

电厂热控保护误动及拒动原因分析

彭 飞

丹阳中鑫华海清洁能源有限公司 江苏 镇江 212311

摘 要：随着电力行业的迅猛发展，电厂机组朝着高参数、大容量方向不断迈进，热控保护系统的重要性愈发凸显。本文聚焦电厂热控保护系统的误动与拒动问题，系统阐述了二者的核心概念，深入分析了其可能引发的设备损坏、系统故障、生产中断、负荷波动、能源浪费及维修成本增加等多重危害。通过从技术与管理层面拆解成因，指出DCS硬件软件缺陷（如网络故障、模块问题）、电缆布线不当、热控设备及组件性能不足、电源不稳定，以及设计缺陷、安装不规范、调试失误和人为误操作等人为因素是主要诱因。据此，文章针对性提出优化DCS系统、强化电缆管理、提升设备稳定性、保障组件质量等预防措施，为解决热控保护异常问题、保障电厂安全稳定运行提供参考。

关键词：电厂热控；保护误动；拒动原因

引言：在电力工业中，电厂的安全稳定运行对能源供应与社会经济发展至关重要，而热控保护系统作为保障机组安全的核心防线，其可靠性直接决定生产安全性。热控保护的误动与拒动是两大典型故障，不仅可能导致设备损坏、系统瘫痪，还会引发生产中断、负荷骤变等连锁反应，造成严重经济损失与安全风险。此类问题的成因复杂，涉及技术设备、安装调试、人为操作等多维度因素。旨在通过明确误动与拒动的概念，剖析其危害及深层原因，进而提出科学有效的预防措施，为提升电厂热控系统可靠性、降低运行风险提供理论与实践依据，助力电厂实现安全高效生产。

1 电厂热控保护误动和拒动概念

电厂热控保护系统通过监测燃气温度、燃气压力、烟气流量等参数，在设备异常时触发停机、跳闸等保护动作，是燃气机组安全运行的核心防线。热控保护误动指机组正常运行、无异常工况时，保护系统错误执行保护动作。例如信号干扰导致燃气轮机排气温度传感器误报超温触发机组停机，或DCS系统逻辑错误使参数正常时误判危险状态引发燃烧室熄火，会打破生产节奏造成非计划停机。热控保护拒动是机组出现异常工况达到保护动作阈值时，系统未按设计执行指令。如天然气压力变送器故障使超压信号未被采集导致紧急切断阀未关闭，或燃气控制阀执行机构卡涩让联锁停机指令无法落地，会使设备在危险状态下持续运行，引发设备损坏、系统崩溃等严重后果^[1]。

2 电厂热控保护误动及拒动危害

2.1 设备损坏

误动引发的突发性停机，如燃气轮机在高速运转时骤然停转，巨大的扭矩冲击会导致轴系变形、轴承烧

毁，甚至转子裂纹；拒动则让设备长期暴露于危险参数中，例如燃气轮机燃烧室在超温状态下持续运行，会使壁体金属强度逐渐劣化，最终引发爆燃。

2.2 系统故障

误动可能瞬间打破各系统间的协同平衡，比如误关燃气控制阀会导致燃气轮机系统压力骤升，进而反向冲击燃气供应系统；拒动使异常参数持续扩散，如燃气轮机排气温度超标未触发保护，会导致余热锅炉过热器受损，波及蒸汽系统、给水系统等多个关联环节。这种连锁反应会让故障从单一设备蔓延至整个机组系统，引发阀门卡涩、管路泄漏、仪表失灵等多重问题，严重时造成系统瘫痪。

2.3 生产中断

误动导致的非计划停机，会让原本连续运行的发电流程突然中断，如燃气发电机组在满负荷运行时意外跳闸，需从停机状态重新启动，整个过程耗时数小时甚至数天；拒动引发的设备损坏或系统故障，往往需要拆解检修、更换部件，停机周期更长。无论是短期还是长期中断，都会导致电厂发电计划落空，无法按调度要求提供电力，直接影响电力市场的供应稳定性。

2.4 负荷波动

误动使机组突然脱离电网，如600MW燃气机组意外停机将导致电网瞬间缺失大量负荷，引发频率急剧下降；拒动引发的局部故障会造成机组出力异常，例如燃气燃烧不稳未触发保护，会使燃气轮机功率忽高忽低，导致发电机输出功率剧烈波动。这种负荷的骤变会迫使电网调度紧急调整其他机组出力，若调节不及时，可能引发电压崩溃、线路过载跳闸，甚至区域性停电事故。

2.5 能源浪费

误动导致的停机重启,需要消耗大量天然气将燃气轮机从常温加热至工作温度,仅启动阶段就多耗天然气数十立方米;拒动时设备低效运行,如燃气轮机在燃烧不充分时继续发电,热效率会下降10%以上,每度电天然气消耗增加0.1立方米以上。此外,故障处理期间,大量未充分燃烧的燃气排空、冷却水流经停运设备、备用电源持续供电却无有效产出,这些都会造成能源的无意义消耗^[2]。

