

特高含水油藏控水降耗调整对策及经济效益分析

——以胜二区沙二 7^4-8^1 单元ST2-3-90井组为例

李曼洁（胜利油田胜利采油厂，山东 东营 257000）

摘要：胜二区沙二 7^4-8^1 单元经过长期的注水开发，目前存在“三高”状态，存在液量高、能量差、含水过高与采出程度不相符的矛盾，急需进行“提能量、降含水、控递减，降能耗”调整。本文选取单元西北部强采强注井组ST2-3-90井组，充分利用储层非均质性资料，油水井生产动态，剩余油研究资料，对分层产注情况展开系统梳理，立足开发矛盾，重描流线分布，摸清潜力分布，重构驱动体系。通过井网完善，能量恢复和注采调整改善井组存在问题，开发、井网、效益指标得到优化，为强采强注井组“提能量、降含水、控递减，降能耗”提供了良好的对策和治理思路，对实现特高含水油藏稳产上产、成本下降、效益提升具有推广性借鉴意义。

关键词：特高含水油藏；控水降耗；调整对策；流线分析；经济效益

Abstract: After long-term water injection development, Unit 7^4-8^1 of Sha'er in Sheng'er District currently has a “three highs” state, with contradictions between high liquid volume, energy difference, high water content, and inconsistent recovery degree. It urgently needs to be adjusted to “increase energy, reduce water content, control decline, and reduce energy consumption”. This article selects the ST2-3-90 well group in the northwest of the unit for strong production and injection, fully utilizing reservoir heterogeneity data, oil and water well production dynamics, and remaining oil research data to systematically sort out the layered production and injection situation. Based on development contradictions, the streamline distribution is redrawn, the potential distribution is clarified, and the driving system is reconstructed. Through the improvement of the well network, energy recovery, and injection production adjustment, the existing problems in the well group have been improved, and the development, well network, and efficiency indicators have been optimized. This provides a good strategy and governance idea for the strong production and injection well group to “increase energy, reduce water content, control decline, and reduce energy consumption”. It has promotional and reference significance for achieving stable production, cost reduction, and efficiency improvement in ultra-high water content oil reservoirs.

Keywords: ultra-high water content reservoir; Control water and reduce consumption; Adjustment measures; Streamline analysis; economic performance.

1 前言

胜坨油田位于济阳坳陷东营凹陷北部，是主要发育在古近系中、以河流—三角洲沉积体系为主的整装大油田。胜坨油田以常规水驱储量比例高，产量比例大，是胜坨油田开发的主体。随着油田开发的不断深入，区块含水上升，产量递减矛盾突出。

胜坨油田二区沙二 7^4-8^1 单元作为长期注水开发的典型单元，存在采出程度42.2%但含水率高达98.29%的开发失衡、强采强注导致液量高、能量差的“三高”困境、边际效益下如何实现剩余油挖潜等核心矛盾。本文聚焦三大研究方向：通过地质与开发规律结合，揭示特高含水期剩余油分布规律；评估注采

调整的经济可行性；构建新型驱动体系提升开发效益。对高含水油藏治理、稳产保障及注水开发优化具有示范价值，为同类油藏开发提供技术参考，实现井组效益开发。

2 区域地质特征及开发规律研究

2.1 区域地质特征

胜二区沙二 7^4-8^1 单元ST2-3-90井组位于胜利村穹隆背斜西南翼，构造受七号断层及28号小断层控制，具封闭性优势。储层为三角洲前缘反韵律沉积砂岩，分2砂层组7小层，主力层 7^4-8^1 砂体连片发育，非主力层呈条带状分布，孔隙度28.33%，渗透率100—2063mD，属高孔中渗弱亲水油藏。

2.2 井组现状及矛盾分析

当前井组含油面积 0.65km^2 , 采出程度 42.2%, 综合含水率 98.29%, 日产液 743 方 / 油 12.7 吨 (电泵占比 100%), 注采失衡 (注采比 0.76), 完全成本达 2146 元 / 吨, 为边际有效井组。

受水井套坏、历史流线、累采累注等因素影响, 井区主要存在以下两个方面矛盾: 一方面单井液量与地层能量不相符。ST2-3-90 井组油井平均单井日液达到 185.8 方, 动液面 766m, 较高液量与较差地层能量间的矛盾。另一方面综合含水与采出程度不相符, 沙二 7^4-8^1 单元采出程度 45.82%, 综合含水 98.12%, 而 ST2-3-90 井组采出程度 42.2%, 综合含水高达 98.29%, 高于理论含水 96.06%。

