

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

基于全频段声学特征的煤体结构分类评价 技术规范

Identification of different coal-body structure coal based on acoustic characteristics in
full frequency testing

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中关村绿色矿山产业联盟 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	5
5 样品采取及制做	7
6 煤物性参数测量	8
7 煤全频段波速测量	12
8 煤弹性特征分析	14
9 煤岩石物理建模	14
10 成果报告的编制与提交	15
附录 A	16
附录 B	17
附录 C	22
附录 D	23
附录 E	26
参考文献	28
附：条 文 说 明	29

前 言

本文件按照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》的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承揽识别专利的责任。

本标准由中关村绿色矿山产业联盟提出。

本标准由中关村绿色矿山产业联盟归口。

本标准起草单位：中国矿业大学（北京）、中海石油（中国）有限公司北京研究中心、中国矿业大学、中煤科工沈阳研究院、中油测井、河南理工大学、长江大学。

本标准主要起草人：邹冠贵，王存武，龚飞，韩刚，刘燕海，何峰，黄亚平，马龙，金毅，彭晓波。

本标准于****年**月**日首次发布。

本标准于****年**月**日实施。

基于全频段声学特征的煤体结构分类评价技术规范

1 范围

本文件规定了基于声学特征进行煤体结构划分的前期工作、岩石物理参数、主要流程及成果提交的要求。

本文件适用于煤及煤层气勘探与开发过程中，开展煤的煤体结构分类工作，本技术规范提供了声学特征进行煤体结构划分的技术规范，其他矿产资源的分类可参考执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 5271.1 信息技术 词汇 第1部分：基本术语

GB/T 30050 煤体结构分类

不同测试内容的规范。。。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

煤田 coalfield (GB/T 15663.1)

在一个聚煤区范围内，在同一地质历史过程中形成具有连续发育的含煤岩系，其分布有规律可循，基本形成一片的区域。其面积一般为几十到几百平方公里。

3.2

煤样 coal sample(GB/T 3716)

采集后能基本保持煤体原有结构和物理性质的煤块。

3.3

原生煤 primary coal

宏观煤岩类型界线清晰，宏观煤岩成分可辨；原生结构完整，层理连续；煤体完整；裂隙未错开层理，无揉皱及构造滑面；质地较坚硬。

3.4

碎裂煤 cataclastic coal

宏观煤岩类型界限清晰，宏观煤岩成分可辨，局部轻微错动；原生结构遭受轻微破坏，层理易分辨；煤体较完整或煤体破碎，碎块粒径一般大于5 mm；外生裂隙发育，裂隙将层理轻微错开，揉皱不发育，偶见构造划痕；质地较坚硬。

3.5

碎粒煤 granulitic coal

宏观煤岩类型界线整体不可分辨，局部小块煤新鲜断面宏观煤岩成分可辨；原生结构遭受严重破坏，层理难辨，局部小块内部偶可见层理结构；煤体破碎，粒径多为1 mm~5 mm；煤体多被裂隙切割成块状，常见揉皱，滑面发育；质地较疏松。

3.6

糜棱煤 mylonite coal

宏观煤岩类型不可分辨，煤岩成分无法分辨；原生结构遭受严重破坏，层理消失；煤体多成鳞片状、揉皱状；裂隙无法观测，揉皱及滑面极发育；质地疏松。

3.7

纵波 compressional wave

介质质点振动方向与波传播方向一致的体波。

3.8

横波 shear wave

介质质点振动方向与波传播方向垂直的体波。

3.9

波速 wave velocity

波在媒介中的传播速度。

3.10

波速频散 wave velocity dispersion

指波速随频率或波长的变化而变化的现象。

3.11

品质因子 quality factor

描述地震波振幅随时间和传播距离衰减的速率和强度的参数。

3.12

衰减系数 attenuation coefficient

描述地震波在岩石中传播时的能量耗散特性的参数。

3.13

视密度 density (GB/T 6949-1998t)

物质20 ℃时的质量与同体积水的质量之比。

3.14

骨架密度 bulk density

物质除去孔隙后单位体积下的质量。

3.15

孔隙度 porosity (GB/T 23561.4-2009)

孔隙度是表征材料的孔隙部分的物理量，定义为孔隙的体积与样品体积的比率。

3. 16

孔隙纵横比 pore aspect ratio

孔隙短轴和长轴长度之比。

3. 17

基质孔隙度 matrix porosity

储层中空隙分为孔隙和裂隙两部分，孔隙体积和样品体积之比即为基质孔隙度。

3. 18

裂隙孔隙度 fracture porosity

储层中空隙分为孔隙和裂隙两部分，裂隙体积和样品体积之比即为裂隙孔隙度。

3. 19

工业成分 proximate analysis (GB/T212-2008)

分析煤中水分、灰分、挥发分和固定碳四种成分的质量百分数。

3. 20

有机质 organic

煤中有机质部分组成的整体，主要由碳氢氧氮硫和磷等元素组成。

3. 21

灰分 ash (GB / T15224.1-2018)

在马沸炉中815 °C高温下将煤样灼烧至恒重时，剩下的部分即为灰分。

3. 22

挥发分 volatile (GB7490-87)

煤在规定条件下隔绝空气加热后产生的气体。

3. 23

水分 moisture content

将空干燥煤样加热至105 °C~110 °C，恒温通风干燥至恒重时失去的水分。

3. 24

岩石骨架 rock skeleton

岩石中除去孔裂隙后的部分，通常认为是实体，不会发生流体通过。

3. 25

干岩石 dry rock

岩石中不含流体的样品，即认为是干岩石。

3. 26

流体饱和度 fluid saturation

储层岩石孔隙中流体充满的程度。

3. 27

瓦斯 gas

瓦斯是指矿井中主要由煤层气构成的以甲烷为主的有害气体

3. 28

吸附气 adsorbed gas

以吸附状态保存在有机质颗粒表面的气体。

3. 29

卤水 brine

矿化度很高的水。

3. 30

矿化度 total dissolved solids

水中含有钙、镁、铝和锰等金属的碳酸盐、重碳酸、硫酸、硝酸盐，氯化物以及各种钠盐等的总和。

3. 31

流体饱和岩石 fluid-saturated rock

岩石中饱含流体的样品，即认为是流体饱和岩石。

3. 32

含气量 gas content

单位体积或单位质量中气体的体积百分比。

3. 33

孔隙压力 pore pressure

岩石孔隙中的流体对孔隙壁造成的压力。

3. 34

流体压力 fluid pressure

考虑流体内部某一平面，当该平面两侧流体无相对运动时，面上任一单位面积所受到的作用力。

3. 35

地层压力 formation pressure

地表某深度下的上覆地层的载荷重量而引起的压力。

3. 36

交汇图 cross plot

把两种数据在平面图上交会，根据交会点的坐标定出所求参数的数值或范围。

3. 37

岩石物理 rock physics

研究岩石的物理性质及其产生机制。

3. 38

量版 template

在岩石物理行业内通过一定规则，规范某一类岩石性质用的表格或图。

3. 39

岩石物理模型 rock physics model

描述岩石的物理性质（如弹性、电性、磁性等）与其微观结构（如矿物组成、孔隙结构、裂隙发育等）之间关系的理论框架或数学模型。

4 基本规定

4.1 目的

开展不同煤体全频段测试工作的目的是为了了解煤的全频段特征，为划分煤体结构提供岩石物理手段，提高煤炭、煤层气资源安全高效地质勘查效率和开采。

4.2 地质任务

- a) 以测定的煤体地球物理参数为基础，实现对煤体的全频段测试，获得高频及低频弹性差异，为地球物理勘探提供支撑。
- b) 基于弹性参数的岩石物理测试为煤层气地震预测研究提供数据基础。

