

基于 LabVIEW 和 Arduino 的茶叶红外杀青机 控制系统设计

Design of control system for cylinder of tea green-removing machine using
infrared source based on LabVIEW and Arduino

虞文俊¹ 熊爱华¹ 刘仲寿¹ 裴刚¹ 罗斌¹

YU Wen-jun¹ XIONG Ai-hua¹ LIU Zhong-shou¹ PEI Gang¹ LUO Bin¹

金山峰¹ 黄超强¹ 杨普香² 吴瑞梅¹

JIN Shan-feng¹ HUANG Chao-qiang¹ YANG Pu-xiang² WU Rui-mei¹

(1. 江西农业大学工学院, 江西 南昌 330045; 2. 江西省蚕桑茶叶研究所, 江西 南昌 330203)

(1. College of Engineering, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045, China;

2. Sericulture and Tea Research Institute of Jiangxi Province, Nanchang, Jiangxi 330203, China)

摘要:以 Arduino 为下位机, LabVIEW 为上位机, 开发了一套茶叶红外杀青机控制系统。由 LabVIEW 设计控制系统的前面板, 前面板上设计了温度、湿度和滚筒转速等控制按钮, 由 Arduino 采集滚筒内的温度、湿度和滚筒转速等参数, 上传至上位机 LabVIEW 进行分析处理, Arduino 根据处理结果控制红外管的开启、风扇电机的正反转和滚筒正反转及转速, 从而实现滚筒内温度和湿度的同时控制, 使杀青叶不会产生烧焦和闷黄等现象, 而滚筒正反转可使鲜茶叶杀青均匀。样机杀青实验验证结果表明, 系统运行稳定, 杀青均匀, 具有良好的杀青效果。

关键词: 茶叶杀青; 温湿度; 自动控制; LabVIEW; Arduino

Abstract: A control system for tea green-removing machine using infrared source was developed based on LabVIEW and Arduino, with the And Arduino as the the slave computer and LabVIEW as principal computer. The front panel of the control system was designed using LabVIEW. The control buttons of temperature, humidity and roller speed were designed on the front panel. First, the data of temperature, humidity in the roller and roller speed were collected by Arduino. Then, these data were uploaded to LabVIEW and were analyzed and processed by LabVIEW. According to the processing results, the opening and closing of infrared tube, the positive and

negative rotation of fan motor, the positive and negative rotation of the drum and the control of the drum rotation speed were automatically controlled by Arduino. And in this way, the temperature and humidity in the roller could be simultaneously controlled, so that the fresh tea leaves were not burned and heaped for yellowing. And the positive and negative rotation of the drum could ensure that the fresh tea leaves were killed evenly. The control system was used for tea green-removing in prototype. And the prototype test proved that the system was stable, and could achieve uniform and favorable effect of tea green-removing.

Keywords: tea green-removing; temperature and humidity; automatic control; LabVIEW; Arduino

杀青是绿茶初制加工的第一道工序, 也是影响绿茶品质的关键工序, 通过高温破坏和钝化鲜茶叶中氧化酶活性, 抑制鲜叶中茶多酚等成分的酶促氧化, 使鲜叶中大部分水分蒸发^[1]。茶叶杀青过程中温湿度控制大多由制茶师凭经验控制, 温湿度控制波动大, 易使鲜茶叶受热不均匀, 导致鲜叶杀青不匀透, 产生高温爆点、焦边、闷黄等现象, 严重影响茶叶品质。近来, 一些研究者开发茶叶杀青机控制系统以实现茶叶杀青过程参数的自动控制。葛良志等^[2]利用 PLC 开发板研发了茶叶滚筒杀青机温度控制系统。彭秀英等^[3]也利用 PLC 开发板研发了茶叶滚筒杀青机温度控制系统。PLC 开发板费用较高, 增加了装置的成本, 且上述研究只对单一杀青温度进行控制, 而滚筒内湿度过高, 会使杀青叶闷黄, 严重影响茶叶品质。因此, 滚筒内的温湿度同时控制才能更好保证茶叶品质。

基金项目: 江西省重点研发计划项目(编号: 20171ACF60004); 江西省茶叶产业技术体系(编号: JXARS-02)

