,应每隔 1~2m 设固定点。

户外立柱跨距宜为 6m。

14.6.7 托盘或梯架的直线段,钢制的大于 30m、玻璃钢制的大于 15m 时,应设 20~30mm 的伸缩缝。托盘或梯架通过建筑物的伸缩缝、沉降缝时,也应适当断开。

14.6.8 桥架不应作行人通道或平台使用。

14.6.9 桥架安装时出现的悬臂段,不得超过 1m。

14.6.10 托盘或梯架间连接板所在位置,不应处在跨度的 1/2 处,或支持点上。

14.6.11 托盘或梯架的填充率,动力电缆可取 40%~50%。控制电缆可取 50%~70%,并宜预留 10%~25%的发展裕量。

14.6.12 电缆在桥架内无间距多层并列敷设时,其连续允许载流量的校正系数可按表 14.6.12 规定的数值采用。

电缆在桥架内无间距多层并列敷设时

其连续允许载流量的校正系数

表 14.6.12

电缆层数 桥架类别	校正系数			
	1	2	3	4
梯架	0.8	0.65	0.55	0.5
托盘	0.7	0.55	0.5	0.45

注:并列电缆数不少于 6 根。

14.6.13 不同电压的电缆宜设置在不同的托盘或梯架内,当电缆根数较少时,可选用带有分隔的托盘或梯架。

14.6.14 桥架穿墙安装时,应符合下列要求:

(1)从正常环境进入防火防爆环境时,墙上应安装相应的密封装置。

(2)从室内至室外时,应有不小于 10%的向外倾斜坡度,并在墙的外侧应采取防雨措施。

14.6.15 桥架顶部到建筑物板底的垂直距离,不应小于 300mm。

14.6.16 车间内桥架至地面的距离不宜小于 2.5m,通过室外道路

处不应小于 4.5m。

14.6.17 桥架分层安装时,层间距离不应小于 300mm。

14.6.18 两组桥架平行架设时,其间水平净距不应小于 600mm。

两组桥架在同一横梁上安装时,其间净距不应小于 50mm。

14.6.19 托盘或梯架与立柱间的净距不应小于 20mm。

14.6.20 桥架与各种管道平行架设时,其净距应符合下列要求:

(1)桥架与压缩空气管道等一般工艺管道平行架设时不应小于 400mm。

(2)桥架与具有腐蚀性液体管道平行架设时不应小于 500mm。

(3)桥架不宜在具有腐蚀性液体管道下方或在具有腐蚀性气体管道上方平行安装。当无法避免时,应有不小于 500mm 的净距,且其间应用防腐隔板隔开。

(4)桥架与热力管道平行架设时,当热力管道有保温层,其净距不应小于 500mm,当无保温层,不应小于 1000mm。

(5)桥架不宜在热力管道的上方平行安装。当无法避免时,应有不小于 1000mm 的净距,其间应采取有效的隔热措施。

14.6.21 桥架与各种管道交叉时,其净距应符合下列要求:

(1)桥架与一般工艺管道交叉时,不应小于 300mm。

(2)桥架在具有腐蚀性液体管道下方或在具有腐蚀性气体管道上方交叉时,不应小于 500mm,且在交叉处用防腐隔板隔开,隔板长度应比管道外径大 2000mm。

(3)桥架与热力管道交叉,热力管道有保温层时,应不小于 500mm,无保温层时,不应小于 1000mm,且在交叉处用隔热板隔开,隔板长度应比包括保温层在内的外径大 2000mm。

14.6.22 桥架内敷设的电缆,应用尼龙卡带、绑线或金属卡子在下列地点进行固定:

(1)水平敷设时,电缆首末两端及转弯处,电缆中间接头的两侧处。

(2)垂直敷设时,每隔 1~1.5m 处。

(3)不同标高的端部。

14.7 电缆在保护管及排管内敷设

14.7.1 电缆在保护管内敷设应符合下列要求：

- (1) 保护管材应具有足够的机械强度。
- (2) 一般情况下每根保护管只穿 1 根电缆。
- (3) 管的内径不应小于所穿电缆外径的 1.5 倍。
- (4) 每根保护管不宜超过 3~4 个大于 90°的弯头,对直角弯不应超过 2 个。
- (5) 明敷管的固定支持点间距,不宜超过 3m,并列管的空隙间距,不宜小于 20mm。
- (6) 埋管的土壤覆盖厚度,不得小于 0.7m,在人行道下面管顶的埋深不得小于 0.5m。
- (7) 对开挖困难地段的埋管数量,宜按发展需要预留备用。

14.7.2 排管的使用应符合下列要求：

- (1) 管材对电缆的外护层应无腐蚀性。
- (2) 管孔内径应符合第 14.7.1 条的规定,对控制电缆不应小于 75mm,对电力电缆不应小于 100mm。
- (3) 排管孔数应充分按发展需要预留备用。
- (4) 排管底部应垫平夯实,铺设不小于 80mm 厚的混凝土垫层。通过不均匀沉降的土层或跨越铁道、道路时应采取加强措施。
- (5) 排管向人孔井方向应有不小于 0.1%~0.5%的坡度。

14.7.3 排管内电缆配置应遵守下列规定：

- (1) 按高、中、低压电力电缆和强、弱电控制电缆的顺序排列。
- (2) 同一重要回路的多根电缆,按不同的排管组配置。
- (3) 备用回路应配置于中间孔位。

14.7.4 电缆进入排管的端口处,应有防止电缆外护层受到磨损的措施,如设置弹性衬垫等保护措施。

14.7.5 排管的人孔井设置,应遵守下列规定：

- (1) 排管在转向、分支处,或变更敷设方式处,应设人孔井。
- (2) 在直线段,应根据电缆的允许拉力、电缆的制造长度等因

素设置人孔井,人孔井间的距离不宜大于 100m。

14.8 电缆在室内敷设

14.8.1 裸铅包和裸铝包电缆不宜直接敷设在混凝土墙或涂有石灰的墙壁和天花板上。

14.8.2 在有腐蚀性介质房屋内明敷的电缆,宜采用塑料护套电缆。

14.8.3 电缆穿墙或穿楼板时,应穿管或采取其它保护措施。室内电缆直接埋地敷设,应穿管保护。

14.8.4 沿墙水平敷设,高度在 2.5m 以下的,以及沿墙垂直敷设,距地面高度在 1.5m 以下的无铠装电缆,除敷设在电气专用房间外。应有防止机械损伤的措施。

14.8.5 电缆水平悬挂在钢索上时,电力电缆固定点间的距离,不应大于 0.75m;控制电缆固定点间的距离不应大于 0.6m。

14.8.6 小于 1kV 的电力电缆及控制电缆与大于 1kV 的电力电缆宜分开敷设,当并列明敷时,其净距不应小于 150mm。

14.8.7 相同电压的电缆并列明敷时,电缆间的净距不应小于 35mm,并除在托架、梯架内敷设外,不应小于电缆外径。

14.8.8 架空明敷的电缆与热力管道的净距不应小于 1m;当小于 1m 时,应采取隔热措施。电缆与非热力管道的净距,不应小于 0.5m;当小于 0.5m 时,应在与管道接近的电缆段及其向两端延伸不小于 0.5m 以内的电缆段上,采取防止机械损伤的措施。

14.8.9 厂房内电缆利用支架垂直敷设,支架间的距离不宜大于表 14.5.3 规定的数值。

14.8.10 厂房内采用支架敷设或桥架敷设电缆,应符合本章的有关规定。

14.9 防止电缆着火延燃

14.9.1 根据工程的重要性、着火机率等因素,对电缆密集的场所应采取防止电缆着火延燃措施。防止电缆着火延燃措施,宜选用不延燃电缆、离开热源和火源、隔离易燃易爆物、封堵电缆孔洞、设置

防火隔墙和阻火段、使电缆具有耐火性、设置消防报警和灭火装置等。

14.9.2 明敷在厂房内或电缆沟、电缆隧道内的电缆，不应带黄麻或其它可延燃的外被层。

14.9.3 电缆与热源和火源的隔离，宜采取下列措施：

(1) 电缆沟和电缆隧道应尽可能离开热力地沟。

(2) 可燃气体、可燃液体的管沟以及无隔热措施的热力地沟中不应敷设电缆。

14.9.4 电缆与易燃易爆物的隔离，宜采取下列措施：

(1) 锅炉排渣孔、制粉系统的防爆门、锻造加热炉炉门等附近或其它易受外部着火影响的局部明敷电缆，宜采用电缆涂刷耐火涂料、包扎耐火包带或将电缆敷设在耐火槽盒里，或选用难燃电缆、耐火电缆等。

(2) 高压电缆终端、电压互感器等带油电气设备，附近电缆沟的盖板宜密封。

14.9.5 电缆沟、电缆隧道或电缆竖井的下列部位应作阻火封堵：

(1) 穿越不同车间隔墙及穿越楼板处。

(2) 通向控制室、配电装置室的所有墙孔和竖井开孔处。

(3) 与电气柜、盘、箱、屏底部相通，有 10 根以上电缆出入的开孔处。

14.9.6 实施电缆贯穿孔洞的阻火封堵，可采用耐火隔板、耐火堵料、耐火涂料、耐火封堵包、耐火包带等。

楼板封堵处应满足巡视人员的荷重。

14.9.7 有 3 层以上支架的电缆沟或电缆隧道的下列部位，应设置防火隔板：

(1) 主沟道的分支处。

(2) 长距离沟道每隔 200m 或通风区段处。

(3) 不同厂房或车间的交界处。

(4) 室内外交界处。

(5) 配电装置分段母线的分段对应处。

(6)不同电压配电装置的交界处。

14.9.8 电缆隧道的下列部位,应设置带防火门的防火隔墙,防火门应装锁。

(1)控制室、配电装置室的入口。

(2)厂区围墙处。

14.9.9 防火隔墙可用矿渣棉等软质耐火材料制作,耐火极限不应小于 1h,夯实封顶;沟道底部应留出排水小孔;在电缆隧道防火隔墙两侧各 1m 长的电缆段可涂刷耐火涂料或包扎耐火包带。

14.9.10 电缆的下列部位应设阻火段。

(1)电缆竖井开孔处上下两侧各 1m 长的电缆段,应涂刷耐火涂料或包扎耐火包带。

(2)电缆沟或电缆隧道以及车间内用支架敷设的电缆,在其中间接头两侧的 3m 长的电缆段以及与该电缆平行敷设的其它电缆相应段,宜涂刷耐火涂料或包扎耐火包带。

当采用难燃电缆时,可不涂刷耐火涂料或包扎耐火包带的措施。

14.9.11 电缆涂刷耐火涂料,应分层进行,涂层总厚度不应小于 2mm。电缆包扎耐火包带,应以搭盖方式绕包进行。

14.9.12 下列情况的电缆应作耐火处理或选用耐火电缆:

(1)向消防水泵、消防电梯、应急照明等一级负荷供电的明敷在电缆沟、电缆隧道或竖井内的电缆。

(2)向重要负荷供电的两回电缆,当明敷在同一电缆沟、电缆隧道或竖井内时,应使其中一回电缆具有耐火性。

14.9.13 耐火处理的方法宜采用将电缆敷设于耐火槽盒,或在沟道内用耐火隔板分隔,或采用桥架埋砂敷设。

电缆作耐火处理时,有关钢制桥架表面应涂耐火涂料。

14.9.14 安全性要求较高的电缆密集场所,宜装设火灾报警及自动灭火装置。

15 1kV 以下配电线路

15.1 一般规定

15.1.1 绝缘导体的型号应按工作电压,敷设方式及使用环境等要求选择;裸导体的型号应按敷设方式及使用环境等要求选择。

15.1.2 配电线路应设下列保护:

- (1)短路保护;
- (2)过负载保护;
- (3)接地故障保护。

15.1.3 对电动机及其他特殊用电设备的配电线路保护,除符合本章要求外,尚应符合本规范第 10 章的规定。

15.1.4 配电线路的敷设,应符合场所环境特征及建筑物、构筑物的特征,考虑各种应力和导线自重的因素。

15.1.5 配电线路的敷设,应避免外部热源热效应,强烈日光辐射、水的侵入、多尘场所及机械损伤。

15.2 导体选择

15.2.1 导体截面的选择,应符合下列要求:

(1)按敷设方式及使用环境确定的导体允许载流量不应小于回路负荷的计算电流。

(2)线路电压损失应满足用电设备正常工作及启动时端电压的要求。

(3)根据机械强度的要求导体线芯截面不应小于表 15.2.1 的规定。

(4)导体应满足短路条件下动稳定与热稳定的要求。

导线线芯的最小截面(mm²)

表 15.2.1

用途	线芯的最小截面		
	铜芯软线	铜线	铝线
裸导线敷设于绝缘子上		10	10
照明用灯头引下线:			
民用建筑,屋内	0.4	0.5	1.5
工业建筑,屋内	0.5	0.8	2.5
屋外	1.0	1.0	2.5
绝缘导线敷设于绝缘子上:			
$L \leq 2m$, 屋内		1.0	2.5
$L \leq 2m$, 屋外		1.5	2.5
$2 < L \leq 6m$	—	2.5	4
$6 < L \leq 16m$		4	6
$16 < L \leq 25m$		6	10
绝缘导线穿管敷设	1.0	1.0	2.5
绝缘导线槽板敷设		1.0	2.5
绝缘导线线槽敷设	—	0.75	2.5
塑料绝缘护套线扎头直敷		1.0	2.5

注:①屋内照明灯具,用链吊或管吊,其灯头引下线为铜芯软线时,可适当减小截面。

②L为绝缘子支持点间距。

15.2.2 三相四线制配电系统中,中性线的允许载流量不应小于线路中最大的不平衡负荷电流,且应计及谐波电流的影响。

15.2.3 以气体放电灯为主要负荷的回路中,中性线截面不应小于相线截面。

15.2.4 导体的允许载流量,应根据敷设处的环境温度进行校正。温度校正系数应按式确定:

$$K_t = \sqrt{\frac{t_1 - t_0}{t_1 - t_2}} \quad (15.2.4)$$

式中 K_t ——温度校正系数；

t_1 ——导体最高允许工作温度(℃)；

t_0 ——敷设处的实际环境温度(℃)；

t_2 ——导体载流量标准中采用的环境温度(℃)。

当数根导体并列敷设时,尚应根据导体并列敷设根数进行校正。

15.2.5 导体敷设处的环境温度,应采用下列温度值:

(1)对于架空线,见本规范第13章。

(2)对于电缆,见本规范第14章。

(3)对于裸导体,敷设处最热月每天最高温度月平均值的十年或以上总平均值。

(4)对于绝缘线(在空气中或在屋内穿管敷设),敷设处最热月昼夜平均温度月平均值的十年或以上总平均值。

15.2.6 确定配电线路的截面时,宜计入工艺设计中已经明确需要发展的用电设备的负荷。

15.2.7 当按载流量确定配电线路的截面,除一组电容器柜时,宜计入低压移相电容补偿的效果。

15.3 配电线路的保护

I 短路保护

15.3.1 配电线路应装设短路保护。配电系统上下级保护电器的动作应具有选择性,各级之间应能协调配合。当不能协调配合时,应使变压器低压侧第一级保护有选择性动作。但对于非重要负荷,可无选择性切断。

15.3.2 配电线路的短路保护,应在短路电流对导体和连接件产生热作用和机械作用造成危害之前切断短路电流。

15.3.3 对于持续时间小于5s的短路,绝缘导体的热稳定应按下列

式进行校验：

$$S \geq \frac{I}{K} \sqrt{t} \quad (15.3.3)$$

式中 S ——绝缘导线的线芯截面(mm^2)；

I ——短路电流有效值(均方根值)(A)；

t ——在已达到允许最高持续工作温度的导体内短路电流持续作用的时间(s)；

K ——不同绝缘的计算系数,按表 15.3.3 的规定采用。

不同绝缘的 K 值 表 15.3.3

绝缘材料 线芯材料		聚氯乙烯	丁基橡胶	乙丙橡胶	油浸纸
		铜 芯	115	131	143
铝 芯	76	87	94	71	

短路持续时间小于 0.1s 时,应计及短路电流非周期分量的影响。

15.3.4 熔断器的熔体额定电流或低压断路器过电流脱扣器的整定电流,应接近且不小于被保护线路的负荷计算电流,并应满足正常出现的短时过负荷时,保护装置不致将被保护线路断开。

15.3.5 保护电器为低压断路器时,短路电流不应小于低压断路器瞬时或短延时过电流脱扣器整定电流的 1.3 倍。

15.3.6 在导体截面减小处或配电线路分支处的线路,以及导体类型、敷设方式或环境条件改变后的载流量减小处的线路,当符合下列情况之一,且越级切断电路不引起故障线路以外的一、二级负荷的供电中断,可不装设短路保护。

(1)上一段线路的保护电器能保护截面减小的那一段线路或分支线,且此线路和其过负载保护电器能承受通过的短路能量。

(2)电源侧装有额定电流 20A 以下保护电器的线路。

(3)配电装置内部从母线上接到保护电器的分支线。

(4)电源侧装有短路保护的室外架空配电线路。

II 过负载保护

15.3.7 配电线路的过负载保护,应在过负载电流引起的导体温升对导体的绝缘、接头、端子造成损害前切断负载电流。

15.3.8 下列配电线路可不装设过负载保护:

(1)符合本规范 15.3.6 条所规定的线路,且已由电源侧的过负载保护电器有效地保护。

(2)不可能过负载的线路。

(3)由于电源容量限制,不可能发生过负载的线路。

15.3.9 过负载保护电器宜采用反时限特性的保护电器,其分断能力可低于电器安装处的预期短路电流值,但应能承受通过的短路能量。

15.3.10 过负载保护电器的动作特性,应同时满足下列表达式要求:

$$I_s \leq I_n \leq I_z \quad (15.3.10-1)$$

$$I_2 \leq 1.45I_z \quad (15.3.10-2)$$

式中 I_s ——线路计算负载电流(A);

I_n ——熔断器熔体额定电流或低压断路器长延时脱扣器整定电流(A);

I_z ——导体允许持续载流量(A);

I_2 ——熔断器约定时间内的约定熔断电流或低压断路器约定时间内的约定动作电流(A)。

当采用符合国家现行低压断路器标准的低压断路器时, I_n 与 I_z 的比值不应大于1;当采用符合国家现行低压熔断器标准的刀型触头式、螺栓连接式、圆筒型帽式及螺旋式熔断器做过载保护时, I_n 与 I_z 的比值不应大于表 15.3.10 的规定:

I_n 与 I_z 的比值 表 15.3.10

熔断器熔体额定电流 I_n (A)	I_n/I_z 值
≤ 25	0.85
> 25	1.0

15.3.11 突然断电将导致比因过负载而造成更大损失的线路,其过负载保护应作用于信号,不应作用于切断电路。

15.3.12 当一个保护电器用作多根并联导体组成的线路的过负载保护时,线路的允许持续载流量,应为多根并联导体的允许持续载流量之和,且应符合下列要求:

- (1)导体的型号、截面、长度和敷设方式相同。
- (2)线路全长内无分支线路引出。
- (3)线路的布置使各并联导体的负载电流基本相等。

III 接地故障保护

15.3.13 接地故障保护的设置应能防止人身间接电击以及电气火灾、线路损坏等事故。接地故障保护电器的选择应根据配电系统的接地型式和固定式或手握式、移动式电气设备的区别以及导体截面等,经综合分析比较确定。

15.3.14 本节适用于在正常环境、人身电击安全电压限值为 50V、防电击保护分级为 I 类的电气设备。

15.3.15 当电气装置或电气装置某一部分的接地故障保护不能满足本节规定的切断时间要求时,应在局部范围内作辅助等电位连接:将该范围内的装置外可导电部分与该范围内的 PE(PEN)干线相连接,或与可同时触及的外露可导电部分直接连接。

当难以确定辅助等电位联结的有效性时,可用下式进行校验:

$$R \leq \frac{50}{I_a} \quad (15.3.15)$$

式中 R ——可同时触及的外露可导电部分和装置外可导电部分之间,故障电流产生的电压降引起接触电压的一段线段的电阻(Ω);

I_a ——切断故障时间不超过 5s 的保护电器动作电流(A)。

当保护电器为瞬时或短延时动作低压断路器时,保护电器动作电流应按低压断路器瞬时或短延时过电流脱扣器整定电流的 1.3 倍。

15.3.16 TN系统的接地故障保护应符合下列规定:

15.3.16.1 TN系统配电线路接地故障保护的動作特性应符合下列表达式要求:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0 \quad (15.3.16)$$

式中 Z_s ——接地故障回路的阻抗(Ω);

I_a ——保证保护电器在规定的时间内自动切断故障回路的电流(A);

U_0 ——相线对地标称电压(V)。

15.3.16.2 相线对地标称电压为220V的TN系统配电线路的接地故障保护,其切断故障回路的时间应符合下列规定:

(1)配电干线和仅供给固定式电气设备用电的末端配电线路,不宜大于5s;

(2)供电给手握式电气设备或移动式电气设备的末端配电线路和插座回路,不应大于0.4s。

15.3.16.3 接地故障电流 I_d 与熔体额定电流 I_n 的比值不小于表15.3.16所列值时,可认为满足本章15.3.16.2款时间值的要求。

TN系统用熔断器作线路接地故障

保护的最小 I_d/I_n 值

表 15.3.16

熔体额定电流 I_n (A)	4~10	16~63	80~200	250~500
切断故障回路时间				
$\leq 5s$	4.5	5	6	7
熔体额定电流 I_n (A)	4~10	16~32	40~63	80~200
切断故障回路时间				
$\leq 0.4s$	8	9	10	11

15.3.16.4 当配电盘同时有15.3.16.2款(1)、(2)项所述的两种线路引出时,应使配电盘至总等电位联结回路之间的一段PE线的阻抗小于 $\frac{50}{U_0} Z_s$, 或作辅助等电位联结。当不符合上述要求时,自配电盘引出的15.3.16.2款(1)项的线路,其切断故障回路的时间

间亦不应大于 0.4s。

15.3.16.5 TN 系统配电线路应采用下列的接地故障保护：

(1)当过电流保护能满足 15.3.16.2 款要求时、宜采用过电流保护兼作接地故障保护。

(2)如过流保护不能满足 15.3.16.2 款要求而零序电流保护能满足要求时,宜采用零序电流保护,此时保护整定值应大于配电线路最大不平衡电流。

(3)当上述(1)、(2)款的保护不能满足要求时,应采用剩余电流保护。

15.3.16.6 当配电线路位于总等电位联结作用区以外时,应采用剩余电流保护,或采用其他保护措施。

15.3.17 TT 系统的接地故障保护,应符合下列规定：

15.3.17.1 TT 系统配电线路的接地故障保护的動作特性,应符合下列表达式要求：

$$R_a \cdot I_a \leq 50V \quad (15.3.17)$$

式中 R_a ——外露可导电部分的接地极电阻(Ω);

I_a ——保证保护电器切断故障回路的動作电流(A);

当采用反时限特性过电流保护电器时, I_a 为保证在 5s 内切断的电流;采用瞬时動作特性过电流保护电器时, I_a 为保证瞬时動作的最小电流。

当采用剩余电流保护器时, I_a 为其额定動作电流 $I_{\Delta n}$ 。

15.3.17.2 TT 系统配电线路内由同一接地故障保护电器保护的外露可导电部分,应用 PE 线连接至共用的接地极上,当有多级保护时,各级宜有各自的接地极。

15.3.18 IT 系统的接地故障保护,应符合下列规定：

15.3.18.1 在 IT 系统的配电线路中,当发生第一次接地故障时,应由绝缘监视电器发出音响或灯光信号,其動作电流应符合下列表达式要求：

$$R_a I_a \leq 50V \quad (15.3.18-1)$$

式中 R_a ——外露可导电部分的接地极电阻(Ω);

I_d ——相线和外露可导电部分间第一次短路故障的故障电流(A)。

注：它计及泄漏电流和电气装置全部接地阻抗值的影响。

15.3.18.2 IT系统的外露导电部分可用共同的接地极接地，亦可个别或成组地用单独的接地极接地。

当外露可导电部分为单独接地，发生第二次异相接地故障时，故障回路的切断应符合TT系统接地故障保护的要求。

当外露可导电部分为共同接地，发生第二次异相接地故障时，故障回路的切断应符合TN系统接地故障保护的要求。

15.3.18.3 IT系统的配电线路，当发生第二次异相接地故障时，应由过电流保护电器或剩余电流保护器切断故障电路，并应符合下列要求：

(1)当IT系统不引出N线，线路标称电压为220/380V时，保护电器应在0.4s内切断故障回路，并符合下式要求：

$$Z_s \cdot I_a \leq \frac{\sqrt{3}}{2} U_0 \quad (15.3.18-2)$$

式中 Z_s ——相线和PE线的故障回路阻抗(Ω)；

I_a ——保护电器切断故障回路的动作电流(A)。

(2)当IT系统引出N线，线路标称电压为220/380V时，保护电器应在0.8s内切断故障回路，并应符合下式要求：

$$Z'_s \cdot I_a \leq \frac{1}{2} U_0 \quad (15.3.18-3)$$

式中 Z'_s ——相线、N线和PE线的故障回路阻抗(Ω)。

15.3.18.4 IT系统不宜引出N线。

15.3.19 剩余电流动作保护，应符合下列规定。

15.3.19.1 PE或PEN线严禁穿过剩余电流保护器中电流互感器的磁回路。

15.3.19.2 剩余电流保护器所保护的线路及设备外露可导电部分应接地。

15.3.19.3 TN系统配电线路采用剩余电流动作保护时可选用

下列接线方式之一：

(1)将被保护的外露可导电部分与剩余电流保护器电源侧的PE线相连接,并应符合本章第15.3.16中公式的要求。

(2)将被保护的外露可导电部分接至专用的接地极上,并应符合本章第15.3.17中公式的要求。

15.3.19.4 IT系统中采用剩余电流保护器切断第二次异相接地故障时,保护器额定不动作电流应大于第一次故障时的相线内流过的接地故障电流。

IV 保护电器的装设位置

15.3.20 保护电器应装设在操作维护方便,不易受机械损伤,不靠近可燃物的地方,并应避免保护电器运行时意外损伤对周围人员造成伤害。

15.3.21 保护电器应装设在被保护线路与电源线路的连接处,但为了操作与维护方便亦可设置在离开连接点的地方,但应符合下列规定：

(1)线路长度不宜超过3m。

(2)采取将短路危险减至最小的措施。

(3)不靠近可燃物。

15.3.22 从高处的干线向下引接分支线路,当分支线路的保护电器装设在距连接点大于3m的地方时,应满足下列要求：

(1)在分支线装设保护电器前的线路发生单相或IT系统为两相短路时,离短路点最近的上一级保护电器应能保证动作。

(2)装设保护电器前的分支线应敷设于不燃或耐燃材料的管、槽内。

15.3.23 短路保护电器应装设在低压配电线路不接地的各相或极上,但对于中性点不接地且N线不引出的三相三线配电系统,可只在两相(或极)上装设保护电器。

15.3.24 当N线的截面与相线相同,或虽小于相线但能被相线上的保护电器所保护,可不装设保护电器,当不能被相线保护电器所

保护时,应在 N 线上装设保护电器。

15.3.25 N 线上不宜装设断开 N 线的保护电器,当需要装设时,应装设能同时切断相线和 N 线的保护电器。

当装设剩余电流动作的保护电器时,应能将其保护回路所有带电导线断开。在 TN 系统中,当能可靠地保护 N 线为地电位时, N 线不需断开。

在 TN-C 系统中,严禁断开 PEN 线,不应装设断开 PEN 线的任何电器。

15.4 配电线路敷设

I 绝缘导线布线

15.4.1 直敷布线应符合下列规定:

15.4.1.1 直敷布线适用于正常环境的屋内场所和挑檐下的屋外场所。建筑物的顶棚内,严禁采用直敷布线。

15.4.1.2 直敷布线应采用护套绝缘导线,其截面不宜大于 6mm^2 。

15.4.1.3 护套绝缘导线,应采用线卡等卡件沿墙壁、顶棚或建筑物构件表面直接敷设,不得将护套绝缘导线直接埋入墙壁、顶棚的抹灰层内暗敷设。

15.4.1.4 导线固定点间距,不应大于 300mm ,线路中的接头和分支应在接线盒等附件内进行。

15.4.1.5 导线水平及垂直部分距地面不应低于 1.80m (如低于 1.80m 时应加机械保护)。

15.4.2 瓷或塑料线夹、鼓形绝缘子、针式绝缘子布线,应符合下列规定:

15.4.2.1 瓷或塑料线夹布线适用于正常环境的屋内场所和挑檐下的屋外场所。

鼓形绝缘子和针式绝缘子布线适用于屋内外场所。

在建筑物顶棚内,严禁采用瓷或塑料线夹、鼓形绝缘子及针式

绝缘子布线。

15.4.2.2 用瓷或塑料线夹、鼓形绝缘子和针式绝缘子在屋内外布线时,绝缘导线至地面的距离,不应小于表 15.4.2-1 的规定。

绝缘导线至地面的距离(m) 表 15.4.2-1

布线方式	距离	布线方式	距离
导线水平敷设时:		导线垂直敷设时:	
屋 内	2.5	屋 内	1.8
屋 外	2.7	屋 外	2.7

15.4.2.3 用鼓形绝缘子和针式绝缘子在屋内外布线时,绝缘导线的间距,不应小于表 15.4.2-2 的规定。

屋内外布线时的绝缘导线间距 表 15.4.2-2

固定点间距 (m)	绝缘导线间距(mm)	
	屋内布线	屋外布线
≤ 1.5	50	100
$> 1.5 \sim \leq 3$	75	100
$> 3 \sim \leq 6$	100	150
$> 6 \sim \leq 10$	150	200

15.4.2.4 绝缘导线明敷在高温辐射或对绝缘导线有腐蚀的场所时,导线间及导线至建筑物表面净距,不应小于表 15.4.2-3 的规定。

高温或腐蚀性场所绝缘导线间及导线
至建筑物表面净距

表 15.4.2-3

固定点间距 (m)	净距 (mm)	固定点间距 (m)	净距 (mm)
≤ 2	50	$> 4 \sim \leq 6$	150
$> 2 \sim \leq 4$	100	> 6	200

15.4.2.5 屋外布线的绝缘导线至建筑物的净距,不应小于表15.4.2-4的规定。

绝缘导线至建筑物的间距

表 15.4.2-4

布线方式	间距(mm)
水平敷设时的垂直间距:	
在阳台、平台上方和跨越建筑物顶	2500
在窗户上方	200
在窗户下方	800
垂直敷设时至阳台、窗户边的水平间距	600
导线至墙壁和构架的间距(挑檐下除外)	35

15.4.3 金属或塑料管、金属或塑料线槽布线,应遵守下列要求:

15.4.3.1 金属管、金属线槽布线宜用于屋内、外场所,但对金属管、金属线槽有严重腐蚀的场所不宜采用。

在建筑物的顶棚内,应采用金属管、金属线槽布线。

15.4.3.2 明敷于潮湿场所内的金属管应采用镀锌水煤气钢管,明敷或暗敷于干燥场所的金属管可采用管壁厚度大于1.5mm的电线钢管,车间地坪内金属管应采用水煤气钢管。

15.4.3.3 电线管路与热水管、蒸汽管同侧敷设时,应敷设在热水管、蒸汽管的下面,但有困难时,可敷设在其上面。

其相互间的净距不宜小于下列规定的数值:

(1)电线管路敷设在热水管下面时为0.2m,上面时为0.3m。

(2)电线管路敷设在蒸汽管下面时为0.5m,上面时为1m,对有保温措施的蒸汽管,上下净距均可减至0.2m。

当不能符合本款(1)、(2)项要求时,应采取隔热措施。

电线管路与其他管道(不包括可燃气体及易燃、可燃液体管道)的平行净距不应小于0.1m。当与水管同侧敷设时,宜敷设在水管的上面。

电线管路与其它管道相互交叉时的净距,不宜小于与其交叉管道的平行净距。

15.4.3.4 塑料管和塑料线槽布线适用于屋内场所和有酸碱腐蚀介质的场所,但在高温和易受机械损伤的场所明敷时不宜采用。

15.4.3.5 塑料管暗敷或埋地敷设时,引出地、楼面 1.8m 以下的管路,或在明敷管路易受机械损伤处,应采取防护措施。

15.4.3.6 布线用塑料管、塑料线槽,应用难燃性材料制成,其氧指数应大于 27。

15.4.3.7 金属管布线或硬质塑料管布线的管路较长或有弯时,宜加装拉线盒或加大管径,两个拉线点之间的距离应符合下列规定:

- (1)两拉线点之间无弯时,不超过 30m。
- (2)两个拉线点之间有一个弯时,不超过 20m。
- (3)两个拉线点之间有两个弯时,不超过 15m。
- (4)两个拉线点之间有三个弯时,不超过 8m。

15.4.3.8 在同一个管道里有几个回路时,所有的绝缘导线应具有与最高标称电压回路绝缘相同的绝缘。

15.4.3.9 多根绝缘导线穿于同一根管时,绝缘导线的总截面积(包括外护层)不应超过管内截面积的 40%。线槽布线不应超过线槽内截面积的 40%。

15.4.3.10 两根绝缘导线穿于同一根管时,管内径不应小于两根导线直径之和的 1.35 倍。

15.4.3.11 穿金属管或金属线槽的交流线路,为避免涡流效应,应将同一回路所有的相线和 N 线包围在同一外壳内。

15.4.3.12 除下列回路外,其它不同回路的线路不应穿于同一根管内:

- (1)标称电压小于 50V 的回路;
- (2)同一设备或同一流水作业线设备的电力回路和无防干扰要求的控制回路;
- (3)同一照明花灯的几个回路;
- (4)管内绝缘导线总数少于 8 根的同类照明的几个回路。

15.4.4 地面内金属线槽布线,应遵守下列要求:

15.4.4.1 地面内金属线槽布线,适用于正常环境的现浇混凝土地面、楼板或楼板垫层内,作为大空间场所的插座电源强电线路及电话、电传、计算机等弱电线路的暗敷布线。

15.4.4.2 同一回路的绝缘导线应敷设在同一线槽内。

15.4.4.3 同一路径的几个回路的绝缘导线或电缆可敷设于同一线槽内。线槽内绝缘导线或电缆的总截面积(包括外护层)不应超过线槽内截面积的40%。

15.4.4.4 强、弱电线路应分槽敷设,两种线路交叉处应设置有屏蔽分线板的分线盒,两种线路在分线盒内应分置于不同的空间内,不得直接接触。

15.4.4.5 金属线槽内,绝缘导线或电缆不得有接头,接头应在分线盒内或线槽出线口内进行。

15.4.4.6 线槽在交叉、转弯或分支处应设置分线盒,线槽的直接长度超过6m时,宜加装分线盒。

15.4.4.7 由配电箱及接线端子箱等设备引至线槽的线路,宜采用金属管布线方式引入接线盒,或以终端连接器直接引入线槽。

15.4.4.8 线槽出线口和分线盒不得突出地面并应作防水密封处理。

15.4.4.9 金属线槽布线,应根据不同的结构型式和建筑布局,合理确定线路路径和设备选型。

15.4.5 钢索布线,应遵守下列要求:

15.4.5.1 钢索布线适用于屋、内外场所,对钢索有腐蚀的场所,应采取防腐蚀措施。

钢索上绝缘导线至地面的距离,在屋内时为2.5m,屋外时为2.7m。

15.4.5.2 屋内的钢索布线,用绝缘导线明敷时,应采用瓷或塑料线夹、鼓形绝缘子、针式绝缘子固定;用护套绝缘导线、电缆、金属管或硬质塑料管布线时,可直接固定于钢索上。

15.4.5.3 屋外的钢索布线,用绝缘导线明敷时,应采用鼓形绝缘子或针式绝缘子固定;用电缆、金属管或硬质塑料管布线时,可

直接固定于钢索上。

15.4.5.4 钢索布线用的铁线或钢绞线的截面积,应根据跨距、荷重和机械强度确定,最小截面积不宜小于 10mm,钢索固定件应镀锌或涂防腐漆。钢索除两端拉紧外,跨距大时应增加中间支持点,支持点间距不应大于 12m。

15.4.5.5 在钢索上吊装金属管线或塑料管布线时应符合下列规定:

(1)支持点的间距和支持点与接线盒的间距不应大于表 15.4.5 规定。

支持点的间距和支持点与接线盒的间距 表 15.4.5

布线类别	支持点间距(mm)	支持点与接线盒间距(mm)
金属管	1500	200
塑料管	1000	150

(2)吊装接线盒和管路的扁钢卡子宽度不应小于 20mm,吊装接线盒的卡子不应小于 2 个。

15.4.5.6 钢索上吊装护套线时,应符合下列规定:

(1)用铝卡子直敷在钢索上,其支持点间距不应大于 500mm,卡子距接线盒不应大于 100mm。

(2)用橡胶和塑料护套线时,接线盒应用塑料制品。

15.4.5.7 钢索上吊装瓷瓶布线时,应符合下列规定:

(1)支持点间距不应大于 1.5m;线间距离,屋内不应小于 50mm;屋外不应小于 100mm。

(2)扁钢吊架终端应加拉线,其直径不应小于 3mm。

II 裸导体布线

15.4.6 厂房内无遮护的裸导体至地面的距离,不应小于 3.5m,采用防护等级不低于 IP2X 的网孔遮护时,不应小于 2.5m。

遮护物与裸导体的间距,应符合本规范 7.2.13 条要求。

15.4.7 裸导体与需经常维护的管道同侧敷设时,裸导体应敷设在

管道的上面。

裸导体与需经常维护的管道(不包括可燃气体及易燃、可燃液体管道)以及与生产设备最凸出部位的净距不应小于 1.8m。

当小于或等于 1.8m 时,应加遮护。

15.4.8 裸导体间及裸导体至建筑物表面的最小净距,不应小于表 14.5.8 的规定。

裸导体间及裸导体至建筑物表面的净距 表 15.4.8

固定点间距 (m)	净距 (mm)	固定点间距 (m)	净距 (mm)
≤ 2	50	$>4 \sim \leq 6$	150
$>2 \sim \leq 4$	100	>6	200

硬裸导体固定点的间距,应符合在通过最大短路电流时的动稳定要求。

15.4.9 无遮护的裸导体下方至起重行车平板铺板的净距不应小于 2.3m,当小于或等于 2.3m 时起重行车上方或裸导体下方应设遮护。

敷设在起重行车检修段上方的裸导体应设置网孔遮护。

除滑触线本身的辅助导线外,裸导体不应与起重行车滑触线敷设在同一支架上。

III 封闭式母线布线

15.4.10 封闭式母线布线适用于干燥、无腐蚀性气体的屋内场所。

15.4.11 除电气专用房间外,封闭式母线水平敷设时,至地面的距离不宜小于 2.2m;垂直敷设时,距地面 1.5m 以下易受机械损伤处应采取保护措施。

15.4.12 封闭式母线终端无引出、引入线时,端头应封闭。

15.4.13 除加强型封闭式母线外,封闭式母线水平敷设的支持点间距不应大于 3m;垂直敷设时,应在通过楼板处采用专用附件支

承。

垂直敷设的封闭式母线,当进线盒及末端悬空时,应采用支架固定。

15.4.14 当封闭式母线直线敷设长度超过制造厂给定的数值时,宜设置伸缩节。在封闭式母线水平跨越建筑物的伸缩缝或沉降缝外,亦应设置伸缩节。

15.4.15 封闭式母线的插接分支点应设在安全及安装、维护方便的地方。

15.4.16 封闭式母线的连接不应在穿过楼板或墙壁处进行。

15.4.17 封闭式母线在穿过防火墙及防火楼板时,应采取防火隔离措施。

IV 竖井内布线

15.4.18 竖井内布线适用于多层和高层建筑物内垂直配电干线的敷设,布线方式可采用:金属管、金属线槽、封闭式母线、电缆及电缆桥架等布线。

电缆布线及电缆桥架布线应符合本规范第14章的规定。

15.4.19 竖井内垂直布线时,应考虑以下因素:

- (1)顶部最大垂直变位和层间垂直变位对干线的影响。
- (2)导线及金属保护管自重所带来的载重影响及其固定方式。
- (3)垂直干线与分支干线的联接方法。

15.4.20 竖井内垂直布线采用大容量单芯电缆、大容量母线作干线时,应满足下列条件:

- (1)载流量要留有一定的裕度。
- (2)分支容易、安全可靠、安装维修方便和造价经济。

15.4.21 竖井的位置和数量应根据用电负荷性质、供电半径、建筑物的沉降缝设置和防火分区等因素确定。

竖井位置的选择,应遵守下列要求:

- (1)靠近用电负荷中心,尽可能减少干线电缆的长度。
- (2)不应和电梯、管道间共用同一竖井。

(3)避免邻近烟囱、热力管道及其他散热量大或潮湿的设施。

15.4.22 竖井的井壁应是耐火极限不低于 1h 的非燃烧体,竖井在每层楼应设维护检修门并应开向公共走廊,其耐火等级不应低于三级。楼层间应采用下列措施做防火密封隔离:

(1)封闭式母线、电缆桥架及金属线槽在穿过楼板处采用防火隔板及防火涂料隔离。

(2)电缆和绝缘线穿钢管布线时,应在楼层间预埋钢管,布线后两端管口空隙应做隔离密封。

15.4.23 竖井大小除满足布线间隔及端子箱、配电箱布置所必须的尺寸外,并宜在箱体前留有不小于 0.8m 的操作、维护距离。

15.4.24 竖井内的同一配电干线,应采用等截面导体,当须变截面时不宜超过二级,并应有保护措施。

15.4.25 竖井内的高压、低压和应急电源的电气线路,相互之间的距离应大于 300mm 以上,或采取隔离措施,高压线路应设有明显标志。当强电和弱电线路在同一竖井内敷设时,应分别在竖井的两侧敷设或采取隔离措施以防止强电对弱电干扰;回路数及种类较多的强电和弱电线路,应分别设置在不同竖井内。

15.4.26 金属管垂直敷设,符合下列条件时装设导线固定盒,在盒内用线夹将导线固定:

(1)导线截面在 50mm^2 及以下,长度大于 30m 时。

(2)导线截面在 50mm^2 以上,长度大于 20m 时。

15.4.27 竖井内的各种布线应符合本章第 15.4 节有关规定。

16 交流电气装置过电压保护

16.1 一般规定

16.1.1 本章适用于交流标称电压 110kV 及以下的发电、变电、送电和配电工程的过电压保护设计。但对于 110kV 架空线路仅适用于进线段部分。

16.1.2 雷电活动特殊强烈的地区,应根据当地实践试验,适当加强防雷措施。各地的年平均雷暴日数,应根据当地气象台、站资料确定。

16.2 系统接地方式与运行中出现的各种电压

16.2.1 110kV 系统应采用有效接地方式。系统中变压器中性点应直接或经低阻抗接地,部分变压器中性点亦可不接地。

16.2.2 3~20kV 不直接连接发电机的系统和 35、66kV 系统,当单相接地故障电容电流小于或等于下列数值时,应采用不接地方式;当大于下列数值时应采用消弧线圈接地方式。

3~20kV 钢筋混凝土或金属杆塔的架空线路构成的系统和所有 35 和 66kV 系统	10A
---	-----

3~20kV 非钢筋混凝土或非金属杆塔的架空线路构成的系统,当电压为:	
-------------------------------------	--

3 和 6kV 时	30A
-----------	-----

10kV 时	20A
--------	-----

15 和 20kV 时	15A
-------------	-----

16.2.3 3~20kV 具有发电机的系统;发电机内部发生单相接地故障不要求立即切机时,其单相接地故障电容电流不大于表 16.2.3 规定的允许值时,应采用不接地方式;大于允许值时,应采用消弧

线圈接地方式,且故障点残余电流亦不得大于允许值。消弧线圈可装在厂用变压器中性点或发电机中性点上。

发电机单相接地故障电容电流允许值 表 16.2.3

发电机额定电压(kV)	发电机额定容量(MW)	电流允许值(A)
6.3	≤50	4
10.5	50~100	3

采用发电机—变压器单元接线的发电机内部发生单相接地故障要求立即切机时,应采用高电阻接地方式。电阻器宜接在发电机中性点变压器的二次绕组上。

16.2.4 6~35kV 企业内部主要由电缆线路构成的送、配电,单相接地故障电容电流较大时,根据供电可靠性要求,故障时瞬态电压、瞬态电流对电气设备的影响、对通信的影响和继电保护技术要求以及本地的运行经验等,可采用低电阻接地方式。

16.2.5 6和10kV 配电系统,单相接地故障电容电流较小时,为防止谐振、间歇性电弧接地过电压等对设备的损害,可采用高电阻接地方式。

16.2.6 消弧线圈的应用,应符合下列要求:

16.2.6.1 消弧线圈接地系统,在正常运行情况下,中性点的长时间电压位移不应大于额定相电压的15%。

16.2.6.2 消弧线圈接地系统故障点的残余电流,不宜大于10A。必要时可将系统分区运行。

消弧线圈应采用过补偿运行方式。当消弧线圈容量不足时,可允许短时期以欠补偿方式运行,但脱谐度不宜大于10%。

16.2.6.3 消弧线圈的容量应根据系统5~10年的发展规划确定,并按下式计算:

$$W = 1.35I_c \frac{U_n}{\sqrt{3}} \quad (16.2.6)$$

式中 W ——消弧线圈的容量(kVA)；

I_c ——接地电容电流(A)；

U_n ——系统标称电压(kV)。

16.2.6.4 系统中消弧线圈装设地点,应符合下列要求:

(1)应保证系统在任何运行方式下,断开一、二回线路时,大部分不致失去补偿。

(2)不宜将多台消弧线圈集中安装在系统中的一处。

(3)消弧线圈宜接于 YN,d 或 YN,yn,d 接线的变压器中性点上,亦可接在 ZN,yn 接线的变压器中性点上。

接于 YN,d 接线的双绕组或 YN,yn,d 接线的三绕组变压器中性点上的消弧线圈容量,不应大于变压器三相总容量的 50%,并不得大于三绕组变压器的任一绕组的容量。

当需将消弧线圈接于 YN,yn 接线的变压器中性点,消弧线圈的容量不应大于变压器三相总容量的 20%,但不应将消弧线圈接于零序磁通经铁芯闭路的 YN,yn 接线的外铁型变压器或三台单相变压器组成的变压器组。

(4)当变压器无中性点或中性点未引出,应装设专用接地变压器,其容量应与消弧线圈的容量相配合。

16.2.7 系统运行中应计及下列出现于设备绝缘上的电压:

(1)正常运行时的工频电压;

(2)暂时过电压(工频过电压、谐振过电压);

(3)操作过电压;

(4)雷电过电压。

16.2.8 相对地暂时过电压和操作过电压的标么值(p. u.)应取以下数值:

(1)工频过电压的 $1.0\text{p. u.} = U_m / \sqrt{3}$

(2)谐振过电压和操作过电压的 $1.0\text{p. u.} = \sqrt{2} U_m / \sqrt{3}$

16.3 暂时过电压、操作过电压及其保护

16.3.1 接地故障、甩负荷以及空载线路的电容效应等可引起工频

过电压。110kV 及以下系统,可不采取专门措施限制工频过电压。

110kV 有效接地系统除偶然形成的局部不接地系统外,其工频过电压可取不大于 $1.3p.u.$; $3\sim 10kV$ 和 $35\sim 66kV$ 除低值电阻接地系统外,其工频过电压分别可取不大于 $1.1\sqrt{3}p.u.$ 和 $\sqrt{3}p.u.$ 。

应避免在 110kV 有效接地系统中偶然形成局部不接地系统,并产生较高的工频过电压。对可能形成这种局部系统、低压侧有电源的 110kV 变压器不接地的中性点应装设间隙。接地故障形成局部不接地系统时,间隙应动作;系统以有效接地方式运行发生单相接地故障时,间隙不应动作。间隙距离的选择除应满足这两个要求外,尚应兼顾雷电过电压下保护变压器中性点标准分级绝缘的要求(见本规范 16.6.15 条)。

因操作或故障引起系统元件参数出现不利组合,可产生线性谐振和非线性(铁磁)谐振过电压,应采取防止的措施。

发生于不接地系统中的谐振过电压,可采用电阻接地方式降低或防止。

16.3.2 防止发电机电感参数周期性变化引起的发电机自励磁(参数谐振)过电压,可采取下列措施:

16.3.2.1 使发电机的功率大于被投入空载线路的充电功率。

16.3.2.2 避免发电机带空载线路起动或避免以全电压向空载线路合闸。

16.3.2.3 采用快速励磁自动调节器限制发电机同步自励过电压。

16.3.2.4 采用速动过电压继电保护切机,限制发电机异步自励过电压的作用时间。

16.3.3 为防止断路器操作中因操动机构故障出现非全相或严重不同期产生的铁磁谐振过电压,危及中性点为标准分级绝缘、运行时中性点不接地的 110kV 变压器的中性点绝缘,宜在中性点装设间隙,间隙要求宜符合本规范 16.3.1 的规定。在操作过程中,应将变压器中性点临时接地。

有单侧电源的变压器,当另一侧带有同期调相机或较大的同

步电动机时,可看作有双侧电源。

16.3.4 由3~66kV不接地系统或消弧线圈接地系统偶然脱离消弧线圈的部分,当连接有中性点接地的电磁式电压互感器的空载母线、其上带或不带空载短线路,因合闸充电或在运行时接地故障消除等原因的激发,使电压互感器过饱和可能产生铁磁谐振过电压。为限制这类过电压,可采取下列措施:

16.3.4.1 选用励磁特性饱和点较高的电磁式电压互感器。

16.3.4.2 减少同一系统电压互感器的台数,除电源侧电压互感器高压绕组中性点接地外,其它电压互感器中性点不宜接地。

16.3.4.3 个别情况下,在10kV及以下的母线上装设中性点接地的星形接线电容器组或用一段电缆代替架空线路。

16.3.4.4 在互感器的开口三角形绕组装设不大于 $0.4(X_m/K_{13}^2)$ 的电阻(K_{13} 为互感器一次绕组与开口三角形绕组的变比)或装设其它专门消除铁磁谐振的装置。

16.3.4.5 10kV及以下互感器高压绕组中性点经 $R_p \cdot n \geq 0.06X_m$ (容量大于600W)的电阻接地。

16.3.5 在3~66kV不接地及消弧线圈接地系统中,应采用能避免在下列条件下产生铁磁谐振过电压的设备:

(1)配电变压器高压绕组对地短路。

(2)用电磁式电压互感器在高压侧进行双电源的定相。

(3)送电线路一相断线且一端接地或不接地。

16.3.6 有消弧线圈的较低电压系统,应适当选择消弧线圈的脱谐度,以便避开谐振点;无消弧线圈的较低电压系统,应采取安装电力电容器等增大其对地电容等的措施,以防止零序电压通过电容,产生高幅值的转移过电压。

16.3.7 各电压级相对地计算用最大操作过电压的标幺值,宜取下列数值:

66kV及以下除低值电阻接地系统外 4.0p.u.

110kV 3.0p.u.

3~110kV电力系统,相同操作过电压宜取相对过电压的1.3

~1.1 倍。

当采用金属氧化物避雷器限制操作过电压时,相对地及相间计算用最大操作过电压的标么值需经研究确定。

16.3.8 采用无间隙金属氧化物避雷器限制操作过电压时,其持续运行电压和额定电压不应低于表 16.4.15 规定的数值。避雷器应能承受操作过电压作用的能量。

16.3.9 110kV 有效接地系统,开断空载架空线路的过电压可取不大于 3.0p.u.;开断空载电缆线路可能大于 3.0p.u.。

开断空载架空线路宜采用不重击穿的断路器;开断电缆线路应采用不重击穿的断路器。

66kV 及以下除低电阻接地系统外,开断空载线路断路器发生重击穿时的过电压可取不大于 3.5p.u.。开断前系统已有单相接地故障,使用一般断路器操作时产生的过电压可能大于 4.0p.u.。为此,宜选用开断空载线路过电压不大于 4.0p.u. 的断路器。

16.3.10 线路合闸和重合闸产生的操作过电压,小于本规范 16.3.7 条的规定值时,可不采取限制措施。

16.3.11 3~66kV 系统开断并联电容补偿装置当断路器发生单相重击穿时,电容器高压端对地过电压可大于 4.0p.u.。开断前电源侧有单相接地故障时,过电压将更高。开断时发生两相重击穿时,电容器极间过电压可大于 $2.5\sqrt{2}U_{n.c}$ 。

操作并联电容补偿装置,应采用开断时不重击穿的断路器。对于需频繁投切的补偿装置,宜按图 16.3.11a 装设并联电容补偿装置无间隙金属氧化物避雷器(YWDR₁ 或 YWDR₂)作为限制单相重击穿过电压的后备保护装置。当电源侧有单相接地故障不要求进行补偿装置开断操作的条件下,宜采用 YWCR₁。断路器操作频繁且开断时可能发生重击穿或者合闸过程中触头有弹跳现象时,宜按图 16.3.11b 装设并联电容补偿装置无间隙金属氧化物避雷器(YWDR₁ 及 YWDR₃ 或 YWDR₄)。YWDR₃ 或 YWDR₄ 可限制两相重击穿时在电容器极间出现的过电压。当并联电容补偿装置

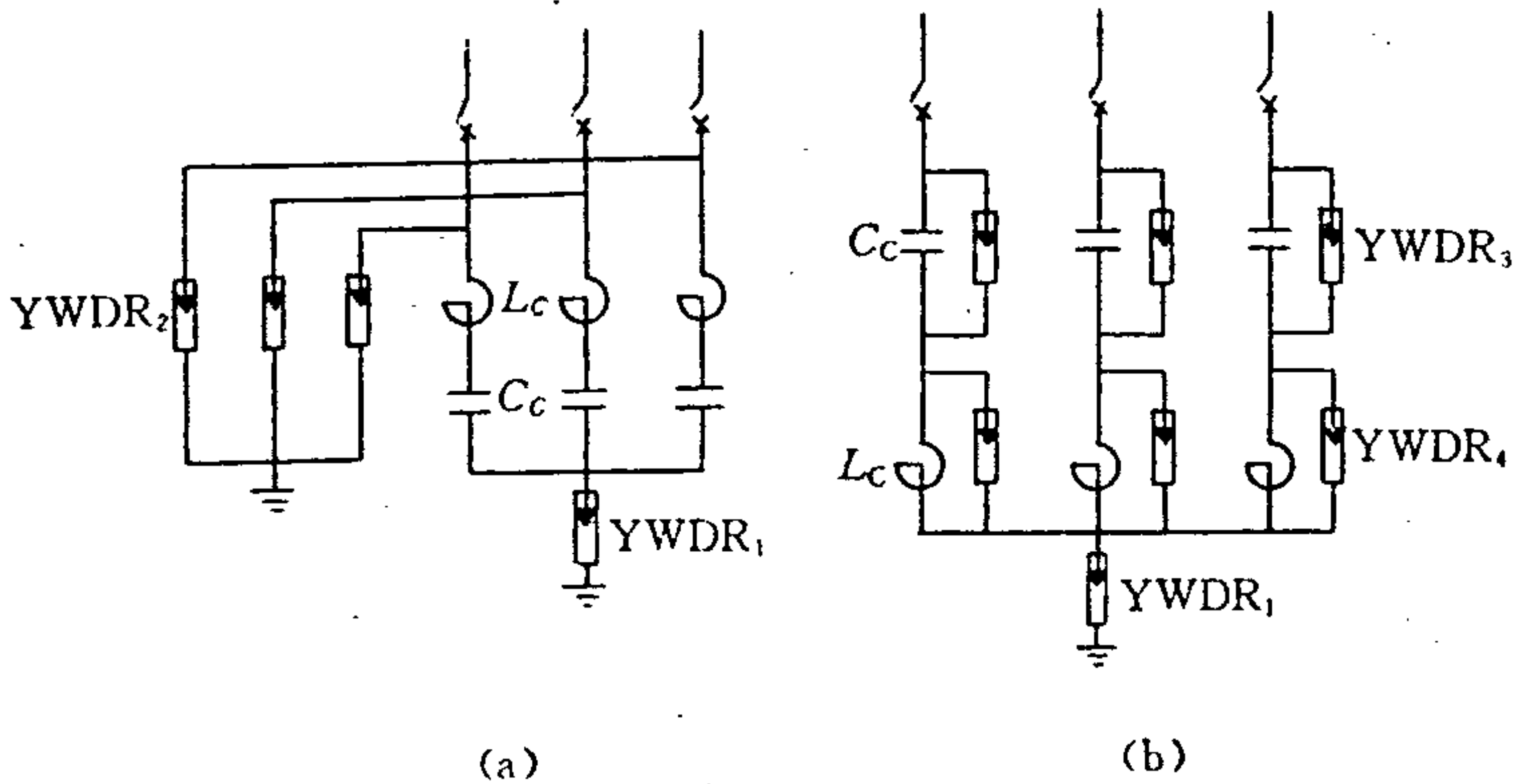


图 16.3.11 并联电容补偿装置的避雷器保护接线

的电抗率不低于 12% 时,宜采用 YWDR₁。

避雷器吸收的能量应根据并联电容补偿装置的容量、回路元件及避雷器的参数,在设计时应进行核算。

16.3.12 当开断具有冷轧硅钢片的变压器时,过电压可取小于 2.0p.u. 时,可不采取保护措施。

开断具有热轧硅钢片铁芯的 110kV 变压器的过电压可取不大于 3.0p.u.; 66kV 及以下变压器可取不大于 4.0p.u.。

采用熄弧性能较强的断路器开断激磁电流较大的变压器以及并联电抗补偿装置产生的高幅值过电压,可在断路器的非电源侧装设阀式避雷器加以限制。保护变压器的避雷器可装在其高压侧或低压侧。但高、低压侧系统接地方式不同,低压侧宜装设操作过电压保护水平较低的避雷器。

在可能只带一条线路运行的变压器中性点消弧线圈上,宜用阀式避雷器限制切除最后一条线路两相接地故障时,强制开断消弧线圈电流在其上产生的过电压。

空载变压和并联电抗补偿装置合闸产生的操作过电压当小于 2.0p.u. 时,可不采取保护措施。

16.3.13 开断空载电动机的过电压可取不大于 2.5p.u.。开断起

动过程中的电动机时,截流过电压和三相同同时开断过电压可能大于 4.0p.u.,高频重复击穿过电压可能大于 5.0p.u.。采用真空断路器或采用的少油断路器截流值较高时,宜在断路器与电动机之间装设旋转电机无间隙金属氧化物避雷器(YWD)或 R—C 阻容吸收装置。

高压感应电动机合闸的操作过电压一般小于 2.0p.u.,可不采取保护措施。

16.3.14 66kV 及以下系统发生单相间歇性电弧接地故障,其最大过电压的取值不宜大于下列数值。

不接地	3.5p.u.
消弧线圈接地	3.2p.u.
电阻接地	2.5p.u.

对具有限流电抗器、电动机负荷,且设备参数配合不利的 3~10kV 不接地系统,应根据负荷性质和工程的重要程度,进行过电压预测,确定保护方案。

16.4 雷电过电压与保护装置

I 雷电过电压

16.4.1 设计中应考虑直接雷击、雷电反击和感应雷电过电压。

16.4.2 架空线路上的雷电过电压,可按下列规定确定:

16.4.2.1 雷击点与架空线路的距离大于 65m 处,雷云对地放电时,线路上产生的最大感应过电压可按下列计算:

$$U_i \approx 25 \frac{I h_c}{S} \quad (16.4.2-1)$$

式中 U_i ——最大感应过电压(kV);

I ——雷电流幅值(kA),宜取不大于 100kA;

h_c ——导线平均高度(m);

S ——雷击点与架空线路的距离(m)。

16.4.2.2 雷击架空线路导线产生的直击雷过电压,可按下式计算确定:

$$U_s \approx 100I \quad (16.4.2-2)$$

式中 U_s ——雷击点过电压最大值(kV)。

16.4.3 发电厂和变电所内的雷电过电压应计及来自雷电对配电装置的直接雷击、反击和来自架空进线上出现的雷电侵入波。

对符合本规范 16.6.14.2、16.6.19~16.6.25 条的发电厂和变电所的雷电侵入波过电压保护,可不进行计算。

按本规范要求对雷电侵入波过电压保护校验时,保护接线应保证架空进线保护段外导线上出现雷电过电压时,不引起厂、所内电气设备绝缘损坏。

II 避雷针和避雷线

16.4.4 单支避雷针的保护范围,应按下列方法确定。

16.4.4.1 避雷针在地面上的保护半径,应按下列公式计算确定:

$$r = 1.5hP \quad (16.4.4-1)$$

式中 r ——保护半径(m);

h ——避雷针高度(m);当 $h < 120\text{m}$ 时,按实际高度取;当 $h \geq 120\text{m}$ 时,取 120m;

P ——高度影响系数, $h < 30\text{m}$, $P = 1$; $30 < h \leq 120\text{m}$ 时

$$P = \frac{5.5}{\sqrt{h}}$$

16.4.4.2 在被保护物高度 h_x 水平面上的保护半径(图 16.4.4),应按下列公式计算确定:

(1)当 $h_x \geq 0.5h$ 时,

$$r_x = (h - h_x)P \text{ 或 } r_x = h_a P \quad (16.4.4-2)$$

式中 r_x ——避雷针在被保护物高度水平面上的保护半径(m);

h_x ——被保护物高度(m);

h_a ——避雷针有效高度(m)。

(2)当 $h_r < 0.5h$ 时

$$r_r = (1.5h - 2h_r)P \quad (16.4.4-3)$$

16.4.5 两支等高避雷针的保护范围,应按下列规定确定(图 16.4.5-1 和图 16.4.5-2):

16.4.5.1 两针外侧的保护范围,应按单支避雷针的计算方法确定。

16.4.5.2 两针间的保护范围,应按通过两针顶点及保护范围上部边缘最低点 O 的圆弧确定,圆弧的半径为 R_o , O 点为假想避雷针的顶点,其高度应按下列式计算:

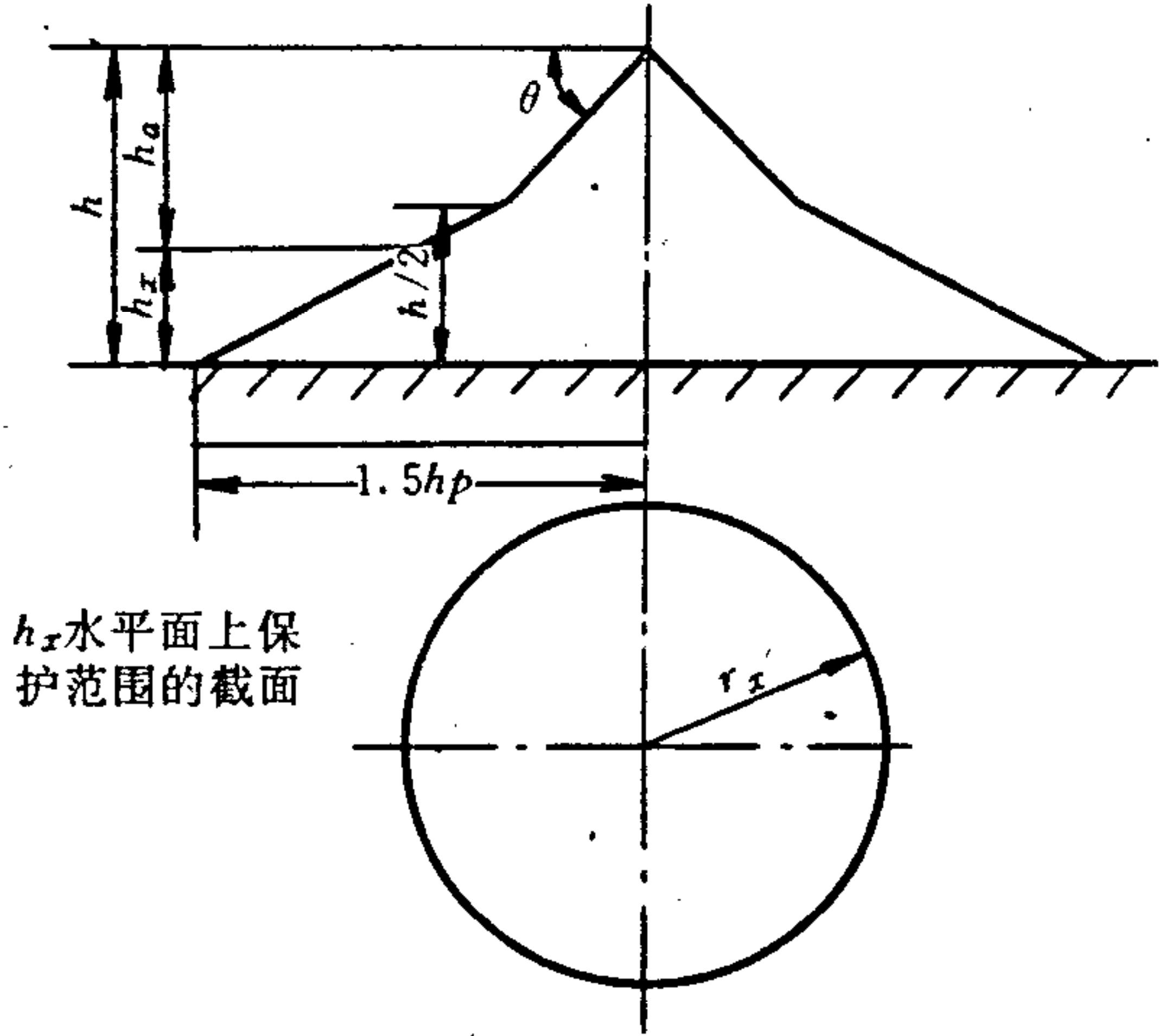


图 16.4.4 单支避雷针的保护范围

($h \leq 30\text{m}$ 时, $\theta = 45^\circ$)

$$h_o = h - \frac{D}{7P} \quad (16.4.5)$$

式中 h_o ——两针间保护范围上部边缘最低点高度(m);

D ——两避雷针间的距离(m)。

两针间 h_r 、水平面上保护范围一侧的最小宽度,应按图 16.4.5-2 确定。当 $b_r > r_r$ 时,取 $b_r = r_r$ 。

求得 b_r 后,可按图 16.4.5-1 绘出两针间的保护范围。

两针间距离与针高之比 D/h 不宜大于 5。

16.4.6 多支等高避雷针的保护范围,应按下列规定确定:

16.4.6.1 三支等高避雷针所形成的三角形的外侧保护范围,应分别按两支等高避雷针的计算方法确定。如在三角形内被保护物最大高度 h_x 的水平面上。当各相邻避雷针间保护范围一侧的最小宽度 b_r 大于或等于 0 时,则全部面积受到保护。

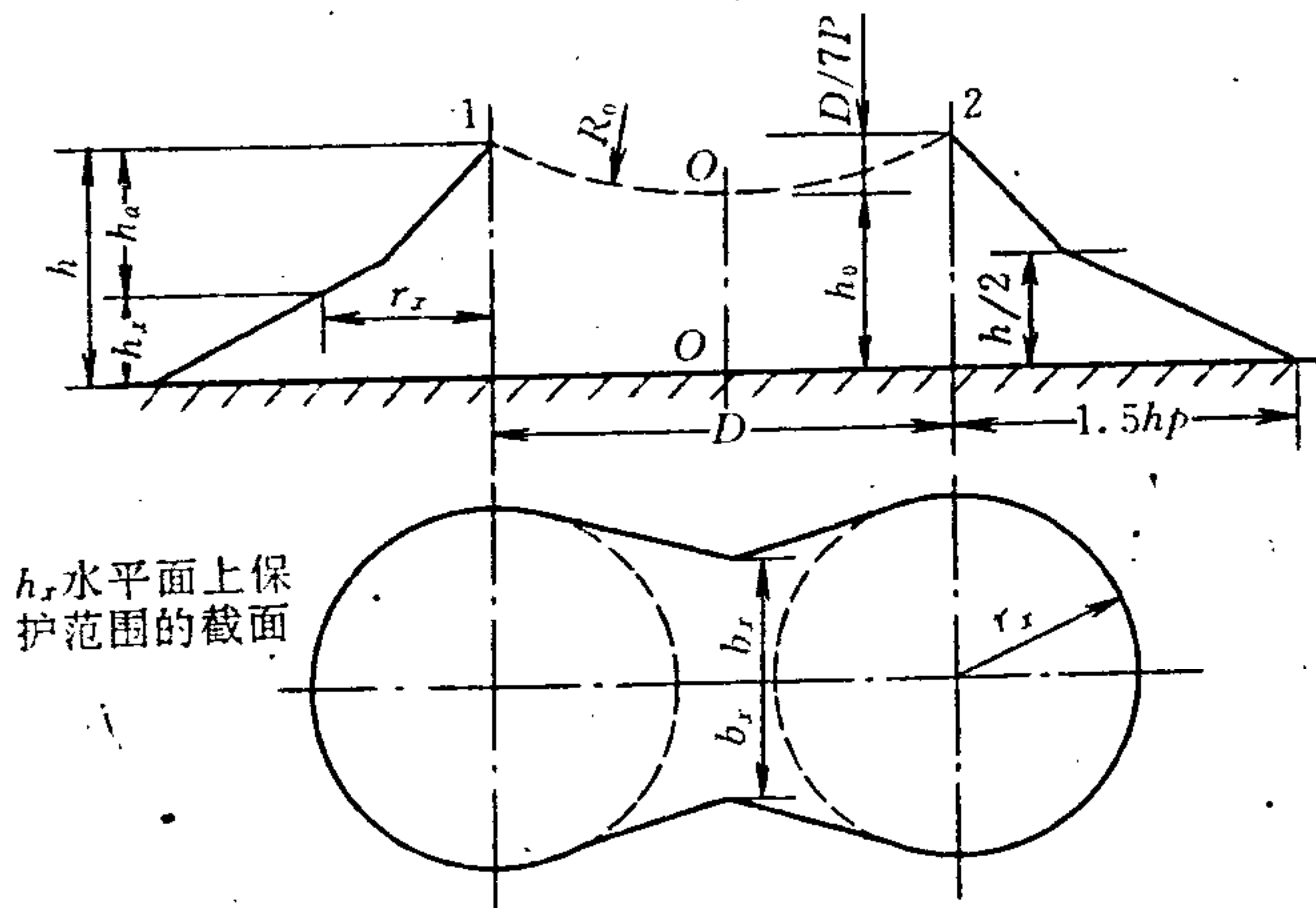


图 16.4.5-1 高度为 h 的两等高避雷针的保护范围

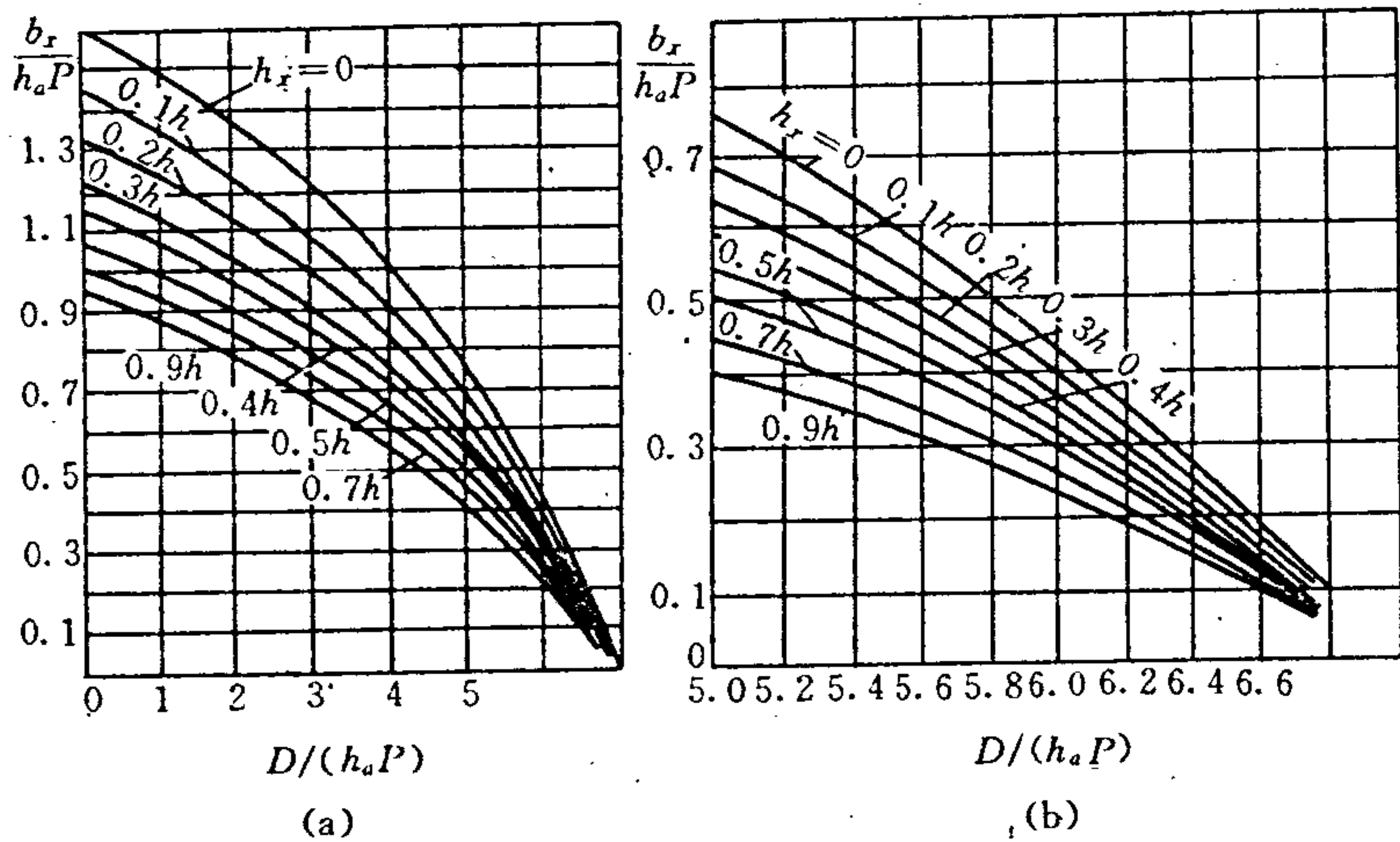


图 16.4.5-2 两等高(h)避雷针间保护范围一侧的最小宽度(b_r)与 $D/(h_a P)$ 的关系

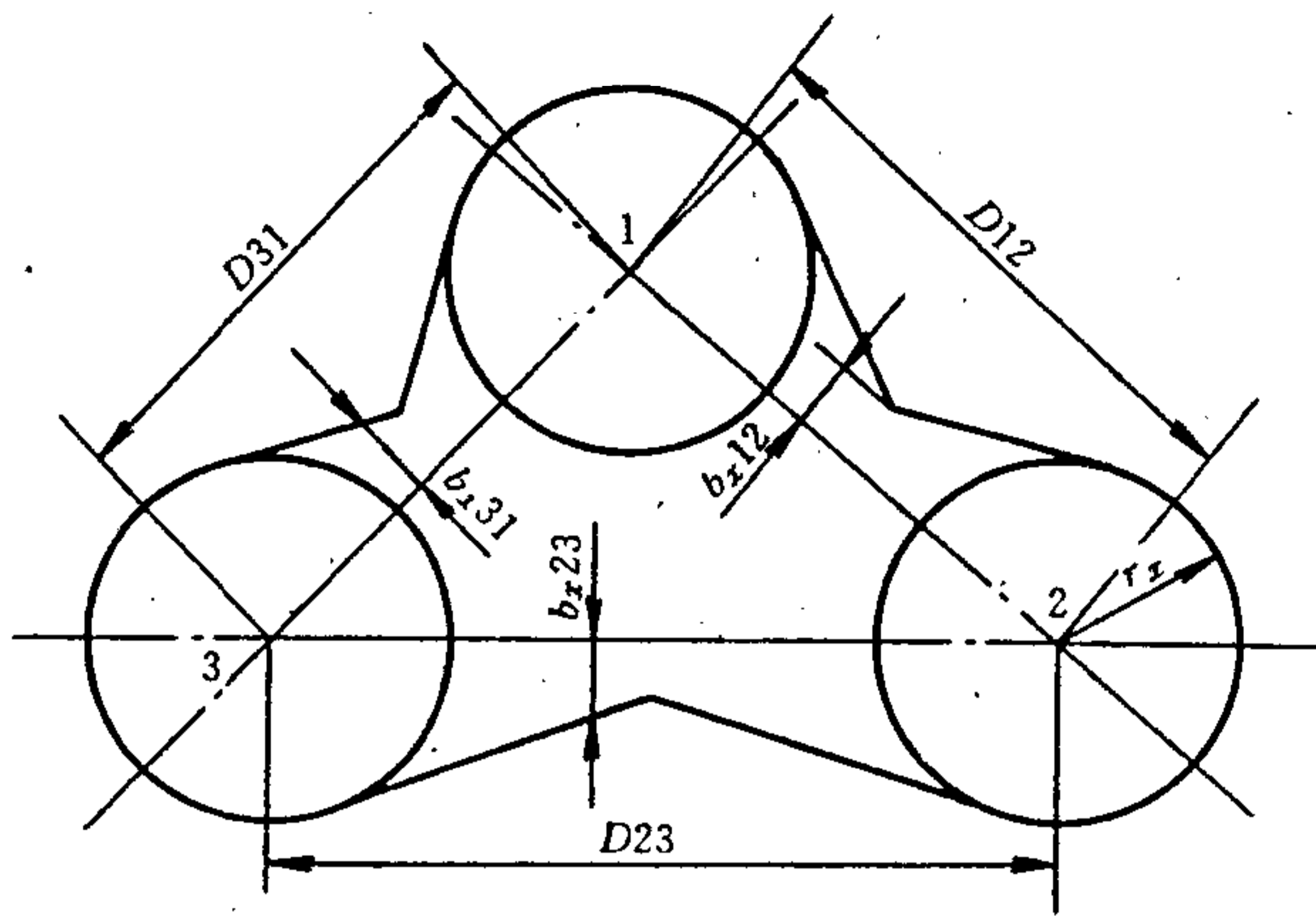


图 16.4.6-1 三支等高避雷针在 h_x 水平面上的保护范围

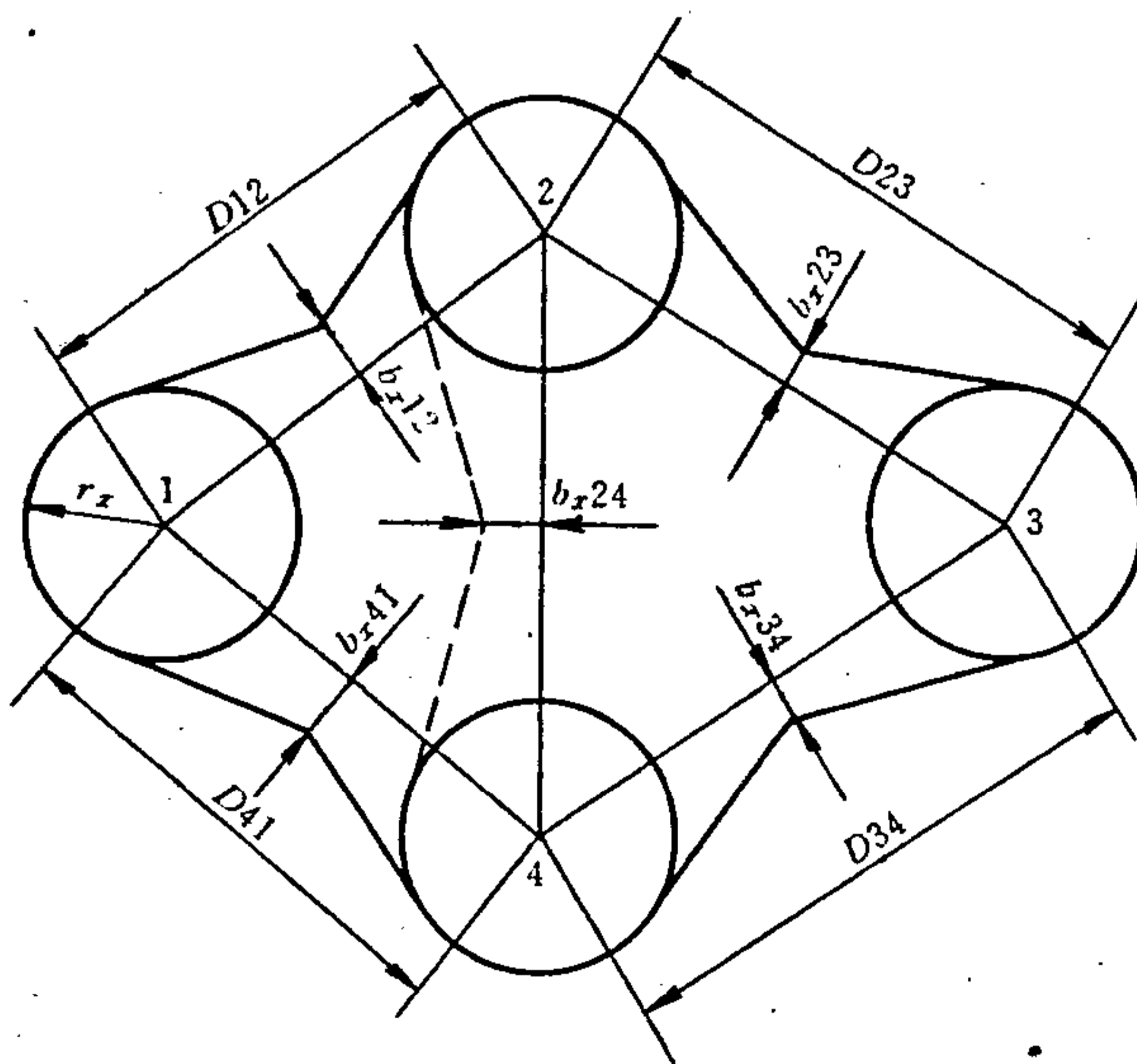
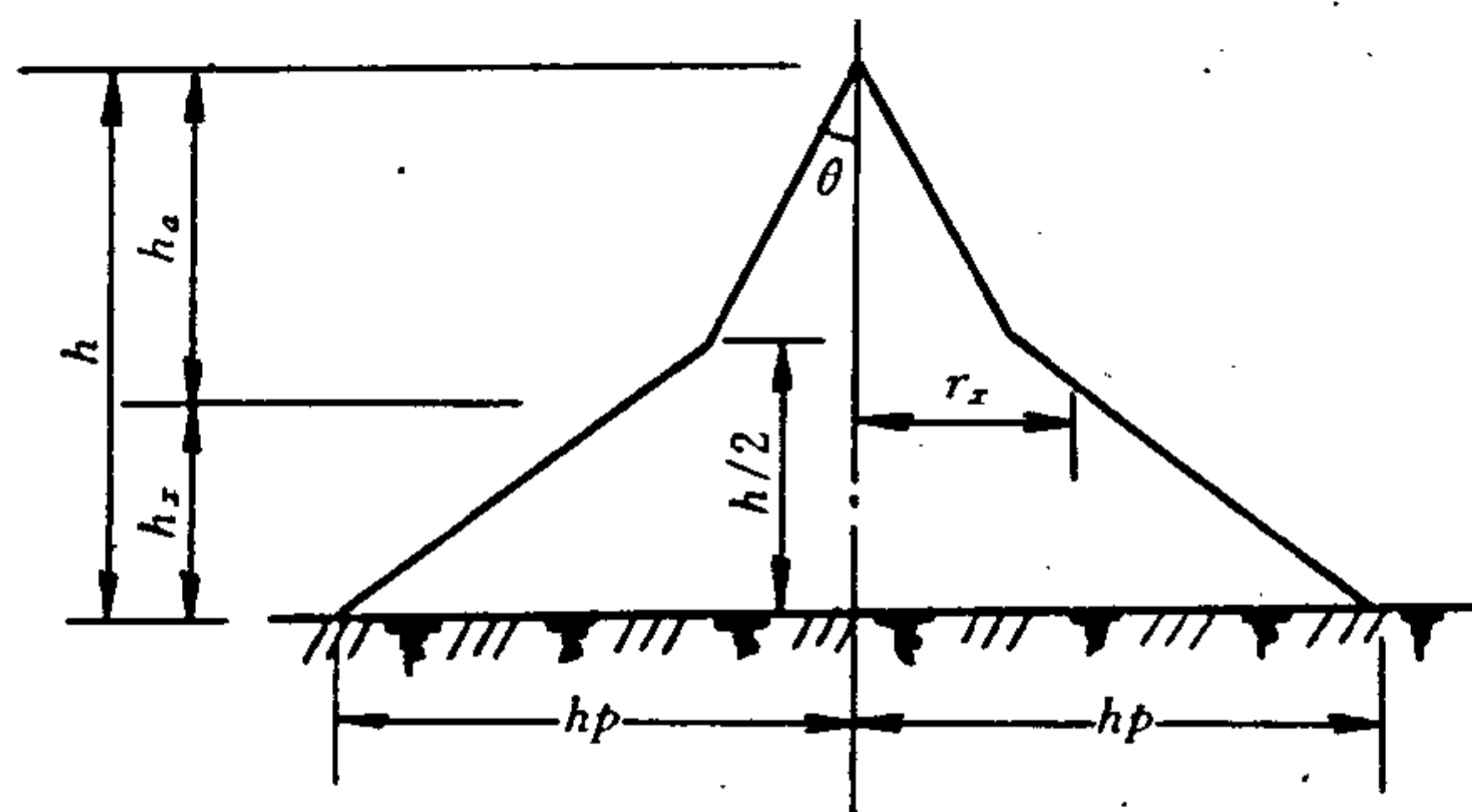


图 16.4.6-2 四支等高避雷针在 h_x 水平面上的保护范围

16.4.6.2 四支及以上等高避雷针所形成的四角形或多角形的外侧保护范围,可将其分成两个或数个三角形,分别按三支等高避雷针保护范围的方法计算。如各边保护范围一侧的最小宽度 b_x 大于或等于 0(图 16.4.6-2),则全部面积即受到保护。

16.4.7 单根避雷线在 h_x 的水平面上,每侧保护范围的宽度,应按下列式计算确定(图 16.4.7):



在 h_x 水平面上保护范围的截面

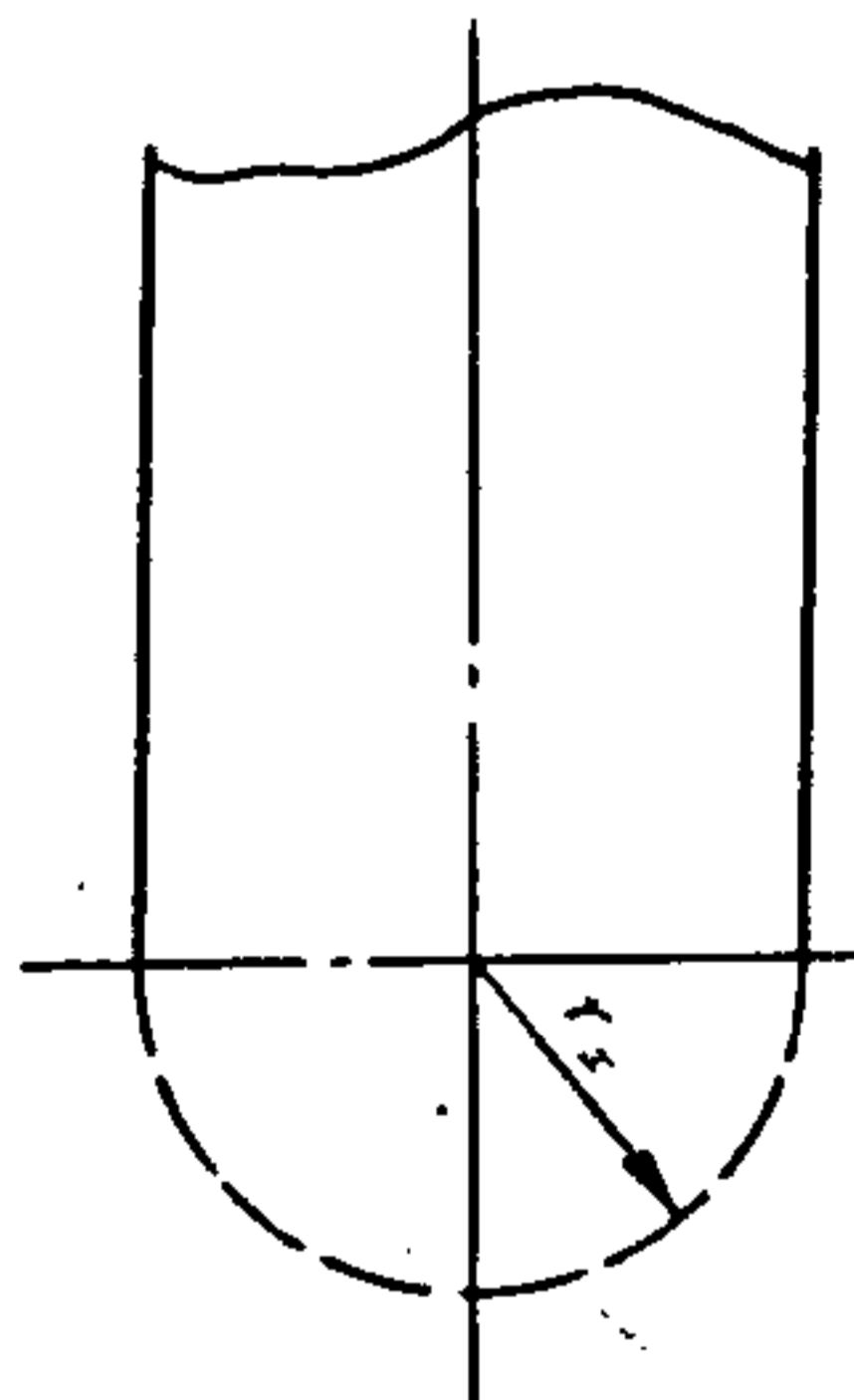


图 16.4.7 单根避雷线的保护范围 ($h \leq 30\text{m}$ 时, $\theta = 25^\circ$)

(1) 当 h_x 大于或等于 $\frac{h}{2}$ 时

$$r_x = 0.47(h - h_x)P \quad (16.4.7-1)$$

式中 r_x ——每侧保护范围的宽度(m);

(2) 当 h_x 小于 $\frac{h}{2}$ 时

$$r_x = (h - 1.53h_x)P \quad (16.4.7-2)$$

16.4.8 两根等高平行避雷线的保护范围,应按下列规定确定(图 16.4.8):

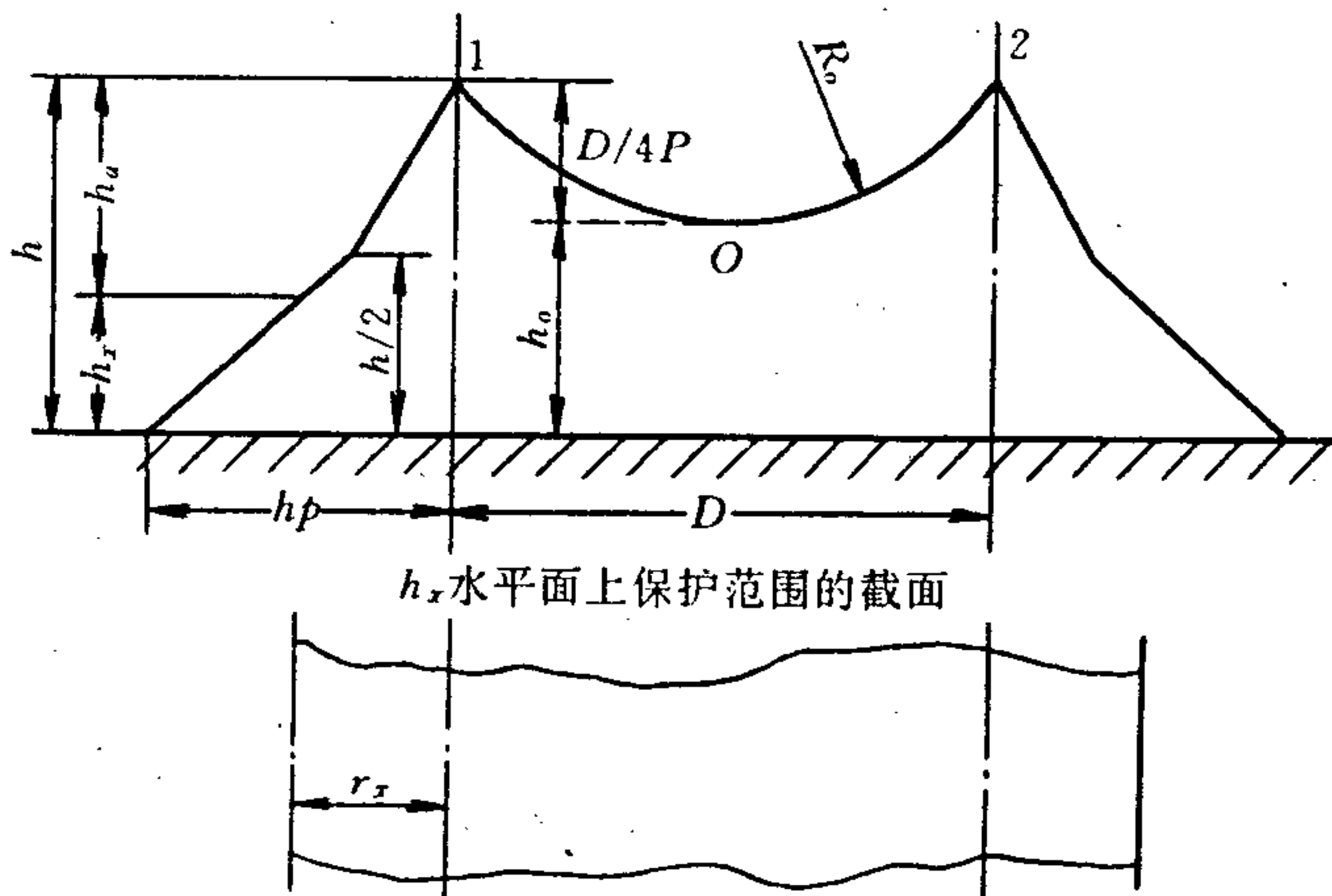


图 16.4.8 两根平行避雷线的保护范围

16.4.8.1 两避雷线外侧的保护范围,应按单根避雷线的保护范围计算方法确定。

16.4.8.2 两避雷线间各横截面的保护范围,应由通过两避雷线 1、2 点及保护范围边缘最低点 O 的圆弧确定。 O 点的高度应按下列式计算确定:

$$h_o = h - \frac{D}{4P} \quad (16.4.8-1)$$

式中 h_o ——两避雷线间保护范围上部边缘最低点的高度(m);

D ——两避雷线间的距离(m);

h ——避雷线的高度(m)。

16.4.8.3 两避雷线端部的两侧保护范围,应按单根避雷线的保护范围计算确定。两避雷线间保护的最小宽度,按下式计算确定:

(1) 当 h_x 大于或等于 $\frac{h}{2}$ 时

$$b_x = 0.47(h_o - h_x)P \quad (16.4.8-2)$$

(2) 当 h_x 小于 $\frac{h}{2}$ 时

$$b_x = (h_o - 1.53h_x)P \quad (16.4.8-3)$$

16.4.9 不等高避雷针、避雷线的保护范围,应按下列规定确定(图 16.4.9):

16.4.9.1 两支不等高避雷针外侧的保护范围,应分别按单支避雷针的保护范围计算确定。

16.4.9.2 两支不等高避雷针间的保护范围,应按单支避雷针的保护范围计算方法,先确定较高避雷针 1 的保护范围,然后由较低避雷针 2 的顶点,作水平线与避雷针 1 的保护范围相交于点 3,取点 3 为等效避雷针的顶点,再按两支等高避雷针的保护范围计算方法确定避雷针 2 和 3 间的保护范围。通过避雷针 2、3 顶点及保护范围上部边缘最低点的圆弧,其弓高应按下式计算:

$$f = \frac{D'}{7p} \quad (16.4.9)$$

式中 f ——圆弧的弓高(m);

D' ——避雷针 2 和等效避雷针 3 间的距离(m)。

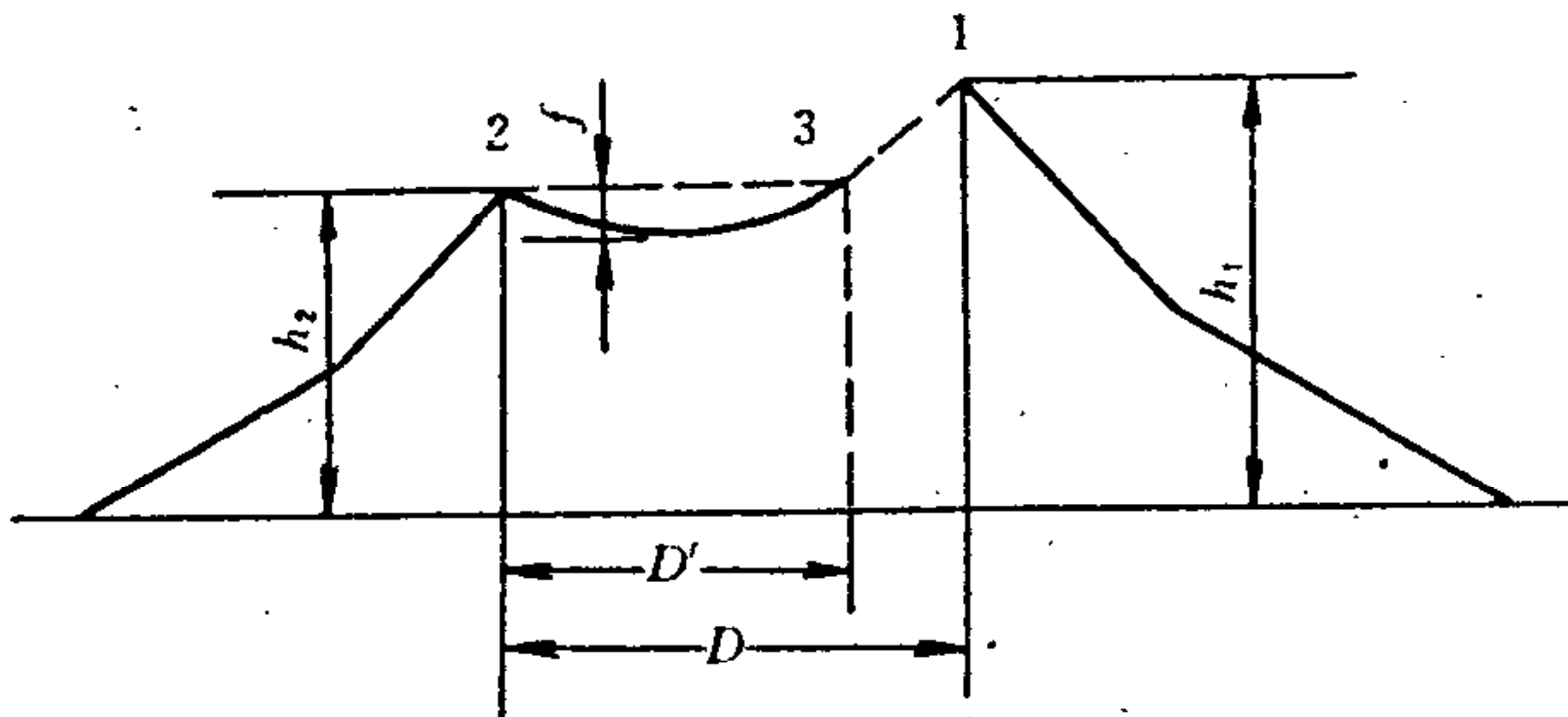


图 16.4.9 两支不等高避雷针的保护范围

圆弧的弓高确定后,宜按图 16.4.9 所示绘出两支不等高避雷针间的保护范围

16.4.9.3 对多支不等高避雷针所形成的多角形,各相邻两避雷针的外侧保护范围,应按两支不等高避雷针的保护范围计算确定;三支不等高避雷针形成的三角形内全部面积的保护,应使被保护物最大高度 h_r 水平面上,各相邻避雷针间保护范围一侧的最小宽度 b_r 大于或等于 0。四支及以上不等高避雷针形成的多角形,其内侧保护范围,可按等高避雷针的保护范围计算规定确定。

16.4.9.4 两根不等高避雷线各横截面的保护范围,应按本规范(16.4.8-1)式计算。

16.4.10 山地和坡地上的避雷针的保护范围应减小。单支避雷针的保护范围可按本规范式 16.4.4-1、16.4.4-2 及式 16.4.4-3 计算,将其计算结果乘以系数 0.75 求得。

两支等高避雷针的保护范围应按本规范 16.4.5 的规定确定,但两支等高避雷针的保护范围上部边缘最低点高度应按下式计算:

$$h_o = h - \frac{D}{5P} \quad (16.4.10-1)$$

按图 16.4.5-2 确定的两等高避雷针间保护范围一侧的最小宽度应乘以 0.75。

两支不等高避雷针的保护范围,应按本规范 16.4.9 条的规定确定,但通过避雷针 2、3 顶点及保护范围上部边缘最低点的圆弧,其弓高应按下式计算:

$$f = \frac{D'}{5P} \quad (16.4.10-2)$$

利用山势设立的远离被保护物的避雷针,不得作为主要保护装置。

16.4.11 相互靠近的避雷针和避雷线的联合保护范围可近似按下列方法确定(图 16.4.11):

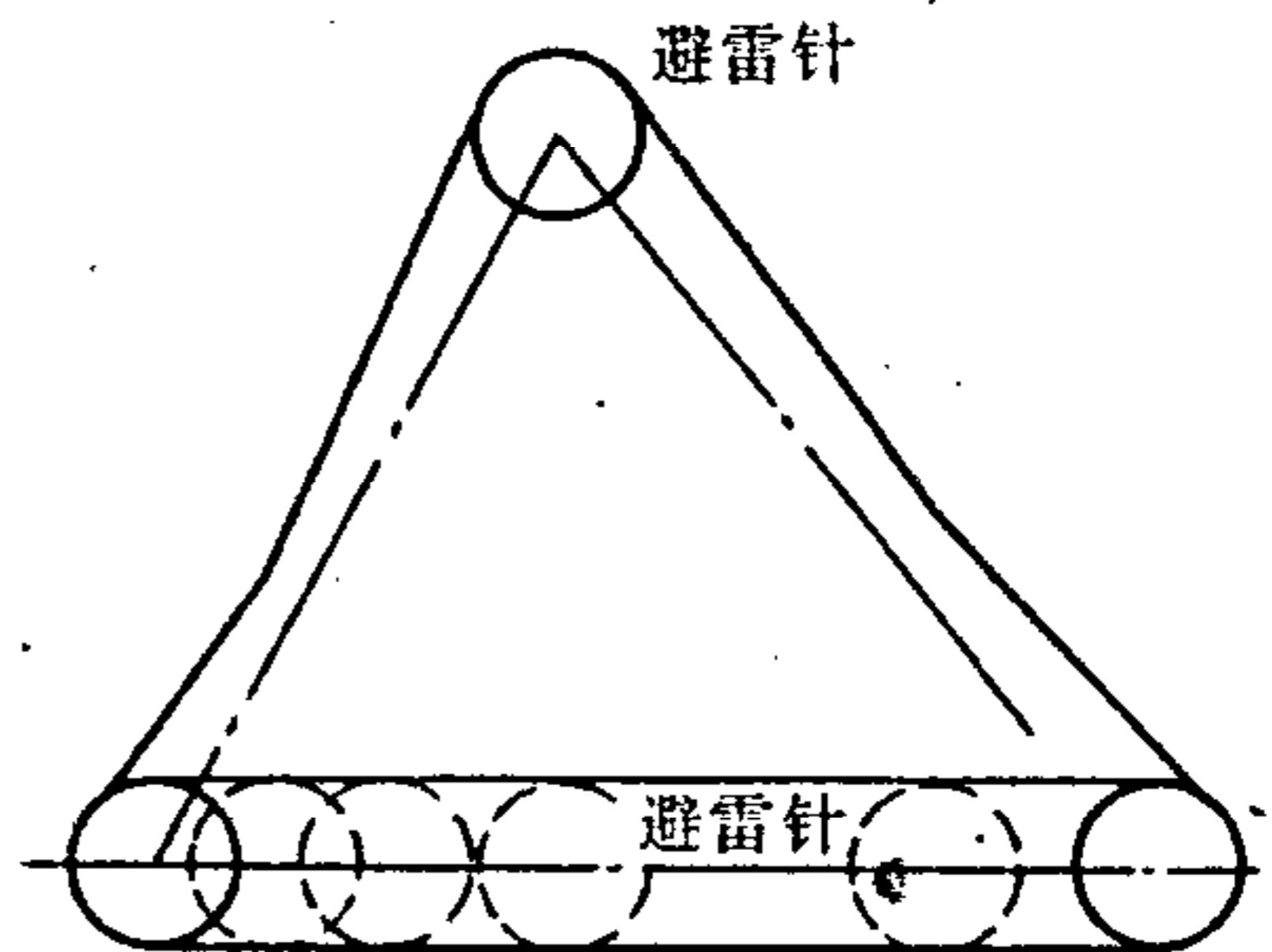


图 16.4.11 避雷针和避雷线的联合保护范围

外侧保护范围应分别按单支避雷针、线的保护范围计算确定；内侧保护范围应首先将不等高避雷针、线划为等高避雷针、线，然后将等高避雷针、线视为等高避雷线计算其保护范围。

III 阀式避雷器

16.4.12 采用阀式避雷器进行雷电过电压保护时，对不同接地方式的系统，阀式避雷器应按下列规定选型：

(1)有效接地系统宜选用无间隙金属氧化物避雷器，亦可选用磁吹阀式避雷器。

(2)各种接地方式的系统中 SF₆ 全封闭组合电器(GIS)和低值电阻接地系统，应选用无间隙金属氧化物避雷器。

(3)不接地、消弧线圈接地和高值电阻接地系统，应根据系统中谐振过电压和间歇性电弧接地过电压等发生的可能性及其严重程度，可选用有串联间隙金属氧化物避雷器、碳化硅普通阀式避雷器或无间隙金属氧化物避雷器。

16.4.13 旋转电机的雷电侵入波过电压保护，宜采用旋转电机无间隙金属氧化物避雷器或旋转电机磁吹阀式避雷器。

16.4.14 有串联间隙金属氧化物避雷器和碳化硅阀式避雷器的额定电压应符合下列要求：

(1)110kV 有效接地系统，碳化硅阀式避雷器不低于 $0.8U_m$ 。

(2)3~10kV 和 35~66kV 系统分别不低于 $1.1U_m$ 和 $1U_m$ ；3kV 及以上具有发电机的系统不低于 $1.1U_{mg}$ 。

(3)中性点避雷器的额定电压，对 35~110kV 系统不低于 $U_m/\sqrt{3}$ ；对 3~20kV 具有发电机的系统不低于 $1.1U_{mg}/\sqrt{3}$ 。

16.4.15 采用无间隙金属氧化物避雷器作为雷电过电压保护装置时，应符合下列要求：

(1)避雷器的持续运行电压和额定电压不应低于表 16.4.15 规定的数值。

(2)避雷器应能承受所在系统作用的暂时过电压和操作过电压能量。

16.4.16 阀式避雷器标称放电电流下的残压,不应大于被保护电气设备(除旋转电机外)标准雷电冲击全波耐受电压的71%。

16.4.17 发电厂和大型变电所内避雷器应装设简单可靠的多次动作记录器或磁钢记录器。动作记录器的数字应便于运行人员巡视和记录。

无间隙金属氧化物避雷器的持续

运行电压和额定电压

表 16.4.15

系统接地方式		持续运行电压	额定电压
有效接地		$U_m / \sqrt{3}$	$0.8U_m$ ($0.35U_m$)
不 接 地	3~15.75kV	$1.1U_m$ ($1.1U_m / \sqrt{3}$)	$1.4U_m$ ($1.4U_m / \sqrt{3}$)
	35~66kV	$1U_m$ ($U_m / \sqrt{3}$)	$1.3U_m$ ($1.3U_m / \sqrt{3}$)
消弧线圈		$1U_m$ ($U_m / \sqrt{3}$)	$1.3U_m$ ($1.3U_m / \sqrt{3}$)
低值电阻		$0.8U_m$	$1U_m$
高值电阻		$1.1U_m$	$1.4U_m$

注:括号内数据适用于发电机和变压器中性点避雷器(对发电机 U_m 应改为 U_{mg})。

IV 排气式避雷器

16.4.18 在选择排气式避雷器时,开断续流的上限,应计及非周期分量,并不得小于安装处短路电流的最大有效值,开断续流的下限,不考虑非周期分量,不得大于安装处短路电流的可能最小值。

16.4.19 按开断续流的范围选择排气式避雷器时,最大短路电流应按雷季电力系统最大运行方式计算,并应包括非周期分量的第一个半周短路电流有效值。当计算困难时,对发电厂附近,可将周

期分量第一个半周的有效值乘以 1.5,距发电厂较远的地点,乘以 1.3。最小短路电流,应按雷季电力系统最小运行方式计算,且不应包括非周期分量。

16.4.20 排气式避雷器外间隙的距离,在符合保护要求的条件下,应采用较大的数值。排气式避雷器外间隙的距离宜符合表 16.4.20 的规定。

排气式避雷器外间隙的距离 表 16.4.20

系统标称电压 (kV)	3	6	10	20	35
最小距离(mm)	8	10	15	60	100

为减少变电所进线段首端的排气式避雷器在反击时动作,应降低其与避雷线的总接地电阻。其外间隙距离:系统标称电压为 20kV 时,宜为 150~200mm;系统标称电压为 35kV 时,宜为 250~300mm。

16.4.21 排气式避雷器的设置,应符合下列要求:

16.4.21.1 应避免各避雷器排出的电离气体相交而造成短路。但在开口端固定避雷器,允许其排出的电离气体相交。

16.4.21.2 排气式避雷器,宜垂直安装,开口端向下,或倾斜安装,与水平线的夹角不应小于 15°。在污秽地区,应增大倾斜角度。

16.4.21.3 排气式避雷器应安装牢固,并使外间隙稳定不变。

16.4.21.4 额定电压 10kV 及以下的排气式避雷器,外间隙的电极不应垂直布置。

16.4.21.5 外间隙电极宜镀锌,或采取避免锈水沾污绝缘子的措施。

16.4.22 排气式避雷器应装设简单可靠的动作指示器。

V 保护间隙

16.4.23 当排气式避雷器的灭弧能力不能符合要求时,可采用保

护间隙,并宜与自动重合闸装置配合。保护间隙的主间隙距离,不应小于表 16.4.23 规定的数值。

保护间隙的主间隙距离

表 16.4.23

系统标称电压 (kV)	3	6	10	20	35
主间隙距离(mm)	8	15	25	100	210

16.4.24 除有效接地系统和低值电阻接地系统外,应使单相间隙动作时有利于灭弧,并宜采用角形保护间隙。

保护间隙宜在其接地引下线中串接一个辅助间隙,辅助间隙的距离可按表 16.4.24 规定数值采用。

辅助间隙的距离

表 16.4.24

系统标称电压 (kV)	3	6~10	20	35
辅助间隙距离(mm)	5	10	15	20

16.5 高压架空线路的雷电过电压保护

I 一般线路的保护

16.5.1 送电线路的雷电过电压保护方式,应根据线路的电压等级、负荷性质、系统运行方式、当地原有线路的运行经验、雷电活动的强弱、地形地貌的特点和土壤电阻率的高低等条件,通过技术经济比较确定。

16.5.2 各电压级的线路,宜采用下列保护方式:

(1)110kV 线路宜沿全线架设避雷线,在山区和雷电活动特殊强烈的地区,宜架设双避雷线。在少雷区或运行经验证明雷电活动经微的地区,可不沿全线架设避雷线,但应装设自动重合闸装置。

(2)66kV 线路,负荷重要且所经地区年平均雷暴日数大于 30d/a 的地区,宜沿全线架设避雷线。

35kV 及以下线路,可不沿全线架设避雷线。

除少雷区外,3~10kV 钢筋混凝土杆配电线路,宜采用瓷横担;当采用铁横担,宜采用高一电压等级的绝缘子,并宜以较短的时间切除故障,以减少雷击跳闸和断线事故。

6~10kV 线路,可不装设自动重合闸装置,但符合下列情况之一者,宜装设自动重合闸装置:

- a. 一级或二级负荷的架空线路长度在 1km 以上。
- b. 继电保护有要求。

16.5.3 有避雷线的线路,每基杆塔不连避雷线的工频接地电阻,在雷季干燥时,不宜超过表 16.5.3 规定的数值。

有避雷线的线路杆塔的工频接地电阻 表 16.5.3

土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)	≤ 100	>100 ≤ 500	>500 ≤ 1000	>1000 ≤ 2000	>2000
接地电阻(Ω)	10	15	20	25	30

注:当土壤电阻率大于 2000 $\Omega \cdot m$,接地电阻很难降低到 30 Ω 时,可采用 6~8 根总长度不大于 500m 的放射形接地体,或采用连续伸长接地体,接地电阻可不受限制。

雷电活动强烈的地方和经常发生雷击故障的杆塔和线段,应改善接地装置、架设避雷线、加强绝缘或架设耦合地线。

16.5.4 杆塔上避雷线对边导线的保护角,宜采用 20°~30°。杆塔上两根避雷线间的距离,不应超过导线与避雷线间垂直距离的 5 倍。

16.5.5 有避雷线的线路应防止雷击档距中央反击导线。当 15℃ 无风时,档距中央导线与避雷线间的距离,宜符合下列表达式要求:

$$S_1 = 0.012l + l \quad (16.5.5)$$

式中 S_1 ——导线与避雷线间的距离(m);

l ——档距长度(m)。

16.5.6 中雷区及以上地区 35 及 66kV 无避雷线线路宜采取措施,减

少雷击引起的多相短路和两相异点接地引起的断线事故,钢筋混凝土杆和铁塔宜接地,接地电阻可不受限制,但多雷区不宜大于 30Ω 。钢筋混凝土杆和铁塔应充分利用其自然接地作用,在土壤电阻率不大于 $100\Omega \cdot \text{m}$ 或有运行经验的地区,可不另设人工接地装置。

16.5.7 钢筋混凝土杆铁横担和钢筋混凝土横担线路的避雷线支架、导线横担与绝缘子固定部分或瓷横担固定部分之间,宜有可靠的电气连接并与接地引下线相连。主杆非预应力钢筋,当上下已用绑扎或焊接连成电气通路时,非预应力钢筋可兼作接地引下线。

利用钢筋兼作接地引下线的钢筋混凝土电杆,其钢筋与接地螺母、铁横担间应有可靠的电气连接。

外敷的接地引下线可采用镀锌钢绞线,其截面不应小于 25mm^2 。

接地体引出线的截面不应小于 50mm^2 ,并应热镀锌。

16.5.8 两端与架空线路相连接的长度大于 50m 的电缆,应在其两端装设阀式避雷器或保护间隙;长度小于或等于 50m 的电缆,可只在一端装设。

16.5.9 $3\sim 110\text{kV}$ 线路导线与杆塔间的空气间隙,在绝缘子串正常位置和风吹偏斜的情况下,按雷电过电压配合,应与绝缘子串的冲击放电电压相适应;按操作过电压配合,应与本规范 16.3.7 条中所列操作过电压相适应。

送电线路的空气间隙不应小于表 16.5.9 规定的数值,悬垂绝缘子串的 XP—70 型绝缘子个数,应符合表 16.5.9 的规定。

16.5.10 按雷电过电压进行绝缘配合时,最大设计风速小于 35m/s 的地区,雷电过电压计算风速宜采用 10m/s ;最大设计风速为 35m/s 及以上的地区,以及运行经验和气象记录证明雷暴时风速较大的地区,宜采用 15m/s 。

按操作过电压进行绝缘配合时,操作过电压计算风速宜采用最大设计风速的 50% ,且不得小于 15m/s 。

按运行电压进行绝缘配合时,运行电压计算风速应采用最大设计风速。

在进行绝缘配合时,根据杆塔尺寸误差、横担变形和拉线施工误差等不利因素,空气间隙应留有一定裕度。

送电线路的空气间隙距离与悬垂

绝缘子串的绝缘子个数 表 16.5.9

系统标称电压(kV)		3~20	35	66	110
间隙 距离 (cm)	雷电过电压间隙	35	45	65	100
	操作过电压间隙	12	25	50	70
	工频电压间隙	5	10	20	25
悬垂绝缘子串的 XP-70型绝缘子个数 (个)		2	3	5	7

注:①表内数值适用于海拔1000m及以下的地区。海拔高度超过1000m的地区,一般每增高100m,操作过电压和工频电压的空气间隙增大1%。因高海拔或高杆塔而增加绝缘子时,其雷电过电压间隙应相应增大。

②绝缘子适用于一般清洁地区。污秽地区绝缘加强时,间隙仍用表中的数值。

II 线路交叉部分的保护

16.5.11 线路交叉档两端的绝缘不应低于其邻档的绝缘。交叉点宜靠近上下方线路的杆塔。

16.5.12 同级电压线路相互交叉或与较低电压线路、通信线路交叉时,两交叉线路导线间或上方线路导线与下方线路避雷线间的垂直距离,当导线温度为40℃时,不得小于表16.5.12规定的数值。对按允许载流量计算导线截面的线路,还应校验当导线为最高允许温度时的交叉距离,其距离不得小于0.8m。

同级电压线路相互交叉或与较低电压

线路、通信线路交叉时的交叉距离 表 16.5.12

系统标称电压 (kV)	<1	3~10	20~110
交叉距离(m)	1	2	3

16.6 发电厂与变电所的雷电过电压保护

I 发电厂与变电所的直击雷电过电压保护

16.6.1 发电厂和变电所的直击雷过电压保护,可采用避雷针或避雷线。

16.6.2 发电厂的主厂房、主控制室和配电装置室可不装设直击雷保护装置。为保护设备装设的避雷针,不宜装在独立的主控制室和35kV及以下变电所的屋顶上。但采用钢结构或钢筋混凝土结构等有屏蔽作用的建筑物的车间变电所,可装设在屋顶上。

雷电活动特殊强烈地区的主厂房、主控制室和配电装置室宜设直击雷保护装置。

主厂房如装设避直击雷保护装置或为保护其他设备而在主厂房屋顶上装设的避雷针,应采取加强分流、装设集中接地装置、设备的接地点远离避雷针接地引下线的入地点、避雷针接地引下线宜远离电气设备等防止反击的措施,并宜在靠近避雷针的发电机出口处装设一组旋转电机阀式避雷器。

主控制室、配电装置室和35kV及以下变电所的屋顶上如装设直击雷保护装置,对于金属屋顶或屋顶上有金属结构时,应将金属部分接地;屋顶为钢筋混凝土结构,应将其焊接成网接地,但构件内钢筋网中钢筋间的连接可采用绑扎法。结构为非导电的屋顶时,可采用避雷带保护,该避雷带的网格为8~10m,每隔10~20m设引下线接地。

接地引下线应与主接地网连接,并在连接处加装集中接地装置。

注:集中接地装置宜敷设3~5根垂直接地体;在土壤电阻率较高的地区,则敷设3~5根放射形水平接地体。

在相邻高建筑物保护范围内的建筑物或设备,可不装设直击雷保护装置。

屋顶上的设备金属外壳、电缆金属外皮和建筑物金属构件均

应接地。

16.6.3 露天布置的 SF₆ 全封闭组合电器(GIS)的外壳,可不装设直击雷保护装置,但应接地。

16.6.4 非独立避雷针、线的直击雷保护装置,以及起接闪作用的设备金属外壳、电缆金属外皮、建筑物金属构件等,其接地可利用发电厂或变电所的主接地网,但应在直击雷保护装置附近装设集中接地装置。

16.6.5 独立避雷针、线宜设独立的接地装置。在非高土壤电阻率地区,其接地电阻不宜超过 10Ω。当有困难时,接地装置可与主接地网连接,但避雷针与主接地网的地下连接点至 35kV 及以下设备与主接地网的地下连接点之间,沿接地体的长度不得小于 15m。

独立避雷针不应设在人经常通行的地方,避雷针及其接地装置与道路或出入口等的距离不宜小于 3m,当小于 3m 时,应采取均压措施,或铺设砾石或沥青地面,亦可铺设混凝土地面。

16.6.6 110kV 的配电装置,可将避雷针装在配电装置的架构或房顶上,但在土壤电阻率大于 1000Ω·m 的地区,宜装设独立避雷针。亦可通过验算,采取降低接地电阻或加强绝缘等措施。

66kV 的配电装置,可将避雷针装在配电装置的架构或房顶上,但在土壤电阻率大于 500Ω·m 的地区,宜装设独立避雷针。

35kV 及以下高压配电装置架构或房顶不宜装避雷针。

装在架构上的避雷针应与接地网连接,并应在其附近装设集中接地装置。装有避雷针的架构上,接地部分与带电部分间的空气中距离不得小于绝缘子串的长度;但在空气污秽地区,当有困难时,空气中距离可按非污秽区标准绝缘子串的长度确定。

除变压器门型构架外,装设在架构上的避雷针与主接地网的地下连接点至变压器接地线与主接地网的地下连接点之间,沿接地体的长度不得小于 15m。

16.6.7 在变压器门型架构上和离变压器主接地线小于 15m 的配电装置的架构上,当土壤电阻率大于 350Ω·m 时,不应装设避雷针、避雷线;当小于 350Ω·m,根据方案比较确有经济效益,经

过计算采取相应的防止反击措施,并应遵守下列规定,可在变压器门型架构上装设避雷针、避雷线。

16.6.7.1 装在变压器门型架构上的避雷针应与接地网连接,并应沿不同方向引出3~4根放射形水平接地体,在每根水平接地体上离避雷针架构3~5m处装设一根垂直接地体。

16.6.7.2 直接在变压器3~35kV侧的所有绕组出线上5m之内装设阀式避雷器。

高压侧电压35kV变电所,在变压器门型架构上装设避雷针时,变电所接地电阻不应大于4Ω。

注:接地电阻不包括架构基础的接地电阻。

16.6.8 110kV配电装置,可将线路的避雷线引接到出线门型架构上,土壤电阻率大于1000Ω·m的地区,应装设集中接地装置。

35~66kV配电装置,在土壤电阻率小于500Ω·m的地区,线路的避雷线引接到出线门型架构上时,应装设集中接地装置。在土壤电阻率大于500Ω·m的地区,避雷线应架设到线路终端杆塔。从线路终端杆塔到配电装置的一档线路的保护,可采用独立避雷针,亦可在线路终端杆塔上装设避雷针。

16.6.9 火力发电厂烟囱附近的引风机及其电动机的机壳应与主接地网连接,并应装设集中接地装置,接地装置宜与烟囱的接地装置分开。当不能分开时,引风机的电源线应采用带金属外皮的电缆,电缆的金属外皮应与接地装置连接;机械通风冷却塔上电动机的电源线、装有避雷针和避雷线的架构上的照明灯电源线,必须采用直接埋入地下的带金属外皮的电缆或穿入金属管的导线。电缆外皮或金属管埋地长度大于10m时,可与35kV及以下配电装置的接地网及低压配电装置相连接。

严禁在装有避雷针、避雷线的构筑物上架设未采取保护措施的通信线、广播线和低压线。

16.6.10 独立避雷针、避雷线与配电装置带电部分间的空气中距离以及独立避雷针、避雷线的接地装置与接地网间的地中距离,应符合下列要求:

16.6.10.1 独立避雷针与配电装置带电部分、发电厂和变电所电气设备接地部分、架构接地部分之间的空气中距离,应符合下列表达式要求:

$$S_a \geq 0.2R_i + 0.1h \quad (16.6.10-1)$$

式中 S_a ——空气中距离(m);

R_i ——避雷针的冲击接地电阻(Ω);

h ——避雷针校验点的高度(m)。

16.6.10.2 独立避雷针的接地装置与发电厂或变电所接地网间的地中距离,应符合下列表达式要求:

$$S_e \geq 0.3R_i \quad (16.6.10-2)$$

式中 S_e ——地中距离(m)。

16.6.10.3 避雷线与配电装置带电部分、发电厂和变电所电气设备接地部分以及架构接地部分间的空气中距离,应符合下列表达式要求:

(1)一端绝缘另一端接地的避雷线:

$$S_a \geq 0.2R_i + 0.1(h + \Delta l) \quad (16.6.10-3)$$

式中 h ——避雷线支柱的高度(m);

Δl ——避雷线上校验的雷击点与接地支柱的距离(m)。

(2)两端接地的避雷线:

$$S_a \geq \beta' (0.2R_i + 0.1(h + \Delta l)) \quad (16.6.10-4)$$

式中 β' ——避雷线分流系数;

Δl ——避雷线上校验的雷击点与最近支柱间的距离(m)。

避雷线分流系数可按下式计算:

$$\beta' \approx \frac{l' - \Delta l + h}{l' + 2h} \quad (16.6.10-5)$$

式中 l' ——避雷线两支柱间的距离(m)。

16.6.10.4 避雷线的接地装置与发电厂或变电所接地网间的地中距离,应符合下列要求:

(1)一端绝缘另一端接地的避雷线,应符合表达式(16.6.10-2)的要求。

(2)两端接地的避雷线应符合下列表达式要求:

$$S_e \geq 0.3\beta' R_i \quad (16.6.10-6)$$

16.6.10.5 本条 16.6.10.1~16.6.10.4 款中,空气中距离不宜小于 5m,地中距离不宜小于 3m。

对 66kV 及以下配电装置,包括组合导线、母线廊道等,宜降低感应过电压;当条件许可时,空气中距离宜增大。

II 发电厂与变电所高压配电装置 的雷电侵入波过电压保护

16.6.11 发电厂和变电所应采取措施防止或减少近区雷击闪络。未沿全线架设避雷线的 35~110kV 架空送电线路,应在变电所 1~2km 的进线段架设避雷线。

35~110kV 线路在 1~2km 进线保护段范围内的杆塔工频接地电阻,不宜大于 10Ω。

进线保护段上的避雷线保护角不宜大于 20°,最大不应大于 30°。

16.6.12 未沿全线架设避雷线的 35~110kV 线路,其变电所的进线段,应采用图 16.6.12 所示的保护接线。

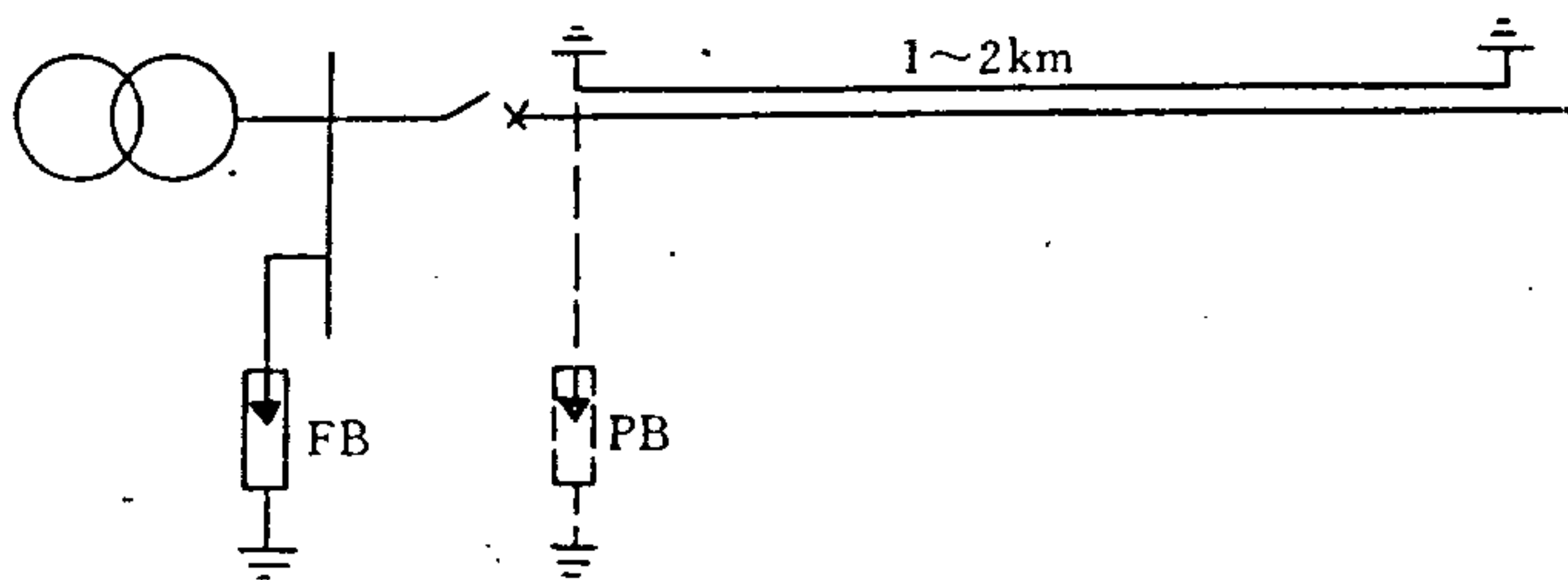


图 16.6.12 35~110kV 变电所的进线保护接线

在雷季,当变电所 35~110kV 进线的隔离开关或断路器可能经常断路运行,且线路侧又带电时,必须在靠近隔离开关或断路器处装设一组排气式避雷器。排气式避雷器外间隙距离的整定,应使

其在断路运行时,能可靠地保护隔离开关或断路器,在闭路运行时,不应动作。当排气式避雷器整定有困难或无适当参数的排气式避雷器时,可采用阀式避雷器。

全线架设避雷线的 35~110kV 变电所,其进线的隔离开关或断路器可能经常断路器运行且线路侧又带电时,宜在靠近隔离开关或断路器处装设一组保护间隙或阀式避雷器。

16.6.13 发电厂、变电所的 35kV 及以上电缆进线段,在电缆与架空线的连接处应装设阀式避雷器,其接地端应与电缆的金属外皮连接。对三芯电缆,末端的金属外皮应直接接地(图 16.6.13a 所示);对单芯电缆,应经无间隙金属氧化物电缆护层保护器(YWDL)或保护间隙接地(图 16.6.13b 所示)。

当电缆长度不大于 50m 或虽大于 50m,但经校验,装一组阀式避雷器能符合保护要求时,在图 16.6.13 所示系统中可只装 FB_1 或 FB_2 。

当电缆长度大于 50m,且断路器在雷季可能经常断路运行时,应在电缆末端装设排气式避雷器或阀式避雷器。

连接电缆段的 1km 架空线路,应架设避雷线。

电缆线路—变压器组接线的变电所阀式避雷器的装设,可经校验确定。

电缆线路—变压器组接线的变电所,其 35、66 及 110kV 变压器标准雷电冲击

全波耐受电压,应分别为 200、325 及 450kV。

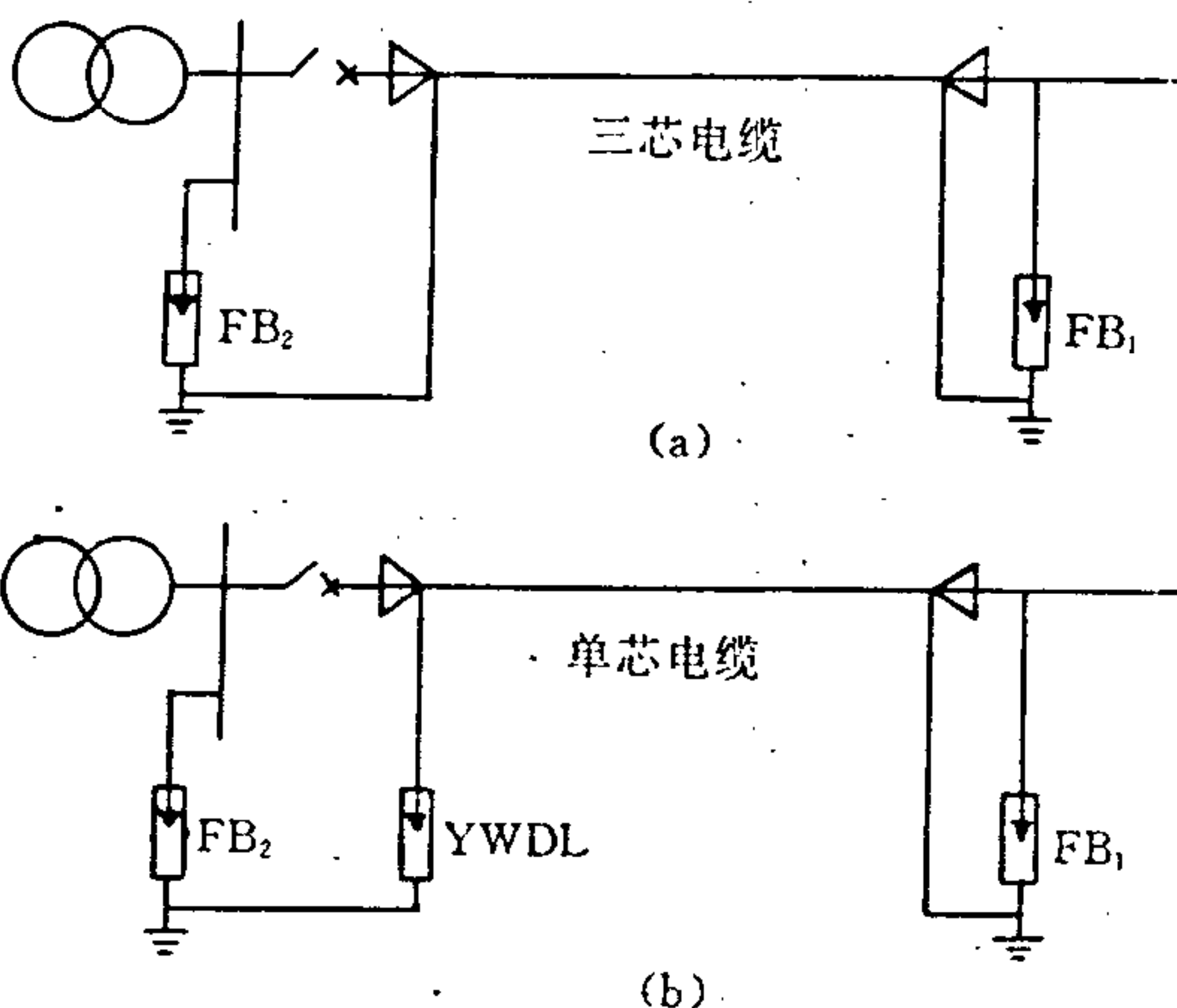


图 16.6.13 35kV 及以上电缆段的
变电所进线保护接线

16.6.14 有架空进线的35kV及以上发电厂和变电所敞开式高压配电装置中阀式避雷器的配置,应符合下列规定:

16.6.14.1 每组母线上应装设普通阀式避雷器。阀式避雷器与主变压器及其他被保护设备的电气距离大于表16.6.14-1的规定值时,可在主变压器附近增设一组阀式避雷器。

变电所内所有阀式避雷器应以最短的接地线与配电装置的主接地网连接,并应在其附近装设集中接地装置。

普通阀式避雷器与主变压器间的最大电气距离(m)

表 16.6.14-1

系统标称 电压(kV)	进线长度 (km)	进 线 路 数			
		1	2	3	≥4
35	1	25	40	50	55
	1.5	40	55	65	75
	2	50	75	90	105
66	1	45	65	80	90
	1.5	60	85	105	115
	2	80	105	130	115
110	1	45	70	80	90
	1.5	70	95	115	130
	2	100	135	160	180

注:①全线有避雷线进线长度取2km,进线长度在1~2km间时的距离按插入法确定。

②35kV亦适用于有串联间隙金属氧化物避雷器的情况。

16.6.14.2 35kV及以上装有标准绝缘水平的设备和标准特性阀式避雷器且高压配电装置采用单母线、双母线或分段的电气主接线时,碳化硅普通阀式避雷器与主变压器间的最大电气距离,不应大于表16.6.14-1的规定。其他被保护设备的最大电气距离,可按表16.6.14-1的规定值相应增加35%确定。

35kV 有串联间隙金属氧化物避雷器与主变压器间的电气距离,不应大于表 16.6.14-1 的规定。其它被保护设备的最大电气距离,可按表 16.6.14-1 的规定值相应增加 35% 确定。

无间隙金属氧化物避雷器与主变压器间的电气距离,不应大于表 16.6.14-2 的规定。其他被保护设备的最大电气距离,可按表 16.6.14-2 的规定值相应增加 35%。

**无间隙金属氧化物避雷器与
主变压器间的电气距离(m) 表 16.6.14-2**

系统标称 电压(kV)	进线长度 (km)	进 线 路 数			
		1	2	3	≥4
110	1	55	85	105	115
	1.5	90	120	145	165
	2	125	170	205	230

注:①全线有避雷线进线长度取 2km,进线长度在 1~2km 间时的距离,按插入法确定。

②标准绝缘水平指 35、66 及 110kV 变压器、电压互感器标准雷电冲击全波耐受电压分别为 200、325 及 480kV。

16.6.14.3 架空进线采用双回路杆塔,且有同时遭到雷击的可能,在确定阀式避雷器与变压器最大电气距离时,应按一路确定,且在雷季中宜避免将其中一路断开。

16.6.14.4 对电气接线比较特殊的情况,其避雷器的配置可用计算方法或通过模拟试验确定。

16.6.15 有效接地系统中的中性点不接地的变压器,当中性点采用分级绝缘且未装设保护间隙时,应在中性点装设雷电过电压保护装置,且宜选变压器中性点无间隙金属氧化物避雷器。当中性点采用全绝缘,变电所为单进线且为单台变压器运行时,亦应在中性点装设雷电过电压保护装置。

不接地、消弧线圈接地和高值电阻接地系统中的变压器中性点,可不装设保护装置,但多雷区单进线变电所且变压器中性点引出时,宜装设保护装置;中性点接有消弧线圈的变压器,当有单进

线运行可能时,亦应在中性点装设保护装置。保护装置可选有串联间隙金属氧化物避雷器、碳化硅普通阀式避雷器或无间隙金属氧化物避雷器。

16.6.16 35~110kV 开关站,应根据其重要性和进线路数等条件,在母线上或进线上装设阀式避雷器。

16.6.17 与架空线路连接的三绕组自耦变压器、变压器(包括一台变压器与两台电机相连的三绕组变压器)的低压绕组,当有开路运行的可能和发电厂双绕组变压器当发电机断开由高压侧倒送厂用电时,应在变压器低压绕组三相出线上装设阀式避雷器,但当绕组连有 25m 及以上金属外皮电缆时,可不装设避雷器。

16.6.18 变电所的 3~10kV 配电装置以及电力变压器,应在每组母线和架空进线上分别装设电站和配电阀式避雷器并应采用图 16.6.18 所示的保护接线。母线上阀式避雷器与 3~10kV 主变压器的电气距离,不宜大于表 16.6.18 所规定的数值。

架空进线全部在厂区内,且受到其他建筑物屏蔽时,可只在母线上装设阀式避雷器。

有电缆段的架空线路,阀式避雷器应装设在电缆头附近,其接地端应和电缆金属外皮相连。当各架空进线均有电缆段时,阀式避雷器与主变压器的最大电气距离不受限制。

阀式避雷器应以最短的接地线与变电所、配电所的主接地网连接(或通过电缆金属外皮连接)。阀式避雷器附近应装设集中接地装置。

3~10kV 配电所,当无所用变压器时,可仅在每路架空进线上装设阀式避雷器。

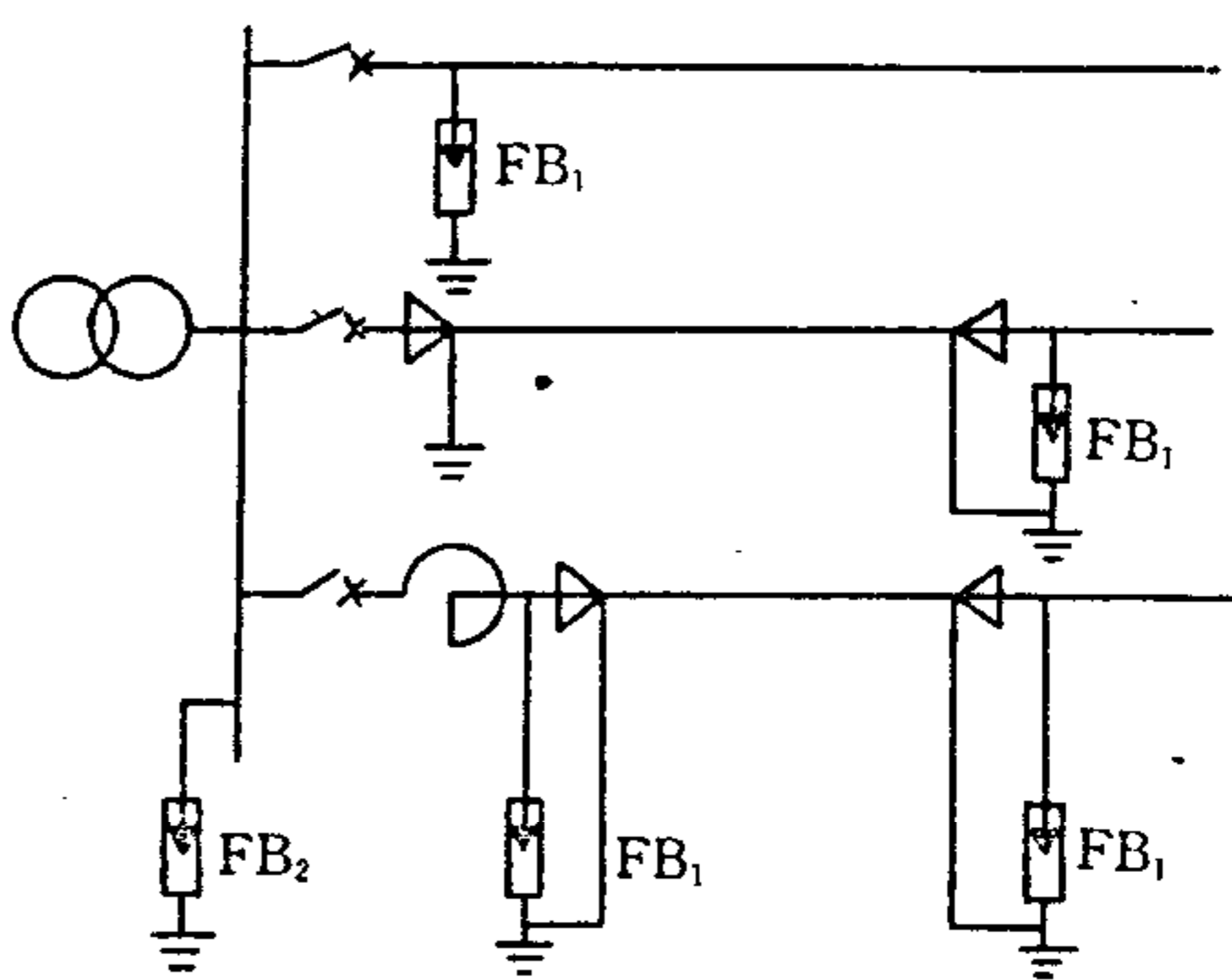


图 16.6.18 3~10kV 配电装置雷电侵入波的保护接线

阀式避雷器与 3~10kV 主变压器的电气距离

表 16.6.18

雷季经常运行的 进线路数	1	2	3	≥4
电气距离(m)	15	20	25	30

III SF₆ 全封闭组合电器(GIS)的雷电

侵入波过电压保护

16.6.19 66kV 及以上进线无电缆段的 SF₆ 全封闭组合电器(GIS),在 SF₆ 管道与架空线路的连接处,应装设无间隙金属氧化物避雷器(YWZ₁),其接地端应与管道金属外壳连接(图 16.6.19)。

当变压器或全封闭组合电器一次回路的任何电气部分至 YWZ₁ 间的电气距离,不大于下列值或虽大于但经校验,装一组避雷器能符合保护要求时,在图 16.6.19 所示系统中可只装设 YWZ₁,当不能符合保护要求时应增装 YWZ₂。

66kV 40m

110kV 120m

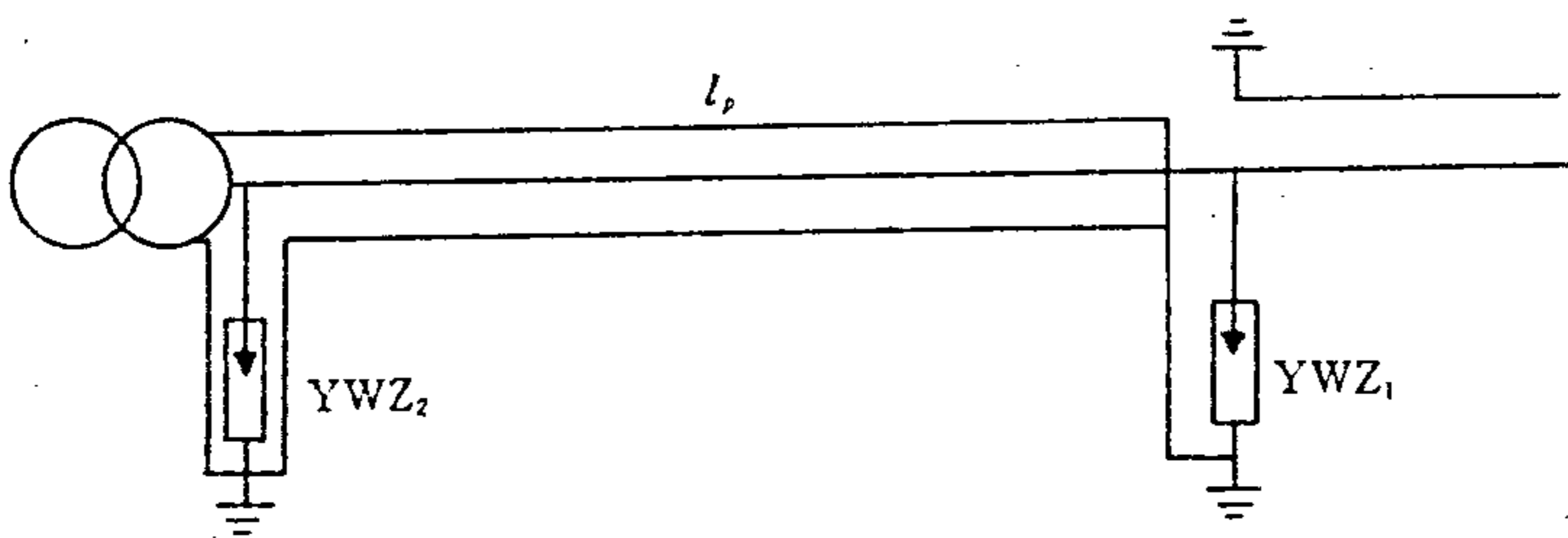


图 16.6.19 无电缆段进线的 GIS 保护接线

连接 SF₆ 管道的架空线路进线保护段的长度不应小于 2km,且应符合本规范 16.6.11 条或 16.6.12 条的要求。

16.6.20 66kV 及以上进线有电缆段的 SF₆ 全封闭组合电器,在电

缆段与架空线路的连接处应装设无间隙金属氧化物避雷器(YWZ₁),其接地端应与电缆的金属外皮连接。对三芯电缆,末端的金属外皮应与 SF₆ 管道金属外壳连接接地(图 16.6.20a);对单芯电缆,应经无间隙金属氧化物电缆护层保护器(YWDL)接地(图 16.6.20b)。

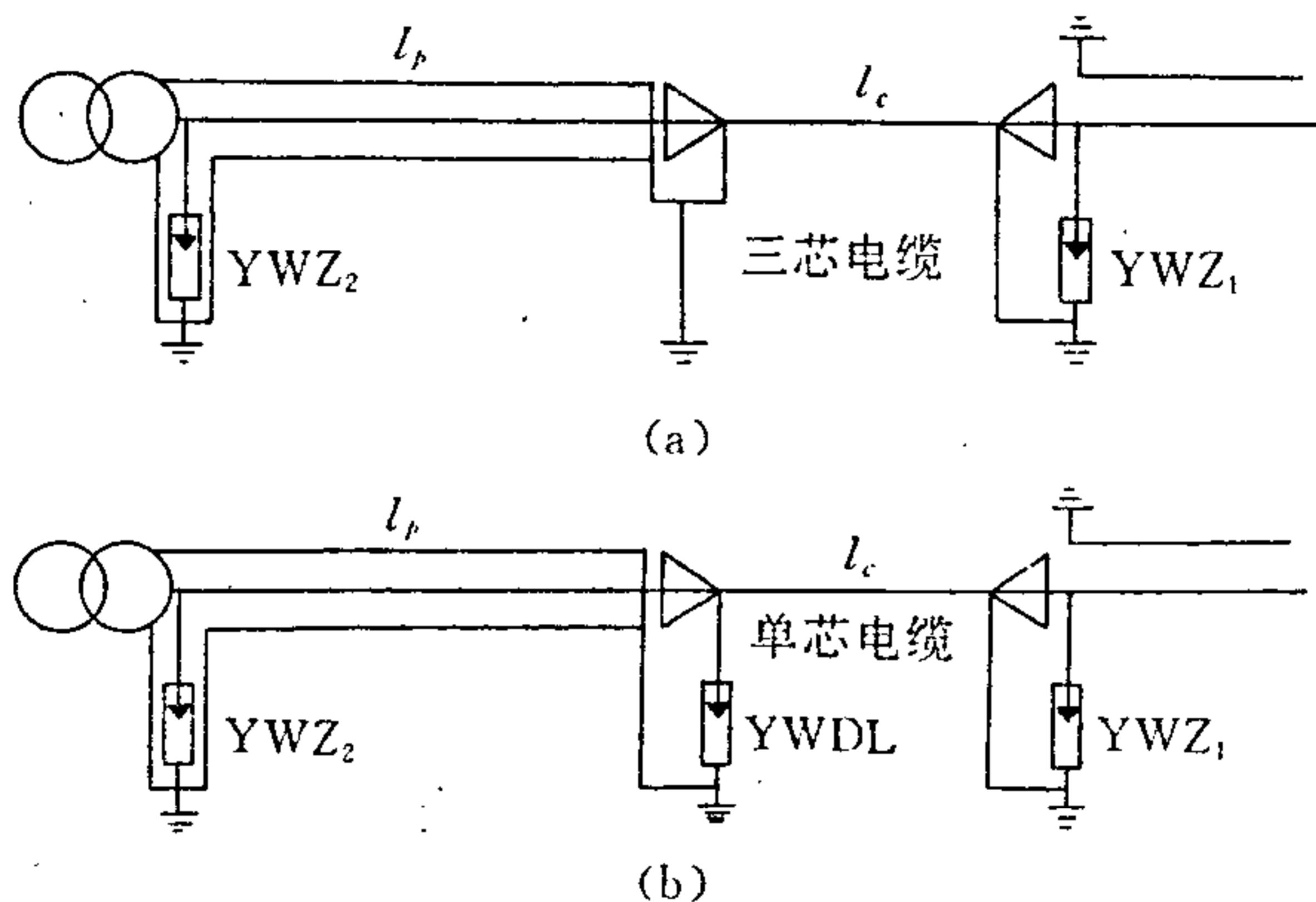


图 16.6.20 有电缆段进线的 GIS 保护接线

当电缆末端至变压器或 GIS 一次回路的任何电气部分间的最大电气距离不大于 16.6.19 中的规定值或虽大于但经校验,装一组避雷器能符合保护要求时,在图 16.6.20 所示系统中可只装设 YWZ₁。

对连接电缆段的 1km 线路应架设避雷线。

16.6.21 进线全长为电缆的 SF₆ 全封闭组合电器(GIS)阀式避雷器的装设,可经校验确定。

IV 小容量变电所雷电侵入波过电压的简易保护

16.6.22 3150~5000kVA 的变电所 35kV 侧,可根据负荷的重要性及雷电活动的强弱等条件适当简化保护接线。变电所进线段的避雷线长度可减少到 500~600m,但其首端排气式避雷器或保护间隙的接地电阻不应大于 5Ω(图 16.6.22)。

16.6.23 小于 3150kVA 供非重要负荷的变电所 35kV 侧,根据雷电活动的强弱,可采用图 16.6.23a 所示的保护接线;容量为 1000kVA 及以下的变电所,亦可采用图 16.6.23b 所示的保护接线。

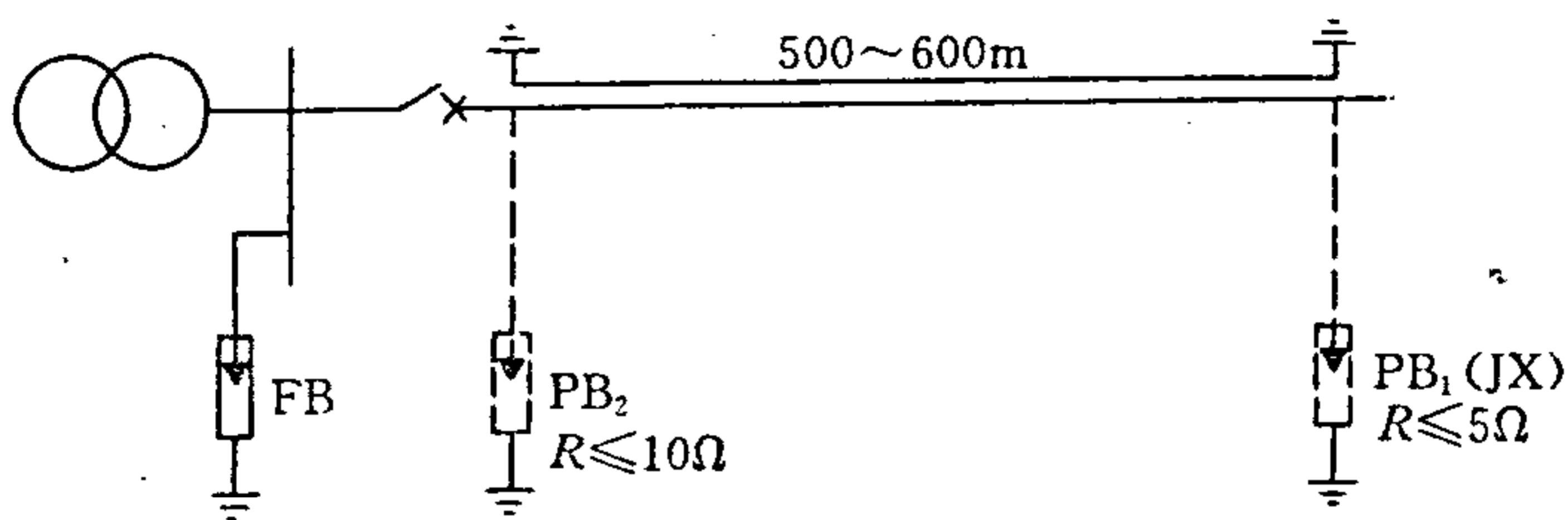
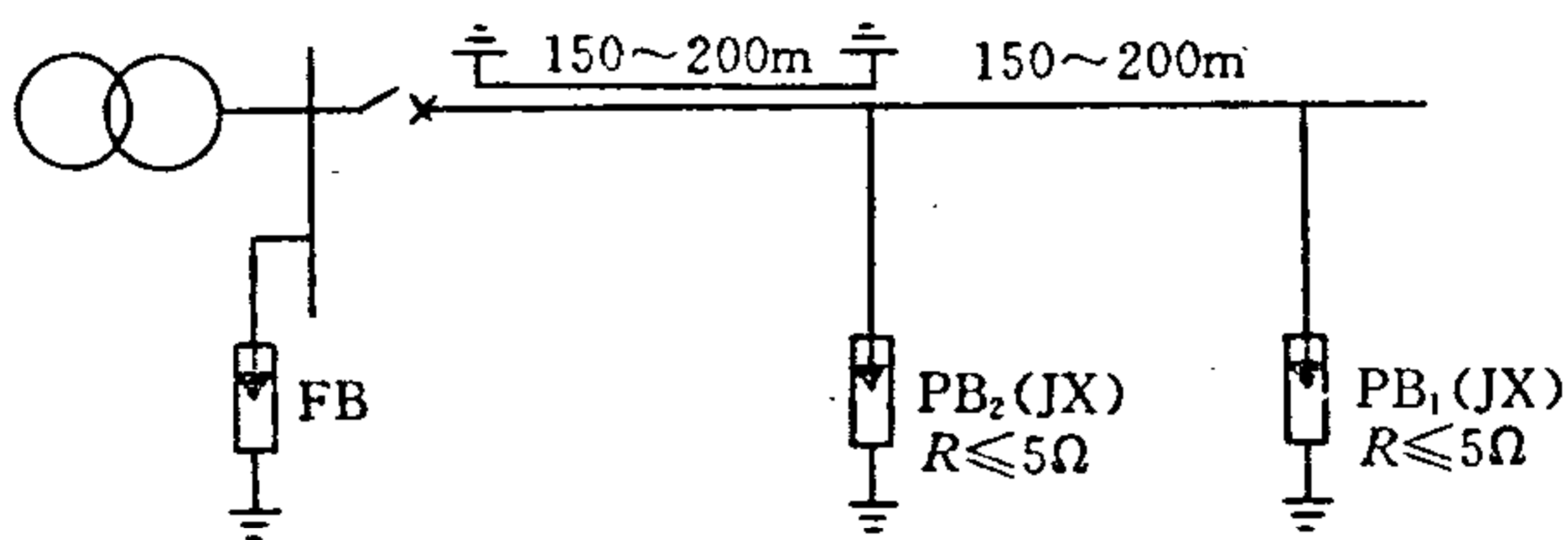
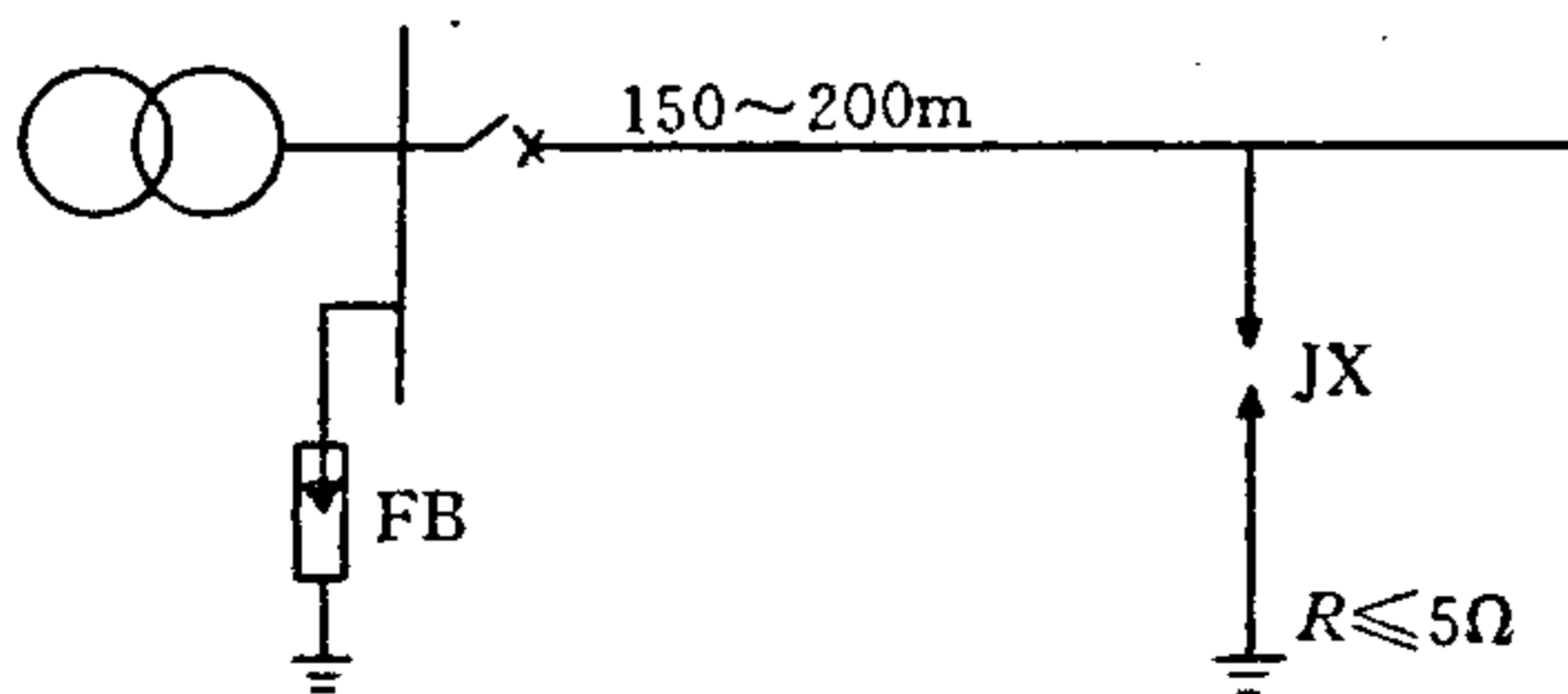


图 16.6.22 3150~5000kVA 变电所 35kV 侧的简易保护接线



(a)



(b)

图 16.6.23 小于 3150kVA 变电所的简易保护接线

16.6.24 小于 3150kVA 供非重要负荷的 35kV 分支变电所,根据雷电活动的强弱,可采用图 16.6.24 所示的保护接线。

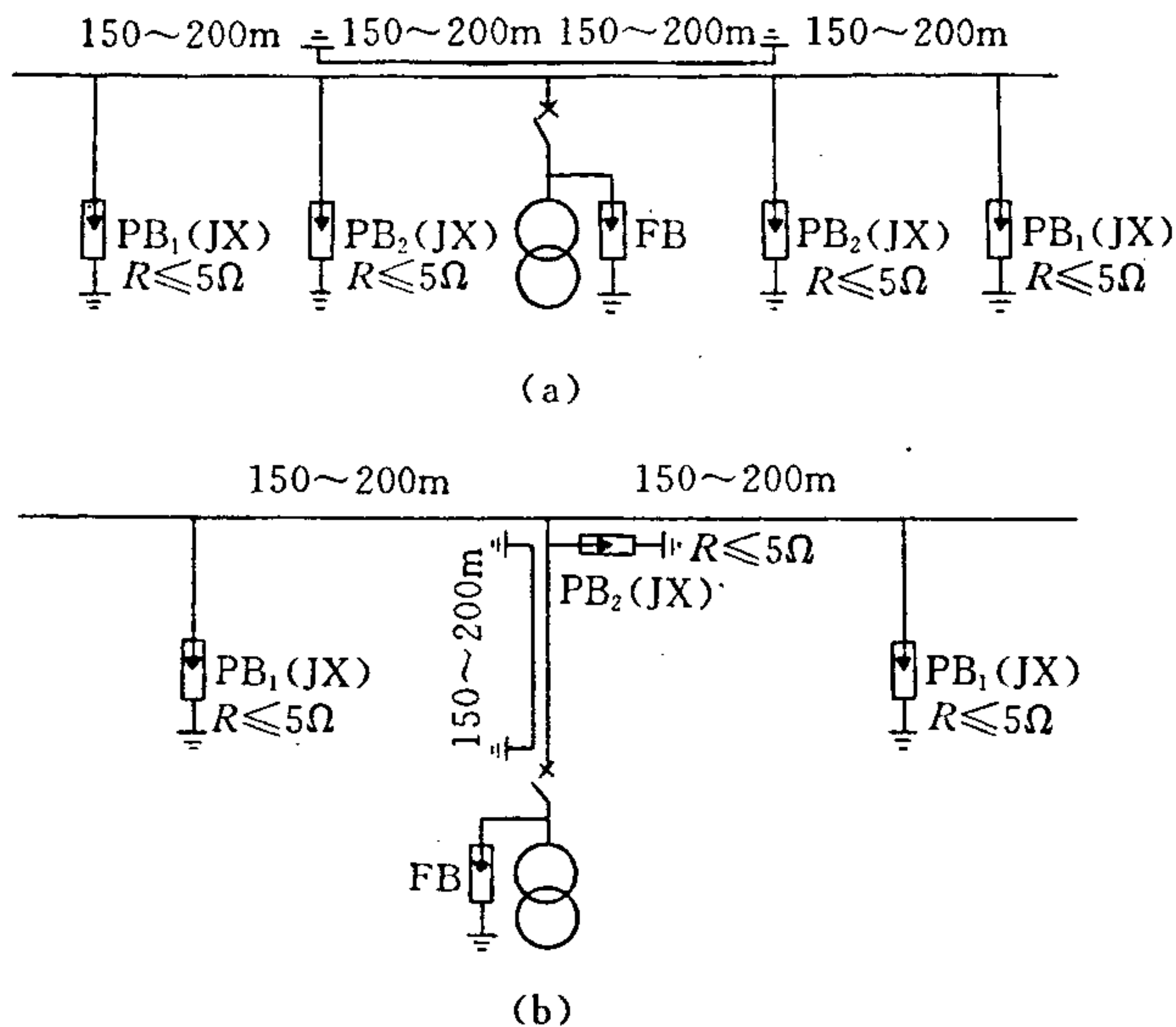


图 16.6.24 小于 3150kVA 分支变电所的简易保护接线

16.6.25 简易保护接线的变电所 35kV 侧, 阀式避雷器与主变压器或电压互感器间的最大电气距离不宜大于 10m。

16.7 配电系统的雷电过电压保护

16.7.1 3~10kV 配电系统中的配电变压器, 应装设阀式避雷器 (YCS、FS 或 YWS) 保护。阀式避雷器宜靠近变压器装设, 其接地线应与变压器低压侧中性点 (中性点不接地时则为中性点的击穿保险器的接地端) 以及金属外壳等连在一起接地。

16.7.2 3~10kV 双星形低压侧中性点接地和不接地接线的配电变压器, 宜在低压侧装设一组阀式避雷器或击穿保险器, 当在低压侧中性点接地时, 宜选用低压无间隙金属氧化物避雷器, 厂区内的配电变压器的避雷装置的装设, 可根据运行经验确定。

低压侧中性点不接地的配电变压器,应在中性点装设击穿保险器。

16.7.3 35/0.4kV 配电变压器,其高低压侧应装设阀式避雷器保护。

16.7.4 3~10kV 柱上断路器和负荷开关应装设阀式避雷器保护。经常断路运行而又带电的柱上断路器、负荷开关或隔离开关,应在带电侧装设阀式避雷器。其接地线应与柱上断路器等金属外壳连接,且接地电阻不应大于 10Ω 。

接在架空线上的电容器,宜装设阀式避雷器保护。

16.7.5 在多雷区或易遭雷击的地段,直接与架空线路相连的电度表宜装设防雷装置。

16.7.6 220/380V 低压架空线路接户线的绝缘子铁脚宜接地,接地电阻不宜大于 30Ω 。土壤电阻率在 $200\Omega \cdot \text{m}$ 及以下的铁横担钢筋混凝土杆线路,可不设接地装置。屋内有电气设备接地装置的建筑物,当入口处的绝缘子铁脚与接地装置相连时,可不另设接地装置。年平均雷暴日数小于或等于 30 的地区、低压线路被建筑物等屏蔽的地区,以及接户线距低压线路接地点小于或等于 50m 的地方,接户线绝缘子铁脚可不接地。

16.8 旋转电机的雷电过电压保护

16.8.1 与架空线路直接连接的直配电机的保护方式,应根据电机容量、雷电活动的强弱和对运行可靠性的要求确定。

16.8.2 单机容量为 25000~60000kW 的直配电机,宜采用图 16.8.2 所示的保护接线。60000kW 以上的电机,不应与架空线路直接连接。

排气式避雷器 PB_1 和旋转电机阀式避雷器 PB_2 的冲击放电电压,不应超过表 16.8.2 所列数值。

PB_1 和 PB_2 接地端,应用钢绞线连接。钢绞线应架设在导线下方,距导线应大于 2m 且小于 3m,并应与电缆首端的金属外皮在装设 PB_2 杆塔处连在一起接地,工频接地电阻不应大于 5Ω 。

