

瓶盖缺陷在线自动检测技术研究

张 哲,朱铮涛,李 渊,刘 杰

(广东工业大学 信息工程学院,广东 广州 510006)

摘 要:针对瓶盖生产过程中存在的缺陷,文中提出了基于视觉的在线检测方法。对瓶盖检测装置的图像采集系统获取的原始图像,运用自适应阈值提取感兴趣区域,利用圆的几何性质找出瓶盖区域的圆心,然后通过图像差分法所得到的差分区域面积判断瓶盖飞边缺陷;由于 HSV 颜色空间中 H 与 S 通道反映颜色差异,由此通过加权色差公式,将 k 值的大小设置成大于 1,从而更加突显色差缺陷,以便于检测。该系统已经应用于生产实际,结果表明,该在线检测技术能够胜任高速瓶盖生产线中缺陷瓶盖检测的工作。

关键词:瓶盖检测;机器视觉;动态阈值;飞边检测;色差检测

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2016)06-0151-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2016.06.033

Research on Online Automatic Detecting Technology for Bottle Cap Defects

ZHANG Zhe,ZHU Zheng-tao,LI Yuan,LIU Jie

(School of Information Engineering,GDUT,Guangzhou 510006,China)

Abstract:Considering the defects existing in the production process,an on-line detection method based on vision is proposed. Through the image collection system of the bottle cap detecting device to acquire the image,then the adaptive threshold is used to extract region of interest. Using geometric properties of circle to find the center of bottle cap region,then image difference method is used to distinguish burr defects. In addition,H and S channel reflects the color difference in HSV color space,chromatic aberration expression with weighing can be used to check out color difference,color difference will be highlight when k value is set greater than 1. The system has been applied in actual production,which indicates that the online detection technique be competent at the defect detection in high speed production of bottle cap.

Key words:bottle cap detection;machine vision;dynamic threshold;chromatic aberration detection;color difference detection

0 引 言

近年来,饮业发展趋势直接影响对瓶盖产品的需求。瓶盖作为饮料包装工业之重要一环,且居饮料包装工业关键地位,产品的质量更加受到关注^[1-4]。尽管现代化流水线为瓶盖的生产提供了很多便利,但是瓶盖制造时由于注塑机压力过大、注料过多,模具加工不合标准、有异物混入等原因,导致瓶盖不可避免地产生飞边、色差等缺陷。现有的国内及国外瓶盖质量检测装置中,多采用康耐视公司智能相机对瓶盖的质量进行实时检测。该系统价格偏高且操作复杂,不适合一线工人使用,并且处理速度偏低。文献[1]主要从硬件角度提出了瓶盖质量缺陷检测的方案,但是在检

测到缺陷瓶盖时缺少对缺陷种类的判断。文献[2]通过采用直线拟合的方法针对瓶盖高盖、歪盖、无盖等缺陷进行实时检测,然而并没有针对瓶盖边沿的飞边以及色差等缺陷进行检测。

文中介绍了瓶盖检测系统的图像采集模块与处理逻辑控制电路模块,并分析了系统的工作原理。为确定瓶盖区域,文中提出了自适应阈值分割^[5-6]提取感兴趣区域^[7-9]。针对瓶盖飞边缺陷,通过圆的几何性质寻找瓶盖圆心并采用图像差分法找出飞边区域,计算飞边面积;将图像从 RGB 彩色空间转换到 HSV 彩色空间^[10-11],运用 HSV 彩色空间的加权色差公式查出瓶盖色差。根据实际测试得到的检测结果,检测单个瓶盖用时 50 ms 左右。该系统的采集图像方案与检

收稿日期:2015-08-13

修回日期:2015-11-18

网络出版时间:2016-05-05

基金项目:国家自然科学基金面上项目(61471134)

作者简介:张 哲(1991-),男,硕士研究生,研究方向为视觉检测;朱铮涛,博士,副教授,研究方向为视觉检测技术。

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20160505.0828.078.html>

测算法满足了瓶盖飞边与色差缺陷的检测要求。

1 检测要求

如图 1(a) 所示,直径为 28 mm 的蓝色瓶盖的检测要求如下:

- (1) 瓶盖的直径在允许公差范围之内;
- (2) 瓶盖周围没有多余胶质粘连;
- (3) 瓶盖的颜色偏差在人肉眼可辨别的范围之内。

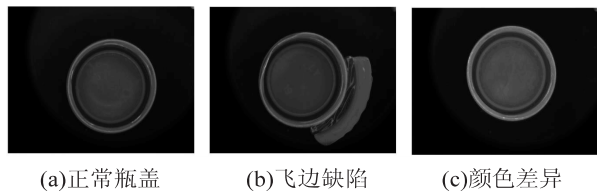


图 1 瓶盖图像

为快速准确地检测出瓶盖缺陷,快速提取瓶盖的形状特征与颜色特征是关键。图 1(b)、(c) 所示分别为飞边瓶盖与色差瓶盖,可将以上缺陷特征转化为瓶盖周围是否有大面积连通灰度区域及瓶盖图像彩色空间中各通道均值与正常瓶盖是否存在足够大差值。

2 系统结构

瓶盖自动检测系统由图像采集模块、图像处理与逻辑控制电路模块组成。

2.1 图像采集模块

图像采集模块是瓶盖自动检测装置实现检测功能的重要模块,属于整个系统的前端,负责采集瓶盖的图像。基本的图像采集模块由 CCD、镜头、光电开关和光源组成。图像采集系统工作原理如图 2 所示。

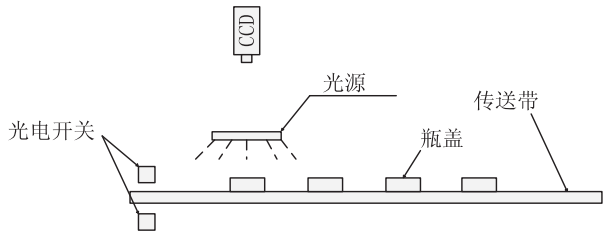


图 2 图像采集系统

CCD 选用 Basler acA-1300gc 型号,采用 Gige 接口以便于快速传输图像,镜头焦距 25 mm,光源为环形光源,瓶盖盖顶贴住传送带,带瓶盖螺纹一面面向 CCD,采集图像为彩色图像。当瓶盖到位,触发光电开关后,光电开关向 CCD 发送一个延时拍照信号,延时时间的起始时刻为瓶盖触发光电开关时,终止时刻为瓶盖出现在 CCD 视野的中心位置时。

2.2 图像处理与逻辑控制电路模块

图像处理与逻辑控制电路模块是瓶盖自动检测系统的分析与执行模块,负责将采集到的瓶盖图像进行

处理并依据分析结果执行是否剔除的指令。图像分析由计算机完成,逻辑控制电路由 51 系列单片机为核心的电路所组成,图像处理与逻辑控制电路系统工作原理与流程如图 3 所示。

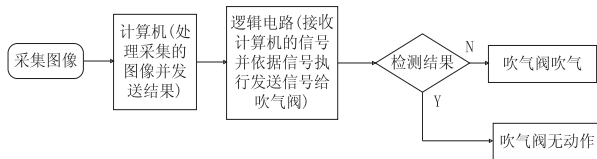


图 3 图像处理与逻辑电路控制系统流程图

由 CCD 采集得来的图像被传送到计算机中进行相应的图像处理,并把分析结果通过串口传入到控制电路中,由控制电路发送信号至吹气阀。

3 算法分析与实现

3.1 瓶盖区域提取

在同样的采集环境下,瓶盖的规格不同,如颜色的差异在转换成灰度图像后,灰度也是不相同的,固定阈值分割显然无法应对提取各种规格的瓶盖的区域。自适应阈值分割方法可用来有效应对多批次不同规格瓶盖。阈值的自适应法有迭代法^[5]、最大类间方差法(Otsu 法)^[12]等。迭代法需要根据过去经验预先设定初始值并且需要多次迭代,最大类间方差法则需要做多次方差统计,在运行时间上不适合快速在线检测。文中采用经一维高斯滤波后的灰度图像直方图的波谷求取图像的阈值。

