

# Optimized Experiment of Polymer Microsphere Injection Process

Weihoa Wang<sup>1</sup>, Yongfu Zhu<sup>1</sup>, Ting Gao<sup>1</sup>, Jifang Song<sup>2</sup>, Shouqin Li<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Third Oil Production Plant of Changqing Oilfield Company, PetroChina, Yinchuan Ningxia

<sup>2</sup>Fourth Oil Production Plant of Changqing Oilfield Company, PetroChina, Yinchuan Ningxia

<sup>3</sup>Dongxin Oil Production Plant, Shengli Oilfield Company, Sinopec, Dongying Shandong

Email: [lishouqin861.slyt@sinopec.com](mailto:lishouqin861.slyt@sinopec.com)

Received: Oct. 7<sup>th</sup>, 2019; accepted: Nov. 13<sup>th</sup>, 2019; published: Dec. 15<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Polymer microspheres were very effective as a profile control agent in low permeability reservoirs. Process optimization was carried out from two aspects of injection volume and injection slug. The experimental results show that the 300 nm microsphere has good adaptability for ultra-low permeability reservoir. When the injection mass fraction is 0.2% microsphere, the plugging efficiency and recovery efficiency increase with the increase of injection volume. When the injection volume is 0.4 PV, the plugging rate can reach 71.4%, the recovery rate increases by 25.2%, and the cumulative recovery rate is 78.9%, which is the best. Compared with continuous injection, periodic injection has better plugging effect. The experimental results can be used to determine the process parameters of polymer microspheres in field injection.

## Keywords

Polymer Microspheres, Enhanced Oil Recovery, Injection Volume, Injection Slug

---

\*通信作者。

# 聚合物微球注入工艺优化实验

王伟华<sup>1</sup>, 朱永富<sup>1</sup>, 高挺<sup>1</sup>, 宋继芳<sup>2</sup>, 李守钦<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>中石油长庆油田分公司第三采油厂, 宁夏 银川

<sup>2</sup>中石油长庆油田分公司第四采油厂, 宁夏 银川

<sup>3</sup>中石化胜利油田分公司东辛采油厂, 山东 东营

作者简介: 王伟华(1983-), 男, 高级工程师, 现主要从事采油工艺研究等方面的工作。

Email: lishouqin861.slyt@sinopec.com

收稿日期: 2019年10月7日; 录用日期: 2019年11月13日; 发布日期: 2019年12月15日

## 摘要

聚合物微球作为一种调驱剂用于低渗透油藏调剖十分有效。从注入量和注入段塞2方面对聚合物微球注入工艺进行优化。实验结果表明, 对于超低渗油藏, 300 nm微球具有较好的适应性, 当注入质量分数为0.2%微球时, 随着注入量增大, 封堵率和采收率增加, 当注入量为0.4 PV时, 封堵率可达71.4%, 采收率增幅25.2%, 累计采收率78.9%, 其效果最佳。相较于连续注入, 采用周期注入方式具有更好的封堵效果。该实验结果对确定聚合物微球现场注入工艺参数有指导作用。

## 关键词

聚合物微球, 提高采收率, 注入量, 注入段塞

Copyright © 2019 by author(s), Yangtze University 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

微球作为一种调驱剂已经被广泛应用在油田生产开发中。目前, 调驱过程中对微球的选择还停留在经验上, 由于油田的地质构造、地层水矿化度、温度、压力等因素不同, 对微球性能提出一定要求, 有必要对微球的适用性进行评价[1] [2] [3] [4] [5]。笔者从注入量和注入段塞2方面进行优化, 根据实验结果确定聚合物微球注入工艺优化参数。

