

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 125—2025

钻完井液用润湿反转剂 聚氨酯衍生物

Wettability reversal agent for drilling and completion fluids: polyurethane derivatives

2025 - 04 - 28 发布

2025 - 04 - 29 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 技术要求 1

4 试验方法 1

5 检验规则 3

6 标志、包装、运输与贮存 3

7 安全和环保要求 4

附录 A（资料性） 仪器设备与试剂材料技术要求 5

附录 B（资料性） 试验操作方法 6

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》的规定起草。

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担识别专利的责任。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：中国石油大学（北京）、中国石油集团川庆钻探工程有限公司、宁夏大学、中国石油集团长城钻探工程有限公司、北京石大博诚科技有限公司。

本文件主要起草人：蒋官澄、贺垠博、杜明亮、谭宾、杨丽丽、董腾飞、冯奇、冉启华、邓正强、贺会锋、全晓虎、张鑫、姚如钢。

钻完井液用润湿反转剂 聚氨酯衍生物

1 范围

本文件规定了钻完井液用润湿反转剂聚氨酯衍生物的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存、安全和环保要求。

本文件适用于钻完井液用润湿反转剂聚氨酯衍生物的检验与验收。

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 6678 化工产品采样总则
- GB/T 6680 液体化工产品采样通则
- GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法
- GB/T 16783.1 石油天然气工业 钻井液现场测试 第 1 部分：水基钻井液
- NB/SH/T 0006 工业白油
- SY/T 5490 钻井液试验用土
- SY/T 5677 钻井液用滤纸
- Q/320621JSSL007 贝雷岩心

3 技术要求

钻完井液用润湿反转剂聚氨酯衍生物外观、pH 值、表观黏度升高值、水相接触角、油相接触角、岩心自吸水量降低率、线性膨胀降低率、毛细管附加压力等技术要求应符合表 1。

表 1 技术要求

项目	技术要求
外观	乳白色粘稠状液体
pH值	7.0~9.0
表观黏度升高值, mPa·s	≤10.0
水相接触角, °	≥120.0
油相接触角, °	≥20.0
岩心自吸水量降低率, %	≥70
线性膨胀降低率, %	≥80
毛细管附加压力, Pa	≤900

4 试验方法

4.1 仪器设备与试剂材料

4.1.1 仪器设备

试验用仪器设备宜采用分析天平、烧杯、磁力搅拌器、pH计、量筒、高速搅拌器、旋转黏度计、低温低压滤失仪、表面皿、接触角测量仪、烘箱、容量瓶、抽滤瓶、真空泵、岩心夹持器、线性膨胀仪、超声波清洗机、毛细管、测量尺等，技术要求参见附录A。

4.1.2 试剂材料

试验用试剂材料宜采用蒸馏水、无水碳酸钠、钻井液试验配浆用膨润土、5号白油、API滤失量测定仪用滤纸、人造岩心等，技术要求可参见附录A。

4.2 外观

4.2.1 取样品于自然光下目测，背景应选择白色或透明背景。记录样品颜色、透明度、是否有沉淀或分层等外观特征。

4.2.2 样品外观应为乳白色粘稠状液体。

4.3 pH

4.3.1 样品的pH值应介于7~9。

4.3.2 pH值测算方法参见附录B。

4.4 流变性

4.4.1 流变性试验操作方法参见附录B。

4.4.2 应按公式(1)计算基浆中表观黏度升高值：

$$\Delta AV = AV_2 - AV_1 \quad (1)$$

式中：

ΔAV ——基浆中表观黏度升高值，单位为毫帕秒（mPa·s）；

AV_1 ——基浆的表观黏度，单位为毫帕秒（mPa·s）；

AV_2 ——样浆的表观黏度，单位为毫帕秒（mPa·s）。

4.5 水相与油相接触角

4.5.1 水相接触角应 $\geq 120^\circ$ ，油相接触角应 $\geq 20^\circ$ 。

4.5.2 接触角测量方法参见附录B。

4.6 岩心自吸水量降低率

4.6.1 岩心自吸水量降低率应 $\geq 70\%$ ，测量方法参见附录B。

4.6.2 岩心自吸水量降低率按公式(2)计算：

$$S = \frac{(m_3 - m_1) - (m_4 - m_2)}{(m_3 - m_1)} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

