

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2016.02.015

盒装复合薯片自动化包装线控制系统

周 律, 朱建华

(浙江科技学院 工程训练中心, 浙江 杭州 310023)

摘 要:针对国内盒装复合薯片的包装主要以人工和单机结合为主,自动化程度和生产效率较低现状,提出了盒装复合薯片自动包装线的控制方案。设计了基于 PLC、变频控制、伺服控制、步进控制技术的控制系统的硬件结构;采用步进电机驱动的星轮理片机构实现了高效自动理片;通过对机械臂的控制将薯片组快速、准确地推入包装盒;建立了各工序之间的控制逻辑,实现了包装过程的自动化;设计了包装线的控制软件,包括现场控制、通信及人机界面。实验结果表明控制系统自动化程度较高,控制准确。系统具有的可视化人机界面,可满足盒装复合薯片自动化包装的要求。

关 键 词:薯片包装生产线;变频控制;伺服控制;步进控制;RS-485 总线

中图分类号:TP271.2

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2016)02-0069-04

Control System of Boxed Potato Chip Automatic Packaging Production Line

ZHOU Lü, ZHU Jianhua

(Center of Engineering Training, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: In China, by the problems of the primary boxed potato chip production package line packed by hands or simple machines, the low production efficiency and automation, a control scheme of automatic packaging production line was designed. Hardware structure based on PLC, frequency changer and step-by-step control system was established. The stepper motor drive was used to automatic package by star wheel. The potato chip was rapidly and accurately carried into the boxes by shaking. Parameters and control logic was established among the processes. Software including field control function, communication function and interface function was developed. Experimental results show that the control system is with high automatic level and precise control, and the visual interface can meet the requirements of boxed potato chip automatic package.

Key words: potato chip packaging; frequency conversion control; servo control; step control; RS-485 serial bus

薯片是人们喜爱的休闲小食品,近年来的需求量越来越大^[1]。薯片包装是薯片生产中的一个重要环节,薯片的包装方式主要有袋装、盒装和桶装等几种,不同包装方式的薯片其制造工艺往往不同。袋装薯片一般采用土豆切片后直接炸制,因此,成品后的薯片是不规则的,通常在称重后装入包装袋;盒装和桶装的薯片通常为复合薯片,它是将马铃薯雪花粉^[2]和其他配料混合搅拌后通过机器压制成统一大小的薄片后炸制而成,这样可以统一整齐摆放在盒子内。复合马铃薯片口感好,营养丰富,逐渐成为薯片的一种发展趋

势^[3]。目前国内薯片包装机械企业组合化和机电一体化生产力较低,多数薯片包装机械企业以单机生产为主,生产效率低、能耗高,控制技术和自动化技术应用较少^[4]。薯片生产企业为了提高生产效率,不得不花大量资金从国外引进自动化程度高的薯片包装生产线。本文根据每片复合薯片尺寸、形状、质量基本一致的特点,运用光电计数的方法,采用 PLC、触摸屏、变频器以及控制器步进电机技术、伺服驱动技术等,设计了自动复合薯片包装线的控制系统,系统具有自动化程度高、控制准确,具有可视化的人机界面的特点。复合

收稿日期:2015-09-13;修回日期:2015-12-21

作者简介:周律(1967),男,浙江杭州人,学士,工程师、实验师,主要研究方向为工业自动化及电工电子技术。E-mail:zhou_lv@126.com

薯片自动包装的瓶颈在于如何将薯片自动装入盒内,未购全自动进口设备的薯片生产企业通常人工完成此道工序,本文的设计方案也是针对这道工序的,限于篇幅,入盒以后的封口、贴标、打码等工序本文未涉及。

1 盒装薯片包装工艺及装置

1.1 盒装薯片包装工艺流程

盒装薯片通常为复合薯片,它选用优质马铃薯雪花粉和其他配料混合后加工而成,形状为椭圆形,长轴约为 58 mm,短轴约为 50 mm,短轴方向的横断面为拱形,曲率半径 R 约为 25 mm,厚度一般为 1.0 ~ 1.6

mm,复合薯片尺寸基本统一,便于计量和包装。复合薯片生产工艺为:

原料混合→压片→成型→油炸→调味→整理→冷却→包装。

在包装部分,目前国内复合薯片的包装主要为人工和单机结合的方式,存在招工难,效率低及食品安全难以保障等方面的问题;而引进自动化程度高的薯片包装生产线,价格又十分昂贵。本文通过分析研究已有的复合薯片生产线,设计了一条小批量复合薯片全自动包装线,其工艺流程如图1所示。

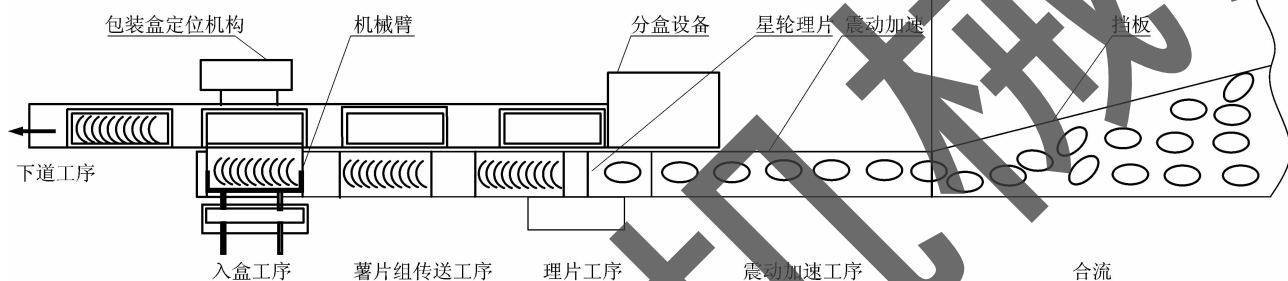


图1 复合薯片包装工艺流程

Figure 1 Technological process of potato chip packaging

如图1所示:将已冷却的多列薯片经挡板式合流装置合成一行并进行震动加速整理,送入星轮理片装置,理片过程中薯片被竖起并计数,经计数的薯片成组送至薯片组传送带,到达预定位置后机械臂将一组薯片推入已定位的包装盒,最后运送至下道工序进行外包装。

1.2 主要装置

复合薯片包装部分主要装置包括合流装置、震动加速机构、理片机构、机械臂、分盒设备等。

1) 合流装置

合流装置是在薯片输送过程中将多行薯片汇集成一行进行输送的装置,通过中间挡臂改变薯片的运行方向,使薯片按照一定的规律运行。

2) 震动加速机构

震动加速机构的作用是将薯片排列整齐,另一方面保证单位时间内薯片的流量相等。机构的始末端设有传动轴,安装了传动带,传动带在导板内运行,导板横断面为一拱形,其曲率与薯片相同,机体装有电震动物,可使整机获得定向震动。

3) 理片机构

理片的目的是将薯片竖起并计数,以便分组包装。理片机构采用星轮理片,原理如图2所示,从滑板滑下的薯片通过旋转的星轮,将薯片直立起来^[5-6],滑板

的末端设有光电传感器用于计量薯片数量。

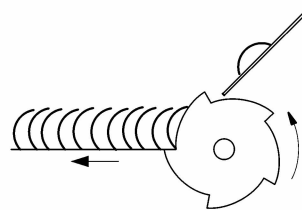


图2 星轮理片机构

Figure 2 Sequential mechanism of star wheel

4) 机械臂

机械臂系统是一个多变量强耦合的机电系统^[7],它的功能是将已计量并整理成组的薯片推入包装盒内。机械臂由机械机构、传感器、驱动控制器、电机等组成。机械臂采用步进电机驱动,具有动作灵活,成本低,定位精度较高的特点,此外,工作空间也比较小。

2 盒装薯片包装线控制系统设计方案

2.1 系统硬件设计

薯片自动包装技术所涉学科众多,是集机、电、光等于一体的机械电子设备,设计时着力于提高薯片包装机械的自动化程度,将薯片生产线薯片包装机械的研发与计算机、PLC等现代控制技术结合,实现机电一体化控制。

