

烧结工艺外配燃料计量控制系统

吴志芳 王志花 任志国 高彦 崔勇

(清华大学)

(钢铁研究总院)

(首钢总公司)

摘 要 外配燃料的计量和控制是烧结工艺燃料分加技术的关键。本系统采用先进的核辐射测量技术,对物料进行非接触式动态计量,实现了外配燃料根据混合料流量按给定比例自动配入。系统抗干扰性好,性能稳定可靠,能很好地应用于烧结混合料车间高粉尘、高湿度的工作环境。

关键词 计量控制 核辐射 核技术 燃料分加

METERING & CONTROL SYSTEM FOR COATING FUEL IN SINTERING PROCESS

WU Zhifang

WANG Zhihua REN Zhiguo

(Tsinghua University)

(Central Iron and Steel Research Institute)

GAO Yan CUI Yong

(Shougang Corporation)

ABSTRACT The metering & control for coating fuel is the key problem of fuel divided adding technique in sinter process. The system adopts nuclear radiation measuring technique for no-touching material metering. It adds automatically fuel at a given percent of the mix flow stably and is interfere-resistant. It well suits to the bad conditions with high dust and high moisture in mixing spot.

KEY WORDS meter & control, nuclear radiation, nuclear technology, fuel divided adding

目前燃料分加技术已被应用于烧结工艺。在烧结混合料经混匀和初步制粒之后,按比例加入外配燃料,一般为总燃料量的50%~90%。外配燃料的计量精度和控制精度直接影响着烧结矿的产质量和燃料消耗及燃料分加技术效果的发挥,是燃料分加技术的一个关键问题。以往一般采用传统的电子秤,由于使用压力传感器,不可避免受皮带跑偏、运动状态的改变等因素的影响,抗干扰性差,易磨损变形,难调整。特别是对于烧结配料这样高粉尘、高湿度的环境,不能达到预期的效果和精度,故障率高,维护量大,不能正常工作,许多已处于闲置状态,用人工跑盘代替,又很难发挥燃料分加技术的优越性。

首钢矿业公司迁安烧结厂烧结机在采用燃料分加技术的改造中,与清华大学和钢铁研究总院合作,采用了清华大学核研院研制的外配燃料计量和控制

系统。该系统计量和控制精度达到0.5%~1.0%,运行稳定可靠,满足了燃料分加技术的要求,使其优越性得到充分发挥。

1 系统介绍

系统设备配置如图1所示。

系统采用核辐射测量技术,对烧结混合料、外配燃料进行非接触式动态计量。用一台高性能的工业控制计算机作为主控机,进行智能控制,实测烧结混合料的瞬时流量,按一定的比例动态配入燃料。采用变频调速技术调节外配燃料配入量。还用一台动态计量秤实现两台烧结机混合料梭车分流的单独计产。

