

doi:10.16576/j.ISSN.1007-4414.2024.04.046

## 基于机器视觉的商标纸全自动抓取系统设计\*

冯 忆, 郑倩倩, 范礼峰, 张 弛, 戚振栋, 沈黎翔

(浙江中烟工业有限责任公司 杭州卷烟厂, 浙江 杭州 310024)

摘要: 为减少当前 ZB47 包装机商标纸搬运过程中的人工成本, 搭建了基于机器视觉的商标纸全自动抓取系统。通过工业相机与激光测距仪以及机器视觉技术进行图像采集及预处理分析, 该系统可以检测新商标纸的位置, 并将矢量数据传送至工业机器人, 机器人再采用负压吸盘抓取的方式进行定位抓取。实验结果表明: 该系统能准确地识别商标纸垛的位置, 并控制机械臂完成其定位抓取动作, 解决了抓取系统中存在的空抓、少抓及误差等问题。

关键词: 商标纸; 机器视觉; 负压吸盘; 自动抓取

中图分类号: TP242

文献标识码: A

文章编号: 1007-4414(2024)04-0173-04

## Design of Fully Automatic Grabbing System for Trademark Paper based on Machine Vision

FENG Yi, ZHENG Qian-qian, FAN Li-feng, ZHANG Chi, QI Zhen-dong, SHEN Li-xiang

(Hangzhou Cigarette Factory of China Tobacco Zhejiang Industrial Co., Ltd, Hangzhou 310024, Zhejiang, China)

**Abstract:** To reduce the labor cost during the handling process of trademark paper on the current ZB47 packaging machine, a fully automatic grabbing system for trademark paper based on machine vision has been established. The industrial camera and laser rangefinder are equipped with machine vision technology to carry out image acquisition and pre-processing analysis, detecting the position of trademark paper, and transmitting the vector data to the industrial robot; then the negative pressure suction cup grabbing method is used for positioning and grabbing. The experimental results show that the system can accurately identify the position of the trademark paper stack and control the robotic arm to complete its positioning and grasping action, solving the problems of empty grasping, less grasping, and errors in the grasping system.

**Key words:** label paper; machine vision; negative pressure suction cup; automatic grabbing

## 0 引言

ZB47 包装机是烟草行业的一种高速包装机<sup>[1]</sup>, 同时也是杭州卷烟厂的主力设备, 其生产速度可达 550 包/min<sup>[2]</sup>。由于 ZB47 型包装机的特殊设计结构, 其烟用商标纸的辅料添加通道位于机型正后方, 目前该机型的商标纸上料为专职辅助工人工上料, 成本较大。此外, 现有商标纸广泛采用层级堆垛方式, 其空间位置定位困难; 若人工已对完整的商标纸垛进行过取用, 则破坏了其既定规模; 普通工业机器人极易出现空抓、少抓等状况影响工业生产。随着烟草设备制造技术数智化发展和提升, 当前烟草行业的改革方向走向数智化, 新型工业机器人已较多应用于烟草工业领域<sup>[3-5]</sup>, 基于视觉检测的机器人抓取技术的应用研究已非常广泛<sup>[6-8]</sup>。因此, 笔者重点设计了一种基于机器视觉的商标纸全自动抓取系统, 并通过实验验证了采用机器视觉技术和负压吸盘抓取的方式能实现对多种状态的商标纸的精准抓取, 该研究对 ZB47 型包装机全自动上料的功能实现有重要意义。

## 1 设计方案概述

基于机器视觉的托盘商标纸垛定位技术可实现

对商标纸垛的定位与形状识别, 机械手及其末端的抓取机构可以完成对商标纸的抓取、运输和释放动作, 抓取示意图如图 1 所示。

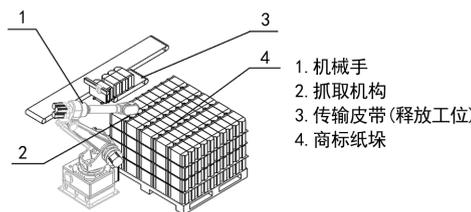


图 1 抓取示意图

抓取步骤如下: 激光测距仪检测机械手当前位置与商标堆垛的距离, 确定当前商标纸垛的层高; 工业相机采集商标纸垛俯视图, 通过商标纸垛定位算法, 实现物料的分布检测与抓取模式的规划; 机械臂在收到抓取位置信息后会移动到目标位置并通过抓取机构对商标纸进行抓取操作, 同时检测抓取动作是否成功; 最后, 机械臂将目标物送至预先设定好的释放工位进行释放。系统流程设计如图 2 所示。

