

火电厂热工保护系统的常见故障原因及防控

程思玮 石建鑫 于昊 云泽瑞

北方联合电力有限责任公司达拉特发电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘要：热工保护系统是火电厂安全生产的核心，把控锅炉、汽轮机等关键设备运行，能及时响应异常并触发保护，避免设备损坏与事故。本文先阐述系统定义、功能、组成及原理，明确其作用；接着梳理传感器等四类常见故障；分析设备、环境、人为、电源四大故障成因；最后提出设备选型等五类防控措施。旨在掌握故障规律，为故障防控提供指导，保障机组运行，供火电厂安全生产参考。

关键词：火电厂；热工保护系统；故障原因；防控措施

引言：火电厂是电力供应主力，机组安全稳定关乎电力系统可靠供电。热工保护系统是机组安全运行的“生命线”，负责监测参数、识别异常、触发保护，其可靠性决定火电厂安全生产水平。当下机组向大型化、智能化发展，热工保护系统更复杂，故障频发，导致误动、拒动，影响发电效率，甚至引发重大事故。故分析故障、制定防控措施对保障安全生产意义重大。

1 火电厂热工保护系统概述

1.1 热工保护系统的定义与功能

火电厂热工保护系统基于热工测量与自动控制技术，结合火电机组运行特性构建，是集监测、报警、连锁控制于一体的自动化保护系统，堪称机组安全运行的“生命线”。其核心功能聚焦机组安全防控：实时监测借助各类传感器采集温度、压力等关键热工参数，反馈机组运行状态；故障报警在参数超安全阈值或设备异常时，迅速发出声光信号，提醒运维人员处理；连锁保护于机组重大异常、濒临危险工况时，自动触发停机等操作，防止事故扩大。另外，系统还有参数记录、故障追溯等辅助功能，为故障排查与运维优化提供数据支持。

1.2 热工保护系统的组成与工作原理

火电厂热工保护系统由感知、控制、执行、通信四大单元构成。感知单元有温度传感器等，负责采集热工参数并转化为电信号传给控制单元；控制单元以 PLC、DCS 控制系统为核心，接收信号分析判断后发出指令；执行单元含电磁阀等，依指令执行保护动作；通信单元保障信号传输。其工作原理为感知单元采集参数，经通信单元传至控制单元分析判断，再由执行单元执行，形成闭环控制，实现机组全工况安全保护^[1]。

1.3 热工保护系统在火电厂中的重要性

热工保护系统在火电厂至关重要，其运行可靠性影响机组安全与效益。安全方面，火电机组运行有高温高

压等危险，参数异常或设备故障易引发重大事故，该系统能快速识别危险并触发保护，保障人员与设备安全。经济上，系统故障会导致机组非计划停机，造成损失，完善系统可降低故障率、减少停机次数，提升利用率。管理上，系统参数记录与故障追溯功能，能为运维管理提供数据，助力优化策略、提升管理水平，推动火电厂安全高效节能运行。

2 火电厂热工保护系统常见故障类型

2.1 传感器故障

传感器故障是热工保护系统最常见的故障类型，主要表现为参数测量不准确、信号传输中断、误发信号等。故障具体表现为：传感器采集的参数与实际值偏差过大，如温度传感器显示数值偏高或偏低，无法反映设备真实运行状态；传感器输出信号中断，控制器无法接收参数数据，导致系统无法正常判断工况；传感器误发异常信号，触发系统误动作，如无异常情况下发出停机指令，影响机组正常运行。此类故障多发生在温度传感器、压力传感器、液位传感器等常用组件，一旦出现故障，会直接导致系统监测失真、保护动作异常，是影响热工保护系统可靠性的主要因素之一，需及时排查处置。

2.2 控制器故障

控制器作为热工保护系统的核心组件，故障发生率相对较低，但危害程度极高，主要表现为指令处理异常、指令发出延迟、保护动作拒动等。故障具体表现为：控制器接收传感器信号后，无法正常进行滤波、分析与判断，无法识别参数异常；控制器发出的保护指令延迟，无法及时响应异常工况，导致故障扩大；控制器出现保护拒动，即使监测到参数严重超标，也不触发保护动作，易引发重大安全事故；部分控制器还会出现程序紊乱，发出错误指令，导致执行机构误操作。控制器故障多源于内部芯片损坏、程序异常、接口接触不良

