

# 砂岩油藏矢量化井网调整技术研究与应用

聂燕

(中国石化胜利油田分公司胜利采油厂采油管理四区)

**摘要:** 矢量化布井方式即以沉积的物源方向、河流走向或主渗透率方向为基础而部署与之相适应的井网称为矢量化井网。胜坨油田发育有一套完整的河流—三角洲沉积储层, 含油层系多、储层非均质性严重的多层砂岩油藏。部分单元综合含水较高, 高含水转走、套坏停产等造成井网不完善, 储量动用程度低。以油藏地质模型为基础, 模拟最佳井网模式和水驱方向, 进行矢量化井网调整, 提高水驱采收率。

**关键词:** 砂岩油藏; 矢量化井网; 注采调整; 效果评价; 储量动用

针对胜坨油田整装油藏井网不完善、储量控制程度低的问题, 对造成单元井网完善程度差的原因进行了分析, 针对油藏各砂层组内单砂层单独成藏, 砂体规模小, 对砂体非叠合区采用点状注水, 针对丰度高值区, 充分利用天然能量的同时, 兼顾“一砂一藏”和储层非均质性较强的特征, 在非叠合区采用矢量井网理论与方法, 对平面井距参数进行优化, 达到波及系数最大化的目标。

## 1 基本概况

胜坨油田位于东营凹陷陈家庄凸起的南坡, 是典型的大型整装油田, 含油面积 84.83 km<sup>2</sup>, 地质储量 4.72 × 10<sup>8</sup> t, 采出程度 38.2%, 采收率 40.85%。目前已进入特高含水开发阶段, 综合含水达到 95.98%。油藏自身的属性和开发过程中采用的开发技术是影响水驱油藏采收率的 2 个主要因素, 胜坨油田为一多层砂岩整装油田, 砂岩油气藏是指形成于四周被非渗透岩层所包围的各种透镜状、条带状或不规则状渗透性储集岩中的油气藏。部分砂岩油藏砂体分布比较零散, 井网完善程度较差, 储量控制程度及水驱控制程度较低。原因主要有几个方面: 受河流相及三角洲平原亚相储层分布零散影响, 完善难度较大; 套坏井增多, 注采井网破坏严重; 高含水储量所占比例较大, 控制程度较低等。在特高含水开发期, 注采井网是影响水驱采收率的一个主要因素, 而采用传统井网进行调整, 提高水驱采收率的效果较差, 部署新井和措施井的效果明显变差。老一套做法已不适应地下水分布的新特点。

## 2 特高含水期剩余油分布特征

受沉积环境和注水开发方式的影响, 整装砂岩油藏层间层内的强非均质性影响了油水运动规律及剩余油分布, 影响着油藏的开发效果。经过长期的注水冲刷, 剩余油有以下的分布特征:

- 1) 物性好的高渗层和主力砂体经过多年开采, 已经形成固定水流通道, 主流线上驱替较好, 非主流线部位剩余油饱和度较高; 砂体中心部位或中心相带吸水状况好, 水淹程度高; 纵向上物性好的高渗透率段驱油效率高、水淹严重。
- 2) 非主力层和非主力砂体由于储层物性较差, 孔隙结构复杂, 导致注入水驱替不均匀, 部分区域由于水驱控制不到而形成剩余油。
- 3) 受砂体分布的影响, 砂体边缘累采量注较少, 水驱控制程度较差, 剩余油相对富集。注水开发中砂体边缘或沉积侧缘相带吸水状况差, 水淹程度低。

## 3 矢量化井网调整优化

胜坨油田整装砂体油藏在储层和剩余油再认识的基础上, 确定特高含水期井网调整的思路是以剩余油富集区为中心, 完善潜力韵律层及潜力砂体注采井网, 实现剩余油有效动用的矢量化调整。

- 1) 对于物性好的高渗层和主力砂体, 抽稀注采井网, 实现均衡驱替最大化。井网抽稀后, 液流方向改变, 新注水井的主流线改走原井网的非主流线, 能有效驱动原井网非主流线滞留区内的剩余油。
- 2) 对于物性较差的非主力层和非主力砂体, 加密注采井网, 实现储量动用最大化。井网加密后, 井距减小, 驱替压力梯度增加, 渗流阻力减小, 使原井网无法控制的剩余油被有效驱动, 采出程度增加。通过“控强扶弱”、均衡流场, 提高采出程度低、含油饱和度高的储量的液量, 降低采出程度高、含油饱和度低的储量的液量, 从而均衡饱和度场、压力场、流场。

