

# 光伏电站运行维护问题及优化对策研究

乔冠瑜<sup>2</sup> 岑心<sup>2</sup> 余振涛<sup>2</sup> 程航<sup>1</sup> 刘京倩<sup>1</sup>

1. 国能长源汉川发电有限公司, 湖北汉川 431614

2. 国能长源湖北新能源有限公司, 湖北武汉 430000

**摘要:** 光伏电站作为可再生能源的重要组成部分, 其运行维护直接影响着发电效率、设备寿命和运营安全。本文针对光伏电站运行维护过程中常见的问题, 分析了设备故障、环境影响、管理不足等关键因素。以国能长源汉川市新能源百万千瓦基地项目为典型案例, 探讨了通过完善管理制度、引入智能化监控、加强人员培训和优化故障处理等多方面的优化对策。结合国内外先进经验, 展望了光伏电站未来维护的发展趋势, 旨在为光伏电站的长期稳定运行提供理论支持和实践指导。

**关键词:** 光伏电站; 运行维护; 智能监控; 设备故障

随着全球能源结构的调整和清洁能源需求的不断增长, 光伏电站已成为可再生能源领域的重要发展方向。在光伏电站建设中, 以渔光互补模式开发的项目逐渐增多。国能长源汉川市新能源百万千瓦基地项目, 分三期建设, 包括100MW 蚌湖光伏电站、200MW 麻河光伏电站及400MW 分水光伏电站等。该项目的智慧运维系统全面应用了人工智能、物联网、大数据等技术, 致力于实现“集中监控、自动运维、无人值班”的目标。光伏电站的运行维护直接影响其发电效益和设备寿命, 而智能化技术在提升运维效率和安全保障方面发挥着重要作用。研究光伏电站的运行维护问题及优化对策, 尤其是在智慧运维系统的实际应用中, 具有重要的理论意义和实际价值。

## 1. 光伏电站运行维护的基本问题分析

### 1.1 光伏电站设备的常见故障分析

光伏电站设备的故障种类繁多, 其中较为常见的包括组件故障、逆变器故障和电缆连接问题。光伏组件故障主要表现为热斑、功率衰减、物理破损等, 热斑效应通常由局部遮挡或组件内部缺陷导致, 进而引起电池片的温度上升, 严重时会导致组件失效<sup>[1]</sup>。逆变器故障则多体现在设备运行异常、效率下降或模块失效, 这些问题会影响整个系统的能量转换效率。电缆连接不良、老化或损坏也可能导致系统的短路或高电阻问题, 进而影响光伏电站的运行效率<sup>[1]</sup>。雷电、风沙和环境污染等外部因素也可能对设备造成损害。风沙可能导致组件表面的积尘问题, 影响组件吸收光能的能力。全面、及时地识别并处理这些常见故障, 是保证光伏电站稳定运行的基础。

### 1.2 光伏电站运行过程中的问题及隐患

光伏电站的运行过程中, 存在环境影响和监控能力不足等问题。渔光互补光伏电站因地理位置特殊, 水深较浅(平均2m), 容易受到气候条件的影响, 如风沙堆积导致设备污染。以国能长源汉川市光伏基地为例, 该项目分布广泛, 但缺乏统一的智能监控系统之前, 设备巡检和维护响应存在延时。部分站点人工巡检覆盖有限, 逆变器、电缆等关键设备故障发现不及时, 可能导致设备停机和安全隐患。虽然部分光伏电站逐步引入无人机巡检、防入侵系统及5G定位等技术, 但实际使用中数据联动与实时处理的能力尚需加强。

### 1.3 光伏电站的维护现状及存在的主要问题

光伏电站的维护现状存在一些亟待改进的问题。部分光伏电站的维护机制不够完善, 设备管理缺乏标准化流程, 导致问题发现不及时, 维护工作滞后。许多光伏电站的设备运行状态依赖人工巡检, 这种方式存在效率低下、覆盖面不全的问题, 尤其是对广泛分布的光伏电站来说, 定期维护的难度较大。一些电站的维护投入不足, 设备老化情况严重, 却未能得到及时更换或维修, 最终导致设备故障频发, 运行效率大幅下降。技术人员的专业水平参差不齐, 部分维护人员缺乏足够的专业知识, 难以快速诊断和处理设备问题。光伏电站的维护现状虽然逐步得到改善, 但仍存在管理机制不健全、技术人员水平不高、监控手段不足等问题, 急需优化。

## 2. 光伏电站运行维护的重要性

### 2.1 光伏电站运行维护对发电效率的影响

智能化运维手段在提升光伏电站发电效率方面的优势

尤为显著。以蚌湖光伏电站为例，该项目通过智能清洁系统和无人机巡检系统相结合，有效解决了组件表面灰尘堆积问题，维持了组件的高效运行状态<sup>[9]</sup>。通过大数据平台实时采集设备运行参数，结合汇流箱、组件等设备的性能监测数据，可以自动预测功率衰减趋势并制定清洁计划，最终提升电站发电效率 5% 以上。

