

自动式汉堡制作机设计

Design of an automatic hamburg-making machine

王涛¹ 陈成军² 郭岩宝¹ 刘承诚¹

WANG Tao¹ CHEN Cheng-jun² GUO Yan-bao¹ LIU Cheng-cheng¹

(1. 中国石油大学〔北京〕机械与储运工程学院, 北京 102249; 2. 青岛理工大学机械工程学院, 山东 青岛 266520)

(1. College of Mechanical and Transportation Engineering, China University of Petroleum-Beijing, Beijing 102249, China; 2. College of Mechanical Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao, Shandong 266520, China)

摘要:为了减少汉堡制作过程对人工依赖程度高的现状,设计一种自动式汉堡制作机,该自动式汉堡制作机包括机械系统和控制系统两方面。机械系统包括:烤箱、天车系统、储肉柜、机械手、托盘小车、流水线、酱枪、加菜机构;控制系统包括:触摸屏、通讯系统和 PLC。控制系统控制机械系统完成加面包、加肉、加汉堡酱、加生菜、加面包 5 个步骤,实现制作自动化、流水线化,解放劳动力。通过试验验证了自动式汉堡制作机设计的可行性和合理性。

关键词:汉堡;机械系统;触摸屏;PLC;控制系统

Abstract: In order to reduce the high degree of dependence on human resources in the process of hamburger-making, an automatic hamburger-making machine was designed. The machine consisted of mechanical system and control system. The mechanical system included an oven, an overhead travelling crane system, a meat storage cabinet, a manipulator, a pallet trolley, an assembly line, a hamburger sauce adding mechanism and a vegetable adding mechanism. The control system included a touch screen, a communication system and a PLC (Programmable Logic Controller). The control system could regulate the mechanical system to complete a five-step task, including adding bread, adding meat, adding hamburger sauce, adding lettuce and adding bread. The automation and efficiency of hamburger-making was increased by using the automatic hamburger-making machine. The feasibility and rationality of automatic hamburger-making machine were verified by experiments.

Keywords: hamburger; mechanical system; touch screen; PLC; control system

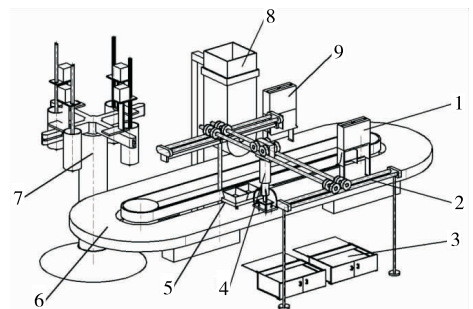
随着社会的发展和人们生活水平的提高,快餐的需求量越来越大,汉堡作为最常见的快餐食品,有很大的销售市场。

汉堡的制作过程主要包括加面包、加肉、加汉堡酱、加生菜、加面包 5 个步骤。市场上对面包烘烤、烤肉等食品机械方面的研究比较成熟^[1-2],但都属于对汉堡制作所需的原材料进行加工。在各大快餐连锁店中,用汉堡所需的各部分食材制作汉堡的过程仍然靠人工操作。在汉堡售卖的高峰期,由于人工制作速度的局限性和人工成本的增加,不仅会使制作标准和卫生标准下降,利润也会被压缩。本研究设计的汉堡制作机将原材料加工及汉堡制作的 5 个主要步骤进行合并操作,拟通过自动式汉堡制作机的机械系统和控制系统相互配合,实现机械自动化、流水线化,提高制作效率,解放劳动力^[3]。

1 机械系统的设计

自动式汉堡制作机的机械系统装配图见图 1。

流水线是汉堡制作的工作台,由电机输出的传动轴带动齿型传送带转动,齿型传送带具有传动稳定、噪音小等优点^[4]。在齿型传送带上面连接有托盘小车,托盘小车有 4 个万向轮,使其在转弯时比较平稳而不会产生滑动,小车上上面有 2 个凹槽,用来固定汉堡包装盒。流水线的每个工位位置处都安有限位开关,限位开关既可以准确地控制托盘小车运动到指定位置,也是各工序的起始开关。流水线正等测图见图 2。



1. 烤箱 A 2. 天车系统 3. 储肉柜 4. 机械手 5. 托盘小车
6. 流水线 7. 酱枪 8. 加菜机构 9. 烤箱 B

图 1 机械系统装配图

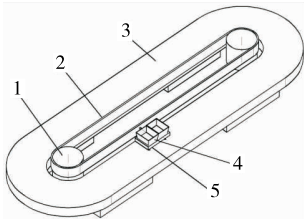
Figure 1 Assembly drawing of mechanical system

