

贴片元件包装纸带冲压制程中的影像系统设计

赵小丽, 韩文虹

(河南农业职业学院, 郑州 451450)

摘要: **目的** 为了实现 0402 元件包装纸带冲孔尺寸与毛边长度的检测, 以便作为冲压制品的品质检验及模具观测判断和调整的依据, 构建一台影像检测系统。**方法** 采用 CCD 拾取纸带影像并配合电机带动平台移动, 使用二值化算法及形态学内插算法处理后, 测量出最长的毛边尺寸, 采用 LabVIEW 编程控制影像的拾取、处理, 并通过人机界面显示其尺寸或毛边、长度平均值、3 个标准差 (3σ)、最大/最小值与差值、综合制程能力指数等, 以确认产品的品质。**结果** 实验结果显示, 影像检测系统每次测量 10 片纸带, 每片测量需 64 s, 最大定位误差为 0.005 mm, 误差百分比最大为 3.93%, 将毛边检测中发现的纸带毛边位置及长度与国家标准相对比, 可作为模具调整或更换的依据。**结论** 此影像检测系统可替代人工测量, 降低了人为测量误差, 并节省了时间, 提高了生产效能。

关键词: 包装纸带; 影像处理; 二值化; 边缘检测; 综合制程能力; LabVIEW 编程

中图分类号: TS77; TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)15-0219-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.15.035

Design of Image System in Stamping Process of Packaging Paper Tape for SMD Components

ZHAO Xiao-li, HAN Wen-hong

(Henan Vocational College of Agriculture, Zhengzhou 451450, China)

ABSTRACT: The work aims to construct an image detection system to detect the punching size and edge length of 0402 component packaging paper tape, which is regarded as the basis for quality inspection of stamping products and for observation, judgment and adjustment of mold. Firstly, CCD was used to pick up paper tape image and cooperate with motor to drive the platform to move. Secondly, the longest edge size was measured by means of binarization algorithm and morphological interpolation algorithm. Thirdly, LabVIEW programming was used to control image picking and processing. Fourthly, the dimension or edge, average length value, 3σ , maximum/minimum value and difference value, comprehensive process capability index and so on were displayed through man-machine interface to confirm the product quality. The experimental results indicated that, 10 pieces of paper tape could be measured by the image detection system each time, while the time for each piece was 64 s. The maximum positioning error was 0.005 mm, and the maximum error percentage was 3.93%. When compared with the national standards, the position and length of the edge of paper tape found in the edge detection could be used as the basis for adjusting or replacing the mold. The image detection system can replace manual measurement, reduce the error of artificial measurement, save time and improve production efficiency.

KEY WORDS: packaging paper tape; image processing; binarization; edge detection; integrated process capability; LabVIEW programming

收稿日期: 2018-10-01

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究项目 (17A150141)

作者简介: 赵小丽 (1981—), 女, 硕士, 讲师, 主要研究方向为计算机应用。

贴片元件在生产或运输过程中,为避免刮伤,以及与空气接触产生氧化而造成的品质不良,必须进行包装以避免这些问题。型号为 0402 的包装纸孔径更小,精度要求更高,冲压机的速度达到 40 m/min,其冲孔周围毛边不能太长(留有 R 角或毛边造成元件不易填装而造成卡机)。当生产速度快且量大时,采用人工检测方式进行产品质量管理(简称“品管”),生产线可能会因品管检测而延迟,影响产品出货时间,所以必须开发新的检测技术予以改善。

影像技术应用非常广且自动检测速度快,可减少人工视觉误差。工业上影像技术应用在刀具磨损检测^[1]、塑胶制品表面缺陷自动检测等^[2]。近年来随着计算机科技的发展,影像检测技术的精密度及准确度提升,LEE S 等人研发的智慧型微钻头检测系统,可规划检测路径并做精密定位^[3]。SORTINO M 等人建立的线上非接触式影像测量与处理系统,由所取得的二维平面影像,建立三维空间实物的几何关系^[4]。ISMA AKLI 等人利用 K-曲率法精确找出了二维物体边界上的线性方程式,再通过软件程序进行实际微钻头影像分析及检测^[5]。

