

饱和盐水防塌冲洗液体系在瑞 13A 采卤对接井中的应用

于 玉, 李 川

(中勘资源勘探科技股份有限公司, 安徽 淮北 235000)

摘要: 瑞 13A 井是建立一进两出或两进一出的采卤方式采卤的一口绿色矿山采卤对接井, 设计井深 1138.3 m, 实际完钻井深 1285 m。主要地层为新统官庄组、丰县组、古近系, 主要岩性为粉砂岩、泥岩与泥质胶结为主的细砂岩、泥灰岩。夹有一套含有盐类矿物的沉积岩系, 岩石类型主要为氯化物岩、硫酸盐岩(硬石膏、钙芒硝)、碳酸盐岩(白云石)及泥质岩、粉砂岩。施工过程中存在坍塌、掉块、摩擦阻力大、地层易缩径等复杂难题。现场优选了 YZ(高效抑制剂)、RH(高效润滑剂)等, 形成了饱和盐水强抑制防塌冲洗液体系, 密度 1.25~1.35 g/cm³可调, 润滑系数 < 0.1, 滤失量 ≤ 5 mL, 流变性能好, 抑制防塌效果好, 取得了较好应用效果, 保证了项目的顺利实施。

关键词: 采卤对接井; 饱和盐水钻井液; 抑制防塌; 高密度; 绿色矿山

中图分类号: P634.6; TD87 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2023)S1-0365-06

Application of saturated brine anti-inhibition drilling fluid system in connected brine well of Rui 13A

YU Yu, LI Chuan

(Chexplor Resource Exploration Technology Co., Ltd., Huaibei Anhui 235000, China)

Abstract: Rui 13A is a green mine brine-mining docking well with one-in-two-out or two-in-one-out brine mining method. The designed well depth is 1138.3m, and the actual drilling depth is 1285m. The main strata are Cenozoic Guanzhuang Formation, Fengxian Formation and Paleogene, and the main lithology is fine sandstone and marl mainly cemented by siltstone, mudstone and argillaceous. There is a set of sedimentary rock series containing salt minerals. The rock types are mainly chloride rock, sulfate rock (anhydrite, glauberite), carbonate rock (dolomite), argillaceous rock and siltstone. In the construction process, there are complex problems such as collapse, falling blocks, and the formation with large friction resistance is easy to shrink in diameter. YZ (high-efficiency inhibitor), RH (high-efficiency lubricant), etc. With the adjustment of density, a saturated brine strong anti-slump flushing fluid system was formed. The fluid loss is ≤ 5 mL, the rheological performance and the anti-slump inhibition effect are good. It has achieved good application results on site, ensuring the smooth implementation of the project.

Key words: connected brine wells; saturated brine drilling fluid; anti-slump; high density; green mine

0 引言

瑞 13A 井是江苏省瑞丰盐业有限公司绿色矿山暨盐井改造项目盐井钻探工程中的一口采卤对接井, 该井属于江苏省丰县师砦盐矿区, 位于丰县

县城以北约 10 km。设计井深 1138.3 m, 实际完钻井深 1285 m, 本井的主要目的和任务是: 在瑞丰矿区内瑞 13 井东南方向 106 m 左右建设瑞 13A 井进入瑞 13 井与瑞 14 井的溶腔通道内, 建立一进两出

收稿日期: 2023-03-29; 修回日期: 2023-04-26 DOI: 10.12143/j.ztgc.2023.S1.057

第一作者: 于玉, 男, 汉族, 1984 年生, 工程师, 资源勘查工程专业, 主要从事地质勘查、特殊钻井施工工作, 淮北市经济开发区龙湖工业园梧桐路 18 号, tyut2009@126.com。

引用格式: 于玉, 李川. 饱和盐水防塌冲洗液体系在瑞 13A 采卤对接井中的应用[J]. 钻探工程, 2023, 50(S1): 365-370.

YU Yu, LI Chuan. Application of saturated brine anti-inhibition drilling fluid system in connected brine well of Rui 13A[J]. Drilling Engineering, 2023, 50(S1): 365-370.

