

相控建模技术在羊二庄油田的应用

冯国杰¹, 向 赞¹, 刘存林²

(1. 大港油田 勘探开发研究院, 天津 300280;

2. 大港油田 第五采油厂, 天津 300280)

摘 要: 羊二庄油田的明馆储层非均质性严重, 高含水、高开发后期的剩余油分布比较复杂, 第一次油藏描述中应用传统的确定性建模方法已经不能满足剩余油挖潜的需要。采用 RMS 相控建模软件, 通过构造建模、沉积微相建模、储层物性建模, 建立羊二庄油田三维可视化相控地质模型, 并实现了与数模软件的无缝接口。

关键词: 河流相沉积; 剩余油挖潜; 相控建模

中图分类号: P618.130.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2008)03-0240-05

0 引言

羊二庄油田的明馆储层均为河流相沉积^[1](图 1), 由于曲流河的侧向迁移和辫状河河道的多期叠加造成储层非均质性严重。目前油田进入高含水、高开发后期, 剩余油分布比较复杂, 第一次油藏描述中应用传统的确定性建模方法已经不能满足剩余油挖潜的需要。

为了解决上述问题我们采用了 RMS 相控建模软件, RMS 软件是挪威 ROXAR 公司研发的储层模拟软件系统。它为地质人员提供了一个利用随机模拟的方法从构造框架、沉积微相、储层物性等方面进行精细储层描述的工具(图 2)。建模当中采用了 4 类先进技术: 复杂断层处理技术、构造建模的量化质量控制工具、相控储层物性建模、与数模软件的无缝接口技术^[2]。本次建模面积 9.4 km², 模拟层位 60 个单砂体层, 井位 155 口, 为数模提供 349 680 个网格节点的数据体。

1 构造建模

构造建模的目的是为沉积微相模拟和储层物性模拟提供合理的地层框架^[3]。地质构造建模分为构造层位模拟和断层模拟两部分。

沉积地质体是在不同的时间段形成的, 由于物源供应及沉积作用的差别使得各时间段的砂体沉积规律有所差别, 若将不同时间段的沉积体作为一个单元来模拟, 就不能真实地表现各地层的地质规律。为了提高构造建模的精度, 在建模的过程中应进行

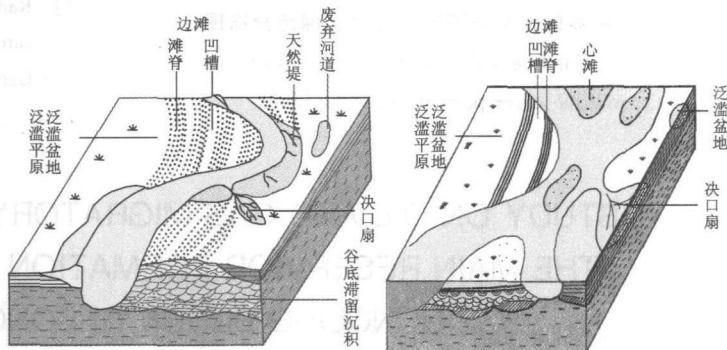


图 1 河流相沉积模式示意图

Fig.1 The sketch map of depositional model of fluvial facies

收稿日期: 2007-05-17; 改回日期: 2007-08-31

基金项目: 中油大港油田分公司科技创新项目“羊二庄油田二次精细油藏描述及综合调整方案研究”(编号 III04-2-8)资助。

作者简介: 冯国杰(1978), 男, 河北肃宁人, 工程师, 学士, 2002 年毕业于石油大学(华东)石油工程专业, 现从事储层建模与数值模拟研究工作。通信地址: 天津大港油田勘探开发研究院开发研究二室, E-mail: dg_fenggjie@petrochina.com.cn

等时地质约束,即首先应用层序地层学的原理确定等时地质界面,再利用等时界面将沉积体划分为若干等时层,针对每一等时层进行建模,这样在三维可视化过程中可减少等时或等比例三维网格化对井间赋值产生的误差,因此,进行等时构造建模是储层建模至关重要的第一步。鉴于此,构造建模时在以往分层数据的基础上,以层序地层学理论为基础,依照等时原则对羊二庄油井的分层数据进行合理的调整,将所有油组分成 60 个单砂层,使构造建模的精度精确到单砂层,总共完成 61 个层位的构造建模。

1.1 地震解释层位的模拟

地震解释层位即具有地震解释成果的单砂层,以地震解释成果为主要输入数据(CPS3 格式),以井的分层作为基本条件,并将地层厚度作为约束条件,在此基础上分别对各地震解释层位面进行模拟,这样的层共有 8 个。

地震解释的断层多边形和层位模拟的结果,通过软件中的 Fault modeling 模块,分别模拟每条断层的断层面和断层线,从而得到合理的断层模型(图 3)。针对该断块断层间切割关系不明显、断层空间位置变化规律差等特点采用软件中“自动定义断层间的切割关系”和“迭代式断层模拟”等技术得到更为合理的断层模型。

