

# 基于 PLC 技术的全自动白砂糖包装研究

莫东伟

(广西机械工业研究院有限责任公司, 广西 南宁 530000)

**摘要:**全自动包装机结合了传感器、机械设施、以及气动技术等多项技术,分别作为不同工序的执行机构,完成包装生产线的工作流程。基于此研究了结合 PLC 技术的全自动包装机设计,首先简单分析了白砂糖包装工艺流程,然后提出了 PLC 控制方案,最后详细分析了全自动白砂糖包装机的设计方案。以期能够充分发挥出 PLC 程序的技术优势,提高白砂糖包装的生产效率。

**关键词:**PLC 技术;白砂糖包装;包装机;全自动

**中图分类号:**TP273

**文献标识码:**A

**文章编号:**1004-7344(2023)17-0121-03

## 0 引言

包装工序是工业生产的重要环节,包装效率和质量管理关系到生产效率和产品质量。随着全自动技术的发展,全自动化包装机应运而生,充分利用传感器技术、机械技术等多项技术开发包装机,让包装作业质量和效率得到提高。PLC 技术通过电路设计实现复杂的控制功能,在包装机中引入 PLC 控制系统能够全面提高机械化控制的灵活操作系统和可靠性,具有明显的技术优势。

## 1 基于 PLC 技术的全自动白砂糖包装工艺流程

包装机工艺流程主要包括 6 个部分。①电机通过齿轮机和传送带转动作用将包装袋传递至第一工位,机械设备将包装袋运送至夹袋位置。②夹带装置调整包装袋,经过转盘设施运送至第二工位进行整平打码处理。③再运送至第三工位,第三工位上上下下吸盘打开包装袋,机械设备将袋撑开。④为了保证包装袋撑袋成功,使用吹气装置吹入气体,撑袋成功后将包装袋运送至第四工位,将称量好的白砂糖倒入包装袋内。⑤机械设施具有传感器,若机械设施尚无包装袋,不会倾倒白砂糖。⑥盛装白砂糖后将包装袋运送至第五工位,第五工位整平开口位置,热封对开口热封处理。确定包装机工艺流程后,明确了各个模块的主要任务以及控制系统设计要求。在包装机中各个执行机构互相独立又相互配合,各个执行机构统一接受控制系统的控制,保证彼此作业的独立性。同时受到控制系统统一协调,保证流水线作业的一体化执行,实现白砂糖包装的完整包装过程。

## 2 基于 PLC 技术的全自动白砂糖包装控制方案

PLC 控制方案主要采取并联控制,执行机构按照

设定控制程序有序开展包装任务,不需要所有工序完成后再进行下一项包装任务,全面提高了生产线的生产速度。系统初始化后,操作人员可通过触摸屏控制变频器频率,主轴电机按照设定好的工作频率运行,编码器通过实施测量包装机的位置,启动热封板进行加热。可编程控制器程序通过扫描采集程序位置,达到预定值时,PLC 程序按照设计动作执行;未达到设计值,系统继续采集信号<sup>[1]</sup>。编码器采集包装机位置后通过脉冲信号方式传达给控制系统,脉冲信号被保存在寄存器内,PLC 控制系统通过逻辑控制判断包装机位置,配合各工序执行包装作业。主轴通过机械传动系统将信号传递给执行机构,PLC 系统判断吸袋位置后吸取真空袋,机械设备通过机械部件传动装置取袋位置,PLC 系统获取位置信号后控制机械设备动作,夹住包装袋通过指令停止吸附。包装袋到达设定位置后,控制系统判断包装袋位置执行对应的包装任务。由于生产任务的不同,设置真空系统可满足包装袋内部的真空环境,满足包装内容物保鲜需求。并设置人机交互屏幕,操作人员可以根据屏幕操作指令控制生产系统和执行机构。

## 3 基于 PLC 技术的全自动白砂糖包装机设计

### 3.1 硬件设计

#### 3.1.1 PLC 选型

PLC 系统主要由控制总线、电源总线、数据总线等构成,通过扩展单元增加模块构成 PLC 控制系统。现场控制系统主要包括多个模块,PLC 是控制系统的中心,为了降低包装设备的使用成本,简化控制系统,选择西门子 S7-1500 型号 PLC 系统。S7-1500 是一种模块化控制系统,广泛应用于离散自动化领域中的各种自动化应用,该型号具有多个输出输入口,同时具有高速计

数器,具有PID控制器,PROFINET通讯接口。使用该系统可以满足生产线的控制要求,同时通过数字扩展模块增加数字输出口。在控制系统中触摸屏也是重要的交互窗口,编译程序可以以图形化方式呈现给操作人员,操作人员通过简单的按钮对生产线进行控制。组态软件可以对控制界面进行设计,将编译好的程序和运行数据及时呈现出来,让操作人员实时掌握设备运行状态。考虑到PLC控制系统通信方式,为了保证人机交互功能选择响应率和分辨率更高的触摸屏。

