

穿流干燥试验装置自动控制系统的研制

李 宁, 关植基, 张进疆, 沈奕洪, 王木兰

(广东省农业机械研究所, 广州 510630)

摘 要: 为了优化干燥工艺和提高干燥产品品质, 根据热风穿流干燥的原理, 采用模块化设计, 以智能仪表、可编程控制器、计算机为主控件, 研制了穿流干燥试验装置的控制系统。该系统对风量、温度、时间进行控制, 使试验装置可对多种物料在多种工艺条件下进行工艺参数的优化研究。试验证明: 该控制系统控制精度高、自动化程度高、适应性强、模拟性好、控制可靠, 适用于对农副产品进行干燥研究试验。

关键词: 穿流干燥; 模糊控制; 试验装置

中图分类号: S375; TP273

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2004)05-0155-04

0 引 言

农副产品干燥加工技术在现代农业产品后处理中被广泛应用和深入研究。在加工控制技术方面, 国际上向数字控制和智能控制方向发展^[1-3], 极大地提高了农产品干燥加工的效率和产品品质。高性能的干燥设备必定有合理的干燥加工工艺, 干燥工艺的选择关系到被干燥物的品质及干燥设备的技术指标和经济指标。虽然干燥工艺条件和热质传递间存在着数学关系, 可通过工程计算设计而得出; 但在实际干燥过程中存在着很大的差异, 难以反映物料干燥变化的情况。必须要用模拟试验对计算设计得出的干燥工艺条件进行调整修改, 以弥补工程计算的不足使其达到合理化^[4]。干燥试验装置是验证优化干燥工艺设计的重要试验设备。目前中国在这方面的研究相对较少, 试验装置采用的控制技术大多是“位式控制”或“PD 控制”^[5,6]。由于位式控制和 PD 控制系统采用模拟电路组成, 在控制过程中对被控制对象的参数运算和输出控制都是模拟量。所以, 对具有非线性、时变不确定性的控制参数或对象进行控制时, 往往会受到参数整定方法烦杂的困扰, 容易出现控制参数整定不良、超调、控制稳定性差等现象, 对动态工况的控制适应性差。因此, 作为干燥试验装置的控制系统达不到理想的控制效果。本文采用数字电路、可编程控制器、计算机和模糊控制^[7-9]等主要技术研制的试验装置控制系统, 可较为理想的完成干燥工艺试验中, 参数的测定、记录、处理, 实现干燥试验装置的在线控制。

1 控制参数的确定

1.1 穿流风量

在热风穿流干燥中, 风是传递热量的介质, 是向物料传导热量和带走物料湿分的载体。合理地控制风量是穿流干燥过程中提高干燥速率和干燥产品品质的重要因素。为使干燥试验装置能对多种物料在多种工艺条件下试验, 风量的控制范围设计在 500~2000 m³/h 内。

1.2 干燥温度

物料干燥过程大部分是在降速干燥时间段。在这一时间段中, 物料外部水分基本被去除, 蒸发形成的气膜比较薄弱, 热量的传导性迅速提高, 温度变化对物料干燥速率、品质的影响成为主要因素。准确、平稳地控制温度以提高干燥速率、保障干燥品质是降速段干燥过程的关键。干燥试验装置主要是对农产品物料进行干燥试验, 温度的控制范围设计在 35~200℃。

1.3 干燥时间

在干燥工艺中多采用换向穿流干燥和多时段变温干燥法, 以提高物料的干燥速度和干燥品质。这些大多是以时间为控制参数向执行机构输送指令, 使其按照干燥工艺编制的程序进行运作。为使试验装置具有较好的适应性, 能够在较大的干燥工艺条件要求范围内进行试验, 控制系统对时间的有效控制是不可缺少的。

2 控制系统的设计

控制系统采用模块化设计, 由风量控制、温度控制、计算机辅助控制系统组成整个干燥试验装置控制系统, 以实现对风量、风向、温度、时间的控制以及试验数据的采集、曲线的绘制和历史文件的制作。控制系统的组成如图 1。

图 1 干燥试验装置控制系统框图

Fig 1 Frame chart of drying test equipment control system

2.1 风量控制系统

风量控制系统的硬件组成如图 2。

风量控制系统的工作原理: 风量经传感器将风量变成电信号, 经信号处理变成 0~5 V 的线性直流电压模拟量, 再由控制仪表进行模糊推断计算, 得出一个 4~20 mA 的线性直流电流量控制量送给变频器, 变频器根据这个电流量改变可控硅导通角, 输出一个电量给驱

