

# 分布式光伏电站运维管理与发展趋势

刘畅

中电（江门）综合能源有限公司，广东 江门 529000

**摘要：** 文章阐述了光伏组件清洁维护、电气设备监测、电站性能优化和运维数据管理四大核心内容。最后，本文展望了分布式光伏电站运维管理的三大发展趋势。通过这些创新趋势将推动分布式光伏电站运维管理向更高效、更智能、更可持续的方向发展，为能源转型和双碳目标实现提供有力支撑。

**关键词：** 分布式光伏电站；运维管理；发展趋势；管理措施

## Distributed Photovoltaic Power Station Operation And Maintenance Management and Development Trend

Liu Chang

Zhongdian (Jiangmen) Comprehensive Energy Co., Ltd. Jiangmen, Guangdong 529000

**Abstract:** The article elaborates on four core contents: cleaning and maintenance of photovoltaic modules, monitoring of electrical equipment, optimization of power station performance, and management of operation and maintenance data. Finally, this article looks forward to three major development trends in the operation and maintenance management of distributed photovoltaic power plants. Through these innovative trends, the operation and maintenance management of distributed photovoltaic power plants will be promoted towards a more efficient, intelligent, and sustainable direction, providing strong support for energy transformation and the achievement of dual carbon goals.

**Keywords:** distributed photovoltaic power station; operation and maintenance management; development trend; management measures

### 引言

在全球能源转型和碳达峰、碳中和目标的背景下，分布式光伏发电以其清洁低碳、灵活多样的特点，成为世界各国大力推广的重要选择。然而，与大型地面电站不同，分布式光伏电站在运维管理方面面临着诸多挑战。传统的运维管理模式难以适应日益复杂的多场景应用，数字化转型和智能化升级成为行业发展的必然趋势。

## 一、分布式光伏电站运维管理面临的困境

### （一）多场景多模式下的协同管理难题

分布式光伏电站的多场景多模式应用，给运维管理带来了前所未有的挑战。屋顶电站、农光互补、渔光互补、光储充一体化等模式各具特色，电站的设计、建设、运营、维护差异明显，传统的运维管理模式难以适应这种复杂多变的场景<sup>[1]</sup>。协同管理成为一大难题，亟需创新管理理念和技术手段。如何在多场景多模式下实现全生命周期的统筹管理，构建一套灵活智能的协同管理体系，已成为分布式光伏电站运维管理的关键所在。这需要打破不同场景和模式间的壁垒，实现数据共享和业务协同，还要充分考虑各场景的个性化需求，提供差异化的运维服务。

### （二）新型业务模式对运维管理的冲击

传统的运维管理模式难以适应能源互联网、虚拟电厂、电力现货市场等新业态新模式的需求，面临着理念滞后、流程僵化、

技术落后等诸多问题。一方面，新型业务模式要求运维管理提供更加灵活、精准、实时的服务，而现有的管理体系和技术架构无法满足这一要求，亟需进行数字化、智能化的升级改造<sup>[2]</sup>。另一方面，运维管理还要与能源市场、电网调度等外部环境深度融合，这对管理的协同性和开放性提出了更高要求。然而，受制于体制机制的约束，运维管理在跨界融合方面往往难以突破。如何在新型业务模式的冲击下，突破运维管理的困境，实现管理模式和服务方式的创新，已成为分布式光伏电站高质量发展的关键所在。

### （三）数字孪生技术在运维领域的应用探索

虽然数字孪生可以通过对电站全生命周期的数字化建模和仿真，实现全景感知、实时监控、智能预警等功能，大幅提升运维管理效率和水平，但在具体应用中却面临着诸多挑战<sup>[3]</sup>。首当其冲的是模型构建的难题，分布式光伏电站涉及复杂的物理系统和业务场景，如何构建一个全面、精准、动态的数字孪生模型，是一个技术难题。其次，数据集成也是一大障碍，分布式光伏电站的

作者简介：刘畅（1989.02-），男，汉族，湖北省监利市人，大专，助理工程师，研究方向：运行与维护。

数据来源广泛、格式多样，如何实现数据的标准化、规范化和高效集成，直接影响数字孪生的效果。

## 二、分布式光伏电站运维管理的主要内容

### （一）光伏组件的清洁与维护：保障发电效率

光伏组件作为分布式光伏电站的核心部件，其清洁与维护直接关系到整个系统的发电效率和寿命。随着技术的不断进步，这一领域正在经历深刻变革。先进的纳米涂层技术为组件表面提供了自清洁能力，大幅减少了人工干预的需求。然而，在特殊气候条件下，如沙尘暴发地区，仍需采取针对性措施。智能清洁机器人的引入极大地提高了清洁效率，它们能够根据污染程度自主调整清洁强度，同时通过精准导航避免对组件造成损伤<sup>[4]</sup>。水资源管理也日益受到重视，闭环水循环系统和干冰清洁技术的应用不仅节约了宝贵的水资源，还最大限度地降低了环境影响。值得注意的是，清洁过程已不再是单一的维护行为，而是与检测紧密结合。配备高精度热成像仪的无人机能够在清洁同时进行全面扫描，及时发现微裂纹、热斑等潜在问题<sup>[5]</sup>。人工智能算法的引入更是将组件维护推向了新高度，通过分析海量运行数据，系统能够预测组件性能衰减趋势，制定最优化的维护策略。这种预测性维护模式提高了发电效率，还显著延长了组件使用寿命。

