

文章编号: 1001- 6112(2005)02- 0173- 05

南襄盆地双河油田高速高效开发地质研究

孙 冲^{1,2}, 唐孝芬¹, 郭恩常², 许 浩¹

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国石化 河南油田 勘探开发研究院, 河南 南阳 473132)

摘要: 双河油田是泌阳凹陷较早投入开发的百万吨级油田, 也是我国高效开发的陆上油田之一, 现已进入特高含水产量递减采油阶段。在其 13 年的稳产过程中, 以地质特征认识为前提, 以井网完善、注采结构调整手段, 最大限度地发挥油层潜力, 始终保持油田以较高的采油速度生产(2.0% 以上), 取得较好的开发效果和经济效益。通过对双河油田高速高效开发模式解剖, 形成一套行之有效的整装油田开发经验和模式, 可为其它同类型油田的高效开发提供借鉴。

关键词: 高效开发; 井网完善; 注采结构调整; 经济效益; 双河油田; 南襄盆地

中图分类号: TE34

文献标识码: A

双河油田位于泌阳凹陷西南部(图 1), 构造面貌比较简单且较完整, 构造形态为一幅度平缓由西北向东南倾伏的鼻状构造, 西北抬起为单斜, 构造面积约 50 km², 叠加含油面积 33.8 km², 闭合高度约 450 m。油气聚集主要靠鼻状构造、断鼻和砂岩上倾尖灭复合圈闭。

1 地质概况及开发现状

沉积相研究表明, 双河油田储层为典型的湖盆陡坡型扇三角洲沉积^[1,2]。由于沉积盆地面积小、近物源、流程短、坡降陡、沉积快, 补偿强、湖水进退

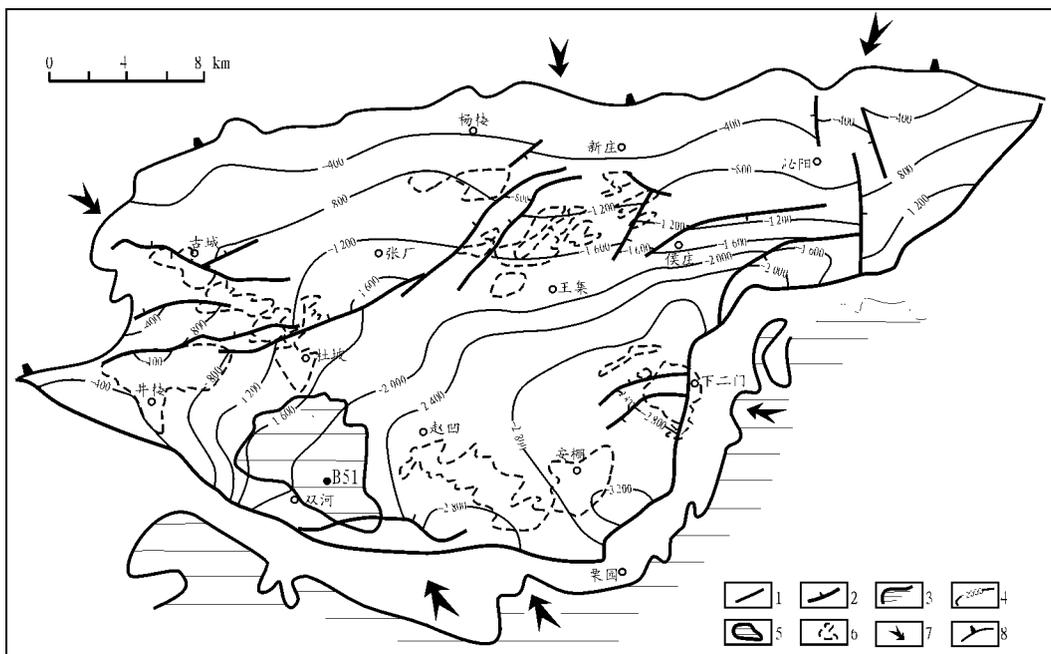


图 1 双河油田位置图

1. 断层边界; 2. 断层; 3. 老山边界; 4. 构造等值线; 5. 双河油田; 6. 其它油田; 7. 物源方向; 8. 剥蚀线

Fig. 1 Location map of Shuanghe oilfield

收稿日期: 2004- 08- 24; 修订日期: 2005- 02- 06。

作者简介: 孙 冲(1968—), 男(汉族), 河南南阳人, 高级工程师、博士研究生, 主要从事油田开发地质研究。

频繁,形成了一套沉积旋回多变、韵律复杂、厚油层发育、非均质十分严重的砂砾岩体。

微观孔隙结构相当复杂。孔喉半径变化大(0.1~150 μm),渗透率最小值小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、最大可达数 μm^2 ,变异系数 0.96~1.12,突进系数 5.23~12.59,级差 34~285、大部分在 100 以上,储层非均质严重,油藏天然能量较小。凡是看过双河油田岩心的专家都认为,高产一时容易,长期稳产困难。但由于采取科学合理的开发策略^[3],并根据各个开发阶段的不同特点适时进行调整,取得了较好的开发效果,各项开发指标处于全国石油系统先进行列。

