

◀钻井完井▶

doi:10.11911/syztjs.2019097

可再生生物合成基钻井液体系研究

解宇宁^{1,2}

(1. 中国石油辽河油田分公司钻采工艺研究院, 辽宁盘锦 124010; 2. 石油工业入井流体质量监督检验中心, 辽宁盘锦 124010)

摘要: 油基钻井液普遍存在基础油难以降解、不可再生等缺点, 为此, 利用天然生物油脂, 通过催化加氢、分子异构等合成了生物合成基础油, 以该基础油和改性有机土为主, 通过优选其他钻井液添加剂及加量, 形成了可再生生物合成基钻井液体系。生物合成基础油是 C_{12} — C_{24} 的支链异构烷烃混合物, 具有优良的安全环保性和黏温特性。室内性能评价试验结果表明, 可再生生物合成基钻井液体系的高温高压滤失量低于 12 mL, 沉降稳定性好, 破乳电压在 768 V 以上, 96 h 半致死浓度大于 1 000 000 mg/L, 能抗 20% 地层水和 10% 劣土的侵入, 岩屑滚动回收率达到 98.06%, 经其污染的岩心其渗透率恢复率为 83.5%~92.3%。研究结果表明, 生物合成基础油具有低毒环保、可降解、可再生等优点, 可再生生物合成基钻井液在乳液稳定、抗污染、润滑、抑制、储层保护、安全环保等方面均表现出良好的性能, 完全能满足复杂地质条件对钻井液的需求。

关键词: 合成基钻井液; 生物合成基; 可再生; 钻井液性能; 半致死浓度; 防止地层损害

中图分类号: TE254⁺.3

文献标志码: A

文章编号: 1001-0890(2019)06-0034-06

Research on Renewable Biosynthetic-Based Drilling Fluid Systems

XIE Yuning^{1,2}

(1. Drilling and Oil Production Technology Research Institute, PetroChina Liaohe Oilfield Company, Panjin, Liaoning, 124010, China; 2. Quality Supervising and Testing Center for Well-Entering Fluid of Petroleum Industry, Panjin, Liaoning, 124010, China)

Abstract: Oil-based drilling fluids generally have various disadvantages, for example, the base oil is difficult to degrade and non-renewable. Therefore, an investigation on the renewable biosynthesis oil-based drilling fluid system was carried out. The biosynthetic base oils were synthesized by the catalytic hydrogenation and molecular isomerization of natural bio-oils and fats. Based on the biosynthetic base oil and modified organic soil, the renewable biosynthesis-based drilling fluid system was formed through adding other drilling fluid additives and the optimized dosage, and its performance was evaluated. The biosynthetic base oil was a mixture of C_{12} — C_{24} branched isoparaffins, which had excellent safety, environmental protection and viscosity-temperature properties. The high temperature and high pressure filtration loss of the renewable biosynthesis-based drilling fluid system was lower than 12 mL, the sedimentation stability was good, the demulsification voltage was up to 768 V, and the 96 h semi-lethal concentration was greater than 1 000 000 mg/L. The biosynthetic oil was able to resist the invasion of 20% formation water and 10% inferior soil, and the rolling recovery rate of cuttings reached 98.06%; the permeability recovery rate of the contaminated cores was up to 83.5%~92.3%. The research results showed that the oil with a biosynthetic base possessed the advantages of low toxicity, environmental protection, degradability and regenerability. The prepared drilling fluid exhibited good properties in emulsion stability, anti-pollution, lubrication, inhibition, reservoir protection, safety and environmental protection, which fully met the needs of drilling fluids under complex geological conditions.

