

# T/GRM

## 中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 155—2026

### 自适应油气层的储层保护型钻完井液应用 技术要求

Technical requirements for application of formation-adaptive reservoir-protecting  
drilling and completion fluids

2026 - 03 - 02 发布

2026 - 03 - 02 实施

## 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 仪器与试剂 .....	1
5 配制工艺 .....	2
6 试验方法 .....	3
7 施工 .....	4
8 安全环保 .....	4

## 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、宁金硕、贺垠博、全晓虎、张鑫、董腾飞、姚如钢、杜明亮、谭宾、杨丽丽、冯奇、冉启华、邓正强、贺会锋。

本文件为首次发布。

# 自适应油气层的储层保护型钻完井液应用技术要求

## 1 范围

本文件规定了自适应油气层的储层保护型钻完井液应用的仪器与试剂、配制工艺、试验方法、施工和安全环保。

本文件适用于自适应油气层的储层保护型钻完井液应用。

## 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 5005 钻完井液材料规范

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 钻完井液现场测试 第1部分：水基钻完井液

GB/T 27476.1 检测实验室安全 第1部分：总则

GB/T 29172 岩心分析方法

SY/T 5225 石油天然气钻井、开发、储运防火防爆安全生产技术规程

SY/T 5358 储层敏感性流动实验评价方法

SY/T 5490 钻完井液试验用土

SY/T 5677 钻完井液用滤纸

SY/T 5974 钻井井场设备作业安全技术规程

SY/T 7298 陆上石油天然气钻井环境保护技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**自适应油气层的储层保护型钻完井液** formation-adaptive reservoir-protecting drilling and completion fluids

自适应储层孔隙与裂缝特征，形成致密暂堵层，并在钻完井作业后可高效解除封堵，实现对不同渗透率储层最大化保护的钻完井液。

### 3.2

**储层保护剂** reservoir protection agent

通过纳微米纤维、纳微米颗粒的“酸溶性纤维架桥-疏水反转-广谱涂膜”协同作用，实现“孔-缝-洞”广谱自适应强暂堵的钻完井液处理剂。

### 3.3

**解吸附剂** desorbent

选择性解吸储层岩石颗粒表面、孔缝内壁吸附的污染物的钻完井液处理剂，通过破坏吸附界面作用力，使吸附态污染物脱离储层介质表面并易于被携带排出，恢复储层孔缝原始流通能力，辅助提升储层保护与解堵效果。

## 4 仪器与试剂

### 4.1 仪器

仪器应至少包括下列内容：

- a) 分析天平：分度值 0.0001 g；
- b) 岩芯流动试验仪：LDY50-180 型或等效产品；
- c) 烧杯：200 mL、500 mL、1000 mL；
- d) 渗透率恢复值试验装置：RPTA-200 型或等效产品；
- e) 磁力搅拌器：KARCT 型或等效产品；
- f) 高速搅拌器：在负载情况下的转速为  $11000 \pm 300$  r/min，搅拌轴上装有单个波形叶片，叶片直径为 2.5 cm，配不锈钢高搅杯；
- g) 量筒：10 mL，250 mL，500 mL；
- h) 旋转黏度计：Fann35 型或等效产品；
- i) 高温高压滤失仪：符合 GB/T 16783.1 要求；
- j) 滚子加热炉：XGRL-4 型或等效产品。

## 4.2 试剂

试剂应符合下列规定：

- a) 蒸馏水：符合 GB/T 6682 中三级水要求；
- b) 钻完井液实验配浆用膨润土：符合 SY/T 5490 要求；
- c) 重晶石粉：符合 GB/T 5005 要求；
- d) 氮气：纯度 99.9%；
- e) 无水碳酸钠：分析纯；
- f) 氯化钾：分析纯；
- g) 煤油：分析纯。

## 5 配制工艺

### 5.1 技术配方

5.1.1 自适应油气层的储层保护型钻完井液配方宜为：2wt.%膨润土、0.25wt.%无水碳酸钠、(3~6)wt.%储层保护剂、(1.5~3)wt.%丙烯酰胺降滤失剂、(0~1)wt.%解吸附剂、(5~7)wt.%氯化钾，并以重晶石粉调节至设计密度，配方可根据地层情况适当调整。

5.1.2 钻完井液关键处理剂加量宜参考表 1 执行。

表 1 钻完井液关键处理剂加量

处理剂	不同密度钻完井液关键处理剂加量/%		
	1.0~1.6 g/cm <sup>3</sup>	1.6~1.9 g/cm <sup>3</sup>	1.9~2.2 g/cm <sup>3</sup>
储层保护剂	3.0~4.0	4.0~5.0	5.0~6.0
丙烯酰胺降滤失剂	1.5~2.0	2.0~2.5	2.5~3.0