作者简介:王涛,男,中国石油大学(北京)在读硕士研究生。

通信作者:陈成军(1979—),男,青岛理工大学副教授,博士。

E-mail:15269218816@163.com

收稿日期:2017-06-28



1. 传动轴 2. 齿型传送带 3. 工作平台 4. 汉堡包装盒 5. 托盘小车

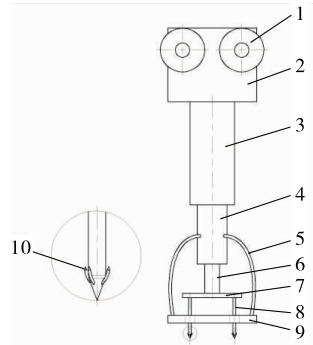
图2 流水线正等测图

Figure 2 Positive contour map of assembly line

烤箱 A 与烤箱 B 的结构和功能相同,由于汉堡含有上下两片面包,所以设置 2 个加面包工位。烤箱内可同时对多片面包进行烘烤,烘烤完成之后烤箱内保持恒温。当托盘小车运行到加面包工位时,烤箱电机带动挡板转动 90° ,烘烤好的面包掉落到烤箱滑槽内,依靠重力沿着倾斜的滑槽滑落到托盘小车上面的汉堡包装盒内。

自动式汉堡制作机的加肉工序是由天车系统、机械手和储肉柜共同配合完成的。当需要加烤肉时,储肉柜的上盖在电机的控制下打开,电机与储肉柜上盖之间的传动方式为齿轮齿条传动^[5]。储肉柜的侧面采用双开门结构,便于储肉板的取出和烤肉的补充,储肉柜内保持恒温,使烤肉保持新鲜。储肉柜里面每个放烤肉位置的正中心都对应控制系统中的一个直角坐标系坐标,当接收到控制系统指令后,天车系统会带着机械手运动到指定烤肉上方。天车系统的竖梁和两对横梁分别由两根杆组成,这是为了增加系统运行时的稳定性。在天车系统竖梁的两端分别设置有 4 个外圆柱侧面凹进去的轮子,该轮子由电机驱动,可实现竖梁在横梁上的移动^[6]。

机械手正视图见图 3,机械手的控制箱上面有 4 个凹轮,轮子的外圆柱侧面是凹进去的,可以在电机的带动下在天车系统的竖梁上运动。为了使一级伸缩臂和二级伸缩臂平稳运动,采用气压传动。当机械手到达烤肉上方时,机械手的一级伸缩臂就会在固定臂中伸出,一级伸缩臂运动时会带动机械手的固定曲杆、二级伸缩臂、二级板、针杆和一级板一起运动。当一级伸缩臂伸出一定距离后,一级伸缩臂停止运动,由于固定曲杆和一级板固定在一级伸缩臂上,所以也会停止运动。此时,机械手还没有接触到烤肉,二级伸缩臂开始伸出,二级伸缩臂和二级板是固定在一起的,二级板上面有 4 个针杆,针杆底端有尖头,并且每个针杆底部都有 4 个倒刺。一级板上面有 4 个通孔,可以供针杆伸出与缩回^[7]。所以,二级伸缩臂伸出时,会带着二级板和针杆一起伸出,随着二级板的伸出,针杆会扎进烤肉里,针杆扎进一定深度时,二级伸缩臂停止运动,一级伸缩臂开始缩回,这时,由于倒刺的存在,烤肉不会因为重力作用而掉落。当机械手到达一定高度时,伸缩臂停止运动,由天车系统将机械手带到汉堡包装盒正上方。此时,机械手的一级伸缩臂伸出,使烤肉下降到一定位置后停止运动。二级伸缩臂开



1. 凹轮 2. 控制箱 3. 固定臂 4. 一级伸缩臂 5. 固定曲杆
6. 二级伸缩臂 7. 二级板 8. 针杆 9. 一级板 10. 倒刺

图3 机械手正视图

Figure 3 Elevation view of manipulator

始缩回,直到针杆最底端运动到一级板上部一定距离。当烤肉接触到一级板时停止上升,开始与针杆分离,当二者完全分离之后,烤肉由于重力作用会掉落到面包上面,完成加肉过程。此后,机械手、天车系统和储肉柜复位,等待下一次加肉指令。

