

# 复杂地形地震剖面上的陷阱及物探解释方法

张亚敏<sup>1</sup>, 张书法<sup>2</sup>, 王 辉<sup>3</sup>

(1. 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054; 2. 中国石油化工股份有限公司中原油田分公司 勘探开发科学研究院, 河南 濮阳 457001; 3. 西安石油大学 学报编辑部, 陕西 西安 710065)

**摘要:** 为了准确解释地下构造形态, 基于正演模型研究在地形起伏、固定基准面与浮动基准面之间填充速度不同情况下, 地下构造产生畸变或产生假构造的现象。结果表明, 填充速度与目的层平均速度一致时地震剖面与模型一致, 反映真实构造形态; 当填充速度小于目的层平均速度时, 地震剖面产状畸变与浮动基准面形态相同; 当填充速度大于目的层平均速度时, 地震剖面产状畸变与浮动基准面形态相反。用固定基准面制作构造图的方法来消除假构造的影响, 反映了地下真实构造形态, 解决了复杂地区构造保真问题, 提高了勘探精度, 保证了勘探质量。

**关键词:** 固定基准面; 浮动基准面; 填充速度; 制图方法

**中图分类号:** P631.4<sup>+</sup>1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2009)03-0299-03

## Trap of Seismic Section and Geophysical Interpretation Method for Complex Terrain

ZHANG Ya-min<sup>1</sup>, ZHANG Shu-fa<sup>2</sup>, WANG Hui<sup>3</sup>

(1. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Institute of Exploration and Development, Zhongyuan Oilfield Company, China Petroleum and Chemical Corporation, Puyang 457001, Henan, China; 3. Editorial Board of Journal of Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, Shaanxi, China)

**Abstract:** Using the building forward model, the distortion of structures and false structure caused by topographic variation and the difference of filling speed between floating datum and fixed datum is studied. Seismic section is consistent with model, and real structural shape is reflected when filling speed is similar to average velocity of target layer. The attitude distortion of seismic section is consistent with the shape of floating datum if filling speed is less than average velocity of target layer. The attitude distortion of seismic section is opposite to the shape of floating datum if filling speed is more than average velocity of target layer. The false structure can be eliminated through the structural map with fixed datum, thus reflecting the real structural shape, solving the problem of structural fidelity, improving exploration precision and success rate of drilling, and ensuring the quality of exploration.

**Key words:** fixed datum; floating datum; filling speed; mapping methods

## 0 引言

随着油气勘探程度的不断加深, 地震勘探所面临的问题大大增加, 在鄂尔多斯盆地、二连盆地等地区的实际地震勘探中, 地表起伏剧烈, 近地表结构复杂, 低速带厚度、速度、激发岩性变化较快,

低速带底界面横向起伏大等状况, 直接影响到地震波的传播路径, 形成复杂的波场和干扰波, 造成地震波速度难以求准, 偏移归位不准, 地震剖面上产生假构造现象, 影响构造成图的精度, 给地球物理工作者提出了极富挑战性的难题<sup>[1-2]</sup>。常规的地震资料处理、解释方法和研究思路很难使这些地区地

收稿日期: 2008-10-10

基金项目: 中国石油化工股份有限公司重点科技攻关项目(P01034)

作者简介: 张亚敏(1958-), 男, 河南中牟人, 教授, 工学博士, 从事石油勘探开发地质研究。E-mail: zym\_py@163.com

© 1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

震资料获得精确成像和构造精确成图。为了进一步提高勘探精度,处理人员和解释人员要密切结合,尽可能地利用解释知识指导地震资料处理。

在复杂地表地形的地震资料处理中,即使是静校、去噪和偏移都达到了处理要求,由于地震剖面是时间域的,不同显示方法会在地震剖面上形成构造假象,造成构造形态不准、构造高点偏移,若目的层构造幅度较小时,可能由于填充速度大小造成在有正向构造的地方变成无构造或变成负向构造<sup>[3]</sup>。

固定基准面指地震资料处理时以某海拔面为时间 0 值的面,一般高于起伏的地表地形;浮动基准面指地震资料处理中表层地形起伏的平滑线<sup>[4-5]</sup>。笔者系统研究了复杂地形的固定基准面与浮动基准面之间填充速度给地震剖面带来的构造假象,指出用固定基准面作图方法来解决复杂地区构造保真问题,能反映出地下真实构造形态,提高勘探精度,保证勘探质量<sup>[4-5]</sup>。

