

# 风电场精细化管理策略与实践探索

曾子文

华润新能源投资有限公司宁夏分公司 宁夏 银川 750000

**摘要：**随着全球对清洁能源需求的不断增长，风电作为重要的可再生能源之一，在能源结构中的占比日益提高。风电场的高效稳定运行对于保障清洁能源供应至关重要，而精细化管理是实现这一目标的关键手段。本文深入探讨风电场精细化管理，分析当前风电场管理中存在的问题，阐述精细化管理在风电场中的重要性，从设备管理、人员管理、运维管理以及数据分析与决策等多个方面提出风电场精细化管理的策略与实践方法，旨在提高风电场的运营效率、降低运维成本、增强经济效益与环境效益，为风电场的可持续发展提供理论支持与实践指导。

**关键词：**风电场；精细化管理；设备管理；运维管理；数据分析

## 引言

### 1 研究概述与创新设计

#### 1.1 研究背景与意义

随着全球对清洁能源需求的不断攀升，风电产业发展迅猛。风电场作为风电的关键载体，其管理水平直接影响着发电效率与成本。精细化管理通过对风电场运营各环节的细致把控，能有效提升效率、降低成本，进而增强风电场在能源市场的竞争力，对推动风电产业可持续发展意义重大<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 国内外研究现状

国外在风电场管理技术与模式上研究起步早，成果丰硕，如先进的智能监测系统、成熟的设备全生命周期管理体系。国内研究近年来发展迅速，在风电场数字化管理、运维优化等方面取得进展，但在精细化管理深度应用、跨领域协同管理等方面仍有提升空间。

#### 1.3 研究方法与创新点

本文综合运用文献研究，梳理国内外相关理论与实践成果；通过案例分析，深入剖析典型风电场精细化管理成效；采用对比研究，分析传统与精细化管理差异。创新之处在于从多维度构建精细化管理策略体系，并结合实际案例提出针对性改进建议。

### 2 风电场精细化管理理论基础

#### 2.1 精细化管理内涵

精细化管理强调将管理工作做细、做精，追求流程的最优解与资源的高效利用。在风电场中，表现为对设备运维、人员调配、生产流程等各环节的精准把控，以实现效益最大化。

#### 2.2 风电场精细化管理目标与原则

风电场精细化管理旨在提高发电效率、降低运维成本、保障安全生产。遵循科学性原则，基于科学数据与

方法决策；高效性原则，优化流程提高效率；可持续性原则，注重长期稳定发展。

#### 2.3 风电场精细化管理的关键要素

人员管理是基础，通过培训与激励提升员工能力与积极性；设备管理是核心，确保设备稳定运行；生产管理是重点，优化发电流程；安全管理是保障，营造安全运营环境，各要素相互关联、协同作用。

### 3 风电场精细化管理的重要性

#### 3.1 提高设备可靠性和运行效率

精细化的设备管理能够实现对设备全生命周期的精准把控，通过科学的巡检、维护和故障诊断，及时发现并解决设备问题，降低设备故障率，提高设备可用率，确保风电场稳定高效运行。

#### 3.2 降低运维成本

通过精细化管理，优化运维策略，合理安排维护计划，避免不必要的维护工作，减少备品备件库存积压，降低运维人力和物力成本<sup>[2]</sup>。同时，通过设备故障预测与预防性维护，减少设备突发故障带来的高额维修费用和发电量损失。

#### 3.3 提升经济效益

设备可靠性和运行效率的提高以及运维成本的降低，直接转化为风电场发电量的增加和运营成本的降低，从而提升风电场的经济效益和市场竞争力。

#### 3.4 促进可持续发展

风电场作为清洁能源的重要生产基地，实施精细化管理有助于提高能源利用效率，减少能源浪费，降低对环境的影响，为实现可持续发展目标做出积极贡献。

### 4 风电场管理现状与问题分析

#### 4.1 风电场管理现状

目前，多数风电场已实现基本的信息化管理，应用

监控系统掌握设备运行状态。但在管理深度与广度上存在差异,部分小型风电场管理仍较粗放。

#### 4.2 传统管理模式存在的问题

传统管理模式下,管理成本高,运维依赖人工巡检,效率低且易漏检;设备维护缺乏前瞻性,常事后维修;人员管理激励不足,员工积极性不高。

#### 4.3 实施精细化管理的必要性

实施精细化管理能解决传统管理弊端,适应风电技术快速发展,提升风电场应对市场变化能力,增强企业核心竞争力。

### 5 风电场精细化管理策略与实践

#### 5.1 设备精细化管理

(1) 设备全生命周期管理。从设备采购环节,依据风电场实际需求与技术标准选型;安装时严格把控质量;运行中建立详细档案,记录运行数据;维护按计划执行,根据设备状态调整;报废时规范处理,实现设备全生命周期的科学管理。