3 电厂热控保护误动及拒动原因分析

3.1 DCS硬件和软件原因

3.1.1 网络通信故障

DCS系统中网络通信链路若出现中断或拥塞,会导致数据传输延迟、丢失或误码。例如交换机端口故障、光纤接头污染等,可能使燃气轮机燃烧室温度、燃气压力等现场信号无法及时传至控制器,或燃气控制阀调节指令无法准确下发。这会造成控制器误判参数状态,如误将正常燃气流量判定为超标而引发停机误动;也可能使燃气泄漏保护指令传输失败,导致拒动。

3.1.2 信号处理卡故障

信号处理卡负责将现场传感器的模拟量或开关量信号转换为数字信号。若其内部电路老化、元件损坏,会导致信号失真或漂移,如燃气轮机排气温度信号被放大过度,使正常参数被误判为超温;或天然气管道压力信号衰减,导致实际超压信号未被识别。部分处理卡因抗干扰能力下降,易受电磁干扰产生虚假信号,如虚假的燃气泄漏信号触发紧急停机误动;而卡件完全失效则会直接造成燃气流量、涡轮转速等关键信号丢失,引发拒动。

3.1.3 设置模块问题

设置模块存储着保护逻辑的参数阈值、动作延时等关键配置。若参数设置错误,如将燃气轮机点火温度保护值设低,会使设备在正常启动阶段触发误动;或燃气压力骤降时的保护延时设置过长,导致紧急情况下保护动作滞后。此外,模块程序存在漏洞,如逻辑判断语句错误,可能使燃气浓度超标时误触发保护或不触发。

3.1.4 输出模块故障

输出模块是执行保护指令的关键环节,负责将控制器信号转换为驱动执行机构的电信号。若模块内部继电器触点粘连,会导致燃气控制阀关闭指令持续输出,引发停机误动;而触点氧化、线圈烧毁则会使燃气切断指令无法传递,造成拒动。部分模块因负载匹配不当,在高负荷下出现输出信号畸变,导致执行机构动作异常,如燃气调门误关或拒关,间接引发燃气轮机热控保护异常。

3.2 电缆布线原因

电缆布线不规范是引发热控保护异常的重要因素。若燃气轮机温度信号电缆、天然气压力信号电缆与燃气压缩机动力电缆并行敷设且未保持安全距离,动力电缆产生的强电磁会干扰信号传输,导致燃气轮机排气温度、天然气管道压力等参数信号失真,引发误动。电缆接头处理不当,如燃气泄漏检测传感器电缆绝缘层剥除过多、压接不紧密,易造成信号泄漏或接触不良,使保护系统接收错误信号或信号中断,出现误动或拒动。

3.3 热控制设备的因素

热控制设备自身性能缺陷易导致保护异常。燃气轮机热电偶如分度号匹配错误,会使排气温度测量值与实际偏差过大,触发误动或掩盖真实超温状态导致拒动。天然气压力变送器量程选择不合理,在压力接近临界值时测量精度下降,可能使保护系统误判。执行机构如燃气控制阀伺服电机响应滞后,会导致阀门动作迟缓,使紧急切断指令无法及时落地引发拒动,而定位器卡涩则可能造成阀门误动作,引发燃气供应异常导致误动。

3.4 热控组件原因

热控组件质量与性能缺陷直接影响保护系统可靠性。继电器触点氧化、接触电阻增大,会导致燃气轮机紧急停机回路导通不良,使指令传输中断引发拒动;而触点粘连则会造成回路持续导通,触发误动。安全栅选型不当,无法有效隔离燃气轮机燃烧室附近危险区域信号,易受干扰产生虚假的超温信号,导致误动。熔断器额定电流不匹配,在正常工况下熔断会切断燃气控制阀控制回路引发拒动,或在故障时无法熔断使组件损坏扩大故障。

3.5 热控设备电源原因

热控设备电源不稳定是保护异常的常见诱因。电源电压波动超过允许范围,如骤升会烧毁燃气轮机DCS模块、天然气流量传感器等元件,导致信号采集或指令输出中断引发拒动;骤降则会使设备工作异常,产生错误的燃气压力信号触发误动。UPS电源切换故障,在市电中断时无法及时切换至备用电源,会造成燃气轮机保护系统短时失电,导致运行参数数据丢失或保护逻辑复位,引发误动或拒动。

3.6 设计、安装和调试及其他人为原因

3.6.1 设计缺陷

设计阶段组织多专业团队,结合燃气电厂工况完善保护逻辑,针对燃气轮机燃烧、天然气泄漏等环节,增加多重冗余判断和动态阈值设置。合理规划传感器位置,如燃气轮机温度传感器远离火焰区,压力传感器避开管道弯头。强化回路抗干扰设计,用屏蔽电缆和隔离

