

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50169 – 2006

电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范

Code for construction and acceptance of grounding
connection electric equipment installation engineering

2006 – 07 – 20 发布

2006 – 11 – 01 实施

中 华 人 民 共 和 国 建 设 部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

**电气装置安装工程
接地装置施工及验收规范**

Code for construction and acceptance of grounding
connection electric equipment installation engineering

GB 50169 - 2006

主编部门：中国电力企业联合会

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2006年11月1日

中国计划出版社

2006 北 京

中华人民共和国建设部公告

第 467 号

建设部关于发布国家标准《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》的公告

现批准《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》为国家标准,编号为 GB 50169—2006,自 2006 年 11 月 1 日实施。其中,第 3.1.1、3.1.3 (1、3)、3.1.4、3.2.4、3.2.5、3.2.9、3.3.1、3.3.3、3.3.4、3.3.5、3.3.11、3.3.12、3.3.13、3.3.14、3.3.15、3.3.16、3.3.19、3.4.1、3.4.2、3.4.3、3.4.8、3.5.1、3.5.2、3.5.3、3.5.5、3.6.1、3.6.2、3.7.10、3.7.11、3.8.3、3.8.8、3.8.9、3.8.10、3.8.11、3.9.1、3.9.4、3.10.2、3.10.3、3.11.3 条(款)为强制性条文,必须严格执行。原《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169—92 同时废止。

本规范由建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国建设部

二〇〇六年七月二十日

前 言

本规范是根据建设部《关于印发〈二〇〇一～二〇〇二年度工程建设国家标准制定、修订计划〉的通知》(建标[2002]85号)的要求,由国网北京电力建设研究院会同有关单位,在《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169—92 的基础上修订的。

本规范共分 4 章。主要内容包括:总则;术语和定义;电气装置的接地;工程交接验收。

与原规范相比较,本规范增加了如下内容:

1. 术语和定义;
2. 输电线路杆塔的接地;
3. 调度楼、通信站和微波站二次系统的接地;
4. 电力电缆终端金属护层的接地;
5. 配电电气装置的接地;
6. 建筑物电气装置的接地。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由建设部负责管理和对强制性条文的解释。由国网北京电力建设研究院负责具体内容的解释。

本规范在执行过程中,希望各单位结合工程实践,认真总结经验,注意积累资料,如发现需要修改或补充之处,请将意见和建议寄国网北京电力建设研究院(地址:北京市宣武区南滨河路 33 号,电话:010-63424285)。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位: 国网北京电力建设研究院

参 编 单 位: 广东电力试验研究所

东北电业管理局第二工程公司

湖北电力建设一公司

北京电力建设公司

甘肃送变电工程公司

上海电力建设一公司

广州供电分公司

乐清市华厦防雷器材厂

武汉岱嘉电气技术有限公司

北京金煜瑞利科技发展有限公司

深圳市安能达电气科技有限公司

北京欧地安科技有限公司

主要起草人：陈发宇 李 谦 孙关福 孙克彬 余 祥
穆德龙 雷宗灿 朱有山 马庆林 章国林
汪海涛 屈国庆 宋美云 佟建勋

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和定义	(2)
3	电气装置的接地	(4)
3.1	一般规定	(4)
3.2	接地装置的选择	(5)
3.3	接地装置的敷设	(9)
3.4	接地体(线)的连接	(12)
3.5	避雷针(线、带、网)的接地	(14)
3.6	携带式和移动式电气设备的接地	(15)
3.7	输电线路杆塔的接地	(16)
3.8	调度楼、通信站和微波站二次系统的接地	(17)
3.9	电力电缆终端金属护层的接地	(19)
3.10	配电电气装置的接地	(19)
3.11	建筑物电气装置的接地	(20)
4	工程交接验收	(22)
	本规范用词说明	(23)
	附:条文说明	(25)

1 总 则

1.0.1 为保证接地装置安装工程的施工质量,促进工程施工技术水平的提高,确保接地装置安全运行,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于电气装置的接地装置安装工程的施工及验收。

1.0.3 接地装置的安装应由工程施工单位按已批准的设计要求施工,工程建设管理单位和监理单位应有专人负责监督。

1.0.4 接地装置施工采用的器材应符合国家现行标准的规定,并应有合格证件。

1.0.5 施工中的安全技术措施,应符合本规范和现行有关安全标准的规定。

1.0.6 接地装置的安装应配合建筑工程的施工,隐蔽部分必须在覆盖前会同有关单位做好中间检查及验收记录。

1.0.7 各种电气装置与主接地网的连接必须可靠,接地装置的焊接质量应符合本规范第 3.4.2 条的规定,接地、电阻应符合设计规定,扩建接地网与原接地网间应为多点连接。

1.0.8 接地装置验收测试应在土建完工后尽快安排进行;对高土壤电阻率地区的接地装置,在接地电阻难以满足要求时,应由设计确定采取相应措施,验收合格后方可投入运行。

1.0.9 接地装置的施工及验收,除应按本规范的规定执行外,尚应符合国家现行的有关标准规范的规定。

2 术语和定义

2.0.1 接地体(极) grounding conductor

埋入地中并直接与大地接触的金属导体,称为接地体(极)。接地体分为水平接地体和垂直接地体。

2.0.2 自然接地体 natural earthing electrode

可利用作为接地用的直接与大地接触的各种金属构件、金属井管、钢筋混凝土建筑的基础、金属管道和设备等,称为自然接地体。

2.0.3 接地线 grounding conductor

电气设备、杆塔的接地端子与接地体或零线连接用的在正常情况下不载流的金属导体,称为接地线。

2.0.4 接地装置 grounding connection

接地体和接地线的总和,称为接地装置。

2.0.5 接地 grounded

将电力系统或建筑物电气装置、设施过电压保护装置用接地线与接地体连接,称为接地。

2.0.6 接地电阻 ground resistance

接地体或自然接地体的对地电阻和接地线电阻的总和,称为接地装置的接地电阻。接地电阻的数值等于接地装置对地电压与通过接地体流入地中电流的比值。

注:本规范中接地电阻系指工频接地电阻。

2.0.7 工频接地电阻 power frequency ground resistance

按通过接地体流入地中工频电流求得的电阻,称为工频接地电阻。

2.0.8 零线 null line

与变压器或发电机直接接地的中性点连接的中性线或直流回路中的接地中性线,称为零线。

2.0.9 保护接零(保护接地) protective ground

中性点直接接地的低压电力网中,电气设备外壳与保护零线连接称为保护接零(或保护接地)。

2.0.10 集中接地装置 concentrated grounding connection

为加强对雷电流的散流作用、降低对地电位而敷设的附加接地装置,如在避雷针附近装设的垂直接地体。

2.0.11 大型接地装置 large-scale grounding connection

110kV 及以上电压等级变电所的接地装置,装机容量在 200MW 以上的火电厂和水电厂的接地装置,或者等效平面面积在 5000m^2 以上的接地装置。

2.0.12 安全接地 safe grounding

电气装置的金属外壳、配电装置的构架和线路杆塔等,由于绝缘损坏有可能带电,为防止其危及人身和设备的安全而设的接地。

2.0.13 接地网 grounding grid

由垂直和水平接地体组成的具有泄流和均压作用的网状接地装置。

2.0.14 热剂焊(放热焊接) exothermic welding

热剂焊(放热焊接)也称之火泥熔接,它是利用金属氧化物与铝粉的化学反应热作为热源,通过化学反应还原出来的高温熔融金属,直接或间接加热工件,达到熔接的目的。

3 电气装置的接地

3.1 一般规定

3.1.1 电气装置的下列金属部分,均应接地或接零:

1 电机、变压器、电器、携带式或移动式用电器具等的金属底座和外壳;

2 电气设备的传动装置;

3 屋内外配电装置的金属或钢筋混凝土构架以及靠近带电部分的金属遮栏和金属门;

4 配电、控制、保护用的屏(柜、箱)及操作台等的金属框架和底座;

5 交、直流电力电缆的接头盒、终端头和膨胀器的金属外壳和可触及的电缆金属护层和穿线的钢管。穿线的钢管之间或钢管和电器设备之间有金属软管过渡的,应保证金属软管段接地畅通;

6 电缆桥架、支架和井架;

7 装有避雷线的电力线路杆塔;

8 装在配电线路杆上的电力设备;

9 在非沥青地面的居民区内,不接地、消弧线圈接地和高电阻接地系统中无避雷线的架空电力线路的金属杆塔和钢筋混凝土杆塔;

10 承载电气设备的构架和金属外壳;

11 发电机中性点柜外壳、发电机出线柜、封闭母线的外壳及其他裸露的金属部分;

12 气体绝缘全封闭组合电器(GIS)的外壳接地端子和箱式变电站的金属箱体;

13 电热设备的金属外壳;

14 铠装控制电缆的金属护层;

15 互感器的二次绕组。

3.1.2 电气装置的下列金属部分可不接地或不接零：

1 在木质、沥青等不良导电地面的干燥房间内，交流额定电压为 400V 及以下或直流额定电压为 440V 及以下的电气设备的外壳；但当有可能同时触及上述电气设备外壳和已接地的其他物体时，则仍应接地；

