

文章编号:1000-582X(2006)03-0055-03

高炉风口 CCD 成像监测系统的研制*

温良英,张生富,欧阳奇,白晨光,邱贵宝

(重庆大学材料科学与工程学院,重庆 400030)

摘要:介绍了高炉风口 CCD 成像监测系统的研究现状、设计原理、系统组成和系统测试。高炉风口成像监测系统可将风口工作状态连续显示在操作室的监视器上,使高炉操作者能够随时观察到所监测风口亮度、活跃程度、喷煤状况、风口破损情况等现象,提高操作的准确性。利用数字图像处理技术对回旋区火焰图像进行处理,得到了回旋区内的温度分布。实验室测试结果表明,图像的数字温度分析结果与实测结果的误差在3%以内,系统能够满足工程需要。

关键词:回旋区;成像系统;温度场;CCD

中图分类号:TF543.1; TP752

文献标识码:A

1 风口窥视存在的问题

在高炉炼铁过程中,由于高炉基本上是一个“黑箱”,唯有从风口窥视孔可以直接观察高炉内部的情况,所以操作者十分关注高炉风口回旋区的工作状态,并将其作为判断和控制高炉运行状况的重要依据之一。而现在高炉操作存在的问题是,人工从风口“窥视”煤粉的输送情况,根据风口的亮度判断煤粉在风口回旋区的燃烧状况,这种方法不连续,个体经验差异较大,从而大大降低了判断的准确程度。

在高炉各个风口安装分光器和摄像装置,将视频信号传至高炉值班室,在监视器屏幕上显示出各个风口的工作状况,可以观察到各风口的工作状况、回旋区的活跃程度、渣皮和冷料滑落到风口前的图像,为操作人员提供及时完整的高炉各风口区域的炉况信息,指导高炉操作。同时,将风口回旋区的视频图像送入计算机,用计算机对图像进行处理和计算,得出回旋区的温度分布场,使操作者及时全面了解高炉风口及喷煤系统的工作状态,定量地指导高炉操作,意义十分重大。

2 回旋区成像的研究现状

20世纪90年代以来,关于回旋区成像研究日益受到人们关注,取得了一些进展。余琨等利用红外成像技术,测试研究了鞍钢氧煤炼铁高炉风口区温度场^[1]。王久志等在国家“八五”重点攻关课题“氧煤强

化炼铁新工艺研究”中所开发的以红外成像的多种图像分析方法和直接测温技术相结合的综合测试分析技术,通过在富氧喷煤工业试验中的应用,所开发的组合电偶测温、风口回旋区电偶测温 and 红外成像分析技术是一种有效的综合测试分析手段,可以为分析氧煤枪及富氧喷煤燃烧效果提供科学的依据,但对于三维状态的描述和燃烧状态的定量分析方面仍存在不足^[2]。葛玉荣等利用红外测试技术对风口回旋区燃烧温度以及铁水温度进行了连续测量^[3]。研究中开发高炉风口辐射测温装置直接安装在窥视孔盖上,及时了解和掌握高炉下部热状态,预报炉热及生铁含[Ti]、[Si]变化,断煤报警等,对进一步提高炉温预报的准确性起到促进作用^[4-5]。宋文爱等通过对炉膛火焰温度的 CCD 数字图像检测方法进行可行性分析,设计了用于监测炼焦炉温度面分布的试验系统。采用彩色 CCD 摄像机获取火焰辐射图像,同时利用单点红外测温仪对火焰进行测温,进而对比测量,建立温度图像与灰度的对应关系,通过原理性试验初步验证了该技术的可行性^[6]。姜学东等根据三色测温法原理,利用彩色 CCD 摄像机所摄取的火焰图像中的彩色分量,运用数字图像处理技术重建燃烧火焰的温度场分布,并对测量火焰温度的两大误差来源进行了分析和校正处理^[7-8]。从国内外研究现状来看,基于 CCD 的高炉风口回旋区成像系统尚未见报道。

* 收稿日期:2005-11-11

基金项目:国家自然科学基金和上海宝钢集团公司联合资助项目(50374085)

作者简介:温良英(1966-),女,重庆人,重庆大学副教授,博士,主要从事钢铁冶金新技术及热能热工方面的研究。

3 系统组成

3.1 成像系统

成像系统如图 1 所示,火焰图像经过滤光片后由 CCD 摄像机摄取火焰图像,通过图像采集卡传入工业控制计算机进行处理,在监视器上可以观察到所监测风口的亮度、风口区的活跃程度、喷枪状况等现象,有利于高炉操作。

