

抗高温环保钻井液体系研究

邹盛礼 吴晓花 杜小勇 王怀盛 瞿凌敏 丁培芳 唐林 曾永清

(中国石油塔里木油田公司质量检测中心)

摘 要 文章选择清洁环保的钻井液处理剂进行抗高温钻井液体系实验研究与评价,对包被增粘剂、降失水剂等进行优选,对抗高温环保钻井液配方进行评价,研究出无毒、无害,抗温能力强、流变性好,失水较低的钻井液体系,现场应用满足高温深井的钻井生产要求。

关键词 环境保护 抗高温钻井液 降失水剂 增粘剂

中图分类号: TE254

文献标识码: A

文章编号: 1005-3158(2011)05-0051-03

0 引 言

随着塔里木石油勘探开发的进一步深入,钻井生产中如何保护环境、控制污染越来越受到广泛关注及重视。污染源资料调研分析表明,在石油天然气钻井过程中,常规钻井液是油田主要污染源之一。塔里木地区干旱少雨,生态脆弱,需更加关注环境保护,此工作必须从污染的源头开始控制。因此,在钻井过程中使用环保钻井液是很重要的一环。

作为钻井“血液”的钻井液,其技术直接关系着钻井工程质量优劣,钻井效率高,钻井液需要具有失水低,抗温性、流变性、润滑性好等特性,满足工程施工的要求。

塔里木深层勘探开发的突破,使得钻井深度越来越深,井底温度越来越高,这就要求钻井液具有更高的抗温性能。目前,塔里木油田普遍使用的环保型体系的钻井液抗温为 120℃,而随着超深井、水平井的钻进,对处理剂及体系有了更高的抗温要求,即 160~180℃;为解决现场需要,开展抗高温环保钻井液体系研究。

1 环保钻井液材料的选择

处理剂单剂控制是钻井液环境保护控制的基础,也是环保钻井液的关键,将使用的每一种钻井液处理剂选择为无毒的材料,才能有效地控制钻井液为无毒的环保钻井液。

抗高温环保钻井液材料的选择原则:①无毒且易于生物降解;②各种处理剂的优良性能,在塔里木地区深井钻井中需要具有抗温、抗盐的技术特点。

钻井液包被增粘剂选择改性天然高分子聚合

物^[1-3] CX-215,降失水剂选择无毒的中小分子聚合物^[3-4] JMP-2、CMF,防塌剂选择无毒易降解的聚合醇 PEG 及天然植物类封堵防塌剂 CX-508,润滑剂选择植物油类润滑剂 TYRF-1,选择的材料主要为植物类处理而成,无毒无害,易于生物降解。

2 环保钻井液实验研究

2.1 抗高温环保钻井液降失水剂优选

对以上的各类无害化钻井液处理剂性能作优选设计,选择满足现场钻井液性能要求以及加量情况。

通过环保型降失水剂在 150℃ 条件下滚动 16 h 进行降失水剂优选评价实验,选出环保型成膜降失水剂 CMF 和 EP-II,主要实验数据见表 1。

基浆配方:

1[#]: 1% 土浆 + 0.1% NaOH + 0.3% CX-215 + 1% CX-508 + 1% JMP-2 + 2% PFG + 2% TYRF-1 + 1% PF-PRD + CaCO₃;