算法分析与实现:由于图像中瓶盖目标与背景灰度相差较大,瓶盖与背景的灰度会在直方图的不同灰度段集中分布,并形成两个波峰与一个波谷,只需根据图像的灰度直方图一阶导数求出极小值即可找到最佳阈值。然而由于背景光照不均等原因,图像的灰度直方图会出现多个波谷,即无效极小值增多,干扰了最佳阈值的筛选。为此,引用一维高斯函数,对图像的灰度直方图做高斯平滑,从而消除了因光照不均导致的无效极小值出现。

如图 4 所示,图(a)为在黑色背景下的瓶盖图像,图(b)的白色区域为瓶盖经过自适应阈值分割之后,再进行面积筛选与连通域填充所得的瓶盖图像区域。



(a) 黑色背景下获取的图像 (b) 所提取的瓶盖区域

图 4 感兴趣区域

3.2 瓶盖飞边缺陷检测

为了便于找到瓶盖飞边缺陷的位置,需要选择瓶

盖圆圆心为基准点。由于飞边缺陷的影响,传统 Hough^[13-14]变换无法提取出瓶盖圆心。文中通过圆的几何性质实现在已提取瓶盖区域中对瓶盖圆心的准确定位,如图5所示。

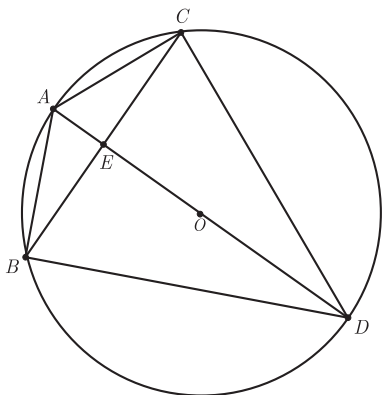


图5 瓶盖圆心定位

圆心定位算法步骤如下:
Step1:在图像边缘任选一点A,在边缘处选择任意两点B,C并满足 $|AB|=|AC|$,其中AB与AC的大小在瓶盖半径的二分之一到三分之二为适,若无满足条件的B,C则重新选A点。

Step2:连接BC并计算出BC线段的中点坐标E,连接AE并延长AE至边缘点D。

Step3:根据圆的几何性质,计算 $|AC|^2/|AE|$ 与 $|AD|$ 的偏差 Δ ,若 Δ 超出期望值则重复Step1。考虑到在线实时检测时对速度的要求,步骤重复三次,若仍未选中合适的点,则自动判瓶盖为飞边。

Step4:计算AD的中点O,即瓶盖的圆心坐标。
通过圆心定位算法所得到的O点为圆心,以OA为半径做圆并与已提取出的瓶盖区域图像做差来判断是否有飞边。处理结果如图6所示。其中,图(a)白色区域为采用3.1的方法提取的感兴趣区域;图(b)为采用圆心定位的方法找出圆心并做出了标准圆;图(c)为采用图像差分法所得出的飞边区域。

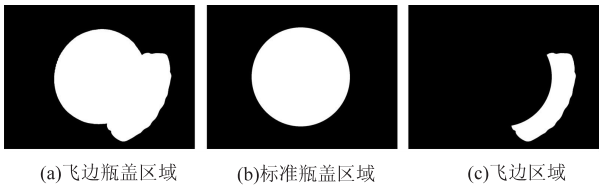


图6 瓶盖区域圆心定位

文中方法虽有可能无法及时判断飞边位置,但依然可以确定飞边缺陷,同时,通过计算出的 $|OA|$ 的大小与标准瓶盖半径的比较亦可判断出瓶盖半径是否达标。

3.3 瓶盖色差检测

一般的,彩色图像由R,G,B三分量的值来表示,但R,G,B三分量之间常有较高的相关性,作为瓶盖颜

色差异的特征去判断常常不能得到理想的效果^[15]。HSV彩色空间三通道之间却无相关性,且表示方法与人类对色彩的感知相一致^[16]。由此,针对瓶盖色差出现在颜色不够饱和这一特性,文中将图像从RGB彩色空间转换到HSV彩色空间中,并利用HSV色差公式^[11]来计算出颜色偏差。色差公式定义如下:

$$\Delta HSV = \sqrt{(\Delta v)^2 + (\Delta c)^2}$$
 (1)

