

基于机器视觉的纸杯缺陷检测系统设计

高雅¹ 秦文华¹ 代作晓² 鲁湛² 王宇轩²

(曲阜师范大学, 山东 曲阜 273165; 太仓光电技术研究所, 江苏 太仓 215400)

摘要: 对一次性纸杯的缺陷检测系统及检测算法进行研究, 设计了基于机器视觉技术的纸杯缺陷检测系统。按照实际生产线的需求, 对该系统进行了硬件设计与选型, 采用MFC+OPENCV类库编写控制与算法程序。系统实现了对月牙底破洞、杯口变形和杯底污渍的缺陷检测。该系统经实际现场测试, 已达到企业检测需求。

关键词: 缺陷检测; 机器视觉; OPENCV; 一次性纸杯

Design of Paper Cup Defect Detection System Based on Machine Vision

Gao Ya1 Qin Wenhua1 Dai Zuoxiao2 Lu Zhan2 Wang Yuxuan2

Abstract: The defect detection system and the detection algorithm of the disposable paper cup are studied, and the paper cup defect detection system based on machine vision technology is designed. According to the actual production line needs, the system of hardware design and selection, the use of MFC + OPENCV library control and algorithmic programming procedures. The system to achieve the crescent hole, cup deformation and the bottom of the stain defects detection. The system by the actual field test, has reached the enterprise testing needs.

Key words: defect detection; machine vision; OPENCV; Disposable paper cups

0 引言

随着制造业的竞争越来越激烈, 人们对于产品质量的要求越来越严格, 传统的人工检测已经无法得到令人较为满意的结果^[1]。越来越多的制造商利用机器视觉检测设备去代替人工进行检测。一次性纸杯的生产也不例外, 随着生产线速度的加快, 越来越多的检测设备能基本满足检测需要, 但对于月牙底破洞、杯底污渍等缺陷的检测效率依旧有待提高^[2]。

本文围绕着纸杯生产线上的实际检测要求, 以机器视觉技术为基础, 图像处理技术为方法, visual studio 2010为开发平台, 使用MFC与开源OPENCV类库, 针对生产线上产品缺陷特征, 设计了一次性纸杯缺陷的自动化检测系统, 有效提高了产品缺陷检测的效率。

1 系统设计及关键硬件选型

1.1 系统设计

纸杯缺陷检测系统结构图如图1所示。该系统主要由工业相机、镜头、LED环形光源、显示器、PLC、工控PC机、光电传感器、报警装置和分析处理软件等部分组成。检测系统开始运行, 光源打开为检测过程提供照明。光电传感器检测到生产线的运动, 将该信号传送到PLC。PLC接收到输入信号, 触发工业相机工作, 通过镜头的配合采集到待检测产品的图像, 并传送到工控PC机。工控PC机通过分

析处理软件, 根据图像判别出产品是否存在缺陷。若存在缺陷产品, PLC将接收到剔除信号, 响起报警装置, 提醒工人进行确认。

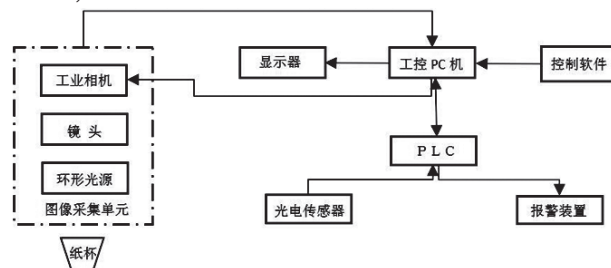


图1 检测系统结构框图

1.2 关键硬件选型

考虑到工业相机分辨率及经济性, 设计选取Point Grey公司生产的型号为CMLN-13S2M, 分辨率为1296*964的CCD黑白相机。该相机体积小易于安装, 具有高分辨率、高精度、曝光时间短、能稳定工作于各种环境等特点, 并通过USB2.0接口进行图像数据的传输, 能够满足项目需要。

为了在高速的生产线上得到清晰的图像, 要求曝光时间非常短的相机快速采集到清晰的图像, 就需要光线非常强的光源^[3]。好的光源能使物体与背景之间的差异更为明显, 这样能够有效地简化算法, 从而提高检测的速度。综合上述因素的影响, 设计选取了15w 75度, 环形无影光源, 该环形光源能够有效地解决对角照射阴影问题, 保证高亮度, 光线均匀的工作状态, 符合项目的需求。

由于纸杯生产现场环境十分恶劣,考虑到系统的稳定性和经济型,系统设计选用Mini-ITX工控主板作为图像处理平台,该主板搭载I7 4650U处理器,该处理器运行速度较快,能够提高算法运行速度。搭载DDR3L内存,最大支持8G内存,采用RealtekRTL8111F千兆网卡,具有更快更稳定的高速网络传输功能。

