

光伏电站的运行维护与故障诊断技术研究

朱波

国家电投集团贵州金元威宁能源股份有限公司，贵州 毕节 553100

摘要： 本研究主要关注光伏电站，讲述它运行维护和故障诊断技术的关键内容。分析了光伏电站的特点，强调运行维护的重要性，分析现在存在的问题，给出有针对性的办法，目的是提高光伏电站运行效率和稳定性，推动光伏产业持续发展。

关键词： 光伏电站；运行维护；故障诊断；技术策略

Research on Operation, Maintenance and Fault Diagnosis Technologies for Photovoltaic Power Stations

Zhu Bo

China Power Investment Corporation Guizhou Jinyuan Weining Energy Co., Ltd. Bijie, Guizhou 553100

Abstract： This study primarily focuses on photovoltaic power stations, detailing key aspects of their operation, maintenance, and fault diagnosis technologies. It analyzes the characteristics of photovoltaic power stations, emphasizes the importance of operational maintenance, examines existing issues, and provides targeted solutions. The aim is to enhance the efficiency and stability of photovoltaic power stations and promote the continuous development of the photovoltaic industry.

Keywords： photovoltaic power station; operation and maintenance; fault diagnosis; technical strategies

引言

随着全球对清洁能源需求增加，光伏电站规模和数量都在变大。但是电站稳定运行受很多因素影响，运行维护和故障诊断技术很重要。高效的运维和准确的故障诊断，能保证发电效率，降低成本，延长使用寿命，对光伏产业发展意义重大。

一、光伏电站的特点

（一）能源清洁可再生

光伏电站靠太阳能发电，太阳能是清洁能源，永远用不完。和传统化石能源比，光伏发电不产生二氧化碳这些温室气体，也不会污染空气和水。比如，一个 10 兆瓦装机容量光伏电站，每年能减少几千吨二氧化碳排放。现在全球都很重视环保，环保法规也越来越严，这个清洁可再生的特点让光伏电站发展前景很好，是实现能源转型和可持续发展的重要部分。

（二）分布灵活

建光伏电站对地理条件要求不高。只要光照好，不管是没人的沙漠、偏远山区，还是城市的屋顶、空地，都能建。在一些偏远农村，用农户屋顶建分布式光伏电站，既能满足当地居民用电，多余的电还能上网卖，增加收入。这种分布灵活性给能源供应提供了多种选择，特别是在能源少的地方，分布式光伏电站能缓解能源短缺，让能源供应更稳定可靠。

（三）发电过程相对简单

光伏电站主要靠半导体的光电效应发电，核心设备是光伏

板。有光照时，光子撞光伏板里的半导体材料，电子跃迁产生电流，把太阳能直接变成电能。这个过程不需要复杂的机械传动，也没有化学变化。和传统火电比，少了汽轮机转动、煤炭燃烧这些复杂环节。这不仅降低了设备出故障的风险，还让运维工作简单些，运维难度和成本也降低了，提高了光伏电站运行的稳定性和可维护性。

（四）发电效率受环境影响大

虽说发电过程相对简单，但光伏电站发电效率受环境影响很大。光照强度决定光伏板吸收能量多少，阴天、雨天光照弱，发电效率会大幅下降。温度对光伏板转换效率影响也大，一般温度升高，光伏板内阻增大，转换效率降低。湿度和天气也会影响光伏板性能。比如，湿度高时，光伏板表面可能结露，影响透光。所以，设计和运维光伏电站时，要充分考虑这些环境因素，采取措施保证发电效率。

（五）初始投资较大

建光伏电站要花很多钱。买设备方面，有光伏板、逆变器、支架等，不同品牌和规格的设备价格差很多。在一些地方，土地租赁成本也高，特别是城市周边土地资源少的地方。工程建设包

括场地平整、电气安装等工作，安装调试要专业技术人员和设备，保证电站能正常运行。虽然技术进步、产业规模扩大让建设成本降了些，但初始投资还是比较高。这对投资者资金实力要求高，在一定程度上限制了光伏电站快速大规模发展。

二、光伏电站运行维护的必要性

（一）保障发电效率

光伏电站发电效率和经济效益直接相关。光伏板长期在户外，表面容易积灰尘、污垢，这些会挡住光线，降低光伏板吸收光能的效率。有统计说，光伏板表面灰尘多能让发电效率降低10%–30%。定期运维，及时清理光伏板表面，能明显提高发电能力。同时，全面检查维护设备，能避免设备故障导致发电中断或效率下降，保证电站稳定高效运行，持续产生收益。

（二）延长设备使用寿命

光伏电站设备投资在总成本里占比大。拿一套大型光伏电站设备来说，采购和安装费用可能要几千万元。定期保养设备，比如给逆变器散热风扇加润滑油，检查光伏板支架稳不稳，及时换磨损严重的部件等运维工作，能延长设备使用寿命。比如，定期对逆变器散热维护，能防止过热损坏电子元件，延长逆变器使用寿命 2–3 年，大大降低了设备更新成本，提高了电站长期经济效益。

