

# 一种温度控制系统

钟国民 王改名 靳文林 薛增涛 胡士强

(河北机电学院自动化工程系, 石家庄 050054)

## 摘 要

本文介绍一种用 STD 总线 16 位工业控制机和 C 语言实现的温度控制系统。作者构造了具有时滞的一阶和二阶被控对象, 用全系数自适应控制和模糊控制等方法实现温度实时控制, 其鲁棒性明显优于 PID 调节器。

**关键词:** PID 调节, 自适应控制, 模糊控制。

## 一、引 言

温度是工业生产过程中极为普遍而又非常重要的热工参数。作者用 Z-80 八位微机、汇编语言以及 STD 总线 16 位工业控制计算机、C 语言组成两种工业控制器, 实现了温度控制。前者的特点是成本低, 但不太灵活; 后者的特点是具有标准化开放式总线, 硬件模块化, 软件结构化, 组态灵活, 便于实现分布式集散控制, 可靠性高, 尤其适用于过程控制, 其操作系统与 IBM-PC 兼容, 便于与管理系统的微机联网。用上述控制器构成的温度控制系统, 能够通过软件自动测试和计算具有时滞一阶和二阶被控对象的传递函数各参数, 并进而对控制方法及其控制效果进行研究。不仅可用 PID 调节、施密斯补偿、达林算法研究温度控制, 而且可研究自适应控制、自校正和模糊控制等方法对温度的实时控制效果。

## 二、被控对象特性测试

文献[1]提出了一些简单实用的建立数学模型的工程近似方法。作者以电阻炉加热器(加热水温)为被控对象, 以微机作控制器构成了温度控制系统, 并且编制了相应软件测试广义被控对象的动态特性。所谓广义动态特性是指它包含了除微机之外的各环节动态。测试过程是: 使系统处于开环状态, 由键盘输入数字量, 使 D/A 转换器输出 3V 阶跃电压, 经过晶闸管功率放大器对电阻炉加热。将飞升曲线在显示器上描绘出来, 数据存入微机内存贮器, 自动计算被控对象的纯滞后时间、稳态增益和时间常数, 分别求得具有

时滞的一阶和二阶广义被控对象传递函数如下:

$$G_1(s) = \frac{26e^{-270s}}{800s + 1}, \quad (1)$$

$$G_2(s) = \frac{22e^{-480s}}{(1600s + 1)(700s + 1)}. \quad (2)$$

### 三、控制方法研究

#### 1. 全系数自适应控制

自适应控制是通过对被控系统有关变量进行测量,对系统参数在线辨识,从而修改控制器,以保证在被控过程参数大范围显著变化情况下,使系统运行在某种意义下的最优或次最优状态. 自适应控制主要研究不确定对象或事先很难确知的对象,对被控对象数学模型先验知识要求较少. 文献[2]提出的方法给出了参数初值选择范围,全部系数可在线辨识,对暂态过程可实现自适应控制,被估计参数个数不随滞后时间的增加而增加,能用递推方法预报输出误差,因而可用于控制大滞后系统,确保系统稳定性.

为了顺利地实现温度的自适应控制,首先对式(2)描述的二阶对象进行了离散相似法数字仿真,即对式(2)取拉普拉斯反变换得到被控对象的微分方程,再采用零阶保持器进行离散化便得到相应差分方程. 据此差分模型用C语言编制了仿真程序,加入逆重复 $m$

