

油藏工艺一体化机制在稠油降粘化学驱中的实践

何吉荣

(胜利油田孤东采油厂)

摘要：本次研究以孤东稠油降粘化学驱为例，从矿场实践来看，稠油降粘化学驱与稀油化学驱在见效规律上存在较大区别，特别是在初期促效引效阶段，受原油性质影响，随着注聚后稠油单元地层能量逐渐恢复，但井筒及近井地带原油也随着重组分剩余额的动用粘度升高，后续如何提液成为制约稠油化学驱见效的主要矛盾。本次研究立足油藏需求，配套工艺优化适度提液，建立地层动态注采对应关系，推进稠油降粘化学驱引效促效，提高见效率 and 见效幅度。

关键词：稠油降粘化学驱；油藏工艺一体化；适度提液引效；见效率；

背景

孤东油田是胜利油田最早推广三次采油技术的油田之一，自1997年化学驱工业化推广，适合化学驱的优质资源量已全部动用，近年来针对整体处于注入末期、储产接替不足的实际，积极转变思路，强化稀油油藏向稠油油藏转变，三采阵地实现大幅拓展。但稠油降粘化学驱见效规律与稀油油藏存在较大差异，本研究围绕稠油降粘化学驱引效促效工作进行阐述。

一、孤东稠油油藏基本概况

孤东稠油单元含油面积 27.02km²，动用地质储量 4893 万吨，采出程度 18.5%，分布在三个油田，包括 8 个整体稠油单元，1 个零散稠油单元。

孤东稠油单元油藏厚度与层系划分统计表

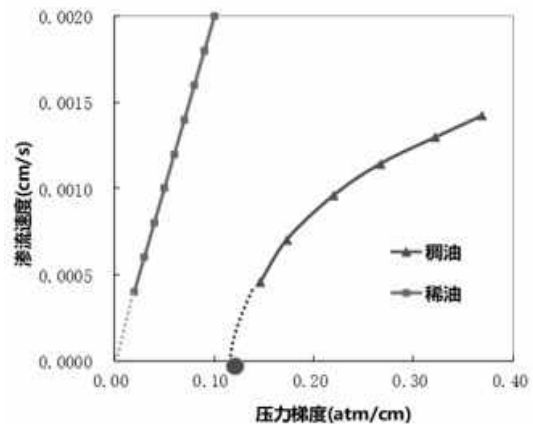
分类	单元	面积 (km ²)	动用储量 (10 ⁴ t)	效厚/单层 (m)	净总比	泥质含量 (%)	油水界面 (m)	边水能量	原油粘度 (mPa.s)	层系个数	主力层数	主力层最厚
整体	九区	1.9	502	49.1/2.9	0.34	6.5	1360-1465	弱	3801	2	4	4 ² 5 ¹ 6 ¹
	KD521	2.1	557.4	42.04/3.5	0.44	6.3	1288-1448	强	6924	2	4	4 ¹⁺² 6 ¹ Ngx1 Ngx2
	KD53	2.1	422.1	18.0/6.0	0.41	6.0	1410	强	6134	1	1	Ngx2
	K92	1.7	279.95	10/3.3	0.48	5.1	1358	中等	8610	1	1	Ngx2
	KD18	9.8	1678.8	33.7/3.1	0.5	7.1	1075/1111	中等	3316	2	5	5 ¹ 5 ² 6 ¹ 6 ² 6 ²²
	KD641	3.1	467.46	15.5/3.9	0.8	7	1420	强	8163	1	1	6 ¹⁺²
	GD821	3.1	335	4.6/4.6	0.72	8	1339	中等	2373	1	1	4 ²
	GD827	0.86	388.38	10.1/5.1	0.82	10.1	1440	弱	4981	1	1	5 ²⁺³
零散	新湖其他	2.36	262	8.3/3.3	0.4	7.05	1142	中等	3509	1	1-2	6 ¹ 6 ²
合计	27	4893	22.2/3.9	0	6			4781	1	2		

孤东稠油油藏“十五”以来通过扩能增储、加密细分、工艺地面配套等做法，稠油产量大幅度提升，但后期受新区接替不足、加密细分潜力小、保护区受限影响，稠油稳产难度增大。以孤东九区为例，自1989年4月投入开采，稠油主要依靠热采吞吐，提高动用半径有限。各单元平均已实施吞吐6轮次以上，随着吞吐轮次增加，增油幅度和有效时间递减较大，目前经济效益已接近盈亏平衡点附近，亟需新的提高采收率技术。鉴于单元低采出程度和较富集的物质基础，2021年2月在孤东九区开展降粘化学驱，截止2023年3月已累计注入0.16PV。

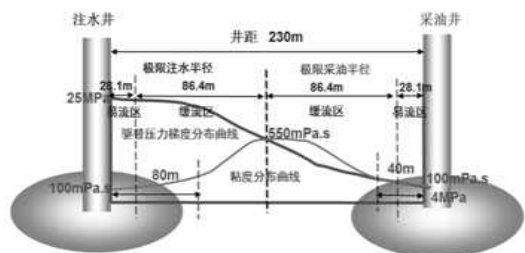
该技术丰富了稠油冷采技术，有效拓宽了化学驱应用领域，但稠油油藏与普通稀油油藏见效规律存在差异。

