

基于模糊数据融合的脉动真空 灭菌控制系统设计

陈双叶

(北京工业大学电子信息与控制工程学院, 北京 100022)

[摘要] 以高性能单片机为核心,结合大规模可编程逻辑器件和在系统编程技术,设计了脉动真空灭菌控制系统的硬件和软件;采用模糊信息融合方法,设计了自适应模糊控制策略;针对包裹类灭菌物品,对系统进行了仿真试验研究,研究结果表明系统具有较好的控制效果和较强的抗干扰能力。

[关键词] 灭菌系统;模糊控制;单片机

[中图分类号] TP273 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2008)07-0069-04

1 前言

脉动真空灭菌控制系统在大中型医院、制药行业、科研院所等有广泛的应用。它的基本原理是以饱和和高热蒸汽为灭菌介质,利用脉动真空和高热蒸汽实现对物品的有效灭菌,因此灭菌室内脉动真空度和灭菌温度的控制是控制系统设计的关键技术,直接关系到系统的灭菌时间和灭菌效果。传统的脉动真空灭菌控制系统大多采用乒乓控制,也有部分采用PID控制技术,存在灭菌时间长、灭菌效果不理想、灭菌类别单一、智能化程度不高等缺点。为了提高脉动真空灭菌控制系统的智能化程度和灭菌性能,采用模糊数据融合技术,基于高性能CPU和在系统可编程逻辑器件,设计了智能型脉动真空灭菌控制系统,该系统已经投入实际应用,取得了较好的效果。

2 脉动真空灭菌控制系统工作原理

灭菌系统的主体为一个带有夹层及密封门的高压容器,夹层内的容器为灭菌室,系统由外锅进汽阀、里锅进汽阀、真空泵、真空阀、干燥阀、排汽阀、温度传感器和压力传感器等组成。系统工作流程如

图1所示。



图1 灭菌系统工作流程

Fig. 1 The working flow of sterilizer

系统能对7类物品进行灭菌消毒,分别为包裹类、器械类、乳胶类、液体类、制剂类、干燥类和BD,每类灭菌物品具有不同的灭菌参数和工艺。不同的灭菌类别,所要求的灭菌温度、压力、真空脉动次数是不一样的,因此要求系统能根据灭菌类别,自动确定运行参数,实现对物品的有效灭菌。

3 控制系统的硬件设计

脉动真空灭菌控制系统以高性能CPU和在系统可编程逻辑器件为核心,具有大屏幕液晶显示器接口、键盘接口、通信接口、多路模拟量输入输出接口、开关量输入输出接口和功率驱动接口电路。控制系统的硬件结构如图2所示。

灭菌室蒸汽温度和压力的检测选用半导体集成温度传感器AD590和压力传感器MPX220D,功率驱动接口电路实现对真空泵、高压油泵、真空阀、干

[收稿日期] 2007-01-08;修回日期 2007-05-14

[基金项目] 北京市教委彩虹工程资助项目(05002011200601)

[作者简介] 陈双叶(1970-),男,湖南邵阳市人,博士,北京工业大学讲师,研究方向为嵌入式系统与智能仪表

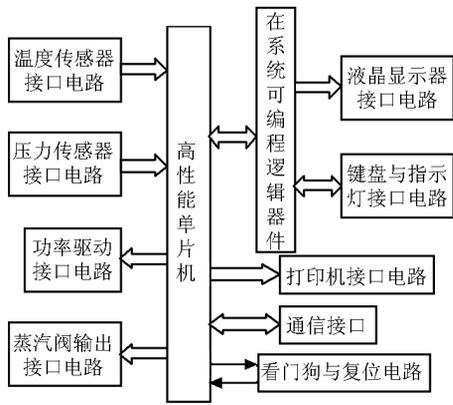


图2 脉动真空灭菌控制系统硬件结构图

Fig.2 The hardware of pulse vacuum sterilizer

燥阀等设备的控制。系统根据当前的压力和温度,采用模糊信息融合算法实现对蒸汽阀开度的调节。系统还具有看门狗和复位电路,保证系统的可靠运行。此外系统还设计了键盘、大屏幕液晶显示器和打印机接口,实现参数的设置和灭菌信息的输出。每次灭菌结束后,系统能自动保存该次灭菌过程中的关键参数,具有“黑匣子”参数记忆功能。

4 控制系统的软件设计

脉动真空灭菌控制系统的软件主要由监控程序模块和控制算法模块组成。监控程序模块主要由以下几部分构成:系统初始化处理模块、键盘参数设置与液晶显示模块、灭菌类别分支处理模块、外锅温度压力检测处理模块、脉动预真空处理模块、真空处理模块、灭菌模块、置换处理模块、数据打印处理模块、历史数据记录处理模块、系统时钟管理模块、数据通信管理模块,如图3所示。在控制算法模块中,采用了模糊信息融合算法和模糊逻辑推理技术,系统能根据不同的灭菌类别采用不同的控制算法,在最短灭菌时间内,实现对物品的有效灭菌。