作者简介: 虞文俊, 男, 江西农业大学在读硕士研究生。

通信作者: 吴瑞梅(1975—), 女, 江西农业大学教授, 博士。

E-mail: wuruimei@163.com

收稿日期: 2018-08-11

LabVIEW(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)是美国国家仪器公司开发的一种硬件软件化的检测仪器设计开发软件^[4],是一种图形化的编程语言和开发环境^[5],在该软件中调用相关函数,可完成数值分析、信号处理和设备驱动等功能,数据采集和处理能力功能强大,界面友好,常用于测量、控制仪器或系统组件的控制^[6-8]。Arduino是一个开源的单片机电子设计平台,使用简单、成本低、尺寸小,便于搭建各种控制平台,广泛应用于工业与农业机械控制领域^[9-11]。郭娟等^[12]以LabVIEW为上位机,Arduino为下位机,研发了一种羊只反刍行为的无线采集系统,该系统通过对羊只反刍信息进行实时采集、显示和存储等,实现了智能监测羊只反刍行为的功能,提高了羊只的生产能力和养羊业的经济效益。玄兆燕等^[13]运用LabVIEW和Arduino分别作为上、下位机,研发了农田环境信息采集系统,通过对光照度、空气温湿度、土壤湿度等进行快速采集、显示,为专家进行分析及决策提供了数据平台,可广泛应用于农业环境的采集。杨培刚^[14]以LabVIEW控制平台完成了大功率液压负载模拟试验,通过控制系统对压力、流量等的控制,实现了对挖掘机负载的模拟。徐旻晟等^[15]也基于LabVIEW平台设计开发了一套金枪鱼渔船超低温冷库制冷监控系统,实现了对数据的实时监测、显示、处理和保存等,该系统操作简单、运行稳定。

本研究拟采用LabVIEW为上位机,Arduino为下位机,开发茶叶红外杀青机控制系统,以实现杀青滚筒内温度、湿度和滚筒转速的同时控制。该系统由Arduino采集温度和湿度传感器信息,将采集数据上传至上位机LabVIEW进行显示、分析和处理后,再发送控制指令给Arduino,进而调整杀青滚筒内红外管工作的根数和排湿风扇的正反转,达到滚筒内温湿控制的目的。该系统通过控制滚筒的正反转,使鲜茶叶在滚筒内来回翻转及轴向运动,使鲜茶叶杀青均匀。

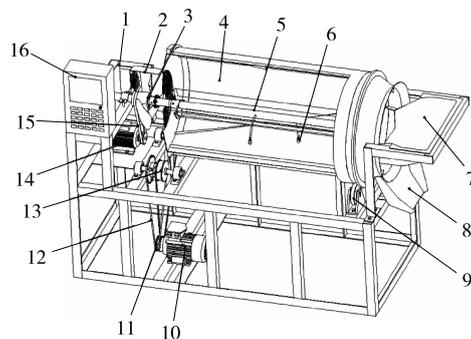
1 茶叶红外杀青机的总体结构及工作原理

1.1 总体结构

茶叶红外杀青机总体结构如图1所示。整个装置由机架、滚筒、红外加热系统、传感系统、驱动系统以及控制系统等组成。滚筒由托轮支撑在支架上,滚筒内壁焊接有螺旋叶片以输送鲜茶叶。红外加热系统由1根不锈钢空心管和2个半椭圆形法兰盘组成。不锈钢空心管悬挂于滚筒中心,2个半椭圆形法兰盘分别安装在空心管两端,法兰盘上开有5个通孔,红外辐射管安装在法兰盘的通孔中;法兰盘上半部固定有半圆弧不锈钢薄片,以防止鲜茶叶在滚筒内壁上升过程中掉在辐射管上而烧焦。在腔内空心轴部分钻2个小孔,红外传感器和温湿度传感器的接线从控制柜由空心轴穿过,悬挂在空心管上。鲜茶叶进料和出料在滚筒右端完成,由大电机的正反转驱动滚筒进行正反转运行,使鲜茶叶在滚筒内来回杀青。排湿风扇用螺栓安装在带轮上的右侧面,由带传动带动风扇的正反转。

1.2 工作原理

首先,在控制面板上设定滚筒内规定的杀青温度上下限



1. 机架 2. 风扇罩 3. 排湿风扇 4. 滚筒 5. 红外加热系统 6. 传感系统 7. 进料斗 8. 出料斗 9. 托轮 10. 大电机 11. 小链轮 12. 链条 13. 大链轮 14. 小电机 15. 皮带 16. 控制系统

图1 茶叶红外杀青机总体结构图

Figure 1 Schematic diagram of tea cylinder water-removing machine using infrared source

