

文章编号 1000-5013(2006)01-0099-03

食品气调干燥实验设备智能测控系统

潘秀霞^① 陆则坚^②

(^① 华侨大学信息科学与工程学院, 福建 泉州 362021; ^② 福建农林大学食品科学学院, 福建 福州 350002)

摘要 介绍具有气调功能的食品干燥设备 QTM, 研制一种基于上、下位机的串行智能测控系统. 采用 89C51, 实现温度、湿度、气体成分和物料重量的多路环境参数的检测与智能控制, PC 机实现在线参数的可视化显示、处理及建立专家知识库等功能. 通过串口方式解决单片机口线紧张问题. 模糊控制加模糊自整定 PID 控制, 实现复杂环境温度、湿度、气体成分的有效控制, 其中温度具有制冷、制热调节功能.
关键词 气调干燥设备, 多参数, 上位机, 下位机, 串口, 模糊控制, 自整定 PID
中图分类号 TS 203; TP 274 **文献标识码** A

干制加工可快捷处理大批量种植业、养殖业产品, 形成轻便可长期保存的商品, 是各种农产品产后处理的重要手段. 节约干燥过程的能耗和提高干制品质量问题历来为业内人士所关注, 成为这一领域的两大研究主题. 我们通过对气调干燥技术研究, 研制了 QTM 气调设备. 其特点是改变热风干燥不断吸进新鲜空气, 排出高温废气的传统模式, 以定量气体为载热体和载湿体, 在干燥系统内循环除湿. 从而避免了高温气体排出, 并采用了热泵节能原理, 达到节约能耗的效果. 在此同时, 对定量气体进行成分调节, 降低氧气含量以切断氧化源, 从抑制干制过程酶促褐变和脂肪氧化. 该设备对定量气体的温度、湿度、风速、气体成分等状态参数进行计算机控制和在线数据分析, 有效解决了各种农产品气调干制试验和分析手段问题. 本文介绍本设备的智能测控部分的实现.

1 总体结构

1.1 设备的主要结构^[1,2]

QTM 干燥机是一双冷凝器双蒸发器热泵循环除湿设备, 其主要构造如图 1 所示. 图中, 实线表示管道, 虚线表示控制线. 热泵部分由内冷凝器、内蒸发器、辅助加热器、膨胀阀、贮液罐、外冷凝器、外蒸发器、压缩机、过滤器、电磁阀等组成. 压缩机的高压端通过管道与并联的内外冷凝器连接, 通过贮液罐、过滤器、膨胀阀与并联的内外蒸发器连接, 并经总管道回到压缩机的低压端. 各冷凝器、蒸发器管道上都有电磁阀控制管道开通和截止, 并采用真空泵和贮气罐对密闭箱内气体压力和成分进行调节. 智能测控部分是由上、下位机构成.

1.2 下位机系统

下位机系统由 89C51 单片机实现. 前端放大输入通道由 2 路温度、1 路湿度、1 路氧含量、与 1 路重量转换电路组成, 实现将各路传感器信号转换到串口 AD 及 89C51. 主板由 AD 转换、VF 转换、显示、键

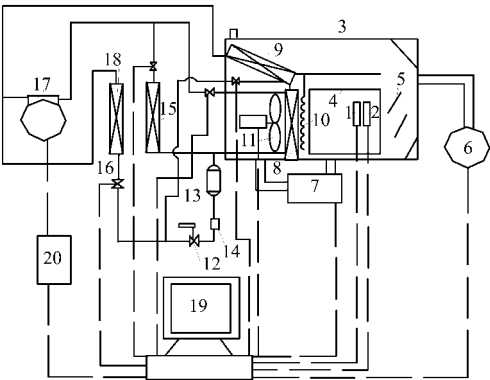


图 1 气调干燥设备结构图

1. 气体成分测定传感器; 2. 温湿度测定传感器;
3. 干燥箱; 4. 物料架; 5. 导风板; 6. 真空泵;
7. 气调装置; 8. 内冷凝器; 9. 内蒸发器;
10. 辅助加热器; 11. 鼓风机; 12. 膨胀阀;
13. 贮液罐; 14. 过滤器; 15. 外冷凝器;
16. 电磁阀; 17. 压缩机; 18. 外蒸发器;
19. 计算机控制系统; 20. 变频器

收稿日期 2005-06-22

作者简介 潘秀霞(1975), 女, 助教, 硕士, 主要从事电子技术与计算机应用的研究. E-mail: pxx_2003@sina.com

基金项目 福建省自然科学基金资助项目(B9910010)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

盘、EEPROM、通信等电路组成. 输出通道包含光隔离 12 路串行控制输出. 为尽可能简化单片机电路, 少占用 CPU 的 I/O 口线, 键盘、显示及 AD 都采用串口方式. 又由于设备干燥环境根据用户需要设置, 断电或重启后, 这些设置值要求保存下来, 所以使用一片 EEPROM, 结构如图 2 所示. 89C51 的 P1.0~P1.3 用于键盘、显示与串口 AD 转换; P3.0~P3.5 用于上、下位机的通信与重量传感器的 V/F 转换; P0.0~P0.3 与 EEPROM 相连; 剩下的 P0 口线与 P2 口线用于控制输出和扩展需要.

