

# 重介质选煤过程自动控制系统在选煤厂的应用

王宗虎

北京中煤煤炭洗选技术有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017300

**摘要：**重介质选煤过程自动控制系统在选煤厂的应用，实现对选煤过程的全面监控与精确控制。该系统通过集成先进的传感器技术、优化控制算法、高效数据通信网络和智能诊断预警功能，显著提升选煤效率与产品质量。本文深入探讨了该系统在选煤厂的实际应用情况，分析其带来的经济效益与社会价值，展示自动化、智能化技术在煤炭加工行业的广阔应用前景。

**关键词：**重介质选煤；自动控制系统；应用

## 1 重介质选煤工艺概述

### 1.1 重介质选煤的基本原理

重介质选煤的基本原理是基于阿基米德原理，即浸没在液体中的颗粒所受到的浮力等于颗粒所排开的同体积的液体的重量。因此，如果颗粒的密度大于悬浮液密度（ $\rho$ ），则颗粒将下沉；小于 $\rho$ 时，颗粒上浮；等于 $\rho$ 时，颗粒处于悬浮状态。在重介质选煤过程中，使用的介质通常是磁铁矿粉与水配置的悬浮液，其密度介于净煤与矸石（或中煤）之间。这样，密度低于介质的净煤会漂浮，而密度高于介质的矸石或中煤则下沉，从而实现煤炭的分选。

### 1.2 重介质选煤的工艺流程

重介质选煤的工艺流程主要包括几个步骤：（1）煤炭预处理：将原始煤炭进行破碎、磨矿和筛分处理，将煤炭粉碎成合适的尺寸，去除其中的石灰岩、黄铁矿、硫铁矿等杂质，以及一些大块的煤炭。（2）介质添加与混合：将预处理后的煤炭投入到浮选机中，并在浮选机中加入相应比重的介质（磁铁矿粉与水配置的悬浮液），通过搅拌设备混合均匀。（3）分选过程：在浮选槽中，煤炭和介质按照所含有的矿物组分的密度差异进行分选。重矿物下沉到浮选槽底部，轻矿物则漂浮到浮选槽顶部。（4）筛分与介质回收：浮选过程结束后，将浮选槽中的煤炭和介质混合物通过刮板输送到筛分设备中。根据不同的煤炭需求，利用不同筛分设备对不同颗粒大小的煤炭进行筛分，将所需要的煤炭颗粒分离出来。同时将剩余的介质进行循环利用，以减少资源浪费和环境污染。

### 1.3 重介质选煤工艺的特点

重介质选煤工艺具有以下特点：第一高效性：重介质选煤能够严格按照密度进行分选，分选效率高，能够显著提高精煤产率和产品质量。第二适应性广：重介质

选煤适用于大块原煤或露天毛煤排矸，也适用于分选难选煤和极难选煤。此外，还可以为脱除煤中黄铁矿硫进行低密度分选<sup>[1]</sup>。第三节能环保：重介质选煤过程中，介质可以循环利用，减少了资源浪费和环境污染。由于分选效率高，也降低了能耗。第四工艺灵活：重介质选煤工艺可以根据不同的煤炭需求和分选要求，采用不同的分选设备和工艺组合，以满足生产需求。

## 2 重介质选煤过程自动控制系统的总体架构

### 2.1 系统的层次结构

重介质选煤过程自动控制系统的层次结构通常分为三层：现场设备层、过程控制层和企业管理层。现场设备层：这一层主要包括各种传感器、执行器、仪表以及现场控制站等。它们负责实时采集现场数据，如煤炭流量、密度、压力等，并将这些数据反馈给过程控制层。它们也接收来自过程控制层的控制指令，执行相应的动作，如调节阀门开度、调整电机转速等。过程控制层：这一层是系统的核心，主要由可编程逻辑控制器（PLC）、工业计算机、人机界面（HMI）等组成。它们负责接收现场设备层的数据，进行数据处理和分析，并根据预设的控制策略生成控制指令。它们也提供丰富的监控和报警功能，确保系统的稳定运行。企业管理层：这一层主要面向企业的管理层和决策者，提供生产数据的统计、分析和报表生成等功能。通过这一层，企业可以实时了解生产状况，优化生产计划，提高生产效率。

### 2.2 系统硬件组成部分

重介质选煤过程自动控制系统的硬件组成部分主要包括：传感器与执行器：用于实时采集现场数据，如煤炭流量、密度、压力等，以及执行控制指令，如调节阀门开度、调整电机转速等。可编程逻辑控制器（PLC）：作为系统的核心控制器，负责接收传感器数据，进行数据处理和分析，并生成控制指令。人机界面（HMI）：

