

基于 TIA Portal 的多功能茶叶包装机控制系统设计

Design of control system for multi-functional tea packaging machine based on TIA portal

丰会萍¹ 胡亚南¹ 闫琛钰² 李明辉^{2,3}

FENG Hui-ping¹ HU Ya-nan¹ YAN Chen-yu² LI Ming-hui^{2,3}

(1. 西京学院, 陕西 西安 710021; 2. 陕西科技大学, 陕西 西安 710021;

3. 陕西西微测控工程有限公司, 陕西 咸阳 712000)

(1. Xijing University, Xi'an, Shaanxi 710021, China; 2. Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 710021, China; 3. Shaanxi Xiwei Automation Control Engineering Limited, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

摘要:针对多功能茶叶包装机存在包装封口不严、外观褶皱、材料烧穿等包装质量问题,采用西门子 S7-1200 CPU 和 TIA Portal 开发茶叶包装机的控制系统,设计基于模糊 PID 的包装机热封温度控制方案。介绍了多功能茶叶包装机工作原理、控制系统硬件选型和通讯网络配置,并在 TIA Portal V13 环境下进行包装机控制系统硬件组态和利用 OPC 技术实现模糊 PID 控制算法,完成控制系的人机交互界面设计。该系统温度控制波动为 $\pm 1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,精度在 1.5% 以内,包装袋封口强度达标、外观平整。应用表明,该多功能茶叶包装机系统运行稳定、成品率高。

关键词: TIA Portal; 茶叶包装机; S7-1200; 温度控制; 模糊 PID; OPC

Abstract: The multi-functional tea packing machine has the problems of poor packing, appearance folding and material burning and so on. The control system of tea packaging machine based on SIEMENS S7-1200 CPU and TIA Portal is developed. A seal temperature control system of multi-function packaging machine based on Fuzzy-PID control algorithm is designed. Firstly, the working principle, hardware selection and communication network configuration of multi-functional tea packing machine are introduced. Secondly, complete the hardware configuration of the packaging machine control system in the TIA Portal V13 environment and Fuzzy-PID control algorithm is implemented based on OPC technology. Finally, the man-machine interface design of the control system is completed. Field operation shows that the temperature control deviation is $\pm 1.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the accuracy is less than 1.5%. The application shows that the multifunc-

tional tea packing machine system runs stably and has high rate of finished products.

Keywords: TIA portal; tea packing machine; S7-1200; temperature control; fuzzy-PID; OPC

随着社会发展和国民经济指数的提升,品茶人数逐渐增高,茶叶需求量不断攀升,并且小克重、精品化、多样化包装成为茶叶生产行业的主流趋势。因此,提高茶叶包装质量和包装效率尤为重要。多功能茶叶包装机是在一台包装设备上能够完成多个以上的茶叶包装工序的设备,其能够同时实现茶叶包装过程中制袋、称量、充填、封口和切断的工序^[1-2]。包装封口是茶叶包装过程核心工段之一,封口质量将影响茶叶的包装质量、储存时间、销售状况。由于热封装置温度的升/降速率大和热量传递惯性大的特性,加之外界干扰因素和执行器电压波动影响,使温度控制系统具有非线性和时滞性,利用传统 PID 控制经常出现包装材料烧穿和过度收缩、物料泄露、封口不严、封口不牢固的现象,降低了茶叶包装效率和包装成品的合格率^[3]。TIA Portal 是西门子推出的全集成的工业自动化软件,可以完成高效灵活的项目组态、网络搭建、程序编写、在线诊断、远程操作及故障报警,其与传统的 WinCC + Step7 方法相比无需花费大量时间完成软件集成,明显节约时间,提高工作效率,是未来工业自动化的发展方向^[4]。为解决上述问题,本研究构建由 S7-1200PLC、PC Station、TCP7062Ti 触摸屏的 TIA Portal 的多功能茶叶包装机控制系统,设计模糊 PID 包装机热封装置温度控制程序,以期提高茶叶包装机的自动化程度和包装质量。

1 多功能茶叶包装机结构设计及工作原理

多功能茶叶包装机结构见图 1,主要包括横封装置、包材送料装置、纵封装置、翻领成型器、包装薄膜、称重装置及定位装置等^[5]。本研究对多功能茶叶包装机进行以下几方面

基金项目:西京学院科研基金项目(编号:XJ160231)

