

[防雷]

光伏并网发电系统防雷设计浅析

文/西南电力设计院有限公司 郭继尧

光伏发电系统作为一种新兴发电系统，在能源发电领域中已备受关注并得到广泛应用。依据相关防雷标准，结合光伏并网发电系统的特点，分析雷电的危害，然后通过实例阐述光伏并网发电系统综合防雷的主要措施。

随着人们环境保护意识的增强和太阳能光伏技术的发展，光伏并网发电系统的规模和应用范围不断扩大，为确保其安全可靠运行，需根据光伏发电系统的特点来合理设计可靠的防雷方案。

太阳能光伏发电系统简介

1. 太阳能光伏系统组成

典型的太阳能光伏发电系统主要由太阳能电池方阵、控制器、蓄电池组和逆变器组成，如图1所示。

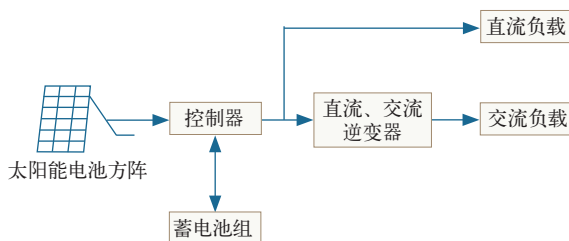


图1 太阳能光伏发电系统组成

2. 光伏并网发电系统

下面论述的是嘉峪关10 MWp太阳能光伏并网发电系统的主要防雷设计。

此光伏电站的组成如图2所示。

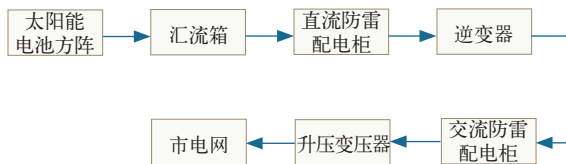


图2 嘉峪关10 MWp光伏并网发电系统组成

雷电的危害

1) 直击雷。直击雷是雷雨云对大地和建筑物的放电现象。当直击雷作用在防雷保护区之内的导线或金属管道上时可以通过导线和金属管道传输到电子设备和太阳电池组件上，由于它有强大的冲击电流、炽热的高温、猛烈的冲击波和强烈的电磁辐射，所以能损坏放电通道上的输电线和电子设备，造成财产损失，甚至击死击伤人畜，造成生命损失。

2) 感应雷及雷电波侵入。雷云表面分布着大量负电荷，可以通过静电感应使支架和电缆等感应出高电压。闪电电流在闪电通道周围的空间产生强大的电磁场，使周围的各类金属导体上产生感应电动势或感生电流，从而损坏设备，且雷电感应高电压和雷电电磁脉冲的作用范围广，作用方式比较隐蔽，发生的概率比较高，所以其后果往往比直击雷更严重。

3) 地电位反击。雷击大地或接地体，引起地电位上升而波及附近的电气、电子设备，危及电气、电子设备的安全运行，甚至造成设备损坏。

太阳能光伏并网发电系统的防雷

太阳能电池方阵一般安装在室外屋顶或开阔地，且占地面积较大，电池组件边框及支架均为金属材料，易受雷击造成设备毁坏，并且太阳能电池组件和逆变器比较昂贵，为避免因雷击和浪涌而造成经济损失，有效的防雷和电涌

保护是必不可少的。太阳能光伏并网电站防雷的主要措施如图3所示。

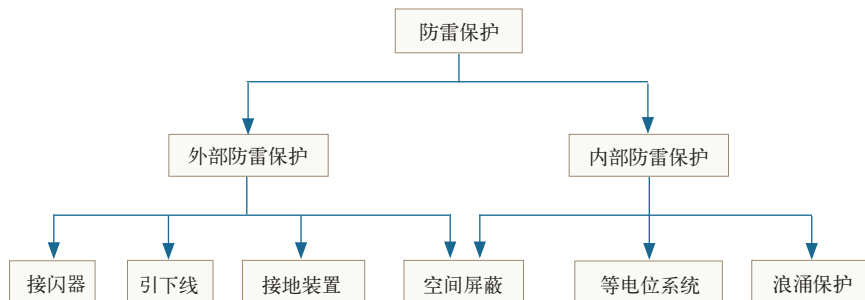


图3 综合防雷的主要措施

外部防雷装置主要是避雷针、避雷带和避雷网等，其作用是提供直击雷电流泄放通道，使雷电不会直接击中太阳能电池板。防直击雷装置应严格按照GB 50057《建筑物防雷设计规范》的要求进行设置，其中避雷针必须按滚球法计算其保护范围和高度。

