

烤烟烘烤智能化自动控制系统的设计与应用研究*

陈顺辉 王胜雷 许锡祥 谢昌发 王思影 郑明惠

摘要

应用模糊控制理论将烤烟烘烤专家曲线固化于单片机中,以阻温传感器、活动百叶窗、电机等执行器为平台,设计了自适应分层模糊控制器,实现了小烤房烘烤过程的自动化控制(除加煤和装烟外)。应用效果表明,系统运行稳定,控温控湿准确。应用该系统烘烤与普通烘烤相比,烤后烟叶色泽更饱满,叶片颜色均匀一致,有效避免人为过失影响烤烟质量,提高上等烟比例 4.37 个百分点,公斤均价提高 0.69 元,并可明显降低烘烤劳动强度。

关键词:烤烟 烘烤 自动化控制

中图分类号:TS441 文献标识码:A 文章编号:1004-5708(2003)04-0035-05

烘烤是保证烤烟质量形成的重要环节。烤房的规范化改造和三段式烘烤技术工艺的推广应用,为烤烟质量的形成和提高做出了重大贡献。然而,在烤烟烘烤近 120h 的过程中,人工控制容易出现失控机会多、温湿度波动幅度大、能源利用率低、烘烤效果不稳定等情况,直接影响烤后烟叶的质量,且花费大量的劳动力。国内现有少数采用的电供热或煤供热的自动控制烘烤设备,价格昂贵,且停电时无法使用。已有类似的研究也因不能解决设备成本和控制效果的矛盾,未能得到进一步推广应用。本研究将单片机技术和模糊控制理论引入小烤房的烘烤控制过程,在保证烘烤工艺不变的情况下,实现对烘烤参数的自动调整与控制,以达到提高烘烤质量和减轻劳动强度的目的,为探索适合农村社会经济状况和生产规模的烤烟烘烤自动化提供设备和技术支持。

1 控制系统的设计

1.1 设计原理

本系统的设计采用模糊控制的理论方法。模糊控

制是基于规则的一种智能控制方式,它不依赖于被控对象的精确数学模型,特别适应于对具有多输入、多输出的强耦合性,参数的时变性和非线性与不确定性的复杂系统或过程的控制。烤烟烘烤过程正具有上述的个性特点,采用模糊控制的理论方法有助于这一问题的解决。在烘烤自动控制系统的设计中,专家知识和丰富实践被归纳整合成一种计算机程序存贮于芯片,构成模糊推理的知识库。在系统运行过程中,单片机根据烤房内温湿度的实时变化和烟叶烘烤质量提高的需要,随时调用知识库中相应的控制模式对烘烤过程进行智能管理。

1.2 模糊控制器的设计

为了提高模糊控制器的适应能力,本系统的设计采用了一种带有修正因子的控制算法,可描述为: $U=[aE+(1-a).c]$, $a \in (0,1)$,其中 a 称作修正因子,调整修正因子 a ,相当于改变了控制规则的特性。结合模糊映射算法,就可产生多层控制规则。对控制规则进行分级管理,就形成了自适应分层模糊控制器(图 1)。

由于模糊控制器的硬件结构采用单片机来实现,为了节约内存和运行时间,实际控制过程中不进行实时推理,而是离线计算出输入、输出的对应关系,并以表格的形式存储于单片机的内存中,单片机根据实测输入值查询表格,得到相应的输出值。根据烟叶烘烤中变黄、定色和干筋的需要,本系统设计了多层控制规则,以细化烘烤工艺流程,便于单片机对烘烤过程进行

* 陈顺辉,男,39岁,博士,副研究员,福建省烟草农业科学研究所,福州,350003

王胜雷,通讯地址同第一作者

许锡祥,谢昌发,福建省烟草农业科学研究所三明分所,三明,365001

王思影,郑明惠,福建省计算中心,福州,350003

本研究为福建省烟草专卖局资助项目(闽烟科[2002]12号)

