

## 枕式包装机色标自动定位方法

刘一扬, 乔书杰

(郑州财经学院, 郑州 450000)

**摘要:** **目的** 受色标印刷偏差、张紧力失衡、机械振动等因素影响, 很难保证色标定位的准确性, 为了提高枕式包装机色标定位精度, 提出一种色标自动定位方法, 并基于 PLC 设计相应控制系统。**方法** 通过分析包装机械运行规律, 详细阐述色标补偿原理。利用色标、刀位检测信号判断横封和纵封是否同步, 并计算偏差数值。以横封位置为基准, 通过调整纵封电机的脉冲频率和脉冲个数进行定位补偿。同时基于 PLC 搭建枕式包装机的控制系统, 并介绍控制系统的硬件结构和软件设计思想。最后进行实验研究。**结果** 切点位置均在色标点上, 可以实现色标定位。**结论** 该控制系统和方法能够满足包装机械对定位精度的要求, 提高了包装机械的包装精度、效率, 降低了次品率。

**关键词:** 色标定位; 枕式包装机; PLC; 控制系统

**中图分类号:** TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)11-0159-06

### Automatic Positioning Method for Pillow Packaging Machine Color Code

LIU Yi-yang, QIAO Shu-jie

(Zhengzhou Institute of Finance and Economics, Zhengzhou 450000, China)

**ABSTRACT:** The work aims to propose a color code automatic positioning method to improve the positioning accuracy of pillow packaging machine color code as it is difficult to ensure the positioning accuracy of color code because of color code printing deviation, tension imbalance, mechanical vibration and other factors. The color code compensation principle was expounded in detail through the analysis on the operation law of packaging machinery. The synchronization between horizontal sealing and vertical sealing was estimated by color code and cutter spacing signals, and the deviation value was calculated. The positioning compensation was achieved by adjusting the pulse frequency and pulse number of vertical sealing motor with the horizontal sealing position as reference. At the same time, the control system of pillow packaging machine was designed based on PLC and the design philosophy of its hardware and software structures were introduced. Finally, the experimental study was carried out. The experimental results showed that tangent points on color code could realize color code positioning. The control system and method can meet the positioning accuracy required by packaging machinery and improve the packaging precision, efficiency and reduce defective rate of packaging machinery.

**KEY WORDS:** color code positioning; pillow packaging machine; PLC; control system

在现代工业中, 包装机械的应用十分广泛, 例如食品、制药、化工、电子等行业<sup>[1]</sup>。包装机械是指完成全部或部分包装过程的机器, 包装过程包括成型、充填、裹包等主要包装工序, 清洗、干燥、杀菌、贴标、捆扎、集装和拆卸等前后包装工序, 以及转送、选别等其他辅助工序<sup>[2-3]</sup>。在某种意义上, 包装机械在众多行业发展过程中具有至关重要的作用。近些年来全自动包装机械的研发、使用和推广备受关注, 许多高新技术和智能控制算法在包装机械中得以应用, 包装

机械的智能化、自动化、多功能化水平不断提高<sup>[4-6]</sup>。

虽然包装机械自动化程度较高, 但是受振动、拉拽等因素的影响, 其定位精度会有所下降<sup>[7]</sup>。例如: 包装材料上定位色标的印刷误差、机械传动、包装材料拉伸等容易造成实际封切位置偏离色标, 进而出现误差<sup>[8-10]</sup>。为解决此问题以消除误差实现精准封切, 包装机械控制系统必须具有色标自动定位功能<sup>[11]</sup>。所谓色标定位是指利用传感器、自动控制等技术保证封合切断装置能够适当地作用在包装膜色标点处。通常

收稿日期: 2016-12-21

作者简介: 刘一扬 (1978—), 女, 硕士, 郑州财经学院机电与汽车工程学院讲师, 主要研究方向为控制理论和算法、机械仿真等。

情况下,色标定位涉及到速度匹配、位置匹配2个方面<sup>[12-13]</sup>。其中速度匹配,即切点处包装膜进给速度和封合切断装置线速度相等,可避免包装膜的“拉拽”、“堆积”;位置匹配,即切点和色标点重合,可避免包装物料损坏、刀具损伤,同时可降低次品率<sup>[14-16]</sup>。针对包装机械的色标定位问题,文中以枕式包装机为例,详细论述色标自动定位方法。基于PLC设计相关控制系统并进行实验研究,以验证所述方法和系统的可行性、有效性。