4.3 基本要求

不同煤体结构煤全频段测试技术应满足以下基本要求：

- a) 不同煤体结构煤全频段测试技术规范工作应以现代地球物理学理论为指导，结合先进的、适用于煤的岩石物理模型，提高煤体结构分类的精细程度，适应煤矿安全高效开采的需要。
- b) 制成的煤样直径和高度之比应介于 1:1~1:2。
- c) 工作宜按图 1 所示流程实施。

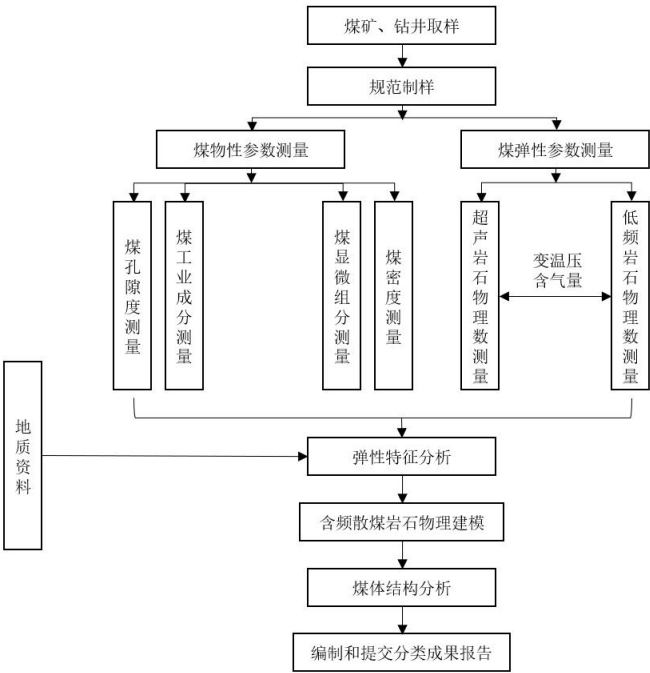


图 1 不同煤体结构煤全频段测试技术工作流程图

5 样品采取与制作

5.1 取样前准备

5.1.1 取样

不同煤体全频段测试的主要基础资料为煤田地质报告、钻井综合解释成果、测井曲线、地质成果以及收集到的以往有关地质、物探等成果。

需要准备的基础资料宜包括：

- a) 矿井地质报告，巷道、工作面等采掘工程揭露的地质构造、地质现象等成果；针对开采生产问题形成的地质、物探、水文勘查研究成果、图件等。
- b) 以往物探资料、地质资料及成果。
- c) 地形图、地貌图、遥感图像及遥感解译等资料。

5.1.2 基础资料的检查与整理

取样测试前资料整理、检查应包括用于初步划分煤体结构的采掘平面图、钻井、测井资料等，主要包括如下内容：

- a) 矿山取样应整理、检查的内容：
 - 1) 矿井采掘现状；
 - 2) 可进行采样的工作面、采掘以及回风大巷；
 - 3) 煤层厚度及顶底板位置。
- b) 钻井资料应整理、检查的内容：
 - 1) 井号、井类型、井位坐标、补心高度及补心海拔高度；
 - 2) 每口井的钻孔岩心情况；
- c) 测井资料应整理、检查的内容：
 - 1) 数据来源：测井公司、测井时间、测井数据的类型（原始带、处理成果带、测井曲线数字化的数据）；
 - 2) 原始数据记录的内容、井号、井深范围、记录格式、曲线名称、深度与幅度单位、深度采样间隔。

5.2 煤矿井下样品采取

5.2.1 采样地点选择

- a) 利用矿山地质报告和采掘等资料，并参考岩性柱状图、测井曲线等资料，选择典型位置进行样品的采取。
- b) 勘探区内已知地质钻探资料缺少时，利用区域反射波组特征进行地震反射层地质层位标定。

5.2.2 纵向采样规则

根据实验要求以及煤层总厚进行分层采样：

- a) 煤层厚度在 3.5 m 以下，分别在靠近煤层顶部、中部和靠近煤层底部各采一组煤样。
- b) 当煤层大于 3.5 m 时，可以选择增加采样组数量，在厚煤层中可在回采或综掘工作面选取新帽落煤样。

5.3 煤矿地面钻孔岩心样品采取

5.3.1 采样钻孔选择

根据勘探区内已有地质钻探资料时，选择典型钻孔进行样品的采取。

5.3.2 纵向采样规则

- a) 煤层厚度小于等于 3.5 m，分别在靠近煤层顶部、中部和靠近煤层底部各采一组煤心样段。
- b) 煤层厚度大于 3.5 m 时，可以选择增加煤心样段采样组数量。

5.4 采样规格及数量

所采试样的规格应满足实验要求。井下所采的块状样品尺寸要求大体为 $250\text{ mm} \times 250\text{ mm} \times 200\text{ mm}$ ；钻孔煤样段直径应大于 70 mm 。

当采集构造煤时，煤体强度降低、解理和裂隙发育煤样时，可适当采取较小尺寸煤块样，其最小尺寸应大于 $150\text{ mm} \times 150\text{ mm} \times 150\text{ mm}$ ，并相应增加所采煤样数量。

5.4.1 采样记录

设专人做不同煤样描述记录与编号工作。描述煤样点宏观煤岩类型可分辨程度、层理完整度、煤体破碎程度、裂隙及揉皱发育程度和手试强度。记录采样地点、采样日期、采样方法等内容，按附录 A 执行。

5.4.2 采样编号

采样后应及时对煤样进行标样，可选用白色或者红色油漆笔。编号可采用煤矿+性质+地点+数字组合编号。

编号用不同颜色标注后，应同时采用“↑”标明层理方向，箭头指向为垂直层理向上。

5.4.3 样品封固与保存

井下或者钻孔岩心采集后应采用塑料薄膜包好，按要求进行编号、编写说明卡片后应尽快将煤样运输至地面，立即使用浸蜡整体封固。较大块则可选用腊液涂刷进行封固。

5.4.4 装箱

煤样进行全面封固后用人工或者专车运输至指定地点，采用木箱进行外封装，在煤样外周填充泡沫纸或者木屑防止破摔。木箱尺寸一般为 $50\text{ cm} \times 50\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ 。

5.5 样品制取

煤样应放在试验台上为防止取心过程中煤样来回振动摇复，钻取前应将大块煤样用夹具固定。柱状煤岩心钻取方向选择垂直层理，或根据实验要求钻取其他方向样品。

用不同直径大小的钻头钻取，直径宜为 25 mm 或者 38 mm 、高径比应为 $1.0 \sim 2.0$ 的柱状煤岩心，煤岩样取心过程中为保证煤岩完整应严格控制好转速，保证钻头钻取均匀。

样品在测量方向两端面磨平，在钻取切割和研磨等时尽量小心操作，减少由加工引起的机械损伤，钻取时用水作冷却液。疏松易碎样品宜采用金刚丝干接触切割等其他特殊方法加工。

取心结束后，利用磨石机将所取煤心进行切平打磨，样品测量端面应平行平整，两平行面至少有 20 mm 在同轴线平行度小于 $0.1\text{ mm}/20\text{ mm}$ ，平整度换能器辐射平面下小于 0.025 mm 。

