

高速小袋包装机控制系统的设计

樊勇, 徐海飞

(天津科技大学, 天津 300222)

摘要: **目的** 设计一款集制袋-填充-封合于一体的高速自动化生产设备及其控制系统。**方法** 采用S7-1200PLC作为控制系统,并通过触摸屏对封合温度进行调整并在线显示。供料装置采用压缩气体吹气式供料方式,以实现高速给料。**结果** 通过PLC高速计数读取旋转编码器转角控制各机构动作的执行,封合温度采用PID控制,达到了稳定控制效果。**结论** 通过PLC与触摸屏的结合使用,增加了系统的柔性,实现了高速包装。

关键词: PLC; 旋转编码器; 高速; 包装机

中图分类号: TB486+.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)01-0125-05

Design of Control System of High Speed Packaging Machine for Small Packages

FAN Yong, XU Hai-fei

(Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China)

ABSTRACT: The study aimed to design an automatic production equipment and its control system which included bag making, filling and sealing. S7-1200PLC was used as the control system of the packaging machine. The touch screen was used to adjust sealing temperature and online display. The feeding device was set using compressed gas of air blowing type to realize high-speed feeding. The execution of each action was controlled through reading the rotary encoder angle by high-speed counting of PLC and the sealing temperature was controlled by PID, thus, the steady control effect was realized. With the use of PLC and touch screen, the flexibility of the system was increased and the high speed packaging was achieved.

KEY WORDS: PLC; rotary encoder; high speed; packaging machine

随着人民生活水平的提高,人们对包装技术提出了更高的要求,针对这一需求,国内各食品包装企业争相投资现代自动包装机械的研究与开发,通过近几年的不断努力,各种大小包装机不断涌现市场^[1-2],已基本能够满足国内生产要求。但是同国外先进包装机械相比,我国包装机还有一定差距,尤其在高速包装机方面差距较大,我国包装机小袋包装速度能达到200袋/分钟以上的机械还很少。包装机按包装物料的不同可分为颗粒状、液体、块状包装机^[3]。文中设计的包装机包装物料为0.5 g重颗粒散状物料,速度可达到240袋/分钟,实现了高速包装,提高了生产效率。

1 包装机总体设计和工作原理

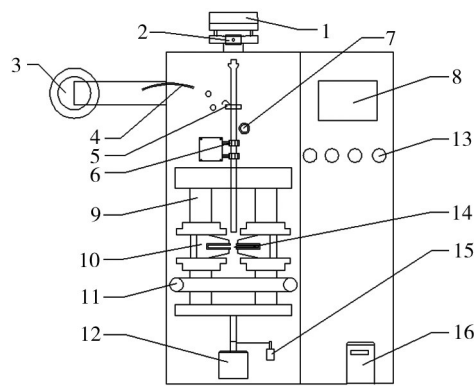
1.1 包装机工作过程

该包装机主要由供料装置、纵封装置、横封装置、切断装置、膜输送装置以及其他辅助装置组成。各装置通过分工合作,共同完成包装过程。包装机总体机构见图1。该包装机的工作过程是集送膜、制袋、填充、封口、切断、输送为一体的流水线生产方式,提高了生产效率^[4]。同时,该包装机设计有手动

收稿日期: 2015-04-09

作者简介: 樊勇(1959—),男,北京人,天津科技大学教授、硕导,主要研究方向为机械自动化技术。

和自动两种工作模式,在自动模式下,连续执行包装过程,实现高效生产;在手动模式下,主要用来调试单个工作位置是否处于正常工作状态。包装机的工作流程见图2。



1.供料盘 2.包装给料吹气口 3.送纸机构 4.包装纸导向槽 5.袋成型器6.纵封牵引轮 7.纵封轮 8.触摸屏 9.左右横封旋转轴 10.横封块 11.包装袋输送带 12.异步电机 13.控制按钮 14.切刀 15.旋转编码器 16.变频器

