

双向变频振压制曲机控制系统设计

Design of starter-making process control system using bidirectional variable frequency vibration pressing

李 宏 王文乐 花 勇

LI Hong WANG Wen-le HUA Yong

(江苏食品药品职业技术学院机电工程系, 江苏 淮安 223005)

(Mechanical and Electronic Engineering Department, Jiangsu Food & Pharmaceutical Science College, Huai'an, Jiangsu 223005, China)

摘要:针对现有机机械制曲坯表面提浆性能效果不佳的现状,开发一种回转式双向变频振压制曲机,设计基于 PLC 的双向变频振压制曲机电气控制系统,完成 PLC 现场控制软硬件设计和上位机监控程序设计。试验证明所制成型曲坯密度均匀、孔隙度好,软硬适中、易于脱模,外形平正、四角饱满,获得了较理想的表面提浆效果。

关键词:振压制曲;控制系统;PLC;设计

Abstract: Based on the condition of lower mud extracting ability of starter making, developed a starter making method of rotary bidirectional variable frequency vibration pressing which is designed on Programmable Logic Controller(PLC), and the hardware and software design of PLC field controlling as well as host control system was achieved. The results showed that starter produced by this method had the advantage of density uniformity, good porosity, modest hardness, easy demoulding, smooth surface, exterior condition and full degree surface, and it also has an ideal effect on mud extracting.

Keywords: vibration pressing starter-making; control system; PLC; design

机械制曲在中国酿酒企业已得到广泛的应用,与人工踩曲相比,机械压制的曲坯大小均匀、生产率高^[1,2]。按机械制曲的成型次数分,有单次模压成型、多次模压成型^[3]。但无论是哪种装置成型的曲坯,其“皮紧内松”、“提浆差”的现象均没有得到根本的解决^[4,5]。本研究拟开发一种回转式双向变频振压制曲机^[6],设计基于 PLC 的双向变频振压制曲机电气控制系统,完成了 PLC 现场控制软硬件设计和上位机监控程序设计。

基金项目:2013 年淮安市科技支撑计划(工业)项目(编号: HAGZ2013016);淮安市“533 英才工程”学术技术骨干人才培养项目(编号:淮人才办[2013]1 号)

作者简介:李宏(1963—),男,江苏食品药品职业技术学院副教授、高级工程师,硕士。E-mail:jsfslh@163.com

收稿日期:2015-07-25

1 回转式双向变频振压制曲机的工作原理

制曲机的作用是将松散的曲料压制成曲块。回转式双向变频振压制曲机由曲料上料机构、低频双向振压机构、高频拍打提浆机构、曲坯定型机构、曲坯出料机构以及控制柜等部分组成。上料机构、曲坯定型机构的压曲模板为平板,低频双向振压机构、高频拍打提浆机构的上下两块压曲模板,为带有半球形状的凹凸板(剖面为波浪形),上模板的凸处与下模板的凹处,彼此错开。低频振压机构的模板半球大而疏,拍打提浆机构的模板半球小而密;上下模板与曲料接触面为半球形状的凹凸曲面,保证振动压曲过程中模板与曲料充分挤揉,实现柔性、重复挤压,解决传统机械压曲中曲坯“皮紧内松”、“提浆差”的问题。

1.1 双向变频振压制曲机动作过程分析

为满足目前企业车间的实际布局情况,减少机械制曲设备升级换代对场地的依赖,双向变频振压制曲机采用回转五工位,依次为:振动上料工位—低频双向振压工位—高频拍打提浆工位—停振保压定型工位—曲坯下料工位,见图 1。

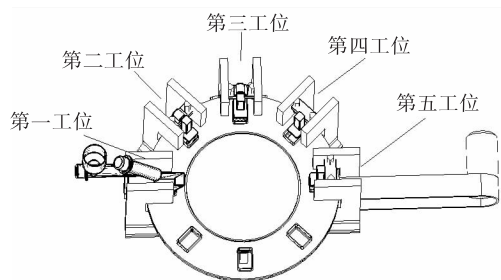


图 1 双向变频振压制曲机工作原理示意图

Figure 1 The working principle diagram of starter-making process using bidirectional variable frequency vibration pressing

