

基于 HALCON 的点胶质量检测系统设计

彭赞^{1,2}, 刘燕子³, 张东霖⁴

(1.常州信息职业技术学院, 常州 213164; 2.江苏大学, 镇江 212013;

3.常州铭赛机器人科技股份有限公司, 常州 213164; 4.江苏科技大学, 镇江 212003)

摘要: **目的** 针对现有点胶质量检测过程中存在的检测成本高、速度慢、精度低等问题, 提出一种基于 HALCON 的点胶质量检测方案。**方法** 通过图像去噪、模板分析、图像分割以及形态学处理等手段获得待检工件胶水轮廓, 将其与标准合格工件胶水轮廓中心线作差集操作, 以检测是否存在断胶现象, 并根据胶水轮廓的宽度值判断是否存在波浪胶。**结果** 实验结果表明, 该方案能够快速、准确、有效地判别出合格品, 检测出波浪胶、断胶等问题, 检测准确率达 99.6%, 平均检测时间约为 475 ms。**结论** 该方案的检测精度和检测速度均符合工业生产线的检测要求, 能够应用于实际生产中。

关键词: 胶水检测; 机器视觉; HALCON

中图分类号: TB486; TP391.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)15-0204-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.15.032

Design of Glue Dispensing Quality Detection System Based on HALCON

PENG Yun^{1,2}, LIU Yan-zi³, ZHANG Dong-lin⁴

(1.Changzhou College of Information Technology, Changzhou 213164, China; 2.Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China; 3.Changzhou Mingseal Robot Technology Co., Ltd., Changzhou 213164, China; 4.Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a glue dispensing quality detection scheme based on HALCON with respect to the problems of high detection cost, slow speed and low precision in the process of existing glue dispensing quality detection. By means of image de-noising, template analysis, image segmentation and morphological processing, the glue contour of the sample to be tested was obtained. The difference set with the qualified glue's centerline was operated to check for the broken glue and tell if wave glue existed according to the width of glue contour. The experimental results showed that the scheme could quickly, accurately and effectively determine the qualified or unqualified products, and detect such problems as wave glue and broken glue. The detection accuracy rate was 99.6% and the average detection time was about 475 ms. The detection accuracy and detection speed of the scheme meet the detection requirements of industrial production line, and can be applied in the actual production.

KEY WORDS: glue detection; machine vision; HALCON

在手机、笔记本等电子产品的装配过程中, 摄像头底座往往通过胶水与相邻组件连接。工业生产中普遍利用自动点胶机^[1]对摄像头底座表面进行点胶, 实际生产中由于自动点胶机工艺水平的限制, 不可避免地产生断胶、波浪胶等不良品, 生产中如果不能及时检测出此类不良品, 将会影响到拍摄头与相邻部件的

可靠连接甚至影响摄像、拍照等功能的正常使用, 因此, 在摄像头底座的生产制造过程中, 严格控制点胶的质量显得非常重要。传统的点胶质量检测主要依靠人工检测的方法, 其具有工作量大、工作效率低、检测精度不足等诸多缺点, 已不能满足胶水检测的工业生产需求, 因此, 迫切需要一种成本低、精度高、速

收稿日期: 2018-03-27

基金项目: 江苏高校品牌专业建设工程资助项目 (PPZY2015C237)

作者简介: 彭赞 (1987—), 男, 博士, 常州信息职业技术学院讲师, 主要研究方向为机器视觉、电子信息技术。

度快的自动点胶质量检测系统。

自第一个完善的视觉系统框架-Marr 计算视觉理论提出后, 机器视觉^[2]已走过了数十年的发展历程。随着机器视觉的不断发展, 由于其具有精度高、速度快、价格低、适用于各类危险环境等优点, 被越来越多的学者引入到产品质量检测中^[3-6]。刘馨等^[7]研究的基于 HALCON 的金属零件矩形度检测算法, 单个零件检测仅耗时 20 ms。许桢英等^[8]提出的基于 HALCON 的电连接器壳体缺陷检测系统, 其成功率高达 100%。于涛等^[9]研究了一种基于 HALCON 的缝纫机针外观质量检测系统, 其检测准确率达到了 99.99%。这表明, 基于 HALCON 的机器视觉技术可实现对产品质量高速、精确的检测, 在现代制造业中有着广阔的应用前景, 并为有效解决文中所面临的问题提供了值得借鉴的思路。