2 在干燥场所，交流额定电压为 127V 及以下或直流额定电压为 110V 及以下的电气设备的外壳；

3 安装在配电屏、控制屏和配电装置上的电气测量仪表、继电器和其他低压电器等的外壳，以及当发生绝缘损坏时，在支持物上不会引起危险电压的绝缘子的金属底座等；

4 安装在已接地金属构架上的设备，如穿墙套管等；

5 额定电压为 220V 及以下的蓄电池室内的金属支架；

6 由发电厂、变电所和工业、企业区域内引出的铁路轨道；

7 与已接地的机床、机座之间有可靠电气接触的电动机和电器的外壳。

3.1.3 需要接地的直流系统的接地装置应符合下列要求：

1 能与地构成闭合回路且经常流过电流的接地线应沿绝缘垫板敷设，不得与金属管道、建筑物和设备的构件有金属的连接；

2 在土壤中含有在电解时能产生腐蚀性物质的地方，不宜敷设接地装置，必要时可采取外引式接地装置或改良土壤的措施；

3 直流电力回路专用的中性线和直流两线制正极的接地体、接地线不得与自然接地体有金属连接；当无绝缘隔离装置时，相互间的距离不应小于 1m；

4 三线制直流回路的中性线宜直接接地。

3.1.4 接地线不应作其他用途。

3.2 接地装置的选择

3.2.1 各种接地装置应利用直接埋入地中或水中的自然接地体。

交流电气设备的接地,可利用直接埋入地中或水中的自然接地体,可以利用的自然接地体如下:

- 1 埋设在地下的金属管道,但不包括有可燃或有爆炸物质的管道;
- 2 金属井管;
- 3 与大地有可靠连接的建筑物的金属结构;
- 4 水工构筑物及其类似的构筑物的金属管、桩。

3.2.2 交流电气设备的接地线可利用下列自然接地体接地:

- 1 建筑物的金属结构(梁、柱等)及设计规定的混凝土结构内部的钢筋;
- 2 生产用的起重机的轨道、走廊、平台、电梯竖井、起重机与升降机的构架、运输皮带的钢梁、电 除尘器的构架等金属结构;
- 3 配线的钢管。

3.2.3 发电厂、变电站等大型接地装置除利用自然接地体外,还应敷设人工接地体,即以水平接地体为主的人工接地网,并设置将自然接地体和人工接地体分开的测量井,以便于接地装置的测试。对于 3~10kV 的变电站和配电所,当采用建筑物的基础作接地体且接地电阻又能满足规定值时,可不另设人工接地。

3.2.4 人工接地网的敷设应符合以下规定:

- 1 人工接地网的外缘应闭合,外缘各角应做成圆弧形,圆弧的半径不宜小于均压带间距的一半;
- 2 接地网内应敷设水平均压带,按等间距或不等间距布置;
- 3 35kV 及以上变电站接地网边缘经常有人出入的走道处,应铺设碎石、沥青路面或在地下装设 2 条与接地网相连的均压带。

3.2.5 除临时接地装置外,接地装置应采用热镀锌钢材,水平敷设的可采用圆钢和扁钢,垂直敷设的可采用角钢和钢管。腐蚀比较严重的地区的接地装置,应适当加大截面,或采用阴极保护等措施。

不得采用铝导体作为接地体或接地线。当采用扁铜带、铜绞线、铜棒、铜包钢、铜包钢绞线、钢镀铜、铅包铜等材料作接地装置

时,其连接应符合本规范的规定。

3.2.6 接地装置的人工接地体,导体截面应符合热稳定、均压和机械强度的要求,还应考虑腐蚀的影响,一般不小于表 3.2.6-1 和表 3.2.6-2 所列规格。

表 3.2.6-1 钢接地体的最小规格

种类、规格及单位		地上		地下	
		室内	室外	交流电流回路	直流电流回路
圆钢直径(mm)		6	8	10	12
扁钢	截面(mm ²)	60	100	100	100
	厚度(mm)	3	4	4	6
角钢厚度(mm)		2	2.5	4	6
钢管管壁厚度(mm)		2.5	2.5	3.5	4.5

注:电力线路杆塔的接地体引出线的截面不应小于 50mm²,引出线应热镀锌。

表 3.2.6-2 铜接地体的最小规格

种类、规格及单位	地上	地下
铜棒直径(mm)	4	6
铜排截面(mm ²)	10	30
铜管管壁厚度(mm)	2	3

注:裸铜绞线一般不作为小型接地装置的接地体用,当作为接地网的接地体时,截面应满足设计要求。

3.2.7 低压电气设备地面上外露的铜接地线的最小截面应符合表 3.2.7 的规定。

表 3.2.7 低压电气设备地面上外露的铜接地线的最小截面(mm²)

名 称	铜
明敷的裸导体	4
绝缘导体	1.5
电缆的接地芯或与相线包在同一保护外壳内的多芯导线的接地芯	1

3.2.8 不要求敷设专用接地引下线的电气设备,它的接地线可利用金属构件、普通钢筋混凝土构件的钢筋、穿线的钢管等。利用以

上设施作接地线时,应保证其全长为完好的电气通路。

3.2.9 不得利用蛇皮管、管道保温层的金属外皮或金属网、低压照明网络的导线铅皮以及电缆金属护层作接地线。蛇皮管两端应采用自固接头或软管接头,且两端应采用软铜线连接。

3.2.10 在高土壤电阻率地区,接地电阻值很难达到要求时,可采用以下措施降低接地电阻:

1 在变电站附近有较低电阻率的土壤时,可敷设引外接地网或向外延伸接地体;

2 当地下较深处的土壤电阻率较低时,可采用井式或深钻式深埋接地极;

3 填充电阻率较低的物质或压力灌注降阻剂等以改善土壤传导性能;

4 敷设水下接地网。当利用自然接地体和引外接地装置时,应采用不少于2根导体在不同地点与接地网相连接;

5 采用新型接地装置,如电解离子接地极;

6 采用多层接地措施。

3.2.11 在永冻土地地区除可采用本规范第3.2.10条的措施外,还可采用以下措施降低接地电阻:

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 敷设深钻式接地极,或充分利用井管或其他深埋地下的金属构件作接地极,还应敷设深度约0.5m的伸长接地极;

3 在房屋溶化盘内敷设接地装置;

4 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。

3.2.12 在深孔(井)技术应用中,敷设深井电极应注意以下事项:

1 应掌握有关的地质结构资料和地下土壤电阻率的分布,以使深孔(井)接地能在所处位置上收到较好的效果;同时要考虑深孔(井)接地极之间的屏蔽效应,以发挥深孔(井)接地作用;

2 在坚硬岩石地区,可考虑深孔爆破,让降阻剂在孔底呈立

体树枝状分布,以降低接地电阻;

3 深井电极宜打入地下低阻地层 1~2m;

4 深井电极所用的角钢,其搭接长度应为角钢单边宽度的 4 倍;钢管搭接宜加螺纹套拧紧后两边口再加焊;

5 深井电极应通过圆钢(与水平电极同规格)就近焊接到水平网上,搭接长度为圆钢直径的 6 倍。

3.2.13 降阻剂材料选择及施工工艺应符合下列要求:

1 材料的选择应符合设计要求;

2 应选用长效防腐物理性降阻剂;

3 使用的材料必须符合国家现行技术标准,通过国家相应机构对降阻剂的检验测试,并有合格证件;

4 降阻剂的使用,应该因地制宜地用在高电阻率地区、深井灌注、小面积接地网、射线接地极或接地网外沿;

5 严格按照生产厂家使用说明书规定的操作工艺施工。

3.2.14 接地装置的防腐应符合技术标准的要求。当采用阴极保护方式防腐时,必须经测试合格。

3.3 接地装置的敷设

3.3.1 接地体顶面埋设深度应符合设计规定。当无规定时,不应小于 0.6m。角钢、钢管、铜棒、铜管等接地体应垂直配置。除接地体外,接地体引出线的垂直部分和接地装置连接(焊接)部位外侧 100mm 范围内应做防腐处理;在做防腐处理前,表面必须除锈并去掉焊接处残留的焊药。

3.3.2 垂直接地体的间距不宜小于其长度的 2 倍。水平接地体的间距应符合设计规定。当无设计规定时不宜小于 5m。

3.3.3 接地线应采取防止发生机械损伤和化学腐蚀的措施。在与公路、铁路或管道等交叉及其他可能使接地线遭受损伤处,均应用钢管或角钢等加以保护。接地线在穿过墙壁、楼板和地坪处应加装钢管或其他坚固的保护套,有化学腐蚀的部位还应采取防腐

措施。热镀锌钢材焊接时将破坏热镀锌防腐,应在焊痕外 100mm 内做防腐处理。

3.3.4 接地干线应在不同的两点及以上与接地网相连接。自然接地体应在不同的两点及以上与接地干线或接地网相连接。

3.3.5 每个电气装置的接地应以单独的接地线与接地汇流排或接地干线相连接,严禁在一个接地线中串接几个需要接地的电气装置。重要设备和设备构架应有两根与主地网不同地点连接的接地引下线,且每根接地引下线均应符合热稳定及机械强度的要求,连接引线应便于定期进行检查测试。

