

新型三明治产售一体机的设计与实现

Design and implementation of a new sandwich making and selling machine

周雨松¹ 华亮^{1,2}

ZHOU Yu-song¹ HUA Liang^{1,2}

(1. 南通大学电气工程学院, 江苏 南通 226019; 2. 江苏省新能源装备及其智能测控重点实验室, 江苏 南通 226019)
(1. School of Electrical Engineering, Nantong University, Nantong, Jiangsu 226019, China; 2. Jiangsu Key Laboratory of New Energy Equipment and Intelligent Measurement and Control, Nantong, Jiangsu 226019, China)

摘要:针对目前市场自动三明治制作与售卖装备为空白的现状,研究和开发了一种新型三明治产售一体机,给出了全新一体机机械本体设计和蔬菜投放装置、面包片推送装置等单元结构设计。对样机进行调试和运行,样机具有个性化选餐、扫码支付、现钞支付、加热制冷与消毒、多工位加料协同、网络化监测与管理等功能。

关键词:三明治;产售一体机;人机交互;监测与管理

Abstract: In view of the blank current situation of automatic sandwich making and selling equipment in the market, a new sandwich making and selling machine is developed. The design and manufacture of the whole new mechanical machinery body, vegetable throwing device, and loaf pushing device, etc. have been completed. The prototype has been tested and run. The functions of personalized meal selection, scavenging payment, cash payment, heating and cooling and disinfection, multi station feeding synergy, network monitoring and management are realized.

Keywords: sandwich; making and selling machine; human-machine interaction; monitoring and management

随着经济、技术的发展和人们生活方式的改变,以自动售货机为代表的自助服务设备在全球迅速普及。在商品销售种类方面,从最初的饮料和零食等可长期存储的商品,到现在的水果自动榨汁售卖机、现烤的披萨机等等,自动售卖机不断地往人性化、可定制化的方向发展,使得自动售货机的机械复杂度和控制难度越来越大。

在自动售货机控制系统方面,如文献[1~2]中采用

基金项目:国家自然科学基金(编号:61305031);江苏省产学研前瞻性项目(编号:BY2016053-11);江苏省六大人才高峰(编号:XNY-039)

作者简介:周雨松,男,南通大学在读硕士研究生。

通信作者:华亮(1979—),男,南通大学教授,博士生导师,博士。

E-mail: hualiang@ntu.edu.cn

收稿日期:2018-05-06

ARM 等微控制器作为主控制芯片搭建嵌入式实时操作系统,用以控制售货机收取货币、找零、驱动出货电机,并且采用良好的图形界面指导消费者购物;文献[3~5]中以 PLC 为控制器对自动售货机的控制系统进行设计,包括数据采集模块、纸币识别模块、通信模块等,同时设计了基于三菱触摸屏的人机界面方便用户使用。

在通讯设计与监控系统方面,文献[6]中针对自动售货机的单机运营模式的缺陷,提出联网实时监控的实施方案,通过 CDMA 网络监测售货机的联网状态,制定消息传输应答措施和界面查询系统,跟踪销售和运行状况,并与数据库进行结合;文献[7]中基于 GPRS 的自动售货机监控管理系统及时获得自动售货机相关的可靠数据;文献[8]中在利用 GPRS 在售货机与数据中心组网的基础上,采用 EVA-DTS 建立数据的格式,设计了实时的、安全度高的监控系统,能够有效保障自动售货机与数据中心稳定的通信。

目前的售货机均采用单一控制器搭建控制系统,一方面很难满足售货机在多媒体应用和控制系统方面的进一步要求;另一方面,在应对各类应用场所时不能保证长期稳定运行。同时,从现有资料^[9-14]来看,很少有能够实现食品从原材料加工制作到售卖一体化的系统,也没有将 CC-Link 总线引入自动售货机的先例。

针对以上现状,本设计提出了一种基于 CC-Link 总线的主从站工作模式的、采用微型流水线式工作结构的新型三明治产售一体机:完成面包片推送装置和蔬菜投放装置的设计制作;采用传统现金支付和无现金扫码支付结合的付款方式;实现移动终端实时监控和后台统一管理。

1 总体方案设计

1.1 系统结构

本系统分为三明治制作、售卖以及监管三大部分,基于 CC-Link 总线技术,采用 PLC 作为主控制器,负责控制子装置的动作,监视各单元的工作情况是否正常,并实时采集库

