

一种混合料湿度控制方法及其应用

张昌平, 吴敏

(中南大学 信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘要: 介绍了混合料湿度控制软件综合控制功能, 提出了一种以串级方式进行调节湿度控制方案, 针对混合料湿度这类大滞后系统, 设计了一种带积分切换函数的滑模变结构控制算法。经现场生产应用, 证实了对混合料湿度系统有有效的控制。

关键词: 烧结; 滑模变结构; 时滞系统

中图分类号: TP13

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2007)03-0075-03

On Application and Method of Humidity Control for Blending

Zhang Changping, Wu Min

(College of Information Science & Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: A controlling software for blending humidity is designed and a scheme for adjustment of humidity control by gradient sliding structure is also provided. In view of the major handicapped system for humidity of blending, the designer especially proposes a calculation control method by calculus in functional conversion for slide mode structure. The practical experiment on the spot confirmed that the time adoption system such as time-delay system works efficiently in the humidity control of blending.

Key words: sintering; sliding mode variable structure; time-delay system

合适、稳定的原料水分是烧结的基础。中和粉在进入烧结机前, 须按一定比例均匀混合并调节水分。受天气和品种变化的影响, 中和粉水分时常变化, 影响烧结过程。而湿度控制的好坏直接影响到烧结机上物料的透气性、烧结工艺中成块率的高低, 以及烧结块质量, 最终影响到烧节点火的环节^[1]。对混合料湿度的控制是一个较复杂的问题, 涉及到湿度测量、控制软件、控制方案和控制算法的设计^[2]。

如何根据生产要求和现场生产情况建立工程控制方式具有一定实用意义。为此, 本文首先设计了混合料湿度控制软件, 然后提出了一种湿度控制方案, 最后重点讲述了湿度控制器的设计方法。

1 控制软件的设计

在混合料湿度控制软件中设计如下综合控制功能:

1) 自动控制方式 根据原料质量的跟踪值及人工设定的目标水分率, 计算机自动进行控制运算及修正处理, 分别求出一、二次混合机加水量的设定值。

2) 一次混合机加水 正常情况下, 一次混合加水为粗加水, 通常是根据原料质量和原始含水量的跟踪值进行控制。在一次混合后, 采用二混胶带机上设置的红外水分仪, 测量混合料水分率, 以作监视之用, 组成一次混合加水控制方案。

3) 二次混合机加水 根据二次混合机的目标水分率、二次混合机混合料给料量, 以及一次混合后测量出的混合料水分率跟踪值进行控制运算, 求出二次混合机加水量设定值, 进行滑模变结构控制, 并将二次混合机后测量的混合料水分率信号对添加水量进行反馈修正。

4) 各种计算处理 为了对原料输送系统的湿量

排料量进行处理, 必须对各配料槽实际排料量经延迟处理后进行加算, 将得出的结果作为湿料量跟踪数据。利用各配料槽实际排料量和采用水分率的数据, 计算干量排料量, 经延迟处理后进行加算, 求得总干料排料量。

5) 一、二次混合机后的水分率须经过上、下限幅和变化幅度的处理, 方可作为加水控制使用。

2 控制方案的设计

混合料湿度控制方案以串级方式进行调节。其中, 水流量控制为内环, 采用传统的PI调节器, 快速消除水路部分的扰动对系统的影响; 湿度控制为外环, 采用基于智能滑模变结构的控制器来对湿度进行调节控制^[3, 4]。

湿度检测是搞好湿度自动控制技术的关键。烧结生产现场干扰较严重, 高含量粉尘、较多的水蒸汽和工况不稳定等不利因素较多, 在线连续测量混合料水分较困难^[5]。本课题采用了拥有十波长、双侧片等高新技术的MM710接触式红外线水分仪。红外MM710水分仪是根据水分对特定波长的红外光波线的选择吸收特性原理工作的, 该系统主要由探头、探头输出站、网卡等组成。水分仪检测速度达到150次/s, 该水分仪针对烧结混合料粉尘大、蒸汽大等情况, 采用了镜片清扫、双侧片技术, 有效避免了水蒸汽、粉尘对检测结果的干扰。MM710水分仪系统可采用传统模拟输出, 用现场总线或单一的DDE, 通过探头输出接口与过程控制器相连, 可以把精确的测量数据发送到计算机网络, 适用于对产品的在线监测和生产过程控制。

