

平口断点密封袋包装机包覆机构电气控制设计

邵文庆^a, 范虎军^b

(永城职业学院 a.机电工程系 b.教务处, 永城 476600)

摘要: **目的** 分析平口断点密封袋(又称连卷袋)包装机包覆机构的特点, 设计出平口断点密封袋包装机电气控制电路。**方法** 利用 PLC 发给伺服驱动器控制指令, 由伺服驱动器控制伺服电机。**结果** 该系统包装产品速度可达 4300 个/h 左右, 采用该系统包装后, 与人工包装相比, 省时省力, 包装动作标准统一, 包装位置精确、美观, 无折叠现象, 包装特性非常优良。**结论** 该系统成功解决了人工包装平口断点密封袋包的难题, 降低了工人的劳动强度, 提高了企业生产效率。

关键词: 平口断点密封袋包装机包覆机构; PLC; 伺服电机

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)17-0182-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.17.030

Electrical Control Design of the Wrapping Mechanism of the Flat Breakpoint Sealing Bag Packaging Machine

SHAO Wen-qing^a, FAN Hu-jun^b

(a.Department of Mechanical and Electrical Engineering b.Office of Academic Affairs, Yongcheng Vocational College, Yongcheng 476600, China)

ABSTRACT: The work aims to analyze the characteristics of the wrapping mechanism of the flat breakpoint sealing bag (also known as the roll-wrapping bag) packaging machine and design the electrical control circuit of the flat breakpoint sealing bag packaging machine. PLC was used to send the control command to the servo driver which controlled the servo motor. The system's product packaging speed could reach about 4,300 pcs/h. After the system was used for ing, compared with the artificial packaging, both time and labor were saved, the packaging action was standard and uniform, the packaging position was accurate and aesthetic without folding, and the packaging characteristics were very good. The system successfully solves the problem of artificial packaging flat breakpoint sealing bags, reduces the labor intensity of workers and improves the production efficiency of enterprises.

KEY WORDS: flat breakpoint sealing bag packaging machine wrapping mechanism; PLC; servo motor

随着机电控制技术的不断发展, 包装机械智能自动化、生产效率不断提高^[1-4], 根据生产产品特点设计出生产效率、可靠性以及稳定性高的包装机械已成为国内外研究的重点^[5-12]。平口断点密封袋包装机能够完成包装包覆、夹紧、点胶和贴圆形贴标等动作^[13-14]。在设计控制系统时, 以高智能、高自动化程度为设计理念, 以西门子 SIMATIC S7-200 SMART 为控制核心, 配合伺服系统和气动控制实现平口断点密封袋包装机包覆机构电气控制。

1 平口断点密封袋包装机机械结构与工艺流程

平口断点密封袋包装机见图 1, 其包装产品见图 2。平口断点密封袋包装机包覆机构主要完成包覆纸、包装产品的传送, 产品的包覆、断点包覆纸切断、产品产量计数以及启动停止控制等。执行机构主要有伺服电机、气压动力缸, 伺服电机主要驱动包括旋转工作台、驱动轮, 气压动力缸(包括上、下气压动力缸), 见图 3。各部件尺寸和工作频率见表 1。PLC 协调旋转

