

智能孵化控制系统的设计与实现

蔡 兵

(湖北襄樊学院物理学系 湖北 襄樊 441053)

【摘要】针对禽蛋孵化过程中的控制问题,研制了一种以8051单片机为核心新的孵化控制系统,采用不同控制方法,对温度、湿度和氧气浓度进行控制,并用间接模糊解耦方法对温度、湿度和氧气浓度三者进行解耦,着重阐述了软件设计思想,并给出了控制算法。系统的实际运行结果表明,该系统动态响应好,控制精度高,并易于各种孵化曲线的实现。

关键词 温湿度控制; 孵化; 模糊控制; 模糊解耦

中图分类号 TP273⁺.4 **文献标识码** A

Design and Realization of Intelligent Control System for Incubation

Cai Bing

(Dept.of Physics, Xiangfan University Hubei Xiangfan 441053)

Abstract For the control problem of the incubation process of poultry's egg, an new control incubation system with 8051 microcomputer as the core is developed. the vary control way are selected for temperature and humidity and O₂ concentration control, and the indirect fuzzy decoupling is used among temperature and humidity and O₂ concentration. in the paper, an intelligent control algorithm is designed, and the software designed way is introduced in detail. Practical running results show it has some advantage, such as good dynamic response, high precision and easy intelligent control.

Key words temperature and humidity control; incubation; fuzzy control; fuzzy decoupling

在禽蛋的孵化过程中,温度、湿度和氧气浓度是决定孵化成功与否的三个关键因素。精确控制孵化机内的温度、湿度和氧气浓度,对提高孵化率和雏禽的品质至关重要。由于机内的温度、湿度和氧气浓度不能用数学模型精确描述,采用传统的PID控制难以达到所需的控制效果,现有的研究和实践表明对于无法取得精确数学模型或数学模型相当粗糙的系统,采用模糊控制可以获得理想的控制效果^[1]。为此,本文研制了智能孵化控制系统。

1 系统的硬件设计

智能孵化控制系统如图1所示,主要由状态检测电路、单片机、键盘显示电路及功率输出驱动电路等组成。本系统单片机选用8051芯片。温度传感器选用AD590,测量范围为-55 ~ +150。湿度传感器选用ZHG-2型湿敏电阻,当环境的相对湿度在50% ~ 80%之间变化时,其电阻值在650 ~ 86 kΩ之间改变。氧气传感器选用FCX-MVL型传感器。A/D转换器采用ICL7135,其具有精度高、低漂移、抗干扰能力强等优点。2864A为电可改写存储器,用于存储设置的孵化工艺曲线、控制误差等参数,这些参数可通过键盘输入或修改,掉电后不会丢失。显示器采用数码管,显示温度、湿度、氧气浓度和工作状态。采用DS1305实时时钟芯片,

收稿日期:2003-09-15

基金项目:湖北省教育厅科技创新项目(2003J001)

作者简介:蔡兵(1964-),男,学士,副教授,主要从事计算机测控技术方面的研究。

为孵化过程控制提供精确时间。3路输出以光耦隔离驱动加热器、风门和增湿器。同时，当温湿度或氧气浓度过高或过低时，实现声光报警。

本系统还具有存储、打印孵化过程中的温度、湿度、氧气浓度等功能，并提供标准的串行通讯口，便于和上位机构成主从式控制系统。

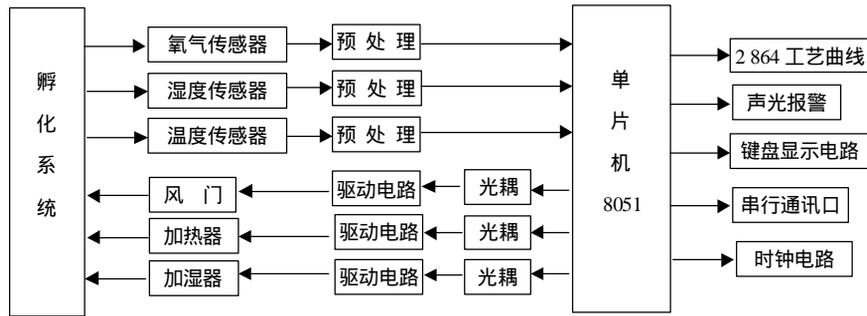


图1 智能孵化控制系统框图

2 控制策略

孵化控制系统是一个多变量、多干扰、大滞后的复杂动态系统^[1]，根据孵化工艺，将整个系统分解成温度控制子系统、湿度控制子系统和风门控制子系统。由于风门开度不仅影响氧气浓度，而且影响温度和湿度。本系统采用了间接模糊解耦方法如图2所示。