3.3.6 接地体敷设完后的土沟其回填土内不应夹有石块和建筑垃圾等;外取的土壤不得有较强的腐蚀性;在回填土时应分层夯实。室外接地回填宜有 100~300mm 高度的防沉层。在山区石质地段或电阻率较高的土质区段应在土沟中至少先回填 100mm 厚的净土垫层,再敷接地体,然后用净土分层夯实回填。

3.3.7 明敷接地线的安装应符合下列要求:

1 接地线的安装位置应合理,便于检查,无碍设备检修和运行巡视;

2 接地线的安装应美观,防止因加工方式造成接地线截面减小、强度减弱、容易生锈;

3 支持件间的距离,在水平直线部分宜为 0.5~1.5m;垂直部分宜为 1.5~3m;转弯部分宜为 0.3~0.5m;

4 接地线应水平或垂直敷设,亦可与建筑物倾斜结构平行敷设;在直线段上,不应有高低起伏及弯曲等现象;

5 接地线沿建筑物墙壁水平敷设时,离地面距离宜为 250~300mm;接地线与建筑物墙壁间的间隙宜为 10~15mm;

6 在接地线跨越建筑物伸缩缝、沉降缝处时,应设置补偿器。补偿器可用接地线本身弯成弧状代替。

3.3.8 明敷接地线,在导体的全长度或区区间段及每个连接部位附近的表面,应涂以 15~100mm 宽度相等的绿色和黄色相间的条

纹标识。当使用胶带时,应使用双色胶带。中性线宜涂淡蓝色标识。

3.3.9 在接地线引向建筑物的入口处和在检修用临时接地点处,均应刷白色底漆并标以黑色标识,其代号为“ $\frac{1}{\text{II}}$ ”。同一接地体不应出现两种不同的标识。

3.3.10 在断路器室、配电间、母线分段处、发电机引出线等需临时接地的地方,应引入接地干线,并应设有专供连接临时接地线使用的接线板和螺栓。

3.3.11 当电缆穿过零序电流互感器时,电缆头的接地线应通过零序电流互感器后接地;由电缆头至穿过零序电流互感器的一段电缆金属护层和接地线应对地绝缘。

3.3.12 发电厂、变电所电气装置下列部位应专门敷设接地线直接与接地体或接地母线连接:

1 发电机机座或外壳、出线柜,中性点柜的金属底座和外壳,封闭母线的外壳;

2 高压配电装置的金属外壳;

3 110kV 及以上钢筋混凝土构件支座上电气设备金属外壳;

4 直接接地或经消弧线圈接地的变压器、旋转电机的中性点;

5 高压并联电抗器中性点所接消弧线圈、接地电抗器、电阻器等的接地端子;

6 GIS 接地端子;

7 避雷器、避雷针、避雷线等接地端子。

3.3.13 避雷器应用最短的接地线与主接地网连接。

3.3.14 全封闭组合电器的外壳应按制造厂规定接地;法兰片间应采用跨接线连接,并应保证良好的电气通路。

3.3.15 高压配电间隔和静止补偿装置的栅栏门铰链处应用软铜线连接,以保持良好接地。

3.3.16 高频感应电热装置的屏蔽网、滤波器、电源装置的金属屏

蔽外壳,高频回路中外露导体和电气设备的所有屏蔽部分和与其连接的金属管道均应接地,并宜与接地干线连接。与高频滤波器相连的射频电缆应全程伴随 100mm^2 以上的铜质接地线。

3.3.17 接地装置由多个分接地装置部分组成时,应按设计要求设置便于分开的断接卡,自然接地体与人工接地体连接处应有便于分开的断接卡。断接卡应有保护措施。扩建接地网时,新、旧接地网连接应通过接地井多点连接。

3.3.18 电缆桥架、支架由多个区域连通时,在区域连通处电缆桥架、支架接地线应设置便于分开的断接卡,并有明显的标识。

3.3.19 保护屏应装有接地端子,并用截面不小于 4mm^2 的多股铜线和接地网直接连通。装设静态保护的屏,应装设连接控制电缆屏蔽层的专用接地铜排,各盘的专用接地铜排互相连接成环,与控制室的屏蔽接地网连接。用截面不小于 100mm^2 的绝缘导线或电缆将屏蔽电网与一次接地网直接相连。

3.3.20 避雷引下线与暗管敷设的电、光缆最小平行距离应为 1.0m ,最小垂直交叉距离应为 0.3m ;保护地线与暗管敷设的电、光缆最小平行距离应为 0.05m ,最小垂直交叉距离应为 0.02m 。

3.4 接地体(线)的连接

3.4.1 接地体(线)的连接应采用焊接,焊接必须牢固无虚焊。接至电气设备上的接地线,应用镀锌螺栓连接;有色金属接地线不能采用焊接时,可用螺栓连接、压接、热剂焊(放热焊接)方式连接。用螺栓连接时应设防松螺帽或防松垫片,螺栓连接处的接触面应按现行国家标准《电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范》GBJ 149 的规定处理。不同材料接地体间的连接应进行处理。

3.4.2 接地体(线)的焊接应采用搭接焊,其搭接长度必须符合下列规定:

- 1 扁钢为其宽度的 2 倍(且至少 3 个棱边焊接);
- 2 圆钢为其直径的 6 倍;

3 圆钢与扁钢连接时,其长度为圆钢直径的 6 倍;

4 扁钢与钢管、扁钢与角钢焊接时,为了连接可靠,除应在其接触部位两侧进行焊接外,并应焊以由钢带弯成的弧形(或直角形)卡子或直接由钢带本身弯成弧形(或直角形)与钢管(或角钢)焊接。

3.4.3 接地体(线)为铜与铜或铜与钢的连接工艺采用热剂焊(放热焊接)时,其熔接接头必须符合下列规定:

- 1 被连接的导体必须完全包在接头里;
- 2 要保证连接部位的金属完全熔化,连接牢固;
- 3 热剂焊(放热焊接)接头的表面应平滑;
- 4 热剂焊(放热焊接)的接头应无贯穿性的气孔。

3.4.4 采用钢绞线、铜绞线等作接地线引下时,宜用压接端子与接地体连接。

3.4.5 利用本规范第 3.2.2 条所述的各种金属构件、金属管道、穿线的钢管等作为接地线时,连接处应保证有可靠的电气连接。

3.4.6 沿电缆桥架敷设铜绞线、镀锌扁钢及利用沿桥架构成电气通路的金属构件,如安装托架用的金属构件作为接地干线时,电缆桥架接地时应符合下列规定:

- 1 电缆桥架全长不大于 30m 时,不应少于 2 处与接地干线相连;
- 2 全长大于 30m 时,应每隔 20~30m 增加与接地干线的连接点;
- 3 电缆桥架的起始端和终点端应与接地网可靠连接。

3.4.7 金属电缆桥架的接地应符合下列规定:

- 1 电缆桥架连接部位宜采用两端压接镀锡铜鼻子的铜绞线跨接。跨接线最小允许截面积不小于 4mm^2 ;
- 2 镀锌电缆桥架间连接板的两端不跨接接地线时,连接板两端应有不少于 2 个有防松螺帽或防松垫圈的螺栓固定。

3.4.8 发电厂、变电站 GIS 的接地线及其连接应符合以下要求:

1 GIS 基座上的每一根接地母线,应采用分设其两端的接地线与发电厂或变电站的接地装置连接。接地线应与 GIS 区域环形接地母线连接。接地母线较长时,其中部应另加接地线,并连接至接地网;

2 接地线与 GIS 接地母线应采用螺栓连接方式;

3 当 GIS 露天布置或装设在室内与土壤直接接触的地面上时,其接地开关、氧化锌避雷器的专用接地端子与 GIS 接地母线的连接处,宜装设集中接地装置;

4 GIS 室内应敷设环形接地母线,室内各种设备需接地的部位应以最短路径与环形接地母线连接。GIS 置于室内楼板上时,其基座下的钢筋混凝土地板中的钢筋应焊接成网,并和环形接地母线连接。

3.5 避雷针(线、带、网)的接地

3.5.1 避雷针(线、带、网)的接地除应符合本章上述有关规定外,尚应遵守下列规定:

1 避雷针(带)与引下线之间的连接应采用焊接或热剂焊(放热焊接);

2 避雷针(带)的引下线及接地装置使用的紧固件均应使用镀锌制品。当采用没有镀锌的地脚螺栓时应采取防腐措施;

3 建筑物上的防雷设施采用多根引下线时,应在各引下线距地面 1.5~1.8m 处设置断接卡,断接卡应加保护措施;

4 装有避雷针的金属筒体,当其厚度不小于 4mm 时,可作避雷针的引下线。筒体底部应至少有 2 处与接地体对称连接;

5 独立避雷针及其接地装置与道路或建筑物的出入口等的距离应大于 3m。当小于 3m 时,应采取均压措施或铺设卵石或沥青地面;

