

# 基于圆心定位的瓶口三圆周快速缺陷检测算法

张 燕<sup>1</sup>, 刘 春<sup>2</sup>

(1. 安徽建筑工业学院 现代教育技术中心, 安徽 合肥 230022;

2. 合肥工业大学 电气与自动化学院, 安徽 合肥 230039)

**摘 要:** 目前, 药用玻璃瓶的质量检测主要靠人工检测, 这会增加巨额的人工成本和管理成本, 同时检测的精度和速度也达不到生产的要求。为了能更快速、更准确地对玻璃瓶口进行无接触的检测, 提出了一种快速的玻璃瓶瓶口的缺陷检测算法。通过对常用的圆心定位算法和瓶口缺陷检测算法的分析, 提出了四点垂直弦截法来定位圆心, 再采用三圆周法来检测瓶口缺陷。实验证明, 基于四点垂直弦截法定位的三圆周法瓶口缺陷检测算法达到快速准确的工业检测要求。

**关键词:** 四点垂直弦截法; 三圆周法; 圆心定位; 缺陷检测

**中图分类号:** TN911.73

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2009)06-0243-03

## A Rapid Defect Detecting Algorithm of Bottle's Rim Based on Central Location and Three - Circle Method

ZHANG Yan<sup>1</sup>, LIU Chun<sup>2</sup>

(1. Technique Center of Modern Education, Anhui Institute of Architecture & Industry, Hefei 230022, China;

2. School of Electrical Engineering and Automation, Hefei University of Technology, Hefei 230039, China)

**Abstract:** At present, the quality of medicinal bottle mainly relies on artificial inspection. It will increase the factory's labor cost and management cost, while the accuracy and speed of detection does not consistent with the production requirements. Offers a rapid algorithm in order to detect the deficiency of glass bottle's rim fleetly and exactly without touch. Based on the analysis of the commonly-used central location method and the method of detecting the deficiency of glass bottle's rim, present the way of first using four-point vertical string of cut-off for locating the center of a circle and then using three-circle method to detect the deficiency of glass bottle's rim. Experiments show that the calculating method which adopts the three-circle method based on the four point vertical string of cut-off to detect the deficiency of the bottle's rim achieves rapidity and accuracy requirement of industry monitoring.

**Key words:** four-point vertical string of cut-off; three-circle method; central location; defect detection

## 0 引 言

目前药用玻璃瓶的质量检测主要靠人工检测, 会增加巨额的人工成本和管理成本, 检测精度和速度也达不到生产要求。针对玻璃瓶瓶口的缺陷检测提出了一种快速的检测算法: 即对原图像进行中值滤波, 提取瓶口边缘检测图后, 采用四点垂直弦截法定位瓶口圆心位置, 然后采用三圆周法对瓶口进行缺陷检测<sup>[1]</sup>。

## 1 瓶口圆心定位方法

利用瓶口形状的特殊性来选择缺陷检测的方法,

快速缺陷检测算法第一步是对瓶口圆心进行定位; 第二步采用三圆周法来进行瓶口缺陷检测。对原始图像进行预处理, 采用快速边缘跟踪方法提取到瓶口圆环的边缘图, 然后确定瓶口圆心位置。

### 1.1 常见的圆心定位算法

常用的圆心定位算法有以下几种: 边缘扫描法、Hough 变换圆检测法、三点法。边缘扫描法是最简单的圆心定位方法<sup>[2,3]</sup>。采用从上而下, 从左到右对图像进行扫描, 找到圆上一点  $A(x, y)$ , 记录下  $A$  点坐标, 接着扫描其它点, 计算其到  $A$  点的距离, 记录距离最长的当前点坐标  $B(x_1, y_1)$ , 则线段  $AB$  的中点  $C$  的坐标为:  $((x + x_1)/2, (y + y_1)/2)$ , 即为圆心坐标, 如图 1 中图(a) 所示。

Hough 变换的基本思想是将图像空间变换到参数空间, 用大多数边界点满足某种参数形式来描述图像

收稿日期: 2008-09-15; 修回日期: 2008-12-27

基金项目: 安徽省合肥市重点科技计划资助项目(2006-021)

