

智能运维技术在新能源光伏发电系统中的应用研究

胡亚雄

湖北能源集团西北新能源发展有限公司 陕西榆林 719000

摘要: 随着全球对清洁能源需求的不断增长, 新能源光伏发电作为可持续能源的重要组成部分, 其规模和应用范围日益扩大。智能运维技术在光伏发电系统中的应用, 为提高发电效率、降低运维成本、增强系统可靠性提供了有效途径。本文深入探讨了智能运维技术的定义、特点和关键组成部分, 详细分析了其在光伏发电系统中的应用优势和典型应用场景, 旨在为推动智能运维技术在新能源光伏发电领域的进一步发展提供理论支持和实践参考。

关键词: 智能运维技术; 新能源光伏发电系统; 应用优势; 应用场景

引言

在全球能源转型的大背景下, 新能源光伏发电凭借其清洁、可再生的特点, 成为了能源领域的重要发展方向。然而, 光伏发电系统的运行和维护面临着诸多挑战, 如设备故障、环境因素影响等, 这些问题可能导致发电效率下降、运维成本增加。智能运维技术的出现, 为解决这些问题提供了新的思路和方法。通过利用现代信息技术、大数据、云计算、物联网等手段, 智能运维技术可以实现对光伏发电系统的实时监测、故障诊断、预测性维护等全方位、全过程的管理, 从而提高系统的运行效率和可靠性, 降低运维成本。因此, 研究智能运维技术在新能源光伏发电系统中的应用具有重要的现实意义。

一、智能运维技术概述

(一) 智能运维技术的定义与特点

智能运维(AIOps)是以人工智能和机器学习技术为核心构建的IT运维解决方案, 该概念由Gartner于2016年首次提出, 中国信通院2023年调查报告将其明确为“融合大数据、机器学习等技术的高阶DevOps实践”, 突出人机协同特征。它通过融合大数据分析、算法模型等技术手段, 实现对IT环境的实时监控与异常预警, 覆盖运维全生命周期管理。智能运维技术具有自动化特点, 可通过自动化的流程和工具, 实现对光伏发电系统的自动监测、诊断和修复, 减少人工干预, 提高运维效率。其智能化体现在利用人工智能和机器学习算法, 对大量运维数据进行分析和挖掘, 实现对故障的智能预测和诊断, 提高运维决策的准确性和及时性。实时性也是其一大特点, 能够实时采集和处理光伏发电系统的运行数据, 及时发现异常情况并发出警报, 确保系统安全稳定运行。此

外, 还具备可视化特点, 通过可视化界面和报表, 将运维数据和分析结果直观展示给运维人员, 方便监控和管理。

(二) 智能运维技术的关键组成部分

智能运维技术的关键组成部分涵盖数据采集、分析、存储、可视化与报警以及自动响应。数据采集是智能运维的根基, 它从各类IT系统、应用和用户设备收集日志、性能指标、事件信息等, 来源广泛, 涉及基础服务可用性与性能监控、网络性能监测与诊断等诸多方面, 为后续工作提供数据支撑。

数据分析是智能运维的核心, 借助时间序列分析、异常检测、因果关系分析等先进技术, 对采集的数据进行深度挖掘。机器学习算法在其中起着关键作用, 可识别数据模式与异常状况, 预测潜在问题与风险, 如异常检测算法能识别异常行为, 根因定位算法可确定故障根本原因。

海量数据的存储和管理需运用大数据技术, 如Hadoop、Elasticsearch等, 它们能处理大规模数据, 支持快速查询, 保证数据的完整性与可访问性, 为后续处理和分析奠定基础。

可视化与报警将处理后的数据以图表和仪表盘形式直观呈现系统健康状况与分析结果, 同时生成告警信息通知运维人员, 使其迅速做出反应。

自动响应是实现高效运维的关键方式, 依据数据分析结果, 自动执行预先设定的操作和修正举措, 如故障修复、性能优化、资源自动扩展等, 可在无人介入时解决部分问题, 提升系统可靠性与可用性。

二、智能运维技术在光伏发电系统中的应用优势

(一) 提升发电效率

提升光伏发电效率可从多方面着手。在设备选用上, 优先选用高转换效率组件, 如单晶硅或多晶硅组件, 主

流单晶硅组件转换效率可达22%–23%，多晶硅组件在弱光条件下表现更优，同时要考虑环境适应性，高温地区选耐高温组件，寒冷地区选低温性能好的组件，控制组件衰减率，以确保全年稳定输出。逆变器选型也至关重要，集中式逆变器适用于大型地面电站，转换效率高但MPPT通道少；组串式逆变器多MPPT通道可降低组串间失配损耗；微型逆变器实现组件级MPPT控制，能消除单片组件故障影响，在分布式电站中可提升发电量。

