

# 基于机器视觉的包装机械贴标功能实现

刘定操

(河南经贸职业学院, 郑州 450000)

**摘要:** **目的** 为了提高包装机械贴标工序的自动化程度和贴标速度、精度, 设计一种贴标控制系统。**方法** 基于机器视觉设计一种贴标控制系统。该系统主要包括 PC 机、工业相机、视觉处理模块、运动控制模块、打印机、贴标机、标签检测模块等。重点论述图像处理算法, 其中柔性形态学滤波和边缘检测用于贴标区域识别和定位; 模板匹配则用于检测标签的平整度和倾斜度。最后, 针对正方体包装纸盒、圆形包装纸盒、不规则包装纸盒进行试验研究。**结果** 实验结果表明, 所述贴标系统平均正标率均在 99% 以上。**结论** 基于机器视觉的包装机械贴标系统能够满足包装要求, 而且可以提高包装机械的自动化水平、提高包装效率、降低企业成本。

**关键词:** 机器视觉; 贴标; 形态学滤波; 边缘检测; 模板匹配

中图分类号: TB486 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)17-0199-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.17.029

## Packaging Machinery Labeling Function Realized Based on Machine Vision

LIU Ding-cao

(Henan Institute of Economics and Trade, Zhengzhou 450000, China)

**ABSTRACT:** The work aims to design a labeling control system, so as to improve the automation degree, labeling speed and precision of packaging machinery labeling process. A labeling control system was designed based on machine vision which mainly included PC, industrial camera, visual processing module, motion control module, printer, labeling machine, label detection module, etc. The image processing algorithm was emphasized, in which the soft morphological filtering and edge detection were used for labeling region recognition and location. Template matching was used to detect the flatness and inclination of labels. Finally, an experimental study was carried out with cube, round and irregular packaging cartons as research objects. Experimental results showed that, the average positive calibration rate of the proposed labeling system was above 99%. The labeling system of packaging machinery based on machine vision can meet the packaging requirements, improve the automation level of packaging machinery, enhance packaging efficiency and reduce enterprise costs.

**KEY WORDS:** machine vision; labeling; morphological filtering; edge detection; template matching

随着工业自动化程度的不断发展, 许多企业的生产模式正在发生转变, 逐步从传统模式向自动化、智能化模式过渡<sup>[1-3]</sup>。物料标记是智能制造的关键技术, 当前很多制造类企业已经采用标签实现物料识别。企业可将零件或产品的所有信息全部放到标签里, 对产品的整个加工过程进行监督、跟踪、管理。

另外, 同样可以利用标签对零件或产品质量进行追溯服务<sup>[4-7]</sup>。在某种程度上, 如何快速、准确地实现标签粘贴, 是该类企业亟需解决的问题。目前, 大多数企业仍旧采用人工贴标, 该方式不仅效率低、精度不高, 而且劳动强度较大, 很难满足生产需求<sup>[7-10]</sup>。相对而言, 自动贴标机则能够自动完成贴标过程, 具

收稿日期: 2019-03-26

作者简介: 刘定操 (1976—), 男, 硕士, 讲师, 主要研究方向为计算机图像处理。

有效率高、贴标精准等优点,在诸多企业中应用十分广泛。

为进一步增强贴标行业生产力,尽可能地提高贴标速度、效率,可考虑引入机器视觉技术。根据企业需求,设计具有视觉定位功能的贴标机,既要能够自动识别标签位置,检测实际贴标效果,还要具有解析功能,可以区分正面纸质标签和反面喷码标签。如此,便可以将产品信息存储到客户数据库,便于生产厂家进行产品质量跟踪以及产品维护<sup>[11-15]</sup>。

文中以自动贴标为研究对象,结合机器视觉设计一种贴标控制系统,该系统不仅可以实现整个贴标过程,而且能够对贴标效果进行检测,以提高产品合格率、企业生产效率。

### 1 自动贴标机

#### 1.1 系统结构

贴标系统总体结构见图1。传送带将待贴标产品送至视觉检测工位;光电传感器响应后,工业相机自动抓拍,以获取目标物原始图像;通过以太网将图像传至上位机,上位机图像处理模块对图像进行处理,并得到相关控制指令;将控制指令作用于运动控制模块,对末端执行器进行操作;末端执行器根据指示完成打印和贴标操作;此时,工业相机再次抓拍,以判断实际贴标效果,如果出现“标签不清”等情况,则剔除重新进行贴标,如果合格,则进行下一工序。