6 独立避雷针(线)应设置独立的集中接地装置。当有困难时,该接地装置可与接地网连接,但避雷针与主接地网的地下连接

点至 35kV 及以下设备与主接地网的地下连接点,沿接地体的长度不得小于 15m;

7 独立避雷针的接地装置与接地网的地中距离不应小于 3m;

8 发电厂、变电站配电装置的架构或屋顶上的避雷针(含悬挂避雷线的构架)应在其附近装设集中接地装置,并与主接地网连接。

3.5.2 建筑物上的避雷针或防雷金属网应和建筑物顶部的其他金属物体连接成一个整体。

3.5.3 装有避雷针和避雷线的构架上的照明灯电源线,必须采用直埋于土壤中的带金属护层的电缆或穿入金属管的导线。电缆的金属护层或金属管必须接地,埋入土壤中的长度应在 10m 以上,方可与配电装置的接地网相连或与电源线、低压配电装置相连接。

3.5.4 发电厂和变电所的避雷线线档内不应有接头。

3.5.5 避雷针(网、带)及其接地装置,应采取自下而上的施工程序。首先安装集中接地装置,后安装引下线,最后安装接闪器。

3.6 携带式和移动式电气设备的接地

3.6.1 携带式电气设备应用专用芯线接地,严禁利用其他用电设备的零线接地;零线和接地线应分别与接地装置相连接。

3.6.2 携带式电气设备的接地线应采用软铜绞线,其截面不小于 1.5mm^2 。

3.6.3 由固定的电源或由移动式发电设备供电的移动式机械的金属外壳或底座,应和这些供电电源的接地装置有可靠连接;在中性点不接地的电网中,可在移动式机械附近装设接地装置,以代替敷设接地线,并应首先利用附近的自然接地体。

3.6.4 移动式电气设备和机械的接地应符合固定式电气设备接地的规定,但下列情况可不接地:

1 移动式机械自用的发电设备直接放在机械的同一金属框

架上,又不供给其他设备用电;

2 当机械由专用的移动式发电设备供电,机械数量不超过 2 台,机械距移动式发电设备不超过 50m,且发电设备和机械的外壳之间有可靠的金属连接。

3.7 输电线路杆塔的接地

3.7.1 在土壤电阻率 $\rho \leq 100 \Omega \cdot \text{m}$ 的潮湿地区,可利用铁塔和钢筋混凝土杆的自然接地,接地电阻低于 10Ω 。发电厂、变电站进线段应另设雷电保护接地装置。在居民区,当自然接地电阻符合要求时,可不另设人工接地装置。

3.7.2 在土壤电阻率 $100 \Omega \cdot \text{m} < \rho \leq 500 \Omega \cdot \text{m}$ 的地区,除利用铁塔和钢筋混凝土杆的自然接地,还应增设人工接地装置,接地极埋设深度不宜小于 0.6m ,接地电阻低于 15Ω 。

3.7.3 在土壤电阻率 $500 \Omega \cdot \text{m} < \rho \leq 2000 \Omega \cdot \text{m}$ 的地区,可采用水平敷设的接地装置,接地极埋设深度不宜小于 0.5m 。 $500 \Omega \cdot \text{m} < \rho \leq 1000 \Omega \cdot \text{m}$ 的地区,接地电阻不超过 20Ω 。 $1000 \Omega \cdot \text{m} < \rho \leq 2000 \Omega \cdot \text{m}$ 的地区,接地电阻不超过 25Ω 。

3.7.4 在土壤电阻率 $\rho > 2000 \Omega \cdot \text{m}$ 的地区,接地极埋设深度不宜小于 0.3m ,接地电阻不超过 30Ω ;若接地电阻很难降到 30Ω 时,可采用 $6 \sim 8$ 根总长度不超过 500m 的放射形接地极或连续伸长接地极。

3.7.5 放射形接地极可采用长短结合的方式,每根的最大长度应符合表 3.7.5 的要求:

表 3.7.5 放射形接地极每根的最大长度

土壤电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)	≤ 500	≤ 1000	≤ 2000	≤ 5000
最大长度(m)	40	60	80	100

3.7.6 在高土壤电阻率地区采用放射形接地装置时,当在杆塔基础的放射形接地极每根长度的 1.5 倍范围内有土壤电阻率较低的

地带时,可部分采用外引接地或其他措施。

3.7.7 居民区和水田中的接地装置,宜围绕杆塔基础敷设成闭合环形。

3.7.8 对于室外山区等特殊地形,不能按设计图形敷设接地体时,应根据施工实际情况在施工记录上绘制接地装置敷设简图,并标明相对位置和尺寸,作为竣工资料移交。原设计为方形等封闭环形时,应按设计施工,以便于检修维护。

3.7.9 在山坡等倾斜地形敷设水平接地体时宜沿等高线开挖,接地沟底面应平整,沟深不得有负误差,并应清除影响接地体与土壤接触的杂物,以防止接地体受雨水冲刷外露,腐蚀生锈;水平接地体敷设应平直,以保证同土壤更好接触。

3.7.10 接地线与杆塔的连接应接触良好可靠,并应便于打开测量接地电阻。

3.7.11 架空线路杆塔的每一腿都应与接地体引下线连接,通过多点接地以保证可靠性。

3.7.12 混凝土电杆宜通过架空避雷线直接引下,也可通过金属爬梯接地。当接地线直接从架空避雷线引下时,引下线应紧靠杆身,并每隔一定距离与杆身固定一次,以保证电气通路顺畅。

3.8 调度楼、通信站和微波站二次系统的接地

3.8.1 调度通信综合楼内的通信站应与同一楼内的动力装置、建筑物避雷装置共用一个接地网。

3.8.2 调度通信综合楼及通信机房接地引下线可利用建筑物主体钢筋和金属地板构架等,钢筋自身上、下连接点应采用搭接焊,且其上端应与房顶避雷装置、下端应与接地网、中间应与各层均压网或环形接地母线焊接成电气上连通的笼式接地系统。

3.8.3 位于发电厂、变电站或开关站的通信站的接地装置应至少用 2 根规格不小于 $40\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的镀锌扁钢与厂、站的接地网均压相连。

3.8.4 通信机房房顶上应敷设闭合均压网(带)并与接地装置连接,房顶平面任一点到均压带的距离均不应大于 5m。

3.8.5 通信机房内应围绕机房敷设环形接地母线,截面应不小于 90mm^2 的铜排或 120mm^2 的镀锌扁钢。围绕机房建筑应敷设闭合环形接地装置。环形接地装置、环形接地母线和房顶闭合均压带之间,至少用 4 根对称布置的连接线(或主钢筋)相连,相邻连接线之间的距离不宜超过 18m。

3.8.6 机房内各种电缆的金属外皮、设备的金属外壳和框架、进风道、水管等不带电金属部分、门窗等建筑物金属结构以及保护接地、工作接地等,应以最短距离与环形接地母线连接。电缆沟道、竖井内的金属支架至少应两点接地,接地点间距离不宜超过 30m。

3.8.7 各类设备保护地线宜用多股铜导线,其截面应根据最大故障电流确定,一般为 $25\sim 95\text{mm}^2$;导线屏蔽层的接地线截面面积,应大于屏蔽层截面面积的 2 倍。接地线的连接应确保电气接触良好,连接点应进行防腐处理。

3.8.8 连接两个变电站之间的导引电缆的屏蔽层必须在离变电站接地网边沿 $50\sim 100\text{m}$ 处可靠接地,以大地为通路,实施屏蔽层的两点接地。一般可在进变电站前的最后一个工井处实施导引电缆的屏蔽层接地。接地极的接地电阻 $R \leq 4\Omega$ 。

3.8.9 屏蔽电源电缆、屏蔽通信电缆和金属管道引入室内前应水平直埋 10m 以上,埋深应大于 0.6m,电缆屏蔽层和铁管两端接地,并在入口处接入接地装置。如不能埋入地中,至少应在金属管道室外部分沿长度均匀分布在两处接地,接地电阻应小于 10Ω ;在高土壤电阻率地区,每处的接地电阻不应大于 30Ω ,且应适当增加接地处数。

3.8.10 微波塔上同轴馈线金属外皮的上端及下端应分别就近与铁塔连接,在机房入口处与接地装置再连接一次;馈线较长时应在中间加一个与塔身的连接点;室外馈线桥始末两端均应和接地装置连接。

3.8.11 微波塔上的航标灯电源线应选用金属外皮电缆或将导线穿入金属管,金属外皮或金属管至少应在上下两端与塔身金属结构连接,进机房前应水平直埋 10m 以上,埋深应大于 0.6m。

3.8.12 微波塔接地装置应围绕塔基做成闭合环形接地网。微波塔接地装置与机房接地装置之间至少用 2 根规格不小于 40mm×4mm 的镀锌扁钢连接。

3.8.13 直流电源的“正极”在电源设备侧和通信设备侧均应接地,“负极”在电源机房侧和通信机房侧应接压敏电阻。

3.9 电力电缆终端金属护层的接地

3.9.1 110kV 及以上中性点有效接地系统单芯电缆的电缆终端金属护层,应通过接地刀闸直接与变电站接地装置连接。

3.9.2 在 110kV 及以上电缆终端站内(电缆与架空线转换处),电缆终端头的金属护层宜通过接地刀闸单独接地,设计无要求时,接地电阻 $R \leq 4\Omega$ 。电缆护层的单独接地极与架空避雷线接地体之间,应保持 3~5m 间距。