文中针对点胶质量检测中存在的目标较小、缺陷形态复杂、检测量较大和检测效率要求高等缺点, 构建一种基于 HALCON 的数字图像分析处理技术的胶水检测系统。

1 检测系统构成

1.1 系统检测对象

系统检测的目标对象见图 1, 其中轮廓包围的部分为需要检测的胶水区域, 位于镜头与摄像头底座边缘之间, 整体近似呈现出矩形形状。由于胶水与工件的颜色均为黑色, 胶水与工件颜色之间的差异较小, 因此对胶水区域的准确识别将生巨大干扰, 为硬件的选型及识别算法的设计提出了较高的要求。

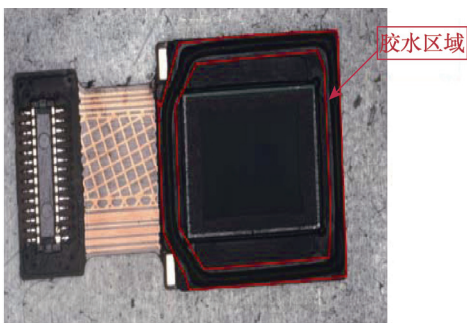


图 1 待检测胶水区域
Fig.1 Glue area to be inspected

1.2 系统硬件结构

基于 HALCON 的机器视觉检测系统由硬件结构和图像分析软件构成, 硬件结构负责采集摄像头底座表面的图像信息。检测系统的硬件包括工业相机、镜头、光源、计算机和检测平台, 系统的整体结构见图 2。系统硬件结构见图 2a, 各硬件连接关系见图 2b。试验所用计算机配置为: i5 处理器、4 G 内存。从图

2 中可以看出, 相机、镜头和光源组成了检测系统的图像采集单元。工作过程为: 将待检工件放置于检测平台上, 将安装好的工业相机和镜头放在待检工件的正上方, 调整镜头焦距和工作距离, 并调整光源的位置, 使待检工件表面得到均匀的照明。通过试验与分析发现, 能够产生较好检测效果的硬件系统配置为: 选择使用德国巴斯勒生产的 arcA3800-10gm 相机, 其分辨率为 3840×2748。由于工件的边长约 14 mm, 测量精度要求为 0.02 mm, 这表明相机所生成图片的宽度至少为 700 像素, 工业中在进行相机选型时普遍将其乘以 3, 因此, 所选相机能够满足工艺需求。镜头选择奥普特公司的 OPT-C5025-5M, 其焦距 50 mm, 与所选相机相配, 工作距离大约为 170 mm, 保证相机能够获取完整的待检工件图像。此外, 由于工件与胶水均为黑色, 因此, 不适合选择红色光源或白色光源。采用波长较短的蓝色光源, 并采用高角度方式进行打光, 工件表面凸起的胶水轮廓会将波长较短的蓝色光散射出镜头与相机能捕捉的范围, 而其他区域的光线将反射回镜头, 从而提高胶水区域与非胶水区域之间的对比度, 突出显示胶水轮廓, 这将有助于后续检测算法中胶水轮廓提取步骤的实现, 因此, 选择奥普特公司的 OPT-RI12000-B 环形蓝色光源并安装在工件上方 150 mm 处能产生最好的效果。

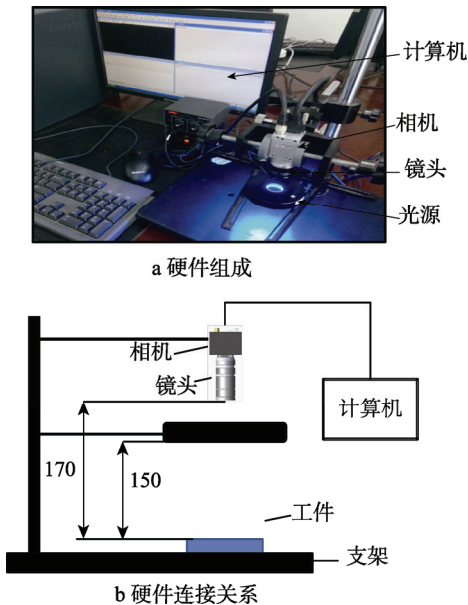


图 2 系统硬件结构组成
Fig.2 Composition of system hardware structure

1.3 图像处理软件

图像分析软件用于对采集的图像进行处理, 从而检测出胶水的质量信息。目前, 常用的图像处理工具有 HALCON, OpenCV 等。与 OpenCV 等开源库相比, HALCON 是德国 MVtec 公司开发的一套功能最完