### 5.2 技术要求

钻完井液技术要求应符合表 2 的规定。

表 2 钻完井液技术要求

项目	技术要求		
	1.0~1.6 g/cm <sup>3</sup>	1.6~1.9 g/cm <sup>3</sup>	1.9~2.2 g/cm <sup>3</sup>
表观黏度, mPa·s	50~60	60~70	70~80
塑性黏度, mPa·s	40~50	50~60	60~70
动切力, Pa	4~8	5~10	8~15
初切力/终切力, Pa	2~4 / 3~6	3~5 / 4~7	4~6 / 5~10
高温高压滤失量, mL	≤5.0	≤5.0	≤5.0
岩芯封堵率, %	低渗透储层 (1~10mD)	≥90	≥90
	中渗透储层 (10~100mD)	≥90	≥90
	高渗透储层 (100~1000mD)	≥90	≥90

项目		技术要求		
渗透率恢复值, %	低渗透储层 (1~10mD)	≥85	≥85	≥85
	中渗透储层 (10~100mD)	≥90	≥90	≥90
	高渗透储层 (100~1000mD)	≥95	≥95	≥95

### 5.3 配制及老化

- 5.3.1 在高搅杯中加入 400±1 mL 蒸馏水,在高速搅拌器上搅拌,转速应为 11000±300 r/min,加入 1±0.01 g 无水碳酸钠,继续搅拌 5 min。
- 5.3.2 再加入 8±0.01 g 钻井液试验配浆用膨润土,11000±300 r/min 高速搅拌 20 min,过程中停止搅拌 2 次,每次 1 min,用刮刀刮下粘在杯壁上的所有样品,并将粘在刮刀上的所有样品混到悬浮液中,继续搅拌。
- 5.3.3 配制好后取下高搅杯,在 25±1 °C 下密闭养护 24 h。
- 5.3.4 取 400±1 mL 养护完成的基浆,置于高速搅拌器上搅拌,转速为 11000±300 r/min,搅拌 5 min,将 28±0.01 g 的氯化钾,在 11000±300 r/min 高速搅拌下缓慢加入,持续搅拌 20 min。
- 5.3.5 缓慢加入 12±0.01 g 的储层保护剂,边搅拌边加入,轻轻抖动缓慢加进,搅拌 20 min,过程中停止搅拌 2 次,每次 1 min,用刮刀刮下粘在杯壁上的样品,并将粘在刮刀上的样品混到悬浮液中。
- 5.3.6 继续搅拌 20 min 取下高搅杯,加入 2±0.01 g 解吸附剂然后置于高速搅拌器上搅拌,转速为 11000±300 r/min,搅拌 20 min。
- 5.3.7 缓慢加入 6±0.01 g 丙烯酰胺降滤失剂,11000±300 r/min 高速搅拌 20 min。
- 5.3.8 按密度要求加入适当质量的重晶石粉,转速为 11000±300 r/min,搅拌 30 min。
- 5.3.9 将配制好的钻井液试验浆装入高温老化罐,置于高温滚子炉中,在 200 °C 条件下滚动老化 16 h,取出冷却至 25±1 °C。

## 6 试验方法

### 6.1 流变性测试

表观黏度、塑性黏度和动切力测试应按 GB/T 16783.1 的规定执行。

### 6.2 高温高压滤失量测试

- 6.2.1 测试前应检查高温高压滤失仪部件完好性。
- 6.2.2 取老化后的钻井液,11000±300 r/min 搅拌 20 min 后,将钻井液样品装入滤失仪样品杯,应避免产生气泡。
- 6.2.3 安装符合 SY/T 5677 规定的滤纸,将装配好的滤失仪放入加热套中,设置温度至 180±2 °C,待温度稳定后施加 3.5±0.1 MPa 的压力。
- 6.2.4 从第一滴滤液出现开始准确收集 30 min 的滤液,用量筒测量滤液体积,精确至 0.1 mL。

