



# 自调因子模糊控制器 在造气炉中的应用

郭芳瑞, 吴凤秋

(西安建筑科技大学信控学院, 西安 710055)

**郭芳瑞:** 1944年生, 河南开封人, 1968年毕业于北京建筑工业学院工业企业自动化专业, 副教授, 从事计算机集散控制系统的研究工作。

**摘要:** 介绍了造气炉生产半水煤气的工艺过程和造气机理。阐述了自调因子模糊控制器的控制方案和设计方法。通过控制系统的硬件配置和软件设计, 对双炉并联运行采取了抗干扰措施。结果表明, 蒸汽分解率从30%提高到50%, 且运行稳定, 操作简单。

**关键词:** 模糊控制器; 自调因子; 控制算法; 蒸汽流量; 造气炉

**中图分类号:** TP273.4; TQ545 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-8901(2003)05-0044-03

## 1 造气炉造气工艺及造气机理

### 1.1 造气炉造气工艺

小型化肥厂造气炉是生产半水煤气的重要设备, 造气过程按一定规律循环操作, 大体分吹风和制气两大阶段。吹风阶段吹入空气, 完成碳与氧的燃烧反应, 放出热量, 提高炉温为制气做准备。当炉温提高到一定温度时, 开始制气。制气阶段是通入水蒸气, 并分为上吹和下吹2个环节。在这2个环节中, 碳与蒸汽进行气化反应, 生产出半水煤气。吹风和制气周而复始, 循环进行。

在实际生产中, 为了稳定气化层的位置, 保证( $\text{CO} + \text{H}_2$ )和 $\text{N}_2$ 的百分比, 整个半水煤气的制气过程分为5个阶段, 即: 吹风、上吹制气、下吹制气、二次上吹和吹净。每个阶段都是由自动机(自动机已改为油压式)自动循环进行。各阶段都有严格的时间限制, 蒸汽阀的调整在上吹制气(41 s)和下吹制气(60 s)2个阶段内进行。

### 1.2 造气机理分析

造气是将蒸汽通入造气炉内炽热的碳层进行气化反应, 产生半水煤气。制气工艺是一个极其复杂的过程。炉内温度自上而下一般分为3层: ①干馏层, 其温度为800℃; ②气化层, 其温度为1000℃; ③灰渣层, 其温度为600℃。蒸汽主要在炉内气化层进行气化反应, 气化层的温度严重影响着制气强度和蒸汽分解率, 也影响着气

化反应速度。根据半水煤气制气的动力学机理分析, 在制气的初始阶段, 由于气化层温度很高, 制气的化学反应速度很快, 此时, 影响制气生产的关键因素, 是水蒸气分子向固体燃料表面扩散的速度, 因此, 加大入炉蒸汽流量, 有助于提高蒸汽分子的扩散速度, 进而有利于制气生产的反应; 但随着制气反应的不断进行, 由于是吸热反应, 炉温将逐渐下降, 并导致制气化学反应速度不断下降。

在化学反应速度小于蒸汽分子的扩张速度后, 影响制气生产的关键因素, 将转化为制气的化学反应速度。在这种情况下, 仍以原来的蒸汽流量通入炉内, 不仅多耗蒸汽, 而且由于蒸汽分解率降低, 多余的蒸汽带走炉内的热量, 加速炉温降低。因此, 必须在制气阶段调节入炉蒸汽流量, 使入炉蒸汽流量随气化层温度的降低而减少。

## 2 控制方案

### 2.1 蒸汽流量控制要领

(1) 由上述制气机理可知, 利用气化层温度可调节蒸汽流量, 然而由于炉内温度太高, 且炉内煤层不断转动, 用热电偶检测炉内温度是困难的, 尤其是检测气化层温度更为困难。因此, 必须寻找能反应气化层温度的参数。理论<sup>[1]</sup>和实

践都表明,上行煤气温度的变化曲线和气化层的温度变化曲线基本一致,而上行煤气温度较低,仅 460 ℃,且热电偶安装施工方便。因此,笔者用上行煤气温度来代替气化层温度作为调节蒸汽流量的参数。

(2) 若 2 台造气炉并联运行,炉子之间相互影响较大,当其中一炉加煤、停炉、或阶段之间切换时,不使用蒸汽,这将导致另一造气炉的蒸汽压力、流量突然增大,从而破坏另一炉子的稳定运行。因此,每台炉子都应采用前馈控制。