Key words: synthetic based drilling fluid; biosynthetic base; renewable; drilling fluid properties; semi-lethal concentration; prevention of formation damage

随着石油天然气勘探开发的不断深入, 钻遇高温高压地层、泥页岩地层等复杂地层的概率越来越大, 对钻井液性能的要求越来越高。因此, 油基钻井液的应用越来越多, 但随着环境保护的要求越来越严, 其面临的问题也日益凸显^[1-2]。早期油基钻井液的基础油多为柴油, 毒性高、难降解、污染严重,

根本无法达到环保要求^[3-5]。现在最常用的基础油

收稿日期: 2018-12-14; 改回日期: 2019-08-30。

作者简介: 解宇宁(1987—), 男, 黑龙江安达人, 2009年毕业于大庆石油学院石油工程专业, 2012年获东北石油大学油气井工程专业硕士学位, 工程师, 主要从事钻井液完井液及其材料开发、井壁稳定、油气层保护等方面的研究。E-mail: 324802691@qq.com。

是低毒矿物精炼油,即白油,其芳烃组分含量虽然很低,但仍存在降解周期长的缺点。随着人们对生态环境保护越来越重视,对钻井液提出了更高的要求,所以需要研究低毒、可降解、可再生的环境友好型钻井液用基础油及环保的油基钻井液。近期,国内研制出很多合成型基础油,如酯类、醚类和聚烯类基础油,还有由饱和烷烃、烯烃合成的气制油,以及对石化原料油进行分子重整、精制提纯的各类合成基础油^[6-8]。合成基础油虽然具有无毒、高闪点、可降解等优点,但都是石化类的不可再生物质。因此,笔者利用天然生物油脂,通过催化加氢、分子异构等方法合成了可再生的生物基础油,并通过优选其他钻井液添加剂,形成了可再生生物合成基钻井液。性能评价结果表明,其性能满足优质高效钻井要求,且生物毒性很低,具有很好的环保性能。

1 生物合成基础油和有机土的选择

生物物质是指一切有生命的、可以生长的有机物质,包括动物、植物和微生物。与化石物质相比,生物物质来源广、可再生、无污染、分布广泛,是一种取之不尽、用之不竭的可再生资源^[9-11]。以生物物质为原料开发生物合成基钻井液,既可解决钻井作业对

钻井液性能的要求,又可解决石油开发与环保、可持续发展之间的矛盾。

动植物油脂、微生物油脂,以及地沟油等餐饮废弃油脂,都可以作为生物合成基础油的原料油。天然油脂的分子结构是含双键或不含双键的直链脂肪酸甘油酯,而且不同种类、不同来源的天然原料油的分子结构差异较大,需要有针对性地进行分子结构重整,才能得到性能优良且稳定的钻井液用基础油。天然原料油与催化剂在 200~500℃、2~15 MPa 条件下,通过加氢使不饱和键饱和和生成长链正构烷烃,同时除去分子中所含的氧、氮、磷和硫等杂质。接下来,正构烷烃在金属位上脱氢生成烯烃,然后烯烃在酸性位上发生质子化反应生成正构碳正离子,随后正构碳正离子发生重整、去质子化反应生成烯烃,最终烯烃转移到金属位上并加氢生成异构烷烃,即为生物合成基础油。

生物合成基础油是 C₁₂—C₂₄ 的支链异构烷烃混合物,苯胺点很高且几乎不含芳烃和硫,96 h 半致死浓度(LC₅₀)大于 1 000 000 mg/L(见表 1)。闪点较高,表明其无毒,且在生产、储运、应用过程中安全性高。其在低温段(0~20℃)黏度变化幅度很小,容易配制出性能优良的钻井液,且所配制钻井液的性能易于维护。

表 1 油基钻井液常用基础油的性能参数

Table 1 Performance parameters of common base oils for oil-based drilling fluids

常用基础油	密度/(kg·m ⁻³)	闪点/℃	苯胺点/℃	芳烃含量/(mg·kg ⁻¹)	硫含量/(mg·kg ⁻¹)	运动黏度/(mm ² ·s ⁻¹)	96 h LC ₅₀ /(mg·L ⁻¹)
天然气制油	851	110	88	1.20	1.00	3.0	>1 000 000
白油	810	144	83	2.00	3.00	5.8	>1 000 000
BP8313	785	83	80	20 000.00	13.00	2.7	820 000
柴油	841	83	57	30 000.00~50 000.00	250.00	5.9	80 000
Mentor26	838	74	78	10 000.00~20 000.00	5.90	2.7	480 000
生物合成基础油	802	147	92	0.05	0.45	1.9	>1 000 000

