

构造模型正演技术在下扬子区初步应用效果

邓玉胜, 苏树桢

(中石化集团 新星石油公司华东分公司 规划设计研究院, 江苏 南京 210031)

摘 要: 针对圈闭评价中构造形态的可信度这一问题, 笔者选用有限元地震波模拟正演技术, 对下扬子区的 HQ、DY、BP 等典型构造进行模型正演计算。结果表明, 它有效地克服了解释过程中的片面性, 为落实构造、评价圈闭提供了依据。

关键词: 圈闭评价; 构造形态; 构造模型; 有限元地震波模拟; 下扬子区应用效果

中图分类号: P631.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2004)05-0410-03

下扬子区海相中生代、古生代历经多期构造运动, 形成的构造圈闭类型多。圈闭的成因机制分析及评价在很大程度上取决于构造分析, 而构造分析可信度又取决于地震测线的控制程度、剖面质量和解释人员的技术水平。笔者对下扬子区的几个典型构造用有限元地震波模拟系列软件系统进行模型正演计算, 从而在提高地震解释水平, 验证有关构造圈闭的可信度方面获得了认识。

1 正演程序的原理

有限元地震波模拟系列软件系统的核心是用有限元法解二维声波、弹性、粘声和粘弹方程, 使用这些解方程程序能够模拟地震勘探中的多种记录剖面(包括单炮记录、时间剖面、偏移剖面、VSP 剖面), 将模拟结果与原地震剖面进行对比, 拟合程度的好坏影响到构造解释的可靠程度。构造模型模拟的选用过程就是求解声波方程的过程

$$\nabla \cdot (\alpha \nabla \cdot \theta) - \frac{\partial}{\partial t} \rho \frac{\partial \theta}{\partial t} + f = 0$$

式中, ρ 为密度; $\alpha = \lambda + 2\mu$ (λ, μ 为拉梅系数); $\theta = \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial v}{\partial x}$, 其中 $u = (u, v)$ 位移向量; $\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \right)$, y 为水平坐标, x 为深度坐标, t 为时间, f 为震源。

2 典型构造圈闭的验证

2.1 HQCO₂ 气藏

该气藏是下扬子区海相领域的非烃气藏之一,

解剖该气藏的圈闭条件及其形成机制对下扬子区海相领域油气勘探具有指导意义。该气藏海相地层层系发育完整, CO₂ 气田由若干个气藏组成, 大多数气藏位于二叠系栖霞组、石炭系船山组和黄龙组、泥盆系五通组海相碳酸盐岩和砂岩地层中。该气藏曾被认为是一个较完整的背斜型圈闭, 同时也是一个背斜潜山(T_g⁰), 背斜被断裂切割、侵蚀后, 上部为白垩系地层所披盖, 下部为潜山断块组成的复式背斜^①, 但笔者认为并非如此。从连井线地震解释剖面(图 1)可看出, 该气藏明显受一组逆断层控制, 断层产状上陡下缓, 收敛于志留系地层下部; 断层规模小, 断距不大, 断距由下向上逐渐变小的趋势, 个别断层进入三叠系地层后消失, 具传播断层的特点。由于断层规模小, 在录井中未能将其划出, 但从钻井报告的描述中可以见到断层作用的痕迹。笔者通过钻井与地震剖面综合解释, 在构造相应部位发现逆断层, 认为逆断层控制的几个小型传播背斜组成了整个气藏。

为验证气藏构造解释的可靠性, 以连井线地震

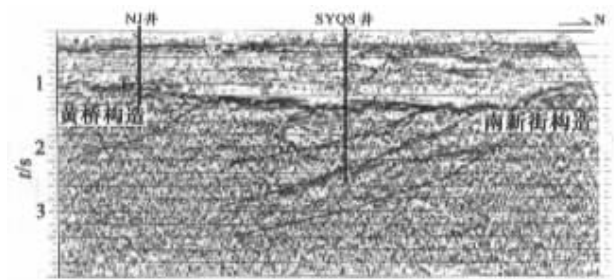


图 1 HQ 气田连井线地震解释剖面

① 张永鸿. 下扬子盆地南京—南通地区海相中、古生界含油气区带评价及储集条件研究. 地质矿产部华东石油地质局地质研究大队, 1990, 6.

