

低切力高密度无土相油基钻井液的研制

张小平 王京光 杨斌 吴满祥 王勇强

低渗透油气田勘探开发国家工程实验室·中国石油川庆钻探工程公司钻采工程技术研究院

张小平等.低切力高密度无土相油基钻井液的研制.天然气工业,2014,34(9):89-92.

摘 要 传统的油基钻井液采用有机土作为增黏剂来增加悬浮重晶石的能力,是一种含土相的油基钻井液,高密度条件下含土相油基钻井液流变性控制困难限制了其应用的范围。为此,以新研制的复合型乳化剂(G326-HEM)为核心,构建了无土相油基钻井液体系,并对该配方进行了优选和性能实验。结果表明:①无土相油基钻井液体系无须使用辅乳化剂、润湿剂,具有配方简单,高密度条件下流变性好等特性;②与含土相钻井液相比,高密度条件下塑性黏度、终切力低,降低了高密度钻井液因黏切高诱发井漏的风险,可节省10%的基础油;③塑性黏度和动切力随着油水比的降低而升高,不同密度下的油基钻井液选用不同的油水比;④无土相油基体系配方对基础油的适应性较广,可广泛应用于合成基、矿物油基钻井液。结论认为,该成果较好地解决了无土相体系在高密度条件下的电稳定性弱、悬浮稳定性差的难题,为页岩气及其他非常规气藏规模开发提供了技术保障。

关键词 油基 钻井液 页岩气 水平井 乳化剂 无土相 电稳定性 悬浮稳定性

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2014.09.014

Development of a clay-free oil-based drilling fluid with a low shearing force and high density

Zhang Xiaoping, Wang Jingguang, Yang Bin, Wu Manxiang, Wang Yongqiang

(National Engineering Laboratory for Low-permeability Oil & Gasfield Exploration and Development, Technical Research Institute for Drilling & Production Technology of CNPC Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710018, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 34, ISSUE 9, pp.89-92, 9/25/2014. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: A traditional clay oil-base drilling fluid is added with organic soil as a tackifier to increase its sufficient barites-suspension properties. However, due to its high density, its rheological properties are difficult to control, which restricts its wide application. Therefore, a clay-free oil-based drilling fluid system was established with the focus on a newly-developed composite emulsifier (G326-HEM), and the optimization and performance tests were performed on this formula. The test results indicated that: (1) neither auxiliary emulsifiers nor wetting agents were necessary, and this drilling fluid was featured by a simple formula and a good rheological property even with high density; (2) compared with a clay drilling fluid with high density, this clay-free oil-based drilling fluid had a low plastic viscosity and a shearing force to reduce a potential circulation loss caused by high viscous shearing, which saved the base oil by 10%; (3) the plastic viscosity and dynamic shear force increased with the decrease of oil-water ratios and different oil-water ratios were selected to prepare oil-base drilling fluids with different densities; (4) the formula of the clay-free oil-base system was greatly adaptable to base oil and could be used for compounding based and mineral oil-base drilling fluid. This fluid can not only solve such problems as weak electrical stability and poor suspension stability of clay-free system under high density but provide technical support for the scale development of shale gas and other unconventional gas reservoirs.

Keywords: oil-base drilling fluid, shale gas, horizontal well, emulsifier, clay free, electrical stability, suspension stability

作者简介:张小平,1979年生,工程师,硕士;主要从事钻完井液的设计与科研工作。地址:(710018)陕西省西安市未央区长庆兴隆园小区长庆科技楼8022室。电话:(029)86594935。E-mail:zhang.xp@vip.163.com

目前我国在开发页岩气及非常规气藏的过程中使用的油基钻井液^[1-4]是一种含土相油基钻井液,采用有机土作为增黏剂、悬浮重晶石。在应用过程中暴露出高密度条件下含土相油基钻井液流变性控制困难,当量循环密度高,在起下钻或开泵时激动压力较高,易诱发井漏或井壁失稳,亟需开发一种新型油基钻井液解决上述难题。例如四川某区块 JH-11 井与 QL-6 井在钻遇高压层位压井时,由于含土相油基钻井液体系流变性差,诱发漏失, JH-11 井漏失油基钻井液 450 m³,直接经济损失 630 万元,处理复杂损失工时 28 d。QL-6 井漏失油基钻井液 520 m³,直接经济损失 728 万元,处理复杂损失工时 35 d,井漏的同时也伴随严重的井控风险^[2]。

