

Discussion on Technical Management and Practice of Production and Operation of Offshore Wind Power in Far-reaching Sea

Huanlin Wei

SPIC Guangxi Electric Power Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract

This paper focuses on the production and operation technology management and practice of far-reaching Sea breeze power, from equipment selection, technical specifications to fault prediction and real-time monitoring and other key links, in-depth discussion of its technical optimization and innovation practice in complex environment. Based on the analysis of the unique demand and practical operating experience of the far-reaching sea breeze power, the management strategy of improving operation efficiency and controlling operation cost is expounded. At the same time, this paper also discusses the practical application of big data and artificial intelligence in wind farm management, puts forward the technical path of future sustainable development, and provides a theoretical reference for industry practice.

Keywords

far-reaching sea; offshore wind power production and operation; technical management; practice

浅谈深远海海上风电生产运营技术管理与实践

韦焕林

国家电投集团广西电力有限公司, 中国·广西 南宁 530000

摘要

论文聚焦深远海风电的生产运营技术管理与实践, 从设备选型、技术规范到故障预测和实时监测等关键环节, 深入探讨其在复杂环境中的技术优化与创新实践。通过分析深远海风电的独特需求与实际运营经验, 阐明了提升运行效率、控制运营成本的管理策略。同时, 论文还探讨了大数据和人工智能在风电场管理中的实际应用, 提出了未来可持续发展的技术路径, 为行业实践提供了理论参考。

关键词

深远海; 海上风电生产运营; 技术管理; 实践

1 引言

深远海海上风电因其丰富的风能资源和可再生能源领域的重要地位, 逐渐成为国际清洁能源开发的焦点。但相较于近海和陆地风电, 深远海风电的运行管理面临极大的环境挑战与技术壁垒。从风电设备的抗风抗浪设计, 到运营阶段的安全管理和维护优化, 深远海风电的复杂性要求系统化的技术整合和高效的管理策略。同时, 随着大数据和人工智能的应用日益深化, 风电场的生产效率和运营智能化程度得到明显提升。

2 深远海海上风电概述与技术背景

深远海海上风电作为一种可持续能源形式, 随着全球

能源转型的加速, 已经逐渐成为重要的清洁能源发展方向。与近海风电相比, 深远海的水深、风力资源以及复杂的海洋环境使风电设备的选型和布设方案更加复杂, 这些因素要求风机的设计既要具备高效的发电能力, 还必须适应极端气候和海洋条件, 如高波浪、高风速以及频繁的海上天气变化。同时, 深远海区域的施工难度远大于近海, 长距离的输电问题、复杂的水下基础设施建设, 以及设备安装和维护的高难度, 都是深远海风电项目在建设阶段面临的重要技术难题。此外, 由于深远海风电场的运行距离远、海域深, 维护周期长, 且受到自然环境影响较大, 这就要求采取先进的监控技术和动态管理模式, 以确保风电场的稳定运行和发电效益, 例如风电场运维中的故障预测与预防性维护是提高设备运行效率、降低停机时间的核心措施。通过实时监测数据的收集与分析, 可以有效预测设备的潜在故障, 提前进行维修或更换, 从而减少因设备故障带来的损失。

【作者简介】韦焕林(1986-), 中国广西武鸣人, 本科, 高级工程师, 从事水电新能源生产技术管理研究。

3 深远海海上风电生产运营技术管理

3.1 设备选型与技术规范的关键管理要素

在深远海海上风电的生产运营中，海洋深度、风速波动、海浪和盐雾等因素会使风机及其基础设施的设计与选型面临更大的技术挑战。在设备选型时，需要考虑风机的抗风抗浪能力、耐腐蚀性及其适应恶劣气候条件的能力，比如浮式风电平台的选型就要求平台具有较强的稳定性，能够在深远海环境中承受强烈的波浪和风力，风机本体则需要具备超高的运行可靠性，以确保其能在海上恶劣条件下连续发电。同时，海上风电设备的建设周期较长，物流运输和安装的复杂性增加了选型过程中的不确定性，针对这些挑战，风电设备的技术规范必须根据具体海域的环境条件量身定制，结合最先进的设计理念和技术要求，保证风电设备的长期运营和低故障率。此外，在深远海项目中，风电场的规模和布局必须依据海洋环境、地理位置、风力资源等因素科学设计。在这个过程中，技术规范还涉及到风电场的整体系统设计，包括电力传输、通信网络、海底电缆的选择与安装等多个方面，通过标准化的技术规范，确保所有设备和设施的兼容性和高效运行，例如海上风电场的电力输出和电网接入的稳定性需要通过精准的技术方案来保障，任何一个环节的设计缺陷都会直接影响整个风电场的生产能力。再者，除了设备本身，运营过程中的定期检查、维护及替换机制也需要纳入技术管理体系中，以确保设备在高强度运营环境下不发生大规模故障。