6 煤物性参数测量

6.1 煤孔隙度测量

6.1.1 基本要求

煤孔隙度测量指测量煤样中所有孔隙空间体积之和与该岩样体积的比值。

本次规范规定适用于柱塞状煤类的测定。其次规定了粉末样品的孔隙度测量方法。

6.1.2 样品准备

将制成的柱塞样品置于80℃烘箱烘干24 h，移至孔隙度测量室立即执行测量。
气体采用纯度99.9%的氦气。

6.1.3 测定方法

根据波义耳定律，设计的孔隙度仪装置如图1所示。放置于防爆柜内的氦气储气瓶可以为孔隙度测试实验提供气体压力，连通的阀门1可以控制气瓶内的输出气压。连通的阀门2为卸气阀，卸气阀可以自动卸荷超过一定压力值的气体。当输入气室内的压力过大时，阀门2、3之间的排气管可排出多余氦气。阀门3控制气体进入参考室，阀门4控制气体进入、排出样品室。阀门4右侧管道连接软管，可降低泄压速度，对不锈钢管道起到了保护作用。参考室连接温度及压力传感器，通过无纸记录仪实时观测气室温度和压力变化。其中，阀门1、2、3都是单向阀门，阀门4为三相阀。

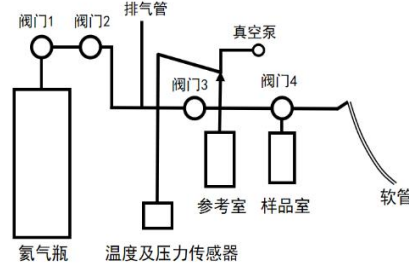


图1 孔隙度测试仪示意图

测试流程：

- 装置气密性检查：仅连通参考室及样品室，观察7天内的压力值变化。
- 仪器标定：测定标准铝块的孔隙度。经测定标准铝块的孔隙度为0%，证明实验装置精密、实验操作无误、实验结果准确。
- 标定参考室、样品室体积：排尽参考室、样品室内的氦气（此时压力传感器值降为0 MPa）；打开进气阀（阀门3），通入一定量氦气，关闭阀门，等待至参考室压力值稳定为 p_1 ，此时温度为 t_1 。打开参考室及样品室的连通阀门（阀门4），待其压力值稳定为 p_2 ，此时温度为 t_2 。再次排尽参考室、样品室的氦气，在样品室内放入体积为 v_b 的标准铝块。向参考室内通入氦气，其稳定压力值为 p_3 ，此时温度为 t_3 。 p_4 是参考室及样品室连通时的稳定压力值， t_4 为此时的温度。重复三次上述步骤，由公式（1）和（2）求取参考室体积 v_s （包括参考室和管道体积）和样品室体积 v_r （包括样品室和管道体积）的平均值。

$$p_1 v_s / t_1 = p_2 (v_r + v_s) / t_2 \quad (1)$$

$$p_3 v_s / t_3 = p_4 (v_r + v_s - v_b) / t_4 \quad (2)$$

- 样品测试：在样品室内放入待测试岩样，向参考室内通入氦气，待其稳定时压力值为 p_5 ，此时温度为 t_5 。连通参考室和样品室，一段时间后压力稳定值为 p_6 ，此时温度值为 t_6 。由公式（3）和（4）可计算出岩样孔隙空间体积，进而求得孔隙度。

$$p_5 v_s / t_5 = p_6 (v_r + v_s - v_g) / t_6 \quad (3)$$

$$(v_0 - v_g) / v_0 \times 100\% = \phi \quad (4)$$

式中： v_0 为岩样体积，该值由游标卡尺测得，单位 cm^3 ； v_s 为参考室及管道体积（这里简称参考室体积），单位 cm^3 ； v_r 为样品室及管道体积（这里简称样品室体积），单位 cm^3 ； v_g 为样品的骨架体积，单位 cm^3 。

6.2 煤工业成分测量

6.2.1 基本要求

工业成分测量根据《煤的工业分析方法》GB/T 212实施。
适用煤类为褐煤、烟煤和无烟煤。

6.2.2 样品准备

样品经过24 h自然风干干燥，置于玛瑙研钵中研磨至0.2 mm以下。
氮气纯度99.9%，含氧量小于0.01%。
氧气纯度99.5%。

6.2.3 测定方法

- 准确称取空气干燥样（ $1 \pm 0.1 \text{ g}$ ）。
- 测定煤炭的水分有三种方法：分别是通氮干燥法，空气干燥法和微波干燥法。通氮干燥法，适用于所有煤种，也是仲裁法；空气干燥法，适用于烟煤和无烟煤；微波干燥法，适用于褐煤和烟煤的水分快速测定。煤的水分分析是称取一定量的一般分析试验煤样，置于 $105 \text{ }^\circ\text{C}$ ~ $110 \text{ }^\circ\text{C}$ 度干燥箱中，在干燥空气流中干燥到质量恒定。然后根据煤样的质量损失计算出水分的质量分数。
- 灰分的测定方法有缓慢灰化法和快速灰化法，其中缓慢灰化法是仲裁法，快速灰化法有快灰炉法和高温炉法。灰分分析：灰分的定义是煤样在规定条件下完全燃烧后所得的残留物。灰分不是煤中的固有物质，是矿物质完全燃烧后的残留物质，灰分的测定是典型的规范性试验。
- 挥发分分析：挥发分的定义是煤样在规定条件下隔绝空气加热，并进行水分校正后的质量损失。
- 固定碳测定：固定碳的测定主要是根据测定的水分，水分和挥发分根据公式换算得来。

6.3 煤显微组分测量

6.3.1 基本要求

煤显微组分测量根据《煤的显微组分和矿物的测定方法》GB/T 8899实施。
是在偏光显微镜下测定煤的显微组分（或显微组分）和矿物的体积分数的方法。
适用煤类为褐煤、烟煤和无烟煤的煤粉光片。

6.3.2 样品准备

样品制备应符合《煤岩分析样品制备方法》GB/T 16773的规定。
样品经过24 h自然风干干燥，置于玛瑙研钵中研磨过孔径1.0 mm和0.1 mm标准筛。

把破碎到规格粒度、有代表性的煤样，按一定比例与黏结剂混合，冷凝或加温制成煤砖。然后将一个端面研磨、抛光成合格的光片。

6.3.3 测定方法

- a) 将制作的粉煤光片放在显微镜下，按照国标GB/T 6948—2008进行测定，同时要保证煤样光片上的500个点能均匀的分布在所观察的视阈内，确保所观测的点在合适的视阈中，每个观测的点之间一般以0.5 mm-0.6 mm为最佳，行距应不小于点距。显微组分的定量是在单偏光或正交偏光下，用显微镜观察识别各显微组分，显微镜下观测的放大倍数为目镜10倍，物镜为20倍，即放大了200倍。用点数法统计显微组分的体积百分数。
- b) 将粉煤光片用胶泥粘到载玻片上，夹在载物台推动尺中间并保证整个粉煤光片表面平整。
- c) 将粉煤光片进行单偏光下的观察，用粗准焦螺旋和细准焦螺旋调节显微镜物镜与粉煤光片的距离，直至对焦完成，同时调节光源亮度及视域范围，使亮度适宜，成像清晰。
- d) 从粉煤光片的一端开始，按预定的步长沿固定方向移动；并鉴定位于十字丝交点下的显微组分或矿物，记入相应的计数键中。若遇胶结物、显微组分中的细胞空腔、空洞、裂隙以及无法辨别的微小颗粒时，作为无效点，不予统计。每行观察结束时，按照弓字形进行下一行的观察，直至定量结束。当十字落在不同成分的边界上，应从右上象限开始，按顺时针的顺序选取充满视阈的显微成分，并进行图片的记录。
- e) 应该注意的是，在旋转载物台观察显微组分各向异性特征时，应及时把载物台恢复到原来状态，避免统计错误，保证测试统计的准确性同时，并对所测试的结果进行分析。

