

热电厂集控运行节能降耗技术的应用分析

郝俊国

华电内蒙古能源有限公司土默特发电分公司 内蒙古 包头 014010

摘要：随着科学技术的不断发展，我国的节能技术也成为时代发展的重要关注点。秉持着走可持续发展的路线，本文则是针对火电厂集控运行节能降耗做出有效的分析探讨，主要分析了火电厂集中控制运行的应用现状，并针对此集控运行研究提出节能降耗对策，希望可以为我国的可持续发展战略提供有效的技术支持。

关键词：火电厂；集控运行；节能降耗；研究

随着行业的发展，采取传统分散控制模式的热电厂已经无法满足现代热电厂运营需求，集控运行技术的出现，通过高度集成和自动化的系统，实现对热电厂各项参数的实时监测、智能分析以及优化调度。但热电厂在运行过程中所消耗的能源属于不可再生能源，节能降耗已经成为我国所重视的焦点问题之一^[1]。因此热电厂应该积极通过集控运行节能降耗技术，为热电厂运行减少生产成本的同时，保护自然资源与环境。

1 热电厂集控运行基本概念

热电厂集控运行是通过集中控制技术实现热动力、发电及自动化系统协同管理的核心模式。其核心概念与技术特点可概括如下：

1.1 基本定义与构成。集中控制原理，集控运行依托计算机技术、自动化设备和分布式控制系统（DCS），将锅炉、汽轮机、发电机及辅助设备整合为统一单元机组，实现生产全过程的集中监视、操作与协调控制^[2]。单元机组结构：涵盖炉（锅炉）、机（汽轮机）、电（发电机）三大主系统及制粉、风机、辅机等辅助系统。

控制室功能：通过DCS平台实现参数调整、设备启停、异常处理等操作，减少人工干预，提升响应效率。核心目标，兼顾机组安全与经济性，通过优化热力循环、控制热应力及协调调峰能力，降低能耗与排放。

1.2 关键技术特点。自动化控制系统，DCS架构：采用分布式网络结构，集成数据采集、逻辑控制、报警管理等功能，支持双机热备与动态数据迁移，保障系统稳定性。协调控制策略：实现机炉动态匹配，通过变压运行、调峰控制等技术适应负荷变化，提升热效率。热力设备管理，热应力监测：通过传感器实时跟踪汽轮机、锅炉等关键部件的温度变化，避免热膨胀与变形引发的设备损伤^[3]。寿命管理：结合启停次数、运行时长等数据优化设备维护周期，延长机组使用寿命。

1.3 人员技能要求。集控运行需复合型技术人才，

要求：跨专业知识：精通热动力、电气工程及自动控制原理，熟悉炉机电系统的联动逻辑；操作能力：掌握DCS界面操作、异常工况判断与应急处置技能，如锅炉爆管、汽轮机振动等事故处理。

1.4 应用优势。效率提升：通过集中控制减少操作层级，缩短指令响应时间，降低综合厂用电率；安全性增强：实时监测设备状态，自动触发保护机制（如紧急停机），避免人为误操作；经济性优化：协调燃料供给与负荷需求，实现燃煤/燃气消耗量最小化。

2 热电厂集控运行重要性

2.1 高效生产调度的核心支撑。集中监控与自动化运行，通过炉、机、电纵向联锁的单元制控制模式，实现全厂设备的集中监视与操控，运行人员可在单一控制室内完成机组启停、负荷调整等操作，显著提升响应速度与操作精准度。多系统协同优化，基于DCS（分布式控制系统）的集成化管控，实现锅炉、汽轮机、发电机的动态协调，通过流量调控与参数匹配减少能源转换损耗，典型项目数据显示机组热效率提升10%-15%。

2.2 安全稳定运行的保障机制。实时预警与故障处理，部署覆盖全厂的传感器网络与智能诊断系统，可秒级捕捉设备异常状态（如过热蒸汽温度波动、漏风点失效等），并通过数字孪生技术模拟故障影响路径，故障预警准确率提升至95%以上^[4]。冗余设计与容灾能力，采用双机热备的前置机与服务器架构，确保任一节点故障时系统仍可持续运行，结合标准化检修流程，非计划停机时间缩短50%以上。

2.3 节能降耗的直接载体。精细化能耗管理，通过动态监测供电煤耗指标（公式 $b = \frac{Bs}{PG - PP} \times 10^6$ ），实时优化燃料掺烧比例与风煤配比，典型案例显示单日供热量提升至4.4万吉焦，煤耗降低5%-8%。余热回收与梯级利用，集成低温省煤器与热能循环系统，回收烟气、连排