或两进一出的采卤方式进行采卤。本工程位于丰县师砦盐盆地汪屯块的北段,师砦盐矿区位于华北地台鲁西背斜、鱼台拗陷的次一级构造——欢口向斜的南翼。

1 地层概况

13A盐井位于丰县师砦盐盆地汪屯块的北段,而师砦盐矿区位于华北地台鲁西背斜、鱼台拗陷的次一级构造——欢口向斜的南翼。结合矿区地质资料及本次录井、测井综合研究成果分析,该井钻遇地层从上到下依次为第四系厚度一般290.00~380.00 m,其下伏主要为下第三系始新统一渐新统官庄组、丰县组、古近系,地层总体呈向斜层状分布,走向大约110°左右,向东北缓倾,倾角一般8°~12°。含盐矿层位于官庄组中段中部含盐亚段内,灰色、深灰色,少量灰紫色泥岩、白云质泥岩,含沥青质钙质泥岩与灰白色、浅灰色硬石膏岩不等厚互层,夹8个盐群、20层盐岩,含少量钙芒硝岩及粉砂岩、细砂岩。盐岩常由灰白色及烟灰色薄层状盐与纹—薄层状硬石膏或少量中—薄层状钙芒硝不等厚互层组成。

瑞13A井钻遇地层从上至下简述如下。

第四系(Q):钻遇井深0.00~325.00 m,主要为残积、坡积、冲积物。与下伏地层不整合接触。

官庄组上段(Eg³):钻遇井深325.00~726.90 m,上部为粉砂岩、泥岩与泥质胶结为主的细砂岩不等厚互层,夹多层浅灰色薄层泥灰岩;中部为细砂岩,少量含砾粗砂岩,与粉砂岩、泥岩不等厚互层,夹少量薄层泥灰岩;下部为泥岩、粉砂岩互层,含少量含砾中砂岩。

官庄组中段(Eg²):钻遇井深726.9~1265.0 m,本区含盐系是指在同一聚盐期内形成的一套含有盐类矿物的沉积岩系。本井含盐系地层位于古近系官庄组中段(Eg²),埋深726.3~1199 m。岩石类型主要为氯化物岩、硫酸盐岩(硬石膏、钙芒硝)、碳酸盐岩(白云石)及泥质岩、粉砂岩,属于陆源碎屑沉积—化学沉积相。根据含盐系盐岩及泥岩在剖面中的分布情况,物性组合特征,特别是盐岩在垂直方向上的分布状况,含盐段自上而下可分为三个亚段:盐上硫酸盐—碳酸盐亚段、中部盐岩亚段、盐下硫酸盐—碳酸盐亚段(本井未钻到)。整个盐岩亚段与邻近井对比,横向较稳定,揭露Ⅷ、Ⅶ、Ⅵ、Ⅴ、Ⅳ、Ⅲ、Ⅱ、Ⅰ盐群;预计井深837.90~1228.30 m,见20层盐岩。

2 工程概况

2.1 工程部署

瑞13A井在瑞13井、瑞14井通道上方距直井瑞13井偏南约100 m。瑞13A盐井为水平井,技术套管应下至1060 m(瑞13A井下入 $\Phi 339.7$ mm表层套管和 $\Phi 244.5$ mm \times 11.99 mm技术套管,以上2种管材为施工方提供,下入深度可由原定向轨迹精确计算,要充分考虑地层变化及盐溶规律),固井结束后三开定向造斜与水平钻进,以3盐层为目标层进行对接,钻进过程中与瑞13、瑞14井溶腔通道对接连通则完钻。

2.2 井身结构

瑞13A井井身结构设计如下:先用 $\Phi 660$ mm钻头钻进,下 $\Phi 529$ mm \times 11.13 mm导管30 m,一开用 $\Phi 444.5$ mm钻头钻进,下 $\Phi 339.7$ mm \times 9.56 mm表层套管400 m;二开用 $\Phi 311.2$ mm钻头钻进,下技术套管: $\Phi 244.5$ mm \times 11.99 mm \times 1062 m;三开采用 $\Phi 215.9$ mm \times 1285 m,井身结构设计详见表1、图1。

