

# 煤质在线检测设备在选煤厂智能化建设中的应用

尚 明

(国能神东煤炭洗选中心,陕西 榆林 719315)

**摘要:**煤质在线检测数据在选煤厂扮演重要角色,针对不同环节合理配置煤质在线检测设备成为智能化选煤厂构建控制逻辑、提高控制精度的前提。神东煤炭洗选中心根据智能分选和精准配煤智能化项目需要,结合不同煤质检测设备特点,对双 $\gamma$ 射线灰分仪、无源灰分仪、激光煤质分析仪、X射线灰分仪和中子活化煤质分析仪进行分析,并根据实际情况提出双 $\gamma$ 射线灰分仪改造应用方案及无源灰分仪、激光煤质分析仪应用规划,旨在进一步提升智能化选煤厂建设质量。

**关键词:**煤质在线检测设备;智能化;智能分选;精准配煤

中图分类号:TD94 文献标志码:A 文章编号:1006-6772(2023)S1-0154-05

## Application of on-line coal quality inspection equipment in intelligent construction of coal preparation plant

SHANG Ming

(CHN Energy Shendong Coal Preparation Center, Yulin 719315, China)

**Abstract:** Online coal quality testing data plays a necessary role in coal preparation plant. Rational allocation of online coal quality testing equipment for different links has become the primary premise for intelligent coal preparation plant to build control logic and improve control accuracy. According to the needs of intelligent sorting and precision coal mixing project, and combined with the characteristics of different coal quality detection equipment, the dual  $\gamma$  ray ash meter, passive ash meter, laser coal quality analyzer, X-ray ash meter and neutron activation coal quality analyzer were analyzed in Shendong coal preparation center. In order to improve the construction quality of intelligent coal preparation plant, the application plan of double  $\gamma$ -ray ash separator and the application plan of passive ash separator and laser coal quality analyzer were proposed.

**Key words:** coal quality online testing equipment; intelligent; intelligent sorting; precise coal blending

## 0 引 言

近年来,随着煤炭行业和信息化融合程度逐步加深,数字化、智能化成为行业发展趋势。为深入贯彻落实国家发展改革委等八部委联合印发的《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》《我国煤炭行业高质量发展总体思路、目标方向、量化标准和重点举措研究》等相关政策<sup>[1-2]</sup>,切实推进《国家能源集团智能矿山建设实施方案》和《建设世界一流示范企业实施方案》<sup>[3]</sup>,根据国家及两级公司发展战略要求,煤炭分选加工作为煤炭产业链的重要一环,要求选煤厂加快智能化建设工作,为集团和整个煤炭行业的产业升级发挥引领示范作用,2021年底出台的《国家能源集团煤矿智能化建

设指南》中智能化选煤厂配置建议明确提出需入选原煤、中间产品煤和商品煤胶带机上安装在线灰分检测仪<sup>[4]</sup>。随着神东煤炭洗选中心智能分选系统的全面建设,精准配煤项目推广应用,煤质在线检测设备在选煤厂智能化建设中的应用价值凸显,控制逻辑不同选择安装位置不同,高精度在线测灰仪等在线精准感知技术对于提高控制精度愈发重要<sup>[5]</sup>,需更加合理科学地选择布置煤质在线检测设备。

## 1 煤质在线检测设备

目前煤质在线检测设备主要有双 $\gamma$ 射线灰分仪<sup>[6]</sup>、无源灰分仪<sup>[7]</sup>、X射线灰分仪<sup>[8]</sup>、中子活化煤质分析仪<sup>[9]</sup>、激光元素分析仪<sup>[10]</sup>5类。

收稿日期:2022-12-10;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.22130024

作者简介:尚明(1984—),男,山西忻州人,高级工程师。E-mail:61624256@qq.com

引用格式:尚明.煤质在线检测设备在选煤厂智能化建设中的应用[J].洁净煤技术,2023,29(S1):154-158.

SHANG Ming. Application of on-line coal quality inspection equipment in intelligent construction of coal preparation plant[J]. Clean Coal Technology, 2023, 29(S1): 154-158.