在安装布局方面，要消除阴影与障碍物，修剪电站周围树木、移除遮挡物，避免高墙、建筑物等产生阴影，选择安装位置时要保证太阳能电池板充分接受阳光照射。组件安装角度、朝向也会影响发电效率，北半球最优朝向为正南，偏差角度每增加1°，发电量损失约0.1%–0.15%，需结合当地纬度优化安装角度。

此外，还可采用新技术和智能系统。如采用高效率的多晶硅太阳能电池、钙钛矿太阳能电池等新型电池材料提高光电转换效率，安装智能太阳能追踪系统，根据太阳位置调整光伏组件朝向，最大限度捕获太阳能，新型AI算法通过多源数据融合实现智能控制，动态调整跟踪角度，在保证发电量的同时降低机械驱动能耗。

（二）降低运维成本

传统的光伏电站运维模式需要大量的人力和物力投入，运维成本高昂。智能运维技术的应用可以大大降低运维成本。一方面，智能运维系统可以实现自动化的任务调度和执行，减少人工干预，降低人工成本。例如，系统可以自动对设备进行巡检、故障诊断和修复，减少了人工巡检的工作量和时间成本。

另一方面，智能运维技术可以通过预测性维护，提前发现设备的潜在故障，避免设备故障的发生和扩大，减少设备的维修成本和更换成本。例如，通过对光伏组件的故障预测，提前更换故障组件，避免组件故障对其他设备造成损坏，降低了维修成本和更换成本。

以一座100MW_p规模的光伏电站为例，传统运维模式5年总投入需1884万元，而智能运维仅需473万元，5年可节省1371万元，节省比例达74.35%；若按8年周期计算，智能运维投入576.8万元，较传统模式的3014万元节省2437.2万元，节省比例超80%。

（三）增强系统可靠性

智能运维技术通过实时监测和分析光伏电站运行数据，增强系统可靠性。通过安装传感器和智能电表，能实时获取光伏组件、逆变器、变压器等设备的温度、电压、电流等运行参数，及时察觉异常情况与潜在故障。

例如对光伏组件的参数监测，可发现热斑、短路等故障，对逆变器监测能发现过温、过流等问题，进而采取措施修复，防止故障扩大。

其预测性维护能力也大大增强了系统可靠性。运用机器学习、深度学习等人工智能技术，分析设备运行数据，预测故障发生概率，提前安排维护，降低设备故障率。比如预测光伏组件老化程度和故障概率，提前更换，避免影响发电；预测逆变器故障，及时检修维护，保障其正常运行。

智能运维技术还建立了完善的故障应急预案和备份系统。当遭遇自然灾害或突发事件，系统能自动启动备份电源和设备，维持电站运行。同时依据故障应急预案，快速组织维修人员抢修，缩短故障恢复时间，进一步提升系统的抗灾和恢复能力，确保光伏发电系统可靠运行。

三、智能运维技术在光伏发电系统中的典型应用场景

（一）集中式光伏电站

集中式光伏电站是在太阳能资源丰富的空旷地区建设大型电站，经高压输电线路接入公共电网统一调配供电的光伏发电形式，像三峡新能源河北曲阳光伏电站，规划200兆瓦，年均发电约2.4亿千瓦时。

在应用领域上，集中式光伏电站十分广泛，能为城市和乡村电网供电，为工业园区的工业生产提供绿色能源，为农业灌溉提供动力，保障通讯基地的正常运行，还能解决边疆地区和海岛等偏远地区的电力需求，也可结合农业种植提高土地资源利用率，助力光伏扶贫等。

从电站构成来看，光伏组件是基础，逆变器是连接光伏组件与电网的关键设备，它将直流电高效转换为交流电并入公共电网，集中式光伏电站常采用集中式逆变器对大量光伏阵列电力集中处理以提升转换效率；汇流箱汇集多个光伏组件串的输出电流，配备保险丝和防雷模块保护组件和增强系统安全性；接地系统保障电站安全运行，在发生雷电或电气故障时迅速安全接地，保护人员和设备；输电线路则承担着将电力输送到电网的重任。

运行监控对于集中式光伏电站至关重要，需实时监控发电量、电压、电流等关键参数，监测温度、湿度、风速等环境因素，通过远程监控系统实现数据采集、分析和故障预警，并定期生成运行报告来优化运行策略。日常维护要定期检查设备状态、及时处理小问题，出现故障时能迅速定位解决，还可根据运行数据调整系统设置提高发电效率。同时，要做好预防性维护，制定应急预案快速响应突发故障，建立健全安全管理、财务、质

量等制度，采取环保措施减少对环境的影响。

（二）分布式光伏系统

分布式光伏系统是一种将太阳能直接转换为电能的新型发电和能源综合利用方式，具有广阔发展前景。它倡导就近发电、就近并网、就近转换、就近使用原则，能有效提高同等规模光伏电站发电量，解决电力在升压及长途运输中的损耗问题。

