

哈得逊地区二叠系火成岩钻井液配方优选室内实验研究

滕学清¹, 王克雄², 郭清²

(1. 中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司, 新疆 库尔勒 841000; 2. 中国石油大学(北京), 北京 昌平 102249)

摘要:塔里木油田哈得逊地区二叠系火成岩层段微裂缝多、节理丰富易塌易漏,一直是制约该地区钻井速度的主要原因。针对火成岩易漏易塌的钻井难点,从钻井液性能方面入手,通过室内实验优选出强封堵抑制剂(环保型低荧光成膜降滤失剂 CMF),聚磺体系钻井液配方,实验表明:该配方钻井液具有流变性好、滤失量低、抑制性强的特点,起到了有效的封堵作用。

关键词:二叠系;火成岩;钻井;漏失;垮塌;钻井液;哈得逊地区

中图分类号:TE254 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)08-0019-04

Laboratory Experimental Study on Drilling Fluid Formulation Optimization for Drilling in Permian Igneous Rock of Hudson Area/TENG Xue-qing¹, WANG Ke-xiong², GUO Qing² (1. PetroChina Tarim Oilfield Company, Kuerle Xinjiang 841000, China; 2. China University of Petroleum, Changping Beijing 102249, China)

Abstract: In Tarim oilfield of Hudson area, drilling efficiency has been restricted mainly because of the existing micro fractures and joints in Permian igneous rock. According to this drilling difficulty, strong sealing inhibitor was tested for optimization in laboratory. The experiment showed the poly-sulphonate drilling fluid has good rheology, low filter loss and strong inhibition.

Key words: permian; igneous rock; drilling; leakage; collapsing; drilling fluid; Hudson area

0 引言

塔里木油田哈得逊地区钻井所遇到的问题是裸眼井段长,砂泥岩地层发育,砂岩段、玄武岩段均存在着不同程度的渗漏,钻遇数百米的二叠系玄武岩易垮塌掉块,因此,解决好长裸眼段中的渗漏和玄武岩垮塌问题,是保证安全、顺利钻井的关键。本文从钻井液技术对策的角度出发,在现用钻井液体系分析的基础上,优选出强封堵抑制性的钻井液材料,同时优选出具有低滤失、良好润滑性、强抑制性、强封堵和防塌效果好的钻井液配方,以解决二叠系火成岩钻井易漏易塌的钻井问题。

1 强封堵抑制性钻井液材料的优选

目前强封堵性钻井液材料较多,根据塔里木油田二叠系火成岩钻井特点,初步选择环保型低荧光成膜降滤失剂 CMF 和低渗透降失水剂 JYW-2 做材料进行对比优选实验。环保型低荧光成膜降滤失剂 CMF 主链是以碳链为主,由于其分子链的非离子特性,容易在滤饼上形成一层保护膜,这种膜结构可阻止水分子向微裂缝、砂岩内渗透,有利于井眼稳定。通过其特有的结构在井壁表面形成完全隔离的

分子膜,阻止钻井液及滤液进入地层,具有良好的封堵作用,有利于测井和地质录井。

1.1 基础性能对比

实验配方:

1号:4%土浆 + 0.4% NaOH + 0.15% KPAM + 0.6% KHPAN + 4% SMP-1 + 2% MHR-86D (润滑剂) + 0.2% MMH 正电胶干粉 + 31% 重晶石;

2号:4%土浆 + 0.4% NaOH + 0.15% KPAM + 0.6% KHPAN + 4% SMP-1 + 2% MHR-86D (润滑剂) + 0.2% MMH 正电胶干粉 + 1.5% CMF + 31% 重晶石;

3号:4%土浆 + 0.4% NaOH + 0.15% KPAM + 0.6% KHPAN + 4% SMP-1 + 2% MHR-86D (润滑剂) + 0.2% MMH 正电胶干粉 + 1.5% JYW-2 + 31% 重晶石。

在室温条件下,按照以上的配方配制出钻井液,执行《钻井液现场测试程序》(GB/T 16782-1997)方法,测定配方滚动前以及 120℃ 温度下滚动 16 h 后的密度、流变性、API 失水量、高温高压 (HTHP) 失水、K_f 等,实验结果见表 1。

收稿日期:2010-07-09

作者简介:滕学清(1965-),男(汉族),山东人,中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司高级工程师,石油钻井专业,硕士,从事油气井工程的管理和科研工作,新疆库尔勒市建设街道办事处塔指社区。

