

锅炉炉膛燃烧火焰的检测

钮侠升 (上海船舶设备研究所)

【摘要】 从燃料燃烧所发生的物理、化学现象出发,总结出几种实炉常用的锅炉炉膛燃烧火焰的检测方法,并介绍几种检测元件的原理、特性及火焰检测器的安装、使用和保养。

关键词 燃烧 火焰检测 辐射光 波长 光谱响应 光电效应

1 前言

燃烧器的控制是锅炉控制系统的主要组成部分,它包括燃烧过程的自动控制以及燃烧系统的安全保护和报警。燃烧器在运行过程中应保证燃料安全合理地燃烧,同时在启动和运行过程中要确保安全,防止因燃烧故障引起事故,因此在燃烧控制系统中必须设置燃烧安全系统。燃烧安全系统可靠性主要取决于对炉膛火焰检测的准确、可靠性,所以研究锅炉炉膛燃烧火焰的检测是一个非常重要的课题。

2 燃烧火焰的检测

燃料的燃烧过程是物质剧烈氧化的过程,伴随燃料燃烧而发生的物理、化学现象。除此之外,燃料燃烧还会产生紫外线、红外线及产生物质的分解和电离等等。我们只要抓住物质燃烧过程中的物理、化学现象之一即可进行火焰检测。

2.1 检测火焰发热的方法

该方法也就是根据燃料燃烧时锅炉烟道内的温度升高使双金属温度继电器动作的方法。由于双金属热动作反应速度慢,目前基本上已淘汰。

2.2 检测火焰辐射光的方法

使用光敏元件(如硫化镉、硫化铅等)、光电管、光电池来检测火焰辐射光。

2.3 利用火焰导电性的方法

燃料与氧发生激烈化学反应而燃烧产生火焰,使燃料分子分解和电离,所以火焰中存在无数阳离子和自由电子,因此我们可以把火焰看作是电的一种导体(当然并非良导体),在火焰中插入带电势的金属电极,即可取出电子信号,这种方法也叫火焰棒法。

上述几种火焰检测方法中实炉使用最多的是检测火焰辐射光的方法。当燃烧器燃料种类确定后,必须先弄清该燃料在相应工况下燃烧时火焰辐射光的波长分布图,再对照各种检测元件的光谱响应范围和光谱响应峰值,最后确定选用合适的检测器。

图1用实线和虚线分别绘出在假定理论空气量为100%时燃油和煤气燃烧火焰所发出光的波长分布曲线,横坐标为光的波长,纵坐标为光的辐射能强度,采用对数刻度。从图中可以看到人眼可见光的波长范围(区间)在4 000~8 000 Å之间,可见光范围外波长短的区间为紫外线,波长长的为红外线。在燃烧火焰辐射光的波长范围内大量的的是红外线,其波长范围占整个辐射光的波长范围90%以上,而可见光只占不到10%,紫外线波长

收稿日期 1992-01-04 收修改稿 1992-03-21

本文联系人 钮侠升 男 49 高工 200031 上海市衡山路10号

范围则不到1%。

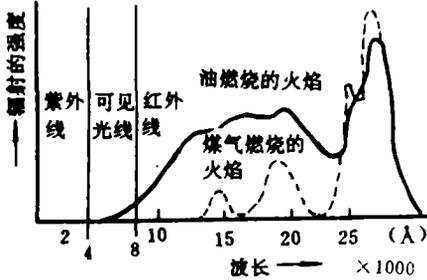


图1 火焰辐射光的波长分布曲线

值得注意的是,不仅燃料燃烧时会辐射出可见光和红外线,从二次被加热的物体也会辐射出可见光和红外线,因此炉膛内被燃烧火焰加热的炽热炉壁也会进行强烈的可见光和红外线的辐射。在选用火焰检测器时要考虑到炽热炉壁辐射光现象,避免检测器误动作的可能性。至于紫外线,只有在燃料燃烧时发生剧烈的氧化以及极高温度的高温放电时才会辐射出来,所以炽热炉壁是不会辐射出紫外线的。

