

# Improvement of rapid detection technology for sulfur and ash content in coal and its environmental significance

Feng Zhou

Xinjiang Lan Zhuo Yue Environmental Protection Technology Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830011, China

## Abstract

Sulfur content and ash content serve as critical indicators for evaluating coal quality and controlling combustion pollution, with their detection efficiency and accuracy directly impacting the green development of the coal industry chain. Traditional coal quality testing methods, characterized by time-consuming sample preparation, labor-intensive processes, and significant human error, no longer meet the demands of real-time industrial production and refined environmental control. This study focuses on rapid detection technologies for coal sulfur and ash content, analyzing current technological advancements and existing challenges. It elaborates on the environmental value and industrial significance of technical improvements, proposing optimization strategies from four perspectives: technological innovation, equipment upgrades, system enhancement, and industry application. These strategies aim to facilitate the industrialization of rapid coal quality detection technologies and promote the coordinated development of clean coal utilization and ecological conservation. Continuous updates in rapid detection technologies not only enhance testing speed and accuracy but also enable source control of sulfur oxide emissions and solid waste generation, providing robust technical support for the transformation of the energy industry under the “dual carbon” goals.

## Keywords

Coal quality, sulfur content; Rapid ash determination technology; Improvement; Environmental significance

## 煤质中硫分与灰分快速检测技术的改进及环保意义

周锋

新疆蓝卓越环保科技有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830011

## 摘要

硫分、灰分是评价煤质好坏、控制煤炭燃烧污染的关键指标,其检测效率和精度直接关系到煤炭产业链绿色发展。传统煤质检测方法制样费时、耗工,人工误差大,已不能满足工业生产实时性以及环保管控精细化的需要。本文以煤质硫分和灰分快速检测技术为研究对象,分析目前技术的发展状况和存在的问题,阐述技术改进的环保价值和产业意义,从技术创新、设备升级、体系完善、行业应用四个方面提出优化策略,为推动煤质快速检测技术的工业化应用、实现煤炭清洁利用与生态环境保护的协同发展提供参考。快速检测技术不断更新,可以提高煤炭检测的速度和准确率,也能从源头上控制二氧化硫的排放和固废的产生,为“双碳”目标下能源产业的转型提供强有力的技术支持。

## 关键词

煤质中硫分; 灰分快速检测技术; 改进; 环保意义

## 1 引言

煤炭在我国能源结构中占有重要地位,在工业生产、电力供应等方面起着关键作用,但是其燃烧产生的硫氧化物和灰渣是大气污染和固废堆积的重要原因,硫分和灰分的准确检测成为煤炭清洁利用的前置条件。随着环保法规越来越严格,传统的离线检测方式因为检测周期长、数据滞后,不能满足生产过程对煤质实时调控、精准控制污染的需求,煤质硫分和灰分的快速检测技术亟待改进。近几年光谱技术、

人工智能与自动化设备的结合,给快速检测技术的发展开辟了一条新的途径,相关技术在精度、效率和场景适应性方面都有了突破。本文从技术发展现状出发,分析环保与产业意义,提出相应的改进措施,以达到快速检测技术的标准化、产业化,促进煤炭行业绿色、高效、低碳的发展。

## 2 煤质硫分与灰分快速检测技术发展现状

### 2.1 传统检测技术的应用局限

传统煤质硫分、灰分检测以实验室化学分析为主,硫分检测采用艾士卡法、库仑滴定法,灰分检测用高温灼烧法实现,该方法虽然检测精度符合国标,但是存在明显的缺陷。检测前需要人工采样、粉碎、缩分等制样流程,煤样要粉碎

【作者简介】周锋(1996—),男,中国新疆图木舒克人,本科,从事环境检测:主要检测水,土壤,空气等研究。

到1毫米以下,单样本检测周期超过4小时,日均处理量仅60份左右,不能满足工业生产实时检测的需求。人工操作容易造成取样不均、操作失误等,误差率为2.5%,部分企业因为检测数据失真造成环保超标处罚,传统的检测方法需要消耗化学试剂,容易造成二次污染,检测成本和环境成本都较高<sup>[1]</sup>。

## 2.2 光谱检测技术的产业化落地

光谱检测技术已经成为目前煤质快速检测的主要技术途径,近红外光谱(NIRS)和X射线荧光(XRF)的双源协同模式实现了硫分和灰分的无损快速检测。近红外光谱可以快速获得煤炭有机成分信息,推算出灰分相关指标,15秒内完成单个样本的检测;X射线荧光适合无机元素分析,硫元素的检测限低至0.4ppm,60秒可以完成检测,不需要破坏样品。目前山西大学研发的煤炭CT机将两种技术结合在一起,实现了6毫米粒度煤样免制样检测,精度与1毫米精细样品一致,在晋能控股、山西阳光焦化等企业已经落地使用,检测覆盖率超过95%,标志着光谱技术由实验室走向工业化应用。

