

机械装甑布料控制系统 PLC 设计

Design of mechanical steaming bucket feeding control system based on PLC

李 宏 花 勇

LI Hong 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:基于机器视觉的装甑布料系统,设计装甑布料的 PLC 控制系统,实现装甑执行机构模拟人工装甑见湿盖料,在甑桶内自主选择撒料区域的上甑效果,完成 PLC 现场控制软硬件设计。试验结果表明,装甑操作简洁方便、安全可靠、故障率低,可大幅度减少人工劳动量,满足装甑生产工艺要求。

关键词:机器视觉;装甑布料;控制系统

Abstract: Designed a PLC control system of steaming bucket feeding based on the machine vision. The feeding system can realize the artificial simulation of feeding steaming bucket when fermented grains get wet. The result indicates that this kind of operation control system is easy, safe and reliable, with low failure rate. It can greatly reduce the manual labor, and satisfies the requirements of production technology.

Keywords: machine vision; steaming bucket feeding; control system

在固态发酵酿酒的生产过程中,从古至今一直沿用甑桶这一蒸馏设备。甑桶不同于世界上其他国家的酒蒸馏器,是根据中国独特的固态发酵酿酒工艺发明的。随着技术进步甑桶由小变大,从天锅演变到今天的 stainless steel 甑桶,蒸汽供热、列管式冷凝接酒,活动甑底半自动卸料等^[1],但其间隙式装甑的操作要求未变。现有的酒醅上甑布料器、半自动装甑机均为连续装甑,不能模拟人工操作的技法,保证蒸馏、糊化、出入池参数的要求,原酒质量难以保证,出酒率也不高。

在装甑过程中,甑底通有蒸汽,虽然要求上甑时一层层均匀疏松地铺撒酒醅,铺撒过程中做到既不跑气又不压气。

基金项目: 2014 年淮安市应用研究与科技攻关项目(编号: HAG2014020); 淮安市“533 英才工程”学术技术骨干人才培养项目(编号: 淮人办[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: 2014-11-25

但由于铺撒时蒸汽压力分布和酒醅料间隙不完全一致,难免会出现个别区域走气快于其他区域,出现“跑气”现象。对“跑气”部位如不及时补料,将影响装甑质量,降低出酒率及酒的品质,严重时还会出现大量蒸汽集中在某处穿透酒醅料层的“穿甑”事故。上甑好,则出酒率高、酒尾率低、产品质量好。如果装甑布料控制得不好,同样的酒醅蒸馏出的原酒产量可相差 10%,质量可相差一个等级^[2]。笔者^[3]前期设计开发了一种基于机器视觉的装甑布料系统,用红外热成像技术引导装甑机器人。装甑执行机构固定在川崎机器人手臂的末端,并安装接近感应开关,由上料机构进行供料。通过在甑桶上方安装热成像仪,用人工装甑经验建立模型,将热成像仪检测到的图像数据,自动转化为装甑机器人的控制参数,达到“轻撒匀铺、探气上甑”的上甑效果,实现智能装甑布料^[3]。

本研究拟基于机器视觉的装甑布料系统,利用 PLC 功能全面、编程方便,可靠性高、抗干扰能力强,易于安装调试与维修等特点^[4],设计机械手装甑布料的 PLC 控制系统,以期实现装甑执行机构模拟人工装甑见湿(气)盖料,在甑桶内自主选择撒料(补料)区域,完成 PLC 现场控制软硬件设计^[5,6]。

1 机械装甑布料工艺要求

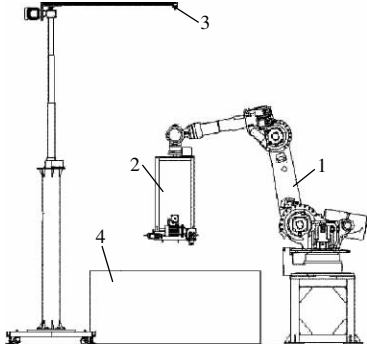
甑桶是上口直径约 2 m,底口直径约 1.8 m,高 1 m 左右的圆锥台形蒸馏器;用多孔蓖子与下部加热器相隔,上部分活动盖与冷却器相连。根据装甑工艺要求,上甑前放干底锅水,检查甑底,使甑底穿孔率达到 100%。在酒甑底部撒上少许谷壳,铺上 2 层酒醅(约 5 cm 厚),打开蒸汽阀门,检查气压值,待蒸汽冒出醅面,边通蒸汽边铺料。装甑时按照“轻、松、薄、匀、平、准”进行上甑操作,按 40 层布料,每层铺料厚度控制在 2~3 cm,轻撒匀铺、见气上甑、上平上匀、铺满甑

