

变结构加热炉计算机控制策略¹⁾

杨永耀 吕勇哉 梁 军

(浙江大学工业控制研究所)

关键词: 加热炉, 多模式设定值优化, 变结构控制.

一、问题的提出

七十年代以来,加热炉的模型化与计算机控制的研究取得了不少进展,不少计算机控制系统已投入工业应用,并取得了显著的技术经济效益.随着加热炉控制从0级,1级向2级控制过渡,从常规的DDC向优化计算机控制过渡,人们原先认为比较成熟的燃烧控制算法渐渐显现出一些缺陷与不足,单一的设定值优化模式亦难以满足各种不同工况下加热炉控制的要求.因而,在加热炉计算机控制中,引入变结构、多模式控制的概念,对进一步提高控制系统的性能将是十分有意义的.下面介绍作者提出的一种加热炉变结构计算机控制策略.

二、变参数变结构燃烧控制策略

目前连续加热炉上应用较广的是交叉限幅燃烧控制算法^[1].这类方案能较好地保持燃烧过程中燃料与空气流量的比例关系,使燃料充分燃烧,获得较为理想的炉内气氛.然而,在常规的交叉限幅燃烧控制中一个明显的缺陷是,燃料与空气流量的调节相互制约(由交叉限幅系数决定),使系统调节的过渡过程缓慢,这在带有设定值动态优化的燃烧控制系统中尤为突出.为了克服这一缺点,我们对常规的交叉限幅燃烧控制算法进行改进,提出采用变交叉限幅系数的算法如下:

$$B_i = B_{i0} + K_{B_i} |e|, \quad i \in 1, 2. \quad (1)$$

式中 K_{B_i} ——比例系数,为炉况的函数;

e ——炉温设定值与测量值的偏差;

B_i, B_{i0} ——分别为动态及稳态($e = 0$)工况下交叉限幅系数.

经过上述修改后,当炉温偏离稳态工况较严重时,交叉限幅系数 B_i 较大,从而使燃料和空气流量的调节比较灵敏,以改善炉温的动态响应特性.反之,当炉温接近稳态工况时, B_i 就减小,以保证良好的空燃比特性.

带设定值优化的加热炉控制系统中,另一个显著特点是炉温设定值是动态变化的.当

本文于1989年9月18日收到.

1) 本课题受霍英东青年教师研究基金部分资助.

设定值变化较快时, 如何使炉温能及时跟踪设定值成为燃烧控制系统的主要任务. 在这种情形下, 交叉限幅燃烧控制显然已不是最合适的控制策略, 这时可以通过以下算式取消交叉限幅功能, 使之改变为典型的串级比值控制:

$$\frac{\partial T_{sp}}{\partial t} \geq DT_{spmax} \rightarrow B_i = \infty, i = 1, 2. \quad (2)$$

式中, T_{sp} ——炉温设定值;

DT_{spmax} ——炉温设定值变化率阈值.

此外, 空燃比系数也是加热炉燃烧控制中一个十分重要的参数. 由于在线烟道气残氧量准确可靠的测量问题尚未解决, 现有燃烧控制系统中常把空燃比作为可调常数处理, 因而导致空燃比系数确定的不合理因素. 合理的空燃比系数应该与燃料流量的大小、炉内加热钢料及加热炉炉况等诸多因素密切相关, 空燃比系数可由下式计算决定:

$$K_{\mu} = \alpha_{\mu} \cdot K_{\mu 0} \quad (3)$$

式中 $K_{\mu}, K_{\mu 0}$ ——实际、理论空燃比.

α_{μ} ——空燃比修正系数, 为钢种、炉况和燃料流量的函数.

三、多模式加热炉设定值控制

基于加热炉离散状态空间数学模型^[2], 作者曾提出一种启发式路径扩展优化算法来求取加热炉炉温设定值的最优化问题^[3], 并在重庆钢铁公司获得成功应用. 运行实践表明, 在正常的加热炉生产工况下, 该炉温设定值优化算法能取得满意的控制效果, 钢坯加热质量好, 加热炉能耗低, 钢坯烧损明显减少. 但是当加热炉处于不正常工况时, 该炉温设定值控制的性能就受到影响, 当加热炉测温热电偶老化或测量误差增大, 燃气供应不足, 燃气压力偏低时, 甚至使这种炉温设定值控制无法正常进行. 为了提高控制系统的可靠性与鲁棒性, 我们在前述炉温设定控制的基础上, 增加了燃料流量设定值控制, 从而实现加热炉的多模式设定值控制.