表1 1~3号配方性能实验数据

配方	密度/(g·cm ⁻³)	旋转粘度读数						G10''/10' /(Pa/Pa)	AV/ (mPa·s)	PV/ (mPa·s)	YP /Pa	API失水/泥 饼/(mL/mm)	HTHP失水/泥 饼/(mL/mm)	pH	K _f	
		Φ600	Φ300	Φ200	Φ100	Φ6	Φ3									
1	滚前	55.0	36.0	28.0	20.0	10.0	9.0	5.0/10.0	27.5	19.0	8.5			10		
	滚后	1.26	65.0	36.0	27.0	20.0	9.0	9.0	3.0/11.0	32.5	29.0	3.5	4.4/0.5	22.0/1.5	9	0.0875
2	滚前		64.0	41.0	31.0	22.0	11.0	10.0	5/14.0	32.0	23.0	9.0			10	
	滚后	1.26	50.0	28.0	17.0	11.0	3.0	2.0	1.0/13.0	25.0	22.0	3.0	2.2/0.5	14.0/1.0	9	0.0875
3	滚前		88.0	60.0	48.0	36.0	21.0	20.0	8.5/29.0	44.0	28.0	16.0			10	
	滚后	1.26	90.0	52.0	39.0	26.0	6.0	6.0	2.5/14.5	45.0	38.0	7.0	3.0/0.5	19.0/1.5	9	0.0875

注:(1)实验条件为120℃×16h;(2)HTHP失水测定条件为温度120℃、压力3.5MPa、滤失时间30min;(3)K_f为泥饼粘滞系数。

从1~3号配方的实验结果可以看出:(1)未加入任何滤失剂的1号配方的API滤失量比较大,HTHP滤失量很大;(2)加入CMF后的2号配方将API失水量从4.4mL降到2.2mL,将HTHP失水量从22.0mL降到14.0mL;(3)加入JYW-2的3号配方的API失水量为3.0mL,HTHP失水量为19.0mL。由此可见,JYW-2有一定的降失水作用,但没有CMF的降失水作用大。

1.2 封堵作用对比

取3块k=800md的人造岩心,用5%的分析纯KCl浸泡24h,抽真空2h,按配方配好的浆在120℃×16h滚动后,用高温高压动态失水仪进行封堵实验,实验条件为温度120℃,转速200r/min,压力3.5MPa。实验进行2h,每20min记录一个数,3个配方的动失水试验结果见表2。

表2 1~3号配方动失水试验结果

配方	0 min /mL	20 min /mL	40 min /mL	60 min /mL	80 min /mL	100 min /mL	120 min /mL
1	2.60	9.75	13.25	17.60	21.50	23.50	24.50
2	2.00	6.00	8.40	10.20	11.50	12.80	14.00
3	1.25	9.20	11.60	13.40	15.20	17.00	18.40

注:0min时的读数,是温度达到120℃时,把压差调到3.5MPa时,瞬时滤失量。

3个配方的滤失过程如图1所示。

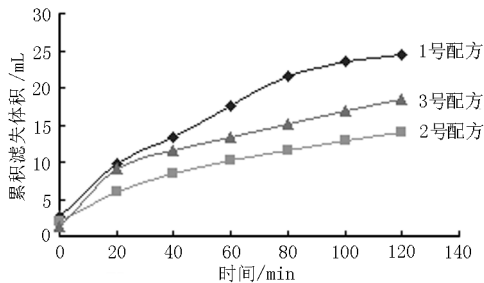


图1 1、2、3号配方的滤失过程曲线

从图1可以看出,封堵效果最好的是2号,可见CMF比JYW-2有比较强的封堵作用。在哈得逊地区二叠系火成岩井段,裂缝比较发育,很容易发生井漏,当加入强封堵的处理CMF后,会形成薄而致

密的泥饼,阻止和减慢了钻井液继续侵入地层。

1.3 抑制性对比

该井段从4220m以后的火成岩地层不易水化分散,也不易水化膨胀,但是在进入三叠系底部和二叠系上部的交接段(4200m左右),泥页岩、钻屑水化分散、地层疏松、井壁易失稳、易坍塌。于是取清水回收率较低的4200m钻屑和4220m钻屑来进行钻井液抑制性评价。

同样按1、2、3号配方配制350mL的泥浆各2杯,取4200、4220m的6~10目的钻屑。25g岩样+350mL泥浆放入高温罐中,在120℃×16h的条件下测其滚动回收率的情况,结果见表3。

