

智能热工检修在火电厂的实践路径研究

陈竣博

内蒙古华电乌达热电有限公司 内蒙古 乌海 016000

摘要: 随着火电行业对机组运行安全与能效水平要求的不断提升,智能热工检修的体系化建设与落地应用至关重要。围绕智能热工检修的核心价值,构建涵盖设备感知基础、数据支撑体系、算法核心模块、流程管控框架的完整体系,拆解四大维度的落地实践路径,提出多维度优化提升要点,为火电行业热工检修智能化转型提供体系化参考,助力实现精益高效的运维闭环。

关键词: 火电厂;智能热工检修;预测性维护;智能运维

引言:火电机组运行工况复杂严苛,热工设备的稳定可靠直接决定电厂安全生产水平与能源供应效率。传统热工检修高度依赖经验驱动,普遍存在故障预警滞后、检修资源配置失衡、运维成本偏高等痛点,已难以适配新型电力系统下火电行业的转型需求。随着智能传感、大数据与人工智能技术的深度融合,热工检修的智能化升级成为行业发展必然趋势,其体系构建、落地路径与优化方向也成为行业关注的核心课题。

1 火电厂智能热工检修的重要性

火电厂智能热工检修通过实时数据采集与智能分析,实现设备状态精准监测,提升运行稳定性;其自动化诊断功能可快速定位潜在故障,减少非计划停机风险,保障能源持续供应。检修流程优化依赖智能算法,能科学规划维护周期,避免过度检修或漏检,提升资源利用率;同时,远程监控技术降低人员现场操作需求,减少高危环境暴露风险,增强作业安全性。智能系统通过动态调整参数,优化燃烧效率与热能转换,降低能源损耗,助力节能减排目标达成。此外,数据驱动预测性维护模式,延长设备使用寿命,减少频繁更换成本,形成高效、安全、环保的运维闭环,推动火电行业向智能化、可持续化方向升级^[1]。

2 火电厂智能热工检修的核心体系构建

2.1 智能热工检修的设备感知基础

设备感知基础以多维度数据采集为核心,集成高精度温度、压力、流量传感器阵列,实现设备全参数实时同步感知。采用自适应滤波算法对原始信号进行噪声抑制与特征增强,提升数据信噪比;结合多传感器数据融合技术,构建设备状态动态数据池,为后续分析提供高保真数据源。感知系统嵌入环境自适应模块,通过温度补偿、抗电磁干扰设计,确保在高温、高湿、强电磁等复杂工况下稳定运行,依托无线传感网络实现设备间数

据互联互通,支持远程数据同步与集中监控。边缘计算节点部署现场数据处理模型,实现异常数据快速识别与预警信息实时推送;模块化设计支持传感器快速替换与算法迭代,形成“采集-处理-反馈”的闭环优化机制,持续提升感知精度与响应速度,为智能热工检修提供坚实的数据支撑与状态监测基础,有效保障热工系统运行安全性与可靠性。

2.2 智能热工检修的数据支撑体系

智能热工检修的数据支撑体系以高可靠性数据存储与高速计算平台为核心,确保海量运行参数的实时处理与长期存储。数据清洗模块通过异常值检测与缺失值填补算法,提升数据质量,为分析提供可靠依据;在特征提取环节运用机器学习模型,从温度、压力、振动等多元参数中挖掘设备状态关联特征,支撑故障模式识别。实时数据流处理引擎实现毫秒级响应,支持动态调整检修策略,优化设备运行效率;数据可视化模块将复杂参数转化为直观图表,辅助运维人员快速掌握设备状态趋势,提升决策效率。该体系通过数据闭环驱动,形成从采集、处理到应用的全流程智能化支撑,为火电厂热工检修提供精准、高效的数据基石,推动检修模式向数据驱动型转型^[2]。

2.3 智能热工检修的算法核心模块

火电厂智能热工检修算法核心模块聚焦数据驱动与智能分析,通过多源传感器实时采集设备运行参数,构建动态数据池实现全维度监测。模块采用自适应滤波算法对噪声数据进行清洗与重构,提升信号质量;运用深度学习框架搭建故障特征提取模型,挖掘设备状态演变规律。在诊断环节,融合卷积神经网络与循环神经网络,实现故障类型精准识别与定位,同时结合聚类算法对异常模式进行分类归档。预测性维护模块基于时间序列分析构建设备退化模型,结合历史运维数据预测剩余寿命,

