

多颗粒态油辣椒物料自动灌装机控制系统研究

Study on the control system of the automatic filling machine for the oil and pepper with multi particle state

龙飞帆¹ 李荣隆² 刘芳³

LONG Fei-fan¹ LI Rong-long² LIU Fang³

(1. 贵州省林业学校, 贵州 贵阳 550201; 2. 贵州大学机械工程学院, 贵州 贵阳 550025;

3. 贵州师范大学地理环境科学学院, 贵州 贵阳 550025)

(1. Guizhou Forestry School, Guiyang, Guizhou 550201, China; 2. School of Mechanical Engineering, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China; 3. School of Geographical Environment Science, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

摘要:为提高多颗粒态油辣椒物料的自动化灌装水平,结合油辣椒物料的物理特征和企业灌装工艺要求,运用PLC控制技术,研制出了新一代油辣椒灌装机控制系统,并以某品牌油辣椒系列产品中的210, 220, 280 g瓶装香辣脆为灌装对象对该控制系统进行现场调试和灌装试验。结果表明:该控制系统灌装合格率为100%,灌装速度约为411瓶/h,平均每瓶固体含量约为63.6%,能够很好地实现多颗粒态油辣椒物料的高速、精确自动化灌装。

关键词:油辣椒;多颗粒;PLC;自动灌装机

Abstract: In order to improve the automatic filling level of multi particle oil capsicum materials, a new generation of oil capsicum filling machine control system is developed by using PLC control technology in combination with the physical characteristics of oil capsicum materials and the filling process requirements of the enterprise. The control system is debugged and filled with 210, 220 and 280 g bottles of Laoganda oil capsicum series products. The results showed that the qualified rate of the control system was 100%, the filling speed was about 411 bottles/hour, and the average solid content of each bottle was about 63.6%. It can realize the high-speed and accurate automatic filling of multi particle oil and pepper materials, meet the production demand of the enterprise.

Keywords: oil chilli; multi particle; PLC; automatic filling machine

自动灌装机是包装机械中的一类产品,广泛应用于饮料、酒水、流体食品、医药和日化等行业,灌装是其自动

化生产过程中的关键环节,其灌装速度和精度将直接影响产品的产量和品质^[1-2]。当前中国自动化灌装机械已经发展的比较成熟,但是针对多颗粒态油辣椒物料的自动化灌装设备依然处于研发阶段,多颗粒态油辣椒物料的灌装主要还是采用传统的人工瓢舀方式灌装或者半自动化机械灌装^[3-5]。多颗粒态油辣椒物料是在油锅里经过高温炒制后获得,并要求其在92℃左右的高温环境下进行灌装,以保证产品的口感和品质。高温灌装时虽然油液的流动性很好,但是固态颗粒物的成分复杂,密度不均匀,容易造成固液分层现象,从而导致灌装产品固液比例不定,质量不一等问题。

针对上述灌装时存在的问题,试验拟结合多颗粒态油辣椒物料的物理特征和灌装工艺要求,在胡飞等^[6]研制的第一代固液分离式自动灌装控制系统的基础上通过对设备进行升级和改造,该控制系统具有更高的稳定性和可靠性,能够实现多颗粒态油辣椒物料的高速、精确自动化灌装。

1 油辣椒自动灌装机基本结构及工作原理

研究的多颗粒态油辣椒自动灌装机如图1所示,主要由过滤分离装置、搅拌下料装置、储油装置、固体定量装置、输送装置和在线补油装置组成。固液分离装置作用是将炒制好的油辣椒物料中的固态颗粒与油液分离,同时将固态颗粒输送到搅拌料斗内,油液进入蓄油箱内。搅拌下料装置由搅拌机构和螺旋下料机构组成,搅拌机构作用是将分离后的颗粒态物料进行二次搅拌以实现均匀化灌装,螺旋下料机构的作用是将颗粒态物料通过螺旋叶片送进量杯内。储油装置的作用一方面是将分离机构分离出来的油液存储起来,另一方面为在线补油装

基金项目:贵阳市科技重大专项计划项目(编号:[2013401]3)