(3) 当开始上吹制气或下吹制气时,都存在着由于温度的惯性使温度不会立即下降。经实测,上吹制气时,温度保持 4 s,下吹制气时,温度保持 6 s,在这两段时间内蒸汽阀门要开大。这两段时间笔者采用了 Bang—Bang 控制,以最大的蒸汽流量,最快的速度,使蒸汽和炽热的焦炭充分接触,以便分解出更多的半水煤气。

2.2 蒸汽流量控制原理

由上述分析,我们设计了 Bang—Bang 模糊双模控制系统,上吹开始 6 s 是 Bang—Bang 控制,6 s 为切换点,6 s 之后进入模糊控制;下吹亦如此,5 s 为切换点。系统控制原理见图 1。

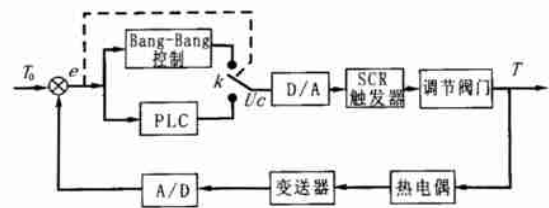


图 1 系统控制原理图

图 1 中造气炉的蒸汽调节阀门为被控对象,上行煤气温度  $T$  是被控参数,  $T_0$  是温度给定值,热电偶检测出上行煤气温度  $T$ ,检测出的电信号再经温度变送器、A/D 转换器,送至系统的输入端与给定温度相比较,得到温度偏差  $e$ ,再根据  $e$  的阈值大小,由软开关  $K$  决定使用 Bang—Bang 控制或使用 FLC 控制,而后二者分别算出控制系统的控制输出量  $U_c$ ,经 D/A 转换为模拟量送给 SCR 触发器,控制触发电路的导通角,以调节阀门的开度,实现对蒸汽流量的控制。

3 带自调因子的模糊控制器设计

本系统采用二维模糊控制器,其输入为上行煤气温度误差  $e$ ,以及误差的变化  $ec$ ,输出是蒸

汽阀门的控制电压  $u$ 。模糊控制器的结构见图 2。

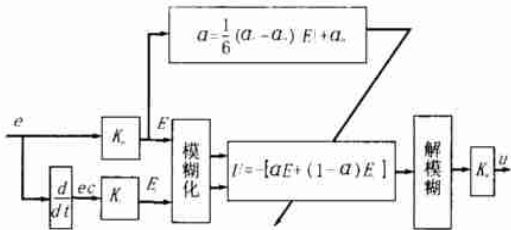


图 2 模糊控制器结构图

图 2 中,  $K_e$  为误差量化因子,  $K_c$  为误差变化量化因子,  $K_u$  为比例因子。这是全论域范围内带自调因子的 Fuzzy 控制器。误差  $e$ , 误差变化  $ec$  及控制量  $u$  在各自相应的模糊论域内的模糊变量为  $E$ ,  $E_c$  和  $U$ , 它们的模糊论域取为:

$E = K_e = U$   
 $= \{-6 \ -5 \ -4 \ -3 \ -2 \ -1 \ 0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6\}$

则控制规则解析式<sup>[2]</sup>为

$U = -[\alpha E + (1 - \alpha) E_c]$  (1)

$\alpha = 1/6(\alpha_s - \alpha_0)|E| + \alpha_0$  (2)

$\alpha \in [\alpha_0, \alpha_s], (0 \leq \alpha_0 \leq \alpha_s \leq 1)$

(1) 式中括号表示取整运算。由(2)式看到,  $\alpha_s, \alpha_0$  决定了  $\alpha$  的变化范围,  $\alpha_s, \alpha_0$ , 是初值,通常初值取为  $\alpha_s=1, \alpha_0=0.3$ 。(2)式中,  $\alpha$  只随  $E$  的不同而在  $\alpha_s \sim \alpha_0$  变化,其变化精度由论域的级别数所决定。本系统级别数取为 13,显然只要知道  $E$  的大小,  $\alpha$  可立即算出来。又由(1)式知,控制量  $U$  的变化由  $E, E_c$  值决定,而  $\alpha$  值决定了  $E, E_c$  在  $U$  中的份量。(2)式为  $\alpha$  的调整式。当  $E$  增大时,  $\alpha$  增大,则  $U$  中  $E$  占的份量增加,这时控制作用主要用来消除误差;当  $E$  减小时,  $\alpha$  减小,  $U$  中  $E_c$  占的份量增加,这时控制作用主要用来减小误差变化,使系统保持稳定。由上述分析可知,  $\alpha$  是自动调整的,进而使系统自动消除误差和减小误差的变化。

