

边底水疏松砂岩油藏防砂技术研究

Research on Sand Control Technology of Edge and Bottom Water Unconsolidated Sandstone Reservoir

王颖骅

Yinghua Wang

胜利油田桩西采油厂 中国·山东 东营 257000

Zhuangxi Oil Production Plant, Shengli Oilfield, Dongying, Shandong, 257000, China

摘要: 桩西油田 Z 区块为边底水疏松砂岩油藏,主力层为馆下段,储层埋藏较深,投产时未进行防砂。随后受提液等因素影响,该区块井在短期内出砂严重,影响正常生产。在经过一系列的防砂治理实践后,逐步形成了完整的防砂技术对策。论文总结了 Z 区块馆下段以往的出砂治理措施与效果,提出了实用的防砂工艺优选思路,为边底水疏松砂岩油藏的防砂工作提供技术支持。

Abstract: Block Z of Zhuangxi Oilfield is an unconsolidated sandstone reservoir with edge and bottom water, and the main layer is lower member of guantao formation. The reservoir is deep, and sand control is not carried out during operation. Subsequently, due to the influence of fluid extraction and other factors, the well in this block produced sand seriously in a short period of time, which affected the normal production. After a series of sand control practices, a complete sand control technical countermeasure is gradually formed. In this paper, the previous sand control measures and effects of the lower member of guantao formation in Z area are summarized, and the practical sand control process optimization ideas are put forward to provide technical support for the sand control work of the edge and bottom water unconsolidated sandstone reservoir.

关键词: 疏松砂岩; 压裂防砂; UFD 法

Keywords: unconsolidated sandstone; fracturing sand control; UFD method

DOI: 10.12346/etr.v5i8.8462

1 引言

Z 区块位于济阳拗陷沾化凹陷桩西潜山披覆构造带的北部,主力层为馆下段,构造上受近东西向南倾断层控制,形成南高北低的断鼻构造圈闭,构造幅度 14~20m。属于高孔高渗、常温常压、边底水构造稀油油藏。2019 年开始进入大规模投产阶段,区块目前处于低采出程度、中等采油速度、高含水开发阶段。

Z 区块主力层馆下段储层主要分布在 1880~2030m,埋藏较深,投产时未进行防砂。随后受提液等因素影响,该区块井在短期内出砂严重,严重缩短检泵周期,引发躺井。作为新投入开发的优质区块,Z 区块馆下段急需一套有针对性的高效防砂优选流程。

针对上述情况,论文总结了 Z 区块馆下段以往的出砂治理措施与效果,提出了实用的防砂工艺优选思路,为今后的边底水疏松砂岩油藏的防砂思路提供参考。

2 防砂工艺适用性分析

Z 区块馆下段共有油井 15 口,无水井。馆下段的五个小层中,Ngx5 由于埋藏较深不出砂,出砂主要集中在 Ngx0-Ngx4,11 口井中有 7 口井出砂,出砂率 63%。这 7 口井自投产以来,四年半的时间内,累计使用防砂方式 9 种,累计防砂施工 20 井次。

根据统计数据可知,在 Z 区块高含水开发阶段,单井日液超过 100m³ 时,化学防砂+金属滤、压裂防砂、

【作者简介】王颖骅(1995-),女,中国黑龙江大庆人,硕士,助理工程师,从事油气井工程研究。

高压充填、循环充填四种防砂方式配合酸化混排可以满足需求。日液低于 100m^3 生产时，建议使用酸化混排+下树脂滤砂管完井节约成本。

若不进行防砂，Z 区块储层的胶结强度不足以支撑液流的冲刷，骨架砂进入井筒造成躺井。而单纯的下金属滤砂防砂，受储层高泥质的影响，会产生泥质堵塞影响生产。故而在日液低于 100m^3 生产时，可以利用树脂滤砂管对泥质的良好适应性配合前置酸化混排工序进行生产。

若要进行化学防砂，需配合金属滤砂管增加防砂强度。同一集输干线上的两口井，因不可控因素导致干线压力波动，造成短期多次停井。其中化学防砂的井，因压力波动破坏化学防砂挡砂屏障，地层出砂供液严重不足，需要重新进行防砂。而应用化学防砂+下金属滤砂管防砂，在相同影响下，一直保持日液 150m^3 水平稳定生产，至高含水换层生产。

二次充填等需要下筛管的井，需配合前置工序酸化混排，预先排除近井地带堵塞，否则高概率下会发生泥质堵塞筛管的情况。后续再进行酸化解堵，就会降低筛管的强度，影响提液强度。例如 Z 区块某二次充填防砂井，未配合前置工序酸化混排，导致后续追加酸化解堵，降低套管强度。因提液到 140m^3 破坏了挡砂屏障，导致地层砂堵。多次酸化解堵后，井筒产生漏点，寿命受到影响。

