

基于 HMI 和 PLC 的食品包装箱码垛机 控制系统设计

Design of stacking machine control system of food packaging box based on HMI and PLC

钱振华 王荣扬 左希庆

QIAN Zhen-hua WANG Rong-yang ZUO Xi-qing

(湖州职业技术学院机电与汽车工程学院, 浙江 湖州 313000)

(Huzhou Vocational & Technical College, Huzhou, Zhejiang 313000, China)

摘要:介绍一种专门用于食品包装箱的码垛机控制系统。该系统采用 PLC 对升降电机和行走电机分别进行伺服和变频控制,实现了抓箱机械手升降运动的精确位置控制和平移运动的速度控制,有效地提高了码垛的可靠性和效率。HMI 的使用使得操作码垛机更为直观和便捷,同时也有利于码垛机工作状态的监控及系统的维护。

关键词: HMI; PLC; 码垛; 控制

Abstract: The automatic control stacking machine gradually replace manual palletizing along with the rise of logistics equipment manufacturing industry and the development of automation technology. A special control system for food packaging box stacking machine is introduced. The PLC is used to carry on the servo and the frequency conversion control to the elevator motor and the traveling motor respectively. And the precise position control and the speed control of the movement of the manipulator are realized. The reliability and efficiency of stacking is improved. It is more intuitive and convenient to the operator by the use of HMI, and is useful to the monitoring and maintenance work of the stacking machine system.

Keywords: HMI; PLC; stacking; control

随着物流设备制造业的兴起和自动化技术的发展,自动化控制的码垛机逐渐开始替代人工码垛。码垛机可以对各种已包装的食品箱进行全自动码垛作业,并把食品包装箱按一定的排列模式自动堆码成所需垛形以便摆放和运输。根据不同的应用场合,码垛机主要可以分为桥式^[1]、机器人

式^[2]和高位全自动码垛机^[3]等。

当前在食品包装箱码垛机控制技术中较为常见的有基于 DSP 运动控制器的 SCARA 机器人式^[4]、采用工业控制计算机和 DSP 的关节机器人式^[5],以及基于运动控制器的坐标式码垛机^[6]等。DSP 运动控制器一般作为下位机,与作为上位机的工业控制计算机可组成功能强大的运动控制系统,但其工作稳定性、可靠性较差,不适合作为码垛机的控制核心。而可编程控制器(PLC)是一种专为工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置,具有可靠性高、抗干扰能力强、功能强大、易于系统开发等优点,且与人机界面(HMI)易于组成可视化的操作界面,非常适合作为码垛机的控制核心。根据某食品公司的码垛要求,开发一种专门用于食品包装箱的桥式码垛机。采用 HMI 与 PLC 控制技术,运用伺服驱动和变频调速技术,设计码垛机的控制系统。该码垛机具有友好的人机界面,操作直观、简便,工作可靠、易于维护。

1 码垛机结构和工作原理

码垛机主要由托盘输送机构 1、码垛机械手 3、升降电机 4、行走电机 5、空托盘进给机构 7 等组成,见图 1。码垛机的工作原理:

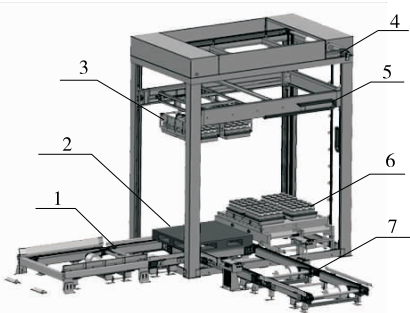
- ① 食品包装箱 6 经包装机输送至码垛机械手 3 下方,待机械手 3 抓取后升降电机 4 正转,驱动机械手上升;
- ② 上升到位后行走电机 5 正转,驱动机械手横向移动到托盘 2 上方;
- ③ 横向移动到位后,升降电机 4 反转驱动机械手下降,下降到位后释放包装箱;
- ④ 升降电机 4 正转驱动机械手上升,上升到位后行走电机 5 反转,驱动机械手回到抓取工作位置上方,等待下次抓取;
- ⑤ 一个托盘的码垛为 9 层,每层 4 只包装箱。

基金项目:湖州市公益性技术应用研究(编号:2015GZ02)

