

Experimental Study on Adaptability of Polymer Microsphere Reservoir

Shubin Shi

Sinopec Shengli Oilfield Branch Company, Dongying, Shandong, 257000, China

Abstract

The development of favorable water flow channels in Shengli ultra-high water cut reservoirs reduces the benefits of water drive development. Polymer microspheres can enter the deep formation with injected water, block the dominant channel of water flow, expand the sweep coefficient, and improve oil displacement efficiency. Laboratory experiments were conducted to study the reservoir adaptability of polymer microspheres. The results of indoor static evaluation experiments and nuclear magnetic resonance experiments indicate that there is a certain matching relationship between the pore size of polymer microspheres and porous media. Compared with porous media pore throats, polymer microspheres with excessively large particle sizes cannot achieve deep plugging, while polymer microspheres with excessively small particle sizes are prone to continue to migrate along the channel, affecting oil displacement efficiency. When the matching relationship between polymer microspheres and pore throats is good, polymer microspheres have good sealing ability. Compared with the other two types of polymer microspheres, polymer microspheres with smaller particle sizes can effectively initiate residual oil in small and medium-sized pores after water flooding, and have the greatest improvement in oil recovery rate, targeting the target reservoir conditions

keywords

polymer microsphere; liquids turning in deep; the adaptability of reservoirs; matching relationship with pore throat

聚合物微球油藏适应性实验研究

史树彬

中国石化胜利油田分公司, 中国 · 山东 东营 257000

摘 要

胜利油田特高含水油藏水流优势通道发育, 水驱开发效益降低。聚合物微球能够随注入水进入地层深部, 封堵水流优势通道, 扩大波及系数, 改善驱油效率。利用室内实验开展了聚合物微球的油藏适应性研究。结果表明, 聚合物微球的大小与多孔介质的孔喉具有一定的选择性匹配关系。当聚合物微球的粒径较大时无法进入到多孔介质深部实现封堵的作用, 而粒径过小的聚合物微球容易继续沿窜流通道运移, 影响驱油效率。当聚合物微球与孔喉匹配关系较好时聚合物微球具有良好的封堵能力。与其他两种聚合物微球相比, 粒径较小的1#聚合物微球能够有效启动水驱后中小孔隙剩余油, 其提高采收率幅度最大。

关键词

聚合物微球; 深部液流转向; 油藏适应性; 与孔喉匹配关系

1 引言

深部液流转向剂能够在油层深部有效的封堵出水通道, 改善地层深部的吸水剖面, 从而达到提高原油采收率的目的。目前国内外学者主要从阻力系数和残余阻力系数等方面研究深部液流转向剂封堵效果^[1]。微观尺度上从转向剂与多孔介质孔喉关系对转向剂提出“自适应”、“环境赋形”、“不进低渗透层”等要求。新型柔性转向剂不同于以往硬颗粒转向剂, 已有研究从喉粒径比、平均喉道长度等方面分析柔性转向剂对储层适应性^[2]。通过岩心实验与仪器分析, 深

部液流转向剂分子团粒径与多孔介质孔喉中值直径匹配关系以及一定分子粒径的转向剂对具有不同非均质变异系数储层适应性已有半定量分析^[3]。深部液流转向剂的油藏适应性有待于进一步深化研究。

随着胜利特高含水油田的不断开发, 由于注入水长期冲刷、粘土运移、胶结物溶蚀, 油田储层的非均质性加重, 吸水剖面不均匀, 严重影响驱油效果^[4-6]。聚合物微球深部液流转向剂通过吸附捕集作用滞留于地层多孔介质中, 有效封堵高渗孔道, 改善吸水剖面^[7-8]。笔者通过室内实验对聚合物微球的油藏适应性进行了研究, 实验结果为聚合物微球在矿场的应用提供了借鉴意义。

【作者简介】史树彬(1983-), 男, 中国山东阳信人, 硕士, 副研究员, 从事堵水调剖、化学驱研究。

2 实验条件与方法

2.1 实验材料

聚合物微球：1# 聚合物微球 (粒径 1-30 μm)、2# 聚合物微球 (粒径 20-50 μm)、3# 聚合物微球 (粒径 40-100 μm)；微孔滤膜；模拟水：油田注入水；模拟原油；填砂管并联模型，其性质参数见表其参数见表 1。