3.9.3 安装在架空线杆塔上的 110kV 及以上电缆终端头,两者的接地装置难以分开时,电缆金属护层通过接地刀闸后与架空避雷线合一接地体,设计无要求时,接地电阻 $R \leq 4\Omega$ 。

3.9.4 110kV 以下三芯电缆的电缆终端金属护层应直接与变电站接地装置连接。

3.10 配电电气装置的接地

3.10.1 户外配电变压器等电气装置的接地装置,宜在地下敷设成围绕变压器台的闭合环形。

3.10.2 配电变压器等电气装置安装在由其供电的建筑物内的配电装置室时,其接地装置应与建筑物基础钢筋等相连。

3.10.3 引入配电装置室的每条架空线路安装的避雷器的接地线,应与配电装置室的接地装置连接,但在入地处应敷设集中接地

装置。

3.10.4 配电电气装置的接地电阻值应符合设计要求。

3.11 建筑物电气装置的接地

3.11.1 按照电气装置的要求,安全接地、保护接地或功能接地的接地装置可以采用共用的或分开的接地装置。

3.11.2 建筑物的低压系统接地点、电气装置外露导电部分的保护接地(含与功能接地、保护接地共用的安全接地)、总等电位联结的接地极等可与建筑物的雷电保护接地共用同一接地装置。接地装置的接地电阻应符合其中最小值的要求。

3.11.3 接地装置的安装应符合以下要求:

- 1 接地极的型式、埋入深度及接地电阻值应符合设计要求;
- 2 穿过墙、地面、楼板等处应有足够坚固的机械保护措施;
- 3 接地装置的材质及结构应考虑腐蚀而引起的损伤。必要时采取措施,防止产生电腐蚀。

3.11.4 电气装置应设置总接地端子或母线,并与接地线、保护线、等电位连接干线和安全、功能共用接地装置的功能性接地线等相连接。

3.11.5 断开接地线的装置应便于安装和测量。

3.11.6 埋入土壤内的接地线的最小截面应符合表 3.11.6 的规定。

表 3.11.6 埋入土壤内的接地线的最小截面(mm²)

名 称	铜	钢
有防腐保护的(没有采用机械方法保护)	16	16
没有防腐保护的	25	50

3.11.7 等电位联结主母线的最小截面不应小于装置最大保护线截面的一半,并不应小于 6mm²。当采用铜线时,其截面不应小于 2.5mm²。当采用其他金属时,则其截面应承载与之相当的载流量。

3.11.8 连接两个外露导电部分的辅助等电位联结线,其截面不

应小于接至该两个外露导电部分的较小保护线的截面。连接外露导电部分与装置外导电部分的辅助等电位联结线,其截面不应小于相应保护线截面的一半。

4 工程交接验收

4.0.1 在验收时应按下列要求进行检查：

- 1 按设计图纸施工完毕,接地施工质量符合本规范要求;
- 2 整个接地网外露部分的连接可靠,接地线规格正确,防腐层完好,标识齐全明显;
- 3 避雷针(带)的安装位置及高度符合设计要求;
- 4 供连接临时接地线用的连接板的数量和位置符合设计要求;
- 5 接地电阻值及设计要求的其他测试参数符合设计规定。

4.0.2 在交接验收时,应向甲方提交下列资料 and 文件:

- 1 实际施工的记录图;
- 2 变更设计的证明文件;
- 3 安装技术记录(包括隐蔽工程记录等);
- 4 测试记录。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的用词:

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用词:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的,写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国国家标准

电气装置安装工程
接地装置施工及验收规范

GB 50169 - 2006

条文说明

目 次

1	总 则	(29)
3	电气装置的接地	(31)
3.1	一般规定	(31)
3.2	接地装置的选择	(32)
3.3	接地装置的敷设	(36)
3.4	接地体(线)的连接	(38)
3.5	避雷针(线、带、网)的接地	(39)
3.6	携带式和移动式电气设备的接地	(40)
3.7	输电线路杆塔的接地	(40)
3.8	调度楼、通信站和微波站二次系统的接地	(41)
3.9	电力电缆终端金属护层的接地	(43)
3.10	配电电气装置的接地	(43)
3.11	建筑物电气装置的接地	(43)
4	工程交接验收	(44)

1 总 则

1.0.1 本条简要地阐明了本规范编制的宗旨,是为了保证接地装置的施工和验收质量而制定。

1.0.2 本条明确了规范的适用范围是电气装置安装工程的接地装置。其他如电子计算机和微波通讯等接地工程应按相应的施工及验收规范执行。

1.0.3 施工现场必须按照设计施工,不得随意修改设计,必要时需经过设计单位的同意,并按修改后的设计执行。工程建设管理单位和监理单位应有专人负责整个施工过程的监督。监理单位参与工程建设全过程管理已成为不可逆转的趋势,电气装置安装工程接地装置的施工,特别是隐蔽的接地装置施工,应有专职的监理或旁站人员监督施工和参与检查验收。

1.0.4 为了保证工程质量,凡不符合国家现行标准的器材,均不得使用 and 安装。

1.0.5 本规范内容是以质量标准 and 工艺要求为主,有关施工安全问题,尚应遵守现行的安全技术规程。

1.0.6 电气装置接地工程应及时配合建筑施工,从而减少重复劳动,加快工程进度和提高工程质量。

1.0.7 接地装置的焊接质量应符合规定,尤其近年来接地装置逐渐采用铜、铅等材料,相同或不同材质的材料之间的焊接应严格按照本规范或施工工艺进行,以保证施工质量。施工过程必须保证各种电气装置(或其接地引下线)与主接地网可靠连接,电气导通良好。多块接地网或扩建的接地网与原接地网之间应多点连接,设置接地井,且有便于分开的断接卡,以便于测量分块接地电阻,接地井测试项目包括:铜绞线焊接情况检查,判断导体连接情况是

否良好的导通性测试,接触电阻测试等。

1.0.8 接地装置验收测试应在土建完工后尽快安排进行,以便在投产前有时间对不合格的接地装置进行改造。需要强调的是,近年来对部分新建变电站接地装置交接测试中,多次遇到由于基建工程施工进度安排不合理、投产工期压力或施工方原因,线路架空地线和架空光纤地线(OPGW)已引入变电站并完成安装,导致接地电阻测试时无法完全将架空地线与接地装置隔离,其一是光纤地线由于其结构原因难以解除与接地装置的联接,也无法采取有效的隔离措施;其二是施工单位经常有意或无意地将接地装置外延部分与出线终端杆塔或其接地装置进行连接以加强降阻效果,即使解开架空普通地线在构架处与接地装置的连接跳线,也不能保证其与接地装置完全隔离。在这种条件下测量的接地电阻值比实际值是偏小的,而偏差量又无法给出,严重影响测试结果的有效性和对接地工程的评价、验收工作。为此要求:①接地装置交接测试时,必须排除与接地装置连接的接地中性点、架空地线和电缆外皮的分流影响。②合理安排接地装置施工进度和工期,在接地装置敷设完毕后就应进行接地电阻测试,若测试不合格需改造,则改造必须在线路完成安装前(全部架空地线尚未敷设至终端杆塔和变电站构架处)完成,接地装置测试合格后才能将线路架空地线接入变电站接地装置。③施工单位在接地装置外延部分施工或改造过程中,不得将接地装置接地导体与出线终端杆塔本体或其接地装置连接。

对高土壤电阻率地区的接地装置,在接地电阻难以满足要求时,应由设计确定采取相应措施后方可投入运行,这方面可参照电力行业标准《交流电气装置的接地》DL/T 621 的要求进行。

3 电气装置的接地

3.1 一般规定

3.1.1 本条规定了哪些电气装置应接地或接零。在原规范基础上充实了部分设备和内容,如本条第5款增加了“穿线的钢管之间或钢管和电器设备之间有金属软管过渡的,应保证金属软管段接地畅通”。近年来对施工工艺质量要求的提高,采用金属软管作为电缆保护管的过渡连接较多,金属软管本身不允许作为接地连接用,特提出“应保证金属软管段接地畅通”,即必须采用其他方式作为接地连接。要求使用软管接头和金属软管封闭电缆应接地,可以保证工艺美观和电缆安全;为保证穿线的钢管和金属软管全线良好接地,需要金属软管段两端的软管接头之间保证良好的电气连接。第10款原规范为电除尘器的构架,现改为:“承载电气设备的构架和金属外壳”,修改后使类似电除尘这样的架构全部包含进去。第14款系原规范条文,控制电缆的金属护层根据国家标准《工业与民用电力装置的接地设计规范》GBJ 65和1985年版《苏联电气装置安装法规》规定而修订。要求控制电缆的铠装层、屏蔽层和接地芯线均应接地,目的是为了保障控制电缆两端连接的电气设备及人身安全。增加了第15款“互感器的二次绕组”。当二次绕组在二次回路中被使用时,回路接线中会有接地点,当二次绕组在二次回路中被作为备用时,可能就被忽视,但是只要互感器一次侧投运,无论二次绕组是否被使用,从安全而言,都必须接地。为引起重视,增加本条文。