作者简介:丰会萍,女,西京学院讲师,硕士。

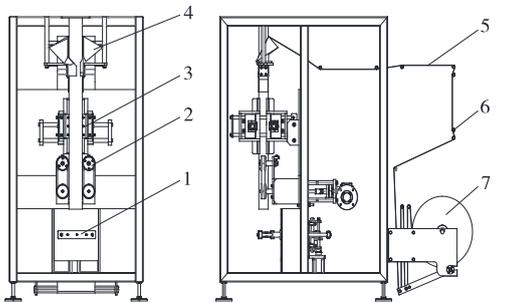
通信作者:胡亚南(1986—),男,西京学院讲师,硕士。

E-mail:2664961273@qq.com

收稿日期:2017-04-06

优化改进:①将横封装置与切断机构组合在一起,既可以减小整机尺寸也能缩短工作周期;②横封装置使用独立电机驱动,纵封装置运用气缸驱动,便于协调和控制各执行机构间的速度保持一致或匹配,避免因速度不匹配而造成封口褶皱的问题,还能简化传动链、减小设计的复杂性和制造成本;③导料器下方增设导料管至横封装置上方约30 mm处,降低粉尘扬起污染封口部位的程度。

包装材料被包材供送装置经自动纠偏装置调整后送入成型器,包装材料被翻领成型器成型卷成筒状后,包装机纵封装置以设定的温度对包装材料进行烫边封口,在此之前横封装置已经完成上一个包装袋的顶封和下一个包装袋的底封,与此同时,称重机构已完成产品称重并将物料填充至包装材料内^[6-7]。包装材料在牵引装置的作用下继续向下运动到达横封装置位置,横封装置完成包装袋顶封和切断工作,然后进行产品包装的质量检测,剔除次品,输送出合格产品。其中,产品的填充及包装袋横封、切断位置的确定由色标进行定位。



1. 横封装置 2. 包材送料装置 3. 纵封装置 4. 翻领成型器
5. 包装薄膜 6. 导辊 7. 卷筒包装材料

图1 多功能茶叶包装机结构简图

Figure 1 Structure diagram of multi-functional tea packing machine

2 多功能茶叶包装机控制系统硬件系统设计

多功能茶叶包装机的控制系统设计主要包括两方面:硬件选型和软件设计。整个控制系统中,设备的检测装置、执行机构数量较多,彼此之间还存在一定的相互影响,对控制系统性能要求较高^[8]。

2.1 系统控制点统计

根据多功能茶叶包装机工艺流程分析和项目控制要求,控制点分为:DI(数字量输入信号)、DO(数字量输出信号)、AI(模拟量输入信号)、AO(模拟量输出信号),具体控制信号内容见表1。

2.2 控制系统硬件选型

(1)根据上述多功能茶叶包装机I/O统计,选择西门子S7-1200系列的CPU1214C为控制器,其具有很快的处理速度,单条基本指令处理时间约为0.1 μs,同时自带Profinet网络接口^[9]。控制模块选择:数字量输入模块SM1221(6ES7221-1BF32-0XB0)、数字量输出模块SM1222(6ES7222-1BH32-0XB0)、模拟量输入模块SM1231(6ES721231-4HF32-

表1 多功能茶叶包装机I/O统计表

Table 1 I/O statistical table of multi-functional tea packing machine

包装机系统	名称	DI	DO	AI	AO	总数
启停系统	手自动信号	1	0	0	0	1
	启动信号	1	0	0	0	1
	停止信号	1	0	0	0	1
包材供送	供膜信号	1	0	0	0	1
	色标定位	1	0	0	0	1
	供膜电机	1	1	0	0	2
	纵封气缸电磁阀	0	1	0	0	1
纵封系统	纵封加热管1	0	0	0	1	1
	纵封加热管2	0	0	0	1	1
	纵封加热管3	0	0	0	1	1
	纵封加热管4	0	0	0	1	1
	纵封温度检测1	0	0	1	0	1
	纵封温度检测2	0	0	1	0	1
	纵封温度检测3	0	0	1	0	1
	纵封温度检测4	0	0 <td 1	0	1	
	横封到位	1	0	0	0	1
	横封电机	1	1	0	0	2
	横封加热管	0	0	0	1	1
	横封温度检测	0	0	1	0	1
供料	供料电机	1	1	0	0	2
	料满信号	1	0	0	0	1
刮板	刮板气缸电磁阀	0	1	0	0	1
	开关阀1	0	1	0	0	1
补料系统	补料电机	1	1	0	0	2
	开关阀2	0	1	0	0	1
	重量检测	0	0	1	0	1
合计		11	8	6	5	30

