［自控·检测］

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2022.03.013

基于视觉的PET瓶封盖检测及定位系统

张　鑫，周向荣，李小江

（杭州娃哈哈集团有限公司，浙江 杭州　310018）

摘　要：针对目前PET瓶饮料生产线的封盖缺陷依靠人工检测效率低的问题，笔者提出了基于视觉的PET瓶封盖检测及定位系统。设计了3相机加背光源剪影成像的方式，实现稳定有效的采集目标轮廓信息；采用Canny算子寻找二值化图像瓶盖边缘，利用最小二乘法拟合盖顶轮廓线等处理方式，实现对高盖、歪盖、无盖和低液位等缺陷的识别；基于Visual Studio 2019设计了人机操作界面，采用modbus tcp通信协议实现与PLC的通信；设计光电信息系统，对造成相关缺陷的旋盖机工位进行定位。结果表明：该系统运行稳定，检测速度快，满足当前绝大多数饮料生产线；识别准确率高，能有效剔除缺陷产品；定位精准，能够准确的定位旋盖机异常工位。课题组的研究实现了对饮料产线上封盖缺陷的准确识别和剔除，提高了产品合格率。

关　键　词：缺陷检测；机器视觉；定位系统；最小二乘法；PLC

中图分类号：TP29；TH138.51　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1005-2895(2022)03-0080-05

Detection and Positioning System of PET Bottle Cap Based on Vision

ZHANG Xin, ZHOU Xiangrong, LI Xiaojiang

(Hangzhou Wahaha Group Co., Ltd., Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the low efficiency of manual detection of the capping defects in the current pet bottle beverage production line, a detection and positioning system of PET bottle cap based on vision was proposed. A three camera plus backlight silhouette imaging method was designed to achieve stable and effective acquisition of target contour information; the image processing algorithm was designed to recognize the defects such as high cover, crooked cover, no cover and low liquid level; the man-machine operation interface was designed to realize the communication with PLC and the real-time display and archiving of detection information; the photoelectric information system was designed to locate the capping machine station causing relevant defects. The results show that the system runs stably and has high detection speed, which can meet the needs of most beverage lines at present; the system has high recognition accuracy and effective elimination of defective products; the system has accurate positioning and can accurately locate the abnormal position of the capping machine. The system realizes the identification and elimination of cover defects in beverage production line, and improves the qualified rate of products.

Keywords: defect detection; machine vision; positing system; least square method; PLC(Programmable Logic Controller)

饮料行业竞争日趋激烈，用户对产品质量也愈加看重；而食品企业对食品安全的责任永无止境。在饮料生产线上，瓶盖、瓶口及旋盖封装过程可能存在偏差，导致出现高盖、歪盖、安全环断裂和低液位等问题。由于饮料对密封性要求高，易漏气变质，发现并剔除不合格产品可以保证产品质量，降低生产损失，减少投诉。目前质量检测工作依然依靠人工目检，存在检查效率不高、岗位价值低等问题。课题组提出的基于视觉的PET封盖检测及定位系统可以更加快速和准确地检测出高盖、歪盖、安全环断裂和低液位等缺陷，将一次性成本投入为固定资产，减少人工成本方面的投入，降低了总成本；同时系统具有反向定位功能，能够定位出产生封盖异常的旋盖机工位，指导生产，降低损失，提高生产效率。该检测系统只需在车间停机时做

收稿日期：2022-03-16；**修回日期**：2022-04-22

第一作者简介：张鑫(1985)，男，浙江嵊州人，工程师，硕士研究生，主要研究方向为机器视觉。E-mail：zhang_334@163.com

适当清洁维护,可无间断工作,避免了人因疲劳而导致的漏检和误检。

1　机械结构设计

1.1　视觉成像方案

饮料瓶封盖缺陷主要包括无盖、高盖、歪盖和低液位等,以上缺陷都能通过轮廓判断来识别。因此在成像方案上课题组选用背光源剪影成像的方式,该方案能够清晰的采集样品的轮廓信息。另外,方案采用如图 1 所示的 3 个相机进行拍摄,以保证视场覆盖瓶盖外表面。采像设备选用的是 130 万像素的 CCD 相机和 12 mm 的定焦镜头。采集到的图像能够有效提取被检测物的轮廓信息,效果如图 2 所示。

