

煤炭质量检验技术问题探究

卜佳伊

陕西省能源质量监督检验所 陕西 西安 710000

摘要：煤炭质量检验对保障煤炭高效利用至关重要。当前检验技术面临采样代表性不足、制样设备精度有限、化验仪器校准不及时、人为操作不规范等难题。传统检测模式依赖人工采样与化学分析，存在效率低、成本高、误差大等问题。近年来，近红外光谱、X射线荧光光谱等新技术，以及融合光谱煤质在线检测技术取得突破，显著提升了检测效率与准确性，推动行业向智能化、标准化方向发展。

关键词：煤炭质量；检验技术；问题；控制策略

引言：煤炭作为重要的能源与工业原料，其质量关乎能源利用效率、工业生产安全及生态环境保护。精准的煤炭质量检验是合理利用煤炭资源、保障各行业稳定运行的关键环节。然而，当前煤炭质量检验在实际操作中面临诸多技术挑战，如采样代表性不足、制样误差、化验分析方法局限等，这些问题影响检验结果的准确性。深入探究这些问题并提出有效解决策略，对提升煤炭检验水平意义重大。

1 煤炭质量检验技术基础理论

1.1 煤炭质量核心指标

(1) 工业分析。这是煤炭检验最基础的项目，包括水分、灰分、挥发分和固定碳四项指标。水分直接影响煤炭的燃烧效率和运输成本，过高水分会降低热值；灰分是煤炭燃烧后残留的无机杂质，其含量决定煤炭的清洁度和利用价值；挥发分反映煤炭的燃烧特性，影响燃烧速度和火焰长度；固定碳是煤炭燃烧的主要能量来源，其含量与煤炭品质正相关。(2) 全硫与发热量检测。全硫是煤炭中的有害成分，燃烧时产生的二氧化硫会污染环境、腐蚀设备，其含量是煤炭环保分级的重要指标。发热量是评价煤炭能量价值的核心参数，直接决定煤炭在电力、冶金等行业的应用价值，分为高位发热量和低位发热量，需根据实际燃烧条件精准检测。

(3) 元素分析。主要检测煤炭中碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、硫(S)等元素的含量。碳和氢是煤炭热量的主要来源，氧会降低煤炭的热值，氮燃烧产生的氮氧化物是污染物，元素分析结果为煤炭的高效清洁利用和工艺优化提供精准数据支撑。

1.2 检验流程与标准化要求

(1) 采样、制样、化验的标准化操作。采样环节需按照GB/T475-2008《商品煤样人工采取方法》执行，保证样品的代表性，避免因采样偏差导致检测结果失真；

制样需通过破碎、筛分、缩分等步骤，将原始样品加工为符合化验要求的分析煤样，过程中需控制粒度、水分损失等关键因素；化验环节需严格遵守相关检测方法标准，规范仪器操作、试剂使用和数据记录，确保每一步骤可追溯^[1]。(2) 国际标准的借鉴意义。ISO12185《硬煤和焦炭采样》、ISO11722《固体矿物燃料工业分析方法》等国际标准，代表了全球煤炭检验领域的先进技术和管理水平。借鉴国际标准有助于完善我国煤炭检验标准体系，提升检测技术与国际接轨程度，促进煤炭国际贸易中的质量互认，同时为我国煤炭检验技术的优化升级提供参考，推动行业整体规范化、标准化发展。

2 煤炭质量检验关键技术问题分析

2.1 采样环节问题

(1) 采样代表性不足。煤炭作为不均匀物料，粒度分布偏差和子样数量不足是导致代表性缺失的核心问题。部分采样过程中未充分覆盖煤炭堆存的不同区域、深度，大颗粒煤炭与细粒煤粉分布不均，若子样选取未兼顾粒度差异，易造成样品组成与整体物料偏差；同时，子样数量未达到标准要求，会进一步放大随机误差，导致检测结果无法真实反映煤炭整体质量。(2) 机械化采样与人工采样的误差对比。人工采样受人员操作经验、主观判断影响较大，存在采样点偏移、子样量不均等问题，误差波动范围较大；机械化采样虽能保证采样流程的规范性和一致性，降低人为误差，但设备调试不当、采样头磨损等因素会导致系统误差，若未定期校准，误差可能持续累积，需通过定期对比试验优化两种采样方式的应用场景。

2.2 制样环节问题

(1) 制样设备精度不足。制样过程中，破碎设备间隙调整不当会导致煤炭粒度未达标准要求，影响后续化验准确性；缩分设备内壁残留煤样、设备材质与煤样发

生摩擦污染,或破碎、缩分过程中水分蒸发、细粒煤损失,都会改变煤样原始组成,导致制样误差,进而影响最终检测结果的可靠性。(2)缩分方法对结果的影响。二分器缩分依靠机械分流实现样品均分,操作简单、成本较低,但需保证煤样均匀布料,否则易出现缩分偏差;机械缩分效率高、重复性好,适用于大批量样品处理,但设备维护要求较高,若缩分比设置不合理,可能导致保留样品无法代表原始煤样,需根据煤样粒度、批量选择适配的缩分方法^[2]。

