

燃气轮机电厂集控运行中启停过程的安全控制措施研究

安 斌

广东大唐国际肇庆热电有限责任公司 广东 肇庆 526105

【摘 要】：燃气轮机电厂在集控运行模式下，启停过程涉及燃料供给、空气流量、冷却润滑及排气调节等多系统协同，是影响机组安全与稳定的关键环节。启停阶段的瞬态变化特性使系统极易受参数波动和控制延迟影响而产生安全隐患。为保障运行可靠性，研究从风险识别、控制优化与系统提升三方面展开，构建多参数自适应控制与智能诊断模型，优化启停逻辑与保护机制。通过引入边缘计算、神经网络预测及多级保护策略，实现启停过程的动态协调与实时监控，从而提升燃气轮机电厂的安全冗余、运行精度与智能化水平。

【关键词】：燃气轮机电厂；集控运行；启停过程；安全控制；自动化保护

DOI:10.12417/2811-0528.25.24.074

引言

燃气轮机电厂作为现代电力系统的重要组成部分，其运行效率与安全性直接影响能源结构的稳定。随着集控技术的普及，操作人员通过集中监控实现多机组协同管理，使启停过程的智能化水平不断提高。在系统高集成度与操作复杂性的双重作用下，启停环节仍是最易诱发安全事故的阶段。温度、压力、转速及燃料比等瞬态参数的变化往往伴随不确定风险。针对这一现实问题，对启停过程中的安全控制措施进行系统研究，对于强化运行管理与防范事故具有重要价值。

1 启停阶段的风险特征与控制薄弱点

燃气轮机电厂在集控运行环境下的启停阶段，是系统运行中参数变化最为剧烈、控制逻辑最为复杂的过程。此阶段涉及燃气供应、空气压缩、燃烧控制、润滑冷却、排气调节等多个系统的动态耦合，任何环节的偏差都可能引发连锁反应。启机时燃料与空气的比例控制若不稳定，会导致燃烧不完全或燃烧室回火；停机过程中燃料切断与转速衰减若不同步，极易产生温度骤降、叶片热应力突变等现象，进而影响机组的寿命与安全。

在集控运行模式下，多机组并行操作对操作员的实时判断与自动化系统的响应速度提出更高要求。集控系统虽然具备统一监控与远程调控能力，但信息传输延时、信号冗余及设备状态识别精度不足，可能导致启停信号误触发或安全保护动作滞后。特别是在燃气压力波动、电气负荷突变及冷却水系统异常的情况下，控制系统的抗扰动性能若不强，容易出现系统误判，造成机组振动、温度超限或燃烧不稳等隐患。

启停过程对执行机构的动作协调性要求极高。阀门开度响应、点火时序、燃料切换逻辑若存在偏差，将直接影响系统稳定性。部分电厂在长期运行中存在自动控制逻辑未及时更新、

设备传感器老化及报警阈值设置不合理等问题，使得启停控制环节的安全冗余不足。再加上集控中心操作员在多任务监控下易产生信息疲劳，造成指令延迟或误操作，进一步加剧安全风险。因此，启停阶段的风险不仅来源于设备本身的物理特性，还与控制系统的响应精度、运行策略的合理性以及人机协同的可靠性密切相关。

2 安全控制策略的优化与实施路径

燃气轮机电厂集控运行中的安全控制策略优化应以系统动态响应特性为基础，结合启停工况的非线性变化规律，通过改进控制逻辑和完善保护环节来提升运行安全性。在启机阶段，应重点强化燃料供给与空气流量的比例控制，采用多参数自适应调节算法，实现燃烧稳定性与点火可靠性的同步保障。控制系统可引入模糊控制与PID复合算法，依据转速、温度、压力等实时信号动态修正指令输出，避免因惯性滞后造成的燃料喷射波动。针对点火初期的瞬态不稳定区域，应设定多级点火判据与冗余点火源，提高系统的抗干扰能力与自动恢复性能。

在停机阶段的控制优化中，应强化燃气切断与转速衰减的同步协调，采用线性递减控制模式，使燃烧室温度与转速变化保持平稳。通过在排气系统中配置余热控制模块，维持温差梯度的可控性，减少高温部件的热应力冲击。针对启停过程中易出现的压气机喘振风险，可引入主动失速边界控制技术，通过动态调节导向叶片角度与进气流量，实现空气流场的稳定分布。此外，控制系统内部应建立实时故障诊断与预测模块，利用大数据分析专家系统模型识别异常趋势，在控制指令执行前提前进行风险预警，确保运行决策的准确性与及时性。

