

火电集控运行中机组协调控制系统优化策略研究

丁吉伟

华电渠东发电有限公司 河南省新乡市 453000

摘要：发电机组是整个电力系统的重要组成部分，其运行状态对于整个电力系统有着十分重大的影响力。本文聚焦火电集控运行高效稳定需求，探索机组协调控制系统的优化方向与实施路径。明确负荷响应、参数稳定、能效提升的核心优化目标；梳理控制逻辑、参数匹配、模式适配的关键优化维度；提出逻辑重构、参数整定、模式创新的具体优化路径；强化智能算法、数据驱动、硬件升级的技术赋能支撑；构建标准规范、运维保障、动态优化的长效保障体系。该框架提升机组协调控制性能，为火电行业高质量发展提供科学支撑，对增强火电运行灵活性、经济性与安全性意义重大。

关键词：火电集控运行；机组协调控制系统；优化策略；技术赋能

引言

火电厂作为传统电力生产核心，承担大量基础负荷供电任务。在能源需求增长与环保要求趋严的背景下，机组运行效率与安全性愈发关键。机组协调控制系统作为火电集控运行的核心，统筹锅炉、汽轮机及辅助设备协同运行，其控制性能直接影响机组负荷响应速度、运行稳定性与能源利用效率。随着机组规模持续扩大，对负荷控制调节能力的要求不断提升，现有协调控制系统亟需改造创新以适配新需求。通过明确优化核心目标、梳理关键维度、探索科学路径、强化技术赋能、构建长效保障体系，可推动系统实现精准控制与高效运行，助力火电企业适配新形势。深入探索相关优化路径，对提升火电集控运行水平、保障电力系统安全稳定具有重要现实意义。

1 机组协调控制系统的核心优化目标

1.1 提升负荷响应灵活性与快速性

提升负荷响应灵活性与快速性是适应电网调峰需求的核心目标，旨在增强机组对负荷指令的动态跟踪能力。通过优化协调控制系统的负荷分配策略与响应机制，确保机组在额定负荷区间内能够快速响应电网的增减负荷指令，缩短负荷调整时间。同时，需兼顾机组在变负荷过程中的稳定性，避免因负荷变化过快导致主蒸汽压力、温度等关键参数大幅波动，实现负荷响应速度与运行稳定性的协同提升，满足电力市场对火电灵活性调峰的要求。

1.2 保障运行参数稳定性与精准性

保障运行参数稳定性与精准性是机组安全经济运行的

基础，核心在于维持主蒸汽压力、温度、给水流量、炉膛负压等关键参数在设定范围内稳定波动。通过优化协调控制算法与参数匹配关系，减少外界干扰（如燃料品质变化、电网负荷波动）对运行参数的影响，提升控制系统的抗干扰能力。同时，需提高参数控制的精准度，降低参数偏差，避免因参数超标导致机组保护动作或运行效率下降，为机组长期安全稳定运行筑牢基础。

1.3 实现能源利用效率最大化与减排协同

实现能源利用效率最大化与减排协同是火电行业绿色转型的关键目标，要求协调控制系统在保障机组稳定运行的同时，优化能源消耗与污染物排放。通过优化锅炉燃烧控制、汽轮机调速控制及各辅助系统协同运行策略，降低煤耗、厂用电率等能耗指标。同时，将环保约束纳入控制逻辑，协调燃烧效率与污染物生成量的关系，助力脱硫、脱硝、除尘系统高效运行，实现能效提升与污染物减排的协同推进。

2 机组协调控制系统的关键优化维度

2.1 控制逻辑合理性与适配性优化

控制逻辑合理性与适配性优化聚焦协调控制系统的算法与逻辑架构，确保其能够适配机组不同运行工况与设备特性。需梳理现有控制逻辑中存在的冗余环节与逻辑冲突，简化控制流程，提升逻辑响应速度。同时，根据机组的容量等级、燃烧方式、汽轮机类型等个性化特征，优化负荷分配逻辑、主汽压力控制逻辑、给水控制逻辑等核心模块，增强控制逻辑与机组实际运行状态的适配性，避免因逻辑通用化导致的控制精度不足问题。