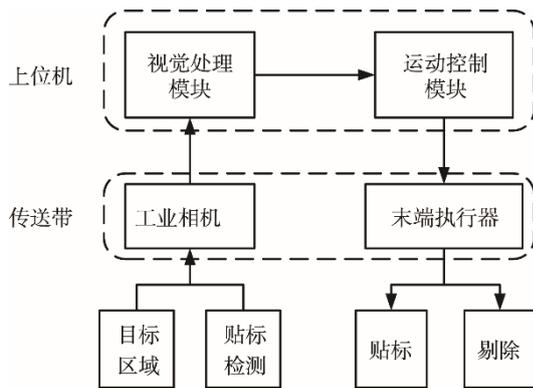


图1 贴标系统结构  
Fig.1 Labeling system structure

#### 1.2 硬件设计

贴标系统硬件平台主要包括:工业PC机、工业相机、打印贴标机构、视觉检测模块、人机交互界面、光电传感器、末端执行器、电源、传送带等。

工业PC机是控制核心,用于接收反馈信息、生成控制指令、实时结果显示等;工业相机主要用于图像信息采集,包括贴标位置图像和贴标效果图像;打印贴标机构包括打印机和贴标机,其中打印机用于打

印标签,贴标机负责将标签贴到指定位置;视觉检测模块用于判断当前标签是否满足工艺要求;光电传感器用于工位判断,并控制工业相机进行抓拍;人机交互界面用于贴标工艺参数输入、故障反馈、系统实时运行情况反馈等;末端执行器用于剔除不合格产品。

#### 1.3 软件设计

所述控制系统软件基于MFC和OpenCV进行开发,OpenCV是一种开源的计算机视觉库,其包含较多的C函数以及一些CH类函数;而且具有一些可用于图像和视觉处理的通用算法,例如:3D重建、图像分割、图像识别、运动分析、特征检测、特征跟踪等,是一种比较流行的图像处理数据库。软件开发流程图见图2。

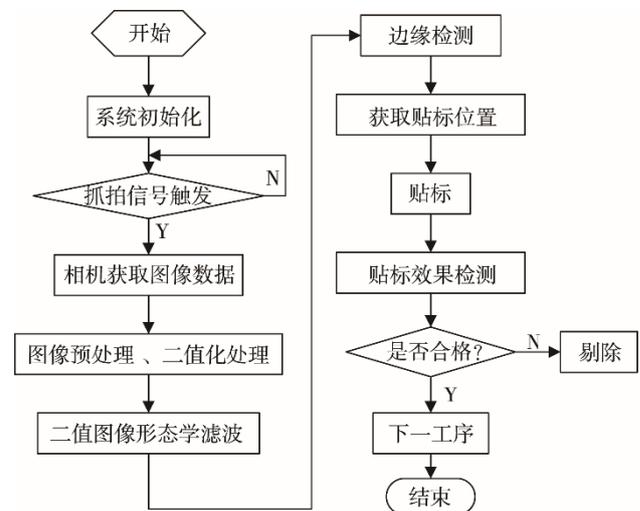


图2 软件开发流程  
Fig.2 Software development process

通过上述分析可知:视觉检测模块直接决定贴标位置是否准确以及贴标效果是否理想,所以文中重点讨论视觉检测模块,其主要包括三部分,即图像预处理、边缘检测、模板匹配等。

图像预处理。原始图像经过灰度化、图像分割等操作变成二值图像,然后利用形态学滤波去掉二值图像内部的噪声。

边缘检测。对包装盒进行边缘检测,得到其轮廓曲线,经过计算获取贴标面的偏转角度、贴标中心点坐标等数据,为贴标做准备。

模板匹配。贴标完成后,通过获取已贴标签图像与模板进行匹配,判断所贴标签位置是否准确,标签是否完整,有无折叠、褶皱等情况。

### 2 图像处理算法

#### 2.1 形态学滤波

为保存图像主要特征,文中采用形态学滤波方

法。所谓形态学本质上就是一种非线性处理过程，如果同“顺序统计”相结合，那么其运算会更加灵活。定义一个结构元素  $B$ ，其包括 2 个子集，即硬核集合  $A$  和柔性边缘集合  $B$ ，集合  $A$  和  $B$  满足  $A \subset B$ 。