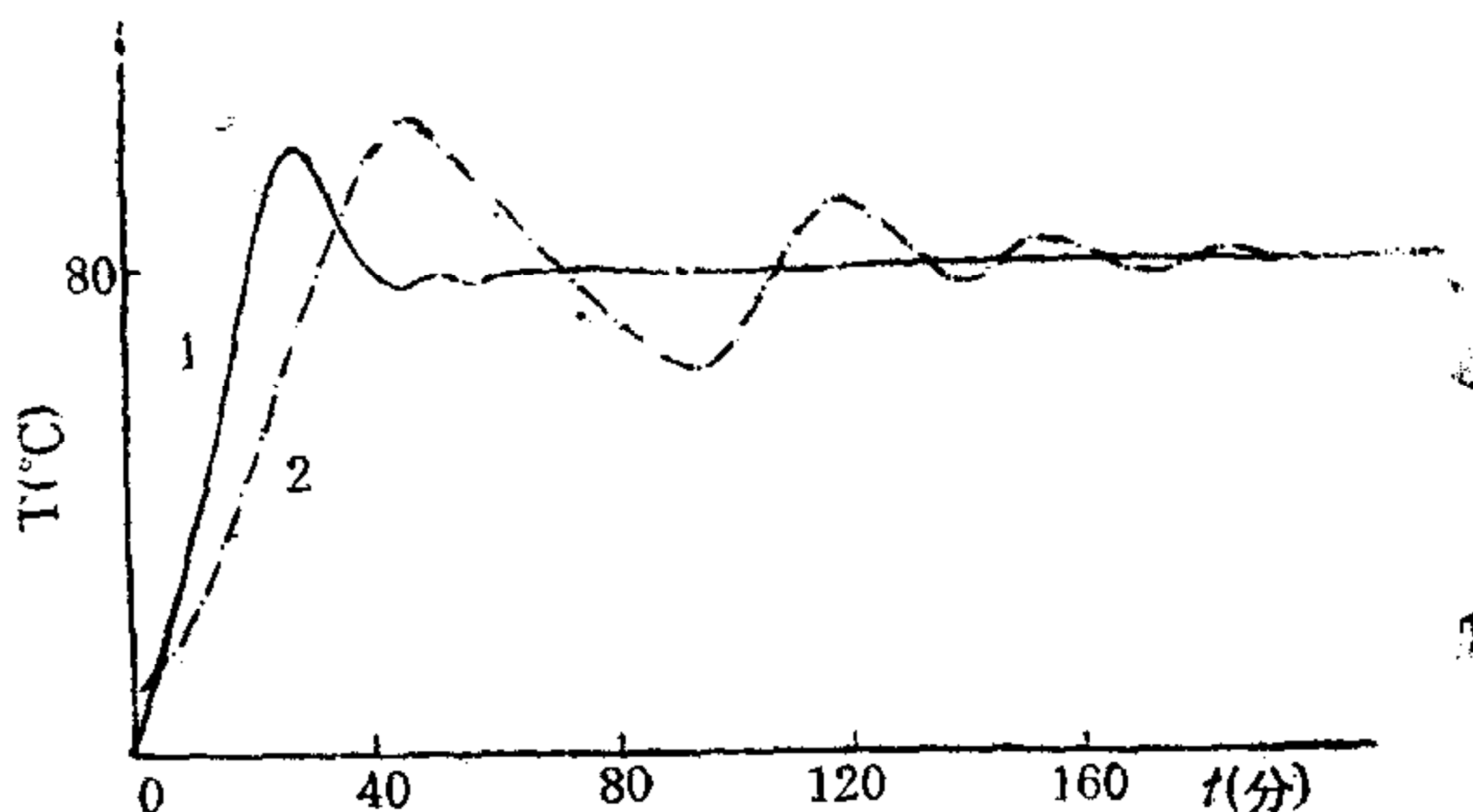


图1 自适应控制阶跃响应

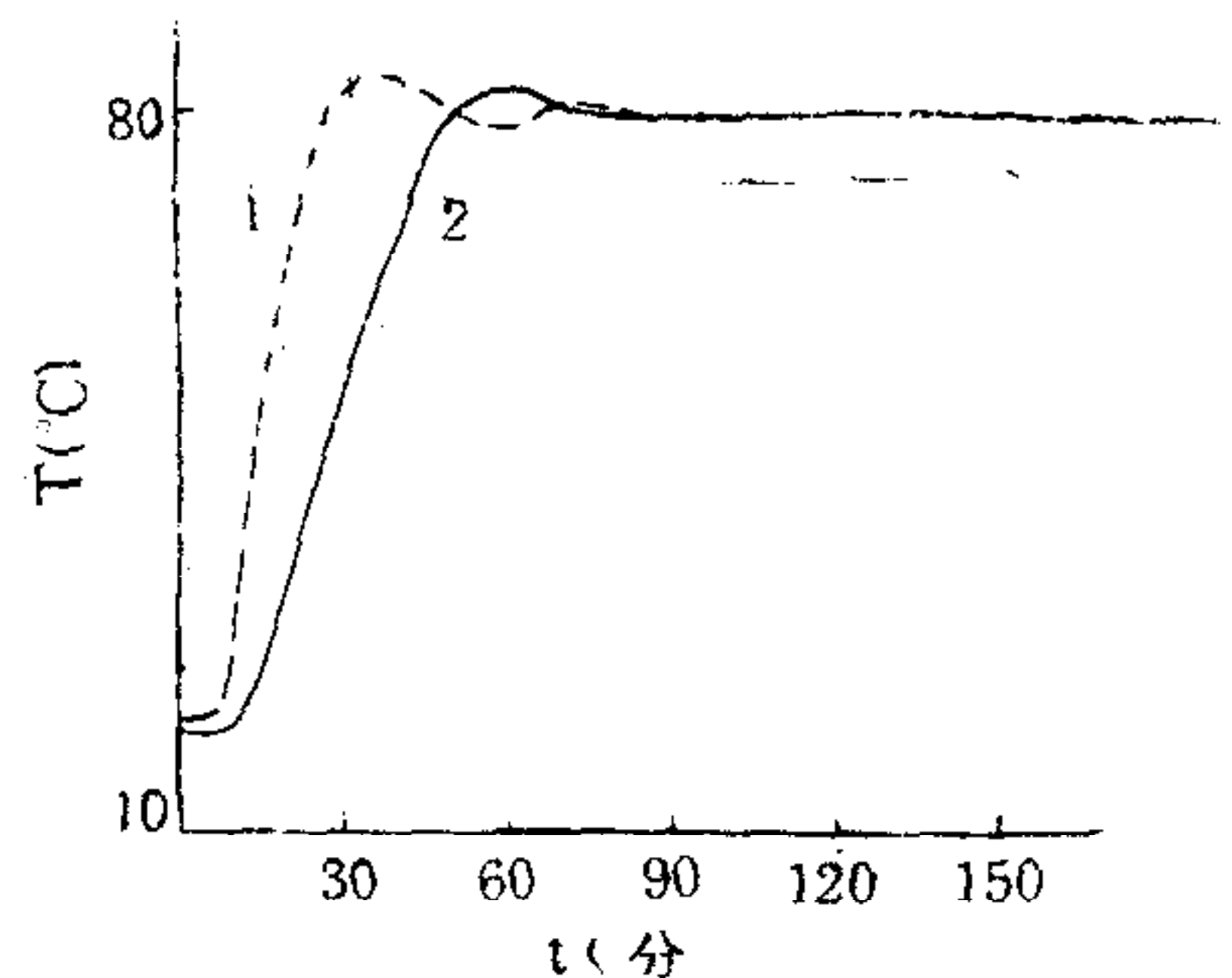


图2 模糊控制阶跃响应

序列伪随机码作为干扰信号进行了数字仿真. 由于式(2)对象 $\tau$ 为480秒,取采样周期为30秒,则滞后步数为16. 令滞后步数由2到16之内变化进行了仿真研究,都取得了比较满意的仿真结果.

在数字仿真的基础上,编制了C语言控制程序实现了温度实时控制. 仍旧使用式(2)对象离散化以后的差分方程模型,用文献[2]提出的全系数自适应控制理论方法对差分模型的各项系数进行估计. 由于系统有较大滞后,因此用迭代法对输出误差进行预报. 控制决策采用最小方差控制. 关于式(2)具有时滞的二阶被控对象,其阶跃响应曲线如图1的曲线2所示,其中给定值为80°C,稳态误差在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 之内. 用这同一种控制算法不改变任何参数去控制式(1)描述的一阶被控对象也能进入稳态,给定值仍取80°C,误差在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 之内,如图1曲线1所示. 这说明全系数自适应控制方法鲁棒性好,在被控对象

参数和结构(阶次)发生变化时,有较好的适应能力.

