

焦煤汽车智能化快速取制检技术的研发及应用

赵国龙

上海宝信软件股份有限公司 上海 201203

摘要：本文旨在探讨融合了在线快速检测技术的焦煤汽车智能化快速取制检技术的应用，可以提升焦煤质量监控的效率与精度。通过集成自动化取样设备实现了自动识别车辆料仓位置，精准布点取样，并将单点取样时间缩短至30秒以内。通过全自动制样系统，自动完成混合、破碎、缩分等操作，确保样品制备的高效与一致性。同时，采用多光谱在线检测技术，通过非接触式的光谱采集，实现了焦煤水分、灰分、挥发分、硫分等关键参数的快速测定，且检测结果能在5分钟内完成，并实时反馈至智能控制系统。系统还通过AI模型对检测数据进行分析，实时显示焦煤质量状况，确保质量监控的实时性和准确性。智能化控制系统有效实现了人与煤样、人与数据的分离，减少了人为因素的干扰，实现了检测全过程的规范化和标准化。此外，系统采用冗余设计与环境适应性技术，保证在极端环境下的高效稳定运行。本项目的实施不仅能显著提高焦煤取样、质量监控和卸煤放行的效率，还能在煤炭行业中推广应用，为质量控制和生产管理提供强有力的技术支撑。

关键词：原料检化验；全自动取制样；智能控制系统；集中管控

焦煤汽车取制检技术在煤炭入厂质量检验中至关重要，涉及焦煤质量保证、配煤指导、防止污染、保障安全及成本控制等方面。随着科技进步，焦煤汽车取样技术逐渐升级。早期依赖人工取样，存在采样不代表性、安全性差、费时费力等问题，无法满足管理需求。随着机械化采样机的引入，减少了劳动强度，但仍未解决人为因素，存在经济损失风险。传统机械化采样机（如悬臂式和桥式采样机）存在采样盲区、设备刚性差、采样点局限、自动化不足等缺陷。

未来，焦煤取样技术将朝着智能化、高效化、安全化发展。自动化、智能化技术如机械手全自动取样、多光谱快速检测、人工智能分析等，将提高煤质分析效率，减少浪费，推动煤炭行业向更高效、精确方向发展。

一、研究必要性

1. 需求分析

焦煤汽车入厂取制检系统是高效采样、确保煤质稳定并指导焦煤入厂管理的重要环节。以北方地区的焦化厂为例，焦炭生产规模较大，每日高峰期约有450辆焦煤运输车入厂，需在10小时内完成采样。若能在此过程中实时获取水分、灰分、挥发分和硫分等关键指标，为汽车放行和卸煤提供初步指导，则可显著提高生产效率。传统取样流程通常采用桥式或悬臂式采样机采样，采样后经破碎封样并送至质计中心化验。单次采样耗时90-150秒，质计中心化验时间因检测项目不同，耗时可达2小时至2天。传统流程存在流程繁杂、周期较长、人工

干预大、制样误差显著、自动化水平低等问题，且常受人为因素干扰，煤质数据不准确，难以支撑当前煤炭行业对质量提升和高效产能的要求。

2. 必要性评估

通过引入机械手全自动取样技术，解决了传统手动采样的低效率问题。系统能够自动识别车辆料仓位置信息，进行精准的随机布点取样，且单点取样时间可缩短至30秒以内，大幅提高取样效率。此外，通过全自动制样系统，自动完成混合、破碎、缩分等一系列操作，进一步优化了生产流程，减少了人工干预。多光谱在线快速检测系统结合AI模型，能够实时获取煤样表面光谱数据，并在5分钟内快速提供焦煤的关键参数，如水分、灰分、挥发分、硫分、Y值等。这些数据通过智能化控制系统实时反馈，确保焦煤质量的即时监控和动态更新，有效提升了煤质追踪与管理的效率。系统不仅提升了煤质控制精度，还能实现人与煤样、人与数据的有效分离，减少人为因素对结果的干扰，推动焦煤质量检测全过程的规范化和标准化。最终，系统能够为焦煤卸煤和放行提供科学依据，确保生产流程的顺畅和安全。

二、研究内容与目标

1. 关键研究方向

(1) 智能化快速取制检系统整体设计，拟采用机械手全自动取制样技术、多光谱快速检测、人工智能分析和自动调度等技术进行系统实现，保证焦煤取样任务的快速、准确、可靠完成。

(2) AI智能应用,实现自动化取样系统的精准识别。采用自动扫描识别技术,自动检测车辆的长度、宽度、车底高度和物料高度,从而精确布点,并利用机械手执行智能的随机布点采样操作。

