

浅谈风电运行管理

刘 磊

华能新能源股份有限公司辽宁分公司 辽宁 沈阳 110000

摘 要：本论文聚焦于风电运行管理领域，阐述了风电运行管理的内涵，深入分析了当前在设备维护、人员管理、安全把控及发电调度方面存在的问题。通过研究，提出了涵盖技术革新、管理模式升级、成本控制等多维度的优化策略，旨在提升风电运行管理水平，保障风电产业高效、稳定发展，为相关从业者及研究人员提供理论参考与实践借鉴。

关键词：风电运行管理；设备维护；人员管理；优化策略

引言

随着全球对清洁能源需求的不断攀升，风电作为一种清洁、可再生能源，在能源结构中的地位日益重要。风电运行管理作为保障风电高效、稳定发电的关键环节，其管理水平直接影响着风电产业的可持续发展。然而，当前风电运行管理面临诸多挑战，亟待深入研究并提出有效的优化策略。

1 风电运行管理概述

风电运行管理是对风电场从设备运行、人员调配、安全保障到发电控制等一系列活动的综合管理。其核心目标是确保风电机组持续稳定运行，最大化发电效率，同时保障人员安全与风电场的经济运行。从设备层面看，要保障风电机组及相关配套设备正常运转；人员方面，需合理安排人员工作，提升其专业素养；安全上，构建完备的安全体系；发电环节，精准进行发电调度与发电量把控。

2 风电运行管理现存的主要问题

2.1 设备维护难度大

风电机组的部署常选址于偏远山区、广袤草原以及辽阔海域等地理环境复杂区域。这些地区交通基础设施建设滞后，导致设备维护时交通极为不便。以位于高山峻岭中的风电场为例，通往风电机组的道路崎岖狭窄，大型维护设备运输困难，极大地增加了维护工作的时间与人力成本。同时，风电机组作为高度集成的复杂设备，融合了空气动力学、材料学、电力电子等多学科前沿技术。部分核心零部件，如高精度齿轮箱、先进变流器等，国内自主研发能力有限，长期依赖进口。进口零部件供应渠道复杂，采购周期长，一旦设备出现故障，等待零部件到货的时间往往占据整个维修周期的大部分，致使设备停机时间延长，发电损失巨大。海上风电场更是面临独特挑战，设备维护需借助专业船只，而

海上气象条件复杂多变，大风、暴雨、海浪等恶劣天气频繁出现，严重限制维护作业窗口期，维修及时性难以保障，进一步加剧设备维护难度与成本^[1]。

2.2 人员专业素质参差不齐

近年来，风电行业呈现爆发式增长态势，对专业人才的需求急剧膨胀。然而，人才培养体系未能及时跟上行业发展步伐，导致部分从业人员未经过系统、全面的专业培训便仓促上岗。在设备巡检环节，专业知识匮乏的人员无法依据设备运行参数及外观状态准确判断设备健康状况，容易忽视潜在安全隐患。例如，不能识别风电机组叶片表面细微裂纹，随着时间推移，裂纹逐渐扩展，最终可能导致叶片断裂，引发严重事故。在故障判断与处理方面，缺乏专业技能的人员难以迅速定位故障根源，制定有效的解决方案。在小型风电场中，这种现象尤为突出，由于缺乏专业技术支持，一些简单故障可能因误判或处理不当而演变成复杂故障，不仅增加维修成本，还严重影响风电场正常发电运营。

2.3 安全管理存在漏洞

部分风电场在安全管理方面存在严重不足，安全制度未能得到严格有效执行。安全培训往往流于形式，培训内容缺乏针对性与实用性，员工参与培训积极性不高，未能真正掌握安全操作技能与应急处理方法。在设备检修、高处作业等危险作业环节，安全防护措施落实不到位。以设备检修为例，个别风电场工作人员在检修时未严格遵循操作规程进行断电、挂牌等安全措施，在设备仍带电的情况下进行检修，极易引发触电事故，对人员生命安全构成极大威胁。此外，在高处作业时，部分员工未正确佩戴安全带或使用不符合安全标准的登高设备，一旦发生意外，后果不堪设想。这些安全管理漏洞反映出风电场在安全意识、制度执行与监督管理方面存在的深层次问题^[2]。

2.4 发电调度不够精准

风电发电具有显著的间歇性与波动性特征,其发电量主要依赖于自然风力的大小与稳定性。当前气象预测技术对复杂地形与多变气象条件下的风力预测准确性有限,难以精准提供风电场未来一段时间内的风力变化数据。与此同时,现有发电调度系统在整合实时风力数据、电网负荷需求以及风电场发电能力等多源信息方面存在缺陷,无法依据电网实时运行状态及负荷波动情况,对风电场发电量进行精确调控。在一些风电装机容量较大的地区,由于发电调度不合理,时常出现风电出力与电网负荷需求不匹配的情况,导致大量风电无法及时并网输送,只能被迫弃风,造成清洁能源的极大浪费,严重影响风电产业的经济效益与可持续发展。

