

Experimental Study on Indoor Simulation of Active Oil Water Blocking Technology

Xiaoyu Yang¹, Yang Li²

¹Northeast Petroleum University, Daqing Heilongjiang

²The Fifth Oil Production Operation of Huanxiling Oil Production Plant, Panjin Liaoning

Email: 623499812@qq.com, 2277010343@qq.com

Received: Jun. 14th, 2017; accepted: Jul. 2nd, 2017; published: Jul. 5th, 2017

Abstract

This paper briefly describes the mechanism of water shutoff of activated oil water shutoff technology, and whether the active water shutoff technology can achieve water blocking in the water channel and the ability to block water without blocking the oil, has indoor simulation experiments, including the plugging performance experiment and the parallel core water shutoff simulation experiment; the relevant experimental results and conclusions were taken.

Keywords

Active Crude Oil, Selective Water Shutoff, Blocking Rate

活性原油堵水技术室内模拟实验研究

杨晓雨¹, 李 杨²

¹东北石油大学, 黑龙江 大庆

²欢喜岭采油厂采油作业五区, 辽宁 盘锦

Email: 623499812@qq.com, 2277010343@qq.com

收稿日期: 2017年6月14日; 录用日期: 2017年7月2日; 发布日期: 2017年7月5日

摘 要

本文简要阐述了活性原油堵水技术的堵水机理, 并针对活性原油堵水技术是否能实现在水流通道对水进行封堵以及能否做到堵水而不堵油的选择性堵水进行了室内模拟实验研究, 包括封堵性能实验及并联岩心堵水模拟实验, 得到了相关的实验结果与结论。

关键词

活性原油, 选择性堵水, 封堵率

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

活性原油堵水是一种选择性很高, 对油层无损害, 技术、经济两方面效益都很高的油井堵水技术。经过多年深入细致的理论研究, 并在现场试验中不断改进, 该堵水技术趋于成熟, 既可用于稀油井, 也可用于稠油井, 已成为辽河油田锦州采油厂油井堵水的一种主要手段[1]。活性原油堵水又称活性稠油堵水、活化稠油堵水、稠化油堵水。注入油井的堵剂为加有适量油包水乳化剂的高粘度原油, 即活性原油。活性原油在高压下泵入油井地层, 进入水流通道堵水, 进入油流孔道的活性原油将溶于地层原油而从油井采出[2]。

2. 活性原油堵水机理

进入水流孔道的活性稠油与渗流的地层水或注入水混合而乳化, 形成油包水乳状液, 其粘度大幅度上升, 可通过以下各种机理产生堵水作用[3]:

- 1) 乳化后的活性原油被水流切割形成球状, 在水流孔道的孔喉部造成物理堵塞。
- 2) 活性原油在水流孔道壁吸附, 使壁面岩石由亲水转变为亲油, 且使孔道缩小, 阻碍水的流动。
- 3) 稠油中的表面活性组分使稠油在水中乳化而成为油滴, 在孔隙中产生贾敏效应, 使水的渗透率降低。

3. 封堵性能实验

活性原油堵水技术的第一步是要实现活性原油对水的封堵[4], 第二步是实现活性原油堵水不堵油的选择性。活性原油对水的封堵性能实验主要通过评价活性原油的封堵率、突破压力、阻力系数及残余阻力系数[5]。

3.1. 封堵率的测定

封堵率定义为堵剂封堵前后水相渗透率的差值与该岩心原始水相渗透率的比值, 是衡量堵剂改变岩心原始渗透率能力的参数指标。封堵率反映了岩心封堵后水相渗透率的降低程度[6] [7] [8]。

