

ICS 27.140
CCS P 59

T/CEC

中国电力企业联合会标准

P

T/CEC 5045—2021

抽水蓄能电站防雷与接地工程
施工及验收规范

Specification for construction and acceptance of lightning
protection and earthing engineering of pumped
storage power station

2021-06-29 发布

2021-10-01 实施

中国电力企业联合会 发布

中国电力企业联合会标准

抽水蓄能电站防雷与接地工程
施工及验收规范

Specification for construction and acceptance of lightning protection and earthing
engineering of pumped storage power station

T/CEC 5045—2021

主编机构：中国电力企业联合会

批准机构：中国电力企业联合会

施行日期：2021 年 10 月 1 日

中国电力出版社

2021 北 京

中国电力企业联合会标准
抽水蓄能电站防雷与接地工程
施工及验收规范

Specification for construction and acceptance of lightning protection and earthing
engineering of pumped storage power station

T/CEC 5045—2021

*

中国电力出版社出版、印刷、发行

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

*

2022 年 1 月第一版 2022 年 1 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 2.25 印张 58 千字

*

统一书号 155198 · 3542 定价 45.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换

前 言

根据《2019 年第一批中国电力企业联合会标准制订计划的通知》（中电联标准（2019）86 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制订本规范。

本规范共分 6 章，主要内容包括：总则、术语、基本规定、防雷工程施工、接地工程施工、检测与验收。

本规范由中国电力企业联合会负责管理，由中国电力企业联合会标准化管理中心负责日常管理，由中国电力企业联合会抽水蓄能标准化技术委员会（CEC/TC 03）负责具体技术内容的解释。

本规范主编单位：国网新源控股有限公司

安徽金寨抽水蓄能有限公司

长沙科智防雷工程有限公司

长沙理工大学

本规范主要起草人员：郑智勇 胡代清 衣传宝 郭建强
宋旭峰 李璟延 杨聚伟 李林扬
王雄飞 杨廷方 张洪坤 章 亮
鲍 峰 瞿 洁 刘贵仁 滕 跃
江 帆

本规范主要审查人员：汪 毅 张亚武 张正平 王云涛
李忠彬 王德宽 刘晓波 文习山
万凤霞 邱树先 宋守平 刘殿海
万正喜 杨铁荣

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

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	防雷工程施工	5
4.1	防雷工程施工范围	5
4.2	构建筑物的防雷工程施工	5
4.3	电气一次设备防雷工程施工	5
4.4	电气二次设备防雷工程施工	9
5	接地工程施工	12
5.1	接地装置的选材	12
5.2	接地装置的敷设工艺	14
5.3	接地阻抗的降阻	17
5.4	地下洞室群接地	19
5.5	户外设备的接地施工	27
5.6	等电位接地网	28
5.7	二次盘柜的接地	29
5.8	二次电缆的接地	31
5.9	数据中心的接地	32
6	检测与验收	35
6.1	防雷工程检测	35
6.2	接地装置测试	35
6.3	接地装置验收	36
附录 A	施工示意图	37
	本规范用词说明	43
	引用标准名录	44
附：	条文说明	47

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic regulations	3
4	Construction of lightning protection engineering	5
4.1	Construction scope of lightning protection engineering	5
4.2	Construction of lightning protection engineering for structure buildings	5
4.3	Construction of lightning protection engineering for electrical primary equipments	5
4.4	Construction of lightning protection engineering for electrical secondary equipments	9
5	Construction of earthing engineering	12
5.1	Materials selection of earthing connection	12
5.2	Laying technology of earthing connection	14
5.3	Ground impedance reducing	17
5.4	Underground caverns earthing	19
5.5	Earthing construction of outdoor equipments	27
5.6	Equipotential earthing grid	28
5.7	Secondary cabinets earthing	29
5.8	Secondary cable earthing	31
5.9	Data center earthing	32
6	Tests and handover acceptance	35
6.1	Detection of lightning protection	35
6.2	Tests of earthing connection	35
6.3	Handover acceptance of earthing connection	36

T/CEC 5045—2021

Appendix A Construction schematic diagram.....	37
Explanation of wording in this specification	43
Lists of quoted standards.....	44
Addition:Explanation of provisions.....	47

1 总 则

1.0.1 为保证抽水蓄能电站防雷与接地工程的施工质量，促进工程技术水平的提高，确保抽水蓄能电站防雷与接地工程安全运行，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于抽水蓄能电站防雷与接地工程的施工及验收。

1.0.3 抽水蓄能电站防雷与接地工程的施工与验收，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 等电位接地网 equipotential earthing grid

为了减小空间电磁场对二次电缆和二次设备产生的电磁干扰，并使综自装置信号接地实现单点接地，由带绝缘的水平导体纵横连接构成的各节点处于等电位的接地网，其最终与主接地网一点接地。

2.0.2 信号接地 logical signal ground

将综自装置逻辑信号系统的公共端接到等电位接地网，使其成为稳定的参考零电位。也称功能性接地。

2.0.3 等电位连接 equipotential bonding

直接用连接导体或通过浪涌保护器将分离的金属部件、外来导电物、电力线路、通信线路及其他电缆连接到防雷装置上以减小雷电流在它们之间产生电位差的措施。

2.0.4 放热焊接 exothermic welding

利用金属氧化物与铝之间的氧化还原反应，同时释放出大量的热量和高温熔融金属，进行焊接的方法。也称热熔焊。

2.0.5 数据中心 data center

为集中放置和充分利用保护、通信、监控、监测、信息网络等二次系统设备并能保证正常运行环境的场所。可以是一幢建筑物或其中一部分，包括主机房、辅助区、支持区和行政管理区等。

3 基本规定

3.0.1 防雷与接地工程施工前应编制专项施工方案和施工技术标准、质量管理体系、施工质量检验制度和综合施工质量水平判断评定考核制度。

3.0.2 施工单位应具备行政主管部门颁发的专业防雷资质。在安装和调试中使用的各种计量器具，应经法定计量认证机构检定合格，并在检定有效期内使用。

3.0.3 防雷与接地工程采用的主要设备、材料、成品、半成品应进行进场检验并记录。

3.0.4 防雷与接地工程的材料（或设备）规格和性能要求除应符合现行国家标准《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》GB 50601 的规定外，还应符合以下规定：

1 铜条的性能应符合现行国家标准《电工用铜、铝及其合金母线 第1部分：铜和铜合金母线》GB/T 5585.1 的规定。

2 铜绞线的性能应符合现行国家标准《电缆的导体》GB/T 3956 的规定。

3 锌包钢的性能应符合现行行业标准《电力工程接地用锌包钢技术条件》DL/T 1457 的规定。

4 铜覆钢的性能应符合现行行业标准《电力工程接地用铜覆钢技术条件》DL/T 1312 的规定。

5 降阻剂的性能应符合现行行业标准《接地降阻材料技术条件》DL/T 380 的规定。

6 热熔焊剂及焊接接头的性能应符合现行行业标准《电力工程接地装置用放热焊剂技术条件》DL/T 1315 的规定。

7 等离子接地极的性能应符合现行行业标准《电力工程用缓

释型离子接地装置技术条件》DL/T 1314 的规定。

8 铜芯聚氯乙烯绝缘电缆（BV）的性能应符合现行国家标准《额定电压 450/750 V 及以下聚氯乙烯绝缘电缆 第 3 部分：固定布线用无护套电缆》GB/T 5023.3 及《阻燃和耐火电线电缆或光缆通则》GB/T 19666 的规定。

9 铜芯聚氯乙烯绝缘软电缆（BVR）的性能应符合现行行业标准《额定电压 450/750 V 及以下聚氯乙烯绝缘电缆电线和软线 第 2 部分：固定布线用电线电缆》JB/T 8734.2 和现行国家标准《阻燃和耐火电线电缆或光缆通则》GB/T 19666 的规定。

10 电涌保护器（SPD）的性能应符合现行国家标准《低压配电系统的电涌保护器（SPD） 第 1 部分：性能要求和试验方法》GB 18802.1 的规定。

3.0.5 防雷与接地工程各工序质量控制应符合现行国家标准《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》GB 50601 的规定。

4 防雷工程施工

4.1 防雷工程施工范围

4.1.1 防雷工程施工范围应包括上下水库、中控楼、开关站、地下厂房洞室群、柴油发电机房、水工观测房、35（或 66）kV 变电站、营地等防雷设施的施工。

4.2 构建筑物的防雷工程施工

4.2.1 引下线、接闪器、屏蔽、综合布线、电涌保护器安装、等电位连接、接地装置等防雷工程施工，应符合现行国家标准《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》GB 50601 的规定。

4.2.2 等电位连接工程施工应符合以下规定：

1 电力电子系统信号接地应按星形（S 型）结构等电位连接要求施工。星形（S 型）结构等电位连接具体施工方法应符合现行国家标准《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343 的规定，采取单点接地方式，星形（S 型）结构等电位的组件应与已经接地的各组件绝缘。

2 电气和电子设备的金属外壳、金属管槽、电缆屏蔽层、安全保护、电涌保护器、电子设备防静电等接地应采用网格型（M 型）结构的等电位连接，接地距离应最短。

4.3 电气一次设备防雷工程施工

4.3.1 厂用电系统的防雷工程施工应符合下列规定：

1 10 kV~35 kV 柱上断路器和负荷开关应装设氧化锌避雷器保护。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，应在带电侧装设氧化锌避雷器，其接地线应与柱上断路器的金属外壳连接，接地电阻不宜超过 $10\ \Omega$ 。

2 在厂用电系统 $10\ \text{kV}/0.4\ \text{kV}$ 变压器低压侧（或总开关），应设置第一级保护，在厂用电配电箱宜设置第二级保护，在二次盘柜电源端口宜设第三级保护，如图 4.3.1 所示。使用直流电源的盘柜内部设备，视其工作电压要求，宜安装适配的直流电源线路电涌保护器。

3 电源电涌保护器的安装工艺应符合下列规定：

- 1) 电涌保护器应分别安装在线路进入建筑物的入口、防雷区的界面和靠近被保护设备处。
- 2) 电涌保护器连接导线应短直，其长度不宜超过 $500\ \text{mm}$ ，并固定牢靠。
- 3) 电涌保护器各接线端应在本级开关、熔断器的下桩头分别与配电箱内线路的同名端相线连接。
- 4) 电涌保护器的接地端应以最短距离与所处防雷区的主接地网或接地干线连接。
- 5) 配电箱的保护接地线应与主接地网或接地干线直接连接。
- 6) 带有接线端子的电涌保护器应采用压接。
- 7) 带有接线柱的电涌保护器宜采用接线端子与接线柱连接。
- 8) 电涌保护器的连接导线最小截面面积宜符合现行行业标准《发电厂、变电站电子信息系统 $220/380\ \text{V}$ 电源电涌保护配置、安装及验收规程》DL/T 5408 的规定。

4.3.2 上、下水库架空线路的防雷工程施工应符合下列规定：

- 1 全线宜架设避雷线。
- 2 线路全线宜安装线路氧化锌避雷器。
- 3 钢筋混凝土杆配电线路，宜采用瓷或其他绝缘材料的横担。

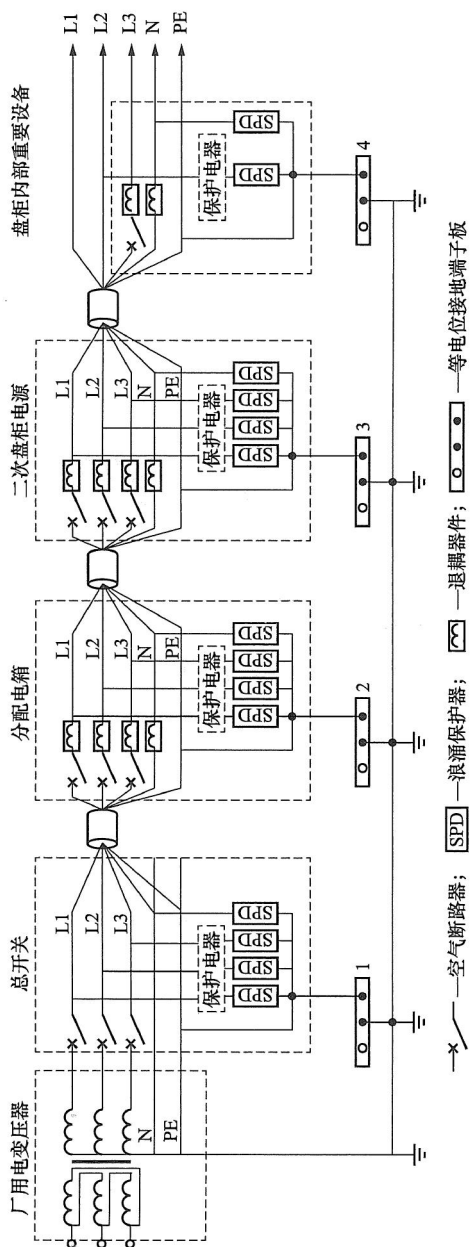


图 4.3.1 TN-S 系统的厂用电线路电涌保护器安装位置示意图

- 4 杆塔宜安装等级高于 P15 的绝缘子。
- 5 钢筋混凝土杆铁横担和地线支架、导线横担与绝缘子或瓷横担固定部分之间，应有导体连接并与接地引下线相连。
- 6 架空线路钢筋混凝土杆宜设置专用的明装引下线。
- 7 杆塔接地还应符合以下要求：
 - 1) 雷季干燥时，杆塔接地电阻不超过表 4.2.2 的数值。

