

风电新能源设备运维管理系统研究

陈 强

宁夏浙能新能源有限公司 宁夏 中卫 755000

摘要：在“双碳”战略深入推进与全球能源转型加速背景下，风电作为技术最成熟的可再生能源之一，装机规模呈爆发式增长。本研究聚焦风电新能源设备运维管理系统，针对设备分布广、工作环境恶劣、技术复杂等特点，开展系统架构设计与关键技术应用研究。构建了包含数据采集、传输、存储、分析及应用层的总体架构，设计设备监控、故障诊断、维护管理等功能模块，融合物联网、大数据、人工智能及云计算技术，实现设备状态实时监测、故障预测与维护优化。同时提出集控式、智能化、专业化运维模式，并强化人员培训管理，旨在提升运维效率、降低成本，为风电设备安全稳定运行提供系统化解决方案，推动新能源产业智能化发展。

关键词：风电新能源；设备运维；管理系统；研究

引言：随着全球能源转型加速，风电作为可再生能源的重要组成部分，其装机规模持续扩大。然而，风电设备多分布于偏远山区、沿海等复杂区域，面临极端气候、设备精密化等运维挑战，传统管理模式难以满足高效运维需求。构建智能化运维管理系统，对实时监控设备状态、提前预警故障、优化维护策略具有重要意义。本研究基于风电设备运维特点，结合新兴信息技术，探索系统化、智能化的运维管理架构与模式，旨在解决当前运维效率低、成本高、安全性不足等问题，为风电新能源产业的可持续发展提供技术支撑。

1 风电新能源设备运维管理的特点

1.1 设备分布广且分散

风电新能源设备的选址通常依据风能资源的分布，多布局于风能丰富的偏远地区，如广袤的戈壁、连绵的山区以及辽阔的海上。这些区域远离城市和交通干线，使得设备分布呈现广域、分散的态势。例如，大型陆上风电基地可能覆盖数十甚至上百平方公里，海上风电场更是分散在离岸数十公里的海域。这种分散性导致运维人员需耗费大量时间和精力往返于各个设备之间，增加了巡检和维修的难度。

1.2 工作环境恶劣

风电设备长期暴露在复杂且恶劣的自然环境中，承受着极端气候条件的考验。在陆上，设备需抵御高温、严寒、沙尘、暴雨等天气。例如，西北地区冬季气温可低至-30℃以下，设备的机械部件易因低温而脆化，润滑油粘度增加，影响正常运转；夏季高温时，电气元件又面临过热风险。在海上，风电机组不仅要承受强风、巨浪冲击，还需应对高盐雾环境带来的腐蚀问题。盐雾会加速金属结构的锈蚀，缩短设备使用寿命，增加维护频

率和成本。

1.3 设备技术复杂

风电新能源设备融合了机械、电气、空气动力学等多学科技术，结构与系统高度复杂。从叶片、轮毂、主轴等机械传动部件，到发电机、变流器、控制系统等电气设备，每个组件都包含精密的设计与制造工艺。例如，现代大型风电机组的叶片长度可达百米以上，其材料性能、气动外形设计直接影响发电效率；发电机内部的电磁系统、冷却系统等也需协同工作，以确保稳定输出^[1]。

2 风电新能源设备运维管理系统的架构设计

2.1 系统总体架构

2.1.1 数据采集层

数据采集层作为系统的“感知神经”，依托各类传感器实时获取设备运行数据。在风电设备关键部位部署振动、温度、压力传感器，监测机械部件状态；利用电流、电压传感器采集电气系统参数；结合风速、风向传感器记录环境数据。通过多类型传感器的协同工作，实现设备运行状态的全面感知，为后续分析提供原始数据支撑。

2.1.2 数据传输层

数据传输层负责将采集的数据快速、稳定地传输至后端。针对风电设备分布广的特点，综合运用4G/5G、光纤、卫星通信等技术。在网络信号良好区域，优先采用高速5G网络；偏远地区或海上风电场，则借助卫星通信保障数据链路畅通。同时，采用加密传输协议，确保数据在传输过程中的安全性与完整性。

2.1.3 数据存储层

数据存储层承担海量运维数据的存储任务。采用分布式存储技术，结合关系型数据库与非关系型数据库的

优势，实现结构化（如设备档案）与非结构化数据（如监测波形）的分类存储。利用数据压缩、备份策略提升存储效率，保障数据长期可追溯，为数据分析提供稳定的数据资源池。

2.1.4 数据分析层

数据分析层是系统的“智慧中枢”，运用大数据分析、机器学习算法对存储数据深度挖掘。通过数据清洗、特征提取，构建设备健康评估模型，预测故障发生概率与时间。同时，对比历史数据与行业标准，分析设备性能变化趋势，为运维策略优化提供科学依据。

