

延长米草洼浅油层超低渗油藏天然能量开发注水吞吐技术

周 婧 王利霞 张 恒 (延长油田股份有限公司七里村采油厂, 陕西 延安 716000)

刘 庆 何敏侠 (中国石油大学, 北京 102249)

摘 要: 米草洼区块属于浅油层超低渗油藏, 压裂缝为水平缝, 采用天然能量开发。由于没有补充地层能量, 产量递减快, 产量低, 该区块采用注水吞吐技术, 取得了较好的效果。研究表明由于浅油层可以存着一层多缝, 一井多缝情况, 注水吞吐过程注水压力大小需要考虑尽可能波及多层, 注水过程不同累积注入量及合理的注入参数对生产效果产生影响, 累积注入量过低影响生产效果。

关键词: 浅油层; 天然能量开发; 注水吞吐

油藏开发注水吞吐技术尽管应用范围不是太广, 应用规模不是太大, 但是该方法的提出与技术的应用也有较长的历史。最近一些年注水吞吐开始较大范围的用于低渗致密油藏, 由于该类油藏孔渗差, 注水驱替启动压力梯度高, 导致产能低, 而部分的采用注水吞吐可以改善生产效果。延长油田七里村采油厂米草洼区块属于浅油层超低渗油藏, 埋藏深度 300~500m, 压裂缝为水平缝, 采用天然能量开发。由于没有补充地层能量, 产量递减快, 产量低。近几年借鉴国内外注水吞吐技术的应用, 该区块采用注水吞吐技术, 取得了较好的效果。

1 米草洼区块基本概况

研究区位于陕北斜坡中部, 区域构造为一平缓的西倾单斜, 内部构造简单, 地层倾角 $< 1^\circ$, 千米坡降 7~10m。该区块为长 6 储层, 孔隙度平均值为 8.23%; 渗透率平均值为 $0.82 \times 10^{-3} \mu\text{m}$ 。单井初月产油 9~147t, 一般 15~60t, 平均 30t。原油原始气油比 $12\text{m}^3/\text{t}$, 油藏原油平均密度为 $0.826\text{g}/\text{cm}^3$ 。天然能量开采综合含水率 10% 左右, 油井产量递减规律为指数递减, 年综合递减率为 0.08。其中长 6_1 、长 6_2 、长 6_3 油层平均含水饱和度分别为 51.0%、49.0%、49.0%。

2 压裂水平缝注水吞吐过程流线分布特征

延长油田东部浅油层由于压裂多呈现水平缝, 压裂缝宽通常在十分之几毫米, 为此常采用一层多缝的方式压裂开发。也即假设储层厚度为 6m, 则可以在 6m 之间压裂二条缝, 如果为 9~12m, 也可以在其间压裂三条缝。一层多缝既可以顺序施工完成, 也可以相隔一定时间间隔完成。一层多缝在延长油田七里村等采油厂应用非常成功, 图 1 为浅油层压裂一层多水平缝分布及单层注水流线示意图。其中: A、B、与 C 分别为一层一缝、二缝与三缝示意图。对于一口井多油层分布采用多次压裂呈现多压裂水平缝, 单井同时可存在七条缝以上, 实践证明显著改善了开发效果。D 为注入早期流线分布, 注入流体在压裂水平缝平面垂向流动, 对于水湿储层, 注入水沿着储层孔隙水上下渗流; B 表示随着继续注水, 注入水将由椭圆裂缝体向周边水平及倾斜渗流; C 表示继续注水, 注入水将继续向井周边渗流。在注入过程注