(3) 取制样过程精细化隔离,采用机械手涮杆取样、破碎机残料压缩空气清除、皮带机压缩空气清除及清扫、组批称量料斗压缩空气清扫技术,防止样品交叉污染。使用多种手段,对样品取制样过程中的交叉污染进行有效管理。

(4) 在线快速分析技术,探索非接触反射光谱的多指标自动分析方法。通过人工智能预测模型,对破碎后的6mm样品进行快速分析,5分钟内获得水分、灰分等重要指标,支持汽车放行和卸煤的即时决策。

(5) 样品加密打包技术,采用全密封破碎、自动装样、加密打包,实现取样、制样流程的一体化。减少人员工作量和人员干扰,避免人为作弊的可能性。

(6) 取制样智能化控制系统,通过对焦煤来样处理、设备管理、主数据管理、取检数据模型、大屏监控等功能,实现透明化的跟踪、监控各个过程中的数据。

2. 创新技术点

(1) 适应露天环境的高速机械手取样,解决桥式和悬臂式取样方式速度慢、自动化程度低的问题,提高取样效率,同时兼顾了环境适应性。

(2) 关键设备余度设计与智能调度,关键设备机械手采用3备1模式,通过智能控制系统协调调度,软硬件功能迅速切换,保证取样关键作业过程的不中断、不干扰、不破坏,保障关键作业过程的可靠性。

(3) 基于破碎后6mm焦煤样品的多光谱快速检测技术,通过快速光谱采集、高泛化性AI模型,实现6mm焦煤多特征指标的5分钟快速定量测量。

(4) 基于数字孪生技术,构建了一个全生命周期的可视化管控平台。通过实时数据采集、可视化管理与智能决策支持系统,为焦煤生产提供了智能化管理的新模式。

3. 预期成果

在技术指标方面,可以实现汽车单点取样时间 ≤ 30 秒。可实现3部焦煤汽车同时采样。可实现在线快速煤质检测,5分钟内同时获得多项焦煤指标,如胶质层指数、粘结指数、水分、灰分、挥发分、硫分等,用于初步指导汽车放行和卸煤。

在功能指标方面,实现全自动化取样,实现随机布点、全方位、全断面的高效自动取样;取样、制样、检测流程一体化,快速给出检测结果,用于初步指导汽车放行和卸煤;采样头具有切割、挤压破碎功能,不受物料粒度影响,不丢样、不堵塞;获得准确的车辆料仓

信息,杜绝车辆取样风险;实现取样过程精细化隔离,防止样品交叉污染;实现对取制样全过程的原料、设备、车辆信息的全方位数据记录和管理。保证可在最低温 -30°C 下正常工作。

三、自动化流程设计

1. 取样流程设计

取样流程拟采用机械手取样方案,机械手取样主要由线性导轨、6轴机械手、取样机构、视觉判断装置、控制系统等共5部分组成。取样机械手设置在移动导轨上(线性导轨长度按汽车车厢需要设计),同时3车道架设4套导轨和4台机械手,机械手两两互为备用,实现热备份余度配置,全部实现无死角全断面3车道同时取样。每套机械手系统是完全独立的系统,均可保证约3.0米的取样深度。冬季机械手可穿防护服保护,设备润滑采用耐低温润滑油,防止低温误动作及报警,确保低温能够正常工作。

2. 破碎流程优化

采用环锤式破碎机方案,所取得的焦煤样品通过传送带进入环锤式破碎机进行破碎,利用环锤式破碎机将大块焦煤破碎成小颗粒,取得6mm焦煤样品(暂定粒度)。然后通过缩分设备减少样品量,保证封样及检测的所用重量焦煤样品,同时需保持样品的代表性。

弃样:使用皮带式缩分后的样品,可弃样到弃料仓内,定期运送到指定地点,破碎缩分后弃样数量可根据实际情况进行调整确定。

清扫:压缩空气喷头对环锤式破碎机进行清洗;对传送带增加聚氨酯压板、弹簧压紧装置进行尾部清扫,必要时增加气吹清扫。

3. 检测流程改进

破碎缩分后样品分成两部分,一部分传送到打包机封样,一部分传输至在线分析仪器传送带,传送带由信息化管理系统控制启停,通过探头腔体在传送带上实现对样品的定量测量。测量完成后,将数据上传至信息化管理系统,并控制传送带传输样品至弃料仓。

