

短文

# 陶瓷窑变结构温度控制系统的设计

陈作炳 乔红伟 刘 军

(武汉工业大学机电学院 武汉 430070)

**摘 要** 针对陶瓷明焰窑温度控制中存在的状态能观性、能控性问题,采用模糊控制与时间比例分割控制相结合的控制策略;提出了一种基于系统过程状态的变结构控制方法,并设计出了以这种变结构控制为核心的陶瓷明焰窑温度控制系统;经工业现场的实际应用表明,该方法应用于陶瓷明焰窑温度控制是可行的,系统设计是成功的.

**关键词** 陶瓷明焰窑,时间比例分割,模糊控制,变结构控制.

## 1 引言

明焰型辊道窑由于其能耗小、产品质量高,在我国建筑陶瓷业得到了广泛应用.但目前国产明焰辊道窑普遍存在着温度控制难以达到满意效果的问题,严重地影响了陶瓷窑产品的产量和质量.

综观目前现有明焰窑温度控制系统在结构上大致有仪表分散控制、计算机集中控制和计算机集散控制三类.但是,具体到明焰窑的每一控制回路,它们均采用了同一种模式,将2—4对烧嘴为一组(每座窑有可能不同,且对一座窑,其各段也可能不一样),由同一调节阀统一调节这组烧嘴的燃料输入量,这样就产生了许多问题.首先,当调节阀动作时,进入窑内的燃料量以什么样的比例分配到每一个烧嘴上,这当然带有很大的随机性.其次,由于这2—4对烧嘴在窑炉上处于同一平面位置,而测量点只有一个,此时每个烧嘴对测量的影响由于相对位置的不同,对测点的影响是不相同的,这是状态的能观性、能控性的问题.另外,在一座近百米长的窑炉中,一般有几十、上百个烧嘴处于同一空间,它们之间会相互影响,这就存在一个“耦合”问题.从理论上解决这些问题最直接的方法是以单一烧嘴为单位组成控制回路,但在实际应用中会产生许多其它的问题.因此,采用一种适合陶瓷明焰窑温度控制的智能控制策略,提高其控制质量,从而提高产品质量,具有较大的应用价值.

## 2 变结构控制方法理论分析

从本质上讲,现在所采用的各种控制方法中,无非是采用连续式调节和位式调节两种,连续式调节控制品质要高于位式调节,但相对于后者要复杂得多.那么,能否将这两种

控制方法结合起来,使它既具有连续式调节的高品质,又具有位式调节简单、可靠的特性.

众所周知,为了克服两位调节控制品质不高的缺点,可采用:1) 时间比例分割:根据偏差调整控制作用  $U$  的占空比,占空比从0—100%连续可调;2) 变两位调节为多位调节:从某种意义上讲连续式调节可以理解为是“位”趋于无穷的调节方式,他们之间并没有什么本质的区别,只是“位”分得“粗”、“细”之间的差异.因此,通过理论分析和研究,采用“粗调”和“细调”相结合的方法,当系统偏差较大时采用四位调节(大、中、小、零)作“粗调”,并在“粗调”中采用模糊控制方法.当系统偏差较小,则采用时间比例分割调节作为“细调”.

以上是每个回路控制模式的实现,但对整条窑,则根据烧嘴的物理位置及几何尺寸得到温度值,构成一个“虚拟”的控制回路.以某种算法,分别计算出真实温度,再用同样的方法计算它们的期望值,从而实现了一条窑各控制点的解耦,然后用它们各自的期望值和真实值作为控制器的输入.这样不仅从测量上解决了系统状态的能观性问题,而且在控制上也解决了系统状态的能控性问题.

### 3 总体控制策略

在本控制系统中,采用“在线规则自动调整”的控制策略,当系统处于不同的工作区间时规则自动调整,根据不同的状态选择相应的控制规则,从而优化系统的控制品质.所以将之称为“基于系统过程状态的变结构模糊控制器”.该控制器根据偏差大小分为两个工作区间,即“粗调”和“细调”.当系统输出与设定值有较大误差时,控制作用的目的是尽快地减小此误差,此时工作在“粗调”区间.在大范围内进行粗调时,采用模糊控制方法,其误差和误差变化率的隶属度函数见图1.当系统运行一定时间达到设定值附近时进入“细调”区间,此时控制的目的是使输出的误差尽可能的小,即尽量消除系统的稳态误差,此时采用时间比例分割控制,系统的输出采用四位方式(大、中、小、零),其模糊量采用单点输出.控制器总体结构如图2所示.

