ICS 27.160
F 12

中华人民共和国国家标准

GB/T 32512—2016

光伏发电站防雷技术要求

Technical requirements for protection of photovoltaic power station against lightning

2016-02-24 发布　　2016-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会　发布

目　　次

前言 …… Ⅰ
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　技术要求 …… 2
5.1　一般规定 …… 2
5.2　光伏发电单元 …… 3
5.2.1　光伏方阵 …… 3
5.2.2　其他设备 …… 3
5.3　站区升压站 …… 3
5.4　光伏发电站建(构)筑物 …… 3
5.5　防雷装置要求 …… 3
5.5.1　接闪器 …… 3
5.5.2　引下线 …… 4
5.5.3　接地装置 …… 4
5.5.4　过电压保护装置 …… 4
6　检测 …… 5
6.1　验收检测项目 …… 5
6.2　日常检测周期 …… 6
附录A（规范性附录）　接闪器和引下线的材料、结构与最小截面 …… 7
附录B（规范性附录）　接地体材料、结构和最小尺寸 …… 9
附录C（规范性附录）　光伏方阵最大电压 …… 10

前　言

本标准按照 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。

本标准起草单位：中电电气(南京)太阳能研究院有限公司、协鑫光伏系统有限公司、四川中光防雷科技股份有限公司、北京国电科源电气有限公司、北京乾华科技发展有限公司、国网电力科学研究院、新疆电力设计院、中国电力科学研究院、成都桑莱特科技股份有限公司、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、南京中核二三能源工程有限公司、上海神舟电力有限公司、江苏省防雷中心、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：贾艳刚、徐永邦、王雪颖、胡永生、王野、平帅、张玉、刘祎、司德亮、时爱国、鲁强、顾华敏、刘琪瑶、王建秋、徐明珂、朱琪琪、韩全宾、杨胜铭、佟建勋、孙耀杰、胡海峰、何静、徐崇浩、南婧、周俊驰。

光伏发电站防雷技术要求

1 范围

本标准规定了光伏发电站防雷的技术要求。

本标准适用于新建、扩建、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/T 18802.21 低压电涌保护器 第21部分：电信和信号网络的电涌保护器(SPD)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

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 power generation 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系统。又称单元发电模块。

3.2

光伏方阵 photovoltaic array

将若干个光伏组件在机械和电气上按一定方式组装在一起并且有固定的支撑结构而构成的直流发电单元。又称光伏阵列。

3.3

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，即闪电电涌，可能沿着这些管线侵入屋内，危及人身安全或损坏设备。

3.4

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。

3.5

接闪器 air-termination system

由拦截闪击的接闪杆、接闪带、接闪线、接闪网以及金属屋面、金属构件等组成。

3.6

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。

3.7

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的装置。

3.8

接地体　earth electrode

将金属装置、外来导电物、电力线路、电信线路及其他线路连于其上以能与防雷装置做等电位连接的金属带。

3.9

接地线　earth conductor

从引下线断接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。

3.10

等电位连接　equipotential bonding(EB)

直接用连接导体或通过电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起来以减小雷电流在它们之间产生电位差的措施。

3.11

雷电感应　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。

4　总则

4.1　光伏发电站的防雷应统一规划，做到安全可靠、技术先进、经济合理，防止和减少雷电对光伏发电站造成的人身伤亡和设备损害。

4.2　光伏发电站的防雷设计应因地制宜，综合考虑光伏发电站的容量、地区年雷暴日强度、土壤地质条件和投资成本等因素，经技术经济分析和安全风险评估，确定相应防雷措施。