采用非接触反射式采集光谱,结合人工智能和化学计量学算法,在5分钟内同时获得焦炭中胶质层指数、粘结指数、水分、灰分、挥发分、硫分等参数。

数据与实验室数据比对相对误差可控制在 $\pm 5\%$,重复性可控制在3%以内。快速检测结果对比(矿类元素)如图1所示。

4. 封装流程实现

在封装阶段可采用全自动进出桶智能包装机,保证样品流过程中数据的安全性;采用槽轮技术,保证转桶、装桶、打包位置的准确性;解码时,需要手持专用

元素Fe				元素Ti			元素S				
编号	实际测定	快检结果		编号	实际测定	快检结果	编号	实际测定	快检结果		
1	25.82	24.82	-1	1	9.44	9.45	+0.01	1	0.382	0.415	+0.03
2	24.62	23.99	-0.63	2	9.16	9.17	+0.01	2	0.289	0.350	+0.06
3	14.96	15.28	+0.32	3	11.42	11.43	+0.01	3	0.404	0.464	+0.06

元素P			元素V				
编号	实际测定	快检结果	编号	实际测定	快检结果		
1	0.567	0.557	-0.01	1	0.602	0.593	-0.009
2	0.056	0.058	+0.02	2	0.599	0.60	+0.001
3	0.694	0.682	-0.01	3			

图1 快速检测结果对比（矿类元素）

读卡仪器对样品封袋样品的数据进行解码，保障信息不外露。

装袋后人工送到化验室和样品保存，封样量依据作业需求可进行实时调整。具体优势如下：

- (1) 可避免人为操作，在恶劣环境下自动实现装样、加密、打包工作。
- (2) 样料打包封盖后已经进行加密操作，非专用设备无法识别，避免信息泄露、确保样料流过程中信息的绝对安全。
- (3) 桶位采用槽轮技术，保证转桶、装桶、打包位置的绝对准确。
- (4) 采用激光传感技术检测料位，控制误差小于10mm。

四、信息化管理方面

1. 数据可视化

数据可视化将采集的数据转化为直观的图形和报表，帮助用户实时掌握设备运行情况和样品质量状况。本项目的可视化模块包括运行状态图、实时参数监测图、质量指标变化趋势图等。各类图表展示使操作人员能够迅速了解设备的健康状态，及时发现异常。同时，通过数据面板和警报系统，关键指标达到阈值时会触发告警，以使用户快速响应。

2. 数据分析

数据分析模块利用采集的多源数据，通过统计分析和机器学习方法对设备性能、质量控制和产能效率进行深入分析。分析内容包括对设备的故障预测、质量控制偏差检测、生产效率评估等。例如，通过历史数据挖掘设备常见故障模式，支持预测性维护；分析样品质量波动趋势，提供质量改进建议。此外，系统将数据分析结果与管理决策相结合，为焦煤生产的质量控制和资源配置优化提供数据支持，从而提升系统的整体运营效率和管理水平。

五、效益评估

1. 社会效益分析

自动化和智能化的取样过程能大大提高工作效率，减少人工干预，减少操作时间，从而缩短了取样周期，加快了物流速度。通过自动化取样，可减少人工操作的环节，降低人工成本。同时，减少了人员与焦煤的直接接触，保障了操作人员的健康和安全。在线快速煤质检测能够实时监测焦煤的成分和品质，从而提供更准确、更可靠的数据。这有助于提高产品质量控制水平，减少由于取样误差导致的不合格产品或资源浪费。智能化取样系统可以根据实际需求进行焦煤的转运和调度，实现资源的合理配置，提高资源利用效率。这有助于降低物流成本，提升企业的经济效益。随着技术的不断发展和完善，该系统有望在煤炭行业中得到更广泛的应用和推广。

六、可行性结论

技术路线方面，采用自动化取样和在线检测等先进技术，以确保设计方案的现代化和智能化。这些技术能够快速、精确地完成焦煤的取样和检测，为工业生产中的煤质管理提供了可靠支持。技术储备方面，基于当前国内外对煤炭和焦炭分析的前沿研究成果，结合相关科研机构与产业单位在智能化和自动化系统方面的技术积累，确保了项目实施的技术可行性与先进性。效益方面，通过创新性的煤质在线分析和智能化取样技术的应用，项目可显著提高检测效率和精度，帮助企业减少人工投入和物流损耗。同时，预计该方案的应用可每年节省大量成本，并显著提升经济效益和市场竞争能力。

参考文献

[1] 邹威. 全自动取制样工艺在焦炭质量检测系统中的应用与研究[J]. 建筑技术科学, 2024-02.
 [2] 张钰刚. 煤炭全自动制样系统的问题和解决措施[J]. 建筑技术科学, 2022-10.