表 4.2.2 杆塔的工频接地电阻

土壤电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)	$\rho \leq 100$	$100 < \rho \leq 500$	$500 < \rho \leq 1000$	$1000 < \rho \leq 2000$	$\rho > 2000$
接地电阻 (Ω)	10	15	20	25	30
注：1 土壤电阻率超过 $2000 \Omega \cdot \text{m}$ ，接地电阻很难降低到 30Ω 时，可采用 6 根~8 根总长不超过 500 m 的放射形接地体，或采用连续伸长接地体，接地电阻不受限制。 2 抽水蓄能电站进线段杆塔工频接地电阻不宜高于 10Ω 。					

- 2) 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 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网。
 - 3) 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。
 - 4) 在山坡等倾斜地形敷设水平接地体时，宜沿等高线开挖，接地沟地面应平整，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；水平接地体敷设应平直。
 - 5) 接地体与杆塔的连接应接触良好、可靠，并应便于测量接地电阻。
 - 6) 架空线路杆塔的每一柱腿都应接地体引下线连接。
- 4.3.3 避雷针的施工应符合以下规定：

- 1 设有避雷针、避雷线的构架和有避雷网（带）的开关站建筑物均应设置集中接地装置。集中接地装置宜采取下列措施：

- 1) 敷设 3 根~5 根 2.5 m~3 m 深度以上的垂直接地极。
- 2) 当地质条件为山石或土壤特别坚硬无法打入垂直接地极时,宜开挖 3 条~5 条 0.5 m×0.8 m×50 m 的泄流沟槽。沟槽内采用填满净土或其他导电性能优良的物质,再在泄流沟槽内敷设放射形水平接地极。
- 3) 开挖深井接地。

2 独立避雷针(线)应设独立的集中接地装置,接地电阻不宜超过 $10\ \Omega$ 。

3 独立避雷针的接地装置与接地网的地中距离不应小于 3 m。独立避雷针与被保护设备的距离不应小于 5 m。

4 避雷针与主接地网的地下连接点到 35 kV 及以下电气设备与主接地网的地下连接点,沿接地体的长度不应小于 15 m。

5 避雷针与引下线之间的连接应采用焊接或放热焊接;避雷线线档内不应有接头。

6 避雷针的引下线及接地装置使用的紧固件均应使用镀锌制品。当采用未镀锌的地脚螺栓时,应采取防腐措施。

7 装有避雷针的金属筒体,当其厚度大于 4 mm 时,可作为避雷针的引下线。筒体底部应至少有 2 处与接地体对称连接。

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

9 架构装有避雷针和避雷线时,其上的照明灯电源线应采用铠装电缆或穿入金属管的导线,并直埋于土壤中。电缆铠装层或金属管应接地,埋入土壤的长度不应小于 10 m。

10 避雷针及其接地装置,应采取自下而上的施工程序。首先安装集中接地装置,然后安装引下线,最后安装接闪器。

4.4 电气二次设备防雷工程施工

4.4.1 安全防范视频系统、火灾自动报警及消防联动控制系统、信息网络系统的防雷工程施工应符合下列规定:

- 1 系统电源应按照三级防雷标准安装电涌保护器。
- 2 电源和信号电涌保护器接地线长度应小于 500 mm。

3 系统户外的供电线路、视频信号线路、控制信号线路、消防线、网线等应采用厚度在 3 mm 以上的镀锌钢管屏蔽。钢管与钢管之间宜采用 30 mm×3 mm 镀锌扁钢焊接。焊接处应刷沥青漆防腐处理。钢管两端应接地。钢管长度超过 30 m 时，每隔 20 m~30 m 应进行一次接地。应先焊接，待焊接冷却后再穿线。镀锌钢管屏蔽接地示意如图 4.4.1 所示。

- 4 信号线与供电线路应分别独立屏蔽，分开敷设。

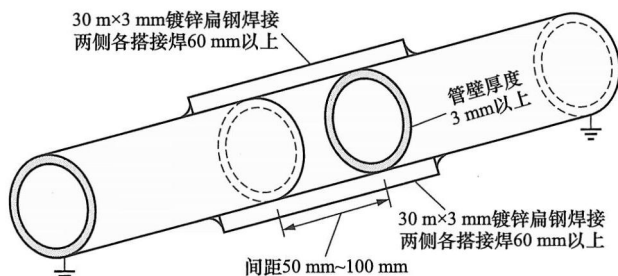


图 4.4.1 镀锌钢管屏蔽接地示意图

- 5 光纤加强筋和挡潮层两端应分别接地。

6 户外安全防范视频系统的支撑杆接地电阻应小于 $10\ \Omega$ ，支撑杆附件应设置集中接地装置；当土壤电阻率大于 $2000\ \Omega \cdot \text{m}$ 时，其接地电阻应小于 $20\ \Omega$ 。

4.4.2 水工观测自动化系统防雷工程施工应符合下列规定：

1 在水工观测现场测控装置（箱）与测量线的连接处应采用电气隔离措施，如光电隔离。光纤加强筋和挡潮层的两端应分别接地。

2 水工观测系统的电源线和信号电缆，应全程分别采用厚度在 3 mm 以上的镀锌钢管屏蔽。钢管屏蔽与接地的施工应符合本规范第 4.4.1 条第 3 款的要求。

3 水工观测自动化系统电源应按照三级防雷标准安装电涌保护器。当水工观测箱给传感器直流供电的距离大于 15 m 时,则传感器端应串接低压直流电涌保护器。

4 水工观测传感器与现场测控装置之间的测量线路,两头应安装信号电涌保护器,系统网络数据信号线路应安装信号电涌保护器。

5 水工观测系统接地电阻不大于 $4\ \Omega$,观测房和观测箱应设集中接地装置。

6 水工观测系统的接地与电站主接地网应采用共用接地系统。

4.4.3 光缆的防雷工程施工应符合现行国家标准《通信局(站)防雷与接地工程验收规范》GB 51120 的规定。

4.4.4 光缆进入室内或设备内,光缆的金属加强筋和金属防潮层应在分线柜或光缆配线架(ODF 架)使用截面面积应不小于 $16\ \text{mm}^2$ 的铜缆与盘柜下部截面面积不小于 $100\ \text{mm}^2$ 的一次(公共)接地汇集排连接。

4.4.5 光纤复合架空地线(OPGW)防雷与接地应符合现行行业标准《光纤复合架空地线(OPGW)防雷接地技术导则》DL/T 1378 的规定。

5 接地工程施工

5.1 接地装置的选材

5.1.1 接地导体（线）的截面，应考虑设计使用年限内土壤对接地导体的腐蚀，并符合载流量、短路时自动切除故障段时间及热稳定性与均压的要求，且不应小于表 5.1.1-1 和表 5.1.1-2 所列规格。接地网采用铜材时，按机械强度要求的铜接地材料的最小尺寸，应符合表 5.1.1-1 的要求。接地网采用镀锌钢材和铜覆钢时，按机械强度要求的钢接地材料的最小尺寸，应符合表 5.1.1-2 的要求。

表 5.1.1-1 铜接地材料的最小规格

种类	规格及单位	地上	地下
铜棒	直径（mm）	8	水平接地极为 8
			垂直接地极为 15
铜条	截面面积（mm ² ）	50	50
	厚度（mm）	2	2
铜绞线	截面面积（mm ² ）	50	50

注：铜绞线单股直径不小于 1.7 mm。

表 5.1.1-2 钢接地体和接地线的最小规格

种类	规格及单位	地上	地下
镀锌圆钢	直径（mm）	8	8/10
镀锌扁钢	截面面积（mm ² ）	50	50
	厚度（mm）	4	4

续表 5.1.1-2

种类	规格及单位	地上	地下
镀锌角钢	厚度 (mm)	2.5	4
镀锌钢管	管壁厚 (mm)	2.5	3.5/2.5
铜覆圆钢	直径 (mm)	8	10
铜覆钢绞线	直径 (mm)	8	10
铜覆扁钢	截面面积 (mm ²)	48	48
	厚度 (mm)	4	4

- 注: 1 地下部分圆钢的直径, 其分子、分母数据分别对应于架空线路和电站的接地网;
2 地下部分钢管的壁厚, 其分子、分母数据分别对应于埋于土壤和埋于室内混凝土地坪中;
3 架空线路杆塔的接地极引出线, 其截面面积不应小于 50 mm²;
4 钢材必须为热镀锌;
5 铜覆钢规格为钢材尺寸, 其镀铜厚度不应小于 0.25 mm。

5.1.2 接地装置选材应符合以下规定:

- 1 主接地网水平接地极宜采用铜材, 垂直接地极宜采用镀锌钢或镀锌钢。
- 2 二次设备等电位接地网应采用截面面积在 100 mm² 以上的铜条; 盘柜接地汇集排应采用截面面积在 100 mm² 以上的铜条。
- 3 地下厂房、中控楼、继保楼、出线洞、GIS (气体绝缘全封闭组合电器) 等楼层或区域接地干线应采用铜条。
- 4 主接地网和开关站等区域均压网水平接地极应采用铜绞线。
- 5 其他接地装置可采用镀锌钢或镀铜钢。

5.1.3 低压电力设备的铜接地线截面面积不应小于表 5.1.3 所列数值。

表 5.1.3 低压电力设备的铜接地线的最小截面面积 (mm²)

种类	铜
明敷裸导体	4.0

续表 5.1.3

种类	铜
绝缘导线	1.5
电缆的接地芯线或与相线包在同一保护外壳内的多芯导线的接地芯线	1.0

5.1.4 抽水蓄能电站的接地装置不得采用铝材作为接地体或接地线。

5.2 接地装置的敷设工艺

5.2.1 接地装置敷设应符合以下规定：

1 当接地装置仅用于防雷保护，且当地土壤电阻率较高时，可按现行国家标准《雷电防护 第3部分：建筑物的物理损坏和生命危险》GB/T 21714.3的规定执行。

2 接地装置顶面埋设深度不宜小于 0.8 m。

3 在土壤较薄的石山或碎石多岩地区应根据具体情况确定接地体的开挖深度，在寒冷地区应埋设在冻土层以下。

4 镀锌角钢、镀锌钢管、铜棒、铜管、镀铜棒等接地体应垂直配置，垂直接地极的深度依据地质情况确定，垂直接地极的间距不宜小于其长度的 2 倍。

5 水平接地极的间距不宜小于 5 m。

6 人工接地体与建筑物外墙或基础之间的水平距离不宜小于 1 m。

7 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。

8 自然接地极与人工接地极连接处、进出线构架接地线等应设置断接卡，断接卡应有保护措施。

9 扩建、新建接地网时，新旧接地网之间应不少于 2 点连接。

10 在建筑物外人员可经过或停留的引下线与接地体连接处 3 m 范围内或接地网边缘有人出入的走道处，应采用防止跨步电

压对人员造成伤害的下列一种或多种方法：

- 1) 应铺设厚度不低于 50 mm 的沥青层或厚度不低于 150 mm 厚的砾石层，使地面电阻率不小于 $50 \text{ k}\Omega \cdot \text{m}$ 。
- 2) 应设立阻止人员进入的护栏或警示牌。
- 3) 应敷设“帽檐式”均压带，具体施工方法应符合《水力发电厂接地设计技术导则》NB/T 35050 的规定。

11 接地装置的外缘应闭合，外缘各角应做成圆弧形，圆弧的半径不宜小于临近均压带间距的一半。

12 接地装置内应敷设水平均压带，可按等间距或不等间距布置。

13 钢材、铜材的连接应符合下列规定：

- 1) 导体为钢材时，焊接采用电弧焊，焊接时的搭接长度及焊接方法应符合表 5.2.1 的规定。

表 5.2.1 防雷装置钢材焊接时的搭线长度及焊接方法

焊接材料	搭接长度	焊接方法
扁钢与扁钢	不应小于扁钢宽度的 2 倍	两个大面不应少于 3 个棱边焊接
圆钢与圆钢	不应小于圆钢直径的 6 倍	双面施焊
圆钢与扁钢	不应小于圆钢直径的 6 倍	双面施焊
扁钢与钢管、扁钢与角钢	紧贴角钢外侧两面或紧贴 3/4 钢管表面，上、下两侧施焊，并应焊以由扁钢弯成的弧形（或直角形）卡子，或直接由扁钢本身弯成弧形，或直角形与钢管或角钢焊接	扁钢与钢管、扁钢与角钢