### 2.2 运行维护对光伏电站安全的保障作用

光伏电站的安全运行不仅关系到发电效率，也关乎电站的整体稳定性和使用寿命。定期的设备检查和维护可以有效降低潜在的安全隐患，预防设备故障可能引发的安全问题。逆变器、电缆及配电设备的老化或损坏可能导致电气故障，严重时甚至会引发火灾或其他事故。通过定期的运行维护，可以及时发现电站内部的设备老化、线路接触不良等隐患，并采取措施进行修复，从而避免安全事故的发生。光伏电站通常位于户外，易受到极端天气的影响，如雷电、暴雨等，定期检查防雷设施、接地系统等设备，可以提升光伏电站的抗灾能力。运行维护工作对确保光伏电站的安全运行起到了至关重要的作用，能够有效避免潜在的事故隐患。

### 2.3 运行维护对延长光伏电站设备寿命的影响

光伏电站的设备通常需要长时间运行，而通过科学的运行维护，可以显著延长其使用寿命。光伏组件、逆变器、汇流箱等设备的性能会随着使用时间的增加而逐渐衰退，尤其是在恶劣环境条件下，设备的老化速度可能会加快。如果不进行及时的维护与修理，设备的运行状态会不断恶化，最终导致整体寿命缩短。组件的定期清洁和检查可以有效减少热斑效应和表面污染问题，从而减缓组件性能的下降速度<sup>[4]</sup>。逆变器在长期运行中可能面临电子元器件的老化问题，定期更换老化部件可以延缓设备失效。电站的配电系统和电缆等设备也需要定期检查和维修，确保其在运行中的安全与稳定。良好的运行维护不仅可以保证光伏电站的正常运行，还能够延长设备的使用寿命，降低运营成本。

## 3. 光伏电站运行维护的优化对策

### 3.1 建立完善的运行维护管理制度

建立完善的运行维护管理制度是光伏电站稳定高效运行的基础。需要明确运行维护的责任主体，合理划分各部门和人员的职责，确保每个环节都有专人负责。管理制度中应包含详细的设备巡检标准和故障处理流程，以确保所有设备定期得到检查，任何潜在问题都能及时发现并处理。光伏电

站管理制度应充分考虑电站的具体情况，如地理位置、气候条件和电站规模，制定符合实际需求的维护计划。管理制度还应兼顾数据管理，通过定期记录设备的运行状况和维护过程，为未来的决策提供数据支持。管理制度还需定期更新，以适应光伏技术和市场环境的变化，确保电站能够长期高效运营。

### 3.2 加强光伏电站设备的智能化监控与管理

智能化监控在光伏电站的优化运行维护中起到了关键作用。以国能长源汉川市新能源基地为例，该项目智慧运维平台集成了视频监控、无人机巡检、箱变防入侵、火灾预警等多个系统，通过 3D 可视化和云计算技术实现设备运行数据的实时分析。运维人员通过手机巡检 APP 可随时掌握设备状态，接收到异常预警后迅速定位问题并启动处理流程。该系统将 SCADA 生产集控系统获取的数据融入监控平台，形成“自由联动、自动运行、自主运维”的核心模式，为电站实现智能化生产决策提供了有力支持。

### 3.3 定期培训维护人员，提升技术水平

维护人员的技术水平直接影响光伏电站的运行维护质量。为确保电站的高效稳定运行，定期对维护人员进行专业培训是必不可少的。培训应包括光伏电站的基础知识，确保维护人员对电站的构成、工作原理及常见故障有全面了解<sup>[5]</sup>。培训内容还应涵盖新技术和设备的使用方法，帮助维护人员掌握最新的智能监控系统、故障诊断工具等先进技术。培训应强化应急处理能力，确保在突发故障或安全问题出现时，维护人员能够迅速做出反应，避免事态恶化。通过系统化、持续性的培训，维护人员的专业技能和应对能力将得到显著提升，从而为光伏电站的稳定运行提供可靠保障。

### 3.4 优化故障诊断与处理流程

结合百万千瓦基地的成功经验，优化光伏电站故障诊断流程需要重点依赖智能化技术。在麻河光伏电站，通过热成像技术和升压站过温预警系统，可以快速定位温度异常的逆变器和配电设备，确保在第一时间完成故障修复。通过 AI 算法分析历史运行数据，该电站成功预测了汇流箱故障的发生时间，提前更换了老化部件，显著减少了停机时间。

