

风力发电场运维管理的有效措施研究

任牛犇 侯飞龙

华能（甘肃）新能源有限公司 甘肃 兰州 730000

摘要：在全球能源结构转型与可持续发展的大背景下，风力发电作为清洁能源的重要代表，正迎来前所未有的发展机遇。风力发电场的规模持续扩大，装机容量不断攀升，然而，其运维管理面临着设备故障频发、运维成本高昂、专业人才短缺等诸多挑战。本文深入剖析风力发电场运维管理现存问题，从设备管理、人员管理、成本管理以及智能化技术应用等多个维度，探讨并提出行之有效的运维管理措施。旨在为风力发电场优化运维管理模式、提升运维效率与质量、降低运维成本提供有益参考，助力风力发电产业健康、稳定、可持续发展。

关键词：风力发电场；运维管理；有效措施；可持续发展

1 引言

近年来，随着环境保护意识的增强和能源结构的转型，风力发电作为一种清洁、可再生的能源形式，在全球范围内得到了广泛应用和发展。根据国际能源署（IEA）的数据，2024年全球风电装机容量已突破1TW，预计到2030年这一数字将进一步翻倍。然而，尽管风力发电在减少碳排放和促进可持续发展方面具有显著优势，但其运维管理却面临一系列复杂的问题。首先，由于风力发电设备通常安装在偏远且环境恶劣的地区，如海岸线或高原地带，这使得设备维护难度加大，增加了运维成本。其次，风电机组的技术复杂性不断提高，要求运维人员具备更高的专业技能和知识，这对人力资源提出了新的挑战。此外，气候变化带来的极端天气事件频发，进一步加剧了设备故障的风险，导致发电效率下降和经济损失增加。因此，研究并实施有效的风力发电场运维管理措施，对于保障风电场的高效运行和可持续发展至关重要。

2 风力发电场运维面临的主要问题

2.1 设备故障频发

自然环境因素：风力发电场多位于风力资源丰富的地区，如沿海、山区、草原等，这些地方往往自然环境恶劣，风沙、雷电、盐雾、低温、高温等极端气候条件对风力发电机组的设备造成了严重损害^[1]。例如，风沙会侵蚀叶片表面，降低叶片的气动性能；雷电可能击中机组，损坏电气设备和控制系统；盐雾会加速金属部件的腐蚀，影响设备的机械强度和电气性能。

设备老化与磨损：风力发电机组长期运行，设备中的零部件会逐渐老化、磨损，如齿轮箱的齿轮、轴承，发电机的绕组、滑环等。这些部件的老化和磨损会导致设备性能下降，故障率增加，影响机组的正常运行。

设备质量问题：部分风力发电设备在制造过程中可能存在质量缺陷，如材料选用不当、加工工艺不合理、装配精度不够等。这些问题在设备运行初期可能不会立即显现，但随着运行时间的增加，会逐渐暴露出来，引发设备故障。

2.2 运维人员专业素质参差不齐

专业知识不足：风力发电技术涉及多个学科领域，包括机械工程、电气工程、自动控制、气象学等，对运维人员的专业知识要求较高。然而，目前部分运维人员缺乏系统的专业培训，对风力发电机组的工作原理、结构组成、控制系统等了解不够深入，难以准确判断和处理设备故障。

实践经验缺乏：风力发电设备的故障具有多样性和复杂性，需要运维人员具备丰富的实践经验才能快速、准确地解决问题。但一些新入职的运维人员由于缺乏实际操作机会，在面对突发故障时往往手足无措，无法及时采取有效的应对措施，导致故障处理时间延长，影响机组的正常运行。

培训体系不完善：部分风力发电场对运维人员的培训不够重视，培训内容缺乏针对性和系统性，培训方式单一，主要以理论教学为主，缺乏实际操作演练和案例分析。此外，培训更新不及时，未能跟上风力发电技术的发展步伐，导致运维人员的知识结构和技能水平无法满足实际工作的需求。

2.3 运维管理信息化水平低

数据采集与分析能力不足：风力发电场拥有大量的运行数据，包括风速、风向、功率输出、设备温度、振动等。然而，目前部分风力发电场的数据采集系统存在数据不准确、不完整、不及时等问题，且缺乏有效的数据分析手段，无法从海量的数据中挖掘出有价值的信

