

ICS 27.160

F 12

备案号: 47937-2015

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1364 — 2014

光伏发电站防雷技术规程

Technical code for protection of
photovoltaic power station against lightning

2014-10-15 发布

2015-03-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 防雷设计	2
5.1 一般规定	2
5.2 防直击雷	3
5.3 防雷击电磁脉冲	4
6 施工	6
6.1 一般规定	6
6.2 接闪器和引下线	6
6.3 接地装置	6
6.4 等电位连接系统	7
6.5 过电压保护装置	7
7 质量检测与验收	8
7.1 检测	8
7.2 验收	8
8 维护与管理	9
8.1 维护项目	9
8.2 维护周期	9
8.3 维护要求	9
附录 A (资料性附录) 光伏电站各个防护目标的防雷措施	10
附录 B (资料性附录) 接地电阻计算	11
附录 C (资料性附录) 接地装置冲击接地电阻与工频接地电阻的换算	14
附录 D (资料性附录) 电涌保护器主要技术特性参数	16
附录 E (资料性附录) 光伏发电防雷接地验收资料	17

前 言

本标准根据《国家能源局关于下达 2011 年第二批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》〔国能科技（2011）252 号〕要求制定。

本标准依据 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准编写单位：协鑫光伏系统有限公司、四川中光防雷科技股份有限公司、中电电气（南京）太阳能研究院有限公司、国网电力科学研究院、中国电力科学研究院、成都桑莱特科技股份有限公司、北京乾华科技发展有限公司、南京中核二三能源工程有限公司、新疆电力设计院、江苏省防雷中心、陕西光伏产业有限公司、大唐新能源有限公司、中广核太阳能开发有限公司、上海神舟电力有限公司、北京国电科源电气有限公司、北京欧地安科技股份有限公司、嘉兴嘉合电力设备有限公司、江苏兆伏新能源有限公司。

本标准主要起草人：徐永邦、王德言、刘峰、时爱国、张红文、丁世磊、顾华敏、朱琪琪、刘小宝、平帅、王书鹏、徐明珂、王志新、陈志磊、徐崇浩、骆阳、南婧、胡永生、王野、刘宇腾、李建国、周俊驰、司德亮、王伟、胡海峰、孙耀杰。

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

光伏电站防雷技术规程

1 范围

本标准规定了光伏电站防雷的设计、施工及质量检测与验收的技术要求。

本标准适用于新建、扩建或改建的光伏发电站。

本标准不适用于家用光伏发电系统。

2 规范性引用文件

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

GB 11032 交流无间隙金属氧化物避雷器

GB 18802.1 低压电涌保护器（SPD） 第1部分：低压配电系统的电涌保护器 性能要求和试验方法

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范

GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范

GB 50794 光伏电站施工规范

GB/T 50796 光伏发电工程验收规范

GB 50797 光伏电站设计规范

GB/T 32512 光伏电站防雷技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏发电单元 photovoltaic (PV) power unit

光伏发电站中，以一定数量的光伏组件串，通过直流汇流箱汇集，经逆变器逆变与隔离升压变压器升压成符合电网频率和电压要求的电源。又称单元发电模块。

3.2

光伏系统直流电涌保护器额定短路电流 short-circuit current rating

与指定脱离器（内部或外部）连接的光伏系统直流电涌保护器所能承受的电源系统最大预期短路电流额定值。

3.3

直击雷 direct lightning flash

闪电直接击于建（构）筑物、其他物体、大地或防雷装置上，产生电效应、热效应和机械力者。

3.4

闪电感应 lightning induction

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

3.5

闪电电涌侵入 lightning surge on incoming services

由于雷电对架空线路、电缆线路或金属管道的作用，雷电波（即雷电电涌），可能沿着这些管线侵

入, 危及人身安全或损坏设备。

3.6

雷击电磁脉冲 lightning electromagnetic impulse (LEMP)

雷电流经电阻、电感、电容耦合产生的电磁效应, 包含闪电电涌和辐射电磁场。

3.7

接闪器 air-termination system

由拦截闪电的接闪杆、接闪带、接闪线、接闪网以及金属屋面、金属构件等组成。

3.8

引下线 down-conductor system

用于将雷电流从接闪器传导至接地装置的导体。

3.9

接地装置 earth-termination system

接地体和接地线的总和, 用于传导雷电流并将其流散入大地。

3.10

接地体 earth electrode

埋入土壤或混凝土基础中作散流用的导体。

3.11

接地线 earthing conductor

从引下线断线卡或换线处至接地体的连接导体; 或从接地端子、等电位连接带至接地体的连接导体。

3.12

等电位连接 equipotential bonding (EB)

将分开的诸金属物体直接用连接导体或经电涌保护器连接到防雷装置上以减小雷电流引发的电位差。

3.13

电涌保护器 surge protective device (SPD)

用于限制瞬态过电压和分泄电涌电流的器件, 它至少含有一个非线性元件。

4 总则

4.1 光伏电站应采取防雷措施, 以防止或减少雷电对光伏电站造成的危害, 保护人身和设备安全。

4.2 在进行光伏电站防雷设计时, 应综合考虑地理、地质、土壤、气象、环境等条件和雷电活动规律以及光伏电站的结构特点等因素, 制定合理的防雷方案, 将光伏方阵、光伏发电单元其他设备(包括汇流箱、逆变器、就地升压变压器等)、站区升压站、综合楼(配电室、办公室、通信机房等)的防雷措施协调统一, 按工程整体要求进行全面规划, 做到安全可靠、技术先进、经济合理。