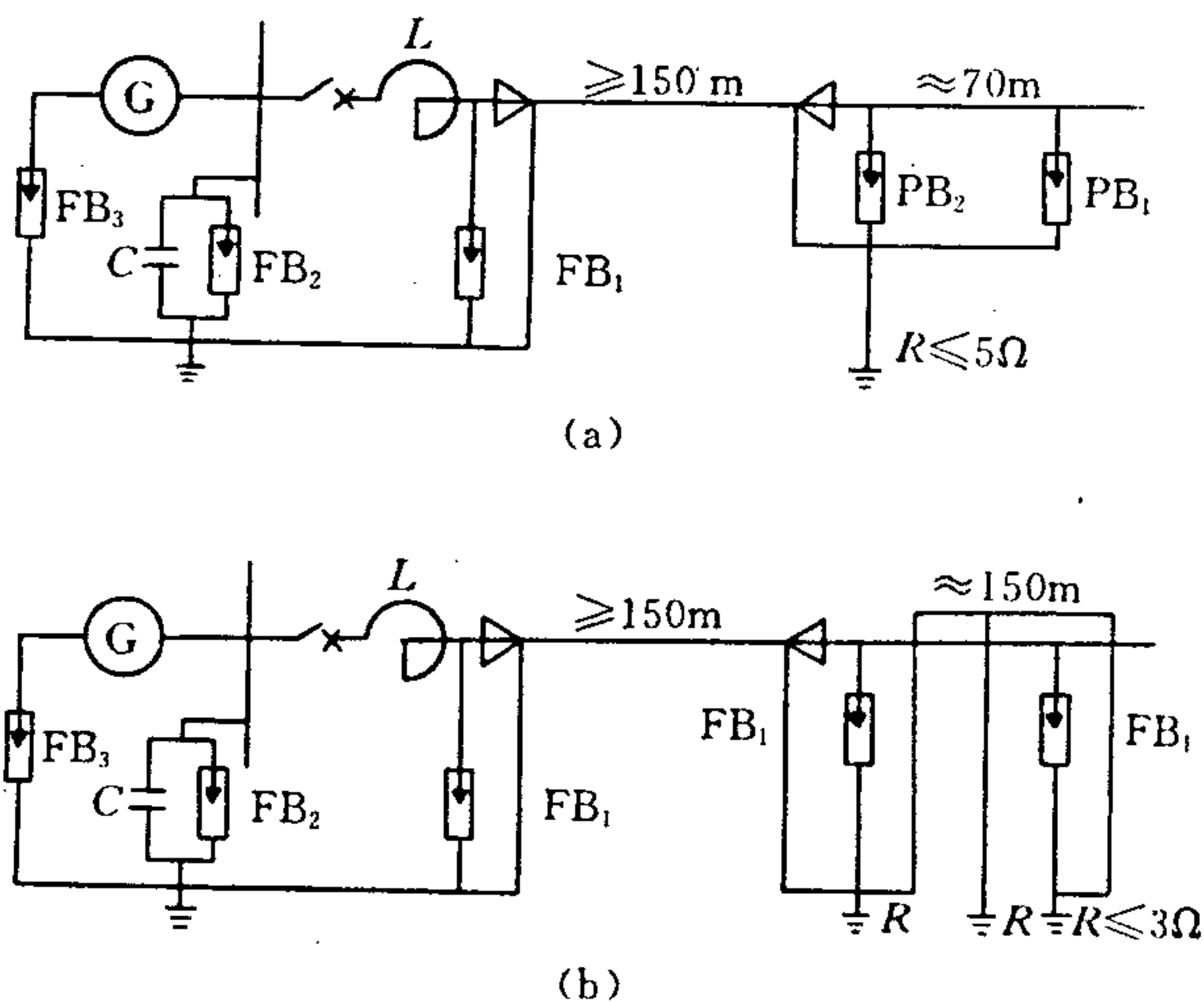


图 16.8.2 25000~60000kW 直配电机的保护接线

FB₁—为配电阀式避雷器 FB₂—为旋转电机阀式避雷器

FB₃—为旋转电机中性点阀式避雷器

配电阀式避雷器与旋转电机阀式 避雷器的冲击放电电压

表 16.8.2

系统标称电压(kV)	3	6	10
预放电时间为 2μs 的冲击放电电压(kV)	40	50	60

进线电缆段应直接埋设在土中,当受条件限制不能直接埋设时,应将电缆金属外皮两端接地并在两端间增加 3~5 处接地。

当电缆首端的短路电流较大,按图 16.8.2a 所示的保护接线无适当参数的排气式避雷器可用时,可采用图 16.8.2b 所示的保护接线。

进线段上的阀式避雷器的接地端,应与电缆的金属外皮和避雷线连在一起接地,接地电阻不应大于 3Ω。

16.8.3 单机容量为 6000kW~25000kW 的直配电机,宜采用图 16.8.3a 所示的保护接线。在多雷区,亦可采用图 16.8.2 所示的保护接线。

当电缆首端的短路电流较大,按图 16.8.3a 所示的保护接线无适当参数的排气式避雷器可用时,可采用图 16.8.3b 所示的保护接线。

16.8.4 单机容量为 6000~12000kW 的直配电机,出线回路中无限流电抗器时,可采用图 16.8.4 所示的保护接线。在雷

电活动强烈地区,宜采用有电抗线圈的图 16.8.4a 所示的保护接线。

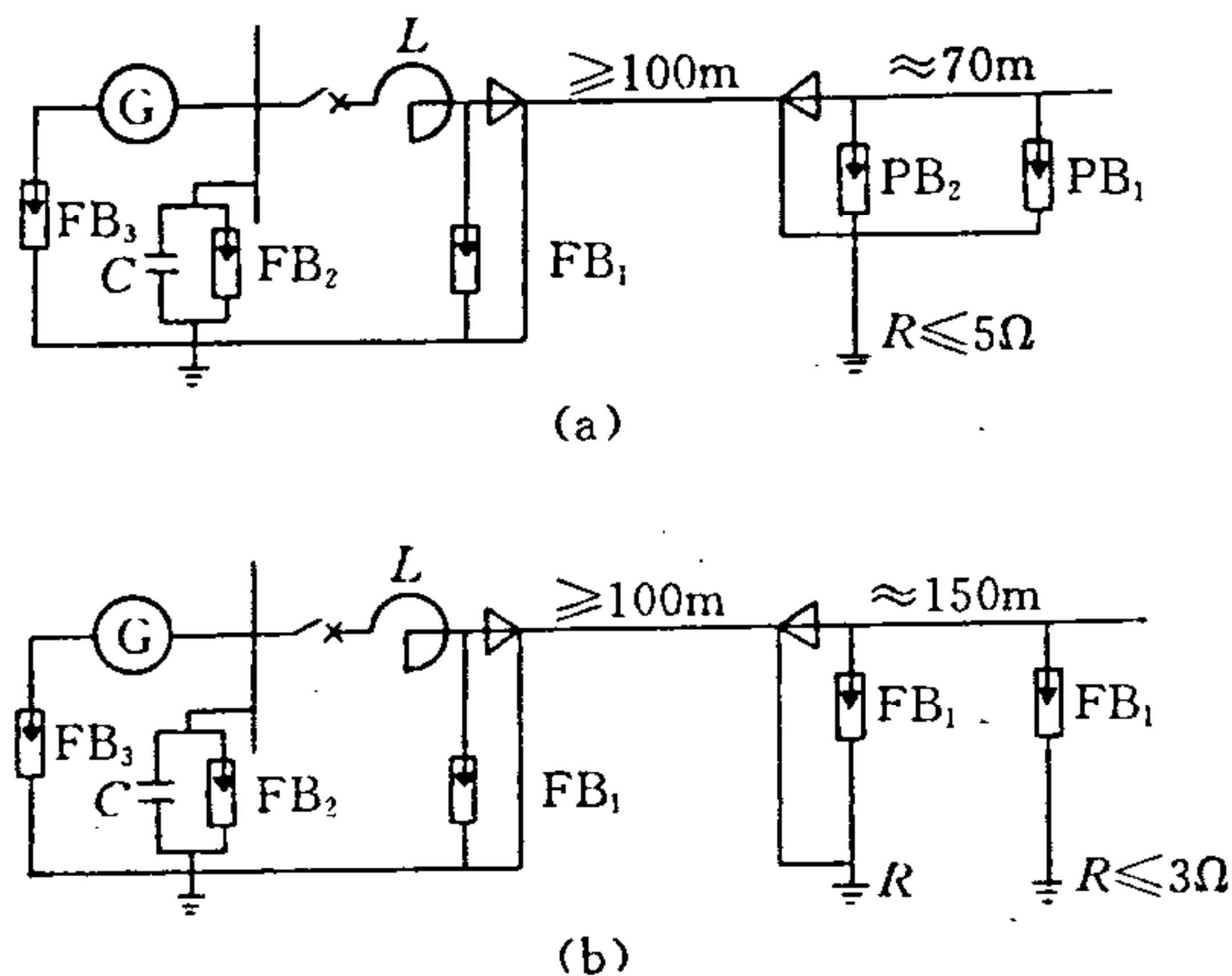


图 16.8.3 6000kW~25000kW 直配电机的保护接线

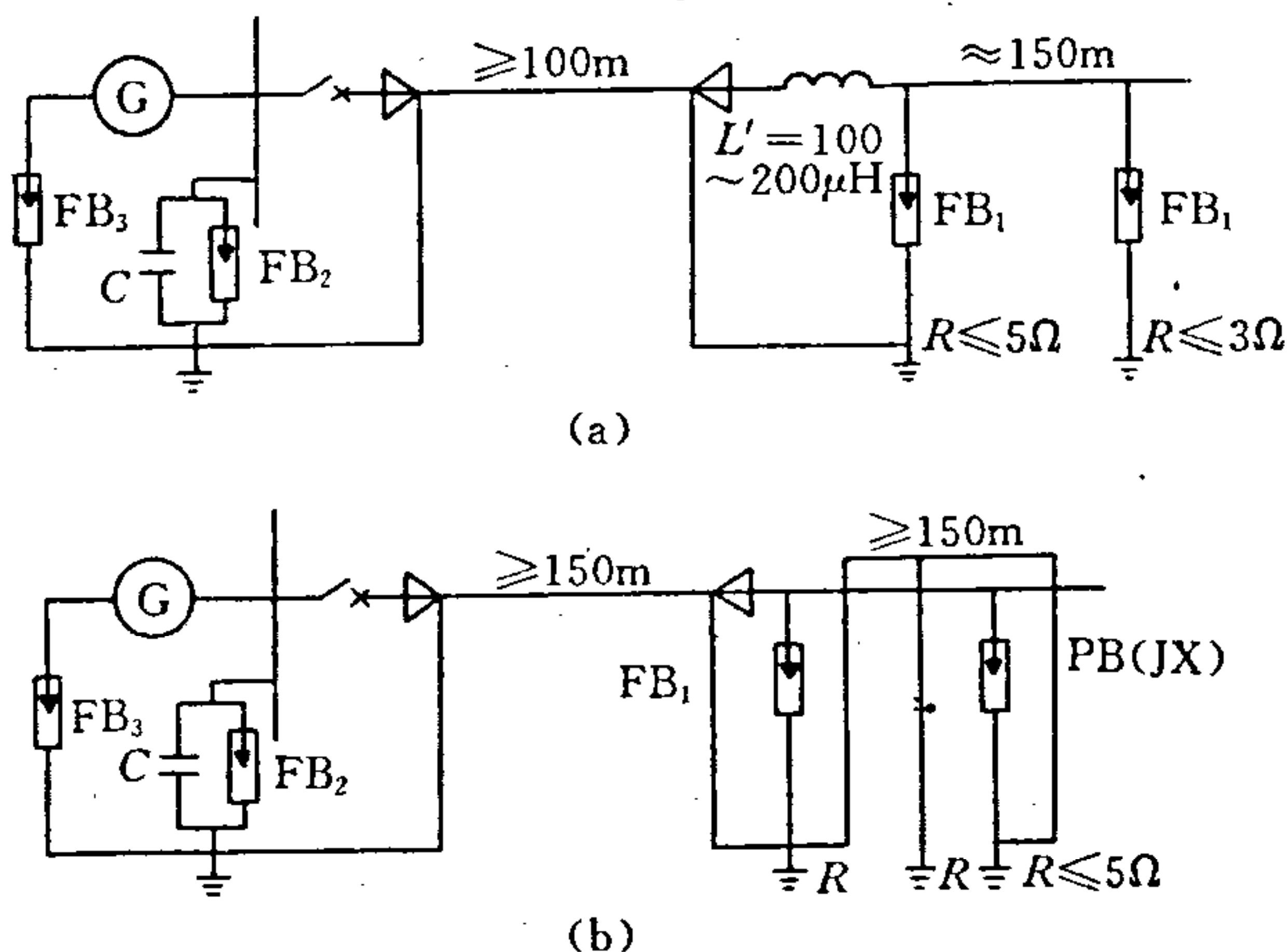


图 16.8.4 6000~12000kW 直配电机的保护接线

16.8.5 单机容量为 1500kW~6000kW 以及少雷区 60000kW 及以下的直配电机,可采用图 16.8.5 所示的保护接线。

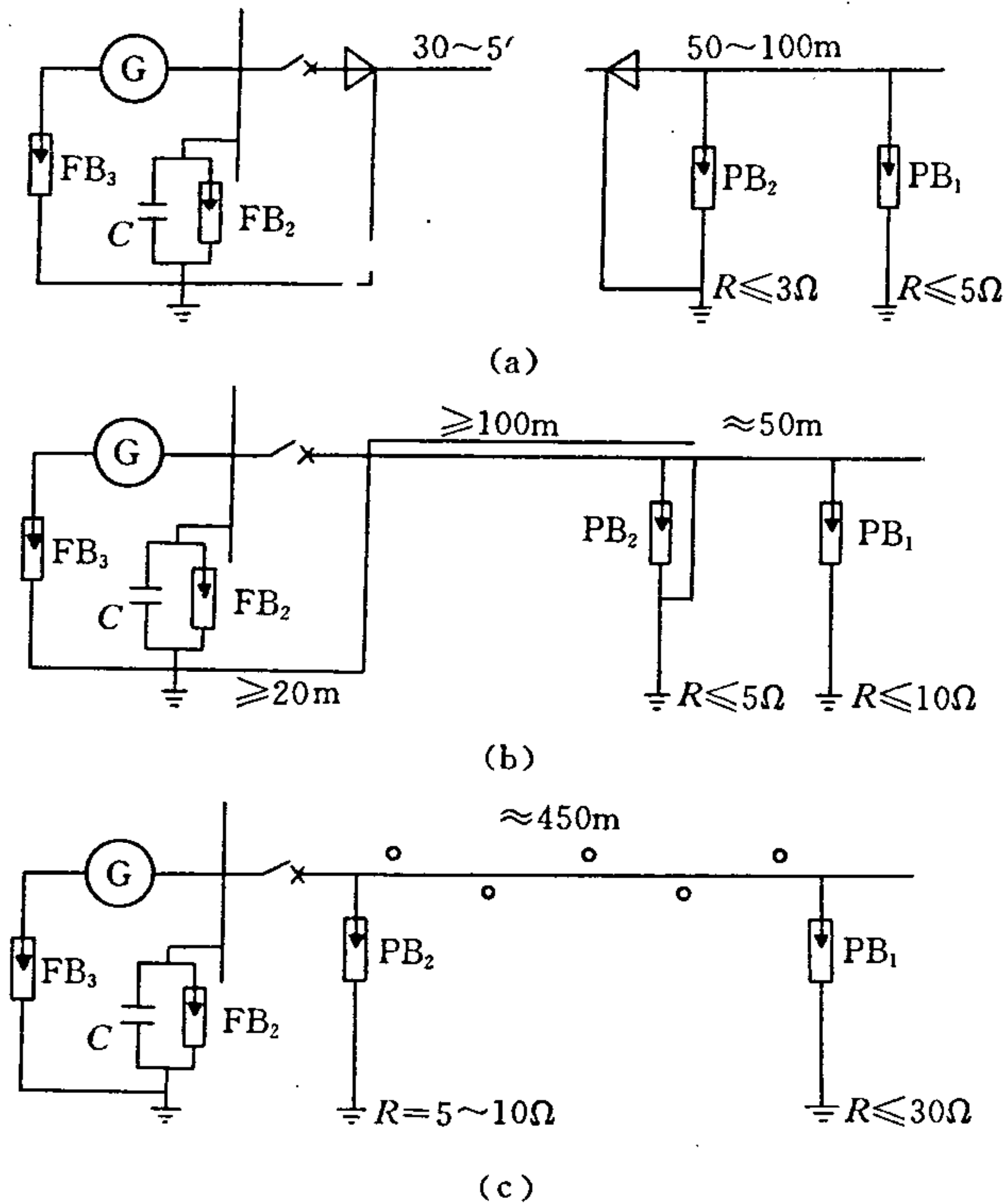


图 16.8.5 1500kW~6000kW 直配电机和少雷地区 60000kW 及以下直配电机的保护接线

在进线保护段长度 l_0 内,应装设避雷针或避雷线。

进线保护段长度与排气式避雷器接地电阻的关系,应符合下列表达式:

(1) 3 和 6kV 线路:

$$\frac{l_0}{R} \geq 200 \quad (16.8.5-1)$$

(2) 10kV 线路:

$$\frac{l_0}{R} \geq 150 \quad (16.8.5-2)$$

式中 l_0 ——进线保护段长度(m);

R ——接地电阻(Ω)。

进线保护段长度宜采用 450~600m。

在进线保护段上当有排气式避雷器 PB_2 时,接地电阻可取两组排气式避雷器 PB_1 和 PB_2 接地电阻的并联值。

注:图 16.8.5a 中的阀式避雷器 FB_1 主要用来保护断路器或隔离开关

16.8.6 单机容量为 1500~6000kW 的直配电机,亦可采用图 16.8.6 所示的有电抗线圈或限流电抗器的保护接线。

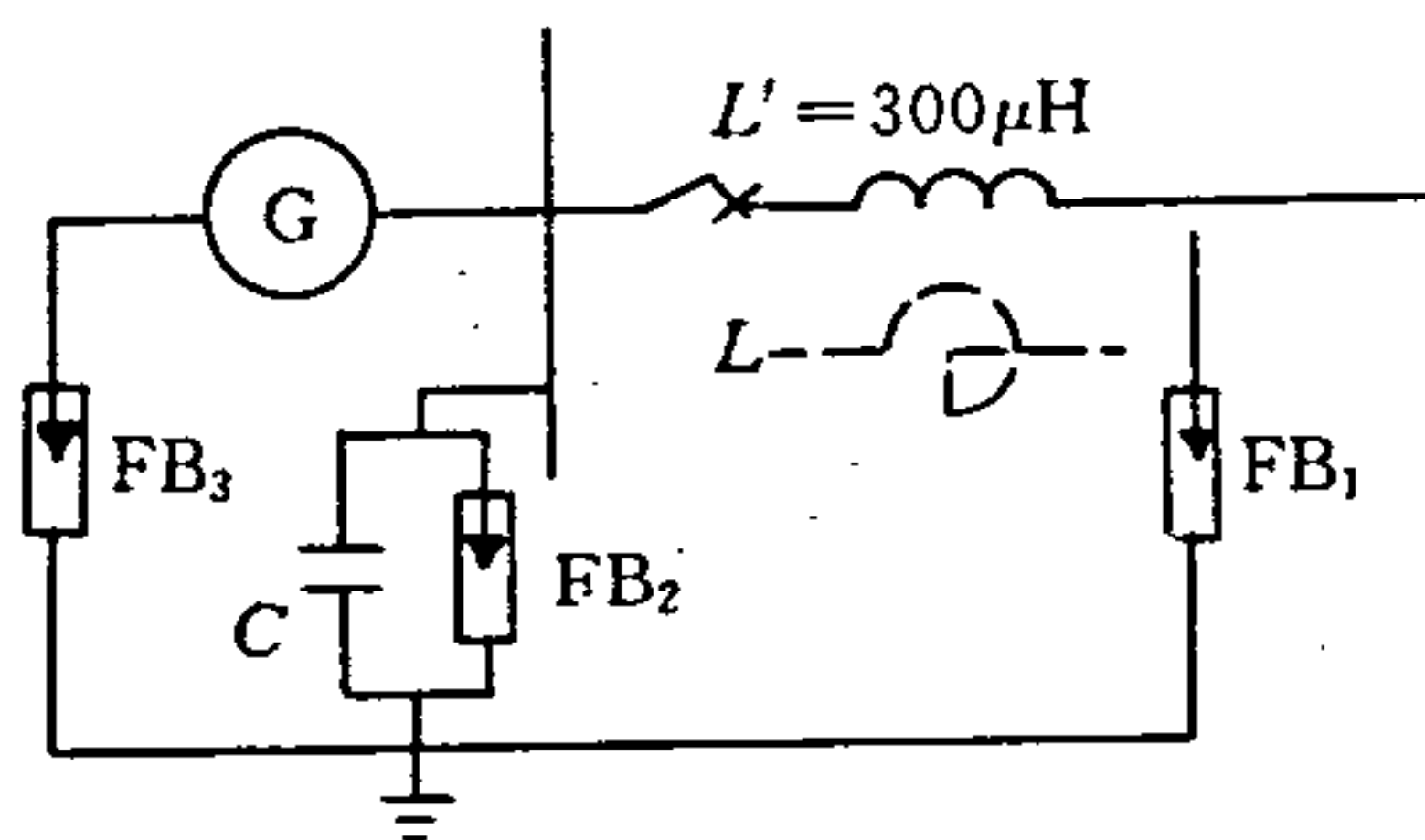


图 16.8.6 1500~6000kW 直配电机的保护接线

16.8.7 单机容量为 300kW~

1500kW 的直配电机,宜采用图 16.8.7 所示的保护接线。

16.8.8 单机容量为 300kW 及以下的直配电机,根据具体情况和运行经验,可采用图 16.8.8 所示的保护接线;亦可只在车间线路入户处装设一组避雷器和电容器,并在靠近入户处的电杆上装设保护间隙,或将绝缘子铁脚接地。重要电机,亦可采用图 16.8.7 的保护接线。

16.8.9 单机容量为 1500kW 以下的直配电机,采用 16.8.7、16.8.8 规定的保护方式有困难时,亦可采用图 16.8.6 所示的保护接线。

16.8.10 容量为 25000kW 及以上的直配电机,应在每台电机出线处装设一组旋转电机阀式避雷器。25000kW 以下的直配电机,宜在每台电机出线处装设一组旋转电机阀式避雷器,亦可靠近电机装设;当接在每一组母线上的电机不超过两台,或避雷器与 500kW 及以下电机的电气距离不大于 50m 时,避雷器亦可装在每一组母线上。

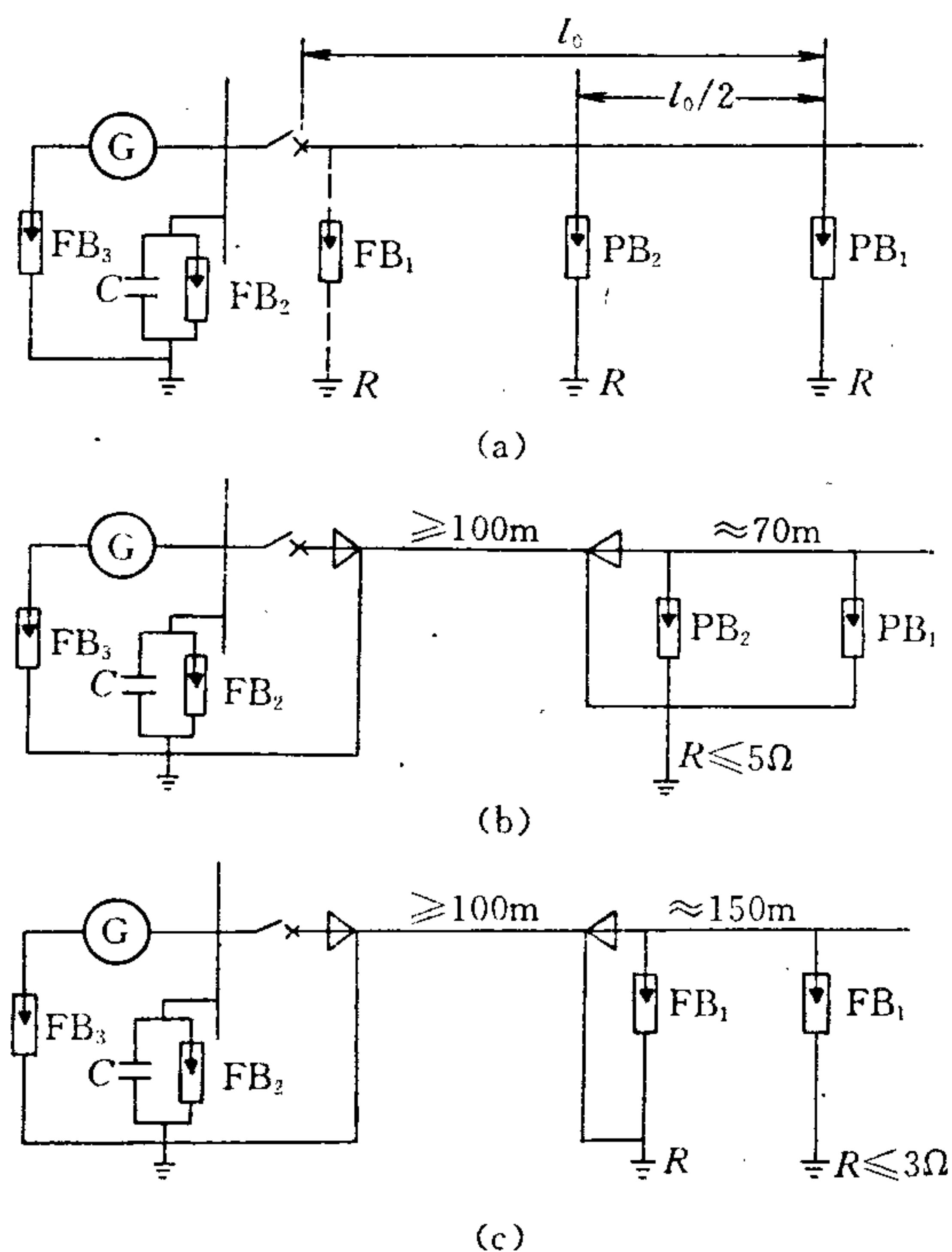


图 16.8.7 300kW~1500kW 直配电机的保护接线

16.8.11 直配电机的中性点能引出且未直接接地时,应在中性点上装设旋转电机中性点阀式避雷器。

16.8.12 为保护直配电机架设的避雷线,对边导线的保护角不应大于 30° 。

16.8.13 为保护直配电机匝间绝缘和防止感应过电压装在每相母线上的电容器,包括电缆段电容在内应为 $0.25\sim 0.5\mu\text{F}$;对中性点不能引出或双排非并绕线圈的电机,应为 $1.5\sim 2\mu\text{F}$ (图 16.8.2~图 16.8.8a)。

电容器宜有短路保护。

注:图 16.8.8b 中的电容器,每相应为 $0.5\sim 1\mu\text{F}$ 。

16.8.14 无架空直配线的发电机,如发电机与升压变压器之间的

母线桥或组合导线无金属屏蔽部分的长度大于 50m 时,应在发电机回路或母线的每相导线上装设不小于 $0.15\mu\text{F}$ 的电容器或旋转电机阀式避雷器。如按本规范 16.6.17 条要求在升压变压器的低压侧装设阀式避雷器,而且本条也要求在发电机处装设避雷器时,这两组避雷器应共用并应选用旋转电机阀式避雷器。

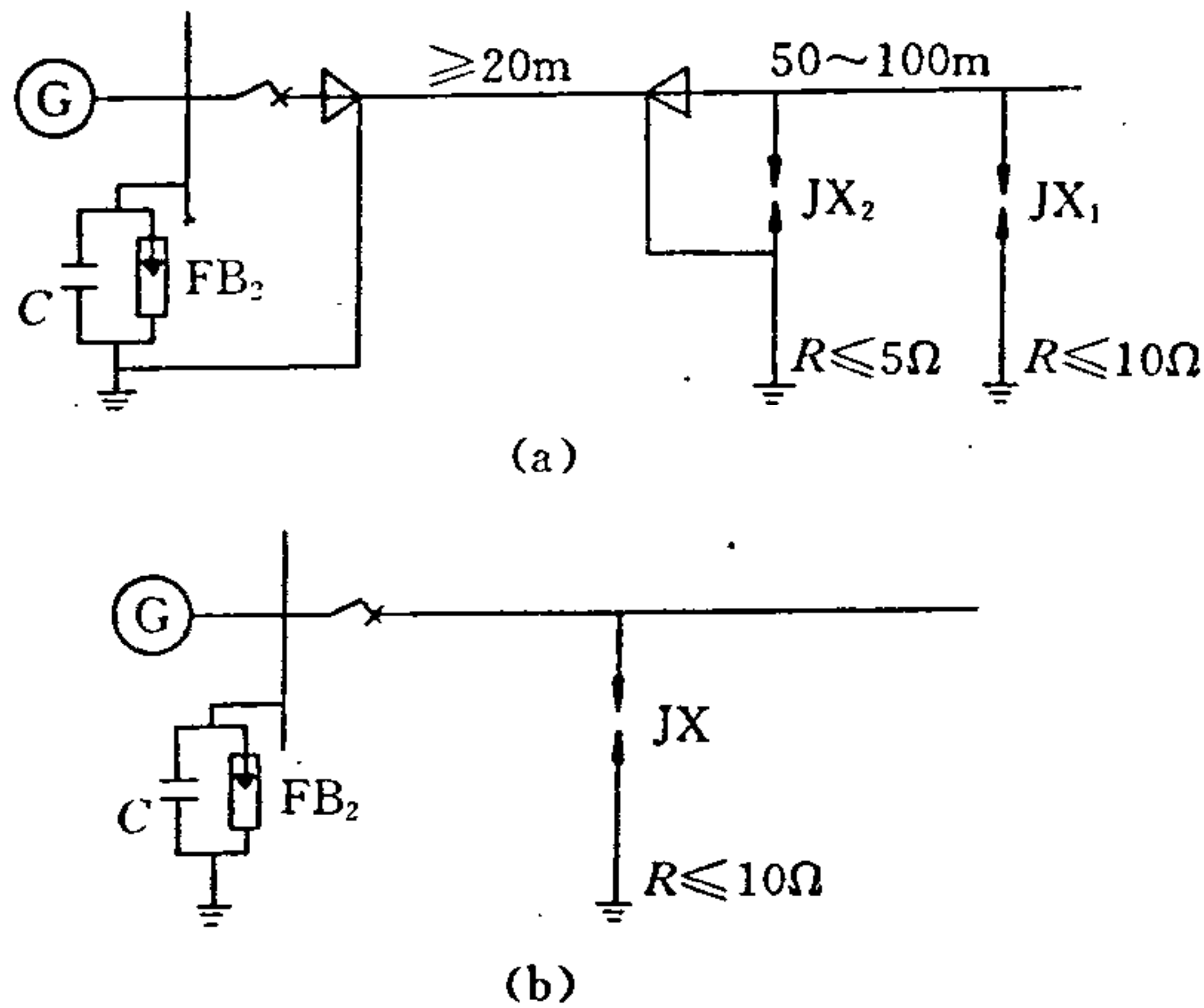


图 16.8.8 300kW 及以下直配电机的保护接线

16.8.15 在多雷区,经变压器与架空线路连接的非直配电机,当变压器高压侧额定电压为 66kV 及以下时,为防止雷电过电压经变压器绕组的电磁传递而危及电机的绝缘时,宜在电机出线上装设一组旋转电机阀式避雷器。

17 建筑物防雷

17.1 一般规定

17.1.1 为使建筑物(含构筑物,下同)防雷设计,因地制宜地采取防雷措施,防止或减少雷击建筑物所发生的人身伤亡和财产损失,做到安全可靠、技术先进、经济合理。

17.1.2 本章适用于新建建筑物的防雷设计;不适用于共用天线电视接收系统、油罐的防雷设计。

17.1.3 建筑物防雷设计,应在认真调查地理、地质、土壤、气象、环境等条件和雷电活动规律以及被保护物的特点等的基础上,详细研究防雷装置的形式及其布置。

17.2 建筑物的防雷分类

17.2.1 建筑物应根据其重要性、使用性质、发生雷电事故的可能性和后果,按防雷要求分为三类。

17.2.2 遇下列情况之一时,应划为第一类防雷建筑物:

(1)凡制造、使用或贮存炸药、火药、起爆药、火工品等大量爆炸物质的建筑物,因电火花而引起爆炸,会造成巨大破坏和人身伤亡者。

(2)具有 0 区或 10 区爆炸危险环境的建筑物。

(3)具有 1 区爆炸危险环境的建筑物,因电火花而引起爆炸,会造成巨大破坏和人身伤亡者。

17.2.3 遇下列情况之一时,应划为第二类防雷建筑物:

(1)制造、使用或贮存爆炸物质的建筑物,且电火花不易引起爆炸或不致造成巨大破坏和人身伤亡者。

(2)具有 1 区爆炸危险环境的建筑物,且电火花不易引起爆炸

或不致造成巨大破坏和人身伤亡者。

(3)具有 2 区或 11 区爆炸危险环境的建筑物。

(4)工业企业内有爆炸危险的露天钢质封闭气罐。

(5)预计雷击次数大于 0.3 次/a 的住宅、办公楼等一般性民用建筑物。预计雷击次数应按本规程附录 M 计算。

17.2.4 遇下列情况之一时,应划为第三类防雷建筑物:

(1)预计雷击次数大于或等于 0.06 次/a 的一般性工业建筑物。

(2)根据雷击后对工业生产的影响及产生的后果,并结合当地气象、地形、地质及周围环境等因素,确定需要防雷的 21 区、22 区、23 区火灾危险环境。

(3)预计雷击次数大于或等于 0.06 次/a 且小于或等于 0.3 次/a 的住宅、办公楼等一般性民用建筑物。

(4)在平均雷暴日大于 15d/a 的地区,高度在 15m 及以上烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物;在平均雷暴日小于或等于 15d/a 的地区,高度在 20m 及以上烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物。

17.3 建筑物的防雷措施

I 一般规定

17.3.1 各类防雷建筑物应采取防直击雷和防雷电波侵入的措施。

第一类防雷建筑物和本规范 17.2.3 条的(1)(2)(3)项所规定的第二类防雷建筑物尚应采取防雷电感应的措施。

17.3.2 装有防雷装置的建筑物,在防雷装置与其它设施和建筑物内人员无法隔离的情况下,应采取等电位联结。

II 第一类防雷建筑物的防雷措施

17.3.3 第一类防雷建筑物防直击雷的措施,应符合下列要求:

17.3.3.1 应装设独立避雷针或架空避雷线(网),使被保护的建筑物及风帽、放散管等突出屋面的物体均处于接闪器的保护范围

内。架空避雷网的网格尺寸不应大于 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 或 $6\text{m} \times 4\text{m}$ 。

17.3.3.2 排放爆炸危险气体、蒸气或粉尘的放散管、呼吸阀、排风管等的管口外的以下空间应处于接闪器的保护范围内：当有管帽时应按表 17.3.3 确定；当无管帽时，应为管口上方半径 5m 的半球体。接闪器与雷闪的接触点应设在上述空间之外。

有管帽的管口外处于接闪器

保护范围内的空间

表 17.3.3

装置内的压力与周围空气压力的压力差 (kPa)	排放物的密度	管帽以上的垂直高度 (m)	距管口处的水平距离 (m)
<5	大于空气	1	2
5~25	大于空气	2.5	5
≤25	小于空气	2.5	5
>25	大或小于空气	5	5

17.3.3.3 排放爆炸危险气体、蒸气或粉尘的放散管、呼吸阀、排风管等，当其排放物达不到爆炸浓度、长期点火燃烧、一排放就点火燃烧时，及发生事故时排放物才达到爆炸浓度的通风管、安全阀，接闪器的保护范围可仅保护到管帽，无管帽时可仅保护到管口。

17.3.3.4 独立避雷针的杆塔、架空避雷线的端部和架空避雷网的各支柱处，应至少设一根引下线。对用金属制成或有焊接、绑扎连接钢筋网的杆塔、支柱，宜利用其作为引下线。

17.3.3.5 独立避雷针和架空避雷线(网)的支柱及其接地装置至被保护建筑物及与其有联系的管道、电缆等金属物之间的距离(图 17.3.3)，应符合下列表达式的要求，但不得小于 3m 。

(1)地上部分：

当 $h_r < 5R_i$ 时，

$$S_{al} \geq 0.4(R_i + 0.1h_r) \quad (17.3.3-1)$$

当 $h_r \geq 5R_i$ 时，

h ——避雷线(网)的支柱高度(m);

l ——避雷线的水平长度(m)。

17.3.3.7 架空避雷网至屋面和各种突出屋面的风帽、放散管等物体之间的距离,应符合下列表达式的要求,但不应小于 3m。

当 $(h+l_1)<5R_i$ 时,

$$S_{a2} \geq \frac{1}{n} [0.4R_i + 0.06(h+l_1)] \quad (17.3.3-6)$$

当 $(h+l_1) \geq 5R_i$ 时,

$$S_{a2} \geq \frac{1}{n} [0.1R_i + 0.12(h+l_1)] \quad (17.3.3-7)$$

式中 l_1 ——从避雷网中间最低点沿导体至最近支柱的距离(m);
 n ——从避雷网中间最低点沿导体至最近支柱并有同一距离 l_1 的个数。

17.3.3.8 独立避雷针、架空避雷线或架空避雷网应有独立的接地装置,每一引下线的冲击接地电阻不宜大于 10Ω 。在土壤电阻率高的地区,可适当增大冲击接地电阻。

17.3.4 第一类防雷建筑物防雷电感应的措施,应符合下列要求:

17.3.4.1 建筑物内的设备、管道、构架、电缆金属外皮、钢屋架、钢窗等较大金属物和突出屋面的放散管、风管等金属物,均应接到防雷电感应的接地装置上。

金属屋面周边每隔 18~24m 应采用引下线接地一次。

现场浇制的或由预制构件组成的钢筋混凝土屋面,其钢筋宜绑扎或焊接成闭合回路,并应每隔 18~24m 采用引下线接地一次。

17.3.4.2 平行敷设的管道、构架和电缆金属外皮等长金属物,其净距小于 100mm 时应采用金属线跨接,跨接点的间距不应大于 30m;交叉净距小于 100mm 时,其交叉处亦应跨接。

当长金属物的弯头、阀门、法兰盘等连接外的过渡电阻大于 0.03Ω 时,连接处应用金属线跨接。对有不少于 5 根螺栓连接的法兰盘,在非腐蚀环境下,可不跨接。

17.3.4.3 防雷电感应的接地装置应和电气设备接地装置共用,

其工频接地电阻不应大于 10Ω 。防雷电感应的接地装置与独立避雷针、架空避雷线或架空避雷网的接地装置之间的距离,应符合本规范 17.3.3.5 款的要求。

屋内接地干线与防雷电感应接地装置的连接,不应少于两处。

17.3.5 第一类防雷建筑物防止雷电波侵入的措施,应符合下列要求:

17.3.5.1 低压线路宜全线采用电缆直接埋地敷设,在入户端应将电缆的金属外皮、钢管接到防雷电感应的接地装置上。当全线采用电缆有困难时,可采用钢筋混凝土杆和铁横担的架空线,并应使用一段金属铠装电缆或护套电缆穿钢管直接埋地引入,其埋地长度应符合下列表达式的要求,但不应小于 15m 。

$$l \geq 2 \sqrt{\rho} \quad (17.3.5)$$

式中 l ——金属铠装电缆或护套电缆穿钢管埋于地中的长度(m);

ρ ——埋电缆处的土壤电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)。

在电缆与架空线连接处,尚应装设避雷器。避雷器、电缆金属外皮、钢管和绝缘子铁脚、金具等应连在一起接地,其冲击接地电阻不应大于 10Ω 。

17.3.5.2 架空金属管道,在进出建筑物处,应与防雷电感应的接地装置相连。距离建筑物 100m 内的管道,应每隔 25m 左右接地一次,其冲击接地电阻不应大于 20Ω ,并宜利用金属支架或钢筋混凝土支架的焊接、绑扎钢筋网作为引下线,其钢筋混凝土基础宜作为接地装置。

埋地或地沟内的金属管道,在进出建筑物外亦应与防雷电感应的避雷接地装置相连。

17.3.6 当建筑物太高或其它原因难以装设独立避雷针、架空避雷线避雷网时,可将避雷针或网格不大于 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 或 $6\text{m} \times 4\text{m}$ 的避雷网或由其混合组成的接闪器直接装在建筑物上,避雷网应按本规范附录 N 的规定沿屋角、屋脊、屋檐和檐角等易受雷击的部位敷设。并必须符合下列要求:

17.3.6.1 所有避雷针应用避雷带互相连接。

17.3.6.2 引下线不应少于两根,并应沿建筑物四周均匀或对称布置,其间距不应大于 12m。

17.3.6.3 排放爆炸危险气体、蒸气或粉尘的管道应符合本规范 17.3.3.2、17.3.3.3 款的要求。

17.3.6.4 建筑物应装设均压环,环间垂直距离不应大于 12m,所有引下线、建筑物的金属结构和金属设备均应连到环上。均压环可利用电气设备的接地干线环路。

17.3.6.5 防直击雷的接地装置应围绕建筑物敷设成环形接地体,每根引下线的冲击接地电阻不应大于 10Ω ,并应和电气设备接地装置及所有进入建筑物的金属管道相连,此接地装置可兼作防雷电感应之用。

17.3.6.6 防直击雷的环形接地体尚宜按以下方法敷设:

(1)当土壤电阻率 ρ 小于或等于 $500\Omega\cdot\text{m}$ 时,对环形接地体所包围的面积等效圆半径 $\sqrt{\frac{A}{\pi}}$ 大于或等于 5m 的情况,环形接地体不需补加接地体;对等效圆半径 $\sqrt{\frac{A}{\pi}}$ 小于 5m 的情况,每一引下线处应补加水平接地体或垂直接地体。

当补加水平接地体时,其长度应按下式确定:

$$l_r = 5 - \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (17.3.6-1)$$

式中 l_r ——补加水平接地体的长度(m);

A ——环形接地体所包围的面积(m^2)。

当补加垂直接地体时,其长度应按下式确定:

$$l_v = \frac{5 - \sqrt{\frac{A}{\pi}}}{2} \quad (17.3.6-2)$$

式中 l_v ——补加垂直接地体的长度(m)。

(2)当土壤电阻率 ρ 为 $500\Omega\cdot\text{m}$ 至 $3000\Omega\cdot\text{m}$ 时,对环形接地

体所包围的面积等效圆半径 $\sqrt{\frac{A}{\pi}}$ 大于或等于 $\frac{11\rho-3600}{380}$ m的情况,环形接地体不需补加接地体;对等效圆半径 $\sqrt{\frac{A}{\pi}}$ 小于 $\frac{11\rho-3600}{380}$ m的情况,每一引下线处应补加水平接地体或垂直接地体。

当补加水平接地体时,其总长度应按式(17.3.6-3)确定:

$$l_r = \left(\frac{11\rho - 3600}{380} \right) - \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (17.3.6-3)$$

当补加垂直接地体时,其总长度应按式(17.3.6-4)确定:

$$l_v = \frac{\left(\frac{11\rho - 3600}{380} \right) - \sqrt{\frac{A}{\pi}}}{2} \quad (17.3.6-4)$$

注:按本款方法敷设接地体时,可不计及冲击接地电阻值。

17.3.6.7 当建筑物高于30m时,尚应采取以下防侧击的措施:

(1)从30m起每隔不大于6m沿建筑物四周设水平避雷带并与引下线相连。

(2)30m及以上外墙上的栏杆、门窗等较大的金属物与防雷装置连接。

17.3.6.8 在电源引入的总配电箱处宜装设过电压保护器。

17.3.7 当树木高于建筑物且不在接闪器保护范围之内时,树木与建筑物之间的净距不应小于5m。

III 第二类防雷建筑物的防雷措施

17.3.8 第二类防雷建筑物防直击雷的措施,宜采用装设在建筑物上的避雷网(带)或避雷针或由其混合组成的接闪器。避雷网(带)应按本规范附录N的规定沿屋角、屋脊、屋檐和檐角等易受雷击的部位敷设,并应在整个屋面组成不大于10m×10m或12m×8m的网格。所有避雷针应采用避雷带相互连接。

17.3.9 突出屋面的放散管、风管、烟囱等物体,应按下列方式保

护:

17.3.9.1 排放爆炸危险气体、蒸气或粉尘的放散管、呼吸阀、排风管等管道,应符合本规范 17.3.3.2 款的要求。

17.3.9.2 排放无爆炸危险的气体、蒸气或粉尘的放散管、烟囱,1区、11区和2区爆炸危险环境的自然通风管,装有阻火器的排放爆炸危险气体、蒸气或粉尘的放散管、呼吸阀、排风管,本规范 17.3.3.3 款所规定的管、阀及煤气放散管等,其防雷保护应符合下列要求:

(1)金属物体可不装接闪器,但应和屋面防雷装置相连。

(2)在屋面接闪器保护范围之外的非金属物体应装接闪器,并和屋面防雷装置相连。

17.3.10 引下线不应少于两根并应沿建筑物四周均匀或对称布置,其间距不应大于 18m。当仅利用建筑物四周的钢柱或柱子钢筋作为引下线时,可按跨度设引下线,但引下线的平均间距不应大于 18m。

17.3.11 每根引下线的冲击接地电阻不应大于 10Ω 。防直击雷接地宜和防雷电感应、电气设备等接地共用同一接地装置,并宜与埋地金属管道相连;当不共用、不相连时,两者间在地中的距离应符合下列表达式的要求,但不应小于 2m。

$$S_{e2} \geq 0.3kcRi \quad (17.3.11)$$

式中 S_{e2} ——地中距离(m);

kc ——分流系数(图 17.3.11),单根引下线应为 1(图 a),两根引下线及接闪器不成闭合环的多根引下线应为 0.66(图 b),接闪器成闭合环或网状的多根引下线应为 0.44(图 c)。

在共用接地装置与埋地金属管道相连的情况下,接地装置宜围绕建筑物敷设成环形接地体。

17.3.12 利用建筑物的钢筋作为防雷装置时应符合下列规定:

17.3.12.1 建筑物宜利用钢筋混凝土屋面、梁、柱、基础内的钢筋作为引下线。本规范 17.2.3 条(5)项所规定的建筑物尚宜利用

其作为接闪器。

17.3.12.2 当基础采用硅酸盐水泥和周围土壤的含水量不低于4%及基础的外表面无防腐层或有沥青质的防腐层时,宜利用基础内的钢筋作为接地装置。

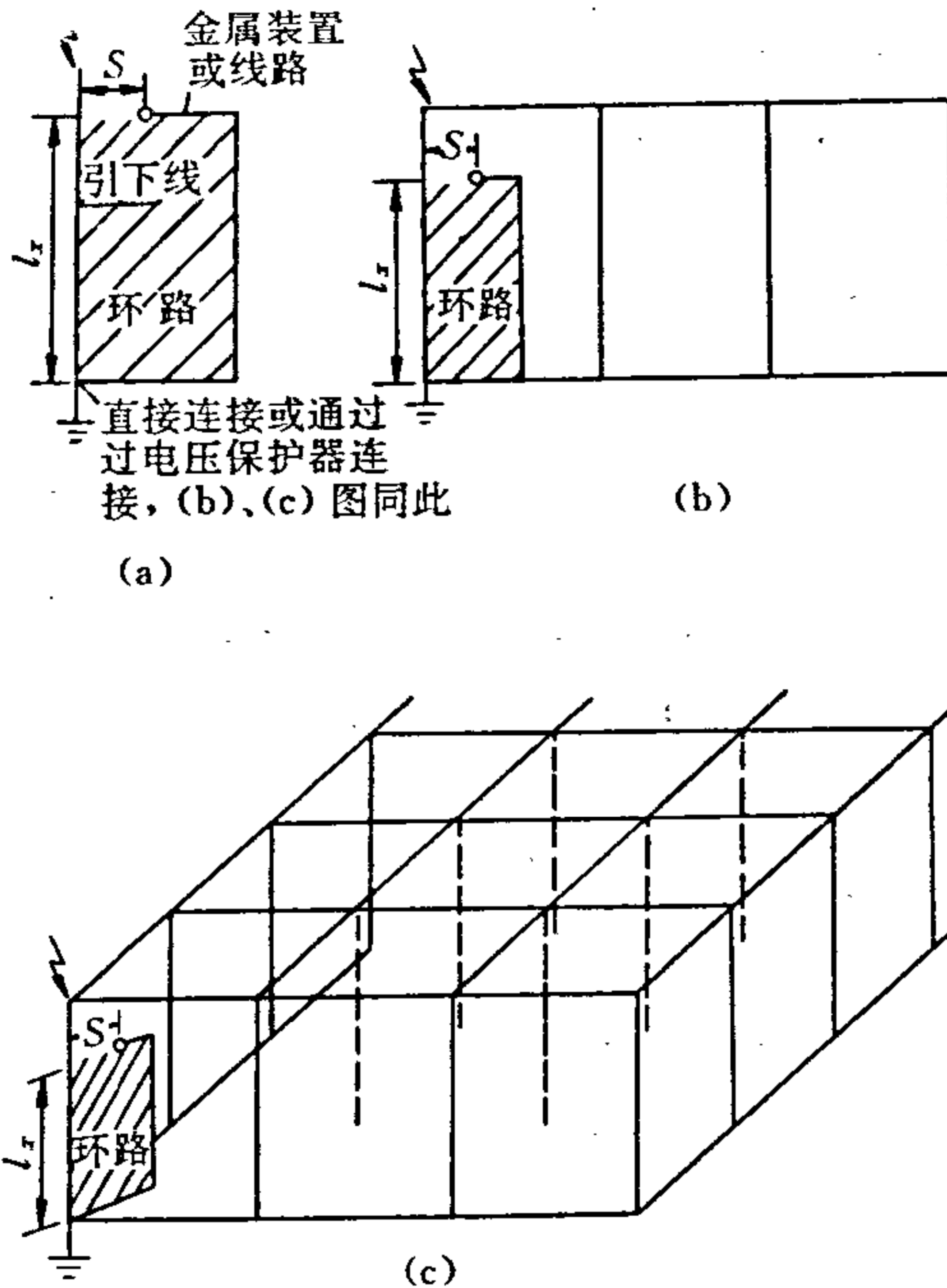


图17.3.11 分流系数 k_c

17.3.12.3 敷设在混凝土中作为防雷装置的钢筋或圆钢,当仅一根时,其直径不应小于10mm。被利用作为防雷装置的混凝土构件内有箍筋连接的钢筋,其截面积总和不应小于一根直径为10mm钢筋的截面积。

17.3.12.4 利用基础内钢筋网作为接地体时,在周围地面以下距地面不小于0.5m,每根引下线所连接的钢筋表面积总和应符合下列表达式的要求:

$$S \geq 4.24K_c^2 \quad (17.3.12)$$

式中 S ——钢筋表面积总和(m^2)。

17.3.12.5 当在建筑物周边的无钢筋的闭合条形混凝土基础内敷设人工基础接地体时,接地体的规格尺寸不应小于表 17.3.12 的规定。

17.3.12.6 构件内有箍筋连接的钢筋或成网状的钢筋,其箍筋与钢筋的连接、钢筋与钢筋的连接,应采用土建施工的绑扎法连接或焊接。单根钢筋或圆钢或外引预埋连接板、线与上述钢筋的连接,应焊接或采用螺栓紧固的卡夹器连接。构件之间必须连接成电气通路。

第二类防雷建筑物环形人工基础接地体的规格尺寸 表 17.3.12

闭合条形基础的周长(m)	扁钢(mm×mm)	圆钢,根数×直径(mm)
≥60	4×25	2×10
≥40~<60	4×50	4×10 或 3×12
<40	钢材表面积总和≥4.24m ²	

注:①当长度相同、截面相同时,宜优先选用扁钢。

②采用多根圆钢时,其敷设净距不小于直径的 2 倍。

③利用闭合条形基础内的钢筋作接地体时可按本表校验。除主筋外,可计入箍筋的表面积。

17.3.13 当土壤电阻率 ρ 小于或等于 $3000\Omega \cdot m$ 时,在防雷的接地装置同其它接地装置和进出建筑物的管道相连的情况下,防雷的接地装置可不计及接地电阻值,但其接地体应符合下列规定之一:

17.3.13.1 防直击雷的环形接地体的敷设应符合本规范 17.3.6.6 款(1)项的要求,但土壤电阻率 ρ 的适用范围应放大到小于或等于 $3000\Omega \cdot m$ 。

17.3.13.2 在符合本规范 17.3.12 条规定的条件下利用槽形、板形或条形基础的钢筋作为接地体,当槽形、板形基础钢筋网在水平面的投影面积或成环的条形基础钢筋所包围的面积 A 大于或等于 $80m^2$ 时,可不另加接地体。

17.3.13.3 在符合本规范 17.3.12 条规定的条件下,对 6m 柱距或大多数柱距为 6m 的单层工业建筑物,在利用柱子基础的钢筋作为防雷接地体的情况下,当同时符合下列规定时,可不另加接地体:

(1)利用全部或绝大多数柱子基础的钢筋作为接地体。

(2)柱子基础的钢筋网通过钢柱、钢屋架、钢筋混凝土柱子、屋架、屋面板、吊车梁等构件的钢筋或防雷装置互相连成整体。

(3)在周围地面以下距地面不小于 0.5m,每一柱子基础内所连接的钢筋表面积总和不少于 0.82m^2 。

17.3.14 本规范 17.2.3 条(1)、(2)、(3)项所规定的建筑物,其雷电感应的措施应符合下列要求:

17.3.14.1 建筑物内的设备、管道、构架等主要金属物,应就近接至防直击雷接地装置或电气设备的保护接地装置上,可不另设接地装置。

17.3.14.2 平行敷设的管道、构架和电缆金属外皮等长金属物应符合本规范 17.3.4.2 款的要求,但长金属物连接处可不跨接。

17.3.14.3 建筑物内为雷电感应的接地干线与接地装置的连接不应少于两处。

17.3.15 防止雷电流流经引下线和接地装置时产生的高电位对附近金属物或电气线路的反击,应符合下列要求:

17.3.15.1 当金属物或电气线路与防雷的接地装置之间不相连时,其与引下线之间的距离应按下列表达式确定:

(1)当 $l_x < 5R_i$ 时,

$$S_{a3} \geq 0.3k_c(R_i + 0.1l_x) \quad (17.3.15-1)$$

(2)当 $l_x \geq 5R_i$ 时,

$$S_{a3} \geq 0.075k_c(R_i + l_x) \quad (17.3.15-2)$$

式中 S_{a3} ——空气中距离(m);

R_i ——引下线的冲击接地电阻(Ω);

l_x ——引下线计算点到地面的长度(m)。

17.3.15.2 当金属物或电气线路与防雷的接地装置之间相连或通过过电压保护器相连时,其与引下线之间的距离应按下列表达式确定:

$$S_{a1} \geq 0.075K_c l_r \quad (17.3.15-3)$$

式中 S_{a1} ——空气中距离(m)。

当利用建筑物的钢筋或钢结构作为引下线,同时建筑物的大部分钢筋、钢结构等金属物与被利用的部分连成整体时,金属物或线路与引下线之间的距离可不受限制。

17.3.15.3 当金属物或线路与引下线之间有自然接地或人工接地的钢筋混凝土构件、金属板、金属网等静电屏蔽物隔开时,金属物或线路与引下线之间的距离可不受限制。

17.3.15.4 当金属物或线路与引下线之间有混凝土墙、砖墙隔开时,混凝土墙的击穿强度应与空气击穿强度相同;砖墙的击穿强度应为空气击穿强度的二分之一。当距离不能满足本规范17.3.15.1、17.3.15.2款的要求时,金属物或线路应与引下线直接相连或通过过电压保护器相连。

17.3.15.5 在电气接地装置与防雷的接地装置共用或相连的情况下,当低压电源线路全长用电缆或架空线换电缆引入时,宜在电源线路引入的总配电箱处装设过电压保护器,当Y,yno型或D,ynll型接线的配电变压器设在本建筑物内或附设于外墙处时,在高压侧采用电缆进线的情况下,宜在变压器高、低压侧各相上装设避雷器;在高压侧采用架空进线的情况下,除按国家现行有关规范的规定在高压侧装设避雷器外,尚宜在低压侧各相上装设避雷器。

17.3.16 防雷电波侵入的措施,应符合下列要求:

17.3.16.1 当低压线路全长采用埋地电缆或敷设在架空金属线槽内的电缆引入时,在入口端应将电缆金属外皮、金属线槽接地;对本规范17.2.3条的(1)、(2)、(3)项所规定的建筑物,上述金属物尚应与防雷的接地装置相连。

17.3.16.2 本规范17.2.3条(1)、(2)、(3)项所规定的建筑物,其低压电源线路应符合下列要求:

(1) 低压架空线应改换一段埋地金属铠装电缆或护套电缆穿钢管直接埋地引入,其埋地长度应符合本规范(17.3.5)表达式的要求,但电缆埋地长度不应小于 15m。入户端电缆的金属外皮、钢管应与防雷的接地装置相连。在电缆与架空线连接处尚应装设避雷器。避雷器、电缆金属外皮、钢管和绝缘子铁脚、金具等应连在一起接地,其冲击接地电阻不应大于 10Ω 。

(2) 平均雷暴日小于 30d/a 地区的建筑物,可采用低压架空线直接引入建筑物内,但应符合下列要求:

在入户处应装设避雷器或设 2~3mm 的空气间隙,并与绝缘子铁脚、金具连在一起接到防雷的接地装置上,其冲击接地电阻不应大于 5Ω 。

入户处的三基电杆绝缘子铁脚、金具应接地,靠近建筑物的电杆,其冲击接地电阻不应大于 10Ω ,其余两基电杆不应大于 20Ω 。

17.3.16.3 本规范 17.2.3 的(5)项所规定的建筑物,其低压电源线路应符合下列要求:

(1) 当低压架空线转换金属铠装电缆或护套电缆穿钢管直接埋地引入时,其埋地长度应大于或等于 15m 外,尚应符合本规范 17.3.16.2 款(1)项的要求。

(2) 当架空线直接引入时,在入户处应加装避雷器,并将其与绝缘子铁脚、金具连在一起接到电气设备的接地装置上。靠近建筑物的两基电杆上的绝缘子铁脚应接地,其冲击接地电阻不应大于 30Ω 。

17.3.16.4 架空和直接埋地的金属管道在进出建筑物处,应就近与防雷的接地装置相连。当不相连时,架空管道应接地,其冲击接地电阻不应大于 10Ω 。本规范 17.2.3 条(1)、(2)、(3)项所规定的建筑物,引入、引出该建筑物的金属管道在进出处应与防雷的接地装置相连,对架空金属管道尚应在距建筑物约 25m 处接地一次,其冲击接地电阻不应大于 10Ω 。

17.3.17 高度超过 45m 的钢筋混凝土结构、钢结构建筑物,尚应采取以下防侧击和等电位的保护措施:

17.3.17.1 钢构架和混凝土的钢筋应互相连接。钢筋的连接应符合本规范 17.3.12 条的要求。

17.3.17.2 应利用钢柱或柱子钢筋作为防雷装置引下线。

17.3.17.3 应将 45m 及以上外墙上的栏杆、门窗等较大的金属物与防雷装置连接。

17.3.17.4 竖直敷设的金属管道及金属物的顶端和底端与防雷装置连接。

17.3.18 有爆炸危险的露天钢质封闭气罐,当其壁厚不小于 4mm 时,可不装设接闪器,但应接地,且接地点不应少于两处;两接地点间距离不宜大于 30m,冲击接地电阻不应大于 30Ω 。当防雷的接地装置符合本规范 17.3.13 条的规定时,可不计及其接地电阻值。放散管和呼吸阀的保护应符合本规范 17.3.9 条的要求。

IV 第三类防雷建筑物的防雷措施

17.3.19 第三类防雷建筑物防直击雷的措施,宜采用装设在建筑物上的避雷网(带)或避雷针或由这两种混合组成的接闪器。避雷网(带)应按本规范附录 N 的规定沿屋角、屋脊、屋檐、檐角等易受雷击的部位敷设。并应在整个屋面组成不大于 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 或 $24\text{m}\times 16\text{m}$ 的网格。

平屋面的建筑物,当其宽度不大于 20m 时,可仅沿周边敷设一圈避雷带。

17.3.20 每根引下线的冲击接地电阻不宜大于 30Ω 。其接地装置宜与电气设备等接地装置共用。防雷的接地装置宜与埋地金属管道相连。当不共用、不相连时,两者间在地中的距离不应小于 2m。

在共用接地装置与埋地金属管道相连的情况下,接地装置宜围绕建筑物敷设成环形接地体。

17.3.21 建筑物宜利用钢筋混凝土屋面板、梁、柱和基础的钢筋作为接闪器、引下线和接地装置,并应符合本规范 17.3.12.2、17.3.12.3、17.3.12.6 款和下列的规定:

17.3.21.1 利用基础内钢筋网作为接地体时,在周围地面以下

距地面不小于 0.5m, 每根引下线所连接的钢筋表面积总和应符合下列表达式的要求:

$$S \geq 1.89k_c \quad (17.3.21)$$

式中 S ——钢筋表面积总和(m^2)。

17.3.21.2 当在建筑物周边的无钢筋的闭合条形混凝土基础内敷设人工基础接地体时, 接地体的规格尺寸不应小于表 17.3.21 的规定。

17.3.22 当土壤电阻率 ρ 小于或等于 $3000\Omega \cdot m$ 时, 在防雷的接地装置同其它接地装置和进出建筑物的管道相连的情况下, 防雷的接地装置可不计及接地电阻值, 其接地体应符合本规范 17.3.13 条的规定, 但 17.3.13.2 和 17.3.13.3 款应改为在符合本规范 17.3.21 条规定的条件下及 17.3.13.3 款的(3)所规定的钢筋表面积总和改为大于或等于 $0.37m^2$ 。

17.3.23 突出屋面的物体的保护方式应符合本规范 17.3.9 条的规定。

第三类防雷建筑物环形人工基础 接地体的规格尺寸

表 17.3.21

闭合条形基础的周长(m)	扁钢(mm)	圆钢, 根数×直径(mm)
≥ 60	—	1×10
$\geq 40 \sim < 60$	4×20	2×8
< 40	钢材表面积总和 $\geq 1.89m^2$	

注: ①当长度相同、截面相同时, 宜优先选用扁钢。

②采用多根圆钢时, 其敷设净距不小于直径的 2 倍。

③利用闭合条形基础内的钢筋作接地体时可按本表校验。除主筋外, 可计入箍的表面积。

17.3.24 砖烟囱、钢筋混凝土烟囱, 宜在烟囱上装设避雷针或避雷环保护。多支避雷针应连接在闭合环上。

当非金属烟囱无法采用单支或双支避雷针保护时, 应在烟囱口装设环形避雷带, 并应对称布置三支高出烟囱口不低于 0.5m

的避雷针。

钢筋混凝土烟囱的钢筋应在其顶部和底部与引下线和贯通连接的金属爬梯相连。当符合本规范 17.3.21 条的要求时,宜利用钢筋作为引下线和接地装置,可不另设专用引下线。

高度不超过 40m 的烟囱,可只设一根引下线,超过 40m 时应设两根引下线。可利用螺栓连接或焊接的一座金属爬梯作为两根引下线用。

金属烟囱应作为接闪器和引下线。

17.3.25 引下线不应少于两根,但周长不超过 25m 且高度不超过 40m 的建筑物可只设一根引下线。引下线应沿建筑物四周均匀或对称布置,其间距不应大于 25m。当仅利用建筑物四周的钢柱或柱子钢筋作为引下线时,可按跨度设引下线,但引下线的平均间距不应大于 25m。

17.3.26 防止雷电流流经引下线和接地装置时产生的高电位对附近金属物或线路的反击,应符合本规范 17.3.15 条的要求,但其与引下线之间的距离分别按下列表达式确定:

当 $l_r < 5R_i$ 时,

$$S_{a3} \geq 0.2k_c(R_i + 0.1l_r) \quad (17.3.26-1)$$

当 $l_r \geq 5R_i$ 时,

$$S_{a3} \geq 0.05k_c(R_i + l_r) \quad (17.3.26-2)$$

$$S_{a4} \geq 0.05k_c l_r \quad (17.3.26-3)$$

17.3.27 防雷电波侵入的措施,应符合下列要求:

17.3.27.1 对电缆进出线,应在进出端将电缆的金属外皮、钢管等与电气设备接地相连。当电缆转换为架空线时,应在转换处装设避雷器;避雷器、电缆金属外皮和绝缘子铁脚、金具等应连在一起接地,其冲击接地电阻不宜大于 30Ω 。

17.3.27.2 对低压架空进出线,应在进出处装设避雷器并与绝缘子铁脚、金具连在一起,接到电气设备的接地装置上。当多回路架空进出线时,可仅在母线或总配电箱处装设一组避雷器或其它

型式的过电压保护器,但绝缘子铁脚、金具仍应接到接地装置上。

17.3.27.3 进出建筑物的架空金属管道,在进出处应就近接到防雷或电气设备的接地装置上或独自接地,其冲击接地电阻不宜大于 30Ω 。

17.3.28 高度超过 60m 的建筑物,其防侧击和等电位的保护措施应符合本规范 17.3.17.1、17.3.17.2、17.3.17.4 款的规定,并应将 60m 及以上外墙上的栏杆、门窗等较大的金属物与防雷装置连接。

V 其它防雷措施

17.3.29 当一座防雷建筑物中兼有第一、二、三类防雷建筑物时,其防雷分类和防雷措施宜符合下列规定:

17.3.29.1 当第一类防雷建筑物的面积占建筑物总面积的 30% 及以上时,该建筑物宜确定为第一类防雷建筑物。

17.3.29.2 当第一类防雷建筑物的面积占建筑物总面积的 30% 以下且第二类防雷建筑物的面积占建筑物总面积的 30% 及以上时,或当这两类防雷建筑物的面积均小于建筑物总面积的 30%,但其面积之和又大于 30% 时,该建筑物宜确定为第二类防雷建筑物。但对第一类防雷建筑物的防雷电感应和防雷电波侵入应采取第一类防雷建筑物的保护措施。

17.3.29.3 当第一、二类防雷建筑物的面积之和小于建筑物总面积的 30% 且不可能遭直接雷击时,该建筑物可确定为第三类防雷建筑物,但对第一、二类防雷建筑物的防雷电感应和防雷电波侵入应采取各自类别的保护措施;当可能遭直接雷击时,宜按各自类别采取防雷措施。

17.3.30 当一座建筑物中仅有一部分为第一、二、三类防雷建筑物时,其防雷措施宜符合下列规定:

17.3.30.1 当防雷建筑物可能遭直接雷击时,宜按各自类别采取防雷措施。

17.3.30.2 当防雷建筑物不可能遭直接雷击时,可不采取防直

击雷措施,可仅按各自类别采取防雷电感应和防雷电波侵入的措施。

17.3.30.3 当防雷建筑物的面积占建筑物总面积的50%以上时,该建筑物宜按本规范17.3.29条的规定采取防雷措施。

17.3.31 当采用接闪器保护建筑物、封闭气罐时,其外表面的2区爆炸危险环境可不在滚球法确定的保护范围内。

17.3.32 固定在建筑物上的节日彩灯、航空障碍信号灯及其它用电设备的线路,应根据建筑物的重要性采取相应的防止雷电波侵入的措施。并应符合下列规定:

17.3.32.1 无金属外壳或保护网罩的用电设备宜处在接闪器的保护范围内,不宜布置在避雷网之外,并不宜高出避雷网。

17.3.32.2 从配电盘引出的线路宜穿钢管。钢管的一端宜与配电盘外壳相连;另一端宜与用电设备外壳、保护罩相连,并宜就近与屋顶防雷装置相连。当钢管因连接设备而中间断开时宜设跨接线。

17.3.32.3 在配电盘内,宜在开关的电源侧与外壳之间装设过电压保护器。

17.3.33 在独立避雷针、架空避雷线(网)的支柱上严禁悬挂电话线、广播线、电视接收天线及低压架空线等。

17.4 防雷装置

I 接闪器

17.4.1 避雷针宜采用圆钢或焊接钢管制成,其直径不应小于下列数值:

针长1m以下圆钢为12mm

钢管为20mm

针长1~2m 圆钢为16mm

钢管为25mm

烟囱顶上的针圆钢为20mm

钢管为 40mm

17.4.2 避雷网和避雷带宜采用圆钢或扁钢,优先采用圆钢。圆钢直径不应小于 8mm。扁钢截面不应小于 48mm^2 ,其厚度不应小于 4mm。

当烟囱上采用避雷环时,其圆钢直径不应小于 12mm。扁钢截面不应小于 100mm^2 ,其厚度不应小于 4mm。

17.4.3 架空避雷线和避雷网宜采用截面不小于 35mm^2 ,的镀锌钢绞线。

17.4.4 除第一类防雷建筑物外,金属屋面的建筑物,宜利用其屋面作为接闪器,并应符合下列要求:

17.4.4.1 金属板之间采用搭接时,其搭接长度不应小于 100mm。

17.4.4.2 金属板下面无易燃物品时,其厚度不应小于 0.5mm。

17.4.4.3 金属板下面有易燃物品时,其厚度铁板不应小于 4mm,铜板不应小于 5mm,铝板不应小于 7mm。

17.4.4.4 金属板无绝缘被覆层。

注:薄的油漆保护层或 0.5mm 厚沥青层或 1mm 厚聚氯乙烯层均不属于绝缘被覆层。

17.4.5 除第一类防雷建筑物和本规范 17.3.9.1 款的规定外,屋面上永久性金属物宜作为接闪器,但其各部件之间均应连成电气通路,并应符合下列规定:

17.4.5.1 旗杆、栏杆、装饰物等,其尺寸应符合本规范 17.4.1 条和 17.4.2 条的规定。

17.4.5.2 钢管、钢罐壁厚不小于 2.5mm,但钢管、钢罐一旦被雷击穿,其介质对周围环境造成危险时,其壁厚不得小于 4mm。

注:利用屋顶建筑构件内钢筋作接闪器应符合本规范 17.3.12 条和 17.3.21 条的规定。

17.4.6 除利用混凝土构件内钢筋作接闪器外,接闪器应热镀锌或涂漆。在腐蚀性较强的场所,尚应采取加大其截面或其它防腐措施。

17.4.7 不得利用安装在接收无线电视广播的共用天线的杆顶上的接闪器保护建筑物。

II 引下线

17.4.8 引下线宜采用圆钢或扁钢,宜优先采用圆钢。圆钢直径不应小于 8mm。扁钢截面不应小于 48mm^2 ,其厚度不应小于 4mm。

当烟囱上的引下线采用圆钢时,其直径不应小于 12mm;采用扁钢时,其截面不应小于 100mm^2 ,厚度不应小于 4mm。

防腐措施应符合本规范 17.4.6 条的要求。

注:利用建筑构件内钢筋作引下线应符合本规范 17.3.12 条和 17.3.21 条的规定。

17.4.9 引下线应沿建筑物外墙明敷,并经最短路径接地;建筑艺术要求较高者可暗敷,但其圆钢直径不应小于 10mm;扁钢截面不应小于 80mm^2 。

17.4.10 建筑物的消防梯、钢柱等金属构件宜作为引下线,但其各部件之间均应连成电气通路。

17.4.11 采用多根引下线时,宜在各引下线上于距地面 0.3m 至 1.8m 之间装设断接卡。

当利用混凝土内钢筋、钢柱作为自然引下线并同时采用基础接地体时,可不设断接卡,但利用钢筋作引下线时应在室内外的适当地点设若干连接板,该连接板可供测量、接人工接地体和做等电位连接用。当仅利用钢筋作引下线并采用埋于土壤中的人工接地体时,应在每根引下线上于距地面不低于 0.3m 处设接地体连接板。采用埋于土壤中的人工接地体时应设断接卡,其上端应与连接板或钢柱焊接。连接板处宜有明显标志。

17.4.12 在易受机械损坏和防人身接触的地方,地面上 1.7m 至地面下 0.3m 的一段接地线应采取暗敷或镀锌角钢、改性塑料管或橡胶管等保护措施。

III 接地装置

17.4.13 埋于土壤中的人工垂直接地体,宜采用角钢、钢管或圆钢;埋于土壤中的人工水平接地体宜采用扁钢或圆钢。圆钢直径不应小于 10mm;扁钢截面不应小于 100mm^2 ,其厚度不应小于

4mm;角钢厚度不应小于 4mm;钢管壁厚不应小于 3.5mm。

在腐蚀性较强的土壤中,应采取热镀锌等防腐措施或加大截面。

接地线应与水平接地体的截面相同。

17.4.14 人工垂直接地体的长度宜为 2.5m。人工垂直接地体间的距离及人工水平接地体间的距离宜为 5m,当受地方限制时可适当减小。

17.4.15 人工接地体在土壤中的埋设深度不应小于 0.5m。接地体应远离由于砖窑、烟道等高温影响使土壤电阻率升高的地方。

17.4.16 在高土壤电阻率地区,降低防直击雷接地装置接地电阻宜采用下列方法:

(1)采用多支线外引接地装置,外引长度不应大于有效长度,有效长度应符合本规范附录 O 的规定。

(2)接地体埋于较深的低电阻率土壤中。

(3)采用降阻剂。

(4)换土。

17.4.17 防直击雷的人工接地体距建筑物出入口及人行道不应小于 3m。当小于 3m 时应采取下列措施之一:

17.4.17.1 水平接地体局部深埋不应小于 1m。

17.4.17.2 水平接地体局部包绝缘物,可采用 50~80mm 厚的沥青层。

17.4.17.3 采用沥青碎石地面或在接地体上面敷设 50~80mm 厚的沥青层,其宽度应超过接地体 2m。

17.4.18 埋在土壤中的接地装置,其连接应采用焊接,并在焊接处应作防腐处理。

17.4.19 接地装置工频接地电阻的计算应符合现行国家标准《交流电气装置接地设计规范》的规定,其与冲击接地电阻的换算应符合本规范附录 O 的规定。

17.5 接闪器的选择与布置

17.5.1 接闪器应由下列的一种或多种组成：

- (1) 独立避雷针。
- (2) 架空避雷线或架空避雷网。
- (3) 直接装设在建筑物上的避雷针、避雷带或避雷网。

17.5.2 接闪器布置应符合表 17.5.2 的规定。

接闪器布置

表 17.5.2

建筑物防雷类别	滚球半径(m)	避雷网网格尺寸(m×m)
第一类防雷建筑物	30	≤5×5 或 ≤6×4
第二类防雷建筑物	45	≤10×10 或 ≤12×8
第三类防雷建筑物	60	≤20×20 或 ≤24×16

布置接闪器时，可单独或任意组合采用滚球法、避雷网。

注：滚球法是一个球体沿需要防直击雷的部位滚动，当球体只触及接闪器（包括被利用作为接闪器的金属物）或只触及接闪器和地面（包括与大地接触并能承受雷击的金属物）而不触及需要保护的部位时，则该部分就得到接闪器的保护。滚球法确定接闪器保护范围应符合本规范附录 P 的规定。

18 电气装置的接地

18.1 一般规定

18.1.1 本章适用于机械工厂一般环境工频标称电压 63kV 及以下,高压侧为 3~63kV 中性点不接地、消弧线圈接地和高值电阻接地系统。低压侧为 1kV 及以下中性点接地、不接地、经阻抗接地系统,以及直流为 1.5kV 及以下并对地下不能构成闭合回路的电气装置接地设计。

18.1.2 与工艺设备配套的专用电气装置,应根据其规定的要求进行接地设计。但接地装置的做法可根据本章有关的规定进行。

18.1.3 电气装置的外露导电部分应按系统的接地型式通过保护线(PE 线)或保护中性线(PEN 线)接地。

18.1.4 交流电气装置的接地装置,应充分利用直接埋入地中的自然接地极。

18.1.5 直流电气装置的接地,不得利用自然接地极作为电流回路的 PE 线、接地线、接地极;其接地装置与自然接地极及交流电气装置的接地装置的距离不得小于 1m。

18.1.6 建筑物内的下列金属导体应作总等电位联结,即将下列导电体用总等电位联结线互相联结,并与建筑物内总接地端子相连接。

- (1) PE、PEN 干线;
- (2) 电气装置接地极的接地干线;
- (3) 建筑物内的水管、煤气管、采暖和空调管道等金属管道;
- (4) 可利用的建筑物内金属构件等导电体。

来自建筑物外的上述金属导体,应尽量靠近建筑物入口处连接。

总等电位联结主母线的截面必须不小于装置最大 PE 干线截面的一半,且不得小于 6mm^2 。联结线是铜线时,其截面可不大于

25mm²。当采用其它金属时,其截面的载流量应与其相当。

18.1.7 建筑物内当一个电气装置,或装置的一部分内发生接地故障情况下自动切断供电的间接接触保护条件不能满足时,应设置局部等电位联结。

局部等电位联结应包括所有可同时触及的固定式设备的外露可导电部分,水管、煤气管采暖和空调等金属管道、建筑物金属构件等外部可导电部分以及 PE、PEN 线等用局部等电位联结线相连接。

局部等电位联结可自专门的端子板引出,亦可从电气装置中 PE 母线处引出。联结线截面不应小于该电气装置中最大 PE 线截面的一半。电气装置之间的联结线截面不应小于其中较小 PE 线的截面。电气装置与水暖管道、建筑构件的联结线截面不应小于该设备 PE 线截面的一半。

局部等电位联结线应满足机械强度的要求,其最小截面可根据 PE 线的规定确定。

18.1.8 由同一台发电机、同一台变压器或同一段母线向一个建筑物供电的低压配电系统,宜采用一种型式的接地系统,当采用二种型式的接地系统时,在两种型式的靠近电源侧连接处,应装设隔离变压器或能自动切除接地故障的保护装置。

18.1.9 在建筑物内应设置总接地端子板,并必须与下列导线连接:

- (1)电气装置的接地装置或重复接地装置的接地线;
- (2)PE 线、PEN 线及 N 线干线;
- (3)等电位联结干线。

总接地端子板应装设在便于装置和检查以及接近各种引入线的位置。避免装设在潮湿或有腐蚀性蒸汽或气体及易受机械损伤的地方。

端子板的连接点应具有牢固的机械强度和良好的电气持续性。

18.1.10 低压配电系统接地的型式应根据工程的特点、环境、场所及要求等因素选择。

18.1.11 接地装置设计,应考虑土壤干燥或冻结等季节变化的影响,接地电阻在四季中均应符合本章的要求。

18.1.12 在低压配电系统中,严禁利用大地作相线或中性线。

18.2 低压配电系统的接地

I 系统接地的型式

18.2.1 系统接地分 TN、TT、IT 三种型式,其文字代号的意义为:
第一个字母表示配电系统的对地关系:

T——电源端有一点直接接地。

I——电源端所有带电部分与地绝缘,或有一点经阻抗接地。

第二个字母表示电气装置的外露可导电部分与地的关系:

T——外露可导电部分对地直接电气连接,与配电系统的任何接地点无关。

N——外露可导电部分与配电系统的接地点直接电气连接(在交流配电系统中,接地点通常就是中性点)。

TN 系统——在此系统内,电源有一点与地直接连接,负荷侧电气装置的外露可导电部分通过 PE 线与该点连接。

TN-C 系统——在 TN 系统内 N 线和 PE 线是合为一根的(图 18.2.1-1)。

TN-C-S 系统——在 TN 系统内有一部分 N 线和 PE 线是合一的(图 18.2.1-2)。

TN-S 系统——在 TN 系统内 N 线和 PE 线是分开的。(图 18.2.1-3)。

TT 系统——在此系统内,电源有一点与地直接连接,负荷侧电气装置外露可导电部分连接的接地极和电源的接地极无电气联系(图 18.2.1-4)。

IT 系统——在此系统内,电源与地绝缘或一点经阻抗接地,负荷侧电气装置外露可导电部分接地(图 18.2.1-5)。

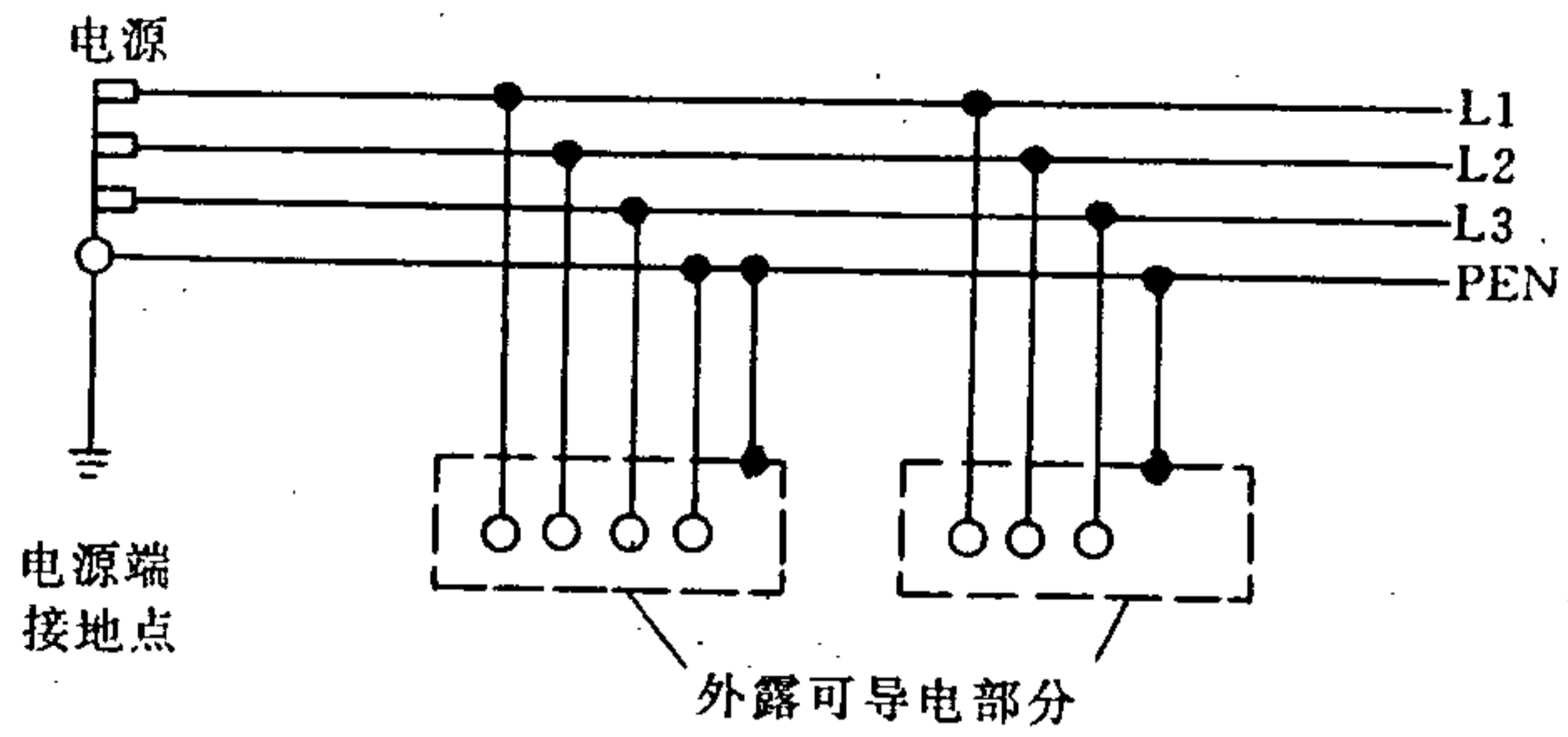


图 18.2.1-1 TN-C 系统

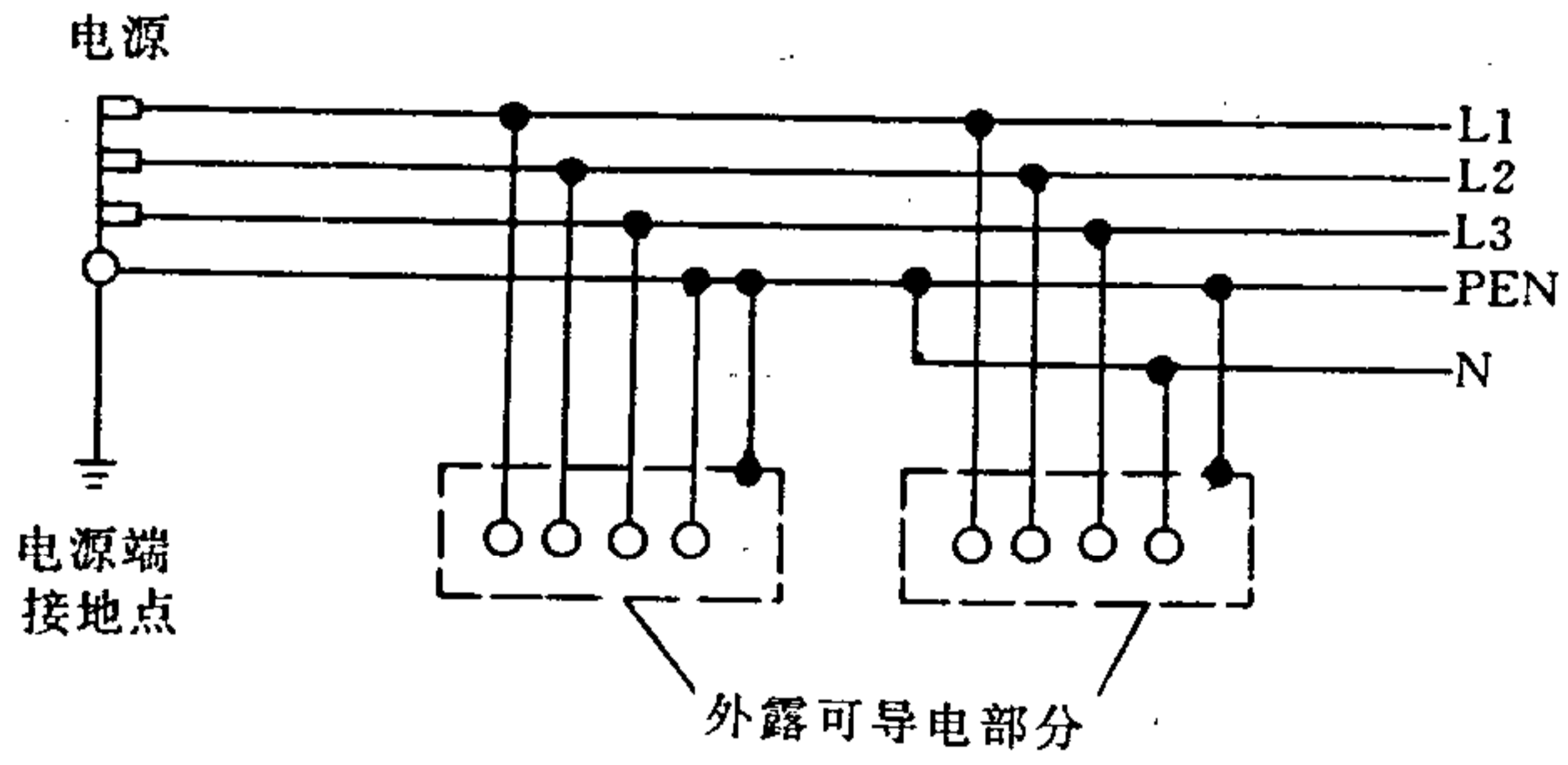


图 18.2.1-2 TN-C-S 系统

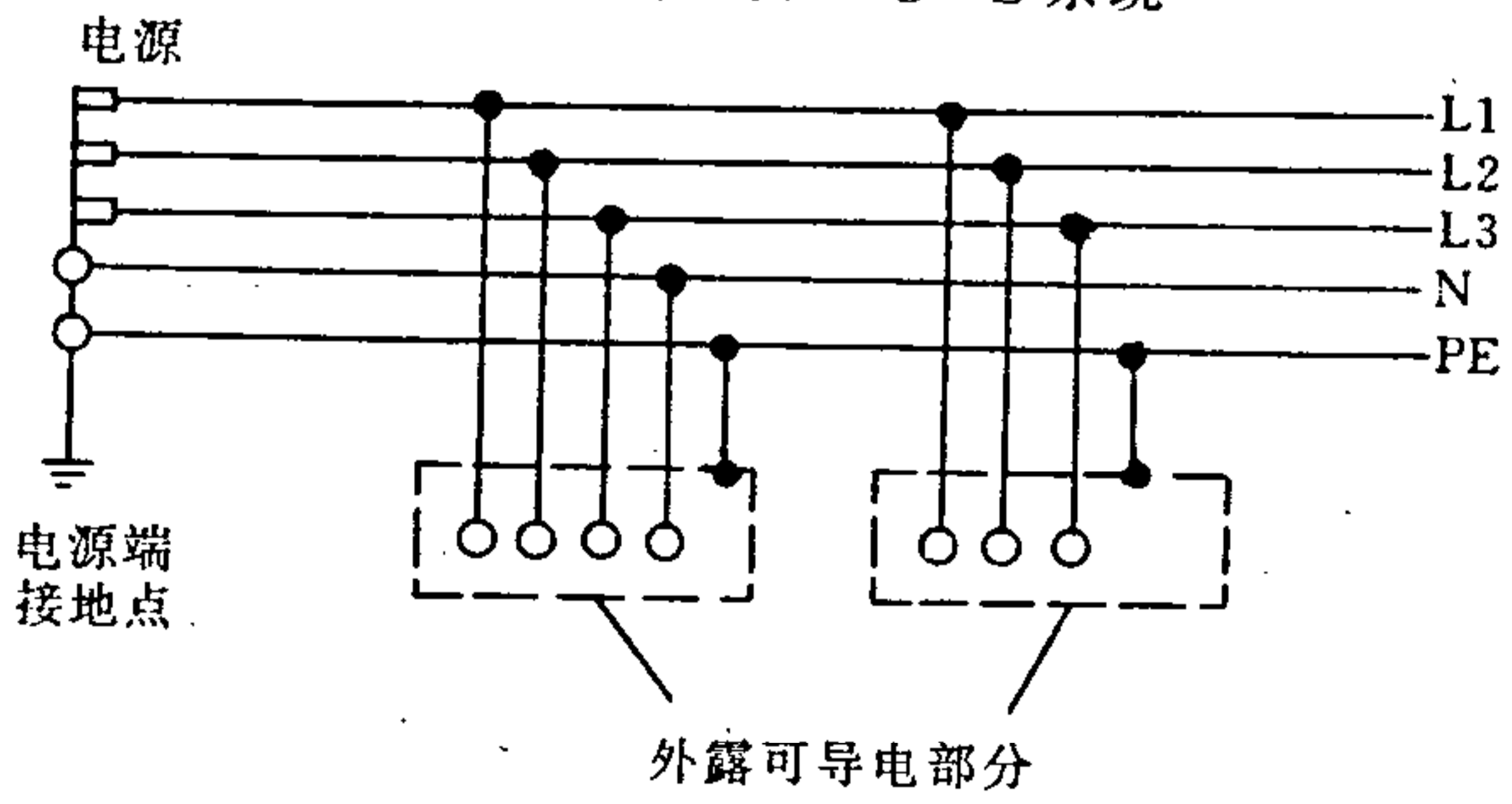


图 18.2.1-3 TN-S 系统

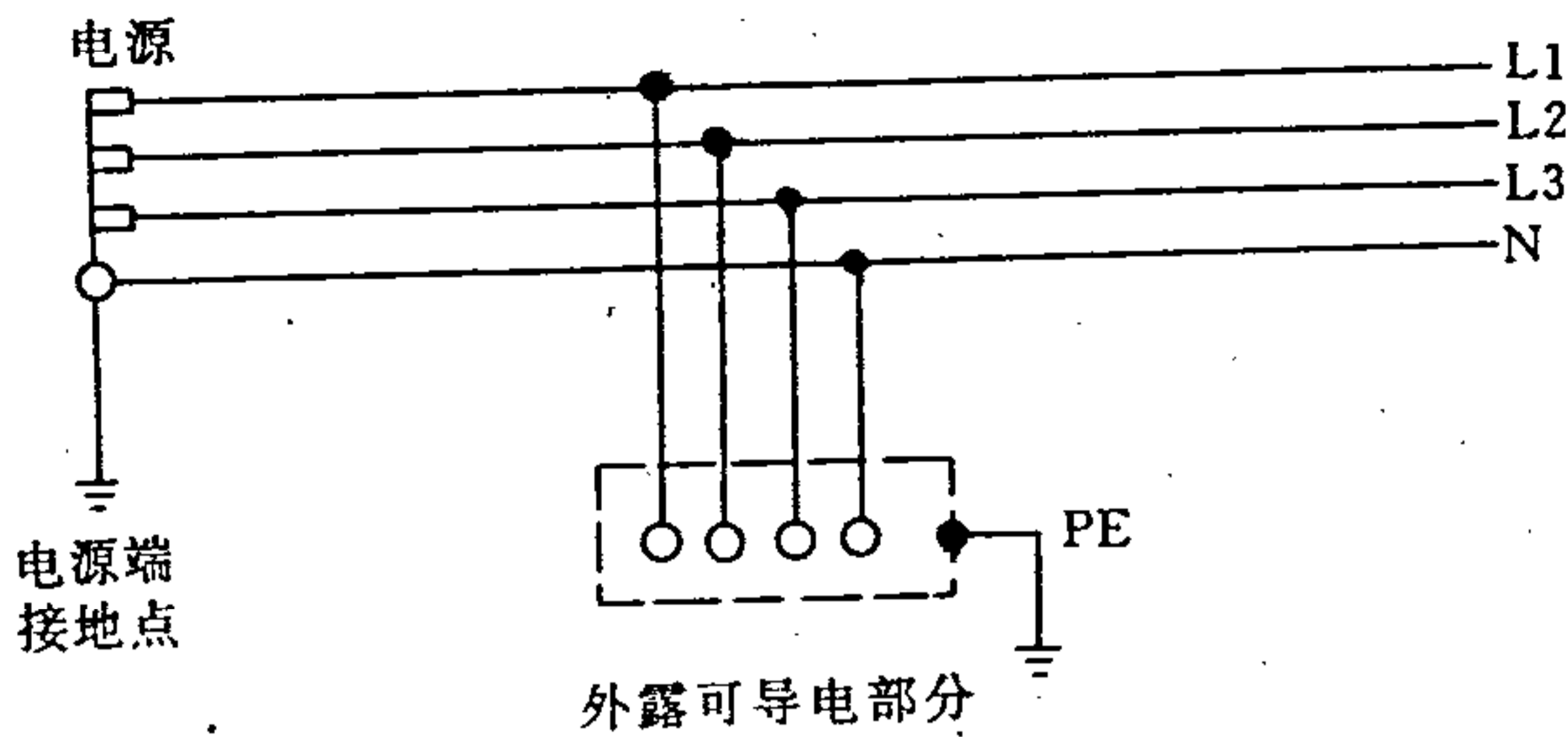


图 18.2.1-4 TT 系统

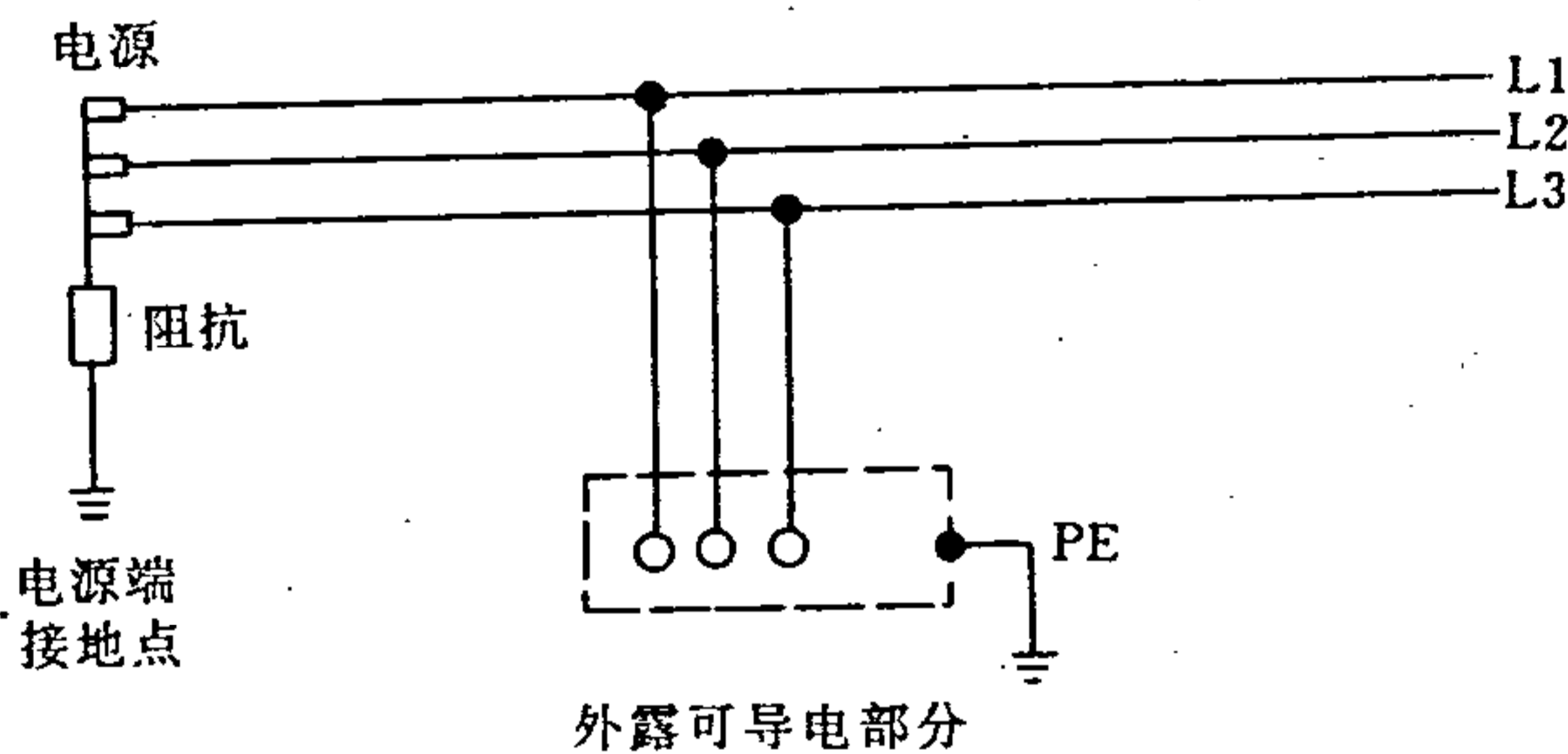


图 18.2.1-5 IT 系统

II TN 系统

18.2.2 当带电相线与大地之间发生直接接地故障时(例如架空线路断线落地),为保证与 PEN 线或 PE 线相连的电气装置外露可导电部分对地电压不超过 50V,必须满足下式要求:

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{50}{U_0 - 50} \quad (18.2.2)$$

式中 R_B ——所有接地极的并联有效接地电阻(Ω);
 R_E ——在出现相导线接地处,不与 PE 线连接的导电部分的预期最小对地接触电阻(Ω);

U_0 ——相与中性点之间电压(V)。

18.2.3 在 PEN 线中严禁装有能切断 PEN 线的开关和保护元件,任何单极开关仅能用于相导线,严禁用于 PEN 线或 N 线。

18.2.4 PE 线、PEN 线宜采用紧靠相线敷设方式。

18.2.5 采用单芯导线作 PEN 干线,当导线为铜材时,不应小于 10mm^2 ,为铝材时,不应小于 16mm^2 ,采用多芯电缆的芯线作 PEN 干线,其截面不应小于 4mm^2 。PEN 线截面同时还应符合本规范第 15 章中选择中性线截面的规定。

18.2.6 TN—C 系统宜用于三相负荷比较平衡,电路中三次谐波电流不大,并有专业人员维护管理的一般性工业厂房和场所。

有爆炸和火灾危险的厂房和场所、单相试验负荷比较集中的测试场所、计算站、数据处理设备、半导体整流设备和可控硅设备比较集中场所及洁净厂房不宜采用 TN—C 系统。

18.2.7 TN—C—S 系统中,当 PEN 线分为 PE 线和 N 线后,其分开点后不应再将此两种导线互相连接。分开处必须设置供 PE 线和 N 线连接用的端子或母线。PEN 线必须接至供 PE 线用的端子或母线。

TN—C—S 系统宜用于以 TN—C 系统为主的工业厂房和场所中不宜使用 TN—C 系统的局部区域、分散的装有重复接地的建筑物与车间办公室与生活间。

18.2.8 在建筑物内宜充分利用 PE 线的代用体,当 PE 线采用导线时,宜紧靠相线敷设。

18.2.9 电气装置必须单独的采用 PE 线与 PE 干线相连接。相邻两个电源插座 PE 线的连接,严禁用螺栓压接两根切断的 PE 线代替 PE 线的连接。

18.2.10 TN—S 系统宜用于单相负荷比较集中的科研试验部门、产生三次谐波电流的设备比较多的场所、设有变电所的办公楼与科研楼、对系统接地型式无特殊要求的设有精密电子和数据处理设备的场所和对防火防爆有要求的场所。。

18.2.11 TT 系统中,共用同一保护装置保护的所有外露可导电

部分必须用保护线与共用的接地极相互连接。几套保护装置串联使用时,每套保护装置所保护的所有外露可导电部分。

18.2.12 TT 系统宜用于当地供电部门以低压配电系统供电的和远离变电所的建筑物、对接地要求高的精密电子和数据处理的设备场所及对环境有防火、防爆要求的场所。

IV IT 系统

18.2.13 IT 系统不宜引出 N 线,并应符合下列要求:

18.2.13.1 在 IT 的配电线路中,当发生第一次接地故障时,应由绝缘监视器发出音响或灯光信号。

18.2.13.2 IT 系统相线的绝缘耐压水平应为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍。

18.2.13.3 IT 系统适用于不间断供电要求高的场所及对环境有防火、防爆要求的场所。

18.3 保护接地的范围

18.3.1 下列电气装置外露可导电部分,应接地。

(1)电机、变压器、电器、携带式及移动式电气装置等的金属底座和外壳;

(2)电气设备传动装置;

(3)互感器的二次绕组;

(4)配电、控制、保护用的屏(柜、箱)及操作台等的金属框架;

(5)屋内、外电气装置的金属构架和钢筋混凝土构架以及靠近带电部分的金属围栏和金属门;

(6)交、直流电力电缆接线盒、终端盒的外壳和电缆的外皮、穿线的钢管、敷设线缆的金属线槽、电缆托盘、电缆梯架、封闭式母线外壳;

(7)在非沥青地面的居民区,无避雷线小接地短路电流架空电力线路的金属杆塔和钢筋混凝土杆塔;

(8)安装在电力线路杆塔上的开关设备,电容器等电气装置的外露可导电部分及支架;

(9)控制电缆的外皮,非电缆或非金属护套电缆闲置的1~2根芯线;

(10)箱式变电站的金属箱体;

(11)SF₆全封闭组合电器(GIS)的外壳。

18.3.2 金属照明灯具的外露可导电部分宜接地。

18.3.3 下列电气装置的外露可导电部分,可不接地。

(1)在木质等不良导电地面的干燥房间内,交流额定电压380V及以下、直流额定电压220V及以下的电气装置外露可导电部分。但房间不应有装置外可导电部分或保证室内人员不可能同时触及此两部分。

(2)除爆炸危险场所的干燥场所,交流额定电压50V及以下,直流额定电压120V以下电气装置的外露可导电部分。

(3)安装在配电屏、控制屏和电气装置上的电气测量仪表、继电器和其它低压电器等的外壳,以及当发生绝缘损坏时,在支持物上不会引起危险电压的绝缘子金属底座等。

(4)除爆炸危险场所外,安装在已接地的金属构架上电气接触良好的设备。

(5)额定电压220V及以下的蓄电池室内的支架。

18.4 接地电阻

18.4.1 变电所高压侧为中性点不接地、消弧线圈接地和高值电阻接地系统时,变电所内电气装置的高压保护接地和低压配电系统中性点接地,在满足下列条件之一时,可采用一个接地装置。

(1)接地电阻值小于1Ω。

(2)将具有与地接触良好的,总长度不小于1km的高压电缆、低压电缆或高、低压两种电缆组合的金属外皮作为接地极。

18.4.2 当不能满足本规范18.4.1条所规定的条件时,可采用下列方式之一:

18.4.2.1 变电所采用一个接地装置,且接地电阻值大于1Ω时,必须根据防止电击和设备过电压要求,在允许时间内切断接地故

障,故障电压与接触电压允许的持续时间可按图 18.4.2 确定。

18.4.2.2 如果不能满足本规范 18.4.2.1 条时,则要求变电所设置两个接地装置,一个作为高压电气装置的保护接地,另一个供低压配电系统中性点接地。

18.4.3 在本规范 18.4.2.2 条中性点不接地消弧线圈接地和高电阻接地系统中,高压电气装置的保护接地装置的接地电阻宜按下式计算:

$$R \leq \frac{50}{I_m} \quad (18.4.3-1)$$

式中 R ——考虑到季节变化的接地装置最大接地电阻(Ω);

I_m ——计算用的接地故障电流(A)。

高压电气装置的接地装置接地电阻不宜大于 10Ω 。

18.4.4 对装有消弧线圈的变电所或电气装置的接地装置,计算电流等于接在同一接地装置中同一系统各消弧线圈额定电流总和的 1.25 倍。

18.4.5 对不装消弧线圈的变电所或电气装置的接地装置,计算电流等于系统中断开最大一台消弧线圈的最大可能残余电流值,但不得小于 $10A$ 。

18.4.6 计算用的接地故障电流,应按 5~10 年的发展后的系统最大运行方式确定。

18.4.7 当变电所内按本规范 18.4.2.2 条设置两个接地装置时,低压配电系统的中性点接地的接地装置的电阻不应大于 3Ω 。

18.4.8 TT 和 IT 系统中低压电气装置的接地装置,其接地电阻值应符合本规范第 15 章中的有关规定。

18.4.9 架空线路杆塔雷电保护要求的接地电阻,应符合本规范第 16 章中的有关规定。

18.4.10 接地故障后不迅速跳闸的无避雷线的高压线路,其在居民区的钢筋混凝土杆塔宜接地,金属杆塔应接地,其接地电阻不宜超过 30Ω 。

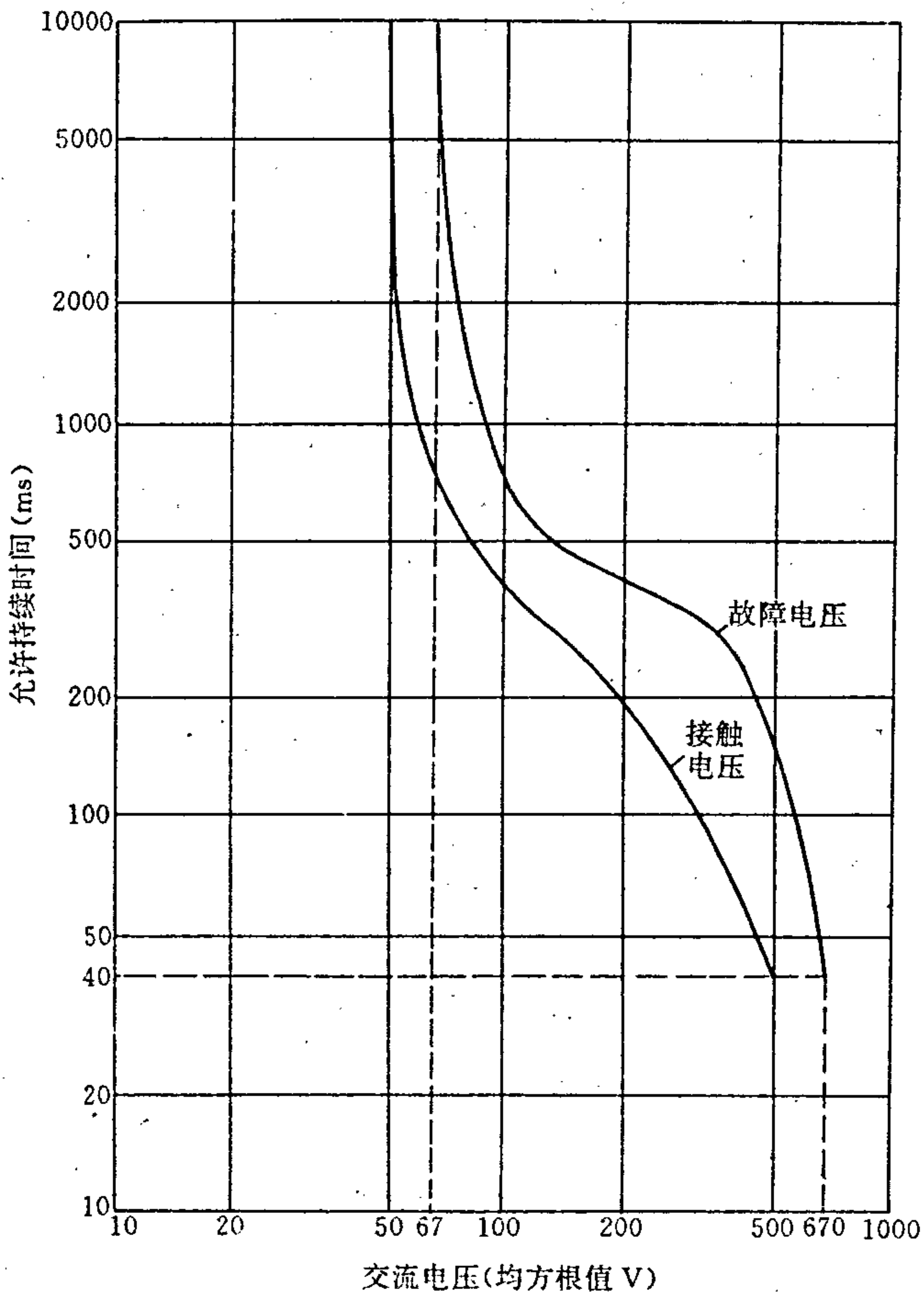


图 18.4.2 高压系统接地故障时,故障电压与接触电压的允许持续时间

18.4.11 中性点直接接地低压配电系统中以及高低压共杆的系统中,钢筋混凝土杆的铁横担和金属杆应与 PEN 线或 PE 线连接,钢筋混凝土的钢筋宜与 PEN 线或 PE 线连接。中性点不接地低压配电系统中的钢筋混凝土杆宜接地,金属杆应接地,其接地电阻不宜超过 50Ω 。

沥青路面上的高、低压线路的钢筋混凝土杆和金属杆塔以及已有运行经验的地区,可不另设人工接地装置,钢筋混凝土杆的钢筋、铁横担和金属杆塔,亦可不与 PEN 线或 PE 线连接。

18.4.12 TN、TT 系统中,中性点接地装置应设在电源变压器处。架空和电缆线路在引入车间或建筑物时,PEN 线、PE 线、N 线应进入室内并与设在室内的总接地端子板相连接。每个车间或建筑物应在电源入口处装设重复接地,并与总接地端子板相连接,在接地线引进建筑物入口处,应设标志。架空线的干线和分支线的终端及沿海每 1km 处,PE 线、PEN 线应重复接地。重复接地装置的接地电阻不应大于 10Ω 。

18.4.13 杆塔、线路的接地及重复接地极,应充分利用自然接地极。

18.5 接地装置与 PE 线

I 接地装置的一般规定

18.5.1 接地装置的性能必须满足电气装置的安全和功能上的要求。

18.5.2 保护性或功能性接地装置,可根据电气装置的要求采用共同的或分开的接地装置。

18.5.3 接地装置的选择和安装应符合下列要求:

18.5.3.1 接地电阻值应符合电气装置保护上和功能上的要求,并长期有效。

18.5.3.2 能承受由接地故障电流和对地泄漏电流引起的热、热机及机电应力。

18.5.3.3 坚固或有附加的机械保护以适应计及的外界影响条件。

18.5.4 接地装置必须采取防止电蚀作用而引起对其它金属部分危害的保护措施。

II 接地极和接地线

18.5.5 交流电气装置的接地极,应充分利用自然接地极。

除 35kV 变电所外,当自然接地极的接地电阻符合要求时,可不另设人工接地极。

18.5.6 利用自然接地极时,应确保接地装置的可靠性,并不因自然接地极的变动而受到影响。

18.5.7 自然接地极宜利用

(1)金属生产和生活给排水管系统。

(2)与土壤直接接触的建筑物的金属结构和钢筋混凝土结构。

(3)不易过度腐蚀的电缆铅质包皮和其它金属外皮。

18.5.8 人工接地极水平敷设时宜采用圆钢、扁钢、金属接地板、垂直敷设时宜采用角钢、钢管、圆钢等。人工接地极的材料规格,不应小于表 18.5.8 中的规定。

人工接地极的材料规格

表 18.5.8

类别	规格
圆钢直径(mm)	10
角钢厚度(mm)	4
钢管壁厚(mm)	3.5
扁钢截面(mm ²)	48
扁钢厚度(mm)	4

18.5.9 接地极的型式及埋入深度,应不受土壤的干燥及冻结增加接地极的接地电阻。

18.5.10 敷设在腐蚀性较强场所的接地装置,应根据腐蚀的性质采用热镀锌、热镀锡等防腐措施,或适当加大截面。

18.5.11 在地下严禁用裸铝线作接地极或接地线。

18.5.12 接地线必须遵守 18.5.13 条的规定,埋入土内的接地线,其截面不应小于表 18.5.12 的规定。

埋入地内接地线的截面(mm²) 表 18.5.12

类别	有机械保护时	没有机械保护时
防腐蚀的	按条款 18.5.13 确定	铜 16 铁 16
不防腐蚀的	铜 25,铁 50	

III PE 线

18.5.13 PE 线的截面,必须符合下列要求:

(1)具有足够的热稳定性,保证在故障情况下能承受故障电流的热效应。

(2)具有足够的机械强度,保证线路不断。

18.5.13.1 PE 线截面根据热稳定性要求确定时,可按下式计算:

$$S_P = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K} = \frac{I}{K} \sqrt{t} \quad (18.5.13)$$

式中 S_P ——PE 线截面(mm²);

I ——由阻抗可忽略的故障引起的,能流过保护装置的故障电流有效值(均方根值)(A);

t ——切断装置的动作时间(s) $t \leq 5$;

K ——计算系数,按附录 Q 选取。

PE 线截面亦可按表 18.5.13 的规定确定。

按表 18.5.13 得出的 PE 线截面,为非标准尺寸时,应选取最接近且比其大的标准截面。

表中 PE 线的材料应与相线相同,当为其它材料时,PE 截面的电导应与按相线材料选取的截面的电导相同。

PE 线截面 (mm^2)

表 18.5.13

装置的相线截面 S	相应 PE 线的截面 S_P
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

当 S 大于或等于 120mm^2 时, S_P 截面宜按本规范 18.5.13 条公式计算确定。

18.5.13.2 PE 线截面根据机械强度要求确定时,应符合下列规定:

- (1) 采用单芯绝缘导线时,其截面不应小于下列数值:
有机械保护时, 2.5mm^2
无机械保护时, 4mm^2

(2) 采用电缆芯线或电缆金属外皮时,其截面,应满足热稳定要求。

18.5.14 PE 线有下列各种类型:

- (1) 多芯电缆中的芯线;
- (2) 与相线处于同一外护物内的绝缘线或裸导线;
- (3) 固定的裸导线或绝缘线;
- (4) 导线或电缆的金属外皮,如护套、屏蔽层、铠装层;
- (5) 固定安装的电气钢管、金属线槽、电缆托盘、电缆梯架、封闭式母线外壳;

(6) 金属水管系统、起重机轨道等固定式的外部可导电部分。

18.5.14.1 采用条款 18.5.14 中金属导体作 PE 线时,必须满足下列要求:

(1) 保证完整的电气通路,使其不受机械的、化学的或电化学的侵蚀。

(2) 截面必须符合本规范 18.5.13 条的要求。

(3) 允许它们在每个预定的分接点上与其它 PE 线连接。

18.5.14.2 不得使用蛇皮管、保温管的金属网或外皮以及低压照明网络导线的铅皮作 PE 线。在电气装置需要接地的房间内,这些金属外皮应接 PE 线,并保证全长有良好的电气导电性,PE 线应与上述金属外皮用螺栓连接或低温焊接。

18.5.14.3 装置外可导电部分严禁用作 PEN 线。

18.5.14.4 PEN 线应采用与相线耐压水平相同的绝缘,PE 线可以不加绝缘。

注:成套开关设备和控制设备内部的 PEN 线可以不用绝缘线。

18.5.14.5 PE 线和 PEN 线的颜色为绿/黄双色线。

18.5.15 PE 线必须具有良好的电气导电性。

18.5.16 PE 线必须适当地加以保护,使之不受机械的和化学的侵蚀并且耐受电力。

18.5.17 PE 线中严禁装有开关和能断开 PE 线的任何保护装置,但允许设置供测试用的只有工具才能断开的接头。

PE 线和 PEN 线严禁穿过漏电保护器中电流互感器的磁回路。

对接地持续性采用电气监察时,动作线圈严禁接入 PE 线。

IV 连接与敷设

18.5.18 钢接地线或 PE 线的连接应焊接,如采用搭接焊,其搭接长度应为扁钢宽度的 2 倍或圆钢直径的 6 倍。

其它有色金属接地线或 PE 线的连接应焊接或采用其它可靠连接方法。

18.5.19 导线和架空线的接地线或 PEN 线的连接允许采用和相线连接相同的方法。

18.5.20 潮湿的和有腐蚀性蒸汽或气体的房间内,接地装置的所有连接处均应焊接;如不能焊接,可用螺栓连接,但应采取可靠的防腐、防锈措施。

18.5.21 接地线与接地极的连接,宜用焊接;PE 线或 PEN 线与电气装置的连接,可用焊接或螺栓连接。用螺栓连接时必须采取措施

防止接点连接的松动和腐蚀。

18.5.22 接地线与管道等自然接地极的连接,应采用焊接,如焊接有困难,可采用卡箍,但应保证良好的电气导电性。

连接点应选在便于检查处,并在管道因检修而可能断开时,接地装置的接地电阻仍能符合本章要求。

管道上的表计和阀门等处,均应装设跨接线。

18.5.23 接地干线应采用不少于两根导体在不同点与接地极相连。

18.5.24 电气装置外露可导电部分的接地,对 TN 系统应通过单独的 PE 线与 PE 干线、PEN 干线相连,TT、IT 系统应通过单独的 PE 线与接地干线或接地装置相连。严禁采用几台串接方式。

V 变电所的接地装置

18.5.25 确定变电所接地装置的型式和布置时,应尽可能降低接触电压和跨步电压。

在小接地短路电流系统发生单相接地时,如果不设置迅速切除故障的保护装置,此时变电所的接地装置上最大接触电压和最大跨步电压应符合下式要求。

$$E_j \leq 50 + 0.05\rho_b \quad (18.5.25-1)$$

$$E_k \leq 50 + 0.2\rho_b \quad (18.5.25-2)$$

式中 E_j ——接地装置的最大接触电压(V);

E_k ——接地装置的最大跨步电压(V);

ρ_b ——人站立处地表面土壤电阻率($\Omega \cdot m$)。

在条件特别恶劣的场所,最大接触电压和最大跨步电压值宜适当降低。

当接触电压未与人足接触时,则取消本条公式 18.5.25-1 中的第二项。

18.5.26 变电所的接地装置,除利用自然接地极外,还应敷设人工接地极,但对 10kV 及以下变电所,若利用建筑物的基础作接地极

且接地电阻又满足规定值时,可不另设人工接地极。接地极工频接地电阻的计算可按照附录 R。

18.5.27 人工接地网外缘应闭合,外缘各角应做成圆弧形,35/6~10kV 变电所的接地网内应敷设水平均压带,接地网的水平接地极埋设深度一般采用 0.6m,对经常有人出入的走道处,应敷设砾石、沥青路面或在地下敷设两条与接地网相连的帽檐式均压带。

杆上配电变电器的接地装置宜敷设成闭合环形。

18.5.28 35kV 变电所的接地网,应在地下与进线避雷线的接地装置相连接,以降低变电所接地网的接地电阻。连接线埋设长度不应小于 15m,连接处应便于分开,以便测量变电所的接地电阻。

VI 高土壤电阻率地区电气装置的接地装置

18.5.29 在高土壤电阻率地区,为降低电气装置的接地电阻,可采用下列措施:

(1)电气装置附近 1km 以内有电阻率较低的土壤时,敷设外引式接地极,穿过公路的外引线,埋设深度不应小于 0.8m。

(2)若地下较深处土壤电阻率较低时,采用深埋式接地极。

(3)填充电阻率较低的物质或降阻剂。

(4)敷设水下接地网。

18.5.30 在永冻土地区,还可采取下列措施:

(1)将接地装置敷设在溶化地带或溶化地带的水池或水坑中。

(2)敷设深埋式接地极,或充分利用井管和其它深埋在地下的金属构件作接地极。

(3)在房屋溶化盘内敷设接地装置。

(4)除深埋式接地极外,还应敷设深度约 0.5m 的伸长接地极,以便在夏季地表层化冻时起散流作用。

(5)在接地极周围人工处理土壤,以降低冻结温度和土壤电阻率。

Ⅶ 移动式设备的接地

18.5.31 在 TN 系统中,由固定式电源或由移动式发电设备供电的移动式机械的外可导电部分,如金属外壳或底座,应与电源的接地装置有可靠的金属连接。在 TT 和 IT 系统中,可在移动式机械附近装设接地装置,以代替上述金属连接。如附近有自然接地极应充分利用,但接地电阻应符合要求。

18.5.32 移动式设备和机械的接地应符合固定式设备的接地要求,但下列情况一般可不接地:

18.5.32.1 移动式机械自用的发电设备直接放在机械的同一金属支架上,且不供给其它设备用电时。

18.5.32.2 不超过两台机械由专用的移动式发电设备供电,机械距移动式发电设备不超过 50m,且发电设备和机械的外壳之间有可靠的金属连接时。

Ⅷ SF6 全封闭组合电器(GIS)的接地

18.5.33 无论是三相共筒式或离相式 SF6 全封闭组合电器(GIS),其基座纵长方向上的每一接地母线,均应通过分设其两端的接地线接至发电厂或变电所的接地网。接地母线较长时,其中部宜另加接地线,并连接至接地网。

接地线与 GIS 接地母线应采用螺栓连接方式,并应采取防锈蚀措施。

接地线必须遵守本规范 18.5.13 条中的规定。

18.5.34 GIS 露天布置或装设在室内与土壤直接接触的地面上时,其接地开关、金属氧化物避雷器的专用接地端子与 GIS 接地母线的连接处,宜装设集中接地装置。

18.5.35 GIS 布置于室内楼板上时,其基座下的钢筋混凝土地板中的钢筋应焊接成网,并与本规范 18.5.33 所述接地线相连接。GIS 室内的各种金属构件、管道等应与接地线进行等电位联结。

19 爆炸与火灾危险环境电力装置

19.1 一般规定

19.1.1 爆炸与火灾危险环境电力装置设计必须贯彻预防为主方针,保障人身和财产的安全,因地制宜地采取防范措施,做到技术先进,经济合理,安全适用。

19.1.2 本章适用于在生产、加工、处理、转运或贮存过程中出现或可能出现爆炸和火灾危险环境的新建,扩建和改建工程的电力设计。

本章不适用于下列环境:

- (1) 矿井井下。
- (2) 制造、使用或贮存火药、炸药和起爆药等的环境。
- (3) 利用电能进行生产并与生产工艺过程直接关联的电解、电镀等电气装置区域。
- (4) 蓄电池室。
- (5) 使用强氧化剂以及不用外来点火源就能自行起火的物质的环境。
- (6) 水、陆、空交通运输工具及海上油井平台。

19.1.3 爆炸和火灾危险环境的电力设计,除应符合本章的规定外,还应符合本规范中本章未作特殊规定的各项要求。

19.2 爆炸性气体环境

I 一般规定

19.2.1 对于生产、加工、处理、转运或贮存过程中可能出现或出现下列爆炸性气体混合物环境之一时,应按爆炸性气体环境电力

装置设计:

(1)在大气条件下,易燃气体、易燃液体的蒸气或薄雾等易燃物质与空气混合形成爆炸性气体混合物。

(2)闪点低于或等于环境温度的可燃液体的蒸气或薄雾与空气混合形成爆炸性气体混合物。

(3)在物料操作温度高于可燃液体闪点的情况下,可燃液体有可能泄漏时,其蒸气与空气混合形成爆炸性气体混合物。

19.2.2 在爆炸性气体环境中产生爆炸必须同时存在下列条件:

(1)存在易燃气体、易燃液体的蒸气或薄雾,其浓度在爆炸极限以内。

(2)存在足以点燃爆炸性气体混合物的火花,电弧或高温。

19.2.3 在爆炸性气体环境中应采取下列防止爆炸的措施:

19.2.3.1 应使产生爆炸的条件同时出现的可能性减到最小程度。

19.2.3.2 工艺设计中应采取下列消除或减少易燃物质的产生及积聚的措施:

(1)工艺流程中宜采取较低的压力和温度,并将易燃物质限制在密闭容器内。

(2)工艺布置应限制和缩小爆炸危险区域的范围,并宜将不同等级的爆炸危险区或爆炸危险区与非爆炸危险区分隔在各自的厂房或界区内。

(3)在设备内可采用以氮气或其它惰性气体复盖的措施。

(4)宜采取安全联锁或事故时加入聚合反应阻聚剂等化学药品措施。

19.2.3.3 防止爆炸性气体混合物的形成,或缩短爆炸性气体混合物滞留时间,工艺设计中宜采取下列措施:

(1)工艺装置宜采取露天或开敞式布置。

(2)设置机械通风装置。

(3)在爆炸危险环境内设置正压室。

(4)对区域内易形成和积聚爆炸性气体混合物的地点设置自

动测量仪器装置,当气体或蒸气浓度接近爆炸下限值 50%时,应能可靠地发出信号或切断电源。

19.2.3.4 在区域内应采取消除或控制电气设备线路产生的火花、电弧或高温的措施。

II 爆炸性气体环境危险区域划分

19.2.4 爆炸性气体环境应根据爆炸性气体混合物出现的频繁程度和持续时间,按下列规定分区:

(1)0区:连续出现或长期出现爆炸性气体混合物的环境。

(2)1区:在正常运行时可能出现爆炸性气体混合物的环境。

(3)2区:在正常运行时不可能出现爆炸性气体混合物的环境,或即使出现也仅是短时存在的爆炸性气体混合物的环境。

注:正常运行是指正常的开车、运转、停车、易燃物质产品的装卸、密闭容器盖的开闭,安全阀、排放阀、以及所有工厂设备都在其设计参数范围内工作的状态。

19.2.5 符合下列条件之一时,可划为非爆炸危险区域:

(1)没有释放源并不可能有易燃物质侵入的区域。

(2)易燃物质可能出现的最高浓度不超过爆炸下限值的 10%。

(3)在生产过程中使用明火的设备附近或炽热部件的表面温度超过区域内易燃物质引燃温度的设备附近。

(4)在生产装置区外,露天或开敞设置的输送易燃物质的架空管道地带,但其阀门处按具体情况定。

19.2.6 释放源应按易燃物质的释放频繁程度和持续时间长短按下列规定分级:

(1)预计长期释放或短时频繁释放的释放源为连续级释放源。

(2)预计正常运行时周期或偶尔释放的释放源为第一级释放源。

(3)预计在正常运行下不会释放,即使释放也仅是偶尔短时释放的释放源为第二级释放源。

(4)由两种或三种级别释放源组成的释放源为多级释放源。

19.2.7 类似下列情况的,可划为连续级释放源:

(1)没有用惰性气体覆盖的固定顶盖贮罐中的易燃液体的表面。

(2)油、水分离器等直接与空间接触的易燃液体的表面。

(3)经常或长期向空间释放易燃气体或易燃液体的蒸汽的自由排气孔和其他孔口。

19.2.8 类似下列情况的,可划为第一级释放源:

(1)在正常运行时会释放易燃物质的泵、压缩机和阀门等密封处。

(2)在正常运行时,会向空间释放易燃物质,安装在贮有易燃液体的容器上的排水系统。

(3)正常运行时会向空间释放易燃物质的取样点。

19.2.9 类似下列情况的,可划为第二级释放源:

(1)正常运行时不能出现释放易燃物质的泵、压缩机和阀门的密封处。

(2)正常运行时不能释放易燃物质的法兰、连接件和管道接头。

(3)正常运行时不能向空间释放易燃物质的安全阀、排气孔和其他孔口处。

(4)正常运行时不能向空间释放易燃物质的取样点。

19.2.10 爆炸危险区域内的通风,其空气流量能使易燃物质很快稀释到爆炸下限值的25%以下时,可定为通风良好。

采用机械通风,在下列情况之一时,可不计及机械通风故障的影响:

(1)对封闭或半封式的建筑物设有备用的独立通风系统。

(2)在通风设备发生故障时,设有自动报警或停止工艺流程等确保能阻止易燃物质释放的预防措施或使电气设备断电的预防措施。

19.2.11 爆炸危险区域的划分应按释放源级别和通风条件确定,并应符合下列规定:

19.2.11.1 首先应按下列释放源的级别划分区域：

- (1)存在连续级释放源的区域可划分为0区。
- (2)存在第一级释放源的区域可划分为1区。
- (3)存在第二级释放源的区域可划分为2区。

19.2.11.2 其次应根据通风条件调整区域划分：

(1)当通风良好时，应降低爆炸危险区域等级；当通风不良时，应提高爆炸危险区域等级。

(2)局部机械通风在降低爆炸性气体混合物浓度方面比自然通风和一般机械通风更为有效时，可采用局部机械通风降低爆炸危险区域等级。

(3)在障碍物、凹坑和死角处，应局部提高爆炸危险区域等级。

(4)利用堤或墙等障碍物，限制比空气重的爆炸性气体混合物的扩散，可缩小爆炸危险区域的范围。

III 爆炸性气体环境危险区域的范围

19.2.12 爆炸性气体环境危险区域的范围，应按下列要求确定：

19.2.12.1 爆炸危险区域的范围应根据释放源的级别和位置、易燃物质的性质、通风条件，障碍物及生产条件、运行经验、经技术经济比较综合确定。

19.2.12.2 建筑物内部，宜以厂房、车间、工部或房间为单位划定爆炸危险区域的范围。当根据生产的具体情况，厂房、车间内的空间大，且释放的易燃物质量少时，可按部分空间划定爆炸危险的区域范围，但应符合下列规定：

(1)当厂房内具有比空气重的易燃物质时，厂房内通风换气次数不应少于2次/h，且换气不受阻碍；厂房地面上高度1m以内容积的空气与释放至厂房内的易燃物质所形成的爆炸性气体混合物浓度应小于爆炸下限。

(2)当厂房内具有比空气轻的易燃物质时，厂房平屋顶平面以下1m以内，或圆顶、斜顶的最高点以下2m高度内的容积的空气与释放至厂房内的易燃物质所形成的爆炸性气体混合物的浓度应

小于爆炸下限。

注：(1)释放至厂房内的易燃物质的最大量应按 1h 释放量的 3 倍计算，但不包括由于灾难性事故引起破裂时的释放量。

(2)相对密度小于或等于 0.75 的爆炸性气体规定为轻于空气的气体；相对密度大于 0.75 的爆炸性气体规定为重于空气的气体。

19.2.12.3 当易燃物质可能大量释放并扩散到 15m 以外时，爆炸危险区域的范围应划分附加 2 区。

19.2.12.4 在物料操作温度高于可燃液体闪点的情况下，可燃液体可能泄漏时，其爆炸危险区域的范围可适当缩小。

19.2.13 确定爆炸危险区域的等级和范围应符合 19.2.14～19.2.25 中典型示例的规定，并应根据易燃物质的释放量、释放速度、沸点、温度、闪点、相对密度、爆炸下限障碍等条件，结合实践经验确定。

19.2.14 对于易燃物质重于空气、通风良好且为第二级释放源的主要生产装置区，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定（图 19.2.14-1 及图 19.2.14-2）：

(1)在爆炸危险区域内，地坪下的坑、沟划为 1 区。

(2)以释放源为中心，半径为 15m，地坪上的高度为 7.5m 及半径为 7.5m，顶部与释放源的距离为 7.5m 的范围内划为 2 区。

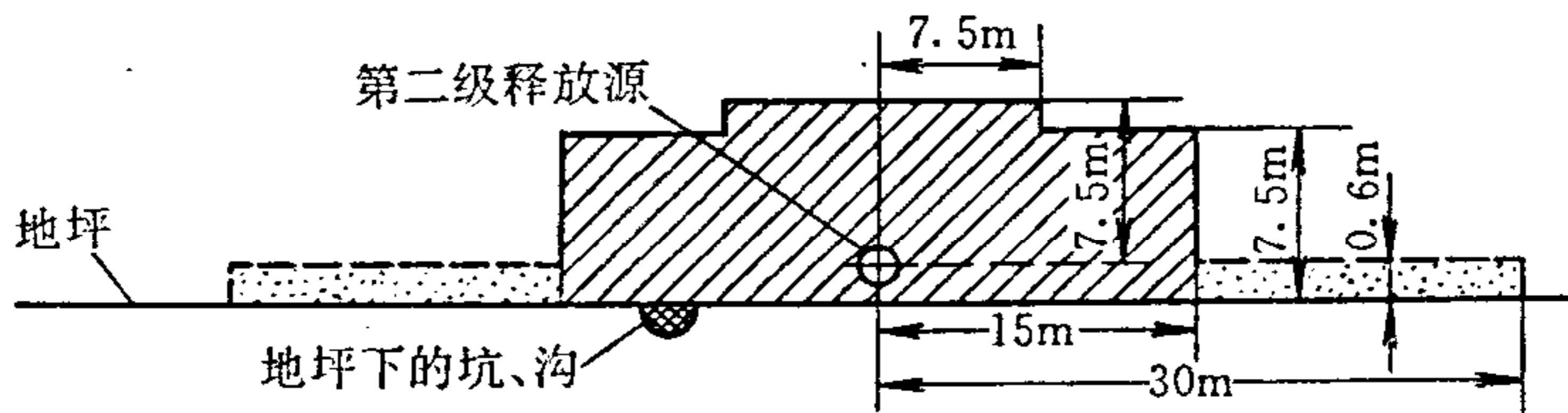
(3)以释放源为中心，总半径为 30m，地坪上的高度为 0.6m，且在 2 区以外的范围内划为附加 2 区。

19.2.15 易燃物质重于空气、释放源在封闭建筑物内，通风不良且为第二级释放源的主要生产装置区，其爆炸危险区域的范围划分，应符合下列规定（图 19.2.15）：

(1)封闭建筑物内和在爆炸危险区域内地坪下的坑、沟划为 1 区。

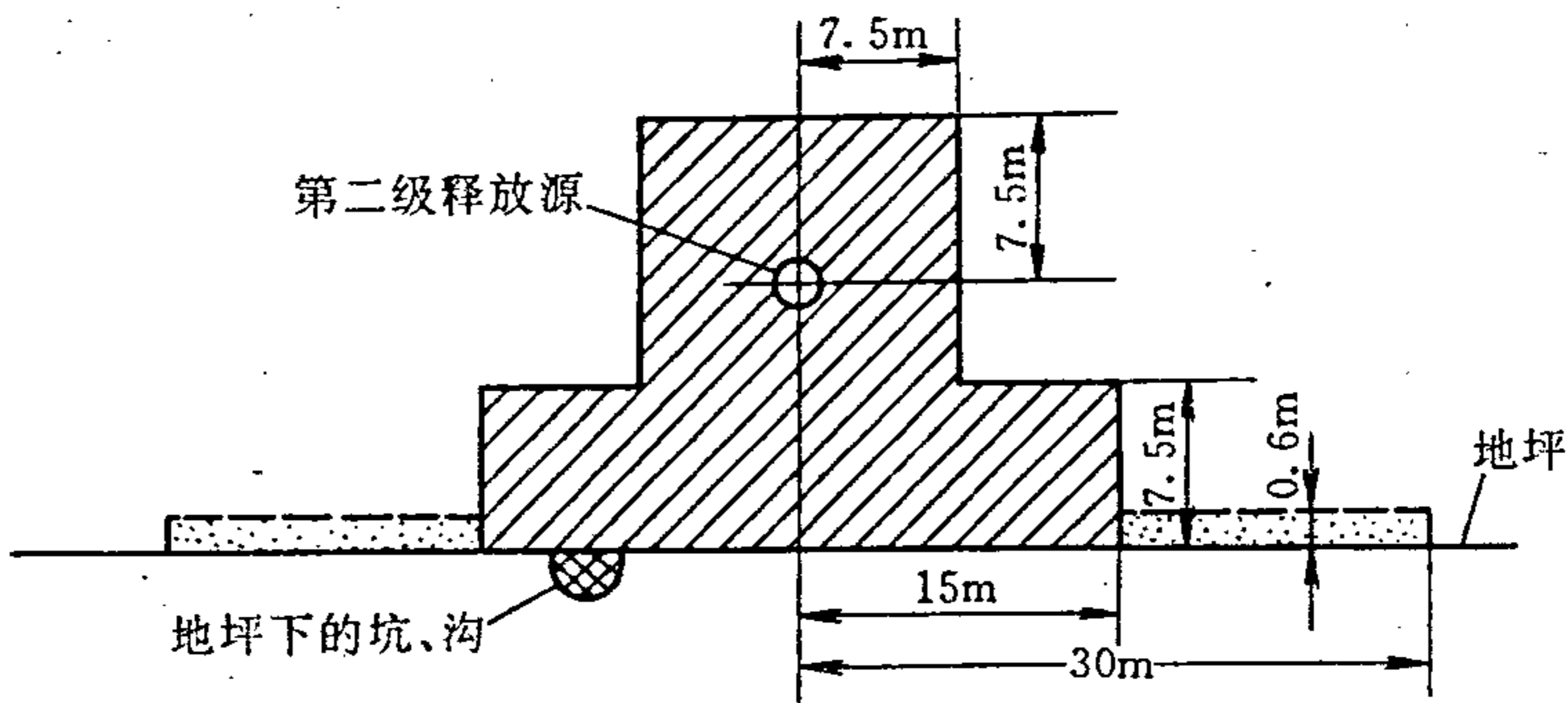
(2)以释放源为中心、半径为 15m，高度为 7.5m 的范围内划为 2 区，但封闭建筑物的外墙和顶部距 2 区的界限不得少于 3m，当为无孔洞的实体墙时，则墙外为非危险区。

(3)以释放源为中心，总半径为 30m，地坪上的高度为 0.6m，且在 2 区以外的范围内划为附加 2 区。



1区
 2区
 附加2区

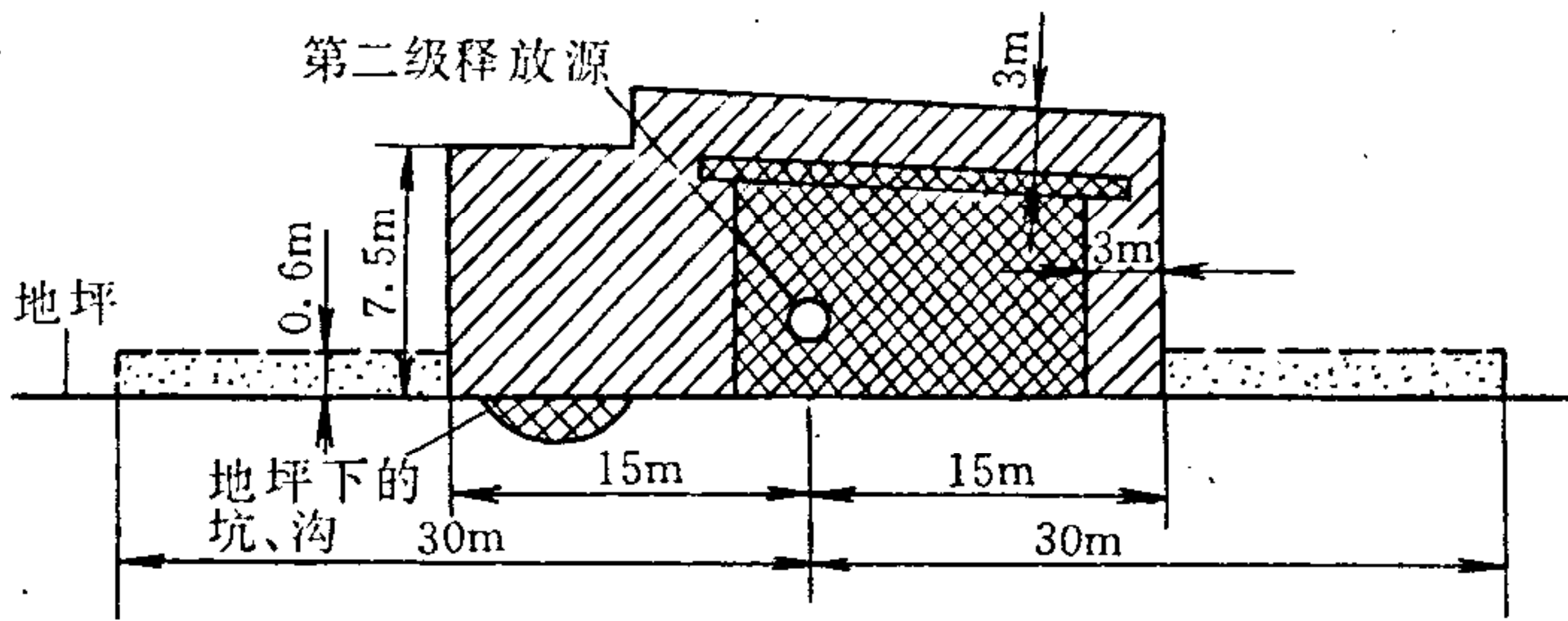
图 19.2.14-1 释放源接近地坪时易燃物质重于空气、通风良好的生产装置区



1区
 2区
 附加2区

图 19.2.14-2 释放源在地坪以上时易燃物质重于空气、通风良好的生产装置区

19.2.16 对于易燃物质重于空气的贮罐,其爆炸危险区域的范围划分,宜符合下列规定(图 19.2.16-1、19.2.16-2):



▨ 1区 ▩ 2区 ▩附加2区

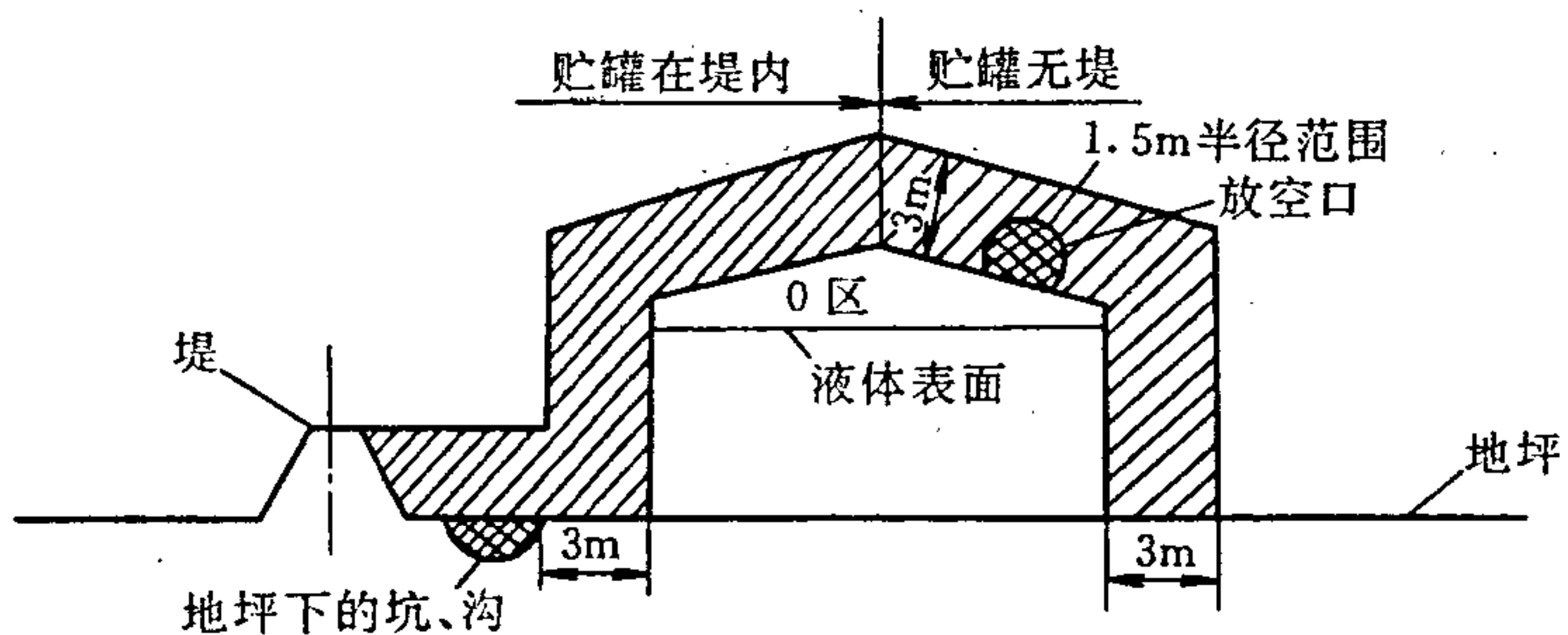
图 19.2.15 易燃物质重于空气、释放源在封闭建筑物内通风不良的生产装置区

(1) 固定式贮罐，在罐体内部未充惰性气体的液体表面以上的空间划为 0 区；浮顶式贮罐在浮顶移动范围内的空间划为 1 区。

(2) 以放空口为中心，半径为 1.5m 的空间和爆炸危险区域内地坪下的坑、沟划为 1 区。

(3) 距离贮罐的外壁和顶部 3m 的范围划为 2 区。

(4) 当贮罐周围设围堤时，贮罐外壁至围堤，其高度为堤顶高度的范围内划为 2 区。



▩ 1区 ▨ 2区

图 19.2.16-1 易燃物质重于空气、设在户外地坪上的固定式贮罐

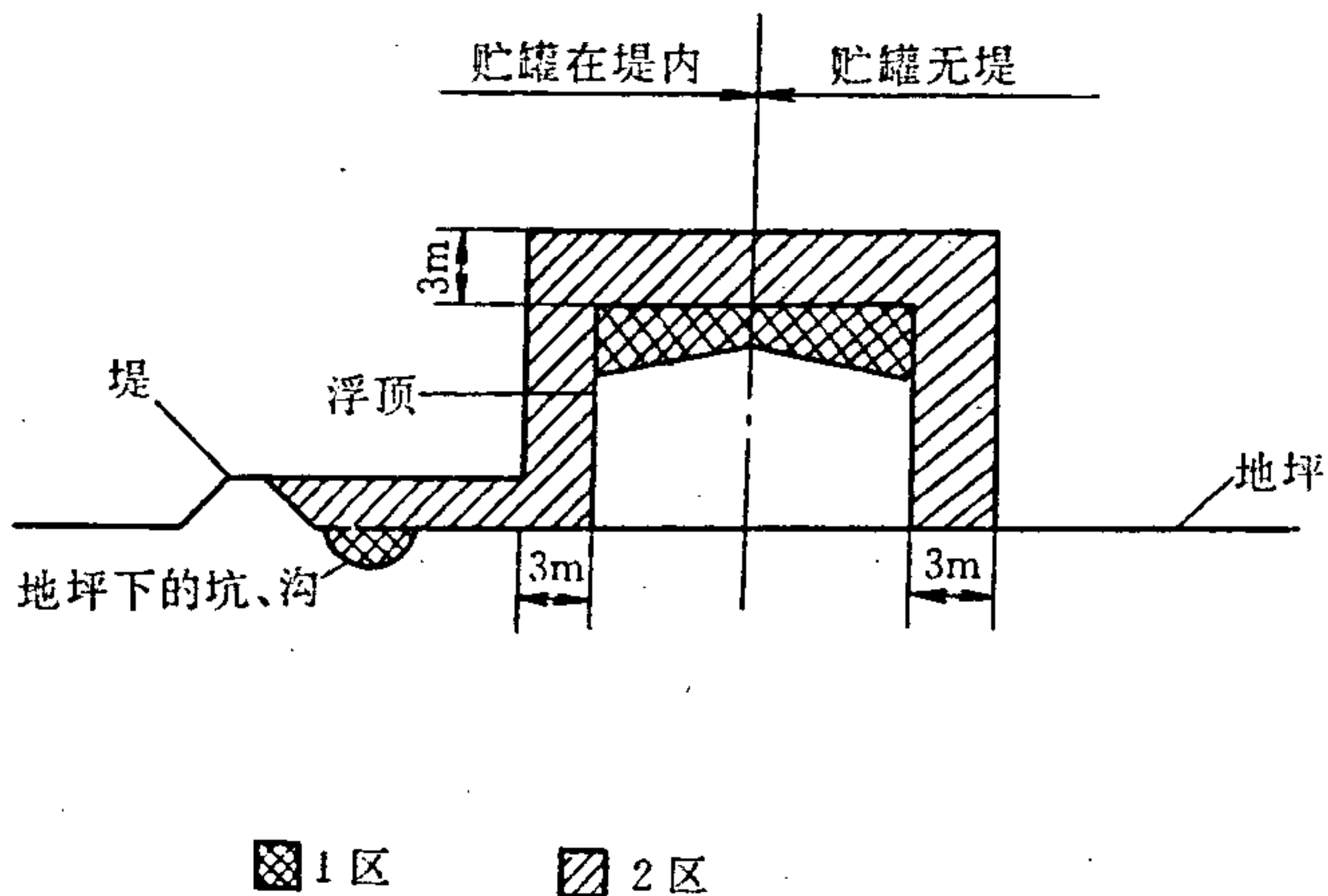


图 19.2.16-2 易燃物质重于空气、设在户外地坪上的浮顶式贮罐

19.2.17 易燃液体、液化气、压缩气体、低温液体装载槽车及槽车注送口处,其爆炸危险区域的范围划分,宜符合下列规定(图 19.2.17):

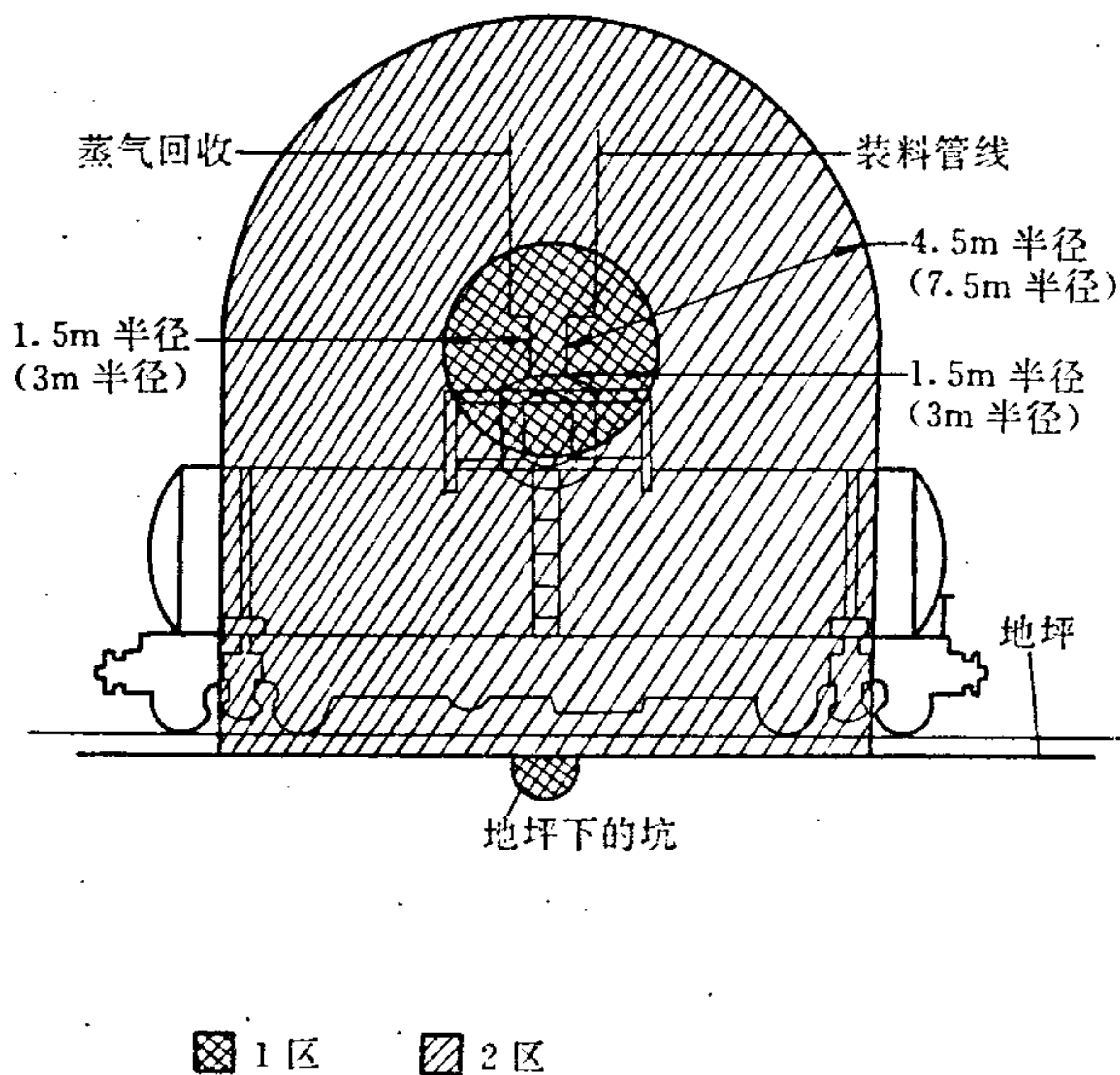


图 19.2.17 易燃液体、液化气、压缩气体等密闭注送系统的槽车

注:易燃液体为非密闭注送时采用括号内数值

(1)以槽车密闭式注送口为中心,半径为 1.5m 的空间或以非密闭式注送口为中心,半径为 3m 的空间和爆炸危险区域内地坪下的坑、沟划为 1 区

(2)以槽车密闭式注送口为中心,半径为 4.5m 空间或以非密闭式注送口为中心,半径为 7.5m 的空间以及至地坪以上的范围内划为 2 区。

19.2.18 对于易燃物质轻于空气、通风良好且为第二级释放源的主要生产装置区,其爆炸危险区域的范围划分,宜符合以下规定(图 19.2.18):

当释放源距地坪的高度不超过 4.5m 时,以释放源为中心,半径为 4.5m,顶部与释放源的距离为 7.5m,及释放源至地坪以上的范围内划为 2 区。

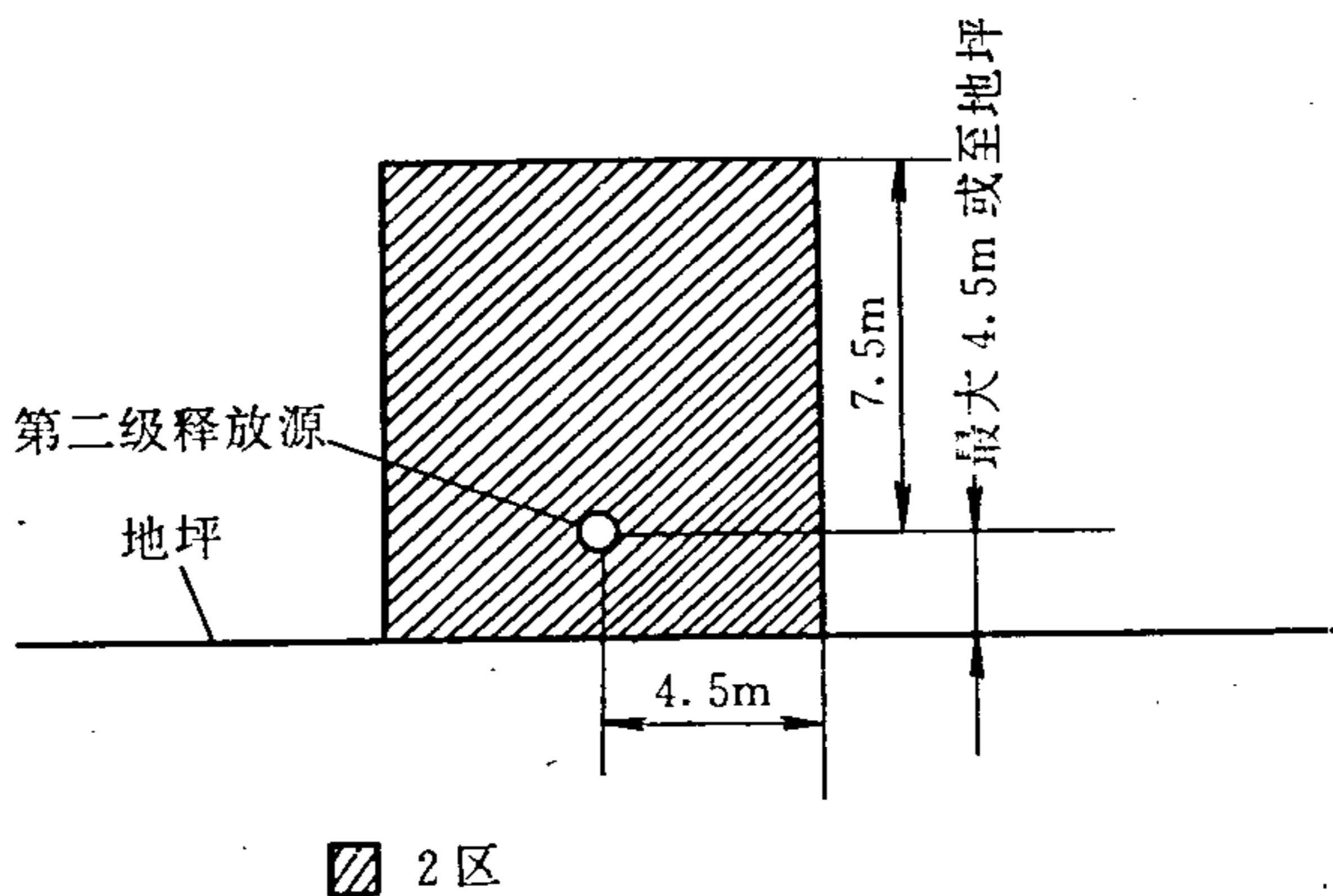


图 19.2.18 易燃物质轻于空气、通风良好的生产装置区

注:释放源距地坪的高度超过 4.5m 时,应根据实践经验定。

19.2.19 对于易燃物质轻于空气,下部无侧墙、通风良好且为第二级释放源的压缩机厂房,其爆炸危险区域的范围划分,宜符合下列规定(图 19.2.19):

(1)当释放源距地坪高度不超过 4.5m 时,以释放源为中心,半径为 4.5m,地坪以上至封闭区底部的空间和封闭区内部的范围内划为 2 区。

(2)屋顶上方百页窗边外,半径为 4.5m,百页窗顶部以上高度

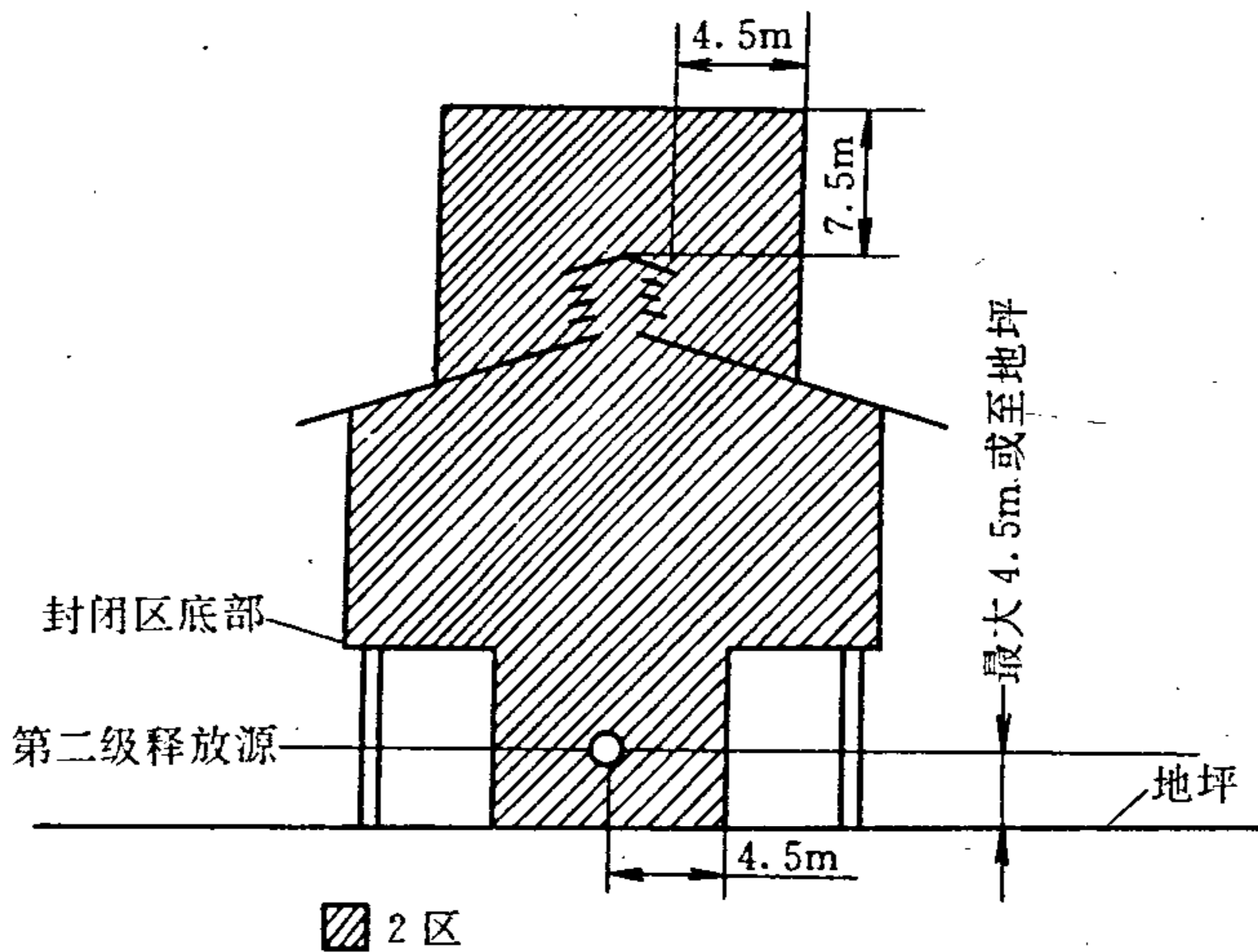


图 19.2.19 易燃物质轻于空气、通风良好的压缩机厂房

注：释放源距地坪的高度超过 4.5m 时，应根据实践经验定。

为 7.5m 的范围内划为 2 区。

19.2.20 对于易燃物质轻于空气、通风不良且为第二级释放源的压缩机厂房，其爆炸危险区域的范围划分，宜符合下列规定(图 19.2.20)：

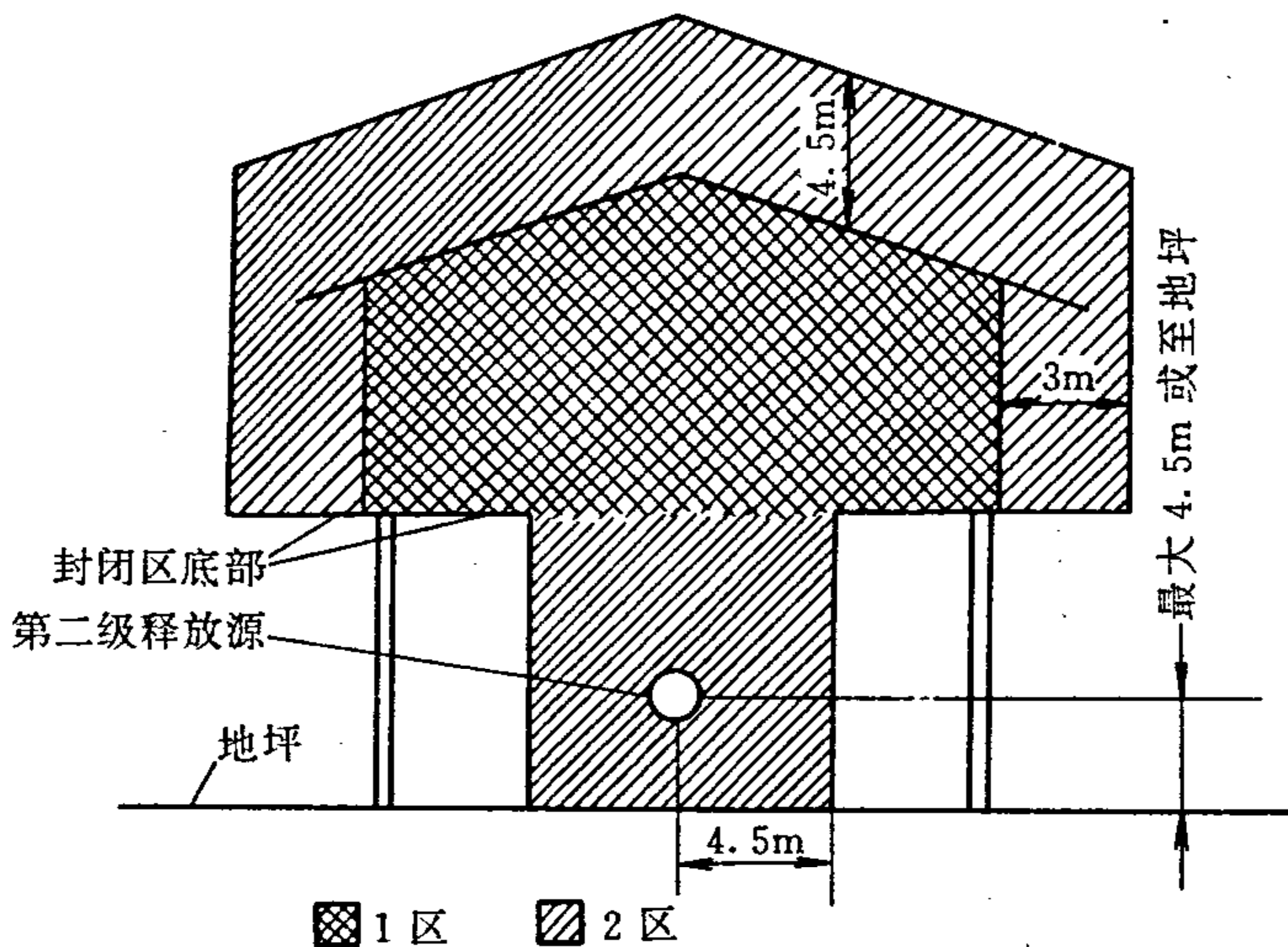


图 19.2.20 易燃物质轻于空气、通风不良的压缩机厂房

注：释放源距地坪的高度超过 4.5m 时，应根据实践经验定。

(1) 封闭区内部划为 1 区

(2) 以释放源为中心, 半径为 4.5m, 地坪以上至封闭区底部的空间和距离封闭区外壁 3m, 顶部的垂直高度为 4.5m 的范围内划为 2 区。

19.2.21 对于开顶贮罐或池的生物氧化装置, 液体表面处为连续级释放源, 其爆炸危险区域的范围划分, 宜符合下列规定(图 19.2.21):

开顶贮罐或池壁外水平距离半径为 3m, 液体表面上方至地坪上高度为 3m 的范围内划为 2 区。

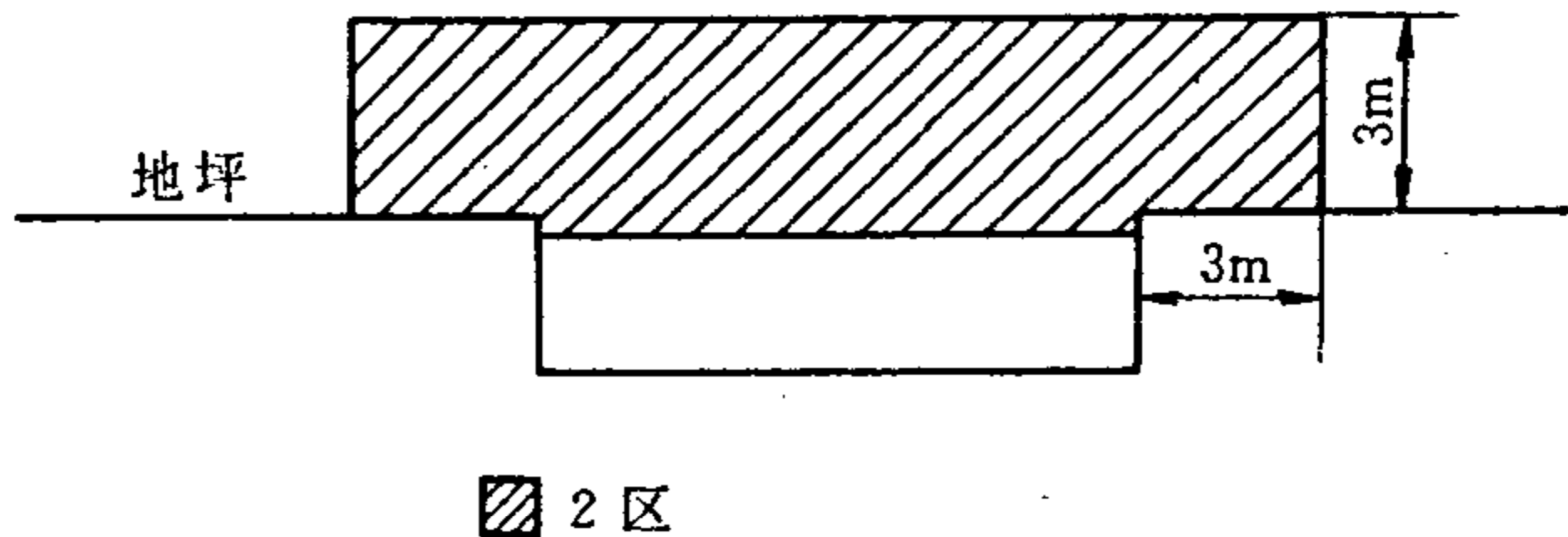


图 19.2.21 生物氧化装置(BIOX)

