

◀ 固井与泥浆 ▶

保护裂缝性气藏的超低渗透钻井液体系

李怀科 鄢捷年 叶艳 曹明 李胜

(中国石油大学 石油工程教育部重点实验室, 北京 昌平 102249)

摘要:理论分析和油田现场钻井实践表明,钻井液中液相及固相颗粒侵入裂缝是造成裂缝性气藏储层伤害的主要因素。将理想充填暂堵理论扩展到裂缝性气藏的储层保护,把理想充填暂堵剂与成膜剂进行复配优化,利用“迭加增效”作用优选出了保护裂缝性气藏的新型超低渗透水基钻井液。室内评价试验表明:该钻井液体系流变性能优良,易于调整和控制,抗高温能力强,泥饼致密、光滑,可在井壁形成一层致密的隔离层(非渗透膜)。API滤失量可控制在2.3 mL以下,高温高压动态累进滤失量 ≤ 0.3 mL,可显著提高裂缝性气藏的储层保护效果。

关键词:裂缝性油气藏;理想充填;防止地层损害;钻井液添加剂;钻井液性能

中图分类号: TE254⁺.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0890(2008)04-0034-03

裂缝性气藏在我国较为普遍,多为低孔、低渗和裂缝性储集层,这给钻井工程带来了很大的挑战和很多难以预测的难题^[1]。理论分析和油田现场钻井实践均表明,钻井液中液相及固相颗粒侵入裂缝是造成裂缝性气藏储层伤害的主要因素^[2-3]。因此,研制具有零滤失(或接近零滤失)、高性能低渗透钻井液体系对保护裂缝性气藏具有十分重要的意义。

1 超低渗透钻井液配方优选

1.1 优选原则

- 1)选用的处理剂具有很强的抑制性,对储层无伤害或伤害很小;
- 2)钻井液中使用的高相对分子量聚合物应具有很强的包被性能,以防止粘土矿物发生水化膨胀和分散运移;
- 3)钻井液具有优良的流变特性、润滑性、防塌抑制性和造壁性;
- 4)钻井液对储层中的微裂缝具有一定的封堵和成膜能力,以实现极低滤失钻井的目的。

1.2 两性离子聚合物钻井液基本配方优选

笔者通过正交试验优选出了具有良好流变性和降滤失性能的两性离子聚合物钻井液,其基本配方为:3.0%膨润土+0.3%FA367+0.1%XY-27+0.6%JT888+1.5% SMP-1+1.5%SPNH+1.0%油溶性树脂+0.1%~0.3% NaOH。

1.3 理想充填和理想充填暂堵剂加量确定

理想充填是指对于保护储层的钻井液,需要根据地层孔喉尺寸加入具有连续粒径序列分布的理想充填暂堵剂颗粒来有效封堵储层中大小不等的各种孔喉,以及暂堵颗粒之间形成的孔隙^[4-6]。理想充填理论综合考虑整个地层孔喉尺寸分布,从而优选出一组与地层孔喉相匹配的理想充填暂堵剂粒径分布序列,以有效封堵储层中较大孔喉和其它尺寸孔喉,最大限度地降低钻井液对裂缝性储层造成的伤害。

针对吉林松辽盆地火成岩裂缝性气藏的特点,笔者选用13、18和23 μm 3种粒径的碳酸钙作为堵漏剂,其配比为5:4:1,并分别测定其加量对两性离子聚合物钻井液性能的影响,试验结果见表1。

从表1可看出:加入理想充填暂堵剂后钻井液流变性可满足钻井要求,API滤失量趋于降低。观察清水冲过的滤饼,发现滤饼致密,且润滑性好。最终确定理想充填暂堵剂的加量为4%。

收稿日期:2007-12-18;改回日期:2008-04-14

基金项目:国家自然科学基金项目“松辽盆地南部复杂深层气井钻井配套技术研究——裂缝火成岩气藏保护技术深入研究”(编号:2007337)部分研究内容,教育部“长江学者和创新团队发展计划”(批准号:IRT0411)资助

作者简介:李怀科(1983—),男,陕西宝鸡人,2006年毕业于长江大学应用化学系,中国石油大学(北京)石油天然气工程学院在读硕士研究生,主要从事油气层保护方面的研究。

联系电话:(010)89733893

表 1 理想充填暂堵剂加量对两性离子聚合物钻井液性能的影响

理想充填暂堵剂加量, %	表观粘度/ mPa·s	塑性粘度/ mPa·s	动切力/ Pa	动塑比	静切力/ Pa	API 滤失/ mL	泥饼厚度/ mm
0	21.0	15	6.13	0.41	3.0/14.5	4.2	1.0
2	27.5	20	7.70	0.39	4.0/7.5	3.5	0.9
3	31.5	23	8.69	0.38	6.0/8.5	3.0	0.8
4	32.0	23	9.20	0.40	7.5/10.5	2.8	0.8

