

分布式光伏系统如何实现能源管理的智能化升级

刘 星

浙江新能量科技股份有限公司 浙江杭州

【摘要】在全球积极践行绿色发展理念、大力推进清洁能源转型的当下，分布式光伏系统作为能源领域的重要创新力量，其能源管理的智能化升级已成为行业发展的核心诉求。本研究深度剖析分布式光伏系统，从底层技术创新、智能策略规划，到系统融合优化，全方位探索智能化升级路径。

【关键词】分布式光伏系统；能源管理；智能化升级；智能策略

【收稿日期】2025 年 1 月 10 日

【出刊日期】2025 年 2 月 14 日

【DOI】10.12208/j.ijme.20250008

How to achieve the intelligent upgrade of energy management in distributed photovoltaic systems

Xing Liu

Zhejiang New Energy Technology Co., Ltd, Hangzhou, Zhejiang

【Abstract】In the current context where the world is actively practicing the concept of green development and vigorously promoting the transformation to clean energy, as an important innovative force in the energy field, the intelligent upgrade of energy management in distributed photovoltaic systems has become the core demand for the development of the industry. This study deeply analyzes distributed photovoltaic systems and comprehensively explores the paths of intelligent upgrade from aspects including underlying technological innovation, intelligent strategy planning, to system integration and optimization.

【Keywords】Distributed Photovoltaic System; Energy Management; Intelligent Upgrade; Intelligent Strategy

引言

随着环境问题日益严峻，可持续能源发展成为全球共识。分布式光伏系统以其绿色环保、安装灵活等独特优势，在能源舞台上崭露头角，逐渐成为能源供应体系的重要组成部分。但当前传统能源管理手段，在应对分布式光伏系统复杂多变的发电特性与多元化的应用场景时，显得力不从心。实现智能化升级，能够让分布式光伏系统精准捕捉能源动态，高效调配能源，这不仅是提升能源利用效率的关键，更是推动能源结构优化、助力可持续发展的核心驱动力，在能源转型进程中占据举足轻重的地位^[1]。

1 智能化升级的基础技术革新

1.1 新型光伏材料与组件的突破

在新型光伏材料领域，钙钛矿材料异军突起。相较于传统晶硅材料，钙钛矿具有独特的晶体结构，其载流子迁移率高、带隙可调节，能更有效地吸收不同

波长的太阳光，大幅提升光电转换效率。实验室数据显示，部分钙钛矿光伏组件转换效率已突破 25%，远超常规晶硅组件^[2]。而且，钙钛矿材料具备良好的柔韧性，可制成柔性光伏组件，适用于建筑外立面、车辆表面等复杂形状的安装场景，极大拓展了分布式光伏系统的应用范围，为能源采集提供了更多可能。

1.2 高精度智能传感器的应用拓展

高精度智能传感器在分布式光伏系统中的应用不断拓展。例如，采用 MEMS（微机电系统）技术的光照传感器，能够精准感知光照强度、角度以及光谱分布的细微变化。通过对这些数据的实时采集与分析，光伏组件可实现精准的智能追光，始终保持最佳受光姿态，最大限度地提高光能捕获效率。温度传感器同样关键，其能实时监测光伏组件的温度变化^[3]。

1.3 高效数据采集与预处理技术优化

高效数据采集与预处理技术为分布式光伏系统智能化升级奠定基础。在数据采集方面,除传统的电流、电压等电参数采集外,引入图像识别技术对光伏组件进行监测。利用高清摄像头拍摄组件表面图像,通过图像分析算法可快速检测出组件是否存在积尘、裂纹、热斑等异常情况,实现故障的早期预警^[4]。在数据预处理环节,采用边缘计算技术,在数据采集现场对原始数据进行初步筛选、清洗与聚合。

2 智能能源管理核心策略构建

2.1 基于大数据分析的精准发电预测策略

基于大数据分析的精准发电预测策略,融合多源数据实现高精度预测。通过气象数据接口实时获取当地光照强度、温度、湿度、风速等气象信息,同时采集光伏组件的实时运行参数,如输出功率、工作电压、电流等。运用机器学习算法,如长短期记忆网络(LSTM),对历史数据与实时数据进行深度挖掘与分析^[5]。LSTM模型能够有效捕捉数据中的时间序列特征与长期依赖关系,从而准确预测未来数小时甚至数天的光伏发电量。