文中主要利用影像技术建构一台检测 0402 规格元件包装纸带的影像检测系统,测量冲压制品的规格尺寸、毛边长度,并实时地将制品外观毛边情况,作为模具调整与冲头磨损的参考,以判断模具寿命进而加以更换。

1 影像检测系统设计

1.1 系统硬件设计

影像测量系统构成:2台不同镜头倍率的 CCD,以测量纸带的尺寸与毛边;10个用于放置纸带的长方形凹槽;一台步进电机控制 xy 轴移动,以测量 10 条纸带;同轴照明光源。其实物见图 1。



图 1 影像测量系统实物

Fig.1 Physical object of image measurement system

1.2 系统软件设计

采用 LabVIEW 编程语言编写^[6]控制影像拾取、处理及电机 xy 轴位移控制的程序,然后对影像检测

系统进行测试。

1.2.1 影像测量与处理

以 CCD 拾取影像再经过影像处理后进行测量,使用灰阶子像素法测量纸带长度尺寸。为提高 CCD 的测量精度,采用子像素的技术将一个像素分割成几等份,再采用灰阶内插法以提高影像的清晰度。从图 2 可以知道使,用子像素所测量的尺寸更加准确。毛边测量使用二值化算法及形态学内插法处理后^[7-8],测量出最长的毛边尺寸。测量尺寸与毛边检测的整个影像处理流程见图 3。

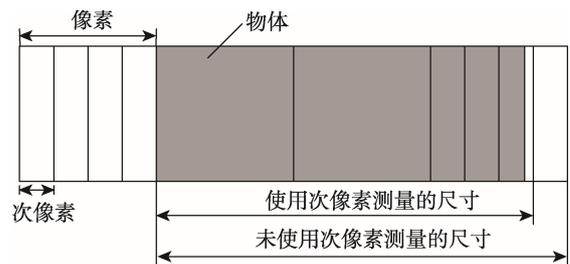


图 2 子像素测量示意

Fig 2 Schematic diagram of subpixel measurement

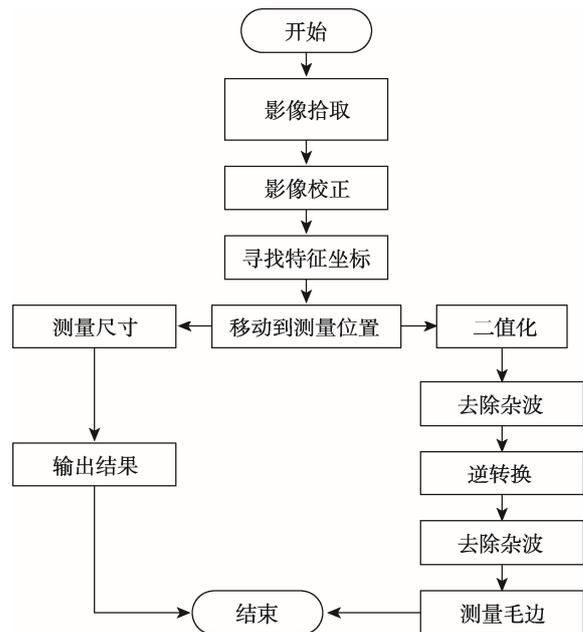


图 3 影像处理与检测流程

Fig.3 Image processing and detection processes

1.2.2 人机界面程序

人机界面包含测量纸带的尺寸界面和测量毛边尺寸界面 2 种形式^[9]。其处理步骤:首先选择要检测纸带规格代号,经过 CCD 拾取影像后储存图片,使用影像处理并测量纸带尺寸或毛边长度,判别得到的尺寸是否符合公差需求,如果不符合则显示警告灯。测量 10 条纸带后计算平均值、3 个标准差、最大/最小值、差值及综合制程能力指数(C_{pk})值作为品管的认定,程序处理的流程见图 4。