表3 滚动回收率实验数据表

岩样	蒸馏水	1号配方	2号配方	3号配方
4200m钻屑	16.36	73.48	80.72	74.88
4220m钻屑	57.96	78.60	84.32	80.64

从实验结果可以看出,蒸馏水条件下的滚动回收率最低,2号配方滚动回收率最高。1号配方滚动回收率的提高是在配方中加入的KPAM(聚丙烯酸钾)等聚合物的包被起到了很大的作用,这时,在1号配方的基础上再加入CMF和JYW-2,滚动回收率进一步提高,同时CMF抑制泥页岩膨胀、分散能力较JYW-2强。

2 最佳配方的优选

优选出强封堵强抑制性钻井液材料环保型低荧光成膜降滤失剂CMF,为验证其是否能与确定的基础配方配伍并更好地提高钻井液性能,我们进行了强封堵强抑制性钻井液体系配方的优化研究。

2.1 加入CMF后体系的基础性能

实验配方:

1号:4%土浆+0.4%NaOH+0.15%KPAM+0.6%KHPAN+4%SMP-1+3%XHL+2%MHR-86D(润滑剂)+0.2%MMH正电胶干粉+28%重晶石+2%YX-1+2%YX-2;

2 号:4% 土浆 + 0.4% NaOH + 0.15% KPAM + 0.6% KHPAN + 4% SMP - 1 + 3% XHL + 2% MHR - 86D (润滑剂) + 0.2% MMH 正电胶干粉 + 1% CMF + 28% 重晶石 + 2% YX - 1 + 2% YX - 2;

3 号:4% 土浆 + 0.4% NaOH + 0.15% KPAM + 0.6% KHPAN + 4% SMP - 1 + 3% XHL + 2%

MHR - 86D (润滑剂) + 0.2% MMH 正电胶干粉 + 1.5% CMF + 28% 重晶石 + 2% YX - 1 + 2% YX - 2。

在基础配方中加入成膜降滤失剂 CMF, 2、3 号两个配方仅在 CMF 的加量上有所不同, 同样的实验步骤测出这 2 个配方的性能 (1 号配方的性能前面已测), 三者对比见表 4。

表 4 1~3 号配方性能实验数据

配方	密度/(g·cm ⁻³)	旋转粘度读值						G10''/10'/(Pa/Pa)	AV/(mPa·s)	PV/(mPa·s)	YP/Pa	API 失水/泥饼/(mL/mm)	HTHP 失水/泥饼/(mL/mm)	pH	Kf
		Φ600	Φ300	Φ200	Φ100	Φ6	Φ3								
1	滚前	48.0	29.0	23.0	15.0	5.0	4.0	2.0/6.0	24.0	19.0	5.0	2.2/0.5		10	
	滚后	1.26	45.0	25.0	18.0	12.0	3.0	1.5	1.5/3.5	22.5	20.0	2.5	3.0/0.5	13.0/1.5	9.5
2	滚前	67.0	41.0	33.0	23.0	10.0	9.0	4.0/16.0	33.5	26.0	7.5	2.8/0.5		10	
	滚后	1.26	56.0	33.0	25.0	15.0	3.0	2.0	2.0/3.5	28.0	23.0	5.0	2.9/0.5	11.0/1.5	9
3	滚前	83.0	52.0	40.0	27.0	11.0	10.0	5.0/17.0	41.5	31.0	10.5	2.4/0.5		10	
	滚后	1.26	52.0	32.0	24.0	15.0	3.0	2.0	2.0/5.5	26.0	20.0	6.0	2.8/0.5	8.0/1.0	9

注: (1) 实验条件为 120 °C × 16 h; (2) HTHP 失水测定条件为温度 120 °C、压力 3.5 MPa、滤失时间 30 min。

从实验结果可以看出: (1) CMF 与原体系中的各种处理剂配伍性好; (2) 1、2、3 号配方性能对比, 很明显 CMF 的加入减少了 HTHP 滤失量; 3 号比 2 号加入多 0.5% 的 CMF, 相应的其 HTHP 滤失量有了减少, 进一步说明适量的 CMF 加入到原有体系后, 具有很好的抗高温高压降滤失性能, 同时有一定的提高粘度和动切力能力; (3) 对比 3 个配方高温高压失水实验后的泥饼, 3 号形成的泥饼薄而致密; (4) 3 号配方具有良好的流变性和较低的滤失量。

2.2 封堵效果评价

实验配方:

1 号:4% 土浆 + 0.4% NaOH + 0.15% KPAM + 0.6% KHPAN + 4% SMP - 1 + 3% XHL + 2% MHR - 86D (润滑剂) + 0.2% MMH 正电胶干粉 + 28% 重晶石 + 2% YX - 1 + 2% YX - 2;