3.1.2 本条规定了哪些电气装置不需要接地或不需要接零,基本与原规定相同。为同设计规范协调一致,第1款中,在木质、沥青等不良导电地面的干燥房间内,交流额定电压为400V(原规范为

380V)及以下的电气设备的外壳,可以不接地或不接零。

3.1.3 本条与原规范相同,当直流流经在土壤中的接地体时,由于土壤中发生电解作用,可使接地体的接地电阻值增加,同时又可使接地体及附近地下建筑物和金属管道等发生电腐蚀而造成严重的损坏。本条第3款根据日本的技术标准和原东德接地规范的接地体以及接地线的规定,直流电力回路专用的中性线和直流双线制正极如无绝缘装置,相互间的距离不得小于1m。

采用外引接地时,外引接地体的中心与配电装置接地网的距离,根据我国水电厂的试验不宜过大,否则由于引线本身的电阻压降会使外引接地体利用程度大大降低。

注:考虑高压直流输电已自成系统,直流电力网将有专用规范,本条只适用于一般直流系统。

3.1.4 本条与原规范相同,规定接地线一般不应作其他用途,如电缆架构或电缆钢管不应作电焊机零线,以免损伤电缆金属护层。

3.2 接地装置的选择

3.2.1 本条与原规范基本相同,提示了交流电气设备的接地,可利用直接埋入地中或水中的自然接地体,这几种自然接地体均直接埋入地中或水中,能够很好地起到降低接地电阻、均衡电位的作用,且能节约钢材,提高电气设备运行的可靠性。

3.2.2 目前已广泛应用建筑物金属结构及满足热稳定要求的混凝土结构内部的非预应力钢筋作交流电气设备的接地线,能够保证设备的运行可靠性。

3.2.3 本条规定了敷设人工接地网的基本要求,对于发电厂、变电站等大型接地装置,因为接地电阻的要求比较高,为此以敷设人工接地网为主,可利用的自然接地体为辅。尤其在土壤电阻率相对较高的地区,接地电阻值很难达到要求时,通常采用的对策是将地网外延。由于地网敷设在变电站之外,必然导致高电位外引,形成安全隐患;同时也需要附带经济赔偿条件,耗费很大,因而不是

很理想的方案。深孔(井)或非单层接地的降阻措施被实践证明从降阻效果和节省费用两方面是有效的,众所周知,平面布置的接地极之间,在近距离内会产生屏蔽作用,深孔(井)接地则利用了三维空间,而且还将高电位引向大地深层。在深孔(井)技术应用中,有几点必须注意的事项:①必须掌握有关的地质结构资料和地下土壤电阻率的分布,以保证深孔(井)接地能在所处位置上收到较好的效果。②国内有关的多孔接地极并联的测试表明,深孔(井)接地极之间的屏蔽效应是不可忽视的,实际设计和施工中应予以考虑,以达到最大限度发挥深孔(井)接地作用,又能降低成本的目的。③在发育完整的坚硬岩石地区,可考虑深孔爆破,让降阻剂在孔底呈立体树枝状分布,能在一定程度上改善接地电阻。非单层接地降阻措施可以因“地”制宜地采用如双层接地网、在原址基础上先建一层接地网再回填建第二层接地网等多种形式,可以取得较好的效果。例如,在修建山地变电站的情况下,常常需要削平部分山坡地,而填充到较低山脚处,可以在即将被淹没的原坡地表面,先敷设部分接地网,以便充分利用原来风化的低电阻率土壤,回填之后,再敷设新的接地网,以期达到更好的接地效果。因此,非单层接地降阻可以设计出多种灵活的方案,呈现多种形式。

3.2.4 为了系统故障时,确保人身的安全,条文中所列的敷设人工接地网的3点要求参照了电力行业标准《交流电气装置的接地》DL/T 621的有关条款,以保证均压以及跨步电压和接触电压满足设计和运行要求。虽然这些是设计上应考虑的,本规范中作出这些规定,要求参与建设的各方在施工与验收中给予应有的重视。

3.2.5 我国钢接地体普遍受到了腐蚀和锈蚀,钢接地体(线)耐腐蚀能力差,钢接地体(线)规格偏小,钢材镀锌后能将耐腐蚀性能提高1倍左右,在我国已取得很好的防腐效果和运行经验,兼顾节约有色金属和接地装置防腐需要,目前我国接地装置已普遍采用热镀锌钢材,已成为最基本的要求。

目前铜质材料的采用有逐渐增多的趋势,铜质材料的选用需

要因因地制宜,还要做好技术经济比较论证工作。

裸铝导体埋入地下较易腐蚀,强度低、使用寿命较钢材短且价格比钢材贵,规定不得采用铝导体作为接地体或接地线。

3.2.6 本条文是原规范 2.2.3 条修改的。我国钢接地体普遍受到了腐蚀和锈蚀,接地体(线)规格偏小,根据导电性能、热稳定、均压和机械强度的要求,还应考虑腐蚀的影响,提出了钢、铜接地体(线)导体截面的最小规格,编制过程参考了国家标准《工业与民用电力装置的接地设计规范》GBJ 65 及 1985 年版《苏联电气装置安装法规》以及我国钢、铜材规格,并力求与其他规程一致。铜接地体和铜接地线的最小规格,目前尚无统一的国家标准,条文中规定的为最小规格,在实际施工中应参照设计或以设计意见为主。

执行中应注意:本规范表 3.2.6-1 和表 3.2.6-2 所列的钢、铜接地体(线)规格是最小规格,不能作为施工中选择接地体(线)规格的依据。在实际施工中应根据设计选用接地体(线)的规格进行实施。但当设计选用的接地体(线)规格小于本规范表 3.2.6-1 和表 3.2.6-2 中所列规格时,实际施工应采用本规范表 3.2.6-1 和表 3.2.6-2 所列的钢、铜接地体(线)规格。

3.2.7 本条主要是针对低压电气设备及控制电缆的接地提出的。根据国家标准《工业与民用电力装置的接地设计规范》GBJ 65 规定明敷铜、铝接地线的最小截面,不能作为施工中采用接地线截面的依据,实际施工中应根据设计选用接地线的截面进行实施。

3.2.8 本条规定的这些电气设备,虽不要求专门敷设接地引下线,但仍应保证其接地是良好的,为此应保证其全长为完好的电气通路。

3.2.9 蛇皮管、管道保温层的金属外皮或金属网、低压照明网络的导线铅皮以及电缆金属护层等,它们的强度差又易腐蚀,作接地线很不可靠。本条明确规定不可作为接地线,并对用蛇皮管作保护管时,蛇皮管两端的接地做法,也作了规定,目的是保证连接可靠。增加部分是为了强调金属软管两侧的两个软管接头间保持良

好的电气连接的必要性。

3.2.10 在高土壤电阻率地区,接地装置的接地电阻值很难达到要求时,采用外扩接地网、深井接地极、压力灌注降阻剂、敷设水下接地网、多层接地或电解离子接地极等措施来降低接地电阻,各地的实践证明有效,但实用中应因地制宜,考虑原来接地装置的状况、周围地形地貌、土壤电阻率等因素,通过技术经济比较论证来合理选取,以获取最佳的降阻效果。

3.2.11 提出对永冻土地区,除可采用第 3.2.10 条的措施外,还可以采用的 4 条降阻措施。

3.2.12 现有的接地装置降阻措施中,外扩接地网的降阻效果虽然效果比较直接,但受到征地赔偿、降阻后站外接地网运行维护管理等因素的制约,深孔(井)技术越来越多地被选用,但影响深孔(井)接地降阻效果的因素很多,不正确实施将难以达到预期的降阻效果,除了正确的设计之外,在施工方面,提出了深孔(井)技术应用中应注意的几个问题,以充分发挥深孔(井)接地的作用。

3.2.13 降阻剂分为化学降阻剂和物理降阻剂,化学降阻剂自从发现有污染水源和腐蚀接地网的缺陷以后,基本上没有使用了,现在广泛接受的是物理降阻剂(也称为长效型降阻剂)。尽管近 20 多年来,国内变电站地网中不乏使用降阻剂取得较好成效的实例,但围绕是否使用降阻剂的问题仍有许多争论,部分是顾虑降阻剂有很大腐蚀作用,加上当前国内降阻材料种类繁多且混乱,且不谈各种牌号的降阻剂如何相互比较,单说一种降阻剂,由于生产条件所限,其本身成分和性能也不一定稳定,导致在不同变电站使用效果迥异,因此对降阻剂产品的监督管理是非常重要的。为防止施工中擅自滥用降阻材料和由于施工不当而造成的不良后果,利用降阻剂降低土壤电阻率时,降阻剂的材料选择及施工工艺应符合本条规定。