收稿日期:2003-06-04

高效及时的对应管理和控制,从而保证烘烤效果的最佳实现。

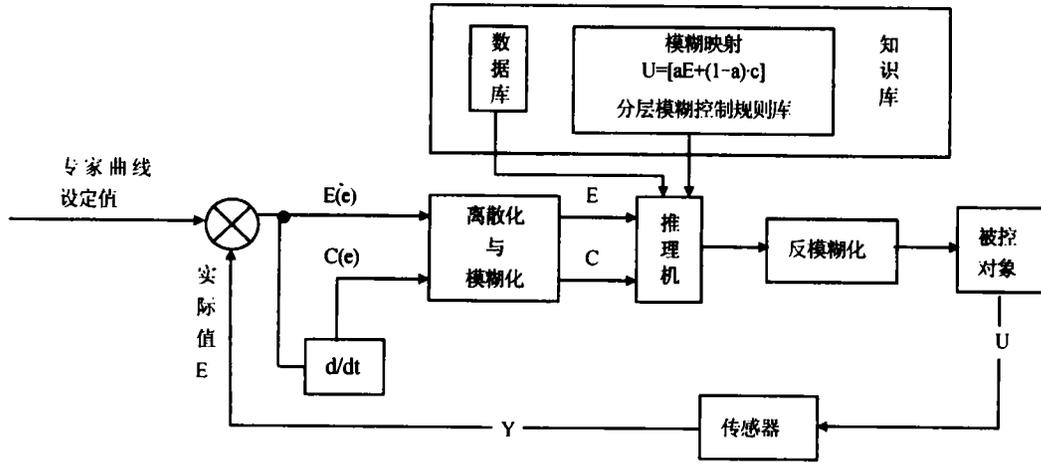


图1 带修正因子和模糊映射的自适应分层模糊控制器结构

1.3 系统构成

本系统由主机,天窗,地窗,热风循环控制和排湿加强体系(上、下挡板,风机),炉门进风量调节,烟囱烟气流量调节,助燃风机和温、湿度采集器构成(图2)。

本系统设计了一系列功能保障。烘烤过程实行随动跟踪即时调节,温湿度每4min循环检测、对比调节一次,保证控温控湿的准确性,温湿度模数转换,精度

达1%;同时具有光电报警、温湿度超限显示。软、硬件采用模块化设计,具有较强的通用性;采用电磁滤波电路,具有较强的抗干扰能力,环境适应能力强,具有断电记忆、交直流两用、自动手动切换控制功能,操作简便。设有多个通道通讯端口,可同时对多座烤房进行数据采集和烘烤监控。

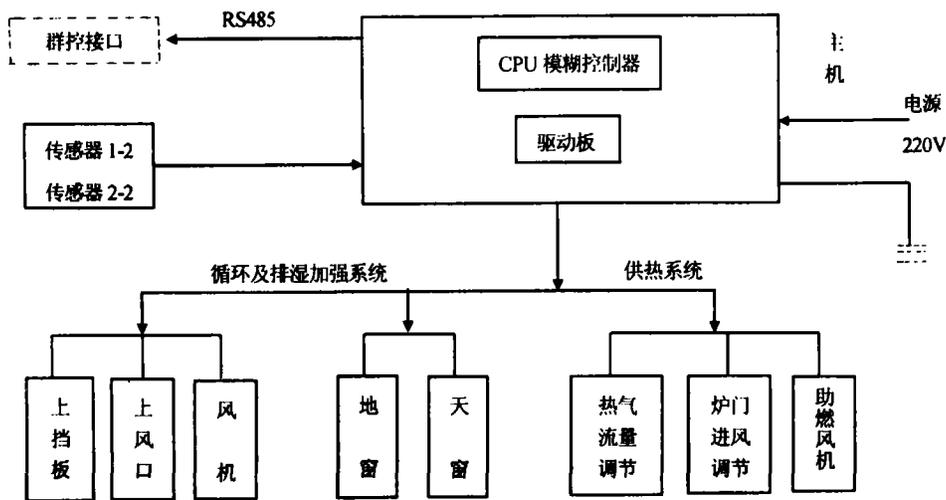


图2 烘烤自控系统构成示意图

2 控制系统的应用

2.1 安装

本系统主要是针对现有生产上大面积推广使用的普通热风循环烤房设计的,其各组成部分(天窗、炉门及进出风阀门)采用模块化设计,嵌入式或插件式安装,安装简便,不需对原烤房构造做大的改动。