1.4 成膜剂优选和加量确定

成膜(隔离膜)钻井液^[7-9]主要是通过钻井液与井壁岩石之间的物理、化学作用,在井壁上形成一层致密的,具有一定强度、韧性和厚度的超低渗透性隔离膜,阻止任何物质通过,防止地层水化膨胀和井壁坍塌,封堵储集层裂隙,保护油气产层。目前,国内应用较为普遍的超低渗透成膜剂有美国 EDTI 公司生产的 FLC2000 和国内研发的 CMJ 系列产品,其

共同特点是:具有较强的高温稳定性,与其他处理剂的配伍性好,环境友好,可显著降低钻井液滤失量。

在两性离子聚合物钻井液中分别加入不等量的 FLC2000 和 CMJ-2 两种成膜剂,在室温下养护 24 h,测定老化(120 ℃热滚 16 h)前后钻井液的各项性能,结果见表 2。从表 2 可以看出:加入成膜剂后对钻井液的流变性影响较小,两种成膜剂都具有良好的降滤失作用,特别是 FLC2000 的降滤失性能更好。

表 2 成膜剂对两性离子聚合物钻井液性能的影响

成膜剂及加量	温度/ ℃	表观粘度/ mPa·s	塑性粘度/ mPa·s	动切力/ Pa	动塑比	静切力/ Pa	API 滤失/ mL	泥饼厚度/ mm
0	25	21.0	15	6.13	0.41	3.0/11.0	3.5	1.0
	120	25.5	18	7.67	0.43	3.0/14.5	2.8	1.0
1%CMJ-2	25	28.5	20	8.69	0.43	2.5/9.0	3.2	0.9
	120	30.0	21	9.20	0.44	1.5/6.0	3.8	0.8
1%FLC2000	25	31.0	23	8.18	0.36	4.0/10.0	3.0	0.9
	120	35.0	25	10.22	0.41	3.0/9.0	3.5	0.8
2%CMJ-2	25	29.0	21	8.18	0.39	2.0/9.0	2.8	0.8
	120	34.0	24	10.22	0.43	1.5/5.5	3.3	0.8
2%FLC2000	25	33.0	24	9.20	0.38	5.0/11.5	2.8	0.8
	120	36.0	26	10.22	0.39	3.0/8.5	3.0	0.8

1.5 成膜剂与理想充填暂堵剂的迭加增效作用

成膜钻井液降滤失剂 CMJ-2 主要是靠亲水性基团(如胺基、羟基)在岩石表面形成一层保护膜来防止钻井液中液相及固相颗粒侵入,对封堵微型裂缝

效果显著,而理想充填暂堵剂却主要用于封堵储层中较大裂缝及孔喉。为了评价理想充填堵漏剂和成膜剂 CMJ-2 的迭加增效作用,将两者复配加入到两性离子聚合物钻井液中,分别测定老化(120 ℃热滚 16 h)前后的钻井液性能,结果见表 3。

表 3 加入理想充填暂堵剂和成膜剂 CMJ-2 后两性离子聚合物钻井液的性能

温度/℃	表观粘度/ mPa·s	塑性粘度/ mPa·s	动切力/ Pa	动塑比	静切力/ Pa	API 滤失/ mL	泥饼厚度/ mm
25	32	23	9.20	0.40	7.5/10.5	2.8	0.8
120	43	30	13.29	0.44	1.5/6.5	2.3	0.5

注:CMJ-2 和理想充填堵漏剂的加量分别为 2% 和 4%。

从表 3 可以看出:理想充填暂堵剂和成膜剂 CMJ-2 的配伍性好,而且与两性离子聚合物钻井液基浆的配伍性也很好;所形成的成膜钻井液流变参数合理,滤失量低于单独使用成膜剂或理想充填暂堵剂时的滤失量,表明具有迭加增效的作用。

由以上试验结果,确定保护裂缝性气藏的超低渗透钻井液配方为:3.0% 膨润土 + 0.3% FA367 + 0.1% XY-27 + 0.6% JT888 + 1.5% SMP-1 + 1.5% SPNH + 4.0% 理想充填暂堵剂 + 2.0%

CMJ-2 + 1.0% 油溶性树脂 + 0.1% ~ 0.3% NaOH。

2 动态损害程度评价

为了检验优选出的超低渗透钻井液的储层保护效果,利用 JHMD-II 型高温高压动态损害评价装置,分别对两性离子聚合物钻井液、加入 2% CMJ-2 和 4% 暂堵剂的两性离子聚合物钻井液及优选出的

超低渗透钻井液进行损害程度评价试验^[10]。试验时选用裂缝宽度为 $0.05 \mu\text{m}$ 的不锈钢缝板模拟岩心。试验条件:温度 90°C ;污染压差 3.5 MPa ;污染时钻井液剪切速率为 150 s^{-1} 。试验结果如图 1 所示。

