

Analysis of Operation, Maintenance, and Overhaul Strategies for Electrical Equipment in Photovoltaic Power Stations

Lianbo Di

Shanghai Baosteel Energy Saving and Environmental Protection Technology Co., Ltd., Shanghai, 201900, China

Abstract

With the transformation of the global energy structure and the increasing demand for renewable energy, photovoltaic power generation technology has been rapidly applied and promoted, and the scale of photovoltaic power stations has also expanded. However, during the long-term operation of the electrical equipment of photovoltaic power stations, there is a certain risk of failure due to factors such as the environment, equipment aging and improper operation. In order to ensure the safe, stable and efficient operation of photovoltaic power stations, the operation, maintenance and overhaul of electrical equipment is particularly important. This paper will focus on the operation characteristics of photovoltaic power plant electrical equipment, analyze the common problems, explore the implementation of effective maintenance and overhaul countermeasures, and provide reference for the operation and management of photovoltaic power plants.

Keywords

photovoltaic power station; electrical equipment; maintenance and overhaul; effective strategy

光伏电站电气设备运行维护检修对策分析

邸连波

上海宝钢节能环保技术有限公司, 中国·上海 201900

摘要

随着全球能源结构转型和对可再生能源需求的不断增加,光伏发电技术得到了迅速应用和推广,光伏电站的规模也随之扩大。然而,光伏电站的电气设备在长期运行过程中,因受环境、设备老化以及操作不当等因素影响,存在一定的故障风险。为确保光伏电站的安全、稳定、高效运行,电气设备的运行维护与检修工作显得尤为重要。论文将针对光伏电站电气设备的运行特点,分析常见问题,探讨实施有效维护与检修的对策,为光伏电站的运行管理提供参考。

关键词

光伏电站; 电气设备; 维护检修; 有效策略

1 引言

光伏电站的电气设备种类繁多,涵盖了从光伏组件、逆变器、汇流箱到升压变压器等多个子系统。这些设备在长期运行中不可避免地会受到各种外界因素的影响,如高温、风沙、湿度、雷击等环境因素,或因设备老化、负载波动等导致性能下降甚至故障。同时,随着光伏电站的规模不断扩大,设备运行的复杂性也随之增加,给设备维护与检修工作带来了新的挑战。如果不及时进行维护和检修,轻则影响发电效率,重则可能引发安全事故,甚至造成财产损失。

2 光伏电站电气设备运行维护检修的必要性

2.1 保证电站安全稳定运行

电气设备是光伏发电系统的核心组成部分,其中包括

逆变器、配电柜、变压器等。如果这些设备出现故障,将直接影响到电站的发电能力,甚至可能导致安全事故的发生。通过定期的检修和维护,可以及时发现和排除潜在的安全隐患,确保设备在运行过程中的稳定性与安全性^[1]。例如,逆变器的故障可能导致光伏组件的输出不稳定,而通过定期检查,可以及时更换老化或损坏的组件,从而保障电力输出的可靠性。

2.2 提高发电效率

光伏电站的发电效率受到许多因素的影响,其中电气设备的性能直接决定了电能的转换效率。定期的维护能确保逆变器和其他电气设备的最佳工作状态,防止因设备老化、部件磨损等原因导致的能量损失。例如,逆变器的效率随着使用时间的增加而逐渐降低,定期检查和维修可以确保其在最佳状态下工作,从而提高转化效率,确保光伏电站在阳光充足的条件下实现最大发电量。此外,及时的维护与检修也能避免由于设备故障造成的发电中断,进一步提升电站的发电

【作者简介】邸连波(1982-),男,中国吉林白城人,本科,工程师,从事节能环保、工程、电气、项目运营研究。

电效率，确保电力输出的稳定性。

2.3 降低运维成本

虽然定期的维护和检修需要投入一定的人力和物力，但与设备故障后可能造成的损失相比，这种投入是相对较小的。设备故障往往导致停机，不仅影响了电站的发电能力，还会给运营商带来经济损失。通过建立系统的维护计划，电站运营商可以有效避免因设备故障导致的额外成本。例如，定期的巡检可以及时发现设备的异常情况，提前更换即将老化的部件，从而避免因设备停机而产生的高额运维费用。此外，良好的维护管理可以提高设备的运行效率，从而降低电站的整体运营成本，实现经济效益的最大化。