\* 收稿日期: 2023-11-21

作者简介: 冯 忆 (1984-), 男, 浙江杭州人, 工程师, 主要从事烟草工业设备管理方面的相关工作。

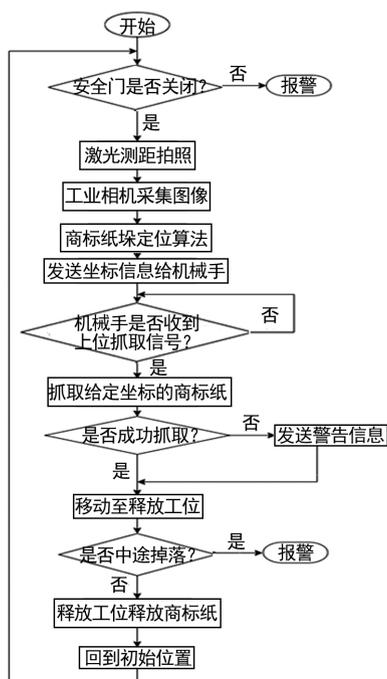


图2 系统流程设计结构图

## 2 抓取过程原理

相机处理单元接收激光测距仪的模拟信号和工业照相机的数据信号并处理,通过RJ45普通网口将数据发送至机器人映像存储区,机械手总控制器从映像存储区调用三维坐标;负压检测器信号直接发送信号至机械手总控制器;上位机系统输出控制使能信号到机械手总控制器;机械手总控制器发送使能信号至压空分配器。

一路正压通过压空分配电磁阀和负压发生器装置,分离出三路负压,分别接入三组共6个吸盘装置,由上位系统给出负压发生信号(抓取使能动作),机械手给出压空分配的电磁阀信号;吸盘选用软硅胶椭圆形,此种吸盘对商标纸的抓取效果为最佳。同时,三路负压分别与三个负压检测器相连,起到检测抓取状态的作用。为减小机械损伤,抓取机构内部装有缓冲保护结构,四个弹簧对其抓取过程进行缓冲,同时起到对抓取对象的保护作用。抓取结构如图3所示。

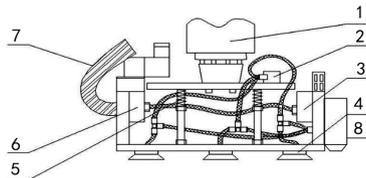


图3 抓取结构示意图

- 1.机械手 2.负压检测器 3.负压发生器 4.吸盘 5.保护弹簧  
6.压空分配器 7.总进气 8.工业相机

## 3 商标纸垛定位技术的算法实现

工业相机与激光测距仪将图像和距离信息传送

给相机处理单元,经图像采集、预处理、表面检测、图像分割、边缘检测、模板匹配、图像坐标、坐标变换等过程后,计算出商标堆垛在托盘上堆放的空间位置和堆放形式,确定规划路径,最终向机械臂输出抓取位置信息,实现机械臂的自动抓取。

### 3.1 图像预处理

在生产现场环境中,在机械臂运动到托盘顶部固定位置时利用安装在机械手臂上的相机、镜头等成像系统,拍照,获取商标托盘上表面的整体图像。

图像采集在生成和传输过程中存在各种噪声源的干扰和影响,因此图像中包含了各种各样的噪声和畸变。在图像分析和识别中,为了抑制和消除图像中的无效信息,减少系统的数据存储量,或将图像变换成某种标准形式,以易于特征提取和识别,需对采集的图像进行预处理。首先,由于是彩色相机,因此采用加权平均值法对图像进行灰度化处理;其次,对灰度图像进行高斯滤波处理,以消除微小噪点;最后,采用最大类间误差法对灰度图进行二值化处理,获得二值图像,以得到易于识别的商标托盘表面图像。