3 流线分析与剩余油潜力论证

3.1 流线分析

通过对分层产注情况展开系统梳理, 重描流线分布。沙二 7^4 层边部由于水井套坏, 流线受损, 存量失控, 注采比仅为 0.76, 地层能量有待补充。综合沙二 7^4 层累注累采情况、构造高差、油水井井距分析认为在 ST2-3XN93, ST2-3-108 方向存在单向水窜。

对油水井分阶段流线情况展开梳理, 由井区历史注采关系变化可以看出: 沙二 8^1 层中 ST2-3-86 井东北方向自 1988 年开采 8^1 层以来已与水井建立注采关系, 建立早、时间长, 注水多, 采出多。与水井 2-3-90 间为主流线且流线长期固定, 存在单向水窜, 剩余油外推形成过渡带; 西北方向为新流线且井距较远, 流线弱。

3.2 剩余油潜力论证

通过油藏工程方法、建模数模及取心井、新井测井、SNP 饱和度测井等动态监测资料综合分析, 对井组的剩余油分布规律及高耗水情况进行综合分析评价。

平面来看, 井区剩余油饱和度 40.2% (高于单元均值 31.5%), 表现出整体分散局部富集的特征。结合数模建模资料、累采累注、流线分布, 历史生产情况和新井资料, 认为剩余油富集于 28 号小断层遮挡区、井间无井控制区、油水过渡带 (新井 ST2-4-109、ST2-3C810 证实、沙二 7^4 层井间弱波及区、 8^1 层次流线未驱替区)。

层间来看, 主力层采出程度高, 但剩余地质储量大, 为主要挖潜方向; 非主力层砂体零散, 井网控制仅 26.3%, 其中沙二 7^8 层储量 10.68 万吨, 采出程度 30%, 潜力显著。

开发层系的层内夹层对剩余油分布影响较大, 夹

层发育区域, 由于夹层储层物性差, 渗透率低, 形成物性渗流屏障, 夹层顶部剩余油较富集。沙二 8^1 层井区中部油井有隔夹层发育, 受其影响, 2018 年油水过渡带内新钻井显示隔夹层之上, 沙二 8^1 韵律层顶部剩余油相对富集 (44.3%), 处于低动用状态。因而成为挖潜靶点。

4 现场实践与应用

针对存在问题, 结合剩余油分布情况, 遵循井网能量流线三步走的调整思路, 坚持“油水并重, 以水为先”的开发原则, 立足井网完善, 在此基础上, 集成攻关注水技术, 夯实效益稳产基础; 井网和能量的问题得到解决的前提下, 大角度转流线, 实现井组“提能量、降含水、控递减, 降能耗”的油藏良性开发。

4.1 立足完善井网, 稳住储量动用底盘

受水井套坏影响, 井区西部无水井控制, 单向受效。为恢复失控储量, 结合油水过渡带井 ST2-4-109 显示较高的含油饱和度 (37.2%), 以及油水过渡带过路井表现得良好开发潜力, 边部更新水井靶点西移, 部署更新水井 ST2-3XN115, 扩大注采井距, 强化油水过渡带储量动用。ST2-3XN115 投注后, 新增驱替流线 3 条, 日注水量增加 214 方, 注采比上升 0.24, 井区动液面上升 83.2m, 水驱控制储量增加 25 万吨。

4.2 立足能量补充, 夯实效益稳产基础

对 ST2-3-90 水井酸化增注, 分四段精细注水, 保持地层能量, 均衡层间动用。酸化增注后, 对应油井 ST2-3-86 动液面上升 30m。

非主力层根据砂体展布, 利用上下层系水井重分层, 构建一注一采井网。ST2-2XN139 补孔沙二 7^8 重分层后, ST2-3XN109 液面上升 457m, 结合油井提液, 日增油 6.1t。

4.3 立足流线调控, 激发降本增效动能

7^4 层 ST2-3-112 为老流线, 累注量大。在新投水井 ST2-2XN139 的基础上, 动关 ST2-3-112 弱化老流线, 拉大井距, 转流线注水扩波及。调整后, 对应两口油井日增油 0.9t, 含水下降 0.35%, 减少无效注水 100 方 / 天, 吨油运行成本降低 103 元 / 天。

8^1 层控制主流线注入, 增强次流线注入以促进井间储量动用。调整后, ST2-3-86 含水下降 0.23%, 日油增加 1 吨, 吨油运行成本减少 93 元。

4.4 调整效果

井组治理后, 开油井增加 1 井, 开水井增加 2 井, 油井日液增加 53 方, 日油增加 9.7 吨, 含水下降 1.1%, 液面上升 222m。双向及以上注采对应率上升 50%,