注:依据标准《车用柴油(V)》(GB/T 19147—2013)和《钻井液生物鉴定推荐作法》(API RP13H)测得。

有机土分散在基础油中起增黏提切、降滤失和维持乳化体系稳定的作用,其性能好坏直接影响钻井液的流变性、滤失造壁性和乳状液的稳定性。常规有机土在矿物油或合成类基础油中的成胶率普遍低于 10%,其原因是合成类基础油主要为饱和烷烃,极性弱,而常规有机土在这类极性弱的基液中不能充分发挥增黏提切的作用。因此笔者采用文献[12]中研制的改性有机土,该有机土疏水亲油性强,不易吸水,层间疏松,片层剥离明显。表 2 为不

同基础油加入改性有机土后的黏切性能。

由表 2 可知,改性有机土不但在柴油中有很高的成胶率,而且在极性很弱的合成类基础油中的成胶率也比较理想,其在生物合成基础油中的成胶率为 79%~83%,生物合成基础油加入改性有机土后的黏切性能很稳定。这表明生物合成基础油和改性有机土相互聚结胶联形成的空间网状结构即使经过高温老化也没有破坏,凝胶稳定性反而增强,说明改性有机土具有良好的成胶性和配伍性。

表2 不同基础油加入改性有机土后的黏切性能

Table 2 Adhesive performance of different base oils after adding modified organic soil

基础油	条件	成胶率, %	表观黏度/ (mPa·s)	塑性黏度/ (mPa·s)	动切力/ Pa
柴油	老化前	100	13.0	11.2	1.8
	老化后	99	14.7	13.0	1.7
白油	老化前	79	14.0	12.0	2.0
	老化后	77	13.8	11.9	1.9
天然气制油	老化前	85	12.5	10.9	1.6
	老化后	80	13.7	12.2	1.5
生物合成基础油	老化前	83	12.2	10.6	1.6
	老化后	79	13.5	12.0	1.5

注:依据标准《油基钻井液用有机土技术规范》(Q/SY 1817—2015)测得。

钻井液有一定的难度,因此表面活性剂类处理剂对乳状液的稳定性起决定性作用^[13-15]。乳化剂分子在油水界面会形成一层坚固的膜,同时降低油水界面张力,有利于形成稳定的乳化层,并且能够增大粒子间的碰撞阻力,提高乳状液的稳定性;润湿剂具有促使重晶石和有机土表面从亲水转变为亲油的作用,实现润湿反转从而提高钻井液的稳定性。笔者通过优选各种处理剂并优化其加量,确定了可再生生物合成基钻井液的基本配方:生物合成基础油+CaCl₂溶液(25%)+3.0%改性有机土+3.0%聚酰胺(主乳化剂)+2.0%酰胺基胺(辅乳化剂)+1.5%改性季铵盐(润湿剂)+2.0%提切剂+2.0%改性橡胶(封堵剂)+2.0%改性树脂(降滤失剂)+1.0%磺化树脂(降滤失剂)+1.0%CaO+重晶石粉(密度可调整范围为0.90~2.25 kg/L),油水比90:10~70:30。