- 2) 导体为铜材与铜材或铜材与钢材时，连接工艺应采用放热焊接，放热焊的具体要求见现行行业标准《电力工程接地装置用放热焊剂技术条件》DL/T 1315。
- 3) 电气设备的接地线，应采用热镀锌螺栓连接，且应设防松螺母或防松垫片，接地线应加装铜鼻子。有色金

属接地线可采用螺栓连接、压接方式连接，采用螺栓连接时，应设防松螺母或防松垫片。

- 4) 铜接地线与钢接地线的连接应采用放热焊接。
- 5) 潮湿和有腐蚀性蒸气或气体的室内，接地装置的所有连接处应焊接；如确不易焊接，可采用螺栓连接，但应采取防锈蚀处理措施。

14 接地导体完成电气连接后，应测试每一个连接处的直流电阻，并编号记录。连接处电阻不应高于规格尺寸相同导体材料直流电阻的 1.05 倍。

15 接地装置的回填施工应符合下列要求：

- 1) 回填土内不应夹有石块和建筑垃圾等，土壤不应有腐蚀性。回填时应分层夯实，室外接地沟回填宜有厚度为 100 mm~300 mm 的防沉层。
- 2) 在山区石质地段敷设接地极，回填厚度不应小于 100 mm 的净土垫层，并应分层夯实。

16 接地线应采取防止机械损伤和化学腐蚀的措施。接地线在与公路、铁路或管道等交叉及其他可能使接地线遭受损伤处，均采用钢管等保护措施。接地线在穿过已有建（构）筑物处，应加装钢管或其他坚固的保护套。接地线在穿过新建（构）筑物处，可绕过基础或在其下方穿过，不应断开或浇筑在混凝土中。

17 电气装置的接地应单独与接地干线或接地网相连接，严禁在一条接地线中串接两个及以上电气装置。

5.2.2 接地装置防腐蚀应符合以下规定：

1 在接地体与接地体之间的焊点外侧最小 100 mm 范围内，应涂刷两层沥青漆。涂刷沥青漆前，应待焊接自然冷却后再除焊渣。

2 当接地体腐蚀速度较大时，宜采取防腐蚀措施或采用不易腐蚀的材料。如无防腐蚀措施，应增加接地体截面面积或采取阴极保护措施。

3 在有腐蚀性蒸汽或气体的室内，接地体应有防腐措施。

4 接地装置的使用寿命不宜低于 30 年。

5.2.3 接地装置标识施工应符合以下规定：

1 明敷接地导体的表面应涂 15 mm～100 mm 宽度相等的绿、黄相间的条纹。如因建筑要求，需涂其他颜色的，则应在连接处及分支处涂两条间距为 150 mm 的紫带。在三相四线制的电力网中，如接有单相分支线并用其中性线作接地线时，中性线在分支点应涂淡蓝色。

2 采用铜缆作为接地线时，应选用黄绿相间颜色的铜缆。

3 如设有接地测量井，接地测量井处应设有标识。

4 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 $\perp$ 。同一电站不应出现两种不同的标识。

5.2.4 接地装置敷设施工工序应符合以下规定：

1 自然接地体底板钢筋敷设完成，应按设计要求做接地施工，经检查确认并做隐蔽工程验收记录后再支模或浇捣混凝土。

2 人工接地体应按设计要求位置开挖沟槽，打入人工垂直接地体，使用人工水平接地体进行电气连接，应经检查确认并做隐蔽工程验收记录。

3 接地装置隐蔽工程应经检查验收合格后再覆土回填。

5.3 接地阻抗的降阻

5.3.1 水下接地网施工应符合以下规定：

1 水下接地网可敷设在下水库、上水库、下游河道或附近的低电阻率的水体中。

2 水下接地网不宜设在水流湍急处，以及含有腐蚀性物质的水域。

3 在水库蓄水前敷设水下接地网时，若水下结构为水泥混凝土结构，接地网应布置在水泥混凝土内，距表面不小于 50 mm；

若水下结构为自然地表或喷锚结构，则无论是动水还是静水，宜采用挖沟浇筑导电水泥混凝土等方式固定。

4 水下接地网与地下厂房和开关站之间应采用 3 根以上接地线在不同部位进行连接。

5.3.2 水库蓄水后应采取沉降法敷设水下接地网，沉降法水下接地网施工应符合以下规定：

- 1 水下接地网应采用在两岸打锚桩（或深井）的方式固定。
- 2 水下接地网主材宜采用铜绞线。
- 3 水下接地网“经线”与“纬线”应交叉焊接，并形成网格。
- 4 水下接地网应采用坠重块加以固定。

5.3.3 多层立体接地网施工应符合以下规定：

- 1 利用大坝或护坡的多个面等敷设多层立体接地网。
- 2 利用废渣堆砌场的底面和表面，在低洼待填区域敷设接地网之后再行渣土填埋，采用多层立体接地措施。

5.3.4 引外接地网施工应符合以下规定：

- 1 当 2 km 范围内有可利用的低土壤电阻率地区或水源时，可采取引外接地网措施降低接地电阻。
- 2 可采用增大引外导体截面，或采用铜导体引线和电缆引线等措施。

5.3.5 深井接地施工应符合以下规定：

- 1 当附近地区地下深处土壤电阻率较低，且地表层土壤电阻率很高时，可采用深井接地。
- 2 深井接地体宜延伸至地下水位以下和地层中电阻率较低处，同时，其水平间距宜大于埋设深度。
- 3 深井接地体宜设置在接地网引外地方或接地网的边缘地带，并且便于施工。
- 4 深井接地体宜采用标号在 304 以上的不锈钢钢管，钢管连接宜加螺纹套拧紧后再焊接。

5.3.6 人工降阻施工应符合以下规定：

1 根据现场情况和技术经济比较,宜采用降阻剂、电解极和低电阻率材料置换等降阻措施。

2 置换材料填入人工接地坑(沟)时,应分层捣紧。当中控楼、开关站或继保楼的地基为坚硬岩石时,应在地基上敷设低电阻率的净土。

5.3.7 不同区域接地网之间的连接不宜少于3处。

5.4 地下洞室群接地

5.4.1 主厂房及副厂房各楼层的四周应敷设水平方向的接地干线。每层楼的接地干线应与垂直接地干线连成一体。厂房四周每一条边应安装两条及以上的垂直接地干线。

5.4.2 地下洞室群接地网施工应利用水工建筑物的自然接地体,把厂房基础钢筋等自然接地体焊成电气回路,并每层每隔20 m~30 m引上到接地干线上。在厂房楼板中用镀锌钢焊接成网格均压网,并与镀锌扁钢网格附近的锚杆、基础钢筋用电焊连接。

5.4.3 地下洞室群各层水平方向的接地干线应采用明装的施工工艺。接地干线应至少2处与主地网的不同边连接。铜材之间、铜材与钢材之间焊接方式应采用放热焊接。

5.4.4 接地干线的安装应符合下列要求:

1 接地干线的安装位置应便于检查,不应妨碍设备检修和运行巡视。

2 接地干线的连接应可靠,不应因加工造成接地线截面减小、强度减弱或锈蚀等问题。

3 明装接地干线支撑件间的距离,在水平直线部分宜为0.5 m~1.5 m,垂直部分宜为1.5 m~3 m,转弯部分宜为0.3 m~0.5 m。

4 明装接地干线应水平或垂直敷设,或与建筑物倾斜结构平行敷设;直线段不应有高低起伏及弯曲等现象。

5 明装接地干线沿建筑物墙壁水平敷设时,离地面距离宜

为 250 mm～300 mm；接地干线与建筑物墙壁间的间隙宜为 100 mm～15 mm。

6 接地干线铜条的截面面积，应满足设备接地故障（最大短路电流）时热稳定性的要求，最小不宜小于 100 mm^2 。

7 在接地干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。

5.4.5 下列部位应敷设专用接地干线直接与主接地网连接：

1 发电机机座或外壳、出线柜，中性点柜的金属底座和外壳，封闭母线的的外壳。

2 配电装置的金属外壳。

3 110 kV 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主变压器、旋转电动机的中性点。

5 高压并联电抗器中性点所接消弧线圈、接地电抗器、电阻器等等的接地端子。

6 GIS 接地端子。

7 避雷器、避雷针、避雷线、电涌保护器等接地端子。

8 断路器、配电间、母线分段处的备用接地端子应引入接地干线，并应设有专供连接临时接地线使用的接线板和螺栓。

5.4.6 均压网的施工应符合以下规定：

1 均压网施工符合设计规定。

2 均压网施工宜采用等网孔电位的不等间距布置。

3 均压网采用长形网孔时，均压带宜沿接地网长度方向敷设。

4 均压网的外缘应闭合，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 $1/2$ ，接地网内应敷设水平均压带。

5 对局部特别危险的区域，如接触电位差或跨步电位差超过了规定值，可采用局部增设水平均压带或铺设砾石、沥青等高电阻率的地面层。路面结构层的最小厚度和电阻率见表 5.4.6-1 和

表 5.4.6-2。此外，还可采用局部地方放置绝缘垫等做法。

表 5.4.6-1 高电阻率路面结构层的最小厚度

结构材料名称	结构层最小厚度 (cm)	建议的结构层最小厚度 (cm)
黑色（沥青或渣油）碎石和沥青 （渣油）灌入碎石	4	8
沥青（渣油）表面处理	1~2.5	2~5
碎石（砾石）及其他粒料	6~8	15~20

表 5.4.6-2 高电阻率路面结构层的电气参数

路面材料名称	电阻率 ($\Omega \cdot m$)
砾石	11 670
碎石	5830
卵石	5000
沥青路面	>46 600
块石混凝土地面	1000

6 当采用等间距布置的方格网孔均压网施工时，边角网孔处接触电位差最大，宜采用辅助均压带沿接地网对角线方向将边角网孔对角相连，使最大接触电位差、跨步电位差降低。

7 当配电装置及出线设备布置在整体浇筑的钢筋混凝土楼板上时，可利用楼板钢筋作为均压网。凡作为均压网的钢筋的连接应采用焊接，并且在正常运行和短路故障时，均不得引起混凝土破坏。钢筋均压网应与接地网连接，连接点不少于 4 点，间距不大于 20 m。当混凝土钢筋连接不允许焊接时，在混凝土楼板内应敷设均压网，均压网每隔 20 m 与混凝土钢筋应焊接一次。

5.4.7 水轮发电机组接地施工应符合下列规定：

1 发电机的定子机座、机架、油冷却器、空气冷却器，发电机机坑内的金属管路及要求接地的其他部件均应可靠接地。

2 发电机中性点应经在二次侧连有电阻的接地变压器或者消弧线圈等接地。定子绕组末端应在发电机机坑内连成中性点后采用电力电缆或母线排引出。

5.4.8 离相式封闭母线接地施工应符合下列规定：

1 离相式封闭母线的外壳及支持结构的金属部分应可靠接地。

2 离相式封闭母线的外壳宜采用多点接地方式。

3 当离相式封闭母线采用单点接地时，接地点宜设在母线连接段的中部，设备支撑钢结构应与母线外壳间绝缘。

4 单点接地的封闭母线连续段不宜过长，正常运行时外壳上感应电压最大值不应超过 24 V 的安全电压值。

5 支撑架与外壳之间绝缘的耐受电压不应小于 2 kV。

6 离相式封闭母线与电气设备连接应设有绝缘法兰，绝缘法兰耐受电压不应小于 2 kV。

7 母线外壳多点接地或单点接地，在外壳连续段的端部和接地点处均应设置三相短接板。

5.4.9 高压电缆线路的接地施工应符合下列规定：

1 电力电缆线路的金属套应直接接地。

2 交流系统中三芯电缆的金属套应在电缆线路两终端和中间接头等部位直接接地。

3 交流系统中，单芯电缆的金属套沿路应至少有一点直接接地。

1) 在电缆线路任一终端处单点直接接地，另一终端经护层保护器接地（见图 5.4.9-1）。

2) 在电缆线路中央部位接头单点直接接地，两终端经护层保护器接地（见图 5.4.9-2）。

4 在电缆线路金属套上任一点非接地处的正常感应电压，应符合下列规定：

1) 在正常满负荷情况下，未采取以防止人员任意接触金

属套或屏蔽层的安全措施时，感应电压不应大于 50 V。

- 2) 在正常满负荷情况下，采取有效防止人员任意接触金属套或屏蔽层的安全措施时，感应电压宜不大于 100 V。

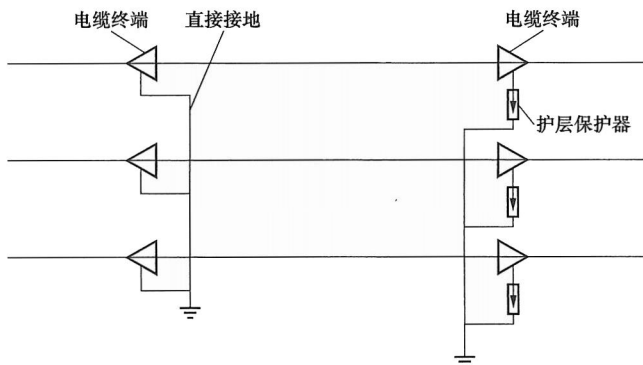


图 5.4.9-1 电缆线路一端单点直接接地

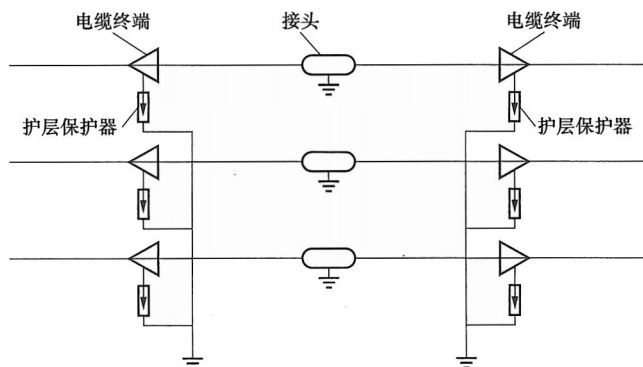


图 5.4.9-2 电缆线路一端或中央部位单点直接接地

5 35 kV 及以下电缆一端接地不能满足金属套感应电压的要求时，可采取在电缆线路两终端金属套直接接地方式（见图 5.4.9-3），并验算感应电压，应满足本规范第 5.4.9 条第 4 款的要求。