1.1.1 振动上料动作过程 变频振压制曲机动作时,回转工作台带动曲模成型箱定位。曲模成型箱上方料箱中按比例搭配搅拌好的曲料,经定量料斗向上料工位的模箱进行定量装填。为保证曲模成型箱中曲料均匀充实,定量装填后曲模成型箱平底板保持一定频率振动(频率为 10 Hz,振幅为 2 mm),延时 30 s 后停止回到起点。当转位时间到,回转工作台带着装好曲料的曲模成型箱,进入低频双向振压工位。

1.1.2 低频双向振压动作过程 低频双向振压模板与低频振动电机相联,振动电机安装在活动横梁上,由液压油缸活塞杆的伸缩实现上下移动,带动低频上下模板对曲料进行预压。当曲模成型箱内设定的传感器,检测曲坯表面压力达到设定的低频振动启动压力值时,由传感器控制启动低频振动电机动作,带动低频上下模板边压缩边振动。低频振动上模板以振动频率 20 Hz、振幅 3 mm 进行振动,低频振动下模板以振动频率 15 Hz、振幅 2 mm 进行振动,上模板与下模板振动频率不同使曲料的运动产生一个速度差,对曲料颗粒进行反复挤揉。当曲模成型箱上设定传感器,检测曲坯中间侧面压力达到设定的低频振动停止压力值时,由传感器控制停止低频振动电机动作,完成低频双向振压工作,活动横梁退回到起点。当转位时间到,回转工作台带着完成低频双向振压的曲模成型箱,进入高频拍打提浆工位。

1.1.3 高频拍打提浆动作过程 高频拍打提浆模板与高频振动电机相联,振动电机安装在活动横梁上,由液压油缸活塞杆的伸缩实现上下移动,带动高频拍打提浆上下模板对曲料进行预压。当曲模成型箱内设定传感器,检测曲坯中间侧面压力达到低频振压过程的结束压力值时,曲模成型箱中的传

感器让拍打横梁停止运动,同时启动电机实现对曲坯表面拍打提浆。上模板的振动频率为 55 Hz、振幅为 1.2 mm,下模板的振动频率为 50 Hz、振幅为 0.9 mm,上模板与下模板振动频率不同使曲料的运动产生一个速度差,通过高频振动对曲料颗粒进行反复挤揉、对曲坯表面拍打提浆延时 20 s 后,完成高频拍打提浆工作,活动横梁退回到起点。当转位时间到,回转工作台带着完成高频拍打提浆的曲模成型箱,进入停振保压定型工位。

1.1.4 保压定型动作过程 保压定型先通过液压机构上下移动横梁,带动安装在横梁上的定型上下平模板对曲料进行预压。当曲模成型箱内设定传感器,检测曲坯中间侧面压力达到设定的高频振压过程结束时的压力值时,保持此压力值不变进行保压定型,延时 10 s 后保压定型横梁退回到起点。直至转位时间到。当转位时间到,回转工作台带着完成保压定型的曲模成型箱,进入曲坯下料工位。

1.1.5 曲坯下料动作过程 曲坯下料时液压机构移动下横梁,带动下料平模板将曲坯顶出曲模成型箱,由横向出料推杆顶到传送带上,传送带将压制好的曲坯送入库房培菌,至此完成一个压制曲坯的流程。

1.2 双向变频振压制曲机工作流程图

传感器安装在曲模成型箱内部中间,在振压过程中实时测量压力值,并将测得的压力值传递给 PLC。转位时取上料工位、低频双向振压工位、高频拍打提浆工位、停振保压定型工位、下料工位中所需时间最长的那一个工位的时间,作为回转工作台自动启动转入下一工位的转位时间,工作流程见图 2。

