

新型电力市场背景下风力发电智能数字化运营管理

郝思涵

内蒙古龙源蒙东新能源有限公司 内蒙古赤峰 024000

摘要: 本文探讨在新型电力市场背景和以效益为主导的大营销体系下, 风力发电站智能数字化运营管理的关键策略。研究聚焦于设备检修管理, 重点分析设备评估和人员行为评估两大维度, 并探讨与绩效考核相融合的管理机制。文章提出了基于数据驱动的设备健康评估体系、智能化人员行为评价模型以及一体化绩效管理框架, 旨在提升风电场运营效率和经济效益。研究表明, 智能数字化管理能显著降低运维成本、提高设备可靠性并实现精细化管理, 为风电企业在新能源市场竞争中赢得优势。

关键词: 风力发电; 电力市场; 数字化; 智能运营; 预测性维护; 电力交易

引言

随着全球能源转型和电力市场化改革的深入推进, 风力发电作为清洁能源的重要组成部分, 其智能化、数字化运营管理显得尤为重要。在新型电力市场背景下, 风电企业面临着电价机制变革、竞价上网、辅助服务市场等多元化挑战, 传统的粗放式管理模式已无法满足市场需求。以效益为主导的大营销体系要求风电企业重新审视其运营管理策略, 特别是设备检修管理体系, 以实现降本增效的目标。

本文立足于风电场实际运营需求, 深入研究设备评估和人员行为评估两条主线, 并结合绩效考核机制, 构建一套科学、高效的风电智能数字化运营管理体系, 为风电企业提供可操作性的管理思路和方法论。

一、新型电力市场背景分析

1. 电力市场化改革趋势

电力市场化改革的核心目标是提高能源利用效率, 优化电力资源配置, 并促进绿色能源的发展。在传统电力市场中, 风电主要依赖固定上网电价 (FIT) 政策, 而市场化改革后, 风电企业需直接参与电力市场交易, 包括现货市场、容量市场和辅助服务市场等。特别是在竞价上网机制下, 风电企业的收入模式由原先的政策补贴转向市场定价, 这要求企业具备更强的成本控制和运营优化能力。同时, 电力市场逐步引入智能调度和需求响应机制, 风电企业需根据市场价格波动调整发电计划, 提高并网电能质量, 避免因电力波动性导致的市场风险。此外, 随着碳交易市场的发展, 风电企业可通过碳配额交易获得额外收益, 这进一步推动了企业向数字化、智

能化方向升级, 以精准监控碳排放量, 提高市场竞争力。

2. 风电行业面临的挑战与机遇

在电力市场化改革的背景下, 风电行业面临诸多挑战, 同时也孕育着新的机遇。首先, 风电的间歇性和不稳定性对电力系统的安全稳定运行提出了更高要求。随着风电装机容量的增加, 其对电网的冲击加大, 如何提高风电的消纳能力、增强电网适应性成为关键问题。此外, 运维成本高昂也是风电企业面临的重要挑战, 传统的定期检修模式无法满足市场对经济性和可靠性的双重需求, 急需引入智能化的设备监测与预测性维护体系, 以减少非计划停机时间。另一方面, 随着大数据、人工智能和物联网技术的发展, 风电企业可以利用智能化手段提升运营效率, 如通过风电场数字孪生技术优化发电策略, 基于智能传感系统进行远程监控与故障预测等。此外, 储能技术的进步也为风电行业提供了新的发展空间, 风电企业可通过建设风储一体化项目, 提高风电消纳能力, 增强市场竞争力。在政策层面, 国家对新能源行业的支持仍在持续, 如推动绿色电力交易、提供财税优惠政策等, 这为风电企业提供了更多发展机遇。因此, 在挑战与机遇并存的环境下, 风电企业亟需加快数字化转型, 提升智能化运营管理水平, 以适应新型电力市场的变化并抢占先机。

二、以效益为导向的设备评估体系

1. 设备健康状态评估模型

设备健康状态评估是风电智能化运营管理的核心环节, 其主要目标是通过实时监测和大数据分析, 准确判断设备的运行状况, 并预测潜在故障, 以降低非计划停机的风险。该模型通常基于多源数据融合, 包括SCADA

(数据采集与监视控制系统)、CMS(状态监测系统)以及气象监测数据等,通过人工智能和机器学习算法分析风机关键部件(如叶片、主轴、齿轮箱、发电机等)的工作状态。评估方法可采用趋势分析、专家系统和深度学习等技术,以建立健康度评分机制,为设备的维护决策提供科学依据。此外,该模型还需具备故障诊断和预警功能,即通过历史数据和实时监测结果,识别设备的异常运行模式,并预测故障发生的概率。相比传统的定期检修模式,基于健康状态的维护策略可以在保证设备稳定运行的同时,减少不必要的停机和维护支出,最终实现风电场运营效益的最大化。