作者简介: 张 燕(1977-), 女, 助教, 研究方向为检测技术与自动化装置; 刘 春, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事检测技术与自动化装置和生物医学研究。

中的曲线<sup>[4]</sup>。在 Hough 变换过程中,离散的数字图像空间(直角坐标系)中的每个特征点,都被映射成参数空间(极坐标系)的一条曲线。设圆心坐标为 $(X, Y)$ ,半径 $r$ 的圆可以表示为:

$$f(X, Y) = (x - X)^2 + (y - Y)^2 - r^2 = 0 \quad (1)$$

Hough 变换实际是将图像平面上的任意一点的坐标值 $(x, y)$ 映射到一个三维的参数空间 $(X, Y, r)$ 。在圆检测的 Hough 变换中,初始化过程中首先将三维阵列中各节点置零。图像中每一个特征点 $(x_i, y_i)$ 所对应的参数空间中的锥面通过点 $(X_i, Y_m, r_n)$ 时,所对应的累加阵列节点 $(X_i, Y_m, r_n)$ 进行加一操作。在对图像中所有的特征点进行了上述操作后,对累加阵列的各节点所获得的累加值统计,累加值最大值的节点对应的参数可被视为图像空间特征点所对应的圆参数。

三点法是根据圆上任何弦的垂直平分线必经过圆心的原理提出的。在圆上任意取三点 $A(x_a, y_a)$ 、 $B(x_b, y_b)$ 、 $C(x_c, y_c)$ ,任意连接两点 $AB, AC$ ,则其中点坐标分别为: $C_1(x_1, y_1)$ 、 $C_2(x_2, y_2)$ ,则经过 $C_1$ 点的 $AB$ 的法线方程和经过 $C_2$ 点的 $AC$ 的法线方程的交点即为圆心,如图 1 中图(b)所示。其中 $C_1$ 和 $C_2$ 的中心坐标分别为:

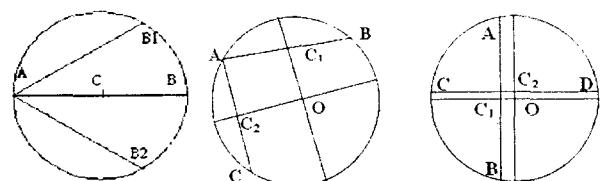
$$\begin{cases} x_1 = (x_a + x_b)/2 \\ y_1 = (y_a + y_b)/2 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} x_2 = (x_a + x_c)/2 \\ y_2 = (y_a + y_c)/2 \end{cases} \quad (3)$$

根据中点坐标可以得到通过这两点的法线方程:

$$\begin{cases} (x - x_1)(x_b - x_a) + (y - y_1)(y_b - y_a) = 0 \\ (x - x_2)(x_c - x_a) + (y - y_2)(y_c - y_a) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

解方程组可以得到两直线的交点,即圆心的坐标。



(a) 边缘扫描法 (b) 三点法 (c) 四点垂直弦截法

图 1 圆心定位示意图

## 1.2 四点垂直弦截法

从算法的复杂程度和算法的耗时上综合考虑,文中提出四点垂直弦截法来定位圆心。四点垂直弦截法来定位圆心的基本原理是圆上任何一个弦的中垂线经过圆心,取相互垂直的两弦来确定圆心位置。具体步骤:先获取图像的尺寸,选取图像中心的行和列分别进行扫描,记录特征点的像素坐标和个数,如果行和列各为偶数个,则计算行扫描特征点的中心纵坐标;计算列

扫描特征点中心的横坐标,由此构成的横纵坐标即为圆心坐标。如果行列扫描为奇数个,则行列各加五个像素后重新扫描,直到检测到特征点为偶数个为止。这种算法可以减小定位的误差,也可以消除脉冲噪声对圆心定位的影响。如图 1 中图(c)所示,弦 $AB$ 的中点 $C_1$ 的横坐标为圆心横坐标,弦 $CD$ 的中点 $C_2$ 的纵坐标为圆心纵坐标,即组成圆心的坐标。