再进一步分析图中的量化因子  $K_e, K_c$ 。它们主要是将基本论域中的误差  $e$  和误差变化  $ec$ , 变换成离散论域中的模糊变量,即误差  $E$  和误差变化  $E_c$ 。  $K_e$  和  $K_c$  的大小直接影响着  $E$  和  $E_c$  在控制过程中所起作用的大小。因此,在本系统中,笔者充分利用了模糊控制器设计的灵活性,在系统运行过程中根据误差的大小分段选取  $K_e$  和  $K_c$ 。也就是说,在系统启动至进入稳态运行前这一阶段,误差较大,这时主要的任务是要消除

误差, 故取  $K_e$  较大,  $K_c$  较小; 当系统进入稳态后, 误差较小, 这时主要任务是减小误差的变化, 故取  $K_e$  较小,  $K_c$  较大。本系统经多次试验, 起动阶段的量化因子取为  $K_{e1} = 6$ ,  $K_{c1} = 2.5$ , 稳态运行阶段的量化因子取为  $K_{e2} = 2.5$ ,  $K_{c2} = 6.5$ 。

在系统运行中, 由(1)、(2)式可即时算出  $U$ , 经解模糊得到模糊论域中的控制量  $U^*$ ,  $U^*$  再乘以比例因子  $K_u$  就算出了模糊控制器输出信号。这个信号仍是数字信号, 还必须经 D/A 转换成标准电压控制信号, 送给调节阀的 SCR 控制器, 进而调节阀门的开度, 使蒸汽流量维持在给定的允许范围之内。

## 4 硬件配置

根据上述控制原理, 为达到工艺要求, 笔者采用 8098STD 单片工业控制机, 配置了较大的存储器卡、12 位 A/D 卡、8 位 D/A 卡、DI 和 DO 卡等。其结构见图 3。

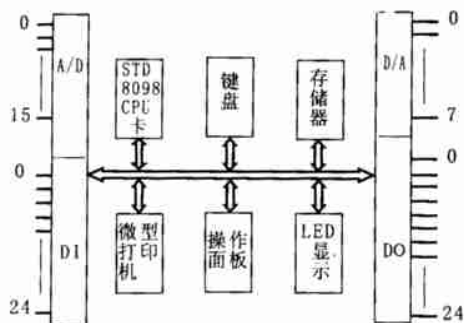


图 3 硬件配置图

由图 3 看到, 整个系统所有的工作由 STD 单片机通过 A/D、DI 采样、数据处理, 控制算法运算, 又通过 D/A、DO 控制整个系统运行。

## 5 软件设计

软件设计是该系统的重要部分, 为了使程序清晰、易改、易维护, 采用模块化结构设计。该系统是一个较为复杂的控制系统, 笔者重点考虑了 Bang-Bang 控制和模糊控制的无扰切换问题, 以及自调整因子的模糊控制算法的实施问题。其软件设计框图见图 4。

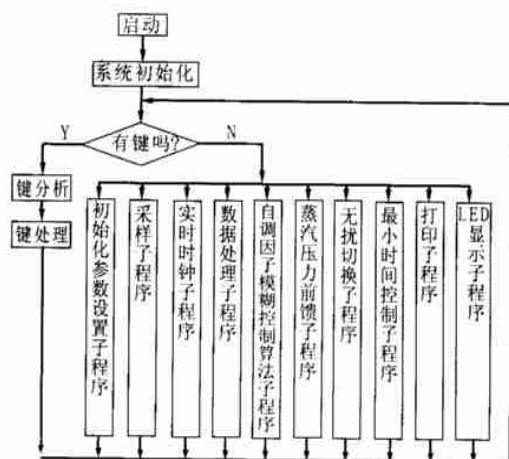


图 4 程序框图

软件设计主要模块:

(1) 系统初始化模块 完成系统的 I/O 设置, 以及系统常用参数设置。

(2) 键盘管理模块 主要完成键分析、键处理及所有功能键的切换。

(3) 系统进程模块 其中所有子模块在实时时钟子程序的管理下完成系统的所有工作。

(4) 控制算法模块 带自调因子的模糊控制算法模块, 是整个系统的核心程序, 它直接决定了系统的性能。

## 6 结语

(1) 本系统在杞县第二化肥厂已运行 1 年多, 各阀门都按预定的时间动作, 这些动作都可以从 LED 上分别显示出来。在操作面板上可以很方便地改变各阀门的开度。

