

新型纳米乳液润滑剂 NMR 的研制^{*}

王越之¹ 罗春芝² 刘霞¹ 汪丽君¹

(1. 油气钻采工程湖北省重点实验室·长江大学 2. 长江大学化学与环境工程学院)

王越之等. 新型纳米乳液润滑剂 NMR 的研制. 天然气工业, 2008, 28(12): 48-50.

摘要 针对常用的油类润滑剂环境污染和水基润滑剂时效性差等问题, 研制出一种水包油型纳米乳液润滑剂 NMR。评价其各项性能指标结果为: 润滑剂密度为 0.94 g/cm^3 , 表观黏度为 $15.5 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, 放置 40 d 不分层。在膨润土基浆中加量为 1% 时, 润滑系数降低率为 85%; 在常用的聚合物钻井液和磺化钻井液中加量为 1% 时, 润滑系数降低率为 78% 以上, 且对钻井液流变性无影响, 略有降滤失作用; $160 \text{ }^\circ\text{C}$ 下热滚动 40 h 后钻井液润滑性略有下降; NaCl 加量增加, 润滑性提高。

关键词 水平井 水基钻井液 润滑剂 纳米乳液 井身质量

常用的液体润滑剂分为油基和水基润滑剂。水基润滑剂环保性好; 因其具有很强的吸附基团, 易被钻屑和井壁黏土颗粒吸附, 但需要随时补充, 用量大, 成本较高; 油基润滑剂短时间内作用效果明显, 但时效性差, 需随时补加, 用量大, 而且环保性、安全性差, 综合成本也较高。纳米乳液润滑剂^[1-5] 是近两年来发展起来的一种润滑剂, 不仅润滑性好, 而且环保性也好, 只是成本较高, 现场只用于水平井钻井。因此, 有必要研制一种成本适中, 能广泛推广应用的纳米乳液润滑剂。纳米乳液不仅具有很强的井壁稳定能力, 而且还具有较高润滑和油气层保护性能。纳米乳液润滑剂与普通乳液润滑剂相比, 颗粒尺寸较小, 比表面积较大, 这样就大大增加了与井壁吸附反应的机会和程度。由于纳米处理剂呈正电性, 它在井壁上的吸附能降低井壁的负电性, 能部分阻止水化极强的金属阳离子靠近井壁, 这样乳液滴更易在井壁上吸附, 使井壁翻转为亲油表面。同理, 由于钻柱表面也是亲水性的(因有氧化膜), 它也可以吸附表面活性剂后翻转为亲油表面。这样就使油相在钻柱和井壁表面形成油膜, 强化了油滴的润滑作用。

一、乳化剂的优选

乳液润滑剂性能的好坏与乳液的稳定性有很大的关系。乳液本身是一种热力学不稳定体系。乳液的稳定性不仅与被乳化物质有关, 而且与乳化剂的

类型、结构、温度及介质等有关。室内主要根据 HLB 值法选择乳化剂。通过大量的实验优选工作, 优选出的乳化剂是 Span-85 和 Tween-80。这两种乳化剂具有很好的协同效应, 它们不仅共同吸附在水包油的液膜界面, 而且相互作用, 形成双呈分子膜, 使这种纳米乳液润滑剂具有很好的稳定性^[1-4]。

二、纳米乳液润滑剂的研制及优选

室内选择石蜡、含有耐磨元素 S 和 P 的表面活性剂、纳米材料及优选出的乳化剂 Span-85 和 Tween-80, 设计并配制了 20 组纳米乳液配方, 在 $85 \text{ }^\circ\text{C}$ 下配制成乳液, 测定其表观黏度、密度; 测定其在膨润土基浆中加量为 1% ~ 3% 时对基浆流变性、滤失性及润滑性的影响。放置不同时间, 观察其是否稳定。最后优选出纳米乳液润滑剂的配方为: 65% 活性水 + 25% 石蜡 + 3% Span-85 + 5% Tween-80 + 2% 纳米材料。其中活性水中含有 1% 硫和 1% 磷表面活性剂^[5-6]。

三、纳米乳液润滑剂的性能评价

1. 物理性质

用肉眼观察, 纳米乳液润滑剂外观呈乳白色的黏稠液体, 表观黏度为 $15.5 \text{ mPa} \cdot \text{s}$; 用液体密度计测定其密度为 0.94 g/cm^3 ; 放置 40 h 不分层, 稳定性好。

