

压裂返排液中悬浮物去除的室内研究^{*}

杨博丽 徐迎新 张冕

(中国石油川庆钻探工程有限公司长庆井下技术作业公司)

摘 要 文章以低浓度胍胶滑溜水+胍胶混合压裂返排液、EM30 降阻剂滑溜水+胍胶混合压裂返排液、高携砂滑溜水 EM30S 压裂返排液为研究对象,通过 100~10 μm 滤筒、20~1 μm 滤膜物理过滤的室内实验研究,优选了各级过滤的滤筒精度,研究了不同类型的压裂返排液的悬浮物去除效果。结果表明:压裂返排液本身悬浮物含量越小,过滤效果越明显,为压裂返排液过滤装置的设计和现场实施提供了实验基础。

关键词 压裂返排液; 悬浮物; 过滤法

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2015.04.010

文章编号:1005-3158(2015)04-0031-03

0 引 言

水力压裂是油气藏改造增产的重要手段之一,在压裂施工作业结束后,部分压裂返排液将从地层中返排回地面,成为压裂返排液。通常情况下,压裂返排液的量大约占压裂返排液用量的 50%~70%。

随着近年来丛式井规模的扩大,致密油气、页岩气的开发,压裂规模逐渐增大,伴随而来的是压裂返排液的数量增大。压裂返排液成分复杂、污染物种类繁多,因此直接排放对地表、大气等造成污染^[1]。通常情况下压裂返排液的处理目标有两种:回收再利用和达标排放。回收再利用压裂返排液,若悬浮物含量偏高,则会堵塞地层孔隙通道,降低油层导流能力,影响油气井产量。返排液处理后重复利用需通过物理分离、化学沉淀、过滤等方式去除返排液中的悬浮固体、杂质,使其水质满足配液水质要求^[2]。若直接排放,则对周边土壤、植被、地表水和地下水产生严重影响。

返排液去除悬浮物的方法常用的有絮凝沉降法、吸附法、过滤法等。絮凝沉降法是通过投加絮凝剂使胶体粒子脱稳、相互碰撞、聚结产生易与水分离的较大絮凝体,通过絮凝沉降作用,去除废水中的微小悬浮物和胶体杂质等^[3],但药剂用量大、易造成二次污染等。吸附法是将开发废液通过多孔介质的粉末或颗粒组成的滤床,使污染物被吸附在介质表面而被去除的方法。但具有吸附剂成本高、吸附剂再生能力差等缺点^[4]。过滤法是去除污水中悬浮物,特别是去除低悬浊度中微小颗粒的一种有效操作,在油田废液处

理中应用广泛。

文章以长庆油田某油井的压裂返排液为研究对象,开展压裂返排液精细过滤实验,寻求以物理方法降低压裂返排液中悬浮物含量的可行性及有效性。

1 悬浮物的形成机理

压裂返排液成分与压裂返排液配方、地层水水质密切相关,配方中主要包括稠化剂、黏土稳定剂、破乳剂、破胶剂、交联剂、起泡剂、pH 值调节剂、杀菌剂等多种成分^[5]。返排液所含的污染物成分复杂,包括植物胶、甲醛、水溶性高分子聚合物、固体悬浮物(包括黏土颗粒、压裂砂、地层微粒、破胶残渣等)、原油、溶解性有机物(泥浆处理剂、破乳剂等)、微生物、无机盐、无机酸等^[6]。

2 水质情况

油田压裂使用的压裂返排液品种繁多,本实验以现场取样低浓度胍胶滑溜水+胍胶混合压裂返排液、EM30 降阻剂滑溜水+胍胶混合压裂返排液、高携砂滑溜水 EM30S 压裂返排液为研究对象。

低浓度胍胶滑溜水+胍胶混合压裂返排液为浅黄色浑浊液体,悬浮物含量 320 mg/L, pH 值 6,黏度 0.96 mPa·s。

EM30 降阻剂滑溜水+胍胶混合压裂返排液为黄褐色浑浊液体,悬浮物含量 891mg/L, pH 值 7,黏度 1.27 mPa·s,浊度 875 NTU。

高携砂滑溜水 EM30S 压裂返排液为棕黄色浑浊液体,悬浮物含量 997 mg/L, pH 值 7,黏度 1.26 mPa·s,

^{*} 基金项目:中国石油集团公司 2014 年工程技术统筹项目——压裂返排液处理与再利用技术研究与应用。

杨博丽,2003 年毕业于中国地质大学(北京)石油工程专业,现在中国石油川庆钻探工程有限公司长庆井下技术作业公司从事油气田开发技术研究工作。通信地址:陕西省西安市未央区长庆兴隆园小区长庆大厦,710018