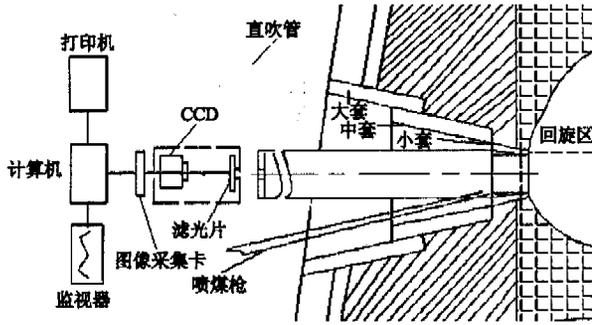


图 1 回旋区 CCD 成像系统组成示意图

基于 CCD 的高炉风口回旋区成像系统主要由滤光片、彩色 CCD、图像采集卡、工业控制计算机、监视器和其它辅助设施等组成。

3.2 温度测量系统

根据辐射测温原理,可以得到^[9]:

$$T_s = \frac{c_2 \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right)}{\ln \phi(L_r, L_g, L_b) \cdot \frac{L_{\lambda_1}}{L_{\lambda_2}} - 5 \ln \frac{\lambda_2}{\lambda_1}} \quad (1)$$

式中, T_s 为火焰点温度; C_2 为普朗克常数; λ_1, λ_2 为红色、蓝色、绿色波长中任意 2 个; $\phi(L_r, L_g, L_b)$ 为仪器常数; $L_{\lambda_1}, L_{\lambda_2}$ 为与 λ_1, λ_2 对应的灰度值。由公式(1)可知,标定好仪器常数后,把火焰图像信息中 λ_1, λ_2 对应的灰度值 $L_{\lambda_1}, L_{\lambda_2}$ 代入公式即可求得温度值,得到火焰各点的温度值后可方便得到回旋区温度分布场。

3.3 软件系统的实现

系统采用 VC++6.0 作为软件系统的开发平台,利用串口实现对象之间的通信。把火焰图像采集模块,数据处理分析模块,存储回放模块,显示模块组成一个可相互通信的系统(如图 2)。



图 2 软件系统组成

4 系统测试结果

利用所建系统对煤气燃烧火焰图像进行了实验研究。图 3 为通过采集系统提取的煤气燃烧火焰图像,对应的火焰温度场数字化处理结果如图 4 所示。从图 3

可以看出,火焰图像颜色呈有梯度变化,对应温度场(如图 4)也有相应的梯度,两者规律基本一致,与实验中标准热电偶测得的对应点温度误差在 3% 以内。

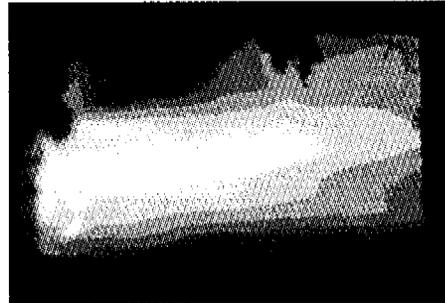


图 3 实验室获取的燃烧火焰图像

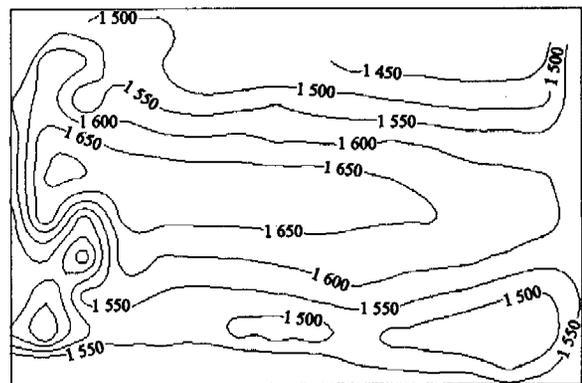
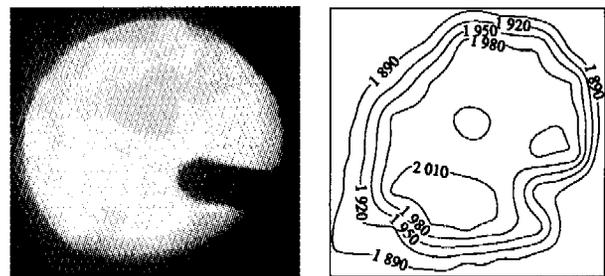


