

# Study and Application of W/O Emulsion Drilling Fluid

Haibiao Li<sup>1\*</sup>, Minghong Guo<sup>1</sup>, Jian Guo<sup>2</sup>, Ying Xu<sup>3</sup>, Deqing Liu<sup>1</sup>, Jialiang Wang<sup>1</sup>, Yong Zhou<sup>4</sup>, Yanmei Liu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Engineering Technology Research Institute, CNPC Bohai Drilling Engineering Company Limited, Renqiu Hebei

<sup>2</sup>The First Production Plant of Petro China Huabei Oilfield Company, Renqiu Hebei

<sup>3</sup>Bohai Equipment 1<sup>st</sup> Machinery, Qingxian Hebei

<sup>4</sup>No. 4 Drilling Engineering Company, BHDC, Renqiu Hebei

Email: 22930018@qq.com

Received: Dec. 8<sup>th</sup>, 2018; accepted: Dec. 22<sup>nd</sup>, 2018; published: Dec. 29<sup>th</sup>, 2018

## Abstract

In order to better explore and protect oil and gas resources, most of oil fields are enhancing the strength to low-pressure reservoir. Therefore, the technology of under-balance drilling is used more and more. A system of low-density W/O emulsion drilling fluid has been studied for under-balance drilling by Engineering Technology Research Institute of BHDC. The stabilization of this drilling fluid is great; the density is adjustable between 0.86 to 0.96 g/cm<sup>3</sup>; the resistibility for high-temperature is 220°C; the inhibition is excellent; the resistibility for contamination is good; and this drilling fluid can be used for recurrence. This drilling fluid technology has been successfully applied in many wells in Huabei Oilfield, and has achieved good results in field application. It has helped Huabei Oilfield to make many important oil and gas discoveries.

## Keywords

W/O Emulsion Drilling Fluid, Low-Density, Under-Balance Drilling

# 水包柴油钻井液技术研究与应

李海彪<sup>1\*</sup>, 郭明红<sup>1</sup>, 郭建<sup>2</sup>, 徐颖<sup>3</sup>, 刘德庆<sup>1</sup>, 王家梁<sup>1</sup>, 周勇<sup>4</sup>, 刘彦妹<sup>1</sup>

<sup>1</sup>渤海钻探工程技术研究院, 河北 任丘

<sup>2</sup>华北油田第一采油厂, 河北 任丘

<sup>3</sup>渤海石油装备有限公司第一机械厂, 河北 青县

<sup>4</sup>渤海钻探第四钻井工程分公司, 河北 任丘

Email: 22930018@qq.com

\*第一作者。

文章引用: 李海彪, 郭明红, 郭建, 徐颖, 刘德庆, 王家梁, 周勇, 刘彦妹. 水包柴油钻井液技术研究与应[J]. 化学工程与技术, 2019, 9(1): 10-14. DOI: 10.12677/hjct.2019.91002

收稿日期：2018年12月8日；录用日期：2018年12月22日；发布日期：2018年12月29日

## 摘要

为了更好的发现油气资源，开辟新的勘探领域，各大油田加强了对对于低压储层的勘探开发的投入，欠平衡钻井技术应用也越来越广泛。渤海钻探工程技术研究院研究出了一套适合于欠平衡钻井的低密度水包柴油钻井液体系，该钻井液性能稳定，密度在 $0.86\sim 0.96\text{ g/cm}^3$ 之间可调，抗温高达 $220^\circ\text{C}$ ，抑制性好，抗污染能力强，可重复利用。该技术在华北油田多口探井成功应用，现场使用效果良好，助华北油田取得了多次重大油气发现。