0XB0)、模拟量输出模块SM1232(6ES7232-4HD32-0XB0),多功能茶叶包装机控制系统硬件组态见图2。

(2)触摸屏选用昆仑通泰TPC7062Ti,屏幕尺寸为190.5 mm,分辨率800×480。通过触摸屏可以实现人机交互,在触摸屏上能够进行参数值调整、控制对象监控、手/自动切换命令。

(3)传感器选择。重力传感器选用日本MTO品牌,型号:LRS-50,检测范围0~100 g,该重量传感器检测灵敏,适合茶叶的小包称量;温度传感器选用ESMU型铂热电阻,检测范围0~200℃,检测精度0.1℃。

(4)执行器选择。加热管选用Cr20Ni80型号镍铬加热丝,电磁阀型号TM51-1HP,电机采用伺服电机。

本控制系统基于TIA Portal V13平台,在完成工程项目创建后,选择“设备和网络”→“组态设备”→“添加新设备”,然后根据设备订货号在选项列表中所需模块,如:PS模块、CPU模块、SM模块等^[10-11]。

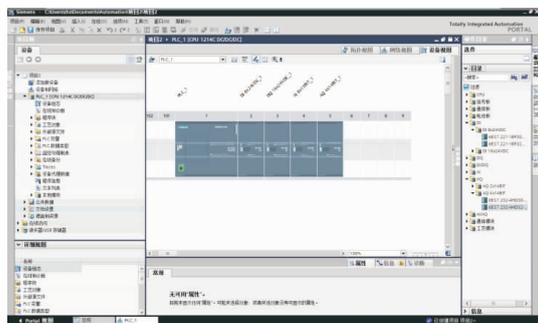


图 2 多功能茶叶包装机控制系统硬件组态图

Figure 2 Hardware configuration diagram of control system of multi-functional tea packing machine

2.3 网络组态

单击 TIA Portal V13 界面的“网络视图”进入网络连接界面,在“连接”菜单→“S7 连接”→“PLC-1200 的 Ethernet 端口”,拖拉“PC Station”至 OPC Server 完成 PLC-1200 与 PC Station 的网络连接。与 TIA Portal V13 的网络组态相比 WinCC+Step7 的优势在于以可视化的图像完成 PLC、PC、HIM、驱动器的连接^[12-13]。这样可以简化控制系统的设计并提高设计效率。多功能茶叶包装机控制系统网络组态图见图 3。

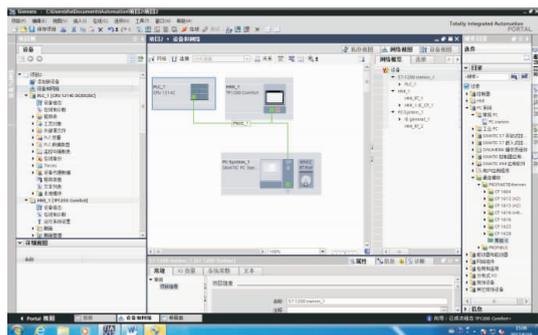


图 3 多功能茶叶包装机控制系统网络组态图

Figure 3 Network configuration drawing of control system of multi-functional tea packing machine

3 多功能茶叶包装机控制系统软件系统设计

3.1 多功能包装机主程序流程

该多功能包装机根据茶叶包装工序,实现茶叶包装过程中制袋、称量、充填、封口和切断的工序与运行状态监控、异常状态中断及报警功能。程序按照模块化思路设计,主要分为主程序、子程序及中断程序。程序运行时,首先执行初始化程序段,然后进入主程序段判断包装机运行的手/自动状态位,若是自动运行状态,则主程序调用包材纵封送料子程序,纵封加热子程序、送料子程序,PLC 实时扫描采集包材位置信号和纵封温度信号,当满足包装袋纵封条件后,控制器启动纵封电磁阀完成纵封工作。当完成纵封工作后主程序调用横封加热子程序、包材横封供送子程序,PLC 实时扫描采集包材位置信号、横封温度信号、称重传感器信号,当 3 个信号都满足横封要求时,横封电机启动,进行横封工作和切断工作,茶叶包装过程完成。多功能茶叶包装机控制流程图见图 4。

