

文章编号: 1002-2082(2007)03-0280-03

# 基于机器视觉的火焰颜色采集分析系统

毛翠丽<sup>1</sup>, 马卫红<sup>1</sup>, 孟立庄<sup>2</sup>

(1. 西安工业大学 光电工程学院, 陕西 西安 710032; 2. 西安应用光学研究所, 陕西 西安 710065)

**摘要:** 火焰特征是反映火工品燃烧性能的最重要、最直观的因素。通过比较几种火焰采集方法的优缺点, 根据火工品火焰燃烧时间短、速度快和非接触性的特点, 基于近年来迅速发展的数字图像处理技术建立了机器视觉系统。选取了先进的高精度大容量缓存彩色面阵CCD相机和彩色图像采集卡, 进行遥控测量, 得到了比较精确的序列火焰图像。并运用数字图像处理技术, 根据火焰颜色和形状对火焰图像进行了初步分析, 为进一步图像处理分析提供了有力的依据。

**关键词:** 火焰; 彩色面阵CCD相机; 图像采集卡; 火焰图像

中图分类号: TN386.5; TN911.73

文献标志码: A

## Flame color collection and analysis system based on machine vision

MAO Cui-li<sup>1</sup>, MA Wei-hong<sup>1</sup>, MENG Li-zhuang<sup>2</sup>

(1. School of Optoelectronical Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China;  
2. Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** The flame feature is the most important and straight forward factor to reflect the burning properties of priming systems. Several flame collection methods were compared. Due to the short burning time, fast and noncontact characteristics of priming systems, a machine vision system was established based on the digital image processing technology developing rapidly in these years. An advanced high-precision mass-buffer-memory color planar-array CCD camera and a color frame grabber card were adopted for remote sensing. A series of flame images were obtained precisely, and the flame images were analyzed with the digital image processing technology based on the flame color and shape. The technology provides a reference for further image processing and analysis.

**Key words:** flame; color planar array CCD camera; frame grabber; flame image

## 引言

火工品的火焰特征是判断火工品质量、性能的重要依据。由于火工品火焰形状和燃料的多样性, 使其燃烧过程表现得尤为复杂, 无论在外观、持续时间, 还是在颜色、波长上都有着本质的不同, 即使同一种类型的火工品, 由于其性能的不稳定性, 火焰在外观上也有着很大的差异。通常人眼无法连续、稳定地完成这些带有高度重复性和智能性的工

作, 其他物理量传感器也难有用武之地。随着CCD成像技术和计算机视觉的迅速发展, 将数字图像处理技术和计算机技术相结合应用到火焰检测领域, 为火焰检测和燃烧诊断提供了许多新的思路。因此, 基于机器视觉的火焰检测技术成了火焰检测领域中1个重要的发展方向<sup>[1]</sup>。火工品燃烧时间短、变化快、要求精度高, 要对其进行长度、燃烧时间、燃烧特性等的精确分析, 就有必要研究基于计算机

视觉的火焰颜色采集分析系统。

## 1 火焰颜色采集方法的比较

### 1.1 传统方法

**目视法** 这种方法是用肉眼比较产品的形状、颜色之间的差别,在很大程度上掺入了观察者的主观因素,结论往往因人而异,故精度较低,现已很少使用<sup>[2-3]</sup>。

**火焰探头信号采集法** 把火焰探头对准火焰的某个燃烧区域,检测着火区的亮度和闪烁频率。探头的视场角一般在10°~15°。这类装置存在很多缺点:

- 1) 检测装置镜头面易被污染;
- 2) 检测器接线常因高温老化而易损伤;
- 3) 火焰探头视角小,检测不到火焰偏移;
- 4) 仅有部分火焰区域进入探头,且在实际的运行过程中很难做到探头正对着火焰燃烧区,所以很难分析整体燃烧状况<sup>[4]</sup>。

### 1.2 摄像机遥控测色和图像处理技术相结合

近几年来,色度学、先进光电成像技术、计算机技术和图像处理技术的飞速发展给电厂锅炉火焰检测和遥感图像分析开辟了一个新的领域。将色度

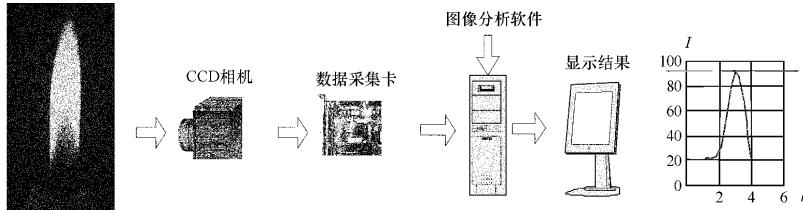


图1 火焰图像采集系统图

Fig. 1 Flame image gathering system

### 2.2 彩色CCD的工作原理及选择

CCD是20世纪70年代初发展起来的新型半导体光电成像器件,是目前机器视觉最为常用的图像传感器。它集光电转换、电荷存储、电荷转移、信号读取于一体。与真空管相比,具有无灼伤、无滞后、低功耗以及低电压工作等优点。

