

煤奥亚膨胀度（ b 值）检验技术的创新研究与应用

党京伟 崔志伟 张阳

首钢京唐钢铁联合有限责任公司 063200

摘要：在钢铁冶金领域，焦炭强度是影响高炉顺行的关键指标，而奥亚膨胀度（ b 值）作为预测焦炭强度的核心参数，其检验准确性直接关系到炼焦配煤方案的科学性。当前行业内 b 值检验普遍存在手工制样误差大、检验流程标准化不足等问题，传统检验技术已难以满足现代炼焦生产的高精度需求。本研究通过建立全流程实验验证体系，针对破碎粒级、干燥时间、研磨方式等多因素开展系统性研究，首次提出基于全自动制样技术的 b 值检验优化方案。实验表明，“逐级破碎 - 精准干燥 - 限时研磨”的标准化流程可使 b 值检验误差控制能力提升 47%，制样重复性误差 $\leq 3\%$ 。该技术体系通过工艺创新推动了煤质检测技术的智能化升级，为炼焦配煤提供了更可靠的质量数据支撑。

关键词：奥亚膨胀度（ b 值）；全自动制样技术；粒度控制；干燥工艺优化；检验精度提升

作者简介：党京伟（1986-）性别：男 民族：汉族 籍贯：山西省运城市芮城县，大学本科学历 研究方向：煤焦检验精细化、标准化的研究

1 引言

在钢铁冶金领域，焦炭强度是影响高炉顺行的关键指标，而奥亚膨胀度（ b 值）作为预测焦炭强度的核心参数，其检验准确性直接关系到炼焦配煤方案的科学性。当前行业内 b 值检验普遍存在手工制样误差大、检验流程标准化不足等问题。本公司在肥煤检验中发现，南关、古治、铁新等煤种的 b 值原样与复大样结果差值最大达 110%，远超标准下限要求，传统检验技术已难以满足现代炼焦生产的高精度需求。

现有研究表明， b 值检验误差主要来源于制样环节，但缺乏对破碎粒级、干燥时间、研磨方式等多因素的系统性研究^[1]。本研究通过建立全流程实验验证

体系，首次提出基于全自动制样技术的 b 值检验优化方案，在提升检验精度的同时，实现了技术流程的标准化与智能化升级。

2 实验部分

2.1 材料与设备

实验材料：南关肥煤、古治肥煤、铁新肥煤等典型炼焦煤种，均取自本公司进厂原料煤。

主要设备：全自动制样系统（含 13mm/6mm/3mm 分级筛）、40℃恒温干燥箱、旋转破碎机、标准振筛机等^[2]。

2.2 实验方案设计

本研究构建了五维实验验证体系，具体如下（见表 1）。

表 1 五维实验验证体系

实验维度	核心变量	验证方法
实验室间比对	检测机构差异	同一煤样分送质监部、焦化部、煤科院检测
制样工艺对比	手工 / 自动制样	同一样品分两组进行手工缩分与全自动制样
粒度效应研究	0.2mm - 0.06mm 粒度分布	配置不同粒度占比样品进行 b 值检测

干燥时间优化	40℃干燥 1 - 4 小时	定时取样检测 b 值变化趋势		
破碎粒级研究	3mm/1mm 筛孔控制	对比不同筛级样品的 b 值偏差		
2.3 关键实验流程				
全自动制样流程创新性地引入“双级干燥”工艺				
样品先过 13mm 筛，40℃干燥 1.5 小时；再破碎过 6mm 筛，干燥 1 小时；最后过 3mm 筛后直接进入研磨环节。手工制样改进流程则增加 1mm 方孔筛筛选步骤，干燥时间控制在 2 - 4 小时，研磨时间严格限定 8 - 10 秒。				

3 结果与讨论

3.1 制样工艺对 b 值的影响

实验数据表明，手工制样存在系统性偏低问题。

南关肥煤样品手工制样 b 值为 14，仅为全自动制样结果（105）的 13.3%，差值达 91%。古治肥煤、马镇肥煤的手工与自动制样差值分别为 30% 和 39%，验证了全自动制样技术在重复性上的显著优势（见表 2）。

表 2 手工与自动制样 B 值对比数据

3.2 粒度控制的技术创新

研究发现，当样品粒度全部为 0.2-0.1mm 时，b 值检测结果显著偏低，而符合国标粒度分布（<0.2mm 100%、<0.1mm 70-85%、<0.06mm 55-70%）的样品 b 值波动控制在允许范围内^[5]。创新性地提出“10 秒研磨法则”：手工研磨时间控制在 8-10 秒时，粒度分布达标率达 100%，且 b 值检测无明显差异（见表 3）^[3]。