针对高含水层，可以用比采液指数评价地层的供液情况，来判断是否需要实施措施。比采液指数为采液指数与有效厚度的比值。根据统计可得出，比采液指数小于 1 的井（如图 1 中左下角框内区域所示），地层供液能力不足，需及时跟进解堵措施或更换防砂方式。

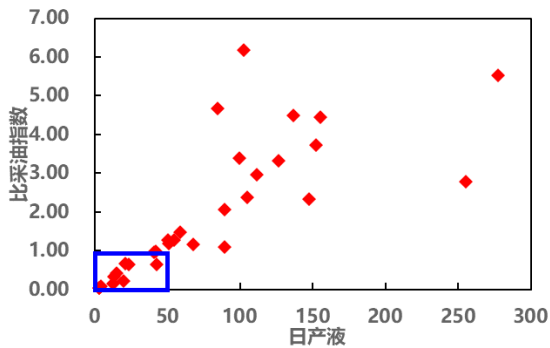


图 1 比采液指数与日产液关系散点图

3 压裂防砂工艺优化

Z 区块最开始应用压裂防砂，主要是为了解决一次充填填不进砂的问题。后续在生产时间中逐渐认识到，压裂防砂可以形成双线性流，大幅度降低近井区域的流速，在强效防砂的同时提供更高的产量。可以立足于少井高产的思路积极地使用该工艺。

该区块的压裂防砂优化方法使用的是 UFD^[1]（即 Unified

Fracture Design）。该方法是通过给定的支撑剂体积，计算最大限度增产的裂缝形态。该方法通过无量纲生产指数 J_D 来衡量增产能力，通过无量纲支撑剂数 N_{prop} 来表征裂缝的无量纲支撑体积。

J_D 是拟稳态流的生产指数 J ，约去储层渗透率、有效厚度、流体粘度、体积系数后，得到的无量纲生产指数。 N_{prop} 的物理含义是带有渗透率权重的支撑剂体积与储层体积的比值，用来表征裂缝的无量纲支撑体积。

在优化裂缝时，首先通过油藏工程和经济因素方面决定无量纲支撑剂数 N_{prop} ，然后根据 N_{prop} ，通过图版^[1]（如图 2~ 图 4 所示）确定无因次裂缝导流能力 C_{fD} ，从而计算得到最佳裂缝半长 $x_{f,opt}$ 和最佳支撑裂缝宽度 $w_{f,opt}$ ，优化得到裂缝的最佳形态。

