

ICS 75.120

E 39

备案号: 52211-2015

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB / T 14003.1 — 2015

页岩气 压裂液

第 1 部分: 滑溜水性能指标及评价方法

Shale gas fracturing fluid

Part1: performance index and evaluating method for slick water

2015-10-27 发布

2016-03-01 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 术语及定义 1

4 滑溜水技术指标 1

5 仪器设备、试剂和材料 2

6 滑溜水配制方法 3

7 滑溜水性能测定 3

附录 A（规范性附录） 降阻实验测定装置规范 7

附录 B（资料性附录） 中压层析柱示意图 8

附录 C（资料性附录） 排出率实验饱和示意图 9

附录 D（资料性附录） 排出率测定装置示意图 10

前 言

NB/T 14003《页岩气 压裂液》按部分发布，分为3部分：

- 第1部分：滑溜水性能指标及评价方法；
- 第2部分：降阻剂性能指标及测试方法；
- 第3部分：连续混配压裂液性能指标及评价方法。

本部分是NB/T 14003的第1部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

请注意本标准的某些内容有可能涉及专利。本标准的发布机构不应承担识别这些专利的责任。

本标准的附录A是规范性附录，附录B、附录C、附录D是示范性附录。

本标准由能源行业页岩气标准化技术委员会提出并归口。

本标准的起草单位：中国石油西南油气田公司天然气研究院、陕西延长石油有限责任公司研究院、中国石油化工股份有限公司勘探开发研究院、中国石油化工股份有限公司石油工程技术研究院。

本标准主要起草人：陈鹏飞、刘友权、段玉秀、吴金桥、龙秋莲、张汝生、王宝峰。

页岩气 压裂液

第 1 部分：滑溜水性能指标及评价方法

1 范围

本标准规定了页岩气水力压裂用滑溜水的技术指标、性能测试方法。
本标准适用于页岩油气、致密油气水力压裂用滑溜水性能测试和评价。

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 5330—2003 工业用金属丝编织方孔筛网
GB 7476 水质 钙的测定 EDTA 滴定法
GB/T 10247 黏度测量方法
SY/T 0532—2012 油田注入水细菌分析方法 绝迹稀释法
SY/T 0600 油田水结垢趋势预测
SY/T 5107—2005 水基压裂液性能评价方法
SY/T 5336—2006 岩心分析方法
SY/T 5370 表面及界面张力测定方法
SY/T 5673—1993 油田用防垢剂性能评定方法
SY/T 5971—1994 注水用黏土稳定剂性能评价方法

3 术语及定义

下列术语及定义适用于本标准。

3.1

滑溜水 slick water

由降阻剂、其他添加剂和水配成，管流摩阻远小于清水管流摩阻的水基压裂液。

4 滑溜水技术指标

滑溜水技术指标见表 1。

表 1 滑溜水技术指标

序 号	项 目	指 标
1	pH	6~9
2	运动黏度 mm ² /s	≤ 5
3	表面张力 ^a mN/m	< 28
4	界面张力 ^b mN/m	< 2

表 1 (续)

序 号	项 目	指 标
5	结垢趋势	无
6	SRB 个/mL <	25
7	FB 个/mL <	10 ⁴
8	TGB 个/mL <	10 ⁴
9	破乳率 ^c % ≥	95
10	配伍性	室温和储层温度下均无絮凝现象， 无沉淀产生
11	降阻率 % ≥	70
12	排出率 ^d % ≥	35
13	CST 比值 <	1.5
a、d：助排性能可任选表面张力或排出率评价。 b、c：不含凝析油的页岩气藏不评价。		

