

文章编号:1005-7854(2015)S0-0210-03

MFA 在首钢京唐热轧煤气混合站上的应用

王 贤 王玉兴

(首钢京唐钢铁联合有限责任公司,河北 唐山 063200)

摘要:热轧煤气混合站是为热轧加热提供燃料的重要设施,其控制压力,热值对加热炉及轧制有着重要的影响,京唐公司采用法国施耐德公司的昆腾系列 PLC 做基础控制,应用 MFA 先进控制器为原型,做高级控制算法,实现出口总管压力,热值,大小支管流量的精确控制,它的投产,改变了以往的手工操作,提高了生产效率。

关键词:MFA;热轧煤气混合站;精确控制

中图分类号:TF748⁺.06 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1005-7854.2015.z1.051

1 热轧混合站

首钢京唐公司的 2250 mm 热轧板材生产线,年产量约 500 万 t,设有 5 座加热炉,生产满负荷运行时,煤气用量约 8 万~12 万 m^3/h 、压力 10~13 kPa、热值 8 360~10 450 kJ。为了满足生产要求,在京唐公司燃气厂内建有热轧煤气混合站一座,对高炉煤气、焦炉煤气、转炉煤气、天然气进行四气三混或者四气两混,达到工艺要求后送往热轧。由于热轧生产方式的不连续性,造成了混合站出口压力和流量的波动;而热值测量系统,采用红外、热导等方法测量气体组分,由于采样管线的长度及测量原理的限制,造成热值反应的滞后;而供气管路上前后阀门相互影响,大小管路之间相互影响,造成了压力和流量控制上的多重耦合;而且大口径蝶阀表现出来的非线性特性等,使系统呈现出耦合、滞后、时变、非线性等典型复杂系统的特点。由于 PLC 本身自带的 PID 功能只能满足系统一定条件下的运行要求,当用户用量或者供气气源出现波动时,则又要重新调整 PID,这是不现实的,也不能满足系统在各种工况下连续生产的要求,因此京唐公司引进了美国通控公司的 MFA (Modle-Free Adaptive) 无模型自适应控制技术,克服系统的滞后、时变、耦合等因素,使系统快速收敛,进入稳态。

2 MFA 控制技术

MFA 是一个具有多层感知器结构的人工神经

网络,例如图 1 所示的 SISO (单输入单输出) MFA 结构的 MFA 控制器,有一个输入层,具有 N 个神经元的隐含层和一个单个神经元的输出层。在上图所示的神经网络中,两个权重因子 w_{ij} 和 h_j 需要根据实际改变,更新权重因子的算法是以缩小设定值和过程值之间的偏差为目的,偏差依次进入,最新的偏差在顶端,分配相应的权重,通过滤波函数 $\Phi(t)$ 和 $\Psi(t)$ 滤波后,最终输出 $o(t)$ 。最后将 $o(t)$ 和当前偏差相加,乘以用户设定的增益 K_c ,得到最后的实际作用 $v(t)$ 。采用权重因子分配可以更好的使控制器在过程动态特性发生变化时减小偏差。与普通的 PID 功能相比,PID 只能记录之前的一个偏差和当前的偏差,而 MFA 则可以记录多个,通过训练得到最优化的控制⁽¹⁾。

3 重点回路分析

在混合站中,主要目的是保住压力,假设出口压力高于供气压力,则会使供气鼓风机形成逆流,发生喘振,而这种危险是绝对不允许出现的,所以要求出口压力绝不能高于所有的气源压力当中最低一条管路的压力。从供气压力上看,高炉煤气压力 10 kPa,是压力最低的一条供气管路,是影响出口压力变化的主要因素。混合站经常是三气混合或者两气混合,高热值的焦炉煤气与低热值的高炉煤气进行混合,比例由于转炉煤气的参与而动态变化。焦炉煤气和天然气的属于高热值煤气,必然混入大量的低热值煤气。高炉煤气在这个混合系统中满足了压力最低、热值最低和流量最大三个特点,所以高炉煤气是稳定压力的关键因素⁽²⁾。

