

S30断块注采优化调整研究

侯冰洁

江苏油田矿业开发有限公司, 江苏 扬州

收稿日期: 2026年4月8日; 录用日期: 2026年5月18日; 发布日期: 2026年5月28日

摘要

S30断块为典型窄条状中渗断鼻油藏, 主力含油层系为阜宁组阜一段、阜二段, 储层以滨浅湖滩坝沉积为主, 具有含油带窄、注水后含水上升快、注采系统不匹配、储量动用不均等开发矛盾。本文以油藏精细描述为基础, 开展构造、沉积、储层及三维地质建模研究, 通过水驱开发效果评价、剩余油分布规律分析, 明确合理注采井距、油水井数比、注采比等关键参数, 针对性提出完善注采井网、分层注水、补孔改层、侧钻挖潜等综合治理对策。现场实施表明, 优化调整后区块累计增油3261 t, 综合含水下降14.0%, 采油速度提高0.35%, 研究成果可为同类窄条状中渗油藏高效开发提供技术借鉴。

关键词

中渗油藏, 注采优化, 剩余油, 分层注水, 采收率

Research on Optimization and Adjustment of Injection and Production in S30 Fault Block

Bingjie Hou

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

Received: April 8, 2026; accepted: May 18, 2026; published: May 28, 2026

Abstract

The S30 fault block is a typical narrow-strip, medium-permeability fault-nose reservoir. The main oil-bearing strata are the first and second sections of the Funing Formation. The reservoir is mainly composed of shallow lacustrine bar deposits, characterized by narrow oil-bearing zones, rapid water cut increase after water injection, mismatch between injection and production systems, and

uneven utilization of reserves. Based on a detailed reservoir description, this paper conducts structural, sedimentary, reservoir, and 3D geological modeling studies. Through evaluation of waterflood development effects and analysis of remaining oil distribution patterns, key parameters such as reasonable injection-production well spacing, oil-water well ratio, and injection-production ratio are identified. Targeted comprehensive management strategies are proposed, including improving the injection-production well network, stratified water injection, perforation modification, and sidetracking for potential tapping. Field implementation showed that after optimization and adjustment, the block accumulated an additional 3261 tons of oil production, a 14.0% decrease in overall water cut, and a 0.35% increase in oil recovery rate. The research findings can provide technical guidance for the efficient development of similar narrow, medium-permeability reservoirs.

Keywords

Medium-Permeability Reservoir, Injection-Production Optimization, Remaining Oil, Stratified Water Injection, Oil Recovery Rate

Copyright © 2026 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

S30 断块为受 S30 断层及其分支断层侧向遮挡形成的断鼻构造油藏。该断块 2001 年试采, 2005 年正式投入开发, 2006 年全面转入注水开发, 初期产能较高, 但受窄条状储层展布、储层非均质性及注采系统不完善等因素影响, 注水后油井含水快速上升、产量持续递减, 注入水利用率低、水驱不均衡、剩余油挖潜方向不明确, 严重制约开发效益提升。

目前针对复杂断块、中低渗油藏注采优化调整已形成系列技术, 井网完善、分层注水、堵水调剖、立体注采等成熟技术系列, 构造精细刻画与低序级断层识别精度显著提升; 中渗透储层水驱调控由笼统注水向精细分层、差异化注采、流场优化方向发展, 注采参数优化方法日趋完善。但针对窄条状、滩坝沉积、边外注水为主的中渗断块, 注采参数优化、分层注水与井网完善的协同调整模式仍需深化研究。

本文以 S30 断块为研究对象, 整合地质、测井、生产动态及数值模拟资料, 系统开展注采适应性评价与综合治理研究, 重点解决窄条状中渗断块注采失衡、水驱不均、边外注水利用率低、剩余油难以动用等悬而未决问题, 在前人基础上完善注采参数量化方法与井网优化模式, 形成可推广的注采优化技术体系, 为同类油藏高效开发提供支撑。

2. 油藏地质与开发特征

2.1. 地质概况

S30 断块构造类型为断鼻构造, 地层北断南倾, 倾角约 23° , 构造高点埋深 2400 m, 圈闭幅度 100 m, 含油面积 1.0 km^2 , 探明地质储量 $47 \times 10^4 \text{ t}$, 标定可采储量 $9.4 \times 10^4 \text{ t}$ 。主力含油层系为 E_1f_1 、 E_1f_2 , 纵向上划分为 6 个主力含油小层, 油水界面统一在 $-2488 \sim -2492 \text{ m}$ 。

