

# 基于高温辐射体颜色信息的目标图像识别方法

彭小奇 孙元 王一丁

(中南大学物理科学与技术学院, 长沙 410083)

**摘要** 鉴于准确识别待测目标是利用 CCD 图像传感器进行高温测量的关键, 为此在对高温辐射体彩色图像的噪声特点进行分析的基础上, 提出了一种基于高温辐射体颜色信息的目标图像识别方法。该方法首先通过对红、绿基色图像分别进行分割来减小甚至消除高温辐射体图像的各种噪声; 然后综合红、绿基色图像的分割结果实现高温辐射体的准确识别, 并运用数学形态学方法对分割结果进行后处理, 以消除游离点和孔洞, 使图像边缘平滑。实验结果表明, 该方法可以有效地实现高温辐射体的正确识别, 具有较强的实用性。

**关键词** 目标识别 CCD 图像传感器 温度测量

中图分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2008)02-0238-04

## An Object Image Recognition Method Based on the Color Information of A High Temperature Radiator

PENG Xiao-qi, SUN Yuan, WANG Yi-ding

(School of Physics Science and Technology, Central South University, Changsha 410083)

**Abstract** The key of high temperature measurement by using CCD image sensor is to recognize the measured object accurately. From analyzing the characteristic of the noises in high temperature radiator color image, an image recognition method of high temperature radiator is proposed, which is based on the color information of a high temperature radiator. By segmenting the red and green color images, the various noises in high temperature radiator color image are reduced or even eliminated. And then, by synthesizing the results of the segmented red and green color images, the high temperature radiator is recognized accurately. Finally, in order to smooth the image's edge, the morphology method in mathematics is applied to process the segmented image and remove the dissociations and narrow holes. The experimental results show that the method can recognize high temperature radiator with high accuracy and practicability.

**Keywords** object image recognition, CCD image sensor, temperature measurement

## 1 引言

由于 CCD 图像传感器具有图像清晰度高、耐灼伤、耐震动冲击、工作稳定可靠、能很好地与数字图像处理技术、计算机技术相结合等优点, 使得基于 CCD 的非接触式测温技术成为高温检测领域的研究热点之一<sup>[1,2]</sup>。在对利用 CCD 图像传感器获得的高温辐射图像进行温度计算时, 必须先从辐射图像中准确识别出待测目标, 以避免计算温度时出现奇异值<sup>[3]</sup>。文献 [4] 提出了一种分别采用双峰法和最

大方差自动取阈值法确定分割阈值, 再根据高温辐射体的灰度值近似相等的特征选择合适的分割阈值来识别出待测目标的算法。文献 [5] 提出了一种基于 Bubble 小波变换的高温辐射体图像分割算法。由于这些算法的共同特点都是把 CCD 摄得的彩色图像转换为灰度图像后, 再进行分割, 即只利用了辐射图像的亮度信息, 因此当噪声亮度和辐射体亮度相近时, 则无法通过灰度分割准确识别高温辐射体。

由于彩色图像比灰度图像能提供更多的目标对象信息, 并可简化目标物的区分<sup>[6]</sup>; 同时, 随着计算机处理能力的显著增强, 快速处理彩色图像的硬件

基金项目: 国家自然科学基金项目 (50374097); 博士点专项科研基金项目 (20030533008); 湖南省自然科学基金项目 (06JJ2066)

收稿日期: 2006-05-12 改回日期: 2006-09-27

第一作者简介: 彭小奇 (1962~), 男, 教授, 博士生导师, 博士。主要研究方向为系统建模与智能决策。E-mail: peng21@mail.csu.edu.cn

条件也已经成熟<sup>[7]</sup>, 基于灰度信息的图像分割算法很容易应用于彩色图像分割<sup>[8]</sup>, 因此, 近年来, 彩色图像分割正逐步引起人们的关注<sup>[9]</sup>。

