

# 塔河油田6区碳酸盐岩油藏原油动用状况评价

张世明, 万海艳, 姚 军

(胜利油田有限公司地质科学研究院, 山东 东营 257015)

**摘 要:**从塔河6区碳酸盐岩油藏开发面临的主要问题出发,依据油藏描述成果建立了符合油藏渗流特点的“拟三重介质地质模型”,通过多指标、高精度的历史拟合,调整油藏模型,并在此基础上评价了油藏水淹及原油动用状况。分析表明,目前塔河6区溶洞系统的贡献量大于裂缝系统,其原油动用量为裂缝系统的1.99倍,但采出程度裂缝系统高于溶洞系统3.68%,裂缝系统与孔洞系统相对采出程度为2.41。

**关键词:**碳酸盐岩油藏;塔河油田;动用状况;数值模拟

**中图分类号:**TE344 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-8083(2005)03-0036-02

## 一、油藏基本情况

塔河油田6区奥陶系油藏位于塔里木盆地沙雅隆起中段阿克库勒凸起西南部,阿克库勒凸起西部为哈拉哈塘凹陷,北部为雅克拉凸起,南部为顺托果勒隆起,东南部为满家尔坳陷,东部为草湖凹陷。综合地质研究表明,该油藏为不整合面之下的裂缝、岩溶储集体与上覆石炭系泥岩盖层组成的风化壳岩溶缝洞型块状油藏。储集空间主要为大小悬殊的溶洞、溶缝以及发育规模悬殊的裂缝(裂缝带)。储集空间主要受海西期构造运动形成的高角度断裂带和沿断裂所产生的岩溶孔洞发育带所控制,储层纵横向变化较大,具有较强的非均质性。油藏压力系正常;地层压力与油藏的饱和压力相差44.81MPa,为高度未饱和油藏;油藏的气油比较低、密度和粘度较高。开采情况表明,油藏的天然能很大,但弹性能量不足,每采出1%地质储量地层压力下降0.906MPa,无因次弹性产量比值为1.55。年产油自然递减率达26.55%,递减比较快,油井见水后含水率上升速度很快,总产液量下降幅度很大。截止到2001年10月31日,综合含水8.6%,采出程度1.38%。鉴于此,在所述各开发主要问题研究的基础上,利用数值模拟手段对油藏水淹及原油动用状况进行评价,弄清内在的开发矛盾,为油藏的后期开发技术政策的调整奠定基础。

## 二、三维油藏地质模型建立

塔河6区油藏描述研究表明,该区储层基质致密,不具有储集意义,储集空间主要为大小悬殊的溶洞、溶缝以及发育规模悬殊的裂缝(裂缝带)组成,储层纵向变化大,具有较强的非均质性。因此,从理论上讲,塔河6区储集空间是一个具备孔、洞、缝三种渗流介质的复杂综合系统。但是,由于其中的基质岩石孔渗性差,在整个储层储渗性能上所占比重小,在开发中所起的作用小,因此可以忽略。这样一来,实际的三重介质油藏就可以简化为具有洞(溶洞和孔洞)、缝两重介质的常规双重介质模型。因此,本次数值模拟研究在模型建立上主要考虑洞、缝两系统,通过对洞、缝储集空间

的描述及两系统间流体交换的模拟,来刻画此类碳酸盐岩油藏内油、水的运动规律,并进而对合理开发此类油藏提供一定的理论指导。

基于以上考虑,本次研究选择ECLIPSE数值模拟软件,建立三维三帘双孔双渗模型,对整个塔河6区的沿不整合面以下240m储层进行整体模拟,并考虑240m以下储层的伸展及底部水体的影响。其中,以T74层面通过井点插值产生的层面构造图为模拟区的顶面构造,储层属性分布模型的建立完全基于油藏描述的成果。非储层底部连接一水体。孔洞系统的油水相渗曲线通过历史拟合后确定,裂缝系统的相渗曲线取对角线。按照孔洞、裂缝两套系统,每套系统根据纵向四个储量计算带和一个非储层带共划分为5层,平面划分为80×80,方向与裂缝发育方向大致平行。底部连接数字化水体。这样一来,模型总网格数64000个。

