

电力工程技术在新能源电站运维中的应用

闫林冲

华润电力投资有限公司北方分公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要：随着新能源产业的蓬勃发展，新能源电站运维面临地理环境复杂、设备多样、数据处理困难等挑战。本文深入探讨电力工程技术在新能源电站运维中的应用，通过远程监控与故障预警、设备状态监测、功率调节优化及储能系统集成等技术，实现设备高效管理与发电效益提升。实践表明，这些技术有效降低故障发生率，提高电站利用率与发电效率，为新能源电站的稳定运行和可持续发展提供有力支撑。

关键词：新能源电站；电力工程技术；运维优化

1 新能源电站运维概述

1.1 新能源电站运维的定义

新能源电站运维是指针对太阳能、风能、水能、生物质能等新型能源发电设施，开展系统性的设备管理、技术支持、故障处理、性能优化等一系列活动，以确保电站安全、稳定、高效运行，实现发电效益最大化。它贯穿于新能源电站从建设完成到退役的全生命周期，涵盖设备日常巡检、定期维护、技术改造、数据监测分析等多方面工作^[1]。与传统火电运维不同，新能源电站运维更注重对自然环境变化的适应性和设备智能化管理，需结合新能源发电设备的特性，运用先进的电力工程技术，保障电站持续稳定输出电能。

1.2 运维管理的核心要素

新能源电站运维管理包含人员、设备、技术、数据四大核心要素。人员作为运维工作的执行者，其专业素质和技能水平直接影响运维质量，需要具备电力工程、自动化控制、数据分析等多领域知识；设备是电站运行的基础，从发电设备到输电设备，对其全生命周期管理，包括选型、安装、维护、更换等环节至关重要；技术则是保障运维高效进行的关键，借助电力工程技术，如远程监控、智能诊断等，可提升运维效率与精准度；数据作为运维管理的“眼睛”，通过收集设备运行数据、环境数据等，经分析挖掘，能为运维决策提供科学依据，实现预防性维护和性能优化。

1.3 运维策略与流程

新能源电站运维策略主要有预防性维护、预测性维护和事后维护。预防性维护基于设备运行时间和使用频率，定期进行保养和检查，可减少突发故障；预测性维护借助传感器和数据分析技术，预测设备潜在故障，提前安排维修，降低运维成本；事后维护则是在故障发生后进行修复，适用于对电站运行影响较小的非关键设

备。运维流程包括数据采集与监测、故障诊断与分析、维修计划制定与执行、运维效果评估等环节。通过实时采集设备运行数据，利用诊断技术定位故障，制定维修方案并执行，最后对运维效果进行评估总结，不断优化运维策略与流程。

2 电力工程技术在新能源电站运维面临的挑战

2.1 地理与环境条件复杂

新能源电站多选址于风能、太阳能等资源丰富地区，这些区域往往地理环境复杂，如高山、荒漠、海上等。高山地区交通不便，设备运输和维修困难，且易受雷击、大风等恶劣天气影响；荒漠地区风沙大，设备易受沙尘侵蚀，加速部件磨损；海上风电场面临海水腐蚀、强台风等问题，对设备的防护性能和运维人员的作业安全都提出极高要求。复杂的地理与环境条件增加运维工作的难度和成本，对电力工程技术在设备防护、远程运维等方面的应用提出新挑战。

2.2 设备多样性与高技术含量

新能源电站设备种类繁多，涵盖风力发电机组、光伏组件、逆变器、储能设备等核心装备，且不同设备往往来自全球各地的多元厂商，这使得技术标准和通信协议差异显著，设备兼容性问题尤为突出。与此同时，这些设备深度融合机械、电气、电子、控制等多学科技术，技术含量极高，故障诊断与维修难度极大。风力发电机组内部的齿轮箱集成多级行星齿轮传动结构，齿轮啮合状态、轴承磨损程度等参数的监测需借助振动频谱分析、油液铁谱分析等复杂技术；发电机的绕组绝缘检测则要运用局部放电监测、介损测试等专业手段。光伏组件的性能衰减涉及光电转换效率、弱光响应等多维度参数变化，热斑效应分析不仅需要红外热成像设备进行故障定位，还需结合电气参数分析才能确定根本原因。设备的多样性和高技术特性，对运维人员的专业素养提

出了严苛要求，他们不仅要掌握机械结构原理、电力电子技术，还要精通数据分析与智能算法。而在技术应用层面，如何将不同厂商、不同类型设备的监测与控制技术进行有效集成，实现数据共享与协同管理，成为电力工程技术面临的重大挑战。尽管部分企业尝试搭建开放式设备管理平台，但由于缺乏统一行业标准，集成效果仍不尽人意。