### 1.1 双 $\gamma$ 射线灰分仪

双伽马射线灰分仪采用双能量  $\gamma$  射线透射方式测量,  $\gamma$  射线照射物料时, 其灰分中原子序数大的射线吸收量大, 产生不同衰减的射线, 通过检测射线强度, 检测物料灰分。可直接安装在输煤胶带上, 对煤流进行在线检测。

### 1.2 无源灰分仪

无源灰分仪通过检测煤炭中含有的天然放射性物质所发射的射线进行灰分检测, 仪器本身不含有任何放射性物质, 不发射放射性射线, 无辐射, 单一煤种、煤的发射线、灰分与放射性元素正相关, 可对煤灰分进行实时在线检测。

### 1.3 X 射线灰分仪

X 射线灰分仪采用 X 射线荧光技术与 X 射线吸收相结合的原理, 利用 X 射线照射煤样, 测量作用后不同能量的射线强度, 通过数据处理计算出煤炭灰分, 用于对胶带上煤流或采样机弃料中煤灰分进行在线检测。

### 1.4 中子活化煤质分析仪

中子活化煤质分析仪采用中子活化瞬发  $\gamma$  分析 (PGNAA) 技术, 由中子源放出快中子, 被检测装置转化为热中子, 通过热中子与物料中各种元素原子核发生热中子俘获反应, 放射出不同特征  $\gamma$  射线, 通过检测特征  $\gamma$  射线的能量判断物料中元素种类检测灰分。主要用于对实时煤质分析数据要求较高的场合, 使用时需将采样系统作为煤样来源工具<sup>[11]</sup>。

### 1.5 激光元素分析仪

激光元素分析仪利用高能脉冲激光照射到被测物料, 瞬间达到高温 6 000  $^{\circ}\text{C}$  以上, 导致煤炭内生等离子体<sup>[12]</sup>, 内部元素发出光亮, 产生包含多样元素的特征光谱信息, 通过分析等离子体中原子、离子特征谱线, 检测煤灰分。激光元素分析仪可根据现场生产工艺实现生产过程中在线或旁线式检测。

### 1.6 主要技术参数对比

各类设备的测量形式、设备类型、检测参数、参考检测精度、适用性、优缺点等对比见表 1。

表 1 各类设备检测参数、检测精度对比

设备	测量形式	设备类型	检测参数	参考检测精度/%			优点	缺点
				灰分<15%	灰分 15%~30%	灰分>30%		
双 $\gamma$ 射线灰分仪	在线式/旁线式	单点式、多点式	灰分	$\leq 0.5$	$\leq 1.0$	$\leq 2.0$	价格低、应用早; 安装简单、维护量小	含有放射源; 点式测量, 代表性差; 放射源过半衰期需要更换
无源灰分仪	在线式	单点式	灰分	$\leq 0.5$	$\leq 1.0$	$\leq 2.0$	无放射性射线; 全断面非接触检测; 标定过程简单; 检测结果不受输送带中钢丝影响; 安装简单, 维护量小	检测受煤中放射性元素影响; 煤种适用性差; 检测精度较差
X 射线灰分仪	在线式	单点式	灰分	$\leq 0.5$	$\leq 1.0$	$\leq 1.5$	断电无辐射; 非接触检测, 检测代表性强; 影响因素小, 适用范围广; 安装简单, 维护量小; 测量范围广; 适用复杂混配煤; 现场适应性强, 利于操作管理	物料粒度影响测量精度, 煤样一般需破碎整形铺平后进行检测
中子活化煤质分析仪	在线式/旁线式	单点式	灰分、水分、热值、硫含量、灰成分等	$\leq 0.5$	$\leq 1.0$	$\leq 1.5$	可多元素、多指标分析, 每分钟给出一组检测数据; 断电无辐射, 中子管持续稳定无衰减; 现场适应性更强, 利于操作管理	含有放射源; 放射源半衰期时间较短; 价格较高

