

# Research on Numerical Simulation Development Law of Steam Drive in Jiang 37 Block

Zeyu Zhou<sup>1</sup>, Yan Li<sup>2</sup>, Xuepeng Hou<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Petroleum Engineering, Northeast Petroleum University, Daqing Heilongjiang

<sup>2</sup>The Fourth Mine, The Third Oil Production Plant, Daqing Heilongjiang

<sup>3</sup>The Fifth Mine, The Third Oil Production Plant, Daqing Heilongjiang

Email: 394562953@qq.com

Received: Jul. 4<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jul. 21<sup>st</sup>, 2017; published: Jul. 24<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Taking Daqing Jiang 37 Block as an example, the study on the dynamic regularity of steam throughput in shallow heavy oil reservoirs with STARS heat mining module in CMG software is carried out. Meanwhile, parameter optimization for steam drive to steam soak is carried out, including the timing of steam flooding, the steam injection rate of steam injection well and the optimization of steam temperature and pressure at the bottom hole, and the recommendation scheme of turning to steam drive is obtained, which is significant to improve recovery of heavy oil reservoirs.

## Keywords

Steam Soak, Steam Drive, Numerical Simulation, History Matching

---

# 江37区蒸汽驱数值模拟开发规律研究

周泽宇<sup>1</sup>, 李岩<sup>2</sup>, 侯雪鹏<sup>3</sup>

<sup>1</sup>东北石油大学石油工程学院, 黑龙江 大庆

<sup>2</sup>采油三厂第四油矿, 黑龙江 大庆

<sup>3</sup>采油三厂第五油矿, 黑龙江 大庆

Email: 394562953@qq.com

收稿日期: 2017年7月4日; 录用日期: 2017年7月21日; 发布日期: 2017年7月24日

---

## 摘要

本文以大庆江37区为例, 利用CMG软件内的STARS热采模块对浅薄层稠油油藏进行蒸汽吞吐数值模拟开

发动态规律研究,对蒸汽驱转蒸汽吞吐参数优化,主要包括对转蒸汽驱时机、注汽井注汽速度、井底蒸汽温度与压力的优选,并得出转蒸汽驱推荐方案,对于提高稠油油藏的采收率具有一定的指导作用。

## 关键词

蒸汽吞吐, 蒸汽驱, 数值模拟, 历史拟合

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

目前在蒸汽驱数值模拟领域的应用软件有很多,如 SSI 公司的 THERM 软件, ECLIPSE 公司的热采模块, CMG 公司的 STARS 模块,其中 STARS 模块是国际上较为成熟且应用广泛的数值模拟软件。邢景奎应用 STARS 模块对辽河油田高 3-4-066 试验区进行蒸汽驱开发研究;殷代印、张湘娟在大庆朝阳沟油田蒸汽驱试验区地质研究基础上,利用 STARS 模块对不同蒸汽驱开发方案开发指标进行预测;石晓渠利用 CMG 三相多组分软件对河南井楼油田三区 LZ27 井区进行蒸汽驱先导实验。

本文的特点为应用动态拟合后的精细地质模型和数值模型,开展浅薄层稠油油藏蒸汽吞吐开发动态规律及转蒸汽驱时机优化研究;对薄层稠油油藏蒸汽吞吐开发规律形成准确认识,并推荐了转蒸汽驱最优方案。

大庆江 37 试验区块稠油油田含油面积  $0.19 \text{ km}^2$ ,原油地质储量  $682.8 \times 10^4 \text{ t}$ ,平均渗透率为  $1435.9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均孔隙度为 33.0%,埋藏深度范围为 580~600 m,区块特点为砂体小,厚度薄且分布零散,属于高孔隙度、高渗透率稠油油藏[1] [2]。该区块主力油层为高台子组,平均地层厚度为 22.7 m,储层平均厚度为 6.9 m,平均含油饱和度为 69.0%。利用数值模拟方法对该区蒸汽吞吐[3]转蒸汽驱[4] [5] [6]进行开发指标预测及方案优选,从而为该技术在稠油油藏的应用中奠定一定的基础。

## 2. 地质模型的建立

应用地质建模软件 Petrel,结合数字化沉积相结果,根据研究数据和地质开发生产需要,对江 37 全区建立油藏数值模型。平面网格长度按 5 m 划分为  $93 \times 145$  的均匀网格系统(图 1)。为了进行精细油藏数值模拟研究[7] [8],垂向根据分层数据以及射孔等数据分为 10 个层,结合主力油层在蒸汽吞吐与蒸汽驱过程中的蒸汽超覆影响的情况将其分为 3 个模拟层,因此模型网块总数为  $93 \times 145 \times 10 = 134,850$  个。图 2 至图 4 分别给出油藏数值模型孔隙度的三维显示图、渗透率的三维显示图和初始含油饱和度的三维显示图。