5 仪器设备、试剂和材料

5.1 仪器设备

- 毛细管吸收时间测定仪，Fann Model 440 Capillary suction timer 或同类产品；
- pH 计或精密 pH 试纸（显色反应间隔 0.2）；
- 毛细管黏度计，符合 GB/T 10247 的规定；
- 分样筛，30 目、40 目、70 目，符合 GB/T 5330—2003 的规定；
- 注射器，5.0mL（0.02mL 分度）；
- 电热恒温培养箱，工作温度为 30℃～60℃，控温精度±1℃；
- 电子天平，感量 0.000 1g；
- 电子天平，感量 0.01g；
- 表界面张力仪，符合 SY/T 5370 的规定；
- 搅拌器，吴茵（Waring）混调器或同类产品，符合 SY/T 5107—2005 的规定；
- 电热恒温水浴锅，工作温度为室温～100℃，控温精度±1℃；
- 秒表，精度 0.01s；
- 管路摩阻仪：见规范性附录 A；
- 烘箱，工作温度为室温～300℃，控温精度±1℃；
- 316 钢耐压容器，耐压 10MPa；
- 粉碎机。

5.2 试剂和材料

- a) 瓶装氮气, 纯度 99.5%;
- b) 氯化钾, 化学纯;
- c) 双氧水, 浓度 30%, 分析纯;
- d) 支撑剂, 现场压裂用支撑剂;
- e) 具塞磨口锥形瓶, 250mL;
- f) 具塞广口瓶, 500mL;
- g) 中压层析柱, 内径 $25 \pm 1\text{mm}$, 长 $30 \pm 1\text{cm}$;
- h) 标准多孔滤纸, AA-GWR test blotter paper 或同类色谱级滤纸;
- i) 现场配液用水。

6 滑溜水配制方法

6.1 滑溜水配方

室内实验用滑溜水配方与具体施工井现场用滑溜水配方一致。

6.2 试样制备要求

应说明滑溜水名称、各组成成分、用量、配比、加入顺序、混合的时间（包括在一种或多种混调速度的温度和时间）、在测试之前液体的静置时间，说明测试所需的液体体积及特殊要求。

6.3 滑溜水制备

- 6.3.1 量取按配方需要配制滑溜水量的现场配液用水，倒入搅拌器的容器中。
- 6.3.2 按配方称取或量取所需添加剂的量，备用。
- 6.3.3 调节搅拌器转速在 $500 \sim 1000\text{r/min}$ 内，液体形成漩涡为止。
- 6.3.4 按顺序依次加入已称好或量好的添加剂，粉末降阻剂应缓慢加入，避免形成鱼眼，并调整转速在 1000r/min 内以使液体处于漩涡状态。
- 6.3.5 在加完全部添加剂后继续搅拌，直至形成均匀的溶液，停止搅拌，倒入广口瓶，盖上盖备用。