存和故障信息等数据并发送给上位机和管理员的移动终端,实现远程监控和管理。系统整体结构如图1所示。

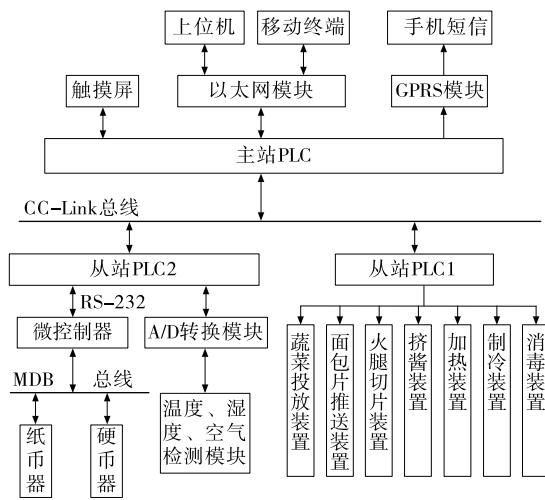


图1 系统整体结构图

Figure 1 Overall structure diagram of the system

三明治制作部分主要包括从站 PLC1 控制的蔬菜投放装置、面包片推送装置、火腿切片装置、挤酱装置、加热装置、制冷装置和消毒装置;售卖部分主要包括主站 PLC 控制的用于选餐的触摸屏,支持移动终端实现扫码支付的以太网模块,以及从站 PLC2 控制的用于传统支付的硬币器和纸币器;监控部分包括主站 PLC 控制的用于通过以太网与移动终端和后台服务器通讯的以太网模块,以及用于发送手机短信通知的 GPRS 模块。另外,从站 PLC2 将系统中各种原材料的数据以及工作状态、环境等信息发送到服务器和移动终端进行实时监控。

1.2 工作流程

新型三明治产售一体机的工作流程如图2所示。

工作过程:首先完成系统初始化,顾客通过触摸屏或者

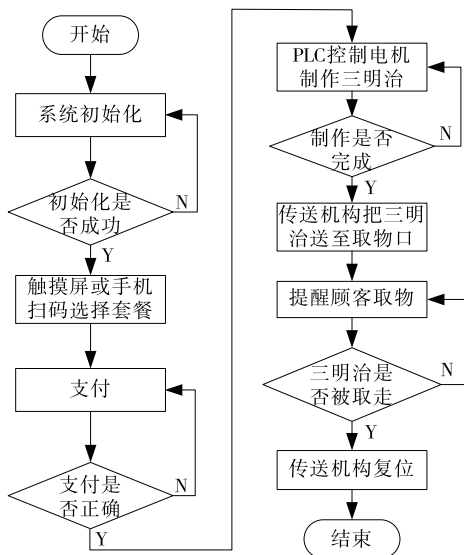


图2 系统工作流程图

Figure 2 System workflow diagram

手机扫码进行选餐,主站 PLC 对选餐信息进行处理,通过 CC-Link 总线通知从站 PLC2 控制纸币器和硬币器进行收款或者通过以太网在线收款,确认收款金额后,通过 CC-Link 总线通知从站 PLC1 进行三明治的现场加工制作并最后送出,顾客取走制作好的三明治后,传送机构复位。

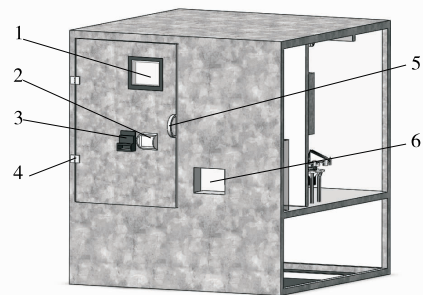
2 系统硬件设计

2.1 PLC 选型

考虑到系统主要分为三大部分,每个部分相对独立,同时为了便于扩展,采用3个PLC分别控制并基于CC-Link总线技术进行通讯。考虑到主站PLC以及从站PLC2不需要过多输入输出点但对CPU的处理速度有一定要求,选用三菱公司FX3U-16MT/ES型的PLC。由于从站PLC1控制的三明治制作部分含有多个电机以及各类光电开关和接近开关等,所需要的输入输出点较多,选用三菱公司的FX3GA-60MT/ES型PLC作为1号从站,该PLC自带36个输入点和24个输出点,是小规模控制系统中性价比较高的控制器。

