

PID 技术在氧化铝焙烧炉上的应用

Application of PID Technology in Alumina Roaster

盛 坤^{1,2}

(上海交通大学机械工程学院¹, 上海 200240; 中国铝业山东分公司², 山东 淄博 255062)

摘 要: 针对氧化铝焙烧温度采用人工手动控制存在精度低、温度波动范围大、稳定性差的缺点,利用经典闭环控制理论以及 DCS 自带的 PID 控制模块设计了温度闭环 PID 控制系统。该系统通过输入 PID 参数进行运算,由控制执行机构来精确控制燃料和炉内氧化铝量,从而实现氧化铝灼烧温度的稳定控制,保证了氧化铝的生产质量。

关键词: 氧化铝 焙烧温度 DCS PID 控制 生产质量

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A

Abstract: Against the demerits of manual control for roasting temperature of alumina, e. g. , low precision, wide temperature fluctuations, and poor stability, by adopting classical closed loop control theory and the self contained PID control module in DCS, the closed loop PID temperature control system has been designed. With this system, through calculating the input PID parameters, and the controlling of the actuators, the amount of fuel and alumina in furnace are controlled precisely, thus the stable control of roasting temperature of alumina is implemented, and the production quality is guaranteed.

Keywords: Alumina Roasting temperature DCS PID control Production quality

0 引言

氧化铝焙烧的主要工艺参数是灼烧温度,灼烧温度的高低与稳定与否直接决定着氧化铝的出厂质量,所以稳定控制氧化铝灼烧温度是保证氧化铝生产质量的主要途径。

目前,国内氧化铝焙烧炉普遍采用人工手动调节燃料阀门来控制灼烧温度,这种方法控制不稳定、可靠性差。本文根据生产实际,设计了一个 PID 温度自动控制系统来取代人工手动调节,解决了手动调节不稳定、指标波动大的问题。

1 解决方案

PID 温度控制系统包括温度传感器、执行机构以及和利时模块。其中,温度传感器为检测装置,该传感器为系统提供现场采集的运算信号。执行机构是本次自动调节的执行元件。和利时模块是 PID 调节的核心,其不仅包括了可以实现 PID 控制的程序模块,还提供了传感器采集、信号转换和数据传输等所有运算模块。

本文主要从设备选型、PID 控制模块过程实现和

PID 参数的选择三个方面进行说明^[1]。

2 设备选型

2.1 温度传感器选择

根据炉内工况,本系统选择带高温抗震耐磨套管的 S 型热电偶,热电偶型号为 WRMN-430 s,其尺寸为 1 000 mm×850 mm,法兰大小 DN150,耐磨头采用烟台高强度钴基合金。

2.2 执行机构选择

PID 系统的执行机构为电动调节阀、排料阀。电动调节阀要求电动调节装置和阀体间隙精密,能够准确地控制阀门开度,阀芯则根据重油黏度系数选用 V 型半球阀,使其过油能够连续通顺,并使调节与开度尽量满足线性关系^[2]。为了解决排料的连续性,选择了气动控制排料阀,执行机构为 I/P 定位器。I/P 定位器是二位三通电磁阀,此装置通过阀门开关来控制气缸带动活塞运动。

3 PID 控制模块

PID 温度控制系统控制的核心为 PID 控制运算,软件采用国产的和利时 DCS,和利时的 PID 是封装好的程序模块,其结构简图如图 1 所示。PID 控制运算的数学模型公式及运算全在模块内自动进行使用,而且 PID 有多种工作状态,包括手动、自动、串级、跟踪

修改稿收到日期:2012-11-11。

作者盛坤(1982-),男,现为上海交通大学机械工程专业在读硕士研究生;主要从事电器仪表和控制系统的安装和技术改造工作。

等,它们之间可以自由切换。模块内部带设定值 SP,目的是对设定值的扰动进行处理,防止输出的突变。该 PID 控制器的主要参数有比例带、积分时间、微分时间和反向积分四个。

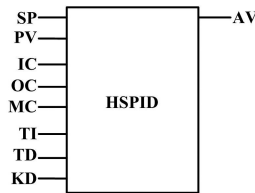


图 1 PID 控制模块图

Fig.1 Diagram of PID control module

图 1 中:SP 为给定值;PV 为过程值;TI、KD、TD 分别为比例、积分、微分时间;AV 为输出值。温度控制系统通过调节 HSPID 各个管脚的参数来实现稳定的 PID 调节。