值、滚筒内杀青湿度上下限值和杀青时间。点击启动按钮,滚筒开始反向转动,自动开启红外管,将滚筒预热,当滚筒内当前温度值达到杀青温度时,将鲜茶叶倒入滚筒,鲜茶叶在滚筒内翻转并沿轴向前进,吸收红外辐射热量,进行杀青。当腔内温度超过杀青温度规定的上限值时,关闭其中的数根红外管,当腔内温度低于杀青温度规定下限值时,再次开启其中的数根红外管,保证腔内温度保持在上限值和下限值之间。鲜茶叶由滚筒的正反转在滚筒内来回运转,当滚筒内当前湿度值超过湿度规定上限值时,风扇反转,排出湿气,当低于湿度规定下限值时,风扇停止工作。工作到指定杀青时间后,滚筒反向转动,同时滚筒转速增大,风扇同时正转并加大转速,辅助杀青叶迅速出叶。

2 硬件电路设计

硬件系统由计算机、Arduino UNO开发板、固态继电器模块、交流接触器、max6675测温模块、Dht11温湿度传感器、电压放大模块、变频器等组成,硬件系统电路见图2所示。其工作原理如下:Arduino UNO开发板将采集到的温度、湿度信号传输给计算机,由LabVIEW程序进行显示、处理,处理后的结果再传输给Arduino UNO开发板,开发板输出控制信号控制继电器,继电器控制变频器和交流接触器的开闭,变频器控制电机的转速,来控制滚筒正反转、转速调节和排湿风扇正反转,交流接触器控制红外管的开停。

3 茶叶红外杀青机控制系统功能实现

本研究采用Arduino开发板为下位机、LabVIEW为上位机开发茶叶红外杀青机控制系统,利用LabVIEW完成控制系统的前面板和控制程序设计,具体实现功能如下:

(1) 杀青机的启动和停止,当杀青过程出现故障也可实现急停。

(2) 排湿风扇的正反转和急停。

(3) 自动完成杀青滚筒内温度和湿度的采集。

(4) 实时显示杀青滚筒内的温度和湿度值,并显示出滚筒内实时温度和湿度的波形图、历史温度和湿度的平均值、最大值和最小值。

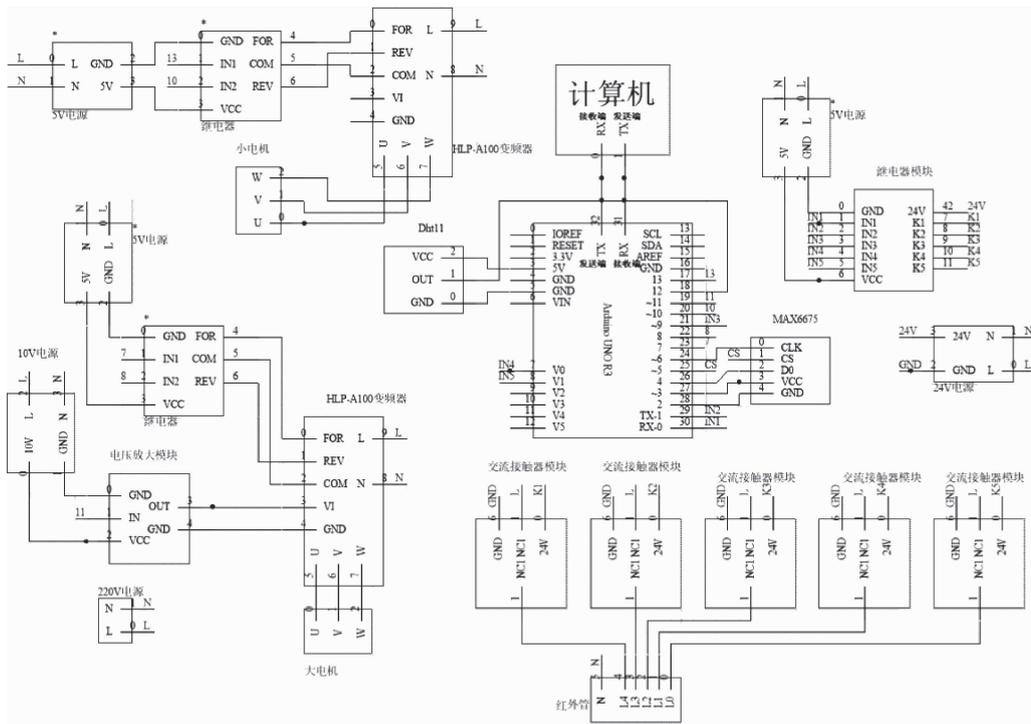


图 2 硬件电路原理图

Figure 2 Schematic diagram of hardware circuit

(5) 对比分析滚筒内实测湿度值与杀青湿度规定值的上限值和下限值,若实测湿度比下限值小,则排湿风扇不开启。若实测湿度比上限湿度高,排湿风扇开启,进行排湿。若实测湿度在规定上限值和下限值之间,则排湿风扇保持原有状态。

