

文章编号:1002-2082(2010)01-0095-05

一种平板玻璃缺陷在线检测系统的研究

王 飞, 崔凤奎, 刘建亭, 张丰收

(河南科技大学 机电工程学院, 河南 洛阳 471003)

摘 要: 根据光干涉的原理和视觉检测方法, 研究开发了基于机器视觉的玻璃缺陷检测系统。针对实际的目标图像, 通过对其进行图像获取、图像预处理、图像分割、特征提取和区域参数计算研究, 从而获得玻璃表面锡点、气泡、玻筋等缺陷图像的识别信息。实验表明, 该算法简单, 速度快, 系统抗干扰能力强。系统处理周期最大不超过400 ms, 能检测出最小0.3 mm的缺陷。

关键词: 机器视觉; 玻璃缺陷; 图像处理

中图分类号: TN209; TP242.6

文献标志码: A

The system research for on-line defect inspection of flat glass

WANG Fei, CUI Feng-kui, LIU Jian-ting, ZHANG Feng-shou

(School of Mechatronics Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China)

Abstract: Based on the principle of optical interference and vision detection technique, a machine vision based glass defect inspection system was developed. The target image was acquired, preprocessed and segmented. Its features were extracted and regional parameters were calculated. The defect information such as tin spots, air bubbles and glass ribs was obtained. The experiment indicates that the algorithm is simple, fast and reliable. The system can detect defects down to 0.3 mm with maximum processing cycle less than 400 ms.

Key words: machine vision; glass defect; image processing

引言

近年来,随着市场对玻璃产品需求的迅速增长,玻璃产品的生产无论从质量、品种,还是生产工艺都发生了质的变化。特别是现在生产技术的不断发展,高端产品对玻璃原板的质量要求越来越高,因此全面保证玻璃质量提高其等级就显得尤其重要。目前,玻璃缺陷检测系统主要是利用人工在线检测、激光检测和摩尔干涉原理的方法^[1-5]。人工检测易受检测人员主观因素的影响,容易对玻璃缺陷造成漏检,尤其是变形较小、畸变不大的夹杂缺陷漏检;激光检测易受到外界干扰,影响检测精度。摩尔干涉原理由于光栅内的莫尔条纹比较细,如要求光栅有很高的明暗对比度,采用计算机图形处理技术对干涉图形进行处理,占用大量的检测时间,检

测周期缓慢。

近年来,迅速发展的以图像处理技术为基础的机器视觉技术恰恰可以解决这一问题,因此把机器视觉技术应用于玻璃生产线来检测玻璃质量,对减少人为误差、提高企业的经济效益、降低玻璃生产成本以及节约能源等具有极其长远的意义。本文中介绍的玻璃缺陷检测系统采用机器视觉技术,完成对玻璃缺陷的提取与识别,为玻璃分级打标提供信息,满足了玻璃缺陷检测的要求。

1 系统概述

1.1 检测系统的基本原理

玻璃生产过程由于制造工艺、人为等因素在玻璃原板的生产任一过程中都有可能产生缺陷。根据

收稿日期:2009-05-11; 修回日期:2009-09-03

基金项目:河南省科技国际合作项目(094300510048)

作者简介:王飞(1985—),男,江苏徐州人,河南科技大学机电工程学院硕士研究生,主要研究方向为图像处理与图像识别技术。E-mail:Wangfei8402@163.com

玻璃质量现行标准中的规定,无缺陷的玻璃其特点是质地均匀,表面光洁且透明。玻璃质量缺陷检测是采用先进的CCD成像技术和智能光源。系统照明采用背光式照明,其原理示意图如图1所示,即在玻璃的背面放置光源,光线经待检玻璃,透射进入摄像头。