## 4 矢量化井网调整效果

A 区块 H 单元位于胜坨油田胜利村构造西南翼, 北面、东面分

别被 7 号、9 号断层所切割, 呈扇形分布, 为一套砂泥岩间互的三角洲平原相沉积为主的中高渗水整装砂岩油藏。单元层内非均质性严重, 共有 3 个小层: 7<sup>1</sup> 小层砂体零星分布, 7<sup>2</sup> 小层砂体条带状分布, 7<sup>3</sup> 小层砂体大片连通。主力层为 7<sup>1</sup> 小层和 7<sup>3</sup> 小层。单元含油面积 6.2 km<sup>2</sup>, 地质储量 364.9 × 10<sup>4</sup> t, 目前采出程度 27.04%。其中, 7<sup>2</sup> 小层砂体分布比较零散, 开发过程中以兼顾为主, 未形成有效的注采井网, 储量控制程度为 64.9%; 7<sup>3</sup> 小层大部分井区大片连通, 渗透率较高, 砂体中心部位水淹严重。由于历史累采井点多套坏或合采高含水转走, 现状井点较少, 注采井网不完善, 单向注采对应率 34.6%, 多向对应率 19.2%, 多向对应率为 0, 储量控制程度只有 68.9%, 水驱储量控制程度为 32.5%。综上所述, 单元存在的主要问题是注采对应率差, 储量控制程度低及单元水窜严重, 导致单元开发效果变差, 水驱控制储量较低, 开发形势恶化。

## 4.1 矢量井网部署

针对套坏、合采高水转走造成储量失控的问题, 综合单元油藏特征, 在潜力认识的基础上, 结合砂体分布特征, 年底重新部署单元井网, 利用更新、侧钻及油水井改入等对单元进行整体矢量化部署、分步实施治理。在主力砂体抽稀井网, 在中心部位注水、边缘采油, 采用大井距开发 (430 ~ 520 m), 在渗透率低的非主力砂体采用小井距开发 (280 ~ 320 m)。共部署新油井 16 口, 新水井 10 口, 老井工作量 13 口 (转注 2 口, 改出 2 口, 补改 5 口, 补孔重分层 2 口, 检管酸化 2 口)。

## 4.2 效果评价

X177、H202 和 H239 井区是平面上剩余油富集的 3 个井区, 其矢量化井网调整情况及效果如表 1 所示。从表 1 可以看出, 进行矢量化井网调整之后, 井区日产油量上升明显, 而综合含水率也有不同程度的下降, 效果非常显著。可见, 对胜坨油田这种进入开发后期的高含水整装砂岩油藏而言, 矢量化井网调整技术具有非常好的效果, 值得推广应用。

## 5 结论与认识

1) 对于已进入开发后期的高含水整装砂岩油藏, 在分析剩余油潜力和油藏特征的基础上, 采用矢量化井网调整技术能有效改善整体开发形势, 特别是能降低综合含水率、提高产油量。2) 矢量化井网调整的基本技术思路是“控强扶弱”, 均衡流场、压力场和饱和度场。即在实际开采中, 尽可能地提高采出程度低、含油饱和度高的储量的液量, 降低采出程度高、含油饱和度低的储量的液量。3) 在应用矢量化井网调整技术时, 先要分析所在井区是物性好的高渗透储层和主力砂体还是物性较差的非主力储层和非主力砂体, 二者要区别对待。对于前者, 采取的是抽稀注采井网、改变新注水井的主流线的方式, 以有效驱动原井网非主流线滞留区内的剩余油; 对于后者, 采取的是加密注采井网、减小注采井距, 从而增加驱替压力梯度、减小渗流阻力、进一步驱替剩余油的方式。

## 参考文献:

- [1] 孙国. 胜坨油田特高含水期井网重组技术优化研究[J]. 油气地质与采收率, 2020, 12(3): 48-50.
- [2] 黄文芬, 王建勇, 孙民生, 等. 水平井挖潜边底水构造油藏剩余油效果及影响因素分析[J]. 特种油气藏, 2021, 8(3): 41-44.
- [3] 姜汉桥, 姚军, 姜瑞忠. 油藏工程原理与方法[M]. 东营: 中国石油大学出版社, 2006: 51-56.