《煤炭品质快速测定 近红外光谱法》团体标准制定编制说明

1 工作简况

1.1 任务来源

根据中国出入境检验检疫协会关于批准《煤炭品质快速测定 近红外光谱法》等六项团体标准立项的通知》(中检协标〔2024〕7号)文件的要求，由中国检验认证集团河北有限公司起草制定本标准（立项号：P/CIQA-175-2024）。

1.2 主要起草过程

**牵头单位和起草单位：**中国检验认证集团河北有限公司

**主要参与单位：**XXX、XXX

**主要起草人：**XXX、XXX 、XXX、XXX

整个工作的简要过程如下：

（1）立项、成立工作组

2024年1月，上报团标项目建议书、立项申请书。

2024年4月，中国出入境检验检疫协会下达了批准《煤炭品质快速测定 近红外光谱法》等六项团体标准立项的通知。立项号：P/CIQA-175-2024。文件号：中检协标〔2024〕7号。

（2）标准起草

2024年4月~11月：起草小组查阅了现有煤质分析法、近红外光谱法应用于食品药品和石化等的有关标准、技术文献等资料。对资料进行整理汇总，初步制定项目实施计划，系统完整地进行了煤炭品质快速测定 近红外光谱法的试验研究，完成了标准的技术内容起草实验；

2024年12月：完成了标准草案编写，并将标准草案发往其他煤炭实验室，邀请其参加验证试验。

2025年1～4月：各协作实验进行并完成验证试验。

2025年4月：完成标准文本的内部评审，起草工作，并形成征求意见稿。

（3）征求意见

（4）标准审查

2 标准制定依据、原则及国内外概况

2.1 起草标准的依据

依据中华人民共和国国家标准GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》、GB/T 20001.4-2015《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》、 GB/T 29858-2013 分子光谱多元校正定量分系通则，进行团体标准《煤炭品质快速测定 近红外光谱法》的制定。

2.2 起草标准的原则

参考国内外先进标准，充分考虑检测技术发展要求与国内煤炭检测技术趋势的一致性。同时充分考虑了满足国家法律法规，没有与现行法规和其他强制性标准冲突。

2.3 国内外标准概况

标准有GB/T 212-2008 《煤的工业分析方法》、GB/T 213-2008 《煤的发热量测定方法》、GB/T 214-2017 《煤中全硫的测定方法》。这些方法实验步骤复杂、劳动强度大、对操作人员的技术水平要求较高、仪器昂贵、耗时长。

近红外光谱分析技术具有分析速度快、可同时测定多项指标等优势已被广泛应用于农产品、生物医药、生命科学及石油化工等领域。如：GB/T 24871 《粮油检验 小麦粉粗蛋白质含量测定 近红外法》、GB/T 41442 《山羊绒净绒率试验方法 近红外光谱法》、GB/T 41366-2022《畜禽肉品质检测 水分、蛋白质、脂肪含量的测定 近红外法》。但由于煤是一种成分非常复杂的混合物，现有高通量煤炭品质检测技术虽有多篇论文发表和专利授权，但多处于实验室研究阶段，没有标准支撑。

3 制定标准的必要性和意义

煤炭是我国的主体能源，在我国矿物能源储备量和消费结构中约占70%，也是导致大气雾霾、全球变暖等生态环境灾害的主要影响因素之一。升级煤炭消费方式、清洁高效利用煤炭是保障我国能源安全、改善生态环境的必然要求。《国民经济和社会发展第十四个五年规划纲要》指出要大力推进煤炭清洁高效利用，并将其作为能源转型发展的立足点和首要任务。为充分有效地利用煤炭资源，在开采、加工、利用等各个环节，都需要对其品质进行分析、控制。例如，配煤工艺、煤炭品质的快速分析就是其中一个关键环节。传统分析方法，因存在过程繁琐、分析时间长等不足，不能在煤炭加工利用过程中实时反馈质量情况。为满足绿色开采、综合开发、节能环保等需求，实现煤炭产业、技术及模式的创新，研究高准确度的煤质快速分析方法尤为迫切。

近红外光谱分析技术是通过建立待测物质光谱与其成分间关系的数学模型，从而实现物质快速检测的分析方法，具有分析速度快、可同时测定多项指标等优势，已被广泛应用于农产品、生物医药、生命科学及石油化工等领域。但由于煤是一种成分非常复杂的混合物，现有高通量煤炭品质检测技术虽有多篇论文发表和专利授权，但多处于实验室研究阶段，没有标准支撑。

鉴于此，本项目拟研究基于近红外光谱技术的煤质在线分析方法。综合了煤化工和光谱学等多门学科，研究方向新颖，研究成果可实现煤品质指标的快速分析，为配煤过程中煤炭品质的在线检测提供技术支持，具有广阔的应用前景。

4 标准起草内容及试验报告

本标准起草了煤炭品质快速测定 近红外光谱法的内容。

开展光谱数据采集中煤炭样本状态与光谱分析仪参数设置的试验。采用漫反射近红外光谱采集样品的光谱数据，并结合光谱预处理（如去噪、平滑、降维）优化数据质量。利用偏最小二乘回归（PLSR）、支持向量回归（SVR）等方法，构建光谱特征与煤质指标之间的线性或非线性映射模型（校正模型），为确保校正模型的准确性，进行验证样品的预测值与品质指标的对比。实现煤炭品质快速、高准确度的检测，满足煤炭品质监控的实时性要求。本标准试验报告见附录A。

5 验证试验

本标准制定时，确定近红外光谱法的精密度选择等同采用参考方法的内容，并邀请了中国检验认证集团河北有限公司、中国矿业大学、石家庄海关技术中心煤炭检测实验室对6个不同水平的发热量、挥发分和全硫含量的煤炭样品进行了验证试验。按照GB/T 6379.2－2004（ISO 5725－2:1994）《测量方法与结果的准确度（正确度与精密度）第2部分：确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法》进行统计、计算。共同试验报告见附录B。

6 与国内其它法律、法规的关系

GB/T 475-2008《商品煤样人工取样方法》和GB/T 19494.1-2023《煤炭机械化采样 第1部分：采样方法》中均规定在制定采样方案前，需要对采样精密度核验和偏倚试验。目前检验市场由于时效的要求，没有实现在采样前对货物进行前期的精密度核验和偏倚试验，所以如果执行该标准，可以使目前检验检测活动能够满足现在GB/T475和GB/T19494.1的相关要求，使得煤炭采样活动满足国家相关标准的要求。

本标准起草的目的是利用现代近红外光谱分析技术，建立一套快速、准确、有效的适合煤炭质量快速评定的分析体系。提高检测时效，减少检测过程中人为因素的干扰。制定本标准时依据并引用了国内相关现行有效的标准，也不违背国内其它行业标准、法律、法规及强制性标准的有关规定。

7 与国际、国外同类标准水平的对比情况

目前，未检索到现行有效的相关国内外标准。

近红外光谱分析技术具有分析速度快、准确、样品无需预处理，可同时测定多项指标等诸多优势，适合煤炭质量快速评定。

8 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与国家和行业有关的方针、政策、规定、法律和法规是协调一致的。

9 标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

本标准为推荐性团体标准。

10 其他应予说明的事项

无。

11 征询意见

附录A 标准制订试验报告

1. **A1 实验部分**

**A1.1主要仪器和试剂**

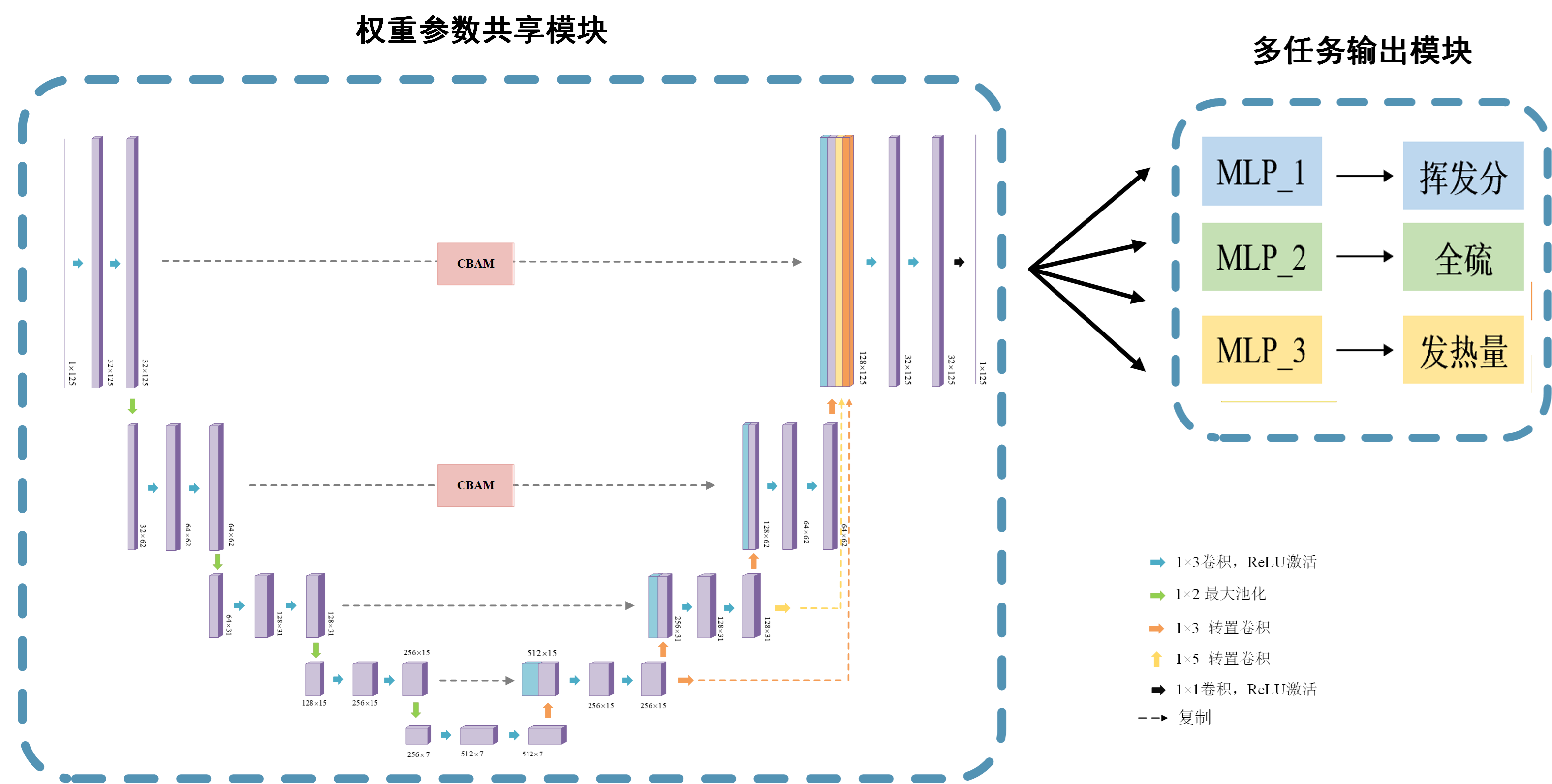
1. 仪器应具有漫反射模式，其谱区范围为770 nm-2500 nm（12900/cm-4000/cm），光谱分辨率（FWHM）≥6.2 nm，信噪比≥13000:1，波长重复性≤0.2nm，仪器应具备自检功能。或可采用满足上述光谱性能要求的其他同类设备。
2. 化学计量学软件。与近红外光谱仪匹配的化学计量学软件，含有偏最小二乘法(PLS)多元校正算法，具有近红外光谱数据的收集、存储分析和计算功能,采用马氏距离或欧式距离判断样品的异常性以保障校正模型预测的可靠性和异常样品的识别。
3. 样品杯：与近红外光谱仪配套的石英样品杯。
4. 样品粒度要求：按照GB/T 474-2008制备样品粒度小于0.2mm的空气干燥基煤炭样品。
5. 样品：标准样品GBW、校正样品、验证样品、测试样品。