桶。上甑结束后，检查上气是否正常，盖好甑盖对接蒸馏导管，向甑边水槽注水开气蒸馏。

2 机械装甑布料控制系统的硬件设计

2.1 基于机器视觉的装甑布料系统

基于机器视觉的装甑布料机由装甑机器人、机器视觉系统、上料机构、控制机构几部分组成，见图 1。装甑机器人包括多关节机器人^[7]及装甑执行机构，装甑执行机构固定在多关节机器人手臂的末端，并安装接近感应开关，由上料机构进行供料。



1. 装甑机器人 2. 装甑执行机构 3. 装甑视觉系统 4. 甑桶

图 1 基于机器视觉的装甑布料系统

Figure 1 Steaming bucket feeding system based on machine vision barrel

装甑机器人视觉系统包括红外热像仪、旋转装置、升降架和底座。升降架安装在底座上，旋转装置的一端安装在升降架顶部，另一端安装红外热像仪。利用红外热像仪对甑桶内料面的温度及高度进行实时监控，当酒醅料冒气时，对冒气位置进行及时、准确定位^[8]，并反馈给装甑机器人，使装甑机器人实施见湿盖料，有效控制冒气点。同时红外热像仪还能实时监控甑桶内料面的高度，装甑机器人每铺完一层料，升降架带动红外热像仪上升，使红外热像仪与甑桶内料面始终保持恒定的距离，保证红外热像仪能够对全部的料面进行实时监控^[9,10]。

装甑执行机构上的接近感应开关将红外热像仪采集的输出信号，输入到控制机构的工控机；控制单元又将收到的工控机输出指令，转换为控制信号，输出至多关节机器人和装甑执行机构，以及为装甑执行机构供料的上料机构，执行上料、铺料、补料等规定动作。

2.2 机械手装甑布料控制流程设计

将机器人手臂末端的装甑执行机构移到甑桶正上方，按照设定的参数进行按层铺料。机械手装甑布料时，是将甑桶内的料面划分为 11 个面积基本相等的区域进行的，见图 2。装甑时先在酒甑底部撒上少许谷壳，为 11 个区域铺上 2 层酒醅后（约 5 cm 厚），打开蒸汽阀门，边通蒸汽边撒料。同时触发信号，红外热成像仪对撒料的 11 个区域表面温场分布

情况进行检测，通过对获取的温度分布场进行数据滤波、映射变换和二值化处理，得到 11 个局部区域的特征参数灰度值，将特征参数的灰度值与常态阈值的像素比较，根据像素点之间的位置关系，得到“跑气”区域即应补料区域的编号，装甑补料处理流程见图 3。通过机器人装甑执行机构的回转速度，补料区域的编号以及补偿时间参数来计算放料时段，PLC 根据放料时段控制机器人装甑执行机构进行补料操作，来有效控制“跑气”现象。

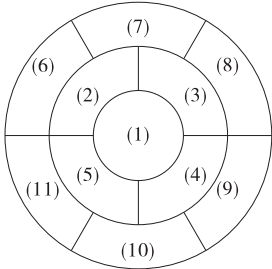


图 2 机械装甑布料区域划分

Figure 2 Region division of steaming bucket feeding

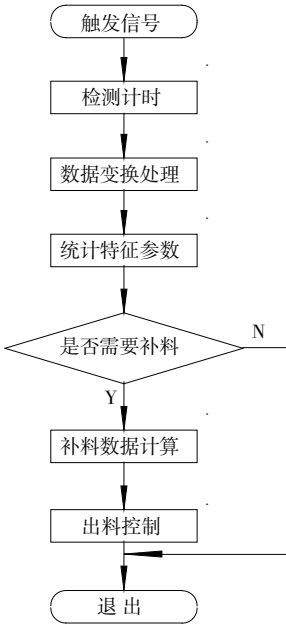


图 3 装甑补料处理流程

Figure 3 Processing flow of steaming bucket feeding

当下层的醅料要开始汽化时，再铺上一层（11 个区域）新的醅料（即探气上甑），并进行补料处理。使上层新的醅料与下层醅料汽化后的酒气进行冷热交换，当上一层新的醅料要进行部分汽化、冷凝时，又被新的一层醅料所覆盖。如此反复每次铺一层料，酒醅厚度控制在 2~3 cm，再进行补料，直至 40 层醅料装满甑后，装甑控制机构自动统计“跑气”区域补料的次数，并对 11 个区域最后进行补料找平。机械手装甑的操作方式分为手动和自动两种，手动方式一般用于调试维修时使用，见图 4。