## 关键词

水包柴油，低密度，欠平衡钻井

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

目前国内用于欠平衡钻井施工的钻井液有：1) 充气钻井液：对设备要求较高，投入大，抗污染能力弱；2) 油基钻井液：利用现有设备就可以施工，但是成本高；3) 水基钻井液：微泡沫钻井液不需要额外投入，抗污染能力强，成本较低，但使用井深不超过 3000 m [1]。水包油钻井液体系拥有水基钻井液维护简单、抗污染能力强的特点，同时又具备了油基钻井液的特点，适合于深井欠平衡钻井作业。水包油钻井液体系基油多以白油为主，因其较低的荧光值更有利于油气发现，但是其成本较高，因此，研发出了一套水包柴油钻井液体系，该体系能够满足深井欠平衡施工，并大大缩减了钻井成本[2] [3] [4] [5]。

## 2. 水包柴油钻井液配方优选

水包柴油钻井液体系基本配方由水、柴油、乳化剂、提粘剂以及降失水剂组成，因此优选出合理的处理剂对于体系的稳定性及性能至关重要。

### 2.1. 乳化剂优选

水包柴油钻井液体系是采用不同的油水比，加入乳化剂通过搅拌使乳液粒子变小，以水为连续相，油为分散相的一种稳定的体系。水包柴油钻井液体系的关键在于乳化剂的选择，目前水包油类钻井液体系乳化剂多选择 HLB 值在 8~18 的水溶性表面活性剂作为乳化剂，并且选用水溶性乳化剂和油溶性乳化剂分别作为主、辅乳化剂，因为两者混合使用时形成的复合界面膜的强度和紧密度更大，乳状液稳定性更高[6] [7] [8] [9] [10]。为了使体系稳定性能够满足要求，先对几种乳化剂进行了优选。实验方法：在清水中加入乳化剂，然后加入柴油(油水比 7:3)，高速搅拌后倒入量筒中静止观察析油情况。从表 1 可以看出 2%改性乳化剂 RHJ-2 + 2% SP-80 组合稳定性最佳，因此体系配方选择 RHJ-2 和 SP-80 作为主、辅乳化剂，配比为 1:1。

**Table 1.** Optimum results of Emulsifier**表 1.** 乳化剂优选结果

编号	配方	稳定性
1	基浆 + 2% ABS + 2% CP233-2	12 h 析油
2	基浆 + 1.5% RHJ-1 + 2% SP-80	2 h 析油
3	基浆 + 2% RHJ-3 + 2% OP-10	40 min 分层
4	基浆 + 2% RHJ-1 + 2% CP233-2	4 h 析油
5	基浆 + 2% RHJ-2 + 2% SP-80	24 h 无油析出
6	基浆 + 2% RHJ-3 + 2% SP-80	7 h 析油

注: ABS: 烷基苯磺酸钠; CP233-2: 非离子表面活性剂。

## 2.2. 抗高温提粘剂优选

水包柴油钻井液体系中提粘剂的作用也至关重要, 提粘剂能够提高水相粘度, 增加体系稳定性及抗温性能。实验中通过对几种抗高温提粘剂进行配伍实验, 经过 220℃/16 h 高温滚动后测量流变性能。从表 2 可以看出聚阴离子纤维素 PAC 和改性高粘生物聚合物 HXCD 经过高温滚动后流变性能变化不大, 有良好的抗温性能, 但是 HXCD 的整体流变性能更优, 因此选择 HXCD 作为体系的提粘剂。

**Table 2.** Optimum results of High Temperature Resistant Viscosifier**表 2.** 抗高温提粘剂优选结果

序号	配方	条件	PV/mP·s	YP/Pa	Φ6/Pa	Φ3/Pa	GEL Pa/Pa
1	基浆 + 0.5 KPAM	高温前	45	12	8	5	2.5/5
		高温后	13	3	2	1	0.5/1
2	基浆 + 0.4% PAC	高温前	42	11	5	3	2/4
		高温后	36	8	4	3	2/3.5
3	基浆 + 0.6% XC	高温前	52	21	15	12	7/8
		高温后	14	4	2	1	1/2
4	基浆 + 0.6% HXCD	高温前	46	15	9	7	5/10
		高温后	42	13	8	6	4/9