**A1.2实验方法**

**A1.2.1 校正模型的构建与验证**

1. 样品收集
2. 本标准按照煤炭矿点所收集的煤样挥发分（）测定范围在18%～37%，全硫（）测定范围在0.20%~3.50%，发热量（）的测定范围在17 MJ/kg～33MJ/kg的煤样。所制备的样品粒度为-0.2 mm，参考值采用标准方法GB/T 212-2008《煤的工业分析方法》、GB/T 213-2008《煤的发热量测定方法》和GB/T 214-2017《煤中全硫的测定方法》进行测定，共收集校正样品集536条数据，验证样品集134条数据。根据为了保证检测结果的准确度，尽量通过模型内插预测煤质信息。煤炭样品矿点分布见表A.1。
3. 表A.1煤炭样品矿点分布表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 矿点名称 | 煤炭样品数量（个） |
| 1 | 巴图塔 | 99 |
| 2 | 黄羊城 | 57 |
| 3 | 三岔隆泰 | 54 |
| 4 | 龙华 | 40 |
| 5 | 火山 | 37 |
| 6 | 龙王渠 | 33 |
| 7 | 巡镇盛通 | 33 |
| 8 | 转龙湾 | 28 |
| 9 | 凯越 | 21 |
| 10 | 孤山川 | 20 |
| 11 | 韩家楼 | 20 |
| 12 | 燕家塔 | 20 |
| 13 | 唐公塔 | 17 |
| 14 | 贺职 | 16 |
| 15 | 东恒 | 15 |
| 16 | 新城川 | 15 |
| 17 | 四道柳 | 14 |
| 18 | 敖包沟 | 13 |
| 19 | 万镕 | 12 |
| 20 | 乌专线 | 12 |
| 25 | 散户委托 | 63 |

1. 为保证校正模型预测的精确度，本标准采用欧氏距离法对异常值进行识别并剔除。本标准利用标准正态（SNV）对光谱数据进行处理，以消除煤样颗粒不均导致的光谱数据噪声。使用基于U-Net架构的深度学习网络进行NIRS分析。如图A.1所示，该模型由权重参数共享模块和多任务输出模块组成，共享特征提取模块基于U-Net架构，包含编码路径和解码路径：编码路径通过卷积层和最大池化层逐步提取高层次特征，每次卷积后使用ReLU激活函数进行非线性变换，增强特征表达能力；解码路径则利用转置卷积进行上采样，逐步恢复特征图的空间维度，并通过跳跃连接融合不同层次的特征信息，避免下采样过程中细节信息的丢失。在跳跃连接时，引入CBAM注意力机制，使网络能够专注于浅层输入中的特定波长信息，增强特征的表征能力。另外，在解码路径上加入了两个跳跃连接，通过转置卷积上采样后与最后一层的特征图进行拼接。具体而言，解码路径最后一步的特征图由四部分组成：预处理后的光谱数据经两次卷积和CBAM模块输出；第四步解码路径下转置卷积上采样输出；第二步和第三步解码路径输出特征图分别经转置卷积后得到的两部分。多任务输出模块由四个独立的多层感知机组成，每个任务具有不同的全连接权重参数，对不同的任务分别训练回归器，并行输出的挥发分、全硫和发热量测定值。
2. 图A.1 基于U-Net架构的深度学习模型示意图
3. 
4. 模型参数设置：初始学习率设置为0.001，并采用ReduceLROnPlateau学习率衰减策略，使用剩余20%样本的损失值动态调整学习率。每步训练输入至网络中的批量大小设置为32，最大迭代轮数设置为100。