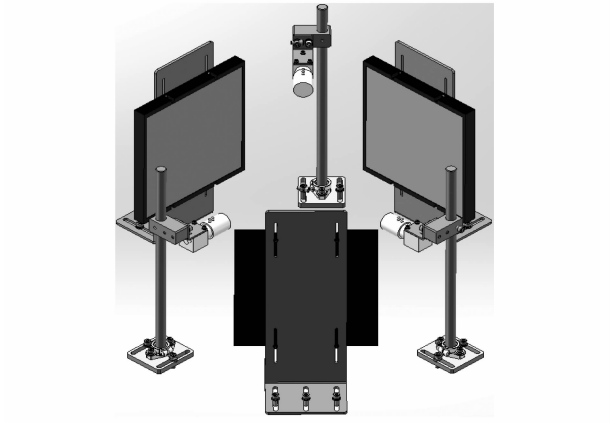


图 1　成像方案

Figure 1　Scheme of imaging

图 2　瓶子图像

Figure 2　Image of bottle

1.2　剔除机构

剔除装置用于剔除检测出的不合格产品,用 1 个电磁阀驱动气缸伸缩实现。使用时,调整减压阀的压力为 300 ~ 400 kPa。剔除装置在安装时,剔除气缸头与瓶身的距离控制在 15 mm 左右。剔除装置如图 3 所示。

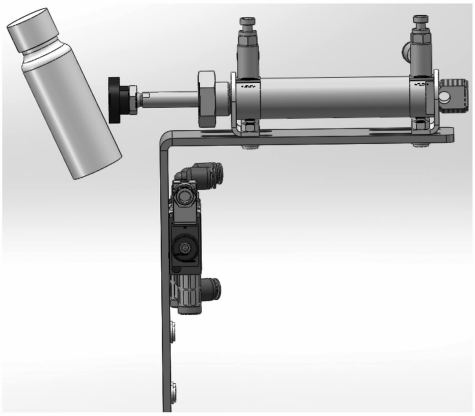


图 3　剔除装置

Figure 3　Rejecting device

1.3　定位机构

定位系统能够找到产生次品瓶盖的旋盖头,从而有针对性地检修,提高生产效率。原理如下:给每个转盘的旋盖头设置编号,编号区间为 0 ~ n,在 0 号位置安装传感器,PLC 记录起始位置,通过传送带编码器,记录每个瓶子对应的编号,在剔除工位,PLC 将有缺陷的瓶子对应的编号及缺陷类型反馈给界面软件存档并显示。定位系统如图 4 所示。

2　电气设计

电气控制选用西门子 S7-1200 系列的 PLC 作为主控单元,主要负责与视觉模块的通信,利用光电传感器及编码器完成旋盖机定位以及次品的剔除工作。其中与视觉控制器的通信包括接收次品缺陷类型,及反馈对应次品编号。具体的电气检测流程如图 5 所示。

3　视觉设计

视觉设计软件部分,主要分为界面软件和图像处理算法 2 部分。

3.1　界面软件

开发工具采用微软基础类库 MFC,集成开发环境选择的是 Visual Studio 2019,主要实现的功能包括采集图像、调用图像处理算法、与 PLC 通信、统计检测结果并存档和人机操作等。