7 滑溜水性能测定

7.1 pH 测定

取本标准 6.3 配制的滑溜水 100mL 用 pH 试纸或 pH 计测定 pH 值。

7.2 表界面张力测定

按 SY/T 5370 表面及界面张力测定标准测定本标准 6.3 配制的滑溜水。

7.3 运动黏度测定

按 GB/T 10247 黏度测量方法测定本标准 6.3 配制的滑溜水。

7.4 结垢趋势测定

按 SY/T 0600 油田水结垢趋势预测本标准 6.3 配制的滑溜水的结垢趋势。

7.5 细菌含量测定

按 SY/T 0532—2012 油田注入水细菌分析方法绝迹稀释法测定本标准 6.3 配制的滑溜水的细菌含量。

7.6 破乳性能测定

按 SY/T 5107—2005 水基压裂液性能评价方法 6.15.1 测定本标准 6.3 配制的滑溜水的破乳性能。

7.7 配伍性能测定

7.7.1 室温下配伍性测定

取本标准 6.3 配制的滑溜水 50mL 于广口瓶中，静置 24h 后观察是否发生絮凝现象和有沉淀产生。

7.7.2 储层温度下配伍性测定

取本标准 6.3 配制的滑溜水 100mL 盛于 316 钢耐压容器中，至于烘箱，并在储层温度下静置 4h，冷却后倒入烧杯中观察是否发生絮凝现象和有沉淀产生。

7.8 降阻性能测定

7.8.1 方法提要及操作条件

滑溜水在一定速率下流经一定长度和直径的管路时都会产生一定的压差，根据滑溜水与清水（实验室即为自来水）压差的差值和与清水压差的比值来计算滑溜水的降阻率。

测试温度可以采用室温或滑溜水使用温度，使用温度高于 100℃ 时，温度选取 95℃。实验时管路内径需满足规范性附录 A 的要求。

7.8.2 测试程序

7.8.2.1 储液罐中加入测试所需量的自来水，缓慢调节动力泵的转速，使整个测试管路充满测试液体。

7.8.2.2 设定测试温度，启动加热系统。低速循环。

7.8.2.3 待温度到设定温度，调节排量至设定流速。从计算机读取该线速度下清水的压差，1min 内压差变化小于 1% 时，求取这 1min 内压差的平均值作为清水摩阻压差 (ΔP_1)。

7.8.2.4 按照相同程序和条件（与清水实验的排量变化幅度小于 1%；温度差小于 2℃）测试按 6.3 用现场水或自来水配制的滑溜水流经该管路的摩阻压差 (ΔP_2)。

7.8.3 降阻率

$$DR = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_1} \times 100 \quad (1)$$

式中：

DR ——室内滑溜水对清水的降阻率，单位为百分之（%）；

ΔP_1 ——清水流经管路时的压差，单位为帕（Pa）；

ΔP_2 ——滑溜水流经管路时的压差，单位为帕（Pa）。

7.9 排出性能测定

7.9.1 方法提要

不同类型的液体体系通过多孔介质时液体的排出率不同，通过测定含不同助排剂的滑溜水排出率评

价滑溜水排出性能。

7.9.2 试样制备

7.9.2.1 岩心粉制备

取实验岩心，用粉碎机，制成粉末，筛取通过 40 目标准筛，但不通过 70 目标准筛的岩心粉末，在 105℃ 下烘 2h，冷却后存于广口瓶中备用。

7.9.2.2 实验用支撑剂制备

取现场压裂用支撑剂，筛取通过 40 目标准筛，但不通过 70 目标准筛的支撑剂，存于广口瓶中备用。

7.9.2.3 滑溜水降解液配制

取本标准 6.3 配制的滑溜水 600mL 于 316 钢耐压容器中，置于烘箱中，在储层温度下进行降解实验，降解液冷却至室温后倒入广口瓶备用。

7.9.3 测试程序

7.9.3.1 将准备的岩心粉末与压裂支撑剂按质量比例 1:1 混合均匀，在中压层析柱中装满已混合好的岩心粉末与压裂支撑剂混合物（以下简称混合物），用塞子封住两端（见附录 B），用天平称取混合物、中压层析柱和塞子组合体（以下简称组合体）的质量（ m_1 ）。重复实验时，每次组合体的质量相差小于或等于 2%。

7.9.3.2 将填充混合物的中压层析柱竖直放置，按附录 C 用滑溜水饱和填充层。待上端出液后继续补给滑溜水降解液 10min，取下中压层析柱，用纱布擦去两端和四周的液体，称取已饱和混合物的组合体质量（ m_2 ）。

7.9.3.3 按照附录 D 的装置图安装已饱和的岩心粉末和支撑剂填充的中压层析柱、已恒重的锥形瓶，开启氮气，调压至 10kPa，记录 5min 内流出的降解液质量（ m_3 ）。