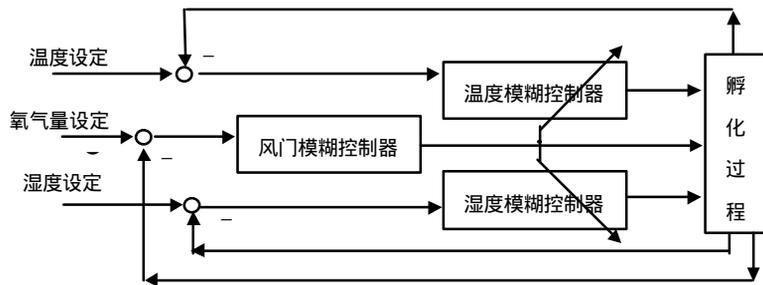


图2 系统间接模糊解耦图

风门开度对温度和湿度的干扰，利用多值继电器特性来消除。在温度或湿度模糊控制规则中用 Δe_1 代替实际值与设定值之差 Δe ，如风门开度 $V = 0$ 时， $\Delta e_1 = \Delta e$ 不变；当 $V = 1$ 时， $\Delta e_1 = \Delta e - R_1$ ；当 $V = 2$ 时， $\Delta e_1 = \Delta e - R_2$ ；当 $V = 3$ 时， $\Delta e_1 = \Delta e - R_3$ ，其中， $R_1 < R_2 < R_3$ 为设定的常数，即风门开度不同，则 Δe_1 的取值不同；风门开度越大，对温度或湿度的干扰就越大，故 Δe_1 的值应随风门开度变大而相应地变小，才能加大加热强度或加湿强度，使系统尽快恢复并保持正确孵化温度或湿度。

2.1 温度控制策略

在变温孵化时，温度总是分段下降的，且相邻段温度相差很小^[2]，针对上述情况，在实践中比较了多种控制方法。对孵化温度的控制，采用FUZZY-PID控制器较为合适^[1]，如图3所示，由于电网波动和周边设备的干扰，容易引起孵化温度波动，用模糊控制以抑制温度高低过冲，采用PID控制以提高温度控制精度。

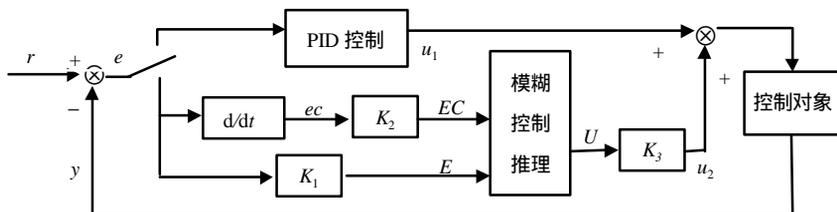


图3 智能型Fuzzy-PID控制器

当误差 e 较小时，应用模糊控制器调节，根据现时的精确量 e 、 ec 进行模糊化，由模糊控制规则计算出模糊控制变量 U ，把计算出的模糊变量 U 精确化，加到控制对象上。温度偏差和偏差变化率为

$$e(n)=y(n)-r(n)$$

$$ec(n)=e(n)-e(n-1)$$

式中 $e(n)$ 和 $ec(n)$ 分别为 nT 时刻控制系统的温度偏差和偏差变化率, $r(n)$ 为 nT 时刻控制系统设定值, $y(n)$ 为 nT 时刻控制系统的输出, T 为采样周期, 温度偏差的语言变量选择为{NB, NM, NS, NO, PO, PS, PM, PB}, 偏差变化率的语言变量为{NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB}, 控制量为可控硅的导通角, 模糊语言为{NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB}。隶属函数都选择为梯形隶属函数^[1]。