表1 瑞13A井井身结构数据

序号	钻头尺寸/mm	设计井深/m	实际深度/m	套管尺寸/mm	设计下深/m	实际下深/m
导管	$\Phi 660$	30.00	27.00	$\Phi 529$	30.00	27.00
一开	$\Phi 444.5$	401.00	400.43	$\Phi 339.7$	400.00	393.21
二开	$\Phi 311.2$	1062.00	1065.15	$\Phi 244.5$	1060.00	1059.03
三开	$\Phi 215.9$	1265.00	1285.00			

2.3 钻具组合

一开钻具组合: $\Phi 444.5$ mm钻头+ $\Phi 203$ mm DC \times 3根+ $\Phi 178$ mm DC \times 6根+ $\Phi 127$ mm DP+133 mm方钻杆。

二开钻具组合: $\Phi 311.2$ mm钻头+ $\Phi 197$ mm螺杆(单弯1.25°)+ $\Phi 203$ mm无磁钻铤 \times 1根+ $\Phi 203$ mm DC \times 2根+ $\Phi 178$ mm DC \times 6根+ $\Phi 165$ mm DC \times 9根+ $\Phi 127$ mm DP+133 mm方钻杆。

三开钻具组合: $\Phi 215.9$ mm钻头+ $\Phi 165$ mm螺杆(单弯1.25°)+ $\Phi 165$ mm无磁钻铤 \times 1根+ $\Phi 165$ mm DC \times 9根+ $\Phi 127$ mm DP+133 mm方钻杆。

3 施工中存在的主要问题

3.1 坍塌掉块

一开井段井眼直径444.5 mm,钻遇地层主要为

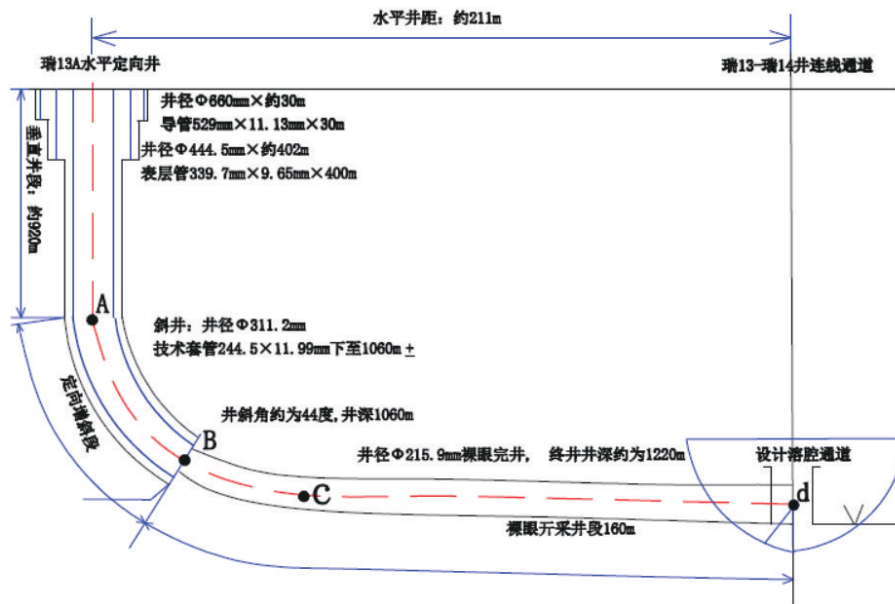


图 1 瑞 13A 井身轨迹

三垛组,三垛组二段地层成岩时间短,泥质含量高,固结差,强度低,遇水极易剥落掉块,引起井壁垮塌^[1-5]。

3.2 摩擦阻力大

井深 510.00~530.50 m 主要钻遇三垛组一段底部灰绿色泥岩,摩阻大的主要原因有两点:(1)该井设计井底位移与以往 S 形储气库井相比较,致使局部井段轨迹调整困难,局部轨迹圆滑度欠佳,导致井下钻具摩阻较大;(2)地层污染钻井液严重,造成钻井液性能维护困难,致使钻井液对泥岩水化分散的抑制性差,固相含量和粘切力过高,润滑性能差。