等,一旦发生故障,整个热工保护系统将陷入瘫痪,无法发挥安全防护作用^[2]。

2.3 执行机构故障

执行机构故障主要表现为无法响应控制器指令、动作延迟、动作不到位等,直接影响热工保护系统的保护效果。故障具体表现为:执行机构接收控制器发出的保护指令后,无任何动作,如阀门无法关闭、机组无法停机,导致保护动作失效;执行机构动作延迟,无法在规定时间内完成保护动作,错过最佳故障处置时机,导致故障扩大;执行机构动作不到位,如阀门关闭不严密、调节开度不足,无法达到保护要求,无法有效控制异常工况。此类故障多发生在电磁阀、调节阀、执行器等组件,主要因机械磨损、部件老化、卡涩等导致,会直接导致系统保护功能失效,无法及时遏制异常工况蔓延。

2.4 通信故障

通信故障主要发生在各组件之间的通信链路,表现为信号传输中断、信号丢失、信号干扰等,导致系统各组件无法协同工作。故障具体表现为:传感器与控制器之间的通信中断,参数信号无法传输至控制器,控制器无法获取工况数据;控制器与执行机构之间的通信中断,保护指令无法传递至执行机构,执行机构无法响应动作;通信链路受到电磁干扰,信号出现失真、丢失,导致控制器误判或执行机构误动作。通信故障多源于通信电缆老化、接口松动、电磁干扰、布线不合理等,此类故障会破坏系统的闭环控制,导致热工保护系统无法正常运行,甚至引发机组误动、拒动。

3 火电厂热工保护系统常见故障原因分析

3.1 设备自身因素

设备自身因素是导致热工保护系统故障的核心内因,主要源于设备质量不达标、部件老化、设计缺陷等。部分火电厂在设备采购时,为降低成本选用质量不合格的传感器、控制器等组件,此类设备运行稳定性差,易出现参数测量不准、信号传输异常等问题,故障发生率显著高于合格设备。热工保护系统各组件长期处于高温、高压、高湿度环境,部件会逐渐老化、磨损,如传感器探头腐蚀、执行机构密封件老化、通信电缆绝缘层破损等,导致设备性能下降,引发故障。

3.2 环境因素

火电厂运行环境复杂,环境因素是引发热工保护系统故障的重要外部因素,主要包括高温、高湿度、电磁干扰、粉尘污染等。火电厂锅炉、汽轮机周边温度较高,长期高温环境会加速传感器、控制器等电子组件的老化,损坏内部芯片与线路,导致设备故障;厂房内高

湿度环境会导致设备受潮,引发线路短路、接口腐蚀,影响信号传输与设备运行稳定性^[3]。火电厂内发电机、变压器等设备运行时会产生强烈电磁干扰,干扰通信链路的信号传输,导致信号失真、丢失,引发通信故障与控制器误判。

3.3 人为因素

人为因素主要体现在操作不规范、维护不到位、人员专业素养不足等方面,是导致热工保护系统故障的可避免因素。部分工作人员在设备操作过程中,未严格遵循操作规程,如随意更改控制器参数、误碰传感器与执行机构,导致设备运行异常,引发故障;设备维护工作不到位,工作人员未定期对系统进行巡检、校准与维护,无法及时发现设备老化、部件松动等隐患,导致隐患逐渐扩大,引发故障。此外,部分工作人员专业素养不足,对热工保护系统的工作原理、故障排查方法掌握不熟练,无法精准判断故障原因与位置,故障处置不及时、不规范,不仅无法解决故障,还可能导致故障扩大,影响系统正常运行。

3.4 电源因素

电源是热工保护系统正常运行的基础,电源不稳定、供电中断等问题会直接引发系统故障,主要表现为电压波动、电源中断、电源干扰等。火电厂内用电设备较多,大功率设备启动、停机时会导致电网电压波动,若电压波动超出设备允许范围,会损坏控制器、传感器等电子组件,导致设备故障;若出现电网停电、电源线路故障等情况,会导致热工保护系统供电中断,系统无法正常运行,无法发挥保护作用,易引发重大安全事故。

4 火电厂热工保护系统故障防控措施

4.1 设备选型与采购管理

设备选型与采购是故障防控的源头,需严格把控设备质量,建立完善的采购管理体系。选型时,结合火电厂复杂的运行环境,选用抗高温、抗高湿度、抗电磁干扰能力强的设备,优先选用符合国家相关标准、口碑良好、质量可靠的知名品牌产品,杜绝选用质量不合格、设计缺陷明显的设备。针对传感器、控制器等核心组件,需进行抽样检测,验证其参数测量精度、信号传输稳定性、抗干扰能力等性能,确保符合系统运行要求。采购过程中,建立严格的采购审核机制,明确设备质量标准与验收要求,签订规范的采购合同,明确供应商的售后服务责任,要求供应商提供及时的故障维修、部件更换等服务,从源头降低设备自身故障发生率。