储层沉积以滨浅湖滩坝为主, 发育生物滩坝、砂质坝滩、席状砂等微相, 砂体呈椭圆形平行岸线展布, 横向连续性较好, 薄互层发育。岩石类型为长石岩屑石英砂岩, 平均孔隙度 17.7%, 平均渗透率 56.9

$\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 属中孔中低渗储层。地层水为 CaCl_2 型, 矿化度 26,029 mg/L, 油藏温度 96.26 $^{\circ}\text{C}$, 压力系数 1.03, 为正常温压系统。

2.2. 开发特征与主要矛盾

S30 断块 2006 年注水后年产量达到峰值 11,302 t, 随后进入快速递减阶段。截至目前共有采油井 7 口, 开井 7 口, 日产油水平 5.2 t/d, 综合含水 81.9%, 采出程度 17.0%; 注水井 2 口, 日注水 19.2 m^3/d , 累积注采比仅 0.63。开发中存在的突出矛盾如下:

- 1) 注采井距不合理, 部分区域井距偏大或偏小, 水驱控制程度仅 64%;
- 2) 注采系统失衡, 油水井数比 3.5, 远高于理论值 1.5, 注采比 0.53, 注水强度不足;
- 3) 注水井单层突进严重, 缺乏分层注水, 层间动用差异大;
- 4) 含油带窄, 以边外注水为主, 注入水易沿边水外溢, 利用率低;
- 5) 构造高部位、井间滞留区及未射孔层段剩余油富集, 挖潜难度大。

3. 注采适应性评价

3.1. 水驱开发效果评价

采用存水率、水驱指数、水驱波及系数等指标开展综合评价[1]。分别根据存水率表达式、水驱指数表达式作出存水率与含水率关系理论曲线、水驱指数与含水率关系理论曲线, 结果表明: S30 断块由于含油带窄, 注水井均为边外注水, 造成实际存水率高于理论存水率, 且实际水驱指数低于理论水驱指数, 注入水利用率低。通过丙型水驱曲线回归, S30 断块 α 为 0.8533, β 为 0.0852, 体积波及系数 0.7229, 受边水推进影响相对较高, 但平面动用差异显著。

储量动用评价显示: 井网储量控制程度 95.1%, 水驱动用程度 64%。平面上 CS30-6、S30-2、S30-7 井区采出程度高, 构造高部位及井间滞留区动用差; 纵向上 $E_1f_2^{2-1}$ 、 $E_1f_2^{3-3}$ 主力层动用充分, $E_1f_2^{3-4}$ 、 $E_1f_1^{-1}$ 等层段动用较差。

3.2. 合理注采参数确定

结合经济评价与油藏工程方法, 确定 S30 断块合理注采参数:

1) 合理注采井距: S30 断块为中低渗油藏, 主要借鉴江苏油田中低渗油藏实际注采连通率与注采井距回归关系确定技术井距(图 1)。根据俞启泰推导合理井网密度公式求取经济合理井网密度。综合经济井距与技术井距, 确定合理井距为 250 m。现状井距 180~470 m, CS30-8 井距偏小(180 m), CS30-3、S30-9A 井距偏大(450~470 m), 水驱受效差。

2) 合理油水井数比: S30 断块目前含水条件下理论油水井数比为 1.5, 实际 3.5, 注水井数量不足, 需新增注水井点完善注采关系。

3) 合理注采比: S30 断块目前含水条件下理论注采比为 1.1, 实际 0.53, 注水强度偏低, 需适度提高注水量并控制水窜。

3.3. 剩余油分布规律

利用 Eclipse 数值模拟开展剩余油研究[2], 结果表明: S30 断块剩余油主要受构造、储层非均质性、注采井网及射孔程度控制, 分布模式可分为三类:

- 1) 构造高部位沿断层富集型: 构造高部位水淹弱, 剩余油饱和度高;
- 2) 平面水动力滞留型: 注采主流线形成优势通道, 非主流线区域剩余油富集;
- 3) 长期关井及未射孔层富集型: 井间未波及区、未射孔层段储量集中。