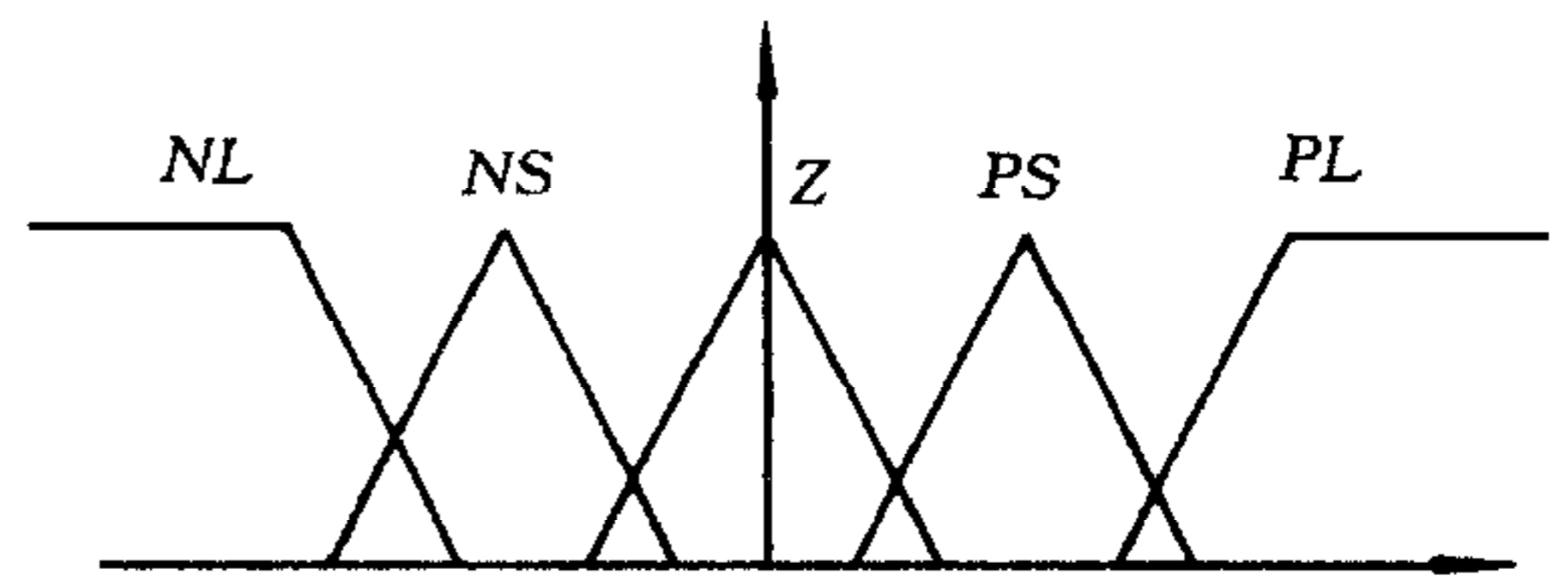


图1 温度偏差隶属度函数

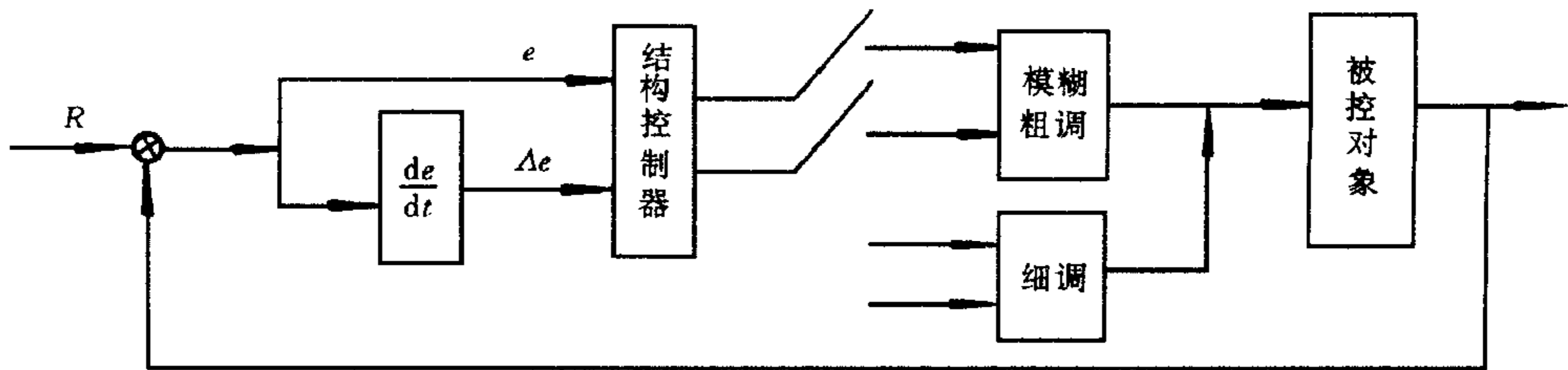


图2 控制器总结构图

整个被控对象实际上只有很少时间工作在“粗调”期,而更多的时间工作在“细调”期.在微调阶段,其输出的时间占空比在0—100%之间可调,而在其外的区域,采用这种简单的方法,可以实现 Bang—Bang 控制,使系统以最快的速度进入微调阶段.其系统控制规

则如表1.

控制规则表中  $X, Y, S$  为系统已进入细调区,  $X$  为在  $Z$  和  $PS$  之间细调,  $Y$  为在  $Z$  和  $NS$  之间细调, 而  $S$  则根据偏差和偏差变化率的实际情况减小调整.

微调阶段采用一种 PD 算法, 输出量为  $U = \frac{m \times E + n \times dE}{m \times E' + n \times dE'} \times T_s$ , 式中  $T_s$

为控制周期;  $m, n$ : 权值, 即在某一个周

期进行时间分割时,  $E$  和  $dE$  占分割的权重;  $E$  为实际值与期望值之差;  $dE$  为偏差变化率;  $E'$  为在控制状态表中微调状态所对应的最大偏差;  $dE'$  为在控制状态表中微调状态所对应的最大偏差率;  $U$  在这里已不是代表开关的增量, 而是微调的时间, 若其为正值, 则向正方向微调, 若为负值, 则向负方向微调, 其绝对值为微调动作时间.

对权值  $m, n$ , 若  $m$  值太大, 则会引起系统在“零”区间振荡, 而若  $n$  取得大, 则容易引起系统精度的降低, 因此应根据实际情况实现在线的调整.

