

# 塑料铆接缝隙图像检测系统的研究

任子真,王保辉

(沈阳化工大学 计算机科学与技术学院,辽宁 沈阳 110142)

**摘要:** 为了检测汽车一些需铆接的零部件在生产中的合格情况,提出了一种基于图像检测技术的高精度铆接缝隙的测量方法。通过 CCD 工业相机采集图像,利用图像处理算法对图像进行预处理,对图像缝隙特征进行提取和参数计算。将该方法用于实际塑料铆接的图像检测中,获得了较好的检测效果。实验结果表明,该方法能够有效提高检测精度,具有一定的实用价值。

**关键词:** 塑料铆接;精确测量;图像检测

中图分类号: TP399

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)03-0032-03

## Research of plastic riveting slit image detection system

Ren Zizhen, Wang Baohui

(College of Computer Science and Technology, Shenyang University of Chemical Technology, Shenyang 110142, China)

**Abstract:** In order to detect the qualified situation in production of some riveted components of car, a measurement method of riveting gap with high precision based on image detection technology is proposed in this paper. It uses the CCD industrial camera to collect the image, uses the image processing algorithm to preprocess the image, the image gap features is extracted and the parameter is computed. This method is applied in the image detection of actual plastic riveting, which get better detection effect. The experimental results show that this method effectively improves the detection accuracy, and has a certain practical value.

**Key words:** plastic riveting; accurate measurement; image detection

近些年,在塑料铆接的实际生产过程中,利用图像处理对铆接的合格程度进行判断得到了广泛关注。随着计算机视觉技术的发展,视觉传感器技术也应用到了铆接缝隙的检测过程中。利用视觉传感器技术来获得铆接结果的特征信息,获取的结果具有信息量大、不需与被检测物接触、精度高和灵敏度高等特点,可适用于各种塑料铆接的检测场合,具有发展前途。

视觉传感器由于可以远离被检测物体,采集信息量丰富,得到广泛应用。采用 CCD 光学器件组成塑料铆缝的图像信息采集传感系统,然后将获取的铆缝图形信息进行图像处理和缝隙宽度的计算,获得塑料铆接中铆接缝隙的宽度。根据这个结果控制执行机构,判断此被检测产品是否已经铆接或者是否铆接合格,提高产品铆合格率。

### 1 塑料铆接缝隙图像检测系统结构

塑料铆接缝隙图像检测系统主要由视觉传感、图像处理和缝隙宽度的计算 3 部分组成。在塑料铆接缝隙的图像检测过程中,首先由视觉传感器获取塑料铆接缝隙

的图像信息,并将信息传输到 PC;然后 PC 对所获取的图像信息进行处理,减少图像中的噪声污染,并加强塑料铆接缝隙图像的特征信息;再通过所设计的算法来提取铆接缝隙的特征点,获取铆接缝隙的宽度。计算机把此宽度与系统中所存的标准宽度范围进行对比,如果在未铆的范围,则说明此被测物没有进行铆接;如果在不合格的范围,则说明此被测物铆接不合格,从而实现系统实时检测的目的。系统结构的功能框图如图 1 所示。塑料铆接缝隙图像检测系统主要是在 VS2010 开发平台

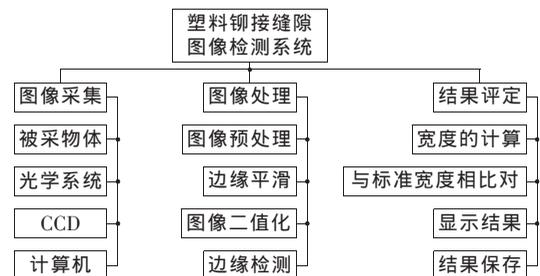


图 1 系统的功能框图

上进行的,开发界面如图 2 所示。

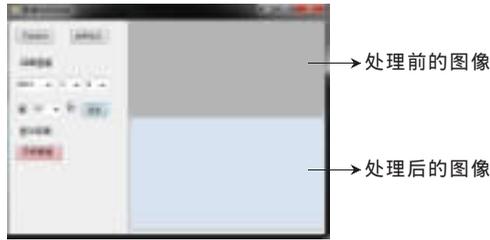


图 2 VS2010 开发界面

## 2 图像处理过程

图像处理是塑料铆接缝隙图像检测系统的核心部分,包括对塑料铆接缝隙图像的预处理和图像的检测技术等,最终获取缝隙图像的边缘特征。首先对 CCD 所采集到的铆接缝隙图像进行灰度变换,本文中使用的灰度变换算法的表达式为:

$$g(x, y) = \begin{cases} \frac{255}{b-a}[f(x, y) - a] & a \leq f(x, y) < b \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