2 可再生生物合成基钻井液配方及性能

2.1 钻井液配方

由于以弱极性生物合成基础油形成稳定的油基

2.2 基本性能及生物毒性

不同密度可再生生物合成基钻井液(油水比为90:10)在老化前后的基本性能及生物毒性测试结果见表3。

表3 可再生生物合成基钻井液的基本性能及生物毒性

Table 3 Basic properties and biological toxicity of biosynthetic drilling fluid

密度/ (kg·L ⁻¹)	条件	表观黏度/ (mPa·s)	塑性黏度/ (mPa·s)	动切力/ Pa	静切力/ Pa	API滤失量/ mL	高温高压滤失量/ mL	破乳电压/ V	96 h LC ₅₀ / (mg·L ⁻¹)
0.90	老化前	19	15	4	1.3/1.7	1.8	11.9	1 504	>1 000 000
	老化后	30	23	7	1.6/2.0	1.3	9.7	1 874	
1.20	老化前	29	21	8	2.0/2.4	1.5	9.2	1 665	>1 000 000
	老化后	37	26	11	2.2/3.1	1.0	8.8	1 730	
1.50	老化前	32	22	10	2.2/3.5	1.2	7.0	1 422	>1 000 000
	老化后	47	34	13	2.9/4.8	0.8	6.4	1 601	
1.85	老化前	43	31	12	2.9/5.2	0.8	6.2	1 134	>1 000 000
	老化后	54	39	15	3.5/5.5	0.6	5.3	1 377	
2.25	静置24 h	66	45	21	5.2/8.3	0.7	6.2	1 090	
	老化前	59	42	17	3.2/5.7	0.4	3.2	768	>1 000 000
	老化后	70	39	18	4.3/6.8	0.3	2.4	955	
	静置24 h	78	50	28	7.0/10.5	0.6	4.0	976	

注:老化条件为180℃下滚动16 h;高温高压条件是150℃、3.45 MPa;基本性能依据标准《石油天然气工业 钻井液现场测试 第2部分 油基钻井液》(GB/T 16783.2—2012)测得;生物毒性依据《钻井液生物鉴定推荐作法》(API RP13H)测得。

由表3可知:可再生生物合成基钻井液随着密度增大,黏度和切力均增大、滤失量降低;不同密度生物合成基钻井液整体上均具有较理想的流变参数,破乳电压都在768 V以上,即使经过180℃

高温老化也完全可以保持稳定的乳液状态;高温高压下依然可以吸附、沉积形成致密的滤饼,滤失量只有2.4~11.9 mL;96 h LC₅₀均大于1 000 000 mg/L。密度2.25 kg/L的可再生生物合成基钻井液经过高

温老化静置 24 h 后, 其上下部密度差仅为 0.18 kg/L, 未出现重晶石沉降和基油析出现象。这表明, 可再生生物合成基钻井液具有理想且稳定的性能, 满足高温深井、高温高压水平井钻井对钻井液性能的要求, 而且其生物毒性很低, 具有很好的环保性能。

2.3 抑制性和润滑性

钻遇泥页岩地层时, 由于泥页岩吸水会分散、膨胀, 导致发生井壁坍塌、掉块等井眼失稳问题, 造

成钻井周期增长、钻井成本增加, 甚至使井眼报废, 不但造成巨大的经济损失, 而且使油气资源无法得到有效的开发利用。因此, 要求钻井液必须要具有良好的抑制性能。笔者选取几种泥页岩地层常用的钻井液与可再生生物合成基钻井液, 进行了泥页岩屑滚动回收试验与泥页岩岩样浸泡试验, 结果见表 4。大斜度井和水平井钻井要求钻井液具有良好的润滑性能, 因此利用极压润滑仪测试了几种泥页岩地层常用的钻井液与可再生生物合成基钻井液的润滑系数, 结果见表 4。

表 4 不同钻井液抑制性和润滑性的评价结果
Table 4 Evaluation results of the inhibition and lubricity of different drilling fluids

钻井液	一次回收率, %	二次回收率, %	90 min吸水量/g	24 h后样品状态	润滑系数
蒸馏水	17.32	7.86	完全解体	完全散落	0.34
聚硅氟钻井液	54.45	43.36	12.34	四周有剥落	0.17
聚合醇钻井液	79.54	70.79	8.54	表面有裂纹	0.10
KCl聚合物钻井液	81.63	70.89	6.64	体积明显膨胀	0.14
白油油基钻井液	98.78	97.56	0.78	无明显变化	0.04
可再生生物合成基钻井液	99.02	98.06	0.62	几乎无变化	0.03

注: 可再生生物合成基钻井液密度为 1.20 kg/L, 油水比为 90:10。

由表 4 可知, 油基钻井液的抑制性明显高于水基钻井液, 而可再生生物合成基钻井液的泥页岩滚动回收率最高, 二次回收率达到了 98.06%, 与白油油基钻井液相当。说明可再生生物合成基钻井液对泥页岩有很强的抑制作用, 有利于井壁的长期稳定, 可防止井壁坍塌等井下故障的发生。可再生生物合成基钻井液的润滑系数达到 0.03, 表明其润滑性能好, 可以降低钻井过程中的摩擦阻力, 且明显优于传统的水基钻井液和白油油基钻井液。

