

定边油田罗阳湾油区 XX 井区注水开发效果评价

郑亚莉 窦伟伟 贺金龙 (延长石油股份有限公司定边采油厂, 陕西 榆林 718600)

摘要: 本文以定边油田罗阳湾油区 XX 井区延 6、延 9 油藏为主要研究对象, 综合分析评价了初期自然能量开发和中期笼统注水开发的效果, 结合研究区储层物性、敏感性、连通性分析及致密低渗油藏采收率的评价, 论证了研究区注水开发的可行性。为提高注水开发的效果, 开展了基于精细小层对比的基础地质研究, 优化注采井网, 细化注采参数等工作。经过综合治理后, 研究区递减趋于平稳, 地层能量状况得到改善, 油井增产效果显著, 对后期的持续开发具有重要的指导意义, 同时可为同类油藏的开发提供指导借鉴作用。

关键词: 定边油田; 延 6、延 9 油藏; 注水开发; 效果评价

0 引言

定边油田罗阳湾油区 XX 井区延 6、延 9 油藏于 2010 年投入开发, 开发初期依靠天然能量进行开采, 采出程度较低; 为提高采收率和最终的开发效益, 经历注水开发先导试验和全区规模推广后, 地层能量得到了及时补充, 通过全区的精细地质研究和系统的注采井网优化设计, 井区增产增效显著。本文以定边油田罗阳湾油区 XX 井区为研究对象, 以系统油藏地质特征研究为基础, 从开发方式研究、注水开发可行性论证及综合调整三个方面评价了注水开发效果, 为该区的持续开发提供了有力的技术支撑。

1 油藏基本情况

定边油田罗阳湾油区 XX 井区位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡西部, 构造相对简单, 整体为西倾单斜, 局部发育鼻凸构造。

该油区含油层系主要是侏罗系延安组延 6、延 9 油层组, 属于三角洲平原网状河沉积, 储层微相包括分流河道、决口扇、堤岸砂等。延 6 油层组总厚度约 45~62m, 平均约为 53m, 延 9 油层组总厚度约 28~36m, 平均约为 32m; 储层岩性主要为岩屑石英砂岩, 其次含有少量长石石英砂岩, 孔隙类型主要为原始剩余粒间孔, 孔隙度平均值为 12.4%, 渗透率平均值为 $24.23 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$; 延 6、延 9 储层平均吼道直径主要分布在 0.48~3.86 μm , 平均为 2.99 μm , 反映主要吼道级别为中——吼道, 粗吼道较少; 压汞曲线分析表明, 吼道系数介于 1.92~2.36, 平均为 2.19, 歪度介于 0.74~1.3 之间, 平均为 1.12, 综合评价储层类别为中孔中细吼道低渗储层。

区块勘探开发工作始于 2010 年, 经历了自然能量开发和笼统注水增能开发两个阶段。截至 2020 年底, XX 井区共投产油井 75 口, 开井 46 口, 日产液水平 290.6 m^3 , 日产油水平 102t, 综合含水率 49%; 注水井 25 口, 日注水 280 m^3 。累积产油 29.9 $\times 10^4$ t。采油速度 1.5%, 地质储量采出程度 12.7%。

2 开发方式研究

定边油田罗阳湾油区延安组延 6、延 9 油层属于典型的致密低渗油藏, 压力梯度 0.7~0.8 MPa/100m, 局部

发育小规模水体, 呈现底水油藏特征, 但整体表现出天然能量不足的特征, 储层特征决定了采用何种开发方式才能提高采收率, 实现高效开发的最终目标。

XX 井区开发前期缺乏系统的地质研究和完善的注采技术方案, 仅依靠天然能量进行开发, 未达到预期的开发效果和设计的采收率, 阶段采出程度仅有 2.7%, 且地层能量亏空严重, 产量呈现出快速递减的特征。此外, 由于该区块油藏渗透率较低, 只有将地层压力保持在较高的水平, 才能实现油藏在较高的采油速度下正常生产。而该井区致密低渗储层长期利用天然能量开发, 地层能量快速下降后, 储层应力敏感导致了孔隙度和渗透率下降, 天然裂缝闭合, 而且这种变化还是不可逆的, 对该井区油藏开采非常不利。因此, 针对该井区油藏特点, 按照生产需求, 将地层能量保持在较高水平, 在合理的采油速度前提下, 才能实现油藏有较长的稳产期和较高的采收率, 针对性的补充能量也就势在必行。

截至 2017 年, 该油区历经 7 年的天然能量开发后, 进行了地层剖面、砂体展布、构造、油藏剖面的非常精细的研究, 对研究区油藏地质特征有了全面系统的认识。同时优选目标区, 以延 6₂ 储层为主要目的层, 开展了笼统注水先导试验方案, 完成由自然能量开发阶段到注水开发阶段的跨越式转变, 转变开发方式后, 试验区开发效果得到了极大地改善, 为该区的可持续开发提供了一定的技术力量支撑。

3 注水开发可行性论证

室内试验评价 XX 井区延 6、延 9 油藏注水是完全可行的, 但注入水要与油层性质配伍, 必须要经过一系列工艺处理, 水质达到注入标准后方能注入地下, 否则采出水中的杂质颗粒堵塞孔隙吼道的风险会增加。

3.1 储层连通性分析

XX 井区延 6、延 9 油藏孔隙度 9.8~15.2%, 平均值为 12.4%, 渗透率 1.58~53.37 $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 渗透率平均值为 $24.23 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 储层非均质性中等偏弱, 有利于储层均匀吸水。通过对该井区注水井 XXX-7 井吸水剖面分析可知, 油层段能够均匀吸水, 且吸水状况良好, 有助于注入水进入地层。