续表

设备	测量形式	设备类型	检测参数	参考检测精度/%			优点	缺点
				灰分<15%	灰分 15%~30%	灰分>30%		
激光元素分析仪	在线式/旁线式	单频、双频复合	C、H、O、S、Si、Al、Fe、Ca、Mg、K、Na、Ti 等多元素检测	≤0.5	≤1.0	≤1.5	可实现高精度全元素测量,PPM 级含量检测;非接触型、快速、连续、大量物料检测;无放射性,安全性极佳;可做到近似无破坏性的检测;使用和维护成本低	目前行业内技术并未完全成熟,还处于不断完善升级阶段;价格较高

## 2 智能化建设改造和应用现状

神东煤炭洗选中心正在使用和安装的煤质在线检测设备 45 台。其中双伽马射线灰分仪 30 台;激光煤质分析仪 8 台;无源灰分仪 7 台。双伽马射线灰分仪用于智能分选;激光煤质分析仪主要用于精准配煤;无源灰分仪主要用于矸石胶带机。

### 2.1 双 γ 射线灰分仪改造

主要改造内容有:① 将双源分离式改造为双源叠加式;② 将单点改造为多点测灰。

#### 2.1.1 双源分离改造为双源叠加

双源分离式 γ 射线灰分仪的双源距离一般为 1.2 m,由于煤粒度差异、堆积的随机性,不能确保 2 个放射源同时测量同一位置的煤<sup>[13]</sup>,因此只能通过假设进行推导计算,存在一定误差。

将双源分离式改造为双源重叠式,通过技术处理使射线束中钢丝数量固定,钢丝带对射线的衰减量固定,通过零点标定,排除钢丝带的影响,进一步提高双 γ 射线灰分仪精度,具体见表 2。

表 2 改造后参考测量精度

灰分/%	参考测量精度/%
<15	≤0.5
15~<25	≤1.0
25~45	≤1.5

#### 2.1.2 单点式改造为多点式

由于运输煤种多变,将煤种煤量多变的混煤胶带机改造为 COALSENSE-1000 煤质煤量仪。煤质煤量仪通过在胶带上横向排列探测器,对胶带上煤进行全横截面,多点位探测,同时测量多个值,使测量结果更具代表性,且测量灵敏度更快,误差更小。另外煤质煤量仪还具备核子秤功能,能准确测量输送带上物料质量,具体见表 3。

### 2.2 智能分选

根据原煤可选性曲线、精煤灰分等数据,通过分

表 3 改造后参考测量精度

项目	参考测量精度/%
灰分<15%	≤0.3
灰分 15%~<25%	≤0.7
灰分 25%~45%	≤1.0
质量测量精度	0.5~1.0

选时入选原煤、精煤和矸石数值量和精煤灰分等实时数据,确定重介质悬浮液密度调控模型,调节合格介质分流量、补加清水量和补加介质量等方式,实现密度的智能调节和控制,最终实现智能分选。对原煤、精煤产品和矸石进行在线检测(只检测灰分),如图 1 所示。

1) 在入选原煤胶带机上安装灰分仪,根据原煤煤质特性,实现前置及时调节。

2) 在精煤胶带机上安装灰分仪,通过产品质量检测数据后置反馈调整重介悬浮液参数。

3) 在矸石胶带机上安装无源灰分仪,保证给定密度下矸石带煤率在 3%指标内。

### 2.3 精准配煤

精煤、混煤产品和装车商品煤进行在线检测。主要是神优 2 品种煤、上湾高品质喷吹煤等煤种的精准配煤,需根据客户质量需求,按照一定比例进行混煤和精煤掺配(精煤、混煤产品检测灰分;商品煤检测灰分、水分、硫分、发热量和灰成分等多种指标),如图 2 所示。

1) 在精煤、混煤产品胶带机上配置灰分仪,实时检测精煤、混煤灰分。

2) 产品仓建立 3D 雷达物位系统,结合入仓前产品煤质在线检测数据、煤流走向、煤流体积及数量,建立煤仓内不同高度煤质切片分布的真实模型,将各煤仓不同高度的煤质状况呈三维结构在计算机上直观显示。