2[#]: 0.1% NaOH + 0.3% CX-215 + 1% CX-508 + 1% JMP-2 + 2% PFG + 2% TYRF-1 + 2% PF-PRD + CaCO₃。

实验表明:降失水剂 JMP-2 与成膜降失水剂复配具有较好的降失水效果,CMF、EP-II 两种成膜降失水剂效果一致。

2.2 包被增粘剂加量优选

根据室内要求,选择抗温性能较好的 CX-215 作为该体系的包被增粘剂,按照无土相和有土相两种状况选择加量范围,实验配方如表 2 所示,主要实验结果见表 3。

结果表明,选择的包被增粘剂 CX-215 在高温情

表 1 150℃,16 h 滚动后钻井液性能结果

配方	$\rho/$ (g/cm ³)	AV/ (mPa·s)	PV/ (mPa·s)	YP/Pa	G10 _s /G10 _{min} / (Pa/Pa)	API FL/ (mL/mm)	HTHP FL/ (mL/mm)	pH
1 [#] 基浆 + 1.0%CMF	1.20	71.0	45.0	26.0	4.0/8.5	2.8/0.5	15.0/2.0	9.0
1 [#] 基浆 + 1.0%EP-Ⅱ	1.20	70.0	39.0	31.0	4.0/9.0	2.8/0.5	16.0/2.0	9.0
2 [#] 基浆 + 1.0%CMF	1.20	92.5	47.0	45.5	8.0/9.5	2.8/0.5	17.0/2.0	9.0
2 [#] 基浆 + 1.0%EP-Ⅱ	1.20	92.5	47.0	45.5	7.0/9.0	2.8/0.5	17.5/2.0	9.0

表 2 包被增粘剂加量优选实验配方

配方号	处理剂代号或名称									
	土浆	NaOH	CX-215	CX-508	CMF	JMP	PEG	TYRF-1	PF-PRD	石灰石
1 [#]	1	0.1	0.3	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	所需量
2 [#]	1	0.1	0.2	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	所需量
3 [#]	0	0.1	0.2	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	所需量
4 [#]	0	0.1	0.3	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	所需量

表 3 包被增粘剂加量优选实验结果

配方号	$\rho/$ (g/cm ³)	AV/ (mPa·s)	PV/ (mPa·s)	YP/Pa	G10 _s /G10 _{min} / (Pa/Pa)	API FL/ (mL/mm)	HTHP FL/ (mL/mm)	pH
1 [#]	1.20	71.0	45.0	26.0	4.0/8.5	2.8/0.5	15.0/2.0	9.0
2 [#]	1.20	61.0	38.0	23.0	4.0/8.0	2.8/0.5	15.0/0.8	9.0
3 [#]	1.10	50.0	28.0	22.0	3.0/4.0	4.0/0.5	20.2/1.0	9.0
4 [#]	1.10	59.0	33.0	26.0	4.0/4.5	3.4/0.5	18.6/1.0	9.0

表 4 抗高温环保钻井液配方

配方号	处理剂代号或名称											
	土浆	NaOH	CX-215	CX-508	CMF	JMP-2	PEG	TYRF-1	PF-PRD	KCl	YX-1	YX-2
21 [#]	1	0.1	0.2	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	3.0	1.0	1.0
22 [#]	0	0.1	0.3	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	3.0	1.0	1.0

况下具有较好的效果。

2.3 抗高温环保钻井液配方及综合性能评价

经过大量实验研究,确定抗高温环保钻井液配方见表 4,以及该配方的相关性能,见表 5。

2.3.1 抗高温稳定性

对优选的钻井液配方分别进行了 150℃、160℃ 抗高温实验,结果见表 6。

从表 6 可看出:该配方抗高温能达到 160℃,在该温度下配方性能能够满足现场施工的需要。

2.3.2 防塌抑制性能

为进一步增强该体系防塌抑制性能,选用 KCl 与

聚合醇互配,产生协同作用,进行抑制性能评价实验,结果见表 7。

结果表明:该体系中加入 3%KCl 与多元醇复配后明显提高了钻井液的抑制性能。

2.3.3 保护油气层性能评价

对所优选的配方采用静态渗透率恢复值实验进行保护油气层性能评价,得出配方 21[#] 与 22[#] 的恢复值分别为 71.4%和 78.5%。

2.4 环保性能评价

目前对于钻井液环境污染性能主要从处理剂及其废物中的有害物质、生物毒性及生物降解性三个方

面进行控制。钻井液生物降解性通常采用 BOD₅/COD_{Cr} 比值评定法,有害物质主要指重金属总

汞、总砷含量,生物毒性采用 COD_{Cr}、BOD₅ 值评价。优选配方具体环保性能评价实验结果见表 8。

表 5 推荐配方在 150℃,16 h 滚动后钻井液性能

配方	$\rho/$ (g/cm ³)	AV/ (mPa·s)	PV/ (mPa·s)	YP/Pa	G10 _s /G10 _{min} / (Pa/Pa)	API FL/ (mL/mm)	HTHP FL/ (mL/mm)	pH	Kf
21 [#]	1.20	54.0	28.0	26.0	4.5/6.5	2.5/0.5	12~16/2.0	9.0	0.0896
22 [#]	1.10	42.0	22.0	20.0	3.0/3.5	3.9/0.5	12~16/3.0	9.0	0.0963