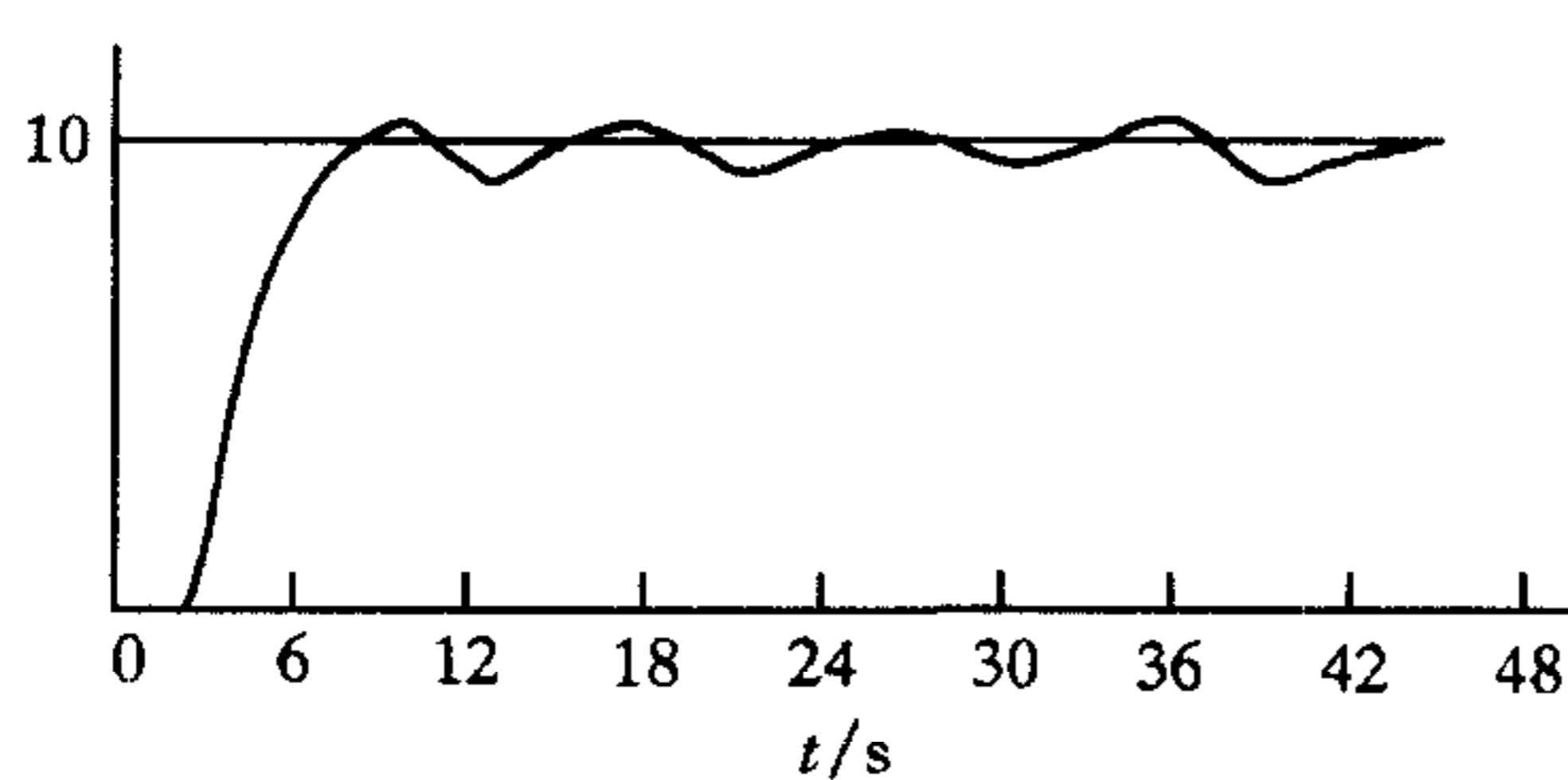
表1 模糊控制规则

	NL	NS	Z	PS	PL
NL	PL	PL	PL	PS	NL
NS	PL	PS	X	Z	NL
Z	PL	X	S	Y	NL
PS	PL	Z	Y	NS	NL
PL	PL	NS	NL	NL	NL

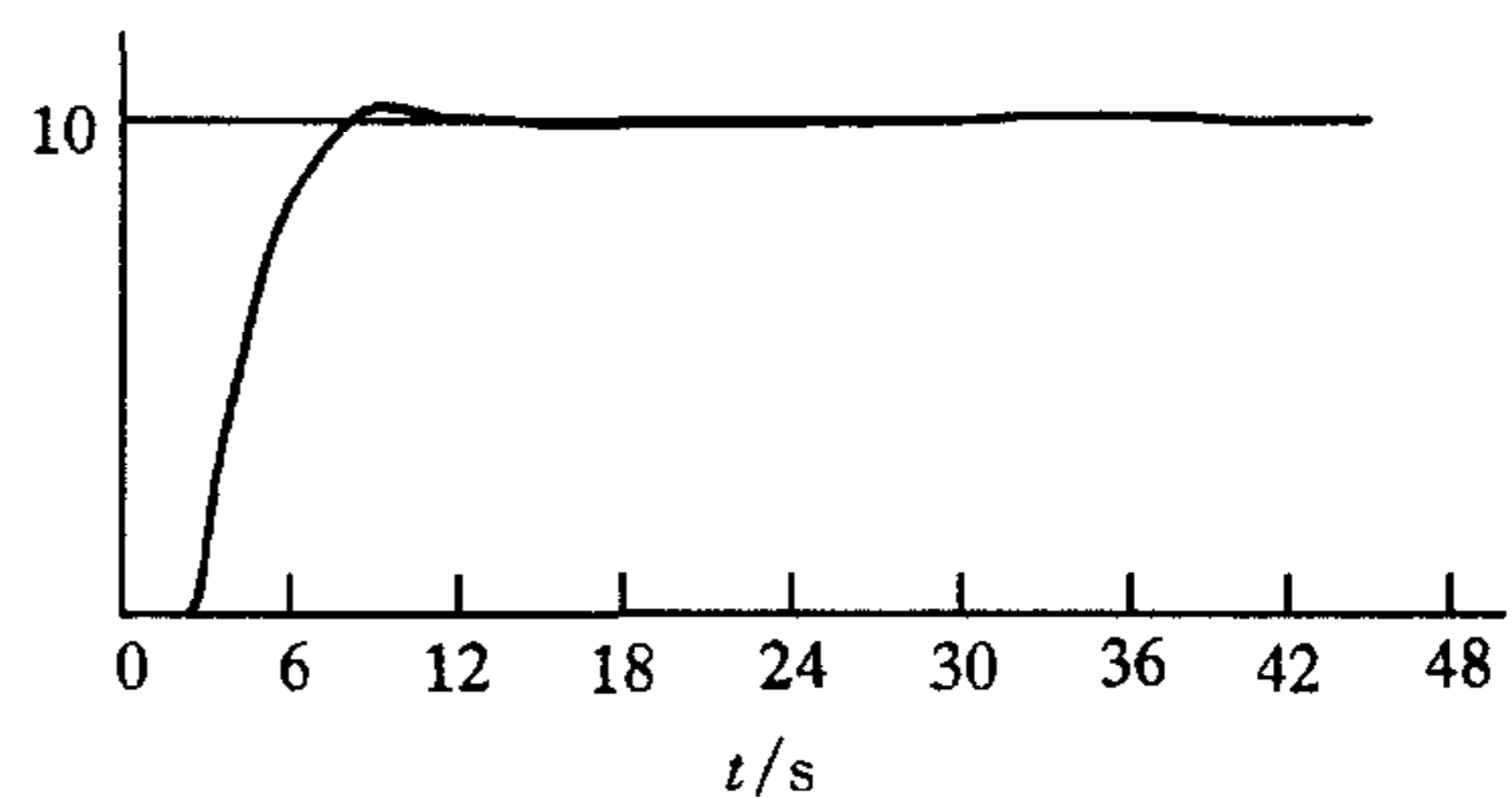
#### 4 仿真结果与实际运行结果分析

系统运行主要参数有: 两个开关的比值, 隶属度函数, 微调期间的  $P, I, D$  参数等. 根据对工业过程控制中广泛使用的二阶带纯滞后模型的仿真曲线(图3)可以看出, 两个开关的比值取  $1:0.1-1:0.05$  之间为最佳.

使用本文提出的控制策略, 开发了陶瓷明焰窑温度控制系统. 图4是两条现场测量的实时记录温度曲线, 可以看出, 系统的稳定性好, 鲁棒性强.



