

风力发电设备运维中存在的问题与优化的措施

王首柱

国能（济南）新能源有限公司河口分公司，北京 100000

[摘要]在“双碳”目标和绿色环保可持续发展战略的推动下，风力发电作为可再生能源领域的关键技术，正迅速崛起。在这一背景下，做好风力发电设备的运行维护工作，对于保障风力发电持续、稳定、安全地供电至关重要。然而，目前国内风力发电设备的运维工作仍面临一些亟待解决的问题。因此，文中探讨风电运维中常见的问题，并针对这些问题提出相应的改进策略。

[关键词]风力发电设备；设备运维；问题与措施

DOI: 10.33142/aem.v7i4.16400

中图分类号: TM614

文献标识码: A

Problems and Optimization Measures in the Operation and Maintenance of Wind Power Generation Equipment

WANG Shouzhu

Hekou Branch of Guoneng (Ji'nan) New Energy Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract: Driven by the "dual carbon" goal and the strategy of green and sustainable development, wind power generation, as a key technology in the field of renewable energy, is rapidly rising. In this context, it is crucial to ensure the continuous, stable, and safe operation and maintenance of wind power generation equipment. However, the operation and maintenance of domestic wind power generation equipment still face some urgent problems that need to be solved. Therefore, the article explores common problems in wind power operation and maintenance, and proposes corresponding improvement strategies for these problems.

Keywords: wind power generation equipment; equipment operation and maintenance; problems and measures

引言

风力发电，作为清洁可再生能源的关键组成部分，在全球能源结构转型及碳中和目标的推进中，扮演着重要的角色。随着风电技术的不断发展与装机容量的持续增长，风力发电设备的运维管理，已成为保障风电场长期稳定运行与提高经济效益的核心因素。然而，当前风电运维工作面临着诸多困难，主要包括资金投入不足、专业技术人才短缺、管理体系不完善、设备故障频发以及远程监控与智能化水平较低等问题。这些问题导致了设备可利用率的下降，运维成本的上升，严重影响了风电场的高效运营。此外，由于风电设备通常位于高海拔、海上或偏远地区，复杂的运维环境使得传统的运维模式无法满足现代风电行业对于高可靠性、高效率以及低成本运维的要求。因此，如何优化运维策略、提升管理体系、引入先进技术并增强人员能力，已成为业界关注的重点。本文将详细探讨风力发电设备运维过程中常见问题及其诱因，并提出优化方案，以期风电运维工作的改进与可持续发展提供参考。

1 风力发电设备运维工作的重要性

风力发电设备的运维管理，对于确保风电场的稳定运行和提升经济效益，至关重要。作为一种清洁可再生能源，风力发电在全球能源结构优化与碳达峰政策推动下，已取得了快速发展。然而，风电机组常年处于高空、高湿、强风等复杂环境中，受到气候变化、地形特点和负载波动的

影响，设备老化、机械磨损和电气故障等问题，往往频繁发生。这些问题不仅影响了机组的发电效率，也缩短了其使用寿命。科学合理的运维管理，能够有效降低故障率，提升风电机组的可利用率，从而保障风电场的安全与高效运行。除了对风电场的经济效益产生影响外，风力发电设备的运维工作，对整个电力系统的稳定性，也具有重要意义。若设备因维护不当频繁发生故障，不仅会导致发电量的下降，降低风电企业的收益，还可能对电网的稳定性构成威胁。因此，高效的运维体系应被构建，设备巡检与监测的力度应得到增强，运维人员的专业技能应不断提升，而智能化手段的引入，亦应优化维护策略。这些措施，都是提升风电场运行可靠性、降低运维成本，并提高风能利用效率的有效途径。

2 风力发电设备运维中存在的常见问题以及主要诱因

2.1 投入的运维资金不足

风力发电设备的运维工作，需持续的资金投入，以支持日常巡检、设备维护、故障修复及备品备件的更换。然而，许多风电场在运维资金投入方面，存在显著的不足，主要表现在运维预算紧张、资金分配不合理以及长期维护资金缺乏保障等问题。风电场的前期建设投入巨大，许多企业为了控制整体成本，在运维环节削减支出，导致设备维护与检修工作无法按计划进行。与此同时，风电行业的盈利模式，主要依赖上网电价收益，而电价受到政策调控