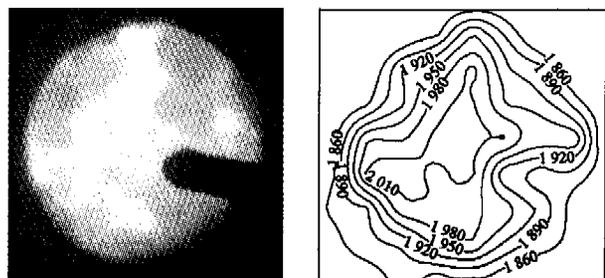
图 4 火焰内温度分布

利用上述成像系统,成功摄取了某钢铁公司 1200 m³ 高炉回旋区燃烧火焰图像。图 5 和图 6 分别为正常喷煤和未喷煤条件下的火焰图像及其对应的数字化温度分布。可见,通过该系统能够观察到高炉风口回旋区内的燃烧状况、喷煤枪的工作情况等。通过图像处理得出的数字化温度分布与实际情况基本相当。



(a) 火焰图像 (b) 温度分布

图 5 高炉风口喷吹煤粉时的火焰图像及温度分布



(a) 火焰图像 (b) 温度分布

图 6 高炉风口未喷吹煤粉时的火焰图像及温度分布

5 结 论

1) 燃烧火焰图像的监测系统是可行的, 图像的数字温度分析结果与实测结果的误差在 3% 以内, 完全能满足工程实际的要求。

2) 利用高炉风口 CCD 成像监测系统可将风口工作状态及回旋区工况连续显示在操作室的监视器上, 使高炉操作者能够随时观察风口回旋区状况, 为操作者提供参考依据。

3) 利用所研制的高炉风口 CCD 成像监测系统对回旋区火焰图像进行处理和计算, 得到回旋区的温度分布, 与实际情况基本相当, 为高炉操作者提供判断高炉运行的重要依据, 从而更好地指导高炉操作。

参考文献:

- [1] 余琨, 段培宁, 张绍启. 高炉炉温监测与预报的新探索[J]. 东北大学学报, 1997, 18(3): 247 - 250.
- [2] 王久志, 吴焱. 高炉风口区燃烧状态监测技术研究[J].

炼铁, 1997, (5): 6 - 9.

- [3] 葛玉荣, 宋爱卿. 风口区燃烧温度及铁水温度连续测试[J]. 炼铁, 1987, 6(5): 102 - 105.
- [4] 陈英, 张宇. 用风口燃烧温度判断高炉热状态的可行性研究[J]. 鞍钢技术, 2000, 11: 6 - 8.
- [5] 董秀成, 途植英. 高炉炉况检测与诊断专家系统[J]. 工业仪表与自动化装置, 1994, (5): 3 - 7.
- [6] 宋文爱, 李磊, 潘宏霞, 等. CCD 数字图像处理的炉膛火焰温度检测方法研究[J]. 华北工学院学报, 2003, (3): 181 - 184.
- [7] 姜学东, 韦穗. 基于彩色 CCD 的三色法测量炉膛火焰温度场分布[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2002, 6(2): 24 - 28.
- [8] THOMAI PANAGIOTU, YIANNIS LEVENDIS. Measurements of Particle Flame Temperatures Using Three-color Optical Pyrometry [J]. Combustion and Flame, 1996, 104 (3): 272 - 287.
- [9] 陈石. 双色法测试系统的标定及燃油炉火焰辐射的测量[J]. 燃烧科学与技术, 1996, 12(2): 150 - 153.

CCD-based Imaging and Monitoring System in the Raceway of Blast Furnace

WEN Liang-ying, ZHANG Sheng-fu, OUYANG Qi, BAI Chen-guang, QIU Gui-bao

(College of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030m, China)

Abstract: The essay introduces the research status, the design principle, the composition and the test of the CCD-based imaging and monitoring system in the raceway of blast furnace. The CCD-based imaging and monitoring system in the raceway can show the running statement of the raceway in the monitor of operate room continuously, which enables the BF operator to observe the lightness and activity of raceway, the status of coal injection, the dilapidation of raceway and enhances the correctness of operate. Meanwhile, the system can transport the burning image of raceway to the computer, experimental results of which indicate the temperature error between the image-digitalize method and the measuring result is within three percent. The sustum can satisfy the demand of engineering.

Key words: raceway; imaging system; temperature-field; CCD

(编辑 陈移峰)