

# 电厂热工保护系统的常见故障

骆国强

国能亿利能源有限责任公司电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

**摘要:** 电厂热工保护系统常见故障包括DCS系统故障、热控元件失效、电缆接线问题以及设计缺陷等隐患。DCS故障主要由硬件损坏或软件逻辑错误导致,热控元件因老化或质量问题易引发误报,电缆接线老化、破损则会造成信号中断或异常。设计上的不合理和电源故障同样会直接影响系统响应,人为操作失误亦不容忽视。这些故障及隐患均可能导致保护系统误动或拒动,对电厂的安全运行构成严重威胁。

**关键词:** 电厂热工保护系统; 常见故障; 故障处理与维护措施

引言: 电厂热工保护系统作为确保电力生产设备安全、稳定运行的关键屏障,其可靠性和稳定性至关重要。然而,在实际运行过程中,该系统常面临多种故障挑战,如DCS系统故障、热控元件老化、电缆接线问题以及人为操作失误等,这些故障可能导致保护系统误动或拒动,进而威胁电厂的安全运行。因此,深入分析电厂热工保护系统的常见故障,探讨其成因及防范措施,对于保障电厂安全生产具有重要意义。

## 1 电厂热工保护系统概述

### 1.1 热工保护系统的定义与功能

热工保护系统是以计算机控制系统(如DCS)为核心,结合传感器、执行机构,对机组热力设备运行状态进行监控,在异常时自动触发保护动作的技术体系。

(1) 自动紧急联动相关设备,保护机组主辅设备:当监测到锅炉水位超限、汽轮机振动超标等险情时,系统可毫秒级联动阀门、泵组等设备。例如锅炉缺水时,自动关闭排污阀、启动备用给水泵;汽轮机超速时,触发危急遮断阀切断蒸汽,避免设备硬性损伤。(2) 软化机组或设备故障,避免重大设备损坏:在故障初期,系统通过梯度干预降低危害。如受热面壁温略超限时,先减少燃料供给、调整风量,而非直接停机,避免热冲击;若故障加剧,再逐步升级措施,防止炉膛爆炸、叶片断裂等严重事故<sup>[1]</sup>。

### 1.2 热工保护系统的工作原理

(1) 基于机组主辅设备运行参数的监控与判断:通过温度、压力、流量等传感器,实时采集主蒸汽温度、汽包水位等关键参数,传输至DCS系统。系统对比预设安全阈值,判断参数是否正常,如发现异常波动,立即进入保护逻辑分析阶段。(2) 超出正常范围时采取紧急保护措施:参数超限时,系统按故障等级执行措施。轻度异常仅触发报警;中度异常自动调节设备参数;严重

异常则启动停机停炉,如切断燃料、关闭主汽门,确保机组安全停运,阻断故障蔓延。

## 2 电厂热工保护系统常见故障类型

### 2.1 DCS故障

(1) 输电模块、网络通信、信息处理卡等故障:输电模块若出现元件烧毁、接触不良,会导致电源供应不稳定;网络通信故障多因交换机故障、光纤链路中断,造成参数传输延迟或中断;信息处理卡(如CPU卡、I/O卡)故障则会导致参数计算错误、信号无法正常转换,例如I/O卡故障可能使传感器采集的温度信号无法传入控制系统。(2) 导致热工保护系统误动:当DCS信息处理卡错误识别参数信号,如将正常的汽包水位信号误判为超限,会触发不必要的保护动作,如误关给水阀门,导致锅炉水位异常波动;网络通信中断时,控制系统可能因接收不到关键参数,误判设备处于危险状态,启动紧急停机,影响机组正常发电<sup>[2]</sup>。

### 2.2 热控元件故障

(1) 元件老化、质量不可靠导致的误发信号:温度传感器长期处于高温环境,易出现元件老化,导致测量值偏高或偏低,如汽轮机轴承温度传感器老化,可能误发超温信号;部分劣质变送器因质量问题,在正常运行时会随机发送故障信号,干扰系统判断。(2) 热控元件故障引发保护误动或拒动:元件误发超压信号时,系统会误启动泄压阀,导致主蒸汽压力骤降,影响机组效率;若压力变送器故障导致真实超压信号无法传出,系统无法识别危险,会出现保护拒动,可能引发设备超压损坏。

### 2.3 电缆接线故障

(1) 电缆老化、绝缘破坏、接线柱进水等:电缆长期处于高温、潮湿环境,外层绝缘层易老化开裂,导致电缆芯线暴露;接线柱若密封不良,会因环境潮湿进

水,造成金属触点锈蚀;此外,振动还可能导致接线端子松动。(2)引发短路、断路、虚接等问题,导致保护误动:电缆绝缘破坏可能引发芯线短路,使信号传输中断,控制系统因接收不到参数,误判设备故障;接线虚接时,信号会间歇性中断,如汽包水位信号时有时无,可能导致系统频繁启停给水设备,加剧设备损耗,甚至触发误停机。