## 三、静、动态参数拟合

### 1. 储量拟合

根据塔河6区油藏特征及储量评估结论:本区储层分I、II、III类,其中I类是以孔、洞、缝均较发育并以孔洞为主的储层;II类是以裂缝为主、孔洞不发育的储层;III类是孔洞缝均不发育的非有效储层。因此,储量计算中只计算I类孔洞和I+II类裂缝的地质储量。储量拟合的对象即为不同层段内的孔洞系统储量及裂缝系统储量。

储量拟合主要以调整不同系统的孔隙度、储层净毛比为主要手段,对不同储量计算段内的孔洞、裂缝储量分别拟合。对比表明,塔河6区的静态模型在物质基础上与实际容积法计算的结果一致,反映了油藏描述的主要成果认识。

### 2. 动态拟合

#### (1) 地层压力拟合

生产动态分析表明,塔河6区每采出百万吨原油地层压力下降3.076MPa。而目前油藏实际累积采油 $120.996 \times 10^4$ 方,即108.51万吨,测算地层压力下降水平为3.34MPa。模拟计算油藏地层压降3.52MPa,与测算结果基本一致。另外,

**作者简介:**张世明(1975-),男,湖北随州人,胜利油田有限公司地质科学研究院渗流力学室工程师。

根据 S67 两次井压力恢复试井解释及 S74 压力恢复试井解释所建立的油藏静压与累积产量关系曲线, 计算得到试井时刻的地层静压, 与模拟计算全区压力降落曲线进行对比, 结果发现, 计算压力变化趋势与实际情况基本一致。

#### (2) 单井产能拟合

由于单井产能不仅影响油井的见水时间及含水上升规律, 而且对于后期开发效果预测也将产生很大的影响。为此, 本次拟合中重点加强了油井产能的拟合。具体方法是: 首先统计出该区所有实际测试 12 口油井的采油指数资料, 回归出相应初产油~采油指数关系曲线; 利用回归的关系式及初产油, 计算其余油井的采油指数; 根据模型计算油井采油指数与关系式计算采油指数的差异, 调整单井周围储层渗透率, 拟合采油指数。

#### (3) 油井动态拟合

根据油藏描述对塔河 6 区地质情况的认识, 初步确定孔洞、裂缝的渗透率, 储层垂向渗透率、油水相对渗透率曲线为最不确定性参数, 油水界面位置、水体大小为次不确定性参数, 储层有效厚度、孔隙度为确定性参数。依据先区块、后单井, 先产能、后含水的拟合原则, 对全区日油、累油、含水及 35 口单井产能、日油、含水变化进行了拟合, 其中单井含水拟合总拟合率控制在 90% 以上, 拟合效果较好。

### 四、原油动用状况评价

#### 1. 油藏水淹规律

在动态历史拟合基础上, 分析裂缝及孔洞系统内的水淹情况。图 1~2 为裂缝系统及孔洞系统含水 50% 的水界面三维立体图, 对比可见, 裂缝系统的油水界面高于孔洞系统, 这表明, 目前的采油速度高于临界速度, 引起两系统油水界面上升速度的不一致。

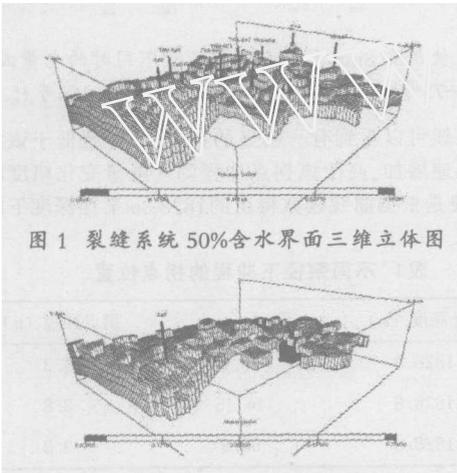


图 1 裂缝系统 50% 含水界面三维立体图

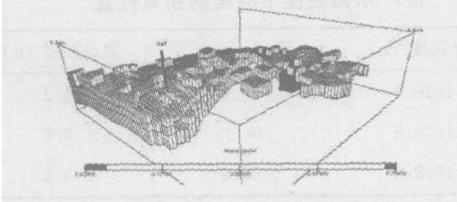


图 2 孔洞系统 50% 含水界面三维立体图

对比四个层段不同系统的水淹情况, 可以看出, 由于底水的向上推进, 两系统由上向下水淹程度加强, 基本规律是: 裂缝系统第四层段大面积水淹, 第三层段 30~40% 平面水淹, 第二层段水淹程度减弱, 呈区域性面积水淹, 第一层段则水淹弱, 呈点状水淹; 孔洞系统水淹规律与裂缝系统基本相似, 但水淹程度明显比裂缝系统弱, 其第三、四层段水淹程度约 10~30%, 第二层段呈局部点状水淹, 第一层段基本没有水淹。另外, 从平面水淹规律分析, 西南部水淹强度大于东北部, 这与储层及裂缝发育的非均质性规律关系密切。在拟合中同时发现, 底部非储层段及储层段的纵向渗透性对于抑制整个塔河 6 区底水的推进作用明显。