4.3　与建筑物结合的光伏发电站，其防雷系统应与建筑物的防雷系统相结合。

5　技术要求

5.1　一般规定

5.1.1　光伏发电站的光伏方阵、光伏发电单元其他设备以及站区升压站、综合楼等建(构)筑物应采取防雷措施，防雷设施不应遮挡光伏组件。

5.1.2　光伏组件金属框架或夹件应接地良好。

5.1.3　光伏方阵的接地网应根据不同的发电站类型采取相应的接地网形式，工作接地与保护接地应统一规划。共用地网电阻应满足设备对最小工频接地电阻值的要求。

5.1.4　光伏发电站交流电气装置的接地要求应满足 GB/T 50065 的要求。

5.2 光伏发电单元

5.2.1 光伏方阵

5.2.1.1 光伏方阵电气线路应采取防雷击电磁脉冲和闪电电涌侵入的措施。

5.2.1.2 光伏方阵金属部件应与防雷装置进行等电位连接并接地。

5.2.1.3 独立接闪器和泄流引下线应与地面光伏方阵电气装置、线路保持足够的安全距离，应符合GB/T 50065 的要求。

5.2.1.4 光伏方阵外围独立接闪器宜设置独立接地装置，其他防雷接地宜与站内设施共用接地网。

5.2.1.5 地面光伏发电站光伏方阵接地装置的工频接地电阻不宜大于 10 Ω，高电阻地区（电阻率大于 2 000 Ω·m）最大值应不高于 30 Ω。

5.2.1.6 屋面光伏发电站应根据光伏方阵所在建筑物的雷电防护等级进行防雷设计。

5.2.1.7 屋面光伏发电站光伏方阵各组件之间的金属支架应相互连接形成网格状，其边缘应就近与屋面接闪带连接。

5.2.2 其他设备

5.2.2.1 汇流箱、逆变器、就地升压变压器等设备应采取等电位连接和接地措施。

5.2.2.2 光伏发电单元其他设备的金属信号线路宜采取屏蔽措施。

5.2.2.3 在光伏方阵的汇流箱的正极与保护地间、负极与保护地间、正极与负极间应安装直流电涌保护器；在逆变器直流输入端侧的正极与保护地间、负极与保护地间、正极与负极间应安装电涌保护器。

5.2.2.4 在逆变器的交流输出端应安装电涌保护器。

5.3 站区升压站

站区升压站的防雷及等电位连接、接地网结构、接地要求应满足 GB/T 50065 的要求。

5.4 光伏发电站建（构）筑物

光伏发电站中综合楼、逆变器小室、水泵房、生活设施等建（构）筑物的防雷措施应满足 GB 50057 的要求。

5.5 防雷装置要求

5.5.1 接闪器

5.5.1.1 光伏发电站可增加专设接闪器。专设接闪器可采用下列的一种或多种方式：

a) 独立接闪针、接闪线（带）。

b) 直接装设在光伏方阵框架、支架上的接闪针、接闪带。

c) 直接装设在建筑物上的接闪针、接闪带。

5.5.1.2 屋面光伏发电站可利用屋面永久性金属物作为接闪器，但其各部件之间均应电气连接。

5.5.1.3 接闪器应能承受预期雷电流所产生的机械效应和热效应，接闪器的材料、结构和最小截面应符合附录 A 的规定。接闪器材料的使用条件按照 GB 50057 执行。

5.5.1.4 接闪针可采用热镀锌圆钢或钢管制成的普通接闪针，也可采用其他类型接闪针。接闪针采用热镀锌圆钢或钢管制成时，应符合下列规定：

a) 针长 1 m 以下时，圆钢直径不应小于 12 mm；钢管外径不应小于 20 mm，厚度不应小于 2.5 mm。

b) 针长 1 m～2 m 时，圆钢直径不应小于 16 mm；钢管外径不应小于 25 mm，厚度不应小于

2.5 mm。

5.5.1.5 架空接闪线宜采用截面不小于 50 mm^2 热镀锌钢绞线或铜绞线。

5.5.1.6 除利用混凝土构件钢筋或在混凝土内专设钢材作接闪器外，钢质接闪器应热镀锌。在腐蚀性较强的场所，应加大其截面或采取其他防腐措施。

5.5.1.7 接闪器保护范围应按照滚球法计算。

5.5.1.8 专设接闪针最大抗风强度应满足当地最大风速。

5.5.2 引下线

5.5.2.1 地面光伏发电站光伏方阵金属支架、建筑物屋面光伏发电站所在建筑物的钢梁、钢柱、消防梯等金属构件以及幕墙的金属立柱可作为引下线，但各部件之间均应电气连接。

5.5.2.2 利用光伏方阵金属支架、建筑物金属部件作引下线时，其材料及尺寸应能承受泄放预期雷电流时所产生的机械效应和热效应。

5.5.2.3 引下线的材料、结构和最小截面应符合附录 A 的规定。引下线材料的使用条件按照 GB 50057 执行。

5.5.2.4 明敷引下线的固定支架间距不宜大于表 1 的规定。

表 1 明敷接闪导体和引下线的固定支架间距

布置方式	扁形导体和 绞线固定支架的间距 mm	单根圆形导体固定 支架的间距 mm
安装于水平面上的水平导体	500	1 000
安装于垂直面上的水平导体	500	1 000
安装于从地面至高 20 m 垂直面上的垂直导体	1 000	1 000
安装在高于 20 m 垂直面上的垂直导体	500	1 000

