

冶金烧结智能控制系统的实现

郭家琼

(武钢国际贸易总公司 电仪科,湖北 武汉 430080)

[摘要]介绍了武钢烧结过程计算机控制系统的实现,并着重论述了配比控制,加水控制,料流控制,碱度控制,烧结返矿控制等五个子系统。系统配置合理、可靠性高、技术先进、投产以来效益显著。

[关键词]烧结;人工智能;计算机控制

0 引言

2003年6月武钢自动化公司、烧结厂、武钢国际贸易总公司等单位在武钢烧结厂三烧车间自动化系统改造中,开发出了新的烧结过程智能控制系统,该系统运用烧结理论、现代人工智能控制理论等多学科知识,将复杂的烧结过程控制分解为配比控制、加水控制、料流控制、碱度控制、烧结返矿控制等五个子系统来实现,取得了良好效果。

1 三烧车间工艺流程

武钢烧结厂三烧车间共有4台90m²烧结机,设计规模为年产烧结矿24万t。自1972年12月投产至今已运行近30多年,设备严重老化,尤其是自动化水平不高。为此,于2003年6月对其自动化系统进行了改造。

烧结主要工艺流程如图1所示:铁原料、熔剂(生石灰、石灰石、白云石等)、煤粉、返矿按一定的

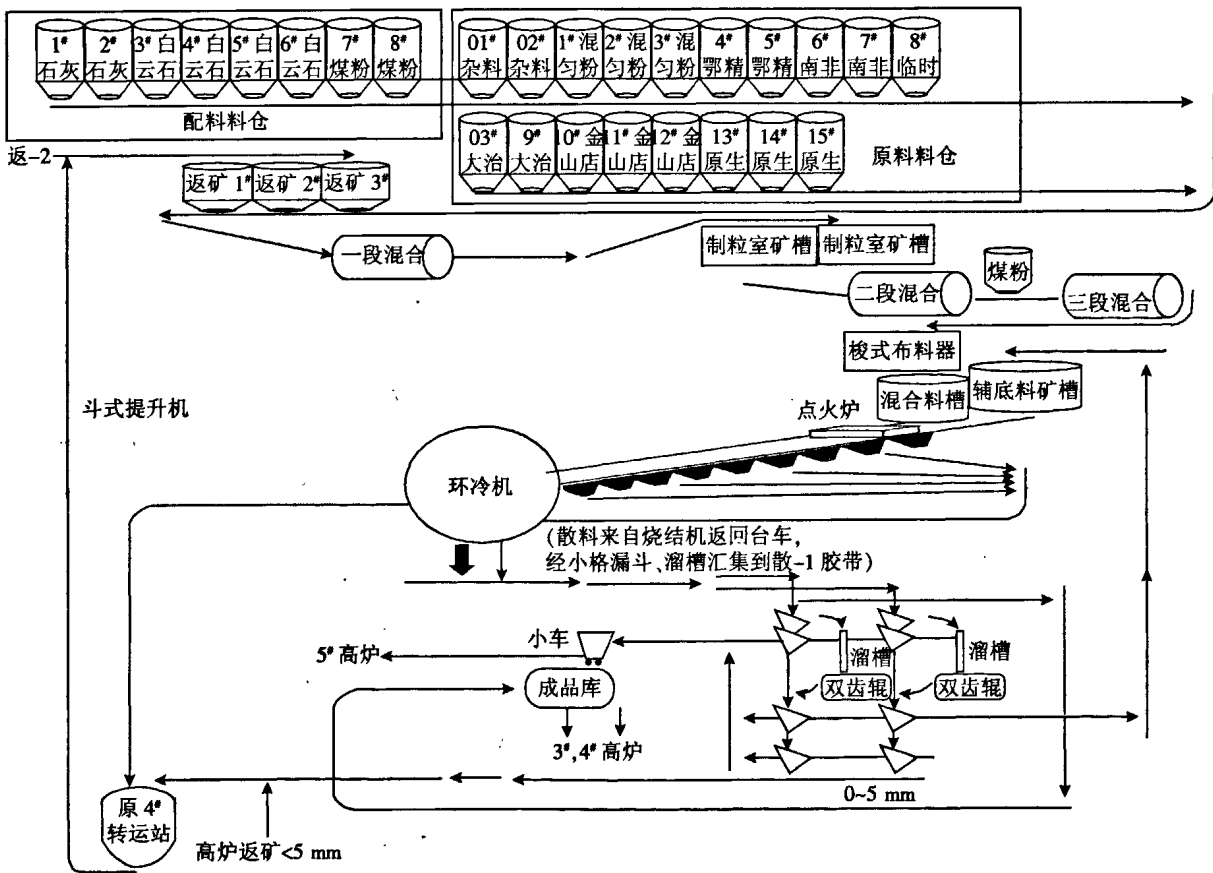


图1 三烧车间工艺流程图

[收稿日期]2007-03-29;[修改稿收到日期]2007-04-28

[作者简介]郭家琼(1972-),女,湖北武汉人,工程师,主要从事电气自动化应用研究工作。

