

风电与光伏新能源工程电气施工中的接地技术研究

陈自松

中国水利水电第七工程局有限公司 四川 成都 610000

摘要：随着风电与光伏新能源工程规模不断扩大，接地技术作为电气施工的核心环节日益受到重视。本文研究了风电与光伏新能源工程电气施工中的接地技术及其质量控制方法。阐述了接地技术在保障人员安全、确保设备运行、提高系统稳定性和满足法规要求方面的重要性。分析了风机接地、光伏阵列接地、变电站接地和防雷接地四项关键技术的施工要点。提出了施工前设计审查与材料检验、施工过程中接地极安装与接地线连接控制、施工后检测与验收三个阶段质量控制措施，为新能源工程接地系统的规范化施工提供了技术参考。

关键词：风电；光伏；新能源工程；电气施工；接地技术

引言

在风电与光伏新能源工程蓬勃发展的当下，电气施工中的接地技术至关重要。新能源工程多处于开阔野外，面临雷击、静电积累等威胁，接地技术不仅能保障人员安全、确保设备正常运行、提高系统稳定性，还是满足安全标准与法规的关键技术。本文将深入剖析风电与光伏新能源工程电气施工中风机、光伏阵列、变电站及防雷等方面的接地技术，并探讨施工前准备、过程质量控制及施工后检测验收等环节的质量把控要点。

1 接地技术在新能源工程中的重要性

(1) 保障人员安全。在风电与光伏新能源工程中，电气系统存在着各种潜在的电气危险。当电气设备出现绝缘损坏或故障时，可能会导致设备外壳带电。如果没有良好的接地系统，人员在接触这些带电设备外壳时就会发生触电事故，严重威胁生命安全。而接地技术能够将故障电流引入大地，使设备外壳的电位接近大地电位，从而大大降低人员触电的风险，为工作人员提供一个安全的作业环境。(2) 确保设备正常运行。电气设备的正常运行需要一个稳定的电气环境。接地技术可以有效地消除电气设备上的静电积累和电磁干扰。静电积累可能会影响电子设备的性能，甚至导致设备损坏；而电磁干扰可能会干扰设备的信号传输和控制系统，影响设备的正常运行。通过合理的接地设计，可以将静电和电磁干扰引入大地，保证设备的电气性能稳定，提高设备的可靠性和使用寿命。(3) 提高系统稳定性。电气系统是一个复杂的网络，包括发电机、变压器、输电线路等多个环节。接地技术可以为电气系统提供一个稳定的参考电位，使系统中的各个设备在相同的电位基准下运行。当系统发生故障时，良好的接地系统能够快速地将故障电流引入大地，限制故障范围的扩大，减少对其他设备的影响，

从而提高整个电气系统的稳定性和可靠性。(4) 符合安全标准与法规要求。国家和行业对于新能源工程的电气安全有着严格的标准和法规要求。接地技术是满足这些标准和法规的重要手段之一^[1]。在工程设计和施工过程中，必须按照相关标准和规范进行接地系统的设计和安装，确保接地电阻、接地方式等参数符合要求。只有这样才能保证工程通过验收，并安全、合法地投入运行。

2 风电与光伏新能源工程电气施工中的接地技术

2.1 风机接地技术

风机安装位置塔架高度较大，所处环境为开阔野外区域，遭受雷击的概率高于一般建筑设施，接地技术在风机电气施工中占据重要地位。风机接地系统采用联合接地方式，将防雷接地、工作接地和保护接地整合为同一接地网络，三者共用接地极和接地引下线。接地极材质选用钢管或角钢，以垂直方式打入土壤中，各接地极之间保持设计规定的间距，间距数值根据土壤电阻率和接地电阻目标值确定。为使接地电阻满足设计标准，施工时在接地极周围填充降阻剂，降阻剂与土壤接触后可增大接地极与大地之间的导电面积，降低接触电阻。风机塔架本体、机舱外壳、叶片根部金属结构以及机舱内电气设备的金属外壳均需通过接地引下线与接地系统连接，连接点采用焊接或螺栓压接方式，连接部位做防腐处理。叶片内部布置有接闪器和引雷通道，雷击发生时雷电流沿叶片导体传导至机舱，再经塔架引下线导入接地极，最终泄入大地。整个接地回路的导体截面积和连接可靠性需满足雷电流通过时的热稳定要求，接地电阻值需控制在设计规定范围内，施工完成后需进行接地电阻测试，测试结果作为验收依据。

