

五轴全伺服三维包装机控制系统设计

李鹏,何文雪,郭福兴,张璐璐
(青岛大学 自动化学院,山东 青岛 266071)

摘要:为提高包装行业中透明膜三维包装的自动化程度和控制精度,采用可编程逻辑控制器设计一种五轴全伺服三维包装机控制系统。该系统以西门子 S7-1500PLC 为控制核心,交流伺服系统作为驱动单元,S7-1200PLC 作为 IO 设备,通过点到点的自由口通信方式读写温控仪表参数;使用触摸屏对整个系统进行实时监测与控制,实现对多种箱体不同形式的透明膜三维包装功能。实际运行表明:该控制系统极大地提高了生产效率,具有很好的实用价值。

关键词:三维包装机;PLC;伺服控制;自由口通信;HMI

中图分类号:TP273;TB486+.3 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2023)02-0201-04

Design of Control System for Five-axis Full Servo Three-dimensional Packaging Machine

LI Peng, HE Wenxue, GUO Fuxing, ZHANG Lulu

(School of Automation, Qingdao University, Qingdao 266071, China)

Abstract: In order to improve the degree of automation and control accuracy of transparent film three-dimensional packaging in the packaging industry, a five-axis full servo three-dimensional packaging machine control system is designed based on programmable logic controller. The system with Siemens S7-1500PLC as the control core, AC servo system as the drive unit, and S7-1200PLC as the IO device, reads and writes the temperature control instrument parameters through point-to-point communication. The touch screen is used to monitor and control the entire system in real time to realize the three-dimensional packaging function of transparent film in different forms of various boxes. The actual operation shows that the control system greatly improves the production efficiency and has very good practical value.

Keywords: three-dimensional packaging machine; PLC; servo control; PtP communication; HMI

0 引言

据统计,我国包装设备生产企业总数达 30 万家,医药包装产业的生产总值已占全国包装业生产总值的 10% 以上^[1]。在疫情大背景下,全球药品需求量在高速增长,随着国内药品的几次大幅度降价,药品市场的竞争加剧,各药品生产企业不得不想方设法降低药品各方面的生产成本。在挖掘成本潜力的过程中,各大药企引进了透明膜三维包装机,以降低包装成本。包装时药品经机械码垛后放入透明塑膜中,经过送进、切膜、折包、端封、折角、侧封、整形、输出等动作完成包装,生产效率和自动化程度得到了提高,大大降低了人工成本和相应的管理成本,而且经过包装机包装的成品外形美观、档次高、产品形象良好。因此三维包装机迅速得到了推广^[2]。

然而,传统的三维包装机多采用机械式控制,如凸轮分配轴式,后来又出现了光电控制、气动控制等控制形式^[3]。但是,随着食品、药品等加工工艺的日益提高,对包装参数的要求不断增多,原有的控制系统已难以满足发展的需要,应采用新的技术来改变三维包装机的面貌。鉴于此,设计一种基于 PLC 的五轴全伺服三维透明膜包装

机控制系统,以提高控制精度和生产效率,降低机械噪声和企业成本,带来更好的企业效益和社会经济效益。

1 五轴全伺服三维包装机

1.1 包装机结构

五轴全伺服三维包装机结构如图 1 所示,其主要由送料、送膜、切刀、折包、整形、热封及输出 6 部分构成。对于不同的包装工艺要求,无需手动调整复杂的机械凸轮结构,只需在触摸屏上设置相关参数或者调用已存储的配方即可^[4]。各伺服电机分别完成对应驱动轴的动力传输,驱动辊以给定速度牵引完成卷盘膜轴的旋转。

送料部分主要由上料皮带、料位检测传感器、立盒皮带、推盒气缸、静挡板组成,单个箱体经皮带输送至立盒皮带处,紧密竖立排布,进入推盒气缸工位进行码垛,气缸装置将码垛好的箱体推入透明膜裹包机构。