2.2 操作

本系统采用按键式操作,操作键集成于一块带有数码显示的面板上,对控制部件的各项操作均通过面板上的按键进行。

2.2.1 曲线选择与调整 充分考虑了气候、环境因素和烟叶素质对烘烤过程的影响,并根据烘烤实践知识和大量的烘烤数据,设计了3条标准烘烤曲线固化于单片机中。3条曲线分别反映了下部叶(及多雨气候条件下的烟叶)、中部叶(及正常生长发育的烟叶)、上部叶(及干旱或少雨气候条件下的烟叶)的科学烘烤数据。烘烤操作可通过两种方式进行:一种是直接调用主机中固化的烘烤程序。在选择了对应的专家烘烤曲线(面板上用对应的数字表示)后按下该键,系统将自动执行整个烘烤过程;另一种是即时设置的自动控制。可根据烟叶素质、气候条件,在烘烤前预先设置烘烤的各项参数,或对从主机中固化的专家曲线中选择出相近曲线进行调整和修改后,再启动主机,系统即可按照新设置或修改过的各项参数自动完成烘烤过程。在一般情况下,针对烟叶的素质特点,直接选用这些曲线进行烘烤,即能保证最佳烘烤效果的实现。在特殊情况下,如烘烤不正常成熟烟叶或短时间停电需要对烘烤进程进行调整时,可即时通过按键进行调整,芯片可对调整进行记忆,并按照调整结果进行烘烤控制。

2.2.2 加煤时机 本系统主要是针对双炉热风循环烤房设计的,在烘烤过程还需添加燃煤。由于煤的燃烧和热量的传递有滞后性和惯性,各地煤质不周,煤燃烧的时间及散发的热量会有差异,而且不同部位烟叶的素质不同、不同烘烤阶段对热量的需求也不同,因此,在实践中要根据实际情况掌握和调整加煤时机。本系统根据多烤次烟叶实际烘烤的加煤情况(以3500~4500k/kg热量计),设计(预留)了参照烘烤累计时间和烤房温度状况的加煤提醒功能,烘烤人员可根据系统提醒进行加煤点火,以满足自动控制烘烤程序运行的需要。

2.2.3 停电处理 本系统采用了停电保护装置。停电时,各执行器恢复原始状态,系统将停电时的温湿度状况和已烤时间记载于芯片中,以便人工烘烤和再次来电时查询参考。停电时可进行正常的人工烘烤操作,各执行器可通过手动调节来保证烘烤效果。

2.3 应用效果

2.3.1 试验设计 2002年运用该系统进行了32座自动控制烤房200烤次的烘烤试验及示范。试验地点分别设在省烟科所、三明的泰宁、将乐、明溪、三元等县。观察记载选用的烤房为按标准化改造的2.7×3.3m的热风循环烤房,自动控制烤房2座,对照普通热风循环烤房1座(泰宁点翠碧1号烘烤未设对照)。对照烤房与试验烤房相邻,其构造、立地位置、环境条件、装烟量及烟叶素质与试验烤房基本相同并同时烘烤。每烤装烟量160竿,每竿编烟80片。试验品种为K326、翠碧1号。从烤后烟叶中选取5烤烟叶,每烤选20竿有代表性的烟叶,进行外观等级评价与内在化学成分分析。分别对20座自动控制烤房和对照烤房的能耗和用工进行比较。

2.3.2 结果分析 5烤次烟叶的烘烤结果列于表1、表2和表3。表2和表3中的烤次分别对应于底脚叶下二棚、腰叶、上二棚、顶叶(有部分上二棚)。

2.3.2.1 烟叶外观质量 由表1可见,自动控制烘烤由于实现了烘烤过程温湿度的实时跟踪调节,控温控湿精度较高,烤后烟叶的色度、油分、弹性较普通热风循环烤房有更优的质量表现。同时,烟叶的外观质量和经济效益得到改善和提高(表2),上等烟比例平均提高4.37个百分点,均价平均提高0.69元/kg。