使用油溶性或油溶胀性聚合物提高钻井液的黏度和切力,代替有机土,以复合型乳化剂 G326-HEM 为核心构建了无土相油基钻井液体系^[5-7]。具有塑性黏度低、静切力小、当量循环密度低等突出特点。无土相油基钻井液只需要很小的驱动力,即可破坏其形成的空间结构,解决高密度含土相钻井液因结构强度太大而造成憋泵、开泵泵压过高、当量循环密度过大诱发井漏的问题^[8-10]。

1 无土相油基钻井液体系的构建

1.1 乳化剂的用量

在无土相油基钻井液中,由于没有有机土的作用,钻井液体系的电稳定性差,加重材料极易沉淀,针对上述的特点,对乳化剂进行针对性研究,合成出复合型乳化剂(G326-HEM)。该乳化剂不需要与辅乳化剂复配使用,由于其自身具有对加重材料的润湿功能因此配制高密度油基钻井液也无须使用润湿剂,以该乳化剂为核心构建无土相油基体系,与以往含土相油基钻井液相比极大简化了体系配方^[11-13]。

采用已有的实验方法^[14]得到复合型乳化剂 G326-HEM 加量与体系电稳定性能结果(图 1)。

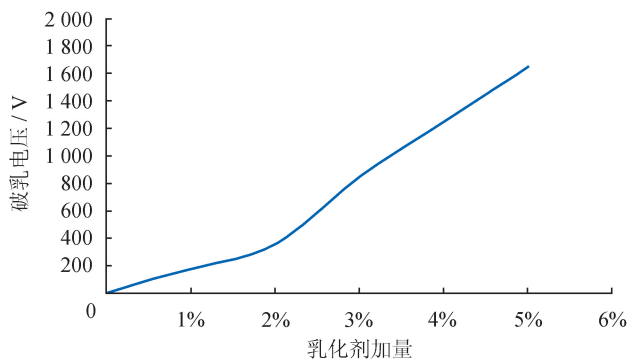


图 1 乳化剂用量与体系的破乳电压图

当乳化剂加量大于 3% 时,体系的破乳电压增加较快,加量为 3% 时,体系的破乳电压达到 850 V,而当乳化剂加量 5% 时体系的破乳电压已经达到 1 650 V。考虑当乳化剂加量为 3% 时,体系的破乳电压已经能够满足需要。因此选用乳化剂加量为 3%。

1.2 乳化剂的抗温性能

测试了不同温度热滚前后体系的电稳定性,以此考察乳化剂的抗温性能。由图 2 可知,热滚后的破乳电压均高于 400 V,但 200 °C 以上破乳电压下降较快。因此将该乳化剂适宜的温度定为 200 °C 以内。

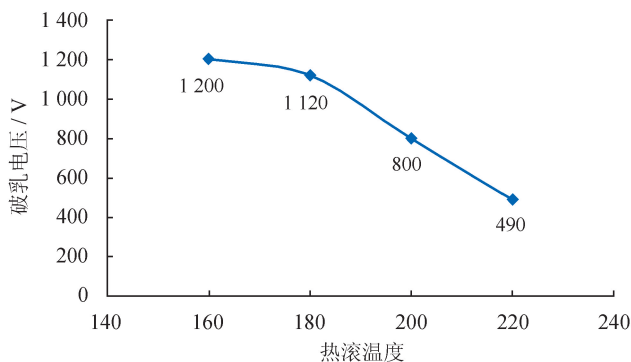


图 2 乳化剂抗温性能图

1.3 无土相油基钻井液配方

通过配方试验得到无土相油基钻井液配方:基础油+16%氯化钙盐水+3.0%复合型乳化剂(G326-HEM)+2.0%氢氧化钙+4.0%降滤失剂 G328+1.0%增黏剂+0.5%提切剂+加重材料。

2 无土相油基钻井液体系的性能评价

2.1 不同油水比对体系性能的影响

通过测试高密度不同油水比条件下钻井液的流变性能,优选了高密度条件下无土相油基钻井液的最佳油水比范围(图 3)。

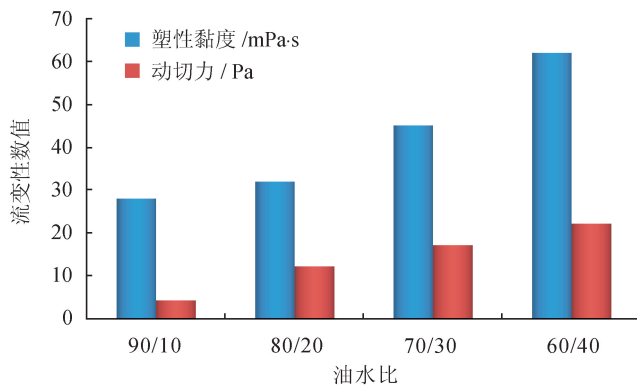


图 3 不同油水比下的流变性能图

由图 3 可知,油基钻井液塑性黏度和动切力随着油水比的降低而升高。当钻井液密度为 2.20 g/cm³,适宜的油水比为 80 : 20,此时钻井液的塑性黏度和动切力均在合理的范围之内,随着钻井液密度的继续升高,钻井液的油水比也升高,防止黏切过高。