2.3 运维数据量大，处理难度大

新能源电站运行过程中会产生海量数据，如设备运行参数、环境监测数据、电网调度数据等。这些数据具有数据类型多样、实时性强、噪声大等特点。传统的数据处理方法难以满足需求，如何快速、准确地从海量数据中提取有效信息，实现数据的深度分析和挖掘，为运维决策提供支持，是电力工程技术面临的一大挑战。数据的安全存储和传输也至关重要，需要保障数据在采集、传输、存储和处理过程中的完整性和保密性，防止数据泄露和篡改^[2]。

3 电力工程技术在新能源电站运维中的具体应用

3.1 远程监控与故障预警系统

远程监控与故障预警系统是新能源电站智能化运维的核心技术，依托物联网、5G/4G通信网络、云计算和大数据分析技术构建起完整的监测预警体系。在硬件层面，通过在风力发电机组、光伏逆变器、储能变流器等关键设备上部署振动传感器、温度传感器、电流电压传感器、位移传感器等，实现设备运行数据的实时采集，每秒可获取数千条数据。采集的数据经边缘计算设备初步处理后，通过高带宽通信网络传输至云端监控中心，传输延迟可控制在毫秒级。监控中心搭载的人工智能算法和机器学习模型，能够对海量数据进行深度挖掘与分析。以LSTM（长短期记忆网络）为核心的预测模型，可基于设备历史运行数据、环境参数等，精准预测未来72小时内设备的故障概率。当设备运行参数偏离正常阈值时，系统立即触发三级预警机制，通过短信、邮件、APP推送等方式通知运维人员，同时在三维可视化界面上直观展示故障设备位置、故障类型及影响范围。在实际应用中，某西北百万千瓦级光伏电站部署该系统后，成功将逆变器故障平均处理时间从12小时缩短至2小时，组件热斑故障检出率提升至98%。通过提前预警，避免了因汇流箱短路引发的火灾事故，年减少经济损失超500万元。此外，系统还可生成设备健康度报告，为电站年度检修计划制定提供数据支撑。

3.2 设备状态监测与健康管理

设备状态监测与健康管理技术是实现新能源电站预

测性维护的重要手段，通过多维度数据融合分析，构建设备全生命周期健康档案。在技术应用层面，振动分析技术通过采集设备振动频谱，利用包络解调算法识别齿轮箱轴承点蚀、不平衡等故障；红外热成像技术则通过非接触式测温，可检测出光伏组件热斑、电气接头过热等问题，测温精度达 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；油液分析技术通过光谱分析、铁谱分析，能够判断液压系统磨损程度和污染情况。基于上述检测技术获取的数据，结合设备设计参数、运行工况、历史维修记录等，运用灰色预测模型、贝叶斯网络等算法，建立设备健康评估体系。该体系将设备健康状态划分为正常、注意、异常、严重四个等级，并给出剩余使用寿命预测^[3]。在光伏电站应用中，智能EL检测仪可对光伏组件进行夜间巡检，通过图像识别技术自动标记隐裂、断栅等缺陷。结合组件功率衰减模型，系统能够精准定位低效组件，指导运维人员开展针对性的清洗、更换工作。

3.3 功率调节与优化控制技术

功率调节与优化控制是保障新能源电力可靠并网的核心技术，针对新能源发电的间歇性、波动性特点，通过多技术协同实现发电功率的精准调控。在风力发电领域，变桨距控制技术可根据实时风速调整叶片角度，当风速超过额定值时，通过主动失速控制限制机组功率输出，保护设备安全；变速恒频控制技术则通过双馈异步发电机转子侧变流器调节，实现不同风速下的最佳叶尖速比运行，使风能利用系数提升至0.48以上。在光伏发电系统中，MPPT技术采用电导增量法、粒子群优化算法等，可在光照强度、温度快速变化的环境下，将组件工作点锁定在最大功率点附近，追踪效率达99.5%以上。同时，基于气象预测数据的功率预测系统，可提前15分钟至72小时预测电站发电功率，误差率控制在3%以内。在电网互动层面，储能系统与智能控制系统协同工作，当电网频率波动时，储能装置可在100毫秒内响应，通过充放电调节维持功率平衡。某风光储一体化电站通过该技术，将功率波动标准差从25%降低至8%，满足电网对新能源电站一次调频、二次调频的技术要求，获得电网企业的高度认可，通过峰谷电价策略优化，电站年收益提升约12%。