19.2.22 对于开顶贮罐或池的单元分离器、预分离器和分离器液体表面为连续级释放源的, 其爆炸危险区域的范围划分, 宜符合下列规定(图 19.2.22):

(1) 单元分离器和予分离器的池壁外, 半径为 7.5m, 地坪上高度为 7.5m, 及至液体表面以上的范围内划为 1 区。

(2) 分离器的池壁外, 半径为 3m, 地坪上高度为 3m, 及至液体表面以上的范围内划为 1 区。

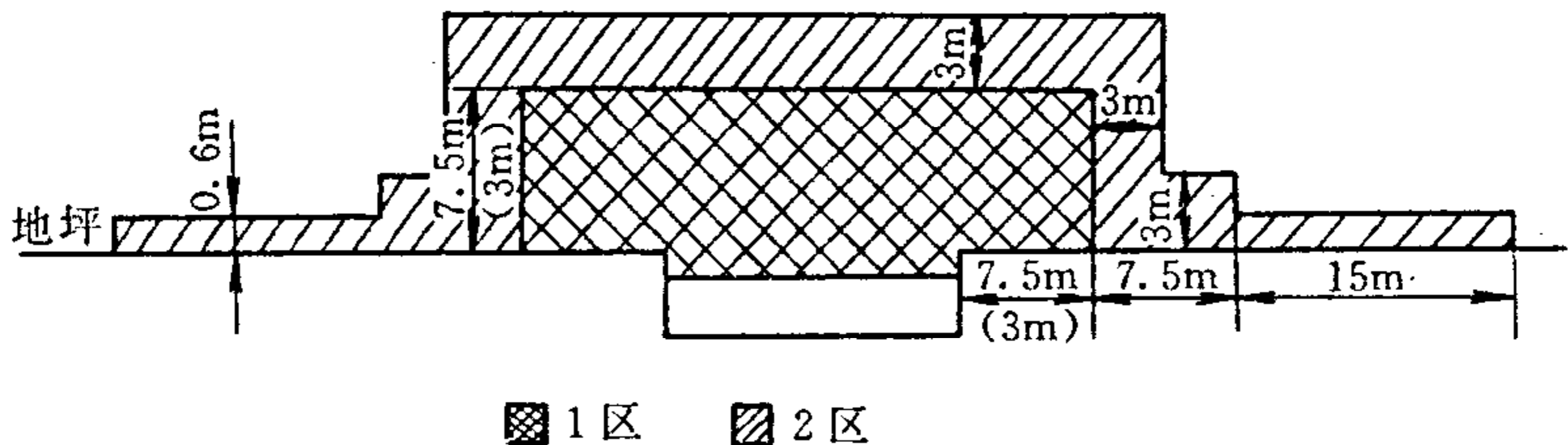


图 19.2.22 单元分离器、预分离器和分离器

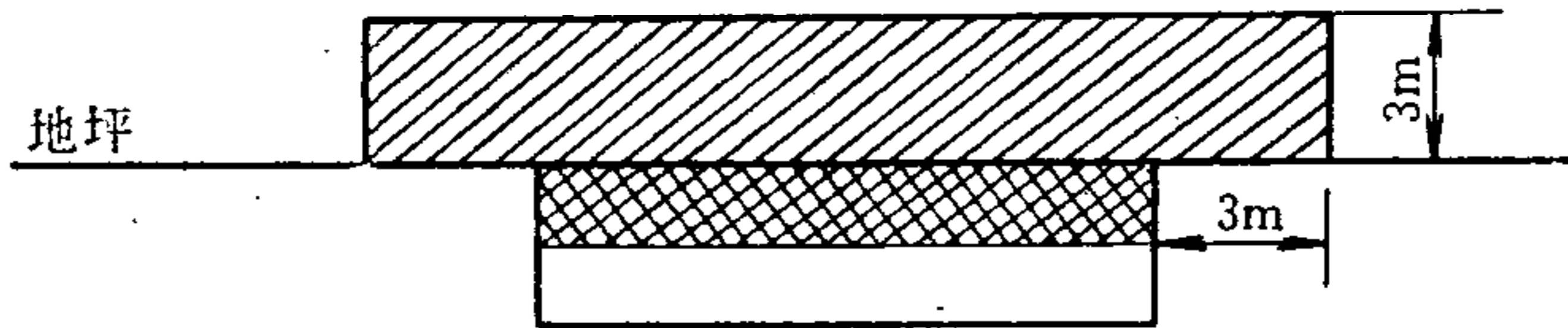
(3) 1 区外水平距离半径为 3m, 垂直上方 3m, 水平距离半径

为 7.5m,地坪上高度为 3m 以及 1 区外水平距离半径为 22.5m,地坪上高度为 0.6m 的范围内划为 2 区。

19.2.23 对于开顶贮罐或池的溶解气游离装置(溶气浮选装置)液体表面处为连续级释放源的,其爆炸危险区域的范围划分,宜符合下列规定(图 19.2.23):

(1)液体表面至地坪的范围划分为 1 区。

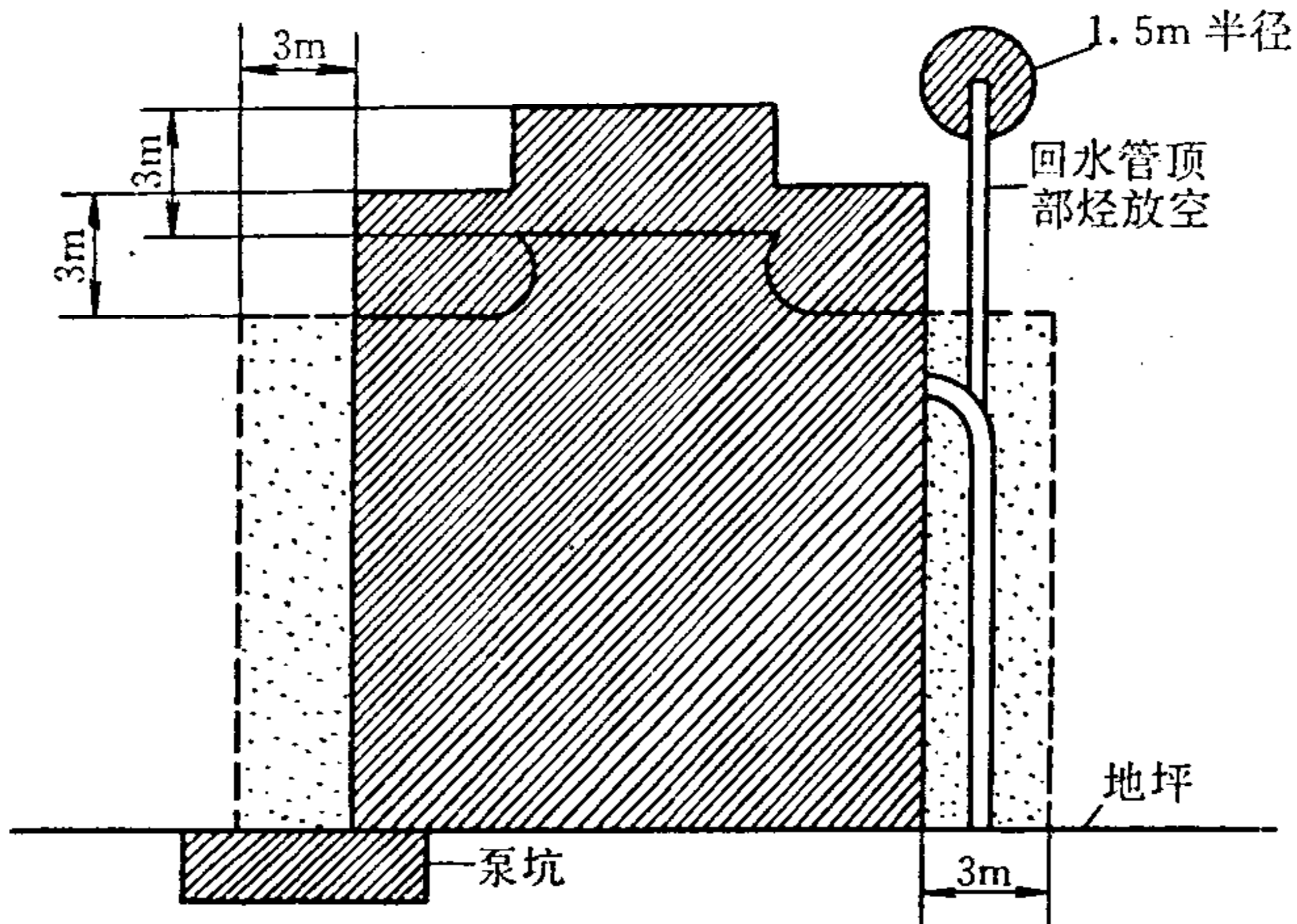
(2)1 区外及池壁外水平距离半径为 3m,地坪上高度为 3m 的范围内划为 2 区。



▣ 1 区 ▨ 2 区

图 19.2.23 溶解气游离装置(溶气浮选装置)(DAF)

19.2.24 对于处理生产装置用冷却水的机械通风冷却塔,当划分为爆炸危险区域时,其爆炸危险区域的范围划分,宜符合下列规定(图 19.2.24):



▣ 1 区 ▨ 2 区 ▤ 风扇反转时的附加 2 区

图 19.2.24 处理生产用冷却水的机械通风冷却塔

(1)以回水管顶部放空管管口为中心,半径为1.5m,地坪下的泵、坑以及冷却塔及其上方高度为3m的范围内划为2区。

(2)当冷却塔的风扇反转时,冷却塔侧壁外水平距离半径为3m,高度为冷却塔高度的范围内划为附加2区。

19.2.25 无释放源的生产装置区与通风不良的,且有第二级释放源的爆炸性气体环境相邻,并用非燃烧体的实体墙隔开,其爆炸危险区域的范围划分,宜符合下列规定(图19.2.25):

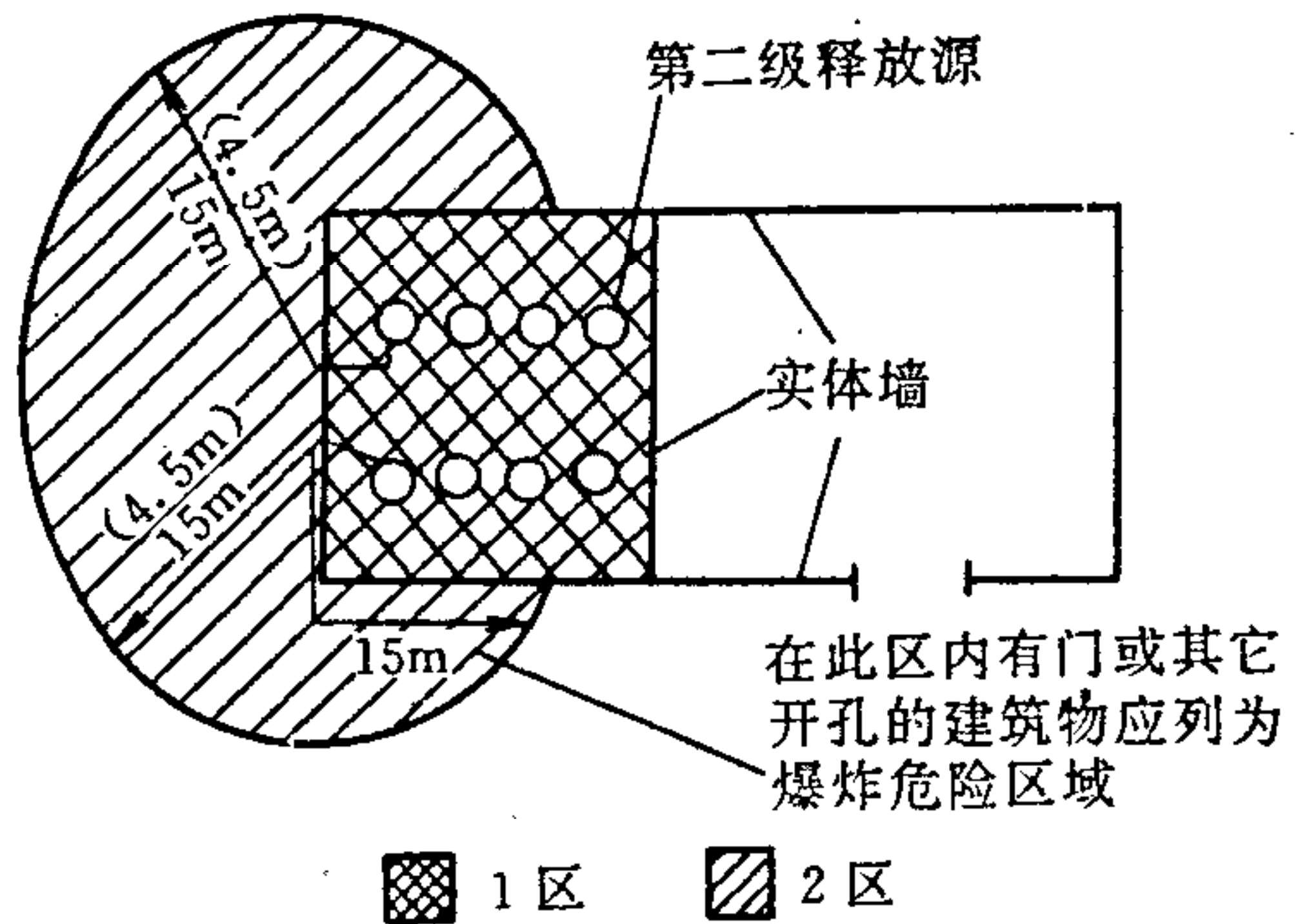


图19.2.25 与通风不良的房间相邻

19.2.25.1 通风不良的,有第二级释放源的房间范围内划为1区。

19.2.25.2 当易燃物质重于空气时,以释放源为中心,半径为15m的范围内划为2区。

19.2.25.3 当易燃物质轻于空气时,以释放源为中心,半径为4.5m的范围内划为2区。

19.2.26 无释放源的生产装置区与有顶无墙建筑物且有第二级释放源的爆炸性气体环境相邻,并用非燃烧体的实体墙隔开,其爆炸危险区域的范围划分,宜符合下列规定(图19.2.26-1,19.2.26-2):

(1)当易燃物质重于空气时,以释放源为中心,半径为15m的范围内划为2区。

(2)当易燃物质轻于空气时,以释放源为中心,半径为4.5m的范围内划为2区。

(3)与爆炸危险区域相邻,用非燃烧体的实体墙隔开的无释放源的生产装置区,门窗位于爆炸危险区域内时划为2区,门窗位于爆炸危险区域外时划为非危险区。

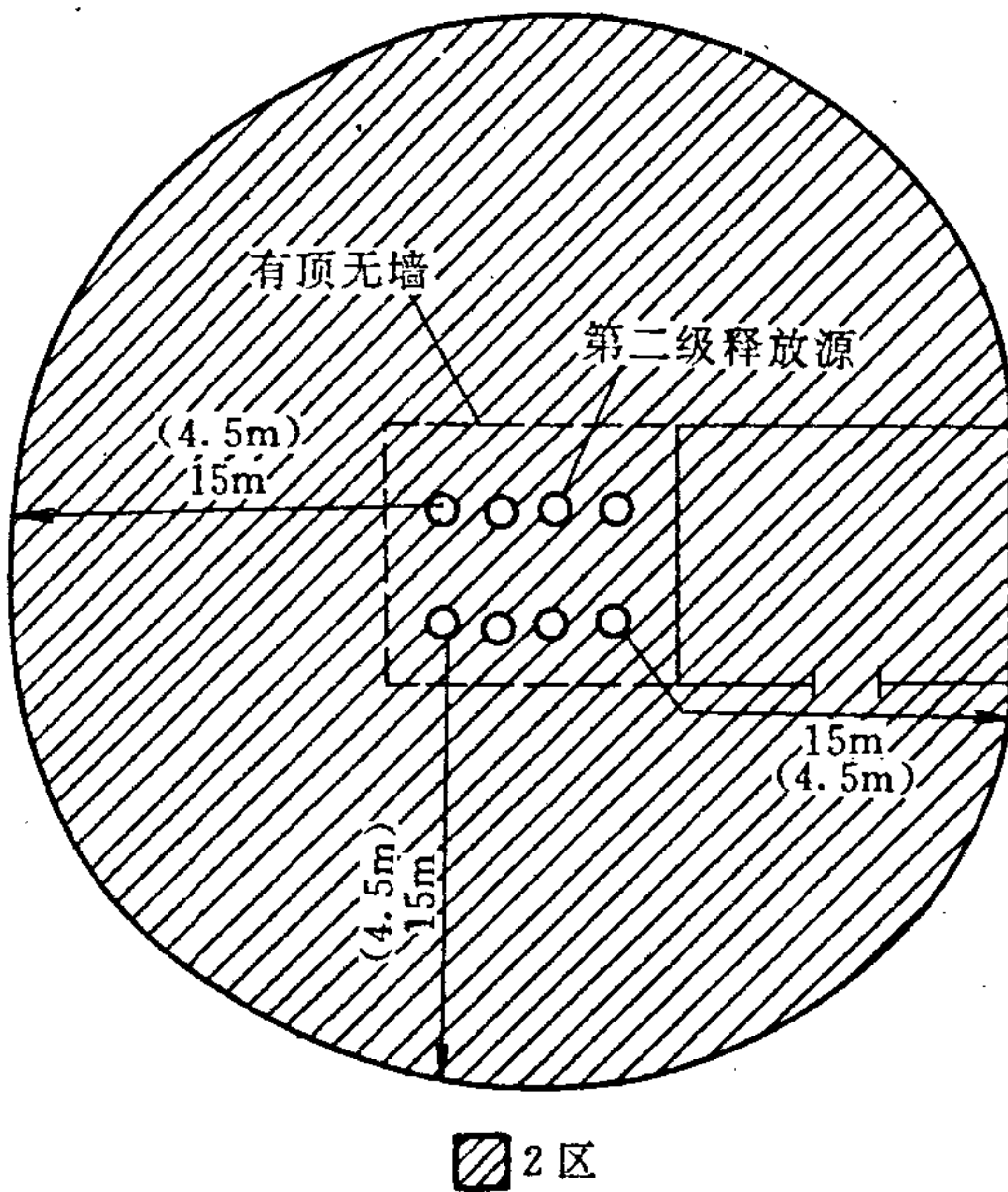


图 19.2.26-1 与有顶无墙建筑物相邻(门窗位于爆炸危险区域内)

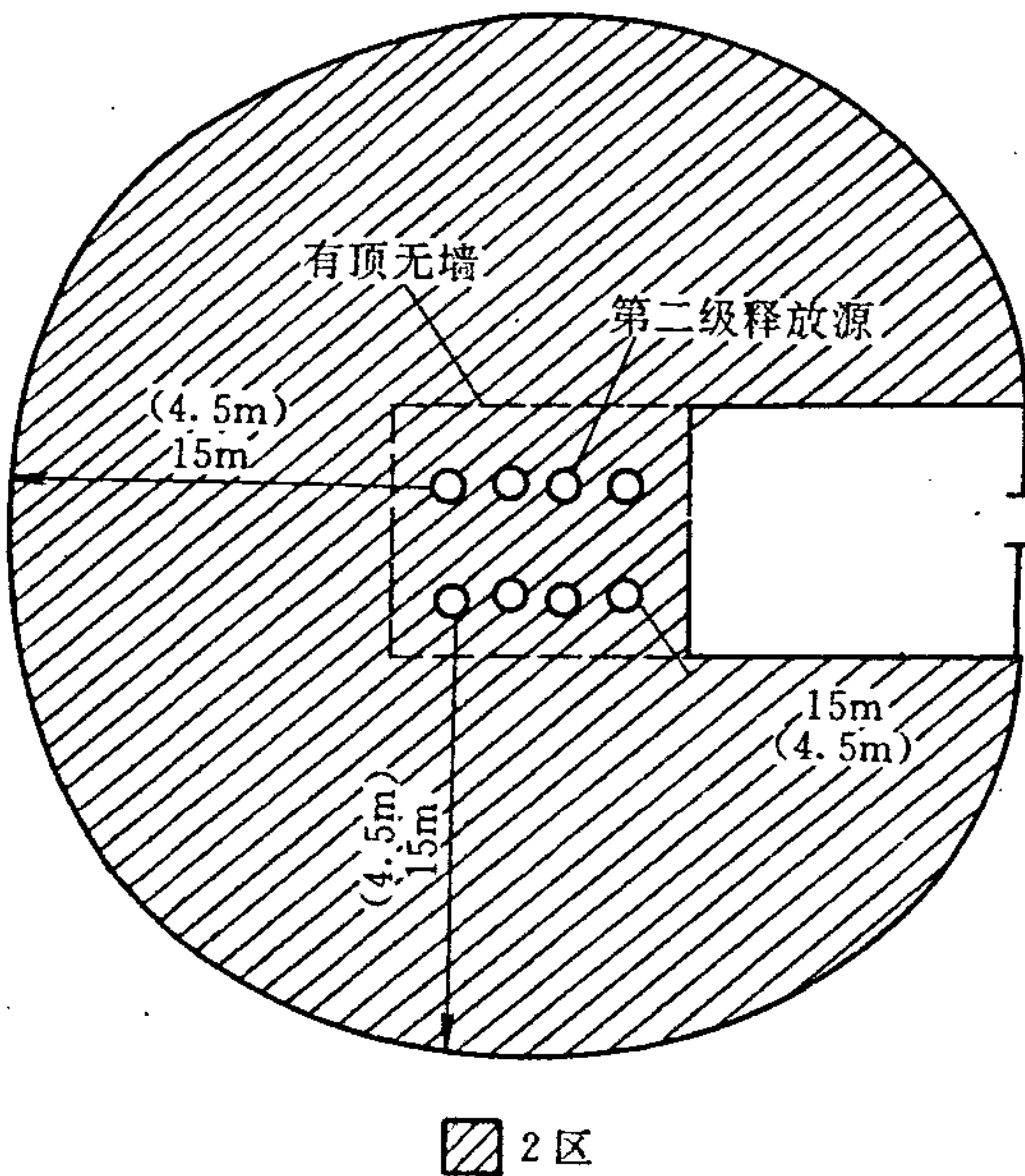


图 19.2.26-2 与有顶无墙建筑物相邻(门窗位于爆炸危险区域外)

19.2.27 无释放源的生产装置区与通风不良的且有第一级释放源的爆炸性气体环境相邻,并用非燃烧体的实体墙隔开,其爆炸危险区域的范围划分,宜符合下列规定(图 19.2.27):

- (1)第一级释放源上方排风罩内的范围划为 1 区。
- (2)当易燃物质重于空气时,1 区外半径为 15m 的范围内划为 2 区。
- (3)当易燃物质轻于空气时,1 区外半径为 4.5m 的范围内划为 2 区。

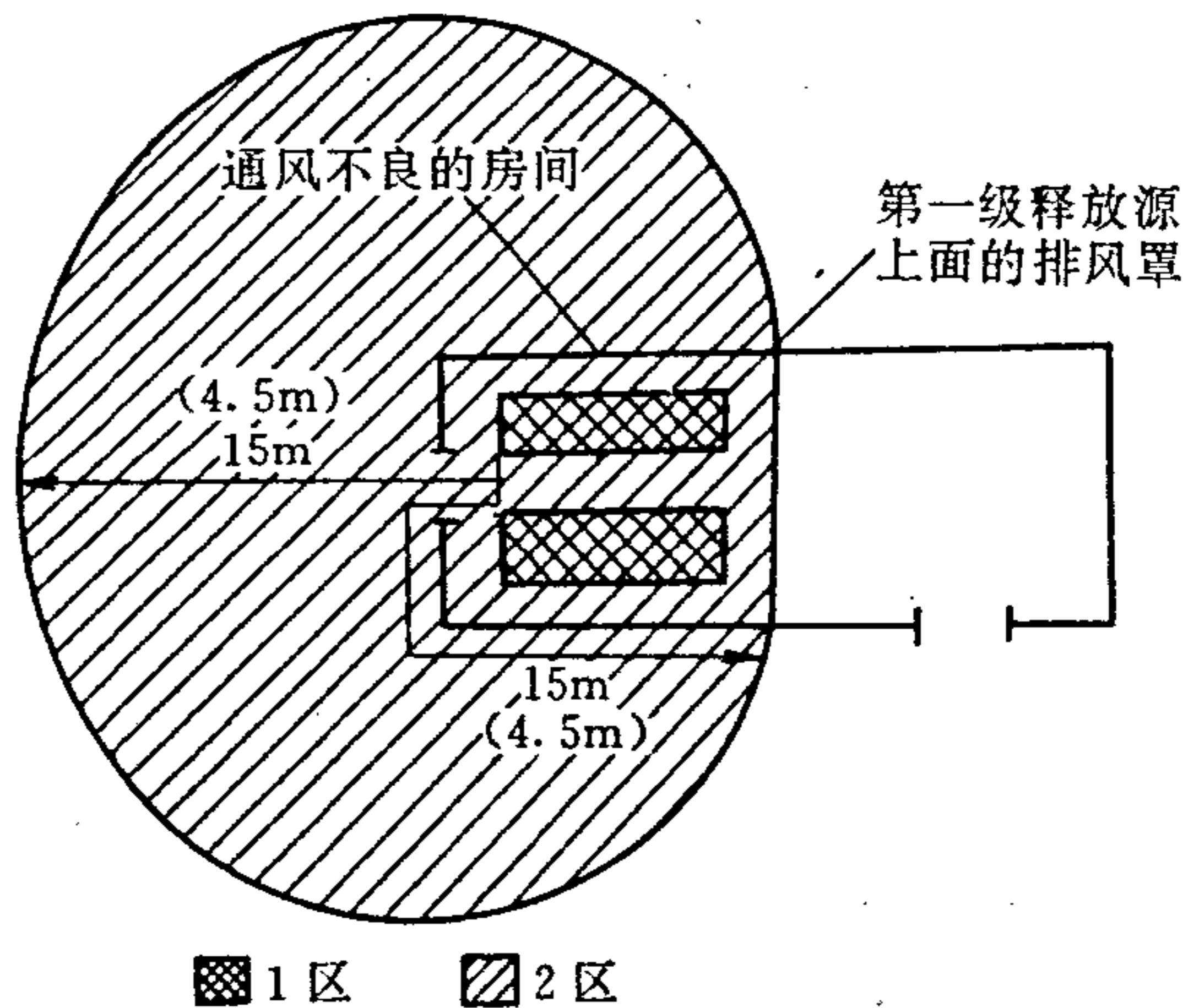


图 19.2.27 释放源上面有排风罩时的爆炸危险区域范围

19.2.28 对工艺设备容积不大于 95m^3 、压力不大于 3.5MPa 、流量不大于 38L/s 的生产装置,且为第二级释放源,按照生产的实践经验,其爆炸危险区域的范围划分,宜符合下列规定(图 19.2.28):

- (1)爆炸危险区域内,地坪下的坑、沟划为 1 区。
- (2)以释放源为中心,半径为 4.5m ,至地坪以上范围内划为 2 区。

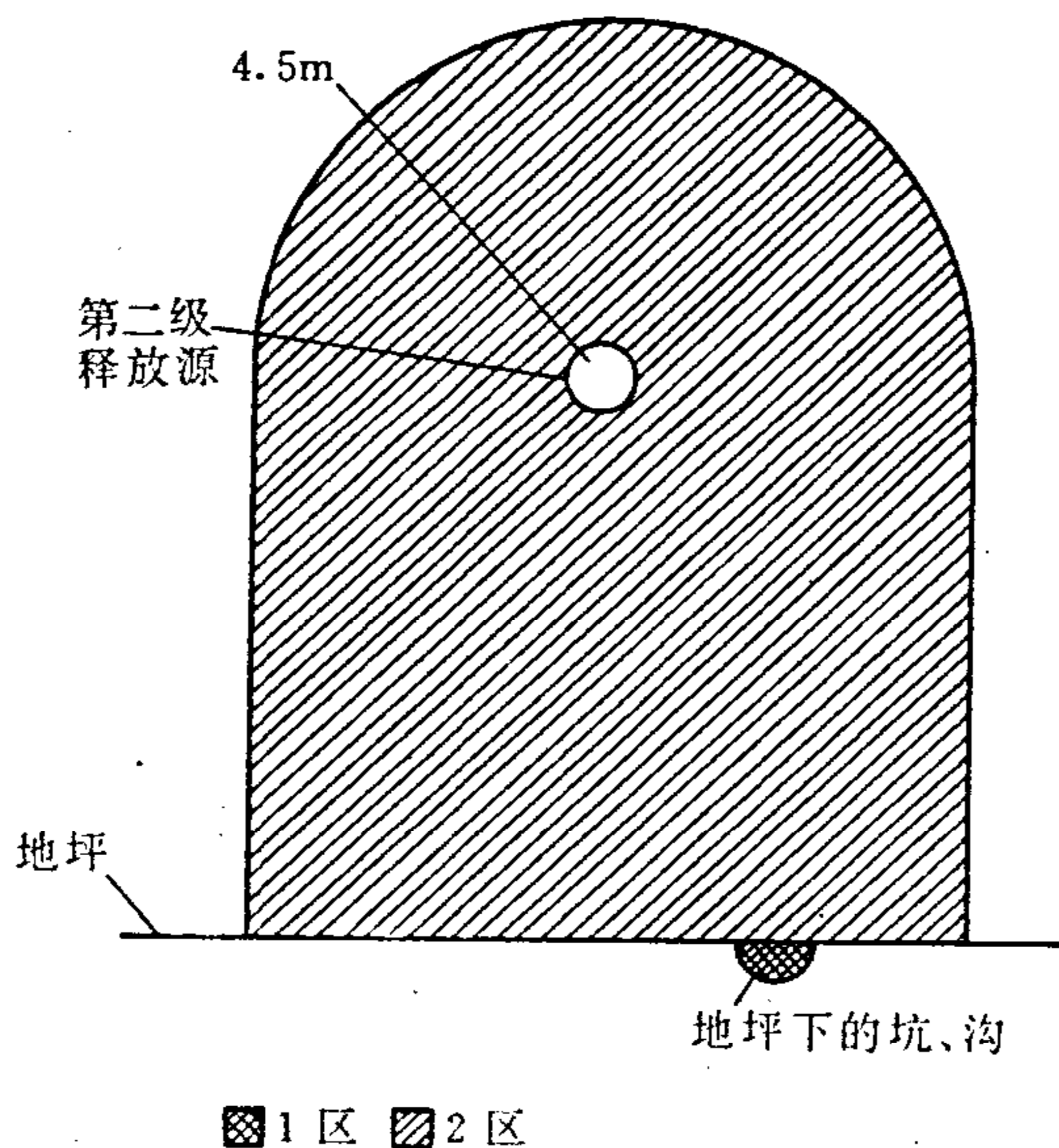


图 19.2.28 易燃液体、液化易燃气体、压缩易燃气体
低温液体释放源位于户外地坪上方

19.2.29 爆炸性气体环境内的车间采用正压或连续通风稀释措施后,车间可降为非爆炸危险环境。

通风引入的气源应安全可靠,且必须是没有易燃物质、腐蚀介质及机械杂质。对重于空气的易燃物质,进气口应设在高出所划爆炸危险区范围 1.5m 以上处。

19.2.30 爆炸性气体环境电力装置设计应有爆炸危险区域划分图,对于简单或小型厂房,可采用文字说明。

19.2.31 符合通风排毒的喷漆室的内部及其配套的排风系统,应为 1 区爆炸危险环境,与喷漆室开敞面以外垂直和水平距离 3m 以内的空间应为 2 区爆炸危险环境。

19.2.32 符合通风排毒的涂层烘干室工件涂层在干燥固化过程中释放易燃可燃蒸汽或气体时,其工作空间应为 2 区爆炸危险环境,其装料门的水平和垂直方向 3m 范围内的空间亦应划为 2 区爆炸危险环境。

IV 爆炸性气体混合物的分级、分组

19.2.33 爆炸性气体混合物,应按其最大试验安全间隙和最小点燃电流分级,按引燃温度分组,并应符合表 19.2.33-1、19.2.33-2、19.2.33-3 的规定。

按最大试验安全间隙(MESG)分级 表 19.2.33-1

级别	最大试验安全间隙(MESG)(mm)
IIA	$MESG \geq 0.9$
IIB	$0.5 < MESG < 0.9$
IIC	$MESG \leq 0.5$

按最小点燃电流(MICR)分级 表 19.2.33-2

级别	最小点燃电流比(MICR)(mm)
IIA	$MICR > 0.8$
IIB	$0.45 \leq MICR \leq 0.8$
IIC	$MICR < 0.45$

注:①最小点燃电流比 MICR 为各种易燃物质按照它们最小点燃电流与实验室的甲烷的最小电流值之比。

②分级的级别应符合现行国家标准《爆炸性环境用防爆电气设备通用要求》。

19.2.34 爆炸性气体混合物分级分组举例见附录 T。

按引燃温度分组

表 19.2.33-3

组别	引燃温度 t (°C)
T1	$450 < t$
T2	$300 < t \leq 450$
T3	$200 < t \leq 300$
T4	$135 < t \leq 200$
T5	$100 < t \leq 135$
T6	$85 < t \leq 100$

V 爆炸性气体环境的电气装置

19.2.35 爆炸性气体环境的电力设计,应符合下列规定:

(1)爆炸性气体环境的电力设计宜将正常运行时发生火花的电气设备,布置在爆炸危险性较小或非爆炸危险的环境内。

(2)在满足工艺生产及安全的前提下,应减少防爆电气设备的数量。

(3)必须采用符合现行国家标准的防爆电气设备。

(4)不宜采用携带式电气设备。

19.2.36 爆炸性气体环境电气设备的选择,应符合下列规定:

(1)根据爆炸危险区域的分区、电气设备的种类和防爆结构的要求,应选择相应的电气设备。

(2)选用的防爆电气设备的级别和组别,不应低于该爆炸性气体环境内爆炸性气体混合物的级别和组别。当存在有两种以上易燃性物质形成的爆炸性气体混合物时,应按危险程度较高的级别和组别选用防爆电气设备。

(3)爆炸危险区域内的电气设备,应符合周围环境中化学的、机械的、热的、霉菌以及风砂等不同环境条件对电气设备的要求。电气设备结构应满足电气设备在规定的运行条件下不降低防爆性能的要求。

19.2.37 各种电气设备防爆结构的选型,应符合下列规定:

19.2.37.1 旋转电机防爆结构选型应符合表 19.2.37-1 的规定。

旋转电机防爆结构的选型 表 19.2.37-1

爆炸危险区域	1 区			2 区				
	防爆结构	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e (5)	无火花型 n (6)
电气设备								
三相笼型感应电动机(1)	○	○	△	○	○	○	○	
三相绕线型感应电动机(2)	△	△	/	○	○	○ (4)	×	
单相笼型感应电动机	○	/	×	○	/	○	○	
带制动器的笼型感应电动机	(3) △	/	×	○	/	△	×	
三相同步电动机	○	○	×	○	○	○ (4)	/	
直流电动机	△	△	/	○	○	/	/	
电磁滑差离合器(无电刷)	○	△	×	○	○	○	△	

表中符号意义如下(下列表同):

○为适用;△为尽量避免;×为不适用;—为结构上不现实;/为一般不用。

注:①三相笼型感应电动机原则上是具有连续使用的连续额定和短时间使用的短时间额定特性的电动机。

②三相绕线型感应电动机应将其起动电流限制在必要的最小限度。额定值按三相笼型感应电动机选择。

③带制动器的笼型感应电动机一般多为断续使用和反复使用。因此,特别有必要对其负荷条件、运行特性进行充分研究后再选型。1区隔爆栏的(3)符号,是指包括控制危险温度的制动器的隔爆型结构。

④是指发生电火花的部分为隔爆或正压型防爆结构,而其主体为增安型防爆结构。

⑤对增安型电动机需选择合适的过电流保护装置,防止转子堵转时产生不允许的高温。

⑥表中无火花电动机在用于通风不良及户内具有比空气重的易燃物质区域内时需慎重考虑。

19.2.37.2 低压变压器防爆结构选型应符合表 19.2.37-2 的规定。

低压变压器防爆结构选型 表 19.2.37-2

爆炸危险区域 防爆结构 电气设备	1 区			2 区			
	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	隔爆型 d	正压型 p	增安型 e	充油型 o
变压器(包括起动用)	△	△	×	○	○	○	○
电抗线圈(包括起动用)	△	△	×	○	○	○	○
仪表用互感器	△	/	×	○	/	○	○

19.2.37.3 低压开关和控制器类防爆结构选型应符合表 19.2.37-3。

低压开关和控制器类防爆结构的选型

表 19.2.37-3

爆炸危险区域	0 区	1 区					2 区				
防爆结构 电气设备	本质安全型 ia	本质安全型 ia ib	隔爆型 d	正压型 p	充油型 o	增安型 e	本质安全型 ia ib	隔爆型 d	正压型 p	充油型 o	增安型 e
刀开关、断路器	—	—	○	/	—	—	—	○	/	—	—
熔断器	—	—	△	/	—	—	—	○	/	—	—
控制开关及按钮	○	○	○	/	○	—	○	○	/	○	—
电抗启动器和启动补偿器	—	—	△	/	—	—	○	/	/	/	○
起动用金属电阻器	—	—	△	△	—	×	—	○	○	—	○
电磁阀用电磁铁	—	—	○	—	—	×	—	○	—	—	○
电磁磨擦制动器	—	—	△	/	—	×	—	○	/	—	△
操作箱、柱	—	—	○	○	—	—	—	○	○	—	—
控制盘	—	—	△	△	—	—	—	○	○	—	—
配电盘	/	/	△	/	—	—	—	○	/	—	—

注：①电抗启动器和启动补偿器采用增安型时，是指将隔爆结构的启动运转开关操作部件与增安型防爆结构的电抗线圈或单绕组变压器组成一体的结构。

②电磁磨擦制动器采用隔爆型时，是指将制动片、滚筒等机械部分也装入隔爆壳体内者。

③在 2 区内电气设备采用隔爆型时，是指除隔爆型外，也包括主要有火花部分为隔爆结构而其外壳为增安型的混合结构。

19.2.37.4 灯具类防爆结构选型应符合表 19.2.37-4 规定

灯具类防爆结构的选型

表 19.2.37-4

爆炸危险区域		1 区		2 区	
电气设备	防爆结构	隔爆型	增安型	隔爆型	增安型
		d	e	d	e
	固定式灯	○	×	○	○
	移动式灯	△	—	○	—
	携带式电池灯	○	—	○	—
	指示灯类	○	×	○	○
	镇流器	○	△	○	○

19.2.37.5 信号报警装置等电气设备防爆结构选型应符合表 19.2.37-5。

信号、报警装置等电气设备防爆结构的选型 表 19.2.37-5

爆炸危险区域		0 区	1 区				2 区			
电气设备	防爆结构	本质安全型	本质安全型	隔爆型	正压型	增安型	本质安全型	隔爆型	正压型	增安型
		ia	ia ib	d	p	e	ia ib	d	p	e
	信号、报警装置	○	○	○	○	×	○	○	○	○
	连接装置	—	—	○	—	—	—	○	—	○
	接线箱(盒)	—	—	○	—	△	—	○	—	○
	电气测量表计	—	—	○	○	×	—	○	○	○

19.2.38 选用正压型电气设备及通风系统,应符合下列要求:

(1)通风系统必须用非燃性材料制成,其结构应坚固,连接应

严密,并不得有产生气体滞留死角。

(2)电气设备应与通风系统联锁。运行前必须首先通风,并使通风量大于电气设备及其通风系统容积的5倍时,才能接通电气设备的主电源。

(3)在运行中,进入电气设备及其通风系统内的气体,不应含有易燃物质或其他有害物质。

(4)在电气设备及其通风系统运行中,其风压不应低于50Pa。当风压低于50Pa时,应自动断开电气设备的主电源或发出信号。

(5)通风过程排出的气体,不宜排入爆炸危险环境;当采取有效地防止火花和炽热颗粒从电气设备及其通风系统吹出的措施时,可排入2区空间。

(6)对于闭路通风的正压型电气设备及其通风系统,应供给清洁气体。

(7)电气设备外壳及通风系统的小门或盖子应采取联锁装置或加警告标志等安全措施。

(8)电气设备必须有一个或几个与通风系统相连的进、排气口。排气口在换气后须妥善密封。

19.2.39 充油型电气设备,应在没有振动、不会倾斜和固定安装的条件下采用。

19.2.40 在采用非防爆型电气设备作隔墙机械传动时,应符合下列要求:

(1)安装电气设备的房间,应采用非燃烧体的实体墙与爆炸危险区域隔开。

(2)传动轴传动通过隔墙处应采用填料函密封或有同等效果的密封措施。

(3)安装电气设备房间的出口,应通向非爆炸危险区域和无火灾危险的环境;当安装电气设备的房间必须与爆炸性气体环境相通时,应对爆炸性气体环境保持相对的正压。

19.2.41 变电所、配电所和控制室的设计,应符合下列要求:

19.2.41.1 变电所、配电所、配电室和控制室应布置在爆炸危险

区域范围以外,当为正压室时,可布置在1区、2区内。

19.2.41.2 10kV 及以下的变电所、配电所和配电室不应设在爆炸危险环境的正上面或正下面,当符合下列要求时,可与通风良好、具有第二级释放源的1区、2区爆炸危险环境的建筑物和构筑物毗连。

(1)变电所与1区、2区爆炸危险区域毗连时最多只能有两面相连的墙与危险场所共用(图19.2.41-1);

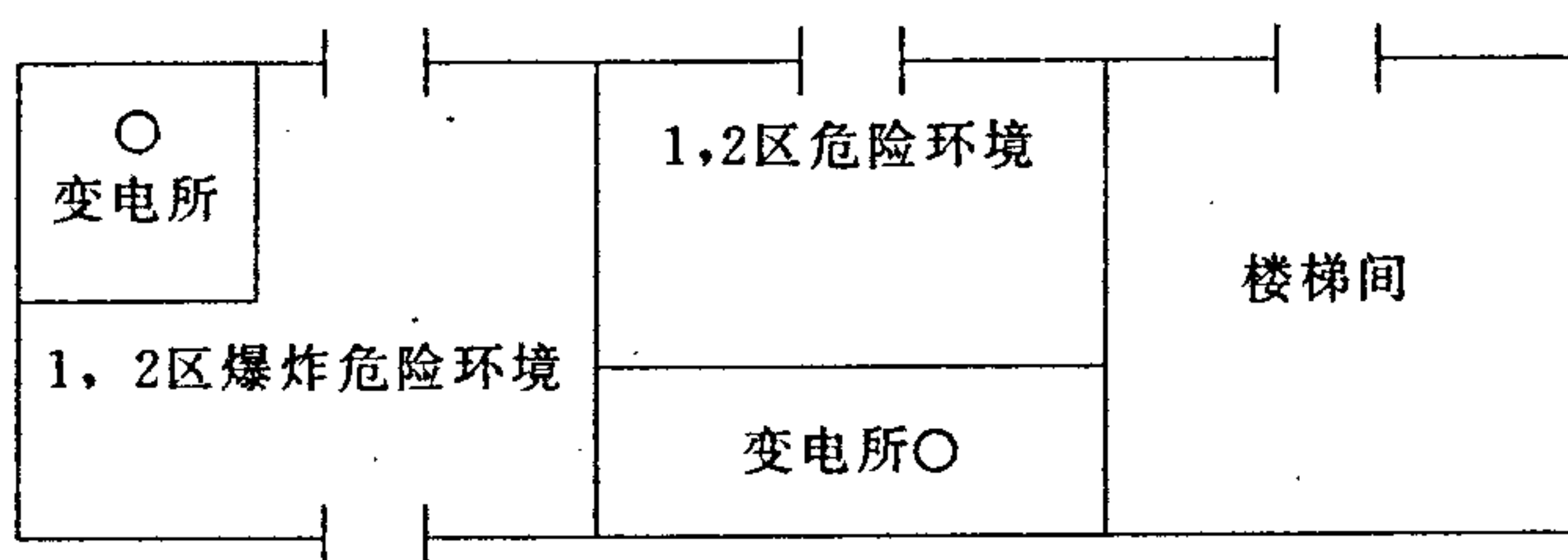


图19.2.41-1 变电所与1, 2区爆炸危险环境毗连示意图

配电所与1区毗连时,最多只能有两面相连的墙共用(图19.2.41-2),与2区毗连时,最多只能有三面相连的墙共用(图19.2.41-3)。

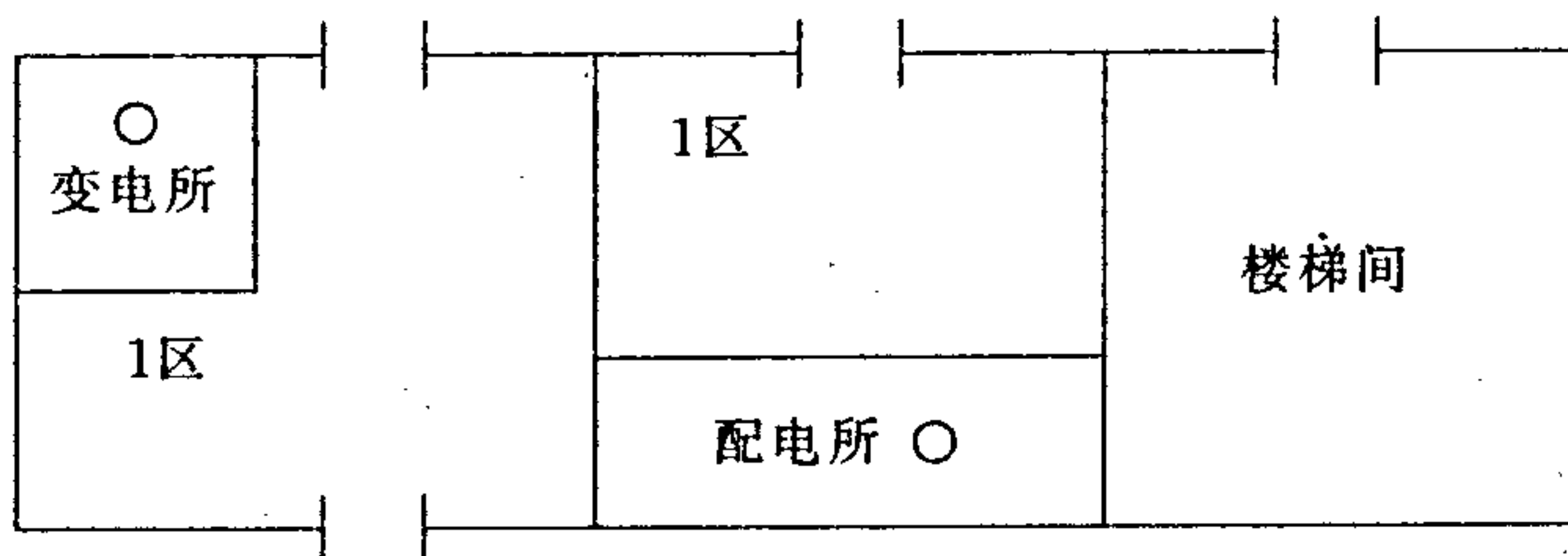


图19.2.41-2 配电所与1区毗连示意图

(2)与爆炸危险区域的建筑物和构筑物共用的隔墙应是非燃烧体的实体墙,并应抹灰;

与1区共用的隔墙上,不应有任何管道,沟道穿过;

与2区共用的隔墙上,只允许穿过与配电网所有有关的管道、沟道,其穿过处的孔洞,应采用非燃烧性材料严密堵塞。

(3)变电所、配电所的门窗应设在爆炸危险区域之外,其门应

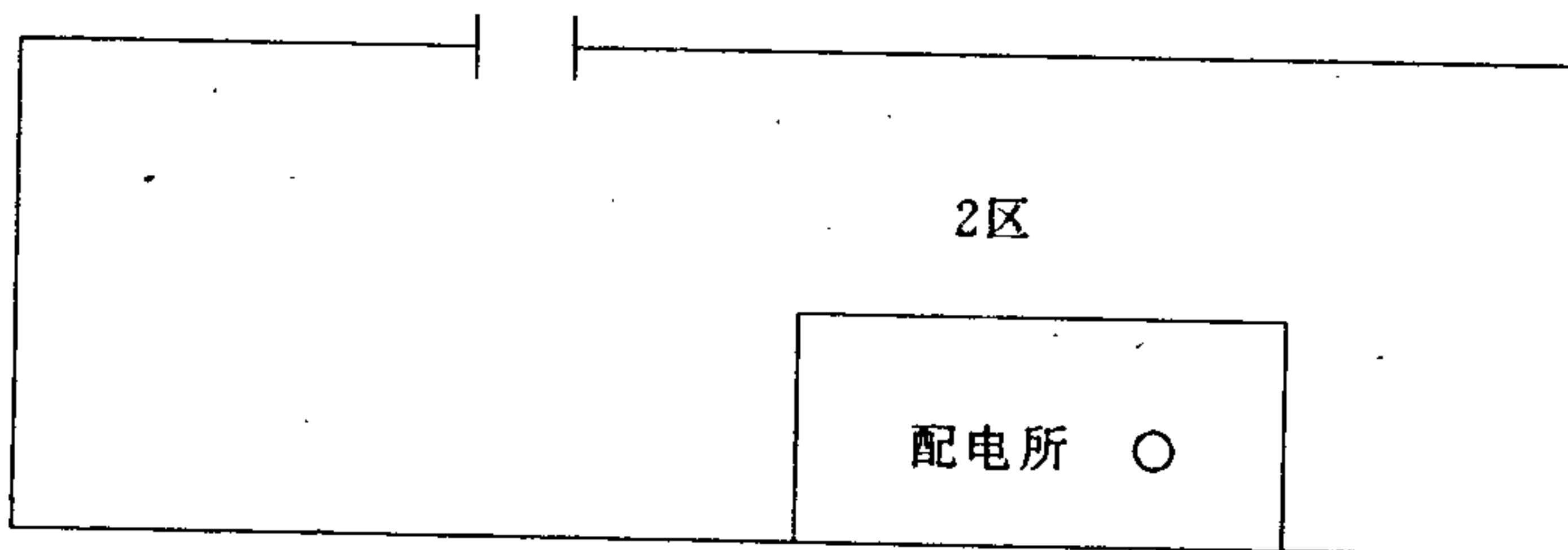


图19.2.41-3 配电所与2区毗连示意图

向外开启。

(4) 变压器宜选用干式变压器。

(5) 对于易燃物质比空气重的爆炸性气体环境,位于1区、2区附近或满足本款(1)、(2)、(3)要与1区、2区毗连的变电所、配电所和控制室的室内地面,应高出室外地面0.6m。

19.2.42 爆炸性气体环境电气线路的设计和安装,应符合下列规定:

19.2.42.1 电气线路应在爆炸危险性较小的环境或远离释放源的地方敷设并符合下列要求:

(1) 当易燃物质比空气重时,电气线路应在较高处敷设或直接埋地;架空敷设时宜采用电缆桥架;电缆沟敷设时沟内应充砂,并宜设置排水措施。

(2) 当易燃物质比空气轻时,电气线路宜在较低处敷设或电缆沟敷设。

(3) 电气线路宜在有爆炸危险的建、构筑物的墙外敷设。

19.2.42.2 敷设电气线路的沟道、电缆或钢管,所穿过的不同区域之间墙或楼板处的孔洞,应采用非燃性材料严密堵塞。

19.2.42.3 当电气线路沿输送易燃气体或液体的管道栈桥敷设时,应符合下列要求:

(1) 沿危险程度较低的管道一侧。

(2) 当易燃物质比空气重时,在管道上方;比空气轻时,在管道的下方。

19.2.42.4 敷设电气线路时宜避开可能受到机械损伤、振动、腐蚀以及可能受热的地方,不能避开时,应采取预防措施。

19.2.42.5 在爆炸性气体环境内,低压电力、照明线路用的绝缘导线和电缆的额定电压,必须不低于工作电压,且不应低于 500V。工作中性线的绝缘的额定电压应与相线电压相等,并应在同一护套或管子内敷设。

19.2.42.6 在 1 区内单相网络中的相线及中性线均应装设短路保护,并使用双极开关同时切断相线及中性线。

19.2.42.7 对 3~10kV 电缆线路,宜装设零序电流保护;在 1 区内保护装置宜动作于跳闸;在 2 区内宜作用于信号。

19.2.42.8 在 1 区内的所有电气线路和在 1、2 区内有剧烈振动的用电设备的线路,应采用铜芯绝缘导线和电缆;在 2 区内宜采用铜芯绝缘导线和电缆,当采用铝芯导线或电缆时,与电气设备的连接应有可靠的铜—铝过渡接头等措施。

19.2.42.9 在爆炸危险区域内,当采用绝缘导线布线时严禁采用明敷,绝缘导线应敷设在钢管中。

19.2.42.10 选用电缆时应考虑环境腐蚀、鼠类和白蚁危害以及周围环境温度及用电设备进线盒方式等因素,在架空桥架敷设时宜采用阻燃电缆。

19.2.43 本质安全系统的电路,应符合下列要求:

(1)当本质安全系统电路的导体与其它非本质安全系统电路的导体接触时,应采取适当预防措施。不应使接触点处产生电弧或电流增大、产生静电或电磁感应。

(2)连接导线应采用铜芯导线,其导线截面的最大允许电流应符合表 19.2.43 的规定。

铜导线截面的最大允许电流

表 19.2.43

导线截面(mm ²)	0.017	0.03	0.09	0.19	0.28	0.44
最大允许电流(A)	1.0	1.65	3.3	5	6.6	8.3

注:上表仅适用于 T1~T4 组。

(3)导线绝缘的耐压强度应为 2 倍额定电压,最低为 500V。

19.2.44 除本质安全系统的电路外,在爆炸性气体环境 1 区、2 区内电缆配线,应符合下列要求:

19.2.44.1 爆炸性气体环境电缆配线技术要求,应符合表 19.2.44 的规定

爆炸性气体环境电缆配线技术要求 表 19.2.44

项目 爆炸危险区域	电缆明设或在沟内敷设时的最小截面(mm ²)			接线盒	移动 电缆
	电力	照明	控制		
1 区	铜芯: ≥2.5	铜芯: ≥2.5	铜芯: ≥2.5	隔爆型	重型
2 区	铜芯: ≥1.5 或铝芯: ≥4	铜芯: ≥1.5 铝芯: ≥2.5	铜芯: ≥1.5	隔爆、 增安型	中型

19.2.44.2 明设塑料护套电缆,当其敷设方式采用能防止机械损伤的电缆槽板、托盘或桥架方式时,可采用非铠装电缆。

19.2.44.3 易燃物质比空气轻且不会受鼠、虫等损害时,在 2 区电缆沟内敷设的电缆可采用非铠装电缆。

19.2.44.4 铝芯绝缘导线或电缆的连接与封端应采用压接、熔焊或钎焊;当与电气设备(照明灯具除外)连接时;应采用适当的过渡接头。

19.2.44.5 1 区内电缆线路严禁有中间接头,2 区内不应有中间接头。

19.2.45 除本质安全系统的电路外,在爆炸性气体环境 1 区、2 区内电压为 1000V 以下的钢管配线的技术要求,应符合下列要求:

19.2.45.1 爆炸危险环境钢管配线技术要求,应符合表 19.2.45 的规定。

爆炸危险环境钢管配线技术要求

表 19.2.45

项目	钢管明配线路用绝缘导线的截面(mm ²)			接线盒 挠性连 接管, 分支盒	管子连接 要求
	电力	照明	控制		
爆炸危险区域 1区	铜芯: ≥2.5	铜芯: ≥2.5	铜芯: ≥2.5	隔爆型	对 Dg25mm 及以下的钢管螺纹啮合, 不应少于 5 扣 对 Dg32mm 及以上的不应少于 6 扣, 并有锁紧螺母
2区	铜芯: ≥1.5 或铝芯 ≥4	铜芯: ≥1.5 铝芯: ≥2.5	铜芯: ≥1.5	隔爆增安型	对 Dg25mm 及以下的螺纹啮合不应少于 5 扣。 对 Dg32mm 及以上的, 不应少于 6 扣

19.2.45.2 钢管应采用低压流体输送用镀锌焊接钢管。

19.2.45.3 为了防腐蚀, 钢管连接的螺纹部分应涂以铅油或磷化膏。

19.2.45.4 在可能凝结冷凝水的地方, 管线上应装设排除冷凝水的密封接头。

19.2.45.5 与电气设备的连接处宜采用挠性连接管。

19.2.46 在爆炸性气体环境 1 区、2 区内钢管配线的电气线路必须作好隔离密封, 且应符合下列要求:

19.2.46.1 爆炸性气体环境 1 区、2 区内, 下列各处必须作隔离密封:

(1) 当电气设备本身的接头部件中无隔离密封时, 导体引向电

气设备接头部件前的管段处。

(2)直径大于 50mm 钢管距引入的接线箱 450mm 以内处,以及直径大于 50mm 钢管每距 15m 处。

(3)相邻的爆炸性气体环境 1 区、2 区之间;爆炸性气体环境 1 区、2 区与相邻的其他危险环境或正常环境之间。

(4)进行密封时,密封内部应用纤维作填充层的底层或隔层,填充层的有效厚度必须大于钢管的内径。

19.2.46.2 供隔离密封用的连接部件,不应作为导线的连接或分线用。

19.2.47 在爆炸性气体环境 1 区、2 区内,绝缘导线和电缆载面的选择,应符合下列要求:

(1)导体允许载流量,不应小于熔断器熔体额定电流的 1.25 倍和自动开关长延时过电流脱扣器整定电流的 1.25 倍,19.2.47.2 条情况除外。

(2)引向电压为 1000V 以下笼型感应电动机支线的长期允许载流量,不应小于电动机额定电流的 1.25 倍。

(3)电压为 1000V 及以上的导线和电缆,截面应按短路电流进行热稳定校验。

19.2.48 10kV 及以下架空线路严禁跨越爆炸性气体环境,架空线路与爆炸性气体环境的水平距离,不应小于杆塔高度的 1.5 倍,在特殊情况下,采取有效措施后,可适当减少距离。

19.2.49 爆炸性气体环境接地设计应符合下列要求:

19.2.49.1 按有关电力设备接地设计技术规定不需要接地的下列部分,在爆炸性气体环境内仍应进行接地:

(1)在不良导电地面处,交流额定电压为 380V 及以下和直流额定电压为 440V 及以下的电气设备正常不带电的金属外壳。

(2)在干燥环境,交流额定电压为 50V 及以下,直流电压为 110V 及以下的电气设备正常不带电的金属外壳。

(3)安装在已接地的金属结构上的电气设备。

19.2.49.2 在爆炸危险环境内,电气设备的金属外壳应可靠接

地。爆炸性气体环境 1 区内的所有电气设备以及爆炸性气体环境 2 区内除照明灯具以外的其他电气设备,应采用专门的接地线。该接地线若与相线敷设在同一保护管内时,应具有与相线相等的绝缘。此时爆炸性气体环境的金属管线,电缆的金属包皮等,只能作为辅助接地线。

爆炸性气体环境 2 区内的照明灯具,可利用有可靠电气连接的金属管线系统作为接地线,但不得利用输送易燃物质的管道。

19.2.49.3 接地干线应在爆炸危险区域不同方向不少于两处与接地体连接。

19.2.49.4 电气设备的接地装置与防止直接雷击的独立避雷针的接地装置应分开设置,与装设在建筑物上防止直接雷击的避雷带的接地装置,防雷电感应的接地装置、电力装置的重复接地装置可合并设置,接地电阻应取其中最低值。

19.3 爆炸性粉尘环境

I 一般规定

19.3.1 对用于生产、加工、处理、转运或贮存过程中出现或可能出现爆炸性粉尘、可燃性导电粉尘、可燃性非导电粉尘和可燃纤维与空气形成的爆炸性粉尘混合物环境时,应按爆炸性粉尘环境的电力装置设计。

19.3.2 在爆炸性粉尘环境中,粉尘应分为下列四种:

(1)爆炸性粉尘:这种粉尘即使在空气中氧气很少的环境中也能着火,呈悬浮状态时能产生剧烈的爆炸,如镁、铝、铝青铜等粉尘。

(2)可燃性导电粉尘:与空气中的氧起发热反应而燃烧的导电性粉尘,如石墨、炭墨、焦炭、煤、铁、锌、钛等粉尘。

(3)可燃性非导电粉尘:与空气中的氧起发热反应而燃烧的非导电性粉尘,如聚乙烯、苯酚树脂、小麦玉米、砂糖、染料、可可、木质、米糠、硫磺等粉尘。

(4)可燃纤维:与空气中的氧起发热反应而燃烧的纤维,如棉花纤维、麻纤维、丝纤维、毛纤维、木质纤维、人造纤维等。

19.3.3 在爆炸性粉尘环境中出现的粉尘应按引燃温度分组,并应符合表 19.3.3 的规定。

引燃温度分组 **表 19.3.3**

温 度 组 别	引燃温度(℃)
T11	$t > 270$
T12	$200 < t \leq 270$
T13	$150 < t \leq 200$

注:确定粉尘温度组别时,应取粉尘云的引燃温度和粉尘层的引燃温度两者中的低值。

19.3.4 在爆炸性粉尘环境中,产生爆炸必须同时存在下列条件:

- (1)存在爆炸性粉尘混合物其浓度在爆炸极限以内。
- (2)存在足以点燃爆炸性粉尘混合物的火花、电弧或高温:

19.3.5 在爆炸性粉尘环境中,应采取下列防止爆炸的措施:

19.3.5.1 防止产生爆炸的基本措施应是使产生爆炸的条件同时出现的可能性减小到最小程度。

19.3.5.2 防止爆炸危险,应按照爆炸性粉尘混合物的特征,采取相应的措施。爆炸性粉尘混合物的爆炸下限随粉尘的分散度、湿度、挥发性物质的含量、灰分的含量、火源的性质和温度等而变化。

19.3.5.3 在工程设计中应采取下列消除或减少爆炸性粉尘混合物产生和积聚的措施:

- (1)工艺设备宜将危险物料密封在防止粉尘泄漏的容器内。
- (2)宜采用露天或开敞式布置,或采用机械除尘或通风措施。
- (3)宜限制和缩小爆炸危险区域的范围,并将可能释放爆炸性粉尘的设备单独集中布置。

(4)提高自动化水平,可采用必要的安全联锁。

(5)爆炸危险区域应设有两个以上出入口,其中至少有一个通向非爆炸危险区域,其出入口的门应向爆炸危险性较小的区域侧

开启。

(6)应定期清除沉积的粉尘。

(7)应限制产生危险温度及火花,特别是由电气设备或线路产生的过热及火花,应选用防爆或其他防护类型的电气设备及线路。

(8)可增加物料的湿度,降低空气中粉尘的悬浮量。

II 爆炸性粉尘环境危险区域划分

19.3.6 爆炸性粉尘环境应根据爆炸性粉尘混合物出现的频繁程度和持续时间,按下列规定进行分区:

19.3.6.1 10区:连续出现或长期出现爆炸性粉尘环境。

19.3.6.2 11区:有时会将积留下的粉尘扬起而偶然出现爆炸性粉尘混合物的环境。

19.3.7 爆炸危险区域的划分应按爆炸性粉尘的量、爆炸极限和通风条件确定。

19.3.8 符合下列条件之一时,可划为非爆炸危险区域:

19.3.8.1 装有良好除尘效果的除尘装置,当该除尘装置停车时,工艺机组能联锁停车。

19.3.8.2 设有为爆炸性粉尘环境服务,并用墙隔绝的送风机室,其通向爆炸性粉尘环境的风道设有能防止爆炸性粉尘混合物侵入的安全装置。

19.3.8.3 区域内使用爆炸性粉尘量不大,且在排风柜内或风罩下进行操作。

19.3.9 为爆炸性粉尘环境服务的排风机室,应与被排风区域的爆炸危险区域等级相同。

III 爆炸性粉尘环境危险区域的范围

19.3.10 爆炸性粉尘环境的范围,应根据爆炸性粉尘的量、释放率、浓度和物理特性,以及同类企业相似厂房的实践经验等确定。

19.3.11 爆炸性粉尘环境在建筑物内部,宜以厂房为单位确定范围。

19.3.12 符合通风排毒的粉末涂料涂层熔融,固化用的烘干室,其工作空间应为爆炸性粉尘环境,其危险区域为 11 区,其装料门的水平和垂直方向 3m 范围内的空间也应划为 11 区爆炸危险环境。

IV 爆炸性粉尘环境的电气装置

19.3.13 爆炸性粉尘环境的电力设计,应符合下列规定:

19.3.13.1 爆炸性粉尘环境的电力设计,宜将电气设备和线路,特别是正常运行时能发生火花的电气设备,布置在爆炸性粉尘环境以外。当需设在爆炸性粉尘环境内时,应布置在爆炸危险性较小的地点。

在爆炸性粉尘环境内,不宜采用携带式电气设备。

19.3.13.2 爆炸性粉尘环境内的电气设备和线路,应符合周围环境中化学的、机械的、热的、霉菌以及风砂等不同环境条件对电气设备的要求。

19.3.13.3 在爆炸性粉尘环境内,电气设备最高允许表面温度应符合表 19.3.13 的规定:

电气设备最高允许表面温度 表 19.3.13

引燃温度组别	电气设备最高允许表面温度(℃)	
	无过负荷的设备	有过负荷的设备
T11	215	195
T12	160	145
T13	120	110

19.3.13.4 在爆炸性粉尘环境采用非防爆型电气设备进行隔墙机械传动时,应符合下列要求:

(1)安装电气设备的房间,应采用非燃烧体的实体墙与爆炸性粉尘环境隔开。

(2)应采用通过隔墙由填料函密封或同等效果密封措施的传动轴传动。

(3)安装电气设备房间的出口,应通向非爆炸和无火灾危险的

环境;当安装电气设备的房间必须与爆炸性粉尘环境相通时,应对爆炸性粉尘环境保持相对的正压。

19.3.13.5 爆炸性粉尘环境内的事故排风用电动机,应在生产发生事故情况下便于操作的地方设置事故起动按钮等控制设备。

19.3.13.6 在爆炸性粉尘环境 10 区内不宜装插座和局部照明灯具;在 11 区应少装插座和局部照明灯具,如必须装设时,插座宜布置在爆炸性粉尘不易积聚的地点,局部照明灯宜布置在事故时气流不易冲击的位置。

19.3.13.7 爆炸性粉尘环境内,有可能过负荷的电气设备,应装设可靠的过负荷保护。

19.3.14 防爆电气设备选型,除可燃性非导电粉尘和可燃纤维的 11 区环境采用防尘结构的粉尘防爆电气设备外,爆炸性粉尘环境 10 区及其他爆炸性粉尘环境 11 区环境均采用尘密结构的粉尘防爆电气设备。并按照粉尘的不同引燃温度选择不同引燃温度组别的电气设备。

19.3.15 10kV 及以下变电所、配电所或配电室不应设在爆炸危险场所的正上面或正下面,当符合要求时,可与通风良好的 10 区、11 区爆炸危险环境建筑物和构筑物毗连,但应符合下列要求:

(1)变电所与 10 区、11 区爆炸危险区域毗连时最多只能有两面相连的墙与危险场所共用(图 19.3.15-1):

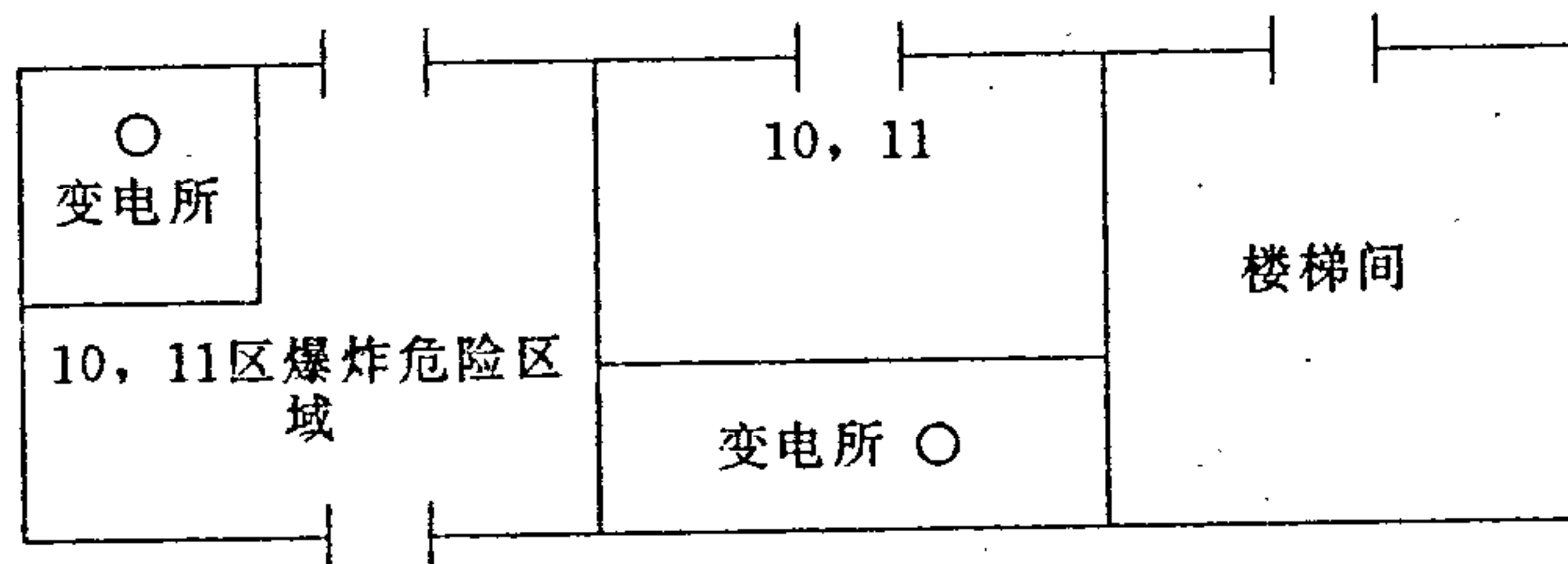


图19.3.15-1 变电所与10, 11区爆炸危险环境毗连示意图

配电所与 10 区毗连时,最多只能有两面相连的墙共用(图 19.3.15-2),与 11 区毗连时,最多只能有三面相连的墙共用(图 19.3.15-3)。

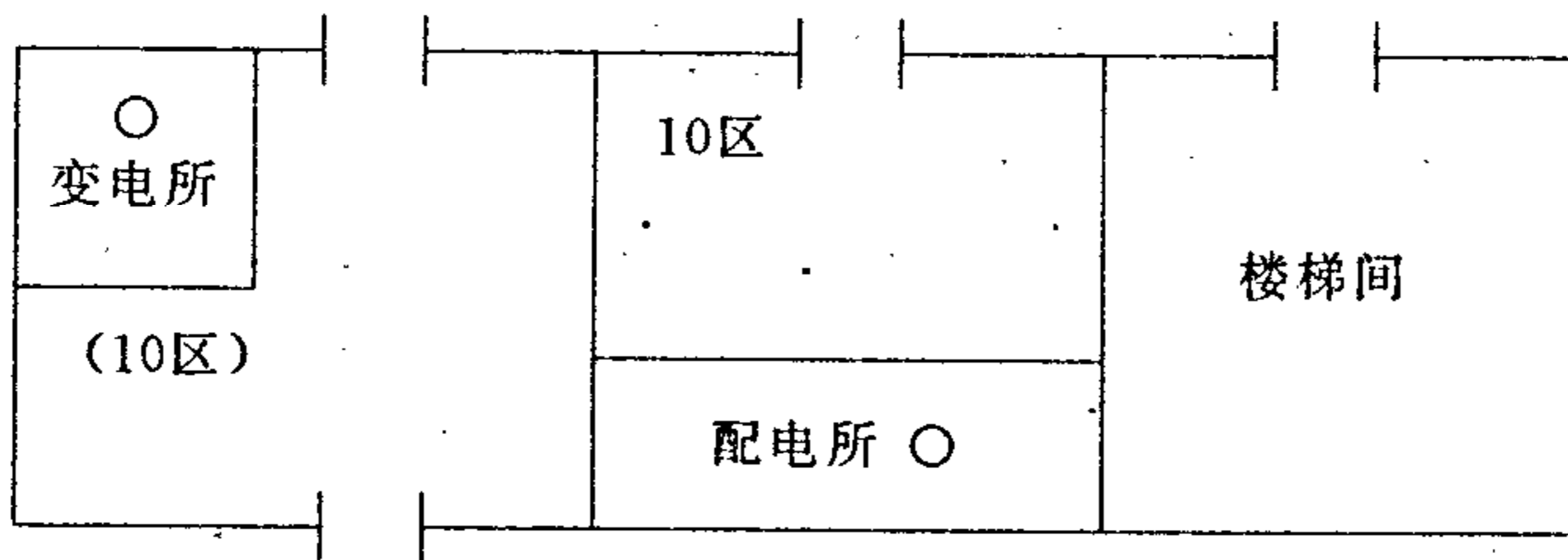


图19.3.15-2 配电所与10区毗连示意图

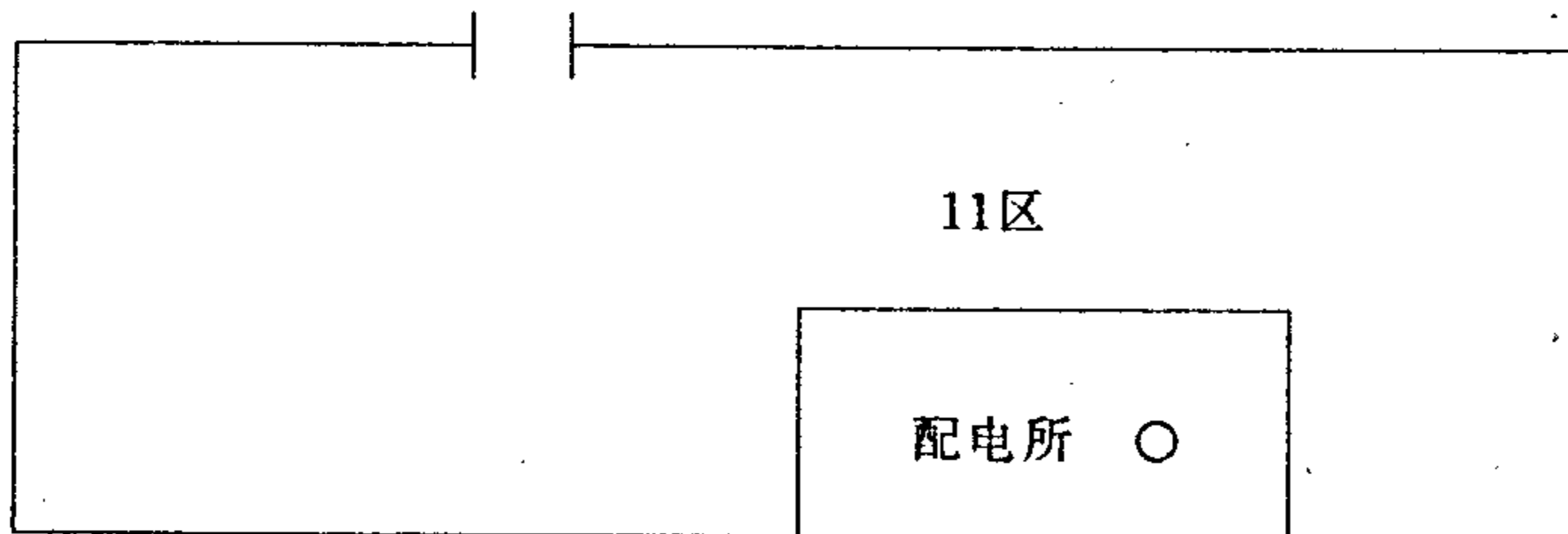


图19.3.15-3 配电所与11区毗连示意图

(2)与爆炸危险区域的建筑物和构筑物共用的隔墙应是非燃烧体的实体墙,并应抹灰;

与10区共用的隔墙上,不应有任何管道、沟道穿过;

与11区共用的隔墙上,只允许穿过与配电网所有有关的管道,沟道、其穿过处的孔洞,应采用非燃烧性材料来严密堵塞。

(3)变电所的门窗应设在爆炸危险区域之外,其门应向外开启。

(4)变压器宜选用干式变压器。

19.3.16 爆炸性粉尘环境电气线路的设计和安装,应符合下列要求:

19.3.16.1 电气线路应在爆炸危险性较小的环境处敷设。

19.3.16.2 敷设电气线路的沟道、电缆或钢管、在穿过不同区域之间墙或楼板处的孔洞,应采用非燃烧性材料严密堵塞。

19.3.16.3 敷设电气线路时宜避开可能受到机械损伤、振动、腐蚀以及可能受热的地方,如不能避开时,应采取预防措施。

19.3.16.4 爆炸性粉尘环境10区内高压配线应采用铜芯电缆;

爆炸性粉尘环境 11 区内高压配线除用电设备和线路有剧烈振动者外,可采用铝芯电缆。

爆炸性粉尘环境 10 区内全部和爆炸性粉尘环境 11 区内有剧烈振动的电压为 1000V 以下用电设备的线路,应采用铜芯绝缘导线和电缆。

19.3.16.5 爆炸性粉尘环境 10 区内绝缘导线和电缆的选择,应符合下列要求:

(1)绝缘导线和电缆的导体允许载流量不应小于熔断器熔体额定电流的 1.25 倍和自动开关长延时过电流脱扣器整定电流的 1.25 倍(本款第 2 项情况除外)。

(2)引向电压为 1000V 以下笼型感应电动机的支线的长期允许载流量,不应小于电动机额定电流的 1.25 倍。

(3)电压为 1000V 以下的导线和电缆,应按短路电流进行热稳定校验。

19.3.16.6 在爆炸性粉尘环境内,低压电力、照明线路用的绝缘导线和电缆的额定电压,必须不低于网络的额定电压,且不应低于 500V。工作中性线绝缘的额定电压应与相线的额定电压相等,并应在同一护套或管子内敷设。

19.3.16.7 在爆炸性粉尘环境 10 区内,单相网络中的相线及中性线均应装设短路保护,并使用双极开关同时切断相线和中性线。

19.3.16.8 爆炸性粉尘环境 10 区,11 区内电缆线路不应有中间接头。

19.3.16.9 选用电缆时应考虑环境腐蚀、鼠类和白蚁危害以及周围环境温度及用电设备进线盒方式等因素。在架空桥架敷设时宜采用阻燃电缆。

19.3.16.10 对 3~10kV 电缆线路应装设零序电流保护;在爆炸性粉尘环境 10 区内保护装置宜动作于跳闸,在爆炸性粉尘环境 11 区内宜作用于信号。

19.3.17 电压为 1000V 以下的电缆配线技术要求,应符合表 19.3.17 规定。

1000V 以下的电缆配线技术要求

表 19.3.17

项目 爆炸危险区域	电缆的截面(mm ²)	进线装置	移动电缆
10 区	铜芯: ≥ 2.5	尘密型	重型
11 区	铜芯: ≥ 1.5 或 铝芯: ≥ 2.5	尘密型,也可采用 防尘型	中型

注:铝芯绝缘导线或电缆的连接与封端应采用压接。

19.3.18 爆炸性粉尘环境中,严禁采用绝缘导线或塑料管明设。当采用钢管配线时,电压为 1000V 以下的钢管配线的技术要求,应符合表 19.3.18 规定。

爆炸性粉尘环境 1000V 以下的钢管配线技术要求

表 19.3.18

项目 爆炸危险区域	绝缘导线的截面(mm ²)	接线盒、分支盒	管子连接要求
10 区	铜芯: ≥ 2.5	尘密型	螺纹啮合不应少于 5 扣
11 区	铜芯: ≥ 1.5 或 铝芯: ≥ 2.5	尘密型 也可采用防尘型	螺纹啮合不应少于 5 扣

注:①钢管应采用 GB3091—82 规定的“低压流体输送用镀锌焊接钢管”。

②为了防腐蚀,钢管连接的螺纹部分应涂以铅油或磷化膏。

③在可能凝结冷凝水的地方,管线上应装设排除冷凝水的密封接头。

④尘密型规定标志为 DT 的粉尘防爆类型。防尘型规定标志为 DP 的粉尘防爆类型。

19.3.19 10 区内敷设绝缘导线时,必须在导线引向电气设备接头部件,以及与相邻的其他区域之间作隔离密封。供隔离密封用的连接部件,不应作为导线的连接或分线用。

19.3.20 爆炸性粉尘环境接地设计,应符合下列要求:

19.3.20.1 按有关电力设备接地设计技术规定不需要接地的下列部分,在爆炸性粉尘环境内,应进行接地:

(1)在不良导电地面处,交流额定电压为 380V 及以下和直流额定电压 440V 及以下的电气设备正常不带电的金属外壳。

(2)在干燥环境,交流额定电压为 50V 及以下,直流额定电压为 120V 及以下的电气设备正常不带电的金属外壳。

(3)安装在已接地的金属结构上的电气设备。

19.3.20.2 爆炸性粉尘环境内电气设备的金属外壳应可靠接地。爆炸性粉尘环境 10 区内的所有电气设备,应采用专门的接地线,该接地线若与相线敷设在同一保护管内时,应具有与相线相等的绝缘。电缆的金属外皮及金属管线等只作为辅助接地线。爆炸性粉尘环境 11 区内的所有电气设备,可利用有可靠电气连接的金属管线或金属构件作为接地线,但不得利用输送爆炸危险物质的管道。

19.3.20.3 为了提高接地的可靠性,接地干线宜在爆炸危险区域不同方向且不少于两处与接地体相连。

19.3.20.4 电气设备的接地装置与防止直接雷击的独立避雷针的接地装置应分开设置,与装设在建筑物上防止直接雷击的避雷带的接地装置、防雷电感应的接地装置、电力装置的重复接地装置可合并设置。接地电阻应取其中最低值。

19.4 火灾危险环境

I 一般规定

19.4.1 在生产、加工、处理、转运或贮存过程中出现或可能出现下列火灾危险物之一时,应按火灾危险环境的电力装置设计。

(1)闪点高于环境温度的可燃液体;在物料操作温度高于可燃液体闪点的情况下,有可能泄漏但不能形成爆炸性气体混合物的可燃液体。

(2)不可能形成爆炸性粉尘混合物的悬浮状、堆积状可燃粉尘或可燃纤维以及其它固体状可燃物质。

19.4.2 在火灾危险环境中能引起火灾危险的可燃物质,应按下列分类:

(1)可燃液体:柴油、润滑油、变压器油等。

(2)可燃粉尘:铝粉、焦炭粉、煤粉、面粉、合成树脂粉等。

(3)固体状可燃物质:煤、焦炭、木等。

(4)可燃纤维:棉花纤维、麻纤维、丝纤维、毛纤维、木质纤维、合成纤维等。

II、火灾危险区域划分

19.4.3 火灾危险环境应根据火灾事故发生的可能性和后果,以及按危险程度及物质状态的不同,按下列规定进行分区:

(1)21区:具有闪点高于环境温度的可燃液体,在数量和配置上能引起火灾危险的环境。

(2)22区:具有悬浮状、堆积状的可燃粉尘或可燃纤维,虽不可能形成爆炸性混合物,但在数量和配置上能引起火灾危险的环境。

(3)23区:具有固体状可燃物质,在数量和配置上能引起火灾危险的环境。

III、火灾危险环境的电气装置

19.4.4 火灾危险环境的电气设备和线路,应符合周围环境中化学的、机械的、热的、霉菌及风沙等环境条件对电气设备的要求。

19.4.5 在火灾危险环境内,正常运行时有火花的外壳表面温度较高的电气设备,应远离可燃物质。

19.4.6 在火灾危险环境内,不宜使用电热器。当生产要求必须使用电热器时,应将其安装在非燃材料的底板上。

19.4.7 在火灾危险环境内,电气设备防护结构,应根据区域等级和使用条件,按表 19.4.7 的规定选择。

电气设备防护结构

表 19.4.7

火灾危险区域		21 区	22 区	23 区
		电气设备		
电 机	固定安装	IP44	IP54	IP21
	移动式、携带式	IP54		IP54
电 器 和 仪 表	固定安装	充油型、IP54、IP44	IP54	IP44
	移动式和携带式	IP54		IP44
照 明 灯 具	固定安装	IP2X	IP5X	IP2X
	移动式和携带式	IP5X		
配电装置				
接线盒				

注：①在 21 区内固定安装的 IP44 型电机正常运行时有火花的部分(如滑环)，应装在全封闭的罩子内。

②在 23 区内固定安装的正常运行时有火花(如滑环电机)的电机，不应采用 IP21 型，而应采用 IP44 型。

③在 21 区内固定安装的电器和仪表，在正常运行有火花时，不宜采用 IP44 型。

④移动式和携带式照明灯具的玻璃罩，应有金属网保护。

⑤表中防护等级的标志应按现行国家标准《外壳防护等级的分类》的规定。

19.4.8 电压为 10kV 及以下的变电所、配电所，不宜设在有火灾危险区域的正上面或正下面。若与火灾危险区域的建筑物毗连时，应符合下列要求：

(1)电压为 1~10kV 配电所可通过走廊或套间与火灾危险环境的建筑物相通，通向走廊或套间的门应是难燃烧体的。

(2)变电所与火灾危险环境建筑物共用的隔墙应是密实的非燃烧体。管道和沟道穿过墙和楼板处，应采用非燃烧性材料严密堵塞。

(3)变压器室的门窗应通向非火灾危险环境。

19.4.9 在易沉积可燃粉尘或可燃纤维的露天环境，设置变压器或配电装置时应采用密闭型的。

19.4.10 露天安装的变压器或配电装置的外廊距火灾危险环境建筑物的外墙在 10m 以内时,应符合下列要求:

(1)火灾危险环境靠变压器或配电装置一侧的墙应为非燃烧体的。

(2)在变压器或配电装置高度加 3m 及外廊两侧各加 3m 范围内的墙上,不应有门、窗或孔洞。

(3)在变压器或配电装置高度加 3m 的水平线以上,其宽度为变压器或配电装置外廊两侧各加 3m 的墙上,可安装非燃烧体的装有铁丝玻璃的固定窗。

19.4.11 火灾危险环境电气线路的设计和安装,应符合下列规定:

(1)在火灾危险环境中,可采用铠装电缆或钢管配线明敷。在火灾危险环境 21 区或 23 区内,可采用阻燃塑料管配线。在火灾危险环境 23 区内,当远离可燃物质时,可采用绝缘导线在针式或鼓形瓷绝缘子上敷设。

在沿未抹灰的木质吊顶和木质墙壁以及木质闷顶内敷设的电气线路,应穿钢管明设。

(2)在火灾危险环境中,电力、照明线路的绝缘导线和电缆的额定电压,不应低于线路的额定电压,且不低于 500V。

(3)在火灾危险环境中,当采用铝芯绝缘导线和电缆时,应有可靠的连接和封端。

(4)在火灾危险环境 21 区或 22 区内,电动起重机不应采用滑触线供电;在火灾危险环境 23 区内,电动起重机可采用滑触线供电,但在滑触线下方不应堆置可燃物质。

(5)移动式或携带式电气设备的线路,应采用移动电缆或橡套软线。

(6)在火灾危险环境中,当需采用裸铝、裸铜母线时,应符合下列要求:

①不需拆卸检修的母线连接处,应采用熔焊或钎焊。

②母线与电气设备的螺栓连接应可靠,并应防止自动松脱。

③在火灾危险环境 21 区和 23 区内,母线宜装设保护罩,当采

用金属网保护罩时,应采用 IP2X 结构;在火灾危险环境 22 区内母线应有 IP5X 结构的外罩。

④当露天安装时,应有防雨、雪措施。

(7)10kV 及以下架空线路严禁跨越火灾危险区域。

19.4.12 火灾危险环境接地设计应符合下列要求:

(1)在火灾危险环境内的电气设备的金属外壳应可靠接地。

(2)接地干线应有不少于两处与接地体连接。

附录 A 电压偏差的计算

电网中任一点的电压偏差,可用实际电压与额定电压之差的百分值表示:

$$\delta U_x = \frac{U_x - U_e}{U_e} \times 100\%$$

式中 δU_x ——电压偏差(%);
 U_e ——系统额定电压(kV);
 U_x ——系统实际电压(kV)。

某段时间内,线路末端电压偏差百分值为:

$$\delta U_n = \delta U_m - \Delta U_L$$

式中 δU_n ——线路末端的电压偏差(%);
 δU_m ——线路首端的电压偏差(%);
 ΔU_L ——线路电压损失百分值(%)。

当有变压器或其他调压设备时,还应计入其电压提升,即:

$$\delta U_n = \delta U_m + \delta U_b - \Sigma \Delta U$$

式中 $\Sigma \Delta U$ ——回路中电压损失总和(%);
 δU_b ——变压器分接头或调压设备的电压提升(%)。

附录 B 配电变压器分接头的选择

选择分接头的目的是通过改变变压器的变比,使最大负荷引起的电压负偏差与最小负荷引起的电压正偏差得到调整,从而保持在各自的允许范围内,但不能改变正负偏差之间的范围。

配电变压器分接头选择,可按下列近似公式确定:

$$\delta U_2 = \delta U_1 + \delta U_b - \Delta U_b$$

式中 $\delta U_1, \delta U_2$ ——变压器一次侧和二次侧电压偏差,以一次侧和二次侧网络额定电压的百分数表示(%) ;

δU_b ——变压器分接头的电压提升,指变压器空载时,一次侧绕组接额定电压,二次侧对电网额定电压的偏差(%) ;

ΔU_b ——带负荷后变压器内部的电压降,以二次额定电压的百分数表示(%)。

δU_b 值与选择的分接头有关。常用配电变压器分接头与二次空载电压和电压提升的关系见表 B-1:

变压器分接头与二次空载电压和电压提升的关系 表 B-1

10.5(6.3)±5%/0.4kV 变压器分接头(%)	10(6)±5%/0.4kV 变压器分接头(%)	变压器二次 空载电压 (V)	变压器分接头 的电压提升 δU_b (%)
+5	—	360	-5
0	+5	380	0
-5	0	400	+5
—	-5	420	+10

变压器内部电压降 ΔU_b 可按下式计算:

$$\Delta U_b = \beta(U_0 \cos \phi_2 + U_r \sin \phi_2) + \frac{\beta^2}{200}(U_0 \sin \phi_2 + U_r \cos \phi_2)$$

式中 β ——变压器实际负荷与额定负荷的比值;

U_0 ——阻抗电压有功分量;

U_r ——阻抗电压无功分量;

$\cos \phi_2$ ——负荷功率因数。

附录 C 无功补偿容量的确定

无功补偿容量的确定方法有多种,对已投产的工业企业,宜根据负荷运行情况绘制无功功率曲线,按照该无功功率曲线及无功补偿要求,确定补偿容量。

当无法取得无功功率曲线时,可采用下列公式计算无功补偿容量 Q_c :

$$Q_c = P_j (\operatorname{tg}\phi_1 - \operatorname{tg}\phi_2)$$

式中 P_j ——用电设备的计算负荷(kW);

$\operatorname{tg}\phi_1$ ——补偿前用电设备自然功率因数的正切值;

$\operatorname{tg}\phi_2$ ——补偿后用电设备功率因数的正切值。

同时还必须满足下式:

$$Q_c < P_{\min} \operatorname{tg}\phi_{\min}$$

式中 P_{\min} ——用电设备最小负荷时的有功功率(kW);

$\operatorname{tg}\phi_{\min}$ ——用电设备在最小负荷下,补偿前功率因数的正切值。

附录 D 变电所建筑物的均布活荷载与耐火等级

变电所建筑物均布活荷载

表 D-1

序号	项 目	活荷载标准值 (kN/m ²)	备 注
1	不上人屋面	0.7	用于钢筋混凝土屋面,对瓦屋面可用 0.3kN/m ²
2	上人屋面	1.5	
3	主控制室、继电器室及通讯室的楼面	4.0	如电缆层的电缆,系吊在主控制室或继电器室的楼板上,则应按实际发生的最大荷载考虑
4	主控制楼电缆层的楼面	3.0	
5	电容器室楼面	4.0~9.0	活荷载标准值 = $\frac{\text{单只电容器自重} \times 0.9}{\text{单只电容器底面积}}$
6	屋内 3、6、10kV 配电装置开关层楼面	4.0~7.0	限用于每组开关质量 ≤ 8kN,否则应按电气提供值采用
7	屋内 35kV 配电装置开关层楼面	4.0~8.0	限用于每组开关质量 ≤ 12kN,否则应按电气提供值采用
8	屋内 110kV 配电装置开关层楼面	4.0~8.0	限用于每组开关质量 ≤ 36kN,否则应按电气提供值采用
9	放置 110kV 全封闭组合电器楼面	10.0	
10	办公室及宿舍楼面	2.0~2.5	
11	室外楼梯	2.0	
12	室内沟盖板	4.0	

注:①序号 6、7、8 也适用于采用成套柜或采用空气断路器的情况,当 3、6、10、35、110kV 配电装置的开关不布置在楼面上时,该楼面的活荷载标准值均可采用 4.0kN/m²。

②序号 6、7、8 的活荷载,未包括操作荷载。

③上表各楼面荷载也适用于与楼面连通的走道及楼梯,也适用于运输设备必需经过的阳台。

变电所建构筑物的最低耐火等级

表 D-2

序号	建 构 筑 物 名 称		火灾危险性类别	耐火等级
1	主控制室、继电器室(包括蓄电池室)		戊	二级
2	配电装置室	每台设备油量 60kg 以上	丙	二级
		每台设备油量 60kg 及以下	丁	
3	油浸变压器室		丙	一级
4	有可燃介质的电容器室		丙	二级
5	材料库、工具间(仅贮藏非燃烧器材)		戊	三级
6	电缆沟及电缆隧道	用阻燃电缆	戊	二级
		用一般电缆	丙	

注:序号 1 之戊类需采取防止电缆着火延燃的安全措施。

附录 E 变电所污秽分级标准

变电所污秽分级标准

表 E

污秽等级	污 湿 特 征	等值附盐密度 (mg/cm ²)	爬电比距 (mm/kV)
I (轻污区)	大气清洁区,农业区或工业与人口低密集区、干燥区、离海岸盐田 10~20km 地区	0~0.06	14.8~22
II (中等污区)	大气中等污染地区,含盐量低的轻盐碱地区,炉烟污秽地区,离海岸盐田 3~10 公里地区,在污闪季节中潮湿多雾(含毛毛雨)但雨量较少	0.03~0.15	22~25
III (重污区)	大气严重污染地区,重盐碱地区,近海岸盐田地区,重雾地区	0.10~0.25	>25

注:①处于污秽环境中用于中性点绝缘和经消弧线圈接地的系统,其处绝缘等级一般可按高一级选取。

②爬电比距为电力设备电瓷外绝缘的爬电距离与设备最高线电压之比,单位为 mm/kV。

附录 F 裸导体的长期允许载流量

1974 年标准钢芯铝绞线长期允许载流量(A) 表 F-1

导线型号	最高允许 温度(°C)		导线型号	最高允许 温度(°C)	
	+70	+80		+70	+80
LGJ-10		86	LGJQ-150	450	455
LGJ-16	105	108	LGJQ-185	505	518
LGJ-25	130	138	LGJQ-240	605	651
LGJ-35	175	183	LGJQ-300	690	708
LGJ-50	210	215	LGJQ-300(1)		721
LGJ-70	265	260	LGJQ-400	825	836
LGJ-94	330	352	LGJQ-400(1)		857
LGJ-94(1)		317	LGJQ-500	945	932
LGJ-120	380	401	LGJQ-600	1050	1047
LGJ-120(1)		351	LGJQ-700	1220	1159
LGJ-150	445	452	LGJJ-150	450	468
LGJ-185	510	531	LGJJ-185	515	539
LGJ-240	610	613	LGJJ-240	610	639
LGJ-300	690	755	LGJJ-300	705	758
LGJ-400	835	840	LGJJ-400	850	881

注：①最高允许温度+70°C的载流量，基准环境温度为+25°C，无日照。

②最高允许温度+80°C的载流量，系按基准环境温度为+25°C，日照0.1W/cm²，风速0.5m/s，海拔1000m，辐射散热系数及吸热系数为0.5条件计算的；

③某些导线有两种绞合结构，带(1)者铝芯根数少(LGJ)型为7根，LGJQ型为24根)，但每根铝芯截面较大。

1983年标准的钢芯铝线长期允许的载流量

表 F-2

标称截面 (mm ²)	计 算 载 流 量 (A)		
	70℃	80℃	90℃
10/2	66	78	87
16/3	85	100	113
25/4	111	131	149
35/6	134	158	180
50/8	161	191	218
50/30	166	195	218
70/10	194	232	266
70/40	196	230	257
95/15	252	306	351
95/20	233	277	319
95/55	230	270	301
120/7	287	350	401
120/20	285	348	399
120/25	265	315	365
120/70	258	301	335
150/8	323	395	454
150/20	326	400	461
150/25	331	407	469
150/35	331	407	469

(续)

标称截面 (mm ²)	计算载流量 (A)		
	70 C	80 C	90 C
185/10	372	458	528
185/25	379	468	540
185/30	373	460	531
185/45	379	469	541
210/10	397	490	565
210/25	405	501	579
210/35	409	507	586
210/50	40	507	586
240/30	445	552	639
240/40	440	546	633
240/55	445	554	641
300/15	495	615	711
300/20	502	624	722
300/25	505	628	726
300/40	503	628	728
300/50	504	629	730
300/70	512	641	745
400/20	595	746	864

(续)

标称截面 (mm ²)	计 算 载 流 量 (A)		
	70℃	80℃	90℃
400/25	584	730	845
400/35	583	729	844
400/50	592	741	857
400/65	597	752	876
400/95	608	767	895
500/35	670	842	977
500/45	664	834	967
500/65	676	850	983
630/45	763	964	1120
630/55	775	979	1136
630/80	774	977	1131
800/55	887	1126	1310
800/70	884	1121	1301
800/100	878	1113	1288
1400/100	1272	1563	1808

注：①最高允许温度分+70℃、+80℃、+90℃三种。

②按环境温度为+40℃，风速0.5m/s，日照1000W/m²，辐射系数及吸热系数均为0.9条件计算的。

矩形铝导体长期允许载流量(A)

表 F-3

导体尺寸 $h \times b$ (mm×mm)	单 条		双 条		三 条		四 条	
	平放	竖放	平放	竖放	平放	竖放	平放	竖放
40×4	480	503						
40×5	542	562						
50×4	586	613						
50×5	661	692						
63×6.3	910	952	1409	1547	1866	2111		
63×8	1038	1085	1623	1777	2113	2379		
63×10	1168	1221	1825	1994	2381	2665		
80×6.3	1128	1178	1724	1892	2211	2505	2558	3411
80×8	1274	1330	1946	2131	2491	2809	2863	3817
80×10	1427	1490	2175	2373	2774	3114	3167	4222
100×6.3	1371	1430	2054	2253	2633	2985	3032	4043
100×8	1542	1609	2298	2516	2933	3311	3359	4479
100×10	1728	1803	2558	2796	3181	3578	3622	4829
125×6.3	1674	1744	2446	2680	2079	3490	3525	4700
125×8	1876	1955	2725	2982	3375	3813	3847	5129
125×10	2089	2177	3005	3282	3725	4194	4225	5633

注：①载流量系按最高允许温度+70℃、基准环境温度+25℃、无风、无日照条件计算的；

②上表导体尺寸中， h 为宽度， b 为厚度；

③上表当导体为四条时，平放、竖放第2、3片间距离皆为50mm。

槽形铝导体长期允许

截面尺寸(mm)				双槽导体截面 (m ²)	集肤效应系数 k_f	导体载流量 (A)	单槽		
h	b	c	r				截面系数 W_y (c)	惯性矩 I_y (cm)	惯性半径 r_y (cm)
75	35	4	6	1040	1.012	2200	2.52	6.2	1.09
75	35	4.5	6	1390	1.025	2620	3.17	7.6	1.05
100	45	5.5	8	1550	1.02	2740	4.51	14.5	1.33
100	45	6	8	2020	1.038	3590	5.9	18.5	1.37
125	55	6.5	10	2740	1.05	4620	9.5	37	1.65
150	65	7	10	3570	1.075	5650	14.7	68	1.97
175	80	8	12	4880	1.103	6600	25	144	2.4
200	90	10	14	6870	1.175	7550	40	254	2.75
200	90	12	16	8080	1.237	8800	46.5	294	2.7
225	105	12.5	16	9760	1.285	10150	66.5	490	3.2
250	115	12.5	16	10900	1.313	11200	81	660	3.52

注：①载流量系按最高允许温度+70℃、基准环境温度+25℃、无风、无日照条件计算。

②上表截面尺寸中， h 为槽形铝导体高度， b 为宽度， c 为壁厚， r 为弯曲半径。

载流量及计算用数据

表 F-4

双 槽			双槽焊成整体时				共振最大 允许距离 (mm)	
惯性 半径 r_x (cm)	截面 系数 W_x (c)	惯性矩 I_x (cm)	截面 系数 W_{yo} (c)	惯性矩 I_{yo} (cm)	惯性 半径 r_{yo} (cm)	静力矩 S_{yo} (cm)	双槽实 连时绝 缘子间 距	双槽不 实连时 绝缘子 间 距
10.1	41.6	2.83	23.7	89	2.93	14.1		
14.1	53.1	2.76	30.1	113	2.65	18.4	178	114
22.2	111	3.78	48.6	243	3.96	28.0	205	125
27	135	3.7	58	290	3.85	36	203	123
50	290	4.7	100	620	4.8	63	228	139
74	560	5.65	167	1260	6.0	98	252	150
122	1070	6.65	250	2300	6.9	156	263	147
193	1930	7.55	422	4220	7.9	252	285	157
225	2250	7.6	490	4900	7.9	290	283	157
307	3450	8.5	645	7240	8.7	390	299	163
360	4500	9.2	824	10300	9.82	495	321	200

铝锰合金管形导体长期允许载流量
及计算用数据

表 F-5

导体尺寸 D/d (mm/mm)	导体截面 (mm ²)	导体最高允许 温度为下值时 的载流量(A)		截 面 系 数 W (cm ²)	惯 性 半 径 r_i (cm)	惯性矩 I (cm)
		+70℃	+80℃			
30/25	216	572	565	1.37	0.976	2.06
40/35	294	770	712	2.60	1.33	5.20
50/45	373	970	850	4.22	1.68	10.6
60/54	539	1240	1072	7.29	2.02	21.9
70/64	631	1413	1211	10.2	2.37	35.5
80/72	954	1900	1545	17.3	2.69	69.2
100/90	1491	2350	2054	33.8	3.36	169
110/100	1649	2569	2217	41.4	3.72	228
120/110	1806	2782	2377	49.9	4.07	299
130/116	2750	3511	2976	79.0	4.36	513
150/136			3140			

注：①最高允许温度+70℃的载流量，系按基准环境温度+25℃、无风、无日照、辐射散热系数与吸热系数为0.5、不涂漆条件计算的。

②最高允许温度+80℃的载流量，系按基准环境温度+25℃、日照0.1W/cm²、风速0.5m/s、海拔1000m、辐射散热系数与吸热系数为0.5、不涂漆条件计算的。

③上表导体尺寸中， D 为外径， d 为内径。

附录 G 裸导体载流量在不同海拔高度及 环境温度下的综合校正系数

**裸导体载流量在不同海拔高度及
环境温度下的综合校正系数**

表 G

导体最高 允许温度 (°C)	适 应 范 围	海拔高度 (m)	实际环境温度(°C)						
			+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
+70	屋内矩形、槽形、管形导体和 不计日照的屋 外软导线		1.05	1.00	0.94	0.88	0.81	0.74	0.67
+80	计及日照时 屋外软导线	1000 及以下	1.05	1.00	0.95	0.89	0.83	0.76	0.69
		2000	1.01	0.96	0.91	0.85	0.79		
		3000	0.97	0.92	0.87	0.81	0.75		
		4000	0.93	0.89	0.84	0.77	0.71		
	计及日照时 屋外管形导体	1000 及以下	1.05	1.00	0.94	0.87	0.80	0.72	0.63
		2000	1.00	0.94	0.88	0.81	0.74		
		3000	0.95	0.90	0.84	0.76	0.69		
		4000	0.91	0.86	0.80	0.72	0.65		

附录 H 亮度曲线及其应用

室内照明的直接眩光宜采用图 H-1 或图 H-2 中的亮度曲线限制灯具在眩光区的亮度值。眩光区见图 H-3。

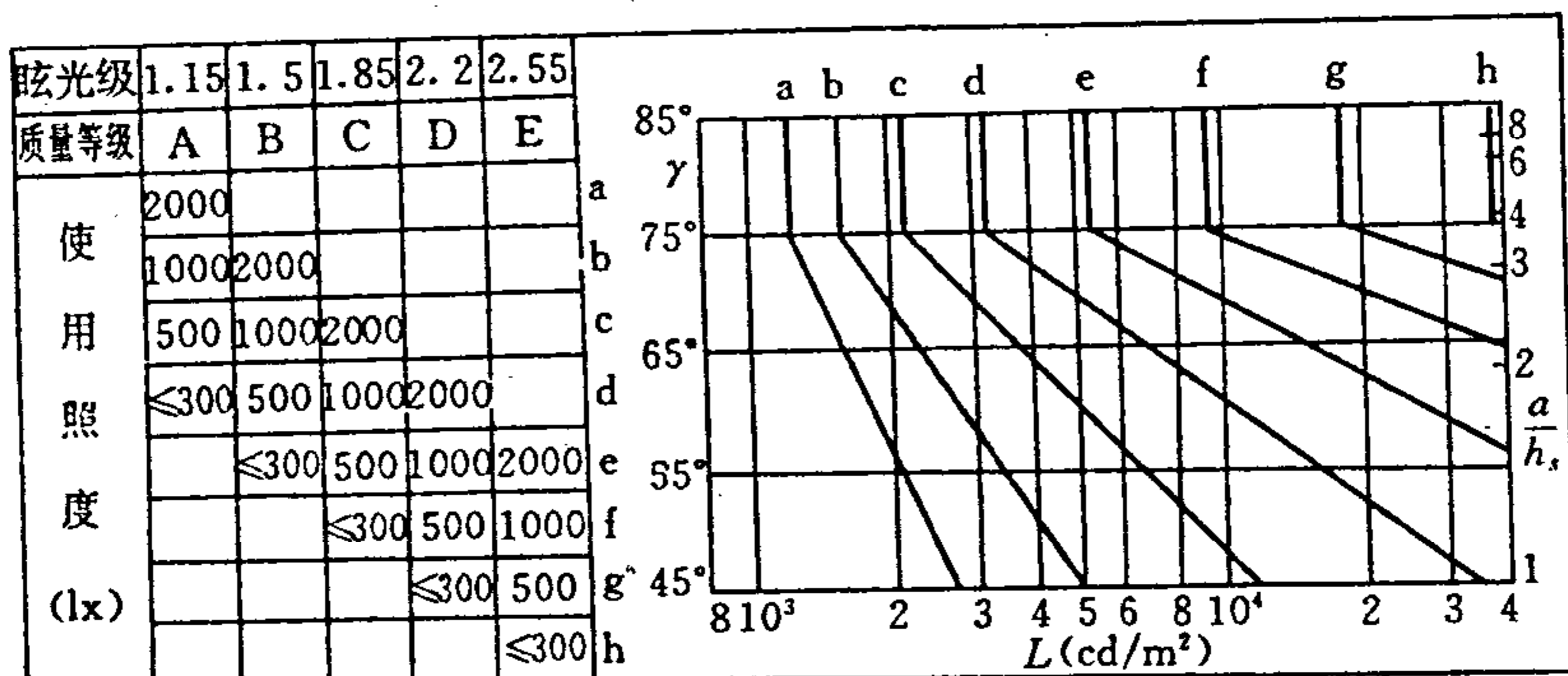


图 H-1 无发光侧边灯具的亮度限制曲线

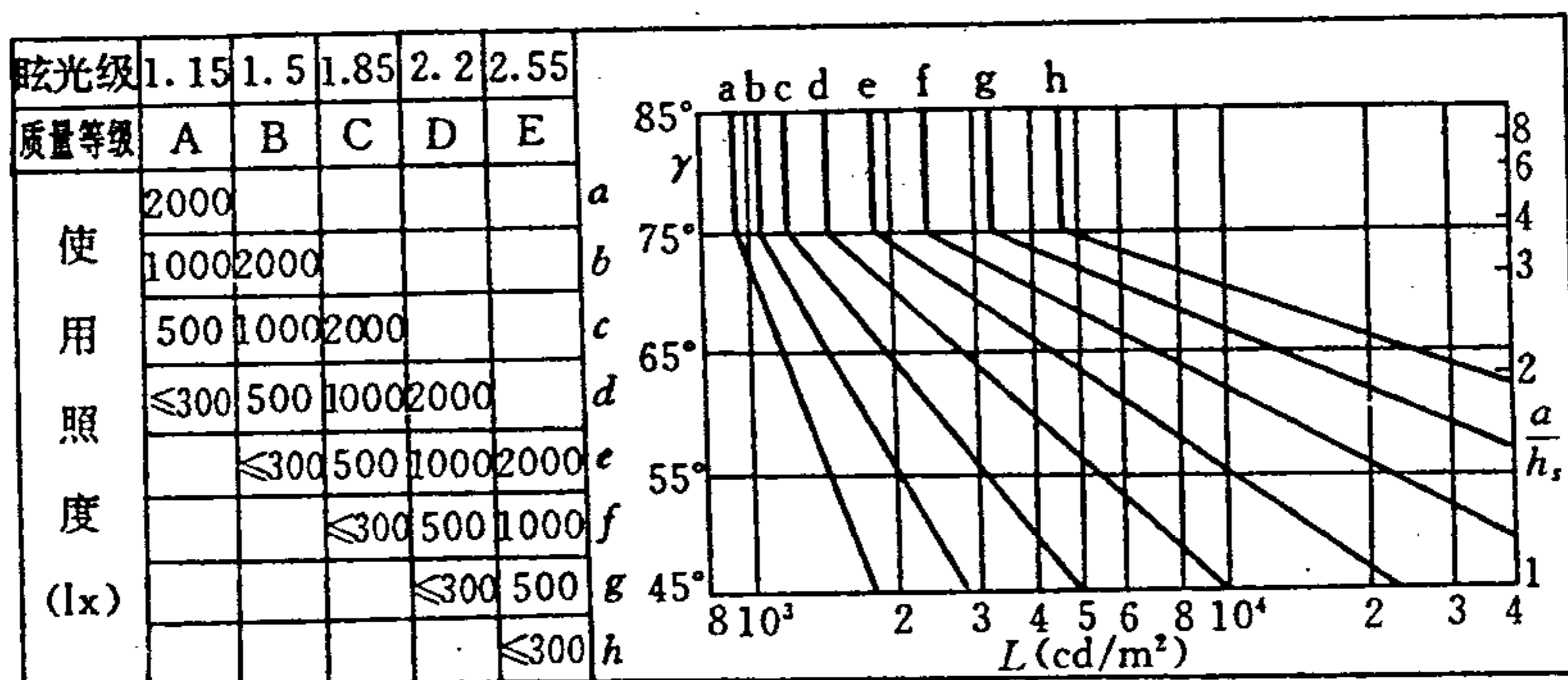


图 H-2 有发光侧边灯具的亮度限制曲线

应用方法：

1. 根据灯具的类型及安装方式选择图解：

若灯具无发光侧边或有发光侧边从端部看时用图 H-1。

若灯具具有发光侧边(但不包括有发光侧边从端部看)时用图 H-2。

2. 根据设计场所的照明质量等级和照度标准值选择相应的限制曲线。

3. 计算灯具的亮度值:

(1)灯具亮度曲线适用于新灯具和新光源时的亮度值,该亮度值是在规定方向上灯具发光面的平均值。

(2)灯具具有 γ 角方向的平均亮度值可由 γ 角方向的发光强度除以发光面在与该方向垂直面上的投影面积求得。

$$L = (I \cdot F) / (S \cdot 100)$$

式中: L —— γ 方向上的亮度值(cd/m^2);

I —— γ 方向上光通量为 100lm 时的发光强度(cd);

S ——灯具出光口在 γ 角方向的垂直面上的投影面积(m^2)。

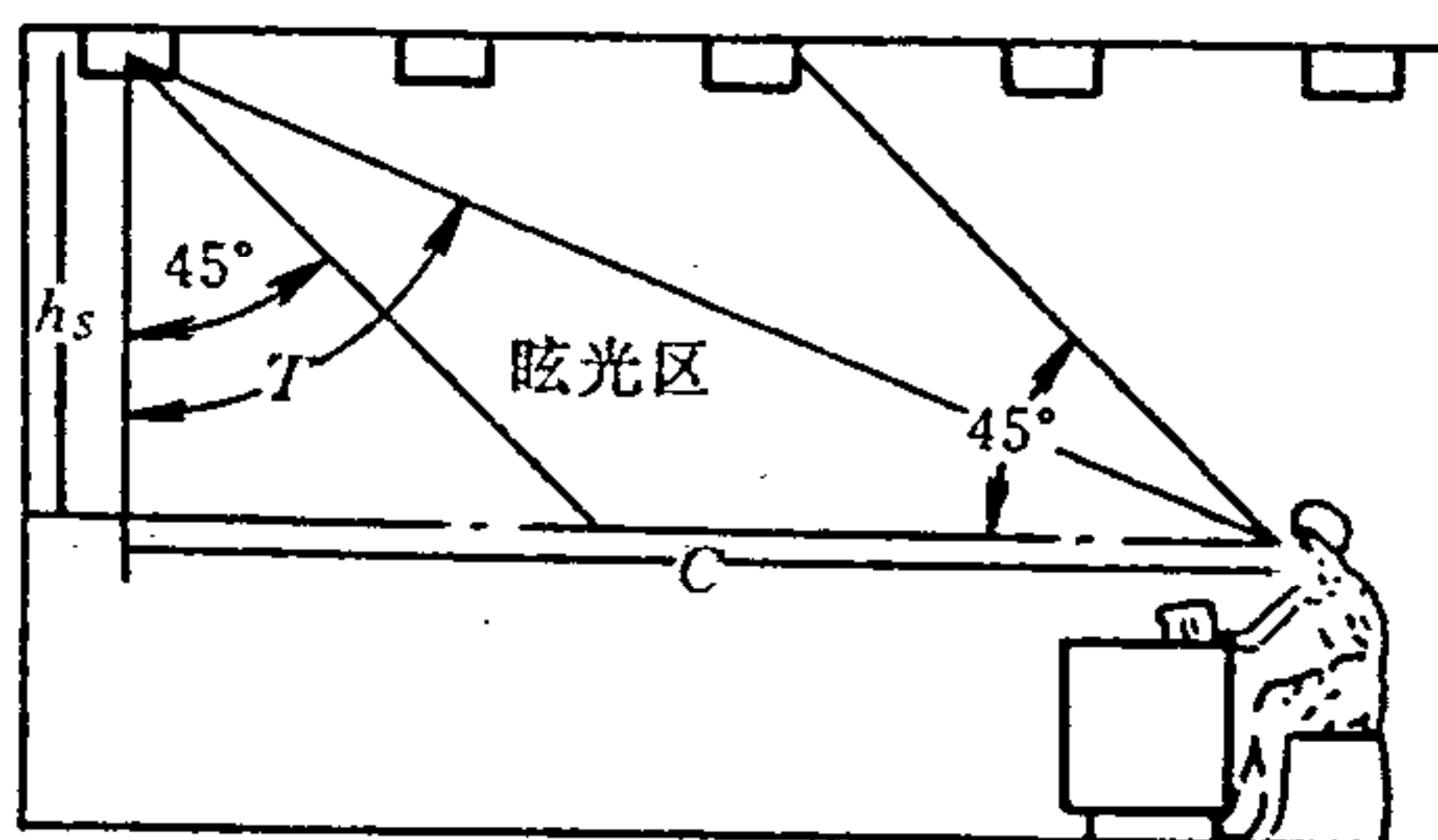


图 H-3 眩光区

(3)将计算的灯具亮度值画在选择好的图中与相应的亮度曲线比较,若灯具亮度低于限制曲线亮度,即灯具亮度曲线在限制曲线左边。则眩光的限制符合要求;若灯具亮度高于限制曲线亮度,即灯具亮度曲线在限制曲线右边。则此灯具不能满足该场所眩光限制的要求;若灯具亮度曲线限制曲线相交,则必须保证室内主要观察方向上的灯具亮度低于限制亮度。

作用上述亮度曲线法时,必须分别考虑灯具在图 H-4 两个主要方位上的亮度分布。

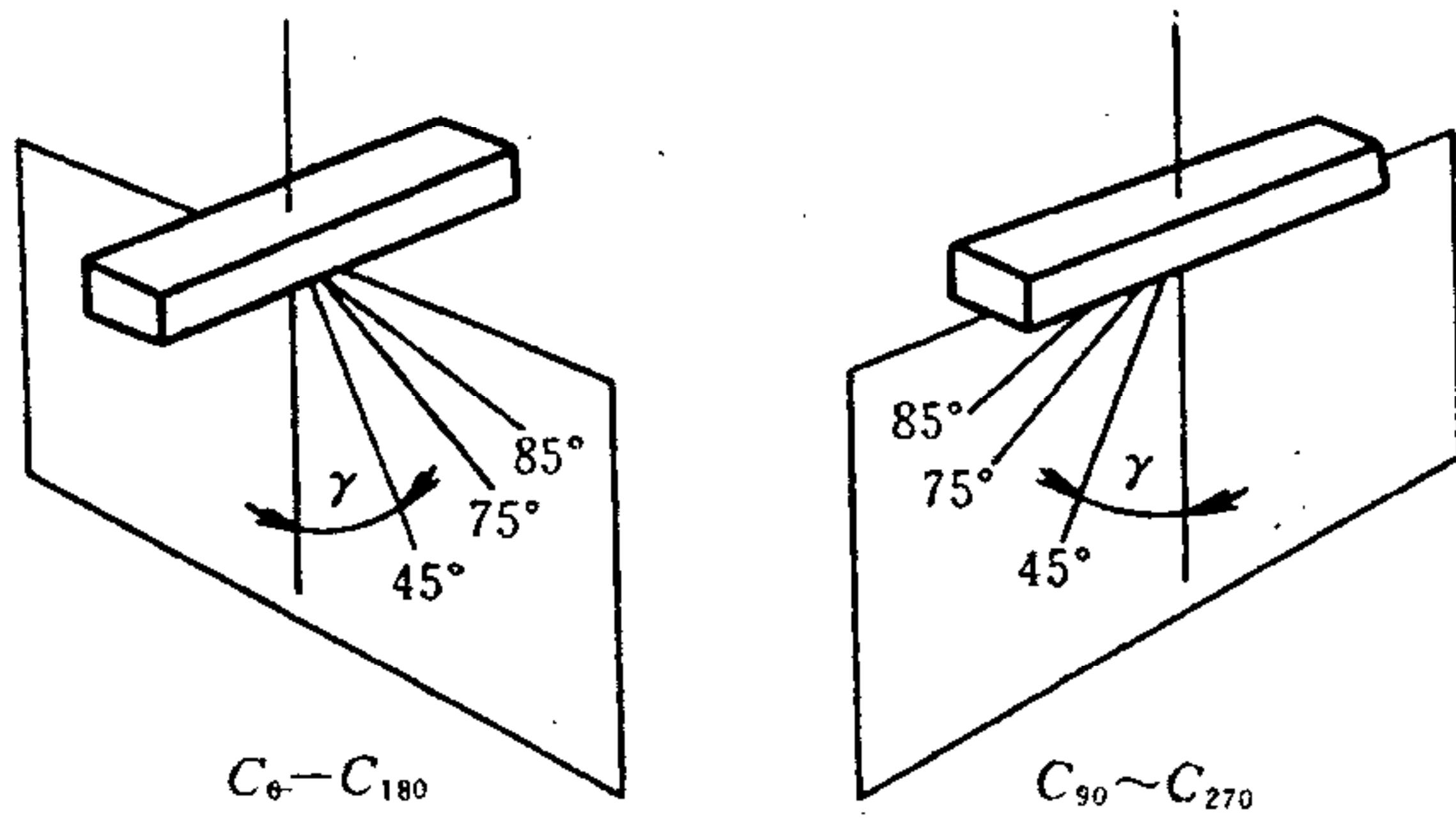


图 H-4 灯具的两个主要方位

附录 I 室内照明目标效能推荐值

室内照明目标效能推荐值

(W/m² · 100lx)

表 I

RCR	灯具悬挂高度 4m 以上的车间					灯具悬挂高度 4m 以下的车间	辅助建筑及公共建筑	
	NGX	ZJD+NG	ZJD+NGX KNG+NG	GGY+NG KNG+NGX	KNG DDG	荧光灯	建筑灯具 荧光灯	玻璃建筑 灯具白炽 灯泡
1	2.57	2.71	3.05	3.26	3.48	4.41	5.06	25.82
2	2.88	2.97	3.36	3.59	3.83	4.91	5.41	32.89
3	3.19	3.35	3.78	4.04	4.32	5.56	5.81	37.52
4	3.15	3.31	3.73	3.99	4.26	6.45	6.21	42.88
5	3.35	3.51	3.98	4.25	4.55	7.06	6.58	49.00
6	3.49	3.66	4.14	4.34	4.73	7.95	6.92	54.57
7	3.22	3.89	3.82	4.09	4.32	8.90	7.59	61.56
8	3.40	3.57	4.03	4.31	4.60	8.40	6.88	68.60
9	3.59	3.77	4.25	4.55	4.86	9.47	7.19	75.08
10	3.99	3.18	4.72	5.05	5.40	10.11	7.92	82.79

注：①室空间比 $RCR=5h(L+W)/(L \cdot W)$ 。

②本表数据包括镇流器损耗功率。

③维护系数均为 0.7, 低于此值时应乘 1.17。

④由于光源功率不同, 效率差别较大, 本表为较大功率灯泡, 当单灯使用的功率低于 400W 或混光光源功率低于 659W 时, 应乘以下的修正系数, 光源功率越小越应乘以高的系数。

NGX、DDG、GGY+NG 1~1.33

ZJD、KNG、KNG+NGX、ZJD+NGX、ZJD+NG、KNG+NG 1~1.17

附录 J 架空线路与铁路、道路、管道

架空线路与铁路、道路、管道

项 目		铁 路		道 路	架空弱电线路
导线或避雷线在交叉档接头		不得接头		不限制	不得接头
邻档断线情况的检验		35kV 线路检验 (至车厢或货物外廓均为 1m)		不检验	35kV 线路检验 (至被跨越线 1m)
交叉档针式绝缘子或瓷横担支撑方式		双固定		不限制	双固定
最小垂直距离(m)	线路电压 (kV)	至轨顶		至路面	至被跨越线
	35	7.5		7.0	3.0
	6~10	7.5		7.0	2.0
	1 以下	7.5		6.0	1.0
最小水平距离(m)	线路电压 (kV)	杆塔外缘至轨道中心		杆塔外缘至路基边缘或明沟边缘	在最大风偏情况下与边导线间距
		交叉	平行		
	35	杆高加 3m	5.0	1.0	4.0
	6~10	3.0	3.0	0.5	2.0
1 以下	3.0	3.0	0.5	1.0	

注：①邻档断线情况的计算条件：+15℃，无风。

②杆塔外缘不包括横担导线。

③电力线路与弱电线路接近时，最小水平距离值未考虑对弱电线路的危险

④特殊管道指架设在地面上输送易燃、易爆物的管道。各种管道上的附属设

⑤架空线路与管道交叉时，交叉点不应选在管道的检查平台和阀门处，与管

及各种架空线路交叉或接近的基本要求

及各种架空线路交叉或接近的基本要求

表 J

架空电力线路	特殊管道		一般管道	
35kV:不得接头 10kV 及以下:不限制	不得接头		不得接头	
不检验	35kV 线路检验 (至管道任何部分 lm)		不检验	
10~35kV 线路跨越 6~10kV 线路为双固 定	双固定		双固定	
至被跨越线	至管道任何部分		至管道任何部分	
	管道上人	管道不上人	管道上人	管道不上人
3.0	4.0	4.0	4.0	4.0
2.0	3.0	3.0	3.0	3.0
1.0	2.5	1.5	2.5	1.5
在最大风偏情况下与 边导线间距	在最大风偏情况 下边导线至管道任 何部分		在最大风偏情况 下边导线至管道任 何部分	
5.0	4.0		4.0	
2.5	2.0		2.0	
2.5	1.5		1.5	

和干扰影响,如需考虑时应另行验算。

施均应视为管道的一部分。

道交叉跨越或平行接近时,管道应接地。

附录 K 直接埋地敷设的电缆与 各种设施的最小净距

直接埋地敷设的电缆与各种设施的最小净距 表 K

项 目	平行时 (m)	交叉时 (m)
建筑物、构筑物的基础	0.5	—
电杆塔	0.6	—
乔木	1.5	—
灌木丛	0.5	
10kV 及以下电力电缆之间, 以及与控制电缆之间	0.1	0.5 (0.25)
10kV 以上电力电缆之间, 以及与 10kV 以下电力电缆或控制电缆之间	0.25 (0.1)	0.5 (0.25)
通信电缆	0.5 (0.1)	0.5 (0.25)
热力管沟	2.0	(0.5)
水管、压缩空气管	1.0 (0.25)	0.5 (0.25)
可燃气体及易燃液体管道	1.0	0.5 (0.25)
道路(平行时与路边, 交叉时与路面)	1.5	1.0
铁路(平行时与轨道、交叉时与轨底, 电气化铁路除外)	3.0	1.0
排水明沟(平行时与沟边、交叉时与沟底)	1.0	0.5

注: ①表中所列净距, 应自各种设施(包括防护外层)的外缘算起。

②路灯电缆与道路灌木丛平行距离不限。

③表中括号内数字, 是指局部地段电缆穿管、加隔板保护或加隔热层保护后允许的最小净距。

④电缆与水管、压缩空气管平行, 电缆与管道标高差不大于 0.5m 时, 平行净距可减小至 0.5m。

附录 L 阀式避雷器的电气特性

旋转电机磁吹阀式避雷器(FCD)的电气特性 表 L-1

电机额定电压 (kV) (有效值)	避雷器额定电压 (kV) (有效值)	工频放电电压 (kV) (有效值)		1.2/ 50 μ s 冲击放电电压 (kV) (峰值)	冲击放电电压 (预放电时间 10 μ s) (kV) (峰值)	标称电流 下残压 (波形 8/ 20 μ s) (kV) (峰值) 3kA	备 注		
		不小于	不大于					不大于	不大于
		不小于	不大于					不大于	不大于
	2.3	4.5	5.7	6.0	6.0	6.0	电机中性点保护用		
3.15	3.8	7.5	9.5	9.5	9.5	9.5			
	4.6	9.0	11.4	12.0	12.0	12.0	电机中性点保护用		
6.3	7.6	15.0	18.0	19.0	19.0	19.0			
10.5	12.7	25.0	30.0	31.0	31.0	31.0			
13.8	16.7	33.0	39.0	40.0	40.0	40.0			
15.75	19.0	37.0	44.0	45.0	45.0	45.0			

注:引自国家标准《交流系统用碳化硅阀式避雷器》GB 7327—87;表 L-2 及 L-3 同此。

配电阀式避雷器(FS)的电气特性 表 L-2

系统标称电压 (kV) (有效值)	避雷器额定电压 (kV) (有效值)	波前冲击放电的波前陡度 (kV/ μ s)	工频放电电压 (kV) (有效值)		1.2/ 50 μ s 冲击放电电压 (kV) (峰值)	波前冲击放电电压 (kV) (峰值)	标称电流 下残压 (波形 8/ 20 μ s) (kV) (峰值) 5kA		
			不小于	不大于				不大于	不大于
			不小于	不大于				不大于	不大于
3	3.8	32.0	9.0	11.0	21.0	26.3	17.0		
6	7.6	63.0	16.0	19.0	35.0	43.8	30.0		
10	12.7	106.0	26.0	31.0	50.0	62.5	50.0		

电站阀式避雷

系统标称电压 (kV) (有效值)	避雷器 额定电压 (kV) (有效值)	波前冲击 放电的波 前陡度 (kV/ μ s)	磁吹阀式避雷				
			工频放电电压 (kV)(有效值)		1.2/50 μ s 冲击放 电电压 (kV) (峰值)	波前冲击 放电电压 (kV) (峰值)	操作冲击 放电电压 (kV) (峰值)
			不小于	不大于	不大于	不大于	不大于
3	3.8	32.0					
6	7.6	63.0					
10	12.7	10.6					
	20.5	175.0					
	25	208.0					
	25	208.0					
35	41	343.0	70.0	85.0	112.0	130.0	
	50	425.0					
63	75	625.0					
110	100	813.0	170.0	195.0	260.0	312.0	285.0

器的电气特性

表 L-3

器 (FCZ)		普通阀式避雷器 (FZ)						备 注
标称电流 下残压 (波形 8/20 μ s) (kV)(峰值)	操作冲击电流 残压 (kV) (峰值)	工频放电电压 (kV) (有效值)		1.2/50 μ s 冲击放 电电压 (kV) (峰值)	波前冲击 放电电压 (kV) (峰值)	标称电 流下残压 (波形 8/ 20 μ s) (kV) (峰值)		
		不小于	不大于			5kA		
不大于	不大于	不小于	不大于	不大于	不大于	不大于		
		9.0	11.0	20.0	25.0	13.5		
		16.0	19.0	30.0	37.5	27.0		
		26.0	31.0	45.0	56.3	45.0		
		41.0	49.0	73.0	91.0	67.0		作为元件用
		51.0	61.0	85.0	106.0	81.5		作为元件用
		56.0	67.0	110.0	138.0	81.5		作为元件用
100.0		82.0	98.0	134.0	168.0	134.0		
		102.0	122.0	163.0	204.0	163.0		63kV 变 压器中 性点 保护用
		153.0	183.0	244.0	305.0	244.0		
260.0		224.0	268.0	326.0	408.0	326.0		

电站无间隙金属氧化物避雷器的电气特性

表 L-4

避雷器 额定 电压	系 统 标 称 电 压	避 雷 器	标称放电电流 10kV 等级				标称放电电流 5kV 等级			
			电站避雷器				电站避雷器			
			陡波冲 击电压 (不大于)	雷电冲 击电压 (不大于)	操作冲 击电压 (不大于)	直流1mA 参考电压 (不大于)	陡波冲 击电压 (不大于)	雷电冲 击电压 (不大于)	操作冲 击电压 (不大于)	直流1mA 参考电压 (不大于)
kV(有效值)			kV(峰值)							
100	110	73.0	291.0	260.0	221.0	145.0	299.0	260.0	221.0	145.0

注:引自国家标准《交流无间隙金属氧化物避雷器》GB11032—89;表 L-5、L-6 同此。

变压器中性点无间隙金属氧化物避雷器的电气特性

表 L-5

避雷器额定电压 (kV) (有效值)	系统标称电压 (kV) (有效值)	标 称 放 电 电 流 1kA 等 级		
		雷电冲击电流残压 (kV)(峰值) (不大于)	操作冲击电流下残压 (kV)(峰值) (不大于)	直流 1mA 参考电压 (kV) (不小于)
60	110	144	137	86
78	110	200	165	103

低压无间隙金属氧化物避雷器的电气特性

表 L-6

避雷器额定电压 (kV) (有效值)	系统标称电压 (kV) (有效值)	避雷器持续运行电压 (kV) (有效值)	标称放电电流 1.5kA 等级	
			雷电冲击电流残压 (kV)(峰值) (不大于)	直流 1mA 参考电压 (kV) (不小于)
0.28	0.22	0.24	1.3	0.6
0.50	0.38	0.42	2.6	1.2

有串联间隙金属氧化物避雷器的电气特性

表 L-7

系统标称避雷器额定电压 (kV) (有效值)	波前冲击的波前陡度 (kV/ μ s)	电 站 避 雷 器			配 电 避 雷 器				
		工频放电电压 (kV) (有效值) (不小于)	1.2/50 μ s 冲击放电电压 (kV) (峰值) (不大于)	波前冲击放电电压 (kV) (峰值) (不大于)	标称放电电流 5kA 下残压 (波形 8/20 μ s) (kV)(峰值) (不大于)	工频放电电压 (kV) (有效值) (不小于)	1.2/50 μ s/s 冲击放电电压 (kV) (峰值) (不大于)	波前冲击放电电压 (kV) (峰值) (不大于)	标称放电电流 5kA 下残压 (波形 8/20 μ s) (kV)(峰值) (不大于)
3	32	9.0	20.0	25.0	12.0	9.0	21.0	26.3	15.0
6	63	16.0	30.0	37.5	24.0	16.0	35.0	43.8	27.0
10	106	26.0	45.0	56.5	41.0	26.0	50.0	62.5	45.0
35	343	80.0	134.0	160.0	124.0				

注：引自行业标准《交流有串联间隙金属氧化物避雷器》ZB K49005—90。

附录 M 建筑物年预计雷击次数

M.0.1 建筑物年预计雷击次数应按下式确定:

$$N=KN_gA_e \quad (\text{M.0.1})$$

式中 N ——建筑物年预计雷击次数(次/a);

K ——校正系数,在一般情况下取 1,在下列情况下取相应数值:位于旷野孤立的建筑物取 2;金属屋面的砖木结构建筑物取 1.7;位于河边、湖边、山坡下或山地中土壤电阻率较小处、地下水露头处、土山顶部、山谷风口处的建筑物,以及特别潮湿的建筑物取 1.5;

N_g ——建筑物所处地区雷击大地的年平均密度[次/(km²·a)];

A_e ——与建筑物截收相同雷击次数的等效面积(km²)。

M.0.2 雷击大地的年平均密度应按下式确定:

$$N_g=0.024T_d^{1.3} \quad (\text{M.0.2})$$

式中 T_d ——年平均雷暴日,根据当地气象台、站资料确定(d/a)。

M.0.3 建筑物等效面积 A_e 为其实际平面向外扩大后的面积。其计算方法应符合下列规定:

M.0.3.1 当建筑物的高 H 小于 100m 时,其每边的扩大宽度和等效面积应按下列计算式确定:

$$D=\sqrt{H(200-H)} \quad (\text{M.0.3-1})$$

式中 D ——建筑物每边的扩大宽度(m)

H ——建筑物的高(m)。

$$A_e=[LW+2(L+W)\sqrt{H(200-H)}+\pi H(200-H)]\cdot 10^{-6} \quad (\text{M.0.3-2})$$

式中 L 、 W 分别为建筑物的长、宽(m)。

建筑物平面积扩大后的面积 A_e 如图 M.0.3 中周边虚线所包围的面积。

M.0.3.2 当建筑物的高 H 等于或大于 100m 时,扩大宽度应按等于建筑物的高 H 计算,建筑物的等效面积应按下式确定:

$$A_e = [LW + 2H(L+W) + \pi H^2] \cdot 10^{-6} \quad (\text{M.0.3-3})$$

M.0.3.3 当建筑物各部位的高不同时,应沿建筑物周边逐点算出该点的最大扩大宽度,其外端连接线所包围的面积为等效面积 A_e 。

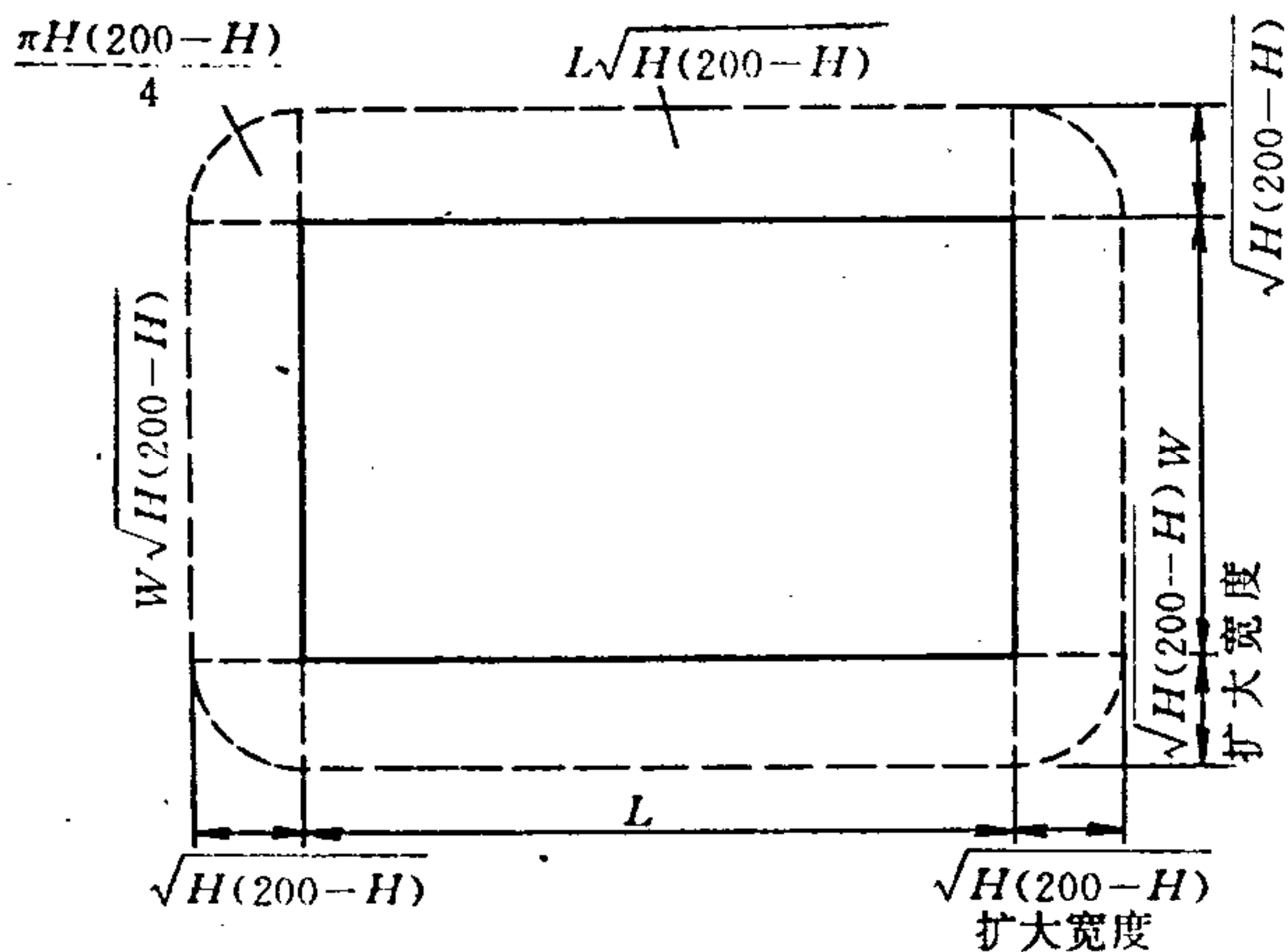


图 M.0.3 建筑物的等效面积

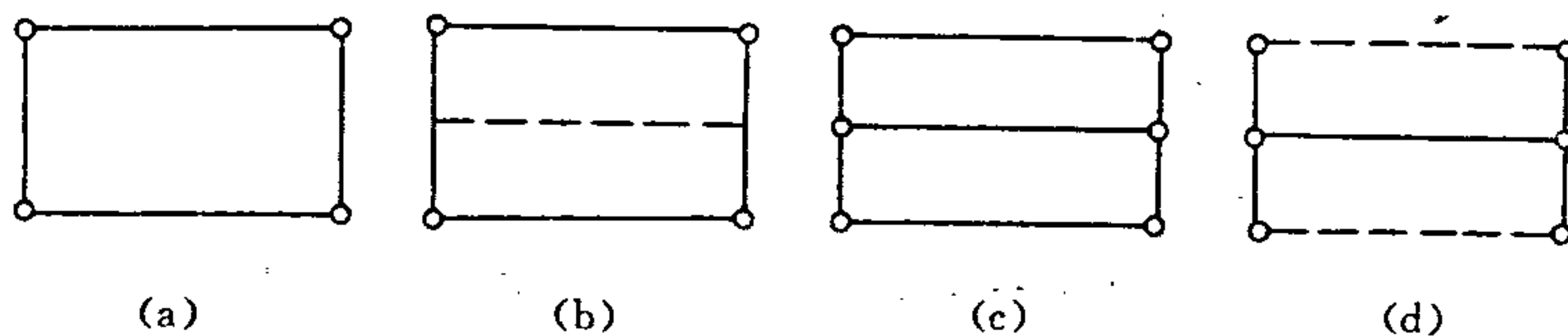
附录 N 建筑物易受雷击的部位

N.0.1 平屋面或坡度不大于 $1/10$ 的屋面,其易受雷击的部位为檐角、女儿墙、屋檐(图 N(a)、N(b))。

N.0.2 坡度大于 $1/10$ 、小于 $1/2$ 的屋面,其易受雷击的部位为屋角、屋脊、檐角(图 N(c))。

N.0.3 坡度不小于 $1/2$ 的屋面,其易受雷击的部位为屋角、屋脊、檐角(图 N(d))。

N.0.4 对图 N(c)和 N(d),在屋脊有避雷带的情况下,当屋檐处于屋脊避雷带的保护范围内时屋檐上可不设避雷带。



- 易受雷击部位
- 不易受雷击的屋脊或屋檐
- 雷击率最高部位

图 N 建筑物易受雷击的部位

附录 O 接地装置冲击接地电阻与 工频接地电阻的换算

0.0.1 接地装置冲击接地电阻与工频接地电阻的换算应按下列式确定：

$$R_a = AR_i \quad (O.0.1)$$

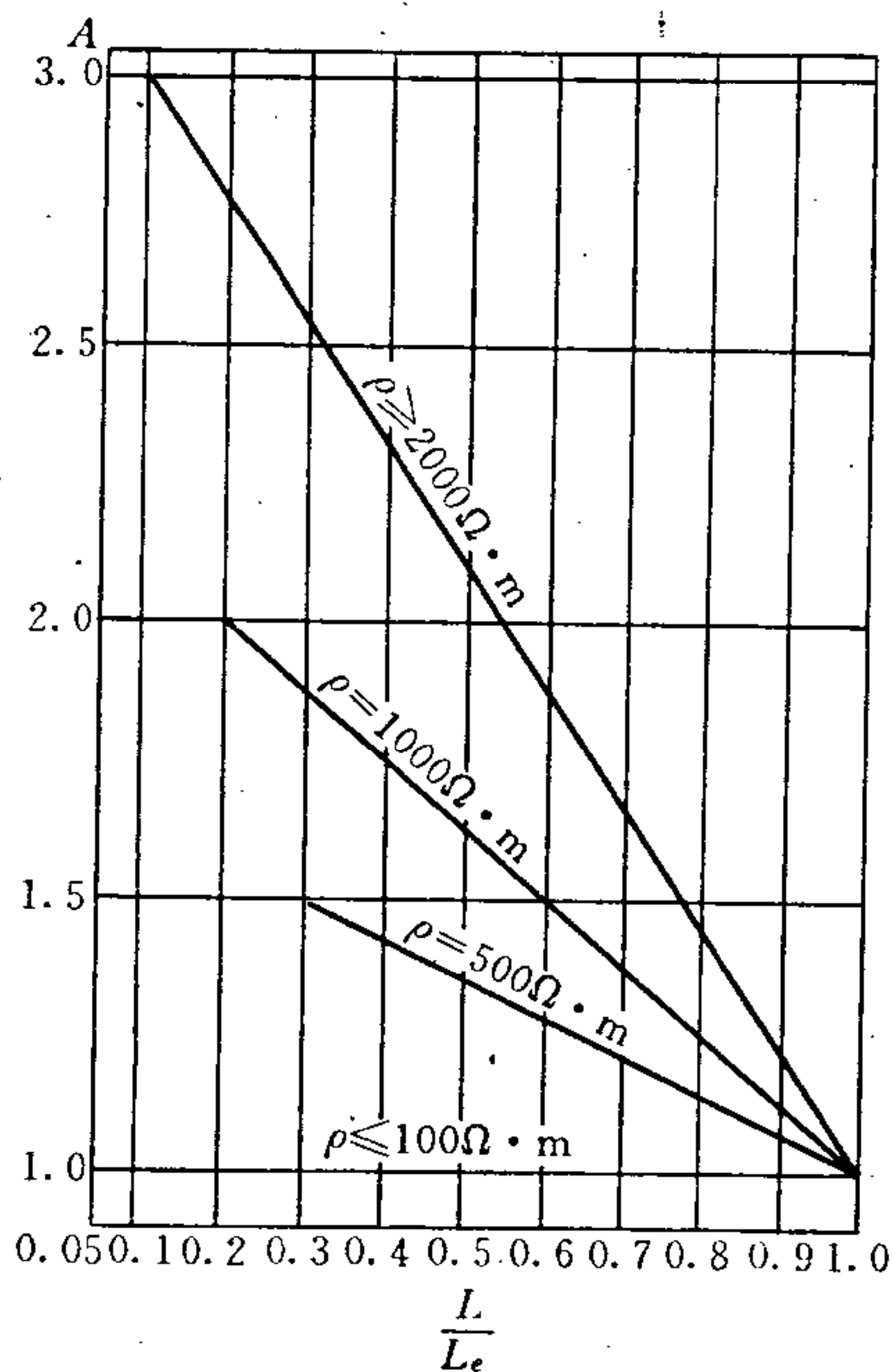


图 O.0.1 换算系数 A

注： l 为接地体最长支线的实际长度，其计量与 l_e 类同。当它大于 l_e 时，取其等于 l_e 。

式中 R_a ——接地装置各支线的长度小于或等于接地体的有效长度 l_e 或者有支线大于 l_e 而取其等于 l_e 时的工频接地电阻(Ω);

A ——换算系数,其数值宜按图 O.0.1 确定;

R_i ——所要求的接地装置冲击接地电阻(Ω)。

O.0.2 接地体的有效长度应按下式确定:

$$l_e = 2 \sqrt{\rho} \quad (\text{O.0.2})$$

式中 l_e ——接地体的有效长度,应按图 O.0.2 计量(m);

ρ ——敷设接地体处的土壤电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)。

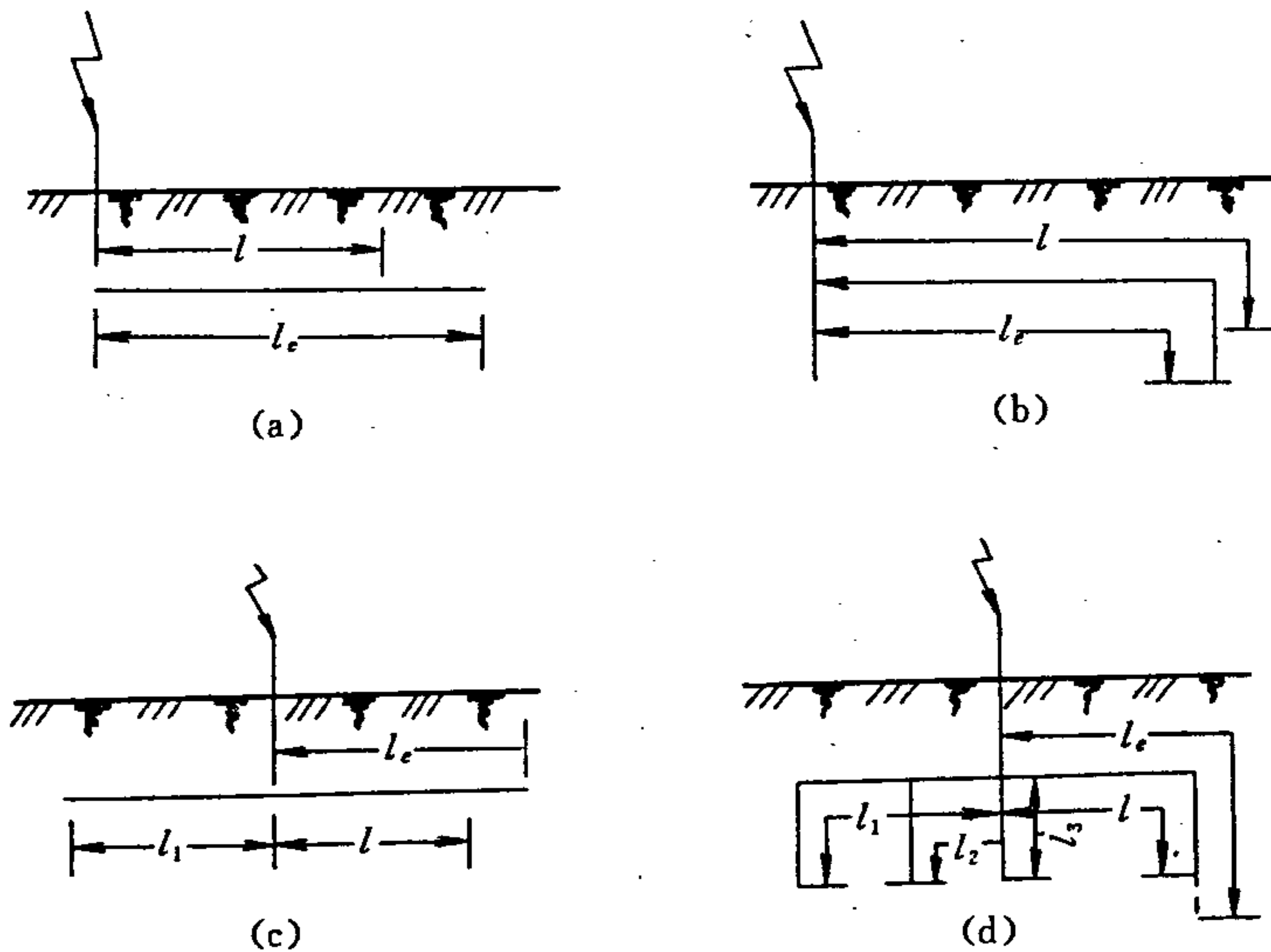


图 O.0.2 接地体有效长度的计量

(a)单根水平接地体 (b)末端接垂直接地体的单根水平接地体 (c)多根水平

接地体, $l_1 \leq l$ (d)接多根垂直接地体的多根水平接地体, $l_1 \leq l, l_2 \leq l, l_3 \leq l$

O.0.3 环绕建筑物的环形接地体应按以下方法确定冲击接地电阻:

O.0.3.1 当环形接地体周长的一半大于或等于接地体的有效长度 l_e 时,引下线的冲击接地电阻应为从与该引下线的连接点起沿

两侧接地体各取 l_e 长度算出的工频接地电阻(换算系数 A 等于 1)。

0.0.3.2 当环形接地体周长的一半 l 小于 l_e 时,引下线的冲击接地电阻应为以接地体的实际长度算出工频接地电阻再除以 A 值。

0.0.4 与引下线连接的基础接地体,当其钢筋从与引下线的连接点量起大于 20m 时,其冲击接地电阻应为以换算系数 A 等于 1 和以该连接点为圆心、20m 为半径的半球体范围内的钢筋体的工频接地电阻。

附录 P 滚球法确定接闪器的保护范围

P.0.1 单支避雷针的保护范围应按下列方法确定(图 P.0.1)

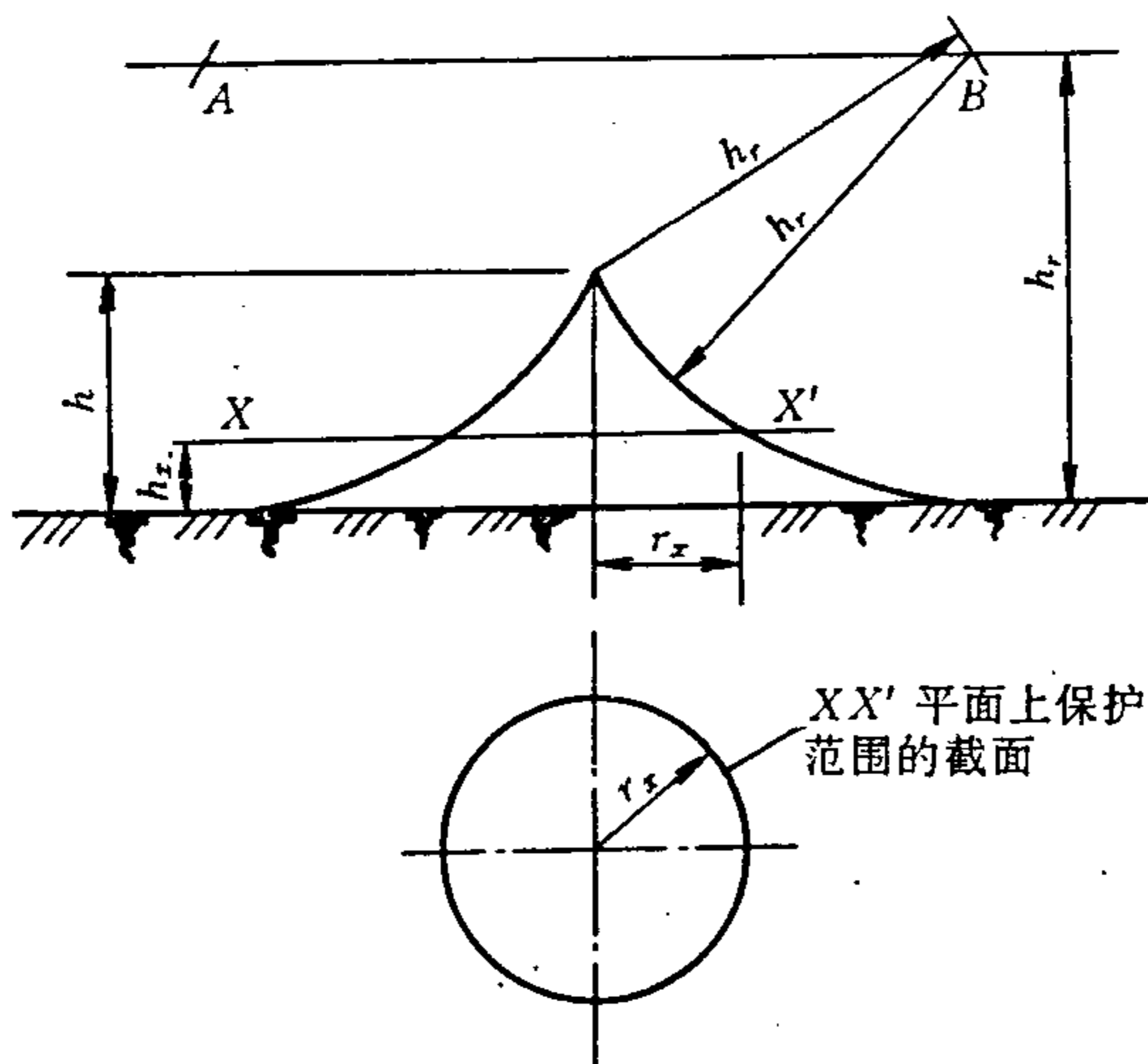


图 P.0.1 单支避雷针的保护范围

P.0.1.1 当避雷针高度 h 小于或等于 h_r 时

- (1) 距地面 h_r 处作一平行于地面的平行线。
- (2) 以针尖为圆心, h_r 为半径, 作弧线交于平行线的 A 、 B 两点。
- (3) 以 A 、 B 为圆心, h_r 为半径作弧线, 该弧线与针尖相交并与地面相切。从此弧线起到地面止就是保护范围。保护范围是一个对称的锥体。
- (4) 避雷针在 h_x 高度的 XX' 平面上和在地面上的保护半径, 按下列计算式确定:

$$r_x = \sqrt{h(2h_r - h)} - \sqrt{h_x(2h_r - h_x)} \quad (\text{P. 0. 1-1})$$

式中 r_x ——避雷针在 h_x 高度的 XX' 平面上的保护半径(m);
 h_r ——滚球半径,按本规范表 17.5.2 确定(m);
 h_x ——被保护物的高度(m)。

$$r_o = \sqrt{h(2h_r - h)} \quad (\text{P. 0. 1-2})$$

式中 r_o ——避雷针在地面上的保护半径(m)。

P.0.1.2 当避雷针高度 h 大于 h_r 时,在避雷针上取高度 h_r 的一点代替单支避雷针针尖作为圆心。其余的作法同本条 P.0.1.1。

P.0.2 双支等高避雷针的保护范围,在 h 小于或等于 h_r 的情况下,当两避雷针的距离 D 大于或等于 $2\sqrt{h(2h_r - h)}$ 时,应各按单支避雷针的方法确定,当 D 小于 $2\sqrt{h(2h_r - h)}$ 时,应按以下方法确定(图 P.0.2)。

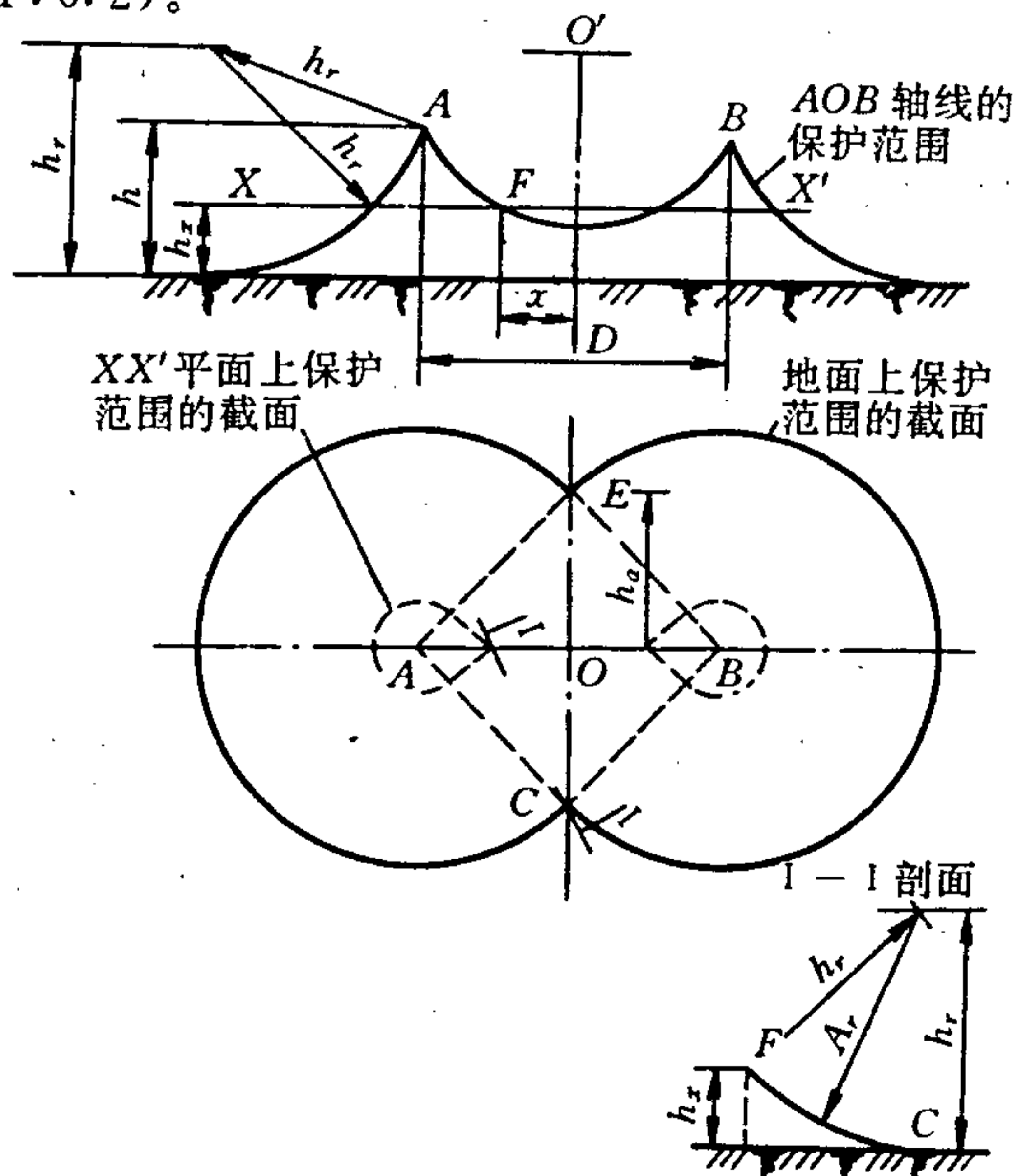


图 P.0.2 双支等高避雷针的保护范围

P.0.2.1 *AEBC* 外侧的保护范围,按照单支避雷针的方法确定。

P.0.2.2 *C*、*E* 点位于两针间的垂直平分线上。在地面每侧的最小保护宽度 *b*。按下式计算:

$$b_0 = \overline{CO} = \overline{EO} = \sqrt{h(2h_r - h) - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \quad (\text{P.0.2-1})$$

在 *AOB* 轴线上,距中心线任一距离 *X* 处,其在保护范围上边线上的保护高度 *h_x* 按下式确定:

$$h_x = h_r - \sqrt{(h_r - h)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2 - x^2} \quad (\text{P.0.2-2})$$

该保护范围上边线是以中心线距地面 *h_r* 的一点 *O'* 为圆心,以

$\sqrt{(h_r - h)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2}$ 为半径所作的圆弧 *AB*。

P.0.2.3 两针间 *AEBC* 内的保护范围,*ACO* 部分的保护范围按以下方法确定:在任一保护高度 *h_x* 和 *C* 点所处的垂直平面上,以 *h_x* 作为假想避雷针,按单支避雷针的方法逐点确定(见 I-I 剖面图)。确定 *BCO*、*AEO*、*BEO* 部分的保护范围的方法与 *ACO* 部分的相同。

P.0.2.4 确定 *XX'* 平面上保护范围截面的方法:以单支避雷针保护半径 *r_x* 为半径,以 *A*、*B* 为圆心作弧线与四边形 *AEBC* 相交;以单支避雷针的 (*r₀* - *r_x*) 为半径,以 *E*、*C* 为圆心作弧线与上述弧线相接。见图 P.0.2 中的粗虚线。

P.0.3 双支不等高避雷针的保护范围,在 *h₁* 小于或等于 *h_r* 和 *h₂* 小于或等于 *h_r* 的情况下,当 *D* 大于或等于 $\sqrt{h_1(2h_r - h_1)} + \sqrt{h_2(2h_r - h_2)}$ 时,应各按单支避雷针所规定的方法确定;当 *D* 小于 $\sqrt{h_1(2h_r - h_1)} + \sqrt{h_2(2h_r - h_2)}$ 时,应按下列方法确定(图 P.0.3)。

P.0.3.1 *AEBC* 外侧的保护范围,按照单支避雷针的方法确定。

P.0.3.2 *CE* 线或 *HO'* 线的位置按下式计算:

$$D_1 = \frac{(h_r - h_2)^2 - (h_r - h_1)^2 + D^2}{2D} \quad (\text{P. 0. 3-1})$$

P. 0. 3. 3 在地面上每侧的最小保护宽度 b_0 按下式计算：

$$b_0 = CO = EO = \sqrt{h_1(2h_r - h_1) - D^2} \quad (\text{P. 0. 3-2})$$

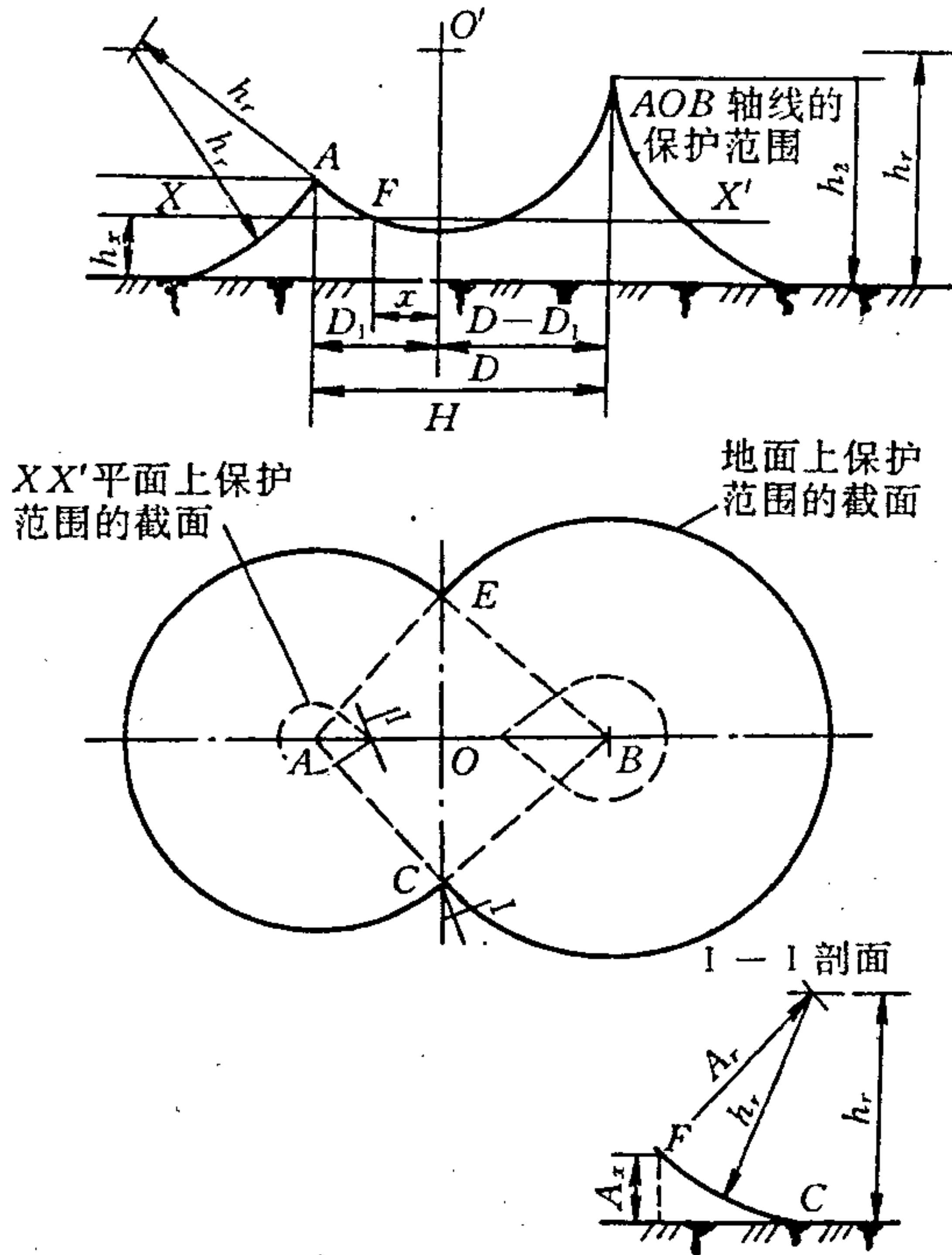


图 P. 0. 3 双支不等高避雷针的保护范围

在 AOB 轴线上, A 、 B 间保护范围上边线按下式确定：

$$h_x = h_r - \sqrt{(h_r - h_1)^2 + D_1^2 - x^2} \quad (\text{P. 0. 3-3})$$

式中 x 为距 CE 线或 HO' 线的距离。该保护范围上边线是以

HO' 线上距地面 h_r 的一点 O' 为圆心, 以 $\sqrt{(h_r - h_1)^2 + D_1^2}$ 为半径所作的圆弧 AB 。

P. 0. 3. 4 两针间 $AEBC$ 内的保护范围, ACO 与 AEO 是对称的,

BCO 与 BEO 是对称的,以 ACO 部分的保护范围为例,按以下方法确定:在 h_r 和 C 点所处的垂直平面上,以 h_r 作为假想避雷针,按单支避雷针的方法确定(见 1-1 剖面图)。确定 AEO、BCO、BEO 部分的保护范围的方法与 ACO 部分的相同。

P.0.3.5 确定 XX' 平面上保护范围截面的方法与双支等高避雷针相同。

P.0.4 矩形布置的四支等高避雷针的保护范围,在 h 小于或等于 h_r 的情况下,当 D_s 大于或等于 $2\sqrt{h(2h_r-h)}$ 时,应各按双支等高避雷针的方法确定;当 D_s 小于 $2\sqrt{h(2h_r-h)}$ 时,应按下列方法确定(图 P.0.4)

P.0.4.1 四支避雷针的外侧各按双支避雷针的方法确定。

P.0.4.2 B、E 避雷针连线上的保护范围见 I-I 剖面图。外侧部分按单支避雷针的方法确定。两针间的保护范围按以下方法确定:以 B、E 两针针尖为圆心、 h_r 为半径作弧相交于 O 点,以 O 点为圆心、 h_r 为半径作圆弧,与针尖相接的这段圆弧即为针间保护范围。保护范围最低点的高度 h_0 按下式计算:

$$h_0 = \sqrt{h_r^2 - \left(\frac{D_s}{2}\right)^2} + h - h_r \quad (\text{P.0.4-1})$$

P.0.4.3 2-2 剖面的保护范围,以 P 点的垂直线上的 O 点(距地面的高度为 $h_r + h_0$)为圆心, h_r 为半径作圆弧与 B、C 和 A、E 双支避雷针所作出在该剖面的外侧保护范围延长圆弧相交于 F、H 点。F 点(H 点与此类同)的位置及高度可按下列两计算式确定:

$$(h_r - h_1)^2 = h_r^2 (b_0 + x)^2 \quad (\text{P.0.4-2})$$

$$(h_r + h_0 - h_1)^2 = h^2 - \left(\frac{D_1}{2} - x\right)^2 \quad (\text{P.0.4.3})$$