作者简介:龙飞帆,男,贵州省林业学校助教,硕士。

通信作者:李荣隆(1963—),男,贵州大学教授。

E-mail: 2701901389@qq.com

收稿日期:2020-03-08

置供油。固体定量装置由旋转机构、量杯机构和气动推料机构组成,旋转机构的旋转间歇时间(每个量杯的灌装时间)为3 s,量杯机构上设有6个可调式量杯孔和一个余料刮板,搅拌下料装置下料口处设有光电传感器1用于检测下料口处是否有空量杯,当有量杯经过下料口时,光电传感器将检测到信号反馈给PLC控制器,PLC根据检测信号控制螺旋下料电机是否下料。下料完成后旋转机构继续旋转进行下一个量杯的灌装,余料刮板将超出量杯口的颗粒物料刮入余料槽,进行物料的回收再利用。气动推料棒用于将量杯中的物料推送到空料瓶中。输送装置用于料瓶输送,由2条链板输送带、1个气动挡瓶装置、1个气动隔瓶装置和1个气动推瓶装置组成。灌装机启动,输送带1也跟着启动,挡瓶器伸出,输送带1的料瓶灌装口处设有光电传感器2,用于检测是否有载料瓶经过料瓶灌装口,当有载料瓶经过此处时,光电传感器2将检测到的信号反馈给PLC控制器,PLC根据检测信号控制挡瓶气缸,使挡瓶器复位,载料瓶就会在输送带1的作用下经过隔瓶器。隔瓶器处设有光电传感器3,用于计算经过隔瓶器的载料瓶数,当计数达到4后传感器会将信号反馈给PLC控制器,PLC通过控制隔瓶气缸,使隔瓶器伸出,以阻止其他载料瓶继续通过,紧接着推瓶器伸出,将载有物料的4个瓶子推上输送带2进行在线油料补偿。在线补油装置由称量台、注油阀、接油盘组成。载料瓶被推上输送带2后,接油盘立即缩回,灌装阀打开进行注油,当料瓶总重达到设定值后,灌装阀关闭,接油盘、隔瓶器复位,输送带2启动将灌装完成的料瓶送出,自动灌装完成。

2 油辣椒自动灌装机控制系统方案设计

2.1 总体方案设计

根据油辣椒物料的物理特性及灌装机的的工作原理,

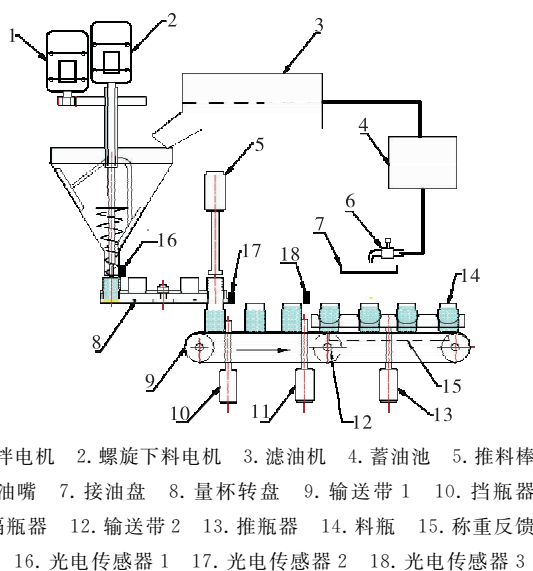


图1 灌装机结构示意图

Figure 1 Structural diagram of filling machine

要求该控制系统能够实现以下功能:① 能够实现油辣椒物料固液分离、颗粒物料的灌装、料瓶输送、油液补偿、计量及各个灌装动作准确有序执行;② 该控制系统能够实现灌装瓶数、灌装重量等的计量和显示;③ 设备在运行期间,该控制系统能够实时监控其运行状况,设备运行出现故障时能够及时停车和报警,并对故障码进行锁存。

于是试验控制方案在下料装置和量杯旋转装置部分采用半闭环伺服驱动控制系统,在灌装的第二个环节在线补油部分加入称重反馈装置,使整个灌装过程成为一个闭环控制,从而实现对最终灌装质量进行精确控制。其总体控制方案如图2所示。

2.2 控制系统硬件组成

在灌装机控制系统设计过程中,考虑到灌装机各执行机构动作之间配合度要求高、传感器多、干扰大^[7],而PLC具有稳定性高、抗干扰能力强、结构小巧,并且能够适用复杂的工业环境^[8-10],因此采用PLC作为其核心工业控制器,该控制系统的主要硬件组成如图3所示。

