

The Variation Rule of Polymer Flooding Injectability of Oilfield A in Bohai Area

Yao Shi^{1,2}, Xiaodong Kang^{1,2}, Xiaoqing Xie^{1,2}, Chunbai He^{1,2}

¹State Key Laboratory of Offshore Oil Exploitation, Beijing

²Research Institute, CNOOC, Beijing

Email: shiyao4@cnooc.com.cn

Received: Aug. 29th, 2016; accepted: Sep. 22nd, 2016; published: Dec. 15th, 2016

Copyright © 2016 by authors, 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

Abstract

By taking Oilfield A in Bohai Area for instance, by summarizing the dynamic and static data of the time of polymer flooding, physical property of formation, the type of polymer in Oilfield A, the variation rules of polymer flooding injectability transferred from water flooding in the oilfield were analyzed. The analysis showed that the average apparent water index of injection well declined 36.9% after polymer flooding in the oilfield. The later the time was for polymer flooding, the higher the formation coefficient was; the lower the concentration was for the polymer flooding, the higher the capacity for polymer flooding was. Also because dimensionless liquid production index curve in different water contents can reflect the polymer injection capacity under the condition of injection-production balance, the method of dimensionless liquid production index is used to verify the accuracy of the variation rule. The results are of practical significance for scheme design and dynamic analysis of the polymer injection oilfields.

Keywords

Bohai Oilfield, Polymer Flooding, Polymer Injection Capacity, Dimensionless Liquid Production Index

渤海 A 油田聚合物驱注入能力变化规律研究

石 爻^{1,2}, 康晓东^{1,2}, 谢晓庆^{1,2}, 何春百^{1,2}

¹海洋石油高效开发国家重点实验室, 北京

²中海油研究总院, 北京

作者简介: 石爻(1989-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事油气田开发工程和提高采收率技术方面的研究。

Email: shiyao4@cnooc.com.cn

收稿日期: 2016年8月29日; 录用日期: 2016年9月22日; 发布日期: 2016年12月15日

摘 要

以渤海A油田为例, 通过对渤海A油田的转注聚时机、地层物性、聚合物类型等动静态资料整理及归纳, 分析获得渤海A油田注入能力的变化规律。渤海A油田转注聚后注聚井的平均视吸水指数下降幅度为36.9%, 且转注聚时机越晚, 油田地层系数越大, 注入聚合物浓度越低, 聚驱阶段的注入能力越强。并根据注采平衡条件下, 无量纲产液指数曲线在不同含水下的产液能力反映注聚井的注入能力, 利用无量纲产液指数法对此规律进行了验证。研究结果对注聚油田的方案编制及动态分析具有一定的指导意义。

关键词

渤海油田, 聚合物驱, 注聚能力, 无量纲产液指数

1. 引言

聚合物驱(以下简称聚驱)注入能力的主要影响因素大体可分为3类: ① 聚合物特性(聚合物类型、分子量、幂律指数、稠度系数、弹性效应); ② 油藏物性(渗透率、油层厚度); ③ 开发因素(转注时机、注入量) [1] [2] [3] [4] [5]。与陆地油田相比, 海上注聚油田空白水驱试验时间短, 测试资料少, 因此有必要通过已有的动静态资料进一步认识海上油田水驱转聚驱后的真实注入能力, 为渤海 A 油田及其他类似油田的注聚井生产管理提供理论指导和技术支持。

2. 动态法注入能力分析

2.1. 水驱阶段与聚合物驱阶段注入能力对比

由已有的动态资料可知, 渤海 A 油田共有 24 口注聚井, 其中有 16 口井从笼统注水转为笼统注聚, 或由分层注水转为分层注聚, 聚合物质量浓度为 1750 mg/L 或 2250 mg/L。与注水相比, 注聚后注聚井井口压力上升, 或视吸水指数下降即为注聚有效[6] [7] [8]。将注聚井注水阶段与注聚阶段的视吸水指数进行对比, 聚驱平稳段与水驱平稳段视吸水指数相差百分比即为视吸水指数下降幅度, 也就是聚驱阶段注入能力的下降程度。渤海 A 油田注聚井注聚后视吸水指数下降幅度见表 1。

由水驱阶段转聚驱阶段, 渤海 A 油田平均视吸水指数下降幅度为 36.9%。根据渤海 A 油田聚驱视吸水指数的下降幅度, 可以分析相同转注时机下聚合物质量浓度和地层物性相类似的油田由注水转注聚后的注入能力变化。