3 湿度控制器的设计

湿度控制过程是一个典型大滞后过程, 其被控对象为时滞系统。对该类系统控制有基于模型方法和无模型方法。基于模型方法有PID控制、微分先行控制、采样控制、大林控制、Smith预估计补偿控制、滑模变结构控制等; 无模型方法有模糊控制、神经网络控制等智能控制方法^[6, 7]。

PID控制是迄今为止最广泛运用的一种控制, 其优点是原理简单、通用性强、鲁棒性好。然而, PID控制在纯滞后系统中的应用是有一定限制的, 对于滞后较大的系统, 常规PID控制往往显得无能为力。

微分先行控制算法其微分环节输出包括了被调参数及其变化值, 并将其送入比例积分调节器中。然而, 这种控制算法只考虑了系统的超调, 因此, 仍存在响应速度慢、控制精度较低的缺陷。

采样控制算法是一种非连续控制方式, 由于采样间隔不宜过大, 这种控制算法对滞后时间不大的系统

效果较好。

针对被控对象具有纯滞后的过程控制, 1968年美国IBM公司的大林提出了一种控制算法, 这就是众所周知的大林算法。大林算法的设计目标是要设计一个合适的数字控制器, 使闭环传递函数相当于一个纯滞后环节和一个习惯性环节的串联, 其中纯滞后环节的滞后时间与被控对象的纯滞后时间完全相同, 这样就能保证使系统不产生超调, 同时保证其稳定性。大林算法是采用综合的方法, 结构简单, 易于计算机实现, 但是振铃的出现限制了其工业应用。

智能控制以模糊控制、神经网络和专家系统控制为代表, 它所研究的主要目标不再是被控对象, 而是控制器本身^[8]。在智能控制中, 控制器不再是单一的数学解析模型, 而是数学解析和知识系统相结合的广义模型, 是多学科知识控制系统。然而, 模糊控制的控制规则选择、论域的选择、模糊集的定义、量化因子的选取等多采用试凑法, 这对复杂控制难以奏效; 人工神经网络的高度非线性, 使得整个系统从数学上进行稳定性与收敛性证明比较困难, 同时, 要满足实时控制要求, 还必须研究较快的学习算法^[9]。

针对时滞系统, 已提出了多种基于滑模变结构控制的控制方式, 其主要方法是进行状态补偿^[10]。但不足之处是算法复杂, 造成工程实现困难, 同时还存在较大抖动。为此, 本文针对混合料湿度这类大滞后系统, 提出了一种带积分切换函数的滑模变结构控制算法^[11]。

考虑如下输入滞后的不确定系统:

$$\dot{X}(t) = (A + \Delta A)X(t) + (B + \Delta B)U(t - \tau) + (D + \Delta D)T_L, \quad (1)$$

其中: ΔA , ΔB 和 ΔD 为系统参数和外加干扰的不确定性;

$$B > 0;$$

τ 为纯滞后时间。

由式(1)可得:

$$\dot{X}(t) = AX(t) + B[U(t - \tau) + E(t)], \quad (2)$$

式(2)中

$$E(t) = B^{-1}\Delta AX(t) + B^{-1}\Delta BU(t - \tau) + B^{-1}(D + \Delta D)T_L。$$

定理 对式(1)确定的输入纯滞后被控对象滑模控制器的设计为

$$U(t) = B^{-1}(\dot{R} - AR) + B^{-1}AX_e(t) + f \operatorname{sgn}(s(t)), \quad (3)$$

其中: 积分型切换函数设计为

$$s(t) = CX_e(t) - \int_{t-\tau}^t [CBU(t)dt], \quad (4)$$

式(4)中 C 为正常数构成的矩阵;

R 为给定信号;

$$f \geq |E(t)|;$$

$$X_e(t) = R - X = \begin{bmatrix} r \\ \dot{r} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix},$$

