

断块低渗油藏压驱注水技术研究

刘腾飞

(胜利油田东胜精攻石油开发集团股份有限公司)

摘要: 典型复杂小断块油藏具有“小、碎、贫、散、含油带窄”的特点。目前油田开发进入中后期, 开发方式以注水开发为主, 其中小断块低渗油藏采取水驱开发, 采出程度 14.9%, 地层压力水平 0.58。在注水开发过程中存在水井日注量低、欠注井比例高的问题, 导致无法建立有效驱替, 影响采出程度。油田开展了在线酸化、稠化酸压、压裂防砂增注、氧化解堵等增注方法, 但有效期短。为进一步提高油藏水驱效果, 解决目前小断块油藏“注不进、采不出”的难题, 开展了压驱注水技术探索与实践。

关键词: 小断块油藏; 压驱注水; 注入参数; 压驱机理; 驱替半径

国内胜利、大庆等油田为提高驱油效率, 借鉴压裂思路, 相继开展了压驱实验, 并取得了一定的效果。目前进入开发中后期, 小断块低渗油藏面临压力水平低、采收率低、采出程度低的难题, 目前开发方式以注水开发为主, 水驱储量达到 $1.86 \times 108t$, 占油田总储量的 74.7%。为解决注水开发过程中日注量低、欠注比例高、水驱采出程度低的问题, 提出采用压驱注水技术。并从压驱机理、压驱选井、压驱注入量、注入排量、焖井时间、压驱液优化等方面开展了探讨, 有效指导了现场实践, 目前已完成 3 井次压驱施工, 日增油 3.6t, 累增油 388.9t, 增油效果还有待继续跟踪观察, 下步需要继续开展压驱机理及不同油藏压驱注入参数研究。

1 压驱注水技术

压驱注水技术主要是借鉴压裂思路, 突破传统注水压力不能超过破裂压力的理念, 通过高压泵注设备, 对水井进行大液量注入, 实现短期快速补水, 增加地层能量, 提高生产压差及油井产能, 同时提高波及系数和驱油效率, 进而提高油藏采收率的一项开发技术。压驱注水主要有三方面作用: (1) 压驱增加岩石孔隙压力, 在近井形成大量微裂缝。快速高压注水增加了近井储层孔隙压力, 形成人造高压区, 迫使岩石发生微破裂, 在临界状态下微破裂裂缝逐渐集结, 形成主裂缝带, 大幅提高储层注入能力。(2) 压驱快速注入, 达到天然裂缝开启压力时, 原本闭合的天然裂缝会重新张开, 并且注入水冷却地层岩石, 温度效应诱发大量微细缝。(3) 注入水渗滤岩石基质孔隙中, 孔隙压力增加, 孔隙和喉道尺寸变大, 地层孔隙度和渗透率会有较大提高。压驱注水改善吸水剖面, 扩大纵向波及系数, 使注入水尽量波及到较差的油层; 在平面上, 快速高压注水影响的区域能够扩展到低渗透区, 从而从整体上改善注水开发效果, 最终达到增大注入水波及体积、提高水驱采收率的目的。

2 压驱注水设计优化

2.1 压驱注入量

压驱注入量主要是根据地层亏空体积, 通过物质平衡法计算, 拟建立人造高压油藏, 实现压驱后自喷。根据物质平衡方法, 在压驱实施过程中对油井停采情况下, 油藏压力恢复水平与注入量有关。根据公式 $V = \eta \pi r^2 h \phi$ (η 为驱替面积系数), 可确定不同驱替半径

下的注入量等。在此基础上, 应用物质平衡方程预测不同压驱半径下的油藏压力恢复水平。根据油藏恢复水平选择确定注入量, 按照驱替半径 $r=0.2R$ 、 $0.4R$ 、 $0.6R$ (R 为油水井距离) 逐级实验, 根据井组动态变化, 边注边观察, 分周期逐级追加注入。

2.2 注入排量

通过数值模拟可以看出高的注入排量增加了驱替压力, 天然裂缝更容易开启扩展, 形成裂缝沟通网络 (见图 1)。通过调研, 国内其他油田电泵压驱排量 $0.8 \sim 1.5m^3/min$, 为提高压裂泵车日注量, 参照模拟结果, 初期压驱井排量均按照 $1.5m^3/min$ 设计, 现场实施时根据井组动态随时调整。