Table 1. The declining degree of polymer injection capacity
表 1. 聚驱阶段注入能力下降幅度

井号	转注时机/%	水驱阶段视吸水指数 $/(m^3 \cdot (d \cdot MPa)^{-1})$	聚驱阶段视吸水指数 $/(m^3 \cdot (d \cdot MPa)^{-1})$	聚驱下降幅度/%
A02Id	47.5	116.0	65.5	43.5
A13Id	59.6	105.0	57.5	45.3
J03Id	49.0	87.7	43.0	50.9
J04	86.1	83.0	57.5	30.6
A10	87.1	177.3	117.1	34.0
A28	69.7	92.4	60.1	35.0
A32	89.6	105.5	47.8	54.7
B06	80.0	113.2	73.7	34.9
B08	83.7	75.2	46.2	38.5
A23Id	77.6	72.3	46.7	35.3
A23Iu	77.6	95.5	65.3	31.6
J06I	84.9	51.0	36.7	28.0
J08I	74.8	77.3	48.0	37.8
J10Id	72.9	37.1	26.0	30.0
L14Iu	74.6	23.9	19.0	20.6
L14Id	74.6	73.9	65.0	12.0
平均		86.6	54.7	36.9

注：转注时机指注水井转注聚时周围油井的平均含水率。

2.2. 注聚能力与转注时机的关系

渤海 A 油田在含水率 68% 时实施聚合物驱。以渤海 A 油田内部井组为单元，将注入井转注聚时周围油井的平均含水率作为该井组的转注时机，列出渤海 A 油田注聚井注聚后视吸水指数下降幅度与转注时机的关系(见表 1)，并总结出其注聚能力随转注时机的变化规律(图 1)。

2.3. 注聚能力与地层系数的关系

地层系数反映油层产油能力与吸水能力的大小，地层系数愈大，油层的产油能力与吸水能力就愈大。调研文献[1]、[6]可知，聚合物分子大小与岩心渗透率之间存在一定的配伍关系，且聚合物注入压力都随着油层厚度的增加而减小，即聚合物的注入能力是受地层系数影响的。计算渤海 A 油田在聚合物质量浓度为 1750 mg/L 和 2250 mg/L 下的各小层聚驱视吸水指数和地层系数，得出聚驱视吸水指数随地层系数的变化趋势(图 2)。

由图 2 可知，渤海 A 油田注聚井视吸水指数随地层系数的增大呈幂函数上升趋势，且有较好的相关性。说明地层系数越大，注聚能力越强。

2.4. 注聚能力与聚合物质量浓度的关系

渤海 A 油田的注聚井在注聚过程中根据井口压力来适当调整聚合物质量浓度，而注聚井的注入能力也随着聚合物质量浓度的调整发生变化。根据注聚井动态数据，得出渤海 A 油田 Iu 层和 Id 层注聚井的比视吸水指数随注入聚合物质量浓度的变化规律(图 3)。由图 3 可知，随着注入聚合物质量浓度的增大，注聚能力是减小的。

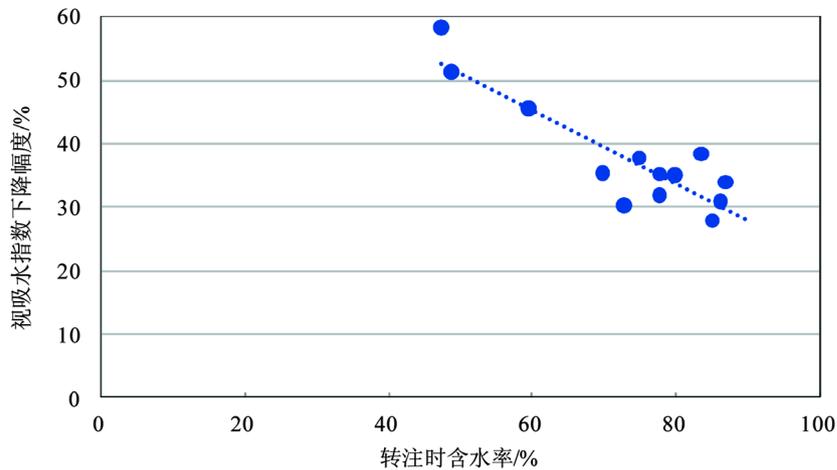


Figure 1. Relations between polymer injection capacity and water content in Bohai A Oilfield