5.5.2.5 专设引下线宜采用热镀锌圆钢或扁钢。

5.5.2.6 在易受机械损伤处，地面上 1.7 m 至地面下 0.3 m 的一段接地线宜暗敷或采取保护措施。

5.5.3 接地装置

5.5.3.1 埋于土壤中的人工垂直接地体可采用热镀锌角钢、钢管、圆钢、复合材料等接地材料；埋于土壤中的人工水平接地体宜采用热镀锌扁钢或圆钢。光伏方阵的接地网外缘应闭合。光伏方阵每排支架应至少在两端接地。

5.5.3.2 埋于腐蚀性土壤中的接地体应采用防腐蚀能力强的接地体。

5.5.3.3 在高土壤电阻率地区宜采用降低接地电阻措施。

5.5.3.4 接地体的材料、结构和最小截面应符合附录 B 的规定。接地体材料的使用条件按照 GB 50057 执行。

5.5.3.5 人工垂直接地体的埋设间距宜不小于垂直接地体长度的 2 倍，受场地限制时可适当减小。

5.5.3.6 人工接地体在土壤中的埋设深度应不小于 0.5 m，并宜敷设在当地冻土层以下。

5.5.3.7 埋在土壤中的铜质接地体之间以及铜质与钢质接地体之间的连接宜采用放热焊接；钢质接地体的连接宜采用焊接，并应在焊接处做防腐处理。

5.5.4 过电压保护装置

5.5.4.1 升压站选用的避雷器应满足 GB 11032 的要求。

5.5.4.2 低压电源系统选用的交流电涌保护器应符合 GB 18802.1 中的规定，光伏系统直流电涌保护器应满足光伏系统的应用特性要求。

5.5.4.3 低压电源系统电涌保护器的选用应符合下列原则：

a) 各级电涌保护器的有效电压保护水平应低于本级保护范围内被保护设备的耐冲击电压额定值。

b) 交流电源电涌保护器的最大持续工作电压应大于系统工作电压的 1.15 倍。

c) 安装在汇流箱、逆变器处的直流电源电涌保护器的最大持续工作电压应大于或等于光伏组件的最高开路电压，最高电压的取值见附录 C。

d) 各级电涌保护器应能承受安装位置处预期的雷电流。

5.5.4.4 信号系统选用的电涌保护器其性能应符合 GB/T 18802.21 中的规定。

5.5.4.5 信号系统电涌保护器的选用应符合下列规定：

a) 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。

b) 电涌保护器的最大持续工作电压应大于线路上最大工作电压的 1.2 倍。

c) 电涌保护器的有效电压保护水平应低于被保护设备的耐冲击电压额定值。

d) 各级电涌保护器应能承受安装位置处预期的雷电流。

5.5.4.6 电涌保护器连接导体应采用铜导线，最小截面应符合表 2 的要求。

表 2 电涌保护器连接导体最小截面

等电位连接部件			材料	截面 mm^2
连接电涌保护器的导体	电源系统	Ⅰ级试验的电涌保护器	Cu(铜)	6
		Ⅱ级试验的电涌保护器		2.5
		Ⅲ级试验的电涌保护器		1.5
	信号系统	D1 类电涌保护器		1.2
		其他类的电涌保护器（连接导体的截面可小于 1.2 mm^2）		根据具体情况确定

