

# 锅炉炉膛压力保护拒动风险分析

杨世鹏

华能靖远热电有限公司 甘肃 白银 730919

**【摘要】**：锅炉炉膛压力保护关系到火电厂机组的安全稳定，如果保护拒动会造成炉膛的压力过高或者过低导致炉膛的负压不平衡，设备损伤或者停机事故。根据炉膛压力保护的拒动隐患，总结造成拒动的原因、损害结果以及各种干扰因素，分析出测量点失效、信号混乱、逻辑错误、执行机构故障、人员维护不到位等问题。加强机组保护逻辑的设计、开展定期检查测试，更新检修管理方式，加大现场监控力度，可以降低拒动的发生频率，保障锅炉运行安全可靠水平。

**【关键词】**：锅炉炉膛；压力保护；保护拒动；风险分析；安全运行

DOI:10.12417/3083-5526.26.02.032

## 引言

锅炉炉膛数值状况对燃烧稳定性和机组的安全运行有重要影响，炉膛压力保护装置能够在运行偏差的情况下进行状态判断以及连锁控制的主要作用，在保护功能缺失的情况下炉膛不良数值无法及时调节会导致部件损坏，燃烧失败，机组临时停运的问题。了解炉膛压力保护装置失灵存在的风险因素可以理清故障根源及运行不足之处，针对性地开展防护措施，为维护锅炉系统的稳定工作提供支撑。

## 1 锅炉炉膛压力保护运行可靠性的关键基础

### 1.1 炉膛压力测量信号的稳定获取

炉膛压力测量信号稳定度决定了保护系统对运行异常情况判断水平，锅炉运行过程中炉膛里充满着高温烟灰而且气体会一直受到扰动，压力检测点容易被飞灰阻塞或者漏气或者聚集冷凝水等问题影响而导致测量值偏离了实际的压力值，在炉膛压力信号发生持续漂移情况下保护系统所获取的数据不能准确反映炉膛里的负压变化情况，导致保护功能失灵或者误动作的可能性增大。采样点的设置应注意结合区域的特点以及外部环境耐受力避免在剧烈扰动的气流区、燃油喷嘴周围或者是局部的涡旋区进行布置以保证信号正确无误地传送到控制系统中去。取样管路畅通，管径尺寸、铺设坡度、伴热以及排污设计符合现场实际要求，避免灰尘堵塞造成水分析出影响压力传递。所选压力变送器类型适合锅炉炉膛微压监测需求，量程选择适当范围，精度满足保护装置判断要求。在日常维护工作中设置测点对比检查方法，利用不同部位多个压力数据进行相互比较，通过多个数值之间相互比较发现某个数值异常、信号无规律波动或者总体趋势变化等情况，迅速定位问题所在，找出存在问题根源。

### 1.2 保护逻辑与连锁动作的匹配关系

保护逻辑及连锁动作配合情况，关系到锅炉炉膛压力异常

变动时保护系统是否按章动作，在发生炉膛压力保护时不是以一个信号来激活而是由压力检测、信号筛选、逻辑计算、时间界定、连锁下达、装置动作一系列过程组成一个体系。炉膛压力保护定值超出现有设备的设计水平，在达到危险值也启动不了连锁装置，隐藏着拒动的风险；时间参数设定过长则导致其对正负压力突变做出调整的能力下降；炉膛压力变化与送引风量以及燃料供应量、燃烧情况、炉膛严密性等多种因素有关，必须考虑所有运行变量之间的相关性，不可以单凭一个压力信号来判断。

现场组态可以采用多取中法、三取二方法、排除异常的方法使得逻辑运转更加可靠，降低单一故障影响程度，连锁动作要结合引入和送出风机、磨煤机、燃料跳闸以及炉膛清扫的一系列过程，压力异常情况发生时迅速切断危险源，重建炉膛安全运行环境，逻辑调整完毕、设备改进、参数整定结束之后，需要进行静态调试、动态连锁的检查。

### 1.3 运行维护对保护可靠性的支撑

运维维护管理是保持炉膛压力保护长期有效工作的重要环节，当锅炉压力保护装置投入运行以后由于设备老化、外部的灰尘沉积、连线脱落、接线柱生锈、仪表数值偏差、执行部件磨损等多种因素的影响，缺少定期检查维护程序会导致合格的压力保护支路会越来越出现故障风险问题。值班员要将炉膛压力趋势加入到巡检范围之内，观察压差变化幅度、变送器输出协调程度、报警记录内容与保护封锁状况转变，在发现压力曲线趋近缓慢异常或者波动数值错误、多个点数相差悬殊的现象第一时间联系热力控制维修人员查找原因并排除故障。

维护工作不仅限于外在表面检查，包含取样系统的清洁除尘、变送器参数调整、信号线缆绝缘状态检测、DCS通道运行情况监测、继电器动作实验以及动作机构传动试验等，高粉尘高振动场所设置的测量设备可以缩短定期巡视时间周期避免

