

# 一种气调保鲜箱模糊控制器的设计

周小英\* 韩乾国 姚伯威

(电子科技大学电子机械系 成都 610054)

**【摘要】** 讨论了气调保鲜箱的技术特点, 给出其系统组成, 并介绍了应用模糊控制技术实现气调保鲜箱温度、湿度、 $O_2$ 浓度控制的设计方法。通过实际运行, 在静止气调保鲜库中可以达到满意的保鲜效果。

**关键词** 气调保鲜箱; 双输入单输出; 模糊控制; 隶属函数

**中图分类号** TP3; TS2

气调保鲜箱是一种应用于食品行业中蔬菜水果的保鲜与长期储藏、运输等的专用设备。气调保鲜就是将果蔬周围的气体调节成与正常大气相比含有低氧浓度和高氮气浓度的气体, 并配合适当的温度、湿度条件, 来达到保鲜的目的。

保鲜箱内的温度、湿度、气体成分受诸多因素的影响, 例如果蔬的呼吸作用、散热特性、箱内果蔬的充满率、环境温度等。在大多数情况下, 箱内的温度场、湿度场分布是极不均匀的, 用数学模型难以精确描述, 因此, 用传统的PID控制难以达到预期的效果, 而最适合采用模糊控制技术<sup>[1, 2]</sup>。

## 1 系统简介

保鲜箱控制系统的原理如图1所示。

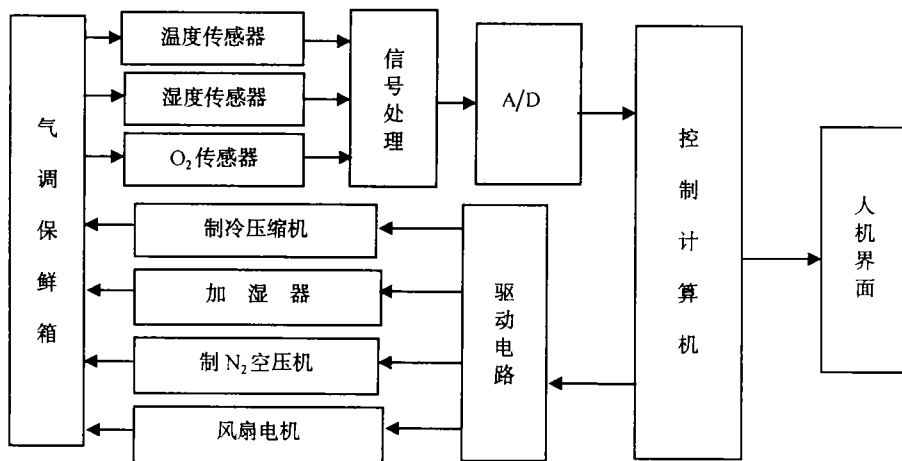


图1 系统原理框图

根据气调保鲜的条件, 系统的技术参数确定如下: 1) 箱内温度:  $0\sim 15^{\circ}\text{C}$ ; 2) 箱内湿度:  $85\%\sim 95\%$ ; 3) 气体成分:  $2\%\sim 5\% O_2$ ,  $95\%\sim 98\% N_2$ 。在保鲜箱实际使用中, 应根据水果蔬菜的不同品种设置相应的温度、湿度和 $O_2$ 、 $N_2$ 的浓度值。

### 2 系统的模糊控制器设计

模糊控制器有单输入单输出型和双输入单输出型两种常见结构形式<sup>[3]</sup>。为了提高控制精度和速度，采用误差和误差变化率两个输入及控制量输出的双输入单输出控制方式，其基本原理如图2所示，其中 $K_e$ 、 $K_c$ 表示量化因子。