P.0.4.4 确定 3-3 剖面保护范围的方法与本附录 P.0.4.3 款相同。

P.0.4.5 确定四支等高避雷针中间在 h_0 至 h 之间于 h_r 高度的 XX' 平面上保护范围截面的方法:以 P 点为圆心、

$\sqrt{2h_r(h_r-h_0)-(h_r-h_0)^2}$ 为半径所作的圆或圆弧,与各双支避雷针在外侧所作的保护范围截面组成该保护范围截面。见图 P.0.4 中的虚线。

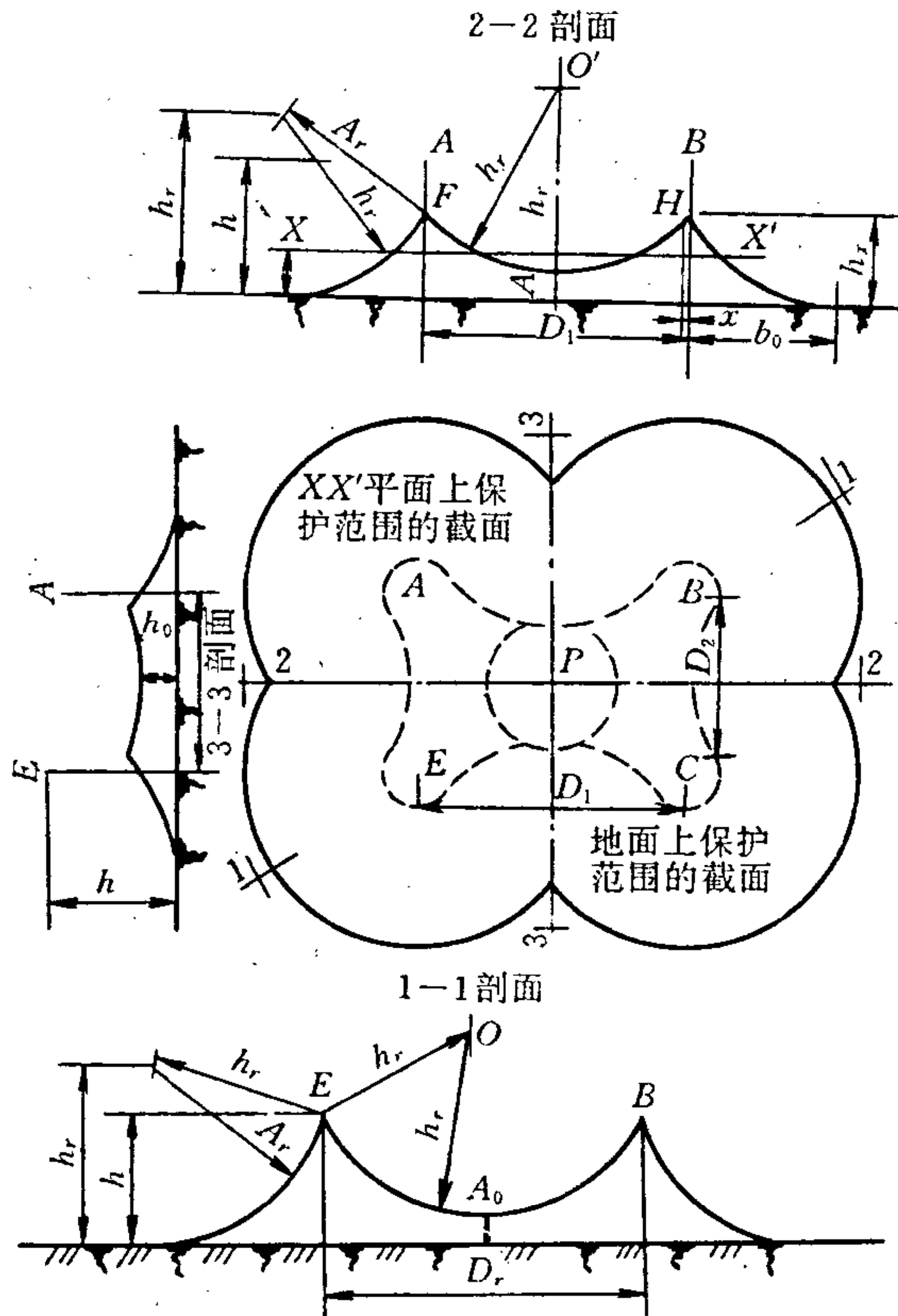


图 P.0.4 四支等高避雷针的保护范围

P.0.5 单根避雷线的保护范围,当避雷线的高度 h 大于或等于 $2h_r$ 时,无保护范围;当避雷线的高度 h 小于 $2h_r$ 时,应按下列方法确定(图 P.0.5)。确定架空避雷线的高度时应计及弧垂的影响。在无法确定弧垂的情况下,当等高支柱间的距离小于 120m 时,架空避雷线中点的弧垂宜采用 2m,距离为 120~150m 时宜采用 3m。

方法:(1) 距地面 h_r 处作一平行于地面的平行线,以避雷线端点为圆心、 h_r 为半径,作弧线交于平行线的 A 、 B 两点。

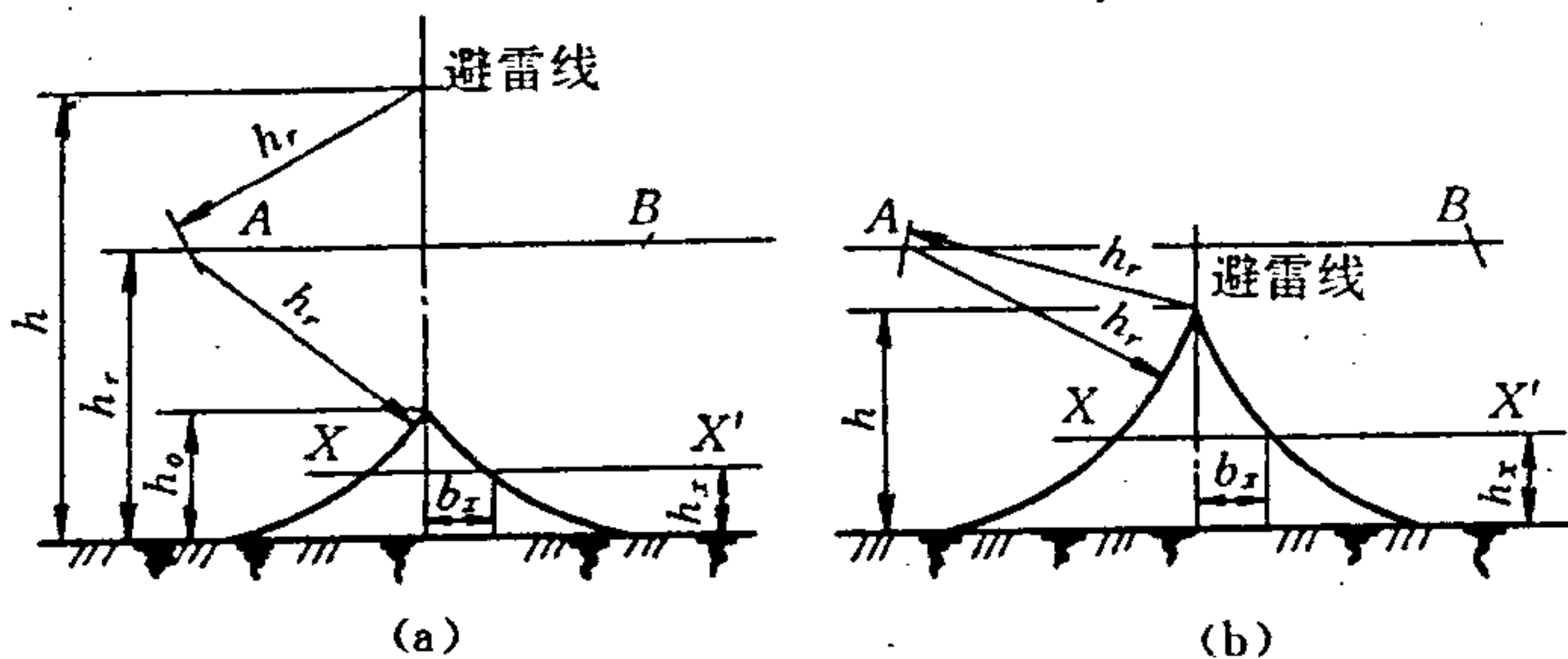


图 P.0.5 单根架空避雷线的保护范围

(a)当 h 小于 $2h_r$ 且大于 h_r 时 (b)当 h 小于或等于 h_r 时

(2) 以 A 、 B 为圆心, h_r 为半径作弧线,该两弧线相交或相切并与地面相切。从该弧线起到地面止就是保护范围。

P.0.5.1 当 h 小于 $2h_r$ 且大于 h_r 时,保护范围最高点的高度 h_0 按下式计算:

$$h_0 = 2h_r - h \quad (\text{P.0.5-1})$$

P.0.5.2 避雷线在 h_1 高度的 XX' 平面上的保护宽度,按下式计算:

$$b_1 = \sqrt{h(2h_r - h)} - \sqrt{h_1(2h_r - h_1)} \quad (\text{P.0.5-2})$$

式中 b_1 ——避雷线在 h_1 高度的 XX' 平面上的保护宽度(m);

h ——避雷线的高度(m);

h_r ——滚球半径,按本章表 17.5.2 确定(m);

h_1 ——被保护物的高度(m)。

P.0.6 两根等高避雷线的保护范围应按下列方法确定。

P.0.6.1 在避雷线高度 h 小于或等于 h_r 的情况下,当 D 大于或等于 $2\sqrt{h(2h_r - h)}$ 时,各按单根避雷线所规定的方法确定;当 D 小于 $2\sqrt{h(2h_r - h)}$ 时,按下列方法确定(图 P.0.6-1):

(1) 两根避雷线的外侧, 各按单根避雷线的方法确定。

(2) 两根避雷线之间的保护范围按以下方法确定: 以 A 、 B 两避雷线为圆心, h_r 为半径作圆弧交于 O 点, 以 O 点为圆心, h_r 为半径作圆弧交于 A 、 B 点。

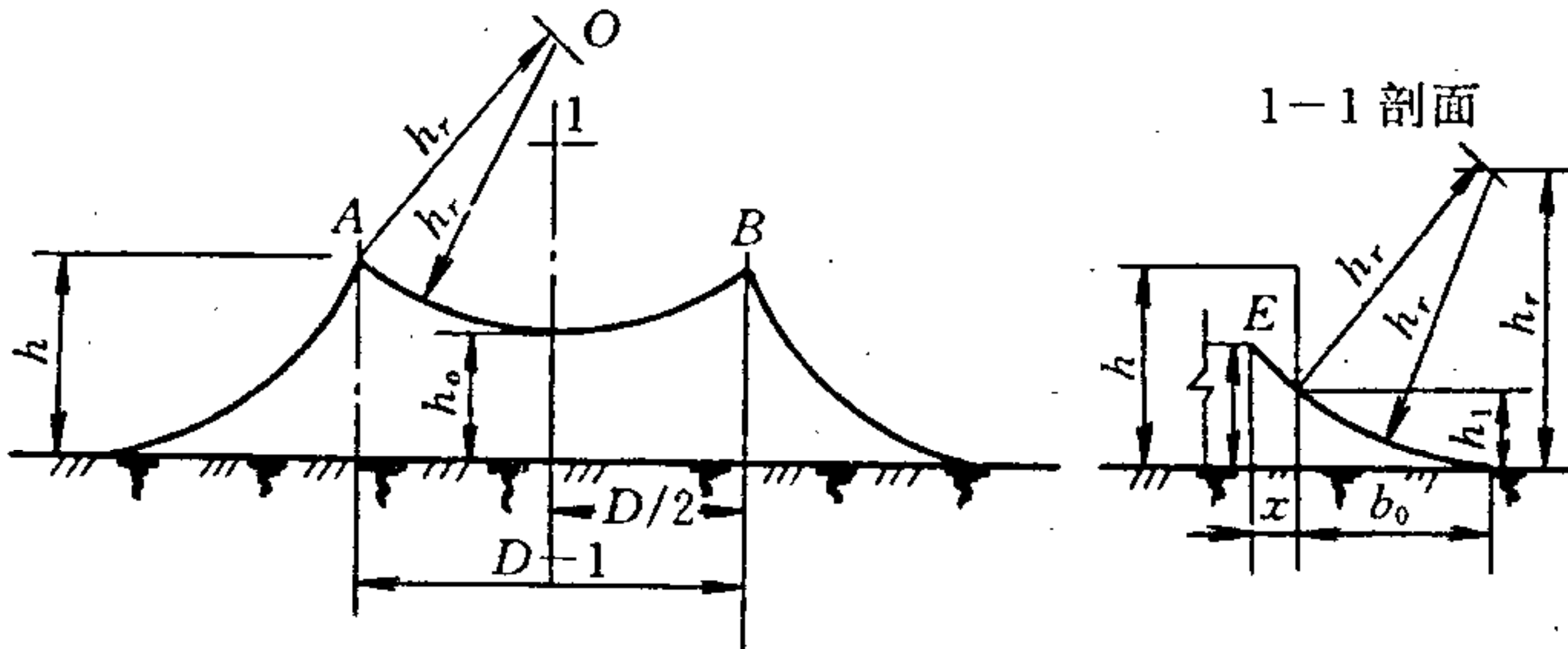


图 P.0.6-1 两根等高避雷线在 h 小于或等于 h_r 时的保护范围

(3) 两避雷线之间保护范围最低点的高度 h_0 按下式计算:

$$h_0 = \sqrt{h_r^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} + h - h_r \quad (\text{P.0.6-1})$$

(4) 避雷线两端的保护范围按双支避雷针的方法确定, 但在中线上 h_0 线的内移位置按以下方法确定 (1-1 剖面): 以双支避雷针所确定的中点保护范围最低点的高度 $h'_0 = h_r - \sqrt{(h_r - h)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2}$ 作为假想避雷针, 将其保护范围的延长弧线与 h_0 线交于 E 点。内移位置的距离 X 也可按下式计算:

$$X = \sqrt{h_0(2h_r - h_0)} - b_0 \quad (\text{P:0.6-2})$$

式中 b_0 按 (P.0.2-1) 式确定。

P.0.6.2 在避雷线高度 h 小于 $2h_r$ 且大于 h_r 而且避雷线之间的距离 D 小于 $2h_r$ 且大于 $2[h_r - \sqrt{h(2h_r - h)}]$ 的情况下, 按下列方法确定 (图 P.0.6-2)。

(1) 距地面 h_r 处作一与地面平行的线。

(2) 以两根避雷线端点 A 、 B 为圆心, h_r 为半径作弧线相交于

O 点并与平行线相交或相切于 C、E 点。

(3) 以 O 点为圆心、 h_r 为半径作弧线交于 A、B 点。

(4) 以 C、E 为圆心、 h_r 为半径作弧线分别交于 A、B 并与地面相切。

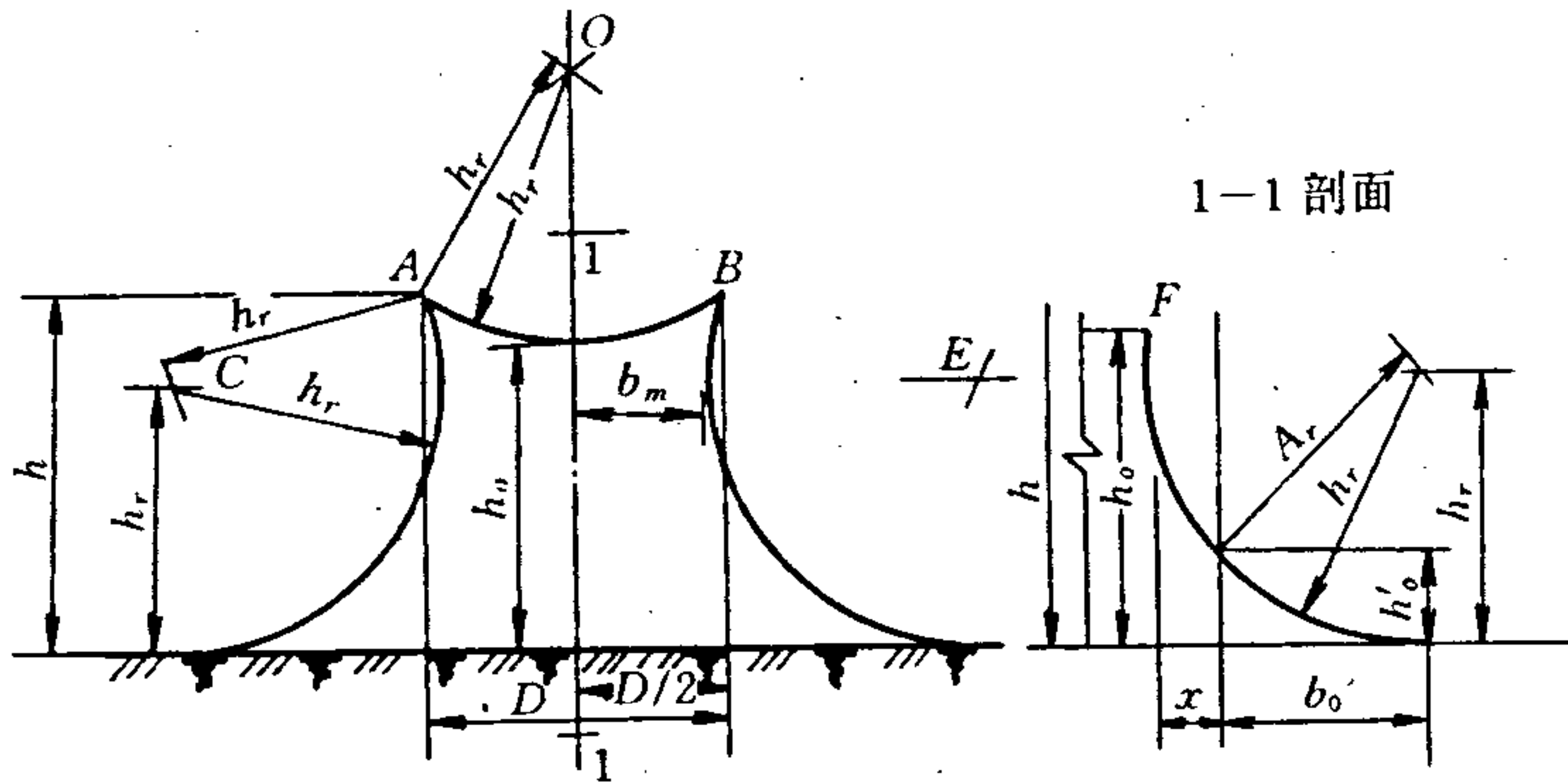


图 P.0.6-2 两根等高避雷线在高度 h 小于 $2h_r$

且大于 h_r 时的保护范围

(5) 两避雷线之间保护范围最低点的高度 h_0 按下式计算：

$$h_0 = \sqrt{h_r^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} + h - h_r \quad (\text{P.0.6-3})$$

(6) 最小保护宽度 b_m 位于 h_r 高处，其值按下式计算：

$$b_m = \sqrt{h(2h_r - h) + \frac{D}{2} - h_r} \quad (\text{P.0.6-4})$$

地面处保护宽度 b_0 ，其值按下式计算：

$$b_0 = \sqrt{h_r^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \quad (\text{P.0.6-5})$$

(7) 避雷线两端的保护范围按双支高度 h_r 的避雷针确定，但在中线上 h_0 线的内移位置按以下方法确定(1-1 剖面)：以双支高度 h_r 的避雷针所确定的中点保护范围最低点的高度 $h'_0 = \left(h_r - \frac{D}{2}\right)$ 作为假想避雷针，将其保护范围的延长弧线与 h_0 线交于

F 点。内移位置的距离 x 也可按下式计算：

$$x = \sqrt{h_0(2h_r - h_0)} - \sqrt{h^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \quad (\text{P. 0. 6-5})$$

P. 0. 7 本附录各图中所画的地面也可以是位于建筑物上的接地金属物、其它接闪器。当接闪器在“地面上保护范围的截面”的外周线触及接地金属物、其它接闪器时，各图的保护范围均适用于这些接闪器；当接地金属物、其它接闪器是处在外周线之内且位于被保护部位的边沿时，应按以下方法确定所需断面的保护范围（见图 P. 0. 7）：

- (1) 以 A、B 为圆心， h_r 为半径作弧线相交于 O 点。
- (2) 以 O 为圆心、 h_r 为半径作弧线 AB，弧线 AB 就是保护范围的上边线。

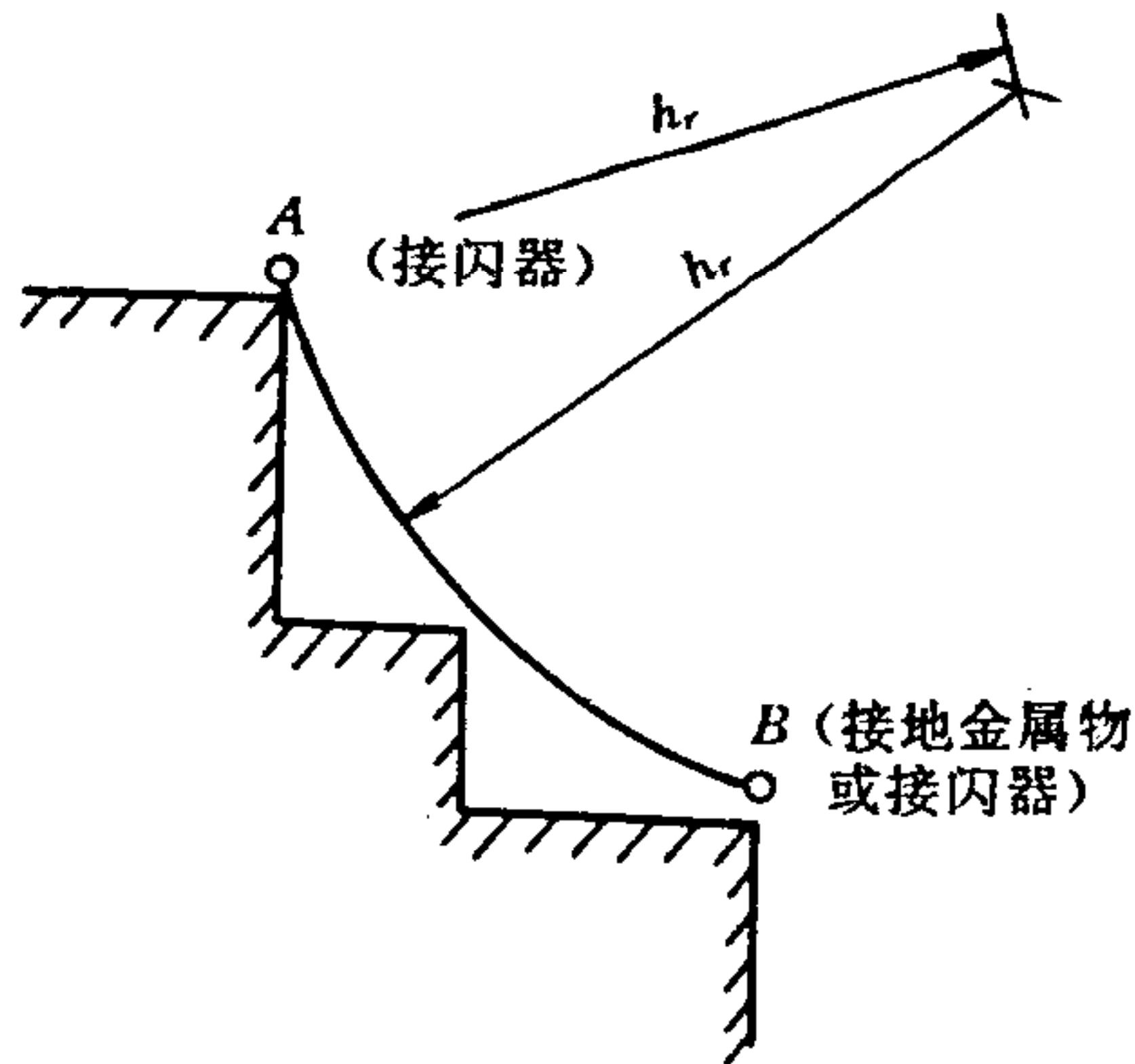


图 P. 0. 7 确定建筑物上任两接闪器
在所需断面上的保护范围

注：当接闪器在“地面上保护范围的截面”的外周线触及的是屋面时，各图的保护范围仍有效，但外周线触及的屋面及其外部得不到保护，内部得到保护。

附录 Q 按热稳定确定 PE 线截面的 K 值

Q.0.1 K 值按下式确定：

$$K = \sqrt{\frac{Q_c(B+20)}{\rho_{20}} \ln\left(1 + \frac{Q_f - Q_i}{B + Q_i}\right)} \quad (\text{Q.0.1})$$

式中 Q_c ——导线材料的体积热容量(J/(°C·mm³))；

ρ_{20} ——导线材料在 20°C 时的电阻率(Ω·mm)；

B ——导线在 0°C 时的电阻率温度系数的倒数(°C)；

Q_i ——导线的初始温度(°C)；

Q_f ——导线的最终温度(°C)；

不同材料的计算值

表 Q-1

材料	B (°C)	Q_c (J/(°C·mm))	ρ_{20} (Ω·mm)	$\sqrt{\frac{Q_c(B+20)}{\rho_{20}}}$
铜	234.5	3.45×10^{-2}	17.241×10^{-6}	226
铝	228	2.5×10^{-3}	28.264×10^{-6}	148
铅	230	1.45×10^{-3}	214×10^{-6}	42
钢	202	3.8×10^{-5}	138×10^{-6}	78

Q.0.2 各种条件下的 K 值见表 Q-2、Q-3、Q-4 的规定：

不作为电缆芯线的绝缘保护线或与
电缆外皮接触的裸保护线的 K 值

表 Q-2

	保护线的绝缘或电缆外皮		
	PVC	XLPE、EPR	丁基橡胶
最终温度	160°C	250°C	220°C
导线的材质	K		
铜	143	176	166
铝	95	116	110
钢	52	64	60

注：导线的初始温度采用 30°C。

作为多芯电缆中一根芯线的保护线的 K 值 表 Q-3

	绝 缘 材 质		
	PVC	XLPE、EPR	丁基橡胶
初始温度	70℃	90℃	85℃
最终温度	160℃	250℃	220℃
导线材质	K		
铜	115	143	134
铝	76	94	89

裸导线的 K 值,该导线在下列温度下
不会有危及任何邻近材料的危险

表 Q-4

条 件 导线材质		看得见的并在 限定的范围内	正常条件	火灾危险
		铜	最高温度	500℃
	K	228	159	138
铝	最高温度	300℃	200℃	150℃
	K	125	105	91
钢	最高温度	500℃	200℃	150℃
	K	82	58	50

注:导线的初始温度采用 30℃。

附录 R 工频接地电阻简易计算公式

工频接地电阻简易计算公式

表 R

接地极型式	适应条件	计算公式
垂直式	长约 3m	$R \approx 0.3\rho$
单根水平式	长约 60m	$R \approx 0.03\rho$
n 根水平放射式	$n \leq 12$, 每根长约 60m	$R = \frac{0.062\rho}{n+1.2}$
钢筋混凝土杆 作自然接地极	一个拉线盘	$R \approx 0.28\rho$
	单杆	$R \approx 0.3\rho$
	双杆	$R \approx 0.2\rho$
	拉线单、双杆	$R \approx 0.1\rho$
复合式(接地网)	公式适应于面积大于 100mm ² 的闭合接地网	$R \approx 0.5 \frac{\rho}{\sqrt{S}} \approx 0.28 \frac{\rho}{r}$ 或 $R \approx \frac{\sqrt{\pi}}{4} \frac{\rho}{\sqrt{S}} + \frac{\rho}{L} = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$

注:① ρ ——土壤电阻率($\Omega \cdot m$)。

② S ——接地网面积(mm²)。

③ n ——水平放射式接地极根数。

④ L ——接地网中接地极总长度(m)。

⑤ r ——与接地网面积 S 等值的圆形接地网半径(m)。

附录 S 土壤和水的电阻率参考值

土壤和水的电阻率参考值

表 S

类别	名称	电阻率 近似值 ($\Omega \cdot m$)	不同情况下的电阻率变化范围 ($\Omega \cdot m$)		
			较湿时 (一般地区 多雨区)	较干时 (少雨区、 沙漠区)	地下水含 盐碱时
土	陶粘土	10	5~20	10~100	3~10
	泥炭、泥灰岩、沼泽地	20	10~30	50~300	3~30
	捣碎の木炭	40	—	—	—
	黑土、园田土、陶土	50	30~100	50~300	10~30
	白垩土、粘土	60	30~300	80~1000	10~80
	砂质粘土	100	100~200	250	30
	黄土	200	100~1000	1000 以上	30~100
	含砂粘土、砂土	300	300	—	—
	河滩中的砂	—	350	—	—
	煤	—	—	—	—
	多石土壤	400	—	—	—
	上层红色风化粘土、 下层红色页岩	500 (30%湿度)	—	—	—
	表层土夹石、下层砾 石	600 (15%湿度)	—	—	—
砂	砂、砂砾	1000	250~1000	1000~2500	—
	砂层深度大于 10m、 地下水较深的草原， 地面粘土深度不大于 1.5m、底层多岩石	1000	—	—	—

(续)

类别	名称	电阻率 近似值 ($\Omega \cdot m$)	不同情况下的电阻率变化范围 ($\Omega \cdot m$)		
			较湿时 (一般地区 多雨区)	较干时 (少雨区、 沙漠区)	地下水含 盐碱时
岩石	砾石、碎石	5000	—	—	—
	多岩山地	5000	—	—	—
	花岗岩	200000	—	—	—
混凝土	在水中	40~55	—	—	—
	在湿土中	100~200	—	—	—
	在干土中	500~1300	—	—	—
	在干燥的大气中	12000~ 18000	—	—	—
矿	金属矿石	0.01~1	—	—	—
水	海水	1~5	—	—	—
	湖水、池水	30	—	—	—
	泥水、泥炭中的水	15~20	—	—	—
	泉水	40~50	—	—	—
	地下水	20~70	—	—	—
	溪水	50~100	—	—	—
	河水	30~280	—	—	—
	污秽的冰	300	—	—	—
	蒸馏水	1000000	—	—	—

附录 T 爆炸性气体混合物分级、分组

爆炸性气体混合物分级、分组

表 T

序号	物质名称	分子式	组别
I A 级			
一、烃类			
链烷类			
1	甲烷	CH ₄	T1
2	乙烷	C ₂ H ₆	T1
3	丙烷	C ₃ H ₈	T1
4	丁烷	C ₄ H ₁₀	T2
5	戊烷	C ₅ H ₁₂	T3
6	己烷	C ₆ H ₁₄	T3
7	庚烷	C ₇ H ₁₆	T3
8	辛烷	C ₈ H ₁₈	T3
9	壬烷	C ₉ H ₂₀	T3
10	癸烷	C ₁₀ H ₂₂	T3
11	环丁烷	CH ₂ (CH ₂) ₂ CH ₂	—
12	环戊烷	CH ₂ (CH ₂) ₃ CH ₂	T3
13	环己烷	CH ₂ (CH ₂) ₄ CH ₂	T3
14	环庚烷	CH ₂ (CH ₂) ₅ CH ₂	—
15	甲基环丁烷	CH ₃ CH(CH ₂) ₂ CH ₂	—
16	甲基环戊烷	CH ₃ CH(CH ₂) ₃ CH ₂	T2
17	甲基环己烷	CH ₃ CH(CH ₂) ₄ CH ₂	T3
18	乙基环丁烷	C ₂ H ₅ CH(CH ₂) ₂ CH ₂	T3
19	乙基环戊烷	C ₂ H ₅ CH(CH ₂) ₃ CH ₂	T3
20	乙基环己烷	C ₂ H ₅ CH(CH ₂) ₄ CH ₂	T3
21	奈烷(十氢化奈)	CH ₂ (CH ₂)CHCH(CH ₂) ₃ CH ₂	T3

(续)

序号	物质名称	分子式	组别
	链烯类		
22	丙烯	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	T2
	芳烃类		
23	苯乙烯	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2$	T1
24	异丙烯基苯(甲基苯乙烯)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$	T1
	苯类		
25	苯	C_6H_6	T1
26	甲苯	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	T1
27	二甲苯	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	T1
28	乙苯	$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5$	T2
29	三甲苯	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_3$	T1
30	萘	C_{10}H_8	T1
31	异丙苯(异丙基苯)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	T2
32	甲基、异丙基苯	$(\text{CH}_3)_2\text{CHC}_6\text{H}_4\text{CH}_3$	T2
	混合烃类		
33	甲烷(工业用) ^①		T1
34	松节油		T3
35	石脑油		T3
36	煤焦油石脑油		T3
37	石油(包括车用汽油)		T3
38	洗涤汽油		T3
39	燃料油		T3
40	煤油		T3
41	柴油		T3
42	动力苯		T1
	二、含氧化合物		
	氧化物(包括醚)		
1	一氧化碳 ^②	CO	T1
2	二丙醚	$(\text{C}_3\text{H}_7)_2\text{O}$	
	醇类和酚类		

(续)

序号	物质名称	分子式	组别
3	甲 醇	CH ₃ OH	T2
4	乙 醇	C ₂ H ₅ OH	T2
5	丙 醇	C ₃ H ₇ OH	T2
6	丁 醇	C ₄ H ₉ OH	T2
7	戊 醇	C ₅ H ₁₁ OH	T3
8	己 醇	C ₆ H ₁₃ OH	T3
9	庚 醇	C ₇ H ₁₅ OH	—
10	辛 醇	C ₈ H ₁₇ OH	—
11	壬 醇	C ₉ H ₁₉ OH	—
12	环 己 醇	CH ₂ (CH ₂) ₄ CHOH	T3
13	甲基环己醇	CH ₃ CH(CH ₂) ₄ CHOH	T3
14	苯 酚	C ₆ H ₅ OH	T1
15	甲 酚	CH ₃ C ₆ H ₄ OH	T1
16	4-羟基-4-甲基戊酮(双丙酮醇)	(CH ₃) ₂ C(OH)CH ₂ COCH ₃	T1
	醛 类		
17	乙 醛	CH ₃ CHO	T4
18	聚 乙 醛	(CH ₃ CHO) _n	—
	酮 类		
19	丙 酮	(CH ₃) ₂ CO	T1
20	2-丁酮(乙基甲基酮)	C ₂ H ₅ COCH ₃	T1
21	2-戊酮(甲基、丙基甲酮)	C ₃ H ₇ COCH ₃	T1
22	2-己酮(甲基、丁基甲酮)	C ₄ H ₉ COCH ₃	T1
23	戊基甲基甲酮	C ₅ H ₁₁ COCH ₃	
24	戊间二酮(乙酰丙酮)	CH ₃ COCH ₂ COCH ₃	T2
25	环 己 酮	CH ₂ (CH ₂) ₄ CO	T2
	酯 类		
26	甲酸甲酯	HCOOCH ₃	T2
27	甲酸乙酯	HCOOC ₂ H ₅	T2
28	醋酸甲酯	CH ₃ COOCH ₃	T1

(续)

序号	物质名称	分子式	组别
29	醋酸乙酯	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	T2
30	醋酸丙酯	$\text{CH}_3\text{COOC}_3\text{H}_7$	T2
31	醋酸丁酯	$\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$	T2
32	醋酸戊酯	$\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$	T2
33	甲基丙烯酸甲酯(异丁烯酸甲酯)	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{HC}_3)\text{COOCH}_3$	T2
34	甲基丙烯酸乙酯(异丁烯酸甲酯)	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{HC}_3)\text{COOC}_2\text{H}_5$	—
35	醋酸乙烯酯	$\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$	T2
36	乙酰基醋酸乙酯	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$	T2
	酸类		
37	醋酸	CH_3COOH	T1
	三、含卤化合物		
	无氧化合物		
1	甲基氯	CH_3Cl	T1
2	氯乙烷	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	T1
3	溴乙烷	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$	T1
4	氯丁烷	$\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$	T1
5	氯丙烷	$\text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}$	T3
6	溴丁烷	$\text{C}_4\text{H}_9\text{Br}$	T3
7	二氯乙烷	$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$	T2
8	二氯丙烷	$\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2$	T1
9	氯苯	$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$	T1
10	苄基氯	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$	T1
11	二氯苯	$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$	T1
12	烯丙基氯	$\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{Cl}$	T2
13	二氯乙烯	$\text{CHCl}=\text{CHCl}$	T1
14	氯乙烯	$\text{CH}_2=\text{CHCl}$	T2
15	三氟甲苯	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CF}_3$	T1
16	三氯甲烷(甲叉二氯)	CH_2Cl_2	T1

(续)

序号	物质名称	分子式	组别
	含氧化合物		
17	乙酰氯	CH_3COCl	T3
18	氯乙醇	$\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{OH}$	T2
	四、含硫化合物		
1	乙硫醇	$\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$	T3
2	丙硫醇-1	$\text{C}_3\text{H}_7\text{SH}$	—
3	噻吩	$\text{CH}=\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CHS}$	T2
4	四氢噻吩	$\text{CH}_2=(\text{CH}_2)=2\text{CH}_2=\text{S}$	T3
	五、含氮化合物		
1	氨	NH_3	T1
2	乙腈	CH_3CN	T1
3	亚硝酸乙酯	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{ONO}$	T6
4	硝基甲烷	CH_3NO_2	T2
5	硝基乙烷	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$	T2
	胺类		
6	甲胺	CH_3NH_2	T2
7	二甲胺	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	T2
8	三甲胺	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	T4
9	二乙胺	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$	T2
10	三乙胺	$(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$	T1
11	正丙胺	$\text{C}_3\text{H}_7\text{NH}_2$	T2
12	正丁胺	$\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_2$	T2
13	环乙胺	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_4\text{CHNH}_2$	T3
14	2-乙醇胺	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	—
15	2-二乙胺乙醇	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	—
16	二氨基乙烷	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	T2
17	苯胺	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	T1
18	NN-二甲基苯胺	$\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{CH}_3)_2$	T2
19	苯胺基丙烷	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_3$	—
20	甲苯胺	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$	T1

(续)

序号	物质名称	分子式	组别
21	吡啶[氮(杂)苯]	C_5H_5N	T1
I B 级			
一、烃 类			
1	丙炔(甲基乙炔)	$CH_3C \equiv CH$	T1
2	乙 烯	C_2H_4	T2
3	环 丙 烷	$CH_2CH_2CH_2$	T1
4	1,3-丁二烯	$CH_2=CHCH=CH_2$	T2
二、含氮化合物			
1	丙 烯 腈	$CH_2=CHCN$	T1
2	异丙基硝酸盐	$(CH_3)_2CHONO_2$	—
3	氰 化 氢	HCN	T1
三、含氧化合物			
1	二 甲 醚	$(CH_3)_2O$	T3
2	乙基甲基醚	$CH_3OC_2H_5$	T4
3	二 乙 醚	$(C_2H_5)_2O$	T4
4	二 丁 醚	$(C_4H_9)_2O$	T4
5	环氧乙烷	CH_2CH_2O	T2
6	1,2 环氧丙烷	CH_3CHCH_2O	T2
7	1,3-二恶戊烷	$CH_2CH_2OCH_2O$	—
8	1,4-二恶烷	$CH_2CH_2OCH_2CH_2O$	T2
9	1,3,5-三恶烷	$CH_2OCH_2OCH_2O$	T2
10	羧基醋酸丁酯	$HOCH_2COOC_4H_9$	
11	四氢糖醇	$CH_2CH_2CH_2OCHCH_2OH$	T3
12	丙烯酸甲酯	$CH_2=CHCOOCH_3$	T2
13	丙烯酸乙酯	$CH_2=CHCOOC_2H_5$	T2
14	呋 喃	$CH=CHCH=CHO$	T2
15	丁烯醛(巴豆醛)	$CH_3CH=CHCHO$	T3
16	丙 烯 醛	$CH_2=CHCHO$	T3
17	四氢呋喃(氧杂环戊烷、四甲撑氧)	$CH_2(CH_2)_2CH_2O$	T3

(续)

序号	物质名称	分子式	组别
1	四、混合气 焦炉煤气		T1
1	五、含卤化合物 四氯乙烯	C_2F_4	T4
2	氯甲代氧丙环,1氯-2,3- 环氧丙烷(表氯醇)	OCH_2CHCH_2Cl	T2
3	硫化氢	H_2S	T3
IC级			
1	氢	H_2	T1
2	乙炔	C_2H_2	T2
3	二硫化碳	CS_2	T5
4	硝酸乙酯	$C_2H_5ONO_2$	T6
5	水煤气		T1

注:①甲烷(工业用)包括15%以下(体积计的)氢气的甲烷混合气

②一氧化碳在异常环境温度下可以含有使它与空气的混合物饱和的水分。

附录 U 爆炸性粉尘特性

爆炸性粉尘特性

表 U

粉尘种类	粉尘名称	温度组别	高温表面堆积粉尘层(5mm)的引燃温度(°C)	粉尘云的引燃温度(°C)	爆炸下限浓度(g/m ³)	粉尘平均粒径(μm)	危险性
金属	铝(表面处理)	T11	320	590	37~50	10~15	爆
	铝(含脂)	T12	230	400	37~50	10~20	爆
	铁		240	430	153~204	100~150	可、导
	镁	T11	340	470	44~59	5~10	爆
	红磷		305	360	48~64	30~50	可
	碳黑	T12	535	>600	36~45	10~20	可、导
	钛	T11	290	375	—	—	可、导
	锌		430	530	212~284	10~15	可、导
	电石		325	555	—	<200	可
	钙硅铝合金(8%钙-30%硅-55%铝)		290	465	—	—	可、导
	硅铁合金(45%硅)		>450	640	—	—	可、导
	黄铁矿		445	555	—	<90	可、导
	锆石		305	360	92~123	5~10	可、导

(续)

粉尘种类	粉尘名称	温度组别	高温表面堆积粉尘层(5mm)的引燃温度(C)	粉尘云的引燃温度(C)	爆炸下限浓度(g/m ³)	粉尘平均粒径(μm)	危险性
化学药品	硬酯酸锌	T11	熔 融	315	—	8~15	可
	萘		熔 融	575	28~38	30~100	可
	蒽		熔融升华	505	29~39	40~50	可
	己二酸		熔 融	580	65~90	—	可
	苯二(甲)酸		熔 融	650	61~83	80~100	可
	无水苯二(甲)酸(粗制品)		熔 融	650	52~71	—	可
	苯二甲酸腈		熔 融	>700	37~50	—	可
	无水马来酸(粗制品)		熔 融	500	82~113	—	可
	醋酸钠酯		熔 融	520	51~70	5~8	可
	结晶紫		熔 融	475	46~70	15~30	可
	四硝基呋唑		熔 融	395	92~123	—	可
	二硝基甲酚		熔 融	340	—	40~60	可
	阿斯匹林		熔 融	405	31~41	60	可
	肥皂粉		熔 融	575	—	80~100	可
	青色染料		350	465	—	300~500	可
萘酚染料	395	415	133~184	—	可		
合成树脂	聚乙烯	T11	熔 融	410	26~35	30~50	可
	聚丙烯		熔 融	430	25~35		可
	聚苯乙烯		熔 融	475	27~37	40~60	可

(续)

粉尘种类	粉尘名称	温度组别	高温表面堆积粉尘层(5mm)的引燃温度(℃)	粉尘云的引燃温度(℃)	爆炸下限浓度(g/m ³)	粉尘平均粒径(μm)	危险性
合成树脂	苯乙烯(70%)丁二烯(30%)粉状聚合物	T11	熔 融	420	27~37	—	可
	聚乙烯醇		熔 融	450	42~55	5~10	可
	聚丙烯腈		熔融炭化	505	35~55	5~7	可
	聚氨酯(类)		熔 融	425	46~63	50~100	可
	聚乙烯四酞		熔 融	480	52~71	<200	可
	聚乙烯氨戊环酮		熔 融	465	42~58	10~15	可
	聚氯乙烯		熔融炭化	595	63~86	4~5	可
	氯乙烯(70%)~苯乙烯(30%)粉状聚合物		熔融炭化	520	44~60	30~40	可
	酚醛树脂(酚醛清漆)		熔融炭化	520	36~40	10~20	可
有机玻璃粉	熔融炭化	485	—	—	可		
天然树脂	骨胶(虫胶)	T11	沸 腾	475	—	20~50	可
	硬质橡胶		沸 腾	360	36~49	20~30	可
	天然树脂		溶 融	370	38~52	20~30	可
	树 脂		熔 融	330	30~41	20~50	可
	松 香		熔 融	325	—	50~80	可

(续)

粉尘种类	粉尘名称	温度组别	高温表面堆积粉尘层(5mm)的引燃温度(°C)	粉尘云的引燃温度(°C)	爆炸下限浓度(g/m ³)	粉尘平均粒径(μm)	危险性
沥青蜡类	硬蜡	T11	熔融	400	26~36	80~50	可
	绕组沥青		熔融	620	—	50~80	可
	硬沥青		熔融	620	—	50~150	可
	煤焦油沥青		熔融	580	—	—	可
农产物	裸麦粉	T11	325	415	67~93	30~50	可
	裸麦谷物粉(未处理)		305	430		50~100	可
	裸麦筛落粉(粉碎品)		305	415		30~40	可
	小麦粉		碳化	410		20~40	可
	小麦谷物粉		290	420		15~30	可
	小麦筛落粉(粉碎品)		290	410		3~5	可
农产物	乌麦、大麦谷物粉	T12	270	440		50~150	可
	筛米糠		270	420		50~100	可
	玉米淀粉		碳化	410		2~30	可
	马铃薯淀粉		碳化	430		60~80	可
	布丁粉		碳化	395		10~20	可
	糊精粉		碳化	400	71~99	20~30	可
	砂糖粉		熔融	360	77~107	20~40	可
	乳糖		熔融	450	83~115		可

(续)

粉尘种类	粉尘名称	温度组别	高温表面堆积粉尘层(5mm)的引燃温度(℃)	粉尘云的引燃温度(℃)	爆炸下限浓度(g/m ³)	粉尘平均粒径(μm)	危险性
纤维鱼粉	可可子粉(脱脂品)	T12	245	460		30~40	可
	咖啡粉(精制品)	T11	收缩	600		40~80	可
	咖啡麦芽粉		285	405		100~150	可
	紫苜蓿		280	480		200~500	可
	亚种柏粉		285	470			可
	菜种渣粉		炭化	465		400~600	可
	鱼粉		炭化	485		80~100	可
	烟草纤维		290	485		50~100	可
	木棉纤维		385				可
	人造短纤维		305				可
	亚硫酸盐纤维		380				可
	木质纤维		T12	250	445		40~80
	纸纤维	T11	360				可
	椰子粉		280	450		100~200	可
	软木粉		325	460	44~59	30~40	可
	针叶树(松)粉		325	440		70~150	可
	硬木(丁钠橡胶)粉		315	420		70~100	可

(续)

粉尘种类	粉尘名称	温度组别	高温表面堆积粉尘层(5mm)的引燃温度(°C)	粉尘云的引燃温度(°C)	爆炸下限浓度(g/m ³)	粉尘平均粒径(μm)	危险性
燃料	泥煤粉(堆积)	T12	260	450		60~90	可、导
	褐煤粉(生褐煤)		260		49~68	2~3	可
	褐煤粉(火车焦用)		230	185		3~7	可、导
	有烟煤粉		235	595	41~57	5~11	可、导
	瓦斯煤粉		225	580	35~48	5~10	可、导
燃料	焦炭用煤粉	T11	280	610	33~45	5~10	可、导
	贫煤粉		285	680	34~45	5~7	可、导
	无烟煤粉		>430	>600	—	100~130	可、导
	木炭粉(硬质)		340	595	39~52	1~2	可、导
纤维	泥煤焦炭粉	T11	360	615	40~54	1~2	可、导
	褐煤焦炭粉	T12	235	—	—	4~5	可、导
	煤焦炭粉	T11	430	>750	37~50	4~5	可、导

注:危险性性质栏中:用“爆”表示爆炸性粉尘;用“可、导”表示可燃性导电粉尘;用“可”表示可燃性非导电粉尘。

附录 V 本规范用语说明

一、为了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语说明如下:

(1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

(2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

(3)对表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”或“可”,反面词采用“不宜”。

二、条文中指明必须按其他有关标准、规范执行的写法为“应按…执行”或“应符合…的规定”。

附加说明

本规范参编单位及主要起草人名单

一、参编单位

组织单位:机械工业部行业发展司

主编单位:机械工业部中机中电设计研究院

参编单位:机械工业部设计研究院 机械工业部第一设计研究院 机械工业部第二设计研究院 机械工业部第四设计研究院 机械工业部第七设计研究院

协作单位:江苏华威电气(集团)有限公司 无锡市滑导电器厂 成都复合降阻材料厂 武汉汉发工业移动供电系统有限公司 宁波华通电器成套厂 北京爱劳高科技有限公司 常熟开关厂 山东省金曼克电气集团股份有限公司

二、主要起草人

组织单位:徐 辉

主编单位:王增尧 金成达 黄宝生 顾勇新

参编单位:林维勇 陈祖贤 陈焕庭 葛玉璞

崔晓东 梅浩松 黄连喜 黄幼珍

瞿元龙 陈才俊 张 杰 邵秀玲

中华人民共和国行业标准

机械工厂电力设计规范

JBJ6—96

条文说明

前 言

根据机械电子工业部机电建[1992]254号文要求,由中机中电设计研究院主编并会同有关单位共同修订的《机械工厂电力设计规范》JBJ6—96,经机械工业部1996年6月10日以机械计[1996]492号文批准发布。

为便于广大设计人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《机械工厂电力设计规范》修订组根据建设部关于编制标准,规范条文说明的统一要求,按需要说明的《机械工厂电力设计规范》的章、节、条的顺序,编制了规范条文说明。在使用中如发现本条文说明有欠妥之处,请将意见逐寄中机中电设计研究院。地址:北京广安门外大街莲花河胡同1号,邮编100055。

1996年6月

目 次

3	供配电系统	415
3.1	一般规定	415
3.2	负荷分级与供电要求	415
3.3	电源与供电系统	422
3.4	电压选择与电能质量	427
3.5	无功补偿	438
3.6	低压配电	445
4	35~110kV 变电所	452
4.1	一般规定	452
4.2	所址选择与所区布置	452
4.3	主变压器与主接线	454
4.4	所用电源与操作电源	457
4.5	控制室、二次接线、通信与远动	458
4.8	照明	460
4.9	建筑与公用	461
4.10	防火	464
5	6~10kV 变电所与配电所	468
5.1	所址选择	468
5.2	电气	468
5.3	型式与布置	471
5.4	并联电容器装置	474
5.5	建筑与防火	479
5.6	采暖、通风与其他	480
6	3~110kV 配电装置	484
6.1	一般规定	484
6.2	环境条件	484
6.3	导体与电器	493

6.4	配电装置的布置	502
6.5	建筑	514
7	1kV 以下配电装置	516
7.1	电器的选择	516
7.2	配电设备的布置	516
8	继电保护与自动装置	521
8.1	一般规定	521
8.2	电力变压器的保护	523
8.3	3~63kV 中性点非直接接地电力网中线路的保护	530
8.4	母线的保护	530
8.5	电力电容器的保护	531
8.6	3kV 及以上电动机的保护	533
8.7	自动重合闸	534
8.8	备用电源与备用设备的自动投入装置	534
8.9	二次回路	535
9	电气测量与电能计量	537
9.1	一般规定	537
9.2	电流测量	538
9.3	电压测量与绝缘监测	539
9.4	功率、频率与谐波测量	539
9.5	电能计量	541
10	通用用电设备配电	544
10.1	电动机	544
10.2	起重运输设备	560
10.3	电焊机	566
10.4	电镀	568
10.5	蓄电池充电	571
10.6	静电滤清器电源	572
11	电热装置	576
11.1	一般规定	576
11.2	电弧炉与矿热炉装置	598
11.3	工频感应电热装置	622
11.4	中频感应电热装置	625

11.5	高频感应电热装置	627
11.6	电阻炉	630
12	照明	631
12.1	照明方式与照明种类	631
12.2	照度标准	632
12.3	光源	638
12.4	灯具	640
12.5	照明质量	642
12.6	照明供电	646
12.7	室外照明设计	651
12.8	照明节能	652
13	架空线路	656
13.1	一般规定	656
13.2	气象条件	656
13.3	导线、绝缘子和金具	657
13.4	导线排列	658
13.5	杆塔与基础	659
13.6	对地距离与交叉跨越	660
13.7	10kV 及以下接户线	661
14	电缆线路	662
14.2	电缆的选择	662
14.3	电缆敷设的一般要求	665
14.4	电缆直接埋地敷设	666
14.5	电缆在电缆沟及隧道内敷设	667
14.6	电缆在桥架内敷设	668
14.7	电缆在保护管及排管内敷设	669
14.8	电缆在室内敷设	669
14.9	防止电缆着火延燃	669
15	1kV 以下配电线路	673
15.1	一般规定	673
15.2	导体选择	673
15.3	配电线路的保护	674
16	交流电气装置过电压保护	687

16.2	系统接地方式与运行中出现的各种电压	687
16.3	暂时过电压、操作过电压及其保护	692
16.4	雷电过电压与保护装置	701
16.6	发电厂与变电所的雷电过电压保护	704
16.7	配电系统的雷电过电压保护	708
16.8	旋转电机的雷电过电压保护	708
17	建筑物防雷	709
17.1	一般规定	709
17.2	建筑物的防雷分类	709
17.3	建筑物的防雷措施	713
17.4	防雷装置	745
17.5	接闪器的选择与布置	748
18	电气装置的接地	752
18.1	一般规定	752
18.2	低压配电系统的接地	752
18.3	保护接地的范围	756
18.4	接地电阻	756
18.5	接地装置与 PE 线	759
19	爆炸与火灾危险环境电力装置	763
19.1	一般规定	763
19.2	爆炸性气体环境	763
19.3	爆炸性粉尘环境	771
19.4	火灾危险环境	773
附录 M	建筑物年预计雷击次数	774
附录 O	接地装置冲击接地电阻与工频接地电阻的换算	775
附录 P	滚球法确定接闪器的保护范围	777
	协作单位名录	778

3 供 配 电 系 统

3.1 一 般 规 定

3.1.1 供配电系统设计的范围较广,为了防止误解,条文规定本章节的适用范围。当前大型的机械工厂内部设有 110kV 等级的变电所,故特规定适用于 110kV 及以下电压等级的供配电系统。

3.1.2 我国机械工业发展的实践证明,在设计机械工厂的供配电系统时,必须正确处理近期建设与远期建设的关系,一定要考虑发展的可能性,否则会给远期扩建带来很多困难,得不偿失。

3.2 负 荷 分 级 与 供 电 要 求

3.2.1 电力负荷分级的意义,在于正确地反映它对供电可靠性要求的界限,以便恰如其分地选择符合我国实际水平的供电方式。区分电力负荷对供电可靠性要求,归根到底在于因停电在政治上造成影响或在经济上造成损失的程 度。影响或损失的程 度越大,对供电可靠性的要求越高,反之亦然。

停电一般分为计划检修停电和事故停电两种。由于计划检修停电能够事先得到通知,故可采取措施避免损失或将损失减少到最低限度。条文是按事故停电的损失来划分负荷等级。

依照国标《供配电系统设计规范》(GB50052-95)中的有关规定,作为本规程划分一、二级负荷的标准。

一级负荷中特别重要的负荷,在工业生产中如:正常电源中断时处理安全停产所必须的应急照明、通信系统;保证安全停产的自动控制装置及基于计算机技术的监控系统等。

3.2.2 系原规范第 2.2.2 条的修改补充条文。主要对炼钢车间、试验站、热煤气站、锅炉房、空压站的负荷分级进行了修改,补充了

金属加工车间、电镀车间、制氧站、计算中心、理化计量楼、涂装车间的电力负荷分级。

(1) 炼钢车间 炼钢车间中的平炉加料起重机在两台平炉生产时,其工作频繁,停电后影响平炉生产。若加料机加入一半料时突然停电,不能继续加料,已加入部分熔化后,钢水会发生“软熔”(即“熔毕碳”低于应有值),形成号外钢,造成大量产品报废。平炉浇铸起重机在运行中停电,不能进行浇铸,钢水包内钢水温度以 $2\sim 3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 下降,若温度太低,铸件质量便不合格,导致产品报废。平炉倾动装置,在出钢时突然停电,会造成“跑”钢事故。平炉的循环冷却水泵,突然停电后如不能及时恢复,将会烧坏被冷却的设备(如炉门、炉框、炉头和拱角梁等)。停水严重时,平炉可能要烧垮,造成设备损坏,大量产品报废。因此,上述设备停电会造成“重大经济损失”在定性方面是明确的。为方便使用,我们从量的角度来考虑,把平炉容量为100t及以上时定为一级负荷。

大型电热装置停电后会严重影响生产,造成的损失重大。根据国标《电热设备电力装置设计规范》(GB50056-93)第2.0.1条规定,结合机械工厂的特点,把总安装容量为30MVA及以上的多台大型电热装置(包括电弧炉、矿热炉、电阻炉、感应炉等)定为一级负荷。

(2) 金属加工车间 金属加工车间的一些价格昂贵、作用重大的大型数控机床,在工作时若发生突然停电,轻者造成数据丢失,重者会造成机器损坏。例如:××叶片厂1986年从美国进口自动跟踪数控仿形铣1台,单价56万美元,运行不久发生突然停电,致使其基本计算机技术的控制设备损坏,后经美国专家修好,花费3.5万美金。1992年4月恢复使用,运行良好,后来又因遇突然停电,机器又被损坏了。又如:该厂在1984年进口一台强力磨(全国仅有这样一台),价值300万马克。一次突然停电,砂轮和叶片卡在一起,砂轮坏了,叶片也报废了,机床受到重大创伤,损失十分重大。因此,把诸如此类一些数控机床定为一级负荷是合理的。对价格贵、数量多、影响面大的数控机床工部,宜划为二级负荷。

(3) 电镀车间 电镀车间中大型电镀工部的整流设备、自动

流水作业生产线在进行特殊功能性电镀时,如果中断供电会导致产品报废。例如:枪管、炮管正在进行电镀时突然停电,其结果是整个产品的前期加工白废,成品完全报废,且不能修复。在大型电镀中会造成较大的经济损失,故定为二级负荷。

(4) 试验站 大型超速动平衡试验装置(如试 600MW 汽轮机、汽轮发电机等转子用)的润滑油系统,若停电,润滑油系统即失去作用。此时,由于转子惯量大,要停下来尚需相当长时间(一般要 10min 以上),在此期间内如不供油,将使轴和轴承摩擦发热而损坏。由于大型轴和轴承转子成本高,特别是加工周期长,生产批量小,停电造成的损失很大。国外该类大小试验装置均配有备用柴油发电机组作备用电源,市网断电后柴油机组立即启动。国内设计(如上海汽轮机厂动平衡试验站)也采用柴油发电机组作为备用电源,故按一级负荷考虑。当该类试验装置设有高位油箱,一旦断电还能继续供油 10min 以上,可降为二级负荷。

大型电机试验站机组容量较大,如 600MW 发电机试验时,拖动机组容量约 10MW,试验前准备工作量很大,机组启动及运行过程中对电力系统有一定影响。如在试验过程中电源中断,则对生产影响很大,一切又需重新准备,周期很长,且对电力系统造成一些预计不到的后果。故对 200MW 以上的大型电机试验站定为一级负荷。

(5) 热煤气站 热煤气站生产出来的热煤气是平炉炼钢的燃料,停电后炉温下降,引起平炉炼钢中断,其后果是造成炉子寿命缩短,钢水质量下降。煤气加压机在突然停电后,煤气管道内出现负压会引起爆炸。煤气加压油泵在鼓风机停车时突然停电,会烧坏轴承。鼓风机突然停电后,空气管道、发生炉、净化装置会引起爆炸。因此,煤气加压机、加压油泵及煤气发生炉鼓风机等设备突然停电时,可能会造成人身伤亡和设备损坏,故定为一级负荷。

(6) 锅炉房 中压及以上锅炉的给水泵一般由电动机驱动,如果停电,会造成锅炉干烧,水冷壁变形甚至破裂,修复时间长,对生产影响大。故定为一级负荷。

对单台容量为 20t/h 及以上的低压锅炉用的鼓风机、引风机、二次风机及炉排电机等设备,一旦停电会影响蒸汽的供给。蒸汽是工厂的主要动力能源,要供给生产用汽和冬季采暖,若蒸汽不能正常供应,影响工厂正常生产,造成工厂减产。考虑 20t/h 及以上蒸发量的低压锅炉房供电中断后,影响面较大。故定为二级负荷。

(7) 空压站 大容量的空气压缩站的主要用户是铸钢车间、铸铁车间的造型和清铲用的风镐以及采用风动夹具的机械加工车间。停电后,将使全厂的压缩空气中断,影响有关车间的正常生产,造成工厂减产。一般认为单台容量达 $60\text{m}^3/\text{min}$ 空压站,供电中断后,影响面较大。故定为二级负荷。

离心式压缩机润滑油泵在压缩机停车时突然停电,会烧坏轴承,造成设备损坏,难以短时修复。故定为一级负荷。当有高位油箱时可降为二级负荷。

(8) 制氧站 制氧站中的氧压机、空压机等设备,在遇到突然停电后如不能及时恢复,再次启动时需经过重新加热、吹除等工艺过程,需要 8~12h 才能重新恢复供氧。冷却水泵停电后,将会使压缩机体温度急剧上升而烧坏。由于企业中建造制氧站的比较多,一般都定为二级负荷。

(9) 计算中心 具备有大中型计算机系统的计算中心,常会承担重要课题的研究,对科研和生产影响很大。但目前企业中装备的大中型计算机系统,一般都配备 UPS,一旦停电,不会造成数据丢失,故定为二级负荷。

(10) 理化计量楼 理化计量楼中的基准室、测量室、精密量具修理室等都有高精度恒温要求,一旦停电将造成废品,甚至前功尽弃。因此,对这些实验室的恒温装置电源划定为二级负荷。

(11) 涂装车间 在涂装车间中,电泳涂装的循环搅拌和超滤系统是串联工作的,无论漆液中有无待涂工件,都要求它不间断地工作。一旦停电如不能及时恢复,就会导致液体中固体成分沉淀或沉结,造成漆液报废,并使系统管路阻塞,整套设备报废,其损失少则数十万元,多则上千万元。因此,这套装置常配备柴油发电机组,

故定为二级负荷。若不自备柴油发电机组,应按一级负荷考虑。

(12) 其他 对原规程定为二级负荷,在执行中又无疑义的,在此不另作说明。

3.2.3 在设计中如碰到规范中表 3.2.2 中未列入的重要生产工部及负荷,应与工艺部门协商,了解它的作用和停电后所造成的影响。其次,根据企业的性质和供电部门可能提供的供电条件,经过综合考虑,确定负荷等级。

3.2.4 本条对一级负荷应由两个电源供电做了较明确的规定,即两个电源不能同时损坏,因为只有满足这个基本条件,才可能维持其中一个电源继续供电,这是必须满足的要求。

对一级负荷中特别重要负荷的供电要求,除满足一级负荷要求的两个电源供电外,还必须增设应急电源。

近年来供电系统的运行实践证明,从电力网引接两回电源进线加备用自投(BZT)的供电方式,不能满足一级负荷中特别重要负荷对供电可靠性及连续性的要求,有的发生全部停电事故是由内部故障引起,有的是由电力网故障引起。因地区大电力网在主网电压上都是并网的,所以用电部门无论从电网取几回电源进线,也无法得到严格意义上的两个独立电源。因此,电力网的各种故障,可能引起全部电源进线同时失去电源,造成停电事故。当有自备发电站时,虽可利用低周解列措施,提高供电的可靠性,但运行经验证明,仍不能完全避免全部停电的事故。由于内部故障或继电保护的误动作交织在一起,造成自备电站电源和电网均不能向负荷供电,低周解列装置无法完全解决这个问题。因此,正常与电网并列运行的自备电站,一般不宜作为应急电源使用,对一级负荷中特别重要的负荷要由与电网不并列的、独立的应急电源供电。

工程设计中,对于其他专业提出的特别重要负荷,应仔细研究,凡能采取非电气保安措施者,应尽可能减少特别重要负荷的负荷量,需要双重保安措施者除外。

禁止应急电源与工作电源并列运行,目的在于防止电源故障时可能拖垮应急电源。旋转型不中断电源,采用平时原动机不工

作,发电机挂在工作电源上作电动机运转的运行方式时,不能认为是并网。为了防止误并网,原动机的起动指令,必须由工作电源主开关的辅助触点发出。具有频率跟踪环节的静止型不间断电源可与工作电源并列运行,实践证明是可靠的。

3.2.5 多年来实际运行经验表明,电气故障是无法限制在某个范围内的,电力部门从未保证过供电不中断,即使供电中断也不罚款。因此,应急电源应是和电网在电气上独立的各式电源,如蓄电池、柴油发电机等。供电网络中有效地独立于正常电源的专门馈电线路,即指保证两个供电线路不大可能同时中断供电的线路。

3.2.6 应急电源类型的选择,应根据一级负荷中特别重要负荷的容量,允许中断供电时间、以及要求的电源为交流还是直流等条件来进行。由于蓄电池装置供电稳定、可靠、无切换时间、投资较少,故凡允许停电时间为毫秒级,且容量不大的特别重要负荷,可采用直流电源者,应由蓄电池装置作为应急电源。若特别重要负荷要求交流电源供电,允许停电时间为毫秒级,且容量不大的,可以采用静止型不间断供电装置。若特别重要负荷中有需驱动的电动机负荷,起动电流冲击负荷较大的,又允许停电时间为毫秒级,可采用机械贮能电机型不间断供电装置或柴油机不间断供电装置。若特别重要负荷中有需要驱动的电动机负荷,起动电流冲击负荷较大,但允许停电时间为15s以上的,可采用快速自起动的发电机组,这是考虑一般快速自起动的发电机组自起动时间不大于15s。对于带有自动投入装置的独立于正常电源的专门馈电线路,是考虑自投装置的动作时间,适用于允许中断供电时间大于自投装置的动作时间者。

大型企业中,往往同时使用几种应急电源,为了使各种应急电源设备密切配合,充分发挥作用,应急电源接线示例见图3.2.6(以蓄电池、不间断供电装置、柴油发电机同时使用为例)。

3.2.7 对于二级负荷,由于其停电造成的损失较大,且其包括的范围也比一级负荷广,其供电方式的确定,如能根据供电费用及供电系统停电机率所带来的停电损失等综合比较来确定是合理

的。目前条文中对二级负荷的供电要求是根据本规范的负荷分级原则和当前供电情况确定的。

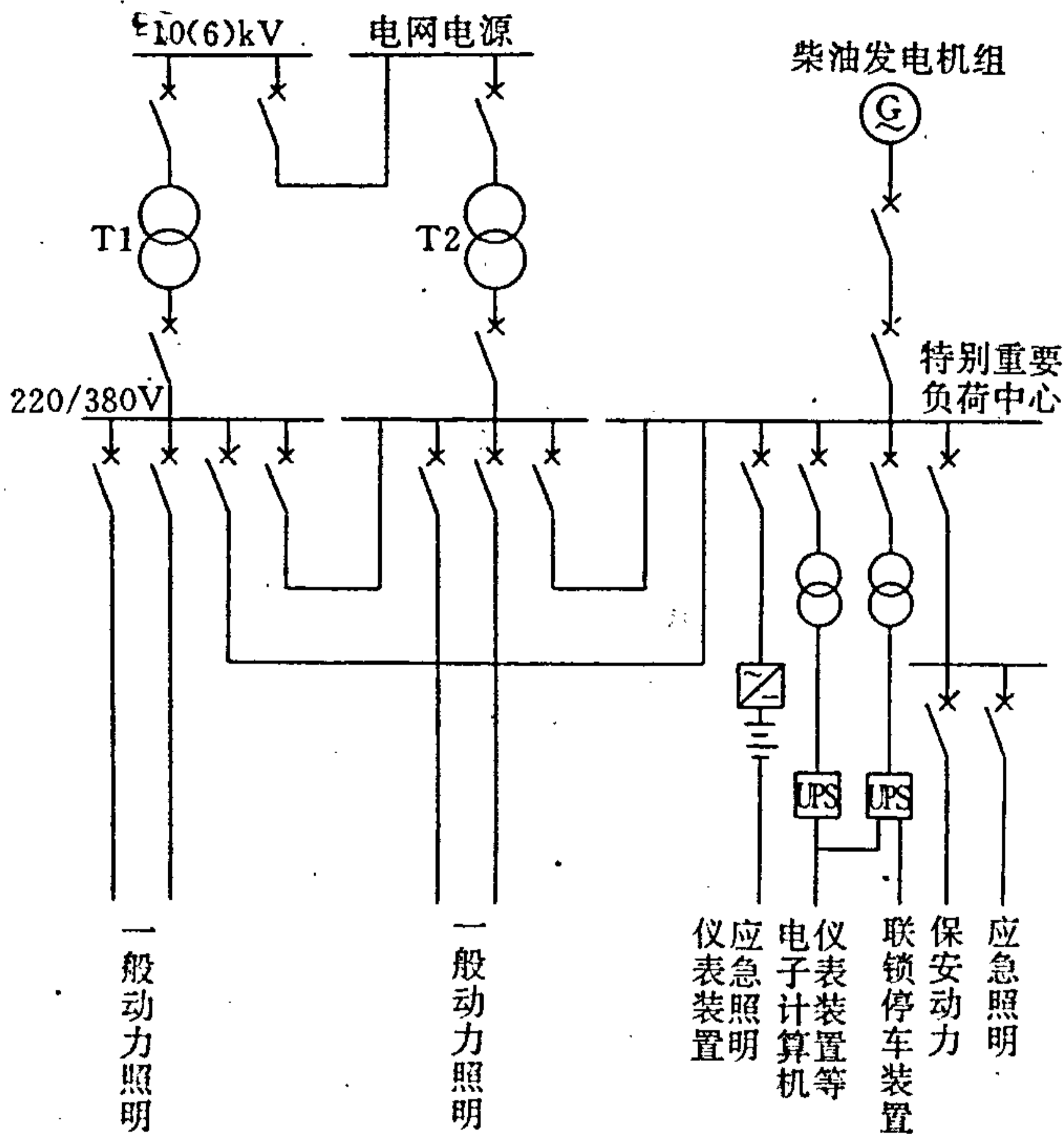


图 3.2.6 应急电源接线示例

对二级负荷的供电方式,其停电影响还是比较大的,故应由两回线路供电,供电变压器亦应有两台(两台变压器不一定在同一变电所)。只有当负荷较小或地区供电条件困难时,才允许由一回6kV及以上的专用架空线路供电。这点主要考虑电缆发生故障后有时检查故障点和修复需要时间长,而一般架空线路修复方便,当从配电所引出采用电缆线路时,必须采用两根电缆并联组成的电缆线路,其每根电缆应承受的二级负荷为100%,且互为热备用。

线路常见故障不包括铁塔倾倒或龙卷风引起的极少见的故

障。

3.3 电源与供电系统

3.3.1 电力系统所属大型电厂其单位功率的投资少,发电成本低,而用电单位一般的自备中小型电厂则相反,故只有在条文各款规定的情况下,才宜设置自备电源。

(1)规定了设置自备电源作为第三电源的条件。按本规程第3.2.4.2款之规定,一级负荷中特别重要负荷,除有两个电源外,还必须增设应急电源,因而需要设置自备电源。为了保证一级负荷的供电条件也有需要设置自备电源的。

(2)、(3)、(4)规定了设置自备电源作为第二电源的条件。能源的综合利用是我国的一项重大技术政策,企业利用余热、压差、废气发电,既能充分利用能源,又能缓解电力供需矛盾,在技术经济比较合理时,是一种绝好的举措。

(5)规定了设置自备电源作为第一电源的条件。

3.3.2 应急电源与正常电源之间必须采取可靠措施防止并列运行,目的在于保证应急电源的专用性,防止正常电源系统故障时应急电源向正常电源系统负荷送电而失去作用。例如,应急电源原动机的起动命令必须由正常电源主开关的辅助触点发出,而不是由继电器的触点发出,因为继电器有可能误动作而造成与正常电源误并网。具有应急电源蓄电池组的静止不间断电源装置,其正常电源是经整流环节变为直流才与蓄电池组并列运行的,在对蓄电池组进行浮充储能的同时经逆变环节提供交流电源,当正常电源系统故障时,利用蓄电池组直流储能放电而自动经逆变环节不间断地提供交流电源。但由于整流环节的存在,因而蓄电池组不会向正常电源进线侧反馈,也就保证了应急电源的专用性。

3.3.3 多年运行经验证明,变压器和线路都是可靠的供电元件,用电单位在一电源检修或事故的同时,另一电源又发生事故的情况是极少的,而且这种事故往往是由于误操作造成,在加强维护管理、健全必要的规章制度后是可以避免的。如果不着眼于维护水平

的提高,只在供配电系统上层层保险,过多地建设电源线路和变电所,则不但造成大量浪费而且事故也终难避免。

3.3.4 两回电源线路采用同级电压可以相互备用,提高设备利用率。如能满足一级和二级负荷用电要求时,亦可采用不同电压供电。

3.3.5 当有一级负荷的工厂难以从地区电网取得第二电源而有可能从邻近单位取得第二电源时,经过协商并征得供电部门同意,宜就近取得第二电源,可以节省建设自备电站的投资。对一级负荷的用电工厂,从邻近用电单位取得第二电源时,其要求应与第3.2.4条要求一样,不能降低。

3.3.6 一级和二级负荷在突然停电后将造成不同程度的严重损失,因此在作供配电系统设计时,当确定在事故情况下线路通过容量时,应能满足第3.2.4条和3.2.7条规定的一级和二级负荷用电的要求。

3.3.7 供电系统如果结线复杂、层次过多,不仅浪费投资,管理不便,而且由于串联的元件过多,因操作错误,元件故障而产生的事故也随之增加,且发生事故后往往需要多次操作才能恢复供电,延长了停电时间。所以,复杂的供配电系统可靠性并不高,不受运行和维修人员的欢迎。此外,由于配电级数多,继电保护级数也随之增多,而电力系统允许继电保护的时限级数对10kV来说正常也只限于两级。如配电级数出现三级,则中间一级势必要与下一级或上一级之间无选择性。

同一电压的配电级数为二级,例如由低压侧为10kV的总变电所或地区变电所配电至10kV配电所,再从该配电所以10kV配电给配电变压器,则认为10kV配电级数为二级。

图3.3.7-1表示同一电压的配电级数。

图3.3.7-2表示若A、B开关无选择性或不要求选择性,则同一电压的配电级数亦算为二级。

3.3.8 高压线路深入厂区,将总降压变电所、配电所或车间变电所建在尽量靠近负荷中心的位置,可以节约大量有色金属,降低电能损耗,提高电压质量,这是供配电系统设计的一条重要原则。反

之,将造成资金浪费和用电不合理。如××厂总降压变电所建造在远离负荷中心 1.3km 处(原设计为 0.2km),送电容量为 39MW,以两回架空线路供电,共多耗有色金属 23t,每年线损 210 万 kWh。这显然是不合理的。

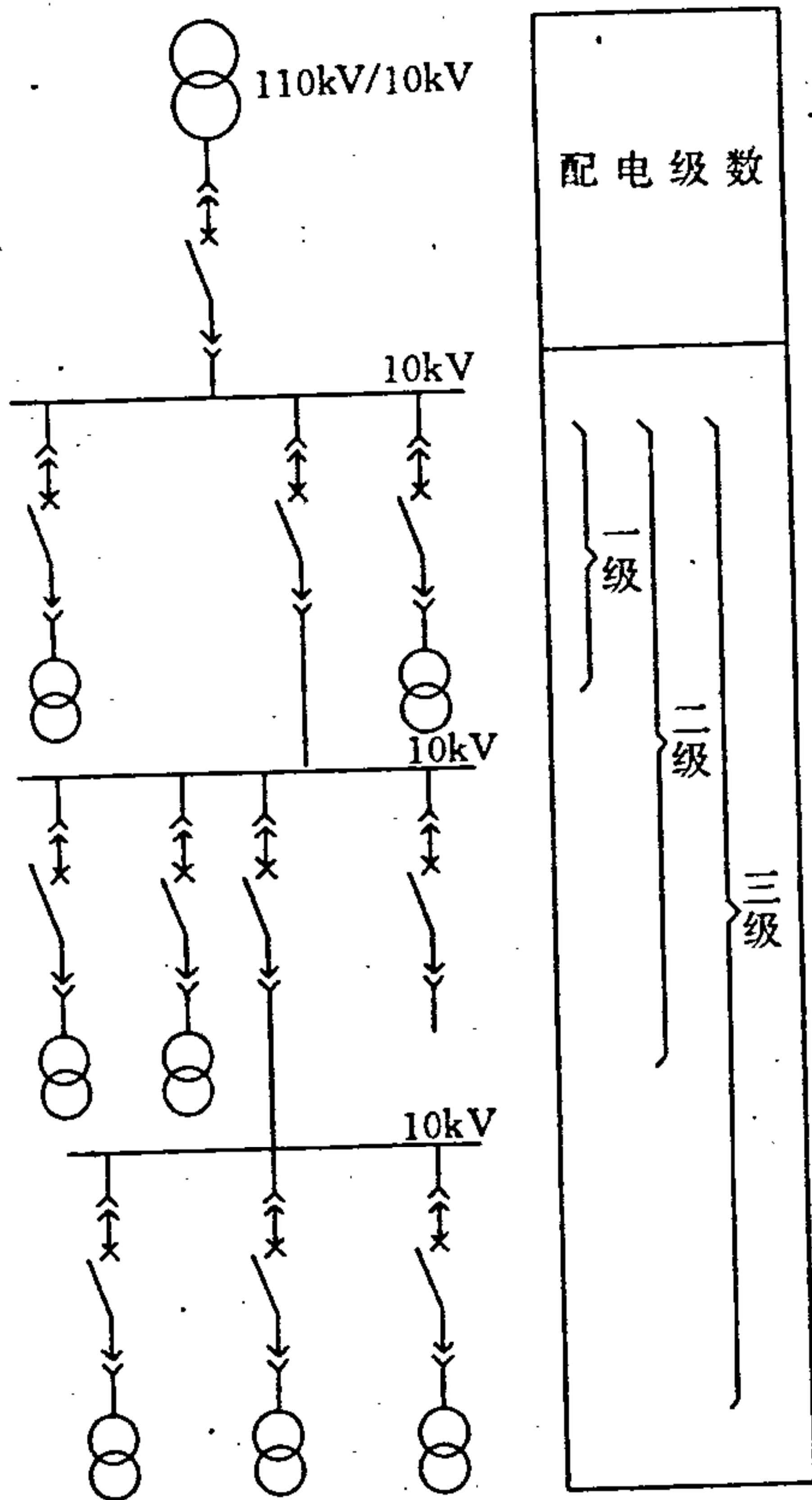


图 3.3.7-1 同一电压三级配电示例

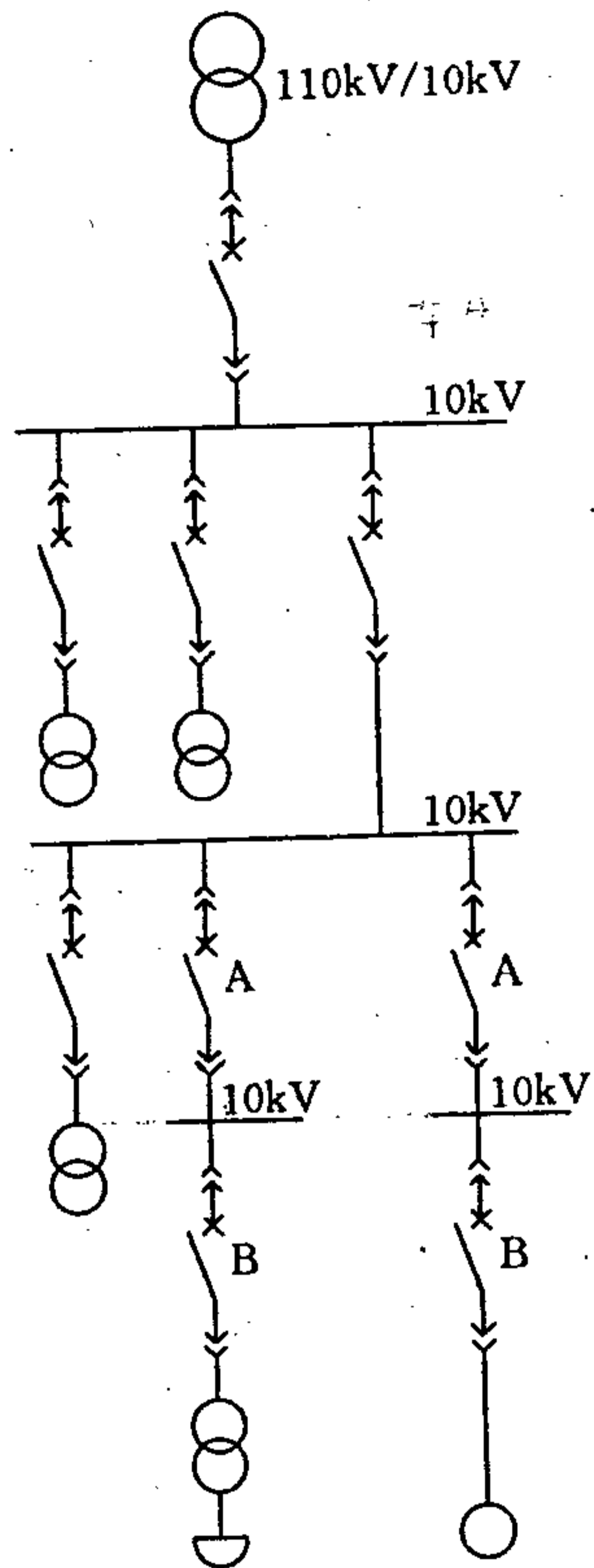


图 3.3.7-2 同一电压二级配电示例

3.3.9 本条文涉及的电源系统结线是指从电源点至企业总变电所(或总配电所)的结线系统。其主要内容有:选定电压等级、电源线的回路数及其连结方式,同时确定总变电所一次侧的结线方式等。电源系统结线设计,必须经过多方案技术经济比较,才能选定

合理的方案。

电源系统结线方式通常分放射式、树干式和环式结线三种。在设计 35kV 及以上电压等级的企业总变电所时,总是尽可能作成终端式,故其电源系统的结线方式一般采用放射或树干式结线。

3.3.10 由于放射式结线可靠性较高,任一条线路故障不会影响其它回路,特别是由分段母线的不同母线段上供电的双回放射式结线,具有很高的可靠性,因此为许多大型工厂所采用。

“线路—变压器组”和“桥形结线”是在电源回路数与变压器台数相同的结线中元件最少,结线简单,可靠性也较高的一种结线,在机械工厂总降压变电所结线中也采用较多。

当电源线路较长或不需要经常切换变压器时采用内桥结线。因为线路较长,线路故障的机会就较多。当桥接断路器合闸运行时,任何一回电源线路故障,继电保护装置将其相应的断路器断开,并不影响所有变压器的正常运行。当桥接断路器是断开运行时,一回电源线路故障,可采用自动投入装置将桥接断路器合闸,使接于故障线路的变压器继续运行。

当电源线路很短或需经常切换变压器(例如由于负荷昼夜变化相当大)时,或桥上有穿越功率时,应采用外桥接线。因为线路较短,线路故障的机率很低,即使一回电源线路发生故障,短时间内(操作开关所需时间)停止对相应一台变压器的供电。另外,线路断路器位于桥接断路器的内侧,切换变压器相当便利。

在线路数较多时采用双母线,其特点是便于系统中的功率分配,母线事故后停电范围小恢复供电快,便于对母线及母线设备进行检修试验,对供电影响较小。这种接线只有对负荷大、影响面积广、重要性高的企业,才推荐采用。

3.3.11 对于树干式电源系统结线,由于干线上任何故障都将引起全线用户停电,可靠性较差。这种结线多用于不重要负荷的供电,但在具有备用电源自投装置和装设线路自动重合闸或双电源供电时,也可用于大中型企业各级负荷的供电。

3.3.12 本条是推荐采用电力系统常规结线。根据许多工厂的结

线情况,6~10kV 电源系统结线多为单母线或单母线分段。

3.3.13 有些工厂修建在边远山区,附近没有 10(6)kV 电源,只有 35kV 电源,由于受地理、环境等条件的限制,发展的可能性不大,如采用 35/0.4kV 直降变压器,既可以简化供配电系统,又能节约投资和电能,提高电压质量。

3.3.14 10(6)kV 配电系统采用放射式则供电可靠性高,便于管理,但线路和高压开关柜数量多,而如对辅助生产区,多属三级负荷,供电可靠性要求较低,可用树干式,线路数量少,投资也少。环式是两支树干式的演变,其供电可靠性高于树干式。在设计大中型企业配电系统时,可根据负荷等级、负荷容量、地理位置和环境等情况,进行分区采用放射式,亦可采用树干式、环式或三者不同组合的混合式配电系统,从而减少配电线路和高压开关柜数量,节约投资。

3.3.15 从调查情况来看,厂区配电线路采用架空树干式,每条线路上“T”接 5 台及以下的变压器是常有的,使用情况均很正常。由于电缆线路支接困难,不便检修,一般支接数量不超过 3 台。本条文中规定每条线路上经常供电的变压器装接容量不宜大于 2000kVA,主要考虑当线路发生故障后其影响面不要太大。

3.3.16 目前企业中凡采用环式配电系统的,一般由同一变电所的两段供电,对同一生产流程的负荷,亦可从同一段母线供电。为了限制系统的短路容量,简化继电保护,环式配电系统常采取开环运行方式。

3.3.17 一般动力和照明负荷是由同一台变压器供给,在节假日或周期性、季节性轻负荷时,将变压器退出运行并把所带负荷切换到其他变压器上,可以减少变压器的空载损耗。当变压器定期检修或故障时,可利用低压联络线来保证该变压器的检修照明及其所供的一部分负荷继续供电,从而提高了供电的可靠性。条文中规定低压联络线的载流容量不应小于较大变压器额定电流的 10%,这主要考虑联络线投资的经济性。在设计联络线时取多大的值比较合适,还要根据联络线的长度和电压降能否满足要求等条件来确定。

3.3.18 根据《全国供用电规则》，用电单位“用电设备容量在250kW 或需要变压器容量在160kVA 及以下者，应以低压方式供电，特殊情况也可以高压方式供电”。因此，小负荷当在低压供电合理的情况下，其用电应由供电部门统一规划，尽量由公共的220/380V 低压网络供电，使地区配电变压器和线路得到充分利用。

3.4 电压选择与电能质量

3.4.1 企业需要的功率大，供电电压应相应提高，这是一般规律。选择供电电压和输送距离有关，也和供电线路的回路数有关。输送距离长，为降低线路电压损失，宜提高供电电压等级。供电线路的回路多，则每回路的送电容量相应减少，可以降低供电电压等级。用电设备特性，如波动负荷大，宜用容量大的电网供电，也就是要提高供电电压等级。还要看企业所在地点的电网提供什么电压方便和经济。所以，供电电压的选择，不易找出严格的规律，只能订原则。

3.4.2 表3.4.2中列出了根据经验确定的，与各额定电压等级相适应的输送功率和输送距离，不是硬性规定，提供设计中参考。

3.4.3 目前我国公用电力系统已逐步由10kV 替代6kV 电压。因此，采用10kV 有利于互相支援，有利于将来的发展。故当供电电压为35kV 及以上时，企业内部的配电电压宜采用10kV。采用10kV 配电电压可以节约有色金属，减少电能损耗和电压损失等。

当企业有6kV 用电设备时，如采用10kV 配电，则其6kV 用电设备一般经10/6kV 中间变压器供电。当6kV 电动机负荷占比较大的比例时，采用6kV 作为厂区配电电压是合理的。若6kV 电动机占全厂负荷较少时，究竟采用何种电压，应经技术经济比较后确定。

当企业有3kV 电动机时，应配用10(6)/3kV 专用变压器，但不推荐以3kV 作为配电电压。

在供电电压为110kV 及以上的大型企业内，例如重型机器厂，可采用三绕组主变压器，以35kV 专供大型电热设备，以10kV

作为动力和照明配电电压。

3.4.4 在某些情况下,采用 35kV 电压作为配电电压比采用较低电压能减少配变电级数,简化结线。例如某些大型企业其车间负荷较大,可采用若干个 35kV 的降压变电所分别设在车间旁的负荷中心位置,并以 35kV 线路直接在厂区配电,而不采用设置大容量总降压变电所以较低的电压配电。这样可以大大缩短低压线路,降低有色金属和电能消耗量。

35kV 以上电压作为企业内直配电压,通常受到设备、线路走廊,环境条件的影响,难以实现;且投资高,占地多,故不推荐。

3.4.5 为保证供电质量,根据国标《供电电压允许偏差》(GB12325-90),规定了公用电网对用户端的电压允许偏差幅度,当然与设备制造标准有差异和矛盾,因而在标准内加有①、②二点附注。

3.4.6 各种用电设备对电压偏差都有一定要求。条文中规定的电压偏差值,对电动机系根据国标《电机基本技术要求》(GB755-81)第 4.1 条规定:“电动机当电源电压(如为交流电源时频率为额定)与额定值的偏差不超过 $\pm 5\%$ 时,输出功率仍能维持额定值”。

对照明系根据《工业企业照明设计标准》中的有关规定:“灯的端电压一般不宜高于其额定电压的 105%,亦不宜低于其额定电压的 95%(一般工作场所)及 90%(对露天工作场所照明,远离变电所的小面积工作场所难以满足 95%时,对应急照明、道路照明及电压为 12~42V 的照明)”。

对于其他用电设备,其允许电压偏差的要求应符合用电设备制造标准的规定。当无特殊规定时,根据一般运行经验及考虑与电动机、照明对允许电压偏差值基本相一致,故条文规定为 $\pm 5\%$ 。

用电设备,尤其是用得最多的异步电动机。端子电压如偏离 GB755 81 规定的允许电压偏差范围,将导致它们的性能变劣、寿命降低和在不合理运行下增加费用。故要求验算端子电压。

对于少数距电源(变电所等)较远的电动机,如电动机端电压低于额定值的 95%时仍能保证电动机温升符合 GB755-81 的规定

(电压为额定值的 95% 时温升允许超过的最大值: 1000kW 及以下为 10℃, 1000kW 以上为 5℃), 且堵转转矩, 最小转矩和最大转矩均能满足传动要求时, 则电动机的端电压可低于 95% (但不得低于 90%), 即电动机的额定功率适当选得大些, 使其经常处于轻载状态, 这时电动机的效率不比满载时低, 但要增加电网的无功负荷。

3.4.7 由于电网各点的电压水平高低不一, 合理选择变压器的变比(如选 $35 \pm 2 \times 2.5\% / 10.5$ 的变比还是 $38.5 \pm 2 \times 2.5\% / 10.5$ 的变比)和电压分接头, 即可将供配电系统的电压调整在合理的水平上。

当电压偏差较大, 借用其它方法不能调压至要求范围时, 可选用有载调压变压器。

正确设计供配电网, 是改善电压的主要措施。供电元件的电压损失与其阻抗成正比, 在技术经济合理时, 尽可能采用较高配电电压, 减少变压级数, 增加线路截面, 采用电缆供电, 可以减少电压损失, 从而缩小电压偏差范围。

在三相四线制中, 如三相负荷分布不均(相线对中性线), 将产生零序电压, 使零点移位, 一相电压降低, 另一相电压升高, 增大了电压偏差, 如图 3.4.7 所示。由于 Y,yno 结线的变压器零序阻抗较大, 不对称情况较严重, 因此应尽量使三相负荷分布均匀。同样, 线间负荷不平衡, 则引起线间电压不平衡, 增大了电压偏差。

合理补偿无功功率可以缩小电压偏差范围。用并联电容器提高电压时, 特别是在无功不足情况下, 最为有效。并联电容器的方案包括自动无功静止补偿装置。

调整同步电动机的励磁电流, 使同步电动机超前或滞后运行, 藉以改变同步电动机产生或消耗的无功功率, 达到电压调整的目的。

利用改变自备发电机端电压的方式以对供电系统进行逆调压, 在发电机容量和需要调整电压的负荷基本相同, 其效果甚佳。

改变供配电系统的运行方式, 对一些一班制或二班制工厂, 在

轻载时切断部分变压器,改用低压联络线供电,既降低了变压器的空载损耗,又起到电压调整的作用。

3.4.8 普通变压器

只能在不激磁的条件下操作分接头,一旦分接头选定以后,它将比较长期地运行在该分接头上。因此,由于最大和最小负荷引起的电压总偏差,不会因分接头的选择而变化,仅是正偏差和负偏差的绝对值互相之间得到一些调整。所以,改变变压器分接头的目的就是适当改变变压器的变比,

用以改变变压器二次侧的电压水平,使最大和最小负荷时的电压正负偏差保持在允许的范围内。

当电源电压为额定值时,不能用改变分接头来提高二次电压。否则,当电源电压低于额定值时,再要利用分接头以提高二次电压,对于 $\pm 5\%$ 分接头的变压器来说,就再没有分接头可以利用了。

常用配电变压器分接头有 $10(6)\pm 5\%/0.4\text{kV}$ 和 $10.5(6.3)\pm 5\%/0.4\text{kV}$ 两种。这两种分接头变压器均以电网额定电压 $10(6)\text{kV}$ 为基准。当变压器离总降压变电所较远时,由于线路压降较大,加在变压器一次侧电压较额定电压相近,故宜选用 $10(6)\pm 5\%/0.4\text{kV}$ 配电变压器;同理,当变压器离总降压变电所较近时,宜选用 $10.5(6.3)\pm 5\%/0.4\text{kV}$ 配电变压器。

3.4.9 图 3.4.9 表示供电端按逆调压、稳压和不调压三种运行方式用电设备端电压的比较(实线表示重负荷情况,虚线表示轻负荷

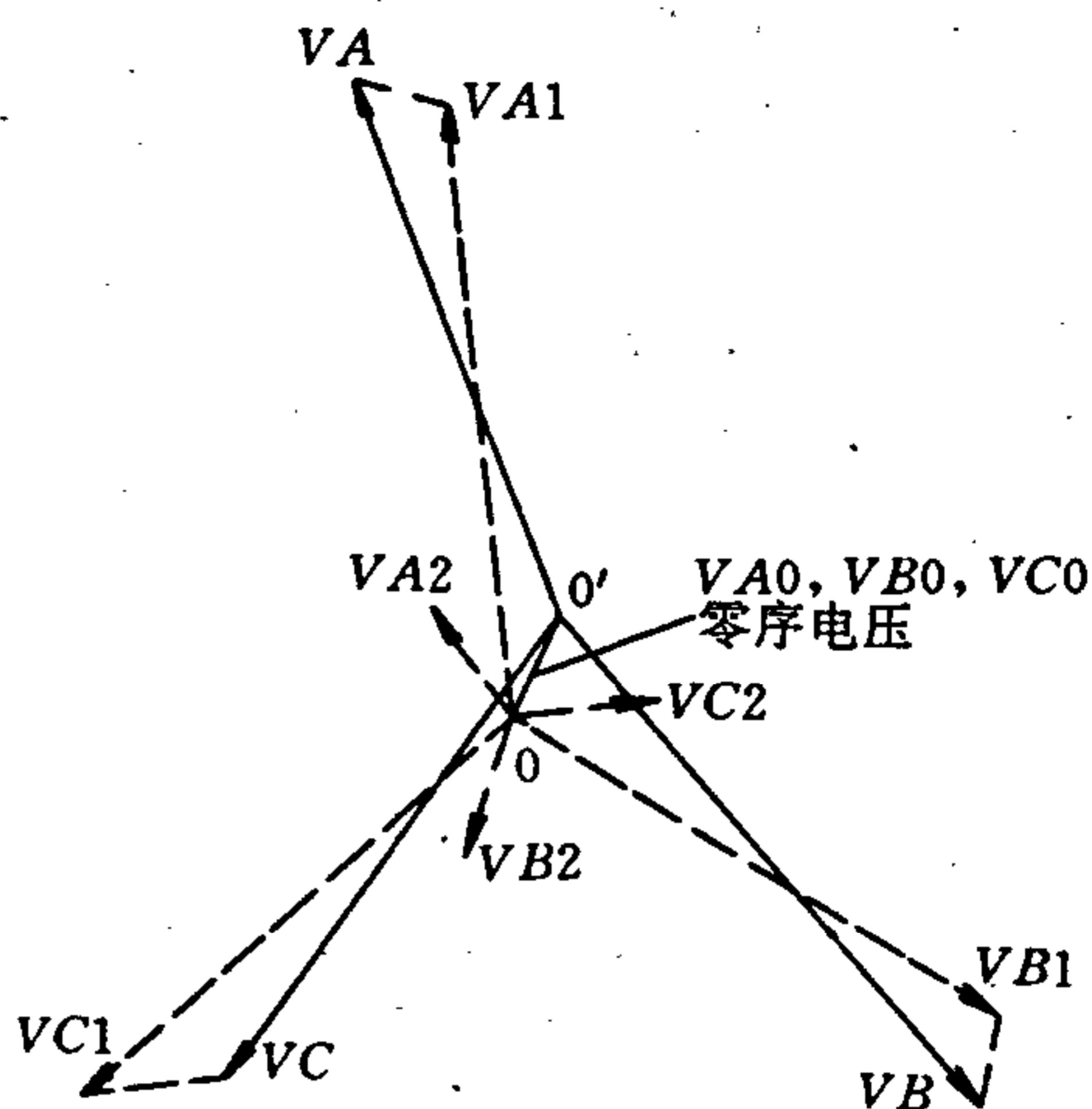


图 3.4.7 不对称电压向量图

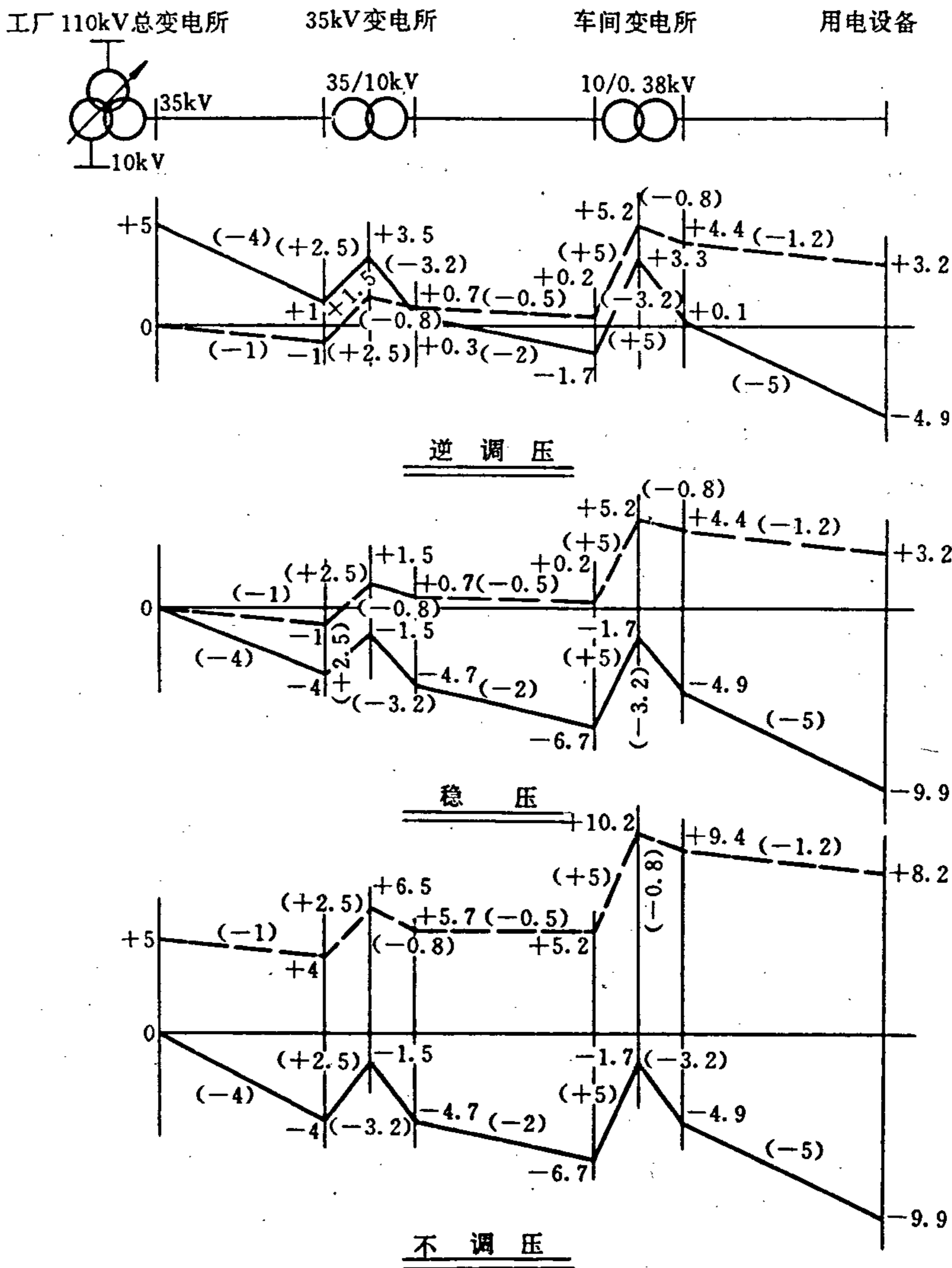


图 3.4.9 供电端按逆调压, 稳定和不调压三种方式比较情况。括号内数字为供电元件的电压损失, 无括号数字为电压偏差)。
 图上设定逆调压和不调压时 35kV 母线电压变化范围为额定

电压的 $0\sim+5\%$ ；各用单位的重负荷和轻负荷出现的时间大体上一致；最大负荷为最小负荷的 4 倍，与此相应供电元件的电压损失近似地取为 4 倍，35kV、10kV 和 380V 线路在重负荷时电压损失分别为 4% 、 2% 和 5% ；35/10kV 及 10/0.4kV 变压器调分接头各提升电压 2.5% 及 5% 。

由图可知，用电设备上的电压偏差在逆调压方式下可控制在 $+3.2\%\sim-4.9\%$ ，在稳压方式下为 $+3.2\%\sim-9.9\%$ ，不调压时则为 $+8.2\%\sim-9.9\%$ 。根据此分析，在电力系统合理设计和用户单位负荷曲线大体一致的条件下，只在 110kV 区域变电所实行逆调压，大部分以 35kV 及以下电压等级供电的企业，其电压质量的要求可以得到满足。条文中所指的“35kV 以上降压站”是大型企业的总变电所。同理，对中小型企业来说，也可以认为是公用的区域变电所。

据上海地区电业部门调查：该地区的 220kV 区域变电所有的设有载调压变压器，有的是无载调压；110kV 的基本上设有载调压；今后建设的 110kV 变电所都设有载调压。

少数企业可能因其负荷曲线特殊，或距区域变电所太远等原因，在采用地区集中调压方式后，还不能满足电压质量要求，此时，可在 35kV 变电所也采用有载调压变压器。

如果中小型企业都装设有载调压变压器，不仅增加投资和维护工作量，还将影响供电的可靠性。从国家整体利益来看，是很不合理的。从美国电压标准(ANSI C84—1a—1980)的规定中也可以看出，他们也是从整体上考虑调压，而不是“各自为政”。

综上所述，10(6)kV 变电所的变压器不必有载调压。条文中指出，在符合更严格的条件时 10(6)kV 变电所才可采用有载调压。

3.4.10 有载调压分接开关是在变压器负载运行中，用以变换一次或二次线圈的分接，改变其有效匝数，进行分级调压。

在 110kV 及以下的有载调压变压器中，其调压范围和级数有： $\pm 8\times 1.25\%$ ； $\pm 4\times 2.5\%$ ； $\pm 3\times 2.5\%$ 等各种规格。根据用户

的要求,制造厂家在调压范围和级数不变的情况下,允许增加负分接级数,减少正分接级数,反之亦然。

条文中规定分接开关的调压范围应采用 15~20%,主要是考虑目前我国电力系统的现状,峰谷差较大,导致电压偏差范围也大。调压开关的分接电压可采用 2.5%,不宜再大,不然会影响调压的效果。

3.4.11 在工厂厂区总降压变电所或公用电网区域变电所实行逆调压方式,可使用电设备的受电电压偏差得到改善,详见第 3.4.9 条说明。但只采用有载调压和逆调压是不够的,同时应在有载调压后的电网中装设足够的可调整的无功电源(如电力电容器等)。因为当变电所调高输送电压后,线路中原来的有功负荷 P 和无功负荷 Q 都相应增加,尤其是因网络的电抗相当大,网络中的变压器电压损失和线路电压损失的增量均与无功负荷增量 ΔQ 成正比,可以抵销变压器调高电压的效果。所以,在网络中应设置无功电源以减少无功负荷 Q ,并应可调,才能达到预期的调压效果。

逆调压的范围规定为 0~+5%,在第 3.4.9 条说明图中证明用电设备端子上已能达到电压偏差为 $\pm 5\%$ 的要求。

3.4.12 本条文摘自国标《电能质量·电压允许波动和闪变》(GB12326—90)中的有关规定。关于电压闪变的允许值详见本规程照明部分的有关条款。

3.4.13 大型电动机、电弧炉等冲击性负荷引起的电压波动和闪变对其它用电设备影响甚大,如照明闪烁、显象管图像变形、电动机转速不匀、电子设备、自控设备或某些仪表工作不正常,从而影响正常生产,因而应积极采取措施加以限制。

将冲击性负荷与其它负荷分开,可采用专用线或专用变压器单独对冲击负荷供电,以减小对其它负荷的影响。

限制起动电流,可采用自耦变压器等多种降压起动方式或基于调频技术的软起动方式。对于大型电动机还可采用变压器——电动机成组起动的方式。

降低线路阻抗包括增加供电回路及将架空线路改为电缆线路

等措施。

增加供电系统的短路容量包括双电源线路并列运行供电、变压器并联运行、选用较小阻抗的变压器等。

对自备热电站的发电机组,可利用其调压能力,装设自动快速励磁装置,以减少电压波动。

电压波动与无功功率波动值有关。在母线上装设动态无功功率补偿装置,供给波动值所需要的无功,使不由电源侧供应,则电压波动可以有效地减小。动态无功补偿包括:用晶闸管开关控制静电电容,用饱和电抗器控制的静止无功补偿器等。

3.4.14 谐波对电力系统的危害一般有:交流发电机、变压器、电动机、线路等增加损耗;电容器、电缆绝缘破坏;电子计算机失控,电子设备误触发,电子元件测试无法进行,继电保护误动作或拒动;感应型电度表计量不准确;干扰通信线路等。

关于电力系统的谐波限制,近期各工业化国家都制订了比较完善和严格的规定,但还没有国际公认的推荐标准。现介绍我国国家标准《电能质量·公用电网谐波》(送审稿)中的谐波限值的具体规定:

(1) 非线性用电设备产生的高次谐波,在公用电网任何一点的谐波电压最大允许值不应超过表 3.4.14-1 数据(相电压):

公用电网谐波电压最大允许值 表 3.4.14-1

电网额定电压 (kV)	电压总谐波畸变率 (%)	各次谐波电压含有率(%)	
		奇 次	偶 次
0.38	5.0	4.0	2.0
10(6)	4.0	3.2	1.6
35	3.0	2.4	1.2
110	2.0	1.6	0.8

(2) 公用电网中的公共连接点全部用户向该点注入谐波电流分量(均方根值)不应超过表 3.4.14-2 规定的允许值:

公用电网谐波电流最大允许值

表 3.4.14-2

额定电压 (kV)	谐波次数及谐波电流允许值(A)											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.38	84	64	42	64	28	46	21	19	17	29	14	25
10(6)	26	21	13	21	8.7	15	6.5	5.8	5.2	9.4	4.3	8
35	16	13	8.2	13	5.5	9.4	4.1	3.7	3.3	6.0	2.7	5.1
110	12	9.4	5.9	9.4	3.0	6.7	3.0	2.6	2.4	4.3	2.0	3.6

额定电压 (kV)	谐波次数及谐波电流允许值(A)											
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0.38	12	11	10	19	9.3	13	8.4	8.0	7.6	14	7.0	13
10(6)	3.7	3.5	3.2	6.1	2.9	5.5	2.6	2.5	2.4	4.5	2.2	4.2
35	2.4	2.2	2.1	3.9	1.8	3.5	1.6	1.6	1.5	2.9	1.4	2.6
110	1.7	1.6	1.5	2.8	1.3	2.5	1.2	1.1	1.1	2.1	1.0	1.9

工厂的非线性设备接入公共电网前,其供电方案和技术措施应与电力部门充分协商,确定其协议容量和向公用电网注入的谐波电流(电压)分配值。如验算超过其分配时,应采取相应的限制措施。

条文提出对降低电网电压正弦波形畸变率的措施,说明如下:

3.4.14.1 由短路容量较大的电网供电,一般指由电压等级高的电网供电和由主变压器大的电网供电。电网短路容量越大,则承受非线性负荷的能力就越高。

3.4.14.2 对大功率静止整流器

(1) 整流变压器的相数多,整流脉冲值也随之增多。也可由安排整流变压器二次侧的接线方式来增加整流脉冲数;例如有一台整流变压器,二次侧有 Δ 和Y三相线圈各一组,各接三相桥式整流器,把这两个整流器的直流输出串联或并联(加平衡电抗)接到直流负荷,即可得到十二脉冲整流电路。整流脉冲数越高,次数低的谐波被消去,变压器一次侧谐波含量越小。

(2) 例如有两台Y/ Δ .Y整流变压器,若将其中一台加移相线圈,使两台变压器的一次侧主线圈有 15° 相角差,两台的综合效

应在理论上可大大改善向电力系统注入谐波。

(3)因静止整流器的直流负荷一般不经常波动,谐波的次数和含量不经常变更,故宜按谐波次数装设分流滤波器。滤波器由L-C-R电路组成,系利用串联谐振原理,各调谐在谐振频率为需要消除的谐波的次数。有的还装有一组高通滤波器以消除更高次数的谐波。这种方法设备费用和占地面积较多,设计时应注意。

3.4.14.3 参看第3.6.14条的说明。

3.4.15 在供配电系统正常运行方式下,三相电路中矢量和不等于零时,通常称之为“不平衡”。不平衡度是指三相系统中三相不平衡的程度,用电压或电流负序分量与正序分量的有效值百分比表示。其表达式为:

$$\epsilon_u = \frac{U_2}{U_1} \times 100\%$$

$$\epsilon_i = \frac{I_2}{I_1} \times 100\%$$

式中 ϵ_u 、 ϵ_i ——电压、电流不平衡度;

U_1 、 U_2 ——电压的正序、负序分量;

I_1 、 I_2 ——电流的正序、负序分量。

由负序电压和负序电流,造成三相系统的相电压和相电流不平衡的主要原因有:单相负荷;三相不平衡负荷;单相用电设备组相序连接不合理;三相电源电势不平衡,电力线路缺相运行等。

关于三相电压和电流的不对称度限值,国家标准起草工作组正在制订《电能质量·电压允许不平衡度》征求意见稿。根据能源电[1993]228号文颁发的《城市电力网规划设计导则》规定:“低压电网中95%的情况下不平衡度必须不超过2%;在中压电网必须不超过1.5%;在高压电网中为1%”。据此即可求出三相不平衡负荷的容量与该负荷连接处的短路容量之比值。为使电压不平衡度不超过上述规定范围,连接处的系统短路容量为:

$$S_k \geq \frac{I_2}{I_e \epsilon_u} S_e = (50 \sim 100) \frac{I_2}{I_e} S_e$$

式中 S_k ——公共连接点的三相短路容量；

S_e ——三相不平衡负荷的额定容量；

I_e ——三相不平衡负荷的额定电流。

从上述可以看出，三相不平衡负荷的容量增大，在它运行时引起的电压不平衡度也在增大；三相不平衡负荷连接处的短路容量愈大，它对电压不平衡度的影响就愈小。

条文提出降低三相低压配电系统不平衡的两点措施说明如下：

(1) 单相负荷接入三相系统时，宜使三相平衡，这是一般的设计原则。

(2) 规定了由低压配电系统供电的 220V 照明负荷，在线路电流不超过 30A 时，可采用 220V 单相供电，否则应以 220/380V 三相四线供电。这种做法在华东各省市供电局实施了许多年，未发现弊病，线路投资明显减少，线路损失也增加不多，实践证明是切实可行的。

3.4.16 直流电流注入电网会导致配电变压器饱和，其允许值与配电变压器的容量有关。根据实际应用情况，单相半波整流器和三相半波整流器一般都自配有隔离变压器。为防止某些不经过隔离变压器的单相或三相半波整流器直接接入低压电网，对半波整流器的功率必须加以限制。单相半波整流器限制在 1kW，三相半波整流器限制在 3kW，即每相为 1kW。此值对一般配电变压器不会产生明显的不良影响，在实际应用中也不难做到。

3.4.17 本条文主要考虑大容量的用电设备投入配电网时引起电压瞬时波动值较大，影响其它用电设备的正常工作。采用直接由总变电所或由专用变压器供电的方式，可以降低对其它用电设备的影响。

3.4.18 对有稳定负荷的隐极式同步电动机（如用于空压机、水泵、风机等），不应与有较大冲击负荷（如大型电弧炉）的用电设备接于同一段母线上。因为较大的冲击负荷，使电网的功率角随冲击负荷规律的变化，将造成隐极同步电动机功率振荡，引起定子电流

发生较大幅度的变化。

3.5 无功补偿

3.5.1 在工厂中,大量的用电设备是异步电动机、电力变压器、电阻炉、电弧炉、照明等,前两项用电设备在电网中的滞后无功负荷的比重最大,有的可能达到全厂负荷的80%,甚至更大。因此,在设计中正确选用电动机、变压器等容量,可以提高负荷率,对提高自然功率因数具有重要意义。

用电设备中的电弧炉、矿热炉、电渣重溶炉等短网流过的电流很大,而且产生很大的涡流损失,因此在布置和安装上采用适当措施减少电抗,可提高自然功率因数。在一般工业企业中,线路的感抗也占一定的比重,设法降低线路损耗,也是提高自然功率因数的一个重要环节。

此外,在工艺条件许可时,采用同步电动机超前运行,选用带有自动空载切除装置的电焊机和其它间隙工作制的生产设备,均可提高用电单位的自然功率因数。目前国内带自动空载切除装置的用电设备还不多,虽然有些厂家生产附加的空载切除装置,往往由于使用不便等原因难以坚持使用。从节能和提高自然功率因数的条件出发,对于间歇制工作的生产设备应大量生产内藏式空载切除装置。

3.5.2 当采取第3.5.1条的各种措施进行提高自然功率因数后,尚不能达到电网合理运行要求时,应采用人工补偿无功功率。

人工补偿无功功率,经常采用两种方法。一种是同步电动机超前运行,一种是采用电容器补偿。由于同步电动机价格贵,操作控制复杂,本身损耗也较大,不仅采用小容量同步电动机不经济,即使容量较大而且长期连续运行的同步电动机也正为异步电动机加电容补偿所代替,同时操作工人往往担心同步电动机超前运行会增加维修工作量,经常将设计中的超前运行同步电动机作滞后运行,丧失了采用同步电动机的优点。因此,除上述工艺条件适当者外,不宜选用同步电动机。此外,通过技术经济比较,当采用同步电

动机作为无功补偿装置确实合理时,也可采用同步电动机作为无功补偿装置。

工业企业中所用的并联电容器价格便宜,便于安装,维修工作量损耗都比较小,可以制成各种容量,分组容易,扩建方便,既能满足目前运行要求,又能避免由于考虑将来发展使目前装设的容量过大。因此,应采用并联电力电容器作为人工补偿的主要设备。

3.5.3 为了尽量减少线损和电压降,宜采用就地平衡无功负荷的原则来装设无功补偿装置。根据《全国供用电规则》中的有关要求,用户的无功补偿装置应实行按无功功率(功率因数)和电压的自动控制,并应有防止在低谷负荷时,向系统倒送无功电力的闭锁设施。

3.5.4 由于低压并联电容器价格比高压并联电容器价格低,特别是全膜金属化电容器性能优良,因此低压部分的无功负荷完全由低压电容器补偿是比较合理的。为了防止低压部分过补偿产生的不良效果,因此高压部分应由高压电容器补偿。

并联电容器单独就地补偿,就是将电容器安装在电气设备的附近,可以最大限度地减少线损和释放系统容量,在某些情况下还可以缩小馈电线路的截面积,减少有色金属消耗。但电容器的利用率往往不高,初次投资及维护费用增加。从提高电容器的利用率和避免遭致损坏的观点出发,宜用于以下范围。

(1) 选择长期运行的电气设备,为其配置单独补偿电容器。由于电气设备长期运行,电容器的利用率高,在其运行时,电容器正好接在线路上,如压缩机、风机、水泵等。

(2) 首先在容量较大的用电设备上装设单独补偿电容器,对于大容量的电气设备,电容器容易获得比较良好的效益,而且相对地减小涌流。

由于基本无功负荷相当稳定,为便于维护管理,宜在配变电所内集中补偿。

3.5.5 对于工业企业中的工厂或车间需要进行无功补偿时,宜根据负荷运行情况绘制无功负荷曲线,根据该曲线及无功补偿要求,

决定补偿容量。国内外类似工厂都有负荷运行曲线,可利用这些资料计算无功补偿的容量。

3.5.6 为了节省投资和减少运行维护工作量,凡可不用自动补偿或采用自动补偿效果不大的地方均不宜装设自动无功功率补偿装置。这条所列的基本无功功率是指当用电设备投入运行时所需的最小无功功率。常年稳定的无功功率及在运行期间恒定的无功功率均不需自动补偿。我国并联电容器国家标准规定,并联电容器允许每年投切次数不超过 1000 次,所以对于投切次数甚少的电容器宜采用手动投切的无功功率补偿装置。

3.5.7 因为过补偿要罚款,如果无功负荷不稳定,且变化较大,采用自动投切可获得合理的经济效果时,宜装设无功自动补偿装置。

电网上装设电容器后,电压将按下式升高:

$$\text{电压升高率} = \frac{\text{电容器容量} \times \text{变压器阻抗百分数}}{\text{变压器容量}}$$

装有电容器的电网,对于有些对电压敏感的用电设备,在轻载时由于电容器的作用,线路电压往往升得更高,会造成这种用电设备(如灯泡)的损坏或严重影响寿命及使用效能。如经过经济比较,认为合理时,宜装设无功自动补偿装置。

为了满足电压偏差允许值的要求,在各种负荷下有不同的无功功率调整值,如果在各种运行状态下都需要不超过电压偏差允许值,只有采用自动补偿才能满足时,就必须采用无功自动补偿装置。

3.5.8 由于高压无功自动补偿装置对切换元件的要求比较高,且价格较高,检修维护也较困难,因此当补偿效果相同时,宜优先采用低压无功自动补偿装置。

3.5.9 根据我国现有设备情况及运行经验,当采用自动无功补偿装置时,宜根据本条提出的三种方式加以选用。

(1) 如果以节能为主,首要的还是节约电费,应以补偿无功功率参数来调节。目前按功率因数补偿的甚多,但根据电网运行经验,功率因数只反应相位,不反应无功功率,而且目前大部分自动

补偿装置的信号只取一相参数,但功率因数数值仅在三相负荷平衡时才准确,负荷不平衡度越大,误差也越大。因此,只有在三相负荷平衡时才可采用功率因数参数调整。

(2) 电网的电压水平与无功功率有着密切的关系,采用调压减少电压偏差,必须有足够的可调整的无功功率,否则将导致电网其它部分电压下降。因为工业企业中造成电容器端子电压升高的原因很多,如电容器装置接入电网后引起的电网电压升高;轻负荷引起的电压升高;系统电压波动所引起的电压升高;近年来,由于采用大容量的整流装置日益增加,高次谐波引起的电网电压升高。根据 IEC 标准《电力电容器》第 15.1 条规定:“电容器适合于端子间电压有效值升到不超过 1.1 倍额定电压值下连续运行”。国内多数制造厂规定:电容器只允许在不超过 1.05 倍额定电压下长期运行,只能在 1.1 倍额定电压(瞬时过电压除外)下短期运行(一昼夜)。当电网电压过高时,将引起电容器内部有功功率损耗显著增加,使电容器介质遭受热力击穿,影响其使用寿命。另外电网电压过高时,除电容器过载外,还会引起邻近电器的铁心磁通过饱和,从而产生高次谐波对电容器更不利。有些用电设备,对电压波动很敏感,例如白炽灯,当电压升高 5% 时,寿命将缩短 50%,工业企业中车间内白炽灯由于电压升高烧毁灯泡的事已屡见不鲜。此外,由于工艺需要,必须减少电压偏差值的,也需要按电压参数调节无功功率。如供电变压器已采用自动电压调节,则不能再采用以电压为主要参数的自动无功补偿装置,避免造成振荡。

(3) 对于按时间为基准,有一定变化规律的无功功率可以根据这种变化规律进行调节,线路简单,价格便宜,根据运行经验,效果良好。

3.5.10 在工业企业中,电容器的装接容量有的也比较大,例如某重型机器厂中电容器的装接容量达 20000kvar 以上。因此,应根据补偿无功和调节电压的需要分组投切。

由于目前工业企业中采用大型整流及变流装置的设备越来越多,以致造成电网中的高次谐波的百分比很高。当分组投切大容量

电容器组时,由于其容抗的变化范围较大,如果系统的谐波感抗与系统的谐波容抗相匹配,就会发生高次谐波谐振,造成过电压和过电流,严重危及系统及设备的安全运行,所以必须避免。

根据《并联电容器》国家标准第 5.3 条规定:“电容器应能在有效值为 1.3 倍额定电流下运行”。考虑到电容器参数分散性,其配套设备的额定电流应大于电容器组额定电流的 1.35 倍。由于投入电容器时合闸涌流甚大,而且容量愈小,相对的涌流倍数愈大。以 1000kVA 变压器低压侧安装的电容器组为例,仅投切一台 12kvar 电容器,则涌流可达其额定电流的 56.4 倍;如投切一组 300kvar 电容器,则涌流仅为其额定电流的 12.4 倍。所以电容器在分组时,应考虑配套设备(例如接触器、自动开关等)在开断电容器时产生重击穿过电压及电弧重击穿现象。

根据目前国内设备制造情况,对于 10kV 电容器,断路器允许的配置容量为 10000kvar,氧化锌避雷器允许的配置容量为 8000kvar,这些是防止电容器爆炸的最大允许电容器并联容量。但根据一些设计院的习惯做法,10kV 电容器的分组容量一般为 2000~3000kvar。为了节约设备,方便操作,宜减少分组,加大分组容量。

变压器的无载调压分接开关的调压范围是额定电压的 2.5% 或 5%,有载调压开关的调压范围为额定电压的 1.25% 或 2.5%,所以当用电容器组的投切来调节母线电压时,调节范围宜限制在额定电压的 2.5% 以内,但对经常投运而很少切除的电容器组以及从经济性出发考虑的电容器组,可允许超过这个范围。因此,本条文仅说明“应满足电压偏差的允许范围”,未提出具体电压偏差值。

3.5.11 当对电动机进行就地补偿时,应选用长期连续运行且容量较大的电动机配用电容器。电容器额定电流的选择,按照 IEC 出版物 831 电容器篇中的安装使用条件:“为了防止电动机在电源切断后继续运行时,由于电容器产生的自激可能转为发电状态,以致造成过电压,以不超过电动机励磁电流的 90% 为宜”。

起重机或电梯在重物下降时,电动机运行于第四象限,为避免过电压,不宜单独用电容器补偿。对于多速电动机,若不停电进行变压及变速,也容易产生过电压,同样不宜单独用电容器补偿。如果对这些用电设备需要采用电容器单独补偿,需为电容器单独设置控制设备,操作时先停电再进行切换,避免产生过电压。

当电容器安装在电动机控制设备的负荷侧时,流过的电流保护装置的电流小于电动机本身的电流,电流减少的百分数近似值可用下式进行计算:

$$\Delta I = \left(1 - \frac{\cos\phi_1}{\cos\phi_2} \right) \times 100\%$$

式中 ΔI ——减少的线路电流百分数(%)；

$\cos\phi_1$ ——安装电容器前的功率因数；

$\cos\phi_2$ ——安装电容器后的功率因数。

设计时应考虑电动机经常在接近实际负荷下使用,所以馈电线及保护继电器应按加装电容器的电动机——电容器组的电流来确定。

3.5.12 IEC 出版物 831 电容器篇中电容器投入涌流的计算公式如下:

$$I_s = I_n \sqrt{\frac{2S}{Q}}$$

式中 I_s ——电容器投入时的涌流(A)；

I_n ——电容器额定电流(A)；

S ——安装电容器处的短路功率(MVA)；

Q ——电容器容量(Mvar)。

在高压电容器回路中, S 比较大,根据计算, I_s 往往大于控制开关所容许的投入电流值,因此宜采用串联电抗器加以限制。

在低压电容器回路中,首先宜在合理范围内(见第 3.5.10 条)加大投切的电容器容量,如计算而得的 I_s 值尚大于控制电器的投入电流,则宜采用专用电容器投切接触器。国内目前生产的有 CJR 及 CJ16 型接触器,前者在三相中每相均串有 1.5Ω 电阻,后者在

三相中的两相内串有 1.5Ω 电阻,两者投入电流均可达额定电流的 20 倍,待电容器充电到 80%左右容量时;才将电阻短接,电容器才正式投入运行。根据计算和试验,这类接触器能符合投入涌流的要求。

由于电容器回路是一个 LC 电路,对某些谐波容易产生谐振,造成谐波放大,使电流增加和电压升高,如串联一定感抗值的电抗器就可以避免谐振。假设串入电抗器的百分比为 K ,则当电网中 5 次谐波电压较高,而 3 次谐波电压不太高时, K 宜采用 4.5%;若 3 次谐波电压较高, K 宜采用 12%;当电网中谐波电压不大时, K 宜采用 0.5%。

3.5.13 为防止由于电容器故障而影响主设备的供电,也为了便于继电保护的配合,因此电容器组应与其它设备的控制、放电回路分开,单独设置。

由于利用熔断器作电容器组的成组保护时,通常继电保护难以配合,为防止故障的扩大和便于检查,电容器组宜设置单台电容器的熔丝保护。

在对单台设备进行无功补偿时,电容器与该设备同时投入和切除,成为该设备的一部分,故可以共用其控制保护。在断电时,电容器可通过设备本身自动放电。

3.5.14 放电残余电压主要影响人身安全,对于安全电压采用多少是有争议的。原苏联采用 65V,美国和 IEC 采用 50V,我国国标《并联电容器装置设计规范》(送审稿)采用 50V。根据这些情况,故本条采用 50V。

关于放电时间,各种规定也不相同。本条是根据 IEC 对 600V 以上采用 5min,600V 以下采用 1min 这一规定作出的。

根据国标《并联电容器》(GB3983—83)第 5.3 条规定,电容器应能在有效值为 1.3 倍额定电流的稳定过电流下运行。对于电容器具有最大正偏差的电容器,稳定过电流允许达到 1.43 倍。因此本条规定电容器组载流部分的长期允许电流应不小于其额定电流的 1.5 倍。

3.5.15 为改善光源的发光效率和减少照明供电线路的大量电能损耗,在布点分散、灯距较大的高大厂房或厂区选用高压钠灯和高压汞灯等气体放电光源时,宜采用单灯电容器补偿。

3.6 低压配电

3.6.1 本条文为一般设计原则。220/380V 是我国工业企业低压配电系统中最常见的一种配电电压。根据 IEC-TC64 第 312 条中提到配电系统的型式有二个特征,即带电导体系统的型式和系统接地的型式。而带电导体系统的型式分为交流系统:单相二线制、单相三线制、两相三线制、两相五线制、三相三线制及三相四线制;直流系统:二线制、三线制。本条文列入了我国常用的四种方式,见图 3.6.1。

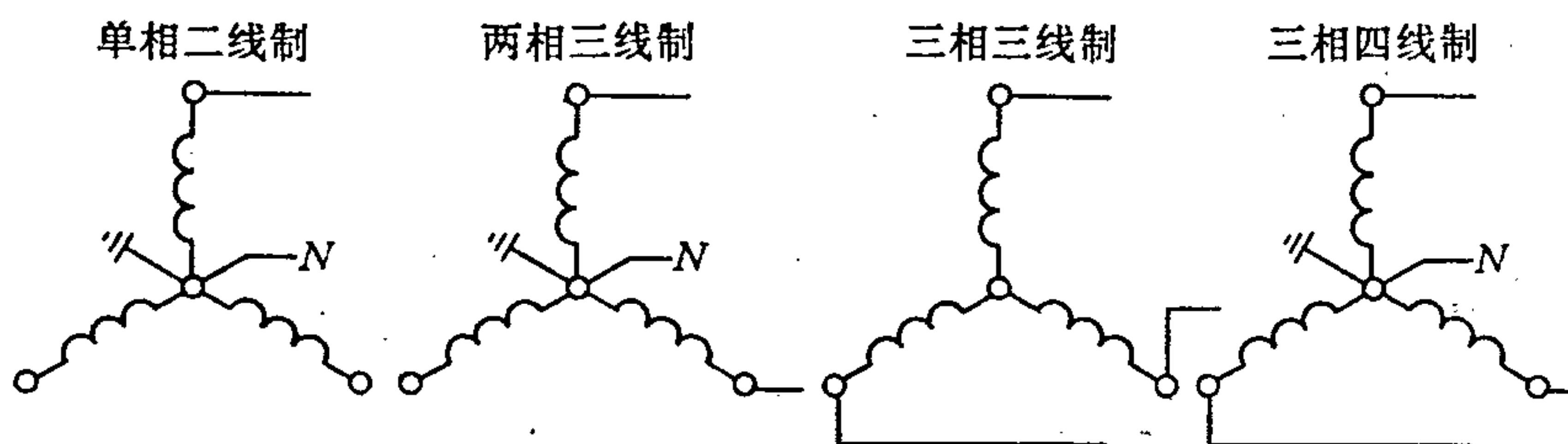


图 3.6.1 低压配电系统常用的接线方式

3.6.2 树干式配电包括变压器干线式及没有变电所的车间内干线式配电。其推荐理由如下:

(1) 我国各工厂对采用树干式配电已有相当长的时间,积累了一定的运行经验。绝大部分车间的运行电工没有对此配电方式提出否定的意见。

(2) 树干式配电的主要优点是结构简单,投资和有色金属较省。

(3) 有认为由于这种方式的线路接头不可靠,容易发生故障。此外,目前各级配电保护装置的遮断时间很难满足选择性的要求,

常常因此而越级跳低压侧总的自动空气开关,停电影响的范围较大,不及放射式供电可靠。但从调查的工厂反映,此配电方式一般能满足生产要求。

(4) 干线的维修工作量是不大的,正常的维修工作一般一年仅进行二、三次,大多数工作均可能在一天内全部完成。如能统一安排就不需要分批或分段进行维修工作。

综上所述,树干式配电与放射式配电相比较,树干式配电由于结构简单,能节约一定数量的配电设备和线路,可不一定设专用的低压配电室,而在其供电可靠性和维修工作上的缺点则并不严重。因此,推荐树干式配电。

但树干式配电方式并不包括由配电箱接至用电设备的配电。

3.6.3 一般设计原则。放射式供电比树干式供电的可靠性高,在故障时影响范围小。特别要求是指有潮湿、腐蚀性环境或有爆炸和火灾危险场所等车间建筑物。

3.6.4 供电给容量较小用电设备的插座(箱),采用链式配电时,其环链数量可适当增加。此规定所指容量较小的用电设备系对携带型的用电设备,一般限制单台容量在1kW以下,可以在满负荷情况下经常合闸。用插座(箱)供电的设备因容量较小可以不受此条上述数量的限制,其数量可以适当增加。

3.6.5 单层厂房内采用架空明线敷设的配电系统具有经济灵活等优点,在我国机械工厂中,尤其是中小型车间大多数采用这种系统,且有一定的运行经验。因此,加以推荐。

封闭式插接母线槽具有安装方便、使用灵活、安全可靠、防护等级高等特点,但价格较贵。只有在有特殊要求的车间或建筑物内,才推荐使用。

3.6.6 采用树干式配电系统的单层厂房内,用电设备一般均由干线就近配电,但为了保证技术经济合理,在符合本条提出的三点条件之一时,宜由变电所直接以放射式配电。

3.6.7 一般设计原则。在多层厂房内采用分区树干式配电,既可以节约投资,又可以做到在线路或设备故障时缩小停电面积,提高

了供电可靠性,故推荐此种配电方式。

3.6.8 平行的生产流水线和互为备用的生产机组如由同一回路配电,则当此回路停止供电时,将使数条流水线都停止生产或备用机组不起备用作用。工业企业中各类生产流水线和备用机组对不间断供电的要求不一,故应根据生产要求区别对待,以免造成设备和投资的浪费。

同一生产流水线的各用电设备如由不同的回路配电,则当任一母线或线路检修时,都将影响此流水线的生产,故本条文规定同一生产流水线的各用电设备,宜由同一回路配电。

3.6.9 分干线配电即由分干线直接引出支线经保护装置接至用电设备的配电方式,这种配电方式的主要特点是灵活性好。配电系统是否应灵活,要看用电设备是否可能经常变动。根据调查,用电设备变动的原因相当复杂,而主要取决于生产任务和工艺过程是否多变。由于生产任务多变,不但影响配电系统,也可能影响其他工种(包括动力管道、采暖通风等),且其多变原因是否合理,以及如何来正确对待,尚待进一步研究。因此,暂不考虑这个因素,条文中仅对工艺上可能经常变动提出要求。若工艺过程不论生产任务是稳定或多变仍然需要经常变动时,则推荐采用这种灵活的配电方式。反之,即使生产任务多变,但在工艺过程上仍然保持稳定时,则不推荐采用。

在工艺设备可能有变化处和环境条件允许有这种变化处,建议采用“插接式母线”分干线。因为该分干线能快速而安全地接通新负荷,切断撤销的负荷,而不必切断母线电压(即其余的负荷不中断供电)。

3.6.10 根据一级负荷的供电要求而提出的一般设计原则。

3.6.11 在室内靠近进线点便于操作维护的地方装设隔离电器,是为了便于检修室内线路或设备时可明显表达电源的切断状态。

3.6.12 一般设计原则。为了减少电动机起动和间断性或冲击性负荷对照明的影响,动力和照明线路在厂房内宜分开。

3.6.13 对无附设变电所的厂房内设配电间,便于维护管理;对多

层厂房设电气竖井,主要考虑线路敷设和维修方便。

3.6.14 在我国工业企业中,对 1000kVA 及以下容量电压为 10(6)/0.4kV 的配电变压器,以往几乎全部采用 Y,yn0 结线组别,这是沿用前苏联的做法。但目前国际上多数国家采用了 D,yn11 结线组别。

以 D,yn11 结线与 Y,yn0 结线的同容量的变压器相比较,前者空载损耗与负荷损耗虽略大于后者,但三次及以上的高次谐波激磁电流在原边接成 Δ 形条件下,可在原边环流,与原边接成 Y 形条件下相比较,有利于抑制高次谐波电流,这在当前电网中接用电力电子元件日益广泛的情况下,采用 Δ 形结线是有利的。另外 D,yn11 结线比 Y,yn0 结线的零序阻抗要小得多,有利于单相接地短路故障的切除。还有,当接有单相不平衡负荷时,Y,yn0 结线变压器要求中性线电流不超过低压绕组额定电流 25%,严重地限制了接用单相负荷的容量,影响了变压器设备能力的充分利用,因而在 TN 及 TT 系统接地型式的低压电网中,推荐采用 D,yn11 结线组别的配电变压器。

目前,我国有关电力变压器制造的国家标准,已将 D,yn11 结线变压器列入系列产品。该类变压器在制造上并无困难,国内多数厂家已有生产,且其销售价格也相同。

关于低压配电系统接地型式,其分类如下所示:

(1) TN 系统 TN 系统有一点直接接地,电气设施的外露可导电部分用保护线与该点连接。按照中性线与保护线的组合情况,TN 系统有以下三种型式:

TN—S 系统:整个系统的中性线与保护线是分开的,见图 3.6.14-1。

TN—C—S 系统:系统中有一部分中性线与保护线是合一的,见图 3.6.14-2。

TN—C 系统:整个系统的中性线与保护线是合一的,见图 3.6.14-3。

(2) TT 系统 TT 系统有一个直接接地点,电气设施的外露

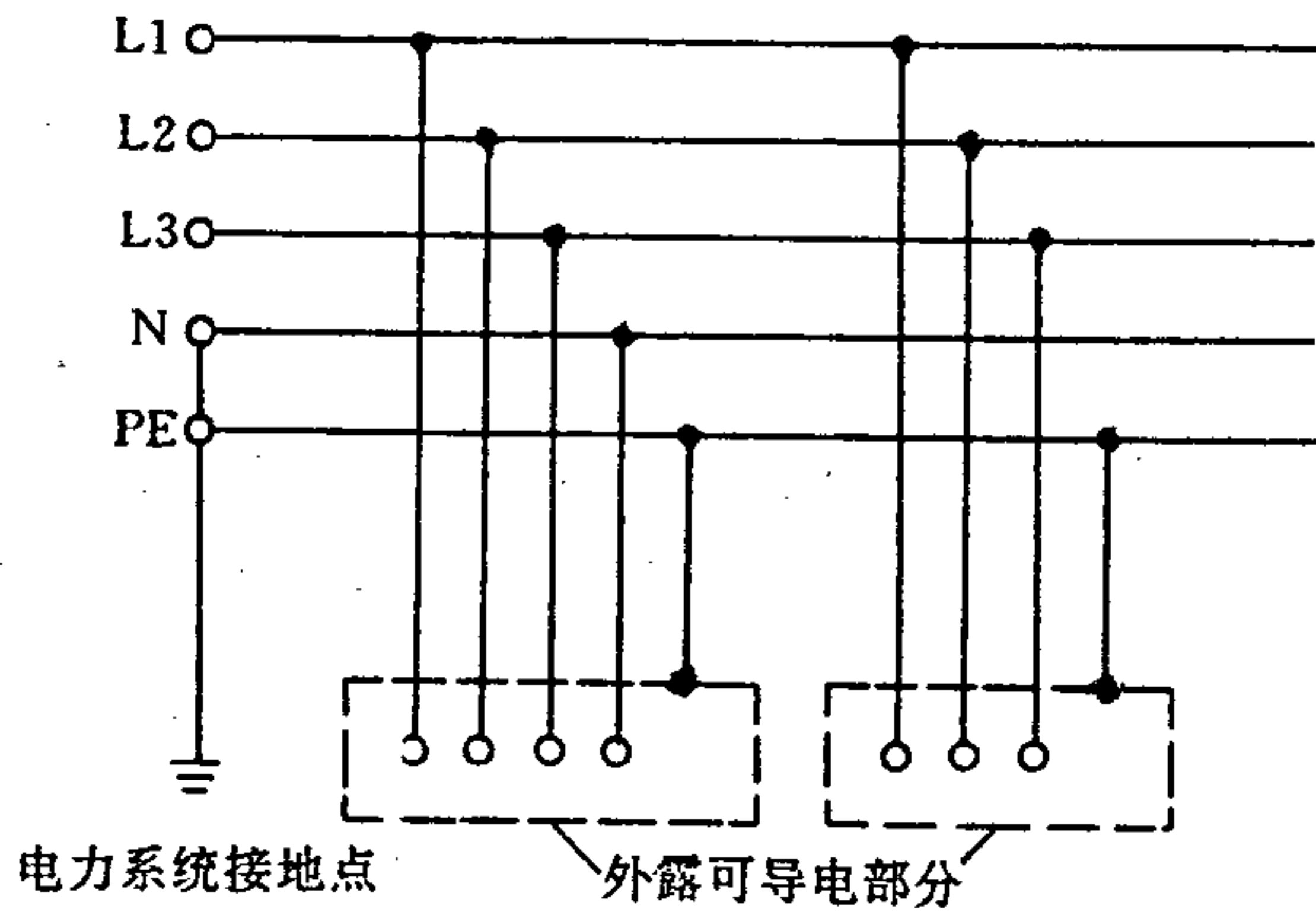


图 3.6.14-1 TN—S 系统

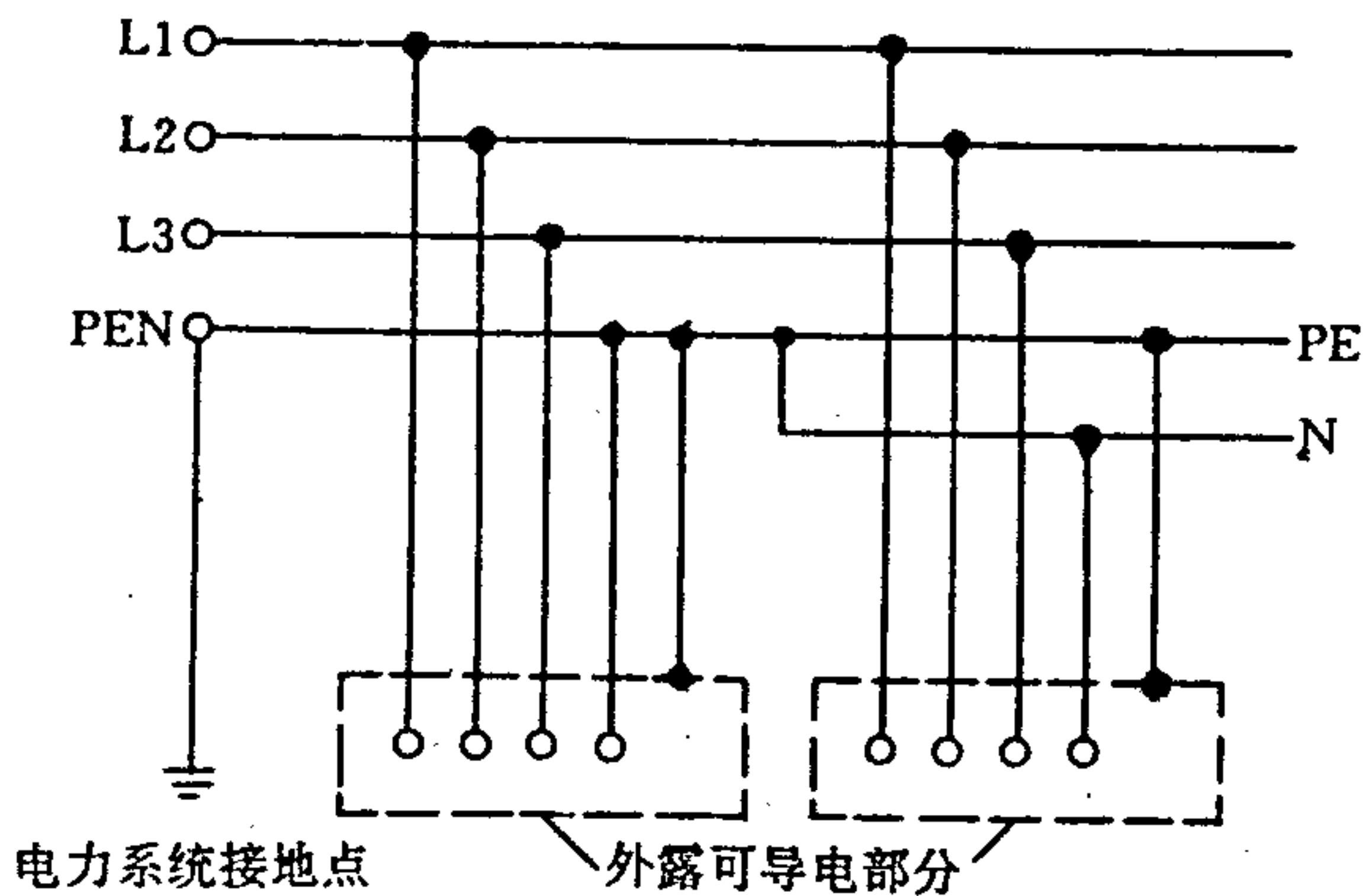


图 3.6.14-2 TN—C—S 系统

可导电部分接至电气上与电力系统的接地点无关的接地极(图 3.6.14-4)。

(3) IT 系统 IT 系统的带电部分与大地间不直接连接,而电气设施的外露可导电部分则是接地的。图 3.6.14-5 为变压器 Y 接线的型式。

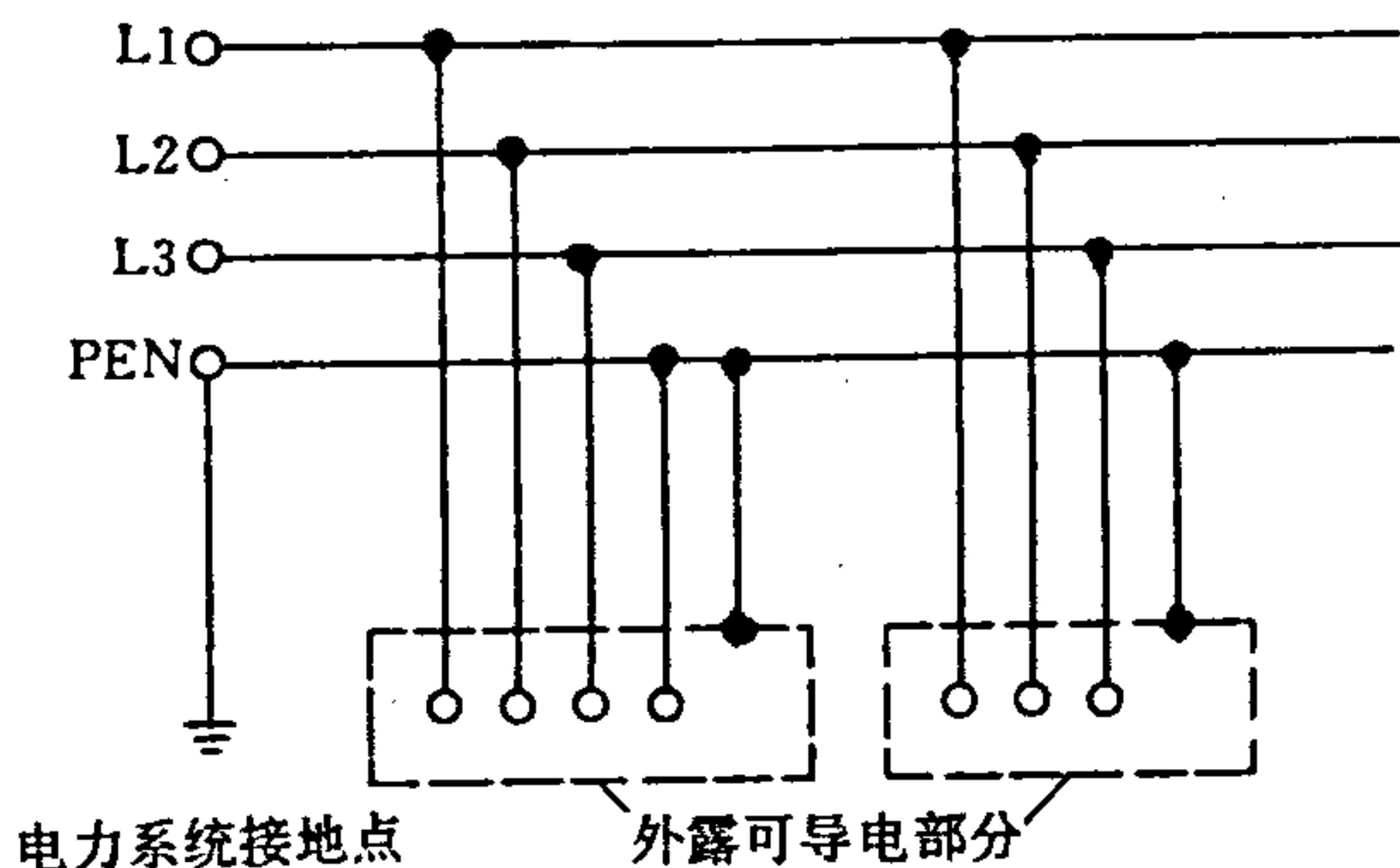


图 3.6.14-3 TN—C 系统

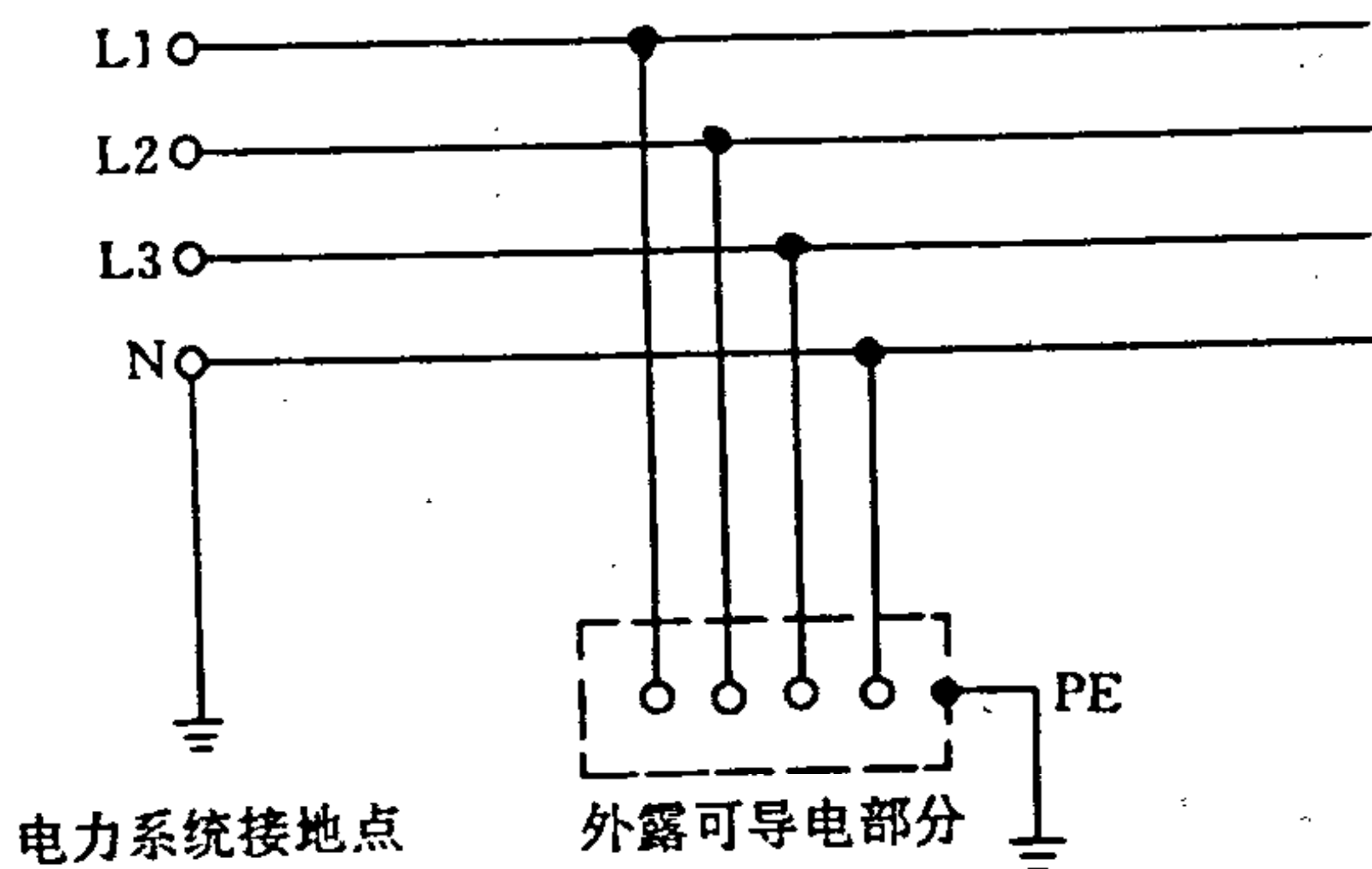


图 3.6.14-4 TT 系统

3.6.15 变压器负荷的不均衡率不得超过其额定容量的 25% 是根据变压器制造标准的要求。

由于 Y,yn0 结线组别的配电变压器制造成本略低于 D,yn11 结线组别的配电变压器,且是目前变压器制造厂普遍生产的型式。因此当使用在运行中能保持三相负荷基本平衡对称,且低压侧单

相短路电流较大时仍宜采用,故保留此条文。同时还便于老厂扩建或技术改造时参照使用。

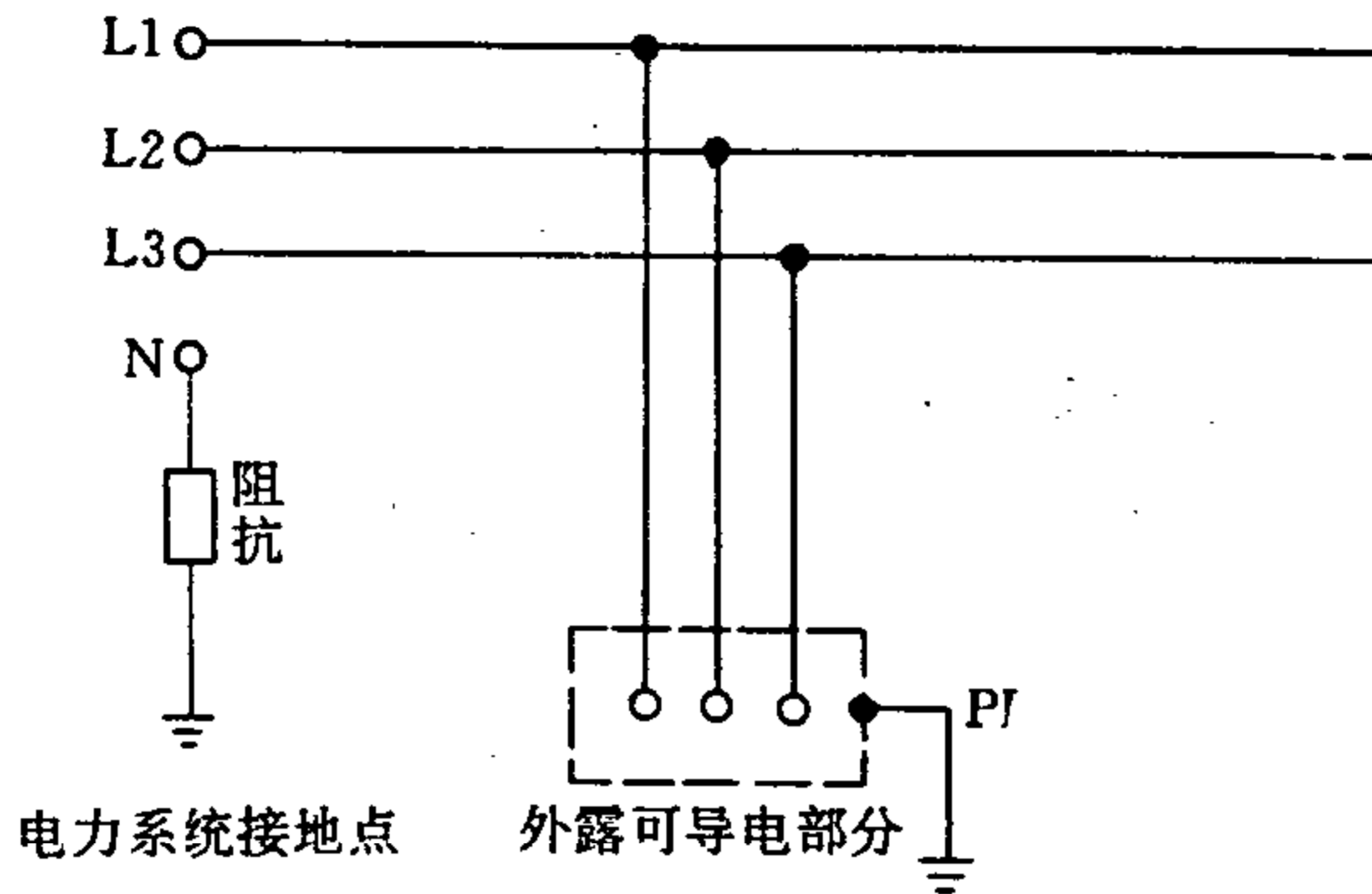


图 3.6.14-5 IT 系统

3.6.16 在 TN 及 TT 系统接地型式的 220/380V 电网中,照明一般都和其它用电设备由同一台变压器供电。但当接有较大功率的冲击性负荷而引起电网电压波动和闪变,与照明合用变压器将对照明产生不良影响,此时,照明可由单独变压器供电。

4 35~110kV 变电所

4.1 一般规定

4.1.1 本条规定本章适用的范围。对于 35/0.4kV 的变电所，一般容量较小，接线比较简单，不必要按本规程的要求设计。

4.2 所址选择与所区布置

4.2.1 (1) 变电所靠近负荷中心是所址选择的基本要求。有利于提高供电电压质量、减少输电线路投资和电能损耗；

(2) 本条中“线路”包括架空线和电缆线路。因厂区建筑群稠密，架空线路走廊受限制，变电所进出线采用电缆较多。无论架空线和电缆线路都要考虑进出线走廊。

(3) 执行国家节约用地政策，尽量减少征地费用及农业损失；

(4) 所址周围道路畅通，便于运输设备和管理方便。

(5) 所址选择应使变电所受污染源影响最小，根据当地的风玫瑰图、所址应设在污染源的上风侧或左右侧。

(6) 变电所不宜与有激烈振动的车间毗邻，各大型锻压车间、冲压车间和大型空压机站等，避免继电器和仪表受振动的影响。

(7) 根据生产的发展，变电所的扩建是常见的，特别是 6~10kV 配电室。

(8) 本规范将 110kV 及以下变电所的所址标高均改为 50 年一遇高水位之上。如 50 年一遇高水位之上仍难以满足时，可考虑与本地区、工业企业的防洪标准相一致，但所址标高应高于内涝水位；也可采取将主建筑物的地面及主要设备、端子箱和动力箱的基础局部抬高的措施，使发生内涝时不为积水淹浸。

(9) 周围环境对变电所的不良影响主要指：污染，剧烈振动及

易燃、易爆的危险场所等对变电所的影响；

变电所以对邻近设施的影响主要指：地电位升高、电磁感应、无线电干扰、噪声等对无线电收发讯台、飞机场、导航台、地面卫星站、通信设施和居民生活区等影响。

4.2.2 (1) 屋内式变电所占地面积小，这对工业企业内的变电所尤为重要。

(2) 避免周围环境对电气设备的污染。

(3) 35kV 配电装置，已有完善的成套装置，采用户内式变电所可减少占地面积，便于进行维护，安全可靠安装简便，设计工作量少，能满足一般工业企业的供电要求。

4.2.3 本条文系根据过去工程实践经验确定。场地的局部坡度过大，将使场地形成冲沟。道路局部坡度过大，将不利于行车、停车及日常运行。明沟和电缆沟的沟底坡度太小时将引起淤积和排水不畅。

4.2.4 为使建筑物不被积水淹没及避免场地雨水倒灌电缆沟内。故规定了建筑物内外地面标高及屋外电缆沟壁与地面的高差。

4.2.5 各种地下管线之间和地下管线与建筑物、道路之间的最小净距，宜符合规范中表 4.2.5 的规定，如在实际工程中确有困难，经过论证，在满足安全、检修和安装的前提下，个别净距可以酌减。

4.2.6 根据国标《建筑设计防火规范》的要求“消防车道的宽度不应小于 3.5m，故改为 3.5m。变电所内不需进消防车的道路宽度则可适当减小，主要设备的道路宽度（一般指主变压器运输道路），按主变压器运输和大修时用平板车或利用汽车吊作业的要求确定。

4.2.7 因人的举手高度一般为 2.3m 以下，2.2m 高已能阻止人翻越围墙，城网与企业变电所，可根据具体条件设置实体围墙或与周围环境协调的花墙。有的企业变电所，所在的厂区已有围墙防护，故可视具体情况设置围墙或围栅。

4.2.8 变电所内排出的污水一般是指带油设备油坑内排出的含油污水及蓄电池室排出的含酸污水。根据不少变电所的经验，含油污水可以通过带有油水分离设施的总事故油池进行处理，含酸污

水一般排出量不多,可通过中和或稀释后排放。

4.3 主变压器与主接线

4.3.1 有载调压变压器的分接头故障率较高,为保证供电可靠性,主变压器应选用两台。

4.3.2 对天津、沈阳、北京、武汉等地的实地调查中了解到,变电所装设主变压器的台数一般为1~3台不等,也有装设四台的。其中两台主变压器的占总数的75%以上,其余的以三台为多。

选择两台主变压器具有较大的灵活性和可靠性,变电所接线较简单。对有一、二级负荷的变电所来说,应列为基本型式。但有些单位主张按三台主变压器设计,其理由是:

(1) 主变压器的单台容量和变电所的总容量都可以减少,降低投资。对工企变电所来说,还可减少电业单位所需的贴费。

(2) 主变压器可以按变电所的供电负荷、实际增长速度分期逐台安装,使变电所以最经济方式运行。

(3) 提高变电所的供电可靠性和灵活性。

但选用两台以上主变压器时,尚应计入增加的断路器、控制保护设备、配电装置、场地扩大、年运行费用等因素。因此变电所的主变压器台数应经技术经济比较,综合考虑确定。

本条由中、低压侧电力网取得足够容量的备用电源系指能满足第4.3.3条容量要求的备用电源。

4.3.3 根据我国的国情,对于大量的中、小型变电所变压器容量的裕度不宜过大,否则将会大量增加基建投资。因为变压器容量的选择是按设计年限末期(一般接近期五年考虑)预测的最大负荷确定,负荷预测很难做到准确,一般均偏大。即使准确,也有很长一段时间处于轻负荷运行状态。由于电业部门对企业变电所收取贴费和按容量计算基本电费,每单位容量贴费可达变压器单位容量价格的8~10倍,增大备用容量,就意味着贴费和基本电费的大大增加和基本建设投资的大量积压,企业难以承受。

综上所述,考虑到本规范的使用覆盖面范围较广,参照原水电

部《变电所设计技术规程》(SSJ₂-79)第 16 条的精神,本条对变压器容量的要求予以适当提高。规定在断开一台时,其余主变压器的容量应满足下列两个条件:

- 一、不应小于 60% 的全部负荷;
- 二、应保证用户的一、二级负荷。

鉴于目前变压器产品容量是采用 R10 系列分级的,逐级容量的增大系数为 1.259。因此,按保证 60% 全部负荷计算选择时,实际选定的变压器容量可有约 1~1.2 倍的增大,其实际容量可达全部负荷的 60~72%。

同时,电力变压器运行规程,对不同冷却方式的变压器,规定了允许此过负荷能力和相应时间。一般考虑变压器的短时过负荷能力为 1.3 倍。由于 $1.3 > 1.259$,故本条规定因取消了原规范的“应计入变压器的过负荷能力”的规定,也使变压器的容量约增大一级。

总之,按本条的规定来确定变压器容量,无论对企业变电所和电力系统的地区变电所都是恰当的。

4.3.4 因本规范适用电压 35~110kV,有选用三线圈变压器的可能。本条引用原水电部《变电所设计技术规程》第 18 条条文。

4.3.5 由于我国电力不足,缺电严重,电网电压波动较大。变压器的有载调压是改善电压质量、减少电压波动的有效手段。

对电力系统,一般要求 110kV 及以下变电所至少采用一级有载调压变压器,因此城网变电所采用有载调压变压器的较多。

对企业变电所,有载调压变压器的采用决定于负荷的性质,如化工企业一般用电负荷比较平稳,供电质量能满足要求,很少采用有载调压变压器,但象钢铁厂等负荷波动较大的企业,则采用有载调压变压器。

有载调压变压器在价格上比普通变压器贵 30%~40%,其检修工作量也比普通变压器增加三分之一。

因此,本条规定经计算在电压质量不能满足要求时,应采用有载调压变压器。

4.3.6 由于本规范的适用电压为 35~110kV,参考原《变电所设计技术规程》及实践经验,本条对电气主接线提出了基本要求和设计中应考虑的主要条件。

“便于扩建”是考虑变电所分期建设时,接线能较方便地从初期形式分期过渡到最终接线。使在一次和二次设备装置方面所需的改动最小,减少扩建过程中所造成的停电损失和可能发生的故事。

4.3.7~4.3.8 本条强调当采用桥形、线路变压器组和线路分支接线(即 T 接)等断路器较少或不用断路器的接线时,应满足运行及继电保护要求。例如:采用线路变压器组接线时,主变压器应有可靠的保护,如不用断路器时,可采取远方跳电源侧断路器的措施;采用线路分支接线时,分支线须包括在线路的继电保护范围之内,且线路分支接线应不使原来的系统继电保护性能显著变坏。

4.3.9 设置旁路设施的目的是为了减少在断路器检修时对用户供电的影响。如果是双回路供电或负荷可由系统取得备用电源,允许停电检修断路器时,就不必设置旁路设施。

分段断路器或母联断路器兼作旁路断路器之用,是从节约投资出发。但当检修线路断路器而占用分段断路器或母联断路器时,会使分段单母线变成单母线接线运行,或使双母线也变成单母线运行,降低了可靠性。因此,在线路数较多时,宜设置专用的旁路断路器。

主变压器的 35~110kV 侧断路器接入旁路母线的问题,不少供电单位认为主变回路中的断路器同样有定期检修和试验的需要,因此最好能接入。有些认为可根据网络的具体条件,如允许在工厂假日负荷轻时停一台变压器或配合变压器本身检修时进行断路器检修就可以不接入。此外,主变压器断路器是否接入旁路母线,尚有继电保护和配电装置布置等因素,故不作硬性规定。

装有 SF₆ 断路器时,因断路器检修周期可长达 5~10 年甚至 20 年的。所以可以不设旁路设施。

4.3.10 6~10kV 主接线线路 12 回及以上用双母线,是根据生产单位的运行经验,理由可参阅 3.2.3 条条文说明。

6~10kV 配电装置设置旁路设施的理由是:

(1) 出线回路数较多,断路器停电检修的机会就多。

(2) 多数线路系向用户单独供电不允许停电。

(3) 如均为架空出线,雷雨季节跳闸次数多,增加了断路器的检修次数。

如用手车式高压开关柜,在开关柜故障时可以用备用的开关柜迅速置换,停电时间很短,所以不宜再设旁路设施。只在供电可靠性要求特别高,甚至手车置换时也不允许停电的情况下才可考虑旁路。

4.3.11 变压器分列运行,限流效果显著,是现在广泛采用的限流措施。高阻抗低损耗变压器近年来也逐渐被采用,它可以简化配电装置结构。在变压器回路中装设电抗器或分裂电抗器用得很少。出线上装电抗器,投资最贵且需建两层配电装置室,在变电所中应尽量少用,故条文中略去。

4.4 所用电源与操作电源

4.4.1 所用变压器是供给变电所的操作、照明及其它动力用电的电源,应保证可靠供电。因此,变电所宜装设两台容量按全所计算负荷选择的所用变压器,以保证相互切换和轮换检修。若可由所外引入一个可靠的所用低压电源时,也可只设一台所用变压器,以节省投资。

在只有一条电源进线的 35kV 变电所中,为在主变压器停电后能够取得所用电源。因此,规定此种情况下,所用变压器应接在断路器的电源侧。

4.4.2 本条是根据变电所直流系统的运行经验,采用单母线或分段单母线接线较为清晰可靠。目前生产的典型直流屏或成套镉镍电池屏具有这两种接线,可根据工程需要具体选用。

4.4.3 重要变电所设有较复杂的继电保护装置,应提供不间断供电的直流电源。铅酸蓄电池组或镉镍蓄电池组与硅整流装置组成的电源装置可满足以上要求。蓄电池组的容量是按照事故持续放

电容量或最大冲击负荷选择。平时蓄电池组处于浮充电状态,当直流负荷突然增大(断路器合闸或交流电停电)时,蓄电池组放电,以满足直流负荷的需要。由此可见,铅酸蓄电池组或镉镍蓄电池组与硅整流组成的电源装置是一种独立的电源型式,它不受电力网的影响。在变电所内发生任何事故时,甚至在交流电全部停电的情况下,也能保证直流系统中的用电设备可靠而连续地工作。因而它是一种可靠的电源型式,可作为重要变电所中的直流操作电源。

成套的小容量镉镍电池装置是由镉镍电池、硅整流电源合闸的装置,不是一种独立的电源型式。它必须依靠交流电源才能完成合闸操作,可靠性较差。但由于它们有体积小、重量轻、使用维护方便、价格便宜等优点,因而适宜在一般变电所中采用。

电磁操作机构采用硅整流合闸电源时,要有可靠的交流电源。如合闸电源由所内专用线上引接时,当该母线上引出线发生永久性故障,在合闸和重合闸时,交流电源电压将会降低,整流合闸电源电压也会降低,可能引起断路器爆炸事故,因此需要校核整流合闸电压降应保证断路器在事故情况下可靠合闸。