4.3 光伏电站防雷设计应与其他接地系统统一规划。

4.4 在既有建筑上安装或改造的光伏电站应充分利用原有建筑的防雷系统。

4.5 光伏电站的防雷技术要求应满足 GB/T 32512《光伏电站防雷技术要求》的规定。

5 防雷设计

5.1 一般规定

5.1.1 光伏发电单元各室外设备应采取防雷措施。防雷设施不应遮挡光伏组件, 光伏电站各个防护目标的防雷措施参见附录 A。

5.1.2 光伏电站设备和线路应采取防闪电感应和闪电电涌入侵的措施。

5.1.3 光伏电站电气装置、设施的金属部件应进行等电位连接并接地。

5.1.4 信号线路宜采取屏蔽和合理布线措施。

5.1.5 光伏电站宜采用共用（联合）接地。共用接地网的工频接地电阻值由光伏电站电气装置要求的最小接地电阻值确定，接地电阻的计算参见附录 B。

5.2 防直击雷

5.2.1 防直击雷设计原则

- a) 光伏方阵应采取防雷措施，光伏组件金属框架或夹件应与支架接触良好并可靠接地；
- b) 光伏电站可增加接闪器，接闪器不应遮挡光伏组件；
- c) 独立接闪器和引下线与光伏电站电气设备、线路的安全距离应按 GB/T 50064《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》的规定执行；
- d) 光伏电站的接闪器应可靠接地；
- e) 建筑物屋面光伏方阵接闪器应与建筑物防雷系统进行综合设计。

5.2.2 接闪器和引下线的选择和布置

5.2.2.1 接闪器应符合下列规定：

- a) 地面光伏电站增加接闪器时，可采用独立接闪针（线）、接闪带等防雷措施；
- b) 地面光伏电站辅助建（构）筑物防雷接闪器应按 GB 50057 规定的第三类防雷建筑物要求设计。
- c) 屋面光伏方阵防雷接闪措施应与建筑物防雷接闪措施相结合，可采用屋面接闪器；
- d) 屋面光伏方阵防雷接闪器应与建筑物屋面避雷带进行等电位连接；
- e) 室外布置的逆变器、箱式变压器等宜充分利用其箱体金属外壳对设备进行雷电防护，采用非金属箱体时，应设置接闪器对设备进行防护；
- f) 升压站防雷接闪器应按 GB/T 50064《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》规定执行。

5.2.2.2 引下线应符合下列规定：

- a) 接闪针每个支撑杆（塔）至少应安装一根引下线。支撑杆（塔）为金属材料或互联钢筋时，可作引下线。
- b) 接闪器采用接闪线（带）时，每一支点至少应设一根引下线。
- c) 建（构）筑物接闪器的引下线应利用建（构）筑物内的钢筋或建（构）筑物金属构件，无钢筋建（构）筑物应另设引下线，数量不应少于 2 根，且应均匀布设在建筑物上。

5.2.2.3 引下线、接闪器的材料、尺寸及使用条件应按 GB/T 32512《光伏电站防雷技术要求》的规定执行。

5.2.3 接地装置

5.2.3.1 光伏方阵接地装置的工频接地电阻应按 GB/T 32512《光伏电站防雷技术要求》规定的执行。

5.2.3.2 接闪针（线）独立接地装置边缘与其他接地网边缘在土壤中的水平距离不宜小于 $0.3R_m$ （ R 为独立接地装置冲击接地电阻）。接地装置冲击接地电阻与工频接地电阻的换算参见附录 C。

5.2.3.3 光伏方阵接地网、建筑物接地网、升压站接地网等接地网边缘应采用不少于 2 根导线在不同地点与水平接地网相互连接构成共用接地网。

5.2.3.4 光伏组件支架应至少在两端接地，光伏方阵接地网的工频接地电阻宜不大于 10Ω ，当工频接地电阻达不到要求时，可采用以下措施：

- a) 增加接地极；
- b) 将临近接地极连接；

c) 将接地极与接地网连接。

5.2.3.5 建筑物屋面光伏方阵接地应充分利用建筑物的接地装置,光伏方阵单元支架应与建筑物屋面避雷带可靠连接并接地。

5.2.3.6 接地网应充分利用光伏方阵基础钢筋等建(构)筑物自然接地体;在自然接地体不能满足要求时,增设人工接地体。

5.2.3.7 人工接地体宜由垂直接地极和水平接地体构成,环形埋设,其外缘应闭合。水平接地体之间连接点附近宜设置垂直接地极。接地体的埋设深度不应小于0.5m,在冻土地区宜敷设在冻土层以下。

5.2.3.8 人工垂直接地极的埋设间距应不小于垂直接地体长度的两倍,受场地限制时可适当减小。

5.2.3.9 人工垂直接地极宜采用热镀锌角钢、钢管或圆钢,也可采用复合接地材料。埋于土壤中的人工水平接地体宜采用热镀锌扁钢或圆钢。

5.2.3.10 根据现场的土壤和气候条件选择合适的接地材料,接地材料的使用年限宜与地面设施的使用年限相匹配,埋于腐蚀性土壤中的接地极应采用防腐蚀能力强的接地体,接地体的防腐蚀设计按GB/T 50065执行。

5.2.3.11 在高土壤电阻率地区,宜采用降低接地电阻的措施。

5.2.3.12 接地装置的材料及使用条件应按GB/T 32512《光伏发电站防雷技术要求》规定的执行。

5.2.3.13 接地装置应采取防止发生机械损伤的措施,在与公路或管道等交叉及其他可能使接地装置遭受损伤处,均应用钢管等加以保护。

5.2.3.14 接地装置引向建筑物的入口处、检修用临时接地点处以及站内主接地网引出点(光伏方阵、光伏方阵其他发电单元、综合楼、站内升压站接地网的连接处),均应设置标识。