3.4 储能系统的集成与应用

储能系统集成应用是破解新能源消纳难题的关键技术，通过将锂电池、液流电池、压缩空气储能等多种储能技术与新能源发电系统有机结合，实现电能的时空转移和灵活调度。在系统架构上，采用“能量管理系统（EMS）+储能变流器（PCS）+电池管理系统

(BMS)”的智能控制方案,EMS根据电网调度指令、新能源发电预测、负荷需求等,优化制定储能系统充放电策略。锂电池储能凭借其响应速度快(毫秒级)、能量密度高的优势,在分布式光伏电站中广泛应用。通过实时监测电网电压、频率变化,锂电池储能系统可快速进行无功补偿和有功调节,解决光伏电力反送导致的电压越限问题。在某工业园区分布式光伏项目中,配置1MW/2MWh锂电池储能系统后,光伏自发自用率从65%提升至88%,减少了企业购电成本。抽水蓄能作为当前技术最成熟、容量最大的储能方式,在大型风光基地配套项目中发挥重要作用。某千万千瓦级风电基地配套建设的120万千瓦抽水蓄能电站,在风电大发时段抽水蓄能,夜间负荷高峰时发电,有效平抑了风电波动,提高了电力系统调峰能力。压缩空气储能、飞轮储能等新型储能技术也在不断突破,为新能源电站的灵活运行提供更多选择。

4 案例分析:电力工程技术在新能源电站运维中的实践

4.1 风电场远程监控与故障预警系统案例分析

某大型海上风电场装机容量达500MW,由于地处偏远海域,运维难度大。该风电场采用了先进的远程监控与故障预警系统,在每台风力发电机组上安装了振动传感器、温度传感器、转速传感器等多种监测设备,实时采集设备运行数据,并通过5G通信网络传输至陆地监控中心。监控中心利用大数据分析和人工智能算法,对数据进行深度处理,建立风力发电机组故障预警模型。在系统运行过程中,成功预测多起齿轮箱轴承磨损故障和发电机绕组过热故障,运维人员根据预警信息及时安排海上维修作业,避免重大设备损坏事故的发生,使风电场的可利用率提高5%,年发电量增加了约2500万度,有效降低运维成本和提高经济效益。

4.2 光伏电站功率优化与并网控制案例

某沙漠地区的光伏电站装机容量为100MW,为提高发电效率和电网接入稳定性,应用了功率优化与并网控制技术。在光伏组件端,采用了先进的MPPT技术和智能逆变器,实时跟踪光伏组件的最大功率点,提高发电效率;在电站侧,安装了功率预测系统,通过对气象数据和历

史发电数据的分析,预测未来一段时间内的发电量^[4]。结合电网调度指令,利用储能系统和智能控制系统,对电站输出功率进行平滑调节,实现与电网的稳定并网。经过技术应用,该光伏电站的发电效率提高8%,在电网调峰过程中表现良好,有效减少弃光现象,提高光伏电力在电网中的消纳能力。

4.3 综合能源管理系统在新能源电站的应用

某综合能源示范园区内建设了包含光伏发电、风力发电、储能系统和智能微电网的新能源电站。为实现多种能源的协同优化运行,园区采用了综合能源管理系统。该系统整合了发电设备、储能设备、负荷设备的运行数据,通过能量管理算法和优化模型,对园区内的能源生产、存储和消费进行统一调度和管理。在白天光照充足时,优先利用光伏发电满足园区负荷需求,多余电力存储至储能系统;夜间或光伏电力不足时,由储能系统和风力发电补充供电。通过综合能源管理系统的应用,园区能源自给率提高30%,能源利用效率显著提升,同时降低对大电网的依赖,提高了园区能源供应的可靠性和稳定性,为综合能源项目的建设和运营提供成功范例。

结束语

电力工程技术在新能源电站运维中的应用,显著提升了电站智能化管理水平与运行效率,有力推动了新能源产业发展。然而,面对复杂多变的环境和不断更新的技术需求,仍需持续创新与优化。未来,随着人工智能、物联网等技术的深度融合,新能源电站运维将朝着更智能、更高效、更安全的方向迈进,为全球能源转型和可持续发展贡献更大力量。

参考文献

- [1]张喻,郭显成,王博宇.电力工程建设中的智能化技术对能源节约的影响[J].建材发展导向,2024,22(09):124-126.
- [2]于乐岭,郭师洋.电力工程中新能源发电技术的发展路径与应用实践[J].电工技术,2024,(08):39-42.
- [3]陈雪梅,吴丽云.智能运维技术在光伏电站中的应用效果评估.电力工程技术,2020,34(2):67-73.
- [4]李九州,王莉莉.基于大数据分析的智能运维优化策略研究.电气自动化设备,2021,28(1):32-38.