

## 一、工作简况

### 1.任务来源

本标准由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口，列入《2025年团体标准制修订计划》(编号：T/XXXX-202X)。旨在解决解决钻完井液在随钻强化井眼方面的技术难题，规范自适应地层岩性的强化井眼型钻井液的技术要求与评价方法，填补行业技术空白，推动钻完井液性能的提升，保障油气钻探作业的安全与高效。

### 2.起草单位与参编单位

主要起草单位：中国石油大学（北京）石油工程学院

参编单位：中国石油集团川庆钻探工程有限公司、宁夏大学、中国石油集团工程技术研究院有限公司、北京石大博诚科技有限公司。

### 3.主要起草人及贡献

蒋官澄：主导自适应地层岩性的强化井眼型钻井液设计与性能优化，制定核心技术指标；

贺垠博：负责实验方法的设计与标准化，参与现场应用验证；

吕艳华：负责技术指标的实验验证及标准文本的技术校对。

## 二、制定（修订）标准的必要性和意义

非常规地层的不确定性与多变性，以及深层、深水油气极端的形成环境、复杂的物理化学过程以及巨大的技术挑战，导致岩性、润湿性等地层信息不可完全准确获知；且泥岩、页岩、砂岩等本身强度不高，易发育纳微米级天然孔缝。传统方法通过使用封堵剂、抑制剂、固壁剂来避免井壁失稳，然而，抑制剂和封堵剂的设计通常针对特定的地层矿物，并非对所有地层都有效，容易导致钻完井液因不匹配而使井壁失稳风险大幅增加。行业亟需一套能够动态适应地层变化的技术规范。“自适应”和“强化井眼”是行业热词，但缺乏统一的技术定义、评价方法和操作规范。容易导致技术应用水平参差不齐，甚至出现概念滥用，造成井下复杂事故和巨大的经济损失。标准化的目的是将最佳实践固化下来，避免重复试错造成资源浪费；缺乏统一的标准，使得不同企业、科研院所之间的技术数据和研究成果难以对比和共享。制定标准可以为整个行业提供一个共通的技术语言和基准，加速技术创新和迭代。本标准的制定将填补现有标准在自适应地层岩性的强化井眼型钻井液评价体系上的技术空白，完善自适应地层岩性的强化井眼型钻井液技术标准链条，为地层岩性、润湿性信息模糊不清，且岩石本体脆弱地层的井壁稳定提供关键技术支撑。

## 三、主要起草过程

### 1.预研阶段（2023.01-2023.06）

基于 API RP 13B-1、ISO 10414-1:2013 等国际标准，结合四川盆地、渤海湾等区块井壁坍塌失稳案例，系统分析发现现行标准在井眼强化型钻井液方面存在空白。

### 2.技术攻关（2023.07-2025.09）

针对井眼强化型钻井液的特性，研发了自适应地层岩性的井眼强化型钻井液，联合三家实验室进行对比试验，实现 200°C/16h 热滚后岩心内聚力提高率 ≥15% 开发 20~80 目岩屑胶结后抗压强度测试方法。并在多个重点区块进行现场实践应用，通过将实验室评价结果与现场应用效果进行深度比对分析，确保了标准方法具备科学依据与可操作性。

### 3. 标准编制（2025.09-2025.12）

基于已验证的技术方法框架，起草组完成了标准草案的编写。期间，通过2次专家论证会对草案进行评审，并根据专家意见修改了9项关键内容。随后，草案向中石油、中石化等25家行业单位征求意见，采纳了21条有效建议，形成标准草案。