3.3 缩径、钙侵污染

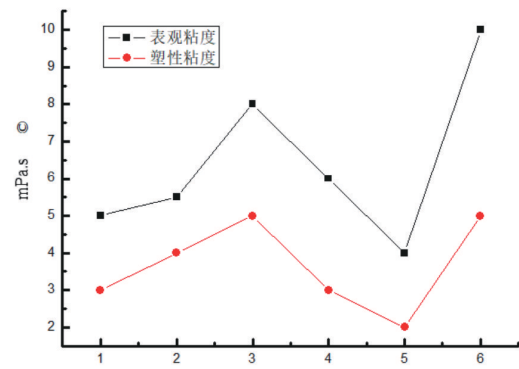
该井在 726.3~1199 m。钻遇硫酸盐岩(硬石膏、钙芒硝)层,含膏盐岩,地层有缩径现象,起下钻阻力较大,且泥浆粘度增加、滤失量偏大,有钙侵和缩径现象^[6-13]。

4 饱和盐水强防塌冲洗液体系设计

4.1 抗盐土的优选

抗盐土是选用优质泥浆土矿原料进行选矿、改良、钠化、复合、制粉等工艺精心加工而成的可用于盐水造浆材料,具有良好的抗盐造浆效果。基浆:4% 抗盐土+饱和盐水室内优选河北抗盐土、赤峰抗盐土、江苏抗盐土、山东抗盐土、海泡石、复合抗盐土等。实验结果如图 2 所示,从图 2 可以看出,4%

加量的抗盐土,复合抗盐的粘度高,海泡石的粘度最低,在原先钠土的基础上调整加入复合抗盐土,保证盐水泥浆的造浆性能和悬浮性能^[14-15]。



1、河北抗盐土; 2、赤峰抗盐土; 3、江苏抗盐土; 4、山东抗盐土; 5、海泡石; 6、复合抗盐土

图 2 4% 抗盐土流变性能

4.2 防塌抑制剂的优选

针对该井段二开弱固结地层特征和定向井井身结构特点,存在大量的泥岩与泥质胶结为主的细砂岩不等厚互层,针对原先钻井液在抑制和防塌效果不足的基础上,室内实验优选了 YZ(高效抑制剂),能有效地提高对水敏性地层吸水膨胀。室内优选防塌沥青 FT、腐殖酸钾、腐殖酸钠、YZ(高效抑制剂),基浆配方:3% 抗盐土+0.1% Hv-CMC+0.1% KPAM+2% 抗盐降失水剂 GPKY+1% 封堵剂+0.2% 包被剂+15%~35% NaCl。试验情况见表 2、图 2。

表2 防塌抑制剂优选

抑制剂	AV/(mPa·s)	PV/(mPa·s)	YP/Pa	$GEL/[(10\text{ s}\cdot(10\text{ min})^{-1}\cdot(3\text{ Pa}\cdot\text{Pa}^{-1})]$	$FL_{API}/[\text{ml}\cdot(30\text{ min})^{-1}]$
基浆	45	22	12	4/10	15
基浆+1%FT	40	20	10	4/9	10
基浆+1%腐殖酸钾	38	19	10	3.5/9	8
基浆+1%腐殖酸钠	40	22	11	4/9	10
基浆+1%YZ	30	16	8	3/8	6

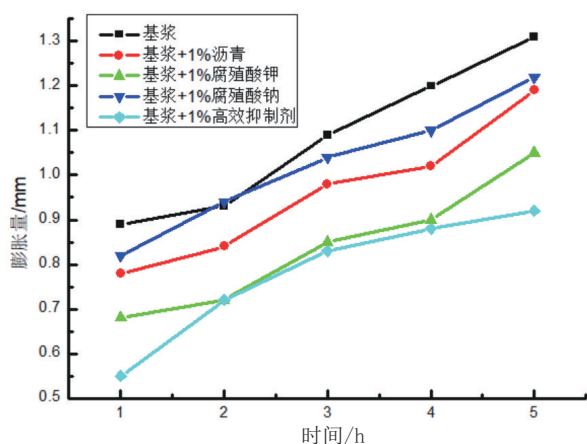


图2 各种抑制剂抑制膨胀实验

实验结果可以看出,1%加量的YZ(高效抑制剂)在饱和盐水中流变性能较好,失水量显著降低,通过抑制膨胀量实验测试,该处理剂抑制效果最好,膨胀量降低约30%。

5 饱和盐水强防塌冲洗液体系使用及维护

5.1 各开次冲洗液使用概况

5.1.1 一井井段(导管段)