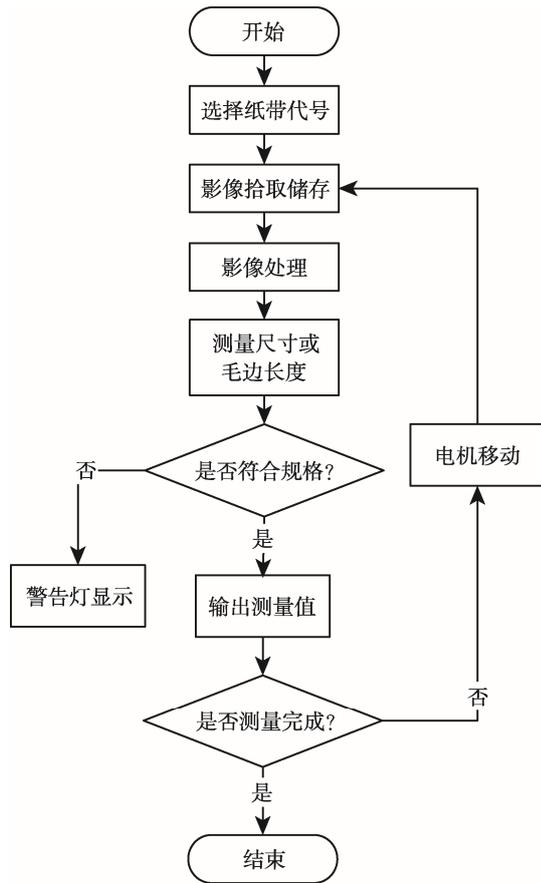


图 4 程序处理流程
Fig.4 Processing flow chart

1.2.3 综合制程能力指数 C_{pk}

综合制程能力指数 C_{pk} 同时考虑制程的准确度及精密度，当 C_{pk} 值愈大，代表制程综合能力愈好，见表 1。一般 C_{pk} 的值至少要大于 1 才能继续生产，不然会增加生产成本，计算公式为：

$$C_{pk} = (1 - |C_a|) \times C_p \quad (1)$$

式中： C_a 为制程准确度， $C_a = \frac{\bar{X} - \mu}{T/2} \times 100\%$ ； C_p

为制程精密度， $C_p = \frac{T}{6\sigma}$ ； σ 为标准差，

$$\sigma = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \right]^{1/2} ; \bar{x} \text{ 为实际平均值；} \mu \text{ 为规格中心值；} T \text{ 为规格公差。}$$

表 1 综合制程能力指数标准

Tab.1 Integrated process capability index standard

等级	C_{pk}	处理原则
A	$C_{pk} \geq 1.33$	维持现状
B	$1.0 \leq C_{pk} < 1.33$	有缺点发生
C	$C_{pk} < 1.0$	立刻检测改善

2 影像检测的主要算法

2.1 边缘检测

影像拾取时边缘位置由暗到亮会形成“像斜坡”的剖面，见图 5a，而斜坡的斜率反比于边缘模糊程度。当沿着灰阶剖面图像由左到右时，一阶导数从进入斜坡到离开斜坡点的过程中对应值是正数且为定值，而在斜坡左右两边的不变灰阶区域其值为 0^[10-12]，见图 5b，由此可见，一阶导数值的大小决定某像素点是否在斜坡上。二阶导数在灰阶过渡边缘的暗边对应值为正数，在灰阶过渡边缘的亮边对应值为负数，而斜坡和斜坡左右两边的不变灰阶区域其值为 0，见图 5c。由此可见，灰阶从亮到暗的过渡边缘对应的二阶导数值的正负号会反转，二阶导数的正负号决定影像边缘像素在灰阶的暗边（正值）或亮边（负值）。纸带外形的找寻方法是采用诸多搜寻线搜寻影像轮廓的边界点，再将各点组合成直线或圆，从而得到纸带外形轮廓，见图 6，然后再进行距离测量以得到纸带尺寸或毛边尺寸。一阶导数影像 $f(x, y)$ 在位置 (x, y) 的灰度定义为向量式 (2)，二阶导数定义为式 (3)。

