

高精度煤质在线分析仪

宋青锋, 赵龙, 陶俊涛, 李海柱, 李明忠, 龚亚林*

(丹东东方测控技术股份有限公司, 辽宁 丹东 118000)

摘要: 为提升煤灰分在线检测精度, 设计了以瞬发伽马中子活化技术为基础, 针对精煤的物理、化学特征研发出适用于选煤过程控制的高精度实时在线检测设备, 其灰分检测误差长期稳定在 0.15% 以内。该设备解决了选煤厂的煤质在线检测难题, 具有检测精度高、检测结果长期稳定的优点, 加速了选煤厂智能化进程, 可为选煤厂带来较大的经济效益。

关键词: 高精度; 在线检测设备; 灰分

High precision online coal analyzer

Song Qingfeng, Zhao Long, Tao Juntao, Li Haizhu, Li Mingzhong, Gong Yalin*

(Dandong Dongfang Measurement & Control Technology Co., Ltd, Dandong, 118002, China)

Abstract: In order to improve the on-line detection accuracy of coal ash, a high-precision coal quality analyzer was designed. Based on the instantaneous gamma neutron activation technology, the analyzer is optimized for the physical and chemical characteristics of clean coal. It is a high-precision real-time online detection equipment suitable for coal preparation process control. Its ash detection error is stable within 0.15% for a long time. This equipment solves the problem of online detection of coal ash in coal preparation plants, has the advantages of high detection accuracy and long-term stable detection results, accelerates the intelligent process of coal preparation plants, and can bring great economic benefits to coal preparation plants.

Keywords: high-precision; Online detection equipment; ash

1 传感器设计背景和应用价值

1.1 设计背景

研究重介分选煤质指标在线检测技术对于提高精煤回收率、稳定产品质量等方面具有重要的现实意义。随着焦煤资源的不断开采, 优质焦煤资源越来越少, 高硫、高灰的劣质焦煤资源的开采量占比将越来越高, 井下混采造成的多煤源、优劣煤混洗的情况越来越普遍, 由

于各煤源可选性的不同和变化,依靠传统实验室分析数据进行洗选过程控制和分选精度的提升变得越来越难,终端产品的质量波动问题越来越突出,如实现高重介分选煤质指标精准在线检测,是提高煤炭分选精度、实现煤炭洗选加工过程智能化必须要解决的问题。

1.2 应用价值

针对重介分选煤质数据的实时精准获取的需求,丹东东方测控技术股份有限公司研发了高精度煤质在线分析仪,实时获取重介精煤灰分数据,每分钟给出一组用于生产控制的灰分、水分、硫分等煤质数据,灰分检测精度长期稳定在 0.15%以内。控制程序能够根据实时灰分检测结果完成密度智能设定,有效提升了重介精煤灰分稳定率,同时使生产实际灰分接近并达到目标灰分。该分析仪在国内选煤厂得到成功应用,厂内重介精煤产率提升 0.6%,每年为应用企业带来直接经济效益 6000 万元以上。整个煤质在线检测分析过程全部由设备自动完成,有效减少了采、制、化人员的工作强度,消除了人为因素对于检测结果的影响。

2 创新点与优势

2.1 以瞬发伽马中子活化技术为基础,实时检测煤中灰分构成元素含量,从而解决了煤种变化对检测精度的影响;中子活化技术的激发源和特征伽马射线均具有较强的穿透能力,因此该技术实现了物料的全断面检测,并且其检测结果不受粉尘、蒸汽等恶劣环境因素的影响。

2.2 结合煤质采样系统,采用旁路式的检测方式,分析设备内部配置了料型稳定闭环控制系统,消除了料型变化对检测精度的影响;同时对来料进行粒度整理,将来料破碎到13mm以下,消除物料粒度变化对检测精度的影响。

2.3 加装煤炭密度、水分检测传感器,实时检测来料密度、水分,对检测结果进行有效修正,提升设备检测精度。

3 实现方案简介

3.1 设计原理

采用中子活化瞬发 γ 分析(PGNAA)技术。慢化后的热中子照射煤样,煤中各元素原子核与中子发生热中子俘获反应,放射出不同能量的特征 γ 射线,通过检测特征 γ 射线的能量辨识物料中元素种类,通过检测特定能量 γ 射线的强度计算出元素含量。

分析仪采用 Cf-252 自发裂变中子源做为中子活化激发源,采用两套大体积 NaI 闪烁体探测器做为特征 γ 射线探测器收集 γ 射线,经过信号处理后形成 γ 射线能谱,对能谱进行解谱运算即可得到煤中 SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、CaO、MgO、K₂O、Na₂O、S 等成分含量,从而计算出煤中灰分。