模块,使保护定值与燃气设备耐受极限匹配,通过三维仿真模拟极端工况验证设计,减少缺陷。

3.6.2 安装不规范

安装前培训施工人员,强调燃气系统防爆要求。固定天然气变送器、泄漏传感器用防爆防震支架,电缆接线实行“双检制”,天然气管道附近接头用防爆密封胶泥处理。执行机构与燃气控制阀连接校准同心度,间隙控制在0.1mm内,安装后做气密性试验和多次动作测试,确保无泄漏、无卡涩,严格按图纸和规程操作。

3.6.3 调试问题

调试前制定方案,覆盖燃气轮机启停、天然气压力骤变等工况,用阶梯式升速、升温模拟边界条件。参数校准时增加中间点,如燃气轮机排气温度多区间校验。联锁试验“点对点”测试,如燃气泄漏与停机联动。软件组态后做静态和动态测试,反向验证排查错误,完成后形成含响应曲线的报告存档。

3.6.4 人为误操作

完善管理制度,对燃气轮机控制盘等关键区域实行“双人监护”,重要操作经审批并记录。操作界面设权限分级,燃气压力等参数修改需多方授权,紧急按钮加防护罩。定期培训操作人员燃气防爆知识和应急流程,检修时执行“上锁挂牌”,挂警示标识避免误动设备^[3]。

4 电厂热控保护误动及拒动预防措施

4.1 优化DCS系统

针对燃气轮机、天然气系统等核心设备,定期对DCS系统做全面诊断,更换老化的燃气压力信号处理卡和燃气控制阀输出模块。采用双网冗余架构提升网络通信可靠性,避免因单点故障影响天然气流量调节指令传输。软件上优化燃烧稳定性保护逻辑,增加燃气浓度与压力的冗余判断及延时设置。定期更新系统补丁,通过仿真模拟燃气泄漏、燃烧室超温等场景验证组态准确性,建立运行日志分析机制,实时监控网络状态,提前预警故障。

4.2 强化电缆布线管理

严格按规范施工,将燃气轮机温度信号电缆、天然气压力信号电缆与压缩机动力电缆分开敷设,保持30厘米以上安全距离,交叉时垂直交叉以减少电磁干扰。电缆接头用专用工具压接,天然气管道附近接头采用防爆密封胶泥处理。高温区域如燃烧室周边电缆选用耐高温

绝缘材料并加装防护套管,潮湿区域电缆做防腐处理。定期开展绝缘测试和巡检,及时更换老化破损电缆,确保信号传输稳定。

4.3 提升热控制设备稳定性

制定周期性校准计划,对燃气轮机排气温度传感器、天然气压力变送器等进行多点校准,涵盖启动至满负荷的关键区间。选用与天然气压力、流量工况匹配的变送器量程。加强燃气控制阀执行机构维护,定期清洁伺服电机和定位器,检查机械连接紧固性。建立设备状态监测系统,实时跟踪燃气轮机振动、控制阀动作响应时间等参数,通过预测性维护更换磨损部件,防止性能退化。

4.4 保障热控组件质量与可靠性

采购高抗干扰的安全栅、接触良好的继电器等组件,确保熔断器额定电流与燃气控制回路负载匹配。安装前严格检测组件,剔除参数漂移产品。运行中定期清洁继电器触点防止氧化粘连,监测电容电阻参数变化。针对燃气系统防爆要求,选用防爆型组件,建立台账记录使用寿命,对燃气泄漏检测回路组件实行到期强制更换,从源头杜绝因组件缺陷引发的保护故障^[4]。

结束语

综上所述,燃气电厂热控保护的误动与拒动,是DCS系统软硬件缺陷、电缆布线不当、燃气轮机及天然气系统设备及组件性能不足、电源不稳定,以及设计、安装、调试缺陷和人为误操作等多因素共同作用的结果。这些原因相互关联,比如燃气控制阀信号传输受电缆干扰,可能与布线不当及DCS模块缺陷相关,任一环节疏漏都可能引发保护异常,威胁机组安全与生产稳定。因此,需从技术优化、管理强化、人员规范等多维度综合治理,通过针对性措施消除隐患。

参考文献

- [1]沈宏强.浅谈电厂热控保护装置的维护[J].科技创新与应用,2021,05(30):221-222.
- [2]孙长生,朱北恒,王建强等.提高电厂热控系统可靠性技术研究[J].中国电力,2021,03(02):56-57.
- [3]李树坤,王毛.电厂热控保护装置的检修及维护[J].中国新技术新产品,2022,09(14):122-123.
- [4]张瑞春,吕波,杨静.浅谈火力发电厂的常见热控保护技术[J].科技风,2022,01:174.