善、效率最高,世界公认具有最佳效能的商用机器视觉软件,由包含各类滤波、形态学计算分析、分类以及形状搜索等功能的 1000 多个独立函数组成,已被广泛应用于工业生产的各个方面,如食品、机械、医疗等领域。与 OpenCV 等开源视觉处理软件相比,HALCON 具有以下优点:代码精简,运行速度快,0.1 ms 内完成单字符识别;与各类工业相机兼容性较好,能简单便捷地获取图像;检测精度高,PCB 插脚检测精度达到微米级。功能函数齐全,缩短开发周期,加快开发进度。基于上述理由,选用 HALCON 完成点胶质量检测系统的图像处理任务。

1.4 待检工件类型分类

通过所构建的检测系统,相机可以清晰地获取摄像头底座表面胶水的图像,见图 3,主要包括合格品、无胶断胶缺陷、有胶断胶以及波浪胶等 4 种情况。当点胶效果良好时,在所选光源下,可以清晰地胶水外部轮廓勾勒出,胶水宽度均匀地沿底座表面边缘分布,见图 3a。胶水轮廓线出现断裂或缺失则表示该部分未能充分点胶,视为断胶见图 3b, c, 其中图 3b 为无胶断胶,图 3c 为有胶断胶,所谓无胶断胶是指某段区域胶水完全缺失,而有胶断胶则是指某一区域未能充分点胶。波浪胶则是指胶水时宽时窄呈波浪状见图 3d。文中旨在通过所构建的系统能辨别出断胶、波浪胶等不良品。

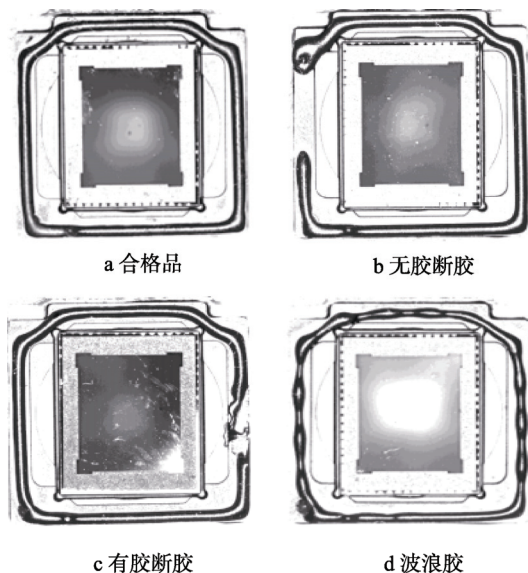


图 3 待检工件缺陷类型分类

Fig.3 Defect type classification of workpiece to be detected

2 胶水检测算法流程

基于 HALCON 的点胶质量检测算法主要包括标准合格工件处理与待检工件胶水缺陷检测 2 部分。其工作流程见图 4。标准工件通过去噪、模板分析、手

动对胶水区域初定位,图像分割以及形态学处理等步骤的处理,可以获得合格工件胶水的轮廓线、轮廓宽度信息以及合格工件轮廓中心线。待检工件图像经过去噪、模板匹配、提取初定位胶水区域、图像分割等操作可以取得待检工件胶水轮廓,通过与标准合格件胶水轮廓的中心线作差集操作检测出是否存在断胶问题,并根据合格胶水宽度的上下限判断是否存在波浪胶问题。