的影响较大。在追求短期利润最大化的情况下，部分企业倾向于优先投资扩建装机容量，而忽视了长期的运维投资。风电设备的运行环境复杂，部分关键零部件，如叶片、主轴承、齿轮箱、发电机等，成本较高。若发生故障，维修与更换的费用，通常较大。许多风电场未在建设初期，建立完善的备品备件储备体系，导致设备损坏时，无法及时更换，从而影响机组的正常运行^[1]。此外，一些风电企业在设备初期过度依赖质保期内的主机厂运维支持，未充分预估质保期后的运维成本，导致设备进入老化阶段时，缺乏足够的维护资金，影响后期运维的顺利开展。从长期来看，运维资金的不足，不仅会降低风电机组的运行效率与可靠性，还可能加剧设备老化，缩短其使用寿命，甚至引发安全事故，从而影响风电项目的经济效益及其可持续发展。

2.2 配备的运维人员短缺

风电涉及多个学科和专业领域，因此运维人员需要具备一定的理论知识和实践技能。然而，由于我国风力发电起步较晚，许多风电场的管理人员大多来自火电或水电行业，缺乏风电领域的相关管理经验，导致运维人员的能力参差不齐，技术人才的培养体系也不完善。这些因素造成了风电设备故障频发，故障处理时间较长，进而影响了风电机组的运行效率。在质保期内，风力发电机组的运维由主机厂负责。然而，随着装机容量的增加，主机厂只能通过调动机械和电气方面的工人来补充风电场的运维队伍，这些人员通常缺乏登高作业等特殊技能和资质，必须经过专业培训合格后方可上岗，这使得运维队伍的稳定性受到影响，也增加了风电场安全运营的风险。质保期过后，风电场需要自行组织运维队伍或外包运维服务。随着风电场规模不断扩大，虽然对运行管理人员的需求增大，但由于投资成本的限制，技术能力足够的运维人员严重不足。此外，风电场的工作环境艰苦，工作负荷重、待遇较低且危险系数较大，这导致运维人员的流动性较高。随着风电后市场对运维人员需求的不断增加，技术人员的局部短缺问题愈加突出。

2.3 管理与技术方面的落后

风力发电设备的运维管理与技术水平，直接决定了机组的运行效率与可靠性。然而，当前我国部分风电场在管理体系和技术应用方面，仍存在较大差距，这直接导致了设备故障率较高、维护效率较低以及整体运维能力滞后。许多风电企业，采用较为传统的运维管理模式，缺乏精细化管理与科学规划，依赖经验判断进行设备巡检与维护，缺乏系统化的数据分析与智能监测手段。设备隐患，往往难以及时发现，甚至出现了“以修代养”的被动维护模式，从而影响了设备的长期稳定性。此外，当前运维技术手段相对滞后，智能化与信息化水平，仍有待提升。许多风电场，未能广泛应用远程监控、智能诊断以及大数据分析等先进技术，仍依赖人工定期巡检，这导致了工作效率较低。尤其在分布式风电场及大规模风电场中，高效的监测和故障预警机制的缺乏，导致了设备故障的定位与排除难度的增大。由于风电行业起

步较晚，国内的运维技术标准尚不完善，缺乏统一的技术规范与质量评估体系^[2]。运维质量，因而在不同风电场之间参差不齐，部分企业在设备维护过程中，存在技术不规范、检修质量不达标等问题，甚至因维护不当而加剧设备损坏。