该控制系统采用信捷XC5系列的可编程控制器。通过光电传感器实现物料检测、料瓶检测、料瓶计数等;采用称重模块可以实现油液在线定量补偿和反馈;通过电磁阀组控制下料气缸、挡瓶气缸、隔瓶气缸及注油头等;通过伺服驱动器控制伺服电机实现下料和量杯转盘的旋转;通过变频器控制变频电机实现物料均匀搅拌和料瓶输送;通过人机界面可以实现操作员对系统进行参数设置和实时监控。

2.3 控制系统软件设计

该控制系统主要完成油辣椒物料的分离、搅拌、下料、颗粒物料定量、颗粒物料灌装、料瓶输送及在线补油

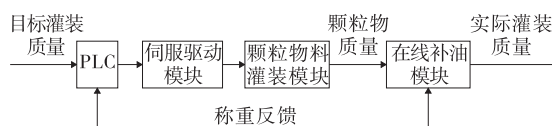


图2 灌装总体控制方案

Figure 2 Overall control scheme of filling

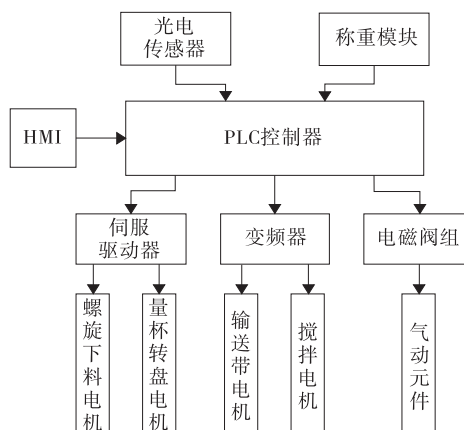


图3 控制系统硬件组成

Figure 3 Hardware composition of control system

等生产工艺的控制,系统设计采用运动控制和逻辑控制相结合,各工艺流程信号不能出现干扰^[7],其控制程序流程图如图 4 所示。油辣椒灌装机软件部分由初始化模块、手动灌装模块、自动灌装模块、急停模块组成。初始化模块主要用于对油辣椒灌装机控制系统进行状态复位和数据清零等。手动模块主要用于灌装机调试,可以单独控制各执行机构运动,便于灌装过程的及时调整和停机调试。自动模块作为自动控制系统软件的核心模块,通过触摸屏将相关参数信息传给 PLC,PLC 控制各电机和气缸运动,从而自动实现整个灌装工艺过程。急停模块主要用于灌装机运行过程中出现突发紧急情况时,通过按下急停按钮使系统会立即停止运行,而当故障清除急停按钮复位后系统会继续执行灌装过程。

用户界面(HMI)作为操作员和系统之间进行信息交互的媒介,由硬件和软件两部分组成,操作员可以通过用户界面实现对控制系统的运行状况进行实时跟踪监控和管理,对工艺参数进行设置、修改和调整。考虑到操作简易性和实用性等,用户界面采用液晶触摸屏。触摸屏界面分为操作画面、参数设定画面和警告提示 3 部分,其中操作画面包括自动控制画面和手动控制画面,触摸屏画面如图 5 所示。

3 油辣椒灌装试验

为了验证前面所设计的控制系统能否满足实际灌装需求,项目组按照设计要求对其进行了现场灌装来验证该控制系统的稳定性和灌装精度。以某品牌油辣椒系列产品中的 210,220,280 g 瓶装香辣脆为灌装对象进行灌装试验,从 60 瓶样品中随机抽取 24 瓶,用时约 3 min

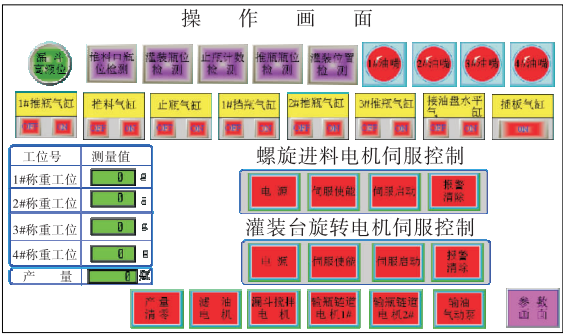


图 5 触摸屏画面

Figure 5 Touch screen

30 s。该系列产品要求灌装速度在 360~500 瓶/h,灌装精度在 $\pm 3\%$,油辣椒中固体颗粒含量不低于 60%,灌装温度在 60~80 ℃。灌装结果见表 1。对于 24 瓶样品的平均固体含量百分比约为 63.6%,灌装合格率为 100%,平均灌装速度约为 411 瓶/h。灌装试验结果表明,试验所设计的控制系统的稳定性较好。