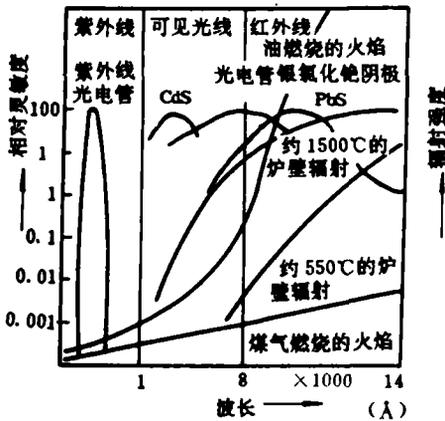


图2 火焰检测器的光谱响应

图2所示为各种类型的火焰检测元件的光谱响应曲线。

3 几种常用的火焰检测器特性及其使用

不同类型的火焰检测器具有不同的特性,其安装使用及保养方法也不同,实炉使用时必须充分地利用其特性,并严格遵守其安装、使用及保养方法。

3.1 硫化镉(CaS)火焰检测器

硫化镉元件是一种具有光导效应的光敏电阻,其电阻值随入射光的强弱而变化,对可见光具有较高灵敏度,且体积小,电性能稳定,可允许通过足够强度的电流。在元件两电极间施加20~30V低电压,根据炉膛燃烧火焰的有无和辐射光亮度的变化,变换成电流的变化向外传递,从而使小型继电器动作。这种电流的变化也就成为炉膛火焰检测信号,这就是硫化镉火焰检测器的基本工作原理。目前国内烧油的枪式燃烧器大多采用这种硫化镉火焰检测器。

3.1.1 硫化镉元件的主要特性 硫化镉元件的光谱响应范围基本上可达到可见光全域,其光谱响应峰值大约在5000~5500Å,由此可看出它适合于检测燃油锅炉的燃烧火焰。

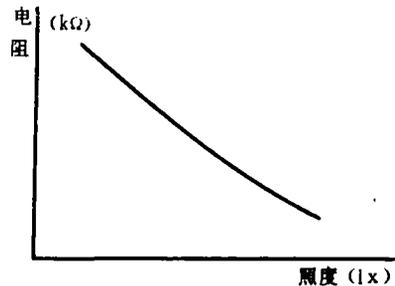


图3 Cds元件照度—电阻特性曲线

图3所示为硫化镉元件的照度—电阻特性曲线,一般以照度指数(取r值)来表征。元件的亮电阻标值为A光源,色温2854±5K、照度100lx条件下的测量值,暗电阻标值为无光照(0lx)时并且在关闭光源30秒后的测量值。不同型号规格的光敏电阻的照

度——电阻特性有所区别,一般亮电阻为数k Ω ,暗电阻为数M Ω 。在正常工作条件下,照度与电阻变化可视为线性关系。

3.1.2 硫化镉火焰检测器的安装、使用及保养 硫化镉元件安装位置应保证燃烧器处于正常状态时其阻值最小且稳定不变,这可以通过实炉调试来确定。安装时应注意密封,防止因漏光使风道内变亮,引起元件对亮度响应产生误动作,特别是安装于室外的锅炉更应注意这一点。另外硫化镉元件本身用玻璃和金属密封,一旦受到强烈冲击玻璃会产生裂纹,使空气中水份浸入,引起化学反应,其结果使电阻值变成零,元件成短路状态,因而丧失机能,所以安装运行时应特别注意。

硫化镉元件最高允许环境温度为60~70 $^{\circ}\text{C}$,长时间处于高温环境中同样会使检测机能丧失。对于枪式燃烧器来说元件安装于风道内,在其运行时,经风道内燃烧用空气的连续冷却,而不存在环境温度过高的问题,但对于其它类型的燃烧器,例如安装于监视管中的燃烧器,则必须注意温度的上升和炉壁辐射的影响,必要时可采取向监视管中输送冷却空气等措施。

硫化镉元件的光谱响应范围为可见光,如果燃烧器燃轻柴油而空气又稍微过剩,则火焰颜色可能会略微接近蓝色,可见光量变小,其灵敏度会稍有降低,这种情况下可将两只元件并联,采用增加受光面的方法来补偿。