3) 更新改造产品仓下给煤机,根据各产品仓的仓位及装车情况,调整给煤机数量和频率,实现煤流

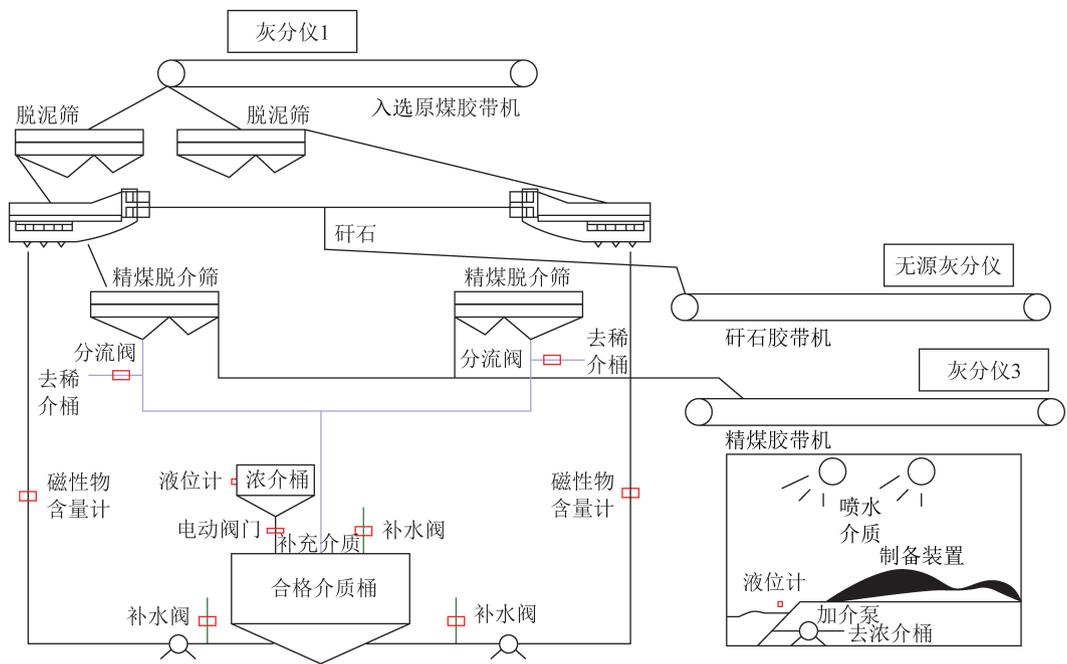


图 1 煤质在线检测设备在智能分选中的应用

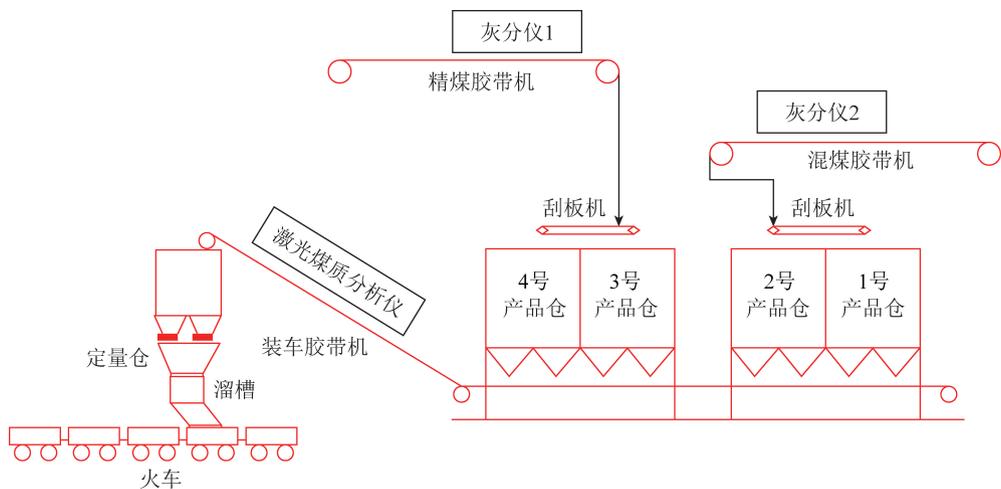


图 2 煤质在线检测设备在精准配煤中的应用

连续运送,减少煤等车和车等煤时间。

4)在装车胶带上配置激光煤质分析仪检测商品煤的灰分、水分、硫分、发热量和灰成分等,结合用户需求(灰分、水分、硫分、发热量等多种指标)、产品存储情况和产品指标,反馈实时调节给煤机配煤,最终实现不同煤种按比例进行智能精准配煤。