## 2 三圆周法瓶口缺陷检测

当光源发出的光线照射在药用玻璃瓶的瓶口上,没有缺陷的瓶口能均匀地反射入射光,成像是均匀的圆环。如果瓶口有破损或凹凸,将不能均匀反射入射光,造成入射光的散射,在圆环中形成亮度不均的断裂或斑痕<sup>[5]</sup>。

### 2.1 常见的瓶口缺陷算法

常见的瓶口缺陷检测算法有:等分圆法、模板法<sup>[6]</sup>。等分圆法的基本思想是如果一个没有缺陷的瓶口图像,从圆心出发被平均分割为 $N$ 份,那么每份像素点总数应该是近似相等的。如果有缺陷被分在其中的某几份中,与没有缺陷的区域相比像素点总数将存在明显的差异。当这个差值超过设定的阈值就可判为有缺陷。图 2 中图(a)为带缺口的瓶口原始图像,图(b)为瓶口边缘图,图(c)为等分圆法检测图。

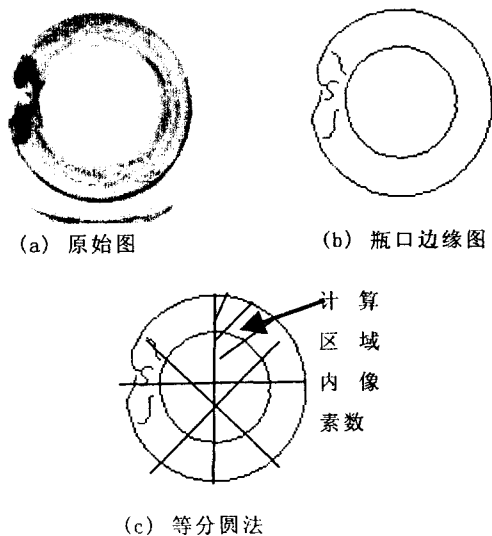
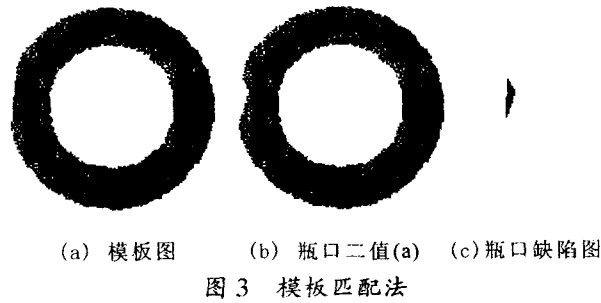


图 2 等分圆法

模板匹配法:根据已知合格瓶口内径和外径的大小,制作简单的模板。将标准瓶口模板图像圆心与被检测图像的圆心位置重合,做两图相减运算,求出图像中不为零的像素点总和,计算公式如式(5),其中 $f(x_i, y_j)$ 为测试图像, $f_1(x_i, y_j)$ 为模板图像, $m, n$ 分别为图像的行列尺寸,thresh 为不为零的像素点总和,

最后判断  $\text{thresh}$  是否大于阈值,如果是,则认为存在缺陷,如图 3 所示,图(a)为模板图,图(b)为瓶口二值化图,图(c)为图(a)和图(b)的差图,计算图(c)的像素和并与阈值相比较,大于阈值,则说明存在缺陷。

$$\text{thresh} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |f(x_i, y_j) - f_1(x_i, y_j)| \quad (5)$$



2.2 三圆周法

由于药品的质量与人的生命息息相关,且工业生产流水线上玻璃瓶生产速度可以达到 25~30 瓶/秒,因此玻璃瓶的质量检测对速度和质量要求非常严格。通过对大量的药用玻璃瓶的裂纹和缺口图像的分析,缺陷的长度不大于 1/4 圆环间距,因此采用三圆周法(如图 4 所示)能容易地检测出来缺陷,漏检情况概率很小。三圆周法就是在瓶口圆环处等距离地画三个同心圆,在生成圆的路径中检测是否有像素点的存在<sup>[7,8]</sup>。已知标准瓶口外径为  $R$ ,内径为  $r$ ,求同心圆的半径分别为  $r_1, r_2, r_3$ 。设圆环四等分的每段长为  $x$ ,则有:

$$\begin{aligned} R - r &= 4x \\ r_1 &= r + x = (R + 3r)/4 \\ r_2 &= r + 2x = (R + r)/2 \\ r_3 &= r + 3x = (3R + r)/4 \end{aligned} \quad (6)$$