## 3. 蒸汽吞吐历史拟合

根据各井的数据结合平面网格划分结果,利用 CMG 数值模拟软件 STARS 模块对该区进行数值模拟计算,建立江 37 块的非均值的精细油藏数值模型。在历史拟合过程中进行适当调整。

适当调整包括油层厚度、原始含油饱和度、油层条件下原油粘度与温度关系数据等在内的地质模型参数,调整相渗曲线,得出江 37 试验区块的蒸汽吞吐累产油曲线、累产液曲线(图 5)。累产油量拟合误差为 0.62%,累产液量拟合误差为 1.39%,达到高精度拟合标准。

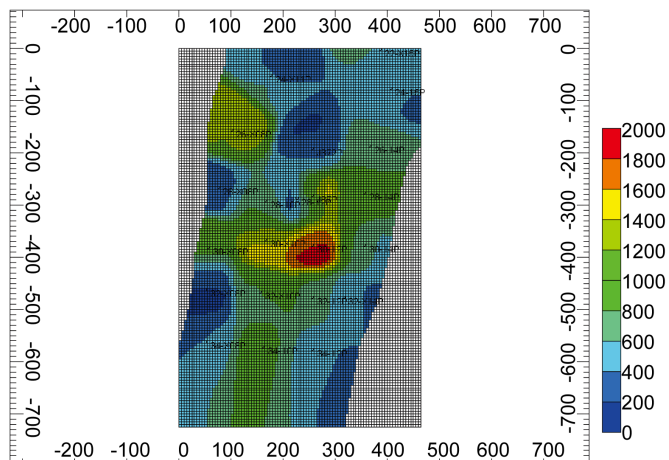


Figure 1. Plane grid partition  
图 1. 平面网格划分图

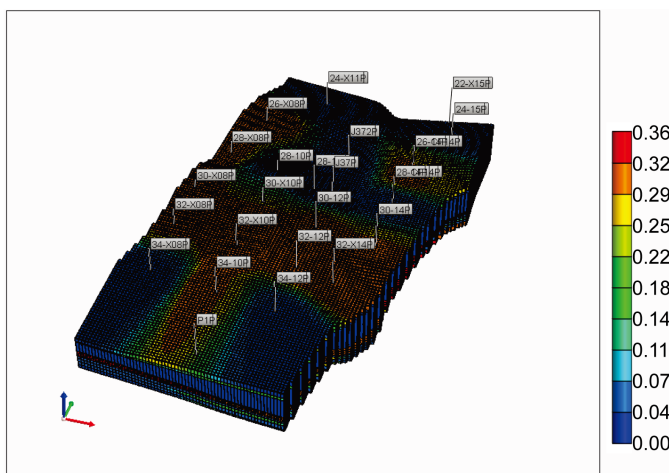


Figure 2. 3D display of porosity distribution  
图 2. 孔隙度分布三维显示图

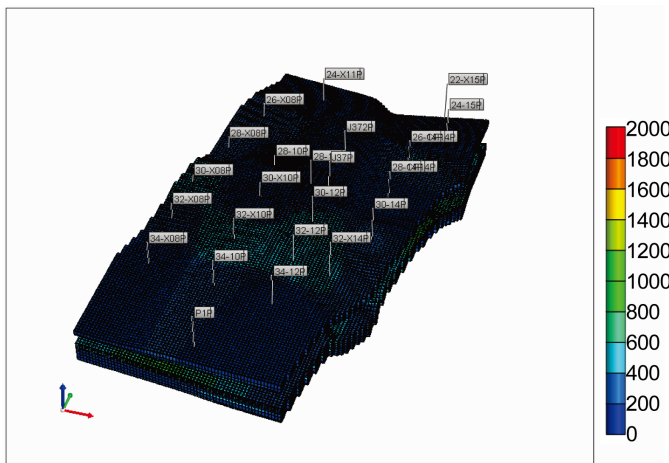


Figure 3. 3D display of permeability distribution  
图 3. 渗透率分布三维显示图

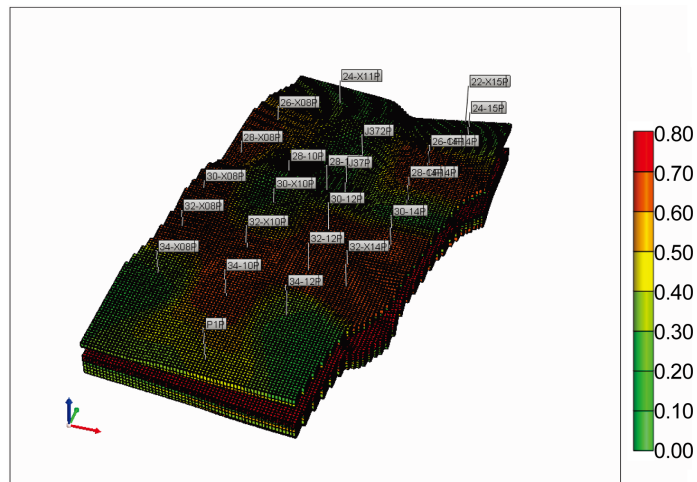


Figure 4. 3D display of initial oil saturation  
图 4. 初始含油饱和度分布三维显示图

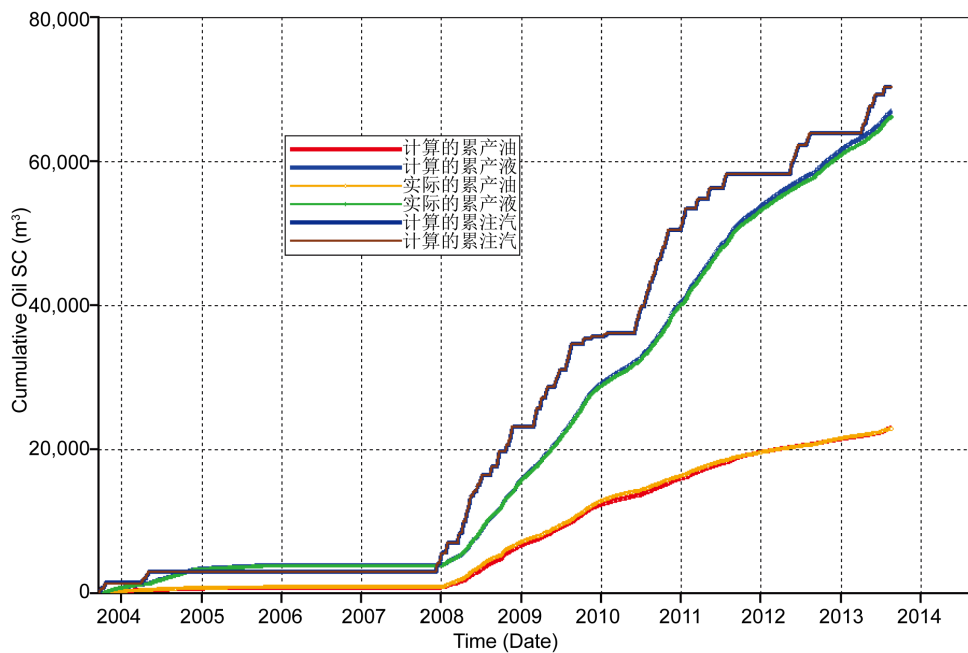


