

光伏电站电气设备运维检修方法创新探究

张斌宏

甘肃龙源新能源有限公司 甘肃 兰州 735200

摘要：随着全球能源结构向清洁能源加速转型，光伏电站作为可再生能源利用的核心载体，其装机容量正以年均两位数的增速持续扩张。本文聚焦光伏电站电气设备运维检修方法的创新探究。首先阐述其重要性，包括提高发电效率、保障设备安全及延长设备寿命。接着指出当前运维检修存在运维方式人力密集、设备老化、缺乏数据支持、标准化程度低及环境影响大等问题。最后提出创新策略，如加强巡检力度、利用数字化智能化技术、引入无人机和机器人技术、优化运维流程管理机制以及提升运维人员素质等，旨在为光伏电站电气设备运维检修提供新思路，提升运维水平与电站效益。

关键词：光伏电站电气；设备运维；检修方法；创新探究

引言：在全球能源转型的大背景下，光伏发电作为清洁能源的重要组成部分，发展势头迅猛，光伏电站数量与规模持续攀升。电气设备作为光伏电站的核心组成部分，其稳定运行直接关系到电站的发电效率与经济效益。然而，当前光伏电站电气设备运维检修面临诸多挑战，传统方法已难以满足日益增长的需求。因此，探索创新运维检修方法迫在眉睫。本文深入剖析现存问题，并提出针对性创新策略，以期推动光伏电站运维检修工作的高质量发展。

1 光伏电站电气设备运维检修的重要性

1.1 提高发电效率

光伏电站的发电效率与电气设备性能密切相关，而运维检修是维持设备高性能的重要手段。定期对逆变器、汇流箱、变压器等核心设备进行检查与调试，可及时清理组件表面污渍、修复线路接触不良等问题，减少功率损耗。例如，清除光伏板上的灰尘能提升光吸收效率，调试逆变器参数可优化电能转换率。

1.2 保障设备安全

电气设备在长期运行中，可能因线路老化、元件过热、短路等问题引发安全隐患，甚至导致火灾、设备损毁等严重事故。运维检修通过定期排查线路绝缘性、检测设备运行温度、检查接地系统等工作，能及时发现安全风险并采取措施消除。同时，对雷雨、高温等特殊环境下的设备进行针对性维护，可降低外部因素对设备安全的威胁，为光伏电站的稳定运行提供安全保障。

1.3 延长设备寿命

光伏电站电气设备投资大、使用寿命长，延长其寿命可降低电站运营成本。运维检修通过对设备的清洁、润滑、紧固、部件更换等维护工作，能减少设备磨损和

老化速度。例如，定期为转动部件添加润滑剂可降低机械损耗，及时更换老化的电缆可避免因绝缘失效导致的设备损坏。科学的运维检修能减缓设备性能衰减，确保设备在设计使用寿命内保持稳定运行，最大限度发挥投资效益。

2 当前光伏电站电气设备运维检修存在的问题

2.1 运维方式人力密集

传统光伏电站运维检修过度依赖人工操作，尤其是大型电站覆盖面积广、设备分布分散，需大量运维人员进行现场巡检、故障排查和部件更换。例如，光伏组件的日常清洁、线路接头检查等工作，往往需要人工逐点作业，不仅效率低下，还会因人员技能差异导致检修质量参差不齐。此外，偏远地区电站的交通不便进一步增加了人力成本，极端天气下的户外作业还可能引发安全风险。随着光伏电站规模持续扩大，人力密集型运维模式已难以适应低成本、高效益的运营需求，成为制约行业发展的突出问题。

2.2 设备老化问题严重

光伏电站电气设备长期处于户外复杂环境中，逆变器、汇流箱、电缆等部件易因高温、潮湿、紫外线照射等因素出现老化现象。部分早期建成的电站因设备选型标准较低，加之长期缺乏系统性维护，老化问题更为突出：电缆绝缘层开裂导致短路风险增加，逆变器散热性能下降引发转换效率衰减，汇流箱接线端子氧化造成接触不良等。设备老化不仅直接影响发电效率，还可能引发连锁故障，导致电站停机维修。更严重的是，部分电站为节省成本拖延设备更换，使老化设备长期“带病运行”，形成安全隐患。

2.3 缺乏有效的数据支持

当前多数光伏电站的运维检修仍依赖经验判断,缺乏对设备运行数据的系统性采集与分析。虽然部分电站配备了基础监控设备,但数据采集范围有限,多集中于发电量、电压等基础参数,缺乏组件温度、线路损耗、设备振动等关键指标的实时监测。数据孤岛现象严重,不同设备的数据难以整合分析,导致运维人员无法精准判断设备健康状态。数据支持不足使运维工作陷入“事后补救”的被动局面,难以实现前瞻性维护。