1、稠油高粘度在地层中流动阻力大

与稀油相比，稠油密度大、黏度高，在地层中流动性差，非线性渗流特征对化学驱油墙推进有阻挡作用。



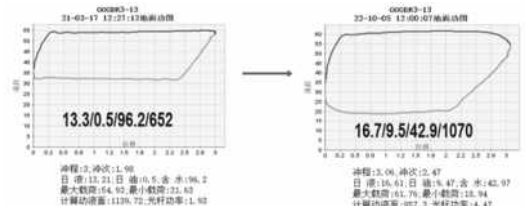
不同原油类型渗流特征曲线



降粘引驱压力梯度与粘度变化曲线

2、稠油高粘度在井筒中举升难度大

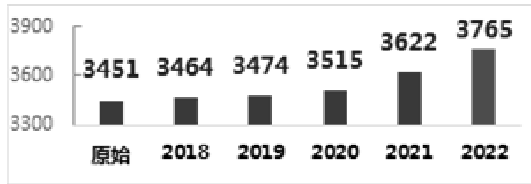
段塞推进过程扩大波及作用明显，原油粘度升高，注聚见效后粘度增加，井筒举升更加困难。



降粘化学驱见效后功图变化状况

二、稠油降粘化学驱见效规律

在九区馆上开展井网调整+降粘复合驱协同技术来提高采收率，



降粘化学驱见效后原油粘度变化

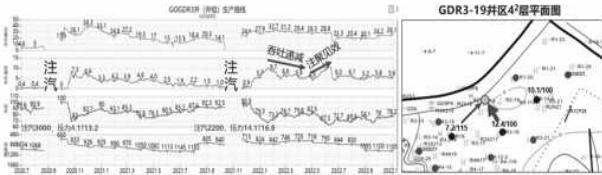
降粘化学驱油井见效后粘度上升明显，造成液量下降和机采举升困难，化学驱增油潜力发挥受限，通过强化稠油降粘化学驱见效规律认识，适时开展低液油井适度提液引效工作，实现九区持续增产增效。

三、油藏工艺一体化运行机制

结合油藏需求，按照增油潜力、效益高低，综合配套冷热采引效促效工艺、优化举升方式、应用低阻防砂工艺，改善单元开发效果。

方式一：复合吞吐

选择注采关系完善且能量回升、平面采液不均衡井区实施复合吞吐，提高油井液量，放大注采井间驱替压差，引效促效。从实施后促效引效效果明显，实施 23 井次，增油能力 62 吨/天，20 口后续注聚见效，有效率达到 86.9%。



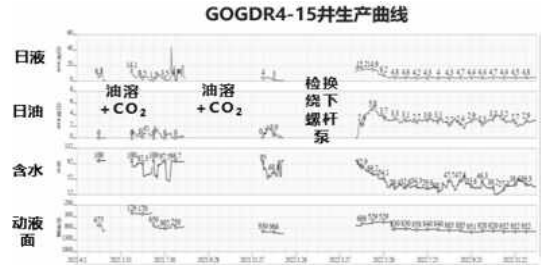
方式二：化学驱+CO₂降粘

针对受井况影响不适合注汽的井区，实施 LPA、水溶+CO₂、油溶+CO₂、LPA+CO₂ 等冷采降粘方式，提高近井地带流动能力。实施 14 井次，增油能力 12.8 吨/天，后续 11 口井注聚见效，有效率 78.6%。



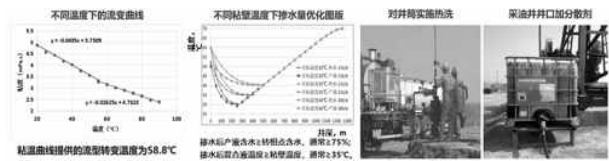
方式三：举升工艺配套

针对粘度高、载荷大、井筒举升困难造成生产不正常井区进行举升工艺优化，配套螺杆泵、电加热辅助降粘等工艺，保证合理产液能力，实施 5 井次，其中 4 口井后续注聚见效，有效率 80.0%。



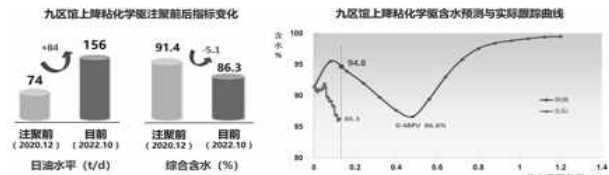
方式四：降系统回压，畅通地面集输

针对回压大于 1.2Mpa 油井，按照“大地面、短流程、易管理”的思路，一是通过高温高液井串联伴输、建小阀组等措施，降低单井回压。二是针对油稠杆缓下、供液差井，采取热洗井、加分散减租剂等措施 41 口，提高采油时率 0.6%。



实施效果：

对降粘化学驱单元实施以适度均衡提液为主的促效引效，在仅注 0.12PV 的情况下，单元见效率由年初的 23.5% 提高到 73%，实现产量翻倍，成为目前胜利油田矿场效果最好的试验单元。



四、结束语

1、降粘化学驱可以作为大幅提高稠油采收率的重要技术手段，通过矿场实施效果看是可行、可推广的，应用前景广阔，丰富了胜利油区稠油提高采收率的技术，后续可在孤东 827、垦东 641 等稠油单元进行推广，可以有效解决孤东化学驱驱替量接替严重不足的问题。

2、稠油降粘化学驱与稀油化学驱在见效规律方面存在差异，原油的性质随着注聚见效粘度不断能加，增大了后期引效促效难度。

3、油藏工艺一体化运行机制对降粘化学驱促效引效意义重大，合理优化配套工艺手段能够明显提升油井见效率和见效幅度。

参考文献：

[1]孙焕泉等，聚合物驱油技术[M]东营：石油大学出版社，2002。
 [2]张 娜等，普通稠油油藏聚合物驱提高采收率研究与实践，油气地质与采收率，2021.11
 [3]李林祥等，孤东油田高效开发技术与实践，青岛：石油大学出版社，2021.01