2. 基于经济效益的检修策略优化

在市场化电力交易模式下,风电企业的收入取决于电价、上网电量和可用出力,而设备检修策略的合理性直接影响风机的出力水平。因此,仅依赖技术指标进行设备维护已难以满足经济效益最大化的要求,必须将经济性因素纳入检修优化体系。在这一策略下,风电企业需要综合考虑设备运行成本、维护成本、停机损失以及市场电价等因素,以制定最优的检修方案。智能化的检修决策可结合预测性维护技术,通过风机的健康状态评估结果,动态调整检修计划。例如,在市场电价较低的时段进行维护,以减少经济损失,或者根据风电场的整体运行状态,安排不同风机的轮换检修,以保证场站的总发电量最大化。此外,基于经济效益的检修策略还可以借助历史数据分析,优化备件管理,减少库存积压,进一步降低运营成本。通过这一策略,风电企业能够在保证设备可靠性的同时,实现利润最大化,提高市场竞争力。

3. 智能化设备管理平台构建

为了实现高效的设备管理,风电企业需要构建一个集成化的智能管理平台,该平台应具备数据采集、实时监控、故障诊断、检修优化和决策支持等功能。智能化设备管理平台的核心在于数据驱动的管理模式,通过物联网技术,实现风机、变流器、变压器等关键设备的数据实时采集,并通过云计算进行高效存储和处理。人工智能和大数据分析技术可用于设备运行状态的智能评估,并结合健康状态评估模型,形成设备全生命周期管理系统。此外,该平台应具备可视化运维功能,使管理人员能够通过智能终端随时查看设备状态、接收异常警报,并远程控制风机运行。同时,智能管理平台还可与电力市场交易系统联动,根据电力市场行情,动态调整风电场运行策略,以实现经济效益的最优化。未来,随着5G

和边缘计算技术的发展,智能化设备管理平台的实时性和决策精准度将进一步提升,为风电企业带来更高的运营效率和收益。

三、人员行为评估体系

1. 数字化人员行为标准构建

构建科学合理的人员行为标准是实现智能评估的基础。传统的风电运维工作依赖人工经验,操作流程缺乏统一规范,导致故障处理效率低下,甚至可能因人为因素导致设备损坏或安全事故。为此,需要结合风电场的实际运维需求,制定数字化的人员行为标准体系。该标准涵盖安全操作规程、设备巡检规范、故障处理流程、应急响应机制等内容,并细化至不同岗位、不同作业场景的具体操作要求。此外,行为标准还应包括对工作态度、协作能力和任务完成质量的考核指标,以形成综合性评估框架。通过引入智能传感设备和自动记录系统,可以实现标准化流程的执行监测,确保运维人员在各类作业中的规范性,进而提升风电场整体运维水平。

2. 基于智能感知的人员行为监测

为了精准记录和分析运维人员的操作行为,智能感知技术的应用至关重要。通过RFID、北斗/GPS定位、视频监控、智能穿戴设备等技术,可对运维人员的作业过程进行实时监测,并采集关键行为数据。例如,基于智能摄像头的图像识别系统可以检测人员是否按照标准佩戴安全装备,并通过行为分析判断其操作是否规范。此外,利用工业互联网技术,可以实现人员与设备的实时交互监控,确保关键操作符合安全规程,并在发现违规行为时即时预警。对于户外作业人员,智能终端可结合环境数据,评估其作业环境的安全性,并提供辅助决策支持。通过智能感知系统的深度融合,可以实现对人员工作状态的全方位监测,从而为行为评估提供数据支持,提高风电场的安全性与管理效率。

3. 人员行为评估模型

在采集到人员行为数据后,需要构建科学合理的评估模型,以量化其工作绩效。人员行为评估模型主要包括效率评估、安全评估、技能水平评估以及团队协作评估等多个维度。其中,效率评估通过分析任务完成时间、设备巡检频次、维修响应速度等指标,衡量运维人员的工作效率;安全评估则基于违规操作次数、安全培训记录、事故率等数据,判断人员的安全意识和规范性;技能水平评估可结合实际作业表现与考试成绩,评估人员的专业能力;团队协作评估则通过任务配合情况、沟通频次、协同作业完成度等因素,分析人员的团队协作能