6.4 煤密度测量

本规范规定密度测量包括煤视密度和煤真密度测量两部分，具体执行见下：

6.4.1 基本要求

煤视密度根据物质密度定义实施，具体为求取煤的质量和煤体积之比。

煤真密度测量规定在精确求得煤孔隙度情况下，根据体积转化公式求取煤真密度。

本次规范规定适用柱塞状煤类的测定。

煤颗粒样品根据《煤的真相对密度测定方法》GB/T 217实施。

6.4.2 样品准备

将制成的柱塞样品置于80℃烘箱烘干24 h。

测试气源为纯度99.9%的氦气。

6.4.3 柱塞样测定方法

- a) 用高精度电子秤（千分称）称重三次，取其平均值作为煤岩质量 m ；
- b) 用高精度游标卡尺测量岩样长度，每30°测一次，共计6次取平均；
- c) 用高精度游标卡尺测量岩样直径，分为上中下三个区域，每个区域测两次，每次测量间隔90°，共计6次取平均；
- d) 应用公式（5），计算常温常压下煤岩的真密度。

$$\rho_1 = \frac{m}{v_0(1-\phi)} \quad (5)$$

式中， m 为煤样质量， v_0 为煤岩体积，单位为ml； ϕ 为煤岩孔隙度。

6.4.4 颗粒样测定方法

- a) 准确称取粒度小于0.2mm空气干燥煤样2g（称准到0.0002g）通过无颈漏斗全部移入密度瓶中。

- b) 用移液管向密度瓶中注入十二烷基硫酸钠溶液（以下简称浸润剂）3ml，并将颈上附着的煤颗粒冲入瓶中轻轻转动密度瓶，放登15min使煤样浸透，然后沿瓶壁加入约25mL蒸馏水。
- c) 将密度瓶移到沸水浴中加热20min，以排除吸附的气体。
- d) 取出密度瓶，加入新煮沸过的蒸馏水至水面低于瓶口约1cm处并冷却至室温。然后于20℃±0.5℃的恒温器中保温1h（若在室温条件下测定，需将密度瓶在室温下放置3h以上，最好过夜，并记下室温温度）。
- e) 用吸管沿瓶颈滴加新煮沸过的并冷却到20℃的蒸馏水至瓶口（若在室温条件下测定，需加入与室温相同的蒸馏水至瓶口），盖上瓶塞，使过剩的水从瓶塞上的毛细管溢出（这时瓶口和毛细管内不得有气泡存在，否则应重新加水、盖塞）。
- f) 迅速擦干密度瓶，立即称出密度瓶加煤、浸润剂和水的质量 m_1 。
- g) 空白值的测定：按上述方法，但不加煤样，测出密度瓶加浸润剂、水的质量 m ：（在恒温条件下，应每月测空白一次；在室温条件下，应同时测定空白值），同一密度瓶重复测定的差值不得超过0.0015g。
- h) 煤的真密度按公式（6）计算：

$$\text{TRD}_{20}^{20} = \frac{m_d}{m_2 + m_d - m_1} \quad (6)$$

式中， TRD_{20}^{20} 为干燥煤的真密度，单位为 g/cm^3 ； m_d 为干燥煤样质量，单位为g； m_2 为密度瓶加浸润剂和水的质量，单位为g； m_1 为密度瓶加煤样、浸润剂和水的质量，单位为g。

7 煤全频段波速测量

7.1 测定准备工作及参数确定

7.1.1 测定方法

测量煤样动态弹性特征需将制成的柱塞样品置于80℃烘箱烘干24 h。

测量部分饱水煤样动态弹性特征需将制成的柱塞样品饱水一段时间，根据质量比计算饱水度，小心移出立即执行测量。

用高精度电子秤（千分称）称重三次，取其平均值作为煤样质量 M ；

用高精度游标卡尺测量煤样长度，每30°测一次，共计6次取平均；

用高精度游标卡尺测量煤样直径，分为上中下三个区域，每个区域测两次，每次测量间隔90°，共计6次取平均。

尺寸和质量的误差在测量值的±1%之内。

7.1.2 地层温度模拟

地层温度模拟根据以下公式确定：

$$T = T_0 + d_T \times H \quad (7)$$

式中， T 为温度，单位℃； T_0 为地表温度，单位℃； d_T 为低温梯度，单位℃/100m； H 为深度，单位m。

7.1.3 地层围压模拟

地层围压模拟假定地壳中任意一点地应力在各个方向上均等，且等于单位面积上覆盖岩层的质量，地应力计算公式见：

$$\sigma_h = \sigma_v = \rho g H \quad (8)$$

式中， σ_h 为水平应力，单位Pa； σ_v 为地表温度，单位Pa； ρ 为上覆岩层平均密度，单位kg/m³； g 为重力加速度，单位m/s²， H 为深度，单位m。

地层承受的有效应力也可根据公式计算：

$$\sigma_0 = \sigma - \sigma_p \quad (9)$$

式中， σ_0 为有效应力，单位Pa； σ 为地应力，单位Pa； σ_p 为地层压力，单位Pa。

7.1.4 温度、轴压及围压的加载及卸载

通过温度控制仪对样品加热，应保证样品内部温度一致。当启动温度控制系统后以一定均匀的加热速度缓慢加热到指定温度，应维持一定时间以保证样品温度一致和稳定。施加温度 $\leq 100^\circ\text{C}$ ，误差小于等于 0.1°C 。

通过压力控制仪对施加轴压和围压达到模拟地下真实应力状态。需对样品首先施加一定轴向压力，使得样品自动分配应力和使得样品找平，再逐级增加围压值，达到设定的围压值，稳压后即可开始测试。施加围压最大围压值 $\leq 70 \text{ Mpa}$ ，精度优于 0.1 Mpa ，施加最高轴压值 $\leq 1000 \text{ kN}$ ，误差小于等于 0.1 kN 。

7.2 超声煤岩波速测量

煤超声岩石物理参数测量可参照《地层条件下煤岩声波速度室内测试技术规程》（T/CGS 003-2021）。

超声波在煤岩样品中传播，通过仪器记录其传播时间，通过将超声波穿过两个端部铝块和样品的时间减去在两个探头铝块传播的时间，得到在样品中传播的时间。用长度比上时间，从而计算煤岩的纵横波速度。

$$v = \frac{L}{t_1 - t_0} \quad (10)$$

式中， v 为速度，单位，m/s； L 为样品长度，单位，m； t_1 为有样品时超声波传播时间，单位，s； t_0 为激发和接收探头直接接触时超声波的传播时间，单位，s。

