

智能光伏电站开发及运维管理体系的构建与实施

杨昌盛

广西国电投海桂新能源有限公司，广西 南宁 530025

摘要： 智能光伏电站作为一种高效、环保的能源解决方案，正逐渐成为能源产业的重要组成部分。基于此，本文分析智能光伏电站开发和运维管理体系构建实施背景，探讨智能光伏电站开发的关键技术，如光伏组件选择与配置、逆变器技术优化、智能监控系统开发等。在运维管理体系方面，提出一套完整的管理框架，包括设备管理、运行管理、维护管理、安全管理、环境管理等五个方面。通过引入先进的信息技术，实时监控光伏电站的运行状态，有效提升电站的运维效率。研究表明，通过构建智能化的运维管理体系，显著提高光伏电站的发电效率，降低运维成本，延长设备使用寿命，为光伏电站可持续发展提供有力支撑。

关键词： 智能光伏电站；开发；运维管理体系；物联网；大数据

Construction And Implementation Of An Intelligent Photovoltaic Power Station Development And Operation Management System

Yang Changsheng

Guangxi Guodian Touhaigui New Energy Co., Ltd. Nanning, Guangxi 530025

Abstract： Intelligent photovoltaic power stations, as an efficient and environmentally friendly energy solution, are gradually becoming an important component of the energy industry. Based on this, this article analyzes the implementation background of the development and operation management system of intelligent photovoltaic power stations, explores the key technologies of intelligent photovoltaic power station development, such as photovoltaic module selection and configuration, inverter technology optimization, and intelligent monitoring system development. In terms of operation and maintenance management system, a complete management framework is proposed, including five aspects: equipment management, operation management, maintenance management, safety management, and environmental management. By introducing advanced information technology, real-time monitoring of the operation status of photovoltaic power plants can effectively improve the operational efficiency of the power plants. The research results indicate that by building an intelligent operation and maintenance management system, the power generation efficiency of photovoltaic power stations can be significantly improved, operation and maintenance costs can be reduced, equipment service life can be extended, and strong support can be provided for the sustainable development of photovoltaic power stations.

Keywords： intelligent photovoltaic power station; development; operation and maintenance management system; internet of things; big data

一、前言

随着全球能源危机不断加剧，环境保护意识进一步增强，可再生能源开发与利用已成为世界各国共同关注的焦点。光伏发电作为一种清洁、无污染的能源形式，其在全球能源结构中的比例呈现逐年增加趋势。但从目前光伏电站开发与运维管理情况来看，其实际操作中时常遇到各种外在因素影响，让其面临着各种挑战，如电站选址、系统设计、设备维护、数据监控等，很容易影响到电站的稳定运行。因此，智能光伏电站概念应运而生，通过集成先进的传感技术、数据分析、自动化控制等手段，智能化管理光伏电站的日常运行，进一步提高发电效率，降低运维成本，有效应对复杂多变的市场条件，对于推动光伏产业的健康发

展具有重要意义。基于此，本研究旨在探讨智能光伏电站开发及运维管理体系的构建与实施，通过整合现有技术，提出一套系统的解决方案，为光伏电站的智能化转型提供实践指导，为我国可再生能源发展贡献力量。

二、工程概况

在电气自动化快速发展的背景下，市场环境出现革命性变化，科学技术层出不穷，给新能源领域自动化发展方向造成各种影响。加上光伏电站类型过于复杂，光伏电站分布分散，如何统计监控光伏电站运行状态，规范智能化运维管理工作路径，是目前相关人员急需考虑的问题。以天源新能源为例，其屋顶分

* 作者简介：杨昌盛（1997年04月11日），性别男，民族：汉族，籍贯（广西壮族自治区贺州市），学历本科，职称无，研究方向：电气设备管理，邮箱812593625@qq.com

布式电站59.75MW，集中式山地光伏电站141MW，总装机容量200MW，逆变器445台，有395个汇流箱和13万块光伏组件。在叶县的花山，有一个100兆瓦的山地集中式电站，分布在四个山头上占地超过6000亩，设置100台箱变和200台逆变器，2400个汇流箱，光伏组件39万块。但由于天源新能源不同子站实际情况、光照条件和生产厂家都有很大不同，这对发电效率影响较大。电站综合自动化系统以分散管理模式为核心，整体运行管理模式较弱，时常出现人力、物力资源浪费问题。

三、智能光伏电站开发的关键技术

（一）光伏组件选择与配置

光伏组件作为光伏电站的核心，其选择与配置直接影响到电站的发电效率。光伏组件选择考虑其光电转换效率，高效率的光伏组件能在有限的安装面积内产生大量电能，对于土地资源有限的地区尤为重要。目前市场上主流的光伏组件有单晶硅、多晶硅、薄膜等类型，其中单晶硅组件因其较高的转换效率，受到各行业人员的高度青睐。光伏组件耐久性也是选择时需要考虑的因素，光伏电站通常设计使用寿命在25年以上，组件必须承受长期的风吹日晒和温度变化，选择具有良好耐候性和抗老化性能的组件，减少维护成本，提高电站的整体可靠性。成本效益也是选择光伏组件时不可忽视的因素，虽然高效率的组件初期投资较高，但从长期角度来看，其高发电量会带来大量收益。因此，在选择光伏组件时，需综合考虑其性能、成本、预期的投资回报率。

