

矿冶技术

压球烘干车间智能模糊控制器的设计

王玲珑¹ 熊曼辰^{1*} 王 禾² 常红清²

(昆明理工大学机电工程学院¹, 昆明 650031; 昆明光通科技有限公司², 昆明 650031)

摘要 针对压球车间传统的烘干控制系统气体流量不稳定, 温度波动大等问题, 提出了烘干温度的参数自整定模糊 PID 控制算法。将模糊控制与 PID 控制相结合来建立一个自动调节温度的控制器。并且通过 Matlab 的仿真功能将其与传统 PID 控制器进行比较。仿真结果表明该控制系统不仅调整时间短而且稳态误差小, 并且在动态响应性能方面都要优于传统的 PID 控制器。

关键词 烘干温度 PID 控制器 模糊控制 温度控制

中图法分类号 TF068.2; 文献标志码 A

在冶炼过程中为了充分的利用资源, 企业将冶炼过程中所产生的烟灰及冶炼后的部分矿渣, 进行混合配料, 加入一定的粘合剂和水压制球。然后用烘干技术将压球烘干, 最后进行冶炼。烘干技术影响到资源的利用和冶炼产品的质量。而烘干温度的控制是烘干技术中的核心部分, 因此研究智能的烘干温度控制对冶炼生产有着重要的意义。烘干控制先后经历了模拟电路控制、单片机控制、PLC 控制等阶段。烘干温度的控制是压球生产中的重点和难点, 热风机的温度偏差大, 流量变化率大等问题容易造成压球产品的湿度不均匀, 烘干效率低, 而且还容易造成球体破碎率高。将烘干的温度和流量控制在一个稳定的范围内, 就能很好的保证压球的质量, 有效的提高冶炼产品的质量。烘干控制系统主要采用闭环反馈自动控制的方式, 完成烘干温度的自动控制。本文通过对已有的烘干温度控制系统的对比分析和理论上的研究, 提出了对烘干控制环节采用先进的模糊控制方法, 将压球烘干测控系统推向新的高度。

1 传统烘干温度控制系统及主要问题

新型压球技术通过加入新的粘合剂和助燃剂等辅料将冶炼产生的炉灰压制成球体, 然后将压球和其他矿石一起放到冶炼炉中进行冶炼, 压球的质量直接影响到了最终产品的质量, 如果压球湿度过小, 其助燃剂的作用将大大降低; 如果湿度过大球体容易破碎, 进炉后不利于冶炼^[1]。传统的烘干温度控制系统只是设定参数经过控制器控制后直接控制阀门的开度来实现温度的控制, 没有对瞬时的流量和温度进行及时的反馈, 而是按照设定的参数进行开环控制。由于热风温度偏差大, 流量变化率大等问题很难建立起一个精确的数学模型, 传统的控制容易造成压球产品的湿度不一, 烘干效率低, 而且还容易造成球体破碎率高。随着压球技术和工艺的发展, 对球体的烘干温度的控制也提出了新的要求。现代压球烘干技术要求控制系统自动调节烘干温度, 烘干后球体的湿度能保持在一个范围之内, 让辅助添加剂作用发挥到最大。而模糊控制理论工作范围宽, 控制准确, 鲁棒性好, 特别适合非线性系统的控制。在没有精确数学模型的情况下也能利用人的经验知识来设计模糊控制器, 通过自动反馈的闭环控制将烘干的温度和流量控制在一个稳定的范围内, 很好的保证压球的质量, 有效的提高冶炼产品的质量。因此可以使用智能模

2011 年 4 月 29 日收到

第一作者简介: 王玲珑(1986—), 浙江人, 硕士研究生, 研究方向: 现代设计与制造技术。

*通信作者简介: 熊曼辰(1969—)女, 云南昆明人, 管理学博士, 机械制造硕士。副教授, 硕士生导师。研究方向: 机械制造及其自动化, 管理科学与工程。E-mail: yalin@public.km.yn.cn。