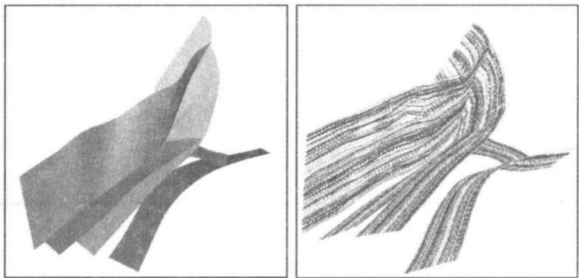


图 3 断层模型示意图

Fig. 3 The sketch map of fault model

2 沉积微相建模

不同的沉积微相对应不同沉积岩的物性特征,即沉积微相的空间分布决定了岩石物性特征的分布规律。因此沉积微相模拟是相控物性建模的基础,是该研究实施的核心。

由于地质事件、沉积过程的复杂性以及获取资料的局限性,传统的“确定性建模”已经不能充分考虑复杂的储层非均质性,不能满足日益发展的油田生产的需求,这就迫使我们去寻找一种能更真实地再现地质沉积过程及规律的方法。RMS 软件采用的是随机模拟算法,即在确定性参数的控制下产生的随机结果中进行合理的模型筛选,以得到最符合实际的地质模型,从而较好地完成了沉积微相建模这一过程。

2.1 模块选择

羊二庄油田从明 II 到馆 II 属于河流相沉积,主要发育有河道砂、决口扇、天然堤、废弃河道、岸外洼地沉积微相。选定羊二庄沉积微相模拟的模块为“Facies: Channel”。

2.2 沉积微相模拟实现过程

输入单井点单砂体沉积微相,通过参数控制以及模型的优化筛选,确定单砂体平面沉积微相的最佳分布^[4]。为得到最佳的沉积微相模拟结果,利用全区井点沉积微相数据对有关参数进行分析与统计(表 1),从而得到最合理的沉积微相模拟参数。

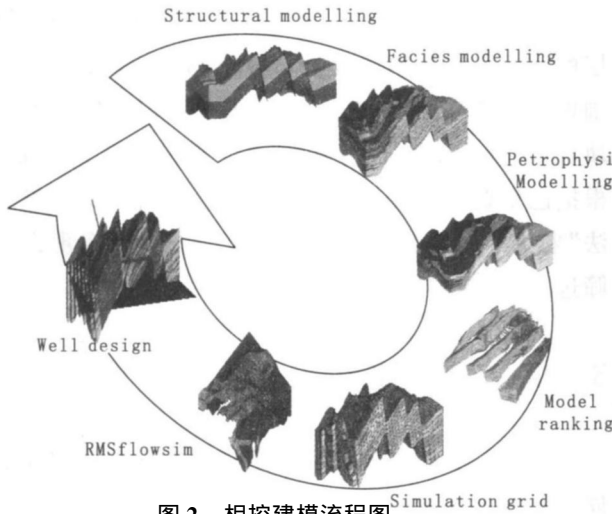


图 2 相控建模流程图

Fig. 2 Phase control model flow chart

1.2 计算层位的模拟

计算层位指只有地质分层数据,在现有地震采集处理精度的剖面中无法产生地震反射同向轴的层位。模拟时以解释层、地层厚度为主要输入数据,以地震构造趋势为次要输入数据,将井的地质分层作为约束条件进行模拟。计算层位共有 53 个。

在所有的构造层面模拟中以层间关系合理、构造层面与断层严格匹配以及地震层位与地质分层严格一致为标准作为构造建模的质量控制手段。

1.3 断层建模

首先在地震解释基础上,分析区块中断层对储层的控制作用,确定断层级别及相互关系;然后利用

根据 Schumm 经验公式: $F = 255M^{-1.08} = W/H^{[1]}$, 其中 M 为粒度小于 0.074 的组分比例; W/H 为河道宽深比。通过庄检 2 井明 III5 粒度分析数据

得出河道宽厚比为 31.8, 以庄 9-13-2 井单个侧积体厚度 5 m, 计算出明 III5 河道宽度在 150~ 200 m 之间, 最大河道宽度 400 m。

表 1 河流相储层沉积微相的参数类型统计表
Table 1 The reservoir paramerters statistical table of fluvial microfaces

微相类型	参数类型	微相类型	参数类型	微相类型	参数类型
河道砂	体积分数	决口扇	体积分数	岸外洼地 废弃河道	体积分数
	位置		与河道的厚度之比		沉积中心
	厚度		与河道的宽度之比		砂体的形状
	宽度		与河道砂的重叠程度		长度
	宽、厚相关系数		长度		宽度
	河道的摆动幅度		个数		厚度
	弯曲程度		相对位置		物源方向
	物源方向				