7.2.1 纵波速度测定

测定煤样的纵波速度，需要采用纵波换能器和纵波接收器。将纵波换能器和纵波接收器端头均匀涂抹耦合剂，根据获得的波形拾取初至计算时间，然后用样品长度换算煤样的速度。

7.2.2 横波速度测定

测定煤样的横波速度，需要采用横波换能器和横波接收器。将横波换能器和横波接收器端头均匀涂抹耦合剂，根据获得的波形拾取初至计算时间，然后用样品长度换算煤样的速度。

7.3 低频煤岩波速测量

7.3.1 样品准备

测定的煤样状态可参考 8.1.1 实施准备。

7.3.2 低频样品制备及测试

- a) 贴铝块：岩样两端贴合标准铝样，并用环氧树脂胶固定。
- b) 焊接：将应变片贴合在待测岩样表面，焊接导线将应变片引出。利用环氧树脂胶灌封包裹焊接导线后的标准样和待测岩样，达到隔绝围压介质的目的。其中应变片在使用前应进行外观检查，检查是否有锈迹、破损、气泡、坑点等缺陷以及焊接的导线牢固与否；其次进行阻值测量，使用万能表测试应变片是否存在短路、断路，以备及时更换。
- c) 连接：将激振器、信号放大器、应变采集仪相连接；将电阻应变片与应变仪通过导线相连接；应变仪与应变片的连接方式为半桥公共补偿。将准备好的待测岩样放置低频测试系统，观察振幅谱主频与激发频率是否一致，作为接收应变信号准确性的依据。
- d) 变温度、压力条件测试可参照 8.1.3 和 8.1.4 实施。
- e) 计算与分析：将测量获得的实验数据用于弹性参数计算（参见公式附录 D.3），结合岩石的密度参数，计算出岩石样品的纵波速度、横波速度。

8 煤弹性特征分析

通过测量煤样超声频段速度和低频速度对煤样速度特征进行分析，结合煤样密度参数进而获得各项弹性特征。

通过测量获得的超声弹性参数和低频弹性参数对煤样弹性特征进行综合分析。

8.1 弹性力学参数

见公式D.3。

测试获得的弹性力学参数记录测试项目、测试内容、纵波波速、横波波速以及弹性参数等内容，按附录C执行。

9 煤岩石物理建模

9.1 等效介质理论

等效介质理论描述、预测岩石的矿物颗粒和孔隙的混合物的等效弹性特征。在岩石物理领域由于不能准确获取各个成分的体积含量、弹性模量和组合细节，因此提出利用等效介质模型预测岩石等效物理特征的上下限。

本节涉及模型详细公式及步骤参见《岩石物理手册》。

9.1.1 Voigt 和 Reuss 界限

N个成分的等效弹性模量的Voigt上限 M_v 见公式D.4。

N个成分的等效弹性模量的Reuss下限 M_R 见公式D.5。

9.1.2 Hill 平均模量估算模型

N个成分的等效弹性模量的Voigt-Reuss-Hill平均 M_{VRH} 见公式D.6。

9.1.3 等效模量的 Kuster-Toksöz 模型

对多种包含物形状的等效模量的Kuster-Toksöz表达式见公式D.7- D.14。

9.1.4 等效模量自相容模型

N项混合物的自相容近似的一般形式见公式D.15和D.8- D.14。

9.1.5 微分等效介质模型

等效体积模量 K 和剪切模量 μ 的耦合的微分方程组分别见公式D.16和D.8- D.14。

岩石物理建模流程见图2：

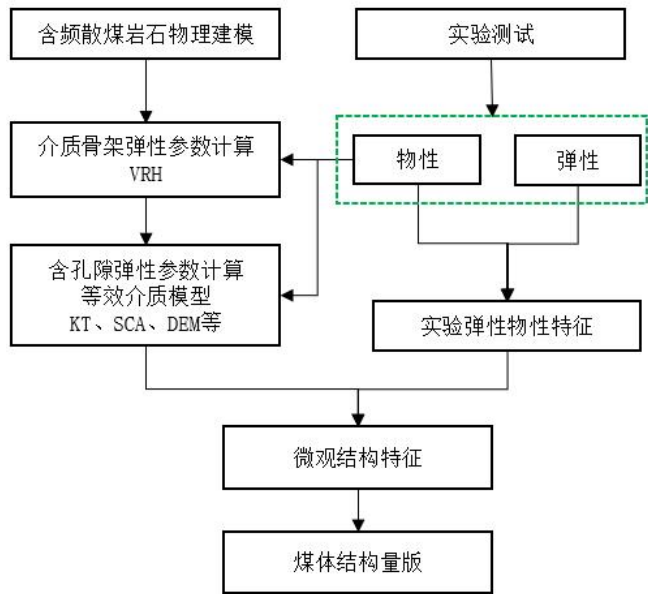


图2 岩石物理建模流程

10 成果报告的编制与提交

10.1 成果报告编制

10.1.1 基本要求

- a) 应按设计要求提交基于岩石物理的煤体结构分类报告；
- b) 编写成果报告时应充分分析有关地质、物探资料。
- c) 成果报告编制内容格式见附录 E。

10.1.2 文字报告要求

- a) 文字报告应观点明确、论据充分、重点突出、叙述清楚、文字简练、插图、表齐全、整洁、美观。
- b) 文字报告一般命名原则：“地质勘查项目名称+岩石物理的煤体结构分类报告”。

10.2 成果图件的编制

10.2.1 基本要求

成果图件编制有如下基本要求：
成果图件主要是基于岩石物理煤体结构分类的判别图。

10.2.2 图面设计要求

- a) 图幅设计大小和分幅应以合理、方便使用为宜。
- b) 在制图区域内个别部分外延太长时，可将外延部分用同比例尺移图于图幅内空白处，并与主图有一定的重叠。

10.2.3 图面要求

- a) 图例一般应置放于图的左下方，图中主要图示符号应在图例中注释。
- b) 平面图应标注图名和比例尺，一般置放于图上方的图框外。

10.3 成果提交

成果报告经项目来源单位或项目来源单位委托的第三方审查批准后可提交综合地质报告编制使用，并作为其附件汇交。成果报告提交内容包括：

- a) 文字报告。
- b) 报告附图。
- c) 相关附件。
- d) 测试成果数据等资料。

附录 A

(规范性附录)

不同煤体结构煤煤样取样/送验单

基于全频段声学特征的煤体结构分类评价技术煤样取样/送验单见表A.1

表 A.1 不同煤体结构煤煤样取样/送验单

送样单位：				送样日期：			
编号	样品名称	采样地点	采样日期	采样方法	煤体结构	岩性描述 ^a	备注

^a 包括煤样层位及附近煤层产状，可视范围内地质、裂隙、节理等发育情况。

附 录 B

（资料性附录）

不同煤体结构煤全频段测试登记表格式

不同煤体结构煤全频段测试技术登记表格式见表B.1至表B.5。

表 B.1 基于全频段声学特征的煤体结构分类评价技术孔隙度测试登记表

项目名称			送样单位			送样时间	
测试单位			测试时间				
样品数量			完成时间				
测试项目			孔隙度及密度类				
样品编号	直径	高度	体积	质量	孔隙度	密度	备注
检验人				检验日期			