收稿日期: 2017-09-29

作者简介: 邵文庆(1982—), 男, 硕士, 永城职业学院讲师, 主要研究方向为机械设计与制造。

工作台和驱动轮速度统一。

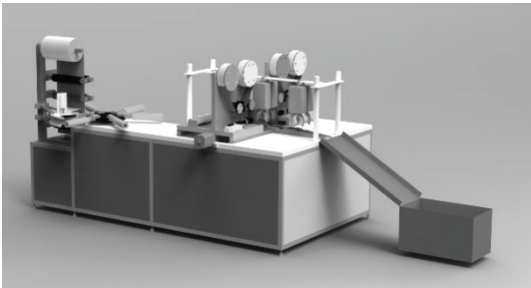


图 1 平口断点密封袋包装机
Fig.1 Flat breakpoint sealing bag packaging machine

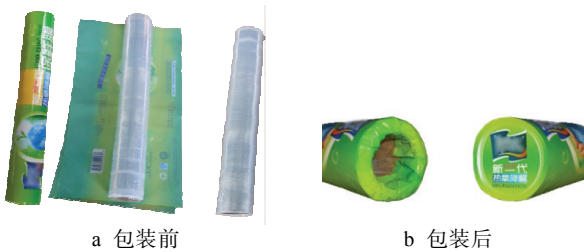
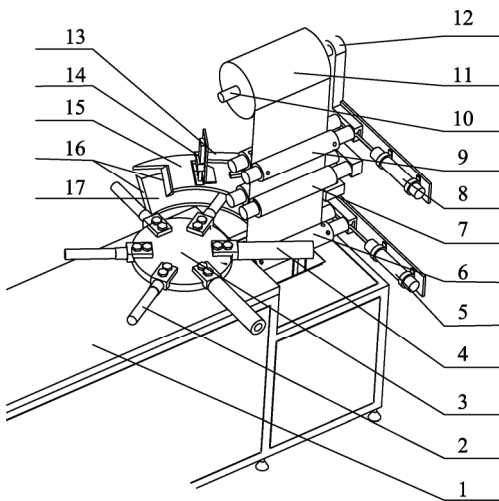


图 2 包装前后
Fig.2 Before and after packaging



1.基座 2.上料棒 3.旋转工作台 4.平口断点密封袋 5.下气压动力缸 6.下夹紧轮 7.包覆纸驱动轮 8.上气压动力缸 9.上夹紧轮 10.支撑架套杆 11.断点包覆纸 12.支撑架 13.高度调节板 14.点胶装置 15.上夹持板 16.封口毛刷 17.下夹持板

图 3 平口断点密封袋包装机包覆机构
Fig.3 Wrapping mechanism of the flat breakpoint sealing bag packaging machine

表 1 各主要部件尺寸和工作频率
Tab.1 The size and working frequency of main parts

序号	项目	代号名	量值
1	旋转工作台 3 直径	D_x	30 cm
2	平口断点密封袋 4 宽度	W_1	25 cm
3	断点包覆纸 11 长度	L_1	180 mm
4	驱动轮 7 直径	D_q	30 mm
5	工作频率	f	72 个/min

包装过程：旋转工作台 3 带动上料棒 2 旋转，上料棒 2 上料后旋转至断点包覆纸 11 的正下方。断点包覆纸 11 由驱动轮 7 向下展开。当断点包覆纸 11 移动到下夹紧轮 6 的设定位置时，上气压动力缸 5、下气压动力缸 8 动作，由上夹紧轮 6、下夹紧轮 9 夹紧点断包覆纸 11。此时平口断点密封袋 4 转动接触到点断包覆纸 11，并进入上夹持板 15、下夹持板 17 内。随着旋转工作台 3 的转动，点断包覆纸 11 在上料棒 2、上夹紧轮 6、下夹紧轮 9 和上夹持板 15、下夹持板 17 切刃的共同作用下完全断裂，完成包覆动作。点断包覆纸 11 断裂后上夹紧轮 6、下夹紧轮 9 松开，断点包覆纸 11 由驱动轮 7 继续向下展开，机构进入下一产品包装。

平口断点密封袋包装机包覆机构控制旋转工作台、驱动轮、上气压动力缸和下气压动力缸，需要各动作机构协调统一。控制难点在于旋转工作台、驱动轮速度的匹配，由于包装机构在连续运转或间断生产时机械传动、两伺服电机（驱动轮和旋转工作台伺服电机）驱动频率匹配参数取舍的精度会造成累积误差，需要设置零点清除包装误差。