该项目年平均雷暴次数为6次/年，属于少雷区。根据项目场地的地形特征和地质特点，在光伏阵列区域不单独设置避雷针，仅在光伏发电组件支架顶部安装短小的避雷针进行直击雷防护。避雷针的布置既需要考虑光伏设备在保护范围内，又要尽量避免阴影投射到光伏组件上。

光伏电池方阵的接地系统设计为环形水平接地极和垂直接地极相结合的接地网。沿光伏电池方阵四周采用热镀锌扁钢设置一圈水平接地极，接地体埋设深度不小于0.5~0.8 m。根据现场土壤情况，选择合适的位置，采用热镀锌角钢或其他导电性能良好的材料设置垂直接地极，垂直接地极埋设深度不小于2.5 m。固定的金属支架大约每隔10 m 连接至接地系统。接地装置的接地电阻、接触电压和跨步电压满足规程要求，尽可能使电气设备所在地点附近对地电压分布均匀。

太阳能光伏并网发电系统防雷接地示意如图4所示。

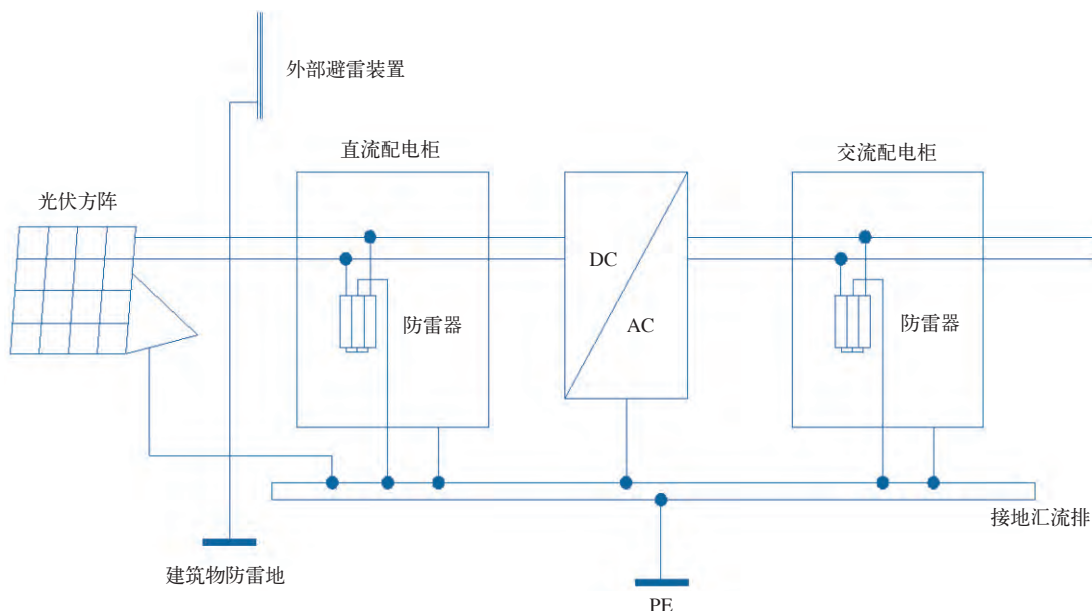


图4 太阳能光伏并网发电系统防雷接地示意图

屏蔽即是实现建筑物、线路和设备对外界的电磁屏蔽隔离，防止电磁脉冲和感应高电压。屏蔽是减少电磁波破坏的基本措施，包括外部屏蔽

措施、适当的布线措施和线路的屏蔽措施。

国际电工委员会IEC 1312《雷电电磁脉冲的防护》对雷电保护区的划分问题，提出了原则性

的建议如图5所示。

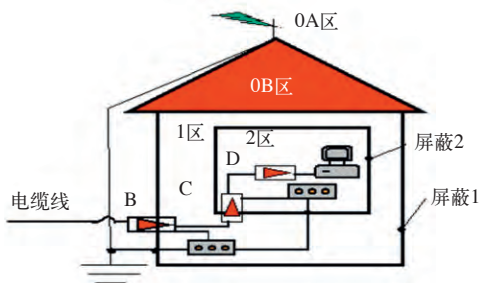


图5 雷电保护分区

一个欲保护的区域，从EMC（电磁兼容）的观点来看，由外到内可分为几级保护区，最外层是0级，危险性最高；电站内的逆变升压机房，与0区仅一墙之隔，即只有一层屏蔽，成套机房内空间定义为1区；机房内各电气设备（包括逆变器、升压变压器等）的外壳为一层屏蔽层，电气设备内的空间定义为2区。越往内部，危险程度越低，保护区的界面通过外部防雷系统（避雷器、电涌保护器等）、钢筋混凝土及金属管道等构成的屏蔽层面形成。

将建筑物的基础钢筋、梁柱钢筋、金属框架和建筑物防雷引下线等连接起来，形成闭合良好的法拉第笼式接地；再将建筑物各部分的接地（包括交流工作地、安全保护地、直流工作地和防雷接地）与建筑物法拉第笼良好连接，从而避免各接地线之间存在电位差，以消除感应过电压产生，这就是外部屏蔽措施。在太阳能光伏电站，逆变升压机房通过以上方法形成一个法拉第笼后，就能减弱雷电电磁波的破坏。