2 算法设计

2.1 算法流程设计

首先对实时采集到的图像进行预处理,将图像进行二值化;接着,通过划分感兴趣区域(ROI)利用最小二乘法拟合杯底圆轮廓,确定圆心,将纸杯进行定位。然后对纸杯进行各项缺陷检测,若检测缺陷特征值在允许范围内,则合格,反之,则将其剔除。算法流程图如图2所示:

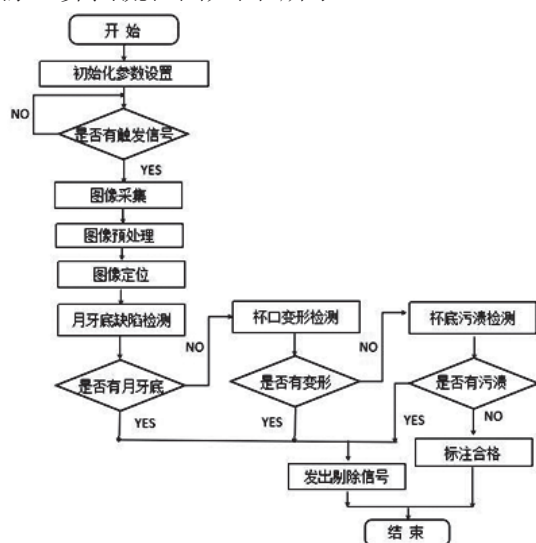


图2 软件算法流程图

2.2 建立ROI区域

由于纸杯本身的构造特点,可以把纸杯划分成3个区域:杯底区域、侧壁区、接缝区。不同区域由于灰度不同,其设定的缺陷检测阈值也会改变^[4]。感兴趣区域的设置,可在保证检测区域特征不变的前提下,缩小检测范围,使系统处理时间大大缩短^[5]。

2.3 检测对象的定位

在高度运行的生产线上,若要快速检测产品的质量,需要对纸杯进行精确定位。定位的好坏会影响图像ROI的选取,进而会影响后期缺陷检测的效果^[6]。常用的方法主要有:圆周投影法、Hough变换圆检测法、最小二乘拟合圆法^[7]。根据分析及比较本文选用最小二乘法来拟合圆,结果如图4所示。在

完成了圆心定位之后,再利用hough直线检测算法,完成侧壁区接缝的定位^[8]如图5所示:

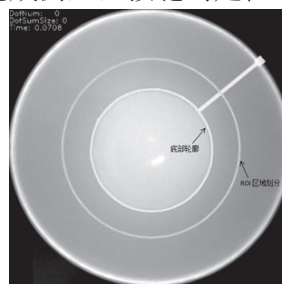


图4 纸杯底部定位

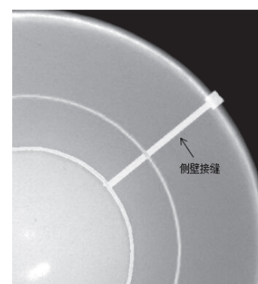


图5 侧壁区定位

3 缺陷检测

3.1 月牙底检测

月牙底检测一直为纸杯检测的难点,由于月牙底的大小不一,小的月牙底很容易被误认为纸杯的底圆而漏检,如图6(a)和图(b)所示。原始的检测方法很难将其检测出来,给产品使用埋下极大的隐患,也对企业生产效率造成了很大危害。本文针对这种现象对检测流程进行了多次研究,经过反复试验,最后采用二次曝光的方法有效提高了小月牙底检测的准确性。

在采集图像时,将CCD相机进行过曝光调节,得到如图6(c)所示的过曝光图像。然后对曝光后的图像进行扫描,统计扫描区域的灰度值及缺陷像素数是否大于设定的阈值,若大于设定的阈值,则说明产品不合格,将其剔除;反之,则为合格。随后将曝光时间调回原值,进行其他缺陷的检测。月牙底检测的效果如图6(d)所示:

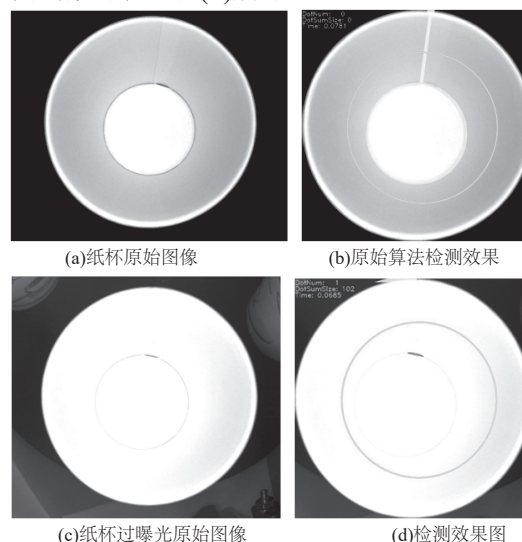


图6 月牙底检测效果对比图

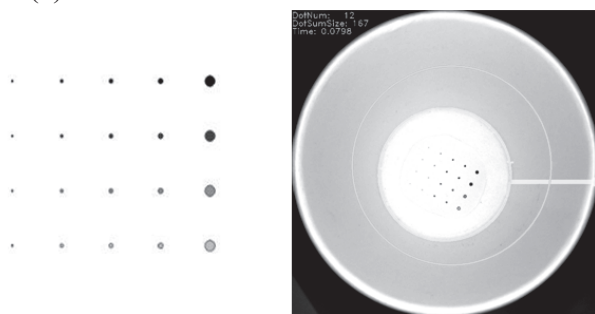
3.2 杯口变形检测

对于杯口的变形检测,将纸杯实际的杯口形状

与正圆进行比较, 求出实际的杯口轮廓与正圆的差别, 通过差别值来判断纸杯是否发生了圆度变形^[9]。算法步骤如下: (1) 得到纸杯口轮廓的圆心, 设定杯口变形阈值为 Q ; (2) 对轮廓像素点依次进行扫描, 计算每一个轮廓点对应的半径; (3) 扫描结束后求出杯口轮廓上点对应的半径最大值 R_{\max} 和最小值 R_{\min} ; (4) 对半径最大值与最小值作差 R_{sub} , 若 $R_{\text{sub}} > Q$, 则产品不合格, 将其剔除, 否则合格。

3.3 杯底污渍检测

为了提高污渍检测的精度, 选取了大小及灰度不同的实验像素点作为待检测的污渍对象置于纸杯底部, 污渍放大图如图7(a)所示。检测的方法思路: 若在一定区域内污渍面积和灰度值均达到污渍判定标准, 则认为该区域为污渍区。污渍检测效果如图7(b)所示:



(a) 污渍放大图

(b) 污渍检测效果图

图7 底部污渍检测效果图

经过反复实验, 由实验结果可知被检测出的污渍像素点极限值为直径0.4mm、灰度值20%, 远远满足了实际生产中的污渍检测要求。

4 实验结果及分析

为了验证系统的可靠性, 在纸杯生产现场收集了300个缺陷产品进行检测, 检测结果如表1所示:

结果 对象	样品数	误检数	过检数	正确检 测率
月牙破洞	100	0	1	99%
杯口变形	100	1	0	99%
杯底污渍	100	0	0	100%

表1 测试统计表

从样品测试结果看, 本文算法对月牙底破洞检测效果较好, 基本不出现误检, 过检率也不高。对于杯口变形检测存在一定的误检率, 原因在于, 样品的变形程度接近设定的阈值范围。针对杯底污渍的检测效果较好, 基本不会出现误检和过检情况。

5 结论

本文基于机器视觉介绍了纸杯缺陷检测系统的设计, 结合了实际生产线的需要, 提出了适用于实际环境的检测方案。针对产品的特殊性, 完成了硬件的设计, 合理编写了缺陷检测的算法, 并对于月牙底这种较难检测的缺陷, 提出了较好的解决方案。经过反复实验, 整个系统已通过了实际的检验, 取得了较好的效果。

参考文献:

- [1] 周鹏, 张立华, 李坤. 基于机器视觉的大输液灯检机的设计[J]. 电子技术, 2016, (05):83-86.
- [2] 李娟. 基于机器视觉的纸杯外包装检测系统研究与应用[D]. 电子科技大学, 2012.
- [3] 冯莉, 龚子华. 基于序贯相似性与光源自动调节的芯片表面缺陷检测算法[J]. 现代电子技术, 2017, (05):58-62.
- [4] 丁宇辰, 谢水珍. 机械零件边缘检测方法的研究[J]. 通信技术, 2012, (12):101-103.
- [5] 孟德欣, 谢二莲. 基于Hough变换的汽车零件中圆形检测的改进算法[J]. 计算机工程与应用, 2015, (11):172-174+211.
- [6] 朱明, 曾其勇, 洪涛, 郑晓峰, 吴凯. 基于机器视觉技术的奶粉罐内壁缺陷检测系统设计[J]. 制造业自动化, 2012, (24):37-41.
- [7] 蒋联源. 随机圆检测快速算法[J]. 光电工程, 2010, (01):70-75.
- [8] 孙雪琪, 宋小春. 一种新的改进的Hough变换直线提取算法[J]. 计算机与数字工程, 2015, (08):1501-1503+1527.
- [9] 张中岳. 基于机器视觉的纸杯质量在线检测系统研发[D]. 电子科技大学, 2011.

作者简介

姓名: 高雅

院校: 曲阜师范大学物理工程学院

学位: 硕士在读

手机: 17853711395

电子邮箱: tcgd_gaoya@163.com

联系地址: 山东省曲阜市静轩西路57号曲阜师范大学物理工程学院

邮政编码: 273165

项目基金: 山东省高校科技计划项目[J15LN08]