2.2 无土相与含土相油基钻井液对比

在相同密度条件下(2.30 g/cm³),对这 2 种油基钻井液的流变性能进行了实验对比(图 4、5)。

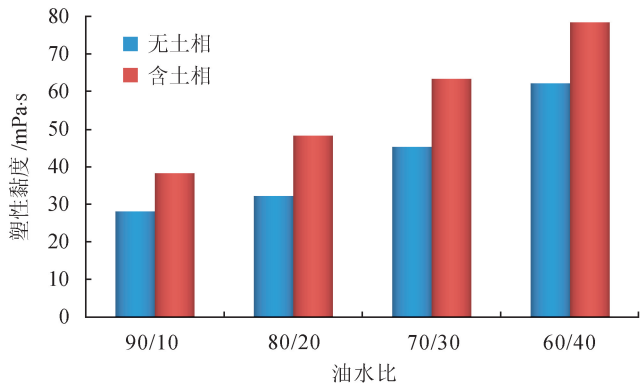


图 4 塑性黏度对比图

由上述试验结果可知,在相同密度、油水比条件下无土相油基钻井液比含土相钻井液的塑性黏度、终切

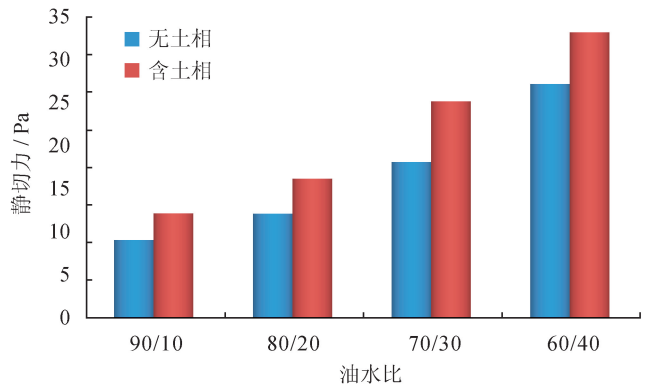


图 5 静切力对比图

力低,相同塑性黏度和终切力条件下,无土相油基钻井液比含土相油基钻井液的油水比低 10%,无土相油基钻井液可以节省 10%基础油,有利于调节流变性,降低了高密度含土相钻井液因黏切高诱发井漏的风险。

2.3 不同基础油对体系性能的影响

使用 3 号白油、0 号柴油和气质油 Saraline 185V 作为体系的基础油,测试了不同基础油配制的无土相油基钻井液性能,试验结果见表 1 所示。

由表 1 试验结果可知,使用气质油 Saraline 185 V 配制的高密度无土相油基钻井液塑性黏度、终切力最

表 1 基础油对无土相油基钻井液性能的影响表

序号	基础油	$\rho/$ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	ES/V	$AV/$ ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	$PV/$ ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	$YP/$ Pa	$G_{10^6}/$ Pa	$G_{10^7}/$ Pa	HTHPFL/ mL
1	3 号白油	2.20	1 220	46	34	12	7.5	13	4.2
2	0 号柴油	2.20	1 350	49	36	13	8.5	15	4.0
3	Saraline 185V	2.20	1 180	41	32	9	7	12	4.4

低,使用柴油配制的高密度无土相油基钻井液高温高压滤失量和破乳电压均最高。使用 3 种不同的基础油配制的钻井液各项性能均在合理范围内,表明该配方对基础油的适应性较广,可广泛应用于合成基、矿物油基钻井液。

2013 年 10 月,在四川省泸州市通过了壳牌公司组织了钻井液专家对无土相油基钻井液体系性能的测试,与现场使用的油基钻井液相比静切力降低了 20.8%,达到了国外公司期望的高密度低切力的要求。

3 结论

1)以复合型乳化剂 G326-HEM 为核心构建无土相油基体系,无须使用辅乳化剂、润湿剂具有配方简单,高密度条件下流变性好等特性。

2)无土相油基钻井液与含土相钻井液相比,高密度条件下塑性黏度、终切力低,降低了高密度钻井液因黏切高诱发井漏的风险,可节省 10%基础油。

3)油基钻井液塑性黏度和动切力随着油水比的降低而升高,不同密度下的油基钻井液选用不同的油水比。

4)无土相油基体系配方对基础油的适应性较广,可广泛应用于合成基、矿物油基钻井液。

参 考 文 献

[1] 康毅力,杨斌,游利军,等.油基钻井完井液对页岩储层保护能力评价[J].天然气工业,2013,33(12):99-104.
KANG Yili, YANG Bin, YOU Lijun, et al.Damage evaluation of oil-based drill-in fluids to shale reservoirs[J].Natu-