^{*} 本文为中国石油化工集团公司油气勘探工程先导计划项目“松滋油田低压低孔渗储层保护超低渗完井液技术”的研究成果。

作者简介: 王越之, 1964 年生, 教授, 博士; 1985 年毕业于原江汉石油学院钻井工程专业; 从事钻井工程的教学与科研工作。地址: (434023) 湖北省荆州市南环路 1 号。电话: (0716) 8060457, 13908611479。E-mail: yzwang@ yangtzeu .edu .cn

2.对钻井液性能影响

室内选择膨润土浆、现场常用的聚合物钻井液和磺化钻井液,评价了研制的纳米乳液润滑剂 NMR 对它们流变性、润滑性的影响。实验结果见表 1。

从表 1 中可以看出,随着 NMR 加量的增加,钻井液黏度、切力略有上升,滤失量略有下降,润滑系数下降明显。加量为 1% 时,膨润土基浆润滑系数降低率为 85%;聚合物钻井液为 75.9%;磺化钻井液为 74.2%。加量为 3% 时,润滑系数降低不显著。表明 NMR 在钻井液中的最佳加量为 1%~2%。

3.热稳定性

在膨润土基浆、聚合物和磺化钻井液中分别加入 1% NMR,在不同温度下滚动 12 h 后测定其流变性、滤失量及润滑性。结果见表 2。

从表 2 中可以看出,聚合物和磺化钻井液中加入 1% NMR 后,随温度升高,黏度、切力略有下降,滤失量略有上升,润滑系数变化很小。膨润土基浆中加入 1% NMR 后,随温度升高,黏度、切力略有上升,滤失量略有上升,润滑系数变化也很小。表明 NMR 润滑作用随温度的变化小,抗温性好。

4.润滑持效性

用 E-P 极压润滑仪分别测定了膨润土基浆、聚合物和磺化钻井液中加入 1% NMR 前后,不同极压摩擦时间的润滑系数。实验结果见表 3。

从表 3 中可以看出,加有 1% NMR 的膨润土基浆、聚合物、磺化钻井液随着极压摩擦时间的增加,极压润滑系数均有所降低,滑块不发热;未加 NMR 的钻井液随时间的增加,润滑系数不断上升,滑块发

表 1 纳米乳液润滑剂对钻井液性能的影响表

钻井液体系	AV (mPa·s)	PV (mPa·s)	YP (Pa)	YP/PV (10 ⁻³ s ⁻¹)	FL (mL)	K _r	ΔK _r (%)
聚合物	27.0	18.0	9.0	0.50	3.7	0.290	—
聚合物+1% NMR	27.0	18.0	9.0	0.50	3.5	0.070	75.9
聚合物+2% NMR	28.0	19.0	9.0	0.47	3.3	0.050	82.8
聚合物+3% NMR	31.0	21.0	10.0	0.48	3.0	0.045	84.5
磺化	32.0	22.0	10.0	0.45	3.9	0.310	—
磺化+1% NMR	32.0	22.0	10.0	0.45	3.8	0.080	74.2
磺化+2% NMR	34.0	23.0	11.0	0.48	3.5	0.060	80.6
磺化+3% NMR	36.0	24.0	12.0	0.50	3.3	0.055	82.3
膨润土浆	9.0	6.5	2.5	0.38	14.2	0.400	—
膨润土浆 1% NMR	9.0	6.5	2.5	0.38	11.3	0.060	85.0
膨润土浆 2% NMR	10.5	7.5	3.0	0.40	10.7	0.050	87.5
膨润土浆 3% NMR	12.5	9.0	3.5	0.39	10.1	0.045	88.8

注:AV 为表观黏度;PV 为塑性黏度;YP 为动力应力;YP/PV 为动塑比;FL 为失水量;K_r 为稠度系数。下同。

表 2 纳米乳液润滑剂 NMR 的热稳定性表

钻井液体系	温度 (°C)	AV (mPa·s)	PV (mPa·s)	YP (Pa)	YP/PV (10 ⁻³ s ⁻¹)	FL (mL)	K _r
聚合物+1% NMR	28	27.0	18.0	9.0	0.50	3.7	0.070
	100	25.0	17.0	8.0	0.47	3.7	0.070
	130	23.0	15.0	8.0	0.53	3.9	0.075
	150	19.0	13.0	6.0	0.46	4.2	0.080
磺化+1% NMR	28	32.0	22.0	10.0	0.45	3.9	0.080
	100	32.0	22.0	10.0	0.45	3.8	0.080
	130	30.0	22.0	8.0	0.36	4.1	0.085
	150	25.0	18.0	7.0	0.39	4.4	0.090
膨润土浆+1% NMR	28	9.0	6.5	2.5	0.38	14.2	0.060
	100	11.0	7.0	4.0	0.57	14.3	0.060
	130	12.0	8.0	4.0	0.50	14.5	0.065
	150	14.0	9.0	5.0	0.56	14.6	0.065