一阶导数：

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (2)$$

二阶导数：

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (3)$$

2.2 距离测量

距离测量是测量出相对的距离以求出尺寸，距离测量前必须进行像素与实际尺寸的距离换算，这里 1 mm 长度对应 36.461 pixel。

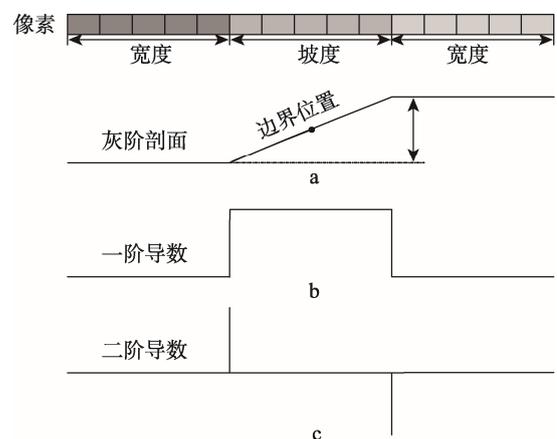


图 5 边缘检测
Fig.5 Edge detection

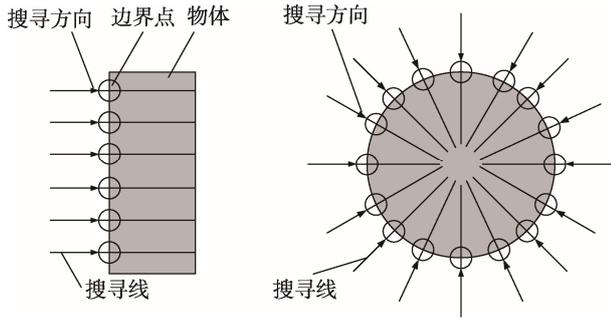


图6 轮廓搜寻示意
Fig.6 Contour search diagram

距离测量方式主要有欧几里德距离、 D_4 距离与 D_8 距离 3 种^[13-15]，其中欧几里德距离定义如式(4)，与点 (x, y) 相距小于或等于某个值 r 的像素，包含在以点 (x, y) 为圆心，半径为 r 的圆内。

$$D_e(p, q) = [(x-s)^2 + (y-t)^2]^{1/2} \quad (4)$$

p 与 q 像素间的 D_4 距离及 D_8 距离或棋盘距离，定义分别见式(5)和(6)，与点 (x, y) 的 D_4 距离小于或等于值 r 的像素，形成一个以点 (x, y) 为中心的菱形，见图 7a，其中 r 为 2， $D_4=1$ 的像素是点 (x, y) 的 4 近邻。与 (x, y) 的 D_8 距离小于或等于值 r 的像素形成一个以点 (x, y) 为中心的正方形，见图 7b，其中 r 为 2， $D_8=1$ 的像素是点 (x, y) 的 8 近邻。

$$D_4(p, q) = |x-s| + |y-t| \quad (5)$$

$$D_8(p, q) = \max(|x-s|, |y-t|) \quad (6)$$

式中： $p(x, y)$ 与 $q(s, t)$ 表示 2 个不同位置的像素； D 表示距离函数。

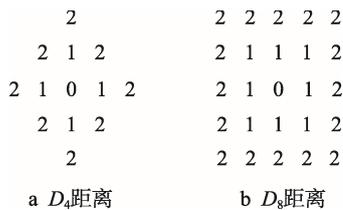


图7 像素距离示意
Fig.7 Pixel distance diagram

3 实验结果与讨论

3.1 测量位置与标准

冲孔尺寸测量位置示意图见图 8。标准纸带尺寸测量值见图 9。其中尺寸测量是针对图 8 中标注的长度尺寸，冲孔毛边测量针对图 8 中的 A, B, D 等 3 个尺寸。

按照 0402 元件包装纸带冲孔国标的要求： A 和 B 尺寸偏差为 ± 0.03 mm； D, F, P, P_0 尺寸偏差为 ± 0.05 mm； C, E, P_T 偏差为 ± 0.10 mm，冲孔内残留毛刺小于 0.1 mm。