### 1 枕式包装机简介和控制方案

枕式包装机结构见图1,主要包括输送机构、驱动送膜机构、光电开关、制袋器、纵密封器、人机界面、横密封器以及产品输出机构等。包装机械工作过程可描述如下:包装薄膜以卷筒状安装在送膜机构处,利用牵引力实现薄膜输送;通过光电传感器检测色标;经输送辊、成型器和纵封器将薄膜制成套筒;同时钩爪输送链将待包装物传送到套筒中;最后,由横封装置完成横向封合切断并输出成品。

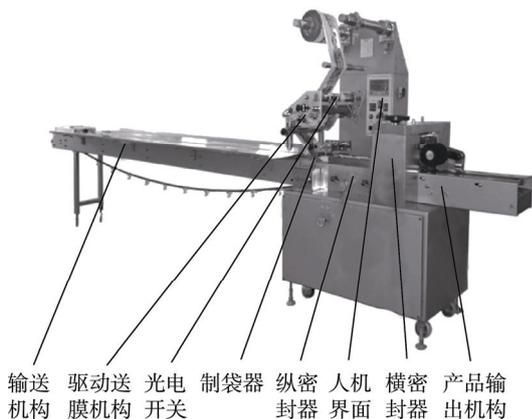


图1 枕式包装机结构  
Fig.1 Structure of pillow packaging machine

主电机一般选用三相电机,经中间机构将动力传至横封装置。为满足包装工艺要求,横封装置通常作凸轮运动,即空转情况下速度比较快;在封切区内其速度比较慢,这样就可以保证包装膜进给速度和封切线速度相匹配,进而提高包装封切质量。一旦设定包装机械的生产率,就可根据包装袋长或色标间距,以横封速度为基准,调整纵封伺服电机的转速。通过控制纵封速度以调节包装薄膜的速度。

### 2 色标定位方法

包装薄膜输送过程见图2。色标传感器安装在成型器前端并选用漫反射式光电传感器,主要用于检测包装薄膜上的色标位置。色标传感器具体型号应根据包装薄膜颜色来选择。为便于色标补偿,通常要求横封

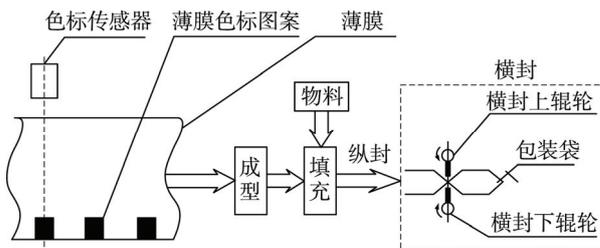


图2 包装薄膜输送过程  
Fig.2 Packaging film transportation process

切断位置和色标传感器之间距离为包装袋长的整数倍。

假设包装袋长为  $l(\text{mm})$ ,横封轴平均转速为  $n_0(\text{r/min})$ ,可通过旋转编码器测得。文中所述枕式包装机的横封轴仅安装单刀,所以横封轴每旋转1周就会完成一个产品包装,即其生产能力可用  $n_0$  (包/min)表示。纵封执行机构伺服电机每分钟旋转距离为  $L=n_0l$ 。如果纵封滚轮直径为  $D(\text{mm})$ ,那么纵封滚轮转速可表示为  $n_g = \frac{n_0l}{\pi D}$ 。定义减速比为  $i = \frac{n_m}{n_g}$ ,其中  $n_m = \frac{n_0li}{\pi D}$  为伺服电机转速。定义伺服电机分辨率即其旋转1圈所需脉冲个数为  $K$ ,那么对应脉冲频率  $f$  可表示为:

$$f = K \times \frac{n_0l}{60\pi D} i \tag{1}$$

单位包装袋长对应脉冲个数  $k$  为:

$$k = \frac{f}{L/60} \times l = \frac{Ki}{\pi D} \times l \tag{2}$$

通过触摸屏设置包装袋长  $l$ ,由PLC控制器根据上式求解出对应的脉冲频率  $f$  和脉冲数目  $k$ ,并将这2个参数传至伺服驱动器,进而驱动伺服电机按设定参数运行。虽然PLC可以保证伺服电机按设定参数精确运行,但是在实际生产过程中,包装薄膜所受张紧力往往不均衡,同时受机械振动、印刷误差等外在因素影响,难免出现色标超前或滞后的情况。为解决此问题,可采用如下方法(见图3):系统运行过程中包装薄膜沿成型器方向以特定速度前进;色标传感器下有薄膜印刷色标经过时,其都会产生一个电信号  $M$ ;同样,横封装置封切筒状且内含包装物料的包装袋时,凸轮开关会产生一个电信号  $N$ 。

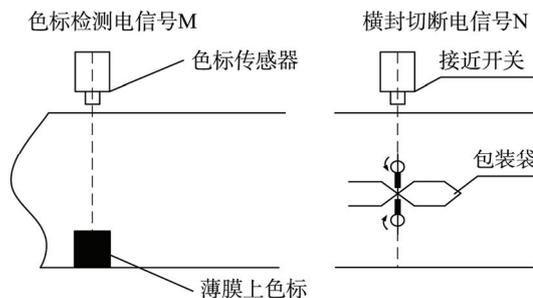


图3 传感器检测信号  
Fig.3 Sensor detection signal

定义电信号 M 和 N 的周期为  $T_1$  和  $T_2$ , 理想情况下, 满足  $T_1=T_2$ , 为了便于研究与分析, 可近似认为电信号 M 和 N 的周期相等, 均用  $T$  表示。若以横封切断信号 N 作为基准, 那么包装过程中电信号 M 和 N 之间存在 3 种时序关系, 见图 4。图 4a 表示信号 M 和 N 同时发生, 即最优状况。不过在实际运行过程中, 信号 M 和 N 只需部分重合就没有必要进行补偿。图 4b 表示信号 M 滞后于信号 N, 即纵向封合平均速度小于横向封切平均速度, 切口位置超前, 此时纵封机构伺服电机需要加速。图 4c 表示信号 M 超前于信号 N, 即纵向封合平均速度大于横向封切速度, 切口位置滞后, 此时纵封机构伺服电机需要减速。

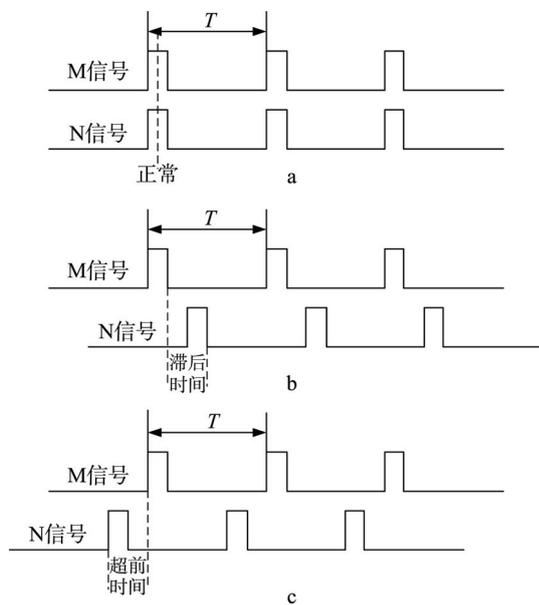


图 4 时序关系

Fig.4 The sequence diagram

定义色标检测电信号 M 发生时刻为  $t_1$ , 横封切断电信号 N 发生时刻为  $t_2$ , 偏差  $\Delta t=t_1-t_2$ , 误差极限为  $\varepsilon_t$ 。当  $-\varepsilon_t < \Delta t < \varepsilon_t$  时, 表示色标定位误差在误差允许范围内, 不需要进行补偿; 当  $\Delta t < -\varepsilon_t$  或  $\Delta t > \varepsilon_t$  时, 表示色标定位误差超出误差允许范围, 需要进行补偿, 更改伺服电机控制参数  $f$  和  $k$ ; 当  $\Delta t > 0$ , 表示信号 M 滞后于信号 N, 即纵向封合平均速度小于横向封切平均速度; 当  $\Delta t < 0$ , 表示信号 M 超前于信号 N, 即纵向封合平均速度大于横向封切速度。当纵封滞后时, 其伺服电机控制参数包括运行频率、脉冲数目应根据式(3)和式(4)进行调整:

$$f' = K \times \frac{n_0(l+n_0lt/60)}{60\pi D} i \quad (3)$$

$$k' = \frac{Ki}{\pi D} \times \left( l + \frac{n_0lt}{60} \right) \quad (4)$$

当纵封超前时, 其伺服电机控制参数包括运行频

率、脉冲数目应根据式(5)和式(6)进行调整:

$$f'' = K \times \frac{n_0(l-n_0lt/60)}{60\pi D} i \quad (5)$$

$$k'' = \frac{Ki}{\pi D} \times \left( l - \frac{n_0lt}{60} \right) \quad (6)$$

直至  $-\varepsilon_t < \Delta t < \varepsilon_t$ , 则停止补偿。然后将伺服电机控制参数修正为正常数值。

### 3 控制系统设计

#### 3.1 硬件配置

根据包装机械工艺要求和控制需求, 基于 PLC 控制器搭建其控制系统, PLC 端口分配见表 1, 总共需要 11 个输出接口以及 13 个输入接口。

表 1 PLC 端口配置  
Tab.1 PLC port configuration

输出端口	输出设备	输入端口	输入设备
Y0	主电机脉冲	X0	主电机 A 相脉冲
Y1	膜电机脉冲	X1	主电机 B 相脉冲
Y2	主电机启动	X2	刀位检测
Y3	膜电机启动	X3	色标检测
Y4	上封温控信号	X4—X6	备用
Y5	下封温控信号	X7	反追按钮
Y6	纵封温控信号	X10	正追按钮
Y7	备用	X11	点动按钮
Y10	膜电机正反转信号	X12	启动按钮
Y11	正向追踪指示灯	X13	停机按钮
Y12	反向追踪指示灯	X14	安全按钮
Y13	运行指示灯	X15	自动/手动切换按钮
COM0	主电机接地	X16	主电机过载信号
COM1	膜电机接地	X17	膜电机过载信号

三菱 FX2N 系列 PLC 具有比较丰富的指令控制系统, 如运动控制、通讯控制以及十分灵活的扩展功能。扩展后可保证控制系统具备多路 A/D 和 D/A 通道, 以满足多点速度检测、控制的要求, 有利于实现包装机械色标的准确定位。

PLC 温控模块 FX2N-4AD-TC 实现纵封机构和横封机构的温度采集, 并将模拟温度信号转换为数字信号, 然后将其传送至 PLC 内进行处理。当出现色标和刀位信号时, 会触发光电开关并向 PLC 发送一个脉冲。如上所述, 结合控制程序进行速度匹配和位置匹配, 从而提高了包装精度。PLC 接线见图 5。