4.4.4 在重要变电所中,全所事故停电时,为满足查找故障和切换电源的需要,应对必要的信号及事故照明提供保证一定时间的所用电源,此时由蓄电池组供电。在事故放电末期,还应由蓄电池组提供合闸电源,以恢复交流供电。因而蓄电池组的容量应按事故停电期间的放电容量及事故放电末期最大冲击负荷确定。

根据《火力发电厂设计技术规程》SDJ₁—84 第 11.4.4 条规定,全厂停电事故时,厂用电停电时间为 1h。考虑到变电所的事故照明负荷较发电厂小的多,对容量的影响较小,并与发电厂规程相配合,故变电所的事故停电也按 1h 考虑。

4.4.5 变电所内宜设置固定的检修电源以方便检修、试验、提高工效。

4.5 控制室、二次接线、通信与远动

4.5.1 本条对控制室的位置提出了基本要求。控制室是整个变电

所的控制中心,是运行值班人员工作的场所,又是全所电缆汇集的中心。因而控制室应位于便于运行维护、操作巡视和使用电缆最短的地方,并应布置在朝阳的房间,以获得良好的采光和适宜的温度。

4.5.2 控制屏(台)的排列次序与配电间隔的次序尽可能对应。这样可便于值班人员记忆,缩短判别和处理事故时间,减少误操作。

4.5.4 根据生产单位运行经验,明确提出放在控制室内控制的元件。

4.5.5 35kV 屋内配电装置有两种,一种采用成套开关柜,另一种屋内装置式。

35kV 成套开关柜和 6~10kV 成套开关柜一般在就地控制,而 35kV 屋内装置式配电装置宜在控制室内控制。

4.5.6 能重复动作并能延时自动解除或手动解除音响的中央事故信号和预告信号使用效果较好,受到运行人员欢迎,在有人值班的变电所中已得到广泛应用。因此,本规范增加了这方面的规定。

由于预告信号重复出现的机会较多,如寻找接地时间较长,这期间内可能出现其它预告信号。因此,变电所也可装设能重复动作的预告信号。

断路器控制回路的监视信号,采用灯光监视或音响监视各有优缺点,各变电所的习惯也不同。因此,本规范不作硬性规定。

4.5.7 隔离开关与断路器、接地刀闸之间,应设电气闭锁装置以防止带负荷拉合隔离开关、带接地合闸及误拉合断路器,并增加了防止误入屋内有电间隔等联锁要求。

闭锁联锁回路电源与继电保护、控制信号回路的电源分开,主要是为满足安全可靠的要求。

4.5.10 一般地区变电所装设调度通信已可满足运行要求。

工业企业变电所因需与该企业的调度部门和企业内的用电部门联系,故还应装设与该企业内部通信。

重要变电所,调度通信一般超过一回,已有备用。如无备用或能较方便的装设与当地电话局的通信,也可装设。

4.5.11 当变电所内一旦发生全所停电事故时,此时正需要利用通信、远动装置处理事故,若通信、远动装置失去电源,将延误事故的处理而且会导致事故扩大,故要求设置可靠的备用电源。通信、远动设备的消耗功率都不大,备用电源取得的方式,宜根据变电所的具体情况考虑。例如可采用从所内蓄电池组抽头取得直流及逆变取得交流的方式,也可采用另设镉镍电池组作备用等方法。

与本规范 4.4.4 条协调统一,变电所所用电停电时间按 1h 考虑,故规定通信、远动装置的事故备用电源的容量也按 1h 校验。

4.8 照 明

4.8.1 现行的《工业企业照明设计标准》GB50034—92 是经建设部批准颁发的。它对工业企业电气照明光源,照明方式及照明种类、照度、灯具、照明供电等都有明确要求。因此变电所照明设计也应符合该标准的基本规定。

4.8.2 参考原《变电所设计技术规程》,按实际情况适当扩大了应装设事故照明的地点。由于事故照明的方式直接与直流操作电源型式有关,故应配合本规范第 3.3.3 条的规定选用,例如:装有铅酸蓄电池的变电所,采用交流电源停电后自动切换至蓄电池组的方式或采用工作照明兼作事故照明方式;装有大容量镉镍蓄电池组的变电所,因镉镍蓄电池组允许的短时冲击值较大,使镉镍蓄电池容量的安时数小于铅酸蓄电池,为了减少事故时的照明容量,可采用一部分工作照明兼作事故照明的方式,另一部分则在事故处理需要时,手动投入事故照明的方式;装有小容量镉镍蓄电池组的变电所,在直流操作电源有余度的情况下,除控制室内装设一盏工作照明兼作事故照明灯以外,其余的可采用在事故处理时临时手动投入事故照明灯的方式;在没有直流事故照明容量的情况下,可装设少量的自动切换应急灯;无人值班的变电所一般不装设事故照明自动投切装置。

4.8.3 调查表明,照明灯具装于高压带电体上方的情况及过于接近带电体的情况,在工程中时有发生,以致只有在高压停电时才能

检修,殊为不便,故本规范条文强调“照明设备的安装位置,应便于维修”。

4.8.4 根据运行值班人员反映,由于观察屏面所产生的眩光和反射光直接影响运行操作,特作此规定。

4.8.5 根据工程实践经验,装有铅酸蓄电池的室内,含有氢气成分,在有火花的情况下,容易引起着火、爆炸危险。目前,变电所内虽然采用了防酸隔爆铅酸蓄电池组,但还缺少含氢量的分析研究数据,而且采用防爆灯具投资增加极少,故对于铅酸蓄电池室仍按防爆灯具考虑,且不应装设可能产生火花的电器。

4.8.6 一般电缆隧道的高度为 1.9m 左右,运行人员行走时易触到照明器,故要求电缆隧道内的照明电压不高于安全电压 24V。如高于 24V,对于容易被人触及在灯具应采取在灯具处设罩、网等防止触电的措施。并敷设灯具外壳用的接地线。

4.9 建筑与公用

4.9.1 主控制楼的各层层高,系根据各地区实践分析后确定的,其中,对 110kV 主控制楼的电缆层,不少设计单位将电缆层的多余空间辟作值班休息室或作其他用途,故层高一般取 2.3~2.6m,这样虽然多用 0.2~0.4m 砖墙材料,电缆也增长 0.2~0.4m,但所增加的费用仍低于这些辟出房间的造价。此外电缆层较高,有利于设备的搬运、安装及运行,同时也有利于建筑物的立面处理。

4.9.2 对 110kV 变电所的主控制室采用控制屏与继电器屏分室布置的方式可降低层高,节约投资,有利于值班人员注意力的集中,有利于冬季的局部采暖,故已逐步为各设计及运行部门所接受。对于这类布置,两部分房间的建筑与结构、天棚与内墙的装修、照明的设计,均宜采用不同的标准以节约投资。

4.9.3 配电室、控制室和值班室可以开窗,对采光、通风等有利。变压器室和电容器室需要有良好的自然通风,但通风、采光均必须采取防止小动物进入的措施。除门窗需防止小动物进入措施外,还应对电缆、电线用的管沟、槽等出入口处,采取防止小动物进入的

措施。因为小动物进入室内会造成电气设备事故,如老鼠咬伤电缆,蛇、猫等造成电气设备短路。

小动物是指麻雀、老鼠、猫、蛇等,也包括能引起电气设备事故的比较大的飞虫。

另外,雨雪飘入配电室内也会造成事故,据上海供电局反映,1972年2月9日一次大风雪引起2个变电所的配电室造成事故。上海某灯具厂因雪飘到母线上引起闪络。上海某电镀厂也因雪飘到量电柜的电流互感器上引起短路事故。

4.9.4 控制室的可开启窗应装纱窗是为了防止鸟类和昆虫等小动物飞入控制室,发生事故。蓄电池室向阳的窗户的处理措施是为了避免阳光直射蓄电池,使蓄电池液温度升高,引起电压不平衡。

4.9.5 主控制室、通讯室等对防尘有较高要求的房间,国内一般采用经久耐用的水磨石地坪,已能满足运行要求。

4.9.6 由于全封闭防酸防爆式蓄电池的出现,蓄电池室的酸气及氢气情况有所改善,因此有的单位提出要求设计考虑降低防酸防爆的标准,事实上已有少数变电站的蓄电池室不装通风机,或者用普通瓷砖或防酸塑料板来代替防酸瓷砖。但到目前为止,由于缺乏这方面长期的运行经验及系统的分析研究,故在条文中基本上只能仍维持传统的防酸防爆标准,但在语气方面带有一定的灵活性,以便于那些有切实可靠措施的单位在这方面进一步摸索经验。

4.9.7 据了解,以往变电所屋面渗水比较普遍,屋内设有重要电气设备的房间的渗水可能会影响电气安全。另据估计,加强屋面防水所增加的投资仅为房屋投资的1%~2%。据此,本规范规定,对设有重要电气设备的建筑物应适当提高屋面防水标准。

提高屋面防水标准的途径通常有两条:一条是采用档次较高的可靠的新型防水卷材或涂料,这类防水材料的防水及力学性能、耐受高温及低温的能力均明显优于传统的油毡,其寿命也比较长;另一条是采用双层防水屋面,即柔性防水层加刚性防水层(柔性防水层做在下面或刚性防水层做在下面均可),或者在一般防水层上面外加一层架空预制板。以上这些措施均有可能提高屋面防水的

能力,降低屋面渗漏率。

4.9.8 控制室和值班室有人值班,应按采暖要求进行采暖。

对配电室,过去规范中没有规定采暖,但在严寒地区,环境温度低于电气设备、仪表(如电度表等)、继电器元件等的使用温度时,将影响设备正常运行,因此,应采暖或采用局部采暖措施。同时,配电室采暖后对巡视和检修人员也有利。

采暖装置采用钢管焊接。没有法兰、螺纹接头和阀门,是为了防止漏水、漏气影响电气设备安全运行。

4.9.9 本条参考了《变电所设计技术规程》SDJ2—79 第 131 条内容,对该规程中难以达到的某些规定,如房间的冬季作业温度等作了调节。此外,对室内夏季温度的规定作以下说明:

(1) 夏季室温可采用排风温度值,进风温度可采用夏季通风室外计算温度。即每年最热月 14 时的月平均温度的历年平均值。

(2) 保持夏季室温不超过规定限值的主要措施是依靠通风及房屋的隔热。

(3) 补充了变压器室的夏季室温不宜超过 45°C 的规定。按照变压器标准,最高设计环境温度为 40°C ,如变压器室内温度达到 45°C 时,已经要考虑减负荷,否则将影响变压器的使用寿命。当正常运行时的最高环境温度为 45°C 时,要使变压器使用寿命不受损失,变压器的负荷率应减少到 96%;当最高环境温度为 50°C 时,变压器的负荷率应减少到 91.9%。由于 35~110kV 变电所内变压器的负荷率一般不会达到 100%,故室内温度定为 45°C 一般不会影响变压器的使用寿命,如超过 45°C ,则应根据变压器的负荷率、日负荷曲线、年等值环境温度等进行较详细的寿命计算。

4.9.10 鉴于目前工程中普遍采用封闭防酸隔爆式蓄电池,故蓄电池室的通风换气次数决定由原规定的 15 次改为 6 次。根据新老两种蓄电池所排出的酸气量的比较,以及部分新蓄电池室不装风机也在正常运行的事实均可说明,修改后的 6 次排气次数是偏安全的。

4.9.11 房屋建筑的楼面活荷载按理应根据设备在施工、安装及

运行过程中产生的实际荷载来确定,本规范为了设计方便对不同的房间规定了活荷载的标准值,这是对设备及其他荷载作了分析归纳后得到的。但由于设备的种类很多,且经常发生变化,故使用者应结合实际设备情况作分析后使用,如发现实际的设备荷载超出规范附录 D 的规定值时,则应取较大的荷载进行设计。

4.9.12 为了防止电缆浸水后造成事故和配电室内湿度太大,电缆沟和电缆室应采取防水排水措施。如防水层处理不好或施工时保护管穿墙处堵塞不严,地沟内很容易浸水。特别是在严寒地区,沟内浸水后,冬季基础冻胀,会造成墙体开裂。因此,应考虑地沟底有些坡度和集水坑,或采取其他有效措施,以便将沟内积水排走。

4.10 防 火

4.10.1 本条内容与《建筑设计防火规范》GBJ16—87 一致,并结合变电所情况具体化。

4.10.2 本条文与《建筑设计防火规范》GBJ16—87 一致并符合过去数十年运行经验。

4.10.3 这些条文体现了本规范对防火总体设计的考虑,大致可归纳为下列几点:

(1) 变电所的火灾绝大部分系由电气设备特别是带油设备所引起,这类火灾用普通的水消防作用不大,故本规范推荐采用干粉、1211 等对油类火灾灭火效能较高的推车式或手提式化学灭火器。这类灭火器可以存放的时间较长,需要经常检查及维护的工作也较少,初期投资也较水消防省,使用比较灵活方便,不需要专业消防队伍,对初起火灾有可能在专业消防队伍来到之前扑灭。

(2) 对设有重要仪器仪表的房间,一旦着火,不宜采用泡沫或二氧化碳灭火器,也不宜采用水消防,因为这类设施用后都可能将未着火的仪器设备污损或破坏。本规范所推荐的灭火后不会引起污损的气体灭火器主要是指卤代烷灭火器,其中 1211 价格比较便宜。

(3) 对油浸式变压器的消防对策

本规范对这类变压器的初起火灾的基本对策是争取用化学灭火器扑灭或抑制,对由内部故障引起的严重火灾,则依靠防火距离(或防火隔墙)、事故排油设施及化学灭火器来有效地防止火灾的扩大蔓延。

根据调查分析,前一时期用油盘着火模拟变压器火灾及所作的水雾灭火试验,与真实的由变压器内故障引起而高温高压严重火灾有本质上的差异,后者的巨大热能及高温所引起的复燃是前者很难模拟的,而这一点恰恰是历次变压器严重火灾即使在消防设施较为优越的条件下仍然难以在短时间内将火扑灭的主要原因。情况表明,目前国内各种灭火设施对变压器严重火灾所能起的作用是相当有限的,还没有一次在短时间内降温灭火的成功经验。

35kV~110kV 变电所量大面广,据有关部门统计,下一个五年计划投产的变电所在 3000 座以上,如本规范要求变电所普遍装设变压器水雾灭火系统,将导致下个五年计划增加基建投资 3 亿多元,而如采用化学灭火器仅增加 0.3 亿元。此外,据运行部门反映,装设在户外的水雾灭火系统,其管路、阀门、喷头、水池的防腐蚀、防冻、防尘、防杂物及每年 1~2 次的系统喷雾试验等都是运行中难以对付的现实问题。

4.10.4 原规程规定,油量均在 2500kg 以上的屋外油浸变压器之间无防火墙时,其防火净距不应小于 10m。很多单位建议变压器之间的防火间距应按变压器容量、油量、电压等级的不同而有所区别。考虑到油浸变压器内部贮有大量绝缘油,虽其闪点在 130~140℃之间,但考虑到变压器长期带电,为保证安全,可将它提高到与乙类可燃液体贮罐相似。因此,油浸变压器之间防火净距可接近似于地上乙类可燃液体贮罐之间的防火间距来考虑。按《建筑设计防火规范》GBJ16—87 第 4.4.4 条规定,可燃液体贮罐之间的防火间距为 $0.75D$ (D 为两相邻贮罐中较大罐的直径),可设想变压器的长度为可燃液体贮罐的直径。通过对不同电压、不同容量(油量均在 2500kg 以上)的变压器之间防火净距按 $0.75D$ 计算得出:电压等级为 110kV,容量 31.5~150MVA 的变压器之间防火净距约

在 6.36 ~ 6.99m 范围内;电压 35kV 及以下,容量 5.6 ~ 31.5MVA 的变压器之间防火净距约在 2.88~4.21m 范围内。

因为油浸变压器的火灾危险性比可燃液体贮罐大,它又是变电设备中的核心设备,其重要性远远大于可燃液体贮罐,所以变压器之间防火净距应大于 $0.75D$ 计算数值。

另根据变压器着火后,其四周对人的影响情况来看,对地面最大辐射强度是在与地面大致成 45° 的夹角范围内,要避免最大辐射温度,变压器之间的水平净距必须大于变压器的高度。110kV 变压器高度约为 4.6~6m,63kV 变压器高度约为 3.8~5.2m,35kV 变压器高度约为 3.1~4.4m。

综上所述,将变压器之间的防火净距按电压等级分为 8m、6m 及 5m 是合适的。

若油量均为 2500kg 以下的变压器,则其净距不应小于 1.5m,但若变压器有一级负荷供电时,则净距提高到 5m,以确保安全供电。

变压器之间当防火间距不够时,要设置防火墙。防火墙除有足够的高度及长度,还应有一定的耐燃性能。根据几次变压器火灾事故的情况及防火规范的规定,其耐火极限不宜低于 4h。

由于变压器事故中,不少是高压套管爆炸喷油燃烧,一般火焰都是垂直上升,故防火墙不宜太低。日本变电所防火措施导则规定,在单相变压器组之间及变压器之间设置的防火墙,以变压器的最高部分的高度为准,对没有引出套管的变压器,比变压器的高度再加 0.5m。原西德则规定防火墙的上缘需高过变压器蓄油容器。考虑到目前我国各工程中变压器间防火墙高度一般均低于高压套管顶部,但略高于油枕高度,故本规范规定防火墙高度不宜低于油枕顶端高程。对电压较低、容量较小的变压器,套管离地高度不太高时,防火墙高度宜尽量与套管顶部取齐。

考虑到贮油池比变压器两侧各长 1m,为了防止贮油池中的热气流影响,防火墙长度应大于贮油池长度。日本防火规程规定两侧各长 1m。本规范根据我国具体情况规定两侧各长 0.5m,即防火墙长度应大于变压器外廓(每侧长 1.5m)。

设置防火墙将影响变压器的通风及散热,考虑到变压器散热、运行维护方便及事故的消防灭火需要,防火墙离变压器外廓距离不应小于 1m。

4.10.5 对总事故贮油池的容量,以前我国有关的规程及 1986 年出版的原苏联安装规程均按变电所内最大一个油箱的油量确定。根据华东电力设计院及其它单位的调查,在变压器发生火灾爆炸等事故后真正流入总事故贮油池内的油量,一般只为变压器总油量的 10%~30%,只有在大同曾发生过 31500kVA 变压器事故,流入总事故贮油池的油量超过 50%。根据上述的调查总结,并参考国外的有关规定(如日本规定总事故贮油池容量按最大一个油箱的 50%油量考虑),本规范规定其容量不应小于最大一个油箱的 60%油量。

贮油池内铺设的卵石层,可起隔火降温作用,防止绝缘油燃烧扩散。根据国内的运行实践及参考原苏联的安装规程,卵石直径定为 50~80mm。若当地无卵石,则也可采用无孔碎石。

根据国内及原苏联的有关规定,为防止雨水泥沙流入贮油池,堵塞卵石孔隙,贮油池四周应高出地面。

4.10.6 本条沿用 50 年代原苏联安装规程,各部部颁规程或规定亦均采用。经 30 多年的运行实践,证明本规定能防止当变压器发生火灾事故时,不致使变压器附近的建筑物受到损坏。

4.10.9 电缆的火灾事故率是比较高的,但因电缆分布较广,如到处采用固定的灭火设施太不经济,也不现实,为了防止电缆火灾到处蔓延波及主建筑及各种设备,尽量缩小事故范围并相应缩短修复时间,本规范所推荐的主要措施是分隔及阻燃,例如用防火胶泥等防火材料堵塞主控制室电缆入口处的全部空隙经实践证明可以防止电缆将火灾引进主建筑的。阻燃措施的目的也是为了分隔,例如主控制室与电缆夹层之间的电缆,在楼板上下各 1m 范围内涂上防火涂料,即可起到阻燃分隔作用,当然如与防火胶泥填嵌孔洞一起使用,估计效果会更好。较长的电缆沟或电缆隧道,也可采用类似的分段分隔阻燃措施。

5 6~10kV 变电所与配电所

5.1 所址选择

5.1.1 本条主要从安全运行考虑。第(4)款如不能避开时,应采取相应措施。第(7)、(8)款中正上方和正下方系指相邻层。

5.1.2 条文要求主要从安全的角度出发。

第(1)款:因为一般变压器和电气设备不适用于有腐蚀性气体的场所,如无法避开时,则应采用防腐型变压器和电气设备。

第(2)款是为了防止变压器发生火灾事故时,燃及挑檐或难燃体和耐火等级为四级的建筑物而扩大事故面,若在建筑上采取局部的防火措施时还是可以的。

按《建筑设计防火规范》的规定,耐火等级为四级的建筑物承重墙和支承多层的柱和梁,其耐火极限为 0.5h,非承重墙和楼板耐火极限为 0.25h,其它支承单层的柱等则为燃烧体。

第(3)款中的附近有粮、棉及其它易燃、易爆物大量集中的露天堆场,是指该露天堆场距离变压器在 50m 以内者,若变压器的油量在 2500kg 以下时,这距离可以适当的减小。

第(4)款是因为变压器上容易沉积可燃粉尘、可燃纤维、灰尘或导电尘埃,易引起变压器瓷套管电闪络造成事故。如上海某电厂的一台露天变压器,因在其附近有一棉纺织厂,在变压器盖上积聚有棉花纤维,当棉花纤维聚积到一定厚度时引起变压器带电体闪络,致使棉花纤维被点燃,变压器幸未遭重大损坏。

5.2 电 气

5.2.1 据调查了解,10kV 及以下配电所母线绝大部分为单母线或单母线分段。因一般配电所出线回路较少,母线和设备检修或清扫可趁全厂停电检修时进行。此外,由于母线较短,事故很少,因

此,对一般工业企业和民用建筑的配、变电所,采用单母线或单母线分段的接线方式已能满足供电要求。只有供电连续性要求很高,对于母线和断路器难以停电检修的配、变电所或有特殊要求时,可采用分段单母线带旁路母线或双母线的接线。

5.2.2 原规程第4.2.2条规定只有在三种情况之一时,才应装设断路器:一、需要带负荷切换电源;二、继电保护或自动装置有要求;三、配电所总出线数在10回路及以上。而现在改为宜采用断路器或带熔断器的负荷开关。主要因近年来供电局要求用电单位即使是专线也要装进线断路器,目的是企业内部有故障或停电时不要动作供电局的断路器(即使保护时限区别不开,两个断路器都断开也可以)。此外,企业本身也希望装电源进线开关,这样停电、检修都比较灵活安全,因此在装设断路器要求上较原条文放宽了。

带熔断器的负荷开关指熔断器在电源侧,便于负荷开关检修。

5.2.3 非专用的电源进线一般为树干式供电,当发生事故时为避免扩大停电面,故在进线侧应装设带保护的开关设备。当有两个电源供电多个变电所时,为提高供电可靠性,现广泛采用环网供电方式。当主电源断开后,合上备用电源。

5.2.4 总配电所与分配电所属于同一部门管理,在操作上可统一调度指挥。此外,企业配电所一般都为电网的终端,保护时限小,从继电保护角度上考虑,即使装了断路器,由于时限配合不好,也不能增设一级保护,因此,一般装设隔离开关(固定式)或隔离触头(手车式)也能满足运行和检修的要求。

5.2.5 近年来母线分段处大多装设断路器,是考虑可以带负荷进行转换操作。

5.2.6 装设断路器、负荷开关或隔离开关,系保护操作和维修之需要。

5.2.7 断路器在保护、整定和分断能力上都比较完善,故出线广泛采用断路器,但采用带熔断器的负荷开关代替断路器可降低造价。因此,对不太重要负荷供电的引出线,在满足断流容量和保护选择性能配合的情况下,亦可采用熔断器负荷开关。

5.2.8 本条规定是为了在检修出线回路上的断路器或负荷开关时,能有明显的断开点,以确保维修人员的安全。

5.2.11 装设隔离开关的目的是当检修熔断器或负荷开关时能有明显的断开点,以确保安全。

5.2.12 10/6(3)kV 变压器一般都给高压电动机供电,变压器与电动机操作开关的距离很近,因此如无并列运行或继电保护要求,出线回路又不多,可不装设断路器。

5.2.13 避雷器一般仅在雷雨季节前要进行检查和试验,这些工作可趁母线停电时拉开隔离开关,取下避雷器即可,故不需要装设单独的隔离开关,目前各生产厂的产品及运行单位凡接在母线上的避雷器都和电压互感器合用一组隔离开关。

架空进、出线上的避雷器可以带电接入或退出运行,因此可不装隔离开关。

5.2.14 第一款系防止变电所发生事故时扩大停电面。

第二款装设隔离开关是为了检修变压器时有明显的断开点,保证检修人员的安全。装设负荷开关是当有带负荷拉闸要求时采用。

当变压器在本配电所内时,由于距离近,停电检修联系方便,能防止误操作,故可不装设开关。

5.2.15 原规程规定单台变压器的容量不宜大于 1000kVA,一方面是由于选用 1000kVA 及以下的变压器对一般车间的负荷密度来说更能接近负荷中心,另一方面低压侧总开关的断流容量也较容易满足。

近几年来有些厂家已能生产大容量的 ME、AH 型低压断路器及限流低压断路器,在民用建筑中采用 1250kVA 及 1600kVA 的变压器比较多,特别是 1250kVA 更多些,故推荐变压器的单台容量不宜大于 1250kVA。

5.2.16 所用电源引自就近的配电变压器 220/380V 比较简便,但对重要、规模较大或距车间变电所较远的配电所,设专用所用变压器供电可靠性高,系统配置合理。柜内所用变压器的容量 30~

50kVA 一般已能满足所用电的要求,油量也不超过 100kg(SL₁ 30kVA 及 S₇50kVA 变压器的油量均不超过 100kg)。因此,所用变压器柜可与其他高压柜并列安装在高压配电室内。

5.2.17 电磁操动机构断路器采用直流 220V 或 110V,目前采用镉镍电池组作为操作电源的越来越多,与酸性蓄电池相比,镉镍电池体积小,重量轻,成套性强,占地面积小,安装方便,维护简单,在运行中不散发有害气体。与整流电源相比,可靠性高。因此,近年来在重要的配电所得到了广泛应用。由于价格昂贵,也可采用硅整流合闸,分闸电源采用小容量镉镍电池装置。

5.2.18 在中小型配变电所设计中,断路器操动机构采用弹簧贮能的比较多,主要优点是动作速度快、节能,而且操作电源简单、造价低,国外已广泛采用。弹操电源有直流和交流两种,合闸额定功率 300~1100W,采用直流小容量镉镍电池 5AH 就能满足要求。对小型配变电所采用交流操作的也比较广泛,根据实际运行经验,采用三相油浸五柱 JSJW 型或单相油浸 JDJ 型接成 V/V 结线,作为交流操作电源简单方便,投资大大节省,二次接线简单,运行维护方便。由于交流操作继电保护不配套,使交流操作的采用受到限制,同时弹簧机构比电磁机构贵,因此推荐用于能满足继电保护要求、出线回路少的一般小型配变电所。

5.3 型式与布置

5.3.1 本条为一般性原则规定,现仅就以下几点加以说明:

1. 第(2)款规定多跨厂房内和高层或大型民用建筑内宜采用组合式成套变电站。这是因为:一、组合式成套变电站在国内已有通过鉴定的产品供货。外壳为封闭式的成套变电站占地面积小,有利高压深入负荷中心;二、当其内部配用干式变压器、真空断路器或 SF₆ 断路器、难燃性电容器等电器设备时,可直接放在车间内和·大楼非专用房间内,如武汉××薄板轧制厂和上海××宾馆内的变电站等就是如此,且运行情况良好。

2. 第(3)款关于户外箱式变电站的采用。户外箱式变电站国

内已有多家工厂生产。采用这种变电站可以缩短建设周期,占地较少,也便于整体搬运。

3. 第(4)款关于高台式变电所,这是指变压器置于高出地面1.5m以上的露天平台上,高压侧一般为柱上式油断路器或跌开式熔断器保护的小型变电所。设计安装时应有防止变压器滑落地面的措施。

杆上式和高台式变电所,单台变压器容量宜在315kVA及以下。此规定在于运输安装方便,且目前这类安装方式的变压器绝大多数在315kVA及以下。

5.3.2 现代工业厂房中,采用组合式成套变电站深入负荷中心可减少电能损耗。当厂房空间环境条件允许时,变电站可采用高台架空布置,以节省占地面积。为管理和维护方便,一般多靠近有墙的一端,并设有上下走梯,平台上设护栏。

5.3.3 带可燃性油的高压配电装置应设在各自的房间内是为了防火防爆,是保证设备安全和正常运行的需要。原第一机械工业部1980年颁布的JB16—80《工厂电力设计技术规程》第4.2.24条规定“不超过4台”,据调查,某钢厂有6台高压开关柜与6台低压屏设在一起,运行近40年,虽高低压都出过事故,但都没有相互影响。类似情况天津某橡胶厂也是如此。因此,结合现行设计情况,一般高压电源进户应专设计量柜,故本条文改为6台及以下时,可和低压配电屏装设在同一房间内。

5.3.4 不带可燃性油的高、低压配电装置和非油浸的电力变压器、低压电容器等,可设置在同一房间内是根据产品的火灾危险性规定的。目前这类产品国内已定型生产,如真空断路器、SF₆断路器、干式变压器等,并已在工程中采用,运行实践证明是可行的。

对具有符合IP3X防护等级且断路器不带可燃性油的高低电压配电装置和非油浸的电力变压器,在环境允许时可相互靠近布置在车间内,不仅可减少占地面积,也有利于高压深入负荷中心。某厂从西德引进的薄板轧制厂等就是这样安装的。从有关资料看,国外类似情况采用不少。根据GB4208—84“外壳防护等级的分类”

规定,IP3X 能防止直径大于 2.5mm 的固体异物进入壳内。

5.3.5 在同一配电室内布置顶部有裸露带电导体的高、低压配电装置时,柜屏之间相距 2m 是为了防止检修高压柜触及带电的低压屏或相反时而发生触电事故。而对顶部已具备 IP2X 防护等级的高、低压柜,能防止人体触及壳内带电部分,因此两者可靠近布置。根据 GB4208—84“外壳防护等级的分类”规定。IP2X 能防止直径大于 12mm、长度不大于 80mm 的固体异物进入壳内。

5.3.6 变压器设在底层是为了运输方便,也便于采取防火措施。

5.3.7 当值班室与低压配电室合在一起总面积节省了,但要考虑能满足值班的基本条件,故规定配电室的正面或一个侧面不小于 3m。值班室要充分考虑值班人员的安全、朝向和维护监测上的方便。

5.3.10 该条文仅适用于有裸露带电体的变压器。对无裸露带电体的变压器,当一、二次引出线均为电缆时可便通处理,只要便于接线和维护巡视即可。

5.3.11 干式变压器在工业与民用中已广泛采用,对非封闭式的干式变压器其接线部位为裸露带电体,距地面很低,为保护人身安全,应设固定的遮栏防护。变压器外壳与遮栏的净距 0.6m 是安装和检修的必要空间。当多台干式变压器在一起设置时,变压器之间的净距不应小于 1.0m,是考虑安全运行和检修的需要。

5.3.12 露天或半露天变电所的变压器周围应设立固定的围栏(墙)是为了人身和设备的安全。固定围栏高度不低于 1.7m 系参照原一机部颁发的《工厂电力设计技术规程》JBJ6—80 第 4.2.28 条的规定,并综合各方面意见而订的。变压器外廓距围栏和建筑物外墙的净距不小于 0.8m,主要是为了巡视、检修和安装的方便。变压器底部距离地面不应小于 0.3m 是为了防止变压器不受水冲刷,防止杂草影响及变压器放油、取油样时的方便。在同一处如安装两台 1000kVA 及以下的变压器时,为了巡视方便,及在一台检修时便于安装临时栅栏以保证另一台变压器正常运行,因此要相邻变压器外廓之间的净距应不小于 1.5m;当单台变压器油量大于

1000kg 时,还应满足“建筑物防火设计规范”的有关规定。

5.3.13 为了满足对一级负荷供电的可靠性,不致在一台变压器发生火灾事故时而危及相邻变压器的安全运行。原规范 GBJ53—83 规定间距为 10m,此间距普遍反映偏大,与《35~110kV 变电所设计规范》协调进行了修改,根据运行实际情况,将 10m 改为 5m。

5.3.14 本条规定是为了满足一级负荷供电的可靠性的要求。

设置防火隔板或有门洞的隔墙是为了避免当一段母线或开关柜发生事故时,影响另一段母线向一级负荷供电。向同一一级负荷供电的两回电缆不应通过同一电缆沟是为了避免当一电缆沟内的电缆发生事故或火灾时,影响另一回电缆运行。在电缆通道安排实在有困难时,沟内的两路电缆全部采用绝缘和护套均为阻燃性电缆,如氧化镁绝缘电缆。为了防止当电缆短路放炮时可能发生的相互影响,向同一一级负荷供电的两路电缆应保持大于 400mm 的距离,并分别置于电缆沟二侧支架上,这一规定是基于安全考虑,同时在工程中也能做到。

5.3.15 高压配电装置柜顶为裸母线分段时,当一段母线要检修,另一段母线照常供电时,检修人员不安全,所以规定在母线分段处要装设 0.3m 高的绝缘隔板加以防护。

5.4 并联电容器装置

5.4.1 电容器的补偿方式主要取决于补偿效果,要充分使用电容器,提高运行利用率。另外。电容器的运行维护和管理要方便,所以在补偿容量不大的情况下,集中在低压配电室装设低压电容器的补偿方式比较多。

5.4.2 根据 GB3983—83《并联电容器》和 IEC 标准规定,在过电压和谐波的共同作用下,电容器应能在有效值为 1.3 倍额定电流的稳定过电流下运行。如果考虑电容器最大正偏差,则过电流允许达到 1.43 倍额定电流,但在制造厂供应成批产品的总容量误差达不到 +10%,故可不用 1.43 倍电容器组额定电流作为选择载流导体的依据。

当有谐波源超过谐波规定时,应装串联电抗器来限制谐波。由于国产油浸铁心串联电抗器的最大允许工作电流为其额定电流的1.35倍,所以综合考虑,选择1.35倍作为选择依据。

至于低压电容器组,则按1985年原机械工业部电工局批准的“低压无功功率补偿装置”所规定的标准1.5倍选择。

5.4.3 按国际电工委员会(IEC)及电容器国家标准规定,与电容器直接连接的放电装置,应能使电容器上剩余电压在10min内自 $\sqrt{2}U_n$ 降至75V以下。日本及英国标准则为5min内将电容器上剩余电压自电容器额定电压峰值降至50V以下。上述要求是对内放电电阻而言。一般高压电容器没有内放电电阻。10kV配、变电所内的高压电容器组均采用JDJ—10型油浸式电压互感器作为外放电设施。利用电压互感器的一次绕组与电容器组并联组成RLC放电回路,当 $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时,放电电流是周期性减幅振荡电流。在低压电容器组外放电设施为灯泡或电阻,放电电流为非周期性单向电流,为了避免电容器受过电压冲击和考虑运行人员的安全,放电电压均采用50V更为安全。从放电时间看,运行人员从控制室的音响信号掉牌,到判别电容器事故跳闸,再到电容器的安装地点需要5min以上到达,最长的放电时间是考虑安全因素。配、变电所的高压电容器组一般不装设无功自动补偿装置,手动投切的电容器组不需要在很短的时间间隔内开断和关合。对低压电容器组按低压无功功率补偿装置(企业标准)规定,放电设施应保证电容器断开后,从额定电压峰值放电至50V历时不大于1h。现在生产的自动补偿器均为自动循环投切,控制电容器投入或切除有5~90s连续可调延时,因此低压电容器组装有自动投切装置,可以满足放电时间不大于1min的要求。

5.4.4 根据水电部编制的并联电容器设计规程调查报告表明,自70年代以来,东北、华北电力系统中曾多次发生电容器爆炸事故的多是三角形接线。因此近几年来,电力部门10kV侧新装较大容量的并联电容器组,考虑安全运行的要求,一般都采用星形接线。

星形(中性点不接地)接线的最大优点是当一台电容器故障时,其故障电流仅为其额定电流(相电流)的三倍,对三角形接线来说其故障电流则为二相短路电流,因而星形接线对电容器运行比较安全。目前国内生产的电容器有专为适应星形接法的额定电压为 $6.5/\sqrt{3}$ kV、 $11/\sqrt{3}$ kV 的电容器,其芯子对外壳的绝缘是按线电压设计的,芯与芯之间为相电压,因此现在都选用这种电容器接成星形。但星形接线也有其缺点,当一相中有一台电容器故障退出运行后,三相中电容器阻抗不平衡,可能产生比较严重的中性点位移,使尚在运行中的电容器处于长期过电压。如有过电压保护,则使整组电容器断开,会引起电压波动和缺无功现象,也会影响电压质量。因此,在电容器单元容量较大、每相并联台数较少时,中性点偏移较大,在这种情况下,采用三角形接线比较合适。现在高压电容器组及成套装置采用的电容器单元容量以 25、30kvar 居多,从每臂最小并联台数的要求,小容量考虑为 450kvar 及以下接成三角形接线为宜。低压电容器与高压电容器不同,其单台电容器内都接成三相三角形,所以低压电容器组都是三角形接线。

5.4.5 电容器在投入电网的瞬间要产生充电涌流。当系统短路容量很大,而电容器组容量较小时,涌流倍数可达 10~15 倍。500kvar 投入到 10kV 系统中,涌流可达 290~430A。要抑制充电涌流需在电容器组回路中串接电抗器。

电容器组投入时的充电涌流,虽然衰减很快,但当涌流倍数和涌流值很大时,多次充电涌流的冲击。必然会影响断路器的关合能力,并使断路器触头和电容器受到损伤。故条文规定在 500kvar 及以上时,要选用高压断路器,一般选用开断性能优良的少油断路器或真空断路器的比较多。

运行中的电容器,若短时切除或供电中断后电容器未来得及充分放电,而在带电荷下再投入时,则充电涌流约为未充电电容器组投入时的充电涌流的两倍,故规定禁止装设重合闸。

5.4.6 在中性点不接地系统中,单相电容器的额定电压低于电网标称电压时,为了避免单相接地故障使电容器极对地的电压升高,

故将每相支架与地绝缘,才能保证电容器安全运行。现在生产的 $11/\sqrt{3}$ kV 的电容器,是供 10kV 系统采用不接地星形接线的电容器组选用的电容器,其对地绝缘为 11kV,额定电压为 $11/\sqrt{3}$ kV,这样可以将电容器直接装设在接地的构架上,电容器外壳的连接线与金属构架连接。

5.4.7 电容器断电后应可靠的通过放电设备进行放电,以保证安全,所以要求电容器与放电设备有可靠的连接,以避免当串接设备发生故障时影响放电,使电容器端子上长期存在电压而造成人身和设备事故。放电设备一般都是比较安全可靠的,没有单独操作的必要,故应直接固定连接。

对于低压电容器,因电压较低,相对危险性小,为节约电能,可以在电容器断电后采用自动投入的方式,但为了运行维护安全,不应采用手动投入方式。

5.4.8 电容器组装设单独的控制和保护装置的理由,是不会由于电容器发生故障或需进行试验、检修而影响其他电气设备的供电。从保护方面考虑,两者共用不便相互配合,使保护整定困难,选择性降低,从而起不到保护的作用。

对单台设备进行补偿的电容器与该设备为一整体,一般不需要单独运行,可同时投入和切除,而更主要的是可节约设备。

5.4.9 为防止电容器爆破着火,除提高电容器质量外,还要加强运行管理和设置完善的电容器内部故障保护,在故障电容器串联元件未全部击穿以前,将其脱离电源。因此,采用单台熔丝保护电容器是防止外壳爆炸、保证并联电容器组安全运行的主要措施。

由于熔断器与被保护的电容器工作在一个串联回路中,因此,高压熔断器的额定电流应与电容器的最大过电流允许值相配合,其最大过电流允许值为额定电流的 1.43 倍,熔丝应选 1.5 倍以上,一般选择熔丝为额定电流的 1.5~2.0 倍。

5.4.10 在电力设备中,受电网高次谐波影响最大的是并联电容器,这是因为电容器容抗值与电压频率成反比。在高次谐波电压作用下,因电容器 n 次谐波容抗是基波容抗值的几分之一,即使谐波

电压值不很高,也可产生显著的谐波电流,造成电容器过电流。但更多的情况是投入的电容器容抗与系统阻抗或负荷阻抗产生高次谐振,放大了高次谐波,使电容器承担超过规定值的高次谐波电流,加速了电容器损坏。消除谐振的根本办法是在电容器回路中串入电抗器,使电容器和电抗器串联回路对电网中含量最高的谐波而形成感性回路而不是容性回路,以消除产生谐波振荡的可能性。

5.4.11 对于高压电容器因有爆炸和火灾危险,故一般装设在单独房间内。

对低压电容器,由于其内部每个元件有熔丝保护,运行比较安全,在调研过的单位,只是个别有过爆炸(由于电容器质量差,开始投运时发生),一般是鼓肚、渗油现象,故可安装在低压配电室内。但当低压补偿电容器柜超过3台或总容量大于450kvar时,考虑通风散热和安全运行,宜设置在单独的房间内。

5.4.12 下层电容器的底部距地不小于0.2m,是考虑电容器的通风散热。上层电容器底部的对地距离不大于2.5m,是为了便于电容器的安装、巡视和搬运检修。

为便于接线,三层布置是目前单相电容器在屋内的常用布置形式,对于三相低压电容器只需满足上下层电容器底部距地的规定,对层数没有要求。

5.4.13 本条规定主要是从安全运行考虑。下层电容器的底部距地面不应小于0.4m是考虑地面积水和杂草、爬虫的影响。

5.4.14 电容器外壳之间的净距及排间净距是从改善通风条件考虑,并根据电容器的排列及安装方便(手能进入)等要求而规定的。

5.4.15 装配式电容器组网门前一般没有操作元件,因此,网门前通道只需考虑维护巡视和搬运方便。

5.4.16 成套电容器柜前无操作元件,柜前通道只需考虑维护巡视和搬运方便。但考虑到成套电容器柜有可能布置在高压配电室内,因此双列布置时,柜面之间距离给予适当放大。

低压电容器屏前有操作元件,因而通道尺寸与低压配电屏相同。

5.5 建筑与防火

5.5.1 本条各电气室的耐火等级要求是根据《建筑设计防火规范》GBJ16—87 第 3.2.6 条的有关规定和多年来的设计经验制订的。

5.5.2 根据现行的《建筑设计防火规范》，具有可燃性介质的高压电容器室，按生产的火灾危险性分类属乙类，故建筑物耐火等级按二级可满足耐火要求。对非燃性介质的电容器室属丁类，故建筑物耐火等级不应低于三级。

5.5.3 为了防止变压器发生火灾事故时，不致使通风窗起火而烧毁，致使火灾事故扩大。

5.5.4 本条规定是为了防止车间内变电所的变压器发生火灾事故时，火舌从变压器室的排风窗向外窜出而危及燃烧体的屋顶承重构件或周围环境有火灾危险的场所，致使事故扩大。

耐火等级和厂房的生产类别划分，详见《建筑设计防火规范》的规定。

5.5.5 本条规定是为了防止当变压器发生火灾事故时，不致使变压器门因辐射热和火焰而烧毁，致使事故蔓延扩大。

5.5.6 本条规定是为了防止变压器发生火灾事故时，不致危及附近的建筑物。以变压器油 1000kg 来划分是根据国标规定制订的。油量超过 1000kg 的变压器容量最小为 1250kVA，在工业企业中已属较大容量，要设置档油或排油设施，以防事故时油品流散，火灾蔓延。

5.5.7 工业厂房油浸变压器室，当工艺要求需要布置在厂房建筑物的二层或更高层时，为了安全和防火，对变压器室除设档油设施外，还应设置能将油排到厂房外的安全处所，以防事故时油品流散起火蔓延。

5.5.8 对油浸变压器的油量限制，原规范条文订的是单台油量为 60kg 及以上的三相变压器应设在各自的房间内，我国现生产的 30kVA 油浸变压器的油量为 87~90kg，所以 10kV 高压配电装置

室的 30kVA 所用电源变压器也要单独设房间,很不经济。

5.5.9 设贮油池是为了当民用主体建筑物内变电所和车间内变电所的变压器发生火灾事故时,减少火灾危害和使燃烧的油在贮油池内熄灭,不致使火灾事故扩大到建筑物和车间,故应设 100% 变压器油量的贮油池。

贮油池的通常做法是在变压器油坑内填放厚度大于 250mm 的卵石层,卵石层底下设置贮油池,或者利用变压器油坑内卵石之间的缝隙。

5.5.10 为了防止露天或半露天变压器发生火灾事故时,不致危及附近的建筑物。

5.5.11 本条文推荐高、低压配电室可以开窗,以便自然采光,也便于停电检修时的检查清扫工作。窗台高度的规定和临街一面不宜开窗是从安全角度考虑。

开窗的型式,与高压开关柜在室内的布置方式有关,当开关柜为面对面布置时,在操作走道的两端或一端开设,也有在柜后上方墙上开设不能开启的高窗。当开关柜单列靠墙布置时,可在其对面墙上开设。因此开设采光窗并不一定会扩大和增高配电室,以致增加土建投资,所以在没有特殊情况下要考虑开设自然采光窗。对值班室要充分考虑采光、通风和朝向,以利值班人员的工作条件。

5.5.12 本条规定门的开启方向是为了当配电室发生事故时,值班人员能迅速通过房门,脱离危险场所。

5.5.13 内墙面抹灰刷白是为了配电室等环境清洁、明亮。由于配电室等房间常有裸露的带电部分,所以规定配电室、变压器室、电容器室的顶棚只刷白而不抹灰,以避免抹灰脱落造成带电体的短路事故。

地面采用高标号水泥抹面压光是防止地面起灰,保持室内清洁,以利电气设备的安全运行,有条件时也可采用水磨石地面。

5.6 采暖、通风与其他

5.6.1 变压器室应有良好通风装置的目的,在于排除变压器在运

行过程中散出的热量,以保证变压器在一年中任何季节均能在额定负荷下安全运行和有正常的使用寿命。

实践证明,对于需要排除余热的场所,自然通风是一种效果好、经济可靠的通风方式。因此在设计通风装置时,首先应考虑采用自然通风,只有在自然通风不能满足排除变压器全部发热量或由于客观条件的限制而不能采用自然通风时,才采用其它的通风方式。

根据国内多年经验,按排风温度不高于 $+45^{\circ}\text{C}$,进风和排风温差 $\leq 15^{\circ}\text{C}$ 设计,运行情况一般反映良好。

5.6.2 在防火要求较高的场所已广泛采用干式变压器。干式变压器有SG系列和SC(SCL)系列环氧树脂浇铸式两种。干式变压器的使用除与一般变压器的使用条件相同外,还要求安装地点必须有良好的通风。因为变压器的散热是靠自然空气冷却或强迫空气循环冷却两种方式,所以加防护外壳后影响散热,变压器不能在额定负载下正常运行。故本条规定当设有封闭防护罩时,应采用强迫空气循环冷却方式。

采用XMTB系列自动温度控制保护系统,能自动监测绕组温升情况,当绕组达到限定温度时,温控器自动发出信号, 110°C 控制风机启动, 90°C 风机停, 120°C 报警, 145°C 跳闸。

5.6.3 自然通风是最经济的一种通风方式,是应首先考虑的设计原则。通风量与电容器的温度类别有关,根据安装地区的气温不同,我国并联电容器分为四种温度类别如下表:

并联电容器的温度类别

表 5.6.3

代 号	环境空气温度		年平均最高
	最 高	24h 平均最高	
A	40	30	20
B	45	35	25
C	50	40	30
D	55	45	35

在选用电容器时,应注意表中所列的各个温度值。环境空气的最高温度和 24h 平均最高温度关系到电容器运行时的极限温度。如果选择不适当或是布置不适当,仍有可能使电容器运行时的温升超过允许值。

电容器室内设有温度指示装置是用于监视电容器处于某一环境温度,因为过热会导致电容器的寿命缩短,电容器的实际寿命要按下式计算:

$$L = L_H K^{\Delta\theta}$$

式中 L ——电容器的实际寿命(年);
 L_H ——电容器的额定寿命(年);
 K ——常数(0.91~0.94 随介质而定);
 $\Delta\theta$ ——实际运行温度和额定温度之差(°C)。

当 $\Delta\theta$ 为 +8~10°C 时,电容器的寿命将降低到额定寿命的一半。

5.6.4 本条规定是为了避免发生火灾时烧毁通风管道。安装空气过滤器是为了不使污秽空气影响电气设备的安全运行。

5.6.5 配电装置运行时产生一定的热量,采用自然通风可以带走室内的热量和潮气。

装设事故排烟装置是当油断路器发生爆炸事故时,通过排烟装置能较快地抽走烟气,便于迅速进行事故处理。条文中较多油断路一般指超过 10 台,并且配电室的长度超过 12m 时,没有机械通风烟气不便排出。

5.6.6 控制室和值班室有人值班,应按采暖要求进行采暖。

配电室过去规范没有规定采暖,但在严寒地区,环境温度低于电气设备、仪表(如电度表等)、继电器元件等的使用温度时,将影响设备正常运行,因此,应采暖或采用局部采暖措施。同时,配电室采暖后对巡视和检修人员也有利。

5.6.7 采暖装置采用钢管焊接,没有法兰、螺纹接头和阀门是为了防止漏水、漏气影响电气设备安全运行。

5.6.9 本条规定是为了避免当其他管线损坏和检修时,影响电气

设备正常运行。

5.6.11 配电室、控制室和值班室可以开窗,对采光、通风等有利。变压器室和电容器室需要有良好的自然通风,但通风、采光均必须采取防止小动物进入的措施。除门窗需防止小动物进入措施外,还应对电缆、电线用的管沟、槽等出入口处,采取防止小动物进入的措施。因为小动物进入室内会造成电气设备事故,如老鼠咬伤电缆,蛇、猫等造成电气设备短路。

小动物是指麻雀、老鼠、猫、蛇等,也包括能引起电气设备事故的比较大的飞虫。

另外,雨雪飘入配电室内也会造成事故,据上海供电局反映,1972年2月9日一次大风雪引起二个变电所的配电室造成事故。上海某灯具厂因雪飘到母线上引起闪络。上海某电镀厂也因雪飘到量电柜的电流互感器上引起短路事故。

5.6.12 在配电室裸导体上方布置灯具时,要考虑不停电更换灯泡时人体部位和伸臂时的安全。人的水平伸臂长度一般不超过0.9m,且配电室是电气专用房间,更换灯泡人员为电气工作人员,因此规定灯具与裸导体的水平净距大于1.0m是安全的。

灯具采用吊链和软线吊装易受风吹或人为碰撞而晃动,易引发短路事故,很不安全。

6 3~110kV 配电装置

6.1 一般规定

6.1.4 随着电压的提高,检修时装接携带型接地线,既不方便又不安全。原苏联 1986 年出版的《电气设备安装规程》中也规定,“电压在 1000V 以上的配电装置应设置固定的接地刀闸,以保证符合电器和母线接地安全的要求。一般不采用可携带的接地线”。根据我国的运行检修要求及设备情况,本规范规定 63kV 及 110kV 断路器两侧隔离开关的断路器侧及线路隔离开关的线路侧,均宜配置接地刀闸。

对母线的检修接地,由于母线上电磁感应电压的计算,目前尚无成熟的确切方法,根据日本的有关规定及我国的运行经验,每段母线上宜有两个接地点(母线电压互感器前隔离开关的接地刀闸包括在内)。

对屋内配电装置,由于设备的条件限制,无法完全满足本条对接地刀闸配置的要求,故本条规定,在间隔内的硬导体及接地线上,仍应留有接触面和连接端子,以便安装携带式接地线作为检修接地。

6.1.5 充油电器运行时需经常观察油位及油温,设计时应注意油浸变压器等的布置方位,以便于安全观察。

为便于抽取油样,从地面或地坪到油浸变压器等的阀门的距离不宜小于 0.2m。

6.2 环境条件

6.2.1 80 年代初期我国对发变电所污秽环境分级一直未制订标

准。高压电力设备外绝缘污秽等级国家标准亦未制订,污秽地区屋外配电装置大都沿用正常绝缘的电气产品,故污闪事故率较高,使工业生产造成很大损失。原水电部于1981年初组织部分科研设计单位,进行调查研究和科学试验,于1983年4月正式颁发了《高压架空线路和发变电所电瓷外绝缘污秽分级标准》。该标准明确规定发变电所污秽环境分为三级,设计屋外配电装置时即根据所划分的等级,选用所需泄漏比距(爬电比距)的电气设备及绝缘子。

1985年11月国家标准《高压电力设备外绝缘污秽等级》GB 5582—85颁发执行。该标准是电力设备制造部门对产品进行设计和定型试验的依据。标准将外绝缘污秽等级分为五级,其目的是与IEC标准取得一致。1988年我国能源部将1983年的部颁标准《高压架空线路和发变电所电瓷外绝缘污秽分级标准》进行修改并作为国标提出,另外又制订了《污秽地区绝缘子使用导则》(正在进一步征求意见)。该导则为与IEC取得一致,亦将污区分为五级,每级污区的典型污湿特征描述也与IEC基本相同。

现将国家标准《高压电力设备外绝缘污秽等级》GB 5582—85中的各污秽等级的最小公称爬电比距分级数值,以及能源部1988年提出的发、变电所污秽分级标准(征求意见稿)分列于表6.2.1-1、6.2.1-2供参考。

最小公称爬电比距分级数值 表 6.2.1-1

外绝缘污秽等级	最小公称爬电比距(mm/kV)	
	线 路	电站设备
0	13.9	14.8
I	16	16
II	20	20
III	25	25
IV	31	31

注:①用于中性点绝缘和经消弧线圈接地的系统的3~63kV电力设备,其外绝缘的污秽等级一般可按高一级选取。

②根据目前生产情况,电站设备允许生产最小公称爬电比距为22mm/kV级的产品。

③爬电比距为电力设备外绝缘的爬电距离与设备最高电压(或试验电压的 $\sqrt{3}$ 倍值)之比,单位为mm/kV。

目前我国已能系列供应爬电比距为 20~25mm/kV 的防污型产品,更大爬电比距的产品则尚未系列生产供应。在污区除采用相应外绝缘标准的电气产品外,尚须考虑采用加强清洗(停电或带电清扫、水冲洗等)。涂硅油等其它防污措施,以确保运行安全。

为了防腐,对于架构、金具、导线等也应采取相应措施,如混凝土杆应加厚保护层,钢材、金具等应刷漆或镀锌、对于导线则可采用耐腐型铝绞线。

发、变电所污秽分级标准 表 6.2.1-2

污秽等级	污湿特征	等值附盐密度 (mg/cm ²)	爬电比距 (mm/kV)
I (轻污区)	大气清洁区、农业区或工业与人口低密集区,干燥区,离海岸盐田 10~20km 地区	0~0.06	14.8~22
II (中等污区)	大气中等污染地区,含盐量低的轻盐碱地区,炉烟污秽地区,离海岸盐田 3~10km 地区,在污闪季节中潮湿多雾(含毛毛雨),但雨量较少时	0.03~0.15	22~25
III (重污区)	大气严重污染地区、重盐碱地区,近海岸盐田地区,重雾地区	0.10~0.25	>25

注:①处于污秽环境中用于中性点绝缘和经消弧线圈接地的系统,其外绝缘的污秽等级一般可按高一级选取。

②爬电比距为电力设备电瓷外绝缘的爬电距离与设备最高线电压之比,单位为 mm/kV。

屋内配电装置对防污有利,但造价较高,在具体工程中可根据技术经济比较确定是否采用。

6.2.2 年最高(或最低)温度为一年中所测得的最高(或最低)温度的多年平均值;最热月平均最高温度为最热月每日最高温度的月平均值,取多年平均值。根据调查测算不宜采用少于 10 年的平均值。

对于屋外裸导体,如钢芯铝绞线允许在 $+90^{\circ}\text{C}$ 时运行,而据实测新制金具接点温度一般为导线温度的 $50\%\sim 70\%$ 。从未超过导线温度,故本规范对屋外裸导体的环境最高温度取最热月平均最高温度。

选择屋内裸导体和电器的环境最高温度时,应尽量采用该处的通风设计温度;当无资料时,才可取最热月平均最高温度加 5°C ,如西安地区最热月平均最高温度为 32.3°C ,兰州地区为 29.7°C ,分别加上 5°C 后仅为 37.3°C 及 34.7°C 。而本规范第4章中规定,配电装置室与电抗器室的排风温度分别不超过 40°C 和 55°C ,两者相差甚大。故在选择屋内导体和电器时,应尽量采用安装场所的通风设计温度。

对于屋外电器环境最高温度的选择,广州电器科学研究所认为,极端最高温度是自有气象记录以来的最高温度,在几十年内可能出现一次,持续时间很短,一般电器无需如此严格要求。最热月平均最高温度是每日最高温度的平均值,持续时间最长 $7\sim 8\text{h}$,每年累计约 100h ,若用此值选择高压电器,难于保证可靠运行,采用两年一遇的年最高温度则可保证一般电器的安全运行。两年一遇的年最高温度接近于年最高温度的多年平均值。另外,西安高压电器研究所的有关研究报告亦认为,电器产品中的开断电器如断路器、隔离开关等是带有可动接触的电器,一旦触头过热氧化,势必马上引起严重后果。故应当着眼于短至几小时的气象参数变动情况,基于上述原因,故本规范对屋外电器的环境最高温度采用年最高温度的多年平均值。

6.2.3 1983年国家标准局会同有关部门制定了国家标准《电工电子产品自然界的条件、温度和湿度》,该标准将我国气候按温度和湿度的年极值的平均值分为六种类型,见表6.2.3。从表上可知我国已不再采用波尔标准而采用IEC标准作为新的工业气候分类方法。新的分类方法将原来JB830—66划为“湿热带”的长江以南大陆地区改称为“亚湿热带”。湿热带仅包括广东省的雷州半岛、云南省的西双版纳地区、台湾省南端及海南省等地。

据调查,在我国湿热带地区如海南岛,采用普通高压电器产品问题较多(因产品受潮、长霉、虫害、锈蚀严重等引起的故障较多),今后应采用湿热带型高压电器。

亚湿热带地区(包括贵州、湖南、湖北、江西、福建、浙江、广东、广西、安徽和江苏中南部、四川和云南东部)建国 40 年来全都使用普通高压电器产品。经过上述地区的调查,在外绝缘和发热方面未出过重大问题。其中,“湿”与“热”相对较重的两个地区,高压电器运行中主要问题是由于密封不良引起进水和受潮,以及外表锈蚀和虫害等。这些问题可以在普通产品上加强质量管理及相应的措施处理。因此,应允许亚热带地区采用普通高压电器,但应根据当地运行经验加强防潮、防水、防锈、防霉及防虫害等措施。

按年极值划分的各种气候类型

表 6.2.3

气候类型	温度和湿度的年极值			
	低温 (C)	高温 (C)	相对湿度大于等于 95%时最高温度 (C)	最大绝对 湿度 (g/m ³)
寒温	-50	35	20	18
寒温 I	-33	37	23	21
寒冷 I	-33	31	12	11
暖温	-20	38	26	26
干热	-22	40	27	27
亚湿热	-10	40	27	27
湿热	5	40	28	28

6.2.4 根据运行调查,电气设备在低温下运行易发生一些不利于安全运行的问题。例如:

(1) 机械电子系统的主变压器一般均装 25#油,当气温在-25℃以下时,一旦变压器停运后再恢复供电就有困难。

(2) 当变压器负载轻、气温低时,由于油的运行粘度增大,导致油循环不畅,潜油泵供油不足,出现轻瓦斯误动现象。

(3) 哈尔滨等局对 SW6—220 及 SW7—220 做低温试验表

明,在气温 $-20^{\circ}\text{C}\sim-25^{\circ}\text{C}$ 时,断路器的性能(包括动作速度、同步性、固有分闸时间及操作力等)均有劣变,达不到设计标准。

(4) 各型断路器在冬季运行时,密封件普遍渗油。

(5) GW5 隔离开关在冬季往往触头合不严。

(6) GW5 瓷棒铸铁座断裂较突出,瓷棒断头也较多。

现在国内制造厂通常采用的气温标准是 $-30\sim+40^{\circ}\text{C}$,在严寒地区建议制造厂将气温下限值再适当降低。

屋外充油电器底部(如少油断路器)在运行现场很难加装加热装置,必要时应在订货时提出,请制造部门在产品设计中考虑。

据调查,东北某变电所 220kV 破冰式隔离开关因降雪覆冰,使刀闸嘴部和底座转动部分结冰而拉不开,另一变电所一组同类型隔离开关,因刀闸嘴部覆冰而合不上,故本规范要求隔离开关的破冰厚度,应大于安装场所实测的最大覆冰厚度。

6.2.5 风速的重现期一般采用设计建筑物的使用年限。日本、英美及澳大利亚等国家多采用 50 年,我国《工业与民用建筑结构荷载规范》采用 30 年,原水电部的线路设计规程则采用 15 年,本规范根据《高压配电装置设计技术规程》SDJ5—85,采用 30 年一遇是合适的。

屋外 35~110kV 电压的电器设备一般均安装在 10m 以下(只有 110kV 高型布置中的上层隔离开关布置在 11.65m 高度上),导体的布置高度一般亦在 10m 左右(110kV 高型布置的上层母线为 16m),故一般采用离地 10m 高的风速是可以满足要求的(校核高层母线时,可将离地 10m 高的风速,根据母线高度用高度变化系数进行换算)。

我国现行国家标准《建筑结构荷载规范》规定建筑物采用 10min 平均最大风速,主要是考虑除建筑物个别构件外,对于整体建筑物而言,一般质量比较大,因而它的阻尼也较大,故风压对建筑物的作用,从开始到破坏需要一定的时间。我国有很多瞬时风速大于 35m/s,而 10min 平均最大风速较小,对建筑物亦未造成任何破坏实例,证明建筑物采用 10min 平均最大风速是合理的。据

调查,由于导体和电器的尺寸和惯性都远较建筑物为小,在瞬时风速大于 35m/s 的地区,如按 10min 平均最大风速设计,则在阵风作用下,导体和电器可能因过载而损坏,所以对风速特别敏感的 110kV 支柱绝缘子、隔离开关、普阀避雷器及其它细高电瓷产品,要求制造部门在产品设计中考虑阵风的影响。

6.2.6 我国是世界上多地震国家之一,近 80 年来我国发生七级以上强震占全球的 1/10 强,再加上地震区面积广和地震区的大、中城市多,基本烈度六度及以上的地震区占全国面积的 60% 强,全国 300 多个大、中城市中,有一半位于地震基本烈度为七度及以上地震区,特别是一批重要城市像北京、天津、西安、兰州、太原、大同、呼和浩特、包头、汕头、海口等市,都位于基本烈度为八度的高烈度区。从 60 年代的邢台地震及 70 年代的海城、唐山地震中都可看到,由于电力设施的损害,对国民经济带来的危害是非常严重的。

为此,国家计委要求西北电力设计院等单位联合编制《电力设施抗震设计规范》,作为今后抗震设计的标准,以尽量减少震害造成损失。

6.2.7 对安装在海拔高度超过 1000m 地区的电器外绝缘一般应予以加强。当海拔高度在 4000m 以下时,其试验电压应乘以系数 K 。系数 K 的计算公式如下:

$$K = \frac{1}{1.1 - \frac{H}{10000}}$$

式中 H ——安装地点的海拔高度(m)。

海拔高度超过 1000m 地区,可选用高原型产品或选用外绝缘提高一级的产品。在海拔 3000m 以下地区,110kV 及以下配电装置也可选用磁吹避雷器来保护一般电器的外绝缘。

由于现有 110kV 及以下大多数电器的外绝缘有一定的裕度,故可使用在海拔 2000m 以下地区。

6.2.8 鉴于我国现有高压电器,特别是 110kV 以上隔离开关,起晕电压均小于最高工作相电压(根据沈阳高压开关厂实测,隔离开

关最高工作相电压/起晕电压,110kV 为 77/60、220kV 为 146/115)。1978 年在进行隔离开关标准审查时,电力设计单位提出在最高工作相电压下晴天夜晚不出现可见电晕的要求,当时制造部门认为不易实现,本规范最高应用到 110kV,应该做到在晴天夜晚不出现可见电晕,今后有条件时再要求 $1.1U_{xg}$ 电压下没有可见电晕。

对于 110kV 导体的电晕临界电压应大于导体安装处的最高工作电压,单根导线的电晕临界电压可按下式计算:

$$U_0 = 84m_1m_2k\delta \frac{2}{3}r \left(1 + \frac{0.301}{\sqrt{r\delta}} \right) \lg \frac{a_j}{r}$$

$$\delta = \frac{2.895P}{273+t} \times 10^{-3}$$

当三相导线水平排列时:

$$a_j = 1.26a$$

式中 U_0 ——电晕临界电压,线电压有效值(kV);

k ——三相水平排列时,考虑中间导线电容比平均电容大的不均匀系数,一般取 0.96;

m_1 ——导线表面粗糙系数,一般取 0.9;

m_2 ——天气系数,晴天取 1.0,雨天取 0.85;

r ——导线半径(cm);

a_j ——导线相间几何均距;

a ——相间距离(cm);

δ ——相对空气密度;

P ——大气压力(Pa);

t ——空气温度, $t = 25 - 0.005H$ (°C);

H ——海拔高度(m)。

在海拔高度不超过 1000m 的地区,在常用相间距离情况下,110kV 不小于 LGJ—70 软导线及外径 $\phi 20$ 的管形导体均可不进行电晕校验。

关于无线电干扰水平,对 110kV 配电装置的规定是在 1.1 倍

最高相电压下,1MHz 时无线电干扰电压不大于 $2500\mu\text{V}$ 。

6.2.9 配电装置中的主要噪声源是主变压器、空气断路器、电抗器及电晕放电,其中以前者为最严重。随着变压器容量的不断加大,以及城市变电所紧靠居民区(例如南京某变电所的主变压器室距离居民楼仅 6m 左右),噪声问题日益严重,故设计时必须注意主变压器与主控制室、通信室及办公室等的相对布置位置及距离,还须考虑主变压器与居民区的距离,以使变电所内各建筑物的室内连续噪声级,以及居民区的噪声级不超过《工业企业噪声控制设计标准》GBJ87—85 及《城市区域环境噪声标准》GB 3096—82 中的有关数值。标准值见表 6.2.9-1、6.2.9-2。

工业企业噪声控制标准

表 6.2.9-1

工作场所	噪声限制值[dB(A)]
计算机房(正常工作状态)	70
主控制室、集中控制室、通讯室	60
办公室、会议室	60
生产车间及作业场所(工人每日连续接触噪声 8h)	90

厂界噪声限制值

表 6.2.9-2

厂界毗邻区域的环境类别	噪声限制值[dB(A)]	
	昼间	夜间
特殊住宅区	45	35
居民、文教区	50	40
商业中心区	60	50

如超过上述国家标准,则应根据音源的强弱及布置点,通过技术经济比较,采取防噪声的措施(如安装隔音墙或吸音设施等)或要求制造部门提供低噪声电器。

电器的连续性噪声水平不应大于 85dB,断路器的非连续性噪声水平,屋内不应大于 90dB,屋外的空气断路器不应大于 110dB(测试位置距声源设备外沿垂直面的水平距离为 2m,离地高度 1~1.5m 处)。

6.3 导体与电器

6.3.1 在按电压选择电器时,在中性点非有效接地系统中,应满足电压的要求;在按电流选择导体和电器时,确定回路的持续工作电流,应考虑检修时和事故时转移过来的负荷,可不计及在切换过程中短时可能增加的负荷电流。

高压电器没有明确的过载能力,据西安高压电器研究所介绍,屋外隔离开关和屋内大电流隔离开关均无过载能力;非开断电器,如电流互感器、限流电抗器等,虽有一定的短时过载能力,但因缺乏制造部门的具体数据,故在选择时,亦可按没有过载能力考虑。

在断路器、隔离开关、空气自然冷却限流电抗器等电器各部分的最大允许发热温度,不超过《交流高压电器在长期工作时的发热》GB 763—74 所规定的数值情况下,当这些电器使用在环境温度高于 $+40^{\circ}\text{C}$ (但不高于 $+60^{\circ}\text{C}$)时,环境温度每增加 1°C ,减少额定电流 1.8% ;当使用在环境温度低于 $+40^{\circ}\text{C}$ 时,环境温度每降低 1°C ,增加额定电流 0.5% ,但其最大过负荷不得超过额定电流的 20% 。

选择屋外导体时,应考虑日照的影响。计算导体日照的附加温升时,日照强度取 $0.1\text{W}/\text{cm}^2$,风速取 $0.5\text{m}/\text{s}$ 。

日照对低压电器的影响,广州电器科学研究所进行了长期的实测,认为附加温升为 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。日照对高压电器的影响,有关单位已进行实测研究,但西安高压电器研究所至今未提出数据,在制造部门尚未正式提供数据时,可按电器额定电流的 80% 选择设备。

6.3.3 考虑到各工程中要求各回路的相序排列一致有实际困难,故改为“配电装置各回路的相序宜一致”。

相色标志可根据不同的导体型式采取不同方式,屋内硬导体及屋外母线桥一般均涂相色油漆,屋外铝管母线及屋内外软导线则仅在导体的显著部位作出相色标志。

6.3.4 多年来电气误操作事故频繁发生,后果严重,仅据全国

1981年初至1982年9月统计,即发生这类事故511次。在这些误操作事故中,以带负荷拉合刀闸、误拉开关、带接地线合闸等三类事故为最多,其次为带电挂接地线及误入有电间隔。对上述511次电气误操作事故的分析,其中约有66%可以通过装设可靠的闭锁装置加以防止,因此必须十分重视闭锁装置的作用。

自1982年底水电部在镇江召开了全国电气防误装置经验交流会(简称镇江会议)后,许多单位成立了防误装置专业小组,因地制宜地研制和装设了各种类型的闭锁装置。据1984年统计,全国电力部门已有50%以上电气设备安装了1~5功能的防误装置,这些装置在防止电气误操作方面起到了积极作用。

长期以来由于我国从制造到设计和运行各方面都忽视了装设防误装置,除隔离开关与接地刀闸之间的机构闭锁、屋内高压开关柜、手车式高压开关柜具有防止带负荷拉、合刀闸的机械闭锁装置外,一般就没有其它闭锁机构来保证设备和人身安全。60年代以前,发电厂、变电所的防误装置一般采用DSO型电磁锁,由于锁的性能不好,经常造成直流系统接地,电磁锁销拔不出来,加之未注意维修等,电磁锁逐渐弃而不用了。因此60年代以后建立的许多发电厂和变电所,尽管容量大,但从设计、制造直到施工都很少考虑闭锁装置,这样便造成了误操作事故的隐患。镇江会议后,误操作事故虽有所好转,但每年仍有上百次电气误操作事故发生。其主要原因还是运行人员未认真执行《电业安全规程》中的“两票三制”,以及电力设备缺少防误装置。

为认真贯彻镇江会议精神,原水电部和机械部为了解决装设防误装置所需设备,组织并落实了联合攻关单位,确定了攻关项目。这些项目是:GG-1A高压开关柜及10kV手车式高压开关柜的五防装置,户内、户外电磁锁,新型辅助开关,10~35kV户内带电显示装置等。1983~1987年各有关单位已完成研制任务。其中,有些新产品、新设备已通过两部鉴定,批量生产,有的正在进一步扩大试点,逐步推广使用。

6.3.5 在考虑远景发展时,原规范为“应考虑电力系统5~10年

的发展规划以及本工程的发展规划”。由于有些工程的建设周期较长,考虑工程开始后 5~10 年发展规划,往往发生投产不久,有些设备就发现短路容量不够。在电力系统的变电所中,这种情况常发生。原水电部颁布的《电力系统技术规程》明确指出,系统设计的远景水平为今后第 10~15 年的水平,确定输电线路等的输电容量至少应考虑线路投入运行后 5~10 年的发展。根据这一原则,并考虑到多年来的运行实践,本规范将本条的内容作些修改,即条文中仅提出应考虑系统的远景发展规划,而其远景的发展水平则应根据不同的工程项目分别确定,一般情况下可按本工程预期投产后 5~10 年的发展规划考虑。

6.3.6 随着电力系统的发展和大机组的广泛采用,1982 年以前电力工程设计中所使用的短路电流计算曲线已不能适应目前我国国情,为此,原水电部电力规划设计院委托西安交通大学,会同西北电力设计院和西北水电勘测设计院,对短路电流计算曲线重新做了校订。

新校订的计算曲线,在计算原则上与原曲线相比有两点较大的改变。

(1) 负荷的接法,原曲线系按 100% 的负荷全部都接在发电机电压母线上进行计算,由于新建电厂大多采用发电机—变压器组单元接线,因此新曲线在计算时,确定 50% 的额定负荷接在高压母线上。

(2) 对大机组和小机组,国产机组和进口机组,汽轮机组和水轮机组的参数用概率统计的方法做了处理。

除此之外,计算中还考虑了如下原则:

- (1) 电力系统中所有电源都在额定负荷下运行。
- (2) 所有同步电机都具有自动调整励磁装置(包括强行励磁)。
- (3) 短路发生在短路电流为最大值的瞬间。
- (4) 所有电源的电动势相位角相同。
- (5) 电力系统中各元件的磁路不饱和。

(6) 不考虑短路点的电弧阻抗和变压器的励磁电流。

在工程实用计算中,一般只需要根据计算曲线进行,并不涉及上述计算原则。因此,在本条正文中,仅规定了工程设计中应考虑的一些原则。

对于异步电动机反馈的影响,由于异步电动机次瞬间电势 E'' 是比较小的,当电动机端头发生三相短路时,高压电动机总容量大于 800kW,才计及其影响。在一般情况下,若选用的断路器的固有分闸时间较慢,而电动机反馈送出的电流衰减较快,在开断瞬间反馈电流已衰减到很小的数值,因此可不计及电动机反馈电流对电器和导体热稳定以及断路器开断电流的影响。但在第一半周期时电动机的反馈冲击电流值较大,在总的短路冲击电流中占有一定的比例,因此应计及电动机反馈电流对电器和导体动稳定的影响。

在电器选择和校验中,尚应考虑在电力系统中集中装设大容量的并联电容器组,它对其装设地点的短路电流起着助增的作用,而且这种影响还会随着电容器组容量的增大及电容器性能的改进而有所增加。成都科技大学对此进行了分析研究,并建议,当系统中装设的电容器组总容量与安装地点的短路容量之比超过 5%~10%时,应考虑并联电容器组向短路点放电所导致的短路电流和动稳定电流幅值的增加,并应据此校核变电所其它电气设备的动稳定和断流能力,还应根据电容器放电电流值校验母线的机械振荡。电容器组对短路暂态过程的影响,与短路地点、电容器回路时间常数及短路计算时间有密切关系,短路点离电容器组装设的母线越远,时间常数越小,计算时间越长,其影响越小。因此,在短路计算中一般只计及短路点附近的电容器组的影响。在电容器组母线附近的负载支路短路,应根据电容器组放电电流影响的严重程度,决定是否予以考虑。根据成都科技大学的研究,系统中装设大容量电容器组后,仍可用常规的方法计算短路电流,需要计及电容器组的影响时,可以乘上一个校正系数。

6.3.7 在一般情况下,三相短路电流较单相、两相短路电流为大,但发电机出口的两相短路或在 110kV 中性点有效接地系统、自耦

变压器等回路中,单相、两相接地短路可能比三相短路严重。

6.3.8 据对断路器和继电保护装置运行情况的不完全调查,主保护拒动、断路器和操作机构拒动以及继电保护装置因扩建、调试、检修等原因停电的情况屡有发生。因此,对电器的热稳定校验,应尽量用后备保护动作时间加相应的断路器全分闸时间。但对裸导体的热效应计算时间,本规范仍沿用了原规范的规定,取主保护动作时间加相应的断路器全分闸时间。

6.3.9 原规范规定用熔断器保护的导体及电器可不验算热稳定,主要理由是熔断器的熔断时间很短,故可不验算受它保护的导体和电器的热稳定。通过最近有关单位的论证分析,认为在有些情况下还应进行验算。如华东电力设计院等主编的《发电厂厂用电设计技术规定》中明确提出低压熔断器额定电流超过 60A 时,被保护的导体及电器应验算热稳定。对高压熔断器,目前使用的大量为带限流作用的熔断器,根据东北电力设计院在《熔断器加接触器回路设计的技术分析》中得出的结论,被熔断器保护的导体和电器,应根据限流熔断器的切断电流特性来校验动稳定,并根据熔断器的最大动作焦耳积分来校验热稳定,当弧前时间较长时,亦可直接用熔断器的时间—电流特性曲线来进行校验。

根据上述情况,又考虑到目前我国各工程中除采用国产熔断器外,引用了不少英、美、日、法等各国熔断器,其特性均有所差异,为确保运行安全,故本规范规定用高压限流熔断器保护的导体和电器,可根据熔断器的特性来校验导体和电器的动、热稳定。

对电压互感器回路不验算动、热稳定的原因是,回路额定电流很小,熔丝截面小,熔断时间极快,且电压互感器绝缘结构比较可靠,回路内的裸导体和电器发生相间短路的或然率较低。

6.3.10 原规范规定用“短路电流的超瞬变电流周期分量有效值”选择断路器。随着电力系统短路电流的逐渐增大,许多厂(所)面临着断路器增容问题或采取措施进一步限制短路电流的问题。由于断路器多在 2~3 个周波之后开断,此时短路电流已有所衰减,故用实际开断时间较为符合实际情况。而且,按此时间计算的非周期

分量亦较正确。所以本规范修订时改为“宜取断路器实际开断时间(继电保护动作时间与断路器固有分闸时间之和)的短路电流周期分量,作为校验条件”。在断路器的额定开断电流较系统的短路电流大出很多时,为了简化计算,也可用超瞬变电流进行选择。

断路器开断的短路电流中,非周期分量所占比重,与系统的衰减时间常数和断路器开断时间均有关。远离发电厂的变电所二次电压主母线、配电网中变电所主母线、低速开断的 12000kW 以下发电机出口以及衰减时间常数小于 0.1s 的地方,非周期分量一般不超过周期分量幅值的 20%,可以仅按开断电流的周期分量选择断路器。

由于电力系统大容量机组的投入以及快速保护和高速断路器的使用,在靠近电源处的短路点(如发电机回路、发电机电压配电装置、发电厂及枢纽变电所的高压配电装置等),计算的短路电流非周期分量可能超过周期分量幅值的 20%,此时应向制造部门咨询断路器的开断性能,或要求制造部门做补充试验。当短路电流的幅值(周期分量和非周期分量的代数和)小于额定开断电流幅值(周期分量和非周期分量的代数和,即周期分量的幅值的 1.2 倍),目前工程设计中可不必征得制造部门的同意而直接选用。

关于自动重合闸对开断电流的影响问题,主要指我国早期生产的仿原苏联产品,多数在重合闸情况下,开断电流降低,需要打一定的折扣。我国近期生产的新系列产品,均已按断路器标准通过规定循环操作下的开断电流。因此,在落实断路器的技术性能后,可不必再因为重合闸而降低其断流能力。

6.3.11 并联电容器组作为无功补偿装置,已在大量使用,但国内尚无专门操作电容器组的断路器。经调查,各地区安装使用的断路器各种情况都有。

根据理论分析,投入电容器组时产生的合闸过电压,一般不大于 $2U_{ex}$,但在实际试验中发现可能超过 $2U_{ex}$,如 ZN—10 型真空断路器为 $2.73U_{ex}$,DW₂—35 多油断路器为 $3.2U_{ex}$ 。这样高的合闸过电压对电容器的安全运行是不利的。研究证明,这种高于 $2U_{ex}$ 合

闸过电压,是由于断路器合闸时触头的弹跳而造成的。故要求断路器合闸时触头无明显弹跳现象,就是为了限制电容器组投入时所产生的合闸过电压。

理论分析及试验结果表明,如断路器发生多次重击穿,其过电压可达 $4.8U_{cr}$,为避免断路器在开断电容器组时的重击穿过电压,无论是“单分”或“合分”操作方式,均不应发生重击穿现象。根据目前我国系统情况,在 110kV 及以下变电所内装设的并联电容器,现有国产断路器一般能开断的电容器容量为:10kV 级不小于 10MvAr;35kV 级不小于 20MvAr。

总结国内对此类断路器的调试及运行经验,本条提出以下几种型式供实际工程选用。

对于固定投入而不经常操作的 10kV 电容器组可采用 SN₁₀-10 型少油断路器,该型断路器的开断性能已有很大改进,厂家标定可以切合最大达 10MvAr 电容器组。对于频繁操切的分组电容器断路器,则可采用重击穿或燃率较小的真空断路器。这种断路器体积小,维护方便,不会引起火灾和爆炸危险,国内已有很多供电局在电容器组回路中使用(若操作过电压倍数超过规定,则应配以氧化锌避雷器)。也有些局厂采用加并联电阻的 10kV 多油开关。

对 35kV 及以上的电容器组,由于上海华通开关厂及平顶山开关厂等已生产能开断电容或电感电流无重燃或无复燃、过电压又低的 SF₆ 断路器,故推荐使用该产品。至于对多油断路器则可加装并联电阻,但现场改装增设较麻烦,且操作的电容器组容量也有限。35kV 真空断路器尚不成熟暂不推荐。

6.3.12 本条沿用原规范条文,仅补充了关于日照对导体的影响的规定。本规范推荐的计及日照的 +80℃ 的钢芯铝绞线载流量与不计日照的 +70℃ 载流量甚为接近,经上海电缆研究所同意,考虑日照后的屋外配电装置的钢芯铝绞线最高允许温度暂取 +80℃。屋外管形导体受日照影响更大,但正常受力较小,亦暂取 +80℃。

6.3.14 环境温度影响导体的对流和辐射散热,载流量应按环境温度修正。

经分析,屋内导体的环境温度修正系数仍可按原使用的原苏联公式计算。

$$K_t = \sqrt{\frac{t_1 - t_0}{t_1 - t_2}}$$

式中 K_t ——环境温度修正系数;

t_1 ——导体最高允许温度(°C);

t_0 ——实际环境温度(°C);

t_2 ——基准环境温度(°C);

对屋外导体,由于风速和日照的影响,按上式计算误差较大,尤其是大直径导体在环境温度高时相差更大。环境温度修正系数不仅与气象条件有关,也与导体外径有关,本规范附录的推荐值为各导体修正系数的平均值。

海拔对导体载流量也颇有影响,随着海拔高度的提高,环境温度有所降低,但日照的增强和空气密度降低(后者使对流散热减弱),影响了屋外导体的热平衡,故也须予以修正。附录的综合校正系数可供直接使用。

导体采用多导体结构时,因为电流分布不均匀,间隙的散热条件恶化,将影响载流量,另外若导体的相间距离太小,由于邻近效应将增加交流电阻,从而也要降低载流量,故需考虑邻近效应和热屏蔽对载流量的影响。

6.3.15 表 6.3.15-1、6.3.15-2 分别列出断路器和屋外隔离开关的接线端子允许的水平机械荷载。

断路器接线端子允许的水平机械荷载 表 6.3.15-1

额定电压(kV)	10 及以下	35~63	110
接线端子水平机械荷载(N)	250	500	750

短时作用的荷载,系指在正常状态下长期作用的荷载与在安装、检修、短路、地震等状态下短时增加的荷载的总和。

屋外隔离开关接线端子允许的水平机械荷载

表 6.3.15-2

额定电压(kV)	10 及以下	35~63	110
双柱、三柱式(N)	250	500	750(单柱式为 1000)

管型母线的支柱绝缘子,除校验抗弯机械强度外,尚须校验抗扭机械强度。其安全系数可取正文所列数据。

6.3.16 根据 JB 654—77《铝母线》及 JB2083—77《铜母线》硬铝及硬铜的抗拉强度分别不小于 117.6MPa 及 245MPa,允许应力按抗拉强度的 60%计算,分别为 70.56MPa 及 147MPa,故本规范最大允许应力分别定为 70MPa 及 140MPa。表内所列数值为计及安全系数后的最大允许应力,对应于材料破坏应力的安全系数一般取 1.67。

对于槽形导体,可能达不到表中所列数值,选择导体时应向制造部门咨询。

所谓重要回路是指发电机、主变压器回路及配电装置汇流母线等。

动力效应主要是指短路时的振动频率和硬导体自振特性所引起的共振时的响应特性,也就是硬导体的应力计算须考虑共振的影响。

6.3.17 正常运行时导体的接头温度是保证电气回路安全运行的重要条件,故为了要使导体和导体、导体和电器之间的接触可靠,不致局部过热,应从改善接触连接结构着手。

螺栓接头温度与接触电流密度、材料特性、接触压力、大气成分、涂料及表面加工等因素有关。接头的热胀冷缩及长期慢退火使接触松动,致使大气侵入间隙,并在高温作用下使接触面氧化加剧,这是螺栓接头过热的根本原因。为保证安全运行,除需要断开的接头以及导体与电器连接应采用螺栓连接外,硬导体间的连接应尽量采用焊接,铝—铝焊接应采用氩弧焊。

金属间的电化腐蚀与环境条件(如污秽、潮湿等)有关,故在屋

外或屋内潮湿的场所,当为铜、铝导体连接时,一般采用铜铝过渡接头。

6.3.18 为了消除由于温度变化引起的危险应力,矩形硬铝导体的直线段一般每隔 20m 左右安装一个伸缩接头。对滑动支持式铝管母线一般每隔 30~40m 安装一个伸缩接头;对滚动支持式铝管母线应根据计算确定。

除了硬母线与发电机端子、主变压器端子等处应装伸缩接头外,对于其它电器,由于端子不能承受大的应力,是否需装伸缩接头,决定于电器端子前母线有无卡死的固定点以及电器端子允许承受的拉力。

6.4 配电装置的布置

I 安全净距

6.4.1 本条文修改补充的内容如下:

(1) 根据本规范的应用范围,增加 63kV 及 110kV 两个电压等级,另在 3~10kV 及 35kV 中间增加 15~20kV 电压等级。

(2) 对电压为 110kV 的配电装置,其相对相与相对地的距离不一样,其差值各国数据采用不一致(约 10%~25%)。我国采用 10% 差值,故将表中 A 值分为 A_1 和 A_2 值。

(3) 增加了 A_2 值的适用范围,隔离开关和断路器等开断电器的断口两侧引线带电部分之间,亦应满足 A_2 值的要求。

(4) B_1 值是指带电部分至栅栏的距离和可移动设备在移动中至无遮栏带电部分的净距, $B_1 = A_1 + 750\text{mm}$,一般运行人员手臂误入栅栏时手臂长不大于 750mm,设备运输或移动时摆动也不会大于此值。交叉的不同时停电检修的无遮栏带电部分之间,检修人员在导线(体)上下活动范围也为此值。

(5) B_2 值是指带电部分至网状遮栏的净距, $B_2 = A_1 + 30 + 70$ (mm),一般运行人员手指误入网状遮栏时手指长不大于 70mm,另外考虑了 30mm 的施工误差。

(6) C 值是保证人举手时,手与带电裸导体之间的净距不小于 A_1 值, $C=A_1+2300+200(\text{mm})$ 。一般运行人员举手后总高度不超过 2300mm,另外考虑屋外配电装置施工误差 200mm。在积雪严重地区还应考虑积雪的影响,该距离可适当加大。

规定遮栏向上延伸线距地 2.5m 处与遮栏上方带电部分的净距,不应小于 A_1 值;以及电气设备外绝缘体最低部位距地小于 2.5m 时,应装设固定遮栏,都是为了防止人举手时触电。

(7) D 值是保证配电装置检修时,人和带电裸导体之间净距不小于 A_1 值。 $D=A_1+1800+200(\text{mm})$,一般检修人员和工具的活动范围不超过 1800mm;屋外条件较差,另增加 200mm 的裕度。规定带电部分至围墙顶部的净距和带电部分至配电装置以外的建筑物等的净距,不应小于 D 值,也是考虑检修人员的安全。

(8) 对于 A 值的确定,110kV 及以下的配电装置一般由雷电过电压起控制作用,而雷电过电压是由避雷器的保护水平决定的。因此按雷电过电压确定电气装置的最小间隙距离即是由避雷器残压来确定最小间隙距离。目前,我国电网中大量运行的是阀型避雷器,但近年来 110kV 及以上等级电网中越来越多地应用了磁吹避雷器。因此,若 110kV 采用磁吹避雷器,其残压相应地为:110(中性点接地)~265kV,110~332kV。根据公式计算得间隙放电电压,然后查间隙放电特性曲线,可得出其最小空气间隙分别为:

A_1 值,110(中性点接地)为 720mm,110 为 900mm;

A_2 值,110(中性点接地)为 800mm,110 为 1000mm。

但由于由操作过电压决定的屋外最小空气间隙值分别为:

A_1 值,110(中性点接地)为 800mm,110 为 940mm;

A_2 值,110(中性点接地)为 900mm,110 为 1020mm。

故其安全净距只能减少 10%左右。

原规范所列确定水平布置绞线中心间最小距离的公式: $d=Kc\sqrt{f}+A$ 系引自原苏联早期配电装置安装规程,是个经验公式。后原苏联改用公式 $d=A+fsin\alpha$,式中 $\alpha=\text{arctg}P/Q$,其中 P 为导线每米长度的重量, Q 为导线上的风压(kg/m),风速值采用

建筑所用风速的 60%，另外原苏联现行标准中，还要求对应于 110kV，在短路容量为 4000MVA 情况下短路时不发生混线，也不因导线摇摆而使空气间隙击穿。

美国确定水平布置绞线的中心间最小距离的方法甚为简单，是依 2 倍弧垂加上 A 值而定，这是考虑了风偏和短路的极限情况，因此计算结果必然偏大。

分析上述情况，采用国外的公式是合适的。原电力部电力建设总局 1963 年召开的“配电装置专业座谈会”推荐了新的计算方法，近 20 多年来已为各电力设计院采用，因此本条关于出线和母线间距离的校验按此作了修改。

屋外配电装置使用绞线时，计算不同相的绞线间最小距离 (mm) 如下。

对于雷电过电压和风偏：

$$d' \geq A' + 2(f_1 \sin \alpha'_1 + f_2 \sin \alpha'_2)$$

对于操作过电压和风偏：

$$d'' \geq A'' + 2(f_1 \sin \alpha''_1 + f_2 \sin \alpha''_2)$$

对于最大工作电压、短路和风偏：

$$d''' \geq A''' + 2(f_1 \sin \alpha'''_1 + f_2 \sin \alpha'''_2)$$

式中 A' 、 A'' 、 A''' ——分别为雷电过电压、操作过电压、最大工作电压时绝缘配合最小安全净距，可参照规范中表 6.4.1 所列数值；

f_1 、 f_2 ——分别为跨线中绝缘子串部分和绞线部分的弧垂；

α'_1 、 α''_1 、 α'''_1 ——分别为雷电过电压、操作过电压、最大工作电压时绝缘子串部分的风偏摇摆角；

α'_2 、 α''_2 ——分别为雷电过电压、操作过电压时绞线部分的风偏摇摆角；

α'''_2 ——最大工作电压时在风力和短路电磁力作用下绞线部分的摇摆角。

使用上述公式计算时，计算风速按本规范表 6.4.1 中的数值。

过去在最大工作电压条件下,进行短路加风偏的校验时,计算方法不太明确,有时采用短路叠加最大设计风速的风偏,相间距离常常由此条件控制,考虑到短路与最大设计风速同时出现的几率甚小,故本规范对校验条件明确分为两种情况:

(1) 最大工作电压下的最小安全净距与最大设计风速。

(2) 最大工作电压下的最小安全净距与短路摇摆加 10m/s 风速。

6.4.2 修改内容如下:

(1) 同屋外一样,增列了 15kV、20kV、63kV、110(中性点接地)及 110kV 电压等级的各种安全净距。

(2) 110kV 及以下屋内配电装置的 A 值普遍较屋外 A 值小 50~100mm,这主要是考虑到屋内的环境及大气条件较屋外较为有利,导线不受风吹偏斜的影响,带电体位置固定可少留裕度,同时考虑到加大间隙对造价的影响较屋外更大,故间隙裕度应减少。

国外的做法不太一致。原西德对于屋外、屋内采用同一数值(只有 3~10kV 电压等级屋内值低于屋外值,其它电压等级都一致);原苏联与日本则取屋内稍低于屋外的数值(在超高压范围日本又取屋内、屋外同值)。现将原苏联屋内及屋外配电装置的最小电气距离列于表 6.4.2,供参考。

原苏联屋内外配电装置最小电气距离(cm) 表 6.4.2

额定电压(kV)		6	10	20	35	110 (中性点接地)
屋 内	相—地	9	12	18	29	70
	相—相	10	13	20	32	80
屋 外	相—地	20	20	30	40	90
	相—相	22	22	33	44	100

(3) B_2 值是指带电部分至网状遮栏的净距,若为板状遮栏,则因运行人员手指无法伸入,只须考虑施工误差 30mm,故此时 $B_2 = A_1 + 30(\text{mm})$ 。

(4) C 值的含义与屋外相同,考虑到屋内条件比屋外为好,不再考虑施工误差,因此, $C=A_1+2300(\text{mm})$ 。

(5) D 值的含义与屋外相同,考虑屋内条件比屋外为好,无须再增加裕度,因此 $D=A_1+1800(\text{mm})$ 。

(6) E 值指由出线套管中心线至屋外通道路面的净距,考虑人站在载重汽车车箱中举手高度不大于 $3500(\text{mm})$,因此将 E 值定为在 35kV 及以下时为 4000mm , 63kV 及以上时取 $E=A_1+3500(\text{mm})$,并向上靠为整数值。若明确为经出线套管直接引线至屋外配电装置时,则出线套管至屋外地面的距离,可不按 E 值校验,取较小的数值,但不应低于同等电压级的屋外 C 值。

(7) 110kV 屋内配电装置若采用磁吹避雷器,根据计算,其安全净距约可减少 $6\%\sim 15\%$ 。

6.4.4 照明、通信和信号线路绝缘强度很低,不应在屋外配电装置带电部分上面或下面架空跨越或穿过,以防感应电压或断线时造成严重恶果,或因维修照明等线路时误触带电高压设备。屋内配电装置内不应有明敷的照明或动力线路跨越裸露带电部分上面,防止明线脱落造成事故,同时对照明灯具的安装位置亦应考虑维护人员维修时的安全。

II 型式选择

6.4.5 本条明确了选择配电装置型式的指导思想,确定了选择时应满足的要求,同时也强调了节约土地的重要意义。

35kV 屋内配电装置具有节约土地,便于运行维护;防污性能好等优点,且投资也不高于屋外型,故在城市可优先考虑采用屋内配电装置。

110kV 配电装置的常用型式有屋外普通中型、屋外高型、屋外半高型及屋内型等。其中以半高型较为先进,因半高型占地面积为普通中型的 47% ,而总投资亦为普通中型的 98.2% 。同时,该型布置在运行检修方面除设备上方有带电母线外,其余布置情形与中型布置相似,能适应运行检修人员的习惯与需要,在南方及农业

高产区,已积累了成熟的经验,因此在一般情况下(除污秽地区、市区及地震烈度八度以上等地区)宜优先选用半高型配电装置。

对污秽地区配电装置的选型,鉴于我国目前尚未能完整供应全部系列的防污型电气设备,且价格也偏高,而屋内配电装置防污效果较好,同时又能节约用地,故采用屋内配电装置是一个有效的防污措施。根据有关设计单位的综合分析,在中等污秽地区110kV屋外配电装置采用防污型产品,与采用正常绝缘的屋内配电装置相比,其造价基本相近(屋内型约贵2%~8%),若在重污区,则屋内型肯定较屋外型造价低,故从技术经济全面衡量,污秽地区35~110kV配电装置宜采用屋内配电装置。

由于目前城市地区内的土地费用昂贵,征地又很困难,且线路走廊又受到限制,故采用屋内配电装置就显得比较有利。据调查,一般大、中城市中110kV采用屋内型的较为普遍。

SF₆全封闭组合电器是目前比较先进的电气设备,它具有安全可靠,检修周期长,可以简化土建设计,特别是可以大量节约土地等优点,故我国在各大城市中都有陆续投运。经调查,我国自己制造并已投运的110kV全封闭组合电器共40套,最长的运行年限已达26年。总的来说,运行情况良好,其主要性能已接近和达到国外同类产品。部分厂家除积极研制生产外,还引进国外66~550kVSF₆全封闭电器系列生产技术或专利。但目前的问题是GIS价格仍太贵,根据长江水利委员会设计局所作的分析比较,综合造价110kV GIS较常规屋外型价格高2.1倍左右,故根据我国国情,将SF₆全封闭电器限制用在大城市中心地区或环境特别恶劣地区的63~110kV配电装置。

63~110kV屋外中型布置,在我国建设数量最多,具有丰富的施工、运行及检修经验,但由于屋外中型布置占地面积较大,在华东、中南、西南等农业地区,人均耕地面积较少,建议不推广采用本型装置。至于东北、西北的大部地区,由于人均耕地较多,土地又较贫脊,仍可根据具体情况选用屋外中型。

根据《电力设施抗震设计规范》,八度以上地震区的配电装置,

不宜采用高型、半高型及双层屋内配电装置,亦不宜采用支柱式管型母线,推荐采用屋外中型布置,因从抗震性能来说,中型优于上述其它布置型式。

6.4.6 依据确定的主结线,GIS 的布置应充分体现其体积小的优越性,同时要考虑安装、运行、检修的方便,并具有一定的互换性,满足各种必要的组合方案。据有关文献报道,日本三菱的 GIS 是按屋外生产的,可布置在屋内或屋外,而瑞士的 GIS 则有屋内、屋外两种。又据调查,国外 50% 用户赞成屋内式,15% 用户则对两种形式都同意。这与当地的气候、周围环境及习惯等有一定的关系。我国目前已投运数十套 GIS(包括国外产品及我国制造厂自己制造的),除宝钢进口的 1 套 GIS 布置在屋外外,其余均为屋内式。主要考虑由于气候的影响,屋外 GIS 在运行及维护检修方面都有一定的不便,故大都采用屋内式。

GIS 内部的布置主要为断路器断口的布置形式。当为水平布置时,可以在断路器的两侧检修断口,检修较垂直布置方便,且能减小配电装置的高度,还能防止垂直下落的灰尘进入消弧室,但水平布置占地尺寸略大;当垂直布置时,检修时需将断路器消弧室垂直吊出,要求高度比较高,但场地宽度可以缩小,因此具体布置方式应根据场地条件及检修方式而定。

6.4.8 35~110kV 铝管母线配电装置,大多采用单管圆型均质等跨连续支持式铝管母线,地震区可采用悬吊式。

支持式铝管母线配电装置具有节省占地面积,布置清晰,直观性强,安装简单,运行维修方便等优点,在 220kV 及以下配电装置中已得到广泛的采用。

铝管母线的挠度标准,主要考虑以下几点:(1)受环境及运行温度的变化引起铝管母线热胀冷缩,应能在支持金具中自由移动;(2)长期运行会产生一定蠕变而加大挠度,其蠕变涉及因素很多,但与初始挠度有关;(3)与铝材耗量有关,挠度小,运行安全且美观,但耗铝量大。关于铝管母线的挠度标准,各国采用不一,如表 6.4.8 所列。

各国铝管母线挠度标准

表 6.4.8

国名	日本	加拿大	德国	法国	美国	原苏联	英国
挠度	0.5D~D	D*	l/143	l/150~l/80	l/200~l/150	1.33D	D*

注：①带*者为最大荷载作用下的挠度。

②l为跨距，D为铝管直径。

我国现行规程，其挠度标准采用了日本的表示方式，即取(0.5~1)D。

圆型单管母线在微风中会产生卡曼涡列，因此在设计中还必须考虑消除微风振动的措施。消除的措施一般采用下列方法：(1)加装动力双环阻尼消振器；(2)在管内加装阻尼线；(3)改变支持方式。

管形母线还必须适当延长端跨母线，同时以在端部加屏蔽环或圆球的方式来消除端部效应。

III 通道与围栏

6.4.9 以往设计较少考虑屋外配电装置设置专用的巡视小道，往往只利用电缆沟盖板作为巡视用，使巡视和维护检修深感不便。特别是南方多雨，雨季泥泞不堪，运行人员对此意见较大，今后在设计中应予以重视。但巡视小道必须根据运行巡视的需要设置，并宜结合地面电缆沟的布置确定路径，以节约投资。巡视小道路面宽宜为0.7~1.0m，当巡坡大于8%时，宜有防滑措施或做成踏步。

对屋外配电装置的场地，凡有就地操作或检修要求的设备，应在其周围有铺砌或浇捣的地坪，其余部分可以草本植物为主进行绿化。

若屋外配电装置的进出线回路及设备较多时，在可能条件下，其道路可环形贯通，一般情况下应有具有回车条件的通道，如在道路的尽端设12m×12m的回车场，或在附近设“T”形或“十”字形路口，以取代回车场。

通道的设置除需满足运行、检修要求外，尚应符合消防要求。

6.4.11 对采用固定式开关柜的室内通道最小宽度，基本沿用原

规范。由于电压等级不同,设备型式各异,具体应用时还需按设备运输时所需的宽度进行校核,如不能满足要求,则应适当增大。

关于手车式开关柜的通道宽度,不少运行单位反映,认为原规范数值偏小,根据目前各单位进行设备大修时的情况,将最小宽度放大至单车长加 1200mm 及双车长加 900mm。这两个尺寸与《厂用电设计技术规定》中手车式高压开关柜操作通道的最小宽度是一致的。该规定单列布置最小宽度为 2000mm,双列布置为 2500mm,而小车长度为 800mm,分别加上 1200mm 及 900mm 后,其最小宽度也是 2000mm 及 2500mm。

对 35kV 手车式开关柜的操作通道最小宽度,据对部分地区的调查,采用宽度一般在 2.2m 至 3m 之间,个别达 3.5m。但运行单位普遍反映,由于这种断路器检修工作量不大(如北京供电局介绍,一般手车每年小修 1 次,最多只要 1 天,大修则 3~5 年 1 次,每次 3 天左右),在操作通道内检修,既方便又解决问题,很少推到检修间检修过,要求将通道宽度加宽到 3000mm 左右(开关厂在开关说明中要求柜前通道不能小于 2200mm)。一般 35kV 手车式配电装置以单列式为多,采用本条规定即单车长加 1200mm 作为最小距离是能满足要求的。一般 35kV 手车的拉出长度为 1340mm,则最小距离为 2540mm。

35kV 手车式开关柜若用电缆出线时,则柜后只需留 1m 宽的通道,作维护检修之用;若用架空出线时,因架空出线须在柜后用硬导体引至柜顶上再引出屋内,故需留出一宽为 0.8m 的廊道给架空出线,这样柜后留距就不应小于 1.8m。

6.4.12 屋内布置的 GIS 需设置通道,除作一般的维护通道外,尚需满足运输部件之用,根据运行调查,通道宽度不应小于 1.5m。国外的 GIS 配电装置,一般考虑设置 SF₆ 气体回收小车,根据小车尺寸,则通道宽度不应小于 2m,次要维护通道只需 1.2~1.5m 就可以了。

对于屋外布置的 GIS 通道,则应考虑现场的作业要求,若需考虑起吊的通道,根据国外经验,通道宽度就要 3~4m。

6.4.13 目前发电厂的屋外配电装置均有与外界隔开的围栏,而变电所特别是工矿企业的变电所,尚有不少的屋外配电装置未设置与外界隔开的围栏,非运行人员进大门后可直接进入屋外配电装置场地,影响安全运行。故本规范规定厂区内的屋外配电装置宜围以高度不低于 1.5m 的围栏,当屋外配电装置的出线侧或旁侧紧靠发电厂、变电所或工矿企业的围墙时,则围墙可作为围栏的一部分。

国外亦有类似规定以确保安全运行。如原苏联安装规程规定屋外配电装置周围应围以高度不低于 1.6m 的围栏;而原西德则规定屋外配电装置必须作为与外界隔离的电气运行场所,四周必须围以高度不低于 1.8m 的篱笆墙。

6.4.14 据调查,有些屋外配电装置的栅状遮栏(简称栅栏)高度及其它要求,均不满足本条的规定,应引起注意。1.2m 的栅栏高度是最低要求,因栅栏对带电体的距离 B_1 值是以 750mm 加 A_1 值验算的,在 1.2m 高度时,人已不能弯腰探入栅栏内,当手臂误入栅栏内时,不会超过 750mm,故不致发生危险。国外如捷克、瑞典等国亦采用这一高度。

围栏系指栅状遮栏、网状遮栏或板状遮栏。

6.4.15 屋内配电装置油断路器间隔靠操作走廊侧,一般均为网状遮栏,许多单位提出,担心在巡视及就地操作时,可能受到断路器爆炸或喷油燃烧等的威胁。为防止在就地操作时的断路器事故及隔离开关误操作事故等对人员的危害,增加运行人员的安全感,同时又考虑到经济性及通风等条件,所以本条规定在进行操作的范围内设置人身防护实体隔板,隔板一般采用厚度不小于 2mm 的钢板,宽度以 500~600mm 为宜,高度则不宜低于 1.9m。

6.4.16 防护措施一般是指在母线桥顶上做无孔防护罩,两侧是否装设防护罩,可根据具体情况确定。

防护罩的设置一般是从厂房外墙开始,至母线桥离厂房 6~10m 处。

IV 防火与蓄油设施

6.4.17 本条主要为防止事故扩大,采用双母线布置的屋内配电装置一般比较重要,负荷也比较大,如隔离开关与母线间无隔板,当带负荷误拉隔离开关发生短路时,电弧将蔓延至母线上,致使恢复困难,以往曾发生过这类事故。

本条不适用于成套开关柜。

6.4.18 原规范是根据设备的油量多少来区分设防标准的,这种划分方法是不太完整合适的,但至今仍定不出一个比较科学的方法。根据多年来的运行实践,本规范将断路器、PT及油浸CT等用电压等级来划分设防标准。这样,既在一定程度上考虑到油量的多少,又比较直观,使用方便,能满足运行安全的要求。例如,20kg及以下的少油断路器,其油量均在60kg以下,绝大部分只有5~10kg,虽然火爆事故较多,爆炸时的破坏力也不小,能使房屋建筑受到一定损伤,但爆炸时向上扩展的较多,事故损害基本上局限在间隔范围内。因此,一般两侧的隔板只要采用非燃烧材料的实体隔板或墙,从结构需要上考虑一定的强度就可以了,但不宜采用石棉水泥板等易碎材料。

35kV油断路器,目前国内生产的屋内型为SN₁₀-35。为安装及使用方便,很多采用35kV手车开关柜;若为固定型安装,则均安装于有隔墙的间隔内。该型断路器的油量仅15kg。至于采用屋外型的SW-35断路器设置于屋内的工程,以往曾因断路器的环氧CT在结构、工艺及材质等方面的问题而导致对地短路,发生断路器爆炸事故。如上海钢铁变电所及无锡塘头变电所均曾发生过SW₂-35爆炸事故,损失甚大,但其间隔墙的结构未受任何损伤(仅粉刷层烧裂脱落)。上海华通开关厂等已对SW₂-35进行完善改进,提高CT质量,再加上运行单位加强巡视检测,事故率已大大减少。若布置在屋内时,安装在有隔墙的间隔内是能满足运行要求的。以前亦有将DW₈-35多油断路器设置于屋内的,其油量超过300kg,故需安装在有防爆隔墙的间隔内。但今后设计中很少会在

屋内设置该型断路器,故规范中不考虑。

110kV 屋内配电装置一般装少油断路器(极少数装空气断路器),其总油量均在 600kg 以下,根据对全国 40 多个 110kV 屋内配电装置的调查,装在有防爆隔墙间隔内的油断路器未发生过火爆事故。因为空气断路器亦有爆炸的可能性(武钢变电所曾发生过),故也应按同样标准进行设防。

至于油浸 CT 及 PT,应与相同电压等级的断路器一样,安装于同等设防标准的间隔内,如乐平变电所 110kV PT 爆炸时,370 承重间隔墙未有裂缝或倒塌,只是水泥粉刷层烧裂,面层脱落,间隔墙起到了防爆的作用。为了防止 PT 等的爆炸,必要时可提请制造厂在设备上装设泄压阀。

发电厂及变电所的厂用(所用)变压器多数设在厂房或配电装置室内,原规范没有屋内变压器的设防标准。根据国内最近几次变压器火灾事故及变压器的重要性,安装在单独的防爆小间内是合适的。这样,配电装置的火灾事故不会影响变压器,变压器的火灾也不会影响其它设备。目前除 10kV 小容量的变压器外,一般均按此设防,运行情况良好。故配合下一条文及实际情况,本条文规定油量超过 100kg 的变压器一般安装在单独的防爆小间内(35kV 变压器油量均超过 100kg,10kV、80kVA 及以上的变压器油量超过 100kg)。高压开关柜内的变压器可不受本条限制。

6.4.19 原规范规定屋内断路器、电流互感器总油量在 60kg 以上及 10kV 以上的油浸式电压互感器,应设置贮油或挡油设施,实际目前投运及设计的屋内 35kV 少油断路器及电压互感器,其油量分别为 100kg 及 95kg,均未设置贮油或挡油设施,事故油外流的现象很少。所以将贮、挡油设施的界限提高到 100kg 以上(油断路器、互感器为三相总油量,变压器为单台含油量),同时提出,设置挡油设施时,不论门是开向建筑物内或外,都应将事故油排至安全处,以限制事故范围的扩大,故挡油设施的容量均为 20%油量。若无法排至附近的安全处所,则应设置 100%油量的贮油设施。

为尽快将事故油通过排油管排至安全处,排油管的内径不应

小于 100mm,排油管在贮油坑一侧应有护网。

6.5 建 筑

6.5.1 本条所列内容,大部沿用原规范,仅作少量补充,均系从保证安全运行和为维修人员的安全创造条件而制定的,对防止事故或避免事故的扩大有一定的积极作用。

配电装置长度大于 7m、小于等于 60m 时,应有两个出口,长期以来就按此执行,并无很多单位提出意见。1986 年出版的原苏联安装规程也仍作此规定,并提出当配电装置长度大于 60m 时,除其端头的出口外,应增加出口,以使从维护走廊、操作走廊或防爆走廊的任一点到出口的距离不大于 30m。故本条文仍按原规范未作修改。

配电装置室开窗后对采光和通风有利,也便于停电检修时的检查清扫工作,但有时往往由于未采取有力措施及维护不当,反而因雨雪、小动物及污秽物的进入而造成事故,故必须加强这方面的保护措施。在污秽严重或风沙大的地区,不宜设置能开启的窗,玻璃上应用铁丝网保护。上海及浙江均发生过大风雪时因雪飘到室内母线上而引起的闪络事故。另外,若配电装置室需开设窗户时,其窗户的下檐距室外地面不宜小于 1.8m,以保证安全。临街一面不宜开窗,也是为安全考虑。

当采用 GIS 时,由于该装置多少有一些微量 SF₆ 泄漏出来, SF₆ 气体为惰性气体,比重为空气的 5 倍左右,故室内要求有正常的通风、排风装置,且其排风取气口位置一般应布置在 GIS 室内下部,或将轴流风机布置在对应的断路器部位的墙上,或距地面 0.5m 左右处。有条件的变电所,可设置进风装置,进风口设在室内上部。此外,为了保证 GIS 配电装置室的环境清洁,室内地坪应采用水磨石,四周墙壁应涂漆。若装置间隔较多时,还可设置专用的安装检修场。

一般配电装置室的内墙面应涂料处理,或抹灰刷白,使环境明亮洁净。顶棚则只刷白,不抹灰,以避免抹灰脱落到带电体上。

6.5.2

(1) 1963年配电装置专业座谈总结曾提出,所有构架都按终端构架设计。但后来在工程设计中,各地区做法不尽一致,有的已打破这个框框。1977年9月在兰州召开的座谈会认为,变电构架应分别按终端和中间构架进行设计,对因扩建需要或因接线变化将来可能成为终端构架的中间构架仍应按终端构架设计。本次修订规定对于连续的构架,可根据实际的受力条件,并预计到将来的发展,因地制宜地确定按中间或终端构架设计。有的工程考虑到预制、组装、就位的方便,构架的标准化和便于扩建、改建、独立构架均按终端条件设计为宜。

(2) 构架设计的荷载组合基本沿用了过去的设计条件。安装紧线时,各级电压施工经验均证明,采用上滑轮挂线方案不但可以减少过牵引拉力,若滑轮扎缚位置恰当,过牵引拉力还有可能小于导线的正常拉力。所以,只要施工方法恰当,安装时过牵引拉力不是构架控制条件。在更换绝缘子串时,通常采用紧线器,使被更换的绝缘子串脱离受力状态,过牵引值在3~5cm左右,试验也表明,它也不是构架的控制条件。因此规定,不应把过牵引作为控制条件。

检修时考虑导线上人,主要指110kV的构架,在构架较低时,导线的检修工作完全可以用靠梯进行,导线集中荷载系沿用《火力发电厂土建结构设计技术规定》SDGJ64—84的数值。当跨中无引下线时,可不考虑跨中上人,但仍应考虑三相同时上人达到绝缘子串根部,每相1kN。此时,上人跨及未上人的相邻跨的导线张力差,可考虑挠度不同所带来的有利影响。

导线上人检修时,还考虑此时在梁上有2人作业,人员连带工具按2kN计算。

7 1kV 以下配电装置

7.1 电器的选择

7.1.1 国家现行的有关标准是指国家标准。行业标准和企业标准。通常,行业及企业标准都不低于国家标准,一般比国家标准更全面具体。所选电器首先满足国家标准,但若有行业及企业标准,也应当满足其要求。不得选用国家公布的淘汰产品。

所选电器的额定电压、额定电流、额定频率应与所在回路的标称电压、计算电流及额定频率相适应。只要电器能正常工作就不必要求与所在回路标称电压及频率完全一致。因为电器可在偏离标称值或额定值一定范围内正常工作。

7.1.4 导体冷态时温度若为 20℃,当载流后导体温度可达 80℃或以上,其电阻值相差较大,因此应予考虑。IEC—909 标准中规定:计算最小短路电流时取热态电阻,为方便计算,IEC—TC73 曾在技术报告中提出可按 20℃导体电阻值乘以 1.5 做为热态电阻;计算最大短路电流时,取 20℃时的导体电阻值。

7.1.5 发生短路时,电动机向短路点输出反馈电流,在短路电流计算中应计入反馈电流的数值,按 IEC—909 标准的规定:当接到短路点的所有低压电动机的额定电流总值超过短路电流的 1% 时,则应计入电动机反馈电流的数值;可按实际能产生反馈电流的电动机额定电流之和乘以 5,做为总的反馈电流。

7.2 配电设备的布置

7.2.4 落地式配电箱底部的适当抬高是为了防止水进入配电箱内和便于施工接线。底部抬高后还应将底座四周封严,以防止鼠、蛇类等小动物爬入箱内裸导体上引起短路事故。

例如某大酒店厨房用的落地配电箱底部抬高后未封严,一老鼠钻进箱内,爬在母线上造成短路,老鼠触电死亡,粘吊在母线上。

7.2.5 本条的规定是作为增强一级负荷配电可靠性的措施之一,当没有一级负荷的母线发生短路引起火灾时,有一级负荷的母线可因存有隔断而不直接受到影响或少受影响,隔断可以用防火材料的隔板,也可是隔墙,隔墙是整体形时,墙上应开通行门洞。

7.2.6 防止电工在柜(屏)顶进行维修工作时,误跨触到邻近的屏(柜)顶上的裸带电母线而造成触电事故,2m 的距离是无法跨过的。

7.2.7 根据过去设计的经验和调查,许多工业企业的供配电系统,由单台变压器供电的低压配电屏并排排列的长度一般不超过6m,屏后的通道只有一个出口,已能满足安全运行的要求,且便于建筑形式的布置,当配电屏的长度超过6m时,屏后通道宜设两个出口,以便于维修工作和事故时人员逃离事故点。

7.2.9 防直接接触电事故有许多种保护办法,如采用安全超低压配电、限制放电能量、采用功能超低压、裸导体包绝缘材料、采用遮栏和外护物、将裸导体置于伸臂范围以外的保护等,安全地布置设备是指将裸带电体置于人能随意触及范围以外的办法,以防止直接接触电事故的发生。

本节所定的安全保护措施主要是采用防护外壳、遮栏以及拉开人与裸带电体之间的距离等办法,以防止人无意识地触及裸带电体。防护等级采用我国 GB492.2—85 标准《低压电器外壳防护等级》,该标准是与 IEC144《低压开关设备和控制设备外壳防护等级》和 IEC529《外壳防护等级的分类》的规定一致。

7.2.10 IEC364 第 411.1 条款中的有关规定,不需防直接接触电保护的安全超低电压是交流 25V。IP2X 等级的防护是:

(1) 能防止手指或长度不大于 80mm 的类似物触及壳内带电部分或运动部件;

(2) 能防止直径大于 12mm 的固体异物进入防护壳内。

7.2.12 此条是根据 IEC364 第 412.2.4 条的规定,主要是为了使

防护物能起到可靠的保护作用,加强可靠性:具体采用哪一种措施较合适则要依据实际情况而定。

7.2.14 容易接近的遮护物的水平顶部防护等级要求较高,因顶部容易掉进异物,如短段金属线、垃圾块及小金属零件等等。IP4X级的防护,是能防直径(厚度)大于1mm的工具、金属线和固体物进入防护壳内。

7.2.15 阻挡物也是防止人体无意识地接近带电部分或在设备正常运行时无意识地触及带电部分,阻挡物的设置与制作的要求没有遮护物那样严格,一般是作为临时性的简易的防护措施,但也应起到必要的防直接接触电的保护作用。

7.2.16 本条直接采用IEC364第412.4条的规定。

按防护外壳的分级,低于IP2X级的有IP0X和IP1X两级,IP0X级为无防护级。即没有专门的防护;IP1X级是防止直径大于50mm的固体异物进入带电体的防护壳内;因此,防护等级低于IP2X级时,人体就容易触及裸带电体,故采用防护等级低于IP2X级的阻挡物时,计算人的伸臂范围则应从阻挡物算起。

7.2.17 人在工作时,有时手中必需握有导电的金属工具,当这些工具接触裸导电体时也会产生电击危险,因此当计算此种情况的伸臂范围时应加上手执工具的长度。

7.2.18 根据我国情况一般人的举手高度在2.2m左右,在屏前通道内,因通行的人较屏后多,且并非全是经过训练的电工,故在举手高度上再加0.3m的安全距离,规定屏前裸导体的高度为2.5m。屏后通行的人少,安全距离考虑为0.1m故屏后高度定为2.3m。

7.2.19 2.5m的安全高度的说明同前所述,遮栏与裸导体间距定为0.8m,是考虑人的手臂长一般不大于0.75m。我国人体平均身高为男1.63~1.69m,女为1.53~1.58m,男女肩高不超过1.3~1.4m。为了防止人的身体前倾后伸臂触电,将遮栏高度定为1.4m。

7.2.20 根据低压配电装置室的性质和防火规范的一般要求而

定。由于三级耐火等级的屋顶承重结构为燃烧体不防火,不够安全,条文中规定将屋顶承重结构改为不低于二级耐火等级。

7.2.21 主要是考虑当室内发生事故时,现场人员容易逃离事故地点,同时也便于救护人员接近现场,平时使用也较方便。有的配电室是分楼下和楼上两部分布置的,其内部有楼梯上下相通。楼下部分有通向室外的门,但这还不够,楼上部分也应有通往室外走道或楼梯间的安全门,当楼上或楼下发生火灾或其他事故时,楼上的人员可直接从楼上逃至室外。

7.2.22 一般配电室的电气设备和元件不是密封的,容易积灰造成事故,另外观察表计也要较明亮的光线,因此要求配电室的环境清洁,明亮;因此土建设计要注意不使用易起灰的装修材料,使室内少积灰和光线明亮。另外,有时为与整个建筑群体谐调,配电室内的装修标准宜相应的提高,如高级酒店和高级科研机构的建筑物内的配电室可提高装修标准,如采用水磨石地面、油漆墙面、顶棚加吊顶等。

7.2.23 配电室内的电缆沟距户外较近时和在地下水位较高的地区,沟内容易渗水,因此土建应采取防止渗水的措施。另外在电缆管道穿过墙基处,若管口及其周围密封不严实,户外地下水也容易由管口处流入地沟。地沟底部应有一定的坡度,当沟内有水进入时,可以使其流至一端设法排出,经常容易进水的电缆沟内。必要时还应做集水坑,以便将水抽出。

7.2.24 有的电气设备,如继电器、熔断器、仪表、导线、照明光源等,对使用的环境温度有一定的要求,否则就会影响正常的工作,因此在严寒地区和炎热地区应考虑合适的室温问题。有人值班的配电室应保证人正常工作的室温和照明,必要时还需考虑应有的生活设施,如上、下水,厕所等。

7.2.25 在高层建筑内通常将配电室设于地下室或楼层内,且位置较偏僻,因此一定要考虑到安装时和建成后维修时的运输通道问题,设计时要向土建设计提要求,不能只考虑安装时的运输,还应考虑在建筑物建成后,正常使用时配电设备出故障运出维修的

可能,后者常常容易为设计人员所忽略。地下室的通风一般不好,必要时配电室应设机械通风,还应有紧急照明系统,保证事故停电时,有可靠的安全照明。

7.2.26 鼠、蛇类等小动物往往能从密合不严的门缝和通风孔爬入室内,因此配电室的门窗应密合并应在通风孔上装设遮护网。IP3X 防护等级是能防止直径大于 2.5mm 的固体物穿过,如遮护网的网孔较大时,南方地区蛇类较多,蛇容易穿过网孔爬入室内,造成事故。因此规定遮护网的防护等级为 IP3X 较可靠。

8 继电保护与自动装置

8.1 一般规定

8.1.1 原规程适用于 110kV 及以下的电力设备和 35kV 及以下的线路的继电保护装置。根据机械工业部工厂的实际情况,有些地区的电力线路为 63kV,又由于 3~63kV 电网均为中性点非直接接地电力网,在继电保护方面有共同点。因此这次修订,对电力线路的保护由原来的 35kV 提高到 63kV。

8.1.2 由于电器产品更新换代比较快,同时为了保证继电保护和自动装置工程设计质量及可靠运行,本条重申必须选用符合现行的国家标准,技术性能先进的合格产品。

8.1.6 本条规定校验保护装置的灵敏系数,应根据不利正常运行方式和不利故障类型计算。

不利正常运行方式是指正常情况下的不利运行方式和正常检修方式。

正常不利运行方式,通常指在非故障和检修方式下,电厂中因机组开启与停运等,引起继电保护装置灵敏系数的降低。

例如:夏季丰水期水电大发,水电厂尽量多开机,而火电厂相应地减少开机。这种方式下,安装在火电厂侧的保护装置的灵敏系数可能降低。校验火电厂侧保护装置的灵敏系数应取这种不利的运行方式。

正常检修方式,系指一条线路或一台电力设备检修的运行方式。继电保护的整定中,不考虑两个及两个以上电力设备或线路同时检修的情况。

校验保护装置灵敏系数,当必要时,应计及短路电流衰减的影响。对低压电网,尤其是安装在发电厂附近的低压线路或电力设备

的继电保护装置,如果保护动作时间长,在保护动作时,短路电流已经衰减,将会影响保护装置的灵敏系数,此时就需考虑短路电流衰减的影响。

8.1.7 目的是为了**避免排气式避雷器放电时引起保护的误动作。**

选择排气式避雷器其开断续流的上限,考虑非周期分量,不得小于安装处短路电流的最大有效值。开断续流的下限,不考虑非周期分量,不得大于安装处短路电流的可能最小值。而装有排气式避雷器线路的瞬时电流速断保护的一次动作电流,按躲过被保护线路末端短路时流过保护装置的最大短路电流整定,这样与避雷器开断续流的上限是一样的。

当排气式避雷器放电时,相当于发生暂时性接地短路故障,速断保护可能动作于跳闸,但当避雷器放完电后,线路即可恢复正常,这种情况下保护不应动作。为使保护不误动作,就必须使保护动作时间躲过避雷器的放电时间,一般避雷器的放电时间可持续到 $0.04\sim 0.06\text{s}$,因此选用保护装置的动作时间应该在 $0.06\sim 0.08\text{s}$ 。

8.1.13 对配电所有较多配出回路时,工厂供电系流可采用微机集中监控装置,实现远距离测量、监视和控制。作为发展方向是值得推荐的。而且有些大型工厂已经使用,正在积累经验。产品也比较成熟和定型。对实现远距离测量、监视起到了很好的作用,可以节省劳力,及时计测,了解各变电所的运行情况。对于采用微机集中监控装置实现远距离操作,应根据工厂的实际情况慎重处置。

8.1.14 本条文中取消了原规程的手动操作机构。根据各地供电局的要求,新建或改建的配变电所,断路器不再采用手动操作机构,均应采用弹簧贮能操作机构或电磁操作机构。

8.1.15 在交流操作中采用电压互感器作为操作电源,在全国通用建筑标准设计电气装置标准图集 88D270“35/6(10)kV 变配电所二次接线交流操作”标准图中也编入了,在工厂小型配变电所中使用较多,因此,电压电感器作为交流操作电源之一是可以使用及推广的。

但是在采用电压互感器作为交流操作电源中,有个别单位反映在合闸过程中有烧坏电压互感器现象出现。这种情况很可能是由于谐振引起的。特别是采用 Y/Y₀/Δ 接线的电压互感器,能产生谐振,而且空载时更容易产生,当工厂配变电所与区域变电所相距很近时;情况就较为严重。因此在采用电压互感器作操作电源时,尽量避免采用 Y/Y₀/Δ 接线。如果变电所规模较大,需设接地检查时,电压互感器必须采用 Y/Y₀/Δ 接线,但需计算是否可能谐振,并采取消谐措施。另一种方法是把电压互感器容量增大,但这必须与开关柜生产厂家协商。

8.1.17 镉镍蓄电池直流电源装置在 6~110kV 配变电所已有 10 余年的运行经验。完全能够满足正常及事故状态下的继电保护、自动装置、运动装置、事故照明、通信及各种电磁操作分合闸的要求。镉镍电池为碱性蓄电池,它具有体积小、寿命长、自放电少、无有害气体、基本上不需要维护、高低温性能好等优点,因此在断路器采用直流电磁操动机构时,宜选用镉镍蓄电池直流电源装置作为直流操作电源。

8.2 电力变压器的保护

8.2.3 对 400kVA 及以上,一次电压为 10kV 及以下,线圈为三角—星形连接的变压器可采用三相三继电器过电流保护。

电流互感器为两相星形连接或三相星形连接时,低压侧两相短路流过保护继电器的电流如表 8.2.3-1。

不同星形连接的两相短路电流分布 表 8.2.3-1

短路相别	CT 两相星形连接		CT 三相星形连接		
	I_{jA}	I_{jC}	I_{jA}	I_{jB}	I_{jC}
ab	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	$\frac{2}{\sqrt{3}}I$	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$

(续)

短路相别	CT 两相星形连接		CT 三相星形连接		
	I_{jA}	I_{jC}	I_{jA}	I_{jB}	I_{jC}
bc	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	$\frac{2}{\sqrt{3}}I$	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	$\frac{2}{\sqrt{3}}I$
ca	$\frac{2}{\sqrt{3}}I$	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	$\frac{2}{\sqrt{3}}I$	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$

$$I = \frac{I_d^{(2)}}{n_T n_{II}}$$

式中 $I_d^{(2)}$ ——变压器低压侧两相短路时电流；

n_T ——变压器变比；

n_{II} ——电流互感器变比。

电流互感器为两相星形连接和三相星形连接时，低压侧单相接地短路流过继电器电流如下表 8.2.3-2。

不同星形连接的单相接地

短路电流分布

表 8.2.3-2

继电器 电流 短路相别	CT 二相星形连接		CT 三相星形连接		
	I_{jA}	I_{jC}	I_{jA}	I_{jB}	I_{jC}
a	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	0
b	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$
c	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}I$

$$I = \frac{I_d^{(1)}}{n_T n_{II}}$$

式中 $I_d^{(1)}$ ——变压器低压侧单相接地时短路电流。

从上述两个表格中可以看出 D, y_{n11} 变压器过电流保护采用三相星形连接时，过电流保护灵敏系数比两相星形联接时高一倍，而且当低压侧单相接地短路时，有两相保护继电器有电流通过，动作

可靠性高。因此对 D、y_{n11} 绕组联接一次电压为 10kV 及以下变压器可采用三相三继电器式过电流保护。

8.2.4 本条对变压器的纵联差动保护提出了具体要求。

(1)关于差动保护的整定值问题。过去变压器采用带速饱和差动保护装置,整定值要躲开电流互感器二次回路断线、励磁涌流和外部故障不平衡电流值,一般灵敏系数较低。特别是变压器匝间短路(这是常见的故障)时灵敏系数更低。目前晶体管纵差保护对变压器各侧均有制动,如不考虑电流互感器二次回路断线情况,整定值可以降低,以提高灵敏性。但当整定值小于额定电流时,应尽量不在差动回路内连接其它元件,以减少或防止电流互感器二次回路故障的可能性。

(2)关于差动保护使用变压器套管电流互感器的问题。变压器高压侧使用套管电流互感器而不另装互感器,具有很大的经济价值。按电力变压器国家标准规定,在 63kV 和 110kV 级容量分别为 8000kVA 和 16000kVA 及以上的变压器才供给套管型电流互感器。但当差动保护使用变压器套管电流互感器时,则变压器该侧套管或引线故障相当于母线故障,将切除较多的系统元件或使切断的时间过长,而目前国内变压器高压侧套管引线的故障,在变压器总故障次数中所占比例还是不少的;另外,套管电流互感器的组数是三组,安排起来比较紧;差动保护用一组,母线保护用一组,后备保护就要和仪表共用一组,一组互感器上连接元件过多,不仅负担可能过大而且降低可靠性。此外变压器电流互感器试验时也存在一些困难,例如无法通入大电流做变比试验。

根据上述情况,条文规定差动保护范围一般包括套管及其引出线,即一般不使用变压器套管电流互感器构成差动保护。仅在某些情况下,例如 63kV 和 110kV 电压等级的终端变电所和分支变电所;63kV 和 110kV 变压器高压侧未装断路器的线路变压器组,其容量分别为 8000kVA 和 10000kVA 及以上时,差动保护可利用变压器套管电流互感器。

此外,当变压器回路的一次设备由于检修或其他原因退出运

行而用旁路回路代替时,作为临时性措施,差动保护亦可利用变压器套管电流互感器。

8.2.5 过电流保护装置的整定值应考虑变压器区外故障时,可能出现的过负荷,而不能按躲过变压器的额定电流来整定。

8.2.8 本条是直接接地电力网中关于中性点直接接地变压器零序电流保护的规定。指出双线圈及三线圈变压器的零序电流保护应接于中性点引出线的电流互感器上。这种方式在变压器外部和内部发生单相接地短路时均能起保护作用。

8.2.9 本条对经常不接地运行的变压器采取的特殊保护作了明确规定。

110kV 直接接地电力网中低压侧有电源的变压器,中性点可能直接接地运行,也可能不接地运行。对这类变压器,应当装设反应单相接地的零序电流保护,用以在中性点接地运行时切除故障;还应当装设专门的零序电流电压保护,用以在中性点不接地运行时切除故障。保护方式对不同类型的变压器又有所不同。

8.2.9.1 全绝缘变压器绕组的全绝缘指线圈的所有出线端都具有相同的对地工频耐受电压的绕组绝缘。

当变压器中性点可能接地运行时,应按规范 8.2.8 条的规定装设零序电流保护。

当变压器低压侧有电源且中性点可能不接地运行时,还应增设零序过电压保护。

全绝缘变压器为什么还要装设零序过电压保护?根据《电力设备过电压保护设计技术规程》(SDJ7-79),对于直接接地系统的全绝缘变压器内过电压计算一般为 $3U_{xg}$ (U_{xg} —最高运行相电压)。当电力网中失去接地中性点并且发生弧光接地时,过电压值可达到 $3U'_{xg}$,因此一般不会使变压器中性点绝缘受到损害;但在个别情况下,弧光接地过电压值可达到 $3.5U_{xg}$,如持续时间过长,仍有损坏变压器的危险。由于一分钟工频耐压 $\geq 3.0U_{xg}$,所以在 $3.5U_{xg}$ 电压下仍允许一定时间,装设零序过电压保护经 0.5s 延时切除变压器,可以防止变压器遭受弧光接地过电压的损害。其次,

在非直接接地电力网中,切除单相接地空载线路产生的操作过电压,可能达到 $4.0U_{xg}$ 及以上。电力网中失去接地中性点且单相接地时,以 $0.5s$ 延时迅速切除低压侧有电源的变压器,还可以在在某些情况下避免电力设备遭受上述操作过电压的袭击。此外,当电力网中电容电流较大时,如不及时切除单相接地故障,有发展成相间短路的可能。因此,装设零序过电压保护也是需要的。

在电力网存在接地中性点且发生单相接地时,零序过电压保护不应动作。动作值应按这一条件整定。当接地系数 $x_0/x_1 \leq 3$ 时,故障点零序电压 $\leq 0.6U_{xg}$,因此一般可取动作电压为 $180V$ 。当实际系统中 $x_0/x_1 < 3$ 时,也可取与实际 x_0/x_1 值相对应的低于 $180V$ 的整定值。

8.2.9.2 分级绝缘的变压器

变压器绕组的分级绝缘是指线圈的接地端或绕组的中性点的绝缘水平较线端为低的绕组绝缘。

对于中性点可能接地或不接地运行的变压器,中性点有两种接地方式:装设放电间隙和不装设放电间隙。这两种接地方式的变压器,其零序保护也有所不同。

(1)中性点装设放电间隙。放电间隙的选择条件是,在一定的 x_0/x_1 值下,躲过单相接地暂态电压。一般 $x_0/x_1 \leq 3$,此时,按躲过单相接地暂态电压整定的间隙值,能够保护变压器中性点绝缘免遭内过电压的损害,当电力网中失去接地中性点且单相接地时,间隙放电。

对于中性点装设放电间隙的变压器,要按本规范 8.2.9 条的规定装设零序电流保护,用于在中性点接地运行时切除故障。

此外,还应当装设零序电流电压保护,用于在间隙放电时及时切除变压器,并作为间隙的后备,当间隙拒动时用以切除变压器。

零序电流电压保护由电压和电流元件组成,当间隙放电时,电流元件动作;拒动放电时,电压元件动作。电流或电压元件动作后,经 $0.5s$ 时限切除变压器。

零序电压元件的动作值的整定与本条第一款零序过电压保护

相同。

零序电流元件按间隙放电最小电流整定,一般取一次动作电流为 100A。

采用上述零序电流保护和零序电流电压保护时,首先切除中性点接地变压器,当电力网中失去接地中性点时,靠间隙放电保护变压器中性点绝缘,经 0.5s 延时再由零序电流电压保护切除中性点不接地的变压器,采用这种保护方式,好处是比较简单,但存在以下问题:

当间隙拒动时,则靠零序电流电压保护变压器,在 0.5s 期间内,变压器要承受内过电压,如系间隙电弧接地,一般过电压值可达 $3.0U_{xg}$,个别情况可达 $3.5U_{xg}$,变压器有遭受损害的可能性。

(2)中性点不装设放电间隙。对于中性点不装设放电间隙的变压器,零序保护应首先切除中性点不接地变压器。此时,可能有两种不同的运行方式:一是任一组母线上至少有一台中性点接地变压器,二是一组母线上只有中性点不接地变压器。对这两种运行方式,保护方式也有所不同。

当任一组母线上至少有一台中性点接地变压器时,零序电流保护也是由两段组成,与 8.2.8 条不同之处是 I 段只带一个时限,仅动作于断开母线联络断路器;II 段设置两个时限,较短者动作于断开母线联络断路器,较长者动作于切除中性点接地的变压器,这点仍与 8.2.8 条相同。此外,还要装设零序电流电压保护,它在中性点接地变压器有零序电流、中性点不接地变压器没有零序电流和母线上有零序电压的条件下动作,经延时动作于切除中性点不接地的变压器。零序电流电压保护的时限与零序电流保护 II 段的两个时限配合,以保证先切除中性点不接地变压器,后切除中性点接地变压器。零序电流 I 段只设置一个时限,而不设置两个时限,是为了避免与零序电流电压保护的时限配合使接线复杂化。

当一组母线上只有中性点不接地变压器时,为保护首先切除中性点不接地运行的变压器,则不能用上述首先断开母线联络断路器的方法。因为在首先断开母线联络断路器时,则将在约 0.5s 时间内,使中性点不接地变压器遭受内过电压袭击,因此为了设备

安全,在条文中规定采用比较简单的办法:反应中性点接地变压器有零序电流;中性点不接地变压器没有零序电流和母线上有零序电压的零序电流电压保护,其动作时限与相邻元件单相接地保护配合;零序电流保护只设置一段,带一个时限,时限与零序电流电压保护相配合,以保证首先切除中性点不接地变压器。

测量母线零序电压的电压元件,一般应比零序电流元件灵敏,但应躲过可能出现的最大不平衡电压,一般可取 5V。

8.2.12 目前一次电压为 10kV,二次电压为 0.4/0.23kV,线圈为三角一星形连接的变压器(也即目前采用的 D.yn11 结线组别)在变电所中用得越来越多。

由于一次线圈连成三角形时,对三芯柱式变压器当忽略零序主磁通时,即使在严重不对称运行情况下,高压绕组感应产生的零序电流将与副边零序电流相抵消,使一、二次线圈中的电流基本上是平衡的,中性线电流约等于二次线电流之和,这样可使允许的中性线电流达到额定电流的 75%左右,从而大大提高了变压器接用单相不平衡负荷的容量。

同时对线圈为三角一星形连结,低压侧中性点直接接地的变压器,接成三角形连接的一次线圈,对零序电流来说是短路电路,短路电路里有循环电流,但并不流入线路里。这些电流如同对称短路时的二次线圈内的电流一样有去磁作用,零序阻抗接近变压器的短路阻抗。因此对线圈为三角一星形连接,低压侧中性点直接接地的变压器,低压侧单相接地的短路电流基本上与三相接地短路电流相同,所以对低压侧单相接地短路当灵敏性符合要求时,可利用高压侧的过电流保护。

8.2.14 干式变压器目前在工程中使用得越来越多,特别在成套变电站,箱式变电站和高层建筑中。由于干式变压器采用空气冷却,空气的热传导系数远比变压器油热传导系数要小得多,因此采用变压器油冷却的效果较空气自冷方式要高出好多倍。干式变压器的热平衡远远不如油浸式,更容易发生因为绕组过热而产生事故,因而干式变压器更需配备热保护装置。

对于生产干式变压器的制造厂,均可以配备热保护装置。而工厂中使用的变压器容量大都在 500kVA 及以上。因此对于干式变压器在 500kVA 及以上均应装设温度保护装置。

对油浸变压器为 1000kVA 及以上是沿用长期使用的设计原则。

8.3 3~63kV 中性点非直接接地电力网中线路的保护

8.3.2 相间短路保护按两相式构成,在同一电压等级的电网中,保护所接的相别相同,以保证在不同线路上发生两点接地故障时,有 2/3 机会只切除一条线路,另一条线路可照常供电。

8.3.4 由于 3~63kV 电网为中性点非直接接地电力网,当发生单相接地时,只在接地点流过不大的电容电流,其大小与该网络架空线或电缆的长度、截面及运行电压有关,而且只有相电压发生畸变,中性点位移,有较高的零序电压而线电压不变,用户可以继续工作。并而大多数单相接地故障是瞬时性的,因此除对人身及设备安全有要求时,接地保护必须动作于跳闸外,一般仅动作于信号。一旦电网中发生单相接地故障,信号装置动作告警,以便通知运行人员及时处理及寻找故障点。

目前有些生产厂家已陆续生产出小电流接地系统微机选线装置,能够在发生单相接地故障时,快速、准确地判别故障线路。

对有零序电流互感器的线路,或者不能安装零序电流互感器,而单相接地保护能够躲过电流回路中不平衡电流的影响,也可以保护装置接于三相电流互感器构成的零序回路中。

当出线回路数不多,线路又不是特别重要,或装设接地保护也难保证有选择性时,可以采取依次断开线路的方法,寻找单相接地在哪条线路。有时为了快速恢复对完好线路的供电,断开后如无故障,靠自动重合闸恢复供电。

8.4 母线的保护

8.4.1 本条分两款具体规定变电所需要装设专用母线保护的条。对于不装设专用母线保护情况,可由变压器的后备保护来实

现。

8.5 电力电容器的保护

8.5.1 列举并联电容器组的故障类型,以便装设相应的保护。

8.5.2 电容器组回路一般不装设电流速断保护,因为速断保护要考虑躲过电容器组合闸冲击电流及对外放电电流的影响,其保护范围和效果不能充分利用

8.5.3 条文强调每台电容器装设专用的熔断器进行保护。

如果电容器组由若干电容器并联构成并共用一个熔断器,则当电容器组中任一电容器发生内部短路时,组内健全的电容器要向故障的电容器放电,从而使健全的电容器容易损坏,在熔断器熔断后使整个并联在一起的电容器均断开,这是很不恰当的。

熔丝额定电流,按电容器的电容允许偏差 $\pm 10\%$,电容器按允许在1.3倍额定电流下长期工作的条件选择。即熔丝额定电流计算值为 $1.1 \times 1.3 = 1.43$,故可按1.5~2.0倍电容器额定电流选用。

8.5.5 电容器发生故障以后,将引起电容器组三相电容不平衡。本条所列各种保护方式都是从这个基本点出发来确定的。

电容器耐受过电压的能力较低,这是由电容器本身的特点决定的。当一组电容器中个别电容器损坏切除或内部击穿,使串联的电容器之间的电压分布发生变化,剩余的电容器承受过电压。IEC标准和我国的国家标准规定,电容器连续运行的工频过电压不超过110%额定电压时,保护应将整组电容器断开。

(1) 单星形接线的电容器组采用零序电压保护,其原理如下:电容器组各相上并接有作为放电线圈的电压互感器,其一次侧不接地,将其二次线圈接成开口三角形,接一电压继电器;当任一相中有电容器故障时,三相电容不对称,在开口三角中出现电压,使继电器动作。由于一次侧中性点不接地,故系统中出现三次谐波电压或系统发生单相接地故障时,对保护都没有影响。

(2) 多段串联星形接线的电容器组,可采用段间电压差动或

桥式差电流保护。也是利用做为放电线圈的电压互感器,每段一台,互感器的二次侧按差接。

8.5.6 电容器过负荷是由系统过电压及高次谐波所引起,按照国际规定,电容器应能在有效值为1.3倍额定电流下长期运行,对于电容量具有最大正偏差的电容器,过电流值允许达到1.43倍额定电流。

按规定电容器组必须装设反映母线电压稳态升高的过电压保护,又由于大容量电容器组一般需装设抑制高次谐波的串联电抗器,故可以不装设过负荷保护。仅当该系统高次谐波含量较高,或电容器组投切后经过实测,在其回路中的电流超过允许值时,才装设过负荷保护。

8.5.7 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。但运行中的电容器突然失压可能产生以下两个后果:其一,如变电所因电源侧瞬时跳开或主变压器断开,而电容器仍接在母线上,当电源重合闸或备用电源自动投入时,母线电压很快恢复,而电容器上的残余电压还未来得及放电降到十分之一额定电压以下,这就有可能使电容器承受高于1.1倍的额定电压,而造成损坏。其二,当变电所失电后电压恢复电容器不切除,就可能造成变压器带电容器合闸,而产生谐振过电压损坏变压器的电容器。此外,当变电所停电后,电压恢复的初期,变压器还未带上负荷,母线电压较高,这也可能引起电容器过电压。所以,条文中规定了电容器应装设失压保护。失压保护接自高压电源母线电压互感器。该保护整定值既要保证在失压后,电容器尚有残压时能可靠动作,又要防止在系统瞬间电压下降时误动作。一般电压继电器的动作值可整定为0.5~0.6倍额定电压,动作时间需根据系统接线和电容器结构而定,一般可取0.5~1s。

8.5.8 电力电容器可能承受过电压除8.5.5条中所述原因外,还可能由于系统出现工频过电压(一是轻负荷状态出现的工频过电压,一是操作过电压和雷电过电压),电容器所在的母线电压升高,当此电压超过电容器的最高允许电压时,内部游离增大,可能发生

局部放电,因此应保持电容器组在不超过 1.1 倍额定电压下运行。

当电容器组设有以电压为判据的自动投切装置时,可不另设过电压保护。

8.6 3kV 及以上电动机的保护

8.6.2 据调查,2000kW 以上电动机一般在中性点有引出线,为装设纵联差动保护提供了可行条件。2000kW 以下电动机电流速断灵敏系数按保护安装处短路进行计算,要求灵敏系数不小于 2。工程中有的电动机电缆线路较长,在电动机端发生短路时,保护灵敏系数很低,对此规范未作规定。这种情况在低压电动机回路常有发生,而高压电动机回路并不多见,工程中,对于 3kV 及以上的电动机,电流速断保护按保护安装处短路校验灵敏度,保护灵敏系数应大于等于 2;对于电动机电缆线路特别长的情况,按电动机端短路校验,灵敏系数不应低于 1.5,这样可以保证电缆线路上发生二相金属性短路时保护动作于跳闸。另外对于电缆线路长限制了短路电流水平,从而降低保护灵敏度的情况,在计算保护动作值时也应考虑到电缆线路阻抗的影响,电动机起动电流倍数有所降低,从而降低保护整定值,提高了保护灵敏系数。

8.6.5 本条规定电动机应装设低电压保护的条件。

对于为保护重要电动机自起动而需要断开的次要电动机,有备用自动投入机械的电动机及根据生产过程不允许或不需要自起动的电动机,装设低电压保护,一般应带有 0.5~1.5s 时限动作于跳闸。对于根据本条第三款装设的低电压保护一般带 5~20s 时限动作于跳闸。

8.6.7 同步电动机部分失磁或全部失去励磁的危害主要是,第一,同步电机失磁即失去同步转矩,电机将进入失步状态,一般电机的异步转矩不能与负载转矩相平衡。第二,电机定子绕组将产生很大的脉振电流,电流幅值有可能超过允许值。第三,失磁后的同步电动机将从电源吸取大量无功功率,在某些情况下有可能使机端母线电压严重降低。为此有必要装设专用失磁保护。失磁保护

带时限作用于跳闸。这样可以保护运行母线的电压水平,避免电动机低电压保护动作。当同步电机失步保护能反应失磁失步,且保护动作于跳闸的时间不是很大时,可不另外装设专用失磁保护。

8.6.8 电源短时中断再恢复时,如果不采取适当保护措施,同步电机将遭受非同步冲击,而大型同步电机及某些中小电机不允许非同步冲击。因此有必要装设防止非同步冲击的保护。非同步冲击电流允许值在制造厂没有提供具体数据时可参照附录 A,非同步冲击电流允许值为 $0.84/x_d'$, x_d' 为同步电机超瞬变电抗标么值。

8.7 自动重合闸

自动重合闸的采用是系统安全经济运行的客观要求。架空线路绝大多数的故障都是瞬时的。主要是由雷电等引起的闪络。永久性故障一般不到 10%。因此,采用自动重合闸,不仅提高供电的安全性,减少停电损失,自动恢复整个系统的正常运行状态,而且对高压电网还提高了其暂态稳定水平,增大送电容量。除此之外,如果系统中一组元件因故障断开而引起其他相关联电力设备过负荷,则可以在过负荷允许时间内,使系统自动恢复原来的状态,既避免了设备过负荷,又按事先预定控制条件与动作程序自动恢复正常运行。

8.8 备用电源与备用设备的自动投入装置

8.8.1 关于装设备用电源和备用设备的自动投入装置的原则规定。

本条共规定 5 款,其中 1 至 4 款是属于备用电源的自动投入,第 5 款是关于备用设备的自动投入。

鉴于在发电厂、变电所、配电所中,虽有备用电源或备用设备,但也常常不设置备用自动投入装置,而采用手动投入方式,不应强求一律“自动投入”,所以规定“可在下列情况装设”。

8.8.2 关于备用自动投入装置工作原理的要求。本条有 6 款规定。实际应用的备用电源自动投入装置工作原理,根据使用场所的要求,需要考虑的问题还有:交流电压回路断线,备用自动投入装置(BZT)不应误动,母线电压瞬时消失或波动,BZT 不应动作,检

查备用电源和母线残压的相位差或检查同期等。规范中没有详细列出,只是提出了几点最基本要求。

8.9 二次回路

8.9.4 由于铝芯控制电缆和绝缘导线存在的易折断、易腐蚀、易变形,铜铝接触的电腐蚀等问题至今仍未很好解决,而且近年来新建和扩建的工程都采用铜芯控制电缆和绝缘导线,因此本条文作了明确规定。

8.9.9 从1983年多次事故及系统试验的录波相片分析中,发现一个具有普遍性的问题:在中性点直接接地系统,当变电所或线路出口发生接地故障,有较大的短路电流流入变电所的接地网时,接地网上每一点的电位是不同的,如果电压互感器二次回路有两处接地,或两个电压互感器各有一处接地,并经二次回路直接连起来时,不同接地点间的电位差将造成继电保护人口电压的异常,使之不能正确反映一次电压的幅值和相位,破坏相应保护的工作状态,可能导致严重后果。

因此,电压互感器二次回路只允许有一处接地,并且为了降低干扰电压,接地的地点宜选在保护控制室内。

8.9.17 采用静态保护时,为防止保护装置因干扰误动作,除保护装置本身必须采取有效地抗干扰措施外,还应当对外部二次回路采取必要的抗干扰措施,以便把加到装置输入端的干扰电压降低到尽量低的水平。

试验和运行经验证明,干扰电压主要是来自一次系统的操作过程、事故和雷电过程及二次系统的操作过程。

一次系统干扰电压,通过电场耦合、电磁感应和地电位升高这三种形式传播到二次回路中去,在二次回路内产生干扰电压,二次系统操作过程产生的干扰则主要是通过二次回路的连接导线传播。

对一次系统中产生的干扰电压,主要是在其传播途径方面想办法,以降低传播到二次回路上的干扰电压。主要是降低干扰源和

干扰对象之间的耦合电容和互感值,降低屏蔽层的阻抗值,以及降低二次回路附近的地电位值。为此,可采取的具体措施有:

(1)加大保护用电缆和设备与一次系统的距离。

(2)尽量缩短保护用电缆长度。

(3)保护用电缆不与一次母线平行敷设,不与电力电缆平行靠近敷设。

(4)保护回路不与电力回路合用同一根电缆,强电和弱电回路不合用同一根电缆。

(5)采用屏蔽电缆,有屏蔽的电缆沟槽。

(6)电缆屏蔽层和沟槽屏蔽线(带)多点接地。

(7)采用有屏蔽的控制室。

(8)降低接地网的接地电阻。

(9)保护用电缆尽量远离设备的接地点(如避雷器、避雷针、电容式电压互感器等)。

对二次系统中产生的干扰电压,为消除或减轻其影响,一般是在干扰源方面采取措施例如:对于继电器线圈或其他电磁元件在操作过程中产生的尖波电压,设置消能回路;对长电缆芯线之间的电容充放电电流可能导致装置误动作的情况,改用不同电缆中的芯线等。

高压母线及高频暂态电流的入地点是指避雷器和避雷针的接地点,并联电容器、电容式电压互感器、结合电容器及电容式套管等设备处。

9 电气测量与电能计量

9.1 一般规定

9.1.1 固定安装在屏、柜、箱、台上的指示仪表、数字仪表、记录仪表等,在产品的专业标准中属“安装式仪表”类型。其外形有方形、槽形、矩形、圆形。标度尺有普通式、广角度式、具有过负荷标度尺、双向标度尺。安装式仪表在设计中应用面广、用量大。改革开放以来,制造厂家吸取了国外先进技术和广大用户意见,对工艺落后、质量较差的产品已决定淘汰,如 1T、1C、11C 等指示仪表,LD、LC、LL 系列记录仪表,DD5-a、DD5-6、DD9 等单相电度表,DT-6、DT-8、DT-10 等三相四线有功电度表,DS₅、DS₈ 等三相有功电度表。以更新换代后的仪表如 6C₂、42C₃、44C₂、42L、59C₉ 等指示仪表,DD862a、DT862、DS862、DS864 等电度表所代替。

9.1.2 仪表的安装要满足仪表产品对使用条件的要求(温度、湿度、防水、防尘、防振、防强磁场、防腐蚀等)才能达到所要求精确度等级。如电度表要求环境温度为 0~40℃。

凡属危险场所易受机械损伤的地方或无关人员能接近的地方,必须使用对着刻度盘处开窗的封闭式仪表柜。

9.1.3、9.1.4 仪表安装应注意以下几点:

(1)安装高度适中,不宜过高、过低,便于运行人员监测和抄表。各安装单位的仪表排列及位置应规律一致。

(2)应便于现场调试运行,仪表的纵横之间应留有试验时接线和调整工具插入的空间。

(3)仪表安装应避免眩光。

9.1.9 以电量变送器作为中间变换环节来选测电流、电压、有功、无功等参数准确度高,接线简单,运行可靠,试验调整方便。在设计

中因选测的对象各异,选测数量也不相同,故规程不作具体规定。

9.2 电 流 测 量

本节是在原规程 8.2.7、8.2.8、8.2.9 条基础上修改而增加的一节。

9.2.1

1. 原规程 75kW 及以上电动机回路,以及根据生产工艺要求须监视的 75kW 以下的电动机回路,本次修订将电机容量改为 55kW,并增加容量为 50kW 及以上的电加热设备。以 55kW 为标准作为装设电流表的起点标准符合国家标准 GB3485—83《评价企业合理用电技术导则》规定的。因目前设计中广泛采用新型节能 Y 系列电机,而该系列没有 50kW 这个额定容量标准等级,而只有 55kW 与之接近,故本条规定 55kW 及以上为装设电流表的起点标准。该规定也符合国标 GBJ63—90。新增加 50kW 及以上电加热设备要配置电流表,是根据国标 GB3485—83 中 3.3 条确定的。

2. 本条中 1000V 及以上的电力线路与国标 GBJ63—90 中规定为 1200V 及以上线路不同。本规程取 1000V 及以上线路有以下根据:

(1) 国标 GB156—80《额定电压》中规定额定电压为 1000V,而 1200V 只用于矿井下。

(2) IEC 标准,出版物 364—1 第二版建筑电气装置第一篇适用范围、目的和定义中标称电压为交流 1000V 及以下或直流 1500V 及以下。

9.2.2 对三相负荷不平衡的线路装设三只电流表,便于监视三相电流不平衡率及其变化。

9.2.4 由于近年来电弧冶炼炉、工频、中频、高频加热设备急剧增加,这些三相严重不平衡负荷的出现所产生的负序电流将危及电力系统和用电单位电力装置的安全运行。

负序电流对电力装置的危害表现在以下几方面:

(1) 对向这些不平衡负荷供电的发电机,负序电流将引起发电

机转子局部发热以及引起 100Hz 的低频振动。

(2)负序电流将引起异步电动机转子发热,驱动力矩下降,损耗增加,效率降低和滑差变大。

负序电流的测量,可采用指示仪表,也可采用记录仪表进行测量和记录,以便长时间连续监视负序电流值变化。

9.3 电压测量与绝缘监测

9.3.1、9.3.2 容量在 50kW 及以上的电加热设备是根据国标 GB3485—83《评价企业合理用电技术导则》3.3 条。

9.3.3 中性点非直接接地的电力装置回路的绝缘,可采用三只交流电压表或一只交流电压表用转换开关切换测量相电压的方式进行监视。直流系统的绝缘可采用一只直流电压表用转换开关切换测量直流母线的“正极对负极”“正极对地”“负极对地”的电压,或采用专用的直流绝缘监测装置进行监测。

9.4 功率、频率与谐波测量

9.4.1

(1)变配电所的双绕组降压主变压器,测量低压侧有功功率;三绕组降压主变压器,测量中压侧和低压侧有功功率。三绕组联络主变压器,测量高压侧和中压侧有功功率。

(2)专用旁路和兼作旁路的断路器回路,在进线或出线检修期间替代线路运行,由于线路上的有功功率表停用,故在旁路断路器回路上应装设有功功率表。

(3)35kV 永久性外桥断路器回路,需要输送穿越电力,故需装设有功功率表。

(4)无功功率表的装设测量与有功功率测量的规定除下列几点不同外,其他均相同。

①线路和永久性外桥断路器,装设无功功率表的标准比装设有功功率表的标准低一个等级。

②无功补偿装置只装无功功率表,不装有功功率表。

③1000V 以下的无功补偿装置,补偿功率较小,而且补偿功率的大小可以从投入工作的电力电容器组数算出,故可不装设无功功率表。

9.4.2

(1)水利电力部 1983 年颁布的“全国供用电规则”中要求高压供电的工业用户必须保证功率因数在 0.9 以上,其他用户应保持在 0.85 以上。经过努力达不到以上规定者,应装设必要的补偿设备。

(2)国标 GB3485—83《评价企业合理用电技术导则》中规定企业应在提高自然功率因数的基础上,合理装置无功补偿设备,企业的功率因数应达到 0.9 以上。

功率因数表的设置可以直观的监视企业的功率因数。

(3)同步电动机,经常以进相方式运行,以提高用电负荷的功率因数。装设功率因数表,便于运行人员对同步电动机工作状况的监视。

9.4.3

(1)接有发电机的母线装设频率表,是用以监测电力系统的频率变化和考核供电电力的质量。

(2)变电所中两组母线分别由两个电源供电,设置频率监测点以便监视两电源的频率。

(3)对一般测量精度要求不高的频率监测,可采用指示式频率表。如要求较高时,可采用数字频率表。

9.4.4 随着工业的发展,晶闸管整流装置,换流装置的广泛采用并大型化,电弧炼钢炉和电气铁道急剧增加。这些电气设备的电流、电压都具有非线性特点,其所产生的高次谐波电流大量注入电力系统,导致电网正弦波形畸变,由此所产生的较低次的高次谐波使电力系统中的电气设备温度上升,容量降低,保护继电器、控制设备产生误动作;较高次的高次谐波电流使弱电回路,通信回路产生杂音及导致感应故障,因此,正弦波形畸变,严重威胁着电力系统和电力用户的电力装置安全运行,使电力质量降低。为此原水利

电力部根据国家经委的经能[1983]648号文批转的《全国供用电规则》4.8条的规定制订了《电力系统谐波管理暂行规定》SD126—84于1985年1月1日正式执行,并要求电力用户对新增加的各种换流装置和其他非线性电气设备,必须符合该规定才能接入电网运行。目前国内能源部所属电力试验研究所和供用电管理单位已有自制或采用国内生产的谐波测量仪表投入使用。

由于我国尚未颁布有关谐波管理以及对谐波量的国家标准(据悉该标准正在制订中)。而对谐波测量及控制又势在必行。因而本规程仅对大型的产生谐波源的电气设备进行谐波电压、谐波电流测量的规定先行试行。待对谐波管理规定的国家标准颁布后,对谐波测量仪表的配置种类和准确度等级确定后再作修订补充。

9.5 电能计量

9.5.1、9.5.2 本条规范是根据以下二点制订的:

(1)机械工业部《机械企业能源计量器具配备和管理细则(试行)》(3)中规定企业能源计量器具应按厂、车间(包括动力站房)、班组或机台三级进行配备。(4)能源计量器具的配备,必须把生产和生活、厂内和厂外、全民和集体、外销和自用分开,分别计量、分别核算。(31)条中规定新建企业必须具备能源计量器具配备的合格设计。竣工验收时能源计量器具配备不合格者,不能开工投产。

(2)水利电力部颁发的《全国供用电规则》“8.1条规定”供电局按国家电价分类,对用户不同的受电点和不同类别的用电分别安装计费电度表,每组电度表作为一个计费位。

9.5.3

(1)单独建筑中动力和照明用电是否分别计量与该建筑物的面积大小、性质有关、各地各厂要求有所不同,本规范作具体规定,设计时请与当地有关部门协商。

(2)9.5.3.3条说明见9.2.1说明一。

(3)多层厂房设计近几年较多,为适应其发展需要,故制定本条。

9.5.5 本规定是根据水电部颁发的《全国供用电规则》8.2条制订的。

使用互感器的专用二次回路是指母线电压互感器只有一个主二次绕组为测量和保护共用的情况。所谓专用二次回路,是指在母线电压互感器主二次绕组从出线端处分为两个电压回路,一个专用于保护装置,另一个专用于电测量装置(以快速熔断器作电测量装置专用回路的保护)。

对于 63kV 以下工厂电能计量点的计量电度表,应装设专用互感器的规定,是鉴于虽增设专用的互感器要增加投资和多占用配电室面积,但提高了电能计量的精确度。

9.5.6 关于提高测量设备的准确等级问题作如下说明:

(1)我国 70 年代生产的有功三相式电度表准确等级最高为 2.0 级,其计量误差在额定工况下为 $\pm 2\%$ 。80 年代初我国已能生产出准确等级为 0.5 级和 1.0 级的有功电度表。

关于限定月平均用电量为 $100 \times 10^4 \text{kWh}$ 及以上的工厂电能计量点装设 0.5 级的电度表的规定是根据原水电部(87)电生用字第 155 号“关于严格控制装用 0.5 级三相有功电度表的通知”通知中重申“国内 0.5 级有功电度表产量有限,目前仍供不应求。再则采用 0.5 级有功电度表,还应配置 0.2 级互感器、电压回路的电压降要小于额定二次电压的 0.25%。如扩大装设范围,在设备供应、技术、管理都有较严格的条件。应严格按照月用电量为 $100 \times 10^4 \text{kWh}$ 及以上(相当于负荷量为 2000kVA 及以上)配置 0.5 级有功电度表的规定执行”。

(2)作为厂内部作经济技术分析用装设的有功电度表的准确等级为 1.0 级 2.0 级已能满足要求。

9.5.8 目前我国只能生产准确等级为 2.0 级、3.0 级的无功电度表。

专用电能计量仪表与普通电度表的区别在于功能不同,但其准确等级选择标准应与普通电度表相同。

9.5.10 为使电能计量装置综合误差中各部分误差分配合理以及

为调整时留有裕度,互感器的准确度等级的选择,一般比电度表高一个等级。

9.5.11 从电度表的电流负载特性试验中得出:在负载的一定功率因数下,电流绕组中流过的电流为电度表标定电流的70~100%时误差较小。因此,对电能计量用的电流互感器变比的选择,宜使其二次侧的实际电流在电度表的标定电流的70%以上。

9.5.12 双向送、受电的电力装置,按电能计量管理的需要,应以两只具有逆止器的电度表作分别计量送、受电的电量。

10 通用用电设备配电

10.1 电动机

I 一般规定

10.1.1 本节适用于一般用途的旋转电动机；不适用于控制电动机、直线电动机及其他特殊电动机。适用额定功率的下限是参照美国电气法规，并结合我国的实际情况而定。美国电气法规将这一功率定为1马力，约合0.75kW。我国通用电动机的基本系列——Y系列电动机额定功率的下限为0.55kW。经多数设计单位同意，本规范将适用下限定为0.55kW

本节各分节的适用范围是不同的，使用本规范时应予注意。条文中所称“电动机”均指相应适用范围的电动机。

II 电动机的选择

10.1.3 本条为选择电动机电气和机械参数的概述。

10.1.4 本条的宗旨是，在满足使用要求的前提下，尽量选用简单、可靠、经济、节能的电动机；即优先选用笼型电动机，其次为绕线转子电动机，再次为其他类型，最后为直流电动机。

10.1.4.1 关于笼型电动机变频调速问题参见10.1.4.3说明。本款包括多速笼型电动机，仅要求数种转速时，应优先予以选用。

选用同步电动机，除个别情况是为稳速外，通常是为了提高功率因数。采用同步电动机是否合理，不仅与额定功率大小有关，还涉及同步转速、运行方式、所在系统无功负荷的大小和分布、货源和价格情况等，规范中不宜对功率界限作出硬性规定，而应通过技术经济比较确定。

10.1.4.2 重载起动的笼型电动机应按起动条件进行校验,这在10.1.5.1中有明确规定。当不能满足要求或加大功率不合理时,则应按本款规定选用绕线转子电动机。在起动过程中,堵转转矩(亦称起动转矩)、最小转矩、最大转矩共同起作用,均需校验。能否克服静阻转矩决定于堵转转矩;能否顺利加速则最小转矩是关键;最大转矩除影响起动过程外,还决定电动机的过载能力。绕线转子电动机的转矩——转差特性曲线可通过调节转子回路的电阻而改变,从而适应重载起动条件,并能在一定范围内调节转速。绕线转子电动机配晶闸管串级调速,已能获得较好的调速质量,条文中不再强调这一方面;但在低速下运行时各项性能指标低,不宜时间过长,条文中补充了这一条件。

10.1.4.3 机械对起动、调速及制动有特殊要求时,有多种方案可供选择,如交流换向器电动机、电磁调速电动机、直流电动机;机械调速、液压调速、串级调速、变频调速等。这些方案各有优缺点,并在一定条件下转化。因此,电动机选择涉及众多因素,需结合拖动设计,通过技术经济比较才能确定,规范中不能作出硬性规定。

采用直流电动机通常是为了满足拖动方面的特殊要求,但还存在其他方面的需要,条文中“交流电源消失后,必须工作的应急机组”主要是针对自备电厂某些厂用电装置而列入的。

关于风机和水泵出于节能目的而调速问题,1987年3月国家经委能源局召开的“交流电动机调速驱动节电座谈会”介绍了许多有益的经验。据称,我国一些企业中变负荷运行的风机、泵类加装调速装置后,平均节电20%~30%;而风机、泵类设备耗电量约占全国发电量的31%,其中变负荷运行的占70%,无论上述数据是否正确,这些措施具有很大效益还是应当肯定的。常用的风机、泵类调速方式有:绕线转子电动机配晶闸管串级调速,笼型电动机配液力耦合器或变频调速器等。目前变频调速技术和产品发展较快,方案选择应根据电动机功率、流量变化范围、设备现状、货源情况等决定。

10.1.5 作为定额一部分的额定输出功率(简称额定功率)是以工

作制为基准的。不同工作制的机械应选用相应定额的电动机。根据现行国家标准《旋转电机基本技术要求》中的定义，“定额”是“由制造厂对符合指定条件的电机所规定的，并在铭牌上标明电量和机械量的全部数值及其持续时间和顺序”。“工作制”是“电机承受负载情况的说明，包括起动、电制动、空载、断能停转以及这些阶段的持续时间和顺序”。

电动机的工作制分为 9 类：

- (1) 连续工作制——S1；
- (2) 短时工作制——S2；
- (3) 断续周期工作制——S3；
- (4) 包括起动的断续周期工作制——S4；
- (5) 包括电制动的断续周期工作制——S5；
- (6) 连续周期工作制——S6；
- (7) 包括电制动的连续周期工作制——S7；
- (8) 包括变速负载的连续周期工作制——S8；
- (9) 负载和转速非周期变化工作制——S9。

按此分类，连续工作制(S1)为恒定负载(运行时间足以达到热稳定)；连续周期工作制(包括 S6~S8)则为可变负载。请注意这些用语的含义。

电动机的定额分为 5 类：

- (1) 最大连续定额(cont 或 S1)；
- (2) 短时定额(例如 S2—60min)——持续运行时间为 10、30、60、或 90min；
- (3) 等效连续定额(equ)——制造厂为简化试验而做的规定，与 S3~S9 工作制之一等效；
- (4) 周期工作定额(例如 S3—40%)——工作制符合 S3~S8 之一，负载持续率为 15%、25%、40%或 60%，每一周期为 10min；
- (5) 非周期定额(S9)。

10.1.5.1 关于按起动条件校验问题，参见 10.1.4 说明。

10.1.5.3 和 10.1.5.4 关于在不同负载持续率之间进行负载换

算问题,过去用的方法误差较大。近似公式忽略了旋转电机在不同转速下散热能力的明显差别,亦未考虑固定损耗和可变损耗的不同变化。起动次数越多,换算误差越大。此外,不同额定功率、同步转速、冷却方式的电动机,其发热和冷却性能的数据亦不同(参见现行国家标准《起重机设计规范》的附录)。除改进换算方法外,最好是制造厂根据基准工作制(通常为 S3—40%)下的实际温升,给出电动机在不同负载持续率、不同起动次数下的允许输出功率。现行《冶金及起重用电动机标准》对此已有规定;某些产品样本(如 YZR 系列)已列有这类数据。因此,条文推荐按制造厂数据选用的做法。

10.1.5.6 当电动机使用地点的海拔和冷却介质温度与规定的条件不同时,制造标准中只规定了对温升值的校正,未规定对输出功率的校正。考虑到设计工作的需要,建议制造部门提供功率校正的数据。

10.1.6 直流电动机的电压主要由功率决定。交流电动机的电压选择涉及电机本身和配电系统两个方面。一般情况下,中小型电动机为 380V,大中型电动机为 6kV,选定电压并不困难,但电动机额定功率在 200~300kW 附近时需比较高低压的优劣。当前,我国制造的低压电动机除常用的 380V 外,还发展了 660V 电动机及配套电器,其应用范围正由矿井扩展到地面;千伏级(如 1140V)电动机亦已引进。高压电动机虽以 6kV 为主,但 3kV 电动机仍有应用,10kV 电动机亦在制造。因此,在某些情况下,电压选择对电动机的造价和配电系统的投资有很大影响,需要根据技术经济比较确定。