### 3.1.2 传感器

传感器主要利用电磁感应将非电量变化转变为自感系数。由于白砂糖包装主轴控制需要主轴转动一周,包装机对应转动 $360^\circ$ ,完成包装工序。设计控制系统用定义参考零点,便于连续控制各工序归零位置。在包装机撑袋这一工序中,应准确判断是否完全撑开包装袋,自动检测撑袋成功与否,电感式传感器能够准确判断主轴复位情况,并判断是否撑袋成功,满足包装机的设计要求。因此本文选择施耐德XS112B3PAL2型号的电感式传感器,具有负载短路保护功能,并检测主轴是否准确归位,判断撑袋成功与否。

传感系统最核心的部件是旋转编码器,通过将输出轴几何位移量转变为数字量,以脉冲形式表达出来。旋转编码器直接关系到控制系统的控制性能,本文选择欧姆龙增量型编码器,其主要特征在于以脉冲形式表达主轴旋转量,脉冲的输出可以由PLC系统计数器自动计算,可以任意选择标准位,形成闭环系统控制。同时要选称重传感器准确测量白砂糖重量,根据白砂糖包装称重范围以及料斗重量,应提前预留余量避免过载。本文选择CLZ-A电阻应变型称重传感器,该称重传感器结构合理、功能稳定,具有较高的准确性优势,通过金属应变片改变电阻值,测量电路转换为电信号,其灵敏度达到 $2.0\text{mV/V}$ 。

### 3.1.3 气动及真空系统

包装机执行机构主要借助于气缸和吸盘实现包装工作,执行机构主要有真空系统和气动系统构成,能够实现取包装袋、撑袋以及热封等工序。气动传动技术是通过压缩空气传递控制能量,真空系统是通过真空泵吸取空气抽空空气实现真空包装的工序。气压传动系统主要包括气缸、管道、马达、接头以及逻辑元件。气路用于提供稳定干燥的气源,真空系统可以在特定要求下实现真空包装,通过真空泵抽取包装内部空气以保证包装内容物的真空环境。为了保证高效的包装工作,气路需要具备抽气能源装置<sup>[2]</sup>。选择旋片式真空泵作为

能源装置,真空吸盘和真空回路可以保证稳定抽取包装内空气,真空管可提供真空度,实现稳定的高效作业。完成真空吸袋工序后,气压传动系统破坏真空度,释放包装袋。气动回路设计需要将执行机构当作独立系统,气路控制使用独立控制模块连接主回路,按照包装流程将子系统分为上吸袋、取袋、撑袋、下吸袋、整形、热封、排气、喷气共8个气缸回路。每个回路均有独立的控制模块,接受操作人员的单独操作控制,保证各个模块独立作业,避免“牵一发而动全身”,保证系统作业业的稳定性。

### 3.1.4 变频器伺服系统

包装机控制系统控制主机转速可以实现生产线的调速和柔性控制,提高了系统的稳定性,保证了包装生产作业的效率。调速控制主要依赖于变频器实现,机械结构的控制主要依赖伺服系统实现,本文选择西门子G120变频器和西门子V90伺服系统,均采用Profinet总线通讯控制,连接简单高效,配置灵活,抗干扰能力强,每个工位机构轴都是运行在EPOS模式下,一个S7-1500可以控制几十个轴,可针对机型不同增加或缩减伺服数量,而不需要增加任何模块,采用EPOS功能,编程、调试简单,缩短了工程周期。

### 3.1.5 接口

PLC控制系统输入输出单元主要采用I/O接口,作为设备和控制中心连接的主要接口。设计时首先分配系统地址,再进行接口设计。本文使用控制软件编程实现控制包装机,极大程度上减少I/O点数,不影响完整控制包装机。考虑到功能需求,编程过程中增加中间继电器和寄存器可以实现多个控制位,更能保证控制系统的精准控制。撑袋工序传感器接口使用I/O.1和I/O.2接口,可以判断包装机是否成功撑袋。一旦发现失败后续工序不再执行,直至包装袋输出完整。撑袋工序接近开关信号为零时表示完全撑袋,后续执行机构按照设定模式继续执行。反之无开关信号表示撑袋失败,停止进行下一步操作。

## 3.2 软件设计

### 3.2.1 控制程序设计

控制系统经过对执行设备的分析进行软件设计,设计后对软件程序进行调试和修改,直至满足包装工序的要求,在生产现场进行调试,最后投入一线生产作业。由于控制系统使用增量型旋转编码器,能够将位置量转变为脉冲量,通过脉冲数形式进入计数器内,经过PLC程序运算和软件编程输出对应的指令信息。由于PLC控制系统具有6个计数器,使用A/B相正交计数