解释剖面为原型建立相应的构造物理模型(图 2),经过正演计算,分别得到时间叠加剖面、时间偏移剖面、逆时间深度偏移剖面,其结果显示与原始地震剖面有一定的相似性(图 3),说明对该气藏的构造解释是可信的。

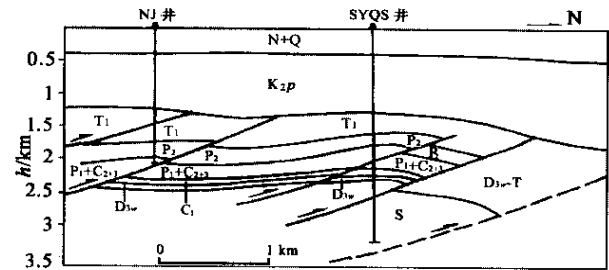


图 2 HQ 气田连井线物理模型剖面

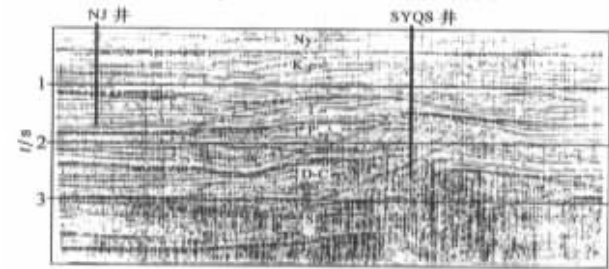


图 3 HQ 气田连井线有限元地震波模拟时间剖面

2.2 DY 构造

通过对该区地震剖面的解释,依据地震波组特征的分析,认为该构造为海相中生界、古生界内幕构造。笔者注意到,在 NW4560 线地震剖面上(图 4),

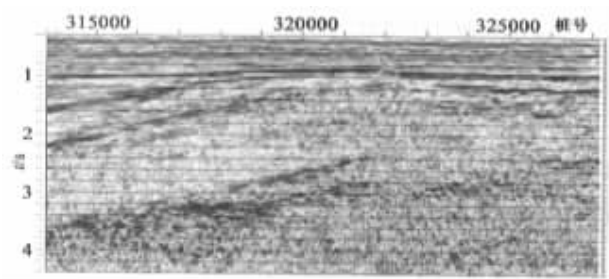


图 4 NW4560 线地震剖面

在桩号 320620~323820,反射时间 2.4~2.9 s 范围内,存在 2 套反射特征不同而又相互平行的地震波组。下面一套连续性较好的强反射密集波组,属上古生界及下三叠统海相地层的反射;上面一套弱反射波组应是中、上三叠统膏泥岩层的反射。这 2 套地层受一条规模不大的逆断层的传播作用,形成一背斜构造。该逆断层倾向南东,向下逐渐收敛归并于更大规模的逆冲推覆断层,向上断距逐渐变小,至三叠系断距消失。显然该断层为逆冲推覆断层派生的次级逆断层,具有明显的传播断层的特征。该地区保存有巨厚的 J₃-N₁、K₂p、E、N₂ 等陆相中生界、新生界沉积。

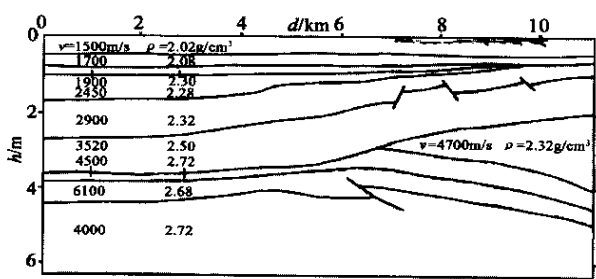


图 5 NW4560 线地球物理模型剖面

以 NW4560 线地震地质解释剖面为基础,建立相应的物理模型(图 5),进行正演计算,结果与原地震剖面在主要波阻抗界面上具有较好的对应关系(图 6),说明构造解释是可靠的。构造平面图也反映出该逆断层走向北东东向,规模小,沿不整合面 T_g⁰ 波组下倾方向断距加大,上倾方向断距变小直至消失。

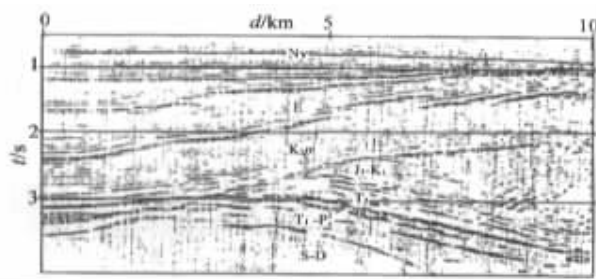


图 6 NW4560 线有限元地震波模拟时间剖面

综上所述,DY 构造是逆断层控制形成的断层传播背斜,与 HQCO₂ 气藏在形成机制上具有相似性,且形态更完整、更简单。是至今在下扬子区海相领域内难得一见的有利圈闭。

2.3 BP 构造

该构造是由中生界目的层组成的背斜构造,在 NW4660 线地震剖面(图 7)见背斜隆起显示,结合区域地震和钻井资料的对比分析,认为 BP 构造所在地区海相中生界、古生界地层保存较完整,上覆发育厚度较大、较完整的陆相中生界地层,包括黄马青组、象山组、西横山组、浦口组等。该构造为一被断层复杂化的背斜构造,主要由 J₁₋₂、J₃、K₂p 组成;T₆⁰、T₇⁰ 构造受燕山晚期的拉张运动的影响,被正断层分割成断块,但构造高点仍然存在,只是规模变小,完整性变差。T₄⁰ 构造较为完整,该构造是在断块隆起的基础上形成的披覆背斜。地震资料解释表明 T₇⁰、T₆⁰、T₄⁰ 等构造具继承性,各层高点吻合。构造发育史研究表明,该构造是在侏罗纪末期的挤压背斜基础上经晚白垩世披覆而成。