糊控制器来实现压球烘干系统的控制。

2 模糊 PID 控制器的理论

在烘干温度控制系中,烘干的温度是主要的控制对象,控制好温度就可以显著的提高压球品质。压球的烘干过程中,一方面由于热分机工作状态不稳定,提供的热风流量不均匀,在每个烘干周期内会出现热风温度高低的波动,另一方面热风从主风管道通向各个支风管,风管弯道多、支风管的大小不一使得温度有很大的损耗,这样一来离主风管近的料仓得到的热量相当来说比较多,离风管远的料仓得到的热量少,这在烘干过程中会造成压球的湿度不一。直接影响后续产品的质量,另外还有外都气温、空气的湿度、原料等都会对压球产生影响。这种情况下要建立烘干温度的精确数学模型是很困难的。因此可采用模糊控制方法来解决,可以达到理想的控制效果。

2.1 模糊控制器的原理

模糊控制是以模糊集理论、模糊语言变量和模糊逻辑推理为基础的一种智能控制方法,它是从行为上模仿人的模糊推理和决策过程的一种智能控制方法。该方法首先将操作人员或专家经验编成模糊规则,然后将来自传感器的实时信号模糊化,将模糊化后的信号作为模糊规则的输入,完成模糊推理,将推理后得到的输出量加到执行器上^[2]。模糊控制原理(见图 1)

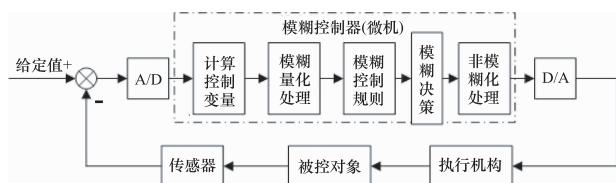


图 1 模糊控制原理框图

2.2 烘干温度控制系统描述

压球烘干控制系统用于将烘干温度控制在设定的目标温度的允许偏差范围之内。本系统采用双闭环控制,控制系统框图如图 2 所示。控制器根据目标温度和来调节电磁阀开度控制流量大小完

成对目标温度偏差的响应,流量控制器检测实时的流量变化情况,用作流量控制环的反馈信号完成相应的温度校正。

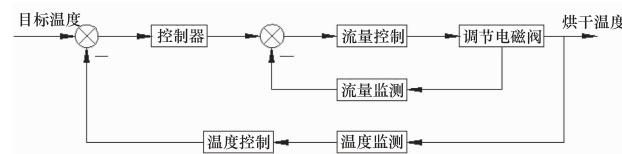


图 2 控制系统框图

温度检测的目标是使烘干的实际温度与目标温度相对比,使他们的偏差最小化,如果烘干的实际温度与目标温度不符,温度控制系统会计算出一个新的电磁阀的开度。当流量传感器显示电磁阀已到达新的开度,就将开始进行新的实际温度与目标温度的比较,通过对电磁阀开度的连续调整,实现实际温度尽量接近目标温度的目的,使标准偏差变小。

压球烘干控制系统稳定工作的前提条件是热风机提供的热分流量要稳定,热风温度要均匀。例如实际温度大于目标温度,通过减小电磁阀开度,热分管中热风的流量减少,如果目标温度的剩余偏差在允许范围之内,该控制过程结束,直到再次检测出超出允许范围的目标温度偏差。

3 参数自整定模糊控制器的设计

为了克服普通模糊控制器适应能力差、响应时间过长和参数单一的缺点,本研究设计了一种参数自整定的模糊控制器,以实现模糊参数的自整定,其结构图(见图 3)。

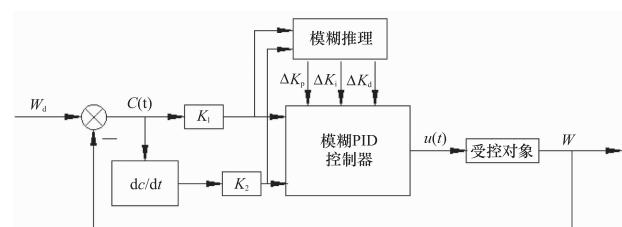


图 3 参数自整定模糊控制器

本次设计中的模糊 PID 控制器采用双输入单输出的形式,以给定的烘干温度值 w_d 和实际测量得到

的温度值 w 的误差 w_e 及其变化率 w_{ed} 作为模糊控制器的输入量, 在总结丰富经验的基础上, 制定模糊控制规则, 应用模糊推理规则, 计算出基本模糊控制器查询表, 在实时控制时将复杂的推理运算转化为简单的查表运算, 提高了响应速度。通过对 PID 参数 K_p, K_i, K_d 的在线自整定, 以满足不同 E, E_c 对控制器参数的不同要求, 从而使受控对象具有良好的动态和静态性能。