### 3.2 商标纸识别

实现单垛商标的判别要通过表面检测、图像特征提取与分割、边缘检测函数来进行。

对预处理后的图像进行表面分析,通过阈值法识别表面是否平整,是否存在异物。并与上一抓取周期的结果进行比较,确认托盘堆放的商标形态是否发生变化。结合商标堆垛本身的特点和堆叠时具有的一定规则,尽可能利用这些优势提取出其分类信息的特征,并进行图像分割。首先,确定图像商标堆垛与堆垛之间像素灰度的分界点 $A$ 。在分析大量图像的BMP文件后最终确定阈值 $A$ 为210,亮度大于210的像素认为是分界区域,小于210的像素认为是商标堆垛区域。以分界区域作为目标区域。其次,进行特征提取。采用基于灰度差异的快速识别定位算法,阈值采用 $A$ 。定义 $CL(K)$  ( $0 < K \leq 300$ )为第 $K$ 列灰度值大于 $A$ 的像素数。目标区域中 $CL(K)$ 的最小值定义为特征值 $Min1$ ,最大值定义为 $Max1$ 。目标区域中第一列的 $C_1(L)$  ( $0 < L \leq 300$ )定义为特征值 $T_1$ 。对图像依次行扫描,当判决函数大于特征值 $T_1$ 时,则认为检测到了目标点。最后,检测出的目标点链接起来则形成了单垛商标的轮廓。利用商标的轮廓将图像分割为多垛商标。

在图像预处理和分割的基础上,进一步对分割后的单垛图像进行增强,结合形态学运算得到更清晰的单垛商标轮廓区域。单垛商标边缘的特性为:沿边缘走向的像素变化平缓而垂直于边缘方向的像素变化剧烈。因此,提取边缘的算法就是检出符合边缘特性

的边缘像素的数学算子。

(1) 预处理过后的图像数据计算

图像数据用  $D[i, j]$  表示,其  $x$  和  $y$  方向的偏导数阵列分别为  $F[i, j]$  和  $G[i, j]$ , 于是:

$$F[i, j] \approx D[i, j+1] - D[i, j] + D[i+1, j+1] - D[i+1, j]/2 \quad (1)$$

$$G[i, j] \approx D[i, j] - D[i+1, j] + D[i, j+1] - D[i+1, j+1]/2 \quad (2)$$

采用基于方向导数模板求卷积的方法。采用 Roberts 算子:

$$H[i, j] = |f[i, j] - f[i+1, j+1]| + |f[i+1, j] - f[i, j+1]| \quad (3)$$

式中:  $H[i, j]$  为处理后  $(i, j)$  点的灰度值;  $f[i, j]$  为处理前该点的灰度值。

使用 Robert 算子进行卷积运算, 得到图像数据中各点的方向导数, 以此来获取其梯度。

$$E[i, j] = \sqrt{F[i, j]^2 + G[i, j]^2} \quad (4)$$

$$\theta[i, j] = \tan^{-1}(G[i, j]/F[i, j]) \quad (5)$$

计算式(4)、(5)分别表示图像中任意一个点的梯度值和方向。

(2) 局部最大值计算

利用式(4)、(5)可计算出图像任意一点的梯度值和方向, 采用比较法, 确定一个中心点, 将它的梯度值与其梯度线方向的两个相邻点相比较, 若其值大则保留, 否则置零。经过局部最大值处理, 可以得到细化的边缘图。

(3) 阈值处理

采用双阈值方法解决上一步处理后的图像中存在的包含噪声引起的对单个边缘的虚假响应问题。通过对信噪比的估计确定高、低阈值。通过直方图的统计结果得到高阈值, 低阈值经试验确定为高阈值的  $1/2$  左右。大于高阈值的响应确定为边缘, 小于低阈值的响应删除。在二者之间的, 检测该点的 8 个相邻点是否存在大于高阈值的点, 若有则可连接该边缘点, 由此形成单垛商标清晰的边缘。