式(1)表示将原图中灰度值分布在 $[a, b]$ 范围内的像素值映射到 $[0, 255]$ 范围内,使该范围内的景物因对比度展宽而更加清晰便于观察。

为了削弱或消除灰度图像中的无关噪声信息,增强图像的整体对比度,强调边界特征,需要对其进行滤波平滑处理。图像滤波处理方法有均值滤波法和中值滤波法。均值滤波是一种线性的空间滤波器,其响应是包含在滤波模板中像素的简单平均值。其概念十分直观,就是用滤波模板确定的邻域内像素的平均灰度去代替图像中每个像素点的值,减少了图像灰度的“尖锐”变化,从而达到滤掉一定噪声的目的。均值滤波法的表达式为:

$$g(x, y) = \sum_{(m, n) \in S} f(m, n) \quad (2)$$

其中, $x, y=0, 1, 2, \dots, N-1$ ;  $S$  为 $(x, y)$ 点邻域中点的坐标集合,但其中不包括 $(x, y)$ 点; $M$  为集合内坐标点的总数。均值滤波法的优点是算法简单,计算速度相对较快,但是这些优点是以一定程度上造成图像模糊为代价的。

中值滤波是一种非线性的空间滤波,其原理是首先确定一个奇数像素的窗口 $W$ ,窗口内像素按灰度大小排队后,用其中间位置的灰度值代替原 $f(x, y)$ 灰度值窗口中心的灰度值 $g(x, y)$ 。表达式为:

$$g(x, y) = \text{Med}\{f(x-k, y-l), (k, l \in W)\} \quad (3)$$

其中, $W$  为选定窗口的大小, $f(x-k, y-l)$  为窗口 $W$  的像素灰度值。

将均值滤波和中值滤波放在此设计中进行比较,铆接缝隙滤波前后比较如图 3 所示。

从图 3 可以看出,中值滤波克服了均值滤波所带来的图像模糊,更好地去除了孤立点、线的噪声以及二值噪声的同时很好地保留了图像的边缘。图像二值化在图像处理中同样起着重要的作用,因为对于图像来说,过



图 3 两种滤波算法的比较

多的灰度值信息将会影响图像检测和识别的速度。为了减少灰度冗余信息,需要将不同灰度级的目标图像与背景图像进行分离,即进行图像二值化。本文所采用的图像二值化方法是迭代阈值法,其算法如下:

$$Z_{i+1} = \frac{1}{2} \left[ \frac{\sum_{m=0}^n h_m \cdot m}{\sum_{m=0}^n h_m} + \frac{\sum_{m=Z_i+1}^{L-1} h_m \cdot m}{\sum_{m=Z_i+1}^{L-1} h_m} \right] \quad (4)$$

其中, $h_m$  是灰度为 $m$ 时的像素个数,共有 $L$ 个灰度级,当 $Z_{i+1}=Z_i$ 时结束迭代。

在经历上述处理步骤后,对处理后的图像进行铆接缝隙边缘识别。铆接缝隙的识别是本图像处理的根本目的,而本文中的铆接缝隙的边缘是一个圆环弧,因此使用 Hough 变换。Hough 变换对圆的检测有着其特有的优点,Hough 变换是利用图像全局特性而将边缘像素连接起来组成区域封闭边界的一种方法。对于圆来说,半径为 $r$ ,圆心坐标为 $(a, b)$ 的圆在参数空间中表示为:

$$(x_i - a)^2 + (y_i - b)^2 = r^2 \quad (5)$$

此时,点 $x=(x_i, y_i)^T$ , $a=[a, b, r]^T$ ,其参数空间为三维。显然,在参数空间中,式(5)表示的是一个三维锥面,它的物理意义是,图像空间中的圆对应着参数空间中的一个点,而图像空间中的一个点 $(x, y)$ 对应着参数空间中的一个三维直立圆锥,该点约束了通过该点一族圆的参数 $(a, b, r)$ ,如图 4 所示。对于图像空间中的一个圆,它的半径是固定不变的,圆周上的各个点组成的集合在参数空间中就表现为 $r$ 相等而 $a, b$ 不等的各个圆锥的集合,如图 5 所示。

