火力发电厂集控运行节能降耗技术措施研究

刘铭建
安徽华电六安电厂有限公司　安徽　六安　237010

摘　要：火力发电机组集控运行状态直接决定电厂能源利用水平，各类工况偏差与粗放调控方式极易引发多环节能耗浪费。本文结合火电机组集控运行架构与能耗生成机理，系统梳理机组参数偏差、辅机运行状态、调控操作方式及变工况运行带来的能耗波动规律，针对性提出参数精细化调控、辅机协同运行、变工况动态适配、热力系统优化等节能技术，同步搭建标准化、常态化的运行管控实施体系，全方位改善机组运行工况，削减无效能耗支出，提升火电生产整体能效。

关键词：火力发电厂；集控运行；能耗管控；参数调控；设备优化

引言：电力行业节能提质是能源结构优化与火电产业升级的重要内容，集控运行作为火电机组自动化生产的核心模式，运行管控质量深刻影响机组发电能效。当前多数火电机组存在调控方式粗放、主辅设备匹配性不足、变工况适配能力薄弱等问题，各类运行偏差持续造成热能、电能的无效损耗。立足集控运行的基础特性，厘清能耗生成的核心诱因与影响机制，依托专业化技术手段与标准化管控模式优化运行体系，能够有效改善机组低效运行状态，为火电生产节能降耗提供可靠的技术与管理支撑。

1 火力发电厂集控运行与能耗体系基础特性

1.1 火电机组集控运行工作原理

火力发电厂集控运行借助自动化控制平台，实现机组全生产流程的集中监视与精准操作。这种运行方式摒弃了传统分散管控的作业模式，把锅炉、汽轮机、发电机以及各类配套辅助设备的运行状态整合至统一管控载体。现场传感采集设备持续捕捉各类设备的运行信号，及时反馈至集控操作界面。运行人员根据界面展示的实时参数与设备状态，完成工况调整、状态把控、故障处理等日常作业。整套运行逻辑围绕设备稳定工况展开，通过数据采集、信号传输、人工调控的完整链路，保障火电机组持续平稳发电，维系电厂生产作业的有序开展[1]。相较于传统分散值守模式，集控运行实现了设备管控的集中化与数据化，大幅缩短工况响应时长，同时为精准能耗管控提供数据支撑，是机组高效经济运行的基础保障。

1.2 集控系统整体运行架构与管控范围

火电机组集控系统采用分层式运行架构，整体可划分为现场设备层、数据传输层和集中管控层三个核心部分。现场设备层涵盖电厂主力发电设备与各类辅助设备，负责完成基础生产作业，同步输出实时运行数据。数据传输层负责整理、传递现场采集的运行信号，保证各类运行参数完整、准确上传。集中管控层为核心操作终端，集中展示全厂设备运行状态，支持各类运行参数的精准调节。系统管控范围覆盖火力发电完整工序，包含燃料燃烧、热能转换、蒸汽做功、电能产出等核心环节，同时囊括风烟、水汽、冷却、物料输送等辅助系统，完成全厂设备的一体化统筹管控。三层架构相互联动、层层赋能，实现发电全流程闭环管控，有效规避传统分段管控的衔接漏洞，为全方位排查能耗隐患、优化系统运行工况提供架构支撑。

1.3 火电机组生产能耗产生环节与形成机理

火电机组生产能耗分布于发电作业的各个环节，不同生产流程会产生差异化的能量损耗。燃料燃烧阶段，燃料储存的化学能无法完全转化为有效热能，部分热量会通过炉体散热、烟气排放等形式流失。热能转换阶段，工质在热量传递和能量转化过程中存在能量损耗，降低热能向机械能的转化效率。设备运转阶段，各类转动、输送设备需要消耗能量，用以克服机械摩擦阻力和介质传输阻力。设备运行工况偏离合理区间时，无效能量损耗会持续攀升。多环节的能量损耗相互叠加，构成机组整体生产能耗，直接决定电厂能源利用的实际水平。

1.4 集控运行模式对机组能耗的内在影响关系

集控运行的管控水平与操作规范度，直接左右火电机组整体能耗高低。粗放的管控模式容易让设备运行参数脱离合理区间，单点设备的工况异常会逐步波及整套生产系统，造成大量无效能耗。标准规范的集控操作，能够精准锁定设备最优运行区间，让各系统工况保持平稳状态。科学的运行调控可以有效降低工况波动引发的能量损耗，削减设备不必要的能耗支出。集控环节的管控优劣，直接影响各生产环节的能量损耗幅度，是改变