视觉理论及大量实验表明,自然界的任意1种可见颜色都可以用红(R)、绿(G)、蓝(B)(波长分别为700 nm, 546.1 nm, 435.8 nm)三原色按一定的比例混合得到<sup>[8]</sup>;反之,任意1种彩色都可以分解为这3个独立的原色。为使彩色CCD相机与人的视觉的光谱响应一致,在彩色CCD摄像机成像中主要应用现代色度学原理,把入射光分解为三原

学、计算机技术和数字图像处理技术结合起来应用于火焰检测,是一种新的火焰检测方法。

利用CCD相机遥控测色,精密的测色测光仪器主要采用光谱辐射测量原理<sup>[5-6]</sup>,从而克服了接触式测量的速度慢、距离近、区域单一和可靠性差的缺点。传统的光谱辐射测色测光仪通常是扫描型光谱辐射测量仪。此类仪器测量一系列光谱数据所需时间较长,例如测量(380~780) nm的可见光谱需要(2~10) min<sup>[7]</sup>。本文根据火工品火焰燃烧时间短、速度快、要求精度高等特点,提出了采用基于图像处理的机器视觉系统来准确快速地摄取火焰图像。

## 2 火焰图像采集系统的建立

### 2.1 系统的工作流程

首先用彩色CCD相机把火焰的光信息转换成电信号,然后把视频信号输入彩色图像采集卡,通过图像采集卡内部的A/D转换器转换为数字信号,并通过数据总线传送到计算机。利用数字图像处理技术对采集到的火焰信息进行分析处理,并进行可视化实时显示,为控制和改善火焰的燃烧提供依据。图1为整个计算机视觉系统采集火焰的系统图。

色,获得与原始图像比较一致的彩色图像。R,G,B 3个通道的光谱响应特性由镜头、滤色片和摄像器件的特性组合而成,可以根据标准白板或标准颜色对颜色值进行标定校正,得到彩色图像高精度的R,G,B值,进而利用图像处理技术进行图像处理和燃烧状况分析。

CCD有线阵和面阵之分。线阵CCD拍摄速度快,但它只能反映1个轴线的数据,不可能时刻精确地对准目标的主要特征位置,而如果使得面阵CCD采集时间长、采集密度大、品质高,这样既可以使所得最大火焰长度尽可能地逼近实际数值,又可以完整地表现出整个火焰的形状及其随时间的变化,得到高精度的结果。

由于要拍摄的是快速燃烧的火工品火焰图像(形状复杂、变化快、精度要求高),本系统根据要求选择了千兆网高速大容量缓存面阵彩色CCD像机。其采集速度为每秒600幅,像素为 $410 \times 1280$ (使用时可根据用户的具体要求调整像素值),缓存为2G,动态范围高达 $3200:1$ ,满足了本系统的需要。

### 2.3 实验结果及分析

本系统选用的彩色CCD相机、彩色图像采集卡、大容量高性能计算机,采集了精确的序列火焰图像。图2是采集的序列火焰图像中的4幅连续图像。它们的形状、大小都很相近。由此可见,采集图像的密度、品质比较高,火焰的颜色、形状比较精确。这是进行精确的图像处理和分析的基础和前提。可以进一步用计算机图像处理和分析系统提取目标形状特征,以便进行形状分析<sup>[9]</sup>。

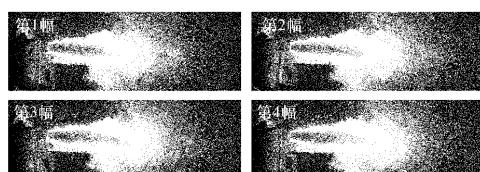


图2 利用彩色CCD相机拍摄的火焰图像

Fig. 2 Flame images taken by color CCD camera

图3为火焰轴线上R,G,B三原色值分布曲线。从图可以看出,根据颜色三原色值的不同,可以把火焰分为3部分:初始燃烧——充分燃烧——火焰尾

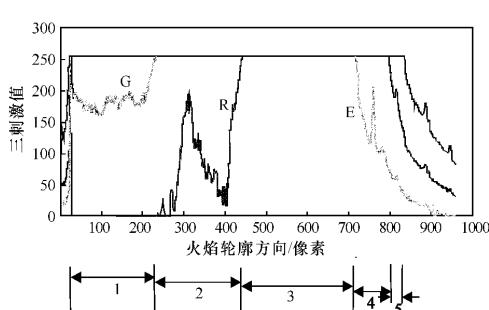


图3 火焰轴线颜色R,G,B分布

Fig. 3 R,G,B distribution of flame color on axis line  
迹,进而分离火焰与背景,计算火焰的长度。白色为  
燃烧最充分的区域。根据各部分的长度与燃烧时间  
及图像采集频率的关系,计算出从初始点燃——充  
分燃烧——熄灭所需的时间,分析火工品的燃烧性  
能;再根据所用的燃烧材料,得出火焰的温度分布与

材料的关系。利用Matlab软件,结合彩色图像变换、  
分割知识及火焰与标准标尺的比例关系,进行了初  
步长度计算,其误差 $\leq 0.47$  mm,如图4所示。

