

# 太平油田地层超覆油藏勘探技术的应用与经济效益

贾贝贝 (胜利油田东胜公司, 山东 东营 257000)

**摘要:** 地层超覆油藏为储层上倾方向直接与不整合面相切而被封闭形成圈闭, 在圈闭中油气聚集。太平油田为典型的地层超覆油气藏, 储量可观, 具有重要勘探价值和经济价值。本文依据地层超覆线正演模拟结果的分析认为, 地层超覆线附近的地震反射同相轴尖灭点位置受不整合面倾角、地层倾角等因素的控制, 沿着地震反射同相轴的变化趋势外推可定量确定地层超覆点的位置。通过正演模拟分析、拓频处理技术与夹角外推法结合, 精细描述超覆点位置, 提高准确程度, 指导后期勘探和开发。

近几年, 依托于地层超覆油藏精细描述技术日趋成熟完善, 发现了沾 291、沾 130 等新区块, 新井投产后均取得良好效果。其中沾 130 区块新井前三年平均日油在 5.5 吨以上, 在综合钻井、采油、地面等费用计算后, 税后财务内部收益率达到近 30% (在 \$50/bbl 条件下), 静态投资回收期在 3.5 年, 基准平衡油价在 \$42.3/bbl, 经济有效期 12 年, 整个区块的税后利润达到 972 万元, 具有非常好的经济效益。

**关键词:** 地层超覆油藏; 夹角外推; 内部收益率; 经济效益

超覆油藏的油气分布规律主要受古地貌、地层超覆边界、岩性变化及储盖组合的控制, 而地层和储层空间分布的定量解释是制约地层超覆油藏勘探的关键。笔者依据地层超覆线正演模拟的结果分析认为, 地层超覆点位置受不整合面倾向、地层倾向等因素控制, 沿着地震反射同相轴的变化趋势外推可定量确定地层超覆点的位置。通过正演模拟分析、拓频处理技术与夹角外推法结合, 精细描述超覆点位置, 尽可能提高准确程度, 在此基础之上运用地震波性差异反演预测有利储层, 指导后期勘探和开发。

太平油田馆陶组地层超覆油藏分布广, 近几年, 依托于地层超覆油藏精细描述技术日趋成熟完善, 又滚动发现沾 291、沾 130 等区块, 扩大太平油田含油面积 1.8km<sup>2</sup>, 增加地质储量约 200 × 10<sup>4</sup>t。其中沾 130 区块新井前三年平均日油在 5.5 吨以上, 在综合钻井、采油、地面等费用计算后, 税后财务内部收益率达到近 30% (在 \$50/bbl 条件下), 静态投资回收期在 3.5 年, 基准平衡油价在 \$42.3/bbl, 经济有效期 12 年, 整个区块的税后利润达到 972 万元, 具有非常好的经济效益。

本文主要以太平油田馆下段地层超覆油藏勘探为例, 阐述所选用系列技术的应用效果。

## 1 地质概况

太平油田位于义和庄凸起的东翼, 北、东分别为大王庄鼻状构造、四扣洼陷, 勘探面积约 400km<sup>2</sup>。第三系与前第三系之间的不整合接触是该区发育的主要不整合面, 第三系沙一、东营、馆陶组在这种残丘山

背景上向上逐渐超覆、披覆沉积, 直至覆盖整个凸起, 形成了大量的超覆、披覆圈闭, 其构造形态与基岩具有较好的继承性。太平油田地层超覆油藏油气成藏受古地貌、构造、地层、岩性等因素共同控制, 古地貌形态控制油气分布, 地层超覆线控制圈闭规模, 构造高低控制含油高度, 因此, 准确进行地层超覆线的确定, 是太平油田地层超覆油气藏勘探的关键。

## 2 地层超覆油藏勘探技术

### 2.1 地质模型的正演模拟分析

受地震资料分辨率的限制, 地层超覆线附近砂组厚度一般明显减薄, 地震剖面上地层超覆点附近反射同相轴提前减弱或消失, 故无法依据地震剖面直接确定地层超覆点的位置。根据太平油田的勘探现状、地层结构及古地貌特征, 本文选择了具有代表性的、能反映地层超覆概念的二维地震正演模型。地震模型技术是对实际的复杂地下介质和地震波的传播规律作的一种适当的简化, 用一定的数学或物理手段研究地震波在模型中的传播特点, 用来近似模拟获得真实的地质构造条件下的地震波场的特点。

