

# 基于 PROFIBUS-DP 通讯的烧结配料控制系统设计与应用

□董军涛 樊科菁 王超 宋林昊

(河钢集团邯钢公司自动化部, 河北 邯郸 056000)

【摘要】本文对烧结配料秤的通讯网络进行设计, 对配料控制系统流程进行设计, 介绍配料秤的工作方式, 保证配料精度, 为生产者提供决策依据。

【关键词】配料秤; 配比; DP 通讯

文献标识码: A 文章编号: 1003-1870 (2024) 08-0020-04

## 引言

在烧结过程所生产的烧结矿各项质量指标包括: 铁品位 (TFe%)、碱度 (CaO% / SiO<sub>2</sub>%)、氧化钙含量(CaO%)、氧化镁含量(MgO%)、二氧化硅含量(SiO<sub>2</sub>%)、氧化铝含量(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>%) 和硫含量(S%) 等, 在满足烧结矿基本的化学成分, 即铁成分含量较高、化学成分稳定, 还原性强, 有害杂质少前提下, 应用各种优化方法或手段控制烧结矿的生产成本, 减少原料采购成本。而配料是烧结生产过程中极为重要的环节, 它是将不同的含铁原料、熔剂 (生石灰、白云石等)、返矿和燃料按照预设比例进行精准的混合过程, 最终运送到烧结机进行高温烧结、冷却、筛分后, 生产出烧结矿。

目前, 配料系统普遍采用称重配料方法。借助于小料仓重量值对拖拉皮带机速度控制, 和定量给料机自动调节系统实现自动配料。烧结配料主要配料种类有含铁原料、熔剂、返矿、燃煤、除尘灰等。加入一定量的返矿可以改善混合料的透气性, 提高烧结机利用系数, 降低烧结矿成本。我厂将高炉重力除尘灰和烧结除尘灰加入烧结配料中, 由于高炉除尘灰含碳量达20%多, 除尘灰均匀、稳定的

加入, 可以进一步降低燃料消耗, 燃料以焦粉和煤粉组成, 混合燃料为固体燃料。数据表明, 焦粉和煤粉合适的配比, 可以改善烧结矿质量、对降低烧结成本有重要意义。我国铁矿的脉石多以SiO<sub>2</sub>为主, 所以普遍使用碱性熔剂CaO、MgO的熔剂。配加熔剂可以改善烧结矿强度、冶金性和还原性, 增加烧结矿的碱度, 改善高炉炉渣的流动性, 有利于高炉进一步提高冶炼强度和降低焦比, 改善高炉冶炼经济技术指标, 提高烧结矿的品位, 为高炉顺行、高产创造了必要条件。

## 1 系统的开发环境

### 1.1 软件开发平台

基于DP通讯的烧结配料自动控制系统的开发硬件环境为Intel(R) Core(TM) i7-11700k @ 3.60GHz 3.60 GHz 16.00 GB, 操作系统为Windows 10 专业版。开发平台软件为STEP7 V5.6 编程软件和WinCCV7.5 可视化组态软件。STEP7 编程软件性能稳定, 适用于所用SIMATIC 控制器进行组态和编程工作, 具备硬件配置和参数设置、通讯组态、编程、测试、启动和维护、运行和诊断等强大功能, 是SIMATIC 工业软件的重要组成部分。WinCCV7.5 是一款功能强大的可

视化HMI系统，通过WinCC可以实现过程可视化、控制过程、监视过程、归档过程，记录过程历史并访问过去的生产数据，自定义报警记录。此软件集成了工厂智能、高效维护的创新过程可视化，具有可扩展、开放、灵活的特点，是全集成自动化系统