5.2.3.15 升压站接地网的设计应按GB/T 50065规定的执行。

5.3 防雷击电磁脉冲

5.3.1 等电位连接

5.3.1.1 光伏方阵等电位连接:

- 每排光伏方阵组件金属框架应相互电气连通,组件金属框架或夹件应与金属支架可靠连接,连接点过渡电阻值不应超过 0.03Ω ;
- 每排光伏金属支架应至少两端接地;
- 屋面光伏方阵组件金属框架应就近与屋面避雷带连接。

5.3.1.2 汇流箱等电位连接:

- 汇流箱应设接地端子或端子板。地面汇流箱接地端子应就近连接到接地网。屋面汇流箱接地端子应与屋面等电位连接网络连接;
- 电涌保护器接地端、进出汇流箱的线缆金属外皮、金属屏蔽管、汇流箱金属外壳等应与接地端子可靠连接。

5.3.1.3 室内设备、线路等电位连接:

- 集控室、继电保护室、逆变器室等应设置总等电位接地端子板,端子板宜采用截面积不小于 100mm^2 的铜带,总等电位接地端子板与接地装置的连接应不少于两处;
- 室外进入建(构)筑物的金属管屏蔽层宜在入口处就近连接到总等电位连接端子板上;
- 各机柜内应设机柜等电位接地端子板,端子板宜采用截面积不小于 50mm^2 的铜带;
- 机柜内电气和电子设备的金属外壳、机柜、机架、金属管、槽、屏蔽线缆金属外层、电子设备防静电接地、安全保护接地、功能性接地、电涌保护器接地端等均应以最短的距离与机柜等电位接地端子板连接;
- 等电位连接导体宜采用多股铜芯导线或铜带,连接导体最小截面积应符合表1的规定。

表1 等电位连接导体最小截面积

名 称	材 料	最小截面积 mm ²
总接地端子板与接地网之间的连接导体	多股铜芯导线或铜带	25
总接地端子板之间及其与机柜端子板间的连接导体	多股铜芯导线或铜带	16

5.3.2 屏蔽和布线

5.3.2.1 光伏电站进入集控室、继电保护室的信号线路宜使用屏蔽电缆或敷设在金属管道内,当信号线路未采用屏蔽电缆或敷设在金属管道内时,宜在进入建筑物时安装电涌保护器。

5.3.2.3 位于建筑内的光伏电站设备的电源线路和信号线路宜分开敷设,敷设时应减小由线缆自身形成的电磁感应环路面积。

5.3.3 过电压保护装置

5.3.3.1 汇流箱、逆变器直流侧应安装满足光伏发电系统特性的直流电涌保护器,逆变器交流侧应安装满足 GB 18802.1 规定的交流电涌保护器,升压变压器低压侧宜安装交流无间隙氧化锌避雷器。电涌保护器的有效保护水平应低于被保护设备的耐冲击电压额定值。

5.3.3.2 电源电涌保护器应具有脱离装置、劣化指示、遥信功能,并可根据实际需要选择雷电记录等功能。电涌保护器主要技术特性参数参见附录 D。

5.3.3.3 直流电源电涌保护器的最大持续工作电压应大于光伏组件串开路电压的 1.2 倍。光伏系统直流电源电涌保护器的额定短路电流应大于光伏组件串的预期短路电流。

5.3.3.4 直流电源电涌保护器的冲击电流和标称放电电流参数应符合表 2 的规定。

表2 直流电源电涌保护器冲击电流和标称放电电流参数

电涌保护器参数			
汇 流 箱		逆变器前端	其他敏感设备端口处
冲击放电电流 (单位: kA) I 类试验	标称放电电流 (单位: kA) II 类试验	标称放电电流 (单位: kA) II 类试验	标称放电电流 (单位: kA) II 类试验
≥5	≥20	≥10	≥3

5.3.3.5 交流电源线路电涌保护器的选择应符合下列规定:

- c) 电涌保护器的最大持续工作电压应大于系统标称电压的 1.15 倍;
- b) 各级电涌保护器应能承受安装位置处预期的雷电流。I 类试验的电涌保护器,其冲击放电电流不应小于 5kA; II 类试验的电涌保护器,其标称放电电流不应小于 10kA; III 类试验的电涌保护器,其标称放电电流不应小于 5kA。

5.3.3.6 信号线路电涌保护器的选择应符合下列规定:

- a) 信号线路电涌保护器应根据线路的工作频率、传输速率、传输带宽、工作电压、接口形式和特性阻抗等参数,选择插入损耗小、分布电容小、并与纵向平衡、近端串扰指标适配的电涌保护器。最大持续工作电压应大于线路上的最大工作电压 1.2 倍,电压保护水平应低于被保护设备的耐冲击电压额定值;
- b) 信号线路电涌保护器宜设置在被保护设备端口处。根据雷电过电压、过电流幅值和设备端口耐

冲击电压额定值, 可设单级电涌保护器, 也可设能量配合的多级电涌保护器;

c) 信号线路电涌保护器的参数宜符合表 3 的规定。

表 3 信号线路电涌保护器的参数推荐值

安装区域		室外及入户处	室内
电涌 范围	短路电流 10/350 μ s	0.5kA~2.5kA	—
	开路电压 1.2/50 μ s 短路电流 8/20 μ s	—	0.5kV~10kV 0.25kA~5kA
	开路电压 10/700 μ s 短路电流 5/300 μ s	4kV 100A	0.5kV~4kV 25A~100A