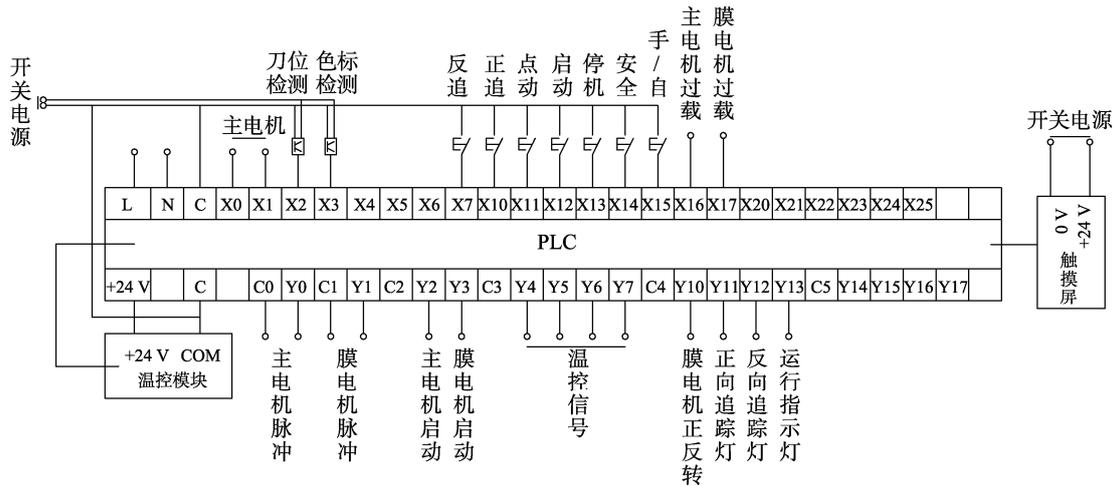


图5 PLC接线  
Fig.5 PLC wiring diagram

伺服电机选用通用 HF-KN73(B)系列，与其配套的伺服驱动器为 MR-E 系列的 MR-E-70A。电机相关参数：额定转速为 3000 r/min；额定输出功率为 750 W；最大转速为 4500 r/min；最大输出转矩为 7.2 N·m；瞬间最大转速为 5175 r/min。另外，选用 F930GOT 系列触摸屏作为人机交互界面。其不仅可以作为控制参数，如包装袋长、速度、热封温度输入以及包装机械运行情况实时显示等。

### 3.2 软件设计

系统软件主要包括触摸屏程序设计、PLC 控制程序设计等。此处重点介绍 PLC 控制程序设计方法，例如同步驱动控制、色标自动定位、串行通讯等。

控制器主要用于处理各种反馈信号并根据处理结果控制伺服驱动器，以协调包装机械各执行机构动作。伺服驱动器为闭环控制系统，通过内置编码器检测位置和速度等信号，将其反馈到 PLC 以保证电机运动的精确性。伺服驱动器接收控制器所传送脉冲信号，其中脉冲频率用于控制电机转速、脉冲数目用于控制电机旋转角度。另外，控制器还可根据色标、刀位检测信号判断封切位置是否在误差允许范围内。

枕式包装机色标定位控制流程见图 6。首先，进行故障检测，判断系统是否存在严重故障，如果存在故障，则进行排除；如果没有故障，则按下启动按钮。系统运行前先判断系统是否有故障，如无故障则按下启动按钮；横封、纵封电机转动；在包装过程中，实时检测色标和刀位信号，判断横封与纵封是否同步；如果不同步，则具体情况（滞后或超前）做相应的补偿。若按下停止按钮，系统完成当前包装周期后停止运行。