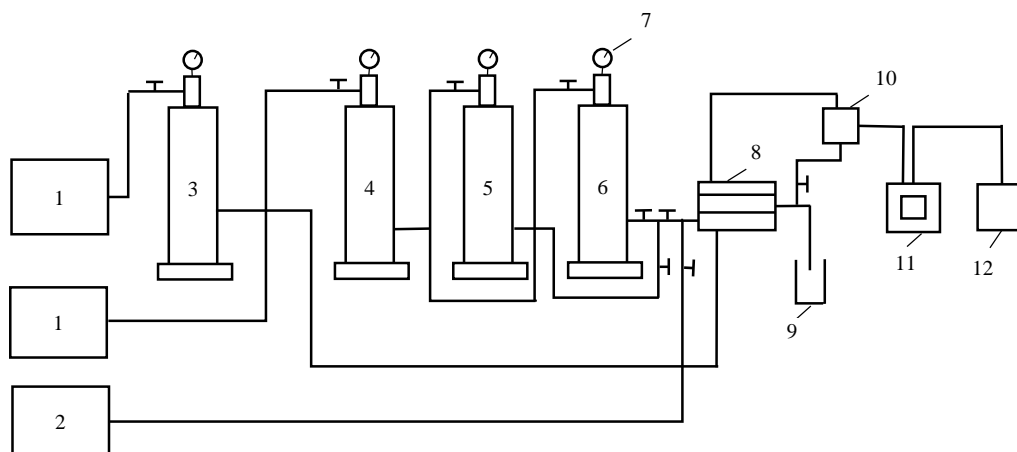
它的测量方法是按图 1 所示流程接好装置, 装好岩心。测定岩心堵前水相渗透率 k_1 后, 注入暂堵剂, 老化一段时间后测暂堵后的水相渗透率 k_2 , 并按式 1 计算暂堵剂的封堵率 E。

$$E = \frac{k_1 - k_2}{k_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中: E—堵塞率;

k_1 —岩心堵前水相渗透率, μm^2 ;

k_2 —岩心堵后水相渗透率, μm^2 。



1-高压平流泵; 2-高粘度泵; 3, 4, 5-中间容器; 7-压力表; 8-岩心模型; 9-流出物接收器; 10-压力传感器; 11-压力显示器; 12-压力记录仪

Figure 1. Core flooding process diagram
图 1. 岩心驱替流程示意图

3.2. 突破压力测定

堵剂在进入岩心发生交联反应后, 粘度增加, 造成岩石孔隙和吼道堵塞。突破压力表征的是多孔介质中水驱形成突破时的最大压力, 反应多孔介质中暂堵剂对水相流体的封堵能力, 可较好地反应堵剂的强弱, 其大小与多孔介质条件无关[9] [10]。

突破压力的测定方法是在注完堵剂老化完后, 取出岩心, 清除岩心端面、堵头以及所有管线、阀门中的凝块, 重新装好。但出口端只保留堵头, 不装阀门及附属管线, 使岩心室直接暴露于大气中。用滤纸吸去出口堵头孔中的液体, 以与测水相渗透率时相同的流动方向用水驱替岩心, 缓慢升压。直至出口堵头孔中流下第一滴液体且此后不断有液体流出为止。此时进口端压力表读数即为暂堵剂的突破压力, 突破压力除以岩心长度即为突破压力梯度值(MPa/m)。

3.3. 残余阻力系数测定

残余阻力系数体现封堵前后岩心渗透率的变化, 表征了堵剂降低多孔介质渗透率的能力, 是衡量堵剂对多孔介质封堵能力的重要指标, 表明堵剂在岩心中的滞留量, 为岩心封堵前后的渗透率比值。通常油相的残余阻力系数和水相中的值不同, 其差异的大小可表征堵剂选择性的好坏[5]。

残余阻力系数的测定方法是按照图 1 所示流程接好装置, 装好岩心。测定堵前水相的渗透率, 记为 k_1 , 然后注入暂堵剂, 老化一段时间之后再水测暂堵后的水相渗透率, 记为 k_2 , 并按照公式(2)计算残余阻力系数 F_{RR} 。

$$F_{RR} = \frac{K_{wb}}{K_{wa}} \quad (2)$$

K_{wb} ——注入堵剂前岩心初始水测渗透率, μm^2 ;

K_{wa} ——暂堵后岩心水测渗透率, μm^2 。

通过以上步骤选择合适的人造岩心进行实验, 下表 1 是实验所选用岩心基础数据:

利用所选出的岩心及上面介绍的实验方法进行了封堵性能实验, 同时与现场目前使用的活性原油堵水性能进行对比, 实验结果见表 2。

通过对单块岩心的封堵性能的评价可以发现, 乳化剂效果比较好, 封堵率比较高, 达到了 97% 以上, 并且对比高渗和低渗的岩心发现, 渗透率低的岩心封堵效果更好, 达到了 99% 以上; 低渗透率岩心的突破压力比高渗透的要高, 残余阻力系数也比低渗透的大。使用本课题研制出的乳化剂制备的活性原油在注入地层时, 能够很好的实现封堵高渗透水层的目的。