2.2 动态负荷匹配与能源优化分配策略

动态负荷匹配与能源优化分配策略充分考虑用户侧负荷变化与能源特性。利用智能电表、智能插座等设备,实时监测用户的用电行为与负荷波动情况。运用模糊逻辑控制算法,将光伏发电量、负荷需求、储能状态等信息进行模糊化处理,制定合理的能源分配规则^[6]。比如,当光伏发电量充足且储能电量较低时,优先为储能设备充电;当负荷需求激增且光伏发电不足时,合理调配储能电力与电网电力,优先保障关键负荷用电。

2.3 储能协同与能源存储管理策略

储能协同与能源存储管理策略围绕提升系统稳定性与经济性展开。在分布式光伏系统中,储能系统犹如“电力缓冲器”,发挥着关键作用。采用分布式储能架构,将多个小型储能单元分散布置在靠近用户侧或光伏电站关键节点,减少传输损耗。利用模型预测控制(MPC)算法,根据发电预测、负荷变化与电池健康状态,提前规划储能系统的充放电策略^[7]。例如,在预测到即将出现多云天气导致光伏发电量下降时,MPC算法提前控制储能系统放电,维持电力供应稳定。

3 智能化升级的系统架构优化

3.1 分布式光伏系统内部架构的智能重构

分布式光伏系统内部架构的智能重构旨在提升系统运行效率与灵活性。对光伏阵列布局进行优化,根据不同区域的光照条件与地形特点,采用智能跟踪式光伏支架,使光伏组件始终保持最佳朝向,提高光能利用率。在电气连接方面,引入智能电力电子设备,如智能逆变器、能源路由器等。智能逆变器可根据光伏组件的实时输出特性,自动调整工作参数,实现最大功率点跟踪,提高电能转换效率。

3.2 与其他能源系统融合架构设计

与其他能源系统融合架构设计拓展了分布式光伏系统的能源来源与应用场景。与风力发电系统融合,利用两者在时间与空间上的互补性。在风力资源丰富而光照不足的时段或区域,由风力发电补充电力;光照充足而风力较小时,依靠光伏发电。通过智能能源管理系统,实现风电与光伏电力的无缝切换与优化调配。在偏远地区,可与小型水电系统集成,丰水期水电优先发电,枯水期依靠光伏发电,充分利用当地自然资源,保障电力稳定供应^[8]。

3.3 智能化能源管理平台架构搭建

智能化能源管理平台架构搭建为分布式光伏系统的智能化运营提供了核心支撑。平台采用分层分布式架构,包括感知层、网络层、平台层与应用层。感知层由各类传感器、智能电表等设备组成,负责采集能源数据。网络层通过5G、Wi-Fi等通信技术,将感知层数据传输至平台核心。平台层包含数据处理、分析、决策等功能模块,运用大数据、人工智能技术对数据进行深度挖掘与分析,生成最优能源管理策略。

4 通信与控制技术支撑智能化

4.1 高速、可靠通信网络搭建

高速、可靠通信网络是分布式光伏系统智能化的神经网络。采用5G通信技术,其具备高速率、低延迟、大连接的特性,能够满足分布式光伏系统大量实时数据的快速传输需求。数据传输速率可达数Gbps,可瞬间将光伏组件的运行数据、气象数据、用户负荷数据等上传至管理中心。同时,结合光纤通信技术,为核心设备与关键数据传输提供稳定可靠的链路。在一些偏远或复杂环境中,利用卫星通信作为补充手段,确保通信的连续性。

4.2 智能控制算法在能源调控中的应用

智能控制算法在能源调控中发挥着核心作用。以模型预测控制（MPC）为例，该算法通过建立分布式光伏系统的数学模型，结合实时监测数据与未来预测信息，提前规划能源调控策略。在考虑光伏发电的不确定性、负荷变化以及储能状态等因素的基础上，MPC 算法能够优化能源分配，使系统在不同工况下均能保持高效运行。例如，在预测到即将出现极端天气导致光伏发电骤减时，MPC 算法可提前调整储能系统放电策略，协调电网电力接入，确保电力供应的稳定性。