平口断点密封袋包装机包覆机构主要工作流程见图 4。

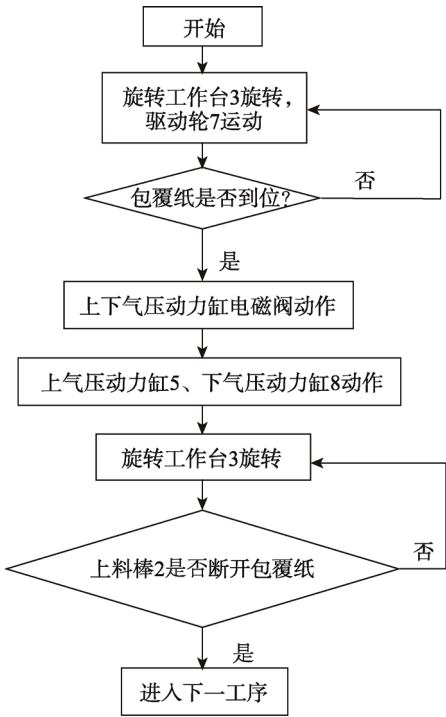


图 4 平口断点密封袋包装机包覆机构工艺流程
Fig. 4 Technological process of wrapping mechanism of the flat breakpoint sealing bag packaging machine

2 PLC 控制系统设计

2.1 控制系统硬件设计

平口断点密封袋包装机包覆机构需要 2 套伺服

驱动器和伺服电机,分别控制旋转工作台和包覆纸驱动轮。旋转工作台实现包覆产品上料,包覆纸驱动轮实现包覆纸的传送,气缸配合包覆纸驱动轮夹紧包覆纸。根据工作流程分析,旋转工作台伺服电机、包覆纸驱动轮伺服电机速度应协调一致并配合气缸动作,才能实现包覆产品上料、包覆和包覆纸断开的动作。

硬件选型时需遵循满足功能要求、略有富余的原则,方便日后维修维护。根据包装产品的工艺流程,采用“HMI+PLC”的控制方式,控制系统框架见图5。PLC采用SIMATIC S7-200 SMART ST60,实现触摸屏与伺服系统之间的通讯与控制。触摸屏采用威纶TK6051IP,触摸屏对控制系统进行参数设置、实时监

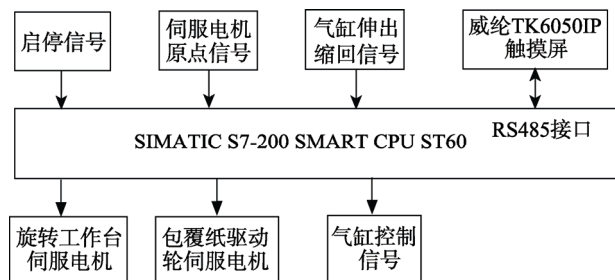


图5 包装控制系统硬件

Fig.5 Hardware of packaging control system

控以及在线显示,实现包装机操作人员和PLC之间的交互。伺服驱动器采用台达ASDA-B2,驱动旋转工作台旋转和驱动轮转动。电气控制系统硬件见图6。



图6 电气控制系统硬件

Fig.6 Hardware of electric control system

2.1.1 PLC 控制器

采用西门子公司SIMATIC S7-200 SMART CPU ST60, PLC输出端为带晶体管输出, Q0.0, Q0.1, Q0.2可输出3个高速脉冲信号,最大脉冲频率100 kHz^[16],可用于控制旋转工作台和包覆纸驱动轮伺服电机。其中, Q0.0输出控制包覆纸驱动轮伺服驱动脉冲, Q0.1输出控制旋转工作台伺服脉冲, Q0.2, Q0.3, Q0.4和Q0.5控制分别控制液压缸电磁控制阀, I/O口分配见表2。

2.1.2 触摸屏

触摸屏能够是控制平口断点密封袋包装机的直接媒介,能够以文字、图片或动画的形式显示运行信息、报警信息,直观形象。根据该系统的控制特点,

表2 PLC I/O 分配

Tab.2 PLC I/O allocation

序号	输入	作用	输出	作用
1	I0.0	启动	Q0.0	包覆纸驱动轮 7 脉冲信号
2	I0.1	停止	Q0.1	旋转工作台 3 脉冲信号
3	I0.2	包覆纸到位信号	Q0.2 Q0.3	电磁阀 1
4			Q0.3 Q0.4	电磁阀 2
5			Q0.5	脱机信号
6			Q0.6 Q0.7	伺服电机原点信号