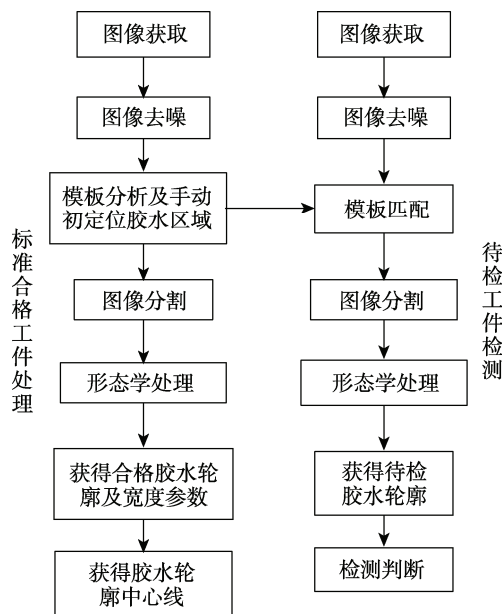


图 4 检测基本流程

Fig.4 Basic process of detection

3 胶水检测主要步骤

3.1 图像获取

获取图像是系统的首要任务,搭建机器视觉测量系统,摄像机成像平面必须与待检工件平面平行,否则容易产生较大的径向畸变,影响检测精度与效果,并通过 RJ-45 水晶头与计算机主机相连接。由于 HALCON 与所选相机同时支持 GIGEVision 协议,因此,可以采用算子 open_framgrabber 以打开图像采集设备并获得其句柄,并利用 grab_image_start 与 grab_image_async 算子获取镜头场景图像,实现代码如下所述。

```
open_framgrabber('GigEVision',0,0,0,0,0,0,'default',-1,'default',-1,'false','default','CA:000001',0,-1,AcqHandle)
```

```
grab_image_start(AcqHandle,-1)
```

```
grab_image_async(Image,AcqHandle,-1)
```

3.2 图像去噪

在图像采集的过程中,由于外在环境和工件自身特性,例如工件表面细微的凹凸不平、散落的灰尘等

因素的干扰,以及机器视觉系统本身的原因,所采集的图像往往包含一些斑点噪声。噪声的存在将会影响胶水轮廓的提取,影响检测效果,为此,需要对采集的图像进行预处理以消除此类噪声。通常的去噪方法有均值滤波^[10]和中值滤波^[11]等。试验发现均值滤波能够取得较好的滤波效果,利用 HALCON 中的 mean_image 算子可以实现均值滤波,其效果见图 5,可以看出,均值滤波后有效地消除了图像中的噪声信息,为后续的处理奠定了良好的基础。

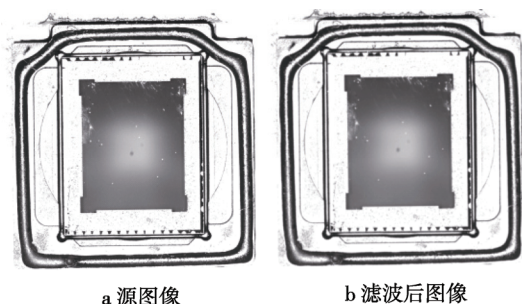


图 5 图像去噪
Fig.5 Image de-noising

3.3 模板分析及选定胶水区域

由于不同工件之间胶水形状、宽度存在差异,因此,不能直接选择胶水区域创建模板。观察发现若选择如图 6 所示区域创建模板,并手动选择如图 7 所示包含胶水的区域,由于上述两区域之间的位置关系相对固定,因此,通过模板匹配,在待检工件中找到模板匹配区域,便能迅速定位并提取胶水区域,并极大地减少运算量,提高算法的执行效率。之所以选择如图 6 所示区域创建模板,其原因概况为 2 点:所有工件这一区域的图像特征的差异性较小,能够极大地提升模板匹配的效率及成功率,并缩短程序运行时间;该区域的灰度与胶水轮廓的灰度一致,若能在图像分割之前将其消除,同样能减少运算的数据量,提升效率。通过 draw_polygon 算子完成模板待创建区域的选定操作。由于基于形状的模板在匹配时,对于光照变化、聚焦模糊以及缩放变化等不敏感,具有较强的鲁棒性,因此,选用 create_shape_model 算子创建模板。

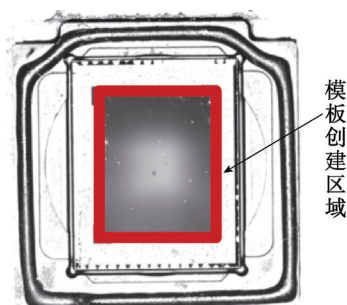


图 6 模板创建
Fig.6 Template creation

3.4 模板匹配完成胶水初定位

待检工件图像经过去噪后,利用与创建模板所使用的算子 create_shape_model 相对应的模板匹配算子 find_shape_model 进行模板匹配。通过 vector_to_hom_mat2d 获得创建模板与匹配区域之间的变换矩阵,并利用仿射变换取得待检工件初定位的胶水区域的位置信息,进一步地,使用 reduce_domain 算子取得所寻找到的区域,完成胶水区域的初定位,见图 7。