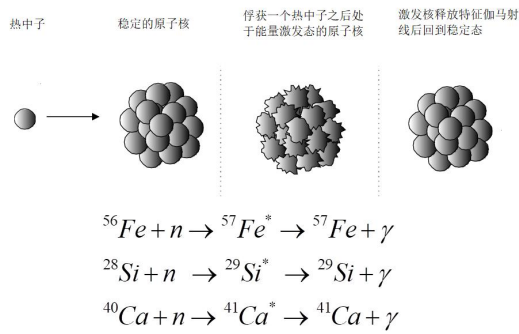


图 1 PGNAA 原理图

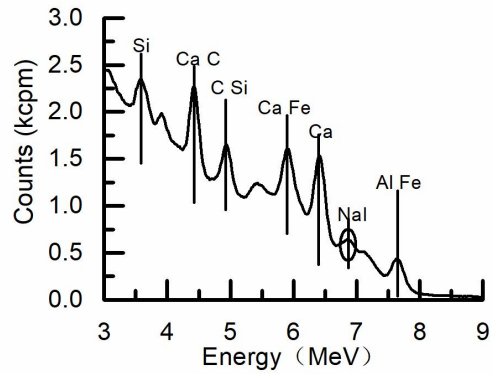


图 2 特征γ射线能谱

3.2 设计方法

如图 3 所示，高精度煤质在线分析仪由测量装置、中子源、中子活化硬件系统、上位机、物料稳定系统、密度计、水分仪、交换机组成。其中中子活化硬件系统由 NaI 探测器、温控器、高压电源、低压电源、多道组成，完成特征γ射线的采集工作。物料稳定系统由皮带行走电机、留样电机、料位计、编码器、PLC 构成，实现分析仪内物料稳定运行。

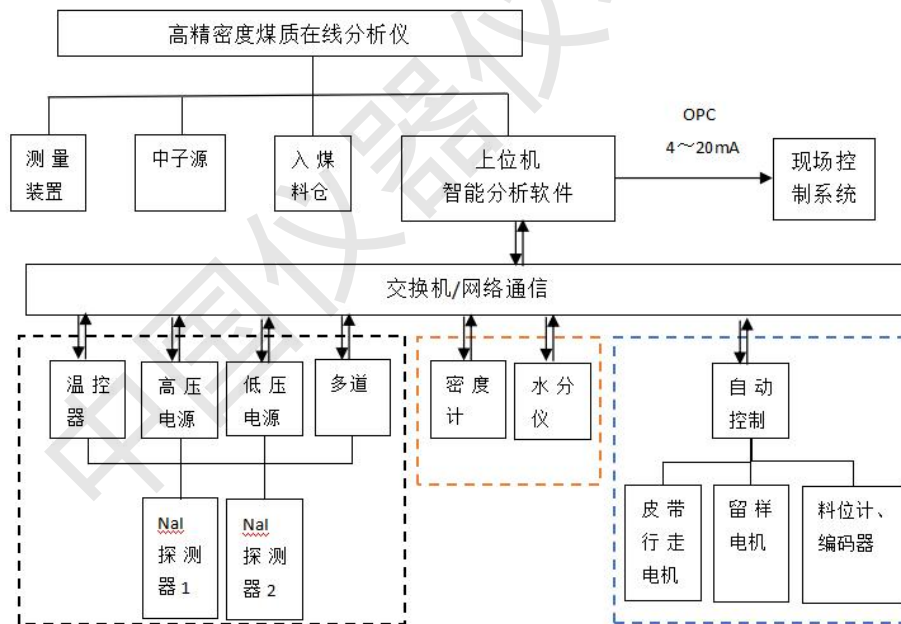


图 3 系统构成图

取样系统在煤流中周期取样，如图 4 所示，煤样经粒度整理后送入分析仪进料斗，进料斗内自带料位计，料位计与分析仪内部皮带电机联动，保证分析仪内部皮带上料流稳定，煤样经过水分仪与密度计之后进入中子活化检测区域进行元素分析，分析后的弃样进入现场的下一级运输皮带。