结合其成本,文中采用威纶 TK6051IP 触摸屏,以EBproV6.00.01设计人机界面。触摸屏使用RS485端口与PLC通讯,在EBproV6.00.01软件中PLC选择

Siemens S7-200 SMART PPI, 设置通讯端口为 COM1, 通讯波特率为 9600, 数据位位数为 8 Bits, 停止位 1 Bit, 奇偶校验为 Even。触摸屏主控界面显示平口断点密封袋包装机在运行过程中 PLC 的变量数据。参数主要包括: 产品包装频率、断点包覆纸长度和产量统计。主控界面还设置有点动、启动和停止按钮以及产品实时监控和在线显示内容。实时监控在线显示产品上料、产品包装过程。主控界面设计见图 7。

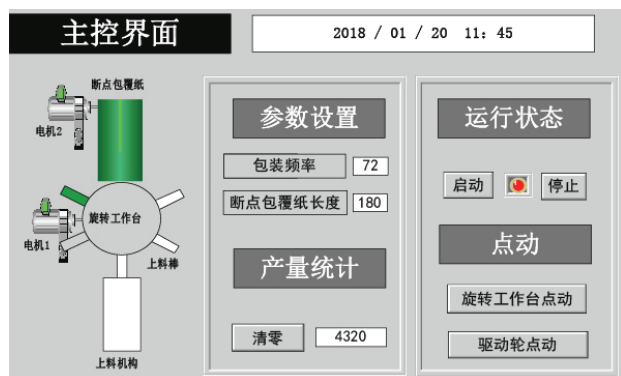


图 7 HMI 主控界面
Fig.7 HMI master interface

2.1.3 伺服驱动器及伺服电机

1) 伺服控制方式选择。伺服系统控制有 3 种控制方式: 转矩控制、位置控制和速度模式。分析平口断点密封袋包装机包覆机构工作特点, 需要精确控制旋转工作台、包覆纸驱动轮转速协调一致, 对位置要求较高, 因此, 选择位置控制方式。

2) 旋转工作台、包覆纸驱动轮转速计算。根据包装机工作频率选择伺服驱动器和伺服电机, 包装机各主要部件尺寸和工作频率参数见表 1。

旋转工作台工作频率 72 个/min, 共有 6 个工位, 因此旋转工作台旋转速度 $v_t=12$ r/min, 即 $v_t=0.2$ r/s。旋转工作台每旋转 1 周, 共包覆 6 件产品, 所用时间为 5 s, 因此, 每件产品所用时间 0.83 s。

已知包覆纸驱动轮直径 $D_q=30$ mm, 包覆纸长度/包覆纸驱动轮转速 v_q 应该小于 0.83 s, 包覆纸到位后等待旋转工作台产品到位。包覆纸驱动轮每转动包覆纸长度 180 mm, 需要 1.91 r, 最大所用时间为 0.83 s, 即最低速为 2.3 r/s, 因此包覆纸驱动轮转速应大于 2.3 r/s, 则选 2.5 r/s。

3) 伺服驱动器、伺服电机选型。旋转工作台主要承受断开包覆纸的力, 选择东元 JSDEP-20A 的伺服驱动器以及东元 JSMA-SC08AB 伺服电机; 包覆纸驱动轮驱动包覆纸运动, 选择东元 JSDEP-15A 伺服驱动器和东元 JSMA-SC04AB 伺服电机, 其中 2 种伺服电机编码器分辨率为 2500 脉冲/r^[16]。