表 B. 2 基于全频段声学特征的煤体结构分类评价工业组分测试登记表

项目名称			送样单位			送样时间		
测试单位			测试时间					
样品数量			完成时间					
测试项目			工业组分					
样品 编号	测试 重量	水分含量 (%)	空干基挥发分 (%)	干基挥发分 (%)	空干基灰分 (%)	干基灰分 (%)	固定碳	
检验人					检验日期			

表B.3 基于全频段声学特征的煤体结构分类评价显微组分测试登记表

项目名称						送样单位				送样时间						
测试单位						测试时间										
样品数量						完成时间										
测试项目																
样品 编号	去矿物基				含矿物基											
	(1)				(2)					(3)						
	镜质组 (%)	惰质组 (%)	壳质组 (%)	总测点数	镜质组 (%)	惰质组 (%)	壳质组 (%)	矿物 (%)	总测点数	显微组分 分组总量 (%)	黏土矿物 (%)	硫化物矿物 (%)	碳酸盐矿物 (%)	氧化硅矿物类 (%)	其他矿物 (%)	总测点数
检验人										检验日期						

表B.4 基于全频段声学特征的煤体结构分类评价超声速度测试登记表

项目名称			送样单位			送样时间		
测试单位			测试时间					
样品数量			完成时间					
测试项目			超声波速					
测试条件			围压、温度、探头频率					
样品 编号	测试重量	样品长度	样品直径	样品密度	纵波速度	横波速度	纵波 品质因子	横波 品质因子
	g	mm	mm	g/cm ³	m/s	m/s		
检验人					检验日期			

表B.5 基于全频段声学特征的煤体结构分类低频速度测试登记表

项目名称			送样单位			送样时间		
测试单位			测试时间					
样品数量			完成时间					
测试项目			低频波速					
测试条件			温度、压力					
样品	样品长度	样品密度	频率	泊松比		体积模量/GPa		纵波速度
编号	mm	g/cm ³	Hz	铝探头	样品	铝探头	样品	m/s
检验人					检验日期			

附录 C

(规范性附录)

基于全频段声学特征的煤体结构分类评价技术弹性参数记录格式

不同煤体结构煤全频段测试技术弹性参数登记表格格式见表C.1。

表 C. 1 不同煤体结构煤全频段测试技术弹性参数登记表

项目名称					送样单位					送样时间				
测试单位					测试时间									
样品数量					完成时间									
测试项目														
样品 编号	基础参数				超声频段					低频频段				
	直径/	长度	质量	密度	Vp	Vs	弹性 模量	剪切 模量	泊松 比	Vp	Vs	弹性 模量	剪切 模量	泊松 比
	mm	mm	g	g/cm ³	m/s	m/s	Gpa	Gpa		m/s	m/s	Gpa	Gpa	
检验人										检验日期				

附录 D

(资料性附录)

公式符号释义表

符号	含义	单位	单位符号		
$\phi=\frac{v_0-v_g}{v_0}\times100\%$ (1)					
ϕ	煤样的孔隙度	百分比	%		
v_0	煤样总体积	立方厘米	cm ³		
v_g	煤样基质体积	立方厘米	cm ³		
$\rho_1=\frac{m}{v_0(1-\phi)}$ (2)					
ρ_1	煤样的真密度	克每立方厘米	g/cm ³		
m	煤样的质量	克	g		
K	E	λ	ν	M	μ
$\lambda+\frac{2\mu}{3}$	$\mu\frac{3\lambda+2\mu}{\lambda+\mu}$	—	$\frac{\lambda}{2(\lambda+\mu)}$	$\lambda+2\mu$	—
—	$9K\frac{K-\lambda}{3K-\lambda}$	—	$\frac{\lambda}{3K-\lambda}$	$3K-2\lambda$	$\frac{3(K-\lambda)}{2}$
—	$\frac{9K\mu}{3K+\mu}$	$K-\frac{2\mu}{3}$	$\mu\frac{3K-2\mu}{3K+\mu}$	$K+\frac{4\mu}{3}$	—
$\frac{E\mu}{3(3\mu-E)}$	—	$\mu\frac{E-2\mu}{(3\mu-E)}$	$\frac{E}{2\mu}-1$	$\mu\frac{4\mu-E}{3\mu-E}$	—
—	—	$3K\frac{3K-E}{9K-E}$	$\frac{3K-E}{6K}$	$3K\frac{3K+E}{9K-E}$	$\frac{3KE}{9K-E}$
$\lambda\frac{1+\nu}{3\nu}$	$\lambda\frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{\nu}$	—	—	$\lambda\frac{1-\nu}{\nu}$	$\lambda\frac{1-2\nu}{2\nu}$
$\mu\frac{2(1+\nu)}{(1-2\nu)}$	$2\mu(1+\nu)$	$\mu\frac{2\nu}{(1-2\nu)}$	—	$\mu\frac{2-2\mu}{1-2\nu}$	—
—	$3K(1-2\nu)$	$3K\frac{\nu}{(1+\nu)}$	—	$3K\frac{1-\nu}{1+\nu}$	$3K\frac{1-2\nu}{2+2\nu}$
$\frac{E}{3(1-2\nu)}$	—	$\frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}$	—	$\frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$	$\frac{E}{2+2\nu}$
(3)					
K	体积模量	帕斯卡	Pa		
E	杨氏模量	帕斯卡	Pa		
λ	拉梅常数	—	—		
ν	泊松比	—	—		
M	纵波模量	帕斯卡	Pa		
μ	剪切模量	帕斯卡	Pa		

符号	含义	单位	单位符号
$M_v = \sum_{i=1}^N \frac{f_i}{M_i} \quad (4)$			
M_v	Voigt上限等效弹性模量	帕斯卡	Pa
f_i	第i个介质的体积分数	体积百分比	%
M_i	第i个介质的弹性模量	帕斯卡	Pa
$M_R = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{f_i}{M_i}} \quad (5)$			
M_R	Reuss上限等效弹性模量	帕斯卡	Pa
$M_{VRH} = M_v + M_R \quad (6)$			
M_v	Voigt上限等效弹性模量	帕斯卡	Pa
M_R	Reuss上限等效弹性模量	帕斯卡	Pa
$K_{KT}^* + K_m \frac{K_m + \frac{4}{3}\mu_m}{K_{KT} + \frac{4}{3}\mu_m} = \sum_{i=1}^N x_i (K_i - K_m) P^{mi} \quad (7)$			
$\mu_{KT}^* + \mu_m \frac{\mu_m + \zeta_m}{\mu_{KT}^* + \zeta_m} = \sum_{i=1}^N x_i (\mu_i - \mu_m) Q^{mi}$			
$P_1^{mi} = \frac{K_m + \frac{4}{3}\mu_m}{K_i + \frac{4}{3}\mu_m} \quad Q_1^{mi} = \frac{\mu_m + \zeta_m}{\mu_i + \zeta_m} \quad (8)$			
$P_2^{mi} = \frac{K_m + \mu_m + \frac{1}{3}\mu_i}{K_i + \mu_m + \frac{1}{3}\mu_i} \quad Q_2^{mi} = \frac{1}{5} \left(\frac{4\mu_i}{\mu_m + \mu_i} + 2 \frac{\mu_m + \gamma_m}{\mu_m + \gamma_i} + \frac{K_i + \frac{4}{3}\mu_m}{K_i + \mu_m + \frac{1}{3}\mu_i} \right) \quad (9)$			
$P_3^{mi} = \frac{K_m + \frac{4}{3}\mu_i}{K_i + \frac{4}{3}\mu_i} \quad Q_3^{mi} = \frac{\mu_m + \zeta_i}{\mu_i + \zeta_i} \quad (10)$			
$P_4^{mi} = \frac{K_m + \frac{4}{3}\mu_i}{K_i + \frac{4}{3}\mu_i + \pi\alpha\beta_m} \quad Q_4^{mi} = \frac{1}{5} \left(1 + \frac{8\mu_m}{4\mu_i + \pi\alpha(\mu_m + 2\beta_m)} + 2 \frac{K_i + \frac{2}{3}(\mu_i + \mu_m)}{K_i + \frac{4}{3}\mu_i + \pi\alpha\beta_m} \right) \quad (11)$			
$\beta = \mu \frac{3K + \mu}{3K + 4\mu} \quad (12)$			
$\gamma = \mu \frac{3K + \mu}{3K + 7\mu} \quad (13)$			
$\zeta = \frac{\mu}{6} \frac{9K + 8\mu}{K + 2\mu} \quad (14)$			
K_{KT}^*	Kuster-Toksöz模型下煤样等效弹性模量	帕斯卡	Pa
μ_{KT}^*	Kuster-Toksöz模型下煤样等效剪切模量	帕斯卡	Pa
K_m	背景材料弹性模量	帕斯卡	Pa

