

凯氏定氮仪智能温控消化炉

王尉安

(唐山市产品质量监督检验所 唐山 063000)

摘要 介绍在单片机温度控制系统的软硬件设计中的一些主要技术关键环节,并对设计仪器的组成及主要电路的作用进行详细的介绍。

关键词 智能控制 程序升温 消化炉

前言

凯氏定氮法自从丹麦化学家发明以来,一个多世纪,至今已广泛用作食品饲料、土壤、废水等行业测氮和蛋白质的标准方法。采用湿方法对液体或固体物质进行消化处理。温度范围由室温到 450°C ,现有的消化炉一般只有温度控制,没有程序升温功能,在整个消化过程中需要人为多次调节温度,很烦琐。智能温控消化炉中集成程序升温功能,实现自动消化,节省人力、时间。以下浅析系统设计过程及实现方法,消化炉对温度控制系统的要求,主要是保证消化炉按规定的温度曲线变化,超调小或者无超调,稳定性好,不振荡,对系统的快速性要求不高。热电偶将消化炉温变换为模拟电压信号,经低通滤波滤掉干扰信号后送放大器,信号放大为 $0\sim 5\text{V}$ 后送模/数转换器转换为数字量送单片机采集。

1 温度检测的设计

本仪器采用 Atmel89c51 单片机作为控制核心,配以其他集成电路,加上精心对软件设计,实现仪表智能化。可与热电偶、热电阻等传感器配合使用,对 $0\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 范围内的各种电加热炉的温度进行精密测量,同时,四位 LED 显示器直接跟踪显示被控对象的温度值,准确度高,显示清晰,稳定可靠,使用方便。

整个仪表的工作原理(见图1):由单片机控制,按预先编制的程序定时对热电偶信号(即被测信号)进行采样,并自动进行零漂校正,最后显示所测温度值,同时按设定值、所测温度值、温度变化速率,自动进行 PID 参数自整定和运算,并输出 $0\sim 10\text{mA}$ 控制电流,配以主回路实现温度的控制。

2 测量及控制作用

该仪器属智能化仪器,测量精度 0.2 级,显示分辨率 1°C ,控制精度 0.5 级,控制方式为 PID 算法,设

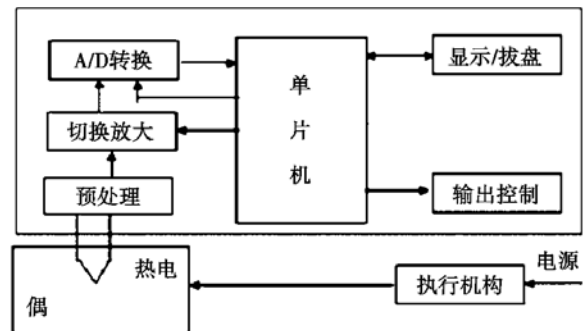


图1 温度检测器原理图

定方式为直接温度值设定,同时具有超温及断偶报警,因而内部的电路比较多,下面就该测量仪中主要电路及各个环节的作用予以介绍。

2.1 热电偶

型号 WRN,分度号 K,测温范围 $0\sim 1300^{\circ}\text{C}$,可以长时间工作在 $0\sim 1000^{\circ}\text{C}$,短时间工作到 1300°C ,是一种测量温度信号的传感器,其正极是镍铬合金,负极是镍硅合金。使用时直接按要求放进无罐炉,镍铬-镍硅作为一种标准热电偶,在测取热电势时,其冷端温度 $T_0=0^{\circ}\text{C}$ (实际应用中要通过补偿实现),根据测得的热电势通过查表,可以直接读出热端温度值。可见,热电偶在炉中的位置并不是任意的,其热端所处的位置必须准确反映炉温。另外,热电偶性能的好坏直接影响热处理工件的质量,因此,必须定期对热电偶进行检查、更换。

2.2 预处理电路

其作用包括:对热电偶信号的冷端补偿;断偶报警保护;三极滤波(见图2),图中冷端补偿电路主要为一直流电桥, R_t 为铜电阻,是一标准热电阻,当温度变化时, R_t 的阻值将发生变化,因此把 R_t 放置在热电偶的冷端,让其感受冷端温度的变化。当温度为 0°C 时,桥压输出 $U_0=0\text{V}$,如果温度升高,则 R_t 变大,使桥压输出大于零,由此桥压的输出值即热电偶冷端温度所对应的热电势。断偶报警通过单片机输出控制四位 LED 显示器同时闪烁显示“E”或蜂鸣器报警(电路未画)。

