

S14断块注采优化调整研究

陈敬, 侯冰洁

江苏油田矿业开发有限公司, 江苏 扬州

收稿日期: 2023年10月7日; 录用日期: 2023年12月18日; 发布日期: 2023年12月28日

摘要

S14断块为典型的特低渗透油藏, 储层物性差、油井产能低、注水不见效, 注水开发效果差, 需依靠储层改造工艺进行动用, 而压裂后基础井网的适应性或被改变, 油藏压裂后水驱效果仍较差, 存在注采系统不合理, 地下渗流场不均衡、储量动用不均匀、采收率偏低等主要问题。为此, 通过开展油藏精细描述、数值模拟等手段落实剩余油定量分布, 根据剩余油分布特征, 通过注采系统的优化和调整, 以实现储量的均衡动用, 最终达到提高采收率的目的。

关键词

地质建模, 数值模拟, 剩余油, 注采优化

Research on Optimization and Adjustment of Injection and Production in S14 Fault Block

Jing Chen, Bingjie Hou

Jiangsu Oilfield Mining Development Co., Ltd., Yangzhou Jiangsu

Received: Oct. 7th, 2023; accepted: Dec. 18th, 2023; published: Dec. 28th, 2023

Abstract

The S14 fault block is a typical ultra-low permeability oil reservoir. The reservoir physical properties are poor, the oil well productivity is low, water injection is ineffective, and the water injection development effect is poor. It needs to rely on reservoir stimulation technology for utilization, and the adaptation of the basic well pattern after fracturing properties may be changed. After reservoir fracturing, the water flooding effect is still poor. There are major problems such as unrea-

sonable injection and production systems, unbalanced underground seepage flow fields, uneven reserve utilization, and low recovery rates. To this end, the quantitative distribution of remaining oil is confirmed by carrying out detailed description of the reservoir, numerical simulation and other means. According to the distribution characteristics of the remaining oil, the injection and production system is optimized and adjusted to achieve balanced utilization of reserves and ultimately achieve the purpose of improving recovery.

Keywords

Geological Modeling, Numerical Simulation, Remaining Oil, Injection and Production Optimization

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

S14 断块探明含油面积 1.1 km^2 , 探明地质储量 $55 \times 10^4 \text{ t}$, 标定可采储量 $9.4 \times 10^4 \text{ t}$ 。截止到 2017 年 12 月, S14 断块共有采油井数 9 口, 注水井 2 口, 累积产油 $6.2 \times 10^4 \text{ t}$, 累积注水 $9.57 \times 10^4 \text{ m}^3$, 采油速度 0.2%, 采出程度 11.3%, 累积注采比 0.79。为实现储量均衡动用、提高采收率, 充分挖掘剩余油, 采用数值模拟对该区块进行了注采系统优化调整。

2. 三维地质建模

本次建模应用 RMS 随机建模软件, 分别建立了区块构造模型、岩相模型、属性模型, 最终形成该区块储层地质模型。精细刻画了砂体与泥岩的空间分布特征、孔渗等属性空间展布, 同时为剩余油研究提供了可靠的地质模型(如图 1、图 2)。

