

北部湾盆地全油基钻井液技术研究与应

陈浩东¹, 李 龙¹, 郑浩鹏¹, 徐一龙¹, 邓 诚², 余定泽³

(1.中海石油(中国)有限公司湛江分公司,广东 湛江 524057; 2.中海油田服务股份有限公司湛江分公司,广东 湛江 524057; 3.中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司,广东 湛江 524057)

摘要:南海西部北部湾海域地质构造复杂,一直以来是钻完井事故的多发区。面对边际油田开发难度的不断增加,针对该海域涠洲组易垮塌、断层多、易井漏、易发生卡钻和储保难度大等特征,通过室内配伍实验,分析各材料加量比例,确定配方,形成了一套新型全油基钻井液体系。通过现场应用表明,与常规油基钻井液对比,全油基钻井液具有更强的封堵能力和抑制性,润滑性能好,抗污染能力强,井眼清洁好,储层保护效果好,有效提高机械钻速,解决了传统强封堵油基钻井液体系出现的诸多问题,达到了综合提速的效果。

关键词:南海西部;边际油田;全油基钻井液;井壁稳定

中图分类号:TE254 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2018)12-0001-04

Development and Application of Full Oil-based Drilling Fluids in Beibu Gulf Basin/CHEN Hao-dong¹, LI Long¹, ZHENG Hao-peng¹, XU Yi-long¹, DENG Cheng², YU Ding-ze³ (1.Zhanjiang Branch of CNOOC Ltd., Zhanjiang Guangdong 524057, China; 2.Zhanjiang Branch of COSL Ltd., Zhanjiang Guangdong 524057, China; 3.CNOOC EnerTech-Drilling & Production Co., Zhanjiang Guangdong 524057, China)

Abstract: The geological structure of the beibu gulf basin oilfields in west Nanhai is complex. Down-hole incidents are frequent in well drilling and completion. In order to cope with the increasing difficulties in the marginal oil field drilling, such as wellbore collapse, multiple faults, formation leak, drill pipe sticking, difficult reserve protection, etc. in the Weizhou formation in this area, a novel full oil-based drilling fluid formula was developed through laboratory compatibility experiments based on the ratio of each drilling fluid component. Comparison of full oil-based drilling fluids with conventional oil-based drilling fluids indicate that the full oil-based drilling fluids have stronger sealing and plugging, inhibition, good lubrication performance, strong anti-pollution ability, good wellbore cleaning and good reservoir protection. It can also effectively increase ROP and solve many problems with the conventional oil-based drilling fluid, achieving a comprehensive drilling efficiency.

Key words: west Nanhai; marginal oil field; full oil-based drilling fluid; borehole wall stability

1 概述

南海西部北部湾盆地划分为三个次一级构造单元,其中北部拗陷的涠西南凹陷是勘探程度最高、发现油气田最多的凹陷。该凹陷地层发育垮塌层段,是事故的多发井段。由于水基钻井液体系在该区域使用中井眼事故频发,使用油基钻井液体系,使得该地区井下事故率大幅降低,然而随着边际油田的不断开发,钻井作业难度越来越大,传统油基钻井液出现新的问题。(1)涠二段井壁失稳严重;(2)井壁冲洗不干净导致起下钻困难;(3)固井质量差;(4)储层保护难度大等。通过改进油基钻井液配方和工艺,形成新型全油基钻井液体系并成功应用于多口井。

2 室内研究

全油基钻井液体系主要由有机土、润湿剂、乳化剂、封堵剂和提粘剂等组成。选用白油作为基油,通过研究各组分加量对体系性能的影响确定各组分的加量,从而确定钻井液体系的基本配方:基油+0.8%FSMUL+1.0%FSCOAT+1.5%润湿剂+2%有机土+2.5%CaCl₂盐水。

2.1 乳化剂对性能影响

室内结合前期油基钻井液的使用情况,通过大量的评选实验,对比复合乳化剂的乳化效果。考察乳化剂复合后在油水比为95:5的乳状液中的破乳电压,以此实验方法来优选主乳化剂和辅乳化剂的

收稿日期:2018-06-19;修回日期:2018-08-27

基金项目:国家科技重大专项课题“南海西部海域低渗油气藏勘探开发关键技术”(编号:2016ZX05024-006)