太平油田沾 29 块地震主频为 22Hz, 有效带宽为 10-60Hz, 整体纵向分辨率低, 品质较差。对沾 29-44 井研究目的层的储层厚度、速度、密度统计分析, 厚度取自录井数据, 速度取自声波曲线计算数据, 密度数据取自测井解释成果数据, 依据以上参数进行单井正演分析 (图 1)。正演模拟的结果表明, 地层超覆线附近地震反射的终止并不代表地层的终止, 地层超覆线附近地震反射轴尖灭点位置受不整合面倾角、地

层倾角等因素的控制。根据上述思路设计的地震正演模型基本反映了研究区地层超覆形态与实际地震反射特征的简单对应关系。

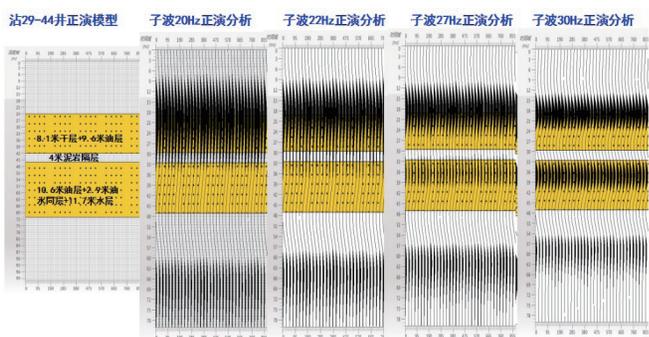


图1 沾29-44井正演分析图

## 2.2 提频拓频处理技术

基于声波测井的地震拓频方法研究，联合测井资料与地震资料进行地震拓频，将测井资料中包含的丰富的高频信息和良好的纵向分辨率补偿到地震资料中，通过拓频串联反滤波器的处理，提高地震资料分辨率。提高分辨率的幅度由信噪比谱作参考，用井曲线作监控，找到分辨率和保真度之间的最佳平衡点。增加地震主频，提高地震纵向分辨率，对地震品质进行改善。为提高纵向分辨率，对地震资料进行提频处理，主频由22HZ提高到32HZ，有效频宽7-67HZ。原始地震分辨率低、品质差，通过地震提频拓频处理，地震资料地质信息丰富，地震特征清晰，达到提高地震资料分辨率的效果，利于标准层及非标准层的追踪解释。

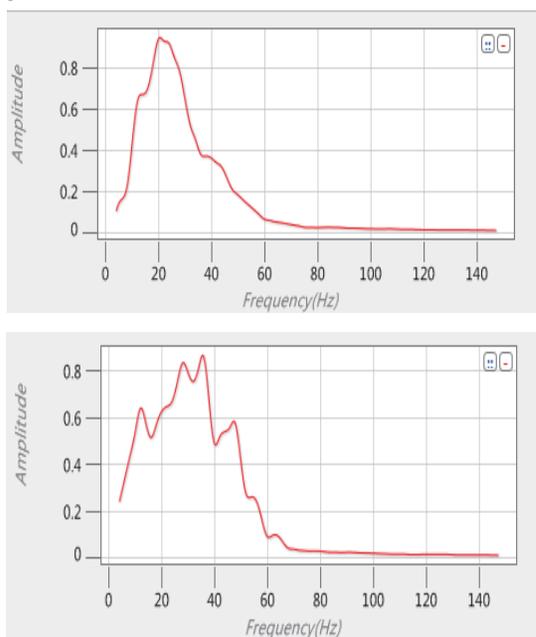


图2 沾29块反褶积提频拓频处理前后子波

## 2.3 夹角外推法定量确定地层超覆点

沾29块是以太古界T<sub>g</sub>反射层为不整合面，与上覆地层呈超覆关系，与下覆地层呈底削接触关系。拓频处理后针对超覆边界点位置又从新刻画，与原始地震有一明显变化，向基底边缘又推进一定的距离，该超覆边界点较原始地震稍微准确。