## 2. 模糊控制

模糊控制的关键是设计一个模糊控制器. 它在一定程度上能够仿人思维并用自然语言判别处理模糊信息. 模糊控制不需要精确的数学模型, 但需要总结人的操作经验形成控制规则. 把用自然语言描述的控制规则渗透到计算机使用的形式语言(高级语言、中级 C 语言或汇编语言)之中, 编制程序实施控制. 作者以电阻炉加热器为对象, 给定温度  $80^{\circ}\text{C}$ , 把式(1),(2)离散化, 对基本模糊控制器进行了仿真研究, 又以箱式电阻炉为对象, 给定温度  $500^{\circ}\text{C}$ , 用具有时滞的一阶特性描述, 对带修正因子的模糊控制器进行了仿真研究, 滞后步数在 16 步之内, 效果较好.

在此基础上编制了 C 语言程序, 用基本模糊控制器实现了实时温度控制. 基本模糊控制器的模糊控制表由输入输出变量论域和模糊变量赋值表决定, 模糊控制表确定之后, 控制规则就固定不变了. 如果希望对于不同的被控对象, 都要得到期望结果, 必须修改控制表. 即使如此, 基本模糊控制器比 PID 调节器有更好的鲁棒性. 图 2 的曲线 1, 2 是用同一个控制表分别控制式(1),(2)的实时阶跃响应, 给定值  $80^{\circ}\text{C}$ , 稳态误差在  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  之内. 这说明基本模糊控制器在被控对象参数和阶次变化时也有较好的适应性.

## 四、结 束 语

作者对电阻炉加热器一类对象, 用全系数自适应控制和模糊控制等方法实现了实时温控, 并与 PID 调节进行了比较. 具有时滞二阶对象在工业过程中极为普遍, 故以式(2)为代表. 图 3 中的曲线 1, 2, 3 分别是用 PID 调节、全系数自适应控制和基本模糊控制器对式(2)的实时温控阶跃响应. PID 是极重要的经典调节方法, 至今仍在广泛应用. 当参数整定合适时亦可得到较满意的效果, 如曲线 1. 这种方法设计简单, 但要根据对象模型整定参数, 使用不便. 对模型参数变化敏感, 对模型阶次变化基本上没有适应能力, 用适合式(2)的参数去控制式(1), 系统出现振荡达不到稳态. 自适应控制和模糊控制对被控对象模型要求低, 使用方便, 虽然控制器设计复杂, 但当对象参数、阶次变化时有较好的适应性, 见图 1、图 2. 综合考虑控制指标和系统的鲁棒性, 就本实验结果而言, 模糊控制更好一些(见图 3、图 2).

