

Exploration and Research on Promoting Refined Operation and Maintenance Management of Wind Farms

Jingwen Shi Yong Liu Hua Li

Dongfang Green Energy (Hebei) Co., Ltd. Beijing Branch, Beijing, 100000, China

Abstract

The Third Plenum of the 20th Central Committee of the Communist Party of China proposed to “deepen the reform of the energy management system and build a unified national electricity market”, which will help achieve the optimization of the allocation of electricity resources on a larger scale. With the adjustment of energy structure and the in-depth promotion of new energy strategy, wind power has become an important part of China’s energy system. However, the current operation and maintenance management of wind farms can no longer meet the needs of market development, and the traditional management methods have affected the operation efficiency and economic benefits of wind farms. The purpose of this paper is to put forward the strategy of refined operation and maintenance management from the theoretical level, provide new ideas and methods for the operation and management of wind farms, study the actual operation and management level of wind farms at the practical level, and explore the effective ways of refined operation and maintenance management of wind farms, so as to help improve the operation efficiency and economic benefits of wind farms and promote the sustainable development of the wind power industry.

Keywords

wind farm management; refined operation and maintenance; economic benefits

推进风电场精细化运维管理的探索研究

石静雯 刘勇 李华

东方绿色能源（河北）有限公司北京分公司，中国·北京 100000

摘 要

党的二十届三中全会提出要“深化能源管理体制变革，建设全国统一电力市场”，这将有助于实现电力资源在更大范围内的优化配置。随着能源结构的调整和新能源战略的深入推进，风电已成为中国能源体系的重要组成部分。然而，当前的风电场运维管理已满足不了市场发展需求，传统的管理方式已经影响了风电场的运行效率和经济效益。论文旨在从理论层面上提出精细化运维管理策略，为风电场运行管理提供新的思路和方法，在实践层面上研究风电场实际运营管理水平，探讨风电场精细化运维管理的有效途径，帮助提高风电场运行效率和经济效益，推动风电行业可持续发展。

关键词

风电场管理；精细化运维；经济效益

1 引言

近年来，国家对清洁能源的迫切需求，推动了风力发电设备建设技术呈现飞速提升和快速发展的态势，根据统计数据显示，中国风电装机容量已连续多年位居全球首位。在国家政策的支持下，风电场运营维护紧跟时代步伐，依托现代信息技术的深度融合，有效实现风电场的精细化运维管理，助推企业积极参与国际市场竞争，逐步成为世界风电产业的领导者。鉴于风力发电规模化发展起步较晚，相关领域仍有许多环节亟待完善，我们必须紧跟时代发展的脉动，通过实施精细化运维管理，依托技术进步进行优化和调整，以应对现实挑战，推动风电产业健康、可持续发展。

【作者简介】石静雯（1996-），女，中国天津人，硕士，助理工程师，从事风电场管理研究。

2 风电场精细化运维管理的理论框架

2.1 精细化管理的概念与内涵

精细化管理思想起源于日本企业的生产管理，早称“精益管理”，是在常规管理的基础上，以最大限度减少管理所占用的资源、降低管理生产成本、使经济效益最大化为主要目标的管理方式^[1]。它强调在管理过程中追求细节、精确和高效，以实现资源的最优配置和企业的可持续发展。

2.2 精细化运维管理的构成要素

风电场精细化运维管理由管理制度与规范、技术创新与智能化手段、人员培训与素质提升构成要素组成。其中，管理制度与规范构成了其坚实基础，强调制定完善的运维管理制度，确保运维工作有明确的指导思想与操作规程可遵循，从而有章可循、有法可依。建立规范的操作流程，旨在降低人为操作失误的风险，提升运维效率。技术创新与智能

化手段则为风电场精细化运维管理提供了重要支撑。通过引进先进的运维技术，风电场的运行效率得到显著提升。利用大数据、物联网、人工智能等前沿技术，风电场的运维工作得以智能化，实现了实时监控与预测性维护。人员培训与素质提升是精细化管理的核心环节，它关系到整个管理体系的执行力度和效果。这三者相互支撑，共同推动风电场精细化管理的深入实施，确保风电场的高效、安全和可持续发展。