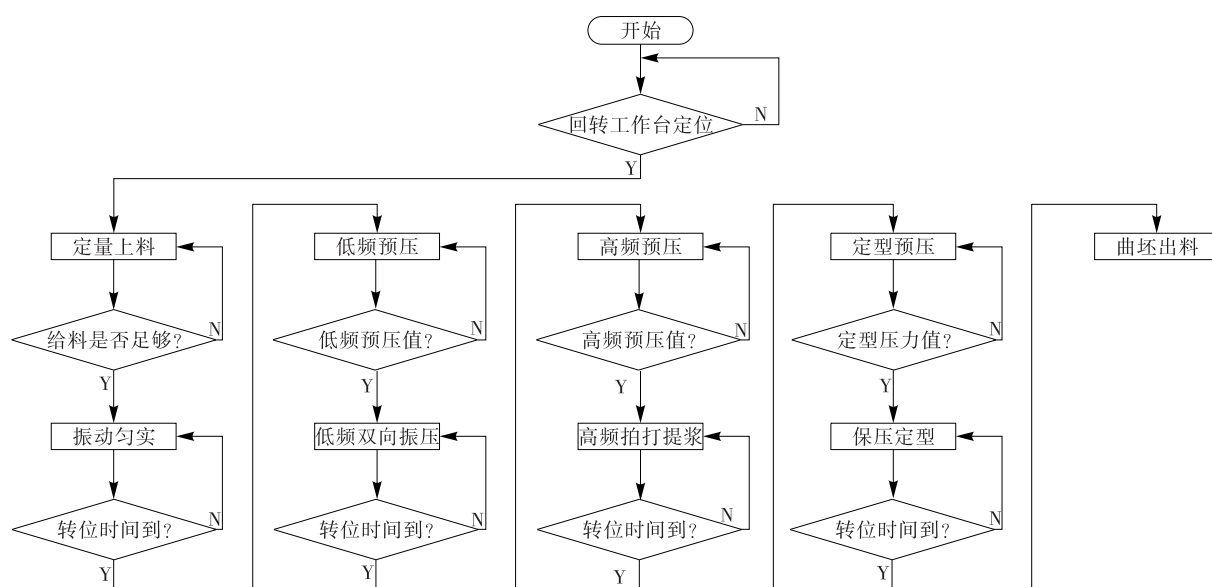


图2 回转式双向变频振压制曲机工作流程图

Figure 2 The workflow flowchart of starter-making process using rotary bidirectional variable frequency vibration pressing

2 回转式双向变频振压制曲机控制系统的设计与实现

2.1 回转式双向变频振压制曲机控制系统的硬件设计

PLC 控制系统由输入信号元件(按钮、传感器、接近开关、限位开关)、输出执行器件(电磁阀、接触器、继电器、信号

灯)、显示器件和 PLC 构成。根据回转式双向变频振压制曲机的工作要求及运动规律,其控制系统的硬件设计主要包括确定 PLC 的 I/O 点个数,选择 PLC 机型,I/O 点地址分配和 PLC 系统的外部接线图等。

2.1.1 确定 PLC 的 I/O 点个数 双向变频振压制曲控制系统的 PLC 有以下输入信号,包括:启动、停止按钮各

1 个;用于不同操作方式的手动/自动连续旋动开关 1 个;定量料斗供料开关 2 个;上下模压板的上下限位行程开关 4 个;旋转工作台限位开关 1 个;曲模成型箱内的传感器 3 个等。外部输入元器件包括:9 个检测元件、22 个按钮。

PLC 的输出信号包括:1 个用来显示工作状态开始的指示灯;1 个手动运行指示灯;1 个自动连续运行指示灯与 1 个报警指示灯等。外部输出元件包括:10 个电磁阀;4 个接触器,4 个指示灯。

2.1.2 确定 PLC 的型号 考虑到回转式双向变频振压制曲机控制系统的经济性、复杂性、可靠性及实际需求等综合因素,由于双向变频振压制曲控制要求所需的端子数较多,还需留一定的 I/O 节点作为系统的预留。现采用 SIEMENS 公司 S7-400 系列 PLC 的基本结构,其中 CPU 选型 416-2DP

CPU,对 I/O 信号的接受与发送通过扩展 2 块 32 点的 DI 模板和 2 块 32 点的 DO 模板实现,DI 模板选型为 6ES7 421-1BL01-0AA0,DO 模板选型为 6ES7 422-1BL00-0AA0。该 PLC 选型设计具有速度快、精度高、稳定性好等特点,可满足双向变频振压制曲控制系统要求。

