

# 电站锅炉燃烧分析及火检系统应用探索

束长勇

(江苏国信扬州发电有限责任公司,江苏 扬州 225131)

**摘 要:**阐述了火力发电厂锅炉煤粉燃烧的火焰特性及火焰检测系统的测量原理,指出了现有火检系统存在的问题,并根据这些问题提出了针对性的解决方案,且提高了锅炉火检系统的稳定可靠性,为电站锅炉安全运行打下基础。

**关键词:**电站锅炉;火焰检测;燃烧器

**中图分类号:**TK227.1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2011)04-0082-03

电站锅炉燃烧的基本要求在于建立和保持稳定的燃烧火焰,安全可靠的燃烧诊断技术成为电厂安全性的重要条件和基本要求。因此,大中型火电机组都配置了带有锅炉火焰检测装置的炉膛安全监控系统,它是通过对炉膛内火焰的准确监视、及时反映燃烧器及炉膛的燃烧状态,一旦火焰燃烧状态不满足正常条件或熄火时,按一定方式触发锅炉灭火保护,切断燃料供应,防止可燃物聚积引起爆燃甚至爆炸事故的发生。江苏国信扬州发电有限责任公司有 2 台 630 MW 超临界机组,锅炉型式为  $\Pi$  型布置、一次再热,自然循环、单汽包、半露天煤粉炉。燃烧器采用前后墙对冲燃烧布置方式,前后炉墙水冷壁上各布置 6 层燃烧器,每层各有 5 只旋流燃烧器,共 30 只。火检系统为美国 COEN 公司提供,每只燃烧器配有一只煤火检探头和一只油火检探头。

## 1 火检系统运行情况及存在问题

江苏国信扬州发电有限责任公司 2×630 MW 超临界机组火检系统配有 60 只 COEN 公司的 ISCAN 红外火焰检测器,测量检测头和信号处理部分设为一体,无二次信号放大器,系统安装如图 1 所示。

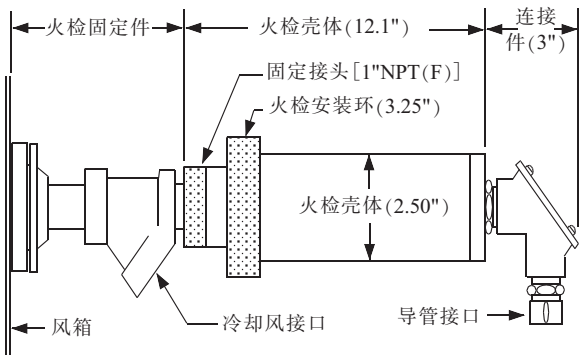


图 1 火检探头安装机构图

自机组投产以来,煤火检一直存在“偷看”、“漏看”和稳定性差的问题,大部分煤火检频率较低,强度较弱,并随机组负荷、煤种产地变化,火检信号波

动较大,而当燃烧器停用后信号强度反而增强。单台炉火检系统运行不稳定,低负荷或磨煤机启动时,仍需强制火焰信号。为此工作人员不得不进行频繁的调整,但效果不佳,多次由于火检信号失去,造成磨煤机跳闸事件,在锅炉燃烧工况大幅扰动时甚至触发 MFT 误动。2009 年 11 月 12 日,机组负荷 589 MW,6 台磨煤机全部运行,以 A,B,C 层火检为例,信号强度较弱,且不稳定,具体如表 1 所示。

表 1 火检信号强度表

名称	频率 /Hz	频宽 /Hz	门槛 /dB	强度 /%
A1 煤	26	12	-35.8	11
A2 煤	26	12	-35.8	29
A3 煤	26	12	-35.8	72
A4 煤	26	12	-35.8	82
A5 煤	26	12	-35.8	77
B1 煤	26	12	-35.8	78
B2 煤	26	12	-35.8	77
B3 煤	26	12	-35.8	22
B4 煤	26	12	-35.8	79
B5 煤	26	12	-35.8	50
C1 煤	26	12	-35.8	78
C2 煤	26	12	-35.8	80
C3 煤	26	12	-35.8	80
C4 煤	26	12	-35.8	11
C5 煤	26	12	-35.8	70

## 2 燃烧特性分析及火检测量原理

燃料经燃烧器喷入炉内进行燃烧,煤粉火焰的燃烧状况如图 2 所示。燃烧火焰分为 4 部分。从喉口开始依次为黑龙区、初始燃烧区、完全燃烧区和燃尽区,在燃料燃烧的不同阶段,火焰辐射的光谱频率与光强是不断变化的。

不同燃料的光谱分布特性是不完全一样的,如图 3 所示。油火焰含有大量的红外线,部分可见光和少量紫外线,煤粉火焰含有少量紫外线、丰富的可见光和红外线。对于单只煤粉燃烧器,在初始燃烧区不但可以见光和红外线较丰富而且能量辐射率变化聚