热封装置内部安装有加热器和热电偶传感器,通过传感器完成温度值采集,由特定温控仪表根据设定目标温度以及温度反馈值完成热封温度精确控制,并在触摸屏上实时显示。

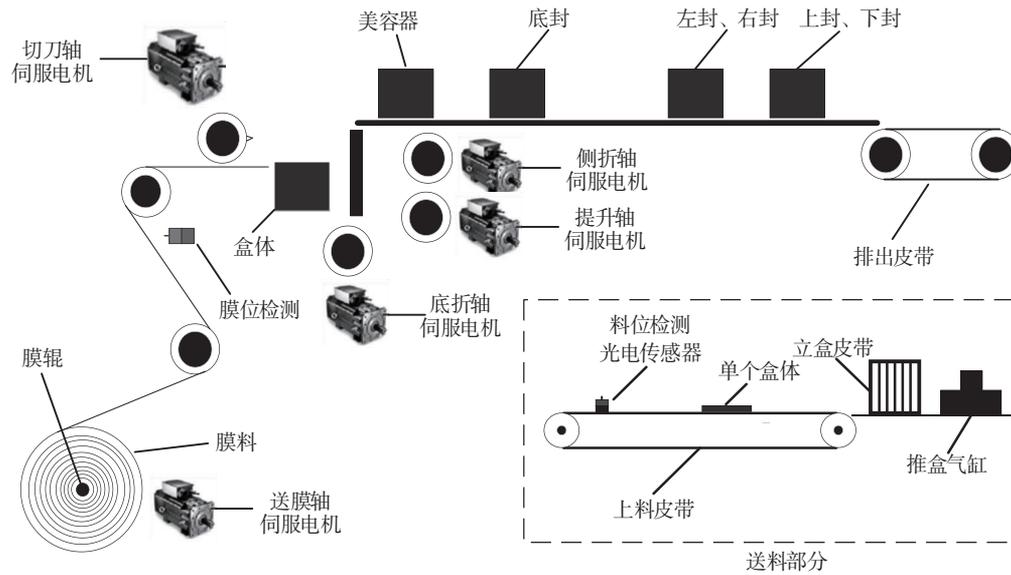


图1 包装机结构简图

1.2 包装工艺流程

五轴全伺服三维包装机工艺流程如图2所示,主要流程包括包装物料(以药盒为例)和透明膜运送、裹包成型、美容器整形、三维热封、成品排出。透明膜经过主动辊、压紧辊以及导向辊,传送到裹包机构,切刀轴根据给定膜长切膜,同时气缸将码垛好的箱体推入裹包机构,再由3个伺服电机组成的电子凸轮系统完成裹包操作,经过美容器整形处理后,依次进行底封、侧封、端封,热封成独立成品,由排出皮带输出。计数操作由PLC内部计算完成。

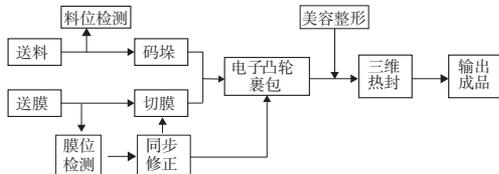


图2 包装工艺流程

2 控制系统硬件设计及选型

2.1 硬件结构

随着计算机技术的发展以及自动控制技术、机电一体化技术的进步,运动控制得到了快速发展^[5]。根据包装工艺流程,五轴全伺服三维包装机主要完成五轴同步运动控制。为了提高系统的控制精度和自动化程度,本文采用触摸屏、PLC和伺服驱动器相结合的运动控制方式^[6],控制系统硬件结构如图3所示。触摸屏实现与PLC数据传输,通过触摸屏完成包装参数的设置及设备运行状态的实时监控。PLC、触摸屏、IO模块、温控模块以及伺服驱动系统等构成了五轴全伺服三维包装机的完整控制系统^[7]。