则滑模条件成立。

证明

选取 Lyapunov 函数 $L = \frac{1}{2} s^2$,

$$\begin{aligned} \dot{L} = s\dot{s} &= s(C\dot{X}_e - CBU(t) + CBU(t-\tau)) = \\ &= s(C(\dot{R} - \dot{X}) - CBU(t) + CBU(t-\tau)) = \\ &= s(C\dot{R} - C\dot{X} - CBU(t) + CBU(t-\tau)) = \\ &= s(C\dot{R} - C[AX + B(U(t-\tau) + BE)] - \\ &\quad CBU(t) + CBU(t-\tau)) = \\ &= s(C\dot{R} - CAX - CBE - CBU(t)) = \\ &= s(C\dot{R} - CAX - CBE - CB(B^+(\dot{R} - AR) - \\ &\quad (CB)^{-1}CAX_e + f \operatorname{sgn}(s))) = \\ &= s(C\dot{R} - CAX - CBE - C(\dot{R} - AR) - \\ &\quad CAX_e - CBf \operatorname{sgn}(s)) = \\ &= s(CA(R - X) - CBE - CAX_e - CBf \operatorname{sgn}(s)) = \\ &\quad -s(CB(E + f \operatorname{sgn}(s))). \end{aligned}$$

当 $f \geq |E|$ 时, 则有 $\dot{L} = s\dot{s} \leq 0$ 。证毕。

由于经过副环 PI 调节后, 水流量可快速跟踪其给定信号, 根据制料湿度控制系统参数建立对象数学模型, 对包括副回路和主调节对象在内的广义对象进行拟合简化, 得到相应的模型。湿度控制器被控对象为:

$$G_0(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{ke^{-\tau s}}{(T_1s+1)(T_2s+1)}, \quad (5)$$

$$x_1 = y, \quad x_2 = \dot{x}_1,$$

$$X = AX + BU(t - \tau), \quad (6)$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -a_1 & -a_2 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix}$$

$$a_1 = \frac{1}{T_1T_2}, \quad a_2 = \frac{T_1+T_2}{T_1T_2}, \quad b = \frac{k}{T_1T_2}.$$

其中: y 为湿度信号;

$U(t)$ 为湿度控制器输出;

$\tau = 68 \text{ sec}$;

$T_1 = 16 \text{ sec}$;

$T_2 = 4.8 \text{ sec}$;

$k = 0.6$ 。

根据式(3)方法选择控制律, 式(4)选择切换函数, 使系统向滑模面 S 运动并最终沿着 S 滑向原点, 实现湿度过程控制。

4 结语

本文提出了一种现场总线设备对水流量进行直接调节, 利用基于滑模变结构控制对湿度进行调节的控制方案。该方案稳定了造球精粉水分和混合料水分, 生球质量提高, 使烧结过程稳定, 对混合料湿度这类大滞后的时变系统实施了较有效的控制。

参考文献:

- [1] 薛俊虎. 烧结生产技能知识问答[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003.
- [2] 谢良贤. 烧结过程自动控制技术的发展[J]. 冶金自动化, 1994, 18(6): 7-12.
- [3] 李步星. 烧结混合料水分自动控制的探索[J]. 山西冶金, 2004, 1: 46-47.
- [4] 刘芬, 申群太. 制粒湿度模糊自整定PID串级控制[J]. 电气传动, 2006, 36(10): 37-39.
- [5] 周军, 王兴璞, 李真明, 等. 济钢烧结混合料水分的在线测量与控制[J]. 烧结球团, 2004, 29(5): 26-29.
- [6] 陈志盛, 彭可, 李勇刚, 等. 不确定离散模糊时滞系统的时滞相关 H_∞ 控制[J]. 自动化学报, 2006, 32(5): 834-838.
- [7] 张翼飞, 曾亮, 邓方林. 时滞系统控制发展历程综述[J]. 控制工程, 2004, 11(s1): 4-8.
- [8] 张平, 苑明哲, 王宏. 大时滞系统自适应模糊 Smith 控制[J]. 计算机仿真, 2006, 23(9): 87-90.
- [9] 张昌凡, 王耀南, 何静. GA-NN-Integrated Sliding-mode Control System and its Application in the Printing Press[J]. 控制理论与应用: 英文版, 2003, 20(2): 217-222.
- [10] 逢海萍, 刘成菊, 刘爱忠. 不确定时滞系统的滑模控制及其应用研究[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(s2): 876-879.
- [11] 刘金锟. 滑模变结构控制 MATLAB 仿真[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.