3.2.14 在土壤电阻率相对较低的地区,地网接地电阻值容易满足要求,但腐蚀问题比较突出。在接地装置腐蚀问题比较严重的

地区,应采用有效的防腐措施,且接地装置的防腐应符合技术标准的要求。金属腐蚀一般可分为三类,即:电化学腐蚀、杂散电流腐蚀和细菌(微生物)腐蚀。对接地装置来说,电化学腐蚀的影响是最主要的,基于金属原子结构和电化学腐蚀现象中“微电池”和“宏电池”的机理,采用以牺牲性阳极,积极地保护以阴极形式存在的接地装置的主动疏导的牺牲性阳极加防腐导电涂料作为配套技术措施的保护方式,实现延长地网寿命的在国内已证明是有效的对策。采用该措施施工后,应逐一测试保护性电位差、电极输出电流等一系列参数,满足要求方确认合格。

3.3 接地装置的敷设

3.3.1 一般在地表下 0.15~0.5m 处,是处于土壤干湿交界的地方,接地导体易受腐蚀,因此规定埋深不应小于 0.6m,并规定了接地网的引出线在通过地表下 0.6m 引至地面外的一段需做防腐处理,以延长使用寿命。接地体引出线的垂直部分和接地装置连接(焊接)部位也容易受腐蚀,比如热镀锌钢材焊接时将破坏热镀锌防腐,因此连接(焊接)部位外侧 100mm 范围内应做防腐处理。

3.3.2 本条主要考虑接地体互相的屏蔽影响而作出距离的规定。

3.3.3 为防止接地线发生机械损伤和化学腐蚀,本条规定经运行经验证明是必要的和可行的。

3.3.4 本条规定目的是为了确保持地的可靠性。

3.3.5 如接地线串联使用,则当一处接地线断开时,造成了后面串接设备接地点均不接地,所以规定禁止串接。

近年来,我国电网重要设备和设备构架与主接地装置的连接存在的主要问题,一是只有单根连接线,一旦发生问题,设备将会失地运行;二是接地引下线热容量不够,一旦有接地短路故障便会熔断,亦致使设备失地运行,导致恶性事故。因此规定重要设备和设备构架应有两根与主接地装置不同地点连接的接地引下线,且每根接地引下线均应符合热稳定及机械强度的要求。由于接地引

下线的重要性,连接引线要明显、直接和可靠,且便于定期进行检查测试和检查,应符合电力行业标准《交流电气装置的接地》DL/T 621 的规定。具体地讲,如截面(还应考虑防腐)不够应加大,并应首先加大易发生故障设备的接地引下线截面和条数。

3.3.6 外取回填土时,不重视质量会造成接地不良,故本条明确规定以引起重视。在回填土时应分层夯实,对室外接地、山区石质地段或电阻率较高的土质区段的回填工艺提出明确要求。修改部分强调了接地体敷设前对开挖沟的处理,增强了可操作性和检查依据。

3.3.8 本条文是参照现行国家标准《绝缘导线和裸导体的颜色标志》GB 7947 制定的。

3.3.9 本条主要考虑对生产维护检修带来方便。

3.3.10 本条所述有关场所设立接线板或接地螺栓,为运行维护装设临时接地线提供方便。

3.3.11 本条的目的是为了零序保护能正确动作。

3.3.12 采用单独接地线连接以保证接地的可靠性。在发电厂、变电所电气装置应专门敷设单独接地线直接与接地体或接地母线连接的设备方面,本条文较原规范进行了拓展,增加了 6 项内容。

3.3.13 连接线短,在雷击时电感量减小,能迅速散流。

3.3.14 全封闭组合电器外壳受电磁场的作用产生感应电势,能危及人身安全,应有可靠的接地。

3.3.15 本条规定是为了牢固可靠地接地,避免有悬浮电位产生电火花危及人身安全。

3.3.16 本条根据国家标准《电热设备电力装置设计规范》的有关规定制定。增加了与高频滤波器相连的射频电缆应全程伴随 100mm^2 以上的铜质接地线的规定,是根据原国电公司编“防止电力生产重大事故的二十五项重点要求”制定的。

3.3.17 加装断线卡的目的是为了便于运行、维护和检测接地电阻。接地装置由多个分接地装置组成时,应按设计要求设置接地

井,且有便于分开的断接卡,但由于电缆桥架沿线接地,实际上无法分开,结果由于电缆外皮的影响,接地电阻测不准,因此设计时一定要分开,以便真实反映每块接地装置的接地电阻。另外增加扩建接地网时,新、旧接地网的连接通过接地井多点连接,且电气连接要良好,以便真实反映新、旧两块接地网的接地电阻。

3.3.18 设置便于分开的断接卡目的是为了便于运行、维护和导通检测。

3.3.19 近年来静态保护已在发电厂及变电所广泛采用,由于保护的重要性,微机保护等相关弱电盘柜的接地越来越重要,设立单独的回流排及单独的接地线引往主接地网,是保证微机保护等相关弱电盘柜可靠接地的有效措施。为防止电磁干扰,每面保护盘都应有良好的接地,且各盘都应装设连接控制电缆屏蔽层的专用接地铜排。各盘的铜排互相连接成环,多点与控制室的屏蔽地网连接,用截面不小于 100mm^2 的绝缘导线或电缆将屏蔽电网与一次接地网直接相连,目的是:①尽可能使控制室屏蔽地网和一次接地网之间接地电阻比较小。各盘的接地铜排上电位接近于地电位。②连接时使用绝缘导线或电缆,免除其他杂散电势窜入。

3.3.20 主要考虑避免或减小流经引下线的雷电流或故障电流对暗管内敷设电、光缆运行的感应影响。

3.4 接地体(线)的连接

3.4.1 接地线的连接应保证接触可靠。接于电机、电器外壳以及可移动的金属构架等上面的接地线应以镀锌螺栓可靠连接。

3.4.2 对接地体(线)搭接焊的搭接长度作出要求,以保证焊接良好。

3.4.3 鉴于铜材的使用越来越频繁,铜材的连接方式(热剂焊)的使用也越来越普及,故在本条文及其他条文中加入相关内容。本条文对热剂焊(放热焊接)工艺的熔接头提出工艺要求。

3.4.4 钢绞线、铜绞线用压接端子与接地体连接,目的是为了保

证电气接触良好。

3.4.5 本条的目的是为了保证电气接触良好。

3.4.6 本条文规定了电缆桥架接地的做法,目的是为了保证电气通路导通性完好以及电气接触良好。电缆桥架的接地,在设计文件或桥架制造厂的说明书中应有规定。当无规定时,至少要符合本条规定。

3.4.7 本条文为金属电缆桥架的接地连接要求,目的是为了保证金属电缆桥架接地系统的电气通路导通性完好以及电气接触良好。

3.4.8 制定本条的目的是为了保证 GIS 设备就近以最短的电气距离接地, GIS 重要设备(接地开关、氧化锌避雷器)接地良好, GIS 接地母线与主接地装置连接良好以及电气接触良好。

3.5 避雷针(线、带、网)的接地

3.5.1 焊接或热剂焊(放热焊接)为了安全,设置断接卡便于测量接地电阻及检查引下线的连接情况,断接卡加保护为防止意外断开。

第 2 款:目前镀锌制品使用较为普遍,为确保接地装置长期运行可靠,强调了提高材料防腐能力的要求,均应使用镀锌制品。至于地脚螺栓,现在还没有统一规格,无镀锌成品供应,故应采取防腐措施。

第 4 款:4mm 金属筒体不会被雷电流烧穿,故可不另敷接地线。

第 5 款至第 8 款是参照《电力设备过电压保护设计技术规程》和国家标准《工业与民用电力装置的接地设计规范》GBJ 65 制定的。

雷击避雷针时,避雷针接地点的高电位向外传播 15m 后,在一般情况下衰减到不足以危及 35kV 及以下设备的绝缘;集中接地装置是为了加强雷电流散流作用,降低对地电压而敷设的附加接地装置。

3.5.2 本条要求是防止静电感应的危害。

3.5.3 构架上避雷针(线)落雷时,危及人身和设备安全。但将电缆的金属护层或穿金属管的导线在地中埋置长度大于 10m 时,可将雷击时的高电位衰减到不危险的程度。

3.5.4 为防止发电厂和变电所的避雷线断线造成事故,本条规定避雷线档距内不允许有接头。

3.5.5 避雷针(网、带)及其接地装置施工过程中存在地上防雷装置已安装完,而地下接地装置还未施工的情况。为保证人身、设备及建筑物的安全,规定应采取自下而上的施工程序。

3.6 携带式和移动式电气设备的接地

3.6.1 因携带式电气设备经常移动,导线绝缘易损坏或导线折断,危及人身安全。因此要求应有专用芯线接地,严禁利用其他设备的零线接地,以防零线断开后造成设备没有接地。

3.6.2 携带式电气设备的接地线应考虑接地方便且不易折断。为了安全可靠,要求采用截面不小于 1.5mm^2 的软铜绞线。该截面是保证安全需要的最低要求,具体截面应根据相导线选择。