S ——岩心自吸水量降低率，用百分数表示；

m_1 ——空白组岩心初始质量，单位为克（g）；

m_2 ——样品组岩心初始质量，单位为克（g）；

m_3 ——空白组岩心吸水后质量，单位为克（g）；

m_4 ——样品组岩心吸水后质量，单位为克（g）。

4.7 线性膨胀降低率

4.7.1 线性膨胀降低率应 $\geq 80\%$ ，测量方法参见附录 B。

4.7.2 线膨胀降低率按公式（3）计算：

$$B = \frac{\Delta H_1 - \Delta H_2}{\Delta H_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

B——线性膨胀降低率，用百分数表示；

ΔH_1 ——蒸馏水浸泡 24h 时试验岩心的线膨胀量，单位为毫米（mm）；

ΔH_2 ——3%样品溶液浸泡 24h 时试验岩心的线膨胀量，单位为毫米（mm）。

4.8 毛细管附加压力

4.8.1 毛细管附加压力 $\leq -900\text{Pa}$ ，测量方法参见附录 B。

4.8.2 毛细管附加压力按公式（4）计算：

$$\Delta P = \frac{2\gamma \cos \theta}{r} \quad (1)$$

式中：

ΔP ——毛细管附加压力，单位为帕（Pa）；

γ ——为水的表面张力，单位为牛每米（N/m）；

θ ——为接触角，单位为度（°）；

r ——为毛细管半径，单位为米（m）。

5 检验规则

5.1 采样

5.1.1 应按 GB/T 6678 要求确定采样单元数，按 GB/T 6679 要求确定产品采样，采样总量缩分后不应少于 1Kg。所取试样充分混匀后，等量分装于 3 个洁净、干燥的样品袋中，密封并贴好标签。

5.1.2 样品的标签应注明生产厂名称、产品名称、产品规格、批号、采样人、采样地点和采样日期。

5.2 检验

按本标准给出的试验方法对所采样品进行检验。

5.3 判定规则

5.3.1 合规产品检验结果应满足本标准要求。

5.3.2 检验结果有一项不满足要求，应进行复检。复检结果仍有指标不满足要求，即判该批产品为不合格。

6 标志、包装、运输与贮存

6.1 标志

产品包装上应印有清晰、牢固的标志，并注有下列内容：

a) 产品名称；

- b) 产品标记;
- c) 生产厂名;
- d) 厂址;
- e) 生产日期;
- f) 产品批号;
- g) 净含量;
- h) 执行标准;
- i) 保质期。

6.2 包装

本品宜采用塑料桶或铁桶包装，或根据顾客要求提供包装。封口应严密，无泄漏。

6.3 运输

在运输过程中应防潮、防晒和防止碰撞泄露。

6.4 贮存

产品存放应保持通风、干燥，避免雨淋，远离热源。本产品保质期为 2 年。

7 安全和环保要求

- 7.1.1 生产商在提供产品的同时提供安全环保相关提示。
- 7.1.2 工作现场禁止吸烟和进食。
- 7.1.3 操作时应穿戴劳保防护用品。
- 7.1.4 在搬运、储存期间，应避免包装袋破损，防止物料散落。