该系统基本设备包括光伏电池组件、光伏方阵支架、直流汇流箱、直流配电柜、并网逆变器、交流配电柜等，还有供电系统监控装置和环境监测装置。光伏组件是核心，由许多光伏电池片串并联组成，将太阳光辐射能量转换为直流电能，具有寿命长、维护成本低、可靠稳定等特点，投资成本占比最高。

光伏方阵支架对系统起到支撑作用，常见有固定倾角、倾角可调、自动跟踪支架，分布式系统中前两者应用广泛。直流汇流箱把多路光伏组件的直流输出电缆分组连接，集中输出直流电；直流配电柜再次汇集各直流汇流箱输出的直流电，便于系统安装、操作和维护，多用于大型地面集中式光伏发电系统。

并网逆变器将直流电逆变成交流电，以适应家庭或工业用电网络。交流配电柜用于分配电能，将逆变器输出的交流电分配给不同负载设备，还可对系统进行监控和管理，确保正常运转。此外，系统还有电池储能系统，可储存白天生产的电能，以备夜间或光强不足时使用，使系统对电力压力较小，更加稳定，更好满足用电需求。

分布式光伏系统应用场景广泛，包括居民住宅、商业建筑、工业园区和公共设施等领域，在远离电网覆盖的偏远地区，更是主要能源供应方式，能提高电力系统稳定性，减少集中供电风险，提高能源安全水平，且低碳排放、运营成本低，有助于减少碳排放和减缓气候变化。

（三）特殊环境下的光伏电站

特殊环境下的光伏电站面临着诸多挑战，不同环境对其有着独特的影响，但也有相应的应对策略使其稳定运行。在沙漠地区，白天高温酷热，地表温度可高达六七十摄氏度，强烈的阳光直射和沙尘暴频繁来袭；高原地区气压低、昼夜温差大，还面临强紫外线辐射；沿海地区湿度大、盐雾腐蚀严重，且易受台风等极端天气影响。

以新疆吐鲁番鄯善县七克台镇的1GW光热+光伏一体化项目为例，当地夏季地表温度突破70℃，全年沙尘天气超50天。该项目采用科华数能3125kW光伏逆变升压一体机，凭借硬核实力在高温风沙环境下交出亮眼能

源答卷。雅砻江柯拉光伏电站平均海拔4000-4600米，冬季最低温度-25℃，在高寒、高海拔、低气压的极端环境下，华为智能光伏为其带来高质量、数智化的智能光伏解决方案，入选《2023“零碳中国”优秀项目案例》。

面对这些特殊环境，光伏电站的设备需具备出色的环境适应性。光伏电站环境监测仪器外壳采用高强度、耐腐蚀材料，能抵御沙尘侵蚀、盐雾腐蚀和紫外线老化，内部关键部件密封处理，可防止水分和灰尘进入，确保在极端环境下正常工作，为电站稳定运行和高效发电提供有力支持。在遭遇台风时，如台风“桦加沙”过境后，隆基森特建筑一体化项目中的隆顶BIPV在不同场景下表现可靠，保障了关键设备供电和建筑安全。特殊环境下的光伏电站虽面临重重困难，但通过合适的设备和技术，依然能够实现稳定高效的发电，为清洁能源事业贡献力量。

结论

综上，智能运维技术在新能源光伏发电系统中具有不可忽视的重要作用。从集中式光伏电站到分布式光伏系统，再到特殊环境下的光伏电站，智能运维技术都展现出显著优势。它凭借实时监测、数据分析和预测性维护等功能，有效提升发电效率，降低运维成本，增强系统可靠性。在实际应用中，智能运维技术能够精准定位故障、优化设备运行参数，实现自动化运维和科学决策。随着技术的发展，其在光伏发电领域的应用将更加广泛和深入。未来，需不断完善技术标准、加强人才培养，以应对数据安全等挑战，推动光伏发电产业高效、稳定、可持续发展。

参考文献

- [1]李洪丁.新能源发电场站智能运维技术研究[J].通讯世界, 2025, 32(4): 121-123.
- [2]苟艺, 王培尧, 冉胤林.基于云边的物联技术在“分布式光伏运行服务”中的应用研究[J].科技资讯, 2023, 21(18): 9-14.
- [3]孙圆, 周强, 顾汉富.大规模复杂山地光伏发电数字智慧运维技术研究[J].2025(5): 81-83.
- [4]冯文波, 伊比益, 江代君.探究新能源光伏发电技术的应用与发展前景[C]//全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(七).2024.
- [5]何德长.新能源电站智能化运维管理系统设计[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2024(003): 000.