酱枪机构由酱枪支架、十字杆和 4 个酱枪桶组成。酱枪机构在加酱时,十字杆在电机带动下进行旋转,将装有不同口味汉堡酱的酱枪旋转到汉堡包装盒上方,酱枪桶内的酱枪推杆将汉堡酱推出。酱枪桶在十字杆上直线往复运动的同时十字架进行微角度旋转,使加酱更加均匀。加菜机构则是靠菜仓内的槽轮转动,将菜仓内的生菜通过加菜机构下部的漏口加到汉堡包装盒内。

2 控制系统的设计

自动式汉堡制作机制作一个汉堡的具体工作流程见图 4,机械系统是制作汉堡的执行部件,而控制系统则是将整个结构串联起来并进行控制的大脑。为了实现自动式汉堡制作机的自动化和智能化,需要对控制系统进行设计。

自动式汉堡制作机的控制系统采用触摸屏和 Siemens S7-200 型的 PLC 作为人机界面和系统的控制器,即上位机和下位机,用来控制气动系统、电动机和温度传感器等执行机构。制作汉堡时,在触摸屏上对制作汉堡的种类和个数进行设置,触摸屏给 PLC 发送指令,以控制自动式汉堡制作机的执行机构。同时,烤箱与储肉柜内的温度和未加工/已加工的汉堡种类与个数将通过 PLC 上的 A/D 转换、数值变换传送到触摸屏上,进行实时显示。PLC 和触摸屏的接口连接使用 RS-485/RS-232 转换线进行自由口通信。自动式汉堡制作机的控制系统框图见图 5^[8]。

2.1 气动系统的设计

气动系统的设计图见图 6,用 2 个气缸实现机械手夹取烤肉的动作。气动系统主要分为控制气源的总气路和 2 个单独气路,即机械手一、二级伸缩臂的伸缩动作。用开关信号来控制电磁换向阀的得电与失电,电磁换向阀可以选择气缸的进出气回路,也就是 PLC 通过控制电磁换向阀来实现气缸的伸缩动作^[9]。采用 4 个行程开关来保护气缸。