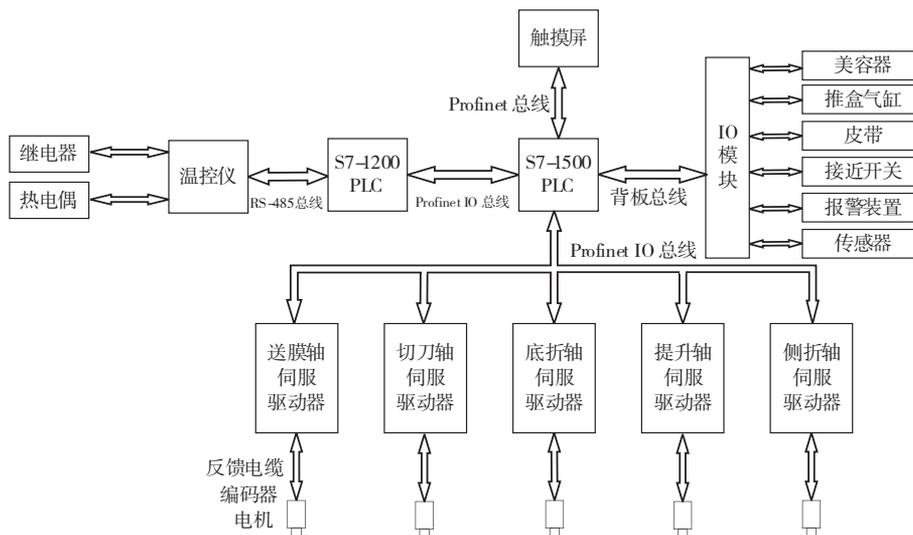


图3 控制系统硬件结构

2.2 硬件选型

控制器: S7-1200, CPU 1214C, 连接 CB 1241 通信版, 主要作用是和温控模块通信, 读写温度参数; S7-1500, CPU 1515T-2PN, 数字量输入/输出模块 DI 16×24 VDC/DQ 16×24 VDC/0.5 A, 作为主控制器, 控制五个伺服电机、气缸、报警器、美容器、输送皮带、光电检测传感器、各按钮开关等模块。

驱动器: SINAMICS V90 PN, 0.75 kW, 一款小型、高效便捷的伺服系统, 配合 SIEMENS S7-1500PLC, 能够组成一套完善的、经济的、可靠的运动控制系统, 轻松实现位置控制、速度控制、转矩控制等多种控制方式。

伺服电机: SIMOTICS-1FL6 自然冷却的永磁同步电机, 其中提升电机选用带增量编码器和抱闸的同步伺服电机, 其他选用带有增量编码器的同步伺服电机。

温控模块: 宇电 AI-7048 温控仪 (0.2 级精度, 4 路控制), 独特 APID 算法, 人工智能调节控制热封模块温度, 控温精准、稳定、可靠、耐用。

触摸屏: KTP900 Basic PN, 具有较高的性价比。PROFINET 接口用于连接 S7-1500PLC。

3 控制系统软件设计

组态与编程软件使用的是西门子公司推出的全集成自动化平台 TIA Portal V16 以及 SINAMICS V90 伺服驱动器调试工具 V-ASSISTANT。在博途平台下, 核心程序算法采用 SCL 语言编写, 外围块的调用采用梯形图形式实现; V-ASSISTANT 主要用于将建立好的工程文件配置和参数写入伺服驱动器 ROM 中以及在线调试。五轴全伺服三维包装机控制系统软件流程如图 4 所示。各面热封温度控制直接影响了包装的包装精度和美观程度, 在包装机运行前首先需要各热封温度进行设定, 完成后包装机开始按照图 4 所示的控制流程自动运行。

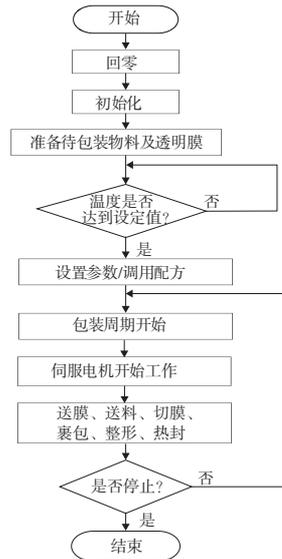


图 4 自动运行控制流程

3.1 伺服控制系统设计

S7-1500PLC 通过 TO(technology object, 工艺对象) 方式实现对 V90 PN 的控制。在博途软件中添加 1 个定位轴, 作为虚拟主轴, 5 个同步轴, 分别命名为“送膜”、“切刀”、“提升”、“底折”、“侧折”, 以及添加 5 个与同步轴对应的“凸轮盘”工艺对象, 用于凸轮同步。