2.4 抗污染性

在钻进不同地层过程中, 不可避免地会有各种污染物进入钻井液, 从而对钻井液的性能造成影响。为此, 根据参考文献 [16] 中的方法评价了可再生生物合成基钻井液抗水和劣土污染的能力, 结果见表 5。

由表 5 可知: 随着模拟地层水侵入量增大, 可再生生物合成基钻井液的黏度、切力明显增大, 滤失量和破乳电压降低; 当模拟地层水侵入量达 20% 时, 破乳电压为 691 V, 可再生生物合成基钻井液仍能保持较稳定的乳化体系, 完全可以抵抗一般地层水的污染; 劣土的侵入使可再生生物合成基钻

井液的黏度和切力明显提高、滤失量稍有升高; 当劣土的侵入量为 10% 时, 该钻井液的高温高压滤失量只有 9.9 mL。通过以上分析可知, 可再生生物合成基钻井液具有很好的抗污染性, 当有外来物侵入污染时, 其性能参数虽然有波动, 但还是能满足钻井需求, 且乳液的稳定性没有被破坏, 完全可以满足高温高压等复杂地层钻进对钻井液性能的要求。

2.5 储层保护性

相对于水基钻井液, 油基钻井液在储层保护方面有很多优势, 如可以避免水敏、水锁损害等, 但油基钻井液中特有的处理剂(乳化剂、润湿剂等)又可能对储层造成损害。为评价可再生生物合成基钻井液的储层保护性能, 分别选取了 5 种不同渗透率的天然岩心(辽河油田雷 88 区块埋深 800.00~1 800.00 m 的砂砾岩和砂泥岩岩心), 根据参考文献 [17] 中的方法, 利用 JHMD- II 型高温高压动态损害评价系统测试岩心经可再生生物合成基钻井液损害后的渗透率恢复率, 结果见表 6。

由表 6 可知, 可再生生物合成基钻井液会对不同渗透率的岩心造成不同程度的损害, 对渗透率低的岩心造成的损害较大, 但渗透率恢复率全部达到

表5 可再生生物合成基钻井液抗水和劣土污染试验结果

Table 5 Results of pollution test of biosynthetic base drilling fluid against water and inferior soil

污染物	条件	表观黏度/ (mPa·s)	塑性黏度/ (mPa·s)	动切力/ Pa	API滤失量/ mL	高温高压滤失量/ mL	破乳电压/ V
5%水	老化前	36.0	25.0	11.0	1.5		1 176
	老化后	41.0	30.0	11.0	1.3	8.8	1 242
10%水	老化前	42.0	29.0	13.0	1.4		975
	老化后	48.0	33.0	15.0	0.9	7.6	1 091
20%水	老化前	54.0	37.0	17.0	0.8		691
	老化后	61.0	41.0	20.0	0.6	5.7	810
3%劣土	老化前	36.5	25.5	11.0	1.3		1 130
	老化后	40.0	28.0	12.0	1.0	6.3	1 245
7%劣土	老化前	42.0	28.0	11.5	2.0		944
	老化后	53.0	36.0	17.0	1.9	7.5	1 175
10%劣土	老化前	64.0	42.0	22.0	1.8		744
	老化后	70.5	46.5	24.0	2.1	9.9	793

注:生物合成基钻井液密度1.20 kg/L,油水比90:10;老化条件是在150℃下滚动16 h;高温高压条件是150℃、3.45 MPa;劣土为辽河油田雷88区块的天然泥页岩钻屑;侵入水是矿化度为6 000 mg/L的模拟地层水(519 mg/L CaCl₂+351 mg/L MgCl₂+1 581 mg/L Na₂SO₄+3 549 mg/L NaCl)。