3 实施风电场精细化运维管理的意义

随着可再生能源的快速发展，以及风能资源和土地资源的日益稀缺，分布式风电得到迅速发展，风电开发模式逐渐转向“精细化”^[2]。风电场作为清洁能源的重要组成部分，其运维管理的重要性日益凸显，特别是在提升管理效能、降低成本费用、优化检修程序等方面具有重要价值意义，更是提高风电场运行效率和经济效益的关键。

3.1 有效降低成本费用

在风电场管理中，费用控制是生产计划费用管理的核心内容。精细化运维管理通过对生产计划费用的深入分析，能够发现成本过高的原因，通过实施精细化运维管理，可以对人工成本、设备维护费用、材料费用等各项费用的有效控制，从而显著降低风电场的运营成本，从而提升整体经济效益。这种持续的成本分析与优化，有助于不断调整和改进生产计划，提高风电场的运行效率，实现成本控制与经济效益的双重提升。

3.2 全面优化检修程序

在风电场管理中，检修工作是不可忽视的重要环节，它直接关系到风电场的运行效率和安全性。精细化运维管理可以帮助风电场建立完善的设备检测系统，实时监控设备状态，确保其在最佳状态下运行。当设备出现故障时，风电场以快速响应机制，及时组织专业人员进行故障排查和修复，缩短故障处理时间，减少设备停机时长，从而降低风电场的运行风险，从而实现提高风电场的运维管理水平。

3.3 扎实物资储备管理

风电场物资管理是确保生产流程顺畅和成本控制的关键环节，特别是在物资采购、存储、领用与回收等细节上。精细化运维管理可以根据生产计划和设备需求，合理安排采购计划，确保所采购物资的质量符合标准，供应及时，以满足风电场日常运营和突发情况的需要。同时，有利于加强物资的回收利用，实现物资合理使用，提高整体经济效益。

3.4 提升组织管理效率

风电场的生产组织管理是确保其高效、稳定运行的重要保障。根据风电场生产任务和设备特点，合理配置生产人员，包括技术人员、操作人员和维护人员等，以提高生产效率和响应速度，确保各项生产任务能够按照计划顺利执行，各生产环节协同配合，从而保证风电场的正常运行和电力输出。风电场精细化运维管理可以在人员配置、生产调度和生

产安全等多个环节提出合理措施，实现风电场结构转型和环境保护方面发挥更大的作用。

4 风电场精细化运维管理的实践探索

在风电业务的快速发展扩张形势下，探索和构建新型运维体系是风电运营业务由快速扩张的外延式发展到提高管理能力的内涵式增长转型的必经之路^[3]，精细化运维管理已成为提高风电场运行效率和经济效益的重要途径，也是推动风电发展的管理创新。

4.1 案例分析：中国典型风电场精细化运维管理实践

4.1.1 三峡能源智能化运营实践

进入“十四五”时期，三峡能源紧跟国家数字化转型战略发展要求，充分利用新技术新应用，启动了《基于多源感知和云边融合的西北干旱地区智能场站整体解决方案研究与示范应用项目》。2024年7月，三峡能源首个智能光伏电站完成验收。三峡能源作为国内领先的风电企业，其在智能化运营方面取得了显著成果，三峡能源通过构建智能化运维平台，实现了对风电场设备的实时监控、故障诊断和预测性维护。该平台实现了风电场设备数据的实时采集、传输和处理，采用大数据分析技术，对设备运行状态进行预测和诊断；建立了完善的运维管理制度，提高了运维效率。

4.1.2 江行智能 AI 视频集控系统应用

江行智能鉴于风电场地理环境的特殊性与风电机组构造的复杂性，以及风电运维面临着巡视任务重、巡视难度大、监控盲区多等难题，基于视频 AI 的风电场智能巡检解决方案，面向风电机组、升压站、集电线路等场景，通过打造“无人值班、少人值守、集中监控”的智能运维管理新模式，实现设备、人员、环境的立体化巡视与全方位监管，确保风电场安全稳定运行，推动新能源场站数字化转型。