配比经过一、二、三混加入适当的水混合成一定颗粒的混合料,混合料经过混合料仓下的圆辊、九辊按一定的厚度布料到台车上,台车按一定的速度前进,经点火炉点火、保温炉保温,台车下风箱负压抽风向下燃烧,混合料到达台车尾部时完全烧透,热烧结矿经破碎、环冷、筛分,部分烧结矿作为铺底料,其余送高炉,粉矿为返矿。

2 计算机系统设计方案

三烧二级计算机系统设计规范,控制模型

独特,Windows 操作画面可视化、操作方便,曲线可自由组态,为分析生产过程提供了很大的便利。其烧透终点 BTP 模型达到国内先进水平。

硬件配置图如图 2 所示,计算机系统采用 NT Server(一台作为数据库服务器,一台作为应用程序服务器)。

基础自动化级采用双网冗余,二级过程计算机采用单以太网,一、二级通过路由器连接,路由器有屏蔽,一般用户不能随便访问一级 PLC 修改

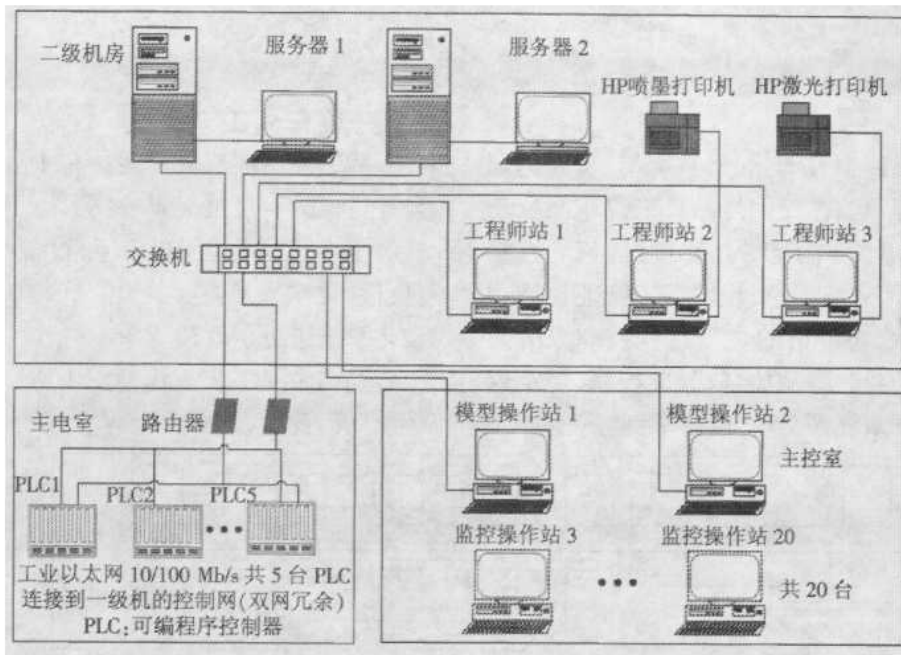


图 2 硬件配置图

程序。

2.1 过程数据库

计算机系统的过程数据库在 Visual C++ 环境下建立一个较大的共享内存(缓冲区)作为过程数据库,存储一个生产周期的数据,各进程之间用消息触发其他进程运行,过程数据库内的数据对各进程来说相当于“全程”变量。服务器和客户机之间实时数据通信通过“显示对话进程”接收发送报文实现,历史数据显示则通过 ODBC 交换数据。