(6) 对比分析滚筒内实测温度值与杀青滚筒温度规定值的上限值和下限值,若实测温度比下限温度小,则 1、2 组红外管保持加热状态,同时可点击前面板上的 3、4、5 组红外管开启按钮,使 3 组中的 1 组或多组红外管保持加热状态;若实测温度比上限值高,则 1、2 组红外管停止加热,同时可点击前面板上的 3、4、5 组红外管停止按钮,使 3 组中的 1 组或多组红外管停止加热。若实测温度在上限值和下限值之间,则 1、2 组红外管保持原来状态,3、4、5 组红外管可根据杀青情况进行开启或关闭操作。

(7) 鲜茶叶在杀青过程中,杀青滚筒保持匀速转动;当杀青结束时,滚筒转速增大,使杀青叶迅速出叶。

4 杀青机控制程序设计

4.1 LabVIEW 前面板框架结构设计

前面板框架中的控件分为输入控件和显示控件,如图 3 所示。输入控件包括开始/停止按钮、滚筒和风扇急停按钮、红外管启闭按钮、湿度和温度上限值和下限值设置框、滚筒转速设置框、杀青时间设置框以及滚筒模式变换间隔设置框。显示控件包括运行时间显示框、实测温度波形图标及显示框和显示计、实测湿度波形图标及显示框和显示计、温度的历史最大值和最小值及平均值显示框、湿度的历史最大值和最小值及平均值显示框、红外管的运行状态显示框、滚筒

转速显示框、滚筒和风扇运行状态显示框、串口显示框和红外管工作根数显示框。

4.2 LabVIEW 控制程序设计

4.2.1 自动搜寻连接串口程序设计 本控制系统以 LabVIEW 控制平台为上位机,由 USB 转串口线连接下位机。点击控制面板开始按钮,LabVIEW 系统自动调用子 VI [图 4(a)],搜寻所连接的串口,并将串口号显示在前面板中。子 VI 的部分程序设计见图 4(b)。



图 3 茶叶红外杀青机前面板

Figure 3 The front panel of tea cylinder water-removing machine

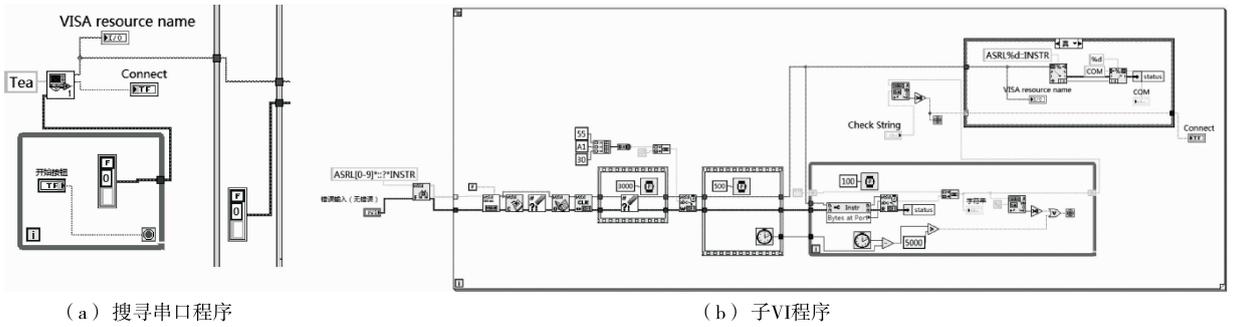


图4 搜寻串口程序和子VI程序框图

Figure 4 The program flowchart of searching serial port and the program flowchart of sub-VI

4.2.2 滚筒内温度采集、显示及红外管根数控制程序设计

(1) 滚筒内温度采集及显示程序设计: 在“状态机” (while 循环+条件结构) 模式下, 采用 LabVIEW 软件自带的 VISA 函数, 对下位机进行数据采集和发送控制指令。首先, 调用 VISA 设备清零函数, 对设备进行初始化, 再调用 VISA 写入函数, 将控制指令 0x55A110 发送给下位机(控制指令采用“帧头+操作码”的通信协议, 0x55A1 为帧头, 操作码 0x10 为温度采集, 下同), 下位机控制温度传感器采集温度, 延时 300 ms, 再调用 VISA 读取函数, 读取下位机上传过来的温度数据, 在当前温度值显示框、显示计中显示。温度采集、显示程序设计如图 5(a)所示。

