

一种改进的加热炉温度 PID 控制方法

摘要：加热炉的温度控制主要采用双交叉限幅空气、燃气自动配比，温度控制环节主要使用西门子 STEP 7 FB58 标准温度控制功能块，在 FB58 的基础上加入了温度的变化率，动态设定 PID 的死区，此方法在实际工程中取得良好的效果。

关键字：PID, 死区, 温度变化率

一、概述

温度控制是工业生产中一个重要的参数，在冶金企业中，温度的控制对管坯、钢坯的质量起着至关重要的作用。

在加热炉的温度控制系统中，温度的变化是一个大滞后的环节，同时还受各种因素的影响，如热电偶的安装位置、炉子的结构、热风压力、炉膛压力、步进梁的节奏等。由于温度控制的复杂性，同时伴随着计算机控制技术、仪表检测技术的快速发展，目前产生了各种温度控制技术，从最简单的燃气流量设定到双交叉限幅、模糊控制。

受国内经济发展状况的影响，国内的冶金企业在力求脱离粗放式经济发展模式，对温度的控制日益严格，以天津钢管公司为例，加热炉的温度控制一般要求在 5 度以内，这给温度控制的提出了相当的挑战。

虽然温度控制的理论在被不断的提出，但在实际的温度控制系统中，纯 PID 温度控制还是目前的主流，在此提出一种在 PID 控制的基础上的一种改进方法。

二、温度控制的结构图

温度的控制一般由 3 个环节组成

a) 温度的 PID 调节

在此自动设定温度值，PID 根据实际的温度变化，来自动调节，输出一个 0 到 100 的值

b) 串级双交叉限幅环节

温度输出的 0 到 100 的值设定给串级双交叉环节，双交叉环节，根据实际的空气量、燃气量和实际的空气、燃气量程，在经过一系列计算输出一个设定的空气、燃气值

c) 空气、燃气输出环节

双交叉限幅环节输出的空气、燃气设定值直接设定给空气、燃气 PID 调节环节，空气、燃气再根据实际的空气、燃气值进行自动的 PID 调节，以达到控制温度的目的。

结构图如下：

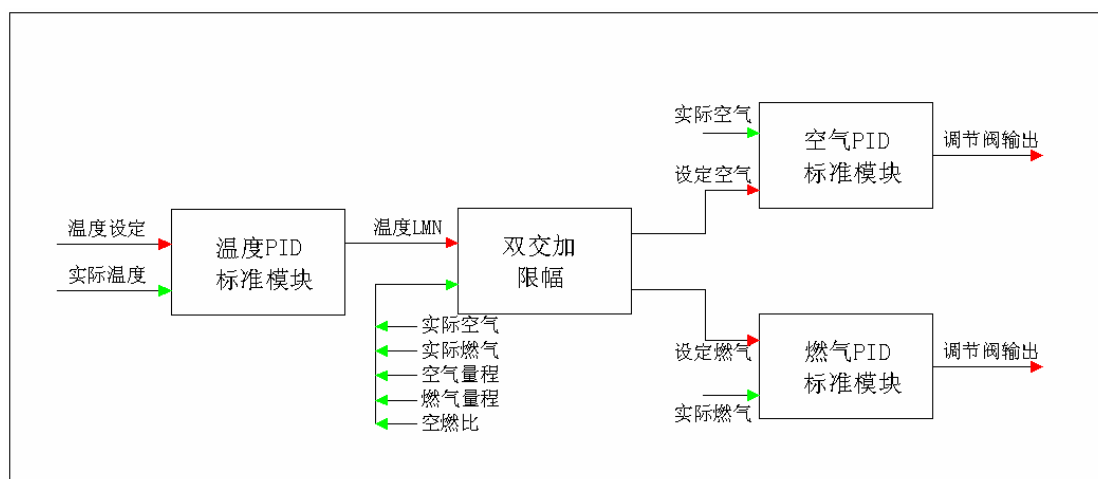


图 1：温度控制结构图

在暂不考虑热电偶、炉型结构、炉膛压力、热风温度、热风压力等其他影响温度的外界因素下，这三个环节对温度的控制起着非常重要的作用。

温度 PID 环节根据实际温度的大小来确定是增加流量还是减少流量，而双交叉限幅环节的则在升温、降温的时候，保持自动的配比，如升温时空气先行、降温时燃气先行，以达到节能的目的。空气、燃气的 PID 调节模块则实时控制空气、燃气的流量，空气、燃气的调节速度也对温度的控制有非常重要的作用，必须使空气、燃气的流量调节达到快速的响应。

三、 温度控制环节的改进

温度的控制质量决定性环节就在于温度的 PID 调节，PID 参数整定的好坏决定了温度的控制质量，在实际的生产中，往往希望温度能够快速响应，但是一旦快速，则会出现超调，造成长时间的温度震荡。温度调节速度和温度的稳定性这两个温度控制的重要指标往往不可调和，很难达到一个最佳的结合点，这给我们的温度控制带了了难题。

在我们做温度控制程序的时候，我们往往会忽略温度 PID 调节的一个重要的数据：温度死区，温度的死区是计算温度实际值和设定值的误差的一个重要参数，而 PID 就是根据这个设定值和实际值的误差进行 PID 的整个调节。

设定：Er=温度的误差

Ts=温度的设定值

Ta=温度的实际值

Te=温度的死区

则：Er=|Ts-Ta|-Te

其中 Er 永远为不小于 0，即|Ts-Ta|>=Te

由此，我们可以想到一个方法：即人为的改变死区，这样 PID 计算出的误差值就会改变，PID 的调节速度也会发生变化。

但是我们有什么依据来确定是改变死区，还是保持死区不变呢？

在此，我们需要找到另外一个在温度控制中往往被忽略的重要参数：温度变化率，我们可以从温度的变化率非常直观的看到温度变化的快慢

设定：T1=目前的温度

T2=1 分钟之前的温度

Tc=温度的变化率

则：Tc=T1-T2

由此，我们从 Tc 的值可以一眼看出温度 是在升还是在降，变化的是快还是慢。

由此我们可以根据 T_c 和当前当前温度的世纪误差即 $T_s - T_a$ ，来设定温度死区

例如当 $T_s - T_a > 0$ ，即温度还没有达到设定值，且 $T_c > 1$ 即温度在以每分钟 1 度的温度变化，这是我们可以设定 $T_e = |T_s - T_a|$ ，即对温度 PID 来说 $E_r = |T_s - T_a| - T_e = 0$ ，这时温度 PID 环节则停止调节，让温度自动上升，反之下降亦然。

经过实际的工程实践这种方法在升温、降温的过程中达到非常好的效果，既能快速有可以很快达到平稳。如图 2 所示。



图 2：温度控制曲线图

注释：此图为升稳 50 度时候的曲线图

绿色为实际温度

黄色为设定温度

红色为温度的开度

四、 总结

经过实际的实践，这种温度 PID 的改进，对温度的控制起到了良好的效果，相对与纯粹的 PID 调节，这种控制方法能够更快更稳的响应温度的设定。

北京国华新兴节能环保科技有限公司

2008 年 3 月 16 日星期日

自动化部 陈俊