系统由计算机、PLC、触摸屏、各种传感器及电机组成,硬件系统框图如图3所示。主要部件:

1) PLC。选用 FX2N-80MR-001,交流供电,输入点数40点,输出点数40点,晶体管输出,通过通信扩展板或特殊适配器可实现多种通信和数据链接。

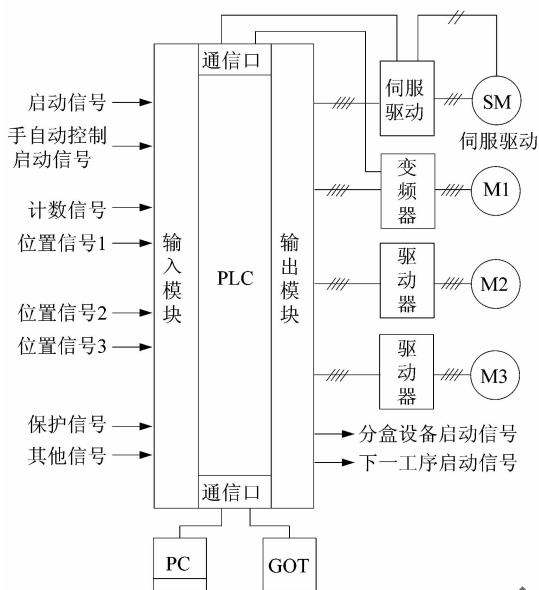


图3 硬件系统框图

Figure 3 Sketch of hardware system

2) 人机界面。选用 GTI675-VNBA,交流供电,10.4寸,USB/232/422。

3) 电机。星轮理片机构采用步进电机,它通过改变数字信号频率并进行驱动放大后控制电机的转速,实现电机的调速,选用二相四线步进电机,步距角 1.8° ,运行方式为二相四拍;当滑板末端检测到薯片时,在 0.1 s 内转过 72° ,转速为 $120\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,用PLC结合步进驱动模块控制。机械臂采用步进电机驱动,选用二相四线步进电机,步距角 1.8° ,运行方式为二相四拍,行程 300 mm ,速度 $1\,000\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$,当系统检测到薯片组到位并且包装盒已经定位时,启动步进电机,机械臂将薯片推入盒内并迅速返回,用PLC结合步进驱动模块控制;薯片组传送带选用交流伺服电机驱动,初始时,将弹性挡板A移至星轮下 10 mm 处,如图4所示,然后每送入一个薯片传送带运行约 3.5 mm ,连续送入一个包装所需的薯片后,弹性挡板B自动跳起,此时,传送带快速运行至下一个弹性挡板A跳起,接着重复上述过程,系统通过PLC产生的系列脉冲控制伺服驱动器^[8-9]进而控制传送带;加速段电机采用三相异步电机,配合变频器调速,实现PLC和变频器通信。

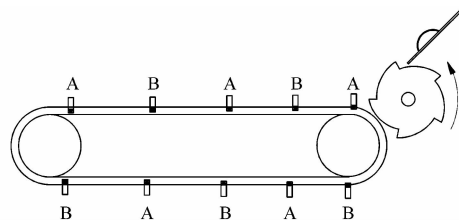


图4 薯片组传送带控制示意图

Figure 4 Control sketch of potato chip conveyor band

4) 传感器。主要有电感传感器、压力传感器、光电传感器、电容传感器等^[10],光电传感器用于薯片的计数,电感传感器等传感器用于挡板和包装盒的定位。

5) 通信。采用RS485总线构成控制网络,以主从式结构,进行运行控制,主站为PLC,伺服、步进驱动器及变频器为从站。

2.2 系统软件设计

2.2.1 变量及通信参数的设定

系统采用触摸屏技术设置变量及通信参数。变量设定,包括变频器参数设定及调整,伺服驱动器、步进驱动器参数设定及调整;通信参数设定,根据包装线的控制要求,设计控制各个功能的操作界面。触摸屏的编程与设定采用GT Designer3。