提供友好的用户界面，用于显示生产数据、报警信息和控制指令的输入等。工业计算机：用于存储和处理大量数据，提供丰富的监控和报警功能，以及生产数据的统计和分析。通讯设备：如以太网交换机、光纤收发器等，用于实现各层之间的数据通讯。

### 2.3 系统软件功能模块

重介质选煤过程自动控制系统的软件功能模块主要包括：数据采集与处理模块：负责实时采集现场数据，并进行预处理和存储，为后续的控制提供基础。控制策略模块：根据预设的控制策略，对采集到的数据进行处理，生成相应的控制指令。监控与报警模块：提供丰富的监控功能，如实时数据显示、历史数据查询、趋势分析等，以及报警功能，如超限报警、故障报警等。数据分析与报表生成模块：对采集到的数据进行深入分析和挖掘，提供生产数据的统计和分析报告，为企业的决策提供支持<sup>[2]</sup>。系统配置与维护模块：提供系统的配置和维护功能，如用户管理、权限设置、系统备份与恢复等，确保系统的稳定运行和安全性。

## 3 重介质选煤过程自动控制系统各子系统的功能与控制策略

### 3.1 重介质悬浮液密度控制系统

重介质悬浮液密度控制系统是重介质选煤过程中的关键子系统之一，其核心任务是确保悬浮液的密度稳定维持在预设的范围内，以实现高效、精确的分选效果。该系统通过实时监测悬浮液的密度，并根据密度的变化自动调节介质的添加量或分流比，从而保持密度的恒定。控制策略：系统采用先进的密度计（如非接触式同位素密度计或智能在线压差密度计）实时监测悬浮液的密度。这些密度计具有高精度、稳定性好、维护方便等优点，能够确保密度数据的准确性和可靠性。当监测到悬浮液密度高于或低于预设值时，系统立即启动自动调节机制。对于密度过高的情况，系统通过控制补水阀的开度，向悬浮液中添加适量的水，以降低密度；对于密度过低的情况，则通过调节分流阀的动作，将部分高密度悬浮液分流回合格介质桶，以提高密度。为了实现更精确的控制，系统通常采用PID（比例-积分-微分）控制算法。PID算法能够根据密度的偏差和偏差的变化率，计算出合适的控制量，从而快速、平稳地调整悬浮液的密度。在悬浮液密度的自动调节过程中，由于分流环节存在大惯性、大滞后等特性，传统的PID控制可能会出现超调和振荡现象。因此系统引入模糊控制策略，以应对这些不确定性因素。

### 3.2 介质流量控制系统

介质流量控制系统负责调节重介质选煤过程中介质的流量，以确保分选设备的稳定运行和高效分选。该系统通过实时监测介质的流量和压力等参数，并根据这些参数的变化自动调节介质的供应量和分配比例。控制策略：系统采用高精度的流量计和压力传感器实时监测介质的流量和压力。这些传感器能够准确反映介质的流动状态，为控制策略的制定提供可靠的数据支持。根据实时监测到的流量和压力数据，系统通过调节介质泵的转速、阀门开度等参数，实现对介质流量的精确控制。当流量过高时，系统降低介质泵的转速或减小阀门开度；当流量过低时，则提高介质泵的转速或增大阀门开度<sup>[3]</sup>。为了保持分选设备入口压力的稳定，系统采用压力传感器和变频器等装置进行压力控制。通过实时监测入口压力的变化，系统能够自动调节介质泵的转速和扬程，从而实现对入口压力的精确调节。系统还具备故障报警和保护功能。当介质流量或压力出现异常时，系统会立即发出报警信号，并采取相应的保护措施，以避免设备损坏或生产事故的发生。

### 3.3 分选设备控制系统

分选设备控制系统负责控制重介质选煤过程中的分选设备，如旋流器、脱介筛等。该系统通过实时监测设备的运行状态和参数，并根据这些参数的变化自动调节设备的运行参数和工作模式，以确保分选效率和产品质量的稳定。控制策略：系统采用传感器和监测装置实时监测分选设备的运行状态和参数，如旋流器的入口压力、脱介筛的振动频率等。这些参数能够反映设备的运行情况和性能，为控制策略的制定提供依据。根据实时监测到的设备状态数据，系统通过调节设备的运行参数和工作模式，实现对分选效率的精确控制。系统还具备故障预警和停机保护功能。当设备出现异常情况时，系统会立即发出预警信号，并采取相应的停机保护措施，以避免设备损坏或生产事故的发生。为了方便操作和管理，系统还具备远程控制和监控功能，操作人员可以通过人机界面或远程终端对分选设备进行远程控制和监控，实时了解设备的运行状态和参数，并进行相应的调整和优化。