根据生产要求,温度控制系统必须能根据外界环境的变化(下料量、氢氧化铝含水量等变化),自动调节燃气流量以及炉膛内的氧化铝存量,使氧化铝的焙烧温度稳定。为实现上述控制,首先建立相对稳定的温度 PID 控制系统。

控制原理框图如图 2 所示。



图 2 控制原理图

Fig.2 The control principle

PID 控制系统的控制对象是炉膛温度,温度传感器热电偶将测量毫伏信号通过温度变送器变为常用的 4~20 mA 信号,然后进入和利时的模拟量输入模块进行 A/D 转换。PID 运算模块将采集到的炉膛的实际温度与预先于积分控制器内的期望温度值相比较,得出温度偏差值和温度偏差变化;再经过 PID 控制器的处理,推算出 PID 的几个参数,从而调整 PID 控制器进行控制^[3]。

PID 系统结构图如图 3 所示。

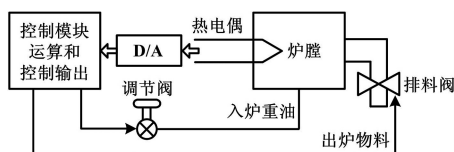


图 3 PID 系统结构图

Fig.3 Structure of the PID system

下料螺旋的转速给定量,转速通过调节变频器频

率实现,其为一个百分数的给定量。控制器所控制的执行机构为调节阀,系统通过控制调节阀的调节开度(以百分数计量)来实现对整个炉膛入炉燃料的控制,从而达到调节炉温的目的。

为使炉温稳定在单一的某一个温度段,获得合格的灼烧温度,PID 控制系统利用电动调节阀调节入炉燃料温度,并采用一个气电启动相结合的排料阀来实现炉内物料数量的控制。

4 PID 参数的整定

PID 主要实现控制参数的整定。整定的方法主要有依据系统的数学模型和工程整定法两种。

① 依据系统的数学模型,经过理论计算确定控制器参数。采用这种方法得到的计算数据还必须通过工程实际进行调整和修改。将 PID 控制器设计成比例+积分+微分控制器^[4],其数学表达式如下:

$$M_n = (D_{4005}/P_b) \times E_n + \sum D_{4005}/P_b \times K_i \times T_s \times E_n + (D_{4005}/P_b) \times T_d \times (P_{m-1} - P_{m-2})/T_s + Bias$$

表达式中各参数含义和取值范围如表 1 所示。

表 1 PID 整定参数含义

Tab.1 Implication of PID tuning parameters

序号	参数	含义和取值范围
1	M_n	n 时的控制输出量
2	D_{4005}	增益常数,默认值为 1 000,可设定范围为 1~5 000
3	P_b	比例带(范围:1~5 000,单位为 0.1%; K_c (增益)= D_{4005}/P_b)
4	E_n	n 时的误差=设定值(SP)- n 时的过程数值(PV_n)
5	K_i	积分常数(范围:0~9 999)
6	T_d	微分时间常数(范围:0~9 999, 相当于 0.099 99 min)
7	PV_n	n 时的过程变数值
8	PV_{n-1}	n 时的上次过程变数值
9	T_s	PID 运算的间隔时间(范围:1~3 000,单位为 ms)
10	Bias	偏置输出量(范围:1~16 383)

② 工程整定法主要依赖工程经验,直接在控制系统的试验中进行。工程整定法主要有临界比例法、反应曲线法和衰减法这三种方法。三种方法都需要通过试验,按照工程经验公式对控制器参数进行整定,且整定后的数据都需要在实际运行中进行最后调整与完善^[6]。