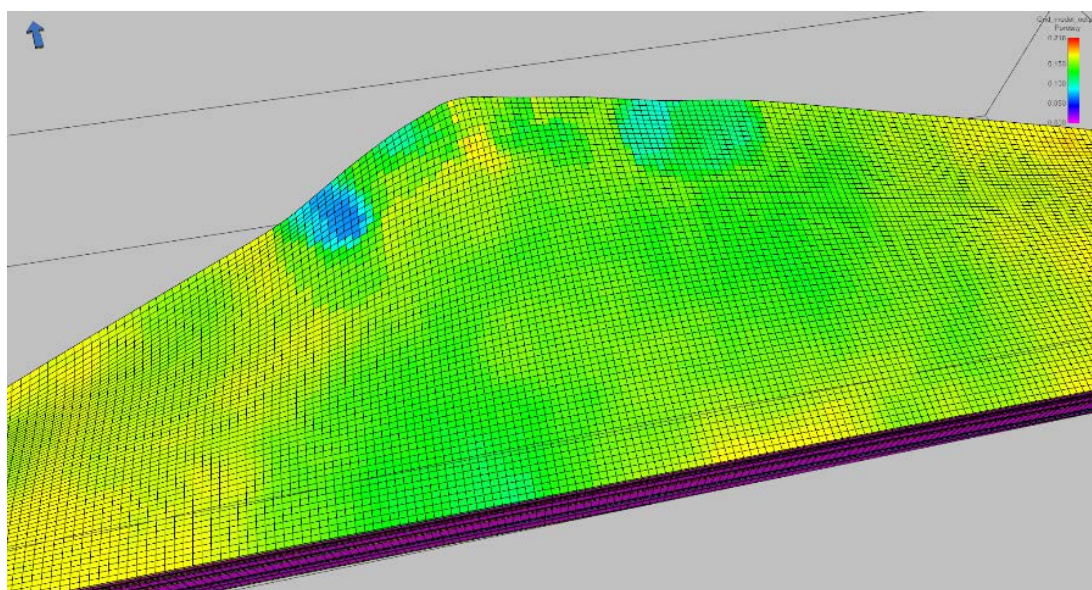


Figure 1. S14 fault block $E_1f_3^{1-3}$ sand body porosity model

图 1. S14 断块 $E_1f_3^{1-3}$ 砂体孔隙度模型

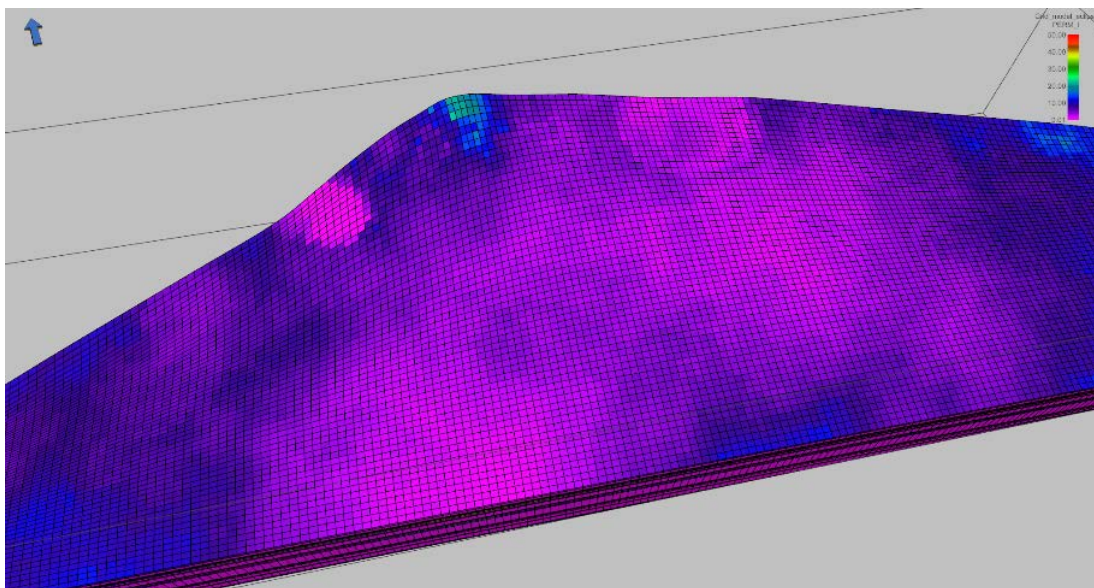


Figure 2. S14 fault block $E_1f_3^{1-3}$ sand body permeability model

图 2. S14 断块 $E_1f_3^{1-3}$ 砂体渗透率模型

3. 数值模拟

油藏数值模拟是定量描述剩余油在储层中的分布并实现可视化的一项成熟技术[1]。本次研究在精细三维建模的基础上, 采用了 Eclipse 软件对 S14 断块进行历史拟合及剩余油分布研究。如图 3, 网格模型设计为 $180 \times 60 \times 19$, 网格节点总数为 205,200 个, 网格大小为 20×20 m。纵向上模拟层对应到地质上精细划分后的小层, 油藏基本静态参数及计算储量与地质储量拟合相对误差为-4.2%。

