模糊控制在加热炉炉膛压力控制中的应用

杜 宇,杨丛军

(内蒙古包钢钢联股份有限公司薄板坯连铸连轧厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了连续式加热炉炉膛压力控制在加热炉生产控制中的实际意义及加热炉炉膛压力的检测方法和控制方法。因为炉门经常开关,会引起炉膛压力频繁波动,而常规 PID 的调节方式抗干扰能力不强,在测量值经常变化的情况下易产生振荡,不能进行有效的控制。模糊控制正好有收敛速度快、超调小且抗干扰能力强的特点,最适宜用来控制炉膛压力。

关键词: 模糊控制; 加热炉; PID; 微差压变送器

中图分类号: TP273 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009 - 5438(2017) 05 - 0085 - 03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.01.027

Application of Fuzzy Control in Furnace Pressure Control of Heating Furnace

DU Yu, YANG Cong - jun

(*CSP Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*)

Abstract: In the paper, it is introduced the practical significance of furnace pressure control for continuous heating furnace in production control of heating furnace, and the detection method and control method of furnace pressure for heating furnace. Because the furnace door often switches, it will cause frequent furnace pressure fluctuation, however, the normal PID regulating mode has weak anti - jamming capability, and it is easy to occur oscillation when the measurement value changes frequently, so it can not be effectively controlled. Fuzzy control has the characteristics of fast convergence, small overshoot and strong anti - jamming capability, and is most suitable for controlling the furnace pressure.

Key words: fuzzy control; heating furnace; PID; micro differential pressure transformer

连续加热炉是个不严密的热工设备。当炉内或炉内某个局部为负压时,就会从炉门或空洞处往炉内吸入冷空气,降低炉温,减少向被加热物料的传热量,同时增加废气量和废弃热损失。当炉内为正压时,又会引起高温炉气外逸,也将减少向被加热物料的传热量,同时增加废弃热损失,这 2 种情况对炉内热工过程均不利,因此进行合理有效的炉压控制显得十分必要。目前国内应用的蓄热式加热炉多数都存在炉压大且不易调节,炉头、炉尾和炉门冒火严重等问题。炉压过高时,将有大量的高温气体逸出炉外,不仅恶化了劳动环境,使操作困难,而且缩短了炉子寿命,并且造成燃料的大量浪费。

1 炉膛压力的检测与控制

为了防止火焰外延,避免冷风从炉墙的缝隙吸入,在确定了“零压点”之后必须严格控制加热炉的

* **收稿日期**: 2017 - 07 - 30

作者简介: 杜 宇(1984 -),男,河北省藁城市人,工程硕士,工程师,现从事轧机加热炉电气自动化设备维护工作。

中国知网 https://www.cnki.net

炉膛压力为一个定值。要想准确控制加热炉炉膛压力,首先要解决的问题是如何实时、准确地测量加热炉的炉膛压力。

加热炉的炉压主要有加热炉炉高方向上的压力分布与加热炉炉长方向上的压力分布,加热炉的炉膛压力是由加热炉炉内的几何压头、气体流动和烟囱抽气三者共同作用的结果。沿加热炉炉高方向上的压力分布,主要取决于加热炉炉膛的温度和加热炉炉膛的高度,基本的规律是上面压力高、下面压力低;而沿加热炉炉长方向上的压力分布,则是取决于加热炉炉内的射流作用和加热炉炉气流动的阻力作用,此外,它还与加热炉的烧嘴分布和加热炉的炉型结构有关[1]。

本文介绍的连续式加热炉,按照烧嘴分布不同,沿物料运动方向分别分为不加热的预热段、第一加热段、第二加热段和均热段。连续加热炉炉压取压点通常设置于加热炉均热段炉顶中心线处,通过调节该处炉压的大小可间接地控制出料口处的压力,达到既不向炉内吸冷空气,又不向炉外外逸高温炉气的理想的状态,即零压水平。

加热炉炉膛压力的检测方法是,通过加热炉均热段的零压面取压孔将炉膛压力通过取样管取样到微差压变送器,微差压变送器将加热炉的炉膛压力信号转变为4~20 mA的模拟量电流信号,并将该信号实时、准确地通过远程仪表ET200站的模拟量输入模板输入并传送到PLC控制器中,这一过程完成了对加热炉炉膛压力信号的实时采集。