2.2 机械整体结构设计

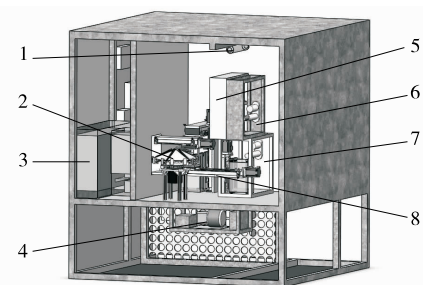
如图3、4分别是机器本体三维机械结构的左前和左后视图,其内部结构为微型流水线式的生产制作结构,主要有1个由滚珠丝杠构成的三明治传送机构,2个面包片推送装置,2个投放酱料的挤酱装置,1个火腿切片装置,1个生菜投放装置,以及由红外加热管构成的加热器,三明治成品送



1. 触摸屏 2. 硬币入口 3. 纸币入口 4. 金属合页 5. 门把手 6. 取物口

图3 机械结构左前视图

Figure 3 Left front view of mechanical structure



1. 臭氧发生器 2. 蔬菜投放装置 3. 加热器 4. 压缩机组 5. 火腿切片装置 6. 挤酱装置 7. 面包片推送装置 8. 传送丝杠

图4 机械结构左后视图

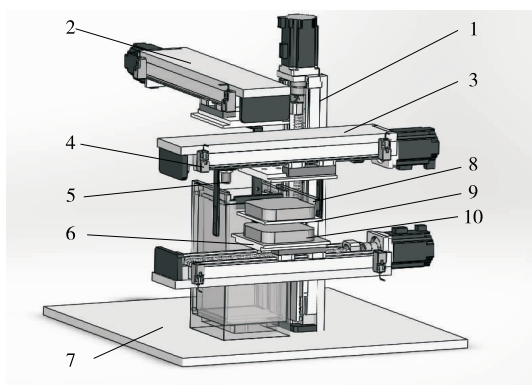
Figure 4 Left rear view of mechanical structure

出装置和制冷机组,其中各个模块独立可拆卸;机器的正面安装一扇可以开关的铝板门,门上有嵌入的触摸屏、纸币器和硬币器等器件;机器侧面垂直安装有固定电气设备的洞洞板,所有的电气元件都集中安置方便维护。

2.3 面包片推送装置结构设计

面包片放置到具体工位上主要有投放或者直接平推的方法,投放的方法不能保证面包片着落点的准确度,直接平推法的缺点是在第二片面包推送的过程中,三明治的夹层会产生移位,极大地影响了三明治的整体外观和多层三明治的制作。同时,现有的三明治自动包装机在储料方面不能够灵活更换储料桶,不方便工作人员的作业,也不能满足食品卫生方面的要求。

本系统中设计的面包片推送装置,主要由 1 个底板、1 个面包桶底座、1 个面包桶、3 个滚珠丝杆型直线滑台、3 个 L 型支架、1 块矩形推板、2 块平面托板、1 个光电开关、6 个接近开关组成。图 5 为面包片推送装置结构示意图。



1. 滚珠丝杆型直线滑台一 2. 滚珠丝杆型直线滑台二 3. 滚珠丝杆型直线滑台三 4. 接近开关 5. 光电开关 6. 托盘 7. 底板 8. 挡板 9. 抽板 10. 面包片

图 5 面包片推送装置结构示意图

Figure 5 Schematic diagram of the structure of a piece of bread push device

面包片推送装置的主要优点有:

(1) 采用了可更换式、抽板式密封的面包桶结构,极大地方便了面包的运输和更换,保证了面包片新鲜卫生,又减轻了工作人员的劳动强度,也能定期进行清洗消毒,符合食品卫生要求。