## 4 实验研究

为验证所述枕式包装机自动定位方法的可行性和有效性，选用上述的 FX2N 系列 PLC 和伺服系统

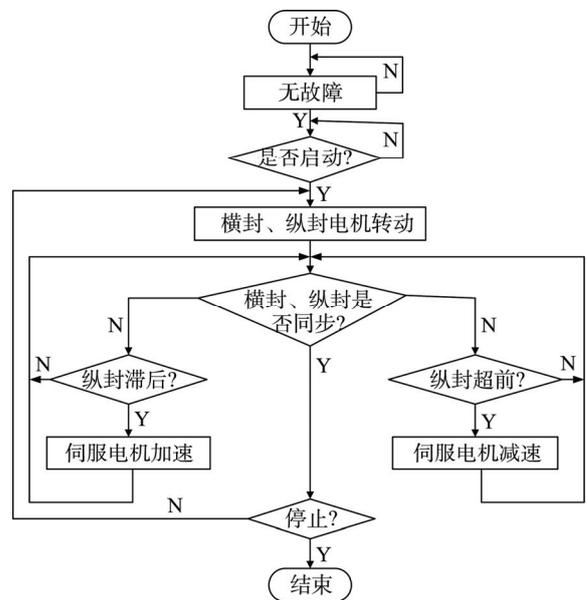


图6 枕式包装机色标定位流程  
Fig.6 Color positioning process of pillow packaging machine

搭建控制平台，并进行相关实验研究。

首先，进行实验 1，包装误差实验，以排除其对色标定位的影响。设定包装速度为 80 包/min，包装长度在 100~300 mm 内随机选取，实测包装误差见表 2。由实验结果可知：包装误差非常小，可以忽略不计。伺服系统闭环控制能够保证电机运动十分精确，再加上电机轴和横向封切轴为刚性连接，电机运动误差很小，故可不考虑其对色标定位精度的影响，因此，实验中应重点考虑张紧力失衡、振动等因素。然后，进行实验 2，色标定位误差实验。设定包装速度为 80 包/min、包装长度为 100 mm、色标宽度为 5 mm，测量切点和色标中心点之间的距离，实验结果同样见表 2。由实验结果可知：最大误差只有 1 mm，小于色标宽度的一半，即切点仍位于色标点上。表明文中所述

色标自动定位方法可以满足包装机械对色标定位精度的要求。

表 2 实验结果  
Tab.2 The experimental results

实验 1		实验 2	
包装长度设定值/mm	包装误差数值/mm	序号	色标跟踪误差数值/mm
100	0	1	1
110	+0.1	2	1
120	+0.1	3	1.5
130	-0.1	4	0.5
140	+0.1	5	1
150	0	6	0
160	+0.2	7	0.5
170	-0.1	8	0.5
180	-0.2	9	0.5
190	+0.2	10	0
200	+0.1	11	0
210	+0.2	12	0.5
220	-0.1	13	0
230	+0.2	14	0.5
240	-0.1	15	0
250	-0.2	16	0
260	+0.1	17	0
270	-0.2	18	0
280	+0.1	19	0
300	-0.1	20	0.5

## 5 结语

包装机械在工业领域的应用十分广泛,高精度色标定位是包装机械的一项关键技术。各轴之间张紧力失衡、机械振动、摩擦会大大降低色标定位精度。针对此问题,文中提出了一种色标自动定位方法,基于 PLC 设计了相应的控制系统。通过色标、刀位信号判断横封、纵封是否同步,并计算偏差数值,以横封电机为基准,通过调整纵封电机的脉冲频率和脉冲个数进行补偿。文中介绍了基于 FX2N PLC 的控制系统。实验结果表明所述定位方法和控制系统能够确保切点位于色标上,具有一定的可行性和有效性。对包装机械控制系统设计以及提高色标跟踪精度具有借鉴意义。

## 参考文献:

- [1] 王吉岱, 张兆健, 梁存仙, 等. 包装机械电子凸轮关键技术研究与应用[J]. 包装工程, 2013, 34(7): 48—51.  
WANG Ji-dai, ZHANG Zhao-jian, LIANG Cun-xian,