3 光伏电站电气设备常见故障及原因分析

3.1 光伏组件故障

热斑效应是光伏组件故障中较为常见的现象。当光伏组件的某些部分因遮挡、脏污或损坏而导致局部发热时，热斑就会形成。热斑不仅降低了组件的整体输出功率，还可能导致组件的永久性损坏。此外，光伏组件的破损也是一个不可忽视的问题。外部环境因素，如风沙、冰雹等，都可能导致组件表面出现裂纹或破损，这直接影响了光伏组件的光电转换效率和使用寿命^[2]。因此，定期对光伏组件进行清洁和检查，及时发现并处理热斑和破损问题，是提升光伏电站整体性能的重要措施。光伏电站主要设备构成如图1所示。



图1 光伏电站主要设备构成图

3.2 逆变器故障

逆变器故障主要表现为过温和效率下降。一方面，过热通常是由于逆变器长时间处于高负荷状态或散热不良引起的，一旦逆变器温度超过其安全工作范围，就可能导致其自动停机，进而影响整个电站的发电能力。另一方面，随着使用时间的增加，逆变器的转换效率可能会逐渐下降，这会直接影响到光伏电站的发电收益。因此，定期对逆变器进行维护和监测，确保其在最佳工作状态下运行，是确保光伏电站高效发电的重要环节。

3.3 汇流箱故障

汇流箱的主要功能是将多个光伏组件产生的直流电汇集到一起，并进行保护和监控。然而，汇流箱的故障时常发

生，主要表现为接触不良和漏电现象。接触不良可能是由于连接器氧化、松动或污垢积累所致，这会导致电流传输不畅，进而影响整个系统的效率。而漏电则可能由绝缘老化或损坏引起，这不仅会造成能量损失，还可能带来安全隐患。因此，对汇流箱的定期检查和维修，确保其接触良好和绝缘完好，显得尤为重要。

3.4 电缆及连接器故障

电缆和连接器是光伏电站中不可或缺的组成部分，它们负责电能的传输。然而，这些设备在运行过程中也容易出现故障，常见问题包括虚接和损坏。虚接通常是由于连接不牢固或接头腐蚀引起的，这会导致电流传输不稳定，影响电站的整体性能。而电缆的损坏则可能由外部环境因素，如动物啃咬、机械碰撞或自然灾害等引起，这些都可能造成电能传输中断，造成发电损失。因此，加强对电缆及连接器的维护和检查，确保其连接牢固且无损坏，是提高光伏电站可靠性的重要措施。

4 光伏电站电气设备运行维护检修对策

4.1 制定完善的运维计划

运维计划的制定不仅要考虑电站整体运行情况，还应根据电气设备的实际使用情况、技术特点、运行环境等多方面因素进行综合评估。一个科学的运维计划应包括定期巡检、预防性维护、设备故障应急处理等多项内容，且需根据设备的生命周期、具体运行情况进行动态调整。通过制定完善的运维计划，能够有效规避设备在长期运行过程中可能出现的隐患，确保电气设备始终处于良好的运行状态。对于光伏电站而言，电气设备的种类繁多，如逆变器、汇流箱、升压变压器等，每种设备的运行特性不同，故障模式各异，因此，针对不同设备制定差异化的运维策略尤为重要^[3]。例如，对于频繁运行的逆变器，需提高巡检频次，及时清理积尘、检查温度异常等问题。而对于变压器等大型设备，则需要定期进行绝缘电阻测试、油样分析等精细化检修工作。通过这种有针对性的计划制定，既可以避免因设备故障导致的电站停机损失，又能够延长设备使用寿命，降低维护成本。光伏电站运行与维护内容如图2所示。

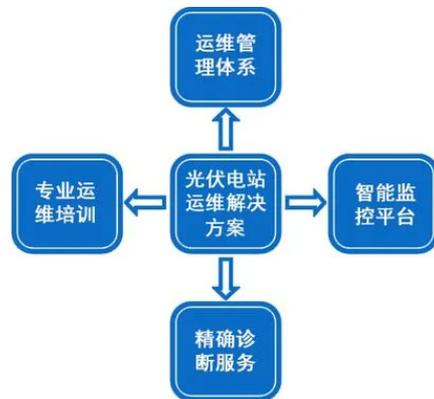


图2 光伏电站运行与维护内容

4.2 加强定期巡检与预防性维护

光伏电站的电气设备长期暴露在自然环境中，容易受到外界环境的影响，如高温、雨水、沙尘等，这些因素都会对设备的正常运行产生不利影响。定期巡检不仅可以及时发现设备运行中的异常情况，还能够通过预防性维护措施，避免小故障演变成大问题。例如，逆变器在长时间运行过程中，内部的电子元器件可能会出现老化、接触不良等问题，如果不及时处理，轻则影响发电效率，重则可能引发设备故障甚至火灾。因此，定期巡检时需重点检查设备的运行温度、电气连接状态、通风散热情况等，发现问题及时处理^[4]。此外，预防性维护也是巡检过程中不可忽视的一项工作，其核心思想在于“防患于未然”，通过定期更换易损部件、清理设备表面灰尘、检查电缆接头紧固情况等措施，可以有效降低设备故障率，减少非计划停机时间。预防性维护的实施不仅可以提高设备的运行可靠性，还能够降低设备的长期运行成本。