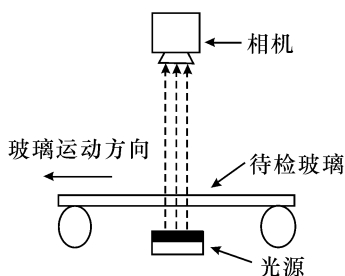


图1 检测原理示意图

Fig. 1 Schematic diagram of detection

当玻璃中没有杂质时,光线垂直入射玻璃其出射的方向不会发生改变,CCD摄像机的靶面探测到的光也是均匀的;当玻璃中含有杂质时,出射的光线会发生变化,CCD摄像机的靶面探测到的光也要随之改变。玻璃中含有的缺陷主要分为两种:一是光吸收型(如沙粒,夹锡等夹杂物),光透射玻璃时,该缺陷位置的光会变弱,CCD摄像机的靶面上探测到的光比周围的光要弱;二是光透射型(如裂纹,气泡等),光线在该缺陷位置发生了折射,光的强度比周围的要大,因而CCD摄像机的靶面上探测到的光也相应增强。因此,本文研究的平板玻璃缺陷在线检测系统是可行的。

1.2 检测系统的基本结构

本文研究的平板玻璃缺陷在线检测系统框图如图2所示。其检测系统主要包括图像采集部分、图像处理及分析、输入输出部分、智能控制及机械执行等几个部分。

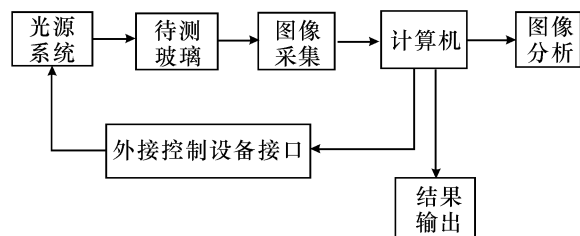


图2 检测系统基本结构

Fig. 2 Basic structure of detection system

其具体工作过程为,将待检玻璃置于均匀光源前(采用背面式LED红光),外接控制系统给图像获取模块(CCD摄像机)发出控制信号,CCD摄像机摄取到的玻璃缺陷图像,经过图像采集卡把图像

数据采集到计算机内存,利用研制开发的玻璃缺陷图像处理与测量软件,实现对玻璃缺陷的检测,最后通过输出设备输出检测结果。

2 图像采集系统的设计

图像采集部分主要分为:光源和照明、CCD摄像机和光学镜头、图像采集卡、摄像机的辅助机构等。而在检测系统中光源系统、摄像机和图像采集卡的质量影响整个系统的检测精度。合理的选择是获取质量好、能清晰反映玻璃缺陷存在的图像的关键^[6-7]。

(1) 光源的选用:优质的光源与合理的照明方式是保证图像清晰、无污点、畸变量小、强的对比度及适当的饱和度的前提。光源与照明方式的合理搭配不仅能保证物体有足够的亮度,而尽可能突出物体特征。系统采用显色性强、发光强、功耗低、散热小、光谱范围宽及寿命高的LED光作为光源。根据玻璃本身的特点采用背面照明方式,(与正面照明相比较)它的优点是能获得高对比度,可得到被测物比较清晰的整体轮廓。考虑到具体环境,系统采用遮光罩,可有效减少外界环境光的干扰和灰尘。

(2) 图像采集卡的选用:图像采集卡和摄像机共同完成图像的采集,图像采集卡控制摄像机拍摄,完成图像采集与数字化,协调整个系统的重要设备。根据具体要求系统选用与UNIQ型号摄像机匹配的METEOR2-MC/4图像采集卡。以静态图像存入计算机,提供BMP与JPG存盘格式。

(3) 摄像机的选用:高速工业摄像机和良好的光学镜头的搭配,可尽可能保证所获图像具有小的运动模糊量与较高的亮度。系统选用高分辨率、高清晰度外触发同步的线阵CCDUNIQ650,其分辨率为 752×582 像素、24位图像。

3 图像处理算法与分析

玻璃质量缺陷图像识别的步骤如图3所示。



图3 玻璃质量缺陷图像识别主要步骤

Fig. 3 Image quality defects glass major steps

3.1 中值滤波

摄像机拍摄的带有噪声干扰的图像如图4所示。噪声易恶化图像的质量,模糊图像,淹没图像特

征,给图像分析带来困难。图像噪声产生的主要原因是来源于图像的采集和传输过程中环境的扰动以及人为的因素。因此采用一种高效的中值滤波图像处理算法。其算法^[8]如下:

(1) 设置 $T_h = \frac{mn}{2}$ (mn 代表 m 行 n 列的图像的像素数, 设 T_h 等于图像像素的一半作为初值)。将窗口移至一个新的开始, 对其内容排序。建立窗口像素的直方图, 确定其值 med , 同时记下亮度小于或等于 med 的像素数目 sum ;

(2) 因最左列的亮度 P_g 的每个像素为 P , 且 $H[P_g] = H[P_g] - 1$ 。 $H[P_g]$ 即为直方图最左列亮度的像素数;

(3) 将窗口右移 1 列, 因最右列亮度 P_g 的每个像素为 P , 且 $H[P_g] = H[P_g] + 1$ 。如果 $P_g < med$, 则置 $sum = sum + 1$;

(4) 如果 $sum > T_h$ 则转(5)。重复 $sum = sum + H[med]$, $med = med + 1$; 直到 $sum \geq T_h$, 则转(6);

(5) 重复 $med = med - 1$, $sum = sum - H[med]$, 直到 $sum \leq T_h$;

(6) 如果窗口的右侧列不是图像的右边界, 转步骤(2);

(7) 如果窗口的底行不是图像的下边界, 则转步骤(1)。

实验表明该方法能有效消除图像中的噪声。滤波去噪图见图 5 所示。

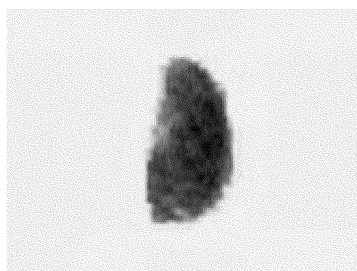


图 4 夹锡原图

Fig. 4 Original folder tin image

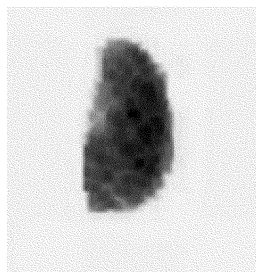


图 5 中值滤波处理后的图像

Fig. 5 Image after filtering

3.2 图像灰度化

在机器视觉检测技术的实现过程中, 由于检测速度和算法实现难易等方面的要求, 往往需要将彩色图像转换成灰度图来处理^[9]。在常用的灰度化处理的基础上, 作者分析图像特征, 研究了一种简单的算法, 能够将图像中的物体和背景的灰度级别分开, 以便后续处理。经灰度化处理后的图像如图 6 所示。

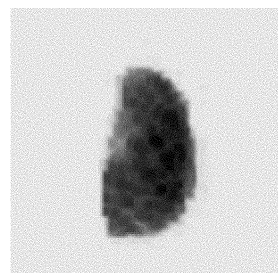


图 6 灰度增强图像

Fig. 6 Enhanced gray-scale image

3.3 图像边缘检测

边缘检测是图像分割的有效方法。图像边缘在图像分析和图像理解中都十分重要, 是图像识别中提取图像特征的一个重要特性。Canny 边缘检测对白噪声影响的阶跃型边界是最有效的, 不丢失重要的边缘, 实际边缘与检测到的边缘位置的偏差最小^[8]。判断 Canny 算子检测的准则是:

1) 定位精度

对边缘检测时, 图像由于受外界的干扰, 造成边缘检测得到的边缘与实际边缘存在一定偏差, 这个偏差通常采用定位精度来衡量。一般采用如下公式来计算:

设 $F(x)$ 为边缘函数, $h(x)$ 为滤波器的脉冲响应, 其带宽为 W , δ 为均方差, 滤波器的窗口设为 $[-W, +W]$ 。则有

$$L = \frac{\left| \int_{-w}^{+w} F'(-x) h'(x) dx \right|}{\delta \sqrt{\int_{-w}^{+w} h'^2(x) dx}} \quad (1)$$