2.1.3 PLC 的输入输出端的分配表 根据生产工艺将输入信号和输出信号按各自的功能类型进行分类编排,其中按钮输入信号分配在第一块 DI 模板,检测元件信号分配在第二块 DI 模板;执行元件信号分配在第一块 DO 模板,指示灯输出信号分配在第二块 DO 模板。启动按钮用绿色钮,急停按钮用红色钮,缺料信号采用电容式接近开关,各个执行机构的到位指示采用电感式接近开关,动作执行信号利用电磁阀上的电磁铁。列出各种控制元件和执行元件的输入输出的 I/O 分配表,见表 1、2。

表 1 I 地址分配表

Table 1 I address distribution list

作用	名称	地址	作用	名称	地址
手动运行	SA1-1	I0.0	高频拍打上限位	SB15	I2.0
自动运行	SA2-1	I0.1	高频拍打下限位	SB16	I2.1
定量料斗供料开启	SB1	I0.2	曲坯定型上限位	SB17	I2.2
定量料斗供料结束	SB2	I0.3	曲坯定型下限位	SB18	I2.3
低频振压开(低频活动横梁上下移动)	SB3	I0.4	脱模限位	SB19	I2.4
低频振压关(低频活动横梁静止不动)	SB4	I0.5	称重传感器	SB20	I2.5
高频提浆开(高频活动横梁上下移动)	SB5	I0.6	压力传感器	SB21	I2.6
高频提浆关(高频活动横梁静止不动)	SB6	I0.7	回转工作台限位	SBE1	I4.0
曲坯定型预压开(定型上下活动横梁移动)	SB7	I1.0	上模压板上限位	SBE2	I4.1
曲坯定型预压关(定型上下活动横梁静止)	SB8	I1.1	上模压板下限位	SBE3	I4.2
曲坯出模(下活动横梁上移)	SB9	I1.2	下模压板上限位	SBE4	I4.3
推曲杆将曲坯送至传动带上	SB10	I1.3	下模压板下限位	SBE5	I4.4
回转工作台旋转	SB11	I1.4	曲坯出模停止限位	SBE6	I4.5
供料限位开关输入信号	SB12	I1.5	低频振压传感器	SBE7	I4.6
低频振压上限位	SB13	I1.6	高频振压传感器	SBE8	I4.7
低频振压下限位	SB14	I1.7	定型保压传感器	SBE9	I5.0

表 2 O 地址分配表

Table 2 O address distribution list

作用	名称	地址	作用	名称	地址
供料开始电磁阀	YA1	Q0.0	低频振动电机接触器	KM2	Q1.3
供料结束电磁阀	YA2	Q0.1	高频振动电机接触器	KM3	Q1.4
低频振压电磁阀(振动电机开)	YA3	Q0.2	低频横梁上下移动液压缸电磁阀	YA11	Q1.5
低频振压电磁阀(振动电机关)	YA4	Q0.3	高频横梁上下移动液压缸电磁阀	YA12	Q1.6
高频提浆电磁阀(振动电机开)	YA5	Q0.4	定型保压(延时 10 秒)	YA13	Q1.7
高频提浆电磁阀(振动电机关)	YA6	Q0.5	回转工作台旋转电机接触器	KM4	Q2.0
曲坯定型电磁阀开	YA7	Q0.6	开始指示灯	OPB1	Q4.0
曲坯定型电磁阀关	YA8	Q0.7	报警指示灯(包含缺料指示灯)	OPB2	Q4.1
脱模杆向上电磁阀	YA9	Q1.0	手动运行指示灯	OPB3	Q4.2
推曲杆水平运动电磁阀	YA10	Q1.1	自动运行指示灯	OPB4	Q4.3
旋转电机接触器	KM1	Q1.2			