图1 包装机结构

Fig.1 Schematic diagram of the structure of packaging machine

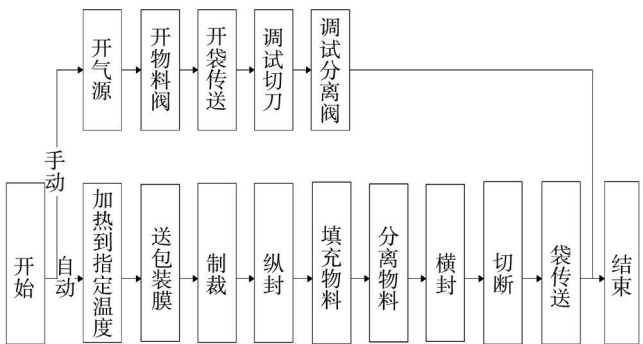


图2 工作流程

Fig.2 Work flow chart

1.2 包装机工艺说明

包装机工艺设计是一台设备的核心。通过分析,整个包装过程主要为供料、纵封、横封、切断等部分。首先实现地是制袋过程,包装膜通过袋成型器将包装膜对折再经纵封装置将其封合成圆筒状,然后进行物料的填充和横封操作。包装袋的切断动作则是通过旋转编码器来测定,将旋转编码器所处的角度传送到PLC控制中心进行处理,然后发送控制信号,将电磁阀吸合带动气缸动作,气缸推动切刀实现包装袋的切断^[7-8]。

变频器主要用于控制异步电机的转速,变频器外接电位计,通过调节电位计来控制电机频率,进而达

到包装速度可调,可根据生产需要设置包装速度的目的。触摸屏则取代了传统按钮的使用,减少了接线的繁琐,同时将控制温度实时显示在触摸屏上。本设计还可用于统计总的生产数量,并统计用时时间。

1.3 包装机横封装置

该横封装置采用一对独特的U型装置,U型横封块封合一次将实现上一个包装袋的上封口和下一个包装袋的下封口,提高了封合效率。同时在U型横封块中还安装有切刀装置,在横封之后的瞬间,PLC控制接通切刀电磁阀带动气缸,气缸推动切刀将包装袋切断,切刀电磁阀断电,切刀在弹簧的作用下自动复位。

1.4 包装机供料装置

该包装机物料的定量方式为容积式,在供料上盘上有8个容积式小孔,小孔具有一定的深度,用于盛装物料。如图3所示,在供料盘旋转时,物料落入小孔内,当转盘继续旋转,容积式小孔与物料出口口重合时,两者紧密贴合,小孔内的物料在高压气体的作用下被吹出进入包装袋内,完成一次填充。

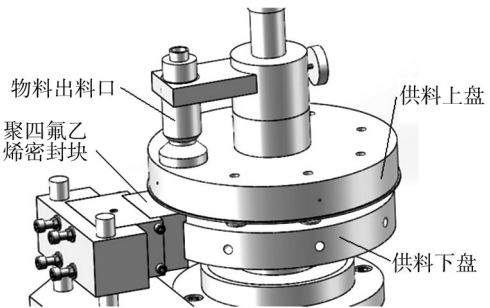


图3 供料装置

Fig.3 Feeding device

传统包装机一般采用控制电磁阀通断来控制进气,很难实现快速响应性。综合考虑后,该设计采用聚四氟乙烯材料作为密封装置,聚四氟乙烯密封块始终保持和供料下盘紧密贴合,当供料下盘上的通气孔旋转到和密封块上的通气口相重合时,通气孔导通将供料上盘小孔内的物料由出口口吹出送入包装袋,当供料下盘继续旋转与密封块上的通气口不重合时则自动关闭。