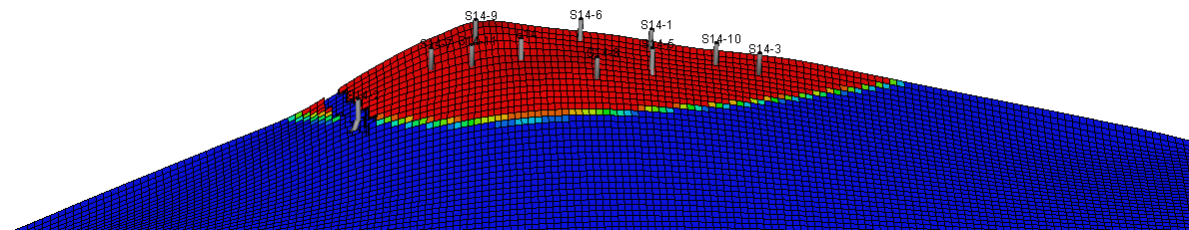


Figure 3. S14 fault block mesh model

图 3. S14 断块网格模型

4. 剩余油分布规律认识

目前, 剩余油分布的研究方法主要是测井、油藏工程、岩心分析、数值模拟等等[2]。本次研究综合考虑地质、油藏, 利用数值模拟来描述剩余油分布规律。

S14 断块 E_1f_3 沉积为三角洲前缘末端沉积[3], 砂岩的泥质含量较高, 砂层分布较稳定, 目前该断块除了 $E_1f_3^{1-4}$ 、 $E_1f_3^{2-6}$ 砂体未动用外, 其它砂体均已动用。

4.1. 剩余油分布特征

根据数值模拟分析结果, S14 断块剩余油分布具有以下特征:

(1) 平面上, 剩余油呈现局部连片分布, 主要受高部位注水井 S14-6 井注水影响, 构造两翼腰部剩余

油较富集, 其中受储层条件影响, 构造西部的剩余油丰度高于构造西翼; 另外部分未射孔井区剩余油连片富集。

(2) 纵向上, 主力砂体剩余油仍比较富集, 基本集中在中高部储层较好的区域。

4.2. 剩余油影响因素分析

通过对 S14 断块数值模拟成果的分析, 认为 S14 断块剩余油形成的主要因素为储层的非均质性、边水能量强弱、布井方式、射孔程度。其剩余油分布类型主要表现如下:

(1) 油藏构造高部位沿断层附近剩余油富集型

此类剩余油所在的区域基本处于构造高部位, 水淹程度较弱, 含有饱和度较高。如 $E_1f_3^{1-6}$ 小层沿构造分布的剩余油饱和度远远高于油藏内部剩余油饱和度。

(2) 平面上水动力滞留型

受储层微相、射孔及注采布井方式等影响, 油藏内部注采井连线处由于注入水的长期冲刷局部形成优势通道, 在非主流线区域剩余油富集。如 S14-6 井为高部位注水井, S14-8 井位于主流线上, 且该井处于储层发育区, 因此注采井间形成了明显的优势通道, 两侧剩余油富集; 油水井射孔程度低的区域, 只注不采或只采不注的情况而形成剩余油较富集, 如 S14-7、S14-9 等井区 $E_1f_3^{1-3}$ 小层未射开形成的剩余油富集。

(3) 大段合采合注造成纵向上动用差异所形成的剩余油类型

此类剩余油所在的区域有一定程度的水淹, 其水淹程度与差层的存在及小层中注采对应关系的完善程度有关, 即层间矛盾越突出, 层间的干扰越突出; 小层注采对应关系越不完善, 小层水淹程度就越低。如除 $E_1f_3^{1-5}$ 局部因未射开生产剩余油富集外, 其它小层 $E_1f_3^2$ 砂层组局部生产层含水较低, 剩余油饱和度高。