附 录 A
(资料性)
仪器设备与试剂材料技术要求

A.1 仪器设备技术要求

- a) 分析天平：分度值 0.01g, 0.0001g;
- b) 烧杯：200mL、500mL、1000mL;
- c) 磁力搅拌器：KA RCT 型或等效产品;
- d) pH 计：测量精度 ± 0.01 pH;
- e) 量筒：10mL, 250mL, 500mL;
- f) 高速搅拌器：在负载情况下的转速为 $11000\text{r}/\text{min} \pm 300\text{r}/\text{min}$ ，搅拌轴上装有单个波形叶片，叶片直径为 2.5cm，配不锈钢高搅杯;
- g) 旋转黏度计：Fann35 型或等效产品;
- h) 低温低压滤失仪：符合 GB/T 16783.1 规定;
- i) 表面皿：直径 100mm;
- j) 接触角测量仪：SCI3000 型或同类产品，测量精度 $\pm 0.1^\circ$;
- k) 烘箱：可控温在 $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$;
- l) 容量瓶：1000mL;
- m) 抽滤瓶：500mL，带磨口和测管接口;
- n) 真空泵：Rocker 300 或等效产品;
- o) 岩心夹持器：用于固定直径 25mm 标准岩心柱;
- p) 线性膨胀仪：LVDT 或同类产品，温控范围室温至 200°C ;
- q) 超声波清洗机：功率不小于 200W，频率 $40 \pm 5\text{kHz}$;
- r) 毛细管：内径 0.5mm，长度 $\geq 100\text{mm}$ ，材质为玻璃或石英;
- s) 测量尺：量程 0~300mm，精度 $\pm 0.02\text{mm}$ 。

A.2 试剂材料技术要求

- a) 蒸馏水：符合 GB/T 6682 中的三级水规定;
- b) 无水碳酸钠：分析纯;
- c) 钻井液试验配浆用膨润土：符合 SY/T 5490 的规定;
- d) 5号白油：应符合 NB/SH/T 0006 (II) 要求;
- e) API 滤失量测定仪用滤纸：符合 SY/T 5677 的规定;
- f) 人造岩心：气测渗透率为 $0.10\text{mD} \pm 0.01\text{mD}$ ，直径 25mm，符合 Q/320621JSSL007 的规定。

附录 B (资料性) 试验操作方法

B.1 pH 值测算

B.1.1 称取样品2.000g(称重至0.001g)置于200mL的烧杯中,加入100mL±1mL蒸馏水,在常温下用磁力搅拌器搅拌溶解1h,直至样品完全溶解,用pH计测定pH值。

B.1.2 最终的检测结果应为四个平行样的算术平均值。

B.2 流变性测试

B.2.1 在高搅杯中分别加入400mL±1mL蒸馏水和0.640g(称准至0.001g)无水碳酸钠,溶解后在高速搅拌下缓慢加入16.000g(称准至0.001g)钻井液试验配浆用膨润土,避免其结成团块,累计高速搅拌20min,期间至少停下两次,以刮下黏附在杯壁上的膨润土,在25°C±1°C下密闭养护24h。

B.2.2 取两份B.2.1中养护好的400mL±1mL基浆,高速搅拌20min,按GB/T 16783.1的规定测定基浆表观黏度 AV_1 。

B.2.3 取两份B.2.1中养护好的400mL±1mL基浆,分别加入12.000g(称重至0.001g)样品,高速搅拌20min后,按GB/T 16783.1的规定测定样浆表观黏度 AV_2 。

B.3 水相与油相接触角测量

B.3.1 取两份B.2.1养护好的400mL±1mL基浆,分别加入12.000g(称重至0.001g)样品,高速搅拌20min后,按GB/T 16783.1的规定测定样浆的API滤失量。

B.3.2 将样浆的中压滤饼取出,置于洁净托盘中,用表面皿覆盖,防止干燥时滤饼翘曲变形。托盘置于105°C±2°C烘箱中,干燥24h,取出冷却至室温。

B.3.3 使用接触角测量仪,在滤饼表面分别滴加蒸馏水与5号白油各一滴,静置5s后读取接触角,每个滤饼测3个位置,取3个接触角数据的数学平均值作为接触角测量结果。