作者简介:陈浩东,男,汉族,1984年生,高级工程师,石油工程专业,主要从事海洋钻井工艺研究及技术管理工作,广东省湛江市坡头区南调路22号,chenhd3@cnooc.com.cn。

比例。结果见表1。

表1 复合乳化剂评价效果

乳化剂	加量/%	EVS/V
FSEMUL和FSCOAT	1.8(1:1.25)	1200
FSEMUL和FSCOAT	1.8(1:1)	850
FSEMUL和FSCOAT	1.8(2:1)	840
FSEMUL和FSCOAT	1.8(1:2)	790

由表1可以看出,FSEMUL与FSCOAT复配比1:1.25时,乳状液破乳电压(EVS)可达1200V

左右,能够在油水界面上形成高强度的复合膜,并且能够让乳状液保持良好的稳定性。

2.2 提粘切实验

全油基钻井液提粘切较困难,室内通过实验评价不同提切剂(表2)的提切效果,结果见表3。在高油水比的条件下,通过使用PF-MOGEI、PF-MOVIS能提高钻井液的粘切。通过室内实验,全油基钻井液切力提高至9.5Pa,通过排量达到较好流态。

表2 全油基钻井液配方

编号	基液	FSEMUL	FSCOAT	清洁剂	PF-MOGEI	PF-MOALK	PF-MOLSF	PF-MORLF	PF-MOVIS
1	100	0.8	1	1.5	2	3	4	2	
2	100	0.8	1	1.5	4	3	4	2	
3	100	0.8	1	1.5	2	3	4	2	1
4	100	0.8	1	1.5	4	3	4	2	1

表3 全油基钻井液提粘切结果

编号	测定时间	φ_6/φ_3	Gel(10s/10min)/Pa	AV/(mPa·s)	PV/(mPa·s)	YP/Pa	EVS/V
1	老化前	5/4	2.5/4	18.5	16	2.5	1600
	老化后	3/2	1.5/4	17.0	16	1.0	1800
2	老化前	18/17	11/16	32.0	20	12.0	1700
	老化后	10/9	8.5/14	26.0	20	6.0	1800
3	老化前	8/7	6/11	21.0	17	4.0	1800
	老化后	4/3	3/7	16.0	14	2.0	1900
4	老化前	15/14	10.5/16	27.5	18	9.5	1800
	老化后	10/9	11/17	25.0	19	6.0	1900

表4 不同密度全油基钻井液性能测定结果

密度/(g·cm ⁻³)	测定时间	φ_6/φ_3	Gel(10s/10min)/Pa	FL _{HTHP} /(mL·(30min) ⁻¹)	PV/(mPa·s)	YP/Pa	EVS/V
1.2	老化前	5/4	2.5/5		22	7	1800
	老化后	3/2	2/4	3.2	20	5	1850
1.4	老化前	5/4	3/7		24	7	1900
	老化后	4/3	4/7.5	3.0	22	6	1900
1.5	老化前	6/5	5/9		28	7	1950
	老化后	5/4	6/10	3.0	27	6	1900
1.6	老化前	7/6	6/11		35	7	2000
	老化后	6/5	6.5/15	2.8	32	6	2000

2.3 压力衰竭地层油基钻井液防漏技术

北部湾部分油田进入二期开发,断层多,井筒压力复杂,易发生井漏。通过室内实验,加入70~150kg/m³PF-MOLSF,50~75kg/m³PF-MORLF。有效地提高钻井液的承压能力,形成油基钻井液防漏技术。

3 性能评价

3.1 基本性能评价

在120℃老化16h,65℃测试的实验条件下,对不同密度的新型全油基钻井液进行各项性能的测定工作。具体实验数据如表4所示。

由表4的具体实验数据可以看出,全油基钻井液体系具有较好的流变性,可以提高排量,改善井壁冲洗效果,并获得高破乳电压,增强钻井液稳定性。

图1和图2为全油基钻井液的乳化稳定性显微镜照片,从图中可以看出,油基钻井液中没有游离水,

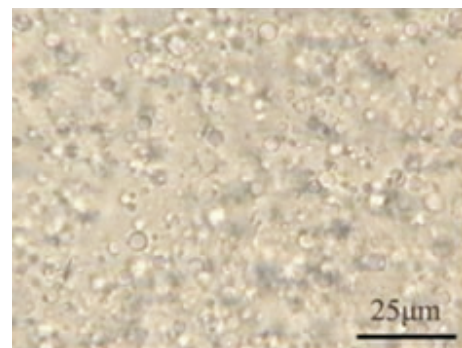


图1 高温前乳液滴图(200倍镜)