2.3 沉积微相模拟结果

通过上述沉积微相规律的描述, 利用 Facies: Channel 模块分别对羊二庄油田 60 个单砂层的沉积微相进行了模拟, 得到了羊二庄油田的沉积微相数据体(图 4), 在模拟过程中以模拟结果与井点微相高度一致、忠实地质规律以及描述多种可能的储层分布为标准进行结果的可靠性分析。

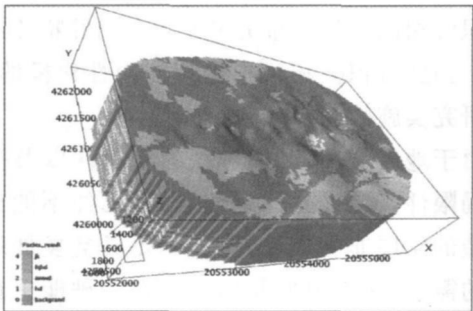


图 4 相控沉积微相图

Fig. 4 The map of faces-controlled microfaces

2.4 模型的筛选

RMS 软件提供了多种模型的筛选与优选方法, 包括静态法、动态法、智能筛选法 3 类。

(1) 静态法。①观察比较法: 分析不同随机实现中微相的分布规律, 与前期地质研究进行比较, 确定合理模拟的结果; ②数据统计法: 统计不同实现中各沉积微相所占空间体积分数, 并与井点的统计结果进行比较, 分析变化程度的合理性, 筛选出最合理的模拟结果; ③相概率统计法: 对不同实现计算空间某一点、某一微相出现的概率, 将得到的沉积微相概率分布数据体进行比较, 达到多个实现进行优选的目的。

(2) 动态筛选法。通过 RMS 的“动态流线”和

“驱替函数”两个模块实现模型优选。

(3) 智能筛选法。利用不同实现的储量计算结果自动分析不同模型的储量累计概率, 实现模型优选。

羊二庄油田明 II 6—馆 III1 属于河流相沉积, 储层的空间分布规律性较强。另外, 不到 10 km² 的范围内已布置了 150 多口井, 属于开发程度较高的区块, 沉积微相的平面分布规律已有较丰富的认识。根据已知资料的具体情况, 该项目中我们采用“静态法”来对羊二庄油田沉积微相模拟的多个实现进行筛选。

3 储层物性建模

储层三维建模的最终目的是建立能够反映地下储层物性的参数模型。由于地下储层物性分布的非均质性及各向异性, 用常规的由少数井点进行差值的确定性建模方法已经不能够反映储层物性的空间变化, 因此, 应用地质统计学和随机过程的相控随机模拟方法是定量描述储层物性非均质性的最佳选择。

首先利用沉积微相的分布通过地质统计学的“区域化变量”确定储层物性参数的关联空间, 后通过高斯变换与变差函数分析描述储层物性的规律性, 在上面基础上进行物性模拟^[5]。最后以储层物性模拟结果与井点物性完全吻合、模拟物性分布特征与沉积微相一致为标准进行效果分析(图 5)。

4 网格粗化与输出

地质模型建立过程中平面网格为 30 m × 30 m,

垂向最大网格为 0.4 m, 模型节点 2 246 万个。共为 186496 和 $94 \times 62 \times 60 = 349680$ (图 6)。
数模设计了两套方案, 节点数分别为 $94 \times 62 \times 32 =$

