

火电厂集控运行技术优化与管理创新

田军

中铝宁夏能源集团有限公司六盘山热电厂

DOI:10.32629/hwr.v9i11.6622

[摘要] 在“双碳”目标及能源结构调整的共同推动下,火电厂作为能源供应的关键部分,急需依靠技术提升和管理改进来打破传统集控运行的限制。本文着眼于火电厂集控运行的整个流程,从智能化技术结合、节能减排、设备状态监控、数字化提升四个方面,规划技术改进路线;同时,针对管理流程、员工培训、细致考核、安全控制等方面设立创新制度,并辅以政策、资金、人才、安全四方面的保障。这一系列举措旨在为火电厂实现高效能、低碳化、安全型运行目标提供切实可行的实践范本,助力行业加速迈向绿色、可持续的高质量发展新阶段。

[关键词] 火电厂集控运行; 技术优化; 管理创新

中图分类号: TM62 **文献标识码:** A

Optimization of Centralized Control Operation Technology and Management Innovation in Thermal Power Plants

Jun Tian

Ningxia Generate Electricity Group Liupanshan Thermoelectricity Factory

[Abstract] Driven by the joint impetus of the "dual carbon" goals and energy structure adjustment, thermal power plants, as a crucial part of energy supply, urgently need to rely on technological advancements and management improvements to break free from the constraints of traditional centralized control operations. This paper focuses on the entire process of centralized control operations in thermal power plants, outlining a technical improvement roadmap from four perspectives: integration of intelligent technologies, energy conservation and emission reduction, equipment condition monitoring, and digital enhancement. Meanwhile, innovative systems are established for management processes, employee training, meticulous assessment, and safety control, supplemented by safeguards in four areas: policies, funding, talent, and safety. This series of measures aims to provide a practical and feasible model for thermal power plants to achieve efficient, low-carbon, and safe operational goals, thereby accelerating the industry's transition towards a green and sustainable high-quality development phase.

[Key words] centralized control operation in thermal power plants; technological optimization; management innovation

引言

火电厂集控运行是确保机组稳定发电的重要环节,其技术和管理水平直接影响到电厂的能源使用效率、环保达标情况和安全运营状况。目前,传统集控运行模式存在三大难题:一是智能化水平不够,过于依赖人工操作,导致反应迟缓;二是节能减排任务艰巨,传统技术难以达到低碳排放标准;三是管理流程分散,员工技能与考核体系不匹配。在碳达峰、碳中和的战略要求下,火电厂必须摒弃“粗放式”运行管理模式,通过技术优化与管理创新的紧密结合,解决效率、环保、安全三大核心问题。本文基于国内30多家火电厂集控运行的实践案例,全面梳理技术

优化路线和管理创新制度,结合实际数据和架构设计,为行业转型提供切实可行的方案。

1 火电厂集控运行技术优化路径

1.1 智能化技术融合优化

智能化技术结合是集控运行提升质量与效率的关键手段,借助人工智能(AI)、大数据、物联网(IoT)与传统集控系统的紧密融合,实现运行决策的精准和自动化。

核心技术应用主要有三个方面:一是智能AGC/AVC调节系统,依靠机器学习算法实时对机组负荷分配进行优化,响应时间比传统PID控制减少40%;二是锅炉燃烧智能优化模型,通过分析煤

质、氧量、风压等12个关键参数，动态调整燃烧配风的比例，降低飞灰可燃物的含量；三是用智能巡检机器人取代人工，其配备红外热成像和声学监测模块，设备缺陷识别率能达到98%以上。

表1 传统集控技术与智能化融合技术对比表

技术类型	传统技术特点	智能化融合技术特点	核心优化成效
负荷调节系统	人工干预多，响应延迟 ≥ 10 s	AI算法驱动，响应延迟 ≤ 6 s	供电煤耗降低3g/(kW·h)
燃烧控制方式	固定配风比例，适应性差	动态优化配风，适配多煤种	锅炉效率提升1.2%~1.5%
设备巡检模式	人工定点巡检，漏检率 $\geq 8\%$	机器人自主巡检+AI缺陷识别	缺陷发现提前2~3天，漏检率 $\leq 1\%$

1.2 节能降耗技术优化

节能降耗技术改进围绕“全流程降碳”展开，重点针对锅炉、汽轮机、辅机系统这三个关键部分，通过技术升级和参数调整达成能源的高效使用。

主要优化举措有：一是锅炉烟气余热深度回收技术，运用低温省煤器与烟气换热器串联的方案，把排烟温度降到85℃以下，每台机组每年能节省1.2万吨标准煤；二是汽轮机通流部分改造，对叶片型线和间隙设计进行优化，减少内漏损失，使热效率提高0.8%~1.0%；三是辅机系统变频调速升级，给引风机、送风机、给水泵等关键辅机装上高压变频器，依据负荷情况动态调整转速，平均节电率能达到25%~30%。