其中

$$\begin{cases} \theta = |H_1 - H_2| \\ \Delta v = |V_1 - V_2| \\ \Delta c = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 - 2S_1S_2\cos\theta} \end{cases}$$
 (2)

其中, $(H_1, S_1, V_1), (H_2, S_2, V_2)$ 分别为待测瓶盖图像与正常瓶盖图像的颜色值。

由于HSV彩色空间中,H通道描述的是一种纯色的颜色属性,S饱和度则表示一种颜色被白光稀释的程度,V通道表示亮度,根据实际瓶盖颜色色差的偏差,更多的是表现在色度与饱和度上;故将原色差公式引入一个权值k,以凸显H,S通道颜色偏差。将原色差公式定义成如下形式:

$$\Delta HSV = \sqrt{\frac{(\Delta v)^2 + (k\Delta c)^2}{1 + k^2}}$$
 (3)

其中,当 $k > 1$ 时,瓶盖图像在H,S通道的偏差将会被放大。

4 结果

为验证算法的稳定性与准确性,将该图像采集系统以及算法应用到对直径28 mm蓝色瓶盖检测中。在现场图像采集条件下,设置瓶盖半径取值在300至310个像素内,色差公式中k值定为5,实验结果见表1。

表1 瓶盖自动检测装置准确率

实验组	不良品数量	误检数量	准确率/%
正常盖	500	2	99.6
飞边盖	500	2	99.6
色差盖	500	3	99.4

文中采用 Visual C++ 6.0 为开发工具,基于MFC框架编写了人机交互界面。计算机处理器为酷睿 i5 3.4 GHz,2 GB 内存,操作系统为 Windows 7,采集图像分辨率为1 296 * 958,处理速度达到50 ms/帧。实验结果表明,文中系统能完成瓶盖飞边和色差等缺陷的检测,准确率可以达到99%以上。

5 结束语

根据瓶盖检测的要求和图像特点,文中提出了一

种瓶盖区域提取的方法。在瓶盖区域中寻找瓶盖圆心,以定位飞边位置,采用图像差分法计算飞边面积,利用加权色差公式查出色差,该系统在实际检测过程中表现出了较高的准确性与稳定性。算法在实际应用中,需根据所检测的瓶盖尺寸以及颜色做出对应的参数调整,并配合生产线上的逻辑电路控制拍照与剔除缺陷瓶盖等自动化操作。

参考文献:

- [1] 陈靖宇,付江云,谢振南,等. 基于实时滤波的瓶盖密封性测试系统设计[J]. 计算机测量与控制,2012,20(3):951-954.
- [2] 郑云峰,王贵锦,何 贝,等. 基于直线拟合算法的 PET 瓶瓶盖检测方法[J]. 计算机应用研究,2011,28(11):4398-4400.
- [3] Zhou Wenju, Fei Minrui, Zhou Huiyu, et al. A sparse representation based fast detection method for surface deflection of bottle caps[J]. Neurocomputing, 2014, 123(10):406-414.
- [4] 郑海成,谢 云. PET 瓶封盖质量在线检测系统的设计与实现[J]. 电子技术应用,2012,38(8):20-22.
- [5] 刘 杰,安博文. 基于动态阈值分割的目标提取技术[J]. 红外技术,2008,30(12):706-708.
- [6] 陈 磊. 视频图像中的运动目标检测算法研究[D]. 长沙:湖南大学,2007.
- [7] Lv Zhenhan, Lin Liqun, Li Yuan. A PET bottle mouth detection method based on morphologic[C]//Proc of third international joint conference on computational science and optimization.