2.3 化验分析问题

(1)仪器精度与校准。量热仪、测硫仪等核心化验仪器的精度直接决定检测结果质量,仪器部件老化、环境温度波动会影响仪器稳定性;若未严格按照标准周期进行校准,或校准用标准物质失效,会导致仪器系统误差,出现发热量、全硫含量检测值偏离真实值的情况,需建立完善的仪器校准与维护机制。(2)化学分析方法误差。艾士卡法检测全硫准确度高、适用性广,但操作流程繁琐、耗时较长,试剂配比偏差、灼烧温度控制不当会引入误差;库仑滴定法检测速度快、灵敏度高,但易受煤样中其他还原性物质干扰,导致检测结果偏高,需根据检测需求和煤样特性选择合适的分析方法,并规范操作流程。

2.4 人为因素与操作规范

(1)人员培训不足与操作随意性。检验人员若未接受系统的标准化培训,对采样、制样、化验的操作规范理解不透彻,易出现操作步骤遗漏、参数设置错误等问题;部分人员操作随意性大,如未按要求佩戴防护装备、简化操作流程,不仅影响检测结果准确性,还可能引发安全隐患。(2)记录与数据处理中的疏漏。检测过程中,样品编号、检测时间、仪器参数等关键信息记录不完整、不规范,会导致数据追溯困难;数据处理时未按标准方法剔除异常值、计算错误或有效数字保留不当,会放大误差,影响检测结果的公正性和可比性,需强化数据记录与处理的规范性管理。

3 煤炭质量检验误差来源与控制策略

3.1 系统误差与随机误差的分类分析

煤炭质量检验误差主要分为系统误差和随机误差两类。系统误差具有确定性、可重复性,多由固定因素引发,如检验仪器精度不足、校准不及时,检测方法本身存在缺陷,以及检验环境(温度、湿度)不稳定等,这类误差会使检测结果持续偏离真实值,需通过针对性技术改进消除。随机误差则具有偶然性、不确定性,源于检验过程中不可预知的微小波动,如采样时子样选取的

随机偏差、仪器运行的微小波动、人员操作的细微差异等,其数值大小和方向无规律可循,无法完全消除,但可通过统计方法评估和控制允许范围。

3.2 误差控制方法

(1)采样方案优化。针对采样代表性不足的问题,通过增加子样数量提升样品覆盖度,避免局部偏差影响整体结果;采用分层采样法,根据煤炭堆存形态、粒度分布划分不同层次,在各层次内均匀布点采样,确保样品能真实反映煤炭整体质量;同时严格遵循采样标准,规范采样工具、采样量和采样流程,减少人为操作带来的误差。(2)制样设备改进。推广应用全封闭制样系统,避免制样过程中煤样受外界污染、细粒煤损失和水分蒸发,保障煤样原始特性不改变;定期对制样设备进行维护校准,调整破碎间隙、优化缩分比例,提升设备运行精度,减少破碎、缩分环节产生的误差^[3]。(3)化验环节的质控措施。实施平行样检测,对同一煤样进行多次平行化验,通过对比检测结果评估误差大小,剔除异常值;开展加标回收试验,向煤样中加入已知量的标准物质,计算回收率,验证检测方法的准确性和可靠性;同时加强仪器校准维护,规范化验操作流程,确保化验数据的精准性。

3.3 标准化与信息化融合

(1)智能采样制样系统的应用。引入机器人采样、在线检测等智能设备,替代传统人工操作,实现采样、制样、检测全流程自动化,减少人为干预带来的误差;智能系统可严格遵循标准化流程运行,实时记录操作参数,提升流程规范性和可追溯性,同时提高检验效率,适应大批量煤炭检验需求。(2)大数据与AI在误差预测中的应用。依托大数据技术整合历史检验数据,构建误差分析数据库,挖掘误差产生的规律和影响因素;利用AI算法建立误差预测模型,对采样、制样、化验各环节可能出现的误差进行提前预判,针对性调整操作参数和质控措施;通过信息化手段实现检验数据的实时共享和动态监控,提升误差控制的智能化水平。

4 煤炭质量检验技术的优化与创新

4.1 新技术应用

(1)近红外光谱技术(NIR)在快速检测中的潜力。近红外光谱技术依托煤炭中不同组分对近红外光的特征吸收差异,实现对水分、灰分、挥发分、发热量等核心指标的快速检测。相较于传统化学分析方法,该技术具有无需样品前处理、检测速度快(单样品检测耗时仅数分钟)、非破坏性检测的优势,可大幅提升检验效率,尤其适用于大批量煤炭样品的快速筛查。目前,该技术