4) PLC 脉冲计算。旋转工作台旋转速度 $v_t=12$ r/min, 即 $v_t=0.2$ r/s。伺服电机编码器分辨率为 2500 脉

冲/r, 伺服驱动器电子齿轮比设定为 1:1, 由此可以计算出旋转工作台电机控制脉冲频率为 500 Hz, 包覆纸驱动轮电机旋转速度为 2.5 r/s, 伺服驱动器电子齿轮比设定为 1:1, 由此可以计算出旋转工作台电机控制脉冲频率为 6250 Hz。

2.2 接线图设计

I0.0, I0.1 分别连接常开控制按钮开关, 实现系统的启动与停止; Q0.0 输出控制包覆纸驱动轮伺服驱动脉冲, Q0.1 输出控制旋转工作台伺服脉冲, 分别控制包覆纸驱动轮伺服驱动器和旋转工作台伺服驱动器; Q0.2, Q0.3, Q0.4 和 Q0.5 分别控制上下两气压力缸的电磁阀; Q0.6, Q0.7 为伺服电机原点信号。PLC 控制原理见图 8。

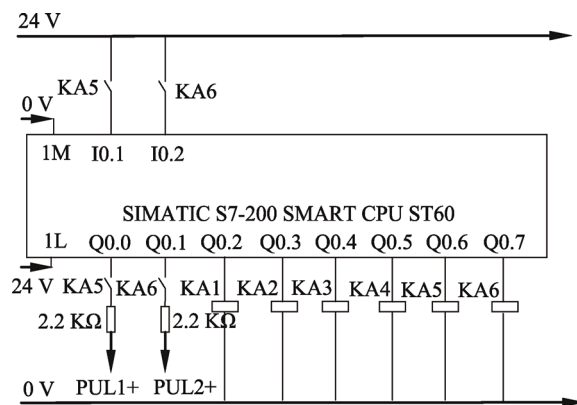


图 8 PLC 控制原理
Fig.8 PLC control principle

3 结语

该系统上位机采用威纶触摸屏作为控制系统, 下位机采用西门子 S7-200 SMART PLC (ST60), 利用 PLC 的本身提供的 2 路相互独立的高速脉冲输出口, 配合伺服驱动器和伺服电机设计平口断点密封袋包装机包覆机构控制系统。包装机旋转工作台工作频率设定为 72 个/min, 经实际生产应用证明, 该系统包装产品速度可达 4300 个/h 左右, 采用该系统包装后, 相比人工包装, 省时省力, 包装动作标准统一, 包装位置精确、美观, 无折叠现象, 包装特性非常优良。

参考文献:

- [1] 孙惠琳, 曹成茂. DB8320 型立式包装机称重控制系统的研究与改进[J]. 农机化研究, 2016, 38(7): 142—146.
SUN Hui-lin, CAO Cheng-mao. Research and Improvement of DB8320 Packaging Machine Weighing Control System[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2016, 38(7): 142—146.