表1 温度模糊控制规则表

	NB	NM	NS	ZO	PO	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PB	PM	PM	PS	PS	ZO
NM	PB	PB	PM	PM	PS	ZO	ZO	NS
NS	PB	PB	PM	PS	PS	NS	NS	NM
ZO	PB	PM	PS	ZO	ZO	NM	NM	NB
PS	PM	PS	ZO	NS	NS	NB	NB	NB
PM	PS	ZO	NS	NS	NM	NB	NB	NB
PB	ZO	NS	NS	NM	NM	NB	NB	NB

考虑风门开度对温度的干扰, 根据实际运行经验总结出模糊控制规则, 共计56条如表1所示。在模糊控制过程中, 根据 e 和 ec 查相对的控制表, 得输出控制量。

当误差 $e < c$ 时, 应用增量式PID控制器调节^[3]

$$\Delta u(n)=K_p[e(n)-e(n-1)]+K_i e(n)+K_d[e(n)-2e(n-1)+e(n-2)]$$

式中 K_p 、 K_i 、 K_d 分别是比例、积分和微分系数。而 nT 时刻的输出量为： $u(n)=u(n-1)+\Delta u(n)$ 。

2.2 湿度控制策略

湿度控制器采用二维Fuzzy控制器^[1,4], 湿度误差 E_h 、湿度误差变化率 EC_h 和湿度控制量 C_h 的论域均定为{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3}, 模糊语言变量分为{NB, NS, ZO, PS, PB}, 模糊变量对论域的隶属度如表2、表3所示。

表2 E_h 和 EC_h 的隶属度

	-3	-2	-1	0	1	2	3
NB	1	0.5	0	0	0	0	0
NS	0	0.5	1	0.5	0	0	0
ZO	0	0	0.5	1	0.5	0	0
PS	0	0	0	0.5	1	0.5	0
PB	0	0	0	0	0	0.5	1

表3 C_h 的隶属度

	-3	-2	-1	0	1	2	3
NB	1	0	0	0	0	0	0
NS	0	1	1	0	0	0	0
ZO	0	0	0	1	1	0	0
PS	0	0	0	0	1	1	0
PB	0	0	0	0	0	0	1

在模糊控制系统中, 采用IF A_i and B_j then C_{ij} 为模糊控制规则, 其中 A_i 为误差模糊子集, B_j 为误差变化率模糊子集, C_{ij} 为控制量模糊子集, 考虑风门开度对湿度影响, 归纳、总结湿度模糊控制规则如表4所示。

表4中的控制规则可表示为一个总的模糊关系 R , 即 $R = \bigcup_{ij} A_i B_j C_{ij}$, R 的隶属函数为

$$m_R(X, Y, Z) = \bigvee_{i=1, j=1}^{i=n, j=m} m_{A_i(x)} \wedge m_{B_j(y)} \wedge m_{C_{ij}(z)}$$

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

$$C_{ij} = (A_i \times B_j)OR$$

C 的隶属函数为

$$m_{C(z)} = \bigvee_{x \in X, y \in Y} m_{R(x, y, z)} \wedge m_{A(x)} \wedge m_{B(y)}$$

上述繁杂的运算, 可通过离线方式进行, 对每一对输入模糊向量如湿度 $NB \tilde{e}=(1, 0.5, 0, 0, 0, 0, 0)$ 和 $NB e\tilde{c}=(1, 0.5, 0, 0, 0, 0, 0)$ (与表5中输入 $e=-3$ 和 $ec=-3$ 相对应), 求出相应的输出模糊向量 $C_h=(NB \tilde{e} \times NB e\tilde{c})O \tilde{R}=(0, 0, 0, 0, 0, 0.5, 1)$, 采用最大隶属度法 $C_h=C_h \max=3$, 将它们整理后得到模糊控制查询表如表5所示, 并存入计算机内。计算机在控制过程中在线计算输入变量, 查询控制表后, 得到控制决策。

