

智慧运行无人监盘技术在火电厂节能降耗中的应用

王旭东 赵佳豪 朱 韬

华能陇东能源有限责任公司正宁电厂 甘肃 庆阳 745000

摘 要：针对火电厂传统监盘模式人工依赖度高、调控精度不足、能耗损失突出等痛点，本文阐述智慧运行无人监盘技术的核心架构与关键支撑技术，深入分析其精准调控、工况适配、智能运维的节能机理，结合实际应用实践说明技术在燃烧优化、辅机调控等核心场景的应用效果，证实其可有效降低供电煤耗与厂用电率，总结当前应用难点与优化改进方向，为火电厂节能降耗、绿色转型提供可靠的技术参考与实践指引。

关键词：智慧运行；无人监盘技术；火电厂节能降耗；应用

引言：火电厂作为能源消耗核心领域，降低能源消耗、提升能源利用效率是践行“双碳”目标、实现绿色低碳发展的关键举措。传统人工监盘模式存在数据采集滞后、运行决策主观、参数调控低效等突出问题，直接导致燃料浪费、设备能耗偏高，严重制约节能降耗成效。在此背景下，智慧运行无人监盘技术依托大数据、人工智能等前沿技术，实现机组全流程智能监控与精准调控，成为破解传统痛点、推动火电厂节能增效的重要路径，本文就此展开深入探讨。

1 火电厂传统运行模式与节能降耗痛点分析

1.1 火电厂传统集控监盘运行模式

（1）人工监盘核心流程与岗位职责：运行人员24小时值守集控室，实时监视机组参数、设备状态，及时响应异常报警，手动操作调整设备运行参数，核心职责是保障机组稳定运行，排查基础故障，但其工作效率受人员精力、经验影响较大。（2）传统监控系统架构与运行局限：采用分散式监控架构，各系统数据不互通，监控画面繁琐，需人工汇总分析多源数据，存在数据滞后、信息碎片化问题，无法实现全流程一体化监控。（3）人工干预下的运行调节特点：调节依赖人员经验判断，存在调节滞后、精度不足等问题，易出现过度调节或调节不及时，导致机组运行偏离最优工况。

1.2 火电厂能耗损失核心环节与成因

（1）机组燃烧系统能耗偏高原因。燃烧系统能耗偏高，主要是风煤配比不精准、燃料燃烧不充分。人工调控难以根据负荷实时适配风量与给煤量，容易出现风量不足或过剩的情况，导致燃料燃烧效率低，灰渣含碳量升高，大量热能白白流失，拉高机组整体煤耗。（2）辅机系统运行低效与能耗浪费。辅机系统长期处于固定运行模式，未根据机组负荷灵活调节，泵体、风机等设备空载、过载运行现象频发。设备老化、匹配度差，加上

运行调度不合理，大量电能被无效消耗，成为火电厂能耗浪费的重灾区。（3）参数调控不精准导致的能量损耗。汽温、汽压、水位等核心参数调控偏差大，人工难以维持最优运行区间。参数偏离额定值后，会加大能量损耗，比如蒸汽参数不达标会降低做功效率，热量传递损耗增加，进一步拉高厂用电率和综合能耗^[1]。

1.3 传统模式节能降耗瓶颈

（1）人工监控滞后性与决策误差。人工监控靠肉眼巡查、手动记录，数据反馈和异常发现存在明显滞后性，无法及时捕捉细微工况变化。决策完全依赖个人经验，缺乏数据支撑，容易出现误判、漏判，错失最佳调节时机，导致能耗居高不下。（2）运行工况适配性差与优化不足。机组负荷、环境条件变动时，传统模式无法快速适配调整，运行方案固化死板。缺少全工况优化策略，机组长期偏离最优运行曲线，能量转换效率低，节能优化空间被严重压缩。（3）设备运维滞后与隐性能耗叠加。传统运维以定期检修为主，缺乏状态监测手段，设备磨损、故障隐患难以及时发现。设备带病运行会降低运行效率，加上积灰、堵塞等问题得不到及时处理，隐性能耗持续叠加，进一步加剧能耗损失。

2 智慧运行无人监盘技术体系与节能原理

2.1 智慧运行无人监盘技术核心架构

（1）数据采集与感知层建设。数据采集与感知层是无人监盘的基础支撑，依托各类高精度传感器、智能仪表以及物联网终端设备，实现火电机组全设备、全流程运行数据的无死角采集。该层级全面收集锅炉燃烧、汽轮机运转、辅机工况、电气运行等各类参数，覆盖温度、压力、流量、浓度等常规指标，同步捕捉细微工况变动，完成数据筛选、规整与统一传输，打破数据孤岛，为上层智能分析提供真实、完整、实时的数据基础。（2）智能分析与决策层核心技术。智能分析与决策