机组整体能效表现的关键人为管控因素。

2 火力发电厂集控运行能耗影响因素分析

2.1 机组运行参数偏差对能耗的影响机制

火电机组各类运行参数维持合理区间，是控制生产能耗的基础条件。参数出现偏离标准区间的偏差，会打破机组内部稳定的能量转换平衡。主蒸汽压力、主蒸汽温度出现偏移，会改变蒸汽携带热能的实际品质。热能品质不足会拉长做功流程，机组需要消耗更多燃料补足额定负荷需求。给水温度、排烟温度等辅助参数异常，会放大换热环节的能量流失[2]。参数偏差积累到一定程度，会持续拉低能量转化效率，让发电全过程的无效能耗持续增加。

2.2 辅机设备运行状态对能耗体系的影响规律

火电厂辅机设备承担介质输送、工况调节、系统换热等基础工作，运行状态直接牵动整体能耗水平。风机、水泵、空冷设备长期处于偏离最优工况的运行状态，会产生额外机械损耗。设备内部部件磨损、管路积垢、流通阻力增大，会提升设备运转所需能源。部分辅机长期高负荷运转或低频启停，会打乱主辅系统的运行匹配状态。单台辅机能耗的异常上涨，会逐层传导至整套能耗体系，抬高机组整体用电与耗能规模。

2.3 系统调控操作方式引发的能耗波动原理

集控岗位的调控操作方式，深刻改变机组各系统的能量消耗节奏。粗放式参数调整会造成工况频繁起伏，系统需要反复补偿能量以稳住生产状态。盲目调整风煤配比、水汽循环强度，会破坏炉膛燃烧稳定性与换热均衡性。不合理的负荷调节节奏，会让设备长期处于非经济运行区间。频繁的参数修正与工况调整，会滋生大量无效能量消耗，让机组能耗呈现不稳定波动特征。

2.4 变工况运行状态下的能耗变化特征

电网负荷调整、机组启停切换、外部环境变化，都会让火电机组进入变工况运行状态。固定工况下形成的能量平衡关系会彻底改变，各系统适配性出现下降。负荷升降过程中，燃烧系统、水汽系统、风烟系统的响应速度存在差异，系统匹配度持续降低。各类能量损耗会随工况切换出现阶段性上涨。工况频繁变动会让机组长期脱离经济运行区间，能耗消耗规模随工况波动呈现不规则变化，整体能效水平持续走低。

3 火力发电厂集控运行节能降耗关键技术

3.1 机组主参数精细化匹配调控技术

机组主参数精细化匹配调控技术，是优化火电机组能耗水平的核心手段。重点针对主蒸汽温度、主蒸汽压力、排汽参数等关键热力指标建立分级管控标准。结合机组不同负荷区间的运行特性，划分独立的参数控制范围。运行过程中依托集控平台实时采集的燃烧数据与热力数据，对各项参数进行小幅、渐进式调整。摒弃传统固定参数运行带来的粗放管控模式，有效改善参数偏移引发的燃烧不稳、换热失衡等问题[3]。稳定的炉内工况能够规范能量转换过程，抑制热能无序散失，减少燃料无谓消耗。精细化的参数管控可以持续优化机组运行经济性，压缩发电环节的无效能耗。

3.2 辅机设备协同优化运行技术

辅机设备协同优化运行技术，聚焦电厂各类辅助设备的运行短板开展优化升级。风机、水泵、冷却装置承担介质输送、压力调节、设备降温等基础工作。运行状态优劣直接决定厂用电消耗体量。结合主机实时负荷状态调整辅机输出出力，科学规划设备启停时序。规避低负荷高出力、长时间空转、频繁启停等不合理工况。统筹多台同类辅机的运行配比，适配主机生产节奏。削弱管路介质阻力与机械摩擦造成的能量损耗，降低辅助系统整体用电体量，搭建稳定、低耗的辅机运行体系。

3.3 变负荷工况动态适配调控技术

变负荷工况动态适配调控技术，面向电网负荷波动、机组工况频繁切换的生产场景设计。负荷出现升降变化时，炉膛燃烧强度、水汽循环速率、风烟流通状态都会产生明显改变。通过调整风煤配比、给水流量、炉膛负压等核心工艺指标，适配全新的负荷运行需求。平缓工况切换产生的运行波动，化解各系统响应差异带来的工况紊乱。削弱热力结构重构过程中产生的多余能耗。让机组在高、中、低不同负荷区间都能维持经济运行状态，稳步提升机组全工况运行的能源利用效率。

3.4 热力系统运行工况优化调节技术

热力系统运行工况优化调节技术，围绕机组完整热力循环体系开展深度优化。优化范围涵盖回热装置、疏水回路、各类换热设备等重要热力单元，规整水汽循环全过程的运行逻辑。调整各级加热器运行工况，提升低位热能回收效率，减少换热环节的热量散失。排查并整改管路积水、换热不均、热力泄漏等异常问题。不断完善机组热能传递与转化链路，提升燃料能量向电能的转化比例。持续改善热力系统整体运行品质，降低机组常态化运行的能耗支出，深度释放集控运行的节能潜力[4]。