**A1.2.2校正模型的验证**

1. 利用建立的模型对验证集的煤质指标进行预测，并与参考值进行比较，结果见表A.2、A.3、A.4。通过对表A.2至表A.4的数据进行统计分析，绘制参考值-近红外预测值散点图，越接近X=Y的参考线，预测效果越好，见图A.2。计算模型预测值标准偏差（SEP）与决定系数（），见表A.5，确保结果满足标准的要求。随机选择一个试验样本，进行重复性实验和再现性实验。采用模型重复测定5次，再第二天重复测定5次，挥发分测定结果见表A.6。结果表明，该模型重复性和再现性均符合参考检测标准的要求。
2. 表A.2 验证集煤样挥发分（空干基）参考值、预测值、残差和偏差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品序号 | 参考值/% | 预测值/% | 残差/% | 偏差(绝对值)/% |
| 1 | 32.68 | 30.978394 | -1.701606 | 1.701606 |
| 2 | 34.30 | 34.038940 | -0.261060 | 0.261060 |
| 3 | 30.29 | 30.063505 | -0.226495 | 0.226495 |
| 4 | 30.56 | 30.761477 | 0.201477 | 0.201477 |
| 5 | 30.05 | 29.794245 | -0.255755 | 0.255755 |
| 6 | 30.38 | 29.193874 | -1.186126 | 1.186126 |
| 7 | 30.15 | 29.437534 | -0.712466 | 0.712466 |
| 8 | 31.14 | 31.104162 | -0.035838 | 0.035838 |
| 9 | 26.92 | 27.539072 | 0.619072 | 0.619072 |
| 10 | 29.75 | 30.977514 | 1.227514 | 1.227514 |
| 11 | 36.39 | 34.895798 | -1.494202 | 1.494202 |
| 12 | 29.38 | 30.474281 | 1.094281 | 1.094281 |
| 13 | 31.84 | 31.684044 | -0.155956 | 0.155956 |
| 14 | 33.77 | 32.035652 | -1.734348 | 1.734348 |
| 15 | 33.79 | 33.087364 | -0.702636 | 0.702636 |
| 16 | 32.82 | 31.653482 | -1.166518 | 1.166518 |
| 17 | 34.41 | 33.548350 | -0.861650 | 0.861650 |
| 18 | 34.17 | 34.301304 | 0.131304 | 0.131304 |
| 19 | 33.69 | 34.506700 | 0.816700 | 0.816700 |
| 20 | 33.09 | 33.676643 | 0.586643 | 0.586643 |
| 21 | 29.47 | 30.213888 | 0.743888 | 0.743888 |
| 22 | 25.79 | 25.816341 | 0.026341 | 0.026341 |
| 23 | 36.63 | 36.149536 | -0.480464 | 0.480464 |
| 24 | 32.81 | 30.663982 | -2.146018 | 2.146018 |
| 25 | 34.15 | 31.334797 | -2.815203 | 2.815203 |
| 26 | 32.78 | 31.828083 | -0.951917 | 0.951917 |
| 27 | 32.56 | 32.043327 | -0.516673 | 0.516673 |
| 28 | 30.14 | 29.285227 | -0.854773 | 0.854773 |
| 29 | 29.81 | 28.435753 | -1.374247 | 1.374247 |
| 30 | 29.53 | 29.608143 | 0.078143 | 0.078143 |
| 31 | 27.31 | 29.961376 | 2.651376 | 2.651376 |
| 32 | 30.83 | 29.650814 | -1.179186 | 1.179186 |
| 33 | 29.31 | 28.492304 | -0.817696 | 0.817696 |
| 34 | 29.41 | 28.835825 | -0.574175 | 0.574175 |
| 35 | 29.69 | 30.757797 | 1.067797 | 1.067797 |
| 36 | 29.67 | 30.068651 | 0.398651 | 0.398651 |
| 37 | 29.36 | 29.451660 | 0.091660 | 0.091660 |
| 38 | 36.47 | 35.253680 | -1.216320 | 1.216320 |
| 39 | 29.46 | 30.460724 | 1.000724 | 1.000724 |
| 40 | 29.04 | 27.657210 | -1.382790 | 1.382790 |
| 41 | 30.83 | 28.857168 | -1.972832 | 1.972832 |
| 42 | 29.90 | 28.566597 | -1.333403 | 1.333403 |
| 43 | 27.39 | 26.718966 | -0.671034 | 0.671034 |
| 44 | 28.69 | 28.790684 | 0.100684 | 0.100684 |
| 45 | 30.07 | 30.525867 | 0.455867 | 0.455867 |
| 46 | 30.55 | 27.686253 | -2.863747 | 2.863747 |
| 47 | 31.11 | 29.267279 | -1.842721 | 1.842721 |
| 48 | 31.07 | 29.356943 | -1.713057 | 1.713057 |
| 49 | 28.65 | 29.476458 | 0.826458 | 0.826458 |
| 50 | 30.06 | 29.141825 | -0.918175 | 0.918175 |
| 51 | 36.32 | 34.481200 | -1.838800 | 1.838800 |
| 52 | 26.22 | 26.917788 | 0.697788 | 0.697788 |
| 53 | 30.57 | 30.686610 | 0.116610 | 0.116610 |
| 54 | 32.73 | 33.383106 | 0.653106 | 0.653106 |
| 55 | 26.54 | 25.621883 | -0.918117 | 0.918117 |
| 56 | 28.59 | 28.481630 | -0.108370 | 0.108370 |
| 57 | 29.53 | 29.726240 | 0.196240 | 0.196240 |
| 58 | 29.69 | 28.384396 | -1.305604 | 1.305604 |
| 59 | 29.67 | 30.705944 | 1.035944 | 1.035944 |
| 60 | 29.64 | 29.553932 | -0.086068 | 0.086068 |
| 61 | 29.63 | 29.123522 | -0.506478 | 0.506478 |
| 62 | 32.98 | 34.035150 | 1.055150 | 1.055150 |
| 63 | 34.14 | 32.957830 | -1.182170 | 1.182170 |
| 64 | 33.54 | 35.273434 | 1.733434 | 1.733434 |
| 65 | 18.60 | 18.281301 | -0.318699 | 0.318699 |
| 66 | 29.89 | 28.503574 | -1.386426 | 1.386426 |
| 67 | 34.73 | 32.807182 | -1.922818 | 1.922818 |
| 68 | 31.86 | 31.049316 | -0.810684 | 0.810684 |
| 69 | 35.32 | 35.764572 | 0.444572 | 0.444572 |
| 70 | 29.80 | 29.961403 | 0.161403 | 0.161403 |
| 71 | 34.48 | 34.275383 | -0.204617 | 0.204617 |
| 72 | 33.26 | 32.122690 | -1.137310 | 1.137310 |
| 73 | 36.66 | 35.643627 | -1.016373 | 1.016373 |
| 74 | 31.81 | 31.677912 | -0.132088 | 0.132088 |
| 75 | 32.75 | 32.313366 | -0.436634 | 0.436634 |
| 76 | 35.59 | 33.932667 | -1.657333 | 1.657333 |
| 77 | 33.02 | 34.481003 | 1.461003 | 1.461003 |
| 78 | 33.28 | 33.142130 | -0.137870 | 0.137870 |
| 79 | 30.58 | 30.797087 | 0.217087 | 0.217087 |
| 80 | 31.06 | 31.298782 | 0.238782 | 0.238782 |
| 81 | 32.14 | 32.746720 | 0.606720 | 0.606720 |
| 82 | 33.21 | 34.286568 | 1.076568 | 1.076568 |
| 83 | 33.20 | 32.847000 | -0.353000 | 0.353000 |
| 84 | 29.51 | 28.819560 | -0.690440 | 0.690440 |
| 85 | 36.24 | 35.940914 | -0.299086 | 0.299086 |
| 86 | 29.91 | 30.456470 | 0.546470 | 0.546470 |
| 87 | 33.42 | 32.726482 | -0.693518 | 0.693518 |
| 88 | 36.52 | 36.048890 | -0.471110 | 0.471110 |
| 89 | 34.32 | 32.882584 | -1.437416 | 1.437416 |
| 90 | 30.90 | 30.877224 | -0.022776 | 0.022776 |
| 91 | 31.14 | 33.136300 | 1.996300 | 1.996300 |
| 92 | 31.90 | 31.213840 | -0.686160 | 0.686160 |
| 93 | 31.93 | 31.723526 | -0.206474 | 0.206474 |
| 94 | 33.43 | 33.987190 | 0.557190 | 0.557190 |
| 95 | 31.11 | 32.189450 | 1.079450 | 1.079450 |
| 96 | 28.54 | 27.705816 | -0.834184 | 0.834184 |
| 97 | 25.38 | 25.650070 | 0.270070 | 0.270070 |
| 98 | 29.18 | 28.746025 | -0.433975 | 0.433975 |
| 99 | 30.27 | 29.856420 | -0.413580 | 0.413580 |
| 100 | 30.89 | 29.359526 | -1.530474 | 1.530474 |
| 101 | 30.78 | 29.463799 | -1.316201 | 1.316201 |
| 102 | 32.64 | 31.857712 | -0.782288 | 0.782288 |
| 103 | 29.41 | 29.957525 | 0.547525 | 0.547525 |
| 104 | 29.94 | 29.817580 | -0.122420 | 0.122420 |
| 105 | 28.70 | 28.516039 | -0.183961 | 0.183961 |
| 106 | 33.80 | 33.404985 | -0.395015 | 0.395015 |
| 107 | 27.82 | 26.629505 | -1.190495 | 1.190495 |
| 108 | 29.13 | 29.408506 | 0.278506 | 0.278506 |
| 109 | 31.27 | 32.047500 | 0.777500 | 0.777500 |
| 110 | 26.60 | 26.605720 | 0.005720 | 0.005720 |
| 111 | 32.01 | 30.826956 | -1.183044 | 1.183044 |
| 112 | 28.80 | 30.713188 | 1.913188 | 1.913188 |
| 113 | 33.01 | 32.607037 | -0.402963 | 0.402963 |
| 114 | 32.95 | 31.951355 | -0.998645 | 0.998645 |
| 115 | 32.13 | 31.391258 | -0.738742 | 0.738742 |
| 116 | 30.50 | 28.710249 | -1.789751 | 1.789751 |
| 117 | 29.83 | 29.124077 | -0.705923 | 0.705923 |
| 118 | 27.18 | 26.591085 | -0.588915 | 0.588915 |
| 119 | 34.33 | 34.491062 | 0.161062 | 0.161062 |
| 120 | 34.23 | 33.517754 | -0.712246 | 0.712246 |
| 121 | 32.22 | 32.165936 | -0.054064 | 0.054064 |
| 122 | 31.15 | 30.663906 | -0.486094 | 0.486094 |
| 123 | 32.64 | 31.784693 | -0.855307 | 0.855307 |
| 124 | 32.79 | 32.006542 | -0.783458 | 0.783458 |
| 125 | 31.05 | 29.885311 | -1.164689 | 1.164689 |
| 126 | 34.32 | 32.536488 | -1.783512 | 1.783512 |
| 127 | 33.94 | 34.066030 | 0.126030 | 0.126030 |
| 128 | 32.17 | 31.931576 | -0.238424 | 0.238424 |
| 129 | 30.41 | 29.813316 | -0.596684 | 0.596684 |
| 130 | 31.26 | 30.623080 | -0.636920 | 0.636920 |
| 131 | 28.65 | 29.248486 | 0.598486 | 0.598486 |
| 132 | 29.02 | 28.873936 | -0.146064 | 0.146064 |
| 133 | 28.91 | 29.380766 | 0.470766 | 0.470766 |
| 134 | 29.17 | 28.527779 | -0.642221 | 0.642221 |