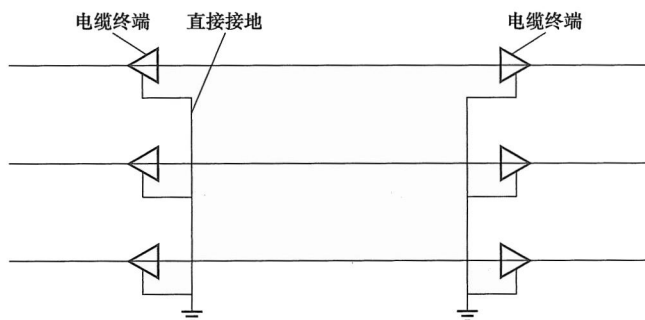


图 5.4.9-3 电缆线路两端直接接地

6 电缆线路较长时，宜将电缆划分适当的单元。在每个电缆单元分成长度相等的 3 段，并设置绝缘接头，将金属套交叉互连后经护层保护器接地。电缆终端和接头处均应直接接地（见图 5.4.9-4）。

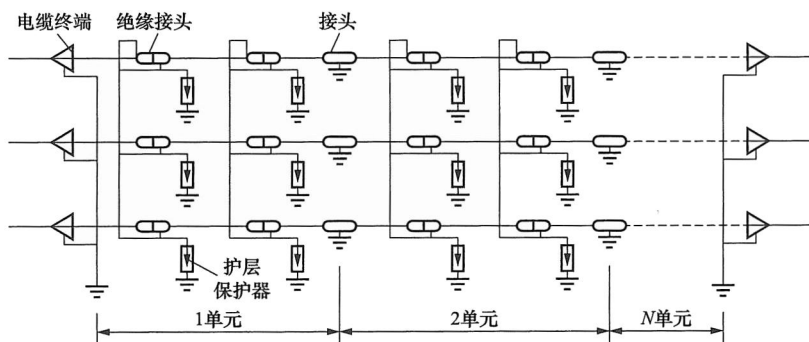


图 5.4.9-4 交叉互连接地

注：图中护层保护器示例接 Y_0 接线。

5.4.10 主变压器中性点接地施工应符合下列规定：

1 主变压器中性点应有两根与接地网主网格的不同边连接的接地引下线，并且每根接地引下线均应符合热稳定性校核的要求。引下线应便于检查和测试。

2 变压器的铁芯、夹件与接地网应可靠连接，并应便于运行监测接地线中环流。

5.4.11 GIS 的接地施工应符合下列规定：

1 GIS 应采用多点接地方式。分相式 GIS 接地线应布置在三相短接板（线）处。

2 GIS 基座上的每一根接地母线，其两端应分别与环形接地干线连接后，再与电站的主接地网连接。

3 接地母线较长时，其中部应另加接地线，并连接至主接地网或环形接地干线。

4 外壳与支架之间的连接可采用绝缘垫或直接相连。

5 GIS 正常运行时外壳上感应电压最大值不应超过 24 V。

6 GIS 设备低压电缆的单屏蔽电缆铠装应采用单点接地，并不宜在 GIS 端接地。

7 GIS 室内敷设环形接地干线，室内各种设备需接地的部位应以最短路径与环形接地干线连接。

8 GIS 置于室内楼板上时，其基座下钢筋混凝土地板中的钢筋应焊接成网，并和环形接地干线连接。

9 所有外壳接地引线应直接接在接地干线上，不应将多个接地点串联引到接地干线上。

10 GIS 专用的接地干线与电站主接地网的连接线，不应少于 4 根，接地干线及连接线截面应进行热稳定性校验。

11 GIS 设备的接地导体（线）及其连接，其施工应符合下列要求：

- 1) 三相共箱式或分相式设备的金属外壳与其底座上接地母线的连接方式，应按制造厂要求执行。
- 2) 其采用的连接方式，应确保无故障时所有金属外壳运行在地电位水平。
- 3) 当在指定点接地时，应确保母线各段外壳之间电压差在允许范围内。

- 4) 设备底座上的接地母线应与该区域专用接地网连接。
- 5) 本款第 1) 和 2) 项连接线的截面, 应满足设备接地故障 (短路) 时热稳定性的要求。

12 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。

5.4.12 电缆桥架和廊道的接地施工应符合下列规定:

1 沿金属电缆桥架敷设铜条、铜绞线、镀锌扁钢等作为接地网时, 金属电缆桥架接地应符合下列规定:

- 1) 电缆桥架全长不大于 30 m 时, 与接地网相连不应少于 2 处。
- 2) 电缆桥架全长大于 30 m 时, 应每隔 20 m~30 m 增加 1 个与接地网的连接点。连接线应采用黄绿双色软铜线, 截面面积不小于 4 mm^2 。
- 3) 电缆桥架的起始端和终点端应与接地网可靠连接。
- 4) 桥架接地网的铜条、铜绞线、镀锌扁钢等, 应与主接地网的两条以上不同边可靠连接。

2 电缆廊道的接地施工应符合下列规定:

- 1) 地下洞群明装接地干线应敷设到电缆廊道, 并与电缆平行。
- 2) 电缆廊道混凝土钢筋等自然接地体或均压网应每隔 20 m~30 m 与接地干线可靠连接。
- 3) 每一个电缆的支架应和接地干线可靠连接。

5.4.13 电动机的接地施工应符合下列规定:

1 当电动机相线截面面积小于 25 mm^2 时, 接地线应等同相线的截面面积; 当电动机相线截面面积为 $25 \text{ mm}^2 \sim 50 \text{ mm}^2$ 时, 接地线截面面积应为 25 mm^2 ; 当电动机相线截面面积大于 50 mm^2 时, 接地线截面面积应为相线截面面积的 50%。

2 保护接地端子除作保护接地外, 不应兼作他用。

3 应有明显,且不少于2点的接地。

5.4.14 一次盘柜的接地施工应符合下列规定:

1 一次盘柜的基础型钢应有明显,且不少于2点的可靠接地。

2 一次盘柜的接地母线应与主接地网可靠连接。

3 抽屉式配电柜抽屉与柜体间的接触应良好,柜体、框架的接地应良好。

4 手车式配电柜的手车与柜体的接地触头应接触可靠。当手车推入柜内时,接地触头应比主触头先接触。拉出时,接地触头应比主触头后断开。

5 装有电器的柜门应采用截面面积不小于 4 mm^2 ,且端部压接有终端附件的多股软铜导线与接地汇集排架连接。

6 盘柜柜体应接地,并有标识。

7 一次盘柜接地汇集排及与主接地网连接的铜缆除满足热稳定性要求外,一次盘柜接地汇集排铜排截面面积应不小于 100 mm^2 ,与主接地网连接的铜缆截面面积应不小于 100 mm^2 。

5.5 户外设备的接地施工

5.5.1 电流互感器接地施工应符合下列规定:

1 电流互感器应有直径不小于 12 mm 的接地螺栓或其他供接地线连接用的零部件,且接地处应有平整的金属表面,接地处应有明显的接地符号标识。所有端子(包括螺栓、螺母、垫圈等)应采用铜或铜合金制成,并有可靠防锈镀层。

2 电流互感器的铁芯和外壳应接地。

3 电流互感器二次侧应一点接地,接地线截面面积不应小于 4 mm^2 ,且不应与其他回路接地线压接在同一接线鼻子内。

4 独立的、与其他电流互感器没有电气联系的二次回路,应在开关站端子箱端子排一点接地。

5 公用电流互感器二次回路应在相关保护柜内一点接地。

5.5.2 电容式电压互感器接地施工应符合下列规定:

1 电容式电压互感器应有直径不小于 12 mm 的接地螺栓或其他供接地线连接用的零部件,且接地处应有平整的金属表面,接地处应有明显的接地符号标识。所有端子(包括螺栓、螺母、垫圈等)应采用铜或铜合金制成,并有可靠防锈镀层。

2 电容式电压互感器的铁芯和外壳应接地。根据需要,电压互感器一次侧中性点可接地,也可不接地。

3 采用不同电压等级电压互感器中性线(N线)小母线连接方式的抽水蓄能电站,应在控制室一处使用两根截面面积在 4 mm^2 及以上的铜芯线接地。

4 采用在不同小室设置电压互感器中性线(N线)独立接地方式的抽水蓄能电站,其独立接地系统之间 N 线不应连接,并在一处使用两根截面面积在 4 mm^2 及以上的铜芯线接地。

5 独立的、与其他电压互感器没有电气联系的二次回路应在开关站端子箱端子排一点接地。

6 电压互感器一次侧接地和二次侧接地,均接入主接地网。

5.5.3 开关站主要设备构架的接地施工应符合下列规定:

1 开关站主要设备架构等应有两根与主接地网不同边连接的双明装接地引下线与主接地网不同边连接。双明装接地引下线应延伸到构件的最顶端。每根接地引下线均应符合热稳定性校核的要求。

2 连接引线应便于定期进行检查测试。

5.5.4 地上均压网的施工除应符合本规范第 5.4.6 条的要求外,还应符合以下规定:

1 地上均压网埋设深度宜为 $0.6\text{ m}\sim 0.8\text{ m}$ 。

2 当地基为坚硬岩石时,应在地基上回填净土并分层夯实,再在回填土里面敷设均压网。

5.6 等 电 位 接 地 网

5.6.1 保护、通信、监测、监控、信息网络等二次系统都应敷设

等电位接地网。

5.6.2 等电位接地网施工应符合下列规定：

1 按照二次盘柜的摆放方向安装，首尾相接，且截面面积不小于 100 mm^2 的铜排，铜排布置的形状可为“口”形、“目”形或“田”形等。

2 电站各区域保护、通信、监测、监控、信息网络等二次系统等电位接地网之间应并联连接，再通过一个公共的、唯一的接地点，接入主接地网。

3 等电位铜排接地网应采用绝缘子与各种已经接地的金属构件绝缘。

4 与主接地网的连接铜缆不应少于 4 根，铜缆截面面积不应小于 50 mm^2 。

5 对于分散布置的保护就地站（保护小室），每个保护就地站按照以上要求敷设等电位接地网。

6 等电位接地网与主接地网接入地点，应与高压电气设备入地点保持 15 m 以上的地下距离。等电位接地网入接地点宜选择位于主厂房发电机下一层的中间层。

7 电站等电位接地网敷设施工方法见附录 A 中图 A.0.1-1、图 A.0.1-2 和图 A.0.1-3。地下厂房与中控楼或继保楼之间宜采用截面面积不小于 100 mm^2 的铜缆作为等电位接地网的连接干线。

5.6.3 二次系统综自装置信号接地网与等电位接地网宜合二为一。

5.7 二次盘柜的接地

5.7.1 二次盘柜的接地施工应符合下列规定：

1 二次盘柜基础型钢应有明显，且不少于两点的可靠接地。

2 二次盘柜本体应通过盘柜内的一次（公共）接地汇集排接地。一次（公共）接地汇集排应与厂房接地干线或主接地网直接连接，不应与等电位接地网连接。

3 二次盘柜内的二次（信号）接地汇集排应与一次（公共）

接地汇集排分离。二次（信号）接地汇集排应采用绝缘子与二次盘柜本体绝缘。信号接地端子应和盘柜内二次（信号）接地汇集排相连。

4 二次盘柜底部的二次（信号）接地汇集排应选用截面面积不小于 100 mm^2 的铜条，然后通过截面面积不小于 50 mm^2 的绝缘铜缆与盘柜下层的等电位接地网相连。