1.3 上位机系统

上位机用 VB6.0 实现 6 个主要功能. (1) 菜单处理实现文件的管理编辑功能、切换窗口功能、提供工具与帮助. (2) 设备环境的各参数设置功能, 实现上、下位机通讯处理. (3) 显示各参数与时间的曲线图^[3]. (4) 对设备的干燥室及下位机状态实时监测. (5) 数据库管理模块实现对全干燥过程所有采集数据的存储与管理, 以及建立数据处理后的专家知识库. (6) 具有数据处理工具, 实现对所得数据进行数学处理分析、线性回归分析、数学建模等. 其程序结构如图 3 所示.

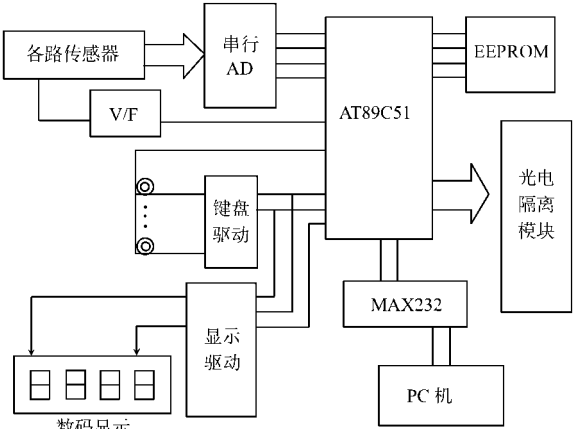


图 2 QTM 智能测控系统

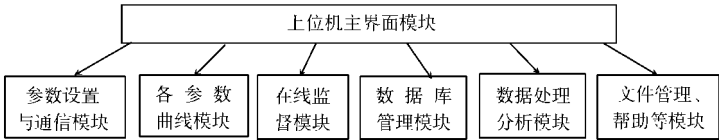


图 3 PC 机程序结构

2 智能控制器设计与实现

本系统控制参数有温度、湿度、氧含量、风速等. 为保证干燥室内有均匀稳定的温度分布和气体成分, 根据干燥过程的复杂性和特性, 对干燥室温度和气体成分调节采用模糊加模糊自整定 PID 参数控制方法. 其中氧含量的控制是以充入气体量来控制. 通过控制某种气体(例如氮气、二氧化碳)进气阀的继电器接通与关闭的占空比(PWM), 充入气体直至干燥室含氧量达到要求. 下面介绍其中温度智能控制器的实现. 设采集温度值与设定温度值的偏差为 e , 偏差变化为 e_c . 当干燥室内的温度偏差大, 即 $|e| \geq |E_m|$, 控制器采用模糊控制; 当 $|e| < |E_m|$ 时, 采用模糊自整定 PID 参数控制, 此期间只考虑加热控制.

2.1 模糊控制

以 e 和 e_c 作为控制系统输入量, 以 PWM 的形式输出控制量. 加热由加热丝和热泵控制, 降温由压缩机实现. 分别将 e 和 e_c 量化到 $[-6, 6]$ 区间内, 经离散化和模糊化构成偏差模糊集 E 和偏差变化率 E_c . 根据工作人员反复的试验, 赋予模糊集内各元素相应的隶属度建立模糊控制规则表, 实现适应对不同参数的控制.

2.2 模糊自整定 PID 参数控制

模糊自整定 PID 参数控制结构^[4], 如图 4 所示. 以采集温度值与设定温度值的偏差 e 及偏差的变化 e_c 作为输入. 用模糊推理的方法对 PID 参数 K_p , K_i 与 K_d 进行在线自整定. 以满足不同 e 和 e_c 对控制器参数的不同要求, 从而使受对象具有良好的动、静态性能. 通常, 数字式 PID 控制器可表示为