3.1 确定变量隶属函数

选取基本模糊控制器的输入语言变量为烘干温度偏差 E 、烘干温度偏差变化率 E_c , 设计的关键就是找出 PID 的三个参数与误差 E 和误差变化率 E_c 之间的模糊关系, 即建立模糊推理系统^[3]。

将传感器测得的精确烘干温度在各自的变化区间上分为几个档次, 使每档对应一个模糊集。我们设定烘干温度的变化范围在 $-3 \sim 3$ 之间变化。

规定 E, E_c 的论域为:

$$E, E_c = \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}.$$

规定 E, E_c 的模糊集为:

$E, E_c = \{\text{负大}, \text{负中}, \text{负小}, \text{零}, \text{正小}, \text{正中}, \text{正大}\}$ 七个模糊值, 简记为 $E, E_c = \{\text{NB}, \text{NM}, \text{NS}, \text{ZE}, \text{PS}, \text{PM}, \text{PB}\}$ 。

以 K_p, K_i, K_d 三个参数作为输出变量,

$$\text{其论域: } K_p, K_i, K_d = \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}.$$

其语言变量模糊集: $K_p, K_i, K_d = \{\text{NB}, \text{NM}, \text{NS}, \text{ZE}, \text{PS}, \text{PM}, \text{PB}\}$ 。

3.2 建立控制规则表

根据 PID 参数整定原则和工程经验可构建相应的参数调节规则表(见表 1—表 3)。

表 1 K_p 查询表

E	E_c						
	NB	NM	NS	O	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PB	PB	PM	PS	O
NM	PB	PB	PB	PB	PM	O	O
NS	PM	PM	PM	PM	O	PS	NS
O	PM	PM	PS	O	NS	NS	NM
PS	PS	PS	O	NS	NM	NM	NM
PM	PS	O	NS	NM	NM	NM	NB
PB	O	O	NM	NM	NM	NB	NB

表 2 K_i 查询表

E	E_c						
	NB	NM	NS	O	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NM	NM	NS	O	O
NM	NB	NB	NM	NS	NS	O	O
NS	NB	NM	NS	NS	O	PS	PS
O	NM	NM	NS	O	PS	PM	PM
PS	NM	NS	O	PS	PS	PM	PB
PM	O	O	PS	NM	PM	PB	PB
PB	O	O	PS	PM	PM	PB	PB

表 3 K_d 查询表

E	E_c						
	NB	NM	NS	O	PS	PM	PB
NB	PS	NS	NB	NB	NB	NM	PS
NM	PS	NS	NB	NM	NM	NS	O
NS	O	NS	NM	NM	NS	NS	O
O	O	NS	NS	NS	NS	NS	O
PS	O	O	O	O	O	O	O
PM	PB	PS	PS	PS	PS	PS	PB
PB	PB	PM	PM	PM	PS	PS	PB

4 系统仿真

温度控制系统中的控制对象是电动阀, 通过控制电动阀的伺服电机来改变开度大小, 随时调节热风的流量, 从而起到调节温度的作用, 如果目标温度的剩余偏差在允许范围之内, 控制过程结束, 直到再次检测出超出允许范围的目标温度偏差。通常的电动阀的伺服电机传递函数可以表示为