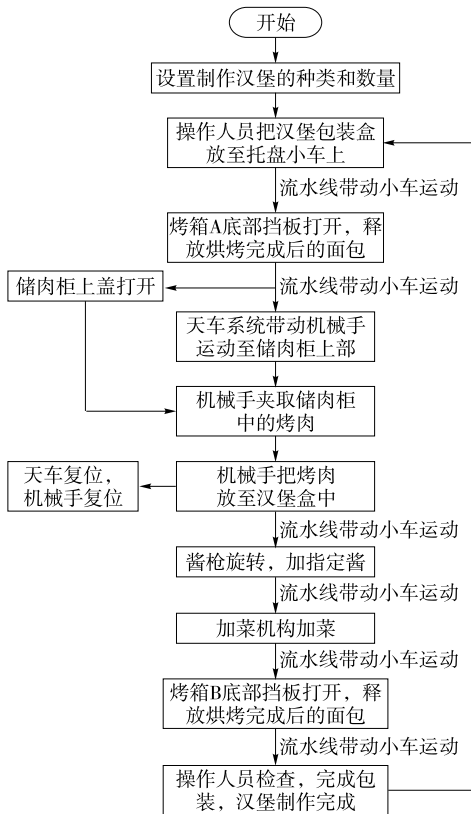


图 4 汉堡自动制作流程图

Figure 4 Flow chart of automatic hamburger-making

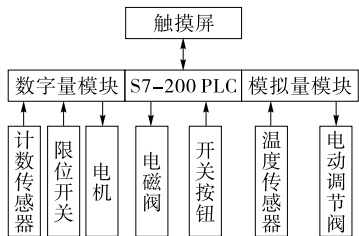


图 5 控制系统框图

Figure 5 The block diagram of control system

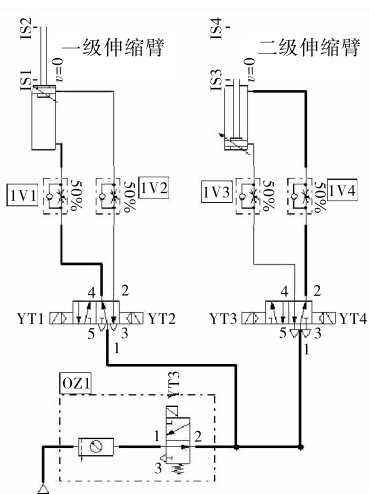
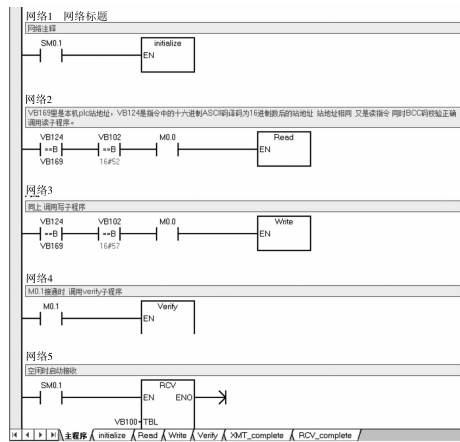


图 6 气动系统设计图

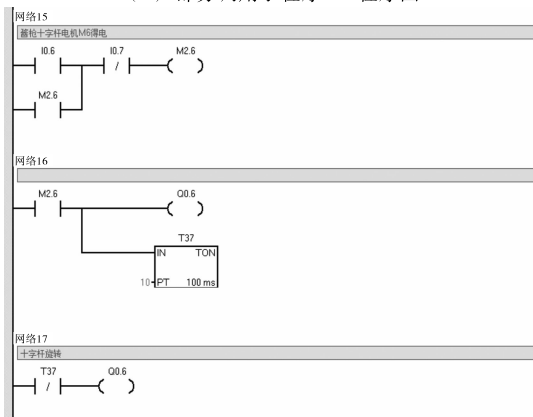
Figure 6 The design chart of pneumatic system

2.2 PLC 程序设计

PLC(可编程逻辑控制器)采用一种可编程的存储器,存储器内部存有顺序控制、逻辑运算、计数和定时等操作指令,在开量的开环控制、模拟量的闭环控制和数据采集与监控等领域都有很广泛的应用,具有可靠性高、编程容易、组态灵活、输入/输出功能模块齐全、安装方便和运行速度快等优点,是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作电子系统^[10]。自动式汉堡制作机的 PLC 程序在 STEP 7 MicroWIN 操作平台上采用梯形图进行开发,系统控制程序的主要功能包括系统运行时间计时、模数转换、步进电机控制、电磁阀控制、温度调节和计数控制等^[11]。部分 PLC 程序见图 7,整个 PLC 程序用来实现流水线平台的启动与停止控制、烤箱内温度与挡板的控制、天车系统的步进电机控制、机械手气缸的控制、储肉柜温度与电机的控制、酱枪与加菜机构的步进电机控制、计数控制和制作原材料剩余量(包括汉堡面包剩余个数、烤肉剩余个数、汉堡酱剩余量和生菜剩余量)显示的控制。



(a) 部分调用子程序PLC程序图



(b) 部分酱枪机构PLC程序图

图 7 部分 PLC 程序图

Figure 7 Partial PLC the program diagram

2.3 通讯程序设计

通讯程序是 PLC 和上位机之间进行通讯的桥梁,完整的通讯程序包括主程序、子程序和中断程序。主程序可以调用子程序和控制系统的运行,子程序实现通讯口初始化、译码和校验,中断程序实现数据的发送和接收。中断程序在发送和接收数据时分别采用 XMT 发送指令和 RCV 接收指令。