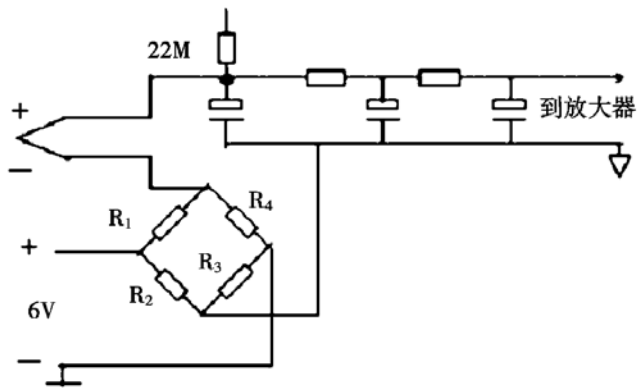


图2 预处理电路

2.3 放大及切换电路

由4066B四双向开关和两级运算放大器组成。首先,在单片机的控制下,模拟地信号经两级放大后进入A/D转换,在单片机内完成模拟地和数字地的转换。然后,参考电压输入放大,送到A/D转换器,为测热电偶信号做好准备,最后热电偶信号输入放大,送A/D转换。可见,该电路的作用是:把热电偶拾取的信号放大,以及把模拟地在单片机的控制下转换为数字地。

2.4 模数转换电路

由4066B四双向开关和LM358低功耗双运算放大器组成。转换原理是双积分式转换,整个过程分为三个阶段,(1)休止期:消除积分器上的零偏电压。(2)积分期:将放大后的模拟电压信号在时间 T_1 (T_1 为定值)内积分;(3)反积分期:对标准电压反向积分,这样就将输入的模拟电压转换成与其平均值成正比的时间间隔,最后利用时钟脉冲和计数器将此时间间隔转化成数字信号^[1]。

2.5 显示电路

由74LS247七段译码器、74LS139双二四线译码器、74LS05六倒向器各一片和四位LED显示器组成。单片机把要显示的热电偶温度信号通过P1.0~P1.3口送到74LS247,经译码后送七段数码显示器,然后再由单片机的P1.4~P1.5口输出位选通信号,选通要显示的位。四位显示器从个位到千位依次轮番点亮,每位显示时间1ms,显示实际测量的温度以及断偶报警。

2.6 数模转换电路

将PID运算的数字量转换成相应的模拟量,经放大和V/I转换后得到0~10mA的电流连续信号作为输出控制。

3 控制规律的选择与分析

3.1 测对象的特征

消化炉的温度要求在任何时间都保持定值(或在规定的误差范围以内),但由于外界影响,例如,消化管的加入、电源电压的波动等,会使消化炉温有一定程度的变化。

3.2 控制规律的选择

根据被测对象的特征,必须选择一种控制规律,使炉温有变化趋势时而被限制,本系统采用自整定PID调节。对于许多多段温度控制系统,当温度达到给定值时,温度曲线总会产生振荡现象。为此,笔者采用智能判断的方法对振荡进行抑制,收到良好的效果。利用人工智能抑制振荡的方法如下:在升温阶段,当 $-30^{\circ}\text{C} < |X_{n-1}| - |X_n| < -5^{\circ}\text{C}$ 时,让系统按曲线升温。升温速率可根据系统的滞后情况设定为 $1\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。同时系统按照曲线升温阶段的自校正PID控制算法进行控制,只是控制量为升温速率。当 $|X_{n-1}| - |X_n| < -5^{\circ}\text{C}$ 时,将速度升温的PID参数值定为恒温控制时的PID参数初值。根据实验发现,采用这种控制方法总能使系统达到最佳控制效果,系统没有超调,并且PID参数的整定在速率升温结束后的几分钟内就能达到稳定。

3.3 程序升温

当温度到达设定值后进行恒温控制,升温程序按预先设定的时间自动升温,在进入恒温控制,程序可编辑4个升温段,并控制每个阶段的升温速率,升温速率计算:

$$\Delta T = (T_n - T_{n-1}) / t$$

T_n 终止温度; T_{n-1} 起始温度; t 升温时间。

通过3.2中的方法,自动进行温度调节,在整个消化过程中使消化管升温均匀,有利于消化反应稳定进行,样品不易喷出或飞溅。

4 结束语

该仪器从设计到应用,一直从实际出发,比如技术指标、使用环境的要求等。与传统的消化器相比的优势在于,消化过程采取程序升温,对不同物质采取不同升温速率,防止消化物溢出,实现消化过程的自动化,该仪器控制精度比较高,而且节省人力,并设有超温和断偶报警,有问题立即就能发现。

参考文献

- 1 戴明楨,周建江编 微型计算机接口技术,北京:航空工业出版社,1993
- 2 李均宜编 炉温仪表与热控制,北京:机械工业出版社,1981