## 2.3 智能融合技术的突破性进展

AI与多维感知技术的结合使得煤质快速检测技术达到国际先进水平,国家能源集团研发出“AI+多维感知”的煤质快速检测技术,采用近红外、X射线荧光、激光全息特征感知的方法,建立煤质快检基础大模型,解决跨场景、宽范围在线测量的问题。该技术可以实现硫分、灰分等多指标实时输出,推理延迟控制在200毫秒以内,热值预测偏差稳定在 $\pm 80$  kcal/kg以内,误差率降到0.08%以下。由河南能源研究总院研发的复合光谱在线检测系统,把近红外与激光诱导击穿光谱(LIBS)相结合,摆脱了放射源的限制,在秒级时间内可以完成检测并且精度能满足国家标准的需要,综合通过率超过85%,为智能检测技术的广泛应用提供了一个范例<sup>[2]</sup>。

# 3 煤质硫分与灰分快速检测技术改进的核心意义

## 3.1 从源头把控煤炭污染排放

硫分、灰分的准确快速检测是煤炭污染源头控制的重要方法,技术改进可以实现煤炭燃烧污染的前置防控。实时监测煤质硫分可以精确控制入炉煤配比,防止高硫煤集中燃烧造成二氧化硫超标排放,河南能源冯营电厂使用智能检测系统后,硫化物排放达标率由原来的92%提高到99%。灰分的实时检测可以改善煤炭洗选工艺,减少高灰分煤炭的使用比例,降低燃烧后灰渣固废的产生量,减轻固废处理的环境压力。快速检测技术把污染控制从事后治理变为事前预防,极大提高了煤炭环保利用的精细化程度<sup>[3]</sup>。

## 3.2 推动煤炭行业高质量升级

快速检测技术改造煤炭产业链运营模式,给煤炭行业

的高质量发展提供技术支撑。煤炭购销环节依靠实时检测数据达成贸易结算的精准化,杜绝由于煤质数据不准确引发的经济纠纷,山西阳光焦化集团借助智能检测每年节约数千万结算偏差。生产过程中检测数据指导煤炭洗选、配煤、燃烧等各个环节的优化,提高煤炭利用率,冯营电厂在线检测系统月均节省燃煤1500吨,年降成本1100万元。同时技术的更新促进了煤炭检测设备制造、智能算法研发等产业的发展,产生了新的经济增长点,使煤炭产业实现智能化、精细化转型。

## 3.3 适配双碳目标与环保法规要求

我国“双碳”目标推进和环保法规日趋严格,给煤炭清洁利用提出更高要求,快速检测技术改进成为落实相关政策的重要技术保障。新版环保标准对于煤炭燃烧的硫氧化物、颗粒物排放限值更为严格,传统检测技术已经不能满足环保监测常态化、精细化的需求了,而快速检测技术可以做到煤质指标的实时监控与数据溯源,给环保监管提供准确可追溯的检测数据,帮助企业合规生产。技术升级使得煤炭能源利用效率提高,煤炭消耗总量下降,碳排放强度降低,从而有利于实现碳达峰、碳中和的目标。

## 3.4 提升煤炭检测领域国际竞争力

我国煤炭检测技术长期以来一直依赖进口设备和传统方法,技术创新能力同国际先进水平相比有差距,但是快速检测技术的改进实现了从跟跑到领跑的跨越。国家能源集团的AI+多维感知检测技术、山西大学的融合光谱检测技术均处于国际领先地位,国产检测设备价格比进口下降了40%,2024年市场渗透率已经突破28%。技术的自主创新冲破了国外技术垄断,促使煤质检测设备实现国产化替代,而且有关技术标准的制订与改善,加强了我国在煤炭检测方面的国际话语权,给煤炭产业的国际化发展创建起技术根基<sup>[4]</sup>。

# 4 煤质硫分与灰分快速检测技术改进的实施策略

## 4.1 深化多技术融合与核心算法优化

不断推进光谱技术、人工智能、激光技术的多方面融合,冲破单一技术检测的局限,就煤炭非均质性、粒度效应等问题研发更契合工业场景的融合检测技术,改良“近红外+XRF+激光”全息感知办法,加强不同煤种、不同粒度煤样的检测精确度。重点突破核心算法,创建更加完善的煤质快速检测的基础大模型,将深度学习、随机森林等算法加入进来,优化粒度分布校正模型、环境干扰补偿算法,降低粉尘、温度、震动等工业现场因素对测量数据造成的影响,使测量误差减小,使技术向更高精度、更宽的适用性发展。