硫化镉元件受光面一旦受到灰尘或烟炱等污染,检测灵敏度就会降低,因此要定期检查受光面并进行清洗。在正常条件下,硫化镉元件可以说是半永久性元件,但长时间使用性能会降低,因此可采用数只元件定期轮换的使用方法,换下来的元件可用黑纸包好避光“休息”,以延长其使用寿命。

至于硫化铅(PbS)火焰检测器则是利用其阻值随燃烧火焰的闪烁而变化的电气特性

设计制造的检测器,国外一般蒸汽雾化的燃烧器多采用此种检测器。

3.2 光电管火焰检测器

硷族金属特别是铯(Cs),其表面受到光的照射时就会从表面飞出电子,这种现象叫做“光电效应”。光电管就是利用光电效应的电子管。光电管一般以银氧化铯作阴极,光电面(阴极)一经光的照射,就放出光电子,电子被引向阳极,如果光连续照射,电子就连续飞出向阳极集中形成电子流,因此就在外部电路形成电流。这就是光电管火焰检测器的原理。

3.2.1 光电管的主要特性 用银氧化铯作阴极的光电管光谱响应峰值约8000 \AA ,因此仅适于燃油火焰的检测而不能用于煤气火焰的检测。

光电管使用寿命的长短主要取决于阳极电流的大小。当阳极电流为2 μA 时,寿命大约为2000~3000小时。阳极电流过大或受到蓝光照射都会使其寿命缩短。

3.2.2 光电管火焰检测器的安装、使用及保养 光电管的安装位置和角度的选择应保证使其能够检测出高、中、低各种燃烧状态的火焰。为了减少因炉壁辐射所引起的持续放电,应注意造型或采用光量调节板,并注意使光电管阳极电流不要超过规定范围以处长其使用寿命。

光电管监视窗的密封玻璃或集光透镜上的灰尘、烟炱或水滴的附着皆会减少受光量,影响火焰检测,因此应定期检查清洁。

3.3 紫外线光电管火焰检测器

紫外线光电管是光电管的一种,其原理也是基于“光电效应”。在紫外线光电管内部封入气体,由于入射光而产生光电效应,从阴极飞出的电子冲击周围的气体分子,使气体分子离子化,而产生连续不断的电子增值现象,这就是所谓“电子雪崩”。由于产生电子雪

崩,即使在入射光非常小时也可以得到较大的输出信号。

紫外线光电管按其特性可分为汤森德(Townsend)放电型和辉光放电型,前者放电电流在 $10^{-9} \sim 10^{-6}$ A之间,后者可达 10^{-3} A。

3.3.1 汤森德放电型紫外线光电管主要特性 汤森德放电型紫外线光电管的壳体采用石英玻璃,管的头部为入光口,管的内壁涂上金属作为阴极,在管的中心设有棒状阳极并将气体封入管内。石英玻璃可以阻止 1950 \AA 以下的光通过,而阳极所选用的材料可以阻止 2600 \AA 以上的长波,所以该光电管的光谱响应范围在 $1950 \sim 2600 \text{ \AA}$ 之间,因此仅对紫外线产生光电效应,适于检测油特别是煤气的燃烧火焰。用此种光电管检测炉膛火焰可以不受赤热炉壁的影响,能准确地检测出熄火故障。

3.3.2 辉光放电型紫外线光电管主要特性 辉光放电型紫外线光电管光谱响应范围在 $1850 \sim 2450 \text{ \AA}$ 之间,由于其放电电流可达 10^{-3} A,因此可省掉电子放大电路。虽然辉光放电型灵敏度较低,但在使用环境温度、抗干扰、稳定性等方面均比汤森德型的要好。

3.3.3 紫外线光电管火焰检测器的安装、使用及保养 紫外线光电管的安装位置、角度和光电管相同,至于内装自身检查用的光闸式火焰检测器的安装位置应按使用说明书的规定。

点火变压器电火花发出的紫外线尽管不在光电管视野内,但通过炉内反射有时也会引起紫外线光电管的放电,试烧时应查明是否有这种误动作的可能性,若有则应采取措施,如节流或在线路设计时在检测程序上加以考虑。

