

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM XXXX—2025

# 阳离子与温度自适应型钻井液应用技术方法

Application technology and method of cationic and temperature-adaptive drilling fluid

2025 – – 发布

– – 实施

中关村绿色矿山产业联盟 发布

目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 3

2 规范性引用文件 ..... 3

3 配制工艺 ..... 3

    3.1 参考配方 ..... 3

    3.2 处理剂加量 ..... 4

    3.3 配制过程 ..... 4

    3.4 钻井液老化 ..... 4

4 技术要求 ..... 4

5 实验方法 ..... 5

    5.1 仪器设备和试剂材料 ..... 5

        5.1.1 仪器设备 ..... 5

        5.1.2 试剂与材料 ..... 5

    5.2 性能试验操作 ..... 5

        5.2.1 密度 ..... 5

        5.2.2 流变性 ..... 5

    5.3 低温流变性 ..... 5

    5.4 滤失量 ..... 5

    5.5 动切力变化率 ..... 5

    5.6 6 转读数变化率 ..... 6

    5.7 终切力变化率 ..... 6

6 检验现场施工 ..... 6

    6.1 设备 ..... 6

    6.2 配制 ..... 6

    6.3 维护处理 ..... 6

    6.4 回用与处置 ..... 7

7 安全环保要求 ..... 7

    7.1 安全要求 ..... 7

    7.2 环保要求 ..... 7

附 录 A （资料性） 仪器设备与试剂材料技术要求 ..... 8

    A.1 仪器设备 ..... 8

    A.2 试剂材料 ..... 8

附 录 B （资料性） 试验操作方法 ..... 9

    B.1 流变性 ..... 9

    B.2 低温流变性 ..... 9

    B.3 滤失量 ..... 9

## 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、于豪、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。

# 阳离子与温度自适应型钻井液应用技术方法

## 1 范围

本文件规定阳离子与温度自适应型钻井液的技术要求、试验方法、检验规则、检验现场施工及安全环保要求。

适用于阳离子与温度自适应型钻井液改型钻井液的检验与验收。

## 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 5005 钻井液材料规范

GB/T 6678 化工产品采样总则

GB/T 6679 固体化工产品采样通则

GB/T 6680 液体化工产品采样通则

GB/T 6682 分析试验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

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB/T 27476.1 检测实验室安全第 1 部分：总则

GB/T 29170 石油天然气工业 钻井液实验室测试

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 5490 钻井液试验用土

SY/T 5677 钻井液用滤纸

SY/T 5974 钻井井场设备作业安全技术规程

SY/T 6094 钻井液用润滑剂技术规范

SY/T 6629 陆上钻井作业环境保护推荐作法

SY/T 6788 水溶性油田化学剂环境保护技术评价方法

SY/T 7074 钻井液高温高压滤失量测试仪校准方法

T/GRM 124 钻井液用降滤失剂 盐响应型聚合物

## 3 配制工艺

### 3.1 参考配方

阳离子与温度自适应型钻井液参考配方：体系1#：2%膨润土+0.2%NaOH+（1~3）%阳离子响应型降滤失剂+（0.5~1）%阳离子响应型聚合物提切剂+（0.5~1）%温度响应型流型调节剂+5%超细碳酸钙+8%KCl+重晶石

3.2 处理剂加量

阳离子与温度自适应型钻井液应根据密度要求选择阳离子响应型降滤失剂、阳离子响应型聚合物提切剂、温度响应型流型调节剂等关键处理剂的加量，参考表1。

表 1 阳离子与温度自适应型钻井液处理剂加量

| 组分           | 不同密度处理剂加量/%              |                           |                           |
|--------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
|              | 1.0-1.6g/cm <sup>3</sup> | 1.6-1.9 g/cm <sup>3</sup> | 1.9-2.2 g/cm <sup>3</sup> |
| 阳离子响应型降滤失剂   | 1~1.5                    | 1.5~2                     | 2~3                       |
| 阳离子响应型聚合物提切剂 | 0.5~0.8                  | 0.5~0.8                   | 0.8~1                     |
| 温度响应型流型调节剂   | 0.5~0.8                  | 0.5~0.8                   | 0.8~1                     |

3.3 配制过程

（1）在高搅杯中分别加入 400 mL±1 mL 蒸馏水和 1g（称准至 0.01 g）无水碳酸钠，溶解后在高速搅拌下缓慢加入 8g（称准至 0.01 g）钻井液试验配浆用膨润土，避免其结成团块，累计高速搅拌 20 min，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 24 h。