力。通过机器学习算法，可对历史行为数据进行趋势分析，并预测人员在特定任务中的表现，为个性化的绩效考核和培训方案提供支持。

4. 基于行为数据的人员培训体系

行为评估的最终目的是优化人员管理，提高运维人员的整体素质。因此，基于行为数据构建精准化培训体系至关重要。传统的培训模式通常采用固定课件和定期考核，难以针对个体需求进行优化。而基于行为数据的智能培训体系，则可根据人员的实际操作表现，精准识别其薄弱环节，并提供个性化的培训方案。例如，对于故障判断能力较弱的人员，可增加虚拟仿真实训，提高其快速诊断问题的能力；对于安全意识较低的人员，则可强化安全操作课程，并结合案例分析进行重点讲解。此外，智能培训平台还可结合大数据分析，动态调整培训内容，确保人员始终具备与新技术、新设备相适应的技能水平。通过这一体系的构建，风电企业可持续提升运维团队的综合能力，为智能化运营提供坚实的人才保障。

四、绩效考核与管理融合机制

1. 多维度绩效指标体系

科学的绩效考核需要涵盖设备运行效率、人员工作表现、经济收益、安全管理等多个维度。首先，在设备层面，考核指标包括风机可利用率、故障率、维护响应时间等，以确保设备运行的稳定性和可靠性。其次，在人员层面，考核标准应综合工作效率、故障处理能力、安全合规性和团队协作能力，以全面评估运维人员的实际表现。此外，市场竞争环境下，经济收益指标同样不可忽视，风电企业可结合电力市场交易数据，评估不同管理策略下的收益情况，并据此优化运营模式。通过构建完整的绩效指标体系，可以实现精细化管理，为企业决策提供数据支持。

2. 智能化绩效管理平台

为了提高绩效考核的准确性和实时性，需要搭建智能化绩效管理平台。该平台应能够自动采集设备运行数据、人员行为数据以及市场交易数据，并通过人工智能算法进行分析和优化。同时，平台应支持个性化考核规则设置，使管理者可以根据不同岗位、不同场景灵活调整考核标准。此外，绩效数据的可视化展示功能，可以使管理者直观了解各类指标的变化趋势，及时发现问题并调整策略。通过智能化绩效管理平台，企业能够提升管理效率，优化资源配置，实现绩效考核的动态管理。

3. 绩效结果应用机制

绩效考核的最终目的是推动企业目标的实现，因此绩效结果需要与管理决策紧密结合。首先，考核结果应与薪酬激励挂钩，通过差异化薪资策略，激励优秀员工，同时督促低绩效人员改进工作表现。其次，考核数据可用于人员晋升和岗位调整，使企业能够精准选拔和培养人才。此外，绩效结果还可用于优化运营策略，例如通过分析设备绩效数据，调整检修周期和维护策略，提升整体运行效率。最终，通过科学合理的绩效结果应用机制，可以实现风电场管理的持续优化，提升企业的市场竞争力。

结束语

在新型电力市场背景下，风力发电企业正面临电价机制改革、市场竞争加剧以及运维成本控制等多重挑战。本文围绕智能数字化运营管理，重点探讨了以效益为导向的设备评估体系、人员行为评估体系及绩效考核与管理融合机制，提出了数据驱动的设备健康评估模型、智能化人员行为监测方法以及基于多维度考核的绩效管理框架。研究表明，智能数字化管理不仅能够提升设备运行效率、优化检修策略、降低运维成本，还能提高人员管理的科学性，实现精细化绩效考核，最终增强企业在新能源市场中的竞争力。未来，随着人工智能、大数据和物联网技术的不断发展，风电场的智能化管理模式将更加完善，为行业的可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] 北京国际风能大会暨展览会组委会，2020，《风能北京宣言》，2020北京国际风能大会暨展览会专刊
- [2] 财政部、税务总局、国家发展改革委，2020，《关于延续西部大开发企业所得税政策的公告》
- [3] 陈国平，董昱，梁志峰，2020，《能源转型中的中国特色新能源高质量发展分析与思考》，《中国电机工程学报》，第40卷第17期，第5493-5505页
- [4] 崔扬，邓贵波，赵钰婷，仲悟之，唐耀华，刘新元，2021，《考虑源荷低碳特性互补的含风电电力系统经济调度》，《中国电机工程学报》第41卷第14期，第4799-4815页
- [5] 董博，刘李福，邱琪，2019，《新中国企业成本管理的发展与演变》，《财会月刊》，2019年第18期，第164-169页