5.3.3.7 电涌保护器连接导体应采用铜导线, 应按 GB/T 32512《光伏发电站防雷技术要求》的规定执行。

5.3.3.8 升压变压器高压侧应设置避雷器。避雷器应按 GB 11032 的规定执行。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 光伏发电站防雷工程施工现场的质量管理, 应有相应的施工技术标准、健全的质量管理体系和施工质量检验制度。

6.1.2 施工单位应具备相应的施工资质。施工中的各工种技工、技术人员均应具备相应的资格, 并应持证上岗。

6.1.3 在工程施工的安装和调试过程中所使用的各种计量器具, 应经法定计量认证机构检定合格, 并应在检定合格有效期内使用。

6.1.4 接闪器、引下线和接地装置焊接部位应做好防腐处理。

6.2 接闪器和引下线

6.2.1 光伏组件金属边框或金属夹片应与金属支架电气连通, 连接方式宜采用螺栓连接, 螺栓直径应不小于 8mm, 连接导体宜采用 50mm² 铜绞线或铜带。

6.2.2 安装接闪针时, 针体段与段之间连接处螺栓应紧密。接闪针基座与支撑件的焊接应牢固, 符合设计要求。

6.2.3 接闪器焊接固定的焊缝应饱满无虚焊, 螺栓固定的应备帽等防松零件应齐全, 焊接部分补刷的防腐油漆应完整。

6.2.4 接闪带所有焊接点应牢固可靠, 并进行防腐处理。接闪带应平正顺直, 固定点支持件间距应均匀, 固定可靠, 接闪带支持件间距应符合水平直线距离为 0.5m~1m 的要求。每个支持件应能承受 49N 的垂直拉力。

6.2.5 在建筑物外墙敷设专用引下线时, 专用引下线两端应分别与接闪器和接地装置做可靠的电气连接。接闪带带体敷设应整齐美观, 线条平直。引下线应有标识。

6.2.6 明敷引下线应平直, 无急弯。卡钉应分段固定, 且能承受 49N 的垂直拉力。引下线支持件间距应符合水平直线部分 0.5m~1m, 垂直直线部分最大为 1m, 弯曲部分 0.3m~0.5m 的要求。

6.3 接地装置

6.3.1 光伏方阵的接地施工宜利用桩基的自然接地体做贯通连接, 连接方式宜采用焊接。当难以采用自然接地体做贯通连接时, 可敷设人工接地连接导体。

6.3.2 就地升压变与升压站的接地施工应满足设计图纸要求，并按 GB/T 50065 规定的要求。

6.3.3 人工接地网的敷设应符合以下规定：

- a) 人工接地体在土壤中的埋设深度不应小于 0.5m，并宜敷设在当地冻土层以下，其距离墙或基础不宜小于 1m；
- b) 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；
- c) 升压站接地网内应敷设水平均压带，按等间距或不等间距布置；
- d) 35kV 及以上升压站接地网边缘经常有人出入的走道处，应敷设碎石、沥青路面或在地下装设 2 条与接地网相连接的均压带；
- e) 垂直接地体坑内、水平接地体沟内宜用低电阻率土壤回填并分层夯实。若原来土壤是导电率差的回填土，应用导电性好的泥土回填。

6.3.4 接地线应采取防止发生机械损伤的措施。在与公路或管道等交叉处及其他可能使接地遭受损伤处，均应用钢管加以保护。热镀锌钢材焊接时应在焊接痕外 100mm 内做防腐处理。

6.3.5 接地线引向建筑物的入口处、检修用临时接地点以及站内主接地网引出点（光伏方阵、综合楼、站内升压站与主接地网的连接处），均应设置标识，刷白色底漆并标以黑色记号，其符号为“≡”。同一接地体不应出现两种不同的标识。

6.3.6 钢质接地装置宜采用焊接连接，其搭接长度应符合下列规定：

- a) 扁钢与扁钢搭接为扁钢宽度的 2 倍，不少于三面施焊；
- b) 圆钢与圆钢搭接为圆钢直径的 6 倍，双面施焊；
- c) 圆钢与扁钢搭接为圆钢直径的 6 倍，双面施焊；
- d) 扁钢和圆钢与钢管、角钢互相焊接时，除应在接触部位两侧施焊外，还应增加圆钢搭接件；
- e) 焊接部位应做防腐处理。

6.3.7 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，熔接接头应将被连接的导体完全包在接头里，放热焊接接头的表面应平滑。应保证连接部位的金属完全熔化，无贯穿性的气孔，并应连接牢固。

6.3.8 接地装置连接应可靠，连接处不应松动、脱焊、接触不良。接地装置施工完工后，测试接地电阻值必须符合设计要求，隐蔽工程部分应有检查验收合格记录。

6.4 等电位连接系统

6.4.1 等电位连接网络的连接宜采用焊接、熔接或压接。连接导体与等电位接地端子板之间应采用螺栓连接，连接处应进行热搪锡处理。

6.4.2 等电位连接导线应使用具有黄绿相间色标的铜质绝缘导线。

6.4.3 对于暗敷的等电位连接线及其连接处，应做隐蔽记录，并在竣工图上注明其实际部位走向。

6.4.4 等电位连接带表面应无毛刺、明显伤痕、残余焊渣，安装应平整端正、连接牢固，绝缘导线的绝缘层无老化龟裂现象。

6.4.5 采用混凝土基础固定支架时，光伏方阵支架与基础钢筋应牢固连接。屋面光伏方阵支架的基础钢筋与接地网应焊接。

6.4.6 普通钢材支架的全部及热镀锌钢材支架的焊接部位，应进行涂防锈漆等防腐处理。

6.5 过电压保护装置

6.5.1 低压配电系统和信号与控制系统中所安装的过电压保护器的安装布置应符合工程设计文件的要求，并应符合有关标准。

6.5.2 电源线路的各级电涌保护器应分别安装在被保护设备电源线路的前端，电涌保护器各接线端应分别与配电箱内线路的同名端相线连接。电涌保护器的接地端与配电箱的保护接地线（PE）接地端子板连