1. 表A.3 验证集煤样发热量（空干基高位）参考值、预测值、残差和偏差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品序号 | 参考值/MJ/kg | 预测值/MJ/kg | 残差/MJ/kg | 偏差(绝对值)/MJ/kg |
| 1 | 27.40 | 26.031488 | -1.370512 | 1.370512 |
| 2 | 27.16 | 26.518932 | -0.639068 | 0.639068 |
| 3 | 23.54 | 22.843640 | -0.700360 | 0.700360 |
| 4 | 24.96 | 23.750593 | -1.207407 | 1.207407 |
| 5 | 23.50 | 24.266258 | 0.764258 | 0.764258 |
| 6 | 22.90 | 23.327538 | 0.425538 | 0.425538 |
| 7 | 22.26 | 22.187020 | -0.070980 | 0.070980 |
| 8 | 26.62 | 25.950043 | -0.665957 | 0.665957 |
| 9 | 19.55 | 20.266460 | 0.718460 | 0.718460 |
| 10 | 24.24 | 24.199892 | -0.036108 | 0.036108 |
| 11 | 29.57 | 29.518910 | -0.052090 | 0.052090 |
| 12 | 21.76 | 23.699942 | 1.943942 | 1.943942 |
| 13 | 21.90 | 23.181332 | 1.279332 | 1.279332 |
| 14 | 24.73 | 22.854103 | -1.875897 | 1.875897 |
| 15 | 26.89 | 25.891590 | -1.002410 | 1.002410 |
| 16 | 26.75 | 26.534609 | -0.219391 | 0.219391 |
| 17 | 26.77 | 26.361130 | -0.408870 | 0.408870 |
| 18 | 26.77 | 26.713383 | -0.054617 | 0.054617 |
| 19 | 26.44 | 27.745012 | 1.305012 | 1.305012 |
| 20 | 27.74 | 27.378670 | -0.364330 | 0.364330 |
| 21 | 21.77 | 23.707254 | 1.935254 | 1.935254 |
| 22 | 20.67 | 20.698196 | 0.026196 | 0.026196 |
| 23 | 29.14 | 29.589598 | 0.448598 | 0.448598 |
| 24 | 26.82 | 26.785484 | -0.034516 | 0.034516 |
| 25 | 25.35 | 23.766388 | -1.582612 | 1.582612 |
| 26 | 26.25 | 25.219448 | -1.026552 | 1.026552 |
| 27 | 26.10 | 25.582413 | -0.515587 | 0.515587 |
| 28 | 22.90 | 22.927038 | 0.032038 | 0.032038 |
| 29 | 23.03 | 22.163025 | -0.865975 | 0.865975 |
| 30 | 21.83 | 21.586880 | -0.246120 | 0.246120 |
| 31 | 21.12 | 22.813980 | 1.693980 | 1.693980 |
| 32 | 23.35 | 22.482645 | -0.865355 | 0.865355 |
| 33 | 21.99 | 22.260365 | 0.271365 | 0.271365 |
| 34 | 21.68 | 22.660520 | 0.982520 | 0.982520 |
| 35 | 23.33 | 23.755566 | 0.427566 | 0.427566 |
| 36 | 23.32 | 22.749784 | -0.565216 | 0.565216 |
| 37 | 21.54 | 21.293575 | -0.248425 | 0.248425 |
| 38 | 28.99 | 28.251245 | -0.733755 | 0.733755 |
| 39 | 22.14 | 23.197655 | 1.057655 | 1.057655 |
| 40 | 22.14 | 21.130638 | -1.006362 | 1.006362 |
| 41 | 23.22 | 23.063244 | -0.152756 | 0.152756 |
| 42 | 23.32 | 22.236134 | -1.078866 | 1.078866 |
| 43 | 20.62 | 20.667812 | 0.051812 | 0.051812 |
| 44 | 23.69 | 22.345543 | -1.340457 | 1.340457 |
| 45 | 21.89 | 22.836708 | 0.942708 | 0.942708 |
| 46 | 23.72 | 22.112371 | -1.607629 | 1.607629 |
| 47 | 23.92 | 21.768703 | -2.152297 | 2.152297 |
| 48 | 23.84 | 22.320736 | -1.517264 | 1.517264 |
| 49 | 23.70 | 23.110905 | -0.589095 | 0.589095 |
| 50 | 23.20 | 22.501350 | -0.699650 | 0.699650 |
| 51 | 29.03 | 27.058022 | -1.966978 | 1.966978 |
| 52 | 17.36 | 19.797092 | 2.433092 | 2.433092 |
| 53 | 23.38 | 23.350613 | -0.029387 | 0.029387 |
| 54 | 21.74 | 21.388330 | -0.355670 | 0.355670 |
| 55 | 17.53 | 18.868635 | 1.334635 | 1.334635 |
| 56 | 23.68 | 21.940456 | -1.742544 | 1.742544 |
| 57 | 22.76 | 22.380348 | -0.383652 | 0.383652 |
| 58 | 23.00 | 21.429680 | -1.570320 | 1.570320 |
| 59 | 22.96 | 23.595880 | 0.632880 | 0.632880 |
| 60 | 22.78 | 23.053082 | 0.271082 | 0.271082 |
| 61 | 22.73 | 22.792051 | 0.066051 | 0.066051 |
| 62 | 26.82 | 25.904812 | -0.913188 | 0.913188 |
| 63 | 25.70 | 23.785938 | -1.916062 | 1.916062 |
| 64 | 32.69 | 32.208088 | -0.485912 | 0.485912 |
| 65 | 17.93 | 18.135330 | 0.204330 | 0.204330 |
| 66 | 23.43 | 22.298615 | -1.135385 | 1.135385 |
| 67 | 26.48 | 24.165363 | -2.316637 | 2.316637 |
| 68 | 24.68 | 23.957932 | -0.724068 | 0.724068 |
| 69 | 27.66 | 27.670067 | 0.014067 | 0.014067 |
| 70 | 21.84 | 23.052220 | 1.210220 | 1.210220 |
| 71 | 27.73 | 27.728520 | 0.000520 | 0.000520 |
| 72 | 27.90 | 26.987670 | -0.912330 | 0.912330 |
| 73 | 27.68 | 26.365400 | -1.318600 | 1.318600 |
| 74 | 25.55 | 25.478174 | -0.073826 | 0.073826 |
| 75 | 26.98 | 24.985328 | -1.994672 | 1.994672 |
| 76 | 25.99 | 26.192764 | 0.204764 | 0.204764 |
| 77 | 27.21 | 27.810707 | 0.596707 | 0.596707 |
| 78 | 26.13 | 26.321428 | 0.195428 | 0.195428 |
| 79 | 23.43 | 24.122055 | 0.694055 | 0.694055 |
| 80 | 24.19 | 23.430397 | -0.758603 | 0.758603 |
| 81 | 25.06 | 24.830132 | -0.231868 | 0.231868 |
| 82 | 27.04 | 27.342243 | 0.303243 | 0.303243 |
| 83 | 27.18 | 25.560230 | -1.615770 | 1.615770 |
| 84 | 22.23 | 21.637966 | -0.594034 | 0.594034 |
| 85 | 28.66 | 27.032494 | -1.628506 | 1.628506 |
| 86 | 22.44 | 23.858028 | 1.414028 | 1.414028 |
| 87 | 27.86 | 26.647577 | -1.216423 | 1.216423 |
| 88 | 29.15 | 27.693672 | -1.453328 | 1.453328 |
| 89 | 27.78 | 25.534733 | -2.241267 | 2.241267 |
| 90 | 23.65 | 23.629261 | -0.016739 | 0.016739 |
| 91 | 24.54 | 25.337683 | 0.799683 | 0.799683 |
| 92 | 24.90 | 23.433450 | -1.468550 | 1.468550 |
| 93 | 26.35 | 24.206701 | -2.147299 | 2.147299 |
| 94 | 26.24 | 25.862880 | -0.378120 | 0.378120 |
| 95 | 22.56 | 23.437126 | 0.875126 | 0.875126 |
| 96 | 23.78 | 21.701620 | -2.073380 | 2.073380 |
| 97 | 21.68 | 21.187662 | -0.490338 | 0.490338 |
| 98 | 23.49 | 22.446285 | -1.045715 | 1.045715 |
| 99 | 22.91 | 22.721418 | -0.184582 | 0.184582 |
| 100 | 23.54 | 22.462305 | -1.073695 | 1.073695 |
| 101 | 23.63 | 22.905040 | -0.722960 | 0.722960 |
| 102 | 26.77 | 26.271600 | -0.502400 | 0.502400 |
| 103 | 23.75 | 23.565670 | -0.184330 | 0.184330 |
| 104 | 22.72 | 21.862064 | -0.855936 | 0.855936 |
| 105 | 21.38 | 20.592464 | -0.783536 | 0.783536 |
| 106 | 26.34 | 26.881830 | 0.537830 | 0.537830 |
| 107 | 22.65 | 20.907297 | -1.742703 | 1.742703 |
| 108 | 23.28 | 22.984924 | -0.291076 | 0.291076 |
| 109 | 23.16 | 24.606910 | 1.448910 | 1.448910 |
| 110 | 20.61 | 20.445213 | -0.168787 | 0.168787 |
| 111 | 24.30 | 23.724041 | -0.579959 | 0.579959 |
| 112 | 23.71 | 23.580706 | -0.133294 | 0.133294 |
| 113 | 25.49 | 24.006868 | -1.479132 | 1.479132 |
| 114 | 27.46 | 24.846434 | -2.613566 | 2.613566 |
| 115 | 26.25 | 25.049469 | -1.199531 | 1.199531 |
| 116 | 23.56 | 23.352484 | -0.207516 | 0.207516 |
| 117 | 22.84 | 21.871580 | -0.970420 | 0.970420 |
| 118 | 20.84 | 21.089397 | 0.249397 | 0.249397 |
| 119 | 27.71 | 27.060799 | -0.649201 | 0.649201 |
| 120 | 26.22 | 25.240871 | -0.975129 | 0.975129 |
| 121 | 25.80 | 25.234795 | -0.568205 | 0.568205 |
| 122 | 23.68 | 21.795258 | -1.885742 | 1.885742 |
| 123 | 27.45 | 26.233892 | -1.212108 | 1.212108 |
| 124 | 27.38 | 26.723760 | -0.656240 | 0.656240 |
| 125 | 23.68 | 23.083895 | -0.595105 | 0.595105 |
| 126 | 27.24 | 26.581583 | -0.659417 | 0.659417 |
| 127 | 25.69 | 24.711960 | -0.974040 | 0.974040 |
| 128 | 25.73 | 25.486572 | -0.245428 | 0.245428 |
| 129 | 23.21 | 23.126125 | -0.087875 | 0.087875 |
| 130 | 24.18 | 22.075542 | -2.104458 | 2.104458 |
| 131 | 22.77 | 23.026506 | 0.258506 | 0.258506 |
| 132 | 22.88 | 22.657120 | -0.218880 | 0.218880 |
| 133 | 23.02 | 23.160782 | 0.139782 | 0.139782 |
| 134 | 23.11 | 22.812881 | -0.296119 | 0.296119 |