收稿日期: 2003-11-25 修订日期: 2004-05-24

作者简介: 李 宁(1956-), 高级工程师, 广州石牌五山路 261 号
广东省农业机械研究所质检中心, 510630。



图 2 风量控制系统硬件组成框图
Fig. 2 Frame chart of airflow control system hardware buildup

动电路,经驱动电路来改变风机风量。改变后的风量再经传感器等电路进行计算控制,这样周而复始使风量控制在设定量的变化范围内。可编程控制器及驱动电路按照控制程序可对风机的启动、停止、小风量运行进行控制,以满足干燥工艺和干燥过程的需要。采用模糊控制方法是为了提高控制精度和控制稳定性,其工作原理是:仪表的A/D转换电路将信号处理电路送来的模拟电量转变成数字量与设定数字量进行比较,经模糊化将其变成模糊逻辑语言参数,按模糊规则进行模糊逻辑推断和模糊计算得出模糊控制量,再经模糊决策推导出精确控制量输给被控对象^[10],使其改变运行状态。模糊控制方式采用两个输入、一个输出控制模式,其控制参数分别为:热风风量测量值与风量设定值的偏差量 E ,偏差量的变化量 ΔE 和模糊控制输出量 U 。将3个变量分别划分成7个模糊状态,语言变量为:负大(NB),负中(NM),负小(NS),零(ZE),正小(PS),正中(PM),正大(PB),各变量均采用三角形隶属函数,用Mandani模糊规则模型和作用模糊子集推理方法^[11],得出模糊控制规则,如表1,其控制原理如图3。

表 1 模糊控制规则表

Table 1 Table of fuzzy control rules							
$E/\Delta E$	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PM	PM	PS	PS	ZE
NM	PB	PM	PM	PS	PS	ZE	NS
NS	PM	PM	PS	PS	ZE	NS	NS
ZE	PM	PS	PS	NE	NS	NS	NM
PS	PS	PS	ZE	NS	NS	NM	NM
PM	PS	ZE	NS	NS	NM	NM	NB
PB	ZE	NS	NS	NM	NM	NB	NB

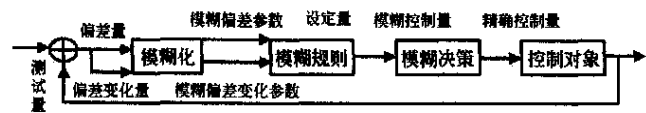


图 3 模糊控制原理图
Fig. 3 Principle chart of fuzzy control

2.2 温度控制系统的设计

在干燥工艺和干燥过程中,对温度的要求较多也较为复杂。为提高干燥速率和干燥品质,在知道物料特性的前提下,可将干燥过程按编制的控制程序进行多时段多温度条件下的干燥;但在不知道物料干燥特性的情况下,作分段干燥控制就比较困难,要进行多次取样测试计算来确定变温时机。本系统采用干燥过程中尾气温度对应的物料干燥速率的曲线变化规律,经计算机逐点采集数据,计算出各段曲线斜率变化,进行比较判断来确

定变温时机,以实现物料干燥过程的自动化控制。温度控制系统的硬件组成如图4。

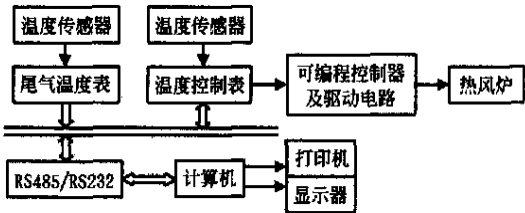


图 4 温度控制原理图
Fig. 4 Principle chart of temperature control

温度控制同样采用模糊控制以提高控制精度,输出的控制量是一个开关时间量,控制热风炉点火加温的时间长度,将温度控制在设定值的范围内(热风炉是燃油式热风炉)。温度的模糊控制方式同热风风量模糊控制一样,只是控制参数不同,其控制参数分别为:温度测量值与温度设定值偏差量记为 E ,偏差量的变化量记为 ΔE ,模糊控制输出量记为 U ,3个参数的模糊化和模糊控制规则得出同热风风量模糊控制一样,不再赘述。

由于可编程控制器的储存容量和计算能力有限,为实现对干燥过程中的数据记录、曲线绘制、多时段的多温度控制以及按尾气温度变化规律进行控制,采用了计算机辅助控制系统。通过仪表通信模块,RS485/RS232接口与计算机进行通信联接,用DEE通信协议A DCS和BAS I^[12]软件及语言编制程序对仪表的测试值进行采集记录、绘制曲线并计算判断得出控制量,送回控制仪表改变仪表的设定值,使干燥温度的变化按控制软件程序的控制变化。