## 4.2 推进检测设备国产化与小型化

加快煤质快速检测核心设备的国产化研发和升级,攻克高分辨率光谱仪、激光诱导击穿光谱探头等关键技术瓶颈,达到核心技术部件自主可控的目的,进一步降低设备生

产成本,提高设备的性价比和市场普及率。推进检测设备的小型化、便携化、集成化,研发出便携式快速检测设备,适用于煤矿开采现场、煤炭运输环节的移动场景,可在场进行煤质硫分、灰分的检测;研发出集成化在线检测系统,无缝对接大型电厂、焦化企业生产线,提高设备的场景适配性、操作便捷性。

#### 4.3 建立标准化检测体系与数据平台

建立全国统一的煤质硫分、灰分快速检测技术标准体系,明确检测方法、设备指标、数据精度、校准规范等内容,使检测技术实现标准化、规范化发展,解决不同企业、不同设备检测数据不互通、不兼容的问题。搭建煤炭检测大数据平台,把全产业链的硫分、灰分检测数据纳入平台,实现数据的实时共享、溯源、分析,为企业生产调控、行业监管决策、煤炭资源优化配置提供数据支持。企业还需要建立标准化、常态化的检测设备定期校准和全生命周期维护体系,按照设备技术参数和行业检测规范制定精准的校准周期和维护细则,配置专业运维人员做日常巡检、故障排查、部件保养。通过对设备全流程的管控来及时发现并消除各种运行隐患,从源头上保证设备长期稳定高效的运行,大幅度提高检测数据的准确性、可靠性以及跨场景、跨批次的一致性,为煤炭生产各个环节的科学决策提供可靠的数据支持<sup>[5]</sup>。

#### 4.4 强化政企协同与产学研融合推广

加强政府、企业、科研院所产学研合作,政府要出台专项扶持政策,对煤质快速检测技术研发与产业化应用给予资金和政策支持,鼓励企业加大技术改造投入。科研机构、高校依据行业的痛点进行研究开发,把实验室的技术研究向工业化方向推进。山西大学与企业的合作将融合光谱技术落地应用。企业作为快速检测技术落地应用的核心主体,需要发挥产业端的实践优势,引进适合煤炭行业生产需求的先进检测技术与智能化设备,抛弃照搬套用的模式,根据自身采掘、洗选、储运、加工等各个环节生产场景的特点进行个性化技术改造和设备适配优化,使技术设备精确匹配现场作业需求。同时企业要建立系统化的技术人才培养体系,用校企

合作、岗前实训、岗位练兵、技术研讨等手段来有针对性地提升技术人员设备操作、数据解读、日常维护等能力,打造出专业的检测技术人才队伍。以此为基础,打通技术落地的各个环节,形成研发、转化、应用、反馈、迭代的闭环式良性循环,通过场景化的应用推动技术的不断优化,用技术迭代反哺产业升级,逐步实现快速检测技术在煤炭勘探、生产、加工、物流、质量管控等全产业链各环节的深度融合和全面普及,助力煤炭行业的智能化、精细化发展。

## 5 结语

综上所述,煤质硫分、灰分快速检测技术的改进,是煤炭行业适应环保要求、实现高质量发展的必然选择,也是推进能源绿色转型、落实双碳目标的重要技术支撑。我国煤质快速检测技术从传统的化学分析到光谱技术的应用,再到AI+多维感知的智能融合已经实现了跨越式发展,精度、效率、场景适配性达到国际领先水平,给煤炭污染源管控、产业效率提升提供坚实的保障。但是技术的发展仍然存在核心算法优化、设备普及度提高、标准体系完善等问题,需要政企研协同发力,加强技术创新、推进设备升级、建立标准体系、加强行业推广。未来数字技术同能源产业深度融合的时候,煤质快速检测技术会朝着更智能、更精确、更普惠的方向发展。

## 参考文献

- [1] 陈利红. 基于融合光谱技术的煤质在线检测系统的研发与应用[J].煤炭加工与综合利用,2025,(12):76-79.
- [2] 王怀,靳涛,王云峰. 火车采制样与煤质在线检测一体化智能系统研究[J].煤炭加工与综合利用,2025,(12):80-84.
- [3] 洪气. 不同干燥温度对煤质工业分析水分测定准确性的影响[J].实验室检测,2025,3(24):259-261.
- [4] 孔倩,孙洁,李长利. 煤质化验影响因素与精准控制策略研究[J].煤炭新视界,2025,(02):100-102.
- [5] 张洁. 煤泥水处理对选煤工艺及煤质的影响研究[J].煤炭新视界,2025,(02):106-108.