

## 中华人民共和国能源行业标准

NB/T 10034—2016

---

### 煤层气藏用水基压裂液性能评价方法

Recommended practices on measuring the properties  
of water-based fracturing fluid for coalbed methane

2016 — 12 — 05 发布

2017 — 05 — 01 实施

---

国家能源局 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 仪器设备、试剂和材料	1
5 压裂液性能评价方法	2
5.1 压裂液的配制	2
5.2 技术指标和性能评价方法	3
5.3 煤心渗透率伤害率测定	3
6 健康、安全与环境控制要求	5
附录 A（规范性附录） 煤粉压缩比的确定方法	6

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由能源行业煤层气标准化技术委员会（NEA/TC 13）提出并归口。

本标准起草单位：中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司、中联煤层气国家工程研究中心有限责任公司、中国石油勘探开发研究院廊坊分院。

本标准主要起草人：张德军、车航、刘国华、崔会杰、吴刚飞、孔维中、郭利、余东合、梁为、才博。

# 煤层气藏用水基压裂液性能评价方法

## 1 范围

本标准规定了煤层气藏用水基压裂液的配制和性能参数测定的方法。

本标准适用于煤层气藏用水基压裂液性能评价。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 1884 原油和液体石油产品密度实验室测定法（密度计法）

GB/T 6003.1 试验筛 技术要求和检验 第1部分：金属丝编织网试验筛

SY/T 5107 水基压裂液性能评价方法

SY/T 5336 岩心分析方法

SY/T 5358 储层敏感性流动实验评价方法

SY/T 6376 压裂液通用技术条件

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**煤心饱和 saturating coal core**

在规定的条件，将测量介质饱和到待测的煤心的过程。

## 4 仪器设备、试剂和材料

4.1 电子天平：感量 0.1g，0.0001g。

4.2 恒温鼓风干燥箱：工作温度为室温～100℃或150℃，控温精度  $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

4.3 高温高压滤失仪及配套 No.988 滤纸或同类产品。

4.4 动态滤失伤害仪。

4.5 气体渗透率测定仪。

4.6 岩心钻取机：可钻取直径为 25mm，38mm，50mm 的煤心柱。

4.7 真空泵：抽气流量为 2L/s～4L/s，额定真空度为  $6.66 \times 10^{-2}\text{Pa}$ 。

4.8 表界面张力仪。

4.9 液压机或同类产品：至少能提供 90kN 的加载力。

4.10 搅拌器：吴茵混调器或同类产品。

4.11 标准筛： $\phi 200\text{mm} \times 50\text{mm}$ ，满足 GB/T 6003.1 的要求。

- 4.12 恒温水浴锅：室温～100℃，控温精度≤1℃。
- 4.13 岩心切割机。
- 4.14 热缩管热风枪：调温功能：50℃～550℃。
- 4.15 模具：内径为25mm±0.5mm，38mm±0.5mm，50mm±0.5mm，高度与内径的比值不低于3。
- 4.16 干燥器：内置干燥的硅胶。
- 4.17 化学试剂：氯化钾（化学纯）、氯化钠（化学纯）、氯化镁（化学纯）、氯化钙（化学纯）。
- 4.18 破胶剂：过硫酸铵或过硫酸钾（化学纯）。
- 4.19 容量瓶：100mL。
- 4.20 烧杯：250mL，500mL，1000mL。
- 4.21 游标卡尺：30cm，精度0.02mm。
- 4.22 硫酸纸：93g/m<sup>2</sup>。
- 4.23 航空煤油。
- 4.24 量筒：100mL，250mL，500mL。
- 4.25 托盘：医用白瓷盘，规格可选用200mm×300mm。
- 4.26 热缩管：φ28mm，φ40mm，φ60mm。
- 4.27 粘结剂：以普通水泥（标号为32.5或42.5）为粘结剂。
- 4.28 玻璃过滤漏斗：G4。

## 5 压裂液性能评价方法

### 5.1 压裂液的配制

#### 5.1.1 植物胶压裂液配制

按SY/T 5107的规定执行。

#### 5.1.2 粘弹性表面活性剂压裂液配制

配制步骤如下：

- a) 在常温条件下，量取按配方设计的压裂液所需的实验用水量倒入搅拌器中。
- b) 按配方称取添加剂的用量，备用。
- c) 启动搅拌器，调节搅拌器转速至液体形成的漩涡可以见到搅拌器桨叶中轴顶端为止。
- d) 把称好的添加剂按次序由漩涡上端内侧加入，全部加完后再搅拌15min以上，停止搅拌。
- e) 将配好的基液转入烧杯中，密封保存。

#### 5.1.3 活性水压裂液配制

配制步骤如下：

- a) 在常温条件下，量取按配方设计的压裂液所需的实验用水量倒入搅拌器中。
- b) 按配方称取添加剂的用量，备用。
- c) 启动搅拌器，调节搅拌器转速至液体形成的漩涡可以见到搅拌器桨叶中轴顶端为止。
- d) 把称好的添加剂按次序由漩涡上端内侧加入，全部加完后再搅拌3min以上，停止搅拌。
- e) 将配好的液体转入烧杯中，密封保存。