(2) 红外管根数控制程序设计: 采用“顺序结构+条件结构”调整 5 组红外管的运行状态。当滚筒内当前温度值高于上限值时, LabVIEW 控制平台向下位机发送 0x55A108 控制指令, 1、2 组红外管自动关闭; 当滚筒内当前温度值低于温度下限值时, LabVIEW 控制平台向下位机发送 0x55A132 控制指令, 1、2 组红外管自动开启。根据滚筒内鲜茶叶杀青情况, 依次点击 3、4、5 组红外管开关按钮。当点击其中的 1 组或多组红外管启动按钮时, LabVIEW 控制平台向下位机发送 0x55A134 和 0x55A138 控制指令, 开启相应的红外管; 当滚筒内温度过高, 点击其中的 1 组或多组红外管停止按钮, LabVIEW 控制平台向下位机发送 0x55A136 和 0x55A140 控制指令, 关闭相应的红外管。红外管运行状态

确定后, 红外管工作根数显示框中会显示当前红外管工作的根数。图 5(b)为开关红外管程序设计。

4.2.3 湿度采集、显示及风扇排湿控制程序设计

(1) 滚筒内湿度采集及显示程序设计: 湿度采集和显示程序设计原理与温度采集和显示相似。首先调用 VISA 设备清零函数, 对设备进行初始化, 再调用 VISA 写入函数, 将控制指令 0x55A111 发送给下位机, 下位机控制湿度传感器采集湿度。延时 300 ms, 再调用 VISA 读取函数, 读取下位机上传过来的湿度数据, 并在当前湿度值显示框、显示计中显示。湿度采集、显示程序设计见图 6(a)。

(2) 风扇排湿控制程序设计: 当湿度值高于湿度上限值时, LabVIEW 控制平台向下位机发送 0x55A102 控制指令, 使排湿风扇正转, 排出湿气; 当湿度值低于湿度下限值时, LabVIEW 控制平台向下位机发送 0x55A103 控制指令, 排湿风扇停止工作。排湿风扇控制程序设计见图 6(b)。

4.2.4 滚筒正反转及转速调节控制

(1) 滚筒正反转程序设计: 使用“顺序结构+条件结构”实现滚筒正反转控制, 当杀青运行时间与滚筒模式变换间隔时间(由滚筒转速确定)比值的余数为 0 时, 向“条件结构”输入一个“假值”, 此时 LabVIEW 控制平台向下位机发送 0x55A104 控制指令, 滚筒反转。当杀青进行一段时间, 杀青运行时间逐渐延长, 当两者比值的余数为 1 时, 向“条件结构”输入一个“真值”, 此时 LabVIEW 控制平台向下位机发送

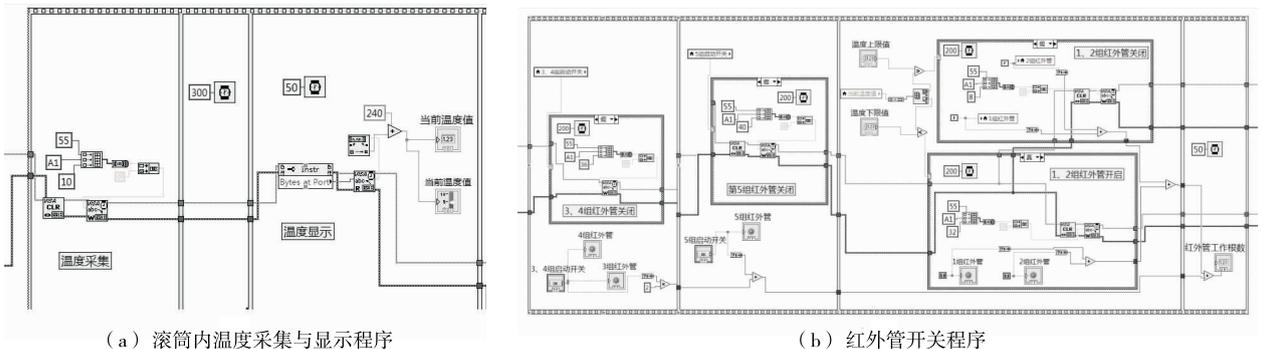
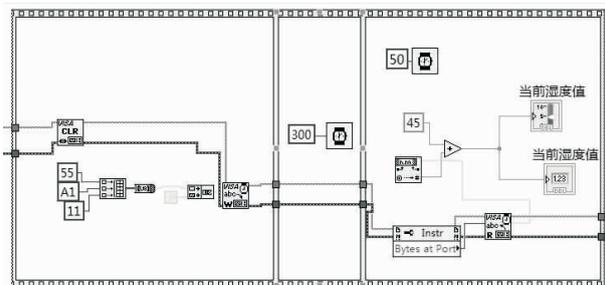
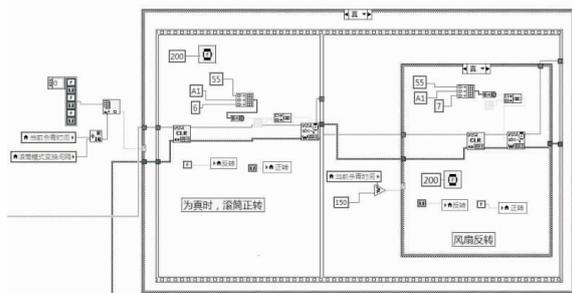


