

光伏与风电发电厂的运维管理与效率提升

刘国庆

国华爱依斯(黄骅)风电有限公司 河北省沧州市 061100

摘要: 随着全球对清洁能源需求的持续增长,光伏与风电作为重要的可再生能源发电形式,其装机规模不断扩大。然而,如何高效运维管理光伏与风电场,提升发电效率,成为行业发展的关键问题。本文深入剖析光伏与风电发电厂运维管理现状,从优化运维策略、运用先进技术手段、强化人员管理等方面探讨提升效率的有效途径,旨在为推动光伏与风电产业可持续发展提供参考。

关键词: 光伏发电厂; 风电发电厂; 运维管理; 效率提升

引言

在全球能源转型与“双碳”目标推进的大背景下,光伏与风电凭借清洁、可再生特性,已成为能源结构转型的核心力量,装机容量呈爆发式增长。但这类发电设施多分布于野外、高空或海上,受光照、风速、温度等自然因素影响显著,设备故障风险高,运维难度远超传统电站。高效的运维管理不仅是保障设备稳定运行的基石,更是挖掘发电潜力、降低度电成本的关键。当前,如何突破传统运维模式局限,通过技术创新与管理优化提升效率,已成为推动光伏与风电产业高质量发展的迫切课题。

1 光伏与风电发电厂运维管理现状

1.1 光伏发电厂运维管理现状

多数光伏电站采用定期巡检加故障报修模式,日常开展设备检查、性能测试和数据采集,巡检周期为每周至每月。但传统模式存在明显不足:巡检不及时易滞后发现故障,人工巡检难以覆盖大型电站全域,导致细微故障漏检,造成发电量损失。例如,新疆某 100MW 光伏电站因沙尘未及时清理,年发电量减少 18%,损失超 800 万元电费;光伏组件每平方米积灰超 5 克,效率就会下降 1% ~ 3%。光伏电站核心设备有光伏组件、逆变器、汇流箱等。组件易出现热斑、隐裂和功率衰减,热斑会加速老化甚至烧毁组件,隐裂会降低介电性能乃至导致组件失效;逆变器故障会直接影响电能转换效率。这些故障若未及时修复,将大幅削减发电量,影响经济效益。

1.2 风电发电厂运维管理现状

风电场同样以定期维护和故障抢修为主,维护内容包

括叶片检查、齿轮箱保养、电气系统检测等,周期为半年至一年。但风机分布广、塔筒高,且受天气、交通制约,维护常难以及时进行,如偏远山区或海上风电场遇恶劣天气,可能延误维护^[1]。

风机故障类型多样:叶片裂纹、磨损会降低风能捕获效率;齿轮箱故障可导致传动系统失效、风机停机;发电机故障影响电能输出。这类故障维修成本高,一次叶片重大故障维修费可达数十万元,且停机期间每日发电量损失价值数万元,给运营带来沉重负担。

2 影响光伏与风电发电厂效率的因素

2.1 自然环境因素

光照和风速直接影响发电效率:光伏电站遇光照不足或不稳定,发电量骤降;风电场风速过低则发电不足,过高会触发停机保护。温度、湿度等也有影响:环境温度超 25℃时,光伏组件功率随温度升高而下降;高湿度可能引发光伏设备短路、腐蚀;风电场低温会增加润滑油黏度,海洋高盐环境会加速风机金属部件腐蚀,均会降低效率。

2.2 设备性能与老化

光伏组件初始功率衰减较快,首年衰减 2% ~ 3%,之后年衰减 0.5% ~ 1%;逆变器转换效率随时间下降,影响整体发电效率。风机长期在恶劣环境运行,老化问题突出:叶片涂层磨损降低风能捕获效率;齿轮箱因承受高负荷,故障占比达 20% ~ 30%;发电机绕组绝缘老化、转子偏心等问题,会降低发电性能,同时增加运维成本和停机风险。

2.3 运维管理水平

运维策略不合理会造成资源浪费或故障扩大,如巡检

过频增加成本、过疏延误维修,固定周期换油未结合实际易导致浪费或润滑不足。运维人员技术能力不足,难以应对新技术设备,影响故障诊断;团队管理不善,如分工、协作、考核机制不完善,会降低运维效率和质量^[2]。