2.2 一二级计算机通信

一二级计算机通信进程是整个计算机系统的重要环节,通信的稳定性决定整个系统能否正常运行。由于不存在与第三方接口通信问题,通信进程通过跟踪进程触发直接读写过程数据库。该进程不直接和 Oracle 数据库通信,这样既能保证其稳定性又能保证其通信的及时性。

2.3 过程跟踪

过程跟踪是整个计算机系统的关键环节,接收通信进程数据,经过判断发消息给其他进程(如配料控制、料流控制、加水控制和 BTP 控制)触发其处理计算,经处理计算后,发消息给跟踪进程,跟踪进程触发通信进程把设定值送到 PLC,同时把设定值写进数据表。

2.4 设定值输出(二级)

二级计算机计算出某些重要数据并存放在实时过程数据库中作为过程设定值。这些过程设定值是否用于过程调节取决于生产工艺人员选择的控制方式。

3 烧结控制功能

二级计算机控制功能包括:配比控制、料流控制、加水控制和烧结机台车速度控制。以上这些控制是互相关联的,如配料控制影响加水控制,从而影响混合料的透气性,混合料的混合效果、透气

性和湿度直接影响烧透时间 BTT 和烧透终点 BTP,烧透时间 BTT 和烧透终点 BTP 的变化需改变台车速度,台车速度变化又影响料流控制,料流控制反过来影响配料控制,返矿量亦随之发生变化。

配料控制流程见图 3 所示,图 3 是“配料控制进程”的详细结构,该进程包括配比静态计算、返矿料位控制、碱度控制和返矿比控制四个子模块,它们之间是互相关联的。

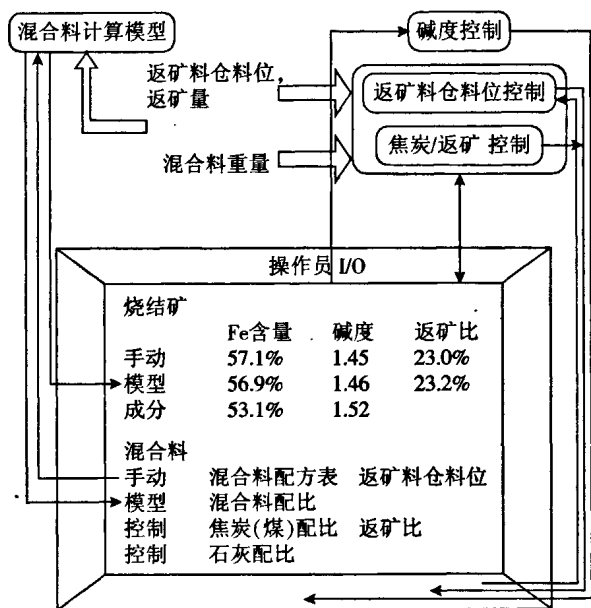


图 3 配料控制流程图

3.1 配比控制(混合料计算模型)

配比计算是在由计算机控制返矿控制的基础上进行,有以下操作步骤:

- (1)确定原料、熔剂和焦炭配比范围。
- (2)确定烧结矿 Fe 含量、碱度等目标值。
- (3)若返矿控制为二级计算机控制,返矿配比为计算值;否则为人工输入值。

(4)以上条件作为线性规划计算的约束条件,根据物料元素平衡计算出各原料配比、烧结矿计算成分和碱度。

(5)在计算结果的基础上适当修改部分原料配比(返矿除外),烧结矿计算成分和目标成分可能有较大偏差。根据原料成分适当调整配比,使烧结矿计算成分和目标成分接近,输入配比之和不为 100%,各原料配比相应扩大(或缩小)使配比之和为 100%(返矿除外)。