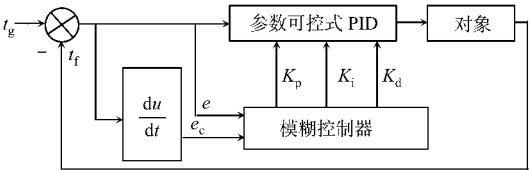


图 4 模糊自整定 PID 参数控制结构图

$$u(k) = K_p(k) + K_i \sum_{i=0}^k e(i) + K_d e_0(k), \tag{1}$$

$$u(k) = u(k-1) + a_0 e(k) - a_1 e(k-1) + a_2 e(k-2). \tag{2}$$

在上两式中, $e(k)$ 为系统误差, $e_c(k)$ 为系统误差变化率. K_p 为比例作用系数, 影响系统的响应速度精度; K_i 为积分作用系数, 影响系统的稳态精度; K_d 为微分作用系数, 影响系统的动态特性. $a_0 = K_p + K_i + K_d$; $a_1 = K_p + 2K_d$; $a_2 = K_d$. 对应不同的 $|e|$ 和 $|e_c|$, 将 PID 参数的整定原则归结以下 3 个方面. (1) 当

$|e|$ 较大时, 取较大的 K_p 与较小的 K_d , 使系统具有较好的跟踪性能. 同时, 为避免出现较大的超调, 应对积分作用加以限制, 通常取 $K_i = 0$. (2) 当 $|e|$ 处于中等大小时, 为使系统响应超调较小, K_p 应取小些. 该情况下, K_d 的取值对系统响应影响较大, K_i 的取值要适当. (3) 当 $|e|$ 较小时, 为使系统具有较好的稳定性, K_p 与 K_i 均应取大些. 同时为避免系统在设定值附近出现振荡, K_d 值的选择根据 $|e|$ 值较大时, K_d 取较小值, 通常 K_d 取中等大小. 在具体作法上, 根据语言变量偏差 E 及偏差变化 E_c , 应用模糊集合理论总结出一套 PID 参数 K_p , K_i 与 K_d 的模糊整定模型. 然后按式(3), (4) 进行模糊推理, 则

$$\mu_{RK}(U) = \min\{\mu_E(E), \mu_{E_c}(E), \mu_U(U)\}, \tag{3}$$

$$\mu_R(U) = \max\{\mu_{RK}(U)\}. \tag{4}$$

采用加权平均法, 对每个模糊子集 R 进行去模糊化, 可分别得出对应于每组 E 和 E_c 的 K_p , K_i 和 K_d . 将计算可得出模糊判决表存入存储器中, 供软件查询使用. 系统运行时, 根据每一时刻的 E , E_c 可在模糊判决表中查出相应的输出控制量 K_p , K_i 和 K_d , 进而求出控制输出量 U .

4 结束语

(1) 本系统具有使用方便、功能性强、成本低和可靠性强的特点. 经过反复的调试和试验, 设备可投入运行. 目前我们采用该试验设备和计算机控制系统, 进行了各种农产品气调干燥试验和分析. (2) MCS-51 系列单片机^[5]用于干燥设备的温湿度、气体成分等的控制, 处理数据及时、抗干扰性强、可靠性高. 其串行 AD 信号输入、串行数据显示与键处理、串行控制输出, 能很好地解决 CPU 口线不足的问题. (3) 模糊和模糊自整定 PID 参数控制方式, 使系统具有较高的控制精度和较好的跟踪性性能, 其超调量小, 系统抗干扰能力强.

参 考 文 献

- 1 陆则坚, 陆 蒸, 林启训, 等. 气调干制技术与实验设备研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(11): 111~ 114
- 2 潘秀霞. 多功能干燥试验设备及智能测控系统研制[D]:[学位论文]. 福州: 福建农林大学机电工程学院, 2003. 2~ 6
- 3 范逸之. Visual Basic 与 RS232 串行通讯控制[M]. 北京: 中国青年出版社, 2000. 160~ 178
- 4 李士勇. 模糊控制、神经控制和智能控制论[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1996. 30~ 41
- 5 何立民. MCS-51 系列单片机应用系统设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1999. 80~ 90

An Intelligent Measurement and Control System for an Experimental Equipment of Food Dryer by Air conditioning

Pan Xiuxia^① Lu Zhejian^②

(^① College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, 362021, Quanzhou, China;

^② College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, 350002, Fuzhou, China)

Abstract A food drying equipment QTM with the function of air conditioning is introduced and a serial intelligent system of measurement and control based on superordinate computer and subordinate computer is studied. The 89C51 is adopted to realize the detection and intelligent control of multi-channel ambient parameters including temperature, humidity, air composition and the material weight; a PC is adopted to realize visual display and processing on line parameters and establishment of expert knowledge base. Moreover, the limited number of I/O port inside single chip microcontroller is relieved by serial communication; and the effective control of complicated ambient temperature, humidity and air composition is realized by fuzzy control in combination with fuzzy self adaptive PID control, in which the temperature has the adjustable function of cooling or heating.

Keywords air conditioning food dryer, multiple parameters, superordinate computer, subordinate computer, serial communication, fuzzy control, self adaptive PID