

[引著格式] 张颖, 余维初, 吴军, 等. 滑溜水压裂液体系中减阻剂的优选 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (9+10): 53~55.

滑溜水压裂液体系中减阻剂的优选

张颖 (长江大学化学与环境工程学院, 湖北 荆州 434023)

余维初 (长江大学化学与环境工程学院, 湖北 荆州 434023)
(非常规油气湖北省协同创新中心, 湖北 武汉 430100)

吴军, 胡传炯 (非常规油气湖北省协同创新中心, 湖北 武汉 430100)

丁飞 (长江大学化学与环境工程学院, 湖北 荆州 434023)

银伟 (中原石油工程井下特种作业公司, 河南 濮阳 457001)

[摘要] 滑溜水压裂液体系是针对页岩气开发而发展起来的一种新型压裂液体系, 其中的最核心助剂是减阻剂, 它可以有效地降低施工过程中的摩阻, 提高压裂效率与页岩气井产能, 降低储层改造的生产成本。针对目前页岩气井现场压裂施工工艺要求, 对减阻剂分散性能、减阻性能、返排液重复利用性能、生物毒性等性能进行评价, 优选出 JHFR-2 纳米复合液体减阻剂。该减阻剂具有黏度低、高效速溶、适用于返排液、无生物毒性、可以实现自动化泵入、降低工人的劳动强度、节约生产成本的优点。

[关键词] 滑溜水; 减阻剂; 高效速溶; 返排水; 无毒

[中图分类号] TE357.12 [文献标志码] A [文章编号] 1000-9752 (2015) 09+10-0053-03

页岩储层具有低孔、低渗的特点, 其储量丰度低, 开采难度大, 一般无自然工业产量。为了实现页岩气的高效开发, 主要核心技术就是水平井钻井技术与水平井分段压裂技术。水力压裂是通过在地层产生诱导应力, 改变原始地应力的分布, 最终形成网状裂缝, 从而提高产能。水力压裂的关键是选用合适的压裂液, 页岩气开发多选用滑溜水压裂液体系^[1~3]。减阻剂是滑溜水压裂液体系中的最核心的组成部分, 它的性能尤为重要, 但目前国内使用的减阻剂在应用过程中存在着诸多问题, 如溶解困难, 生物毒性强, 抗盐、抗钙性能低, 在返排液中减阻性能差等^[4]。笔者优选出了 JHFR-2 纳米复合液体减阻剂, 其不仅具有高效速溶、自动化在线加入、无生物毒性、保护环境的优点, 还能大幅度降低页岩气开采成本。

1 试验设备与试剂

1) 试验设备 六速旋转黏度计; 减阻仪; 生物毒性测试仪; 微量取样器; 定量加液瓶; 样品测试管; 搅拌器。

2) 试验试剂 1[#]油基减阻剂; 2[#]粉末减阻剂; JHFR-2 纳米复合液体减阻剂; 发光菌冻干粉。

2 评价试验方法

1) 分散性能 减阻剂的溶解速率可以通过其在溶剂中的分散时间来表征^[5]。分散时间是指减阻剂聚合物完全溶解并且聚合物分子完全展开达到理论黏度所需的时间。分别用清水和压裂液返排液进行测

[收稿日期] 2015-02-20

[基金项目] 国家自然科学基金项目 (51274048)。

[作者简介] 张颖 (1991-), 女, 硕士生, 现主要从事油气井工程应用化学方面的研究和学习; 通信作者: 余维初, yuweichu@126.com。

试,通过测定每种减阻剂在一定浓度下达到稳定黏度的时间来确定其相应的分散时间。

2) 减阻性能 利用剪切速率相似原理,模拟现场压裂施工中压裂液在油管的工作状态,通过计算减阻率来评价减阻剂的降阻性能^[6]。

3) 生物毒性 选用明亮发光杆菌为试验菌种。该菌种具有发光能力,光的峰值在490nm左右^[7~9]。加入毒性物质后,处于活性期的发光杆菌就会受到抑制甚至死亡,发光强度便下降甚至为零。因此利用灵敏的光度计测定减阻剂溶液对发光杆菌发光能力的影响,即可测定出其生物毒性的大小。