注: 基浆配方: 基液(油水比 7:3) + 2% RHJ-2 + 2% SP-80。

## 2.3. 抗高温降滤失剂优选

在优选出的配方中加入降滤失剂进行抗温评价, 优选出合适的抗高温降滤失剂, 进一步完善体系配方。从表 3 数据可以看出配方中加入抗盐抗高温降滤失剂聚烷基烯基磺酸盐 Redu1 和抗高温降滤失剂 JS-2 后经过高温滚动后流变性能及滤失量变化不大, 能够满足抗温要求, 因此, 可以选择 Redu1 和 JS-2 作为体系的降滤失剂。

最终确定水包柴油钻井液体系配方为:

基液(油水比为 5:5~8:2) + 1~3%主乳化剂 RHJ-2 + 1~3%辅乳化剂 SP-80 + 0.3~0.8%抗高温提粘剂 HXCD + 2~4% JS-2 + 2~4% Redu1

## 3. 抗污染性评价

在水包柴油钻井液中分别加入 5%膨润土、5%岩屑、5%氯化钠和 1%氯化钙, 考察其抗污染的能力。下表 4 实验数据表明: 水包油钻井液的抗粘土和抗岩屑污染能力较强, 钻井液流变参数基本不受粘土和

岩屑污染物影响, 抗盐抗钙污染能力强, 可以满足现场施工要求。

**Table 3.** Optimum results of high temperature filtrate reducer  
**表 3.** 抗高温降滤失剂优选结果

序号	配方	条件	PV/mP·s	YP/Pa	API/mL	HTHP/mL
1	基浆 + 2% Redu1	高温前	52	17	4.3	14.2
		高温后	46	13	4.5	14.8
2	基浆 + 2%改性淀粉	高温前	58	12	4.1	13.6
		高温后	42	6	6.5	20.8
3	基浆 + 2% JS-2	高温前	50	14	4.2	13.8
		高温后	43	10	4.4	14.2
4	基浆 + 2% THJN	高温前	55	12	4.5	14.2
		高温后	52	8	7.2	22.8

注: ① 基浆配方: 基液(油水比 7:3) + 2% RHJ-2 + 2% SP-80 + 0.6% HXCD, ② 滚动条件: 220℃/16 h, ③ THJN: 抗盐降滤失剂。

**Table 4.** Evaluation results of anti-clay and anti-cuts pollution  
**表 4.** 抗粘土、抗岩屑污染性评价结果

实验条件	PV/mP·s	YP/Pa	GEL Pa/Pa	FL/mL
基浆	58	18	6/11	3.8
5%膨润土	72	20	8/13	3.4
5%岩屑	60	21	7/14	4.2
5%氯化钠	63	23	9/16	4.5
1%氯化钙	65	22	8/15	4.4

注: ① 基浆: 基液(油水比 7:3) + 2% RHJ-2 + 2% SP-80 + 0.6% HXCD + 3% JS-2 + 3% Redu1, ② 岩屑: 岩心粉碎后过 100 目筛。

## 4. 抑制性评价

用 NP-01 页岩膨胀仪对水包柴油钻井液的抑制性进行评价, 分别比较了岩心在水包柴油钻井液、清水、聚合物钻井液滤液和聚磺钻井液滤液中 8 h 的线性膨胀量。下表 5 实验数据表明: 水包柴油钻井液具有良好的抑制性, 与清水的相对膨胀率仅为 8.71%, 具备强抑制性和防泥岩坍塌能力。

**Table 5.** Inhibitory evaluation results  
**表 5.** 抑制性评价结果

样品	清水	聚合物钻井液	聚磺钻井液	水包柴油钻井液
膨胀量/mm	13.20	5.10	4.20	1.15

## 5. 现场施工

华北油田风险探井 XX 井, 四开欠平衡井段为 4470~4870 m, 目的层位: Qn、Jxh、Jxw, 设计完钻层位 Jxw。该储层属于白云岩储层, 地层压力系数低, 裂缝、溶洞发育, 预测寒武系到蓟县系雾迷山组地层孔隙压力系数为 0.97~1.05。