### 6.3 岩芯封堵率测试

- 6.3.1 实验采用具有不同孔喉尺寸的人造岩芯,岩芯渗透率测试方法按照 GB/T 29172 执行。
- 6.3.2 将岩芯装入夹持器,上游压力 3.5±0.1 MPa,下游压力为 0 MPa,施加 5±0.1 MPa 围压,煤油以 0.5 mL/min 的恒定流速驱替岩芯,待入口压力持续 5 min,波动不大于 0.1 MPa,使用岩芯流动试验仪测量原始岩芯正向渗透率,重复测定 3 次,取平均值作为初始岩芯渗透率  $K_0$ 。
- 6.3.3 保持上游压力 3.5±0.1 MPa,下游压力为 0 MPa,施加 5±0.1 MPa 围压,切换为钻完井液,以 0.5 mL/min 的恒定流速反向驱替岩芯,随后在 60±1 °C 温度下静置 120 min,模拟井下封堵过程。静置结束后,保持相同实验条件,立即用煤油以 0.5 mL/min 的恒定流速正向驱替岩芯,使用岩芯流动试验仪测量岩芯渗透率,重复测定 3 次,取平均值作为钻完井液污染后岩芯渗透率  $K_d$ 。
- 6.3.4 岩芯封堵率应按公式 (1) 计算:

$$\eta = \left(1 - \frac{K_d}{K_0}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$\eta$ ——岩芯封堵率, %;

$K_d$ ——钻完井液封堵后岩芯渗透率,  $10^{-3}\mu\text{m}^2$ ;

$K_0$ ——初始岩芯渗透率,  $10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

#### 6.4 渗透率恢复值测试

6.4.1 钻完井液污染前后岩芯的油相渗透率试验应按 SY/T 5358 的规定执行。

6.4.2 渗透率恢复值应按公式 (2) 计算:

$$S = \frac{K_2}{K_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

S——渗透率恢复值, %;

$K_1$ ——钻完井液污染前的油相渗透率,  $\mu\text{m}^2$ ;

$K_2$ ——钻完井液污染后的油相渗透率,  $\mu\text{m}^2$ 。

### 7 施工

#### 7.1 设备

7.1.1 应连接循环罐、管线、循环槽及储备罐, 并配备搅拌器、泥浆枪、剪切泵等。

7.1.2 应配备振动筛、除砂器、除泥器和离心机。

#### 7.2 配制

7.2.1 应清洗钻井液配制设备, 排净积水。

7.2.2 应在循环罐中按要求加入所需量的清水, 加入无水碳酸钠, 开动搅拌器, 搅拌 15 min。

7.2.3 应在继续搅拌状态下, 通过混合漏斗或剪切泵加入所需膨润土粉, 加料完毕后, 继续搅拌应不少于 2 h, 水化时间应不少于 24 h。

7.2.4 从加料漏斗处按配方向预水化膨润土浆中加入氯化钾, 充分循环搅拌使其完全溶解。

7.2.5 通过混合漏斗按照实验室配制顺序缓慢依次加入所需量处理剂, 每种处理剂均应充分循环搅拌使其完全溶解, 不能充分溶解时需使用泥浆枪循环或者剪切泵循环。

7.2.6 测量钻完井液悬浮性能, 动切力宜大于 10 Pa。

7.2.7 按照实际所需的钻完井液密度, 加入重晶石粉至设计密度, 充分循环 60 min。

7.2.8 取样测定钻完井液性能, 性能应满足设计要求, 达不到要求可调整处理剂的加量。

#### 7.3 维护处理

7.3.1 按处理剂加量要求进行性能维护。

7.3.2 钻进过程中合理使用固控设备, 振动筛筛布不应小于 200 目。

7.3.3 根据地层压力系数要求, 提高密度时, 应提高加重材料加量或改用密度较高的加重材料。

#### 7.4 回用与处置

7.4.1 回用钻完井液宜选择回收利用、性能调配后利用、临时存储待用等方式。

7.4.2 作为直接或处理后回用的钻完井液, 性能应满足技术要求, 低密度固相含量应小于 5%。

7.4.3 检测回收到的钻完井液, 性能满足设计要求时, 可直接使用。

7.4.4 当回收的钻完井液达不到设计性能要求时, 宜通过性能调整、固相控制等方式, 达到设计要求后再入井使用。

7.4.5 待用的钻完井液应进行固控处理后再存放。

7.4.6 钻完井液储存期间, 应避免雨水等杂物的污染。

7.4.7 钻完井液储存期间, 应持续搅拌, 不具备持续搅拌条件的, 每周应至少循环 2 次以上。

### 8 安全环保

#### 8.1 安全

- 8.1.1 钻完井液配制与实验区域应符合 GB/T 27476.1 的规定。
- 8.1.2 循环及储备系统的防火防爆措施应符合 SY/T 5225 的规定。
- 8.1.3 循环及储备系统安装、灭火器材配备及安全管理应符合 SY/T 5974 的规定。

## 8.2 环保

- 8.2.1 在使用钻完井液前，应对循环系统、储备系统进行防漏检查，采取防泄漏措施。
  - 8.2.2 钻完井液作业区域应符合 SY/T 7298 的规定。
-