1 正演模型

复杂表层地形浮动基准面不平,固定基准面与浮动基准面之间填充速度给地震剖面带来假象。正演模型如下。

地质模型 1 中,固定基准面在浮动基准面上面,固定基准面海拔 250 m(图 1)。

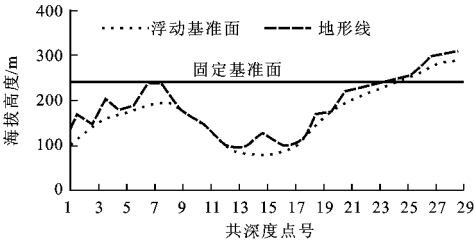


图 1 浮动基准面位置

Fig. 1 Location of Floating Datum

地质模型 2 中(图 2),坐标参数同地质模型 1。固定基准面在浮动基准面与地面中间,第一层地质界面为海拔 -1 500 m,第二层地质界面为海拔 -2 500 m,第一层到浮动基准面的平均速度为 3 000 m/s,第二层到浮动基准面的平均速度 4 000 m/s,固定基准面与浮动基准面之间填充速度分别为 2 000、3 000、4 000、5 000 m/s,可分别得到地震时间剖面如图 3~6。

从以上地质模型可以看出:

(1)填充速度与目的层平均速度一致时,地震剖面与模型一致;当填充速度小于目的层平均速度

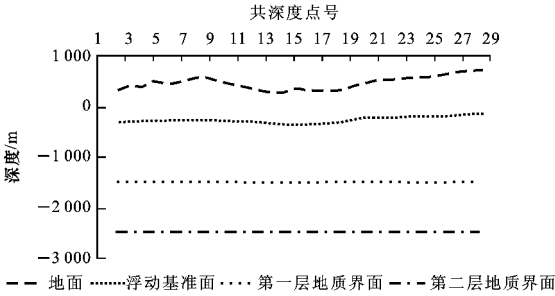


图 2 深度剖面模型

Fig. 2 Deepness Profile Model of Geology

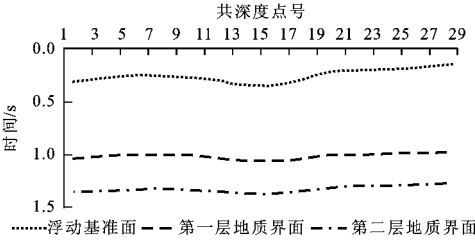


图 3 填充速度为 2 000 m/s 地震时间解释剖面

Fig. 3 Seismic Section of Filling Speed at 2 000 m/s

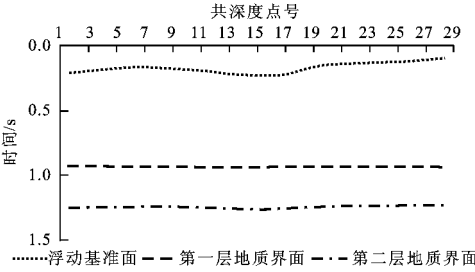


图 4 填充速度为 3 000 m/s 地震时间解释剖面

Fig. 4 Seismic Section of Filling Speed at 3 000 m/s

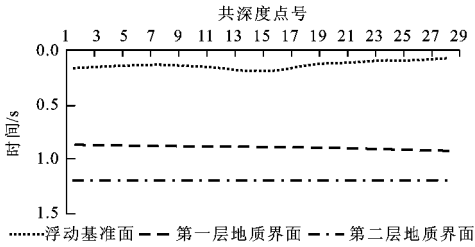


图 5 填充速度为 4 000 m/s 地震时间解释剖面

Fig. 5 Seismic Section of Filling Speed at 4 000 m/s

时,地震剖面产状畸变与浮动基准面形态相同(图 3、4);当填充速度大于目的层平均速度时,地震剖面产状畸变与浮动基准面形态相反<sup>[9]</sup>(图 5、6)。

(2)填充速度小于目的层平均速度,地震剖面产状与浮动基准面形态相同,在反射界面以下,随填充速度减小而时间加大,反射界面起伏幅度增大;填充速度大于目的层平均速度,地震剖面产状与浮动基

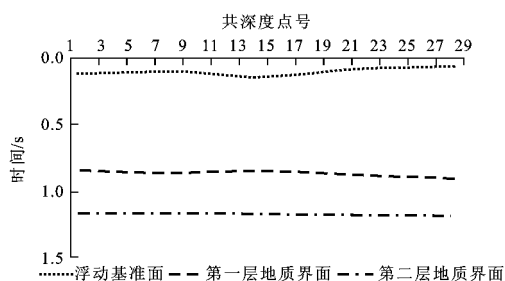


图6 填充速度为5 000 m/s地震时间解释剖面

Fig. 6 Seismic Section of Filling Speed 5 000 m/s

准面形态相反,在反射界面上面,随填充速度加大而时间减小,反射界面起伏幅度增大<sup>[7]</sup>(图3~6)。

(3)当固定基准面放在浮动基准面中部时,填充速度小于目的层平均速度,反射界面在正确界面上起伏,地震剖面产状与浮动基准面形态一致,随填充速度减小而起伏幅度加大。填充速度大于目的层平均速度,反射界面在正确界面上起伏,地震剖面产状与浮动基准面形态相反,随填充速度增大起伏幅度加大<sup>[8]</sup>(图3~6)。

