

doi: 10.7690/bgzdh.2023.01.007

枪弹自动化包装设备控制系统

刘金雨, 严中清, 方浩舟

(中国兵器装备集团自动化研究所有限公司智能制造事业部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为解决目前国内枪弹包装行业自动化程度、生产效率低的问题, 结合机械结构与控制系统硬件, 设计一套基于 PLC 的枪弹自动化包装设备控制系统。对枪弹自动化包装设备的应用现状进行分析, 简介其功能及工作原理; 介绍以 PLC 为核心的控制系统硬件设计, 说明控制系统的体系结构; 介绍控制系统软件的设计, 说明系统各组成部分控制模式。测试结果表明: 该系统运行稳定、安全可靠、故障判断准确、数据采集实时; 包装结实, 适宜运输、储存; 系统自动化程度和工作效率得到有效提高。

关键词: 枪弹; 包装; 控制系统

中图分类号: TJ411 **文献标志码:** A

Control System for Bullet Automatic Packaging Equipment

Liu Jinyu, Yan Zhongqing, Fang Haozhou

(Department of Intelligent Manufacture, Automation Research Institute Co., Ltd. of
China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)

Abstract: In order to solve the problems of low automation degree and low production efficiency in the domestic bullet packaging industry, a set of automatic bullet packaging equipment control system based on PLC was designed by combining the mechanical structure and control system hardware. The application status of automatic cartridge packaging equipment was analyzed, and its function and working principle were introduced. The hardware design of control system based on PLC was introduced, and the architecture of the control system was described. The software design of the control system was introduced, and the control mode of each component of the system was described. The test results show that the system is stable, safe and reliable, the fault judgment is accurate, the data acquisition is real-time, the packaging is solid, and it is suitable for transportation and storage. The automation degree and work efficiency of the system are effectively improved.

Keywords: bullet; packaging; control system

0 引言

武器弹药的生产、储存、运输、经营和安全都非常重要。包装作为最终防护手段, 直接决定了武器弹药的储存寿命, 其重要性不言而喻^[1]。我国枪弹制造业发展历史不长, 智能制造是枪弹制造企业未来发展的必经之路, 但我国自身数字化、系统化程度并没有欧美企业高, 大部分枪弹制造企业自身制造水平还没有实现生产制造过程全面自动化^[2-4]。新型枪弹包装设备汲取了民用制药行业自动化包装技术, 简化了纸盒自动成型的工作流程, 使用花盘和提升机构完善了枪弹自动排序功能, 采用了新型喷码设备优化能力。为实现枪弹自动化包装设备的控制工作, 现设计一套基于西门子 PLC 的枪弹自动化包装设备控制系统。

1 枪弹自动化包装设备工作原理

枪弹自动化包装设备主要由全弹排序装置、提

升机、纸盒包装装置、纸盒喷码贴标装置、铁匣喷码装置等机构组成, 具体如图 1 所示。

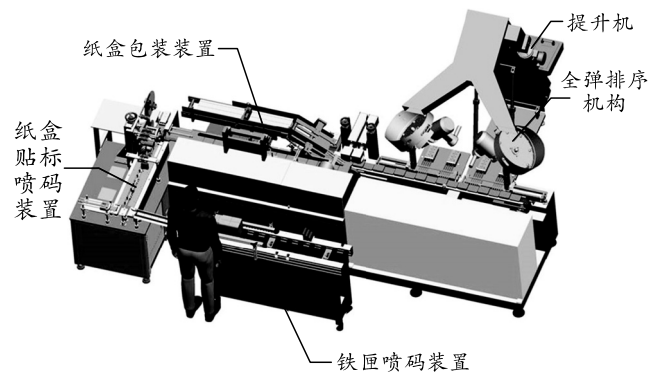


图 1 枪弹自动化包装设备系统结构

枪弹自动化包装设备的工作原理: 人工将枪弹、纸盒分别放入提升机料仓和纸盒暂存机构中, 通过提升机把枪弹输送到 2 个花盘, 全弹经自动排序后, 交叉推入相应层模板中, 通过电机驱动模板步进传输线完成上下层模板的传输。2 套激光打标装置依

收稿日期: 2022-09-27; 修回日期: 2022-10-20

作者简介: 刘金雨(1998—), 男, 河南人, 从事弹药智能装备自动化控制研究。E-mail: 1047688694@qq.com。

次对各模板上全弹进行打标，全弹到达装弹工位后等待纸盒到来。吸盘开盒机构通过吸盘将纸盒从纸盒暂存机构吸走再打开纸盒，然后将纸盒放到纸盒步进传输线上。装弹完成后，纸盒进行封盖，整个封盖过程仅由纸盒步进伺服电机带动连杆实现，然后到达称重工位进行重量检测后换线进入下一工序，依次完成贴标、喷码。最后将铁匣放到铁匣输送线上，对铁匣侧面进行喷码，完成整个包装流程。