接,配电箱接地端子板应与接地装置连接。

6.5.3 各级电涌保护器连接导线应平直,其长度不宜超过 0.5m。

6.5.4 带有接线端子的电源线路电涌保护器与导线连接时应采用压接;带有接线柱的电涌保护器宜采用线鼻子与接线柱连接;模块式电涌保护器应直接安装到 DIN35mm 导轨上。接线应牢固无松动。

6.5.5 避雷器的安装应符合下列要求:

- a) 并列安装的避雷器三相中心线应在同一直线上,铭牌应位于易于观察的一侧;
- b) 拉紧绝缘子串必须紧固;弹簧应能伸缩自如,同相各拉紧绝缘子串的拉力应均匀;
- c) 避雷器引线的连接不应使端子受到超过允许的外加应力。

7 质量检测与验收

7.1 检测

7.1.1 在竣工验收前,应委托有资质的单位进行专项防雷检测;在发电站运行期间,可根据需要委托有资质的单位进行专项防雷检测。

7.1.2 专项防雷检测完毕后,应出具检测记录表。

7.2 验收

验收应满足 GB 50057、GB 50794、GB/T 50796、GB 50797 的设计及施工标准和设计文件的要求。

7.2.1 验收方法

可采用目视法(焊接防锈处理)、接地电阻测量、引下线测量等方法。

7.2.2 验收项目

- a) 接闪器应符合本规程 5.2.2 设计要求及 6.2 施工要求;
- b) 接地装置应符合本规程 5.2.3 设计要求及 6.3 施工要求;
- c) 引下线应符合本规程 5.2.2 设计要求及 6.2 施工要求;
- d) 等电位连接应符合本规程 5.3.1 设计要求及 6.4 施工要求;
- e) 屏蔽与布线应符合本规程 5.3.2 设计要求;
- f) 过电压保护装置应符合本规程 5.3.3 设计要求及 6.5 施工要求;
- g) 隐蔽工程的验收应符合下列规定:施工过程应作好隐蔽工程施工记录(一式三份)。应通知监理人员到现场进行检测、验收,验收合格后才能进入下一道工序。

7.2.3 验收报告

对包括但不限于附录 E 表 E.1 验收报告所列内容进行验收,由施工单位、监理单位会同业主组织验收。在竣工验收前进行专项防雷检测的记录表应填写完整,并由各参与检测方对检测结果共同签字确认。部分检测记录表参照附录 E 中表 E.2~E.7。

7.2.4 技术文件与资料

光伏发电站防雷工程竣工时,应具备下列技术文件和资料:

- a) 接闪器及引下线安装竣工图;
- b) 接地装置安装竣工图;
- c) 等电位连接带安装竣工图;
- f) 变更设计的说明书;

h) 其他与工程质量相关的记录文件。

8 维护与管理

8.1 维护项目

维护项目应包含以下内容：接闪器、引下线、接地装置、等电位连接、过电压保护装置。

8.2 维护周期

8.2.1 光伏电站防雷装置应每年维护一次，并宜于当年雷雨季节到来之前进行。

8.2.2 光伏电站防雷装置的日常维护应在每次雷雨天气之后进行。

8.2.3 接地网的接地电阻应每年进行一次测量。

8.3 维护要求

8.3.1 一般规定

- a) 应根据光伏电站的防雷装置使用情况，编制完善的维护管理制度；
- b) 应对光伏电站内的维护人员进行雷电防护相关技术的培训和考核；
- c) 光伏电站内防雷装置的检测及维护资料应按照维护管理制度及时归档，妥善保管；
- d) 防雷装置的检修时间应安排在非雷雨期进行，检测不合格的防雷装置应及时维修；
- e) 光伏电站防雷装置雷击事件发生后，应及时调查雷害损失情况，分析雷害损害原因，并提出改进措施。

8.3.2 维护事项

- a) 光伏组件与支架连接处，支架与接地装置处若发现有松动、锈蚀、脱焊等情况，应进行相应的处理，以保证其电气连接性良好；
- b) 接闪器、杆塔及引下线有轻微腐蚀和机械损伤的情况，应及时修复；
- c) 接地装置的接地电阻值大于规定值时，应及时检查接地装置和土壤条件，找出变化原因，采取有效的整改措施；
- d) 电气设备的金属外壳、机架等接地线，若发现连接处松动或断路，应及时更换或修复；
- e) 各类电涌保护器应运行良好，无接触不良、漏电流过大、发热、积尘过多等情况，出现故障后应及时更换。

附录 A
(资料性附录)

光伏电站各个防护目标的防雷措施

表 A.1 光伏电站各个防护目标的防雷措施

防护目标 \ 防护措施	防直击雷	防雷击电磁脉冲
光伏方阵	√	
汇流箱	√	√
逆变器	○	√
低压交流配电装置	○	√
就地升压变压器	○	
集电线路	√	√
高压交流配电装置	○	√
电气二次设备		√
主变压器	√	√
架空送出线路	√	
建(构)筑物	√	
√: 应设防直击雷保护措施; ○: 当室外布置时, 应设防直击雷保护措施。		

附录 B
(资料性附录)
接地电阻计算

B.1 均匀土壤中垂直接地极的接地电阻, 可按式计算:

当 $l \gg d$ 时 (图 B.1)

$$R_v = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{8l}{d} - 1 \right) \quad (\text{B.1})$$