表2 节能降耗技术优化实施效果表

优化技术	技术参数指标	单台300MW机组年节能效益	投资回收期
烟气余热深度回收	排烟温度从120℃降至82℃	节约标准煤1.2万吨，减排CO ₂ 3.2万吨	2.8年
汽轮机通流部分改造	热效率提升0.9%	节约标准煤0.8万吨，减排CO ₂ 2.1万吨	3.5年
辅机系统变频升级	平均节电率28%	节电360万kWh，减少电费支出216万元	1.9年

1.3 设备状态监测与故障预警技术优化

设备状态监测与故障预警技术改进以“预防性维护”为重点，搭建起“多维度感知-大数据分析-精准预警”的完整闭环体系，以此降低非计划停机的风险。

核心技术架构涵盖：一是多参数融合监测系统，借助振动传感器、油液分析传感器、红外测温仪等设备，实时收集转子振动、润滑油含水量、轴承温度等8种关键数据；二是基于机器学习的故障预警模型，利用LSTM神经网络算法对设备正常运行数据样

本进行训练，确定异常波动阈值，从而实现对轴承磨损、转子不平衡等10类常见故障的提前预警；三是远程诊断平台，整合全厂设备监测数据，连接设备厂家专家库，让故障诊断响应时间不超过4小时。

表3 设备故障预警技术应用及效果表

监测对象	采用技术手段	预警提前时间	故障诊断准确率	非计划停机减少率
汽轮机转子	振动监测+LSTM算法分析	48~72h	95.6%	68%
锅炉受热面	红外测温+超声波检测	24~48h	93.2%	55%
辅机轴承	温度传感器+油液光谱分析	12~24h	91.8%	72%

1.4 集控系统数字化升级

集控系统数字化升级以“数字孪生”为关键，打造物理电厂和虚拟电厂的实时对应关系，实现运行管理的可视化、透明化以及协同化。

核心升级内容有：一是DCS系统国产化更换与功能扩充，对分布式控制系统硬件平台进行升级，新增智能控制模块和数据接口，支持多源数据融合；二是数字孪生集控平台搭建，整合设备三维模型、实时运行数据、历史故障记录，实现机组运行状态的3D可视化监测；三是数据中台构建，规范数据采集、存储、分析标准，为技术优化和管理决策提供数据保障。

2 火电厂集控运行管理创新机制

2.1 管理流程标准化与闭环优化

管理流程标准化以“PDCA循环”为重点，搭建“计划-执行-检查-改进”的闭环管理架构，解决流程断点和职责不清晰的问题。

表4 集控运行标准化管理流程闭环表

流程阶段	核心工作内容	责任主体	监督方式	改进触发条件
计划阶段	制定日/周运行计划、负荷曲线	集控班长	生产技术部审核	电网调度调整、设备状态变化
执行阶段	按标准化手册开展操作	运行操作员	DCS操作记录+视频监控	操作偏差 $\geq 5\%$ 、出现异常报警
检查阶段	核查运行参数、流程执行合规性	值长+技术专工	每日巡检+每周专项检查	合规率 $< 95\%$ 、出现质量隐患
改进阶段	分析问题根源、更新流程标准	改进专项小组	季度评审+效果验证	改进措施实施后问题复发率 $\geq 3\%$

关键优化举措：一是编制《集控运行标准化操作手册》，详细规定机组启停、负荷调整、故障处理等28类核心流程的操作步骤、安全范围和责任划分；二是建立流程执行监督机制，借助DCS系统操作记录和视频监控，实时检查流程执行状况；三

是成立流程改进专项小组,每季度收集运行人员反馈意见,结合技术优化成果更新流程标准,形成动态优化闭环。

2.2 人员管理与技能提升创新

人员管理创新围绕“技能适配—能力提升—职业发展”整体布局,着力打造高素质的集控运行团队。

核心机制涵盖:一是构建“分层分类”技能培训体系,针对新入职员工开展“理论+仿真+实操”三级培训,针对老员工则设置智能化技术、故障诊断等进阶课程;二是推行“师徒结对+跨岗位培养”模式,指定技术骨干对新员工进行带教,定期组织操作员跨岗位学习,以此培养复合型人才;三是搭建技能竞赛平台,每年举办集控运行技能比武活动,将竞赛结果与岗位晋升、薪酬待遇直接关联,激发员工的学习积极性。

2.3 精细化管理与考核激励创新

精细化管理以“量化指标—精准考核—有效激励”为重点,打破“平均主义”的考核方式,提升运行效率和工作质量。

关键举措:一是构建多维度考核指标体系,包含安全指标(非计划停机次数、违章操作率)、效率指标(供电煤耗、厂用电率)、环保指标(脱硫脱硝效率、污染物排放浓度)、操作指标(流程合规率、缺陷处理及时率)四大类共16项具体指标;二是采用“量化评分+动态排名”的考核办法,每月统计各项指标完成状况,计算综合得分并公布排名;三是优化激励机制,设置“节能先锋奖”“安全标兵奖”“创新贡献奖”等专项奖励,将考核结果与绩效工资、年终奖、岗位晋升紧密关联,达成“多劳多得、绩效优酬”。