5 一次（公共）接地汇集排应采用螺栓直接固定在盘柜本体上。二次电缆屏蔽接地、铠装层接地和盘柜外壳安全接地、交流接地、防雷接地与盘柜一次（公共）接地汇集排连接。

6 一次（公共）接地汇集排截面面积不宜小于 100 mm^2 的铜排。

7 综自装置信号接地端子与二次（信号）接地汇集排连接线应采用截面面积不小于 4 mm^2 的黄绿绝缘软铜线。

8 电缆铠装的接地线宜采用截面与芯线截面相同，且截面面积不应小于 4 mm^2 的黄绿绝缘软铜线。

9 电缆屏蔽层的接地线截面面积应大于屏蔽层截面面积的 2 倍。

10 二次盘柜外壳（箱体）和端子箱（汇控柜、智能控制柜）箱体及可开启的门接地线应采用截面面积不小于 4 mm^2 的黄绿绝缘软铜线。

11 当接至一次（公共）接地汇集排的接地线较多时，可将不超过 6 根的接地线同压一接线鼻子，再与一次（公共）接地汇集排可靠连接。

12 就地端子箱内（汇控柜、智能控制柜）应设置截面面积不小于 100 mm^2 的铜排，不要求与端子箱外壳绝缘。

13 就地端子箱内（汇控柜、智能控制柜）二次电缆屏蔽层、保护装置及辅助装置的接地端子、盘柜本体应接至箱内铜排接地，再通过截面面积不小于 100 mm^2 的铜缆或铜条与接地干线或主接地网连接。

5.7.2 二次盘柜接地具体施工方法见附录 A 中图 A.0.2。

5.7.3 二次盘柜的信号接地还应符合下列规定：

1 当盘柜上布置有多个综自装置子系统插件时，各插件的信号接地点均应与插件箱的箱体绝缘，并应分别引接至盘柜底部专用的二次（信号）接地汇集排。

2 二次设备综自装置信号接地应采用单点接地方式。

5.7.4 二次盘柜上装有装置性设备或有特殊接地要求的电器时，其外壳与盘柜内部一次（公共）接地汇集排连接，不应接入二次（信号）专用接地汇集排。

5.7.5 微机型继电保护装置柜屏内的交流供电电源（照明、打印机和调制解调器等）的中性线（中性线）应接至盘柜一次（公共）接地汇集排上，不应接入二次（信号）专用接地汇集排。

5.8 二次电缆的接地

5.8.1 二次电缆屏蔽层接地应符合设计要求。当设计未做要求时，二次电缆屏蔽层接地施工应符合下列规定：

1 用于电气保护和控制的单屏蔽电缆屏蔽层应采用两端接地方式。在控制室内屏蔽层应接于保护屏柜内的一次（公共）接地汇集排。开关场屏蔽层应在与高压设备有一定距离的端子箱接地。双重屏蔽电缆内屏蔽层应一点接地，外屏蔽层应两点接地。

2 远动、通信等计算机系统所采用的单屏蔽电缆屏蔽层应一点接地；双屏蔽电缆外屏蔽层应两端接地，内屏蔽层宜一点接地。屏蔽层一点接地时，若信号源浮空，屏蔽层的接地点应在计算机侧；若信号源接地，接地点应靠近信号源。

3 互感器每相二次回路应经两芯屏蔽电缆从高压箱体引至端子箱，屏蔽电缆在高压箱和端子箱两端接地。

4 电缆载波用高频同轴电缆屏蔽层应在两端分别接地，并紧靠同轴电缆敷设截面面积不小于 100 mm^2 的两端接地的铜排（缆）。

5 传送音频信号的屏蔽双绞线,其屏蔽层应两端接地。

6 传送数字信号的电缆长度大于 50 m 时,应采用光缆,光缆挡潮层和加强筋应接地。

7 对于低频、低电平模拟信号的电缆,屏蔽层应在最不平衡端或电路本身接地处一点接地。

5.8.2 电站应沿二次电缆平行敷设截面面积不小于 100 mm^2 的铜排(缆)。此铜排(缆)两端与接地干线或主接地网(一次地)连接。二次电缆两端屏蔽层应就近与铜排(缆)连接。如果铜缆(排)较长,中间也应接地。铜排不要求与电缆支架和其他金属构件绝缘。

5.9 数据中心的接地

5.9.1 数据中心位于电站主接地网的覆盖范围内时,数据中心的接地施工应符合以下规定:

1 数据中心应与楼内的电气装置、建筑物避雷装置及屏蔽装置共用一个接地网,此接地网与电站主接地网共地。

2 数据中心所在楼栋周围应敷设闭合环形集中接地装置。

3 建筑物自然接地体应与闭合环形集中接地装置的 2 个接地点连接共地。2 个接地共地的点应对称布置。

4 环形集中接地装置宜使用不少于 2 根截面面积不小于 100 mm^2 的铜绞线与电站的主接地网连接。2 根连接线应连接主接地网的不同边。

5 数据中心楼板内部宜敷设均压网。金属门窗应与均压网连接。均压网通过建筑物主筋的自然接地体接地。

6 数据中心内宜围绕数据中心敷设明装的室内环形接地干线。环形接地干线与室外环形集中接地装置之间宜用 2 根截面面积不小于 100 mm^2 的铜缆作为垂直接地干线。

7 垂直接地干线与环形集中接地装置的连接点及建筑物避雷装置引下线与环形集中接地装置的连接点,这 2 个连接点之间

应保持不低于 15 m 的地下距离。

8 垂直接地干线应采用金属管套管屏蔽。屏蔽管两端应接地。金属管之间应电气连接。屏蔽管下端宜通过建筑物主筋的自然接地体接地，上端应通过环形接地干线接地。

9 垂直接地干线应对称布置。垂直接地干线不应与同楼层楼柱引下线钢筋和楼板内部均压环连接。

10 数据中心内各种电缆的金属外皮、设备的金属外壳和盘柜、进风道、水管等不带电金属部分、建筑物金属结构及屏蔽接地、SPD 接地等，应按照本规范第 4.2.2 条第 2 款的规定进行 M 型等电位连接。M 型等电位连接通过环形接地干线接地。

11 建筑物外部防雷装置避雷网的接地宜采用明装引下线。明装引下线宜采用金属管屏蔽。屏蔽管应与建筑物主筋的自然接地体连接。明装引下线宜采用截面面积不宜小于 100 mm^2 的带绝缘的铜缆。

12 屏蔽电源电缆、屏蔽通信电缆和金属管道进入数据中心前水平直埋长度应大于 10 m，埋设深度应大于 0.6 m。电缆屏蔽层和金属管应两端接地，并在入口处接入接地装置。

13 对于不能埋入地中的屏蔽电源电缆、屏蔽通信电缆和金属管道，应将其室外部分沿长度均匀分布两点接地，接地电阻应小于 $10\ \Omega$ ，在高土壤电阻率地区的接地电阻不应大于 $30\ \Omega$ 。

14 数据中心二次系统等电位接地网禁止在中控楼和继保楼处就地接地，宜通过截面面积不小于 100 mm^2 的铜缆延伸到地下厂房与等电位接地网入地点。此铜缆在进入建筑物后应采取金属管套管屏蔽措施。数据中心综自装置信号接地接入等电位接地网。

15 等电位接地网的屏蔽管在数据中心内部应通过环形接地干线接地，靠近地面处宜通过建筑物主筋自然接地体接地。

16 主接地网范围内数据中心的接地示意图见附录 A 中图 A.0.3-1。

5.9.2 数据中心位于电站主接地网的范围之外时，数据中心的接

地施工应符合以下规定：

1 建筑物内部数据中心的星形（S 型）等电位连接应符合现行国家标准《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343 的规定。数据中心信号接地应接入星形（S 型）等电位连接导体，禁止接入电站的等电位接地网，星形（S 型）等电位连接导体通过工艺接地干线接地。

2 工艺接地干线与环形集中接地装置的连接点与直击雷引下线入地点之间应保持不低于 15 m 的地下距离，且工艺接地干线应采用金属管套管屏蔽，屏蔽管两端应接地。工艺接地干线不应与同楼层引下线钢筋和楼板内部均压网连接。工艺接地干线应采用截面面积不小于 100 mm^2 的铜缆。

3 数据中心内各种电缆的金属外皮、设备的金属外壳和盘柜、进风道、水管等不带电金属部分、建筑物金属结构及屏蔽接地、SPD 接地等，应按照本规范第 4.2.2 条第 2 款的规定进行 M 型等电位连接。M 型等电位连接通过环形接地干线接地。

4 环形接地干线通过垂直接地干线接地，垂直接地干线与环形集中接地装置的连接点与直击雷引下线入地点之间应保持不低于 15 m 的地下距离，且垂直接地干线应采用金属管套管屏蔽，屏蔽管两端应接地。垂直接地干线不应与同楼层引下线钢筋和楼板内部均压网连接。垂直地干线应采用截面面积不小于 100 mm^2 的铜缆。

5 建筑物外部防雷装置避雷网的接地宜采用明装引下线。明装引下线宜采用金属管屏蔽。屏蔽管应与建筑物主筋的自然接地体连接。明装引下线宜采用截面面积不宜小于 100 mm^2 的带绝缘的铜缆。

6 数据中心内部宜敷设均压网。金属门窗应与均压网连接。均压网通过建筑物主筋的自然接地体接地。

7 主接地网范围外数据中心接地施工见附录 A 中图 A.0.3-2。

6 检测与验收

6.1 防雷工程检测

6.1.1 继保楼、中控楼、办公楼、启闭机房、户外配电室、35（或66）kV 变电站、GIS 楼、水工观测室、仓库、透平油库、营地宿舍、食堂、体育馆、招待所、门卫室等建筑物防雷装置均应进行检测。

6.1.2 新建、改建、扩建建筑物防雷装置施工过程中的检测，应对其结构、布置、形状、材料规格、尺寸、连接方法和电气性能进行分阶段检测。投入使用后建筑物防雷装置的第一次检测应按照规定文件进行。