10.1.7 我国有关电工产品环境条件的标准正在修订,尚未在各类产品标准中贯彻,对各类场所进行综合划分和定级,并规定相应的电气设备防护型式,条件尚未成熟。本条对电动机防护形式问题只作原则规定,这与高低压电器等部分的做法是一致的。关于爆炸和火灾危险、化工腐蚀等特殊环境条件,另有专用规范。

10.1.8 关于电动机的结构及安装形式(用代号“IM”后加字母和

数字或只加数字来表示), 详见现行国家标准《电机结构及安装型式代号》。

III 电动机的起动

10.1.10 关于电动机起动时电压下降的容许值问题, 历来存在两种意见: 一是规定电源母线电压; 一是规定电动机端子电压。原规程采取规定电动机端子电压的做法虽能控制住配电系统各级母线的电压, 但其要求显然偏高。如仅规定母线电压, 则电动机端子电压可能低于容许值。为解决这一矛盾, 本规范采取了两方面兼顾的做法。

电动机起动对系统各点电压的影响, 包括对其他电气设备和对电动机本身两个方面。第一方面: 应保证电动机起动时不妨碍其他电气设备的工作。为此, 理论上应校验其他用电设备端子的电压, 但在实践上极不方便。在工程设计中我们可以校验流过电动机起动电流的各级配电母线的电压, 其容许值则视母线所接的负荷性质而定。这方面的要求列入了 10.1.10.1 和 10.1.10.2。第二方面: 应保证电动机的起动转矩满足其所拖动的机械的要求。为此, 在必要时, 应校验电动机端子的电压。这方面的要求反映在 10.1.10.3 中。

10.1.10.1 本款适用于“一般情况下”即母线接有照明或其他对电压较敏感的负荷时。至于对电压质量有特殊要求的用电设备, 应对其电源采取专门措施, 例如为大中型电子计算机配置 UPS 或 CVCF; 这已超出本规范的内容。母线电压不低于额定电压的 90% (频繁起动时) 或 85% (不频繁起动时), 是沿用多年的数据并被广泛采用。所谓“频繁”是指每小时起动数十次以至数百次。

10.1.10.2 母线电压不低于额定值的 80% 的条件, 是参照《火力发电厂厂用电设计技术规定》和许多部门的实际经验而列入的。本款适用于 3—10kV、1140V 和 660V 电动机, 以及不与照明和其他对电压较敏感的负荷合用配电变压器或共用配电线路的情况。

10.1.10.3 配电母线上未接其他负荷时, 保证电动机的起动转

矩是唯一的条件。不同机械所要求的起动转矩相差悬殊；不同类型电动机起动转矩与端子电压的关系亦不相同。因此，不可能规定电动机端子电压的下限。原规程规定电动机端子电压的容许值，是为了控制配电系统各点的电压，对电动机本身亦未给出下限。例如“不致妨碍其他用电设备的工作时，可低于 85%”低到什么程度则“按生产机械要求的起动转矩确定”。各类机械要求的起动转矩数据，可在有关的手册、资料中得到。

关于接触器的释放电压，现行制造标准规定“不应高于 75%，在触头磨损的情况下，不应低于 20%”。这个上限值偏高，不宜在条文中引用。设计中可根据具体产品的数据进行校验。

最后，还应指出，仅在电动机功率达到电源容量的一定比例（例如 20% 或 30%）或配电线路很长时，才需要校验配电母线的电压，而不必对各个系统的各级母线进行校验。同样，仅在电动机末端线路很长且重载起动时，才需要校验起动转矩；需考虑接触器释放电压的情况更少遇到。

10.1.11 本条的重点是正确选择全压起动或降压起动。必须指出，10.1.11.1 所列的全压起动条件是充分条件，除此以外，别无他项。许多手册、导则甚至规程中，往往把“电动机绕组的温升不超过允许值”亦列为一个条件，这种提法似是而非。问题不在于这句话本身，而在于不能将这一条件与笼型电动机和同步电动机的起动方式联系起来。可以证明，笼型电动机和同步电动机降压起动时绕组发热比全压起动更严重。因此，这类电动机起动时的温升问题，不能采用降压起动方式解决，只能正确选择电动机类型和定额解决。为此，本规范已明确规定：“笼型电动机和同步电动机的额定功率应按起动条件校验”（10.1.5.1）；选用笼型电动机不能满足起动要求或加大功率不合理时，宜采用绕线转子电动机（10.1.4.2）。

某些构造特殊的电动机，如铸钢转子笼型电动机，全压起动时，转子表面可能过热。在这类情况下，应按制造厂规定的方式起动。

当不符合全压起动的条件时，应优先采用降压起动方式，包括

切换绕组接线、串接阻抗、自耦变压器起动等。应该指出,除降压起动外,还可能采用其他适当的起动方式。如某些机械带有盘车用的小电动机可以利用;某些变流机组可利用其直流发电机作为直流电动机来起动;某些有调速要求的电动机,可利用调速装置来起动。

10.1.12 绕线转子电动机采用频敏变阻器起动,且有接线简单、起动平滑、成本较低、维护方便等优点,应优先选用;但在某些情况下尚不能取代电阻器,特别是在需要调速的场合。绕线转子电动机配晶闸管串级调速时,因调速范围的限制,通常仍需接起动电阻。

根据《冶金及起重用绕线转子三相异步电动机》产品标准的规定:“电动机起动时,转子必须串入附加电阻或电抗,以限制起动电流的平均值不超过各工作制的额定电流的2倍”。对有具体型号及规格的电动机,可按制造厂的资料确定起动电流的限值。

10.1.13 直流电动机起动电流不仅受机械的调速要求和温升的制约,而且受换向器火花的限制。根据现行国家标准《旋转电机基本技术要求》的规定,一般用途的直流电机在偶然过电流或短时过转矩时,火花应不超过两级。直流电机和交流换向器电动机的偶然过电流为1.5倍额定电流,历时不小于1min(大型电机经协议可缩短为30s)。上述数据偏于安全,尤其是小型直流电机可能容许较高的偶然过电流。对有具体型号及规格的电动机,可按制造厂的资料或实际经验确定最大允许电流。

IV 低压电动机的保护

10.1.14 本条为交流电动机保护的概述。条文中有关低压线路保护和电气安全的名词定义详见本规范2《术语、符号和代号》。

10.1.15 本条为相间短路保护(简称短路保护);相对地短路划归接地故障保护。

数台电动机共用一套短路保护属于特殊情况,应从严掌握。总计算电流不超过20A,系参照现行国家标准《低压配电设计规范》的规定而定。

10.1.16 IEC标准《建筑物电气装置》473.3.1款中规定,短路保

护器件应在每个不接地的相线上装设。当短路保护兼作接地故障保护时,这是必要的。考虑到某些场合,如装有专门的接地故障保护或在 IT 系统中,可能出现只在两相上装设的情况。

10.1.17 防止短路保护器在电动机起动过程中误动作,包括正确选择保护电器的使用类别和电流规格两点内容,特予并列,以防偏废。

10.1.17.1 我国熔断器和低压断路器标准中,均已列入保护电动机型。低压熔断器的分断范围和使用类别用两个字母表示。第一个字母表示分断范围(g—全范围分断能力熔断体,a—部分范围分断能力熔断体)。第二个字母表示使用类别(G—一般用途熔断体,M—保护电动机回路的熔断体)。如“gM”即为全范围分断的电动机回路中用的熔断体。

10.1.17.2 关于熔断体的选择,原规程沿用了起动电流乘计算系数的方法,实际上是原苏联所用的除计算系数法的变型。原苏联熔断器品种单一、稳定,用这种方法是简便可行的。我国熔断器品种繁多,且处于更新换代之际。由于各种熔断器的安秒特性曲线差别很大,甚至同一品种也要按电流分档,故难以给出统一的系数。这问题在编制原规程时就已存在。时至今日,熔断器标准已靠拢 IEC,引进的 NT 型、统一设计的 RT12 型、RT14 型等已开始推广,而原有的若干品种仍在普遍应用,数据势将翻番。计算系数过多就失去优点,按电流分档则难免试算。与其如此,还不如直接查曲线或在手册中给出具体的查选表格。例如《工厂配电设计手册》列出了不同规格的熔断体在轻载和重载起动下的容许电流。这种做法造表虽繁,使用方便,建议推广。

10.1.17.3 采用瞬动过电流脱扣器或过电流继电器的瞬动元件时,应考虑电动机起动电流非周期分量的影响。非周期分量的大小和持续时间取决于电路中电抗与电阻的比值和合闸瞬间的相位。根据上海电器科学研究所 1971 年对 52 台电动机直接起动电流的测试结果,起动电流非周期分量主要出现在第一半波,第二、三周波即明显衰减,其后则微乎其微。电动机起动电流第一半波的有效

值通常不超过其周期分量有效值的 2 倍,个别可达 2.3 倍。由于瞬动过电流脱扣器或过电流继电器瞬动元件动作与断路器的固有分断时间无关,故其整定电流应躲过电动机起动电流第一半波的有效值。原规程规定瞬动过电流脱扣器或过电流继电器瞬动元件的整定电流应取电动机起动电流的 1.7~2 倍,这数据偏小,已发生过误动作。基于上述,并考虑了动作电流误差,故本规范将其加大到 2~2.5 倍。

10.1.18 关于 TN、TT 和 IT 系统中接地故障保护的具体要求,已列入本规范第 15 章《1kV 以下配电线路》中,本条不再重复。但采用漏电电流保护时,应考虑电动机突然断电可能引起的后果;必要时,可采用本规范第 15 章《1kV 以下配电线路》中所列的其他间接触电保护方法。

10.1.19 本条中的过载保护用来防止电动机因过热而造成的损坏,不同于本规范第 15 章《1kV 以下配电线路》中的线路过负载保护。

过载是导致电动机损坏的主要原因。过载引起的温升过高,除危及绝缘外,还使定子和转子电阻增加,导致损耗和转矩改变;由于定子和转子发热不同而使气隙减少,导致运行可靠性降低甚至“扫堂”。在为编制原规程而进行的调查中,收集到国内许多因过载保护不善而烧坏电动机的实例。这类情况国外亦有,以至美国《电气建设与维护》杂志称,大约电动机故障的 95% 是由过载产生的过热所致。当然,以上所称“过载”是广义的,即包括机械过载、断相运行、电压过低、频率升高、散热不良、环境温度过高等各种因素。但无论如何,过载保护的必要性是肯定的。因此,电动机,包括不易机械过载的连续运行的电动机,应尽可能装设过载保护。

10.1.20 目前常用的过载保护器件用于短时工作或断续周期工作的电动机时,整定困难,效果不好。条文规定上述电动机可不装设过载保护,是为了照顾现实情况。如有运行经验或采用其他适用的保护时,仍宜装设。此外,某些场合下断电的后果比过载运行更严重,如没有备用机组的消防水泵,应在过载情况下坚持工作。

10.1.21 交流电动机过载保护器件最普遍应用的是热继电器和过载脱扣器(即长延时脱扣器)。较大的重要电动机亦采用交流继电器,通常为反时限继电器,用于保护电动机堵转的过载保护时,可为定时限继电器,其延时应躲过电动机的正常起动时间。

常用的过载保护器件简单、价廉,但也难免存在缺点。如热继电器的双金属片与电动机的发热特性不同,导致过载范围内动作不均匀;过电流保护在低过载倍数下的动作时间明显低于电动机的允许时间,使整定困难;此外,两者均只反应定子电流,对其他原因引起的过热不能保护。显然,直接反应绕组过热的温度保护(如PTC热敏电阻保护)及其改进型温度——电流保护,是比较合理的。国外还推出了带微处理器的保护设备。微处理器能用复杂的算法编制程序,精确地描述实际电动机对正常和不正常情况的响应曲线,能保护多种起因的电动机故障,并有许多监控功能,例如:运行过载、起动电流和时间、多次起动或制动产生的热积累、限制加速时间和电流、断相、堵转、相不平衡、欠电压或过电压、欠负载或负载丢失,绕组温度和轴承温度、超速或低速、接地故障等等。为适应电动机的保护设备的迅速发展,条文中列入了温度保护或其他适当的保护。

根据低压电动机起动器产品标准,利用流过继电器或脱扣器的电流产生的热效应(包括延时)而反时限动作的继电器或脱扣器称为“热过载继电器”或“热过载脱扣器”。为照顾当前习惯,条文中简称为“热继电器”,并把热过载脱扣器和电磁过载脱扣器等统称为“过载脱扣器”。

10.1.22 本条补充了选择过载保护器件的一般要求。此外,某些起动时间长的电动机在起动过程的一定时限内解除过载保护的做法,早已在实践中应用,现亦补入条文。

10.1.23 在过载烧毁的电动机中,断相故障所占比例很大,根据参考资料称,在美国和日本约占12%,在原苏联约占30%;而在我国则明显超过以上数字。这与断相保护不完善有直接关系。原规程限于当时电器水平,对断相保护的要求是偏松的,加上好多单位连

这些规定也未认真执行,致使因断相运行每年烧毁大批电动机,已引起多方面人士的关注。基于上述情况,并考虑到电器制造水平的发展,本规范对断相保护作出了较严的规定。

关于用低压断路器保护的电动机,本条规定宜装设断相保护,不再用原规程中“可不装设”的提法。据发生断相故障的 181 台小型电动机的统计,因熔断器一相熔断或接触不良的占 75%,因刀开关或接触器一相接触不良的占 11%,因电动机定子绕组或引线端子松开的占 14%。由此可见,除熔断器外,其他原因约占 25%,仍不容忽视,但对用熔断器和低压断路器两种情况宜适当加以区别(用语分别为“应”和“宜”)。

关于定子绕组为星形接法的电动机,本条取消了原规程中“可不装设”的规定。断相运行时,电动机绕组中流过的不平衡电流包括负序分量,而在转子中负序电流的频率接近电源频率的两倍,致使定子电流不能正确反映转子的发热。断相运行时,普通三相热继电器只有两个热元件流过电流,由于驱动力减小,使动作电流的下限上升 10%。虽然星形接法的电动机的线电流与绕组电流一致,但因上述两点影响,它在断相时并不能反映电动机的实际发热,亦不能使普通三相热继电器正确动作。因而不能认为星形接法的电动机不需要断相保护。再者,按现行标准,定子绕组为星形接法的电动机只有两类:132kW 及以下的冶金及起重用笼型和绕线转子电动机,3kW 及以下的 Y 系列电动机,均已在 10.1.23(2)中包括,更无分列的必要。

此外,“经常有人监视能及时发现问题”对连续运行的电动机是难以做到的;如为短时工作或断续周期工作,则已包括在 10.1.23(2)中,故一并删去。

10.1.24 交流电动机装设低电压保护是为了限制自启动,而不是保护电动机本身。当系统电压降到一定程度,电动机将疲倒、堵转,这个数值可称为临界电压,并与电动机类型和负载大小有关。根据上海电器科学研究所资料,临界电压与额定电压的比值如下:在额定负载下,笼型电动机为 0.67,绕线转子电动机为 0.71,同步电动

机为 0.5;在额定负载的 80%下,同步电动机为 0.4;在额定负载的 50%下,异步电动机为 0.4 左右。低电压保护的動作电压均接近临界电压(欠压保护)或低于以至大大低于临界电压(失压保护——低压电动机应用甚广)。由此可见,在系统电压降低到低电压保护的動作电压之前,电动机早已因电流增加而过载。低电压保护可归纳为两类:为保证人身和设备安全,防止电动机自启动(包括短延时和长延时);为保证重要电动机能自启动,切除足够数量的次要电动机(瞬时)。

原规程中短延时低电压保护的时限为 0.5s,为配合自动重合闸和备用电源自投的时限,与继电保护规程协调一致,现改为 0.5~1.5s。原规程中长延时低电压保护的时限为 5~10s,考虑到某些机械(如透平式压气机)的停机时间较长,现改为 9~20s。过去年代,由于条件所限,电磁式继电器的延时不超过 9s;70 年代以来,随着多种继电器的发展,数十秒的延时已容易做到。

10.1.26 按有关章间的分工和本节的适用范围,本条仅涉及低压同步电动机。近来,低压同步电动机产量减少,订购困难,但考虑到在某些场合仍有应用价值,为保持规范的完整性,条文中作些原则规定还是必要的。过去,低压同步电动机都采用定子回路的过载保护兼作失步保护。随着电力电子技术的发展,在转子回路中装设失步保护或失步再整步装置等是可行的,因此,条文中列入了这些内容。此外,当同步电动机由专用变频设备供电时,特别是具有转速自适应功能时,失步情况与由电力系统供电时不同,可另行处理。

10.1.27 直流电动机的使用情况差别很大,其保护方式与拖动方式密切相关,规范中只能作一般性规定。美国、原苏联等国的法规、规程中亦如此处理。条文中“并根据需要装设过载保护”,这里的“过载保护”亦包括保护电动机堵转的过载保护。

V 低压交流电动机的主回路

10.1.28 隔离是保证安全的重要措施,规程中应予以明确规定。本条是根据 IEC 标准《建筑物电气装置》(TC64)第 46 章和第 53 章,

并参照美国《国家电气法规》第 430 节而增加的。

10.1.28.1 考虑到我国常用配电箱、屏的产品现状和实际运行经验,对数台电动机共用一套隔离电器问题,作了灵活规定。

10.1.28.2 IEC 标准《建筑物电气装置》(TC64)第 537.2 条规定:隔离电器在断开位置时,其触头之间或其他隔离手段之间,应保证一定的隔离距离;隔离距离必须是看得见的,或明显地并可靠地用“开”或“断”标志指示;这种指示只有在电器每个极的断开触头之间的隔离距离已经达到时才出现。半导体电器严禁用作隔离电器。现行国家标准《低压电器基本标准》中,已列入低压空气式开关(刀开关)、隔离开关、隔离器、熔断器式开关、熔断器式隔离器等隔离电器;低压断路器标准中亦列入了隔离型。

按 IEC 标准,“手握式设备”是在正常使用时要用手握住的移动式设备;“移动式设备”是在工作时移动的设备,或在接有电源时容易从一处移至另一处的设备。请注意,没有搬运把手且重量又使人难以移动的设备(规定这一重量为 18kg),应归入固定式设备。

10.1.28.3 按 IEC 标准的规定,无载开断的隔离电器应装设在能防止无关人员接近的地点或外护物内,或者能加锁。

10.1.29 根据我国接触器和起动器的制造标准(等效采用 IEC 相应标准),起动器的定义是“起动和停止电动机所需要的所有开关电器与适当的过载保护电器相结合的组合电器”;过载保护电器附在起动器标准中,不再单列一项标准。接触器和起动器(包括过载保护电器)与短路保护电器(SCPD)的协调配合是上述标准中的一项重要规定,其要点如下:

(1)接触器和起动器制造厂应成套供应或推荐一种适用的 SCPD,以保证协调配合的要求。

(2)过载保护电器与 SCPD 之间应有选择性:在两条时间——电流特性平均曲线交点所对应的电流以下,SCPD 不应动作,而过载保护电器应动作,使起动器断开,起动器应无损坏。在上述电流以上,SCPD 应在过载保护电器动作之前动作,起动器应满足制造厂规定的协调配合类型的条件。

(3)允许有两种协调配合类型：“1型”协调配合——要求接触器或起动器在短路条件下不应对人或周围造成危害，应能在修理或更换零件后继续使用。“2型”协调配合——要求接触器或起动器在短路条件下不应对人或周围造成危害，且应能继续使用，但允许有容易分离的触头熔焊。

(4)上述协调配合的要求，由接触器或起动器制造厂通过试验验证。

10.1.30~10.1.32 本条中的控制电器是指电动机的起动器，接触器及其他开关电器，而不是“控制电路电器”。

根据起动器与短路保护电器协调配合的要求，堵转电流及以下的电流，应由起动器分断。

电动机的控制电器不得采用开启式负荷开关(胶盖开关)。采用封闭式负荷开关亦不够安全，应予限制；考虑到目前实际情况，当符合控制和保护要求时，3kW及以下的电动机可采用封闭式负荷开关。

10.1.34 导线和电缆在连续负载、断续负载和短时负载下的载流量，因缺乏正式数据，规范中未能列入：

10.1.34.1 导线与电动机相比，发热时间常数和过载能力较小。选择导线时宜考虑这一因素，使导线留有适当的裕量。如美国《国家电气法规》中规定，导线连续载流量不应小于电动机额定电流的125%日本《内线规程》则要求不小于125%(≤50A)或111%(>50A)。根据我国的国情，一般情况下未考虑这一因素。对于机械所配的电动机轴功率有裕量或非长期在满载下工作时，是没有问题的。对于经常接近满载工作的电动机，导线载流量宜有适当裕量。

断续周期工作制的电动机可有多种工作制，如冶金及起重用笼型电动机 $s_2 \sim s_6$ 五种，冶金及起重绕线转子电动机有 $s_2 \sim s_8$ 七种，但其基准工作制为 $s_3-40\%$ (即工作制为 s_3 ，额定负载持续率为40%，每一周期为10min)。电动机的额定功率通常按基准工作制标称，其他工作制的功率按基准工作制时额定功率的实际温升

确定,由制造厂在产品样本中给出。可见,按基准工作制的额定电流选择导线比较准确、简便。

10.1.34.2 接单台用电设备的末端线路可不按过载保护进行校验,理由如下:首先,设备的额定功率是按可能出现的最繁重的工作制确定;其次,不允许在这种线路上另接负荷;此外,电动机的过载保护对导线亦起作用。

关于校验导线在短路条件下热稳定的要求,末端线路应与配电线路区别对待。如果末端线路本身发生短路,就表明故障点的导线(至少是绝缘和接头)已经损坏,即使该线路的其他部分符合热稳定的要求,亦难免要更换导线。如果考虑的是穿越性短路电流,则仅在用电设备端子或内部严重故障时才可能出现。因此,除少数必须确保可靠的线路外,可不进行短路条件下热稳定的校验。

10.1.34.3 参照原苏联《电气装置安装规程》,以起动静阻转矩是否超过额定转矩的50%为界,划分了轻载与重载,使条文更加明确。其他数据仍沿用原规程。

VI 低压交流电动机的控制回路

10.1.35 控制回路上装设隔离电器和短路保护电器是必要的,通常亦这样做了,应补入规范。有的控制回路很简单,如仅有磁力起动器和控制按钮,可灵活处理。有的设备(如消防泵)的控制回路断电可能造成严重后果,是否另装短路保护,各有利弊,应根据具体情况(如有无备用泵,各泵控制回路是否独立,保护器件的可靠性等),决定取舍。

这里所说的“隔离电器和短路保护电器”,既可以是两种电器,亦可以是具有隔离作用和短路保护作用的一种电器,如封闭式负荷开关(铁壳开关),一种电器具有隔离和短路保护两种作用。

10.1.36 控制回路的可靠性问题易被忽视,应列入规范,以引起设计人员的重视。仍以消防泵为例,常见如下弊病:控制电源的可靠性低于主回路电源,多台工作泵和备用泵共用一路控制电源,各泵控制回路不能分割,一旦故障将同时停泵;延伸很长的消火栓控制

按钮线路直接连到接触器线圈,任一处故障将使手动就地控制亦不可能,等等。显然,这类问题可能导致严重后果。例如,某指挥所计算机用的三台中频机组共用一路 220V 控制线,曾因系统电压短时降低而全部停机,备用机组未能发挥作用。在保证控制回路可靠性方面,发电厂和变电所二次回路中有很多行之有效的做法,值得借鉴。

TN 或 TT 系统中的控制回路发生接地故障时,保护或控制接点可被大地短接,使控制失灵或线圈通电,造成电动机不能停车或意外起动。当控制回路接线复杂,线路很长,特别是在恶劣环境中装有较多的行程开关和联锁接点时,这个问题更加突出。

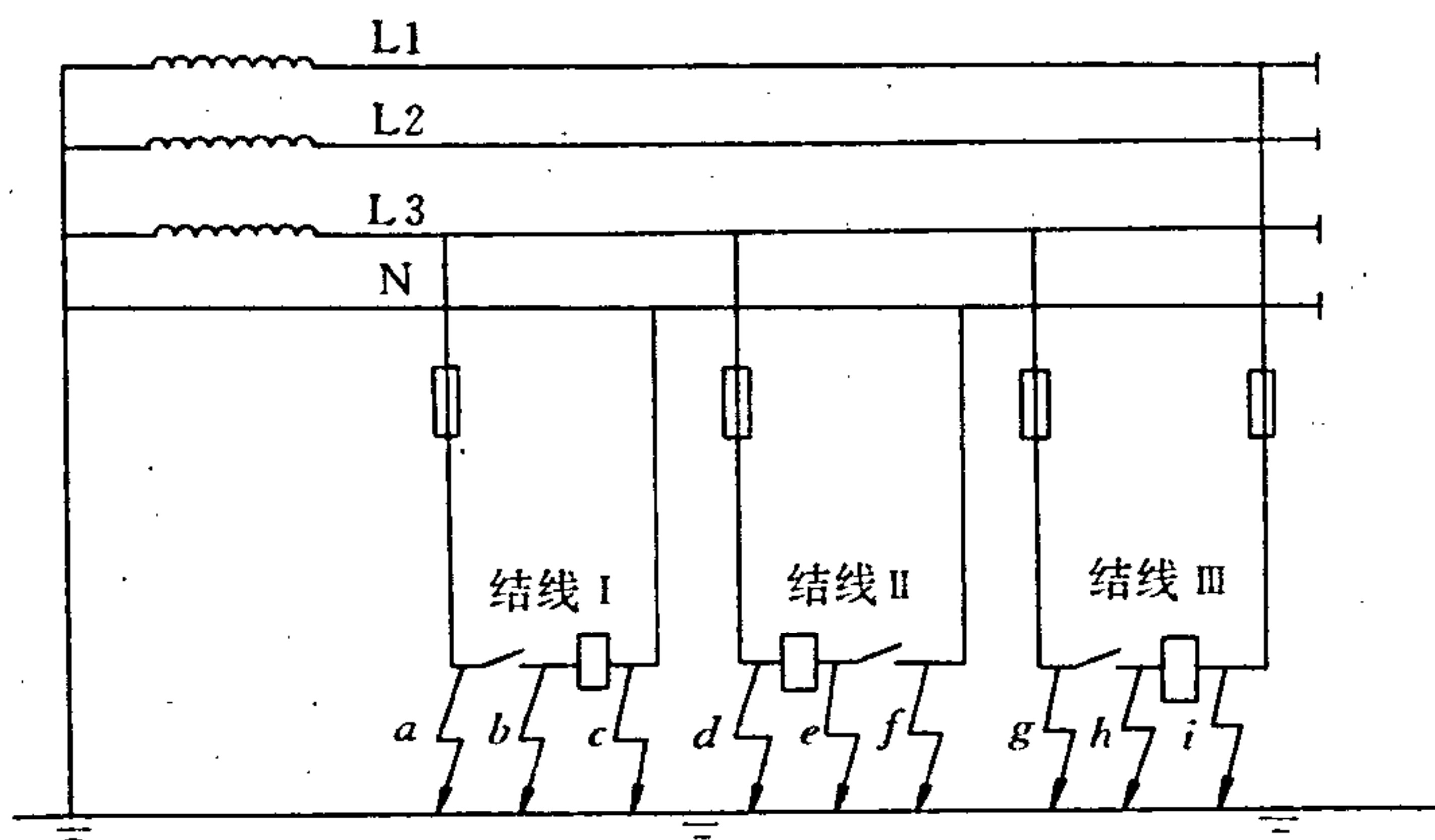


图 10.1.36 控制回路结线示例

采用正确的结线方式,能够避免上述问题。如图 10.1.36 所示,结线 I 是正确的;当 a 、 b 、 c 任何一点接地时,控制接点均不被短接,甚至 a 和 b 两点同时接地时亦将因熔断器熔断而停车。结线 II 是错误的:当 e 点接地时,控制接点被短接,运行中的电动机将不能停车,不工作的电动机将意外起动。这种接法不应采用。结线 III 是有问题的:当 h 点接地时,仅 L3 上的熔断器熔断,线圈接于

相电压下,通电的接触器不能可靠释放,不通电的则不排除吸合的可能,从而有可能造成电动机不能停车或意外起动。这种做法只能用于极简单的控制回路(如磁力起动器中)。

此外,当图中 a 、 b 、 d 、 g 、 h 或 i 点接地时,相应的熔断器熔断,电动机将被迫(a 、 b 、 d 点)或可能(g 、 h 、 i 点)停止工作。

在控制回路装设隔离变压器,不仅可避免电动机意外起动或不能停车,而且任何一点接地时,电动机能继续坚持工作。

直流控制电源如为中性点或一极接地系统,当控制回路发生接地故障时的情况,可按以上分析类推。因此,最好采用不接地系统,并应装设绝缘监视装置,但为了节能和减少接触器噪声而采用整流电源时,可不受此限。

10.1.37 和 10.1.38 这两条是保证人身和设备安全的最基本规定。设计中尚应根据具体情况,采取各种必要的措施。此外,电动机尚应根据本规范第 9 章《电气测量及电能计量》,装设必要的测量仪表。

10.2 起重运输设备

I 起 重 机

10.2.2 目前我国起重机供电方式通常为下列几种:滑触线供电型式,有绝缘式安全滑触线和悬挂式滑触线;软电缆供电型式,有悬挂式软电缆和卷筒式软电缆等。

因绝缘式安全滑触线具有阻抗小、电压损失小、节约电能、运行安全、供电可靠、安装维护方便等优点,且近几年来,这种新产品生产厂家增加很快,订货方便,故现行设计中已广泛采用绝缘式安全滑触线对起重机供电。

过去设计中通常采用的固定式裸钢材滑触线与绝缘式安全滑触线相比有较多缺点;现行设计中已很少采用,故本规范未编入这方面内容。

10.2.3 关于“隔离电器和短路保护电器”的说明,见 10.1.35 的说

明。

10.2.4 一般设计原则。通常电压损失的分配为：起重机内部电压损失 2%~3%；供电电源线 3%~5%；滑触线 8%~10%。

但国家标准《起重机设计规范》(报批稿)中规定：一般用途电动桥式起重机(吊钩式、抓斗式)额定起重量为 32t 及 32t 以下时，其内部电压损失为 5%，额定起重量为 32t 以上至 160t 时，其内部电压损失为 4%。使用上述起重机时，请注意这种情况，需对供电电源线及滑触线的电压损失进行调整，保证总电压损失符合本条规定。

在确定滑触线电压损失时，所采用的计算长度应为自供电点至滑触线最远一端。

10.2.6 因各制造厂生产的绝缘式安全滑触线结构和导电材质都不相同，故绝缘式安全滑触线装设膨胀补偿装置的要求，应根据其制造厂提供的产品技术参数确定。

10.2.10 起重机的绝缘式安全滑触线上，不应连接与起重机无关的用电设备，是为了配电可靠和维护安全及方便。电磁式起重机失压时，有砸伤人员及设备的可能。失压时会导致事故的起重机，多见于炼钢车间，严禁在这类起重机的绝缘式安全滑触线上连接与起重机无关的用电设备，以减少引起失压事故的几率。

10.2.11 由于门式起重机一般都安装在露天，其用途、型式及生产环境都不相同，因此，需根据生产环境、移动范围、同一轨道上安装的台数、用电容量大小等情况综合考虑，选择适当的配电方式。

10.2.11.1 移动范围大，容量较大的门式起重机，根据生产环境采用地沟内绝缘式安全滑触线供电或采用架空绝缘式安全滑触线供电，这两种方式，近几年来设计中刚开始采用，主要优点，亦就是采用绝缘式安全滑触线的优点。

过去不少的露天钢材仓库和原料仓库的门式起重机大部分采用悬挂式滑触线供电，悬挂式滑触线大多采用双沟形铜电车线。为保证集电器与滑触线间严密接触，对滚轮结构者应尽量增大滚轮活动范围，加深凹陷部分，对长臂结构者应适当增加臂长，并保证

其活动自如的接触滑触线,强度应与集电器适应。杆距一般为 15~20m,设终端拉紧装置。

10.2.11.2 有的材料库的容量较小和移动范围不大的单台门式起重机,采用了悬挂式软电缆供电。

有些码头的门式起重机,大部分采用卷筒式软电缆供电,一般电源引入点设在移动范围的中部,在靠电缆卷筒侧的起重机轨道外侧地面上适当位置作一浅电缆沟,使电缆在沟内拖动,防止机械损伤。

10.2.13 由调查中看到,悬挂式滑触线大多采用双沟形铜电车线,运行比较可靠。

10.2.15 我国对低压交流起重机一般都采用三根滑触线供电,保护接地通常利用起重机轨道。当有不导电灰尘沉积或其他原因造成车轮与轨道不可靠的电气连接时,宜增设一根接地用滑触线,即采用 4 根滑触线,我国引进的某些厂就采用了 4 根滑触线。

II 胶带运输线

10.2.16 主回路和控制回路要求同时得电、失电,否则,当控制回路电源有电,主回路电源失电又恢复供电时,将引起自启动,易发生事故,所以应有联锁。

10.2.20 联锁线有多种起动、停止方式,如分别起动、部分机械延时起动,按工艺流程反方向顺序起动等。在某种场合,如机械加工运输线是采用顺工艺流程方向起动的。

停止方式有:同时停止、部分机械延时停止及从给料方向顺序停止等方式。

起动与停止方式主要是要符合生产需要和工艺要求及考虑节能等,故本规范中不作硬性规定。

条文中关于故障时联锁停车的规定,是为了避免物料的堆积。有些机械有存料装置,当前面机械出故障,本机仍能工作一段时间,小故障能迅速排除。故对于与故障关系不大的联锁部分可不停车,可以灵活处理,改为局部停车。

10.2.21 解除联锁实现机旁控制,是为了单机调试和检修。

10.2.22 运输线的控制方式,要根据工艺要求确定。最近,有些大型较复杂的胶带运输线采用可编程序控制器或计算机控制,故增加此内容。

10.2.23 根据设备和工艺的要求而定。

10.2.24 根据机械企业的具体情况,为了防止发生人身、设备事故,提出几点常用措施:

10.2.24.1 联锁起动预告,一般采用音响信号(如电笛、电铃、喇叭)。如胶带运输线长,就地设有值班人员,经检查后分别起动或用电灯、灯光信号通知控制人员起动。

10.2.24.2 设事故信号可帮助操作、维修人员及时发现故障,及时处理故障,避免事故扩大。

10.2.24.3 就地控制箱、屏、台的地点一般选择在机组较集中的场合,并有专人负责,事故断电开关装在控制箱、台上、使用维修比较方便,工作比较可靠。

10.2.24.4 胶带运输线比较长,宜在其巡视通道装设事故断电开关或自锁式按钮,以便巡视人员发现故障时,能及时切除,防止故障扩大。

按钮采用自锁式,主要是由于事故切断后,从安全考虑在事故未解除前不允许别的地方进行操作。根据 IEC 标准《建筑物电气装置》(TC64)537.4.6 款“紧急开关用电器的操作工具必须能自锁住或被限制在‘断’或‘停’的位置,除非紧急开关用的操作工具和重新通电用的操作工具两者是由同一个人控制”。

10.2.26 有专人值班的控制室(或控制点)与经常联系场所,用电话联络,或采用对讲设备,能迅速说明情况,便于及时处理现场生产。

10.2.27 一般设计原则。很多厂反映,使用模拟图花钱不多,便于观察,操作方便,很有必要。较复杂的联锁系统尤其是无触点系统更有必要。

10.2.28 控制室的位置往往受工艺布置的限制,选择位置时,应尽量考虑到条文中所述的几个方面,它是从生产和实践中总结出来的。

10.2.29 胶带卸料小车及移动式配合胶带输送机一般容量不大,

速度较慢,每次移动距离较小,工作地点粉尘或潮湿比较严重,此时采用悬挂式软电缆供电具有装置简单、可靠、安装方便,不受粉尘影响,因此,宜首先采用。软电缆采用工字钢滚轮悬挂,尤其采用带滚珠轴承的双滚轮结构,滑动轻巧、灵活、没有卡住及拉断电缆的现象。

10.2.30 因原料场散料易撒在轨道上,积灰太多而造成轨道与车轮接触不良,因此,宜采用移动电缆的第四根芯线作接地线。

Ⅲ 电 梯

10.2.31 Ⅲ分节的适用范围。由于电梯的种类繁多,从用途分有:客梯、货梯、医用梯和各类专用梯。本条文不能包罗万象。例如特殊用途的专用梯、小型杂货梯、就不能包括在内。此外,非电力拖动的升降梯(如液压梯等)更不属其中。

10.2.32 各类电梯,由于它们的运输对象不同,安装的地点不同,其负荷分级及供电要求亦不同,应符合本规范第3章《供配电系统》中负荷分级及供电要求的原则规定。

10.2.33 关于“隔离电器和短路保护电器”的说明,见本规范10.1.35的说明。

10.2.34 应按电梯的设备容量向电梯供电。电梯的设备容量应为电梯的电动机额定功率加上其他附属电器之和。

交流电梯的电动机功率应为交直流变流器的交流额定输入功率。

此外,要特别提出的是:交流电梯和直流电梯的铭牌额定功率各不相同。例如交流电梯是指其曳引机功率,而由直流发电机供电的直流电梯是指拖动直流发电机的交流电动机功率。

在电梯的电机选型功率计算中,采用了如下过程:

(1)电梯曳引机的功率

$$P_d = \frac{(1 - K_p) QV}{102\eta}$$

式中 P_d ——半小时或一小时工作制曳引机功率(kW);

K_p ——平衡系数(0.4~0.5);

Q ——载重量(kg);

V ——梯速(m/s);

η ——传动效率。

(2) 直流发电机功率

$$P_f = \frac{P_d C}{\eta_d}$$

式中 P_f ——连续工作制发电机功率(kW);

C ——持续率折算系数, P_d 为半小时工作制时, $C=0.6$;

P_d 为一小时工作制时, $C=0.55$;

η_d ——曳引机效率。

(3) 交流拖动电动机功率

$$P_j = \frac{P_f}{\eta_f}$$

式中 P_j ——连续工作制交流电动机功率(kW);

P_f ——直流发电机功率(kW);

η_f ——直流发电机效率(0.9)。

$$P = P_x \sqrt{\frac{\epsilon_x}{\epsilon}}$$

式中 P ——交流电动机持续率为 ϵ 工作制时的功率;

P_x ——交流电动机持续率为 ϵ_x 工作制时的功率。

可见,随持续率的减小,其曳引机功率和工作电流增加。故在进行配电线路设计时,要使配电导线与电梯的工作制相对应。

特别是交流电梯,在非调频调压系统中,在频繁运行时,是处在反复短时工作制。但起动冲击电流相当大,冲击电流在温升等效电流中占有相当的比例,又由于停层时间甚短(有的小于10s),即发热休止时间远小于导线的发热时间常数(一般在8min以上)。诸此种种,造成了设计上的困难。

为了设计方便,并有可靠的依据,本规范采用了《美国国家电气法规》的参数。

多台同类型同容量的电梯,其同时工作系数推荐值见表

10.2.34,供参考。

多台电机的同时工作系数

表 10.2.34

电机台数	1	2	3	4	5	6
同时系数	1	0.91	0.85	0.8	0.76	0.72

10.2.35 电梯的照明是稳定乘客心理情绪的重要措施,不容忽视。

10.2.36 电梯的电源线路敷设在井道中是不安全的。不敷设在井道中,既可防止井道火灾危及电源线路,又可防止电源线路产生火灾的可能性。

IV 电动平车

10.2.38 和 10.2.39 根据国家标准《安全电压》(GB3805—83)中第 2.2 条(安全电压标准)，“当电气设备采用了超过 24V 的安全电压时,必须采取防直接接触带电体的保护措施”的规定,将原规程中向电动平车供电电压“36V”改为“24V”,以保证运行安全。

自国家标准《安全电压》(GB3805—83)于 1983 年颁布以来,原机械电子工业部设计研究总院和第二设计研究院及有关电动平车制造厂,对交流 36V 电动平车改为交流 24V 电动平车问题,做了大量的研制工作,并试制出了交流 24V 电动平车新产品,取得了较大成绩,但由于有些问题尚待进一步研究解决,各电动平车制造厂没有积极去开发交流 24V 电动平车新产品,故到目前为至,国内尚未有交流 24V 电动平车定型产品。

10.3 电焊机

10.3.2 手动弧焊变压器或弧焊整流器上,仅装有焊接电流的调节装置及指示器,操作及保护电器均由用户自配,故手动弧焊变压器或弧焊整流器的电源线,应装设隔离电器、开关和短路保护电器。

这里所说的“隔离电器、开关和 短路保护电器”既可以是三种

电器,亦可以是两种电器,如具有隔离作用的能接通断开负载的电器和短路保护电器或隔离电器和具有短路保护作用的能接通断开负载的电器;亦可以是具有隔离作用和短路保护作用的能接通断开负载的一种电器,如封闭式负荷开关(铁壳开关)。

自动弧焊变压器、电渣焊机或电阻焊机带有成套的电控装置,故其电源线应装设隔离电器和短路保护电器。

10.3.3 根据原第一机械工业部第七设计研究院 1982 年编写的《单台电焊机保护设备选择研究报告的附录 14》中的理论分析和公式推导得:

$$I_{er} \geq \frac{I_{eh}}{1.45} \sqrt{\frac{\epsilon_h}{\epsilon}}$$

对于弧焊机,最大焊接电流时 $\epsilon=0.3$,代入上式得:

$$I_{er} \geq \frac{I_{eh} \sqrt{\epsilon_h}}{1.45 \sqrt{0.3}} = 1.25 I_{eh} \sqrt{\epsilon_h}$$

对于电阻焊机,由于最大焊接电流即为 I_{eh} ,故 $\epsilon=\epsilon_h$,则上式化为:

$$I_{er} \geq \frac{I_{eh}}{1.45} \sqrt{\frac{\epsilon_h}{\epsilon_h}} = 0.7 I_{eh}$$

10.3.7 电渣焊接主要用于重型设备和构件中的厚板焊接,这些构件的工作条件与受力情况往往较为恶劣复杂,所以要求焊接质量要好,焊缝最好一次形成。如果在施焊过程中电源突然中断,因此产生未焊透部分,修补是比较复杂的。电渣焊机的容量较大,在设计配电系统时,应尽量使电力变压器靠近些,并采用专用线路配电。

为减少电压波动,提高交流自动焊的焊接质量,必要时宜采用专线供电。

电阻焊机是一种断续工作的用电设备,大多数是单相的,负荷波动较大,影响同一条配电线路上的其他用电设备的正常工作。所以对容量较大的电阻焊机,宜采用专用线路供电。

当单相或三相大容量电焊机和车间用电设备共用一台变压器供电时,往往互相影响,因此,可由专用变压器供电。

10.3.8 国家标准《评价企业合理用电技术导则》(GB3485—83)中第2.6条对此作了规定。

10.3.9 本条的制订,主要考虑节约电能,但当电力线路上接有晶闸管点焊机、直流冲击波点焊机时,应考虑谐波对补偿电容器的影响,并应采取相应对策。

10.4 电 镀

10.4.1 电镀电源从70年代末以来,除极少数用户仍用直流机组外,几乎全由整流管和晶闸管整流设备所替代。它与机组比较,不仅具有效率高、体积小、重量轻、寿命长、操作方便、维修简单、无噪声等优点,而且防腐型整流设备可直接安放在镀槽旁,实行单机单槽供电,以缩短供电线路、方便电参数的调节。这样,既减少了电能损耗,亦节约有色金属。

10.4.2 整流设备应按镀槽额定电压、电流选择。因为镀槽所需的电压视工艺规范、电解液成分和所取的电流密度不同而异。电压数值保证电解过程正常进行,电流(或电流密度)大小直接影响电镀的沉积过程。

晶闸管整流设备的额定电压应大于并接近镀槽所需电压。因为控制角增大,交流成分随之增加,对某些镀种电镀质量可能受影响。各种晶闸管整流电路在不同控制角时,交流分量与直流分量的百分比(经电阻负载)见表10.4.2:

需冲击电流的镀槽,整流管、晶闸管整流器容量按镀槽额定电压、冲击电流值和整流器允许过载能力来选择。整流设备的过载能力是指制造设备时的裕量及硅元件的过载能力(一般5s可过载2倍,5min可过载1.25倍);而需冲击电流的镀槽,冲击电流持续时间均小于5min。当整流设备过载能力无资料可查时,可按镀槽电压、冲击电流值乘0.8系数选择整流设备容量。

晶闸管整流电路交流分量与
直流分量百分比(%)

表 10.4.2

整流电路 控制角	单相半波	单相全波 及双半波	三相半波	三相全波
150°	387	264	8	208
120°	258	170	213	122
90°	202	124	124	75
60°	159	88	80	35.2
30°	133	61	41.3	17.3
0°	121	48	14	4.6

多槽(指 2 个及以上镀槽)共用的整流设备,应按各槽额定电流之和乘同时使用系数和负荷系数,一般可取 0.8~0.9,但各专业厂电镀情况不同,应根据具体情况确定。

一些镀种对整流波形尚有一定要求,为此,利用整流线路不同结线方式,获得不同的输出电流波形。如:

(1)焦磷酸盐光亮镀铜,可用单相半波、全波整流管或晶闸管整流设备。

(2)无氰光亮镀铜,可采用晶闸管整流设备。

(3)焦磷酸盐镀铜合金,可采用晶闸管整流设备;单相半波整流设备,单相全波整流设备加间歇性电流装置。

(4)镀铬槽可采用整流管或晶闸管双反星形带平衡电抗器整流设备或三相桥式整流设备。

10.4.3 根据制造厂提供的资料,采用饱和电抗器调压的整流管整流设备,只能在额定负载的 10%~13%以上时才能调压。本条文考虑各厂的生产要求不同,故规定为额定负载的 30%以上使用饱和电抗器调压。在电流调节精度高,同时常使用在额定负荷 30%以下的低负荷镀槽,可采用自耦调压器或感应调压器方式的整流管整流设备。

10.4.4 按照不同镀种采用相应数值的恒定镀槽电位,是确保提

高电镀质量的有效措施。在晶闸管整流设备附带电流密度自动控制环节,在技术上可行,目前已有成品供应。在晶闸管整流设备上附设恒电位仪产品已在国内几个厂试验运行达数年之久,操作工人反映,采用恒电位仪的晶闸管整流设备后,再也用不着按照镀件的数量、镀件面积大小,频繁地观察表计来调节槽子的电流或电压,不仅减轻操作强度,亦提高了镀件质量。

10.4.5 用整流设备作为电镀电源,实现一台整流设备供一个镀槽,使操作者调节镀槽电流方便,满足单个镀槽的特定工艺,提高电镀质量,同样亦节约有色金属和电能损耗。

每个镀槽电流不大,工艺上对电流控制没有严格要求时,亦可采用一台整流设备供给几个镀槽用电,以节省投资。

两个镀槽位置相近,电压相近,电流相差不大,可用一台整流设备供给两个不同时使用的镀槽。整流设备与镀槽中间增加倒换开关,这样,对整流设备及电镀质量没有影响。

10.4.7 当一台整流设备向一个镀槽供电,且整流设备集中放置时,为便于操作、调节,应在镀槽附近设置电流调节装置、测量仪表和开停整流设备的控制按钮。

10.4.8 当一台整流设备向几个镀槽同时供电时,为避免相互影响和干扰,每个槽子旁均应设有电压表、电流表、电流调节装置,以便根据产品要求分别进行调节,为了操作方便,镀槽旁还可加装整流设备的控制按钮。

10.4.9 允许电压损失的数值,由技术经济比较来决定,一般可取10%。

10.4.10 为检修及运行安全,每台整流设备的电源线,应装设隔离电器和短路保护电器。

关于“隔离电器和短路保护电器”的说明,见本规范 10.1.35 的说明。

10.4.11 电源室尽可能接近负荷中心,是为了节省有色金属和降低电能损耗。

电源室宜靠近外墙,为的是获得通风和采光的良好效果。

10.4.12 酸性溶液镀槽或碱性溶液镀槽,在电镀过程中散发出酸性或碱性蒸气和飞沫。酸对大多数金属及纤维质绝缘都起腐蚀作用,碱对铝和铝合金有腐蚀作用。所以本条规定在电镀间内的电力设备、线路及金属支架等应采取防腐蚀措施。

10.5 蓄电池充电

10.5.3 酸性蓄电池充电时排出的氢和氧的混合气体是爆炸性气体。而且,随着气体带出部分电解液形成的硫酸蒸气。为了人员健康、设备安全运行及不被腐蚀,整流器则不宜放在充电间内,而宜设在单独的房间内。整流器室的门亦不宜直接开向充电间。

碱性镉镍蓄电池在充放电过程中排出的碱性气体及氢、氧气很少,故其充电用整流设备可装设在同一房间内。

10.5.4 为了防止酸性蓄电池放出的酸性蒸气和碱性蓄电池放出的碱性蒸气相互渗入蓄电池而使电解液产生中和效应,所以酸性蓄电池与碱性蓄电池应严格分开在不同房间内充电及存放。

10.5.5 根据调查,蓄电池车的蓄电池充电时一般都是成组进行的,而且大部分单位都是将车开到充电间直接在车上进行充电。由于各车的运行情况不同,蓄电池的放电容量就不一样,如将各车容量不同的蓄电池串联一起,则充电过程中有的已充好,有的未充足。如同时结束充电,则未充足的蓄电池对寿命就有影响。故每辆车宜采用单独回路充电,并应能分别调节。

10.5.6~10.5.10 这5条用于选择整流器,其数据系按蓄电池国家标准制定。标准中规定,酸性单体电池一般充电电压为2.4V,充电到最后2h可增到2.5V,碱性蓄电池充电终了时一般电压为1.6~1.75V故选择的整流器电压应该比最终的充电电压要高,而且电压应能调节。故规定充电电压为蓄电池组电压的150%。

蓄电池标称电压系指单体电池的额定电压,电压数值为我国产品标准中规定的数值,且已向国际电工委员会(IEC)标准靠拢。

整流器输出电流亦是按蓄电池国家标准定出。例如,牵引用蓄电池标准中规定,初充电第一阶段充电电流为 $0.5I_5$,第二阶段充

电电流为 $0.25I_5$ ，普通充电第一阶段充电电流为 $0.7I_5$ ，第二阶段为 $0.35I_5$ （其中 I_5 为 5h 放电率容量放电电流值）。故规定整流器输出电流不得小于 $0.7I_5$ ，以满足最大充电电流值。

按国家标准 GB5008.1—85，起动用铅酸蓄电池普通充电电流为 $0.1C_{20}$ ，其中 C_{20} 为 20h 放电率额定容量，文中改写为 I_{10} 是为了使 10.5.7 中各蓄电池充电电流写法一致。同理，按镉镍蓄电池使用说明书（国营 755 厂）中规定充电电流为 $0.2C_5$ ，文中改为 I_5 。

按国家标准 GB5008.1—85，起动用铅酸蓄电池组恒压充电电压值为 $14.8 \pm 0.05V$ （12V 一组者）或 $7.4 \pm 0.05V$ （6V 一组者），折算到单个电池即为 2.46V。按镉镍电池使用说明书单个电池恒压充电电压为 1.45V。

10.5.12 酸性蓄电池充电时排出的硫酸蒸气及飞沫对一般地面、墙壁、天花板及金属支架等均有腐蚀作用。因此，要对墙壁、天花板及金属支架等采取防酸措施。地面亦应能耐酸。为了便于经常冲洗地面，地坪应有适当的坡度及排水措施。

根据国家标准《35~110kV 变电所设计规范》（GBJ59—88）规定，“蓄电池室、调酸室及屋内配电装置室每小时通风换气次数均不应低于 6 次”，又根据国家标准《工业企业通信设计规范》（GBJ42—81）规定，“装有密闭防爆式或防酸隔爆式蓄电池的电池室通风量不应小于每小时换气 5 次”参照以上两规范的规定；并考虑到蓄电池充电至后期时将产生较多的腐蚀性气体或氢气，所以，本规范规定充电间每小时通风换气次数不小于 8 次。

为了防止电气线路受到腐蚀损伤导线，并使导线接点电阻增加，因此规定充电间内的固定式线路应采用铜芯绝缘线穿焊接钢管敷设，或铜芯塑料护套电缆，并有防止外界损伤的措施；移动式线路应采用铜芯重型橡套电缆。

10.6 静电滤清器电源

10.6.2 电滤器在工作过程中各电场的供气状况不同，气体中不同的悬浮粒子、含量和气体参数均有差别，为保证气体除尘时有最

高的效率,电滤器的每一个电场需要有不同的供电参数(电晕电流和电晕电压值)。另外,电滤器在操作过程中气体参数还会发生变化,电晕电压和电流须随时进行调整。因此,从生产操作的观点出发,电滤器的每一个电场均以设置单独的供电设备为宜。否则,如用一台整流器对若干个电场供电时,供电参数通常是按操作条件最差的情况确定的,这样,其余的电场则是在降低电压的情况下工作,电滤器没有充分利用。由于电滤器的造价比整流器要高得多(占总投资的85%~90%),所以,为节省整流设备而使电滤器不能充分利用,会造成更大浪费。当然,如果电场的条件差不多,供电参数相差不多,用一台整流设备供给多个电场亦是可以的。从调查中看到,绝大部分是一个电滤器单独配备一套整流设备。

10.6.3 高压整流设备要求安装在无导电尘埃、无腐蚀气体的环境中。所以,户内式整流设备须设在单独的房间内。每套整流设备的高压整流器、变压器和转换开关应装设在单独的隔间内,是为了保证运行维护时的安全和检修某一套整流设备时,不影响其他整流设备的运行。整流隔间的金属网孔尺寸不应大于 $40\text{mm}\times 40\text{mm}$ 是为了防止人手误入金属网内。隔间遮栏高度选定2.5m是考虑一般人员不能将手伸过隔间顶部。

户外式整流设备系封闭式,可以放在室外。而且,户外式整流设备的高压出线套管系水平式,可将套管直接伸入高压隔离开关箱再与电滤器端子箱相接,从而省去了高压电缆。因此,户外高压整流设备应装在电滤器上。

10.6.4 一般交流35kV网络的内部过电压为4倍。据有关资料介绍;高压直流输电网络内部过电压仅在罕见的情况下有可能到2倍左右,而电滤器直流系统的内部过电压应该说是小得多,暂取1.5倍。所以,直流40~80kV配电装置的设备绝缘不应低于工频35kV的绝缘等级。

配电装置的导体及带电部分的各项电气净距,主要根据下述条件决定:

(1)整流设备最高输出直流电压为80kV;目前一般电滤器运

行时的直流电压约为 40~70kV,原机械研究院(73)电器字第 83 号文中所制定的高压静电硅整流设备最高输出直流电压分 40、60 及 80kV 三种。

(2)空气间隙放电电压取 7.5kV/cm;据有关文献介绍,在直流电压下空气间隙的放电电压,当为正极性时约为 7.5kV/cm,当为负极性时约为 20kV/cm。电滤器直流电源系统一般采用正极接地方式,为安全计,空气间隙放电电压按正极性考虑。

由此可得直流导体及带电部分对接地部分的最小间距为 $1.1 \times (80 \times 1.5) \div 7.5 = 17.6\text{cm}$ (式中 1.1 为耐受电压与放电电压之比),该数值接近于电压 20kV 等级的 A_1 值(A_1 为 180mm),为安全可靠计,本规范按工频 35kV 电压等级的 A_1 等各项数值考虑。

10.6.5 户内式高压整流隔间门上装设断开电源的联锁装置是为了防止工作人员误入高压整流隔间发生触电危险,故设置开门后即自动断开交流电源的电气联锁装置,以保证安全。据调查,户外式整流器的断开电源联锁装置,现在有的单位在研制一种机械锁,尚未成熟。

户外式整流器的断开电源联锁装置装在高压隔离开关的箱门上,当打开隔离开关箱门时则自动断开交流电源。

10.6.6 户内式整流设备的控制屏靠近整流隔间是为了便于操作监视,且有利于接线。整流设备套数较多时,比较好的办法是将控制屏与整流隔间各排成一系列面对面布置。这样布置比较紧凑,节省面积,走线方便。整流隔间与控制屏间的通道规定不小于 2m,是考虑便于设备搬运及操作维护。

户外式整流设备的控制屏规定装在电滤器附近的房间内主要是为管理方便,缩短电气线路。

10.6.7 采用负的电晕电极可以得到比正的电晕电极更高的火花击穿电压,这就可以使电滤器在更高的电压下工作,有较高的除尘效率。根据有关的资料介绍,对煤气用电滤器,当电晕电极接整流器的负极时,除尘效率可达 99.9%,如与整流器正极相连,除尘效

率只达 70%。

据调查,目前由整流器负极接到电滤器电晕电极的线路均采用上海电缆研究所生产的高压电缆,一般不再采用圆钢或钢管。采用高压电缆可保证运行安全。

选择高压电缆的截面主要考虑电缆强度,因为工作电流很小,为毫安级,而工作电压一般为 40~70kV,如电缆截面小,则强度低,一旦断线则有危险电压,造成事故,现在通常采用上海电缆研究所生产的 95mm² 的专用电缆。

规定整流器的正极接到电滤器的收尘电极的连接线不少于两根并予接地,是为了安全可靠。

根据一些资料介绍,接地电阻大多数为 4Ω,个别有要求 1Ω 以下的。从各厂多年运行情况看,接地电阻做成 4Ω 未发生什么问题,证明该数值是可靠的。另外,在整流器的高压直流输出端一般均串接有阻尼电阻或扼流器,用以限制短路电流。以直流输出电流(平均值)为 200mA 为例,短路电流稳定值仅为 0.25A 以下,这说明短路电流值是相当小的。当接地电阻采用 4Ω 时,如整流器由于绝缘损坏致使外壳带电,此时如人触及设备外壳,最坏情况人将承受 $0.25 \times 4 = 1.0V$ 的接触电压,此电压是安全的。

为了保证接地可靠,规定连接线不少于两根,通常都不利用设备或金属结构本身来作为接地线。因为当设备或金属结构偶然损坏或检修时,有可能使接地回路断开。

11 电热装置

11.1 一般规定

11.1.1 本条说明本章适用范围和包括的内容。

本条所规定的适用范围是根据目前国内在冶金、化工和机械制造等各部门一般采用的电热装置而确定的。电热装置的种类很多,规格参数和性能亦不相同,主要是:

(1) 电弧炉:包括炼钢电弧炉、真空电弧炉(自耗电极和非自耗电极的)和炉外精炼装置等,是直接利用电极与炉料间产生电弧来熔化和精炼炉料的。

(2) 综合作用的电弧炉:例如电阻电弧炉,包括各种型式的矿热炉(熔炼铁合金、有色金属和电石等)及电渣炉,是利用电阻和电弧将电能转化为热能。

(3) 感应电炉:按频率分为高频、中频和工频;按结构形式分为有芯和无芯;按用途分为熔化、冶炼和加热(包括感应加热器、感应淬火装置等);为满足频率、结构、用途不同时对其电气的要求亦不相同。

(4) 电阻炉:其种类规格最多,有各种各样的加热元件,例如金属的、非金属的(矽碳棒、碳质、盐液等);又分间接加热和直接加热电阻炉。

这次本章修订的内容和适用范围主要是条文中列举的电弧炉、矿热炉、感应电炉、感应加热器和电阻炉。

11.1.2 由于国内已有额定一次电压为 110kV 的电炉变压器。

11.1.3 本条规定的电热装置对供电可靠性的要求是根据电热装置的性质提出的。主电源突然停止供电一般不致引起重大设备损坏和造成人身伤亡的危险;但将造成减产或产生废品。因此宜根据

电热装置的种类、用途和容量大小的不同分别列入第二级或第三级负荷。

对生产性质重要的电炉,如炼钢车间电弧炉和大型矿热炉等,由于国民经济、国防及科学技术发展的需要,优质合金钢、有色金属和化工原料的生产对国民经济有重要作用。这种电炉停产所造成的损失及带来的影响均较重大。

(1) 电弧炉及矿热炉按目前使用情况可以分两种类型,为供主要生产(或大量生产)的电弧炉,如炼钢车间电弧炉、大型铁合金炉等应列为第二级负荷。根据调查,炼钢电弧炉当供电系统主回路发生故障时应能保持或尽快地恢复供电。如短时间停电(一般10min以内)在熔化期、氧化期影响不大,只增加电耗,而在还原期对钢水成分及出钢温度有影响。如较长时间停电,尤其钢水已熔化后将会产生钢水凝结、损伤炉衬,使大量合金钢报废停工减产及人力的浪费;因此对设备及生产带来严重影响。对大型的矿热炉,如所调查的××铁合金厂和××铁合金厂的铁合金炉运行经验,如中断供电6~8h,在采取适当措施情况下不致造成重大事故,但由于停电所造成减产的损失很大,如××铁合金厂三车间在一次停电事故中减产铁合金83t。

另一类如修铸用的电弧炉,小型冶炼铁合金矿热炉等应属于第三级负荷。

(2) 装在连续生产线上感应炉、电阻炉及加热器应属于第二级负荷。

(3) 对于其他的感应炉、电阻炉、各种加热器等应属于第三级负荷。

以上负荷分级是指单台电热装置、对数台大型电热装置的供电(例如特殊钢厂等),当突然停电给国民经济带来严重损失者,根据国内冶金、化工、机械等行业工厂的实际情况和目前国内电网的供电水平宜按第一级负荷考虑。

对于电热装置的辅助电源(如冷却水泵、炉体传动机械等的电源)等级应根据突然停电引起事故的性质而定,必要时得设置备用

电源。

11.1.4

(1) 电炉短网的特点是电流大、外形复杂、环境恶劣。××电石厂电石炉的额定电流为 88100A, 40t 炼钢电弧炉的额定电流为 27700A。虽然短网长度不大, 但是其电阻尤其是电抗对电炉工作好坏有很大影响, 在很大程度上决定了电炉的效率和功率因数。因此减小电炉短网的阻抗是提高电炉功率因数和降低电能损耗的关键之一。

(2) ××钢厂 11 号炉(10t 炉)提高变压器使短网缩短, 一天多出 20t 钢。××钢厂 1 号炉将变压器移近电炉放在两个柱子的中心(缩短硬铜母线约 2m)并缩短软电缆, 改造后三个月每吨钢节约用电 36kWh。××砂轮厂将由一台 3150kVA 变压器供电的 5 台固定式碳化硅炉改成移动式炉缩短了短网; 原来最远一台功率因数为 0.7, 现在均提高为 0.85。

(3) ××钢厂 50t 炼钢电弧炉、××重机厂 40t 炼钢电弧炉均采用 1Cr18Ni9T 磁性钢作支撑结构材料, 采用石棉水泥块作硬母线夹衬材料。国内很多 10t 及以下电炉采用油浸木材作为低压母线横担及母线夹板。低压母线穿墙夹板一般采用石棉水泥板。

有的工厂由于母线夹板采用铁螺栓因涡流发热而将母线木夹板燃烧, 后改用铜螺栓才解决问题。

(4) ××重机厂 100t 电渣重熔炉低压母线离钢结构太近使钢结构发热, 后用钢板制成水套来屏蔽降温。××铁合金厂电炉母线的吊挂结构亦常产生发热现象。××重机厂 10t 电炉变压器的三角形接线由于离变压器空载调压开关油箱太近使油箱发热、上部钢板鼓起, 后将三角形接线改接远离油箱此现象才消失。因此应尽量避免在大电流母线附近有导磁性结构(钢结构支架等)。××钢厂 50t 炼钢电弧炉变压器室短网出墙处面墙 3000mm × 2500mm、顶板 3000mm × 2500mm 不用导磁钢筋以防发热。

(5) 在大电流附近的磁性材料中的能量损耗及发热温度计算参见有关文献或手册。

11.1.5 电热装置的联锁一般可以分为下列三种类型：

(1) 保证电炉辅助机械的安全操作和操作顺序正确性的联锁。由于电热装置的结构型式不同,传动方式不同,所采用的联锁关系亦不同。此条仅提出一般的原则上的规定。对炼钢电弧炉来说有炉盖旋转与炉盖提升的联锁;倾炉极限,炉盖提升和旋转极限;倾炉时电极上升到一定位置的联锁等。真空电炉与真空度的联锁。电渣炉的快慢速转动电动机之间的联锁。

(2) 操作断路器之间以及操作断路器与电炉辅助机械之间的联锁,包括操作断路器与隔离开关的联锁,星-三角转换开关之间的联锁,空载电压切换装置与操作断路器的联锁和操作断路器与炉体传动机械的联锁等。

(3) 电压在 1000V 以上的配电装置及带电体的保护门当电压切除时才允许打开的联锁。

联锁以少而精为原则尽量不要过多设置,以免造成运行维护检修上的不便。

11.1.6 本条规定对工作环境较恶劣的炼钢电弧炉和矿热炉更有必要,如×钢二厂炼钢电弧炉、××钢厂三炼钢分厂炼钢电弧炉将仪表和控制电器装在炉前的控制屏上,受到钢液的喷溅,使多数表计失灵,同时炉前温度高达 40~50℃操作工人无法在屏前操作;××钢厂三炼钢分厂将控制屏改变角度并加了一个铁皮棚,但不能彻底解决问题。又如×钢五厂的炼钢电弧炉炉体传动机械的控制器直接装在电炉旁,经常受到吊车吊挂钢锭的撞击而损坏。由于电炉车间的烟尘侵蚀使电炉的电度表、记录表计及自动控制系统中的元件失灵和特性恶化现象很多。所以电热装置的继电保护设备、测量仪表、控制电器及导线的装设应能便于进行操作、监视及维修,并应避免使其受辐射热、受潮、受电磁感应、受撞击及积聚灰尘。

11.1.7

(1) 三根直径为 d 的铜管,中心距为 a ,水平排列则其边相电抗为:

$$X_1 = X_3 = 2\pi f \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \frac{4a}{d}$$

中间相电抗为：

$$X_2 = 2\pi f \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \frac{a}{d}$$

式中 f ——频率(Hz)；

l ——铜管长度(m)。

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$$

中间相电抗较边相电抗小。

$$X_1 - X_2 = 2\pi f \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln 4$$

若 $l=15\text{m}$, $f=50\text{Hz}$, $d=0.4\text{m}$, $a=1.3\text{m}$ (上述参数相应于炉壳内径 $\phi 4300$ 电弧炉软电缆及电极臂上导体)代入上式得到：

$$X_1 = X_3 = 0.00242\Omega$$

$$X_2 = 0.00111\Omega$$

从上述计算中可以看出同平面布置的平行三相导体中间相的电抗小,这造成炉内功率转移,使短网电抗小的电极电弧电压高而导致炉衬侵蚀快。为了减少炉内功率转移提高炉衬寿命,多相短网的配置应尽量使各相阻抗相等。

(2) $\times\times$ 挖掘机厂 5t 电弧炉和 $\times\times$ 机车厂 10t 电弧炉硬母线采用三角形排列使各相电抗尽量平衡。国外(美国、日本等)很多采用硬母线,水冷电缆和电极握持器上水冷铜管均为三角形排列的布置,这样可使电弧炉的三相不平衡率为最小。

(3) 在一款中若中间相铜管 $d_2=d/4$,则电抗为：

$$X_2 = 2\pi f \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \frac{4a}{d}$$

则 $X_1 = X_2 = X_3$

从上式中可以看出同相导体尽量分裂以减小电抗值(d 值大, X 值小),异相导体尽量靠近(a 值小, X 值小),这是短网配置的重要原则之一。 $\times\times$ 钢厂 50t 电弧炉水冷电缆中间两根电缆束靠得很近而边相的三根电缆束固定得较远,用减小边相电抗加大中间

相电抗的办法来使三相电抗平衡。

(4) 若在设计中对短网不采取平衡措施,在运行中便导致炉内功率转移,炉衬寿命短。例如××钢厂 20t 电弧炉炉内功率转移,炉衬耗蚀不均,中间相炉壁侵蚀快。后采取加大中间电流运行才解决问题。原苏联 80t 电弧炉也曾在运行时发现中间电抗小,后来不得不将电流按 $I_A : I_B : I_C = 0.9 : 1.0 : 0.9$ 运行来解决。

(5) 为减少集肤效应,母线束应尽可能增加周边长,增加母线的高度与厚度之比。一般矩形母线厚度不超过 10~12mm,并且宽度与厚度之比约为 20 : 1,母线间距宜为 10~20mm。

为减少集肤效应大电流母线可采用铜管,例如截面与矩形铜母线 200×10 相同的 $\phi 80/62$ 铜管其 $K_1 = 1.047$ (而矩形铜母线 200×10 的 $K_1 = 1.35$),即有效电阻仅为矩形母线的 0.775。

(6) 为减小短网电抗,短网排列一般采取以下措施:

- a. 在变压器只有三个出线端子时,使各相母线尽量靠近。
 - b. 当采用多根母线时,应尽可能将不同相母线敷设成对称排列。
 - c. 当大型电弧炉变压器低压出线较多时,可采用同相往返电流排列。
 - d. 在电极上接成三角形使同相往返电流靠近减小阻抗。
- 国内 40t 电弧炉短网采用这种在电极上接成三角形的接线方式。
- e. 高功率和超高功率电弧炉的短网则要全部三角形布置或如三款所述修正平面布置。

11.1.10 炼钢电弧炉和矿热炉在工厂中或在电力系统中都是很大的电能用户,直接影响到工厂的功率因数和电力系统的经济运行。尤其是炼钢电弧炉熔化期具有很大的冲击性无功功率,对系统的电压波动和无功功率平衡极为不利。电炉容量愈大由于其短网电抗的增加功率因数愈低。高功率炼钢电弧炉和超高功率炼钢电弧炉由于其运行点往右,其功率因数较低(超高功率电弧炉的功率因数约为 0.65~0.85)。在电弧炉运行短路时,其功率因数仅为 0.2

~0.3。

提高炼钢电弧炉的功率因数可采用并联电容器补偿;但电弧炉产生的高次谐波电流会损坏电容器,宜采取措施来防止。

炼钢电弧炉和矿热炉的功率因数补偿装置一般装在附近供电的馈电变电所或配电所内。感应电炉的功率因数很低,无芯感应电炉都是在电炉近旁采用电容器补偿。

11.1.11 电力电容器的容抗 X_{cn} 为:

$$X_{cn} = \frac{1}{2\pi f_n C}$$

故当频率 f_n 增加时,容抗 X_{cn} 成比例地减小,换句话说 n 次谐波的容抗为基波容抗的 $1/n$ 。所以当系统中有高次谐波时电力电容器非常容易过负荷,甚至烧损。

在电力网中并联电力电容器时容易使系统的电压和电流波形畸变加剧,高次谐波电流增加而发生电力设备烧损或噪声严重,在电容器接入前系统的 n 次谐波阻抗为 Z_{sn} 、 n 次谐波电压为 V_{sn} 。若电容器 Z_{cn} 接入后,其谐波电流为:

$$\dot{I}_n = \frac{\dot{V}_{sn}}{(\dot{Z}_{sn} + \dot{Z}_{cn})}$$

$$\dot{V}_n = \dot{I}_n \dot{Z}_{cn}$$

一般系统 \dot{Z}_{sn} 为电抗性,故 Z_{cn} 为电容性,投入后谐波电流便扩大,若针对 n 次谐波 \dot{Z}_{cn} 为电抗性便可防止这一情况的发生。为此与电容器串联一个合适的电抗使在 n 次谐波时这个组合 \dot{Z}_{cn} 为电抗性,则可防止在电容器接入后谐波电流的增大。

例如在一般电力系统中 5 次谐波最严重,则当串联电抗器的感抗与电力电容器的容抗相等时:

$$5\omega L = \frac{1}{5\omega C}$$

$$\omega L = \frac{1}{5 \times 5\omega C} = 0.04X_c$$

故采用 4% 的电抗器则成 5 次谐波的谐波滤波器,这是交流

电力滤波器的基本原理。为了使电力电容器可靠地运行,与电抗器串联后 X_{cn} 为电抗性则可避免上述谐波电流放大,故在国内、国际上一般采用 6% 的电抗器为标准的电容器串联用电抗器。

若系统中接有电弧炉,则产生大量的 3 次谐波,为使 3 次以上的谐波为电抗性,故一般采用 13% 的串联电抗器接成 3 次谐波电力滤波器。

用于电力滤波器的电容器由于大量流入高次谐波电流,损耗发热增加;由于串联电抗器而使端子电压升高,所以在选择这类电容器的额定值时必须考虑运行时的过电压和过负荷问题。

在电力系统中接用容量较大的电力电容器时,应避免产生系统高次谐波谐振。

在下列方程中 n 为整数时,电容器将在 n 次谐波下谐振:

$$n = \sqrt{S/Q}$$

式中 S ——电容器安装处的短路容量(kVA);

Q ——电容器的输出(kVA);

n ——谐波次数,即谐振频率(Hz)与系统电力系统频率(Hz)之比。

11.1.12 电热装置有些电气部分是用水进行冷却的,例如炼钢电弧炉电极握持器上的导电铜管、水内冷母线、水冷软电缆、变压器油水冷却器、电磁搅拌的水冷定子绕组和感应电炉的水内冷感应线圈等;若水冷却系统发生故障,短时间内就会发生事故,因此需要随时对冷却系统工作状况进行监视,或装设报警及保护设备,使得在发生故障时能及时采取措施。必要时应分断电热装置的供电或用其他措施确保安全。

11.1.13 自然界的水均有一定导电性能,当采用这些水来冷却导电体时,冷却系统的出水口对地就有一定的电位;当这些电位超过安全范围时就应采取降低电位的措施,如×钢五厂一车间 5t 电弧炉 4000kVA 水内冷变电器出线端的出水口接有 1m 长的塑料管,在塑料管出水端测得对地电压为 40V,当将出水端加以接地措施后对地电压就消失。

当水冷导体与金属给排水管之间用绝缘管联接时,绝缘管的内径与长度应选择合适,使得每根绝缘管内的水保持一定的泄漏电流,以保证绝缘管与金属水管联接处的电位不超过允许值。

一般允许泄漏电流为 $I=20\text{mA}$,故当在已知水冷却导体的对地电压、绝缘管内截面和冷却水电阻率时可按下式计算绝缘管的长度:

$$I = \frac{US}{l\rho}$$

式中 U ——导体对地电压(V);

I ——泄漏电流(mA);

S ——绝缘管内截面(mm^2);

ρ ——冷却水电阻率(Ωm);

l ——绝缘管长度(mm)。

我国各种天然水质的电阻率近似值如表 11.1.13 所示。

各种天然水质电阻率近似值 表 11.1.13

水	海水	湖水 池水	泥水	泉水	地下水	溪水	河水
电阻率 (Ωm)	1~5	30	15~20	40~50	20~70	50~100	30~280

当采用凝结水时,电阻率可取为 $1000\Omega\text{m}$ 。

国际电工标准交流电流(15Hz 至 100Hz)对人体的效应见图 11.1.13 所示。

①区——通常无反应。

②区——通常无病理效应。

③区——通常预期无器官损害。肌肉收缩和呼吸困难程度、可逆的心脏脉冲形成和传导干扰包括无心室纤维颤动的心房纤维性颤动和暂态心脏停跳随电流增加、时间增加而加剧。

④区——除 3 区效应之外,心室纤维性颤动概率 5% 及以下(曲线 C2),50% 及以下(曲线 C3),超过 50%(超过曲线 C3),随着电流大小和时间而加剧,可能发生诸如心脏停跳、严重烧伤的病理生理效应。

频率大于 100Hz 交流电流的效应:

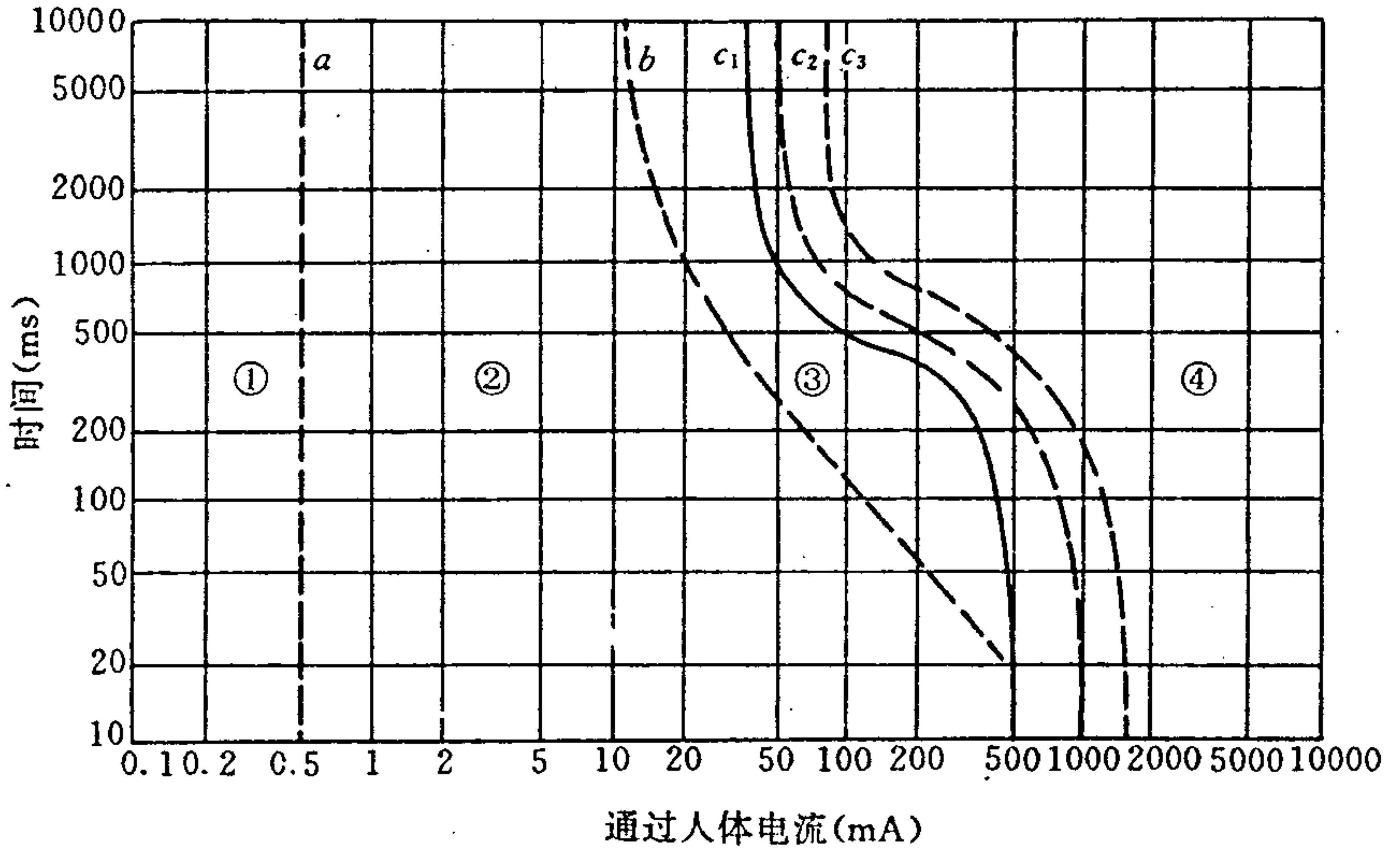


图 11.1.13 IEC 交流电流(15Hz 至 100Hz)对人体的时间/效应图(1984)

频率系数为该频率有关生理效应的门限电流与 50/60Hz 门限电流之比。

注：感知、摆脱和心室纤维性颤动的频率系数不同。

频率 50Hz 至 1000Hz 感知电流的频率系数从 1.0 增至 2.1。

频率 1000Hz 至 10000Hz 感知电流的频率系数从 2.1 增至 12。

频率 50Hz 至 1000Hz 摆脱电流的频率系数从 1.0 增至 1.64。

频率 1000Hz 至 10000Hz 摆脱电流的频率系数从 1.64 增至 5.1。

频率 50Hz 至 1000Hz 心室纤维性颤动的频率系数从 1.0 增至 14。

11.1.15~11.1.17

1. 电热装置很多都是单相的：几个千瓦的电阻炉，大至近万千瓦的石墨化炉。采用单相供电对电热装置本身工作没有影响，但对交流三相供电电源当单相容量较大时用单相供电影响到供电系统平衡问题。这种情况尤其在电网容量较小的情况下是不允许的。

应根据具体情况进行计算确定。

2. 在三相供电网路中接用单相负荷不平衡产生下列情况：

(1) 使发电机利用率下降；因三相发电机供电能力为 $\sqrt{3}UI$ ，而单相负荷最大为 UI 。因而设备利用率为：

$$UI/\sqrt{3}UI=0.577$$

(2) 在三相供电网路中接用单相负荷当电源阻抗为 Z 时，其电压降 ΔU_1 为：

$$\Delta U_1 = \frac{2I_1 Z}{U}$$

式中 I ——单相负荷电流；

U ——相间电压。

而当同样容量的三相负荷时其电压降为：

$$\Delta U_3 = \frac{\sqrt{3}I_3 Z}{U}$$

因单相负荷和三相负荷容量相同，所以

$$UI_1 = \sqrt{3}UI_3$$

即：

$$I_1 = \sqrt{3}I_3$$

代入上式可得

$$\Delta U_1 = 2\Delta U_3。$$

单相不平衡负荷给其他三相负荷带来不平衡的三相电压。

(3) 三相交流发电机负荷电流不平衡，其负序电流在转子回路及转子表面产生 2 倍周波数的电流使发电机电压波形恶化，转子本身尤其转子表面温度升高，同时产生 2 倍周波数的震动使发电机械震动增加。

(4) 三相感应电动机当流经负序电流时，产生反转磁场，使出力力矩减少并严重发热。

(5) 变压器的三相负荷不平衡不仅使负荷较大的一相线圈绝缘过热导致寿命缩短，而且还会由于磁路不平衡，大量漏磁流经箱壁使箱壁严重发热。

3. 不平衡允许标准

(1) 我国现行标准《电机基本技术要求》(GB755—81)规定：

对于交流电动机,电源电压为实际对称系统,对于交流发电机其所供电回路为实际对称。并在其附录名词术语中说明:在多相电压系统中,如电压的零序和负序分量均不超过正序分量的 2%即称为实际对称的电压系统。由对称的电压系统所供电的回路中,如电流的负序分量和零序分量均不超过正序分量的 5%,即称为实际的对称回路。在该标准中规定了同步电机承受不平衡负载的能力(如表 11.1.17-1 所示)。

同步电机承受不平衡负载的能力 表 11.1.17-1

电 机 型 号	连续运行的最大值 I_2/I_N
间接冷却的凸极同步电机 电动机 发电机 同步调相机	0.1 0.08 0.1
定子及磁场绕组直接冷却(内冷)的凸极同步电机 电动机 发电机 同步调相机	0.08 0.05 0.08
转子间接冷却的隐极同步电机 空气冷却 氢气冷却	0.1 0.1
转子直接冷却(内冷)的隐极同步电机 额定功率为 125MW 及以下 额定功率大于 125MW	0.08 在该类型电机的 产品标准中规定

(2) 国际电工标准同步电机不平衡运行条件见表 11.1.17-2 所示。

对于这种电机(I_2/I_N)由下式计算:

$$I_2/I_N = 0.08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$$

$$(I_2/I_N)^2 t = 8 - 0.00545(S_N - 350)$$

上式中 S_N 是以 MVA 计的额定视在容量。

同步电机不平衡运行条件

表 11.1.17-2

电 机 型 式	连续运行的最大值 I_2/I_N	事故状态下运行的最大值 $(I_2/I_N)^2 t$
凸极电机间接冷却 电动机 发电机 同步调相机	0.10 0.08 0.10	20 20 20
定子和(或)磁场(绕组)直接冷却(或内冷) 电动机 发电机 同步调相机	0.08 0.05 0.08	15 15 15
圆柱型转子同步电机 转子间接冷却:空气冷却 氢气冷却	0.10 0.10	15 10
转子直接冷却(内冷) ≤350MVA >350≤900MVA >900≤1250MVA >1250≤1600MVA	0.08 0.05	8 5 5

4. 国内不少大型的单相电热装置是用单相供电的,例如××炭素厂和 201 厂 7500kVA 石墨化炉,205 厂 8820kVA 石墨化炉,工艺过程允许用直流加热,将单相负荷由三相交流整流后以直流供电。××汽车厂有 10 多台 3000kVA 工频感应电炉在高压侧装有倒相装置,使在运行时均匀分接到三相上,这样最坏的情况下只出现一台单相负荷。经计算其负序电流仅 0.85% 投产后电网运行良好。

5. 当单相电热装置以单相供电,而电网条件不允许时应采取平衡措施以三相供电,国内一般增设平衡电抗和平衡电容来解决,平衡条件是功率因数为 1 时平衡装置的电抗及电容量为:

$$Q_1 = Q_c = P / \sqrt{3}$$

式中 P ——电热装置的有功功率;

Q_1 ——平衡电抗器的功率；

Q_c ——平衡电容器的功率。

由此可见采用三相供电需增加平衡电抗器和平衡电容器，使投资增加，操作复杂，因此在电网条件允许时可采用单相线电压供电。

6. 负序电流的测量可采用负序电流表。我国已于1984年开始生产负序电流表。

11.1.18

1. 随着现代化的发展，晶闸管被广泛采用并大型化，炼钢电弧炉和电气铁道迅猛增加；这些电气设备的电压、电流具有非线性特点，由于正弦电流畸变导致电网电压波形畸变。这种畸变波形危害电网中的电气设备，引起了高次谐波的问题。

2. 高次谐波的危害。较低次的高次谐波主要危害是使电力系统中的电气设备温度上升，设备容量降低，保护继电器、控制设备产生误动作，较高次的高次谐波电流使弱电回路、通讯回路产生杂音导致感应故障。

(1) 电容器和电抗器。由于流入过大的高次谐波电流产生振动、噪声或过热烧损。

(2) 变压器。由于高次谐波电流、电压、铁损、铜损增加，以及由于高次谐波电流产生铁心磁致伸缩而发生噪声。

(3) 荧光灯。由于流入高次谐波电流过大，使提高功率因数用的电容器和扼流线圈过热烧损。

(4) 感应电动机。铁损、铜损等电力损耗增加，以及按高次谐波电流发生固定数的振动力矩，因而引起转速的周期变动。

(5) 音响设备(收音机、电视机、扩大机)。杂音、图象闪烁以及由于高次谐波电压使二极管、三极管、电容器等元件损坏、寿命缩短、性能变坏。

(6) 电子计算机。由于电源被扰乱而产生误动作。

(7) 各种控制设备(整流器)。由于控制信号产生偏移而误控制。

(8) 计器用变量器。由于初相位有误差, $\pm \delta \tan \varphi$ (φ 为晶闸管相位控制等控制电流的相位角) 影响使测定准确度恶化。

(9) 积算电度表。由于流入高次谐波太大使电流线圈烧损和造成误差。

(10) 用户设备集中控制装置。由于控制信号扰乱, 使接受信号设备失误不动作。

(11) 继电器。由于高次谐波电流或电压使整定值超过或由于相位变化误动作或不动作。

(12) 电力熔断器。由于高次谐波电流过大而误熔断。

(13) 断路器。由于高次谐波电流过大而误动作。

受高次谐波危害的电力设备中, 电力电容器和其配套的电抗器为最多, 约占受危害电力设备的 70%。

电容诸如电缆、功率因数补偿设备、滤波回路等影响谐波频率的系统阻抗在不利的条件下。

$$Z_n = r + j_n \omega L, Y_n = j_n \omega C$$

若 $1 - n^2 \omega^2 LC = 0$, 便近似共振状态, 在电压增大的同时线路阻抗中的电流比发生源的电流 I_n 大, 增大的电流流向电力系统, 危害电气设备。

3. 国内外高次谐波限值标准。在电力系统中, 为了防止高次谐波的危害, 国内外都制订了高次谐波的限值标准, 特别是针对高压配电系统以电压正弦波畸变为基准尺度的较多。现将各国的高次谐波限值标准分别叙述如下:

(1) 英国。英国电力局技术标准 G5/3 有关电压畸变率限值如表 11.1.18-1 所示。

英国高次谐波电压的限值

表 11.1.18-1

电 路 电 压	总电压正弦波畸变率(%)	各次谐波电压(%)	
		奇次谐波	偶次谐波
415V	5	4	2

(续)

电 路 电 压	总电压正弦波畸变率(%)	各次谐波电压(%)	
		奇次谐波	偶次谐波
6.6、11kV	4	3	1.75
33、66kV	3	2	1
132kV	1.5	1	0.5

(2) 美国。美国 IEEE 导则规定的高次谐波电压畸变率限值如表 11.1.18-2 所示。

美国 IEEE 高次谐波电压的限值 表 11.1.18-2

电力系统电压水平(kV)		专用系统变频器(%)	一般电力系统(%)
中 压	2.4~69	8	5
高 压	115 以上	1.5	1.5

注：专用系统为仅供电给变频机的系统。

(3) 德国。德国电力局导则规定的高次谐波电压限值如表 11.1.18-3 所示。

德国电力局导则高次谐波电压限值 表 11.1.18-3

	5 次	7 次	11 次	13 次
中压线路谐波电压限值(%)	5 (5 次和 7 次合计)		3 (11 次和 13 次合计)	
中压线路的变换装置(%)	3	3	2	2

(4) 澳大利亚。澳大利亚的高次谐波电压限值如表 11.1.18-4 所示。

澳大利亚高次谐波电压限值 表 11.1.18-4

系统类别	电压等级 (kV)	电压畸变率 (%)	各次谐波电压(%)	
			奇 次	偶 次
一次、二次 配电系统	33	5	4	2
送电系统	22、33 和 66 110 及以上	3	2	1
		1.5	1	1.5

(5) 日本。日本 N 电力公司的高次谐波限值暂定标准如表 11.1.18-5 和表 11.1.18-6 所示。

日本 N 电力公司高次谐波电压限值 表 11.1.18-5

系统类别	各次谐波电压	备 注
150kV 以上	0.5% 以下	电压畸变率约 1% 以下
66kV 以上	1.0% 以下	电压畸变率约 2% 以下

日本 N 电力公司高次谐波电流限值 表 11.1.18-6

谐波电流次数	5	7	11	13	17	19	23	25
限 值 (A)	10.6	5.0	2.6	2.2	1.8	1.7	1.8	1.9

本表中的高次谐波电流限值按 $S_f I_n \leq 1.9A$ 计算, S_f 为杂音评价系数。

(6) 欧洲电气标准。欧洲电气标准 CENELEC 在 EN50006 中规定了低压回路中电压畸变率的限值如表 11.1.18-7 所示。

欧洲电气标准高次谐波电压限值 表 11.1.18-7

谐 波 次 数	3	5	7	9	11	13	15、17 ...39	2、4、6 ...40
谐波电 压(%)	0.85	0.65	0.60	0.40	0.40	0.30	0.25	0.2

(7) 我国原水电部“电力系统谐波管理暂行规定”SD126—84。在该暂行规定中所规定的电网电压正弦波畸变率限值直接套用英国电力局技术标准 G5/3(见表 11.1.18-1)。

4. 相应的国际电工标准见表 11.1.18-8~表 11.1.18-11。

IEC 高次谐波电流限值 表 11.1.18-8

谐 波 次 数 (n)	谐波电流最大限值 (A)
奇 次 谐 波	
3	2.30
5	1.14

(续)

谐波次数 (n)	谐波电流最大限值 (A)
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
$15 \leq n \leq 39$	$0.15 \times \frac{15}{n}$
偶次谐波	
2	1.08
4	0.43
6	0.30
$8 \leq n \leq 40$	$0.23 \times \frac{8}{n}$

表 11.1.18-8 中所列谐波电流限值是 50Hz 额定电压 200V 至 260V 的单相设备,其各次谐波频率的基准阻抗等于 $(0.4 + j0.25)\Omega$ (n 为谐波次数)按表 11.1.18-9 所列谐波电压限值推导而得。

IEC 谐波电压限值

表 11.1.18-9

谐波次数 (n)	谐波电压最大比值 (%)
奇次谐波	
3	0.85
5	0.65
7	0.60
9	0.40
11	0.40
13	0.30
15 至 39	0.25
偶次谐波	
2	0.30
4 至 40	0.20

上述基准阻抗和谐波电压比不能作为低压配电系统的典型值或限值,它们仅供鉴别设备产生的干扰用。

IEC 电视接收机高次谐波电流限值 表 11.1.18-10

谐波次数 (n)	谐波电流最大值 (A)
奇次谐波	
3	0.80
5	0.60
7	0.45
9	0.30
11	0.17
13	0.12
$15 \leq n \leq 39$	$0.10 \times \frac{15}{n}$

IEC 自镇流灯高次谐波电流限值 表 11.1.18-11

谐波次数 (n)	最大限值以基波电流 的百分比表示(%)
2	5
3	$30\lambda^{\text{①}}$
5	7
7	4
9	3
$11 \leq n \leq 39^{\text{②}}$	2

①电路功率因数。

②带无电子镇流器的灯具这些次数的谐波可不校核。

5. 电热装置产生的高次谐波

(1) 炼钢电弧炉 炼钢电弧炉由于电弧的非线性特性,并由于废钢和电极端头的相对位置变化频繁;电弧电流变化剧烈,并时常发生短路或断弧,电弧电流不仅含有各次高次谐波,各次高次谐波的幅变化亦非常快。

我们曾对国内 0.5t 至 50t 的炼钢电弧炉进行现场高次谐波测定;其结果与国外测定结果类似,一般具有下列特征:

a. 电流波形一次侧、二次侧均畸变严重,两者波形类似。

b. 一次侧电压波形近于正弦,二次侧电压波形畸变严重。

c. 熔化期比精炼期波形畸变严重,但精炼期波形畸变也不能忽视。

瑞典 ASEA 公司发表的 50t 炼钢电弧炉高次谐波电流如表 11.1.18-12 所示。

50t 炼钢电弧炉高次谐波含量(%) 表 11.1.18-12

$\frac{I_2}{I_1}$		$\frac{I_3}{I_1}$		$\frac{I_4}{I_1}$		$\frac{I_5}{I_1}$	
最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均
4~9	2~4	6~7	2~4	2~6	1~3	2~4	1~2

国内现场实测类似炼钢电弧炉熔化期电炉变压器一次侧电流波形高次谐波含量如表 11.1.18-13 所示。

电弧炉谐波分析 表 11.1.18-13

谐波次数	幅 度		相位角
n	I_n	I_n/I_1	(°)
1	11.95	1.000	9.02
2	0.80	0.067	38.99
3	1.34	0.112	-39.5
4	0.77	0.064	2.84
5	0.69	0.058	-8.38
6	0.28	0.023	4.38
7	0.06	0.005	41.53
8	0.25	0.021	-11.30
9	0.06	0.005	-36.85
10	0.16	0.013	-76.87
11	0.08	0.007	-67.23
12	0.14	0.011	78.25
13	0.15	0.013	-59.04
14	0.02	0.002	-26.08
15	0.15	0.013	79.73

总的说来炼钢电弧炉产生的谐波 3 次最大,其次是 2~7 次。

(2) 电压闪变补偿装置(即静止型无功功率补偿装置 SVC)产生的高次谐波。

炼钢电弧炉引起的电网电压闪变在国外很多采用 SVC(Static Var Compensator)。由于 SVC 一般采用 TCR(晶闸管控制电抗器),TCR 是一个高次谐波源,TCR 滞相回路高次谐波的最大发生量如表 11.1.18-14 所示。

TCR 高次谐波发生量 表 11.1.18-14

n	2	3	4	5	6	7
%	7~8	15~20	5~7	8~10	3~5	6~7

静止型无功功率补偿装置 SVC 中已装设高次谐波过滤装置后在不少场合还是一个高次谐波源,表 11.1.18-15 为一个实测例(国际电热学会 UIE10 发表)。

实测举例 表 11.1.18-15

谐波次数 n	5	7	11	13
有 SVC	4.5	3.6	2.4	1.1
无 SVC	3.0	1.5	1.0	0.6

上述测定电弧炉的参数为:80t,电炉变压器为 70MVA,SVC 为 50MVA,在 SVC 运行时谐波增加是由于晶闸管选通作用引起。

6. 高次谐波的抑制方法

(1) 多相整流回路抑制高次谐波的效果如表 11.1.18-16 所示。

多相整流回路抑制高次谐波效果 表 11.1.18-16

	基波	5	7	11	13	17	19	23	25
12 相	100	4.5	3	6	4.5	0.5	0.4	1	1
24 相	100	2.25	1.5	3	1.15	0.25	0.2	1	1

(2) 谐波过滤装置。 LC 串联回路中略去 R ,完全谐振时串联电抗器的百分值为:

$$nX_1 - X_c/n = 0$$

$$X_1 = X_c/n^2$$

$$n=5 \text{ 时, } X_1 = 4\%;$$

$$n=3 \text{ 时, } X_1 = 11.1\%。$$

此时,该次谐波相应的阻抗为零,理论上能完全吸收该次谐波,但实际上R不等于零,系统周波数变动。L值、C值由于温度或电流变动而特性变化故不可能完全过滤。防止系统谐振一般谐波过滤装置在特定的谐波次数设计成感抗性。以免造成系统谐振。

国内外抑制炼钢电弧炉产生的高次谐波一般采用这种LC串联的谐波过滤装置。由于炼钢电弧炉3次谐波最严重,故采用 $X_1 = 13\%$ 的3次谐波过滤装置最多,也有国家在大型电弧炉中采用几个谐波次数不同的谐波过滤装置和一个LR并联后再与C串联的高次谐波过滤装置。

电力高次谐波过滤装置对工频起补偿无功功率提高功率因数的作用,对特定的n次谐波起谐波过滤作用。

此外国外目前已有能动型谐波过滤装置(Active Filter),国内亦在研制。

能动型谐波过滤装置的原理是畸变波可以分解成正弦波分量和畸变波分量,根据畸变波的畸变分量能动地提供一大小相同、方向相反的波形。畸变波和能动型谐波过滤装置产生的波相加即成正弦波形。由于GTO晶闸管的出现并采用PWM(脉宽调制)控制方式使能动型谐波过滤装置在国外已成商品,其主要优点是设置一台能动型谐波过滤装置能过滤畸变波的各次谐波。很有发展前途。

11.1.19 由于电炉变压器室内的电气设备比一般电气设备需更多、更经常的维修工作,为了维修工作需要,参考了国外的有关国家标准和国内的现实情况制定了这条规定。

11.1.20~11.1.22 由于电热装置的电流频率种类多,并且电流数值大,所用导体规格也多,导体的绝缘支持、母线间的衬垫和夹紧固定的金属部件以及绝缘电阻和绝缘净距离等过去缺乏这方面的

规定,给设计带来不少困难,为此参考了国外有关国家标准和国内现实情况制定了这条规定。

11.2 电弧炉与矿热炉装置

I 电炉装置的主电路系统

11.2.1

1. 电弧炉和矿热电炉根据冶炼工艺要求必须按炉况单独进行调节电流、电压等参数,因此电弧炉和矿热炉与供电网路相联结必须经过每个电炉装置的专用变压器。

2. 电炉变压器的容量与产量和冶炼时间关系很大,例如××化工厂的3台电石炉将其中1台电石炉变压器容量由10MVA换成16.5MVA,日产量由60t增至100t以上。以×钢五厂的公称容量为10t实际装入量为20多吨的炼钢电弧炉来作比较,当变压器容量为5MVA时熔化期为110~120min,而变压器容量为9MVA时熔化期为55~60min。又如××机修总厂在1.5t炼钢电弧炉上试用4MVA变压器,达到1h炼一炉钢,但其他工序跟不上,工人劳动强度过大;故仍用1.2MVA变压器,2h多炼一炉钢。所以电炉变压器容量的选择应符合工艺操作所规定的用电制度,年产量与其他工序密切配合并考虑到电弧炉变压器有20%的过载能力;既能达到满足工艺要求快速炼钢,节约电能,又避免盲目地增加变压器容量造成投资上的浪费。

一般可用下式来选择炼钢电弧炉变压器容量:

$$S_{\max} = \frac{QT}{\cos\varphi t_E}$$

式中 S_{\max} ——变压器最大视在容量(kVA);

Q ——炉料熔化期的单耗(kWh/t);

$\cos\varphi$ ——熔化期的平均功率因数;

T ——装入废钢重(t);

t_E ——熔化期的净熔化时间(h);

f ——修正系数为熔化期最大容量利用率。

电炉变压器通常设计成在熔化期能过负荷 20%，所以电炉变压器的额定容量为：

$$S_n = S_{max} / 1.2$$

目前国内最大的电弧炉变压器额定容量为 120MVA。

3. 电炉变压器的二次电压和调压方式应符合工艺过程的要求：二次电压高，功率因数高，电效率高，但电弧长，炉壁侵蚀快。最近国内外采用水冷炉壁革新技术解决了炉壁寿命等问题。故目前超高功率电弧炉倾向于采用二次高电压，这样输入功率高，冶炼时间短，产量大。

矿热炉的二次电压值还与炉料的电阻系数大小有关。

4. 电炉变压器的一次电压的选择应考虑电炉供电的经济合理性。在电炉容量较大时，一次电压选择得高可省掉降压变压器。例如，××钢厂 50t 炼钢电弧炉变压器采用 110kV，实测电压波动只有 0.36%；但相应要解决 110kV 频繁操作的操作断路器，增加高压配电装置的费用。所以应根据具体情况作技术经济比较来选择电炉变压器的一次电压。

5. 为了保证多相电炉的各相功率对称和调节方便，供给同一台电炉的单相电炉变压器的容量、电压等级数值和调压方式应相同。

在改建扩建工程中为利用旧有设备可以由两台参数相同的变压器并联供电给一台电炉，××化工厂由两台参数相同的 10MVA 变压器并联供电，运行情况良好。

11.2.2 电弧炉和矿热炉的供电系统应尽量简化，以减少车间复杂操作。根据调查一般采用放射式系统为宜。对具有平稳负荷特性的矿热炉亦有采用干线式供电系统，如××铁合金厂的矿热炉采用了母线通道式的干线式系统。绝大多数电弧炉都是单回路放射供电。例如××钢厂 50t 炼钢电弧炉、××重机厂和××钢厂 40t 炼钢电弧炉均采用单回路放射式架空线路供电，已运行多年，供电可靠，满足生产要求。

为避免操作复杂化,在每台电炉变电所中不应设置属于该电炉以外的母线、开关等电气设备。

11.2.3

1. 三相电弧炉工作短路引起供电母线的电压波动值原标准定为 5%,此次修订为 2.5%,这是根据现行国家有关电能质量标准而订的。

2. 炼钢电弧炉的负荷电流在整个冶炼时间具有急剧的冲击特性;熔化期最剧烈,精炼期较平稳,冲击电流大小主要取决于电炉的阻抗参数和冶炼工艺。对不同冲击电流倍数具有不同的冲击频率。冲击电流倍数限 3.5 倍额定电流。冲击频率则由每小时数十次至数千次。根据实测资料,炼钢电弧炉电压波动在熔化初期的打洞期和二次加料后其幅度、频度均大,随着冶炼的进行通常其电压波动值减小,电压波动幅值 ΔV 与其发生频度 N ,对炼钢电弧炉来说一般具有这样的规律:

$$N(\Delta V)^{\alpha} = \text{常数}$$

在精炼期,电压波动显著减少,但在吹氧或加石灰石时钢液面波动,产生短时性电压波动。

30t 炼钢电弧炉电压波动值(ΔV)与发生频度的关系中, α 的平均值为 4.5。

3. 炼钢电弧炉引起的电压闪变一般可分为两种:一种为熔化期在废钢上突发性的电弧短路,产生每秒一次以下的电弧电流变动而引起的电压闪变称为最频繁的闪变,另一种是电弧点弧点在废钢上的移动的同时由于受其他相电流磁场影响使电弧长度不断变化,因而产生每秒数次的电流变动而引起的电压闪变称为周期性电压闪变。 $\times\times$ 重机厂 20t 炼钢电弧炉的电流、电压波形图在熔化期曾测得这种周期性电压闪变。频率为 10Hz 左右的周期性电压波动对人眼最不利。

4. 炼钢电弧炉引起的电压波动对其他用电设备影响很大,例如:

(1) 照明灯光闪烁。

(2) 电视机画面亮度变化,垂直和水平幅度动摇。

(3) 电动机转速不均,使造纸、制丝不匀,使精加工机床制品光洁度差,严重的产生废品。

(4) 使电子设备(例如 x 光机)自控设备工作不正常。

(5) 影响电渣炉使熔化形成纹点状而影响高级钢的质量。

(6) 使光电比色仪工作不正常,影响化验结果。

(7) 使同步电动机声音不正常,使定子压板松动自行震出,线圈松动在槽口处受损。

但炼钢电弧炉引起的电压波动对其他用电设备的影响最主要和最普遍的是照明灯光闪烁,因此国际电工委员会第七十七技术委员会电气设备包括电网的电磁兼容技术委员会明文规定闪变是指照度波动的主要影响,并说明“闪变”词组不应代替“电压波动”。并规定了一台设备在规定条件下试验时可能产生的电压波动限值;并明确说明这些要求不应与用户供电质量相关的要求混淆。

5. 国外炼钢电弧炉引起电压波动的计算方法及允许值如下:

(1) 美国。从实例来说明,两台 25MVA 变压器的 100t 电弧炉,这种电炉在熔化开始后 30min 周期性的电压闪变,单相冲击负荷每秒 4~6 次、4~12 周波、 $\cos\varphi=0.6$ 、11.4MVA,这种周期性电压闪变对眼最不利。采取短路容量最大的 230kV 系统供电,用二台 30MVA 的同期调相机进行补偿无功。经计算系统供应 0.77 的无功,系统电抗为 0.03,周期性电压闪变为 0.422%,即在 120V 照明线路上的电压闪变值为 0.505V,而允许值为 $0.45\% \times 120 = 0.54V$ 。

从上例可以看出美国电炉电压波动是按周期性电压闪变值校验,即每秒 4~6 次的单相负荷,允许值是在 120V 线路上不超过 0.45%。

每秒 1 次的更大冲击负荷引起的电压波动允许值在 120V 线路上不超过 1V。

(2) 原苏联。根据原苏联国家标准《电能质量标准》ГОСТ13109-87,电压波动允许值如图 11.2.3-1 所示。电压波动幅值和次数如图 11.2.3-2 所示。

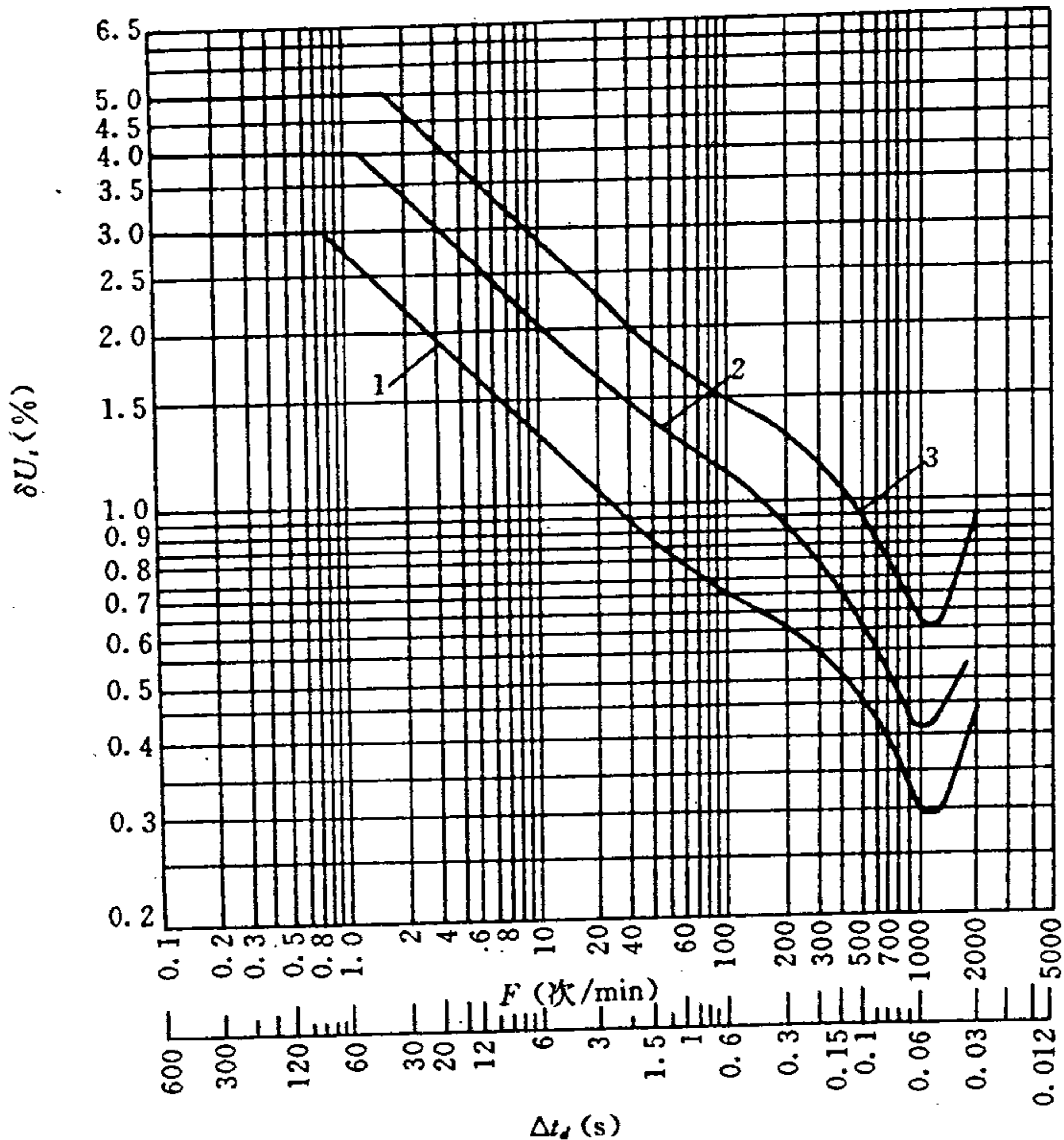


图 11.2.3-1 原苏联国家标准 ГOCT-13109-87 电压波动允许值图

F —电压波动频率(每分钟次数); Δt_d —波动间的时间间隔

(3) 有关电压波动的各国标准见表 11.2.3。

6. 相应的国际电工标准。

国际电工标准最大电压变动允许值见图 11.2.3-3 所示。

7. 由于目前我国电力系统和短路容量与国外先进国家比较小得多,且电压闪变主要是对人眼感觉出发的,是针对照明照度闪烁而言的;正如国外照度标准不适合目前我国国情一样,故在此条中暂不订入有关电压闪变允许值的数据。我们曾用日本引进的电压闪变测定装置对华东、东北电网进行炼钢电弧炉引起电网电

压闪变的测定,由于我国发电容量和短路容量比发达国家小得多,所以实测结果大都不能符合发达国家对电网闪变的标准限值($\Delta V_{10}=0.5\%$)的要求。

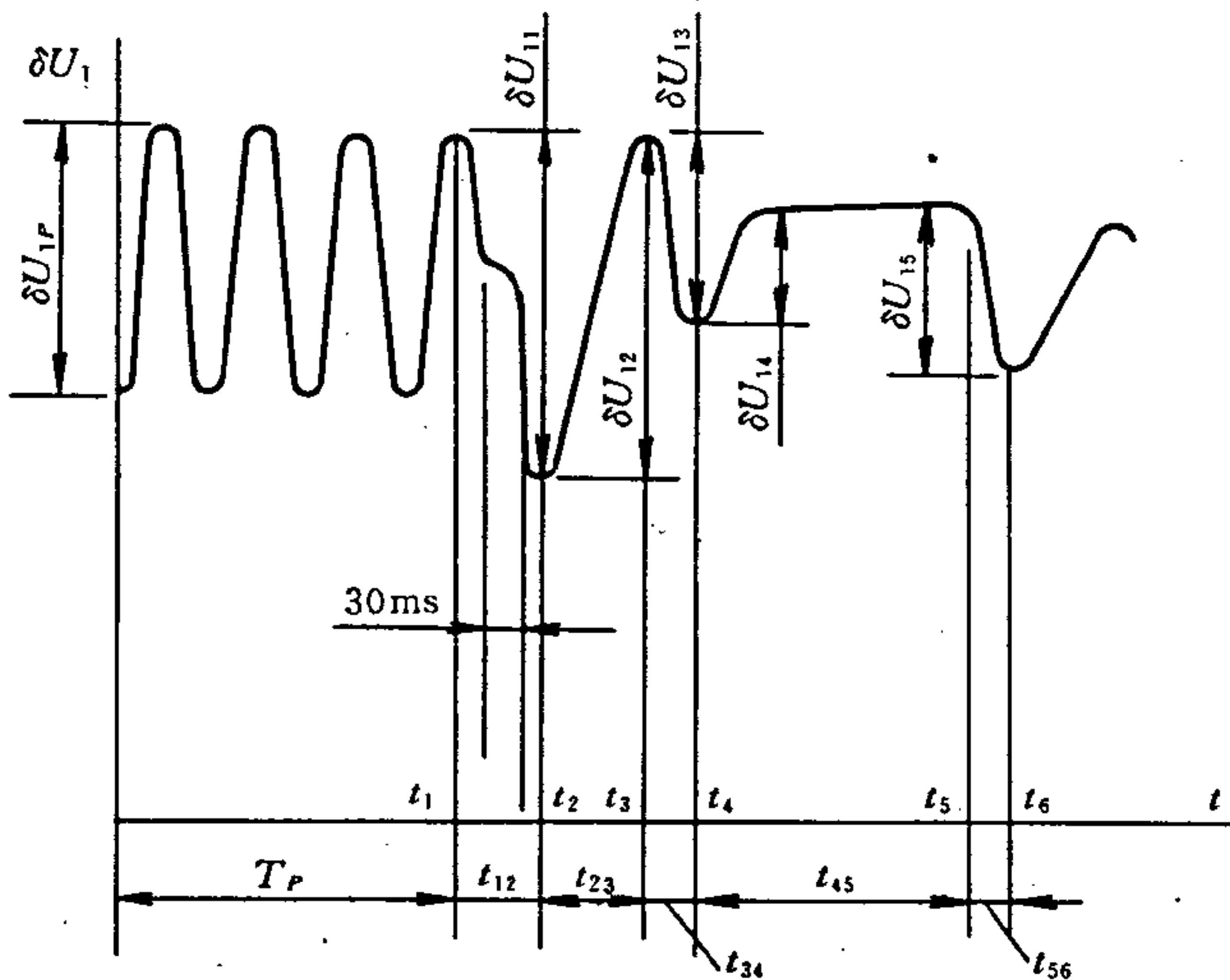


图 11.2.3-2 原苏联国家标准 ГOCT-13109-87 电压波动幅值和次数图

δU_1 ——周期性波动幅值(在时间 T_p 内幅值变动 7 次);
 $\delta U_{11} \sim \delta U_{15}$ ——非周期性波动幅值

电压波动的各国标准

表 11.2.3

电压波动形式或所考虑的其他参数	国别	限度	备注 (例如较高电压采用较低限度)
瞬时值	德国	3~8s 0.4%~0.5%	
	澳大利亚 南斯拉夫	1%	110kV 0.75% 220kV 0.5%
	挪威	0.5%	
10Hz 当量	法国 意大利	电压波动剂量 0.3%	
	日本 (B.C.公司)	0.45%(最大) 0.32%(平均)	瞬时值 1h 平均

(续)

电压波动形式或所考虑的其他参数	国别	限度	备注 (例如较高电压采用较低限度)
每分钟 10 次 T	日本(G公司)	1.3%~1.5%	
“电压波动”(带有 100s 时间常数的仪表按每分钟读数的统计值)	英国	0.25%	132kV 以上 0.20%
电弧炉额定容量 电力系统稳态短路容量	瑞士	单台 1.2%~1.6% 双台 2.0%~2.7% 3台及以上 2.8%~3.7%	
短路电压降(指单台炉、多台炉需换算等量电炉)	英国	2%	132kV 以上 1.6%
	瑞典	2.5%	2.0~2.5%为可疑范围,双台炉 2%, 110kV 以上 2%
	荷兰	1.75%	
	南斯拉夫	2.5%	

11.2.4 在有工作短路的电炉装置中,由于经常出现工作短路,电流将致使电炉装置的变压器等电气设备易于损坏,引起电网过大的电压波动,所以必须采取措施限制在规定值以下。

较小容量的电炉短网阻抗较小,工作短路电流将超过允许值,应在电路中接入电抗器运行以限制冲击电流。

用以限制工作短路电流的电抗器应能在冶炼过程中根据炉况进行调节或切除;炼钢电弧炉的工作短路主要在熔化期产生,在精炼期负荷较为平稳。接入电抗器将使电炉的功率因数降低,并由于电弧电压降低,熔化时间增加而增加电能耗量。

××拖拉机厂曾对两台 5t 电炉进行多次试验,当冶炼钢种和操作制度适当时接入电抗器比经常接入电抗器要节约电能 70kWh/t,并缩短冶炼时间。

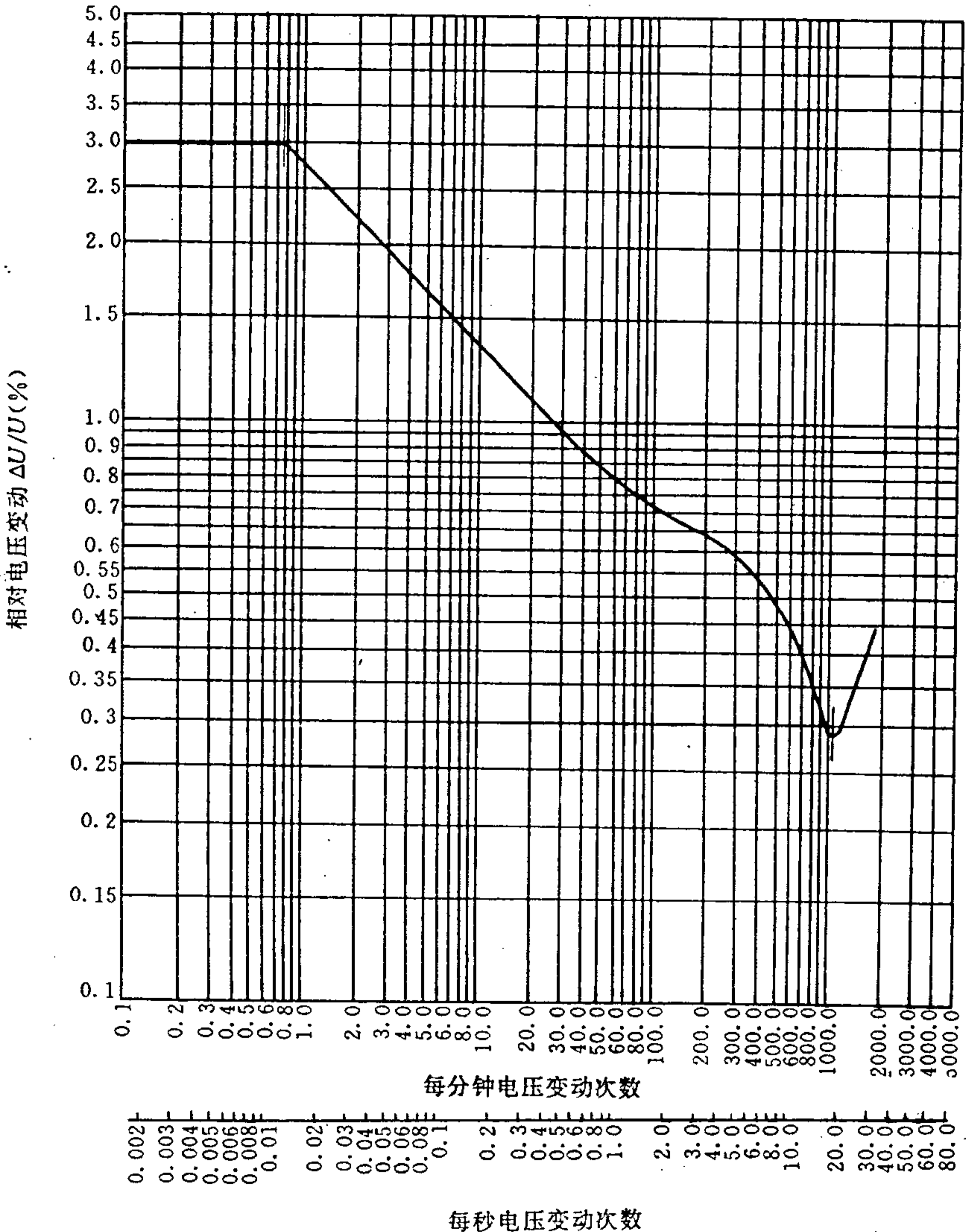


图 11.2.3-3 IEC 最大允许电压变动百分值 $\Delta U/U$ (%)

对较大容量的电炉由于短网电抗较大(30t 炼钢电弧炉短网电抗值约为 31%),电弧炉的工作短路电流一般能自限在规定值以内。

国外近年来经常省去电抗器是因为变压器调到较低级电压运行与采用串联电抗器有相同效果。

11.2.5 由于国内外的炼钢电弧炉变压器一般能在熔化期过负荷20%运行,所以三相电弧炉装置主系统的导体载流量应按电弧炉变压器容量的120%计算;开关设备和互感器的额定电流可按大于上述数值选择。

根据国家专业标准《电弧炉变压器》:炼钢电弧炉变压器在温升试验时应折算到1.2倍额定电流;炼钢电弧炉其均方根值为1.2倍额定电流时,每周期所允许的持续时间不应超过表11.2.5的规定。

每周期允许持续时间 表 11.2.5

每周期时间 $T(h)$	允许持续时间 $T(h)$
$T \leq 4.5$	$55\%T$
$T \geq 4.5$	2.5

每周期时间系指每炼一炉钢从装料到出钢完毕所需时间。

11.2.6

(1) 炼钢电弧炉的负荷很不稳定,熔化期由于工作短路经常使操作断路器带负荷跳闸。另外空载调压的电炉变压器切换二次电压或改变串联电抗器的接线方式时也要操作断路器。据调查每炉钢的操作次数一般平均达7~10次,多则数十次,所以电弧炉操作断路器应允许频繁连续接通和断开负荷电流。

(2) 我国早年(10t及以下炼钢电弧炉)广泛采用的是多油断路器,从调查几十个厂的工人一致反映这种断路器性能差,几次跳闸后油就碳化,触头无灭弧装置磨损大,容易出事故。例如××钢厂一年半时间内就发生爆炸事故9起,有一次断路器爆炸起火将整个配电室电气设备烧毁。×钢三厂用此种断路器有一次爆炸开关室墙倒压伤了3人。××钢厂用此种断路器发生爆炸事故4起;其他厂发生类似事故很多。我国在60年代试制成磁吹式空气断路器。这种断路器用空气作灭弧介质,开断速度较快,断流容量较大,

性能比多油断路器有较大改善,运行安全可靠,维修工作量较小,适用于频繁操作,较受炼钢工厂的欢迎。

(3) 我国首先制成 KN-35 型空气断路器,其操作寿命超过 10000 次(一般断路器只有 1050 次),接着试制成功 35kV SF₆ 断路器,利用惰性气体 SF₆ 作为绝缘和灭弧介质。这二种断路器在××重机厂、×钢五厂使用多年,已基本上解决了我国 35kV 电压等级频繁操作断路器。

(4) 除上述断路器外,目前我国不少开关厂研制成功真空断路器。这种断路器是将触头封闭在真空管内,灭弧效果好,运行安全,体积小,维修工作量小。但国内目前这种断路器产品质量不统一;有的产生严重的过电压。

(5) 矿热炉的负荷特性较平稳且多为连续工作制。很少有过电流跳闸和切换电压操作。例如××铁合金厂全厂十几台矿热炉经常连续运行一两个月而不切换电压,操作断路器几乎不动作,因此矿热炉可以采用少油或多油断路器为操作断路器。在我们调查的几十个铁合金厂 50 多台矿热炉一般采用少油断路器,长期运行证实可靠。

11.2.7 根据各地运行情况,切断空载变压器时产生过电压可能性较高,而电弧炉经常在电极升起后切断空载变压器,所以应在操作断路器与电炉变压器之间装设阀型避雷器以限制切断空载变压器时所产生的过电压(1.5~7.5 U_H)。××钢厂 50t 炼钢电弧炉在操作断路器与电炉变压器之间设有阀型避雷器。××重机厂 100t 精炼炉也是这样。

在中性点不接地或经消弧线圈接地的 35kV 电力网切断空载变压器产生的过电压一般不超过 4.0 U_H ,个别可达 7.0 U_H ,变压器的励磁电流越小则过电压越小。用装有并联电阻的断路器可以限制切断空载变压器时产生的过电压。

操作断路器在切断变压器——电弧炉时,操作断路器的强制灭弧作用和电弧炉中的电弧不稳定作用合在一起使电流迅速遮断,也会产生很大的过电压。

采用真空断路器为操作断路器时,在试验和运行中均发现操作过电压较严重。

限制操作过电压除采用氧化锌避雷器外,还可以采用阻容吸收装置等办法。

在电炉变压器的二次侧应装设阻容吸收装置,这是因为 60 年代在国外引进的 50t 炼钢电弧炉只装了 110kV 避雷器(相间)而无电炉变压器二次侧阻容吸收装置曾发生严重二次母线间闪络事故的原因。

在 80 年代国内某钢厂的 2 台国产 50t 炼钢电弧炉由于在三次侧未按装限制操作过电压的设施,在投产后不久电炉变压器的调压线圈(三次线圈)均发生事故,后来在三次线圈加了氧化锌避雷器和电容器。

11.2.8 由于节能和合理调配电力的需要,供电单位对较大用户都有电力最大需量的要求,为了尽量合理用电,发挥供、用电设备的能力,故在有 2 台及以上炼钢电弧炉的工厂宜装设最大需量的微机控制装置。国内有的钢厂已装设这种装置,效果良好。

II 保护、控制、信号与测量

11.2.10

1. 电炉变压器均应装设防止故障短路电流的瞬动保护,保护装置宜装设在向电炉供电的馈电线上。根据各厂的运行经验,电炉的操作断路器由于频繁的通断,操作机构易失灵。尤其在采用多油断路器作为断路器的情况下,经过多次切断大电流,遮断容量大为减低不能切断故障电流而造成越级跳闸,因此电炉变压器的短路保护一般应装在电炉变压器的供电线上为宜。如×钢五厂、××钢厂、××钢厂等都采用了这种方式。当采用适合于频繁操作的断路器遮断容量能满足系统的短路容量时,可以将短路故障保护直接装设在电炉变压器高压侧,动作切断操作断路器。这种方式在操作和维修方面都比较方便。对具有平稳负荷的矿热炉,由于操作断路器采用了贫油断路器有足够的遮断容量,且断路器的操作次数很

少,故短路保护都装在电炉变压器高压侧。

瞬动过电流保护的整定电流应避免电炉装置最大工作短路电流,以保证动作的选择性。

电炉变压器当使用较低级电压或接入电抗器,在短网故障时,其短路电流较小,短路故障过电流可能拒绝动作,此时可采用带有联锁接点的定时限过电流继电器或经过当电炉变压器调压时相应改换变流比回路的办法。

2. 电炉变压器的过负荷保护一般装设在变压器低压侧的电流互感器回路中,动作切断操作断路器;对大容量电炉当低压侧无电流互感器时,过负荷保护可装设在电炉变压器高压侧的电流互感器的回路中,并经过当电炉变压器调压时相应改换变流比的回路,如大型矿热炉上普遍采用,一些电弧炉也有采用的,使用情况良好。

根据调查过负荷,一般采用反比延时继电器,其整定值与电极自动升降调节器作用的电极提升速度有关。

三相电炉具有不对称负荷特性,所以以过负荷保护应为三继电器式。

在炼钢电弧炉变压器标准中有将操作断路器安排在变压器第三线圈的,在操作断路器断开时一次线圈仍带电,所以本条规定重瓦斯动作于电炉变压器一次侧的断路器跳闸。

11.2.15

1. 根据电炉的工作特性和工艺操作的要求,必须在整个冶炼时期按工艺规定的用电制度保持一定的功率输入。对炼钢电弧炉一般都是调节电极的升降,对矿热炉一般可调节电极的升降或电炉变压器的二次电压来达到。

由于炼钢电弧炉在冶炼过程中炉况剧烈地改变,需要进行快速和频繁地调节以保持电流或功率的稳定,由于电弧特性的非线性和炉内条件不规则变化经常产生工作短路,冲击电流或断弧,因此电弧炉应具有灵敏度高、不灵敏区小、调节时间短、调节动特性好的自动调节系统。

2. 根据调查过去有些电弧炉采用手动调节方式有以下缺点:

(1) 操作人员劳动强度大(在熔化期差不多要每秒操作一次)。

(2) 由于操作水平不同影响生产指标。××钢厂采用手动时电耗为 800~900kWh/t,而改为晶闸管系统后电耗降至低于 600kWh/t。

(3) 电流冲击频繁,过电流跳闸次数多,××机器厂有 3t、5t 电弧炉各一台,手动调节时一般跳闸 5~6 次/炉,最多 11 次/炉;改为晶闸管系统后下降为 1~2 次/炉。

大电流冲击使功率因数降低,手动改为自动控制后平均功率因数提高。

(4) 经常发生折断电极事故,××钢厂 131 炉次统计平均每两炉折断一次电极,在装有特性较好的自动调节器后折断电极的事故很少发生。

此外采用手动一般需两人专门进行操作,在自动调节时只需一人,因此从生产的经济效果和减轻劳动强度节约人力方面考虑,炼钢电弧炉应有电极自动调节器。

3. 矿热炉属于电阻电弧炉,主要特点是电极埋在炉料内,所以一般说来炉内工况比较稳定,没有经常产生工作短路冲击电流的特性。但在冶炼过程中炉况不断变化仍需要经常进行调节,根据对国内 50 多台矿热电炉的调查,一般都采用手动调节,如果从减轻操作工人劳动强度和调节效果也可以采用电极自动调节器。

4. 电弧炉电极升降自动调节器国内外有下列两大类:

(1) 电机式:其中晶闸管——交流电动机式较先进,国内已有生产。

(2) 液压随动阀:有一次随动阀和二次随动阀之分,国内都能生产。

这两类电弧炉电极升降自动调节器均能满足电弧炉生产要求。

我国国家标准 GB4002.2 规定电极移动调节系统指标不应低于表 11.2.15 要求。

电极移动调节系统指标

表 11.2.15

电弧炉额定容量(t)			<5	5~10	>10
电极最大上升速率(m/min)			>2.0	>3.0	>5.0
电极最大下降速率(m/min)			>1.2	>1.8	>3.0
电极响应时间 (s)	起 动	上 升	≤ 0.3	≤ 0.2	
		下 降	≤ 0.4	≤ 0.3	
	制 动	上 升	≤ 0.2	≤ 0.2	
		下 降	≤ 0.3	≤ 0.2	
不灵敏区 (%)		熔化期	≤ 30	≤ 20	
		精炼期	≤ 20	≤ 15	

5. 电炉自动功率调节器的信号回路一般取自电弧电流和电弧电压;而电弧电压值系自电炉短网和炉底间取得。因此除应设法尽量减小炉底电阻外,还应尽量采取措施减少电压信号回路中性点和炉底间的电压降。据××机器厂的运行经验,如中性点连接线的螺栓未旋紧会使电极串动频繁,自动功率调节器的工作不正常。

6. 对新炉衬和热炉衬的电阻测定如下:

- (1) 新砌镁砂沥青炉底 $0.5 \sim 1.0 \text{M}\Omega$;
- (2) 刚换下的热炉壳的炉底 $\approx 0\Omega$;
- (3) 刚换下的热炉壳的炉底冷却 18h 后 $0.4 \sim 0.8\Omega$;
- (4) 用过的冷炉壳 100Ω 。

至于如何减小炉底电阻有的工厂(如××机器厂、××农具厂)在砌炉底时将数根 $\phi 20$ 接底棒砌入镁砂层,另一端焊在炉壁上;这样减小炉底电阻后调节器灵敏度有显著提高,断电极和跳闸事故明显减少。有的工厂在新砌炉壳时用钢纤使炉料与炉壳相联接及用导电料堆在炉门处,使炉料与炉壳相接触来降低炉底电阻,因目前做法不一暂不作规定。

7. 各厂运行经验证明:炼钢电弧炉在熔化初期炉况变化剧烈,得用手动操作,尤其在熔炼开始时三相有时不易平衡需用手动平衡。所以自动调节系统均应有迅速转为手动操作的可能性。

11.2.16 国内不少工厂反映炼钢电弧炉电极自动调节的电压信号变压器易烧损,后经实测电弧炉炉底至电压信号变压器的接线中有直流分量。国外引进的 50t 电弧炉在炉底与电压信号变压器间装有隔直电容器运行良好。国内一些炼钢电弧炉在这部分装有隔直电容器的从未发生信号变压器烧损事故,所以为防止炼钢电弧炉电极自动调节器的电压信号变压器的烧损,应在电压信号变压器与炉底间装设隔直电容器。

11.2.18 大型矿热炉平台面积较大,在控制室的操作人员有看不到之处。故在操作平台处宜装设事故断电开关。以便在加料系统出故障或电极焙烧质量不好掉在炉内时操作人员可立即在平台上停电。

11.2.22

(1) 在铁合金炉操作平台墙上装设三相电流表及表示低压侧电压的 3 个指示灯,供炉前操作人员掌握冶炼情况,并且可以根据炉况适当填加电阻大小不同的原料来帮助调节冶炼时的各相电流。炼钢电弧炉在低压侧装 3 个指示灯,帮助冶炼工人掌握电弧电压大小并使在无载换压时避免误操作。

(2) 调压装置在四级及以上时从电压表上不易区分是那一级电压,故一般设有指示电压等级的光字牌或信号灯以供调压时和冶炼过程中监视。

(3) 操作人员常以电弧电压信号来估计输入炉内的功率。

(4) 电炉变压器冷却系统发生故障直接影响输入炉内的功率和工艺。所以电炉变压器的油水冷却系统或风冷系统的故障要发信号以便及时采取措施。

11.2.23 此条装设仪表的原则是便于监视电炉的工作状况,便于调节工艺过程和经济核算。

(1) 为了了解供电电压,在高压侧装设电压表;在电炉变电所

中装设高压电压互感器不仅用以接电压表,而且供电炉计量每吨钢所耗的有功电度和无功电度的电度表之用。由于一些电炉变电所中没装高压电压互感器在低压侧进行测量电度是不合适的,因为未包括电炉变压器和一部分短网的电能损耗。电弧炉炼钢的核算指标中每吨钢的耗电量是包括电炉变压器的电能损耗的。但在5t及以下的电弧炉和小容量的矿热炉则可装在馈电配电所内。

(2) 为了便于调节电炉的电压和电流,特别是三相电炉一般都具有不对称的负荷特性,所以在低压侧应装设电流表及电压表。当低压侧无电流互感器时,电流表可以装在高压侧的电流互感器回路中,经过当调压时改变变比的回路或装在电炉变压器第三线圈的电流互感器回路中,这样在任何情况下都能正确反映低压测的每相电流。

(3) 由于电炉车间烟尘较大,固定装设较精密的仪表(如自动记录仪表)一般是不合适的。如需用时可临时接用,在较大型电炉宜留出接用该类似表的电压及电流端子。

(4) 炼钢电弧炉的电流经常有冲击电流,所以其电流表应有过负荷量程。炼钢电弧炉装设带有最大需量的有功电度表是为了监视电弧的最大输入功率。带有最大需量的有功电度表国内早有生产。

III 电力设备的布置

11.2.24 根据调查,属于同一台电炉装置电压超过1000V的全部电力设备(包括变压器、电抗器、操作断路器、切换开关和互感器等)一般都装在同一房间内,当电炉停止工作时全部电气设备可以在不带电的状况下进行维修。

为了操作安全和方便,经常操作的电炉开关的操作机构应引至房间外操作人员的近旁(如电炉操作室内)。由于电弧炉的操作断路器操作非常频繁,因此对重要生产的炼钢电弧炉的操作断路器宜采用电动操作;对非重要生产炼钢电弧炉和小容量铁合金矿热炉可采用手动操作,但宜将其操作机构引至操作人员近旁。

11.2.25 电炉变电所根据调查发生变压器爆炸起火等事故 20 余起,其主要原因有:

(1) 炼钢电弧炉冲击性负荷大,电炉变压器受机械震动较大,使变压器紧固件松动甚至脱落造成匝间短路。

(2) 带负载调压开关油箱油脏或空载调压开关接触不良而使调压开关油箱爆炸起火。

(3) 调压开关机构不灵使变压器短路烧坏变压器。

(4) 二次母线短路使变压器烧坏。

(5) 变压器内部引线烧断。

(6) 变压器二次出线端子联接板螺栓松动造成过热,将绝缘板烧坏起火。

(7) 变压器瓷瓶炸裂。

当然还有不少是由于超负荷太大或操作过电压而烧坏变压器的。最严重的有两起,变压器室内的变配电设备全部烧完。因此门向内部开的电热装置变电所的变压器下应设置 100% 的变压器油量的泄油或集油槽,以便在变压器爆炸起火时迅速将着火的油排除,以免火灾的扩大和易于消灭所引起的火灾。

变压器室的地坪宜向集油槽有 2% 的坡度;同时泄油或集油槽上宜设一层厚度不小于 250mm 的碎石层。

国外电炉变电所内有的甚至装有二氧化碳系统,当变压器或高压设备起火时自动灭火。

11.2.26 炼钢电弧炉的有载分接开关实际上是一个需频繁操作的多油开关,国内炼钢电弧炉变压器的带负荷抽头切换装置事故率非常高,所以宜考虑到换油或滤油的方便,国外的炼钢电弧炉变压器负荷抽头切换装置有的带滤油设备,在运行时能滤油。

11.2.27 电炉变压器室一般都开设通向控制室的小门。很多在设计中没有,在运行中加开了小门。这是因为电炉变压器和操作断路器需要经常监视和维修。由于防止变压器和操作断路器爆炸起火延及控制室,小门应为非燃烧体或难燃烧体的实体门。

11.2.29 为了使电气控制设备不易受到损坏以及操作安全、维修

方便,电炉变电所内宜设有专门的控制室并宜设置控制台。将需经常操作的控制按钮或转换开关,需经常监视的仪表,指示器和信号灯装在控制台上。这样便于值班人员操作和监视。控制室地坪标高、观察窗的视角和控制台的位置应使操作人员能清楚地观察到所操作的机械设备动作和炉前情况。

有的工厂电弧炉无控制室在炉前装设操作屏,操作条件差;电气仪表和器械易受机械和辐射热影响。不少工厂都已将炉前操作屏改为控制室内的控制台。

11.2.30 炼钢电弧炉的倾炉等需要在炉旁进行操作,应就地设置操作点。但要注意位置合适以避免受机械损伤或热辐射。

IV 短 网

11.2.32

(1) 短网材料的选择应考虑到电炉的工作制度。炼钢电弧炉电流波动剧烈频繁,为了经得住电动力短网材料应有足够的强度,对于这样工作条件铝是不合适的,应采用铜导体作为短网材料。据调查国内尚未发现采用铝母线作为炼钢电弧炉的短网,都是采用铜导体的。

国外有两台炼钢电弧炉采用铝母线而导致在母线紧固处折断的情况。

(2) 对具有平稳负荷特性的矿热短网从机械应力方面考虑允许采用铝母线;目前国内中小容量铁合金炉采用铝母线情况较好。但××化工厂的电石炉(40kA)短网采用铝母线运行中发现铝母线硬度较低,固定螺栓容易松动,铝母线表面易氧化。所以对大型敞开式矿热炉(例如××化工厂 $2\times 10\text{MVA}$,××化工厂 40MVA 电石炉等)宜采用水内冷铜管作为短网而将铜管用铝板密封,这样可以减少短网事故。采用水内冷铜管可减少有色金属耗量,但电流密度不能过大,否则电能损耗太大。从国外进口,安装在××有机化工厂的电石炉水内冷铜管的电流密度为 $3.07\text{A}/\text{mm}^2$ 。

采用铝母线时,应设置可靠的铜铝过渡接头,防止在实际运行

温度下开焊。

11.2.33 水冷软电缆有节约有色金属、维修工作量小、寿命长并可合理排列减少短网电抗和不平衡率等优点,故宜在 5t 及以上的炼钢电弧炉采用。

11.2.34

(1) 矿热炉当炉内压力过高时会引起爆炸,将炉料或焦炭喷出(封闭式炉会通过爆炸孔喷出),喷溅物接触到短网后会引短网短路。 $\times\times$ 铁合金厂 9MVA 的封闭式矿热炉母线束无防护罩,炉子上的括板给料机上的焦炭粒掉至母线上给铝母线烧了一个大缺口,该厂 10 多年发生母线事故达 7 次之多。

(2) $\times\times$ 化工厂 2×10 MVA 电石炉短网采用水冷铜管每相 8 根 $\phi 75/30$ 铜管,铜管壁间距 10mm,外以铝罩保护,其他短网裸露部分亦以石棉包扎运行较好。

(3) 开敞式矿热炉的热辐射很严重。 $\times\times$ 铁合金厂的铁合金炉,短网接近炉体部分已用石棉布罩防护情况下,矩形母线温度约 $140\sim 150^{\circ}\text{C}$,软电缆达 $70\sim 85^{\circ}\text{C}$ 。这说明母线运行情况很差,电能损耗增加,母线氧化迅速,所以对敞开式矿热电炉的母线束应考虑防止热辐射的影响。

11.2.36

(1) 导电体动稳定计算和校验导体支架间谐振可能性的方法可查一般电工手册。

(2) $\times\times$ 钢厂 5t 电炉变压器室高压母线在熔化期发生局部谐振,声音很响,影响使用寿命。所以导体支架间距应校验产生局部及全部谐振的可能性。

11.2.37 由于短网电流大,电动力大,尤其是炼钢电弧炉冲击电流频繁,为避免这种机械震动传至变压器的低压出线端,应在变压器的低压出线端和短网硬母线之间为可挠性联接。一般采用同样宽度厚 $0.5\sim 0.8\text{mm}$ 的薄铜片叠成。

若不采用可挠性联接,大电流母线的电动力传至变压器出线端,由于经常剧烈震动将致使变压器低压出线端的油箱密封破坏

而造成变压器漏油严重。

11.2.38

(1) 炼钢电弧炉出钢倾炉前先将电极提高至一定高度(此高度的极限值由电炉制造厂根据重心计算确定)然后倾炉。软电缆的长度可根据倾炉至炉体极限位置时电极握持器上的接线板位置和变压器室外短网硬母线的距离而定。因倾炉至极限位置时电极握持器上的接线板位置是固定的(可以从工艺和土建尺寸求得),变压器室墙上短网硬母线的高度应与倾炉极限位置时电极握持器上接线板的高度相适应,可使软电缆长度达到最短。

同时应校验在炉盖旋转时所需软电缆长度。

(2) ××重机厂 10t 炼钢电弧炉采取缩短软电缆 1m 多和短网硬母线接触面镀银的办法,每吨钢耗电量由 840kWh 降至 666kWh。例如××钢厂 30t 炼钢电弧炉水冷软电缆太长,已拖到电炉平台的地面上,所以在设计时应按此条进行。

(3) 电炉中心线和变压器外墙的距离应尽量缩短,过去这尺寸由电炉制造厂提供,但易忽视变压器外墙上短网硬母线构架的位置,例如 40t 炼钢电弧炉,制造厂提供的电炉中心线至变压器外墙距离为 9m,但到电炉基础浇好后,制造厂将电炉制造图全部提来,校核后发现电极握持器的接线板已和变压器室外墙上短网硬母线支架相碰,后采取各种措施后才勉强解决问题。

另一方面,电炉中心线与变压器室外墙相距太远,短网太长,压降大,电弧电压低,使每吨钢的耗电量增加,钢产量减少。例如××钢厂 5t 炼钢电弧炉,在变压器墙外接向电炉的硬母线向外延伸 2m 左右才接软电缆,这种做法必需改进。

11.2.39 在二次电流导体上或其邻近使用辅助电压进行维修工作时间应防止靠近所有其它绕组和其接线,或这些绕组应短路并接地,这要求是强制性的。因为二次接线带电,其它绕组可能产生危险电压,这主要是在进行电焊作业时。

11.2.40

(1) 根据国家标准 GB4002.2,表 11.2.40 中的 2 类、3 类电弧

炉一次侧阻抗不平衡系数均应小于 7%，额定容量小于 30t(包括 30t)的 1 类电弧炉应小于 15%，额定容量大于 30t 的 1 类电弧炉应小于 10%，具体数值应在产品标准中标明。

电弧炉的额定容量和最大容量、炉壳内径、变压器额定容量和电极直径应符合表 11.2.40 的规定。

同一额定容量的电弧炉，按其配套的变压器容量不同分为三类，即 1 类、2 类、3 类。

GB4002.2 电弧炉和电炉

变压器额定参数表

表 11.2.40

额定容量/ 最大容量	炉壳内径 (mm)	变压器额定容量(MVA)			石墨电极直径 (mm)
		1 类	2 类	3 类	
0.6/1	1600	0.63	—	—	(150),100
1.5/2.5	2100	1.25	—	—	(200),150
3/5	2500	2	—	—	(250),200
6/10	3000	3.15	—	—	(300),250
12/15	3500	5 或 6.3	—	—	300,350
15/20	3700	6.3	10	12.5	(400),350
20/25	4000	8	12.5	16	400,350
25/30	4300	10	12.5	16 或 20	(450),400
30/40	4600	12.5	16	20 或 25	450,400
40/50	5000	16	20	25 或 31.5	500,450
50/60	5200	20 或 16	25	31.5 或 40	500,450
60/75	5500	20	25	40	500,450
80/100	6100	25	31.5	40 或 50	550,500
100/125	6400	—	40	50 或 63	550,500
125/160	6800	—	—	63	(600),550
160/200	7400	—	—	80	600

注：根据石墨电极的允许电流负荷，石墨电极直径可在给出的两种规格中选择其一，但括号中的数值不推荐。

(2) 三相炼钢电弧炉的变压器二次绕组结线均为三角形接线,其一次绕组在二次电压较低时绝大部分为星形接线,尤其在运行短路试验时均采用较低的二次电压,所以说在进行运行短路试验时电炉变压器的一、二次绕组接线方式在绝大多数的场合是不同的。

在变压器一次侧和二次侧的接线方式不同时,一次侧的各相电流(指电炉控制柜、盘上电流表的电流)不仅与二次侧各相应相的电流有关而且与其它相电流亦有关。

例如在炼钢电弧炉废钢熔化后将二次电压调低,然后将二个电极插入钢水短路,另一个电极仍在抬高脱离钢水位置。此时在电炉变压器二次侧短路的二相电流(指电炉控制柜、盘上电流表的电流)数值相等,电极提起的一相电流为零,但在二次侧三角形接线、一次侧星形接线的电炉变压器一次侧三相均有电流,其中二相电流数值相等,并且这两相电流绝对值之和等于第三相电流。

在电炉变压器一次、二次绕组结线方式不同时不能直接以一次侧的表计电流乘以电炉变压器的变压比来计算二次侧的电流。

所以说在测量电弧炉短网阻抗值和其不平衡率进行运行短路试验时,应注意电炉变压器绕组结线方式对测量值的影响。

V 电磁搅拌装置

11.2.41 电磁搅拌装置是在炼钢电弧炉炉底(或钢包炉侧面)安装能产生移动磁场的定子,当定子绕组内通以两相低频电流,便产生移动磁场切割钢水,使之产生感应电流;电磁场使钢水产生切线方向的力并沿着磁场方向移动。

电弧炉采用电磁搅拌有下列好处:

- (1) 提高钢水质量使合金成分均匀。
- (2) 可缩短冶炼时间。
- (3) 减低冶炼成本;由于每吨钢耗电量降低,并可采用较便宜(含硫值较高)的废钢和合金料。
- (4) 改善劳动条件。

由于电磁搅拌电源设备和定子在大炉(例如炉壳内径 $\phi 5800$) 和小炉($\phi 2600$)所需功率差不多,所以炉越大采用电磁搅拌好处越多。30t 及以上的炼钢电弧炉,在工艺必要时可装设电磁搅拌装置。

11.2.42 炼钢电弧炉在出渣时要求面层向炉门流;而在加合金时要求面层钢水由炉门向出钢口流。所以与磁场移动方向相反。诸如此类电磁搅拌应按工艺要求改变运行方式。

电磁搅拌定子有一个集中绕组和二个分裂绕组,分别由相位差 90° 的两个低频电源装置供电。改变其接线方式或其相位便可达到改变移动磁场方向的目的。

11.2.43

(1) 电磁搅拌装置定子磁场移动速度 V 与定子的极距和低频电源装置的频率有关,即:

$$V = 2\tau f$$

式中 τ ——极距(m);

f ——频率(Hz)。

电磁搅拌装置可调整频率来调整磁场移动速度。电磁搅拌装置的频率调整范围一般为 $0.3 \sim 1.5\text{Hz}$ (钢包炉为 $0.3 \sim 2.5\text{Hz}$)。

(2) 电磁搅拌搅拌力的大小决定于定子的磁场强度,磁场强度决定于定子安匝数。电磁搅拌用改变低频电源的电压、电流改变搅拌力来适应工艺冶炼各阶段的要求。

(3) 为了满足冶炼各阶段调整参数,所以在电磁搅拌装置低频侧应装设每相的电压表、电流表、频率表和功率表。

为监视变频电源设备和总的电能耗量,电磁搅拌装置在交流侧应装设功率表、电流表、电压表和有功电度表。

11.2.44 电磁搅拌装置功率因数很低,例如 50t 炼钢电弧炉电磁搅拌定子所需有功功率和无功功率如表 11.2.44 所示。

故当采用晶闸管变频装置作为低频电源时应在其工频侧装设提高功率因数用的电容器。 $\times\times$ 重机厂 40t 炼钢电弧炉电磁搅拌装置的晶闸管变频电源侧未装提高功率因数用的电容器,变压器

因无功功率太大超负荷而发热严重。

炼钢电弧炉电磁搅拌定子参数表 表 11.2.44

电流(A)	500	700	1000
有功功率(kW)	76	149	303
无功功率(kvar)	356	485	655

由于晶闸管变频装置产生高次谐波,故应在电容器前串入相应的电抗器接成谐波过滤器形式,以免高次谐波影响供电电网。

11.2.46 由于电炉炉底温度很高,电磁搅拌装置定子一般为水内冷,为防止定子绕组受高温损坏,应在电炉炉底上装设测温元件和漏炉保护。××钢厂 30t 炼钢电弧炉电磁搅拌装置刚装好尚未使用,即因漏炉而将定子烧坏。

VI 炉外精炼装置

11.2.47 炉外精炼技术是以在电弧炉、转炉等进行熔化和氧化初炼出钢的钢水为主,在钢包内进行精炼的方法,炉外精炼技术的发展比较近,是在采用钢水真空脱气法的 1950 年开始的,具有加热工位以三相电极加热的钢包精炼炉在 1965 年出现以来到目前约 20 多年的时间,在世界范围内以惊人的速度普及,我国自从 70 年代初期引进 ASEA—SKF100t 钢包精炼炉和 1978 年引进 VOD 精炼炉以来发展迅速,自行设计、制造的也相继出现,80 年代估计全国约有钢包精炼炉 20 台左右,大多处于安装调试过程中,但亦有不少炉外精炼装置正常运行,生产高质量的特殊钢。目前国内最大炉外精炼炉的钢包容量为 170t。

炉外精炼装置一般有加热升温、真空冶炼、保温等工位。在加热升温工位与炼钢电弧炉一样故应遵守本章第一节至第四节的有关规定。由于炉外精炼装置很多采用吹氩搅拌,故对第五节的内容不作规定。

11.2.48~11.2.49 由于炉外精炼装置由钢包底的滑动水口出钢,不必在其加热工位倾炉。所以加热工位不需像炼钢电弧炉一样将

变压器低压端子中心线自电炉中心线往倾炉方向移动以减短软电缆长度。因此炉外精炼装置的加热工位的中心线宜与电炉变压器的低压端子中心线一致。

炉外精炼装置的加热工位炉盖不必如炼钢电弧炉那样旋开,只需提起让钢包车开出即可,炉体(钢包)亦不需倾炉,所以加热工位的电极横臂水冷导电铜管只有上下运动,为缩短软电缆长度,所以炉外精炼装置变压器室低压母线出线孔的标高宜位于电极横臂水冷导电铜管上下运动最高位置与最低位置的中点。

11.2.50 由于炉外精炼装置有真空冶炼工位,所以在其控制室中应考虑到设置真空测量控制柜的位置。

11.2.52 炉外精炼装置变压器额定容量按下式确定:

$$S = \frac{T \times V_t \times 1000 \times K}{60 \times \eta \times \cos \varphi \times 1.2}$$

式中 S ——变压器额定容量(kVA);

T ——精炼钢水容量(t);

V_t ——钢水升温速度($^{\circ}\text{C}/\text{min}$);

K ——钢水比热容,约为 $0.879(\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}))$;

η ——炉外精炼装置加热工位总效率可取为 0.5 左右;

$\cos \varphi$ ——功率因数,约为 0.7;

1.2——电炉变压器允许的过负荷系数。

上式中分子为该炉外精炼装置加热工位全部钢水按规定钢水升温速度每小时所需的热量除以总效率,电度热当量、功率因数和变压器的允许过载系数即为钢包炉变压器的额定容量(kVA)。

例:炉外精炼装置最大钢水容量为 170t,钢水升温速度为 $2.2^{\circ}\text{C}/\text{min}$,求炉外精炼装置变压器的额定容量:

$$S = \frac{170 \times 2.2 \times 1000 \times 0.879}{60 \times 0.5 \times 0.7 \times 1.2} = 13000(\text{kVA})$$

11.3 工频感应电热装置

11.3.1 工频感应电炉容量在 1.5t 及以上的一般有专用变压器,其他小容量炉子用车间变压器或成组供电方式。感应电热装置变

压器容量的选择应满足工艺生产。感应电炉有烘炉、保温、熔化、升温等过程,其二次电压可按工艺要求选择,并根据工艺调节的频繁程度采用电动或手动调节。为了减轻操作工人的劳动强度和减少工频感应电热装置在切换时的热停工时间,大容量工频感应电热装置尽量采用电动远距离操作。

工频无芯感应熔铁炉主要技术参数见表 11.3.1。

工频无芯感应熔铁炉主要技术参数表 表 11.3.1

型 号	额 定 容 量 (t)	额定功率 (kW)	电源容量 (kVA)	工作温度 (℃)	熔化率 (t/h)	电 耗 (kWh/t)
GW0.75	0.75	270	400	1450	0.367	736
GW1.0	1.0	360	500		0.522	690
GW1.5	1.5	500	630		0.805	620
GW3.0	3.0	800	1000		1.390	577
GW5.0	5.0	1300	1600		2.400	542
GW7.0	7.0	1600	2000		3.020	530
GW10.0	10.0	2550	3150		4.880	522
GW15.0	15.0	3160	4000		6.150	514
GW20.0	20.0	4000	5000		7.850	510
GW25.0	25.0	4900	6300		9.760	502
GW30.0	30.0	6000	8000		12.00	500

11.3.2 工频感应电热装置的负荷比较平稳;从机械应力方面考虑,铝导体能完全满足需要。

大容量的工频感应电热装置可采用水冷铝管,根据××汽车厂已投入运行的几台单相 3MVA 的工频感应电炉采用水冷铝管使用多年反映良好,××铸铁厂使用铝母线多年也没发现任何问题。其铜铝联接采用铜铝过渡棒解决,焊接均用氩弧焊。

11.3.3 工频感应电热装置的自然功率因数很低;无芯工频感应电炉 $\cos\varphi=0.17\sim 0.25$;有芯工频感应电炉特别是在熔化铝、铜时 $\cos\varphi=0.2\sim 0.4$,因此应与感应圈并联接入电容器组来提高装置的功率因数。由于工频感应电热装置的提高功率因数设备与电热

装置本身结构和布置有关,因此在电热装置设计时应考虑提高功率因数的措施,电容器组应尽量靠近感应线圈,使其联接导体为最短。

电容器组的接线为满足感应器在不同电感时的补偿要求,配合工艺冶炼需要,分固定的和可调的电容器组。一般固定部分占总容量的一半左右;可调部分再分为粗调和细调。通常工频感应电热装置可调电容器分为 6~7 组。也有的厂分组较多,如××重型机床厂的 20t 工频感应电炉可调电容器分为 15 组。

11.3.4 由于工频感应电热装置都配有大量电容器组,在合闸时产生的冲击电流很大;在没有任何限制而直接起动时,会引起过电流而跳闸。为了限制起动电流而采用起动电阻合闸时先串联起动电阻,待电流稳定后,合上主接触器后再切除起动电阻。

据实测一台进口工频感应电炉的冲击电流为其额定值的 5 倍,冲击电流持续时间约为 0.16~0.2s。××机电设计院从无芯工频感应电炉的起动波形分析,其冲击电流约为额定电流的 2.5~3 倍。考虑到有些电网容量较小,过大的冲击电流引起的电压降较大,使开关跳闸。所以工频感应电热装置的合闸冲击电流宜不大于额定电流的 3~5 倍。

11.3.5

(1) 感应电炉装置的变压器均装有防止故障短路的过电流保护,从目前国内情况来看,工频感应电炉变压器一次侧大都采用少油断路器。例如××汽车厂 10t 无芯工频感应电炉为防止故障短路的过电流保护装在变压器一次侧,动作切断少油断路器。

(2) 感应电热装置的感应线圈一般是水内冷的,冷却水流速(或停止)直接影响到感应器的寿命,所以感应电热装置应设有冷却水停止、水压不足或水温过高的保护;动作于信号和切断主回路。关于出水温度从调查来看各厂不一致,××汽车厂定为 55℃,××重型机床厂定为 50℃,也有定为 45℃的,主要考虑水温超过 55℃以上易结水垢。据调查××重型机床厂曾发生停水半小时之久,当时出现汽化现象,后来检查硅有机板尚可继续使用。

(3) 据调查很多厂曾发生因坩埚侵蚀过度或产生裂纹而使铁水流出烧坏线圈,造成生产中断,严重的发生人身事故。目前各厂对坩埚漏炉保护都在进行一些试验。此外从国外引进的工频炉(如××汽车发动机厂的2t工频炉)也带有坩埚报警装置,但也存在着误动作。

从国内情况来看1.5t及以下的感应电炉使用数量较多,且大都均未装设坩埚报警装置。从运行情况来看,当工人操作熟练后,可以判断出炉衬耗蚀程度。如××工艺所1.5t无芯感应电炉使用多年,从未发生过漏炉现象。所以规定在1.5t以上的感应电炉才装此种保护。

11.3.6 此条是从监视工艺生产过程,调节电气参数(电压、电流或功率因数)和计算电能耗量需要装设所述测量仪表。有的工厂靠电流表和功率因数表的读数来判断炉衬损蚀。

11.4 中频感应电热装置

11.4.1 本章是按我国目前生产的中频电源装置制订的,一般用于熔炼、淬火、透热等感应加热装置。变频机组成套生产有BPS型(50~500kW,频率1000~8000Hz)。中频晶闸管变频装置已定型的有KGPS型,已制成的最大功率达1000kW左右。

11.4.2 本条推荐淬火等加热时间短的设备由共用的中频电源供电,以提高中频电源装置的利用率。如××汽车厂每套变频机组一般供5台左右淬火机,个别的达10多台;机组功率按最大1台淬火机选择(有些为2台机组并联),通过“分配器”(有的称为“等待线路”)轮流向各淬火机供电,当一台淬火机加热终止转为冷却时,即自动接通另一台淬火机。经多年运行,厂方反映良好。又如××内燃机总厂由两台机组给5台淬火机供电,每个工位加热时间约10s,冷却时间约8s,倒换时间约2s,采用手动切换,轮流向淬火机供电,充分利用了电源设备。

对加热时间达1h以上的熔炼设备,其空炉时间短,实际上均由单独的中频电源供电,这样做是合理的。

11.4.3 中频机组两台并联运行使用较广。制造厂有适用于并联的定型产品,采用同样的机组,用一台共用的电机放大机调节多台发电机的励磁。工厂反映这样并联很方便。用晶闸管励磁装置,并联后能自动恒定电压。

晶闸管变频器的并联运行,××大学研究证明采取一定措施后是可行的。

因中频电源装置的并联都需具备一定的条件,制造厂在产品设计中就已考虑了,故本条规定应按制造厂的技术条件进行并联。

11.4.4 中频感应加热器的自然功率因数很低,必须采用电容器进行补偿,以减少中频电源设备及线路的无功负荷。为满足感应器在不同电感时的补偿要求,接入的电容器数量应能调节。

中频线路的功率损耗和电压损失比工频多几倍,特别是在振荡回路中,其无功电流有时比有功电流高10倍以上。因此,在布置各元件的相互位置时,应使电容器与感应器或淬火变压器尽量靠近,使其间导体长度为最短。

11.4.7 中频电流的透入深度与导体电阻率的平方根成正比。因而铝导体的透入深度一般约为铜导体的1.3~1.5倍。为充分利用导体截面,在中频线路中更宜采用铝导体。

在中频线路中,由于电流只通过导体的表面,空心结构的导体截面能得到最充分的利用,故采用中频同轴电缆是合理的。但有时因需要量很少,订货不方便,也可采用其他型式的导体,实际上也常是这样做。

××汽车厂8000Hz、2×100kW中频机组的线路采用了 $2(3\times 50+1\times 25)\text{mm}^2$ 的铠装电力电缆,多年来运行良好。××拖拉机厂2500和8000Hz感应电炉,送电线路长100m左右,也采用三芯铠装电力电缆多根并联,使用良好。××汽车厂100kW、8000Hz线路采用导线穿钢管,长约15m,使用中也没出现什么问题。

11.4.10

(1) 由于中频线路的集肤效应和邻扰效应较强,当用多片矩形母线时,其相邻导体应接于不同的极性(多芯电缆的相邻缆芯也

应尽量接于不同的极性),以提高导体截面的利用率。

(2) 为减小中频线路的电抗,母线间距应尽量小。

11.4.11 这是一般做法。

关于熔炼炉的坩埚侵蚀过度保护,许多运行人员反映不一定需要,认为炉衬侵蚀在运行中能发现并及时修补,而且也并不是很快造成穿炉事故。但为安全起见仍按制造厂的技术条件装设漏炉保护。

由于电气绝缘变坏到低于某临界值,有可能发生炉衬漏炉的情况。因此,为增加操作者的安全和减少炉子损坏的危险性,建议提供报警装置和分断炉子电源的保护措施。

11.4.13 在调查到的十几个工厂中,仅一个厂将中频机组及其附属装置设在大厂房内,隔墙不到顶;操作人员反映噪声大,灰尘多,提出应设单独房间,其他均设有单独房间。至于晶闸管变频装置,一般也安装在单独的房间内。工厂认为单独房间条件好,灰尘少,环境安静,便于维护管理。

有些单位反映:中频真空电炉运行环境好,一般都把变频电源、电炉和真空设备放在同一房间内,运行良好,故本条也考虑了这种情况。对某些不便将中频电源装置设于专用房间的,如在生产流水线上使用中频加热时,为满足生产需要,也可例外。

11.5 高频感应电热装置

11.5.3 高频电热装置操作的位置一般都在感应加热器附近 1m 以内。据北京、上海等有关单位测定,该处高频电磁场很强,一般都在数百伏每米,最高的超过 1000V/m,对人体造成一定危害,故宜采取局部屏蔽措施。从实测结果看,采取局部屏蔽后达到 20V/m 是不困难的。如上海一台 60kW 高频炉的附近电场强度为 235V/m,局部屏蔽后仅为 4.5~5V/m,效果很显著。

关于高频电磁场对人体的影响、近场强度的测定、局部屏蔽的做法和效果等,请见有关卫生部门的专题报告。

高频回路中外露的导体和电气设备包括淬火变压器和感应加

热器。

11.5.4 从部分实测资料分析,在电源线路的方位,高频电磁场明显加强。为了抑制高频电磁波沿电源线传播,装设滤波器是必要的。

11.5.5 高频感应电热装置内有 10kV 以上的高压,有触电危险;在工厂一般属于重要设备,要求环境较好,不希望无关人员走近,且其周围有很高的电磁场,对人体有一定的危害;因此宜设置在专用的隔间内。

在所调查的 10 个有 60kW 及以上的高频感应电炉的工厂中,有 6 个厂设单独房间;有 3 个厂在大厂房内设有隔间,其中 1 个工厂因隔间无顶、灰尘多,而要求增加顶棚;仅有 1 个厂是设在大厂房的一端;虽然环境较好,灰尘少,操作空地大,但操作、维护人员仍希望设隔间。小功率的高频电热装置,如用于电子器件加工者,由于工艺布置的要求,也多设在小房间内。

11.5.6 为了抑制工业高频电热装置产生的高频电磁波对其它无线电、电子设备的干扰,应使干扰电平不超过一定的允许值。高频电热装置是否要设屏蔽室,应根据具体情况而定。

考虑屏蔽问题,首先要有高频电热装置周围场强的数据。下面介绍对 20 台高频电炉的调查情况:

(1) 有屏蔽室的 7 台,占 35%。其中大部分屏蔽不完全,如门、窗无屏蔽或大开,顶无屏蔽或部分已坏等。

(2) 无屏蔽室的 13 台,占 65%。仅上海某厂反映 60kW 高频电炉对用示波器测试集成电路有影响,2 台 10kW 高频装置影响晶闸管触发;其它均无反映。

(3) 济南郊区某厂 60kW 高频炉曾对距厂 3km 的广播电台有干扰,后来增设了屏蔽。

(4) 某厂 60kW 高频电炉距导航站约 10 多公量,曾有干扰导航的情况,后增设了屏蔽。

(5) 某厂 60kW 高频电炉距使馆区约 500m 左右,未设屏蔽,几年来未反映对无线电有干扰。

(6) 北京×××厂设有多台 8~20kW 高频感应电热装置,无屏蔽室,未发现对该厂测试工作有影响。

参照上述情况本条规定:产生的无线电干扰超过现行国家标准(GB4824.1-84)允许值时应设置屏蔽室。

辐射允许值见表 11.5.6。

GB4824.1-84 辐射允许值

表 11.5.6

频段 (MHz)	在试验场		在 现 场			
	离设备 距 离 (m)	允许值 <i>dB</i> ($\mu\text{V}/\text{m}$)	离用户企 业边界距 离(m)	允许值 <i>dB</i> ($\mu\text{V}/\text{m}$)	离设备 距 离 (m)	允许值 <i>dB</i> ($\mu\text{V}/\text{m}$)
30~48.5	30	40	30	40	300	46
48.5~72.5	30	30	30	30	300	46
72.5~76	30	40	30	40	300	46
76~108	30	30	30	30	300	46
108~167	30	40	30	40	300	46
167~223	30	30	30	30	300	46
223~300	30	40	30	40	300	46

11.5.7 本条仅提供一般设计原则。

11.5.8 高频电炉的供电电源一般为 220/380V 中性点直接接地系统。从保护接地观点看,电气设备的外壳只要接零即可。实际上很多单位是这样做的,没有发现问题。有的产品说明书中提到高频振荡器接地电阻不得大于 0.5Ω ,这是按设备内存在高压,照搬了 110kV 大接地电流系统的要求。实际上高频振荡器的高压部分接地时不出现大的短路电流,这样照搬是不应该的。如作为重复接地,其接地电阻不大于 10Ω 就可以了。

考虑到高频装置接地线长度为 $1/4$ 波长或其奇数倍时,将产生驻波,其一端电压可能高达数百伏。故宜将长度限制在 $1/4$ 波长以内,至少不得接近 $1/4$ 波长的奇数倍。当 $1/4$ 波长为 5m 时,其相应频率为 15MHz;要考虑避开。当频率不超过 10MHz 时,接地

支线不宜大于 5m。

当设有屏蔽室时,设备接地应根据屏蔽要求统一考虑。

11.5.9 本条为必要的安全措施。据调查,因高频振荡器门的安全联锁未用,曾发生数起事故。一起是维护人员在电炉工作时维修高压设备;另一起是停炉时未断高压电源,维护人员用手摸振荡管水套温度。这两例均造成人员死亡,以后均增加了门的安全联锁。

11.6 电 阻 炉

11.6.1 本章仅适用于常用的成套工业电阻炉(如以电阻丝、硅碳棒和电极为加热元件的电阻炉)的电力部分;不包括有关温度控制和热工测量的内容。

11.6.2 电阻炉设计中一般比铭牌功率放大 10%,以免使用较长时间后加热元件表面氧化,达不到额定功率。过去已有不少单位反映按额定功率选择导线时载流量不够,设计单位多已按电阻炉额定电流的 1.1 倍来计算,故本条也按此规定。

有些电阻炉(如电极式盐浴炉等)由专用变压器供电,变压器容量分为多档,其最大容量一般较额定容量大很多。如 ZUSG—353 型变压器额定容量为 35kVA,分为 6 档,各档容量分别为 19.4、24、35、40kVA 等(第 6 档允许使用时间为 1.5h),最大容量为额定容量的 1.2 倍,有的型号变压器最大容量为额定容量 1.5 倍。据调查,一些厂电阻炉用于接近最高工作温度时,一般都要将变压器调到较高的几档。否则温度达不到,在升温过程中也常调到最高档,以缩短升温时间。