层是整个技术体系的核心,搭载边缘计算与云端处理模块,对海量数据进行深度挖掘与智能研判。摒弃人工经验主导的老旧模式,通过专业算法模型,对机组负荷、能耗数据、设备状态进行全方位分析,自动生成最优运行方案、精准调控指令以及故障应急策略,实现数据到决策的全自动转化,替代人工完成复杂的判断与指令下达工作^[2]。(3)自动控制与执行层功能实现。自动控制与执行层负责落地智能决策,接收上层下发的调控信号,精准驱动调节阀、变频设备、控制开关等执行机构完成自动操作。该层级可实现机组负荷、给煤量、送风量、辅机转速等参数的精细化自动调节,响应迅速、调控精准,全程无需人工手动操作,实现机组无人值守、稳定高效运行,始终贴合最优运行轨迹。

2.2 关键技术支撑

(1)大数据与人工智能算法应用。大数据技术负责海量数据的存储、筛选与深度解析,梳理机组运行参数与能耗之间的关联规律,挖掘隐性运行逻辑。人工智能算法借助深度学习功能,结合机组设备特性、煤质特点,构建专属的优化运行模型,攻克变负荷、复杂工况下的调控难题,打破人工经验壁垒,消除主观操作误差,让机组调节更贴合实际工况,实现精细化、科学化管控。(2)智能预警与故障诊断技术。该技术立足于设备全时段状态监测,通过设定标准阈值、比对历史数据,提前捕捉设备异常振动、参数偏移等隐患信号,发出分级预警,防范小故障扩大化。系统能自动定位故障点位,分析故障成因,推送标准化处置方案,避免设备带病运行,减少故障停机带来的能耗损耗与经济损失,保障机组连续稳定作业。(3)全工况自适应优化调控技术。针对机组负荷波动、环境温度变化、煤质差异等多变情况,该技术可自主适配调整运行参数,不需要人工手动干预。无论机组处于高负荷、低负荷或是变负荷工况,都能快速锁定最优参数组合,维持能量转换效率最大化,补齐传统模式调节滞后、工况适配性差的短板,提升机组整体运行效率^[3]。

2.3 无人监盘技术节能降耗机理

(1)精准调控减少能量损耗。舍弃人工粗放式调节方式,实现风煤配比、蒸汽参数、辅机出力的精细化微调,将各项运行参数严格控制在最优区间内。解决燃料燃烧不充分、热量散失过多、厂用电耗偏高的问题,削减各类无效能耗,有效降低机组供电煤耗与厂用电率,大幅提升能源利用效率。(2)全时段最优工况稳定运行。智能系统全天候不间断运行,不受人员疲劳、注意力分散、操作失误等人为因素干扰,全程维持机组稳定

工况,避免工况大幅波动。平稳的运行状态能提升热能、机械能转换效率,让机组长期处于节能高效区间,实现持续稳定降耗。(3)设备健康运维降低无效能耗。通过实时监测设备状态,推行预防性运维,及时处理设备积灰、堵塞、磨损等问题,保持设备最佳运行效率。消除隐性能耗叠加,避免设备低效、带病运行带来的额外损耗,既能延长设备使用寿命,又能压缩整体能耗成本。

2.4 无人监盘与传统监盘核心差异

(1)运行管控模式对比。传统模式以人工值守、手动操作为核心,全程依赖值班人员经验,流程繁琐、效率低下,人力成本高;无人监盘以智能管控、自动执行为核心,现场少人甚至无人干预,流程标准化、响应迅速,管控效率实现质的提升。(2)能耗调控精度对比。传统模式调节滞后、精度低下,参数偏差较大,能耗管控松散,无效损耗居高不下;无人监盘调节即时、精度极高,参数紧贴最优额定值,能耗管控精细化、透明化,最大限度减少能量浪费。(3)运行稳定性与可靠性对比。传统模式易受人为失误、人员精神状态影响,工况波动频繁,故障发现滞后,安全隐患多;无人监盘不受人为因素干扰,运行平稳顺滑,故障预警及时精准,机组运行稳定性与可靠性显著提升^[4]。

3 智慧运行无人监盘技术在火电厂的应用实践

3.1 工程应用场景与实施部署

(1)机组燃烧优化无人监控应用。在机组燃烧系统部署无人监盘技术,通过高精度传感器实时采集炉膛温度、烟气成分、风煤配比等核心数据,结合人工智能算法构建燃烧优化模型。系统自动适配负荷变化与煤质波动,动态调节给煤量、一次风与二次风比例,实现燃烧过程的闭环精准控制。替代人工凭经验调整的模式,有效解决燃烧不充分、炉膛受热不均等问题,为机组节能降耗筑牢燃烧根基。(2)辅机系统智能节能运行应用。针对风机、泵类、磨煤机等辅机系统,基于运行负荷与工况需求,应用变频调速与智能调度技术。建立辅机运行效能数据库,实时判定设备运行效率,自动切除冗余运行设备或调整转速,大幅降低无效能耗。实现辅机系统从“恒速运行”向“按需匹配”的转变,成为火电厂降本增效的关键抓手。(3)全厂参数一体化智能监控应用。打破传统分散监控的信息壁垒,构建全厂统一的智能监控平台。整合锅炉、汽轮机、电气及辅助系统数据,实现全流程、全参数的一体化可视化监控。系统自动关联各参数指标,预判连锁反应,生成全局最优运行策略,解决各系统间参数不协调、调节不同步的痛点,