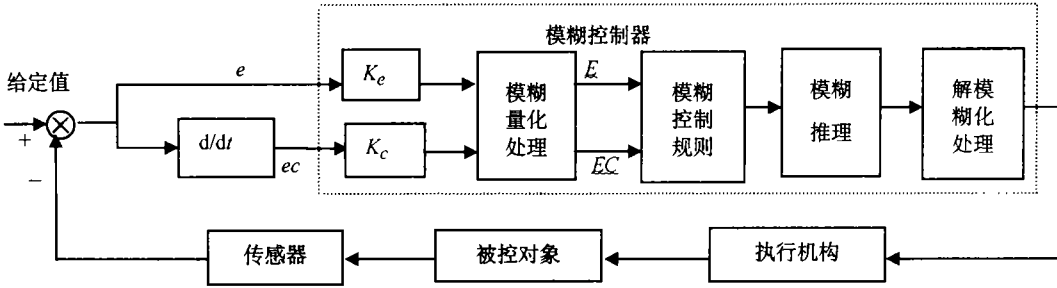


图2 双输入单输出模糊控制器

保鲜箱模糊控制系统有四个控制量：温度、湿度、O<sub>2</sub>浓度和N<sub>2</sub>浓度。采用充N<sub>2</sub>稀释O<sub>2</sub>的方法，确保N<sub>2</sub>和O<sub>2</sub>成分之间的比值关系，相应地设计三个模糊控制器，分别以温度、湿度、O<sub>2</sub>浓度三个量的误差及误差变化率作为输入变量。

#### 2.1 精确量的模糊化

根据保鲜箱的工作情况，考虑到实际检测条件和适当的控制精度，将温度误差  $E$  和误差变化率  $EC$  的论域均定为 $\{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4, +5, +6\}$ ；模糊语言变量分为七级： $\{\text{负大, 负中, 负小, 零, 正小, 正中, 正大}\}$ ，简记为： $\{NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB\}$ 。考虑实际具体情况，温度误差  $E$  和误差变化率  $EC$  均按正态分布型隶属函数计算<sup>[4]</sup>。

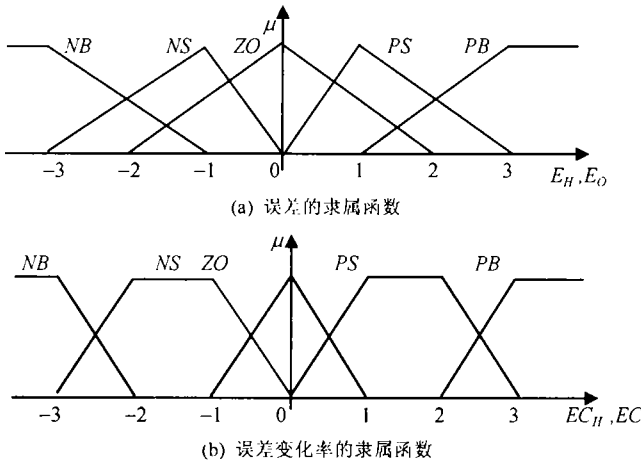


图3 湿度、O<sub>2</sub>浓度隶属函数

由于温度控制量  $U$  并不是一个连续变化的量，而是对应压缩机和风机的不同开关状态组合，故  $U$  的隶属函数为单点函数。因此， $U$  的论域定为： $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ ，其模糊语言变量值为： $\{ZO, FL, NL, NM, NH\}$ ，分别表示(压缩机·风机)开关状态组合为： $\{(\text{关} \cdot \text{停止}), (\text{关} \cdot \text{低速}), (\text{开} \cdot \text{中速}), (\text{开} \cdot \text{高速})\}$ 。

湿度误差  $E_H$  与误差变化率  $EC_H$  的论域都取为 $\{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$ ，模糊语言变量值为 $\{NB, NS, ZO, PS, PB\}$ ，其隶属函数如图3所示。O<sub>2</sub>浓度误差  $E_O$  与误差变化率  $EC_O$  的隶属函数与湿度相同。

### 2.2 模糊控制规则的形成

对于双输入单输出模糊控制器，其控制规则可写成如下形式：

$$\text{IF } E=A_i \text{ and } EC=B_j \text{ then } U=C_{ij} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m)$$

