

一种新型高性能聚胺聚合物钻井液的研制^{*}

许明标¹ 张春阳² 徐博韬³ 刘刚¹

[1. 油气钻采工程湖北省重点实验室·长江大学 2. 中海油(中国)有限公司开发生产部 3. 中海油田服务股份有限公司]

许明标等. 一种新型高性能聚胺聚合物钻井液的研制. 天然气工业, 2008, 28(12): 51-53.

摘 要 聚胺钻井液是一类在钻井液中加入聚胺抑制剂而得到的具有代替油基钻井液潜力的新型高性能水基钻井液, 最近几年在国外现场得到了较好的应用, 在解决高造浆、高水敏地层的钻井作业中显示了特别的抑制效果。聚胺还具有生物毒性小, 环境相容性好的特点。在钻井液中加入聚胺可以有效降低钻井液的滤失, 改善钻井液的流变性能。通过对聚胺理化性能的比较分析, 在传统的聚合物钻井液中加入 UHIB 聚胺进行抑制性改进, 建立了聚胺聚合物钻井液体系, 并对该体系进行了常规性能评价。结果表明, 经过聚胺优化改进后的聚合物钻井液体系具有更加优良的抑制性能和更好的流变性能、滤失性能和抗污染性能, 适宜于在高水敏、高造浆及高压和易污染地层使用。

主题词 钻井液 流变性 聚胺聚合物钻井液 渗流力学 地层压力

钻井液中使用的聚胺是一类在同一个分子上含有多个独立胺基的化合物, 一般呈游离形式存在, 部分产生离解或化合而以离子形式或者化合形式存在, 与氨及低分子胺相似, 无论其游离形态是以伯胺、仲胺或叔胺哪种形式存在, 聚胺化合物的氮原子上都具有未共用电子对^[1-5]。因此, 聚胺与氨和低分子胺在化学性质上很相似, 即这些有机胺的最重要的化学性能是其在水溶液中的碱性和其本身的亲核性。聚胺化合物弱碱性及弱的离解性能使得聚胺的有效离解浓度一直处于可逆平衡状态, 胺的总浓度中处于活跃状态的离解胺浓度不大, 但是能够抑制地层孔隙表面的黏土中最活跃的易水化基团作用, 吸附覆盖在表面, 防止活性易水化黏土的膨胀。聚胺化合物的抑制作用具有一定的长效性, 防止了地层流体段塞对地层孔隙的冲刷作用对黏土抑制性能的影响, 保证钻井作业结束一段时间后的地层抑制效果。聚胺与钻井液中的有机增黏剂具有较好的协同作用, 可以有效改善钻井液的黏度稳定性, 提高钻井液的温度稳定性。聚胺化合物具有高浓度的胺基基团密度, 这是保证有机游离胺良好的吸附性能和抑制效果的重要因素之一。聚胺具有的弱电解质行为是保证有机胺对黏土及地层作用程度和作用方式

不同于聚季铵盐化合物的基础, 聚胺与黏土和地层作用平和而彻底, 不会导致像季铵盐和聚季铵盐类氨基抑制剂产生的对钻井液的性能突变和絮凝的影响。不仅如此, 聚胺具有较高的胺基浓度和较高的酸中和当量浓度, 保证了对钻具表面的吸附和对钻具的腐蚀抑制, 具有相对好的金属缓蚀能力, 且具有较强中和地层酸性气体的能力和较好的 pH 值缓冲容量, 有利于保证在地层流体侵入情况下的钻井液性能稳定。

一、实验部分

1. 聚合物钻井液配方

3% 海水基浆 + 0.2% NaOH + 0.25% Na₂CO₃ + 1% PF-FLO + 1% LUBE + 0.5% PF-PAC-LV + 0.5% PF-TEMP + 4% PF-JLX-B + 0.5% PF-PLUS + 0.3% VIS-1 + 3% KCl + 3% UHIB + 2% Hi-BLOCK。