#### 2.4 设备电源故障

(1)电源插件设计不合理、接触不良等问题:部分电源插件因设计缺陷,散热性能差,长期运行易过热损坏;插件与插槽接触不良,会导致供电时断时续;此外,电源回路中熔断器选型不当,也可能在正常负载下熔断,切断电源。(2)导致热工保护拒动和误动事件:系统失电时,所有保护功能失效,设备出现故障时无法触发保护动作,造成拒动;供电不稳则可能使控制系统程序紊乱,如误将正常参数判定为超限,引发误动,或导致执行机构(如阀门)动作卡顿,无法正常响应保护指令<sup>[3]</sup>。

#### 2.5 人为因素导致的故障

(1)设计、安装、调试、运行、维护过程中的人为失误:设计阶段若未考虑设备耐高温需求,将传感器安装在高温直射区域,易导致元件损坏;安装时电缆敷设不符合规范,可能因摩擦损坏绝缘层;调试时参数设置错误,如将安全阈值设低,会增加误动概率;维护时未按规程操作,可能碰松接线端子。(2)走错间隔、看错端子排、错强制信号等操作失误:运行人员巡检时走错设备间隔,误碰保护回路开关,可能导致保护退出;维护时看错端子排,错接电缆,会使信号传输错误;紧急情况下错强制信号,如将真实超温信号强制为正常,会掩盖故障,引发保护拒动。

#### 2.6 设计、安装、调试存在的缺陷

系统前期环节的质量缺陷,会为后期运行埋下隐患。设计缺陷如保护逻辑不完善,未考虑参数波动的滞后性,可能导致保护动作过于灵敏;安装缺陷如传感器安装位置偏差,无法准确采集参数,如将压力变送器安装在管道死角,测量值与实际值偏差大;调试缺陷如未全面测试保护逻辑,部分故障场景未覆盖,会导致系统在特定故障下无法正常响应,最终引发保护误动或拒动,影响机组安全。

### 3 电厂热工保护系统故障原因分析

#### 3.1 硬件与软件因素

(1)DCS系统软、硬件可靠性不足的问题:硬件上,输电模块、信息处理卡等选用劣质元器件,或生产

工艺不达标,长期运行易出现元件烧毁、接触不良;软件上,程序存在漏洞,如参数运算逻辑错误、数据传输协议不兼容,可能导致参数误判或信号丢失,例如未设置参数滤波功能,将正常波动信号误判为异常。(2)元件老化与质量问题的隐患:热控元件长期在高温、高压环境下运行,内部元件逐渐老化,测量精度下降;部分劣质元件如密封不严的变送器,易进水短路,这些问题会随运行时间累积,最终引发故障。

#### 3.2 环境因素

(1)恶劣环境对设备的侵蚀:锅炉、汽轮机附近高温加速电缆绝缘层老化开裂,厂房潮湿导致电缆芯线受潮、接线柱锈蚀,影响传感器电路,造成测量信号漂移,如湿度大会使温度传感器测量值偏高。(2)电子间环境的不利影响:电子间温度过高导致DCS信息处理卡散热不良、程序卡顿;粉尘附着电路板引发短路;强电磁干扰影响信号传输,导致参数失真,这些环境因素会持续损害设备,诱发故障。

#### 3.3 人为因素

(1)操作与管理疏漏的影响:运行人员误碰保护回路开关、错改参数设定值,直接引发故障;巡检不细致,未及时发现电缆绝缘开裂、元件发热等隐患,导致小问题扩大。(2)技术能力不足的制约:培训不足使人员无法快速定位故障,如难区分DCS通信故障是交换机还是光纤问题;故障处理时操作失误,如误接电缆,加剧故障影响,延长处理时间。

#### 3.4 设计因素与潜在隐患

(1)系统设计缺陷埋下的先天隐患:设计阶段若未充分结合机组运行特性,如保护逻辑未考虑参数滞后性、冗余设计不足,会导致系统抗干扰能力弱;传感器安装位置设计不合理,如将温度传感器布置在气流死角,无法真实反映设备温度,为后期误动埋下隐患;电缆路径设计未避开高温、振动区域,会加速电缆老化,增加短路风险。(2)设计标准不达标引发的连锁问题:部分设计未遵循行业规范,如电源回路未设置双重备份,单一电源故障即导致系统失电;保护阈值设计未结合设备实际耐受能力,阈值过高易导致拒动,过低则增加误动概率,这些设计缺陷会在机组长期运行中逐渐暴露,引发安全事故。

### 4 电厂热工保护系统故障处理与维护措施

#### 4.1 定期进行设备维护工作

(1)贯彻落实检修制度,及时发现并解决问题:建立“日常巡检-定期检修-专项排查”三级检修制度,日常巡检中重点检查传感器、电缆接线、DCS机柜等关键部

位,记录参数变化与设备状态;定期检修按季度或月度开展,使用专业仪器检测元件精度、电缆绝缘性,如用万用表测量接线端子通断,用校准仪校验变送器误差,确保及时发现元件老化、接线松动等问题并当场处理。