4.3 引入智能化巡检系统

智能化巡检系统通过无人机、机器人等先进技术手段，能够实现对电气设备的全方位、无死角巡检。无人机可对光伏板阵列、升压站等区域进行高空巡检，借助红外成像技术，及时发现光伏板的热斑、损坏等问题。而巡检机器人则可以沿着预设轨道，对逆变器、汇流箱等设备进行定点巡检，实时监测设备的运行状态，并通过摄像头、传感器等设备采集数据，分析设备的温度、电压、电流等关键参数，发现异常立即报警。通过智能化巡检系统的应用，不仅大幅度提高了巡检效率，还能够减少人力成本，降低运维人员的工作强度。同时，智能化巡检系统能够实现24小时不间断巡检，尤其在恶劣天气或夜间，依然能够正常工作，保障电站的正常运维。这种全天候、智能化的巡检方式能够显著提升电站的运维效率，减少人为失误带来的隐患。此外，智能化巡检系统还能与后台数据分析平台相结合，形成数据闭环，通过大数据分析、故障预测模型等技术手段，进一步提升设备的故障预判能力，从而实现“预测性维护”，即在设备故障发生前就能采取措施，避免设备运行中断。

4.4 建立远程监控平台

随着信息技术和大数据的发展，将远程监控技术引入电站运维体系，不仅能够实时监测设备的运行状态，还能够通过数据分析和预警功能提前发现潜在问题。远程监控平台可以集成光伏组件、逆变器、配电设备等关键设备的运行数据，结合智能传感器和数据采集系统，实现对设备状态的实时监控和分析。一旦设备出现异常，系统能够及时发出告警，

运维人员可以在第一时间做出响应，避免故障扩大化，减少非计划停机时间。远程监控平台还能够通过历史数据的积累和分析，为设备的预防性维护提供依据，帮助运维人员制定更加科学的检修计划。此外，远程监控平台还可以通过远程操作功能，实现对部分设备的远程调试和故障排除，从而减少现场人力投入，提高运维效率。

4.5 运维人员培训与技能提升

光伏电站电气设备的运行维护需要较高的专业技术水平，尤其是面对一些突发故障或复杂问题时，运维人员的反应速度和解决能力直接影响到设备的运行状态。因此，光伏电站的管理者应当高度重视运维人员的培训，制定系统的培训计划，并定期组织技能考核和技术交流活动。培训内容不仅应涵盖电气设备的基础知识、操作流程，还要包括新技术的应用和故障诊断的技巧。通过持续的培训，运维人员可以掌握最新的设备维护方法和智能化监控平台的使用技巧，有效提升工作效率。此外，运维人员需要具备综合的技术素养，包括电气原理知识、设备维护经验和应急处理能力等^[5]。随着光伏电站技术的不断进步，运维人员还需不断学习和掌握最新的技术动态，以应对日益复杂的设备运行环境。这不仅可以提高设备的维护水平，还能有效降低因人员操作不当引发的故障风险。

5 结语

综上所述，光伏电站电气设备的运行维护和检修是一项复杂而系统的工程，需要从设备监测、人员培训、检修计划以及安全保障等多个方面入手。只有通过科学合理的维护对策，才能确保光伏电站的电气设备安全、稳定、高效地运行，为可再生能源的发展贡献力量。随着技术的不断进步和经验的积累，相信未来光伏电站的维护工作会更加成熟和高效，推动可再生能源的持续发展。

参考文献

- [1] 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(8):63-65.
- [2] 邱启谋.水电站电气设备检修与运行维护的现状与措施[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(7):117-120.
- [3] 魏克佳.水电站电气设备运行维护与故障检修技术[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(4):162-165.
- [4] 刘松涛.水电站电气设备检修与运行维护的策略[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(7):121-124.
- [5] 李涛,赵旭昊,周腾.光伏电站电气设备运行维护检修工作的重要性及要点研究[J].电力设备管理,2023(11):44-46.