3.2 深远海环境中的安全与风险管理

在深远海环境中，海洋环境的不确定性要求进行高精度的气象与海况监测系统建设，及时获取风速、气压、温度、海浪等数据，以为风电场的安全运行提供基础支持。通过这种数据支持，能够预测可能出现的恶劣天气并提前采取必要的应对措施，例如强风或暴风雨来临时，及时停机或调整风机角度，避免设备因风速过大而发生损坏。同时，深远海海域的远程位置增加了紧急响应的难度，因此，高效的风险预警系统、快速响应团队及紧急修复设备的准备，是保障安全的另一关键因素^[1]。此外，深远海风电场的长期安全运行还离不开系统化的风险管理框架，这既是针对突发性天气的应急预案，还包括设备寿命周期管理、长期维护策略及环境因素的长期评估，例如海上风电设备尤其是基础结构的腐蚀问题，需要在设计和运营阶段进行深入的风险评估。由于海水中的盐分、风力对设备的持续冲击，设备材料的耐腐蚀性及其防护措施成为关键，对于风机、平台等关键设备，必须选择具有高耐腐蚀性、抗疲劳性能的材料，并且制定定期检查和维修的标准操作程序。再者，深远海区域的风电场对电力输送系统的稳定性也提出了更高要求，电力传输过程中可能出现的技术故障（如海底电缆的损伤）需要通过实时监控与数据分析进行有效预测与管理。通过综合运用智能化监控、先进的传感器技术以及大数据分析，可以实时监控设备运行

状态并发现潜在的安全隐患。

3.3 风电场运维中的故障预测与预防性维护技术

在深远海风电场的运营管理中，由于深远海海域环境的复杂性和恶劣性，风电设备面临的风险远大于近海或陆地风电场，这些设备需要在强风、极端温差、海洋腐蚀等因素的作用下持续运转，因此，运维中的故障预测必须依赖先进的监测技术与数据分析方法，以减少设备突发故障带来的停机时间和经济损失。故障预测的关键是通过设备的实时数据采集与分析，识别潜在的故障风险，通过监测风电机组的振动、温度、电流等关键参数，可以早期发现如轴承磨损、齿轮箱故障、风机叶片的损伤等问题。使用振动分析、红外热成像等技术手段，不仅能够实时监控设备运行状态，还能通过数据模型进行故障趋势预测，帮助技术人员提前采取措施，避免大规模故障的发生^[2]。在预防性维护层面，预防性维护通过定期对设备进行检查、保养和零部件更换，能够有效减少设备在运行中的突发故障。预防性维护策略需要根据设备的使用寿命、环境负荷和故障数据等因素进行定制化安排，如对于风机的齿轮箱、轴承和控制系统等关键部件，可以根据历史数据和运行状态的变化，提前规划检查和更换周期，从而确保设备在高负荷状态下运行时的稳定性。此外，结合风电场的规模和布局，运维人员需要定期对风机进行性能优化与校正，确保其在多变的海洋环境中发挥最佳效能。而且预防性维护通过建立完善的设备档案和智能化管理系统，可以提升风电场整体的维护效率，也能有效降低因突发故障带来的经济损失和运营中断。

4 深远海海上风电生产运营的实践

4.1 深远海风电运营中的经济效益与成本控制

由于深远海风电场的建设需要大量的投资，包括风机设备的采购、基础设施建设、海底电缆铺设等，且施工周期长、施工难度大，这使得初期投资相对较高，且由于设备的高维护成本，运营阶段的支出也十分庞大。为了控制这些成本，必须通过精确的资源评估、合理的设备选型以及高效的施工管理来降低建设和运营费用，例如通过使用更具耐久性的材料和先进的施工技术，能够显著减少设备维修频率和更换周期，从而降低长期的运维成本。同时，项目初期需要严格控制资本支出，避免不必要的资金浪费，利用数字化技术对风电场的生产运营进行精细化管理，也是降低运营成本的有效手段，通过实时监控风电场的运行状态，能够及时发现潜在的问题并采取有效的措施，避免因设备故障或运行不当导致的经济损失^[3]。此外，通过应用先进的监控技术、数据分析和人工智能，可以精确预测风电场的发电能力和设备的使用状态，进而优化发电调度与资源配置，最大化发电效益。在风电场的日常运营中，实时数据分析能帮助识别设备故障的潜在风险，还能够通过调整风机运行模式、优化电力输出等手段提高风电场的整体经济效益。再者，深远海风电项目