（2）在高搅杯中加入养护后的 400 mL±1 mL 膨润土浆，然后在搅拌条件下向膨润土基浆中依次加入 0.8 g（称准至 0.01 g）NaOH、12 g（称准至 0.01 g）阳离子响应型降滤失剂、4 g（称准至 0.01 g）阳离子响应型聚合物提切剂、4 g（称准至 0.01 g）温度响应型流型调节剂、20 g（称准至 0.01 g）超细碳酸钙、32 g（称准至 0.01 g）KCl，每次加入处理剂都需要高速搅拌至少 20 min。

（3）按照密度要求加入适当质量的加重剂，高速搅拌至少 30 min，即完成阳离子与温度自适应型钻井液的制备。

3.4 钻井液老化

将配制好的钻井液体系试验浆装入高温老化罐，放入高温滚子炉中，200℃滚动老化16h后，取出冷却至25℃±3℃，在11000r/min±300r/min转速下高速搅拌20min。

4 技术要求

阳离子与温度自适应型钻井液的表观黏度（mPa·s）、塑性黏度（mPa·s）、动切力（Pa）、FL<sub>HTHP</sub>滤失量（mL）、初切力/终切力（Pa）、中压滤失量（FL<sub>API</sub>）等技术要求需符合表2。

表 2 阳离子与温度自适应型钻井液技术要求

| 项目                              | 性能指标          |                                       |  |
|---------------------------------|---------------|---------------------------------------|--|
| 体系 1# 阳离子添加量                    | 体系 1#+15%NaCl | 体系 1#+15%NaCl<br>+5%CaCl <sub>2</sub> | 体系 1#+15%NaCl<br>+5%CaCl <sub>2</sub> +1%FeCl <sub>3</sub> |
| 表观黏度（AV），mPa·s                  | 30~60         | 60~90                                 | 90~120   |
| 塑性黏度（PV），mPa·s                  | 10~30         | 30~60                                 | 60~90  |
| 动切力（YP），Pa                      | 0~15          | 15~20                                 | 20~30  |
| 初切力/终切力，Pa                      | 0~3/0~4       | 4~8/6~10                              | 6~10/8~15  |
| 中压滤失量（FL <sub>API</sub> ），mL    | 10~15         | 5~10                                  | 0~5  |
| 高温高压滤失量（FL <sub>HTHP</sub> ），mL | 15~20         | 8~15                                  | 0~8  |

| 项目         | 性能指标 |
|------------|------|
| 动切力变化率，%   | ≤25  |
| 6 转读数变化率，% | ≤25  |
| 终切力变化率，%   | ≤25  |

5 实验方法

5.1 仪器设备和试剂材料

5.1.1 仪器设备

分析天平、高温高压滤失仪、中压滤失仪、旋转黏度计、热滚烘箱、GDC-2 高低温控制装置、泥浆比重计、玻璃表面皿、烧杯、容量瓶、磁力搅拌器、高速搅拌器、量筒，参数满足试验标准。具体参数指标参考附录A。

5.1.2 试剂与材料

试验用水、去离子水、钻井液试验配浆用膨润土、NaCl、CaCl<sub>2</sub>、FeCl<sub>3</sub>、无水碳酸钠、HTHP 滤失量测定仪用滤纸、中压滤失量测定仪用滤纸、氮气、重晶石。技术要求参见附录A。

5.2 性能试验操作

5.2.1 密度

按照 GB/T 16783.1 的规定，采用泥浆比重计进行测定。

5.2.2 流变性

5.2.3 按照 GB/T16783.1 中流变性测试步骤，测量 65℃时样品流变性。具体操作方法参考附录 B。

5.2.4 表观黏度（AV）按下式计算：

$$AV = 0.5 \times \phi 600 \cdots \cdots (1)$$

塑性黏度（PV）按下式计算：

$$PV = \phi 600 - \phi 300 \cdots \cdots (2)$$

动切力（YP）按下式计算：

$$YP = 0.51 (2\phi 300 - \phi 600) \cdots \cdots (3)$$

5.3 低温流变性

5.3.1 低温流变性能测试实验使用的是 GDC-2 高低温控制装置与六速旋转粘度仪组合使用。

5.3.2 按照 GB/T16783.1 中流变性测试步骤，测量 2℃时样品流变性。具体操作方法参考附录 B。

5.4 滤失量

按照 GB/T 16783.1 的规定进行测定样品 HTHP 滤失量、中压滤失量的操作方式进行测量检验规则。

5.5 动切力变化率

5.5.1 动切力变化率应≤25%，测量方法参见附录 B。

5.5.2 动切力变化率按下式计算：

$$K_{YP} = \frac{YP_{2^{\circ}C} - YP_{65^{\circ}C}}{YP_{2^{\circ}C}} \times 100 \cdots \cdots (4)$$