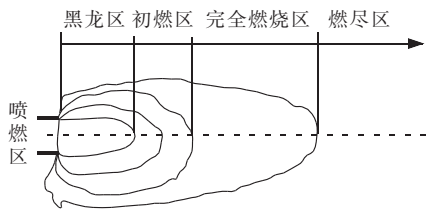


图2 煤粉燃烧火焰特性

烈<sup>[1]</sup>。因此要获得好的火焰检测效果,火焰检测探头准确对准燃烧器的初始燃烧区是必须确保的最基本要求。

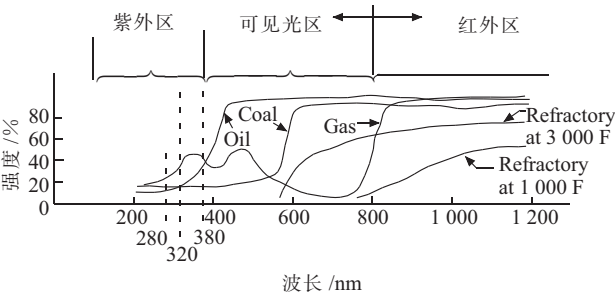


图3 燃料的光谱特性图

根据锅炉燃烧火焰的特性,利用辐射光能原理检测炉膛火焰是目前使用最广泛的方法。红外线火检是通过光敏元件来检测火焰的红外线强度及频率来达到火焰有无的判别,通过滤波电路,能够判别燃烧器火焰和背景火焰,大大降低“偷看”的概率。红外线具有较强的穿透能力,能够克服黑龙区的干扰,提高信号的准确性,火检传感器原理如图4所示。火焰检测装置的敏感元件是光敏元件,利用辐射波产生阻值变化转化为随火焰变化的电压信号,灵敏度峰值可以在线调节,把火焰波动信号转变为电压信号,经过滤波电路提高抗干扰性能,输出的信号经放大电路进行信号放大,由温控电阻进行温度补偿,防止温度波动引起检测器输出信号的偏差。火焰信号经过选频电路进行选频滤波,输入到信号处理器,处理器对各种不同类型的火焰频率特性进行响应,被放大的火焰信号可由增益电位器进行调整,并且与背景电平相比较,输出火焰状态信号<sup>[2]</sup>。

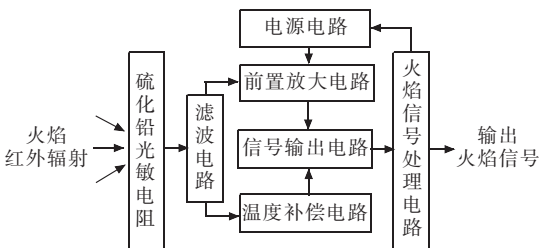


图4 火检传感器原理

3 问题的原因分析

(1) 火检探头的检测视角较小,不能适应火焰

中心大幅度漂移的检测要求。为保证信号的可靠性,减少其他燃烧器火焰和背景火焰对信号的干扰,探头的安装视角一般为 10~15°,但是实际运行中由于煤种变化或锅炉燃烧工况调整、配风的变化等等,燃烧火焰会在较大范围内漂移,导致火焰信号的晃动甚至误动而错发灭火信号。

(2) 火检信号检测器调节参数的静态整定不能有效满足火焰动态变化的需求。一般情况下,在火焰检测系统的调试过程中,分不同工况和不同负荷阶段对系统进行调试,按步调整系统参数,使其能够正确表征燃烧器火焰的有无,最大程度地避免“偷看”现象的发生,一旦功能调试正常后,参数就一次性整定结束,不再调整。然而,当机组煤种频繁变化或机组运行方式变化时,对火检探头信号的检测频率、强度等参数有不同的要求,固定参数不能实现在线调节,使火检可靠性大大降低。

(3) 火检探头固定式安装不能满足火检灵活调整的需求。因燃烧火焰的漂移变化,需要提高检测信号可靠性,降低“偷看”或“漏看”可能性,要求灵活调整探头的安装角度,但目前几乎所有电厂都采取固定式的安装方式,无法在线调节探头的观察角度。

4 解决问题的措施

针对火焰检测系统存在的这些问题,提出以下解决方案并实施改造。

(1) 提高冷却风压力,保证足够的火检冷却风量。改造火检冷却风机,提高风机出力,由 3 kPa 提高到 9 kPa,有效地对探头进行冷却,一方面防止探头烧损,另一方面使火检光纤温度不高于 400 ℃,防止高温胶的融化。

(2) 改造调整火检透镜探头套筒结构。改造光纤套筒的结构,在套筒内部增加通风槽,使得冷却风吹出时不是平行于透镜吹出,而是先折向透镜,加大对透镜表面的吹扫力度,使得探头实现了自清灰功能,减少了日常维护的工作量,大大地提高了信号的稳定性和强度。火检透镜套筒的结构如图5所示。