(6)控制混合料和烧结矿化学成分,自动控制焦炭、返矿的下料量,指导碱度的控制。控制目标是稳定烧结矿的 Fe、碱度和返矿配比。控制误差

< 1%。

3.2 加水控制^[1]

根据混合料的目标含水量(M_{target})和各原料的湿度(M_i)以及各原料实际的料流($m_{i,dry}$)计算出总加水流量(F_{water})。

$$F_{water} = M_{target} \times \sum(m_{i,dry})/100 - \sum(m_{i,dry} \times M_i/100)$$

$$\text{其中: } m_{i,dry} = (100 \times m_{i,wet}) / (100 + M_i)$$

3.3 料流控制和返矿控制

二级机控制时,根据制粒室矿槽容量、矿槽混合料目标设定值、矿槽混实际混合料量的增量率(或减量率)及混合料的料线延时时间,计算混合料的料流量修正量。

返矿配比作为工艺参数定义,由操作员输入。为保证生产过程中产生的返矿与加入配料的返矿之间的平衡,将加入的焦炭量作为控制变量。返矿槽的料位变化可反映平衡偏差。

返矿控制的控制思想是本控制回路与上一个控制回路并行工作,其目标是实现返矿平衡。在烧结生产过程中,经过较长的周期后(> 4 h),返矿的下料和回料比应等于预定的烧结矿返矿比。

烧结矿的返矿比根据检测到的冷返矿计算,并与烧结矿产量有关。本控制回路每 120 min 执行一次。其计算公式^[2]如下:

$$\Delta_{Coke} = k/p(R - R_{des})(h(R_{max} - R) - h(R_{min} - R))$$

式中, Δ_{Coke} 为焦炭修正值; k 为常数因子; p 为等待周期; R, R_{des} 为烧结矿返矿比的实际值和期望值; R_{max}, R_{min} 为返矿槽料位的最大值和最小值; h 为海维塞德函数。

3.4 碱度控制

监视收到的烧结矿分析数据,检查碱度是否在期望的范围内。为获得最佳碱度,必要时应修正混合料成分。

每当接收到化验室新的烧结矿化学成分时将激活本控制功能。本模型控制碱度并计算混合料的成分,采用数据趋势、3 个数据偏差范围和一组规则来估算修正量。通常计算出用户选择可控制(如石灰石或消石灰)百分比修正量。

新料的初始配比是按照烧结矿的碱度等于期望值定义的。当二级计算机系统在线控制时,新料的成分为一常数,但焦炭和返矿除外,按照前述情况,焦炭和返矿在线控制时可稍加修正。

根据烧结矿成分计算结果控制碱度,每小时用检测的原料数据自动计算。下面为理论计算碱度的公式:

$$B_2 = \text{CaO}/\text{SiO}_2$$

化学成分(CaO, SiO₂)是混合料模型计算的结果,既可用于新料,也可用于烧结矿。

如果碱度 B_2 的期望值和计算值存在偏差,就应修正原来的原料配比(石灰和消石灰),以满足烧结矿的碱度和铁含量。一天以后目标值和碱度及铁含量化验结果偏差会消失,因为混合料计算模型能自动调节模型参数。

3.5 烧结机台车速度控制

在燃烧达到烧结混合料的底层时,整个料层都已烧透,这一点被称为烧结终点,也即烧透点 BTP 。混合料从点火炉开始燃烧,一直燃烧到烧结终点所用的时间为烧透时间,称为 BTT 。为了优化烧结生产和质量,由二级计算机根据 BTP 模型自动调节台车速度,从而把烧结终点控制在倒数第二个风箱的中间最佳位置。

(1) 烧结过程控制模型。该控制功能的主要目标是把烧结矿烧透点稳定在指定的风箱^[3]。指定的烧透点能人为修改。

当倒数第2个风箱温度偏离人工设定 BTP_0 处,或混合料透气性变化时应自动调节,自动调节必须在 BTP 调节失控前进行。根据风箱的废气温度、台车速度、烧结机长度和温度探头位置计算烧结终点 BTP 和烧透时间 BTT 。