作者简介:王 贤,工程师。

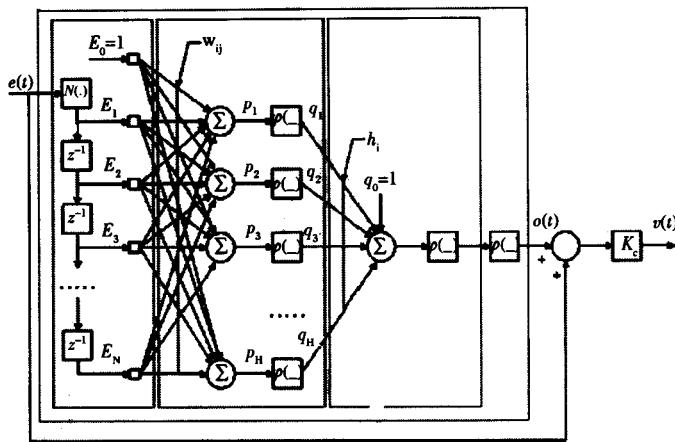


图1 单入单出 MFA 控制器

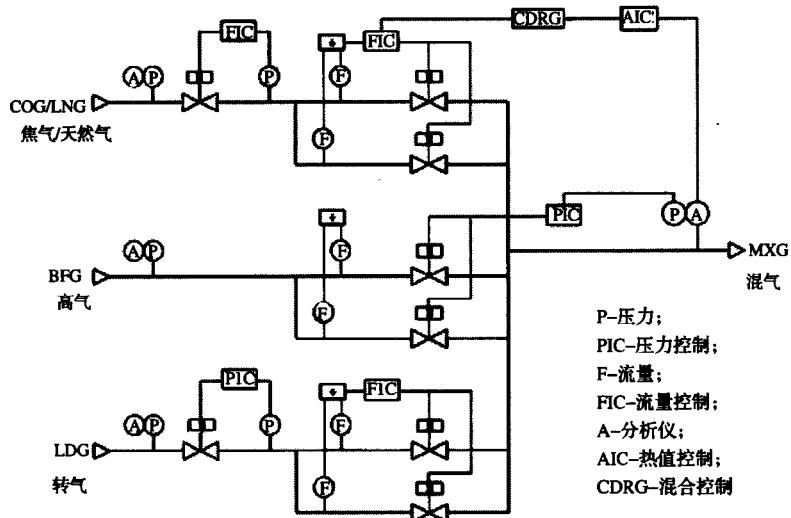


图2 热轧混合站流程图

其次是保证混合站出口的热值,相对提高高热值煤气的压力,使其混入到低热值煤气当中,焦炉煤气的热值 17 974 kJ,是比较合适的高热值煤气。在稳定高炉煤气的压力和流量后,动态调整焦炉煤气的压力和流量,达到一定比例,就可以满足系统对热值的需求。用量变化时,以保证压力为主,防止回火等安全事故发生,即在出口压力稳定的前提下,根据高炉煤气的流量来动态调整焦炉煤气的流量。

转炉煤气作为整个系统的干扰因素来处理,京唐公司转炉煤气从炼钢收集,经过气柜和加压机后主要的用户是白灰窑,其次是热轧混合站,如果富余则混入高炉煤气管网,由于白灰窑的用量较大,富余时,才混入热轧混合站,根据实际转炉煤气参与混合时较少,所以当做系统的一个干扰因素来考虑^[3]。为了使系统稳定,在实际运行时,只是控制转炉煤气的流量,压力则有 PID 控制,要求压力不是三条管路

中最低的,以保证出口热值的稳定及方便混合站出口压力的控制。

此外三路供气管路,都有支管和旁通管两路,即大流量和小流量两路,当用量小的时候,用旁通小管来调节,用量大的时候,用支管和旁通管,在调节过程中发现当,旁通管调节到满量时,再开支管调节阀,流量往往滞后一段时间不动,为了使系统稳定,根据实际经验,提出了在旁通管开到 30% 以上时,开支管。根据阀门的调节能力,及现场的运行实践,确定开度关系。而且根据实际分配支管 70% 的流量,旁通 30% 的流量。

4 控制功能实现

利用 LAB VIEW 8.6 的 MFA TOOLSET 的标准版 Standard MFA Controller Vis 自带的工具来开发整个混合站系统。热值控制的 MFA 参数,及所做的页