本文在对高温辐射体的 RGB 三基色图像的噪声特点进行分析的基础上, 提出首先通过对红、绿基色图像分别进行分割来减小甚至消除高温辐射体图像的各种噪声; 然后综合红、绿基色图像的分割结果实现高温辐射体的准确识别, 并运用数学形态学方法对分割结果进行后处理, 以消除游离点和孔洞, 使图像边缘平滑。实验表明, 该方法可以有效地实现高温辐射体的正确识别, 具有较强的实用性。

## 2 高温辐射体图像的噪声分析

在利用 CCD 图像传感器进行非接触高温测量时, 由于测量现场环境恶劣、工况复杂, 使 CCD 摄得的高温辐射体图像往往带有很多噪声, 其主要包括以下几种:

(1) 雾状噪声: 由辐射光路上的烟雾和水汽等的折射和散射造成;

(2) 点状噪声: 由辐射光路上的烟尘造成;

(3) 光晕: 由辐射光在穿透观察窗和镜头时产生的反射造成;

(4) 杂散光噪声: 由环境光源的辐射等杂散光造成。

由于雾状、点状噪声和光晕大多处于长波段, 主要干扰红基色图像; 杂散光噪声大多处于短波段, 主要干扰绿基色图像, 因此, 利用不同噪声的特点可以减小甚至消除噪声。

## 3 高温辐射体识别方法

### 3.1 直方图阈值化分割算法

利用阈值化分割算法来分割灰度图像主要有两个步骤, 首先在图像灰度值取值范围内确定一个适当的分割阈值  $T$ , 然后按式 (1) 将原图像的各个像素分为目标像素和背景像素,

$$I(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) \geq T \\ 0 & f(x, y) < T \end{cases} \quad (1)$$

这样得到的  $I(x, y)$  是一幅二值图像, 用原始图像  $f(x, y)$  和它相乘就可得到分割后的前景图像<sup>[10]</sup>

$$g(x, y) = f(x, y) \times I(x, y) \quad (2)$$

阈值  $T$  的选择对分割效果影响很大。因迭代法收敛速度较快, 抗噪性较强, 故经常被用于求取分

割阈值。设原始图像的共有  $L$  个灰度级, 则选择阈值  $T$  时可首先取图像灰度范围的中值作为初始阈值  $T_0$ , 然后按下式进行迭代:

$$T_i = \frac{1}{2} \left| \frac{\sum_{k=0}^{T_{i-1}} h_k \cdot k}{\sum_{k=0}^{T_{i-1}} h_k} + \frac{\sum_{k=T_{i-1}+1}^{L-1} h_k \cdot k}{\sum_{k=T_{i-1}+1}^{L-1} h_k} \right| \quad i = 1, 2, \dots \quad (3)$$

其中,  $k$  是灰度值, 离散函数  $h_k$  是原图像中灰度值为  $k$  的像素个数,  $i$  代表迭代次数,  $T_i$  表示第  $i$  次迭代得到的阈值。迭代进行到  $T_i$  与  $T_{i-1}$  的差小于某个事先设定的值时结束, 并取迭代结束时的  $T_i$  为分割阈值  $T$ 。因由此得到的  $T$  处在与两个灰度区域的重心成反比的位置, 故从路径规划的角度看, 迭代阈值  $T$  是一种最优阈值<sup>[11]</sup>。

当待分割图像的直方图具有良好的双峰特征时, 直方图阈值化分割算法可取得较理想的分割效果<sup>[12]</sup>。因高温辐射体的红、绿基色图像直方图都具有典型的双峰特征, 故直方图阈值化分割算法适用于高温辐射体的分割。

### 3.2 利用绿基色图像分割去除烟雾和光晕干扰

由于辐射体温度升高时, 其光谱辐射亮度曲线的峰值波长向短波方向移动, 而雾状、点状噪声和光晕则主要集中于红色波段, 因此对绿基色图像进行分割可以有效地去除这类干扰。设  $c(x, y)$  为原图像中坐标  $(x, y)$  的彩色空间向量,

$$c(x, y) = \begin{pmatrix} R(x, y) \\ G(x, y) \\ B(x, y) \end{pmatrix} \quad (4)$$