在完成初始化之后,端口始终处于接收状态,并在数据接收完成之后终止接收状态^[12]。系统的整个通讯流程图见图8。

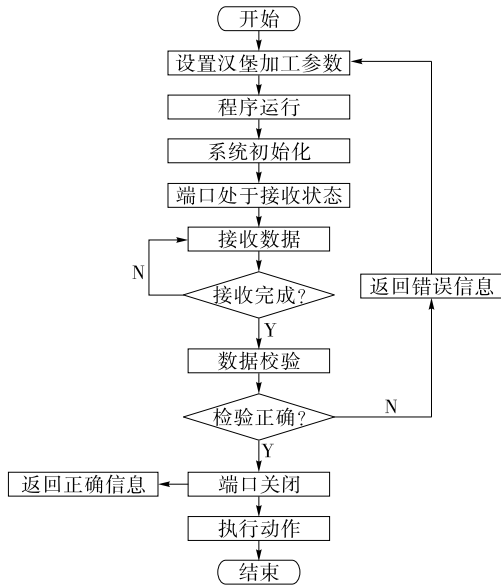


图8 通讯流程图

Figure 8 The flow chart of communication

2.4 触摸屏界面设计

上位机触摸屏是用 LabVIEW 软件进行编程设计,通过触摸屏对下位机进行指令下达,完成控制。触摸屏界面见图9,整个界面包括1个信息显示板和8个触摸按钮。在自动式汉堡制作机正常运行时,信息显示板切换至主界面,显示汉堡制作计划和未加工/已加工汉堡的种类及数量。点击状态信息按钮,信息显示板切换至状态信息界面,显示下位机的反馈信息;点击测试界面按钮,切换到测试界面,可对通讯等进行测试;点击温度监控按钮,切换到温度监控界面,对烤箱和储肉柜进行温度监控;点击原料剩余按钮,切换到原料剩余界面,对汉堡面包剩余个数、烤肉剩余个数、汉堡酱剩余量和生菜剩余量进行监控。在完成前期准备工作进行加工时,点击汉堡制作计划按钮,切换到汉堡制作选择界面,对制作的汉堡种类和数量进行选择,确认无误后,点击运行按钮,启动机器,开始制作汉堡,点击停止按钮,可以使机器停止制作,进行原料添加或故障排除工作。为防止在发生突发状况时,控制系统或通讯不能正常工作,将急停按钮设置在机器上,触摸屏上不再设置急停按钮。



图9 触摸屏界面

Figure 9 The interface of touch screen

3 结论

通过对汉堡的制作现状进行分析,设计了一种集机械系统和控制系统为一体的自动式汉堡制作机,控制系统通过调用不同的程序,控制机械系统运动,制作出不同种类的汉堡。自动式汉堡制作机的机械系统包括烤箱、天车系统、储肉柜、机械手、托盘小车、流水线、酱枪、加菜机构。控制系统则是以触摸屏和 PLC 分别作为上位机和下位机,通过对通讯系统的设计,实现了上位机和下位机的自由口通讯。通过在触摸屏上的设置,可以控制机械系统实现汉堡制作的加面包、加肉、加汉堡酱、加生菜、加面包 5 个步骤。经试验证明,自动式汉堡制作机具有可行性和合理性,自动化程度高;通过触摸屏对下位机下达指令,实现控制,操作简单;可以实现汉堡的流水化制作,提高汉堡的加工效率,省时省力,在实际应用中,可在 1 min 内完成一个汉堡的制作,有很好的应用前景。但自动式汉堡制作机在制作汉堡的时候,仍然需要一个操作员把汉堡包装盒放在托盘小车上,以及在汉堡制作完成后完成后续的包装工作,所以,今后可以在这方面继续进行改进,实现无人化的汉堡制作。

参考文献

- [1] 宋澄, 勒海. 自动面包机技术专利分析[J]. 科学家, 2016, 4(11): 3-4.
- [2] 陈仙清. 汉堡机的设计与研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2008: 42-58.
- [3] 陈成军, 王涛, 常世勇, 等. 一种汉堡自动制作机: 中国, 201410387199.8[P]. 2014-12-03.
- [4] 濮良贵, 陈国定, 吴立言. 机械设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013: 143-144.
- [5] 王丰元, 李兰, 李震, 等. 旋转式多工位自动干果包装机的设计[J]. 食品与机械, 2017, 33(1): 76-80.
- [6] 钱振华, 王荣扬, 左希庆. 基于 HMI 和 PLC 的食品包装箱码垛机控制系统设计[J]. 食品与机械, 2016, 32(10): 105-107.
- [7] 丛海鹰, 毛承志, 刘北英. 吸盘式上下板料机械手关键结构设计[J]. 机械制造与自动化, 2008, 37(3): 76-78.
- [8] 吕品. PLC 和触摸屏组合控制系统的应用[J]. 自动化仪表, 2010, 31(8): 45-47.
- [9] 胡志刚. 基于 S7-200 PLC 的气动机械手控制系统设计[J]. 机械工程师, 2014(3): 120-121.
- [10] 张浩栋, 张燕, 曾小英, 等. 基于 PLC 的香蕉秸秆自动打包机的设计和控制研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 115-117.
- [11] 吕华芳, 杨汉波, 丛振涛, 等. 基于 PLC 控制的室内降雨入渗自动测定系统[J]. 农业机械学报, 2014, 45(9): 144-149.
- [12] 刘宝霞, 赵弘. 基于 LabVIEW 的石油固井作业气动控制系统设计[J]. 液压与气动, 2013(1): 44-47.