5 PID 运行效果

经 PID 整定前后的燃烧炉温度曲线对比图如图 4 所示。由图 4 可以看出,整定后的燃烧炉温度曲线波动频率减小,波动幅度减弱;虽然在速度调节上

仍有一定的延迟^[7],且温度调节受热电偶检测精度和调节阀控制速度等影响仍有一定程度的波动,但是已经能很好地满足氧化铝灼烧温度稳定的生产要求。

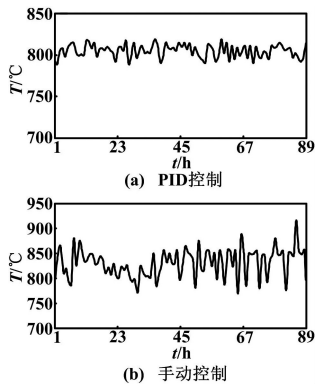


图 4 燃烧炉温度曲线对比图

Fig. 4 The comparison chart of the temperatures of combustion furnace

6 改造不足

由于氧化铝物料特性变化快,工艺指标波动大,所以灼烧氧化铝温度需要视情况改变。改变的方式可以考虑选择建立一神经网络或者模糊控制的数学模型^[8],将模型和 PID 模块相结合^[9-10]。利用这种方式可以实现传统 PID 所不具有的功能。

(上接第 85 页)

入一个 16 位输入寄存器中,并且给它分配 Modbus 地址(从 31030 开始)。DCS 通过这个地址可以读到相应信息。然后 CS3000 使用 Communication I/O Builder 将信息包中信息分配给 DCS 系统中的 Switch 开关量,同时给这些开关量指定 tag name,以备 CS3000 调用。若 Tricon 通过 Modbus 通信接收到来自 CS3000 的信息,则使用拆包程序,Tricon 可以使用这些拆分好的开关量信息参与逻辑运算。

4 结束语

本设计中 DCS 采用的是 CS3000 系统,SIS 采用 Tricon 三重冗余系统,压缩机状态检测采用本特利

7 结束语

本 PID 温度调节是经典控制学上比较常用的一项技术。传统的 PID 除了对参数要求比较严格外,对传感器和执行机构的精度要求也很高,在量化的基础上实现“单调非智能”式调节。在传统的温度调节过程中一定要注意做好控制参数的修正,才能有效减少波动,稳定参数。

参考文献

- [1] 林劲松,张涛. 计算机控制[M]. 北京:中国电力出版社,2003: 30-39.
- [2] 许缪,王淑英. 电器控制和 PLC 控制技术[M]. 北京:机械工业出版社,2005:130-131.
- [3] 陶峰. 浅析 PID 参数如何调节[J]. 中国科技博览,2011(38):14-17.
- [4] 苏明. 模糊 PID 及其 MATLAB 仿真[J]. 现代机械,2004,4(6): 52-55.
- [5] 赵紫静,吴建民. 浅议 PID 控制在温度控制系统中的应用[J]. 安徽农业科学,2008,36(21):9335-9336.
- [6] 王耀南. 智能控制系统[M]. 长沙:湖南出版社,1996.
- [7] 陈迪泉. 在 PLC 控制系统中的系统思维[J]. 控微计算机信息, 2006(8):30-33.
- [8] 蔡明星,郑进涛,聂良佐. PID 智能型数显调节仪控制电炉[J]. 实验技术与管理,2010,27(4):61-66.
- [9] 许力. 智能控制与智能系统[M]. 北京:机械工业出版社,2007: 22-24.
- [10] 何顶新,王维. 温控系统中改进 PID 算法[J]. 电气传动,2007(8): 37-39.

3500 系统,压缩机速度控制系统采用 Woodward505。以上各系统均可以实现 Modbus 通信,因此,Modbus 通信在实际应用中非常普遍,发挥着十分重要的作用。本文仅对 DCS 和 SIS 之间的 Modbus 通信进行了比较全面的阐述,希望对大家有一定的启发作用。

参考文献

- [1] 张喆,姜薇. TriStation 1131 配置及应用[M]. 上海:上海福克斯波罗有限公司,2006.
- [2] 刘文权,刘玲,张文. 如何建立 CS3000 与子系统的 MODBUS 通讯[J]. 化工自动化及仪表,2010,37(10):118-120.
- [3] 赵恒. 内嵌 Modbus 协议的通用监控模块[J]. 自动化仪表, 2010,31(12):12-15.
- [4] 王翔,丁伟. Modbus 通信协议在 CS3000 中的应用[J]. 石油化工自动化,2011(1):57-60.

《自动化仪表》 中文核心期刊 中国科技核心期刊

邮发代号: 4-304; 2013 年定价: 15 元/月, 全年价: 180 元; 国外代号: M 721