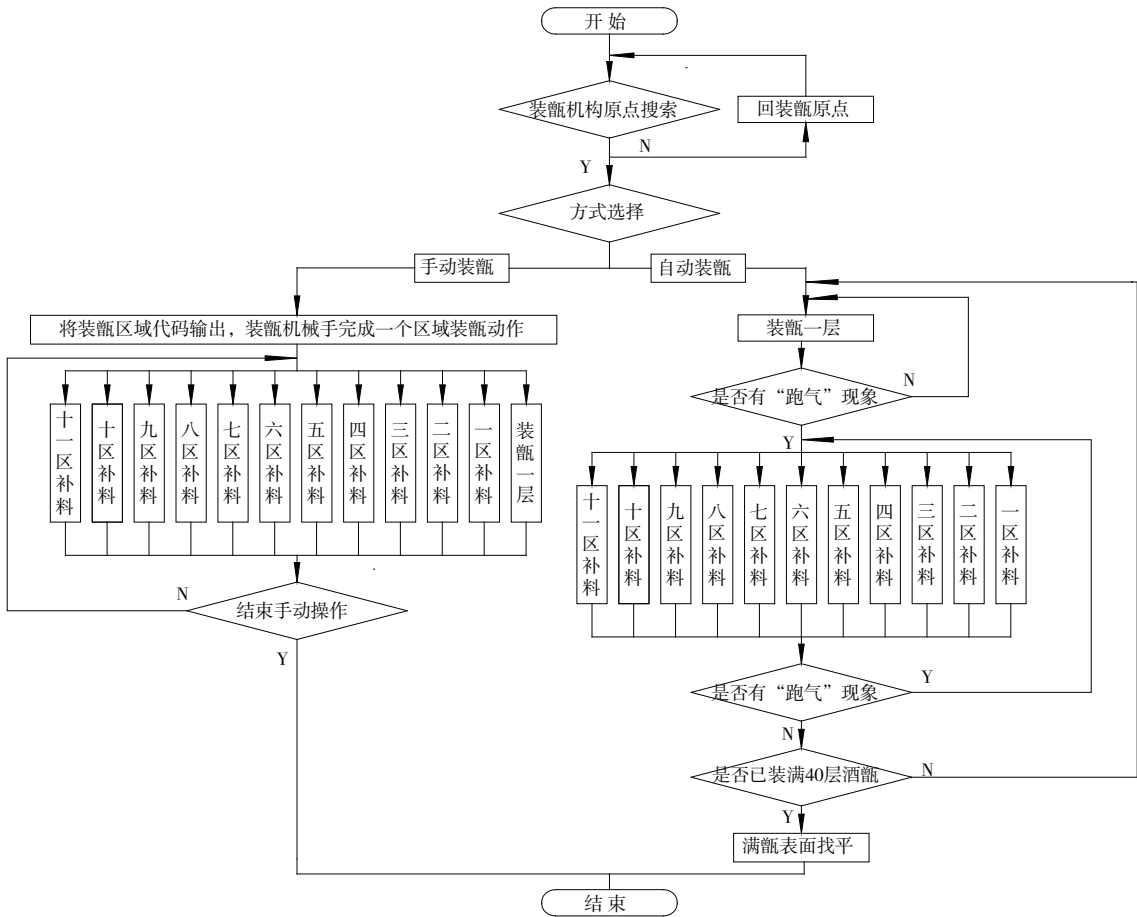


图 4 装甑布料控制流程图

Figure 4 Control flow of steaming bucket feeding

2.3 机械装甑布料控制系统的硬件设计

根据装甑布料机械手的工作要求及运动规律,机械装甑布料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 点地址分配等。