2.2.2 PLC程序设计

采用GX Developer软件编程,根据包装线控制要求,设计包装线控制系统流程,如图5所示。

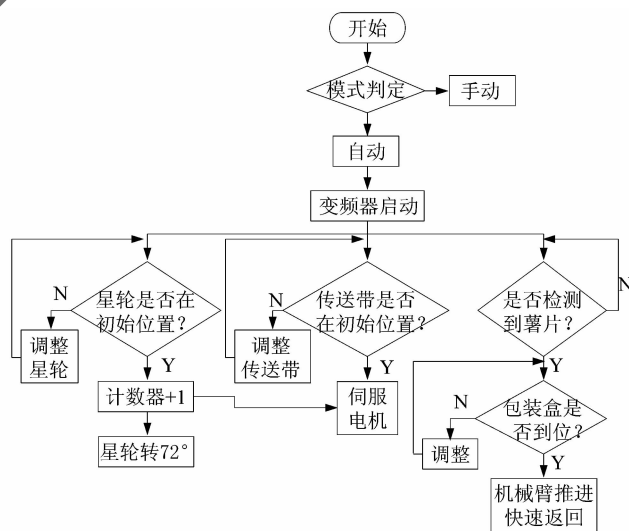


图5 包装线控制系统流程图

Figure 5 Software flowsheet of packaging line

系统启动后,通过外部开关的状态判定工作模式,通常检修时为手动模式,工作在自动模式时,由上道工序送来的信号触发系统。此时,变频器立即启动,并稳

定在 $96 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$; 在星轮旁的位置传感器检测星轮是否处于初始状态, 如不处于初始状态则通过步进电机进行调整, 调整到位后, 驱动星轮的步进电机由计数器控制, 计数器每计一个数, 星轮旋转 72° , 步进电机运行方式为二相四拍, 即 $A \rightarrow AB \rightarrow B \rightarrow BA$; 薯片组传送带用交流伺服电机控制, 由于运行速度较慢, 用 PLC 内部的定时器构成控制脉冲, 控制过程中, 首先检查传送带是否在设定的初始位置, 如不在则调整伺服电机, 调整到位后, 伺服电机由计数器进行控制, 计数器每计一个数, 伺服电机转过一个小角度, 当计到 35 (以 68 g 的包装为例, 薯片为 35 片) 个数时, 挡板自动将薯片分组, 如此周而复始; 当检测到薯片和包装盒都到位后, 机械臂开始动作, 将薯片推入盒内然后迅速返回。

3 包装线控制系统实验

本文选用一台二相四线步进电机、一个滑台 (可与步进电机配合使用作为机械臂) 和一台交流伺服电机在 PLC 变频器触摸屏综合实验装置上构建系统并进行了实验。每一个计数脉冲到来时步进电机转过 72° , 转速为 $120 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 若步进电机连接星轮, 则薯片的运输能力为 $10 \text{ 片} \cdot \text{s}^{-1}$; 用同样的计数脉冲控制伺服电机, 每一个计数脉冲使伺服电机转过约 10° , 设传动轴半径 r 为 200 mm, 则其线速度约为 35 mm, 薯片的传送速度为 $10 \text{ 片} \cdot \text{s}^{-1}$; 当系统检测到薯片和包装盒已经到位, 机械臂以 $1000 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度移动 200 mm, 然后迅速返回。因此, 控制系统能满足复合薯片包装线的控制要求。

(上接第 68 页)

5 结语

传感器在电梯轿厢绝对位置实时检测中的应用表明, 能够满足电梯位置实时检测的需要, 具有较高的稳定性, 避免了增量型编码器定位系统位置零点偏移带来的失位现象, 且完全可以替代现有的多圈绝对式传感器。与现有齿轮式多圈计数器相比, 传感器应用双磁开关, 后备电池和单片机低功耗技术实现了多圈计数功能, 结构简单、可靠且有效地降低了系统的成本。由于传感器没有齿轮组的限制, 因此, 还具有多圈计数测量量程不受限制的特点。该传感器可推广应用于各种工业非接触角位移测量中大行程测量定位场合。

参考文献:

- [1] 陆鑫森, 赵国军, 邢海潇, 等. 电梯运行速度曲线的控制[J]. 轻工机械, 2010, 28(6): 70-72.
- [2] 王立锦, 刘亚东, 焦让, 等. 磁旋转编码器四倍频电路分析与集成

4 结语

本文研究了盒装复合薯片包装线的控制方案, 将星轮理片机构用于复合薯片理片, 具有高效、准确的优点。基于机械臂的薯片入盒工序, 保证了薯片组能够快速准确的入盒, 建立了各工序之间的通信, 实现了复合薯片包装过程的自动化。实验表明: 系统理片能力约为 $10 \text{ 片} \cdot \text{s}^{-1}$, 入盒速度为 $0.28 \text{ 盒} \cdot \text{s}^{-1}$ (以每盒 68 g 计), 包装能力为 $68 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ (相当于 2~3 个生产工人的包装量), 对于解决食品生产企业招工困难, 提高食品卫生水平具有现实意义。

参考文献:

- [1] 何江涛, 刘文秀, 彭鉴君. 前处理及初始油炸温度对油炸薯片品质的影响[J]. 农产品加工, 2009(10): 132-135.
- [2] 刘志忱, 束乾韵. 复合薯片加工工艺及其专用设备[J]. 包装与食品机械, 2004, 22(1): 36-39.
- [3] 田三德, 张宏, 陈金伟. 复合马铃薯片食品的配方与加工工艺研究[J]. 食品科技, 2005(5): 22-24.
- [4] 聂学俊, 熊光洁, 汤晓华. 食品包装机械的自动控制[J]. 食品科学技术学报, 2013, 31(5): 76-78.
- [5] 彭亚军. 饼干自动包装整理系统的设计[D]. 广州: 华南理工大学, 2012: 22-23.
- [6] 陈小军, 王芳, 谢达城. 槟榔包装的自动化生产线设计[J]. 包装与食品机械, 2014(5): 40-44.
- [7] 马如奇, 郑双晖, 郑伟峰, 等. 基于 MATLAB 与 ADAMS 的机械臂联合仿真研究[J]. 机械设计与制造, 2010(4): 94-95.
- [8] 盛靖琪, 陈永平. 自动线安装与调试[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011: 3-6.
- [9] 祝红芳. PLC 及其在数控机床上的应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007: 23-28.
- [10] 李勇, 罗亚军, 陈振茂. 我国工业控制传感器市场发展综述[J]. 自动化应用, 2012(1): 63-64.
- [11] 化设计[J]. 电子器件, 2005, 28(2): 358-361.
- [3] 钱宏文, 朱燕君. 新型磁旋转编码器设计[J]. 电子与封装, 2008, 8(10): 14-16.
- [4] 沈刚, 丛大成, 吕广明, 等. 基于单片机 AT89C52 的升降机平层控制器的研制[J]. 机电工程, 2008, 25(9): 54-57.
- [5] Agilent Technologies Inc. Agilent AEAS-84AD 14/12 bit multi-turn encoder module data sheet 5989-1203EN [Z]. Santa Clara, California: Agilent Technologies Inc, 2005: 2-7.
- [6] 冯勇. ATmega48 在火灾探测器中的应用[J]. 电气自动化, 2006, 28(3): 50-51.
- [7] 程晓莉, 谢剑英, 王林. 绝对式编码器在电机定位中的应用[J]. 控制工程, 2007, 14(5): 548-551.
- [8] 张兴旺, 孙君光, 程传玲, 等. CAN 总线在励磁系统应用中抗干扰分析[J]. 大电机技术, 2007, 37(2): 61-64.
- [9] Austriamicrosystems AG. AS5040 datasheet revision 2.10 [Z]. Schloss Premstaetten, Austria: Austriamicrosystems AG, 2009: 10-11.
- [10] 吕德刚, 李铁才, 杨贵杰. 高性能磁编码器设计[J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(6): 1347-1350.
- [11] 王宗刚, 潘峥嵘. 基于 AVR 单片机的 SPI 接口的实现[J]. 自动化与仪器仪表, 2011, 31(2): 114-115.