## 2.4 应用情况

1)上湾选煤厂双  $\gamma$  射线灰分仪单点式升级改造为多点式后用于智能分选中检测,精煤满足要求,精煤灰分绝对误差检测精度由 0.5% 降至 0.4%。

2)大柳塔、上湾选煤厂激光煤质分析仪可检测 C、H、O、N、S 等全元素并分析灰分、水分、发热量和灰成分等数据,用于精准配煤中装车胶皮带检测商品煤满足要求,与化验数据对比,数据绝对值差为

0.26%。

3)无源灰分仪用于智能分选中矽石胶皮带的灰分测定,满足运行要求。

## 3 结 论

1)因放射源煤质在线检测设备安全环保问题,涉及手续办理、人员培训、健康管理等问题,建议后续新增煤质在线检测设备时,优先考虑无辐射煤质在线检测设备。

2)为提高检测稳定性和精度,后续智能分选项目中双伽马射线灰分仪建议由单点式升级改造为多点式。

3)激光煤质分析仪在装车胶皮带上配套采样机采样、制样后用于检测商品煤满足精准配煤要求,

建议精准配煤商品煤检测使用激光煤质分析仪。

4) 无源灰分仪通过高效率、高灵敏的  $\gamma$  粒子探测器检测  $\gamma$  粒子的特征通量, 得出总灰分量, 结合负荷大小计算出煤的灰分。由于煤炭灰分中存在部分极微量的放射性元素在矿物质的内部, 固定碳及挥发分中一般不含有放射性元素, 因此, 建议使用无源灰分仪测量高灰分煤。

#### 参考文献:

- [1] 韩建国. 神华智能矿山建设关键技术研发与示范[J]. 煤炭学报, 2016, 41(12): 3181-3189.
- [2] 王国法. “十四五”煤矿智能化和煤炭高质量发展的思考[J]. 智能矿山, 2021, 2(1): 1-6.
- [3] 崔亚仲, 任艳艳, 白明亮. 神东矿区煤炭智能化建设实践[J]. 煤炭科学技术, 2022, 50(S1): 218-226.
- [4] 崔亚仲, 白明亮, 张磊, 等. 国能神东煤炭集团智能化选煤厂关键技术研究与应用[J]. 智能矿山, 2022, 3(6): 33-42.
- [5] 周娟华. 灰分在线检测对选煤智能化建设作用的思考[J]. 选煤技术, 2022, 50(2): 7-14.
- [6] 程栋, 唐向东, 黎福海, 等.  $\gamma$  射线反散射灰分仪测量精度优化方法研究[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2019, 46(2): 92-96.
- [7] 郭清杰. 无源在线测灰技术在浮选加药系统中的应用探索[J]. 安徽科技, 2022(4): 51-53.
- [8] 王鹏. X 射线在线灰分仪在选煤工艺智能化的应用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2022(5): 104-107.
- [9] 刘永超, 宋青锋, 李岩峰, 等. 中子活化分析技术在煤质检测中的应用[J]. 水泥技术, 2020(5): 61-65.
- [10] 刘奥帅, 杨永强, 朱正婷, 等. 激光诱导等离子体煤炭全组分测量系统的研究[J]. 选煤技术, 2022, 50(1): 7-14.
- [11] 周海渊, 郭世明, 宋青锋, 等. 中子活化煤质分析仪在沙曲选煤厂的应用[J]. 山西焦煤科技, 2021, 45(6): 8-10.
- [12] 刘聪. 激光诱导击穿光谱技术对土壤重金属镉检测的分析研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2020.
- [13] 张志康, 杨鼓行, 雷章云, 等. 双能量  $\gamma$  射线透射法煤炭灰分在线测量的实现[J]. 核电子学与探测技术, 1991(3): 132-138.