2 控制系统硬件设计

主控制器选用西门子 S7-1200 系列产品 CPU 1215C DC/DC/DC 为主控制器，扩展 I/O 模块选用西门子 S7-1200 系列数字量输入/输出模块 SM 1223 DI16/DQ16 共 5 个和数字量输入模块 SM 1221 DI16 共 2 个，可满足系统实际需求并留有一定余量。通信模块选用西门子 S7-1200 系列通信模块 CM 1241 RS232 1 个。

提升机、2 个上料花盘、铁匣传输线采用防爆三相异步电机驱动，其中花盘通过变频器控制来调速，铁匣传输线与提升机调速方式为机械手柄手动调速；模板传输线、纸盒传输线采用防爆伺服电机+伺服驱动器进行控制，电机动作方式为位置-速度模式，可在相对位移状态和寸动状态下来回切换。

设备在设计过程中对能够产生电火花的电气元器件进行防爆处理，安装在防爆柜外部元器件应选择防爆型号。不具备防爆能力的元器件如 PLC 控制系统、安全栅、光纤放大器等安装在防爆控制柜内，实现设备整体防爆功能^[5]。

系统硬件如图 2 所示。

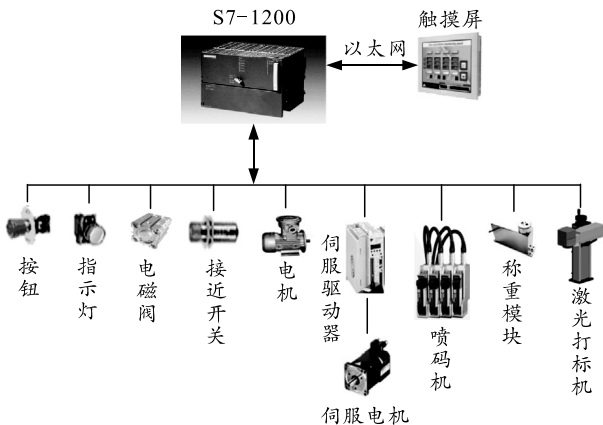


图 2 控制系统硬件构成

3 控制系统体系结构

控制系统采用集中控制方式，信息交互与处理通过 PLC 来实现，以便于调试、使用和维护方便。

并且控制系统在设计时预留有总线接口和模块扩展功能，以满足今后工厂信息系统联网和功能扩展的需要。如图 3 所示，整个控制系统分为 3 层体系结构，第 1 层为应用层，第 2 层为控制层，第 3 层为设备层。

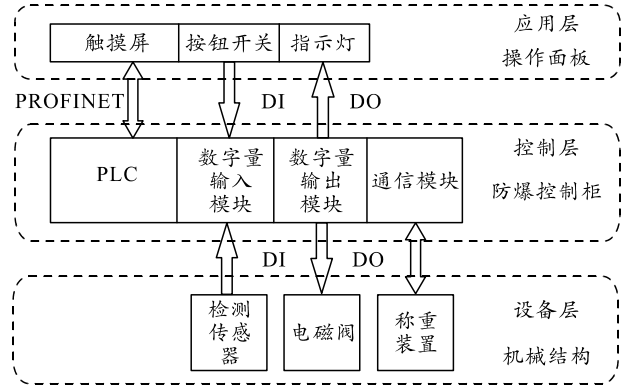


图 3 控制系统结构

应用层由触摸屏、操作按钮、指示灯等组成。主要负责人机交互，包括工作模式选择、工作状态显示、生产过程监控、参数设置、生产数据查询、故障报警等功能。

考虑到本系统高速可靠的特点，为满足以后扩展需要，控制系统采用主控制器+扩展 I/O 模块的结构方式，扩展 I/O 模块作为各个组成部分的信号采集与输出控制装置，并根据生产线需要进行功能模块扩展。主控制器+扩展 I/O 模块的方式实现整个生产线生产过程控制，并将状态反馈回人机交互界面。

设备层包括各种执行器(电机、气缸电磁阀等)、信号采集传感器(光纤传感器、光电开关、接近开关、磁感应开关等等)等。

4 控制系统软件设计

4.1 模板传输线、纸盒传输线控制与设计

模板传输线、纸盒传输线伺服驱动器选用英威腾 DA200 交流伺服驱动器。在使用过程中，先通过英威腾上位机调试软件 ServoPlover 配置电机属性、控制方式、信号交互内容等参数。该产品支持 PROFINET 通讯，通过网线连接后，在西门子编程软件博图 V15 中对驱动器进行设备组态、配置子网地址、分配 32 Byte I/O 区间。网络组态如图 4 所示。