表 1 不同规格瓶装油辣椒灌装试验表

Table 1 Filling test table of different specifications of bottled oil and chilli

规格/ g	固体 含量/g	液体 含量/g	净重量/ g	固体百分 含量/%
210	129.3	78.4	207.7	62.3
	132.3	75.8	208.1	63.6
	131.2	77.6	208.8	62.8
	133.4	74.2	207.4	64.3
	136.2	75.4	211.6	64.4
	134.1	76.2	210.3	63.8
	130.4	76.6	207.0	63.0
	132.6	77.2	209.8	63.2
220	136.5	82.3	218.8	62.4
	138.7	83.4	222.1	62.4
	137.2	80.9	218.1	62.9
	136.5	82.5	219.0	62.3
	138.4	80.4	218.8	63.3
	136.8	81.2	218.0	62.8
	141.2	79.8	221.0	63.9
	143.1	78.6	221.7	64.5
280	179.2	99.8	279.0	64.2
	178.5	104.2	282.7	63.1
	179.2	102.4	281.6	63.6
	181.5	96.5	278.0	65.3
	182.4	98.3	280.7	65.0
	180.1	98.9	279.0	64.5
	178.2	99.8	278.0	64.1
	181.6	100.4	282.0	64.4

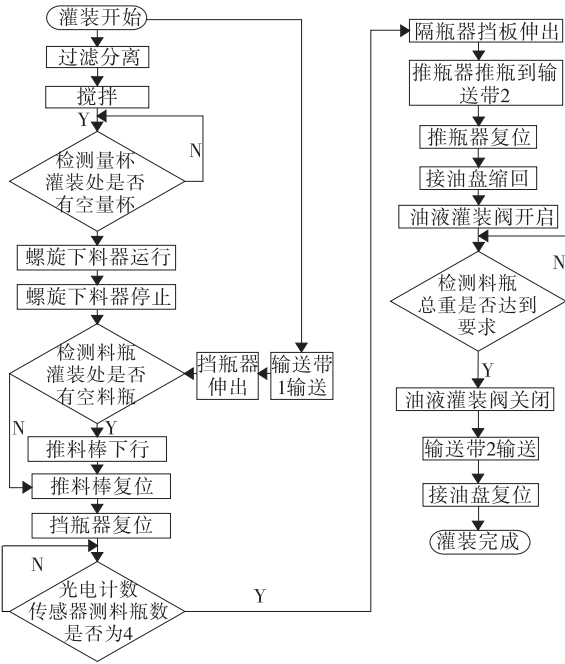


图 4 控制程序流程图

Figure 4 Flow chart of control procedure

(下转第 174 页)

对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草杆菌和四联球菌的 MIC 值分别为 1.250, 1.250, 2.500, 5.000 mg/mL, 说明桦菌芝多糖对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌作用最强, 对四联球菌的抑菌活性最弱; 桦菌芝多糖的抑菌活性随浓度的增大而增强。后续可通过一定的分离纯化手段, 得到准确的多糖 MIC 值。

3 结论

利用水提取乙醇沉淀法对桦菌芝多糖进行了提取及初步分离, 研究了桦菌芝多糖的抗氧化和抑菌活性。结果表明, 桦菌芝多糖对 DPPH 自由基和 ABTS 自由基均具有清除作用, 且其清除能力与多糖浓度呈显著正相关, 说明多糖是桦菌芝的主要抗氧化活性成分。体外抑菌试验显示, 桦菌芝多糖对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草杆菌、四联球菌具有不同程度的抑制作用, 其中对大肠杆菌的抑制作用最强。后续将对桦菌芝多糖进行进一步的分离纯化, 以得到明确的抗氧化、抑菌活性成分, 为桦菌芝多糖的深入研究利用, 以及将其开发成为天然抗氧化剂和抑菌剂方面提供依据。

参考文献

- [1] 张艳华. 桦菌芝抗肿瘤研究及其机制探讨[D]. 西安: 陕西师范大学, 2015: 30.
- [2] 黑育荣, 彭修娟, 杨新杰. 桦菌芝化学成分及药理活性研究进展[J]. 农产品加工, 2019, 17(16): 71-72.
- [3] 王世龙. 桦菌芝多糖对 H22 小鼠瘤组织中 Bax、Bcl-2 的影响[D]. 哈尔滨: 黑龙江中医药大学, 2013: 22-23.
- [4] 齐彦, 王瑶, 郭丽新, 等. 桦菌芝多糖的抗突变作用研究[J]. 中医药信息, 2011, 28(1): 21-23.
- [5] 张文晋, 王升, 黄璐琦, 等. 中药多糖质量评控方法探析[J/OL]. 中国中药杂志. (2020-03-03) [2020-03-06]. <https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjcmm.20200229.201>.