器,具有3个输入端口和12个工作模式,旋转编码器旋转一周可以形成200个脉冲,但对于包装机而言,脉冲数仍然较少,因此使用4倍数模式接收脉冲信号,可以获得4个有效数,转换为800脉冲数。根据包装机生产线控制,获得PLC控制时序图<sup>9</sup>。然后进行计数器配置设置,先确定计数器号,明确工作模式以及软硬件信息,依赖于中断实线控制高速计数器。

高数计数器包含初始化程序和控制程序,初始化程序主要为子程序,主程序使用系统时钟存储器AlwaysTRUE调取子程序运行,控制程序实现控制功能,主要为中断程序。控制系统可以不断更新设定参数实现对计数器的多次更改,由于计数器在运行期间速度快,数值变化速度快,PLC程序通过逐条扫描进行运行,高速变化数值很难同时执行,容易出现错过指令的情况,造成控制失效或失误。因此使用大于或小于逻辑判断指令是否到达目标机构,实现中断控制,保证指令的准确性。处理中断程序需要立即执行指令,编程过程中应用大量软元件,另通过软元件输出程序。但运行过程中需要接受RI指令和SI指令,可以让程序快速响应保障控制精度,如果指令为普通输出指令,在一个扫描周期内只有输出映像存储器响应。控制机构的输出端无须更新参数,保持原本的运行状态。PLC控制系统完成扫描后,执行机构输出端更新参数,执行指令。使用立即执行指令可能会对输出端和存储器造成同时改变,以保证时效性以及精准控制。在运行过程中,禁止写入初始寄存器,由于生产线系统控制位点较多,预设参数需要不断更改,预设值才能执行新指令。

### 3.2.2 称量程序

称量程序使用模糊PID控制器,常使用专用设备实现模糊控制,但是这种方案成本较高,且需要具备编程设备,很难实现通用。因此本文是用编程软件STEP7进行设计,将PID算法作为子程序,经过MATLAB仿真分析将模糊控制保存在PLC系统内。首先在PLC程序内保存经过计算的量化因子,经过采样分析后计算偏差率和系统偏差,保存在寄存器内。其次通过查询模糊控制规则表可以获取参数数据,保存于PLC程序内。最后在PLC控制程序中输入控制参数,可以通过对参数的控制实现控制功能<sup>9</sup>。为了实现控制称量系统,使用外置EM235模拟量作为输入模块,在PLC程序中输入模拟量信号,该模块可以转变传感器信号为数字量。模糊查询表程序在第一个扫描周期内,AlwaysTRUE为高电平,设定模糊量化等级使用七级,根据PLC程序通过寻址方式得到理想输出参数,经过

计算系数地址放入累加器内,将输出值存入程序中,在后续控制任务中可以随时调取。将模糊控制后的参数作为模糊量,对模糊量去模糊化得到清晰量,清晰量可用于直接控制执行机构。

### 3.2.3 HMI 界面

操作界面设计是为了满足人机交互功能,如今组态软件取代了控制柜,操作人员可以在计算机平台上远程监控,完成监控和操作包装任务。人机界面设计采取可视化设计方法,能够让操作人员直观观察到生产线的包装情况,有任何异常可以及时处理。本文选择TIAPortalV16组态软件设定参数以及设置,建构设备窗口、主控窗口、数据库、运行逻辑等。用户可以创建多个图形调整界面,组态系统根据设置参数实现对应的功能,数据库中数据关系到生产任务中各个执行机构,生产记录被完全保存至数据库中。为了进行更高效的人机交互,需要设置生产线各个参数,包括主机转速、生产线运行、执行机构运行。触摸屏具有通信功能实现对设备的控制,为实现通信功能需要对PLC系统重新设置参数,完成控制系统和人机界面的数据传输<sup>9</sup>。

## 4 结语

综上所述,全自动白砂糖包装机应用PLC控制系统,可利用模糊PID控制策略实现自适应控制,保证各执行机构的独立运行和统一控制,提高了包装机控制系统的稳定性和操作便捷性。未来还需要进一步完善参数设定,在包装机中积极引入人工智能等高新技术和零部件,进一步提高控制系统的功能性,保证包装机运行效率和质量。

### 参考文献

- [1] 卓晓冬.包装生产线自动化控制的关键技术研究[J].电子测试,2022(15):108-111.
- [2] 邓治宇.自动包装机横切精度控制系统设计[J].制造业自动化,2022,44(4):115-118.
- [3] 杨振波.基于PLC的自动化包装生产线集成控制系统设计[J].自动化技术与应用,2022,41(4):23-27.
- [4] 张坤平.基于PLC的全自动在线式缠绕包装机控制系统设计[J].包装工程,2021,42(17):270-275.
- [5] 汪文忠.白砂糖自动包装机器人码垛智能生产线的应用[J].广西糖业,2019(1):42-44.

**作者简介:**莫东伟(1995—),男,汉族,广西桂平人,大专,助理工程师,研究方向为电气工程及设备自动化应用。