其中  $A_i$ 、 $B_j$ 、 $C_{ij}$  是定义在误差  $E$ 、误差变化率  $EC$ 、控制量  $U$  的论域上的模糊子集。根据实际运行经验进行实验分析、归纳，确定了保鲜箱控制规则，如表 1~表 3 所示。

表1 温度模糊控制规则表

EC	U	E						
		NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	U	NH	NH	NM	NM	FL	ZO	ZO
NM	U	NH	NH	NM	NM	FL	ZO	ZO
NS	U	NH	NH	NM	NL	ZO	ZO	ZO
ZO	U	NH	NH	NM	FL	ZO	ZO	ZO
PS	U	NM	NM	NL	FL	ZO	ZO	ZO
PM	U	NL	NL	NL	ZO	ZO	ZO	ZO
PB	U	NL	NL	FL	ZO	ZO	ZO	ZO

表2 湿度模糊控制规则表

EC	U	E				
		NB	NS	ZO	PS	PB
NB	U	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
NS	U	OFF	OFF	OFF	OFF	ON
ZO	U	OFF	OFF	OFF	ON	ON
PS	U	OFF	OFF	ON	ON	ON

表3 O<sub>2</sub>模糊控制规则表

EC	U	E				
		NB	NS	ZO	PS	PB
NB	U	ON	ON	ON	OFF	OFF
NS	U	ON	ON	ON	OFF	OFF
ZO	U	ON	ON	OFF	OFF	OFF
PS	U	ON	ON	OFF	OFF	OFF

### 2.3 模糊推理

表 1 中的控制规则可表示成一个总的模糊关系  $R$ ，即

$$R = \bigcup_y A_i B_j C_{ij}$$

$R$  的隶属函数为

$$\mu_R(x, y, z) = \bigvee_{i=1, j=1}^{i=n, j=m} \mu_{A_i}(x) \wedge \mu_{B_j}(y) \wedge \mu_{C_{ij}}(z)$$

当误差、误差变化率分别取模糊集  $A_i$ 、 $B_j$  时，输出控制量  $U_{ij}$  根据模糊推理合成规则可得

$$U_{ij} = (A_i B_j) R$$

$U$  的隶属函数为

$$\mu_U(z) = \bigvee_{x \in X, y \in Y} \mu_R(x, y, z) \wedge \mu_{A_i}(x) \wedge \mu_{B_j}(y)$$

模糊控制算法包括两部分：1) 计算机离线计算模糊控制表(见表 4)的程序，属模糊矩阵运算；2) 计算机在模糊控制过程中在线计算输入变量(温度、湿度、O<sub>2</sub>值的误差及误差变化率)，并将其作模糊量化处理，查询模糊控制表后，得出控制决策，再作解模糊处理。通过对本地蔬菜和水果的保鲜实验，箱内温度控制精度可达 ±1℃，箱内湿度精度可达 ±3%，氧气精度可达 1.2%，氮气精度可达 0.97%，满足了系统的技术要求。

表4 温度控制表

E	U	EC												
		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
-6	U	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	3	3
-5	U	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	3	3
-4	U	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	3	3	3
-3	U	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	3	3	3
-2	U	6	6	4	4	4	4	4	3	3	3	2	0	0
-1	U	6	6	4	4	4	4	4	3	3	3	2	0	0
0	U	5	5	3	3	3	3	2	0	0	0	0	0	0
1	U	5	5	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
2	U	5	5	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
3	U	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	U	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	U	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	U	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### 3 系统的软件设计

系统控制软件分为主程序、定时中断服务程序、键盘扫描程序和报警程序等程序块。主程序主要完成系统的初始化、信号检测及工况显示等功能。 $T_0$ 定时中断服务程序主要完成A/D采样、数字滤波、标度转换、模糊控制、控制输出等功能,程序框图略。