2.2 光伏阵列接地技术

光伏阵列由数量较多的光伏组件排列组成，组件固

定安装在金属支架上,整体分布面积较大,雷击和静电积累对系统运行构成威胁,接地技术用于消除危害。光伏组件金属边框与支架之间通过接地线连接,连接点采用专用接地卡扣或螺栓紧固方式,确保接触面金属与金属直接接触,接触电阻控制在允许范围内。支架底部与地面接地系统连接,接地线材质选用铜导线或镀锌扁钢,导线截面积根据系统容量和可能通过的最大故障电流计算确定,截面积不足会导致接地线在大电流通过时发热烧毁,截面积过大则增加材料成本和施工难度。接地线敷设路径沿支架立柱或专用接地干线走向布置,敷设过程中避免与带电导体并行,防止电磁感应产生干扰电压。大型光伏电站占地面积大,各光伏阵列之间的接地系统采用环形接地网方式连接,环形接地网由水平接地体和垂直接地极组成,水平接地体沿阵列边界或通道敷设,垂直接地极按一定间距打入地下,各阵列接地引线汇入环形接地网后形成统一接地网络,整个网络的接地电阻值满足设计要求^[2]。统一接地网络使各阵列之间电位趋于一致,雷击时各阵列上产生的过电压通过接地网均压,降低组件之间和组件对地之间的电位差,减小设备损坏风险。施工完成后对各接地连接点进行导通测试,对整个接地网进行接地电阻测量,测量数据记入施工验收文件。

2.3 变电站接地技术

变电站接地系统采用以水平接地体为主、垂直接地极为辅的复合接地网结构,水平接地体材质选用镀锌扁钢,沿变电站基础边缘及设备布置区域敷设,垂直接地极选用钢管或角钢,按设计间距垂直打入地下,两者通过焊接连接构成整体接地网络。接地网边缘保持封闭状态,封闭结构可降低接地电阻值,同时减少边缘区域的跨步电压。水平接地体与垂直接地极的连接点采用搭接焊方式,焊缝长度和焊接质量需满足规范要求。接地网埋设深度根据冻土层厚度和土壤电阻率确定,敷设完成后回填土壤并压实。为防止接地网在运行过程中发生腐蚀,施工时选用镀锌钢材作为接地材料,焊接完成后在焊缝及裸露金属表面涂刷防腐漆,延长接地网使用寿命。变电站内变压器外壳、开关柜金属框架、电缆沟金属盖板、避雷器底座等所有电气设备外壳和金属构件均通过接地引下线与接地网连接,连接点采用螺栓紧固或焊接方式,连接电阻满足技术标准。故障发生时接地网将故障电流迅速导入大地,控制设备外壳对地电压在安全范围内,保障人身和设备安全。施工结束后需对全站接地网进行接地电阻测试和导通性检测,测试数据纳入竣工验收档案。

2.4 防雷接地技术

风电与光伏新能源工程多建于开阔野外区域,地势较高且周围缺少遮挡物,雷电活动频繁,防雷接地技术是保障工程安全运行的关键环节,该技术分为直击雷防护和感应雷防护两部分。直击雷防护在风机塔架顶部、光伏阵列支架高处及变电站构架顶部安装避雷针或避雷带,避雷针高度和保护范围按滚球法计算确定,保护范围覆盖被保护设备和建筑物的全部区域,雷电击中避雷针后雷电流沿引下线传导至接地极,再由接地极将雷电流泄入大地,引下线截面积需满足雷电流通过时的热稳定要求,引下线与接地极之间采用焊接连接,焊缝长度和焊接质量需满足规范标准,引下线敷设路径应避开人员活动区域并加装保护管。感应雷防护针对雷电电磁脉冲沿输电线路和信号线路侵入电气设备造成的危害,在变压器高低压侧、逆变器交直流侧、通信线缆入口处安装浪涌保护器,浪涌保护器将感应雷产生的过电压钳位在设备耐受电压以下,过电压能量通过浪涌保护器泄放至接地系统,浪涌保护器接地端与接地网之间的连接导线长度应控制在规定的范围内,导线过长会增大接地回路电感,降低浪涌保护器对过电压的泄放速度,影响保护效果^[3]。施工完成后对直击雷防护系统的接地电阻和引下线导通性进行测试,对接地电阻不满足要求的部位增加接地极或填充降阻剂处理,对浪涌保护器的动作特性和残压值进行检测,全部测试数据记录在案并纳入工程验收文件。