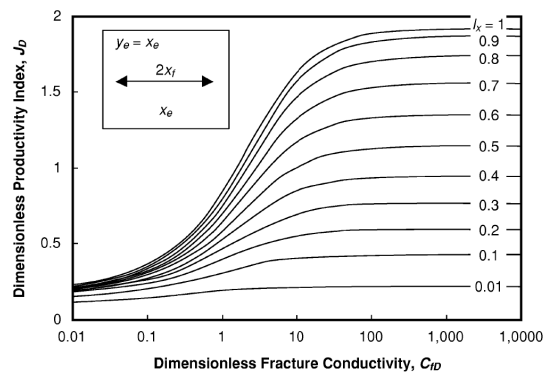


图 2 J_D 对 C_{fD} 的函数关系曲线

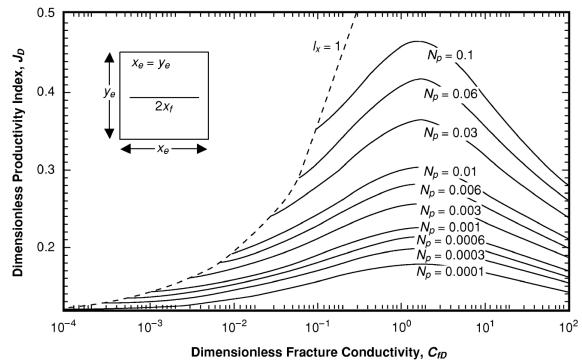


图 3 当 $N_p \leq 0.1$ 时 J_D 与 C_{fD} 的关系曲线

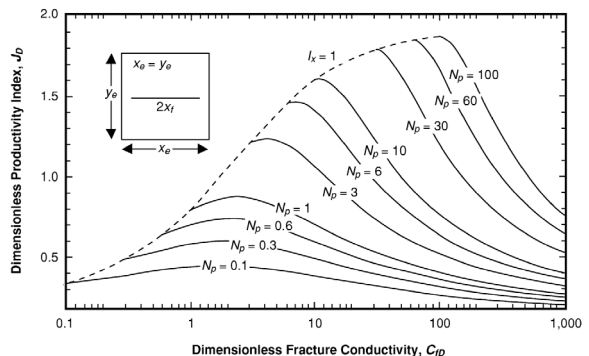


图 4 当 $N_p \geq 0.1$ 时 J_D 与 C_{fD} 的关系曲线

以 Z1 井的参数为例，进行压裂防砂裂缝优化设计。Z1 的基本参数如表 1 所示。根据 UFD 方法，裂缝优化结果如表 2 所示。

表 1 Z1 井油藏基本参数

油层厚度 h (m)	13.25
最佳无量纲裂缝导流能力 C_{fd}	1.6
油藏渗透率 K (D)	0.262
裂缝渗透率 K_f (mD)	60
油藏泄油半径 r_e (m)	200
油井井筒半径 r_w (m)	0.1397

表 2 Z1 井压裂防砂裂缝优化结果

无量纲支撑剂数 V_{prop}	0.01145
优化的裂缝半长 $x_{f,opt}$ (m)	12
优化的裂缝宽度 $w_{f,opt}$ (m)	0.08
实际用砂估算 (m^3)	12
最大无量纲生产指数 $J_{D,max}$	0.31
压裂防砂表皮系数 S_t	-3.29

根据该井的井身结构和测井数据，计算得到相关岩石力学参数曲线如图 5 所示，建立储层地质力学模型。再针对表 2 中裂缝形态优化结果，调整排量和砂比，权衡最优裂缝形态和实际施工条件，优化施工泵注程序，模拟得到压裂防砂裂缝形态如图 6 所示。

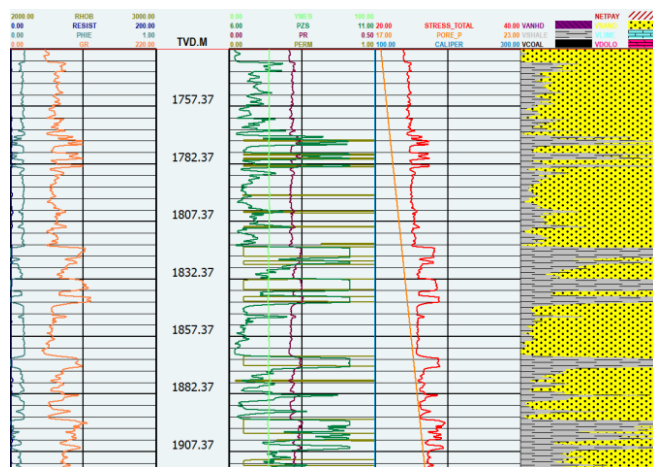


图 5 Z1 井岩石力学参数曲线

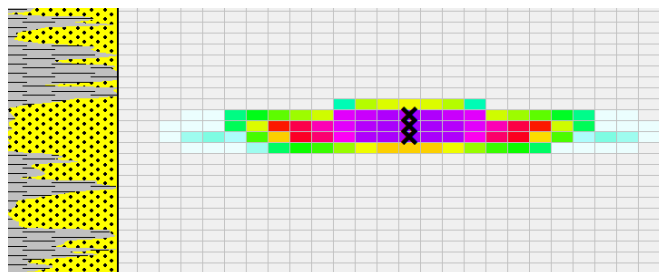


图 6 Z1 井压裂防砂裂缝形态模拟结果

根据优化设计方案进行现场实践，该井措施效果良好，初期日产油 26.5t、含水 24.5%。截至目前已持续生产一年半，累产油 5620t，且未出现出砂、地层堵塞等生产问题。

4 结论

论文总结了 Z 区块馆下段以往的出砂治理措施与效果，提出了实用的防砂工艺优选思路，得出以下结论：

① Z 区块高含水开发阶段，单井日液超过 100m³ 时，化学防砂 + 金属滤、压裂防砂、高压充填、循环充填四种防砂方式配合酸化混排可以满足生产需求。

② Z 区块高含水开发阶段，单井日液低于 100m³ 生产时，建议使用酸化混排 + 下树脂滤砂管完井节约成本。

③ Z 区块高含水层，比采液指数小于 1 的井，地层供液能力不足，需及时跟进解堵措施或更换防砂方式。

④ 压裂防砂是立足于少井高产的重要工艺方向。基于 UFD 法的压裂防砂优化设计，现场实践效果良好。

参考文献

[1] Economides M, Oligney R, Valko P. Unified fracture design: bridging the gap between theory and practice[M]. Orsa Press,2002.