经过高温后,乳液滴粒径变化较小,大约只有高温前的1/2。

3.2 润滑性评价

对比表5中3种钻井液体系的泥饼粘附系数和E-P极压值的结果,可以看出全油基钻井液体系的润滑性能良好,明显强于其它2种钻井液体系。

3.3 抗钻屑污染能力

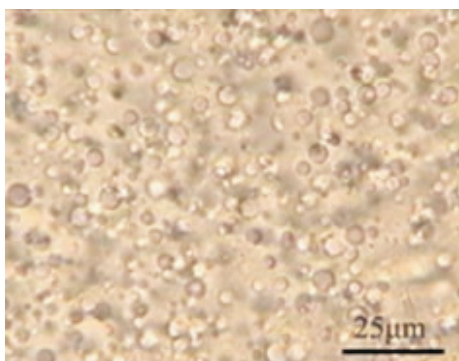


图 2 高温后乳液滴图(500 倍镜)

表 5 润滑性能对比

钻井液体系	泥饼粘附系数	E-P 极压值
全油基钻井液	0	4~7
油包水钻井液	0	9~10
柴油基钻井液	0.065	14~16

通过 120 °C 老化 16 h, 高温高压滤失量的测试条件为 120 °C, 3 MPa 条件下验证, 全油基钻井液的抗钻屑污染能力上限为 15%。如钻屑加量继续增加, 体系的流变性将会逐渐变差。但钻屑加量低于 15% 时, 该油基钻井液体系性能均稳定, 抗钻屑污染能力很强(如表 6 所示)。

表 6 全油基钻井液抗钻屑污染能力

钻屑/ %	PV/ (mPa·s)	YP/ Pa	φ_6/φ_3	EVS/ V	$FL_{HTHP}/[mL \cdot(30 \text{ min})^{-1}]$
0	19	6	7/6	1900	2.4
5	24	8	9/7	1800	2.4
15	26	10	13/11	1600	3.2
20	29	13	15/13	1550	3.6

3.4 储层保护评价

选取 3 块人造岩心进行测试, 将岩心抽成真空, 饱和标准盐水, 在室温下测定钻井液污染前后的煤

表 8 涠洲 6-9/6-10 油田前期开发井与新增 11 口调整井钻进数据对比

项 目	井径/mm	钻井液体系	钻压/kN	泵压/MPa	排量/(L·min ⁻¹)	机械钻速/(m·h ⁻¹)	起钻速度/(m·h ⁻¹)
前期开发井	311.1	传统强封堵油基钻井液	40	24.80	4000	15.91	276.3
新增 11 口井	311.1	新型全油基钻井液	36	23.45	4200	43.65	352.2

同时由于全油基钻井液剪切稀释性良好, 有效冲洗井壁, 通过现场实践, 所有井段实现固井质量优良, 确保层间有效封固。钻井过程中发现 24 套储层, 在压力系数降低至 0.6~0.8 情况下, 新增 11 口井利用该全油基体系, 表皮系数平均为 1.3, 较前期降低了 170%, 产量超过配产 20%。

4.2 性能情况

油渗透率, 在 300 r/min、100 °C、3.0 MPa 条件下进行动态污染实验, 实验结果如表 7 所示。

表 7 全油基钻井液储层保护能力评价

人造 岩心	$K/(10^{-3} \mu\text{m}^2)$	$K_o/(10^{-3} \mu\text{m}^2)$	$K_d/(10^{-3} \mu\text{m}^2)$	$(K_d/K_o)/%$
C101	400	35.53	32.35	91.05
C25	180	15.21	13.91	91.50
C47	100	6.78	6.14	90.60