(2) 双炉并联运行, 2 台炉子相互影响, 相互干扰问题值得重视。本系统在硬件、软件上都采取了抗干扰措施。

(3) 本系统运行稳定、可靠、操作简单, 效果良好, 蒸汽分解率由原来的 30% 提高到 50%。

### 参考文献:

- [1] 陈五平. 无机化工工艺学, (三)[M]. 北京: 化学工业出版社, 1980.
- [2] 李士勇, 等. 模糊控制和智能控制理论与应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1990.
- [3] 张增科. 模糊数学在自动化技术中的应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997.

收稿日期: 2003-04-27

## **Application of Conveying Automatization System**

*LIU Wen-hua, WEI Zhong-chao, SUN Wen-ling*  
 (China Wuhan Chemical Engineering Corporation,  
 Wuhan 430079, China)

**Abstract** The present control situation for the conveying system for packing of both solid stock and product and the PLC control conveying system were analyzed at present in China, through introducing the big-sized grain storage in which is used the conveying mode directly connecting the PLC sequence control with the area net of operating computer, the composition, feature and function target for the modern, highly automatically conveying system were described. It indicates that using the modern computer technology and information technique is the direction of automatization in conveying system.

**Key words** conveying system; PLC control; industrial control computer

## **Vibration Problem in Design of Steel Structure**

*XIONG Wei*

(China Wuhan Chemical Engineering Corporation,  
 Wuhan 430079, China)

**Abstract** Dynamic calculation was made for a support of steel structure as per method of vibration mechanics, cause of resonance induced by structure was analyzed, discussion was made for calculation result. The result indicates that both dynamic effect and rotary vibration effect should be highlighted in the design of steel structure frame, the requirement of allowed vibration limit value can be reached by taking the appropriate measures of damper design and vibration isolation.

**Key words** steel structure; rotary vibration; design; vibration amplitude; frequency; vibration limit value

## **Heating / Reducing Summarization for XNC-98 Type Methanol Synthesis Catalyst**

*ZHANG Xian-bo, FENG Xian-feng*

(Anyang Chemical Industry Group Company Ltd.,  
 Anyang Henan 455133, China)

**Abstract** Physical characteristics and composition were analyzed for XNC-98 type methanol synthesis catalyst, in allusion to features of Lurge converter, the filling scheme and operation step were prepared, the scheme of heating / reducing and its operation process for this catalyst were described

in detail, the application situation of production was summarized.

**Key words** XNC-98 methanol synthesis catalyst; Lurge converter; heating/reducing; filling

## **Application of Self-Adjusting Factor Blurring Controller in Gasifier**

*GUO Fang-rui, WU Feng-qiu*

(Xi'an Architecture Science & Technology  
 University, Xi'an 710055, China)

**Abstract** Both gasification mechanism and technology process producing the semi-water coal gas by gasifier were introduced, control scheme and design method were described for Self-Adjusting factor blurring controller, anti-interference measures were taken for running of double gasifiers in paralleling through the soft ware design and hard ware configuration of control system. The result indicates that steam decomposition rate is increased from 30 % to 50 %, moreover running is stable and operation is simple.

**Key words** blurring controller; self-adjusting factor; control calculation method; steam flow rate; gasifier

## **Long-Effective Nitrogen Fertilizer Mechanism and Its Application in the Slow-Releasing Compound Fertilizer**

*FENG Yuan-qi*

(National Petrochemical Industry Association,  
 Beijing 100723, China)

**Abstract** It introduced mechanism of long-effective nitrogen fertilizer by means of adding composite restraint agent so as to increase the utilization rate of nitrogen element, the newest production process was analyzed for slow-released/long effective compound and mixed fertilizer, contrast test was made for the application effect of this compound/mixed fertilizer with common compound/mixed fertilizer, evaluation was made for economic benefit of industrial production. The result indicates that long-effective nitrogen fertilizer is used in the slow-released compound fertilizer can make the utilization rate of nitrogen element to be increased by 10%, fertilizer effectiveness period can be extended to 100~120 days, industrial production profit is 40 RMB Yuan per ton.

**Key words** long-effective nitrogen fertilizer; slow-released compound fertilizer; composite restraint agent