

红外与传统测温技术在330MW燃煤机组的对比研究

The Comparison and Study of Infrared and Conventional Temperature Measurement Techniques in 330MW Coal-fired Units

王程程 张蓬亮 王栋 孙亚伟

Chengcheng Wang Pengliang Zhang Dong Wang Yawei Sun

国家能源蓬莱发电有限公司 中国·山东 蓬莱 265600

China Energy Penglai Power Generation Co., Ltd., Penglai, Shandong, 265600, China

摘要: 论文主要针对330MW燃煤机组所使用的烟温测量方式进行研究和对比,对某电厂1号机组原有的机械式烟温探针改造为红外烟温测量装置,通过对比发现,在330MW燃煤机组中,与传统的烟温探针方式比较,红外烟温测量装置测量精度高、稳定性好,且可以实现连续的烟温监测,极大地提高对锅炉烟温的监视水平。

Abstract: The paper mainly focuses on the research and comparison of smoke temperature measurement methods used in 330MW coal-fired units. The original mechanical smoke temperature probe of Unit 1 of a certain power plant was transformed into an infrared smoke temperature measurement device. Through comparison, it was found that in the 330MW coal-fired unit, compared with the traditional smoke temperature probe method, the infrared smoke temperature measurement device has high measurement accuracy, good stability, and can achieve continuous smoke temperature monitoring, greatly improve the monitoring level of boiler flue gas temperature.

关键词: 燃煤机组; 红外测温技术; 炉膛烟温

Keywords: coal-fired units; infrared temperature measurement; furnace flue temperature

DOI: 10.12346/peti.v5i3.8428

1 引言

火电机组锅炉炉膛烟温是锅炉运行中的一个非常重要的参数,炉膛烟温的高低对锅炉的安全、经济运行有着极其重要的作用^[1]。一般火电机组在锅炉出口处设计有烟温测量系统,用来测量锅炉出口烟气温度,防止在锅炉启动时因再热器没有蒸汽流过,导致再热器超温而烧坏。锅炉烟气超温会导致炉膛出口结焦、水冷壁一侧磨损、管壁超温等事故发生。随着智慧电厂推广,对机组自动化控制水平提高,对电厂的检测提出越来越高的要求,红外线温度计以其简单的结构、精确的测量、稳定的工作性能,将会在更多的电站得到越来越广泛应用。

2 当前烟温测量的现状及工作原理

2.1 测温方式

炉膛烟气温度测量,常用方式有接触式及非接触式两种

测量方式。

接触式测温即传统测温方式,在电站温度测量中有着广泛的应用,如热电阻、热电偶、双金属温度计等等,均属于接触式温度计。锅炉烟温采用热电偶,接触式测温特点是感温元件直接与被测介质接触,具有响应时间快、测量精度高、使用方便、结构简单的优点,其缺点是受被测介质冲刷,在炉膛高温、灰粉恶劣的工作环境下测温元件保护管易磨损,从而影响其使用寿命。

非接触式测温主要包括声学法和光学法两种,光学法又可分为辐射光谱法和激光光谱法,光学法测温根据物质的敷设能力随其温度变化而变化原理制成。在自然界中,当物体的温度高于绝对零度时,就会不断地向四周辐射电磁波,其中包含了波段为(0.75~100) μm 的红外线。按照普朗克辐射定律,单位面积单位时间辐射功率和温度的四次方成正比。红外线温度计就是基于以上理论而制成的,为辐射光谱

【作者简介】王程程(1993-),女,中国山东临沂人,硕士,工程师,从事热控测量检修研究。

法温度检测的典型应用,其原理是通过测定烟气中一些成分的气体光谱,从而测定气体的温度。红外线测温装置由于没有机械传动部件,设备维护工作量小,可靠性高,测量精度在 $\pm 1\%$,体积较常规烟温探针小,节约空间,安装简单,不会出现卡涩,变形磨损设备损坏等故障。

2.2 测温原理

传统测温方式为烟温探针式,一般采用热偶方式进行测温,热偶元件是基于热电效应原理的基础上构造而成。其具体原理为:两种不同的导体或半导体材料所组成的回路中,若两个结合点处的温度不同,则回路中就会有电流产生,即有热电势存在,这种现象叫做热电效应^[3]。

