

doi: 10.7690/bgzdh.2022.07.018

弹丸涂胶视觉检测技术研究及应用

苟文韬¹, 钱鹏¹, 吴成泽², 赵玉峰², 金翰林¹

(1. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司智能制造事业部, 四川 绵阳 621000;
2. 黑龙江北方工具有限公司研究与开发中心, 黑龙江 牡丹江 157013)

摘要: 为提高弹丸涂胶落后的检测工艺, 利用机器视觉技术, 设计包含图像采集方式、局部阈值分割算法以及给出基于缺陷位置、几何和形状特征对其判定的方法。应用结果表明, 该方法能准确实现涂胶缺陷的分割和判定。

关键词: 机器视觉; 弹丸; 涂胶; 特征; 缺陷检测

中图分类号: TJ410.6 **文献标志码:** A

Research and Application of Bullet Gluing Visual Inspection Technology

Gou Wentao¹, Qian Peng¹, Wu Chengze², Zhao Yufeng², Jin Hanlin¹

(1. Department of Intelligent Manufacture, Automation Research Institute Co., Ltd., of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China;
2. Research and Development Center, Heilongjiang North Tool Co., Ltd., Mudanjiang 157013, China)

Abstract: In order to improve the detection process of the bullet gluing, the machine vision technology is used to design the image acquisition method, the local threshold segmentation algorithm and the judgment method based on the location, geometry and shape characteristics of the defect. The application shows that the method can accurately realize the segmentation and judgment of gluing defects.

Keywords: machine vision; bullet; gluing; feature; defect detection

0 引言

在小口径炮弹生产过程的结弹紧口工序前, 必须在弹丸下紧口槽内涂抹一整圈硅胶以达到紧口后的密封效果。目前为止, 该工艺上还是依靠人工用细毛刷手工涂抹和目视检查这种传统的操作方法。随着机器视觉技术在军工枪弹检测行业的成熟发展应用^[1-3], 视觉检测已经逐步在小口径炮弹生产领域取得一定进步^[4-5], 弹丸涂胶视觉检测技术的研究对产品质量和效率的提升有重要意义。

1 图像采集

1.1 组成结构

如图 1 所示, 弹丸涂胶检测机构由弹丸杯套、旋转机构、压紧装置、自动点胶装置、光源和相机等组成。弹丸放入杯套后, 压紧装置下降压紧弹丸, 杯套带动弹丸顺时针旋转, 同时点胶装置将硅胶涂在下紧口环槽内, 点胶完成后杯套带动弹丸逆时针旋转进行视觉拍照和检测。点胶量可以通过点胶器的控制器进行调节, 点胶位置由点胶装置的升降装置调节, 高度和径向位置手动可调, 该装置可以适应不同长度和直径产品的涂胶。

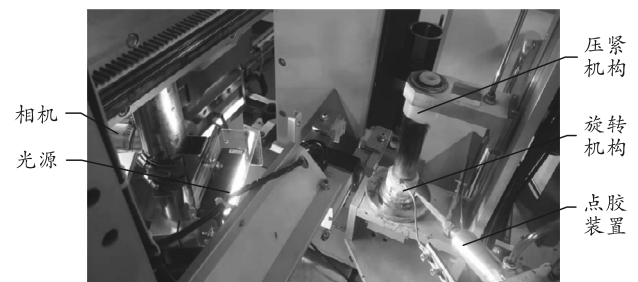


图 1 图像采集组成结构实物

1.2 拍照方式

由于产品反光度较低, 系统采用了高亮白色条形光源正面对弹丸进行打光, 弹丸被带动旋转时, 面阵 CCD 相机对产品表面逐步进行图像采集, 直至对其环槽表面进行完整图像采集。

弹丸硅胶漏涂或者未涂满一整圈都属于涂胶不合格, 所以在图像采集过程中, 采集后进行处理的图像必须包含整圈范围。对比产品不同状态下的图像, 单张图像有效区域对应角度 100° , 中间打光过度的约 20° 区域不进行处理, 可检测区域为左右各 40° 。如图 2 所示, 每旋转 100° 进行拍照, 拍完整图像按需要 8 张图像计算, 设定旋转轴旋转速度 4 r/s , 则拍照间隔时间 $100/(360 \times 4) \approx 0.7 \text{ s}$ 。

收稿日期: 2022-03-23; 修回日期: 2022-04-24

作者简介: 苟文韬(1989—), 男, 四川人, 硕士, 工程师, 从事枪弹及弹药自动化装置研究。E-mail: gou_wentao@163.com。

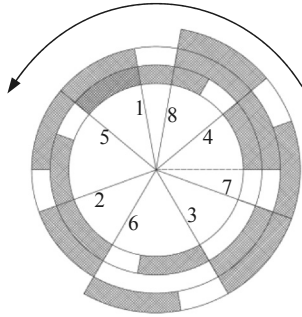


图 2 图像完整采集示意

2 检测算法

2.1 图像预处理

以某 3x 型号产品为例,采集的图像只有中间固定部分矩形区域(320, 430)至(970, 800)为包含产品的有效区域,所以在图像采集时先进行图像裁剪以减少后续计算量,系统针对不同产品可设置不同裁剪区域。中值滤波器是一种能有效抑制噪声的非线性信号处理技术,将像素领域内灰度的中值代替该像素的值,不仅运行速度快,而且能有效保护信号的边缘细节。基于改进的多级中值滤波算法^[6-7]通过子窗口的划分和对噪声平滑引入加权方法,可以得到很好的处理效果。

2.2 图像分割

2.2.1 对比度拉伸

相机和光源位于产品正面,产品颜色整体偏暗表现为暗背景,待检硅胶灰度值略高于背景图像,图像的灰度动态范围较小。采用灰度拉伸方法将产品灰度值拉伸至全灰度空间,将灰度分布扩充到指定灰度级范围中,以增强图像对比度效果。

$$g(i, j) = 255 / (f_{\max} - f_{\min}) [f(x, j) - f_{\min}] \quad (1)$$

式中: $f_{\max} = \max[f(i, j)]$; $f_{\min} = \min[f(i, j)]$ 。

2.2.2 局部阈值法提取待检区域

由图像可以看出,弹丸涂胶后的紧口槽,由于出胶量的不稳定和涂胶不均匀导致该区域的灰度值分布不确定和边缘不规则,采用模板匹配和边缘检测方法分割待检区域准确率较低。对比大量采集图像样本,以中间亮斑区域作为基准对图像进行分割具有较好效果。

图像中的产品灰度较暗,背景区域既有明亮部分也有暗黑部分,全局阈值法对整个图像采用统一阈值分割,不适用于灰度不均的情况。一种局部阈值法^[8]是先采用积分图像计算局部均值,再利用局部均值和原图像像素点的灰度值的差值开方来自适

应调整阈值大小,不仅计算速度快,而且对非均匀光照的图像有很好的抗噪效果。以点 (i, j) 为中心,大小为 $w \times w$ 的局部窗口,求得局部阈值 $m(i, j)$ 公式如下:

$$m(i, j) = \left(\sum_{x=i-(w-1)/2}^{i+(w-1)/2} \sum_{y=j-(w-1)/2}^{j+(w-1)/2} f(x, y) \right) / w^2 \quad (2)$$

阈值 $T(i, j)$ 公式如下,其中 k 为给定参数,需要根据图像调整。

$$T(i, j) = m(i, j) \left[1 + k \left(\sqrt{|f(i, j) - m(i, j)|} / m(i, j) - 1 \right) \right] \quad (3)$$