6.1.3 建筑物防雷检测应符合现行国家标准《建筑物防雷装置检测技术规范》GB/T 21431。

6.1.4 建筑物防雷检测应由具备气象行政主管部门颁发的防雷装置检测专业资质的机构承担。

6.1.5 建筑物防雷装置检测的周期为 12 个月。

6.2 接地装置测试

6.2.1 接地装置的特性参数测试应包括电气完整性测试、接地阻抗测试、场区地表电位梯度分布测试、跨步电位差和接触电位差的测试。

6.2.2 接地装置的特性参数测试区域应包括出线场、GIS 室、主变压器洞、母线洞、厂用电配电室、高压电缆廊道等。

6.2.3 新建电站应依据机组实际竣工的批次，在以上区域通电之前进行测试。

6.2.4 接地装置测试应由具备相关资质的独立第三方承担。

6.2.5 接地装置测试应符合现行行业标准《接地装置特性参数测量导则》DL/T 475 的规定。

6.3 接地装置验收

6.3.1 接地装置验收应符合下列规定：

1 应按设计要求施工完毕，接地施工质量应符合本规范的规定。

2 接地网外露部分的连接应可靠，接地线规格应正确，防腐层完好，标识齐全、明显。

3 避雷针、避雷线、避雷带及避雷网的安装位置及高度应符合设计要求。

4 供连接临时接地线用的连接板的数量和位置应符合设计要求。

5 出线场、GIS 室、主变压器洞、母线洞、厂用电配电室、一次电缆廊道等区域的接地阻抗、跨步电位差和接触电位差等测试参数应符合设计规定。

6.3.2 在接地装置交接验收时，应提交下列资料 and 文件：

1 符合实际施工的图纸。

2 设计变更的证明文件。

3 接地器材、降阻材料及新型接地装置检测报告及质量合格证明。

4 安装技术记录，其内容应包括接地网施工隐蔽工程记录。

5 接地测试记录及报告，其内容应包括出线场、GIS 室、主变压器洞、母线洞、一次电缆廊道等区域的接地阻抗测试，跨步电位差和接触电位差、接地导通测试等。

附录 A 施工示意图

A.0.1 电站等电位接地网敷设施工方法见图 A.0.1-1～图 A.0.1-3。

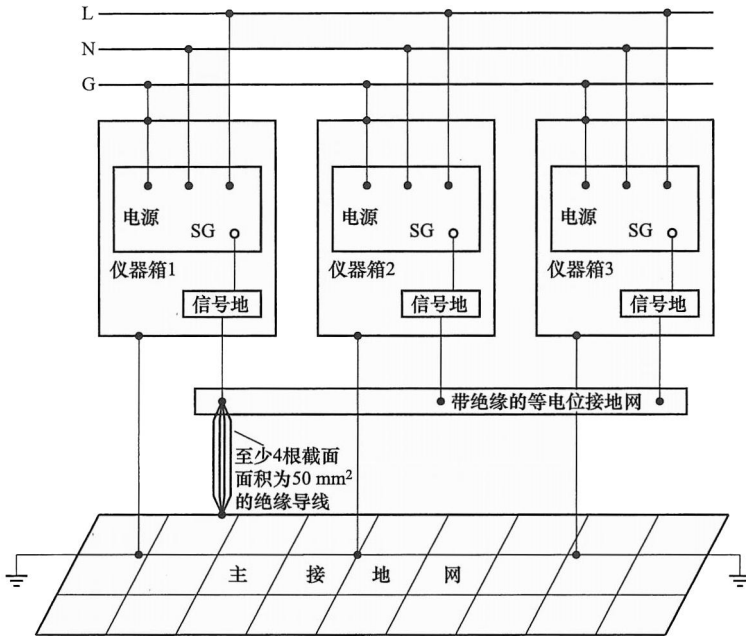


图 A.0.1-1 抽水蓄能电站二次系统等电位接地网施工示意图

L—电源相线；N—电源零线；G—电源地线；SG—综合自动化装置信号接地端口

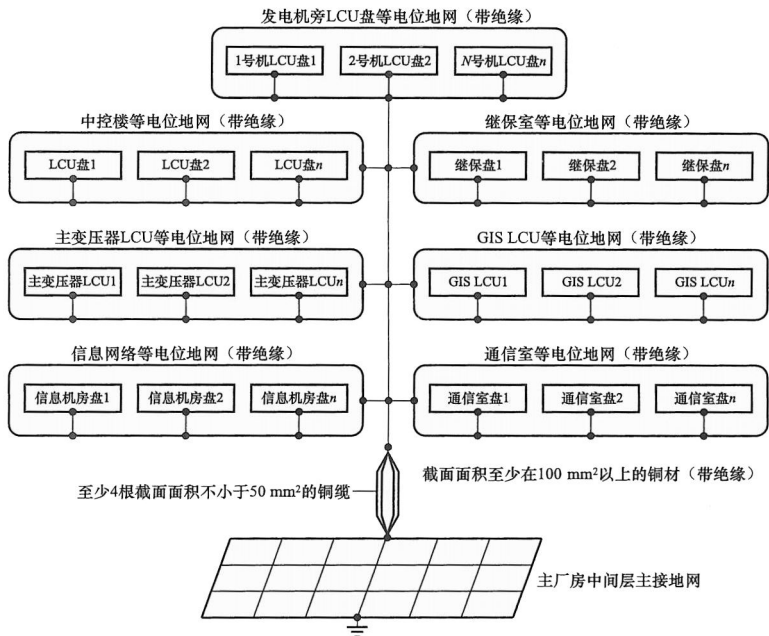


图 A.0.1-2 不同区域二次系统等电位接地网并联关系施工示意图

A.0.2 二次盘柜接地具体施工方法见图 A.0.2。

A.0.3 主接地网范围内数据中心的接地见图 A.0.3-1。建筑物内部数据中心接地施工见图 A.0.3-2。

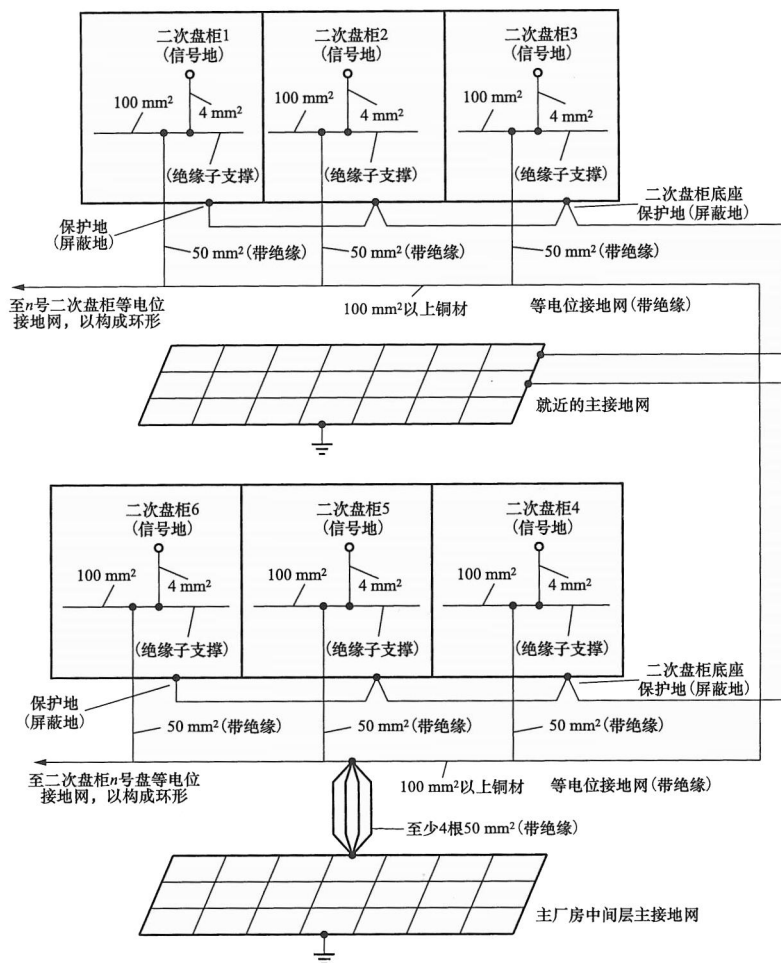


图 A.0.1-3 二次系统盘柜与盘柜之间的等电位接地网施工示意图

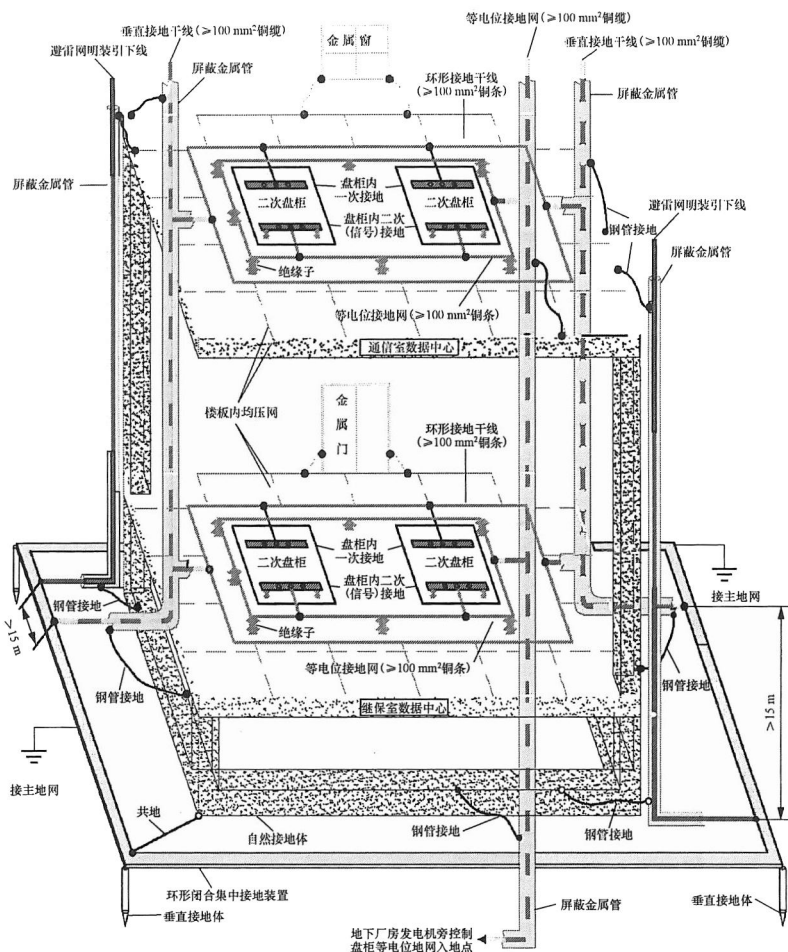


图 A.0.3-1 主接地网以内的数据中心的接地示意图

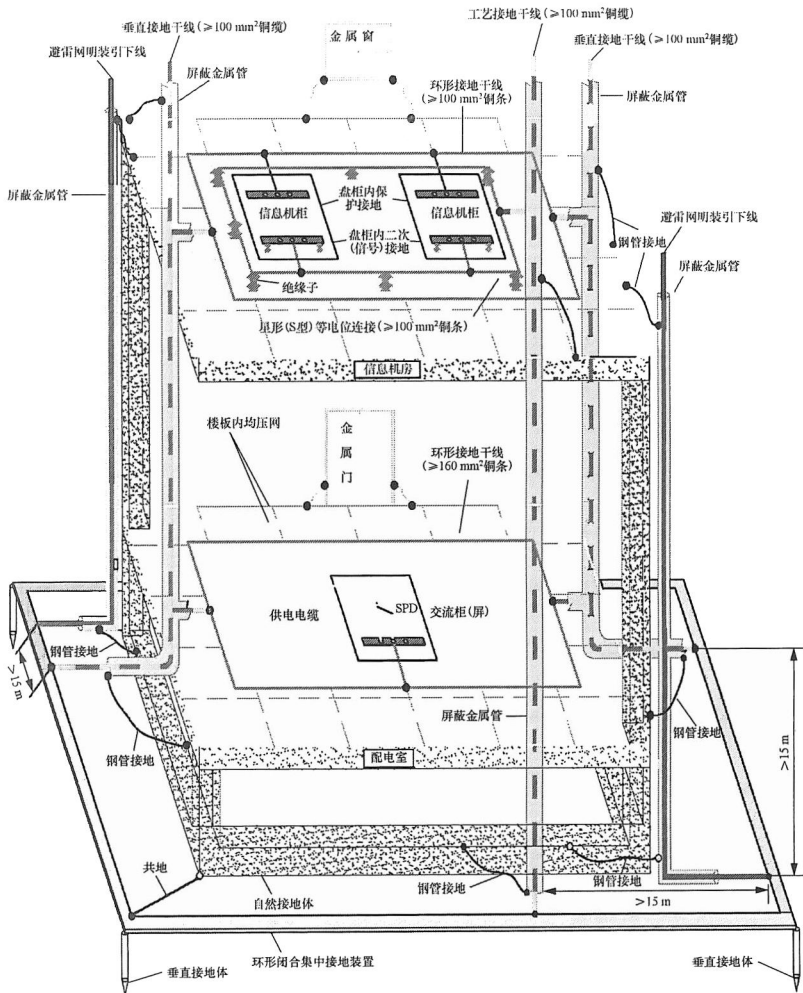


图 A.0.3-2 主接地网以外的数据中心的接地示意图

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范时区别对待,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:

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) 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”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

- 《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343
- 《建筑物防雷工程施工与质量验收规范》GB 50601
- 《通信局（站）防雷与接地工程验收规范》GB 51120
- 《电缆的导体》GB/T 3956
- 《额定电压 450/750 V 及以下聚氯乙烯绝缘电缆 第 3 部分：固定布线用无护套电缆》GB/T 5023.3
- 《电工用铜、铝及其合金母线 第 1 部分：铜和铜合金母线》GB/T 5585.1
- 《低压配电系统的电涌保护器（SPD） 第 1 部分：性能要求和试验方法》GB 18802.1
- 《阻燃和耐火电线电缆或光缆通则》GB/T 19666
- 《建筑物防雷装置检测技术规范》GB/T 21431
- 《雷电防护 第 3 部分：建筑物的物理损坏和生命危险》GB/T 21714.3
- 《发电厂、变电站电子信息系统 220/380 V 电源电涌保护配置、安装及验收规程》DL/T 5408
- 《接地降阻材料技术条件》DL/T 380
- 《接地装置特性参数测量导则》DL/T 475
- 《电力工程接地用铜覆钢技术条件》DL/T 1312
- 《电力工程用缓释型离子接地装置技术条件》DL/T 1314
- 《电力工程接地装置用放热焊剂技术条件》DL/T 1315
- 《光纤复合架空地线（OPGW）防雷接地技术导则》DL/T 1378

《电力工程接地用锌包钢技术条件》DL/T 1457

《额定电压 450/750V 及以下聚氯乙烯绝缘电缆电线和软线
第 2 部分：固定布线用电缆电线》JB/T 8734.2

《水力发电厂接地设计技术导则》NB/T 35050

中国电力企业联合会标准

抽水蓄能电站防雷与接地工程施工
及验收规范

T/CEC 5045—2021

条 文 说 明

编 制 说 明

本规范是在总结我国抽水蓄能电站防雷与接地施工和验收实践经验的基础上，结合专题调查和研究成果，遵循现行法律法规、标准和《工程建设标准编写规定》（建标〔2008〕182号）的要求编制完成的。

为便于广大运检、施工、科研等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《抽水蓄能电站防雷与接地工程施工及验收规范》编制组按章、节、条、款、项顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