入水发生渗流, 同时增加孔隙压力。流型分布与储层物性相关, 也与注入水的速率、压力、累积注入量等相关。

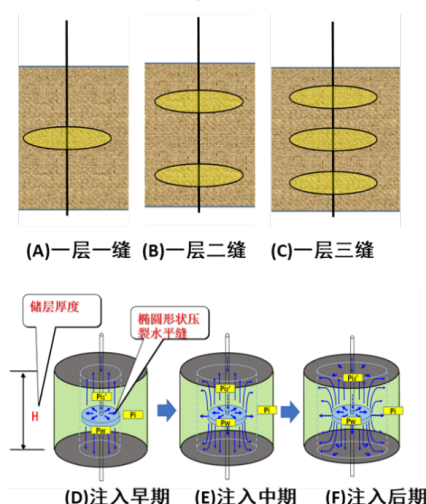


图 1 浅油层压裂一层

多水平缝分布及单层注水流线示意图

3 注水参数与闷井参数设计需要考虑的问题

注水吞吐过程分为注水阶段, 闷井阶段与开井生产阶段。注水阶段涉及注水压力、注水排量与累积注水量。闷井阶段涉及闷井时间。开井阶段涉及生产压差等。针对单井合采情况, 需要考虑一层多缝, 一井多缝等情况设计这些参数。

3.1 注入压力设计

注水压力设计需要满足地面注入装备的安全、注入井筒管柱等安全, 需要考虑地层破裂压力情况等。对于多层多缝情况, 也需要考虑层间动用与缝间的动用。压力过低, 或者较低, 则缝间与层间动用较差。

3.2 注入排量设计

注水排量过大, 设计将近井地带的油驱向远处影响吐出, 注水排量过低造成注入水波及体积较小, 不能有效的发挥渗吸置换作用, 影响吐出效果。

3.3 累积注入量设计

累积注入量过大, 会造成近井地带含水饱和度过高, 影响吐出效果; 累积注入量过低会造成补充能量较弱, 影响开井产能。

3.4 闷井时间设计

闷井时间过长会使得近井地带压力扩散太多,吐出能量不足,影响产量。闷井时间过短,会造成注入水与储层油渗吸作用发挥不充分,影响近井地带油饱和度的增加。

4 现场应用及效果评价

4.1 较小累积注入量注水吞吐参数设计及应用

4.1.1 注入参数

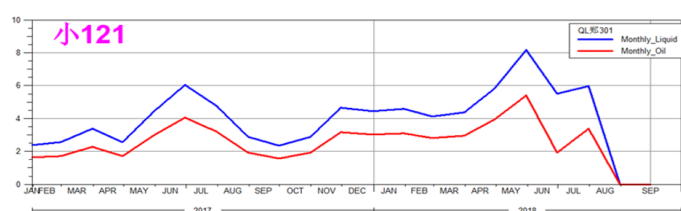
注入溶液为含有 PS 活性剂或木质素的溶液;压力预: 20MPa; 洗井车 1 台, 油管架 3 台; 1 台水罐车容量: 20 方; 溶液温度: $> 80^{\circ}\text{C}$; 总注入量 40–100 方; 条件允许, 注入时排量控制在 $0.5\text{--}1\text{m}^3/\text{min}$ 。表 1 部分注水井注水参数。

表 1 部分注水井注水参数表

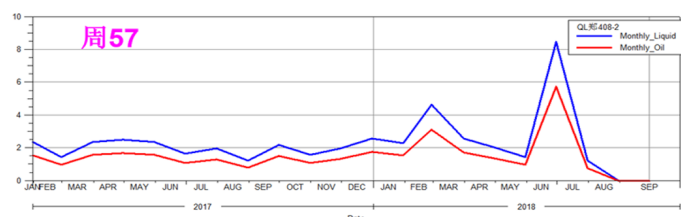
井名	洗井层位	溶液温度 ($^{\circ}\text{C}$)	溶液量 (m^3)	注入排量 (m^3/min)	水罐车 (合)	焖井时间 (d)
周 57	长 6-2	> 50	60	0.5-1	3	1
周 76	长 6-1, 长 6-2	> 50	80	0.5-1	4	1
周 77	长 6-2	> 50	80	0.5-1	4	1
周 85	长 6-1, 长 6-2	> 50	80	0.5-1	4	1
周 86	长 6-2	> 50	80	0.5-1	4	1
周 90	长 6-2	> 50	60	0.5-1	3	1
周 126	长 6-2	> 50	60	0.5-1	3	1
周 127	长 6-2	> 50	80	0.5-1	4	1
周 128	长 6	> 50	60	0.5-1	3	1
周 129	长 6-2	> 50	60	0.5-1	3	1
小 118	长 6-2	> 80	80	0.5-1	4	1
小 121	长 6-2	> 80	100	0.5-1	5	1