从表 7 可以看出, 3 块岩心被全油基钻井液损害后, 其渗透率恢复值均在 90% 以上, 返排压力为 0.5 MPa, 说明该油基钻井液能有效的保护储层。

4 现场应用

4.1 施工情况

结合北部湾海域油田钻井施工难点及研究成果, 形成油基钻井液体系: 基液+0.8%FSEMUL+1%FSCOAT+1.5%清洁剂+2%PF-MOGEL+3%PF-MOALK+5%PF-MOLSF+3%PF-MORLF。该全油基钻井液体系在 WZ6-9-A12、A14H、A20H; WZ12-2-B10、B21H 等 48 口井的现场中投入应用, 易垮塌地层均采用 $\varnothing 311.1$ mm 井段, 目的为封固涠洲组二段灰色泥岩易跨塌泥岩段, 主要钻遇涠洲一段、涠二段、涠三段和流一段上层, 全井段施工作业安全顺利。

表 8 为涠洲 6-9/6-10 油田前期开发井与近期新增 11 口调整井钻进数据, 可以看出: 与传统强封堵油基钻井液相比, 采用新型全油基钻井液钻进时钻压、泵压更低, 而平均机械钻速更高, 同时由于流变性的改善, 成井质量更好, 所有井均实现直接起下钻, 起钻速度较前期开发井快 29%。

表 9 为 WZ6-9-A14H 井钻井过程中钻井液性能, 可以看出钻井液具有较好的流变性、润滑性、电稳定性及沉降稳定性。

新型全油基钻井液在现场便于维护, 发挥剪切稀释性方面的优势, 释放了油基钻井液排量, 实现环空当量密度的有效控制, 其值高于密度 0.03~0.05 g/cm³。从钻井过程中钻井液性能可以看出, 该钻井液

表9 WZ6-9-A14H井钻井过程中钻井液性能

井深/ m	密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	PV/ ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	YP/ Pa	φ_6 / φ_3	FL_{HTHP} / ($\text{mL} \cdot \text{V} / (30 \text{ min})^{-1}$)	EVS/ V
1947	1.40	22	5.0	7/6	2.0	2047
2245	1.40	24	4.5	7/6	1.6	2047
2700	1.40	25	4.5	5/4	1.6	2047
3106	1.42	26	4.0	5/4	1.6	2047
3653	1.45	30	4.5	4/3	1.4	2047

具有良好的流变性。通过流变性的改善提高全油基钻井液优势。

5 结论

(1)通过室内配伍实验,分析各组分加量对全油基钻井液体系性能的影响,优选钻井液体系配方,形成了一套新型的全油基钻井液体系,该体系与传统强封堵油基钻井液相比具有更强的承压能力,抑制性强,能有效抑制泥页岩水化。

(2)新型全油基钻井液流变性好,具有良好的悬浮能力、剪切稀释性和携带固相能力,弥补了传统强封堵油基钻井液流变性偏高的缺陷,能有效提高机械钻速,提高起下钻速度,起到综合提速作用。

(3)通过优化配方,优化了全油基钻井液的流变性,提高其封堵性,实现复杂压力系数地层钻进。

(4)使用新型全油基钻井液较好地保护储层,压力恢复值高。

参考文献:

- [1] 鄢捷年.钻井液工艺学[M].山东东营:石油大学出版社,2001:236-250.
- [2] 舒福昌,岳前升,黄红玺,等.新型无水全油基钻井液[J].断块油气田,2008,15(3):103-104.
- [3] 蓝强,李公让,张敬辉,等.无黏土低密度全油基钻井完井液的研究[J].钻井液与完井液,2010,27(2):6-9.
- [4] 刘振东,薛玉志,周守菊,等.全油基钻井液完井液体系研究及应用[J].钻井液与完井液,2009,26(6):10-12,91-92.
- [5] 张立凡.高密度油基钻井液在四川角57井的应用[J].钻井液与完井液,1998,15(4):42-43.
- [6] 徐安,岳前升.油基钻井液及其处理剂研究进展综述[J].长江大学学报自然科学版:石油/农学(中旬),2013,(8):77-79.
- [7] 刘绪全,陈敦辉,陈勉,等.环保型全白油基钻井液的研究与应用[J].钻井液与完井液,2011,(2):10-12,95.
- [8] 崔明暮.油基钻井液性能优化研究[D].山东青岛:中国石油大学,2011.
- [9] 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.
- [10] 唐国旺,宫伟超,于培志.强封堵油基钻井液体系的研究和应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(11):21-25.
- [11] 孙举,李晓岚,刘明华,等.涪陵页岩气水平井油基钻井液技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(7):14-18.