2.1.4 PLC输入输出 I/O 分配接线图 根据前文所要求的控制要求,设计成硬件接线图(图 3),更加形象的展示出 PLC 控制的方式。

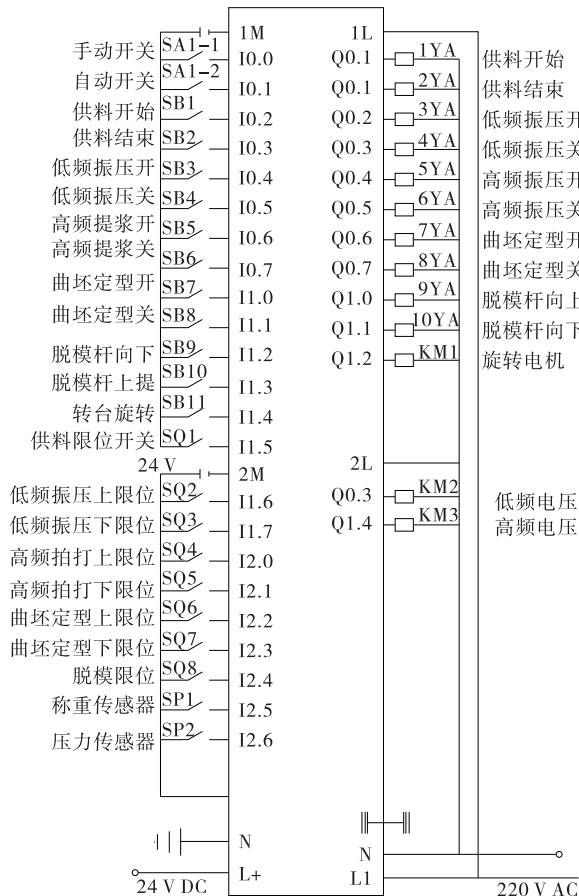


图 3 硬件接线图

Figure 3 Hardware wiring diagram

2.2 回转式双向变频振压制曲机控制系统的软件设计

2.2.1 PLC 的功能图 本研究设计的回转式双向变频振压制曲机是按照上料准备、按下启动按钮、定量上料开始、振动匀实、低频振压开始动作、压力传感器检测到位动作、低频振压结束、高频提浆开始、压力传感器检测到位动作、高频提浆结束、曲坯定型开始、压力传感器检测到位动作、曲坯定型结束、脱模等。上述一系列的动作结束后,各元器件的限位开关到位,旋转工作台统一旋转进入下一个循环。

本研究设计的系统的软件功能,主要通过两种编程语言实现,其中逻辑控制部分通过 LAD(梯形图)编程实现,双向变频振压制曲机的控制功能部分通过 GRAPH(顺序功能图)编程实现。顺序功能图是将运动系统分成若干个顺序相连的阶段,各阶段按照一定的顺序进行自动控制,简便精确地执行了双向变频振压制曲机的控制功能。软件设计实物图见图 4。

2.2.2 上位机监控程序设计 本控制系统利用西门子 WINCC 组态软件虚拟仪器开发人机界面,用户可以利用该人机界面对整个回转式双向变频振压制曲机的工作过程进行直观的监控,并采集过程数据通过 PROFIBUS-DP 总线和 RS-485 总线实现工控机与智能仪表的连接,把采集到的数

据送往 PLC;WINCC 使用 CP5611 通讯卡通过 PROFIBUS 与西门子 S7-400 PLC 连接。通过 WINCC 界面,可以使整个制曲机的操作简单易行、直观清晰。监控主界面见图 5。