3 风电运行管理的优化策略

3.1 加强设备技术研发与维护管理

(1) 在风电设备技术研发层面,加大资金与人力投入刻不容缓。政府与企业应协同合作,设立专项研发基金,吸引顶尖科研人才,聚焦风电设备核心技术攻坚。以齿轮箱为例,其作为风电机组的关键传动部件,长期受复杂载荷作用,故障频发。通过产学研联合,深入研究齿轮箱的材料特性、传动原理,研发新型高强度、高耐磨材料,优化齿轮设计与制造工艺,有望提升齿轮箱的可靠性与使用寿命。同时,加速零部件国产化进程,建立本土零部件生产产业链。政府可通过政策扶持,鼓励本土企业投身零部件制造领域,从基础原材料生产到精密零部件加工,逐步实现自给自足。这不仅能降低对进口零部件的依赖,缩短采购周期,还能大幅削减维修成本,提升设备维护的及时性。(2) 设备全生命周期管理系统是提升设备维护管理水平的重要手段。该系统借助传感器、通信网络等技术,实时采集设备运行数据,包括温度、振动、转速等关键参数。利用大数据分析技术,构建设备运行状态评估模型,对设备健康状况进行精准量化评估。通过数据挖掘算法,深度分析历史数据,挖掘设备故障发生的潜在规律,提前预判故障风险。例如,当系统监测到风电机组叶片振动数据出现异常波动时,结合历史故障案例与数据分析模型,能够快速判断叶片可能存在的损伤类型与位置,为制定科学的维护计划提供有力依据。维护计划应根据设备运行状态、使用年限等因素,采用预防性维护、预测性维护与纠正性维护相结合的方式,合理安排维护时间与内容,确保设备始终处于最佳运行状态^[3]。

3.2 强化人员培训与考核

(1) 制定系统且全面的人员培训计划是提升风电从

业人员专业素质的基础。培训内容应涵盖风电设备原理、操作规范、故障诊断与维修技术、安全知识等多个方面。在培训方式上,采用理论授课、现场实操、模拟演练等多种形式相结合。理论授课邀请行业专家与资深技术人员,深入浅出地讲解风电专业知识;现场实操安排在风电场设备现场,让学员亲身体验设备操作与维护流程;模拟演练通过搭建虚拟仿真环境,模拟设备故障场景,锻炼学员的故障判断与应急处理能力。培训周期应根据岗位需求与人员基础合理设定,新入职员工需进行为期数月的系统培训,在职员工定期进行技能提升培训,确保知识与技能不断更新。(2) 鼓励员工积极参加行业交流活动,拓宽视野,了解行业最新技术与发展趋势。企业可设立专项经费,支持员工参加国内外风电行业研讨会、技术交流会等活动。员工在交流活动中,能够与同行分享经验,学习先进技术与管理理念,将其带回企业,促进企业技术与管理水平提升。同时,建立合理的绩效考核机制,将员工绩效与发电效率、设备维护质量、安全管理等关键指标紧密挂钩。发电效率方面,以发电量完成率、发电设备利用小时数等指标衡量;设备维护质量通过设备故障率、维修及时率等指标考核;安全管理以安全事故发生率、安全制度执行情况等为考核依据。对于绩效优秀的员工,给予物质奖励与晋升机会;对绩效不达标的员工,进行针对性培训与辅导,若仍无法满足要求,予以岗位调整或辞退。此外,开展内部技能竞赛,设置丰富奖项,激发员工学习与竞争意识,营造良好的学习氛围,全面提升员工专业水平与工作积极性。

3.3 完善安全管理体系

(1) 健全安全管理制度对风电场安全运行至关重要。风电场要严格依据国家法规与行业标准,结合自身实际制定详尽、可操作的制度。清晰界定各岗位安全职责,从场长到一线员工,层层落实责任,签订安全责任书,使员工明确自身安全使命。制度覆盖设备操作规范,详细说明风电机组启动、停机、日常巡检步骤与注意要点;明确检修安全流程,包含断电、验电、挂牌、设警示标识等要求;还涵盖高处作业安全标准与消防安全管理细则。(2) 安全监督与检查不可或缺。组建专业安全监督小组,定期全面检查。检查设备安全状况,排查潜在故障;查看安全防护设施配备与使用情况;监督安全制度执行,杜绝违规操作。日常由一线员工随时巡查,上报隐患;专项检查针对特定设备或高风险作业。每月一次安全大检查,对隐患建台账,明确责任人与期限,跟踪整改。(3) 定期开展安全演练提升员工应急能