(a)两个开关比值为 1:0.5

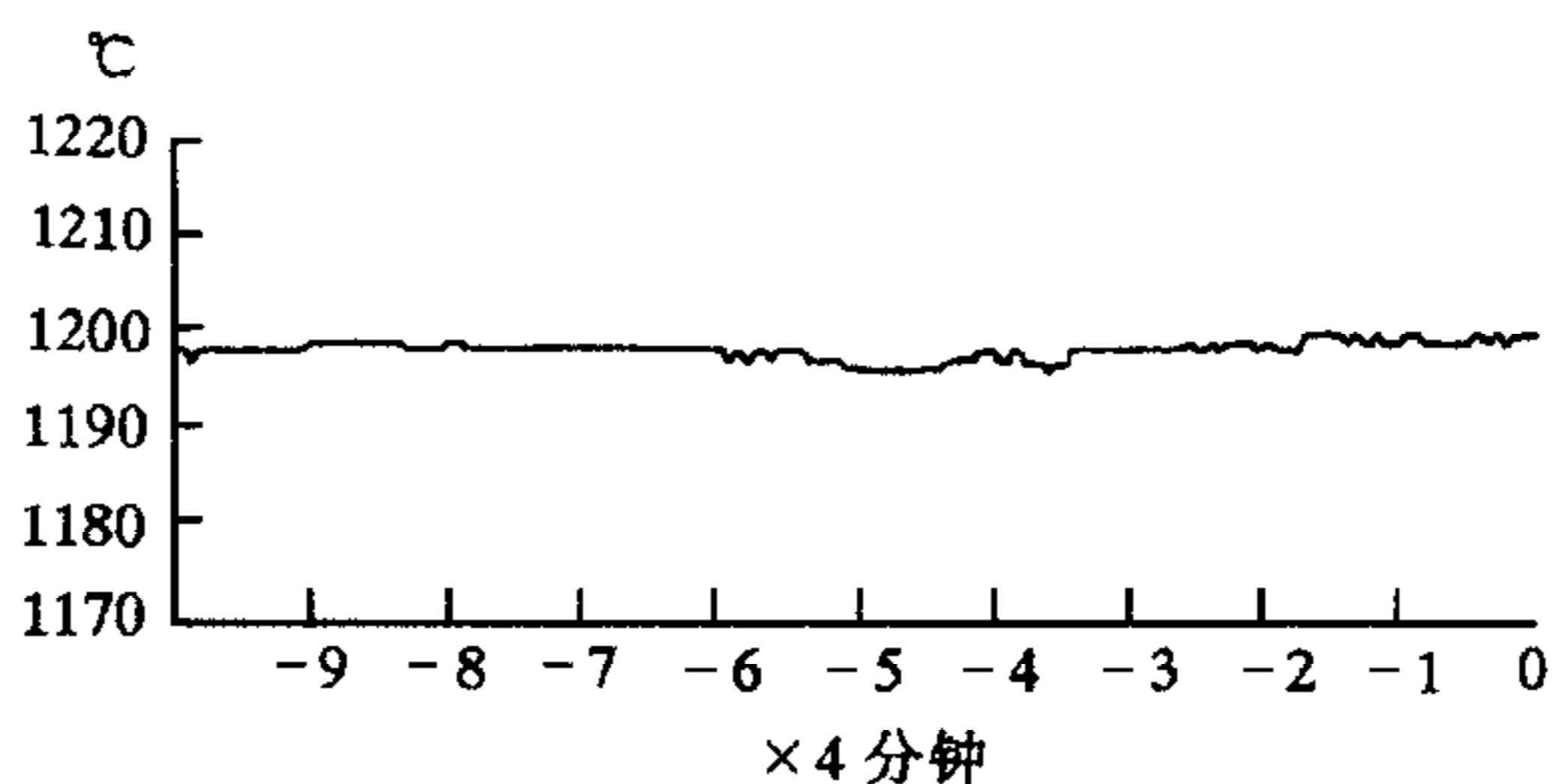


(b)两个开关比值为 1:0.08

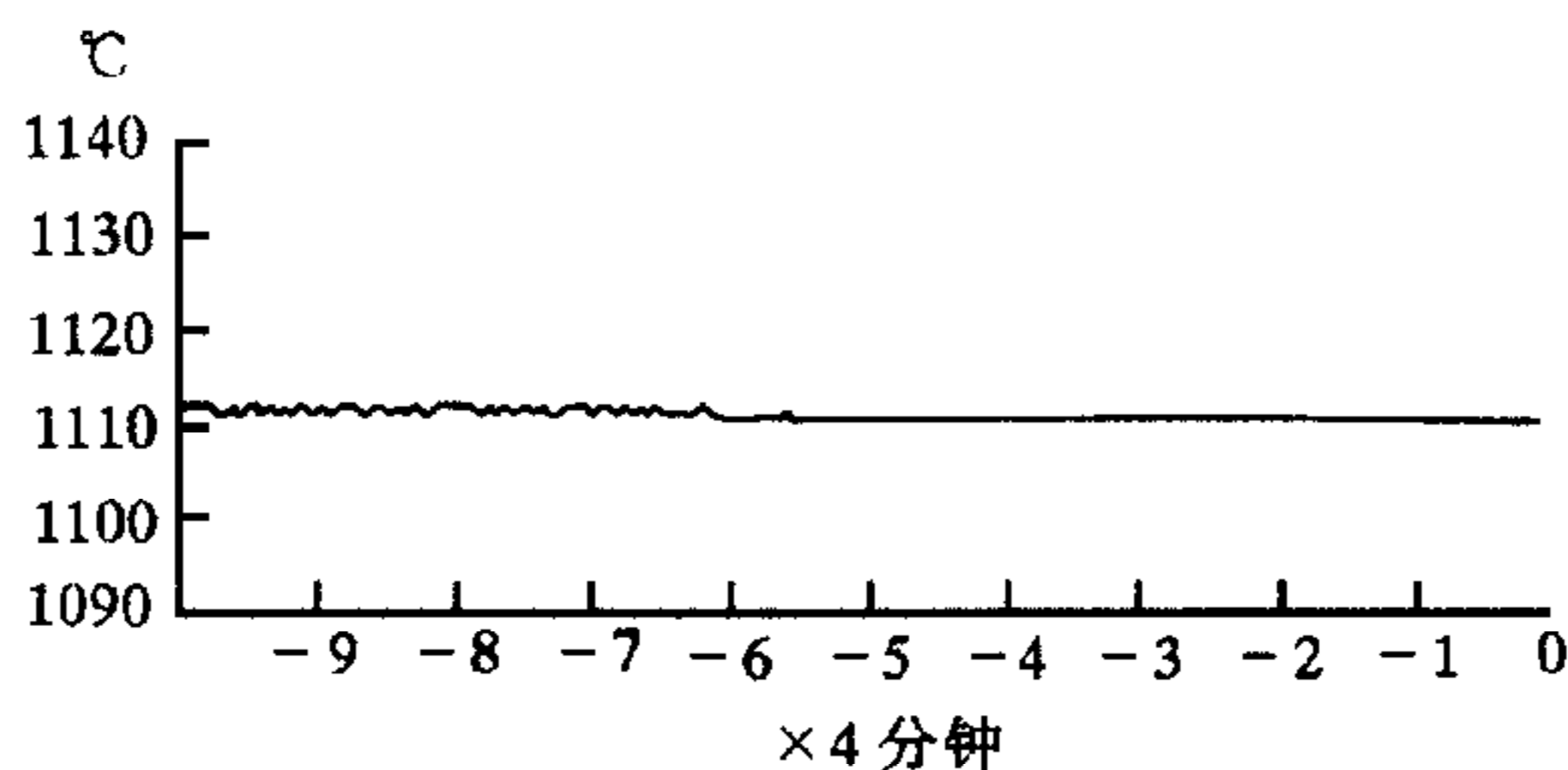
图3 四位调节时位的比例对系统的影响

#### 5 结论

从工业现场的实际运行情况来看, 基于模糊控制和时间比例分割控制相结合的变结构控制, 较好地解决了明焰窑控制系统中状态的能控性、能观性及耦合问题. 同时, 由于采用了模糊控制和四位输出方式相结合的基于系统过程状态的变结构模糊控制器, 系统控制效果好, 运行可靠.



(a) 第 T4A 号测量点趋势图



(b) 第 T7 号测量点趋势图

图4 现场实时记录温度趋势曲线

## 参 考 文 献

- 1 余永权, 曾碧. 单片机模糊逻辑控制. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995, 98—239
- 2 乔红伟. 陶瓷明焰窑变结构温度控制的理论与应用研究[学位论文]. 武汉: 武汉工业大学机电学院, 1997
- 3 戎月莉. 计算机模糊控制原理及应用. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995, 113—166
- 4 窦镇中. 模糊逻辑控制技术及其应用. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995, 69—165

## VARIABLE STRUCTURE CONTROL SYSTEM OF TEMPERATURE FOR OPEN-FLAME KILN

CHEN ZUOBING    QIAO HONGWEI    LIU JUN

(School of Mech. & Elec. Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070)

**Abstract** According to the controllability and observability of the temperature control in the open-flame kiln, a control system of variable structure scheme based on system process states is proposed, which uses the control strategy of combination of fuzzy control and time-sharing control. The temperature control system is designed by means of variable structure. The industrial application shows that the control theory is feasible and the design is successful.

**Key words** Open-flame kiln, fuzzy control, time-sharing, variable structure control.