息,难以实现对设备状态的实时监测和故障预警。

运维管理系统功能不完善:一些风力发电场的运维管理系统功能较为简单,仅具备基本的设备档案管理、工单管理等功能,缺乏对运维流程的全面监控和优化,无法实现运维资源的合理调配和高效利用。同时,运维管理系统与其他相关系统(如监控系统、财务系统等)之间的集成度较低,数据共享困难,导致运维管理工作效率低下。

信息化技术应用不足:随着信息技术的快速发展,物联网、大数据、人工智能等新兴技术在风力发电场运维领域具有广阔的应用前景。然而,目前部分风力发电场对这些技术的应用不够积极,仍然采用传统的运维管理模式,无法充分发挥信息化技术的优势,提高运维管理的智能化水平。

2.4 运维成本居高不下

设备维修费用高:风力发电设备大多采用进口或国内高端产品,零部件价格昂贵。一旦设备出现故障,维修所需的零部件采购成本和人工成本较高。此外,由于部分故障处理难度大,需要专业的技术人员和先进的维修设备,进一步增加了维修费用。

备品备件管理不善:合理的备品备件储备是保障风力发电场正常运行的重要条件。然而,目前部分风力发电场在备品备件管理方面存在库存积压或缺货的问题^[2]。库存积压会导致资金占用和仓储成本增加,而缺货则会影响设备故障的及时修复,延长停机时间,造成发电量损失。

运维人员成本增加:随着风力发电产业的快速发展,对运维人员的需求不断增加,导致运维人员的薪酬水平逐渐提高。同时,为了提高运维人员的专业素质,企业需要投入大量的资金用于培训,这也增加了运维成本。

3 风力发电场运维管理的有效措施

3.1 加强设备管理

3.1.1 建立完善的设备维护计划

根据风力发电机组的运行特点、设备寿命以及厂家维护手册等资料,制定科学合理的设备定期维护计划。明确各部件的维护周期、维护项目和维护标准,确保设备得到及时、有效的维护。例如,定期对叶片进行外观检查和内部结构检测,及时发现并修复叶片的裂纹和损伤;定期对齿轮箱进行油液检测和更换,保证齿轮箱的正常润滑和散热。同时,结合设备的实际运行状况,灵活调整维护计划,对出现异常的设备及时安排专项维护。

3.1.2 强化设备监测与故障诊断

运用先进的监测技术和设备,对风力发电机组的关

键部件进行实时监测,如振动监测、温度监测、油液监测等。通过收集和分析设备的运行数据,及时发现设备的潜在故障隐患,并运用故障诊断技术准确判断故障类型和位置,为设备的维修提供科学依据。例如,利用振动传感器对齿轮箱和发电机的振动情况进行监测,当振动值超过正常范围时,及时发出预警信号,并通过专业的故障诊断软件分析振动数据,确定故障原因,以便维修人员提前做好维修准备,缩短维修时间。

3.1.3 优化备品备件管理

建立科学的备品备件库存管理体系,根据设备故障概率、维修周期以及备品备件的采购周期等因素,合理确定备品备件的库存数量和种类。采用信息化手段对备品备件进行管理,实时掌握备品备件的库存动态,确保备品备件的供应及时、准确^[3]。同时,加强与供应商的合作,建立长期稳定的供应关系,争取更优惠的采购价格和更短的交货期。此外,对备品备件进行定期检查和维护,确保其质量可靠,随时可用。

3.2 优化人员管理

3.2.1 加强专业人才培养与引进

一方面,与高校、职业院校合作,开设风力发电相关专业课程,定向培养风力发电运维专业人才。通过产学研结合的方式,让学生在学习过程中接触到实际的风力发电设备和运维项目,提高其专业技能和实践能力。另一方面,加大专业人才的引进力度,制定具有吸引力的薪酬待遇和职业发展规划,吸引国内外优秀的风力发电运维人才加入。同时,建立人才储备机制,为风力发电场的长期发展提供充足的人才保障。

3.2.2 完善人员培训体系

制定全面、系统的培训计划,根据运维人员的岗位需求和技能水平,开展有针对性的培训。培训内容应包括风力发电技术原理、设备操作与维护、安全知识、应急处理等方面。采用内部培训与外部培训相结合、理论教学与实践操作相结合的方式,提高培训效果。例如,定期邀请设备厂家技术人员进行现场培训,让运维人员深入了解设备的性能特点和维修技巧;组织运维人员到其他先进的风力发电场进行交流学习,借鉴其成功的运维管理经验。此外,建立培训考核机制,对运维人员的培训效果进行评估,将考核结果与绩效挂钩,激励运维人员积极参与培训,不断提高自身素质。