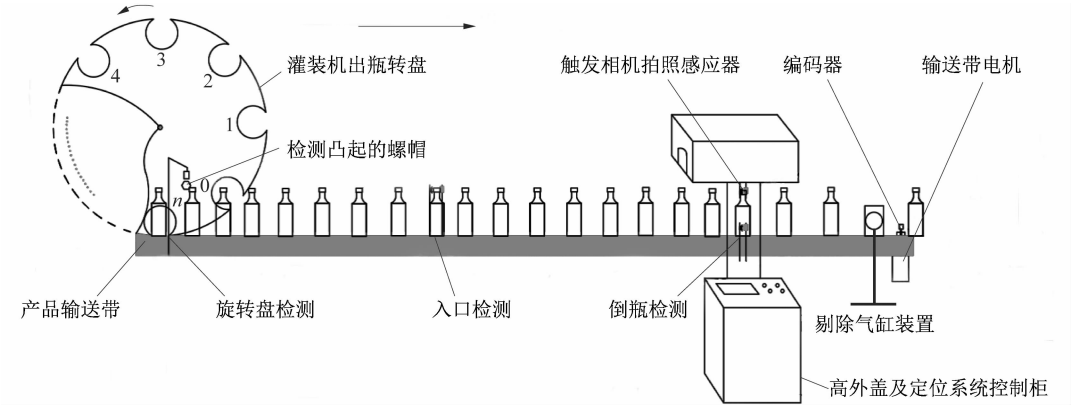


图 4 定位系统

Figure 4 Positing system

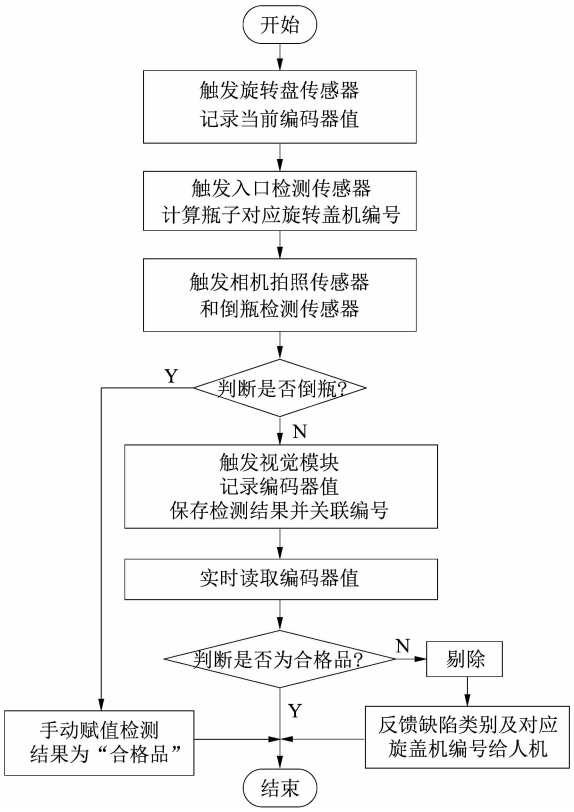


图 5 电气控制流程图

Figure 5 Flow chart of electrical control

3.1.1 图像采集

相机采用海康工业相机,将原厂相机 SDK 进行二次开发,其中图像通过回调函数实时传递给应用类,实现图像采集功能。

3.1.2 调用图像处理算法

采用动态链接库实现共享函数库。使用动态链接库可以更为容易地将更新应用于各个模块,同时不会影响该程序的其他部分,有利于分割研发任务,方便后期的调试和维护。

3.1.3 PLC 通信

与 PLC 的通信采用 modbus tcp 通信协议[1]。MFC 调用 CSocket 类来实现通信[2-3],相较于 winsock,CSocket 类提供了阻塞的访问方式,其成员函数如 receive, send, receivefrom, sendto 和 accept 不会像 winsock 中的函数一样返回错误代码为 WSAEWOULDBLOCK 的错误,这些函数会自行进入等待状态,直至操作结束。

3.1.4 数据统计和存档

实时更新监测数据,包括总检测数、次品数及各个单项缺陷对应数据,同时统计旋盖机各工位产生的缺陷类型及数量保存到本地文档中。

3.1.5 人机操作

每种类型的瓶盖会有对应的参数,操作人员可以通过人机调用相应参数;另外,软件也提供了主要参数的微调功能。比如,不同瓶型的高度会有差异,运行前操作人员需要进入调试模式,调整设备高度,以确保瓶盖在视场中心。

3.2 图像处理算法

图像处理算法是视觉系统的核心,直接影响设备性能。项目集成开发环境选择的是 Visual Studio 2019,调用了开源的视觉算法库 Opencv,最终生成动态链接库 DLL,供软件平台调用。图像处理算法主要功能分为:找目标、分割瓶体、各项分类处理和返回结果。图像处理算法流程如图 6 所示。