辐射光谱法是非接触式测温的一大类,红外测温为辐射光谱法温度测量的典型应用。其具体原理为燃料在燃烧过程中会产生大量的 CO_2 气体,通过对高温 CO_2 红外光谱进行分析,获得温度参数。红外线炉膛温度传感器设定为 CO_2 光谱,当视场内 CO_2 气体被加热到特定温度时,传感器可以直接测量出 CO_2 气体的温度,即为此时炉膛内烟气温度。装置特制的红外滤色镜使其光谱反应只接收 CO_2 特殊红外光谱段能量,并可以屏蔽杂乱红外辐射及干扰,保证了测量精度。红外烟温测量仪不适合 CO_2 浓度过低的区域,一般要求视场内 CO_2 浓度在10%以上。

3 红外测温测量系统的实现

3.1 改造前期状况

某电厂共两台机组,均为装机容量为330MW燃煤机组,两台机组工况、参数及燃用煤种基本一致^[4]。原本两台炉膛烟温测量都是传统接触式测温方式,即烟温探针方式,设立在炉膛出口。已运行15年有余,安装年月久远,设备老旧,现只在机组启动时将探针投入炉膛内部,运行人员观测炉膛烟温湿度做好控温措施,待机组并网后烟温上升稳定后,为防止探针烧坏,需及时将烟温探针退出,在运行过程中无实际作用。为减少维护人员工作量,且在运行过程实时不间断观测烟温,某电厂1号机组烟温探针进行了改造,基于红外测温的工作原理,考虑设备某电厂炉膛安装环境、机组运行工况和维护人员操作和维护空间等因素,拆除原有烟温探针后,在原有孔洞基础上成功进行改造安装^[2]。

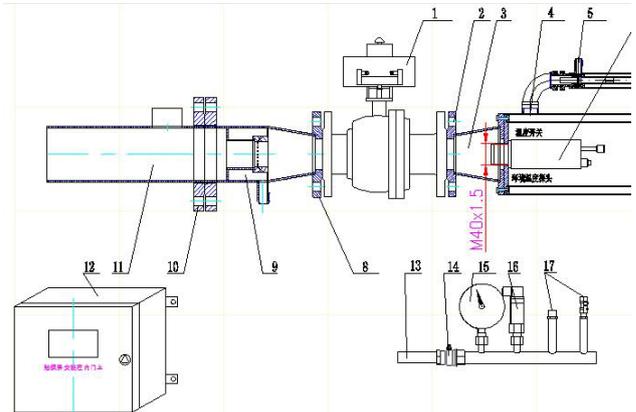
3.2 红外测温系统

锅炉红外烟温测量仪主要由红外温度探测器、冷却装置、PLC控制系统,人机交互界面安装连接件、气动保护阀等几个部分组成。红外温度传感器有保护冷却套及超温保护装置,在非正常工况下保护传感器不受高温影响。整套装置的性能完全能够满足锅炉炉膛烟气温度测量要求。

红外测温系统示意图见图1。

①红外温度探测器:红外测温系统的核心设备,测温范

围为 $500^\circ\text{C} \sim 2000^\circ\text{C}$,基于德国DIAS红外线温度测量技术制成,专用于含 CO_2 的火焰和燃烧气体或烟气测温。



1—气动保护阀;2—DN50法兰;3—转接法兰;4—涡流冷却器;5—涡流冷却器压缩空气接口;6—红外温度检测仪;7—穿线管接口;8—DN50法兰;9—风屏冷却器;10—DN100法兰;11—管道焊接管;12—PLC控制箱;13—压缩空气进气管;14—进气手动阀;15—压力表;16—压力开关;17—压缩空气连接口

图1 红外测温系统示意图

②气动保护阀。主要起保护红外温度检测仪的作用,当压缩空气压力低、红外温度检测仪环境温度过高时,气动保护阀在电磁阀作用下打开或关闭。

③冷却装置—涡流冷却器。红外温度检测仪工作温度在 125°C 左右,但锅炉运行过程中,炉膛出口烟温在 800°C 左右,因此红外温度检测仪使用压缩空气制造冷气体,冷却红外温度检测仪。

风屏冷却器。其作用是通入压缩空气,防止锅炉内飞灰进入测量光路通道,同时起到防止气动保护阀温度过高的作用。

④PLC控制箱。控制电磁阀的打开与关闭、接受远程操作指令、反馈气动保护阀状态、测量红外温度检测仪环境温度、记录操作历史等。

⑤人机交互界面。界面主要包含操作记录、状态区、操作显示区。

操作记录区可以查看阀打开、阀关闭、远程开、远程关、压缩空气压力低、红外温度测量仪环境温度超温等信息,同时记录了事件发生时间。历时曲线可以进入红外温度测量仪的温度曲线界面,显示近期烟温变化趋势。

主界面上的状态区,分别指示气动保护阀当前状态、压缩空气压力状态、环境温度状态、远程操作状态。

操作显示区,可以操作气动保护阀的就地开和就地关。还可显示当前烟气温度,范围在 $200^\circ\text{C} \sim 1800^\circ\text{C}$;指示当前温度探头附近的环境温度及阀工作状态等。

