

Method for Improving the Development Effect of Sedimentary Tuffaceous Tight Reservoir in Santanghu Basin

Jiayi Yu, Jun Xie, Mei'e Wu, Wenrui Liu, Changdi Liu, Mei Zhang, Jianhong Xu

Research Institute of Exploration and Development, Tuha Oilfield Company, PetroChina, Hami Xinjiang
Email: yjyyujy@petrochina.com.cn

Received: Aug. 28th, 2018; accepted: Nov. 3rd, 2018; published: Feb. 15th, 2019

Abstract

The production of single well was high at the initial stage, and decreased rapidly in the depleted development of horizontal well in tight oil reservoirs of Santanghu Oilfield. Preliminary field test results showed that water injection stimulation and supplementary energy fracturing were effective. The mechanism of water injection oil increment in the tight oil reservoirs was studied, the four major parameters, i.e. the cumulated soaking capacity in water injection, soaking time, injection velocity and its soaking cycles, were optimized by using numerical simulation in combination with field test results. At present the tow technologies have been used in the tight reservoirs of Santanghu Oilfield at large scale. The study provides reference for the development of similar reservoirs.

Keywords

Tight Oil Reservoir, Horizontal Well, Decline Rate, Soaking of Water Injection, Supplementary Energy Fracturing

三塘湖沉凝灰岩致密油油藏改善开发效果方法研究

于家义, 谢 军, 吴美娥, 刘文锐, 刘长地, 张 美, 徐建红

中石油吐哈油田分公司勘探开发研究院, 新疆 哈密

作者简介: 于家义(1970-), 男, 高级工程师, 现主要从事油气田开发研究方面的工作。

Email: yjyyujy@petrochina.com.cn

收稿日期: 2018年8月28日; 录用日期: 2018年11月3日; 发布日期: 2019年2月15日

摘 要

三塘湖油田致密油油藏水平井采用衰竭式开发, 开发初期单井产量高, 后期产量递减速度快。探讨了三塘湖致密油油藏注水吞吐增油机理, 结合矿场试验结果, 运用数值模拟对注水吞吐累计注入量、焖井时间、注入速度、吞吐轮次等4个主要参数进行了优化。注水吞吐、补能压裂2项技术在三塘湖致密油油藏已规模应用, 效果良好。对该类油藏的开发具有一定的借鉴意义。

关键词

致密油油藏, 水平井, 递减率, 注水吞吐, 补能压裂

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

近年来, 致密油已成为全球非常规石油勘探开发的亮点领域。美国开发致密油成功的主体思路是利用水平井加多段改造工艺技术实现体积改造, 增加油藏改造体积, 从而实现增产。由于基本采用衰竭式开采, 储层能量得不到补充, 导致压后裂缝导流能力无法稳定, 引起油井产量急剧下降[1] [2]。我国致密油储集层多为页岩、砂岩和碳酸盐岩, 在开发上整体借鉴美国致密油开发思路采用水平井加多段压裂技术, 并结合自身储层特点, 在工艺参数上进行优化, 但基本采用衰竭式开采, 其他补充能量的方式也正在探索之中。

三塘湖盆地条湖组马中致密油与国内外已发现的致密油在储集层岩性、生储接触关系、原油密度方面均有不同[3]。在衰竭式开采的过程中面临油井产量递减快的难题。

2. 油藏特征

三塘湖条湖组马中致密油油藏与国内外已发现的其他致密油油藏存在一定差异[3] [4] [5]。首先烃源岩与储集层不是紧密接触而是源储分离, 中二叠统芦草沟组(P₂l)二段烃源岩生成的原油沿断层向上运移100~500 m, 穿过条湖组一段火山熔岩, 在条湖组二段沉凝灰岩中聚集[5]; 其次储集层岩性是沉凝灰岩。

该油藏局部构造为一南东向北西倾伏的单斜构造，储集层岩性单一，非均质性较弱。油层厚度 15 m 左右，平均孔隙度 15.5%，平均渗透率 0.36 mD，以纳米孔喉为主，属中高孔、特低渗储集层。地层原油密度 0.86 g/cm^3 、黏度 $58.80 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ，属于中质高黏原油。

3. 开发中存在的问题

三塘湖条湖组马中致密油油藏于 2012 年发现，该油藏初期采用准衰竭式开采。投产水平井 55 口，初期 3 个月平均单井产量稳定(13.5 t/d)，随后表现出致密油油藏水平井开发的普遍难题，即单井产量递减快[6] [7] [8]。压力测试发现，致密油地层压力逐年下降，由开发初期的 23.0 MPa 降至目前的 6.8 MPa，31 口井产量双曲递减规律分析得到首年递减率为 57.5%。