7.9.4 排出率

$$\eta_R = \frac{m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (2)$$

式中：

η_R ——排出率，单位为百分之（%）；

m_1 ——饱和前组合体的质量，单位为克（g）；

m_2 ——饱和后组合体的质量，单位为克（g）；

m_3 ——流出来的降解液质量，单位为克（g）。

7.10 防膨性能测定

7.10.1 方法提要

含不同黏土稳定剂的滑溜水与岩心粉末混合物，在毛细管力作用下，滑溜水扩散到滤纸相同位置的时间不同，根据毛细管吸收时间（CST）判断滑溜水的防膨性能。

7.10.2 试样制备

7.10.2.1 岩心粉制备

7.10.2.1.1 取实验岩屑置于 100 目标准筛，用蒸馏水清洗杂质。

7.10.2.1.2 将去杂质的岩屑倒入表面皿，放入恒温干燥箱，在 105℃ 下烘 2h。

7.10.2.1.3 将已烘干的岩屑用粉碎机制成粉末，筛取通过 30 目标准筛，但不通过 70 目标准筛的岩心粉末，存于广口瓶中备用。

7.10.2.2 溶液配制

7.10.2.2.1 按本标准 6.3 配制加入防膨剂的滑溜水。按本标准 7.9.2.3 制备滑溜水降解液 A。

7.10.2.2.2 按本标准 6.3 配制不含防膨剂，但含 3%KCl 的滑溜水。按本标准 7.9.2.3 制备滑溜水降解液 B。

7.10.3 测试程序

7.10.3.1 毛细管吸收时间测定仪开机待用。

7.10.3.2 将 4g 岩心粉末加入 100mL 滑溜水降解液 A 中，在 100r/min 下搅拌 30min，边搅拌边用注射器取 5mL 混合样品，快速转入到放在滤纸上的锥筒中（直径 1cm 的快速过滤口向下）开始实验。读取 CST 仪的时间（ t_{A1} ）。

7.10.3.3 使用滑溜水降解液 B，重复本标准 7.10.3.2，读取 CST 仪的时间（ t_{B1} ）。

7.10.3.4 用注射器取 5mL 滑溜水降解液 A，快速转入到放在滤纸上的锥筒中（直径 1cm 的快速过滤口向下）开始实验。读取 CST 仪的时间（ t_{A2} ）。

7.10.3.5 使用滑溜水降解液 B，重复本标准 7.10.3.4，读取 CST 仪的时间（ t_{B2} ）。

7.10.4 CST 比值计算

$$\text{CST 比值} = \frac{t_{A1} - t_{A2}}{t_{B1} - t_{B2}} \quad (3)$$

式中：

t_{A1} ——降解液 A、岩心粉混合物测定时间，单位为秒（s）；

t_{A2} ——降解液 A 测定时间，单位为秒（s）；

t_{B1} ——降解液 B、岩心粉混合物测定时间，单位为秒（s）；

t_{B2} ——降解液 B 测定时间，单位为秒（s）。

附 录 A
(规范性附录)
降阻实验测定装置规范

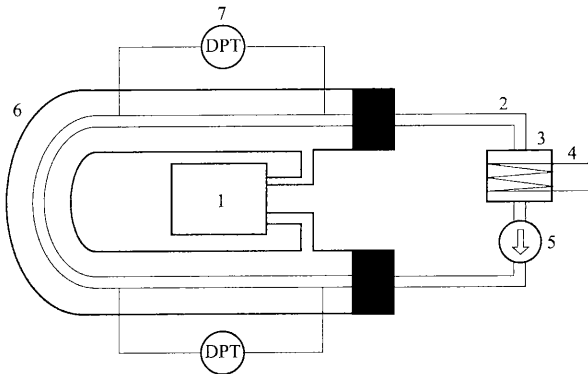


图 A.1 降阻实验测定装置示意图

1—循环恒温水浴；2—测试管线；3—储液罐；4—储液罐加热器；5—循环泵；6—加热套；7—差压传感器

根据理论计算及验证，实验室模拟评价现场的摩阻，必须满足两个条件：① 实验室有效管半径 r_{eff} 与现场有效管半径 r_{eff} 必须在同一范围内；② 现场有效管半径与平均线速度的斜率必须和实验室有效管半径与平均线速度的斜率相似。如图 A.2 所示。