3 试验结果与分析

3.1 分散性能评价

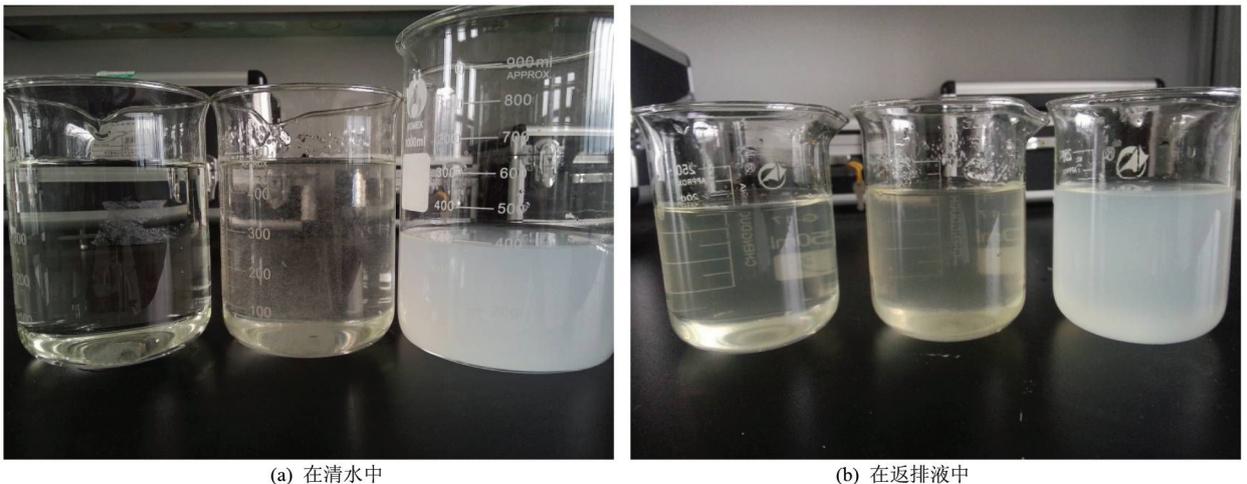
根据页岩气大型压裂施工工艺要求,滑溜水压裂液减阻剂分散溶解速度越快越好,滑溜水一般在3min之内就到达井底,若减阻剂在30s内完全溶解可以大幅度降低压裂管汇沿程阻力损失。试验结果如表1所示,JHFR-2纳米复合液体减阻剂在清水和返排液中的分散时间都在30s以内。图1为3种减阻剂在清水和返排液中的溶解图,可以观察到JHFR-2纳米复合液体减阻剂溶液呈无色透明状;2#粉末减阻剂溶液中有很多分散的小颗粒;1#油基减阻剂的溶液有些浑浊,且放置一段时间以后,上层会出现一层白色漂浮物。因此,JHFR-2纳米复合液体减阻剂的分散时间明显优于1#油基减阻剂和2#粉末减阻剂。

3.2 减阻性能评价

试验结果如表2所示,可以看出在不同流量和剪切速率的情况下,在清水中3种减阻剂的减阻效果相当,在返排液中1#油基减阻剂和2#粉末减阻剂的减阻效果均显著下降,而JHFR-2纳米复合液体减阻剂的减阻效果几乎不变。这是因为返排液具有较高的矿化度,1#油基减阻剂和2#粉末减阻剂的抗盐、抗钙性能差;而JHFR-2纳米复合液体减阻剂不仅在清水中具有良好的效果,而且在返排液中也具有良好的减阻效果。JHFR-2的推广应用有助于返排液的回收利用与环境保护,经济效益明显。