符号	含义	单位	单位符号
K_i	包含物材料弹性模量	帕斯卡	Pa
μ_m	背景材料剪切模量	帕斯卡	Pa
μ_i	包含物材料剪切模量	帕斯卡	Pa
x_i	第i项包含物体积分数	百分比	%
P_1^{mi} 和 Q_1^{mi}	球体包含物系数	—	—
P_2^{mi} 和 Q_2^{mi}	针状包含物系数	—	—
P_3^{mi} 和 Q_3^{mi}	盘状包含物系数	—	—
P_4^{mi} 和 Q_4^{mi}	硬币状缝隙包含物系数	—	—
β 、 γ 、 ζ	公式简化参数	—	—
m	背景材料	—	—
i	包含物材料	—	—
$\sum_{i=1}^N x_i (K_i - K_{sc}^*) P^{*i} = 0$ $\sum_{i=1}^N x_i (\mu_i - \mu_{sc}^*) Q^{*i} = 0$ (15)			
K_{sc}^*	自相容模型下煤样等效弹性模量	帕斯卡	Pa
μ_{sc}^*	自相容模型下煤样等效剪切模量	帕斯卡	Pa
x_i	第i项包含物体积分数	百分比	%
K_i	包含物材料弹性模量	帕斯卡	Pa
P^{*i} 和 Q^{*i}	包含物系数，同公式8-公式14	—	—
$(1-y) \frac{d}{dy} [K_{DEM}^*(y)] = (K_2 - K_{DEM}^*) P^{(2)}(y)$ $(1-y) \frac{d}{dy} [\mu_{DEM}^*(y)] = (\mu_2 - \mu_{DEM}^*) Q^{(2)}(y)$ (16)			
K_{DEM}^*	微分等效模型下煤样等效弹性模量	帕斯卡	Pa
μ_{DEM}^*	微分等效模型下煤样等效剪切模量	帕斯卡	Pa
K_2	微分等效模型下逐渐加入包含物等效弹性模量	帕斯卡	Pa
μ_2	微分等效模型下逐渐加入包含物等效剪切模量	帕斯卡	Pa
y	第2项包含物体积分数	百分比	%
P^{*2} 和 Q^{*2}	包含物系数，同公式8-公式14	—	—

附 录 E
(规范性附录)
成果报告的提纲及编写内容

E.1 文字说明

- 1 概况
 - 1.1 项目简介
 - 1.2 区域概况
 - 1.3 研究区概况
 - 1.4 任务及目的
 - 1.5 完成工作量
 - 1.6 提交成果
- 2 技术路线及依据标准
 - 2.1 工作思路
 - 2.2 技术路线
 - 2.3 实验依据标准
- 3 测试结果及分析
 - 3.1 显微组分测试及结果分析
 - 3.2 工业成分测试及结果分析
 - 3.3测试结果及分析
 - 3.4 超声频段测试及结果分析
 - 3.5 低频段测试及结果分析
- 4 数据综合分析及结论
 - 4.1 煤中孔、裂隙发育特征
 - 4.2 超声段煤弹性特征
 - 4.3 低频段煤弹性特征
 - 4.4 跨频段煤弹性特征综合分析
 - 4.4 煤体结构分类
- 5 主要地质成果及评价
- 6 存在问题及下一步工作建议

E.2 附图

附图包括：

- a) 样品展布平面图。
- b) 结构分类判别图。
- c) 其他图件。

E.3 附表

附表包括：

- a) 测试分项结果表。

- b) 其他附表。

E.4 附件

附件包括：

- a) 相关资质证书扫描件。
- b) 其他附件。

参考文献

- [1] GB/T 30050-2013 煤体结构分类
- [2] GB/T 5271.1-2000 信息技术 词汇 第 1 部分：基本术语
- [3] T/CGS 003-2021 地层条件下煤岩声波速度室内测试技术规程
- [4] GB/T 212-2007 煤的工业分析方法
- [5] GB/T 8899-2013 煤的显微组分组和矿物测定方法
- [6] GB/T 16773-2008 煤岩分析样品制备方法
- [7] GB/T 6948—2008 煤的镜质体反射率显微镜测定方法
- [8] GB/T 217—2008 煤的真相对密度测定方法
- [9] Gary Mavko, Tapan Mukerji and Jack Dvorkin. The Rock Physics Handbook. University of Science and Technology of China Press, 2008
- [10] GB/T 15663.1-2008 煤矿科学技术语 第一部分 煤炭地质与勘察

附件

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

团体标准编制说明

基于全频段声学特征的煤体结构分类评价技术规范

**Identification of differential coal-body structure coal based on acoustic
characteristics in full frequency testing**

起草单位： 中国矿业大学（北京）、中海石油（中国）有限公司北京研究中心、中国矿业大学、中煤科工沈阳研究院、中油测井、河南理工大学、长江大学

起草时间： 2024年4月1日

一、工作简况

1. 任务来源

在煤及煤层气勘探与开发过程中,开展煤的工业充分、密度、孔隙度、地震频带速度、测井频带速度、超声速度测试工作,以声学特征进行煤田煤体结构划分的方法有极大的发展前景,怎样基于声学特征进行煤田煤体结构划分的前期工作、岩石物理参数、主要流程及成果提交,目前国内还缺乏相应的国家标准和行业标准,因此有必要提供专门的指导性标准。

2. 起草单位、参编单位

本文件起草单位:中国矿业大学(北京)、中海石油(中国)有限公司北京研究中心、中国矿业大学、中煤科工沈阳研究院、中油测井、河南理工大学、长江大学。

本文件参编单位:中国矿业大学(北京)、中海石油(中国)有限公司北京研究中心、中国矿业大学、中煤科工沈阳研究院、中油测井、河南理工大学、长江大学。

3. 主要起草人

文件的主要起草人:邹冠贵,王存武,龚飞,韩刚,刘燕海,何峰,黄亚平,马龙,金毅,彭晓波

表1主要起草人所做的主要工作

序号	姓名	工作单位	主要工作
1	邹冠贵	中国矿业大学(北京)	项目总负责人
2	王存武	中国海洋石油集团有限公司	项目主要负责人
3	龚飞	中国矿业大学(北京)	负责理论分析
4	韩刚	中国海洋石油集团有限公司	负责理论分析
5	刘燕海	中国矿业大学(北京)	负责室内试验
6	何峰	中国海洋石油集团有限公司	负责室内实验
	黄亚平	中国矿业大学	负责室内试验
	马龙	中煤科工沈阳研究院	负责室内试验
	金毅	河南理工大学	负责理论分析
	彭晓波	长江大学	负责理论分析