对原图像的绿色分量  $G(x, y)$  可先利用式 (3) 求取分割阈值  $T^G$ , 然后利用式 (5)、式 (6) 得到用绿基色图像分割后的前景图像  $\hat{G}(x, y)$

$$f^G(x, y) = \begin{cases} 1 & G(x, y) \geq T^G \\ 0 & G(x, y) < T^G \end{cases} \quad (5)$$

$$c^G(x, y) = c(x, y) \times f^G(x, y) = \begin{pmatrix} R(x, y) \times f^G(x, y) \\ G(x, y) \times f^G(x, y) \\ B(x, y) \times f^G(x, y) \end{pmatrix} \quad (6)$$

### 3.3 利用红基色图像分割去除杂散光干扰

杂散光干扰处于电磁波谱的短波段, 其绿色分量值与高温辐射体的绿基色图像像素值相近, 因此在对绿基色图像进行分割时, 杂散光干扰会被误作为目标分割出来, 而对红基色图像进行分割却可以

有效去除杂散光干扰。

设  $c(x, y)$  为原图像的彩色空间向量, 对原图像  
 的红色分量  $R(x, y)$  可先利用式 (3) 求取分割阈值  
 $T^R$ , 然后利用式 (7)、式 (8) 即可得到利用红基色图  
 像分割后的前景图像  $c^R(x, y)$ ,

$$I^R(x, y) = \begin{cases} 1 & R(x, y) \geq T^R \\ 0 & R(x, y) < T^R \end{cases} \quad (7)$$

$$c^R(x, y) = c(x, y) \times I^R(x, y) \quad (8)$$

### 3.4 高温辐射体分割方法

对高温辐射体的红、绿基色图像进行分割后, 若  
 取分割结果的交集作为高温辐射体图像的认识结  
 果, 则既可以消除杂散光干扰, 又可以消除光晕和烟  
 雾干扰。设  $c(x, y)$  为原图像的彩色空间向量, 通过

式 (9)、式 (10) 就可以得到利用红、绿基色图像分割  
 后的前景图像  $c^{RG}(x, y)$ ,

$$I^{RG}(x, y) = \begin{cases} 1 & R(x, y) \geq T^R \text{ 且 } G(x, y) \geq T^G \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (9)$$

$$c^{RG}(x, y) = c(x, y) \times I^{RG}(x, y) \quad (10)$$

图 1(a) 是含有光晕和杂散光干扰的黑体辐射图  
 像, 当分别利用灰度双峰法和文献 [5] 中提出的基  
 于 Bubble 小波的分割算法对两者进行识别, 其结果如  
 图 1(b) 和图 1(c) 所示, 图 1(d) 是使用本文提出  
 的方法分割的效果; 图 2(a) 是含有光晕和烟雾干  
 扰的某铜冶炼厂闪速炉放铜口的铜熔体图像, 图  
 2(b) ~ 图 2(d) 是分别利用灰度双峰法、基于 Bubble  
 小波的分割算法和本文中的分割法进行识别的结  
 果。