(2) 采用了卡扣式面包桶固定座,既方便面包桶的抽出和放入,也能保证推送面包过程中面包桶不会产生晃动,提高了三明治的制作精度。

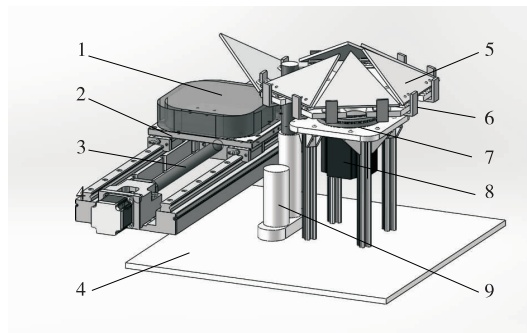
(3) 相对静止的面包片投放方法,所投放的面包片与已投放好的面包片以及夹层之间相对静止,保证了面包片投放过程中掉落点的准确度,不影响三明治夹层移位,可用于多层三明治的制作,提高了制作的灵活性,使得产品多样化。

2.4 蔬菜投放装置结构设计

现有的研究资料^[15-18]中,在投放蔬菜方面均采用切碎投放的方法,不能实现整片蔬菜的投放,极大地影响了三

治的口感,也无法保证蔬菜的新鲜度,同时投放速度慢,蔬菜掉落点分散,也无法实现批量式存取。

本系统中设计的蔬菜投放装置,主要由 1 块底板、1 个直线电动推杆、1 个步进电机及其固定支架、1 个旋转载物台,以及与之相连的 6 块活动板和 6 块弹性钢片组成。图 6 为蔬菜投放装置结构示意图。



1. 面包片 2. 载物台 3. 丝杆 4. 底板 5. 活动板 6. 弹性钢片 7. 推力球轴承 8. 步进电机 9. 直线电动推杆

图 6 蔬菜投放装置结构示意图

Figure 6 Schematic diagram of the structure of the vegetable delivery device

蔬菜投放装置具有如下特点:

(1) 利用转台的结构,提高了空间利用率,缩小了三明治产售一体机的体积,同时也提高了蔬菜的存储量,轮转式设计有效提高了制作速度。

(2) 可插拔式旋转底板结构,使得添加蔬菜和清理旋转底板更为方便,保证了生产的三明治能够符合食品卫生要求。

(3) 活动板翻转结构解决了不能整片蔬菜投放的难题,保证了蔬菜的新鲜度,提高了三明治的口感。

(4) 步进电机驱动旋转底板,无需减速装置,能够精确定位推杆电机的推送点,使蔬菜能够落到固定着落点。

(5) 推力球轴承作为传动媒介,使得旋转底板能够平稳地旋转,同时减少了推杆电机在推送蔬菜过程中产生晃动,提高了稳定性和蔬菜着落点的精度。

(6) 使用接近开关感应金属片实现定位,与现有的通过光电开关定位的方案相比,能够不受光线的影响,精确定位,提高了机器的环境适应性。

(7) 利用弹性钢片弹回活动板,与现有的通过推杆电机推回方案以及采用管状电机卷回的方案相比,利用物理形变的原理,节约了能源并且简化了机械复杂度和电气复杂度,减少了成本。

2.5 CC-Link 网络的构成

本系统的主站 PLC 以三菱 FX2N-16CCL-M 模块作为通讯主站,与从站通过三菱 FX2N-32CCL 模块进行通讯。选用三菱 GS2107-WTBD 触摸屏作为上位机,通过 RS422 接口连接到 FX3U-16MT/ES 型主站 PLC 上,总站和触摸屏连接实现顾客界面点餐以及实时机器动作显示功能;通过 CC-LINK 总线,从站 PLC 将系统中采集到的食材余料信息、温

湿度信息、钱额收取信息等发送给主站 PLC,主站 PLC 通过以太网模块和无线网模块把信息发送到上位机端和移动终端实现监控。从站 1 对各个工位步进电机进行精确的运动控制,配合检测装置形成电机的闭环控制,利用各个传感器判断机构运转实时的位置完成三明治制作。从站 2 用来实现与投币找零模块通讯,完成顾客金钱的计算找零以及温湿度检测。主从站 CC-Link 通讯网络如图 7 所示。