4 两种测温技术对比及红外温度趋势

4.1 测温技术对比

某电厂两台机组烟温测量方式从特点、测温范围、安装空间、维护工作量及测量精度上对比见表 1。

4.2 红外测温趋势

红外测温系统在某电厂已改造成功运行一年有余，使用工况总体良好，取某电厂某段时间的测温曲线如图 2 所示，

趋势开始时间为 2022 年 6 月 20 日 11 时 15 分，每间隔 10 分钟取一次点，共取 600 个点，也就是 6000 分钟的趋势，由图 2 中可看出：烟温总体比较平稳，偶尔会有所波动，长时间运行观察可确定温度精度是满足运行监视的需要。

波动分析原因为：炉膛内部测温处的粉尘、温度因素会造成 CO₂ 浓度波动，进而造成温度波动，考虑这一原因，在系统采集处理数据时，取 5s 内的平均值进行上传，进一步提升温度测量的精度和稳定性。

表 1 传统测温与红外测温技术的对比

	传统烟温探针	红外测温
特点	接触式测量，易发生卡涩、变形及磨损等问题	无需接触测量，无机械伸缩机构
是否为全过程实时测温	否，仅在机组启动期间运行观测	是，高温无需退出，可实现全过程实时监测烟气温度
测温范围	100℃ ~1300℃	120℃ ~1650℃
安装空间	需深入炉膛内部，机械部分较多，占用空间大	测量系统体积、重量小，每个探头重量仅十几千克，安装空间占用少
维护工作量	探针需要在高温、粉尘的炉膛内伸缩运动，在使用中容易出现热电偶故障、行程机构卡涩、高温变形、探针无法伸缩等问题，维护量较大	近两年的运行时间中，维护工作很少。
测量精度	稳定性较好，精度在 ±2%	精度在 ±1% 左右，但受 CO ₂ 浓度影响，易发生波动
智能化程度	只可在 DCS 画面显示温度和历史趋势	就地的人机交互界面可以查看温度及历史趋势，实现触摸屏操作就地辅助设备设施，查看辅助系统的运行状况

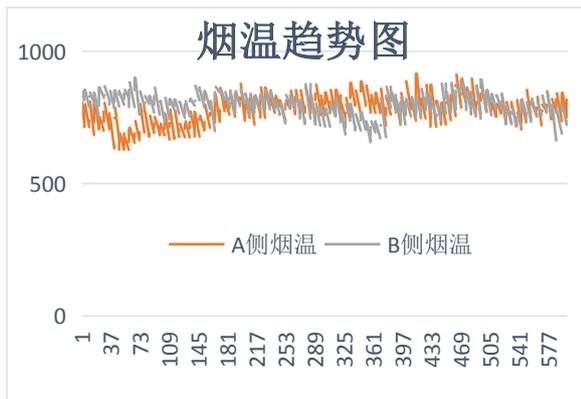


图 2 红外测温在某时间段的趋势图

5 结语

通过各个层面对比可得出，传统烟温探针方式为接触式测温，虽测温稳定，但因机械部位多、结构复杂、伸缩活动多^[5]，且需深入炉膛内部一定长度，接触高温、粉尘冲刷，因而易造成热电偶故障、行程机构卡涩、高温变形、探针无

法伸缩等问题，不利于烟温的监测，影响机组锅炉的安全运行。作为非接触式测温的红外测温方式，无需接触测量，无机械伸缩机构，具有机构简单、测量精度高、可靠性高、维护量小、使用寿命长等优点，虽然因其炉膛内部工作环境波动大造成 CO₂ 浓度时常波动，进而导致烟温波动大，但其可以实现不间断测量锅炉烟温，提高机组运行安全性，且随着科技发展，可作出人机交互界面，符合当今建设智慧电厂的趋势。

参考文献

- [1] 庄荣,朱斌帅.火力发电厂锅炉炉内温度场在线测量技术研究综述[J].制冷空调与电力机械,2010(5):84-88.
- [2] 吕崇德.热工参数测量与处理[M].北京:清华大学出版社,1990.
- [3] 唐伟华.红外测温技术在变电运行中的应用分析[J].中国新技术新产品,2012(16):97.
- [4] 尹海晶.基于红外测温技术的电力变压器过热故障在线监测系统的设计与开发[D].南京:南京理工大学,2010.
- [5] 张海春.变电运维工作中对电压致热型设备的红外测温技术[J].电子元器件与信息技术,2019,3(7):112-114+118.