### （二）电气设备的监测与维护：确保系统稳定

电气设备监测与维护是分布式光伏电站稳定运行的关键保障。随着物联网技术的飞速发展，传统的定期巡检模式正逐步被智能化实时监测所取代。新一代传感器网络以毫秒级的响应速度捕捉设备运行状态的微小变化，为故障预警提供了坚实基础<sup>[6]</sup>。人工智能算法的引入更是让预测性维护成为可能，通过对海量运行数据的深度挖掘，系统能够精准识别潜在故障，并给出最优维护方案。值得关注的是，边缘计算技术的应用大大提升了数据处理效率，使得复杂的故障诊断能够在现场实时完成，为快速决策提供了有力支持。

在具体实践中，高压设备的状态监测尤为重要。先进的局部放电检测技术能够在绝缘劣化初期就发出预警，有效防范重大事故的发生。同时，智能变电站的概念正在重塑电气设备的维护模式。数字化二次设备简化了系统结构，还实现了设备间的无缝通信，大幅提高了系统的可靠性和灵活性。随着分布式能源的深度接入，电网侧设备的监测维护也日益受到重视<sup>[7]</sup>。智能配电网能够实现电力潮流的精确调控，还能够主动应对光伏发电的间歇性，确保系统的稳定运行。此外，新型储能系统的引入为电网调峰调频提供了新的手段，其监测维护也成为确保系统稳定的重要一环。面对日益复杂的电气系统，运维人员的技能要求也在不断提升。跨学科知识的整合能力、数据分析能力以及快速决策能力已成为新时代运维工程师的必备素质。

### （三）电站性能的分析与优化：提升发电收益

电站性能分析与优化是提升分布式光伏发电收益的关键环节。随着大数据和人工智能技术的深度应用，这一领域正经历着革命性的变革。先进的数据挖掘算法能从海量运行数据中提取有

价值的信息，揭示电站性能衰减的潜在规律<sup>[8]</sup>。这种数据驱动的方法能精准定位影响发电效率的关键因素，还能预测未来发电趋势，为优化决策提供科学依据。机器学习模型通过持续学习历史数据和环境因素，实现逆变器参数的自主调整和 MPPT 跟踪策略的动态优化，大幅提高了电站对复杂环境的适应能力。跨站协同优化成为新的研究热点，区域性性能评估模型使运维人员能全面把握电站群运行状况，实现资源的最优配置。在用电高峰期，系统可自动调度高性能电站增加发电量，同时将维护需求较高的电站安排在低谷时段检修，实现整体收益最大化。随着能源互联网理念普及，性能优化的边界不断扩大。智能化需求侧响应策略能根据电价信号和用电需求动态调整发电计划，实现经济和社会效益的双重优化。与储能系统的深度融合为性能优化开辟新空间。合理的充放电策略不仅能平滑发电波动，还能实现峰谷套利，进一步提升经济效益。

### （四）运维数据的管理与应用：夯实管理基础

运维数据的管理与应用是分布式光伏电站高效运营的基石。随着物联网技术的广泛应用，海量运维数据正源源不断地涌现，为精细化管理提供了前所未有的机遇。新一代数据采集系统以毫秒级的精度捕捉电站各个环节的运行状态，从组件温度到逆变器效率，再到并网点电能质量，无所不包。这些丰富多样的数据流构成了电站的数字神经系统，为全方位的状态感知和实时监控奠定了坚实基础。

面对结构复杂、来源多样的运维数据，建立统一的数据标准和规范显得尤为重要。先进的数据清洗算法能够有效识别并剔除异常值，确保数据质量。同时，基于区块链技术的数据溯源机制正在重塑数据管理模式，为数据的真实性和可靠性提供了有力保障。大数据分析技术的深度应用正在重塑决策流程<sup>[9]</sup>。机器学习算法通过对历史数据的深度挖掘，能够揭示设备性能退化的潜在规律，为预测性维护提供科学依据。智能故障诊断系统能够快速定位故障原因，大幅缩短停机时间。基于数据驱动的优化模型不断调整运行参数，实现发电效率的动态优化。边缘计算技术的引入正在改变数据处理模式。通过将部分计算任务下沉到现场设备，能够减轻中心系统的负担，还能实现毫秒级的响应速度，为实时控制和紧急处置提供了可能。这种分布式的智能架构极大地提升了系统的可靠性和灵活性。