安全控制策略的实施路径应从系统结构与运行流程两方面展开。硬件层面应配置冗余控制单元、双回路通信系统与高精度传感器，实现数据采集与信号处理的高可靠性。软件层面

应建立启停全过程的逻辑序列控制体系,通过统一的逻辑矩阵对阀门动作、点火信号、冷却循环及燃料切换进行时序协调,确保控制链路的闭环完整。运行层面需推行分级权限管理与智能监控策略,将启停关键环节纳入自动化执行范围,减少人为干预带来的不确定性。在集控平台中引入可视化安全监控界面,通过热力参数实时映射与趋势曲线预测,使操作人员能够直观判断系统状态。

在实施过程中,还应重视操作规程与培训体系的标准化建设。通过虚拟仿真系统对启停全过程进行模拟训练,使操作人员熟悉系统响应特征与异常工况处置逻辑。对于自动保护系统,应定期校验动作阈值与时间延迟,确保保护逻辑与机组运行状态匹配。通过构建“自动控制—监测预警—应急处置”一体化安全体系,使集控运行下的启停过程更加稳定、智能与可控,从而实现燃气轮机电厂的高安全性运行管理目标。

3 集控系统下的启停安全保障与运行提升

集控系统在燃气轮机电厂启停过程中的安全保障作用体现在系统协调、信息融合与智能决策等多个层面。通过集控平台的集中监测功能,可对燃烧室温度场、转速变化率、压力梯度及振动信号进行实时数据融合,形成多维度的运行状态映射模型。该模型能在启停阶段自动识别偏离正常范围的关键参数,通过内嵌的逻辑判定算法触发预警与干预控制,从而防止异常状态扩展为故障事件。系统间的自动互锁逻辑在燃料供应、冷却水流量及润滑油压力控制中发挥核心作用,使启停过程具备快速响应与自我保护能力。

在集控运行模式下,数据采集与反馈延迟的优化成为提升安全性的关键环节。高频采样与边缘计算技术的深度融合,使

控制指令的响应时间显著缩短,保证了启停过渡阶段的动态参数稳定。控制系统可通过神经网络预测模型分析启机与停机过程中的非线性响应特征,对燃料喷射、导向叶片角度及排气温度变化进行趋势预测与自适应调节,提前修正执行机构的动作时序与控制幅度,确保燃烧过程的连续性与热力平衡。报警系统应具备多级响应与冗余判断机制,根据运行偏差的严重程度自动切换保护策略,实现从参数微调、工况修正到紧急停机的全流程防控,构建出高敏捷度与高可靠性的安全控制体系。

运行提升的核心在于实现启停控制的数字化与智能化。集控平台应整合专家系统数据库与历史工况分析模块,利用运行大数据建立启停工况的特征识别模型,对操作指令进行智能修正与参数优化。通过状态评估算法,可实现机组健康度实时量化,为运行管理提供决策依据。人机界面设计应突出安全交互与信息直观性,采用三维动态监测画面展示关键设备状态,减少误判与操作延迟。在此基础上,通过远程诊断平台实现多站点的集中监控与异常联动处置,使燃气轮机启停过程在集控系统下形成以数据驱动、安全主导的高效运行体系,提升电厂整体的安全冗余与控制精度。

4 结语

燃气轮机电厂在集控运行模式下的启停过程,是系统安全与运行效率的关键环节。通过对启停阶段风险特征的深入分析、控制策略的优化以及集控系统的智能化升级,可有效提升机组启停过程的安全冗余与响应精度。多维监测、智能预测与自适应控制的综合应用,使运行管理由经验驱动向数据驱动转变,为燃气轮机电厂实现高效、安全、智能的运行提供了坚实技术支撑。

参考文献:

- [1] 刘志强.燃气轮机启停过程安全控制策略研究[J].热能动力工程,2021,36(5):42-47.
- [2] 王俊峰.集控运行下燃气电厂启停过程的自动化控制优化[J].电力系统保护与控制,2022,50(9):115-121.
- [3] 陈思源.燃气轮机集控系统的安全监测与智能诊断方法[J].动力工程学报,2023,43(4):89-96.