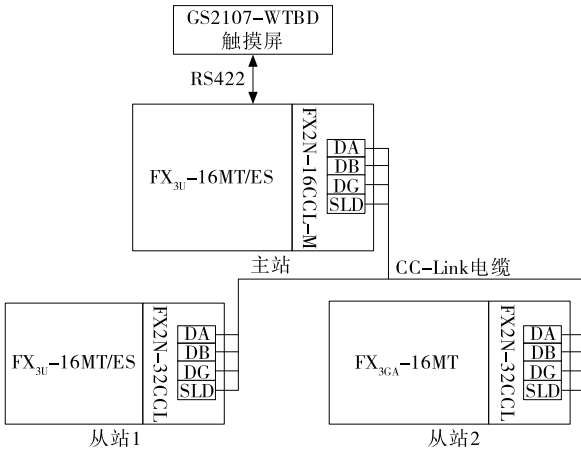


图 7 主从站 CC-Link 通讯网络图

Figure 7 CC-Link communication network diagram master and slave station

本系统中,主站通讯模块 FX2N-16CC1-M 的站号设置为 00,波特率为 9 600 bps;从站 1(FX3U-16MT/ES)通讯模块的站号设置为 01,占用 1 个站;从站 2(FX3GA-60MT)通讯模块的站号设置为 02,占用 1 个站。

主站与从站之间 CC-Link 通讯主要采用循环通讯的形式,主站与从站之间的通讯采用接口之间的缓冲存储器自动映射完成。主站和从站直接通过 FROM/TO 指令进行读/写操作。

2.6 投币找零模块设计

系统使用吉宏电子股份有限公司的 V77E 纸币器、CC6100 硬币器作为投币找零的主要部件。投币找零模块使用 STM32 微控制器作为主控芯片,遵循国际统一的 MDB 协议通过接口电路初始化硬币器和纸币器,在接收到上位机给出的收钱命令后发送投币找零的命令,并接受硬币器和纸币器返回的数据,同时与 RS232 转 RS485 模块连接到 PLC 端 FX3U-485-BD 半双工进行通讯,其数据帧格式采用波特率 9 600 bps,1 位起始位,8 位数据位,无奇偶校验,PLC 作为主机,STM32 微控制器作为从机,实现上下位机的数据交换。图 8、9 分别为 V77E 纸币器的 MDB 接口电路图和 CC6100 硬币器 MDB 接口电路图。

3 系统软件设计与实现

3.1 主、从站参数设置

由于涉及的软件较多,在编程之前需要对各 PLC 寄存器的功能进行定义,使用三菱的 GX Works 2 软件对网络参数进行设置,对于三明治套餐的选择以及付款选择等分配位

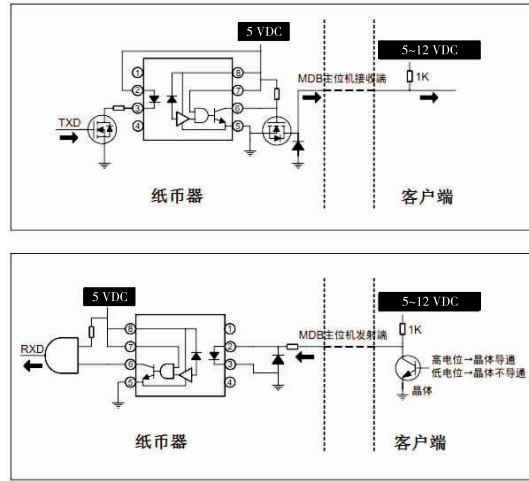


图 8 V77E 纸币器的 MDB 接口电路图

Figure 8 MDB interface circuit diagram of V77E banknote

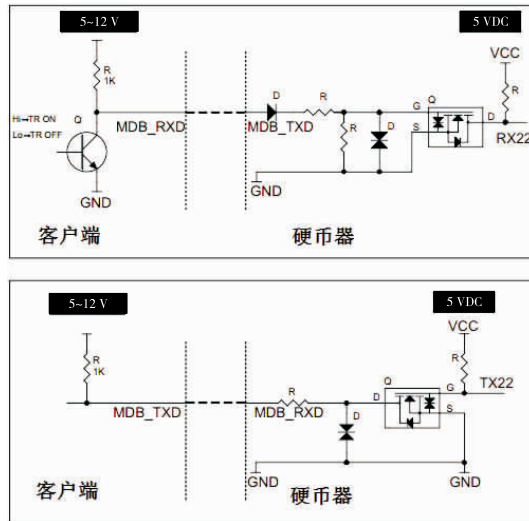


图 9 CC6100 硬币器 MDB 接口电路图

Figure 9 CC6100 coin device MDB interface circuit diagram

寄存器,对于机器具体信息如金额、食材余量等分配通用数据寄存器。详细的分配如表 1、2 所示。

3.2 客户端支付界面设计

据调查,扫描二维码使用微信或者支付宝支付方式是目前主流的付款方式。本系统为了方便消费者,基于 HTML 和 CSS 语言设计了客户端支付前端网页界面,基于 Java 语言进行后端开发。消费者在网络连接的状态下,通过扫描机器上的二维码,选择套餐、支付购买。客户端选餐界面如图 10 所示。