## 2. 药品、仪器

### 2.1. 实验药品

微球(直径为 300 nm)、碳酸氢钠、硫酸钠、氯化钙、氯化镁、氯化钠、氯化钾、原油、煤油、超纯水。

### 2.2. 实验仪器

Mastersizer 3000 激光粒度仪、超声分散机、恒温水浴锅、0.45 um 针孔过滤器、单根室内岩心流动装置(见图 1)。

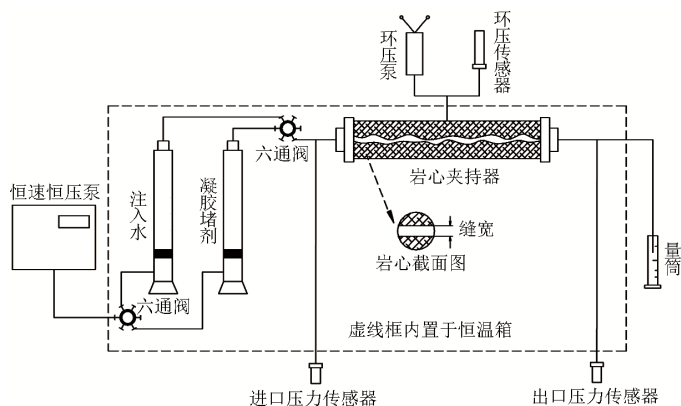


Figure 1. The device used for laboratory single tube core flow test

图 1. 单管室内岩心流动实验装置

### 3. 实验方法

#### 3.1. 微球注入段塞优化

- ① 分别装有微球、注入水、原油的中间容器待升温至  $60^{\circ}\text{C}$  后开始后续测量。选取 5 根渗透率相近的岩心，分别放入岩心夹持器中，待测。
- ② 向岩心中注入原油，建立原始含油饱和度(岩心出口端不出水)。
- ③ 用  $1\text{ mL/min}$  流量注入模拟地层水，水驱至经济极限(出口端含水 98% 以上)，记录稳定下的流量和压差，计算一次水驱采收率。
- ④ 同样用  $1\text{ mL/min}$  流量向岩心中注入质量分数为 0.2% 微球(300 nm)，注入量依次为 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 PV，记录稳定下的流量和压差，计算阻力系数，并记录下注体系阶段的采收率。
- ⑤ 将注入了微球的岩心放置在  $60^{\circ}\text{C}$  恒温水浴锅中恒温 7 d，至体系达到最大膨胀倍率。
- ⑥ 用模拟地层水驱替至压力稳定，计算调剖后水驱采收率，封堵率，确定最优微球注入量。

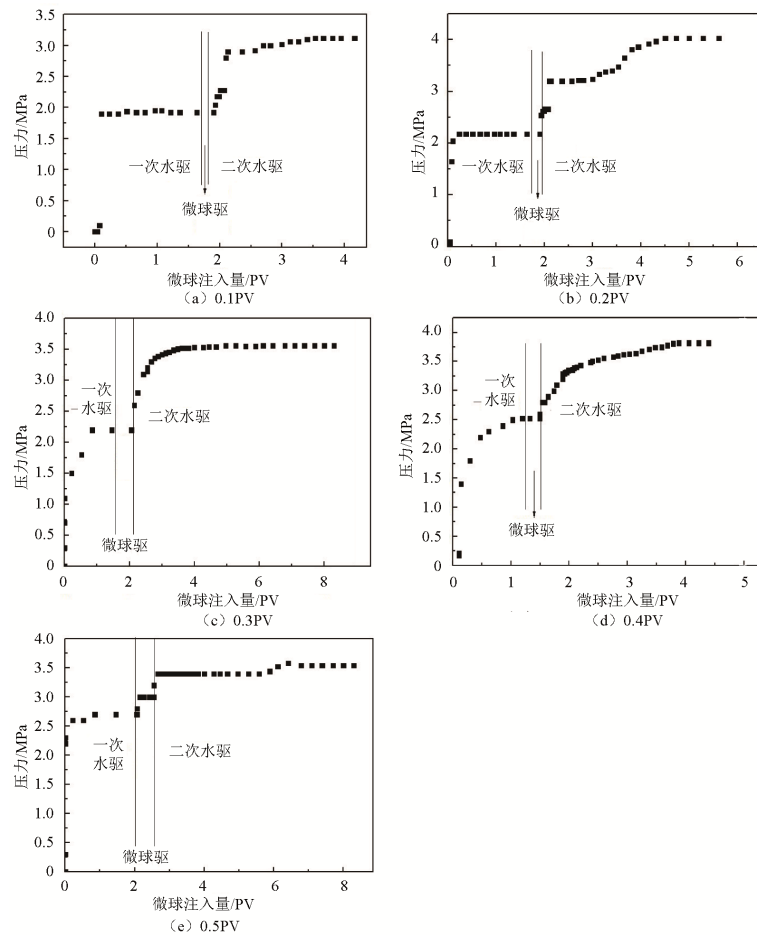
#### 3.2. 注入方式优化

- ① 将分别装有微球体系、注入水和原油的中间容器升温至  $60^{\circ}\text{C}$  后，注入原油，建立岩心原油饱和度。
- ② 按  $1\text{ mL/min}$  的驱替速度水驱至高渗岩心出口端。
- ③ 按 2 种不同方式注入。方法一：连续注入已优化的单一粒径(300 nm)微球，注入速度为  $1\text{ mL/min}$ ，注入量为 0.5 PV，记录调驱过程中压力的变化；方法二：先注入已优化的单一粒径微球 0.2 PV，水驱，注入微球 0.2 PV，水驱，注入速度均为  $1\text{ mL/min}$ 。
- ④ 按  $1\text{ mL/min}$  的驱替速度继续水驱，记录后续水驱稳定压力  $p$ ，对比注入方式对高渗岩心的封堵率和岩心最终采收率，做压力注入量曲线。

### 4. 实验结果与讨论

#### 4.1. 压力随注入量变化

注入直径为 300 nm 的微球，进行 5 组单管岩心流动实验，实验结果见图 2。结果表明，微球具有一定的传输能力，通过“封堵、变形、运移、再封堵、再变形、再运移”的过程不断向地层深部运移，进行深部调驱。对于超低渗油藏，300 nm 微球具有较好的适应性，当注入质量分数为 0.2% 的微球时，随着注入量增大，压力升高；当微球注入量为 0.4 PV 时，压力效果最佳。