截至到 2003 年 6 月,双河油田共有采油井 607 口,注水井 395 口,注采井数比 1:1.53,采取不规则五点面积注水网,注采井网比较完善,累计采油 $3702.8 \times 10^4 \text{t}$,采出地质储量的 36.9%,采油速度 0.74%,综合含水 93.6%(图 2),以 2% 以上的采油速度稳产 13a 以上。由“S”型水驱样板曲线可以看出,油田的水驱采收率在 45% 左右(图 3)。

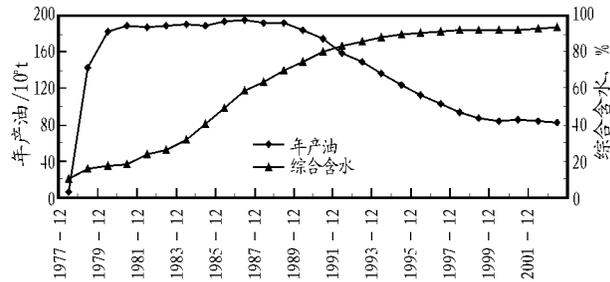


图 2 双河油田产能与含水性综合变化图
Fig. 2 Changes of production capacity and water content in Shuanghe oilfield

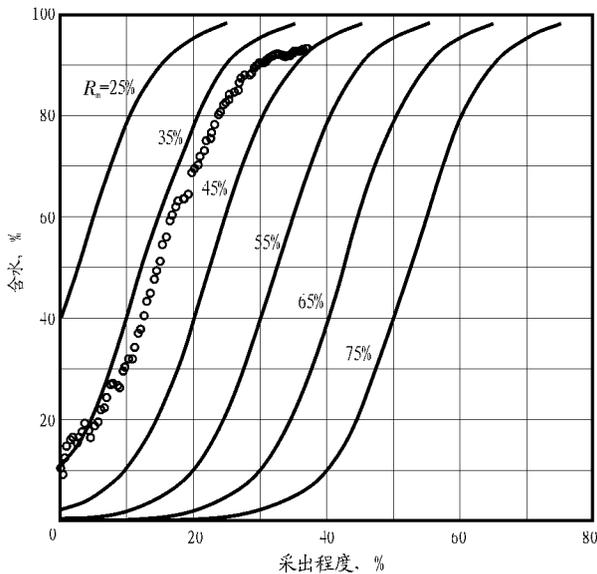


图 3 双河油田样板曲线

Fig.3. The model curves of the Shuanghe oilfield

2 高效开发的技术实践

2.1 早期注水补充能量,保持油层压力,快速上产^[4]

渗流机理研究表明,双河油田渗透率的 52.0% 是由半径大于 6.3 μm 的大孔道提供,因此油田初期自然产能高,每米采油指数 3.7 t/(d·MPa),平均单井日产油 146.6 t,长期上产快。由于天然能量不足,地层压力下降快,导致产量迅速递减。

投入开发不足一年,全油田平均总压降达 2.37 MPa,采出 1% 地质储量压力下降 1.09 MPa。双河油田边水不活跃,弹性能量低,不具备长期利用天然弹性能量开采的地质条件。根据油砂体分布状况,采取面积注水与边缘注水相结合补充能量,使油田保持旺盛的产能,地层压力下降的趋势得到缓解,水驱采收率提高 5 个百分点。油田投产初期即实现早期注水、分层注水,恢复地层压力,使油田开发逐步走向良性循环轨道,为油田稳产打下基础。后以 2% 左右的采油速度稳产 13 a,超过了原石油部关于可采储量 $(1000 \sim 5000) \times 10^4 \text{t}$ 的油田稳产期为 6~8 a 的规定指标。