1) 烧透时间 BTT 的确定

BTT 为实际值 = 趋势值,而不是期望值。

台车速度历史数据用于计算 BTT ; 烧结终点参考值 BTT_{model} 的计算是对透气性的预测(考虑废气量和其它参数),与台车速度无关。 BTT_{model} 是计算值,而 BTT 是实际值。

2) 烧透点 BTP 控制回路设计

BTP 计算根据风箱温度计算实际的 BTP 偏差量。计算 BTT 时应考虑台车速度的历史数据。

· 过程前馈控制根据 BTT_{model} 和 BTP_0 计算台车速度建议值 V_c 。

· 温度模型根据温度(从9# ~ 12# 风箱温度推导出)温度设定值 T_s 之间的偏差计算台车速度的修正因子 ΔV 。

· 温度指导模块根据 BTP 和 BTP_0 的偏差计算温度设定值 T_s 。

速度控制用模糊控制实现,采用过程前馈控制的建议值 V_c 和温度模型的修正因子 ΔV 。

下面是烧透时间的微分方程,方程的系数定义为变量且自动调节参数,该方程和实际烧结生产过程是一致的。

未燃烧的烧结矿料层厚度

$$d^2X(t)/dt^2 = -A + B \times x(t)$$

烧结矿料层厚度

$$x(0) = h$$

点火燃烧的初始速度

$$dx/dt(0) = 0$$

4 结束语

2003年6月投入使用的烧结过程智能控制系统,系统配置合理、可靠性高、技术先进。经过几年的运行表明,该系统是一个成功的二级计算机系统。投产以来运行稳定,效果显著,产量提高了33.84万t/a,大大改善了烧结矿的实物质量,从而为高炉的高产与炼铁降低生产成本创造了良好的条件,并带来了较大的间接效益,烧结矿品位每增加1%,焦比可降低2%,高炉产量增加3%。

[参 考 文 献]

- [1] 吴志芳. 烧结工艺外配燃料计量控制系统[J]. 钢铁, 1999, (3): 8-18.
- [2] 柴天佑, 荣 莉, 马庆云. 智能控制技术在我国的轧钢炉窑控制中的应用[J]. 冶金自动化, 2000, 24(1): 7-11.
- [3] 冯贵军, 刘建平, 王文军. 烧结风机故障诊断应用[J]. 北京科技大学学报, 2002, (1): 1-2.

[编辑: 魏 方]

作者: 郭家琼
作者单位: 武钢国际贸易总公司 电仪科, 湖北武汉 430080

本文读者也读过(8条)

1. 王娟. [WANG Juan 浅谈太钢450 m²烧结机过程优化控制系统](#)[期刊论文]-[山西冶金](#)2008(1)
2. 胡钢. [吕和平 重钢烧结配加冶金废料冷固小球的实践](#)[期刊论文]-[烧结球团](#)2007, 32(3)
3. 张军红. [谢安国. 沈峰满 降低烧结固体能耗的人工智能优化分析](#)[期刊论文]-[冶金能源](#)2003, 22(4)
4. 侯兴. [HOU Xing 新钢常用国内外烧结粉矿冶金价值技术经济分析](#)[期刊论文]-[江西冶金](#)2010, 30(4)
5. [王阿虎 烧结机料层厚度检测仪的研制开发及应用](#)[会议论文]-2007
6. [刘浏. 何平. 张春霞. 安秋顺. 王明林. Liu Liu. He Ping. Zhang Chunxia. An Qiushun. Wang Minglin 智能炼钢厂关键技术的研究与发展](#)[期刊论文]-[冶金自动化](#)2000, 24(6)
7. [范志刚. 陈艳. 白晨光 人工智能在钢铁冶金工业中的应用](#)[会议论文]-2000
8. [左海滨. 林金柱. 戴玉山. 刘征建. 张旭. 杨天钧. ZUO Hai-bin. LIN Jin-zhu. DAI Yu-shan. LIU Zheng-jian. ZHANG Xu. YANG Tian-jun 料层减荷烧结提高生产率工业试验](#)[期刊论文]-[钢铁](#)2008, 43(11)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_6494177.aspx