2. 聚胺的理化性能

聚胺钻井液所使用的聚胺是一类具有多元胺基的有机化合物, 该有机胺化合物具有独特的性能, 对 UHIB 的理化性能的分析测试结果如表 1 所示。

从实验分析的结果可以看出, UHIB 聚胺化合物具有一定的碱性, 一定的黏度和较好的抑制防膨

^{*} 本文为中国海洋石油总公司“西江 23-1 油田钻井液与完井液技术研究”项目的研究成果。

作者简介: 许明标, 1962 年生, 高级工程师, 博士; 1983 年毕业于原西南石油学院油田化学专业, 从事入井流体研究工作。地址: (434023) 湖北省荆州市。电话: (0716) 8060863, 13907215659。E-mail: xmb62@163.com

表1 UHIB聚胺的理化性能表

性能	指标	性能	指标
外观	微黄色黏稠透明液体	酚酞碱度(mol/L)	4.5
pH值(3%水溶液)	9.500	游离碱度(mol/L)	6.2
密度(g/cm ³)	1.063	总碱(mol/L)	7.5
黏度(mPa·s)	119.000	防膨率(3%水溶液)	85.4%

效果,经过与国外产品的比对测试,其相应指标与国外产品指标接近。

3. 聚胺加量对聚合物钻井液性能的影响

聚胺的加入,可能对聚合物钻井液的性能产生较大的影响,如果对钻井液的流变性和滤失性能产生不利的影响,将导致聚胺难于在聚合物钻井液体系中推广使用,室内通过调整UHIB聚胺的加量,对其流变性和滤失性能进行了评价,结果见表2。

表2 聚胺加量对钻井液性能影响表

UHIB聚胺(%)	状态	AV (mPa·s)	PV (mPa·s)	YP (Pa)	Φ/Φ ₀	API失水 (mL)
0	滚前	57	31	26	13/9	—
	滚后	41	25	16	7/5	7.0
1.5	滚前	59	33	26	14/10	—
	滚后	47	29	18	8/6	6.8
3.0	滚前	59	33	26	14/10	—
	滚后	54	31	23	9/6	6.4
4.0	滚前	60	33	27	15/11	—
	滚后	56	31	25	10/7	6.2

注:AV为表观黏度,PV为塑性黏度,YP为动切应力,热滚条件为120℃×8h,下同。

由表2结果可看出,聚胺UHIB的加入对体系的表观黏度、塑性黏度以及动切应力都有提高的作用,而随着聚胺的增加钻井液的滤失性能有所改善,低剪切速率黏度有所上升。由分析可看出,聚胺的加入,有利于聚合物钻井液体系的性能改善。一般情况下,考虑到钻井液的成本因素,聚胺的加量选择3%较为合适。

4. 聚胺聚合物体系的抑制性能

聚胺的抑制性是通过聚胺在钻井液中离解产生带正电性的离子,进而在黏土表面吸附来阻止黏土的水化膨胀的,这种离解是通过化学平衡来实现的。因此,吸附中消耗的聚胺可以持续不断地通过这种离解平衡而得到补充,以保证活性聚胺离子的浓度稳定达到对黏土持续稳定的抑制效果。室内在选取聚胺加量为3%的情况下,对海水、聚合物和聚胺聚合物3种不同介质的抑制性进行了比较评价,实验结果见表3。

表3 聚胺聚合物体系的抑制性能表

体系	岩样重 (g)	40目筛余量 (g)	滚动回收率 (%)
海水	30.0	3.5	11.6
聚合物	30.0	23.2	77.3
聚胺聚合物	30.0	29.3	97.5