本系统分为两部分:一次仪表安装在现场烧结工艺流程上,由放射源、支架、气体电离室构成,探头采用全密封形式,内设恒温装置,不受温差、粉尘、湿

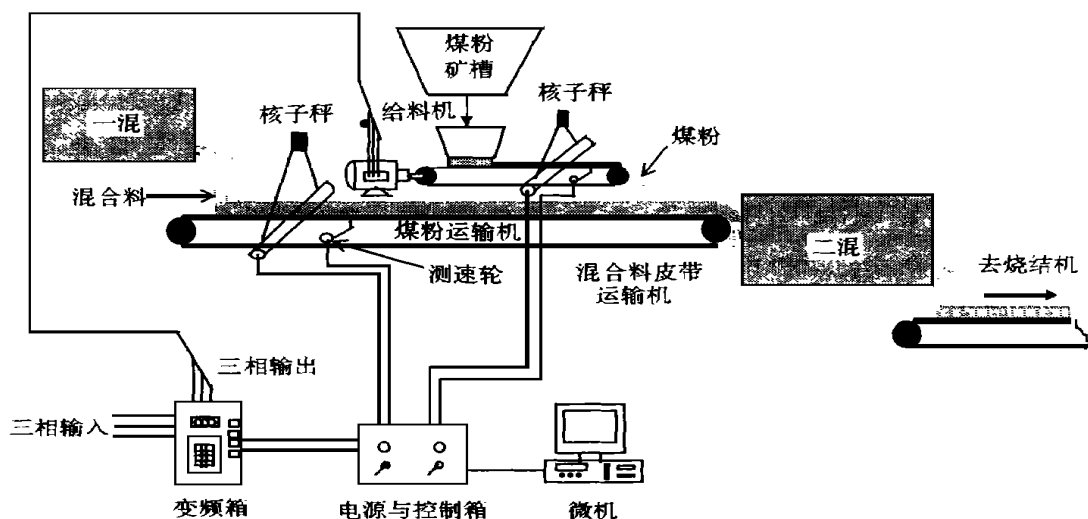


图1 燃料分加系统设备配置示意图

Fig. 1 Configure diagram of facilities with fuel divided adding system

度等因素的影响;二次仪表放在控制室,由计算机和控制柜构成。

2 物料计量

烧结混合车间工况恶劣,高粉尘,高湿度;混合料由皮带机输送,皮带磨损跑偏量大,工作状态不规范,电子秤无法稳定工作,计量精度难以保证。本系统不受上述因素的影响,它采用核辐射测量技术对混合料和外配燃料进行非接触式动态计量。

2.1 计量原理

根据 γ 射线与物质的相互作用理论^[1], γ 射线穿透物料后强度会减弱。对于单能窄束 γ 射线,其强度衰减服从指数规律,即

$$I = I_0 e^{-\mu_m d \rho} \quad (1)$$

式中, I 为穿透物料后的 γ 射线强度; I_0 为没有物料时的 γ 射线强度; μ_m 为物料对 γ 射线的质量吸收系数, cm^2/g ; d 为吸收物质的几何厚度, cm ; ρ 为物料密度, g/cm^3 。

对于确定的 γ 射线和物料,在射线强度和几何测量结构一定的条件下, μ_m 、 ρ 为常数, I_0 是可以预先确定的常数。根据式(1), γ 射线穿透物料后的强度 I 只与物料的几何厚度 d 有关。只要测量出 I 就可求出物料的几何厚度,进而可求出物料流量。

经过数学推导,从 t_1 时刻到 t_2 时刻,输送机运送的物料总重量

$$W = \int_{t_1}^{t_2} k \ln \left(\frac{V_i}{V_0} \right) v dt \quad (2)$$

式中, k 是与物料种类、安装结构等因素有关的常

数; V_0 是没有物料时的信号电压; V_i 是有物料时的信号电压; v 是物料运动速度。这就是物料计量的计算公式。

在通常情况下,按照式(2)处理可以得到很好的效果,达到1%的计量精度。但是,严格地讲,式(1)只描述了物料对射线的吸收作用,而忽略了物料对射线的散射作用。为进一步提高计量精度,引入积累因子 B 来修正散射的影响。那么,式(1)变为

$$I = I_0 B e^{-\mu_m d \rho} \quad (3)$$

在测量过程中,物料变化时,积累因子 B 并不是一个常数,可用Berger经验公式^[2]表示:

$$B = 1 + C(E_\gamma) \mu_{pd} \rho e^{D(E_\gamma) \mu_m d \rho} \quad (4)$$

式中, $C(E_\gamma)$ 、 $D(E_\gamma)$ 为在某种物质中能量为 E_γ 的 γ 射线的Berger积累因子系数。

根据式(4)可知,对于确定能量的 γ 射线和确定的物料,积累因子 B 只与物料的质量厚度有关,因此,可以测出积累因子 B 与物料质量厚度的关系曲线,对瞬时载荷进行线性校正,采用这种措施后,计量精度由1%提高到0.5%。

2.2 技术特点

这种称重技术实际上是一种成分测量技术。从微观上讲,它测量的是物料原子的数目、结构和种类等信息,从宏观上讲,它测量的是物料的质量信息,与力的概念毫不相关。其显著特点是非接触式动态计量,无磨损,故障率极低,可用于粉尘、露天、潮湿、腐蚀等恶劣环境,具有很好的环境适应性和抗干扰性。而一般的称重方式如电子秤,是根据力的相互作用

用原理, 通过力敏传感器测量物料的重量(即万有引力), 静态效果还好, 对于动态, 它会受物料、皮带运动状态的影响。而且, 它是一种接触式测量, 不可避免地存在着机械磨损、老化等问题, 故障率高, 维护量大, 在实际应用中往往因维修赶不上而影响正常工作。在这一点上, 该技术无疑具有很大的优越性。

3 配料控制

本系统对燃料分加实现了手动、自动两种工作方式, 两者之间可随意切换。在正常情况下, 由系统按照预先设定的比例自动实时动态地配入燃料, 若系统出现故障, 则可改成手动方式, 由操作工手工控制燃料配入量。

混合料的流量由生产实际决定, 外配燃料量随混合料量的变化而变化。系统必须能够控制燃料的流量, 实现动态配比, 提高配料的均匀性。本系统采用调节燃料输送皮带速度的方法来测量煤粉流量。