2.2 控制参数匹配度与动态性优化

控制参数匹配度与动态性优化核心在于确保 PID 参数、前馈系数、滤波参数等控制参数与机组运行工况动态匹配。不同负荷区间、燃料品质、设备健康状态下，机组的动态特性存在差异，固定参数难以满足全工况优化需求。需通过动态参数整定方法，建立参数与工况的对应关系，实现控制参数的实时调整。同时，优化参数的动态响应特性，避免参数调整过快导致系统振荡或调整过慢导致控制滞后，提升控制系统对工况变化的适应性。

2.3 运行模式适应性与切换平滑性优化

运行模式适应性与切换平滑性优化聚焦协调控制系统的多种运行模式（如机跟炉、炉跟机、协调控制、手动控制等），确保其能够根据运行需求灵活切换且切换过程平稳。需分析不同运行模式的适用场景与控制特性，优化模式切换逻辑与过渡策略，避免切换过程中出现负荷突变、参数波动等问题。与此同时，增强运行模式对复杂工况的适应性，如新能源并网波动、设备故障降出力等场景，确保机组在不同模式下均能保持稳定运行状态。

3 机组协调控制系统的具体优化路径

3.1 控制逻辑重构与模块化设计

控制逻辑重构与模块化设计需打破传统控制逻辑的一体化架构，按照功能划分负荷分配模块、压力控制模块、温度控制模块、给水控制模块等独立单元，实现模块间的灵活组合与协同控制。针对负荷分配模块，优化锅炉与汽轮机的负荷分配比例，引入动态负荷预测算法，提升负荷跟踪精度；针对压力控制模块，采用前馈-反馈复合控制逻辑，减少燃料扰动对主汽压力的影响；针对给水控制模块，整合汽包水位、给水流量、蒸汽流量等多信号，优化控制逻辑以应对水位虚假液位现象。通过模块化设计，降低逻辑维护难度，提升控制系统的扩展性。搭建模块间标准化通信接口，支持不同厂家设备的兼容对接，配套开发可视化逻辑配置工具，方便运维人员快速调试与迭代，同时预留 AI 算法接入端口，为后续智能升级预留空间。

3.2 多工况下控制参数精准整定

多工况下控制参数精准整定需建立全工况参数数据库，基于机组历史运行数据与仿真试验结果，划分低负荷、中负荷、高负荷等典型工况区间，针对不同区间分别整定最优控制参数。采用智能参数整定方法，如遗传算法、粒子群优化

算法等，结合机组动态特性模型，实现控制参数的自动寻优。同时，建立参数自校正机制，实时监测控制效果，根据参数偏差与系统响应特性动态调整控制参数，确保全工况下控制系统均能保持最优控制性能，避免因工况变化导致的控制品质下降。融入工况突变识别算法，快速捕捉启停、甩负荷等临时的工况，自动调用预设参数组，结合实时能耗数据优化参数权重，同步建立参数整定效果评估体系，量化控制精度与稳定性提升指标。

3.3 运行模式创新与自适应切换

运行模式创新与自适应切换需结合火电运行新形势，创新设计自适应协调控制模式，实现运行模式的智能选择与平滑切换。基于电网负荷指令、燃料品质、设备状态等多维度信息，建立模式选择决策模型，自动判断最优运行模式。优化模式切换的过渡控制策略，引入模糊控制、预测控制等算法，实现负荷、压力、温度等参数的平滑过渡，避免切换冲击。与此同时，创新应急运行模式，如设备故障时的降负荷协调模式、电网波动时的快速响应模式，提升机组应对突发状况的能力。开发模式切换预判机制，基于未来 15 分钟负荷预测与设备健康度评估提前做好切换准备，优化过渡过程中的 PID 参数自适应调整策略，配套设置模式切换报警与应急手动干预接口，保障运行安全。

4 机组协调控制系统优化的技术赋能支撑

4.1 智能算法融合提升控制精度

智能算法融合提升控制精度需将模糊控制、神经网络、模型预测控制等智能算法与传统 PID 控制相结合，弥补传统控制算法在非线性、大滞后系统中的不足。模糊控制可有效处理机组运行中的不确定性因素，如燃料品质波动、设备老化等，提升控制系统的鲁棒性；神经网络算法能够通过学习机组历史运行数据，建立高精度动态特性模型，为控制决策提供支撑；模型预测控制可基于未来工况预测，提前调整控制策略，减少控制滞后。通过多算法融合，实现控制精度与系统稳定性的协同提升。采用算法优先级动态分配机制，根据工况复杂度与控制目标自动调整各算法权重，结合在线学习功能实时更新算法模型参数，开发算法故障自诊断模块，确保单一算法失效时系统平稳切换至备用控制逻辑。