图5 滚筒内温度采集与显示程序、红外管开启程序和红外管关闭程序框图

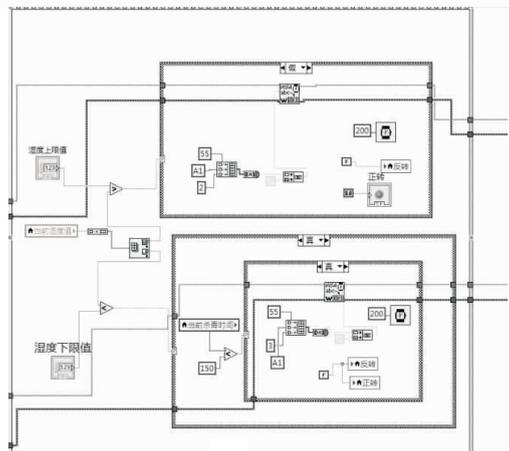
Figure 5 The program flowchart of acquisition and display of temperature the program flowchart of opening infrared tube and the program flowchart of closing infrared tubes off



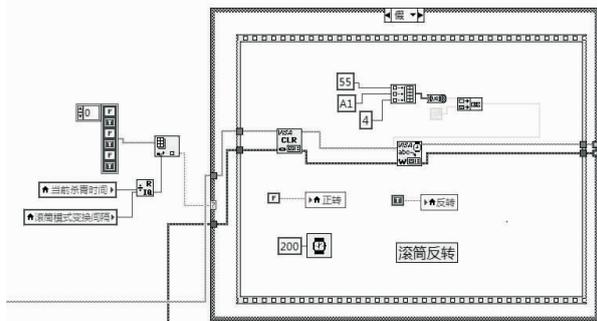
(a) 湿度采集与显示程序



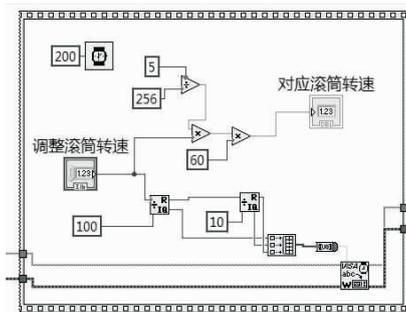
(a) 正转程序



(b) 排湿风扇控制程序



(b) 反转程序



(c) 转速调节程序

图 6 湿度采集与显示程序和排湿风扇控制程序框图

Figure 6 The program flowchart of the acquisition and display of humidity and the program flowchart of moisture removal fan

图 7 滚筒正反转程序和转速调节程序框图

Figure 7 The program flowchart of positive rolling, the program flowchart of inverse rolling and the program flowchart of regulating roller speed

0x55A106 控制指令,使滚筒正转,以此类推,滚筒依次实现正反转。当杀青时间超过规定杀青时间时,LabVIEW 控制平台向下位机发送 0x55A106 控制指令,使滚筒正转,同时滚筒转速增大,并向下位机发送 0x55A106 控制指令,使排湿风扇正转,加快排叶过程。图 7(a)为滚筒正转程序设计图,图 7(b)为滚筒反转程序设计图。