### 4 结束语

模糊控制算法采用离线和在线相结合的方法,使问题变得简单,且提高了系统实时性能。采用充 $N_2$ 稀释与检测 $O_2$ 浓度的方法相结合,解决了检测 $N_2$ 的难点。现场实验表明,运用模糊控制理论设计的保鲜箱自动控制系统,完全能达到系统所要求的温度、湿度、 $O_2$ 、 $N_2$ 控制要求及精度,保鲜效果令人满意。由于气调保鲜箱既可以作为静止的气调保鲜库使用,又可以作为集装箱长途运输使用,所以具有很大的实用意义。经产品市场调研表明,市场需求量较大。

### 参 考 文 献

- 1 黄布毅, 崔光照. 模糊控制技术在家用电器中的应用. 北京: 中国轻工业出版社, 1998
- 2 姚伯威. 水泥回转窑的一种Fuzzy控制实现. 电子科技大学学报, 1995, 24(6): 610~613
- 3 王耀南. 智能控制系统——模糊逻辑·专家系统·神经网络控制. 长沙: 湖南大学出版社, 1996
- 4 李士勇. 模糊控制·神经控制和智能控制理论. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1996

# Design of Gas-adjusted Fresh-preserved Storehouse Fuzzy-control System

Zhou Xiaoying    Han Qianguo    Yao Bowei

(Dept. of Electromechanical, UFEST of China Chengdu 610054)

**Abstract** The technical characteristics of the gas-adjusted fresh-preserved storehouse are discussed and its system composing is given in this paper. The design approaches of temperature, humidity and oxygen composition control using fuzzy control techniques are introduced. In the actual operation, the satisfied fresh-preserved results can be achieved in the static gas-adjusted fresh-preserved storehouse.

**Key words** gas-adjusted fresh-preserved storehouse; double-input and simple-output; fuzzy control; subordinate function

· 科研成果介绍 ·

## 网络互连与路由技术

主研人员: 雷维礼 张德运 吴建平 毛玉明 李 卫等

路由技术是计算机网络中的关键技术, 路由器是互连网络的关键设备。该项目研制出了局域网路由器、广域网路由器和高性能多协议路由器, 并已形成产品原形, 得到了初步应用。

该项目开发的三种路由器均与Cisco路由器实现了正确的互连互通, 支持SNMP网络管理协议和MIB、MIB II等网管数据库。在操作配置、安全控制、网络管理等方面, 为适应国内用户需要增加了若干实用功能。局域网路由器的一个物理接口可以配置多个IP地址, 具备连结多个逻辑子网的能力。广域网路由器中自主研制的实时多任务操作系统运行正常, 安全功能和主动计费具有特色, 适合国内用户需要。高性能多协议路由器的路由协议丰富, 实现了组建大型网络所需的动态路由协议, 并通过一致性测试。

## 军用宽带大功率连续波行波管热参数综合自动测试系统

主研人员: 张其劭 唐宗熙 羊 恺 李 恩 贾黎刚 张寿康 张薇元

军用宽带大功率连续波行波管热参数综合自动测试系统适用于对行波管“热”参数的综合测试, 其主要测试功能有: 输入和输出功率, 增益和饱和增益, 幅值、静态等激励, 静态均衡化、瞬时等激励, 瞬时均衡化, 输入和输出频谱, 效率、噪声功率谱密度和输入端“热”驻波系数等特性, 同时还具有行波管各级工作点电压电流的数据采集与显示功能。

该系统采用的校准、多仪器控制和数据采集及数据处理软件, 计算机界面友好, 操作灵活简便, 激励功率稳定, 实现了频响的灵活程控、悬浮高电位多路高电压电流的自动采集、螺旋线电流过流快速保护、避免被测管跳水损坏测试仪器的保安等技术, 使系统能对宽频带大功率连续波行波管热参数进行快速、准确、可靠、多参数的自动综合测量。

· 科 下 ·