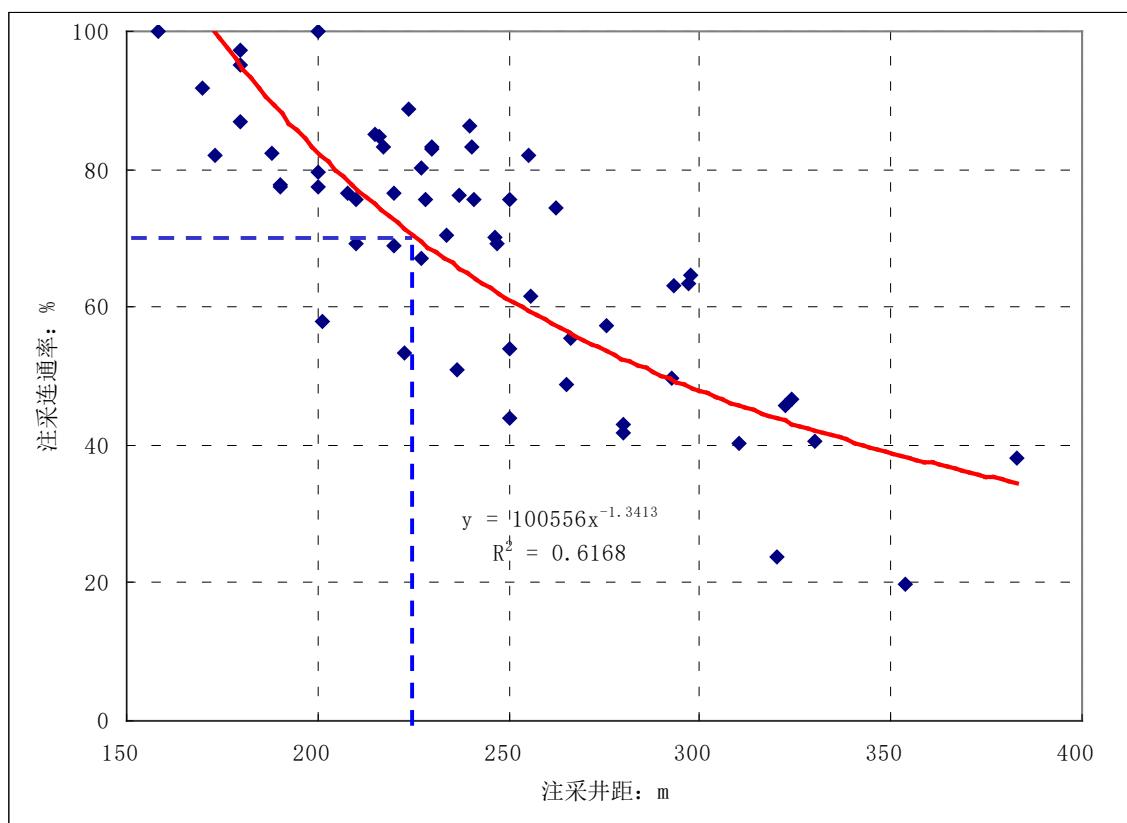


Figure 1. Relationship between injection-production connectivity and injection-production well spacing in low-permeability reservoirs

图 1. 低渗油藏注采连通率与注采井距关系曲线

4. 注采优化调整方案

以完善注采井网、均衡水驱剖面、提高储量动用、控水稳油为原则，制定注采系统整体优化调整方案[3]。

4.1. 注采系统优化

- 1) 分层注水：S30-10、S30-11 井实施一级两段分层注水，分别对 $E_1f_2^2$ 、 $E_1f_2^3$ 层段分段注水，抑制单层突进，提高差层吸水比例。
- 2) 补层与封堵：封堵注水井无油对应层，补开低动用层，提升注采对应率。
- 3) 老井转注/侧钻注水井：SX30 井侧钻转注，完善构造中部注采井网，增加注水方向，改变液流方向。

4.2. 采油系统调整

- 1) 补射孔挖潜：CS30-3、S30-7、CS30-2 等井补射未动用层，提高单井产能。
- 2) 侧钻优化井距：CS30-3 井侧回原井区附近，缩小井距，挖潜井间剩余油。
- 3) 卡堵高含水层：对高含水井实施堵水作业，控制含水上升，提高有效产油量。