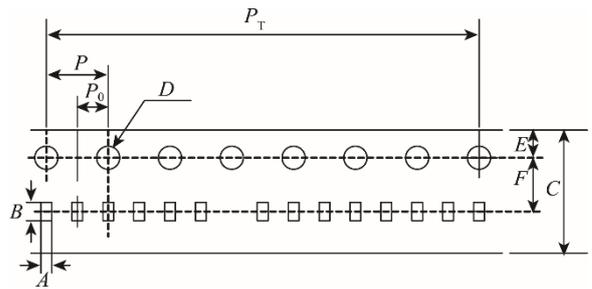


图8 尺寸测量位置示意
Fig.8 Diagram of position for dimension measurement

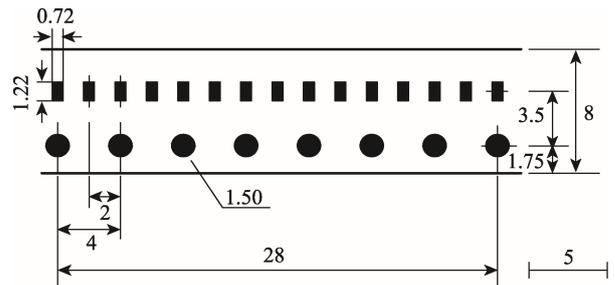


图9 尺寸测量时的位置值
Fig.9 Position value in dimension measurement

对于每段纸带的冲孔尺寸测量，如果有一个尺寸超出其公差，测量界面对应的测试点方形警告灯显示；如果 9 个测试点的 C_{pk} 值小于 1，圆形警告灯显示。对于每一段纸带的毛边测量，按下毛边检测按钮可显示纸带放大的外观情形，所测量的毛边长度大于 0.03 mm（毛边过长）时圆形警告灯显示，需要立即处理以减少损失。

3.2 实验结果

1) 冲孔尺寸测量：经过实验测量 100 条长度相同的纸带的 A 尺寸，测量结果（部分数据）见表 2，其最大定位误差为 0.005 mm，测量尺寸的实验值与工具显微镜测量获得的实际值相比较，其最大误差百分比为 3.93%。

2) 冲孔毛边测量：测量 100 条长度相同的纸带的毛边长度，与工具显微镜测量的结果相比较，其测量误差为 0.017 mm，所以此系统可作为测量工具。测量速度为平均每片 64 s（包含电机移动时间），由 CCD 拾取放大的影像见图 10，可明显看出毛边位置，可作为模具调整的参考。

3.3 冲压纸带长度与冲头的关系

高速冲压加工时随着制品生产量的增加，冲头逐渐磨损而所冲制的孔也逐渐产生毛边及变形，使得产品的品质变差，如图 11 可知，冲头磨损量随着冲压纸带数量增加而增加。图 12 中毛边随着冲压纸带数量增加有增长的趋势。从图 13 可以看出，纸带在图 8 中 A 与 B 尺寸，随着冲压纸带数量增加有缩小的趋势。

表 2 尺寸测量的测试结果
Tab.2 Test results of dimension measurements

序号	实际值/mm	实验值/mm	误差/%
1	0.703	0.695	1.13
2	0.699	0.696	0.43
3	0.700	0.690	1.42
4	0.709	0.696	1.83
5	0.717	0.703	1.95
6	0.716	0.692	3.35
7	0.715	0.701	1.96
8	0.712	0.694	2.53
9	0.708	0.688	2.82
10	0.700	0.688	1.71
11	0.732	0.709	3.14
12	0.728	0.709	2.60
13	0.738	0.709	3.93
14	0.736	0.716	2.71
15	0.738	0.712	3.39
16	0.741	0.713	3.78
17	0.726	0.723	0.41
18	0.741	0.723	2.43
19	0.707	0.707	0.00
20	0.707	0.709	0.28