5 模糊数据融合算法

灭菌室的脉动预真空和恒温灭菌阶段是整个灭菌工作中的关键环节,要求灭菌室温度和压力的变化能满足灭菌物品的工艺要求。升温过快,会导致灭菌室内温度达到要求而消毒物品内部却可能达不到灭菌的要求;升温过慢,则会导致灭菌时间过长;另外超热蒸汽温度虽然很高,但遇到消毒物品时不能凝结成水,这就需要对灭菌室内的压力进行控制。

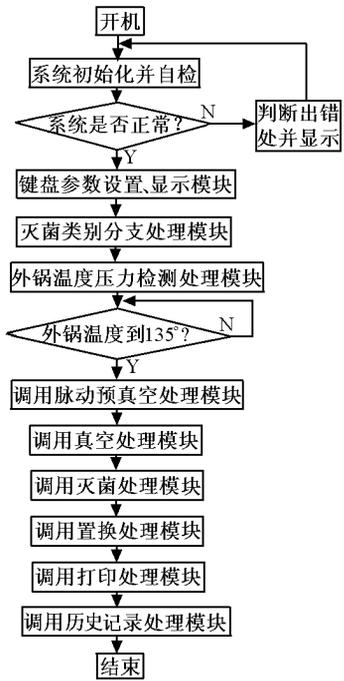


图3 系统主程序框图

Fig.3 The flow chart of System main program

为保证灭菌效果和提高工作效率,采用了模糊信息融合和模糊逻辑推理算法实现对灭菌温度和压力的控制。图4为控制系统结构图。

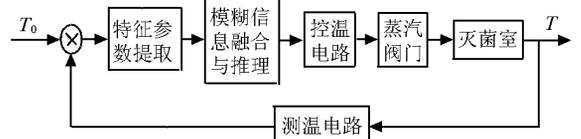


图4 脉动真空灭菌控制系统结构图

Fig.4 The structure of pulse vacuum sterilizer

T_0 为灭菌室设定温度,温度 T 为实际测量温度; E 为温度误差 e 的模糊变量, E_c 为温度误差变化率 e_c 的模糊变量, E_A 为误差积分 e_a 的模糊变量。所采取的模糊控制策略为当偏差的绝对值大于或等于某一阈值 $k(k > 0)$ 时,模糊控制变量仅由 E 和 E_c 决定;而当偏差的绝对值小于阈值 k 时,模糊控制变量由 E , E_c 和 E_A 决定,并且在过渡过程中对参数进行在线自调整。控制算法如下:

1) if $|e(t)| \geq k$ then $U = [\alpha(t)E + \beta(t)E_c]$, 其中 $\alpha(t) + \beta(t) = 1$;

2) if $|e(t)| < k$ then $U = [\alpha(t)E + \beta(t)E_A + \gamma(t)E_c]$, 其中 $\alpha(t) + \beta(t) + \gamma(t) = 1$ 。

从上面的控制策略可以看出:当系统输出值距离设定值较远时,控制量仅由 E 和 E_c 决定,以使系

统输出尽快地趋向于设定值;当系统输出值已靠近设定值时,增加积分项以减小系统稳态误差,提高稳态精度,控制量由 E , E_A 和 E_C 决定。 $\alpha(t)$, $\beta(t)$, $\gamma(t)$ 由在线学习算法不断进行修正,从而实现模糊控制规则的在线自适应,并且提高了系统的稳态精度。

$\alpha(t)$, $\beta(t)$, $\gamma(t)$ 的在线学习由 RBF 神经网络来实现,学习算法采用最速梯度下降学习算法。选择目标函数为

$$J = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - f(\alpha_i, \beta_i)|^2$$

其中, α_i , β_i 为 i 时刻的 $\alpha(t)$, $\beta(t)$ 值, y_i 为 i 时刻的系统输出值, $f(\alpha_i, \beta_i)$ 为预测神经网络的输出。