定义元素  $f(a)$ ， $a \in B$ ，其重复  $k$  次可描述为：

$$\{k \diamond f(a)\} = \{f(a), f(a), f(a), \dots, f(a)\} \quad (1)$$

式中： $k$  为正整数用于表示重复次数和顺序选择参数且满足  $k \in [1, \min\{c(B)/2, c(B \setminus A)\}]$ ； $c(B)$  表示集合  $B$  的基数； $f$  为灰度图像。

柔性形态学膨胀算法可描述为：

$$f \oplus [B, A, k](x) = \max \left\{ \{k \diamond f(a) \mid a \in (A)_x\} \cup \{f(b) \mid b \in (B \setminus A)_x\} \right\} \quad (2)$$

柔性形态学腐蚀算法可描述为：

$$f \otimes [B, A, k](x) = \min \left\{ \{k \diamond f(a) \mid a \in (A)_x\} \cup \{f(b) \mid b \in (B \setminus A)_x\} \right\} \quad (3)$$

为确保柔性形态学滤波算法的执行效率，一般情况下会将柔性形态学的基本运算进行组合，可以得到柔性开运算和柔性闭运算。定义映像集合  $A(x) = \{x \mid x = -a, a \in A\}$  以及映像集合  $B(x) = \{x \mid x = -b, b \in B\}$ ，那么柔性形态学开运算可表示为：

$$f \circ [B, A, k] = (F \otimes [B, A, k]) \oplus [B(x), A(x), k] \quad (4)$$

同时柔性形态学闭运算可表示为：

$$f \bullet [B, A, k] = (F \oplus [B, A, k]) \otimes [B(x), A(x), k] \quad (5)$$

综上所述，柔性形态学滤波能够较好地保护图像边缘信息。与简单的膨胀、腐蚀运算相比，开运算可以清除细小物体，在纤细处分离物体并平滑较大物体边缘；闭运算能够填充物体内细小空洞，连接临近物体并平滑边缘，所以，柔性形态学可用于抑制斑点噪声。

## 2.2 边缘检测

在整幅图像中边缘特征比较明显。通常情况下，边缘是指周围像素灰度值变化比较明显的像素点的集合，边缘像素的灰度值极大或倒数较大。图像边缘检测不仅能够大幅度减少计算量，而且可以去掉不相关信息，保留图像关键属性。

定义函数  $f(x, y)$  的二阶微分为：

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (6)$$

那么对于二维离散图像  $f(i, j)$ ，其二阶偏微分可近似表示为：

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(i+1, j) + f(i-1, j) - 2f(i, j) \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(i, j+1) + f(i, j-1) - 2f(i, j) \quad (8)$$

如上所述，拉普拉斯算子为二阶导数；该算子对噪声比较敏感，一般不会用其原始形式进行边缘检测。为解决拉普拉斯算子所存在问题，可先进行高低通滤波，然后再使用拉普拉斯算子实现边缘检测，具体可表示为：

$$\nabla^2 [G(x, y) \times f(x, y)] \quad (9)$$

式中： $f(x, y)$  表示图像； $G(x, y)$  则表示高斯函数，具体可描述为：

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (10)$$

对式 (9) 进行变换，可得如下表达式：

$$\nabla^2 [G(x, y) \times f(x, y)] = \nabla^2 G(x, y) \times f(x, y) \quad (11)$$

对式 (11) 进行二阶偏导运算可得：

$$\nabla^2 G(x, y) = \frac{1}{\pi\sigma^4} \left[ 1 - \frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2} \right] \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (12)$$

式 (12) 就是高斯-拉普拉斯算子，可记作 LoG 算子。

在实际使用过程中，如何选择 LoG 算子中标准差参数  $\sigma$  非常重要。该参数对图像边缘检测结果影响比较大，因此，图像不同，参数也应该相应地发生变化。