2.2 及早细分开发层系,发挥各类油层潜力

因油层厚度、纵向油层物性差异大,几套层系合采合注,高渗透层段必然对低渗透层段产生大的干扰。为了最大限度提高现有资源动用程度,从油藏精细描述入手,将 1981 年划分的 7 套开发层系 10 个开发单元进一步细分为 12 套开发层系 24 个开发单元纵向上细分流动单元(图 4),平面上细分流动单元和沉积微相,运用三维两相精细数模技术及现代油藏工程技术找准特高含水期厚油层剩余油富集区。方案实施后,平均单井控制层数由 7.2 层降到 4 层,单井控制厚度由 16.2 m 降到 13.1 m,单井控制储量由 $67.7 \times 10^4 \text{t}$ 降到 $39.0 \times 10^4 \text{t}$,层间干扰得到有效的减缓(表 1)。

2.3 不失时机地分阶段井网加密调整,逐步提高井网水驱控制程度

为了保持高速高效开发,在加密井网先导试验区的基础上,1987—1990 年,针对开发中暴露的问题,为提高井网控制程度、增加可采储量,对全油田进行一次井网加密。双河油田共钻各类调整井 225 口,井距由 500~600 m 缩小至 400 m,井网密度由 4.18 口/ km^2 加密到 6.19 口/ km^2 ,单井控制地质储量由 $39.2 \times 10^4 \text{t}$ 下降到 $27.5 \times 10^4 \text{t}$,增加可采储量 $225.5 \times 10^4 \text{t}$,油层动用厚度提高 12.1%,采收率由

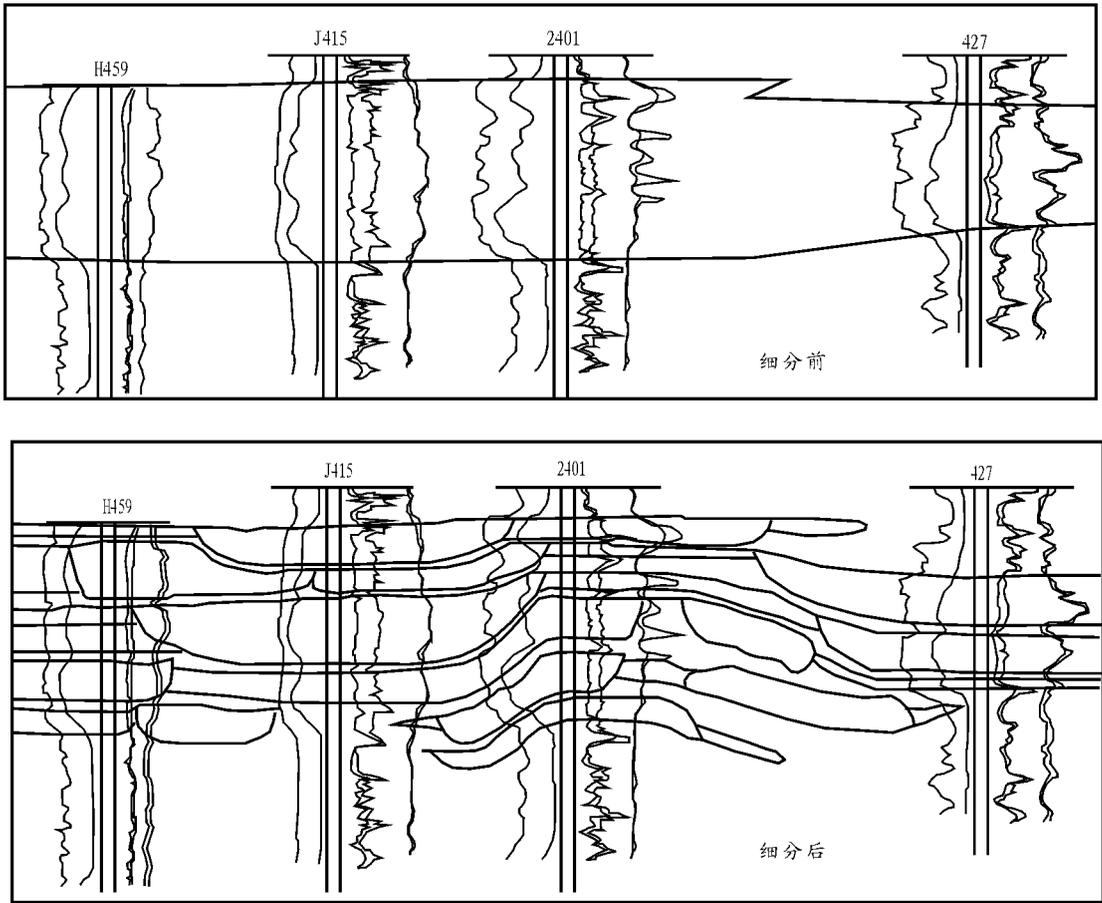


图4 流动单元细分前后对比

Fig.4 Comparison of flow units before and after elaborate division

表1 双河油田调整前后油层动用状况对比表

Table 1 Comparison of producing conditions before and after adjustment in Shuanghe oilfield