1. 表A.4验证集煤样全硫（空干基）参考值、预测值、残差和偏差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品序号 | 参考值/% | 预测值/% | 残差/% | 偏差(绝对值)/% |
| 1 | 1.18 | 1.313430 | 0.133430 | 0.133430 |
| 2 | 3.43 | 4.293912 | 0.863912 | 0.863912 |
| 3 | 1.51 | 1.865338 | 0.355338 | 0.355338 |
| 4 | 0.52 | 0.794912 | 0.274912 | 0.274912 |
| 5 | 2.32 | 2.927909 | 0.607909 | 0.607909 |
| 6 | 1.49 | 1.084369 | -0.405631 | 0.405631 |
| 7 | 2.25 | 2.499346 | 0.249346 | 0.249346 |
| 8 | 1.58 | 1.592035 | 0.012035 | 0.012035 |
| 9 | 2.80 | 2.076293 | -0.723707 | 0.723707 |
| 10 | 0.95 | 0.975286 | 0.025286 | 0.025286 |
| 11 | 1.43 | 1.370143 | -0.059857 | 0.059857 |
| 12 | 3.33 | 2.529656 | -0.800344 | 0.800344 |
| 13 | 1.52 | 1.601982 | 0.081982 | 0.081982 |
| 14 | 0.47 | 0.266300 | -0.203700 | 0.203700 |
| 15 | 0.49 | 0.279675 | -0.210325 | 0.210325 |
| 16 | 3.38 | 3.516306 | 0.136306 | 0.136306 |
| 17 | 0.80 | 1.028723 | 0.228723 | 0.228723 |
| 18 | 1.65 | 1.535367 | -0.114633 | 0.114633 |
| 19 | 0.49 | 0.681374 | 0.191374 | 0.191374 |
| 20 | 0.69 | 0.434207 | -0.255793 | 0.255793 |
| 21 | 3.03 | 3.140652 | 0.110652 | 0.110652 |
| 22 | 1.49 | 1.953405 | 0.463405 | 0.463405 |
| 23 | 2.49 | 2.200467 | -0.289533 | 0.289533 |
| 24 | 0.28 | 0.046643 | -0.233357 | 0.233357 |
| 25 | 0.98 | 1.137159 | 0.157159 | 0.157159 |
| 26 | 0.49 | 0.599134 | 0.109134 | 0.109134 |
| 27 | 1.27 | 1.044242 | -0.225758 | 0.225758 |
| 28 | 0.28 | 0.489230 | 0.209230 | 0.209230 |
| 29 | 3.14 | 2.933155 | -0.206845 | 0.206845 |
| 30 | 2.50 | 2.526455 | 0.026455 | 0.026455 |
| 31 | 0.54 | 0.757645 | 0.217645 | 0.217645 |
| 32 | 2.70 | 2.589047 | -0.110953 | 0.110953 |
| 33 | 1.03 | 0.864243 | -0.165757 | 0.165757 |
| 34 | 3.24 | 3.363381 | 0.123381 | 0.123381 |
| 35 | 2.79 | 2.903373 | 0.113373 | 0.113373 |
| 36 | 1.65 | 1.625455 | -0.024545 | 0.024545 |
| 37 | 1.88 | 2.355818 | 0.475818 | 0.475818 |
| 38 | 2.61 | 2.335459 | -0.274541 | 0.274541 |
| 39 | 1.53 | 1.681262 | 0.151262 | 0.151262 |
| 40 | 0.82 | 0.934527 | 0.114527 | 0.114527 |
| 41 | 0.88 | 0.834476 | -0.045524 | 0.045524 |
| 42 | 3.22 | 3.191955 | -0.028045 | 0.028045 |
| 43 | 2.97 | 3.212009 | 0.242009 | 0.242009 |
| 44 | 1.99 | 2.261637 | 0.271637 | 0.271637 |
| 45 | 3.12 | 3.062032 | -0.057968 | 0.057968 |
| 46 | 2.98 | 3.172982 | 0.192982 | 0.192982 |
| 47 | 3.19 | 3.144784 | -0.045216 | 0.045216 |
| 48 | 1.04 | 1.203999 | 0.163999 | 0.163999 |
| 49 | 1.19 | 1.261825 | 0.071825 | 0.071825 |
| 50 | 0.41 | 0.137169 | -0.272831 | 0.272831 |
| 51 | 3.18 | 3.162915 | -0.017085 | 0.017085 |
| 52 | 2.18 | 2.400759 | 0.220759 | 0.220759 |
| 53 | 1.69 | 1.974949 | 0.284949 | 0.284949 |
| 54 | 2.36 | 2.160118 | -0.199882 | 0.199882 |
| 55 | 2.13 | 2.264845 | 0.134845 | 0.134845 |
| 56 | 1.62 | 1.436924 | -0.183076 | 0.183076 |
| 57 | 2.30 | 2.436812 | 0.136812 | 0.136812 |
| 58 | 3.10 | 3.328587 | 0.228587 | 0.228587 |
| 59 | 1.46 | 1.374601 | -0.085399 | 0.085399 |
| 60 | 3.40 | 3.235033 | -0.164967 | 0.164967 |
| 61 | 2.75 | 2.890972 | 0.140972 | 0.140972 |
| 62 | 2.70 | 2.731332 | 0.031332 | 0.031332 |
| 63 | 1.73 | 1.620987 | -0.109013 | 0.109013 |
| 64 | 0.41 | 0.700746 | 0.290746 | 0.290746 |
| 65 | 2.50 | 2.301682 | -0.198318 | 0.198318 |
| 66 | 1.83 | 2.120478 | 0.290478 | 0.290478 |
| 67 | 1.78 | 1.870000 | 0.090000 | 0.090000 |
| 68 | 2.77 | 2.705034 | -0.064966 | 0.064966 |
| 69 | 1.95 | 1.774971 | -0.175029 | 0.175029 |
| 70 | 2.58 | 2.672365 | 0.092365 | 0.092365 |
| 71 | 2.09 | 2.153634 | 0.063634 | 0.063634 |
| 72 | 1.44 | 1.386690 | -0.053310 | 0.053310 |
| 73 | 1.79 | 1.791193 | 0.001193 | 0.001193 |
| 74 | 1.73 | 1.626514 | -0.103486 | 0.103486 |
| 75 | 0.35 | 0.444818 | 0.094818 | 0.094818 |
| 76 | 3.23 | 3.416440 | 0.186440 | 0.186440 |
| 77 | 1.26 | 0.963292 | -0.296708 | 0.296708 |
| 78 | 2.52 | 2.257662 | -0.262338 | 0.262338 |
| 79 | 2.93 | 3.097027 | 0.167027 | 0.167027 |
| 80 | 1.13 | 1.250865 | 0.120865 | 0.120865 |
| 81 | 3.17 | 3.138141 | -0.031859 | 0.031859 |
| 82 | 0.91 | 1.079978 | 0.169978 | 0.169978 |
| 83 | 2.92 | 2.797353 | -0.122647 | 0.122647 |
| 84 | 0.93 | 1.105675 | 0.175675 | 0.175675 |
| 85 | 2.96 | 3.177815 | 0.217815 | 0.217815 |
| 86 | 2.28 | 2.253638 | -0.026362 | 0.026362 |
| 87 | 0.44 | 0.217436 | -0.222564 | 0.222564 |
| 88 | 1.05 | 1.331545 | 0.281545 | 0.281545 |
| 89 | 2.45 | 2.527952 | 0.077952 | 0.077952 |
| 90 | 2.05 | 1.815226 | -0.234774 | 0.234774 |
| 91 | 0.80 | 0.949447 | 0.149447 | 0.149447 |
| 92 | 2.73 | 2.658382 | -0.071618 | 0.071618 |
| 93 | 0.25 | 0.437318 | 0.187318 | 0.187318 |
| 94 | 3.08 | 3.339174 | 0.259174 | 0.259174 |
| 95 | 2.03 | 1.897644 | -0.132356 | 0.132356 |
| 96 | 2.92 | 2.828250 | -0.091750 | 0.091750 |
| 97 | 0.95 | 0.979926 | 0.029926 | 0.029926 |
| 98 | 0.47 | 0.614688 | 0.144688 | 0.144688 |
| 99 | 2.62 | 2.350829 | -0.269171 | 0.269171 |
| 100 | 3.41 | 3.958198 | 0.548198 | 0.548198 |
| 101 | 2.24 | 2.122630 | -0.117370 | 0.117370 |
| 102 | 0.52 | 0.714188 | 0.194188 | 0.194188 |
| 103 | 1.47 | 1.999691 | 0.529691 | 0.529691 |
| 104 | 3.06 | 2.966359 | -0.093641 | 0.093641 |
| 105 | 2.62 | 2.603085 | -0.016915 | 0.016915 |
| 106 | 3.26 | 3.512581 | 0.252581 | 0.252581 |
| 107 | 2.45 | 2.685503 | 0.235503 | 0.235503 |
| 108 | 2.58 | 2.486443 | -0.093557 | 0.093557 |
| 109 | 0.48 | 0.750001 | 0.270001 | 0.270001 |
| 110 | 2.51 | 2.095229 | -0.414771 | 0.414771 |
| 111 | 1.83 | 1.860560 | 0.030560 | 0.030560 |
| 112 | 2.06 | 2.289939 | 0.229939 | 0.229939 |
| 113 | 0.35 | 0.297364 | -0.052636 | 0.052636 |
| 114 | 0.34 | 0.142694 | -0.197306 | 0.197306 |
| 115 | 0.89 | 0.928478 | 0.038478 | 0.038478 |
| 116 | 1.00 | 1.266249 | 0.266249 | 0.266249 |
| 117 | 1.78 | 1.534233 | -0.245767 | 0.245767 |
| 118 | 3.17 | 3.270889 | 0.100889 | 0.100889 |
| 119 | 2.26 | 2.755311 | 0.495311 | 0.495311 |
| 120 | 0.30 | 0.531234 | 0.231234 | 0.231234 |
| 121 | 2.25 | 2.409023 | 0.159023 | 0.159023 |
| 122 | 2.48 | 2.220651 | -0.259349 | 0.259349 |
| 123 | 0.81 | 0.557649 | -0.252351 | 0.252351 |
| 124 | 2.44 | 2.911138 | 0.471138 | 0.471138 |
| 125 | 0.41 | 0.534187 | 0.124187 | 0.124187 |
| 126 | 2.28 | 2.756535 | 0.476535 | 0.476535 |
| 127 | 1.29 | 1.263290 | -0.026710 | 0.026710 |
| 128 | 2.27 | 2.094571 | -0.175429 | 0.175429 |
| 129 | 3.22 | 3.360062 | 0.140062 | 0.140062 |
| 130 | 0.96 | 0.999800 | 0.039800 | 0.039800 |
| 131 | 3.43 | 3.963232 | 0.533232 | 0.533232 |
| 132 | 1.02 | 1.097496 | 0.077496 | 0.077496 |
| 133 | 0.94 | 0.565295 | -0.374705 | 0.374705 |
| 134 | 2.90 | 2.976723 | 0.076723 | 0.076723 |

1. 表A.5 校正模型性能指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 单位 | 覆盖范围 | SEP |  |
| 挥发分（） | % | 18.60～36.66 | 1.02 | 0.86 |
| 全硫（） | % | 0.25～3.43 | 0.25 | 0.93 |
| 发热量（） | MJ/kg | 17.36～32.69 | 1.07 | 0.82 |