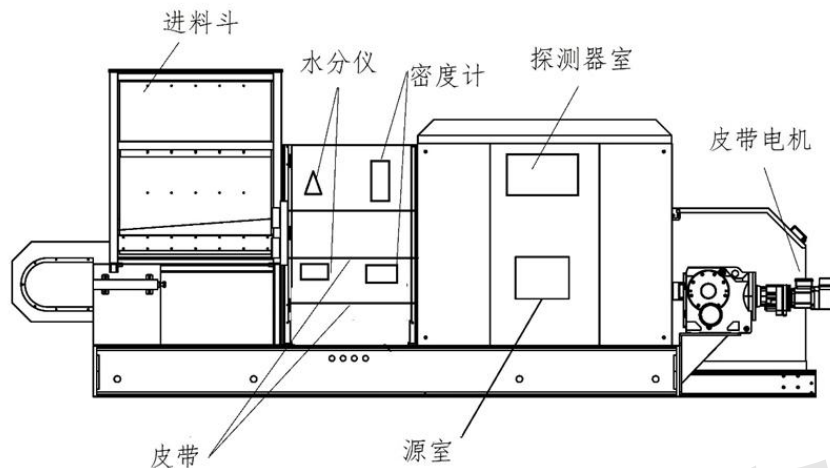


图 4 分析仪结构简图

3.3 实验验证过程

为了客观的评价分析仪的性能，委托中国煤炭质量监督检验中心（西安）作为第三方测试机构，按照国家标准（GB/T19952-2005）对分析仪的性能进行了详细的测试，以下为测试数据。从测试数据分析结果看，分析仪整体的检测精度要高于传统的化验室精度。



图 5 国家煤炭质量监督检验中心（西安）对于分析仪的测试报告

在分析仪在现场的应用过程中，为了验证分析仪在现场应用的长期可靠性，对不同时间段内分析仪的性能进行了比较。以下数据为分析仪在不同时间段内性能的变化情况，从数据

上可以看出，经过近一年的应用。分析仪的性能并没有发生显著性的变化。如图 6 所示，时间段 B 为一年后分析仪与化验室的对照曲线。

表 1 不同时间段内分析仪的动态测量误差

	时间A	时间B
采样日期	2020.8.15-2020.11.5	2021.7.27-2021.8.14
样品数量	49	13
分析仪灰分动态标准差	0.105%	0.095%

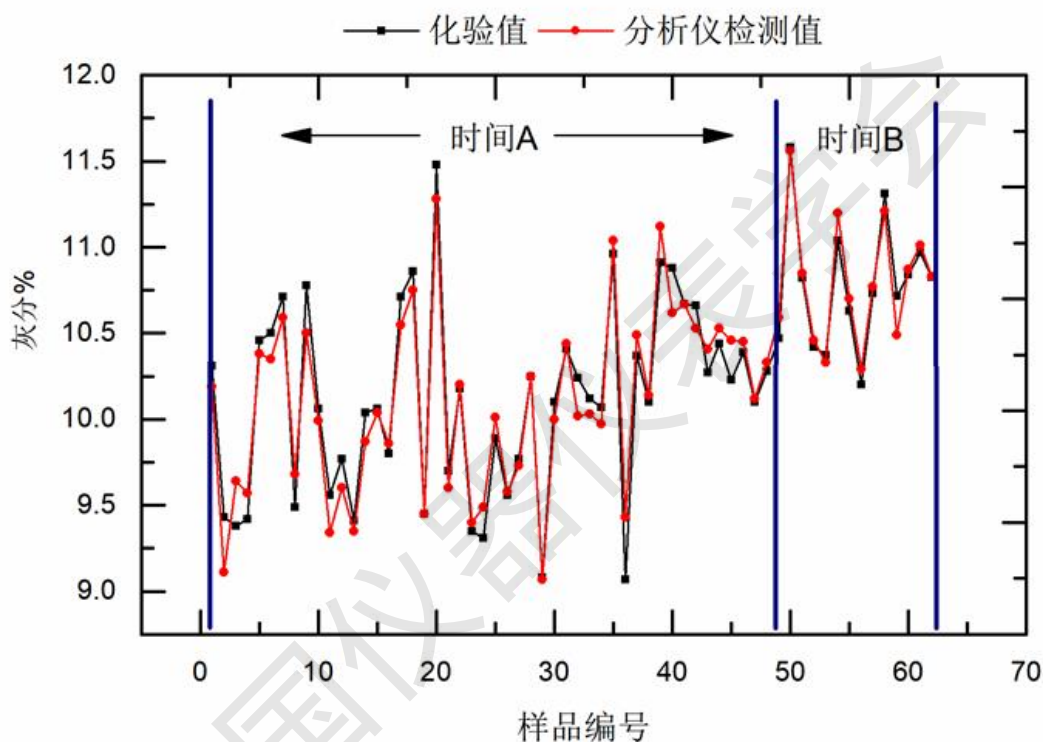


图 6 不同时间段内分析仪结果和化验结果之间的跟随情况