图 7 工件胶水初定位
Fig.7 Preliminary positioning of the workpiece glue

3.5 图像阈值分割算法

为了得到更加清晰的胶水区域信息,必须对图像进行分割,剔除干扰背景,保留胶水区域。常用的图像分割手段主要包括:基于边缘的分割方法^[12]、基于阈值的分割方法^[13]、基于区域的分割方法^[14]等。其中阈值分割方法是最常用也是运算效率较高的方法。

图像阈值分割算法主要利用直方图工具获得待处理图片的灰度直方图,并根据灰度值分布设定合适的阈值以区分物体与背景。灰度阈值分割算法的数学表达式为:

$$r = \{R | g_{\min} \leq f \leq g_{\max}\} \quad (1)$$

式中: r 为基于灰度阈值分割算法得到的输出区域; R 为提取图像特征的分割区域; $g_{\min}$ 为所提取灰度值的下界; $g_{\max}$ 为所提取灰度值的上限; f 为原始待分割图像的灰度值。通过阈值分割可以将包含胶水的主要区域分离出,这也是研究的重点区域。可以利用 HALCON 中提供的直方图工具相关算子以及 threshold 算子进行图像分割。通过 gray_histo 算子可以获得初定位胶水区域的灰度直方图,选择灰度直方图数组中得灰度平均值,并以其为中心形成一个适当的灰度区间作为 threshold 算子的参数,将产生的胶水区域轮廓线见图 8b。实践表明,数字图像中的目标区域与背景之间的差异越明显,则分割效果越好。试验结果表明,胶水初定位消除了大量与胶水轮廓线具有类似灰度值的干扰区域,进一步提升了阈值分割效果。

3.6 形态学处理

通过阈值分割得到的区域不仅包含胶水区域,同

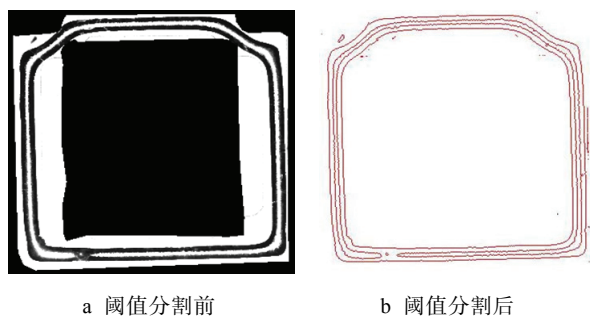


图8 阈值分割前后对比

Fig.8 Comparison before and after threshold segmentation

时也包含许多非胶水的杂点和小的突出物,这将可能影响检测结果的精确性。为了保证检测精确度,准确提取胶水区域,需要对图像进行形态学处理,去掉一些不必要的干扰。形态学处理以集合运算为基础,腐蚀、膨胀、开操作、闭操作是所有形态学图像处理的基础^[15]。对阈值分割后的图像分别进行连接、选择、闭操作、填充操作,以取得胶水区域的轮廓线,分别利用了 HALCON 中的 connection, select_region_point, closing_circle 以及 fill_up 等算子,其处理效果见图 9,然后利用距离计算算子可计算出胶水的宽度值。对于标准合格工件在此基础上,使用骨架相关算子 skeleton,可取得胶水区域的中心线,见图 10b。

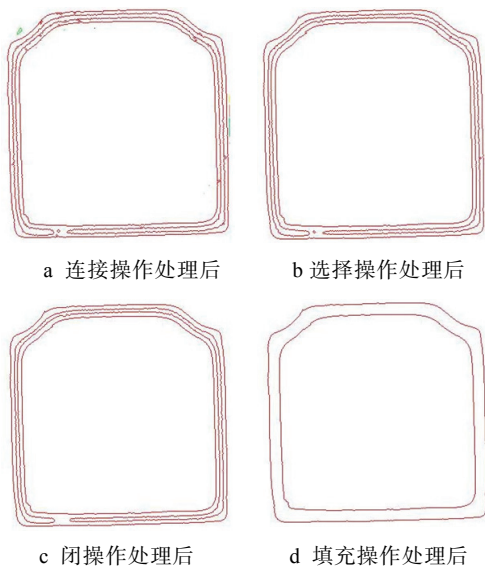


图9 形态学处理关键步骤

Fig.9 Key steps of morphological processing

3.7 缺陷检测及检测结果

使用合格工件的胶水轮廓的中心线与待检工件胶水轮廓做差集操作,判断是否存在断胶。若取得某一断胶工件胶水轮廓见图 10a,将其与图 10b 的标准合格工件胶水中心线做差集操作,将得到断胶位置见图 10c。若不存在断胶缺陷,计算待检工件胶水轮廓的宽度与标准胶水宽度的上下限进行比较,判断是否