单元	调整前				调整后			
	可对比井数/口	层数/层	不产液厚度/m	动用差厚度/m	可对比井数/口	层数/层	不产液厚度/m	动用差厚度/m
437块	3	20	33.9	27.6	8	24	17.2	9.0
438块	1	8	6.8	9.6	6	21	4.3	8.0
北块	11	41	28.1	30.3	14	63	25.4	27.2
江河区	19	85	77.9	43	21	114	28.4	19.4
双河油田	34	154	146.7	110.5	49	222	75.3	63.6

35% 增加到 38.5%。井网一次加密,保证了双河油田以 2% 的采油速度稳产到 1990 年。

一次井网加密后,开发中存在着单向受效井层多(占 32.3%)、油水井比例大(1: 2.3)、稳产困难的问题。为了改善高含水期开发效果、进一步提高采收率,于 1991—1994 年开展二次井网加密。双河油田共钻加密井 242 口(采油井 168 口,注水井 73 口,观察井 1 口),采油井转注 78 口,注水方式采用较规则的五点法,井网密度由 5.38 口/km² 增加到 8.39 口/km²,井距由 400 m 缩小至 300 m 左右,油

水井数比由 2.02 调整到 1.42,其中内部注水由 46.2% 提高到 62.7%,多向受效井层由 65.9% 提高到 90%;原井网控制程度较差的非主力油砂体,加密后井网水驱控制程度由 58.8% 提高到 79.78%,提高了 20.97%;增加含油面积 17.12 km²,增加可采储量 360 × 10⁴ t,提高采收率 3.5 个百分点。加密后,零向和一向受效比例大为减少,三向、四向比例大大增加,三向受效由 15.63% 增至 41.43%,四向受效由 1.18% 增至 17.2%,实现了双河油田高含水期注水由边外向边内、由单向受效向多向受效、由高强度

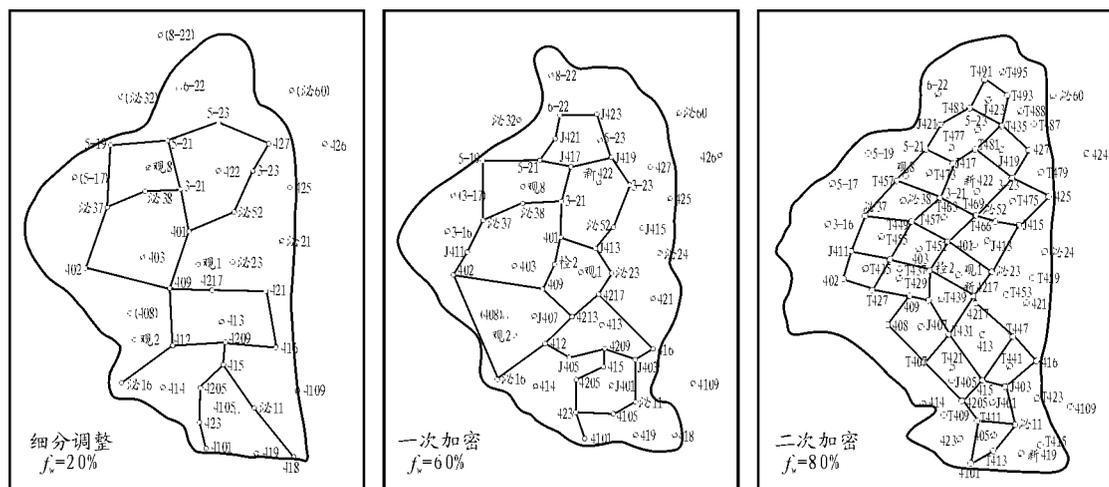


图 5 双河油田试验区不同加密阶段井网变化图

Fig. 5 Changes of well patterns in different densifying stages in the testing regions of Shuanghe oilfield