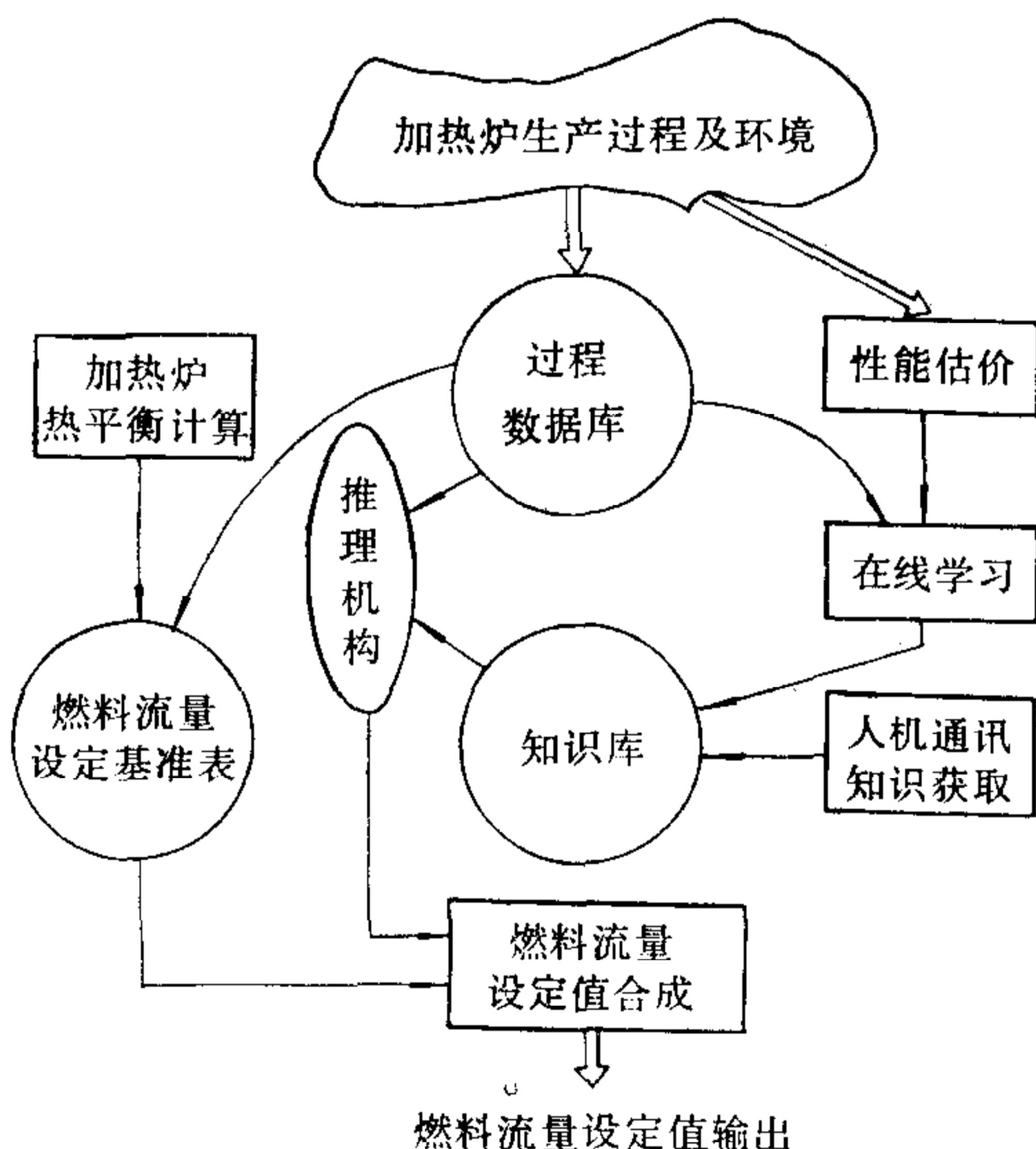


图1 燃料流量设定值策略示意图

燃料流量设定值控制由两大部分构成. 一是根据加热炉的热平衡关系, 计算出系列典型工况下的正常燃料流量设定值, 并把它归入燃料流量设定值基准表中. 二是根据现场经验归纳出燃料流量的设定规则, 然后采用专家控制技术进行当前工况下的燃料流量设定控制. 图1是整个燃料流量设定值控制的原理示意图. 关于燃料流量设定算法的实现细节, 由于篇幅所限, 作者将另撰文介

绍。

显然,采用燃料流量设定值控制时,由于炉温不直接参与控制,所以系统对于炉温测量元件的失真及故障,具有较好的鲁棒性。此外,当燃气供应不足,燃气压力较低时,由于可以直接设定燃料流量,因而可以避免由于调节阀的剧烈动作而引起的燃气压力振荡等不良结果,从而弥补了仅用炉温设定值控制的不足,提高了整个控制系统的应变能力和控制性能。

参 考 文 献

- [1] 张绪仙,双交叉限幅燃烧控制系统,冶金自动化,8(1984)4,8—13.
- [2] 杨永耀、吕勇哉,钢坯加热炉计算机动态数学模型的开发,自动化学报,13(1987)4,257—265.
- [3] Yang, Y.Y. and Lu, Y.Z., Dynamic Model Based Optimization for Reheat Furnace Control, *Int. J. of Computers in Industry*, 10(1988)1, 11—20.

A VARIABLE STRUCTURE CONTROL SCHEME FOR REHEATING FURNACE CONTROL

YANG YONGYAO LU YONGZAI LIANG JUN
(Zhejiang University, Hangzhou)

Key words: Reheating furnace; multi-mode set point optimization; variable structure control.