

# 火力发电厂发电机组集控运行技术探析

郑 帅

商丘裕东发电有限责任公司 河南商丘 476600

**摘 要:** 火力发电厂发电机组集控运行技术依托计算机、通信与自动化技术,将锅炉、汽轮机等纳入统一平台,实现集中管控。本文阐述其核心内涵与关键性能指标,分析集控运行系统架构、控制策略及不同工况下的运行策略。调研应用现状,指出系统协同、智能化水平等方面的问题,提出构建一体化智能集控系统、强化全工况精准控制等优化策略,为提升火力发电厂运行水平提供参考。

**关键词:** 火力发电厂;发电机组;集控运行

## 引言

在能源需求持续增长与环保要求日益严格的背景下,火力发电作为重要能源供应方式,其运行效率与安全性备受关注。发电机组集控运行技术作为现代火力发电的关键支撑,打破传统分散控制局限,实现集中、协同、精准调控。深入研究该技术,剖析其架构、策略,分析应用现状与问题,并提出优化策略,对推动火力发电行业高质量发展具有重要意义。

## 一、火力发电机组集控运行技术基础

### (一) 集控运行技术的核心内涵

火力发电机组集控运行技术是依托计算机控制、通信网络和自动化技术,将发电机组的锅炉、汽轮机、发电机及辅助系统纳入统一控制平台,实现集中监视、操作和调控的综合技术体系。其核心内涵体现为“集中管控、协同联动、精准调控”,打破传统分散控制模式下各系统独立运行的壁垒,通过主控室的集中控制台和监控系统,对机组运行全流程进行统筹管理。该技术以数据实时采集为基础,通过传感器网络收集各设备运行参数,经数据处理单元分析后,由控制系统发出调控指令,确保锅炉燃烧、蒸汽动力转换、电能生成等环节协调同步<sup>[1]</sup>。同时,集控运行技术融合了故障诊断、自动调节等功能,在保障机组稳定运行的前提下,实现能源利用效率提升,是现代火力发电从粗放管理向精细化管控转型的关键技术支撑,为机组安全、经济、高效运行提供核心技术保障。

### (二) 集控运行的关键性能指标

火力发电机组集控运行的关键性能指标围绕安全性、

经济性、稳定性三大核心目标设定,各指标相互关联且直接反映运行质量。机组负荷响应速度是重要指标之一,要求在电网负荷变化时,集控系统能快速调整锅炉燃烧和汽轮机进汽量,确保负荷波动幅度控制在允许范围,通常300MW级机组负荷响应速率需达到每分钟2%额定负荷以上。供电煤耗直接体现经济性,集控系统通过优化各环节协同运行,将供电煤耗控制在较低水平,超超临界机组供电煤耗可降至260g/kWh以下。机组连续运行时间反映稳定性,先进集控技术支撑下,主力机组连续运行时间可超过180天。另外,污染物排放浓度是环保要求下的关键指标,集控系统通过精准控制燃烧参数和脱硝、脱硫系统运行,确保氮氧化物、二氧化硫排放浓度分别低于50mg/m<sup>3</sup>、35mg/m<sup>3</sup>。自动控制投入率需保持100%,保障系统调控精准性,这些指标共同构成集控运行性能评价体系。

## 二、火力发电机组集控运行核心系统架构与控制策略

### (一) 集控运行系统总体架构

火力发电机组集控运行系统总体架构采用分层分布式结构,自上而下分为监控层、控制层和设备层,各层通过高速通信网络实现数据交互和指令传输。监控层作为人机交互核心,由主控室的操作员站、工程师站、历史数据站和大屏幕显示系统组成,操作员通过操作员站实现机组运行参数监视、操作指令下发和故障报警处理,工程师站负责系统组态配置和程序维护,历史数据站存储机组运行数据用于分析优化<sup>[2]</sup>。控制层是核心执行单元,包含分散控制系统(DCS)、可编程逻辑控制器(PLC)和协调控制系统(CCS),分散控制系统实现对锅

炉、汽轮机、发电机等主设备的精准控制，可编程逻辑控制器负责辅助系统如输煤、除灰系统的控制，协调控制系统统筹各主系统运行，保障机组整体协同。设备层由传感器、执行器、变送器等现场设备组成，负责采集温度、压力、流量等运行参数，并执行控制层下发的指令，三层架构分工明确、冗余设计，确保系统可靠运行。