表1 自动化控制烘烤与对照烤后烟叶外观质量比较

项目	烤次	色度	油分	弹性
处理	1	弱	稍有	较好
	2	中	有	好
	3	强	多	好
	4	浓	多	好
	5	浓	有	较好
对照	1	淡	少	较差
	2	弱	稍有	较好
	3	中	有	较好
	4	浓	多	好
	5	浓	有	较好

表2 自控烘烤效果

项目		泰宁	将乐	明溪	三元	烟科所	平均	对比
上等烟 (%)	自动	46.87*	55.00	46.67	54.83	67.0	53.70*	+4.37
	普通	—	51.80	41.00	45.29	63.4	46.70*	
均价 (元/kg)	自动	10.47*	10.41	10.08	10.22	11.59	11.18*	+0.69
	普通	—	10.08	8.55	9.88	10.95	10.41*	

注:1. *为CB-1,其它数据均为K326; 2. 上等烟比例为全等级统计结果; 3. 第1烤为底脚叶,第5烤有部分倒数第5~8位叶。

2.3.2.2 烟叶内在化学成分 由表3可见,翠碧1号自动控制烤后烟叶糖碱比和氮碱比都处于较合理范围,说明针对于翠碧1号品种特性设定的烘烤工艺有一定的科学性和合理性,但试验主要侧重于对翠碧1号自动控制烘烤过程的观察摸索,没有设置对照。

表4显示,K326自动控制烘烤与普通烘烤烟叶的内在化学成分中总糖、还原糖和总氮含量差异明显,自

动控制烘烤的烟叶总氮含量低于普通烘烤,而总糖、还原糖、糖碱比均高于普通烘烤。其原因可能是自动控制烘烤工艺(温湿度配置及时间设置)在促进烟叶糖类向还原糖转化和积累以及含氮物质的分解转化方面创造了较为适宜的温湿度条件,从而使烟叶的糖碱比提高。试验中所选烟样的糖分含量普遍较高究竟对烟叶内在质量具何影响有待进一步分析和评吸鉴定。

表3 翠碧1号化验分析结果

项目	烟碱(%)	总N(%)	总糖(%)	还原糖(%)	糖碱比	氮碱比
X ₂ F	1.95	2.04	31.28	27.79	14.25	1.05
C ₃ F	2.07	2.15	30.59	27.57	13.31	1.04
B ₂ F	2.36	2.20	29.24	26.68	11.31	0.93

表4 K326化验分析结果

项目	烟碱(%)	总N(%)	总糖(%)	还原糖(%)	糖碱比	氮碱比	
X ₂ F	自控	2.00	2.09	29.61	25.21	12.61	1.05
	普通	2.86	2.90	27.19	22.30	7.80	1.01
C ₃ F	自控	2.35	2.14	35.56	28.99	12.34	0.91
	普通	2.82	2.77	29.01	24.02	8.52	0.98
B ₂ F	自控	3.94	2.35	29.78	25.06	6.36	0.60
	普通	3.58	2.50	16.24	15.08	4.21	0.70

2.3.2.3 综合经济效益估算 由于各地煤质及烤房性能的差异,自控烘烤的实际节煤效果在各地表现不同。在烘烤过程中其耗煤量和耗电量比普通烘烤稍有减少(表5),公斤干烟耗煤量平均降低0.34kg,平均每烤次节电1.4度。

以每座烤房年烘烤7烤烟叶、每烤售干烟叶100kg、公斤干烟平均增收0.69元、煤价0.30元/kg、电费0.50元/度计,一座自动控制烤房年增综合效益为:烟叶增收 $7 \times 100\text{kg} \times 0.69\text{元/kg}$ + 减少煤耗 $7 \times 100\text{kg} \times 0.34\text{kg} \times 0.3\text{元/kg}$ + 减少耗电 $7 \times 1.4\text{度} \times 0.5\text{元/度} = 559.3\text{元}$ 。一套自动控制设备(1000元)按