连续式加热炉的炉膛压力控制,一般采用调节烟道闸板开度的方式进行。调节烟道闸板的开度,只改变炉高方向上的炉压分布,而不改变炉长方向上的压力分布。所以调节烟道闸板开度也就是调节炉高方向上某一点炉压的大小。

在PLC控制器中,首先对输入量炉膛压力的实际检测值与设定值进行比较,然后通过控制算法的控制,输出一个4~20 mA模拟量电信号到气动阀门定位器,阀门定位器控制气动执行机构烟道闸板气缸,从而实现对烟道闸板开度的控制,来调节加热炉的炉膛压力。

来自电/气转换器的输出气压信号被气动执行机构接收,然后把它转换为对应的推杆直线位移,实现对调节机构的推动。压缩空气是气动执行机构的动力源泉,来自调节器的输出信号被气动执行机构接收,由气缸对阀门连杆动作进行驱动,进而对被控制介质,也就是加热炉烟气的流量进行调节,最终把被控变量控制在此系统允许的范围内。

加热炉炉膛压力的检测与控制系统的结构如图1所示。

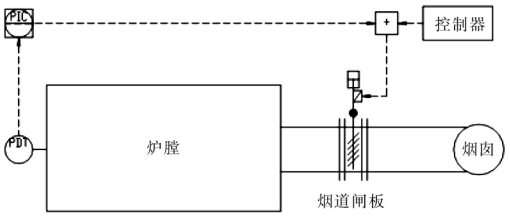


图1 控制系统结构图

2 炉膛压力的模糊控制

传统的炉压自动调节通常是由一套普通的单回路调节系统来完成。单回路控制系统又被称为单回路反馈控制系统,就所有的反馈控制系统来说,结构最简单、最基本的控制系统就是单回路反馈控制系统,也被叫做简单控制系统。尽管单回路控制系统结构简单,但它能解决许多控制问题,而在生产过程控制中,使用最广的一种生产过程控制系统就是单回路控制系统。实践经验证明,炉门的开启会造成炉压调节回路的不平衡从而产生较大的波动。为了解决这一问题,尽量减少炉门开启造成的影响,可以采用模糊控制的方法来控制炉膛压力。

根据控制规律的特征和工艺要求,单回路控制系统,选择压力作为其参数,为了保证控制系统的稳定,当比例控制作用较大时,可以加入积分控制,采用比例积分控制器,因此可以增强系统的控制作用;控制器不需要微分作用,只有当对象容量滞后比较大的时候才可以加微分作用。因此在单回路控制系统中,控制器的控制规律采用PI控制规律。

比例控制规律的特征是:控制器的输入信号和输出信号成比例,也就是阀门的变化和偏差变化有相应的关系。它可以很好地避免扰动的影响,过度时间快。可是单一的比例控制器在整个控制过程结束后仍有余差存在,并且负荷的变化大,余差也大。该控制器适合调节通道滞后很小、负荷变化小、控制要求低、被控量可以有一定余差的场合。

比例积分控制规律的特征是:控制器的输出信号不但和偏差的大小成一定比例,还和偏差有着一定的数学关系。同时具有比例和积分两种控制规律的控制器叫做比例积分控制器。他的应用最为广泛,适用

中国知网 https://www.cnki.net

于调节的场合有: 通道滞后很小、负荷变化小、被控制的变量不能有余差。采用该控制器的控制系统有: 管道的压力控制系统和一些严格要求的液位控制系统。

比例积分微分控制规律的特征是: 较其它控制规律增加了微分控制作用,控制器的输出不但和偏差的存在时间与大小有关,而且还和偏差的变化快慢成比例,所以对于容量滞后小的系统可以起到提前补偿的作用,控制改善积分作用引起的系统不稳定。三种控制规律都具备的控制器叫做比例积分微分控制器,还被称为三作用控制器,综合三种控制规律的优点,PID 是一种较理想的控制规律。适用于调节容量滞后大、负荷变化大、控制效果要求高的场合[2]。