11.6.3 晶闸管有可能误触发或某一相不触发或半波触发则三相不平衡使中线电流很大,当中线截面不足时往往要烧掉。××矽钢片厂由于中线燃烧使电缆沟中的所有导线全部烧毁,损失很大,所以采用晶闸管调压器或调功器三相供电的电阻炉不宜采用有中性线的星形接法。

12 照 明

12.1 照明方式与照明种类

12.1.1 本条为照明方式的分类,按照节能原则和实际使用情况,增加了分区一般照明方式。节能原则就是该高则高和该低则低。

当生产条件受到限制时,可仅装设单一且较均匀的一般照明,主要有以下几种情况:作业地点附近不可能固定照明器,而难以采用混合照明时,或者作业位置密度不大,采用混合照明不合理时,或者不需要考虑特殊局部的需要而使整个作业场所能获得均匀照度时。

如果在同一个照明场所内,仅在作业区的某一部分或几个部分对照度要求较高时,则采用分区一般照明。

对于照度要求较高,即在标准中的 I ~ V 等视觉作业,如作业场所内作业位置密度不大,并且要求光线照射方向能改变时,从技术经济的合理性考虑,可采用由一般照明和局部照明共同组成的混合照明方式。

在一个生产作业场所内,如果仅设置局部照明往往会形成亮度分布不均,从而影响视觉作业,故不应只设局部照明。

12.1.2 此条为照明种类分类。考虑与 CIE 名词术语尽可能一致的原则,在本标准中,将事故照明改为应急照明,应急照明包括备用照明、安全照明、疏散照明三种。备用照明和安全照明的使用场所往往难以区分,因此必须正确选择三种照明的供电方式、电源切换时间、持续工作时间及照度值。

备用照明是当正常照明因故障而中断后,将会造成爆炸、火灾和人身伤亡等严重事故的场所所设的供继续工作作用的照明,或在火灾时为了保证救火能正常进行而设的照明。

安全照明是用于当正常照明因故障而中断时,如不能继续工作会使人们处于危险状态的照明,如使用圆形锯、处理热金属作业等。

疏散照明是用于当正常照明因故障中断时,为保证人员的安全撤离而设的照明,否则将会引起工伤事故或在通行时发生危险。

值班照明是为需要在非工作时间值班的场所提供的照明。由于值班照明是为工作人员值班提供的,所以对照度要求不高,而且对电源没有特殊要求。值班照明可以利用工作照明中能单独控制的一部分,也可利用应急照明。

一般机械工厂不必设置警卫照明,这从已建工厂的实际情况也是如此,但对于个别有特殊要求的厂区、仓库区等重要部位仍有装设之必要。

对于在飞机场周围建设工程或在当地民航部分划定的航线上的建筑物或构筑物,应按当地民航部门的有关规定,装设障碍照明,因为一些较高的建筑物或构筑物(如高层建筑、烟囱、水塔等),对飞机的安全起落有较大的威胁。

障碍标志灯的具体设置原则可根据中国民航局局标《民用航空运输机场飞行区技术标准》制定。

12.2 照度标准

12.2.1 照度分级系列标准是根据国家标准《工业企业照明设计标准》(GB50034—92)制定。

12.2.2 本条是生产场所工作面上的照度标准规定值。考虑到相同视觉作业的具体要求和技术经济条件有所不同,对每个视觉作业规定一个照度范围以代替原标准中的最低照度值。每一范围由3个连续的照度级组成,便于设计人员根据具体情况灵活选择,更符合实际条件。

规范中表 12.2.2 是参照《工业企业照明设计标准》(GB50034—92)列出的,现作如下说明:

(1) 表中所列照度范围是假定作业面上的平均照度,通常假

定作业面为距地面高 0.75m。

(2) 关于视觉作业特性。参照国家标准,本标准增加了视觉作业特性分类,使视觉作业特性更加明确和实用,本标准将视觉作业特性分为 10 种。

(3) 关于视觉作业分等。仍按原标准分等。使用经验证明,原标准按识别对象尺寸大小分等是切合实际的。对于大视角范围的视觉作业,随视角的减小,仅须增加较小的照度,便可满足辨认的需要;而对于小视角作业,为满足辨认的要求,当视角略有减小,则照度必须有很大增量,并且视角越小,增量越大,随照度的增高,视觉效果改善趋于减小。本标准按识别对象的尺寸大小进行视觉作业分等,分为 10 等。

(4) 视觉作业分级。仍按原标准视觉作业分级。在执行过程中,应考虑亮度对比的影响,也要考虑背景深浅的影响。

根据对比辨认实验得出,当识别几率为 95% 时,辨别物体所需的最小对比值见表 12.2.2-1。

最小对比值

表 12.2.2-1

视 角 (°)	照 度 (lx)				
	1.7	10	60	360	2160
0.67	—	—	0.95	0.38	0.34
1	—	0.70	0.30	0.19	0.13
2	0.58	0.25	0.16	0.10	0.082
4	0.29	0.14	0.088	0.06	0.048
10	0.13	0.06	0.039	0.036	0.030

由表 12.2.2-1 可知,亮度对比对视觉作业所需的照度有很大影响,即:大对比要求低照度,小对比要求高照度。本标准的视觉作业按对比分级,共分二级,即甲级和乙级,其中甲极为小对比,乙极为大对比。当识别对象的亮度与背景的亮度接近时,称为小对比。亮度差较大时为大对比。此外,由于视觉作业分等在 V 等以下时,其规定的照度值已能对所需识别的物体 ($d > 1.0\text{mm}$) 具有足够的辨识率,故不再分级。

(5) 照度标准值与国内外照度标准的比较。本标准比原有标

准的照度值有所提高,其中中间值与原标准相近;比 CIE 和原苏联标准约低 1~2 级;与日本标准相近或略低;与美国标准相差较多,约低 3~6 倍;与英国标准相当;与德国标准相比,除在精细作业范围内略低外,其它视觉作业相近。

12.2.3 考虑到视觉作业的视力平均水平和工作性质的一般水平,照度标准选用时以中间值为宜。

12.2.4 本条列举了要求选用照度范围的高值的几种情况:

(1) 对于 I~V 等视觉作业,当眼睛至识别对象的距离大于 500mm 时,容易造成视觉器官疲劳。

(2) 视觉作业要求连续长时间,如打字、文字校对等工作,容易对视觉器官产生不良影响。

(3) 由于识别对象处于活动面上,识别时间又短,如流水线上的检测工作,容易造成辨认困难,应取高值,给视觉作业创造良好条件。

(4) 此款主要从保护视觉作业者安全的角度出发,适当提高照度对安全有利。

(5) 识别对象反射比小时,对辨认物体不利,应适当提高照度值。

(6) 作业精度较高,而且出现生产差错时造成的损失较大时,适当提高照度标准,对防止产生差错有利。

12.2.5 本条列举了可以采用照度范围低值的几种情况:

(1) 临时性工作照明一般持续工作时间不长,故可选用照度范围的低值。

(2) 当视觉作业对精度和速度没有要求或无关紧要时,适当降低照度标准是可行的。

12.2.6 因本标准推荐尽可能采用高强气体放电灯,故当作为一般照明光源时,其标准照度值以不低于 50lx 为宜,这主要考虑在低照度下(原标准为 30lx)适当提高照度能较好改善视觉条件,而且经实际调查证明,采用高强气体放电灯时,车间内照度较易达到 50lx。

12.2.7 本条规定混合照明中的一般照明占5%~15%比原标准提高约5%,且其最低标准由原来的30lx提高到50lx,原因同12.2.6条。

12.2.8 本条主要根据国家标准(GB—50034—92)编制。其编制依据主要是根据现场实测调查和征求有关单位的意见。

12.2.9 本条为机械工业企业辅助建筑的照度标准值,主要编制依据为国家标准(GB—50034—92),其照度值是根据现场调查、实际设计经验及参考有关标准确定的。

(1) 关于办公室、资料室、会议室、报告厅、医务室的照度标准,在本标准中采用中间值为100lx,比原标准最低照度值提高50lx。

(2) 工艺室、设计室、绘图室、阅览室、陈列室的照度中间值为150lx,比原标准最低照度值75~100lx提高一级。

(3) 由于打字室内的工作属于小对比,工作时间持续较长,并且是阅读运动目标,根据实际调查,其满意照度值为150~200~300lx,本标准规定中间照度值为200lx。

(4) 本标准规定食堂、车间休息室、单身宿舍的照度中间值为75lx,比原标准有所提高,是现实可行的。

12.2.10 本条是根据《民用建筑照明设计标准》(GBJ 133—90)和《工业企业照明设计标准》(GB 50034—92)编制的。

12.2.11 本条为露天工作场所和交通运输线的照度标准。编制依据为国家标准(GB 50034—92)。

(1) 根据露天工作的实测调查,吊装钢坯作业,有时需识别钢坯上的钢印,此作业为小对比作业,实际反映,照度在20lx以上方能看清,故本标准将此类工作的照度低值定为30lx。

根据对金属结构厂焊接工作的调查,用肉眼检查质量时,满足工作要求的照度为17lx,故标准低值定为15lx,用仪器检查质量的工作要求照度为10lx,本标准低值定为10lx。

对于露天装置的温度表、转数表、压力表等的照度实测结果,5lx为勉强可以,10lx为比较满意,故本标准低值定为10lx。

对一般装卸工作,不需识别细部零件,主要是摘挂钩及看目标

较大的吊装物,工人反映照度为 5lx 即可,故本标准低值定为 5lx。

露天堆场的照明,只作为一般照管工作用,对照度要求较低,照度低值定为 0.5lx 已能满足要求。

(2) 根据《城市道路照明设计标准》中 IV 类支路的照度标准定为 5lx,这个规定仅适用于沥青路面。考虑到工厂内的道路绝大部分为水泥混凝土路面,按规定其平均照度可降低 30%左右,因此,工厂内主干道照度标准定为 3lx,次干道照明标准定为 2lx。

厂前区广场一般要求较高,照度应适当提高,故本标准定为 5lx。

(3) 根据对工厂铁路站台和铁路货物站台的实测调查结果,厂区铁路的货站分为露天和带棚两种,根据工人意见,站台的作业主要是装卸货物。对于装成批大件货物,照度 1lx 即可。但对于需要看清货物标签的站台,则要求照度在 3lx 以上。因此本标准的照度低值定为:一般站台(对视觉作业要求较低的)为 1lx,对视觉要求较高的站台(需看货签的)为 3lx。

(4) 根据对码头的调查结果,其满意照度为 1~6lx,本标准定为照度低值 5lx。

12.2.12 为使工业生产车间及工作场所的照明在使用期间保持规定的照度值,照明设计计算时,应考虑光源光通量衰减,灯具和房间表面污染而引起车间的照度降低,为此需确定维护系数。它是原标准照度补偿系数的倒数。

维护系数主要由三部分内容组成。

(1) 光源光通量衰减维护系数,记作 K_1 。根据国家标准和 CIE 第 29 号文第二版《室内照明指南》(1986 年)提供的各种光源的光衰曲线,按照光源寿命在 70%时来确定光源光通量衰减的维护系数,得出一系列的数值,并考虑我国光源生产的实际产品质量因素,国家标准规定的光源光通量衰减维护系数见表 12.2.12-1。

(2) 灯具污染维护系数(K_2)。灯具污染维护系数的取值与灯具的擦洗周期有关。原标准确定为 1~2 次/月,与实际运行情况出入很大,实际上除个别对空气清洁度有特殊要求的房间(如精密仪

表装配、计量室等)外,绝大部分车间很少清洗。本标准规定灯具擦洗周期为(2~3)次/年,这样比较切合实际,同时也符合 CIE 的规定。国家标准规定的灯具污染维护系数见表 12.2.12-2。

光源光通量衰减的维护系数(K_1) 表 12.2.12-1

光源	白炽灯	荧光灯	荧光高压汞灯	高压钠灯	金属卤化物灯
维护系数	0.85	0.8	0.75	0.88	0.6

灯具污染维护系数(K_2) 表 12.2.12-2

环境污染特征	维护系数	灯具擦洗次数 (次/年)
清洁	0.8	2
一般	0.75	2
污染严重	0.7	3
室外	0.75	2

(3) 房间表面污染维护系数(K_3),房间表面污染维护系数主要根据实测确定,表 12.2.12-3 是国家标准确定的房间表面污染维护系数值。

房间表面污染的维护系数(K_3) 表 12.2.12-3

环境污染特征	污染表面反射系数 (%)	污染表面反射系数下降 (%)	维护系数
清洁	62	17	0.96
一般	56	25	0.93
污染严重	50	33	0.91

(4) 上述三个系数 K_1 、 K_2 、 K_3 的乘积可得出照度总的维护系数(K'),用 K' 值计算得出的照度是维持照度。根据 CIE 第 29 号文第 2 版《室内照明指南》(1986 年)规定,维持照度不应低于推荐使用照度的 0.8。因此,还应将 K' 值除以 0.8 以后,才得出使用照度的维护系数值 K 。表 12.2.12-4 是国家标准规定的维护系数值。它综合了常用几种光源(荧光灯、荧光高压汞灯、高压钠灯、白炽灯)的维护系数,合并成一个通用性数值,与原计算结果相比,误差小于±5%。

维护系数(K)

表 12.2.12-4

环境污染特征	维护系数	灯具擦洗次数 (次/年)
清 洁	0.8	2
一 般	0.7	2
污染严重	0.6	3
室 外	0.7	2

12.3 光 源

12.3.1 本条规定了常用的照明光源种类。对长弧氙灯、自镇式荧光高压汞灯等应用少,能耗高而不推荐使用的光源未予列入。

12.3.2 本条规定了光源选择的几条经济技术原则。从节能角度考虑,灯具悬挂高度在 4m 及以下时,宜采用荧光灯光源,4m 以上均采用高强气体放电灯。由于白炽灯的发光效率低,故规定一般只作局部照明或艺术照明用。而在气体放电灯不适合采用时(如调光、有防无线电干扰的场所),才允许使用白炽灯。本条具体列出了可使用白炽灯的几种场所。

12.3.3 国家有关应急照明的标准规定,正常电源断电时,应在 5s 内达到标称流明值,根据光源启动特性可知,白炽灯和荧光灯能满足此要求,而采用其它气体放电灯时则不能满足上述要求。此外,当应急照明是正常照明的一部分而经常点亮,且不需要切换电源时(此时无光源启动过程),可采用其它光源。

12.3.4 某些高强气体光源(如高压钠灯),具有光效高、寿命长的优点,但显色性差,单独使用时,会产生不舒适感,视觉效果差。为充分发挥这类光源的优点达到节约能源,改善光色,创造良好照明效果的目的,中国建筑科学院建筑物理研究所等单位,将二种光源组合成混光光源。经过大量的实验和测试,绘制出一系列混光光通量比与一般显色指数 R_a 、色温 T 、光效 η 、特殊显色指数 R_{13} (白种人肤色)和 R_{15} (黄种人肤色)的关系曲线。并通过对各种混光光源效果的主观评价,得出一系列颜色识别效果图。此处选择其中一组列于图 12.3.4-1~12.3.4-3。综合分析这一系列的曲线和效果图,

最后得出表 12.3.4 所列的常用混光光源的混光光通量比作为本标准的推荐值。

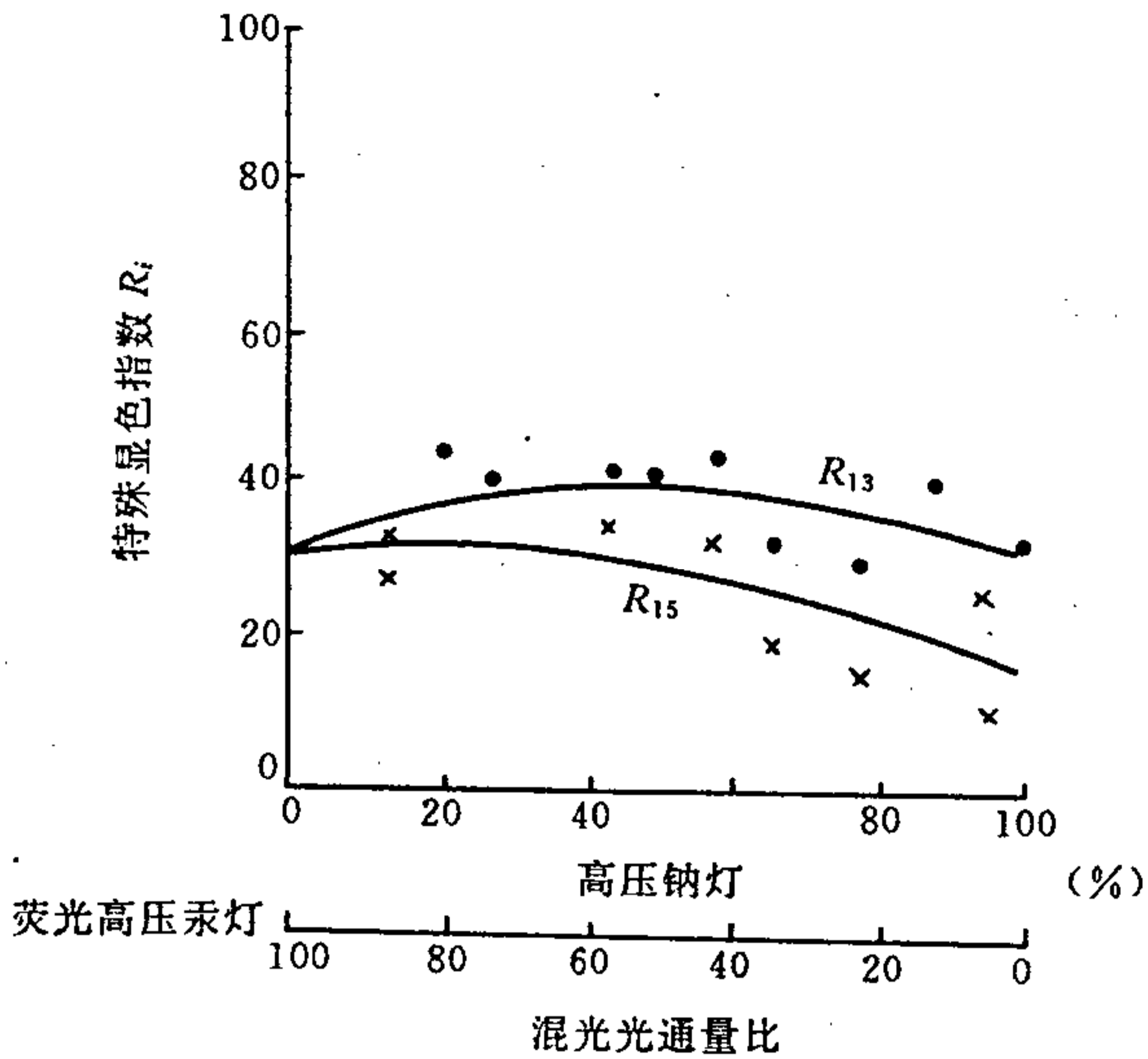


图 12.3.4-1 混光光通量比与 R_{13} 、 R_{15} 的关系

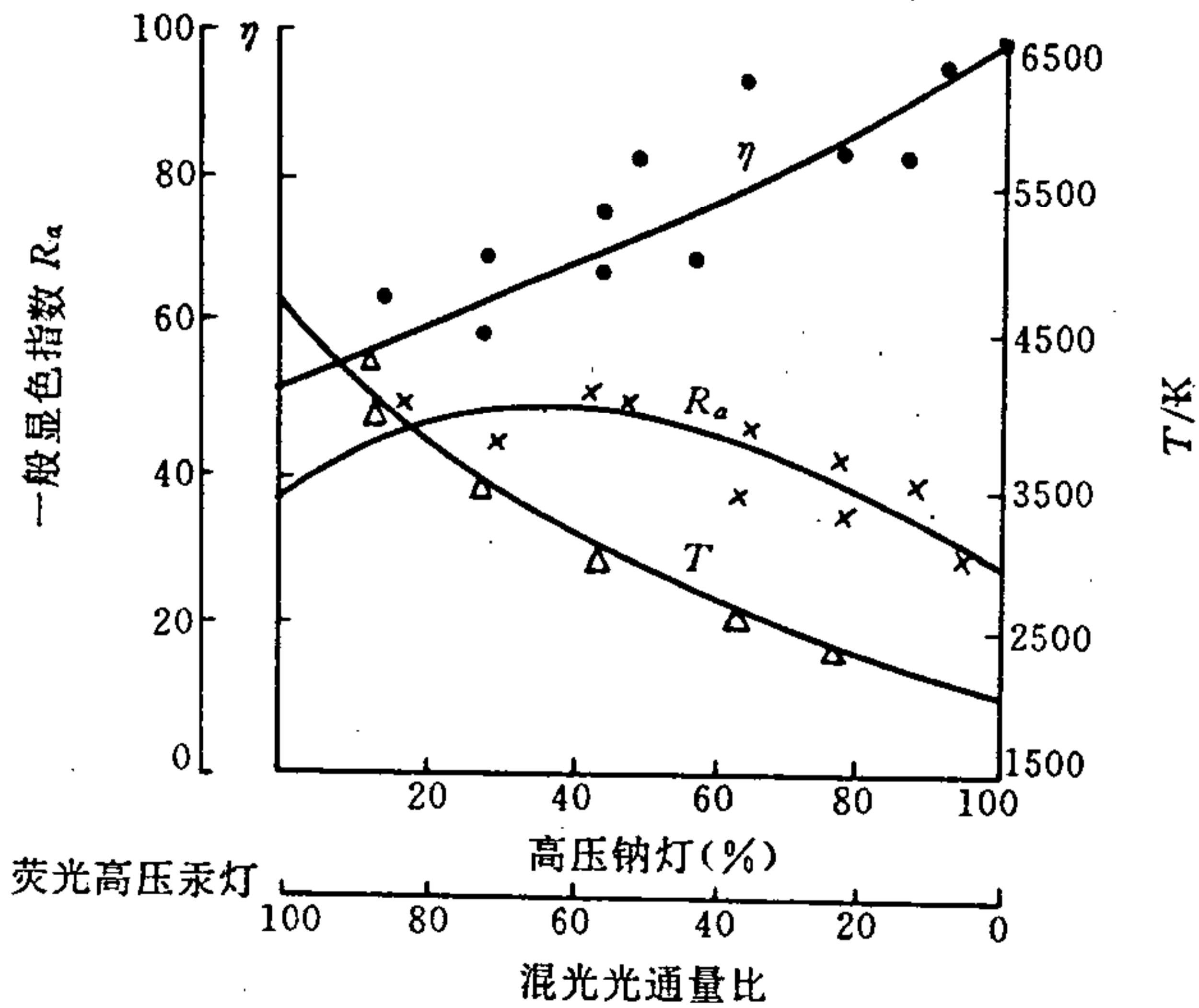


图 12.3.4-2 混光光通量比与 R_a 、 T 、 η 的关系

混 光 光 通 量 比

0% 30% 50% 70% 100% 高压钠灯



荧光高压汞灯 100% 70% 50% 30% 0%

试 验 颜 色	1	淡灰红色	良 好	较 好	可 以
	2	暗灰黄色	较 好	良 好	
	3	饱和黄绿色	较 好	良 好	可 以
	4	中等黄绿色	良 好	较 好	可 以
	5	淡兰绿色	可 以	较 好	
	6	深兰色	可 以	较 好	可 以
	7	淡紫兰色	良 好		较 好
	8	淡红紫色	较 好	良 好	较 好
	9	饱和红色	可 以		
	10	饱和黄色	可 以	较 好	良 好
	11	饱和绿色	良 好	可 以	
	12	饱和兰色	较 好	可 以	
	13	白种人肤色	可 以	较 好	
	14	树叶色	良 好		较 好
	15	黄种人肤色	可 以	较 好	可 以

图 12.3.4-3 不同混光光通量比的颜色识别效果

注：良好、较好、可以的数量指标见《混光照明设计手册》(1990年)。

12.4 灯 具

12.4.1 本条为灯具应具备的一些机械、电气、防火性能方面的基本要求。完整的光度参数指配光曲线、遮光角、效率、利用系数、外形安装尺寸等照明设计所必备参数。

12.4.2 灯具的型式应符合使用场所环境要求和视觉作业要求。

12.4.3 本条规定了一些特殊环境条件下灯具的选择原则。

(1) 根据目前了解的情况,封闭式和密闭式灯具目前还起不到防水的作用。因此本标准推荐特别潮湿的场所应采用防潮型灯具或带防水灯头的开启式灯具。

(2) 在有腐蚀性气体和蒸气的场所,因各种介质的危害程度不同,所以对灯具的要求也不同。若采用密闭式灯具仍应用防腐蚀材料制成;若采用带防水灯头的开启式灯具,各部应有防腐蚀措施。

(3) 高温场所宜采用带散热孔的开启式灯具。此类灯具已有制造厂生产。

(4) 振动对灯泡寿命影响很大,尤以卤钨灯为甚,因其灯丝长、温度高、最怕振动。从实际调研的情况看,灯具若不采取防振措施,灯泡使用不久就坏了,也有发生灯泡自动松脱掉下的现象,这样既不安全,而且增加维修工作量。因此振动较大的场所安装的灯具,应采用软性连接或采用防振灯具,机械工厂中的大型锻压车间当属此列。

(5) 机械加工车间,金属结构车间等场所,若灯具安装位置偏低时,有可能受到机械损坏,为保证安全、防止触电事故,故应采用带保护网的灯具。

(6) 有爆炸和火灾危险场所的灯具,应符合有关爆炸和火灾危险场所电气装置的要求,详见本规范第 19 章的有关条文。

12.4.4 根据实际使用情况,在大型锻锤或水压机的工作地点、线材压延机的工作地点、铸钢车间熔化工部的出钢口以及类似的部位,应要求设置加强的局部照明;宜采用投光灯来加强其垂直照度。

12.4.5 为了充分利用光源发出的光通量,应优先选用配光合理、效率较高的灯具。在一般场合下,应广泛采用开启式灯具,尽量少用或不用带格栅的灯具和带有包合式灯罩的灯具。因为后者的灯具效率远比前者低。但对照明质量要求较高的场合,不属此列。

本条规定的三种不同类型灯具效率的下限值,是参照我国现有灯具制造水平而制订的,大部分灯具都能达到这个要求,少部分灯具不满足此值时,表示灯具效率偏低,不利于节能,不宜选用此

类灯具。

12.4.6 本条规定了照明设计中灯具布置应遵循的规定,主要有以下内容:

(1) 为满足车间照明具有一定的均匀度,在作灯具均匀布置时,应满足相应灯具的距高比 L/H 要求。

(2) 灯具布置时,应注意与建筑结构型式相协调,满足工艺设备的照度要求,并注意与管道布置相协调,要注意安全和便于维修的要求。

(3) 从实际运行情况考虑,高大厂房一般采用顶灯或顶灯与壁灯的组合布灯型式,效果较好,当只采用壁灯,无顶灯布灯型式时,会造成顶棚黑暗,给视觉造成不舒适感,应尽量予以避免。

(4) 在配电所、变电所母线(尤其是裸露型)上方,为安全起见,不应装设灯具。

(5) 设置在有工业气流或自然气流经常冲击场所的灯具,易受污染和损坏,故不宜设置。

(6) 部分灯具和镇流器的表面部位温度较高,当与可燃物靠近或接触时,极易发生火灾,应严格防止。可采取隔热、散热等防火保护措施。有关仓库的灯具设置原则还应符合国家公安部的《仓库防火安全管理规则》。

(7) 洁净厂房内有防电磁干扰要求并采用气体放电灯照明时,应将镇流器等有电磁波产生的元件集中于无防电磁干扰要求的房间,这在实际工程中也有较多的实例。

(8) 由于高强气体放电灯的触发器与灯泡(管)之间的线路增大后,导线间的分布电容增大,从而触发脉冲电压衰减,造成灯泡无法正常启动,故宜将两者尽量靠近布置。

12.5 照明质量

I 眩光控制

12.5.1 由于高强气体放电灯的广泛采用,使生产车间的眩光变

得更加严重,根据国家标准编制过程中现场调查和计算得知,国内工业企业的眩光程度高于民用建筑。由于工业企业各行业间视觉作业的特性相差较大,如电子元器件生产、仪器仪表装配等作业,识别对象的尺寸很小,而要求又很严格。本条根据国家标准要求采用 CIE 第 29 号文第 2 版《室内照明指南》(1986 年)推荐的眩光限制等级。

12.5.2 本条规定本标准采用亮度曲线法来计算和评价眩光,目前国际上采用的计算与评价方法归纳起来有两大类,即一类是数学公式表示法,另一类是亮度限制法。数学公式表示法在国际上也多有使用,如美国的 VCP 法,英国的 BIG 法等等,但此种方法比较繁琐,不便于实际使用。而亮度限制法的特点是同时考虑到房间的平均照度和灯具的亮度、纵向和横向观测时的差异,着重控制灯具的亮度。其优点在于可直接根据灯具的亮度曲线选择灯具,便于设计,还可为灯具厂提供制造灯具的依据。因此本标准采用 CIE 第 29 号文第 2 版《室内照明指南》(1986 年)推荐的亮度曲线法限制灯具的直接眩光。经 CIE 证明,此法在同等条件范围内与其它方法相当一致,因此本标准采用此法不排斥其它方法的应用。

12.5.3 根据我国目前灯具生产水平及现场使用情况,本条规定的最小遮光角比 CIE 有适当放宽,具体可见表 12.5.3。

本标准与 CIE 灯具遮光角的比较 表 12.5.3

灯具出光口的平均亮度 (kcd/m ²)	眩光限制质量等级			
	本 标 准		CIE	
	A、B、C	D、E	A、B、C	D、E
$L \leq 20$	20°	10°	20°	10° ^①
$20 < L \leq 500$	25°	15°	30°	20°
$L > 500$	30°	20°	30°	30°

注:①表示线状光源从端向看遮光角为 0°。

12.5.4 控制灯具最低悬挂高度也可限制直接眩光,灯具最低悬挂高度是按视线在中等眩光区到微弱眩光区($27^{\circ}\sim 45^{\circ}$)范围内,以及生产工作活动范围在6~12m之内确定的。

视线与水平视线的角度:对于100W及以下的白炽灯为 27° ;150~200W为 30° ;300~500W为 40° 。即随光源功率的增大,其遮光角也增大,从而使眩光减弱。

对于荧光灯,因其表面亮度低,对无保护角的灯具是以 10° 视线角确定的。

对于高强气体放电灯及混光光源是根据目前国内的灯具型式,光源亮度和照度均匀度要求确定的。

12.5.5 本条为限制光幕反射和反射眩光的有关措施,由于在高亮度的灯具照射下可引起视觉作业对象表面产生反射光,当反射光在视线方向时,可产生光幕反射和反射眩光,光幕反射使视觉对比度减弱,从而降低可见度。反射眩光是在视觉作业对象旁产生分散精力的眩光,因此照明设计应采取措施对上述现象加以限制。本条列举了四种限制措施。

12.5.6 表12.5.4规定的各类灯具的最低悬挂高度,在下列几种情况下可降低0.5m:

(1) 由于照度较低($\leq 30\text{lx}$)眩光影响较小,灯具可适当降低悬挂高度。

(2) 房间较小(长度不超过灯具悬挂高度2倍)时,灯具数量较少,影响不会太大。

(3) 人员短时停留的房间,其视觉作业时间不长,眩光对视觉作业的影响程度控制要求不严。

(4) 根据本章其它条文的规定,灯具最低悬挂高度不宜低于2.2m。

12.5.7 局部照明用的灯具,一般悬挂高度(某些为台灯)都较低,应严格限制其眩光影响。

12.5.8 当工作面或者识别对象具有呈镜面反射性质时,应从灯具的角度着手加以改进,一般采取的方法有使用漫射型或磨砂灯

泡的灯具。

12.5.9 对视觉作业要求特别严格的场所(眩光限制等级 A 级)。在采用发光顶棚时,若不限限制发光面的亮度,将难以达到要求。发光顶棚的发光面的亮度在眩光角范围内不应大于 $500\text{cd}/\text{m}^2$ 是根据 CIE《室内照明指南》确定的。

II 照度均匀度

12.5.10 本条规定的一般照明的照度均匀度,是根据现场调查和 CIE 有关规定确定的。根据现场调查,我国生产车间照度均匀度为 0.7 及以上时工人反映满意,因此规定一般照明照度均匀度不宜小于 0.7。

CIE 及许多国家照度均匀度定在 0.8,虽可大大改善照明质量,但设置的灯数相应增加,消耗的电能也增加,不切合我国的经济水平。

12.5.11 本条是根据 CIE 第 29 号文第 2 版《室内照明指南》确定的。

III 光源颜色

12.5.12 本条是根据 CIE 第 29 号文第 2 版《室内照明指南》规定的。

12.5.14 本条是根据国家标准规定的。国标修订根据是实验和调查研究。对颜色识别要求较高的场所,当使用照度在 500lx 及以下而又无条件选用高显色指数灯具时,方采用相对照度系数值的修正,否则不需考虑此修正值。

根据调查和经济分析,采用高压钠灯、中显色高压钠灯、金属卤化物灯和混光等新光源后,比白炽灯、自镇流高压汞灯在相同照度下考虑相对照度系数后,仍可节能 $22\% \sim 42\%$ 。

12.5.15 混光照明能充分发挥高强气体放电灯的优点,弥补某些单一光源显色性差的缺点,从而改善光色,节约电能。值得注意的是,在照明设计时就应避免在地面和空间产生不均匀色斑,否则就

失去了混光照明的优越性。

IV 反 射 比

12.5.16 在室内各表面亮度分布过大时,因视线不固定,眼睛到处环视,其适应情况经常变化,从而引起眼睛的疲劳和不适;若亮度分布过于均匀,又会使室内过于呆板。为形成舒适的环境亮度,提高视觉功效,室内各表面必须有合适的反射比。

12.6 照 明 供 电

I 电 压 选 择

12.6.1 关于灯具安装高度和安全供电电压,原规程(JBJ6—80)和原国家标准(TJ34—79)均为 2.4m、36V。最近国家公布我国男子平均身高为 1.68m,一人加伸手只能达到 2.1m 左右,加 0.1m 左右的安全距离,经过全国征求意见及从安全和经济角度考虑,定为 2.2m。

原国家标准(TJ34—79)和原规程(JBJ6—80)规定危险场所的安全电压为 36V,这是从原苏联引进的,对于 36V 电压的接触其安全性是有时间限制的,允许持续时间为 3~6s。因此 36V 安全电压是有条件的,是相对安全电压。新的国家标准《安全电压》(GB3805—83)中安全电压分为 42、36、24、12、6V 五级,同时规定“当电气设备采用了 24V 以上(不包含 24V)的安全电压时,必须采取防止直接接触带电体的保护措施”。

国际上主要工业发达国家及国际标准如国际电工委员会(IEC),都把 25V 以下的带电体视为非带电部件。在条文所述的恶劣环境中偶然触及带电部件的可能,如接触电压为 24V 时,此时即使人体皮肤是潮湿的,通过人体的电流也只有 9.6mA,人可自主摆脱电源,因此是安全的,所以本标准采用 24V 安全电压。其它有触电危险的一般危险场所,可以继续使用 36V 或 42V 安全电压。

12.6.2 本条规定的供电电压标准是国家标准规定值。其依据是结合我国电力供应情况和各种场所的使用要求。原国家标准(TJ34-79)所做的电压偏差与光通量关系的实验结果见表12.6.2。从表中可看出,电压偏差对荧光灯光通量的影响小于其它各种光源,因电压偏差对多数光源的光通量影响基本相同,故不分光源种类规定电压的偏差值。

电压偏差与光通量的关系(%) 表 12.6.2

电压偏差 光源种类	97.5% (215V)	95% (209V)	90% (198V)	105% (231V)
白炽灯	92	83	68	121
荧光灯	95	89	79	112
荧光高压汞灯	92	84	71	116
高压钠灯	92	84	70	119
金属卤化物灯	92	83	68	112
卤钨灯	93	85	71	113

为保持光源寿命,灯的端电压一般不应高于其额定工作电压的105%。根据使用场所对视觉工作要求的不同,其端电压一般分别不低于其额定电压的95%和90%。对于远离变电所的小面积工作场所,如水泵房、小型仓库及其它小型辅助用房等难以满足95%要求时,从经济上考虑,允许电压降低至额定电压的90%。

对于应急照明、道路照明、警卫照明等因其视觉作业时间较短或供电距离偏远,从经济角度考虑,可适当降低供电电压至额定电压的90%。

12.6.3 正常环境下使用的手提行灯和钳工台的局部照明灯工作电压可采用 $\leq 42V$ 安全电压,但对于锅炉本体内部使用或其它金属容器内使用的手提行灯电压应限制在12V以内,这主要考虑工作人员所处位置对行动不便,且处于导电良好的大块金属体上。

II 供电方式

12.6.4 根据调查,我国机械工业大部分企业其照明负荷与电力

负荷为共用变压器供电,在一般情况下,其电压波动是在允许范围之内,但也有一些情况在设计中应予以重视,主要有:

(1) 冲击负荷较大时,对照明负荷的电压波动有时很难保证在允许范围之内,如较大功率的电弧炉、电弧焊机群等,此时应考虑将照明负荷和冲击负荷由不同的变压器供电或采用专门的照明变压器供电。

(2) 受经济和技术条件的限制,不能采用专用照明变压器供电,而必须与冲击负荷共用变压器供电时,可考虑由专线供电至照明负荷,这在一定程度上能减少电压波动和闪变对照明的影响。

(3) 采用调压装置对照明负荷供电的方法,在技术上是可行的,有时在经济上投资较多,因此仅推荐在需要保证照明质量或因电压波动对灯泡寿命影响较大时才采用此种方案。

12.6.5 本条为车间内电力设备(含照明和电力)便于维修和提高照明供电可靠性而制定的。厂房内将照明线路与电力线路分开,不仅便于维护和操作,而且能在一定程度上限制电压波动对照明负荷的影响。

12.6.6 较大功率的单相负荷的存在,不利于三相低压配电系统的各相平衡。故规定将由公共低压电网供电的单相 220V 照明负荷限制在 30A。

12.6.7 应急电源与工作电源之间必须采取可靠措施,防止并列运行。

应急照明的电源主要与具体工程的规模、当地的供电系统情况,以及一旦中断供电会在人身安全、政治上、经济上所造成的损失或影响有关,本规范提出的几种供电方式,设计时应根据具体情况进行比较后确定。

12.6.8 根据 CIE 第 49 号文《室内应急照明指南》(1981 年)对应急照明电源切换时间未作任何建议,国家标准也未作相应规定。结合我国《应急照明指南》要求和目前国内的电源产品及应急灯具电源产品情况,作了定量规定,便于操作执行。

12.6.9 电压在 42V 及以下的局部照明用变压器,对于相对固定

使用的场所,宜采用固定式布置,而对于偶尔使用的场所,从经济角度出发,可采用移动式降压变压器供电。

12.6.10 由于自耦降压变压器没有实现输入电路与输出电路在电路上的隔离,当发生误操作或其它故障时,将会造成输出边电压升至高于安全电压的危险电压值,而二次侧电压在 24V 及以下的照明线路被视为可以直接接触的安全部件。当采用自耦式变压器时,将会对操作人员人身构成危险,故严禁采用此种方式。

12.6.11 由三相电源的相位关系可知,接于三相电源的气体放电灯能有效地抑制频闪效应,所以推荐在限制频闪效应方面有要求的场所采用将同一灯具内的相邻灯管(泡)或相邻的不同一灯具的灯管(泡)分别接在不同的相位线路上,尽管这种做法对线路及控制会带来某些麻烦。

12.6.12 照明线路是造成低压配电系统相间不平衡的重要原因,尤其是专用照明变压器更是如此。本规范提出了保持各相平衡的措施,要求在配电箱处最大相与最小相负荷电流之差不宜大于 30%。

III 回路分组及控制

12.6.13 从常用导线截面、导线长度、灯头数、电压降分配等因素来考虑,照明分支回路的电流以不超过 15A 为宜。

每单相分支回路的灯头数和插座数规定最多为 25 个,主要原因是灯头或插座数量越多,事故影响面越大,对维护检修亦不利。

12.6.14 照明回路的分组主要应根据工艺流程情况和线路敷设的特点。如一条工艺生产流水线的开启配合一个回路的照明开启,既能做到实用也能做到节能。三相线路平衡也是回路分组应着重考虑的因素。

12.6.15 根据实际调查使用的情况,单层厂房内按工段、流水线设置集中控制的配电箱非常便于管理和操作。

12.6.16 多层建筑物内,照明配电箱的设置一般应考虑分层布置,并设置在靠近楼梯口,便于操作与管理。

12.6.17 高强气体放电灯已广泛采用,如单独使用的金属卤化物灯和混光灯具等。考虑到单个灯具的电流较大,所以单相回路的电流最大值规定为 30A。同时此类灯具启动电流大,启动时间长,在选择开关整定电流及导线时,应予以特别注意并进行校验。否则容易造成保护电器误动作(跳闸),或因启动电流太大造成大的线路电压降而影响灯具的点燃。表 12.6.17-1 和表 12.6.17-2 列出了混光灯电流简单相加值和自动空气开关可控混光灯灯数。

混光灯电流值 表 12.6.17-1

混光方案 GGY+NG (W)	汞灯工作 电 流 (A)	钠灯工作 电 流 (A)	合 计 (A)	汞灯启动 电 流 (A)	钠灯启动 电 流 (A)	合 计 (A)
80+50	0.8	0.75	1.55	1.4	0.9	2.3
125+70	1.25	0.98	2.23	1.8	1.47	3.27
250+100	2.15	1.25	3.4	3.7	1.8	5.5
400+215	3.25	2.48	5.73	5.7	3.7	9.4
400+250	3.25	3.00	6.25	5.7	5.0	10.7

自动空气开关可控混光灯数(个) 表 12.6.17-2

混光方案 GGY+NG (W)	自动开关脱扣器额定电流 I_H				
	10A	15A	20A	25A	30A
GGY80+NG50	4	6	8	10	13
GGY125+NG70	3	4	6	7	9
GGY250+NG100	1	2	3	4	5
GGY400+NG215	1	1	2	2	3
GGY400+NG250	1	1	1	2	2

12.6.18 由于应急照明与正常照明的使用特点及功能的不同,当应急照明作为正常照明的一部分使用时,应有单独的开关控制,以便于操作。而当应急照明仅在正常照明故障时使用,应考虑选用带自动点燃装置的灯具或设置因故中断而自动投入的控制单元。

12.6.19 因照明负荷主要是单相设备,因此采用三相断路器时如果一相发生故障也会三相跳闸,从而扩大停电范围,故应避免出现此类情况。

12.6.20 考虑到插座回路容易引起故障,推荐插座由单独回路供电。

IV 线路计算

12.6.21 本条为建筑物照明电源线路计算时采用需要系数法的需要系数,原规程(JBJ6—80)试行以来,对此反映比较确切。

12.6.22 为考虑到计算负荷的准确性,并适当留有裕量,计算时应计及镇流器等的损耗。

12.6.23 照明线路设计时,应保证照明装置端电压符合本章 12.6.2 的要求。故必须进行电压降校验。

12.6.24 根据原国家标准编制时实验结果,在三相平衡负载线路中,中性线电流约为相电流的 40%(荧光灯及荧光高压汞灯加高压钠灯混光)和 25%(荧光高压汞灯),这主要是三次谐波电流的影响。

设计线路时,应考虑实际使用情况会出现三相负载不平衡或二相负载运行的可能,以及电压补偿的影响均能导致中性线电流的增加。因此对于三相四线制的照明线路,其中性线载流量不应小于最大一相的计算电流。

12.6.25 目前在设计中大量采用气体放电灯,其镇流器、触发器等附件使照明线路的功率因数降低。为提高照明质量,改善功率因数,经常采用电容器作分散或集中补偿,需要分散补偿时,在设计或订货中提出,可由灯具厂成套配置。但分散补偿由于电容器数量多,故障面大,因此灯具内要加装熔断器保护。采用集中补偿可将电容器及保护电器安装在照明配电箱或变电所低压配电室内。

12.7 室外照明设计

12.7.1 根据机械工厂室外作业的特点,推荐三种情况宜装设室

外照明。

12.7.2 本条主要从节能角度考虑,推荐采用高效气体放电灯,除个别情况外,不允许使用白炽灯作为室外照明光源。

12.7.3 对于厂区道路照明,除回路上应装设保护外,在每个灯具上也应装设单独熔断器保护,因为当一灯具发生故障时,需逐个检查,影响面大,且道路照明装置悬挂较高,维修困难,同时受露天环境影响,照明装置和线路易发生故障,故作此规定。

12.7.4 厂区道路照明的控制方式的选用应根据工程具体情况确定,昼夜有人值班的工厂宜采用人工控制,其余可考虑采用钟控或光控方式进行控制,无论采用何种控制方式,均应能在深夜切除部分负荷,以利节能。

12.7.5 从机械工厂的实际情况出发,厂区道路一般不太宽,车流量也不大,采用单侧布灯基本能满足要求。

12.7.6 本规范推荐的道路照明器安装高度主要根据道路照明的照度均匀度要求和目前的路灯生产实际情况确定的。

12.7.7 大面积露天堆场采用投光灯或高杆灯照明有利于交通组织和灯具布置。

12.8 照明节能

12.8.1 照明节能很大的一部分是采用高效光源以替代原先的低效光源,本规范规定高大厂房中推广采用高效光源,限制低效光源的使用,各种光源的光效比较见表 12.8.1。

各种光源最高光效比较

表 12.8.1

种类	白炽灯	荧光高压汞灯	自镇式荧光高压汞灯	高压钠灯	中显色性高压钠灯	镝灯	钨钠灯
光效 (lm/W)	15.4	52.5	30	120	92.5	80	80
比例	1	3.4	1.9	7.8	6.0	5.2	5.2

在新建和扩建高大厂房时,不宜采用白炽灯和卤钨灯;对现有

车间进行技改时,也应逐步用高效气体放电灯代替白炽灯、卤钨灯;用高强气体放电灯的混光灯或中显色高压钠灯代替效率不高、显色性差、光色也不佳的荧光高压汞灯。

12.8.2 照明设计中,除选用光效高的光源外,选用高效灯具也是节能的重要方面。具有高反射率、涂有二氧化硅的反射表面和装有活性炭过滤器的灯具效率比较高,应优先采用。在满足工艺要求和照明质量的前提下,应尽可能少用或不用带有格栅、棱镜玻璃、乳白玻璃罩的灯具,因为通常此类灯具比开启式灯具要降低光效5%~6%。

12.8.3 选用合理的照度标准和合适的照明方式有利于节能。如不同工作区照度水平该高则高、该低则低,照度超过50lx的高照度场所可增设局部照明,如工作区的某些部分需要高照度时可采用“分区一般照明”方式。

12.8.4 室内顶棚、墙面、地面的反射比对房间光的反射分量起重要作用,建议采用浅色装修以利节能。

顶棚:一般大房间的顶棚反射照度大,可取较高反射比值(0.8),小房间顶棚反射照度较小,可取较低反射比值(0.6)。

墙面:小房间墙面占视野比例大,对照度影响较大,宜采用高反射比(0.7)材料。在顶棚较低的大房间中,墙面在视觉和反射方面作用较小,可采用较低的反射率(0.5左右)的装修。

12.8.5 车间、宿舍的照明用电装设电度计量表,可以避免能量浪费。

12.8.6 大面积使用气体放电灯的场所,灯的功率因数较低,约在0.4左右,因此导线电流较大,宜在灯旁设电容补偿,可以减少有色金属消耗,降低电能损耗。分散补偿就节能而言强于集中补偿。

12.8.7 照明线路、开关及控制的设置对节能影响较大,一般小房间或办公室均应一灯一开关,只有对那些房间面积大、工作时活动范围大、人员较多的场所才考虑设多灯集中控制。近窗的灯应单独设开关,有利于在阴天时房间深处因照度低需要补充照度开灯时,近窗灯具可以关掉。按车间工段分区设置照明开关,便于操作与管

表 12.8.8

节能效益比较实验

场所名称	照度标准 (lx)	室			形		RCR	灯具、光源种类和特性			目标效能推荐值 (W/m ² ·100lx)	设计效能指标 (W/m ² ·100lx)	节能
		长 (m)	宽 (m)	高 (m)	光源及灯具	灯具效率 (%)		距高比					
实验室	150	10.8	5.0	3.2	3.51	40W 荧光灯具	84.20	1.38 1.49	6.00	5.89	1.02		
主控室	200	14.4	5.0	3.0	2.96	2×40W 荧光灯具	57.30	1.20 1.45	5.55	6.15	0.90		
焊接车间	100	36.0	12.0	6.0	2.89	GGY125+NG70 混光灯具	80.00	1.71 1.40	5.26	4.96	1.06		
精密装置	150	36.0	18.0	12.8	5.00	GGY400+NG250 混光灯具	76.90	1.55 1.37	4.22	4.19	1.01		
冶金	100	72.0	36.0	40.0	8.17	GGY400+NG250 混光灯具	78.50	0.40 0.60	5.09	5.24	0.97		
薄膜车间	150	48.0	15.0	6.5	2.50	GGY125+NGX100 混光灯具	80.80	1.71 1.40	5.04	4.16	1.21		
薄膜车间	150	48.0	15.0	6.5	2.50	NGX150 板块型灯具	83.80	2.43	3.41	2.61	1.30		
装配	150	60.0	18.0	6.0	1.88	GGY250+NG100 混光灯具	72.00	1.88 1.79	4.36	4.20	1.04		

注:RCR 为室空间比。

理,并且可减少不必要的照明。

12.8.8 根据修订后的国家标准,引入了照明目标效能值,它是衡量照明设计的节能指标,表 12.8.8 是国家标准制订的目前处于国内中上水平的目标效能值,可在设计过程中进行对照。

12.8.9 由于高压钠灯具有光效高、灯泡寿命长、其光色为黄色,具有分辨率高、透雾性好的特点,适合于户外照明,本标准推荐高压钠灯为道路照明主光源。

采用光控或钟控等自动控制方式,具有较好的节能效果。

为实现对道路照明在深夜进行部分切除,道路照明宜分组。

13 架空线路

13.1 一般规定

13.1.1 工厂内部配电线路一般为 35kV 及以下的电力线路,所以规定本章适用于工厂内部新建 35kV 及以下架空线路的设计。

13.1.2 路径及杆位选择是线路建设的重要环节。若选择不当,可能出现威胁线路安全运行的情况,也可能发生影响工厂生产作业,交通不便及与工厂规划不协调等问题。本条文中提出的四点要求是基本原则,在具体工程中,应结合实际情况,做好调查研究,力争选出较短的路径方案,做到技术经济合理。

为便于同杆架设厂区照明线路,架空线路应沿道路平行敷设。铁路起重机和汽车起重机(有履带式和轮胎式两种)均具有较高的吊臂,由于司机疏忽和行走时颠动,常发生吊臂碰架空线路事故。为了保证运行安全,架空线路应尽可能避免通过该型起重机频繁活动的地区,露天堆放场上要经常吊装搬运,影响架空线路的安全运行,而且架空线路下堆放东西,使维修工作造成困难。所以架空线路也应尽可能避免通过露天堆放场。

13.2 气象条件

13.2.3 根据空气动力学原理,推算出的风速与风压的关系式为:

$$P=9.807 \frac{\rho}{2g} v^2$$

式中 P ——风压(Pa);

g ——重力加速度(m/s^2);

ρ ——空气密度(kg/m^3);

v ——风速(m/s)。

标准大气压力,气温 15℃的情况下,空气密度 1.2255kg/m^3 , 纬度 45° 处的重力加速度为 9.8m/s^2 。代入上式得:

$$P = 9.807 \times \frac{1.2255}{2 \times 9.8} v^2 = 9.807 \times \frac{1}{16} v^2$$

我国的各种风速仪都是根据 $v^2/16$ 的关系,直接标明风速刻度的。本来各气象站都应根据当地的空气密度和重力加速度,把直接测得的风速进行换算,才是当地的真实风速。但实际上各气象站都不作这种换算。空气密度和重力加速度与地理纬度、海拔高度和当地地质构造的情况有关,所以高海拔地区或沿海地区气象站的风速记录是偏小的。然而用统一的 $1/16$ 换算的风压倒是准确的。

长杆距的架空送电线路的导线风荷载的计算尚应计入风速不均匀系数,而工厂架空配电线路,杆距不大,其导线风荷载的计算一般不计入风速不均匀系数。

13.2.4 覆冰厚度应根据已有线路的运行经验确定。根据湖南等省反映,城镇线路的覆冰厚度小于郊区。据调查,各地区供电局覆冰厚度一般采用 5mm 的较多,所以提出厂区一般采用 5mm 。

13.3 导线、绝缘子和金具

13.3.1 由于铜是贵重金属,架空线路宜采用铝线和钢芯铝线,实际上情况也是如此。

防腐钢芯铝线具有耐气候性能,其型号为 LGJF。(见国家标准 GB1179—83《铝绞线及钢芯铝绞线》)。

低压架空绝缘线已在某些城市推广使用,其型号为 JLV(架空铝芯聚氯乙烯绝缘电线)、JHLV(架空铝合金芯聚氯乙烯绝缘电线)、JLY(架空铝芯聚乙烯绝缘电线)、JHLY(架空铝合金芯聚乙烯绝缘电线)。(见原水利电力部部标 SD237—87)。

13.3.2 架空导线在一定的环境条件(风速、温度、日照强度)下,不超过导线最高允许工作温度时所传输的电流,称为允许载流量。除导线的电阻和环境条件外,导线的辐射系数和吸热系数也有影响。一般规定按发热条件验算导线载流量时的风速取 0.5m/s ,日

照强度取 $1000\text{W}/\text{m}^2$ ，导线的辐射和吸热系数为 0.9。

确定载流量的主要依据是导线的最高允许工作温度，导线在长时间运行后的强度损失，是限制最高允许工作温度的主要条件之一。工作温度越高，运行时间越长，导线的强度损失越大，但从经济性出发，工作温度也不宜过低。通常按运行三十年，导线瞬时破坏张力的降低不应大于 $5\% \sim 10\%$ ，来确定导线的最高允许工作温度。

导线长时间允许载流量应按敷设处的空气温度进行校正。校正系数由下列公式求得：

$$K = \sqrt{(t_1 - t_0) / (t_1 - t_2)}$$

式中 t_0 ——敷设处实际空气温度($^{\circ}\text{C}$)；

t_1 ——导线最高允许发热温度($^{\circ}\text{C}$)；

t_2 ——决定导线允许载流量时所采用的空气温度($^{\circ}\text{C}$)。

条文中空气温度的定义是参照《电机工程手册》第 6 篇电工产品环境技术和《电线电缆手册》第一册编写的。

13.3.7 单股导线断线情况较多，因此限制使用。

低压线路跨越铁路时的最小允许截面是根据铁道部的意见确定的。

13.3.8 6~10kV 线路广泛采用钢筋混凝土电杆和铁横担，绝缘水平较低，遭受雷击后，往往造成绝缘子击穿和烧断导线的事故，现普遍采用高一电压等级的绝缘子，以提高耐雷水平，减少事故。

13.4 导线排列

13.4.1 厂区 10kV 及以下架空线路一般采用高压、低压、路灯线路同杆共架方式为最多。由于低压线路间距离较小，接户线不宜过长，路灯安装间距不能太远。因此厂区的高压线路应按低压线路的特点来确定档距，一般不大于 50m。

13.4.2 为了容易解决架空线路路径和节省建设投资起见，厂区 10kV 及以下架空线路一般采用高压、低压、路灯线路同杆共架方式为最多，所以规定 6~10kV 架空线路与 1kV 以下架空线路应

同杆架设。

至于每杆上允许架设的回路数,是考虑了既要解决架空线路路径和节省基建投资,又要使架空线路便于维护和提高供电可靠性。在工业企业内,经常可能在同一电杆上架设一回高压电力线路,一回低压电力线路和一回厂区照明线路,有时在其上可能再架设一回高压线路或低压线路。因此,本条文规定高低压架空线路同杆时最多为四回路。一般在高压架空线路上所带的负荷容量较大,当同杆上均为高压时,为保证运行安全和避免相互影响,故规定不应超过两回路。

根据国家标准 GBJ42—81《工业企业通信设计规范》,作了可在架空电力线路杆上再架设广播明线或通讯电缆的规定。

13.4.4 在厂区内 35kV 架空线路的档距较小,但弧垂比郊外线路的大,参照原水利电力部《架空送电线路设计技术规程》有关条文公式,补充了小档距的 35kV 架空线路线间距离。

13.4.6 沿用原规范条文

高、低压同杆架设的线路,在低压线路检修时,高压线路一般是不停电的,高、低压导线间就需要足够的安全距离,此条直线杆定为 1.2m,分支或转角杆定为 1m。

13.4.8 根据国家标准《工业企业通信设计规范》作了本条文的规定。

国家标准《工业企业通信设计规范》还规定:通讯电缆与电力线路共杆时,通讯电缆及吊线每隔 200m 左右做一次接地,每隔 1000m 左右做一次绝缘。架空广播明线与通讯电缆合杆时,通讯电缆在广播线下面,其间距不应小于 0.6m,且电缆每隔 200m 左右做一次接地。

13.5 杆塔与基础

13.5.1 钢筋混凝土杆允许利用内部的主筋作接地引下线,但主筋与接地螺母或铁横担应有可靠的电气连接,同时主筋与内钢箍及螺旋筋也应有可靠的电气连接(绑扎或焊接)。

13.5.2 跨越道路的水平拉线,对路面中心的垂直距离不应小于6m,与原规范是一致的,现增加了“对道路边缘的垂直距离不应小于5m”的要求。这是由于近十几年来车辆增多,道路不断加宽,装有高大物体的车辆不一定在道路中心行驶的缘故。这样修订与国家标准《35kV及以下架空电力线路施工及验收规范》(报批稿)相协调。

13.5.3 架空线路的拉线装设拉紧绝缘子起两个作用:

- (1)避免人登杆触及导线时,经拉线对地放电;
- (2)防止拉线与导线接触后,人碰拉线触电。

钢筋混凝土杆具有一定的导电性,一旦绝缘子破坏,拉线和电杆均可能带电,仅拉线装设拉紧绝缘子作用不大,所以一般不装设拉紧绝缘子。当拉线穿越导线时,考虑人摇动拉线易与导线接触造成事故,因此应装设拉紧绝缘子。其安装位置应按拉线折断后垂直地面时,超出按人伸手可能达到的高度,规定为2.5m。

13.5.4 用岩石作底盘、卡盘及拉线盘,必须选用结构完整,质地坚硬的,设计时应在采石场选择有代表性的岩石进行强度试验。由于岩石强度均质系数小,故安全系数应比混凝土的大,并根据受力情况不同,对底盘、卡盘及拉线盘采用不同的安全系数。

13.5.5 电杆埋设深度系按 $1/6H$ 或 $1/10H+0.6$ (H 为杆高)进行计算,并综合考虑其它有关条件后确定的。这适用于埋设在一般土壤内的电杆。

据调查,多数单位采用配电线路电杆埋深为杆长的 $1/6$,运行中比较安全。

13.6 对地距离与交叉跨越

13.6.1 条文中所谓易燃材料做的屋顶,是指房屋顶盖的表面(不包括屋架结构)采用易燃材料做成的,如用草、油毡纸和其它容易起火的材料等。

13.6.2 为了地下各种工程设施施工和维修开挖地槽时保证杆塔的安全,规定了杆塔的埋地部分与地下各种工程设施间的水平最

小净距。

考虑了厂区地下工程设施较多,间距不可能大,而靠近杆塔的地下工程设施一般埋深约 1m 左右,规定了这些最小水平净距数值。

13.7 10kV 及以下接户线

13.7.1 本条文规定了接户线的适用范围。接户线有其独自特点,如:档距小、导线截面小、易遭受外力破坏、人容易接触等。因此,为避免发生人身事故(如接户线断线、接户线低垂、雷电波侵入屋内等造成人身事故)和考虑规范内容完整起见,特制定本节有关内容。

13.7.2 对低压接户线的质材,原规范未作规定,现根据水利电力部部标《架空配电线路设计技术规程》9.0.3,规定“应采用绝缘导线”。

13.7.3 原规范规定“接户线的档距不宜大于 25m”,现规定“高压接户线的档距不宜大于 40m,低压接户线的档距不宜大于 25m”,这也是根据《架空配电线路设计技术规程》修订的。

13.7.4 低压接户线一般都固定在墙上,档距小,绝缘线对地距离只要不为人举手碰到即可,一般为 2.5m,运行中未发现问题,各地认为此距离可满足要求。

13.7.5 通行车道指汽车通行的道路。考虑汽车载货高度可达 4m,并留一定裕度,以及考虑与低压架空线、拉线跨越道路的要求相配合,因此取 6m。

人行道考虑行人安全,参照供电部门的规定,规定了 3.5m 的数值。

13.7.6 为保证大截面的接户线安装牢固,根据各地有关运行资料,对截面在 16mm^2 及以上的接户线,有必要采用低压蝴蝶式绝缘子的安装方式。

14 电缆线路

14.2 电缆的选择

14.2.1 电力电缆品种很多,35kV 及以下电缆有:粘性浸渍纸绝缘电缆、不滴流电缆、聚氯乙烯绝缘电缆、聚乙烯绝缘电缆、交联聚乙烯绝缘电缆、天然橡皮绝缘电缆、丁基橡皮绝缘电缆、乙丙橡皮绝缘电缆等。

电缆护层分内护层和外护层。内护层有金属的铅护套和非金属的塑料护套、橡皮护套等,其作用是防止绝缘层受潮、机械损伤以及光和化学侵蚀性媒质等的作用。金属护套多用于油浸纸绝缘电缆,塑料和橡皮护套多用于塑料、橡皮绝缘电缆。外护层包括衬垫层、铠装层和外被层,主要是起机械加强和防腐蚀作用,裸铠装或裸铅包电缆,只能适用于对铠装或金属护套没有腐蚀作用的场合。一级外护层有一定的防腐蚀作用,但在严重的酸、碱性环境和海水中,铠装和金属护套仍会锈烂,二级外护层则可同时防止酸、碱、盐和水分对金属护套和铠装的侵蚀。

合理选择电缆护层,才能保证电缆的使用寿命,各种电缆护层的适用敷设场合如表 14.2.1。

根据统计数据,我国铜较铝更为短缺,鉴于铜的连接可靠性较铝高,铜线缆的火灾事故率较铝线缆小,因此除重要的操作回路、二次线路、励磁线路、移动设备线路、剧烈振动场所、爆炸危险场所、火灾危险场所,特别重要的公共建筑、应急系统(包括消防设施)的线路,以及国外工程、外资工程、高层建筑、大中型计算机房应采用铜芯外,一般仍可采用铝芯。

14.2.2 电力电缆的载流量是指电缆在最高允许温度下,电缆允许通过的最大电流。在设计或选用电缆时,应使电缆各部分损耗产

生的热量不会使电缆温度超过其最高允许温度。在大多数情况下，电缆的传输容量是由它的最高允许温度确定的。电缆的最高允许温度，主要取决于所用绝缘材料的热老化性能，因为电缆工作温度过高，绝缘材料老化会加速，电缆寿命大大缩短。如果电缆在最高允许温度以下运行，电缆将长时间(30年以上)安全工作。

各种电缆外护层及铠装的适用敷设场合 表 14.2.1

护套或外护层	铠装	代号	敷设方式							环境条件				备注			
			室内	电缆沟	电缆桥架	隧道	管道	竖井	埋地	水下	易燃	移动	多石		一般腐蚀	严重腐蚀	
裸铅护套(铅包)	无	Q	✓	✓	✓	✓	✓					✓					
一般橡套	无		✓	✓	✓	✓	✓						✓		✓		
不延燃橡套	无	F	✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓		✓		耐油
聚氯乙烯护套	无	V	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓		✓	✓	
聚乙烯护套	无	Y	✓	✓	✓	✓	✓		✓				✓		✓	✓	
普通外护层 (仅用于铅护套)	裸钢带	20	✓	✓	✓	✓						✓					
	钢带	2	✓	✓	✓	○		✓	✓								
	裸细钢丝	30						✓				✓					
	细钢丝	3						○	✓	✓	○						
	裸粗钢丝	50						✓			✓						
	粗钢丝	5						○	✓	✓	○		✓				
一级防腐外 护层	裸钢带	120	✓	✓	✓	✓						✓			✓		
	钢带	12	✓	✓	✓	○					✓			✓	✓		
	裸细钢丝	130										✓			✓		
	细钢丝	13						○	✓	✓	○		✓	✓			
	裸粗钢丝	150						✓			✓		✓	✓			
	粗钢丝	15						○	✓	✓	○		✓	✓			

(续)

护套或外护层	铠装	代号	敷设方式							环境条件			备注	
			室内	电缆沟	电缆桥架	隧道	管道	竖井	埋地	水下	易燃	移动		多石
二级防腐外护层	钢带	22						√		√		√	√	
	细钢丝	23						√	√	√		√	√	
	粗钢丝	25						○	√	○		√	√	
内铠装塑料外护层 (全塑电缆)	钢带	22 29	√	√	√			√		√		√	√	
	细钢丝	39						√	√	√		√	√	
	粗钢丝	59						√		√			√	

注：①“√”表示适用，“○”表示外被层为玻璃纤维时适用，无标记则不推荐采用。

②裸金属护套一级防腐外护层由沥青复合物加聚氯乙烯护套组成。

③铠装一级防腐外护层由衬垫层、铠装层、外被层组成，衬垫层由两个沥青复合物、聚氯乙烯带和浸渍纸带的防水组合层组成，外被层由沥青复合物、浸渍电缆麻(或浸渍玻璃纤维)和防止粘合的涂料组成。

④裸铠装一级防腐外护层的衬垫层与铠装一级外护层的衬垫层相同，但没有外被层。

⑤铠装二级防腐外护层的衬垫层与铠装一级外护层的衬垫层相同，钢带和细钢丝铠装的外被层由沥青复合物和聚氯乙烯护套组成，粗钢丝铠装的镀锌钢丝外面挤包一层聚氯乙烯护套或其它同等效能的防腐涂层，以保护钢丝免受外界腐蚀。

⑥如需要用于温热带地区的防霉特种护层可在型号规格后加代号“TH”。

⑦单芯钢带铠装电缆不适用于交流线路。

当电缆通过长期负载电流达到稳态后，电缆各结构部分中产生的损耗热量(包括导线、介质、护层和铠装的损耗等)，继续向周围媒质散发。由于电缆各结构部分及周围媒质都存在热阻，热流将使这些部分温度升高。当各部分温度升高而使导线的温度等于电缆最高允许长期工作温度时，该负载电流称为电缆的长时间允许载流量。

电缆长时间允许载流量应按敷设处的周围介质温度进行校

正。校正系数由下列公式求得：

$$K = \sqrt{(t_1 - t_0)(t_1 - t_2)}$$

式中 t_0 ——敷设处实际介质温度(°C)；

t_1 ——电缆最高允许发热温度(°C)；

t_2 ——决定电缆允许载流量时所采用的介质温度(°C)。

条文中介质温度的定义是参照《电机工程手册》第6篇电工产品环境技术和《电线电缆手册》第一册编写的。

气象温度的历年变化有一定分散性，采取多年平均应以不少于10年为宜。

地下0.8~1m深处的最热月平均温度，我国分布情况大致如下：东北16~20°C，华北、西北21~24°C，中南、华东、西南22~30°C，华南28~33°C。

对某些条件的空气最热月的每日最高温度平均值另加5°C，是根据运行经验，计入电器、电缆等发热的一般性影响。

电缆长时间允许载流量尚与电缆并列根数和土壤热阻系数等因素有关。

14.2.4 电缆通过不同散热条件地段，其对应的缆芯工作温度值可能出现差异。条文中的10m根据国家标准《电缆工程设计规范》规定。

14.3 电缆敷设的一般要求

14.3.1 电缆产品的国家标准中规定了各型电缆的弯曲试验直径，经此最小弯曲试验直径试验后，电缆产品的外观、结构、质量和性能应能保持完好稳定状态，则此电缆即为合格产品。电缆敷设时弯曲直径应不小于电缆的弯曲试验直径的规定值，为了安全起见，本条文规定电缆敷设时弯曲半径应不小于电缆的弯曲试验直径的规定值，即安全系数为2。

14.3.2 电缆内普通粘性浸渍剂即使在较低的工作温度下也会流动，当电缆敷设于落差较大的场合时，浸渍剂会从高端流下，造成绝缘干涸，绝缘水平下降，甚至可能导致绝缘击穿。同时，浸渍剂在

低端淤积,有胀破铅套的危险,因此,粘性浸渍电缆不宜用于高落差的场合。

14.3.3 为了用电安全和减少不必要的损耗,规定了单芯电缆的应用条件和措施。

14.3.5 电缆长度应留出一定的余量,以备补偿电缆的温度变形以及损坏时做接头用。

《电缆工程设计规范》附 35kV 及以下电缆设计度量时的附加长度,列于下表 14.3.5。

35kV 及以下电缆设计度量时的附加长度 表 14.3.5

项 目 名 称		附加长度(m)
电缆头的制作		0.5
电缆接头盒的制作		0.5
由地坪引至各设备的接头处	电动机(按接线盒对地坪的实际高度)	0.5~1
	配电屏	1
	车间动力箱	1.5
	控制屏或保护屏	2
	厂用变压器	3
	主变压器	5
	磁力启动器或事故按钮	1.5

注:对厂区引入建筑物,直埋电缆因地形及埋设的要求,电缆沟、隧道、吊架的上下引接,电缆头、接头盒等所需的电缆预留量,可取图纸量出的电缆敷设路径长度的5%。

14.4 电缆直接埋地敷设

14.4.2 在直接埋地电缆线路上装设路径标志,可以减少由于挖掘所引起的电缆机械损伤;便于巡视维修。

14.4.3 沿用原规程条文,保护层应超出电缆两侧各 50mm 是新增内容。

14.4.5 不宜超过 8 根是根据国标《低压配电装置及线路设计规

范》(GBJ54—83)确定的。

14.4.8 0.25m 的规定是根据国家标准《电气装置安装工程施工及验收规范》(GBJ232—82)修改的。

14.4.9 本条根据《化工企业电缆线路设计技术规定》(CD90A 8--85)增加的,这一规定对延缓电缆绝缘的老化有一定好处。

14.5 电缆在电缆沟及隧道内敷设

14.5.9 为了运行维护时,便于人工开启电缆沟盖板,所以盖板的质量以两人能提起为度,一般不超过 50kg。室内需经常开启的电缆沟采用钢盖板,是为了开启轻便和不易损坏。

14.5.10、14.5.11 室内电缆沟,为了不妨碍生产,其盖板应与地坪相平。屋外配电装置的电缆沟,为了避免进水,其沟顶应高出地面。厂区电缆沟一般埋入地下,低于地面 300mm 系为了避免厂区电缆沟顶部暴露于地面而易于受到损伤。

14.5.12 本条规定是为了使电缆线路在良好的环境条件下运行。

电缆隧道和位于无渗透性潮湿土壤中或在地下水位以下的电缆沟应有可靠的防水层。电缆隧道和电缆沟内应有排水措施以排除积水。

14.5.15 其他管线横穿电缆隧道,影响电缆线路运行维护工作,尤其开挖翻修其他管线时,会危及电缆线路的运行安全,所以作此规定。

隧道局部下降,不仅给电缆运行维护工作带来困难,而且隧道局部易于积水,较难采取排水措施,所以应尽可能避免隧道局部下降。

14.5.16 电缆沟穿过铁路或公路时,应使电缆不受重压塌坏,保证电缆线路运行安全,一般改为电缆穿管敷设。

14.5.18 电缆隧道应通风以降低环境温度和驱除潮气,按进出风温差不超过 10℃ 的条件来确定隧道通风设计的换气量。电缆隧道应尽可能采用自然通风,但当每米电缆隧道内的电缆电力损失超过 150W 时,一般需考虑机械通风,机械通风通常采用自然进风机

械排风的方式。

14.6 电缆在桥架内敷设

14.6.1 根据《钢制电缆桥架及其工程设计使用标准》，电缆桥架（在本规范中简称桥架）的结构类型有：有孔托盘（花孔托盘）、无孔托盘（实底托槽）、梯架、组装式托盘几种。

14.6.3 托盘或梯架的额定均布荷载是在 2m 的跨距条件下确定的，但在实际工程中跨距往往不等于 2m，从制造厂提供的产品样本，可以查出允许均布荷载与跨距的关系，也可以根据允许均布荷载与跨距平方成反比的关系求出。

在钢结构规范中，对一般屋梁（非吊车梁）的相对挠度要求不大于 1/250，对平台的相对挠度要求不大于 1/150，本条要求不大于 1/200，是适中的。

侧壁固定的托臂承重时的挠度与其长度之比不大于 1/100，目的在于确保桥架系统的整体稳定性。

安装或检修时如有集中荷载，它的等效均布荷载 q 可按下式求得：

$$q = \frac{2P}{L}$$

式中 q ——等效均布荷载(N/m)；

P ——附加集中荷载(N)；

L ——跨距(m)。

上式是根据最大弯矩相等的条件推导出的。

附加集中荷载 900N，是按人体质量考虑的。

14.6.4 工程实践中，曾因托盘、梯架以及支架、吊架的承载能力未满足强度要求而出现垮塌事故，国内不少桥架制造厂没有进行定量计算或试验验证，而仅仅以刚度检验，显然是不能充分保证安全的。

托盘或梯架的额定均布荷载是在使托盘或梯架初始产生永久变形时的荷载除以 1.5 的安全系数，实用上以 1/2000 作为永久变

形的尺度。

据调查,镇江市线路设备厂已按上述要求装备了托盘、梯架的荷载试验设备。

14.6.6 室内支架、吊架跨距多为1~3m,大于4m时已超出大多数制造厂给定的荷载与跨距关系的曲线范围。当跨距大于6m时,可选用大跨距托盘或梯架。

14.6.7 伸缩缝是为了托盘或梯架的热胀冷缩而预留的安装间隙,根据美国NEMA标准,钢制托盘或梯架移动25mm时,膨胀连接器的最大间距约52m,条文是参照这一标准确定的。

14.6.10 连接板不应处在跨距的1/2处,是从托盘或梯架的刚度要求出发的;不应处在支持点,是为了避免安装时支持点与连接板相互干扰。

14.6.11 电力电缆在托盘或梯架多层排列时,虽然影响电缆的载流能力,但增加了电缆的容纳根数,各种标准对此表现了一定的灵活性而允许电缆多层迭置。

14.7 电缆在保护管及排管内敷设

14.7.1 管材过去主要使用钢管,目前,包括平滑状和波纹状的塑料管已开发应用。

数根电缆合穿一管,有利于加快施工和经济性,国内已有实践,因此条文不限制一管只能穿一根电缆。

埋管的土壤覆盖厚度与直埋要求相同,但据日本最近制订的标准,埋深为0.3m,有利于避免地下管路的交叉矛盾。

14.8 电缆在室内敷设

14.8.1 混凝土墙面或涂有石灰的墙壁和天花板遇水能游离出钙离子和氢氧离子对铅和铝有腐蚀作用。

14.9 防止电缆着火延燃

14.9.1 因电缆故障引起火灾时有所闻,已不能指望依靠管理监

督等措施予以防止。能源部颁发的 SDJ26—89《发电厂、变电所电缆选择与敷设计程》已列入《防止电缆着火延燃》章节,《电缆工程设计规范》也有防止电缆着火延燃的内容。

“电缆密集场所”指电缆竖井、电缆隧道、电缆沟、电缆夹层以及车间内电缆桥架。

14.9.3、14.9.4 根据有关资料,电缆着火原因中,电缆过热、短路、绝缘损坏等内因与被燃油或燃气等火焰波及、电焊渣溅燃、煤粉堆积过热自燃等外因几乎各占一半。

电缆靠近热源,容易引起绝缘老化,有可能产生短路电弧,引燃绝缘材料。

锅炉排渣孔附近、制粉系统的防爆门附近等处,是着火机率较高的场所,因此应重点设防。带油设备漏油流入电缆沟,由火源引起火灾也时有所闻。

14.9.5~14.9.7 这两条是防止火灾蔓延、减小事故损失的基本措施,即使使用难燃电缆也需实施。

条文规定设置阻火封堵和防火隔板的部位,与《电缆工程设计规范》一致。

实施阻火封堵(即难燃或耐火处理)方面,近年来国内有的科研设计单位作了大量工作,制造厂也开发了一系列产品,提供多种可供选择的手段。

耐火涂料 涂敷于电缆外护层,反复涂敷几次,涂层总厚度约 2mm,涂敷后对电缆载流量的影响不超过 3%,氧指数为 40。

耐火包带 多以氯丁橡胶为基料,柔软而有弹性,以搭盖方式绕包在电缆上,施工方便,氧指数为 45。

耐火堵料 作为填充缝隙用的半软腻子状固体,分无机型和有机型,都能很好地粘附在电缆表面,施工简便,具有不软化、不收缩、相容性好和容易清除的优点,氧指数达 70。遇火焰时迅速炭化,并发泡膨胀,填充因电缆燃烧收缩而出现的空隙,对未燃烧的电

缆段形成一层隔离层,隔绝高温和氧化过程。

耐火封堵包是枕式袋装堵料,又称膨胀型电缆防火包,是对电

缆贯穿孔洞进行阻火封堵的理想材料。

耐火隔板 一般用耐火型玻璃纤维增强塑料(又称耐火玻璃钢)制成,氧指数不应小于 40。

国内已有数家专业生产电缆防火材料的工厂,这些厂的产品以已经部级鉴定的科研试验成果作基础。

耐火槽盒 用耐火玻璃钢制成,氧指数不应小于 40。电缆敷设于盒内,一方面可以防止由于外部火源引起电缆延燃,一方面因为盒内缺乏充足氧气具有阻火效果。有专门的国家标准规定测试方法和技术标准。镇江市线路设备厂已批量生产各种规格的耐火槽盒。

敷设在槽盒内电缆的载流能力与敷设在敞开式支架上相比,降低 11%左右。

14.9.8、14.9.9 设置防火隔墙在于限制火灾范围,在电力部门已有成熟经验。隔墙用软质材料制作,便于对已敷就的电缆实施,又不致损伤电缆,还具有方便的可拆性。

有防火门的防火隔墙不宜过多设置,免得造成隧道通风恶化,以及其它不良后果。

14.9.10 在竖井开孔处、电缆接头等处作防范性措施,以尽可能少的投资提高电缆防火能力。电缆接头的故障率较高,加以重点防范。

14.9.12 向一级负荷或其它重要负荷供电的电缆,如因着火停电,会造成严重后果。普通聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆的着火温度为 390℃,所谓难燃(即阻燃)电缆的着火温度为 500℃左右,燃油等火源的温度一般在 500℃以上,而引燃后的电缆群温度可达 800~1200℃,所以这些电缆的着火事故,绝非采用难燃电缆所能防止,而应作耐火处理。

在各种有关防止电缆着火延燃的文字资料中,对电缆的称谓比较混乱,如称阻燃电缆、难燃电缆、防火电缆、耐火电缆等,本规范按《电缆工程设计规范》,统一称之为难燃电缆、耐火电缆。

在规定的火焰燃烧条件下,仍能保持规定时间内的正常通电

的电缆称耐火电缆。国际上通用 IEC331(1970)单根电缆水平通电燃烧试验标准,即电缆耐 750℃火焰 3h。试验时施加额定电压,绝缘性能不改变,通过 IEC331 试验的就称耐火电缆。

我国等效采用 IEC331 而制订了电缆耐火燃烧试验方法的国家标准。

不易着火,或者着火后延燃仅局限在一定范围内的电缆称难燃电缆,俗称阻燃电缆。国际上通用 IEC332-1(1979)单根电缆垂直燃烧试验标准和 IEC332-3(1982)多根电缆垂直燃烧试验标准,后者比前者更为苛刻,通过后者考核的电缆称之为阻燃电缆,本章称之为难燃电缆,仅通过前者考核的电缆只能称之为不延燃电缆。

国家标准 GB2951.19-82《电线电缆燃烧试验方法》内容基本与 IEC332-1 相同。

至于耐火电缆,以其结构不同可分三个类型:

(1) 耐火层就是绝缘层,如矿物绝缘(氧化镁)金属套电缆。

(2) 在普通电缆的外面统包耐火层,这种方式增加电缆热阻,使电缆允许载流量减少 30%~40%。

(3) 在导电线芯外包绕耐火层(云母、玻璃纤维复合带),再复以橡塑绝缘和阻燃护套,是一种“无机加有机”组合的绝缘。

14.9.13 据一份普通电缆敷设于耐火槽盒中的耐火性试验报告称:将 20 余根 3.5m 长 VV 型、YC 型电缆的小部分置于长 2m 的耐火槽盒,两端露出槽盒,大部分分层排列在槽盒下方,经 815℃火焰点火 5min,电缆延燃 100min,窒息 100min,槽盒外部电缆全部烧毁,槽盒内电缆完好无损,剩余完好电缆的绝缘电阻大于 1000MΩ。测得槽盒外最高温度为 900℃,槽盒内温度未超过 260℃。

14.9.14 安装自动报警系统有助于及时发现火灾,避免事故扩大。近期有报导称,已有电缆温度检测线(又称火灾报警线)问世,用于电缆密集场所,沿电缆明敷,可预报电缆着火先兆信号。

15 1kV 以下配电线路

15.1 一般规定

15.1.2 为防止人身电击,应分别采取措施来防止两种情况的电击,一种称为防止直接接触带电体的保护(简称为防直接接触保护或防止直接电击保护)。这是指电气线路和设备在正常工作情况下,人身直接接触及其带电体造成的伤亡事故。另一种称为防止间接接触带电体的保护(简称防间接接触保护或防间接电击保护)。这是指电气线路和设备外壳或套管,在正常情况下它们是不带电的,在故障情况下由于绝缘损坏导致电气设备可导电的外壳带电,当人身触及带电外壳时,会造成伤亡事故。用于防止触及故障情况下带电的电气线路和设备的外壳、套管或其他外露导电部件引起的伤亡事故的保护就称为防间接电击保护。本章所涉及的就是这种防间接电击保护。

15.1.3 供给电动机及其他特殊用电设备的末端线路,除符合本章一般要求外,尚有用电设备的特殊保护要求,尚应符合本规程第10章的规定。

15.2 导体选择

15.2.1 本表所列导线线芯最小截面数据为多年经验数据。

15.2.2、15.2.3 在TN系统中,中性线可流过不平衡电流及谐波电流,当回路中接有大量的气体放电灯、晶闸管用电设备及三相负荷严重不平衡时,中性线中电流的有效值有可能接近或超过相线电流。

15.3 配电线路的保护

I 短路保护

15.3.1 配电系统应具有选择性。以往由于我国保护电器的性能较差,在低压配电系统中要做到是有困难的。目前低压电器发展较快,熔断器、熔断器的更新换代产品的特性已有很大的改善。例如按新标准生产的熔断器(NT等)选择比为1:1.6,具有三段保护的断路器也能大量生产,目前配电系统要做到选择性已具有一定条件。但是考虑到低压配电系统量大面广,低压配电系统要全部都有选择性还有困难。因此本条的指导思想是保证重点,即保证重要负荷不间断供电,对于一、二级的非重要负荷允许无选择性切断。

15.3.3 规范中公式15.3.3是校验芯线温度是否因短路而超过极限温度从而使绝缘软化的基本公式,计算系数 K 考虑了线芯的物理特性,如热容量、电阻率、导热能力等,以及短路时的初始温度和最终温度(这两种温度取决于绝缘材料),此式还考虑了芯线截面、短路电流以及短路电流作用的持续时间等因素。

规范中式15.3.3中的 K 值依下式计算:

$$K \geq \sqrt{\frac{Q_c(B+20)}{\rho_{20}} \ln \left(1 + \frac{Q_f - Q_i}{B + Q_i} \right)}$$

式中 Q_c ——芯线材料的体积热容量(J/($^{\circ}\text{C} \cdot \text{mm}^3$));

B ——芯线材料在 0°C 时的电阻率温度系数的倒数($^{\circ}\text{C}$);

ρ_{20} ——芯线材料在 20°C 时的电阻率($\Omega \cdot \text{mm}$);

Q_i ——芯线的起始温度($^{\circ}\text{C}$);

Q_f ——芯线的最低温度($^{\circ}\text{C}$)。

计算 K 值常用数据见表15.3.3-1,15.3.3-2。

当短路持续时间小于0.1s时,短路电流的非周期分量对热作用的影响显著。除按式15.3.3进行校验外,还应校验 $K^2 S^2 > I^2 t$,以保护在电器切断线路前,导体能承受包括非周期分量在内的短路电流的热作用。

计算 K 值常用数据

表 15.3.3-1

线芯材料	B (°C)	Q_c (J/(°C·mm ³))	ρ_{20} (Ω·mm)	$\frac{Q_c(B+20)}{\rho_{20}}$
铜	234.5	3.45×10	17.241×10	226
铝	228	2.5×10	28.214×10	148
铅	230	1.45×10	214×10	42
钢	202	3.8×10	138×10	78

不同绝缘芯线的 Q_i 、 Q_f 值

表 15.3.3-2

温度	聚氯乙烯	普通橡胶	乙丙橡胶	油浸纸
Q_i (°C)	70	75	90	80
Q_f (°C)	160	200	250	160

15.3.4 本条规定了选择熔断器和低压断路器过电流脱扣器整定电流的原则,并指出应尽量选取较小值,这有利于保护导体,但有时为了满足选择性等要求,对熔体额定电流和脱扣器整定电流要适当放大。

15.3.5 在配电线路发生短路事故时,保护电器应能尽快切断短路电流,且不致使线路的导体损坏,本条就是根据上述精神制定的。

II 过负载保护

15.3.7 电气线路短时间的过负载(如电动机起动)是难免的,它并不对线路造成损害。长时间不大的过负载(例如过负载 20%)将对线路的绝缘、接头、端子造成损害。绝缘因长时间超过允许温升将因老化加速缩短线路使用寿命。严重的过负载(例如过负载 100%)将使绝缘在短时间内软化变形,介质损耗增大,耐压水平下降,最后导致短路,引起各种灾害,过负载保护的目的在于防止后一种情况的发生。

15.3.8 本条中列出了可不装设过负载保护的几个例外情况,其

中第(3)款系指不论负载多大,由于受电源本身容量的限制,不可能使线路过负载,例如为防人身电击,经小容量隔离变压器引出的线路,自小容量太阳能电源引出的线路等。

15.3.9 被保护线路导体的热承受能力一般呈反时限特性,与之相适应,过负载保护电器的时间—电流特性也宜为反时限特性的。

15.3.10 关于过负载保护的两个条件式,式 15.3.10-1 不需解释,式 15.3.10-2 系 IEC 试验得出,式中 I_2 为规定时间内的最小熔化电流或断路器的最小脱扣电流,此值应小于导体载流量的 1.45 倍,此时保护电器能对导体起过载保护作用。这些电流和时间的数值在熔断器和低压断路器标准中均有规定(见 JB4011—85 及 JB1284—85 的有关规定)。

必须注意此处的保护电器和电线电缆为近年我国采用 IEC 标准后的产品,如 DW15、ME、AH、DZ15、DZX19、DZ20、DZ25、HB 等断路器和 RT12、RT15、RT14、RT17、RL6 熔断器等。

应该说明此二式只适用于大倍数过载的验算,小倍数过载(5%至 20%过载)在国际上尚在研讨中,没有作出规定。

此二式中有关的名词定义和技术数据详见有关产品标准。式 15.3.10-2 中的 I_2 ,当为封闭式熔断器时,因熔断器产品的标准测试设备的热容量比实际使用中的热容量大许多,即测试所得的熔断时间较实际使用中的熔断时间为长,这时 I_2 乘以 0.9 的系数,如 $I_f=1.6I_n$,则 $I_2=0.9 I_f=0.9 \times 1.6I_n=1.44I_n$,而式 15.3.10-2 要求 $I_2 \leq 1.45I_z$,得 $I_n \leq I_z$ 。

我国产品标准中尚未列出半封闭式熔断器(如瓷插式熔断器)的技术数据,条文中对此种熔断器未作规定。按英国电气装置规程(1981 年第 15 版)半封闭式熔断器(BS3036)的 I_n 与 I_z 的 a 值取为 0.725,可供参考。

15.3.11 线路的过负载毕竟还未成短路,短时间的过负载并不立即引起灾害,在某些情况下可让导体超过允许温升运行,也即牺牲一些使用寿命以保证对某些负荷的供电不中断,如消防水泵之类的负荷,这时保护可作用于信号。

III 接地故障保护

15.3.13 接地故障是指相线对地或与地有联系的导电体之间的短路,它包括相线与大地、PE线、PEN线、配电和用电设备的金属外壳、敷线管槽、建筑物金属构件、上下水和采暖、通风等管道以及金属屋面、水面等之间的短路。接地故障是短路的一种,自然需要及时切断电路以保证线路短路时的热稳定,不仅如此,若未切断电路,它还具有更大的危害性,当发生接地短路时在接地故障持续的时间内,与它有关联系的电气设备和管道的外露导电体对地和装置外导电体间存在故障电压,此电压可使人身遭受电击,也可因对地的电弧或火花引起火灾或爆炸,造成严重生命财产损失。由于接地故障电流较小,保护方式还因接地型式和故障回路阻抗不同而异。所以接地故障保护比较复杂,国际电工标准和一些技术先进国家对它都很重视,作出具体规定。

条文中电气设备使用特点是指设备是固定式还是手提式、移动式,导体截面在许多情况下决定故障回路阻抗,故列为需协调配合的一个方面。

15.3.14 按防电击保护的分级电气设备共分0、I、II、III四类,详见GB4776—84(电气安全名词术语)第3.3.2~3.3.5条。条文附录列有I类电气设备的说明。

15.3.15 单一的切断接地故障保护措施因保护电器产品的质量、电气参数的选择和使用中的变化及施工质量、维护管理水平等原因,其动作并非完全可靠,且保护电器尚不能防止由建筑物外进入的故障电压的危害,因此IEC标准和一些技术先进的国家都规定采用此种保护措施时还应采取总等电位联结措施,以降低人体受到电击时的接触电压,提高电气安全水平。

如果建筑物离电源较远,建筑物内线路过长,则过电流保护动作时间和接触电压都可能超过规定的限值。

这时应在局部范围内作局部等电位联结。图15.3.15-1为其一例。图中双手承受的接触电压 U_c 为电器设备 M 与暖气片 R_c 之

间的电位差:其值为 $a-b-c$ 段 PE 线上的故障电流 I_d 产生的电压降,由于此段线路较长,电压降超过 50V,但因离电源远,故障电流不能使过电流保护电器在 5s 内切断故障。为保证人身安全应如图虚线所示作局部等电位联结。这时接触电压降低为 $a-b$ 段 PE 线的电压降,其值小于安全电压 50V。

实际上,由于局部等电位联结后故障电流的分流使 R_a 电位升高,接触电压将更降低。

也可将图中的 R_a 与 M 直接连接,如图 15.3.15-2 虚线所示,这时人体承受的接触电压仅为故障电流的分流在 R 与 M 间等电位联接线 $d-e$ 上产生的电压降。显然此值将小于 50V。

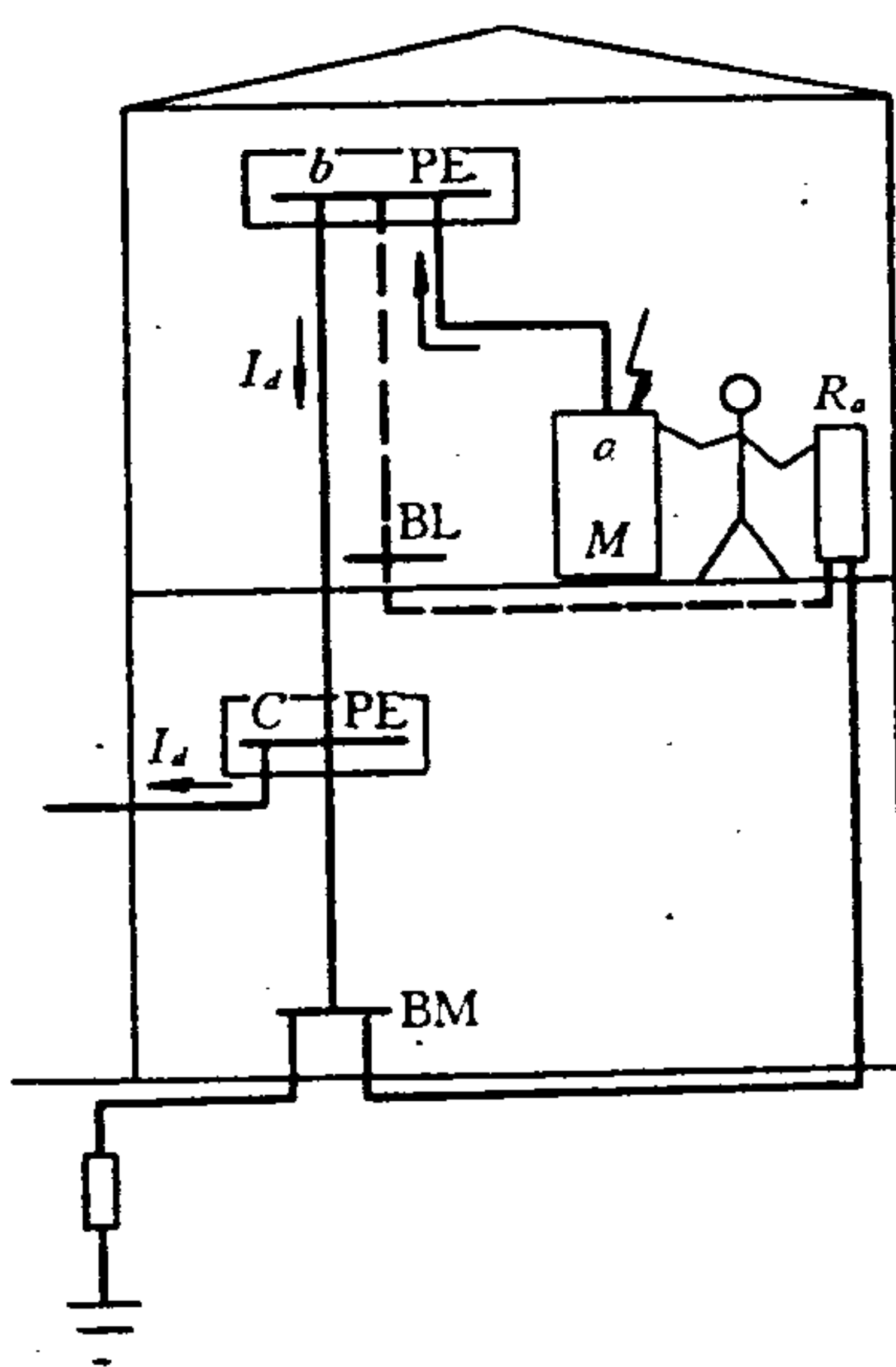


图 15.3.15-1 辅助等电位联结
作用的分析之一

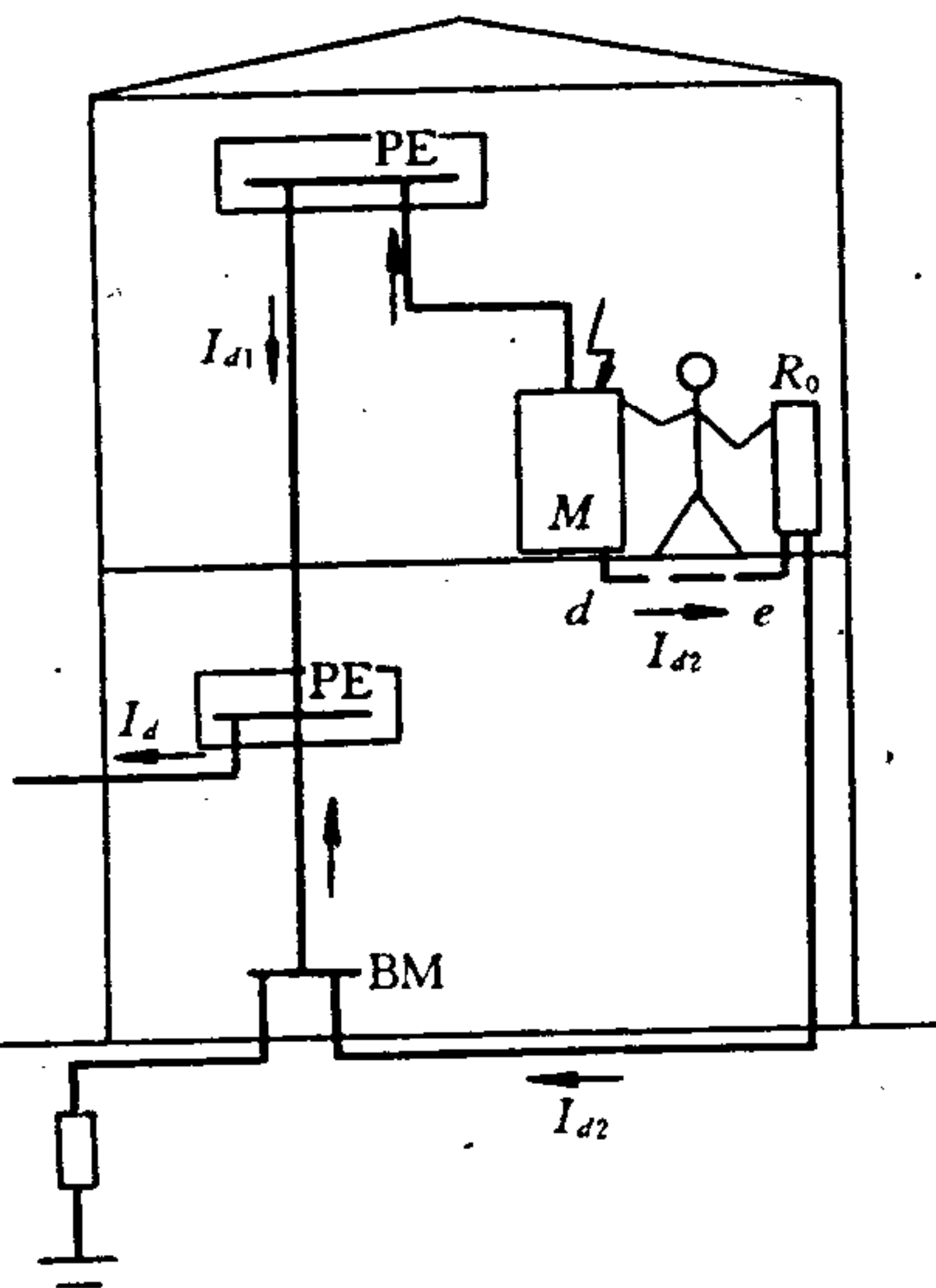


图 15.3.15-2 辅助等电位联结
作用的分析之二

图中 BM 和 BL 分别为总等电位联结和局部等电位联结端子板。

为使接触电压不超过 50V,应使:

$$I_d R \leq 50V$$

此处, R 即公式 15.3.15 中的 R , 也即上二图中的 $a-b$ 和 $d-e$ 线段电阻, 故障电流 I_d 应大于或等于式 15.3.15 中的 I_a ,

故
$$I_a R \leq 50V$$

$$R \leq \frac{50}{I_a}$$

15.3.16.1 本条按 IEC 标准 364-4-41 的规定对两个系统分别作出规定。式 15.3.16.1 是保证保护电器在规定时间内切断故障的电流。这可作如下说明:

接地故障电流
$$I_d = \frac{U_o}{Z_s}$$

而
$$I_d \geq I_a$$

故
$$\frac{U_o}{Z_s} \geq I_a$$

即
$$Z_s \cdot I_a \leq U_o$$

Z_s 包括变压器阻抗和自变压器至接地故障处相线和 PE (PEN) 线的阻抗。因 TN 系统接地故障电流大, 故障点一般被熔焊, 故障点阻抗可忽略不计。

15.3.16.2 对供电给固定式设备的末端配电线路切断故障的时间规定为不大于 5s, 这是因为使用它时设备外露可导电部分不是被手握住的, 发生接地故障时不论接触电压为多少它易于挣脱。另外固定设备不易发生接地故障, 也不易出现在发生接地故障时人手正好与之接触的情况, 5s 这一时间值的规定是考虑了防电气火灾以及电气设备和线路绝缘热稳定的要求, 同时也考虑了躲开大电动机起动电流以及当线路长, 故障电流小时保护电器动作时间长等因素, 因此 5s 值的规定并非十分严格的。本条第(1)款对 5s 的规定采用了“宜”这一严格程度用词。

供电给手握式和移动式电气设备的末端配电线路, 其情况则不同。当发生接地故障时, 人的手掌肌肉对电流的反应是不由意志的紧握不放, 不能迅速脱离带电体, 从而长时间承受接触电压。按 IEC 标准 479-1 第二版的数据如不及时切断故障将导致心室纤颤而死亡。另外, 这种设备容易发生接地故障, 而且往往在使用中

发生故障,这就更增加了危险性。IEC 标准 364-41 修改文件规定,各级电压的手握式和移动式设备供电线路切断故障的允许最大时间为一相应的定值。对于 220/380V 的电气装置,此时间值为 0.4s,确定此值时已计及了总等电位联结的作用、PE 线与相线截面自 1:3 到 1:1 的变化,以及线路电压偏移等影响。这一修改大大简化了设计工作。

15.3.16.3 为了进一步简化设计,按熔断器产品标准 JB4011 提供的刀型触头式、螺栓连接式、圆筒型帽式、螺旋式熔断器数据规定了接地故障电流 I_d 与熔体额定电流 I_n 的最小比值,如表 15.3.16 所示。

15.3.16.4 如果在 TN 系统中,一配电盘既供电给固定式设备,又供电给手握式和移动式设备,当固定式设备发生接地故障时,因 TN 系统内 PE 线连通整个电气装置,故障引起的危险对地电压将通过它蔓延到所有手握式和移动式设备的金属外壳,而固定设备切断故障电路的时间允许

达 5s,这给正在使用手握和移动设备的人带来很大的危险。为保证安全,固定设备也需要按不大于 0.4s 的要求切断电路,其结果是不少线路将放大线芯截面,第 15.3.16.4 条规定了两个解决方法,其一是使自配电盘至总等电位联结回路一段 PE 线的阻抗不大于 $\frac{50}{U_0} Z_s$ 。

这可用图 15.3.16 来说明:图中固定设备 M 发生接地故障,其故障电压沿 PE 线蔓延至移动式设备上。人体

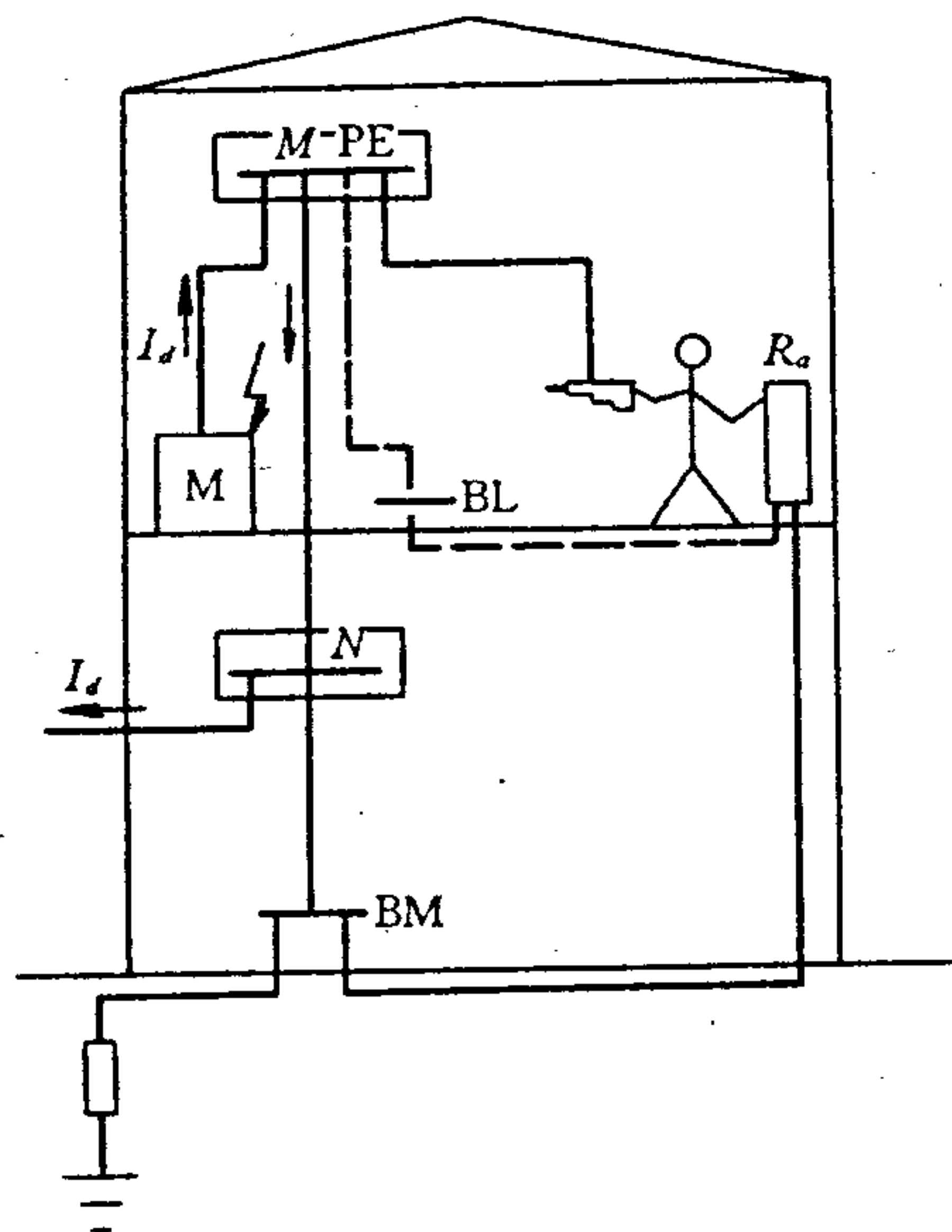


图 15.3.16 PE 线回路阻抗分析

承受的预期接触电压等于图中 PE 线上 $m-n$ 段的电压。其值要求不大于 50V。设 Z_s 为故障回路阻抗, I_d 为接地故障电流, U_o 为相线对地电压, Z_{mn} 为 PE 线上 mn 线段的阻抗, ΔU_{mn} 为 $m-n$ 段电压降, 则应使:

$$\Delta U_{mn} = \frac{Z_{mn}}{Z_s} U_o \leq 50V$$

$$Z_{mn} \leq \frac{50}{U_o} Z_s$$

另一措施是将在该局部范围内作局部等电位联结, 以消除或降低外露可导电部分的电位, 如图中虚线所示。也可将设备外露可导电体与装置外导电体用等电位联结线直接相连。

15.3.16.5 用一般的过电流保护(熔断器、低压断路器)兼作接地故障保护最为经济简单, 应优先采用。如过电流保护不能满足式: $R \leq \frac{50}{U_o}$ 要求时, 采用剩余电流保护最为有效, 但必需设置专用的 PE 线, 费用较大施工麻烦。如果零序保护灵敏度足够, 为节约投资, 可采用零序保护, 其缺点是需躲过不平衡电流与剩余电流保护相比灵敏度不够高, 且不能用在单相配电线路上, IEC 标准已不列入零序保护, 但从我国技术水平、经济条件和设计习惯考虑, 仍列入规范中。

15.3.16.6 如第 15.3.16.4 条的说明所述, 总等电位联结是接地故障保护的基本条件, 如它是 TN 系统手握式和移动式设备线路切断故障时间放宽至 0.4s 的一个必在的前提, 如电气线路和设备位于总等电位联结作用区以外, 则一些有关规定将失去依据。在此情况下, 应设置剩余电流保护, 或采用其他防护措施。

特殊环境的电气装置往往位于总等电位联结区以外, 或无从设置总等电位联结, 它另有专门的保护措施, 不能引用本条规定。

15.3.17.1 TT 系统的故障回路阻抗包括变压器相线和接地故障点阻抗以及外露可导电体接地电阻和变压器中性点接地电阻。故障回路阻抗大, 故障电流小, 且其故障点阻抗是难以估计的接触电阻。因此 TT 系统故障回路阻抗和故障电流是难以估算的, 它不

能用 TN 系统的公式($Z_e I_a \leq U_0$)来验算保护的有效性。IEC 标准 365-4-41 列出了如式: $R_a I_a \leq 50V$ 的验算公式,从式可知保护动作的条件是当外露可导电部分对地电压达到或超过 50V 时保护电器应动作,这时的故障电流 I_a 应大于保护电器的动作电流 I_a 。即

$$I_a = \frac{50}{R_a} \geq I_a \quad \text{或} \quad R_a I_a \leq 50V$$

在切断接地故障前,TT 系统外露可导电部分呈现的对地电压仍然超过 50V,因此仍需按规定时间切断故障,当采用反时限特性过电流保护电器时,因在不超过 5s 的时间内切断故障,但对于手握式和移动式设备应按接触电压来确定切断故障时间这实际上是难以做到的,所以 TT 系统往往采用瞬时动作的过电流保护和剩余电流动作保护。

15.3.17.2 TT 系统内由同一保护电器保护范围内的各设备外露可导电部分应用 PE 线接至共用的接地极上,即通过 PE 线将设备外露可导电部分分片连通,这样可限制故障电压经 PE 线蔓延的范围,做到这点实际上可能遇到困难,因此本条不做硬性规定。

15.3.18.1 IT 系统有两种型式,即电源中性点对地绝缘或经接地阻抗(约 1000Ω)接地,正常工作的 IT 系统如一相发生接地故障(被称作第一次接地故障),中性点对地绝缘的 IT 系统的故障电流决定于另二非接地故障相的对地电容值;中性点经接地阻抗接地的 IT 系统的故障电流则受接地阻抗的限制。因此这二种接地故障电压(式 15.3.18.1 中的 $R_a \times I_a$)都不超过 50V,不需切断故障电路,只作用于信号,以保持供电的不中断。这时运行人员应及时排除第一次接地故障,否则当另一相再发生接地故障时(被称作异相接地故障或第二次接地故障)将发展成相间短路,导致供电中断。

接地故障是配电线路最常见的故障,IT 系统第一次接地故障时不切断故障线路,是此系统最大优点,为保证人身安全,它要求发生接地故障时发出信号,装置内的接触电压不大于 50V,即式

15.3.18.1 ($R_a I_d \leq 50V$)。

为达到此要求,应减少配电系统的对地电容,例如限制配电网路的总长度。

15.3.18.2 外露可导电部分单独接地的 IT 系统,如两次接地故障都发生在同一相,对人身并不构成危险,如发生在异相,则故障电流经二个接地极电阻形成回路,其保护要求和 TT 系统相同,如图 15.3.18-1 所示。

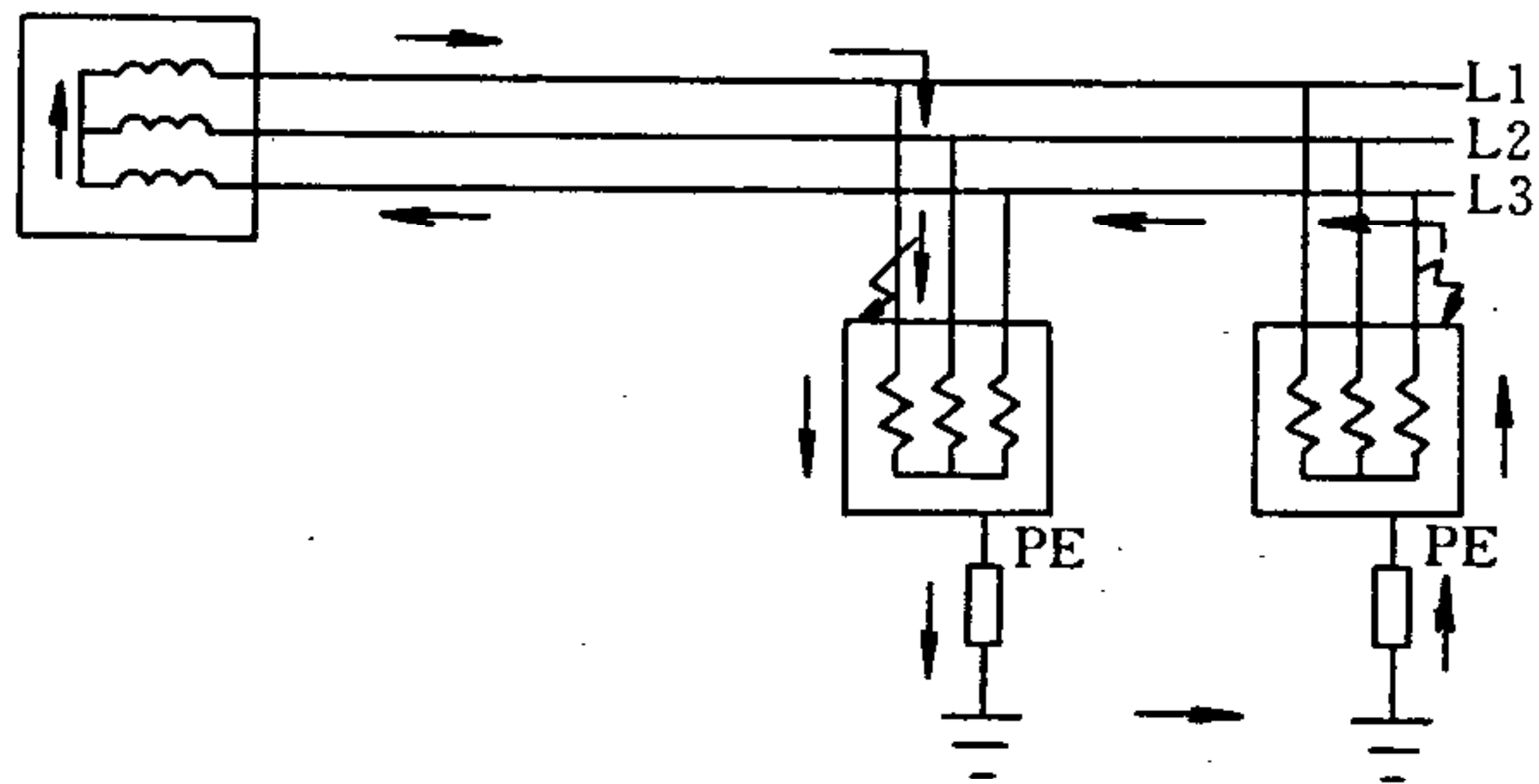


图 15.3.18-1 异相接地故障情况分析之一

当外露导电部分采用共同的接地极时,故障电流不经接地极,而经 PE 线构成回路,其保护要求和 TN 系统相同,如图 15.3.18-2 所示。

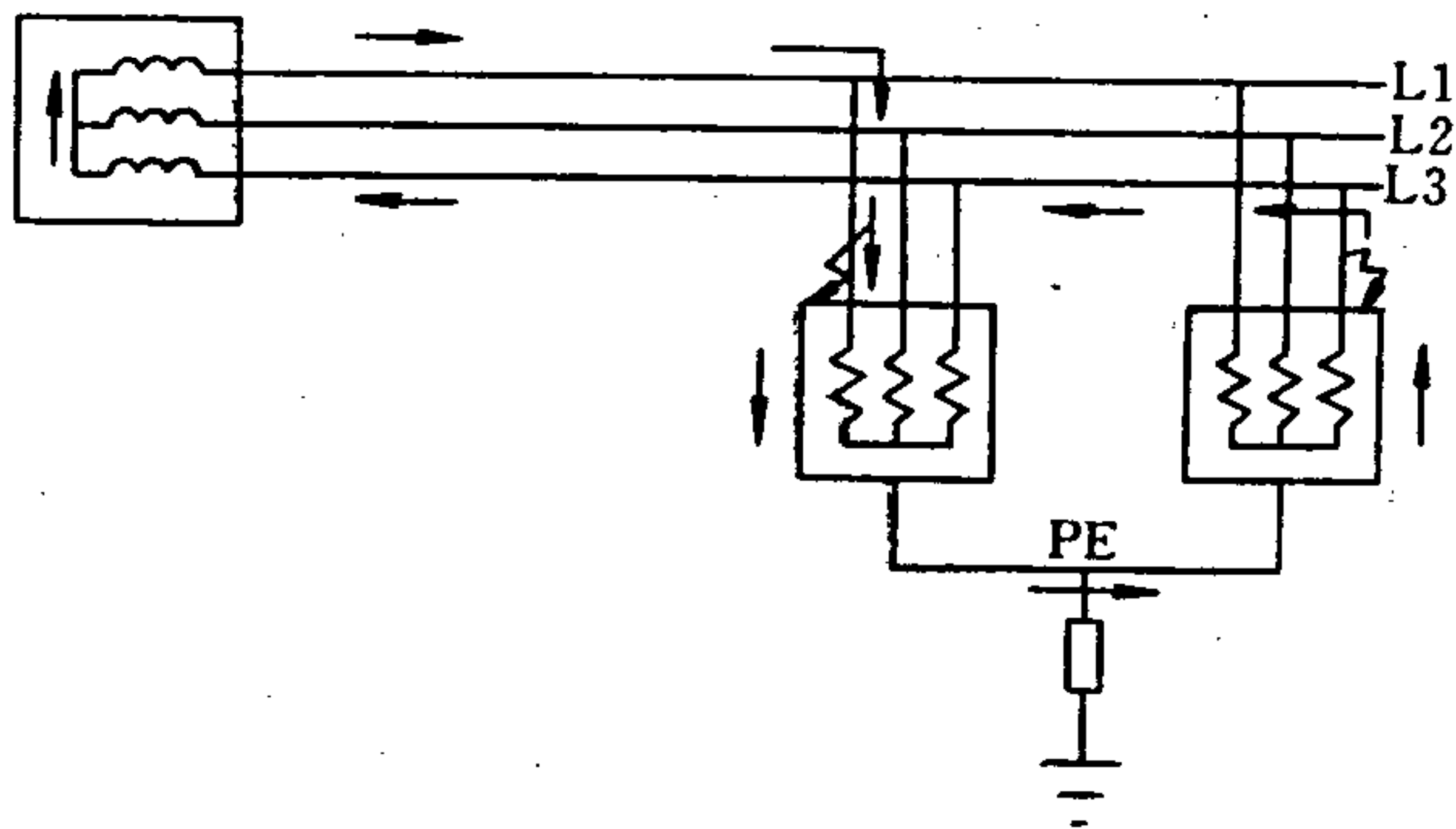


图 15.3.18-2 异相接地故障情况分析之二

15.3.18.3 异相接地故障保护对动作电流 I_a 的要求如式 15.3.18.3-1 及 15.3.18.3-2 所示,式中的两个接地故障系发生在

同一配电系统内不同回路的不同相上,因推导比较复杂,不作介绍。

15.3.18.4 IT 系统配出 N 线时,如果 N 线对地短路,线路绝缘监察器不能发出信号,无法发现故障。因 N 线的接地,此 IT 系统将按 TT 系统运行,如图 15.3.18-3 所示。如再发生相线接地故障,则成为非电容性的接地故障,但线路保护不能切断此故障电路,此时危险故障电压和对地电弧、电火花都可能发生,故 IT 系统不宜配出 N 线。

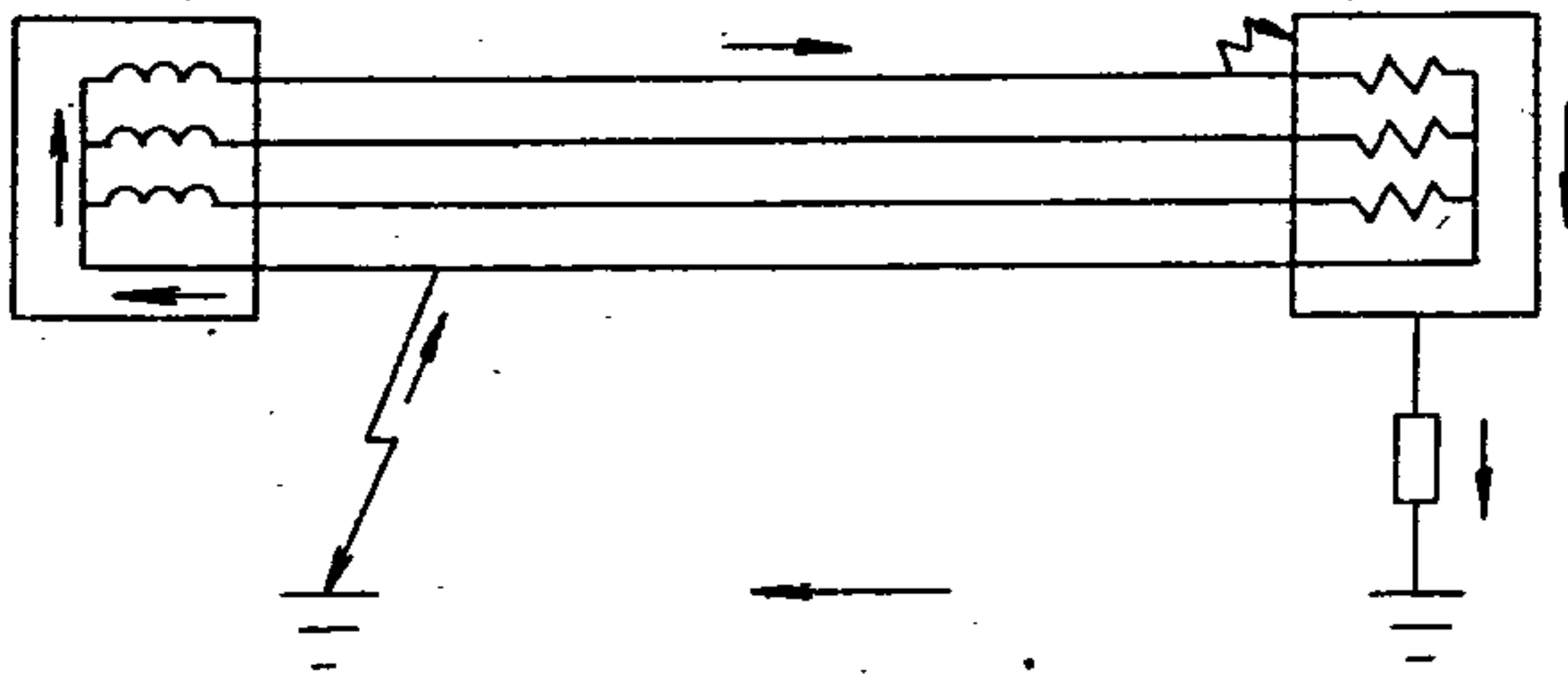


图 15.3.18-3 IT 系统 N 线对地故障分析

15.3.19.2 剩余电流保护器保护范围内的用电设备外露可导电部分如果不作接地,则接地故障电流需经人体形成回路,其值主要决定于人体和地面的电阻,它可能在很大范围内变化,而剩余电流保护器的额定动作电流也可在很大范围内选定。在某些情况下可能不满足式 $R_a I_a \leq 50V$ (15.3.17) 的要求而不能可靠动作。即便能可靠动作,人体不可避免地遭受一次电击,即使没有生命危险,也非上策。另外,如发生接地故障,在人体触及外露可导电部分前,对地故障电压将持续存在,成为事故隐患,例如因对地放电,产生电弧、电火花而引起火灾等,所以剩余电流保护器所保护的线路设备的外露可导电部分应予接地。

15.3.19.3 TN 系统内安装剩余电流保护器有两种方式,图 15.3.19-1 及图 15.3.19-2 分别表示第(1)款和第(2)款所述方式。第(2)款所述的局部 TT 系统的方式显然更为安全可靠,它的外露导电部分系用专设的接地极接地,其 PE 线不与局部 TT 系统以

外的 PE 线相连通,所以不存在局部 TT 系统以外危险故障电压沿 PE 线窜入的问题。

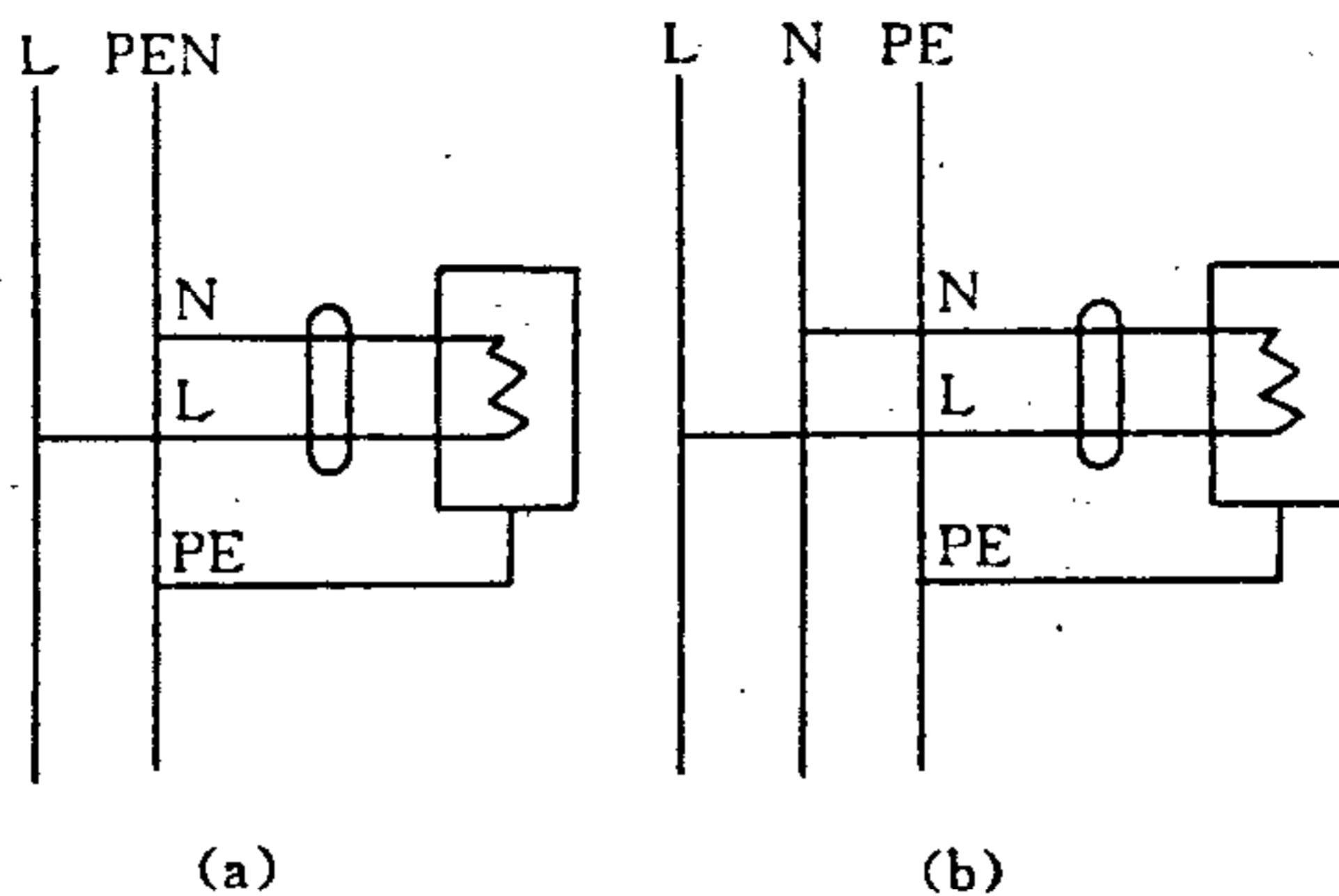


图 15.3.19-1 漏电电流动作接线之一
(a) TN-C (b) TN-S

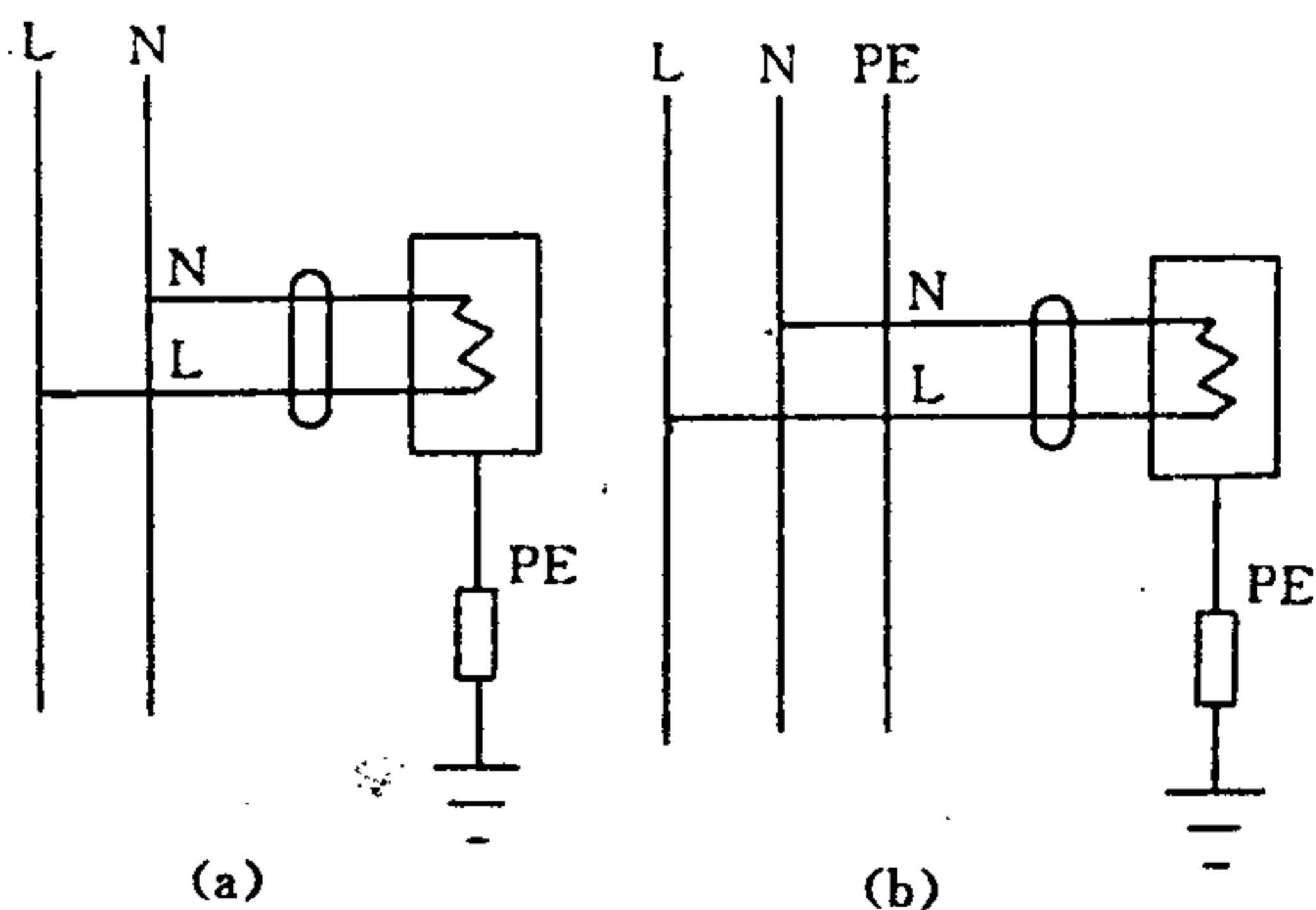


图 15.3.19-2 漏电电流动作接线之二
(a) TN-C (b) TN-S

15.3.19.4 IT 系统采用剩余电流动作保护时,其不动作电流如不大于第一次接地故障时相线内流过的接地故障电流,则在发生第一次接地故障时就可能误动作。

IV 保护电器的装设位置

15.3.22 考虑到对于 3m 长的分支线路是一短段,在此短段内发生故障时,干线的保护电器应能正确动作。当大于 3m 时,此段线

路内发生故障,干线的保护电器可能动作时间过长,因此该段分支线规定应有不燃或耐燃材料的管槽敷设,防止因故障引起的燃烧蔓延。

15.3.25 等效采用 IEC 标准。TN—C 系统的中性线(PEN)是严禁断开的。条文中所规定的当中性线需装设保护元件时,该保护元件系指装设零序保护,即在变压器引出的中性线上装零序电流互感器,通过电流继电器将相线断电,但中性线仍保持不断。

16 交流电气装置过电压保护

16.2 系统接地方式与运行中出现的各种电压

16.2.1 我国 110kV 系统中变压器中性点直接或经低阻抗接地,为了限制短路电流及其他原因,系统中有部分变压器中性点采用不接地方式运行。这种变压器运行方式又分两种情况:一种是发电厂升压变电所或变电所内仅有单组变压器,其低压侧有或无低压电源。当有低压电源时,如线路发生单相接地故障,系统侧线路断路器跳闸后,将形成局部不接地系统。显然这会导致产生较高的暂时过电压和操作过电压而危及设备绝缘和引起避雷器损坏。为避免此种系统“失地”现象引起不良后果,应在变压器不接地的中性点上装设保护间隙。这方面的内容和要求,已订入本规范的 16.3.1。

另一种情况是有两组或以上变压器,其中部分变压器中性点接地其余的变压器中性点不接地运行。以往对具有标准分级绝缘且不接地的变压器中性点装设阀式避雷器;以防护雷电过电压。运行中曾发生过因断路器操作中中性点不接地变压器时出现非全相引起铁磁谐振过电压,造成中性点避雷器爆炸的情况。过去也出现过发电厂升压变电所母线上有两组变压器运行,当母线发生单相接地故障,因继电保护误动作,将中性点接地的一组变压器先行跳掉,形成仅有中性点不接地变压器的局部不接地系统的情况。

为避免后一情况下,变压器中性点不接地运行的诸多弊端,1986年5月葛洲坝大江发电厂 500kV 变压器中性点采用小电抗器接地来取代部分变压器中性点不接地方式,安全运行多年。该作法,不仅提高了安全运行水平,而且具有降低变压器中性点绝缘水平从而获得可观的经济效益的作用。

16.2.2 参照原苏联 1985 年第六版的《电气装置安装规程》修订的。下述我国的运行经验也部分地证实了本规定的合理性。

近年来,我国河北和湖北等地的 6kV 和 10kV 单相接地故障电容电流低于 30A 的配电不接地系统,通过科学试验和对运行经验的分析,也提出了安装消弧线圈的要求,并已付诸实施取得了提高安全运行水平的较好效果。如河北省邯郸电业局于 1989 年 3 月在老邯二变电所 10kV 配电室内作了模拟小动物接地试验,当接地电容电流增大到 11.75A 以上时,电弧不能自灭。1990 年 8 月邯郸电业局在滏园变电所的 10kV 的 I 和 II 段母线上,分别通过 ZN,Yn 型接线的接地变压器的高压绕组的中性点接入消弧线圈运行。其接地故障电流补偿情况如表 16.2.2 所示。

滏园变电所 10kV 配电系统消弧

线圈电流补偿情况

表 16.2.2

母线编号	电容电流(A)	消弧线圈电流(A)	残流(A)	不对称电压(V)
I	13.35	16.8	3.0	156
II	16.35	20	3.6	79

该变电所 10kV 侧由架空线路构成的配电系统未投消弧线圈的 1989 年全年事故跳闸 57 次,接地 111 次。投入补偿装置后,1991 年事故跳闸降至 28 次,1992 年为 24 次,事故跳闸明显下降。该局已决定将这一经验加以推广。

湖北地区为从根本上解决配电系统接地故障电流的消弧和间歇性电弧接地过电压、以及从电磁型电压互感器铁心饱和引起的铁磁谐振过电压的抑制等出发,提出接地故障电流限值 10A 就安装消弧线圈的意见。在两个配电系统安装消弧线圈后,也都取得了较好的效果。

16.2.3 国际大电网(CIGRE)第 23 学术委员会第 6 工作组征询全世界 33 个国家的情况认为,电机故障电流大于 5~30A 时应立即切除。德国在 30 年前已广泛地应用高电阻接地方式。由于通过次级接有电阻的接地变压器或配电变压器接地,可采用低电压小

电阻的电阻器,降低了造价使安装空间更易解决。该变压器容量一般为数十千伏安,其变比可高达 120。目前美国、日本发电机中性点采用这种接地方式者仍较多,特别是以发电机-变压器单元接线运行的发电机,采用这种接地方式的结果是令人满意的。

16.2.4、16.2.5 美、日等国的配电系统曾多年采用电阻接地方式。美国标准 IEEE142—1982(工业和商业供电系统的接地)提出:“高电阻接地的系统设计应符合 $R_0 \leq X_{0c}$ 的准则(R_0 为系统零序电阻, X_{0c} 是系统每相对地分布容抗),以限制由于电弧接地故障产生的瞬态过电压,通常限制接地故障电流到小于 10A。”以及“低电阻接地的系统允许有较高的故障电流(为 25A 至几百安),以获得选择性继电保护特性所需的足够电流值。对于一般系统,限制瞬态过电压的准则是 $R_0/X_{0c} \geq 2$ (X_{0c} 为系统零序电抗)。”

低电阻接地方式,近年在我国冶金系统(如上海宝钢、贵州等地)引进成套设备中也已采用。由于其降低暂时和操作过电压对电缆和大型电动机绝缘损坏危险等原因,而得到肯定。

在城市公用配电系统中,如上海市区解放前 20 年代建设的 23kV 配电系统,至今数十年也一直采用低电阻(8Ω)接地方式运行。该系统全部为电缆线路,1949 年曾发展至 411km。据 9 条 23kV 电缆线路 5 年多(1973 年 6 月 22 日至 1978 年 10 月 8 日)以低阻接地方式运行的统计共发生跳闸 18 次,即跳闸率还不到 0.4 次/条·年,运行情况还是比较令人满意的。目前该系统已有部分升压为 35kV 运行。

上海市区 35kV 电缆配电系统原采用消弧线圈接地方式。多年运行遇到如下问题:

电缆线路的单相接地故障一般为永久性接地。如上海统计了 1916 年至 1949 年 484 次电缆故障。其中电缆终端头和对接头故障占 70%。其余 30%故障为机械损伤、铅包腐蚀和制造缺陷等,消弧线圈并不能使这类故障自行消失。单相永久接地故障时,因采用的继电保护装置仅动作于信号,需靠试拉线路以检出故障,而故障点往往不要很长时间就发展为相间故障导致跳闸。如据 1979 年至

1984年统计的上海35kV 298条线路总长662km的88次故障中,一接地就发展为跳闸和试拉过程中发展为相间故障跳闸的就有26次,约占30%。运行中曾多次发生过电缆线路单相接地后引起异点绝缘再击穿使事故进一步扩大的事件,给生产带来较大损失。据上海35kV系统单相接地的现场实测表明,接地电容电流中5次谐波电流约占基波电流的5~15%。这对于数百安电容电流的系统而言,将有数十安的电流无法被消弧线圈补偿,因而大大影响其消弧作用。上海有些大型变电所其35kV电缆出线电容电流已达400~500A。由于现有35kV消弧线圈产品容量较小(补偿电流仅有50A和100A两种),因此消弧线圈很难集中于电源变电所内安装。虽亦可安装于受端变电所,但受到故障时试拉线线路等的影响,因而为补偿和运行维护带来实际困难。

基于以上情况并借鉴23kV低电阻接地系统多年的运行经验,以及根据上海市区35kV电缆配电系统中以多电源环网方式供电的特点,经过技术分析论证,自1987年开始上海供电部门对部分35kV电缆配电系统,采用低电阻(9.9Ω)接地方式运行。目前35kV电缆线路共95回,总长225.6km。

广州供电局于1987年12月在区庄变电所供电的10kV配电系统中配合电缆线路的绝缘水平,也采用了低电阻接地方式。区庄变电所10kV母线分两段运行,各有10回出线。10kV线路总长度82.47km,其中电缆59.63km,占总长度的71.43%。全站已投入的17条馈线有7条是电缆线路,总长为14.7km。区庄变电所每段10kV母线各自经接地变压器的中性点连接10Ω电阻器接地。1989年9月又将杨箕变电所进行低电阻接地试点,其馈线电缆总长27.33km,占总馈线长度的59.51%。其中性点电阻接入情况与区庄变完全相同。

区庄变自1987年12月26日至1990年3月29日零序过流保护动作30次(误动6次)。累计全所馈线因单相接地故障引起断路器跳闸24次,其中线路永久故障7次,另17次馈线断路器跳闸有15次重合成功。17次瞬间单相接地故障全部发生于电缆与架

空线路混合结构馈线的架空线路部分。

杨箕变 1989 年 9 月投运,仅 1991 年 1 月至 8 月统计,零序保护动作 4 次。其中 1 次保护部分错误致使馈线故障扩大为大面积停电;另有一次馈线电缆线路一相对地击穿,馈线断路器跳闸,运行人员带故障合闸强送引起 10kV 母线母联断路器、电流互感器及一段母线二个断路器间隔三相接地短路、设备烧毁全所停电。

此外,杨箕变中性点一台接地电阻器曾在一起馈线故障中烧毁,初步分析为电阻器的短时热稳定通流时间 5s 太短所致。

1992 年中国电机工程学会广东分会高电压专业委员会召开的《广东省城市电网过电压绝缘配合及中性点接地方式研讨会》认为该种接地方式的优缺点为:

(1) 能比较有效地抑制一些常见的暂时和操作过电压,对采用工频参考电压及冲击残压较低的无间隙金属氧化物避雷器比较有利。能够快速切除单相故障、减轻了对绝缘的危害以及可以采用低一级绝缘水平的电缆等。

(2) 对于有架空线路存在的配电系统,单相接地跳闸次数会增加。如果还未实行环网供电或线路未装设重合闸,则停电次数会增加,降低了供电可靠性。

至于该接地方式对人身触电危害的利弊,尚待进一步研究。

综合国内各地的经验,并参考国外有关标准和中国电机工程学会高压专业委员会过电压与绝缘配合分委员会、江苏省电机工程学会和南京电机工程学会联合召开的《63kV 及以下系统过电压与绝缘配合专题学术讨论会》与会同志的讨论结果等,本规范将低电阻接地方式也作为一种可以考虑的方案加以列入。注意到电缆、架空线路混合系统的不够理想的运行情况,在 16.2.4 中强调了其应用条件。

对于单相接地故障电流不大的由架空线路构成的 6kV 和 10kV 配电不接地系统,瞬时接地故障较多,为保持接地后不立即跳闸的优点,且又可克服其易于出现因电压互感器饱和、断线等引起的铁磁谐振和间歇性电弧接地过电压危及设备绝缘的弊病,在

电源变压器中性点经一阻值 $R_n \leq X_{co}/3$ 的高电阻接地是可行的。河北邢台供电局 1989 年 8 月在宁晋 110kV 变电所 10kV 侧变压器中性点投入高电阻,运行 8 个月的情况表明:10kV 系统发生单相接地故障 22 次、断线二次,但未引起任何设备损坏及电压互感器熔丝熔断情况。而过去该系统,据 1985 年 5 月 12 日至 8 月 18 日间的统计,曾发生母线谐振 22 次,电压互感器熔丝熔断 40 相次。从而显示出高电阻接地方式的优越性。

同样,对于单相接地故障电容电流不大的由电缆线路构成的 6 和 10kV 配电系统,为防止瞬态过电压对电气设备(特别是对电动机)绝缘的危害,也可采用高电阻接地方式。

关于高电阻值的选择,应保持原不接地系统单相瞬间接地故障电弧自灭的优点不被破坏,同时又可限制谐振和间歇性电弧接地过电压的特点。

电阻接地方式限制间歇性电弧接地过电压的作用参见 16.3.14 的说明。现场试验证实,采用该接地方式后,消除了电磁式电压互感器饱和引起的铁磁谐振过电压;断线引起的谐振过电压也大为降低。为此,在 16.2.5 中将高电阻接地方式也作为一种可以考虑的方案加以列入。

上述两种电阻接地方式采用时,应通过经济技术比较,因地制宜,结合设备绝缘状况,全面考虑作出抉择。

16.2.6 所有规定仅适用于调整分接头的非自动调谐的消弧线圈。

16.3 暂时过电压、操作过电压及其保护

16.3.1 参见本规范 16.2.1 的说明,110kV 系统中由于某种原因形成局部不接地系统时通常伴有接地故障,这时非故障相及变压器中性点上将出现较高的工频过电压,对电气设备绝缘和避雷器将构成很大威胁。因此,应采取在不接地的变压器中性点装设保护间隙的措施。一旦出现局部不接地系统后,中性点立即经击穿了的间隙实现直接接地。但这种间隙在系统以有效接地方式运行时,如

系统出现单相接地故障在该变压器中性点上产生的操作过电压作用下又不能动作,以保持变压器中性点不接地的状态。考虑如上要求,并且兼顾在雷电过电压作用下保护具有标准分级绝缘的110kV变压器中性点绝缘,过去采用的棒型间隙距离为100~120可供参考。

3~10kV和35~66kV系统的工频过电压标么值: $1.1\sqrt{3}$ p.u和 $\sqrt{3}$ p.u系参照1985年版解广润所著的《电力系统过电压》。

16.3.4 在互感器开口三角绕组加灯泡的措施已很少采用。目前已研制出、并经运行经验证实某些专门消除此类谐振的晶闸管消谐装置是有效的,故予列入。装设于互感器开口三角绕组的阻尼电阻一般对35kV及66kV系统效果较好可固定接入,也可用零序过电压继电器将电阻短时投入1min,然后再自动切除。

许多地区多年运行经验证实,在互感器中性点串电阻接地,也是一项简易有效的消除谐振的措施。电压互感器高压侧中性点串入电阻等价于对地并联电阻或在开口三角绕组接入电阻,均能起到消耗能量、阻尼和抑制谐振的作用。但前者还可起到限制互感器中电流的作用,相应地减少互感器每相上的电压,即改善了它的伏安特性。 $R_{p.n}$ 不能太小。但也不能太大,否则单相接地时,开口三角电压太低,影响接地指示灵敏度以及保护装置的正确动作。计算研究表明当 $R_{p.n} \geq 0.06X_m$ 可消除一切谐振。在此条件下,单相接地时开口三角电压计算约降低 $0.81\%U_m/\sqrt{3}$ 。实测数台互感器,降低比该值要大一些,但仍不会影响对运行状况的分析判断。

16.3.7 对操作过电压的计算倍数明确为最大操作过电压,目前研究还不够充分,尚有待进一步工作。具体工程可通过专门研究确定。

本条对采用金属氧化物避雷器限制操作过电压的计算倍数,也给出原则规定。

16.3.8 无间隙金属氧化物避雷器在运行中作用有持续运行电压

和暂时过电压,为保证其运行可靠对其持续运行电压和额定电压应作出规定。关于这两个参数的要求与本规范 16.4.15 是一样的,可参见其说明。

对避雷器吸收操作过电压能量的要求,则是保证其动作后不致损坏。

16.3.9 高压断路器切合空载电缆线路也是系统中常见的操作方式。1983 年 3 月上海某电厂一条 110kV 线路启动调试结束,当受电侧断路器切断后,再用送电侧断路器切断 6.5km 空载电缆线路时,产生过电压,将电厂一台主变压器线圈层间绝缘击穿烧坏。1980 年以来华东地区先后对少油及 SF₆110kV 断路器开断空载电缆线路进行过现场试验。使用 SW₄-110 II 型断路器开断 6.6km110kV 空载电缆线路时,重击穿率高达 70%,线路侧过电压达 3.4p.u。SW₆-110,在 30 相次开断中仅复燃一次过电压不高。SF₆110kV 断路器在 45 相次开断中无重击穿。

1986 年~1988 年根据原机械、水电两部的安排,在湖南电力系统对全国几种 35kV 断路器进行过切合空载线路的现场试验,表 16.3.9 示出未采取防止重击穿措施时,各种 35kV 断路器开断 35kV 空载线路的最大操作过电压标么值(p.u)及其概率。 $1.0p.u = \sqrt{2} 40.5 / \sqrt{3} kV$ 。试验时分线路有、无一相接地两种情况。从表 16.3.9-1 可见:

对于开断 25km 线路,无和有接地时最大过电压分别为 2.33~4.10p.u(概率为 1.58~3.0%)和 4.10~4.33p.u(概率为 17.5~46.2%)。开断 50km 线路,无和有接地时最大过电压分别为 2.38~2.71p.u(概率为 1.51~3.0)和 4.10~4.90(概率为 5.0~7.5%)。操作时线路有接地最大过电压普遍较高,且其出现概率也较高。这是因接地时提高了断路器断口间恢复电压更易形成重击穿的必然结果。考虑到此种系统多为不接地或消弧线圈接地方式,系统有接地故障时难免有开断空载线路的情况,为此制造厂对多油断路器加装了中值并联电阻,对少油断路器加装了压油活塞,以改进它们的开断空载线路的性能。改进后,35kV 多油断路器开断空

载线路均未发生重击穿,最大过电压都在 2.0p.u 以下。少油断路器开断空载线路的重击穿率虽也由 41.1%下降至 7.1%,但仍有数种少油断路器的过电压超过 4.1p.u。表 16.3.9-2 示出了现场试验结果。

开断 35kV 空载线路的最大
操作过电压及其概率

表 16.3.9-1

断路器型式	0—0.5 秒—C0 线路单相接地	试验线路长度 (km) 及接地情况	最大过电压 (p.u)	概率(%)
SW2—35	20	25(不)	4.10	1.67
	14	25(接)	4.10	46.2
SN10—35	11	25(不)	3.29	3.0
	5	25(接)	4.10	20.0
DW6—35	20	25(不)	3.25	1.67
	2	25(接)	4.10	25
DW1—35	10	25(不)	2.44	3.3
	10	25(接)	4.33	—
DW2—35	21	25(不)	2.33	1.58
	20	25(接)	4.10	17.5
	22	50(不)	2.38	1.51
	20	50(接)	4.10	7.5
DW11—35	10	25(不)	2.80	1.67
	10	25(接)	4.10	20.0
	11	50(不)	2.71	3.0
	10	50(接)	4.90	5.0

根据目前断路器制造水平、现场验证试验情况,并参考行业标准《交流高压断路器订货技术条件》DL402—91,对 110kV 开断空载线路提出宜采用不重击穿断路器的要求。对于开断空载电缆线路,因电容电流可能较大,更应慎重对待,应采用不重击穿的断路器。对 66kV 及以下提出宜选开断空载线路的操作过电压不超过 4.0p.u 的断路器。

改进后的 35kV 少油断路器开断和重合空载线路

的过电压及其概率(线路一相接地) 表 16.3.9-2

	SW2-35	SW4-35		SW4-35		SN12-35	SN10-35	平均
	(sh.k)	(p.K)				(16kA)	(29kA)	
操作空线 长度(km)	25	25	50	25	50	25	25	25-50
分闸过电压超 过 4.1p.u 概 率(%)	12.5	0	7.5	0	0	15	15	7.1
重合闸过电压 超过 4.1p.u 概率(%)	30	20	49	5	0	20	15	18.6

35kV 系统为不接地或消弧圈接地方式时,线路一相接地条件下的重合闸过电压,对于加装中值并联电阻的断路器,不超过 4.1p.u;对于加装压油活塞的少油断路器仍有一定的概率超过 4.1p.u(参见表 16.3)。为此,设计时应视工程具体要求加以选型。

16.3.11 开断并联电容补偿装置,由于断路器产生重击穿发生过电压,引起电容器损坏和保护用碳化硅普通阀式避雷器爆炸的事故时有发生。电力系统和制造部门为此进行了大量工作。计算和实测表明:合闸时电容器极间最大过电压一般不超过 2.0p.u (1.0p.u 等于合闸后电容器极间稳态电压峰值)。分闸时单相重击穿出现于电容器高压侧的对地过电压超过 4.0p.u,电源侧有单相接地故障该过电压更高;两相重击穿时,电容器极间过电压超过 $2.5\sqrt{2}U_{nc}$ 。

据国家标准《高压并联电容器》(GB3982.2-89)的 5.2.3,电容器极间可以承受工频交流电压 $2.15U_{nc}10S$,显然承受操作过电压强度应较该值为高。综合其他研究结果和运行经验,可认为对于合闸过电压一般可不采取限制措施。但对断路器重击穿过电压应予以保护。

多年来,针对电力系统的需要各地制造部门先后研制出数种

断路器,经现场开断并联电容补偿装置的验证试验表明,某些少油断路器(如 SN₁₀-10 II 等)实现了开断时无重击穿的要求。10kV 真空断路器新试品开断时的重击穿概率曾测得为 3.3%;运行一段时间后重击穿的概率有所降低。由于结构上的原因,某些真空断路器在合闸时触头有弹跳现象,这种机械性的重击穿显然是非常有害的。35 和 66kV 多油断路器经加并联电阻后,开断性能有较大改善。如前者开断容量为 5760~9600kvar 补偿装置时,24 相次未发生重击穿。后者开断 4860kvar 时,虽有重击穿,但电容器高压侧对地过电压不高仅 1.3p.u。不加电阻开断同样容量装置时,测得过电压高达 4.8p.u。随 66kV 成套补偿装置一起进口的 SF₆ 断路器,开断容量为 20000kvar 补偿装置,无重击穿。

根据断路器制造现状并参考 DL402-91,提出并联电容补偿装置操作过电压保护的根方法在于采用开断时无重击穿的断路器。考虑到操作频繁的情况下,断路器难免重击穿并产生过电压,所以提出按本规范图 16.3.11a 保护接线,采用金属氧化物避雷器对单相重击穿过电压进行保护。根据研究,图 16.3.11a 中的 YWDR₁,可将系统无接地故障时开断并联电容补偿装置产生的单相重击穿过电压限制到 4.0p.u 以下。该种保护方式在河北地区已有多年的运行经验。但该种保护方式在电源侧有接地故障时,则不能保证将电容器高压侧的对地过电压限制在 4.0p.u 以下,而 YWDR₂ 无此问题。正因如此,条文中说明了优先采用 YWDR₁ 的条件。由于 YWDR₁ 接于电容器中性点,正常运行时几乎无电压作用,加之其参数要求也低于 YWDR₂,因此如运行可以接受时可优先采用。

本规范中图 16.3.11b 则推荐用于操作频繁且断路器开断电容性能并非很好(如有一定的重击穿概率)或是断路器合闸时触头有弹跳现象的情况。该图中 YWDR₁ 仍用于限制单相重击穿过电压。而两相重击穿在电容器极间产生的过电压,则需安装 YWDR₃ 或 YWDR₄ 加以限制。研究表明,当电抗率不低于 12%时,安装 YWDR₄ 即可。YWDR₄ 与 YWDR₃ 相比额定电压低、价格便宜,电

抗率高时又能起到保护作用,故宜优先采用。

迄今,并联电容补偿装置采用无间隙金属氧化物避雷器保护的接线、避雷器参数和吸收能量计算等的文章已发表很多,设计时可参考采用。当系统为不接地和消弧线圈接地方式时,本规范图 16.3.11 中各避雷器的荷电率(K_H)可取下列数值:

$$(a) \quad YWDR_1 \quad K_H = \frac{U'_m}{U_{1mA}} \leq 0.72$$

$$YWDR_2 \quad K_H = \frac{U'_m}{U_{1mA}} \leq 0.47$$

$$(b) \quad YWDR_3 \quad K_H = \frac{U'_m}{(1-A)U_{1mA}} \leq 0.78$$

$$YWDR_4 \quad K_H = \frac{AU'_m}{U_{1mA}} \leq 0.78$$

式中: U'_m ——连接并联电容补偿装置母线的最高相电压, $U'_m = 1.05 \sqrt{2} U_n / \sqrt{3}$ kV 峰值;

U_{1mA} ——避雷器直流 1mA 下的参考电压(kV);

A ——并联电容补偿装置的电抗率,串联电抗器的电抗与电容器容抗之比。

图 16.3.11 中各避雷器吸收的能量为:

(a)考虑电源侧有单相接地的条件

$$YWDR_1 \quad W' = 21.7(k_H - 0.3)[1 + 2(A - 0.06)]C^{0.73}U'_m{}^2$$

$$YWDR_2 \quad W' = 55.2(k_H - 0.26)[1 + 3.6(A - 0.06)]C^{0.64}U'_m{}^2$$

(b)YWDR₁ W' 同(a)

$$YWDR_3 \quad W' = 4.3(k_H - 0.2)[1 - 0.26(A - 0.06)] \\ C[U'_m / (1 - A)]^2$$

式中 W' ——避雷器吸收能量(J);

C ——每相电容数值(μ F)。

16.3.12 具有冷轧硅钢片铁心的变压器近年来采用已较多,其激磁电流甚小,还不到额定电流的 1%,因此开断时过电压不高。

由于系统中调相调压的需要,某些变电所主变压器的第三绕

组通常连接有并联电容及电感补偿装置。后者在开断时由于本身电感电流较大,当断路器强制熄弧时一般会产生较高的过电压。当操作用断路器熄弧性能较强时,宜采用阀式避雷器来限制开断并联电抗补偿装置的过电压。由于避雷器动作时吸收的操作过电压能量不大,一般不必进行吸收能量的校验。

16.3.13 断路器开断高压感应电动机时,由于电弧强制熄弧或重击穿,可产生截流、三相同时开断及高频重复重击穿过电压(后两种过电压仅出现于真空断路器开断时)。电动机运行中的试验电压为1.5倍额定电压,相当于2.6倍相电压,因而在过去未采取任何保护措施的情况下电动机定子绝缘损坏的情况较多。开断电动机的高幅值过电压还加重了断路器灭弧室断口绝缘的负担。如辽宁、山东等电厂,用SN-10型断路器开断6kV 4000kW启动状态的给水泵电动机时,断路器自爆喷油着火,造成200MW发电机停机事故。本条根据运行经验并参照论证意见制订。

电动机系统有架空线路时,为避免工频过电压和谐振过电压对无间隙金属氧化物避雷器的不利影响,也可采用R-C阻容吸收装置限制开断电动机的过电压。

16.3.14 表16.3.14列出了6~110kV不同系统接地方式间歇性电弧接地过电压的实测数据。由其可见该种过电压与系统接地方式密切相关。实质上间歇性电弧接地过电压,是由于系统中能量积聚引起的。不接地系统电弧熄灭后,系统中积聚起的电荷无处泄漏维持着中性点位移电压的同时又使故障相电压恢复到较高的数值($2U_m/\sqrt{3}$),致使弧道重击穿、引起健全相电压激烈振荡产生较高的过电压。电阻接地系统中性点与大地经电阻连接,熄弧后的半周期积聚电荷几乎全部可经其泄漏掉,中性点位移电压和故障相恢复电压大大降低(不超过 $U_m/\sqrt{3}$),即使弧道重击穿也不会产生高幅值的过电压。电阻的存在也大大降低了故障相恢复电压上升速度,减少了弧道重击穿的可能性。至于消弧线圈接地系统,理论分析表明:消弧线圈的存在一方面可减缓恢复电压从而有利于接地残流电弧的熄灭;另一方面却会因地电弧在通过高频振荡

电流的零点时暂时熄灭的可能性增大以及可能使原弧道在恢复电压最大时的不利时刻才发生击穿而使得过电压增大。消弧线圈的存在不能降低电弧接地过电压的最大值,但可使高幅值过电压出现的概率减少。本条根据表 16.3.14 和理论分析结果等,提出了 66kV 及以下系统间歇性电弧接地过电压在一般情况下,可能达到的最大值。

间歇性电弧接地过电压实测数据 表 16.3.14

系统接地方式	电压 (kV)	接地点电流 (A)	最大过电压 (p. u)	注
不接地	6~10	5~100	3.1	
	8.6	1.1~4.5	3.5	
	35	27.5	3.16	
	50	20~300	3.1	
消弧线圈	35		2.0	架空线 231.6km
	35~100		3.4	
	60~100		3.0	
	110		3.2	
电阻	10		2.0	$R = 968\Omega$ (归算至高压侧); $IR = 0.6I_c$ 架空线 203km、电缆 51km; $R = 75\Omega$; $IR = 1.69I_c$
	26		2.5	
	33		2.0	
	44		2.4	架空线 858km, $R = 136\Omega$

运行经验和研究表明:10kV 不接地系统中当电源出线串接限流电抗器、负荷主要为电动机且当设备参数出现不利组合时,单相间歇性电弧接地故障后可能出现多频振荡,在相间和相对地间产生危及设备绝缘的高幅值过电压。这类过电压造成的事故已在国内各地出现多起。例如,四川渡口某 110/10kV 变电所,三台 31.5MVA 主变压器降压至 10kV 分三段母线供电。每路出线都经

限流电抗器和 500m 电缆至用户母线,然后经电缆分送各负荷点,负荷中有多台同步电动机,最大容量为 12MW。该变电所自投入运行以来,先后发生 4 次母线闪络短路事故,每次事故都造成设备严重损坏、长期停电的重大损失。事故的共同现象:用户故障同时,故障出线限流电抗器外侧相间短路匝间烧损,出线少油断路器相间闪络,断路器烧毁,以致母线三相短路,总路断路器跳闸。类似事故四川其他地方也有发生。

鉴于这一情况,对于重要工程宜进行必要的过电压预测,以确定过电压保护设计方案。

16.4 雷电过电压与保护装置

16.4.3 根据工程设计需要,本条对于高压配电装置的雷电侵入波保护接线校验方法,作出了原则规定。该项规定则以下述事实为依据:基于危险波曲线和危险进线段长度确定的 35~110kV 变电所避雷器与电气设备最大允许距离,经多年来的运行实践证明是安全可靠的。该项原则于 1990 年召开的能源部绝缘配合标准化技术委员会上再次被确认。

16.4.4 关于高度影响系数,当 $30\text{m} < h \leq 120\text{m}$ 时 $P = 5.5 / \sqrt{h}$,对于更高的避雷针仍按 120m 计算。这一点,目前由较高构筑物上的下行雷击未必总是击中最高处的事实而再次确认是必要的。

16.4.5 原规程中计算 bx 的方法可能出现 $bx > r_x$ 的情况,显然是不合理的。现在 bx 的确定方法采用 1959 年水利电力部颁发的《过电压保护规程》的方法。

16.4.8 对于两避雷线端部保护范围的计算,原规定是将避雷线悬挂点 0.8 倍高等效为避雷针进行计算,当被保护物为 0.8 避雷线高时,两避雷线端部就无保护范围,但按避雷线保护计算时,仍有保护范围。同时原规定的端部保护范围与避雷线外侧保护范围不衔接,故修订为现 16.4.8.3 的规定。

16.4.11 原规程避雷线外侧保护范围的计算,是将避雷线等效成 0.8 倍避雷线高度的避雷针进行计算。但这样会导致保护范围偏

差较大。按现修订后的方法计算比较合理,且比较方便。

16.4.12 目前阀式避雷器种类较多,为指导工程设计选用故新增本条文。

有效接地系统逐步实现全面采用无间隙金属氧化物避雷器,已成为国内外公认的技术方向。在条件允许时,首先应选这种避雷器。

对于 SF₆ 全封闭组合电器(GIS),不论系统接地方式如何,应选无间隙金属氧化物避雷器。因 SF₆ 绝缘设备对较陡的雷电波比较敏感,而该种避雷器限制陡波特性优于其他型式避雷器。

低电阻接地系统中发生单相接地故障后的瞬时跳闸以及较少谐振过电压问题等原因,为无间隙金属氧化物避雷器的应用提供了较好的环境。而且,选用这种避雷器为该种接地系统采用较低绝缘水平的电气设备和电缆等的绝缘配合创造了条件。

至于不接地、消弧线圈接地和高值电阻接地系统,因单相接地后不立即跳闸,健全相上的阀式避雷器长时间被施加以系统最高运行电压。加之某些不接地系统易于发生铁磁谐振过电压、间歇性电弧接地过电压较严重,在这种情况下,选用价格较高且标称雷电流下残压并非特别优越的无间隙金属氧化物避雷器的意义已不大。因而可选有串联间隙金属氧化物避雷器或碳化硅普通阀式避雷器(后者的电站型在系统中出现谐振时,其间隙上的并联电阻易烧损,则不如选前者)。当然系统条件较好,如消弧线圈接地、高电阻接地系统等,采用无间隙金属氧化物避雷器也是可行的。

16.4.13 据 GB11032—89,保护旋转电机的无间隙金属氧化物避雷器与磁吹阀式避雷器在标称雷电流下的残压相同,但因其“动作”电压低等优点故补充优先采用前者的规定。

16.4.14 对 3~10kV 系统的避雷器额定电压要求,根据本规范 16.3.1 改为 $1.1U_m$ 。国家标准《交流系统用碳化硅阀式避雷器》(GB7327—87)中已用“避雷器额定电压”代替“灭弧电压”,所以规范中也相应作了改动。

有串联间隙金属氧化物避雷器与碳化硅阀式避雷器的额定电

压,二者的要求是相同的。

16.4.15 按照 IEC 标准草案规定,选择该种避雷器时,要考虑避雷器的持续运行电压和额定电压。

避雷器持续运行电压应大于系统实际持续作用的电压。对于后者 110kV 有效接地系统即为 $U_m/\sqrt{3}$ 。3~10kV 不接地系统和高电阻接地系统,单相接地后仍继续运行,健全相电压按本规范 16.3.1 可达 $1.1U_m$ 。35~66kV 不接地系统和消弧线圈接地系统,单相接地时健全相电压达 $1U_m$ 。在低电阻接地系统中,单相接地后健全相电压虽然一般接近 $1U_m$,但于接地后立即跳闸,根据无间隙金属氧化物避雷器耐受暂时过电压的时间特性,可取避雷器的持续运行电压等于 0.8 倍避雷器额定电压。对这种系统避雷器的额定电压可取为不低于 $1U_m$,这样就得到避雷器持续运行电压(不低于 $0.8U_m$)。规范中表 16.4.15 中的持续运行电压即按上述理由给出。

对于额定电压,按 IEC 标准草案规定,避雷器被预加热到 60°C ,并且注入按标准规定的高能量后,必须能耐受其额定电压至少 10s。由此可见,按该标准草案,10s 暂时过电压能力必须至少等于额定电压。由此,对于 110kV 有效接地系统和低电阻接地系统,因单相接地后立即跳闸,健全相上暂时过电压作用时间比 10s 小得多,偏安全计对这两种系统避雷器额定电压应分别不低于 $0.8U_m$ 及 $1U_m$ 。其余接地方式下,单相接地不立即跳闸,健全相上暂时过电压作用时间可超过 2h。按照无间隙金属氧化物避雷器耐受暂时过电压的时间特性,一般 10s 比 2h 的耐受电压高 15~25%。为此,对于这类系统的避雷器额定电压应比作用的暂时过电压高出如上的百分数。规范中表 16.4.15 中避雷器的额定电压就是这样确定的。

对于安装于发电机和变压器中性点的避雷器,3~10kV 不接地系统、高电阻接地系统和 35~66kV 消弧线圈接地系统避雷器持续运行电压,应不低于相对地避雷器持续运行电压的 $1/\sqrt{3}$ 。中性点避雷器的额定电压,对 110kV 有效接地系统因单相接地

时,中性点上的暂时过电压不大于 $0.35U_m$,故取不低于该值;其他单相接地不立即跳闸系统,中性点避雷器额定电压取相对地避雷器相应值的 $1/\sqrt{3}$ 。

由于无间隙金属氧化物避雷器的阀片持久地接入系统,因此为了保证其可靠运行,必须对其在运行中可能吸收的暂时过电压和操作过电压能量进行核算(核算时需考虑系统中有多支避雷器分担的实际情况),为此引入 16.4.15(2)。

最后,应该指出:所选无间隙金属氧化物避雷器,应通过按照 IEC 相应标准规定的试验方法进行的型式试验。

16.4.16 根据我国电力系统绝缘配合的工程实践经验,电气设备标准雷电冲击全波耐受电压与避雷器标称放电电流下的残压之比不小于 1.4 倍。至于变压器中性点,虽然理论分析和试验研究表明,雷电过电压入侵变压器绕组后,其中性点的冲击电压波实际上已成为操作波波形。但考虑到变压器绝缘在操作波下的耐压强度约为全波雷电冲击耐压强度的 0.83,以及操作波的绝缘配合系数可取 1.15,故对变压器中性点也可按条文中的 71% 一样要求。3~110kV 系统阀式避雷器标称放电电流取 $8/20\mu\text{s}$ 雷电流 5kA,中性点避雷器取操作波电流 1kA。

旋转电机由于本身雷电冲击全波耐受电压较低,一般难于与保护它的避雷器标称雷电放电电流(通常取 2.5kA,中性点取 1kA)下的残压相配合。在这种情况下,应尽量选择残压较低、特性较好的旋转电机用阀式避雷器。

16.4.18 “管型”改为“排气式”是依据 GB2900.12—89 修改的。

16.6 发电厂与变电所的雷电过电压保护

16.6.7 我国过去变电工程的直击雷保护一直遵循着不得在变压器门型架构上装设避雷针、线的规定。但在水力发电厂的条件下,存在着在类似变压器架构上装设避雷针的情况。在个别变电工程中,为节约工程造价也曾提出过在变压器门型架构上装设避雷针、线的要求。为此,参照原苏联《3~500kV 发变电所的直击雷和由

线路侵入的雷电波防护导则》(1975年版),以及原苏联《电气装置安装规程》(1985年第六版)的相应内容,修订了本条文。对于具体工程,需进行技术经济比较,确有效益且经过计算采取相应的防止反击措施,并至少符合本规范所提要求时,方可采用。

16.6.10 相当于本条式 16.6.10-1 和 16.6.10-2 的原计算式是根据原苏联 1954 年版《过电压保护导则》制订的 1959 年原水利电力部颁发的《过电压保护规程》第 97 条基础上修订的。原苏联在 1975 年对 1954 年的规定已作了修订。原苏联在其《电气装置安装规程》(1985 年第六版)中提出,相当于上述二式分别由以下二式进行计算:

$$S_a \geq 0.1R_i + 0.1h$$

$$S_r \geq 0.2R_i$$

并且指出对于独立避雷针雷击电流最大值按 60kA 考虑,且 S_a 及 S_r 分别不得小于 5m 及 3m。这二式及其相应规定与我国原规程对比可见,当 R_i 较小时, S_a 及 S_r 由必须保证的最小值控制,二者实质上无差别。但是当 R_i 较大时,原规程算出的 S_a 及 S_r 将比原苏联标准为大。为此,参照原苏联标准进行了修订。为安全计,独立避雷针雷击最大电流按 100kA 考虑。空气及土壤中的击穿梯度分别取 500 及 300kV/m。避雷针、避雷线单位长度电感值取为 $1.55\mu\text{H}/\text{m}$ 。雷电流陡度 $a=100/2.6=38.5\text{kA}/\mu\text{s}$ 。于是有

$$S_a \geq \frac{100R_i}{500} + \frac{38.5 \times 1.55}{500} h \approx 0.2R_i + 0.1h$$

$$S_r \geq \frac{100R_i}{300} \approx 0.3R_i$$

16.6.11 条文中对杆塔接地电阻提出要求,以保证进线保护段具有的耐雷水平。

16.6.12 对经常断路的断路器或隔离开关,则明确不论是否全线架设避雷线,均要加以保护。

16.6.13 近年来城市供电中出现了全长电缆线路—变压器组方式供电的变电所,这里参照有关研究,对其雷电过电压保护问题作一

介绍。电缆线路—变压器组接线时电缆的另一端可能有两种不同情况：一种是与架空线为电磁连系；另一种是接至另一变电所的母线且其上接有架空线路。对于前者，进入电缆线路—变压器组的雷电过电压仅是由电缆首端变压器绕组间传递的雷电过电压静电分量与电磁分量构成。显然长电缆的大电容上静电分量将很低。而电磁分量将会由变压器另一侧装设的阀式避雷器限制到变压器绝缘能承受的程度，再加上长电缆内雷电波的衰减，对电缆末端的变压器将不会产生危险。如果电缆线路另一端接于变电所母线，由于该母线上必然装设阀式避雷器，参照有关的研究结果，也无需为此在变压器侧再装设避雷器。模拟试验表明：对于 110kV 电缆线路—变压器组，当电缆首端装设碳化硅磁吹阀式避雷器时，无论电缆长度如何，末端变压器上的电压均低于 436kV（110kV 变压器的标准雷电冲击全波耐受电压为 480kV）。计算研究结果显示：110kV 电缆线路—变压器组接线，电缆首端装设碳化硅普通阀式避雷器时，变压器处的雷电侵入波最大过电压为 380kV，对应的电缆长度为 100~250m。当电缆长度增至 1000m 时，过电压降至 330kV。

尽管如此，但考虑具体工程条件可能各异，为可靠起见，宜通过校验确定是否装设阀式避雷器。

16.6.14 参照 SDJ7—79（电力设备过电压保护设计技术规程）第 78 条及第 79 条以及专门进行的研究工作的结果修订的。该第 79 条在确定碳化硅普通阀式避雷器与电气设备的最大电气距离时，一般要根据进线保护段长度，找出对应的侵入波计算陡度，再由其查出对应距离。为方便应用，将 SDJ7—79 第 79 条的图 12 及图 13 的最大电气距离，直接用本规范表 16.6.14-1 给出。该表注②及表 16.6.14-2 的注是分别根据相应两种避雷器电气特性相近而给出的。本条注的数据引自国家标准《高压输变电设备的绝缘配合》GB311.1—83。

表 16.6.14-2 是根据专门的计算研究确定的。在 GB11032—89 中，110kV 电站无间隙金属氧化物避雷器标称放电电流 5kA

等级避雷器的雷电残压有两种。表 16.6.14-2 给出的最大电气距离,是针对避雷器具有较低雷电残压的情况。

16.6.15 有效接地系统单独装设阀式避雷器保护变压器中性点绝缘免受雷电过电压危害时,因中性点正常时无电压、故障时暂时过电压作用时间也很短,故特别适合采用无间隙金属氧化物避雷器。

16.6.19 目前我国 SF₆ 全封闭组合电器(GIS)66kV 及 110kV 变电所主要用于城市变电所。SF₆ 全封闭组合电器(SIS)变电所的电源进线分架空线路、有电缆段及全长为电缆进线等三种形式。本条对架空线路进线变电所的雷电侵入波过电压保护作出了规定。计算结果表明:当 110kV 架空进线保护段长度为 1km,雷电侵入波过电压幅值为 700kV、陡度为 1.5kV/m,碳化硅普通阀式避雷器距变压器为 50m 时,相应的变压器上的雷电侵入波过电压为 390kV(为其标准雷电冲击全波耐受电压的 81%)。对 110kV 采用无间隙金属氧化物避雷器的情况下,架空进线保护段长度为 2km 所作的计算研究表明,当避雷器至变压器或 GIS 一次回路的任何电气部分的距离为 130m 时,变压器或 GIS 电气部分上的雷电侵入波过电压不超过 334kV。当 66kV 采用碳化硅普通阀式避雷器,上述距离为 50m 时,雷电侵入波过电压不超过 304kV。为安全计,本条对最大电气距离作了压缩。

16.6.20 计算研究表明:架空进线经一电缆段与 GIS 相连、电缆首端装设避雷器时,与无电缆段相比,某特定短电缆时 GIS 内过电压稍有升高;电缆愈长,GIS 内过电压下降愈多。如 110kV,电缆长度 50m 时,GIS 内过电压最高,达到 349kV,比无电缆时只增加 4.5%。

注意到工程中电缆段长度各异,从安全角度考虑,忽略电缆段的有利作用,本条仍然采用本规范 16.6.19 的规定。

16.6.21 SF₆ 全封闭变电所进线全长采用电缆线路时,其情况与本规范 16.6.13 中电缆线路—变压器组接线方式类似,可参见该条说明。对具体工程作过计算。110kV 敞开式变电所经电缆线路与 110kV SF₆ 全封闭变电所相连。前者母线上装设 FCZ—110J 碳

化硅磁吹阀式避雷器和连接架空线路。当架空线路遭到雷击($I=100\text{kA}$)后,雷电侵入波沿电缆线路也侵入到 GIS 内部。考虑雷电波在电缆线路中的衰减,对应电缆长度 1km 和 3km ,GIS 内变压器上的电压为 440kV 及 339kV 。考虑到目前运行经验还少,为慎重起见,对具体工程还宜通过验算以确定是否装设阀式避雷器。

对于本规范 16.6.19~16.6.21,66~110kV 变压器及 GIS 均应具有如本规范 16.6.14.2 注的标准绝缘水平。

16.7 配电系统的雷电过电压保护

16.7.2 雷电活动特殊强烈地区,目前也有采用高压侧为 Z 形接线配电变压器以消除正、反变换过电压的。但 Z 形接线变压器浪费 16% 的容量,不宜大量推广。

16.8 旋转电机的雷电过电压保护

16.8.4 理论分析与现场实测表明,在这种条件下,变压器高压侧电压为 66kV 及以下时,经变压器绕组间电磁感应传递至低压绕组的电压,还将达到发电机碳化硅磁吹阀式避雷器的动作电压。而变压器高压侧额定电压为 110kV 及以上时,经绕组间电磁感应传递至低压绕组的电压一般达不到该侧避雷器动作的电压。但考虑到此时发电机容量一般较大,为慎重起见是否要在电机出线上装设避雷器还需经校验加以确定。

17 建筑物防雷

17.1 一般规定

17.1.1 有人认为,建筑物安装防雷装置后就万无一失了。从经济观点出发,要达到这点是太浪费了。因此,特指出“或减少”,以示不是万无一失,因为按照本章设计的防雷装置的防雷安全度不是100%。

17.2 建筑物的防雷分类

17.2.1 将需要防雷的建筑物分为三类。

本规程对第一类防雷建筑物和第二类的一部分(如爆炸危险环境)仍沿用以往的做法,不考虑以危险度作为分类的基础。对于第二、三类中一些难于确定的建筑物则根据危险度这一基础来划分。对危险度的分析,见本规范 17.2.3 的说明。

17.2.2 对本条中(1)和(3)予以说明。

(1)爆炸物质:

炸药——黑索金、特屈儿、三硝基甲苯、苦味酸、硝酸炸药等;

火药——单基无烟火药、双基无烟火药、黑火药、硝化棉、硝化甘油等;

起爆药——雷汞、氮化铅等;

火工品——引信、雷管、火帽等。

(3)原规程中有关爆炸火灾危险场所的分类名称按现在新的爆炸火灾危险环境的分区名称修改。其相对应的关系见表 17.2.2。

因为 1 区跨越 Q-1 和 Q-2 两个级别,因此,1 区建筑物可能划

为第一类防雷建筑物,也可能划为第二类防雷建筑物。其区分在于是否会造成巨大破坏和人身伤亡。例如易燃液体泵房,当布置在地面上时,其爆炸危险环境一般为2区,则该泵房可划为第二类防雷建筑物。但当工艺要求布置在地下或半地下时,在易燃液的蒸气与空气的混合物的比重重于空气又无可靠的机械通风设施的情况下,爆炸性混合物就不易扩散,该泵房就要划为1区爆炸危险环境。如该泵房系大型石油化工联合企业的原油泵房,当泵房遭雷击就可能会使工厂停产,造成巨大经济损失和人员伤亡,因此,这类泵房应划为第一类防雷建筑物;如该泵房系石油库的卸油泵房,平时间断操作,虽因雷电火花可能引发爆炸造成经济损失和人员伤亡,但相对来说要少得多,则这类泵房可划为第二类防雷建筑物。

爆炸火灾危险环境新旧分类对应关系 表 17.2.2

原分类级别	Q-1	Q-2	Q-3	G-1	G-2	H-1	H-2	H-3
新的分区名称	0区	1区	2区	10区	11区	21区	22区	23区

17.2.3 对本条(1)、(2)和(5)予以说明。

(1)有些爆炸物质,不易因电火花而引起爆炸,但爆炸后破坏力较大,如小型炮弹库、枪弹库以及硝化棉脱水和包装等均属第二类防雷建筑物。

(2)见本规范 17.2.2(3)的说明。

(5)选择防雷装置的目的在于将需要防直击雷的建筑物的年损坏危险度 R 值(需要防雷的建筑物每年可能遭雷击而损坏的概率)减到小于或等于可接受的最大损坏危险度 R_c 值(即 $R \leq R_c$)。

本章中对于需作计算年雷击次数界限的条文采用每年 10^{-5} 的 R_c 值,即每年十万分之一的损坏概率。

基于建筑物年预计雷击次数 N 和基于防雷装置或建筑物遭雷击一次发生损坏的综合概率 P ,对于时间周期 $t=1$ 年,在 $NPt \leq 1$ 的条件下(所有真实情况都满足这一条件),下面的关系式是适用的:

$$R = 1 - \exp(-NPt) = NP \quad (17.2.3-1)$$

即

$$R = NP$$

$$P = P_i P_{id} + P_f P_{fd} \quad (17.2.3-2)$$

式中 P_i ——防雷装置截收雷击的概率,或防雷装置的截收效率(也用 E_i 表示),其值与接闪器的布置有关;

P_f ——闪电穿过防雷装置击到需要保护的建筑物的概率,也即防雷装置截收雷击失败的概率,等于 $(1-P_i)$ 或 $(1-E_i)$;

P_{id} ——防雷装置截收雷击后所选用的各种尺寸和规格保护失败而发生损坏的概率;

P_{fd} ——防雷装置没有截到雷击而发生损坏的概率。

一次雷击后可能同时在不同地点发生 n 处损坏,每处损坏的分概率为 P_k ,这些分概率是并联组成,因此,一次雷击的总损坏概率为:

$$P_d = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - P_k) \quad (17.2.3-3)$$

分损坏概率包含这样一些事件,如爆炸、火灾、生命触电、机械性损坏、敏感电子或电气设备损坏或受到干扰等等。

在确定分损坏概率时,应考虑到同时发生两类事件,即一方面是引发损坏的事件(如金属熔化、导体炽热、侧向跳击、不容许的接触电压或跨步电压,等等)和另一方面是被损坏物体的出现(即人、可燃物、爆炸性混合物等等的存在)这两类事件同时发生。

出现引发损坏的事件的概率直接或间接与闪击参量的分布概率有关,在设计防雷装置和选用其规格尺寸时是依据闪击参量的。

在引发事件的地方出现可能被损坏的周围物体的概率取决于建筑物的特点、存放物和用途。

为简化起见,假定:

a、在引发事件的地方出现可能被损坏的周围物体的概率对每一类损坏采用相同的值,用共同概率 P_r 代替;

b、没有被截到的雷击(直击雷)所引发的损坏是肯定的,损坏

的出现与可能被损坏的周围物体的出现是同时发生的,因此,
 $P_{fd}=P_r$;

c、被截收到的雷击引发损坏的总概率只与防雷装置的尺寸效率 E_i 有关,并假定等于 $1-E_i$ 。 E_i 规定为这样一个综合概率,即被截收的雷击在此概率下不应对被保护空间造成损害。 E_i 与用来定接闪器、引下线、接地装置的尺寸和规格的闪击参量值有关。

将上述假定代入式 17.2.3-2,即将以下各项代入: P_i 用 E_i 代入, P_f 用 $(1-E_i)$ 代入, P_{fd} 用 P_r 代入, P_{id} 用 $P_r(1-E_i)$ 代入;此外,引入一个附加系数 W_r ,它是考虑雷击后果的一个系数,后果越严重, W_r 值越大。因此,式 17.2.3-2 转化为:

$$P = P_r W_r (1 - E_i E_s) \quad (17.2.3-4)$$

概率 P_r 应看作是一个系数,它表示建筑物自身保护的程度或表示考虑这样的真实情况的一个因素,即不是每一个打到需要防雷的建筑物的雷击和不是每一个使防雷装置所选用的规格和尺寸失败的雷击均造成损坏。 P_r 值主要取决于建筑物的特点、它的结构、用途、存放物或设备。

$$\text{令} \quad \eta = E_i E_s \quad (17.2.3-5)$$

η 或 $E_i E_s$ 为防雷装置的效率。

从式 17.2.3-1、17.2.3-4、17.2.3-5 得:

$$R = NP_r W_r (1 - \eta)$$

$$\eta = 1 - \frac{R}{NP_r W_r}$$

如果 R 值采用可接受的最大损坏危险度 $R_c = 10^{-5}$,并使

$$N_c = \frac{R_c}{P_r W_r} = \frac{10^{-5}}{P_r W_r} \quad (17.2.3-6)$$

式中 N_c ——建筑物可接受的年允许遭雷击次数。

因此,防雷装置所需要的效率应符合下式:

$$\eta \geq 1 - \frac{N_c}{N} \quad (17.2.3-7)$$

根据 IEC—TC81 的有关资料,第三类防雷建筑物所装设的防雷装置的有关值见表 17.2.3-1。

E_i 和 E_s 值

表 17.2.3-1

第三类防雷建筑物 所装设的防雷装置	E_i	E_s	$\eta = E_i \cdot E_s$
	0.85	0.95	0.80

根据验算和对比,本规范对一般建筑物所采用的 P, W_r 值见表 17.2.3-2。

P, W_r 值

表 17.2.3-2

建筑物		P, W_r	$N_c = \frac{10^{-5}}{P, W_r}$
型式	特点		
一般建筑物	正常危险	1.6×10^{-4}	6×10^{-2}

从表 17.2.3-1 得保护第三类防雷建筑物的防雷装置的 η 值为 0.8。从表 17.2.3-2 得一般建筑物的 N_c 值为 6×10^{-2} 。将这两个数值代入关系式(17.2.3-7),得出 $0.8 \geq 1 - \frac{6 \times 10^{-2}}{N}$, 所以 $N \leq \frac{6 \times 10^{-2}}{0.2} = 0.3$ 。这表明对这类建筑物如采用第三类防雷建筑物的防雷措施,只对 $N \leq 0.3$ 的建筑物保证 R_c 值不大于 10^{-5} 。当 $N > 0.3$ 时 R_c 值达不到(即大于) 10^{-5} 。因此,当 $N > 0.3$ 时升级采用第二类防雷建筑物的防雷措施。

17.2.4 对本条中(1)和(3)予以说明。

(1)、(3)当没有防雷装置时 $\eta = 0$,从表 17.2.3-2 得一般建筑物的 $N_c = 6 \times 10^{-2}$ 。将这两个数值代入关系式 17.2.3-7,得 $0 \geq 1 - \frac{6 \times 10^{-2}}{N}$, 所以 $N \leq 0.06$ 。这表明对这类建筑物当 $N < 0.06$ 时可以不设防雷装置;当 $N \geq 0.06$ 时要设防雷装置。

17.3 建筑物的防雷措施

I 一般规定

17.3.1 本条规定仅对制造、使用或贮存爆炸物质的建筑物和爆炸

危险环境采取防雷电感应。而其他防雷建筑物可以不防雷电感应。雷电感应可能感应出相当高的电压而发生火花放电引发事故。

在一般性建筑物内,在不带电的金属物上雷电感应所产生的火花放电,由于其能量小、时间极短,通常不会引发火灾危险。在220/380V系统的带电体上的雷电感应,由于采取防雷电波侵入和防反击的措施,此问题也跟着得到解决。

关于电子元件的过电压保护,分三部分,即220/380V电源部分、信息线路、有电子元件的设备本身。信息线路的过电压保护应由信息线路设计者解决。设备本身的应由制造厂解决。电源部分又分两部分,即建筑物的电源进线和接至有电子元件的装置的电源部分(如插座、分配电箱)。本规程仅解决电源进线部分,它与防雷电波侵入和防反击的措施一起解决。至于在装置附近的供电是否设过电压保护器,应根据设备的重要性由信息线路设计者一起解决或由设备使用者解决或由制造厂提供。此外,设备外壳及其外接金属管线由于电气安全或屏蔽需要已作接地,这也大大地减少了雷电感应的危险性。

本规范现仍采用原来规定的防雷方法,即防直击雷、防雷电感应和防雷电波侵入。国际电工委员会1990年版IEC 1024-1:1990标准建筑物防雷第一部分通则(以下简称IEC 1024-1)的内容也包括了这些方面的要求,不过叫法不同。有些国家和上述IEC的防雷标准将防雷分为外部防雷和内部防雷。所谓外部防雷就是防直击雷(不包括防止防雷装置受到直接雷击时向其他物体的反击),内部防雷包括防雷电感应、防反击以及防雷电波侵入和防生命危险。本规范的防直击雷包含防反击的内容。

17.3.2 为说明等电位的作用和一般的做法,下面摘译IEC 1024-1的一些有关规定:

3. 内部防雷装置

3.1 等电位连接

3.1.1 通则

为减小在需要防雷的空间内发生火灾、爆炸、生命危险,等电

位是一很重要的措施。

等电位是用连接导线或过电压保护器将处在需要防雷的空间内的防雷装置、建筑物的金属构架、金属装置、外来的导体物、电气和电信装置等连接起来。

当需要防雷的空间设有防雷装置时,处于该空间之外的金属构架可能受到雷电效应。在设计这样的防雷装置时应顾及这种效应。对处于该空间之外的金属构架可能也需要作等电位连接。

当不设防雷装置但需要防从外来管线引来的雷电效应时,也应作等电位连接。

3.1.2 金属装置的等电位连接

应在以下地点做等电位连接:

a)在地下室或在靠近地平面处。连接导线应连到连接板(连接母线)上,连接板的构成和安装要易于接近检查。连接板应与接地装置连接。对于大型建筑物,如果连接板之间有连接,可装设多块连接板;

b)高度超过 20m 的建筑物,在地面以上垂直每隔不大于 20m 处;连接板应与连接各引下线的水平环形导体连接(见 2.2.3 款);

c)在那些满足不了安全距离的地方(见 3.2 节)。

对有电气贯通钢筋网的钢筋混凝土建筑物、钢构架建筑物、有等效屏蔽作用的建筑物,建筑物内的金属装置通常不需要上述 b 款和 c 款的等电位连接。

.....