3 提升光伏与风电发电厂运维管理效率的策略

3.1 优化运维管理模式

3.1.1 推行智能化运维

不少电站引入智能化运维系统,运用物联网、大数据、人工智能技术,实时掌握设备状态、预警故障并智能诊断。通过在光伏组件和风机上安装传感器,收集温度、振动等运行数据,经大数据分析建立故障预测模型,可提前发现光伏组件热斑、风机齿轮箱故障等隐患。系统还能自动生成维修工单,提升运维效率,减少设备停机时间。

3.1.2 建立集中化运维体系

在多场站集中区域,可建立集中化运维中心,接入各场站监控系统实现统一管理。中心配备专业团队和先进设备,能统筹调度运维工作,快速支援故障场站,还便于汇总分析数据、优化策略。如国家电投五凌电力的“2+N”体系,通过集中监控等模式提升管理水平,湘中区域因此减少20个现场岗位,兆瓦用工降约38%,年省人工成本约800万元^[3]。

3.2 加强设备管理与维护

3.2.1 设备全生命周期管理

对设备从采购、安装调试、运行维护到退役报废的全过程进行管理。采购时调研性能、质量和可靠性,选择性价比高的产品;建立设备档案,记录技术参数、安装时间等信息,为运维提供参考。运行中依据全生命周期数据制定维护计划,根据光伏组件功率衰减规律确定更换时间,根据风机关键部件寿命预测提前储备备件、安排维修,保障设备稳定运行。

3.2.2 定期维护与故障抢修优化

完善定期维护制度,按设备类型、运行环境和使用年限制定差异化计划:光伏电站除常规维护外,定期测试逆变器性能并升级软件;风电场对叶片无损检测、分析齿轮箱油质并更换、测试电气系统绝缘等。故障抢修方面,建立快速响应机制,备足物资和设备,利用远程诊断技术提前判断故障,提高抢修效率,如部分风电场用直升机缩短偏远地区抢修时间^[4]。

3.3 运用先进技术手段

3.3.1 大数据与人工智能技术应用

大数据技术能把光伏和风电发电厂海量的运行数据存起来、处理好并进行分析。通过分析历史的发电数据、设备运行数据和气象数据等,建立发电效率的预测模型,提前预测发电量,给电力调度和市场交易提供参考。比如用机器学习的方法,研究光伏电站的光照强度、温度、湿度这些环境因素和发电量之间的关系,从而预测不同天气条件下的发电量。人工智能技术在诊断设备故障方面很有优势,通过训练深度学习模型,能自动识别设备故障的特征,快速准确地判断故障的类型和位置。就像用卷积神经网络分析光伏组件的红外图像,能识别出热斑、隐裂这些故障;用循环神经网络处理风机的振动信号,能诊断出齿轮箱、发电机等部件的故障。

3.3.2 无人机与机器人巡检应用

在光伏电站和风电场,用无人机和机器人来巡检,能大大提高巡检的效率和质量。无人机可以装上高清摄像头、红外热成像仪这些设备,对光伏组件和风机进行快速巡检。在光伏电站里,无人机能快速扫描大面积的光伏组件,通过图像识别技术发现组件表面的破损、积灰等问题,用红外热成像技术找到热斑故障。在风电场,无人机能近距离检查风机叶片,发现叶片表面的裂纹、磨损等缺陷,比人工巡检效率高多了。比如五凌电力在行业里先尝试了“一人一机”的移动式巡检模式,以前一支巡检队伍一天最多能查2台风机,现在一天能查10台以上,最快1天就能拿出巡检报告。机器人则可以在光伏电站里做日常的组件清洗和简单的设备维护工作,像轨道机器人能沿着预设的轨道清洁光伏组件,保证组件表面干净,提高发电效率。

3.4 强化人员培训与管理

3.4.1 专业技能培训

要定期组织运维人员参加专业技能培训,培训内容包括光伏和风电的发电原理、设备的结构与性能、故障诊断与维修技术、智能化运维系统的操作等。可以邀请设备厂家的技术人员、行业专家来讲课,分享最新的技术知识和运维经验。同时,安排运维人员到先进的光伏电站和风电场去实地学习交流,开阔眼界,提高实际操作能力。比如针对新型的智能光伏组件和数字化的风机控制系统,开展专门的培训,让运维人员能熟练掌握它们的操作和维护方法。还要定期考核,检验运维人员的培训效果,确保他们的技术能力能满足