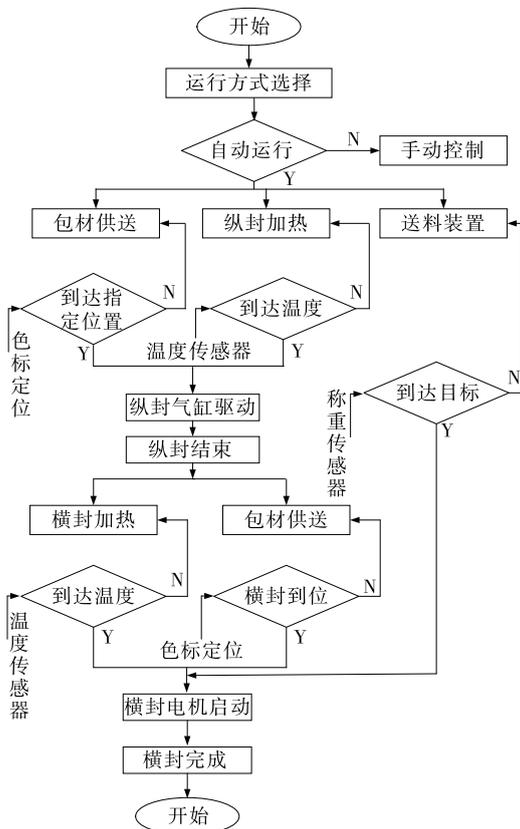


图 4 多功能茶叶包装机控制流程图

Figure 4 Control flow chart of multi-functional tea packing machine

3.2 模糊 PID 热封温度控制算法的实现

包装封口是利用加热封头将包装材料加热融化成熔融状态,在热封装置的外在压力作用下黏结为一体,冷却后具有一定黏合强度,主要因素包括热封温度、热封压力及热封时间。模糊控制算法要对输入信号进行模糊化处理、模糊推理和输出信号的反模糊化处理^[14-15]。如果直接在 TIA Portal V13 的 Step7 中进行编程,进行在线整定 PID 的 3 个参数,程序所占内存较大且很难实现,影响控制系统的运行速度^[16]。采用 OPC 技术,以 WinCC OPC 为 Server, Matlab OPC 为 Client,通过 OPC 进行数据交换,实现控制算法的应用(见图 5)。以多功能茶叶包装机模糊 PID 横封温度控制算法的实现为例,步骤如下:

(1) 将 TIA Portal V13 的 WinCC 设为 OPC Server,通过 SIMATIC OPC Scout 建立 Items,同时设置相关参数。

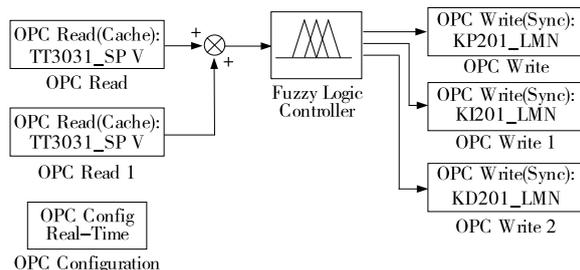


图 5 控制算法实现

Figure 5 Control algorithm realization

(2) 在 Simulink 中调用 OPC Toolbox, 分别添加 1 个 OPC Configuration、2 个 OPC Read、3 个 OPC Write 模块。2 个 OPC Read 连接 WinCC 中变量 TT3031_SP(横封温度设定值)和 TT3031_PV(横封温度采样值)用 3 个 OPC Write 连接 WinCC 中变量 KP201_LMN(比例参数)、KI201_LMN(微分参数)、KD201_LMN(积分参数), 设置模式 Synchronous, 采样时间 0.5 s。

(3) 建立 Fuzzy/Logic Controller, 并进行调用。

3.3 HIM 界面设计

多功能茶叶包装机 HIM 界面的设计采用 TIA Portal 中的 WinCC, 其工具箱中包含的基本对象、控件、图形、元素, 可以灵活拖动到 HIM 界面, 在 TIA Portal 中还可以开发报警界面、参数设置界面、参数历史曲线^[17]。如图 6 所示, 在 TIA Portal V13 软件开发的包装机生产监测画面可以设定称重质量、包装速度、横封温度和纵封温度, 实现多功能包装机自动化生产。



图 6 多功能包装机生产监测界面

Figure 6 Production monitoring interface of multifunctional packaging machine

本研究所述的基于 TIA Portal 多功能包装机控制系统是与陕西西微测控工程有限公司合作开发, 已经成功地应用到河南信阳某茶叶加工企业的包装机控制系统。结合 OPC 技术完成 WinCC 与 MATLAB 的通讯, 实现多功能包装机模糊 PID 热封装置温度控制算法的应用。

该企业以信阳毛尖茶叶为主打产品, 现以小包装进行现场测试, 连续生产 24 h 进行横封效果测试。要求: 袋长 70 mm、袋宽 55 mm、克重 10 g、包装速度 100 袋/min。如图 7 所示将横封温度设定为 135 °C, 从温度趋势曲线中可以