4.2 风电场区域化运营模式

在风电场运营管理领域，区域化运营模式正日益受到重视。此模式的核心在于设立区域运营中心，以实现对多个风电场的统一和精细化管理。该中心承担着制定和完善风电场运维管理制度的重要任务，负责运维资源的统一调度，对风电场设备运行数据进行实时监控与分析，确保资源的最优配置。为了保障风电场在设备故障时能迅速恢复运行，必须建立一套完善的备频备件管理制度，包括制定合理的备件目录，确保备件种类齐全，以及加强备件的采购、储存和发放管理，提高备件利用率。通过建立信息化管理系统，设立区域运营中心和优化备频备件管理，不仅提高运维效率，也为风电场的稳定运行提供坚实保障。

在推进区域化精细运维管理过程中，关键在于确保维护团队能在短时间内抵达指定维护位置。为此，需对服务范围进行周密规划，确保在两小时车程以内的服务半径内，即使装机容量较小，也能维持维护团队的高效运作，以达成降低运维成本的核心目标。为实现区域化运维的最大效能，还

需依赖于强大的后台技术支持团队。这一团队为区域化运维提供专业的技术支持，确保运维服务的质量与效率，从而充分释放区域化运维的潜力。

4.3 智能化运维管理技术的应用

智能化运维管理正引领着风电场运行与维护领域的新趋势，在当前风电场运维管理领域，智能化技术的应用正逐步推进，其中远程监控、机器人巡检、无人机检测和视频AI分析成为四大技术亮点，它不仅显著提升运维工作的效率，而且有效降低了相关成本。借助“线上+线下”的智能化运维模式，“线上”部分构建集信息监控和智能巡检于一体的集中运维平台，通过实时监控设备状态、预警提示，以及生成运行数据报表等功能，使得运维人员能够及时了解设备运行状况；视频AI分析技术通过实时分析风电场设备运行画面，实现对设备状态的实时监测和预警，远程进行诊断和故障处理，实现智能巡检则能够对叶片进行自动化检查。

“线下”部分则涵盖标准化的制度管理、精益化的执行流程和对标化的质量管理。伴随着信息技术的迅猛进步，大数据分析、图像识别技术、GPS/北斗定位系统、云计算及红外成像等先进技术逐渐被融入风电场智能化运维管理之中，推动风电场向无人化值班、少量人员值守、区域化检修的智慧化管理模式转变。这一变革不仅能减少人员安全风险，提高成本效益，还可以推动管理水平的精细化与高效化，满足企业对于精准、精细和经济化管理的需求，从而增强企业的核心竞争力。

集中监控信息系统是“线上”层面的核心，通过整合生产实时数据采集、实时监控系统、智能巡点检和智能仓储等多个信息系统，实现了运维工作的智能化。而“线下”则强调标准化和精益化的管理体系，将管理理念贯穿于具体的执行标准和操作流程中，对于推动电力企业的改革、确保电网运行稳定、促进新能源技术的全面发展、提升新能源生产经营效率、增强市场竞争力以及规范新能源行业员工与职能管理。这些智能化运维管理技术的研究与应用，风电场不仅能够实现高效的运维管理，还能提升风电场的整体安全性能和经济效益。

5 风电场精细化运维管理的挑战与对策

5.1 现阶段风电场精细化运维管理面临的问题

在现阶段，中国风电场精细化运维管理仍面临诸多问题与挑战。一是管理制度不健全。中国风电场精细化运维管理尚处于起步阶段，一方面，运维管理的标准化、规范化程度较低，导致运维过程存在较大的随意性；另一方面，运维管理责任不明确，易导致各部门之间的推诿扯皮，直接表现为相关管理制度尚不完善。二是技术创新不足。风电场精细化运维管理涉及多个领域的技术，如监测、诊断、维护等。然而，现阶段中国风电场精细化运维管理的科技创新不足，尤其是关键核心技术仍依赖进口，限制了运维管理水平的提

升。三是人员素质不高。风电场精细化运维管理对人员素质要求较高，不仅需要具备丰富的理论知识和实践经验，还需掌握一定的管理能力。但现阶段中国风电场运维人员整体素质不高，难以满足精细化管理的需求。