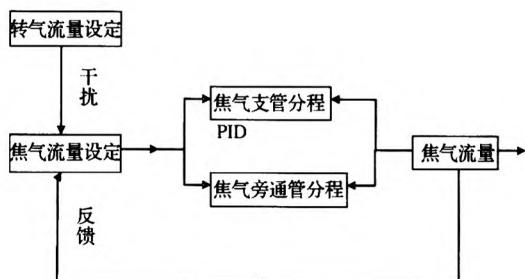


图 3 焦炉煤气控制回路示意图

面,如图 4~6 所示。

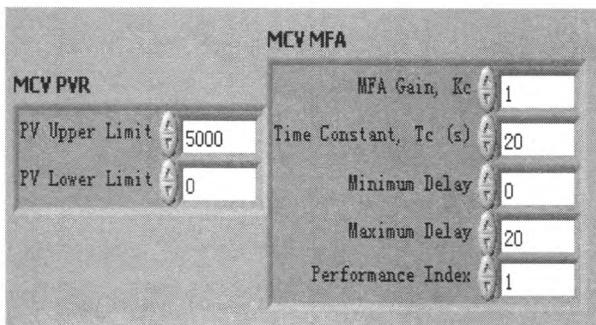


图 4 热值控制器的参数

其中 PV Upper Limit 和 PV Lower Limit 表示测量值的上下限,增益 (MFA Gain, K_c),时间常数 (Time Constant, T_c (s)),最小延迟时间 (Minimum Delay),最大延迟时间 (Maximum Delay)^[4]。焦炉煤气流量调节鲁棒参数设定,包括测量值上边界值 (PV Upper Bound),测量值下边界值 (PV Lower Bound),带上部分增益比率 (Upper Gain Ratio),带下部分增益比率 (Lower Gain Ratio),绝对值/相对值选择开关 (Relative Bound),读写。

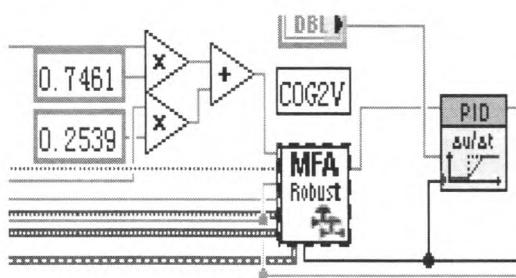


图 5 LABVIEW 中 MFA 鲁棒控制器的应用

5 系统运行效果

系统投运后的实际效果如图 7 所示。从上到下分别为压力线、热值线和流量线。在图中可以看出当流量增大约 $10000 \text{ m}^3/\text{h}$ 时,压力保持在 12.5 kPa

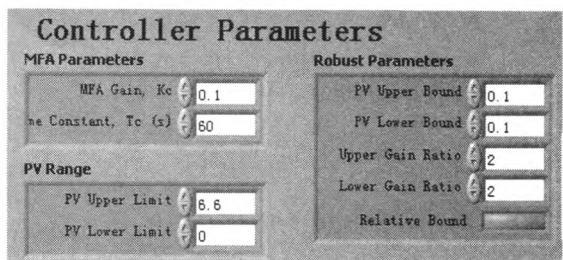


图 6 焦炉煤气流量调节的鲁棒控制器

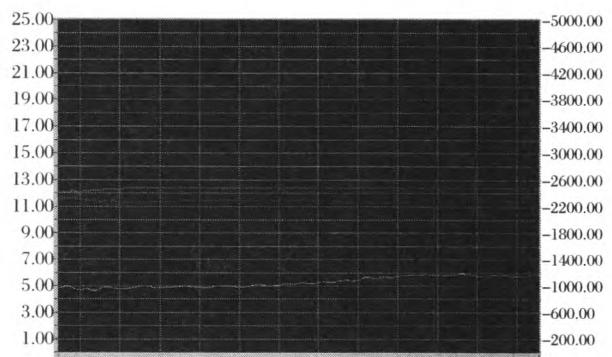


图 7 混合站出口压力流量热值曲线图

不变,热值 9.614 kJ 保持在允许范围内。

系统投运后,热值波动 $\pm 4.18 \text{ kJ}$,压力波动 $\pm 0.5 \text{ kPa}$,系统出现波动时,最短 13 min 左右可以回到设定值,达到了预期的控制效果,相比于手动控制时,系统出现波动需要三个加压站操作人员协助,热值半个小时回到预期值,热轧快切阀因压力波动出现抖动等情况,生产效率得到了很大的提高。

在工业控制中,与混合站类似的难以控制的复杂系统有很多,如水处理中的 pH 控制就是典型的非线性系统,利用 MFA 提供的 pH 控制器,可以改善 pH 的控制精度。通过对 MFA 控制技术的了解及在混合站上的应用,相信 MFA 技术可以实现更为复杂的控制环境和要求,为工业控制技术的提高,做出更为巨大的贡献。也为 MFA 同类的控制系统提供更好的解决方案。

参考文献:

- [1] 吕佐周,王光辉. 燃气工程 [M]. 北京:冶金工业出版社, 2008: 79~101.
- [2] 蔡增基. 流体力学泵与风机 [M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1999: 50~92.
- [3] 陈锡辉. LabVIEW 8.2 程序设计从入门到精通 [M]. 北京:清华大学出版社, 2007: 47~100.