3 解决运维问题的举措和方法

3.1 运用全寿命周期管理理念，构建合理的运维模式体系

在风力发电设备的运维管理中，引入全寿命周期管理理念，能够显著提升设备的运行效率，减少故障率，并优化整体经济效益。全寿命周期管理，强调对风电设备从规划、设计、制造、安装、调试、运行、维护到最终退役的全过程进行系统化管理，确保设备在各阶段的可靠运行。具体来说，在风电机组的设计与选型阶段，当地的气候、地理环境及风资源特点，应充分考虑，合理选择设备型号，并在前期就建立完善的运维计划与管理体系，为后续高效的运维工作打下坚实基础。在设备运行阶段，传统的“定期维护”应逐步转向“预测性维护”模式，借助智能监测、远程诊断及大数据分析等技术手段，实时掌握设备的运行状态，预测潜在故障趋势，从而优化检修计划，减少突发性故障的发生，提升机组的可利用率。同时，标准化的运维流程与设备健康档案的建立，亦是提升管理水平的重要手段。通过这些措施，系统化的数据管理体系得以形成，为长期运维决策提供有力支持。运维模式的选择，应根据风电场的规模、地理位置及设备类型等特点，进行合理规划。例如，对于大型风电场，可构建集中化的远程运维中心，实现多个风电场的统一监控与管理，从而提高运维资源的调度能力。此外，风电场还可采用自主运维、第三方运维及主机厂运维相结合的模式，进一步提升管理效率及专业化水平。最后，全寿命周期管理理念，强调运维的经济性与可持续性。在进行设备运维时，运维成本、备品备件储备、人工成本等因素，应综合考虑，优化运维投入结构，实现成本与收益的平衡，确保风电场的经济效益长期可持续。

3.2 运用新技术提高运维工作效率和有效监管

在风力发电设备的运维管理中，应用新技术，能够显著提升运维效率与监管能力，降低设备故障率，从而提高风电场的整体运行水平。随着物联网、大数据、人工智能（AI）、无人机巡检、数字孪生及远程监控等技术的飞速发展，风电运维正朝着智能化、数字化及自动化的方向转型。风电场，可通过构建基于物联网和大数据分析的智能监测系统，来提高运维管理水平。在这一系统中，各类传感器被广泛应用，以实现对风电机组关键部件（如叶片、齿轮箱、发电机、主轴承等）的实时监测。系统，能够采集包括振动、温度、负载、电流、电压等在内的关键数据，并利用 AI 算法进行数据分析，预测设备的健康状态，从而及时发现潜在故障，优化检修计划，减少非计划停机的时间^[3]。无人机巡检技术，在风电运维中的应用，也取得了显著进展，尤其是在风机叶片和塔架的检测方面。在高

空及复杂地形的环境中,无人机巡检,不仅比传统人工巡检更安全,还能够利用高清摄像头与红外热成像技术,精确识别叶片裂纹、积冰或雷击损伤等问题,从而提升了运维工作的精准度。此外,数字孪生技术在风电运维中的逐步应用,使得风电机组的虚拟模型与实时运行数据得以结合。这种技术,能够模拟设备状态,进行故障预测与寿命评估,甚至在虚拟环境中测试不同的运维方案,从而优化维护决策,进一步提高运维效果。远程监控与智能诊断平台的建设,使得运维人员能够在控制中心实时监测多个风电场的运行状态。通过这种方式,不仅可以进行远程故障诊断,还能加快决策速度,减少现场维护的工作量。此外,借助AI与5G通信技术,智能机器人可用于风机内部巡检与电缆检查,极大降低了人工运维中的高风险作业,进一步提升了运维的安全性与效率。