3.3 触摸屏支付界面设计

虽然无现金支付是目前的主要趋势,但在不方便使用网络的情况下仍然需要保留传统的纸币和硬币支付方式。本系统基于三菱电机人机界面设计软件平台 GT Work 3 对触摸屏界面进行组态,触摸屏上显示三明治图标、购买套餐类型及库存量、机器动作指示图标、支付方式和机器故障显示等内容。消费者可使用触摸屏直接选餐,并通过硬币器和纸币器进行现金支付。触摸屏支付界面如图 11 所示。

表 1 主站 FX3U-16MT/ES 与从站 FX3U-16MT/ES 参数设置

Table 1 The parameter setting of main station FX3U-16MT/ES and slave station FX3U-16MT/ES

功能	操作寄存器(从站)	缓冲寄存器(从站)	缓冲寄存器(主站)	操作寄存器(主站)
3 元套餐	M100	M32	M220	M600
5 元套餐	M101	M33	M221	M601
开始投钱	M102	M34	M222	M602
投钱结束	M103	M35	M223	M603
退钱	M104	M36	M224	M604
存放 300/500	D90	D14	D120	D50
放找零金额	D91	D15	D121	D51
放收取金额	D92	D16	D122	D52
放盈利金额	D93	D17	D123	D53
找零结束	M221	M0	M100	M700

表 2 主站 FX3U-16MT/ES 与从站 FX3GA-60MT 参数设置

Table 2 The parameter setting of main station FX3U-16MT/ES and slave station FX3GA-60MT

功能	操作寄存器(从站)	缓冲寄存器(从站)	缓冲寄存器(主站)	操作寄存器(主站)
投钱结束	M350	M65	M252	M700
3 元套餐	M351	M66	M253	M220
5 元套餐	M352	M67	M254	M221
沙拉酱余量	D304	D18	D124	D304
番茄酱余量	D305	D19	D125	D305
生菜叶余量	D306	D20	D126	D306
火腿片余量	D307	D21	D127	D307
面包片余量	D308	D22	D128	D308
故障信息	D300	D23	D129	D300
制作完成	M20	M0	M132	M330

3.4 移动终端管理界面设计

为了方便管理人员实时查看运营数据及设备状态,本系



图 10 选餐界面

Figure 10 Food selection interface

统基于 Android Studio 软件开发平台,主要使用 Java 语言设计了移动终端 APP 软件,与无线通讯模块、PLC 下位机接口电路构成了完整的通讯网络,从而对系统的运行状态进行全面实时监测。管理人员通过移动终端登录 App 软件,在主界面可以查看今日销售额和今日订单数,同时还包括运营报告、设备监控、数据分析、系统设置等功能。设计的管理主界面如图 12 所示。

3.5 后台管理界面设计

后台管理是本系统的核心,控制和管理整个系统,为了

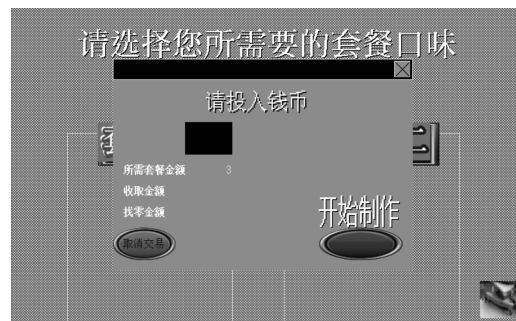


图 11 触摸屏支付界面

Figure 11 Touch screen payment interface



图 12 移动终端管理主界面

Figure 12 Master interface for mobile terminal management

实现集中化的管理,本系统基于 Microsoft Visual Studio 软件开发平台,开发了基于 Windows 操作系统的后台管理界面,如图 13 所示。