式中：

K<sub>YP</sub>----动切力变化率，用百分数表示（%）；

YP<sub>2℃</sub>----2℃下样品的动切力，单位为帕（Pa）；

YP<sub>65℃</sub>——65℃下样品的动切力，单位为帕（Pa）。

## 5.6 6 转读数变化率

5.6.1 6 转变化率应≤25%，测量方法参见附录 B。

5.6.2 6 转读数变化率按下式计算：

$$K_{\emptyset 6} = \frac{\emptyset_{62^{\circ}\text{C}} - \emptyset_{65^{\circ}\text{C}}}{\emptyset_{62^{\circ}\text{C}}} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

K<sub>∅6</sub>——动切力变化率，用百分数表示（%）；

∅<sub>62℃</sub>——2℃下样品的 6 转读数，单位为帕（Pa）；

∅<sub>65℃</sub>——65℃下样品的 6 转读数，单位为帕（Pa）。

## 5.7 终切力变化率

5.7.1 终切力变化率应≤25%，测量方法参见附录 B。

5.7.2 终切力读数变化率按下式计算：

$$K_{Gel10min} = \frac{Gel_{10min 2^{\circ}\text{C}} - Gel_{10min 65^{\circ}\text{C}}}{Gel_{10min 2^{\circ}\text{C}}} \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

式中：

Gel<sub>10min 2℃</sub>——2℃下的终切力读数，单位为帕（Pa）；

Gel<sub>10min 65℃</sub>——65℃下的终切力读数，单位为帕（Pa）。

# 6 检验现场施工

## 6.1 设备

- 6.1.1 清洗循环罐、管线、循环槽及储备槽、排净积水。
- 6.1.2 连接循环罐、管线、循环槽及储备罐，并配备搅拌器，泥浆枪等。
- 6.1.3 配备振动筛、除砂器、除泥器和离心机，处理剂加量满足工程设计要求。

## 6.2 配制

- 6.2.1 清洗钻井液配制设备，排净积水。
- 6.2.2 在循环罐中按要求加入所需量的清水，开动搅拌器。
- 6.2.3 通过混合漏斗缓慢加入所需量处理剂，充分循环搅拌使其完全溶解。
- 6.2.4 从加料漏斗处按配方加入所需的盐类，充分循环搅拌使其完全溶解。
- 6.2.5 测量钻井液悬浮性能，动切力宜大于 10Pa。
- 6.2.6 按照实际所需的钻井液密度，加入加重剂至设计密度，充分循环 60min。
- 6.2.7 取样测定自适应地层岩性的强化井眼型钻井液性能。
- 6.2.8 性能应满足设计要求，若达不到要求可调整所需处理剂的加量。