式中: $F'(-x)$, $h'(x)$ 分别代表 $F(x)$, $h(x)$ 的一阶导数。经计算得到 L , 其值越大, 图像检测定位越精确。

2) 信噪比

摄像机的信噪比越高, 其图像质量越好, 一般采用以下公式计算:

$$SNR = \frac{\left| \int_{-w}^{+w} F(-x) h(x) dx \right|}{\delta \sqrt{\int_{-w}^{+w} h^2(x) dx}} \quad (2)$$

因此, 本文选用该检测算子作为边缘检测定位函数。经实验所得边缘检测图像见图 7 所示。

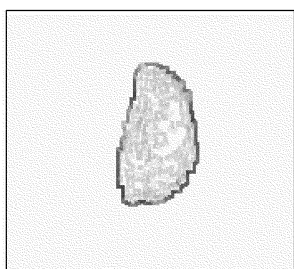


图7 边缘检测图像

Fig. 7 Image edge detection

3.4 阈值分割及特征提取

选择正确的阈值是阈值分割成功的关键。系统采用阈值迭代算法,设图像的初始阈值为 T_0 , h_k 为在 k 值的像素个数, L 为总灰度个数。通过公式逐步计算出阈值^[10],计算公式为

$$T_{i+1} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\sum_{k=0}^{T_i} h_k \cdot k}{\sum_{k=0}^{T_i} h_k} + \frac{\sum_{k=T_i+1}^{L-1} h_k \cdot k}{\sum_{k=T_i+1}^{L-1} h_k} \right\}$$

该公式迭代到 $T_{i+1} = T_i$ 为止,其算法流程图如图8所示。阈值分割图像见图9所示。

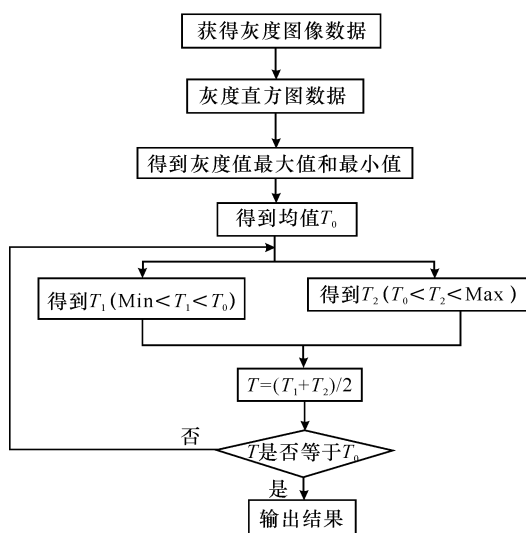


图8 迭代算法流程图

Fig. 8 Flow chart of iterative algorithm

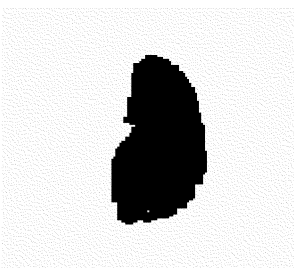


图9 阈值分割

Fig. 9 Threshold segmentation

3.5 区域参数计算

得到玻璃缺陷图像的轮廓跟踪图像后(即如图10特征提取),可以计算区域的各种特征参数,即缺陷的形状特征参数,如长宽比、周长、面积、重心以及圆形度参数等。经计算所得特征参数,见表1。

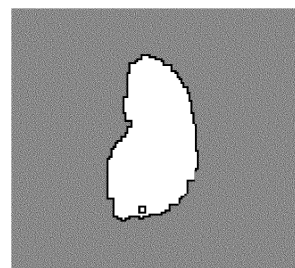


图10 提取特征

Fig. 10 Feature extraction

表1 特征参数计算

Table 1 Calculation of characteristic parameters

物体序号	长宽比	面积/像素	周长/像素	圆形度	重心位置/像素
0	1.790	48 751	887.656 8	0.759 1	114.109
1	1.002	4	9.656 9	0.420 6	134.80

4 实验结果及其误差分析

系统对 256×256 的图像进行处理,以分辨率0.2计算,系统处理周期最大不超过400 ms,能检测出最小0.3 mm的缺陷。其误差主要来源于:

1) 光源选择的好坏对图像有着重要的影响。如果选择的照明光源不合理,导致光源不能均匀照射到检测物体上,使拍摄到的图像背景图像和目标物体图像混浊,不利于后续的图像处理及特征提取。

2) 硬件系统误差。使用的CCD摄像机的像素越高,被测目标物的尺寸越小,测量精度则越高;镜头的校正不完全精确,引起图像非线性失真。此外,系统光照的不均匀,在图像提取时产生图像提取误差。

3) 算法误差。在计算过程中,有效数字取舍,引起舍入误差。

5 结论

系统采用VC++开发了玻璃质量缺陷检测处理软件。实验表明,系统能检测出玻璃中出现的锡点、气泡、玻筋等缺陷。通过输出设备输出检测结果,为后续打标工序提供相关信息,为玻璃切割工序提供优化信息,实现玻璃等级的优化切割。实验结果表明,该算法简单,检测速度快,其检测率为96%,检测的连续性好。系统抗干扰能力强,能满足

实际使用的要求。

参考文献:

- [1] 余文勇,周祖德,陈幼平.一种浮法玻璃全面缺陷在线检测系统[J].华中科技大学学报:自然科学版,2007,35(8):1-4.
YU Wen-yong, ZHOU Zu-de, CHEN You-ping. Machine vision system for on-line defect detection of float glass [J]. Huazhong Univ. of Sci. & Tech. (Nature Science Edition), 2007, 35 (8): 1-4. (in Chinese with an English abstract)
- [2] PENG, XIANG QIAN, CHEN You-ping, et al. An online defects inspection method for float glass fabrication based on machine vision [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2008,39(12):11-12;1180-1189.
- [3] SAIFOLLAH R, MOHAMMAD T T. Moire deflectometer for measuring distortion in sheet glasses [J]. SPIE, 2005, 6024 E: 1-6.
- [4] JONATHAN D H. Inspection of float glass using a novel retro-reflective laser scanning system [J]. SPIE, 1997, 3131: 180-191.
- [5] 王丽萍,蓝天,王少丰.玻璃缺陷在线自动检测设备性能及实践[J].玻璃,2003(5):46-48.
WANG Li-ping, LAN Tian, WANG Shao-feng. Glass defect-line automatic inspection equipment performance and practice[J]. Glass, 2003(5): 46-48. (in Chinese with an English abstract)
- [6] 唐向阳,张勇,李江有,等.机器视觉关键技术的现状及应用展望[J].昆明理工大学学报:理工版,2004,29(2):72-93.
TANG Xiang-yang, ZHANG Yong, LI Jiang-you, et al. Present situation and applications of machine vision's key techniques [J]. Journal of Kunming University of Science and Technology: Science and Technology, 2004, 29(2): 72-93. (in Chinese with an English abstract)
- [7] 陈元琰,姜颖军.基于计算机视觉的玻璃瓶裂纹在线检测系统[J].计算机应用,2001,11(11):48-49.
CHEN Yuan-yan, JIANG Ying-jun. An on-line detecting system of glass bottle crack based on computer vision [J]. Computer Applications, 2001, 11(11): 48-49. (in Chinese with an English abstract)
- [8] MILAN SONKA, VACLAV HIAVAC, ROGER BOYLE, et al. 图像处理、分析于机器视觉[M]. 2版.艾海舟,等译.北京:人民邮电出版社,2003.
MILAN SONKA, VACLAV HIAVAC ROGER BOYLE. Image processing: Anlysis, and Machine Vision [M]. 2nd ed. AI Hai-zhou, et al. Translation. Beijing: PO&Telecom Press, 2003.
- [9] 汪传民,叶邦彦.基于计算机视觉的轴承外径监测系统的研究[J].微计算机信息,2006,22(5):205-207.
WANG Chuan-min, YE Bang-yan. Machine vision system for outer diameter inspection of bearing[J]. Microcomputer Information, 2006, 22 (5): 205-207. (in Chinese with an English abstract)