

文章编号:1001-9081(2009)03-0792-03

## 管接头上密封圈数量在线视觉检测方法

周律,蔡锦达,刘平,钱炜

(上海理工大学 机械工程学院, 上海 200093)

(zhoulv.sh@gmail.com)

**摘要:**针对在镀铬管接头密封圈数量的视觉检测应用中,图像中的工件方位不固定,易出现阴影和热区等问题,采用阈值分割、细化、尺寸滤波的基本图像处理步骤,并通过采取 P-tile 方法确定图像分割的阈值,在细化后的图像中打断有分支的线条和曲率较大的线条,及在尺寸滤波后的图像中根据几何特征进行断开线条的连接等技术措施保证了图像处理结果的稳定性。实际图像的处理结果表明,该图像处理算法能够快速准确地检测出工件上的密封圈数量,满足应用的要求。

**关键词:**视觉检测;密封圈数量;阴影和热区;线条连接;图像处理算法

中图分类号: TP391.41 文献标志码:A

## Online visual inspection method for O-ring number on the pipe connectors

ZHOU Lü, CAI Jin-da, LIU Ping, QIAN Wei

(School of Mechanical Engineering, Shanghai University for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** In the visual inspection application for the O-ring number on the chrome-plated pipe connectors, the orientations of the pipe connectors are unfixed, and there are often shadows and hotspots in the image. To prove the stability of the image processing results, the basic image processing procedures of thresholding, thinning and size filtering were adopted. Moreover, the threshold value was calculated by using P-tile method, the lines with branches or with large curvatures in the thinned image were broken by using neighborhood operation, and the broken lines in the size-filtered image were linked based on the geometric information of these lines. The processing tests on real images show that the accurate number of O-rings can be fast acquired with the image processing algorithms presented in this paper.

**Key words:** visual inspection; number of O-rings; shadows and hotspots; lines linking; image processing algorithm

近年来,视觉在线检测技术在工业中获得了越来越广泛的应用,例如用于零件的尺寸检测和缺陷检测、水果的分级、玻璃瓶缺陷的检测、溶液质量的检测等<sup>[1-5]</sup>。视觉在线检测系统对检测的速度、精度和稳定性等指标有较高的要求。除了依靠硬件(如选用高性能的摄像机、镜头和光源等)来保证这些指标以外,作为软件的图像处理算法对于保证这些指标也起着重要的作用,好的图像处理算法有时可以以较低的硬件成本完成同样的功能。

某企业生产的管接头零件全部出口欧洲和美国,为了方便客户使用,在出厂前需要预装上规定数量的密封圈。密封圈装配的质量问题主要表现为一些零件上密封圈的漏装,为此需要安排专人负责检测,费时费力,不但效率低且检测效果易于受人的责任心和疲劳程度等因素的影响。采用机器视觉在线检测技术可以解决这一问题。应该企业的要求,我们进行了密封圈数量视觉检测方法的研究,本文在介绍检测系统组成后,详细论述了该系统中的图像处理算法。

### 1 系统组成及管接头零件的图像特点

如图 1 所示,管接头上的密封圈数量视觉检测系统以一台工业计算机为控制中心,由机器视觉部分、工件同步部分、机械分拣部分和相应的控制软件等部分组成。其中机器视觉部分由镜头、CCD 摄像机、图像采集卡和光源组成。工件同

步部分由漫反射式光电开关和数字 I/O 卡组成。机械分拣部分由数字 I/O 卡、电磁气阀、气缸、传送带和不合格件料槽组成。系统中使用的 CCD 摄像机为日本 WATEC 公司的 WAT-535EX, 镜头为日本精工的 SE0484, 图像采集卡为中国大恒的 DH-CC400。

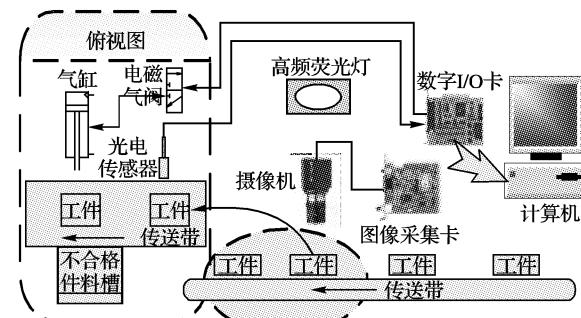


图 1 管接头上的密封圈数量视觉检测系统

安装好密封圈的管接头工件以一定的间隔放置在传送带上传送,当一个工件完全进入摄像机视场后,由光电传感器产生开关信号,通过 I/O 卡传送到计算机。当控制软件检测到该信号后,通过图像采集卡把一幅图像采集到内存中,并通过图像处理检测出该工件上的密封圈数量,如果小于规定安装的数量则判断该件不合格,经过某一延时后,控制电磁气阀和

收稿日期:2008-09-23;修回日期:2008-11-06。

基金项目:上海高校选拔培养优秀青年教师科研专项基金资助项目(slg-07021);上海市教委重点学科建设资助项目(J50503)。

作者简介:周律(1976-),男,辽宁兴城人,讲师,博士,主要研究方向:视觉在线检测、机械自动化设备; 蔡锦达(1963-),男,上海崇明人,副教授,主要研究方向:机械自动化设备; 刘平(1962-),男,湖北武汉人,教授,博士生导师,博士,主要研究方向:高强度高导电铜合金; 钱炜(1964-),男,上海崇明人,副教授,主要研究方向:机械设计、机构学、CAD。

气缸把该件推入不合格件料槽。控制软件处理完一幅工件图像后,扫描检测下一工件是否到来,重复上述过程。

待检测的各种管接头工件的实物照片如图2所示。可见虽然密封圈和管接头零件之间有较大的对比度,但是由于以下原因使得该系统的图像处理具有一定的难度:

1)由于工件的三维形状,在镜头的轴向上深度变化较大且检测时工件的方位不固定,在图像中容易形成阴影。

2)由于零件表面镀铬且在密封圈附近的机加工面具有较高的光洁度,零件表面容易出现镜面反射,容易在图像中形成一些热区(高亮度区域)。



图2 各种管接头工件的实物照片

为了获取质量较好的图像,本系统中采用了带有漫反射灯罩的较大尺寸的环型荧光灯作为光源,但还是难以克服这些问题,尤其是图像中出现热区的问题。为此,本文开发了一套抗干扰的图像处理算法,取得了良好的效果。由于在实际检测时工件方位不固定,且漏装密封圈的种类和位置不确定,所以本应用不适合使用模板匹配方法进行检测。利用密封圈和管接头零件之间有较大对比度的特点,本文采用了阈值分割、细化、尺寸滤波的基本图像处理步骤,通过采取P-tile方法确定阈值,打断有分支的线条和曲率较大的线条及根据几何特征进行断开线条的连接等技术措施保证图像处理结果的稳定性。

## 2 图像处理算法及实例

### 2.1 P-tile法阈值分割

P-tile法根据图像中目标物体或背景的像素比例等于其先验概率的原理来设定阈值,具有简单高效的特点,适用于目标物体或背景的先验概率已知的应用。对本应用中的每种工件来说,虽然当工件上的密封圈漏装后,密封圈在图像中所占的面积有所减小,使用P-tile法进行阈值分割,会把图像中的一些非密封圈区域分割出来,但可以应用后续的处理算法对这些区域进行排除。使用P-tile法可以使分割出的图像区域的大小保持稳定,从而在很大程度上克服光照强度变化及光照不均的影响。

在本应用中,图像的大小是固定的,使用P-tile法进行阈值分割的具体算法为:

1)计算灰度直方图:在所处理区域内统计每个灰度值上的像素个数 $N_i$ ,其中下标*i*为灰度值,范围为0至255。

2)由下式确定阈值 $k$ ,其中 $N_{\text{set}}$ 为一设定值,表示当密封圈全部安装后,在图像中对应的像素个数。

$$\min_k \left( \sum_{i=0}^k N_i \geq N_{\text{set}} \right)$$

3)根据阈值 $k$ 进行二值化,把原图像中灰度值小于 $k$ 的像素点作为密封圈,灰度值设为0;把原图像中灰度值大于等于 $k$ 的像素点作为背景,灰度值设置为255。

视觉检测系统获取的一幅管接头工件图像如图3所示,

图像的大小为380×286像素。经过阈值分割后的图像如图4所示,为了便于观察,本文把处理后的图像反色后叠加在原图像中显示。

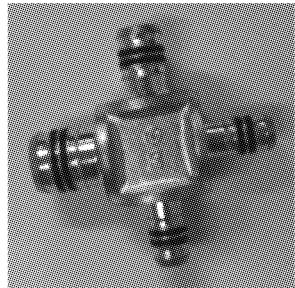


图3 一幅装有密封圈的管接头工件图像

### 2.2 细化

细化是将二值的图像区域处理为单像素的中心线,从而图形化地显示其拓扑结构的图像处理方法。在本应用中,使用细化的目的是减少图像中的冗余信息量,以便对图像中的信息进一步的处理。本文采用了文献[6]中的细化算法,对图3进行细化处理后的图像如图5所示。

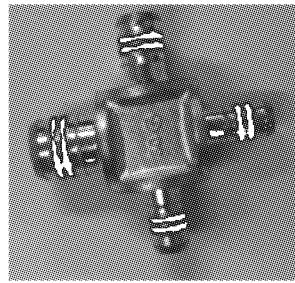


图4 阈值分割后的图像

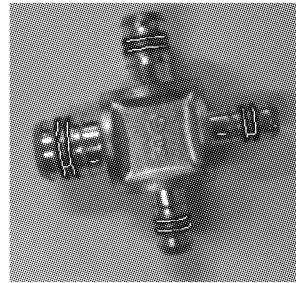


图5 细化后的图像

### 2.3 打断支线条及曲率较大的线

受阴影等噪声的影响,在细化后的图像中,有些邻近的表示密封圈的线条可能会相互连接在一起,从而引起对密封圈的错误计数。当密封圈漏装数量较多时,阈值分割会把图像中较多的非密封圈区域分割出来,这种问题会更加严重一些,因此必须进行处理。

表示密封圈的线条相互连接有时出现在线条的中部,有时出现在线条的端部。对于出现在线条中部的连接可以按带有分支的线的情况进行打断,而出现在线条端部的连接可以按曲率较大的线的情况进行打断。

带有分支的线条通常在分叉点处具有3条分支,而在分叉点的一定邻域内,由这3条分支所在的直线组成的3个夹角中,近似在一条直线上的两条分支对应的夹角最小,从而可以判断出另一分支为支线条。利用这一原理,本文利用7×7的邻域运算完成了支线条的打断。而对于曲率较大的线可以依据在线上一点两侧的两个分支的夹角的大小进行判断是否需要打断,同样可以利用的7×7邻域运算来完成。

图6为图5进行线条打断后的图像,可见噪声线条与有用线条之间的连通性被可靠地打断,这些被打断的小线条可以用下一步的尺寸滤波操作滤除。

### 2.4 尺寸滤波

通常图像中连通长度较小的物体是噪声物体,所谓尺寸滤波就是在图像中滤除这些较小的物体,保留我们感兴趣的较大的物体。为了测定每个物体的连通长度,首先需要进行标号操作,即在图像中找出所有的连通成分,并给每个连通成分内的所有像素分配一个唯一的标号。

在本应用中,经过打断线条操作后,使用尺寸滤波滤除图

像中的小线条,以减少下一步连接操作中所需要处理的线条数量,并为其提供能够区分各线条的标号图像。标号操作有两种可供选择的连通性准则,即4连通准则和8连通准则。本文使用8连通准则进行标号,其算法参照了文献[7]中的4连通标号算法。对图5进行尺寸滤波的图像如图7所示,滤波的阈值为10个像素。

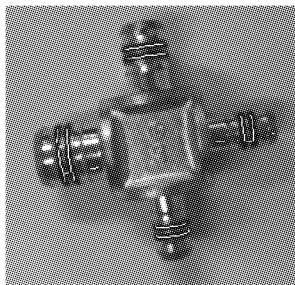


图6 打断线条操作后的图像

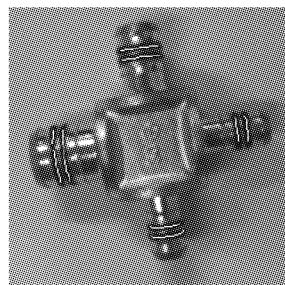


图7 尺寸滤波后的图像

## 2.5 断开线条的连接

由局部镜面反射在图像中形成的热区,可能使表示密封圈的线条断开,从而可能会造成错误的密封圈计数。由于线条断开部分的长度较大,不适合使用基于邻域的边缘连接方法进行连接。本文依据直线的斜率、两条线条端点间的距离等几何信息实现了断开线条的连接。具体的算法如下:

- 1) 在标号图像中,提取每条线上的像素坐标及尺寸。
- 2) 用最小二乘法进行直线拟合,计算每条线的斜率,并找出每条线的端点。
- 3) 把线条进行两两比较,以确定它们之间是否能够进行连接,连接的条件为:
  - a) 两条线均未被标记为已连接;
  - b) 两条线之间的夹角小于阈值  $T_{\alpha 1}$ ;
  - c) 两条线端点之间的最小距离小于阈值  $T_d$ ;
  - d) 两条线之间的连线与这两条线的夹角均小于阈值  $T_{\alpha 2}$ ;
  - e) 两条线之间的连线与由其中一条线上被连接的端点和另一条线上未被连接的端点确定的直线之间夹角的最大值小于  $T_{\alpha 3}$ 。

当以上条件全部满足时,将其中一条线的端点坐标及尺寸改变为连接后线条的端点坐标和尺寸,以便其能够继续和其他线条进行连接,并将另一条线标记为已连接,同时在尺寸滤波后的图像中画出两条线之间的连接线条,以便进行显示。

- 4) 在前一步的所有比较完成后,在未标记为已连接的线条中,把尺寸小于  $T_s$  的线条在尺寸滤波后的图像中进行删除(相当于二次进行尺寸滤波),并把其余的线条进行计数即得到工件上的密封圈个数。

由于管接头上的密封圈一般成对安装,在细化后的图像中表现为相邻较近的线条。因此,可能会出现一些误连接的情况,如图8所示。连接算法中的连接条件d可以排除图8中(a)和(b)两种误连接情况,连接条件e可以排除图8(c)所示的误连接情况。图9为对图7进行连接断开的线条处理后的图像,各参数的取值为:  $T_{\alpha 1}$  为  $30^\circ$ ,  $T_d$  为10个像素,  $T_{\alpha 2}$  为  $25^\circ$ ,  $T_{\alpha 3}$  为  $45^\circ$ 。 $T_s$  为最小密封圈长度一半所对应的像素个数。从图9中可以看出,表示密封圈的线条的断开部分被正确地连接起来,从而能够保证对密封圈的准确计数。

本文提出的这一整套图像处理算法能够有效排除各种干扰,保证图像处理结果的稳定性。使用同样的图像处理参数,

当图9中的工件漏装密封圈后的图像处理结果如图10所示。在检测其他种类的管接头工件时,只需要在程序界面上输入待检测工件上的密封圈直径、线径及数量,由程序计算出经过标定的  $N_{set}$  值,进而计算出用于对该种工件进行 P-tile 法阈值分割的阈值  $k$ ,即可方便地切换到该种工件的检测。

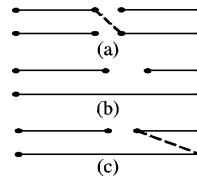


图8 各种可能误连接的情况

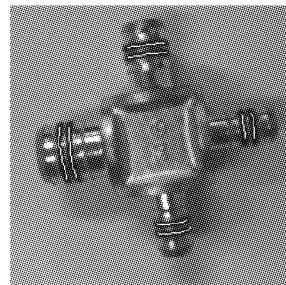


图9 进行连接操作后的图像

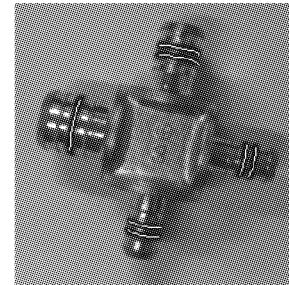


图10 漏装密封圈后图像处理结果

在生产线上的连续现场测试表明,该套算法能够可靠地检测出多种管接头工件上的密封圈数量,未发现漏检或误检的情况。试验中计算机的基本配置为: Intel 的 Pentium 4 (2.8 GHz) CPU, 大小为 1 GB 的 DDR (400 MHz) 内存, Windows XP 操作系统, 编程环境为 VC ++ 6.0。进行多幅图像的采集和处理试验,平均每幅图像的耗时小于 100 ms, 理论检测速度高达每小时 36000 件, 完全满足企业要求的每小时 5000 件的检测速度要求。

## 3 结语

本文针对在镀铬管接头工件的图像中工件方位不固定,且易出现阴影和热区等问题,提出了一套可靠的图像处理算法。在该套算法中,通过采用 P-tile 方法确定阈值以克服光照不均的影响;通过细化减少图像中的冗余信息;通过尺寸滤波滤除阴影产生的短线;通过打断支线条和曲率较大的线以打断邻近的表示密封圈的线条之间的连通性;最后通过连接操作完成由热区形成的断开线条的连接,同时获取正确的密封圈数量。实际的图像处理试验表明该套算法完全满足应用要求。

### 参考文献:

- [1] 张永宏,胡德金,徐俊杰. 基于视觉图像的机加工零部件亚像素边缘定位[J]. 机械工程学报, 2004, 40 (6): 179 - 182.
- [2] 孙政荣. 基于数字图像处理技术实现陶瓷片在线动态检测的方法研究[J]. 传感技术学报, 2005, 18(1): 70 - 73.
- [3] 赵杰文,盛伟,邹小波. 水果外观质量在线检测系统的软件实现[J]. 农业工程学报, 2006, 22(6): 115 - 118.
- [4] 倪征,苏光大,马惠敏,等. 玻璃瓶在线检测系统设计[J]. 计算机工程与应用, 2004, (3): 218 - 220.
- [5] 李杨果,王耀南,王威. 基于机器视觉的大输液智能灯检机研究[J]. 光电工程, 2006, 33(11): 69 - 75.
- [6] 杨淑莹. VC ++ 图像处理程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 北方交通大学出版社, 2003: 204 - 211.
- [7] JAIN R, KASTURI R, SCHUNCK B G. 机器视觉[M]. 英文版. 北京: 机械工业出版社, 2003: 76 - 86.