Figure 5. Cumulative oil & fluid output curve of steam soak in Jiang 37 Block  
图 5. 江 37 试验区块蒸汽吞吐累产油、累产液拟合曲线

#### 4. 蒸汽吞吐转蒸汽驱

对 2013 年没有进行过蒸汽吞吐的井先后进行蒸汽吞吐试验, 各井蒸汽吞吐最大产液量根据以往最大产业量以及油层厚度计算给出, 蒸汽吞吐设计注汽强度为 150 t/m; 自 2014 年 3 月, 对 2013 年三口已吞吐井(平 1 井、斜 32 井、斜 24 井)先后开始蒸汽吞吐注蒸汽生产。自该年 4 月, 对其他井进行蒸汽吞吐注蒸汽生产; 自 2014 年 7 月, 三个井组的 3 口注汽井参照标准注汽速度开始注汽, 从而进行转蒸汽驱开发。

##### 4.1. 转蒸汽驱时机优选

由现场实验数据对比表可知, 后续吞吐一周期有效后再进行转蒸汽驱的效果明显优于直接转蒸汽驱。

因此转蒸汽驱最佳时机推荐使用方案 2 (表 1)。

#### 4.2. 注汽井注汽速度优选

井底蒸汽干度[9]每上升 5%，蒸汽驱降到极限油汽比 0.10 t/t。整体趋势为随着井底蒸汽干度的上升，累注汽量也随之上升，但当蒸汽干度大于或等于 25%时，累积注汽量将不需增大，累产油、油气比、累产液、采注比等参数也只是小幅度增大，可以忽略不计(表 2)。综合考虑试验区实际情况与经济因素，选择方案 2 作为最优注汽速度。

#### 4.3. 井底蒸汽温度优选

整体趋势为随着井底蒸汽温度[10]的上升，累注汽量保持不变，累产油与油气比小幅度上升，累产液先上升明显后变为缓慢上升(表 3)。综合考虑试验区实际情况与经济因素，选择方案 2 作为最优井底蒸汽温度，即井底蒸汽压力达到 6.4 MPa 以上。