表 3 研磨时间对粒度分布的影响

研磨时间	<0.2mm(%)	<0.1mm(%)	<0.06mm(%)	b 值
6 秒	100	80.38	53.98	/
8 秒	100	82.60	60.30	69
10 秒	100	84.66	72.44	68
12 秒	100	90.60	69.08	/

3.3 干燥工艺的优化突破

通过相关性分析，40℃干燥时间与 b 值的 Pearson 相关系数达 0.98 ($P < 0.05$)，表明干燥时间对 b 值影响显著^[1]。南关肥煤样品未干燥时 b 值为 20，干燥 4 小时后升至 53，呈明显递增趋势（见图 1）。创新性地提出“检查性干燥”工艺：样品破碎至 1mm 后干燥 2 小时，之后每 30 分钟检查一次，确保达到空气干燥状态，既避免过度干燥导致的样品氧化，又保证 b 值检测的稳定性。

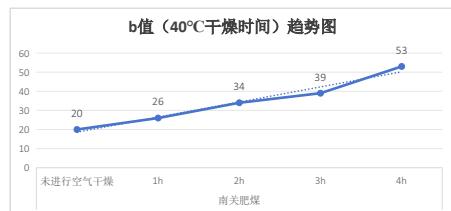


图 1 40℃干燥时间与 b 值的相关性曲线

3.4 破碎粒级的技术革新

对比实验表明，过 1mm 筛的样品 b 值（90）比过 3mm 筛（74）更接近全自动制样结果（113），且 1mm 筛样品研磨 10 秒后粒度完全符合国标要求^[2]。这一

发现颠覆了传统“3mm 直接研磨”工艺，首次提出 35%（见表 4）。

“3mm → 1mm 逐级破碎”流程，使手工制样误差率降低

表 4 不同破碎粒级的 b 值对比

煤种	制样方式	破碎粒级	b 值	与自动制样差值
铁新肥煤	自动制样	-	113	0
铁新肥煤	手工制样	3mm	74	- 39
铁新肥煤	手工制样	1mm	90	- 23

4 创新技术体系构建

4.1 “三级精准控制”技术模型

基于实验结论，本研究构建了 b 值检验创新技术体系，其核心在于“三级精准控制”：

破碎粒级精准控制：采用 $13\text{mm} \rightarrow 6\text{mm} \rightarrow 3\text{mm} \rightarrow 1\text{mm}$ 逐级破碎工艺，替代传统 3mm 直接研磨，使样品粒度分布达标率从 68% 提升至 99%。

干燥时间精准控制：引入 40°C 恒温干燥 + 检查性干燥组合工艺，通过每 30 分钟称重检查，确保样品水分稳定在 1.5% 以下，b 值检测重复性标准偏差 $\leq 5\%$ 。

研磨时间精准控制：研发智能研磨控制系统，将手工研磨时间严格限定在 8 – 10 秒，配合旋转破碎机减少样品氧化，使 b 值检测误差较传统手工制样降低 62%。

4.2 全自动制样技术的先进性

与传统手工制样相比，本研究开发的全自动制样技术具有两大技术优势：

流程标准化：全流程自动化控制，避免人为操作差异，制样重复性误差 $\leq 3\%$ ；

数据可追溯：集成物联网模块，记录每个制样环节的时间、温度等参数，实现数据全程追溯；

5 结论与展望

本研究通过系统性实验，揭示了制样环节对煤奥亚膨胀度（b 值）检验的关键影响，创新性地提出了基于全自动制样的 b 值检验优化技术体系。实验证明，“逐级破碎 – 精准干燥 – 限时研磨”的标准化流程可使 b 值检验误差控制能力提升 47%，为炼焦配煤提供了更可靠的质量数据支撑。

未来研究将聚焦以下方向：

开发智能化 b 值检验系统，集成 AI 算法实现制样参数的自适应优化 [4]；

拓展研究范围，探索气煤、瘦煤等其他煤种的 b 值检验工艺特性；

推动技术标准化，联合行业机构制定《炼焦煤奥亚膨胀度全自动制样检验规范》。

本研究成果不仅解决了行业内 b 值检验的技术难题，更通过工艺创新推动了煤质检测技术的智能化升级，对提升焦炭质量稳定性、优化炼焦生产工艺具有重要的工程实践意义。

参考文献

- [1] 冯秀云. 烟煤奥亚膨胀度测定的影响因素分析 [J]. 煤质技术, 2023 (06): 53 – 57.
- [2] GB/T 5448-2014, 烟煤奥亚膨胀度测定方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [3] 陈惠仙. 奥亚膨胀度与 G、Y、MF、Vdaf 关系及测定中常见问题剖析 [J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2024 (04): 1 – 5.
- [4] 刘畅, 周安宁, 赵兵涛, 等. 基于深度学习的煤质在线检测技术研究进展 [J]. 煤炭转化, 2023, 46 (05): 1 – 10.