导管段主要钻遇第四系东台组地层,堆积物结构疏松,主要是粘土、亚粘土夹含砂层。现场配制

40 m³粘度30 s土粉浆开钻,钻进过程中用清水+CMC胶液调整钻井液的粘切,保持井底清洁。

导管段钻进完成后,采用双泵大排量循环,同时加入土粉、CMC将粘度提高至60 s,循环1 h,彻底清洗井底,确保顺利下入导管。

5.1.2 二开井段(400.43~1065.15 m)

二开主要钻遇三垛组、戴南组泥岩地层,且井眼轨迹进入降斜段及垂直段,弱固结地层特征和定向井井身结构特点对钻井液性能要求较高,钻井液性能需满足能解决泥岩水化膨胀、胶结薄弱地层坍塌掉块和微裂隙封堵防塌的问题,同时,需具备良好的井眼净化能力,通过在原钻井液的基础上补充加入抗盐土、YZ(高效抑制剂)和封堵剂,有效地解决了以上技术难题,钻进过程中要及时对钻井液性能进行检测和维护^[9-13]。

调整前配方为:3%~8%膨润土+0.2%~0.3% Hv-CMC+0.2% KPAM+1%腐殖酸钾+1%~1.5%抗盐降失水剂 GPKY+0.5%~1% PAC-LV+0.2%~0.5%烧碱+0.2%包被剂+15%~35% NaCl。

调整后配方为:2%~3%抗盐土+0.1%~0.2% Hv-CMC+0.1%~0.2% KPAM+0.5%~1% YZ(高效抑制剂)+2%抗盐降失水剂 GPKY+1%~2%封堵剂+0.2%包被剂+0.2%~0.5%烧碱+15%~35% NaCl。

调整前后钻井液性能见表3。

表3 二开井段调整前后钻井液性能对比

开次	密度/ (g·cm ⁻³)	马氏漏斗 粘度/s	动切力/Pa	塑性粘度/ (mPa·s)	静切力(10 s/10 min)/(Pa/Pa)	API失水量/ [ml·(30min) ⁻¹]	泥皮厚/ mm	pH	固相含 量/%
调整前	1.20~1.40	50~98	8~15	15~25	3~5/6~12	12~18	2~5	8~10	45~60
调整后	1.25~1.35	40~60	3~8	10~20	1~3/2~5	≤8	≤0.5	8~10	30~40

5.1.3 三开井段(1065.15~1285.00 m)

三开主要钻遇戴南组泥岩、阜宁组四段盐岩地层,降斜段及与垂直段拐点处局部阻力较大,通过在

二开钻井液的基础上加入RH(润滑剂)润滑,加强钻井液的润滑性能,钻遇硫酸盐岩(硬石膏、钙芒硝)层,地层有缩径和钙侵现象,及时补充纯碱和小苏

打,配制0.4%~0.6% KPAM胶液,并适当补充降滤失剂和井壁稳定剂,有效地保证了钻井施工和套管的顺利下入^[14-16]。

配方为:2%~3%抗盐土+0.4%~0.6% KPAM+0.5%~1% YZ(高效抑制剂)+2%抗盐降失水剂 GPKY+1%~2% 封堵剂+0.5%~1% RH(润滑剂)+0.2% 包被剂+0.2%~0.5% 烧碱+0.2%~0.5% 纯碱+15%~35% NaCl。

钻井液实际性能:密度1.32~1.34 g/cm³,漏失粘度45~52 s,失水量≤5 ml/30min,泥饼厚0.2~0.4 mm,含砂量0.2%~0.3%,pH为9~10。

加入RH前后润滑性能对比见表4。

表4 三开井段加RH(润滑剂)前后润滑系数对比

配 方	润滑系数
原配方	0.22~0.27
原配方+0.5%~1% RH	0.05~0.1

5.2 各开次冲洗液体系维护

5.2.1 一开井段(0~400.43 m)