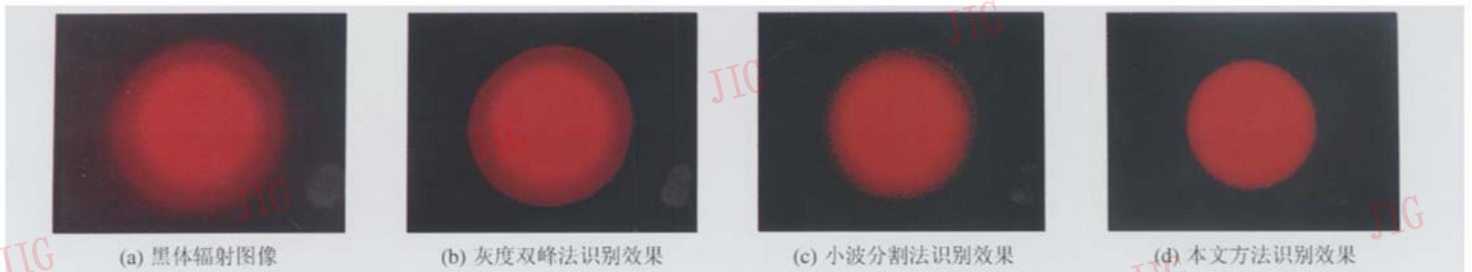


图 1 高温黑体的识别

Fig.1 Recognition of high temperature blackbody



图 2 高温熔体的识别

Fig.2 Recognition of high temperature melts

通过对比可见, 本文提出的基于高温辐射体颜  
 色信息的识别方法由于有效减小了光晕、烟雾和杂  
 散光的干扰, 从而提高了识别的准确度。

## 4 图像分割结果的后处理

由于烟雾、灰尘等吸收高温辐射体的辐射能后,  
 将使辐射图像局部颜色变暗, 往往导致分割后的  
 高温辐射体图像存在游离点和孔洞, 因此为不影响  
 测温结果的准确性, 必须选择一种既可以去除游  
 离点和孔洞, 又不改变原图像各像素颜色值分割  
 结果的后处理方法。

本文采用基于数学形态学的图像处理方法首  
 先将图像分割结果二值化, 然后对二值化图像进  
 行开、闭操作, 并将操作结果与原图像相乘。设  
 $c(x, y)$  为原图像的彩色空间向量, 利用式 (11) ~  
 (14) 可以得到对分割图像进行数学形态学 (morphology M)  
 处理后的彩色空间向量  $c^M(x, y)$ ,

$$I^M(x, y) = \begin{cases} 1 & R(x, y) \geq T^R \text{ 且 } G(x, y) \geq T^G \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (11)$$

$$S = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$J = [I^M \bullet S] \circ S \quad (13)$$

$$\hat{c}^n(x, y) = c(x, y) \times J(x, y) \quad (14)$$

式中,  $A \bullet S$  表示使用结构元素矩阵  $S$  对矩阵  $A$  进行闭操作,  $A \circ S$  表示使用结构元素矩阵  $S$  对矩阵  $A$  进行开操作。

闭操作可以弥补狭窄的间断和消除小的孔洞, 并可填补轮廓线中的断裂; 开操作可以使对象的轮廓变得光滑, 并可消除细的突出物, 因此先进行闭操作, 后进行开操作可以除去比结构元素小的特定图像细节, 同时能保证不产生全局几何失真<sup>[13]</sup>。由于仅对二值化图像进行开、闭操作, 因此不会改变原图像各像素的颜色值。图 3(a)、图 3(b) 分别是图 1(d)、图 2(d) 经过数学形态学处理后的结果, 由该图可见, 采用基于数学形态学的图像后处理可以有效地去除游离点和孔洞, 并可使图像边缘光滑。

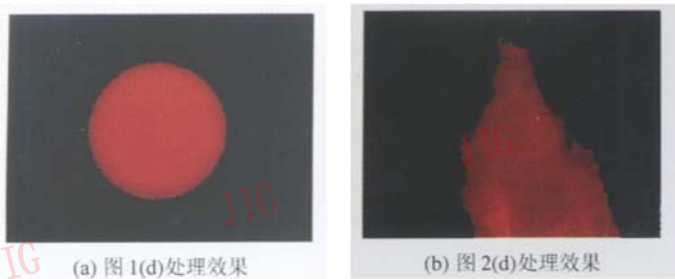


图 3 形态学处理效果

Fig 3 Result of morphology method

## 5 结 论

综上所述, 可得以下结论:

(1) 由于雾状、点状噪声和光晕干扰主要集中在红色波段, 杂散光干扰主要处于短波段, 因此, 通过对红、绿基色图像分别进行分割可以减小甚至消除高温辐射体图像的这类噪声;

(2) 对图像分割结果进行数学形态学处理, 可以在不引起全局几何失真的情况下消除图像干扰导致的游离点和孔洞, 并可使图像边缘光滑;

(3) 本文提出的基于高温辐射体颜色信息的目标图像识别方法, 由于可以充分利用高温辐射体彩色图像的颜色信息去除噪声干扰, 因此可使分割结果准确, 具有较强的实用性。

## 参考文献 (References)

1 Wang Yao-ke, Yang Hua-yong, Lu Hai-bao, *et al*. The present situation and application prospects of CCD image sensing technique [J]. *Optical Instrument*, 1996, 18(5): 32~37. [王跃科, 杨华勇, 吕海宝等. CCD 图像传感技术的现状与应用前景 [J]. 光学仪

器, 1996, 18(5): 32~37.]