动态调整检修窗口。算法模块通过模块化设计实现可扩展性,支持新算法快速集成与旧模型迭代优化,形成闭环智能检修体系,持续提升热工系统运行可靠性与检修效率。

2.4 智能热工检修的流程管控框架

火电厂智能热工检修流程管控框架以动态闭环为核心理念,贯穿计划编制、执行监控、效果评估全周期。流程启动时,基于设备历史运行数据与实时工况,运用智能算法生成动态检修计划,明确检修节点与资源分配。执行阶段通过物联网传感器实时采集设备状态参数,结合边缘计算实现现场数据快速处理与异常预警,确保检修过程精准可控。监控模块采用数字孪生技术构建虚拟检修场景,同步映射实际检修进度与设备状态,实现可视化远程监管。评估环节基于预设指标体系量化检修效果,运用机器学习模型分析流程瓶颈,动态优化检修策略。框架通过模块化设计支持流程灵活调整,适应不同工况需求,形成持续改进的智能管控体系,有效提升热工系统检修效率与运行稳定性。

3 火电厂智能热工检修的实践路径

3.1 设备状态智能监测的实践路径

设备状态智能监测的实践路径以高精度传感器网络为基础,覆盖锅炉、汽轮机等核心设备,实时采集温度、压力、振动等多维参数,确保数据采集的全面性与实时性。边缘计算节点对原始数据进行初步处理,通过动态阈值设定与异常值检测算法,快速识别设备运行异常并触发预警。监测系统集成机器学习模型,持续学习设备运行规律,优化故障识别精度与预测准确性;数据可视化平台将复杂参数转化为动态趋势图与热力图,辅助运维人员直观掌握设备状态变化,缩短故障定位时间。该路径通过“数据采集-实时分析-智能预警-快速响应”的闭环机制,实现设备状态的全周期智能监测,提升故障预防能力与运维效率,推动火电厂热工检修向预测性、主动性方向升级,为安全高效运行提供技术支撑^[1]。

3.2 故障智能预警诊断的实践路径

故障智能预警诊断的实践路径依托多源数据融合与智能算法协同,实现从异常检测到故障定位的精准闭环。通过集成温度、振动、声波等多维度传感器数据,构建设备运行状态的三维数字孪生模型,实时捕捉参数波动特征;机器学习算法对历史故障数据深度学习,建立故障模式库与动态阈值规则,实现异常状态的快速识别与分类。预警模块采用分级推送机制,根据故障严重程度自动匹配响应级别,缩短应急决策时间;诊断结果通过可视化界面直观呈现,辅助运维人员快速定位故障根源,

制定针对性维护策略。该路径通过“数据融合-算法分析-智能预警-精准诊断”的闭环体系,提升故障预判准确率与处理效率,推动火电厂热工检修从被动响应向主动预防转型,为设备安全运行提供智能化保障。

3.3 检修作业智能调度的实践路径

检修作业智能调度的实践路径以数据驱动与算法优化为核心,实现资源高效配置与任务动态调整。通过集成设备状态数据、人员技能档案及工具可用性信息,构建多维调度模型,科学规划检修任务优先级与执行路径;智能算法根据实时工况动态调整人力、设备分配,减少资源闲置与等待时间,提升作业效率。调度系统采用自适应学习机制,持续优化任务分配策略,适应设备老化与运行环境变化;可视化调度平台实时展示任务进度与资源状态,辅助管理人员快速决策。该路径通过“数据融合-智能规划-动态调整-持续优化”的闭环机制,实现检修作业从经验驱动向数据驱动转型,提升调度精准度与响应速度,为火电厂热工检修提供高效、灵活的智能调度支撑,推动运维模式向智能化、精益化方向升级。

3.4 检修成效智能复盘的实践路径

检修成效智能复盘的实践路径以数据闭环为核心,整合设备运行参数、检修过程记录及性能评估指标,构建多维复盘模型。通过对比检修前后设备状态变化,量化检修成效,识别潜在改进点,如参数优化空间、流程瓶颈等;智能算法对历史复盘数据深度挖掘,提炼检修规律与优化策略,形成知识库支撑未来决策。复盘系统采用动态反馈机制,将评估结果实时反馈至检修流程各环节,推动持续改进;可视化复盘平台整合多维数据,生成动态趋势图与对比报告,辅助管理人员直观掌握检修效果,优化后续计划。该路径通过“数据整合-成效评估-规律提炼-反馈优化”的闭环,实现检修成效的精准复盘与持续改进,提升检修质量与效率,推动火电厂热工检修向智能化、精益化方向升级,为安全高效运行提供坚实支撑。