- [2] 李支茂, 湛永祥, 李双跃, 等. 柔性水泥包装线控制系统的设计研究[J]. 机械设计与制造, 2016(1): 169—171.
LI Zhi-mao, CHEN Yong-xiang, LI Shuang-yue, et al. The Control System Design and Research of Flexible Cement Packaging Line[J]. Machinery Design & Manufacture, 2016(1): 169—171.
- [3] 樊勇, 徐海飞. 高速小袋包装机控制系统的设计[J]. 包装工程, 2016, 37(1): 125—129.
FAN Yong, XU Hai-fei. Design of Control System of High Speed Packaging Machine for Small Packages[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(1): 125—129.
- [4] 张志锋, 肖世德, 赵阳, 等. 一种 PLC 控制 L 型大板块包装机的设计[J]. 包装工程, 2016, 37(11): 122—126.
ZHANG Zhi-feng, XIAO Shi-de, ZHAO Yang, et al. Design of Large L-shaped Plate Packaging Machine Based on PLC[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(11): 122—126.
- [5] 田素娟, 肖俊生. 包装机械多轴相邻交叉耦合同步控制[J]. 包装工程, 2016, 37(13): 140—146.
TIAN Su-juan, XIAO Jun-sheng. Multi-axis Synchronous Control for Packaging Machinery Based on Adjacent Cross-coupling[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(13): 140—146.
- [6] 陈英俊, 黄崇林. 交流伺服电机的 PLC 控制综合性实验开发与设计[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(2): 147—150.
CHEN Ying-jun, HUANG Chong-lin. Development and Design of PLC Control Integrated Experiment for AC Servo Motor[J]. Experimental Technology and Management, 2017, 34(2): 147—150.
- [7] 王吉岱, 李栋, 郝亚东. 基于 PLC 的挂式除湿袋包装控制系统设计[J]. 仪表技术与传感器, 2015(9): 77—79.
WANG Ji-dai, LI Dong, HAO Ya-dong. Design of Control System Based on PLC for Packaging in Hanging Desiccant[J]. Instrument Technique and Sensor, 2015(9): 77—79.
- [8] 康瑞芳, 刘鑫. 基于 DSP 全自动食品包装机控制系统设计[J]. 控制工程, 2017, 24(2): 336—340.
KANG Rui-fang, LIU Xin. Motion Analysis and Control System Design for Automation Packaging Machine[J]. Control Engineering of China, 2017, 24(2): 336—340.
- [9] 董婷. 一种自动称重包装控制系统设计[J]. 控制工程, 2017, 24(2): 372—377.
DONG Ting. Control System Design of Automatic Weighing Packaging Machinery[J]. Control Engineering of China, 2017, 24(2): 372—377.
- [10] 汪兆栋, 文小琴, 游林儒, 等. 基于普通精度增量式编码器的永磁伺服电机低速检测与控制优化方法研究[J]. 电工技术学报, 2016, 31(21): 212—220.
WANG Zhao-dong, WEN Xiao-qin, YOU Lin-ru, et al. Research on Low Speed Detection and Control Optimization Method of Permanent Magnet Servo Motor Based on Ordinary Precision Incremental Encoder[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2016, 31(21): 212—220.
- [11] 左月飞, 张捷, 刘闯, 等. 基于自抗扰控制的永磁同步电机位置伺服系统一体化设计[J]. 电工技术学报, 2016, 31(11): 51—58.
ZUO Yue-fei, ZHANG Jie, LIU Wei, et al. Integrated Design of Position Servo System for Permanent Magnet Synchronous Motor Based on Auto Disturbance Rejection Control[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2016, 31(11): 51—58.
- [12] 强明辉, 张彦龙, 马永伟, 等. 基于 CAN 总线多轴伺服控制系统的应用[J]. 电气传动, 2016, 46(2): 60—64.
QIANG Ming-hui, ZHANG Yan-long, MA Yong-zhen, et al. Research and Application of Multi-Axis Servo Control System Based on CAN Bus[J]. Electric Drive, 2016, 46(2): 60—64.
- [13] 盛强. 基于 PLC 的瑜伽垫卷取包装控制系统设计[J]. 制造业自动化, 2017, 39(3): 127—131.
SHENG Qiang. Design of the Yoga Mats Reelring and Packaging Control System Based on PLC[J]. Manufacturing Automation, 2017, 39(3): 127—131.
- [14] 丁有爽, 肖曦. 伺服系统柔性负载建模方法研究[J]. 中国电机工程学报, 2016, 36(3): 818—827.
DING You-shuang, XIAO Xi. Study on Modeling Method of Flexible Load in Servo System[J]. Proceedings of the CSEE, 2016, 36(3): 818—827.
- [15] 西门子公司. 西门子 SIMATIC S7-200 SMART 系统手册[K]. SIEMENS AG, 2013.
SIEMENS. SIEMENS SIMATIC S7-200 SMART System Manuals[K]. SIEMENS, AG, 2013.
- [16] 莫会成, 闵琳. 现代高性能永磁交流伺服系统综述——传感装置与技术篇[J]. 电工技术学报, 2015, 30(6): 10—21.
MO Hui-cheng, MIN Lin. Overview of Modern High Performance Permanent Magnet AC Servo System——Sensor and Technology[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(6): 10—21.