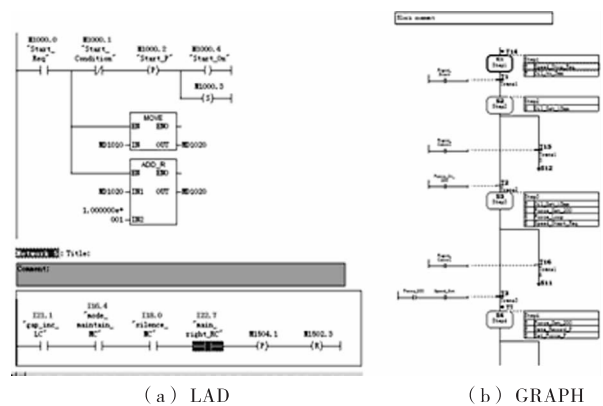


图 4 控制系统的软件设计实物图

Figure 4 The software design physical map of the control system

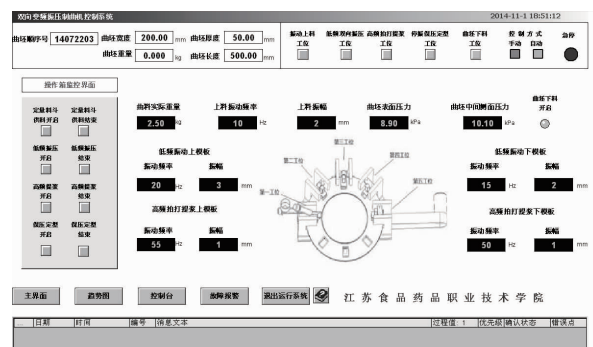


图 5 监控主界面

Figure 5 Main picture of WINCC

2.3 系统调试和运行

回转式双向变频振压制曲机有手动控制和自动控制两种工作模式。手动控制用于系统维护及软件调试,正常生产时为自动控制,并具有报警和故障处理功能。通过人机界面可输入工艺加工参数、显示关键工艺参数、历史数据曲线和实时数据曲线等。

合上手动或自动开关 I0.0 和 I0.1 总电路得电,合上供料开关 I0.2 供料开始,供料开始电磁阀 Q0.0 动作,称重传感器 I2.5 检测到位动作合上开关 I0.3 供料停止,供料结束电磁阀 Q0.1 动作,供料回到限位;合上开关 I0.4 低频振压开,低频振压开始电磁阀 Q0.2 动作,压力传感器 I2.6 检测到位合上开关 I0.5 低频振压关,低频振压结束电磁阀 Q0.3 动作,低频振压上限位和下限位分别回到限位;合上开关 I0.6 高频拍打提浆开,高频拍打开始电磁阀 Q0.4 动作,压力传感器 I2.6 检测到位合上开关 I0.7 高频拍打提浆关,高频拍打结束电磁阀 Q0.5 动作,高频拍打上下限位分别回到限位;合上开关 I1.0 曲坯定型开,曲坯定型开始电磁阀 Q0.6 动作,压力传感器 I2.6 检测到位合上开关 I1.1 曲坯定型关,

(下转第 145 页)

3.1 主控模块

主控模块即主控制器模块,本系统采用 AT89C52 单片机,最小系统原理图见图 8,包括程序下载接口、复位电路以及时钟电路等^[7]。转置主控模块主要负责控制旋转电磁式机械臂的动作,当餐具到达餐具输送机端部时机械臂处于就绪状态,当机械臂接收餐具后开始动作(倾倒残留物,旋转至处理机释放后再复位)。

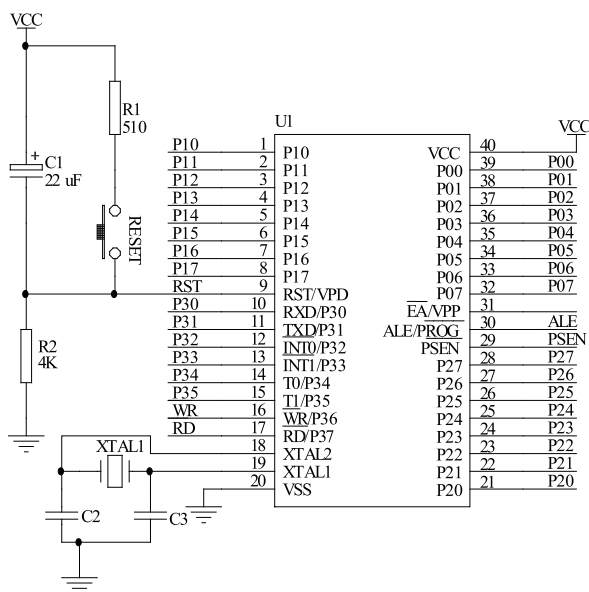


图 8 AT89C52 单片机最小系统原理图

Figure 8 Minimum system schematic of AT89C52 SCM

3.2 电机驱动模块

电机驱动模块采用双 H 桥驱动模块,使用 L298N 芯片,可控制两路直流电机正反转,分别用于驱动转臂的立轴和横轴的正反向转动,从而完成倾倒、传送及复位动作。

3.3 状态信息反馈模块

该模块采用红外线反射探测传感器,传感器的发射管发射出一定频率的红外线,当检测方向遇到障碍物时,红外线反射回来被接收管接收,经过比较器电路处理之后,绿色指示

灯会亮起,同时信号输出接口输出数字信号,有效距离范围 2~30 cm,实际检测距离可通过电位器旋钮调节,工作电压为 3.3~5.0 V。该传感器的探测距离可以通过电位器调节,具有干扰小、便于装配、使用方便等特点。