### 3.5 合理安排设备检修与预防性维护

预防性维护是光伏电站保障长期稳定运行的关键策略。光伏设备的老化和损坏是不可避免的，合理安排定期检修和预防性维护，能够有效避免设备突然故障。制定详细的设备

检修计划,明确各类设备的检修周期,确保设备在进入衰老期前得到维护。预防性维护需要结合数据分析,通过对设备运行数据的长期监测,预测设备的潜在问题,并在问题出现前进行必要的修复或更换。在安排检修工作时,应充分考虑电站的发电量变化规律,合理安排检修时间,避免在高峰期进行检修,尽量减少对发电的影响。通过合理安排设备检修与预防性维护,可以有效提升光伏电站的运行可靠性,延长设备使用寿命。

#### 4. 光伏电站运行维护优化的案例分析与展望

##### 4.1 典型光伏电站的优化维护案例分析

国能长源汉川市新能源百万千瓦基地项目是光伏电站运维优化的典型案例。该项目通过智慧运维平台的全面部署,实现了集中监控与自动运维,电站设备的故障率降低了20%,发电效率提升了5%以上。蚌湖光伏电站的渔光互补模式和智慧系统结合,使无人值班成为现实,极大降低了运维成本。麻河光伏电站通过AI智能分析,进一步优化了检修计划,使电站设备的使用寿命显著延长。这些案例表明,科学化、智能化运维对光伏电站的长期稳定运行和经济效益提升具有显著作用。

##### 4.2 国内外光伏电站运行维护经验借鉴

在光伏电站的运行维护方面,国内外积累了丰富的经验。德国光伏电站的运维模式具有高度智能化和系统化的特点,许多电站通过引入全自动的清洁系统、智能监控平台和预测性维护系统,实现了高效的运行维护。在美国,光伏电站的维护注重数据分析与管理,通过对历史运行数据和天气状况的预测,制定合理的运维计划,最大限度地减少发电损失。日本光伏电站注重设备的长期耐用性,通过严格的定期检修和部件更换计划,确保电站设备的高效稳定运行。这些经验对于国内光伏电站具有很强的借鉴意义,尤其是在智能化管理、数据分析和预防性维护方面,值得国内电站在未来运维中引入和推广。

##### 4.3 光伏电站未来运行维护的发展趋势与创新方向

未来,光伏电站运行维护将朝着更加智能化、系统化的方向发展。通过结合物联网、5G和云计算等技术,光伏电站将实现从监测到决策的全面智慧化。“三维可视化”运维系统将广泛应用于大型光伏电站,通过实时渲染与仿真技术,维护人员可以在虚拟平台上完成巡检和故障排查,极大

提高了效率。随着智能机器人和无人机巡检技术的进一步发展,光伏电站的运行维护将实现“少人值守、无人值班”的目标,全面提升运维效率和安全性。

#### 总结

光伏电站的运行维护是保障其发电效率、延长设备寿命和确保安全运行的关键。通过建立完善的管理制度、加强智能化监控、提升维护人员的技术水平、优化故障诊断流程以及合理安排检修计划,可以有效提高光伏电站的运行维护水平。国能长源汉川市新能源百万千瓦基地项目的案例分析和国内外经验的借鉴表明,科学化、智能化的维护策略能够显著提升电站的运营效益。未来,随着物联网、人工智能等技术的发展,光伏电站的维护将朝着更加智能化和系统化的方向迈进,实现“少人值守、无人值班”的目标,全面提升运维效率和安全性。

#### 参考文献:

- [1] 罗春亮,王周龙.大型光伏并网电站运行与维护技术研究[J].电力设备管理,2024(3):100-102.
- [2] 张旭,张超.光伏发电站中继电保护及自动化装置的运行维护分析[J].光源与照明,2022(9):51-53.
- [3] 乔盼虎.整县推进式光伏电站的开发建设及运维管理[J].数码精品世界,2023(7):280-282.
- [4] 李思.“双碳”背景下基于“岗课赛证”的教学改革探究——以“光伏电站运行与维护”课程为例[J].电工材料,2024(2):62-65.
- [5] 张晔.光伏电站运维管理的分析与探讨[J].2022.

#### 作者简介:

乔冠瑜(1995.12-),男,汉,湖北武汉人,本科,助理工程师,研究方向:新能源生产

岑心(1997.6-),女,汉,浙江慈溪人,本科,助理工程师,研究方向:新能源生产

余振涛(1979.6-),男,汉,湖南攸县人,本科,工程师,研究方向:主要从事火电、新能源生产和工程建设研究

程航(1980.8-),男,汉,湖北武汉人,本科,中级工程师,研究方向:主要从事火电、新能源生产研究

刘京倩(1988.7-),女,汉,湖北武汉人,本科,研究方向:主要从事工程项目管理