注: 周 - 井位: 向阳; 小 - 井位: 小白家河。

4.1.2 注水吞吐前后生产曲线



(a) 小 121 井注水吞吐前后生产曲线



(b) 周 57 井注水吞吐前后生产曲线

图 2 较小累积注入量典型
井注水吞吐前后生产动态曲线示意图

图 2 为较小累积注入量典型井注水吞吐前后生产动态曲线示意图, 由图可以看出, 注水吞吐效果明显, 但是有效期较短。

4.2 较大累积注入量注水吞吐参数设计及应用

4.2.1 注入参数

注入溶液为清水或者地层水; 洗井车 1 台, 油管架 3 台; 1 台水罐车容量: 20 方; 溶液温度: $> 80^{\circ}\text{C}$; 总注入量 200–500 方; 128h 条件允许, 注入时排量控制在 $0.2\text{m}^3/\text{min}$ ($100\text{m}^3/8\text{h}$), 注 8h, 停 16h。也即, 如果累积注入量 300 方, 可以注 3 天。

4.2.2 注水吞吐前后生产曲线

图 3 为较大累积注入量典型井注水吞吐前后生产动态曲线示意图, 由图可以看出, 注水吞吐效果明显, 有效期相对较长。

米 54 吞吐时, 从 2019/9/27 开始焖井, 到 2019/10/12 开井, 刚开井时产液量为 1.51t/d , 产油量 1.25t/d 。但到了第四天 (即 2019/10/15) 变成 100% 产水, 产水量 2.4t/d , 之后一直到 2019/10/22 都是产水 (此阶段累积产水 14.4m^3), 此后产水逐渐下降, 并稳定在 50% 左右至今。日产油量是吞吐前的 3 倍左右。

从米 54 的动态上看, 焖井时间稍长一点可以避免产出水增多, 建议焖井 20 天左右。

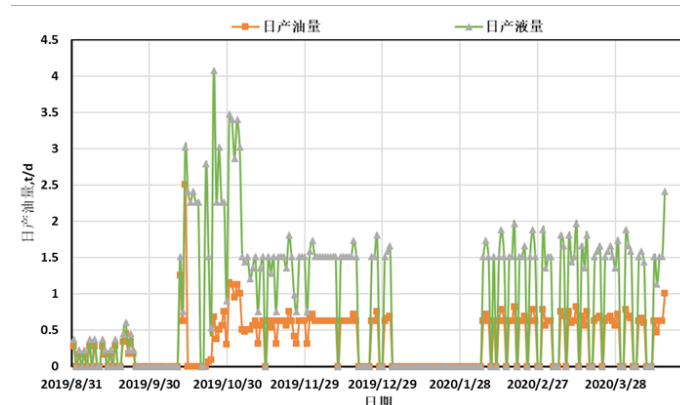


图 3 米 54 井注水吞吐前后生产动态曲线示意图

5 结论

①米草洼区块属于浅油层超低渗油藏, 埋藏深度 300–500m, 压裂缝为水平缝, 采用天然能量开发。由于没有补充地层能量, 产量递减快, 产量低。近几年借鉴国内外注水吞吐技术的应用, 该区块采用注水吞吐技术, 取得了较好的效果; ②由于浅油层可以存着一层多缝, 一井多缝情况, 注水吞吐过程注水压力大小需要考虑尽可能波及多层。因此存着优化问题; ③注水过程不同累积注入量及合理的注入参数对生产效果产生影响, 累积注入量过低影响生产效果。

参考文献:

- [1] 王香增. 特低渗油藏高效开发理论与技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [2] 黄大志, 向丹. 油田注水吞吐采油的可行性分析 [J]. 钻采工艺, 2003(02).