表 1 实验岩心参数

序号	长度 (cm)	直径 (cm)	水测孔隙度 (%)	渗透率 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	饱和油饱和度 (%)
1	20.00	2.50	28.73	112.24	73.08
2	20.00	2.50	29.34	236.11	73.89
3	20.00	2.50	30.42	30.02	74.42
4	20.00	2.50	28.32	150.24	73.66
5	20.00	2.50	28.69	40.35	75.01
6	20.00	2.50	27.99	420.89	73.88
7	20.00	2.50	29.42	24.47	74.21
8	20.00	2.50	28.65	410.65	75.03

2.2 实验仪器

微孔滤膜过滤装置；岩心驱替装置；量筒；烧杯；玻璃棒。

2.3 静态适应性评价实验

2.3.1 实验流程

(1) 将 3 种不同粒径的聚合物微球溶液样品放到盛液容器中，并将滤膜放置到滤膜夹持器中；(2) 打开气瓶的控制阀门，将压力控制在 50KPa；(3) 测量在一定时间内聚合物微球通过滤膜的溶液体积。

2.3.2 实验方案

表 2 聚合物微球通过不同孔径滤膜实验方案

聚合物微球样品	微孔滤膜孔径 (μm)
1#	10
	30
	50
	100
2#	10
	30
	50
	100
3#	10
	30
	50
	100

2.4 聚合物微球调驱评价实验

2.4.1 实验流程

(1) 利用不同粒径的石英砂填制不同渗透率的岩心，饱和水后测试岩心的孔隙体积，并计算孔隙度；

(2) 将填制好的岩心在室内静置 12h，水测岩心的渗透率；

(3) 将岩心饱和模拟油，计算岩心的含油饱和度；

(4) 水驱岩心至含水率达 95%，驱替过程中注入水速度为 1.0mL/min，分别记录每组两填砂管岩心的产液量；

(5) 注入聚合物微球调驱剂 0.20Vp，记录两填砂管岩心的产液量；

(6) 后续水驱至含水 98%，记录两填砂管岩心的产液量。

2.4.2 实验方案

表 3 聚合物微球调驱评价实验方案

方案	渗透率 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	级差	水驱	微球段塞	后续水驱	
1	112.24	2.11	95%	C=3000mg/L(0.20Vp)	98%	
	236.11					
2	30.02	5.00		C=3000mg/L(0.20Vp)		
	150.24					
3	40.35	10.50		C=3000mg/L(0.20Vp)		
	420.89					
4	24.47	17.08		C=3000mg/L(0.20Vp)		
	410.65					

3 结果与讨论

3.1 静态适应性评价实验结果与分析

3 种不同聚合物微球溶液样品分别通过不同孔径滤膜的实验结果如图 1- 图 3 所示。结果表明，聚合物微球的大小与多孔介质的孔喉具有一定的选择性匹配关系。1#、2#、3# 聚合物微球溶液分别在孔径 10 μm 、30 μm 、50 μm 的滤膜中过滤的速度较慢，对多孔介质的封堵效果最佳，即聚合物微球的粒径与滤膜孔径的尺寸相接时封堵能力良好，但当聚合物微球粒径过大或过小时都不能满足选择性封堵的要求。

3.2 聚合物微球调驱实验结果与分析

利用填砂管岩心并联模型研究聚合物微球储层非均质适应性，实验过程中主要从注入压力、采出程度两个方面研究 1# 聚合物微球的调驱能力。

3.2.1 注入压力分析

从实验结果图 4 可以看出，在渗透率级差 2-20 之间，聚合物微球溶液在向岩心注入的过程中压力均较低，注入压力总体上小于 1MPa，说明微球具有较好的注入性。

3.2.2 采出程度分析

研究不同渗透率级差条件下，聚合物微球调驱后岩心的采出程度变化情况，实验结果见表 4。结果表明，在聚合物微球溶液浓度一定的条件下，随着岩心渗透率级差的增加采出程度提高幅度呈现先增加后降低的趋势，这是因为在渗透率级差小于 10 的条件下，更多聚合物微球溶液进入高渗透层，产生一定的渗流阻力，迫使注入水进入低渗透层，提