### （二）核心控制系统及功能实现

火力发电机组集控运行核心控制系统以分散控制系统为核心，整合协调控制系统、汽机数字电液控制系统、锅炉安全监控系统等子系统，实现多维度功能覆盖。协调控制系统作为核心中的核心，通过锅炉主控制器和汽机主控制器的协同作用，接收电网负荷指令后，动态调整锅炉燃烧量和汽轮机进汽阀开度，使机组输出功率与负荷需求匹配，同时维持主蒸汽压力稳定，避免参数大幅波动。汽机数字电液控制系统采用电液联合控制方式，精准控制汽轮机调速汽门和主汽门开度，实现汽轮机转速和负荷的闭环控制，具备超速保护、甩负荷保护等功能，保障汽轮机安全运行。锅炉安全监控系统通过监测炉膛压力、火焰强度等参数，实现锅炉点火、停炉的程序化控制，当出现炉膛灭火、超压等危险工况时，立即触发保护逻辑，切断燃料供应并启动泄压装置，防止事故扩大，各子系统通过数据共享实现功能互补，构建全方位控制体系。

### （三）不同工况下的集控运行策略

火力发电机组集控运行需针对启动、正常运行、变负荷、停机等不同工况制定差异化策略，确保各阶段运行安全高效。启动工况分为冷态启动和热态启动，冷态启动时，集控系统按预设程序依次完成给水泵、风机等辅助设备启动，通过升温升压曲线控制锅炉燃烧，逐步提升主蒸汽参数，待参数达标后开启汽轮机冲转，升至额定转速后并网带负荷，整个过程严格控制升温升压速率，防止设备热应力过大。正常运行工况下，集控系统以稳定运行和节能为目标，通过协调控制系统维持负荷、压力、温度等参数稳定，实时监控设备运行状态，自动调节辅机出力，优化燃烧效率。变负荷工况时，根据电网AGC指令，采用“机跟炉”或“炉跟机”模式，若负荷升幅较大，先增加锅炉给煤给风，再调整汽轮机进汽量；负荷降幅较大时，先减汽轮机进汽量，再降锅炉出力。停机工况时，逐步降低负荷，按顺序停燃料供应、引送风机，控制锅炉降温降压，汽轮机打闸停机后执行盘车等后续操作。

## 三、火力发电机组集控运行技术应用现状与问题

### （一）应用现状调研

当前国内火力发电机组集控运行技术已实现大规模普及，300MW及以上主力机组均采用集控运行模式，超超临界、百万千瓦级机组更是配备了智能化程度较高的集控系统。从应用场景看，不仅在传统燃煤电厂广泛应用，在循环流化床、燃气-蒸汽联合循环电厂也实现了集控技术全覆盖。技术层面，多数机组已完成分散控制系统升级，实现了运行数据的实时采集、集中监控和自动调控，部分先进电厂引入工业互联网平台，将集控系统与大数据分析结合，开展机组运行优化和故障预警。区域分布上，东部经济发达地区电厂因环保和效率要求高，集控系统智能化水平更高，普遍配备智能报警、一键启停功能；中西部电厂虽完成基础集控改造，但在智能化升级进度上相对滞后。整体而言，集控运行技术已成为火力发电行业标配，但其应用深度和智能化水平因电厂类型、区域差异呈现不均衡态势。

### （二）核心问题表现

火力发电机组集控运行技术应用中存在的核心问题集中在系统协同、智能化水平、运维适配和数据利用四个方面。系统协同方面，部分电厂因各子系统建设时期不同，存在分散控制系统与汽机数字电液控制系统、脱硫脱硝控制系统数据接口不兼容问题，导致信息传输延迟，影响协同调控效果，在变负荷工况下易出现参数波动。智能化水平方面，多数电厂集控系统仍以传统监控和自动控制为主，故障诊断依赖人工经验，缺乏基于大数据的智能诊断模型，无法提前预判设备潜在故障，导致非计划停机时有发生<sup>[3]</sup>。运维适配方面，集控系统升级后，运维人员技能未同步提升，对智能化系统的组态配置、故障排查能力不足，部分先进功能因操作不熟练无法充分发挥作用。数据利用方面，集控系统积累了海量运行数据，但多数电厂仅用于历史查询，未通过数据挖掘开展运行优化、能耗分析，数据价值未充分释放，制约了集控技术效益最大化。

## 四、火力发电机组集控运行技术优化策略

### （一）构建一体化智能集控系统

构建一体化智能集控系统需以打破系统壁垒、融合智能技术为核心，实现各环节深度协同。首先，统一系统数据标准，对现有分散控制系统、汽机数字电液控制系统、环保控制系统等进行接口改造，采用工业以太网和统一通信协议，建立集中数据中台，实现运行参数、