2.3 控制软件的设计

根据热风穿流干燥试验装置的特点,用可编程控制器按软件程序向外部供风供热系统及风向转换系统发出控制指令,使干燥过程按软件设计的程序进行,如图5。

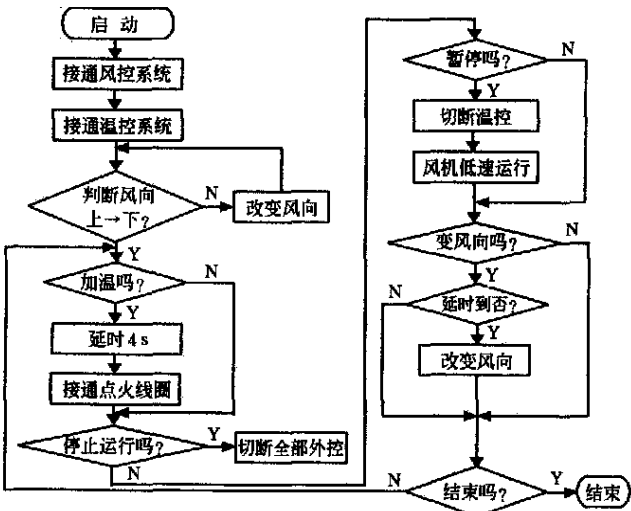


图 5 可编程控制器软件程序框图
Fig. 5 Flow chart of control program in programmable controller

温度控制系统软件的设计采用模块化设计法设计, 使用时根据需要调用即可, 软件程序框图如图 6 图 7。

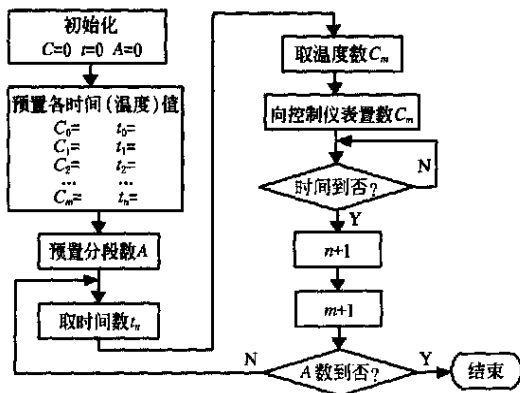


图 6 多时段多温度控制软件程序框图

Fig 6 Flow chart of control program based on dispersed time and temperature

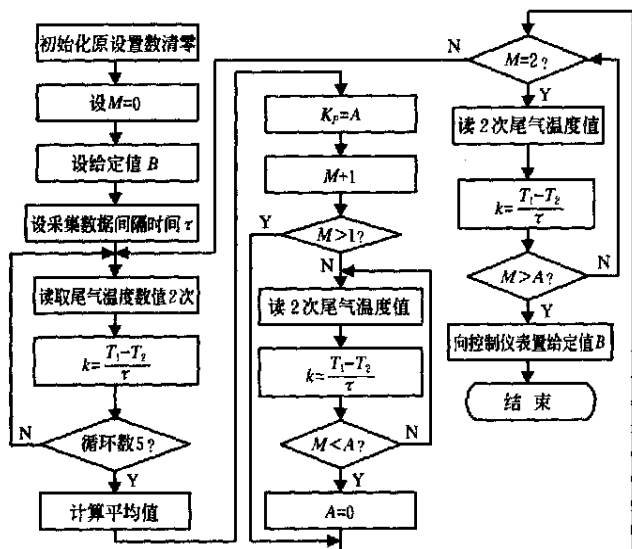


图 7 按尾气温度曲线控制软件程序框图

Fig 7 Flow chart of control program based on emission temperature

3 控制系统试验结果

通过对胡萝卜、霸王花、荔枝等物料的干燥控制试验证明, 试验装置对风量、温度参数的控制范围是: 风量 500~ 2500 m³/h, 温度 35~ 500 , 风量、温度的控制精度和稳定性, 如图 8、图 9 所示, 其控制误差和波动率分别为: 风量控制误差 1. 1%, 波动率 1. 2%; 温度控制误差 1. 5%, 波动率 2. 0%。由温度控制对比曲线可以看出, 模糊控制比位式控制有明显提高, 其准确度提高了 2. 5%, 波动率提高了 0. 7%。在风量控制中, 采用对风量为控制参数进行模糊控制, 可以避免在温度变化导致热风变化时因采用手动定频控制而产生的控制误差和波动, 提高了风量控制的精度和稳定性。试验表明该控制系统可以有效地提高干燥装置的干燥速率和干燥产品的品质。