在二连盆地白音查干凹陷及鄂尔多斯盆地富县等地区,由于地形起伏不平,高差相差数百米,地震资料处理填充速度误差造成构造形态不准,构造高点偏移。构造幅度较小时,由于填充速度造成在有构造的地方变成无构造或变成负向构造,无构造的地方出现构造<sup>[9]</sup>。因此,在二连盆地、鄂尔多斯盆地等复杂地形的地区,在地震剖面解释、编制构造图过程中,首先要消除填充速度影响,用固定基准面作图,比较准确落实构造形态及微幅构造,大大提高勘探开发钻探的成功率。

## 2 物探解释方法

### 2.1 作图去掉填充速度影响

#### 2.1.1 固定基准面作图

以固定基准面为零界面制作目的层构造图(图7),根据公式求出目的层各点的深度,编制目的层构造图。

$$H = \frac{1}{2}(T_0 - t_0)V + \frac{1}{2}V_0 t_0 + H_0 \quad (1)$$

式中:  $T_0$  为固定基准面到目的层双程时间;  $t_0$  为固定基准面到浮动基准面双程时间,  $t_0 = 2(H_0 - h_0) / V_0$ ;  $V$  为浮动基准面到目的层的平均速度;  $V_0$  为固定基准面到浮动基准面的填充速度;  $H_0$  为固定基准面海拔高程;  $h_0$  为浮动基准面海拔高程;  $H$  为目的层的某点海拔深度。

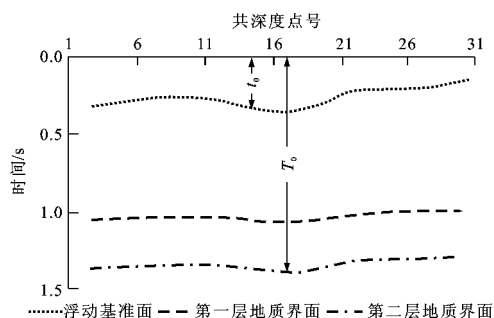


图7 时间剖面模型

Fig. 7 Time Profile Model of Geology

#### 2.1.2 浮动基准面作图

以浮动基准面为零界面制作目的层构造图,根据公式求出目的层各点到浮动基准面的深度,编制目的层构造图。

$$H_1 = \frac{1}{2}VT_1 + h_0 \quad (2)$$

式中:  $T_1$  为浮动基准面到目的层双程时间;  $V$  为浮动基准面到目的层的平均速度;  $h_0$  为浮动基准面的海拔高程;  $H_1$  为目的层的某点到浮动基准面的铅垂深度。

以上公式适合二维、三维地震资料解释<sup>[10-11]</sup>。

### 2.2 显示不同目的层的剖面

显示固定基准面剖面时应根据目的层不同用不同的填充速度,有几个目的层出几个剖面,填充速度用目的层附近的平均速度,这样可保证剖面的产状不发生畸变,构造形态正确<sup>[12]</sup>。

### 2.3 变速作图方法

用变速作图方法取得正确构造图从理论上是可行的,但实际情况比较困难,因为每一个位置的平均速度无法准确得到<sup>[13]</sup>。以上3种方法基本可以消除由于填充速度带来构造假象,但第二、三种方法不太容易实现,因此,使用浮动基准面作图法和固定基准面作图法,这要求地震资料处理单位提供浮动基准面高程及固定基准面高程<sup>[14-15]</sup>。这种方法制作成的构造图,能反映地下真实构造形态,提高勘探开发钻井的成功率。

## 3 结语

(1)复杂地表地形的地震资料,即使是静校、去噪和偏移都达到了处理要求,地震剖面上存在构造假象,造成构造形态不准、构造高点偏移,无构造的地方会出现假构造,降低勘探开发的钻探成功率。

(下转第322页)

riodicity of Tropical Climate Cycles at 2.4 Myr from Whole-core Magnetic Susceptibility Measurements [ J ] . *Nature*, 1989, 342: 897-900.

[ 81 ] Bloemendal J, King J W, Hall F R, et al. Rock Magnetism of Late Neogene and Pleistocene Deep-sea Sediments: Relationship to Sediment Source, Diagenetic Processes and Sediment Lithology [ J ] . *Journal of Geophysical Research*, 1992, 97 (B4): 4361-4375.

[ 82 ] Bloemendal J, King J W, Hunt A, et al. Origin of the Sedimentary Magnetic Record at Ocean Drilling Program Sites on the Owen Ridge, Western Arabian Sea [ J ] . *Journal of Geophysical Research*, 1993, 98(B3): 4199-4219.