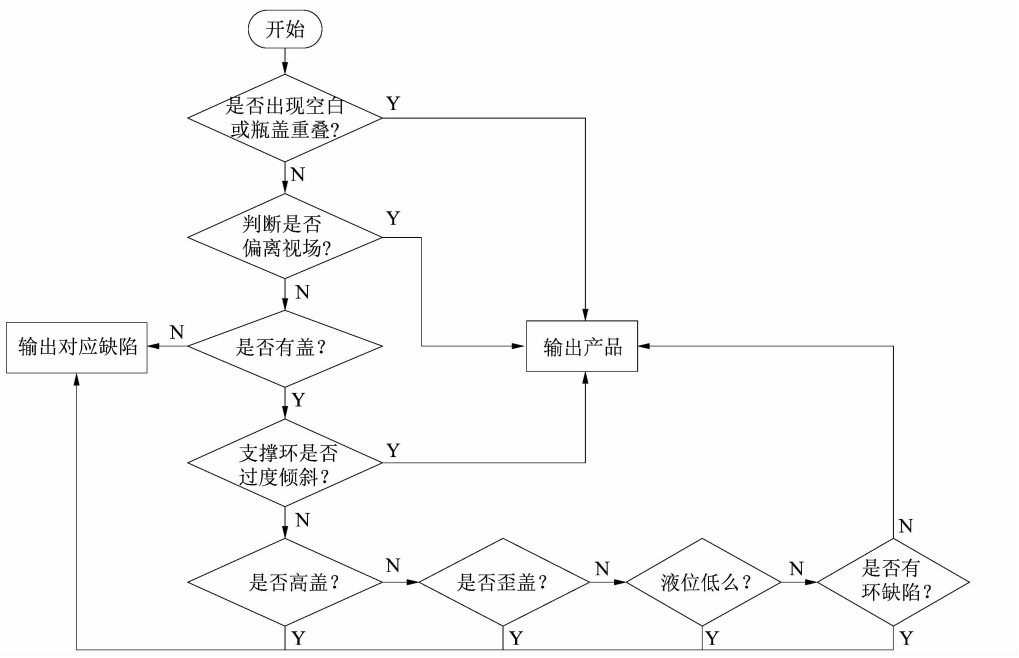


图 6　图像算法流程图

Figure 6　Flow chart of image process arithmetic

3.2.1　找目标

将单通道灰度图转化为二值化图像,利用 Canny 算子[4-5]找到边缘,再利用 8 邻域找轮廓并填充[6-7],屏蔽面积小于阈值的区域,剩下轮廓数≠1,则说明视场中无检测物或者存在多个检测物,结束流程并返回结果为合格。如轮廓数 =1,遍历目标轮廓坐标[8-9],如图像边缘是轮廓的一部分,则判为目标不完整,结束流程并返回结果为合格;反之,判为目标单一且完整,进入下一环节。

3.2.2　分割瓶体

这个环节的关键是找到支撑环,再根据支撑环找到瓶盖、防盗环和液位区。为了设计出针对各个部位的单独的识别算法:

1)首先,运行前手动调整支撑环在图像中的初始位置,保证其在图像中线位置上。

2)算法上通过设置感兴趣区域(region of interest,ROI)初步提取支撑环图像,通过其在 X 轴上的像素值投影,精确的找到支撑环 2 个端点,如果有 1 个端点位置距离图像边缘小于 10 个像素(正常距离约为 200 个像素),则判为偏离视场,未找到完整瓶盖,结束流程并返回结果为合格;反之,计算支撑环斜率及宽度,同时以其为基准,分割提取瓶盖、防盗环和液位区的 ROI 用于下一环节的分类检测。

3.2.3　各项分类处理

采用串行处理的方式,依次顺序为:无盖、高盖、歪盖、低液位和环缺陷。一旦某一项检测到异常,则直接退出,返回异常项;如果所有检测都正常,返回结果为合格,并结束流程。

1)无盖:判断瓶盖 ROI 灰度均值,大于阈值即为无盖。灰度均值在有盖和无盖 2 种情况下差异较大,阈值比较容易设置,判断结果较为准确。

2)高盖:计算盖顶中心到支撑环拟合线的距离,与设定阈值比较,大于阈值即为高盖,反之合格。

3)歪盖:利用最小二乘法[10-12]拟合盖顶轮廓线,计算其与支撑环拟合线的夹角,与设定阈值比较,大于阈值即为歪盖,反之合格。

4)低液位:对液位 ROI 做 Y 方向投影,计算每行像素灰度均值,根据均值可以分为液体区、泡沫区(或者是晃动导致液位倾斜区)和空气区;对泡沫区继续划分,主要参数为泡沫密度阈值,即泡沫点(黑点)的比例,大于阈值即为液体,从而可以得到实际液位。不同产品阈值参数变化较大,如碳酸饮料和乳饮料对应

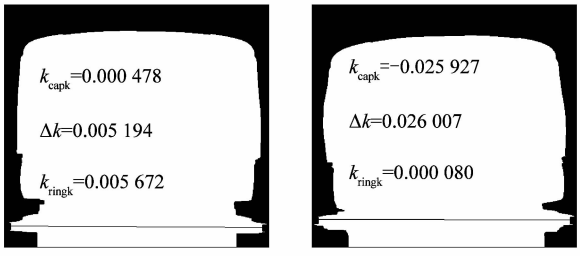
的阈值比纯净水的阈值大很多。

4 试验

在实际生产线进行了项目试验检测，主要步骤：①制作无盖、高盖、歪盖、低液、无环和卷边标准异常品，每种异常品连续测试 10 次；②实际生产测试，运行 0.5 h，现场安排工人将漏检产品拿出，最后人工复检设备剔除的产品，统计相关数据；③人为拆除其中 2 个旋盖机工位，制造无盖产品，测试异常定位系统。