运维工作的需求。

3.4.2 绩效考核与激励机制

要建立科学合理的绩效考核制度,把运维人员的工作绩效和发电量提升、设备故障率降低、故障处理时间缩短等指标联系起来。对工作表现优秀、为提高发电效率和运维管理水平做出突出贡献的人员,给予物质奖励和精神表彰,比如设立优秀运维员工奖、创新奖等。对工作不积极、绩效不达标的人员,进行相应的惩罚,比如警告、扣减绩效奖金等。通过这样的绩效考核和激励机制,充分调动运维人员的工作积极性和主动性,提高整个运维团队的工作效率和质量^[5]。

4 案例分析

4.1 某光伏电站运维管理优化案例

某 500MW 的大型光伏电站,之前一直采用传统的定期巡检加故障报修模式,设备经常出故障,发电效率也不高。为了改善这种状况,电站决定提升运维管理水平。他们引入了智能化运维系统,在光伏组件、逆变器、汇流箱等设备上都装上了传感器,这样就能实时收集设备的运行数据。借助大数据分析和人工智能算法,实现了设备故障的早期预警和智能诊断。同时,还建立了集中化运维中心,对电站进行统一监控和管理,让运维资源得到了更合理地配置。经过这些优化,电站设备故障预警的准确率达到了 90% 以上,故障处理时间平均缩短了 50%。通过精准的设备维护和及时的故障修复,电站的发电效率有了明显提升,比优化前提高了 15%。每年因为发电量增加带来的经济效益超过 1000 万元,运维成本也降低了 20%,取得了不错的经济效益和社会效益。

4.2 某风电场运维效率提升案例

某海上风电场有 100 台单机容量为 5MW 的风电机组,由于风机分布在广阔的海域上,运维工作难度很大。在运维管理中,这个风电场遇到了不少问题,比如设备故障率高、维护不及时、发电效率低等。为了解决这些问题,风电场采用了一系列先进的运维技术和管理措施。他们首先引入了无人机智能巡检系统,让无人机搭载高清摄像头和红外热成像仪,对风机叶片、塔筒等设备进行定期巡检,这大大提高了巡检的效率和准确性。其次,建立了设备全生命周期管理系统,对风机设备从采购到退役的全过程进行跟踪管理,并且根据设备的运行数据和寿命预测,制定科学合理的维护

计划。此外,还加强了对运维人员的培训,提高他们的专业技能和应急处理能力,同时建立了绩效考核与激励机制,充分调动运维人员的工作积极性。在实施了这一系列优化措施后,风电场的设备故障率降低了 30%,平均故障修复时间缩短了 40%,发电效率提高了 12%。每年因为发电效率提升而增加的发电量,带来的收入超过 800 万元,运维成本也降低了 15%,风电场的运营效益得到了有效提升。

结束语

综上所述,光伏与风电作为可再生能源发电的重要力量,其运维管理与效率提升对于能源转型和可持续发展至关重要。通过分析当前光伏与风电发电厂运维管理现状及影响效率的因素,提出了一系列针对性的提升策略,包括优化运维管理模式、加强设备管理与维护、运用先进技术手段以及强化人员培训与管理等。案例分析表明,这些策略的有效实施能够显著提高光伏与风电发电厂的运维管理效率,降低设备故障率,提升发电效率,增加经济效益。未来,随着技术的不断进步和管理经验的积累,光伏与风电发电厂的运维管理将朝着更加智能化、高效化的方向发展,为全球清洁能源供应提供更可靠的保障。

参考文献

- [1] 岳胜,张晋南,李强,等.基于 SCADA 技术的新能源集中运行监控平台设计[J].能源与环保,2025,47(02):215-220. DOI:10.19389/j.cnki.1003-0506.2025.02.031.
- [2] 苏璨.考虑不同场景的 R 公司风力发电系统维护策略研究[D].南京工业大学,2024.DOI:10.27238/d.cnki.gnjhu.2024.000038.
- [3] 胡伟.电力企业财务管理中的成本控制策略分析[J].产业创新研究,2025,(14):144-146.
- [4] 许利文,满翰林,秦勇,等.可视化技术在电力智能运维与数据分析中的应用[J].科技创新与生产力,2025,46(07):88-90.
- [5] 何剑峰,秦政阳.基于数字孪生技术的分布式光伏智慧运维一体化平台[J/OL].水利水电技术(中英文),1-11[2025-08-04].<https://link.cnki.net/urlid/10.1746.TV.20250703.1250.002>.

作者简介:刘国庆(1986—)男,汉,天津市滨海新区,本科,中级,研究方向为风电新能源