4 智能热工检修实践的优化提升要点

4.1 检修技术体系的迭代优化

检修技术体系迭代优化聚焦于技术融合与性能提升,通过传感器精度升级与抗干扰能力增强,提升数据采集可靠性;在算法层面引入深度学习与强化学习模型,优化故障预测精度与动态决策能力。数据融合模块采用多源异构数据整合技术,提升参数关联分析深度,支撑更精准的状态评估;系统架构采用模块化设计,支持功能灵活扩展与快速迭代,适应技术发展需求。性能评估机制引入动态阈值自适应调整,根据设备运行环境变化自

动优化监测参数,提升预警准确性;迭代优化路径通过“技术升级-算法优化-系统重构-性能评估”的闭环机制,推动检修技术体系持续进化,提升智能热工检修的精准度与适应性,为火电厂安全高效运行提供更强大的技术支持,实现从被动维护到主动预防的智能化转型^[4]。

4.2 检修数据链路的贯通优化

检修数据链路贯通优化聚焦于全流程数据流畅性与价值挖掘,通过统一数据接口标准与传输协议,实现设备感知层、算法核心层、流程管控层的数据无缝对接。数据采集模块采用高兼容性接口设计,支持多类型传感器数据实时汇聚;在传输环节引入低延迟通信技术与数据压缩算法,提升数据传输效率与带宽利用率。数据处理单元通过动态数据清洗与特征提取算法,去除冗余信息,增强关键参数辨识度;数据存储采用分布式架构与冗余备份机制,确保海量数据安全可靠存储。贯通优化路径通过“采集-传输-处理-存储”的全链路协同,提升数据流通效率与价值利用率,推动检修决策从经验驱动向数据驱动转型,为智能热工检修提供坚实的数据基石,实现检修效能与可靠性的双重提升。

4.3 检修作业流程的精简优化

检修作业流程精简优化需融合多维度技术创新与动态管理机制。依托物联网技术实现设备状态实时感知与数据互联,结合人工智能算法构建智能决策模型,自动规划最优作业路径并分配资源,减少人工干预冗余。采用增强现实技术叠加设备结构、操作规范与实时数据,形成三维可视化指导界面,降低操作复杂度与失误风险。引入边缘计算节点实现现场数据快速处理,通过实时分析作业偏差触发自适应调整指令,确保流程动态优化。建立数字孪生检修模型,同步映射实际作业进度与设备状态,支持远程监控与精准指导。通过机器学习模型持续学习历史数据,识别流程瓶颈并自动迭代优化策略,形成“感知-决策-执行-反馈”的闭环优化体系,推动检修作业向高效化、精准化、智能化方向持续演进,有效提升热工系统运行稳定性与检修质量。

4.4 检修人员能力的适配优化

检修人员能力适配优化以动态能力评估为核心,构建“技能画像-需求匹配-精准提升”的智能体系。通过多模态数据采集技术,整合操作记录、模拟演练、实时反馈等数据,形成人员技能数字画像,精准识别能力短板与潜力方向;智能培训平台结合虚拟仿真与AI教练功能,模拟高温、高压等极端工况,强化应急处理与复杂问题解决能力。能力匹配算法根据设备类型、检修难度自动推荐最佳人员组合,实现人力配置最优化;持续学习模块通过微课程、在线挑战赛等形式,推动技能知识更新与经验共享。该路径通过“评估-匹配-培训-迭代”的闭环,推动检修人员从单一技能向复合型能力转型,提升团队整体作战效能与问题解决能力,为智能热工检修提供坚实的人才保障,实现人员能力与岗位要求的高度适配与动态平衡^[5]。

结束语:智能热工检修是火电行业实现运维模式转型升级的核心抓手,通过全维度的体系构建与全流程的实践落地,可有效破解传统检修模式的诸多痛点,实现设备运维从被动响应向主动预测的根本性转变。其持续优化升级需兼顾技术迭代、数据贯通、流程精简与人员能力适配的协同推进,不断完善智能化运维闭环,为火电机组安全、高效、低碳运行提供坚实保障,助力火电行业在新型电力系统建设中实现高质量发展。

参考文献

- [1] 刘志强,王海燕.火电厂热工智能检修系统设计与应用[J].电力自动化设备,2023,43(8):189-195.
- [2] 陈建军,张伟.基于大数据的电力设备预知性维修技术研究[J].中国电机工程学报,2022,42(15):5589-5597.
- [3] 李明辉,赵宇.人工智能在热工故障诊断中的应用进展[J].热力发电,2024,53(2):45-52.
- [4] 张宏伟,李明.基于振动监测的热工设备故障诊断研究[J].中国电力,2022,55(7):128-134.
- [5] 文波.智能控制在火电厂热工自动化中的应用研究[J].新型工业化,2022,12(02):225-227+232.