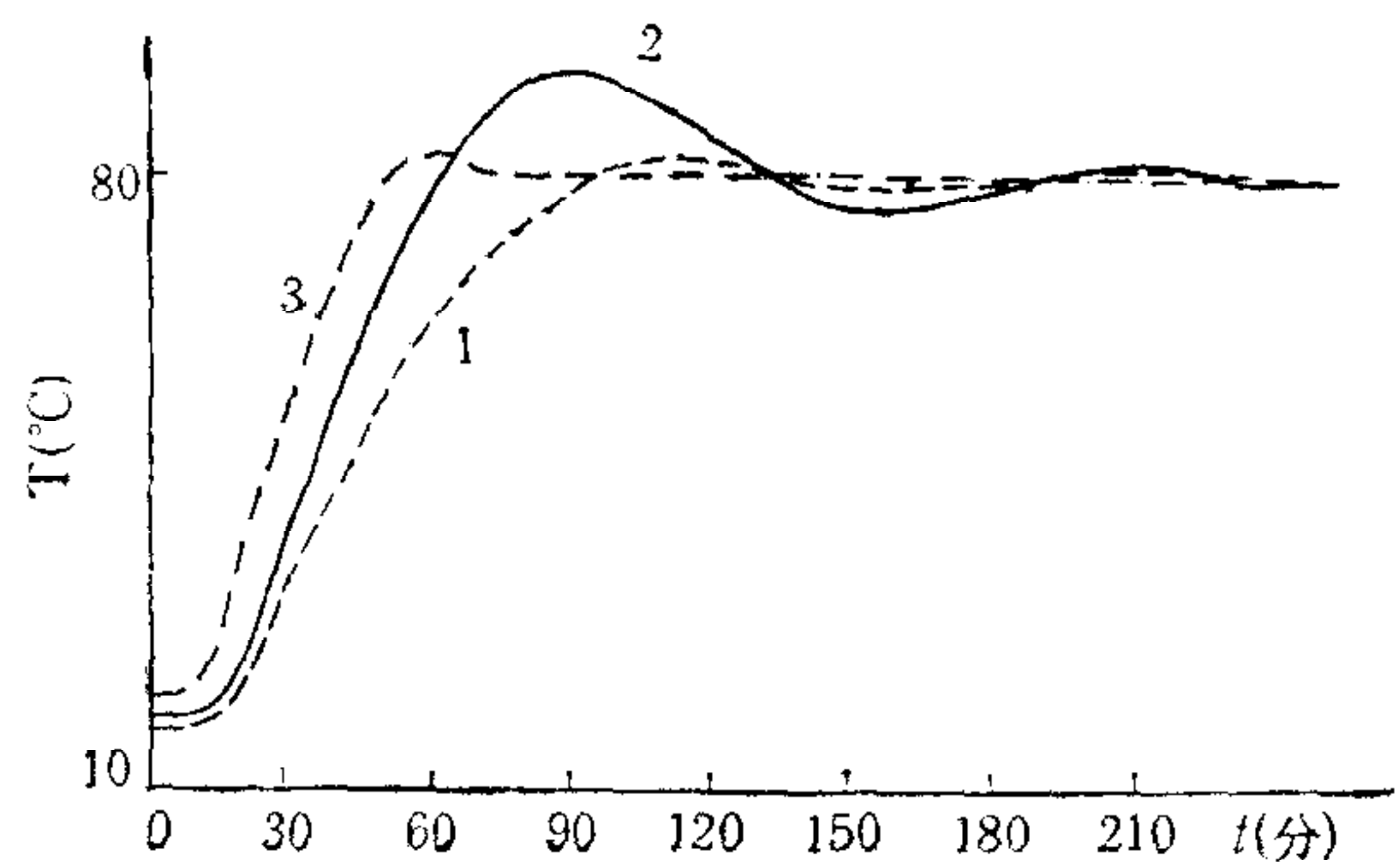


图 3 三种控制方法比较

感谢李友善教授和吴宏鑫研究员的指导和帮助.

## 参 考 文 献

- [1] 蒋慰孙、俞金寿,过程控制工程,轻工业出版社,1988,190—192.  
[2] 吴宏鑫、萨支天,一种全系数自适应控制方法,自动化学报,11(1985),(1),12—20.

## A TEMPERATURE CONTROL SYSTEM BASED ON SOME NEW METHODS

ZHONG GUOMIN WANG GAIMING JIN WENLIN XUE ZENGTAO HU SHIQIANG

(Department of Automation, Hebei Institute of Mechano-Electric Engineering, Shijiazhang 050054)

### ABSTRACT

A temperature control system with STD-Bus 16 bit industrial computer controller and C language is presented in this paper. The first-order and second-order plant models with time lag is established. A real-time temperature control is implemented by the all-coefficient adaptive control and fuzzy control methods. Their robustness is superior to that of the PID regulator.

**Key words:** PID regulator; adaptive control; fuzzy control