式中:

R_v ——垂直接地极的接地电阻, Ω ;

ρ ——土壤电阻率, $\Omega \cdot \text{m}$;

l ——垂直接地极的长度, m;

d ——接地极用圆导体时, 圆导体的直径, m。当用其他型式导体时, 其等效直径应按下述方法计算 (图 B.2): 管状导体, $d=d_l$; 扁导体, $d=b/2$; 等边角钢, $d=0.84b$; 不等边角钢, $d=0.71\sqrt{b_1b_2(b_1^2+b_2^2)}$ 。

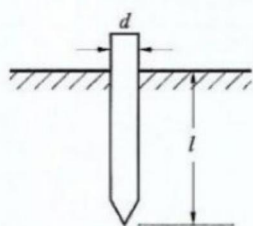


图 B.1 垂直接地极的示意图

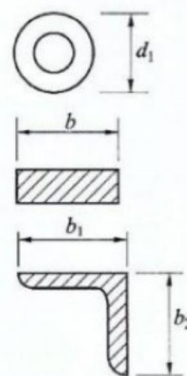


图 B.2 几种型式导体的计算用尺寸

B.2 均匀土壤中不同形状水平接地极的接地电阻, 可利用下式计算:

$$R_h = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{L^2}{hd} + A \right) \quad (\text{B.2})$$

式中:

R_h ——水平接地极的接地电阻, Ω ;

L ——水平接地极的总长度, m;

h ——水平接地极的埋设深度, m;

d ——水平接地极的直径或等效直径, m;

A ——水平接地极的形状系数。

水平接地极的形状系数可采用表 B.1 所列数值。

表 B.1 水平接地极的形状系数 A

水平接地极形状	—	L	人	○	+	□	☆	✱	✱	✱
形状系数 A	-0.6	-0.18	0	0.48	0.89	1	2.19	3.03	4.71	5.65

B.3 均匀土壤中水平接地极为主边缘闭合的复合接地极（接地网）的接地电阻，可利用下式计算：

$$R_n = \alpha L R_e \quad (\text{B.3})$$

$$\alpha = \left(3 \ln \frac{L_0}{\sqrt{S}} - 0.2 \right) \frac{\sqrt{S}}{L_0}$$

$$R_e = 0.213 \frac{\rho}{\sqrt{S}} (1+B) + \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{S}{9hd} - 5B \right)$$

$$B = \frac{1}{1 + 4.6 \frac{h}{\sqrt{S}}}$$

式中：

R_n ——任意形状边缘闭合接地网的接地电阻， Ω ；

R_e ——等值（即等面积、等水平接地极总长度）方形接地网的接地电阻， Ω ；

S ——接地网的总面积， m^2 ；

d ——水平接地极的直径或等效直径， m ；

h ——水平接地极的埋设深度， m ；

L_0 ——接地网的外缘边线总长度， m ；

L ——水平接地极的总长度， m 。

B.4 均匀土壤中人工接地极工频接地电阻的简易计算，可采用表 B.2 所列公式。

表 B.2 人工接地极工频接地电阻（ Ω ）简易计算式

接地极形式	简易计算式
垂直式	$R \approx 0.3\rho$
单根水平式	$R \approx 0.03\rho$
复合式 (接地网)	$R \approx 0.5 \frac{\rho}{\sqrt{S}} = 0.28 \frac{\rho}{r}$ 或 $R \approx \frac{\sqrt{\pi}}{4} \times \frac{\rho}{\sqrt{S}} + \frac{\rho}{\sqrt{L}} = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$
注 1：垂直式为长度 3m 左右的接地极； 注 2：单根水平式为长度 60m 左右的接地极； 注 3：复合式中， S 为大于 100m^2 的闭合接地网的面积； r 为与接地网面积 S 等值的圆的半径，即等效半径， m 。	

B.5 典型双层土壤中几种接地装置的接地参数计算，应符合下列要求：

B.5.1 深埋垂直接地极的接地电阻（图 B.3），可按下列各式计算：

$$R = \frac{\rho_s}{2\pi l} \left(\ln \frac{4l}{d} + C \right) \quad (\text{B.4})$$

$$l < H \quad \rho_s = \rho_1$$

$$l > H \quad \rho_s = \frac{\rho_1 \rho_2}{\frac{H}{l} (\rho_2 - \rho_1) + \rho_1}$$

$$C = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \right)^n \ln \frac{2nH + l}{2(n-1)H + l}$$

式中各参数含义如图 B.3 所示。

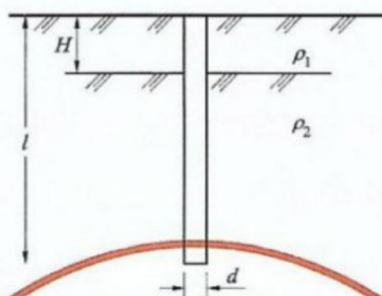


图 B.3 深埋垂直接地体示意图

B.6 土壤具有图 B.4 所示的两个剖面结构时，水平接地网的接地电阻 R 可按下式计算接地网接地电阻：

$$R = \frac{0.5 \rho_1 \rho_2 \sqrt{S}}{\rho_1 S_2 + \rho_2 S_1} \quad (\text{B.5})$$

式中：

S_1 、 S_2 ——分别为覆盖在 ρ_1 、 ρ_2 土壤电阻率上的接地网面积， m^2 ；

S ——接地网总面积， m^2 。

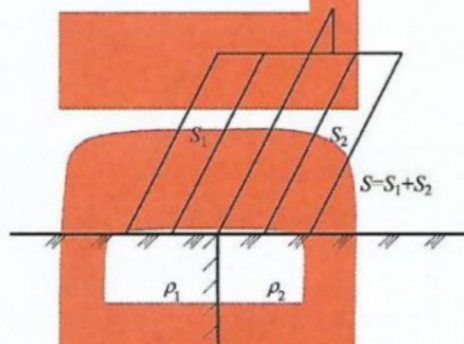


图 B.4 两种土壤电阻率的接地网

附录 C

(资料性附录)