为验证该构造解释的可靠性,笔者以 NW4660 线地震解释剖面为原型建立相应的构造物理模型(图 8)。经过正演计算,得到的时间叠加剖面与

始地震剖面具有相似性(图 9),说明对该构造的解释是可信的。

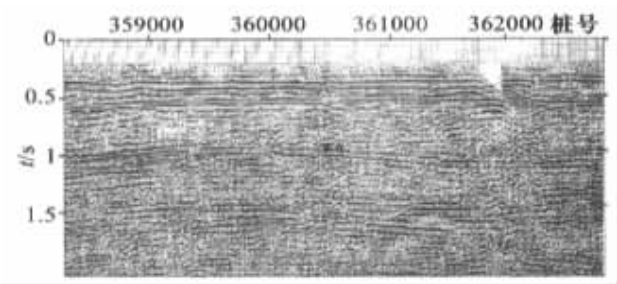


图 7 NW4660 线地震剖面

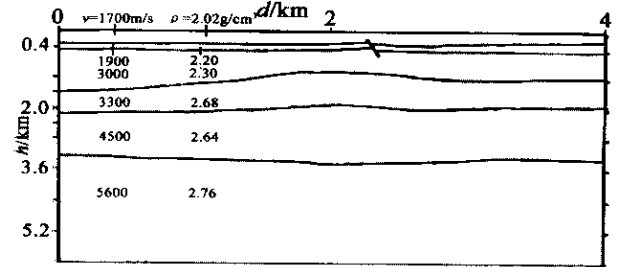


图 8 NW4660 线地球物理模型剖面

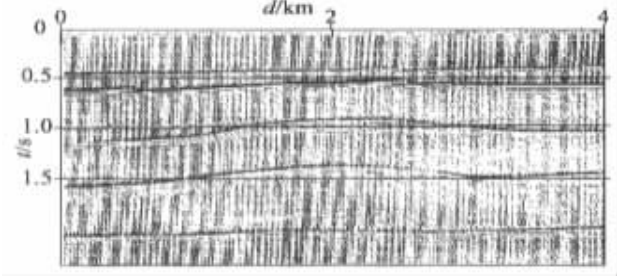


图 9 NW4660 线有限元地震波模拟时间剖面

3 结论

构造模型正演技术为地震地质解释提供了一种较为有效的检验手段。它把理论地震记录与实际地震剖面进行对比,如果两者不能吻合,则认为模型的解释有误,须修改模型重新进行正演对比,反复拟合可使两者最大限度地吻合,只有此时解释的构造模型才是可信的。修改模型有两方面的内容,一是构造解释形态;二是速度结构。

下扬子区的初步应用构造模型正演技术的效果表明,在地震技术还不足以应付下扬子区海相中、古生界的复杂地质条件的今天,正演技术是提高现有地震解释水平,落实构造圈闭的有效手段。

本文只反映正演模拟,实现了从构造模拟→地震记录的过程。如有可能把正、反演技术有机地结合起来,则会更大地提高地震资料的解释水平。

四川石油管理局地调处物探研究所及李忠、李文林先生为笔者提供种种工作便利条件,谨此致以谢忱!

参考文献:

[1] 何樵登. 地震勘探[M]. 北京:地质出版社,1985.
[2] 王燮培,费琪,张家骅,等. 石油勘探构造分析[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1990.
[3] 杨方之,周荔青,郭念发,等. 江苏黄桥二氧化碳气田[M]. 北京:石油工业出版社,2001.
[4] 郭念发,尤孝忠. 下扬子区古生界油气地质条件及勘探选区[J]. 石油勘探与开发,1998,25(1).

THE EFFECT OF APPLYING FORWARD MODELING TECHNIQUE
FOR STRUCTURE MODELS IN LOWER YANGTZE AREA

DENG Yu-sheng, SU Shu-an

(Institute of Planing and Designing, Huadong Branch Corporation, SNOPEC Star, Nanjing 210031, China)

Abstract: Aimed at solving the problem of the creditability of structure shape in trap evaluation, the authors have advanced the forward modeling for calculating such typical structure models as HQ, DY and BP in Lower Yangtze area by using the finite-element forward modeling technique of seismic wave. The result shows that this technique provides basis for structure determination and trap evaluation and eliminates one-sidedness in the interpretation process.

Key words: Trap evaluation; structure pattern; structure model; finite-element of seismic wave; the application effect in Lower Yantze area

作者简介: 邓玉胜(1965—),男,江苏省泰州市人,工程师,1989年毕业于中国地质大学(武汉)物探系,现在中石化新星华东分公司规划设计研究院,从事石油物探综合解释工作。