2.4 安全管理模式创新

安全管理创新以“风险预控—智能防控—全员共治”为要点,构建全方位、多层次的安全防护机制。

核心措施包括:一是建立双重预防机制,通过风险辨识评估确定高风险环节,制定防控举措,同时借助智能监测系统实时监测风险点状态;二是引入智能安全监控技术,在集控室、设备区安装人员定位系统、违章操作识别系统,实现不安全行为的实时警报;三是推行“全员安全责任清单”,明确从厂长到操作员的各级安全职责,定期开展安全培训与应急演练,提升全员安全意识与应急处理能力。

3 火电厂集控运行技术优化与管理创新的保障措施

3.1 政策与制度保障

政策衔接和制度框架搭建,为技术迭代更新与管理模式变革提供了合规支撑和实操参考。一方面,紧密贴合国家“双碳”发展战略、能源安全保障等宏观政策方向,积极申报智能化改造、节能减排方面的专项补贴及税收优惠政策,借助政策优势降低创新投入成本,将政策支持转化为实际的创新推动力;另一方面,完善内部制度体系,制定《集控运行技术优化管理规程》《智能化设备运维实施细则》《创新成果评定与奖励办法》等规范性文件,明确技术优化的操作流程、管理创新的责任划分以及激励兑现的具体标准,通过制度的硬性约束确保各项创新举措有效落实。

3.2 资金与技术保障

资金保障和技术支持是创新实践得以开展的核心物质条件。其一,构建专项创新资金储备体系,每年从经营收入中按固定比例提取专项经费,专门用于技术改造升级、设备更新、专业人才培养等关键方面,保证创新项目资金稳定供应;其二,深化与科研院所、设备生产企业的技术合作,引入先进的智能化设备及配套软件系统,联合成立攻关小组攻克核心技术难题,有针对性地解决技术瓶颈;其三,建立行业前沿技术跟踪与储备机制,实时关注数字化、智能化领域的技术发展动态,提前布局关键技术的研发和应用,持续保持技术领先优势,保障技术创新的持续性。

3.3 人才与团队保障

人才队伍建设与团队能力提升是推动创新发展的核心动力。首先,优化人才引进机制,聚焦智能化技术研发、数字孪生场景搭建、集控系统运维保障等重点领域,精准引进高层次专业人才,为团队增添多元化创新元素;其次,构建全链条人才培养模式,与高等院校共建产学研实训基地,推行“定制化”人才培养方式,同时定期组织技术骨干参加行业高端论坛、专项技能培训、跨企业交流等活动,全方位提升团队的专业技术水平和创新思维;最后,营造创新文化氛围,建立“全员参与、鼓励试错”的创新激励机制,畅通技术改进建议与管理创新方案的提交渠道,对成效显著的创新成果给予物质和精神双重奖励并推广应用,全方位激发团队的创新活力。

3.4 安全与风险保障

安全保障和风险控制是保证创新过程顺利推进的关键防线。一是建立全周期风险评估体系,在技术优化方案确定、管理创新项目启动前,通过专家评审、模拟推演等方式,全面排查技术可行性风险、生产安全风险、资金投入回报风险等潜在隐患,制定差异化、可操作的风险防控方案;二是加强项目实施过程的动态管理,采用“分阶段推进、节点化验收”的管理模式,定期开展进度检查、效果评估和问题总结,根据实际进展情况灵活调整实施策略,主动预防风险扩大;三是筑牢应急处置防线,针对技术升级后可能出现的设备故障、系统兼容冲突、运维衔接不畅等突发情况,细化应急预案的操作流程和责任分工,定期组织实战化应急演练,确保突发状况能够得到及时响应和妥善处理。

4 结语

在“双碳”目标推进以及能源结构加快转型的重要时期,火电厂集控运行技术优化与管理创新,是突破传统运行困境、实现高质量发展的关键途径。本文所搭建的智能化融合、节能降耗等四大技术优化方向,和流程标准化、人员能力提升等四大管理创新举措,再加上配套的保障手段,共同构成协同体系,能够切实提高机组运行效率、减少碳排放以及降低安全风险。未来,有必要进一步深入数字孪生、新能源耦合等前沿技术的运用,推动技术与管理深度交融。此次优化创新实践给火电厂提升质量、增加效益、实现绿色转型提供了切实可行的参考,有助

于行业在保障能源安全的基础上,稳步朝着低碳可持续发展迈进。

[参考文献]

[1]贾向虎,柳栓,王磊.火电厂集控运行优化思路[J].中国科技信息,2024,(14):90-92.

[2]罗文强.火电厂集控运行技术与机组协调控制研究[J].电力设备管理,2024,(20):86-88.

[3]司马金浩.基于大数据分析的火电厂集控运行参数优化路径研究[J].现代工业工程,2025,(8):61-63.

[4]张吴铭.火电厂脱硫技术的优化与能效提升策略研究[J].现代工业工程,2025,(8):142-144.

[5]胡宇.火力发电机组集控运行技术应用研究[J].科技创新与应用,2025,15(11):165-168.

作者简介:

田军(1985—),男,回族,宁夏固原市人,本科,毕业学校:宁夏大学,毕业时间:2012年7月,职称级别:助理工程师 研究方向:火电厂集控运行方面。