

基于 LabVIEW 的图像识别系统在 油泵焊接生产线中的应用

孙大为,吴毅雄,王广伟

(上海交通大学 材料科学与工程学院,上海 200030)

摘要:随着计算机等相关技术的发展,图像处理技术越来越多地应用于焊接工业生产质量监控中。利用基于 LabVIEW 技术的图像处理软件 IMAQVision,对被测工件图像进行图像增强、模版匹配、二值化处理、形态学处理等一系列图像处理及图像识别,从而设计出可以在线检测柴油机油泵锁紧垫片安装质量的目标图像识别系统。实验结果表明,设计的系统完成了预定目标,有较好的实际应用价值。

关键词:图像识别;锁紧垫片;目标图像;模版匹配

中图分类号: TG409;TG441.7

文献标识码: B

文章编号: 1001-2303(2006)08-0036-05

Application of image recognizing system based on LabView in oil-pump welding production line

SUN Da-wei, WU Yi-xiong, WANG Guang-wei

(School of Materials Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: With the development of computer technology, the image processing technology is increasingly applied in the welding industrial quality supervision. This paper introduces a target image recognition system which realizes the on-line detection for safety-washer installation in oil pump. This system is based on the image processing technology such as image enhancement, template matching, as well as morphological processing by using IMAQ image processing software. The result of the experiment proves that this system accomplishes the preset objects and obtains a good value for practical application.

Key words: image recognition; safety-plate; target image; template matching

0 前言

近年来,图像识别技术在焊接工业生产质量检测与控制过程中,有了越来越广泛的应用。这些基于图像辨识技术的生产工序监控系统 and 产品质量检测系统,大大提高了工厂的焊接自动化程度。针对图像辨识在焊接工业生产产品质量检测上的应用,美国国家仪器公司(NI)曾经作过相关的研究,在一个白色的背景中判断轴承是否放置和放置方向。对图像处理过程为:

(1)图像预处理。首先把采集到的图像进行预处理,其中包括降噪滤波处理,强化边缘,以减少背景对图像的干扰。

(2)边缘检测。对去除噪声后的图像进行边缘检

测,连接缺损的边缘,得到图像中共建的轮廓。

(3)圆环剖面分析。获取工件的圆环剖面,分析剖面特征,判断工件的位置方向。

该方法的研究思路具有一定的参考价值。但是仅适用于背景简单,目标图像形状较规则,且目标图像与背景反差较大,边界清晰的场合。在实际的工业生产中,往往存在着背景复杂,目标图像形状不规则,且目标图像颜色、质地与背景相似的情况。在这种情况下,上述的方法不能有效地实现目标图像的辨识和判断。针对该情况进行了研究,应用图像增强、模版匹配、二值化处理、形态学处理等一系列手段,实现了对相似背景中不规则目标图像的辨识。

1 目标图像辨识系统的设计

锁紧垫片(如图1所示)是安装在柴油机油泵上各种螺丝上,锁紧即阻止螺丝在油泵运转过程中发

收稿日期:2005-12-28

作者简介:孙大为(1981—),女,上海人,硕士,主要从事图像识别技术的工业应用和数字水印技术等研究工作。

生旋转和脱落现象的黑色的矩形铁片。如图 2 所示,该垫片的正确安装方法是将长方形部分向下翻折 90°,三角形部分向上翻折 90°。在工厂的实际生产中,锁紧垫片的安装绝大多数是由人工完成,锁紧垫片是否安装正确存在着一定的随机性。因此,开发一种与计算机图像识别检测技术相结合的图标图像辨识系统对于柴油机锁紧垫片的质量保证是非常具有现实意义的。

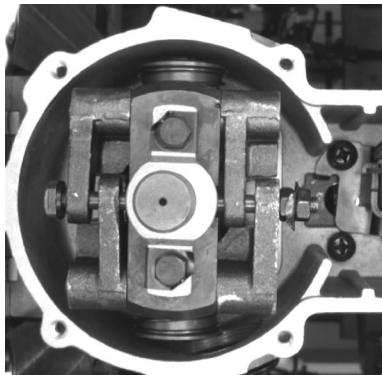


图 1 油泵局部

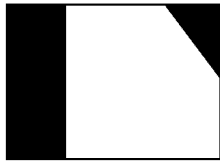


图 2 锁紧垫片的安装

1.1 系统整体设计

从物流线上流入的待辨识工件流入辨识工位后,自动停止,同时 CCD 摄像机对该工件自动拍摄图像。电脑通过图像采集卡读入图像后,进行目标图像辨识,判定工件零件是否误装,然后确定报警或自动流出的指令,如误装则物流自动锁止,直至人为解锁为止,确保误装产品不进入下一工序。

其中,摄像头采用 Watec 的 CCD 摄像头;选择美国国家仪器(NI)有限公司的基于 PCI 总线的 PCI-1409 黑白图像采集卡;在此采用 2 根上下平行的日光灯,因为锁紧垫片与下部基体都是黑色,其灰度值非常接近,光学反差小,易造成目标图像误辨识,采用平行光源可以在锁紧垫片的折边侧产生明显的折边反射光带,此光带可作为图像辨识特征。系统整

体设计如图 3 所示。

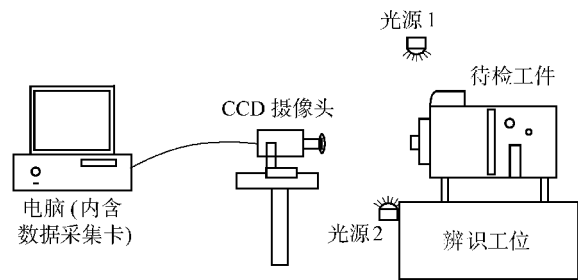


图 3 系统总体设计

2 图像识别技术的应用

数字图像处理技术是本目标辨识系统的核心内容,通过综合应用数字图像处理中的图像增强、模版匹配、形态学处理等技术,实现了油泵锁紧垫片安装质量的计算机自动辨识。目标图像辨识的主要步骤如图 4 所示。

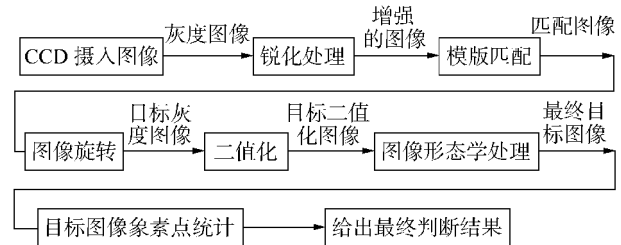


图 4 目标图像辨识的主要步骤

(1)摄像头采集的图像经过图像采集卡处理后,保存为位图文件(bmp 格式)。

(2)对原始图像进行锐化处理。

图像一经获取首先对其进行锐化处理,其主要目的是突出图像中的细节或者增强被模糊了的细节。在此采用基于二阶微分的图像增强拉普拉斯算子,通过图像的增强为下一步的模式匹配提供更多的细节和特征。

拉普拉斯算子是线性二次微分算子,具有旋转不变性,从而满足不同走向的图像边界的锐化要求。一个二元图像函数 $f(x,y)$ 的拉普拉斯变换定义为

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (1)$$

拉普拉斯算子之所以能够进行图像边界增强,可以通过以下过程来理解。假设图像的模糊或图像边界的平滑化是由于满足下列扩散方程的扩散过程所引起的,即:

$$\frac{\partial f}{\partial t} = k \nabla^2 f \quad (2)$$

经过一系列公式变换可得到

$$g(x,y)=f(x,y,\lambda)-k\lambda \nabla^2 f(x,y,\lambda), \quad (3)$$

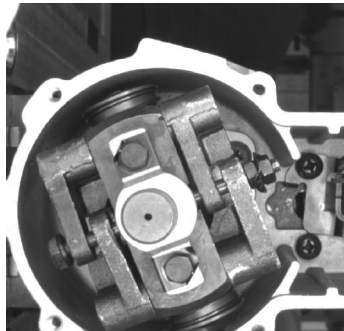
式中 $g(x,y)$ 为没有变模糊的图像。

式(3)说明从原始图像 $f(x,y)$ 减去它的拉普拉斯算子运算结果, 就可以得到没有模糊的图像 $g(x,y)$, 从而达到增强的目的。拉普拉斯算子可以以数字化的方式用如下所示的卷积核在计算机上得以实现。

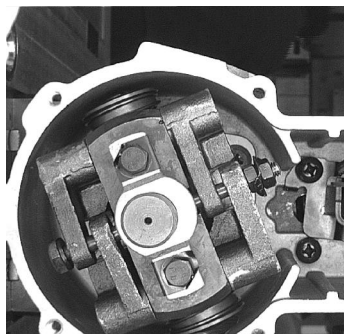
0	1	0
1	-4	1
0	1	0

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

在该目标图像辨识系统中, 通过比较处理后的效果, 选择采用卷积核为 5 的 3×3 的拉普拉斯模版。如图 5 所示, 可以直观地看出经过拉普拉斯增强后的图像比原始图像拥有更清晰的边界和图像细节, 即拉普拉斯算子对图像界限有明显的增强效果。



a 原始图像



b 拉普拉斯增强后的图像

图 5 油泵图像变换前后效果

(3) 将垫片图像制作成模版, 对经锐化后的工件图像进行模版匹配, 找出与模版匹配的图像。由于获取图像范围偏大, 而真正需要检测的工件面积只是其中一小部分, 因此需要把待辨识的目标图像(锁紧垫片图像)从较大的原始图像中提取出来。为此, 先将制作目标图像模版, 再根据此模版, 在拍摄的整个图像中运用模版匹配技术找出与之匹配的图像。传统的模版匹配技术包括规格化的交叉关联技术、

金字塔匹配、恒定比例匹配, 这三项技术是相互弥补的, 并都以交叉关联技术为基础。在此简单介绍该技术的原理。

交叉关联技术是指假设模板 T 叠放在搜索图 S 上平移, 模板覆盖下的那块搜索图称为子图 S^{ij} , ij 为这块子图的左上角像素点在 S 图中的坐标, 参考点 ij 的取值范围为 $1 \leq ij \leq n-m+1$ 。比较 T 与 S^{ij} 的内容, 若两者一致, 则 T 与 S^{ij} 的差别为零。所以可以用下列测度来测量 T 与 S^{ij} 的相似程度。

$$R(i,j)=\frac{\sum_{n=1}^m \sum_{n=1}^m S^{ij}(m,n)T(m,n)}{\sqrt{\sum_m \sum_n [S^{ij}(m,n)]^2} \sqrt{\sum_m \sum_n [T(m,n)]^2}} \quad (4)$$

容易证明 $R(i,j)$ 的取值范围是 $0 \leq R(i,j) \leq 1$, 并且当 $S^{ij}(m,n)$ 和 T 完全匹配时, $R(i,j)=1$, 也就是说, 在匹配点 $R(i,j)$ 达到最大值, 总共需要作 $(n-m-1) \times (n-m-1)$ 次运算。

在这里, 运用 IMAQVision 中的 PatternMatch 函数实现模版匹配。PatternMatch 函数中的一个重要参数是匹配相似度, 当在待检测图像全域内进行模版匹配时, 一旦发现与模版的相似度大于或等于该参数的图像区域时, PatternMatch 就会认为找到匹配图像, 并输出该图像, 然后继续在其他区域内寻找; 反之, 在全域内都没有找到相似度大于或等于该参数的图像区域, 则认为无匹配图像。所以若该参数设置的值太小, 则会出现误辨识; 若太大, 则无法找到匹配图像。经过大量试验, 最终采用的匹配相似度的参数为 500。图 6 为匹配模版, 图 7 为找出的与之相匹配的图像。



图 6 匹配模版

(4) 对匹配图像进行旋转, 得到需要辨识的目标图像。

由于手工安装垫片, 因此导致待检工件基体角

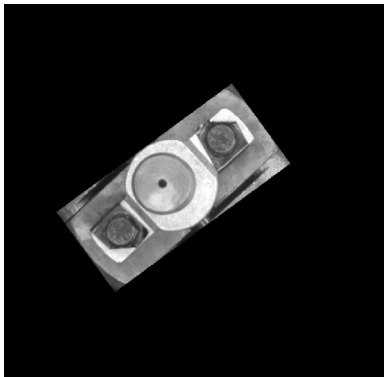


图 7 与模版匹配的图像

度不稳定,出现各种基体停留角度。所以 PatternMatch 函数所找到的匹配图像也与垂直方向有一定角度,如图 6 所示。必须将匹配图像旋转至 90° 的垂直方向,以便于日后检测使用。在上一步的图像匹配过程中,通过 PatternMatch 函数可以获得找出的匹配图像与模板相差的角度值,即待检工件基体和垂直方向的夹角。

在此运用 IMAQVision 中的 Rotation 函数来实现旋转。只要输入待旋转图像的 4 个顶点的坐标,以及图像中心线与垂直方向的夹角,即可对该图像实现固定角度的旋转。

(5)对目标图像进行二值化处理和膨胀、区域填充等形态学处理。

为了便于对目标图像的特征进行检测,需要将灰度图像进行二值化处理,对此根据大量试验,设定了阈值 180 进行二值化。二值化使得整个图像中在 $0\sim 180$ 灰度范围内的像素点的灰度值变为 0(纯黑),在 $181\sim 255$ 灰度范围内的像素点灰度值变为 255(纯白)。经过直接二值化处理的基体图像,表面有太多的孔洞和断裂破碎区域,如图 8a 所示。为了使图像清晰,明显地呈现出最终判别特征,采用膨胀算法和区域填充的具体操作。膨胀是形态学处理的基础。设 A 和 B 是 Z^2 中的集合, A 被 B 膨胀定义为:

$$A \oplus B = \{z | \hat{A}(B)_z \cap A \neq \emptyset\} \quad (5)$$

式(5)是以得到 B 的相对于它自身原点的映象并且由 z 对映象进行位移为基础的。 A 被 B 膨胀是所有位移 Z 的集合,这样, \hat{B} 和 A 至少有一个元素是重叠的。

区域填充算法是以集合的膨胀、求补和交集为基础。设 A 为一个包含子集的集合,其子集的元素均是区域的 8 连通边界点, B 为表示 1 的结构元素,则区域填充的过程可表示为:

$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c \quad (6)$$

这里如果 $X_k = X_{k-1}$,则算法在叠代的第 k 步结束, X_k 和 A 的并集包含被填充的集合和它的边界。如果对公式的左部不加限制,则上式的膨胀处理将填充整个区域。但在每一步中,用与 A^c 的交集将得到的结果限制在感兴趣区域内。分别运用 IMAQVision 中的 Dilation 和 Hole fill 函数来实现。具体的做法如下:首先,由于图像中间部分不含有任何判别需要的特征,所以对最终目标图像的中间部分用 Dilation 函数进行 2 次较强程度的膨胀,即让黑色区域被白色区域膨胀,从而使位于中间圆形部分全部变成白色。然后,对上下两个锁紧垫片图像区域,同样用 Dilation 函数进行 1 次较弱的白色膨胀处理,使得图像上的垫片向下折角一侧的反光带能变得清晰明显并且具有一定宽度。最后,再对这 2 个垫片区域用 Hole fill 函数进行区域填充处理,填补掉铁片部分黑色区域内的白色空洞。至此,如图 8b 所示,经过形态学处理的待检测目标图像中垫片轮廓清晰,待检反光带突出且其他区域无反光噪声和无关孔洞,可以进行基于灰度梯度的边缘检测和像素点统计。



图 8 形态学处理前后的目标图像

(6)对处理后的目标图像进行像素点统计,以判别锁紧垫片是否正确安装。

在 IMAQVision 中,有功能强大的 Measure 函数,可以对二值图像进行边缘检测和并统计 2 个边缘之间的像素点个数,如图 9 所示,矩形线框为设定的固定测量区域,Measure 函数的测量在此区域内进行。经过大量的试验得出,若 ab 之间的距离和 gh 之间的距离均大于 10 个像素点,且 cd 之间距离和 ef 之间的距离均小于 5 个像素点(或 ab 之间的距离和 gh 之间的距离均小于 5 个像素点,且 cd 之间的距离和 ef 之间的距离均大于 10 个像素点),则可视为锁紧垫片安装正确,若不满足以上要求,则均视为错误安装,发出报警。

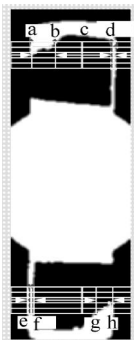


图9 对目标图像的像素点统计

3 试验结果

用 100 个工件对上述的目标图像辨识系统进行试验,其中 70 个为锁紧垫片正确安装的工件,30 个为各种不同情况下的锁紧垫片错误安装的工件。试验结果是:70 个正确安装的工件中,误判为错误的有 2 个,判断准确率为 97.14%;30 个错误安装的工件中,误判为正确的为 0 个。

实验结果还表明:从摄像机拍摄图像到系统给出最终判别,系统平均耗时为 0.946 s,其中,模版匹配阶段的耗时占很大一部分,平均时间为 0.697 s。

4 结论

(1)实验结果表明,该系统的目标图像识别准确率和平均耗时均符合工业要求,较好地完成了预定

目标,实现了在线柴油机油泵锁紧垫片质量把关的功能,有较强的实际应用价值。

(2)在图像处理软件上,采用了基于 LabVIEW 平台的 IMAQVision 图像处理软件,它具有直观、快捷、易于开发等优点。但是与传统的 VB、VC 等开发工具相比,它的灵活性和开发深度不够,较少用于背景复杂的图像识别中。该研究在一定程度上克服了这一缺点,充分利用 IMAQVision 的强大函数库功能,将其用于对背景复杂,目标图像轮廓不规则的图像识别系统的开发。

(3)该研究的图像识别系统不仅可以应用于油泵锁紧垫片安装质量检测,在其他的工业生产质量检测,如汽车生产中的轴承放置,钢球或滚珠数量检测等方面,其思路和一些具体操作方法也具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 张先青,邓泽峰,熊有伦.基于视觉技术的 Wire Bonding 中焊点质量的自动监测方法[J].计算机工程与应用,2004(17):120-124.
- [2] 夏俊,胡俊峰,何永义,等.图像识别在盲孔检测中的应用[J].机电一体化,2001(2):42-44.
- [3] 周金林,刘君华,李卫平,等.基于虚拟仪器的激光光斑的识别图像处理系统[J].信息技术,2003(11):223-225.
- [4] 周雷,杨维翰.虚拟仪器新技术及其在工业中的应用[J].现代科学仪器,2001(1):87-90.