5. 注采系统优化调整方案

注采系统的合理性主要体现在三个方面: 油水井数比较合理, 注水能力与采液能力比较协调, 注采基本保持平衡; 油、水井有良好的对应关系, 注采井网对油层具有较好的适应性; 压力系统要合理, 即油藏在原油生产过程中, 各项压力指标保持在技术界限以内, 流动压力在最低流压界限以内, 注水压力在最高注水压力界限以内, 合理的注采系统是保证合理有效油藏开发的基础。

5.1. 调整原则及思路

调整原则: 结合 S14 开发效果分析及剩余油分布规律, 以现有井为基础, 通过完善局部注采井网、分层动态调配注水等提高水驱动用程度及水驱波及体积, 以达到提高最终采收率的目的。

调整思路: 立足现井网, 以补充地层能量、提高水驱动用储量为目的, 进行注采对应层完善、分层注水、卡封高含水层、增加注水井点及方向。

5.2. 调整部署

具体工作量见表 1。

Table 1. S14 fault block workload statistics table

表 1. S14 断块工作量统计表

井号	调整前		调整措施内容	调整后	
	井别	生产层位		井别	生产层位
S14-6	注水井	E_1f_3	分层注水	注水井	一级两段($E_1f_3^{2-2}$ 以上作为一段)
S14-2	注水井	E_1f_3	增压增注	注水井	合注(补开 1、2 号层)

Continued

S14-10	采油井	E_1f_3	转注	注水井	E_1f_2 (对应油井 S14-1、S14-5、S14-3 井)
S14-8	采油井	E_1f_3	卡封、补层	采油井	卡封 22 号层, 补开 2、3 号层
S14-11	采油井	E_1f_3	卡封、补层	采油井	卡封 9、10 号层, 补开 2-4 号层
S14-3	采油井	E_1f_3	补层	采油井	补开 15 号层
S14-7	采油井	E_1f_3	适时补层	采油井	补开 18-20 号层

5.3. 调整方案预测

在目前井网条件下, 油田产量处于递减阶段, 根据目前产量递减规律, 以递减率 10.8%对现井网的开发指标进行预测。

根据调整方案设计, 老井转注 1 口、分层注水井 1 口、增压增注井 1 口、酸压井 1 口、补射孔措施井 4 口, 压裂及补射层日增油按 1t/d 考虑, 预计累计增油 0.21×10^4 t, 比调整前采收率提高 0.4%。

5.4. 调整方案实施及效果

(1) 注水井调整

S14-2 井: 2018 年 1 月实施酸化、分注措施, 笼统酸化, 一级两段分层注水管柱, 分注 $E_1f_3^1/3-7\# + E_1f_3^2/9-11\#$ (2476.4~2561.7 m/33 m)、 $E_1f_3^2/17-18\# + E_1f_3^3/19-22\#$ (2624.8~2699.2 m/18.7 m), 分层配注量 10/5 (m^3/d)进行配注。截止 2018 年 12 月, 分层注水 7299 m^3 。

S14-6 井: 2018 年 6 月实施酸化、分注措施, 笼统酸化, 一级两段分层注水管柱, 分注 $E_1f_3^1/1、3-8\# + E_1f_3^2/10-13\#$ (2408.6~2489.5 m/26.2 m), $E_1f_3^2/21-24\# + E_1f_3^3/25-27、29、30、32\#$ (2559.9~2654.9 m/25.1 m), 分层配注量 10/5 (m^3/d)进行配注。截止 2018 年 12 月, 分层注水 3561 m^3 。

(2) 采油井调整

S14-7: 2018 年 6 月实施补层合采措施, 射开 $E_1f_3/3-8、10、12$ 号层, 与原生产层 23-27、29、30 合采。补层前 S11-7 井日产液 0.4 t/d, 日产油 0.1 t/d, 含水 62.9%, 补层后初期日产液 10.0 t/d, 日产油 7.5 t/d, 含水 25.0%, 截止 2018 年 12 月增油 985.1 t。