二、制定标准的必要性和意义

在煤及煤层气勘探与开发过程中,开展煤的工业充分、密度、孔隙度、地震频带速度、测井频带速度、超声速度测试工作,以声学特征进行煤田煤体结构划分的方法有极大的发展前景,怎样基于声学特征进行煤田煤体结构划分的前期工作、岩石物理参数、主要流程及成果提交,开展不同煤体结构煤全频段测试工作的目的是为了了解煤的全频段特征,为划分煤体结构提供岩石物理手段,提高煤炭、煤层气资源安全高效地质勘查效率和开采。

所以,本文件基于全频段声学特征实验,提出一套适用于声学特征进行煤田煤体结构划分的技术规范,它可为基于声学特征进行煤田煤体结构划分的前期工作、岩石物理参数、主要流程及成果提交的要求。提供统一的技术依据和标准。

三、主要起草过程

1、前期准备

2024年1月-2024年2月，开展了前期研究与资料收集工作，包括煤物性参数测量、煤全频段波速测量、煤弹性特征分析，煤岩石物理建模，探讨立项的必要性和结构要点，为本标准编制打下了良好基础。

2、标准立项

2024年2月，在中关村绿色矿山产业联盟的指导下，成立标准起草团队，标准起草团队就《基于全频段声学特征的煤体结构分类评价技术规范》团体标准研制工作召开了专题会议，拟定了标准编制工作方案，对标准编制工作进行总体部署和任务分工，力求科学性和实用性。

3、确定标准编制原则

标准编制团队在充分研究国内现有的绿色矿山发展相关政策及要求，对比煤体结构分类相关标准，并在全频段波速测量实验的基础上，确定了本标准的编制原则。

4、标准起草过程

①立项。2024年3月，成立标准起草团队，召开专题会议，拟定了标准编制工作方案，对标准编制工作进行总体任务部署和任务分工，力求科学性和实用性。

②拟定初稿。2024年3月，标准起草团队在中国知网等网站广泛收集国内外有关全频段波速测量实验评价的法律法规、规章、相关政策文件、标准，以及网站报道，期刊论文等材料，并对其进行综合分析整理，搭建了标准编制的框架，完成了标准初稿。

③实验论证。2024年3月，进行相应的岩石物理高频实验，在实验的基础上，选取合适的煤岩石物理模型进行煤体结构分类，对标准初稿进行内容填充和细节完善。

④内部研讨。2024年3月，标准起草团队就标准初稿召开了多次内部讨论会，对标准进行反复修改，形成了标准工作组讨论稿，并明确了标准化需求和标准研制重点方向。

⑤确定终稿。2024年6月17日-2024年7月，在相关讨论和修改的基础上，结合实验结果、数据统计、参数提取精度，最终确定了标准的终稿。

四、制定标准的原则

坚持高起点、严要求与适宜性、可操作性相结合原则。高起点即标准编制所涉及的材料及产品技术指标，应不低于目前国内外相关行业标准规定的限量指标；严要求即标准的编制应严格遵循GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定及相关法律法规的要求；适宜性既要充分考虑到行业的发展现状与特点，又要有一个适宜的范围与程度，从而提高标准贯彻实施的可操作性。

五、与现行有关法律、法规和标准的关系。

本标准符合国家环保、安全生产等方面的相关法律；

本标准符合GB/T1.1-2020中的规定；本标准与其他相关标准化文件无冲突。

六、标准主要内容说明

本标准规定了基于声学特征进行煤田煤体结构划分的前期工作、岩石物理参数、主要流程及成果提交的要求，本标准适用于煤及煤层气勘探与开发过程中，开展煤的工业充分、密度、孔隙度、地震频带速度、测井频带速度、超声速度测试工作，本技术规范提供了声学特征进行煤田煤体结构划分的技术规范，其他矿产资源的分类可参考执行。本标准中涉及的主要的技术指标和调研报告如下：

附件1：《测量流程》；

附件2：《测试步骤》；

七、贯彻标准的措施

建议

1. 组织措施

在中关村绿色矿山产业联盟的组织协调下，以标准起草团队成员为主，成立标准宣贯小组。

2 技术措施

组织撰写标准宣贯材料，组织标准宣贯培训，争取标准颁布实施后尽快在全频段声学特征的煤体结构分类实验中推广应用。

附件1：测量流程

不同煤体结构煤全频段测试技术工作流程见图1：

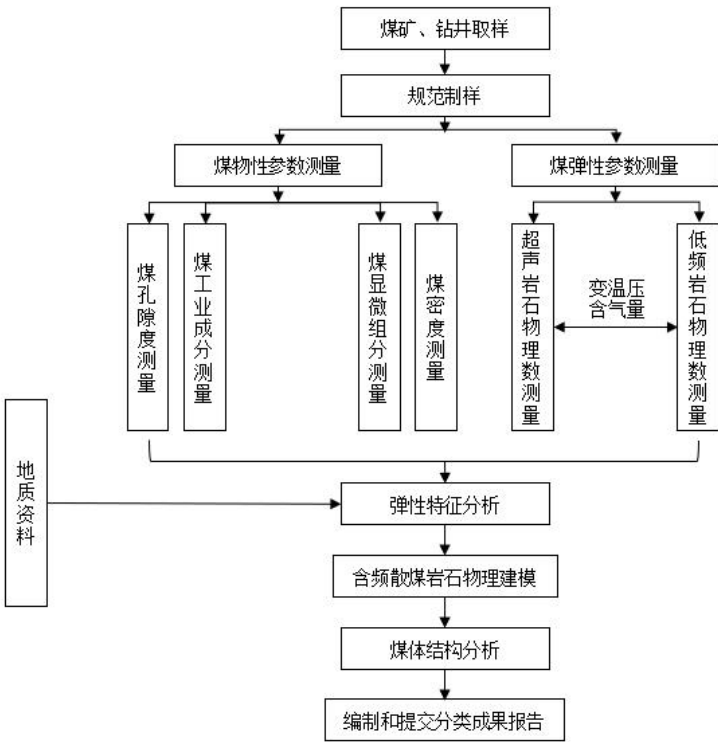


图 1 不同煤体结构煤全频段测试技术工作流程图

附件 2：测量步骤

- a) 测量干岩石动态弹性特征需将制成的柱塞样品置于80℃烘箱烘干24h。
- b) 测量部分饱水岩石动态弹性特征需将制成的柱塞样品饱水一段时间，根据质量比计算饱水度，小心移出立即执行测量。
- c) 用高精度电子秤（千分称）称重三次，取其平均值作为煤岩质量M；
- d) 用高精度游标卡尺测量岩样长度，每30°测一次，共计6次取平均；
- e) 用高精度游标卡尺测量岩样直径，分为上中下三个区域，每个区域测两次，每次测量间隔90°，共计6次取平均。
- f) 尺寸和质量的误差在测量值的±1%