水等低品位余热,结合智能调度策略减少无效散热。

2.4 智能化转型的技术底座。数据驱动的决策升级,依托新能源智慧生产管理平台,构建“远程监控-分级诊断-片区维护”体系,实现跨区域风光储设备的毫秒级分析,运维效率提升30%。虚拟电厂接入能力,通过灵活响应电网负荷需求与削峰填谷策略,降低用电成本并提升可再生能源消纳比例,助力碳排放强度下降18%-25%。

2.5 管理机制革新的关键路径。集约化管控模式通过统一调度指令与标准化操作流程,减少人为操作失误,同时建立设备状态台账与能耗统计系统,形成闭环管理机制^[5]。人员能力跃升平台,要求运行人员掌握热能动力、自动控制等多领域知识,并依托“学、思、践、悟”培训机制,近3年累计攻关11项节能降耗课题,推动技术标准迭代。

3 电厂节能降耗技术

热电厂节能降耗技术主要围绕能源梯级利用、系统优化和设备升级展开,结合最新技术应用与运行管理策略,可分为以下重点领域:

3.1 热电联产系统优化。热电负荷动态分配,通过建立能耗方程模型,基于实时生产数据动态调节热电负荷分配,避免平均分配导致的能源浪费,实现成本最低的热电联产运行模式。蒸汽参数提升,提高主蒸汽压力至27-28MPa、温度至600℃以上,并优化再热蒸汽温度(如610-620℃),热效率提升显著,主蒸汽压力每提升1MPa可降低热耗1%,再热温度每升10℃降热耗1.5%。

3.2 余热回收与梯级利用。烟气余热回收,在除尘器或脱硫塔入口加装低温省煤器,利用凝结水回收120℃以下烟气余热,降低引风机电耗,供电煤耗可减少4-8g/kWh。锅炉连排/定排热能利用,将锅炉高盐分排水(汽包连排水、底部定排水)的热量回收至热力系统,减少热能直接排放损失7%。

3.3 设备与工艺升级。电加热蒸汽发生器替代传统锅炉,采用即热式设计 with 模块化结构,电能直转热效率达98%以上,配合功率自适应调节,减少预热与低负荷运行损耗,综合能效提升30%以上。汽轮机通流改造,应用全三维设计优化叶片型线及汽封结构,30-60万千瓦机组改造后供电煤耗降低10-20g/kWh,适用于老旧亚临界机组升级^[6]。IGCC集成技术,通过煤气化净化与联合循环发电,梯级利用燃煤化学能,污染物排放降低90%以上,系统效率较传统燃煤机组提升10-15%。

3.4 燃烧优化与清洁技术。煤粉炉燃烧控制,实时监测飞灰含碳量并调整燃烧参数,结合水冷壁喷涂高辐射涂层,提升换热效率5-8%。炉渣化学处理,喷射靶向化

学制剂改变炉渣物理特性,减少受热面沉积,降低SO₃生成量,锅炉效率提升2-4%。

3.5 运行管理策略。供电煤耗精细化计算,基于公式

$$b = \frac{Bs}{PG - PP} \times 10^6$$

(Bs为标煤消耗量,PG为发电量,PP为厂用电量),动态监测并优化煤耗指标。多模块协同运行,针对蒸汽需求波动场景,采用多模块电加热系统或汽轮机灵活启停策略,避免“大马拉小车”现象。

4 热电厂集控运行节能降耗技术应用效果分析

4.1 运行效率提升效果。燃烧优化与配煤掺烧,通过动态调整风煤配比与氧量控制,过剩空气系数稳定在1.1-1.3区间,减少不完全燃烧损失,排烟温度降低5-15℃,锅炉效率提升3%-5%。某电投武威热电采用燃煤掺烧技术改造后,锅炉高温腐蚀问题显著缓解,原煤自燃损耗降低,燃料成本节约约5%。热力系统优化,某石化通过循环水管网并网改造与冗余设备停运,系统压力下降,吨水用电量同比降低5%,年节电量达3020万千瓦时。智能控制与设备协同,某热电厂利用锅炉智能优化控制系统,通过大数据分析优化燃烧参数与母管压力,燃煤消耗量减少1%,全年折算减少供电标煤13g/kW·h。某电厂优化浆液循环泵与制粉系统运行方式,综合厂用电率降至6.8%,环比下降0.5%,达历史最优水平。

4.2 管理与设备升级效果。精细化能耗管理,通过建立能耗台账与“小指标竞赛”活动,主蒸汽温度、压力等参数精准调控,经济指标提升显著。修订《锅炉燃烧调整经济运行技术措施》等制度,依托指标竞赛与奖惩机制,激发全员节能潜力。设备改造与维护,对循环水场进行永磁调节设备改造,实现温度、压力与背压的经济性平衡,延长设备寿命并降低电耗。通过修旧利废与废旧零部件回收利用,脱硝还原剂改造后设备剩余价值开发率达85%。