6 检测

6.1 验收检测项目

6.1.1 接闪器检测应包括下列项目：

a) 接闪器的材质、结构、安装位置和防腐处理；

b) 接闪器的架设高度、间距、安装方法；

c) 接闪器的保护范围及保护对象；

d) 接闪器基础的随工检测及隐蔽工程。

6.1.2 引下线检测应包括下列项目：

a) 引下线的材质、结构、安装位置和防腐处理；

b) 引下线的间距和安装方法；

c) 引下线的随工检测及隐蔽工程。

6.1.3 接地装置检测应包括下列项目：

a） 接地装置的材质、结构、安装位置、连接方法和防腐处理；

b） 接地体的埋设间距、深度、安装方法；

c） 接地装置的接地电阻；

d） 接地装置的随工检测及隐蔽工程。

6.1.4 等电位连接检测应包括下列项目：

a） 接地装置与等电位接地端子板连接导体规格和连接方法；

b） 接地干线的规格、敷设方式；

c） 接地线与接地体、金属管道之间的连接方法；

d） 等电位接地端子板、等电位连接带的安装位置、材料规格和连接方法；

e） 等电位连接网络的安装位置、材料规格和连接方法；

f） 信号与控制系统的外露导电物体、各种线路、金属管道以及信息设备的等电位连接。

6.1.5 屏蔽及布线检测应包括下列项目：

a） 进出建筑物线缆的路由布置、屏蔽方式；

b） 进出建筑物线缆屏蔽设施的等电位连接；

c） 电源线缆、信号线缆的敷设间距；

d） 信号与控制系统线缆与电气装置的间距；

e） 信号与控制系统机房和设备屏蔽设施的安装。

6.1.6 电涌保护器检测应包括下列项目：

a） 电涌保护器的安装位置、连接方法、工作状态指示；

b） 电涌保护器连接导线的长度、截面积；

c） 电源线路各级电涌保护器的参数选择及能量配合。

6.2 日常检测周期

6.2.1 对下列项目应定期检测：

a） 接闪器、引下线的腐蚀及断裂；

b） 接地装置的接地电阻；

c） 等电位连接设施的腐蚀及断裂；

d） 屏蔽及布线设施的腐蚀及断裂；

e） 电涌保护器的运行状态。

6.2.2 防雷装置的检测周期应符合下列规定：

a） 第一类防雷建筑物上的屋面光伏发电站检测周期为 6 个月；

b） 第二类、第三类防雷建筑物上的屋面光伏发电站和地面光伏发电站检测周期为 12 个月；

c） 检测宜于每年春季前进行；

d） 电涌保护器的检测宜于雷雨季节前和雷雨季节后进行；

e） 接地装置的腐蚀情况，宜综合考虑当地气候、地质等条件，每 6 年～10 年进行开挖检测。

附 录 A
（规范性附录）
接闪器和引下线的材料、结构与最小截面

接闪器和引下线的材料、结构与最小截面见表 A.1。

表 A.1 接闪器和引下线的材料、结构与最小截面

材料	结构	最小截面 mm^2	备 注	
铜 镀锡铜	单根扁铜	50	厚度 2 mm	
	单根圆铜	50	直径 8 mm	在机械强度没有重要要求之处，50 mm^2（直径 8 mm）可减为 28 mm^2（直径 6 mm），并应减小固定支架间的间距
	铜绞线	50	每股线直径 1.7 mm	
	单根圆铜	176	直径 15 mm	可应用于接闪杆，当应用于机械应力没达到临界值之处，可采用直径 10 mm、最长 1 m 的接闪杆，并增加固定；也应用于入地之处
铝	单根扁铝	70	厚度 3 mm	
	单根圆铝	50	直径 8 mm	
	铝绞线	50	每股线直径 1.7 mm	
铝合金	单根扁形导体	50	厚度 2.5 mm	
	单根圆形导体	50	直径 8 mm	仅应用于接闪杆。当应用于机械应力没达到临界值之处，可采用直径 10 mm、最长 1 m 的接闪杆，并增加固定
	绞线	50	每股线直径 1.7 mm	
	单根圆形导体	176	直径 15 mm	
	外表面镀铜的 单根圆形导体	50	直径 8 mm，径向镀铜厚度至少 70 μm，铜纯度 99.9%	
热浸镀锌钢	单根扁钢	50	厚度 2.5 mm	
	单根圆钢	50	直径 8 mm	避免在单位能量 10 MJ/Ω 下熔化的最小截面是铜为 16 mm^2、铝为 25 mm^2、钢为 50 mm^2、不锈钢为 50 mm^2
	绞线	50	每股线直径 1.7 mm	
	单根圆钢	176	直径 15 mm	可应用于接闪杆，当应用于机械应力没达到临界值之处，可采用直径 10 mm、最长 1 m 的接闪杆，并增加固定；也应用于入地之处

表 A.1（续）

材料	结构	最小截面 mm^2	备　注	
不锈钢	单根扁钢	50	厚度 2 mm	对埋于混凝土中以及与可燃材料直接接触的不锈钢，其最小尺寸宜增大至直径 10 mm 的 78 mm^2（单根圆钢）和最小厚度 3 mm 的 75 mm^2（单根扁钢）；当温升和机械受力是重点考虑之处，50 mm^2 加大至 75 mm^2
	单根圆钢	50	直径 8 mm	
	绞线	70	每股线直径 1.7 mm	
	单根圆钢	176	直径 15 mm	可应用于接闪杆，当应用于机械应力没达到临界值之处，可采用直径 10 mm、最长 1 m 的接闪杆，并增加固定；也应用于入地之处
铜覆钢	单根圆钢（直径 8 mm）	50	铜层厚度至少 250 μm，铜纯度 99.9%	
	单根扁钢（厚 2.5 mm）			