有效管半径：
$$r_{\text{eff}} = 1000 v_f \frac{\rho}{\mu} \tag{A.1}$$

式中：

ρ ——流体密度，单位为千克每立方米（kg/m³）；

μ ——流体的黏度，单位为毫帕斯卡秒（mPa · s）；

v_f ——摩擦速度，单位为米每秒（m/s）。

$$v_f = 1.095 \sqrt{\frac{d \Delta p}{\rho l}} \tag{A.2}$$

式中：

Δp ——压差，单位为帕斯卡（Pa）；

l ——测压点间的距离，单位为米（m）；

d ——直径，单位为米（m）。

室内评价时，管径应满足上述两个条件；模拟参数建议选择现场线速度。

附 录 B
(资料性附录)
中压层析柱示意图

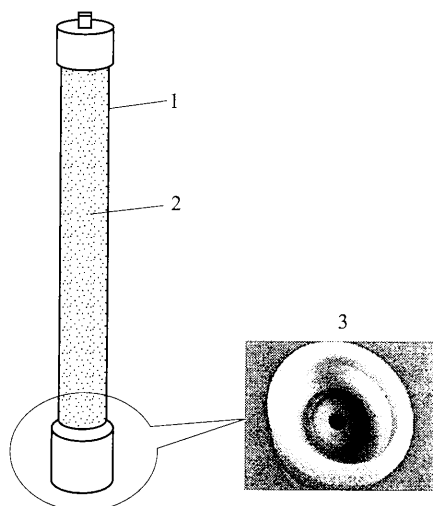


图 B.1 中压层析柱示意图

1—中压层析柱；2—填充物；3—聚四氟乙烯盖子

附 录 C
(资料性附录)
排出率实验饱和示意图

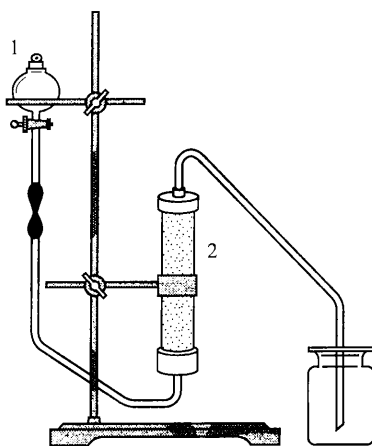


图 C.1 排出率实验饱和示意图
1—分液漏斗；2—中压层析柱

附 录 D
(资料性附录)
排出率测定装置示意图

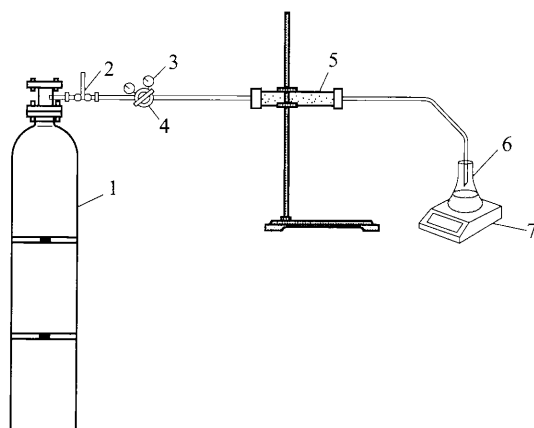


图 D.1 排出率测定装置示意图

1—氮气瓶；2—气瓶开关；3—压力表；4—减压阀；5—中压层析柱；6—锥形瓶；7—天平

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
页 岩 气 压 裂 液
第 1 部分：滑溜水性能指标及评价方法
NB/T 14003.1 — 2015

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2016 年 6 月第一版 2016 年 6 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 0.75 印张 22 千字
印数 001—200 册

*

统一书号 155123·3053 定价 9.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

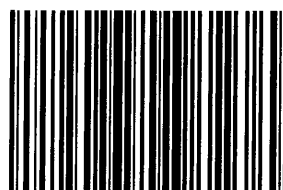
版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.3053

上架建议：电力工程/新能源发电