图 1. 渤海 A 油田注聚能力与转注时含水率的关系

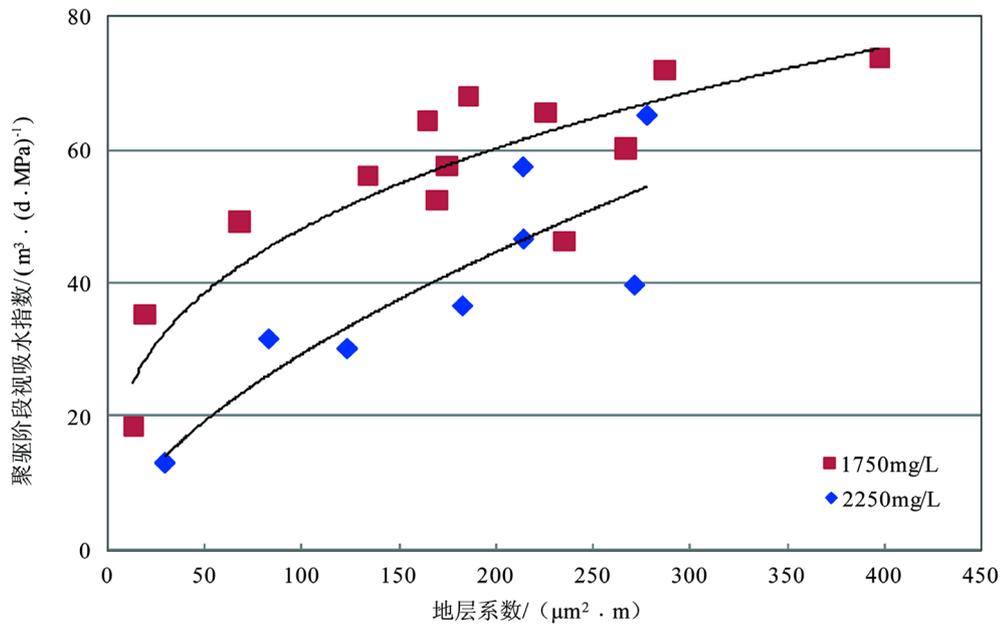


Figure 2. Polymer apparent water injectivity index changes with formation capacity under different polymer concentration in Bohai A Oilfield

图 2. 渤海 A 油田在不同聚合物质量浓度下聚驱视吸水指数随地层系数变化趋势

3. 无量纲产液指数法注聚能力分析

无量纲产液指数为某一含水率条件下油井产液指数与该井刚见水时的产液指数之比，是评价不同含水率条件下油井产液能力的指标之一，它与储层类型和油藏流体性质有关，不同储层的无量纲产液指数随含水率的变化规律不同[9] [10]。

在注采平衡条件下，用无量纲产液指数曲线在不同含水率下的产液能力反映注聚井的注入能力，即不同黏度的注入流体在不同含水率下的产液能力可以反映出注聚井在不同注入黏度下与不同时机转注时的注聚能力。