1. 表A.6 校正模型的挥发分重复性极差和再现性极差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 第1天结果/% | 第2天结果/% |
| 第1次扫描 | 29.27 | 28.85 |
| 第2次扫描 | 28.97 | 28.86 |
| 第3次扫描 | 29.03 | 28.81 |
| 第4次扫描 | 29.24 | 28.57 |
| 第5次扫描 | 29.07 | 29.01 |
| 空气干燥基平均值 | 29.12 | 28.82 |
| Max | 29.27 | 29.01 |
| Min | 28.97 | 28.57 |
| 极差 | 0.40 | 0.44 |
| 重复性限 | 0.50 | 0.50 |
| 重复性判定 | 合格 | 合格 |
| 空气干燥基水分 | 4.32 | 4.78 |
| 干燥基 | 30.43 | 30.27 |
| 干燥基极差 | 0.16 | |
| 再现性临界差 | 1.00 | |
| 再现性判定 | 合格 | |

附录B 共同试验报告

为验证标准分析方法的重复性限和再现性限，中国检验认证集团河北有限公司、中国矿业大学和石家庄海关技术中心于2025年1月～3月根据标准方法，在重复性条件下进行3次独立测量，并按要求报出测定结果。

本次共同验证试验，共安排了不同挥发分、硫和发热量的煤炭样品各6个。共同验证试验的统计计算按GB/T 6379.2-2004（ISO 5725-2:1994）《测量方法与结果的准确度（正确度与精密度） 第2部分：确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法》推荐的统计方法进行。

**B.1实验设计思路**

**B.1.1试样选取**

经过课题组研究，将收集到的样品进行归类，逐一进行了分析，选取收集到国内外常见的不同挥发分、硫和发热量的煤炭样品各6个，进一步开展实验研究。

**B.1.2样品准备**

验证试验样品的指定值见表B-1：

表B-1 试验样品的指定值

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 挥发分/% | 序号 | 硫/% | 序号 | 发热量/% |
| 1 | 18.60 | 1 | 0.25 | 1 | 17.36 |
| 2 | 26．92 | 2 | 0.86 | 2 | 19.55 |
| 3 | 30.38 | 3 | 1.32 | 3 | 23.50 |
| 4 | 32.68 | 4 | 1.74 | 4 | 25.99 |
| 5 | 34.15 | 5 | 2.22 | 5 | 28.66 |
| 6 | 36.47 | 6 | 3.45 | 6 | 31.42 |

表B-2 近红外光谱法分析项目

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 单位 |
| 1 | 挥发分 | % |
| 2 | 硫 | % |
| 3 | 发热量 | MJ/kg |

扫描波长范围：12900cm-1~4000cm-1，按选择的波长范围进行设定。

扫描平均次数：5次。

**B.2 验证试验**

**B.2.1验证试验原始记录**

验证试验原始数据见表B-3。

表B-3 验证试验原始记录

| 检测  项目 | 实验室i | 水平j  Al-2  Al-3  Al-4  AL-5  Al-6 | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 挥发分/% | 1 | 18.391 | 27.106 | 29.967 | 32.455 | 34.918 | 36.364 |
| 18.371 | 27.324 | 30.487 | 32.593 | 33.758 | 35.897 |
| 18.557 | 26.880 | 30.874 | 33.336 | 34.184 | 36.530 |
| 2 | 18.464 | 27.136 | 30.099 | 32.143 | 34.962 | 36.245 |
| 18.309 | 27.386 | 29.967 | 32.980 | 35.053 | 37.167 |
| 18.498 | 26.450 | 29.949 | 32.163 | 33.631 | 37.474 |
| 3 | 18.350 | 26.630 | 30.991 | 32.807 | 34.856 | 36.347 |
| 18.755 | 27.263 | 30.520 | 33.257 | 34.546 | 37.138 |
| 18.770 | 27.089 | 31.058 | 32.098 | 34.502 | 37.295 |
| 4 | 18.878 | 27.331 | 29.750 | 33.171 | 33.879 | 36.085 |
| 18.853 | 26.934 | 31.034 | 32.553 | 34.392 | 35.693 |
| 18.510 | 26.755 | 29.906 | 32.334 | 34.300 | 36.941 |
| 5 | 18.697 | 26.687 | 30.193 | 32.486 | 35.137 | 36.436 |
| 18.504 | 26.878 | 30.969 | 33.446 | 34.336 | 37.026 |
| 18.825 | 27.181 | 30.732 | 32.951 | 33.530 | 37.404 |
| 6 | 18.595 | 26.846 | 30.619 | 32.888 | 35.094 | 37.496 |
| 18.792 | 27.397 | 30.959 | 32.171 | 34.527 | 36.086 |
| 18.372 | 26.891 | 30.225 | 32.650 | 35.177 | 36.468 |
| 7 | 18.539 | 26.486 | 29.831 | 32.950 | 34.410 | 37.564 |
| 18.741 | 27.332 | 30.440 | 32.518 | 34.987 | 36.477 |
| 18.834 | 26.820 | 30.795 | 32.780 | 34.140 | 36.083 |
| 8 | 18.535 | 26.491 | 30.426 | 32.324 | 35.006 | 37.571 |
| 18.830 | 27.359 | 30.034 | 33.579 | 34.815 | 37.241 |
| 18.666 | 27.236 | 30.787 | 32.236 | 34.013 | 36.247 |
| 硫/% | 1 | 0.253 | 0.896 | 1.350 | 1.793 | 2.218 | 3.560 |
| 0.251 | 0.891 | 1.324 | 1.812 | 2.264 | 3.448 |
| 0.253 | 0.843 | 1.274 | 1.731 | 2.234 | 3.368 |
| 2 | 0.243 | 0.833 | 1.295 | 1.734 | 2.226 | 3.464 |
| 0.246 | 0.867 | 1.356 | 1.699 | 2.203 | 3.509 |
| 0.248 | 0.854 | 1.284 | 1.784 | 2.156 | 3.454 |
| 3 | 0.259 | 0.886 | 1.332 | 1.772 | 2.302 | 3.445 |
| 0.255 | 0.894 | 1.300 | 1.741 | 2.190 | 3.501 |
| 0.243 | 0.867 | 1.362 | 1.699 | 2.286 | 3.342 |
| 4 | 0.259 | 0.885 | 1.329 | 1.733 | 2.158 | 3.384 |
| 0.262 | 0.835 | 1.353 | 1.801 | 2.199 | 3.492 |
| 0.265 | 0.858 | 1.331 | 1.751 | 2.271 | 3.554 |
| 5 | 0.240 | 0.893 | 1.362 | 1.735 | 2.305 | 3.447 |
| 0.258 | 0.849 | 1.276 | 1.722 | 2.209 | 3.389 |
| 0.246 | 0.834 | 1.369 | 1.695 | 2.235 | 3.560 |
| 6 | 0.253 | 0.866 | 1.294 | 1.686 | 2.264 | 3.514 |
| 0.254 | 0.858 | 1.345 | 1.769 | 2.221 | 3.471 |
| 0.258 | 0.871 | 1.338 | 1.709 | 2.141 | 3.423 |
| 7 | 0.244 | 0.865 | 1.341 | 1.744 | 2.229 | 3.381 |
| 0.260 | 0.847 | 1.285 | 1.758 | 2.189 | 3.514 |
| 0.252 | 0.850 | 1.274 | 1.689 | 2.233 | 3.354 |
| 8 | 0.245 | 0.856 | 1.306 | 1.816 | 2.294 | 3.394 |
| 0.255 | 0.841 | 1.338 | 1.763 | 2.196 | 3.419 |
| 0.265 | 0.887 | 1.355 | 1.712 | 2.276 | 3.547 |
| 发热量/ MJ/kg | 1 | 17.705 | 19.490 | 23.787 | 26.568 | 27.988 | 31.846 |
| 17.553 | 19.182 | 23.637 | 25.564 | 28.860 | 31.357 |
| 17.395 | 19.595 | 23.376 | 25.533 | 28.083 | 31.152 |
| 2 | 17.081 | 19.425 | 23.938 | 26.398 | 28.195 | 30.985 |
| 17.529 | 19.116 | 23.021 | 25.759 | 29.185 | 31.930 |
| 17.686 | 19.415 | 23.843 | 25.971 | 28.294 | 30.816 |
| 3 | 17.692 | 19.340 | 23.482 | 25.707 | 28.852 | 31.104 |
| 17.541 | 19.827 | 23.474 | 25.906 | 28.028 | 31.722 |
| 17.218 | 19.562 | 23.452 | 25.970 | 27.853 | 31.295 |
| 4 | 17.208 | 19.972 | 23.994 | 25.367 | 28.957 | 32.336 |
| 17.034 | 19.402 | 23.319 | 26.234 | 29.212 | 32.122 |
| 17.620 | 19.942 | 23.186 | 25.550 | 28.611 | 31.578 |
| 5 | 17.329 | 19.807 | 23.085 | 25.380 | 28.882 | 30.663 |
| 17.179 | 19.086 | 23.179 | 26.100 | 28.512 | 32.181 |
| 17.375 | 19.710 | 23.089 | 26.138 | 28.305 | 31.516 |
| 6 | 17.425 | 19.905 | 23.317 | 26.411 | 28.743 | 32.250 |
| 17.014 | 19.597 | 23.164 | 26.046 | 28.891 | 32.354 |
| 17.619 | 19.736 | 23.529 | 25.997 | 29.711 | 31.115 |
| 7 | 17.381 | 19.374 | 23.581 | 26.001 | 28.737 | 31.420 |
| 17.147 | 19.193 | 24.075 | 26.509 | 27.977 | 31.745 |
| 17.637 | 20.018 | 23.963 | 26.293 | 28.397 | 30.656 |
| 8 | 17.241 | 19.257 | 23.023 | 25.709 | 29.186 | 31.674 |
| 17.530 | 19.583 | 24.068 | 26.575 | 28.383 | 31.656 |
| 17.240 | 19.574 | 22.997 | 26.586 | 28.573 | 31.449 |

**B.2.2 一致性和离群值的检查**

**B.2.2.1 检验单元方差－柯克伦（Cochran）检查**

p=8，n＝3，柯克伦检验5％的临界值C=0.516。

按以下公式做统计量： 

统计数值见表B-4。

表B-4 柯克伦（Cochran）检查数据

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 | C | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 挥发分/% | 0.242 | 0.227 | 0.336 | 0.288 | 0.278 | 0.195 |
| 硫/% | 0.296 | 0.266 | 0.281 | 0.215 | 0.211 | 0.195 |
| 发热量/ MJ/kg | 0.212 | 0.294 | 0.388 | 0.281 | 0.188 | 0.273 |