2.3.1 确定 PLC 的 I/O 点个数 控制装甑布料机械手的 PLC 有以下输入信号:启动、复位和停止按钮,用于不同装甑操作方式的 1 个手动/单层连续/自动连续旋动开关,在机械手手动运行时对应 11 个区域的 11 个补料按钮。单层连续/自动连续运行时,对应单层区域及 11 个补料与补料结束传感器发出的 12 个信号。12 个分别用来检测机械手伸缩、转动及其极限,2 个装甑料斗高低料位信号,1 个单层布撒料层高位信号,1 个布撒料“跑气”温度限位信号,所有输入端信号为 45 个。

PLC 的输出信号为:2 个用来显示装甑工作状态的开始、复位信号指示灯,1 个手动运行指示灯、1 个单层连续运行指示灯、1 个自动连续运行指示灯与 2 个报警指示灯(装甑“跑气”、料仓缺料),1 个用于单层区域布料及 11 个区域补料的接触器,3 个用来料斗补料及开关门的输出信号,6 个分别用于机械手伸缩、转动的输出信号,所有输出端信号为 17 个。

2.3.2 确定 PLC 的型号 考虑到机械装甑布料控制系统的经济性、复杂性、可靠性及实际需求等综合因素,同时机械装甑布料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,故选择 S7-200 CPU226,并对 PLC 进行扩展。选择一个 EM223(16×I,8×O)和一个 EM221(8×I)扩展模块,总共计有 50 个输入和 24 个输出,可满足装甑布料控制系统要求。

2.3.3 I/O 分配表 根据 PLC 型号对输入输出点进行分配,I/O 分配结果见表 1、2。

3 试验研究

对机械装甑布料控制系统进行软件设计与调试运行,根据 I/O 地址分配表,编写机械手 PLC 控制程序,见图 5。

根据机械装甑布料运行要求,按启动按钮 SB1,I0.0 闭合,Q0.1 得电自锁,KM1 得电,电动机 M 正转带动装甑机械手运行到甑桶的正上方回装甑原点 SQ1 处,I0.1 失电。旋动开关 SP1 手动运行,M0.0 和 Q0.2 得电完成单层连续装甑。装甑机械手铺撒第 n 层酒甑(从 1~11# 区域,图 2),通入蒸汽,旋动开关 SP1 启动自动连续装甑程序,铺撒第 $n+1$ 层酒甑(从 1~11# 区域),由热成像仪检测到的图像数据,判断第 $n+1$ 层酒甑后是否有“跑气”,是 1~11# 区域中第几# 区域“跑气”需要补料(11 个区域漏气只要有一个区域漏气,I5.4 都会得电),并自动启动相关区域的补料接触器。如没有“跑气”现象,当第 $n+1$ 层甑料要进行部分汽化、冷凝时,

表 1 输入单元分配表

Table 1 Allocation table of the input unit

名称	功能说明	地址	名称	功能说明	地址
启动按钮 SB1	装甑机械手启动	I0.0	行程开关	装甑机械手正转限位	I2.7
复位按钮 SB2	装甑机械手复位	I0.1	行程开关	装甑机械手反转限位	I3.0
停止按钮 SB3	装甑机械手停止	I0.2	行程开关	装甑机械手上升限位	I3.1
旋动开关 SP1	手动运行装甑	I0.3	行程开关	装甑机械手下降限位	I3.2
旋动开关 SP2	单层连续装甑	I0.4	行程开关	装甑机械手伸出限位	I3.3
旋动开关 SP3	自动连续装甑	I0.5	行程开关	装甑机械手缩回限位	I3.4
手动补料按钮	1#区域手动补料	I0.6	传感器 11	1#区域启动补料起始限位	I3.5
手动补料按钮	2#区域手动补料	I0.7	传感器 12	2#区域启动补料起始限位	I3.6
手动补料按钮	3#区域手动补料	I1.0	传感器 13	3#区域启动补料起始限位	I3.7
手动补料按钮	4#区域手动补料	I1.1	传感器 14	4#区域启动补料起始限位	I4.0
手动补料按钮	5#区域手动补料	I1.2	传感器 15	5#区域启动补料起始限位	I4.1
手动补料按钮	6#区域手动补料	I1.3	传感器 16	6#区域启动补料起始限位	I4.2
手动补料按钮	7#区域手动补料	I1.4	传感器 17	7#区域启动补料起始限位	I4.3
手动补料按钮	8#区域手动补料	I1.5	传感器 18	8#区域启动补料起始限位	I4.4
手动补料按钮	9#区域手动补料	I1.6	传感器 19	9#区域启动补料起始限位	I4.5
手动补料按钮	10#区域手动补料	I1.7	传感器 110	10#区域启动补料起始限位	I4.6
手动补料按钮	11#区域手动补料	I2.0	传感器 111	11#区域启动补料起始限位	I4.7
正转按钮	装甑机械手正转按钮	I2.1	传感器 1	1~11#区域补料终点限位	I5.0
反转按钮	装甑机械手反转按钮	I2.2	传感器 2	装甑料斗低料位限位	I5.1
上升按钮	装甑机械手上升按钮	I2.3	传感器 3	装甑料斗高料位限位	I5.2
下降按钮	装甑机械手下降按钮	I2.4	传感器 4	单层布撒料层高限位	I5.3
伸出按钮	装甑机械手伸出按钮	I2.5	传感器 5	单层布撒料“跑气”温度限位	I5.4
缩回按钮	装甑机械手缩回按钮	I2.6			