高其洗油效率。但当渗透率级差大于10时，聚合物微球沿高渗透层突进，不能很好地封堵大孔喉，更不能有效的改善

高、低渗岩心的吸水剖面，从而导致高渗层和低渗层采出程度提高幅度均偏小，调驱效果变差。

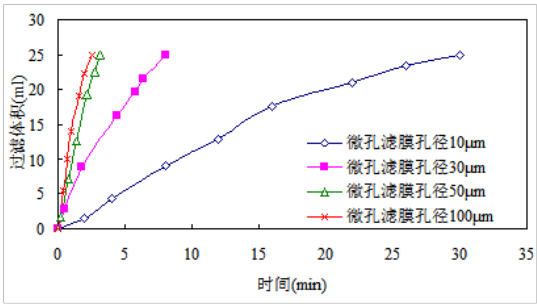


图 1 1# 聚合物微球过滤体积与时间关系

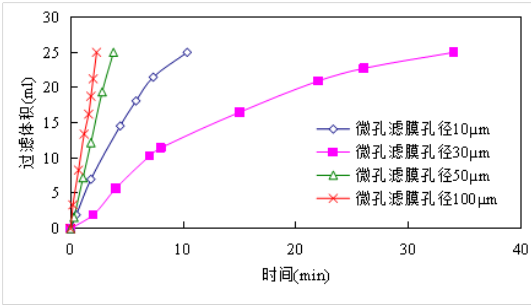


图 2 2# 聚合物微球过滤体积与时间关系

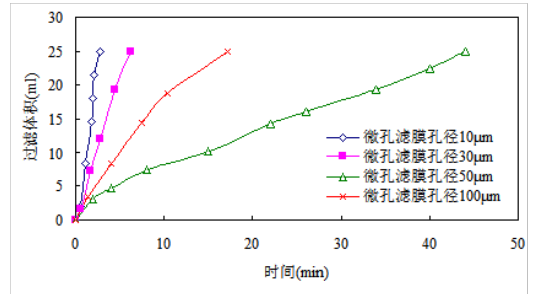


图 3 3# 聚合物微球过滤体积与时间关系

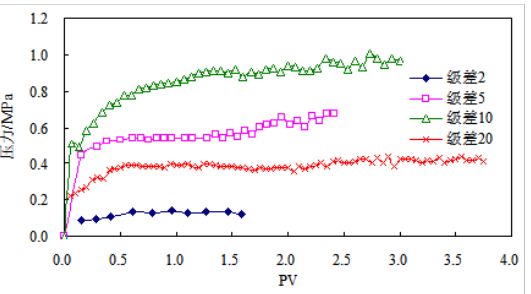


图 4 压力分析曲线

表 4 注聚合物微球实验结果

渗透率 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	渗透率级差	各层采出程度 (%)			总采出程度 (%)		
		调驱前 (%)	调驱后 (%)	增值 (%)	调驱前 (%)	调驱后 (%)	增值 (%)
112.2	2.1	54.0	55.7	1.7	59.0	60.8	1.8
236.1		66.5	68.5	2.0			
30.0	5.0	38.3	40.8	2.5	40.6	43.7	3.1
150.2		81.2	85.2	4.0			
40.3	10.5	29.4	40.6	11.2	40.2	49.3	9.1
420.8		56.0	58.6	2.6			
24.4	17.1	5.3	10.7	5.4	42.4	45.9	3.5
410.6		64.1	65.2	1.1			

4 结论

聚合物微球的大小与多孔介质的孔喉具有一定的选择性匹配关系。当聚合物微球的粒径较大时无法进入到多孔介质深部实现封堵的作用，而粒径过小的聚合物微球容易继续沿窜流通道运移，影响驱油效率。1# 聚合物微球能够有效封堵高渗透层，启动低渗透小孔隙中的的剩余油，大幅度提高采出程度。

参考文献

[1] 马涛. 复合吸水颗粒深部液流转向剂注入性研究[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2010, 32(4):119-122.
[2] 马红卫, 刘玉章, 李宜坤, 唐孝芬, 覃和, 熊春明. 柔性转向剂在多孔介质中的运移规律研究[J]. 石油钻采工艺.2007,4: 80-99.

[3] 卢祥国, 王树霞, 王荣健, 等. 深部液流转向剂与油藏适应性研究——以大庆喇嘛甸油田为例[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(5):576-582.
[4] 胡文瑞. 论老油田实施二次开发工程的必要性与可行性[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(1):1-5.
[5] 孙龙德, 方朝亮, 李峰, 等. 中国沉积盆地油气勘探开发实践与沉积学研究进展[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(4):385-396.
[6] 韩大匡. 关于高含水油田二次开发理念、对策和技术路线的探讨[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(5):583-591.
[7] 唐孝芬, 刘玉章, 杨立民, 等. 缓膨高强度深部液流转向剂实验室研究[J]. 石油勘探与开发, 2009, 36(4):494-497.
[8] 徐新霞. 聚合物驱“吸液剖面反转”现象机理研究[J]. 特种油气藏, 2010, 17(2):101-104.