（三）确保安全运行

光伏电站运行有高电压、大电流这些危险因素，设备有安全隐患不及时处理，容易出严重事故。比如，光伏板绝缘层老化破裂，可能漏电，威胁工作人员生命安全；线路短路可能引发火灾，造成很大财产损失。运维人员定期做绝缘检测，保证设备绝缘好，检查接地系统，让接地可靠，能及时发现并消除安全隐患，保障电站安全运行、工作人员人身安全和周边环境安全。

（四）提高系统稳定性

光伏电站由很多设备组件组成，系统稳定性对发电质量很重要。运维时，检查各个设备连接线路很关键。连接线路松动会接触不良，引起电压波动，影响电站发电稳定性，甚至可能损坏设备。定期检查并紧固连接线路，保证线路连接牢固，能避免这种问题。同时，监测和分析系统整体运行状态，及时调整参数，能提高电站系统稳定性，给电网输送可靠、稳定的电能。

（五）符合政策法规要求

国家和地方在能源管理和环保方面有很多政策法规，对光伏电站运行维护有明确要求。比如，有些地区规定光伏电站运营商要定期交设备运行报告、环境影响监测报告等。运营商按规定运维，能避免违规受处罚，还能提升企业形象，增加社会认可度。遵守法规能让企业在好的政策环境里持续发展，为光伏电站长期稳定运营创造好条件^[1]。

三、光伏电站运行维护现存问题

（一）运维人员专业素质参差不齐

有些运维人员没经过系统、专业培训，对光伏电站工作原理

和设备性能了解不深。实际运维时，遇到复杂故障很难准确判断原因，也不能很快解决。拿光伏板热斑故障来说，热斑是因为部分光伏电池片性能不一样，光照下局部发热。要是运维人员不懂热斑形成原理，就不能及时找到热斑位置，也没法确定损坏的光伏板并更换，故障排除时间变长，电站发电效率一直受影响。

（二）运维管理体系不完善

很多光伏电站没建立完善的运维管理体系，没有明确的运维流程和标准。设备巡检方面，没规定固定的巡检时间间隔，有的电站随意安排巡检，设备巡检不及时。巡检内容也不详细，不能全面检查设备参数和运行状态，容易漏潜在问题。维护计划制定不科学，没根据设备实际运行情况和寿命周期合理安排保养、检修工作。故障处理流程乱，各环节责任不明确，时间节点把握不好，严重影响运维效率，威胁电站稳定运行^[2]。

（三）监测技术手段落后

一些光伏电站监测技术落后，不能实时、准确获取设备运行数据。有的监测系统只能监测几个参数，比如只监测光伏板输出电压，不监测温度、电流这些关键参数。数据传输有延迟，监控中心不能及时知道设备实时状态。设备出故障时，不能及时发现故障信号，也难怪快速找到故障点，错过故障处理最佳时机，设备进一步损坏风险增加，维修成本也大幅提高。

（四）备品备件管理混乱

光伏电站运维中，备品备件管理很重要。但有些电站备品备件库存不合理。一方面，有的电站怕缺货，囤很多备品备件，占用大量资金，造成浪费。另一方面，一些关键备件常缺货，设备突发故障时，没法及时更换，设备停机时间变长。同时，采购流程不规范，从提出采购需求到备件入库时间太长，比如买个常用的逆变器备件，正常要 1–2 周，供应商缺货时，可能要 1 个月以上，严重影响运维及时性^[3]。

（五）预防性维护重视不足

现在，多数光伏电站主要是故障后维修，不太重视预防性维护。预防性维护通过分析设备运行数据，能提前发现潜在隐患并消除。但因为数据分析工具和专业人员投入少，很多潜在故障没及时发现。比如，监测逆变器运行温度、电流变化等数据，要是发现温度一直上升，电流波动异常，可能逆变器内部元件要坏了。但因为没数据分析能力，潜在故障变成严重故障，增加维修难度和成本，影响电站正常运行^[4]。

四、光伏电站运行维护与故障诊断策略

（一）加强运维人员培训

定期组织全面、系统的专业课程，请行业资深专家讲课。专家详细讲光伏电站工作原理，从半导体光电效应微观机制到整个电站系统能量转换过程，让运维人员深入理解^[5]。同时介绍各类设备性能，像不同品牌光伏板特点、逆变器工作特性等。开展实际操作培训，设模拟故障场景，让运维人员在模拟环境里检修设备、排除故障，提高动手能力。鼓励运维人员参加行业认证考试，比如光伏运维工程师认证，通过考试提升专业水平和职