表 2 输出单元分配表

Table 2 Allocation table of the output unit

名称	功能说明	地址	名称	功能说明	地址
指示灯	启动信号指示灯	Q0.0	电磁阀	装甑机械手上升电磁阀	Q1.0
指示灯	复位信号指示灯	Q0.1	电磁阀	装甑机械手下降电磁阀	Q1.1
指示灯	手动运行装甑指示灯	Q0.2	电磁阀	装甑机械手伸出电磁阀	Q1.2
指示灯	单层连续装甑指示灯	Q0.3	电磁阀	装甑机械手缩回电磁阀	Q1.3
指示灯	自动连续装甑指示灯	Q0.4	电磁阀	装甑料斗补料	Q1.4
指示灯	料仓缺料报警指示灯	Q0.5	电磁阀	打开料仓门	Q1.5
接触器	装甑机械手正转电磁阀	Q0.6	电磁阀	关闭料仓门	Q1.6
接触器	装甑机械手反转电磁阀	Q0.7	电磁阀	执行布料(补料)程序	Q1.7
指示灯	装甑“跑气”指示灯	Q2.0			

热成像仪检测到的图像数据自动启动第 $n+2$ 层酒醅(从 1~11#区域)铺撒程序。如此反复直至布料结束。

试验结果证明,选用川崎机器人 ZXI30LFD42,用 PLC 控制装甑布料系统,设置手动控制和自动控制两种装甑方式,按 40 层布料铺满甑桶,在 2.5 m 范围内装甑时,铺料补料定位精度可达±3 mm。装甑操作简洁方便、安全可靠、故障率低,可大幅度减少人工劳动量,满足装甑生产工艺要求。

4 结论

大曲酿酒工艺为中国传统、独特的固态发酵酿酒工艺,

由于酒醅粘湿度很大,上甑要求又高,目前中国酒厂尚无成功使用连续上料、间隙式装甑的上甑设备。本研究基于机器视觉的装甑布料系统,设计了装甑布料机的 PLC 控制系统,完成了 PLC 现场控制软硬件设计。较好地解决了现有装甑装置不能实现定量出料、均匀布料、间隙装甑、见湿(气)盖料,容易出现气道堵塞、压气不能满足装甑工艺要求中的控制系统问题,实现了装甑执行机构模拟人工装甑见湿盖料,在甑桶内自主选择撒料区域的上甑效果,具有一定的应用价值。