接地装置冲击接地电阻与工频接地电阻的换算

C.1 接地装置冲击接地电阻与工频接地电阻的换算, 应按下式计算:

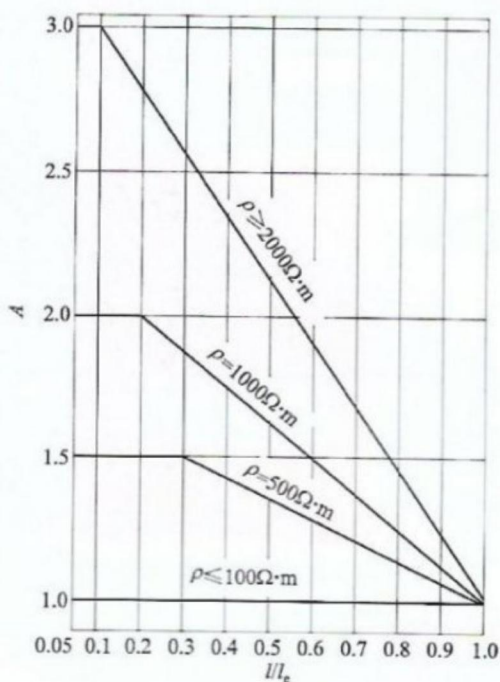
$$R_{\text{ch}} = A \times R_{\text{f}} \quad (\text{C.1})$$

式中:

R_{ch} ——接地装置各支线的长度取值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, 其值宜按图 C.1 确定;

R_{f} ——所要求的接地装置冲击接地电阻, Ω 。



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} 。

图 C.1 换算系数 A

C.2 接地体的有效长度应按下式计算:

$$l_{\text{e}} = 2\rho_r \quad (\text{C.2})$$

式中:

l_{e} ——接地体的有效长度, 应按图 C.2 计量, m;

ρ ——敷设接地体处的土壤电阻率, $\Omega \cdot m$ 。

C.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:

C.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时, 引下线的冲击接地电阻应为从与引下线的连接点起沿两侧接地体各取有效长度算出的工频接地电阻, 这时换算系数等于 1。

C.3.2 当环形接地体周长的一半小于有效长度时, 引下线的冲击接地电阻应为以接地体的实际长度算出的工频接地电阻再除以换算系数。

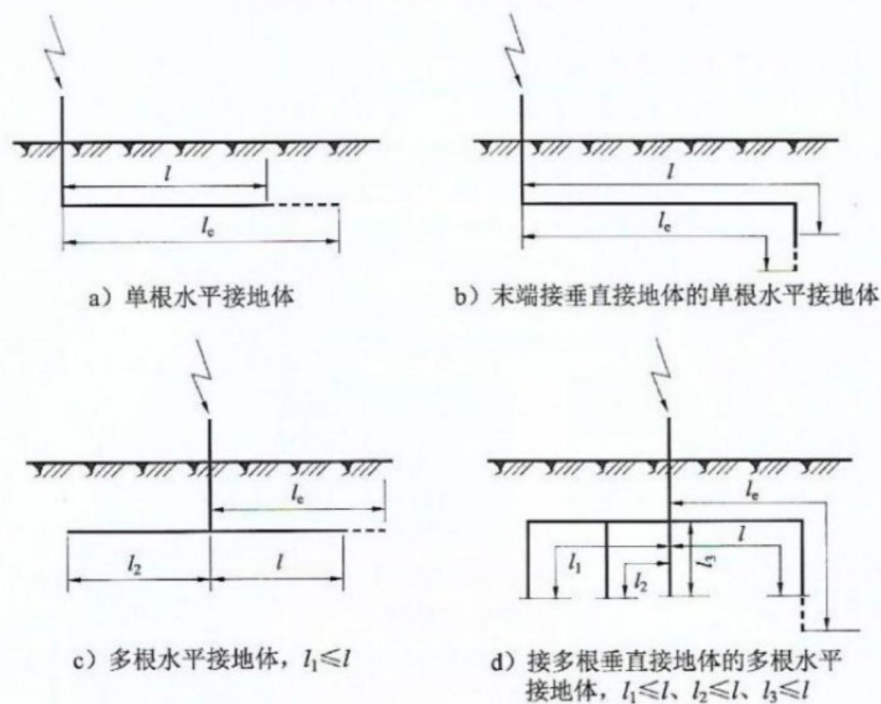


图 C.2 接地体有效长度的计量

C.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 D

(资料性附录)

电涌保护器主要技术特性参数

D.1 用于光伏电站的电源电涌保护器主要技术参数:

- 标称放电电流 I_n : 流过电涌保护器, 具有 8/20 μ s 波形的电流峰值, 用于电涌保护器的 II 类试验以及 I 类、II 类试验的预处理试验;
- 最大放电电流 I_{max} : 流过电涌保护器, 具有 8/20 μ s 波形的电流峰值, 其值按 II 类动作负载试验的程序确定。 I_{max} 大于 I_n ;
- 冲击放电电流 I_{imp} : 由电流峰值 I_{peak} 、电荷量 Q 和比能量 W/R 三个参数定义的电流, 用于电涌保护器的 I 类试验, 典型波形为 10/350 μ s;
- 最大持续工作电压 U_c : 可连续施加在电涌保护器上而不改变其性能的最大交流电压有效值或直流电压;
- 电压保护水平 U_p : 表征电涌保护器限制接线端子间电压的性能参数, 该值应大于限制电压的最高值;
- 光伏系统直流电涌保护器额定短路电流: 与指定脱离器 (内部或外部) 连接的光伏系统直流电涌保护器所能承受的电源系统最大预期短路电流额定值。