作者简介:钱振华(1980—),男,湖州职业技术学院讲师,硕士。

E-mail: 8638648@qq.com

收稿日期:2016-01-28



1. 托盘输送机构 2. 托盘 3. 码垛机械手 4. 升降电机 5. 行走电机 6. 食品包装箱 7. 空托盘进给机构

图 1 码垛机结构图

Figure 1 Stacking machine structure

2 码垛机控制系统硬件设计

根据食品包装箱码垛机整体结构和工作原理,并考虑码垛机作业环境和操作人员素质,其控制系统应满足如下要求^[7]:

- ① 升降电机和行走电机需进行精确位置控制,实现稳定、高效运动;
- ② 系统具有一定的可扩展性,以便与输送线进行协调控制;
- ③ 具备友好的人机界面,易于操作和维护;
- ④ 具有高可靠性、安全性和稳定性;
- ⑤ 保持作业环境整洁、卫生、无污染。

依据上述要求,设计的码垛机控制系统总体方案见图 2。

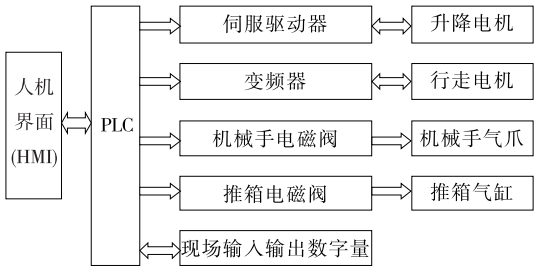


图 2 码垛机控制系统总体方案

Figure 2 Control system of stacking machine

系统选用西门子 CPU226 可编程控制器(带晶体管输出型)作为控制核心,并采用 EM223 模块作为外部输入输出信号的扩展。该型 PLC 处理速度快、价格适中,且具有一定的扩展能力,主要用于控制伺服驱动器、变频器、电磁阀及其它外部 I/O 数字量的处理等任务。人机界面(HMI)选用了步科(Kinco) MT4414TE 触摸屏,其作为上位机接受来自操作人员的操作指令,并向作为下位机的 PLC 发出指令控制码垛机的运行。在触摸屏上还能够显示故障报警信息和码垛层数等信息,便于操作人员观察运行状态和维护设备。PLC 与触摸屏之间采用 PPI-RS485 通信。

升降电机采用台达 ECMA 系列伺服电机,功率为 3 kW,配备 ASDA-B2 伺服电机驱动器。伺服驱动器与 PLC、升降

电机及其编码器的接线图见图 3。图 3 中 Q0.0 和 Q0.1 为来自 PLC 的控制信号。其中 Q0.0 为脉冲信号,控制伺服电机的位移量;Q0.1 为方向信号,控制伺服电机的转动方向。

行走电机为三相交流异步电动机,功率为 0.4 kW,采用西门子 MM440 变频器控制。变频器和行走电机的控制电路见图 4。图 4 中 KA01 为中间继电器,通过 PLC 输出信号控制 KA01 相应触点开合,从而控制电机启停和不同的转速。KM01 为快速制动继电器,通过 PLC 输出信号控制 KA01E 触点的吸合来控制 KM01 线圈的通断电,从而控制行走电机的快速制动。变频器主要参数设置:P700 为 2,P1000 为 3,P1001 为 50,P1002 为 25,P1003 为 10,P1004 为 -50,P1005 为 -20,P1006 为 -8。参数 P1001~P1006 为频率设定,决定了行走的速度快慢,可根据实际工况进行调整。

考虑到该码垛机用于食品行业,因此抓箱机械手采用气动控制,具有动作迅速、清洁无污染的特点。分别用 1 个气动电磁阀来控制机械手气爪的开合和推箱气缸的伸缩,气缸上均安装有磁性开关,用于检测气缸活塞的运动位置。