表1 3种减阻剂在清水、返排液中的分散时间

减阻剂	分散时间/s	
	清水	返排液
1#油基减阻剂	93	147
2#粉末减阻剂	121	153
JHFR-2纳米复合液体减阻剂	24	30



(a) 在清水中

(b) 在返排液中

注:从左到右依次为JHFR-2纳米复合液体减阻剂、2#粉末减阻剂、1#油基减阻剂。

图1 3种减阻剂的溶解图

表 2 3 种减阻剂在清水和返排液中的减阻率

流速 / (m · s ⁻¹)	剪切速率 /s ⁻¹	1 [#] 油基减阻剂的减阻率/%		2 [#] 粉末减阻剂的减阻率/%		JHFR-2 纳米复合液体减阻剂的减阻率/%	
		清水	返排水	清水	返排水	清水	返排水
2	1697	63	41	64	32	59	57
3	2546	66	45	65	36	64	62
4	3395	68	47	69	38	67	66
5	4244	70	49	70	43	69	69
6	5092	73	51	72	44	71	71

3.3 生物毒性评价

根据 SY/T 6788—2010 标准^[10]，选择生物毒性指标——半最大效应浓度 (EC₅₀) 来测试减阻剂的生物毒性，试验结果如表 3 所示。JHFR-2 纳米复合液体减阻剂无毒，对于环境保护具有重要意义。

表 3 3 种减阻剂的生物毒性

减阻剂	EC ₅₀ / (mg · L ⁻¹)	毒性等级
1 [#] 油基减阻剂	1129	微毒
2 [#] 粉末减阻剂	63.27	中毒
清水	1.0 × 10 ⁶	无毒
JHFR-2 纳米复合液体减阻剂	1.89 × 10 ⁶	无毒

4 结论

1) JHFR-2 纳米复合液体减阻剂具有黏度低、可以实现自动化泵入、降低工人的劳动强度、节约生产成本的优点。

2) JHFR-2 纳米复合液体减阻剂的溶解速率快，满足注配及施工工艺要求，减少预配水罐的使用，减少压裂现场井场面积，有利于我国地形复杂的页岩气区块的开发，降低生产成本。

3) JHFR-2 纳米复合液体减阻剂在返排液中仍然具有良好的减阻效果，有利于节约水资源，降低页岩气开采成本。

4) JHFR-2 纳米复合液体减阻剂无毒，对于环境保护具有重要意义。

[参考文献]

- [1] 唐颖, 唐玄, 王广源, 等. 页岩气开发水力压裂技术综述 [J]. 地质通报, 2011, 30 (3): 393~399.
- [2] Schein G. The Application and technology of slick water fracturing [J]. SPE108807, 2005.
- [3] Aften C W, Watson W P. Improved friction reducer for hydraulic fracturing [J]. SPE118747, 2009.
- [4] Sun H, Stevens R F, Cutler J L. A novel no damaging friction reducer: development and successful slick water frac applications [J]. SPE136807, 2010.
- [5] 蒋官澄, 徐伟星, 黎凌, 等. 减阻水压裂液体体系添加剂的优选 [J]. 钻井液与完井液, 2013, 20 (2): 69~72.
- [6] 税碧垣, 刘兵, 李国平, 等. 减阻剂的模拟环道评价 [J]. 油气储运, 2001, 20 (3): 45~47.
- [7] Hong S, Benjamin W, Dick S. A novel nondamaging friction reducer for slickwater frac application [J]. SPE139408, 2011.
- [8] Rimassa M S, Howard R P, Arnold O M, et al. Are you buying too much friction reducer because of your biocide? [J]. SPE119569, 2009.
- [9] 方站强, 陈中豪, 胡勇有, 等. 发光细菌法在水质监测中的应用 [J]. 重庆环境科学, 2003, 25 (2): 56~58.
- [10] SY/T 6788—2010. 水性油田化学剂环境保护评价方法 [S].

[编辑] 帅群