由于超覆线附近砂层厚度明显减薄，地震反射往往变弱或者消失，因而不能根据地震同相轴的砂组或者小层顶面解释准确判断超覆线位置，因此，在常规解释基础上形成了拓频处理与夹角外推技术相结合的不整合边界识别与描述的技术。地震剖面上能够识别出来的超覆点与实际地层超覆点之间存在一定的外推距离，根据前人研究，地层夹角、层速度、地震波主频是影响外推距离的主要因素。根据工区实际情况，以地层超覆夹角外推技术建立外推距离与其影响因素的主要公式及模版。依据前人的研究结果，地震反射层夹角外推法定量确定地层超覆点位置示意图，如图3所示。

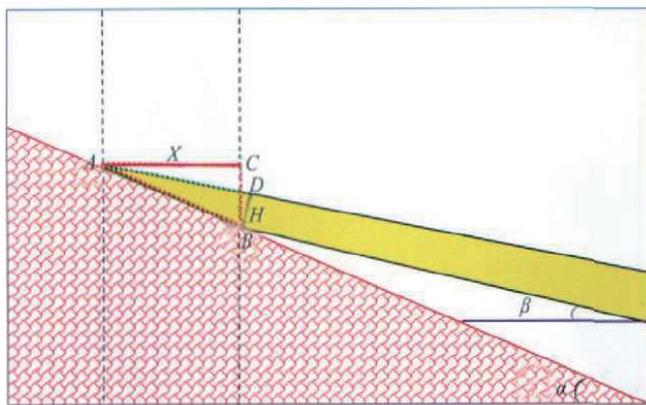


图3 地震反射层夹角外推法定量确定地层超覆点位置示意图

$\alpha$  为潜山倾角； $\beta$  为地层倾角； $H$  为地层厚度； $X$  为地层尖灭点外推距离

$$\text{在 } \triangle ADB \text{ 中, } AB = H \sin(\alpha - \beta) \quad (1)$$

$$\triangle ACB \text{ 中, } X = \cos \alpha \cdot AB = H \cos \alpha / \sin(\alpha - \beta) \quad (2)$$

在式(1)、式(2)中：当 $\alpha$ 为定值时， $\beta > \alpha$ 无意义；当 $\beta = 0$ 时， $X = H \cot \alpha$ ，地层尖灭点外推距离最小；当 $0 < \beta < \alpha$ 时， $X$ 随着 $\beta$ 增大而增大，地层尖灭点外推距离增大；当 $\beta$ 为定值时， $X$ 随着 $\alpha$ 增大而减小，地层尖灭点外推距离减小。根据上述公式，得到主频22HZ地层平超情况下地层超覆点外推距离模版(图4)。

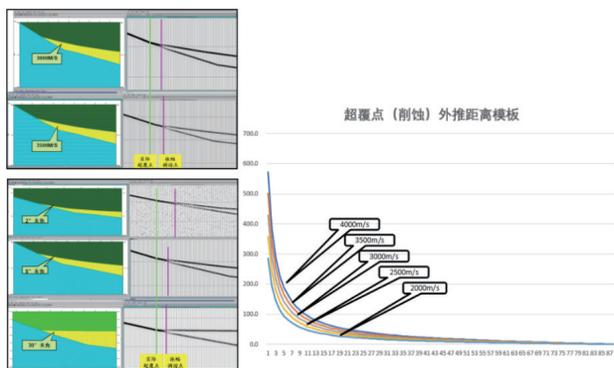


图4 沾29块超覆点外推距离模板

根据公式计算,在目的层馆下1、2含油砂体,地层平均速度是2500m/s,地层与不整合面夹角是5.2°,计算外推距离为137m。外推后超覆边界与实际地层边界更为吻合,同时又进一步扩大了含油面积。