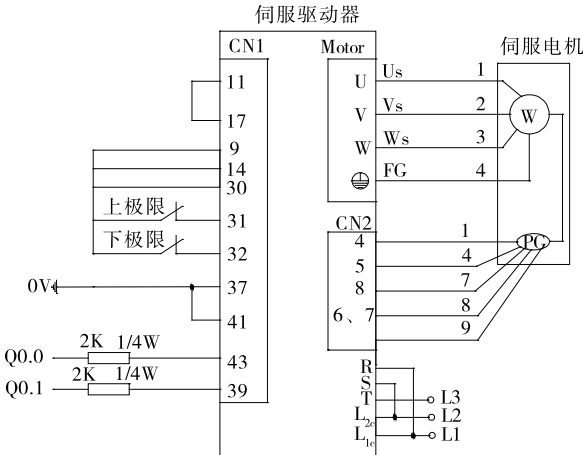


图 3 伺服驱动器和伺服电机控制电路

Figure 3 Control circuit of servo driver and servo motor

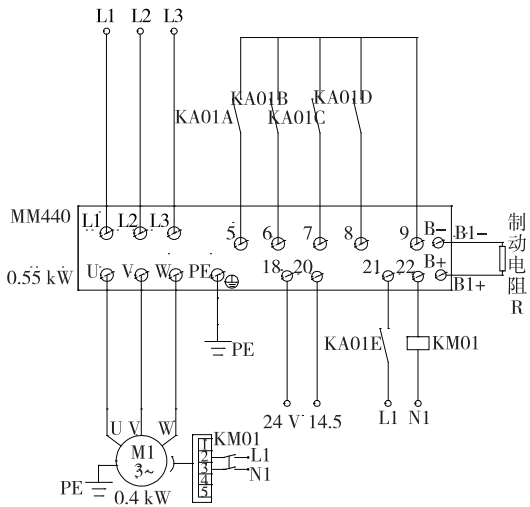


图 4 变频器和行走电机的控制电路

Figure 4 Control circuit of frequency converter and walking motor

3 码垛机控制系统软件设计

3.1 PLC 控制程序

码垛机控制系统的 PLC 程序采用模块化设计方案^[8], 设计了以下子程序:初始化子程序、手动模式子程序、自动模式子程序、报警和安全处理子程序、托盘输送子程序、抓箱控制子程序、推箱控制子程序、升降控制子程序、行走控制子程序等。程序流程图见图 5。

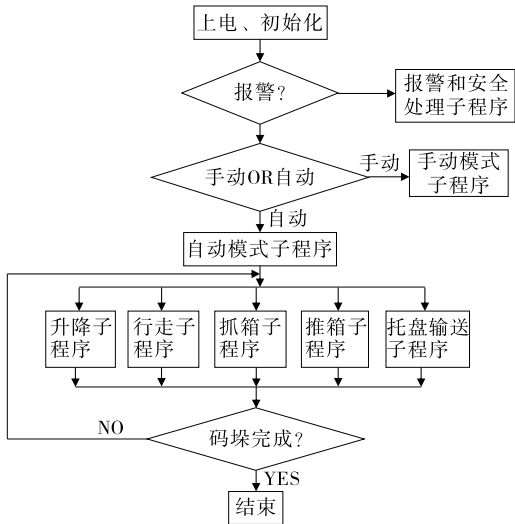


图 5 码垛机控制程序流程图

Figure 5 Control diagram of stacking machine

各个子程序的功能:

- (1) 初始化子程序:负责码垛机控制系统启动和控制参数初始化,并对工作模式、电机保护和急停故障等进行复位操作。
- (2) 手动模式子程序:负责手动调整抓箱机械手的上、下、左、右的位置,手动控制抓手的打开和关闭,手动推箱和手动托盘输送等。
- (3) 自动模式子程序:按照包装箱码垛的工作流程,控制码垛机自动运行。
- (4) 报警和安全处理子程序:负责电机故障、抓手故障、急停故障、超程故障等的判断和处理。
- (5) 托盘输送子程序:控制托盘输送机构将空托盘送入码垛机和将满托盘输送出码垛机。
- (6) 抓箱控制子程序:控制抓箱机械手对包装箱的抓取和释放。
- (7) 推箱控制子程序:控制推箱气缸的伸出和缩回。
- (8) 升降控制子程序:负责升降电机的位置控制,包括机械手抓取位置和每层堆垛的放置位置等,通过对伺服驱动器的脉冲和方向控制来实现。
- (9) 行走控制子程序:负责行走电机的控制,包括正反转、加速、减速、制动等,通过对变频器的外部输入端子的控制来实现。

程序编写过程中,对升降电机的位置控制是关键,决定了抓箱机械手能否到达适合的抓箱高度抓取包装箱。在 Step7-microwin 软件中,提供了位置控制向导来配置 PLC 内

置的 PTO/PWM 操作,方便位置控制子程序的生成^[9]。根据上述硬件设计,本设计采用 Q0.0 作为脉冲发生器,用于线性脉冲串输出(PTO)。通过位置控制向导可以配置电机运行的最高速度、最低速度、启停速度以及加减速时间,并能按照不同的控制要求选择相对位置和单速连续运转这 2 种运动包络。由此可见,只要知道码垛机械手每层的工作高度所对应的伺服电机编码器的脉冲数,就能够定义相应的相对位置运动包络^[10]。设编码器为 2 500 线(四倍频后每周脉冲数为 10 000 p/r),每层堆垛对应的编码器脉冲数 P' 为:

$$P' = \frac{4 \times 2\,500 \times H}{P \times Z}, \tag{1}$$

式中:

H ——食品包装箱的高度,mm;

P ——传动链轮的节距,mm;

Z ——传动链轮的齿数。

3.2 人机界面

人机界面采用步科提供的 Kinco HMIware 组态软件进行设计,组态软件的运行基于 PC 机。新建工程后,首先需选择设备:在元件库窗口的 HMI 选项中选择 MT4414TE,并拖入拓扑结构窗口;在元件库窗口的 PLC 选项中选择 SIMENSE S7-200(SMART),并拖入拓扑结构窗口;在元件库窗口的通讯连接选项中选择串口,并拖入拓扑结构窗口;用串口线将 MT4414TE 和 PLC 的 COM0 口连接起来。然后还需配置通讯参数:将 MT4414TE 的 COM0 口通讯类型设置为 RS-485-2,将波特率设为 9 600;将 PLC 站号设为 2。在人机界面的组态过程中,使用了组态软件元件库中 PLC 选项中的报警显示元件、位状态指示灯元件、位状态切换开关元件分别作为故障报警、码垛层数显示和控制按钮,设计的人机界面见图 6。组态完成还需将工程进行编译,然后再通过 PC 机下载至触摸屏中即可运行。

4 结论

基于 PLC 控制食品包装箱码垛机控制系统通过对升降电机的伺服控制和行走电机的变频控制,实现了抓箱机械手升降运动的精确位置控制和平移运动的速度控制,从而保证了食品包装箱的顺利码垛,有效地提高了码垛的可靠性。

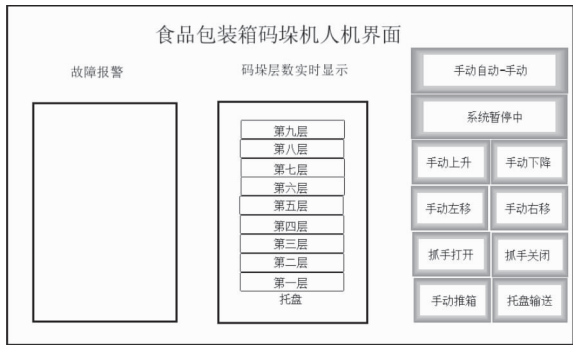


图 6 码垛机控制系统人机界面

Figure 6 The man-machine interface control system of stacking machine

(下转第 171 页)

通过超高速离心分离去除少量残留脂肪得到骨素原液。对骨素原液进行浓缩,浓缩压力为-0.075~-0.090 MPa,温度保持在45~60℃,浓缩时料液不宜进入过多,出现大量气泡时需降低真空度以防止跑料,浓缩至固形物含量为30%时停止浓缩得到鸡骨素产品。

3.1.2 鸡骨素常规成分测定

- (1) 蛋白质测定:按 GB/T 5009.5—2010 执行,凯氏定氮换算系数为 6.25。
- (2) 脂肪、灰分、水分测定:分别按 GB/T 5009.6—2003、GB/T 5009.4—2010、GB/T 5009.3—2010 执行。

3.2 试验结果

鸡骨素常规成分见表 1,经油水分离后鸡骨素中脂肪含量仅为 0.48%,表明此工艺可以实现油脂的有效分离。

表 1 鸡骨素常规成分

Table 1 The constituent of chicken bone extracts				%
水分	蛋白质	脂肪	灰分	
65.89	25.59	0.48	8.21	

4 结论

本研究主要通过控制骨提取过程中油脂乳化和分离的关键点,采用物理方法实现骨提取液中油脂的高效分离,具有操作步骤简单,较好保持产品的风味和品质的特点。而且,能够与现有的生产过程无缝偶联,对所使用的设备进行简单改造即可实现,所以投资小、效果显著。从控制油脂含量方面保证了骨素产品的质量,为后续高端产品开发提供了技术支撑,能够给企业带来显著的经济效益。

参考文献

[1] 张春晖. 骨源食品加工技术[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 11-12.

[2] KIJOWSKI J, NIEWIAROWICZ A. A method of protein extraction from chicken bone residue and the chemical and electro-

phoretic characteristics of the extract[J]. International Journal of Food Science & Technology, 1985, 20(1): 43-49.