适当的布线措施。为了使光伏电池方阵直流输出电缆尽量短，减少电能损耗，同时也减少沿线的分布电容和分布电感，从而减少雷电干扰的容性、感性耦合，各电池单元的逆变升压机房应尽量与各光伏发电单元相邻布置，且布置在方阵的中心位置，便于电缆的连接。

线路的屏蔽措施。光伏电站场地开阔，占地面积大，控制电缆、直流和交流电缆在整个光伏电池方阵之间穿插布置，大量裸露在户外，容易遭受直击雷和成为雷电感应的耦合通道，因此，电缆尽量沿电缆槽盒、桥架敷设，槽盒和桥架盖板能对电缆起到很好的屏蔽作用；在局部采用电缆埋地敷设的地方，应采用穿电缆保护管的方式。

等电位连接，目的在于减少需要防雷的空间内各金属部件和各系统之间的电位差。穿过各防

雷区交界的金属部件和系统，以及在一个防雷区内部的金属部件和系统，都应在防雷区交界处做等电位连接；应采用等电位连接线、扁钢和螺栓紧固的线夹做等电位连接。

为了避免光伏电池方阵、供配电系统和电缆、架空输电线路之间的地电位反击，减少各系统之间的电位差，电站内按上述雷电分区的原则，在同一个防雷分区和分区的交界处做等电位连接。

浪涌保护，通过在光伏发电系统的连接线路上及设备的前端安装浪涌保护器实现，减少电涌和雷电过电压对设备造成损坏。光伏并网发电系统的雷电浪涌入侵途径，除了太阳能电池方阵外，还有配电线路、接地线等，所以光伏并网发电系统需要采取以下防护措施。

1) 在逆变器的每路直流输入端装设第一级防雷器（应选开关型浪涌保护器，以泄放大的雷电流），型号根据逆变器最大空载电压选择。

2) 在并网交流配电柜中安装第二级防雷器（可选限压型浪涌保护器），型号根据配电柜的工作电压选择。为防止浪涌保护器失效时引起电路短路，必须在浪涌保护器前端串联一个断路器或熔断器，过电流保护器的额定电流不能大于浪涌保护器产品说明书推荐的过电流保护器的最大额定值。

在光伏发电系统安装防雷保护装置时，必须注意防雷保护设施与光伏系统之间必要的安全距离。安全距离的计算应遵循IEC 61024。雷电接闪系统不能遮挡光伏组件。在设计时必须考虑屏蔽角度。

结束语

随着太阳能发电产业的不断发展，各类光伏发电系统的应用也会日益广泛，采用科学的防雷技术是保证光伏系统可靠安全运行的一个重要因素。将防雷接地技术应用于光伏并网发电系统，通过对户外的防直击雷与户内的防雷电感应和雷电侵入波的防雷装置进行合理设计，采取多极防护措施，达到使光伏并网发电系统有效和安全运行的目的。光伏并网发电是个阳光产业，防雷装置在光伏并网发电中的应用具有广阔的市场应用前景和社会效益。EA

（收稿日期：2015.08.14）

（编辑：刘群立）