保障机组运行的整体性与稳定性^[5]。

3.2 节能降耗效果分析

(1) 供电煤耗、厂用电率指标优化。应用实践表明,无人监盘技术可将供电煤耗降低3-8克/千瓦时,厂用电率下降1-2.5个百分点。通过燃烧优化与参数精准调控,燃料利用率显著提升;借助辅机智能节能运行,无效电能消耗大幅削减,核心能耗指标得到实质性优化。

(2) 设备运行效率提升与损耗降低。设备运行效率平均提升3%-8%,热损耗、机械损耗等无效能耗显著下降。系统实时监测设备积灰、堵塞、振动等状态,及时推送预警与处理建议,避免设备带病运行,维持设备最佳能效,从源头削减能耗损失。(3) 经济效益与社会效益测算。经济效益方面,以百万千瓦级机组为例,年可节约标准煤超万吨,减少燃料成本超千万元,投资回收期通常在2-3年。社会效益层面,技术应用可降低碳排放与污染物排放,助力火电厂实现清洁低碳运行,为行业绿色转型提供坚实技术支撑,同时减少人工操作风险,提升生产本质安全水平。

3.3 运行难点与改进措施

(1) 极端工况下无人监盘适配难题。在深度调峰、启停机、煤质突变等极端工况下,现有模型适应性有待提升。改进措施包括扩充极端工况样本数据集、优化算法鲁棒性,开发应急人工接管与智能辅助决策模块,确保复杂工况下系统仍能稳定输出有效调控策略。(2) 系统稳定性与容错性优化。多系统联动、数据传输延迟等可能影响系统稳定性。需强化硬件冗余设计,建立数据备份与容错机制,优化控制逻辑,提升系统对异常数据、网络波动的抗干扰能力,保障控制指令的精准执行与系统连续稳定运行。(3) 后期运维与技术升级方案。建立设备全生命周期运维体系,配备专业技术团队定期巡检、升级系统算法与软件版本。推进边缘计算与云端协同,持续引入数字孪生、强化学习等前沿技术,推动系统向更智能、更高效的方向迭代,保障技术生命力。

3.4 应用推广价值与前景

(1) 技术推广可行性分析。技术具备高可行性,

其硬件选型通用、系统兼容性强,可适配不同类型火电机组;改造方案模块化,施工周期短,对机组运行影响小。加之成本效益显著,政策支持力度大,具备在全国火电行业规模化推广的条件。(2) 对火电行业绿色转型的推动作用。该技术是火电行业实现节能降碳的关键路径,可推动传统火电从“经验驱动”向“数据驱动”转型。通过提升运行效率、降低能耗与排放,助力火电企业在“双碳”目标下保持竞争力,加速行业绿色低碳转型进程。(3) 未来技术升级与发展方向。未来技术将向深度融合方向升级,结合数字孪生构建机组全生命周期虚拟映射系统,实现预测性运维;融入大语言模型提升人机交互与决策智能性;拓展至多能互补、源网荷储协同领域,推动智慧火电技术体系向更高阶、更综合的方向迈进。

结束语

智慧运行无人监盘技术有效弥补了火电厂传统运行模式的诸多短板,通过全时段精准调控、智能预警运维,在降低能源消耗、提升设备运行效率、保障机组安全稳定运行等方面成效显著,兼具显著的经济效益与社会效益。尽管目前该技术在极端工况适配、复杂故障处置等方面仍有不足,但通过算法优化与技术升级可逐步完善,其推广应用将推动火电行业从经验驱动向数据驱动转型,为行业绿色低碳高质量发展注入持久动力。

参考文献

- [1]王会宝.火电厂电气运行优化与节能降耗的技术探索[J].工程与建设,2024,38(4):938-940.
- [2]邹林.火电厂电气运行优化与节能降耗的技术研究[J].锅炉制造,2025,7(5):38-43.
- [3]尹冬年.电厂锅炉运行中节能降耗技术的应用[J].电力设备管理,2024,31(24):258-260.
- [4]王庆黎.火电厂集控运行节能降耗技术策略与应用[J].中国高新科技,2024,13(22):80-82.
- [5]陈必全.火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].电力设备管理,2024,11(20):266-268.