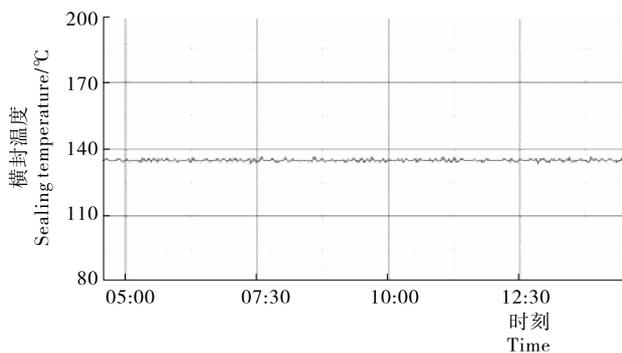


图 7 包装机横封温度历史曲线

Figure 7 Sealing temperature history curve of packaging machine

看出, 温度波动幅度较小, 能够控制在 ± 1.8 °C, 温度控制精度在 1.5% 以内, 避免了因温度过高而造成包装薄膜烧穿, 或因温度过低而无法满足封口要求, 实际应用效果良好。

4 结论

基于 TIA Portal V13 平台和 S7-1200 CPU 控制器实现多功能茶叶包装机动态实时监控和控制, 利用 TIA Portal 可快速、直观地开发和调试优势, 解决包装封口不严、外观褶皱、材料烧穿等包装质量问题, 结合 OPC 技术完成 WinCC 与 MATLAB 的通讯, 实现模糊 PID 的包装机热封温度控制算法的应用, 实时调节 PID 的 3 个参数, 提高温度系统的精确度和稳定性, 应用表明, 该多功能茶叶包装机系统运行稳定、成品率高。具有一定的应用价值。

参考文献

- [1] 韩占华, 郭飞. 自动化在包装机机械中的应用和展望[J]. 食品与机械, 2011, 29(3): 49-52.
- [2] 马晓宇. 自动包装机热封温度自适应控制系统设计[J]. 包装工程, 2016, 37(21): 173-178.
- [3] 李光乐. FFS 包装机伺服电子定量称重系统[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 118-120.
- [4] 王大鹏, 王涛, 苏孝国. 基于 TIA Portal 环境的 S7-1200 的 OPC 通讯[J]. HIM 与工控软件, 2014(9): 97-101.
- [5] 刘海生, 张俊, 李菡, 等. 全自动立式颗粒包装机传动系统及横封机构的改进及仿真[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 94-96.
- [6] 史建华. 基于 PLC 的自动颗粒包装机热封控制系统[J]. 饲料工业, 2012, 33(9): 9-10.
- [7] 康瑞芳, 刘鑫. 基于 DSP 全自动食品包装机控制系统设计[J]. 控制工程, 2017, 24(2): 336-340.
- [8] 孟凡资. 西门子 PLC 和组态软件在温度控制系统中的应用[J]. 工业控制计算机, 2014(4): 158-160.
- [9] 王超, 孙万麟. 基于博途软件的 PLC 电梯监控系统设计[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(4): 74-77.
- [10] 邵忠良. 基于 PLC 的 FFS 包装机移动平台设计及控制系统实现[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 157-160.
- [11] 李艳, 张晓娟. 基于 TIA Portal 环境下的小型汽轮机控制系统的设计[J]. 纸和造纸, 2015(8): 9-11.
- [12] 李宏宇, 张庆广, 王云龙. S7-1200 基于 Modbus 通讯协议的数据采集及远程传送应用[J]. 黑龙江冶金, 2014, 34(4): 31-32.
- [13] 张克非, 蒋涛, 邵龙. 基于新型模糊 PID 控制单元的 LD 精密温度控制[J]. 光学精密工程, 2017, 25(3): 648-655.
- [14] 夏爽, 李丽宏. 基于 PSO-RBF 神经网络在温室温度预测中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2017, 38(3): 744-748.
- [15] LI Xin-guo, ZHENG Zeng-lang. The application of PLC in the automatic packing machine control system[J]. Advanced Materials Research, 2012(3): 48-50.
- [16] 薛雷, 孙以泽, 李培兴. 基于模糊 PID 的裤袜包装机热封切刀温度控制的研究[J]. 包装工程, 2013, 34(3): 16-21.
- [17] 潘玉成, 林高飞, 陈小丽. 基于模糊专家控制的茶叶炒制温度控制系统[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 79-84.