4 集控运行节能降耗标准化实施路径

4.1 集控运行操作流程规范化优化方式

火力发电厂集控运行的能耗管控，依托标准化、规范化的操作流程作为落地基础。传统机组运行过程中，操作人员的个性化操作习惯、流程执行疏漏，都会造

成机组运行参数无序变动，引发不必要的能源损耗。针对集控运行全流程开展规范优化，需要梳理机组启停、负荷调整、参数调节、设备巡检等各类常规操作的执行逻辑，剔除冗余操作步骤，统一标准化操作规范。结合火电机组集控系统的运行特性，细化不同生产场景下的操作细则，明确各类工况对应的参数调节标准与操作顺序。约束人为随意调节的操作行为，减少主观操作偏差带来的机组工况紊乱。通过常态化的流程规范管控，让集控操作始终匹配机组最优运行逻辑，从操作层面压缩能耗浪费空间，筑牢节能降耗的基础防线。

4.2 机组全工况运行管控体系完善路径

火电机组运行工况具备动态变化特征，不同负荷区间、环境条件下的机组能耗特性存在明显差异，单一固定的管控模式无法适配全时段生产需求。完善机组全工况运行管控体系，需要覆盖稳态运行、变负荷运行、低负荷运行、启停过渡等全部生产工况。针对各类工况的能耗生成特点，搭建针对性的管控标准，明确不同工况下主辅设备的运行管控要求、参数调控范围。补齐特殊工况的管控空白，规避过渡工况、低负荷工况管控缺失引发的高能耗问题。细化各工况之间的切换管控标准，规整工况切换过程中的参数调节节奏与设备运行状态。搭建全覆盖、分层化的工况管控框架，让机组每一段运行过程都具备对应的管控依据，实现机组运行能耗的全方位管控。

4.3 设备运行匹配性调控的常态化管控模式

火电机组主设备与各类辅机设备的运行匹配度，直接决定整体能耗水平。设备运行状态失衡、负荷匹配失衡，会造成单台设备低效运行、系统整体能耗抬升。建立常态化的设备匹配调控管控模式，需要梳理主辅设备之间的运行联动关系，明确不同机组负荷下各设备的合理运行状态。对风机、水泵、空压机等能耗占比较高的辅机设备，建立专属的运行调控标准，根据主机运行状态实时调整辅机运行模式。规避设备超负荷运行、低负荷空转、多设备无序投运等低效运行问题。每7天定期核查设备运行匹配状态，及时修正设备运行偏差，维持整套设备系统的高效运行状态[5]。以常态化管控约束设备运行状态，持续挖掘设备系统的节能空间。

4.4 集控运行节能管控长效运行机制构建

短期的技术调控与流程优化，无法实现机组能耗的持续性管控，搭建长效运行机制是稳固节能降耗成效的核心举措。结合集控运行的生产特点，搭建常态化的节能管控机制，明确运行岗位的节能职责与管控内容，将能耗管控融入日常集控运行工作。建立机组能耗数据常态化核查机制，每 24 小时跟踪不同时段、不同工况的能耗变化规律，精准定位能耗偏高的运行环节。搭建常态化的技能提升机制，每季度开展不少于 2 次集控节能运行技能培训，提升操作人员对节能调控标准的执行能力。完善能耗管控考核体系，依托考核机制强化制度刚性约束，规范运行管控操作，持续巩固节能优化成效，保障集控运行节能降耗工作长期稳定推进。

结束语

火电集控运行的节能降耗是覆盖设备调控、参数优化、流程管控的系统性工作。通过梳理能耗产生机理与各类影响因素，落实精细化参数调控、辅机协同优化、变工况适配调节等技术手段，搭配规范化操作流程与常态化管控机制，可全方位规整机组运行状态，减少各生产环节的无效能耗。整套优化体系贴合火电机组实际生产场景，能够持续改善机组运行经济性，稳固火电生产节能提质成效。

参考文献

[1]王冬梁.火力发电厂集控运行节能降耗技术措施研究[J].仪器仪表用户,2025,32(12):121-123.

[2]刘勇刚.火力发电厂集控运行节能降耗技术措施探析[J].灯与照明,2025,49(1):167-169,173.

[3]王硕.火力发电厂集控运行节能降耗技术措施探析[J].电力设备管理,2025(21):240-242.

[4]田立智.火力发电厂集控运行节能降耗技术措施分析[J].科学与信息化,2023(21):13-15.

[5]张巨博.试论火力发电厂集控运行节能降耗技术[J].电力设备管理,2024(19):244-246.