### 4. 审查发布（2026.01-2026.02）

标准草案通过了技术审查，并在相关部门的批准后，于2026年2月正式发布，公告号为：\*\*\*\*\*。

## 四、制定（修订）标准的原则和依据

本标准的制定（修订）原则如下：

**科学性：**本标准的制定以实验数据和工程实践为支撑，通过分析API RP 13B-1、ISO 10414-1:2013等国际标准，结合四川盆地龙马溪组页岩、渤海湾古近系砂岩等区块的钻井液失效案例，科学设定井眼强化型钻井液的技术指标。

**适用性：**本标准特别针对岩性及润湿性未知、或岩性、润湿性复杂地层，以及页岩、泥岩等本身强度低、易发育纳微米孔隙地层应用的井眼强化型钻井液，确保其在确保其在复杂地层条件下的优异性能，具有较强的适用性。

**可操作性：**标准中明确了自适应地层岩性的井眼强化型钻井液的性能指标、试验步骤和应用要求，确保标准实施过程中具备良好的可操作性。

本标准的制定（修订）依据如下：

《标准化法》（2017修订）

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》

ISO 10414-1:2013 钻井液——性能标准和实验室测试方法

API RP 13B-1 钻井液测试方法 第2部分：实验室钻井液性能测试

ISO 4796: Laboratory glassware — Filter flasks

API RP 51： 陆上钻井作业环保规范

GB/T 5005 钻井液材料规范

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

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

GB/T 27476.1 检测实验室安全 第1部分：总则

NB/T 10121 钻井液对页岩抑制性评价方法

SY/T 5153 油藏岩石润湿性测定方法

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 5345 人造岩心制备方法

SY/T 5358 储层敏感性流动实验评价方法

SY/T 5490 钻井液试验用土

SY/T 5613 钻井液测试 泥页岩理化性能试验方法

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 6335 钻井液用页岩抑制剂评价方法

## 五、与现行有关法律、法规和标准的关系

本标准的制定严格遵守国家有关法律、法规的要求，并在内容上与现行的国家标准及行业标准体系保持了高度的协调性与系统性。本标准与相关标准的关系主要体现在以下两个方面：

### 1. 遵循与引用的基础关系

本标准在涉及钻井液基础性能测试、试验材料规范、安全环保要求等方面，遵循并引用了多项现行有效的国家及行业标准。例如，标准中涉及的基础性能测试方法引用了 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》的通用规定；所用试验材料遵循了 GB/T 5005《钻井液材料规范》的要求；安全与环保要求则符合 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》及 SY/T 5613《钻井液测试 泥页岩理化性能试验方法》等相关规定。这些标准的引用构成本标准方法学的基础，确保了其与现有标准体系的兼容性与一致性。

### 2. 补充与拓展的创新关系

本标准在《标准化法》（2017修订）和 GB/T 1.1-2020 框架下，对现行标准（如 NB/T 10121《钻井液对页岩抑制性评价方法》、SY/T 6335《钻井液用页岩抑制剂评价方法》等）以及 API RP 13B-1 等现有标准进行技术延伸与创新：针对 NB/T 10121 未覆盖的岩心内聚力提高率、20~80 目岩屑胶结后抗压强度需求，补充岩心驱替试验方法，20~80 目岩屑胶结后抗压强度试验方法步骤；安全环保条款与 SY/T 5225 协同，明确室内试验与现场配制要求。综上所述，本标准与现行法律、法规及相关标准不存在任何矛盾或重叠。它在遵循现有基础标准体系的前提下，进行了必要的创新与补充，定位明确，是对行业技术发展的有力支撑。

## 六、标准主要内容说明

### 6.1 技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则的论据

本标准针对自适应地层岩性的强化井眼型钻井液的关键性能进行规范，技术指标设计依据如表 1 所示：

表 1 自适应地层岩性的强化井眼型钻井液技术指标

指标名称	技术要求	实验方法依据	技术必要性
岩心内聚力提高率，%	≥15.0	万能材料试验机测试（依据 NB/T 10121 测试方法优化优化）	岩心内聚力提高率是衡量自适应地层岩性的强化井眼型钻井液固壁能的关键指标
20~80 目岩屑胶结后抗压强度，MPa	≥3.0	万能材料试验机测试（依据 NB/T 10121 测试方法优化优化）	20~80 目岩屑胶结后抗压强度是评估自适应地层岩性的强化井眼型钻井液对破碎岩石的胶结固壁性能的关键指标。
渗透率恢复值，%	≥95.0	SY/T 5358《储层敏感性流动实验评价方法》	渗透率恢复值是评估自适应地层岩性的强化井眼型钻井液储层保护性能的关键指标。