因为炉门经常开关,会引起炉膛压力频繁波动,而常规 PID 的调节方式抗干扰能力不强,在测量值经常变化的情况下易产生振荡,不能进行有效的控制。模糊控制正好有收敛速度快,超调小且抗干扰能力强的特点,最适宜用来控制炉膛压力。

模糊控制采用炉膛压力的测量值与设定值的偏差 e 以及偏差的变化量 e_c 作为输入,并当偏差低于某值时,在控制输出里加入比例积分进行补偿以消除模糊控制器的稳态误差。整个控制器结构如图 2 所示。

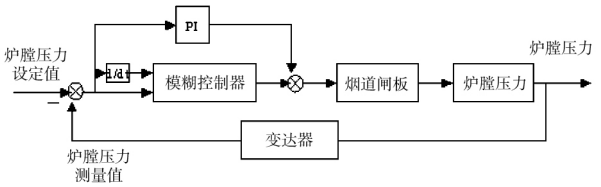


图 2　控制器结构图

在这个控制系统中,偏差 e 代表测量值与设定值之间的差值,也就是控制系统需要调节的量,偏差的变化量 e_c 表示偏差 e 的变化方向,也就是 e 是继续变大还是在逐渐收敛。因此这两个值就可以反映系统目前的状态,模糊控制器首先把 e 和 e_c 分成几个等级,如很大、较大、中、较小、很小等,它们不同的值落在不同的等级上,控制器可以通过它们的大小去判断应该作怎样控制,例如:

(1) 如果 e 为负大,e_c 也为负大时,则控制量 u 为正大。也就是说当负偏差很大,且继续在变大时,控制系统就必须给它一个大的反向控制量,让 e 能很快朝正的方向变化。

(2) 如果 e 为正小,e_c 为负小时,则控制量 u 为零。也就是说当正偏差很小,且在进一步缩小时,控制系统控制量的输出很小,甚至可以为零,e 能朝负的方向自行变化。

与上面类似,根据实际情况总结多条控制规则,用模糊数学的语言表达出来,作用在模糊控制器上,对炉膛压力进行稳定的控制。

3　控制效果

模糊控制的控制精度受模糊子集量化等级的限制,等级划分越细,精度越高,控制算法越复杂。因此单纯的模糊控制总是存在一个稳态误差,在控制系统中增加一个比例积分环节(PI 控制) ,当输入量低于某一阀值 $|e|$ 时,就在控制输出 u 中加入这个比例积分的输出 $\triangle u$ 进行补偿以消除模糊控制器的稳态误差,达到精确控制的目的。控制器进行实际控制的曲线图如图 3 所示,可以看出控制效果很好,在扰动出现时能很快控制住,且基本没有超调。

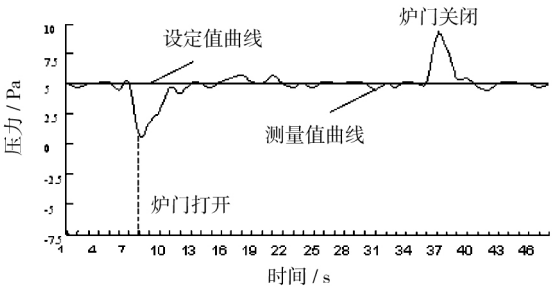


图 3　实际控制曲线图

4　结束语

模糊控制提高了控制系统的响应速度和抗干扰能力,在炉门开启和关闭等扰动导致炉膛压力出现频繁波动时,能很快控制住炉膛压力,使其保持在设定值附近,且基本没有超调,提高了加热炉生产的热效率,实现了经济环保生产。

参　考　文　献

[1] 马翠红,郭威娜. 加热炉炉膛压力自动控制的方法及可实现条件[J]. 河北冶金,1997,(2): 47 – 50.

[2] 张日东,苏成利,张建明,等. PFC – PID 控制在加热炉炉膛压力控制中的应用[J]. 华东理工大学学报(自然科学版),2006,32(7): 750 – 753.

中国知网　https://www.cnki.net