4. 改善开发效果方法研究

4.1. 改善开发效果方法优选

为改善开发效果，前期对油井开展了多种治理措施。其中试验注水吞吐 2 井次、平均单井初期日增油 10.7 t，平均单井累计增油 1106 t。试验补能压裂 2 井次，平均单井初期日增油 8.5 t，平均单井累计增油 1328 t。证明注水吞吐、补能压裂 2 种措施改善开发效果好。

在井网二次加密后，为开展水驱创造了有效驱替条件。油藏开发方式完善为：先衰竭式开采；当单井产量降低至 3.0 t/d 后进行注水吞吐、补能压裂；多轮次吞吐后转水驱开采。目前处于前两个阶段，笔者针对注水吞吐、补能压裂开发阶段进行了研究。

4.2. 注水吞吐增油机理研究

注水吞吐主要的增油机理主要包括提升地层压力、油水重力分异和渗吸排油等 3 个方面[9]。三塘湖条湖组马中致密油油藏岩心压裂液作用前后润湿性测试结果表明，储集层表现为弱亲水 - 亲水特征，压裂液作用后润湿性转变为亲水 - 强亲水特征(图 1)。因此，三塘湖条湖组马中致密油油藏单井注水吞吐增油机理是以提升地层压力和发生在裂缝与通过裂缝沟通的基质孔隙中的渗吸排油为主，以油水重力分异为辅。

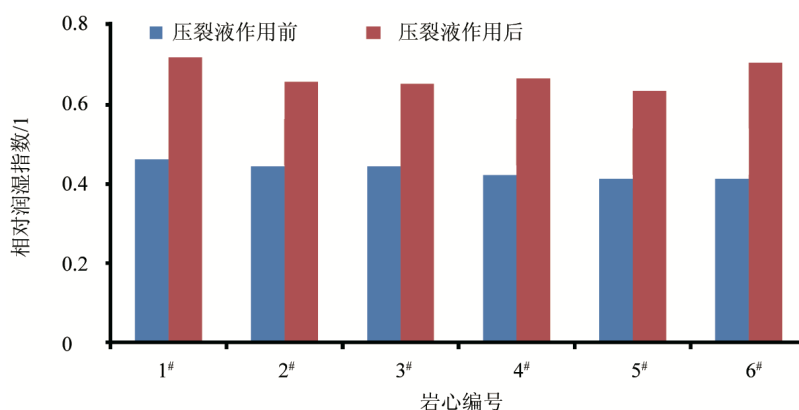


Figure 1. The core wettability comparison before and after the fracturing fluid used in Mazhong Tight Oil Reservoir
图 1. 马中致密油岩心压裂液作用前后润湿性对比

4.3. 注水吞吐参数优化设计

运用常规建模技术建立了马中致密油油藏单口水平井地质模型，Eclipse 软件模拟油藏衰竭开采 1 年

后开展注水吞吐,对关键施工参数(注入量、注入速度、焖井时间、吞吐轮次)进行了优化设计,模拟过程中采用单一变量原则。

参数优化结果表明:增加累计注水量,吞吐增油量增加但换油率减小,推荐累计注水 $10,000 \text{ m}^3$ (图 2(a));注水速度对吞吐增油效果影响不大,推荐注水速度 $400 \text{ m}^3/\text{d}$,现场也可根据实际注入能力进行调整(图 2(b));增加焖井时间对吞吐增油效果影响不大,推荐焖井时间 30 d (图 2(c));随着吞吐轮次增加,增油效逐渐变差,综合考虑经济效益,推荐开展 3 轮吞吐(图 2(d))。