2 号:4% 土浆 + 0.4% NaOH + 0.15% KPAM + 0.6% KHPAN + 4% SMP - 1 + 3% XHL + 2% MHR - 86D (润滑剂) + 0.2% MMH 正电胶干粉 + 1.5% CMF + 28% 重晶石 + 2% YX - 1 + 2% YX - 2;

3 号:4% 土浆 + 0.4% NaOH + 0.15% KPAM + 0.6% KHPAN + 4% SMP - 1 + 3% XHL + 2% MHR - 86D (润滑剂) + 0.2% MMH 正电胶干粉 + 1.5% JYW - 2 + 28% 重晶石 + 2% YX - 1 + 2% YX - 2。

实验结果见表 5。

表 5 封堵效果评价

配方	0 min /mL	20 min /mL	40 min /mL	60 min /mL	80 min /mL	100 min /mL	120 min /mL
1	1.42	3.60	5.45	6.80	7.80	8.45	9.00
2	2.50	4.50	6.00	7.00	7.50	7.80	8.20
3	1.50	5.25	6.75	8.00	8.75	9.50	10.25

3 个配方的滤失过程如图 2 所示。

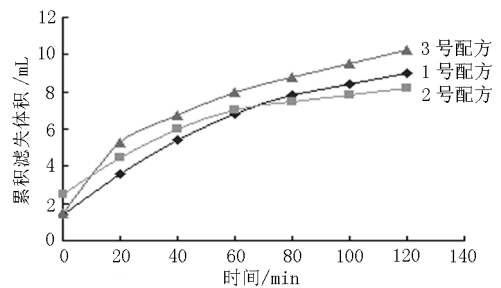


图 2 封堵效果过程

从实验结果可以看出, 在原钻井液体系 (1 号) 中加入了 CMF 后 (2 号), 封堵效果有了更好的改善; 而 JYW - 2 虽然也有封堵作用, 但加入原体系中后 (3 号), 封堵的效果并不佳。

因此, 针对哈得逊地区二叠系火成岩易垮易漏的问题, 优选出了强封堵强抑制性钻井液体系配方: 4% 土浆 + 0.4% NaOH + 0.15% KPAM + 0.6% KHPAN + 4% SMP - 1 + 3% XHL + 2% MHR - 86D (润滑剂) + 0.2% MMH 正电胶干粉 + 1.5% CMF + 28% 重晶石 + 2% YX - 1 + 2% YX - 2。

3 最佳配方性能评价

经过一系列研究优选出了强封堵强抑制性钻井液体系配方: 4% 土浆 + 0.4% NaOH + 0.15% KPAM + 0.6% KHPAN + 4% SMP - 1 + 3% XHL + 2% MHR - 86D (润滑剂) + 0.2% MMH 正电胶干粉 + 1.5% CMF + 28% 重晶石 + 2% YX - 1 + 2% YX - 2。

该钻井液体系加入抗高温处理剂 SMP - 1, 提高钻井液的抗温能力和泥饼质量; 用 SMP - 1、KPAM、KHPAN、MHR - 86D 复配的碱性胶液维护处理井

浆,保持钻井液具有良好的流变性;加入 CMF,严格控制高温高压失水;加入 XHL 抑止地层出现垮塌,同时使处理剂不断地吸附在井壁表面形成连续的吸附水化层,减少和阻止滤液进入岩层微裂缝隙中;CMF、XHL、YX-1 + YX-2 的使用,起到了强封堵的作用。

3.1 流变性及失水情况

表6列出了优选配方的流变性能和失水量。与设计性能对比,该配方具有良好的流变性和较低的失水,高温高压失水实验后形成的泥饼薄而致密。

表6 优选配方性能与设计性能对比

项目	设计性能	优选的配方性能
密度/($g \cdot cm^{-3}$)	1.10 ~ 1.24	1.26
漏斗粘度/s	40 ~ 60	26
屈服值/Pa	5 ~ 10	6
塑性粘度/($mPa \cdot s$)	15 ~ 25	20
静切力/Pa	1 ~ 5/5 ~ 10	2.0/5.5
API失水/泥饼/(mL/mm)	$\leq 5/0.5$	2.8/0.5
HTHP失水/泥饼/(mL/mm)	≤ 10	8/1.0
含砂量/%	< 0.3	/
MBT/($g \cdot L^{-1}$)	20 ~ 40	/
pH值	8 ~ 10	9
粘滞系数 K_f	< 0.1	0.0699