在进行光伏组件配置时，涉及到电站设计和布局，工作人员根据电站的地理位置和气候条件，合理设计组件的安装角度，最大化吸收太阳能。例如：在北半球，光伏组件通常朝南安装，调整至最佳倾角，从而获得较强的太阳辐射量。合理的串并联设计能减少电压损失，提高系统的整体效率。在设计时，工作人员全面分析组件电压、电流特性，以及逆变器的输入要求，确保系统运行的稳定性。随着智能技术的发展，光伏电站组件配置向智能化方向发展，通过集成智能监控和数据分析系统，实时监测组件的运行状态，及时发现光伏运行中存在问题，进一步提高电站的运维效率^[1]。

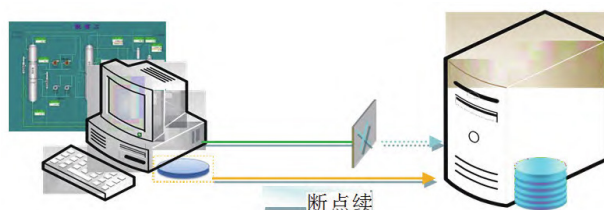
（二）逆变器技术优化

逆变器需要具备高效率的能量转换能力，有效减少能量转换过程中的损失，为此，要积极采用先进的功率半导体器件，进一步优化电路设计，提高逆变器的转换效率，增强整个光伏电站的发电效率。智能光伏电站中的逆变器要具备智能控制功能，根据光照强度、温度等环境因素自动调节工作状态，实现最大功率点跟踪（MPPT）。通过优化控制算法，提高逆变器对环境变化的适应性，确保光伏电站始终工作在最佳状态。但值得注意的是，逆变器在长时间运行过程中需保持高度的稳定性，采用高质量的元器件，严格规范生产工艺，保证逆变器在各种恶劣环境下都能稳定运行，减少故障率。同时，智能光伏电站逆变器还要具备良好的通信能力，能与电站监控系统进行数据交互，实时传输运行数据和状态信息。需要安装先进的通信模块和监控软件，实现对逆

变器运行状态的远程监控和管理，提高电站的运维效率^[2]。

（三）智能监控系统开发

为了提高光伏电站的运行效率，智能监控系统开发显得尤为重要，主要包括数据采集、数据传输、数据处理、数据展示方面的关键技术。数据采集直接关系到后续数据处理，包括光伏组件电压、电流、温度等参数，以及光照强度、风速、温度等环境因素。现代智能监控系统通常采用高精度的传感器和数据采集设备，实时监测电站的运行状态，通过无线网络将数据传输至独立处理系统。在智能光伏电站中，数据传输要保证实时性和安全性，通常采用工业级的通信协议，如Modbus、OPC UA等，提高数据在传输过程中的稳定性。同时，为了防止数据泄露和网络攻击，采取加密和认证机制，保障数据传输的安全性。数据处理涉及到数据分析，数据处理系统需要具备强大的计算能力，快速分析大量实时数据，真实识别出潜在的故障问题。还要具备数据挖掘和机器学习的能力，通过历史数据分析预测电站的运行趋势，为维护决策提供支持。数据展示是智能监控系统与用户交互的界面，直接影响到用户对电站运行状态的理解^[3]。在智能光伏电站中，数据展示通常采用图形化界面，直观展示电站的实时数据，通过仪表盘、图表、报警信息等形式，用户快速了解电站的运行情况，及时做出响应（如图1所示）。