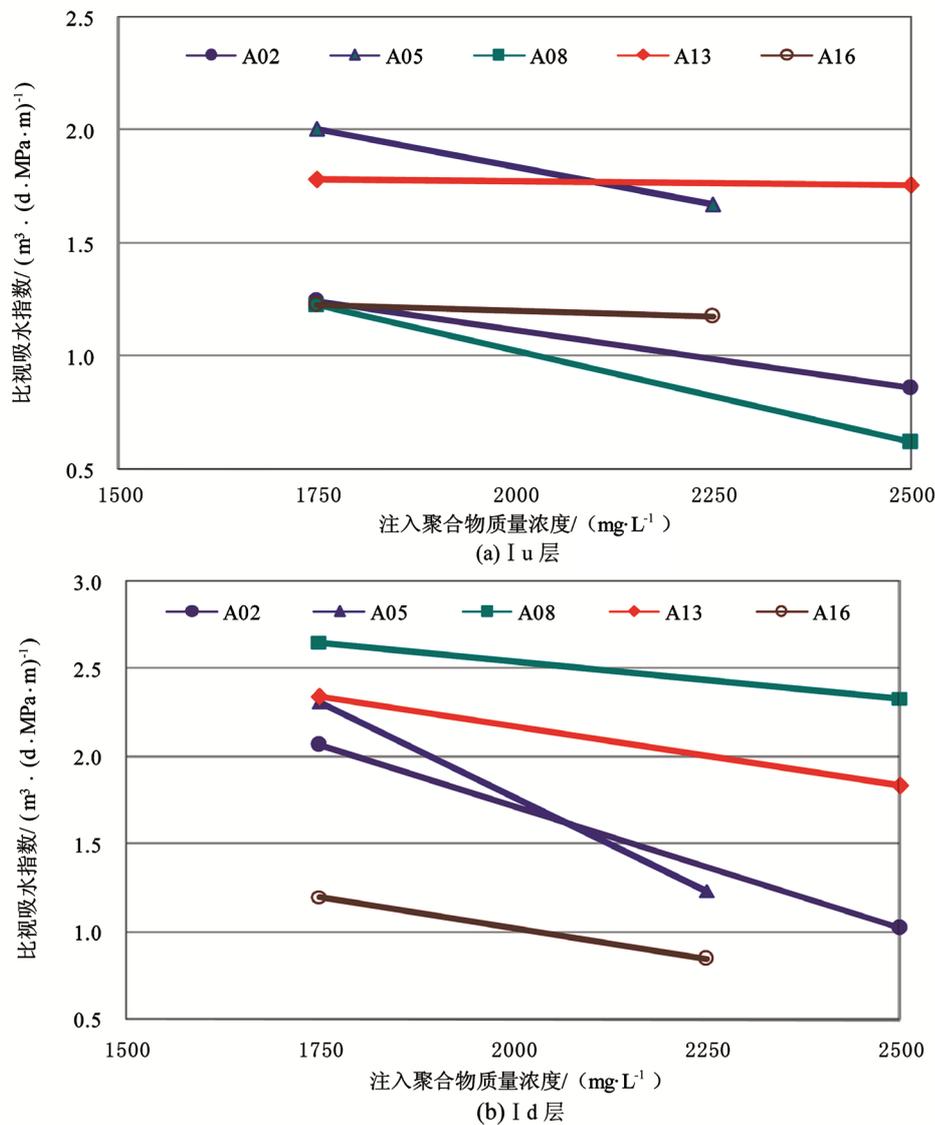


Figure 3. Apparent water injectivity index of single well changes with the polymer concentration
图 3. 单井比视吸水指数随聚合物质量浓度的变化规律

根据渤海 A 油田的相渗曲线(图 4)和黏浓曲线(图 5), 作出不同注聚黏度下无量纲产液指数随含水率的变化规律(图 6)。

通过相渗曲线和分流曲线, 求出不同聚合物质量浓度和不同含水率时的无量纲产液指数[11], 结果如表 2 所示。

由表 2 可以看出, 无量纲产液指数法得出的结果符合由动态法分析出的注入能力变化规律: 当聚合物质量浓度相同时, 转注时机越晚, 注聚能力越强; 当转注时机相同时, 注入聚合物质量浓度越小, 注聚能力越强。

在含水率 68% 的条件下, 注水时无量纲产液指数为 0.869, 注入聚合物质量浓度为 1750 mg/L 和 2250 mg/L 时无量纲产液指数分别为 0.724 和 0.457, 即在注采平衡条件下渤海 A 油田注聚后视吸水指数下降范围在 17%~47% 之间。由动态法计算的渤海 A 油田注聚后平均视吸水指数下降幅度 36.9%, 在无量纲产液指数法计算的视吸水指数下降范围内。