表6 渗透率恢复率试验结果

Table 6 Results of permeability recovery test

岩心号	气测渗透率 /mD	损害前的渗透 率/mD	损害后的渗透 率/mD	渗透率恢复 率,%
1	0.86	0.189	0.158	83.5
2	8.31	2.119	1.771	83.6
3	28.16	5.017	4.299	85.7
4	53.07	10.389	9.454	91.0
5	239.06	42.089	38.848	92.3

注:可再生生物合成基钻井液密度1.20 kg/L,油水比为90:10;损害温度为120℃。

了83.5%以上,说明该钻井液具有较好的降滤失和封堵性能,能够在岩心上形成高质量滤饼,储层保护效果较好。

可再生生物合成基钻井液不但具有基本性能稳定、抑制性强、润滑防卡优良的特点,还具有无毒、可生物降解和再生的环保优势,完全符合国家日趋严格的环保要求,是现阶段开发绿色钻井液的新方向。生物合成基钻井液被认为是可以替代传统钻井液的一种新兴钻井液体系,在目前能源紧张、油田勘探开发压力大的形势下具有广阔的应用前景。

3 结论与建议

1)针对现有石化类基础油环保性能差的问题,

利用天然生物原料油脂通过催化加氢脱杂、异构化等反应,合成了非酯类生物合成基础油。该基础油具有高闪点、高苯胺点、无毒等优良性能。其利用来源广泛的生物质合成,具有可再生的技术优势。

2)以生物合成基础油与改性有机土为主,通过优选其他钻井液添加剂及优化加量,形成了一套流变性能稳定、抑制性强、润滑性能良好、储层保护性能好、安全环保的可再生生物合成基钻井液体系。

3)建议进一步优化可再生生物合成基钻井液的配方,以提高其性能,从而更好地满足复杂地质条件下安全高效钻井及环保的要求。

4)建议以可再生、可持续为目标,探索采用微生物、生物质气化等新合成方法,合成综合性能更好的生物基础油。

参 考 文 献

References

- [1] 王中华. 国内外油基钻井液研究与应用进展[J]. 断块油气田, 2011, 18(4): 533-537.
WANG Zhonghua. Research and application progress of oil-based drilling fluid at home and abroad[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2011, 18(4): 533-537.
- [2] 王中华. 国内钻井液处理剂研发现状与发展趋势[J]. 石油钻探技术, 2016, 44(3): 1-8.
WANG Zhonghua. Present status and trends in research and development of drilling fluid additives in China[J]. Petroleum

