

# 火电机组集控运行稳定性影响因素及控制措施研究

赵佳豪 朱 韬 王旭东

华能陇东能源有限责任公司正宁电厂 甘肃 庆阳 745000

**摘要:** 火电机组集控运行对电力供应意义重大,其稳定性受设备运行、控制系统、运行操作及环境与工况等因素影响。本文深入剖析这些因素,针对性提出设备运维、控制系统优化、运行操作规范及环境与工况调控等控制措施。同时,从控制技术、运维模式、操作管理三方面提出优化路径,以提升集控运行稳定性,保障火电机组安全高效运行,为电力行业稳定发展提供有力支撑。

**关键词:** 火电机组;集控运行;稳定性;影响因素;控制措施

引言:火电机组在电力供应体系中占据关键地位,集控运行作为核心管理模式,对机组的安全、高效、稳定运行起着决定性作用。随着电力需求的持续增长与能源结构的不断调整,火电机组面临的运行环境日益复杂,集控运行稳定性面临诸多挑战。深入探究影响集控运行稳定性的因素,并提出切实可行的控制措施与优化路径,成为保障火电机组稳定运行、提升电力供应质量的重要课题。

## 1 火电机组集控运行的基础架构

### 1.1 集控运行系统组成

火电机组集控运行系统依托工业控制领域理论与火力发电行业技术特征,围绕机组生产全流程构建一体化管控体系。系统核心架构涵盖数据采集与监控层、控制决策层、执行执行层三大层级。数据采集与监控层包含各类传感器、变送器、数据采集服务器等设备,负责实时采集锅炉、汽轮机、发电机及辅助系统的运行参数,转化为标准化数据信号传输至控制中枢<sup>[1]</sup>。控制决策层以工业控制计算机、PLC控制器为核心,通过预设控制逻辑与算法,对采集数据进行分析运算,生成调控指令。执行执行层由电动执行机构、气动执行机构、变频器等终端设备构成,接收控制指令并完成阀门开度、转速调节、负荷分配等物理操作。各层级设备通过工业通信网络实现数据交互与指令传递,形成闭环控制体系,为集控运行的有序开展提供硬件支撑。

### 1.2 集控运行的工作流程

集控运行工作流程遵循火力发电生产规律,以机组稳定运行为目标,构建全流程闭环管控模式。流程起始于数据采集环节,系统持续监测锅炉燃烧、汽机运转、发电机励磁等核心环节的运行状态,实时获取压力、温度、流量、转速等关键参数。数据经预处理后传输至控制决策层,系统对比实际参数与设定值的偏差,结合机

组运行工况分析偏差成因。控制决策层依据分析结果生成精准调控指令,指令通过通信网络下达至执行执行层,终端设备完成相应操作以修正运行状态。操作完成后,系统再次采集更新后的运行数据,形成数据采集、分析决策、指令执行、状态反馈的循环流程。该流程贯穿机组启停、正常运行、负荷调整等全场景,保障机组运行参数始终处于可控范围,推动发电生产高效推进。

### 1.3 集控运行的基本要求

集控运行的基本要求围绕机组安全、高效、稳定运行目标,从系统运行、人员操作、管理规范等维度构建标准体系。系统运行层面,要求各子系统具备高可靠性与稳定性,硬件设备无故障运行,软件系统响应及时、运算精准,通信网络数据传输稳定无中断。控制精度层面,要求参数调控偏差控制在合理范围,满足机组各工况下的运行需求,确保锅炉燃烧稳定、汽机转速精准、发电机输出质量符合标准。人员操作层面,要求运行人员具备扎实的专业知识与熟练的操作技能,能够精准解读运行数据,快速应对异常工况,严格遵循操作规范。管理规范层面,要求建立完善的运行管理制度,明确岗位职责与操作流程,强化运行过程监控与记录,保障集控运行全流程有序规范。各项基本要求相互支撑,共同构成集控运行的基础保障体系,为机组安全高效运行奠定坚实基础。

## 2 火电机组集控运行稳定性的影响因素

### 2.1 设备运行影响因素

设备运行状态是火电机组集控运行稳定的物质基础,硬件设备的健康水平与运行特性直接决定机组调控精度与安全边界。锅炉、汽轮机、发电机三大主机的运行工况对稳定性影响显著,锅炉受热面结渣、磨损或爆管会破坏燃烧平衡,汽轮机叶片状态异常与轴承振动超标会引发机组震荡,发电机绕组温度异常与绝缘老化会

影响输出电能质量<sup>[2]</sup>。辅机系统的运行稳定性同样关键，风机、水泵、磨煤机等设备的机械性能、润滑状态与运行效率，直接关联机组主要参数的可控性。设备部件的老化、疲劳与磨损会引发参数漂移，设备响应延迟与执行机构精度下降会破坏控制闭环的协调性，导致机组运行参数偏离设定区间。设备运行状态的持续劣化会累积运行风险，影响集控系统对机组状态的准确感知与精准调控，是引发运行波动的重要源头。