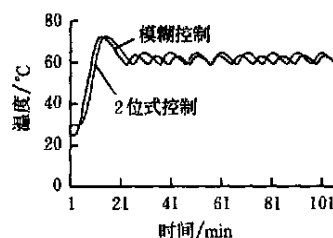


图 8 温度控制曲线对比

Fig 8 Comparison of two curves under different temperature control methods

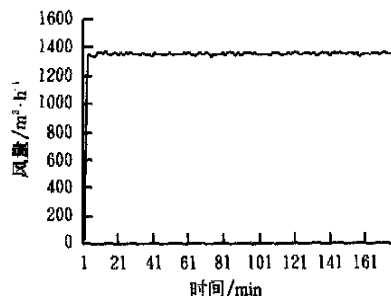


图 9 风量控制曲线

Fig 9 Curve of airflow control

用计算机作辅助控制, 增强了信息数据的收集、储存和计算能力。通过软件程序的设计, 可对多种物料进行多种工艺条件下的干燥控制, 提高了干燥试验装置的适应性和试验能力。

用可编程控制器对风量控制系统、温度控制系统、风向转换系统进行模块化管理控制, 其控制响应速度快, 运行稳定可靠, 在连续运行 36 h, 累计 100 h 没有出现因误动而停机的现象。

4 结 论

1) 控制系统控制响应速度快, 超调量小, 控制精度高, 能为干燥工艺研究和干燥器设计提供准确的试验数据。

2) 通过控制软件程序的设计, 可以对不同物料进行多种干燥工艺参数的试验, 具有试验适应性广和扩展性强的特点。如配上合适的含水率在线测试系统用其通信端口与可编程序控制器的通讯端口联接, 利用软件支持就可实现干燥过程的全自动控制。

3) 软、硬件采用模块化设计, 结构紧凑、合理, 操作简便, 运行可靠。

4) 具有较高的自动化、智能化程度, 模拟性强, 易于移植到干燥设备中。

[参 考 文 献]

- [1] Zhang Q, Litch J B. Knowledge representation in a grain dryer fuzzy logic controller[J] Agric Eng Res, 1994, 57 (2): 269- 278
- [2] King P J, et al The application of fuzzy control systems to industrial processes[A] In: IFAC World Congress [C] M IT. Boston 1975
- [3] King P J, et al The application of fuzzy control systems

- to industrial processes[J]. Automat, 1977, 13(3): 235-242
- [4] 白崇仁, 谢秀英, 苏 彭. 食品干制工程[M]. 洛阳: 河南科学技术出版社, 1993, 2~ 3
- [5] 施 仁, 刘文江. 自动化仪表与过程控制[M]. 北京: 电子工业出版社, 1991.
- [6] 陶永华, 尹怡欣, 葛芦生. 新型 PD 控制及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998
- [7] 袁永昇. 数字逻辑电路设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 1984. 1.
- [8] 王朔中, 陈 离, 徐伯庆, 等. 可编程序控制器[M]. 北京: 国防工业出版社, 1995
- [9] 诸 静, 等. 模糊控制原理与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995
- [10] 潘永康, 王喜忠. 现代干燥技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998, 1197- ~ 1198
- [11] 欧进萍, 张吉礼. 作用模糊子集推理方法的研究与应用[J]. 模糊系统与数学, 200(3): 58- 65
- [12] 魏源源, 李纪鸿, 唐 磊. Visual BASIC 5.0 中文版程序设计教程[M]. 北京: 电子工业出版社 1998

Research and development of auto-control system for cross-flow drying test equipment

Li Ning, Guan Zhiji, Zhang Jinjiang, Shen Yihong, Wang Mulan

(Guangdong Agricultural Machinery Research Institute, Guangzhou 510630, China)

Abstract: In order to optimize the drying technique and provide the quality-control system with theoretical data, based on hot air cross-flow drying principle, the auto-control system for cross-flow drying test equipment was manufactured, using modularized designing, and intelligent instruments such as programmable controller and computer as main controller. The system can be used to control airflow rate, temperature and time. It can be used to optimize the technical parameters of the drying technology with various materials in the test equipment. It was proved that the auto-control system is good at high level of precision, automatization, adaptability, simulation, credibility, and it is suitable for drying experimental research for agricultural byproducts.

Key words: cross-flow drying; fuzzy control; experimental equipment