

燃煤电厂集控运行与机组协调控制分析

翟 宸

浙江大唐乌沙山发电有限责任公司 浙江 宁波 315722

摘要：本文分析燃煤电厂集控运行与机组协调控制。阐述集控运行核心内容，包括架构、关键控制对象、操作流程与安全机制；剖析机组协调控制技术原理，涵盖目标、策略与参数调节；探讨影响控制效果的关键因素；提出技术升级、运行管理优化及多系统协同优化策略，以提升燃煤电厂运行稳定性与效率。

关键词：燃煤电厂；集控运行；机组协调控制；控制策略；系统优化

引言：随着社会经济发展，电力需求持续增长，燃煤电厂作为重要电力供应主体，其运行稳定性与效率至关重要。集控运行与机组协调控制是保障电厂安全、高效运行的关键。科学合理的集控运行可实现对电厂各设备的集中监控与管理，机组协调控制则能确保锅炉、汽轮机等设备协同工作，适应负荷变化。深入研究二者，对提升燃煤电厂综合性能意义重大。

1 燃煤电厂集控运行的核心内容

1.1 集控运行系统的架构组成

中央监控平台作为集控运行的核心，其功能模块需覆盖电厂运行全流程。数据采集模块负责实时收集各设备的运行参数，包括温度、压力、流量等关键数据，通过传感器与传输设备将数据汇总至平台；状态显示模块将采集的数据以图表、曲线等可视化形式呈现，直观反映设备运行状态，便于运行人员实时掌握机组情况；操作控制模块允许运行人员下达调控指令，如调整阀门开度、改变设备运行参数，实现对机组运行的精准控制^[1]。现场控制单元与中央平台的通信需保障数据传输的实时性与可靠性。数据传输协议需适配电厂高实时性需求，确保现场设备状态数据能快速上传至中央平台，中央平台的控制指令能及时下发至现场单元；实时交互机制通过建立双向通信链路，实现现场单元与中央平台的动态数据交换，现场单元将设备运行异常信息实时反馈至中央平台，中央平台根据反馈数据调整控制策略，形成闭环通信体系，保障系统协同运行。

1.2 集控运行的关键控制对象

锅炉系统的集中监控需聚焦核心参数动态管理。燃烧状态监控通过炉膛温度、烟气成分判断燃烧充分性，调整给煤量与送风量；水位监控维持汽包水位合理，通过给水量调节规避安全问题；汽温汽压监控针对主蒸汽与再热蒸汽参数，通过减温水量控制、炉膛热负荷调整，保障蒸汽参数达标。汽轮机系统的集中管控围绕动

力输出核心参数展开。转速控制通过进汽量调节维持转速稳定，确保发电频率合规；负荷控制根据电网需求调整进汽参数，实现发电量精准调控；真空度控制通过监测凝汽器状态，调整真空泵参数与循环水流量，维持最优真空度，提升运行效率。辅助系统的协同监控需保障机组配套支撑。给水泵监控通过泵组转速与出口压力调节，确保锅炉给水稳定；送引风机监控根据燃烧需求调整风量，维持炉膛负压稳定；脱硫脱硝系统监控烟气污染物含量，调整药剂用量确保排放达标，同时协调辅助系统与主机节奏，避免波动影响主机稳定性。

1.3 集控运行的操作流程与安全机制

正常工况下的操作需遵循标准化流程。机组启停操作需按照预设步骤进行，启动时依次完成辅助系统投运、锅炉点火升压、汽轮机冲转升速等环节，停机时有序降低负荷、停运主机、关闭辅助设备；负荷调整操作需根据电网负荷指令，逐步调整锅炉给煤量、汽轮机进汽量，避免负荷骤升骤降引发系统参数波动，确保机组平稳过渡。异常工况的安全机制需实现快速响应与处置。报警触发系统通过实时监测设备运行参数，当参数超出设定阈值时自动发出报警信号，同时显示异常设备位置与故障类型；应急处置流程需明确故障识别标准，运行人员根据报警信息快速判断故障原因，启动连锁保护逻辑，如锅炉水位异常时自动触发给水调节连锁，汽轮机超速时启动紧急停机连锁，及时切断故障源，降低故障影响范围，保障机组运行安全。

2 燃煤电厂机组协调控制的技术原理

2.1 机组协调控制的核心目标与控制逻辑

负荷需求与机组出力的动态匹配需依托高效的指令响应机制。电网根据用电需求下发负荷指令，机组控制系统接收指令后，先解析指令中的负荷变化幅度与速率要求，再结合当前机组运行状态（如现有出力、设备健康度）制定出力调整方案。调整过程中需实时监测机组

实际出力与指令负荷的偏差，通过动态修正控制参数，确保机组出力平稳跟进负荷指令，避免出力波动影响电网频率稳定^[2]。锅炉-汽轮机协调控制的耦合关系聚焦能量供需与参数协同。锅炉作为能量供给端，通过燃烧燃料产生蒸汽为汽轮机提供动力；汽轮机作为能量转换端，将蒸汽能量转化为电能输出。两者需维持能量供需平衡，锅炉需根据汽轮机的用汽需求调整燃料量与送风量，确保蒸汽产量匹配汽轮机负荷；需协同调节关键参数，如汽轮机进汽量变化时，锅炉需同步调整蒸汽压力、温度，避免参数失衡导致机组运行不稳定。

2.2 常见的机组协调控制策略

炉跟机（BF）控制策略适用于负荷变动较频繁场景。汽轮机承担负荷调节，按指令调整进汽阀开度改变出力；锅炉跟随用汽变化调节汽压，通过给煤量、风量与水量调整维持主蒸汽压力稳定。此策略响应快，但需锅炉具备强汽压调节能力。机跟炉（TF）控制策略多用于锅炉调节弱或汽压稳定性要求高的情况。锅炉按负荷指令调整燃料与参数，改变蒸汽产量调节出力；汽轮机通过进汽阀开度控制主蒸汽压力。该策略保障汽压稳定，但负荷响应受锅炉燃烧滞后影响，适用于负荷平缓工况。机炉协调（CCS）控制策略通过同步调节实现动态平衡。控制系统向锅炉、汽轮机同时下达指令，汽轮机调整进汽量快速响应负荷，锅炉同步调整燃料、风、水参数匹配用汽需求，协同控制蒸汽参数。此策略兼顾响应速度与稳定性，是当前主流方式。

2.3 协调控制中的关键参数调节

主蒸汽压力、温度的协同控制需避免波动威胁安全。控制系统实时监测，压力过高时开大进汽阀或降燃料量，过低时增燃料量并关小部分进汽阀；温度调节结合减温水量与炉膛热负荷，偏高时加大减温水量，偏低时提热负荷，确保参数在安全区间。炉膛负压、氧量的优化调节需平衡效率与环保。负压通过引风机风量控制，维持微负压避免冷热损失与烟气外漏；氧量通过送风量调节，根据燃料特性与负荷优化设定，确保燃烧充分且减少污染物生成。给水流量与汽包水位的精准控制是防跳闸关键。控制系统根据水位偏差与负荷趋势调节流量，负荷升高提前增水量，降低则减水量；同时考虑虚假水位影响，负荷骤升时暂缓减水，待真实变化后调整，确保水位稳定。

3 影响集控运行与机组协调控制效果的关键因素

3.1 设备性能因素

传感器与执行器的精度及响应速度直接影响控制信号的可靠性。传感器负责采集温度、压力、流量等关键

参数，精度不足会导致采集数据与实际值偏差，使控制系统基于错误信息制定调节策略；响应速度滞后则无法及时反馈参数变化，延误控制指令下达时机^[3]。执行器作为指令执行终端，精度不够会导致阀门开度、电机转速等调节量与指令不符，响应缓慢则使调节动作无法快速跟进参数变化，两者共同制约控制信号的采集准确性与执行有效性，影响协调控制精度。主机设备的老化与性能衰减会降低控制适配能力。锅炉运行时间过长易出现受热面结垢、燃烧器效率下降等问题，导致燃料燃烧不充分、蒸汽产量波动，难以精准匹配汽轮机用汽需求；汽轮机老化可能引发汽阀密封性下降、转子效率降低等情况，影响进汽量控制与能量转换效率。两类设备性能衰减会使原有控制参数设定与实际设备状态不匹配，增加参数调节难度，制约协调控制效果，甚至引发参数波动风险。

3.2 运行工况因素

负荷波动幅度与频率挑战协调控制响应能力。幅度大时机组需短时间大幅调出力，若系统无法快速分配任务，易导致参数剧烈波动；频率高则需频繁切换调节模式，使设备不稳定，降低调节精度与匹配效率。燃料特性变化干扰燃烧与负荷调节。煤质成分改变影响燃烧速度与热值，如挥发分降导致燃烧延迟；热值波动改变单位燃料产汽量，热值降需增给煤量，若系统未及时适配，会引发锅炉出力波动，破坏机炉平衡。外部环境条件间接影响参数控制。气温升降低冷却塔效率，导致凝汽器真空降，影响汽轮机出力；气压变化改变炉膛燃烧工况，过低易致燃烧不充分；水质恶化造成锅炉结垢、管道堵，影响给水与蒸汽品质，增加协调控制难度。

3.3 控制系统因素

控制算法的适应性决定调节策略的有效性。传统PID算法结构简单、稳定性强，但对复杂工况的适配能力有限，在负荷频繁波动、燃料特性多变的场景下，易出现调节超调或滞后，难以维持参数稳定；先进智能算法（如模糊控制、预测控制）能通过学习工况变化规律动态优化调节参数，对复杂工况的适配性更强，可减少调节偏差，但对数据处理能力要求较高，若算法参数设置不当，也可能影响控制效果，两类算法的差异直接影响协调控制的精准度与稳定性。系统通信的稳定性关乎实时控制的连续性。数据传输延迟会导致现场设备状态数据无法及时上传至集控中心，使控制指令基于滞后信息生成，与实际工况脱节；数据丢包则会造成关键参数缺失或控制指令中断，导致调节动作不完整，两者均会干扰实时控制流程，破坏集控运行与协调控制的闭环逻

辑，引发参数调节混乱，影响机组运行稳定性。

4 集控运行与机组协调控制的优化策略

4.1 技术升级策略

控制算法的优化需通过引入先进算法提升调节精准度。预测控制算法能基于历史数据与当前工况，提前预判参数变化趋势，制定前瞻性调节方案，避免参数波动超出安全范围；模糊控制算法可处理工况中模糊不确定的信息，在燃料特性多变、负荷频繁波动的场景下，灵活调整控制参数，减少调节滞后与超调问题^[4]。将这类先进算法与传统控制逻辑结合，能针对不同工况动态切换算法模式，提升协调控制系统对复杂工况的适配能力，保障机组参数稳定。监控系统的智能化改造可强化运行预判与故障诊断能力。加装AI诊断模块能实时分析设备运行数据，识别异常参数特征，提前预警潜在故障，如通过分析传感器数据变化规律，预判执行器卡涩风险；构建数字孪生模型可对机组运行状态进行虚拟映射，模拟不同负荷、燃料特性下的机组响应，为实际运行参数优化提供参考，同时能在虚拟环境中测试控制策略调整效果，避免直接应用于实际机组引发风险，通过智能化升级让监控系统从“被动监测”转向“主动预判”。

4.2 运行管理优化

操作人员技能提升需聚焦实操与应急能力培养。加强集控操作培训，通过模拟不同工况（如负荷骤升骤降、燃料切换）的操作流程，让操作人员熟悉协调控制参数调整逻辑，提升精准操作水平；开展应急处置培训，模拟传感器故障、参数异常等突发场景，训练操作人员快速识别故障原因、启动连锁保护、执行应急调节的能力，减少人为操作失误对控制效果的影响，确保操作人员能与控制系统高效配合。定期维护与校验是保障设备与系统稳定的基础。针对传感器，按周期进行精度校准，确保采集数据与实际值偏差在允许范围，避免因数据失真导致控制策略偏差；对执行器进行定期检查与调试，测试阀门开度、电机转速的调节精度与响应速度，及时更换老化部件，防止执行动作滞后或偏差；对控制系统开展稳定性测试，检查数据传输链路、算法运行逻辑的可靠性，修复潜在漏洞，通过周期性维护减少

设备与系统故障对协调控制的干扰。

4.3 多系统协同优化

集控系统与环保系统的协同需实现参数联动调节。集控系统在调整机组负荷时，同步向脱硫脱硝系统下达参数调节指令，如负荷升高导致烟气量增加时，脱硫系统同步加大脱硫剂喷射量，脱硝系统调整还原剂供给，确保污染物排放指标稳定；环保系统将污染物浓度数据实时反馈至集控系统，若浓度超出标准，集控系统适当调整机组运行参数（如优化燃烧工况），辅助环保系统控制排放，形成两者协同调节的闭环，兼顾机组出力与环保要求。集控系统与电网调度的协同可提升负荷响应平滑性。集控系统提前与电网调度沟通，获取未来一段时间的负荷变化计划，基于计划预判负荷调整趋势，提前调整锅炉燃料量、汽轮机进汽参数，为负荷变动做好准备；在接收电网实时负荷指令时，结合预判信息制定阶梯式调节方案，避免负荷骤升骤降，实现机组出力的平滑过渡，既满足电网负荷需求，又减少对机组协调控制参数稳定性的冲击。

结束语

燃煤电厂集控运行与机组协调控制紧密关联，共同影响电厂运行效能。设备性能、运行工况及控制系统等因素对控制效果影响显著。通过技术升级、运行管理优化及多系统协同优化等策略，可有效提升控制精准度与稳定性。未来，应持续探索创新，结合先进技术，推动燃煤电厂向智能化、高效化发展，为电力行业可持续发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]田磊.解析电厂集控运行与机组协调控制应用[J].应用能源技术,2021(10):39-41.
- [2]陈琳鹏.燃煤电厂集控运行与机组协调控制[J].内蒙古煤炭经济,2021(12):11-12.
- [3]刘泽涛.加强电厂集控运行与机组协调控制探析[J].设备管理与维修,2021(11):92-93.
- [4]洪文荣.加强电厂集控运行与机组协调控制探析[J].城市建设理论研究(电子版),2022,(29):1-3.