4.3 通信安全与数据保护机制建立

通信安全与数据保护机制是分布式光伏系统智能化的重要保障。在通信安全方面，采用加密技术对传输数据进行加密，防止数据在传输过程中被窃取或篡改。例如，运用 SSL/TLS 加密协议，对通信链路进行加密，确保数据的安全性。同时，设置身份认证机制，只有经过授权的设备与用户才能接入通信网络，防止非法接入。在数据保护方面，建立数据备份与恢复系统，定期对关键能源数据进行备份存储。采用区块链技术，对数据进行分布式存储与管理，确保数据的完整性与不可篡改。

5 未来趋势与发展挑战应对

5.1 新兴技术在分布式光伏能源管理的应用前景

新兴技术在分布式光伏能源管理领域展现出广阔的应用前景。随着人工智能技术的不断发展，深度学习算法将更深入地应用于发电预测、故障诊断与能源优化调度。例如，基于生成对抗网络（GAN）的发电预测模型，能够生成更准确的未来发电场景，为能源管理决策提供更丰富的参考。量子计算技术有望加速复杂算法的运算，提升能源管理系统的实时响应能力。

5.2 行业发展面临的技术与市场挑战分析

行业发展面临诸多技术与市场挑战。技术层面，光伏组件的长期稳定性与可靠性仍有待提升，部分新型光伏材料在实际应用中可能出现性能衰减问题。储能技术成本较高，能量密度与充放电效率限制了其大规模应用。通信技术在复杂环境下的可靠性也需进一步加强，如在偏远山区或电磁干扰较强区域，数据传输可能出现中断或延迟。市场方面，分布式光伏系统的投资回报率受政策补贴调整、电力市场价

格波动等因素影响较大，投资者面临一定风险。此外，用户对分布式光伏系统的认知与接受度参差不齐，市场推广难度较大。

5.3 应对挑战的策略与行业发展建议

针对上述挑战，可采取一系列应对策略与行业发展建议。在技术研发上，加大对光伏材料、储能技术、通信技术的研发投入，鼓励产学研合作，攻克技术难题。例如，研发新型光伏材料的封装技术，提高组件的稳定性；探索新型储能技术，降低成本并提升性能。在市场方面，政府应完善政策支持体系，稳定补贴政策，建立合理的电力市场价格机制，提高分布式光伏系统的投资吸引力。加强市场推广与教育，通过宣传活动、示范项目等方式，提高用户对分布式光伏系统的认知与接受度。同时，行业企业应加强合作，整合资源，共同推动分布式光伏系统能源管理智能化升级，促进行业健康、可持续发展。

6 结论

本研究全面且深入地探讨了分布式光伏系统能源管理的智能化升级路径。从基础技术革新到智能策略构建，从系统架构优化到通信与控制技术支撑，以及对未来趋势与挑战的分析应对，形成了一套完整的理论与实践体系。智能化升级显著提升了分布式光伏系统的能源利用效率、稳定性与可靠性，对推动能源行业向绿色、智能方向发展具有不可忽视的重要意义。展望未来，随着技术不断创新、市场逐渐成熟，分布式光伏系统能源管理智能化将持续深化，在全球能源转型中发挥更为关键的作用，助力构建清洁、高效、可持续发展的能源新生态。

参考文献

- [1] 张明月,李桃,陈远祥,等.天然气净化厂分布式光伏发电系统的应用研究[J].太阳能,2025,(02):72-81.
- [2] 祝燕萍,徐严俨,徐呈程,等.考虑时序特性的分布式光伏与储能系统动态优化配置方法[J].电力与能源,2025,46(01): 55-60.
- [3] 汤志锐,邱桂华,何引生.基于哈默斯坦模型的分布式光伏发电系统建模与参数辨识[J].自动化与仪器仪表,2025,(02):78-83.
- [4] 何玉灵,王博,孙凯,等.分布式光伏系统电能质量的主客观综合评估[J].华南师范大学学报(自然科学版),2024,

56(06): 17-25.

- [5] 马雄.分布式光伏发电系统在建筑供配电中的应用[J].光源与照明,2025,(01):138-140.
- [6] 杨帆.基于光伏电站的 AI 智能系统开发与应用[J].数字技术与应用,2023,41(10):220-222.
- [7] 张永伟,李贵,马玉权,等.基于高精度快速故障识别的智能光伏视频巡检系统研究[J].电力信息与通信技术,2023,

21(06):73-78.

- [8] 王长峰.重大工程应急管理数智化[M].机械工业出版社:202207.243.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS