

doi: 10.7690/bgzd.2013.01.027

基于线阵相机采集平台的枪弹表面质量检测技术

孙文缎¹, 叶玉堂¹, 刘彬², 诸洪², 肖峻¹, 谢煜¹, 刘霖¹

(1. 电子科技大学光电信息学院, 成都 610054; 2. 西南自动化研究所弹药中心, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对人工目视检测枪弹表面疵病所存在的漏检、错检、辨别标准不一、劳动强度大和效率低等问题, 提出一种基于线阵相机采集平台的表面质量检测技术。通过线阵相机采集枪弹表面质量图像, 对图像进行处理, 根据图像处理提取的特征值和缺陷分类标准对表面缺陷进行分类, 实现枪弹表面质量检测的自动化和高效化。测试结果证明, 该系统较好地实现了检测的准确性和高效性。

关键词: 表面质量检测; 线阵相机; 枪弹; 缺陷分类

中图分类号: TJ410.6 **文献标志码:** A

Bullet Surface Detection Based on Linear CCD Capturing Platform

Sun Wenduan¹, Ye Yutang¹, Liu Bin², Zhu Hong², Xiao Jun¹, Xie Yu¹, Liu Lin¹

(1. College of Photoelectricity Information, University of Electronic Science & Technology of China, Chengdu 610054, China; 2. Ammunition Center, Southwest Automation Research Institute, Mianyang 621000, China)

Abstract: Aiming at the leak detection, error detection, disunion detection standards, labor-intensive, and low efficiency of bullets defects detection by manual inspection, introduce the surface quality detection technology based on linear CCD capture platform. Through linear CCD adopts bullet surface quality image, deals with image, classifies surface defects according to images processing extraction feature value and defect classification standards, realize automation and high efficiency of bullet surface quality detection. The test results show that the system can realize the correct and high efficiency detection.

Key words: surface defect detection; linear CCD; bullet; defect classification

0 引言

枪弹是我国武装力量使用最基本、数量最大和应用最广泛的作战装备之一, 对我国的国防、国家安全、打击严重犯罪分子等方面都有很重要的作用, 因此对枪弹的质量必须有严格的要求。为了确保枪弹的质量, 应对枪弹的质量进行检测。在质量检测环节中, 由于枪弹包装、运输、储存的特殊性, 表面质量检测尤为重要。

目前国内的枪弹表面质量检测通过人工目测的方法实现, 劳动强度大, 视觉疲劳后易出现错检、漏检, 甚至会将致命缺陷、重大缺陷漏检, 造成极大的安全隐患, 另外, 人工检测干扰因素太多, 导致检测结果也存在差异。该工序严重地制约了枪弹的自动化生产, 不符合工业化和自动化的需求。

枪弹外观质量检测以视觉系统为主体进行搭建, 搭建该系统时, 通常有 2 种方式: 一种是基于面阵 CCD 相机的检测方法^[1], 由于面阵相机的像元素、速度都很难达到快速检测表面质量的要求, 且

面阵相机还存在定位不精确^[2]、运算速度慢等缺点。第 2 种是基于线阵 CCD 相机采集平台的检测方法^[3], 该方法是通过线阵相机配合高清晰度光源、枪弹旋转机构等, 采集到枪弹完好、清晰的表面展开图, 再通过图像处理等技术将表面质量与标准图像库进行对比, 从而检测出枪弹外观质量。该方法精度高、运算速度快, 适用于工业自动化检测。针对枪弹生产数量大、品种多的特点, 笔者提出一种基于线阵相机采集平台的表面质量检测技术, 以实现快速、自动的表面质量检测。

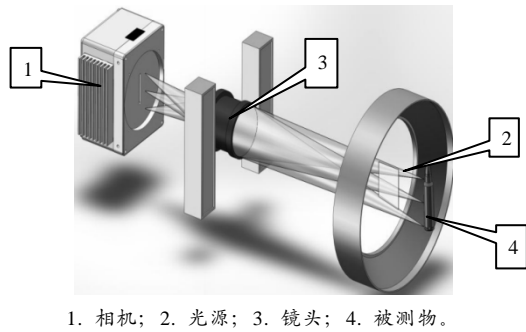
1 系统结构

基于线阵相机采集平台的枪弹表面质量检测系统由采集系统和枪弹旋转机械结构 2 部分组成。其中, 采集系统包括: 线阵相机、光源、镜头、采集卡、软件系统等构成, 如图 1 所示。

枪弹旋转机械结构部分包括: 下料机构、送料机构、主动轮、被动轮、槽轮分时机构、皮带传送剔除机构等构成, 如图 2 所示。

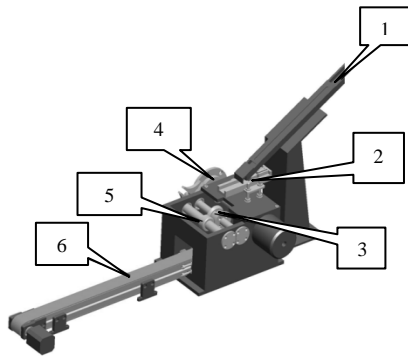
收稿日期: 2012-08-27; 修回日期: 2012-11-12

作者简介: 孙文缎(1987—), 女, 山东人, 硕士在读, 从事机器视觉研究。



1. 相机; 2. 光源; 3. 镜头; 4. 被测物。

图 1 采集系统



1. 下料机构; 2. 送料机构; 3. 主动轮; 4. 槽轮分时机构;
5. 被动轮; 6. 皮带传送剔除机构。

图 2 枪弹旋转机械结构

2 工作流程

枪弹通过排序机构进入到下料机构中，送料机构按节拍将下料机构中的枪弹送入主动轮与被动轮之间，电机带动槽轮分时机构动作，带动主滚轮动作，从而带动枪弹做圆周运动，此时，相机开始进行外观数据采集，当枪弹旋转 360°以上时，采集完成。采集到的图像经过采集卡的缓冲，将数据传送到用于数据处理的计算机，进行数据分析和判断。经过图像预处理得到去除噪声的清晰图像，再通过图像分割、边缘检测、连通域分析等数字图像处理的方法将枪弹表面质量检测出来。最后通过设置合适的阈值判断枪弹是否有缺陷。由于主动轮直径是枪弹直径的 3 倍，且上面开有沟槽，当枪弹旋转大约 2.5 周后掉入主动轮的沟槽内，通过该沟槽，在下一个工作节拍内枪弹会被带到皮带传送机构上，皮带传送机构上带有剔除装置，当系统将图像处理完成后，通知剔除装置是否动作，按设定要求将需要剔除的枪弹进行分类剔除。

系统的机械装置是线接触的，能够放置类似的圆柱状物体，如弹壳、弹头、成弹，并可通过更换滚轮、设置恰当的阈值检测适用于不同种类、不同品种的枪弹，具有良好的兼容性。

3 软件系统及图像分割算法

3.1 软件系统介绍

根据系统功能的分析，笔者设计了一套人性化的人机交互界面，软件主界面如图 3。软件系统实现的功能主要有：参数设置、检测分区设置、检测控制、图像采集、显示图像、缺陷图像、缺陷数据、缺陷查看和结果显示等。首先进行相机设置，设置相机采集图片的高度和宽度的裁剪值。然后框选检测区，算法会计算出一个感兴趣的区域，在感兴趣区域中框选出要检测的区域，该框选区通过鼠标拖动实现并且可以拖动其改变大小和移动位置。设置各区域的参数阈值，进行图像检测，最后显示结果。

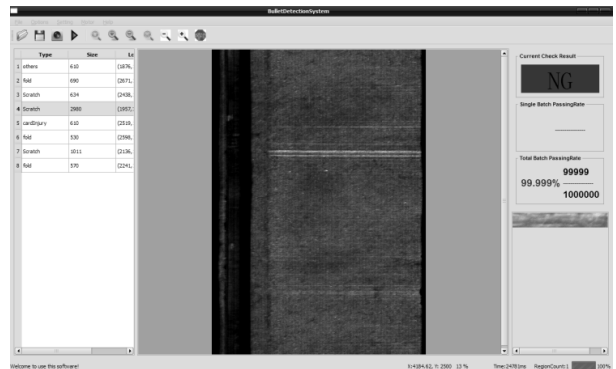


图 3 枪弹表面质量检测系统软件主界面

3.2 图像分割

图像分割就是根据需要将图像划分为有意义的若干区域或部分的图像处理技术^[4]。此系统中图像分割的目的是将缺陷与其他部分划分开，为之后的特征提取和缺陷分类做准备。由于分割中出现的误差会对特征提取带来影响，因此分割的精度是至关重要的。由于枪弹表面缺陷情况较为复杂以及运动条件下光源补偿的不均衡性，整幅图像分割将没有合适的单一阈值，如果仍采用单一的阈值去处理每一个像素，可能会将目标区域和背景区域错误的划分，经过对多种图像分割技术的比较最后选择一种动态局部阈值分割方法^[5]，此方法利用整体与局部图像灰度特征相结合的方法进行表面缺陷检测^[6]，受光源补偿的不均衡性影响小、算法实现简单、结果精确。

根据枪弹表面质量检测的精度和速度要求，选取局部邻域为 $N \times N$ 的窗口，在窗口中选择其灰度值与其所在区域背景差异大于某阈值的像素，作为缺陷像素^[7]。用 $f_{r,c}$ 表示输入图像，用 $g_{r,c}$ 表示平滑后的图像， S 为可能是缺陷的像素点集合， rt_1 为分

割阈值, 则对亮缺陷的动态阈值分割处理如下, 如式 (1):

$$S = \{(r, c) \in R \mid f_{r,c} - g_{r,c} \geq rt_1\} \quad (1)$$

其中 $g_{r,c} = (I_{rd,c} - I_{ld,c} - I_{ru,c} + I_{u,c}) \div \text{count}$, 此式中 count 为窗口内的总像素数, $I_{rd,c}$ 为积分图像^[8]在局部区域右下角一点的值, 其值为该点左上部分所有像素的灰度值之和。 $I_{ld,c}$ 为积分图像在局部区域左下角一点左边一像素的值, $I_{ru,c}$ 为积分图像在局部区域右上角一点上边一像素的值, $I_{u,c}$ 为积分图像在局部区域左上角一点的左上一像素的值, $(I_{rd,c} - I_{ld,c} - I_{ru,c} + I_{u,c})$ 为局部区域的像素灰度之和, 相应的该式即为局部区域灰度平均值。

同理, 对于亮度较暗缺陷的动态阈值分割由式 (2) 表示:

$$S = \{(r, c) \in R \mid f_{r,c} - g_{r,c} \leq rt_2\} \quad (2)$$

对于特别亮的缺陷点可以直接设置一个较高的阈值去判断; 同样, 对特别暗的缺陷点可以直接设置较小的阈值去判断即可。

4 缺陷分类

缺陷的特征值包括长度、宽度、重心、缺陷方向、灰度最大值、灰度最小值、灰度平均值、外接矩形、外接轮廓等。通过对这些特征值和缺陷进行分类比对, 判断出缺陷类型。经过特征提取之后, 根据特征值和缺陷分类标准, 对枪弹外观质量进行分类, 在分类的过程中要用到一些经过大量测试得出的缺陷分类标准^[7]。缺陷的分类主要看 2 个方面: 一是基本特征值, 二是附加条件。基本特征值就是在分类时根据一定的特征值范围去判断, 附加条件是指在有些类型(如卡伤, 褶皱等)的判断中, 在相近的坐标范围内会有亮度相差比较大的几个区域存在等的附加条件。

枪弹的表面缺陷可以分为以下几类: 道线、划伤、口部裂痕、油漆涂错、卡伤、露钢、夹灰、锈蚀等等, 如图 4~7。

不同类型缺陷有不同的分类标准。图 4 所示缺陷类型为道线, 用到的分类标准为: 当缺陷的长度与宽度之比大于 30:1 (这些阈值在不同枪弹种类和光线条件下会有变化), 并且方向角在 $-5 \sim 5^\circ$ 范围之内, 且平均亮度在 100~180 之间就可以将其判别为道线。图 5 所示的缺陷类型为划痕, 分类标准为: 长宽比在 5~20 之间, 且平均亮度小于 40 或平均亮度大于 100。图 6 所示缺陷为口部裂痕, 分类标准为:

长宽比在 5:1 到 30:1 之间, 并且最低灰度等于 0, 并且最低灰度等于 0 的像素个数大于 10。由于此缺陷为口部裂痕, 缺陷位置在弹壳的顶部, 检测时是分区检测, 因此左侧部分未检测出。图 7 为油漆涂错, 分类标准为: 面积大于 10 000 个像素, 平均亮度小于 50 或最低亮度小于 5 的面积大于 1 000 个像素。

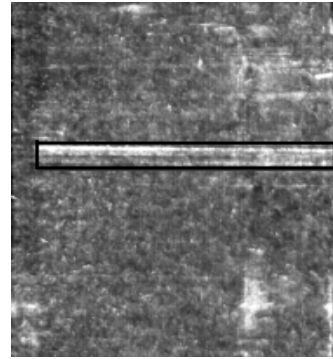


图 4 缺陷为道线

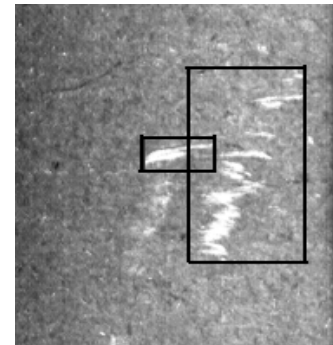


图 5 缺陷类型为划痕

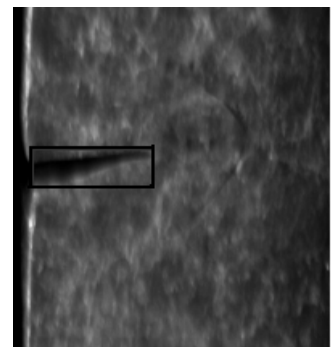


图 6 缺陷为口部裂痕

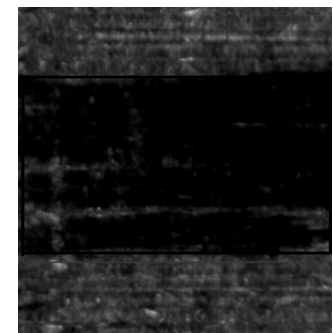


图 7 油漆涂错

上述检测标准是特定光源下制定的标准，光源的不同，可能导致标准的不同，因此需要制定一种普遍适应的标准，将这些特征值归一化，可实现检测标准的统一化，从而更好的实现工业化。

5 结论

该系统应用了图像采集、处理、分析、判别的实时处理技术和光机电一体化技术，能实现枪弹表面缺陷的实时检测和缺陷分类。该系统通过多次测试，已经完成阶段性工作要求，较好地实现了检测的准确性和高效性。将其推广应用会为我国枪弹表面质量检测提供全面可靠的科学依据。

参考文献：

[1] 许运来, 孙晶华. 基于 CCD 的枪弹表面检测方法研究

(上接第 80 页)

3.2 智能组合称量装药

普通的称量法可以满足对发射药装药精度较高的要求，但因其效率不高而制约了连续、大批量生产的需求。改善和提高加料过程和称量过程，提高生产效率，将容积法和称量法相结合，使之成为一种更加准确、更加快速、适应面更广的计量方法，达到快速精确计量的目的，将成为称装药工艺上的一个发展趋势。

组合秤是一种基于组合称量技术的高新技术产品，目前主要应用在民用称重领域，该产品实现了集高精度和高速度于一体。对该种组合秤进行分析和研究，使之应用到发射药的称装过程中来，将会极大地提高装药装配的效率和质量。其结构如图 5 所示。

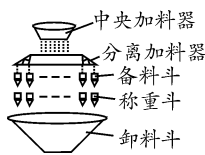


图 5 组合秤结构

该组合秤由多个斗组成，分离加料器先将物料送入到备料斗，备料斗和称重斗组成称重单元，称重传感器把所有称重斗称量数据信号传入主处理器进行组合计算，从中自动选出接近或略大于标定值的计算值作为物料的输出量，速度可达 180 次/min。

组合秤的主处理器进行组合的组合数 $n = C_{im} = m! / i!(m - i)!$ 。其中， m 为称重斗总数， i 为参与组合的斗数。通常 m 和 i 增加，可能的组合

[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学硕士学位论文, 2009.
[2] 骆文博, 王广志, 丁海曙, 等. 基于线阵 CCD 的高精度位置检测[J]. 清华大学学报, 2002, 42(9): 1139-1143.
[3] 张振祥, 陈永清. 基于线阵 CCD 的轴承外圆表面缺陷检测[J]. 轻工机械, 2010, 28(4): 70-72.
[4] Carsten Steger. 杨少荣, 译. 机器视觉算法与应用[M]. 北京: 清华大学出版社.
[5] 刘泽, 王崑, 王平. 钢轨表面缺陷检测机器视觉系统的设计[J]. 电子测量与仪器学报, 2010, 24(11): 1012-1017.
[6] 袁红中, 付炜, 郭永魁. 一种基于动态阈值的镀铜表面缺陷检测算法[J]. 燕山大学学报, 2010, 34(4): 336-339.
[7] 徐科, 杨朝霖, 周鹏. 热轧带钢表面缺陷在线检测的方法与工业应用[J]. 机械工程学报, 2009, 45(4): 111-114.
[8] Derek Bradley. Gerhard Roth. Adaptive Thresholding Using the Integral Image[J].

数就增加，能够得到的合格品可能性就越大。然而，过多的组合数会导致速度降低，且增加成本。从合理性和经济性考虑， m 通常取 8~16， i 取 3~5。

3.3 其他装药技术

在研究发射药装药技术过程中，出现了刚性组合装药、低温感装药、密实装药和随行装药等新概念、新结构装药技术，这方面的研究非常活跃，并在刚性组合装药和低温感装药方面取得了重大成果，已正式应用于制式弹药。

4 结束语

随着自动化装药装配生产的进步，不断探寻小口径弹装药装配的高精度和高效率，对推动整个小口径弹装药装配技术的发展具有重要的意义。

参考文献：

[1] 孙镇和. 枪弹药筒制造工艺学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1995: 240-246.
[2] 王志军, 尹建平. 弹药学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2005: 46-50.
[3] 黄权, 周丽娟. 小口径炮弹自动化生产线[J]. 兵工自动化, 2009, 28(增刊): 5-8.
[4] 陈羽锋, 等. 组合秤组合计算的研究与仿真[J]. 包装工程, 2009, 30(12): 74-76.
[5] 马桂兰, 王宏伟. 论组合秤称量技术的广泛应用[J]. 企业标准化, 2007(11): 44-45.
[6] 马云富. 我国弹药装药装配技术现状及发展对策[J]. 兵工自动化. 2009, 28(9): 1-3.
[7] 彭旭, 高丰. 基于连续动态旋转结构的枪弹自动装药技术[J]. 兵工自动化. 2010, 29(7): 6-8.