本井四开使用水包柴油钻井液体系进行欠平衡钻进, 密度控制在 0.91~0.95 g/cm<sup>3</sup>, 井口控制压力为 1.5~1.7 MPa, 欠压值为 0.5~1 MPa。钻进时, 火焰高 5 m 左右, 颜色橘黄色, 实现了“边喷边钻”。测试结果显示日产油 302.64 m<sup>3</sup>, 气 94,643 m<sup>3</sup>, 达到了最大限度发现和保护油气藏的目的。施工过程中钻井液性能: 密度、马氏漏斗粘度(简称: FV)及流变性能情况如下表 6 所示。

**Table 6.** Drilling fluid performance during construction**表 6.** 施工过程中钻井液性能情况

井深/m	$\rho$ g/cm <sup>3</sup>	FV/s	PV/mP·s	YP/Pa	$\Phi 6$ /Pa	$\Phi 3$ /Pa	GEL Pa/Pa
4471	0.91	65	30	13	8	5	4/7
4530	0.92	58	28	12	7	4.5	2/3.5
4568	0.92	68	34	14	7	5	3/5.5
4596	0.93	67	32	11	8	5	4/5.5
4621	0.93	70	35	10	8	7	5.5/8
4643	0.94	68	33	12	7	6	5/7
4688	0.94	65	32	9	8	5	5/7.5
4750	0.95	60	28	8	6	5	4/6
4799	0.95	62	31	10	6.5	4	4.5/7
4850	0.95	60	29	9	6	4	4/6
4870	0.95	66	33	10	6.5	4.5	5/7

## 6. 结束语

1) 研发出的水包柴油钻井液体系密度在 0.86~0.96 g/cm<sup>3</sup> 之间可调, 抗温高达 220℃, 同时具有良好的润滑性、抗污染性, 能够满足深井钻探需求。

2) 低密度水包柴油钻井液现场配制、维护简单, 通过调整油水比控制密度, 最高油水比可以达到 9:1, 复配乳化剂最佳 HLB 值在 8~18 之间。

3) 低密度水包柴油钻井液在华北油田欠平衡钻井中的成功应用, 达到了最大限度发现和保护油气藏的目的, 为今后实施欠平衡钻井提供了强有力的技术支撑。

## 参考文献

- [1] 马勇, 崔茂荣, 孙少亮, 等. 可循环微泡沫钻井液体系[J]. 特种油气藏, 2005, 11(2): 5-8.
- [2] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 北京: 石油大学出版社, 2001.
- [3] 张高波, 徐家良, 史沛谦, 等. 抗高温低密度水包油钻井液在文古 2 井的应用[J]. 钻井液与完井液, 2002, 19(3): 30-33.
- [4] 吕传炳, 孟庆立, 张国兴, 等. 低密度水包白油钻井液在潜山欠平衡钻井中的应用[J]. 钻井液与完井液, 2009, 26(3): 32-34.
- [5] 马勇, 崔茂荣, 孙少亮. 水包油钻井液国内研究应用进展[J]. 断块油气田, 2006, 13(1): 4-6.
- [6] 钱殿存, 王晴, 王海涛, 等. 水包油钻井液体系的研制与应用[J]. 钻井液与完井液, 2001, 18(4): 3-6.
- [7] 苏秀纯, 赵庆译. 可逆的逆乳化钻井液——钻井液技术的重大飞跃[J]. 国外油田工程, 2001, 17(4): 18-24.
- [8] 周福建, 刘雨晴, 杨贤友, 等. 水包油钻井液高温高压流变性研究[J]. 石油学报, 1999, 20(3): 77-81.
- [9] 张锐, 邱正松, 王瑞和, 等. 深井水包油钻井液高温高压密度特性模拟实验研究[J]. 钻井液与完井液, 2002, 19(3): 36-40.
- [10] 张高波, 黄新成, 史沛谦, 等. 中国低密度欠平衡钻井液研究应用现状[J]. 钻采工艺, 2002, 25(6): 74-76.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-8844，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[hjcet@hanspub.org](mailto:hjcet@hanspub.org)