### 3.3 商标纸定位

商标纸定位是通过模板匹配、图像坐标、坐标变换来实现的。通过图像分割和边缘检查后, 将整个图片分割成  $5 \times 10$  的网格, 然后将当前品牌的标准商标图像作为参照物与每个网格进行匹配。计算出每个网格的匹配度。如果匹配度均满足要求, 则认为此次模板匹配成功, 可以继续下一步操作。将图像坐标加上托盘高度位置, 形成商标的空间坐标系, 再根据机械臂的位置坐标与空间坐标的关系, 进行坐标变换, 得到当前抓取对象的整体结构, 同时输出此次抓取动作的三维坐标。

## 4 算例说明

商标纸堆垛在抓取过程中可能碰到三类工况, 如图 4 所示。

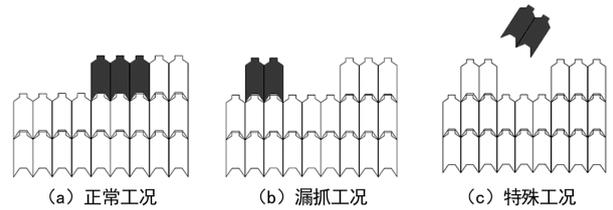


图 4 商标纸堆垛在抓取过程中可能碰到的三类情况

第一类正常工况下, 商标纸垛定位程序将会输出如图中灰色商标纸所示的位置坐标, 此时机器人控制三路压空电磁阀同时导通, 进行抓取操作; 第二类漏抓工况下, 商标纸垛定位程序将会输出如图中灰色商标纸所示的位置坐标, 此时机器人控制前两路压空电磁阀同时导通, 进行抓取操作; 第三类特殊工况下, 商标纸垛定位程序将会输出如图中灰色商标纸所示的位置坐标, 此时机器人将运动至如图所示特殊工位, 控制前两路压空电磁阀同时导通, 进行抓取操作。抓取完成后, 系统模拟计算出抓取后下一次的商标图像基板, 供下次图像分割后的验证。

## 5 触摸屏人机交互界面设计

触摸屏人机交互界面设计如图 5 所示。

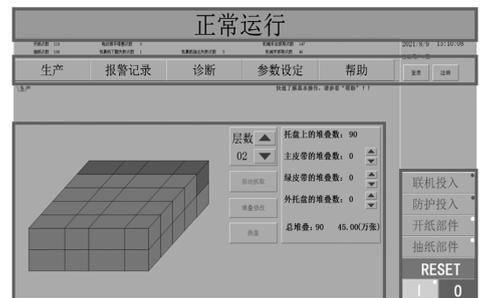


图 5 触摸屏人机交互界面设计

触摸屏可以通过手指触摸屏幕实现人机交互, 其界面设置主要包括报警显示区、数据统计显示区、生产界面、功能开关区。其中, 报警显示区会根据系统控制器的不同故障信号给出相应的警报信息, 包括文字、颜色和蜂鸣器等; 数据统计显示区中的报警记录按钮会显示系统运行时所有故障发生的时间和内容, 诊断按钮能够实时显示系统当前运行状态下各个部件的工作状态, 包括检测器、防护门、运动机构等; 参数设定按钮可以进行送料速度、送料位置和送料模式的设定, 帮助按钮提供了系统的使用操作说明和系统各个升级版本的改动情况; 生产界面用于显示当前堆垛形状的三维图像和剩余层数信息, 同时提供启动抓

取、堆叠修改和换盘等功能键;功能开关区则包括启动、复位、停止以及其它操作按钮。

## 6 实验结果与分析

该实验以六轴机械臂为实验对象,通过工业相机采集生产现场图像,并在PC端开发出一套基于该机械臂的自主抓取商标纸垛系统,可对生产现场中多个商标纸垛进行视觉定位及抓取作业实验。