S14-8: 2018 年 6 月实施补层合采措施, 射开 $E_1f_3/2、3、5、6、9$ 号层, 与原生产层 11、13、22、26、28、30、34 合采。补层前 S11-8 井日产液 0.8 t/d, 日产油 0.3 t/d, 含水 62.5%, 补层后初期日产液 8.4 t/d, 日产油 2.4 t/d, 含水 72.0%, 截止 2018 年 12 月增油 105.9 t。

(3) 调整效果

注水压力: S14 块储层属于中孔、特低渗储层, 存在注水困难的问题, 2017 年 12 月区块由于注水压力高(油压 24 MPa), 基本处于停注状态。酸化后取得较好效果, S14-2 井初期油压 14 MPa, S14-6 初期油压 10 MPa, 2018 年 12 月 S14-2 井油压 15 MPa, S14-6 油压 15 MPa, 2018 年 S14 块累计注水 10,860 m^3 。

注水效果情况:

S14-2 井组: 该注水井对应的采油井分别是 S14-7、S14-9、S14-11 井。分层注水后 S14-7、S14-9、S14-11 井均见效。S14-7 井补层前日产液 0.4 t/d, 日产油 0.1 t/d, 含水 62.9%, 补层后日产液 10.0 t/d, 日产油 7.5 t/d, 含水 25.0%, 产量保持稳定。S14-9 井原间抽井, 2018 年 4 月分层注水见效, 日产液由 0.4 t/d 提高到 1.7 t/d, 日产油由 0.2 增加到 1.1 t/d, 含水稳定在 37%左右。S14-11 井效果不明显, 日产油稳定在 0.3 t/d。

S14-6 井组: 该注水井对应的采油井分别是 S14、S14-1、S14-5、S14-8、S14-9 井。分层注水后 S14、S14-1、S14-8 井均见效。S14-1 井原低产低液未正常生产, 2018 年 8 月检泵恢复生产, 初期日产液 2.7 t/d,

日产油 1.9 t/d, 含水 30%左右。S14 井液量由 0.8 t/d 提高到 3.5 t/d, 日产油由 0.3 t/d 提高到 1.7 t/d, 含水下降。S14-8 井 2018 年 6 月补层合采后液量由 0.8 t/d 提高到 3.6 t/d, 日产油由 0.02 t/d 提高到 1.0 t/d。

开发效果: 2018 年 S14 块注水见效, 液量、油量提高, 含水下降, 全年液量由 2017 年的 2777 t 提高到 4756 t, 全年产油 2248 t, 较 2017 年 941 t 增加了 1307 t, 采油速度由 0.17% 提高到 0.41%, 含水由 66.1% 下降到 52.7%。

6. 小结

(1) 根据开发效果评价及剩余油分布规律研究结果, S14 断块提出以现有井为基础, 通过完善局部注采井网、分层动态调配注水等提高水驱动用程度及水驱波及体积。

(2) S14 断块设计了老井转注 1 口、分层注水井 1 口、增压增注井 1 口、酸压井 1 口、补射孔措施井 4 口综合治理措施, 预测调整后提高采收率 0.4%。

(3) S14 断块实施了采油井补层合采、注水井酸化分注治理措施, 年增油 1407 t, 含水下降 13.4%, 采油速度提高了 0.24%。

参考文献

- [1] 高博禹, 彭仕宓, 黄述旺, 王建波. 高含水期油藏精细数值模拟研究[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2005, 29(2): 11-15.
- [2] 黄伟岗, 郭平, 徐艳梅. 剩余油分布地质研究方法[J]. 西南石油学院学报, 2005, 27(3): 5-7.
- [3] 李储华, 郑元财, 刘志敏, 吴峰. 高邮凹陷阜三段砂体展布特征及控砂模式[J]. 复杂油气藏, 2022, 15(1): 17-22.