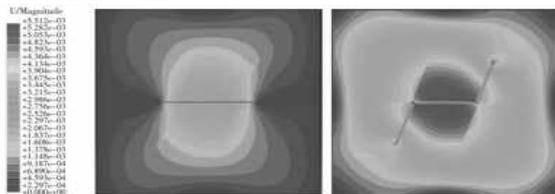


图 1 不同排量下压驱过程中天然裂缝开启状态

2.3 压驱液优化

依据渗析置换理念, 优选纳米乳液作为渗吸洗油剂来降低毛管力和贾敏效应造成的渗流阻力, 将亲油表面转变为亲水表面, 降低原油黏附力, 实现活性增效。通过岩石测试实验, 评价了不同浓度纳米乳液下提高采收率情况 (见表 1)。根据表 1 可知, 随着纳米乳液浓度的增加, 驱油效果变好, 0.1%~0.3% 浓度提高采收率 9.90%~11.35%, 综合成本考虑采用 0.1% 浓度洗油剂段塞注入。

表 1 注入不同浓度纳米乳液采收率增加情况表

使用浓度/%	0.1	0.2	0.3
注剂后含水率下降/%	2.51	3.71	4.15
注剂后采收率增加/%	9.90	10.71	11.35

3 压驱现场施工及效果分析

根据油田目前注水存在问题及压驱注水机理, 压驱试验并选择断块相对封闭、能量不足、采出程度低、油水井静态对应关系好、高压注不进或欠注井的油藏, 且地面供水管网、水源充足、工程配套相对简单, 并筒能满足高压注水。目前已完成 3 个井组施工, 均采用压裂泵车注入, 总注入 $6.7 \times 10^4 m^3$, 目前日增油 3.6t, 累增油 388.9t, 效果待继续观察。以 H 井组为例。H 井组断块相对封闭, 储层连通性较好。共有注水井 1 口, 油井 4 口。压驱前注水井 H1 井由于地层储层物性差压力高、注不进, 对应油井未见效果。H1 井设计注入量 $1 \times 10^4 m^3$, 排量 $1.5m^3/min$ 。2021 年 1 月 15 日对该井组注水井进行压驱注水, 压裂泵车日注 $500m^3$, 排量 $1.5m^3/min$, 注 $1.3 \times 10^4 m^3$ 后, A1、H21 井液面有一定上涨, 逐周期追加注入, 共注入 $4 \times 10^4 m^3$, 注入压力 32~44MPa。5 月 27 日停注, 停泵压力 35MPa, 目前停注油压 24.2MPa (见图 2)。压驱注入过程中对应油井 B1、B2 井液面上涨, 但是投产仍表现供液不足; 对应油井 B1、B5、B7 见到增油效果, 目前井组日增油 2.4t, 累增油 219.6t。从对应油井投产及动液面看, 整个井组表现补充能量不足、波及体积不够。

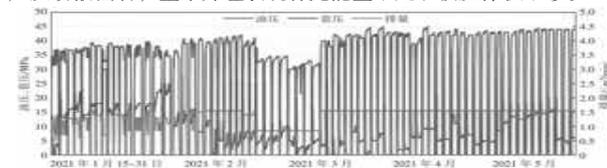


图 2 注水井压驱注入曲线

4 结论和认识

(1) 压驱注水技术通过大液量快速注水, 形成近井裂缝带, 能有效实现增注, 也有利于后期转入常规注水, 解决注水井高压注不进的问题。(2) 通过理论分析和现场试验, 压驱注水能提高部分水驱效率, 目前试验井组油井初步见效, 且各注采方向暂未发生水淹, 波及相对较好。(3) 根据第一阶段 3 个井组应用情况, 还存在井组内受效油井少, 有效期短等问题, 压驱机理和压驱参数还需进一步优化, 以满足不同油藏需求。

参考文献:

- [1] 代旭. 大液量注水吞吐技术在致密油藏水平井中的应用[J]. 大庆石油地质与开发, 2017, 36(6): 134-139.
- [2] 陶登海, 詹雪函, 高敬文, 等. 三塘湖盆地马中致密油藏注水吞吐探索与实践[J]. 石油钻采工艺, 2018, 40(5): 614-619.