注:热滚条件为120℃×16h;露头泥岩为6~10目;热滚后,过40目筛。

从表3结果可以看出,加入聚胺后的聚合物钻井液其滚动回收率优于聚合物钻井液体系,聚胺的加入可以明显地提高聚合物钻井液的抑制性。

5. 聚胺聚合物体系抗污染性能

聚胺聚合物钻井液的抗污染性能决定了该体系在使用过程中其性能受各种井下地质条件和环境因素影响的稳定性能,室内采用黏土和地层水对该体系进行污染评价研究,结果如表4所示。

表4 聚胺聚合物钻井液抗黏土污染性能表

黏土加量(%)	状态	AV (mPa·s)	PV (mPa·s)	YP (Pa)	Φ/Φ ₀	API失水 (mL)
0	滚前	47	27	20	11/8	—
	滚后	46	27	19	10/8	7.2
5	滚前	52	31	21	14/10	—
	滚后	47	29	18	11/8	6.6
10	滚前	54	32	22	14/10	—
	滚后	47	28	19	10/7	6.2
15	滚前	55	31	24	14/10	—
	滚后	48	30	18	10/7	5.2

黏土污染可能严重地影响钻井液的流变性能,在表4中可以看出,即使加入15%黏土,其热滚后的黏度变化不大,滤失下降。显示了聚胺钻井液较好的抗黏土污染的性能。

从表5实验结果中可以看出,地层水污染后,黏度有所下降,滤失有所上升。从上述污染实验可以看出,聚胺聚合物钻井液体系受到一定量的黏土和地层水污染后,体系性能影响不大,表明聚胺聚合物具有较好的抗污染能力。

表5 聚胺聚合物钻井液抗地层水污染性能表

地层水加量(%)	状态	AV (mPa·s)	PV (mPa·s)	YP (Pa)	Φ_0/Φ	API失水 (mL)
0	滚前	53	28	25	15/11	—
	滚后	51	30	21	14/10	7.2
1	滚前	52	27	25	15/11	—
	滚后	49	28	21	14/10	7.4
3	滚前	51	28	23	14/10	—
	滚后	48	28	20	12/9	7.8
5	滚前	48	28	20	12/8	—
	滚后	45	27	18	10/7	8.0

注:模拟地层水为7% NaCl+0.6% CaCl₂+0.4% MgCl₂。

二、结 论

(1)聚胺聚合物钻井液具有良好的抑制性能,有利于在高造浆、高水敏和需要强抑制的地层使用,聚胺的加入不仅没有对原有聚合物钻井液流变性、滤失性等性能构成不良的影响,而且有利于改善聚合物钻井液的性能。

(2)聚胺聚合物钻井液具有较好的加重性能和抗污染性能,在使用聚胺的情况下,体系的加重性能较好,体系在受到海水、黏土和地层水污染的情况下,体系性能影响不大,显示了具有良好的抗污染能力。

参 考 文 献

- [1] PATEL A, STAMATAKIS E, YOUNG S, et al. Advances in inhibitive water-based drilling fluids—can they replace oil-based muds[C]//SPE International Symposium on Oilfield Chemistry Texas, Houston;SPE,2007.
- [2] AL-ANSARI A, YADAV K, ARAMCO S, et al. Diverse application of unique high performance water based mud technology in the Middle East [C]//SPE IADC Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition United Arab Emirates .Dubai;SPE,2005.
- [3] KLEIN A, ALDEA C, BRUTON J, et al. Field Verification; invert mud performance from water-based mud in gulf of Mexico Shelf[C]//SPE Annual Technical Conference and Exhibition Colorado .Denver;SPE,2003.
- [4] REYNOLDS D, POPPLESTONE A, HODDER M, et al. High-performance, water-based drilling fluid helps achieve early oil with lower capital expenditure [C]//Off-shore Europe Aberdeen .Aberdeen;SPE,2005.
- [5] VRIELINK H, BRADFORD J, BASARAB L, et al. Successful application of casing-while-drilling technology in a Canadian arctic permafrost application [C]// IADC/SPE Drilling Conference .Florida, Orlando;SPE,2008.

(收稿日期 2008-10-19 编辑 钟水清)