浊度 621 NTU。

3 实验装置与方法

过滤精度 100,50,40,30,20 μm 的小型不锈钢过滤筒、正压过滤器、实验室用真空抽滤装置、便携式悬浮物测量仪(美国 Myratek)。

分别取压裂返排液经过小型不锈钢滤筒 100,50,40 μm 单级过滤,再取压裂返排液经过 100-30 μm ,100-20 μm 两级过滤,测量其悬浮物含量变化,采用 SY/T 5329—2012《碎屑岩油藏注水水质指

标及分析方法》中的重量法测量;取压裂返排液经过 20 μm 小型不锈钢滤筒过滤,再采用正压过滤器,依次经过 10,5,3 μm 聚四氟乙烯滤膜过滤,测量其悬浮物含量变化,采用便携式悬浮物测量仪测量。

4 实验结果与讨论

4.1 100~10 μm 不锈钢滤筒过滤后悬浮物含量变化情况

低浓度胍胶滑溜水+胍胶混合压裂返排液过滤后悬浮物含量变化情况见表 1。

表 1 低浓度胍胶滑溜水+胍胶压裂返排液过滤后悬浮物含量变化情况

过滤精度	样品 1				样品 2			
	悬浮物含量/(mg/L)	悬浮物含量下降率/%	黏度/(mPa·s)	浊度/NTU	悬浮物含量/(mg/L)	悬浮物含量下降率/%	黏度/(mPa·s)	浊度/NTU
未过滤	320	/	0.96	/	535	/	/	875
100 μm	213	33.4	0.97	/	523	2.2	1.27	856
50 μm	230	28.1	0.96	/	489	8.6	1.35	827
40 μm	220	31.2	0.96	/	449	16.1	1.12	801
100-30 μm 两级过滤	160	50	0.96	/	423*	20.9	1.18	792
100-20 μm 两级过滤	120	62.5	0.96	/	420*	21.5	1.27	789
10 μm	/	/	/	/	309	42.2	1.27	772

*注:样品 2 在 30,20 μm 均为单级过滤。

由表 1 可看出,同一种类型的压裂返排液,因取样时间、地点不同,悬浮物含量差别较大,经过 100~10 μm 不同精度的不锈钢滤筒过滤后,压裂返排液中的悬浮物含量有不同程度的降低,黏度无明显变化,浊度对应悬浮物含量变化。样品 1 经过 100 μm 过滤后,悬浮物含量下降率达 33.4%,这跟其通过 50,40 μm 过滤后的下降程度相当。经过 100-30 μm ,100-20 μm 两级过滤后,悬浮物含量下降更明显,最高达到 62.5%。样品 2 经过 100,50 μm 过滤后悬浮物含量变化不大,经过 10 μm 过滤后,才有明显的下降,达到 42.2%。

EM30S 压裂返排液、稠化水压裂返排液过滤后悬浮物含量变化情况分别见表 2、表 3。

由表 2、表 3 可看出,EM30S 压裂返排液过滤后,悬浮物含量有不同程度的下降,黏度无明显变化,浊度对应悬浮物含量变化。经过 100,50,40 μm 过滤后,悬浮物含量下降程度相当,基本都在 30%左右,经过 20,10 μm 过滤后,悬浮物含量下降高达 48.7%。稠化水压裂返排液样品本身悬浮物含量较低,所以过滤效果比较明显,100 μm 过滤后悬浮物含量下降率达到 57.0%,10 μm 过滤后悬浮物含量下降率高达 83.4%。

通过以上实验结果可以总结出:压裂返排液过滤效果取决于压裂返排液类型,也取决于压裂返排液本

表 2 EM30S 压裂返排液过滤后悬浮物含量变化情况

过滤精度	样品 3 悬浮物含量/(mg/L)	悬浮物含量下降率/%	黏度/(mPa·s)	浊度/NTU
未过滤	997	/	1.27	688
100 μm	657	34.1	1.26	681
50 μm	692	30.6	1.21	675
40 μm	677	32.1	1.19	674
30 μm	/	/	/	/
20 μm	570	42.8	1.21	690
10 μm	511	48.7	1.19	619

表 3 稠化水压裂返排液过滤后悬浮物含量变化情况

过滤精度	样品 4 悬浮物含量/(mg/L)	悬浮物含量下降率/%	黏度/(mPa·s)	浊度/NTU
未过滤样品	284	/	/	463
100 μm	122	57.0	0.98	103
50 μm	/	/	/	/
40 μm	/	/	/	/
30 μm	83	70.8	1.01	131
20 μm	65	77.1	1.04	129
10 μm	47	83.4	1.01	123