存在波浪胶。由于标准合格工件不同区域胶水的宽度存在差异,因此,试验中将标准胶水轮廓区域细分为 8 个区域,分别为轮廓的右侧边区域、右下拐角区域、下边区域、左下拐角区域、左侧边区域、左上拐角区域、上边区域以及右上角区域,8 个区域的宽度阈值范围分别为 $\{105 \pm 25, 115 \pm 35, 105 \pm 25, 135 \pm 35, 95 \pm 25, 130 \pm 35, 95 \pm 25, 110 \pm 35\}$ (单位:像素)。如果既不存在断胶的现象也不存在波浪胶问题,则判断该待检工件为合格品并计算其胶水宽度。

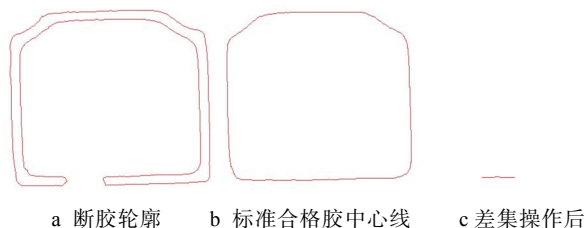


图10 缺陷检测

Fig.10 Defect detection

依据所述的缺陷检测方法可以得到检测结果见图 11。对于合格品会显示 OK 并计算出胶水平均宽度、最大宽度以及最小宽度,见图 11a。对于检测不合格的产品会显示 NG 并指出其缺陷类型为波浪胶或断胶,无胶断胶见图 11b,有胶断胶见图 11c,检测程序能够将断胶部分指示出,图 11d 为波浪胶产品,同时胶水过窄过粗部分将被标识出。为了验证系统的效率及算法的有效性,从点胶产线上随机抽取 500 个工件进行试验,结果见表 1,总体检测成功率达 99.6%。系统可以检测出所有波浪胶、断胶工件,合格品中由于两工件胶水轮廓中存在一小段略微超过宽度阈值而将其误判为波浪胶。进一步地,对检测出的波浪胶和断胶分别进行 100 次重复试验,算法能

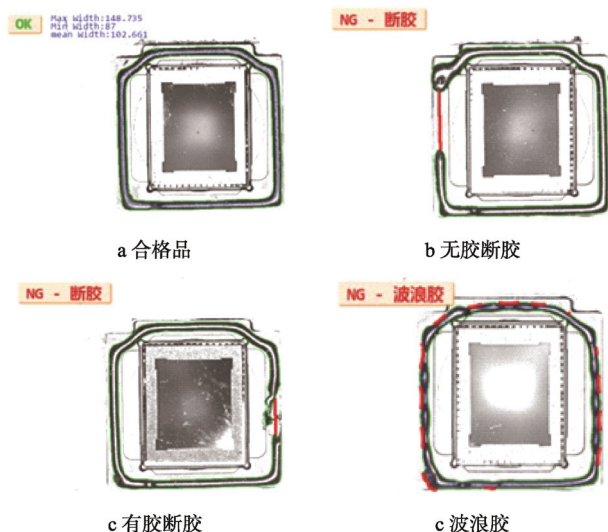


图11 检测结果

Fig.11 Test results

表 1 点胶质量检测实验数据
Tab.1 Experimental data of glue dispensing quality detection

工件类型	数量/件	误判数/件	正确率/%
合格品	491	2	99.59
波浪胶	7	0	100
断胶	2	0	100

够始终得出一致的检测结果。此外，从图像获取到结果处理需要的时间平均约为 475 ms，满足实时在线检测的要求，相较于传统人工检测无论在效率还是准确率上都有了巨大的提高。

4 结语

根据生产需求研究了基于机器视觉的胶水缺陷检测系统，设计了胶水缺陷检测的图像测量系统总体方案，讨论了系统的硬件组成结构，光源及相机的选型，并重点分析了利用 HALCON 进行胶水表面图像处理的步骤及方法。测试结果表，明文中所设计的检测方案能够准确、快速地检测出合格品，避免出现断胶、波浪胶，实现了胶水缺陷的自动化检测，有效地解决了人工检测存在检测效率低、主观性强、漏检率高等问题，为胶水缺陷的无损检测提供了新的思路。随着机器视觉的进一步发展，机器视觉在各类产品的缺陷检测中将会得到更广泛的应用和发展。

参考文献：

[1] 程方, 张曦, 张金松. 基于机器视觉的点胶机定位系统[J]. 机械设计与制造, 2013(3): 101—104.
CHEN Fang, ZHANG Xi, ZHANG Jin-song. A Positioning System for Dispensing Machine Based on Machine-Vision[J]. Machinery Design& Manufacture, 2013(3): 101—104.