8个实验室对6个水平的测定结果的检验统计量均小于5％的临界（0.516），没有岐离值和离群值。

**B.2.2.2检验单元平均值－格拉布斯(Grubbs)检验**

计算格拉布斯(Grubbs)统计量，其中xi 为测定的最大值或最小值，为一组数据的平均值。S为一组数据的标准差。格拉布斯(Grubbs)统计量见表B-5。

当 p=8时，格拉布斯(Grubbs)检验5％的临界值为2.126, 1％的临界值为2.274。

表B-5 格拉布斯(Grubbs)检验统计量

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 挥发分/% | 最大观测值Gp | 1.143 | 1.523 | 1.587 | 1.651 | 1.808 | 0.957 |
| 最小观测值G1 | 1.548 | 1.632 | 1.675 | 1.755 | 1.342 | 1.533 |
| 硫/% | 最大观测值Gp | 1.840 | 1.737 | 1.039 | 1.592 | 1.230 | 0.955 |
| 最小观测值G1 | 1.484 | 1.134 | 1.774 | 1.195 | 1.382 | 1.787 |
| 发热量/ MJ/kg | 最大观测值Gp | 1.727 | 1.472 | 1.748 | 1.330 | 1.687 | 1.672 |
| 最小观测值G1 | 1.112 | 1.481 | 1.632 | 1.404 | 1.169 | 1.040 |

由以上可以得出，结果经格拉布斯检验，均没有异常值，证明该标准方法适用于该方法的测定。

**B.2.3 验证试验统计数据计算**

p=8，实验重复次数相同，n=3，计算6个水平的挥发分、硫和发热量的*、Srj、r*值，统计见表B-6。

表B-6统计数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 挥发分/% |  | 18.61 | 27.00 | 30.44 | 32.70 | 34.51 | 36.72 |
|  | 0.0293 | 0.1295 | 0.1829 | 0.2448 | 0.2907 | 0.3769 |
| *r* | 0.4845 | 1.0177 | 1.2095 | 1.3993 | 1.5250 | 1.7365 |
| 硫/% |  | 0.25 | 0.86 | 1.32 | 1.74 | 2.23 | 3.46 |
|  | 0.00004 | 0.0005 | 0.0012 | 0.0016 | 0.0023 | 0.0060 |
| *r* | 0.0186 | 0.0600 | 0.0975 | 0.1117 | 0.1358 | 0.2188 |
| 发热量/ MJ/kg |  | 17.39 | 19.55 | 23.48 | 26.01 | 28.60 | 31.54 |
|  | 0.0582 | 0.0799 | 0.1203 | 0.1539 | 0.1975 | 0.2650 |
| *r* | 0.6824 | 0.7993 | 0.9808 | 1.1095 | 1.2571 | 1.4559 |

**B.2.4重复性限 *r、*再现性限*R***

**B.2.4.1重复性限*r***

利用表B-6中*r*与挥发分、硫和发热量含量之间关系，通过数据拟合线性曲线见图B-1～图B-3，估计出重复性限*r*和总平均值的函数关系，结果见表B-7。

图B-1 挥发分与*r*值的拟合曲线

图B-2 硫与*r*值的拟合曲线

图B-3 发热量与*r*值的拟合曲线

表B-7 重复性限和总平均值的函数关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 检测项目 | 重复性限r |
| 煤炭 | 挥发分/% | *r*=0.0676X-0.7988 |
| 硫/% | *r*=0.0609X+0.0069 |
| 发热量/ MJ/kg | *r*=0.0533X-0.2557 |

**B.2.4.2 再现性限*R***

**B.2.4.2.1 各煤炭样品水分数据**

表B-8各煤炭样品水分数据

| 检测  项目 | 实验室i | 水平j  Al-2  Al-3  Al-4  AL-5  Al-6 | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 挥发分/% | 1 | 2.06 | 2.44 | 3.58 | 3.92 | 4.63 | 6.84 |
| 2.06 | 2.44 | 3.58 | 3.92 | 4.63 | 6.84 |
| 2.06 | 2.44 | 3.58 | 3.92 | 4.63 | 6.84 |
| 2 | 2.03 | 2.41 | 3.54 | 3.88 | 4.57 | 6.80 |
| 2.03 | 2.41 | 3.54 | 3.88 | 4.57 | 6.80 |
| 2.03 | 2.41 | 3.54 | 3.88 | 4.57 | 6.80 |
| 3 | 2.08 | 2.47 | 3.62 | 3.95 | 4.66 | 6.88 |
| 2.08 | 2.47 | 3.62 | 3.95 | 4.66 | 6.88 |
| 2.08 | 2.47 | 3.62 | 3.95 | 4.66 | 6.88 |
| 4 | 2.05 | 2.44 | 3.59 | 3.90 | 4.60 | 6.85 |
| 2.05 | 2.44 | 3.59 | 3.90 | 4.60 | 6.85 |
| 2.05 | 2.44 | 3.59 | 3.90 | 4.60 | 6.85 |
| 5 | 2.00 | 2.37 | 3.50 | 3.84 | 4.57 | 6.77 |
| 2.00 | 2.37 | 3.50 | 3.84 | 4.57 | 6.77 |
| 2.00 | 2.37 | 3.50 | 3.84 | 4.57 | 6.77 |
| 6 | 2.13 | 2.50 | 3.64 | 3.97 | 4.68 | 6.89 |
| 2.13 | 2.50 | 3.64 | 3.97 | 4.68 | 6.89 |
| 2.13 | 2.50 | 3.64 | 3.97 | 4.68 | 6.89 |
| 7 | 2.15 | 2.51 | 4.04 | 3.99 | 4.67 | 6.90 |
| 2.15 | 2.51 | 4.04 | 3.99 | 4.67 | 6.90 |
| 2.15 | 2.51 | 4.04 | 3.99 | 4.67 | 6.90 |
| 8 | 2.01 | 2.42 | 3.55 | 3.89 | 4.58 | 6.79 |
| 2.01 | 2.42 | 3.55 | 3.89 | 4.58 | 6.79 |
| 2.01 | 2.42 | 3.55 | 3.89 | 4.58 | 6.79 |
| 硫/% | 1 | 4.60 | 3.32 | 1.78 | 0.70 | 2.10 | 1.28 |
| 4.60 | 3.32 | 1.78 | 0.70 | 2.10 | 1.28 |
| 4.60 | 3.32 | 1.78 | 0.70 | 2.10 | 1.28 |
| 2 | 4.65 | 3.36 | 1.88 | 0.75 | 2.14 | 1.34 |
| 4.65 | 3.36 | 1.88 | 0.75 | 2.14 | 1.34 |
| 4.65 | 3.36 | 1.88 | 0.75 | 2.14 | 1.34 |
| 3 | 4.61 | 3.31 | 1.78 | 0.71 | 2.12 | 1.30 |
| 4.61 | 3.31 | 1.78 | 0.71 | 2.12 | 1.30 |
| 4.61 | 3.31 | 1.78 | 0.71 | 2.12 | 1.30 |
| 4 | 4.54 | 3.26 | 1.72 | 0.65 | 2.05 | 1.23 |
| 4.54 | 3.26 | 1.72 | 0.65 | 2.05 | 1.23 |
| 4.54 | 3.26 | 1.72 | 0.65 | 2.05 | 1.23 |
| 5 | 4.50 | 3.22 | 1.70 | 0.63 | 2.05 | 1.22 |
| 4.50 | 3.22 | 1.70 | 0.63 | 2.05 | 1.22 |
| 4.50 | 3.22 | 1.70 | 0.63 | 2.05 | 1.22 |
| 6 | 4.63 | 3.34 | 1.80 | 0.72 | 2.13 | 1.29 |
| 4.63 | 3.34 | 1.80 | 0.72 | 2.13 | 1.29 |
| 4.63 | 3.34 | 1.80 | 0.72 | 2.13 | 1.29 |
| 7 | 4.60 | 3.31 | 1.76 | 0.70 | 2.11 | 1.31 |
| 4.60 | 3.31 | 1.76 | 0.70 | 2.11 | 1.31 |
| 4.60 | 3.31 | 1.76 | 0.70 | 2.11 | 1.31 |
| 8 | 4.52 | 3.24 | 1.69 | 0.61 | 2.03 | 1.21 |
| 4.52 | 3.24 | 1.69 | 0.61 | 2.03 | 1.21 |
| 4.52 | 3.24 | 1.69 | 0.61 | 2.03 | 1.21 |
| 发热量/ MJ/kg | 1 | 1.01 | 2.66 | 4.31 | 5.96 | 2.07 | 2.36 |
| 1.01 | 2.66 | 4.31 | 5.96 | 2.07 | 2.36 |
| 1.01 | 2.66 | 4.31 | 5.96 | 2.07 | 2.36 |
| 2 | 1.00 | 2.63 | 4.28 | 5.88 | 2.07 | 2.30 |
| 1.00 | 2.63 | 4.28 | 5.88 | 2.07 | 2.30 |
| 1.00 | 2.63 | 4.28 | 5.88 | 2.07 | 2.30 |
| 3 | 1.01 | 2.67 | 4.34 | 5.97 | 2.11 | 2.39 |
| 1.01 | 2.67 | 4.34 | 5.97 | 2.11 | 2.39 |
| 1.01 | 2.67 | 4.34 | 5.97 | 2.11 | 2.39 |
| 4 | 1.05 | 2.69 | 4.35 | 6.03 | 2.11 | 2.38 |
| 1.05 | 2.69 | 4.35 | 6.03 | 2.11 | 2.38 |
| 1.05 | 2.69 | 4.35 | 6.03 | 2.11 | 2.38 |
| 5 | 0.98 | 2.66 | 4.28 | 5.90 | 2.06 | 2.32 |
| 0.98 | 2.66 | 4.28 | 5.90 | 2.06 | 2.32 |
| 0.98 | 2.66 | 4.28 | 5.90 | 2.06 | 2.32 |
| 6 | 0.95 | 2.61 | 4.26 | 5.88 | 2.03 | 2.31 |
| 0.95 | 2.61 | 4.26 | 5.88 | 2.03 | 2.31 |
| 0.95 | 2.61 | 4.26 | 5.88 | 2.03 | 2.31 |
| 7 | 1.00 | 2.66 | 4.30 | 5.96 | 2.06 | 2.33 |
| 1.00 | 2.66 | 4.30 | 5.96 | 2.06 | 2.33 |
| 1.00 | 2.66 | 4.30 | 5.96 | 2.06 | 2.33 |
| 8 | 1.04 | 2.68 | 4.34 | 5.99 | 2.12 | 2.36 |
| 1.04 | 2.68 | 4.34 | 5.99 | 2.12 | 2.36 |
| 1.04 | 2.68 | 4.34 | 5.99 | 2.12 | 2.36 |