图 13 后台管理主界面

Figure 13 Master interface of backstage management

用户输入账号密码登陆后台管理主界面,主要有设备管理、交易管理、资金管理、统计分析和账户设置五大功能。每一个功能又分别包括各类子功能,例如,在设备管理功能下设置了支付套餐、区域管理等功能。

4 整机调试与运行

图 14 为三明治产售一体机的样机前视图,图 15 为内部加工制作部分的机械实物图。

本系统从开始制作三明治到完成后送出,总时间在 1 min 左右;为了保证蔬菜、火腿、面包片等食材的新鲜,使用制冷装置维持箱体内的工作温度在 6~8 °C;单个面包桶面包片存储量为 20 片,可连续制作 20 份三明治无需更换储料桶;蔬菜储料盘每盘可存放 6 整片蔬菜,每 6 次进行一次循环;火腿切片装置可单次存储 9 cm×10 cm×25 cm 的火腿肠,单片火腿片的切割厚度为 5 mm 左右;挤酱装置中的酱料包为 100 mL;加热装置达到最高加热温度所需时间为 5 s,加热管表面最高温度可达 300 °C,三明治加热时间设为 10 s,成品温度在 60 °C 左右;消毒装置为 30 g 的臭氧发生器,臭氧输出量为 30 000 mg/h,消毒周期为 24 h。



图 14 样机前视图

Figure 14 The overall front view of the object



图 15 加工制作部分

Figure 15 The physical map of processing and making part

5 结语

本设计研究和开发了一种新型三明治产售一体机,在硬件方面完成了全新一体机的机械本体设计加工,以及基于多传感器的面包片推送装置和蔬菜投放装置等单元结构的设计制作;集成了 PLC、单片机、多传感器协同、CC-Link 总线、APP 开发、Web 开发等技术,实现了三明治的自动生产与售卖。经过试用论证,整个系统结构合理,运行可靠,制作高效,支付方便,监管及时,能实现分散控制同时又便于集中管理,有较强的实际应用推广价值。

本设计仍存在一些不足之处,如蔬菜投放装置的存储量不够大,需进一步优化结构;另外,整机的功能单一,下一步工作将加入自动制作寿司部分和自动热饮部分,向餐饮服务一体机发展。

参考文献

- [1] 周泽鹏. 基于 ARM 的自动售货机控制器设计与实现[D]. 长沙: 中南大学, 2009: 27-50.
- [2] 孔德强, 蒋存波. 基于 ARM 和 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的自动售货机系统软件设计[J]. 软件开发与设计, 2010(6): 43-45.
- [3] 陈彭湖. 基于 PLC 的自动售货机的控制系统的研究[J]. 装备制造技术, 2016(1): 235-236.
- [4] 周杰, 张矿伟, 刘玺. 基于 PLC 的自动售货机的控制系统的设计[J]. 科技视界, 2016(22): 34-35.
- [5] 包西平. 基于 PLC 的自动售货机控制系统设计[J]. 电工电子技术, 2014, 43(8): 67-68.
- [6] 余桂芳, 余世明. 基于 CDMA 网络的售货机远程监控系统设计与实现[J]. 工业控制计算机, 2014, 27(5): 33-35.
- [7] 李昌盛, 金瓯. 基于 GPRS 网络的自动售货机监控系统的设计实现[J]. 计算机测量与控制, 2008, 16(3): 327-329.

(下转第 220 页)

《食品与机械》

中国食品科学技术学会会刊
CSCD 核心期刊 中文核心期刊

更专业 权威论坛 基础研究 研究进展
更实用 安全与检测 提取与活性 开发应用
包装与机械 贮藏与保鲜 市场分析
月刊 国内邮发代号:42-83 每期 20 元
国际邮发代号:DK43003 每期 12 美元

地址:长沙市天心区赤岭路 45 号长沙理工大学内
电话:0731-85258200 85258201
邮编:410076
网址:<http://ifoodmm.com>
E-mail:foodmm@vip.sina.com

2019 年《食品与发酵工业》征订启事

邮发代号:2-331(月刊)

《食品与发酵工业》创刊于 1970 年,由中国轻工业联合会主管,中国食品发酵工业研究院、全国食品与发酵工业信息中心主办。

《食品与发酵工业》是北大中文核心期刊、科技部中国科技核心期刊和中科院中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊,被美国化学文摘(CA)、英国食品科技及工艺文摘(FSTA)等数据库收录。