[2] MARR D. Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information[J]. Quarterly Review of Biology, 1982, 8: 990—991.

[3] LIAO C W, SU J C, LIN Y R, et al. Application of the Structured Illumination Method for Automated Visual Inspection of the Loudspeaker Cones[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2008, 200 (1/2/3): 59—70.

[4] 陈露, 程红, 秦帅, 等. 基于机器视觉的红酒灌装品质检测[J]. 包装工程, 2017, 38(9): 146—150.
CHEN Lu, CHENG Hong, QIN Shuai, et al. Filling Quality Detection of Wine Base on Machine Vision[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(9): 146—150.

[5] 王文成. 基于 HALCON 的齿轮缺陷检测系统设计[J]. 机械传动, 2014(9): 60—63.
WANG Wen-cheng. Design of Gear Defect Detection

System based on Halcon[J]. Journal of Mechanical Transmission, 2014(9): 60—63.

[6] 王宏丽, 赵不赓, 孙智权, 等. 基于 HALCON 的医疗袋缺陷检测[J]. 包装工程, 2015, 36(13): 125—129.
WANG Hong-li, ZHAO Bu-hui, SUN Zhi-quan, et al. Defect Detection of Medical Bags Based on Halcon[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(13): 125—129.

[7] 刘馨, 周彬, 秦玉娟. 基于 HALCON 的金属零件矩形体检测算法研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2017(7): 31—32.
LIU Xin, ZHOU Bin, QIN Yu-juan. An Algorithm for Detecting Rectangularity of Metal Parts Based on Halcon[J]. Automation & Instrumentation, 2017(7): 31—32.

[8] 许桢英, 李健康, 凌俊, 等. 基于 HALCON 的电连接器壳体缺陷检测系统设计[J]. 制造业自动化, 2015, 37(18): 135—138.
XU Zhen-ying, LI Jian-kang, LING Jun, et al. Design of Detection System for Electric Connector Shell Defect Based on HALCON[J]. Manufacturing Automation, 2015, 37(18): 135—138.

[9] 于涛, 刘卫国, 朱淑亮, 等. 基于 HALCON 的缝纫机针外观质量检测系统设计与研究[J]. 现代制造工程, 2015(3): 103—109.
YU Tao, LIU Wei-guo, ZHU Shu-liang, et al. Design and Research on Sewing Needles Appearance Quality Inspection System based on Halcon[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2015(3): 103—109.

[10] MAHMOUDI M, SAPIRO G. Fast Image and Video Denoising via Nonlocal Means of Similar Neighborhoods[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2005, 12(12): 839—842.

[11] CHEN T, MA K K, CHEN L H. Tri-state Median Filter for Image Denoising[J]. IEEE Transactions on Image Processing A Publication of the IEEE Signal Processing Society, 1999, 8(12): 1834.

[12] KANG C C, WANG W J. A Novel Edge Detection Method Based on The Maximizing Objective Function[J]. Pattern Recognition, 2007, 40(2): 609—618.

[13] 芦蓉, 沈毅. 一种改进的二维直方图的图像阈值分割方法[J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26(10): 1487—1490.
LU Rong, SHEN Yi. Image Threshold Segmentation Method Based on An Improved 2D Histogram[J]. Systems Engineering and Electronics, 2004, 26(10): 1487—1490.

[14] 王焱, 邹步, 彭慧玲. 基于形态学的边缘检测研究[J]. 现代制造工程, 2011(12): 87—90.
WANG Yan, ZHOU Bu, PENG Hui-ling. Study on Edge Detection Based on Morphology[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2011(12): 87—90.

[15] LUO H, LONG Y, XIE X B, et al. Realization of Vehicle License Plate Character Recognition Based on HALCON[J]. IEEE, 2011, 2: 936—939.