试验结果显示,盐水聚合物钻井液体系可降低泥岩水化膨胀速度,钻进过程中及时补充包被剂,防止地层造浆,同时,加足纯碱及烧碱,保证钻井液中CO₃²⁻及OH⁻含量,pH值控制在9~10,防止因卤水和地层中Ca²⁺、Mg²⁺的侵入污染钻井液。钻进过程中,以胶液形式补充聚丙烯酸钾增强钻井液的包被和携岩能力,适当补充防塌剂以维护钻井液的护壁能力。加强对钻井液性能的监测,及时微调^[16-20]。

采取一系列固控措施有效控制钻井液中劣质固相含量,加强对固控设备的巡回检查维护,确保设备运转正常,最大能力清除钻井液中的劣质固相。

钻进过程中由于排量大、钻速快,振动筛易出现跑浆现象,现场通过及时调整胶液加量和补充低粘切钻井液来确保钻井液量及性能满足设计要求。

5.2.2 二开井段(400.43~1065.15 m)

二开为解决饱和盐水钻井液易水土分离、失水量大的问题,钻井液采用抗盐粘土+LV-PAC+YZ(高效抑制剂)+RH(润滑剂)+抗盐降失水剂 GPKY来护胶、提粘切,提高钻井液降失水能力,改善泥饼质量。

二开井段钻遇大段泥岩、盐岩,机械钻速高,进尺快,钻进过程中需加强对钻井液性能的监测,及时

补充抗盐的聚合物胶液,保证钻井液对岩屑具有良好的抑制包被能力,及时清除井内岩屑,防止岩屑分散。加强对钻井液氯根监测,保证钻井液中Cl⁻浓度符合要求,防止盐岩溶蚀。

二开进入降斜段、垂直段,为防止井眼坍塌,确保钻井液密度在1.30 g/cm³以上来平衡地层压力,同时最大限度利用好全部固控设备,控制泥浆中的劣质固相含量^[21-23]。

5.2.3 三开井段(1065.15~1285.00 m)

采用防止盐岩地层溶蚀及蠕变的饱和盐水聚合物钻井液,钻井液密度1.30~1.35 g/cm³。为控制好钻井液的滤失量,适量增加抗盐降失水剂 GPKY,及时跟进KPAM胶液和井壁稳定剂,控制pH值在9~10,及时补充盐,保持Cl⁻浓度大于1.8×10⁵ mg/L,整个井段使用固控设备(振动筛、除砂器、除泥器),降低钻井液中的劣质土含量和钻屑含量,以保证钻井液流变性易于调整。电测和下套管前要做好通井工作,并调整好钻井液性能,增加钻井液的润滑性能,降低摩阻,保证钻井液润滑性。下套管时必须按要求灌好钻井液,下完套管后要充分循环钻井液。

5.3 饱和盐水强防塌冲洗液体系关键技术措施

(1)一开井段井眼直径444.5 mm,钻遇地层主要为三垛组,三垛组二段地层成岩时间短,泥质含量高,固结差,强度低,遇水极易剥落掉块,引起井壁垮塌,施工中采用双泵大排量钻进,及时返出井下沉砂,同时,充分利用固控设备,降低钻井液中劣质固相含量,并及时补充胶液维护钻井液的良好性能。

(2)二开采用盐水聚合物钻井液体系,降低了泥岩水化膨胀速率,二开钻井液的配置基于一开钻井液,降低了钻井泥浆材料的成本。

(3)三开钻进过程中及时补充0.5%~1% YZ(高效抑制剂)+2%抗盐降失水剂 GPKY和RH(润滑剂),严格控制钻井液的滤失量,降低泥饼厚度,防止泥包、卡钻等井下复杂情况发生。

(4)根据录井,结合地质资料作地质预告,在见盐前确保盐水钻井液饱和。

(5)钻进过程中对钻井液性能做到勤测、勤量,关键井段加密测量,确保及时准确地获得钻井液性能信息,第一时间做出调整决策,保证钻井施工安全、高质量进行。

6 应用效果

(1)饱和盐水强防塌冲洗液体系,具有良好的流变性,对泥岩水化膨胀起到较好的抑制性,抑制膨胀量降低约30%,有效地改善泥饼质量,增加泥饼的韧性,携砂性能好,减少井下复杂情况的发生;