的核心组成部分，可完整地应用于各类工业开发领域。

### 1.2 系统设计流程

本程序设计流程如图1所示。

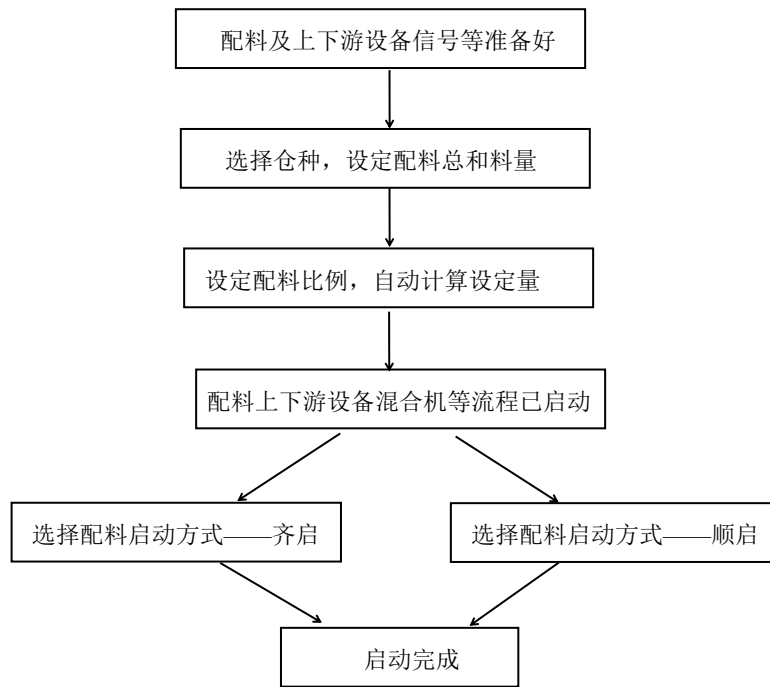


图1 设计流程图

### 1.3 硬件配置

配料秤选择DP通讯方式，PROFIBUS是一种国际化、开放式、不依赖于设备生产商的现场总线标准。PROFIBUS网络的通讯协议主要包括：PROFIBUS-DP、PROFIBUS-FMS、PROFIBUS-PA组成，其中PROFIBUS-DP是专为设备级控制系统的通讯设计，开放式的现场总线，应用最为广泛，不依赖于生产厂家，能够与众多的自动化设备进行通讯。其数据传送方式为RS-485或光纤，具有高速低成本，是用于现场设备级的高速数据传输，通讯能力强的双向数字通讯网络。现在以实际烧结厂配料秤配置为例，总计有23台配料秤，将它分成5个通讯单元。其中混匀料6台秤，白灰4台，白云石4台，

除尘灰4台，燃料2台，返矿3台。将1-3号秤与白灰2台秤组成一个DP通讯单元；4-6号秤与另2台白灰秤组成一个通讯单元；2台白云石与2台除尘灰秤组成一个DP通讯单元；另2台白云石与另2台除尘灰秤，1台燃料秤组成一个通讯单元；另1台燃料秤与3台返矿秤组成一个通讯单元。秤设定的PROFIBUS地址为11~33，选择PPO12:0 PKW,4 Set,14 PZD型通讯报文结构。每一个通讯单元连到一个网关模块IE-PB-link。IE-PB-link为DP转网口通讯设备，与主交换机通讯，采用TCP/IP协议，与S7-400H通讯，交换数据。当一个通讯单元出现故障，不同品种不会缺失，配料系统不会停机，并将影响生产因素降到最低。

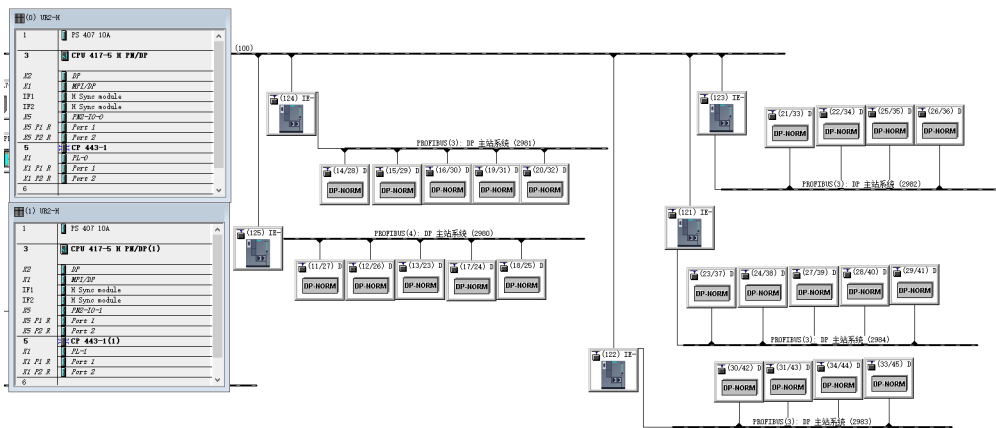


图2 硬件配置图

## 2 配料秤系统

配料秤系统由定量给料机控制系统和拖拉皮带机控制系统组成。定量给料机配料系统由皮带机、电机、变频器、控制仪表、测速装置、称重传感器组成。其工作方式是由上位机发送给控制仪表一个设定流量和中间仓设定值，控制仪由自身的PID 进行调节，分别控制输出给料机变频器和拖拉皮带机变频器<sup>[1]</sup>。

数字PID 控制：在工业过程控制中，按被控对象的实时数据采集的信息与给定值比较产生的误差的比例、积分和微分进行控制的控制系统，简称PID（Proportional Integral Derivative）控制系统。PID 控制具有原理简单，鲁棒性强和实用面广等优点，是一种技术成熟、应用最为广泛的工业过程自动化控制系统，早在上世纪末就已经成为我国工业自动化领域重要组成部分。