(2) 滚筒转速调节程序设计:在调整滚筒转速输入控件中输入需调整值(0~255)后,调用 VISA 写入函数输入到下位机,下位机运用该值作为 PWM 的输出,再经过电压放大模块进行放大后,将电压值输入给变频器,进而调节滚筒转速。因为电压 0~5 V 对应的 PWM 值为 0~255,Arduino UNO R3 输入电压为 5 V,而变频器调压范围为 0~10 V,所以需要电压放大模块进行放大,经过转化运算,即可在对应滚筒转速显示框中显示出滚筒转速。图 7(c)为调节滚筒转速的程序设计图。

5 杀青机程序调试及茶叶品质感官审评

经样机实验验证,杀青机在控制系统的控制下,控制系统运行稳定,温湿度检测灵敏度高,反应速度快,可使鲜茶叶在杀青过程中,滚筒内温度和湿度值控制在规定范围内。鲜茶叶经本杀青机自动杀青后,再经揉捻、烘干工序,初制的茶叶经评茶师感官审评,结果为茶叶颜色翠绿、滋味醇厚、带有清香。

6 结论

本研究通过 LabVIEW 和 Arduino 相结合,开发了一套茶叶红外杀青机的控制系统,该系统结构简单、操作方便、成本低,可快速同时调控滚筒内的温度和湿度,使滚筒内的温度和湿度保持在规定值内,控制系统同时能实现滚筒的正反转,使杀青叶在滚筒内来回运转,保证杀青均匀。经过样机杀青实验验证,该系统运行稳定,具有良好的茶叶杀青效果。

参考文献

[1] 王钟音. 茶叶杀青机理初探[J]. 茶叶, 1999, 25(3): 154-158.
 [2] 葛良志, 曹成茂, 吴正敏. 基于 PLC 的茶叶滚筒杀青机温度控制系统设计[J]. 安徽农业大学学报, 2015, 42(4): 647-650.
 [3] 彭秀英, 陈亚, 罗艳蕾. 基于 PLC 控制的电加热滚筒杀青机温度控制系统[J]. 农机化研究, 2011(4): 186-189.
 [4] 刘佳, 高晓阳, 贺大伟, 等. 基于 LabVIEW 的大麦远程监控系统的设计与试验[J]. 计算机工程与应用, 2017, 3(16): 216-220.

(下转第 130 页)