已在商品煤入场检验、生产过程质量监控等场景初步应用,随着光谱数据库的完善和算法优化,其检测精度将进一步提升,有望成为煤炭质量快速检验的核心技术之一^[4]。(2) X射线荧光光谱(XRF)与激光诱导击穿光谱(LIBS)的对比。两者均为光谱检测技术,可实现多元素的快速分析,但应用场景和性能存在差异。XRF技术通过X射线激发样品产生特征荧光,检测精度高、稳定性强,适用于煤炭中常量、微量元素(如硫、硅、铝等)的精准检测,且样品制备简单,在工业分析中应用广泛;但检测速度相对较慢,对轻元素检测灵敏度较低。LIBS技术利用高能激光激发样品形成等离子体,通过分析等离子体发射光谱实现元素检测,具有检测速度极快、可原位检测的优势,能满足在线实时监控需求;但受环境湿度、样品粒度影响较大,检测精度略低于XRF,更适用于快速筛查和应急检测场景。

4.2 智能化检验系统构建

(1) 物联网(IoT)与区块链技术提升数据可信度。物联网技术通过在采样、制样、化验设备上部署传感器,实现检验全流程数据的实时采集、传输与监控,确保数据的原始性和可追溯性;区块链技术则凭借去中心化、不可篡改的特性,对采集的检验数据进行加密存储,形成完整的数据链条,有效避免数据伪造、篡改等问题。两者融合应用,可构建“采集-传输-存储-溯源”全流程可信数据体系,解决传统检验中数据可信度不足、责任难以界定的痛点,为煤炭贸易结算、质量监管提供可靠数据支撑。(2) 自动化实验室(无人化操作)的实践案例。国内某大型煤炭企业搭建的自动化检验实验室,实现了从样品接收、制样、化验到数据上报的全流程无人化操作。该实验室通过机器人完成样品抓取、称重、制样等操作,搭配智能化验仪器实现自动检测,借助物联网系统实现设备协同联动,检验数据实时上传至云端平台。实践表明,该实验室不仅将检验效率提升50%以上,还大幅降低了人为操作误差,检验数据准确率达99.8%以上。此外,部分港口煤炭检验站点也引入自动化检验系统,实现了入场煤炭的快速检验与放行,有效缓解了港口货物积压问题。

4.3 绿色检验技术探索

(1) 减少化学试剂使用的环保型检测方法。传统煤炭化学分析需消耗大量酸碱试剂,易产生废液污染。目前正积极研发环保型检测方法,如采用固体萃取技术替代传统液体萃取,减少试剂用量;推广无试剂检测技术,依托光谱、电化学等原理实现指标检测,从源头杜绝化学污染。例如,基于电化学传感器的全硫快速检测方法,无需使用化学试剂,检测过程无废液产生,且检测速度快、操作简便,已在部分小型检验机构试点应用^[5]。(2) 低碳排放制样设备研发。针对传统制样设备能耗高、粉尘排放量大的问题,研发全封闭低碳制样设备,通过优化设备结构、采用节能电机,降低设备能耗;配备高效粉尘收集装置,实现粉尘零排放,减少对环境的污染。同时,开发模块化制样设备,根据检验需求灵活组合功能模块,避免设备闲置导致的能源浪费。某设备厂商研发的全封闭低碳制样系统,能耗较传统设备降低30%以上,粉尘收集率达99.9%,已在多家大型煤矿企业投入使用。

结束语

煤炭质量检验技术问题的探究,是保障煤炭资源高效利用、推动行业可持续发展的关键之举。通过对采样、制样、化验等环节技术难题的剖析,我们明确了误差来源与控制方向。随着新技术的不断涌现与应用,如智能化检验系统、绿色检验技术等,煤炭检验将更加精准、高效、环保。未来,我们需持续创新,完善检验标准,为煤炭行业高质量发展筑牢坚实技术根基。

参考文献

- [1]季承中,朱向群.提高燃煤质量检验技术管理水平的实践与建议[J].期刊论文,2021,33(4):78-80.
- [2]陈杰锋.煤炭检验存在的误差及应对策略探讨[J].化工管理,2020,(8):26-28.
- [3]汪伟.探讨关于煤质检验工作中应注意几点问题分析[J].建筑工程技术与设计,2021,(21):276-277.
- [4]方全国,皮中原.煤炭质量检测技术发展与应用展望[J].煤质技术,2020,35(6):54-56.
- [5]蔡志丹,张永刚,王利斌,等.我国煤炭检测技术现状分析与思考[J].煤质技术,2021,36(6):72-74.