对预处理后的图像采用自适应二值化,在产品中间区域寻找下紧口环槽中间的亮斑,亮斑区域像素坐标值中最大 I, J 和最小 i, j 。以亮斑为基准位置,确定需要检测的涂胶左区域矩形范围 $\text{RectL}(i-170, j, 170, J-j)$ 和右区域矩形范围 $\text{RectR}(I, j, 170, J-j)$,经多次验证,该区域可以准确定位在涂胶区域。对灰度拉伸后的图像按区域分割后得到预处理后的待检区域图像,区域的灰度信息也被保留了下来,有利于特征的提取^[9]。

2.2.3 闭运算分割缺陷区域

待检区域图像呈现特点为明亮背景(硅胶)与暗缺陷前景(弹丸漏涂)。弹丸表面的硅胶涂抹不是特别光滑和均匀,采用闭运算,即形态学先膨胀后腐蚀的方法^[10-12]修复前景或背景中的间断像素,平滑边缘。弹丸涂胶检测分割步骤如图 3 所示。

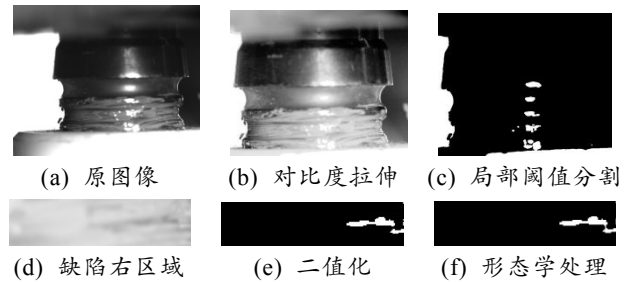


图 3 弹丸涂胶检测分割各步骤图像

2.3 判定方法

涂硅胶的要求主要是紧口环槽的硅胶要求涂满一圈,涂胶量不能太少。定义漏涂硅胶的区域为缺陷,若硅胶断开则缺陷区域必定接触上下边界。

对于大小 $a \times b$ 图像,缺陷 $f(i, j)$,判断步骤如下:

1) 边界上的缺陷计算边界边的长度 l ,方法是统计其位于上边界的像素 $f(0, j)$ 或下边界像素 $f(a, j)$ 的数量;

2) 边界长度大于设定值的计算缺陷的纵深 d ,即上边界缺陷找其像素中最大 $\max(j)$,相反下边界

的找其最小 $\min(j)$;

3) 定义缺陷纵深占比 $dp=d/b$, $dp \leq 1$, 当占比超过一定阈值则认为其连接断开。

该判断方法采用缺陷面积, 位置和纵深占比等特征综合比较对涂胶是否间断进行判断。如图 4 所示, 缺陷类型 a 、 b 、 c 分别由于不在边界、纵深太短和边界长度太短不被判定为断开。图中 e 的 l 边界长度和纵深长度 d 都满足条件, 可以判定为涂胶断开。实际应用中, 选取上下边界时适当向内靠, 这样提取的缺陷结果更加接近人为主观思维, 有利于提高判定的准确率, 例如图中的区域 d 。该判断方法计算量小, 简单可靠, 不受小偏差影响, 减少了误判, 适用于实际生产。

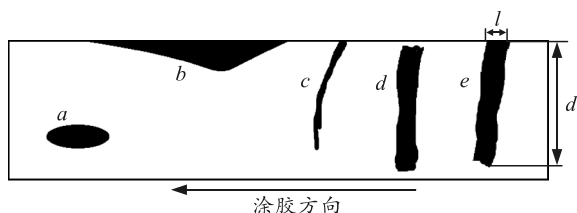


图 4 缺陷判定示意

2.4 算法流程

如图 5 所示, 首先对图像进行裁剪、滤波等预处理便于后续进行分析处理, 然后设计研究图像处理算法分割出感兴趣的检测区域, 最后提取待检区域图像中缺陷的位置、几何和形状特征, 综合比较判定结果。