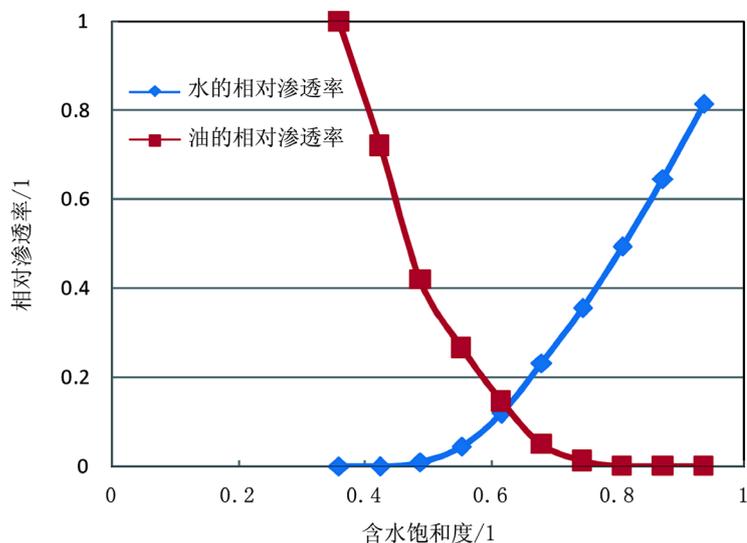


Figure 4. Relative permeability curve in Bohai A Oilfield
图 4. 渤海 A 油田相渗曲线

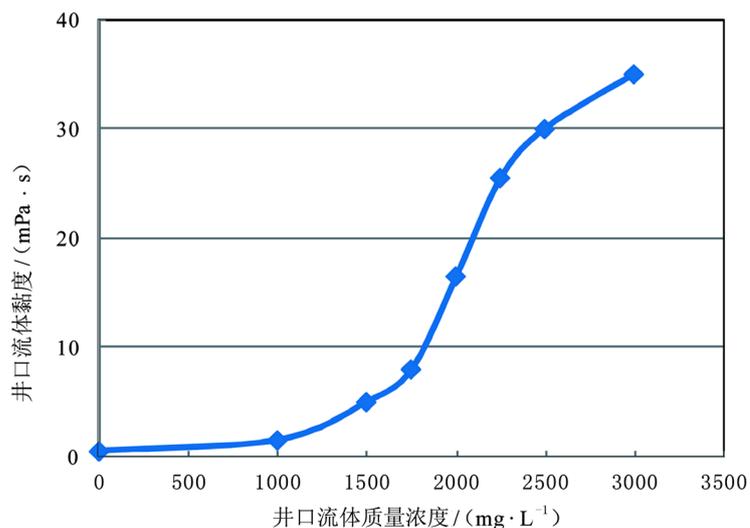


Figure 5. Viscosity-concentration relationship curve in Bohai A Oilfield
图 5. 渤海 A 油田黏浓关系曲线

Table 2. Dimensionless liquid production index under different polymer concentration and water content
表 2. 不同聚合物质量浓度和不同含水率下的无量纲产液指数

聚合物质量浓度 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	注聚黏度 ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	不同含水率条件下的无量纲产液指数						
		40%	50%	60%	70%	75%	80%	85%
0 (注水)	0.49	0.822	0.822	0.822	0.889	0.967	1.067	1.233
1750	8.0	0.544	0.589	0.657	0.769	0.858	0.936	1.070
2000	16.5	0.444	0.478	0.513	0.579	0.624	0.657	0.735
2250	25.5	0.389	0.411	0.435	0.479	0.490	0.524	0.568
2500	30.0	0.356	0.389	0.401	0.446	0.457	0.490	0.524
3000	35.0	0.333	0.356	0.379	0.401	0.423	0.435	0.468