(2)利用停机时机进行彻底检修和检查:抓住机组计划性停机(如年度大修)时机,对热工保护系统进行深度检修。拆解DCS系统关键模块(如I/O卡、电源插件)清洁灰尘,检测电路稳定性;检查锅炉、汽轮机附近高温区域电缆,更换老化绝缘层;对隐藏在设备内部的测点进行排查,如清理汽包水位传感器表面结垢,确保设备恢复最佳运行状态<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 提高工作人员的专业素质

(1)加强培训,提高技术水平:定期组织技术培训,内容涵盖DCS系统操作、元件故障诊断、保护逻辑原理等,邀请厂家技术人员讲解新型设备维护要点,结合典型故障案例(如DCS通信中断、传感器误发信号)开展实操教学,提升工作人员对故障的判断与处理能力。(2)建立健全规章制度,保证制度落实:制定《热工保护系统操作规程》《设备维护责任细则》等制度,明确各岗位职责与操作标准,如规定参数修改需双人监护、检修后需三方验收;通过定期考核、现场督查确保制度落地,避免因操作不规范引发故障。(3)制定应急预案并进行事故演习训练:针对DCS故障、电源中断等常见紧急情况,制定详细应急预案,明确故障响应流程、人员分工与处置措施;每半年开展1次事故演习,模拟保护系统误动、拒动场景,让工作人员在实战中熟悉操作流程,缩短故障处理时间。

#### 4.3 采用冗余设计

(1)对重要热工信号和测点进行冗余设置:对汽包水位、主蒸汽压力、汽轮机转速等关键信号,采用“一主两备”或“三取二”冗余设计,如在锅炉不同位置安装3个水位传感器,当其中1个故障时,系统自动切换至备用传感器信号,确保参数采集不中断。(2)提高DCS及PLC的硬件质量和软件的自诊断功能:选用工业级DCS与PLC硬件,优先配置双电源模块、双CPU卡,增强硬件抗干扰与容错能力;升级软件系统,增加自诊断功能,如实时监测模块运行状态,当发现信息处理卡异常时,自动发出报警并切换至备用模块,同时记录故障位置与原因,便于快速检修。

#### 4.4 选用技术成熟、可靠的热控元件

(1)在合理投资下选用品质好的元件:建立热控元

件合格供应商名录,优先选择行业内口碑好、技术成熟的的品牌,如选用耐高温、抗振动的进口温度传感器;采购时进行抽样检测,验证元件精度、绝缘性等指标,避免因选用劣质元件埋下故障隐患。(2)对保护测点变送器、逻辑开关等重要设备进行标示和保护:在变送器、逻辑开关等设备上粘贴清晰标示,注明设备名称、型号、量程及维护周期;对安装在高温、潮湿区域的设备,加装防护套(如防水罩、隔热套),防止设备受环境影响损坏,同时避免人员误操作。

#### 4.5 优化保护逻辑组态

(1)对温度保护等增加速率限制功能:针对温度参数易受干扰波动的特点,在保护逻辑中增加速率限制功能,如设定温度变化速率阈值(如5°C/min),当检测到温度短时间内骤升或骤降但未超出安全阈值时,系统暂不触发保护动作,先判断是否为信号干扰,避免因参数波动引发误动。(2)提高保护系统的可靠性和安全性:梳理现有保护逻辑,删除冗余或不合理的联锁条件,如简化锅炉水位保护的判断逻辑,减少不必要的延时环节;增加逻辑闭锁功能,如当设备处于检修状态时,自动闭锁相关保护回路,防止误触发,全面提升保护系统的可靠性和安全性。

#### 结束语

综上所述,电厂热工保护系统的常见故障不容忽视,其稳定可靠运行直接关系到电厂的整体安全与生产效益。通过深入分析故障成因并采取有效的预防与维护措施,可以显著提升系统的可靠性和安全性。未来,随着技术的不断进步和智能化水平的提升,电厂热工保护系统将更加智能、高效,为电厂的安全稳定运行提供更加坚实的保障。我们应持续关注系统的发展动态,不断优化和完善故障处理与维护策略,以适应电力行业的快速发展需求。

#### 参考文献

- [1]张丽敏,包旭东.电厂热工保护系统故障探析[J].中国新技术新产品,2021,(04):31-32.
- [2]刘国华.DCS系统中热工保护的合理设置研究[J].科技与创新,2020,(12):100-101.
- [3]韩新建,韩新春.火电厂热工保护控制系统可靠性技术提升探讨[J].能源科技,2022,(05):57-58.
- [4]郑磊.火电厂热工保护误动及拒动解决措施与案例分析[J].现代工业经济和信息化,2022,(12):125-126.