3.3 全面提高运维人员的技能水平

风力发电设备的运维工作,涉及多个学科领域,包括机械、电气、自动化、通信等,这对运维人员的技能水平提出了较高要求。全面提升运维人员的专业能力,已成为确保风电场高效、安全运行的重要措施。目前,风电运维行业,面临着专业技术人员短缺、技能水平参差不齐及培训体系不完善等问题,这直接影响了设备的维护质量和故障处理效率。因此,建立系统化的运维人员培训机制,至关重要,以提升其专业技能及安全作业能力。完善的职业培训体系,是提升运维人员能力的基础。培训计划,应根据不同经验水平进行分层次、模块化设计,内容涵盖基础理论、设备巡检、故障诊断、维修操作等,同时加强高空作业、安全规范及防雷防电等方面的知识培训,确保人员具备必要的安全作业资质。此外,实操训练,是提高运维能力的重要手段。通过仿真模拟、虚拟现实(VR)技术等现代教学手段,运维人员,能够在虚拟环境中进行风机检修、叶片维护、故障排查等操作演练,从而提高动手能力及应急响应能力。为进一步提升运维队伍的专业化水平,风电行业的职业技能认证体系,亦可构建,实行运维人员等级考核制度,通过认证促进行业标准化。同时,企业与高校、科研机构合作,应当鼓励,推动产学研结合,为行业培养高素质的技术人才。此外,大数据与远程监测技术的应用,能够帮助运维人员实时获取设备的运行状态信息,从而提升故障分析与预测性维护的能力。风电企业,还应鼓励跨企业、跨地区的技术交流,分享先进的运维经验与技术创新成果。这些措施,将推动整个行业运维能力的提升,促进风电运维水平的持续优化。

3.4 提高现场处理问题的能力

在风力发电设备的运维过程中,现场处理问题的能力,对于风机长期稳定运行、减少故障停机时间以及降低经济损失,至关重要。风电场,通常位于交通不便、自然环境恶劣的地区,如高原、山区、沙漠或海上,运维人员,在

面对突发故障时,需要具备快速响应、精准判断和高效处置的能力,以最大限度减少因故障造成的发电损失。提升运维人员的技术水平,是关键,这要求他们深入掌握风机核心部件(如叶片、齿轮箱、发电机、变桨系统、控制系统等)的工作原理、常见故障及排查方法,以增强独立诊断和维修的能力,减少对外部专家的依赖。此外,系统化的故障处理标准及现场应急预案,应该制定。针对不同类型的故障,如电气系统短路、主轴润滑油异常、风机振动超标等,明确的操作规范,必须有,以保证运维人员在紧急情况下能够迅速采取有效措施,防止事态扩大^[4]。现代信息技术的应用,如远程监控、智能故障诊断和移动终端运维管理系统,能够帮助现场人员实时获取设备运行数据,并与技术团队保持紧密联系。借助专家系统,问题能够快速分析,提高现场维修决策的准确性。这些技术的支持,优化故障处置过程,减少维修时间,有着重要作用。在物资管理方面,必须优化现场运维的备品备件管理体系,确保关键零部件(如轴承、润滑油、传感器、螺栓等)能够迅速调配到位,避免因物料短缺影响维修进度。此外,运维团队的协作机制,也需要完善,区域联动支援体系,应该建立,以便在重大故障发生时,能够及时调配周边风场或第三方技术力量进行支援,从而提升整体维修效率。

4 结语

风力发电设备的运维管理,在推动风电行业可持续发展及提升风电场经济效益方面,具有关键作用。尽管当前风电运维工作,面临资金不足、技术滞后、人员短缺等一系列挑战,但随着智能化、数字化技术的不断进步,以及管理体系和培训机制的逐步完善,这些问题,通过多项优化措施,是可以得到有效解决的。通过加强全寿命周期管理,应用新技术,提升运维人员的技能水平,并增强现场应急处理能力,设备的运行效率能够显著提高,故障发生率得以减少,运维成本得以降低,从而为风电产业的高质量发展奠定坚实基础。展望未来,随着技术的不断进步和行业经验的积累,风电运维,将朝着智能化、精细化、专业化的方向发展,为全球能源转型目标的实现提供有力支持。

【参考文献】

- [1]曹占有.风力发电设备运维存在的问题及改进探讨[J].中国设备工程,2025(1):70-72.
 - [2]朱洪喜.风力发电设备运维中存在的问题与优化措施[J].光源与照明,2024(2):180-182.
 - [3]庄甦.浅析风力发电设备运维存在的问题与改进措施[J].中国设备工程,2021(3):38-40.
 - [4]张瀚文.山地风力发电设备安全安装技术要点分析[J].电气技术与经济,2024(3):129-131.
- 作者简介:王首柱(1987.9—),毕业院校:毕业济南大学,公共事业管理专业,当前就职单位:国能(济南)新能源有限公司河口分公司,运检班长,工程师。