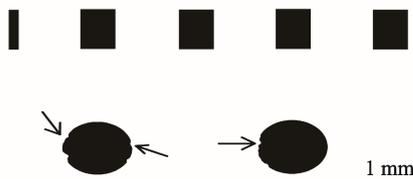


图 10 毛边检测
Fig.10 Edge detection

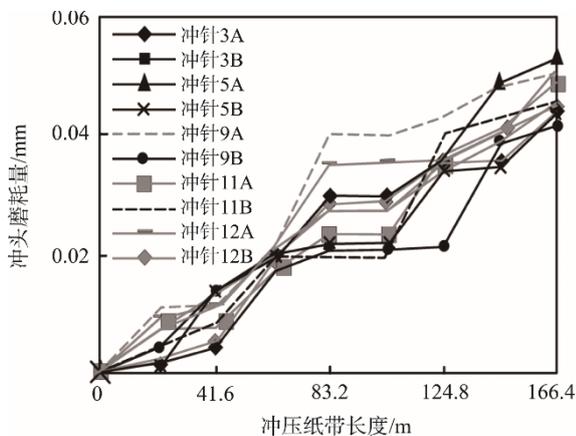


图 11 冲压纸带长度与冲头磨损量的关系
Fig.11 Relation between the length of stamping paper tape and the abrasion of punch

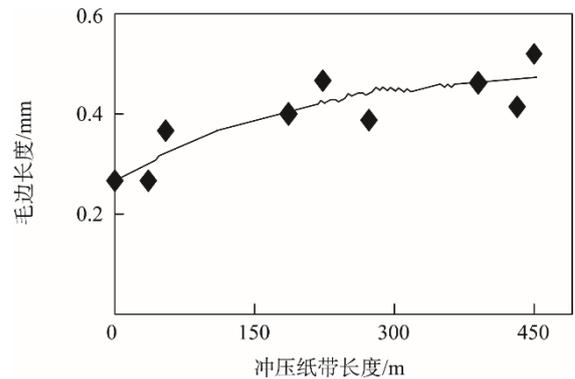


图 12 冲压纸带长度与毛边长度的关系
Fig.12 Relation between the length of stamping paper tape and the length of edge

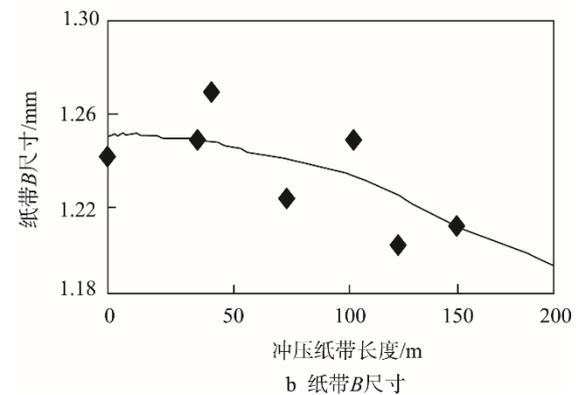
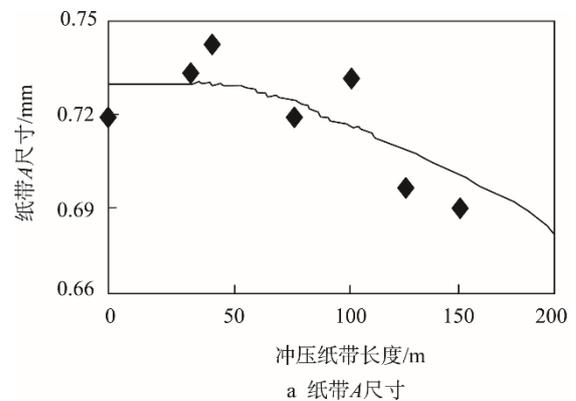


图 13 冲压纸带数量与冲孔尺寸的关系
Fig.13 Relationship between stamping paper tape quantity and punching size

4 结语

利用影像技术构建一台检测 0402 元件包装纸带的影像检测系统,用来检测纸带冲孔的尺寸与毛边长度,以此作为冲压制品的品质检验及模具观测判断与调整的依据。研究结果显示,影像测量系统测量速度快,所拾取的影像可明显看出纸带外观情况,通过对 100 条纸带的测试,获得测量误差为 0.017 mm,误差百分比最大为 3.93%,符合包装纸带冲孔标准要求。

影像检测系统测量每片纸带尺寸用时 64 s, 与人工测量相比可节省大量时间, 并可减少操作者人为因素产生的误判。

参考文献:

- [1] TSAI D, CHIANG I, TSAI Y. A Shift-tolerant Dissimilarity Measure for Surface Defect Detection[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2012, 8(1): 128—137.
- [2] 刘斌, 吴盛金, 邹仕放. 基于机器视觉的塑胶制品表面缺陷自动检测技术[J]. 塑料工业, 2009, 37(12): 5—9.
LIU Bin, WU Sheng-jin, ZOU Shi-fang. Automatic Detection Technology of Surface Defects on Plastic Products Based on Machine Vision[J]. China Plastics Industry, 2009, 37(12): 5—9.
- [3] LEE S, MIYOSHI T, TAKAYA Y, et al. Non-contact 3D Edge Profile Measurement for Die and Mould Model Surface[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2002, 127(12): 287—291.
- [4] SORTINO M. Application of Statistical Filtering for Optical Detection of Tool Wear[J]. International Journal of Machine Tool & Manufacture, 2003, 43(8): 493—497.
- [5] ISMA A, BRAHIM B, NOURA A. Motion Analysis of a Mobile Manipulator Executing Pick-up Tasks[J]. Computer & Electrical Engineering, 2015, 43(4): 257—269.
- [6] 杨祖彬, 代小红. 基于图像配准的食品包装印刷缺陷检测与实现[J]. 计算机科学, 2015, 42(8): 319—322.
YANG Zu-bin, DAI Xiao-hong. Printing Defects Detection and Realization Food Packaging Based on Image Registration[J]. Computer Science, 2015, 42(8): 319—322.
- [7] SHRESTHA B L, KANG Y M, BAIK O D. A Two-camera Machine Vision in Predicting Alphas-amylase Activity in Wheat[J]. Journal of Cereal Science, 2016, 71(9): 28—36.
- [8] 张恒, 彭建飞. 基于零件冲裁毛刺高度的冲压模具磨损预测[J]. 锻压技术, 2017, 42(12): 123—127.
ZHANG Heng, PENG Jian-fei. Prediction of Stamping Die Wear Based on Blanking Burr Height of Part[J]. Forging & Stamping Technology, 2017, 42(12): 123—127.
- [9] 胡方尚, 郭慧, 邢金鹏, 等. 基于印刷缺陷检测的图像配准方法研究[J]. 光学技术, 2017, 43(1): 16—21.
HU Fang-shang, GUO Hui, XING Jin-peng, et al. Image Registration Based on Label Printing Defect Detection[J]. Optical Technique, 2017, 43(1): 16—21.
- [10] 李正明, 黎宏, 孙俊. 基于数字图像处理的印刷电路板缺陷检测[J]. 仪器仪表与传感器, 2012(8): 87—89.
LI Zheng-ming, LI Hong, SUN Jun. Detection of PCB Based on Digital Image Processing[J]. Instrument Technique and Sensor, 2012(8): 87—89.
- [11] 李萌, 孙铁波. 基于机器视觉的食品包装缺陷检测研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(24): 125—127.
LI Meng, SUN Tie-bo. Research of Food Packaging Defects Detection Based on Machine Vision[J]. Food Research and Development, 2016, 37(24): 125—127.
- [12] 杨晓涵, 李雨彤, 王宁, 等. 遥感影像融合方法比较研究[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2017, 34(2): 90—94.
YANG Xiao-han, LI Yu-tong, WANG Ning, et al. Comparative Research on Remote Sensing Image Fusion Method[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2017, 34(2): 90—94.
- [13] 孙怀远, 杨丽英, 周夫之. 基于机器视觉技术的药品瓶包装在线检测系统[J]. 机电信息, 2011, 12(2): 46—50.
SUN Huai-yuan, YANG Li-ying, ZHOU Fu-zhi. The Real-time Detection System of Pharmaceutical Bottles Based on Machine Vision Technology[J]. Mechatronic Information, 2011, 12(2): 46—50.
- [14] 胡浩. 基于机器视觉的饮料瓶包装检测与抓取技术[D]. 天津: 天津工业大学, 2017.
HU Hao. Beverage Bottle Packaging Detection and Grasping Technology Based on Machine Vision[D]. Tianjin: Tianjin Polytechnic University, 2017.
- [15] VITHU P, MOSES J A. Machine Vision System for Food Grain Quality Evaluation[J]. Trends in Food Science & Technology, 2016, 56(10): 13—20.