3.2 封堵效果及抑制性

实验配方:

1号:4%土浆 + 0.4% NaOH + 0.15% KPAM + 0.6% KHPAN + 4% SMP-1 + 2% MHR-86D (润滑剂) + 0.2% MMH 正电胶干粉 + 31% 重晶石;

2号:4%土浆 + 0.4% NaOH + 0.15% KPAM + 0.6% KHPAN + 4% SMP-1 + 3% XHL + 2% MHR-86D (润滑剂) + 0.2% MMH 正电胶干粉 + 1.5% CMF + 28% 重晶石 + 2% YX-1 + 2% YX-2。

3.2.1 封堵效果

用基础体系和优选出的配方来做封堵效果对比,实验结果见表7。

表7 封堵效果评价

配方	0 min /mL	20 min /mL	40 min /mL	60 min /mL	80 min /mL	100 min /mL	120 min /mL
1	2.60	9.75	13.25	17.60	21.50	23.50	24.50
2	2.50	4.50	6.00	7.00	7.50	7.80	8.20

封堵效果用图3来表示。

从封堵效果来看,优选出的配方有强封堵作用。

3.2.2 抑制性

同样取的岩样是滚动回收率较低的4200、4220 m 钻屑进行抑制性对比,见表8。从实验数据可以看出该配方的抑制性较强。

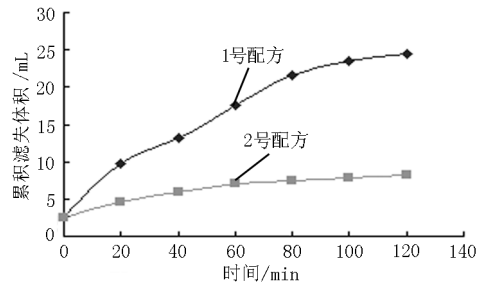


图3 封堵效果

表8 抑制性对比

岩样	蒸馏水	优选的配方
4200 m 钻屑	16.36	81.60
4220 m 钻屑	57.96	88.56

4 结论

通过钻井液配方优选实验,确定出了哈得逊地区二叠系火成岩井段聚磺体系基础配方,在此基础上优选出了强封堵强抑制性的钻井液材料——成膜降滤失剂 CMF、最佳配方,初步解决了哈得逊地区二叠系火成岩易漏易垮的难题。

参考文献:

- [1] Methven N E, Baummann R. Performance of oil muds at high temperatures [C]. SPE 3743, 1972: 1-9.
- [2] McMordie W C, Bennett R B, Bland R G. The effect of temperature and pressure on the viscosity of oil base muds [C]. SPE 4974, 1974: 1-12.
- [3] Wolfe R C, Coffin G B, Byrd R V. Effect of temperature and pressure on rheology of less toxic oil muds [C]. SPE 11892, 1983: 1-9.
- [4] Bailey T J, Bern P A, McEwan F. Low toxicity oil muds: knowledge of downhole rheological behavior assists successful field application [J]. SPE Drilling Engineering, 1986, (3): 102-107.
- [5] Politte M D. Invert_oil mud rheology as a function of temperature and pressure [C]. SPE/IADC 13458, 1985: 1-13.
- [6] 南京大学地质系矿物岩石教研室. 火成岩岩石学 [M]. 南京: 南京大学出版社, 1980.
- [7] 李金锁, 王宗培. 塔河油田玄武岩地层垮塌、漏失机理与对策 [J]. 西部探矿工程, 2006, (5): 137-139.
- [8] 赵炬肃. 塔河油田盐下探井三开长裸眼井壁稳定问题的探讨 [J]. 钻井液与完井液, 2005, 22(6): 69-70.
- [9] 丁锐, 邱正松. 强烈蚀变火山岩地层组及其防塌钻井液研究 [J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(5): 14-16.
- [10] Marco Aburto, Robert Clyde. The Evolution of Rotary Steerable Practices to Drill Faster, Safer and Cheaper Deepwater Salt Sections in the Gulf of Mexico [R]. SPE 118870-MS, 2009.
- [11] Tan C P. Integrated Rock Mechanics and Drilling Fluid Design Approach to Manage Shale [C]. SPE 47259, 1999.
- [12] Nobuo Morita. Well Orientation Effect on Borehole Stability [C]. SPE 89896, 2004.
- [13] Helio Santos. Consequences and Relevance of Drilling Vibration on Wellbore Stability [C]. SPE 52820, 2001.