5.2 提升风电场运维管理水平的策略探讨

5.2.1 加强政策引导与支持

政府部门需强化对风电场精细化运维管理的政策导向和支持力度，促进相关政策的制定与完善，以推动风电行业运维管理向更高水平发展。应激励企业增加研发投入，推进技术革新，从而提升运维效率和管理质量。要明确各职能部门的职责，通过消除职能交叉，界定清晰的职责范围，避免工作中的推诿和职能混淆。以定期检修项目为例，生产部门应负责审核分公司年度设备定期检修计划，审批检修方案和申请，下发检修任务单，抽查检修工作，并汇总检修总结。运维中心主要是负责进行年度检修计划的编写、负责进行检修申请的编写、负责进行定期检查和验收、负责做好检修记录以及检修台账、检修中心则主要负责进行检修方案的编制、检修预算的编制、定期检修工作的实施^[4]。备品备件部门则负责预算审核、决算编制和合同签署。通过这样的职责划分，风电场运维管理将更加有序高效，有助于行业健康发展。

5.2.2 全面提高技术创新能力

要致力于强化技术创新的深度与广度，尤其是在关键核心技术上，力求实现自主国产化的突破。应积极与科研院所建立合作关系，携手推动风电场精细化运维管理技术的进步。充分运用大数据、云计算、人工智能和物联网等前沿信息化技术，装备具有数字通信功能以及优化配置、诊断维护等附加功能的智能设备，帮助提升风电场管理感知、分析、推理、决策和控制的能力，增强风电场站点的数字化和智能化水平，实现作业的机械化和数字化^[5]，减少对人工的依赖。广泛开展技术革新、服务质量提升和发明创造活动，激励班组成员在岗位上解决难题，将班组层面的创新与公司的技术创新、管理创新和服务创新紧密结合，形成一股推动企业发展的强大动力，为风电行业的可持续发展奠定坚实的技术基础。

5.2.3 培养专业管理人才

在风电场运维管理领域，人才培养是提升整体管理水平的核心。要重视运维人员的能力建设，通过与高校和职业院校的合作，培育一批既具备专业技能又拥有管理能力的人才。要将人才视为关键变量，结合公司发展目标、电厂运营需求和员工个人发展，通过全员自我剖析、工作状态梳理和个人发展计划制定，以及电厂负责人与员工的一对一交流等方式，深入了解员工的思想动态和发展需求，为员工定制培养方向。探索构建“人才雁阵”，实施搭建、跟踪、调整的骨干人才培养计划，确保人才培养与发展战略同步。通过参与“厂长大讲堂”等培训活动，以及交接班时间的针对性培

训，提升员工技能。发挥绩效管理“指挥棒”作用，通过年底的考核反馈进行动态调整，通过培训、实践和取证相结合的方式，分层次开展安全、生产和综合理论培训，全面提升员工的政治素质、业务水平和综合能力，为风电场的高效运营和长远发展提供坚实的人才支撑。

6 结语

通过分析风电场运维管理的现状，阐述了精细化运维管理对于提高风电场运行效率、降低运维成本、保障风电场安全稳定运行具有重要意义。对风电场精细化运维管理，不仅要重视风电场运维管理的信息化建设，更要从风电场设备管理、人员管理、运维流程优化、运维技术创新等方面提出具体管理措施，以实现降低运维成本，规范运维流程，提高

运维效率，确保风电场安全稳定运行的目的。总的来说，利用先进的信息技术手段，可以有效提升风电场的运行效率、降低运维成本、提升安全保障。

参考文献

- [1] 古慧卉.中建Z项目钢筋工程精细化管理研究[D].武汉:华中科技大学,2019.
- [2] 雷栋,摆念宗.我国风电发展中存在的问题及未来发展模式探讨[J].水电与新能源,2019,33(5):74-78.
- [3] 张艳锋,田震,杨海涛,等.风电场智慧运维管理浅谈[J].中国设备工程,2019(15):35-37.
- [4] 杨义宏.风电场运维检修一体化管理的研究[J].产业科技创新,2019.
- [5] 白岭.“无人值守”新能源场站管理要素分析[J].中国电力企业管理,2024(3):70-71.