刊载内容:食品与发酵工业相关的原辅料、工艺、包装、机械、检测、安全、流通、综合利用等方面的研究报告以及国内外食品与发酵科技发展动态和产业创新等综述性文章。

定价:50 元/期,在编辑部订阅全年享 8 折优惠。

地址:北京市朝阳区酒仙桥中路 24 号院 6 号楼 111 室

电话:010-53218337/8/9

邮编:100015

E-mail:ffeo@vip.sina.com

<http://sf1970.cnif.cn>

国内统一刊号:CN11-1802/TS

国际标准刊号:ISSN0253-990X

广告发布登记号:京朝工商广登字第20170155号



(上接第 120 页)

- [8] 李光宇. 基于 EVA-DTS 的自动售货机监控系统[D]. 长沙:中南大学, 2010: 11-38.
- [9] 邓子龙, 刘峰, 李维军. CCLink 现场总线技术及在调和罐变频控制中的应用[J]. 机械设计与制造, 2008(6): 83-85.
- [10] 苏海峰. 基于 CCLINK 的校园智能照明系统的设计[J]. 自动化技术与应用, 2012, 31(12): 96-99.
- [11] 李维军, 赵英杰, 李萍. CCLink 现场总线技术在调和罐变频控制中的应用[J]. 机电一体化, 2007(5): 65-68.
- [12] 黄凤. 应用 CCLINK 总线技术建立加工中心生产线的网络管理[J]. 制造业信息化, 2010(1): 118-120.
- [13] 唐国庆, 宋显斌. CCLINK 总线在胎面挤出生产线控制系统中的应用[J]. 装备制造技术, 2012(6): 67-68.
- [14] 余贞金. 基于 CCLINK 现场总线的 PLC 控制系统研究与设计[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010: 18-42.

- [15] 苏旭, 李保国. 鲜切果蔬自动售货机设计[J]. 轻工机械, 2015, 33(3): 77-80.
- [16] ANDRÉ S P H Navarro, CARLOS M F Monteiro, CARLOS B Carreira. A Mobile Robot Vending Machine for Beaches Based on Consumers' Preferences and Multivariate Methods[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2015(175): 122-129.
- [17] SOLANO A, DURO N, DORMIDO R, et al. Smart vending machines in the era of internet of things[J]. Future Generation Computer Systems, 2017(76): 215-220.
- [18] CUNHA B, LIMA J, SILVA M, et al. User centered design of an autonomous robot vending machine concept[C]//IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions. Piscataway: IEEE, 2016: 259-264.

(上接第 205 页)

- [21] PUUPPONEN P, HAKKINEN S, AARNI M, et al. Blanching and long-term freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2003, 83: 1 389-1 402.
- [22] YANG Xiao-ming, WEI Yu, OU Zhong-ping, et al. Antioxidant and immunity activity of water extract and crude polysaccharide from *Ficus carica* L. fruit[J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2009, 64(2): 167-173.
- [23] 王应强, 崔凤杰, 赵红霞, 等. D-异抗坏血酸棕榈酸酯(IP)的抗氧化特性研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(9): 79-82.
- [24] 李晓丽, 王成, 陶永霞, 等. 干燥方式对无核紫葡萄品质及抗氧化活性的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(11): 143-211.
- [25] OLIVEIRA S M, BRANDÃO T R S, SILVA C L M, et al. In-

fluence of Drying processes and pretreatments on nutritional and bioactive characteristics of dried vegetables: a review[J]. Food Engineering Reviews, 2016, 8(2): 134-163.

- [26] 王弘, 陈宜鸿, 马培琴. 粉体特性的研究进展[J]. 中国新药杂志, 2006, 15(18): 1 535-1 539.
- [27] 陈玮琦, 郭玉蓉, 张娟, 等. 干燥方式对苹果幼果干酚类物质及其抗氧化性的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(5): 33-37.
- [28] CAPARINO O A, TANG J, NINDO C I, et al. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine 'Carabao' var.*) powder[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 111(1): 135-148.
- [29] 程知庆, 沈和定, 姚理想, 等. 干燥方法对瘤背石磺多糖抗氧化性和还原力的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(6): 169-172.