## 5.2 技术指标和性能评价方法

### 5.2.1 植物胶和粘弹性表面活性剂压裂液

压裂液的技术指标按 SY/T 6376 的规定执行；压裂液性能评价方法按 SY/T 5107 的规定执行。

### 5.2.2 活性水压裂液

活性水压裂液技术指标和性能评价方法见表 1。

表 1 活性水压裂液技术指标和性能评价方法

项目	技术指标	评价方法
pH 值	6.5 ~ 8.5	用 pH 试纸或 pH 计测定
密度, kg/m <sup>3</sup>	900 ~ 1100	按 GB/T 1884 执行
基质渗透率伤害率, %	≤ 20	按 SY/T 5107 执行
动态滤失渗透率伤害率, %	≤ 40	按 SY/T 5107 执行
表面张力, mN/m	≤ 30	按 SY/T 5107 执行
残渣含量, mg/L	≤ 50	按 SY/T 5107 执行
压裂液与地层水配伍性	无沉淀、无絮凝	按 SY/T 6376 执行

## 5.3 煤心渗透率伤害率测定

### 5.3.1 测定准备

#### 5.3.1.1 流动介质的准备

流动介质为煤层水或标准盐水。煤层水为现场直接取样，标准盐水需要实验室制样。

标准盐水由 2.0% 氯化钾、5.5% 氯化钠、0.45% 氯化镁、0.55% 氯化钙和蒸馏水配置而成。其配制遵循以下步骤：计算并准确称取 1000mL 标准盐水所需的氯化钾、氯化钠、氯化镁、氯化钙，放入烧杯中，然后加入蒸馏水，可适当加热、晃动，直到全部溶解，转移到 1000mL 的容量瓶中，用蒸馏水冲洗烧杯 2 ~ 3 次，并把洗液全部转移到容量瓶中，然后定容，摇匀。将配制好的标准盐水用  $\phi$  100G4# 玻璃过滤漏斗过滤，用真空泵脱气 1h。

#### 5.3.1.2 煤心柱制取及保存

##### 5.3.1.2.1 煤心柱制取

实验用煤心柱制取要求：煤心柱直径为  $25\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ ， $38\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ ， $50\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ ，煤心柱的长度不小于直径的 1.5 倍。两端面与柱面均应平整，且端面与柱面相垂直，不应有缺角等结构缺陷。煤心柱可采用以下两种方法制取：

- 天然煤心柱制取方法按岩心钻取机的操作规程直接在待测煤样上钻取。
- 人造煤心柱制取按以下方法进行：

选择待压裂区块有代表性的自然干燥煤样，采用机械破碎或人工破碎的方法将煤样破碎成细煤粉，用标准筛获得 70 ~ 90 目测试样品。将测试样平铺在干净的托盘中，在  $45^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  干燥箱内干

燥至少 24h，然后装入样品袋并保存在干燥器中待用。称取适量煤粉、粘结剂和水（煤粉、粘结剂和水的质量比为 1 : 1.2 : 1.6），将煤粉和粘结剂充分混匀后，加水混成润湿的浆状物，装入煤心制样机中，在煤层的上覆层压力下压制成人造煤心柱，压制时间为 10min，然后在恒温鼓风干燥箱中养护不小于 168h，养护温度  $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。干燥打磨后，按 SY/T 5336 的规定对煤心柱进行渗透率测试，选取渗透率合适的煤心进行煤芯伤害率测定实验。

煤粉质量按公式（1）进行计算：

$$m = C\rho sL \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$m$ ——煤粉质量，单位为克（g）；

$C$ ——煤粉的压缩比（确定方法见附录 A）；

$\rho$ ——煤的密度，单位为克每立方厘米（ $\text{g}/\text{cm}^3$ ）；

$s$ ——煤心柱的横截面积，单位为平方厘米（ $\text{cm}^2$ ）；

$L$ ——煤心柱的长度，单位为厘米（cm）。

#### 5.3.1.2.2 煤心柱保存

将剩余的煤心柱用热缩管密封保存。

#### 5.3.1.3 煤心饱和

按 SY/T 5336 的规定，用相应的流动介质饱和煤心。

#### 5.3.1.4 压裂液滤液收集方法

##### 5.3.1.4.1 植物胶压裂液滤液收集方法

收集方法如下：

- a) 破胶液：称 10.0g 破胶剂溶于 90.0g 水中，用玻璃棒搅匀。当天使用当天配制。
- b) 称取一定量的配好的基液加入适当的容器中，加入破胶液（用量为基液质量的 2%），搅匀，再加交联剂，搅匀形成冻胶，密封后放置在水浴锅中加热，加热温度一般为  $80^{\circ}\text{C}$ ，待观察到冻胶水化时，停止加热，并进行过滤，收集滤液 500mL。