2 包装机控制系统设计

2.1 PLC的选型

PLC作为一种新型的控制装置,其具有抗干扰能

力强、可靠性高、编程方便等特点而被广泛应用于工业领域^[9-10]。S7-1200是西门子公司开发的一款中小型可编程控制器,在研发过程中充分考虑了系统、控制器、人机界面和软件的无缝整合和高效协调的需求。S7-1200具有集成 PROFINET 接口,该接口具有自动交叉网线功能RJ45连接器,通过互联网可以实现远程控制,同时监视和控制分布式的S7-1200单元。另外,其具有强大的集成工艺功能和灵活的可扩展性等特点,S7-1200硬件在设计时都力求紧凑,节省了在控制柜中的安装占用空间。

根据包装机控制系统所实现的动作要求,该系统共需输入点10个,输出点13个。考虑S7-1200强大的集成工艺功能和简洁的编程方式,在满足控制要求的条件下,最终采用S7-1200 CPU1215C和扩展输出模块SM1222。配置西门子(CPU1215C),规格为INPUT:14和OUTPUT:10,DC/DC/DC;西门子(SM1222),规格为OUTPUT:8,固态-MOSFET(源型)^[11]。

2.2 输入输出地址分配

根据包装机执行动作要求,最终确定输入输出地址分配见表1。

表1 输入输出地址分配
Tab.1 The address allocation table of input and output

输入地址分配		输出地址分配	
I0.0	旋转编码器A相	Q0.0	电机启动
I0.1	旋转编码器B相	Q0.1	电机点动
I0.3	旋转编码器复位	Q0.2	袋传送控制电机
I0.4	计数光电开关	Q0.3	补料控制电机
I0.5	电机启动键	Q0.4	横封电磁阀
I0.6	电机点动键	Q0.5	切刀电磁阀
I0.7	电机停止键	Q0.6	分离电磁阀
I1.0	气源不足报警	Q0.7	送料电磁阀
I1.1	无料检测接近开关	Q2.0	报警信号灯
I1.2	急停按钮	Q2.1	分组计数电磁阀
		Q2.2	纵封压紧电磁阀
		Q2.3	送纸电磁阀
		Q2.4	气源电磁阀

2.3 包装机时序图

包装机是按一定工作顺序来运行的,控制系统的时序图非常重要,只有安排恰当,各执行机构才能合理执行各自动作,完成包装生产。包装机切断和分离的动作是通过PLC来读取旋转编码器所处角度来判断,当读取编码器的角度值和触摸屏上所设定的角度

相等时,则接通相应电磁阀,接通与断开角度通过触摸屏来设定。旋转编码器的使用替代了传统包装机凸轮驱动方式,增加了包装机的灵活性和可调性。时序图见图4。

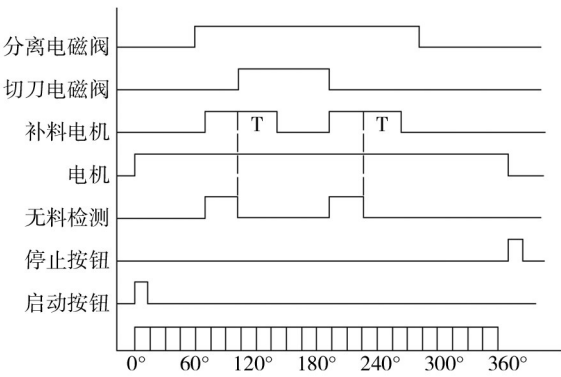


图4 时序图
Fig.4 Sequence chart

2.4 包装机软件设计

2.4.1 包装机高速计数功能实现

PLC通过高速计数器指令读取旋转编码器转角位置来判断执行动作。首先要组态高速计数器功能,选择计数模式为A/B计数器,增计数等选项,当高速计数器当前值和参考值相等时产生一个中断,执行指定动作^[12-13],同时把下一个参考值传送到指定地址中,为下次中断做准备,依次执行高速计数器指令,完成所指定的动作。高速计数器指令的调用见图5。