### 2.2 控制系统影响因素

控制系统是集控运行的神经中枢，控制逻辑、算法模型与系统配置的合理性直接影响运行稳定。控制策略的适配性决定参数调节的有效性，不同工况下控制逻辑的僵化会导致调节滞后或超调，破坏机组运行平衡。控制算法的参数整定需匹配机组动态特性，参数设置不当会引发系统震荡，削弱控制精度。控制系统的硬件可靠性与软件稳定性至关重要，控制器运算误差、信号采集模块噪声、通信网络数据丢包等问题，会干扰指令传递与状态反馈，影响控制指令的准确性。系统软件的兼容性与升级滞后，可能导致控制逻辑冲突，影响数据处理效率与指令响应速度。控制系统的整体性能直接关联机组运行状态的实时调控，其运行质量与配置合理性是维持集控运行稳定的关键。

### 2.3 运行操作影响因素

运行操作是连接控制系统与机组实际运行的桥梁，操作的规范性、精准性与预判性直接影响运行稳定。运行人员对机组运行状态的判断依赖数据解读与经验积累，对异常工况的识别滞后会错失最佳调控时机，扩大偏差范围。操作指令的下达时机与执行力度需精准匹配机组动态特性，操作幅度过大或频率过高会引发机组状态剧烈波动，破坏运行平衡。操作流程的不规范可能导致误操作，引发设备状态突变，影响机组安全稳定运行。运行人员的专业素养与应急处置能力，决定应对工况变化的效率与准确性，操作失误会直接影响集控运行的稳定性，是影响系统稳定的人为核心因素。

### 2.4 环境与工况影响因素

环境与工况变化是火电机组集控运行稳定的外部驱动因素，其波动会直接改变机组运行边界与参数基准。环境温度、湿度与气压的变化会影响设备散热效率与介质特性，进而改变机组运行参数，影响燃烧稳定性与蒸汽品质。电网负荷波动与用电需求变化会引发机组负荷频繁调整，工况切换过程中机组动态响应不及时，会导致参数偏离稳定区间。燃料品质波动与水质变化会影响锅炉燃烧效率与换热效果，引发蒸汽参数波动，破坏

机组运行平衡。环境与工况的动态变化具有不确定性，这种持续干扰机组运行状态的因素，要求集控系统必须具备较强的适应性，而这也是影响火电机组集控运行稳定的重要外部因素。

## 3 火电机组集控运行稳定性的控制措施

### 3.1 设备运维控制措施

设备运维控制是保障火电机组集控运行稳定的基础手段，依托设备管理理论与火力发电设备运维规范，构建全周期运维管控体系<sup>[3]</sup>。运维工作需聚焦机组三大主机及辅机设备，建立常态化巡检机制，通过专业检测手段实时掌握设备运行状态，精准识别部件老化、磨损、疲劳等潜在隐患。针对关键设备制定分级运维方案，优化运维周期与流程，对易损耗部件进行预防性更换，减少设备故障发生率。强化设备润滑、密封、冷却等基础维护，保障设备机械性能稳定，降低运行过程中参数漂移风险。建立设备运维档案，记录运维过程、检测数据与维护结果，为运维策略优化提供数据支撑，通过精细化运维管控，提升设备运行可靠性，为集控运行稳定奠定物质基础。

### 3.2 控制系统优化措施

控制系统优化是提升集控运行稳定性的核心举措，结合控制理论与火电机组运行特性，针对性完善系统性能。优化控制逻辑与算法模型，结合机组不同运行工况调整控制参数，避免控制滞后与超调问题，提升参数调控的精准度与响应速度。加强控制系统硬件维护，定期检测控制器、信号采集模块与通信设备，及时排查运算误差、数据丢包等问题，保障硬件设备稳定运行。升级系统软件版本，优化软件兼容性，解决控制逻辑冲突问题，提升数据处理效率与指令传递稳定性。构建控制系统状态监测体系，实时跟踪系统运行状态，及时发现并处理系统异常，通过系统性优化，增强控制系统对机组运行状态的适配性与调控能力。

### 3.3 运行操作规范措施

运行操作规范措施是规避人为失误、保障集控运行稳定的关键环节，围绕操作流程与人员管理构建标准化体系。制定完善的操作规范，明确各工况下的操作流程、操作标准与安全要求，规范操作指令的下达与执行流程。加强运行人员专业培训，提升人员对机组运行参数的解读能力、工况判断能力与应急处置能力，确保人员能够精准应对各类运行场景。建立操作质量管控机制，对操作过程进行全程监测与记录，及时纠正不规范操作行为，降低误操作风险。优化操作衔接流程，明确各岗位操作职责，提升操作协同效率，通过规范化、标准化的