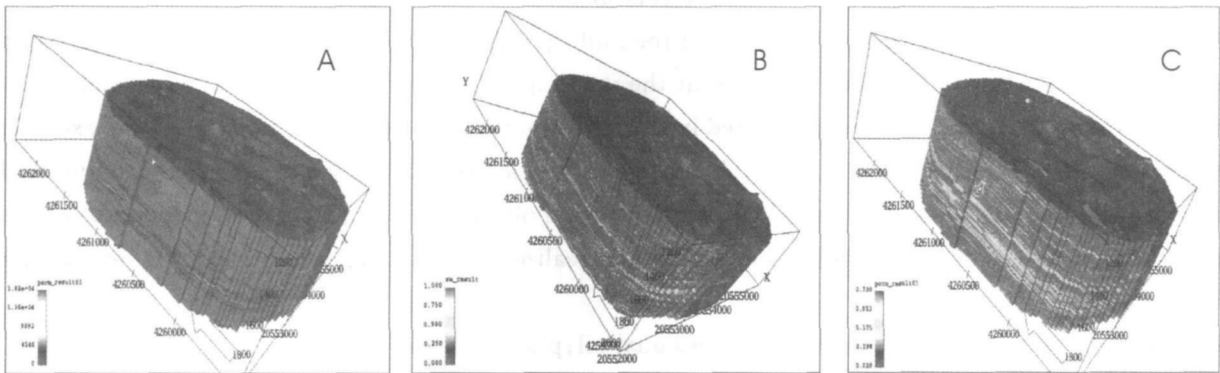


图 5 储层物性模拟结果图

Fig. 5 The modeling result of reservoir parameter

A. 孔隙度模拟结果 B. 渗透率模拟结果 C. 含水饱和度模拟结果

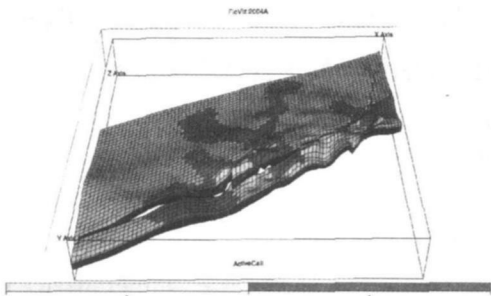


图 6 数模网格图

Fig. 6 The numerical modeling grid

在数模网格设计的基础上, 将地质模拟网格中的孔隙度、渗透率、含水饱和度等参数粗化到数模网格中来。

输出格式为 Eclipse 数据体, 输出参数包括孔隙度、渗透率、油水饱和度以及净毛比等。

5 结论与建议

利用单井点单砂体的沉积微相, 在现代沉积理论指导下实现了单砂体平面沉积微相的优化; 通过

对 60 个单砂体共 420 个随机实现的筛选, 选出了最接近于实际模型的 60 个实现, 更真实地反映了储层内部以及储层之间的非均质性; 灵活的数模网格设计、有效地网格质量控制手段、全面的参数粗化算法, 实现了与数模软件的无缝接口技术。

在建模过程中可以发现, 为了提高沉积微相建模的精度要从两方面着手, 一是单井点沉积微相的划分精度还需要加强; 二是控制参数的提取过程中, 为了使控制参数精确度提高, 应该统计更多的数据。这两点也是今后提高相控建模水平的着眼点。

参考文献:

[1] 冯增昭. 沉积岩石学(下册)(第二版)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993: 84-101.
[2] 贾爱林, 肖敬修. 油藏评价阶段建立地质模型的技术与方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002: 3-275.
[3] 王志章. 现代油藏描述技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999: 31-206.
[4] Weber K J. Influence of Common Sedimentary Structures on Fluid Flow in Reservoir Models[M]. JPT. 1982, 34(3) .
[5] 吴胜和. 储层建模[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999: 1-245.

- (1. *Exploration & Development Research Institute of Dagang Oilfield, Tianjin 300280, China;*
2. *The Fifth Oil Production Plant of Dagang Oilfield, Tianjin 300280, China*)

Abstract: The Minghuazhen and Guantao reservoir in Yang' erzhuang oil field pertains to fluvial facies, so the lateral migration of meander river and the multi-period superposition of braided channel lead to the serious heterogeneity of reservoir. At present the post-high cut and high development residual oil distribute is rather complicate. Modeling adopted in the first description of reservoir can't meet the excavation of the residual oil. In order to solve the problems mentioned above, RMS Software is used to set up visible 3-dimension reciprocal geological model of Yang' erzhuang oil field through structural modeling. sedimentary microfaces modeling and petrophysics modeling and realize seamless interface by using numerical simulation software.

Key Words: fluvial facies; excavation of residual oil; phase control modeling

(上接第 212 页)

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND PROSPECTING DIRECTIONS IN LINGQIAO Cu (Ag-Au) DEPOSIT, HAINAN PROVINCE

ZHOU Ying-chun

(*Hainan Institute of Geological Survey, Haikou 570206, China*)

Abstract: Lingqiao Cu (Ag-Au) deposit is hosted in rhyolitic breccia tuffaceous lava of the Cretaceous Lingqiao formation and in the early Cretaceous granodiorite. At present, eleven ore (mineralized) bodies have been discovered. These ore bodies are strictly controlled by fault zones. The ore-related wallrock alteration can be divided into potassium zone, sericitization zone, strong kaolinization and chloritization zone from east (exploration line 20) to the west. And ore mineralizing types change from Cu-Au to Cu-Ag. Systematic studies of the ore geological characteristics show that the mineralization characteristics of the Lingqiao deposit are similar to that of the classical porphyry copper deposit. Therefore, further prospecting work should be focused on the region in east of exploration line 20 according to the symmetry alteration zoning features of the porphyry copper deposit. Moreover, fractal and statistical analysis of ore-forming elements indicate that Au and Ag mineralization are developed in specified rocks, that is, rhyolitic breccia tuffaceous lava is benefit to Cu and Ag mineralization, while the granodiorite is the main Cu and Au hosting rock.

Key Words: wallrock alteration; fractal statistics; ore prospecting; Lingqiao Cu (Ag-Au) deposit; Hainan province