- et al. Research and Application of Electronic Cam Key Technology in Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(7): 48—51.
- [2] 卫光, 郭坤. 三伺服枕式包装机电子凸轮控制系统的应用[J]. 包装与食品机械, 2012, 30(6): 57—59.  
WEI Guang, GUO Kun. The Research and Implementation of Electronic Cam of Three-servo Pillow Packaging Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2012, 30(6): 57—59.
- [3] 韩占华, 郭飞. 自动化在包装机械中的应用和展望[J]. 包装与食品机械, 2011, 29(3): 49—52.  
HAN Zhan-hua, GUO Fei. Application and Prospects of the Automation in the Packaging Machinery[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 29(3): 49—52.
- [4] 杜巧连, 陈旭辉, 舒柏和. 自动化包装机械控制系统的设计方法研究[J]. 机械管理开发, 2015(6): 27—32.  
DU Qiao-lian, CHEN Xu-hui, SHU Bai-he. Study on the Design Method of Packaging Machinery Automation Control System[J]. Mechanical Management and Development, 2015(6): 27—32.
- [5] 戴宏民, 戴佩燕, 周均. 中国包装机械发展的成就及问题[J]. 包装学报, 2012, 4(1): 61—65.  
DAI Hong-min, DAI Pei-yan, ZHOU Jun. Achievements and Problems in China's Packaging Machinery Developments[J]. Packaging Journal, 2012, 4(1): 61—65.
- [6] 唐宗美, 杨光友, 马志艳, 等. 包装设备控制系统综述[J]. 包装工程, 2013, 34(5): 107—110.  
TANG Zong-mei, YANG Guang-you, MA Zhi-yan, et al. Summarization of Packaging Equipment Control System[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(5): 107—110.
- [7] 杜柳青, 罗辑, 余永维, 等. PLC 在泡罩药品包装机控制系统改造中的应用[J]. 包装工程, 2006, 27(1): 106—108.  
DU Liu-qing, LUO Ji, YU Yong-wei, et al. Application of PLC in Retrofit of the Control System for Bubble-cap Packing Machine of Medicine[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(1): 106—108.
- [8] 李汝山. KZB-2000 型枕式包装机光电自动定位系统的设计[J]. 包装与食品机械, 2007, 25(3): 28—31.  
LI Rui-shan. The Design of Photoelectric Registration System in the Pillow-packaging Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2007, 25(3): 28—31.
- [9] 陈志, 黄浩, 李海洲, 等. 基于光电检测技术的圆盘切刀实时角度调整系统设计[J]. 机电工程技术, 2014, 43(6): 70—73.  
CHEN Zhi, HsAUNG Hao, LI Hai-zhou, et al. A Novel Design of Angle Real-Time Adjustment System in Discal Cutting Based on Photoelectric Detection Technology[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2014, 43(6): 70—73.
- [10] 龚发云, 朱小芹. 基于 PLC 的三伺服枕式包装机控

- 制系统的设计[J]. 湖北工业大学学报, 2011, 26(4): 51—53.
- GONG Fa-yun, ZHU Xiao-qin. The Design of Three Servo Pillow Packing Machine Control System Based on PLC[J]. Journal of Hubei University of Technology, 2011, 26(4): 51—53.
- [11] 卫军朝, 张国渊, 陈焱, 等. 一种基于 DSP+FPGA 的电子凸轮控制方法 [J]. 机电工程, 2013, 30(6): 721—724.
- WEI Jun-chao, ZHANG Cuo-yuan, CHEN Yao, et al. Control Method of Electronic Cam Based on DSP and FPGA[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2013, 30(6): 721—724.
- [12] 王嵩, 张秋菊, 陈中杰, 等. 基于 PROFIBUS 现场总线的大袋自动包装机控制系统设计[J]. 机电工程技术, 2015, 44(9): 66—69.
- WANG Song, ZHANG Qiu-ju, CHEN Zhong-jie, et al. Design of the Control System of Automatic Sack-Packaging Machine Based on PROFIBUS[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2015, 44(9): 66—69.
- [13] 刘祎, 李虹, 李瑞琴, 等. 现代包装机械设计质量综合评价体系研究[J]. 包装工程, 2015, 36(21): 75—78.
- LIU Yi, LI Hong, LI Rui-qin, et al. Comprehensive Evaluation System for the Design Quality of Modern Packaging Machinery[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(21): 75—78.
- [14] 刘志虎, 王雷, 王幼民, 等. 基于 PLC 的包装袋机械手控制系统设计[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2015, 29(9): 58—63.
- LIU Zhi-hu, WANG Lei, WANG You-min, et al. Control System Design of Packaging Bag Manipulator Based on PLC[J]. Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science), 2015, 29(9): 58—63.
- [15] 李本红, 陈小军. 基于 PLC 和触摸屏的食品包装自动化生产线控制系统设计[J]. 机电工程技术, 2014, 43(1): 9—13.
- LI Ben-hong, CHEN Xiao-jun. Food Packaging Automatic Production Line Control System Design Based on PLC and Touch Screen[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2014, 43(1): 9—13.
- [16] 张根宝, 唐记弘. S7-300 PLC 在全自动包装机中的应用[J]. 包装工程, 2009, 30(1): 68—70.
- ZHANG Gen-bao, TANG Ji-hong. Application of S7-300 PLC on Automated Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(1): 68—70.