2.4 运维标准化程度不高

光伏电站运维检修尚未形成统一的行业标准,不同电站的运维流程、检查项目、判断标准差异较大。部分电站沿用建设阶段的临时维护方案,缺乏针对设备全生命周期的标准化管理体系:标准化缺失导致运维质量难以保证,例如,组件清洁程度无量化指标,可能因清洁不彻底影响发电效率;线路绝缘检测方法不统一,易遗漏潜在安全隐患。这种混乱状态不仅增加了跨电站协作的难度,还不利于行业整体运维水平的提升。

2.5 环境因素影响大

光伏电站多建于野外、屋顶等开阔区域,自然环境对运维检修的干扰显著。高温天气会导致设备过热,增加巡检人员中暑风险,同时影响检测仪器的准确性;暴雨或潮湿环境易引发设备短路,却可能因道路泥泞阻碍抢修人员到达现场;沙尘天气会加速组件表面污染,需要频繁清洁,否则将大幅降低发电效率;沿海地区的盐雾腐蚀则会加剧金属部件老化,缩短设备寿命。此外,极端天气如台风、冰雹可能直接损坏设备,导致运维工作量激增,而恶劣天气下的紧急抢修又会因安全限制难以快速开展,进一步扩大故障影响范围。

3 光伏电站电气设备运维检修方法创新策略

3.1 加强电气设备巡检力度

3.1.1 优化巡检时间安排

结合设备运行特性与环境变化优化巡检时间。例如,在高温时段增加逆变器、变压器的巡检频次,捕捉设备高温下的运行状态;沙尘天气后缩短光伏组件巡检间隔,及时清理污渍。同时,避开暴雨、雷电等极端天气开展户外巡检,在保证人员安全的前提下,确保关键时段设备状态可控,提升巡检的针对性与有效性。

3.1.2 建立巡检报告制度

规范巡检报告的内容与提交流程,要求巡检人员详细记录设备参数、异常现象及处理情况,形成标准化文档。报告需包含设备编号、巡检时间、检测数据等关键信息,采用图文结合形式呈现问题。建立报告审核与归档机制,通过信息化系统实现数据共享,便于管理人员

追溯设备历史状态,为故障分析与维护决策提供可靠依据,提升巡检工作的规范性与可追溯性。

3.1.3 强化组件检查与维护

聚焦光伏组件核心指标开展专项检查,包括表面清洁度、玻璃完整性、电池片隐裂等。采用红外检测技术排查热斑现象,及时更换故障组件。定期检查组件接线盒与连接线,确保接触良好。根据环境差异制定清洁周期,干旱地区增加清洗频率,沿海地区强化防腐蚀检查,通过针对性维护保持组件发电性能稳定。

3.2 利用数字化和智能化技术

3.2.1 数据采集与分析

搭建全域数据采集网络,部署传感器实时获取光伏组件、逆变器等设备的电压、电流、温度等参数,以及环境温湿度、光照强度等外部数据。利用大数据分析平台对数据进行清洗、整合,通过趋势分析识别设备运行规律,例如对比不同区域组件发电效率差异,为后续优化提供数据支撑,让运维决策更具科学性。

3.2.2 智能故障预测与诊断

运用机器学习算法构建故障预测模型,基于历史故障数据与实时运行参数,自动识别设备异常特征。当逆变器出现轻微谐波畸变时,系统可提前预警潜在故障;结合红外成像与AI图像识别技术,快速定位组件隐裂、热斑等问题,实现故障的精准诊断,缩短故障排查时间。

3.2.3 远程监控与控制

依托物联网技术建立远程监控中心,实时传输设备运行数据与现场影像。运维人员可通过终端查看电站全景状态,对汇流箱开关、逆变器运行模式等进行远程操作。遇突发天气时,远程调整设备保护参数;发现小故障时,远程复位控制减少现场运维,提升应急响应速度。

3.2.4 智能优化

基于实时数据与算法模型,对电站运行参数进行动态优化。根据光照强度自动调节光伏组件倾角,结合电网负荷变化优化逆变器输出功率,实现发电量最大化。同时,智能分配设备负载,避免部分设备长期高负荷运行,平衡各设备损耗,提升整体运行效率。

3.2.5 预测性维护

通过分析设备运行趋势与老化规律,制定个性化维护计划。依据组件衰减率预测更换周期,根据变压器油质检测数据安排换油时间。在设备故障发生前,提前储备备件并调度人员,变被动抢修为主动维护,减少因突发故障导致的发电损失,降低运维成本。