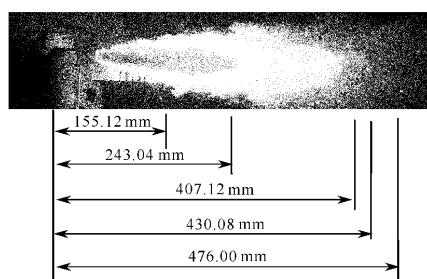


图4 火焰长度初步计算结果

Fig. 4 Preliminary calculation result of flame length

### 3 结论

本系统通过比较几种火焰的采集方法,克服了接触式测量的缺点,选择了先进的基于计算机视觉技术的火焰图像采集系统。根据火工品火焰的特点,选取了高性能彩色CCD相机、彩色图像采集卡和高性能计算机,获得了高精度的序列彩色火焰图像,火焰清晰。当火焰达到一定长度时,进行剧烈而又形状稳定的燃烧。采集的火焰单幅图像精度和采样频率完全达到了计算火焰长度和燃烧时间所要求的精度,为进一步准确地处理和分析火焰图像提供了可靠的依据。

### 参考文献:

- [1] 任鑫. 基于数字图像处理技术的炉膛火焰监测系统的研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2003.  
REN Xin. The research of flame detecting system based on digital image processing[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2003. (in Chinese)
- [2] 李宏光, 吴宝宁, 施浣芳. 几种颜色测量方法的比较[J]. 应用光学, 2005, 26(3): 60-63.  
LI Hong-guang, WU Bao-ning, SHI Huan-fang. The comparison of multicolor measurement methods [J]. Journal of Applied Optics, 2005, 26(3): 60-63. (in Chinese)
- [3] 杜春玲, 张晞, 葛蕾. 颜色测量仪器及其发展[J]. 现代仪器, 2005, (3): 56-57.  
DU Chun-ling, ZHANG Xi, GE Lei. Color measuring instrument and its development [J]. Modern Instrument, 2005, (3): 56-57. (in Chinese)
- [4] 闫伟永. 火焰图像检测系统研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2002.

YAN Wei-yong. The research of flame image detecting system[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2002. (in Chinese)

- [5] 吴继宗,叶关荣.光辐射测量[M].北京:机械工业出版社,1992:324-354.

WU Ji-zong, YE Guan-rong. The optical radiation measurement [M]. Beijing: China Machine Press 1992:324-354. (in Chinese)

- [6] Kurioka. Influence of light source and illumination on Benham type subjective colors[J]. SPIE, 2002, 4421:426-429.

- [7] 张建镛.CCD 快速光谱辐射测色测光仪的研制报告[J].中国照明电器,1998(8):20-22.

ZHANG Jian-yong. The develop report of measuring color and light of CCD quick spectrum radiation[J]. China Light & Lightina, 1998(8):20-22. (in Chinese)

- [8] 汤顺青.色度学[M].北京:北京理工大学出版社,1990:24-25.

TANG Shun-qing. Chroma[M]. Beijing: Institute of Technology Press. 1990:24-25. (in Chinese)

- [9] 周卫东,冯其波,匡萃方.图像描述方法的研究[J].应用光学,2005,26(3):27-31.

ZHOU Wei-dong, FENG Qi-bo, KUANG Cui-fang. Study on image description methods[J]. Journal of Applied Optics, 2005, 26(3):27-31. (in Chinese)

## 2007 中国国际机器视觉展览会暨论坛在上海举行

2007年3月22日上午,2007中国国际机器视觉展览会暨2007中国国际机器视觉发展论坛开幕式在上海展览中心友谊会堂一楼友谊厅隆重举行。本届展览会展览面积4 500平方米。参展厂商共97家,比去年增加了51.6%。展商及展品分别来自比利时、加拿大、芬兰、法国、德国、日本、韩国、新加坡、英国、美国、中国以及中国的香港和台湾等13个国家和地区。与上届展览会相比,本届展览会在保留原有技术交流活动外,还增添了行业用户专家主讲的主题报告会,吸引了大批业内专家和专业技术人员参与。

为期3天的展览会吸引了来自国内28个省、市、自治区和香港、台湾地区以及安哥拉、澳大利亚、比利时、加拿大、芬兰、德国、希腊、印度、意大利、日本、哈萨克斯坦、韩国、马来西亚、新加坡、西班牙、斯里兰卡、叙利亚、泰国、美国等20个国家的4 105名专业观众。

西安是中国机器视觉产业发展的重镇,西安国家光电子成果转化及产业化基地集中了一批发展势头强劲的机器视觉企业,已经连续举办两届的西安机器视觉与工业检测展览会,已经引起国内外同行的高度关注,逐渐成为与北京、上海三足鼎立的专业展会。

《应用光学》杂志近年来非常关注机器视觉产业的发展,与西安机器视觉研究发展中心在本刊合作推出了机器视觉系列讲座。此次作为西安展团成员单位参展,广泛地接触了参展的国内外企业、组织,宣传了期刊。据悉,2007中国国际(北京)机器视觉展览会将于2007年9月26~28日在北京中国国际展览中心举办;第三届西安国际机器视觉与工业检测展览会将于10月18日~19日在西安光电园举办。

(秦风)