(2)饱和盐水强防塌冲洗液体系护壁效果好,井壁稳定(密度控制在 $1.25\sim 1.35\text{ g/cm}^3$),流变性能较好,未发生大的漏失和井壁坍塌,提高了钻探效率。

(3)该体系RH(润滑剂)润滑性好,钻进过程中未生粘附卡钻、加钻压困难等情况,对减少钻柱摩擦阻力、防粘卡、防钻头泥包等起到了非常重要,顺利钻进至1285.00 m完钻。

参考文献:

- [1] 鄢捷年. 钻洗液工艺学[M]. 山东青岛:中国石油大学出版社,2006.
- [2] 鄢泰宁,等. 岩土钻掘工程学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2004.
- [3] 乌效鸣,等. 钻洗液与岩土工程浆液[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [4] 李世忠,等. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [5] 胡继良,陶士先,纪卫军,等. 破碎地层孔壁稳定技术的探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9):30-32.
- [6] 刘常旭,张茂奎,王平全,等. 国内外高密度水基钻井液体系研究现状[J]. 西部探矿工程,2006,18(5):139-140.
- [7] 孙仲. 无土相淀粉聚合物饱和盐水钻井液体系在伊朗油田的应用[J]. 承德石油高等专科学校学报,2013,15(1):5-7.
- [8] 高永福. 高密度钻洗液的技术难点及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(5):47-49.
- [9] Ali E, Gursat A. 含碳酸钙的海泡石钻井液的封堵性能[J]. 石

油勘探与开发,2017,44(3):446-455.

- [10] 陈尔志,陈礼仪,向昆明,等. 高密度低失水泥浆体系在煤田绳索取心钻探中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(2):15-18.
- [11] 王雷,牟云龙,杨培龙,等. 高密度无黏土相饱和盐水钻井液研究[J]. 石油天然气学报,2014,36(11):151-154.
- [12] 蔡利山,林永学,田璐,等. 超高密度钻洗液技术进展[J]. 钻洗液与完井液,2011,28(5):70-77.
- [13] 周进. 却勒构造高密度欠饱和盐水钻井液技术[J]. 钻井液与完井液,2003,20(5):38-40.
- [14] 张民立,庄伟,徐成金,等. 抗 $240\text{ }^\circ\text{C}$ 高密度复合有机盐钻井液在翼探1井的应用[J]. 钻洗液与完井液,2020,37(4):431-437.
- [15] 胡德云. 超高密度($\rho>3.00\text{ g/cm}^3$)钻井液的研究与应用[J]. 钻井液与完井液,2004,21(1):6-9.
- [16] 匡韶华,浦晓林,罗兴树,等. 超高密度有机盐钻洗液流变性和滤失量控制技术[J]. 石油钻采工艺,2010,32(2):30-33.
- [17] 祝学飞,周华安,孙俊,等. CT1井盐膏层钻井液技术[J]. 天然气与石油,2017,35(4):88-92.
- [18] 张喜凤. 适用于塔里木油田克拉区块高密度钻井液的配制[J]. 西安石油大学学报(自然科学版),2005,20(4):55-63.
- [19] 黄楨,赵靖影,黄有为,等. 川西大兴场构造高压盐土层钻井技术[J]. 钻采工艺,2016,39(1):1-5.
- [20] 李广冀,张民立,李树峰,等. 雁探1“四高”井钻井液应用技术[J]. 钻井液与完井液,2018,35(4):20-27.
- [21] 骆小虎. 抗高温高密度钻井液在印尼LOFIN-2井的研究与应用[J]. 钻井液与完井液,2019,36(1):60-64.
- [22] 王杰东,杨立,郑宁,等. 玛北1四开抗高钙盐水侵钻洗液技术[J]. 钻洗液与完井液,2013,30(6):88-90.
- [23] 赵岩,仲玉芳,王卫民,等. S/D-2井欠饱和盐水钻井液技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):41-43.

(编辑 王文)