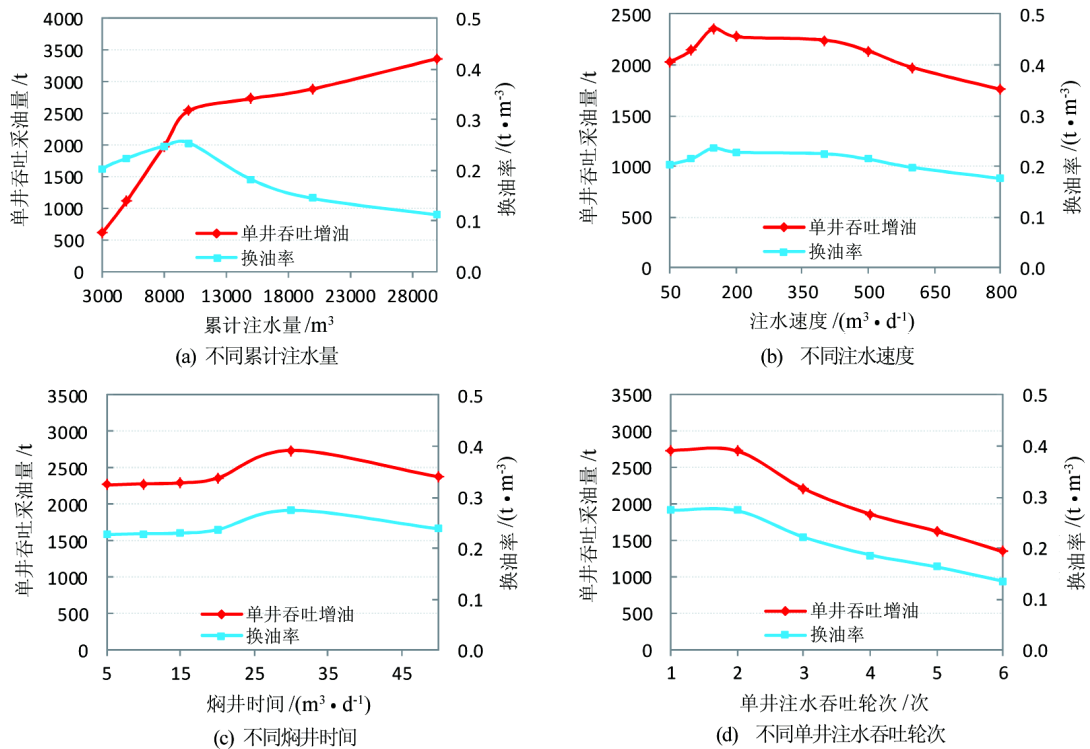


Figure 2. The oil increment effect of single well soaking under different parameters

图 2. 不同参数下的单井吞吐增油效果

5. 现场试验应用情况

5.1. 注水吞吐实施情况

马中致密油注水吞吐第 1 轮次已实施 20 口井,措施有效率 90%。投产时间大于 150 d 的 18 口措施井平均单井累计注水 9654 m^3 、吞吐后平均排液 3 d、日增油 6.6 t,单井平均累计增油 724 t,其中 23.1% 的井仍在受效期,预测单井累计增油可达 900 t,提高采收率 0.3%。

注水吞吐第 2 轮次已实施 7 井次,投产 2 井次,平均单井累计注水 10003 m^3 ,吞吐后平均排液 4 d、初期日增油 9.2 t、平均已投产 116 d,单井平均累计增油 600 t。

5.2. 补能压裂实施情况

截止到 2018 年初,马中致密油补能压裂已实施 8 井次,措施有效率 100%,平均单井累计注入液量 13275 m^3 ,措施后平均排液 4 d、初期日增油 9.7 t、平均已投产 175 d,单井平均累计增油 1061 t,5 口井仍在受效期。预测单井累计增油 1500 t,提高采收率 0.6%。

6. 结论

1) 对于微裂缝发育或经人工造缝后形成复杂缝网(整体上单井控制范围近似为相对独立封闭式储集体)的致密油油藏,注水吞吐、补能压裂是提高采收率的有效方式。

2) 马中致密油油藏预测单井首轮注水吞吐累计增油为 900 t,提高采收率 0.3%;预测单井补能压裂累计增油 1500 t,提高采收率 0.6%。

参考文献

- [1] 邹才能,朱如凯,白斌,等.致密油与页岩油内涵、特征、潜力及挑战[J].矿物岩石地球化学通报,2015,34(1):3-17.
- [2] 严向阳,李楠,王腾飞,等.美国致密油开发关键技术[J].科技导报,2015,33(9):100-107.
- [3] 梁浩,李新宁,马强,等.三塘湖盆地条湖组致密油地质特征及勘探潜力[J].石油勘探与开发,2014,41(5):563-572.
- [4] 邹才能.火山岩油气地质[M].北京:地质出版社,2012.
- [5] 马剑,黄志龙,钟大康,等.三塘湖盆地马朗凹陷二叠系条湖组凝灰岩致密储集层形成与分布[J].石油勘探与开发,2016,43(5):714-722.
- [6] 杨志刚.马56块致密油油藏井网整体压裂技术研究[D]:[硕士学位论文].大庆:东北石油大学,2017.
- [7] 李忠兴,屈雪峰,刘万涛,等.鄂尔多斯盆地长7段致密油合理开发方式探讨[J].石油勘探与开发,2015,42(2):217-221.
- [8] 王鹏志.注水吞吐开发低渗透裂缝油藏探讨[J].特种油气藏,2006,13(2):46-47.
- [9] 王贺强,陈智宇,张丽辉,等.亲水砂岩油藏注水吞吐开发模式探讨[J].石油勘探与开发,2004,31(5):86-88.

[编辑] 鲁大丽

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

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

期刊邮箱: jogt@hanspub.org