3 风电与光伏工程电气施工接地技术质量控制

3.1 施工前准备

(1) 设计审查:施工前组织技术人员对接地系统设计图纸逐项核查,核查内容包括接地方式选型、接地电阻目标值、接地极布置间距及埋设深度、接地干线走向及截面积等参数,对照国家标准和行业规范逐条比对,发现设计与规范不一致之处需在施工前提出变更并获得设计单位确认,同时结合工程现场土壤电阻率实测数据和场地地形条件对设计方案进行复核调整,使接地系统布置与现场实际条件相匹配。(2) 材料检验:对接地系统所用全部材料实施进场验收,验收项目包括镀锌扁钢和镀锌圆钢的材质证明、截面积和长度,钢管及角钢的壁厚和规格,降阻剂的产品合格证和有效期限,焊接材料的型号和质量,铜导线和镀锌扁钢接地线的截面积和导电率,材料进场后按批次抽样送检,检验不合格的材料退回并更换,不合格材料不得进入施工现场。(3) 施工人员培训:针对接地施工全流程开展技术培训,培训内容包括接地极打入施工工艺、接地干线敷设和连接方式、焊接操作规范、接地电阻测量方法和仪器使用,培

训结束后进行考核,考核合格者方可参与接地施工作业。

3.2 施工过程质量控制

一是接地极安装。接地极安装严格按照设计图纸执行,接地极打入地下时保持垂直状态,垂直度偏差控制在允许范围内,各接地极之间的间距符合设计规定。打入过程中控制锤击力度,防止接地极弯曲变形或管口开裂,接地极顶端距地面深度满足设计要求。接地极周围回填土壤并分层压实,使接地极与土壤之间紧密接触,减小接触电阻,提升接地效果。二是接地线连接^[4]。接地线与接地极、设备外壳之间的连接采用焊接或压接方式,焊接连接时焊缝长度和高度满足规范要求,焊缝表面饱满连续,无气孔、夹渣和虚焊现象,焊接完成后清除焊渣并检查焊缝质量。压接连接时使用专用压接钳和模具,压接点数量和压接深度按标准执行,压接后测试连接点的拉拔力,拉拔力不达标则重新压接。连接部位在防腐处理前先清除氧化层和油污,涂刷防腐漆或缠绕防腐胶带,防止运行期间接触电阻增大。三是接地电阻测量。接地系统施工完毕后使用经过校准的接地电阻测试仪进行测量,测量前检查仪器电池电量和测试线完整性,测量时按照操作规程布置测试极,测试极与被测接地网之间的距离满足要求,读取稳定数值后记录。若接地电阻值超过设计标准,则增加接地极数量或在接地极周围填充降阻剂,处理后重新测量直至接地电阻值满足设计要求,全部测量数据记录并纳入竣工验收资料。

3.3 施工后检测与验收

(1) 外观检查。对接地系统全部可见部分进行逐点检查,检查接地极顶部露出地面部分是否垂直、有无弯曲变形,接地线沿敷设路径是否固定牢靠、有无松弛脱落,各连接点焊缝是否完整、压接点是否紧密,金属表面有无锈蚀、破损和涂层脱落现象,接地系统标识牌是否安装在指定位置、标注内容是否与设计一致。检查过程中发现的问题逐项记录并整改,整改完成后复查确认。(2) 接地电阻复测。工程竣工前对接地系统进行接地电阻复测,

复测时间选择在土壤含水率较低的季节进行,此时土壤电阻率接近最大值,测得的接地电阻数据能够反映最不利条件下的接地性能。测量使用经校准的接地电阻测试仪,测试极布置位置和间距按规范执行,每个测量点重复测量三次取平均值,测量结果与设计值比对,不满足要求的点位进行降阻处理后重新测量直至全部合格^[5]。(3) 资料整理与验收。将施工全过程产生的技术资料汇总整理,资料内容包括接地系统设计图纸及变更记录、材料进场检验报告和合格证明、焊接和压接施工记录、接地电阻测量原始数据和报告、外观检查记录和整改记录,全部资料装订成册提交建设单位和监理单位审核,审核通过后办理验收手续,验收合格后工程方可投入运行。

结语

综上所述,风电与光伏新能源工程电气施工中的接地技术至关重要,关乎人员安全、设备运行、系统稳定及合规达标。从风机、光伏阵列、变电站接地到防雷接地,每个环节都有特定技术与要求。施工时,需在前期做好设计审查、材料检验与人员培训,过程中把控安装、连接、测量等质量,后期做好检测验收。只有严格落实各环节工作,才能确保接地系统可靠,为新能源工程安全稳定运行筑牢根基。

参考文献:

- [1]左莹波.新能源风电场电气工程施工技术研究[J].河南建材,2025(1):115-117.
- [2]陈卫恒.电气施工中的接零接地施工技术分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(5):001-004.
- [3]董竟.新能源项目电气设备安装中的防雷接地施工技术[J].电工技术,2025(9):249-251.
- [4]边钦海,王琦.防雷接地技术在建筑电气安装中的应用分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(7):117-120.
- [5]冯柯.光伏发电工程施工技术要点分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2026(3):094-097.