三圆周法具体算法如下:

- (1) 被检测图像预处理,边缘提取,定位圆心位置;
- (2) 以圆环的圆心为圆心,半径  $r_1, r_2, r_3$  分别生成三个同心圆。
- (3) 检测三个同心圆的生成路径中是否含有像素点,记录像素点的坐标。

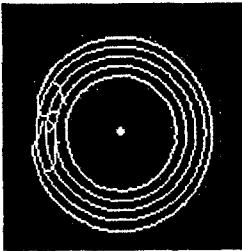


图 4 三圆周法

(4)对每一个像素点进行  $3 \times 3$  邻域的扫描,检测有多少像素点,如果区域内有 2 个以上的像素点,判断此瓶口存在缺陷。

3 实验及结果分析

3.1 圆心定位算法的分析

文中对圆心定位算法的耗时和精确度进行了研究。实验中,采用尺寸为  $132 \times 132$  的标准圆图像,分别用边缘扫描法、Hough 变换法、三点法、四点垂直弦截法定位圆心。根据多次实验结果,各算法的耗时和误差率如表 1 所示。在边缘扫描法中,其误差主要来源于噪声的干扰以及瓶口缺陷的形状;Hough 变换法的精度很高,但是此算法非常耗时,它的运行时间是边缘扫描法的 100 倍;三点法算法简单,但是其误差较高,且由于选取的点不同,误差波动很大,算法的稳定性不高;文中提出的四点垂直弦截法计算简单,容易实现,耗时不到 0.1ms,且定位精度较高。

表 1 圆心定位算法耗时和误差

算法	耗时(单位:ms)	误差
边缘扫描法	16	5.42%
Hough 变换法	1672	0.88%
三点法	<0.1	10.23%
四点垂直弦截法	<0.1	1.36%

3.2 瓶口缺陷检测算法的分析

常用的瓶口缺陷检测算法中等分圆法原理简单,便于实现,但如果缺陷正好位于等分线的交线上时,在对瓶口图像进行等分的时候也会将缺陷进行等分,这时等分圆法将无法检测出缺陷的存在;模板法模板制作简单准确,不受原缺陷瓶口的限制,算法简单容易实现,运行速度快,缺点在于瓶口圆环的宽度由于生产工艺的影响并不是完全相同的,丝毫的差距就会对缺陷检测精度产生巨大的影响,同时此算法要对图像二值化处理,使得此算法对裂纹的检测误差很高,另外它对门限阈值的设定要求很高,导致测量的精度不高。

三圆周法算法简单,易于实现,能检测到较小的裂纹,且检测系统达到非常高的检测速度。实验中对 40 个药用玻璃瓶瓶口进行检测,检测系统只将 1 个坏瓶误判为好瓶,误检率为 2.5%。实验证明三圆周法对于瓶口缺陷的检测速度快、准确率高。

4 结束语

对常用的圆心定位算法和瓶口缺陷检测算法做了介绍,提出了四点垂直弦截法来定位圆心后,采用三圆周法来检测瓶口缺陷,同时分析了圆心定位算法和瓶

(下转第 249 页)

```

return new InitialContext(pro);
查询 QueueConnectionFactory 和 Queue, 并建立 QueueConnection
和 QueueSession
QueueConnectionFactory
queConFactory = ( QueueConnectionFactory ) jndiContext. lookup
("sendJMSFactory"); //与 JMS 服务器中建立的工厂名称一致;
Queue queue = ( Queue ) jndiContext. lookup("sendJMSQueue"); //
与 JMS 服务器中建立的队列名称一致;
QueueConnection queueConnection = queConFactory. createQueue-
Connection();
QueueSession
queueSession = queueConnection. createQueueSession( false, Session.
AUTO_ACKNOWLEDGE); //创建会话时选择自动认证模式;
QueueSender queueSender = queueSession. createSender(queue);
启动连接并发送
queueConnection.start();
String myXML = readXMLFile("Accessory.xml"); //把 XML 文件
转换为字符串格式;
TextMessage message = null;
message.setText(myXML);
queueSender.send(message);
.....