该模块共采用 6 个红外线反射探测传感器。其中有 1 个传感器安装于餐具输送机上,检测餐具输送机端部是否有碗通过,并将信息反馈给主控制器,从而控制电磁铁是否通电;2 个传感器分别安装于横轴和立轴附近,检测轴的转动角度,并将信息反馈给主控制器,以实现轴转动确定角度并能准确复位;3 个传感器安装于处理机工作孔下方,检测是否有碗落下,并将信息反馈给主控制器,从而控制螺杆的转动。

4 结论

设计并制造了一种食堂餐具回收装置,并对其机械系统和控制系统做了详细说明。该装置处理性能分析及测试结果表明,装置具有良好的运行性和可靠性,可对外径为 150, 170, 190 mm 的不锈钢食堂用汤碗进行自动回收、清理和分类,且装置外形紧凑,移动布置方便,适合大、中、小各类型食堂使用,对食堂餐具自动回收的发展具有一定的意义。

参考文献

- 张锋学. 中国食品安全监管体系改革的法律思考[J]. 食品与机械, 2013, 29(2): 255~257.
- 宗志, 穆成攀. 论餐饮桌的调研与改进[J]. 现代科技, 2009, 8(7): 97~120.
- 何庆, 李秀莲, 吴子鹤. 餐具输送机设计[J]. 江苏技术师范学院学报, 2013, 19(4): 46~49.
- Li Yan-biao, Jin Zhen-lin, Ji Shi-ming. Design of a novel 3-DOF hybrid mechanical arm[J]. Sci. China, Ser. E, 2009, 52(12): 3 592~3 600.
- 刘鸿文. 材料力学[M]. 第 5 版. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- 濮良贵, 纪名刚. 机械设计[M]. 第 8 版. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- Liu Ya-li, Jing Lan. Application of single-chip computer[J]. IMP & HIRFL Annual Report, 2004, 33(3): 50~51.

(上接第 120 页)

曲坯定型结束电磁阀 Q0.7 动作,曲坯定型上下限位回到限位;合上开关 I1.2 脱模杆向上推出,脱模杆向上电磁阀 Q1.0 动作,合上开关 I1.3 脱模杆向下收回,脱模杆向下收回电磁阀 Q1.1 动作,脱模杆回到限位。

3 结论

本研究开发的回转式双向变频振压制曲机,通过凹凸不平的上下模板的变频振动,从上下两个方向传递交变压力,对曲坯进行柔性化重复挤揉,创新曲坯成型方式。设计了回转式双向变频振压制曲机电气控制系统,应用 PLC 控制实现自动化生产,提高了压曲的效率和可靠性。结果表明:由于曲料与模盒间的振动,致使曲料不易粘在模盒上,无需再对模盒进行清洗,简化了加工工艺。所制成型曲坯密度均匀、孔隙度好,软硬适中、易于脱模,外形平正、四角饱满,获得了

较理想的表面提浆效果。

参考文献

- 付捷, 王瑛. 我国酒厂制曲压块机的现状与发展方向[J]. 包装与食品机械, 2005, 23(5): 29~30.
- 陈贵林. 探索茅台酒制曲自动化实现途径[J]. 酿酒科技, 2011(4): 65~66.
- 张静. 多点采压压曲机设计及其关键结构件仿真研究[D]. 山西: 太原理工大学, 2009.
- 任飞, 张晓宇. 浓香型大曲糖化动力学研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(1): 42~44.
- 李宏. 双向变频振压制曲试验分析[J]. 食品与机械, 2014, 30(4): 224~226, 270.
- 李宏, 赵刚, 花勇, 等. 回转式变频振压制曲机: 中国, CN103865716B[P]. 2015-04-22.