力。模拟火灾、触电、高处坠落等常见事故场景,演练前精心策划方案,明确目的、流程与人员职责。演练时还原事故现场,锻炼员工应急响应、事故处理及团队协作能力。结束后总结评估,改进问题,完善应急预案。在设备检修区、高处作业区、配电室等关键区域设醒目警示标识,强化员工安全意识,筑牢风电场安全防线^[4]。

3.4 优化发电调度系统

(1) 先进气象预测技术对风电发电预测准确性提升意义重大。风电场应引入高精度数值天气预报模型,该模型借助高性能计算机,全面考量大气环流、地形影响、热力作用等复杂因素。通过结合风电场周边地形地貌及气象观测数据,可精确预测不同高度、时段的风速与风向变化。同时,运用卫星遥感技术实时监测周边气象云图,提前洞察恶劣天气对风力的影响。一旦监测到强对流天气靠近,便能及时调整发电计划,有效规避设备损坏与发电量损失。(2) 智能发电调度算法是高效发电调度的核心所在。通过构建风电场发电模型、电网负荷模型以及二者耦合关系模型,运用粒子群优化算法、遗传算法等智能算法,以最大化发电量、最小化弃风率、保障电网安全稳定为目标,综合实时风力数据、电网负荷需求及风电场设备运行状态等多源信息,动态调控风电机组发电功率。在电网负荷低谷期,适当降低功率以防风电过剩;高峰期则充分利用风力资源提升发电功率。(3) 风电场与电网企业的沟通协作同样关键。双方需建立常态化信息共享机制,实时交流风力预测数据、发电计划及电网负荷变化信息。共同开展联合调度研究,打造灵活发电调度机制。如此一来,电网故障或负荷突变时,风电场能迅速响应电网指令调整发电量,保障电网安全稳定。电网企业通过升级设备、优化结构等举措,提升电网接纳风电能力,减少弃风现象,实现风电与电网协同发展,推动风电行业迈向新高度。

3.5 推动智能化管理建设

(1) 物联网技术为风电场智能化管理提供了基础支撑。在风电场设备上部署大量传感器,采集设备运行状态、环境参数等各类数据,并通过无线通信网络将数据实时传输至管理平台。云计算技术则为数据存储与处理提供强大计算能力,管理平台能够对海量数据进行高效存储、快速分析与处理。基于物联网与云计算技术,构

建风电场智能化管理平台,实现设备远程监控、人员实时调度、安全智能预警等功能。(2) 在设备远程监控方面,管理人员通过管理平台可实时查看风电机组、变压器、输电线路等设备的运行状态,包括设备参数、运行画面等。当设备出现异常时,平台自动发出警报,并推送详细故障信息,管理人员可远程指导现场人员进行故障处理,提高故障处理效率。人员实时调度功能借助定位技术与通信系统,对现场工作人员位置、工作任务执行情况进行实时跟踪与调度。根据设备维护需求、安全作业要求等,合理安排人员工作,提高人员工作效率与协同性。安全智能预警通过对设备运行数据、人员操作行为、环境参数等多源数据进行综合分析,提前预判安全风险。例如,当监测到设备温度过高、人员违规操作、风速超过设备安全运行范围等情况时,平台及时发出预警信息,提醒工作人员采取相应措施,避免安全事故发生。智能化管理平台的应用,极大提升风电场管理效率与决策科学性,为风电运行管理的优化升级提供有力保障^[5]。

结语

风电运行管理对于风电产业发展至关重要。面对当前存在的设备维护、人员素质、安全管理及发电调度等问题,通过实施加强设备技术研发、强化人员培训、完善安全体系、优化发电调度及推动智能化管理等策略,能够有效提升风电运行管理水平,促进风电产业朝着高效、稳定、可持续发展的方向发展,为全球清洁能源事业贡献力量。

参考文献

- [1]高振宇,陶威.浅谈风电场运行检修精细化管理[J].百科论坛电子杂志,2020(16):1815.
- [2]张智杰.浅谈风电场并网运行安全管理措施[J].百科论坛电子杂志,2020(12):1782.
- [3]张旭.浅谈风电场运行检修精细化管理[J].百科论坛电子杂志,2020(16):1855-1856.
- [4]李冰玉.浅谈风电场集控运行及管理对策[J].国际援助,2024(11):97-99.
- [5]刘源.浅谈风电场运行检修精细化管理[J].人生与伴侣,2021(7):79.