2.1.5 应用层

应用层面向运维管理人员，以可视化界面呈现系统功能。集成设备实时监控、故障预警、维护工单派发等功能模块，支持多终端访问。管理人员可通过手机、PC等设备查看设备状态，接收预警信息，制定维护计划，实现运维管理的便捷化、智能化与高效化^[2]。

2.2 系统功能模块设计

2.2.1 设备监控模块

设备监控模块通过部署传感器实时采集风机转速、功率、温度等运行数据，以可视化图表和地图定位呈现设备状态，支持风电场全局与单台设备监控。阈值报警机制实时监测参数异常，一旦触发即通过声光、短信等方式预警，帮助运维人员快速掌握设备状况，及时响应潜在问题，保障设备稳定运行。

2.2.2 故障诊断与预测模块

故障诊断与预测模块借助人工智能和大数据技术，对比实时数据与历史故障案例、标准数据，精准诊断齿轮箱振动异常、发电机过热等故障。同时，利用机器学习算法分析设备性能趋势，提前预测故障隐患及发生时间，推动运维模式从被动维修转向主动预防，降低突发故障风险，提升运维效率。

2.2.3 维护管理模块

维护管理模块围绕设备全生命周期，依据运行状态和预测结果自动生成巡检、维护计划，并以工单形式派发给运维人员。通过移动端实现任务接收、过程记录、数据上传全流程管理，管理人员可在线跟踪进度，统计成本与资源消耗，优化维护策略，确保维护工作高效规范，延长设备使用寿命。

2.2.4 报表生成模块

报表生成模块整合设备运行、故障、维护等数据，按需自动生成统计报表、分析报告。通过可视化呈现发电量、故障率等关键指标，辅助管理人员评估运维效果，发现管理短板。支持自定义导出功能，满足不同部

门决策需求，为科学运维管理提供数据支撑。

3 风电新能源设备运维管理系统的关键技术应用

3.1 物联网技术

物联网技术是实现风电设备全面感知与互联互通的基础。在风电新能源设备运维管理系统中，通过在风机叶片、齿轮箱、发电机等关键部位部署温度、振动、压力等多种传感器，构建起设备感知网络。这些传感器如同设备的“神经末梢”，实时采集设备运行状态数据、环境参数等信息，并借助无线网络（如5G、LoRa）将数据传输至云端平台。此外，物联网技术还可实现设备与设备、设备与人之间的信息交互，运维人员通过手机或PC端，可远程操控设备启停、调整运行参数，极大提升运维的灵活性与及时性，为实现智能化运维奠定基础^[3]。

3.2 大数据技术

大数据技术为风电设备运维提供了深度的数据处理与分析能力。风电设备运行过程中会产生海量数据，涵盖设备历史运行数据、故障记录、环境数据等。大数据技术通过分布式存储与计算框架（如Hadoop、Spark），高效处理这些数据。一方面，对设备全生命周期数据进行清洗、整合与挖掘，建立设备健康档案，分析设备性能变化趋势，发现潜在问题。例如，通过对某风电场长期运行数据的分析，可总结出不同季节、不同风速下设备的故障高发规律，为制定针对性维护策略提供依据。另一方面，利用大数据技术可实现多维度数据关联分析，如将设备运行数据与气象数据结合，优化风机发电效率，同时降低因极端天气导致的设备损坏风险，提高风电场整体运营效益。

3.3 人工智能技术

人工智能技术赋予风电设备运维管理系统“智慧决策”能力。在故障诊断与预测领域，基于深度学习算法（如卷积神经网络、循环神经网络）构建的故障诊断模型，能够对设备振动、电流等数据进行特征提取与模式识别，精准判断齿轮磨损、轴承故障等问题，诊断准确率远超传统方法。此外，通过强化学习算法，系统可根据设备运行状态与环境变化，动态优化风机控制策略，如自动调整叶片角度以最大化风能捕获效率。

3.4 云计算技术

云计算技术为风电设备运维管理系统提供强大的计算与存储资源支撑。风电场产生的海量数据存储与复杂分析任务，对硬件资源要求极高，而云计算通过虚拟化技术整合服务器资源，提供弹性可扩展的计算能力。运维管理人员无需投入大量资金建设本地数据中心，可根据业务需求灵活租用云服务，降低前期建设与运维成