- 2 Liu Zhen, Peng Xiao-qi, Ding Jian, *et al*. The application and development of CCD measurement technology in foreign industrial fields [J]. *Industrial Instrumentation & Automation*, 2005, (4): 65~69. [刘征, 彭小奇, 丁剑等. 国外 CCD 检测技术在工业中的应用与发展 [J]. 工业仪表与自动化装置, 2005, (4): 65~69.]
- 3 Zhang Yu-jie, Lu Cen. Study on measurement method of flame temperature field in hearth based on color CCD [J]. *Chinese Journal of Quantum Electronics*, 2004, 21(5): 674~678. [张玉杰, 吕岑. 基于彩色 CCD 炉膛火焰温度场测量方法研究 [J]. 量子电子学报, 2004, 21(5): 674~678.]
- 4 Song Hai-ying, Peng Xiao-qi, Liu Zhen, *et al*. Recognition method in contactless temperature measurement of high temperature melts [J]. *Journal of Central South University (Science and Technology)*, 2005, 36(3): 426~429. [宋海鹰, 彭小奇, 刘征等. 基于非接触式温度测量中的高温辐射体识别方法 [J]. 中南大学学报 (自然科学与技术版), 2005, 36(3): 426~429.]
- 5 Ding Jian, Peng Xiao-qi, Liu Zhen. The application of bubble wavelet in the images segmentation of high temperature melt [J]. *Energy Technology*, 2005, 26(4): 139~154. [丁剑, 彭小奇, 刘征. Bubble 小波在高温辐射体图像分割中的应用 [J]. 能源技术, 2005, 26(4): 139~154.]
- 6 Gonzalez Rafael C, Woods Richard E. *Digital Image Processing (Second Edition)* [M]. Ruan Qiu-qi, *et al* Translate. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003. 224. [冈萨雷斯, 伍兹. 数字图像处理 (第二版) [M]. 阮秋琦等译. 北京: 电子工业出版社, 2003. 224.]
- 7 Yin Ling, Huang Huixian. Color image segmentation: advances and prospects [J]. *Social Science Journal of Xiangtan University*, 2003, 27(May): 236~237. [尹令, 黄辉先. 彩色图像分割: 优势和展望 [J]. 湘潭大学社会科学学报, 2003, 27: 236~237.]
- 8 Wang Ze-bin, Yang Chao-hui. Study on color image segmentation technique [J]. *Digital Television and Digital Video*, 2005, (4): 20~24. [王泽兵, 杨朝晖. 彩色图像分割技术研究 [J]. 数字电视与数字视频, 2005, (4): 20~24.]
- 9 Cheng H D, Jiang X H, Sun Y, *et al*. Color image segmentation: advances and prospects [J]. *Pattern Recognition*, 2001, 34(12): 2259~2281.
- 10 Cheng H D, Jiang X H, Wang Jing-li. Color image segmentation based on histogram thresholding and region merging [J]. *Pattern Recognition*, 2002, 35(2): 373~393.
- 11 Zhang Yu-jin. *Image Segmentation* [M]. Beijing: Science Publisher, 2001. [章毓晋. 图像分割 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.]
- 12 Xi Li-chun, Yan Hong-wei. The technologies of color image segmentation [J]. *Microcomputer Development*, 2003, 13(4): 46~48. [席砺纯, 闫宏伟. 彩色图像的分割技术 [J]. 微机发展, 2003, 13(4): 46~48.]
- 13 Fecit Science and Technology Study Center. *MATLAB 6.5 Assistant Image Processing* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003. 200. [飞思科技产品研发中心. MATLAB 6.5 辅助图像处理 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2003. 200.]