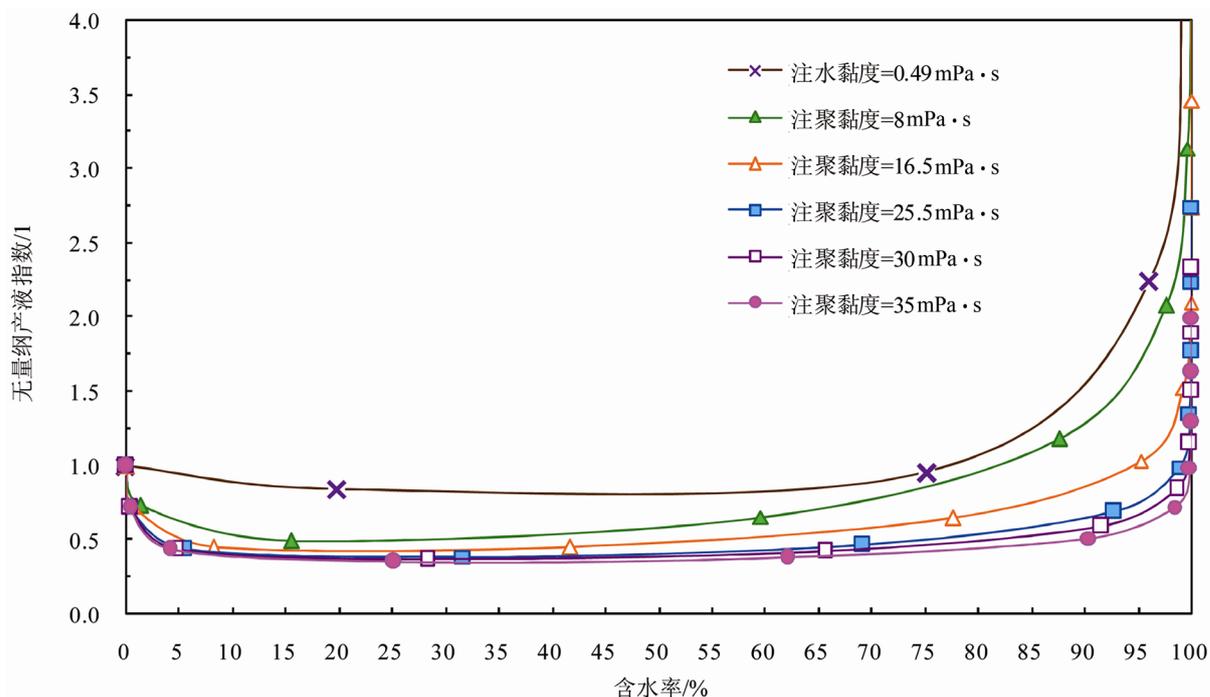


Figure 6. Dimensionless liquid production index changes with the water content in Bohai A Oilfield

图 6. 渤海 A 油田不同黏度下无量纲产液指数随含水率的变化规律

4. 结论与认识

1) 分析了渤海 A 油田转注聚时含水率、油藏地层物性以及注入聚合物质量浓度对注聚能力的影响：渤海 A 油田转注聚后注聚井的平均视吸水指数下降幅度为 36.9%，且转注时机越晚，聚驱阶段的注入能力越强；渤海 A 油田聚驱注入能力随地层系数的增大而增强，随注入聚合物质量浓度的增大而减弱。

2) 通过无量纲产液指数法对渤海 A 油田已实施注聚井的注入能力进行计算，结果符合由动态法分析得出的注聚井注入能力变化规律。

基金项目

国家科技重大专项(2016ZX05025-003)。

致 谢

中海油天津分公司辽东作业公司提供了宝贵的实测数据，中海油研究总院康晓东，谢晓庆以及何春百在“无量纲产液指数法分析注聚能力”的创新方法上给予了无私的协助和指导，在此一并表示衷心的感谢！

参考文献 (References)

- [1] 张志英, 姜汉桥, 丁美爱. 聚合物注入能力的实验研究[J]. 实验力学, 2009, 24(1): 8-12.
- [2] 张继风. 疏水缔合聚合物溶液在多孔介质中的注入性能[J]. 石油地质与工程, 2010, 24(5): 118-120.
- [3] 张云宝, 任艳滨, 卢祥国. 几种驱油聚合物在多孔介质中传输能力实验研究[J]. 油田化学, 2002, 21(2): 425-428.
- [4] 柴世超. 绥中 36_1 油田试验区注水井吸水能力分析及其稠油油田注水模式初探[J]. 中国海上油气, 2004, 16(1): 29-31.
- [5] 隋军, 廖广志, 牛金刚. 大庆油田聚合物驱油动态特征及驱油效果影响因素分析[J]. 大庆石油地质与开发, 1999,

18(5): 17-20.

- [6] 张志坚, 韩培慧, 陈星宏. 聚合物注入压力预测方法[J]. 大庆石油学院学报, 1995, 19(4): 22-24.
- [7] 谢晓庆, 张贤松, 冯国智, 等. 以渤海 A 油田为例分析聚合物驱注入压力[J]. 断块油气田, 2012, 19(2): 195-198.
- [8] 胡荣, 李科. 聚合物驱油藏注聚压力异常变化分析与对策[J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25(1): 75-76.
- [9] 林江, 李志芬, 张琪. 不同含水条件下采液指数的预测方法研究[J]. 石油钻探技术, 2003, 31(4): 43-45.
- [10] 刘宇, 张迎春, 李红英, 等. 产液、吸水指数预测方法及其在 SZ36-1 油田的应用[J]. 特种油气藏, 2008, 15(1): 62-64.
- [11] 高文君, 李宁, 侯程程, 等. 2 种无因次采液指数与含水率关系式的建立及优选[J]. 新疆石油地质, 2015, 36(1): 70-74.

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: jogt@hanspub.org