## 6.3 维护处理

- 6.3.1 按照处理剂加量要求进行性能维护。
- 6.3.2 钻进过程中合理使用固控设备，振动筛筛布应不小于 200 目。

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

#### 6.4 回用与处置

6.4.1 根据生产需求，宜选择直接回收利用、性能调配后利用、临时存储待用等方式回用钻井液。

6.4.2 作为直接或处理后回用的钻井液，其性能要满足技术指标要求，低密度固相含量应小于 5%。

6.4.3 检测回收到的钻井液，其性能满足设计要求时，可直接使用。

6.4.4 当回收的钻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，使之达到设计要求后再入井使用。

6.4.5 待用的钻井液应进行固控处理后再存放。

6.4.6 水基钻井液储存期间，应避免雨水等杂物的污染。

6.4.7 水基钻井液储存期间，应持续搅拌；不具备持续搅拌条件的，每天循环 2 次，每次 2 周以上。

### 7 安全环保要求

#### 7.1 安全要求

7.1.1 钻井液配制与检验实验区域必须符合 GB/T 27476.1 的规定。

7.1.2 循环及储备系统的防火防爆措施应符合 SY/T 5225 的规定。

7.1.3 循环及储备系统的安装、灭火器材配备及安全管理应符合 SY/T 5974 的规定。

7.1.4 钻井液作业区域必须符合相关标准的规定。

7.1.5 试验现场禁止吸烟和进食。

7.1.6 操作时应穿戴实验防护用品。

#### 7.2 环保要求

7.2.1 在使用钻井液之前，应对循环系统、储备系统进行防漏检查，严格执行防泄漏措施。

7.2.2 钻井液作业区域必须符合 SY/T 6629 的规定。



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

- a) 分析天平：分度值 0.01g、0.001；
- b) 玻璃表面皿：无色、透明；
- c) 烘箱：可控温在  $105^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- d) 烧杯：50mL、200mL、500mL、1000mL；
- e) 容量瓶：200mL、500mL、1000mL；
- f) 泥浆比重计：NB-1 型或等效产品；
- g) 磁力搅拌器：KARCT 型或等效产品；
- h) GDC-2 高低温控制装置：温度控制范围在  $-10^{\circ}\text{C}\sim 95^{\circ}\text{C}$ ，测量精度  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；
- i) 高速搅拌器：在负载情况下的转速为  $11000\text{r}/\text{min}\sim 300\text{r}/\text{min}$ ，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；
- j) 量筒：10mL，250mL，500mL；
- k) 六速旋转黏度计：Fann35 型或等效产品；
- l) 滚子加热炉：符合 GB/T16783.1 的规定，配高温老化罐；
- m) 高温高压滤失仪：符合 SY/T 5618 规定；
- n) 中压滤失仪：符合 SY/T 5618 规定。

A.2 试剂材料

- a) 蒸馏水：符合 GB/T6682 三级水规定；
- b) 去离子水：符合 GB/T 11446.1 的规定；
- c) 钻井液试验配浆用膨润土：符合 SY/T5490 的规定；
- d) 无水碳酸钠：分析纯；
- e) 氯化钠：分析纯；
- f) 氯化钙：分析纯；
- g) 氯化铁：分析纯；
- h) HTHP 滤失量测定仪用滤纸：符合 SY/T5677 的规定；
- i) 中压滤失量测定仪用滤纸：符合 SY/T5677 的规定；
- j) 重晶石：符合 GB/T 29170 的规定；
- k) 氮气：纯度 99.9%。

附 录 B  
(资料性)  
试验操作方法

### B.1 流变性

B.1.1 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20 min,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.1.2 取三份B.1.1中养护好的400mL+1mL基浆,高速搅拌20分钟,在高速搅拌的条件下向三份膨润土基浆中依次加入0.2%NaOH、(1-3)%阳离子响应型降滤失剂、(0.5-1)%阳离子响应型聚合物提切剂、(0.5-1)%温度响应型流型调节剂、5%超细碳酸钙、3%无水聚合醇、6%KCl,在第一份中加入80.000g(称准至0.001g)氯化钠;在第二份中加入80.000g(称准至0.001g)氯化钠、20.000g(称准至0.001g)氯化钙;在第三份中加入80.000g(称准至0.001g)氯化钠、20.000g(称准至0.001g)氯化钙、4.000g(称准至0.001g)氯化铁,每次加入处理剂都需要高速搅拌至少20 min。配置成所需钻井液。

B.1.3 取制备完成的三份钻井液,按GB/T 16783.1的规定分别测定老化前钻井液各项粘度和切力等

B.1.4 取制备完成的三份钻井液,高速搅拌20 min,装入三个高温老化罐中,通氮气0.7 MPa,持续30 s,将高温老化罐放入滚子加热炉中,200°C下热滚16h,取出高温老化罐,水冷至室温,将高温老化罐中的三份基浆转移至三个高搅杯中,高速搅拌20 min。

B.1.5 待钻井液冷却至65°C后按GB/T 16783.1的规定测定老化后钻井液各项粘度和切力等。

### B.2 低温流变性

B.2.1 取三份配制好的钻井液基浆,按照B.1步骤进行操作。

B.2.2 待钻井液冷却至室温后,在GDC-2 高低温控制装置的作用下,降低钻井液温度至2°C,继续按GB/T 16783.1的规定测定老化后钻井液各项粘度和切力等。

### B.3 滤失量

B.3.1 取三份B.2.1养护好的基浆,并配制钻井液,经过滚子加热炉200°C加热,经冷却后取一部分后分别倒入高温高压滤失仪仪器中。

B.3.2 按GB/T 16783.1规定的测试程序,设定温度为200°C、工作压力为4.2Mpa、回压保持在0.7MPa,时间30min的条件下测试样浆的高温高压滤失量。

B.3.3 按GB/T 16783.1规定的测试程序,取B.3.1冷却后的钻井液,倒入中压仪器中,后通入0.69MPa的氮气,收集15min分钟的滤液,即使中压滤失量。