$\alpha(t)$, $\beta(t)$, $\gamma(t)$ 的学习公式为

$$\alpha(k+1) = \alpha(k) - a_1 \partial J / \partial \alpha(k),$$

$$\beta(k+1) = \beta(k) - a_2 \partial J / \partial \beta(k),$$

$$\gamma(t) = 1 - \alpha(k+1) - \beta(k+1),$$

其中 a_1 , a_2 为学习速率。

6 灭菌控制系统的试验研究

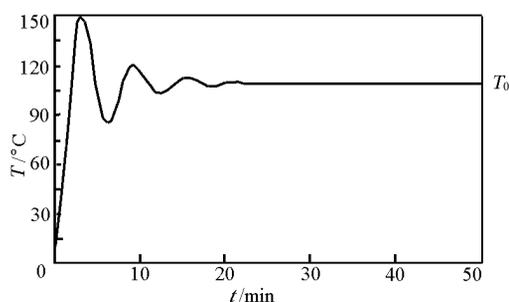
以包裹类灭菌物品为实验研究对象,对系统进行了仿真试验研究。在仿真实验研究中,分别进行了 PID 控制仿真和智能模糊控制仿真。PID 的仿真输出曲线如图 5a 所示,图 5b 是在同样干扰条件下智能模糊控制的仿真输出曲线。

由仿真试验输出曲线可以看出:智能模糊控制方法由于采用了自适应学习算法,在整个温度控制范围内能够自动调节模糊控制规则,使系统响应速度快,超调量小;由于在平衡点附近引入了模糊积分项,提高了系统的控制精度和抗干扰能力。实验运行结果表明该系统运行稳定可靠,且调节迅速,控制精度高 ($\Delta t \leq 0.5^\circ\text{C}$)。

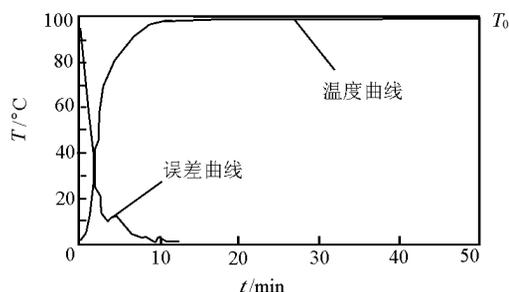
7 结语

灭菌室的温度和压力控制是脉动真空灭菌控制系统的关键技术。它直接关系到系统的灭菌时间和灭菌效果。以高性能单片机为核心,结合大规模可编程逻辑器件和在系统编程技术,设计了系统的硬件平台和软件,采用基于信息融合方法的自适应模糊控制技术设计了智能控制策略;并以包裹类灭菌物品为例,对系统进行了仿真试验研究,试验结果表明,系统运行稳定可靠,控制精度高,抗干扰能力强,

完全满足实际应用要求。



a. PID控制温度输出曲线



b. 模糊控制温度输出曲线和误差曲线

图 5 灭菌室温度仿真试验曲线

Fig. 5 The temperature curve of system simulation

参考文献

- [1] 易继继, 候媛彬. 智能控制技术[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 1999
- [2] 郭宽明. CAN 总线原理和应用系统设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1996
- [3] 马忠梅, 籍顺心, 张凯, 等. 单片机的 C 语言应用程序设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1997
- [4] Yi Jikai, Chen Shuangye. The application of fuzzy neural networks to the temperature control system of oil-burning tunnel kiln [R]. International Conference on Intelligent Processing System, Central Garden Hotel, Beijing, China, Oct 1997
- [5] Yi Jikai. Fuzzy control technique based on genetic algorithms optimizing and its application [R]. International Conference on Intelligent Processing System, Central Garden Hotel, Beijing, China, Oct 1997
- [6] Yi Jikai. The FNN control and its application to chemical fiber industry [A]. Proceedings of the 3rd World Congress on Intelligent Control and Automation [C]. Sponsored by University of Science and Technology of China. Press of University of Science and Technology of China, Hefei, China, July 2000

The design of pulse vacuum sterilizer based on fuzzy data fusion

Chen Shuangye

(*Electronic Information & Control Engineering College, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China*)

[**Abstract**] The hardware and software of a pulse vacuum sterilizer are designed in this paper by using a high performance microcontroller and large-scale programmable logic circuit with the technology of in-system program. A control strategy based on fuzzy data fusion is also proposed. Finally the simulations and experiments of pulse vacuum disinfection control system are carried out, and the research results show the method is effective and feasible.

[**Key words**] fuzzy control; microcontroller; sterilizer

(上接 50 页)

Model and algorithm for satellite's active temperature control loop design

Li Yunze, Yang Juan, Ning Xianwen, Wang Xiaoming, Shi Xiaobo

(*School of Aeronautic Science and Technology, Beihang University, Beijing 100083, China*)

[**Abstract**] Electrical heater is an important type of active thermal control methods. A dynamical equation of its control object's transient temperature change is established through principle analysis. The heating power demand calculation models at different temperature control models have been developed from the dynamical equation. The calculating flow of electrical heater's heat power has also been introduced. An active heating loop design example, which is included at the end of this paper, shows that the equations developed above can be used conveniently in satellite's active thermal control system designing and calculating.

[**Key words**] satellite; active thermal control; active temperature control loop; model and algorithm