##### 5.3.1.4.2 粘弹性表面活性剂压裂液滤液收集方法

将煤油（用量为基液质量的 0.1% ~ 0.3%）加到配好的压裂液中，混匀后，待观察到冻胶基本水化时，进行过滤，收集滤液 500mL。

##### 5.3.1.4.3 活性水压裂液滤液收集方法

将配好的活性水压裂液直接过滤，收集滤液 500mL。

#### 5.3.2 煤心基质渗透率损害测定程序

##### 5.3.2.1 伤害前煤心渗透率 $K_1$ 的测定

使流动介质从煤心夹持器反向端挤入煤心进行驱替，流动介质的流速低于临界流速。直至流量及压差稳定，稳定时间不少于 60min。

### 5.3.2.2 伤害过程

将压裂液滤液装入高压容器中，用压力源加压，使滤液从煤心夹持器正向端入口进入煤心。当滤液开始流出时，记录时间、滤液的累计滤失量，精确到 0.1mL。测定过程中，测定时间为 36min，温度允许波动为  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。挤完后，关闭夹持器两端阀门，使滤液在煤心中停留 2h，实验温度为煤层温度。

### 5.3.2.3 伤害后煤心渗透率 $K_2$ 的测定

按 5.3.2.1 方法测定煤心受到压裂液滤液损害后的煤心渗透率  $K_2$ 。

## 5.3.3 数据处理

### 5.3.3.1 煤心渗透率计算

煤心渗透率  $K_1$  和  $K_2$  均按公式 (2) 计算：

$$K = 0.1 \times \frac{Q\mu L}{\Delta p A} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$K$ ——煤心渗透率，单位为达西 (D)；

$Q$ ——流动介质的体积流量，单位为立方厘米每秒 ( $\text{cm}^3/\text{s}$ )；

$\mu$ ——测试条件下的流动介质的黏度，单位为毫帕秒 ( $\text{mPa} \cdot \text{s}$ )；

$L$ ——煤心轴向长度，单位为厘米 (cm)；

$\Delta p$ ——煤心进出口的压差，单位为兆帕 (MPa)；

$A$ ——煤心横截面积，单位为平方厘米 ( $\text{cm}^2$ )。

### 5.3.3.2 渗透率伤害率计算

渗透率伤害率按公式 (3) 计算：

$$\eta_d = \frac{K_1 - K_2}{K_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$\eta_d$ ——渗透率伤害率，用百分数表示；

$K_1$ ——煤心注压裂液滤液前的渗透率，单位为达西 (D)；

$K_2$ ——煤心注压裂液滤液后的渗透率，单位为达西 (D)。

### 5.3.3.3 数值修约

按 SY/T 5358 的规定执行。

## 6 健康、安全与环境控制要求

**6.1** 在实验过程中，操作人员应采取适当的安全和健康防护措施，应穿工作服，佩戴化学安全防护眼镜、手套、口罩等防护用品。

**6.2** 环境控制要求，严格执行国家和地方的环保法律、法规。



附 录 A  
(规范性附录)  
煤粉压缩比的确定方法

### A.1 操作步骤

用下列方法来确定煤粉的压缩比：

- a) 准确称取待测试的煤粉 20g，精确度为 0.01g。
- b) 将  $\phi 25\text{mm}$  模具的腔体安装在对应的底座上，并在腔体的底面平铺一层硫酸纸，用游标卡尺测量腔体的空高  $H_1$ ，将称好的煤粉平铺在硫酸纸上，在煤粉上平铺一层硫酸纸，用游标卡尺测量腔体剩余的空高  $H_2$ 。
- c) 安装好上压头，启动压力机，缓慢加压到 15kN，恒压 10min。
- d) 释放压制力为 0，取下上压头，用游标卡尺测量煤粉压缩后腔体的空高  $H_3$ 。

### A.2 计算

煤粉的压缩比按公式 (A.1) 进行计算：

$$C = (H_1 - H_2) / (H_1 - H_3) \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

$C$ ——煤粉的压缩比；

$H_1$ ——腔体的空高，单位为毫米 (mm)；

$H_2$ ——加入煤粉后的腔体的空高，单位为毫米 (mm)；

$H_3$ ——煤粉压缩后的腔体的空高，单位为毫米 (mm)。

注：不同压制力、不同粒径的煤粉压缩比是不同的，需分别测定。

中华人民共和国  
能源行业标准  
**煤层气藏用水基压裂液性能评价方法**  
NB/T 10034—2016

\*

石油工业出版社出版  
(北京安定门外安华里二区一号楼)  
北京中石油彩色印刷有限责任公司排版印刷  
新华书店北京发行所发行

\*

880×1230 毫米 16 开本 0.75 印张 19 千字 印 1—500  
2017 年 5 月北京第 1 版 2017 年 5 月北京第 1 次印刷  
书号：155021·7525 定价：20.00 元  
**版权专有 不得翻印**