4.2 数据驱动技术强化状态感知

数据驱动技术强化状态感知需整合机组 DCS 系统、SIS 系统等多源数据，构建数据采集与分析平台，实现对机组运

行状态的全面监测与精准研判。通过大数据分析技术，挖掘运行数据中隐藏的工况变化规律、设备故障前兆等信息，为控制优化提供数据支撑；采用机器学习算法建立机组故障诊断模型，实时识别传感器故障、执行机构卡涩等异常状态，避免因设备异常导致控制失效；引入数字孪生技术，构建机组虚拟仿真模型，模拟不同优化方案的控制效果，为实际优化提供决策依据。

4.3 硬件设备升级保障控制效能

硬件设备升级保障控制效能需更新改造控制系统的核心硬件，提升设备运算能力、响应速度与可靠性。升级 DCS 控制器与 I/O 模块，增强数据处理能力与信号传输速度，减少控制指令执行延迟；更换高精度传感器与执行机构，如智能压力变送器、电动调节阀等，提升信号采集精度与控制指令执行精度；增设边缘计算节点，实现部分数据的本地实时处理，降低数据传输压力与延迟。与此同时，优化硬件冗余配置，提升控制系统的抗故障能力，为控制优化提供稳定的硬件基础。

5 机组协调控制系统优化的长效保障体系

5.1 建立标准化优化实施规范

建立标准化优化实施规范需制定涵盖优化目标、优化流程、技术要求、质量验收等内容的专项标准体系。明确优化项目的立项审批、方案设计、现场实施、效果评估等各环节的操作规范与责任分工，确保优化工作有序开展。制定控制逻辑设计标准、参数整定规范、模式切换操作指南等技术文件，统一优化技术要求。建立优化效果验收指标体系，从负荷响应速度、参数稳定性、能效水平等维度进行量化评估，确保优化工作达到预期目标。

5.2 完善专业化运维管理机制

完善专业化运维管理机制需组建专业的控制系统运维团队，明确运维人员的岗位职责与技能要求，定期开展技术培训与技能考核，提升运维人员的专业素养。建立常态化运维巡检制度，定期检查控制系统硬件设备运行状态、控制逻辑完整性、参数设置合理性，及时发现并处理潜在问题。构建运维知识库，收集整理优化案例、故障处理经验、技术文档等资料，实现知识共享与传承。

5.3 构建动态化优化迭代体系

构建动态化优化迭代体系需建立优化效果跟踪与反馈机制，持续监测机组优化后的运行数据，分析优化策略的适用性与有效性。结合电力市场政策变化、能源结构调整、设备技术升级等外部因素，定期评估优化目标与优化策略的匹配度，及时调整优化方向。建立优化迭代流程，每经过一定运行周期或工况发生重大变化时，启动新一轮优化工作，不断完善控制逻辑、更新控制参数、创新运行模式，实现控制系统的持续优化升级，确保其长期适应火电运行的新形势与新需求。

6 结论

火电集控运行中机组协调控制系统的优化是提升火电运行灵活性、经济性与安全性的核心路径，其核心围绕核心优化目标、关键优化维度、具体优化路径、技术赋能支撑与长效保障体系五大维度展开。通过明确负荷响应、参数稳定、能效提升的优化目标，奠定优化工作方向；梳理控制逻辑、参数匹配、模式适配的优化维度，找准优化关键靶点；实施逻辑重构、参数整定、模式创新的优化路径，实现控制性能提质；依托智能算法、数据驱动、硬件升级的技术赋能，强化优化技术支撑；构建标准规范、运维保障、动态优化的长效机制，确保优化效果持续。该框架为机组协调控制系统优化提供了系统解决方案，助力火电企业适应能源结构转型与电力市场改革需求，对推动火电行业高质量发展、保障电力系统安全稳定运行具有重要意义。

参考文献：

- [1] 李伟.火电厂集控运行及机组协调控制系统优化设计[J].电气技术与经济,2025,(08):159-161.
- [2] 周小兵,刘潜,王拓,等.电池储能与火电机组联合运行的协调控制系统设计[J].机电信息,2020,(33):27-28.
- [3] 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.
- [4] 程晓东.火电厂集控运行及机组协调控制策略研究[J].应用能源技术,2022,(05):1-3.
- [5] 胡正.火电厂机组集控运行技术管理[J].技术与市场,2021,28(01):112-113.