### 6.2 主要试验（验证）的分析、综述报告

#### 6.2.1 试验方法

##### （1）流变性测试

按 GB/T 16783.1 中 6.3 的方法测定塑性黏度和动切力。

### (2) 水相接触角测试

取两份老化后的钻井液，高速搅拌 20min 后，按 GB/T 16783.1 的规定测定钻井液的 API 滤失量。将中压滤饼取出，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℃±2℃ 烘箱中，干燥 24h，取出冷却至室温。

使用接触角测量仪，在滤饼表面滴加蒸馏水，静置5s后读取接触角，每个滤饼测试3个位置，取三个接触角数据的数学平均值作为接触角测量结果。

### (3) 极压润滑系数测量

打开极压润滑仪开关，在转速为 60r/min 下空载运转 10~20min 进行仪器预热。用蒸馏水校准仪器，装上滑块后，表盘读数调零，转速为 60r/min，加压至 16.95N·m 后，立即开始计时，测试 5min 时的扭矩读值，扭矩读数应该在 33~36。

取高速搅拌 20min 后的自适应地层岩性的强化井眼型钻井液，其他测试条件不变，测定其 5min 时的扭矩读数。

#### (4) 渗透率恢复值测试

按照 SY/T 5358 测量钻井液污染前后岩心的油相渗透率，样品渗透率恢复值按照公式（1）计算：

式中：

S----渗透率恢复值, 用百分数表示 (%) ;

$K_1$ ——钻井液污染前的油相渗透率，单位为微平方米 ( $\mu\text{m}^2$ )；

K<sub>2</sub>----钻井液污染后的油相渗透率，单位为微平方米（μm<sup>2</sup>）。

### (5) 岩心内聚力提高率测量

岩心内聚力测试使用经测试液体驱替后的人造岩心。打开量取 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。

将两块渗透率为 $0.10\text{mD}\pm0.01\text{mD}$ 的人造岩心置于 $105^\circ\text{C}\pm2^\circ\text{C}$ 烘箱内烘干12h，取出岩心，冷却至室温。取一块岩心记为空白组岩心，将其置于装有标准盐水的抽滤瓶中，抽滤24h。取另一块岩心记为样品组岩心，将其置于装有钻井液的抽滤瓶中，抽滤24h。

驱替后的岩心按照 NB/T 10121 规定测量及计算岩心内聚力。岩心内聚力提高率按照公式 (4) 计算:

式中：

F----岩心内聚力提高率, 用百分数表示 (%);

J<sub>1</sub>----标准盐水驱替 24h 岩心内聚力, 单位为兆帕 (MPa);

J<sub>2</sub>----钻井液驱替 24h 时岩心内聚力，单位为兆帕 (MPa)。

### (6) 20-80 目岩屑胶结后抗压强度测试

使用筛网筛选取 100g 现场天然岩屑 (20~80 目), 装入高温高压失水仪滤室底部, 控制砂床堆积高度  $\geq 30\text{mm}$ , 施以压实处理。

按 Q/0214HTYD 的钻井液封堵性能评价仪操作规程，在 180℃、10MPa 条件下，使用自适应地层岩性的强化井眼型钻井液对岩屑砂床进行 30min 高温高压压实后取出。

将已胶结砂床放置在万能验证机载物台上，以恒定步进速度对胶结砂床进行挤压，直至曲线陡降。机器归零后取出砂盘试样，统计砂床最终抗压强度。

#### (7) 高温高压滤失量测量

实验前需检查 HTTP 滤失仪各部件完好性，确保密封圈无老化裂纹。取老化后的钻完井液，高速搅拌 20 min，将经过老化处理的钻井液样品装入滤失仪样品杯，注意避免产生气泡。