由于积攒的小故障导致保护拒动的问题发生，在检修管理过程中强调保护停退程序审批环节，在进行无记录停止保护装置或者长时间断开联锁机制的情况下提出警示，保护装置停运期间实施临时监督措施并采取相应的防范措施。

## 2 锅炉炉膛压力保护拒动风险的形成机理

### 2.1 测点堵塞与信号失真的风险诱因

炉膛压力测量点常年处于高温、烟尘浓度大的环境之中，在这种环境下，管道内的流体温度变化大，气流脉动频繁，使得测量点附近烟尘量增加，容易造成取压孔及取样管被积灰、焦块黏附以及凝结水封形成。在出现初期堵塞时不会导致信号完全消失，会出现压力响应滞后、波动范围减小甚至压力曲线偏离实际工况的现象。炉膛压力急剧升高或负压突然变大情况下，堵塞管线不能及时传递出现场真实压力值，变送器输出仍在正常区间内，保护逻辑条件达不到启动的要求。

取样管道接口密封不良；阀门开度误差大；管道保温不良；传感器校准零位漂移都会引起信号失真，微压测量方式对于微小数值差异敏感，有微小泄漏或残余水汽都将导致测量值过高过低或出现杂乱无章的变化情况。多个测点布置环境接近的情况下，积灰堵塞问题会出现共同发展的趋势，削弱了多个测点联锁判断逻辑准确度。实际运行维护人员只关注画面数值超标条件，忽视负压变化率大小、测点间差值幅度大小、曲线走向趋势等都会使得检测点故障问题的发现时间滞后。

### 2.2 逻辑组态缺陷与动作延迟的风险诱因

炉膛压力保护逻辑包含了测量信号、判断条件、闭锁条件、延时环节以及跳闸输出等部分，在这之中任何一个组态方面出了差错都会导致保护固有的动作特点发生改变，逻辑组态中常见的问题主要有：测量信号地址不对、保护条件设置错误、闭锁条件过大、报警跳闸等级混乱等；当压力保护信号与现场测点位置错开的情况下，虽然监视屏幕的数据值一切正常但是逻辑调用通道已经失效闲置无法产生有效的跳闸命令，由于延时时间设定过高、信号过滤严重、信号质量要求过高而导致的动作滞后现象较多。

炉膛压力脉动有突然特性，在引风机跳闸、燃料中断及风烟系统的调节失调状况下，其数值急剧突破允许界限值，时滞设置只是防止不必要的动作发生而已，并没有考虑特殊工况下进行检验的要求，保护动作的速度就会滞后于事故发展的速度；检修封锁、试验解锁、运行方式转换未恢复也会使保护显示上投运，而实际上受制很多；逻辑改动之后不做全盘传动试验验证，仅通过观察界面上的数据或者个别信号点模拟检验，无法检查出连锁传递通道上的漏洞。配置漏洞以及操作滞后所造成的根本威胁就是保护判断准则与锅炉实际危险范围不符合、炉膛压力异常变化不能及时触发连锁保护程序。

## 2.3 设备老化与维护不足的风险诱因

炉膛压力保护回路由压力传感器、取源阀门、接线头、控制器、中间继电器装置、动作器以及DCS输入输出模块等诸多组件构成，长期工作在高温辐射、震动摩擦、粉尘堆积、湿度大、电磁场等不利条件下，使得整个装置产生老化现象。压力传感器老化导致反应迟钝、零点漂移量增大、输出脉冲大小波动频繁；保护装置读取的气压值偏离实际生产状态产生误差，在其检测到的压力数据与生产状态之间存在差距。连接部位螺栓脱落、屏蔽地线铺设不合理、线路老化绝缘性能下降都会造成信号间歇跳动或者突变失灵，故障发生无规律可循，查找解决困难重重。

继电器接点表面腐蚀、DCS模块运行能力下降、开关量反应异常，在发出保护信号之后不能可靠地传达到联锁控制部件上，风门转动阻力过大，挡板位置不对，跳机回路接触不良这样的问题会导致在经过保护动作执行以后实际的防范效果下降。管理维护缺失加大了由老化造成的各种缺陷的影响。检查频率降低、缺陷记录缺乏、修理拖延、保护检测走过场等现象层出不穷。

## 3 锅炉炉膛压力保护拒动风险的控制路径

### 3.1 测量装置优化与信号校验机制

检测仪器改进应以提高精度、保持稳定性和具备判断故障的功能为基础，在此前提下进行优化，而炉膛压力是属于小压级别的参数，在实际生产现场中有烟气冲刷、落灰堆积、温差变化以及管道阻力等因素的影响都会干扰到获取结果准确性，因此在选取取压方式的时候就要根据炉膛受热面积分布、燃烧器位置以及烟风道走向来合理地选择。取压孔设置避开局部涡旋、火焰冲击以及容易形成积灰点的位置并配合使用防堵件减少灰尘落入采样管道的可能性，采样管线布置尽量减少弯管数目和水平沉积管路长度，重要地方增加排泄口，吹扫接口以及加热保温元件保证信号传递畅通无阻。