B.4 岩心自吸水量降低率测量

B.4.1 量取600mL~700mL蒸馏水置于1L烧杯中,称取30.000g(称准至0.001g)样品缓慢加入烧杯中,搅拌至全部溶解,转移至1L容量瓶中用蒸馏水稀释至刻度,在玻璃试剂瓶中储存备用。

B.4.2 将两块渗透率为0.10mD±0.01mD的人造岩心置于105°C±2°C烘箱内烘干12h,取出岩心,冷却至室温。

B.4.3 取一块岩心记为空白组岩心,将其置于装有蒸馏水的抽滤瓶中,抽滤24h,将空白组岩心置于105°C±2°C烘箱内烘干12h,冷却至室温后称量,记录空白组岩心初始质量 m_1 (称准至0.001g)。

B.4.4 取另一块岩心记为样品组岩心,将其置于装有3%样品溶液的抽滤瓶中,抽滤24h,将样品组岩心置于105°C±2°C烘箱内烘干12h,冷却至室温后称量,记录样品组岩心初始质量 m_2 (称准至0.001g)。

B.4.5 将装有200.000g(称准至0.001g)蒸馏水的烧杯置于电子天平上,并调整岩心夹持器,使空白组岩心底面与蒸馏水的上液面保持相切,浸泡12h,记录空白组岩心吸水后质量 m_3 (称准至0.001g)。

B.4.6 将装有200.000g(称准至0.001g)蒸馏水的烧杯置于电子天平上,并调整岩心夹持器,使样品组岩心底面与蒸馏水的上液面保持相切,浸泡12h,记录样品组岩心吸水后质量 m_4 (称准至0.001g)。

B.5 线性膨胀降低率测量

B.5.1 称取样品3.000g(称重至0.001g)于烧杯中,加入100mL±1mL蒸馏水,置于磁力搅拌器上搅拌至样品完全溶解,制得样品溶液。

B. 5.2 称取钻井液膨胀试验用膨润土10.000g（称重至0.001g），预先在105℃±3℃条件下烘干4h后转入测筒内。插入塞杆，并在4MPa压力下保持5min，制得试验岩心。

B. 5.3 将装有试验岩心的测筒安装在线性膨胀测试仪上，注入蒸馏水，使试验岩心浸泡24h，记录岩心的线性膨胀量，记为 ΔH_1 。

B. 5.4 重复上述操作，使用3%样品溶液替代蒸馏水，浸泡24h后记录岩心的线性膨胀量，记为 ΔH_2 。

B. 6 毛细管附加压力测算

B. 6.1 将毛细管放入超声波清洗机中清洗10min，去除表面杂质。取出毛细管，用蒸馏水冲洗3次，置于105℃±2℃烘箱中烘干1h，冷却至室温备用。

B. 6.2 将毛细管完全浸泡至3%样品溶液中12h，以确保润湿效果，其中3%样品溶液的配置参考B.4.1。取出毛细管后，置于105℃烘箱中烘干2h，冷却至室温备用。

B. 6.3 将毛细管垂直插入蒸馏水中，确保毛细管下端完全浸入液体。静置5min，待液面稳定后，使用精密测量尺记录毛细管内液面高度，记为 h_1 。若毛细管液面高于蒸馏水液面则表示毛细管附加压力为毛细管吸力， h_1 记为正值，反之则为毛细管斥力， h_1 记为负值；使用相机拍摄蒸馏水在毛细管内的润湿角照片，测量并记录接触角 θ_1 。

B. 6.4 将B.6.1中处理过的毛细管垂直插入蒸馏水中，确保毛细管下端完全浸入液体。静置5min，待液面稳定后，使用精密测量尺记录毛细管内液面高度，记为 h_2 ；使用相机拍摄蒸馏水在毛细管内的润湿角照片，测量并记录接触角 θ_2 。