本。同时，云计算的分布式架构保障了数据的安全性与可靠性，通过多地数据备份与容灾机制，避免因硬件故障导致数据丢失。

3.5 风电设备检测技术

风电设备检测技术是保障风电系统稳定运行的核心。通过振动监测、红外热成像等非侵入式检测手段，可实时捕捉风电机组齿轮箱、轴承等关键部件的磨损与故障隐患；利用激光测距、应变测量技术，能精准评估塔架结构的疲劳损伤情况。电气系统则借助局部放电检测、绝缘电阻测试等方法，确保发电性能稳定。这些技术的综合应用，既为设备预防性维护提供数据支撑，也有效降低停机风险，提升风电新能源设备的运维效率与发电可靠性^[4]。

4 风电新能源设备运维管理模式的优化

4.1 集控式管理模式

集控式管理模式通过构建区域集中控制中心，整合分散的风电设备运行数据与运维资源，实现对多风电场的统一调度与管理。该模式依托高速通信网络与数据传输技术，将分散在不同区域的风机运行参数、设备状态信息实时汇聚至集控中心。管理人员可通过大屏幕可视化系统，直观监控区域内所有风电场的运行状况，远程调节风机发电功率、切换设备运行模式。同时，集控中心可统筹安排运维力量，根据设备故障优先级与地理位置，科学规划巡检路线与维修任务，避免运维资源浪费。

4.2 智能化管理模式

智能化管理模式以物联网、大数据、人工智能等技术为核心，实现风电设备运维从“经验驱动”向“数据驱动”的转变。通过部署智能传感器实时采集设备运行数据，利用大数据分析挖掘设备潜在故障风险，结合人工智能算法构建故障预测模型，提前预判设备故障并制定维护策略。此外，智能化管理模式还可实现风机运行的自适应优化，根据风速、风向、温度等环境变化，自动调整叶片角度、发电机功率输出，最大化风能利用效率。

4.3 专业化运维模式

专业化运维模式强调将风电设备运维工作细分至不同专业领域，组建具备特定技术专长的运维团队，实现精细化管理。根据风电设备的机械结构、电气系统、控制系统等不同组成部分，分别成立机械维修、电气调试、软件优化等专业小组。各小组专注于自身领域的技术研究与问题解决，例如机械维修小组专攻齿轮箱、轴承等机械部件的故障诊断与修复，电气调试小组负责发

电机、变流器等电气设备的性能优化。同时，引入第三方专业机构进行技术支持与质量监督，确保运维工作达到行业标准。专业化运维模式有助于提升运维工作的深度与精度，快速解决复杂技术难题，降低设备故障率，延长设备使用寿命，为风电企业提供更专业、高效的运维服务。

4.4 运维人员培训与管理

运维人员是风电设备运维管理的核心力量，完善的培训与管理体系是保障运维质量的关键。在培训方面，建立分层分类的培训机制，针对新入职员工开展基础理论、安全规范与操作技能培训；对资深运维人员提供高级技术课程、前沿技术讲座，提升其解决复杂问题的能力。同时，结合虚拟现实（VR）、模拟仿真等技术，开展实操演练，增强培训的真实感与有效性。在人员管理上，制定科学的绩效考核制度，将设备故障率、维修及时率、运维成本等指标纳入考核，激励员工提升工作效率与质量。此外，搭建员工职业发展通道，为表现优秀的运维人员提供晋升机会与技术专家培养路径，增强团队凝聚力与稳定性，为风电设备运维管理提供坚实的人才保障^[5]。

结束语

综上所述，风电新能源设备运维管理系统的研究与优化对提升风电产业竞争力意义深远。本研究通过剖析设备运维特点，构建分层架构并融入物联网、大数据等前沿技术，实现设备全生命周期智能化管理；同时创新集控式、智能化等运维模式，强化人员培训管理，为解决风电设备分布广、环境恶劣、技术复杂等运维难题提供系统化方案。然而，随着风电产业向深远海、高海拔等领域拓展，运维管理仍面临新挑战。

参考文献

- [1] 张欣.风电工程中大型工程机械的优化管理策略[J].智慧城市,2021,7(12):277-278.
- [2] 徐丽秋,兰奕,孙晓婷等.风电行业发展、运维及设备润滑现状[J].润滑油,2021,33(05):126-127
- [3] 钱银辉,王安.浅谈国内风电运维船主要设备配置及布置[J].黑龙江科技信息,2022(17):152-153
- [4] 童英杰.新能源发电企业风电机组齿轮箱运维管理研究[J].中国设备工程,2021,(09):92-93.
- [5] 高贺,樊燕明,吴美玲.风电新能源设备运维管理系统研究[J].中国设备工程,2022(12):125-126.