```

### 3.6 创建接收消息客户端

```

.....
queueReceiver = QueueSession.createReceiver(queue);
.....
Message = queueReceiver.receive();

```

收到消息,使用 XSLT 转换后存入数据库并更新数据库。

## 4 结束语

文中提出了基于 JMS 和 XML 相结合的方法,利用 XML 语言的易传输性,将其作为信息传递的载体;利用 JMS 的跨平台性及其可异步传输的特点构建系统间消息传输的通道,成功解决了 ERP 系统和 MES 系统间异构数据库不能进行信息交换和数据共享的问题,

消除了存在于企业间的信息孤岛<sup>[14]</sup>,大大提高了企业的自动化和信息化程度。

### 参考文献:

- [1] 包林玉. 基于 JMS 和 XML 的异构数据集成技术的设计与实现[J]. 电脑知识与技术, 2008, 13(2): 684-686.
- [2] 朱方娥. 基于 JMS 的消息队列中间件的研究与实现[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(5): 172-175.
- [3] 高明. 面向服务架构下的企业信息集成[J]. 长春工业大学学报: 自然科学版, 2007(4): 30-34.
- [4] 王杰勋. 利用 JMS、XML 技术实现异构数据库的数据同步[J]. 机械制造与自动化, 2007, 36(1): 71-73.
- [5] 刘迪成. 基于 XML 的钢铁企业综合生产管理系统设计与应用[J]. 计算机与应用化学, 2008, 25(7): 56-60.
- [6] 李江, 张威. InstantXML/XSL/Java 实例解除析 XML/XSL/Java 网络编程[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2007.
- [7] Jasnowski M. Java, XML, and Web Services Bible[M]. America: John Wiley & Sons, 2002.
- [8] Collins, Robert S. XML schema mappings for heterogeneous database access[J]. Information and Software Technology, 2002, 44: 251-257.
- [9] Juric M B. Professional J2EE EAI[M]. America: Wrox, 2002.
- [10] Aleksy M. Design and Implementation of a Bridge Between CORBA's Notification Service and the Java Message Service [C] // Hawaii: Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences. [s.l.]: [s.n.], 2003.
- [11] 赵强. J2EE 应用开发(WebLogic+JBuilder)[M]. 第2版. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [12] Artiges M. BEA WebLogic Server 8.1[M]. America: Sams, 2005.
- [13] 李绪成. Java EE 5 实用教程——基于 WebLogic 和 Eclipse [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [14] McAllen R. Business Application: Manufacture-ERP Implementation and Operation[J]. Info World Media, 2003, 11(3): 134-138.

(上接第 245 页)

口缺陷检测算法的优缺点,实验证明,基于四点垂直弦截法定位的三圆周法瓶口缺陷检测算法达到快速准确的工业检测要求,具有广阔的市场应用前景。

### 参考文献:

- [1] Canny J. A computational approach edge detection[J]. IEEE Trans PAMI, 1986, 8: 679-698.
- [2] 陈元琰, 姜颖军, 王强. 玻璃瓶口裂纹检测的简易判断法[J]. 广西师范大学学报: 自然科学版, 2001(19): 19-21.
- [3] 丁挺, 丁晓丹, 范洪达. 一种快速的玻璃瓶口裂纹检测算

法[J]. 计算机测量与控制, 2007, 15(3): 323-325.

- [4] 赵桂霞, 黄山. 一种基于随机 Hough 变换圆检测的改进算法[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(4): 77-79.
- [5] 蒋锦涛. 平板玻璃缺陷检测系统的研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2007.
- [6] 李艳红. 管制瓶综合参数图像检测系统的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007.
- [7] Davis L S. A Survey of Edge Detection Techniques[J]. Computer Graphics Image Processing, 1975, 4(3): 248-257.
- [8] Rogers D F. 计算机图形学的算法基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.