(2) 设备状态监测与故障诊断。利用传感器、物联网等技术实时监测设备状态,通过数据分析挖掘潜在故障隐患。如某风电场运用智能监测系统,提前发现风机齿轮箱异常,避免故障扩大。

(3) 预防性维护策略。根据设备运行数据与历史故障记录,制定预防性维护计划。定期对关键部件检测、保养,降低故障发生率,延长设备使用寿命。

(4) 拓宽备件替代渠道。面对老旧风机类似PCH模块、变流器功率模块部分备件采购价格高、供货期长的问题,积极寻求替代备件,确保了此类备件的供应。

(5) 提升备件维修质量。通过不断地探索及总结备件维修经验,在变流器模块维修工作中,采取自主采购TGBT、实地参与维修地模式,变流器模块维修质量及维修成功率大幅度提高。

(6) 出质保阶段重视消缺质量。倒排消缺计划,明确完成时间及整改要求,以计划促整改;通过专业、专工共同协调推动,解决出质保检测设备存在的安全隐患;提前策划,督促跟踪人员入场。

(7) 注重风机定检工作质量。制定合理定检计划,提前策划筹备物资;明确定检人员及入场作业要求;关注风功率预测,大风天组织开展锚栓拉伸工作,减少窝工,提高工作效率。

#### 5.2 人员精细化管理

(1) 人员培训与技能提升。针对不同岗位员工,制定个性化培训方案。涵盖风电技术、安全知识、管理技能等内容,通过线上线下结合方式提升员工专业素养。

(2) 绩效考核与激励机制。建立科学合理的绩效考核指标,如发电量、设备维护质量等。根据考核结果给予薪酬、晋升等激励,激发员工工作积极性。

(3) 团队建设与协作。组织团队活动,加强员工沟通交流,培养团队协作精神。营造积极向上的工作氛围,提高团队凝聚力。

#### 5.3 生产精细化管理

(1) 生产计划与调度优化。依据天气预报、电网需求等制定生产计划,利用智能调度系统优化风机运行,实现发电量最大化。

(2) 发电效率提升措施。通过优化风机布局、调整叶片角度、升级控制系统等措施,提高发电效率。如某风电场优化布局后,发电量提升10%。

(3) 成本控制与管理。分析成本构成,从设备采购、运维、人力等方面控制成本。采用集中采购降低设备成本,优化运维流程减少运维费用。

(4) 增强缺陷管理意识。明确负责缺陷管理,每天督促缺陷录入,每月开展一次缺陷分析,不定期检查,建立风机缺陷沟通群,分享发现缺陷,不断提升人员缺陷管理意识。

(5) 过程资料管理。以技术监督为主线,综合人员能力,合理分工,并明确工作要求,督促整理,每月定期检查,提高技术监督资料归档完整率和准确率。

#### 5.4 安全精细化管理

(1) 安全管理制度建设。建立完善的安全管理制度,明确安全责任,规范操作流程,确保安全工作有章可循。

(2) 安全风险识别与评估。运用风险矩阵等工具识别潜在安全风险,评估风险等级,制定相应防控措施。

(3) 安全培训与应急管理。定期开展安全培训,提高员工安全意识。制定应急预案,定期演练,提升应急处置能力。

### 6 风电场精细化管理案例分析

#### 6.1 案例选择与背景介绍

如西华山风电场,该风电场装机容量30万千瓦,运行多年,在管理中面临效率提升、成本控制等问题。

#### 6.2 精细化管理实施过程与措施

在设备管理上,引入智能监测系统,实现设备实时监测;人员管理方面,完善培训与激励机制;生产管理优化调度,提升发电效率;安全管理加强制度建设与风险防控。以“低成本、高收益、高效率、可持续”为目标,精准发力。制定详细的精细化实施措施,具体做法如下:

(1) 制定设备治理总体思路。坚持以指标为导向,以设备缺陷治理为手段,以技术监督为抓手。严格落实

风电机组定、巡检工作,维护质量谁跟踪谁负责;重点加强叶片开裂、液压站油液发黑、轮毂开裂、齿轮箱LSS轴承异常磨损等批量缺陷治理,提高设备完好率;高度关注设备告警处理,深挖风机故障深层次原因,明确治理措施,降低风机非停次数,提升设备稳定性。