注 1：热浸或电镀锡的锡层最小厚度为 1 μm。

注 2：镀锌层宜光滑连贯、无焊剂斑点，镀锌层圆钢至少 22.7 g/m^2、扁钢至少 32.4 g/m^2。

注 3：不锈钢中，铬的含量等于或大于 16%，镍的含量等于或大于 8%，碳的含量等于或小于 0.08%。

注 4：截面积允许误差为−3%。

附 录 B
（规范性附录）
接地体材料、结构和最小尺寸

接地体材料、结构和最小尺寸见表 B.1。

表 B.1 接地体材料、结构和最小尺寸

材料	结构	最小尺寸			备 注
		垂直接地体直径 mm	水平接地体 mm^2	接地板 mm	
铜、镀锡铜	铜绞线	—	50	—	每股直径 1.7 mm
	单根圆铜	15	50	—	—
	单根扁铜	—	50	—	厚度 2 mm
	铜管	20	—	—	壁厚 2 mm
	整块铜板	—	—	500×500	厚度 2 mm
	网格铜板	—	—	600×600	各网格边截面 25 mm×2 mm，网格网边总长度不少于 4.8 m
热镀锌钢	圆钢	14	78	—	—
	钢管	20	—	—	壁厚 2 mm
	扁钢	—	90	—	厚度 3 mm
	钢板	—	—	500×500	厚度 3 mm
	网格钢板	—	—	600×600	各网格边截面 30 mm×3 mm，网格网边总长度不少于 4.8 m
	型钢	注 3	—	—	—
裸钢	钢绞线	—	70	—	每股直径 1.7 mm
	圆钢	—	78	—	—
	扁钢	—	75	—	厚度 3 mm
铜覆钢	圆钢	14	50	—	铜层厚度至少 250 μm，铜纯度 99.9%
	扁钢	—	90(厚 3 mm)	—	
不锈钢	圆形导体	15	78	—	—
	扁形导体	—	100	—	厚度 2 mm

注 1：热镀锌层应光滑连贯、无焊剂斑点，镀锌层圆钢至少 22.7 g/m^2、扁钢至少 32.4 g/m^2。

注 2：热镀锌之前螺纹应先加工好。

注 3：不同截面的型钢，其截面不小于 290 mm^2，最小厚度 3 mm，可采用 50 mm×50 mm×3 mm 角钢。

注 4：当完全埋在混凝土中时才可采用裸钢。

注 5：外表面镀铜的钢，铜应与钢结合良好。

注 6：不锈钢中，铬的含量等于或大于 16%，镍的含量等于或大于 5%，钼的含量等于或大于 2%，碳的含量等于或小于 0.08%。

注 7：截面积允许误差为－3%。

附 录 C
（规范性附录）
光伏方阵最大电压

C.1 光伏方阵最大电压取最低预期使用环境温度下的方阵的开路电压。

C.2 光伏方阵的最大电压应根据组件不同温度下的开路电压的修正说明来计算。单晶和多晶光伏组件的电压修正可依据表 C.1 计算。

表 C.1 单晶和多晶光伏组件的电压修正因数

预期最低环境温度/℃	修正因数
24～20	1.02
19～15	1.04
14～10	1.06
9～5	1.08
4～0	1.10
－1～－5	1.12
－6～－10	1.14
－11～－15	1.16
－16～－20	1.18
－21～－25	1.20
－26～－30	1.21
－31～－35	1.23
－36～－40	1.25

注：在某些地区，暴露在空气中的组件表面温度可能比环境温度低最多 5 ℃。我国东北地区的最低温度统计：哈尔滨 1909—2008 年，1931 年 1 月－41.4 ℃；长春 1909—2008 年，1970 年 1 月 4 日－36.5 ℃；吉林 1951—2008 年，1987 年 1 月 10 日－40.3 ℃；郊区九站 2001 年 1 月 13 日－40.4 ℃；沈阳 1906—2008 年，1950 年 1 月 6 日－33.1 ℃；大连 1905—2008 年，1970 年 1 月 4 日－21.1 ℃；齐齐哈尔 1928—2008 年，1951 年 1 月 8 日－39.5 ℃。