- 国苹果产业优质高效发展意见[J]. 果树学报, 2010, 27(4): 598-604.
- [2] 王田利. 我国苹果产业发展形势与去产能的必然性[J]. 北方果树, 2018(1): 42-43.
- [3] 王洪煜, 张复宏, 宋晓丽. 我国苹果生产现状与经济效益分析[J]. 对外经贸, 2017(10): 93-96.
- [4] 王沛, 毕金峰, 方芳, 等. 苹果脆片品质评价技术现状及展望[J]. 食品与发酵工业, 2010(9): 138-142.
- [5] 孔欣欣, 游新侠, 程璐瑶. 再造型复合果蔬脆片配方及干燥工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2018(3): 103-109.
- [6] 陈秀惠. 微波膨化处理对苹果脆片品质及营养素的影响研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2017: 4-8.
- [7] RATTI C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review[J]. Journal of Food Engineering, 2001, 49(4): 311-319.
- [8] DUAN Xu, ZHANG Min, MUJUMDAR A S, et al. Microwave freeze drying of sea cucumber (*Stichopus japonicus*)[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 96(4): 491-497.
- [9] 任广跃, 李晖, 段续, 等. 常压冷冻干燥技术在食品中的应用研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(18): 119-122.
- [10] GARCIA-NOGUERA J, OLIVEIRA F I P, WELLER C L, et al. Effect of ultrasonic and osmotic dehydration pre-treatments on the colour of freeze dried strawberries[J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 51(9): 2 222-2 227.
- [11] SCHÖSSLER K, JÄGER H, KNORR D. Novel contact ultrasound system for the accelerated freeze-drying of vegetables[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2012, 16(2): 113-120.
- [12] 严小辉, 余小林, 胡卓炎, 等. 超声预处理对半干型荔枝干干燥时间的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 351-356.
- [13] 周颀, 孙艳辉, 蔡华珍, 等. 超声波预处理对苹果片真空冷冻干燥过程的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(22): 282-286.
- [14] 王海鸥, 陈守江, 扶庆权, 等. 热烫冻融组合处理对苹果片真空冻结特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(6): 180-186.
- [15] 郭婷, 何新益, 邓放明, 等. 利用 LF-NMR 探讨冻融处理影响甘薯膨化产品品质的机理[J]. 农业工程学报, 2013, 29(17): 279-285.
- [16] 吴亚丽, 郭玉明. 高压脉冲电场预处理对土豆真空冷冻干燥的影响[J]. 山西农业大学学报: 自然科学版, 2010, 30(5): 464-467.
- [17] 汪凤祖. 速冻蔬菜热烫原理及其影响因素[J]. 冷饮与速冻食品工业, 2000, 30(1): 29-33.
- [18] WANG Hai-ou, FU Qing-quan, CHEN Shou-jiang, et al. Effect of hot-water blanching pretreatment on drying characteristics and product qualities for the novel integrated freeze-drying of apple slices[J]. Journal of Food Quality, 2018, DOI: 10.1155/2018/1347513.
- [19] 卢影, 郑建仙. 复合护色液对鲜切苹果的防褐变研究[J]. 现代食品科技, 2009, 25(9): 1 024-1 028.
- [20] 王海鸥, 扶庆权, 陈守江, 等. 不同护色预处理对牛蒡片真空冷冻干燥特性的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(1): 86-91.
- [21] WANG Yu-chuan, ZHANG Min, MUJUMDAR A S, et al. Effect of blanching on microwave freeze drying of stem lettuce cubes in a circular conduit drying chamber[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 113(2): 177-185.
- [22] 周颀, 王海鸥, 孙艳辉, 等. 不同前处理和冻结方式对苹果片真空冷冻干燥效率及干制品品质的影响[J]. 现代食品科技, 2016(12): 218-224.
- [23] 段续, 任广跃, 朱文学, 等. 超声波处理对香菇冷冻干燥过程的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 41-43.
- [24] MATE J I, ZWIETERING M, KVANT R. The effect of blanching on the mechanical and rehydration properties of dried potato slices [J]. European Food Research & Technology, 1999, 209(5): 343-347.
- [25] SANJUÁN N, CLEMENTE G, BON J, et al. The effect of blanching on the quality of dehydrated broccoli florets[J]. European Food Research & Technology, 2001, 213(6): 474-479.
- [26] 胡洋, 陈艳, 陈金日, 等. 热烫对微波干燥紫薯片品质的影响[J]. 食品工业, 2012, 33(12): 25-28.
- [27] TABTIANG S, PRACHAYAWARAKON S, SOPONRON-NARIT S. Effects of osmotic treatment and superheated steam puffing temperature on drying characteristics and texture properties of banana slices[J]. Drying Technology, 2012, 30(30): 20-28.

(上接第 114 页)

- [5] 郭会军, 张建丰, 王志林, 等. 基于 LabVIEW 和 ARM 处理器的大型称重式蒸渗仪测控系统[J]. 农业工程学报, 2013, 29(16): 134-141.
- [6] 许顺, 佟金, 李默. 基于 LabVIEW 的蔬菜切碎机性能测试及工作参数优化[J]. 农业工程学报, 2017, 33(3): 250-256.
- [7] 刘立果, 张学军, 刘超山, 等. 基于 LabVIEW 的红枣干燥机控制系统的的设计[J]. 农机化研究, 2017(5): 264-268.
- [8] 介战, 罗四倍, 周学建. 基于 LabVIEW 的联合收割机水稻喂入量遥测试验[J]. 农业工程学报, 2009, 25(S2): 87-91.
- [9] 崔阳, 张维华, 白云峰. 一种基于 Arduino 的智能家居控制系统[J]. 计算机技术与应用, 2014, 40(4): 123-125.
- [10] 肖乾坤, 刘泽蒙, 曹逊, 等. 基于 Arduino 的发酵尾气检测系统设计[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(3): 452-454.
- [11] 宾俊, 艾芳芳, 刘念, 等. 基于 Arduino 和 Python 搭建的实时在线 pH 测量平台[J]. 计算机与应用科学, 2013, 30(1): 49-52.
- [12] 邬娟, 宣传忠, 武佩, 等. 基于 Arduino 和 LabVIEW 的羊只反刍行为无线采集系统设计[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(21): 10-13.
- [13] 玄兆燕, 唐佳明, 陈学斌, 等. 农田环境信息采集系统设计与实现[J]. 自动化仪表, 2014, 35(11): 41-43.
- [14] 杨培刚. 大功率液压负载模拟试验台的研制[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 117-120.
- [15] 徐旻晟, 谢晶晶, 王金锋. 基于虚拟仪器技术的渔船超低温冷库制冷监控系统研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(1): 122-127.