使用 V0-1 优化协议数据交换，周期性传输报文采用 32 Byte 固定帧长度的传输方式，数据格式如表 1 所示。

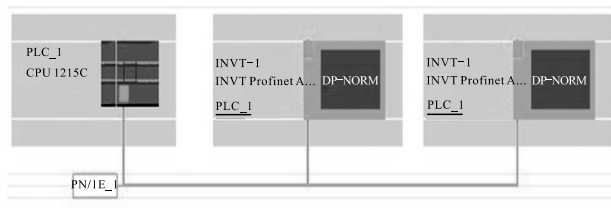


图 4 网络组态

表 1 V0-1 报文数据格式

0~7 Byte PKW	8~31 Byte PZD
-----------------	------------------

其中：参数通道 (parameter kanal id wert, PKW) 用于传输非周期性数据，用来对驱动器读写参数，过程数据通道 (pro zess daten, PZD) 用于传输周期性数据，PZD 参数在此设计中设置如表 2 所示。

表 2 PZD 参数设置

输入轴通道	设置参数	输出轴通道	设置参数
IW10	速度反馈	QW10	速度指令
ID12	累计脉冲反馈	QD12	位置控制字
ID16	扭矩反馈	QD16	位置指令
ID20	负载率反馈	QD20	点位触发
ID24	IP 节点号反馈	QD24	位置速度
ID28	故障码反馈	QD28	扭矩限制指令

模板传输线电机和纸盒传输线电机的控制方式都为速度-位置模式，在连续运行过程中每次相对位移一格，通过输出 QD12 位置控制字指令和 QD16 位置指令，驱动电机转动及转动距离。吸盒转盘在转动过程中需要根据转动角度来控制吸盘吸、放纸盒，通过计算驱动器反馈上来的累积脉冲 ID12 可得出实时转动角度。

4.2 激光打标装置控制

针对全弹表面激光打标的工艺要求，采用光纤激光打标机配合物流传输定位机构来实现全弹表面的激光打码。

激光打标机与 PLC 之间通过 I/O 点交互开始打标的信号。传输线到达指点位置后，定位气缸伸出，PLC 发送到位信号给激光打标机控制主板，激光打标机工作一次后反馈打标完成信号，等待传输线各工位动作完成后，传输线移动。

根据工艺要求，激光打标内容需要至少 6 个字符，为了实际生产过程中的便利性，在设计过程中将传递的打标内容扩展到 10 个字符。在博图 V15 中使用“MB_SERVER”指令作为 Modbus TCP 服务器，通过 PROFINET 连接进行通信，传递打标内容。“MB_SERVER”指令将处理 Modbus TCP 客户端的连接请求、接收处理 Modbus 请求并发送响

应。PLC 与激光打标机控制板卡间信号交互内容如表 3 所示。

表 3 激光打标机通讯内容

类型	输出内容	通信方式
PLC	传输线运行到位允许打标信号	IO 通信
	16 进制激光打标机打标内容	Modbus TCP
控制板卡	打标完成信号	IO 通信
	激光打标机故障信号	IO 通信

4.3 称重装置控制

称重装置采用国产系列数字称重模块。考虑到纸盒成品为 300 g 左右，加上称重平台重量，故选用量程为 3 kg 的称重模块。

数字称重模块嵌入在设备中，完成在线快速动态称重、在线检重、定量灌装等功能，自带 I/O 输入输出完成实时控制，通过 RS232 接口与西门子 CM1241 模块通信，将重量数据远传到 PLC 系统，便于生产管理和自动化控制。

包装好的纸盒到达称重工位后，将称重模块的实时数据与 PLC 内编辑的默认重量进行比较，合格的产品换线进入下一道工序，不合格的产品由气缸剔除。

4.4 控制系统程序设计

枪弹自动化包装设备为满足在调试和生产不同状态下的运行需求，共分为手动调试、专机运行、全线空运行、全线运行 4 种工作模式。专机运行模式控制专机按工作流程运动一次，用于生产前装配线各机构的独立调试^[6]。整个系统具有全线暂停、上下班清料切换、生产数据采集、故障报警等功能。系统程序使用西门子 SCL 语言编写，在具体实现上采用主程序模块和子功能模块结构，主程序完成各子功能模块调用的时序逻辑控制，各子功能模块则实现根据工艺要求划分的若干功能^[7-8]。

4.5 人机界面设计

人机界面采用普洛菲斯品牌的触摸屏，通过网线与西门子 PLC 通讯，在屏幕上添加按控制组件并与 PLC 地址关联。操作人员触摸屏点击按键，触摸屏将地址更改信号传递给 PLC，PLC 根据内部地址改变做出相应的控制工作。画面主要包括工况监视、手动调试、参数设置、报警浏览页面，在触摸屏上模拟出整条设备，设备工作时工况采集信息反馈到触摸屏上，操作者可以更加直观地观察到整个设备目前运行的情况，如图 5 所示。