4.2 设备安装与调试管理

规范的安装与调试是保障热工保护系统稳定运行的

关键,需建立专业的安装调试团队,严格遵循安装调试规程。安装前,对设备进行全面检查,确认设备完好、型号匹配,清理安装现场的粉尘、杂物,避免影响安装质量;安装过程中,合理规划设备布局与通信电缆布线,避免设备靠近高温、强电磁干扰区域,通信电缆采用屏蔽电缆,做好接地处理,防止信号干扰;传感器安装位置需精准,确保采集的参数能真实反映设备运行状态,执行机构安装需牢固,避免因振动导致部件松动。安装完成后,进行全面调试,逐一测试传感器参数采集精度、控制器指令处理能力、执行机构动作响应速度、通信链路稳定性,校准参数阈值,排查安装调试过程中出现的隐患,确保系统各项性能达标后,方可投入使用^[4]。

4.3 设备运行维护管理

建立完善的设备运行维护管理制度,实现维护工作常态化、规范化,及时排查处置设备隐患。制定详细的巡检计划,安排专业工作人员定期对热工保护系统各组件进行巡检,重点检查传感器探头清洁度、控制器运行状态、执行机构动作灵活性、通信电缆连接情况等,做好巡检记录,对发现的隐患及时整改。定期对设备进行校准与维护,如定期校准传感器参数测量精度、清理控制器与传感器表面粉尘、更换老化的密封件与电缆,延长设备使用寿命。建立设备故障数据库,记录故障发生时间、类型、原因及处置方法,分析故障发生规律,针对高频故障部位提前制定预防措施,定期开展预防性维护,降低故障发生率。

4.4 人员培训与管理

强化人员培训与管理,提升工作人员专业素养与操作规范性,减少人为因素引发的故障。建立完善的人员培训体系,定期组织工作人员开展热工保护系统相关培训,内容涵盖系统工作原理、设备操作规范、故障排查方法、应急处置流程等,邀请行业专家进行现场指导,提升培训效果。开展技能考核工作,考核合格后方可上岗,定期进行复训与再考核,确保工作人员熟练掌握相关技能,能精准判断故障原因、规范处置故障。建立严格的岗位责任制,明确工作人员岗位职责,规范操作流

程,对操作不规范、维护不到位的工作人员进行考核问责,提高工作人员的责任意识与工作积极性,杜绝人为失误引发的故障。

4.5 电源管理与保障

加强电源管理,保障热工保护系统供电稳定,是防控系统故障的重要措施。优化电源线路布局,对热工保护系统采用独立供电线路,避免与大功率设备共用线路,减少电压波动对系统的影响;做好电源线路接地处理,安装防雷、防浪涌设备,防止雷击、电压浪涌损坏设备,保障供电安全。安装备用电源设备,如UPS不间断电源,当电网停电或电源线路故障时,备用电源能及时投入使用,确保热工保护系统连续供电,避免系统停机引发安全事故。定期对电源设备、电源线路进行巡检与维护,检查线路绝缘层完整性、接地可靠性,测试备用电源性能,及时排查电源隐患,确保电源供电稳定、可靠,为热工保护系统正常运行提供保障。

结束语

火电厂热工保护系统作为机组安全运行的“守护者”,其稳定运行至关重要。本文全面剖析了常见故障类型,深入探究了设备、环境、人为、电源等多方面故障成因,并针对性地提出了涵盖设备选型采购、安装调试、运行维护、人员培训及电源保障等全方位的防控措施。未来,还需持续关注技术发展,不断优化防控策略,为火电厂安全生产筑牢坚实防线,保障电力稳定供应。

参考文献

- [1]李亚超.火电厂热控保护系统故障分析与预防措施研究[J].现代制造技术与装备,2024,60(05):15-17.
- [2]吴崛起,赵洪岗,安凤栓.火电机组汽轮机系统数字孪生模型研究[J].电工技术,2023,(21):5-10.
- [3]陈桐.火电厂热工保护系统照明电源存在的安全问题与优化策略[J].光源与照明,2025(9):94-96.
- [4]郭超.火电厂热工自动化系统安全保护与故障诊断的智能化技术研究[J].电气技术与经济,2024(9):258-260,264.