- ral Gas Industry, 2013, 33(12):99-104.
- [2] 王京光, 张小平, 曹辉, 等. 一种环保型合成基钻井液在页岩气水平井中的应用[J]. 天然气工业, 2013, 33(5):82-85.
WANG Jingguang, ZHANG Xiaoping, CAO Hui, et al. Application of an environmentally friendly synthetic base drilling fluid to horizontal drilling of shale gas wells[J]. Natural Gas Industry, 2013, 33(5):82-85.
- [3] 徐同台, 彭芳芳, 潘小镛, 等. 气制油的性质与气制油钻井液[J]. 钻井液与完井液, 2010, 27(5):75-78.
XU Tongtai, PENG Fangfang, PAN Xiaoyong, et al. Performance of GTL and GTL based drilling fluid[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2010, 27(5):75-78.
- [4] 岳前升, 舒福昌, 向兴金, 等. 合成基钻井液的研制及其应用[J]. 钻井液与完井液, 2004, 21(5):1-4.
YUE Qiansheng, SHU Fuchang, XIANG Xingjin, et al. Research on synthetic drilling fluid and its application[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2004, 21(5):1-4.
- [5] 李秀灵, 沈丽, 陈文俊. 合成基钻井液技术研究与进展[J]. 承德石油高等专科学校学报, 2011, 13(1):21-24.
LI Xiuling, SHEN Li, CHEN Wenjun. Technology study and development research of synthetic drilling fluid[J]. Journal of Chengde Petroleum College, 2011, 13(1):21-24.
- [6] 蒋卓, 舒福昌, 向兴金, 等. 全油合成基钻井液的室内研究[J]. 钻井液与完井液, 2009, 26(2):19-21.
JIANG Zhuo, SHU Fuchang, XIANG Xingjin, et al. An all-oil synthetic drilling fluid[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2009, 26(2):19-21.
- [7] 张文波, 戎克生, 李建国, 等. 油基钻井液研究及现场应用[J]. 石油天然气学报; 江汉石油学院学报, 2010, 32(3):304-305.
ZHANG Wenbo, RONG Kesheng, LI Jianguo, et al. Research and field application of oil base drilling[J]. Journal of Oil and Gas Technology — Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2010, 32(3):304-305.
- [8] 王京光, 张小平, 杨斌, 等. 一种抗高温高密度饱和盐水钻井液的研制[J]. 天然气工业, 2012, 32(8):79-81.
WANG Jingguang, ZHANG Xiaoping, YANG Bin, et al. Research and development of a saturated saltwater drilling fluid system with high density and high temperature resistance[J]. Natural Gas Industry, 2012, 32(8):79-81.
- [9] 张艳, 王涛, 易飞. 合成基钻井液体系室内研究[J]. 精细与专用化学品, 2011, 19(3):28-31.
ZHANG Yan, WANG Tao, YI Fei. Laboratory study on synthetic base drilling fluid system[J]. Fine and Specialty Chemicals, 2011, 19(3):28-31.
- [10] 罗健生, 莫成孝, 刘自明, 等. 气制油合成基钻井液研究与应用[J]. 钻井液与完井液, 2009, 26(2):7-13.
LUO Jiansheng, MO Chengxiao, LIU Ziming, et al. The study and application of a GTL based drilling fluid[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2009, 26(2):7-13.
- [11] 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.
- [12] 张琰. 合成基钻井液发展综述[J]. 钻井液与完井液, 1998, 15(3):28-32.
ZHANG Yan. Review on the development of synthetic-based drilling fluids[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 1998, 15(3):28-32.
- [13] 肖稳发, 向兴金, 罗春芝, 等. 合成基钻井液体系的室内研究[J]. 钻采工艺, 2000, 23(3):80-83.
XIAO Wenfa, XIANG Xingjin, LUO Chunzhi, et al. Laboratory study on synthetic based muds[J]. Drilling & Production Technology, 2000, 23(3):80-83.
- [14] 高海洋, 黄进军, 崔茂荣, 等. 高温下乳状液稳定性的评价方法[J]. 西南石油学院学报, 2001, 23(4):57-59.
GAO Haiyang, HUANG Jinjun, CUI Maorong, et al. Method of evaluating stability of emulsions under high pressure and high temperature[J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2001, 23(4):57-59.

(修改回稿日期 2014-05-12 编辑 凌 忠)