4	防雷工程施工	50
4.4	电气二次设备防雷工程施工	50
5	接地工程施工	51
5.6	等电位接地网	51
5.7	二次盘柜的接地	55
5.8	二次电缆的接地	60
5.9	数据中心的接地	61
6	检测与验收	63
6.2	接地装置测试	63

4 防雷工程施工

4.4 电气二次设备防雷工程施工

4.4.1 实际施工过程中，屏蔽管最大的问题是管与管之间的接口电气导通问题。管与管之间采用扁钢焊接，是为了实现管与管之间电气导通，并且工艺简单，成本低廉。镀锌管管壁厚度在 3 mm 以上，目的是保证焊接时不烧穿镀锌管。屏蔽管与管之间的接口预留 50 mm~100 mm 的缺口，目的是穿线方便。如果有必要对管与管之间 50 mm~100 mm 缺口进行封闭，可采用哈夫节进行包裹。屏蔽管与管之间也可以采用螺纹连接等工艺保证电气导通。

5 接地工程施工

5.6 等电位接地网

5.6.1 电力系统接地术语“等电位接地网”与建筑物防雷术语里的“等电位连接”是不完全一样的。相同的方面是两个术语都与地下的接地装置连接。“等电位连接”主要是防止雷电流造成的电位差，是一个专业的建筑物防雷的术语，接地方式包括单点接地和多点接地。电力系统“等电位接地网”不只是防止雷电流造成的电位差，电力系统“等电位接地网”主要是防止电力系统的复杂电磁环境下包括操作过电压、故障电流、雷电流等对二次电缆和二次设备内电路板和芯片形成的电磁干扰，等电位接地网只允许单点接地。电力系统各种构架（包括安全接地或保护接地）的接地是多点、反复接地，目的是提高接地系统的可靠性。多点接地负面的作用为形成对地环流，对地环流造成二次电缆和二次设备的电磁干扰。因此，为了保证对二次设备的电磁干扰程度最小化，使二次系统的信号接地尽可能消除电磁干扰，电力系统引入了“等电位接地网”的概念。1994年，原电力部下发《电力系统继电保护及安全自动装置反事故措施要点》提出了“等电位接地网”这个名词。“等电位接地网”在国外文献资料里称为“干净的安全地”或“带绝缘的安全地”。“等电位接地网”是消除二次电缆和二次设备周边电磁干扰行之有效的技术措施。抽水蓄能电站地下厂房，虽然没有雷电流，但抽水蓄能电站装机容量大，电压等级高，发电与抽水反复开机关机，操作过电压、故障电流造成的地下厂房电磁干扰现象非常突出。

查阅与“等电位接地网”具体做法的相关国家标准和行业标

准等技术文献，包括《水力发电厂接地设计技术导则》NB/T 35050—2015 第 9.5.2 条和《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169—2016 第 4.9.1 条、《国家电网有限公司十八项电网重大反事故措施》（2018 年修订）第 15.6.2 条、国家能源局《防止电力生产事故的二十五项重点要求》（国能安全〔2014〕161 号）第 18.8 节及《继电保护和安全自动装置技术规程》GB/T 14285—2006 第 6.5.3 条，发现其文字表述均与国家电力调度通信中心《国家电网公司十八项电网重大反事故措施继电保护专业重点实施要求》（2005 年 11 月）完全一致。可以推测国内关于等电位接地网的规程基本是照搬国家电力调度通信中心《国家电网公司十八项电网重大反事故措施继电保护专业重点实施要求》（2005 年 11 月），国家电力调度通信中心《国家电网公司十八项电网重大反事故措施继电保护专业重点实施要求》（2005 年 11 月）是国内关于等电位接地网实施要求的原创文件。国家电力调度通信中心《国家电网公司十八项电网重大反事故措施继电保护专业重点实施要求》（2005 年 11 月）是依据 500 kV 变电站接地网和二次设备布局情况来表达等电位接地网的实施要求。

500 kV 变电站接地网对角线一般是 100 m~400 m，500 kV 变电站的二次设备也集中在变电站的一个房间或一层楼里面，其二次设备属于集中式二次系统。而抽水蓄能电站的接地网对角线一般为 1000 m~2500 m，抽水蓄能电站接地网规模比 500 kV 变电站接地网规模大一个数量级。抽水蓄能电站二次设备分布在主厂房发电机层、继保楼、中控楼等不同区域，不同区域的二次设备相互之间的距离比 500 kV 变电站的接地网对角线还大，抽水蓄能电站二次设备属于分布式二次系统。接地网对角线越大，不同入地点的距离越大其电位差也越大。还有电网的 500 kV 变电站主接地网与均压网合二为一，主接地网与开关站均压网在同一个区域，抽水蓄能电站除了开关站和地下厂房有均压网外，还在下水库有一个面积达到数十万平方米的主接地网，抽水蓄能电站主接

地网与厂房及开关站均压网分布在不同的区域，并且两者相距较大的距离。

电力调度通信中心《国家电网公司十八项电网重大反事故措施继电保护专业重点实施要求》（2005年11月）规定了等电位接地网与主接地网一点连接。但是对于分布式二次系统是一个整体等电位接地网单点接地，还是若干个相互独立的等电位接地网分别单点接地，电力调度通信中心《国家电网公司十八项电网重大反事故措施继电保护专业重点实施要求》（2005年11月）没有一个明确的说法。因此，《水力发电厂接地设计技术导则》NB/T 35050—2015第9.5.2条和《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169—2016第4.9.1条、《国家电网有限公司十八项电网重大反事故措施》（2018修订）第15.6.2条、国家能源局《防止电力生产事故的二十五项重点要求》（国能安全〔2014〕161号）第18.8节、《继电保护和安全自动装置技术规程》GB/T 14285—2006第6.5.3条、电力调度通信中心《国家电网公司十八项电网重大反事故措施继电保护专业重点实施要求》（2005年11月）关于等电位接地网的实施要求均不适合抽水蓄能电站。

目前，抽水蓄能电站等电位接地网的实际做法大多是在发电机旁控制盘柜、继保楼、中控楼等区域，分别安装一个等电位接地网，单独各自在二次设备附近就地入地。抽水蓄能电站大型接地网不同入地点之间电位差很大，这就造成各个区域等电位接地网相互之间不等电位。二次设备的等电位接地网根本目的是消除电站环境内故障电流、操作过电压、雷电流等对二次电缆和二次设备内电路板和芯片形成的电磁干扰。等电位接地网多个入地点的做法，会造成不同入地点之间有较大电位差，形成新的对地环流，对地环流又造成新的电磁干扰，这与等电位接地网的根本目的相矛盾。

本规范参照《水力发电厂接地设计技术导则》NB/T 35050—2015第9.5.2条、国家能源局《防止电力生产事故的二十五项重点要求》（国能安全〔2014〕161号）第18.8节、《国家电网有限

公司十八项电网重大反事故措施》(2018 修订)第 15.6.2 条,并依据抽水蓄能电站接地网对角线的长度、分布式二次设备的实际布局 and 二次设备频率的实际情况,遵循清华大学何金良《电力系统接地技术》第 15.1 节和第 15.2 节的基本精神,并结合宜兴电站和仙游电站的运行经验,对抽水蓄能电站接地网和等电位接地网的施工方法进行了全新的描述。

5.6.26 依据《水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则》NB/T 35067—2015 第 7.1.2 条和第 7.1.4 条第 5 款和第 6 款,为了保证等电位接地网尽可能干净,尽可能减少各种一次设备的电磁干扰,等电位接地网与主接地网连接时,需与高压母线、并联电容器、电容式电压互感器、结合电容、电容式套管、避雷器与避雷针等设备入地点保持 15 m 以上的地下距离。

图 5-1 和图 5-2 是等电位接地网多点接地错误的做法,不同区域的等电位接地网分别单独接地,不同入地点之间电位差很大,等电位接地网多点接地的做法是错误的。

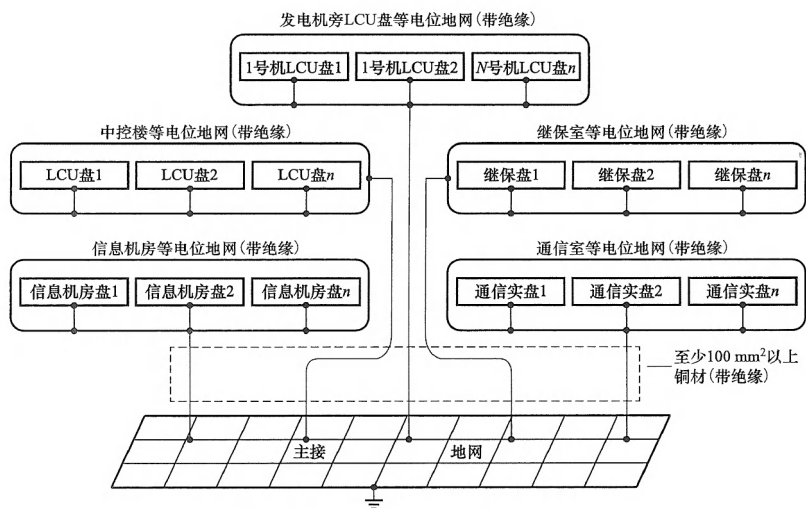


图 5-1 等电位接地错误示意图

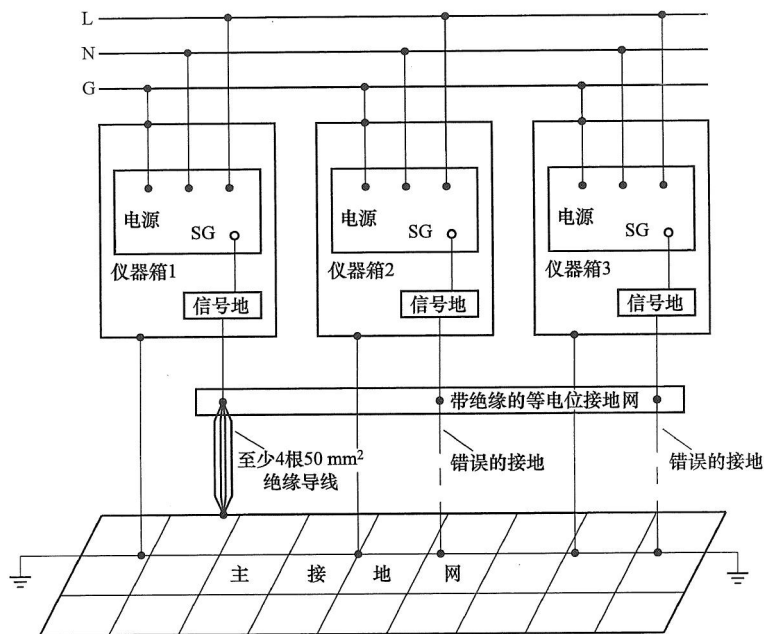


图 5-2 等电位接地错误施工示意图

5.6.27 参照何金良《电力系统接地技术》中第 15 章 15.4.2 相关内容。抽水蓄能电站不同区域二次设备彼此相距很远，等电位接地网本身有一定电阻，需尽量加大等电位接地网导体的截面面积，可以将等电位接地导体本身的电阻降到尽可能低，地下厂房与中控楼或继保楼距离较大时，需采用截面面积不小于 300 mm^2 的铜缆作为等电位接地网的连接干线。

5.7 二次盘柜的接地

5.7.1 本规范条文说明 5.6.1 已经说明了等电位接地网单点接地的原因。等电位接地网要与盘柜下部接地汇集排连接，盘柜下部与等电位接地网连接的接地汇集排同样必须单点接地。依据《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB

50171—2012 第 7.0.1 条，盘柜下部的槽钢要求两点接地，架在槽钢上方的盘柜柜体因为重力的原因也会接地。

以下是规程中关于二次盘柜内部接地铜排的说法：

(1)《发电厂电力网络计算机监控系统设计技术规程》DL/T 5226—2013 中第 8.3.2 条：电力网络计算机监控系统（NCS）不设置计算机系统专用接地网，需设置总接地板构成零电位母线。总接地板需与屏柜壳体绝缘，并以电缆或绝缘导体与主接地网可靠连接，保证系统一点接地。

(2)《发电厂电力网络计算机监控系统设计技术规程》DL/T 5226—2013 第 8.3.3 条：装设电子装置的屏柜宜设置专用的、与屏柜柜体绝缘的接地铜排母线。

(3)《水力发电厂计算机监控系统设计规范》DL/T 5065—2009 第 11.0.3 条：监控系统各盘柜内应设置与柜体绝缘的、截面面积不小于 100 mm^2 的接地铜排，盘柜内与接地网连接的各种功能地（工作地）需采用截面面积不小于 4 mm^2 的多股铜线连接到上述铜排；各盘柜内接地铜排需经由截面面积不小于 50 mm^2 的铜缆分别引至等电位接地网；监控系统各盘柜的保护接地（即安全地或机壳地），需与电厂主接地网可靠连接。

