

马头洗选厂重介分选智能化的研究与应用

齐胜军

(冀中能源峰峰集团有限公司马头洗选厂 河北邯郸 056046)

摘要:为响应国家对煤炭智能化洗选的号召,大大提升选煤厂建设自动化、信息化的融合,并逐步向智能化迈进,通过智能化建设实现选煤行业高质量发展和转型升级。以冀中能源峰峰集团马头洗选厂西部重介系统为研究对象,通过对重介系统全流程在线检测,开发重介悬浮液密度、煤泥含量双变量宽域智能控制软件和开发重介悬浮液密度的智能设定建议功能,实现重介分选过程智能控制,有效把控重介质悬浮液性质参数,达到稳定产品质量,提高精煤回收率,达到降低操作人员劳动强度,提升洗选厂经济效益的目标

关键词:选煤厂;智能化控制;重介质选煤;选煤厂建设

1 前言

为贯彻国家八部委《关于加快智能煤矿建设的指导意见》精神,贯彻国家能源局、国家矿山安全监察局《煤矿智能化建设指南(2021年版)》和中国煤炭加工利用协会《智能化选煤厂建设通用技术规范》文件精神,实现选煤厂智能化关键环节的建设,促进选煤厂转型与升级、动力转换、达到提升选煤科技含量、全面实现选煤提质增效、减人为安的目标。

峰峰马头洗选厂紧紧围绕集团公司选煤厂建设提出的“安全、高效、绿色、智能”指导思想,提出了以马头洗选厂为示范点,进行重介分选和浮选智能化项目建设,达到提质增效的效果,以此为契机,逐步推进集团选煤厂的智能化建设。

2 重介智能控制系统

重介分选智能控制系统主要包括:重介悬浮液密度、煤泥含量双变量宽域智能控制;重介分选全流程控制(旋流器压力、桶位平衡、介质净化回收智能控制);基于在线测灰仪与统计过程控制(SPC)方法的质量闭环指导控制;重介分选灰分、硫分智能双控控制(预留)。

重介系统自动模式运行时,重介悬浮液密度控制系统是一个多输入(密度值、煤泥含量给定、桶位和自动补水阀开度给定)和多输出(自动补水、自动分流)系统,软件自动分析重介悬浮液密度、磁性物含量、煤泥含量、合介桶桶位、补水阀开度等变量的耦合特性。基于PID控制的补水阀开度控制和基于SVM智能控制的分流阀开度预测算法,实现自动补水和自动分流,实现悬浮液密度在设定值上下波动范围 $\leq \pm 0.005\text{g/cm}^3$ 。软件包含手动模式,岗位司机根据来煤情况和产品质量,凭借操作经验,手动预设桶上补水和原分流阀门开度,辅助密度和煤泥含量双变量智能控制。

2.1 重介悬浮液密度智能控制系统研发

开发重介悬浮液密度、煤泥含量双变量宽域智能控制软件,解耦重介分选过程中密度、磁性物含量和煤泥含量、桶位和入料压力

工艺参数的耦合关系,采用智能控制算法,开发了重介悬浮液密度、煤泥含量双变量宽域智能控制软件,具备自动补水、自动分流和加介提醒功能,一方面高精度稳定悬浮液密度,保证重介分选产品质量,另一方面,控制重介分选环境中的煤泥含量,保障重介分选精度,降低中煤损失,最终实现精煤回收率的提高,达到经济效益的提升。

重介分选过程控制检测与执行层主要包括重介悬浮液密度、煤泥含量、各个桶位、分流阀、补水阀和加水阀等。

PLC层包括模拟量输入、模拟量输出、以太网模块、数字量输出、数字量输入模块。控制器模块化结构设计,具有先进的I/O与兼容各类通讯功能,主要实现重介分选过程双变量控制和补加介质提示等功能的执行。

工控层智能服务器形成智能处理器环境(控制与分选算法所在位置),实现重介分选控制系统所涉及到的智能算法与控制功能。

2.1.1 高精度检测仪表与执行机构的选型与安装

安装高精度密度、煤泥含量组合测量装置,依据现场分流及分选运行工况,保留原分流执行装置以应对不脱泥分选工艺导致的分选过程煤泥含量过高的现状,同步增加3套高精度分流组合装置,精细调节分流量。

安装2台高精度补水阀门,分别安装于泵前管道和合介桶上,以适应不同煤质与工况下补水的粗调与精调。

2.1.2 密度煤泥含量双变量智能控制算法设计

针对重介悬浮液密度控制系统是一个多输入(密度值、磁性物含量给定、桶位和自动补水阀开度给定)和多输出(自动补水、自动分流和自动加介)系统,分析重介悬浮液密度、磁性物含量、煤泥含量、合介桶桶位、补水阀开度等变量的耦合特性。建立基于PID控制的补水阀开度控制和基于模糊智能控制算法的分流阀开度预测模型,从而实现自动补水和自动分流,通过对液位和密度检测,实现对补加介质的自动控制,保证悬浮液密度在设定值上下波动范围

不超过 $\pm 0.005\text{g}/\text{cm}^3$ 。控制系统的控制柜和工控机（人机接口）

2.2 重介悬浮液密度智能设定系统研发

2.2.1 开发重介悬浮液密度的智能设定建议功能

在 701 总精煤皮带上安装 X 射线多元素煤质分析仪，实现洗选厂生产总精煤灰分硫分实时高精度在线检测。

克服马头洗选厂质量控制依靠实验室化验滞后的弊端，借助总精煤灰分实时在线检测值，开发了重介悬浮液密度的智能设定建议功能。为确保总精煤质量稳定，重介智能控制系统软件开发中的智能设定建议通过弹出对话框的方式实现，调度人员可以根据现场东西部各分选系统的运行情况，可自主确定西部重介智能控制系统是否投入闭环，也可通过其它分选系统和环节来调整，该功能的开发有效发挥了总精煤灰分仪的实时检测作用。