皮带速度的调节有几种途径: 多极调速电机,

电机极子数目决定了电机转速, 但这种方法是有级变速, 不适于自动控制; 滑差电机, 它是直流方式, 速度可连续调节, 但投资高, 抗干扰性差, 在高粉尘环境下易烧毁; 变频调速, 通过改变供电电源的频率达到改变电机转速的目的。使用变频器配接普通电机即可实现连续调速。

该系统采用变频调速方案, 由微机输出 4~ 20 mA 电流信号控制变频器, 改变皮带速度, 调整外配燃料量。

系统对外配燃料流量的调节采用反馈式闭环控制, 使系统具有自动跟踪和调节能力, 实现多种流量控制算法, 如增量法、P、PI、PD 等, 可灵活选择; 可任意修改外配燃料的配比和控制参数(如比例、积分、微分常数、采样延迟时间等); 控制参量的选取以瞬时流量为基础, 经过一阶 AR 预测器处理^[3], 并在控制间隔内做均值处理, 大大提高了控制效果。

计量和配料流程如图 2 所示。

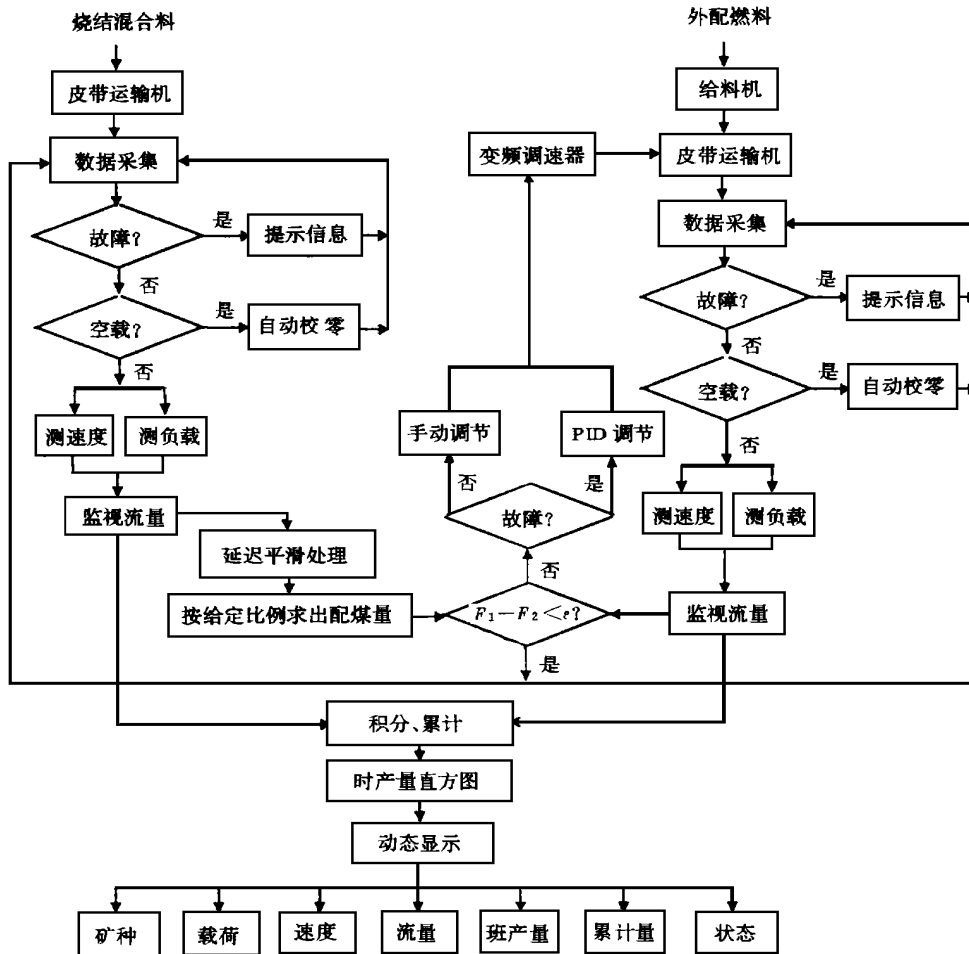


图 2 计量、配煤流程图

Fig. 2 Flow sheet of mix metering and fuel adding control

4 软件设计

该系统的配料软件全部用 C++ 语言编制, 采用 OOP 技术, 程序运行速度快, 可靠性高, 编码紧凑, 结构合理, 操作界面全中文提示, 具有良好的人机对话功能。它具有如下特点: 基于 DOS 环境编程, 规模小, 响应时间快, 有利于实时控制; 软件本身自带国标汉字库, 不依赖于任何汉字操作系统, 稳定可靠; 提供类似于 Microsoft Windows 的界面风格, 三维立体显示, 支持弹出式窗口和菜单操作。