3.1.3 外来导体的等电位连接

应尽可能在靠近进户点处对外来导体作等电位连接。.....

3.1.5 在通常情况下电气和通信装置的等电位连接

电气和通信装置应按 3.1.2 款的要求作等电位连接。应尽量在靠近进户点处作等电位连接。

如果导体有屏蔽层或穿于金属管内,当这类屏蔽物上的电阻压降所形成的电位差不危及电缆和所连接的设备时,通常只将这类屏蔽物作等电位连接就足够了。

线路的所有导体应作直接或非直接连接。相线应仅通过过电压保护器连到防雷装置上。在 TN 系统中, PE 或 PEN 线应直接连到防雷装置上。

.....

3.3 防生命危险

在需要防雷的空间内防发生生命危险的最重要措施是采用等电位连接。

II 第一类防雷建筑物的防雷措施

17.3.3

17.3.3.1 在原规定的基础上,与独立避雷针、架空避雷线并列,补充采用架空避雷网。

17.3.3.2 压力单位用 Pa 及 kPa,它们是法定计量单位。标准大气压力为非法定计量单位,一旦有关国际学术组织宣布废除时,我国也将随着停止使用。因此,表 3.2.1 中的压力单位采用 kPa。一个标准大气压 $=1.01325 \times 10^5 \text{Pa} = 1.01325 \times 10^2 \text{kPa}$ 。

“接闪器与雷闪的接触点应设在该空间之外”,接触点处于该空间的正上方之处也属于“在该空间之外”。

17.3.3.5 为了防止雷击电流流过防雷装置时所产生的高电位对被保护的建筑物或与其有联系的金属物发生反击,应使防雷装置与这些物体之间保持一定的安全距离。

防雷装置地上高度 h_x 处的电位为:

$$U = U_R + U_L = IR_i + L_o h_x \frac{di}{dt} \quad (17.3.3-1)$$

式中 U_R ——雷电流流过防雷装置时接地装置上的电阻电压降 (kV);

U_L ——雷电流流过防雷装置时引下线上的电感电压降 (kV);

R_i ——接地装置的冲击接地电阻 (Ω);

$\frac{di}{dt}$ ——雷电流陡度 (kA/ μs);

I ——雷电流幅值(kA);

L_0 ——引下线的单位长度电感($\mu\text{H}/\text{m}$),取其等于 $1.5\mu\text{H}/\text{m}$ 。

由于没有更合理的方法,与原规范相同,安全距离仍按电阻电压降和电感电压降相应求出的距离相加而得。因此,相应的安全距离 S_{a1} 为:

$$S_{a1} = \frac{IR_i}{E_R} + \frac{L_0 h_x \frac{di}{dt}}{E_L} \quad (17.3.3-2)$$

式中 E_R ——电阻电压降的空气击穿强度(kV/m);取其等于 $500\text{kV}/\text{m}$;

E_L ——电感电压降的空气击穿强度(kV/m)。

参考 IEC—TC81 的有关文件,本规范各类防雷建筑物所采用的雷电流参量示于表 17.3.3-1 和表 17.3.3-2。

首次雷击参量 表 17.3.3-1

首次雷击	防雷建筑物的类别		
	第一类	第二类	第三类
幅值 $I(\text{kA})$	200	150	100
波头 $T_1(\mu\text{s})$	10	10	10
半值时间 $T_2(\mu\text{s})$	350	350	350
电荷 $Q(\text{C})$	100	75	50
单位能量 $W/R(\text{MJ}/\Omega)$	10	5.6	2.5

注:对第一、二、三类防雷建筑物,一次闪击的总电荷分别为 300、225、150C。

首次雷击以后的负雷击参量 表 17.3.3-2

首次雷击以后的负雷击	防雷建筑物的类别		
	第一类	第二类	第三类
幅值 $I(\text{kA})$	50	37.5	25
波头 $T_1(\mu\text{s})$	0.25	0.25	0.25
半值时间 $T_2(\mu\text{s})$	100	100	100

根据对雷电所测量的参数得知,雷电流最大幅值出现于第一次正极性或负极性雷击,雷电流最大陡度出现于第一次雷击以后的负雷击。正极性雷击通常仅出现一次,无重复雷击。

IEC—TC81 的有关文件提出电感电压降的空气击穿强度为 $E_L = 600 \left(1 + \frac{1}{T_1} \right)$ (kV/m)。因此,根据表 17.3.3-1,当 $T_1 = 10\mu\text{s}$ 时 $E_L = 600 \left(1 + \frac{1}{10} \right) = 660$ (kV/m); 根据表 17.3.3-2,当 $T_1 = 0.25\mu\text{s}$ 时 $E_L = 600 \left(1 + \frac{1}{0.25} \right) = 3000$ (kV/m)。

以表 17.3.3-1 的有关参量和上述有关数值代入式 17.3.3-2, 其中 $\frac{di}{dt} = \frac{I}{T_1} = \frac{200}{10} = 20$ (kA/ μs), 得

$$S_{a1} = \frac{200R_i}{500} + \frac{1.5 \times h_x \times 20}{660} = 0.4R_i + 0.0455h_x, \text{ 考虑计算简化, 取作 } S_{a1} \geq 0.4R_i + 0.04h_x. \text{ 因此,}$$

$$S_{a1} \geq 0.4(R_i + 0.1h_x) \quad (17.3.3-3)$$

上式即规范中式 17.3.3-1。

同理,改用表 17.3.3-2 及其他有关数值代入式 17.3.3-2, 其中 $\frac{di}{dt} = \frac{I}{T_1} = \frac{50}{0.25} = 200$ (kA/ μs), 得

$$S_{a1} = \frac{50R_i}{500} + \frac{1.5h_x \times 200}{3000} = 0.1R_i + 0.1h_x. \text{ 因此,}$$

$$S_{a1} \geq 0.1(R_i + h_x) \quad (17.3.3-4)$$

上式即规范中式 17.3.3-2。

式 17.3.3-3 和式 17.3.3-4 相等的条件为 $0.4R_i + 0.04h_x = 0.1R_i + 0.1h_x$, 即 $h_x = 5R_i$ 。因此,当 $h_x < 5R_i$ 时,式 17.3.3-3 的计算值大于式 17.3.3-4 的计算值;当 $h_x > 5R_i$ 时,式 17.3.3-4 的计算值大于式 17.3.3-3 的计算值;当 $h_x = 5R_i$ 时,两值相等。

根据《雷电》一书下卷第 87 页(1983 年,李文恩等译,水利电力出版社出版,该书译自英文版《Lightning》第 2 卷,R. H. Golde 主编,1977 年版),土壤的冲击击穿场强为 $200 \sim 1000$ kV/m,其平

均值为 600kV/m, 取与空气击穿强度一样的数值, 即 500kV/m。根据表 17.3.3-1, 对第一类防雷建筑物取 $I=200\text{kA}$ 。因此, 地中的安全距离为

$$S_{e1} \geq \frac{IR_i}{500} = \frac{200R_i}{500} = 0.4R_i$$

即 $S_{e1} \geq 0.4R_i$ (17.3.3-5)

上式即规范中式 17.3.3-3 式。

17.3.3.6 根据计算, 在避雷线立杆高度为 20m、避雷线长度为 50~150m、冲击接地电阻为 3~10 Ω 的条件下, 当避雷线立杆顶点受雷击时, 流过一根立杆的雷电流为全部雷电流的 63~90%, 照理 S_{a1} 和 S_{e1} 可相应减小, 但计算很繁杂, 为了简化计算, 故本规范规定 S_{a1} 和 S_{e1} 仍按照独立避雷针的方法进行计算。

按雷击于避雷线档距中央考虑 S_{a2} , 此时, 由于两端分流, 对于任一端可近似地将雷电流幅值和陡度减半计算。因此, 避雷线中央

的电位为: $U=U_R+U_{L1}+U_{L2}$ 。由此得 $S_{a2}=\frac{U_R}{E_R}+\frac{U_{L1}+U_{L2}}{E_L}$, 所以

$$S_{a2} = \frac{\frac{I}{2} \cdot R_i}{E_R} + \frac{\left(L_{01} \cdot h + L_{02} \cdot \frac{l}{2} \right) \frac{di}{dt}}{E_L} \quad (17.3.3-6)$$

式中 U_{L1} ——雷电流流过防雷装置时引下线上的电感压降(kV);

U_{L2} ——雷电流流过防雷装置时在避雷线上的电感压降(kV);

L_{01} ——垂直敷设的引下线的单位长度电感($\mu\text{H}/\text{m}$)。按引下线直径 8mm、高 20m 时的平均值 $L_{01}=1.69\mu\text{H}/\text{m}$ 计算;

L_{02} ——水平避雷线的单位长度电感($\mu\text{H}/\text{m}$)。按避雷线截面 35mm²、高 20m 时的值 $L_{02}=1.93\mu\text{H}/\text{m}$ 计算。

式中 I 、 U_R 、 $\frac{di}{dt}$ 、 E_R 、 E_L 等的意义及所取的数值同 17.3.3.5 的说明。

与 17.3.3.5 的说明类同, 以表 17.3.3-1 和上述有关的数值代入式 17.3.3-6 得

$$\begin{aligned}
 S_{a2} &= \frac{100R_i}{500} + \frac{\left(1.69h + 1.93 \frac{l}{2}\right) 10}{660} \\
 &= 0.2R_i + \left(0.0256h + 0.0292 \frac{l}{2}\right) \\
 &\approx 0.2R_i + 0.03\left(h + \frac{l}{2}\right), \text{因此} \\
 S_{a2} &\geq 0.2R_i + 0.03\left(h + \frac{l}{2}\right) \quad (17.3.3-7)
 \end{aligned}$$

上式即规范中式 17.3.3-4。

再以表 17.3.3-2 和上述有关的数值代入式 17.3.3-6, 得

$$\begin{aligned}
 S_{a2} &= 0.05R_i + \left(0.0563h + 0.0643 \frac{l}{2}\right) \\
 &\approx 0.05R_i + 0.06\left(h + \frac{l}{2}\right), \text{因此} \\
 S_{a2} &\geq 0.05R_i + 0.06\left(h + \frac{l}{2}\right) \quad (17.3.3-8)
 \end{aligned}$$

上式即规范中式 17.3.3-5。

以式 17.3.3-7 等于式 17.3.3-8, 得

$$0.2R_i + 0.03\left(h + \frac{l}{2}\right) = 0.05R_i + 0.06\left(h + \frac{l}{2}\right), \text{所以}$$

$\left(h + \frac{l}{2}\right) = 5R_i$ 。其余的道理类同于 17.3.3.5 的说明。

17.3.3.7 将式 17.3.3-7 和式 17.3.3-8 中的系数以两支路并联还原, 即乘以 2, 并以 l_1 代 $\frac{l}{2}$, 再除以有同一距离 l_1 的个数, 则得出规范中式 17.3.3-6 和式 17.3.3-7。

架空避雷网的一个例子见图 17.3.3-7。

17.3.3.8 在一般情况下规定接地电阻小于 10Ω 是适宜的, 但在高土壤电阻率地区, 要求低于 10Ω 可能给施工带来很大的困难。故本款规定为, 在满足安全距离的前提下, 允许提高接地电阻值。此时, 虽然支柱距建筑物远一点, 接闪器的高度亦相应增加, 但可以给施工带来很大方便, 而仍保证安全。在高土壤电阻率地区, 这是一个因地制宜而定的数值, 它应综合接闪器增加的安装费用和

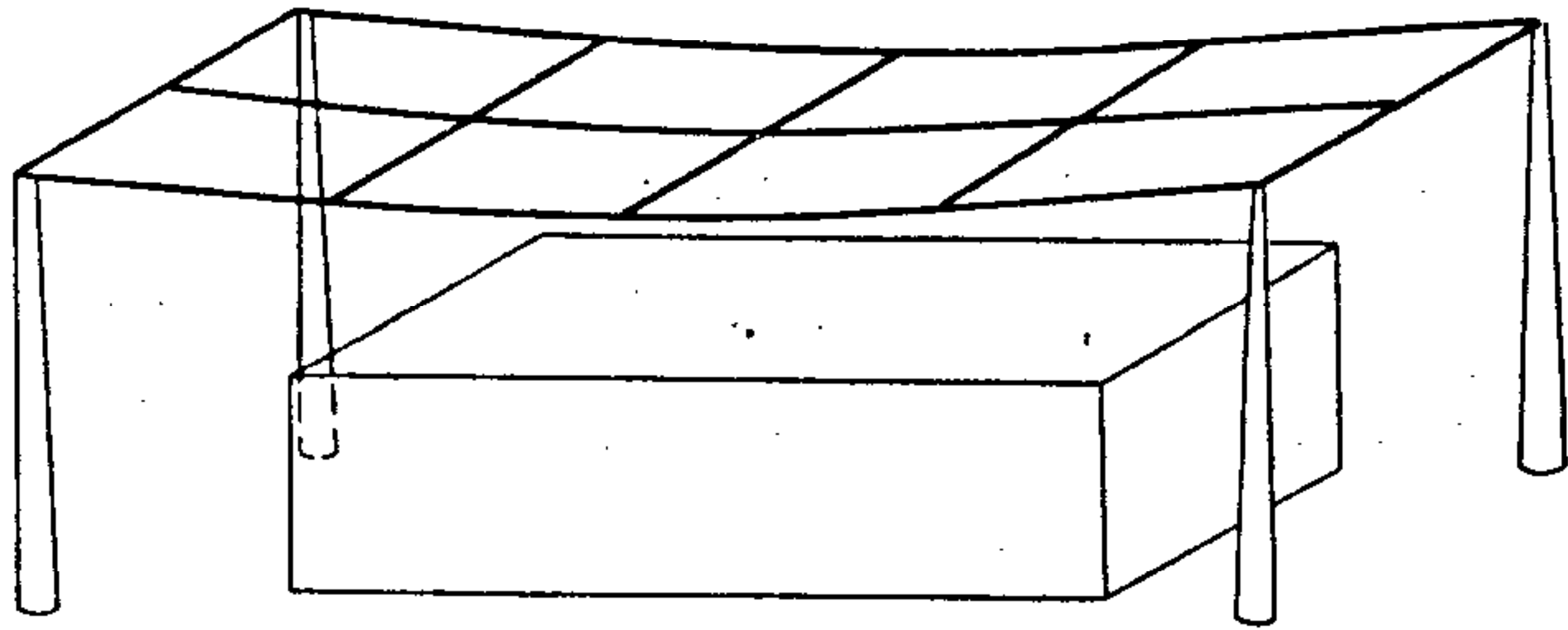


图 17.3.3-7 架空避雷网的一个例子

可能做到的电阻值来考虑,不宜作硬性的规定。

17.3.4

17.3.4.1 被保护建筑物内的金属物接地,是防雷电感应的主要措施。本款还规定了不同类型屋面的处理。无疑地,金属屋面或钢筋混凝土屋面内的钢筋进行接地,有良好的防雷电感应和一定的屏蔽作用。对于钢筋混凝土预制构件组成的屋面,要求其钢筋接地有时会遇到困难,但希望施工时密切配合,以达到接地要求。

17.3.4.2 本款规定距离小于 100mm 的平行长金属物,每隔不大于 30m 互相连接一次,是考虑到电磁感应所造成的电位差只能将几厘米的空隙击穿(计算结果见下段)。当管道间距超过 100mm 时,就不会发生危险。交叉管道亦作同样处理。

两根间距 300mm 的平行管道,与引下线平行敷设,距引下线 3m 并与其处于一个平面上。如果将引下线视作无限长,这时在管道环路内的感应电压 U (kV) 为 $U = Ml \frac{di}{dt}$, 它可能击穿的气隙距离 d 为:

$$d = \frac{U}{E_L} = \frac{Ml \frac{di}{dt}}{E_L} \quad (17.3.4)$$

式中 l ——平行管道成环路的长度(m),取 30m 计算;

$\frac{di}{dt}$ ——流经引下线的雷电流的陡度(kA/ μ s)。根据表

17.3.3-2 的参量取 $200\text{kA}/\mu\text{s}$ 计算;

M ——1 米长两根间距 300mm 平行管道环路与引下线之间的互感($\mu\text{H}/\text{m}$), 经计算得 $M=0.0191(\mu\text{H}/\text{m})$;

E_L ——电感电压的空气击穿强度(kV/m), 与本规范 17.3.3.5 的说明相同取 $3000\text{kV}/\text{m}$ 计算。

将上述有关数值代入式 17.3.4 得

$$d = \frac{0.0191 \times 30 \times 200}{3000} = 0.038(\text{m})$$

即使在管道间距大到 300mm 的情况下, 所感应的电压仅可能击穿 0.038m 的气隙。若间距减到 100mm, 所感应的电压就更小了(由于 M 值减小)。

连接处过渡电阻不大于 0.03Ω 时以及对有不少于 5 根螺栓连接的法兰盘可不跨接的规定是参考国外资料和国内的实践经验定的。天津某单位安技科做过测试, 一些记录如表 17.3.4, 这些实测值是在三处罐站测出的。

连接处过渡电阻的实测值

表 17.3.4

序号	被测对象	接触电阻 (Ω)
1	残液罐下法兰, 4 螺钉齐全, 无跨接线	0.0075
2	残液管道上法兰, 4 螺钉齐全, 无跨接线	0.0075
3	3in 管道(残液)法兰, 4 螺钉齐全, 有跨接线	0.0088
4	2in 残液管道上法兰, 4 螺钉齐全, 有跨接线	0.012
5	储罐下阀门, 8 螺钉齐全, 无跨接线	0.009
6	阀门, 8 螺钉齐全, 无跨接线	0.013
7	储罐下阀门, 8 螺钉齐全, 有跨接线	0.012
8	工业灌装阀门, 无跨接线	0.010
9	槽东卸油管阀门, 无跨接线	0.015
10	$\phi 89$ 液相管法兰, 8 螺钉齐全, 有跨接线	0.011

(续)

序号	被测对象		接触电阻 (Ω)
11	$\phi 57$ 管道法兰, 4 螺钉 齐全	有跨接线时	0.005
12		拆下跨接线时	0.006
13	$\phi 89$ 管道新装法兰, 8 螺钉齐全, 无跨接线		0.007
14	$\phi 89$ 管道法兰	有跨接线时	0.01
15		拆下跨接线时	0.01
16	球罐下 $\phi 150$ 阀门, 8 螺钉齐全, 无跨接线		0.008
17	临时罐站, 2in 管道阀门, 4 螺钉齐全, 无跨接线		0.0085
18	临时罐站, 4in 管道阀门, 无跨接线		0.008

17.3.4.3 由于已设有独立避雷针(线或网),因此,流过防雷电感应接地装置的只是数值很小的感应电流。在金属物已普遍接地的情况下,电位分布均匀。因此,本款规定为工频接地电阻不大于 10Ω 。在共用接地装置的场合下,接地电阻只要满足各自要求的阻值就可以,不要求达到更低的接地电阻。

17.3.5

17.3.5.1 为了防止雷击线路时高电位侵入建筑物造成危险,低压线路宜采用电缆埋地引入,不得将架空线路直接引入屋内;当难于全长采用电缆时,允许从架空线上换接一段有金属铠装的电缆或护套电缆穿钢管埋地引入。这时,需要强调的是,电缆首端必须装设避雷器并与绝缘子铁脚、金具、电缆外皮等共同接地,入户端电缆外皮、钢管必须接到防雷电感应接地装置上,电缆段才能起到应有的保护作用。

当雷电波到达电缆首端时,避雷器被击穿,电缆外导体与芯接通。一部分雷电流经首端接地电阻入地,一部分雷电流流经电缆。

由于雷电流属于高频(通常为数千赫兹),产生集肤效应,流经电缆的电流被排挤到外导体上去。此外,流经外导体的雷电流在芯线中产生感应反电势,从理论上分析在没有集肤效应下将使流经芯线的电流趋向于零。

本款现规定埋地电缆长度不小于 $2\sqrt{\rho}$ (m) 是考虑电缆金属外皮、铠装、钢管等起散流接地体的作用。接地体在冲击电流下,其有效长度为 $2\sqrt{\rho}$ (m)。关于采用 $2\sqrt{\rho}$ 的理由参见本规范 17.4.16 的说明。

此外,又限制埋地电缆长度不应小于 15m。这是考虑架空线距爆炸危险环境至少为杆高的 1.5 倍,设杆高一般为 10m,1.5 倍就是 15m。

当土壤电阻率过高,电缆埋地长度过长时,可采用换土措施,使 ρ 值降低,来缩短埋地电缆的长度。

17.3.6 正如本规范 17.3.3 所述,第一类防雷建筑物的防直击雷措施,首先应采用独立避雷针或架空避雷线(网)。本条只适用于特殊情况,即由于建筑物太高或其他原因,不能装设独立避雷针或架空避雷线网时,才允许采用附设于建筑物上的防雷装置进行保护。

17.3.6.2 从法拉第笼的观点看,网格尺寸和引下线间距越小,对雷电感应的屏蔽越好,局部区域电位分布较均匀。

雷电流通过引下线入地,当引下线数量较多且间距较小时,雷电流在局部区域分布也就较均匀,引下线上电压降减小,反击危险也相应减小。

对引下线间距,本规范向 IEC 1024-1 防雷标准靠拢。如果完全采用该标准,则本规范的第一类、第二类、第三类防雷建筑物的引下线间距相应应为 10m、15m、25m。但考虑到我国工业建筑物的柱距,一般均为 6m,因此,按 6m 的倍数考虑,故本规范对引下线间距相应定为 12m、18m、25m。

17.3.6.4 对于较高的建筑物,引下线很长,雷电流的电感压降将达到很大的数值,需要在每隔不大于 12m 的高度处,用均压环

将各条引下线在同一高度连接起来,并接到同一高度的屋内金属物体上,以减小其间的电位差,避免发生反击。

由于要求将直接安装在建筑物上的防雷装置与各种金属物互相连接,并采取了若干等电位措施,故不必考虑防止反击的距离。

17.3.6.5 关于共同接地:由于防雷装置直接装在建、构筑物上,要保持防雷装置与各种金属物体之间的安全距离已成为不可能。此时,只能将屋内各种金属物体及进出建筑物的各种金属管线,进行严格的接地,而且所有接地装置都必须共用,并进行多处连接,使防雷装置和邻近的金属物体电位相等或降低其间的电位差,以防反击危险。

一般说来,接地电阻越低,防雷得到的改善越多。但是,不能由于要达到某一很低的接地电阻而化费过大。出现反击危险可以从基本计算公式 $U = IR + L \frac{di}{dt}$ 来评价, IR 项对于建筑物内某一小范围中互相连接在一起的金属物(包括防雷装置)说来都是一样的,它们之间的电位差与防雷装置的接地电阻无关。此外,考虑到已采取严格的各种金属物与防雷装置之间的连接和均压措施,故不必要求很低的接地电阻。

从防雷观点出发,较好是设共用接地装置,它适合供所有接地之用(例如,防雷、低压电力系统、电信系统)。

17.3.6.6 为了将雷电流流散入大地而不会产生危险的过电压,接地装置的布置和尺寸比接地电阻的特定值更重要。然而,通常建议有低的接地电阻。

本款的规定完全采用 IEC 1024-1 防雷标准 2.3.3.2 的规定(接地体的 B 型布置)。

图 17.3.6 系根据该标准的图 2 换成本规程的防雷建筑物类别的图。该标准对接地体 B 型布置的规定是:对于环形接地体(或基础接地体),其所包围的面积的平均几何半径 r 应不小于 l_1 ,即 $r \geq l_1$, l_1 示于图 2(相当于本说明的图 17.3.6);当 l_1 大于 r 时,则必须增加附加的水平放射形或垂直(或斜形)导体,其长度 l_r (水

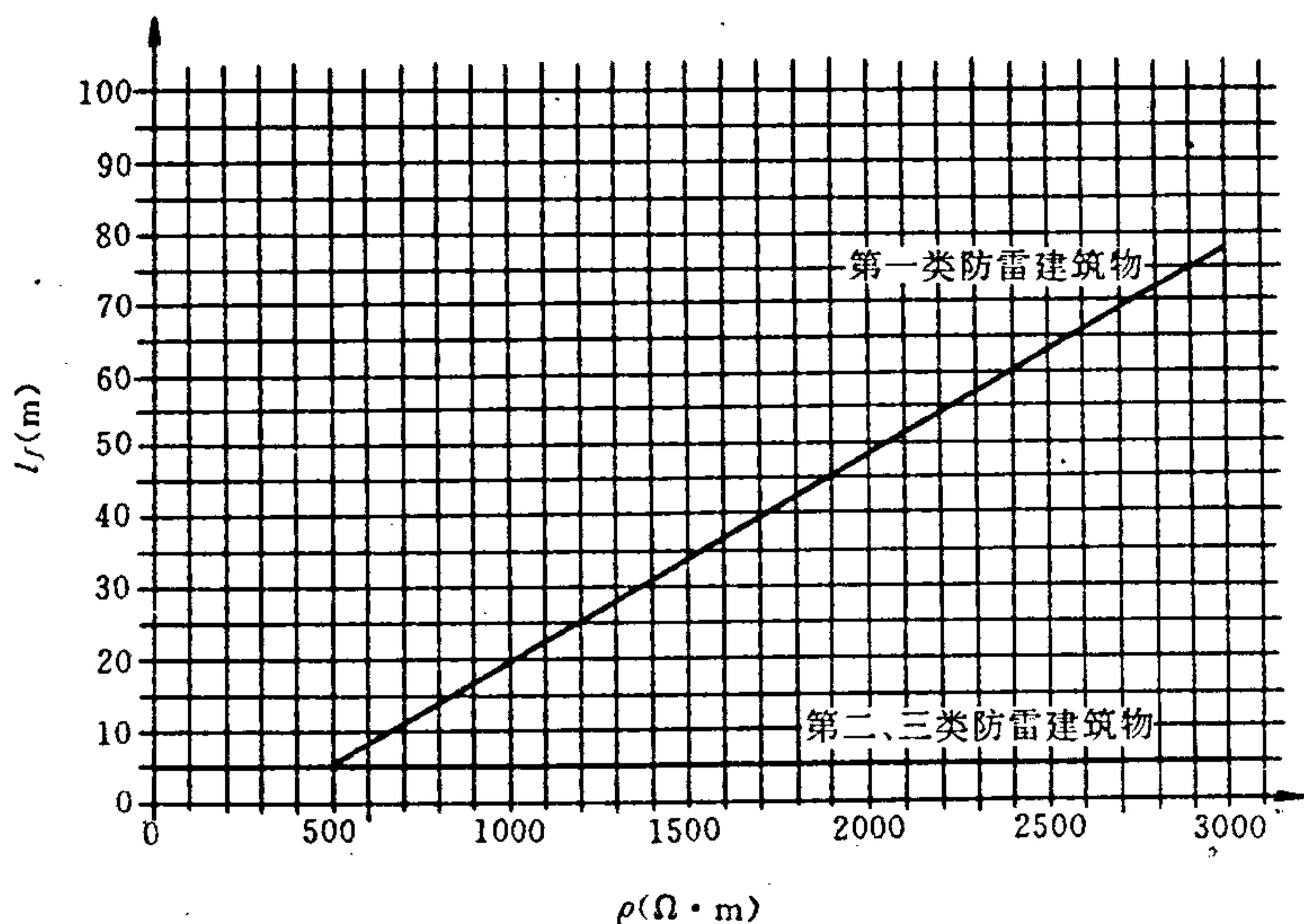


图 17.3.6 按防雷建筑物类别确定的接地体最小长度

平)为 $l_r = l_1 - r$ 或其长度 l_v (垂直)为 $l_v = \frac{l_1 - r}{2}$ 。

环形接地体(或基础接地体),其所包围的面积 A 的平均几何半径 r 为: $\pi r^2 = A$, 所以 $r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$ 。根据图 17.3.6,对于第一类防雷建筑物,当 $\rho < 500 \Omega \cdot m$ 时 l_1 为 5m,因此,导出本规范 17.3.6.6(1)的规定;当 $\rho = 500 \sim 3000 \Omega \cdot m$ 时, l_1 与 ρ 的关系是一根斜线,从该斜线上找出方便的任两点的坐标,则可求出 l_1 与 ρ 的关系式为 $l_1 = \frac{11\rho - 3600}{380}$,所以,导出本规范 17.3.6.6(2)的规定。

由于接地体通常靠近墙、基础敷设,所以补加的水平接地体一般都是从引下线与环形接地体的连接点向外延伸,可为一根也可为多根。

由于本条采用了若干等电位措施,本款的接地电阻值不是起主要作用,因此,没有提出接地电阻值的具体要求。

本款所要求的环形接地体的工频接地电阻 R , 在其半径 r 等于 l_1 的情况下, 当 $\rho=500\sim 3000\Omega\cdot\text{m}$ 时, 大约处于 $33\sim 13\Omega$; 当 $\rho<500\Omega\cdot\text{m}$ 时, $R=0.067\rho\Omega$ 。

环形接地体的工频接地电阻的计算式为 $R = \frac{2\rho}{3d} \Omega$, $d = 1.13 \sqrt{A} \text{ m}$ 。式中 ρ 为土壤电阻率 ($\Omega\cdot\text{m}$), A 为环形接地体所包围的面积 (m^2)。当 $\rho=500\Omega\cdot\text{m}$ 、 $d=10\text{m}$ 时, $R = \frac{2\times 500}{3\times 10} = 33(\Omega)$ 。当 $\rho = 3000\Omega\cdot\text{m}$ 、 $d = 2 \left(\frac{11\rho - 3600}{380} \right)$ 时, $R = \frac{2\times 3000\times 380}{3\times 2(11\times 3000 - 3600)} = \frac{3000\times 380}{3\times 29400} = 12.9 \approx 13(\Omega)$ 。

17.3.6.7 对第一类防雷建筑物, 由于滚球半径 h_r 规定为 30m (见本规范的表 17.5.2), 所以, 30m 以上要考虑防侧击, 本款(1)的“每隔不大于 6m ”是从本条规定屋顶接闪器采用避雷网时其网格尺寸不大于 $5\text{m}\times 5\text{m}$ 或 $6\text{m}\times 4\text{m}$ 。由于侧击的概率和雷电流较小, 网格的横向距离不采用 4m 而按引下线的位置(其距离不大于 12m)考虑。

17.3.6.8 考虑到雷闪直接击于本建筑物的防雷装置时, 共用接地装置的电位将升高, 可能击穿低压装置或用电设备的绝缘, 并参考 IEC 1024-1 防雷标准 3.1.5(见本规范 17.3.2 的说明), 本款补充规定: “在电源引入的总配电箱处宜装设过电压保护器”。

根据 IEC 标准, 室内低压装置的耐冲击电压最高仅为 6kV 。由于本条是将防雷装置直接安装在建筑物上和采用共用接地装置, 所以, 当防雷装置遭直接雷击时, 假设流经靠近低压电气装置处接地装置的雷电流为 20kA 以及接地装置的冲击接地电阻甚至低至 1Ω , 这时, 在接地装置上电位升高为 20kV 。也就是说, 低压电气装置接了地的金属外壳的电位比带电体(相导体)也约高 20kV 。它比前述的 6kV 耐压高得多。如果在相导体与地之间不装过电压保护器, 则在这种情况下, 在低压电气装置绝缘较弱处可能被击穿而造成短路、发生火花、损坏设备, 这是有危险的。若短路电

流小(即长期有较大的漏电流,但又不能使保护设备及时动作切断线路),时间一长则可能引起外壳升温而发生事故或火灾。

17.3.7 根据原《建筑防雷设计规范》编写组调查的几个例子,雷击树木引起的反击,其距离均未超过 2m,例如,重庆某结核病医院,南宁某矿山机械厂,广东花县某学校及海南岛某中学等由于雷击树木而产生的反击均未超过 2m。考虑安全系数后,现规定净距不应小于 5m。

Ⅲ 第二类防雷建筑物的防雷措施

17.3.8 接闪器、引下线直接装设在建筑物上,在非金属屋面上装设网格不大于 10m 的金属网,数十年的运行经验证明是可靠的。

中国科学院电工研究所曾对几十个模型做了几万次放电试验,虽然试验的重点放在非爆炸危险建筑物上,而且保护的重点是易受雷击的部位,但对整个建筑物起到了保护作用。如果把避雷带改为避雷网,则保护效果应有提高。根据我国的运行经验和模拟试验,对第二类防雷建筑物采用不大于 10m 的网格是适宜的。IEC 1024-1 防雷标准中相当于本规程第二类防雷建筑物的接闪器,当采用网格时,其尺寸也是不大于 $10\text{m} \times 10\text{m}$,另见本规范 17.5.2 的说明。与 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 并列,增加 $12\text{m} \times 8\text{m}$ 网格,这与引下线类同,是按 6m 柱距的倍数考虑的。

为了提高可靠性和安全性,便于雷电流的流散以及减小流经引下线的雷电流,故多根避雷针要用避雷带连接起来。

17.3.9

17.3.9.1 虽然对排放有爆炸危险的气体、蒸气或粉尘的管道的要求同本规范 17.3.3.2,但由于对第一类和第二类防雷建筑物,其接闪器的保护范围是不同的(因 h_r 不同,见规范中表 17.5.2),因此,实际上保护措施的做法是不同的。

17.3.9.2 阻火器能阻止火焰传播,因此,在第二类防雷建筑物的防雷措施中补充了这一规定。

以前的调查中发现雷击煤气放散管起火 8 次,均未发生事故。

从这些事例中说明煤气放散管始终保持正压,如煤气灶一样,火焰在管口燃烧而不会发生事故,故本规范特作出此规定。

17.3.10 关于引下线间距见本规范 17.3.6.2 的说明。根据实践经验和实际需要补充增加了:“当仅利用建筑物四周的钢柱或柱子钢筋作为引下线时,可按跨度设引下线,但引下线的平均间距不应大于 18m”。

17.3.11 土壤的冲击击穿场强与本规范 17.3.3.5 的说明一样,取 500kV/m。雷电流幅值根据表 17.3.3-1 采用 150kA。由于多根引下线,引入分流系数 k_c , k_c 按规范中图 17.3.11 确定。因此得, S_{e2}

$$\geq \frac{k_c IR_i}{500} = \frac{150k_c R_i}{500} = 0.3k_c R_i。$$

17.3.12 利用钢筋混凝土柱和基础内钢筋作引下线和接地体,国内外在 60 年代初期就已经采用了。现已较为普遍。利用屋顶钢筋作为接闪器国内外从 70 年代初就逐渐被采用了。

关于利用钢筋体作防雷装置,IEC 1024-1 防雷标准的规定如下。在其 2.1.4 的规定中,对利用建筑物的自然金属物作为自然接闪器包括“覆盖有非金属物的屋顶结构的金属体(桁架、互相连接的钢筋网、等等),当该非金属物处于需要防雷的空间之外时”;在其 2.2.5 的规定中,对利用建筑物的自然金属物作为自然引下线包括“建筑物的互相连接的钢筋网”;其 2.3.6 对自然接地体的规定是,“混凝土内互相连接的钢筋网或其他合适的地下金属结构,当其特性满足 2.5(译注:即对其材料和尺寸)的要求时可利用作为接地体。

国际上许多国家的防雷规范、标准也作了类同的规定。

钢筋混凝土建筑物的钢筋体偶而采用焊接连接,此时,提供了肯定的电气贯通。然而,更多的是,在交叉点采用金属绑线绑扎在一起,但是,不管金属性连接的偶然性,这样一种建筑物具有许许多多钢筋和连接点,它们保证将全部雷电流经过许多次再分流流入大量的并联放电路径。经验表明,这样一种建筑物可容易地被利用作为防雷装置的一部分。

利用屋顶钢筋作接闪器其前提是允许屋顶遭雷击时混凝土会有一些碎片脱开以及一小块防水、保温层遭破坏。但这对结构无损害,发现时加以修补就可以了。屋顶的防水层本来正常使用一段时期后就要修补或翻修。

另一方面,即使安装了专设接闪器,还是存在一个绕击问题,即比所规定的雷电流小的电流仍有可能穿越专设接闪器而击在屋顶的可能性。

利用建筑物的金属体做防雷装置的其他优点和做法请参见《基础接地体及其应用》一书(林维勇著,1980年中国建筑工程出版社出版)和全国电气装置标准图集 86SD566《利用建筑物金属体做防雷及接地装置安装》。

钢筋混凝土的导电性能,在其干燥时,是不良导体,电阻率较大,但当具有一定湿度时,就成了较好的导电物质,常可达 $100 \sim 200 \Omega \cdot m$ 。潮湿的混凝土导电性能较好,是因为混凝土中的硅酸盐与水形成导电性的盐基性溶液。混凝土在施工过程中加入了较多的水分,成形后结构中密布着很多大大小小的毛细孔洞,因此就有了一些水分贮存。当埋入地下后,地下的潮气,又可通过毛细管作用吸入混凝土中,保持一定湿度。

图 17.3.12 示出,在混凝土的真实湿度的范围内(从水饱和到干涸)其电阻率的变化约为 520 倍。在重复饱和和干涸的整个过程中,没有观察到各点的位移,也即每一湿度有一相应的电阻率。

建筑物的基础,通常采用 150~200 号混凝土。原苏联 1980 年有人提出一个用于 200 号混凝土的近似计算式,计算混凝土的电

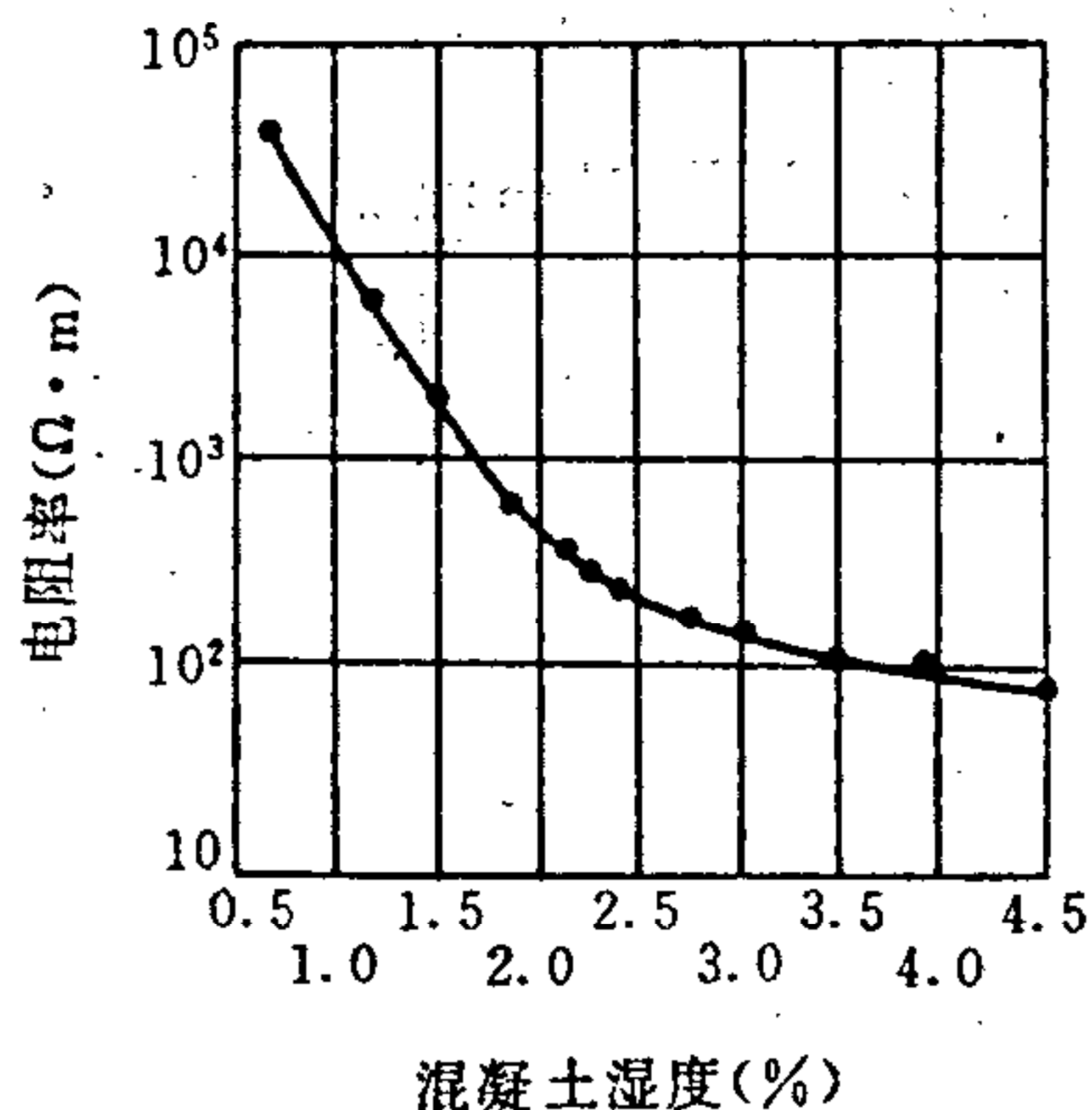


图 17.3.12 混凝土湿度对其电阻率的影响

阻率 $\rho(\Omega \cdot m)$ 与其湿度的关系式如下:

$$\rho = \frac{28000}{W^{2.6}} \quad (17.3.12-1)$$

式中 W ——混凝土的湿度(%)。

例如,当 $W=6\%$ 时, $\rho = \frac{28000}{6^{2.6}} = 265(\Omega \cdot m)$; 当 $W=7.5\%$ 时, $\rho = \frac{28000}{(7.5)^{2.6}} = 149(\Omega \cdot m)$ 。

根据我国的具体情况,土壤一般可保持有 20% 左右的湿度,即使在最不利的情况下,也有 5—6% 的湿度。

在利用基础内钢筋作接地体时,有人不管周围环境条件如何,甚至位于岩石上也利用,这是错误的。因此,补充了“周围土壤的含水量不低于 4%”。混凝土的含水量约在 3.5% 及以上时其电阻率就趋于稳定;当小于 3.5% 时电阻率随水分的减小而增大。根据图 17.3.12,含水量定为不低于 4%。该含水量应是当地历史上一年中最早发生雷闪时间以前的含水量,不是夏季的含水量。

如矿渣水泥、波特兰水泥就是以硅酸盐为基料的水泥。

混凝土的电阻率还与其温度成一定关系的反向作用,即温度升高,电阻率减小;温度降低,电阻率增大。

下面举几个例子说明我国 60 年代利用钢筋混凝土构件中钢筋作为接地装置的情况。

(1)北京某学院与某公司工程的设计中,采用钢筋混凝土构件中的钢筋,作为防雷引下线与接地体,并进行了测定,约 8000m² 建筑,其接地电阻夏季为 0.2~0.4 Ω ,冬季则为 0.4~0.6 Ω ,且几年中基本稳定。

(2)上海某广场全部采用了柱子钢筋作为防雷接地引下线,利用钢筋混凝土基桩作为接地极(基桩深达 35m),测定后,接地电阻为 0.2~1.8 Ω 。

(3)上海某大学利用钢筋混凝土基桩作为防雷接地装置,并测得接地电阻为 0.28~4 Ω (桩深为 26m)。

(4)云南某机床厂的约 2000m² 车间,采用后接地电阻为

0.7Ω。

(5)1963年7月曾对原北京第二通用机器厂进行了测定,数值如下:

- a. 立式沉淀池基础(捣制)4.5~5.5Ω;
- b. 四根高烟囱基础(捣制)3~5Ω;
- c. 露天行车的一根钢筋混凝土柱子(预制)2Ω;
- d. 同一露天行车的另一根柱子(预制)7Ω;
- e. 铸钢车间的一根钢筋混凝土柱子(预制)0.5Ω。

以前对基础的外表面涂有沥青质的防腐层时认为该防腐层是绝缘的,不可利用基础内钢筋作接地体。但是,实践证实并不是这样,国内外都有人作过测试和分析,认为是可利用作为接地体的。

原苏联有若干篇文献论及此问题,国内已有人将其编译为一篇文章,刊登于《建筑电气》1984年第4期,文章名称为“利用防侵蚀钢筋混凝土基础作为接地体的可能性”。在其结论中指出:“厚度3mm的沥青涂层,对接地体电阻无明显的影响,因此,在计算钢筋混凝土基础接地电阻时,均可不考虑涂层的影响。厚度为6mm的沥青涂层或3mm的乳化沥青涂层或4mm的粘贴沥青卷材时,仅当周围土壤的等值电阻率 $\leq 100\Omega \cdot m$ 和基础面积的平均边长 $S \leq 100m$ 时,其基础网电阻约增加33%,在其他情况下这些涂表层的影响很小,可忽略不计”。结论中还有其他的情况,不在这里一一介绍,请参看原译文。上述译文还指出,原苏联建筑标准对钢筋混凝土结构防止杂散电流引起腐蚀的规定中,给出防水层的两种状态:“最好的”(无保护部分的面积不大于1%)和“满足要求的”(无保护部分的面积为5~10%)。原全苏电气安装工程科学研究所对所测过的、具有防止弱侵蚀介质作用的沥青涂层和防止中等侵蚀介质作用的粘贴沥青卷材的单个基础、桩基、桩群以及基础底板的散流电阻进行了定量分析,说明在很多被测过的基础中,没有一个基础是处于“最好的”绝缘状态。据此,可以做出这样的假设:在强侵蚀介质中,防护层的防水状态也不是“最好的”。上述结论就是在这—前提下作出的。

原东德标准(TGL33373/01/1981年2月,接地、等电位和防雷在建筑技术上的措施)对基础接地体的说明是:“埋设在直接与土地接触或通过含沥青质的外部密封层与土地平面接触的基础内在电气上非绝缘的钢筋、钢埋入件和金属结构”。

原苏联现行1987年版的建构筑物防雷导则中也指出,钢筋混凝土基础的沥青涂层和乳化沥青涂层不妨碍利用它作为防雷接地体。

因此,本条规定钢筋混凝土基础的外表面无防腐层或有沥青质的防腐层(如二毡三油或三毡四油)时,基础内的钢筋宜作为接地装置。

规定混凝土中防雷导体的单根钢筋或圆钢的最小直径不应小于10mm是根据以下的计算定出的。

钢筋混凝土结构设计规范规定构件的最高允许表面温度是,对于需要验算疲劳的构件(如吊车梁等承受重复荷载的构件)不宜超过60℃;对于屋架、托架、屋面梁等不宜超过80℃;对于其它构件(如柱子、基础)则没有规定最高允许温度值,对于此类构件可按不宜超过100℃考虑。

由于建筑物遭雷击时,雷电流流经的路径为屋面、屋架(或托架或屋面梁)、柱子、基础。流经需要验算疲劳的构件(如吊车梁等承受重复荷载的构件)的雷电流已分流到很小的数值。因此,雷电流流过构件内钢筋或圆钢后,其最高温度值为按80~100℃考虑。现取最终温度80℃作为计算值。钢筋的起始温度取40℃,这是一个很安全的数值。

根据IEC出版物364—5—54,钢导体的温升和截面的计算式如下:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} = \frac{\sqrt{I^2 t}}{\sqrt{\frac{Q_c \cdot (B + 20)}{\rho_{20}} \cdot \ln\left(1 + \frac{\theta_f - \theta_i}{B + \theta_i}\right)}}$$

$I^2 t$ 用 $k_c^2 \int i^2 dt$ 代入,上式即成为

$$S = k_c \sqrt{\frac{\rho_{20} \cdot \int i^2 dt}{Q_c (B + 20) \ln \left(1 + \frac{\theta_f - \theta_i}{B + \theta_i} \right)}} \quad (17.3.12-2)$$

式中 S ——钢导体的截面积(mm^2);

Q_c ——钢导体的体积热容量($\text{J}/(\text{C} \cdot \text{mm}^3)$),取值 3.8×10^{-3} ;

B ——钢导体在 0C 时的电阻率温度系数的倒数(C),取值 202;

ρ_{20} ——钢导体在 20C 时的电阻率($\Omega \cdot \text{mm}$),取值 138×10^{-6} ;

θ_i ——钢导体的起始温度(C),取值 40;

θ_f ——钢导体的最终温度(C),取值 80。

将有关已定数值代入式 17.3.12-2,得

$$S = 3.27 \times 10^{-2} k_c \sqrt{\int i^2 dt} \quad (17.3.12-3)$$

对于第二类防雷建筑物至少应有两根引下线,同时根据表 17.3.3-1 和规范中图 17.3.11 得 $\int i^2 dt = 5.6 \times 10^6$ 和 $k_c = 0.66$ 。

对于第三类防雷建筑物,由于可能只有一根引下线,因此,得 $\int i^2 dt = 2.5 \times 10^6$ 和 $k_c = 1$ 。

将上述的 k_c 和 $\int i^2 dt$ 值代入式 17.3.12-3,对于第二类防雷建筑物得 $S = 51.1 \text{mm}^2$,其相应直径为 8.06mm;对于第三类防雷建筑物得 $S = 51.7 \text{mm}^2$,其相应直径为 8.11mm。

即使对第二类防雷建筑物 k_c 取 1 时,钢导体的截面为 $S = 77.38 \text{mm}^2$,其相应直径为 9.93mm。

对于第二类防雷建筑物($k_c = 0.66$)和第三类防雷建筑物($k_c = 1$),即使最终温度为 60C ,其相应的钢导体截面和直径:对第二类防雷建筑物 $S = 70.9 \text{mm}^2$ 、 $\phi 9.5 \text{mm}$,对第三类防雷建筑物 $S = 71.78 \text{mm}^2$ 、 $\phi 9.56 \text{mm}$ 。

上述钢导体的直径均小于 10mm。

埋设在土壤中的混凝土基础的起始温度取 30℃(我国地下 0.8m 处最热月土壤平均温度,除少数地区略超过 30℃外,其余均在 30℃以下);最终温度取 99℃,以不发生水的沸腾为前提。在此基础上求出的钢筋与混凝土接触的每一平方米表面积允许产生的单位能量不应大于 $1.32 \times 10^6 \text{J}/(\Omega \cdot \text{m}^2)$ (另见本规范 17.3.13.3 的说明)。因此,对于第二类防雷建筑物,钢筋表面积总和不应少于 $\frac{5.6 \times 10^6 k_c^2}{1.32 \times 10^6} = 4.24 k_c^2 (\text{m}^2)$;对于第三类防雷建筑物,钢筋表面积

总和不应少于 $\frac{2.5 \times 10^6 k_c^2}{1.32 \times 10^6} = 1.89 k_c^2 (\text{m}^2)$ 。

确定环形人工基础接地体尺寸的几条原则:

(1)在相同截面(即在同一长度下,所消耗的钢材重量相同)下,扁钢的表面积总是大于圆钢的,所以,建议优先选用扁钢,可节省钢材。

(2)在截面积总和相等之下,多根圆钢的表面积总是大于一根的,所在,在满足所要求的表面积的前提下,来选用多根或一根圆钢。

(3)圆钢直径选用 8、10、12mm 三种规格,选用大于 $\phi 12\text{mm}$ 圆钢一来浪费材料,二来施工时不易于弯曲。

(4)混凝土电阻率取 $100 \Omega \cdot \text{m}$,这样,混凝土内钢筋体有效长度为 $2 \sqrt{\rho} = 20\text{m}$,即从引下线连接点开始,散流作用按各方向 20m 考虑。

(5)周长 $\geq 60\text{m}$,按 60m 考虑,设三根引下线,此时, $k_c = 0.44$,另外还有 56% 的雷电流从另两根引下线流走,每根引下线各占 28%。设这 28% 从两个方向流走,每一方向流走 14%。因此,与第一根引下线连接的 40m 长接地体(一个方向 20m,两个方向共计 40m)共计流走总电流的 $(0.44 + 0.14 + 0.14 = 0.72)72\%$,即条文上一段所规定的 $4.24 k_c^2$ 和 $1.89 k_c^2$ 中的 k_c 等于 0.72。

(6) $\geq 40\text{m}$ 至 $< 60\text{m}$ 周长时按 40m 长考虑, k_c 等于 1,即按

40m 长流走全部雷电流考虑。

(7) <40m 周长时无法预先定出规格和尺寸,只能按 $k_c=1$ 由设计者根据具体长度计算并按以上原则选用。

根据以上原则所计算的结果列于表 17.3.12。

确定环形人工基础接地体的计算结果 表 17.3.12

周长 (m)	k_c 值	环形人工基础接地体的表面积	
		第二类防雷建筑物	第三类防雷建筑物
≥60	0.72	$4.24k_c^2=2.2m^2$	$1.89k_c^2=0.98m^2$
		4×25 扁钢 40m 长的 表面积=2.32m ² 2×φ10 圆钢 40m 长表 面积总和=2.513m ²	1×φ10 圆钢 40m 长 的表面积=1.257m ²
≥40 至 <60	1	$4.24k_c^2=4.24m^2$	$1.89k_c^2=1.89m^2$
		4×50 扁钢 40m 长的 表面积=4.32m ² 40m 长圆钢表面积 4×φ10 的=5.03m ² 3×φ12 的=4.52m ²	4×20 扁钢 40m 长的 表面积=1.92m ² 40m 长圆钢表面积 2×φ8 的=2.01m ²

注:采用一根圆钢时,其直径不应小于 10mm。

整个建筑物的槽形、板形、块形基础的钢筋表面积总是能满足对钢筋表面积的要求。

混凝土内的钢筋借绑扎作为电气连接,当雷电流通过时,在连接处是否可能随此而发生混凝土的爆炸性炸裂。为了澄清这一问题,瑞士高压问题研究委员会进行过研究,认为钢筋之间的普通金属绑丝连接对防雷保护说来是完全足够的,而且确证,在任何情况下,在这样连接附近的混凝土决不会碎裂,甚至出现雷电流本身把绑在一起的钢筋焊接起来,如点焊一样,通过电流以后,一个这样

的连接点的电阻下降为几个毫欧的数值。

日本对试样做过试验,其结果是,有一个试样的一个绑扎点通过 48kA 和两个试样的各一个绑扎点通过 61kA 后,采用绑扎连接的这三个钢筋混凝土试样才遭受轻度裂缝的破坏。这说明一个绑扎点可以安全地流过若干万安培的冲击电流。

从以上试验可以认为,在雷电流流过的路径上,有一些并联的绑扎点时,就会是安全的。

许多国家的建筑物防雷规范和标准均允许利用绑扎连接的钢筋体作为防雷装置。

17.3.13

17.3.13.1 根据 IEC 1024-1 防雷标准 2.3.3.2 导出本条的规定,见本规范 17.3.6.6 的说明。

当环形接地体所包围的面积 A 的平均几何半径 $r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 5\text{m}$ 和 $\rho \leq 3000\Omega \cdot \text{m}$ 时,其工频接地电阻 R 约为 $R = \frac{2\rho}{3d} = 0.067\rho (\Omega)$ 。

17.3.13.2 根据本条第一款的规定,当 $\sqrt{\frac{A}{\pi}} \geq 5$ 时,得 $A \geq 78.54$,取整数,故定为 $A \geq 80$ 。

17.3.13.3 本款系根据实际需要和实践经验补充增加的。(1)保证地面电位分布均匀。(2)保证雷电流较均匀分配到雷击点附近作为引下线的金属导体和各接地体上。(3)保证混凝土基础的安全性。

(1)中“绝大多数柱子基础”是指在一些情况下少数柱子基础难于连通的情况,如车间两端在钢筋混凝土端屋架中间(不是屋架的两头)的柱子基础,即挡风柱基础。

地中混凝土的起始温度取 30°C ,最高允许温度取 99°C 。混凝土的含水量按混凝土重量的 5% 计算。边长一米的基础混凝土立方体的热容量 Q_1 为:

$$Q_1 = (C_1 + 0.05C_2)M_1 \cdot \Delta T (\text{J/m}^3) \quad (17.3.13-1)$$

式中 C_1 ——混凝土的比热容(J/(kg·K)),取 8.82×10^2 ;

C_2 ——水的比热容(J/(kg·K)),取 4.19×10^3 ;

M_1 ——边长 1 米的混凝土立方体的重量(kg/m³),取 2.1×10^3 ;

ΔT ——温度差,对于起始温度为 30℃和最终温度为 99℃的场合, $\Delta T=69^\circ\text{C}$ 。

将以上有关数值代入式 17.3.13-1 得 $Q_1 = 1.58 \times 10^8 \text{ J/m}^3$ 。

雷电流从钢筋表面(设钢筋与混凝土的接触表面积为 1m²)流入混凝土(混凝土折合成边长 1m 的立方体)时所产生的热量按下式计算:

$$Q_2 = \int_0^t i^2 \rho dt = \rho \int_0^t i^2 dt \quad (17.3.13-2)$$

式中 ρ ——混凝土在 30~99℃时的平均电阻率,取 $120\Omega \cdot \text{m}$ 。

使 $Q_2 = Q_1$, 得 $\rho \int_0^t i^2 dt = 1.58 \times 10^8$, 所以

$$\begin{aligned} \int_0^t i^2 dt &= \frac{1.58 \times 10^8}{120} = 1.32 \times 10^6 (\text{J}/(\Omega \cdot \text{m}^2)) \\ &= 1.32 (\text{MJ}/(\Omega \cdot \text{m}^2)) \end{aligned}$$

上式的计量单位 MJ/(Ω·m²)说明雷电流从 1m² 钢筋表面积流入混凝土所产生的单位能量应不大于 1.32MJ/Ω。

从表 17.3.3-1 得第二、三类防雷建筑物的单位能量(即 $\int_0^t i^2 dt$)分别为 5.6MJ/Ω 和 2.5MJ/Ω。

由于单位能量与雷电流的平方成正比,亦即与分流系数 k_c 的平方成正比。根据本规范图 17.3.11c 取 $k_c=0.44$, 因此,分流后流经一根柱子的雷电流,它所产生的单位能量分别为 $5.6 \times (0.44)^2 = 1.084 (\text{MJ}/\Omega)$ 和 $2.5 \times (0.44)^2 = 0.484 (\text{MJ}/\Omega)$ 。

将这两个数值分别除以 $\int_0^t i^2 dt = 1.32 (\text{MJ}/(\Omega \cdot \text{m}^2))$, 则相应

所需的基础钢筋表面积分别为 $\frac{1.084}{1.32} = 0.82(\text{m}^2)$ 和 $\frac{0.484}{1.32} = 0.37(\text{m}^2)$ 。

关于基础钢筋表面积的计算,现举一个实际设计例子。图 17.3.13 为车间一个柱子基础的结构设计。

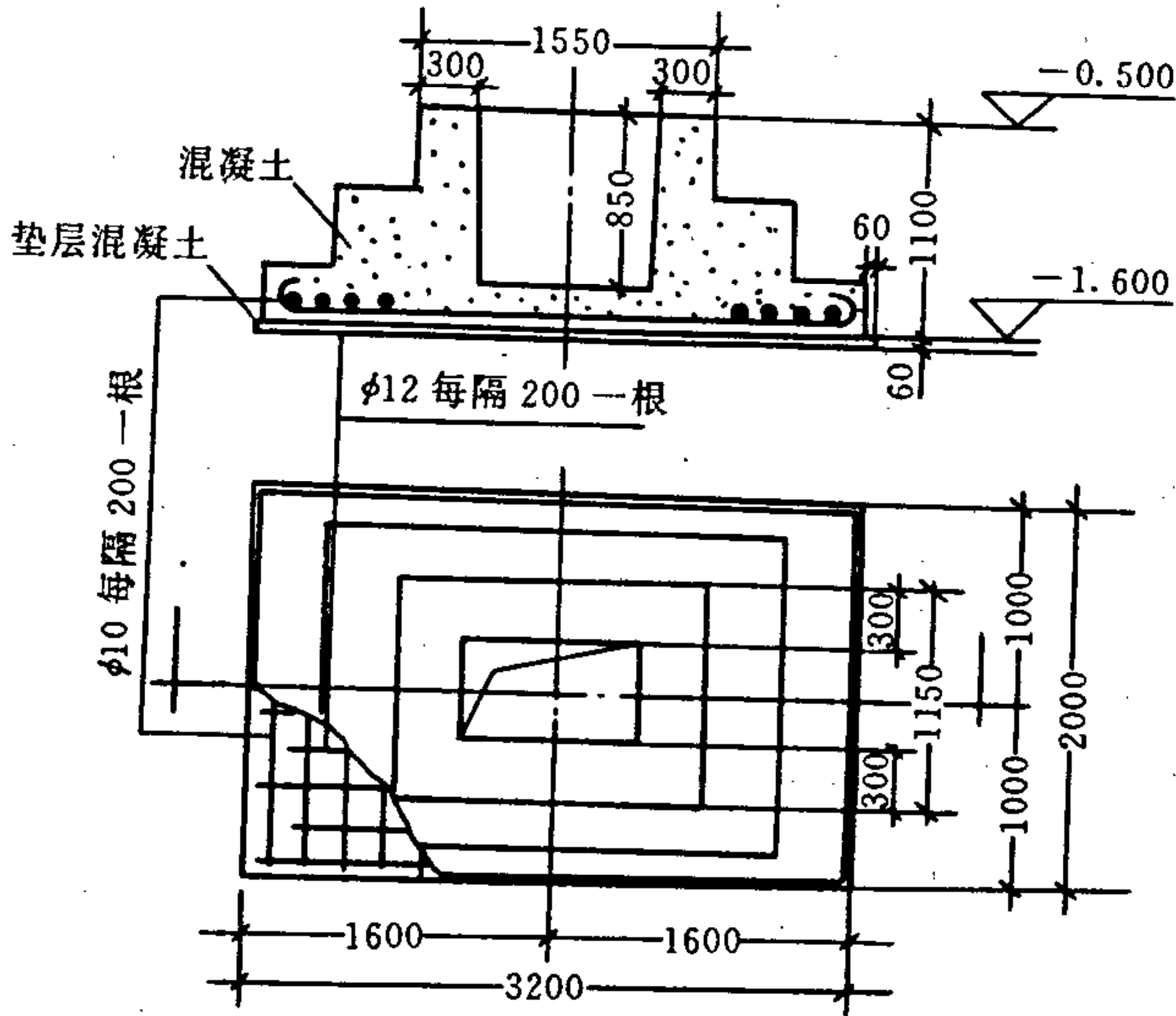


图 17.3.13 一车间的柱子基础结构图

$\phi 10$ 钢筋周长为 $0.01\pi\text{m}$, 每根长 2m, 每根的表面积为 $0.02\pi\text{m}^2$ 共计 $\frac{2000}{200} = 10$ 根, 故 $\phi 10$ 钢筋的总表面积为 $0.2\pi\text{m}^2$ 。

$\phi 12$ 钢筋周长为 $0.012\pi\text{m}$, 每根长 3.2m, 每根的表面积为 $3.2 \times 0.012\pi = 0.0384\pi(\text{m}^2)$, 共计 $\frac{3200}{200} = 16$ 根, 故 $\phi 12$ 钢筋的总表面积为 $16 \times 0.0384\pi = 0.6144\pi(\text{m}^2)$ 。

因此, 基础钢筋的总表面积为上述两项之和, 即 $0.2\pi + 0.6144\pi = 0.8144\pi = 2.56(\text{m}^2)$ 。

17.3.14 建筑物内的主要金属物不包括混凝土构件内的钢筋。

17.3.15

17.3.15.1 以规范中式 17.3.3-1 和 17.3.3-2 为基本式,根据表 17.3.3-1 和表 17.3.3-2,第二类防雷建筑物和第一类防雷建筑物的雷电流幅值之比为 0.75,即 $\frac{150}{200}=0.75$ 、 $\frac{37.5}{50}=0.75$ 。因此,以基本式乘上 0.75 和 k_c 值则导出规范中式 17.3.15-1 和式 17.3.15-2。

k_c 值按规范中图 17.3.11 确定,它引自 IEC 1024-1 防雷标准的图 3、图 4、图 5。 k_c 为考虑分流作用而引入的系数,由于引下线根数不同、接法不同而采用不同的数值。IEC 的 k_c 值适用于引下线间距 20m。本规范第二类和第三类防雷建筑物的引下线间距分别不大于 18m 和 25m。所以,将 IEC 的 k_c 值用于第二类防雷建筑物将会是更安全。而用于第三类则 k_c 值偏小些。但在设计时引下线间距受建筑条件限制,实际上,引下线间距通常都小于 25m,因此,第三类防雷建筑物的 k_c 值与第二类的一样也采用 IEC 的 k_c 值。

17.3.15.2 规范中式 17.3.15-3 为式 17.3.15-2 中的电感压降分量部分。

“当利用建筑物的钢筋或钢结构作为引下线,同时建筑物的大部分钢筋、钢结构等金属物与被利用的部分连成整体时,金属物或线路与引下线之间的距离可不受限制”这段系根据 IEC 1024-1 防雷标准的有关规定补充的,见本规范 17.3.2 的说明。

17.3.15.4 砖墙的击穿强度为空气击穿强度的二分之一与 IEC 1024-1 防雷标准的表 9 一致,但规定混凝土墙的击穿强度与空气击穿强度相同系参考德国电工杂志(etz)1986 年 107 卷第 1 期《建筑材料对确定安全距离的影响》一文,在该文献中提到:“混凝土的冲击击穿电压约相当于空气的,所以,混凝土的厚度可按同样的空气厚度看待”;在结束语中指出:“通常,建筑材料的冲击电压强度比空气的小(至多小二分之一)。只有混凝土的击穿强度与空气的相等。尚未发现有介电强度比空气高的建筑材料”。

17.3.15.5 前半段的理由参见本规范 17.3.6.8 的说明。

当变压器附近的建筑物防雷装置接受雷闪时,接地装置电位升高,变压器外壳电位也升高。由于变压器高压侧各相绕组是相连的,对外壳的雷击高电位说来,可看作处于同一低电位,外壳的高电位可能击穿高压绕组的绝缘,因此,应在高压侧装设避雷器。当避雷器反击穿时,高压绕组则处于与外壳相近的电位,高压绕组得到保护。另一方面,由于变压器低压绕组的中心点与外壳在电气上是连接在一起的,当外壳电位升高时,该电位加到低压绕组上,低压绕组有电流流过,并通过变压器绕组的电磁感应使高压侧可能产生危险的高电位。若在低压侧装设避雷器,当外壳出现危险的高电位时低压避雷器动作放电,大部分雷电流经避雷器流过,因此,保护了高压绕组。

17.3.16

17.3.16.2 (1)见 17.3.5.1 的说明。

17.3.16.3 (1)仅要求“电缆埋地长度不应小于 15m”代替原规范的 50m。其理由为:第一、本类建筑物不是爆炸危险类,要求可低些;第二、原 50m 埋地电缆的要求不合理,参见本规范 17.3.5.1 的说明。

17.3.16.4 架空金属管道在入户处与防雷接地相连或独自接地,当雷直击其上,引入屋内的电位,与雷直击于屋顶接闪器相似。对爆炸危险类,距建筑物约 25m 处还接地一次,再加上附近各管道支架的泄流作用,对建筑物的安全更可靠。

17.3.17 由于高避雷针和高层建筑物,在其顶点以下的侧面有遭到雷击的记载,因此,显然地,希望考虑其它高层建筑物上部侧面的保护。有三点理由认为这种雷击事故是轻的。侧击具有短的极限半径(吸引半径),也即小的滚球半径 h_r ,其相应的雷电流也是较小的;第二,高层建筑物的建筑结构通常能耐受这类小电流的侧击;第三,建筑物遭受侧击损坏的记载尚不多,这点真实地证实前两点的实在性。因此,对高层建筑物上部侧面雷击的保护不需另设专门接闪器,而利用建筑物本身的钢构架、钢筋体及其他金属物。

将窗框架、栏杆、表面装饰物等较大的金属物连到建筑物的钢构架或钢筋体进行接地,这是首先应采取的防侧击的预防性措施。

对第二类防雷建筑物,由于滚球半径 h_r 规定为 45m(见本规范的表 17.5.2),所以,17.3.17.3 规定“45m 以上”。

垂直管道及类似物在顶端和底端与防雷装置连接,其目的在于等电位。由于两端连接,使其与引下线成了并联路线,因此,必然参与导引一部分雷电流。

IV 第三类防雷建筑物的防雷措施

17.3.19 “平屋面的建筑物,当其宽度不大于 20m 时,可仅沿周边敷设一圈避雷带”的规定是根据以往的习惯做法定的。

17.3.21 见本规范 17.3.12 的说明。

17.3.22 见本规范 17.3.13 的说明。

17.3.24 国内砖烟囱的高度通常都没有超过 60m。国家标准图也只设计到 60m。60m 以上就采用钢筋混凝土烟囱。对第三类防雷建筑物高于 60m 的部分才考虑防侧击。钢筋混凝土烟囱本身已有相当大的耐雷水平。故在本条文中不提防侧击问题。其它理由见 17.3.17 的说明。

金属烟囱的铁板截面积完全足以导引最大的雷电流。关于接闪问题,按本规范 17.4.4 的规定,当不需要防金属板遭雷击穿孔时,其厚度不应小于 0.5mm。本条的金属烟囱即属于此类。而实际采用的铁板厚度总是大于 0.5mm。故在本条中对金属烟囱铁板的厚度无须再提及。金属烟囱本身的连接(每段与每段的连接)通常采用螺栓,这对于一般烟囱的防雷已足够,即使雷击时有火花发生,不会有任何危险,故对此问题也无需提出要求。

17.3.25 见本规范 17.3.6.2 和 17.3.10 的说明。

17.3.26 根据表 17.3.3-1 和表 17.3.3-2,第三类防雷建筑物和第二类防雷建筑物的雷电流幅值之比为三分之二,即 $\frac{100}{150} = \frac{2}{3} \cdot \frac{50}{75} =$

$\frac{2}{3}$ 。因此,以规范中式 17.3.15-1、17.3.15-2 和 17.3.15-3 乘以三

分之二则导出规范中式 17.3.26-1、17.3.26-2 和 17.3.26-3。另见本规范 17.3.6.4、17.3.15.1、17.3.15.2 和 17.3.15.4 的说明。

17.3.27

17.3.27.2 根据以前的调查，沿低压架空线路侵入高电位而造成的事故占总雷害事故的 70% 以上，如上海 1956~1963 年的统计资料，74 起雷击起火事故中 71.6% 以上是高电位侵入造成的；北京 1956~1957 年的 224 起雷击建筑物事故中有 120 起是高电位侵入造成的。因此，防直击雷和防高电位侵入的措施必须结合起来考虑。以前在调查中发现，有些建筑物虽然采取了防直击雷措施，但用电设备仍被雷打坏，例如海南岛某农机厂就是在建筑物上装设了避雷针，但车间内的用电设备仍被雷打坏。由于高电位引入而造成的事故，绝大部分为木电杆线路。钢筋混凝土电杆线路由于电杆的自然接地起了作用，发生事故者很少。据以前的调查，进户线绝缘子铁脚采取了接地措施后没有发现雷击死亡事故。

如果只将绝缘子铁脚接地，仅在铁脚与导线之间形成一个放电保护间隙，其放电电压约为 40kV，这对保护人身安全是可靠的，但要保护低压电气设备和线路就不够了，因室内低压电气设备和线路的耐冲击电压 IEC 规定最大为 6kV。那么，在绝缘子放电之前，可能室内的电气设备或线路已被击穿，故要增设避雷器来保护室内的电气设备和线路。

近年来，家电及办公自动化日渐普及，雷害事故每年都有报导，下面举一例子。1990 年 5 月 1 日北京晚报第 2 版刊登：“3 月 30 日晚七时半，怀柔城关镇突然雷鸣电闪，暴雨倾盆而下。骤然来临的雷击，使怀柔城关一些电器设备，包括家用电器、配电盘受损。原因是未采取防范措施，没及时拔掉天线、关闭电器、切断电源。据了解，保险公司已收到 50 多保户报案电器受损。经查勘登记后，有部分电器已送到指定家电维修部修理；对证实确属保险责任的损失，保险公司将给予赔偿。”

17.3.28 对第三类防雷建筑物，由于滚球半径 h_r 规定为 60m（见

本规范的表 17.5.2) 所以, 将 45m 改为 60m。另参见本规程 17.3.17 的说明。

V 其它防雷措施

17.3.32

17.3.32.1 当无金属外壳或保护网罩的用电设备不在接闪器的保护范围内时, 其带电体遭雷击的可能性比处在保护范围内的大得多, 而带电体遭直接雷击后可能将高电位引入室内。当采用避雷网时, 根据避雷网的保护原则, 被保护物应处于该网之内并不高出避雷网。

17.3.32.2 穿钢管和两端连接的目的在于使其起到屏蔽、分流和集肤作用。由于配电盘外壳已按电气安全要求作了接地, 不管该接地与防雷接地是否共用, 这保护管实际上与防雷装置的引下线并联, 各起到了分流作用。当防雷装置或设备金属外壳遭雷击时, 均有一部分雷电流经钢管、配电盘外壳入地。这部分雷电流将对钢管内的线路感应出与其在钢管上所感应出的电压同值, 即 $L \frac{di}{dt} = M \frac{di}{dt}$, 因 $L=M$ 。因此, 可降低线路与钢管之间的电位差。当雷击中带电体并使带电体与钢管短接时, 由于钢管的集肤作用(雷电流的频率达数千赫兹)和上述的互感电压将使雷电流从钢管流走, 管内线路无电流。

17.3.32.3 由于在白天开关处于断开状态, 对节日彩灯还有在其不使用的期间内, 开关均处于断开状态, 当防雷装置或设备金属外壳遭雷击时, 开关电源侧的电线、设备与钢管和配电盘外壳之间可能产生危险的电位差, 故宜在开关的电源侧装设过电压保护器。

17.3.33 以前在调查中发现, 有的单位把电话线、广播线以及低压架空线等悬挂在独立避雷针、架空避雷线立杆以及建筑物的防雷引下线上, 这样容易造成高电位侵入, 这是非常危险的, 故规定本条。

17.4 防雷装置

I 接闪器

17.4.1 本条避雷针所采用的尺寸,沿用习惯数值。按热稳定校验,只要很小的截面就够了。所采用的尺寸主要是考虑机械强度和防腐问题。在同样的风压和长度下,本条采用的钢管所产生的挠度比圆钢的小。经计算,如果允许挠度采用 $\frac{1}{50}$,则各尺寸的允许风压可达表 17.4.1 所示的数值。

避雷针允许的风压(kN/m²)

表 17.4.1

1m 长避雷针	φ12 圆钢	2.66
	φ20 钢管	12.32
2m 长避雷针	φ16 圆钢	0.79
	φ20 圆钢	1.54
	φ25 钢管	2.43
	φ40 钢管	5.57

17.4.2 在同一截面下,圆钢的周长比扁钢的小,因此,其与空气的接触面也小,受空气腐蚀相对也小,此外,圆钢易于施工,材料易取得。所以,建议优先采用圆钢。

17.4.4 本条系参考国际电工委员会 IEC 1024-1 建筑物防雷标准的有关规定而定的。

已证实,铁板遭雷击时其与闪击通道接触处由于熔化而烧穿仅当其厚度小于 4mm 时才可能。

金属体与闪击通道接触处的热过程极为复杂,而且不好准确计算。当这一现象用简化的模型表示时可假定,接触区的热分配与固定的电弧类同。电弧在金属电极表面产生数十伏的电压降

(U_c , 以下计算取其值为 30V), 它几乎与雷电流的大小无关。使金属加热的能量为 $W=U_cQ$, 式中 Q 为流经雷击点的电荷 (C)。考虑全部能量用于加热金属体时, 雷击每库仑电荷能熔化以下的金属体积:

$$\text{铁 } \frac{V}{Q} \approx 4.4 \frac{\text{mm}^3}{\text{C}}; \text{铜, } \frac{V}{Q} \approx 5.4 \frac{\text{mm}^3}{\text{C}}; \text{铝, } \frac{V}{Q} \approx 12 \frac{\text{mm}^3}{\text{C}}。$$

雷击点加热面积的直径取 50~100mm (相应面积为 1963~7854mm²)。已知电荷 Q 值则可估算金属的熔化深度。如正闪击的全部电荷的平均值 (50% 概率) 为 80C (负闪击的相应值仅为 8C), 则熔化深度: 铁为 0.045~0.179mm、铜为 0.055~0.22mm、铝为 0.122~0.489mm。

根据表 13.3.3-4 的注, 对第二、第三类防雷建筑物一次闪击的总电荷量分别为 225C 和 150C, 其相应的金属熔化深度分别为铁 0.127~0.503mm、铜 0.155~0.619mm、铝 0.343~1.375mm 和铁 0.084~0.336mm、铜 0.103~0.413mm、铝 0.229~0.917mm。

17.4.6 敷设在混凝土内的金属体, 由于受到混凝土保护不需要采取防腐措施。

17.4.7 由于这类共用天线可能改变位置、改型、取消, 故规定本条。

II 引 下 线

17.4.8 参见本规范 17.4.2 的说明。

17.4.9 为了减小引下线的电感量, 故引下线应沿最短接地路径敷设。

对于建筑艺术要求较高的建筑物, 引下线可采用暗敷设但截面要加大, 这主要是考虑维修困难。

17.4.12 由于引下线在距地面最高为 1.8m 处设断接卡, 为便于拆装断接卡以及拆装时不破坏保护设施, 故规定“地面上 1.7m”。改性塑料管为耐阳光晒的塑料管。

III 接地装置

17.4.13 所采用的最小截面是考虑一定的耐腐蚀能力并结合实际使用尺寸而提出的。这些截面在一般情况下能得到良好的使用效果,但是腐蚀性较大的土壤中,应采取镀锌等防腐措施或加大截面。

在本规范 2.1.104 中已说明接地线为“从引下线断接卡或换线处至接地体的连接导体”。为便于施工和一致性(埋地导体截面相同)故规定“接地线应与水平埋设接地体的截面相同”。

17.4.14 当接地装置由多根水平或垂直接地体组成时,为了减小相邻接地体的屏蔽作用,接地体的间距一般为 5m,相应的利用系数约为 0.75~0.85。当接地装置的敷设地方受到限制时,上述距离可以根据实际情况适当减小,但一般不小于垂直接地体的长度。

17.4.15 接地体深埋地下接触良导电性土壤,泄放电流效果好,接地体埋得愈深,土壤湿度和温度的变化愈小,接地电阻愈稳定。根据计算,在均匀土壤电阻率的情况下埋得太深对降低接地电阻值不显著。实际上,接地装置埋设深度一般不小于 0.5~0.8m,这一深度既能避免接地装置遭受机械损坏,同时也减小气候对接地电阻值的影响。

将人工接地体埋设在混凝土基础内(一般位于底部靠室外处,混凝土保护层的厚度 $\geq 50\text{mm}$),因得到混凝土的防腐保护,日后无需维修。但如果将接地体直接放在基础坑底与土壤接触,由于受土壤腐蚀,日后维修困难,甚至无法维修,不推荐采用这种方法。为使日后维修方便,埋地人工接地体距墙和基础应有一定距离,以前的单位按 $\geq 3\text{m}$ 做,无此必要。

17.4.16

(1)根据 IEC 的 81(Secretariat)13/1984 年 1 月的文件(TC81 第 4 工作组的进展报告),在其附件(防雷接地体的有效长度)中提及:“由于电脉冲在地中的速度是有限的,而且由于冲击雷电流的陡度是高的,一接地系统仅有一定的最大延伸长度有效地将冲击

电流散流入地”。在该附件的附图中画出两条线,其一是接地体延伸长度最大值, l_{\max} , 它对应于长波头, 即对应于雷闪对大地的第一次闪击; 另一是最小值 l_{\min} , 它对应于短波头, 即对应于雷闪对大地在第一次闪击以后的闪击。将 l_{\max} 和 l_{\min} 这两条线以计算式表示之, 则可得出: $l_{\max} = 4 \sqrt{\rho}$ 和 $l_{\min} = 0.7 \sqrt{\rho}$, 取其平均值, 得 $\frac{l_{\max} + l_{\min}}{2} = 2.35 \sqrt{\rho} \approx 2 \sqrt{\rho}$ 。

本款参考以上及其他资料, 并考虑便于计算, 故规定了“外引长度不应大于有效长度(见本规程附录 O)”, 即 $2 \sqrt{\rho}$ 。

当水平接地体敷设于不同土壤电阻率时, 可分段计算。例如, 一外引接地体先经 50m 长的 $2000\Omega \cdot m$ 土壤电阻率, 以后为 $1000\Omega \cdot m$ 。先按 $2000\Omega \cdot m$ 算出有效长度为 $2 \sqrt{2000} = 89.4(m)$, 减去 50m 余 39.4m, 但它是敷设在 $1000\Omega \cdot m$ 的而不是 $2000\Omega \cdot m$ 土壤中, 故要按下式换算为 $1000\Omega \cdot m$ 条件下的长度, 即 $l_1 = l_2 \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}}$ 。将以上数值代入, 得 $l_1 = 39.4 \sqrt{\frac{1000}{2000}} = 27.9(m)$ 。因此, 有效长度为 $50 + 27.9 = 77.9(m)$, 而不是 89m。其它情况类推。

17.5 接闪器的选择与布置

17.5.2 规范中表 17.5.2 是参考 IEC 1024-1 防雷标准的 2.1.2 及其表 1 并结合我国具体情况和已往的习惯做法而定的。

按照防雷级别布置接闪器

IEC 表 1

防雷级别	避雷针高度(m)	20	30	45	60	避雷网网格宽(m)
	保护角(°)					
	滚球半径(m)					
I	20	25	*	*	*	5
I	30	35	25	*	*	10
II	45	45	35	25	*	10

(续)

防雷 级别	避雷针高度(m)	20	30	45	60	避雷网网 格 宽 (m)
	保护角(°)					
IV	60	55	45	35	25	20

* 在这些情况下仅采用滚球法和避雷网。

(注:关于接闪器布置和保护级别之间的关系及确定方法将在以后 IEC 的出版物,即指南 B 防雷装置的建设中列出)。”

IEC 1024-1 防雷标准有关上述的内容为:“2.1.2 布置:当符合表 1 的要求时,接闪器的布置就是合适的。在设计接闪器时,可单独或任意组合地采用以下方法:a)保护角;b)滚动球体;c)合适的网格。

保护角是以滚球法作为基础,以等效法计算而得,使保护角保护的空间等于滚球法保护的空间。但在具体位置上的保护范围有明显的矛盾,为避免以后在应用上的争议,故本规范不采用。

用防雷网格形导体以给定的网格宽度和给定的引下线间距盖住需要防雷的空间。这种方法也是一种老方法,通常被称为法拉弟保护型式。

用许多防雷导体(通常是垂直和水平导体)以下列方法盖住需要防雷的空间,即用一给定半径的球体滚过上述防雷导体时不会触及需要防雷的空间。这种方法通常被称为滚球法。它是基于以下的雷闪数学模型(电气—几何模型):

$$h_r = 2I + 30(1 - e^{-\frac{I}{6.8}}) \quad (17.5.2-1)$$

或简化为:
$$h_r \approx 9.4I^{\frac{2}{3}} \quad (17.5.2-2)$$

式中 h_r ——雷闪的最后闪络距离(击距),也即本章所规定的滚球半径(m);

I ——与 h_r 相对应的得到保护的最小雷电流幅值(kA),即比该电流小的雷电流可能击到被保护的空间。

在电气—几何模型中,雷先导的发展起初是不确定的,直到先

导头部电压足以击穿它与地面目标间的间隙时,也即先导与地面目标的距离等于击距时,才受到地面影响而开始定向。

与 h_r 相对应的雷电流按式 17.5.2-2 整理后为 $I = \left(\frac{h_r}{9.4} \right)^{1.5}$, 以规范中表 17.5.2 中的 h_r 值代入,得:对第一类防雷建筑物 ($h_r = 30\text{m}$), $I = 5.7\text{kA}$;对第二类防雷建筑物 ($h_r = 45\text{m}$), $I = 10.5\text{kA}$;对第三类防雷建筑物 ($h_r = 60\text{m}$), $I = 16.1\text{kA}$ 。即雷电流小于上述数值时,雷闪有可能穿过接闪器击于被保护物上,而等于和大于上述数值时,雷闪将击于接闪器上。

本规范所提出的接闪器保护范围是以滚球法为基础,其优点是:

(1)除独立避雷针、避雷线受相应的滚球半径限制其高度外,凡安装在建筑物上的避雷针、避雷线(带)不管建筑物的高度如何,都可采用滚球法来确定保护范围。如对第二、三类防雷建筑物,当防侧击按本规范 17.3.17 和 17.3.28 解决外,只要在建筑物屋顶,采用滚球法任意组合避雷针、避雷线(带)。例如,首先在屋顶四周敷设一避雷带,然后在屋顶中部根据其形状任意组合避雷针、避雷带,取相应的滚球半径的一个球体,在屋顶滚动,只要球体只接触到避雷针或避雷带,而没有接触到要保护的部分,就达目的。这是以前的避雷针、线的保护范围方法无法比拟的优点。

(2)根据不同类别选用不同的滚球半径,区别对待。它比以前只有一种保护范围合理。

(3)对避雷针、避雷线(带)采用同一种保护范围(即同一种滚球半径),这给设计工作带来种种方便之处,使两种形式任意组合成为可能。

规范中表 17.5.2 并列两种方法。它们是各自独立的,不管这两种不同方法所限定的被保护空间可能出现的差别。在同一场合下可以同时出现两种型的保护方法。例如,在建筑物屋顶上首先已采用避雷网保护方法布置完后,有一突出物高出避雷网,保护该突出物的方法之一是采用避雷针并用滚球法确定其是否处于避雷

针的保护范围内,但此时,可以将屋面作为地面看待,因为前面已指出屋顶已用避雷网方法保护了;反之,也一样。又例如,同前例,屋顶已采用避雷网保护,为保护低于建筑物的物体,可用上述避雷网处于四周的导体作避雷线看待,用滚球法确定其保护范围是否保护到低处的物体。

18 电气装置的接地

18.1 一般规定

18.1.1 明确本规范适用的对象、环境、电压类别及等级。对高压中性点不接地系统中的高阻电阻接地系统，有关电阻阻值的选择与电网连接参见本规范第十六章中的规定及本条文说明 18.4.1 条。

18.1.2 当前电子技术及控制技术发展较快，很多大型和精密工艺设备均随机带有电气控制设备，而这些电气装置常因采用不同的控制设计而对接地有不同的需求。如直流接地、防干扰接地等要求。因此不易列出简单明确的具体条文，故应根据具体规定要求进行接地设计。

18.1.3 明确保护接地的目的和要求。

18.1.11 接地装置的电阻值与接地极相接触的土壤电阻率有直接关系，而同一地点的土壤电阻率在一年内根据季节不同而有变化。因此设计中采用的计算应考虑季节因数，即 $\rho = \psi\rho_0$ ，其中 ρ_0 为实测电阻率 ($\Omega \cdot m$)， ψ 为季节系数， ψ 值在手册中可以查到。

18.2 低压配电系统的接地

18.2.2 此条根据 IEC 标准 364—4—41 中条款 413.1.13.7 编写。

本条 18.2.2 式中的最小对地接触电阻 R_E 难以确定时，可根据此出版物第二版第 413.1 条修改草案 (1987) 中 413.1.3.8 分条款中规定，此值可假设为 10Ω 。原苏联符叶·马诺依罗夫《380/220 电网损坏处的接地电阻》、思·普·西依姆《低压电网中故障接地导体的流布电阻》等文以及其它有关书籍，均在实验的基础上认为 R_E 可以设定为 10Ω 。

18.2.4 为使电气装置发生单相接地故障时,低压保护电器能迅速切断故障回路。为此需有足够大的单相短路电流,因此必须降低故障回路阻抗,包括回路中的感抗。而线路感抗 X_L 与线路电感 L 成正比:

$$L = \frac{\mu_0 l}{\pi} \left(\ln \frac{D}{R} + 0.25 \right) (\text{H}) \quad (18.2.4)$$

式中 μ_0 ——磁导率 (H/m);

D ——二导线间的距离 (m);

l 、 R ——回路的长度及半径 (m)。

由上式可见, D 愈大, 则 L 愈大, 因此为了提高保护装置的灵敏度, 要求 PEN 线能紧靠相线敷设。

18.2.5 PEN 线具有 PE 线和 N 线的双重功能, 因此确定该线截面时不仅要满足 PE 线的要求又要满足 N 线的要求。

TT、IT 系统中的电气装置外露可导电部分与接地干线或接地装置连接的 PE 线也按 18.5 中有关规定执行。

18.2.6 采用接地型式 TN—C 系统时, 低压配电线路简单明确, 无需专门接地用 PE 线, 接地故障时因属于金属性短路, 故障电流大, 可使低压保护装置可靠动作, 因此具有经济、简单的优点。

但此系统由于三相不平衡电流, 三次谐波电流均要通过 PEN 线, 从而使 PEN 线上会呈现压降在电气装置外露可导电部分上, 使这些电气装置与大地零电位之间有一个电位差。另外当有一台电气装置发生接地故障时, 均会使所有接 PEN 线的电气装置外露可导电部分对地呈现此故障电压。PEN 线碰及接地良好的导电物件时还易产生接触电弧, 此电弧可能造成火灾及爆炸的危险。

鉴于以上原因, TN—C 系统宜用于一般工业厂房。因工业用电基本为三相负荷, 不平衡电流较小, 除混光灯具外其它大三次谐波源的设备不多。

对单相负荷比较集中, 三次谐波源设备较多, 抗干扰性能不强, 对交流基准零电位要求较高的电子设备场所等均不宜采用

TN—C 系统,特别对易燃易爆的环境和场所不应采用此系统。

18.2.7 为保证 PEN 线分为 PE 线和 N 线后不致造成相互间误接和并接仍成为 TN—C 系统,三种线应分别接自各自的端子或母线。同时 N 线应对地绝缘,各线应按规定的色标加以区别。

TN—C—S 系统通常在电源引入线中具有 PEN 线,当进入建筑物或区域后分为 PE 线和 N 线。此种系统电源线路结构简单,又能保证一定的安全水平,较适宜用于分散的没有设立变压器的工业与一般建筑物。由于在建筑物内具有专门的正常情况下不带电流的 PE 线,与 TN—C 系统相比增加了一定的安全因素。

18.2.8 为节省金属线材,应充分利用 18.5.14.1 分条款所规定的建筑物内可资利用的 PE 线代用体。

18.2.9 为保证电气装置的保护接地的可靠性和便于检查,要求每台电气装置有它单独的 PE 支线与 PE 干线相接。严禁一条 PE 支线环接或并接几台电气装置。

目前有些安装部门在安装周围相邻多个电源插座的 PE 线时,为施工方便,常采用切断 PE 线做成两个半圆弧形套环,用插座上的 PE 线连接螺栓旋紧的方法来代替切断的 PE 线连接。电源插座常被移动式、手握式的电气装置作为电源,人经常触及外露导电部分,因此对 PE 线的要求更为严格。此种安装方法一旦螺栓松动便会造成 PE 线的连接不好和断开,这将会形成严重和影响电气安全的后果,为此要求采用不切断的圆环形或把切断的两根线进行绞接后用螺栓压接在 PE 线端子上的安装方法。

18.2.10 TN—S 系统具有单独的 PE 线,正常情况下负荷电流、三相不平衡电流、三次谐波电流均通过 N 线,PE 线无电流通过,故与 PE 线相连接的电气装置外露可导电部分一般情况下对大地不带电位,只有在发生接地故障才有电位。因此 TN—S 系统可以较安全地用于工业与民用建筑中,适用于一般数据处理设备和精密电子仪器设备的供电。IEC 标准在有爆炸危险的电气装置(矿井除外)的中性点接地系统中推荐用 TN—S 系统,但在具体设计中时还应符合本规范第十九章《爆炸与火灾危险环境电力装置》中有关规定。

18.2.11 此条根据 IEC 标准 364—4—41 第 413.1.4.1 分条款编写。由于保护电器的动作电流只有一个整定值,因此如果被保护的数台电气装置的接地装置电阻值不一致时,则会产生同一接地故障时,有不同的故障电流,就可能发生难以做到全部保护的要求。

多级串联使用时,各级宜有各自的接地极也基于上述原因。同时可以藉此来调整保护电器的动作电流达到分级保护的目。的。

18.2.12 TT 系统中电气装置的外露导电部分用单独的接地极接地,与电源的接地在电气上无联系。每个建筑物有各自的接地极,PE 线互不连接,这就排除了故障电压沿 PE 线自其它建筑物蔓延人内的危险,因此它被供电部门规定以城市公用低压电网向用户供电的接地系统。

TN 系统中即使是 TN—S 系统,电气装置的正常泄漏电流也会在电源接地极上引起微量电位变化,这亦可能影响对接地要求高的数据处理和电子设备的正常工作。

对在防火、防爆的环境下时,具体设计还应符合本规范第十九章中有关规定。

18.2.13 此条根据 IEC 标准出版物 364—4—473 第四篇:第 47 章保障安全的保护第 473 节过电流保护措施中第 473.3.2.2 条款。该条款原文为:“强烈建议 IT 系统不应配出中性线,但是在有中性线配出的地方,每条回路的中性线上一一般需要装设过电流检测,用来使相应回路的所有带电导线断电,包括中性线在内……”

因此当引出中性线后,将使采用 IT 系统接地型式的低压配电系统的保护装置变得较复杂,故在非特殊情况下,一般不宜引出中性线。

另外当 IT 系统如果配出中性线,当中性线因绝缘损坏而接地时,此种接地故障因无法检测而长期存在,这时原来的 IT 系统就将成为 TT 系统。

18.2.13.1 在 IT 系统的配电线路中,当发生单相对外露可导电部分或对地的单独故障时,电流则很小,切断电源并非必要,此时应发出声或光信号,以避免在发生双重故障时,人体触及可同时接

触的可导电部分时,引起人体有害的生理反应。

18.2.13.2 IT 系统中当三相带电导体中任何一相发生接地时,其余二相的带电导体对地电压均升高为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍。除导体外,电气装置也应按此要求选择。

18.2.13.3 IT 系统电源中性点对地绝缘或经过约 1000Ω 的高阻抗接地,发生接地故障时,故障电流为非故障相的对地电容电流。按本规范第十五章《1kV 以下配电线路》中的规定,此时的接触电压不超过 $50V$ 。故除特殊环境外在一般场所不需切断故障回路,只需发出信号及时排除故障,因此发生接地故障时,可以不切断电源,从而保证了供电的不间断,如电站的厂用电等。

由于故障电流小,引起爆炸和火灾的危险相对减少。具体设计还应符合本规范第十九章中有关规定。

18.3 保护接地的范围

18.3.2 照明设备一旦出现绝缘损坏情况,就将使金属照明灯具带有故障电压,所以应接地。原苏联《电气安装规程》1985 年第六版第 1.7.46 条第(1)款中规定了“电机、变压器、电器和照明器等的外壳”需要接零或接地。

在工业厂房内,照明灯具常安装在屋架下弦,由于高度较高,故平时不易触及。此外如再采用停电检修等办法,在此情况下,不强行规定接 PE 线或 PEN 线。“UL”标准对螺口灯头规定:“应使灯头的螺口连接在电源电路的接地线上”

18.4 接地电阻

18.4.1 此条根据 IEC 标准出版物 364—4—442 第四篇:安全保护第 44 章过电压保护第 442 节低压电气装置对高压系统接地故障的保护 442.3 条(变电所接地装置)、442.3.1、442.3.2 等条款和分条款编写。

IEC 标准关于变电所的接地装置,对接地电阻值要求较高,但如能按此条款中的规定做接地装置,则可保持高压中性点不接地

系统,在一相接地故障时,可以短时间维持不间断供电。接地故障所引起的接触电压可保证在规定安全电压限值内,也不会低压配电系统中造成过电压。

一般工业和民用的变电所与被供电的建筑物相邻和相贴的情况较多,此时可充分利用此建筑物的重复接地和各种自然接地体再加上总等电位联接等因素,要做到接地电阻 1Ω ,可能并非难以做到。

此外目前电气设计中在配变电所设计中引入或引出线采用电力电缆很普遍,此时可利用这些电力电缆达到变电所接地的目的。

中性点高值电阻接地型式能抑制系统接地故障时,断续电弧产生过电压和过大的接地电流。

由于接地电流的大小和电力电缆的绝缘材料不同,因而电弧的自熄情况也有所不同。因此接地故障点的绝缘击穿所产生的电弧,往往是不稳定的。当电流过零时,电弧暂时熄灭,但当电压恢复又上升到足够数值时,电弧就又重燃。这就形成了间歇性的熄灭与重燃相互交替,导致电磁能的强烈振荡和积聚,使非故障相产生间歇性电弧接地过电压,从而造成事故的扩大。

采用中性点经电阻接地,可泄放熄灭后半波的能量,中性点电位降低,故障相的恢复电压上升速度也降低,减少了电弧重燃的可能性,对电弧过电压有抑制作用。

此类接地方式在矿山、煤矿、大型发电厂的厂用电的电力系统中有应用。对大型的采用电力电缆数量较大的工厂可考虑采用。

有关电阻值的计算与相容抗的关系以及与电网的连接见本规范第十六章中有关规定。

18.4.2 当变电所处于某些情况下,如变电所附近无建筑物、无自然接地体可资利用、引入引出线主要为架空电力线路,土壤电阻率较高等情况;要达到 18.4.1 条中的规定需耗费较多的资金。

此时可根据不同的低压配电系统的接地型式采用分条款 18.4.2.1 或 18.4.2.2 中的规定做法。

18.4.2.1 此条根据 IEC 标准 364—4—442 中 442.4 条款其分

条款 442.4.2、442.4.3 加以编写。

此时必须设置单相接地保护装置,为切断接地故障,保护装置需动作于跳闸,其动作时限需根据接地故障电流的大小及接地装置的接地电阻的阻值所造成的接触电压值,根据规范中图 18.4.2 中高压系统接地故障时,故障电压和接触电压的最大持续时间内切断电源。

采用此条款时接地电阻值不作具体规定,但必须满足规范中图 18.4.2 中所规定的接触电压和允许持续时间的关系。此时将失去高压中性点不接地系统单相接地时允许一个短时间内不间断供电的优点。

18.4.2.2 此条根据 IEC 标准 364—4—442 中分条款 442.4.2 (b)、442.4.3(b)、442.5.1 条及 364—5—54 中条款 542.1.1 加以编写。

如果不能满足 18.4.2.1 条中所规定的条件时,此时低压系统的中性线必须通过电气独立接地极接地。

在 TN 和 TT 系统中,当中性线通过与变电所外露可导电部分无关的独立接地极接地时,施加电压($RI_m + U_0$)必须在与变电所低压设备的绝缘水平相应的时间内切断。

IEC 标准规定低压设备允许施加电压为 $1.5U_n$,切断时间大于 5s,其中 U_n 为低压系统相线对地标称电压。

国标《普通型低压电器的主要性能及结构要求》GBJ1497—79 规定试验电压为额定电压的 1.1 倍,IEC 标准出版物 157—1 1973 年第二版中也作了同样规定。

国标《低压电器试验》GB988 规定试验电流和电压的允差电流 $\pm 10\%$,电压 $\pm 5\%$ 。

根据上述规定得出不同额定电压的低压电器最大试验电压值:

当额定电压为 230V 时,为 $1.1 \times 230 \times 1.05 = 265.65V$

当额定电压为 220V 时,为 $1.1 \times 220 \times 1.05 = 254.7V$

此外在国标《低压电器的名词术语》GBJ2900·18—82 对额定

绝缘电压下了如下的定义：

“在规定条件下，用来度量电器及其部件的不同电位部分的绝缘强度，电气间隙的爬电距离的名义电压值。除非另有规定，此值为电器的最大额定工作电压。”

我国对额定电压(GB156—80)、额定电流(GB762—80)、额定频率(GB1980—80)都作了规定，尚未见到不同额定电压时的额定绝缘电压规定，所以可以参照最大试验电压来替代额定绝缘电压。

IEC 标准中提出 $1.5U_n$ ，切断时间大于 5s，应该理解为大于或等于 5s 切断，不应理解为 $t=\infty$ 。

18.4.7 参见 18.2.2 条的条文及说明

根据 18.2.2 式 $\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{50}{U_0 - 50}$ ，当 R_E 为 10Ω 时，为保证与 PEN 线或 PE 线连接的电气装置外露可导电部分的对地电压不超过 50V，此时如 U_0 为 220V 时， R_0 为 2.94Ω ，如 R_B 为 3Ω ，对地电压则为 50.76V。考虑到有并联的重复接地及可资利用自然接地极等因素，故取 3Ω ，此时可保证接地故障电压不致大于 50V。

如取此值为 4Ω ，按上式计算出对地电压为 65V，此值符合原苏联规程所定的安全电压标准，但不符合 IEC 标准规定的约定接触电压限值 50V。

18.5 接地装置与 PE 线

18.5.1 此条根据 IEC 标准 364—5—54 中 541 条款中分条款 54.1.1 编写。18.5.2~18.5.4、18.5.6、18.5.7、18.5.9、18.5.12 根据 IEC 标准 364—5—54 中 542 有关条款编写。

18.5.13 此条根据 IEC 标准 364—4—54 中条款 543.1 分中条款 543.1.1 及 543.1.2 编写。

但按规范中表 18.5.13 选择 PE 线截面对大中型工业厂房，相线截面较大时，可能会形成所选 PE 线截面过大。原苏联、瑞典对 PE 线最大截面规定为铜 50mm^2 ，铝 70mm^2 。美国 1987 的 NEC 中规定，当铜质相线大于 1100MCM (738mm^2) 时，保护线为 3/0

(110mm²)。

下面按照热稳定公式 18.5.13 计算 TN—S 系统中 PE 线截面。TN—S 系统电气装置单相短路时,短路电流 $I_d = \frac{U_0}{Z}$,

$$\text{式中 } Z = Z_T + Z_L + Z_P = Z_T + L_d(Z'_L + Z'_P)$$

$$\text{因此 } I_d = \frac{U_0}{Z_T + L_d(Z'_L + Z'_P)}$$

式中 U_0 ——低压系统相电压;

Z_T ——计算单相短路时的变压器阻抗;

Z_L ——短路点 d 到变压器的相线阻抗;

Z_P ——短路点 d 到变压器的 PE 线阻抗;

Z'_L ——单位长度的相线阻抗;

Z'_P ——单位长度的 PE 线阻抗;

L_d ——短路点 d 到变压器的距离。

当在变压器低压侧出口处发生单相短路时, $L_d = 0$, 则 $I_d = \frac{U_0}{Z_T}$ 此时的 I_d 值最大。

现根据机械工业部第八设计研究院在常州变压器厂通过对 40 台变压器零序阻抗的测定所得常用配电变压器的阻抗数据,并设导线为铝母线 LMY, $K = 105$, t 值为 5s, 以热稳定公式 $S_p = \frac{I_d}{K} \sqrt{t}$ 计算 PE 线截面积, 计算结果列于表 18.5.13。

根据上述情况, 当相线截面较大时, 采用按规范中表 18.5.13 选择 PE 线截面将过大, 而造成金属材料的不必要浪费。故本条推荐当相线截面大于或等于 120mm² 时宜采用规范中式 18.5.13 的计算方法来确定 PE 线的截面。

18.5.14.3 此条根据 IEC 标准 364—5—54 中条款 543.2.5 编写。装置外导电部分用作 PEN 线是不安全的, 因为 PEN 经常通有工作电流, 故对地常存在一定的电压, 此电压有时相当高, 特别是在接地故障情况下, 往往超过安全电压。此外, 装置外导电部分的电气持续性, 一般较难长期保持完好状态, 其电气通路一旦受到破

表 18.5.13 不同变压器容量 S_p 值

变压器容量 (kVA)	相线截面 S (mm ²)	Z 的复数值及幅值	$I_d = \frac{U_0}{Z_T}$ (A)	$S_p = \frac{I_d}{K} \sqrt{t}$ (mm ²)	$S_p/S(1/n)$
200	3×40=120	0.0657+j0.094, 0.115	2000	42.6	0.355(1/2.81)
315	5×40=200	0.041+j0.0646, 0.0747	3083	65.6	0.328(1/3.05)
400	6×50=300	0.0353+j0.0534, 0.0642	3582	76.3	0.254(1/3.93)
500	6×60=360	0.0302+j0.0404, 0.0501	4590	97.7	0.271(1/3.68)
630	6×80=480	0.0213+j0.0311, 0.0378	6084	129.5	0.269(1/3.70)
800	10×80=800	0.0167+j0.0289, 0.0303	7590	161.6	0.202(1/4.95)
1000	10×100=1000	0.0146+j0.0224, 0.0247	9311	198.3	0.198(1/5.040)
1250	10×120=1200	0.0123+j0.0186, 0.0223	10313	219.6	0.183(1/5.46)

注：变压器结线组别为 Y.yno。

坏,将失去保护接地功能,易遭受电击。

18.5.14.4 此条根据 IEC 标准 364—5—54 中条款 546.2.2 编写。

18.5.14.5 此条根据 IEC 标准出版物 446:《用颜色识别绝缘和裸的导体》中条款 514.3.1 编写,国标《电线电缆识别标志》GB6569—86 与此相一致。

18.5.15 此条根据 IEC 标准 364—5—54 中条款 543.3 编写。

18.5.33 SF₆ 全封闭组合电器(GIS)在制造时一般均在基座上沿纵长方向装设接地母线。三相共筒式的金属外壳,有多点与接地母线经专用接地导体与接地母线连接;而离相式的金属外壳,则在各相外壳间装设的相间短路板处经专用接地导体与接地母线连接。因此可将 GIS 基座整体,视为一般电气设备的金属外壳,而加以接地。但接地线必须一端与基座地母线相连接,另一端接至发电厂、变电所接地装置的接地极。当基座不是很长时,可在其两端连接接地线,否则可在中部另加接地线,以便于经接地装置的接地极泄放故障电流。

19 爆炸与火灾危险环境电力装置

19.1 一般规定

19.1.2 本章不适用的环境,是指不是由于本章规定的原因,而是由于其它原因构成的危险环境。

专用性强并有专用规程规定的,或在本章的区域划分及采取措施中难以满足要求的特殊情况,如电解生产装置中电解槽母线及跳槽开关等,可以按专用规程执行。

对于水、陆、空交通运输工具及海上油井平台,如车、船、飞机、海上油井平台等均为特殊条件的环境,故危险区域的划分,范围等不可能满足本规范的要求。

蓄电池室目前可按原水电部有关蓄电池运行规程执行。由于新型蓄电池的出现,对不产生氢气或有消氢防爆装置的蓄电池,可按制造厂要求执行。

对于制造爆炸性物质过程中的化学过程,如与本章范围一致的,可以按本章执行。

19.2 爆炸性气体环境

19.2.1 环境温度可选用最热月平均最高温度,亦可利用采暖通风专业的“工作地带温度”或根据相似地区同类型的生产环境的实测数据加以确定。除特殊情况外,一般可取 45℃。

本规范规定:闪点在 45℃ 及以下的为易燃液体,闪点在 45℃ 以上的为可燃液体。

19.2.3 在防止产生气体、蒸气爆炸的条件措施中,在采取电气预防以前首先提出了诸如工艺流程及布置等措施,即称之为“第一次预防措施”。

19.2.4 气体或蒸气爆炸性混合物的危险区域的划分是根据爆炸性混合物出现的频繁程度和持续时间,划分为0区、1区、2区,等效采用了国际电工委员会的规定。

除了封闭的空间,如密闭的容器、贮油罐等内部气体空间,很少存在0区。

虽然高于爆炸上限的混合物不会形成爆炸性环境,但是对有可能进入空气而使其达到爆炸极限的环境,仍应划为0区。例如固定顶盖的易燃液体贮罐,当液面以上空间未充惰性气体时应划为0区。

在生产中0区是极个别的,大多数情况属于2区。在设计时应采取合理措施尽量减少1区。

19.2.6~19.2.9 对释放源的分级,等效采用了国际电工委员会79-10文件规定。在该文件中,对重于空气的爆炸性气体或蒸气的各种释放源周围爆炸危险区域划分,及轻于空气的爆炸性气体或蒸气的各种释放源周围爆炸危险区域划分,分别用图示例说明,如图19.2.6-1、图19.2.6-2。

19.2.12 爆炸危险区域的范围主要取决于下列各种参数:

易燃物质的泄出量:随着释放量增大,其范围可能增大。

释放速度:当释放量恒定不变,释放速度增高到引起湍流的速度时,将使释放的易燃物质在空气中的浓度进一步稀释,因此其范围将缩小。

释放的爆炸性气体混合物的浓度:随着释放处易燃物质浓度的增加,爆炸危险区域的范围可能扩大。

易燃液体的沸点(液体混合物初沸点):易燃液体释放的蒸气浓度是与对应的最高液体温度下的蒸气压力有关。为了比较,此浓度可以用易燃液体的沸点来表示。沸点越低,爆炸危险区域的范围就越大。

爆炸下限:爆炸下限越低,爆炸危险区域的范围就越大。

闪点:如果闪点明显高于易燃液体的最高操作温度,就不会形成爆炸性气体混合物。闪点越低,爆炸危险区域的范围可能越大。某些液体(如卤代碳氢化合物),虽然它们形成爆炸性气体混合物,

却没有闪点。在这种情况下,应将在对应于爆炸下限的饱和浓度时的平衡液体温度,代替闪点与相应的液体最高温度进行比较。

相对密度:相对密度(以空气为 1)大,爆炸危险区域的水平范围也将增大。为了划分范围,本章将相对密度在 0.75 以上的气体或蒸气视为比空气重的物质。

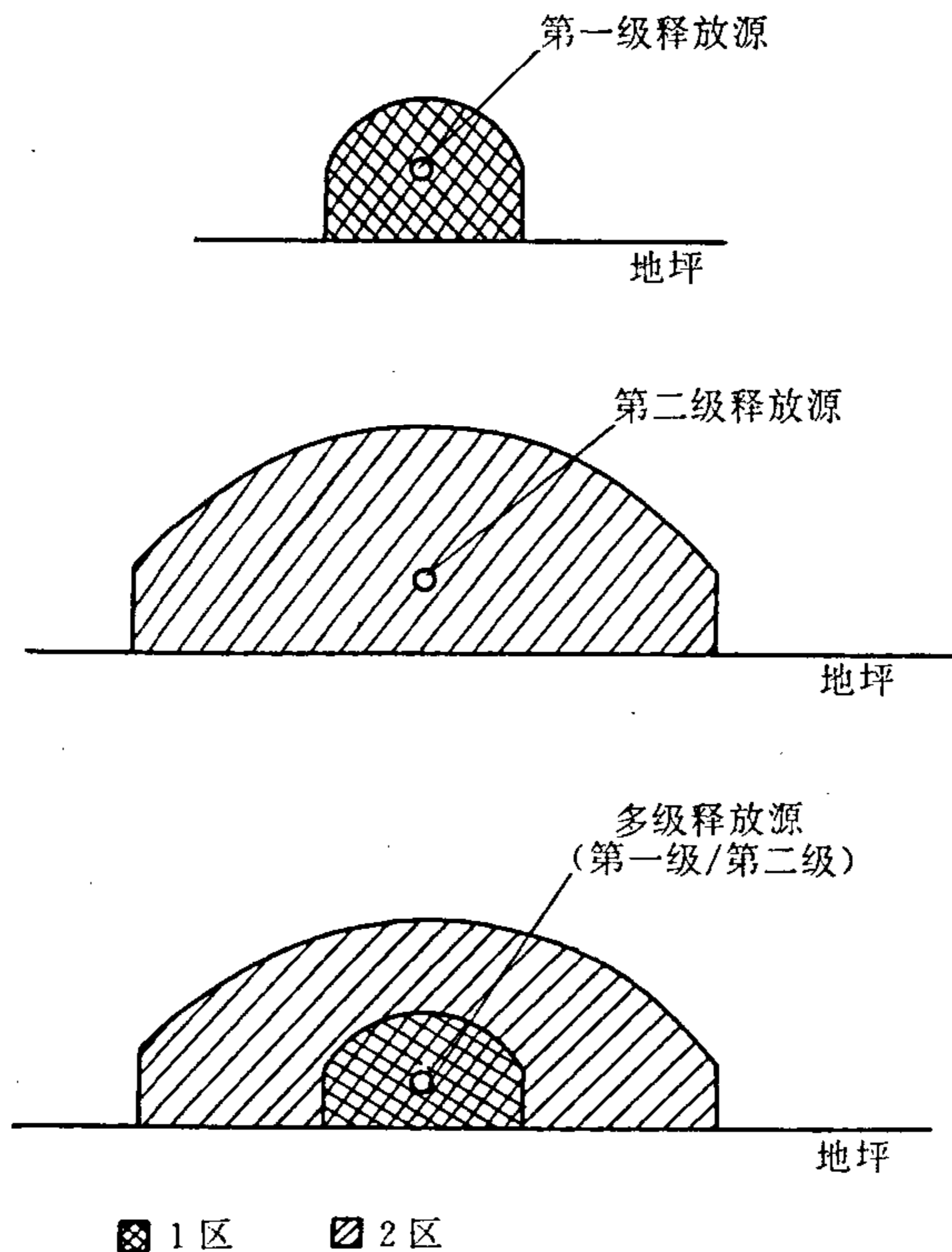


图 19.2.6-1 重于空气的爆炸性气体或蒸气的各种释放源周围爆炸危险区域划分示例

注:①图中表示的区域为;露天环境;释放源接近地坪。

②该区的形状和尺寸取决于很多因素。

通风量:通风量增加,爆炸危险区域的范围就缩小,爆炸危险区域的范围也可通过改善通风系统的布置而缩小。

障碍：障碍物能阻碍通风，因此有可能扩大爆炸危险区域的范围；障碍物也可能限制爆炸性气体混合物的扩散，因此也有可能缩小爆炸危险区域的范围。

液体温度：若温度在闪点以上，所加工液体的温度上升，爆炸危险区域的范围将扩大。但应考虑，由于环境温度或其它因素（如热表面），释放的液体或蒸气的温度有可能下降。

至于更具体的爆炸危险区域范围的规定，这是一个长期没有得到妥善解决的问题。上述所列影响范围大小的参数，是采用了 IEC 的规定，但由于该规定迄今只是原则性规定，而无具体尺寸可遵循。本规范内的具体尺寸，是等效采用国际上广泛采用的美国石油学会 API-RP-500 的规定及美国国家防火协会 (NFPA) 有关规定及例图。

在化工系统从国外引进的装置，普遍采用 API-RP-500 规定，实践证明比较稳妥，适合用于大中型生产装置。对中小型的生产装置则等效采用了美国国家防火协会 NFPA-497A 的规定。由于实

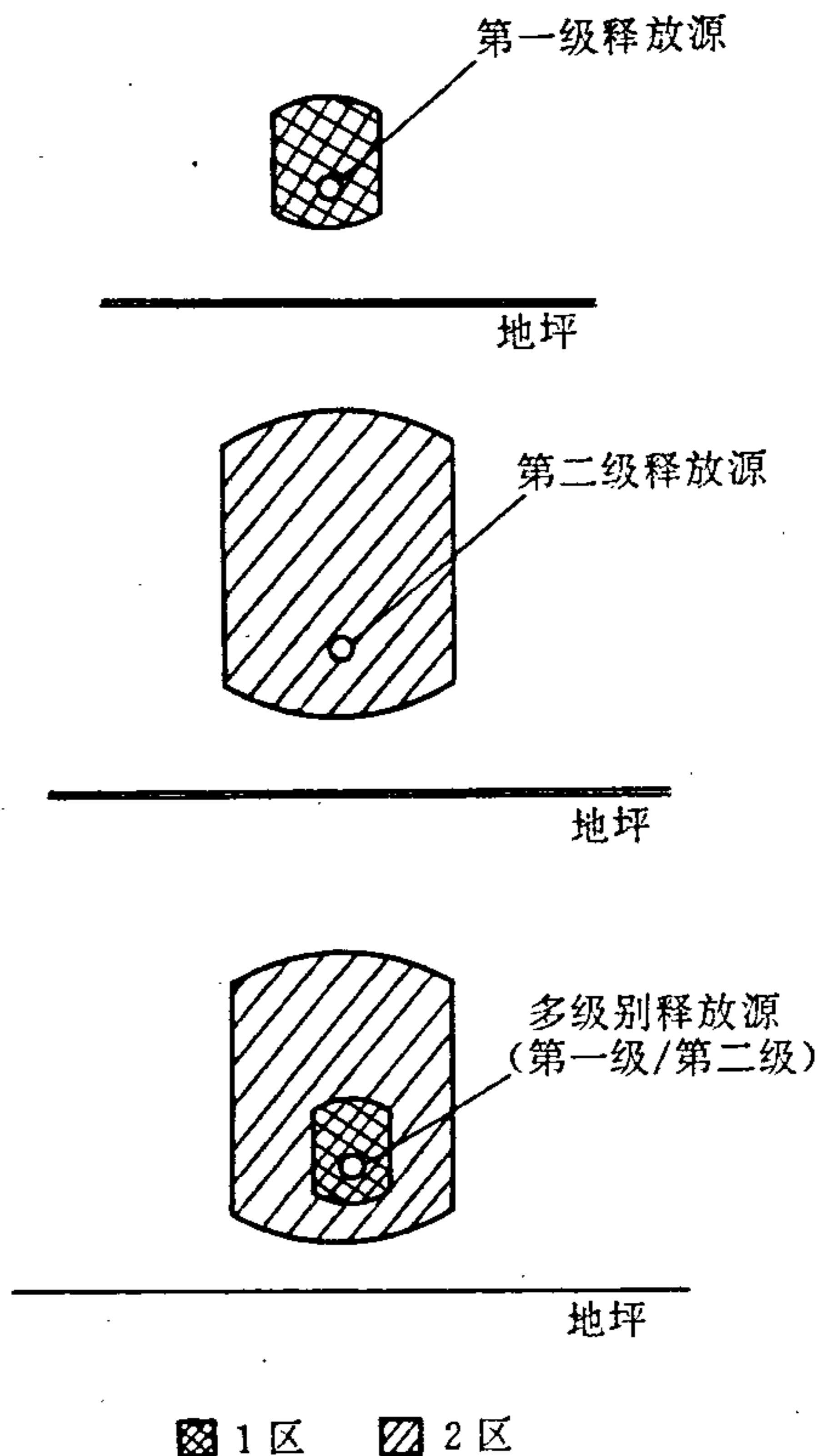


图 19.2.6.2 轻于空气的爆炸性气体或蒸气的各种释放源周围爆炸危险区域划分示例

注：①图中表示的区域为：露天环境；释放源在地坪以上；明显轻于空气的气体。
②该区域的形状和尺寸取决于很多因素。

际生产装置的工艺、设备、仪表、通讯、布置等条件各不相同,在具体设计中均需结合实际情况妥善选择才能确保安全。因此,正像国际电工委员会及各国规程中规定一样,在使用这些例图前应与实际经验相结合,避免生搬硬套。而且机械系统中爆炸和火灾危险环境相对化工系统要少,在设计中更应结合实际使用这些例图。

关于油、气田、石油库的爆炸危险区域另有规定,因此本条将其除外。

19.2.21 泵坑划为 2 区是考虑到风扇反转时从交换器夹带过多泄漏物的情况。

19.2.25~19.2.27 有关危险区域范围图中建筑物的隔墙共分以下两种情况:

(1)无孔洞的实体墙。

(2)有一般门窗的墙。

在设计文件中,必须包括危险区域划分图,这是完全必要的。因为,过去是以厂房为单位划分场所,而目前 IEC 及各主要工业国都以释放源为基础划分范围,所以,如果没有分级图,难以表达清楚。这也与 IEC 及主要工业国的做法相一致。

在无孔洞的实体墙内侧,则通风不良,其外侧则由于无孔洞实体墙的阻挡使危险区域范围不致扩大。

19.2.31~19.2.32 喷漆室和涂层烘干室和爆炸危险环境的划分,是根据国家标准涂装作业安全规程中喷漆室安全技术规定及涂层烘干室安全技术规定而制定的。

19.2.33 我国防爆电气设备制造检验用的国家标准为《爆炸性环境用防爆电气设备》GB3836—83。该标准采用 IEC 的按最大试验安全间隙(MESG)及最小点燃电流(MICR)分级以及按引燃温度分组。在附录中“气体或蒸气爆炸性混合物分级分组举例”表,完全采用了 IEC 的附表。

19.2.36 爆炸性气体环境电气设备的选择是按 0 区,1 区、2 区相应作出的规定。

各国在选型上大致相同,但对某些类型电气设备掌握的严宽

程度不完全一致。例如,有些国家在 2 区允许采用普通工业用优质电动机;IEC 及德国、英国等规程规定,无火花电动设备(即“n”型)为用于 2 区的最低要求的设备。增安型为 1 区的最低要求的设备。

本章中列入无火花“n”型电动机,一方面考虑到为我国生产“n”型电机创造条件,另一方面则为今后外贸引进该类型产品提供使用范围的依据。无火花型电动机比较经济,但安全性不如增安型。选用该类型产品时,使用部门应有完善的维修制度,并严格贯彻执行。

对于一般工业型电动机,由于我国目前普通工业用电动机在结构上、质量上不完全与国外等同,为了保护安全,本章未在 2 区内规定采用一般工业型电动机。

在 2 区内不允许采用一般工业电动机的规定,是与国际电工委员会 IEC 标准等效的。

国际电工委员会、德国等规范规定在 1 区内可以采用增安型,考虑到增安型电气设备为正常情况下没有电弧、火花、危险温度,而不正常情况下有引爆的可能,故在 1 区中增安型宜慎用。

增安型电动机保护的堵转保护,目的是防止在爆炸性气体环境中出现危险的高温,也是国标《爆炸性环境用防爆电气设备增安型电气设备“e”》规程所要求的。如目前苏州机床电器厂生产的 3VA5e 系列增安型电机保护用热过载继电器,是经过国家防爆电气产品质量监督检验测试中心验证的 30kW 以下增安型电动机的保护设备。

所选用的防爆电气设备的级别或组别,不应低于该爆炸性气体环境内爆炸性混合物的级别和组别。当存在有两种易燃性物质形成的爆炸性混合物时,应按混合后的爆炸性混合物的级别和组别选用,一般可按危险程度较高的级别和组别选用。

按国家标准《爆炸性环境用防爆电气设备通用要求》规定,各类防爆类型标志如下:

隔爆型	d
增安型	e

本质安全型	ia, ib
正压型	p
充油型	o
充砂型	q
无火花型	n
特殊型	s

电气设备分为两类：

I 类：煤矿井下用电气设备

II 类：工厂用电气设备

电气设备的防爆标志举例如下：

II 类隔爆型 B 级 T₃ 组：d II BT₃。

II 类本质安全型 ia 等级 a 级 T₅ 组：ia II aT₅。

采用一种以上的复合型式时，应先标出主体防爆型式。如 II 类主体增安型并具有正压型部件 T₄ 组：ep II₄。主体防爆型式一般是指电气设备外壳的防爆类型。

对只允许使用一种爆炸性气体或蒸气环境中的电气设备，其标志可用该气体或蒸气的化学分子式或名称表示，这时可不必注明级别和温度组别。例如，II 类用于氨气环境的隔爆型：d II (NH₃) 或 d II 氨。

对于 II 类电气设备的标志，可以标温度组别，也可以标最高表面温度，或两者都标出。例如，最高表面温度为 125℃ 的工厂用增安型：e II (T₅)；e II (125℃) 或 e II (125℃)T₅。

复合型电气设备，应分别在不同防爆型的外壳上标出相应的防爆型式。

为保证安全，应指明在规定条件下使用的电气设备，须在其合格证号之后加符号“×”。本规范表 19.2.37-1，对增安型电动机需选择合适的过电流保护装置，防止当转子堵转时产生不允许的高温。

本章表 19.2.37-3 控制开关是指按钮开关、操作开关等。此外，与控制用小型开关相类似的压力开关、浮动开关、限位开关也

同样适用。

19.2.41 爆炸性气体环境与变、配电所的距离在 GB50058—92 中没有作具体规定,因为危险区域范围的划分是按释放源级别,结合通风情况来确定,以防止电气设备或线路故障引起事故,与建筑防火不是同一概念。

但是结合机械行业的特点,本条保留了原规程 18.3.16 条中一、二、三条规定。在机械行业中爆炸危险区域的范围由于工艺的局限比较小,而且在过去多年均按此条执行,在使用过程中也比较直观。

在电气设备选用中,对于易于产生火灾的油浸变压器建议采用干式变压器,这样只要满足 19.2.41.2(1)~(5)的要求变电所和配电所可以按此条要求设置。

位于 1 区、2 区附近的变电所、配电所和控制室的地面是指安装电气设备的地面,为避免爆炸性气体侵入而采取的措施。

19.2.42 对于爆炸危险环境配线,采用铜芯及铝芯导线或电缆问题。根据调查,从安全观点看,铝线的机械强度差,易于折断,需要过渡连接而加大接线盒,另外,在连接技术上也难于控制和保证质量。铝线在 60A 以上的电弧引爆时,其传爆间隙又接近制造规程中的允许间隙上限,电流再大时很不安全,因此铝线较铜线危险得多。

但考虑到铝芯电线、电缆过去使用面较广,有些地方使用上有一定经验,故规定在 2 区内如符合一定要求、能确保安全的,电力线路也可选用 4mm^2 及以上多股铝芯导线(目前只生产 10mm^2 及以上),照明线路可选用 2.5mm^2 及以上单股铝芯导线。

目前我国正在考虑发展在机械强度和导电性能上比较好的电工铝线,但据了介,近期内只准备生产用于输电线路的裸线,如钢芯铝绞线等产品,待以后生产电工铝制成的绝缘电线或电缆后,再考虑电工铝芯导线和电缆在爆炸危险环境的使用。

电缆沟敷设时,沟内应充砂及采取排水设施。可根据各地区经验做成有电缆沟底的或无电缆沟底的。

为将爆炸性气体或火焰隔离切断,防止传播到管子的其它部位,故防爆钢管配线需设置隔离密封。

在国际电工委员会 IEC 规程中,规定采用阻燃型电缆。由于我国阻燃型电缆的价格较贵,考虑到若严格等效采用国际电工委员会的规定,将使建设投资增加,故本章中选用了“建议”的词句,视各工程的具体条件确定。

对于爆炸危险区内的中间接头,若将该接头置于符合相应区域等级规定的防爆类型的接头盒中间,则是符合要求的。本章中严禁在 1 区和不应在 2 区内设置中间接头,是指一般的没有特殊防护的中间接头。

19.3 爆炸性粉尘环境

19.3.2 本章中对粉尘爆炸危险介质按照危险程度及其本身性质的不同,将粉尘分为三类:爆炸性粉尘、可燃性导电性粉尘及可燃性非导电粉尘。爆炸性粉尘是指这种粉尘即使在空气中氧气很少的环境中或在二氧化碳中也能着火,呈悬浮状态时能产生剧烈的爆炸。如在化工生产中采用铝触媒,这些触媒所用的原料铝粉即属于爆炸性粉尘。可燃性粉尘是指与空气中的氧气发生发热反应而燃烧的粉尘。这种可燃性粉尘的危险程度低于爆炸性粉尘。可燃性粉尘又分为导电性粉尘与非导电性粉尘。对于电气装置来说,导电性粉尘导致电火花的危险性较非导电性粉尘高,从由于电气装置的危险温度及电气火花导致的危险程度来说,导电性粉尘亦较非导电性粉尘为高。

19.3.5 在防止粉尘爆炸的基本措施中,本章提到了采用机械通风措施的内容。这一措施在不同国家的规程中有不同的提法。如澳大利亚规程《危险区域的分级》第 2 部分粉尘(AS2430 第 2 部分,1986)中提到:“……粉尘不同于气体,过量的通风不一定是合适的,即加速通风可能导致形成悬浮状粉尘和因此造成更大而不是更小的危险条件”。在本章中则是强调采用机械通风措施,防止形成悬浮状粉尘。亦即在生产过程中采用通风措施,将容器或设备中泄漏出来的粉尘,通过通风装置抽送到除尘器中,既节省物料的损耗,又降低了生产环境中的危险程度,而不是简单地加速通风,致

使粉尘飞扬而形成悬浮状,增加了危险因数。

19.3.6 本章中对爆炸性粉尘环境的分级,是采用与爆炸性气体环境的分级相应的划分方法,将爆炸性粉尘连续出现或长期存在的区域划分 10 区(在 0 的符号前面加了个“1”)。这样做是既与气体、蒸气爆炸危险区域的 0 区相对应,又区别于气体、蒸气爆炸危险区域。将有时会将积留下的粉尘扬起而偶然产生爆炸危险的区域分为 11 区,这与气体、蒸气爆炸危险区域的 1 区相对应,在 1 的符号前面也加了“1”。故本章将粉尘爆炸危险区域分为 10 区及 11 区。按照其它国家的分级观点,粉尘爆炸危险区域不存在 2 区的情况,所以本章也未列入 12 区这一级。

19.3.10~19.3.11 对于粉尘爆炸危险区域的范围,在个别国家标准中有较为具体的规定,即按不同性质的粉尘,划分不同等级的区域范围。除建筑物内部外,在建筑物门、窗外也划定了一定的范围。但世界上几个主要国家的有关粉尘爆炸危险区域的范围,都没有进一步具体的规定。在本章中采取了主要以厂房为单位划定范围的方法。这种方法结合我国工业粉尘爆炸危险区域的习惯,也是以建筑物隔开来防止爆炸危险范围扩大的。对电气装置来说,也是以厂房为单位进行设防。

19.3.12 本条是根据国家标准“涂装作业安全规程”中“涂层烘干室安全技术规定”而制定的。

19.3.13~19.3.14 对于在爆炸性粉尘环境中专用的粉尘防爆电气设备,德国、日本等国均有生产,而我国目前这种专用的粉尘防爆电气产品正在开发中。今后随着生产的发展,我国也将会有专门用于爆炸性粉尘环境的防爆电气设备出现。在本章中则以我国的粉尘防爆设备标准为主要选择类型,待今后专用的粉尘防爆产品发展后,再作相应的修改。

19.3.15 本条是保留了原规程 18.3.16 条中一、二、三条规定。

19.3.17 电气线路的铜、铝线选择问题。对爆炸危险区域的电气线路来说,选用铜芯导线或电缆,在机械强度上较铝芯高,不易造成断线,亦即减少产生电火花的可能性;在电气火花的点燃能力上铜

芯较铝芯低,即对同样的爆炸危险介质,由铝芯导线或电缆产生的电火花较铜芯导线或电缆产生的电火花容易点燃或引爆。故从安全角度出发,在爆炸性粉尘环境内的电气线路采用铜芯导线或电缆是合适的。但是,考虑到铝芯电线电缆过去使用面较广,有些地方使用上有一定经验,故规定 11 区内,如符合一定要求,能确保安全的,也可选用铝芯导线和电缆。

关于导线截面选择,在比较了世界上几个主要国家的规程后,沿用了比较安全的作法,即对 1000V 以下笼型感应电动机,按额定电流的 125% 选择支线截面,这样提高了电气线路的安全程度,且对节约电能有利。

19.4 火灾危险环境

19.4.1 目前,国际电工委员会及一些主要工业国没有有关火灾危险环境和电力设计技术方面的规定,本章中仍保留了原规程 JBJ6—80 中第 18 章《爆炸和火花危险场所电力装置》的有关内容。

19.4.3 当划分火灾危险区域时,在个别情况下,例如区域空间很大,而易燃液体的量较少,并且有生产运行经验证明无爆炸危险而只有火灾危险时,亦可划为火灾危险。因此在划分一个区域是否有火灾危险时,首先要仔细考虑可燃物质在区域内的量和配置,以决定是否有可能引起火灾的可能,若有可能,才能划为火灾危险区域,而不能认为只要有可燃物质,就属于火灾危险环境。

19.4.5 在火灾危险环境中,正常运行时有火花的和外壳表面温度较高的电气设备,应远离可燃物质,主要是考虑到电气设备的表面高温电弧及线路接触不良或断线引起的火花,将引燃周围的可燃物质,造成火灾事故。

19.4.7 火灾危险环境电气设备选型表中电器和仪表,除表中所列出的电气外,尚包括信号灯、电铃、电笛、插销等。

19.4.8 设置露天变压器或露天配电装置,对开设门、窗和孔洞的要求,主要考虑到防止从上面落下物体时,引起短路或接地等事故,对于专用和密封型变压器,则可不受本条文限制。

附录 M 建筑物年预计雷击次数

国际上已确认 N_g 与年平均雷暴日 T_d 为非线性关系。结合我国情况采用 $N_g = 0.024T_d^{1.3}$ 。

本附录提出计算 A_r 的方法基于以下原则：

(1) 建筑物高度在 100m 以下按滚球半径 100m (即吸引半径 100m) 考虑。其相对应的最小雷电流约为 $I = \left(\frac{100}{9.4}\right)^{1.5} = 34.7(\text{kA})$ ，接近于按计算式 $\lg P = -\frac{I}{108}$ 以积累次数 $P = 50\%$ 代入得出的雷电流 $I = 32.5\text{kA}$ 。在此基础上，导出计算式 (M. 0. 3-2)，其扩大宽度等于 $\sqrt{H(200 - H)}$ 。该值相当于避雷针针高 H 在地面上的保护宽度 (当滚球半径为 100m 时)。扩大宽度将随建筑物高度加高而减小，直至 100m 时则等于建筑物的高度。如 $H = 5\text{m}$ 时，扩大宽度为 $\sqrt{5(200 - 5)} = 31.2(\text{m})$ ，它约为 H 的 6 倍；当 $H = 10\text{m}$ 时，扩大宽度为 $\sqrt{10(200 - 10)} = 43.6(\text{m})$ ，约为 H 的 4.4 倍；当 $H = 20\text{m}$ 时，扩大宽度为 $\sqrt{20(200 - 20)} = 60(\text{m})$ ，为 H 的 3 倍；当 $H = 40\text{m}$ 时，扩大宽度为 $\sqrt{40(200 - 40)} = 80(\text{m})$ ，为 H 的 2 倍；当 $H = 80\text{m}$ 时，扩大宽度为 $\sqrt{80(200 - 80)} = 98(\text{m})$ ，约为 H 的 1.2 倍。

(2) 当建筑物高度超过 100m 时如按吸引半径 100m 考虑，则不论高度如何扩大，宽度总是 100m，有其不合理之处。所以，当高度超过 100m 时，取扩大宽度等于建筑物的高度。

此外，关于周围建筑物对 A_r 的影响，由于周围建筑物的高低、远近都不同，计算很复杂，因此，不予考虑。这样，在某些情况下，计算得出的 A_r 值可能比实际情况的要大些。

附录 O 接地装置冲击接地电阻与 工频接地电阻的换算

(O.0.1)式中的 A 值,实际上是冲击系数 α 的倒数。在原国标 GBJ57—83 规范的编制过程中,曾以表 O.1 做为基础,经研究提出表 O.2 作为原规范 GBJ57—83 的附录供冲击接地电阻与工频接地电阻的换算。但由于存在不足之处(即对于范围延伸大的接地体如何处理,提不出一种有效合理的方法),后来取消了该附录。

接地装置冲击接地电阻与工频接地电阻换算表 表 O.1

本规定要求的冲击 接地电阻值 (Ω)	在以下土壤电阻率 $\rho(\Omega \cdot m)$ 下的工频接地电阻 允许极限值 (Ω)			
	≤ 100	100~500	500~1000	> 1000
5	5	5~7.5	7.5~10	15
10	10	10~15	15~20	30
20	20	20~30	30~40	60
30	30	30~45	45~60	90
40	40	40~60	60~80	120
50	50	50~75	75~100	150

接地装置工频接地电阻与冲击接地电阻的比值 表 O.2

土壤电阻率 ρ ($\Omega \cdot m$)	≤ 100	500	1000	≥ 2000
工频接地电阻与冲击 接地电阻的比值 R_{\sim}/R_i	1.0	1.5	2.0	3.0

注:①本表适用于引下线接地点至接地体最远端不大于 20m 的情况。

②如土壤电阻率在表列两个数值之间时,用插入法求得相应的比值。

本附录是在表 O.2 的基础上,引入接地体的有效长度并参考图 O.1 提出附录中图 O.0.1 的。

(20~40mm 宽扁钢或直径 10~20mm 圆钢) 的冲击系数对附录中图 O.0.1 的两点说明:

(1) 当接地体达有效长度时, $A=1$ (即冲击系数等于 1); 因再长就不合理, $\alpha > 1$ 。

(2) 从图 O.1, 当 $\rho=500\Omega \cdot m$ 时, $\alpha=0.67$ (即 $A=1.5$), 相对应的接地

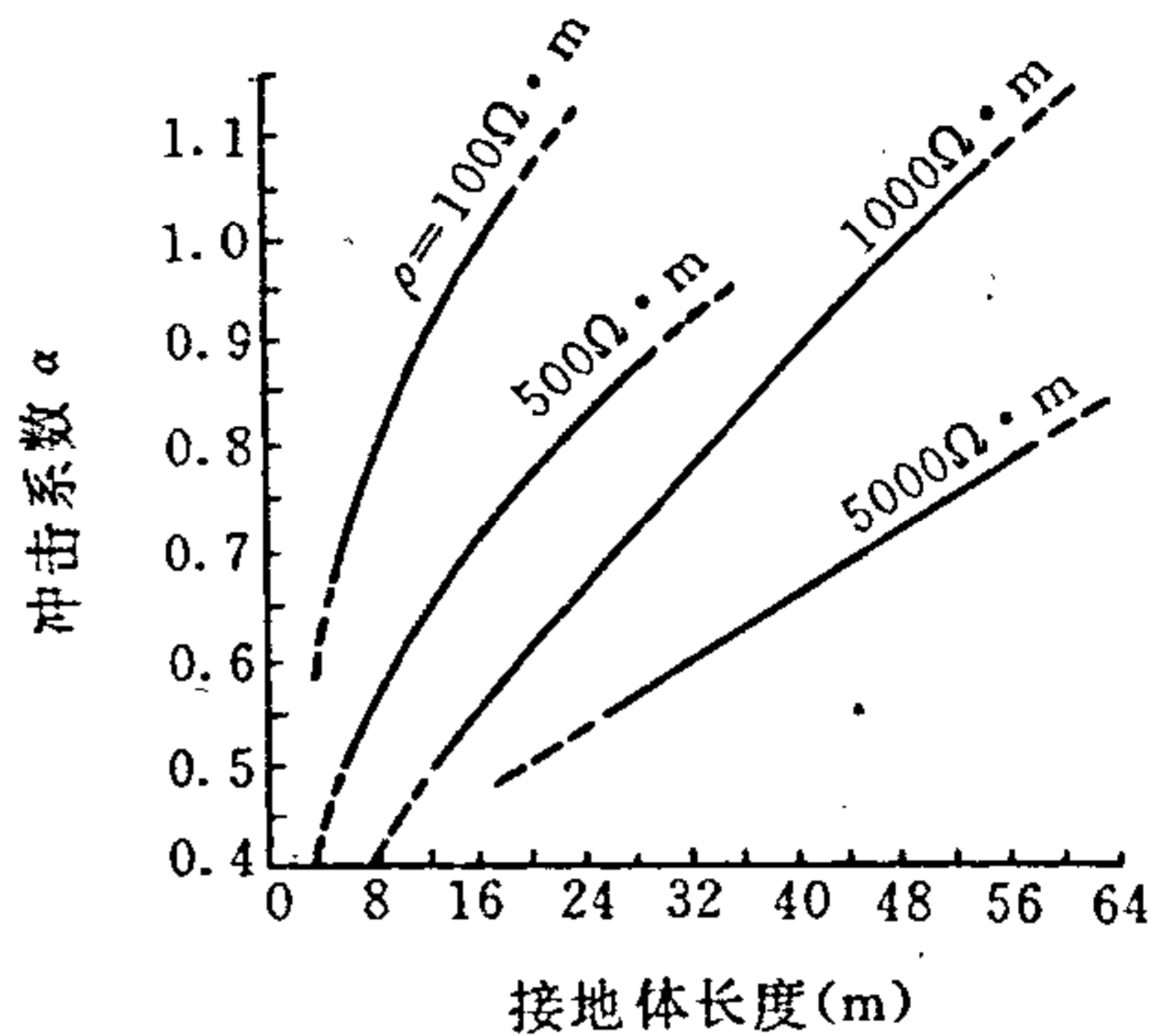


图 O.1 在 20kA 雷电流的条件下水平接地体

体长度为 13.5m, 其 $l_e = 2\sqrt{\rho} = 44.7$ (m)。所以 $\frac{l}{l_e} = \frac{13.5}{44.7} = 0.3$ 。从图 O.1 可看出, α 值几乎随长度的增加而线性增大。所以, 其 A 值在 $\frac{l}{l_e}$ 为 0.3 与 1 之间的变化从 1.5 下降到 1 也采用线性变化。 $\rho=1000\Omega \cdot m$ 和 $2000\Omega \cdot m$ 时 A 值曲线的取得与上述方法相同。当 $\rho=1000\Omega \cdot m$ 、 $\alpha=0.5$ 即 $A=2$ 时, l 的长度为 13m, $l_e = 2\sqrt{1000} = 63$ (m), 所以 $\frac{l}{l_e} = \frac{13}{63} = 0.2$ 。当 $\rho=2000\Omega \cdot m$ 、 $\alpha=0.33$ 即 $A=3$ 时, 从图 O.1 估计出 l 值约为 8m, $l_e = 2\sqrt{2000} = 89$ (m), 所以 $\frac{l}{l_e} = \frac{8}{89} = 0.1$ 。

另参见本规范 17.4.16 条的说明。

混凝土在土壤中的电阻率取 $100\Omega \cdot m$, 接地体在混凝土中的有效长度为 $2\sqrt{\rho} = 20$ m。所以, 对基础接地体取 20m 半球体范围内的钢筋体的工频接地电阻等于冲击接地电阻。

附录 P 滚球法确定接闪器的保护范围

本附录系根据本规范 17.5.2 条的规定采用滚球法并根据立体几何和平面几何的原理再用图解法并列计算出计算式解算而得出的。

双支避雷针之间的保护范围是按两个滚球在地面上从两侧滚向避雷针并与其接触后两球体的相交线而得出的。

绘制接闪器的保护范围时,将已知的数值代入计算式得出有关的数值后,用一把尺子和一支圆规就可按比例绘出所需要的保护范围。

图 P0.5a 仅适用于保护范围最高点到避雷线之间的延长弧线(h_r 为半径的保护范围延长弧线)不触及其它物体的情况,例如不适用于避雷线设于建筑物外墙上方的屋檐、女儿墙上。

图 P0.5b 不适用于避雷线设在低于屋面的外墙上。

本附录各计算式的推导见《建筑电气》1993 年第 3 期“用滚球法确定建筑物防雷接闪器的保护范围”一文。

协作单位名录

协作单位名称	产品简介	通讯地址
<p>江苏华威电气(集团)有限公司 (原镇江市线路设备厂)</p>	<p>母线槽、电缆桥架、开关柜和补偿器</p> <p>CMC3、CCX4、MB、LB 和 GM 系列母线槽,符合 ZBK、IEC 标准,防护等级达到 IP40/54,用于 10kV 以下,3500A 以内输配电系统</p> <p>XQJ、LQJ 和 HXQ 系列电缆桥架,材质可为钢,铝镁合金或阻燃材料,表面喷塑、热浸锌、镀锌镍等</p> <p>生产 DOMINO、GGD、GGK4、KYN1-10、JYND-10、BFC-50E、GWN-1 等各型开关柜,广泛用于电厂、变电站所等系统</p>	<p>江苏省扬中市栏杆桥</p> <p>法定代表人:孙和平</p> <p>联系人:张洪生</p> <p>邮 编:212211</p> <p>电 话:(0511)8411019</p> <p>电 挂:0976</p> <p>传 真:(0511)8411381</p>
<p>无锡市滑导电器厂</p>	<p>工程塑料外壳 DHG 系列、铝合金外壳 DHGJ 系列单极组合式 8 字型、H 型、Ω 型系列各种电流滑接式母线槽和电缆滑车</p>	<p>无锡市湖滨路夏家边</p> <p>联系人:马惠堂</p> <p>邮 编:214074</p> <p>电 话:(0510)5102772</p> <p style="padding-left: 2em;">5106559</p> <p>电 挂:0496</p> <p>传 真:(0510)5102878</p>

(续)

协作单位名称	产 品 简 介	通 讯 地 址
<p>成都复合 降阻材料厂</p>	<p>GJ—F 型复合降阻剂 本产品为降低一切接地装置的 接地电阻的专用产品 主要技术参数： 外 观：固态灰黑色粉末 酸碱度：$\text{pH}=7\sim 10$ 密 度：$1250\text{kg}/\text{m}^3$ 电阻率：$\rho=0.5\text{-}2.5\Omega\cdot\text{m}$ 温度适应范围：$-40^\circ\text{C}\sim 120^\circ\text{C}$ 大电流冲击：$45\text{kA}, di<0.7$ 降阻率：$35\%\text{-}70\%$ 有效使用期：30 年</p>	<p>成都市西郊犀浦镇 厂 长：黄策 邮 编：611731 电 话：$(028)7851189$ BP$(028)6616188$ —15269 电 挂：1788(郫县)</p>
<p>武汉汉发 工业移动供 电系统有限 公司</p>	<p>安全Ⅱ型滑导线 符合国际标准 DIN53438、NFC20- 010、NFC63-010、NFC32-070、 VDE0470、BSS490 镀锌钢导体， 额定电流 60A、100A、125A；铜导 体，额定电流 160A、250A、400A； 锰/不锈钢导体、额定电流 200A、 315A；100A 双绝缘集电器，铜、 石墨触靴</p>	<p>武汉市江岸区解放大道 1598 号 董事长：弗朗斯瓦·登 莱秀 总经理：时良清 联系人：薛建平 金人游 邮 编：430012 电 话：$(027)2318$ 385—16 传 真：$(027)2325386$</p>

(续)

协作单位名称	产品简介	通讯地址
<p>武汉汉发 工业移动供 电系统有限 公司</p>	<p>重Ⅲ型滑导线 铝/不锈钢导体,额定电流 630A、 800A、1000A、1250A;250A 双绝 缘集电器,铜、石墨触靴</p>	<p>武汉市江岸区解放大道 1598 号 董事长:弗朗斯瓦·登 莱秀 总经理:时良清 联系人:薛建平 金人游 邮 编:430012 电 话:(027)2318 385—16 传 真:(027)2325386</p>
<p>宁波华通电 器成套厂</p>	<p>ZN17-10 系列真空断路器、 ZFN-10 系列真空负荷开关、HK- 10Z (HXGN-10) 真空环网柜、 KYN1-10 型铠装移开式、XGN2- 10 箱型固定式金属封闭开关设 备,GG-1A(F)、GGX-10、GBC-35 型高压开关柜 NXB-10 系列箱式变电站 VV-10 双层柜、3-6kVF-C 双层 柜、和 VF-10 单层柜(引进组装) GGD 型交流低压配电柜、GCK 低压抽出式开关柜、多米诺模块 组合式低压开关柜、MCS 型组合 式低压成套开关设备、BZD 系列 直流电流柜</p>	<p>宁波市庄市镇 联系人:何永前 邮 编:315201 电 话:(0574)6691146 电 挂:镇海 8357 传 真:(0574)6691437</p>

(续)

协作单位名称	产品简介	通讯地址
北京爱劳 高科技有限 公司	<p>半导体少长针消雷装置(SLE)— 防直击雷装置,具有中和、限流作 用,符合有关标准</p> <p>导体少长针消雷装置(CLE)— 防直击雷装置,具有中和作用</p> <p>配电电源过电压保护装置 (DSOP)—电源保护装置,具有 响应时间快、残压低、通流能力强 等特点</p> <p>电话线、数据线保护装置系列 (TLP/DLP)、综合布线工程、各 种电力工程车及带电作业测量工 具系列、通信设备和励磁设备等</p>	<p>北京饭店 5060 室、5088 室</p> <p>联系人:刘 旭 陆 洋</p> <p>邮 编:100004</p> <p>电 话:(010)65263116 65137766— 5060、5088</p> <p>传 真:(010)65263117</p>
常熟开关 厂	<p>各类低压电器元件及低压成套 装置 CM1 系列塑料外壳式断路 器、DZ20 系列塑料外壳式断路 器、CJ20 系列交流接触器、QCC 直流接触器、J27 中间继电器, CGHL/K、GCL/K-0.4 低压抽出 式开关柜、GLL/K-0.4 低压固定 分隔式开关柜、GGD、JK、XLL2 低压配电柜及新型组装式动力箱</p>	<p>江苏省常熟市李闸路 68 号</p> <p>联系人:周雪柏 王春华</p> <p>邮 编:215500</p> <p>电 话:(0520)2880991</p> <p>电 挂:7030</p> <p>传 真:(0520)2881606</p>

(续)

协作单位名称	产品简介	通讯地址
山东省金曼克电气集团股份有限公司	电力变压器 10kV、20kV 及 35kV 级环氧树脂浇注干式变压器	山东省金乡县荷香路 23号 邮 编:272200 电 话:(0537)8722060 8727373 传 真:(0537)8721576