实际测试结果：无盖、高盖、低液、无环和卷边盖均可检出；连线观察饮料瓶数为 15 765，误剔瓶数为 15，漏剔数为 0，检测准确率 99.90%，不良品检出率 100.00%，误剔率 0.08%；定位系统能够实时显示异常旋盖机工位和缺陷种类，并能查看累计数据，现场测试能够准确定位。测试结果表明，设备符合设计要求，检测能力满足实际生产线质量标准。

图 7 所示为歪盖检测的效果对比图，左边为正常盖，右边为歪盖。



(a)正常盖 (b)歪盖

图 7 检测效果图

Figure 7 Detection effect diagram

图 7 中：k_{capk}表示盖顶斜率，k_{ringk}表示支撑环斜率，Δk 表示斜率差。

5 结语

针对目前饮料灌装质量检测工作依靠人工目检，存在检查效率不高、检出率低等缺点。笔者设计了基于视觉的 PET 封盖检测及定位系统。通过反复实验测试表明：采用背光源剪影的成像方式能够有效采集 PET 封装的图像信息，3 相机方案能够满足瓶盖柱面全检测，稳定有效的成像系统有助于算法模块更加高效准确地识别目标缺陷。该设计采用的图像处理算法对硬件要求低、速度快，能够较大程度降低成本。在实际使用中，采用该系统的设备能够有效检测出 PET 封装线上存在的缺陷并剔除，并能准确定位造成缺陷的旋盖机工位。

参考文献：

[1] 燕科帆，朱厚耀，林贺邦，等. 基于 MFC 的计算机与 PLC 以太网通讯软件开发[J]. 机电工程技术，2018，47(10)：126－129.

[2] 代勇，李伟，杨宏帅，等. Visual C++ 网络通信编程技术详解[M]. 北京：机械工业出版社，2011：62－70.

[3] 闫保中，胡忠彪. 基于 CSocket 的多方网络通信在监控系统中的应用[J]. 应用科技，2010，37(4)：56－60.

[4] 李浩然，高健，吴田，等. 基于改进 Canny 算子的绝缘子裂纹检测研究[J]. 智慧电力，2021，49(2)：91－98.

[5] 李靖，王慧，闫科，等. 改进 Canny 算法的图像边缘增强方法[J]. 测绘科学技术学报，2021，38(4)：398－403.

[6] 刘海波，沈晶，郭耸，等. Visual C++ 数字图像处理技术详解[M]. 北京：机械工业出版社，2010：296－301.

[7] 邹柏贤，林京壤. 图像轮廓提取方法研究[J]. 计算机工程与应用，2008，44(25)：161－165.

[8] 姚庆梅，牛君. 一种基于方向形态学的图像轮廓提取方法[J]. 山东大学学报(工学版)，2005，35(4)：47－50.

[9] 徐国雄，张骁，胡进贤，等. 基于阈值分割和轮廓提取的图像边缘检测算法[J]. 计算机技术与发展，2015，25(12)：64－67.

[10] 田垅，刘宗田. 最小二乘法分段直线拟合[J]. 计算机科学，2012，39(S1)：482－484.

[11] 韩庆瑶，肖强，乐英. 空间离散点最小二乘法分段直线拟合的研究[J]. 工业仪表与自动化装置，2012(4)：107－109.

[12] 薛丽红. 基于最小二乘法的分段直线拟合算法[J]. 贵阳学院学报(自然科学版)，2015，10(4)：9－10.

(上接第 79 页)

[14] 张建伟，侯鸽，暴振磊，等. 基于 CEEMDAN 与 SVD 的泄流结构振动信号降噪方法[J]. 振动与冲击，2017，36(22)：138－143.

[15] DWYER R. Detection of non-Gaussian signals by frequency domain kurtosis estimation [C]//IEEE International Conference on Acoustics，Speech and Signal Processing. Boston，MA，USA：IEEE，1983：607－610.

[16] 姜建国，王庆. 基于 MEEMD 和峭度-相关系数电机轴承故障诊断[J]. 自动化技术与应用，2018，37(1)：65－70.

[17] ANTONI J. Fast computation of the kurtogram for the detection oftransient faults[J]. Mechanical Systems and Signal Processing，2007，21(1)：108－124.

[18] 蒋超，刘树林，姜锐红，等. 基于快速谱峭度图的 EEMD 内禀模态分量选取方法[J]. 振 动、测试与诊断，2015(6)：1173－1178.