设备状态、故障信息等数据的实时共享。其次，引入人工智能和机器学习技术，在数据中台基础上构建智能控制模块，包括负荷预测模型、燃烧优化模型和故障预警模型，负荷预测模型通过分析电网负荷历史数据和气象因素，提前预判负荷变化趋势；燃烧优化模型根据煤质分析数据动态调整给煤量、风量配比，降低供电煤耗。同时，集成一键启停功能，将机组启动、停机流程标准化、自动化，减少人工干预。另外，搭建可视化监控平台，采用三维建模技术还原机组设备布局，实时展示设备运行状态和系统流程，实现集控运行的全景化、智能化管控，提升系统整体运行效率。

### （二）强化全工况精准控制能力

强化全工况精准控制能力需针对不同运行工况优化控制逻辑，提升参数调控精度。在启动工况，优化升温升压曲线，基于设备热应力计算模型，动态调整锅炉给煤量和给水量，将汽包壁温差控制在40℃以内，同时采用分段冲转方式，避免汽轮机转速波动。正常运行工况，升级协调控制系统逻辑，引入自适应控制算法，根据煤质变化、设备老化等因素自动调整控制参数，维持主蒸汽压力波动范围在±0.2MPa内，主蒸汽温度波动不超过±5℃。变负荷工况，采用“机炉协调+前馈控制”模式，提前获取电网AGC指令，通过前馈通道预调锅炉和汽轮机参数，缩短负荷响应时间，确保负荷变化速率达到每分钟3%额定负荷以上，且参数无超调现象。停机工况，开发渐进式降温降压控制逻辑，按机组冷却特性分阶段控制参数下降速率，同时联动辅机系统逐步减负荷，避免设备因温度骤变产生热变形，提升全工况运行稳定性。

### （三）完善运维管理体系

完善运维管理体系需从人员、流程、技术三方面构建全方位保障机制。人员培养方面，建立分层培训体系，针对运维人员开展集控系统操作、智能诊断技术、故障排查等专项培训，定期组织实操考核和应急演练，提升人员对智能化系统的操作和处置能力。流程优化方面，制定集控系统日常巡检、定期维护、故障处理的标准化流程，明确各岗位职责和工作节点，采用工单管理系统跟踪运维任务执行情况，确保运维工作规范化、高效化。技术支撑方面，搭建运维管理平台，将集控系统运行数据与运维管理数据融合，实现设备台账、维护记录、故障历史的数字化管理，通过数据分析识别易损部件和潜

在故障点，制定预防性维护计划，减少非计划停机时间。同时引入远程运维技术，对偏远地区电厂提供远程技术支持，快速解决运维难题，提升整体运维管理水平。

### （四）构建全方位安全防护体系

构建全方位安全防护体系需兼顾设备安全、系统安全和人员安全，形成多重防护屏障。设备安全方面，在集控系统中增设设备安全监控模块，实时监测锅炉、汽轮机、发电机等关键设备的振动、温度、位移等参数，建立设备故障阈值模型，当参数超标时立即触发报警并执行预控措施，如自动降负荷、切断危险源，同时完善设备连锁保护逻辑，防止故障扩大。系统安全方面，加强网络安全防护，部署防火墙、入侵检测系统和数据加密设备，划分生产控制区和信息管理区，严格控制两区数据交互，定期开展网络安全漏洞扫描和渗透测试，防止恶意攻击导致系统瘫痪<sup>[4]</sup>。人员安全方面，在主控室设置紧急停机按钮、声光报警装置，制定完善的应急处置预案，针对火灾、停电、设备爆炸等突发事件开展专项演练，确保操作人员能快速响应。加强作业安全管理，对集控系统检修、升级等作业实施风险评估和安全交底，规范作业流程，保障人员和设备安全。

### 结束语

火力发电厂发电机组集控运行技术对保障机组安全、经济、高效运行至关重要。当前虽取得广泛应用，但在系统协同、智能化等方面仍存问题。通过构建一体化智能集控系统、强化全工况精准控制、完善运维管理体系及构建全方位安全防护体系等优化策略，可提升集控运行水平。未来，随着技术发展，集控运行技术将不断完善，为火力发电行业可持续发展提供更强大动力。

### 参考文献

- [1] 滕飞. 火力发电厂发电机组集控运行技术探析[J]. 模型世界, 2025(11): 121-123.
- [2] 陈健伟. 火力发电厂发电机组集控运行技术探析[J]. 电脑校园, 2020(4): 569-570.
- [3] 马海军. 火力发电厂发电机组集控运行技术探讨[J]. 黑龙江科学, 2021, 12(24): 138-139.
- [4] 胡宇. 火力发电厂发电机组集控运行技术分析[J]. 工程管理, 2025, 6(3): 122-124.