4.3 管理机制优化策略。精细化运行制度,建立能耗统计台账与QC活动机制,定期分析煤耗、厂用电率等核心指标,优化设备启停时序与运行参数。数据驱动与技术创新,构建智慧监测平台,实时采集机组运行数据,利用AI算法动态优化冷量分配与负荷匹配策略,探索节能运行区间。推动抽排汽与双减协同供热技术应用,通过流量动态分配提升发电量,减少低温蒸汽排放热污染。人员培训与激励,开展岗位技能竞赛,激发全员节能潜力,强化异常工况(如过热汽温失控)应急处置能力。建立创新创优奖励机制,鼓励青年员工参与技术攻关(如磨煤机防堵改造),提升燃煤流动性及设备可

靠性^[7]。

4.4 典型案例成效。抽排汽与双减协同供热，华电仪化热电，碳排放强度降18%，单日供热量达4.4万吉焦。磁悬浮设备+AI智控平台，某重点实验室机房能效提升显著，噪声降低30%以上。DCS系统优化+变频改造，某600MW火电机组供电煤耗降至294.5g/kW·h，年节电超15%。

5 热电厂节能降耗技术未来发展趋势

5.1 热电联产深化应用与多能互补。热电联产系统强化，政策持续推动热电联产升级，通过“以热定电”原则优化机组运行，能源综合利用率提升至80%以上，预计2030年前新增装机容量年均增速超5%。多能联供模式扩展，整合工业余热、生物质能等资源，构建“电-热-冷-气”多能联供体系，典型案例显示采暖季供热效率提升30%，碳排放强度下降18%。

5.2 智能化与数字化技术渗透。AI驱动的燃烧优化，基于传感器和AI算法实时调控风煤比、氧量等参数，降低排烟温度与飞灰含碳量，锅炉效率提升5%-8%。虚拟电厂协同调度，热电厂接入区域虚拟电厂平台，灵活响应电网负荷需求，通过削峰填谷策略降低用电成本，节能率达25%以上。

5.3 低碳技术突破与环保升级。碳捕集与封存（CCS）集成，新建机组配套CO₂捕集装置，结合生物质混燃技术实现负碳排放，2030年目标捕集率超90%。污染物协同，治理采用分级燃烧与SCR脱硝技术，氮氧化物排放浓度降至30mg/m³以下，同步降低SO₃生成量。

5.4 政策与市场双轮驱动。能耗标准趋严，国家明确2030年重点热泵产品能效提升20%，供电煤耗指标纳入碳排放权交易体系。投资方向集中，高效低排放技术（如永磁风机、超超临界机组）与智能电网建设成为核心投

资领域，预计2025-2030年市场规模年均增长12%。

5.5 趋势分析。热电联产，多能互补系统，综合能效提升15%-25%。智能化运维，AI燃烧优化+虚拟电厂，煤耗降低5%-8%。低碳环保，CCS+超超临界机组，碳排放强度下降30%以上。

总结而言，热电厂集控运行通过技术集成与流程优化，成为现代电力生产高效、安全、低碳的核心支撑。通过技术升级与管理优化，热电厂集控运行节能降耗技术展现出显著的经济、环保与安全效益，成为实现“双碳”目标的关键抓手。通过技术与管理双重优化，热电厂可实现综合煤耗降低3-5g/(kW·h)，年减排二氧化碳超万吨，经济效益与环保目标协同达成。未来热电厂将通过技术创新与政策协同，逐步实现从“高碳依赖”向“高效低碳”的全面转型。

参考文献

- [1]郭忠.火电厂集控运行节能降耗技术[J].化学工程与装备,2020(12):223-224+245.
- [2]田勇杰,石伟.火电厂集控运行节能降耗技术分析[J].科技视界,2020(28):86-88.
- [3]李明.火电厂集控运行节能降耗对策[J].现代工业经济和信息化,2020,10(08):51-52.
- [4]秦玉.火电厂集控运行节能降耗措施分析[J].现代工业经济和信息化,2020,10(08):53-54.
- [5]李鹏.火电厂集控运行节能降耗对策[J].现代工业经济和信息化,2020,10(06):73-74.
- [6]肖尤国.火电厂集控运行节能降耗技术分析[J].通讯世界,2020,27(05):175-176.
- [7]田瑞.探讨火电厂集控运行节能降耗技术分析[J].科技视界,2020(28):86-88.