的并网运行和电力销售策略的优化,也在成本控制中有着重要作用,通过与电网公司协作,灵活调整电力出售的时机与价格策略,可以在最大程度上实现利润最大化。

4.2 深远海风电场运行的实时监测与优化实践

深远海风电场的实时监测系统需要集成先进的传感器技术、数据采集系统和通信平台,以实现了对设备运行状态的全面掌控。这些系统能够实时监测风机的运行数据(如转速、温度、振动等),还可以分析环境因素,如风速、气温、海况等,这些数据通过高速通信网络实时上传至控制中心,可以供工程师进行分析与决策。实时监测既能帮助操作人员及时发现设备故障的征兆,还能预测设备的性能变化,为后续的优化调度和维护决策提供支持。同时,数据的实时反馈和分析可使风电场能够进行动态优化调整,如调整风机的工作状态或改变电力输出方式,以应对实时环境变化,优化发电效率。这种基于实时数据的反馈机制,可以明显提高深远海风电场的运行效率,并在设备维护和故障排除方面,极大缩短响应时间,减少停机时间。此外,在深远海风电场的优化实践中,通过海量的运行数据分析,AI技术能够识别风电场运行中的潜在问题并给出优化建议。机器学习算法通过学习设备的历史运行数据,可以建立精确的预测模型,预测未来可能发生的故障并提前警告,从而实现预防性维护,例如AI算法可以通过分析设备的性能趋势,自动调整风机的运行参数,优化风机的功率输出和负载分配,能在不同气候条件下最大化发电效益^[4]。再者,AI还能够实时分析风电场的电网负荷情况,智能调度发电功率,避免电力浪费,并根据市场电价的变化调整电力输出策略,从而为风电场创造更大的经济效益。

4.3 风电场管理中大数据与人工智能的实际应用

在深远海风电场的管理中,大数据技术通过集成海量的风电场运行数据,包括风速、温度、湿度、振动、负荷和设备性能等信息,可以为风电场的管理者提供实时、全面的运营视图(如图1所示)。这些数据通过传感器和监测设备持续采集,并通过云平台进行存储与分析,人工智能技术则在上述基础上发挥作用,通过对历史数据和实时数据的深入分析,AI算法能够识别出风电场的运行趋势、潜在故障和性能瓶颈,自动调整设备参数和操作策略,例如AI可以基于风机的运行数据预测未来可能出现的设备故障,从而在问题发生之前发出预警并自动调整风机的运行方式,减少人工干预的需要并优化维护周期。此外,在深远海风电场中,

电力输出的稳定性和效率直接关系到经济效益,但由于深远海环境的不确定性,风力资源的波动性较大,导致发电量和电网需求之间的匹配问题。而借助大数据分析,风电场管理系统能够实时获取并分析电网的负荷情况,智能预测风电的发电趋势,并根据实际需求调整电力输出策略,避免电力过剩或不足。再者,AI可以根据天气预测数据与海洋状况,提前进行功率调度,确保风电场能够在最优的状态下进行发电。人工智能还可以根据不同的市场电价波动,调整电力的销售时机,最大化电力交易的经济效益。

人工智能在深远海海上风电生产运营管理中的示意图见图1。



图1 人工智能在深远海海上风电生产运营管理中的示意图

5 结语

综上所述,通过对设备选型、运行维护和智能化管理等核心环节的持续优化,深远海风电场可以逐步实现高效、稳定的运营目标。同时,人工智能和大数据技术的深入应用,可以为风电场提供精准预测与优化调整的能力,显著提升经济效益和运营灵活性。在未来,随着技术的不断突破和管理体系的进一步完善,深远海风电场将在可再生能源结构中发挥重要作用,并为全球能源转型提供强有力的支持。

参考文献

- [1] 王诗超,刘嘉畅,刘展志,等.海上风电产业现状及未来发展分析[J].南方能源建设,2023,10(4):103-112.
- [2] 林玉鑫,张京业.海上风电的发展现状与前景展望[J].分布式能源,2023,8(2):1-10.
- [3] 许维凯.海上风电发展趋势分析与探讨[J].资源节约与环保,2023(1):140-143.
- [4] 房方,梁栋炀,刘亚娟,等.海上风电智能控制与运维关键技术[J].发电技术,2022,43(2):175-185.