[3] WANG Jin-zhi, DONG Xian-bing, YUE Jian-ying, et al. Preparation of substrate for flavorant from chicken bone residue with hot - pressure process[J]. Journal of Food Science, 2016, 81(3): C578-C586.

[4] 郭耀华, 窦春蕾, 岳兰昕, 等. 新型牛骨汤工艺技术研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(1): 81-84.

[5] SUNHong-mei, WANG Jin-zhi, ZHANG Chun-hui, et al. Changes of flavor compounds of hydrolyzed chicken bone extracts during Maillard reaction[J]. Journal of Food Science, 2014, 79(12): C2 415-C2 426.

[6] 白腾辉, 潘润淑, 马亚萍, 等. 鸡骨渣高压蒸煮提取鸡骨素的工艺优化[J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 199-203.

[7] 刘立新. 猪骨蛋白水提工艺的优化[J]. 食品与机械, 2013, 29(5): 220-222.

[8] 刘德谦. 浅析脂肪和水的乳化原理[J]. 肉类工业, 1988(6): 25.

[9] 符显峰. 高凝油超声波油水乳化地面冷输技术研究[D]. 大庆: 大庆石油学院, 2009.

[10] 毛立科, 许洪高, 高彦祥. 高压均质技术与食品乳状液[J]. 食品与机械, 2007, 23(5): 146-148.

[11] 郑二丽, 曲家妮, 杨晓泉, 等. 氯化钠浓度对亲脂性蛋白和 7S 蛋白分级分离效果的影响[J]. 中国油脂, 2011, 36(1): 27-30.

[12] 李银, 贾伟, 张春晖, 等. 可食性动物骨素热压抽提装置的研制[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 153-156.

[13] 何斌辉, 王兆伍, 涂桥安. 高速管式离心机转子动力学稳定性的研究[J]. 轻工机械, 2010, 28(5): 12-14.

[14] 胡筱敏, 李海波, 余仁焕, 等. 离心力作用下的油—水分离[J]. 金属矿山, 2001(2): 31-35.

[15] 安广杰, 罗双群, 王娜娜, 等. 脱脂玉米胚芽饮料的研制[J]. 食品与机械, 2009, 25(4): 134-137.

[16] 吴青. 管式高速离心机速度场研究[J]. 流体工程, 1992, 20(4): 29-33.

[17] 韦林, 何国祥. 离心分离法提取油梨油的工艺研究[J]. 食品与机械, 1998(6): 21-23.

(上接第 107 页)

人机界面的使用使得操作码垛机更为直观和便捷,同时也有利于码垛机工作状态的监控及系统的维护。在实际使用中,该码垛机可在 3 min 内完成一个托盘的包装箱码垛。该系统的开发对于提高包装箱码垛的效率、加快企业的物流周转以及减轻工人的体力劳动等方面有着重要作用,因而具有广阔的市场前景。

参考文献

[1] 王莉, 李艳贞, 牛群峰, 等. 一种基于无线通讯的桥式码垛机监控系统设计[J]. 制造业自动化, 2014(10): 93-96.

[2] 李晓刚, 刘晋浩. 码垛机器人的研究与应用现状、问题及对策[J]. 包装工程, 2011(3): 96-102.

[3] 左青, 王贵生. 全自动码垛机的应用[J]. 中国油脂, 2010, 35(2): 64-66.

[4] 杨灏泉, 李涛, 张勇, 等. 基于 DSP 运动控制器的拆垛、码垛 SCARA 机器人研制[J]. 昆明理工大学学报: 理工版, 2004, 29(6): 54-58.

[5] 李成伟, 朱秀丽, 负超. 码垛机器人机构设计与控制系统研究[J]. 机电工程, 2008, 25(12): 81-84.

[6] 吴晓强, 黄云战, 赵永杰. 基于运动控制器的食品成品箱码垛机设计[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 104-106.

[7] 张丰华, 韩宝玲, 罗庆生, 等. 基于 PLC 的新型工业码垛机器人控制系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2009, 17(11): 2 191-2 196.

[8] 董爱梅. 基于 PLC 的聚乙烯包装码垛机控制系统设计[J]. 包装工程, 2005, 26(1): 39-40.

[9] 郝万新. 基于步进电机驱动自动生产线输送系统的 PLC 控制[J]. 自动化与仪器仪表, 2012(6): 172-173.

[10] 朱学建, 马永, 冯渝, 等. 直角坐标机器人瓶坯装箱生产线控制系统[J]. 食品与机械, 2012, 28(6): 187-189.