表3 钻井液极压摩擦不同时间时润滑系数表

钻井液体系	极压摩擦不同时间(min)时润滑系数						备注
	5	10	15	20	25	30	
聚合物	0.290	0.295	0.300	0.310	0.315	0.315	滑块发热
聚合物+1% NMR	0.075	0.070	0.065	0.065	0.065	0.065	滑块不发热
磺化	0.310	0.310	0.315	0.320	0.330	0.340	滑块发热
磺化+1% NMR	0.085	0.080	0.080	0.075	0.075	0.075	滑块不发热
膨润土基浆	0.400	0.400	0.410	0.420	0.430	0.430	滑块发热
膨润土基浆+1% NMR	0.065	0.060	0.060	0.060	0.055	0.055	滑块不发热

热。表明 NMR 在金属表面吸附所形成的极压润滑膜强度高,耐磨持效性好。

5. 抑制性

用滚动回收率法评价 3、4 中钻井液的钻屑滚动回收率。实验结果见表 4。

表4 钻井液滚动回收率表

钻井液体系	钻屑回收率 (%)	钻屑回收率提高 (%)	备注
聚合物	71.5		钻屑不易清洗、较软
聚合物+1% NMR	80.8	9.3	钻屑易清洗、变硬
磺化	69.2		钻屑不易清洗、较软
磺化+1% NMR	78.6	9.4	钻屑易清洗、变硬
膨润土基浆	45.9		钻屑不易清洗、很软
膨润土基浆+1% NMR	60.2	14.3	钻屑易清洗、变硬

从表 4 中可以看出,钻井液中不加 NMR 润滑剂时,回收的钻屑均变软,且不易清洗过滤;钻井液中加有 1% NMR 润滑剂时,钻屑回收率提高 9% 以上,钻屑均变硬,易清洗回收。表明 NMR 不仅有很好的润滑性,而且能提高钻井液的抑制性。

四、结 论

(1) 纳米乳液润滑剂 NMR 是一种含有 S、P 活性元素和纳米材料的水包油型的乳状液润滑剂,能在金属、井壁表面吸附形成无机、有机、聚合物多层复合膜,将金属与金属之间的摩擦转化为金属与复合膜间的摩擦。

(2) 纳米乳液润滑剂 NMR 在膨润土基浆、聚合物和磺化钻井液中加量为 1% 时,对流变性无影响,略有降滤失作用,润滑系数降低率为 74% 以上。

(3) 纳米乳液润滑剂 NMR 加入到钻井液中,在不同温度下热滚 12 h 后,润滑系数变化很小,热稳定性好;极压摩擦时间增加时,润滑系数下降,滑块不发热,润滑持效性好。

(4) 纳米乳液润滑剂 NMR 加入到钻井液中,钻屑滚动回收率提高 9% 以上,钻屑易清洗过滤,钻屑变硬,抑制性好。

参 考 文 献

- [1] 田永民,胡建国,蓝强.纳米防塌润滑剂钻井液体系在胜利油田孤北古 100 井的应用[J].钻井液与完井液,2005,22(6):41-44.
- [2] 王泽爱,陈国需,宗明,等.纳米微粒在润滑剂中的分散稳定性[J].润滑与密封,2005(6):167-169.
- [3] 崔迎春,郭保雨,苏长明.NMR 钻井液体系现场应用研究[J].钻井液与完井液,2006,23(2):40-43.
- [4] 司贤群,吕振华.SLNR 纳米乳液在高难度浅层大位移水平井的应用[J].钻井液与完井液,2006,23(3):74-76.
- [5] KNOX D, JIANG P, M-I SWACO. Drilling further with water-based fluids-selecting the right lubricant [J].SPE 92002,2005.
- [6] FOXENBERG W E, ALI S A, LONG T P, et al. Field experience shows that new lubricant reduces friction and improves formation compatibility and environmental impact[J].SPE 112483,2007.

(收稿日期 2008-10-19 编辑 钟水清)