3.3 有效控制成本

3.3.1 实施精细化成本管理

对风力发电场的运维成本进行全面、细致的核算和分析,将成本指标分解到各个部门和岗位,建立成本控

制目标责任制。加强对设备维修费用、备品备件采购费用、人员薪酬、运输费用等各项成本费用的监控和管理,严格控制不必要的开支。例如,在设备维修方面,通过优化维修方案、提高维修技术水平、合理安排维修时间等方式,降低维修成本;在备品备件采购方面,通过集中采购、批量采购、与供应商谈判降低价格等方式,降低采购成本。

3.3.2 推进技术创新降低运维成本

加大对风力发电运维技术研发的投入,积极推广应用新技术、新工艺、新材料,提高设备的可靠性和运行效率,降低运维成本。例如,采用先进的智能运维技术,实现对风力发电机组的远程监控和故障诊断,减少现场运维人员的工作量和差旅费用;研发新型的叶片材料和涂层技术,提高叶片的抗疲劳性能和耐腐蚀性能,延长叶片的使用寿命,降低叶片更换成本;应用新型的润滑技术和润滑剂,减少齿轮箱等设备的磨损,降低设备维修频率和维修成本。

3.4 推动智能化运维技术应用

3.4.1 构建智能运维平台

利用物联网、大数据、云计算、人工智能等先进技术,构建风力发电场智能运维平台。通过在风力发电机组上安装大量的传感器,实时采集设备的运行数据,并将数据传输至智能运维平台。平台对采集到的数据进行存储、分析和处理,运用机器学习算法对设备的运行状态进行预测和评估,提前发现设备故障隐患,为运维决策提供支持^[4]。同时,智能运维平台还可以实现运维任务的自动派发、运维过程的实时监控和运维结果的反馈评价,提高运维管理的效率和水平。

3.4.2 应用无人机巡检技术

无人机巡检具有高效、灵活、安全等优点,可广泛应用于风力发电场的设备巡检工作。通过在无人机上搭载高清摄像头、红外热像仪等设备,对风力发电机组的叶片、塔筒、输电线路等进行全面、细致的检查。无人机可以快速到达人力难以到达的区域,如高空叶片表面、复杂地形中的输电线路等,及时发现设备的外观缺陷、发热异常等问题。与传统的人工巡检相比,无人机

巡检大大提高了巡检效率和质量,降低了巡检人员的劳动强度和安全风险。

3.4.3 探索机器人运维技术

针对风力发电场一些环境恶劣、危险系数高的运维任务,如齿轮箱内部检修、发电机定子绕组检测等,探索应用机器人运维技术。研发具有自主导航、智能识别、精准操作等功能的运维机器人,替代人工完成这些高难度、高风险的运维工作。机器人运维技术不仅可以提高运维工作的安全性和可靠性,还可以提高运维的精度和效率,减少人为因素对运维质量的影响。

结语

风力发电场运维管理是一项复杂而系统的工程,涉及设备、人员、安全、成本等多个方面。面对当前运维管理中存在的诸多问题,风力发电场必须高度重视,采取切实有效的措施加以解决。通过加强设备管理,确保设备的安全稳定运行;优化人员管理,提高运维人员的专业素质和工作能力;有效控制成本,提升风力发电场的经济效益;推动智能化运维技术应用,提高运维管理的智能化水平和效率。只有综合运用这些有效措施,才能不断提升风力发电场运维管理的质量和水平,为风力发电产业的可持续发展提供有力保障,助力我国清洁能源事业迈向新的高度,实现能源结构的优化升级和绿色发展目标。在未来的发展中,随着技术的不断进步和管理理念的不断创新,风力发电场运维管理将朝着更加智能化、精细化、高效化的方向发展,为全球能源转型和应对气候变化作出更大贡献。

参考文献

- [1]李向小.风力发电场运维管理的有效措施研究[J].电气技术与经济,2023,(08):224-226.
- [2]王占文,郑亚伟.风力发电场运维管理工作探讨[J].数字通信世界,2021,(09):277-278.
- [3]庞金鹏,王文杰,张巍,等.提高风力发电可靠性的风电机组运维管理研究[J].中国新技术新产品,2024,(09):71-73.
- [4]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,(01):70-72.