2.2.2 密度智能设定控制算法设计

马头洗选厂为充分发挥灰分仪实时在线高精度检测和快速指导生产、保证总精煤产品质量的效果，多元素分析仪安装在 701 总精煤皮带上，最终针对马头洗选厂实际情况，基于人机交互模式，建立基于煤质分析仪灰分值的重介悬浮液密度设定模型，同时将密度设定模型做成建议模型，通过调度人员对全厂分选系统的经验判别，确立西部重介分选系统投入还是其他分选系统投入。

建立基于煤质智能识别系统的煤质判断和重介悬浮液密度设定模型，以精煤产品灰分，实际分选密度和目标精煤产品灰分为计算基础，通过控制模型输出密度设定值。

测算出原煤经过重介分选到灰分测量装置反馈出产品煤灰分的滞后时间 T_1 ，再根据实际工艺条件确定调节周期 T_2 ， T_2 大于 T_1 。然后依据密度测量装置反馈的悬浮液密度，统计计算出 T_2 调节周期内的平均分选密度 ρ ，依据灰分测量装置反馈的产品煤灰分数据，结合灰分数据滞后时间 T_1 ，统计计算出原煤在悬浮液平均密度为 ρ 密度条件下，分选出来的产品煤的平均灰分 A_d 最后依据产品煤平均灰分 A_d 与目标灰分设定值 A_d 设定的偏差值 ΔA_d 、相应的悬浮液平均密度 ρ 等参数，自动计算出重介分选悬浮液密度的目标值，作为下一个统计周期的密度目标值。

重介精煤智能控制系统通过密度智能计算模块控制器 1，采集原煤灰分及精煤硫分数据，对计算悬浮液密度目标值提供煤质预测修正数据，提高精煤灰分控制效果。

该功能的开发更好的结合了人工经验和灰分闭环系统的优势，下一步随着西部重介浮选智能化系统的构建，将开发四个分选系统评价模型，从而自动智能相应分选系统操作参数，最终达到控制总精煤产品质量的目标。

3 效果分析

3.1 重介分选过程统计分析

通过项目实施，实现重介分选智能化后，精煤产率提升，介质消耗降低，具体效益分析如下：

项目开发的系统从 9 月 25 日开始分步调试，从 10 月 20 日开始投入试运转。鉴于马头洗选厂入洗原煤来源变化大、煤质波动较大，为便于数据客观比较，特取 5-9 月份数据作为改造前数据来源（数据来源见附录三），11 月 1 至 19 日数据作为改造后数据来源。

目前西部中损为 3.2832%，5-9 月平均西部中损为 3.6892%——通过改造中煤损失降低 0.4060%；按中煤产率 20% 计算，精煤回收 0.08%，此计算方法是基于更低悬浮液设定值来考量，如密度设定值采用 5-9 月份设定值进行分选，再考虑灰分标准偏差降低，意味着密度设定值可以高于 5-9 月份设定值进行分选，仍可保证产品质量。则回收率至少在 0.3% 以上（可通过原煤可选性曲线查证）。

3.2 煤质多元素分析仪使用效果分析

本项目在 701 生产精煤皮带上在线安装了煤质多元素分析仪，分析仪从 7 月份入厂后进行初步投入试运行，后随着洗选厂煤源发生较大变化，为此从 11 月份，由对分析仪进行了再次标定，并配合重介智能控制系统投入运行，运行结果为：

对最终仓灰，灰分测量精度小于 $\pm 0.5\%$ 样本数占 81.1%；对西部重介，灰分测量精度小于 $\pm 0.3\%$ 样本数占 75.7%，测量精度小于 $\pm 0.5\%$ 样本数占 91.9%；对西部总精煤，灰分测量精度小于 $\pm 0.3\%$ 样本数占 54.1%，测量精度小于 $\pm 0.5\%$ 样本数占 86.4%；对东部总精煤，灰分测量精度小于 $\pm 0.3\%$ 样本数占 40.5%，测量精度小于 $\pm 0.5\%$ 样本数占 75.7%。

以上数据分析表明：（1）煤质多元素分析仪用于生产总精煤灰分检测，检测精度为小于 $\pm 0.5\%$ 样本数占 81.1%，满足仪表检测精度要求（ $\pm 0.5\% (1\sigma)$ ）；（2）煤质多元素分析仪用于西部重介精煤灰分检测，灰分测量精度小于 $\pm 0.3\%$ 样本数占 75.7%，满足仪表检测精度要求（ $\pm 0.3\% (1\sigma)$ ）；检测精度为小于 $\pm 0.5\%$ 样本数占 91.9%，满足仪表检测精度要求（ $\pm 0.5\% (1\sigma)$ ）。

4 结 语

通过上述软硬件的实施与开发，实现了重介分选全过程智能控制。本项目取得了非常大的成功，经济效益显著。在集团选煤厂智能化建设具有示范作用。

参考文献

- [1]孔繁苗, 徐康, 陈浙锐, 等. 基于模糊控制的重介质悬浮液密度控制方法[J]. 工矿自动化, 2018, 44(6): 101-104.
- [2]张治军, 周海渊, 郭世明, 等. 沙曲选煤厂重介分选智能化的研究与实践[J]. 山西焦煤科技, 2020 (12): 10-13.
- [3]陈德奋, 李丽丽, 孟涛, 等. 重介分选智能化控制技术的研究与应用[J]. 煤炭加工与综合利用, 2021(8): 10-12, 17.