5年折旧,烟农当季可增收359.3元。另外,运用自动化控制系统,避免了人工开窗、调节火力、控温控湿和夜间观察调节等烦琐操作,每烤可节约烘烤工时约7h。

3 讨论

3.1 从试验示范结果看,该系统最大的优点在于实现烘烤过程的自动控制和无失误操作,克服了人工开窗、调节火力、控温控湿的烦琐操作和夜间观察调节的诸多不便,大大降低了烘烤劳动强度,有效提高上等烟比例和均价,有利于烤烟烘烤质量的稳定和提高。

表 5 每烤次自动化控制烘烤与对照烘烤能耗煤比较

项目		1	2	3	4	5	平均
耗煤 (kg/kg 干烟)	处理	2.50	2.26	1.93	2.40	2.12	2.24
	对照	2.73	2.90	2.40	2.54	2.35	2.58
	对比	-0.23	-0.64	-0.47	-0.14	-0.23	-0.34
耗电 (度/烤)	处理	6.40	6.20	6.00	7.10	6.00	6.30
	对照	6.30	7.70	7.70	8.90	7.70	7.70
	对比	+0.10	-1.50	-1.70	-1.80	-1.70	-1.40

注:20座烤房平均。

3.2 本系统设备包括主机、循环及排湿加强风机、助燃风机、一体化铸铁炉门、循环及排湿加强体系、天窗、地窗等 8 个执行器,两组温湿度阻温传感器及多股电缆和其它附配件,整套成本 800 元左右。同时,本系统设计多通道通讯端口,可对多座烤房进行监控,利用这种群控功能,一机多用,可降低单户烟农资金投入。本系统在设计上克服了该领域研究中易出现的系统适应性较差、控温控湿不够准确、烘烤工艺难以执行、烘烤效果不够稳定、停电时难以正常烘烤等问题,具有一定的先进性,在生产上具有广阔的推广应用前景。

3.3 本试验初步证实了针对于翠碧 1 号品种设定的自动控制烘烤工艺具有一定的科学性,其缺憾是未设计普通烘烤对照。自动控制烘烤工艺在促进 K326 烟

叶内糖类向还原糖转化和积累以及含氮物质的分解转化方面有一定的作用,该工艺对翠碧 1 号品种是否具有同样的效果尚需试验。再者,自动控制烘烤的下部叶、中部叶具有较之于普通烘烤较低的烟碱含量是否是选样误差还是受自动控制烘烤工艺影响,也有待探讨。

3.4 本系统与双炉烤房的结合使用在烘烤过程中还需要添加燃煤,这使得生产中容易出现因煤质差异和加煤时机掌握不当,对系统正常运行产生不利影响,进而影响烘烤质量。因此,在不需对双炉进行改造的情况下,如何减少加煤次数亟待研究。本系统应用于一次性加煤蜂窝煤炉膛烤房及密集式大型烘烤设备的自动控制,正在进一步试验中。

The design and application of intelligentized automatic control system for curing flue-cured tobacco

Chen Shunhui¹ Wang Shenglei¹ Xu Xixiang² Xie Changfa² Wang Siying³ Zheng Minghui³

1 Institute of Tobacco Agricultural Sciences of Fujian Tobacco Company, Fuzhou 350003

2 Sanming Branch of Institute of Tobacco Agricultural Sciences of Fujian Tobacco Company, Sanming 365001

3 Centre for computing of Fujian Province, Fuzhou 350003

Abstract

With fuzzy control theory, expert knowledge of flue-cured tobacco curing was programmed into the single-chip microcomputer. Using temperature transducer, active shutter, electrometer as the system control platform, an intelligent hierarchical control strategy was designed and the purposes of the automatic control of curing was fulfilled, except for loading or unloading fuel and tobacco leaves. The results of operation showed that the system ran steadily and the control action of temperature and humidity was precise. Comparing to the conventional flue curing, leaves cured by automatic control system were similar in color and rich in luster and human error due to the poor quality leaves was efficiently avoid. The percentage of first-class tobacco increased by 4.37 percent. The average price increased by 0.69 yuan/kg. The labor of curing was decreased obviously.

Key words: Flue-cured tobacco Curing Automatic control