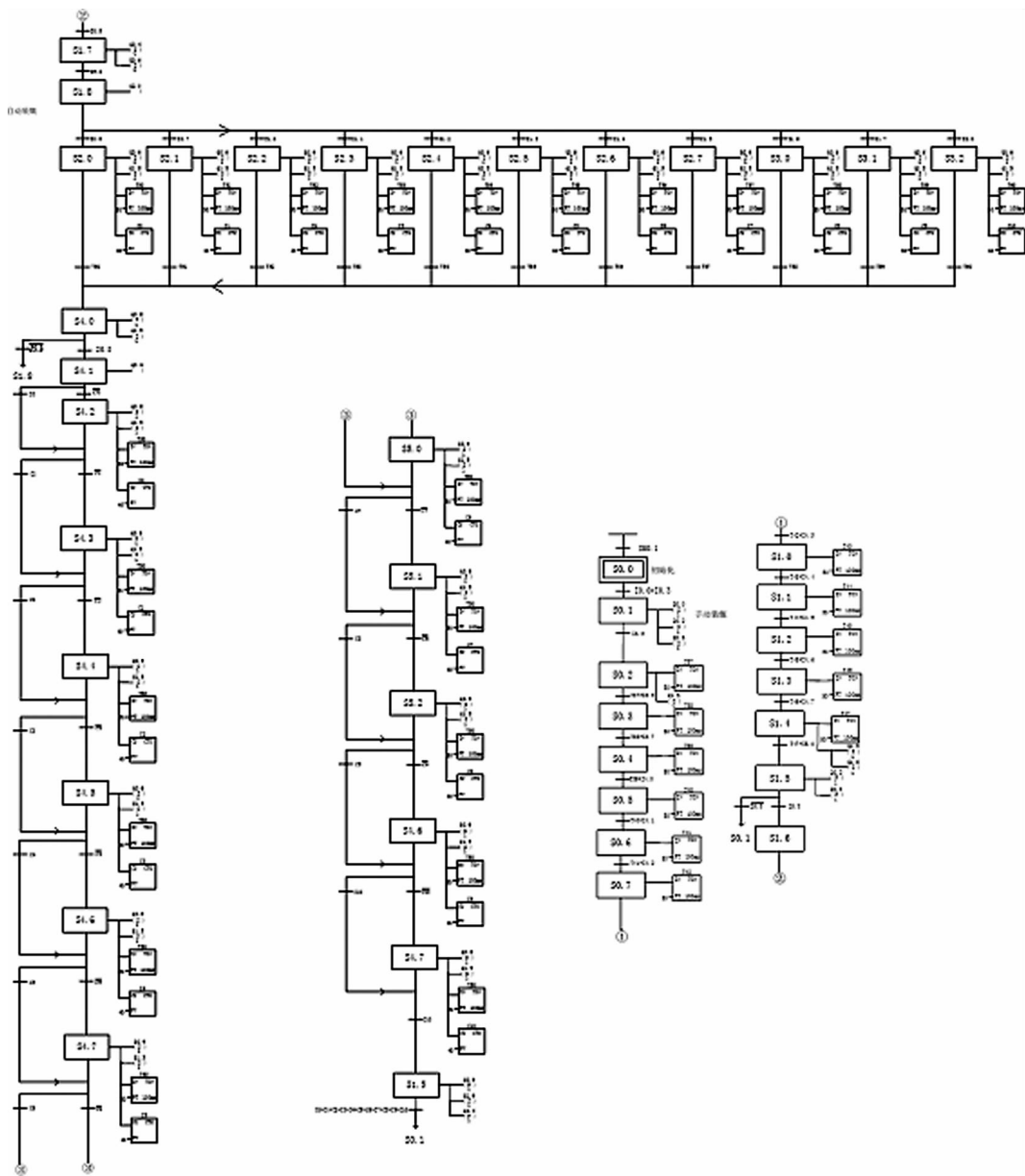


图 5 装甑布料控制程序
Figure 5 Control program of steaming bucket feeding

参考文献

1 张志民,吕浩,张熹行.衡水老白干酿酒机械化自动化的设想和初步试验[J].酿酒,2011(1):19~23.

2 杨平,涂荣坤,钱志伟,等.甑桶醋层高度及结构设计对蒸馏效率及酒质的影响研究[J].酿酒科技,2012(10):94~98.

3 李宏,马光喜.基于机器视觉的装甑布料系统设计[J].酿酒科技,2014(12):74~76

4 田淑珍. S7-200PLC 原理及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2010.

5 邵忠良.基于 PLC 的 FFS 包装机移动平台设计及控制系统实现[J].食品与机械,2013,29(3):157~160.

6 洪冠,赵茂程.基于 PLC 的肉碎骨图像采集控制系统设计[J].食品与机械,2011,27(1):74~77.

7 吕景泉,汤晓华.机器人技术应用[M].北京:中国铁道出版社,2011.

8 周其显.苹果早期机械损伤的红外热成像检测研究[D].江西:华东交通大学,2011.

9 吴玉鹏.红外热像仪智能数字监控系统的研究[J].中国高新技术企业,2014(16):24~26.

10 严国莉,赵庆国.浅析红外热成像技术在窑炉检测中应用[J].分析仪器,2014(4):43~45.