水驱动用程度提高 5.8%，井网得到完善，流线得到优化。吨油完全成本由 2146 元下降至 1850 元，井组效益得到提升。

5 经济效益分析

5.1 开发效果的经济效益评估

经过井网完善、注采调整和能量补充，ST2-3-90 井组的开发效果显著提高，尤其是在提高油井产量、降低含水、提高采收率等方面取得了积极成果。通过对开发前后各项指标的对比，井组的经济效益得到了明显改善。

从直接产量来看，井组的生产液量和油量得到了显著提高。调整后，井组的日油产量从原来的 12.7 吨增加到 22.4t，日产液量也由 743m³ 提高至 796m³，增幅分别为 76.4% 和 7.1%。这一提高意味着单位油藏的生产能力得到了有效提升，增加了油田的总产量，为油田的长期稳定生产奠定了基础。同时，对于生产效率而言，通过注采比的调整，井组的注采效率得到了优化。注采比由 0.76 提高至 1.0，表明水驱的效果得到改善，水井的注水效率得到了提高。同时，注水量的增加也保证了井组的地层能量恢复，为油藏的持续产油提供了可靠的保障。在成本管控方面，井组的运营成本得到了有效控制。在进行井网调整和能量补充后，单井的生产成本大幅降低。根据计算，吨油的完全成本从 2146 元下降到 1850 元，降低了约 13.8%。这一成本的下降意味着在油价保持稳定的情况下，井组的净利润大幅提高，对于油田经济效益的提升具有重要意义。

5.2 优化措施的直接经济影响

在进行井网调整和注采优化的过程中，特别是通过合理分配注水和采油流线、强化对非主力层的开发，剩余油得到了更充分的开发。新投水井 ST2-3XN115 的引入使得井组的储量动用进一步增加，估计新增可采储量约 25 万吨。这不仅提高了油田的采收率，也为未来的增产打下了良好的基础。通过实施这些调整，整体油田的效益呈现出良性循环，长期来看，整个油田的开发寿命得到了延长。在此基础上来看，随着井网和流线的优化，井组的水驱效果和注采效率都得到了显著的提升，注水量和采油量之间的配比得到了更好的平衡。这种平衡不仅提高了水驱系统的运行效率，而且减少了无效注水，降低了注水的成本。在优化后的开发模式下，吨油的运行成本降低了约 103 元/天，节省了大量的能源消耗和注水成本，这对油田的整体

经济效益起到了积极推动作用。

5.3 长期经济效益预测与结论

通过此次注采调整和井网完善，ST2-3-90 井组的经济效益总体得到了显著提升。根据预测，随着调整措施的持续执行，井组的产量将逐步稳定，采收率也将进一步提高，预计井组的总采收率可提高至 47% 以上，增加的采油量将对油田整体经济效益产生积极影响。综合考虑开发成本、生产效益和长期可持续发展，ST2-3-90 井组的优化方案在未来几年内将实现良好的经济回报。通过持续优化注采流线和完善井网结构，预计油田的经济效益能够在中长期内保持稳定增长，为油田公司创造更多的利润。

6 结论与认识

通过对井组开发形势和存在问题分析，结合井组剩余油潜力认识进行分区注采调整，得出以下几点认识：①井网完善是特高含水油藏开发的基础，要深化非主力层、井网不完善井区剩余油潜力认识，综合利用新老井恢复井网注采关系，完善井网提高储量动用。②特高含水油藏需从层间动用、平面水驱等多角度重新审视高含水原因。③流线调整是特高含水油藏开发的关键，通过流线调整均衡水驱、增加驱油效率，提高波及体积，增效降本，提高水驱油藏采收率。④ ST2-3-90 井组在注采调整和井网完善后，取得了不错的经济效益，具有不错的推广意义。

参考文献：

- [1] 吴伟, 杨圣贤, 刘文业, 严科. 胜坨油田勘探开发 50 年实践与认识丛书(卷二): 油藏地质 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2013:36-40.
- [2] 马鹏. 胜坨油田胜二区沙二段 7-8 砂组三角洲相沉积特征及储层构型研究 [D]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2015:16-25.
- [3] 宋明水. 胜坨油田成藏条件及勘探开发关键技术 [J]. 石油学报, 2021, 42(1):128-142.
- [4] 令文学, 刘兰芹. 胜坨油田特高含水期影响采收率的因素及针对性措施 [J]. 内蒙古石油化工, 2008, 12: 126-129.
- [5] 张芳, 牛易楷. 东辛油田某区块剩余油分布与潜力分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2013, 34 (05):168.

作者简介:

李曼洁 (1997-) , 女, 汉族, 硕士, 胜利油田胜利采油厂, 助理工程师, 研究方向: 油气田开发。