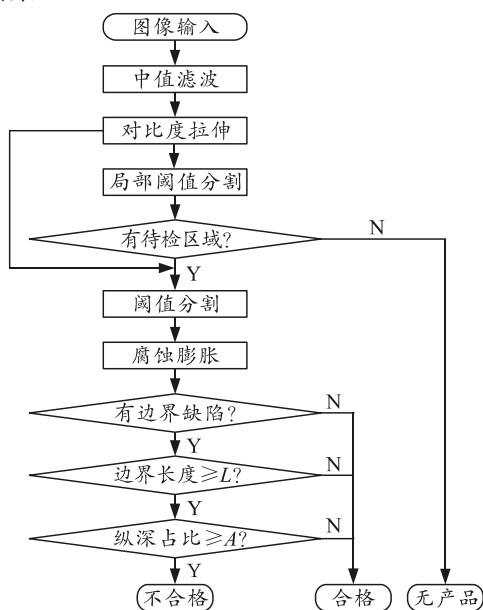


图 5 检测算法流程

3 试验结果

对边界偏移位置 j 、边界长度 l 和纵深占比 dp

取不同值进行 3 000 组生产试验数据对比, 结果如表 1 所示。

表 1 试验结果

参数	取值					
j	0	6	6	6	6	6
l	8	8	12	16	16	16
dp	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7
正确率/%	98.7	99.2	99.5	99.6	100	100

4 结论

笔者从涂胶图像采集、涂胶区域图像分割、缺陷的判定方法 3 方面介绍了弹丸涂胶缺陷检测解决方案。应用证明, 该设计方案成功实现了弹丸涂胶区域图像的准确分割和缺陷判定, 降低了劳动强度, 提高了产品质量和检测效率。文中提出的环形涂胶断开的判定方法计算简单, 对缺陷的判定达到了很高的准确率, 可扩展应用于图像局部区域间断判定的同类型场景。

参考文献:

- [1] 党领茹. 基于机器视觉的枪弹侧表面缺陷检测技术研究[D]. 沈阳: 中国科学院沈阳自动化研究所, 2014.
- [2] 苟文韬, 谢蔚卿. 基于机器视觉弹壳表面缺陷检测系统设计[J]. 兵器装备工程学报, 2016, 37(2): 105-108.
- [3] 冉松, 涂集林, 黎梅, 等. 智能制造在枪弹制造行业内的应用[J]. 兵工自动化, 2020, 39(11): 24-27.
- [4] 王亚军, 陈涛, 徐志刚, 等. 基于激光 CCD 的炮弹同轴度测量方法研究[J]. 机械设计与制造, 2017(3): 23-27.
- [5] 赵建抒, 刘锡朋, 舒泽胜. 基于图像检测的非接触式底火装配找坑方法[J]. 兵工自动化, 2014, 33(11): 75-78.
- [6] 沈德海, 侯建, 鄂旭. 基于改进多级中值滤波的加权滤波算法[J]. 现代电子技术, 2015, 38(12): 85-88.
- [7] SAID A B, HADJIDJ R, MELKEMI K E, et al. Multispectral image denoising with optimized vector non-local mean filter[J]. Digital Signal Processing, 2016, 58(11): 115-126.
- [8] 符翔, 张剑, 王维, 等. 一种新的局部阈值分割算法[J]. 计算机应用与软件, 2015, 32(4): 195-197.
- [9] 张子夜, 蒲恬, 高原. 基于人眼视觉响应的低光照图像增强[J]. 兵工自动化, 2021, 40(2): 53-57.
- [10] 李云红, 张秋铭, 周小计, 等. 基于形态学区域合并的分水岭图像分割算法[J]. 计算机工程与应用, 2020, 56(2): 190-195.
- [11] 周乐前, 郭斯羽, 温和, 等. 大结构元素二值形态学基本操作改进算法[J]. 计算机工程与应用, 2016, 56(1): 190-194.
- [12] 王瑞, 徐武松, 张波. 基于小波变换和形态学的目标图像增强算法[J]. 四川兵工学报, 2014, (8): 131-133.