表 6 配方的抗高温性能

配方	实验条件	$\rho/$ (g/cm ³)	AV/ (mPa·s)	PV/ (mPa·s)	YP/Pa	G10 _s /G10 _{min} / (Pa/Pa)	API FL/ (mL/mm)	HTHP FL/ (mL/mm)	pH
21 [#]	150℃,16 h	1.20	54.0	28.0	26.0	4.5/6.5	2.5/0.5	16.6/2.0	9.0
22 [#]		1.10	42.0	22.0	20.0	3.0/3.5	3.9/0.5	20.2/2.0	9.0
21 [#]	160℃,16 h	1.20	42.5	27.0	15.0	1.5/3.0	3.6/0.5	17.4/2.0	9.0
22 [#]		1.10	31.5	21.0	10.5	1.5/2.0	3.8/0.5	18.0/2.0	9.0

表 7 150℃,16 h 滚动后岩屑回收率实验结果

配方	滚动前岩屑 质量/g	滚动后岩屑 质量/g	回收率/ %
清水+岩屑	30.03	12.94	43.09
21 [#] +岩屑	30.01	29.79	99.27
22 [#] +岩屑	30.01	29.30	97.63

表 8 优选配方具体环保性能评价实验结果

项目	指标*	结果
总汞/(mg/kg 干泥)	≤15	1.7
总砷/(mg/kg 干泥)	≤75	未检出
生物毒性 EC ₅₀ /(mg/kg)	≥30000	62204
生物降解性 BOD ₅ /COD _{Cr} /%	≥10.0	54.3

* Q/SY TZ 0111—2004《环保型钻井液环保评价规范》

实验表明:该钻井液配方体系符合塔里木油田企业标准 Q/SY TZ 0111—2004《环保型钻井液环保评价规范》的要求。

3 现场应用

塔中 721-5 井是塔里木油田公司在塔中地区第一口推广使用该体系的试验井,设计井深 5700 m。现场应用表明:该体系具有独特的流变性,其表观黏度低、动塑比高、低剪切速率下的黏度高、切力与时间无依赖性,由于体系中引入了 KCl 及多种抑制防塌剂和润滑剂,因此具有良好的润滑性和抑制性;其独特的流变性能减少钻井液对井壁的冲刷,有效地阻止固、液相侵入储层,良好的抑制性能够起到稳定井壁、保护储层的作用。该体系具有较强的抑制性,返出岩

屑棱角分明,掉块少,可满足地层防塌要求,为顺利完成塔中 721-5 井的钻探任务提供了有力保障。

中古 48 井在塔中地区主要复杂井段三叠系及二叠系钻井非常顺利,钻穿二叠系所花时间仅为 4 d,二开从 1208.63~5500 m 仅用 31 d,该井钻井过程钻井液性能稳定,未出现掉块和泥包现象,最易垮塌的二叠系井径扩大率 8.98%,二开井段井径扩大率 7.15%。

4 结 论

- ◆ 研究的抗高温环保钻井液体系无毒,可生物降解,从源头控制了钻井液对环境的污染,有力地促进了塔里木油田钻井生产与环境保护的和谐发展。
- ◆ 研究的环保钻井液抗高温、稳定、抑制能力强,有较好的油气层保护能力。
- ◆ 现场应用同样表明,该钻井液体系具有良好的润滑性和抑制性,能为钻井提速提供保障。

参 考 文 献

[1] 王胜,陈礼仪,黄猛,等.新型 KL 植物胶无固相环保钻井液体系[J].煤田地质与勘探,2010,38(3):76-80.
[2] 杨小华,王中华.钻井液用天然材料接枝共聚物研究进展[J].应用化工,2010,1:107-110.
[3] 王睿,马光长.环保型天然高分子水基钻井液的研究与现场应用[J].精细石油化工进展,2009,12:15-17.
[4] 王睿,王娟,曾婷.环保钻井液技术的研究与应用[J].钻采工艺,2009,32(6):75-77.

(收稿日期 2011-07-03)

(编辑 袁立凡)