(2)自主运维风机后期维护的深度治理。通过近4年一百来台风机自主运维,结合风电场风机现状,不断总结运维经验,运维工作不再局限于厂家最初的风机运维手册指导,自主深度挖掘风机后期运维关键点项,通过开展齿轮箱渗漏油预防治理、液压站蓄能器欠压预防治理、风机各部件高温预防治理、机舱提升改造等工作,提高了风机后期运行的可靠性,也为大型风机出质保自主运维积累了宝贵的经验。

(3)具体设备治理方案如下:

①故障检修:精消缺细维护,梳理故障触发条件,建立故障台账,明确故障处理思路,积极推广故障处理手册;每月开展月度故障分析,对批量问题提前处理,并组织专业人员学习。②定期维护:根据月度故障及告警信息,制定季度重点维护点项,督促落实,提升维护质量,避免批量故障、告警发生;合理化定、巡检人员分工,搭配技术力量,出质保消缺与定巡检工作整合,减少停机时长。③状态检修:扭转被动接受现状,主动出击。每半个月开展一次风机告警信息收集分析,及时调整停机计划及巡检重点项目,整合维护、检修工作,减少设备非计划停运,确保设备稳定运行。④状态监测:专业管理人员每日早班会前查看机组后台告警,紧急告警及时处理;每月大风天开展一次风机设备运行数据分析,判断设备运行状态,异常机组优先安排维护处理,将设备隐患消除在萌芽状态,确保设备稳定运行。

(4)制定风机设备治理计划,实现精益化管理。

①技术减速计划:以技术监督为主线,梳理重点维护点项及告警信息,修编停机计划;合理整合叶片维修、巡检等工作;关注风功率预测,减少非必要停机;合理规划大部件更换,减少机组长停,降低机组损失电量,提升发电量<sup>[3]</sup>。②预防性检修:提高预防性检修。以告警信息、CMS异常数据及维护手册为基础,确定季度巡视维护重点项;加大专业监督力度,提升维护质量,提高风机利用率。③故障管理:关注风机告警信息,高位告警及时处理;根据专业人员技术能力,合理安排故障处理人员,增加专业故障分析环节,梳理故障处理思路,减少机组非停次数。④备件管理:分析历年风机备件消耗情况进行分析,识别批量问题及耗品更换周期,制定备件安全储存清单,提前熟悉备件采购流程,收集

备件型号;为自主运维做好备件储存,减少机组因备件缺失停运;提升机组故障处理时长指标。⑤缺陷管理:完善缺陷治理台账,通过设备结构及原理,分析研讨缺陷治理办法,提出设备改进的思路和方法,开展创新性举措,及时发现并消除设备、系统存在的缺陷,保证风电机组安全、经济、稳定运行。

### 6.3 实施效果与经验总结

实施精细化管理后,该风电场发电效率显著提升,增幅达约15%;运维成本实现明显下降,降幅近约20%。在风电利用小时数方面,区域优势率处于高位水平,达到约145%,在本地区同行业中位居前列;风电市场化电价区域优势率表现突出,达约126%,在公司内部排名领先。风电利用小时数维持在较高区间,约2500小时,在公司内部位列前茅。相关经验主要体现在领导高度重视、全员积极参与、技术有力支撑以及管理持续改进等方面。

## 7 结束语

### 7.1 研究成果

本文通过对风电场精细化管理的深入研究,分析了当前风电场管理中存在的问题,阐述了精细化管理的重要性,并从设备管理、人员管理、运维管理以及数据分析与决策等方面提出了风电场精细化管理的策略与实践方法。通过案例分析验证了精细化管理措施的有效性,实施精细化管理能够显著提高风电场的设备可靠性和运行效率,降低运维成本,提升经济效益和环境效益。

### 7.2 研究展望

随着风电技术的不断发展和智能化水平的提高,风电场精细化管理将面临新的机遇和挑战。未来的研究可以进一步关注以下几个方面:一是加强智能化技术在风电场精细化管理中的应用,如人工智能、物联网、区块链等,实现风电场管理的智能化和自动化;二是深入研究风电场群的协同管理,通过优化资源配置和运行调度,提高风电场群的整体运行效益;三是探索风电场与其他能源形式的融合发展模式,如风光储一体化等,为能源系统的稳定运行和可持续发展提供支持。总之,风电场精细化管理是一个持续发展和不断完善的过程,需要行业内各方共同努力,不断探索创新,以推动风电产业的高质量发展。

## 参考文献

- [1]中国可再生能源学会风能专业委员会.中国风电发展报告[M].北京:中国环境科学出版社,2023.
- [2]张建华,李岩.风电场数字化运维管理模式探索[J].电力系统自动化,2022,46(15):145-152.
- [3]陈强,赵亮.风电场人员绩效管理实践与探索[J].能源管理,2022,36(4):45-50.