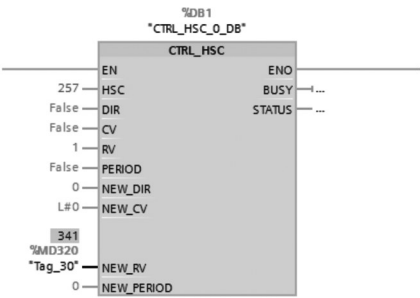


图5 高速计数器指令
Fig.5 Instruction of high speed counter

2.4.2 PID控制下的温度曲线

对于包装机而言,准确控制加热温度将能够保证包装袋封口质量,该设计采用PID控制指令来实现温度控制^[14-15]。PID控制是一个模拟量闭环控制,PID控制原理见图6,它主要包括比例控制、积分作用、微分输出三部分。比例控制是PID控制的基本控制,起主要作用,当系统有误差出现时,比例控制立马起作用,

将误差减少,比例控制虽然可以减少误差,但是不能消除误差,最终将会产生余差。积分作用使系统波动变大,系统响应变慢,但是最终可以消除系统余差,使控制效果更加精确。微分输出是对比例控制的一个补偿,能够抑制超调,减少波动,缩短调节时间,使系统更加稳定。

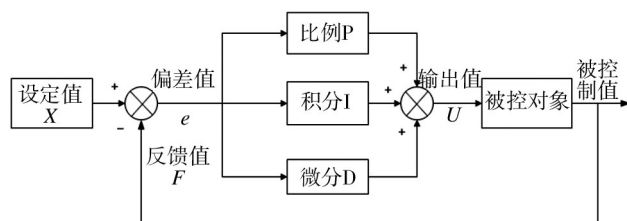


图6 PID控制原理

Fig.6 PID control diagram

利用此PLC编程软件所特有的工艺功能,组态PID工艺参数,设定自整定模式,通过自整定调节自动计算出比例、积分、微分等3项参数,并将参数下载至CPU存储器中。PID自整定控制的温度曲线见图7,以140℃为设定值为例所得的温度控制曲线,最终达到了良好的控制效果。曲线1表示温度设定值,曲线2表示采集的实际温度值,曲线3表示控制输出值。

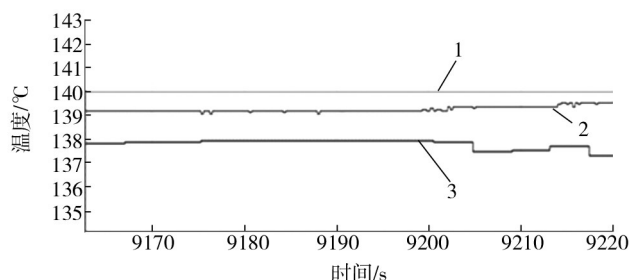


图7 温度控制曲线

Fig.7 Temperature control curve

3 结语

该包装机具有以下特点:包装机控制系统稳定可靠,平均无故障时间长;自动化水平高,是集制袋、填充、封口于一体的自动化生产设备;包装速度快,利用压缩气体的快速响应性提高給料速度,实现了高速包装。

通过PLC控制的系统设备具有良好的系统稳定性和先进性,与传统继电器和凸轮控制方式相比在生产效率上有了明显的提高。同时结合触摸屏技术,实现了良好的人机交互界面,提高了系统的人性化、智

能化水平。

参考文献:

- [1] 国内外制袋充填包装机的状况分析[J]. 中国包装工业, 2008(1):46—47.
Analysis of the Packaging and Filling Machine Status in Domestic and International[J]. Chinese Packaging Industry, 2008(1):46—47.
- [2] 赵淮,林泽梅,张世荣.我国包装机械行业现状和提高技术水平思路[J]. 中国机械工程, 2003, 14(5):446—449.
ZHAO Huai, LIN Ze-mei, ZHANG Shi-rong. Situation of Packaging Machinery in Our Country and the Way to Improve the Technical Level[J]. Chinese Mechanical Engineering, 2003, 14(5):446—449.
- [3] 张永林.散粒料全自动包装机气动系统的设计与研究[J]. 液压与气动, 2004(11):33—34.
ZHANG Yong-lin. Research and Design of Pneumatic System in Full Automatic Packing Machine for Granular Material[J]. Chinese Hydraulics and Pneumatics, 2004(11):33—34.
- [4] 周亮.袋成型自动包装机控制系统的设计与研究[D]. 武汉:武汉理工大学, 2009.
ZHOU Liang. Design and Research of the Control System of the Bag-forming Packaging Machine[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2009.
- [5] 樊勇,顾翼,李振亮. PLC在自立袋罐装机控制系统中的应用[J]. 微计算机信息, 2006, 22(7):65—66.
FAN Yong, GU Yi, LI Zhen-liang. The Application of PLC in Control System of the Filling Machine for Self-supporting Bag [J]. Microcomputer Information, 2006, 22(7):65—66.
- [6] 赵汉雨,姬少龙,刘存祥,等.新型纸箱包装机PLC控制系统设计[J]. 轻工机械, 2011, 29(3):57—59.
ZHAO Han-yu, JI Shao-long, LIU Cun-xiang, et al. Design of PLC Control System of New Type Carton Packaging Machine [J]. Light Industry Machinery, 2011, 29(3):57—59.
- [7] 李雷.高速包装机感应加热封合问题的研究[D]. 上海:上海交通大学, 2011.
LI Lei. The Study in Induction Heating Sealing of High-speed Packaging Machine[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2011.
- [8] 唐国兰.基于PLC的高速全自动包装机控制系统的应用研究[D]. 广东:广东工业大学, 2004.
TANG Guo-lan. Research and Application of Control System of Automatic and High-speed Roll Packaging Machine Based on PLC[D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2004.
- [9] 李晓娜,刘宝顺,刘瑞昌.基于PLC和触摸屏技术的制袋设备控制系统及界面设计[J]. 包装工程, 2014, 35(5):50—53.
LI Xiao-na, LIU Bao-shun, LIU Rui-chang. Design of