## 2.3 模板匹配

对于灰度值匹配，文中采用相似度量方法，即计算模板和图像之间所有灰度值差值平方和 (SSD)。假设模板图像包含  $M \times N$  个像素，具体表达式为：

$$SSD(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (T(m, n) - S(i+m, j+n))^2 \quad (13)$$

式中： $T(m, n)$  表示模板图像灰度值； $S(i+m, j+n)$  表示被搜索图像灰度值。通过归一化处理，可得相关系数 NCC 为：

$$NCC(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [T(m, n)S(i+m, j+n)]}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [T(m, n)]^2} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S(i+m, j+n)]^2}} \quad (14)$$

NCC 的域值为  $[0, 1]$ ；如果模板图像和被搜索图像一样，那么 NCC 数值为 1。当搜索结束后，寻找最大的 NCC 数值，其相应图像就是匹配目标。

通过多次不同实验，NCC 不低于 0.8 时，可以确保标签平整，满足贴标要求。如果相关系数小于 0.8，系统会重新拾取标签并粘贴；如果相关系数大于 0.8，系统继续下一工序。

### 3 控制系统试验

为验证所述控制系统的有效性,以某工厂的生产线为平台,对其进行改造升级,加入视觉检测系统。试验装置见图3。

测试时间为4h;测试标签长度为140mm,长度为60mm;传送带速度设定为15m/min;测试对象分为正方形包装纸盒、圆形包装纸盒、不规则(心形)包装纸盒3类。每个测试对象均进行3次实验,测试结果见表1。

正方形纸盒的贴标速度设定为每分钟60个,平均正标率可以达到99.4%;圆形包装纸盒的贴标速度设定为每分钟30个,平均正标率可以达到99.2%;



图3 试验装置  
Fig.3 Test apparatus

不规则包装纸盒的贴标速度设定为每分钟25个,平均正标率可以达到99.3%。实验结果表明,所述贴标控制系统能够满足工艺要求。

表1 不同形状包装纸盒测试结果

Tab.1 Test results of packaging cartons of different shapes

包装盒	序号	贴标数目	正标数目	正标率/%
正方形包装纸盒	1	15 293	15 186	99.3
	2	15 046	14 998	99.7
	3	15 398	15 275	99.2
	平均值	15 246	15 153	99.4
圆形包装纸盒	1	7817	7753	99.2
	2	7664	7602	99.2
	3	7549	7498	99.3
	平均值	7677	7618	99.2
不规则(心形)包装纸盒	1	5763	5722	99.3
	2	5858	5812	99.2
	3	5769	5734	99.4
	平均值	5797	5756	99.3

### 4 结语

以包装机械自动化贴标为研究对象,结合机器视觉设计了一种智能贴标系统。所述控制系统包括:工业PC机、工业相机、打印贴标机构、视觉检测模块、人机交互界面、光电传感器、末端执行器、电源、传送带等。重点论述了图像处理相关算法,如形态学滤波、边缘检测、模板匹配等。最后,进行了试验验证,结果表明正标率达到了99%以上。所述智能贴标控制系统能够满足工艺要求,对相关行业具有一定的借鉴意义。

#### 参考文献:

- [1] 杨绮云,孟爽,卜迟武,等.方瓶三面贴标过程运动轨迹的仿真研究[J].包装工程,2012,33(9):7—10.  
YANG Qi-yun, MENG Shuang, BU Chi-wu, et al. Study on Movement Tracks Simulation of Three Sides Labeling Mechanism for Rectangular Bottle[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(9): 7—10.
- [2] 王耀南,陈铁健.智能制造装备视觉检测控制方法综述[J].控制理论与应用,2015,32(3):273—286.  
WANG Yao-nan, CHEN Tie-jian. Control Methods of Intelligent Manufacturing Equipment Visual Inspection[J]. Control Theory & Applications, 2015, 32(3): 273—286.
- [3] 潘绍明,罗功坤,蔡启仲.全自动平面贴标机的系统设计及实现[J].制造业自动化,2010,32(12):95—97.  
PAN Shao-ming, LUO Gong-kun, CAI Qi-zhong. Fully Automatic Flat Labeling Machine System Design and Implementation[J]. Manufacturing Automation, 2010, 32(12): 95—97.
- [4] 王永秋,方华志.更精准的标签定位——基于伺服驱动器内置功能的立式贴标机控制系统[J].国内外机电一体化技术,2013(3):35.  
WANG Yong-qiu, FANG Hua-zhi. More Accurate Positioning Labeling-Based on Servo Driver Built-in Function of Vertical Labeling Machine Control System[J]. International Mechatronics Technology, 2013 (3): 35.