**Figure 2.** The relation curve between microsphere injection volume and pressure  
**图 2.** 微球注入量与压力关系曲线

### 4.2. 注入量与封堵率关系

在不同注入量下封堵率结果如表 1 所示。在岩心渗透率基本相同条件下，微球驱过程中，随着微球注入量增加，压力呈逐渐上升趋势，微球注入量为 0.1~0.3 PV 时，压力上升不明显，当注入量大于 0.4 PV 时，压力出现明显爬升。无论微球注入量多少，与一次水驱压力相比，二次水驱压力均有明显上升，说明微球具有一定封堵效果。封堵率和采收率与注入量有关，微球注入量越大，封堵效果越好，采收率越大，其中注入量为 0.4 PV 时，封堵率可达 71.4%，采收率增幅 25.2%，累计采收率 78.9%，继续增大微球注入量，封堵率和采收率增幅效果不明显，因此，最优微球注入量为 0.4 PV。

**Table 1.** The relationship between the microsphere injection volume and recovery ratio  
**表 1.** 微球注入量与采收率关系

注入量/PV	水测渗透率/mD	堵后渗透率/mD	封堵率/%	一次水驱采收率/%	微球驱采收率/%	二次水驱采收率/%	总采收率/%
0.1	11.3	6.58	41.7	53.3	3.4	63.7	63.7
0.2	8.9	4.49	49.6	51.7	5.0	67.9	67.9
0.3	10.3	4.06	60.6	50.9	8.7	73.8	73.8
0.4	11.5	3.29	71.4	53.7	7.8	78.9	78.9
0.5	10.4	3.02	71.0	50.1	65.8	75.6	75.6

### 4.3. 不同注入方式的影响

设计渗透率级差为 2, 按照 2.2 中的实验方法注入 300 nm 的聚合物微球, 实验结果如图 3 所示。对于含有大孔道的低渗储层, 注入方法二(周期注入方式)具有更好的封堵效果, 相较于方法一(连续注入), 周期注入方式采收率增幅更突出。

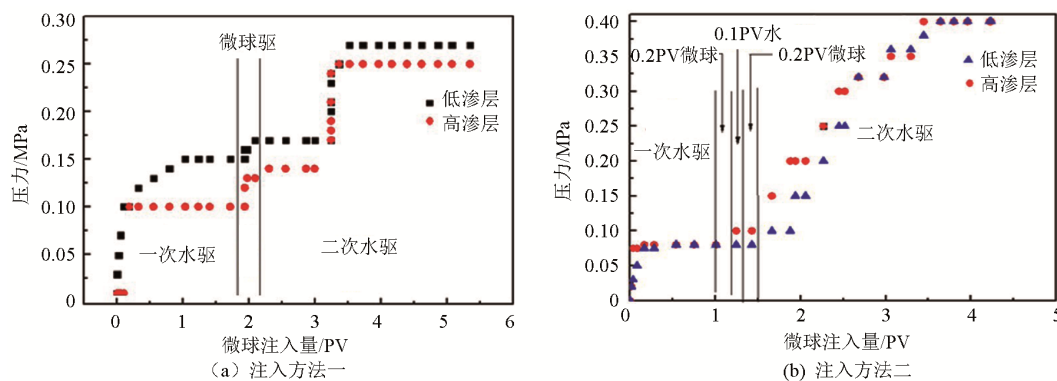


Figure 3. The curve graph of injection volume and pressure under different injection modes

图 3. 不同注入方式下注入量与压力曲线图

## 5. 结论

1) 对于超低渗油藏, 300 nm 微球具有较好的适应性, 当注入质量分数为 0.2% 微球时, 随着注入量增大, 封堵率和采收率增加; 当注入量为 0.4 PV 时, 封堵率可达 71.4%, 采收率增幅 25.2%, 累计采收率 78.9%, 其效果最佳。

2) 对于含有大孔道的低渗储层, 周期注入方式具有更好的封堵效果, 相较于连续注入, 周期注入方式采收率增幅更突出。

## 参考文献

- [1] 王西强, 郝栋, 刘智玮, 等. HJ 油田侏罗系油藏聚合物微球调驱技术矿场实践[J]. 油田化学, 2018, 35(3): 417-421.
- [2] 贾玉琴, 郑力军, 陈威武. 核壳结构聚合物微球的制备及室内评价[J]. 长江大学学报(自科版), 2015, 12(10): 38-42.
- [3] 付美龙, 张蒙, 胡泽文, 等. 低张力聚合物微球调驱机理及注入参数优化[J]. 当代化工, 2016, 45(8): 1784-1787.
- [4] 付欣, 刘月亮, 李光辉, 等. 中低渗油藏调驱用纳米聚合物微球的稳定性评价[J]. 油田化学, 2013, 30(2): 193-197.
- [5] 张鹏, 贾振福, 周成裕, 等. 调驱用聚合物微球存在的两个问题及其对策[J]. 大庆石油地质与开发, 2017, 36(4): 95-100.

[编辑] 帅群