- Drilling Techniques, 2016, 44(3): 1–8.
- [3] 林永学, 王显光. 中国石化页岩气油基钻井液技术进展与思考 [J]. 石油钻探技术, 2014, 42(4): 7–13.
- LIN Yongxue, WANG Xianguang. Development and reflection of oil-based drilling fluid technology for shale gas of Sinopec[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2014, 42(4): 7–13.
- [4] 孙明波, 乔军, 刘宝峰, 等. 生物柴油钻井液研究与应用 [J]. 钻井液与完井液, 2013, 30(4): 15–18.
- SUN Mingbo, QIAO Jun, LIU Baofeng, et al. Research and application of biodiesel-based drilling fluid[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2013, 30(4): 15–18.
- [5] 杨洁, 徐同台, 武星星, 等. 生物柴油钻井液的研究 [J]. 钻井液与完井液, 2013, 30(6): 36–40.
- YANG Jie, XU Tongtai, WU Xingxing, et al. The studies of bio-diesel drilling fluids[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2013, 30(6): 36–40.
- [6] 胡友林, 乌效鸣, 岳前升, 等. 深水钻井气制油合成基钻井液室内研究 [J]. 石油钻探技术, 2012, 40(6): 38–42.
- HU Youlin, WU Xiaoming, YUE Qiansheng, et al. Laboratory research on deepwater GTL synthetic-based drilling fluid[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2012, 40(6): 38–42.
- [7] 王茂功, 徐显广, 孙金声, 等. 气制油合成基钻井液关键处理剂研制与应用 [J]. 钻井液与完井液, 2016, 33(3): 30–34, 40.
- WANG Maogong, XU Xianguang, SUN Jinsheng, et al. Study and application of additives for synthetic fluids with GTL as the base fluid[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2016, 33(3): 30–34, 40.
- [8] 万绪新, 张海青, 沈丽, 等. 合成基钻井液技术研究与应 [J]. 钻井液与完井液, 2014, 31(4): 26–29.
- WAN Xuxin, ZHANG Haiqing, SHEN Li, et al. Study and application of synthetic base drilling fluid technology[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2014, 31(4): 26–29.
- [9] 单海霞, 王中华, 徐勤, 等. 生物质基液 PO-12 的合成与性能评价 [J]. 石油钻探技术, 2017, 45(4): 41–45.
- SHAN Haixia, WANG Zhonghua, XU Qin, et al. Synthesis and performance assessments of biomass base liquid PO-12[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2017, 45(4): 41–45.
- [10] 单海霞, 王中华, 何焕杰, 等. 生物质合成基液 LAE-12 的合成及性能研究 [J]. 钻井液与完井液, 2016, 33(2): 1–4.
- SHAN Haixia, WANG Zhonghua, HE Huanjie, et al. Synthesis and performance evaluation of bio-mass synthetic base fluid LAE-12[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2016, 33(2): 1–4.
- [11] 翟西平, 殷长龙, 刘晨光. 油脂加氢制备第二代生物柴油的研究进展 [J]. 石油化工, 2011, 40(12): 1364–1369.
- ZHAI Xiping, YIN Changlong, LIU Chenguang. Advances in second generation biodiesel prepared by hydroprocessing of Oils and Fats[J]. Petrochemical Technology, 2011, 40(12): 1364–1369.
- [12] 解宇宁. 低毒环保型油基钻井液体系室内研究 [J]. 石油钻探技术, 2017, 45(1): 45–50.
- XIE Yuning. Experimental study on low-toxicity and environmental-friendly oil-based drilling fluids[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2017, 45(1): 45–50.
- [13] 王旭东, 郭保雨, 陈二丁, 等. 油基钻井液用高性能乳化剂的研制与评价 [J]. 钻井液与完井液, 2014, 31(6): 1–4.
- WANG Xudong, GUO Baoyu, CHEN Erding, et al. Development and evaluation of a high performance oil base mud emulsifier[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2014, 31(6): 1–4.
- [14] 张建国, 王旭东, 郭保雨, 等. 油基钻井液用固体乳化剂的研制与评价 [J]. 石油钻探技术, 2016, 44(4): 58–64.
- ZHANG Jiankuo, WANG Xudong, GUO Baoyu, et al. Development and evaluation of a solid emulsifier for oil based drilling fluid[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2016, 44(4): 58–64.
- [15] 陶怀志, 吴正良, 贺海. 国产油基钻井液 CQ-WOM 首次在页岩气威远 H3-1 井试验 [J]. 钻采工艺, 2014, 37(5): 87–90.
- TAO Huaizhi, WU Zhengliang, HE Hai. Tests of oil-base drilling fluid CQ-WOM made in China in Weiyuan H3-1 shale gas well[J]. Drilling & Production Technology, 2014, 37(5): 87–90.
- [16] GB/T 16783.2—2012 石油天然气工业: 钻井液现场测试: 第 2 部分: 油基钻井液 [S].
- GB/T 16783.2—2012 Petroleum and natural gas industries field testing of drilling fluids part 2: oil based fluids[S].
- [17] SY/T 6540—2002 钻井液完井液损害油层室内评价方法 [S].
- SY/T 6540—2002 Lab testing method of drilling and completion fluids damaging oil formation[S].

[编辑 刘文臣]

斯伦贝谢公司推出智能电缆测井测试平台

斯伦贝谢公司推出了 Ora 智能电缆地层测试平台。该平台包括一个聚焦径向探头、一个双进样口双封隔器, 以及实验室级计量器和高流量泵, 额定温度为 200 °C、额定压力为 241 MPa。该平台建立在数字基础架构上, 可自动进行复杂的测试分析工作, 能缩短运行时间 50% 以上, 并可实现高精度流体分析, 能在电缆上进行深度瞬态测试、在所有条件下进行动态油藏表征、在云原生环境中实现实时决策。

[供稿 石钻]