3.2 储层敏感性评价

研究储层敏感性是评价外来流体与储层发生化学反应后,储层是否受到伤害的重要参数。通过对研究区大量岩心样品的测试分析,定量分析延6、延9油层组的敏感性(速敏、水敏、盐敏、碱敏、酸敏和应力敏感性)。根据室内试验评价结果,延6、延9油藏总体表现为中等偏弱速敏和水敏,中等盐敏,弱碱敏和弱酸敏;应力敏感评价表明,该区域属于强应力敏感储层。综合评价结果表明,注水开发对于储层的伤害程度较低,注水开发对于提高采收率也是可行的。

3.3 提高采收率评价

该井区采用天然能量开发,阶段采出程度仅有2.7%;注水先导试验区开发表明,注水开发提高采收率效果明显,注水开发标定采收率可达到20%。同时,通过文献调研及致密低渗油藏采收率标定结果研究,本方案采收率取值为20%。

4 综合调整及效果评价

2017年底,该井区转注井陆续开始注水标志着其进入了全面注水开发阶段。2018年2月,注水见效,产量由2017年的最低55.4t/d回升到了127t/d,地层压力回升至相当于原始地层压力的水平,增产效果明显。

4.1 注采井网和注采参数优化

延6层注采井网优化:该区东北部和西部部分油井原始开采层位为延长组长4+5或长6层,由于开采后产能下降快停产,对该部分井调层到延6₂,共5口井;对该部分注采不统一区域进行注水层位调整,将8口注水井封堵长6层改注延6₂层。同时,对区域内4口欠注井进行酸化解堵增注措施。收效明显,日均增油28t,累计增油达1680t。

延9层注采井网优化:延9与延6₂合采目前仍正常开抽井有4口,此类合采井层间干扰较大,抑制了延6₂的产出效果,甚至出现延6₂倒灌现象,针对此类井,根据产液剖面的测试结果,对产能无明显贡献的层位进行封堵调层,及时恢复延6₂油藏的产能。达到一定效果,日均增油2t,累计增油达70t。

4.2 关停井综合治理

对11口延6₂停井进行技改后恢复生产。同时受注水受益影响,日均增油8.9t,累计增油376t。另外,对6口延6₂、延9合采井产能分析后发现,有2口井由于延9底水活跃上升速度快导致出明水,4口井由于延6₂地层亏空,出现倒灌导致产量下降,后将这6口井采取封延9单采延6₂。

4.3 注水开发效果评价

通过地层精细研究,2017年及时完善注采井网,采取温和注水方式,逐步提到注采比,月注水量从2016年的4325m³调整至目前的8900m³左右,月注采比从0.5提升至1.0,累计注采比从0.4提升至0.7,有效减缓地下能量亏空;2020年结合已测回压力资料,延6油藏压

力达到8.58MPa,压力保持水平为89.6%。

2017年对该区域完善注采井网后进行注水开发,注水见效明显,含水出现大幅度下降,由51%下降至18%。注水见效一年半左右,含水出现异常,开始呈缓慢上升趋势,含水2020年11月达到峰值49%。

基于精细地质研究的井网优化和注采参数匹配,通过套损井治理、污染解除等措施,日均增油74.1t,累及增油1.56×10⁴t,累计创造收益4000多万元,增产增收效果显著。

5 结语

①XX井区延6、延9油藏属于典型的致密低渗储层,但天然能量不足,自然开发采收率较低,先导注水试验表明注水开发是该区调高采收率的有效途径;②XX井区延6、延9油藏储层非均质性较弱,且敏感性试验评价表明,水敏及速敏中等偏弱,注入水对储层的伤害程度较低,注水开发是可行的;③及时优化注采井网,合理设置注采参数是低渗油藏注水开发提高采收率的关键。

参考文献:

- [1] 鲁金凤. 雨岔长2薄互层低渗油藏注水开发潜力及效果评价[J]. 非常规油气, 2019, 6(5): 73-79.
- [2] 王香增, 党海龙, 高涛. 延长油田特低渗油藏适度温和注水方法与应用[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(6): 1026-1034.
- [3] 杨志文. 定边油田罗庞塬南部东区延安组延6_延9油藏特征分析[D]. 西安: 西北大学, 2016.
- [4] 迟静, 董旭, 蔺广泉. 鄂尔多斯盆地延长组长6层注水开发效果评价——以陕北永宁油田永370井区为例[J]. 辽宁化工, 2020, 49(8): 1023-1025.
- [5] 杏毅. 延长油田Y区块注水开发效果评价[J]. 化学工程与装备, 2019(8): 100-102.
- [6] 李珮, 梁小兵. 油田高含水期无效水治理对策研究及效果评价[J]. 延安大学学报(自然科学版), 2013, 32(1): 83-86.
- [7] 杨永钊. 杏子川油田行2005井区注水开发效果分析与评价[J]. 综述专论, 2019(14): 128-129.
- [8] 白航航, 蔺明阳, 张希等. 胡尖山油田H154区长4+5油藏精细分层注水效果评价[C]. 第十三届宁夏青年科学家论坛石化专题论坛, 2019, 253-256.
- [9] 张原, 甘俊奇, 王俊文等. 有效累计注采比及其在注水开发效果评价中的应用——以吉林红岗油田大45区块超低渗透油藏为例[J]. 石油钻采工艺, 2015, 37(6): 86-89.

作者简介:

郑亚莉(1989-), 女, 汉族, 籍贯: 陕西榆林, 学历: 本科, 职称: 助理工程师, 研究方向: 油田高效开发、油藏地质研究。