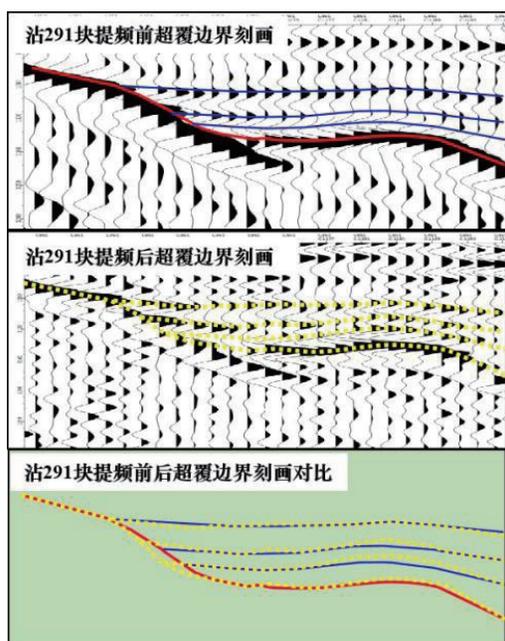


图5 沾29块提频拓频前后超覆边界点对比图

### 3 效果分析

开展上述精细描述技术及成藏模式分析、寻找有利圈闭以来,陆续滚动发现沾291块、沾130块等地质超覆油藏。沾29块新落实的地层超覆线位置与原地质超覆线相比向南推进,对该块地质、钻井、地震和测井资料重新论证后,部署新井6口,均钻遇良好油层,滚动发现沾291区块,新井投产效果良好,初期峰值日油达到9.0吨/天。太平油田沾130块因超覆线刻画和储层描述难度大,一直未有效动用,利用上述精细描述技术后,部署开发准备井沾130-1井日油7.0/d,后续继续部署新井5口,初期峰值日油达到11.0吨/天,均取得良好经济效益。此外在沾188、沾452等区块利用该技术新钻井4口,均取得良好经济效益。

经过上述精细描述技术,陆续共扩大太平油田含油面积1.8km<sup>2</sup>,增加地质储量约200×10<sup>4</sup>t。

其中沾130区块新井前三年平均日油在5.5吨以上,在综合钻井、采油、地面等费用计算后,税后财务内部收益率达到近30%(在\$50/bbl条件下),静态投资回收期在3.5年。基准平衡分析是反算项目的财务内部收益率等于基准收益率时产品的价格、产量、投资和成本。对影响项目税后财务内部收益率的主要因素即原油价格、累产油量、新增开发工程投资和单位经营成本进行了基准平衡分析,该项目基准平衡油价在\$42.3/bbl(1868元/吨),经济有效期12年,整个区块的税后利润达到972万元,具有非常好的经济效益。

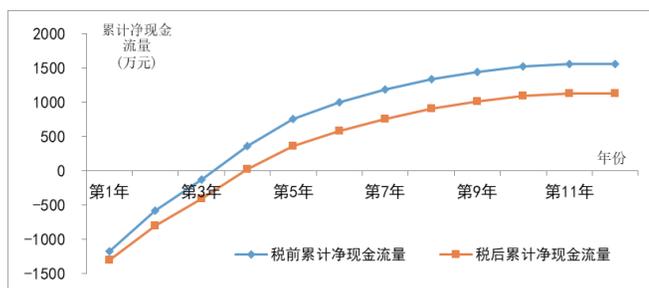


图6 项目累计净现金流量曲线图(\$50/bbl)

### 4 结论

本文通过正演模拟分析、拓频处理技术与夹角外推法结合,精细描述超覆点位置,提高了太平油田地质超覆油藏的勘探成功率。同时经过测算,该类型的井具有非常好的经济效益,可以在其它油田展开类似应用。

#### 参考文献:

- [1] 周卫红,谢凤猛,刘健.东营凹陷西北部地层超覆油藏勘探技术研究[J].承德石油高等专科学校学报,2005,7(3):23-26.
- [2] 张营革,田建华.沾车地区馆陶组地层超覆油藏地震描述技术应用及效果分析[J].石油物探,2003,42(3):322-327.
- [3] 王章青,杨立战,林胜春.地震综合解释技术在地层超覆圈闭研究中的应用[J].江汉石油学院学报,2003,25(2):60-61.
- [4] 姜岩,李文艳,叶萍.基于正演模拟的地震反射特征主要影响因素分析[J].大庆石油地质与开发,2006,25(5):10-102.
- [5] 谭俊敏,杨国权.地层超覆油气藏勘探技术在陈家庄地区馆陶组的应用[J].中国石油大学学报:自然科学版,2007,31(2):43-48.