压力变送器范围设定在锅炉正常燃烧时烟道内负压范围以及保护装置跳闸值之间，量程过大导致灵敏度下降，量程过小容易造成异常情况下信号满量程等问题，信号调试包括零位调整、满度检查、通道比对、趋势判断以及报警验证几个步骤，在运行过程中根据多个测量点数值差别识别运行工况，同区域单个点数值长时间超出其他数值或者压力曲线波动迟缓等情况均须列入故障处理程序中，在检修工作中分段校验取压孔、连接管线、阀件部件、传感器仪表和DCS通道状况，使现场的压力变化信号能够准确传送到控制系统。稽核材料登记校验时间段，参考标准器，允许偏差范围，整改情况及复查状况，形成具有可追溯性的技术档案，为保障系统的安全稳定运行提供数据支持。

### 3.2 保护逻辑完善与定期试验机制

保护逻辑优化根据炉膛压力异常发展以及机组安全边界,考虑避免由于短暂干扰引起误动同时又能及时发出连锁命令,在保护逻辑中需明确高压、低压、压力变化率、信号质量以及设备状态之间关系,防止单一参数造成误动。多点炉膛压力保护采用三取二、双重确认、坏点剔除以及信号合理性判断提高逻辑对于单点故障鲁棒性,而定值设置则依据锅炉设计说明书、制造厂家技术规定以及实际调试结果进行整定不能随意提高动作门槛<sup>[3-5]</sup>。

延时兼顾抗干扰以及快速响应,小范围波动用适当滤波去除,长时间超出预设值马上发出警报并连锁动作,定期试验包括静态信号模拟、逻辑判断、跳闸回路测试以及执行机构动作等。在试验中一点一点检查保护是否投入、测点通道、报警信息、动作条件、输出命令、设备动作情况等,而不是只关注某一个画面上的一个信号而忽略连锁最后一步。逻辑更改、DCS改造、变送器更换或控制柜维修之后需进行专门传动试验来确认变更部分以及保护功能一致性。试验报告需详细描述试验条件、给定值、动作时间、连锁目标、问题及其解决措施等,对于不符合要求的部分要进行整改直到满足要求为止,不能让保护装置长期处于未经过验证的状态下运行。

### 3.3 运行案例验证与安全效能提升

运行案例验证可以基于一些典型异常工况来检查风险防控措施是否落实到位,在某火电机组进行炉膛压力保护专项治理

理中,该机组发生过测点数值波动较小、各个测点之间数值差距较大以及部分信号响应较慢的情况。在现场检修过程中发现取压管内有大量灰尘积聚,阀门开度受限,变送器零位有所偏差,虽然监控画面上数值并未达到报警阈值,但是其变化趋势与风烟控制并不一致。整改过程中对原有的取压接口进行清洁并加以改进,增加定期吹扫方式,重新校验变送器零位及量程范围,在保护定值中也相应地调整了测点选取条件、坏点判断及持续时间等参数。

利用冷态仿真加热态实测进行校核,对整个过程进行检验,在整改后各炉膛各测点之间数值差别缩小很多,压力变化趋势及引送风机调节变化吻合度较高,便于工作人员及时发现故障。当施加的压力达到要求之后,告警以及连锁均能按时发出,符合相关规定。以上案例说明整改测量回路,复查逻辑设置,结合实际进行测试可以减少保护误动的可能性,提高锅炉抵抗压力波动的能力,避免发电机组非计划停运以及设备损坏的现象发生。

## 4 结语

锅炉炉膛压力保护装置拒动隐患存在于检测、判断、动作、维护各个层面,每一个薄弱点都会削弱整个机组的安全防护水平。完善检测设备选择、优化信号确认条件、整理保护定值设置方法、固定定期试验步骤、落实闭环监管措施都可以降低炉膛压力保护装置拒动概率的发生率。实际工作中发现系统性的风险管理有利于提升对炉膛压力异常识别、连锁反应的质量保障能力,为锅炉安全生产保驾护航。

### 参考文献:

- [1] 莫布林,从泽华,李伟.智能预警技术在传统分散控制系统中的应用[J].吉林电力,2023,51(05):31-34+40.
- [2] 李恩长,何郁晟,韩峰,等.基于小波分析的炉膛压力异常分析与处理[J].仪器仪表用户,2023,30(11):91-94.
- [3] 孙德全.基于光纤测温系统的高炉温度监测控制分析[J].山西冶金,2023,46(08):40-41+44.
- [4] 丛锡龙,袁德权.火电机组炉膛压力异常分析及对策研究[J].中国设备工程,2022,(16):177-178.
- [5] 葛朋,柳春晖,李明,等.基于动态前馈的锅炉超前加速控制策略研究与应用[J].电子设计工程,2022,30(03):6-10.