向分散均衡注水、由高渗透层向低渗透层注水的 4 个转移(图 5)。

2.4 油田开发后期开展精细油藏描述,挖掘厚油层内部潜力,实现控水稳油

开发后期取心资料表明,厚油层内部仍有 26.39% 的弱淹级别以下油层。试油资料也反映厚油层内部潜力较大。检 6 井 4 层有效厚度 19 m, 可以细分为 4 个小层,射开 4^2 层 1.2 m,日产油 38.2 t,含水仅 3.95%。可见,挖潜的对象由层系间、小层间的潜力层进入到厚油层内部流动单元。流动单元是受相对稳定的夹层封闭或不完全封闭的单体,平面上由不同的结构要素组成。进入开发后期,经过多次重大调整,地下油水分布日趋复杂,各种增产措施余地小、效果差,加上新增储量少,难以满足油田开发后期稳产发展的需要^[5]。应用高分辨率层序地层学原理^[6]和建筑结构要素分析法,在地质露头知识库的指导下,将双河扇三角洲储层划分为 9 个层次、7 种结构要素,建立了扇三角洲主要成因砂体的识别标准和精细扇三角洲前缘沉积模式^[7];解剖了地下扇三角洲储层内部结构要素,建立了流动单元骨架模型和渗流单元模型;针对厚油层层内潜力特点,开展厚油层内常规测井资料细解释处理技术和储层水淹后渗流物理参数变化规律研究,建立高精度参数解释模型、井间预测模型和三维定向地质模型及剩余油饱和度解释模型,解释符合率达到 85% 以上;开发高精度产液、吸水剖面测井技术,分辨率达到 1 m,从宏观和微观两方面对高含水期剩余油的形成机理进行研究,预测符合率达到 85% 以上。通过平面注采结构调整和层系转换,在

油田采出可采储量 82.64%,在综合含水 91.7% 情况下仍保持 0.94% 的采油速度,总递减控制在 4%~5%,油田含水上率连续两年为 0,增加可采储量 189.7×10^4 t,实现了双河油田开发后期良性循环。

3 结论与认识

双河油田每进行重大调整,开发效果都得到明显改善,20 多年来水驱采收率不断提高,标定采收率达到 47%,创河南油田水驱开发油田采收率之最,也是陆上砂岩水驱油田采收率较高的油田之一。通过对其开发历程的解剖,取得如下认识:

- 1) 整装较大型厚油层油田,由于天然能量不足,应早期人工注水补充能量,有利于保持油田旺盛的产能,为进一步开发打下坚实的基础;
- 2) 对于油层厚度大、非均质严重的油田,层系细分是提高采收率的关键,应及早细分开发层系,避免层系间干扰,充分利用稳定和较稳定夹层(岩性或物性)对厚油层再细分流动单元,减少层内干扰;
- 3) 选择合适时机、及时进行井网加密是提高开发效果的重要途径之一,同时在高含水开发后期还可以通过精细油藏描述等技术最大限度地提高最终采收率。

参考文献:

- 1 李联五. 双河油田砂砾岩油藏[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 1~ 8
- 2 王寿庆. 扇三角洲模式[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993, 25~ 35
- 3 张寄良. 油气资源勘探决策系统——勘探、开发、市场一体化评价初探[J]. 石油实验地质, 2001, 23(2): 226~ 241

- 4 李继红, 曲志浩, 陈清华. 注水开发对孤岛油田储层微观结构的影响[J]. 石油实验地质, 2001, 23(4): 424~ 428
- 5 韩大匡. 深度开发高含水油田提高采收率问题的探讨[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(5): 47~ 55
- 6 张明安, 鲜本忠. 层序地层学在泌阳凹陷隐蔽油藏预测中的应用[J]. 石油实验地质, 2003, 25(4): 395~ 402
- 7 尹太举, 张昌民, 樊中海. 双河油田井下地质知识库的建立[J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(6): 95~ 98

GEOLOGICAL RESEARCH OF HIGH SPEED AND HIGH EFFECTIVE DEVELOPMENT OF SHUANGHE OILFIELD, THE NANXIANG BASIN

Sun Chong^{1,2}, Tang Xiaofen¹, Guo Enchang², Xu Hao¹

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Research Institute of
Petroleum Exploration and Development, Henan Oilfield Company, SINOPEC, Nanyang, Henan 473132, China)

Abstract: Shuanghe oilfield is not only a million-ton scale oilfield which has been earlier put into production in the Biyang Depression but also one of high-effectively developed onshore oilfields in China. Now it has been sliding into an oil-production decline stage with super-high water-cut. During 13-years stable production period, Shuanghe oilfield has been achieved better development effects and economic benefits through going on the premise of understanding geological characteristics and taking a measure of well pattern consummation and flood pattern modification in order to make the most use of sand capacity and keep producing in high speed (more than 2.0%) and high effectiveness from beginning to end. This article analyzes the mode of high-speed and high-effective development of Shuanghe oilfield and summarizes a set of effective development experiences for uncompartimentalized oilfields in order to use for reference to other similar types of oilfield development.

Key words: high-effective development; well pattern consummation; flood pattern modification; economic effect; Shuanghe oilfield; the Nanxiang Basin