强烈的振动、冲击会引起紫外线光电管内部元件损坏,所以运输、安装时应小心。

除了上述几种火焰检测元件和检测器

外,目前从国外引进的燃烧器中火焰检测多采用硒(Se)光电池检测元件。硒光电池和光谱响应范围为可见光,对红外线不敏感。当光电池受到可见光照射时就会产生足以使火焰检测器动作的发射电流。硒光电池检测元件适于燃油锅炉的火焰检测。

4 结束语

锅炉炉膛燃烧火焰的检测是燃烧安全系统的关键。必须稳定可靠。当锅炉使用的燃料确定以后,首先应对该种燃料燃烧火焰的光谱特性进行分析,同时还要考虑到火焰的温度分布、导电性、炉膛热和光的辐射等诸多因素,对照本文介绍的不同检测方法以及检测元件的特性,选择合适的火焰检测器,并严格遵守其安装、使用及保养方法。

除了火焰检测外,对检测信号的放大、继电输出以及作为执行机构的燃油(气)总切断阀也是燃烧安全系统的重要组成部分,也应引起重视,因为每一环节的故障甚至包括连接导线、接点、布线的故障都会引起事故。绝对可靠的东西是没有的,但燃烧安全系统又必须安全可靠,因此在设计燃烧安全系统时应尽技术的可能使系统本身具有“自检”功能,包括燃烧器启动前对火焰检测回路的检查以确定燃烧器能否启动,以及燃烧器运行过程中对燃烧安全系统的连续自检。有关燃烧安全系统的“自检”是另一研究课题,本文不作进一步讨论。

参 考 文 献

- 1 (日)池田康二. 图解ボイテの制御と安全. 共立出版株式会社,昭和56年7月
- 2 (日)寺野寿郎,竹内 元共著. ボイテの自动制御. オーム社,昭和44年10月
- 3 日本ボイテ协会. ボイテ便覧. 九善株式会社,昭和48年12月

- (79) **Experimental study of Fluidized Dense-Phase Coal Powder Transport and Metering**.....Yan Weiping, et al. (*Xian Communications University*)

Through an experimental study and related tests the stable transport of fluidized dense-phase coal powder has been achieved and the variation of the fluidized bed coal dust flow rate under normal and supercharged pressure with fluidized bed pressure drop identified, thus successfully resolving the problem of normal fluidized flow of coal powder. Described in the paper are the basic principles of metering techniques by the use of fluidization method and the automatic metering system employed by the authors with the metering precision being verified. **Key words:** *fluidization, power dust transport, coal power metering*

- (83) **On the Optimal Coordination of Air and Fuel Flow in Industrial Boilers**.....Huang Shengqi, et al. (*Wuhan Biological Product Research Institute*)

This paper deals with an optimal method of coordinatng air and fuel flow rate with a view to attaining efficient combustion and energy-saving. **Key words:** *boiler, fuel and air flow ratio*

- (85) **Design of SHN 0.7-0.4/95 Type Water-Tube Hot-Water Boiler**.....Wu Minbiao, et al. (*Civil boiler Works of Harbin Ship Repair Yard*)

The authors present their design experience of a new type water-tube hot-water boiler, which has currently found wide applications among heat-eneigy users. **Key words:** *hot-water boiler, water-tube boiler, design*

- (87) **Boiler Furnace Flame Detection**.....Niu Xia Sen (*Shanghai Marine Equipment Research Institute*)

Based on the physical and chemical phenomena taking place during fuel combustion the author has come up with some commonly used methods for the detection of combustion flame of boilers. Presented in the paper are also the working principle and characteristics of several kinds of detection elements as well as the installation, operation and maintenance of flame detectors. **Key words:** *combustion, flame detection, radiating light, wave length, spectrum response, photo-optical effect*

- (91) **The Economic Benefits and Application Prospects of PG5361 Steam Injected Gas Turbine Generating Sets**.....Zou Jiguo, et al. (*Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute*)

A brief account is given of the first in China steam-injected gas turbine generating set with the economic benefits resulting from its operation being analysed and potential application prospects discussed. **Key words :** *gas turbine, steam injection, economic analysis, application*

- (94) **Distribution Unequalness Analysis of Utility Boiler Uncheduled Shutdown Hours**.....Zhu Jianning (*Nanjing Electrical Engineering Technical School*)