$$G(S) = \frac{1/K_t}{s(\tau_s + 1)}.$$

其中 $K_t = C_m \varphi$, K_t 是转矩系数, C_m 是直流电机的转矩常数, φ 是每极磁通; τ 是电机时间常数^[4]。

利用 Matlab 中的仿真工具箱, 对本文设计的模糊 PID 控制进行了仿真研究, 并和 PID 控制器的设计进行了对比分析。仿真曲线(见图 4)。

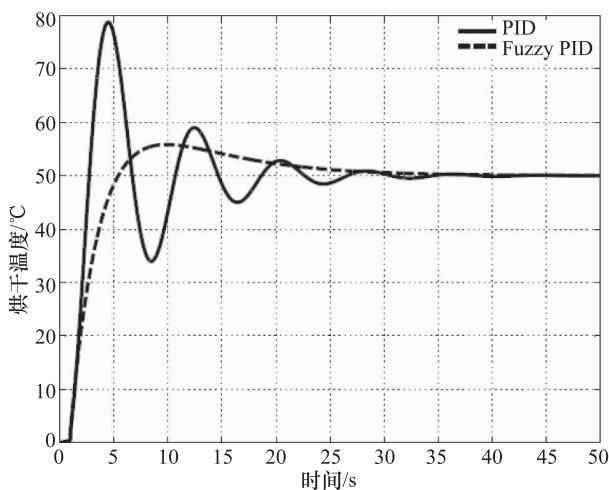


图4 模糊 PID 控制器与常规 PID 控制器的仿真曲线

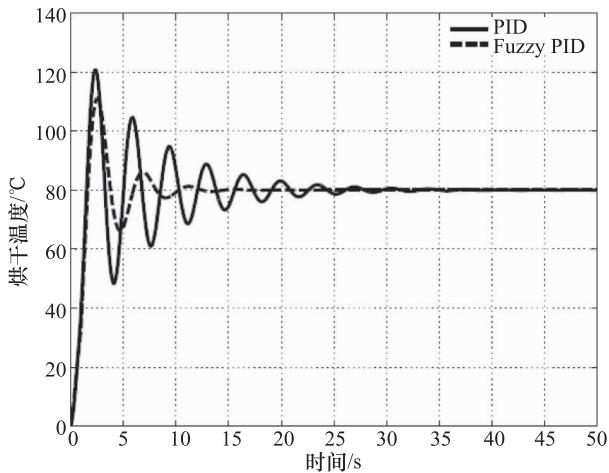


图5 烘干温度仿真曲线

从图5图6中可以看出,模糊 PID 控制器与 PID 控制器都能使烘干温度稳定在参考值附近,但是常规 PID 控制器波动较大,收敛速度也比较慢,而模糊 PID 相对来说波动要小的多,并且能较快地收敛到目标值附近(稳定的收敛的效果不一样)。这说明利用模糊 PID 控制可以达到稳定快速的控制效果^[5]。

5 结束语

通过对烘干温度控制系统的模糊 PID 控制器的研究表明:所设计的温度控制器能够将烘干温度稳定地控制在一个理想的范围内,控制器不仅调整时间短而且稳态误差小,并且在动态响应性能方面都要优于传统的 PID 控制器。将模糊 PID 控制器运用于生产在提高产品的质量,降低企业生产成本,减轻环境危害都具有十分重要的意义。

参 考 文 献

- 1 张一敏. 球团理论与工艺. 北京:冶金工业出版社,1997
- 2 李少远,王景成. 智能控制. 北京:机械工业出版社,2009
- 3 陶永华. 新型 PID 控制及其应用. 北京:机械工业出版社,2003
- 4 葛伟亮. 自动控制元件. 北京:北京理工大学出版社,2004
- 5 刘文定,王东林. 过程控制系统的 MATLAB 仿真. 北京:机械工业出版社,2009

Intelligent Fuzzy Controller Design of Pressure Ball Drying System

WANG Ling-long¹, XIONG Man-chen¹, WANG He², CHANG Hong-qing²

(Mechanical Manufacturing and Automation, College of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology¹, Kunming 650031, P. R. China; Kunming I-crossing Limited Company of Science and Technology², Kunming 650031, P. R. China)

[Abstract] Parameter self – setting fuzzy PID control algorithm for control drying temperature is proposed to improve the problem about gas flow rate is not stable and big fluctuations in temperature of traditional control on pressure ball workshop, and the controller create a self-regulating temperature control system through combine fuzzy control and PID control. That the control system has advantages of short adjustment time and small steady-state errors can be known. It can get better performance of the dynamic response by using fuzzy PID controller than the traditional PID controller through the comparison MATLAB with the traditional PID controller.

[Key words] drying temperature PID controller fuzzy control temperature control