### 3.4 产品质量监控与反馈控制系统

产品质量监控与反馈控制系统是重介质选煤过程中的重要子系统之一，其核心任务是实时监测产品的质量指标（如灰分、水分、硫分等），并根据这些指标的变化及时调整生产参数和控制策略，以确保产品质量的稳定和提高。控制策略：系统采用先进的在线分析仪器和传感器实时监测产品的质量指标。这些仪器和传感器

能够准确、快速地分析出产品的灰分、水分、硫分等关键指标,为控制策略的制定提供可靠的数据支持。根据实时监测到的质量数据,系统通过反馈控制机制及时调整生产参数和控制策略。系统还具备质量预测和优化功能。通过对历史数据的分析和挖掘,系统能够预测未来的产品质量趋势,并提前采取相应的措施进行优化。系统还可以根据产品的质量需求和市场需求进行定制化的控制策略制定,以满足不同客户的需求。为了方便管理和分析,系统还具备数据记录和报表生成功能。

#### 4 重介质选煤过程自动控制系统的关键技术分析

##### 4.1 传感器技术

传感器技术是重介质选煤过程自动控制系统的基石。在重介质选煤过程中,传感器负责实时采集各种物理和化学参数,如悬浮液的密度、流量、压力、温度以及煤炭的灰分、水分等。这些参数是系统实现精确控制的重要依据。传感器的精度、稳定性和可靠性对于系统的整体性能至关重要。随着科技的发展,现代传感器技术已经取得了显著的进步。在重介质选煤领域,高精度、高稳定性的传感器被广泛应用。还有一些专门用于监测煤炭质量的传感器,如灰分仪、水分仪等,它们能够实时反映煤炭的质量状况,为系统提供宝贵的反馈信息。

##### 4.2 控制算法与策略优化技术

控制算法与策略优化技术是重介质选煤过程自动控制系统的核心。PID控制算法是经典的控制方法之一,它根据系统的偏差、偏差的变化率和偏差的积分来计算控制量,具有结构简单、易于实现等优点。在重介质选煤过程中,由于系统的复杂性和不确定性,PID控制往往难以达到理想的控制效果。研究人员在PID控制的基础上,引入了模糊控制和神经网络控制等先进算法,以提高系统的自适应能力和鲁棒性。模糊控制是一种基于模糊逻辑的控制方法,它能够模仿人类操作人员的经验,根据输入变量的模糊集合和模糊规则,输出合适的控制量。在重介质选煤过程中,模糊控制被广泛应用于悬浮液密度控制、介质流量控制等方面,取得了显著的效果。神经网络控制则是一种基于人工神经网络的智能控制方法,它能够通过学习 and 训练,自动调整网络的结构和参

数,以适应不同的控制任务。

##### 4.3 数据通信与网络技术

数据通信与网络技术是重介质选煤过程自动控制系统的关键支撑技术。在系统中,各个传感器、执行器和控制器之间需要进行大量的数据交换和通信,以确保系统的正常运行和精确控制<sup>[4]</sup>。现代数据通信与网络技术为系统的数据交换和通信提供了可靠的技术保障。还有一些专门用于工业控制的通信协议,如Modbus、PROFIBUS等,它们能够确保不同设备之间的兼容性和互操作性。在数据通信的基础上,网络技术还被用于实现系统的远程监控和故障诊断。通过网络技术,操作人员可以在远程终端上实时了解系统的运行状态和参数,并进行相应的调整和优化。

##### 4.4 智能诊断与故障预警技术

智能诊断与故障预警技术是重介质选煤过程自动控制系统的安全保障。智能诊断与故障预警技术通过实时监测系统的运行状态和参数,利用先进的算法和模型对系统的故障进行预测和诊断。例如,基于神经网络的故障诊断方法能够根据系统的历史数据和当前状态,自动判断故障的类型和位置,并给出相应的处理建议。

#### 结束语

重介质选煤过程自动控制系统在选煤厂的成功应用,不仅标志着煤炭加工行业向自动化、智能化转型的重要步伐,也为提高资源利用效率、促进节能减排提供了有力支撑。未来,随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展,该系统将在更多领域发挥重要作用,为煤炭行业的可持续发展贡献力量。

#### 参考文献

- [1]张建.选煤厂重介质分选工艺改造及应用[J].能源与节能,2021,(09):210-211.
- [2]武源.选煤厂选煤工艺优化研究[J].中国高新科技,2021,(03):149-150.
- [3]武小兵.关于重介质选煤技术工艺与管理探讨[J].中国设备工程,2021(23):83-84.
- [4]徐征,朱智果.选煤厂选煤工艺流程优化分析[J].能源与节能,2020,(04):106-107+164.