表4 湿度模糊控制规则表

	NB	NS	ZO	PS	PB
NB	PB	PB	PB	PS	PS
NS	PB	PB	PS	PS	ZO
ZO	PS	PS	PS	ZO	NS
PS	PS	PS	ZO	NS	NB
PB	PS	ZO	NS	NB	NB

表5 湿度控制表

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	3	3	3	3	2	1	0
-2	3	3	3	2	1	0	-1
-1	3	3	2	1	0	-1	-2
0	3	2	1	0	-1	-2	-2
1	2	1	0	-1	-2	-2	-3
2	2	0	-1	-2	-2	-3	-3
3	0	-1	-2	-2	-3	-3	-3

2.3 氧气浓度控制策略

为提高控制精度和速度，氧气浓度控制也采用二维Fuzzy控制器。氧气浓度偏差语言变量为{NL, NB, NM, NS, ZO}，氧气浓度偏差变化率语言变量分为{NL, NS, ZO, PS, PL}，风门开度语言变量选择为{AF(全关), LO(小半开), HO(半开), BO(大半开), AO(全开)}。隶属函数都选择为梯形隶属函数^[1]，根据孵化工艺专家经验知识，其模糊控制规则如表6所示。

表6 风门模糊控制规则

	NL	NS	ZO	PS	PL
NL	AO	AO	AO	BO	BO
NB	AO	AO	BO	HO	HO
NM	AO	BO	HO	LO	LO
NS	BO	HO	HO	LO	AF
ZO	HO	HO	AF	AF	AF

3 软件设计

整个软件实现模块化设计，采用C语言编写，主要包括：主程序、温度控制子程序、湿度控制子程序、氧气浓度控制子程序、按键处理子程序，中断服务子程序等。其中主程序流程图如图4所示。

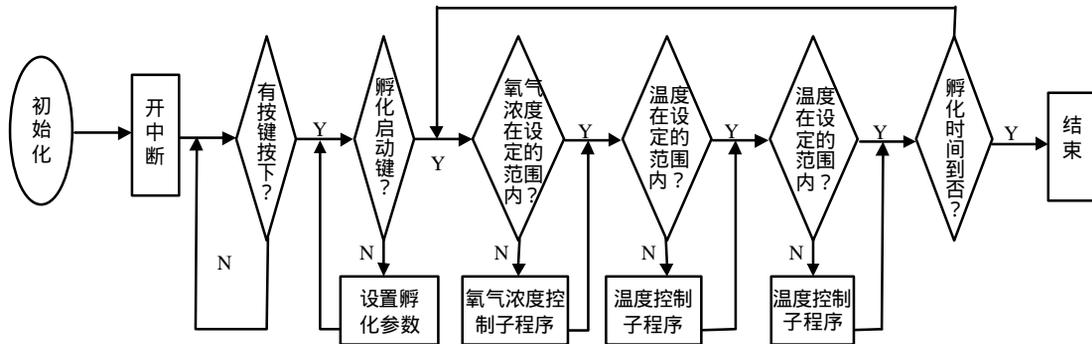


图4 孵化控制系统主程序流程图

4 实际运算效果和主要技术指标

本文采用模糊控制技术设计了孵化模糊控制器，该控制器已应用于某孵化厂，经一年多实际运行表明，取得了显著的经济效益和社会效益，主要表现为：

- 1) 升温速度加快，工人操作时间缩短，减少了劳动量。同时，电流利用率提高5.25%，降低了能耗。
- 2) 系统运行稳定可靠，其测量精度 < 0.3%，控制精度 < 0.59%，超调量 < 0.5%，明显地提高了孵化率，减少了弱雏数量。

参 考 文 献

[1] 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, 1998
 [2] 王豪举, 李周权. 特种鸡养殖[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2001
 [3] 于海生. 微型计算机控制技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999, 3
 [4] Anderson T R, Nielsen S B. An efficient single output fuzzy control algorithm for adaptive applications[J]. Automatica. 1985. 21(5): 539-545