根据实际包装工艺要求, 组态各工艺轴参数和硬件接口, 调用 PLCopen 运动控制指令, 实现轴的使能、复位、回零、绝对定位、相对定位、点动、暂停等功能。

通过调用 LCamHdl 库中的功能块 LCamHdl_Blocks 及编写曲线参数程序, 生成五段电子凸轮曲线, 如图 5 所示 (本刊黑白印刷, 相关疑问请咨询作者)。其中 x 轴表示虚拟主轴位置, y 轴分别表示对应 5 个实际轴位置, 均已在图中标出。同步轴按照生成的凸轮曲线跟随主轴做同步运动, 实现精准控制, 高效包装。

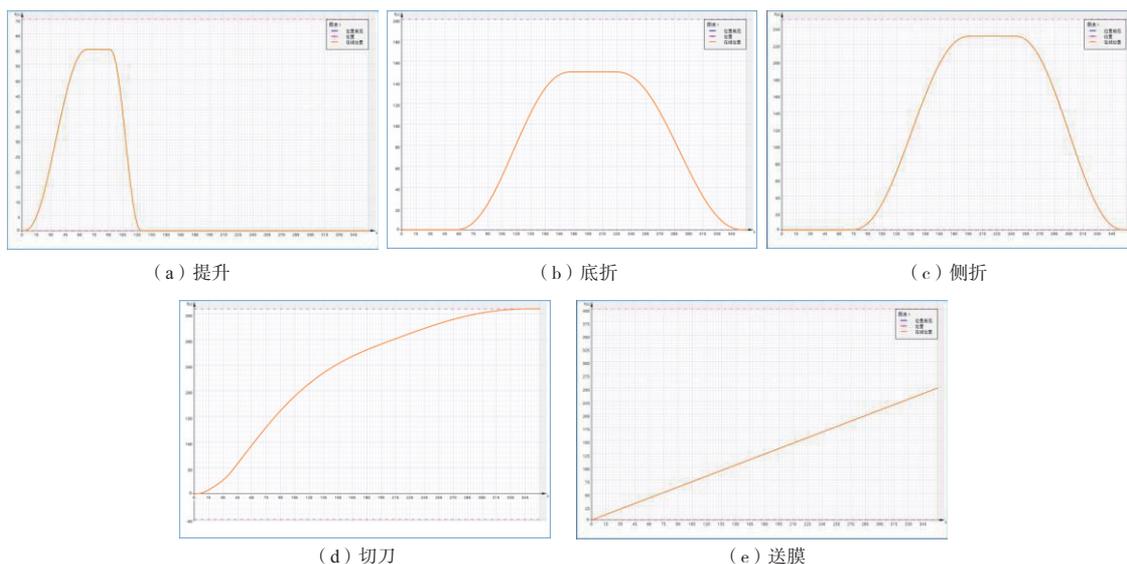


图 5 电子凸轮曲线

3.2 通信功能实现

S7-1200PLC 与温控模块之间采用 RS-485 总线通信,使用点到点的自由口通信方式,博途平台下的“Send_PtP”与“Receive_PtP”指令分别完成温度参数的发送与接收。使用的通信协议为宇电温控器自带的 AIBUS 协议,其特点是写参数的同时亦可完成读功能。因此写参数时不破坏读的循环周期时间,具有比 MODBUS 协议更快的通信速率。根据 AIBUS 协议说明,编写仪表设定值高低字节交换、仪表校验码计算、接收报文、发送读报文、发送写报文以及仪表返回值高低字节交换程序,实现自由口通信功能。

发送与接收指令代码如下:

```
#Send_P2P_Instance(REQ:=#send_req,
"PORT":="Local~CB_1241_(RS485)",
BUFFER:=#send_buffer,
LENGTH:=#send_length,
DONE=>#send_done,
ERROR=>#send_error,STATUS=>#send_status);
#Receive_P2P_Instance("PORT":="Local~CB_1241_(RS485)",
```

```
BUFFER:=#rcv_buffer,
NDR=>#rcv_ndr,
ERROR:=>#rcv_error,
STATUS:=>#rcv_status,
LENGTH:=>#rcv_length);
```