实验中,工业相机进行图像采集和相机标定后生成模型。每经过一次抓取搬运过程,相机将对生产现场的图像进行重新采集,从而产生新的模型。当定位得到商标纸垛在机械臂坐标系下的位置后,通过机械臂逆运动学求解出各关节需要运动的角度,并控制机械臂做出相应的运动以完成对目标物体的抓取与搬运。针对场景中存在多个商标纸垛的情况,分别判断物体距机械臂末端的距离,该机械臂设置了从1~3的抓取商标纸垛数目,可根据实际情况,灵活调整商标纸垛抓取数目。机械臂抓取搬运商标纸垛的实验过程如图6所示。

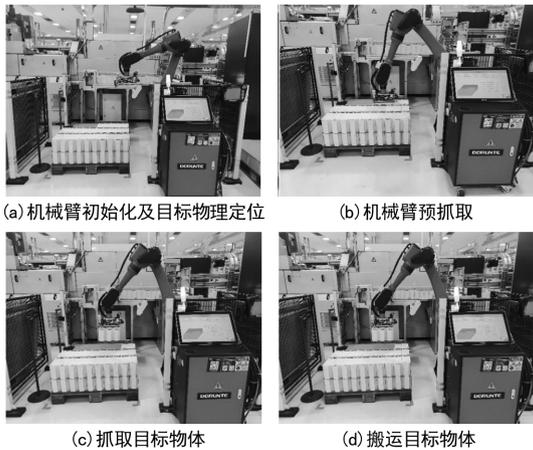


图6 机械臂抓取搬运商标纸垛实验

图6(a)中,实现机械臂的初始化,同时利用相机对生产现场进行图像采集,结合图像处理模块对商标纸垛进行定位;图6(b)为PC端形成模型后,进行抓

取判断,并向机械臂发送位置指令,机械臂到达指定位置,即目标商标纸垛正上方;图6(c)通过红外测距仪计算,机械臂朝目标商标纸垛的向下抓取过程;图6(d)判断商标纸垛是否成功抓取,若成功,则将商标纸垛搬运到下一位置。

实验结果表明,基于机器视觉的商标纸全自动抓取系统结构设计合理,算法实现完整,能稳定地实现商标纸的抓取。

## 7 结语

工业机器人在提高生产力的工业自动化背景下应用十分广泛,其任务执行的准确性要求也在不断提高。因此,利用视觉检测进一步推动工业机器人产业的高质量发展非常有必要。文章将机器视觉技术应用于商标纸智能抓取系统中,通过图像处理模块对商标纸进行准确识别和定位,极大地减轻了人力成本。实际应用证明,该系统可行,且能够达到实时准确抓取商标纸垛的预期目的,对实现工业自动化、提高生产效率具有重要意义。

## 参考文献:

- [1] 董祥云,黄德良,杜国锋,等.ZJ112/ZB47型卷接包装生产线[Z].上海:中烟机械技术中心有限责任公司,2006.
- [2] 王林鹏,李钊,冯明,等.ZB47包装机条烟提升输送装置的改进设计[J].科学技术创新,2021(13):139-140.
- [3] 张毅,王彦博,付华森,等.基于机器视觉的不规则烟包校对码垛系统[J].烟草技术,2019,52(6):105-111.
- [4] 方宁,卢光明.工业机器人在烟草行业的应用[J].烟草科技,2000(3):21-22.
- [5] 李红果,刘新乐,徐德众,等.一种多垛型机器人码垛系统的设计[J].包装工程,2017,38(5):40-44.
- [6] 赵丽君,李冰冰,计妍,等.基于视觉检测的工业机器人快速分拣控制方法[J].制造业自动化,2021,43(10):86-90.
- [7] 刘天宋,张俊,张任天,等.基于视觉的工业机器人码垛控制系统[J].工业仪表与自动化装置,2023(1):51-55.
- [8] 权宁,徐志鹏.基于视觉的工业机器人码垛系统设计与分析[J].包装工程,2021,42(15):233-238.