(上接第150页)

参考文献:

- [1] Mezni H, Chainbi W, Ghedira K. AWS-Policy: an extension for autonomic web service description[J]. Procedia Computer Science, 2002, 10:915-920.
- [2] 刘 威,杨 丹. 基于虚拟视图的异构数据库集成平台的研究[J]. 计算机技术与发展,2009,19(6):91-94.
- [3] 宋洪涛. 基于 SDO 的异构数据集成系统的设计与实现[D]. 北京:北京邮电大学,2009.
- [4] 丰江帆,李林,杨富平,武志涛,袁正午. 基于 Service GIS 的震害应急数据集成方法研究与应用[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版,2011,23(1):111-114.
- [5] 徐俊刚,裴 莹. 数据 ETL 研究综述[J]. 计算机科学,2011,38(4):15-20.
- [6] 丁卫亮. 基于本体异构数据集成方法的研究[D]. 杭州:浙江工业大学,2009.
- [7] 徐 晶,许 炜. 消息中间件综述[J]. 计算机工程,2005,31(16):73-76.
- [8] 曹洋洋. 空间数据库增量联动更新办法研究[D]. 杭州:浙

江大学,2010.

- [8] Shen Yehu, Mo Rui, Wei Lei. Bottle cap scratches detection with computer vision techniques[C]//Proc of ninth international conference on natural computation. [s. l.]: [s. n.], 2013.
- [9] Ramli S, Mustafa M M, Hussain A, et al. Automatic detection of 'ROIs' for plastic bottle classification[C]//Proc of the 5th student conference on research and development. Malaysia: [s. n.], 2007.
- [10] 田 巍,庄镇泉. 基于 HSV 色彩空间的自适应肤色检测[J]. 计算机工程与应用,2004,40(14):81-85.
- [11] 马 玲,张晓辉. HSV 颜色空间的饱和度与明度关系模型[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2014,26(8):1272-1278.
- [12] Gonzalez R C, Woods R E. Digital image processing[M]. 阮秋琦,阮宇智,译. 第3版. 北京:电子工业出版社,1998.
- [13] 朱芳芳,顾宏斌,孙 瑾. 一种改进的 Hough 变换直线检测算法[J]. 计算机技术与发展,2009,19(5):19-22.
- [14] 吴慧兰,刘国栋,刘炳国,等. 基于 SIFT 算法的圆心快速精确定位技术研究[J]. 光电子·激光,2008,19(11):1512-1515.
- [15] 陈 毅,刘晓玉,蒋 峥,等. 基于 RGB 和 HSV 的胶囊异囊缺陷识别方法[J]. 计算机工程与设计,2014,35(11):3888-3892.
- [16] Pavlova P E, Cyrilliv K P, Moumdjiev I N. Application of HSV colour system in identification by colour of biological objects on the basis of microscopic images[J]. Computerized Medical Imaging and Graphics, 1996(5):357-364.

江大学,2014.

- [9] 林 源,陈志泊. 分布式异构数据库同步系统的研究与应用[J]. 计算机工程与设计,2010,31(24):5278-5281.
- [10] 黄建平. 基于 SQL Server 数据库日志的信息源监测方法的研究与实现[D]. 广州:暨南大学,2007.
- [11] 高雅田,李春生,富 宇. 基于关系数据分析的知识服务模式[J]. 计算机工程,2011,37(5):56-58.
- [12] 张 锋,张莉莉. 触发器在数据处理过程中的应用研究[J]. 计算机工程与科学,2008,30(5):156-158.
- [13] Hu J, Khalil I, Han S, et al. Seamless integration of dependability and security concepts in SOA: a feedback control system based framework and taxonomy[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2011, 34:1150-1159.
- [14] 徐小玲,彭 京,石葆梅,等. 一种基于边序列的任意两点间最短路径算法[J]. 计算机工程与应用,2005,41(29):88-90.
- [15] 袁鼎荣,张师超,朱晓峰,等. 基于相对等待时间的代价敏感决策树[J]. 计算机科学与探索,2007(3):314-324.