D.2 用于光伏电站的信号电涌保护器主要技术参数:

- 标称放电电流 I_n : 流过电涌保护器, 具有 8/20 μ s 波形的电流峰值, 用于电涌保护器的 II 类试验以及 I 类、II 类试验的预处理试验;
- 最大放电电流 I_{max} : 流过电涌保护器, 具有 8/20 μ s 波形的电流峰值, 其值按 II 类动作负载试验的程序确定。 I_{max} 大于 I_n ;
- 冲击放电电流 I_{imp} : 由电流峰值 I_{peak} 、电荷量 Q 和比能量 W/R 三个参数定义的电流, 用于电涌保护器的 I 类试验, 典型波形为 10/350 μ s;
- 最大持续工作电压 U_c : 可连续施加在电涌保护器上而不改变其性能的最大交流电压有效值或直流电压;
- 电压保护水平 U_p : 表征电涌保护器限制接线端子间电压的性能参数, 该值应大于限制电压的最高值;
- 插入损耗: 传输系统中插入一个电涌保护器所引起的损耗, 其值等于电涌保护器插入前后的功率比。插入损耗常用分贝 (dB) 来表示;
- 回波损耗: 反射系数倒数的模。一般以分贝 (dB) 来表示。

附 录 E
(资料性附录)
光伏发电防雷接地验收资料

E.1 光伏发电防雷接地验收报告格式见表 E.1。

表 E.1 光伏发电防雷接地验收报告

发电站名称		地址	
联系人		联系电话	
方阵编号			
外部防雷装置验收 合格: ☐ 是 ☐ 否 存在问题:			
接地装置验收 合格: ☐ 是 ☐ 否 存在问题:			
等电位连接验收 合格: ☐ 是 ☐ 否 存在问题:			
屏蔽措施验收 合格: ☐ 是 ☐ 否 存在问题:			
SPD 验收 合格: ☐ 是 ☐ 否 存在问题:			
隐蔽工程验收 合格: ☐ 是 ☐ 否 存在问题:			
验收结论 合格: ☐ 是 ☐ 否 存在问题:			
施工单位		监理单位	业主

E.2 光伏发电防雷检测记录格式见表 E.2。

表 E.2 光伏发电防雷检测记录表

记录编号:

共 页 第 页

发电站名称			
发电站地址			
联系人		联系电话	
检测仪器设备及编号		检测依据	
检测日期		天气情况	
综合评定			
测点平面示意图	 说明: 图中各检测点标志应标有“●”符号, 可另附图		
检测员		校核人	

E.3 接闪器及引下线的检查和检测记录格式见表 E.3。

表 E.3 接闪器及引下线的检查和检测记录表

第 页 共 页

接 闪 器	形式 (针、网、带)									
	架设高度 及位置									
	检查	材料						规格尺寸		
		安装方式								
		电气连接								
		安全距离								
保护范围										
引 下 线	形式(明、暗敷)									
	主材及规格尺寸									
	引下线根数及间距									
	断接卡及保护措施									
	安装情况检查									
	引下线各测点工频接地电阻值测量									
	测点编号	1	2	3	4	6	7	8	9	
	工频电阻(Ω)									
	测点编号									
	工频电阻(Ω)									
检测 综评										
	检测员				校核人					

E.4 光伏电站接地装置检查检测记录格式见表 E.4。

表 E.4 光伏电站接地装置检查检测记录表

记录编号:

共 页 第 页

方阵编号:			
接 地 装 置		外 观 检 查	
接地形式			
接地材质			
接地锈蚀情况	☐ 好 ☐ 中 ☐ 差		
各连接点工频接地电阻			
测点编号	电阻值 Ω		
		备注: 外观检查包括外观损伤、断裂情况、锈蚀情况	
检测综评			
检测员		校核人	

E.5 光伏电站等电位连接检测记录格式见表 E.5。

表 E.5 光伏电站等电位连接检测记录表

序号	连接部位	外观检查	连接导体材料和尺寸	连接过渡电阻值 Ω
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
检测综评				
检测员		校核人		

E.6 光伏电站电涌保护器 (SPD) 的检测记录格式见表 E.6。

表 E.6 电涌保护器 (SPD) 的检测记录表

安装位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
产品型号										
安装数量										
U_c 标称值										
电流 I_{imp} 或 I_n										
U_p 检查值										
绝缘电阻值										
I_{ie} 测试值										
U_{1mA} 测试值										
引线长度										
连线色标										
连线截面 mm^2										
过渡电阻 Ω										
检测综评										
检测员							校核人			

E.7 光伏电站防雷检测综合评估报告格式见表 E.7。

表 E.7 光伏电站电涌保护器的检测记录表防雷检测综合评估报告

发电站名称			地址		
联系人			联系电话		
方阵编号					
接闪器、引下线检测综评					
接地装置检测综评					
等电位连接检测综评					
屏蔽措施检测综评					
过电压保护装置检测综评					
总评					
年 月 日 (公章)					
检测员			校核员		
				批准人	

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
光伏电站防雷技术规程
DL/T 1364—2014

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2016年5月第一版 2016年6月北京第二次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.5印张 43千字
印数201—400册

*

统一书号 155123·2840 定价 13.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.2840

上架建议：电力工程/
新能源发电