- [5] 陟俊杰, 蔡锦达, 唐静. 基于 ARM9 的多功能贴标控制系统研发[J]. 包装工程, 2016, 37(11): 133—138.  
ZHI Jun-jie, CAI Jin-da, TANG Jing. Development of Control System for Multi-function Labeling Based on ARM9[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(11): 133—138.
- [6] 刘同海, 白鹏, 李乃祥, 等. 基于 OpenCV 的玉米株型骨架提取研究[J]. 广东农业科学, 2011, 20(3): 163—165.  
LIU Tong-hai, BAI Peng, LI Nai-xiang, et al. Research on Framework Extraction Software in Maize Plant Type Based on OpenCV[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2011, 20(3): 163—165.
- [7] 孙瑞霞, 李炜, 王宗乾. 基于颜色智能识别的嵌入式筒管分拣系统设计[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2017, 34(3): 71—76.  
SUN Rui-xia, LI Wei, WANG Zong-qian. Design of Embedded Bobbin Multicolor Sorting System Based on Color Intelligent Identification[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2017, 34(3): 71—76.
- [8] 程红, 曾连荪, 童毅. 基于机器视觉的物体包装盒实时贴标系统设计[J]. 电子设计工程, 2013, 21(5): 40—42.  
CHENG Hong, ZENG Lian-sun, TONG Yi. Design of Object Packing Box Real-time Labeling System Based on Machine Vision[J]. Electronic Design Engineering, 2013, 21(5): 40—42.
- [9] 楚广生. 基于图像处理的自动调光系统[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(12): 69—72.  
CHU Guang-sheng. Auto Exposure System Based on Image Processing[J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2015, 34(12): 69—72.
- [10] 陈立定, 谢青延, 梁联冠. 瓶装自动贴标机的研制[J]. 食品工业科技, 2009(12): 303—304.  
CHEN Li-ding, XIE Qing-yan, LIANG Lian-guan. The Development of Bottles of Automatic Labeling Machine[J]. Science and Technology of Food Industry, 2009(12): 303—304.
- [11] 李凌, 呼咏, 梁宁, 等. 自动试管贴标机的设计与研究[J]. 包装工程, 2014, 35(9): 85—88.  
LI Ling, HU Yong, LIANG Ning, et al. Design and Research of an Automatic Tube Labeling Machine[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(9): 85—88.
- [12] 吴成中, 王耀南, 冯明涛, 等. 基于神经网络的医药微弱异物视觉检测机器人[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(12): 1746—1756.  
WU Cheng-zhong, WANG Yao-nan, FENG Ming-tao, et al. Neural Network Based Pharmaceutical Weak Foreign Body Visual Inspection Robot[J]. Electronic Measurement and Instrumentation, 2015, 29(12): 1746—1756.
- [13] 喻永康, 俞经虎. 一种具有视觉定位功能的智能贴标机控制系统设计[J]. 机床与液压, 2018, 46(23): 105—107.  
YU Yong-kang, YU Jing-hu. Design Control System of One Type Intelligent Labeling Machine with Function of Visual Positioning[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2018, 46(23): 105—107.
- [14] 张文娟, 康家银. 一种用于图像降噪的自适应均值滤波算法[J]. 小型微型计算机系统, 2011, 32(12): 2496—2498.  
ZHANG Wen-juan, KANG Jia-yin. Adaptive Mean Filtering Algorithm for Image Denoising[J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2011, 32(12): 2496—2498.
- [15] 倪洁, 王俊平, 杨国钰, 等. 一种柔性形态学参数对称对数图像处理新算法[J]. 西安电子科技大学学报(自然科学版), 2017, 44(5): 25—31.  
NI Jie, WANG Jun-ping, YANG Guo-yu, et al. New Soft Morphological Parameterized Symmetric Logarithmic Image Processing Filtering Algorithm[J]. Journal of Xidian University, 2017, 44(5): 25—31.