两台 PLC 之间、S7-1500PLC 与触摸屏以及伺服驱动器之间采用 PROFINET 总线通信,PROFINET 由 PROFIBUS 国际组织 (profibus international,PI) 推出,是新一代基于工业以太网技术的自动化总线标准^[6]。在博途平台下完成设备组态、网络和拓扑连接。

伺服驱动器使用相应的报文控制伺服电机,本文采用西门子报文 105。报文是确定结构的通信过程数据,是设备间交换数据的语言,通信双方需要选择一致的报文即可进行数据交换,固定的报文格式有助于降低工程师的负荷并且保证设备间的一致性^[8]。

3.3 触摸屏画面设计

触摸屏操作界面主要由以下 9 个部分组成:起始界面、主界面(运行监控界面)、温度监控界面、调试界面、配方界面、参数设置界面、报警界面、用户管理界面和功能选择界面。人机界面组成如图 6 所示。

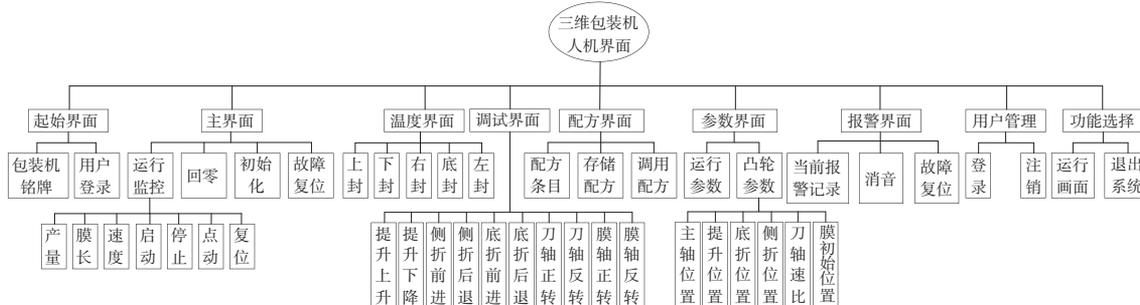


图 6 人机界面组成

图 6 中,温度界面包括温度设定值、实际反馈值及各热封装置温度开关;调试界面用于各轴的手动调试;配方程序在 PLC 中编写,共设置 10 个配方条目,足够满足对于多种不同盒体型号的包装要求;运行参数设置主要包括美容器触发角度、熨烫时间、停止等待时间、皮带运行时间、侧到位延时时间、刀轴切点位置、刀轴周长、点动速度、美容器停止运行次数及料盒检测停止时间等;用户管理界面可设置用户名、密码、注销时间及组别授权。

4 结语

基于可编程逻辑控制器,设计和开发了五轴全伺服三维透明膜包装机智能控制系统。针对五轴全伺服三维包装机的基本结构和裹包热封的包装流程,设计了基于 PLC 和触摸屏相结合的控制系統。本文介绍了系统的硬件结构,并在此基础上确定了系统的主要硬件选型,完成了系统的软件编程设计。通过现场设备运行,该控制系统完全能够满足五轴全伺服三维包装机的控制要求,提高了包装质量、速度和效率,降低了后期维护成本。

参考文献:

- [1] 李晓刚. 包装机械自动化技术研究进展[J]. 包装与食品机械,2021,39(3):52-57.
- [2] 梁凤尧. 透明膜三维包装机工作原理及使用维护[J]. 轻工科技,2012,28(3):47-48.
- [3] 刘少鹏,何文雪. 包装生产线自动测量系统设计与实现[J]. 机械制造与自动化,2021,50(2):233-235.
- [4] 何文雪,刘华波,吴贺荣. PLC 编程与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [5] PELLICCIONE A. 2017 Motor drives study: five servo drive findings[J]. Control Engineering,2018,65(7):5.
- [6] 冯莹莹. PLC 和触摸屏在连接器自动加工机中的应用[J]. 集成电路应用,2021,38(1):146-147.
- [7] 陈亚琳. 三伺服枕式包装机控制系统设计[J]. 包装与食品机械,2020,38(1):61-63.
- [8] 陈明霞,郑谊峰. 基于 PLC 与伺服的枕式包装机电子凸轮特性设计[J]. 包装工程,2017,38(23):167-171.

收稿日期:2022-01-04