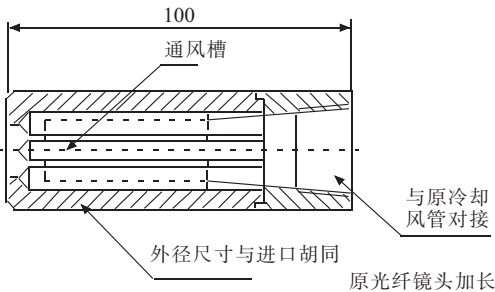


图5 火检透镜套筒结构图

(3) 调整优化火检探头安装角度和位置。因为煤火焰的燃烧特性,火检探头的安装角度需对准火焰的高频区,该区域的红外信号释放最为丰富,如图6所示。需根据一二次风配比情况和燃烧火焰的实际情况,将探头对焦点定为从燃烧器喷口沿一次风筒边缘往炉膛内延伸约1.5 m处。为避免内二次风筒对探头的遮挡和适当增大探头的视角,提高对不同火焰的适应性,火检探头的安装位置应在保证充分冷却的情况下适当前移,幅度根据不同燃烧器而灵活把握。

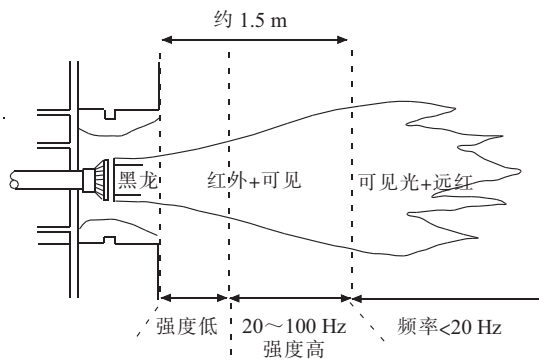


图6 火检透镜对焦区域

(4) 全面整定系统参数,完善控制逻辑。火焰检测系统的调试过程中,应分不同工况和不同负荷阶段对系统分别进行调试,需要对每一个火焰探测器的参数进行分别设置,模拟高负荷时炉膛的背景火焰强度,对被调燃烧器对应的火焰探测器参数进行设置和调整,确保不“偷看”。再模拟低负荷时炉膛非

常暗弱的背景强度,最好是只投用被调燃烧器,停用其他所有的燃烧器,调整火焰探测器的参数确保不“漏看”。若经过长期多次调整仍然不理想时,可以适当地调整火焰检测器的灵敏度,采用对油火检“宁漏不偷”、对煤火检“宁偷不漏”的原则处理,因为投油时炉温比较低,所以必须保证炉膛安全,投粉时炉温一般已经较高,煤粉几乎都能燃着。经过这些细致调试工作之后,能够最大程度提高火检系统的可靠性。

### 5 结束语

机组的安全经济运行与火焰检测系统的可靠性是密切相关的,所以必须正视火焰检测系统的重要性,通过系统改造,维护消缺和控制优化等手段,保证其功能可靠,确保机组正常运行。目前江苏国信扬州发电有限责任公司的火检系统经过成功改造,火检信号可靠性得到有效提高,日常维护工作量也大大减小。

#### 参考文献:

[1] GAYDON A G, WORLTHARD H G. 火焰学[M].王 方译.北京:中国科学技术出版社,1994.  
[2] 丁丽丽,马 玓. 火焰检测器的抗干扰技术[C]. 济南:山东轻工业学院学报,2009.

#### 作者简介:

束长勇(1974-),男,江苏盐城人,工程师,从事电厂仪控专业技术管理工作。

## Research on Combustion and Monitoring System for Boilers of Thermal Power Plants

SHU Chang-yong

(Yangzhou Guoxin Power Generation Co., Ltd., Yangzhou 225131, China)

**Abstract:**Based on the detailed introduction of flame characteristics as well as the basic principle of flame monitoring system for coal-fired thermal power plants, the associated problems are presented in the paper, and solutions aiming at higher stability of the monitoring system are then proposed to provide helpful guarantee for the safety of boilers.

**Key words:** boilers; flame detector; combustor

## 如何进行特高压直流输电线路导线型式的选择?

在特高压直流输电工程中,线路导线型式的选择除了要满足远距离安全传输电能外,还必须满足环境保护的要求。其中,线路电磁环境限值的要求成为导线选择的最主要因素。

同时,从经济上讲,线路导线型式的选择还直接关系到工程建设投资及运行成本。

因此特高压直流导线截面和分裂型式的研究,除了要满足经济电流密度和长期允许载流量的要求外,还要在综合考虑电磁环境限值以及建设投资、运行损耗的情况下,通过对不同结构方式、不同海拔高度下导线表面场强和起晕电压的计算研究,以及对电场强度、离子流密度、可听噪声和无线电干扰进行分析,从而确定最终的导线分裂型式和子导线截面。

对于±800 kV 特高压直流工程,为了满足环境影响限值要求,尤其是可听噪声的要求,应采用 6×720 mm<sup>2</sup> 及以上的导线结构。