4. 选择性堵水实验

为了验证活性原油的选择性堵水效果, 采用并联岩心堵水模拟实验本组实验选用 2 种渗透率共 4 块人造岩心进行并联岩心堵水模拟实验(装置如图 2 所示), 即其遇水后会与水乳化形成高粘乳状液, 遇油会溶解, 实验方法如下:

- 1) 将 2 块岩心抽真空后饱和地层水, 然后测定其初始渗透率, 记为 k ;
- 2) 将其中 1 块岩心再利用驱替办法饱和原油;
- 3) 将上述 2 块岩心并联;
- 4) 正向注入 2 PV 的活性原油, 注入速度为 0.3 mL/min, 静止 4 h;
- 5) 进行后续水驱实验, 驱替过程中记录驱替压力即出液量。

根据以上实验步骤进行实验, 所得实验结果如下表 3 所示:

Table 1. Core data

表 1. 岩心基础数据

岩心编号	岩心长度, cm	孔隙体积, mL	渗透率, mD
007-177	9.88	10.08	247.83
007-178	9.91	10.10	241.48
651-1	10.01	14.25	856.35
651-2	9.92	13.68	849.56

Table 2. Experimental results data

表 2. 实验结果数据

岩心编号	堵前渗透率, mD	堵后渗透率, mD	封堵率, %	突破压力, MPa	残余阻力系数
007-177	247.8	5.15	97.92	0.51	48.12
007-178	241.48	5.09	97.89	0.43	47.44
651-1	856.35	6.91	99.19	0.25	123.9
651-2	849.56	7.88	99.07	0.28	107.8

Table 3. Experimental results data

表 3. 实验结果数据

岩心编号	长度, cm	孔隙体积, mL	渗透率, mD	饱和介质	压力, MPa
W-1	9.78	9.46	766.24	水	0.513
W-2	9.68	9.97	774.35	油	0.089
W-3	9.69	9.88	781.56	水	0.508
W-4	9.92	10.01	779.69	油	0.084



Figure 2. Parallel core device
图 2. 并联岩心装置

以上是对 4 块相同的岩心进行的驱替实验, 从实验数据可以发现, 水驱的岩心的驱替压差明显小于油驱的, 主要是由于再水驱的过程中, 水在岩心中流动遇到活性原油后发生乳化, 再前缘形成了高粘度的乳状液, 阻碍了水的流动, 所以压力会上升; 而在油驱的过程中, 活性原油遇见原油后溶于油中, 并在驱替压差下逐渐被驱出岩心, 以上实验很好的说明了所研制出的活性原油有很好的选择性。

5. 结论

通过岩心模拟实验可以看出, 活性原油的封堵效果理想, 注入过程及后续水驱过程的流动规律符合现场施工需要; 具有很好的选择性封堵能力, 可以对高渗透层实施有效封堵, 提高低渗透层的采油能力。

参考文献 (References)

- [1] 隋付东. 锦 16 块乳化稠油堵水技术研究[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 东北石油大学, 2014.
- [2] 张淑华. 乳化稠油堵水剂理化性质研究[J]. 内蒙古石油化工, 2008(13): 85-86.
- [3] 曲兆选, 王桂勋. 乳化稠油选择性堵剂的室内研究[J]. 石油钻探技术, 2003, 31(4): 56-58.
- [4] 王桂勋, 高国强, 柴德民, 张桂意. 乳化原油选择性堵水室内研究[J]. 精细石油化工进展, 2003(3): 49-52.
- [5] 高玉军, 马春宝, 傅奎仕, 白宝君, 韩明. 高选择性乳化稠油堵水技术[J]. 油田化学, 1997(3): 29-34.
- [6] 吴文明. 塔河碎屑岩油藏水平井乳状液堵水技术研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2013.
- [7] 张永刚, 葛际江, 李瑞冬, 王冲, 冯岸洲. 乳化稠油堵水技术在高温高盐油藏中的应用[J]. 精细石油化工进展, 2012, 13(6): 12-16.
- [8] 平会改. 乳化稠油堵水工艺的改进[J]. 内蒙古石油化工, 2009(17): 55-56.
- [9] 魏发林, 刘玉章, 唐孝芬, 李宜坤, 熊春明, 刘戈辉. 新型选择性堵水剂的研究与应用进展[J]. 油田化学, 2007, 24(1): 93-96.
- [10] 唐孝芬, 刘玉章, 刘戈辉. 配套暂堵实现强凝胶堵剂的选择性堵水实验研究[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(1): 102-104.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ojs@hanspub.org