操作管控,减少人为因素对集控运行稳定性的影响。

#### 3.4 环境与工况调控措施

环境与工况调控措施是应对外部干扰、维持集控运行稳定的重要支撑,结合环境工程与火力发电运行理论,构建适配性调控体系。针对环境因素,优化厂房通风、散热、防潮设施,稳定厂房内温度、湿度与气压,减少环境变化对设备运行的干扰。建立环境状态监测机制,实时跟踪环境参数变化,及时调整调控设施运行状态,保障设备运行环境符合标准。针对工况变化,优化负荷调整策略,合理规划工况切换流程,提升机组对负荷波动的适应能力<sup>[4]</sup>。加强燃料与水质管控,稳定燃料品质与水质标准,保障锅炉燃烧稳定与换热效果,减少工况波动引发的运行偏差,通过环境与工况的精准调控,降低外部因素对集控运行稳定性的干扰。

### 4 火电机组集控运行稳定性控制的优化方向

#### 4.1 控制技术优化路径

控制技术优化是提升火电机组集控运行稳定性的核心路径,依托现代控制理论与电力工程技术发展成果,聚焦控制精度与响应效率提升。优化工作需立足机组运行动态特性,整合先进控制算法,替代传统僵化控制逻辑,提升参数调节的灵活性与适配性,减少工况波动引发的运行偏差。引入数字化监测技术,构建全流程参数监测体系,实现对机组运行状态的精准捕捉与提前预判,为控制指令制定提供可靠数据支撑。升级控制硬件设备,替换老旧采集模块与执行机构,提升信号传输速度与指令执行精度,解决控制滞后、超调等问题。推动控制技术与智能化技术深度融合,实现调控过程的自动化与精准化,通过技术迭代优化,增强控制系统对各类干扰因素的适应能力,筑牢集控运行稳定基础。

#### 4.2 运维模式优化路径

运维模式优化是降低设备故障风险、保障集控运行稳定的重要支撑,结合设备全生命周期管理理论,打破传统被动运维模式,构建主动预防型运维体系。优化运维流程,梳理运维关键环节,剔除冗余流程,明确各环节运维标准与时限,提升运维效率。建立运维数据共享机制,整合设备运行数据、运维记录与检测结果,通过数据挖掘分析设备运行规律,精准预判设备潜在隐患,提前制定运维方案。推行分级运维管理,根据设备重要

程度与运行状态,划分运维等级,优化运维资源配置,将有限资源集中投入关键设备运维,提升运维针对性与实效性。完善运维人员培养体系,提升人员专业素养与运维技能,推动运维模式向精细化、智能化转型,通过运维模式优化,延长设备使用寿命,降低故障发生率。

#### 4.3 操作管理优化路径

操作管理优化是规避人为失误、保障集控运行稳定的关键举措,围绕操作规范与人员管理,构建标准化、精细化管理体系。完善操作管理制度,结合机组不同运行工况,细化操作流程与操作标准,明确操作责任边界,避免操作流程模糊引发的误操作。建立操作培训长效机制,定期开展专业技能培训与应急演练,提升运行人员对工况变化的判断能力、指令执行能力与应急处置能力,确保人员能够精准应对各类运行场景<sup>[5]</sup>。优化操作监督机制,对操作全过程进行实时监测与记录,及时发现并纠正不规范操作行为,强化操作过程管控。推动操作管理与数字化技术结合,通过操作流程可视化、操作指令标准化,减少人为操作偏差,通过操作管理优化,最大限度降低人为因素对集控运行稳定性的影响。

#### 结束语

火电机组集控运行稳定性受设备、控制、操作及环境等多方面因素影响。通过实施设备运维、控制系统优化、运行操作规范、环境与工况调控等措施,可有效提升集控运行稳定性。同时,控制技术、运维模式、操作管理的持续优化,能进一步增强集控系统对各类干扰的适应能力,减少运行波动,保障火电机组在复杂工况下稳定运行,为电力行业的稳定发展提供坚实支撑。

#### 参考文献

- [1]杨晓华.火电厂单元机组集控运行关键点分析[J].电力安全技术,2023,25(03):14-16.
- [2]周国梁,王昱丹.发电厂单元机组集控运行危险点预控分析[J].中国设备工程,2024,(06):127-129.
- [3]王坤.集控运行对火电厂机组稳定性与效能的影响[J].大众标准化,2025(15):46-48.
- [4]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(8):159-161.
- [5]牛珏.火电厂集控运行中低负荷运行稳定性提升技术研究[J].电力设备管理,2025(11):51-53.