除实现计量、控制等基本功能外, 还提供产量管理、查询、报表统计等功能, 能对系统运行状态如空载、过载、故障、调零等进行自动诊断并提示出来, 对零点的漂移能进行自动调整。

该软件能列表显示每条皮带上物料的载荷、速度、流量、班产量、累计量等参量的瞬时值; 能显示动态工艺流程图和小时产量直方图; 还能显示瞬时流量曲线, 检测外配燃料流量的调节变化过程。

软件功能如图 3 所示。

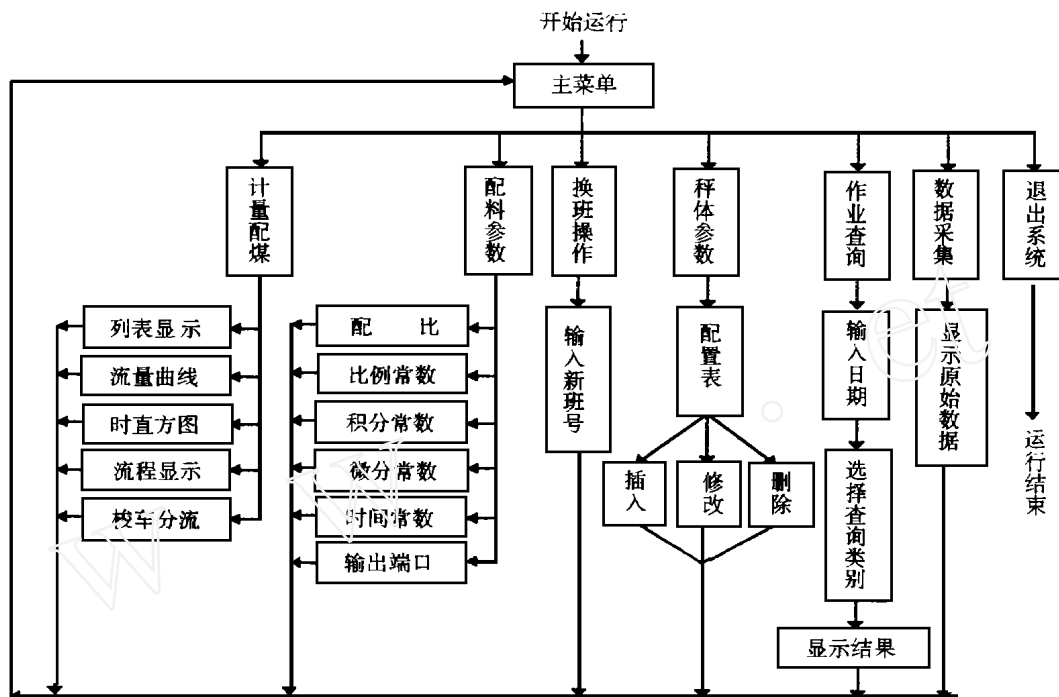


图 3 功能示意和整体流程简图

Fig. 3 System function and flow diagram

5 结语

该系统从 1997 年 10 月份开始运行于迁安烧结厂混料车间, 安装后进行系统标定, 计量重复性达到 0.2%, 计量线性达到 0.5%。在正常状态下, 外加燃料的实际流量与设定值误差波动小于 1%, 在启动和动态跟踪过程中, 系统以较大的阻尼系数进行调节, 在 1~2 个振动周期内趋向稳定值, 不会造成系统振荡。在使用半年之后, 对其性能进行检测, 仍保持标定时的精度, 一直运行至今。系统自动进行零

点修正, 一旦安装调试完毕, 除非被测物料成分有较大改变, 一般不需要再标定和校验, 维护量极小, 大大减轻了维护人员的劳动量和维护成本。

该系统为烧结外配燃料的计量和控制提供了一种性能可靠、抗干扰性强、易维护的先进手段。它能很好地适用于高粉尘、高湿度的现场工作环境, 解决了燃料分加实践中一直存在的计量控制问题, 使该技术的优越性得到充分发挥。

参 考 文 献

- 1 复旦大学, 清华大学, 北京大学合编. 原子核物理实验方法(上). 北京: 原子能出版社, 1981.
- 2 N M 谢弗. 核反应堆屏蔽工程学. 北京: 原子能出版社, 1983.
- 3 宗孔德, 胡广书. 数字信号处理. 北京: 清华大学出版社, 1988.