3.3 引入无人机和机器人技术

3.3.1 智能运维无人机技术

智能运维无人机配备高清成像设备与红外热感探测系统,可按照预设航线对光伏电站电气设备进行全方位巡检。它能快速覆盖大面积电站区域,精准捕捉光伏组件的热斑、隐裂、接线异常等问题,并实时将数据传输至地面控制系统。通过无人机巡检,不仅能减少人工攀爬作业的安全隐患,还能大幅提升巡检速度与精度,及时发现潜在故障并安排维护,保障设备持续稳定运行。

3.3.2 光伏组件自动清洗技术

光伏组件自动清洗机器人采用模块化设计,可沿光伏阵列轨道自主移动,结合毛刷与高压喷淋系统对组件表面进行清洁。其能根据组件污染程度智能调节清洗力度与频率,适配不同规格的光伏板。该技术避免了人工清洗的低效与不稳定性,尤其在荒漠、屋顶等特殊场景下,能高效去除灰尘、鸟粪等污染物,保持组件良好的透光性,从而减少因污渍导致的发电效率损耗,保障电站发电效能。

3.4 优化运维流程和管理机制

3.4.1 制定详细的运维计划

结合设备特性与运行环境,制定分层次、分周期的运维计划。明确不同设备的巡检内容,如光伏组件侧重表面清洁与隐裂检查,逆变器注重参数校准与散热性能检测。根据季节特点调整计划重点,高温季强化设备降温系统检查,雷雨季增加防雷接地装置检测,确保运维工作覆盖设备全生命周期关键节点。

3.4.2 建立健全故障处理机制

构建“发现-分级-处置-复盘”的故障处理闭环机制。按故障影响范围划分等级,明确各级故障的响应时限与处理团队。建立数字化故障上报通道,确保信息实时传递,处理过程全程记录。故障解决后组织复盘分析,总结成因与处理经验,更新故障知识库,提升团队快速处置能力,降低故障复发率。

3.4.3 制定应急预案

针对极端天气、设备集群故障等突发事件,制定专项应急预案。明确应急指挥体系与各成员职责,预设应急物资储备清单与调配路径。规定突发事件的响应流程,如台风来临前完成设备加固与断电保护,故障发生后30分钟内完成现场评估与方案制定。定期开展应急演练,提升团队协同处置能力,减少突发事件造成的损失。

3.4.4 实施标准化和规范化运维

制定统一的运维标准手册,规范设备巡检、维护、检修的操作流程与质量要求。明确各类记录表单的填写规范,确保数据可追溯。对运维工具的使用与校准、备件的存储与领用制定统一标准,组织全员培训确保标准

落地。建立标准化考核机制,定期检查运维工作的合规性,通过标准化操作减少人为因素对运维质量的影响,提升整体运维水平。

3.5 提升运维人员素质

3.5.1 加强技术培训

构建系统化的技术培训体系,结合光伏电站技术发展趋势,设置基础课程与进阶课程。基础课程涵盖电气设备原理、安全操作规程等内容,面向新入职人员;进阶课程聚焦智能化运维技术、新型设备检修等,针对在岗人员。采用“线上学习+现场实操”模式,邀请技术专家授课,组织人员在实训基地模拟故障处理,确保运维人员熟练掌握各类运维技能。

3.5.2 加大人才引进

制定精准的人才引进计划,重点吸纳具备光伏专业知识、熟悉智能运维系统的技术人才,尤其是有大型光伏电站运维经验者。与高等院校、职业院校建立合作,开展定向培养,吸引新能源相关专业毕业生加入。提供具有竞争力的薪资待遇和职业发展空间,同时搭建技术交流平台,让引进人才充分发挥专业优势,带动团队整体水平提升。

3.5.3 定期考核与评估

建立常态化的考核与评估机制,明确考核内容与标准。考核涵盖理论知识、实操技能、故障处理效率等方面,采用定期笔试、现场操作考核等方式进行。根据考核结果,对运维人员进行综合评估,将评估结果与薪酬、晋升挂钩。对考核优秀者给予奖励,对不合格者进行针对性补训,形成“考核-改进-提升”的良性循环,持续提升运维人员的专业能力。

结束语

光伏电站电气设备运维检修方法的创新,是推动光伏产业高质量发展的关键抓手。本文从强化巡检、应用智能技术、引入先进装备、优化管理机制及提升人员素质等方面,构建了运维检修创新体系。这些策略的落地,既能破解当前运维中的效率瓶颈与安全风险,又能为电站降本增效提供有力支撑。

参考文献

- [1]赵鹏宇.大型光伏电站电气设备的运行维护检修[J].科技风,2020(29):120-121.
- [2]顾洋铭.光伏电站电气设备运行维护检修方法创新探索[J].门窗,2021(24):236-237
- [3]翟文亚.光伏电站电气设备的运行维护分析[J].中国新通信,2021,21(19):225-227