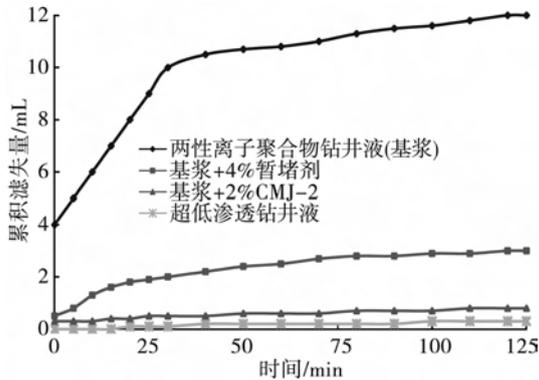


图 1 4 种不同钻井液的动滤失量对比

由图 1 可看出:优选出的超低渗透钻井液控制动滤失的效果最佳,累积滤失量极低,可在超低渗透条件下进行钻井作业。

适于裂缝性气藏的超低渗透水基钻井液的降滤失机理主要是通过物理和化学作用来实现的。一方面,钻井液中的理想充填暂堵剂在压差的作用下进入岩石中的微裂缝和孔喉,通过“架桥原理”首先在裂缝孔喉中填充并在空间布网,从而有效地为成膜剂在表面成膜提供支撑骨架。另一方面,成膜剂 CMJ-2 中的一些基团(胺基和羟基)通过物理吸附作用在堵漏剂表面和滤饼表面形成一层保护膜,同时胺基电荷密度高,水化性强,并具有较强的抗盐能力。成膜剂 CMJ-2 支链化的结构可以增大空间位阻,使主链的刚性增强,从而增强其抗温能力。因此,优选出的超低渗透钻井液体系可有效隔离外来流体的渗入,从而达到保护储层的目的。

3 结 论

1)在优选的两性离子聚合物钻井液中,加入成膜剂 CMJ-2 与理想充填暂堵剂,可有效降低钻井液的动滤失量,实现“超低渗透”。

2)试验结果表明,成膜剂与理想充填暂堵剂的复配使用具有迭加增效作用,适合于保护裂缝性气藏。

3)国内研制的成膜剂 CMJ-2 和国外成膜剂 FLC2000 的降滤失效果相近。从成本方面考虑,建议使用 CMJ-2。

4)所优选出的超低渗透水基钻井液体系具有良好的流变性和润滑性能,滤失量极低。

参 考 文 献

- [1] 王文环,袁向春,王光付,等. 特低渗透油藏分类及开采特征研究[J]. 石油钻探技术,2007,35(1):72-75.
- [2] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2006:381-387.
- [3] 赖晓晴,孙金声,王宝成,等. 裂缝性油气藏损害机理及保护措施综述:中国石油学会钻井液学术研讨会,厦门,2007-10-1-5[C].
- [4] 张金波,鄢捷年. 钻井液中暂堵剂颗粒尺寸分布优选的新理论和新方法[J]. 石油学报,2004,25(6):88-91.
- [5] 樊世忠,何伦. 国内外油气层保护技术的新发展(II)——工程技术措施[J]. 石油钻探技术,2005,33(2):1-4.
- [6] 鄢捷年,赵胜英,王兆霏,等. 理想充填油气层保护技术在青海油田深探井中的应用[J]. 石油钻探技术,2007,35(4):53-55.
- [7] 孙金声,汪世国,张毅,等. 水基钻井液成膜技术研究[J]. 钻井液与完井液,2003,20(6):6-10.
- [8] 白小东,蒲晓林. 水基钻井液成膜技术研究进展[J]. 天然气工业,2006,26(8):75-77.
- [9] 袁春,孙金声,王平全,等. 抗高温成膜降滤失剂 CMJ-1 的研制及其性能[J]. 石油钻探技术,2004,32(2):30-32.
- [10] 孙金声,唐继平,张斌,等. 几种超低渗透钻井液性能测试方法[J]. 石油钻探技术,2005,33(6):25-27.

[审稿 郭才轩]

Ultra Low Filtration Drilling Fluid for Protecting Fractured Reservoirs

Li Huaikē Yan Jienian Ye Yan Cao Ming Li Sheng

(MOE Key Laboratory of Petroleum Engineering, China University of Petroleum, Changping, Beijing, 102249, China)

Abstract: Theoretical analysis and field application suggest that the invasion of liquid and solid of drilling fluids into fractures are the main reason for damage to fracture reservoirs. Extending “ideal packing theory” to fracture type reservoir protection and optimizing the ideal packing agent and film-forming agent, a carefully designed ultra low osmosis water based drilling fluid by synergistic interaction was developed. Laboratory experiments show that this drilling fluid has better rheological property, higher temperature resistance and slicker mud cake which can form a homogeneous and compact seal coat on borehole. The API filter loss could be controlled under 2.3 mL , and HTHP dynamic filtration was less than 0.3 mL . Lab tests demonstrate that this system can effectively improve fractured gas reservoir protection.

Key words: fractured pool; ideal packing; formation damage prevention; drilling fluid additive; drilling fluid property