业素养,打造高素质运维团队。

（二）完善运维管理体系

建立科学、合理、全面的运维管理体系。明确详细的运维流程,从设备巡检、维护计划制定到故障处理,每个环节都有清晰操作指南。制定设备巡检计划,规定每日、每周、每月巡检时间,明确巡检内容,像检查光伏板外观有无破损、线路连接是否松动等,要求详细记录巡检结果。规范维护计划制定流程,根据设备运行时间、历史故障数据和使用寿命,合理安排设备保养、检修工作。建立完善的故障处理流程,明确故障报告、诊断、修复等各环节责任人及时间节点,保证故障能快速、有效处理,提高运维效率^[9]。

（三）升级监测技术手段

引入先进监测技术和设备,全方位、实时监测光伏电站设备。在光伏板装温度传感器、光照强度传感器、电流电压传感器等,实时采集各项参数,通过无线传输技术快速把数据传到监控中心。用大数据分析技术处理大量监测数据,挖掘潜在规律。用人工智能算法,比如机器学习算法预测设备运行状态,及时发现设备异常。比如,监测到光伏板温度异常升高,输出电流下降,系统能快速判断可能的故障,为运维决策提供准确依据,实现智能化运维^[7]。

（四）优化备品备件管理

建科学的备品备件库存管理系统。深入分析设备故障历史数据,用数据分析模型,结合设备运行时间、易损程度等因素,合理确定备品备件种类和数量。用专业库存管理软件,实时监控备品备件库存,设安全库存预警值。库存低于预警值,系统自动预警,提醒采购人员补货,避免缺货。同时规范采购流程,和优质供应商建立长期稳定合作关系,签框架协议,缩短采购周期。设备故障时,能快速拿到所需备件,减少设备停机时间^[8]。

（五）强化预防性维护

加大预防性维护投入,组建专业数据分析团队。团队用先进数据分析工具,实时评估监测系统采集的设备运行数据。分析设备性能指标变化趋势,像逆变器功率因数、光伏板转换效率等,提前发现设备潜在性能下降、部件磨损等问题。根据分析结果,制定针对性预防性维护措施,比如提前换易损部件、对设备深度保养等。定期全面检查维护设备,降低设备故障率,保障电站稳定运行,减少突发故障损失^[9]。

（六）针对特殊环境制定专项运维方案

特殊环境地区的光伏电站,要制定专门运维方案。沙漠地区,增加光伏板清洁次数,可以用自动化清洁设备,定期清理光伏板表面沙尘。装防风沙罩,减少沙尘侵蚀设备。海边地区,选耐腐蚀设备材料,比如不锈钢支架^[10]。加强设备防腐处理,给设备表面特殊涂层防护。定期检查维护设备防锈,缩短检查周期。根据当地环境特点,调整运维计划和巡检内容,保证电站在恶劣环境能正常运行。

五、结语

光伏电站是清洁能源的重要代表,它的运行维护和故障诊断技术,对保证电站稳定高效运行、推动光伏产业发展很关键。现在运维存在人员素质、管理体系、技术手段等很多方面问题,但是通过采取加强人员培训、完善管理体系、升级技术手段等一系列办法,可以提升运维水平,准确诊断和处理故障,提高发电效率,降低运维成本,实现光伏电站可持续发展,为全球清洁能源事业贡献更大力量。未来,随着技术进步和经验积累,相关技术会不断完善,推动光伏产业向更高水平发展。

参考文献

[1]徐教辉.基于风机 SCADA 数据的叶片覆冰检测算法 [D].华北电力大学 (北京),2023.DOI:10.27140/d.cnki.ghbbu.2023.000038.
[2]张志强.光伏电站运维管理系统中智能巡检与数据分析的应用研究 [C]//中国智慧工程研究会.2024工程技术与施工管理交流会论文集(下).国家电投集团(北京)新能源投资有限公司,2024:24-25.
[3]阎军,刘健鑫,何建奇.智能光伏电站开发及运维管理体系的构建与实施 [J].中国战略新兴产业,2024,(30):85-87.
[4]隋晓东.光伏电站电气设备运行维护检修方法创新探索 [J].电气时代,2024,(08):63-65.
[5]代荣艳,徐册利.基于大数据技术的水电站设备故障诊断与预测研究 [J].科技资讯,2024,22(05):36-38.DOI:10.16661/j.cnki.1672-3791.2311-5042-6226.
[6]李帅.光伏系统的智能故障诊断与维护技术研究 [J].电力系统装备,2024,(04):130-132.
[7]何洋,苏岩,王敏.基于 CPS 技术的水电站设备故障诊断与应用研究 [J].今日制造与升级,2024,(12):104-106.
[8]黄望春子.大型光伏并网电站的运行与维护技术研究 [J].电力设备管理,2024,(24):156-158.
[9]徐福昌,高马凤.电力信息通信网络故障诊断与运行维护技术研究 [J].数码设计(电子版),2024,(02):0595-0597.
[10]黄鑫.基于光伏组件输出特性模型的参数计算及其故障中的应用 [D].中国计量大学,2020.DOI:10.27819/d.cnki.gzgj.2020.000458.