**B.2.4.2.2 各煤炭样品干基数据**

根据表B-8和表B-3数据，计算各检测项目的干基数据，统计见表B-9。

表B-9各煤炭样品干基数据

| 检测  项目 | 实验室i | 水平j  Al-2  Al-3  Al-4  AL-5  Al-6 | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 干基挥发分/% | 1 | 18.778 | 27.784 | 31.080 | 33.779 | 36.613 | 39.034 |
| 18.757 | 28.008 | 31.619 | 33.923 | 35.397 | 38.533 |
| 18.948 | 27.552 | 32.020 | 34.696 | 35.844 | 39.212 |
| 2 | 18.847 | 27.806 | 31.204 | 33.441 | 36.636 | 38.889 |
| 18.689 | 28.063 | 31.067 | 34.311 | 36.732 | 39.878 |
| 18.881 | 27.103 | 31.048 | 33.462 | 35.242 | 40.208 |
| 3 | 18.740 | 27.304 | 32.155 | 34.156 | 36.560 | 39.033 |
| 19.153 | 27.953 | 31.666 | 34.625 | 36.234 | 39.882 |
| 19.169 | 27.775 | 32.224 | 33.418 | 36.188 | 40.050 |
| 4 | 19.274 | 28.014 | 30.858 | 34.517 | 35.512 | 38.739 |
| 19.248 | 27.608 | 32.190 | 33.874 | 36.050 | 38.317 |
| 18.897 | 27.425 | 31.020 | 33.646 | 35.954 | 39.658 |
| 5 | 19.079 | 27.334 | 31.288 | 33.783 | 36.820 | 39.082 |
| 18.882 | 27.530 | 32.092 | 34.782 | 35.981 | 39.715 |
| 19.209 | 27.840 | 31.847 | 34.266 | 35.135 | 40.120 |
| 6 | 19.000 | 27.534 | 31.775 | 34.248 | 36.817 | 40.271 |
| 19.200 | 28.100 | 32.128 | 33.500 | 36.222 | 38.756 |
| 18.772 | 27.581 | 31.367 | 34.000 | 36.904 | 39.166 |
| 7 | 18.946 | 27.168 | 31.087 | 34.319 | 36.095 | 40.348 |
| 19.153 | 28.036 | 31.721 | 33.870 | 36.701 | 39.180 |
| 19.248 | 27.511 | 32.091 | 34.143 | 35.812 | 38.757 |
| 8 | 18.915 | 27.148 | 31.546 | 33.632 | 36.686 | 40.308 |
| 19.216 | 28.038 | 31.140 | 34.938 | 36.487 | 39.954 |
| 19.048 | 27.912 | 31.920 | 33.541 | 35.646 | 38.887 |
| 干基硫/% | 1 | 0.265 | 0.927 | 1.374 | 1.806 | 2.265 | 3.606 |
| 0.263 | 0.921 | 1.348 | 1.825 | 2.313 | 3.493 |
| 0.265 | 0.872 | 1.297 | 1.743 | 2.282 | 3.412 |
| 2 | 0.254 | 0.862 | 1.320 | 1.747 | 2.274 | 3.511 |
| 0.258 | 0.897 | 1.382 | 1.712 | 2.251 | 3.557 |
| 0.260 | 0.884 | 1.308 | 1.797 | 2.204 | 3.501 |
| 3 | 0.272 | 0.916 | 1.356 | 1.785 | 2.352 | 3.491 |
| 0.268 | 0.925 | 1.323 | 1.753 | 2.237 | 3.547 |
| 0.254 | 0.896 | 1.386 | 1.711 | 2.336 | 3.386 |
| 4 | 0.271 | 0.915 | 1.352 | 1.744 | 2.203 | 3.426 |
| 0.274 | 0.863 | 1.377 | 1.813 | 2.245 | 3.535 |
| 0.277 | 0.887 | 1.355 | 1.762 | 2.319 | 3.598 |
| 5 | 0.252 | 0.923 | 1.386 | 1.746 | 2.353 | 3.490 |
| 0.270 | 0.877 | 1.298 | 1.733 | 2.255 | 3.431 |
| 0.257 | 0.861 | 1.392 | 1.706 | 2.282 | 3.604 |
| 6 | 0.265 | 0.896 | 1.317 | 1.698 | 2.314 | 3.560 |
| 0.266 | 0.887 | 1.370 | 1.782 | 2.269 | 3.516 |
| 0.271 | 0.901 | 1.363 | 1.721 | 2.188 | 3.468 |
| 7 | 0.256 | 0.895 | 1.365 | 1.756 | 2.277 | 3.426 |
| 0.273 | 0.876 | 1.308 | 1.771 | 2.236 | 3.561 |
| 0.264 | 0.879 | 1.297 | 1.701 | 2.281 | 3.398 |
| 8 | 0.256 | 0.885 | 1.328 | 1.827 | 2.342 | 3.436 |
| 0.267 | 0.870 | 1.361 | 1.774 | 2.241 | 3.460 |
| 0.278 | 0.916 | 1.378 | 1.723 | 2.323 | 3.590 |
| 干基发热量/ MJ/kg | 1 | 17.885 | 20.023 | 24.858 | 28.251 | 28.580 | 32.616 |
| 17.732 | 19.706 | 24.702 | 27.184 | 29.470 | 32.115 |
| 17.573 | 20.130 | 24.429 | 27.152 | 28.677 | 31.905 |
| 2 | 17.254 | 19.950 | 25.009 | 28.047 | 28.791 | 31.715 |
| 17.706 | 19.632 | 24.051 | 27.369 | 29.802 | 32.682 |
| 17.865 | 19.940 | 24.909 | 27.594 | 28.892 | 31.542 |
| 3 | 17.872 | 19.871 | 24.547 | 27.339 | 29.473 | 31.865 |
| 17.720 | 20.371 | 24.538 | 27.550 | 28.632 | 32.499 |
| 17.393 | 20.099 | 24.516 | 27.619 | 28.453 | 32.061 |
| 4 | 17.391 | 20.524 | 25.086 | 26.995 | 29.581 | 33.124 |
| 17.215 | 19.939 | 24.379 | 27.917 | 29.842 | 32.905 |
| 17.807 | 20.493 | 24.241 | 27.190 | 29.227 | 32.348 |
| 5 | 17.501 | 20.348 | 24.118 | 26.972 | 29.489 | 31.392 |
| 17.349 | 19.608 | 24.216 | 27.737 | 29.111 | 32.946 |
| 17.546 | 20.249 | 24.121 | 27.776 | 28.901 | 32.265 |
| 6 | 17.592 | 20.438 | 24.354 | 28.061 | 29.339 | 33.013 |
| 17.177 | 20.122 | 24.195 | 27.673 | 29.490 | 33.120 |
| 17.788 | 20.265 | 24.576 | 27.621 | 30.327 | 31.851 |
| 7 | 17.556 | 19.904 | 24.641 | 27.649 | 29.342 | 32.169 |
| 17.320 | 19.717 | 25.157 | 28.189 | 28.565 | 32.502 |
| 17.815 | 20.565 | 25.040 | 27.959 | 28.994 | 31.387 |
| 8 | 17.423 | 19.788 | 24.067 | 27.347 | 29.818 | 32.440 |
| 17.715 | 20.122 | 25.160 | 28.269 | 28.997 | 32.421 |
| 17.421 | 20.113 | 24.041 | 28.280 | 29.191 | 32.209 |

**B.2.4.2.2统计数据计算**

计算6个水平的挥发、硫和发热量的*、SRj、R*值，统计见表B-10。

表B-10统计数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检测项目 |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 挥发分/% |  | 19.00 | 27.67 | 31.59 | 34.04 | 36.18 | 39.42 |
|  | 0.0358 | 0.1360 | 0.2065 | 0.2651 | 0.3194 | 0.4344 |
| *R* | 0.5349 | 1.0432 | 1.2852 | 1.4562 | 1.5985 | 1.8641 |
| 硫/% |  | 0.26 | 0.89 | 1.35 | 1.76 | 2.28 | 3.50 |
|  | 0.0001 | 0.0005 | 0.0012 | 0.0016 | 0.0024 | 0.0061 |
| *R* | 0.0214 | 0.0621 | 0.0993 | 0.1125 | 0.1387 | 0.2216 |
| 发热量/ MJ/kg |  | 17.57 | 20.08 | 24.54 | 27.66 | 29.21 | 32.30 |
|  | 0.0594 | 0.0843 | 0.1427 | 0.1740 | 0.2333 | 0.2777 |
| *R* | 0.6893 | 0.8211 | 1.0685 | 1.1798 | 1.3660 | 1.4906 |

利用表B-10中R与挥发、硫、发热量之间关系，通过数据拟合曲线见图B-4～图B-6，再现性限和总平均值的函数关系见表B-11。

图B-4 挥发分与*R*值的线性拟合曲线

图B-5 硫与*R*值的线性拟合曲线

图B-6 发热量与*R*值的线性拟合曲线

表B-11 再现性限和总平均值的函数关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 检测项目 | 再现性限R |
| 煤炭 | 挥发分/% | *R*=0.0642X-0.7137 |
| 硫/% | *R*=0.0604X+0.0082 |
| 发热量/ MJ/kg | *R*=0.0548X-0.2788 |