4.3. 整体调整工作量

- 1) 老井侧钻注水井 1 口，侧钻采油井 1 口；

- 2) 分层注水井 2 口;
- 3) 补射孔措施井 3 口;
- 4) 注水井封堵、补层配套措施。

5. 现场实施效果评价

5.1. 开发指标显著改善

- 1) 产量提升：两年累计增油 3261 t，年均增油 1631 t;
- 2) 含水有效控制：综合含水下降 14.0%，水窜得到明显抑制;
- 3) 采油速度提高：由 0.23% 提升至 0.6%，提高 0.35%;
- 4) 采收率提升：在目前井网条件下，根据目前产量递减规律，以递减率 9.2% 对现井网的开发指标进行预测，预测采收率提高 1.67%，调整效果显著(图 2)。

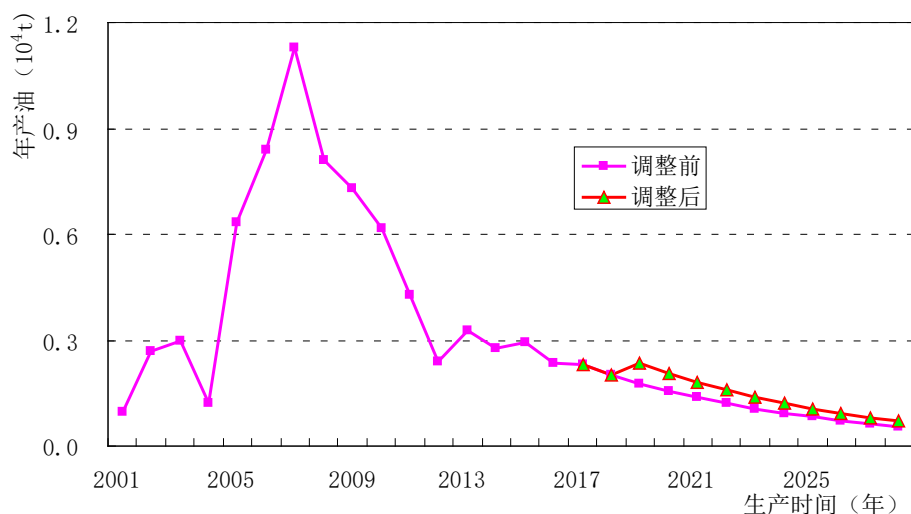


Figure 2. Comparison curve of annual oil production before and after S30 block adjustment
图 2. S30 断块调整前后年产油对比曲线

5.2. 注水与动用效果优化

分层注水实施后,吸水剖面趋于均衡,层间矛盾明显缓解;注采对应率由 58%~63% 提升至 70% 以上;注入水利用率提高,存水率、水驱指数趋于理论合理区间,水驱波及体积与储量动用程度大幅提升。

6. 结论与认识

- 1) S30 断块为窄条状中渗断鼻油藏,注采失衡、单层突进、井距不合理、注入水利用率低是开发主要矛盾,剩余油集中于构造高部位、井间滞留区及低动用层段。
- 2) 确定 S30 断块合理注采井距 250 m、油水井数比 1.5、注采比 1.1,为注采系统优化提供量化依据。
- 3) 以分层注水、注采井网完善、补孔侧钻、堵水调剖为核心的综合治理技术,可有效缓解层间与平面矛盾,显著提升水驱效果与采收率。
- 4) 现场实践表明,该调整模式适用于同类窄条状中渗断块油藏,在江苏油田 70 个同类开发单元中具备推广价值,按提高采收率 1% 计算,可增加可采储量 25.5×10^4 t。

本研究仅针对单一断块开展,成果普适性有限;注采参数优化与剩余油刻画未充分结合动态监测数据,后续可融合示踪剂、生产测井等数据精细表征储层非均质性和平面非均质性,进一步完善研究体系。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 严科, 杨少春, 任怀强. 储层宏观非均质性定量表征研究[J]. 石油学报, 2008, 29(6): 870-874, 879.
- [3] 谌廷姗, 刘辛, 王磊, 等. 沙埕窄条状油藏稳产技术对策研究[R]. 江苏油田勘探开发研究院: 内部资料, 2013.