身悬浮物含量的高低,含量越小,过滤后悬浮物含量下降率越大,效果越明显。过滤后黏度无明显变化,浊度基本对应悬浮物含量变化。样品经过 100,50,

40 μm 过滤后,悬浮物含量有一定程度的下降,下降幅度比较接近,经过 30,20,10 μm 过滤后,悬浮物含量有较明显下降,以 10 μm 过滤后较为明显。

4.2 20~1 μm 滤膜过滤后悬浮物含量变化情况

EM30 降阻剂滑溜水+胍胶混合压裂返排液过滤后悬浮物含量变化情况见表 4。

表 4 EM30 降阻剂滑溜水+胍胶压裂返排液过滤后悬浮物含量变化情况

过滤精度	样品 5			样品 6			样品 7		
	悬浮物 含量/(mg/L)	pH 值	黏度/ (mPa·s)	悬浮物 含量/(mg/L)	pH 值	黏度/ (mPa·s)	悬浮物 含量/(mg/L)	pH 值	黏度/ (mPa·s)
未过滤	1 430			1 590			730		
20 μm	1 340			1 550			606		
10 μm	88	6	1.045	745	6	1.018	122	6	1.026
5 μm	62			477			67		
3 μm	8			63			11		
1 μm	2			2			2		

注:样品 5、样品 6 返排液不同程度携带原油,人工简单除油,样品 6 除油效果较差,数据有异常,但悬浮物整体下降趋势同其它样品。

通过实验发现,样品 5 返排液原液呈浅黄色混浊液体,且表面覆盖有一层原油,经过简单吸除原油及 20 μm 不锈钢滤筒过滤后,颜色逐渐变为棕黄色,浊度降低,经过 10,5 μm 滤膜过滤后,颜色变化不明显,但浊度降低明显。再经过 3,1 μm 滤膜过滤后,返排液变得清亮、透明,呈现浅黄色。

对于实验中使用的 EM30 降阻剂滑溜水+胍胶压裂返排液样品(部分含原油),悬浮物含量高达 1 590 mg/L,经过 20 μm 不锈钢滤筒过滤后悬浮物下降并不明显,下降率在 2.5%~16.9%,依次经过 10 μm 的滤膜时悬浮物浓度下降非常明显,下降率在 53.1%~93.8%。再依次经过 5,3 μm 的滤膜,最终悬浮物下降率高达 96.0%~99.4%。由于样品悬浮物含量较高,经过各级滤膜时均有不同程度的堵塞,以 10 μm 滤膜最为明显。经过 3 μm 的过滤后,悬浮物含量基本可以控制在 50 mg/L 左右。

5 结 论

对于可回收利用的压裂返排液体系,采用物理过滤方法,不破坏和增加压裂返排液化学成分,将有利于压裂返排液回收再利用。根据压裂返排液悬浮物含量高、成分复杂等特点^[4],在精细过滤之前一定要做好沉砂、除油等处理,以降低悬浮物总含量,降低后续过滤的压力。

压裂返排液过滤效果取决于压裂返排液类型,也取决于压裂返排液本身悬浮物含量的高低,含量越小,过滤效果越明显。过滤后黏度无明显变化,浊度基本对应悬浮物含量变化。

对于实验中使用的 EM30 降阻剂滑溜水+胍胶混合压裂返排液经过 10 μm 的滤膜时悬浮物下降效

果非常明显,下降率在 53.1%~93.8%。再依次经过 5,3 μm 的滤膜,最终悬浮物下降率高达 96.0%~99.4%。由于样品悬浮物含量较高,经过各级滤膜时均有不同程度的堵塞,以 10 μm 滤膜最为明显。经过 3 μm 的过滤后,悬浮物含量基本可以控制在 50 mg/L 左右。

对于 10 μm 以上精度的不锈钢滤筒过滤,建议 100~40 μm 根据压裂返排液悬浮物含量情况任选其一,在 10 μm 滤筒过滤前,20,30 μm 根据情况任选其一作为保安过滤。对于 10 μm 以下的滤膜过滤,压裂返排液悬浮物含量不能太高,最好先经过 10 μm 不锈钢滤筒过滤后,再经过 10 μm 滤膜过滤,而且要考虑滤膜的冲洗,然后逐级经过 5,3,1 μm (精度间隔相当即可)滤膜过滤,以达到期望效果。

参 考 文 献

[1] 何飞,胡耀强,李辉.陆相页岩气井压裂返排液处理工艺[J].油田化学,2014,36(3):357-360.

[2] 刘友权,陈鹏飞,吴文刚,等.加砂压裂用滑溜水返排液重复利用技术[J].石油与天然气化工,2013,42(5):492-495.

[3] 陈明燕,吴冕,刘宇程.酸化和压裂废液处理技术研究进展[J].环境科学与技术,2010(增刊):166-170.

[4] 朱荣达,许剑,陈大彬.页岩气开发废液处理方法研究进展[J].化工管理,2013(8):63-65.

[5] 许剑,李文权.页岩气压裂返排液处理工艺试验研究.石油机械[J].2013,41(11):110-114.

[6] 卜有伟,郝以周,吴萌,等.红河油田压裂返排液回用技术研究[J].石油天然气学报,2014,36(6):139-142.

(收稿日期 2014-11-05)
(编辑 王蕊)