按安装符合 SY/T 5677 标准的 B 型滤纸。将装配好的滤失仪放入加热套中，设置温度至 180±2℃，待温度稳定后施加 3.5±0.1 MPa 的压力。

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。

#### (8) 线性膨胀降低率测试

测量方法按照 TGRM 125-2025 的规定。

#### (9) 岩屑滚动回收提高率测试

岩屑滚动回收提高率测量与计算方法按照 NB/T 10121 中 4.2 规定。

### 6.2.2 试验结果与分析

为验证本标准方法的可行性和可靠性，工作组联合多家机构开展了循环对比测试。试验结果表明，本方法具有高度的可再现性（相对标准偏差小于 5%）与良好的技术区分度，能够有效量化不同体系的性能优劣。尤为重要的是，实验室评价结果与多个区块的现场应用效果高度正相关，证明了其对工程实践的指导价值，这些数据为标准的科学性与可行性提供了坚实支撑。

### 6.3 技术经济论证与预期经济效果

本标准的实施将带来显著的技术经济效益。通过为“智能”钻完井液提供科学的评价准则，能够帮助现场更精准地进行技术选型，从而有效预防井壁失稳、漏失等复杂情况，在提升钻井效率与安全性的同时，预计可缩短复杂地层钻井周期 35 天，使单井综合成本降低 5%-8%。长远来看，本标准还将引导行业的技术创新方向，促进高性能智能钻井液的产业化进程，提升我国在该领域的核心竞争力。

### 6.4 修订标准，新旧标准水平对比

本标准为首次制定，在技术水平上达到了国际先进水平。与侧重于评价材料静态、基础性能的现行国内外标准不同，本标准开创性地聚焦于评价材料在复杂地层条件下的“自适应能力”，实现了从“静态评价”到“动态评价”的重大跨越。由于目前国际上尚无同类方法标准，本标准的发布填补了行业空白，在评价理念与技术体系上均具有前瞻性，是对现有标准体系的重大突破与升级。根据技术迭代与行业需求变化，本次修订后的标准在岩心内聚力提高率维度实现提升，具体对比与分析如表 2 所示：

表 2 新旧标准对比情况

对比维度	旧标准 (NB/T 10121)	新标准 (本修订版)	提升效果
岩心内聚力提高率	仅规定“岩心为经钻井液浸泡 24h”	新增“岩心经钻井液驱替 24h”	确保自适应地层岩性的强化井眼型钻

## 七、分歧意见的处理过程、依据和结果

标准修订过程中，收到来自多家行业单位的意见，主要围绕技术指标细化和试验方法的优化展开。针对“岩心内聚力提高率”的测定方法进行了调整，增加了更多的验证实验，确保标准在不同实验室环境下的可操作性。经过专家审定，修订内容得到一致通过。

## 八、采用国际标准或国外先进标准情况

本标准参考了 ISO 10414-1:2013 及 API RP 13B-1 等国际标准，并引入了新的测试方法（如岩心内聚力提高率测试、20~80 目岩屑胶结后抗压强度测试），确保了标准在全球范围内的适应性和先进性。

## 九、贯彻标准的措施建议

为确保标准的有效实施，建议由中关村绿色矿山产业联盟牵头，开展全面的标准宣贯活动，定期组织技术培训和应用推广，确保标准能够在钻井液生产、应用及检测领域得到广泛落实。

建议建立“自适应地层岩性的强化井眼型钻井液质量认证中心”，对生产和使用单位的产品进行定期抽检，确保标准实施后的产品质量始终保持稳定，达到技术要求。可以实施年度抽检（覆盖率 $\geq 20\%$ ）制度，保证标准实施的可追溯性。

建议在标准实施后，通过行业应用反馈机制，收集使用单位对标准实施中的问题和建议，定期修订标准，确保其与行业需求保持一致，不断提升其适用性和技术性。

## 十、其他应予说明的事项

本标准与现行的 SY/T 5323-2015《钻井液性能测试方法》、API RP 13B-1 等标准协同使用，不替代现有标准中的通用技术要求。标准中新增的井眼强化型钻井液性能测试方法和技术要求，能有效补充现有标准中对于钻井液的规范，提升现有技术标准的完备性。