## 三、分布式光伏电站运维管理的发展趋势

### （一）智慧运维：以数字化重塑管理模式

智慧运维正以数字化为核心，重塑分布式光伏电站的管理模式。5G 技术的广泛应用为海量数据的实时传输提供了高速通道，边缘计算则将智能决策前移至现场设备，实现毫秒级响应。人工智能算法通过对运行数据的深度挖掘，不断优化预测模型，使得故障预警和性能优化更加精准。数字孪生技术构建了电站的虚拟映射，为全生命周期管理提供了直观平台。区块链的引入重塑了数据管理范式，确保了跨主体间的可信交互。虚拟现实技术则开创了沉浸式远程运维新模式，突破了地理限制。这种全方位的数

字化转型不仅提升了运维效率，还催生了新的商业模式。基于大数据的精准化服务和个性化解决方案正成为新的价值增长点。可以预见，随着技术的不断演进，智慧运维将持续深化，推动分布式光伏电站向更高效、更智能、更可持续发展的方向。

### （二）一体化管理：打通全生命周期的闭环管理

一体化管理正在重塑分布式光伏电站的全生命周期闭环管理模式。数字孪生技术构建了电站的虚拟映射，实现了从规划设计到退役拆除的全程可视化管理。智能化设计平台将运维经验数据化，反哺前端设计，优化电站布局和设备选型。物联网技术贯穿建设施工全过程，实现材料、人员、设备的精准管控。运营阶段，基于大数据的预测性维护策略显著提升了设备可靠性，延长了使用寿命。资产管理系统与运维系统深度融合，实现了技术与财务的协同优化。退役环节，智能化回收方案最大化了资源再利用率，推动了循环经济发展。这种全方位的一体化管理不仅打破了传统阶段性管理的壁垒，还创造了新的价值增长点。随着技术的不断演进，一体化管理将持续深化，推动分布式光伏电站向更高效、更经济、更可持续发展的方向。

### （三）智能运维机器人：开启运维管理新时代

智能运维机器人正在开启分布式光伏电站管理的新纪元。先进的多关节机械臂配合高精度视觉系统，能够精准执行组件清洁、接线盒检测等复杂任务。全地形履带式机器人突破了地理限制，实现了山地、沙漠等特殊环境下的全天候巡检。空中巡检无人机搭载热成像设备，快速识别组件热斑和隐裂，大幅提升了故

障诊断效率。水下机器人则为水上光伏电站提供了全方位的水下检测服务。这些智能机器人不仅替代了人工在高危环境中的作业，还通过深度学习算法不断积累经验，持续优化作业策略<sup>[10]</sup>。边缘计算的引入使得机器人能够实现本地化的智能决策，大幅提升了响应速度。群体协作算法的应用则开启了多机器人协同作业的新模式，显著提高了大型电站的运维效率。可以预见，随着人工智能和机器人技术的不断进步，智能运维机器人将在分布式光伏电站管理中发挥越来越重要的作用，推动整个行业向更安全、更高效、更智能的方向发展。

## 四、结束语

综上所述，分布式光伏电站运维管理正经历着深刻的变革。智慧运维以数字化为核心，重塑了传统管理模式，将海量数据转化为智能决策的基石。一体化管理打通了全生命周期的闭环，实现了从规划设计到退役拆除的全程优化。智能运维机器人的广泛应用则开启了运维管理的新纪元，大幅提升了作业效率和安全性。这些创新趋势提高了电站的运行效率和经济效益，还推动了整个行业向更智能、更可持续发展的方向。面对能源转型的新形势，分布式光伏电站运维管理将继续深化技术创新，不断优化管理策略，为清洁能源的大规模应用提供坚实保障，助力实现碳达峰、碳中和的宏伟目标。

## 参考文献

- [1] 贾全. 基于物联网的分布式光伏电站运维管理系统设计与优化 [J]. 通信电源技术, 2024, 41(11):240-242.
- [2] 孙宇, 郭晓东. 基于交通设施的光伏电站运维与管理系统设计 [J]. 信息与电脑, 2023, 35(10):91-93.
- [3] 薛静, 李建琦. 光伏扶贫电站发展建设与运维 [J]. 农村电工, 2023, 31(3):29-30.
- [4] 毛源军. 基于计量数据的分布式光伏系统故障诊断研究 [D]. 长沙理工大学, 2022.
- [5] 顾炜晨. 分布式光伏电站运维管理的发展趋势 [J]. 自动化应用, 2023, 64(3):58-61.
- [6] 高雪松, 李昌宝. 分布式光伏电站运维管理浅析 [J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022(5):3.
- [7] 顾炜晨. 分布式光伏电站运维管理的发展趋势 [J]. 自动化应用, 2023, 64(03):58-61.
- [8] 董亚兰. 分布式光伏电站信息化运维的趋势分析 [J]. 太阳能, 2024.
- [9] 梁皓钦, 张帆. 分布式光伏电站运维相关问题研究 [J]. 电工技术, 2023(10):91-94.
- [10] 张洪昶, 王宇. 基于物联网技术的分布式光伏电站智能运维系统 [J]. 物联网技术, 2023, 13(1):137-139.