本配料秤系统方案以此技术为基础，不但继承了PID 控制器的这些特点，而且由于软件系统的灵活性，使PID 算法可以得到修正更加完善，变得更加灵活多样，更能满足生产过程中提出的多种控制要求。该配料秤具有可编程性，可以在线调整控制参数，与可编程PID 相媲美的功效，有过之而无不及。比例控制 $K_P$  加大，使系统的动作灵敏，速度加快，减少稳态误差，提高控制精度。若 $K_P$  偏大，则振荡次数加多，调节时间加长。 $K_P$  偏小，则又会使系统动作缓慢。积分控制 $T_i$ ，能消除系统的稳态误差，当 $T_i$  合适时，过渡特性比较理想。 $T_i$  偏小，振荡次数越多。 $T_i$  偏大，积分作用太弱，以至于不能减少稳态误差。微分控制，可以改善动态性能，具有预见性，能预见偏差信号的变化趋势，在偏差信号变化

之前，在系统中引入一个有效的早期修正信号，从而加快系统的响应速度，减少超调，减小调节时间<sup>[2]</sup>。

通过反复调整PID 相关参数，配料秤控制输出给变频器一个4~20mA 电流值，调节配料皮带电机速度，使配料秤检测的数据与设定值最大偏差值不超过 $\pm 0.2\%$ 。拖拉皮带系统，由拖拉皮带机和中间仓检测系统组成。中间仓由四个称重传感器检测，传输到配料仪表，由上位机发送给配料仪表一个设定中间仓重量值，由配料秤自身的PID 进行调节（在线调整PID 参数），使中间仓检测的重量与设定重量值最大偏差值不超过 $\pm 0.2\%$ ，输出给变频器一个4~20mA 电流值，调节拖拉皮带电机的速度。

## 3 使用说明

### 3.1 控制方式操作

根据需要，在定量给料机上游中间仓设定SP 重量值，实现精准控制拖拉皮带下料量，使设定的吨数与实际重量值相匹配。通过在综合料量设定输入生产总量，然后在矿槽选择中选择配料的品种，根据技术参数在配比设定中输入数值，配比总数必须等于100%，若不等于100%，报配比错误。选择按钮配比检查、配比采用如下图3，并根据生产总量值与配比值自动计算设定输出量（t/h），输出给定量给料机，控制皮带机转速进行下料。在正常生产中，可以在线进行矿槽更改和取消矿槽选择，设定新的配比，再选择按钮配比检查、配比采用，自动更换选择的矿槽下料，停止没有选择的矿槽下料。配料控制系统的料仓主选功能，可以点击料仓主选按钮，选择料仓主选，其功能是当一台配料秤出现故障，自动将该台秤的配比加到主选的秤上，稳定下料量，将设备故障影响生产稳定性降到最低。



图3 配比设定图

### 3.2 数据趋势查询分析

(1) 数据趋势查询分析。点击燃料趋势、粉尘趋势、熔剂趋势、混匀料趋势、累积量趋势、分仓累积量趋势等，可以查询到秤的历史实际流量作为配料工艺决策分析的数据依据。

(2) 秤通讯采集数据查询分析。点击配料秤状态，可以查询每台秤的速度(m/s)，载荷量(kg/m)，及相应的趋势图。可以实时监控和查询秤的下料稳定性，以及查验配料秤的零点状态。在配料秤状态中，还可查询到每一台配料秤的运行、自动、偏差、报警等信号值。当秤有故障时，还可以点击故

障复位，对配料秤进行故障复位。

### 4 结语

本文以钢铁烧结配料过程为应用背景，通过对烧结配料品种进行合理搭配，设计配料秤通讯网络配置并进行智能优化，将不同品种分类组成不同的通讯单元，即使一个通讯网络出现故障，不会导致烧结配料停机。并研究配料秤的工作原理，完善控制功能，保证了配料秤的控制精度，很好地满足了烧结配料的生产工艺要求，烧结矿的质量、产量均有所提高，烧结矿指标如下表所示。

表 质量指标表

| TFe   | FeO  | SiO <sub>2</sub> | MgO   | CaO   | TiO <sub>2</sub> | S      | 碱度    | P     | MnO   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|-------|------|------------------|-------|-------|------------------|--------|-------|-------|-------|--------------------------------|
| 56.52 | 8.05 | 4.98             | 1.967 | 9.666 | 0.374            | 0.0189 | 1.941 | 0.052 | 0.195 | 2.13                           |

定量给料机配料系统的稳定、可靠、准确性高、精度高，可以减轻操作人员的劳动强度，也为钢铁企业烧结配料配比方案管理、烧结矿质量控制提供基础数据，满足生产者的决策需求。本配料控制系统的设计与应用，可供设计相关配料工艺企业参考。

### 参考文献

[1] 李新光等. 过程检测技术[M], 北京: 机械工

业出版社, 2004.

[2] 刘金琨. 先进PID控制及MATLAB仿真[M], 北京: 电子工业出版社, 2002.

### 作者简介

董军涛(1984年—), 男, 工程师。工作单位: 河钢集团邯钢公司自动化部。