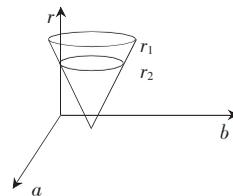


图 4 图像空间中的点对应参数空间中的直立圆锥

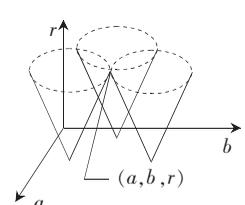


图 5 圆上的点在参数空间的坐标

显然,图像空间中圆上的点映射到参数空间中一族圆锥的交点正好对应于圆的圆心坐标和圆的半径。对参数空间适当量化,得到一个三维的累加器阵列,阵列中的每一个立方小格对应 $(a, b, r)$ 的参数离散值。对图像空间所存在的圆边界形状检测时,先计算图像每点强度的梯度信息,然后根据适当阈值求出边缘,再计算与边缘上的每一点像素距离为 $r$ 的所有点 $(a, b)$ ,同时将

对应  $(a, b, r)$  立方小格的累加器加。改变  $r$  值(可以根据先验知识确定其变化范围,减少计算量)再重复上述过程,当对全部边缘点变换完成后,对三维阵列的所有累加器的值进行检验,其峰值小格的坐标就对应着图像空间中圆的圆心。数字图像式可写为:

$$|(x_i - a)^2 + (y_i - b)^2 - r^2| \leq \varepsilon \quad (6)$$

其中,  $\varepsilon$  是对图像进行数字化和量化的补偿。利用上述图像处理技术处理的结果如图 6、图 7 所示。



图 6 图像二值化



图 7 Hough 提取缝隙边缘

### 3 缝隙宽度的计算并与标准值比对

根据以上图像处理算法,由设计出的图像处理程序找出铆接缝隙每一点的边缘坐标,设  $(i, j)$  为图像上缝隙外边缘其中一点的坐标,然后分别计算该点和缝隙内边缘各点  $(m, n)$  之间的距离,再取它们中间的最小值即为该点缝隙的宽度。设该点缝隙的宽度为:

$$d_i = \sqrt{(i-m)^2 + (j-n)^2} \quad (7)$$

则该点缝隙的实际宽度为  $D = R \cdot d_i$ , 其中  $R$  为宽度系数,在这里  $R=3$ 。为了消除测量结果具有的偶然性,对每一幅图像都取 3 次缝隙宽度值,然后再对这 3 组缝隙宽度值进行平均运算得到平均值  $\bar{D}$ ,再把  $\bar{D}$  与标准值进行对比,若  $\bar{D}$  在标准值的阈值范围内,则说明此被测物合格,否则为不合格产品。测量结果如表 1 所示。

表 1 测量结果与阈值比对

测量值/mm			平均值 $\bar{D}$ /mm	标准值/mm
$D_1$	$D_2$	$D_3$		
1.33	1.35	1.29	1.32	$\geq 1.10$

表 1 所示 1.10 为没有铆接的阈值, 即当  $\bar{D} \geq 1.10$  时,此产品没有铆接。对于铆接不合格的也是如此判断, 即当  $\bar{D} \geq 0.31$  时为铆接不合格。

图像处理技术是随着计算机的发展而新兴的一门学科,图像处理技术至今仍处在发展阶段。现在已经提出的铆接缝隙图像处理方法大都是针对具体问题提出的,因此对一幅铆接缝隙图像没有通用的处理方法。本文运用了图像处理技术对铆接缝隙图像进行处理,识别出缝隙的内外边缘,再通过缝隙的宽度算法求出了缝隙的宽度,并与标准宽度阈值进行比较得到具体的铆接结果,最终得到比较理想的效果。

#### 参考文献

- [1] 杨帆. 数字图像处理与分析[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [2] 郭文强, 侯勇. 数字图像处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2009.
- [3] 李鹏辉, 赵文光, 朱宏平, 等. 基于数字图像处理技术的多点动态位移监测[J]. 华中科技大学学报, 2011, 39(2): 80-84.
- [4] 王伟, 何小元, 杨福俊, 等. 基于数字光测的表面裂缝宽度图像分析法[J]. 测控技术, 2006, 25(7): 23-25.
- [5] 耿鑫, 肖瑾, 胡晓光. 基于物理模型的彩色图像边缘检测与分类[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(8): 1782-1787.
- [6] 张道德, 胡新宇, 杨光友. 一种改进的随机 Hough 变换圆形检测算法[J]. 电子器件, 2009, 32(3): 721-724.

(收稿日期: 2012-12-03)

#### 作者简介:

任子真, 男, 1963 年生, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 嵌入式系统。

王保辉, 男, 1984 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 图像处理。