3.6.3 保证了移动式机械有可靠的保护接地,利用自然接地体能节省人力和钢材。

3.6.4 条文中的两种情况发生碰壳短路时,人体与大地间无电位差,不会发生触电危险。

3.7 输电线路杆塔的接地

3.7.1~3.7.4 这几条是参照现行电力行业标准《交流电气装置的接地》DL/T 621 制定的。分别针对不同土质情况和土壤电阻率,规定了高压输电线路杆塔接地装置的几种形式,接地极埋设深度以及对杆塔接地装置接地电阻值的要求。对于土壤电阻率 ρ 超过 $2000\Omega \cdot \text{m}$ 的高土壤电阻率地区,当经过技术经济比较,接地电阻很难降到 30Ω 时,规定可采用 6~8 根总长度不超过 500m 的放

射形接地极或连续伸长接地极。

3.7.5 接地装置采用放射形接地极时,放射形接地极长度太长,将影响降阻(尤其是冲击接地电阻)和散流效果,本条规定了几种土壤电阻率下,每根放射形接地极的最大长度。

3.7.6 本条规定了在高土壤电阻率地区杆塔接地装置降阻的若干方法。

3.7.7 在居民区和水田中的接地装置易受外力破坏,敷设成闭合环形一方面是形成连通的接地网,同时也起到了提高可靠性的作用。

3.7.8 室外山区等特殊地形情况下,特别是放射形接地极很难按照设计的直线进行敷设,因此,应该画上简图记录实际走向,方便运行维护。

3.7.9 本条是对在山坡等倾斜地形敷设水平接地体的专门要求,主要目的是考虑线路长期的运行维护工作,防止接地体的外露腐蚀生锈和外力破坏。

3.7.10 接地线与杆塔的连接,既要考虑施工又要考虑运行维护,所以应同时考虑接触良好可靠和便于测量接地电阻。

3.7.11 因为在室外,尤其是耕地、水田、山区等易受外力破坏的地方,经常发生接地引下线被破坏等情况,所以要求架空线路杆塔的每一腿都与接地体引下线连接,通过多点接地以保证可靠性。

3.7.12 本条款是对混凝土电杆的接地引下方式的要求,直接从架空避雷线引下是为了保证电气通路更加顺畅。

3.8 调度楼、通信站和微波站二次系统的接地

本节是参照《电力系统通信站防雷运行管理规程》DL 548 制定的。

3.8.1 调度通信综合楼内的通信站与同一楼内的动力装置、建筑物避雷装置共用一个接地网,以避免不同接地网间因流过雷电流或故障电流后地电位不等引起的反击,以及达到均压和屏蔽等目的。

3.8.2 为减少外界雷电等电磁干扰,调度通信综合楼及通信机房的建筑钢筋、金属地板构架、机房内环形接地母线等均应相互焊接,形成等电位的电气上连通的法拉第笼式接地系统,作为防电磁屏蔽措施。

3.8.3 本条的目的是使发电厂、变电站或开关站的通信站的接地装置与厂、站的接地网更好地连接。

3.8.4 本条规定了通信机房建筑应配置的防直击雷的接地保护措施。

3.8.5 规定了围绕机房建筑的闭合环形接地装置和通信机房内环形接地母线的敷设要求,以及保证环形接地装置、环形接地母线和房顶闭合均压带之间可靠电气连接的要求。

3.8.6 规定了对机房内各种电缆的金属外皮、设备的金属外壳和框架、进风道、水管等不带电金属部分、门窗等建筑物金属结构以及保护接地、工作接地等以最短距离与环形接地母线连接的要求。电缆沟道、竖井内的金属支架应保证沿线与接地装置可靠连接。

3.8.7 规定了各类设备保护地线、导线屏蔽层的接地线截面的要求。

3.8.8 本条的目的是将连接两个变电站之间的导引电缆的屏蔽层在沿途的雷电、工频或杂散感应电流有效泄放入地。

3.8.9 本条的目的是将引入通信机房室内屏蔽电源电缆、屏蔽通信电缆和金属管道沿途的雷电、工频或杂散感应电流有效泄放入地,阻止将上述感应电流引入机房。

3.8.10 本条的目的是将微波塔上同轴馈线金属外皮上沿线的雷电感应电流有效泄放入地,阻止将雷电感应电流引入机房。

3.8.11 本条的目的是保证微波塔上航标灯电源线沿线雷电感应电流有效泄放入地,阻止将雷电感应电流引入机房。

3.8.12 本条的目的是保证微波塔接地装置与机房接地装置联结良好,成为一个整体,达到均压的目的。

3.8.13 本条规定了直流电源的接地要求。

3.9 电力电缆终端金属护层的接地

3.9.1 规定了对 110kV 及以上中性点有效接地系统单芯电缆的电缆终端金属护层的接地要求。

3.9.2、3.9.3 规定了对 110kV 及以上电缆终端站内电缆终端头的金属护层的接地要求。

3.9.4 规定了对 110kV 以下三芯电缆的电缆终端金属护层的接地要求。

3.10 配电电气装置的接地

3.10.1 规定了对户外配电变压器等电气装置的接地要求。

3.10.2 规定了对建筑物内配电装置室的配电变压器等电气装置的接地要求。

3.10.3 规定了对配电装置室每条架空线路安装的避雷器的接地要求。

3.10.4 规定了对配电电气装置的接地电阻值的要求。

3.11 建筑物电气装置的接地

本节是参照《交流电气装置的接地》DL/T 621 制定的。

3.11.1 规定了建筑物电气装置的接地装置设计和安装的一般原则。

3.11.3 规定了对建筑物接地装置安装的接地极的型式、埋入深度及接地电阻值、机械和防腐保护措施要求。

3.11.6 规定了建筑物接地装置在有/无防腐蚀保护的情况下埋入土壤内的接地线截面的要求。

3.11.7 规定了等电位联结主母线的最小截面。

3.11.8 规定了连接两个外露导电部分和连接外露导电部分与装置外导电部分的辅助等电位联结线的最小截面。

4 工程交接验收

4.0.1 本条规定了验收时应检查的项目。

第5款要求接地电阻测量应注意测试条件和测试方法符合规定,实测值应符合设计规定值。关于接地装置的电气完整性测试和接地电阻的测试方法应按照国家标准《接地系统的土壤电阻率、接地阻抗和地面电位测量导则》GB/T 17949.1、电力行业标准《接地装置工频特性参数的测量导则》DL 475 执行。电气完整性测试目的是测试接地装置的各部分和各设备之间的电气连接性,分别逐一对两个最近设备的接地引下线之间测量其回路电阻值(即直流电阻值),各种设备与接地装置的连接情况良好率应达到100%,严禁设备失地运行。接地装置验收测试应在土建完工后尽快安排进行,而不宜安排在投产前,以便准确测量接地电阻、接地引下线导通性以及有时间安排改造。多块接地网或扩建的接地网与原地网之间应多点连接,设置接地井,且有便于分开的断接卡,以便于测量分块接地电阻。接地井测试项目包括:铜绞线焊接情况检查,判断导体连接情况是否良好的导通性测试,接触电阻测试等。

原规范第三章第4款要求“雨后不应立即测量接地电阻”虽然在新规范中不再提,但实际验收测试时仍应遵守这一要求。实践经验表明,接地装置的接地电阻值与其本身大小和所处地质环境有关,与土壤的潮湿程度关系不大;但如场区地表电位分布、跨步电势、接触电势等工频特性参数的测试结果则与土壤潮湿程度关系密切。因此接地装置的测试应尽量在干燥季节和土壤未冻结之前进行,并以此时的测试数据为基本参照。电力行业标准《水力发电厂接地设计技术导则》DL/T 591 中提及应在“连续天晴3天后

测量”，考虑到全国有些地区的气候特点，连绵阴雨而遇到工期紧迫时，如果明确规定几天之后才可测试，实际执行起来恐怕有难度，因此电力行业标准《接地装置工频特性参数的测量导则》DL 475 只规定不在雨、雪中或雨、雪后立即进行，其他由各地区自行掌握规定。

关于大型接地装置的安全判据问题，目前仍存在较多的讨论。限制接地电阻到一定数值，目的是保障人身和设备的安全，但不是仅仅依靠限制接地电阻值就能达到目的的，应当指出，还必须同时考核跨步电位差和接触电位差才行。为此，在土壤电阻率特别高的地区，不一定要求变电站地网接地电阻非达到某个值（如 0.5Ω ）不可，可以适当放松一点，在实测跨步电位差和接触电位差满足电力行业标准《交流电气装置的接地》DL/T 621 要求后，即使接地电阻超过一些，也可视为合格；而对于大型变电站来说，地网接地电阻达到 0.5Ω 一般不会有困难，可是问题往往出在跨步电位差和接触电位差方面，例如，浙江某超高压变电站，当其地网的接地电阻尚不到设计值（ 0.5Ω ）的一半，跨步电位差和接触电位差已明显不利于人身和设备安全，为了改善跨步电位差和接触电位差，只好在地网的几个局部进行了补充强化接地。

4.0.2 本条规定了在验收时应提交的资料 and 文件。第 1 款要求完整的实际施工后的竣工图，而不是仅设计变更部分的施工图。第 2 款变更设计部分的文件包括设计变更单、材料代用和合理化建议经设计批准的证明文件。第 4 款试验记录注意对总的和分部的接地装置的接地电阻应分别测出。