> 图1 数据追加结构示意图

四、智能光伏电站开发及运维管理体系的实施措施

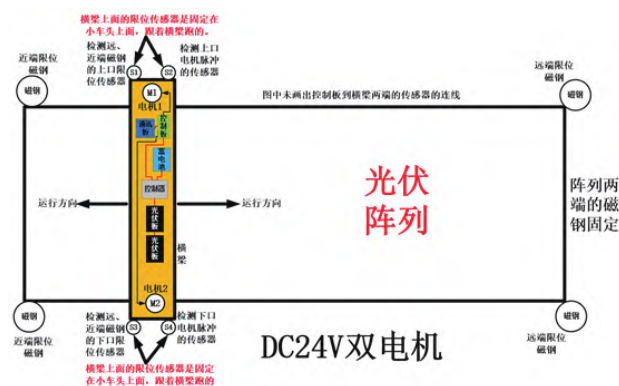
（一）智能光伏产品应用

在天源新能源的智能化光伏试点项目里，用了41台光伏发电设备，有6台智能箱变，34台古瑞瓦特的智能组串式逆变器，新风光的智能SVG设备1台，配备大疆M600Pro的能巡检无人机，以及一系列智能运维技术，如光伏组件的智能清扫机器人、大华的可视化远程运维平台、智能水冲洗系统等。这些高科技玩意儿都是为了让电站运行得更智能、更高效。智能组串式光伏逆变器通过集成先进的通信技术和智能控制算法，实时监控光伏组串，自动识别组串状态，调整工作参数，提高光伏系统的转换效率，具备故障自诊断和远程维护功能，降低运维成本和故障响应时间。智能光伏箱变集成变压、保护、监控等多项功能，采用模块化设计，便于安装和维护，实时监测电网状态和光伏发电情况，自动调整输出电压和频率，确保电网的稳定运行。此外，智能光伏箱变设置远程监控和故障预警功能，提高电站的运维效率。智能SVG（Static Var Generator）设备用于调节电网的无功功率，提高电能质量，采用先进的电力电子技术，能快速响应电网需求，实现动态无功补偿。利用智能算法优化控制策略，控制电网

的电压波动和电流谐波,保障光伏电站的高效运行^[4]。

（二）大数据、互联网、人工智能应用

天源新能源在工业园屋顶上设置智能光伏电站，这样一来，发电设备就散得到处都是，给电站的日常维护增加了不少难度。为了更快地处理设备故障，提高应对突发事件的能力，要大力推广智能化技术，让光伏发电变得更加智能。如果遇到没法拉光纤的情况，用物联网的无线传输技术把数据连到天源新能源的智能运维系统上，这样就能更好地分析电站的运行数据，让电站运行得更顺畅。目前，天源新能源公司建立可视化移动运维平台和智能光伏发电集控运维中心，型号为 IBM Storwize V3700，存储量 24TG，保存年数 25 年。同时，为了避免受到设备因素和环境因素影响，采用智能巡检无人机规范巡检路径，有效节约人力资源，增强运维效率（如图 2 所示）。



> 图2 智能清扫机器人原理图

（三）智能光伏技术创新

为了实现对光伏电站实时数据的精确采集,设计一款基于

Linux系统的数据采集软件(LDAQ)。该软件利用Linux系统的开源特性,LDAQ软件自由获取和修改,便于根据光伏电站的具体需求进行定制化开发。Linux系统以其高度的稳定性著称,LDAQ软件在Linux环境下运行,保证数据采集的可靠性;LDAQ软件采用高效的数据采集算法,能快速收集光伏电站的各项运行数据^[6]。为了确保数据传输的安全性,设计一套仅能正向传输的数据传输系统,在数据传输过程采用加密技术确保数据不被非法截取或篡改;系统利用点对点的传输方式,确保数据能够准确无误地从数据采集点传输到数据处理中心,通过优化数据传输协议,减少数据传输延迟,提高数据传输效率。在光伏智能运维系统中,对各电站的生产实时数据进行标准化的数据编码及数据存储工作至关重要,制定统一的数据编码规则,确保不同光伏电站的数据能够统一格式,便于数据的整合和分析;建立标准化的数据存储机制,确保数据的完整性;定期对数据进行备份,确保在数据丢失时能及时恢复^[7]。

五、总结

综上所述，随着全球能源结构不断转型，智能光伏电站作为新能源领域的重要组成部分，其开发与运维管理体系的构建与实施显得尤为关键。本研究通过对智能光伏电站的开发流程、运维管理体系构建以及实施策略的深入探讨，旨在为相关企业和研究机构提供科学的管理模式。本研究虽然已经取得了一定的成果，但仍有许多问题要进一步完善。我们期待未来能有更多的研究者投入到这一领域，共同推动智能光伏电站的发展，为实现可持续能源的目标贡献力量。

参考文献:

- [1] 张磊, 叶海瑞, 柏嵩. 能源互联网之智能光伏电站建设及运维分析 [J]. 华东科技, 2023(6):128-130.
- [2] 刘龙. 光伏电站智能化运维研究 [J]. 光源与照明. 2022,(1).
- [3] 全国首座潮光互补型智能光伏电站实现全容量并网发电 [J]. 中国机电工业, 2022(7):54.
- [4] 顾章平, 黄和平. 基于电能测量的百兆瓦智能光伏电站大功率变流设计开发 [J]. 电气技术与经济, 2021(6):1-9.
- [5] 韩虎虎, 祁鑫, 王鹤飞, 等. 基于激光雷达点云数据的光伏电站智能巡检系统 [J]. 电子设计工程, 2023, 31(4):109-113.
- [6] 陈振宁, 席管龙, 赵正杰, 等. 浅析智能集控平台在光伏发电站生产中的应用策略 [J]. 中国设备工程, 2024(z1):92-93.
- [7] 冯钢, 苗瑞军, 彭宇, 等. 集中式光伏电站安全管控一体化平台建设研究 [J]. 电力设备管理, 2024(2):200-202.