Table 1. System resulting data of standard experiment

表 1. 转蒸汽驱时机优化结果对比表

方案	阶段	累注汽 (t)	累产油 (t)	油汽比 (t/t)	累产液 (m <sup>3</sup> )	采注比 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
1	蒸汽驱阶段	138,772	22246.8	0.160	156,119	1.125
	后续吞吐一周期	12,625	5189.3	0.411	25,792	2.057
2	蒸汽驱阶段	151,139	22922.9	0.152	167,684	1.109
	后续吞吐一周期	12,625	5189.3	0.411	25,792	2.057
3	后续二次吞吐一周期	17,449	5063.0	0.290	28,930	1.658
	蒸汽驱阶段	155,342	21550.2	0.139	166,794	1.074

Table 2. Comparison of bottom-hole steam quality in steam drive

表 2. 蒸汽驱井底蒸汽干度研究结果对比表

方案	井底蒸汽干度 (%)	生产时间	累注汽 (t)	累产油 (t)	油汽比 (t/t)	累产液 (m <sup>3</sup> )	采注比 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
1	20、28、36	2 年 + 6 月	146,640	21823.0	0.149	161,775	1.103
2	25、33、41	2 年 + 7 月	151,139	22657.4	0.150	167,475	1.108
3	30、38、46	2 年 + 7 月	151,139	22922.9	0.151	167,684	1.109
4	35、43、51	2 年 + 7 月	151,139	23069.5	0.152	167,840	1.111

Table 3. Comparison of bottom-hole steam temperature in steam drive

表 3. 蒸汽驱井底蒸汽温度研究结果对比表

方案	井底蒸汽温度 (°C)	生产时间	累注汽 (t)	累产油 (t)	油汽比 (t/t)	累产液 (m <sup>3</sup> )	采注比 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
1	260	2 年 + 7 月	151,139	22814.3	0.151	157,546	1.109
2	280	2 年 + 7 月	151,139	22922.9	0.152	167,684	1.109
3	300	2 年 + 7 月	151,139	23118.0	0.153	168,158	1.113

## 5. 结论

- 1) 蒸汽吞吐加热范围较小, 未达到油层温度基本连通对转蒸汽驱是不利的, 需继续进行蒸汽吞吐, 提高采注比, 降低油层压力, 增加加热范围, 为转蒸汽驱创造有利条件。
- 2) 由于低采注比低, 致使注入蒸汽向采油井驱替慢, 加热范围较小。
- 3) 后续吞吐一周期待吞吐引效后进行转蒸汽驱效果明显优于直接转蒸汽驱。
- 4) 随着注汽井注汽速度、井底蒸汽温度的提高, 蒸汽驱的效果逐渐变好, 超过最优选定参数, 蒸汽驱的效果提升变得不明显。

## 参考文献 (References)

- [1] 梁金中, 王伯军, 关文龙, 等. 稠油油藏火烧油层吞吐技术与矿场试验[J]. 石油学报, 2017, 38(3): 324-332.
- [2] 何聪鸽, 穆龙新, 许安著, 等. 稠油油藏蒸汽吞吐加热半径及产能预测新模型[J]. 石油学报, 2015, 36(12): 1564-1570.
- [3] 王胜, 曲岩涛, 韩春萍. 稠油油藏蒸汽吞吐后转蒸汽驱驱油效率影响因素——以孤岛油田中二北稠油油藏为例[J]. 油气地质与采收率, 2011, 18(1): 48-50.
- [4] 胡新正. 曙光油田杜 229 块蒸汽吞吐后期转蒸汽驱试验技术[J]. 特种油气藏, 2009, 16(5): 61-64.
- [5] 刘荣光, 陈敏杰, 鄢宇杰, 等. 井楼油田特稠油油藏蒸汽吞吐转蒸汽驱注采参数优化[J]. 内蒙古石油化工, 2010, 36(22): 146-147.
- [6] 梁作利, 唐清山, 柴利文. 稠油油藏蒸汽驱开发技术[J]. 特种油气藏, 2000(2): 46-47.
- [7] 殷代印, 张湘娟, Yin, D.-Y., 等. 朝阳沟油田蒸汽驱数值模拟研究[J]. 特种油气藏, 2008, 15(1): 59-61.
- [8] 邢景奎. 高 3-4-066 试验区蒸汽驱数值模拟研究[J]. 特种油气藏, 2004, 11(4): 43-45.
- [9] 秦健飞, 赵琳. 井口注汽参数对井底热蒸汽干度的影响研究[J]. 内蒙古石油化工, 2015(22): 107-110.
- [10] 高彦生. 热采井注汽速度对井底蒸汽参数影响的数值分析[J]. 石油知识, 2010(5): 10.

### 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](mailto:ojs@hanspub.org)