- Bag-making Equipment Control System and Interface Based on PLC and Touch Screen Technique[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(5): 50—53.
- [10] 蔡旭明. 基于全自动包装机 PLC 的优化设计[J]. 机电工程技术, 2012, 41(7): 31—34.
- CAI Xu-ming. Optimization Design of the Full Automatic Packaging Machine Based on PLC[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2012, 41(7): 31—34.
- [11] SIMATIC S7 S7-1200 可编程控制器系统手册[Z]. SIMATIC S7 S7-1200 Programmable Controller System[Z].
- [12] 廖常初. S7-1200PLC 编程及应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2010.
- LIAO Chang-chu. S7-1200PLC Programming and Application [M]. Beijing: China Machine Press, 2010.
- [13] 王仁祥, 王小曼. 西门子 S7-1200PLC 编程方法与工程应用[M]. 北京:中国电力出版社, 2011.
- WANG Ren-xiang, WANG Xiao-man. Siemens S7-1200 Programming Method and the application[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2011.
- [14] 李伟, 王友权, 董继先, 等. 自调整 PID 控制在卷取张力中的设计与仿真[J]. 包装工程, 2014, 35(11): 67—70.
- LI Wei, WANG You-quan, DONG Ji-xian, et al. Design and Simulation of Self-adaptive PID Control System in Tension Control[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(11): 67—70.
- [15] 苏绍兴, 黄金梭. 模糊 PID 控制在复合纸板分切机速度控制中的应用[J]. 包装工程, 2014, 35(9): 80—84.
- SU Shao-xing, HUANG Jin-suo. Application of Fuzzy-PID Control in Crosscut Feeding Speed Control of the Composite Paperboard[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(9): 80—84.
-
- (上接第 114 页)
- [3] LEE S Y, MOHAN D J, KANG I A, et al. Nanocellulose Reinforced PVA Composite Films: Effects of Acid Treatment and Filler Loading[J]. Fibers and Polymers, 2009, 10(1): 77—82.
- [4] 高蓓蓓. 纳米纤维素的概述[J]. 价值工程, 2012, 30(34): 272—273.
- GAO Bei-bei. An Overview of Nano-cellulose[J]. Value Engineering, 2012, 30(34): 272—273.
- [5] 叶代勇. 纳米纤维素的制备[J]. 化学进展, 2007, 19(10): 1568—1575.
- YE Dai-yong. The Preparation of Nano-cellulose[J]. Chemical Progress, 2007, 19(10): 1568—1575.
- [6] 董凤霞, 刘文, 刘红峰. 纳米纤维素的制备及应用[J]. 中国造纸, 2012(6): 68—73.
- DONG Feng-xia, LIU Wen, LIU Hong-feng. The Preparation and Application of Nano-cellulose[J]. Chinese Pulp and Paper, 2012(6): 68—73.
- [7] 胡云, 刘金刚, 王比松, 等. 纳米纤维素的制备及研究项目概述[C]// 生物精炼技术研讨会论文集, 第十四届中国科协年会第十分会场, 2012: 85—90.
- HU Yun, LIU Jin-gang, WANG Bi-song, et al. The Preparation of Nanometer Fiber Overview and Research Projects[C]// Biological Refining Technology Symposium Proceedings, The 14th Annual Meeting of China Association for Science and Technology, 2012: 85—90.
- [8] 储小红, 张伟波, 吕建平. 氧化-接枝双重改性淀粉胶黏剂的制备与性能研究[J]. 中国胶黏剂, 2012, 21(4): 970—973.
- CHU Xiao-hong, ZHANG Wei-bo, LYU Jian-ping. Study on Preparation and Properties of A Starch Adhesive Modified by Oxidation and Graft[J]. China Adhesive, 2012, 21(4): 970—973.
- [9] 牛磊, 黄英, 吴燕飞. 淀粉胶黏剂的改性研究[J]. 材料开发与应用, 2011, 26(1): 76—81.
- NIU Lei, HUANG Ying, WU Yan-fei. Modification Research of Starch Adhesive[J]. Development and Application of Materials, 2011, 26(1): 76—81.
- [10] 杨松. 马铃薯氧化淀粉胶黏剂制备研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(14): 8607—8608.
- YANG Song. Preparation of Oxidized Potato Starch Adhesive [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(14): 8607—8608.
- [11] 鲁昕, 刘玲艳. 微晶纤维素改性大豆蛋白胶黏剂的黏结性能及热压工艺的研究[J]. 包装工程, 2011, 32(21): 54—57.
- LU Ting, LIU Ling-yan. Microcrystalline Cellulose Modified Soy Protein Gel Drilling Agent of Drilling Performance and Hot-pressing Process of the Research[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(21): 54—57.
- [12] TANG Hua-li. Effect of Nano-SiO₂ on the Performance of Starch/polyvinyl Alcohol Blend Films[J]. Carbohydrate Polymers, 2008, 72: 521—526.
- [13] 张利彭. 纳米纤维素改性豆胶的特性及其制板工艺研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2013.
- ZHANG Li-peng. The Characteristics of Nano-cellulose Modified Bean Gum and Plate-making Technology Research[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2013.
- [14] HUANG W, SUN X. Adhesive Properties of Soy Proteins Modified by Sodium Codicyl Sulfate and Sodium Dodecyl Benzene Suffocate[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2000, 77(7): 705—708.
- [15] AHMADI M, MADADLOU A, SABOURI A A. Isolation of Micro- and Nano-crystalline Cellulose Particles and Fabrication of Crystalline Particles-loaded Whey Protein Cold-set Gel[J]. Food Chemistry, 2015, 174: 97—103.