(上接第 116 页)

4 结论

利用 PLC 控制技术, 结合多颗粒态油辣椒物料的物理特征和企业实际灌装工艺要求, 研制出了新一代油辣椒灌装机控制系统, 该控制系统灌装合格率为 100%, 平均灌装速度约为 411 瓶/h, 平均固体含量约为 63.6%, 能够很好地实现多颗粒态油辣椒物料的高速、精确自动化灌装, 满足了企业的生产需求, 且具有良好的通用性与经济性。

参考文献

- [1] 李玉琳. 灌装机控制系统及关键技术研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010: 22-62.
- [2] 黄小兰. 基于 PLC 的旋转型灌装机控制系统研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2012: 9-18.
- [3] 杨政通, 李少波, 何玲, 等. 颗粒黏稠物料自动灌装机控制

- [6] 周欣, 付志飞, 谢燕, 等. 中药多糖对肠道菌群作用的研究进展[J]. 中成药, 2019, 41(3): 623-627.
- [7] 张彦洁, 章丽雅, 吴菁, 等. 糖生物学与免疫调控的病生理意义及进展[J]. 生命科学, 2013, 25(1): 20-27.
- [8] 孟祥云, 汪永峰, 杨丽霞, 等. 中药多糖抗氧化作用及其机制研究进展[J]. 中华中医药杂志, 2018, 33(8): 3 504-3 509.
- [9] 周云冬. 植物提取物抑菌活性及抑菌机理[D]. 无锡: 江南大学, 2019: 11-12.
- [10] 陈胜发, 彭修娟, 顾国强, 等. 响应面法优化桦菌芝多糖的超声辅助提取工艺[J]. 化学与生物工程, 2018, 35(10): 31-35.
- [11] 刘婷. 胡桃醌的抗氧化、抑菌活性及抑菌机理研究[D]. 临汾: 山西师范大学, 2018: 8-9.
- [12] 刘胜帅, 薛楠楠, 段银祥, 等. 绿花白千层叶油的 GC-MS 分析及其体外抑菌、抗炎活性研究[J]. 中国药学杂志, 2019, 54(16): 1 292-1 298.
- [13] 尹显楼, 詹济华, 谭洋, 等. 铁苋菜不同极性萃取物的抗氧化及抑菌活性研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(6): 172-176.
- [14] 许海燕, 李亚玲, 彭修娟, 等. 秦岭龙胆挥发油成分分析及抗氧化活性研究[J]. 中药新药与临床药理, 2019, 30(1): 106-109.
- [15] 吴永祥, 程满怀, 江海涛, 等. 白及萃取物的抑菌活性及其二氯甲烷萃取物化学成分分析[J]. 食品与机械, 2017, 33(12): 76-79.
- [16] 延永, 李玉萌, 张亦琳, 等. 红薯叶总黄酮的提取工艺优化及其抑菌、抗氧化活性研究[J]. 广西林业科学, 2018, 47(3): 311-315.
- [17] YANG Hui, HUA Jun-li, WANG Chuang. Anti-oxidation and anti-aging activity of polysaccharide from Malus micromalus Makino fruit wine[J]. Int J Biol Macromol, 2019, 121: 1 203-1 212.

系统研究[J]. 食品机械, 2016, 37(7): 234-236.

- [4] 孙国梁. 油制辣椒自动灌装机设计与研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2015: 49-63.
- [5] 张沂阳. 油制辣椒灌装机控制系统的设计[D]. 贵阳: 贵州大学, 2015: 42-63.
- [6] 胡飞, 彭秀英, 李荣隆. 油性多颗粒态物料自动灌装机控制系统的研究[J]. 制造业自动化, 2014(20): 97-99.
- [7] 胡飞. 自动灌装机输送机构及控制系统的研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2015: 61-82.
- [8] 阮友德. PLC、变频器、触摸屏综合应用实训[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009: 1-2.
- [9] 刘明. PLC 在工业自动化控制中的应用[J]. 江苏科技信息, 2014(11): 40-41.
- [10] 廖常初. PLC 编程及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013: 1-3.