(4)《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171—2012 第 7.0.2 条第 2 款：当盘柜上布置多个插件时，各插件的信号接地网需与插件箱的箱体绝缘，并分别引接至盘柜专用接地铜排母线。

(5)《变电站监控系统设计规程》DL/T 5149—2020：当盘柜上布置多个插件时，各插件的信号接地网需与插件箱的箱体绝缘，并分别引接至盘柜专用接地铜排母线。

由以上规程中的说法可知，盘柜内部与等电位接地网连接的接地汇集排必须与柜体绝缘，只有这样才能保证等电位接地网不通过盘柜基础槽钢接地，此接地汇集排接入盘柜的逻辑信号接地（也称功能地或工作地），此接地汇集排称为二次（信号）接地汇

集排。盘柜的安全地（或机壳地）不能接入等电位接地网，那么在盘柜内部必须另外再装一个一次（公共）接地汇集排，与主接地网就近连接，此公共接地汇集排可以直接与盘柜底座连接，盘柜内部的安全接地、保护接地、二次电缆屏蔽接地、二次电缆铠装接地、SPD 防雷端子接地、电源系统接地接入一次（公共）接地汇集排。所以发电机旁 LCU（现地控制单元）盘柜、继电保护室、通信室、监控室等二次盘柜内部接地实行二次（信号）专用接地汇集排与一次（公共）接地汇集排分离。

关于二次盘柜底部一次（公共）接地排和与之连接铜缆的截面面积有以下说法：

（1）《通信局（站）防雷与接地工程设计规范》GB 50689—2011 第 3.5.2 条规定，接地汇集线采用截面面积不小于 90 mm^2 的铜排。

（2）《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343—2012 第 5.2.2 条规定，楼层等电位端子板采用截面面积不小于 100 mm^2 的铜排。

综合以上规程中的说法，本规范规定二次盘柜一次（公共）排的截面面积不小于端子箱里面铜排的规格，二次盘柜底部一次（公共）接地排和与之连接铜缆的截面面积不小于 100 mm^2 。

5.7.3 信号接地，也有文献资料称为功能地或工作地逻辑地。信号接地实现单点接地依据如下四条规程条文：

（1）《发电厂电力网络计算机监控系统设计技术规程》DL/T 5226—2013 第 8.3.1 条：NCS 设备的保护接地、工作接地（也称逻辑接地）不混接，工作接地需实现单点接地。

（2）《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171—2012 第 7.0.12 条第 1 款：计算机监控系统设备的信号接地不与保护接地与交流接地混接。

（3）《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171—2012 第 7.0.12 条第 3 款：信号接地需采用并

联一点接地方式。

(4)《水力发电厂计算机监控系统设计规范》DL/T 5065—2009 第 11.0.3 条：监控系统各盘柜内需设置与柜体绝缘的、截面面积不小于 100 mm^2 的接地铜排，盘柜内与接地网连接的各种功能地（工作地）需采用截面面积不小于 4 mm^2 的多股铜线连接到上述铜排；各盘柜内接地铜排需经由截面面积不小于 50 mm^2 铜缆分别引至等电位接地网；监控系统各盘柜的保护接地（即安全地或机壳地），需与电厂主接地网可靠连接。

以上四条规程条文明确要求信号接地实行单点接地，并且与盘柜壳体绝缘。清华大学何金良《电力系统接地技术》中第 15 章 15.4.2：对于频率低于 300 kHz 的设备，单点接地效果最好。据相关文献，电力系统二次设备频率一般低于 300 kHz 。因此，二次系统信号接地实行并联单点接地。

所以，某些文献关于“微机保护与控制装置盘柜下部接地排不要求与屏柜绝缘，屏柜内所有装置与其相连”的说法有待商榷，如果屏柜下部接地汇集排不与屏柜绝缘，则信号接地直接接到屏柜下部接地汇集排，屏柜槽钢会造成信号接地多点接地。

以大地作为电位的基准，并将电位取为 0 V 的设想，宛如表示山的高度一样，也是以海面高度取为 0 m ，用海拔若干米来表示。当然由于重力作用，海面实际是不完全水平的，而且在月亮的引力影响下，也产生满潮和干潮差，再加风力波浪，实际海面高度是随着时间和位置在变化，并不是保持一定的水面。然而这些变化都可视为可忽略的微小影响，所以取海面平均高度，仍可用海拔若干米来表示山的高度。以大地作为电位基准的设想同这种海拔的设想是相似的。在静态下的大地电位，不管采取任何方法都应认为是完全相同的零电位，而且是稳定的。可是实际电位和海面高度一样，海面高度受月亮引力和风力的影响产生变化，而大地的电位同样受外界电场变化的影响，它也是根据不同的场所随时间而变化。

当在大地两点间存在电位差时，如果大地的电导率大，那么电位差随着电荷的分布在瞬间内理应进入平滑状态，且电位达到一定。但实际大地的电导率很低，并伴随有静电电容，所以使这种电位达到零值总需要一段时间。可见在两点间，当长时间加有像电位差那样的外部电场变化时，实际电位差是不易消失的。大地上所有的点，即使在相当近的距离，电位也是不等的，并且接地网每个组成部分具有一定的阻抗或电阻。抽水蓄能电站接地网对角线很大，二次设备分布的实际位置彼此之间有很远的距离，这个距离越远，彼此的电位差也越大。从防止危及二次系统综合自动化设备内部电路板和芯片的角度考虑，尽管认为接近零值那样的微小电位变化相对电磁干扰而言，在很多情况下也会起特别严重的负面作用。因此当电力电子仪器分别与大地不同点相连接时，绝不能认为大地就是各仪器的共同电位基准，尤其是抽水蓄能电站的大功率超高压设备，这种电位差相当之大。位于不同区域彼此距离很远的二次系统综合自动化设备内部电路板和芯片在进行电压、电流、功率、温度、压力等物理量计量时，需要一个公共的电位基准点。也就是说，仅限于一点接地时，大地可视为是电位的基准，但如果是不同电位的两点以上进行接地时，就有两个以上的不同参照点，这样实际已形成了干扰发生源。另外，当在一个系统内，两个以上不同电位点分别进行接地时，在接地回路中会直接流过电流，而且这种电流将给二次系统综合自动化设备内部电路板和芯片带来各种不利的影响。为了防止这种现象，二次系统综合自动化设备内部电路板和芯片对大地可只采取一点接地的方式，各个电力电子仪器的信号接地都分别与这一点相连，这样唯一的与主接地连接的一点，即可作为二次系统的电位统一的基准点。也就是说，通常对于二次系统信号接地来说，实际就是指一点接地，它是利用大地里面接地网的唯一一点作为电位基准，所以无对地环流通过。

因此，位于抽水蓄能电站不同区域并且彼此相距很远的二次

系统综合自动化设备内部电路板和芯片的信号接地统一接到与电站主地网只有一个入地点的等电位接地网上。抽水蓄能电站实行信号接地网和等电位接地网合二为一，且实行单点接地。

5.8 二次电缆的接地

5.8.1 依据《电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171—2012 第 7.0.11 条和《继电保护和安全自动装置技术规程》GB/T 14285—2006 第 6.5.3.3 条。

5.8.2 依据《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065—2011 第 4.3.3 条第 2 款。水力发电厂接地网地电位升高直接与二次系统的安全性相关。系统发生接地故障时接地网中流动的电流，将在二次电缆的芯线—屏蔽层之间，或二次设备的信号线或电源线与地之间产生电位差。当此电位差超过二次电缆或二次设备绝缘的工频耐受电压时，二次电缆或设备将会发生绝缘破坏。因此，必须将极限电位升高控制在二次系统安全值之内。

一般的二次电缆工频耐受电压较高（ $\geq 5 \text{ kV}$ ），其耐受时间为 1 min。二次设备（如综合自动化设备），其工频绝缘耐受电压为 2 kV，其耐受时间为 1 min。从安全出发，二次系统的绝缘耐受电压可取 2 kV。

二次系统在短路时承受的地电位升高，还取决于二次电缆的接地方式。二次电缆屏蔽层单端接地时，电缆屏蔽层中没有电流流过，接地故障时二次电缆芯线上的感应电位很小，二次电缆承受的电位差即为地电位升高。该电位差施加在二次电缆的绝缘上，因此地电位升高直接取决于二次电缆绝缘的交流耐压及二次设备绝缘的交流耐压值。当电缆的屏蔽层双端接至接地网时，接地故障电流注入接地网会有部分电流从电缆的屏蔽层中流过，将在二次电缆的芯线上感应较高的电位，从而使作用在二次电缆的芯线—屏蔽层电位差减小。对水力发电厂二次电缆的不同布置方式及不同接地故障点位置，清华大学何金良教授通过大量的计算表明，

双端接地电缆上感应的芯线—屏蔽层电位通常不到接地网电位升高的 20%。甚至对于土壤电阻率为 $50 \Omega \cdot \text{m}$ 左右，边长大于 100 m 的接地网，即使在二次电缆屏蔽层接地点附近发生接地故障时，芯线—屏蔽层电位小于接地网电位升高的 40%。目前，水力发电厂已实现保护在电气装置处就近设置，水力发电厂内的二次电缆一般都较短，如果二次电缆的长度小于接地网边长的 1/2，则在最严酷的条件下，芯线—屏蔽层电位差也小于 40% 甚至更小。

因此采用二次电缆屏蔽层双端接地，可以将地电位升高放宽到 $2 \text{ kV}/40\%=5 \text{ kV}$ 。采用二次电缆屏蔽层双端接地的方式，即使短路时地电位升高达到 5 kV，但作用在二次电缆的芯线—屏蔽层之间和二次设备上的电位差只有 2 kV，满足了二次系统安全的要求。二次电缆屏蔽层双端接地带来的一个问题是接地故障时有部分故障电流流过二次电缆的屏蔽层。如果故障电流较大，则有可能烧毁屏蔽层。应在电缆沟中与二次电缆平行布置一根扁铜或铜绞线，且接至主接地网。二次电缆屏蔽层与扁铜可靠连接。这样接地故障时，由于扁铜的阻抗比二次电缆屏蔽层的阻抗小得多，因此故障电流主要从扁铜中流过，而流过二次电缆的屏蔽层的电流较小，可以消除屏蔽层双端接地时可能烧毁二次电缆的危险。

依据清华大学何金良和武汉大学文习山的研究，二次设备（如综合自动化设备）的 3 s 工频绝缘耐受电压为 5 kV。因此，电力系统接地阻抗在符合 5 个前提条件下，地电位升高可以放宽到 5 kV，5 个具体条件见现行国家标准《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065—2011 第 4.3.3 条。

5.9 数据中心的接地

5.9.1 2 依据相关规程抽水蓄能电站接地采用联合接地方式，一个电站各个区域的接地网相互连接，目的是实现各个区域的地电位最大限度减小电位差，避免地电位反击。所以即使中控楼、继保楼与电站主接地网距离较远，也要实现中控楼、继保楼环形集

中接地装置与电站主接地网共地。由于中控楼、继保楼的外部防雷装置是有接闪器的，那么接闪器的引下线在雷电流泄流时的电磁感应现象，会对中控楼、继保楼二次系统造成较大的电磁干扰。依据现行行业标准《水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则》NB/T 35067 —2015 第 7.1.2 条和第 7.1.4 条第 5 款和第 6 款，中控楼、继保楼垂直接地干线入地点与避雷网引下线的入地点保持 15 m 以上的地下距离。同时，为了减少雷电流泄流对电站等电位接地网的电磁干扰，因此对等电位接地网进出建筑物的部分段落采取金属管套管屏蔽的措施。

5.9.2 如果数据中心所在楼栋区域不在电站主接地网的覆盖区域以内，数据中心的接地也就没有条件与电站接地网共地，电站等电位接地网也就没有条件延伸到办公楼的数据中心。在这种条件下，数据中心参照本规范第 4.2.2 条进行等电位连接。

6 检测与验收

6.2 接地装置测试

6.2.3 关于新建电站的分批测试，为了及时发现问题并及时整改，保证工作人员的安全和设备的安全。因为电站倒送电到机组完全竣工需要 1 年~2 年时间。如果只在倒送电之前测试一次，则大部分主要高压设备的区域还没有竣工，大部分高压设备区域也不具备测试条件。如果全部等到电站完全竣工测试，则很多工作人员需要在未经接地测试的高压设备区域作业，会带来很大的人身安全和设备安全的风险。下水库蓄水后尽早测试主接地网的接地阻抗，可以及时发现主接地网接地阻抗的问题，并及时整改；对于主要高压设备所在的区域，需在该区域倒送电之前测试相关参数。



中国电力出版社官方微信

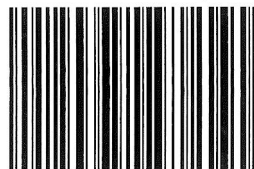


中国电力百科网网址



电力标准信息微信

为您提供**最及时、最准确、最权威**的电力标准信息



155198.3542

定价：45.00 元