#### 2. 动用状况分析

统计不同系统内原油的动用状况见表 1。分析表明, 在同一系统内, 各层段间的采出程度差异较大。溶洞系统的下

部第四层段采出程度最高, 第一层段采出程度最低, 最高与最低之比为 3.84 倍; 裂缝系统的第四层段采出程度最高, 第二层段采出程度最低, 最高与最低之比为 6.60 倍。这表明, 裂缝系统的层段间动用矛盾大于孔洞系统。另外, 同一层段内裂缝与溶洞系统的采出程度差异较大, 裂缝与溶洞相对采出程度差异大, 其中最大的为第三层段, 裂缝与孔洞相对采出程度为 4.36, 其余一、二、四层段裂缝与孔洞相对采出程度分别为: 1.17、2.09、2.02, 这表明, 第三层段的开发效果相对最差, 其次为第二、第四和第一层段。从各系统分层段含水对比可见, 裂缝系统的含水高于溶洞系统, 层段间差异明显, 底部第四段含水高达 85.94%, 最低的第二层段含水为 3.06%; 孔洞系统的底部含水高达 16.20%, 顶部仅为 0.80%。如何控制好两系统间含水或油水界面的差异, 是后期提高该油藏开发效果的重要因素。表 2 为塔河 6 区目前各层段溶洞系统与裂缝系统间原油交渗情况, 很明显, 溶洞系统中的原油采出量的 91%~99% 为从溶洞渗流到裂缝系统中采出的。

表 1 塔河 6 区溶洞/裂缝系统原油动用情况表

层段号	溶洞系统				裂缝系统			
	1	2	3	4	1	2	3	4
原始储量( $10^4\text{m}^3$ )	1337.01	684.6	663.05	362.31	186.65	194.11	167.82	85.62
剩余储量( $10^4\text{m}^3$ )	1312.41	667.83	650.58	336.69	182.62	184.19	154.08	73.42
动用原油( $10^4\text{m}^3$ )	24.60	16.77	12.47	25.62	4.03	9.92	13.74	12.20
动用程度(%)	1.84	2.45	1.88	7.07	2.16	5.11	8.19	14.25
含水(%)	0.80	2.64	0.82	16.20	6.15	3.06	25.01	85.94

表 2 塔河 6 区溶洞系统与裂缝系统间原油交换情况表

层段号	溶洞系统			
	1	2	3	4
原始储量( $10^4\text{m}^3$ )	1337.01	684.6	663.05	362.31
采出原油( $10^4\text{m}^3$ )	24.60	16.77	12.47	25.62
介质间原油交渗量( $10^4\text{m}^3$ )	22.38	16.6	12.05	25.17
交换比例(%)	90.97	98.97	96.67	98.26

### 五、结论

1. 充分应用塔河 6 区油藏描述研究成果, 建立了反映油藏储集空间的“拟三重介质地质模型”, 多指标、高精度的生产参数拟合表明, 本次研究所建地质模型基本反映了塔河 6 区实际的油藏特征。

2. 油藏开发动态分析表明, 底水是影响油井见水及后期含水上升规律的主要因素。无论是孔洞系统, 还是裂缝系统, 底部油层水淹程度强于顶部, 西南部水淹强于东北部; 且裂缝系统的水淹程度强于孔洞, 两系统的水淹特征具有相似性。

3. 油藏动用程度分析表明, 目前塔河 6 区溶洞系统的贡献量大于裂缝系统, 其原油动用量为裂缝系统的 1.99 倍, 但采出程度裂缝系统高于溶洞系统 3.68%, 裂缝系统与孔洞系统相对采出程度为 2.41。

#### 参考文献:

- [1] 张一伟. 陆相油藏描述[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [2] 赵树栋等. 丘碳酸盐岩油藏[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [3] 李允主编. 油藏模拟[M]. 东营: 石油大学出版社, 1999.

(责任编辑 周永红)