[ 83 ] Kent D V. Apparent Correlation of Paleomagnetic Intensity and Climatic Records in Deep-sea Sediments [ J ] . *Nature*, 1982, 299: 538-539.

[ 84 ] Robinson S G. The Late Pleistocene Palaeoclimatic Record of North Atlantic Deep-sea Sediments Revealed by Mineral-magnetic Measurements [ J ] . *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 1986, 42(1/2): 22-47.

[ 85 ] Mead G A, Tauxe L, Labrecque J L. Oligocene Paleooceanography of the South Atlantic: Palaeoclimatic Implications of Sediment Accumulation Rates and Magnetic Susceptibility Measurements [ J ] . *Paleoceanography*, 1986, 1(3): 273-284.

[ 86 ] Doh S J, King J W, Leinen M. A Rock-magnetic Study of Giant Piston Core LL44-GPC3 from the Central North Pacific and Its Paleooceanographic Implications [ J ] . *Paleoceanography*, 1988, 3(1): 89-111.

[ 87 ] Kissel C, Laj C, Labeyrie L, et al. Rapid Climatic Variations During Marine Isotopic Stage 3: Magnetic Analysis of Sediments from Nordic Seas and North Atlantic [ J ] . *Earth and Planetary Science Letters*, 1999, 171(3): 489-502.

[ 88 ] Demenocal P B, Bloemendal J, King J. A Rock-magnetic Record of Monsoonal Dust Deposition to the Arabian Sea: Evidence for a Shift in the Mode of Deposition at 2.4 Ma [ J ] . *Proceedings of the Ocean Drilling Program*, 1991, 117: 389-407.

[ 89 ] Nowaczyk N R. Detailed Study on the Anisotropy of Magnetic Susceptibility of Arctic Marine Sediments [ J ] . *Geophysical Journal International*, 2003, 152(2): 302-317.

[ 90 ] Robinson S G, Sahota J T S. Rock-magnetic Characterization of Early, Redoxomorphic Diagenesis in Turbiditic Sediments from the Madeira Abyssal Plain [ J ] . *Sedimentology*, 2000, 47 (2): 367-394.

[ 91 ] Roberts A P, Toner G M. Diagenetic Formation of Ferri-magnetic Iron Sulphide Minerals in Rapidly Deposited Marine Sediments, South Island, New Zealand [ J ] . *Earth and Planetary Science Letters*, 1993, 115(1/4): 257-273.

[ 92 ] 刘健, 朱日祥, 李绍全, 等. 南海海东南部冰后期泥质沉积物中磁性矿物的成岩变化及其对环境变化的响应 [ J ] . *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2003, 33(6): 583-592.

[ 93 ] Liu J, Zhu R X, Roberts A P, et al. High-resolution Analysis of Early Diagenetic Effects on Magnetic Minerals in Post-middle-holocene Continental Shelf Sediments from the Korea Strait [ J ] . *Journal of Geophysical Research*, 2004, 109(B3): B03103. 1-B03103. 15.

(上接第 301 页)

(2)用固定基准面作图和浮动基准面作图的方法可以消除由于填充速度带来构造假像, 反映地下真实构造形态, 解决复杂地区构造保真问题, 提高勘探精度, 保证勘探质量。

参考文献:

[ 1 ] 李桂花, 朱光明, 张文波. 剩余静校正异常对叠加结果的影响与采集参数和反射特征的关系 [ J ] . *地球科学与环境学报*, 2004, 26(4): 75-80.

[ 2 ] 潘宏勋, 方伍宝, 武永山, 等. 改进的相对折射静校正方法 [ J ] . *石油物探*, 2003, 42(2): 208-211.

[ 3 ] 井西利. 大剩余静校正量求解的两步法 [ J ] . *石油地球物理勘探*, 2003, 38(1): 22-26.

[ 4 ] Anderson R G, Mcmechan G A. Automatic Editing of Noisy Seismic Data [ J ] . *Geophysical Prospecting*, 1989, 37 (1): 875-892.

[ 5 ] 李庆忠. 走向精确勘探的道路——高分辨率地震勘探系统工程剖析 [ M ] . 北京: 石油工业出版社, 1993.

[ 6 ] 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): 100-102.

[ 7 ] White D J. Two-dimensional Seismic Refraction Tomography [ J ] . *Geophysical Journal International*, 1989, 97(2): 223-245.

[ 8 ] Zhang J, Toksoz M N. Nonlinear Refraction Traveltime Tomography [ J ] . *Geophysics*, 1998, 63(5): 1726-1737.

[ 9 ] 祝伟业, 张权. 二维叠偏剖面作图中值得注意的问题 [ J ] . *石油物探*, 2000, 39(3): 100-107.

[ 10 ] 姜修道, 朱光明, 朱龙生, 等. 中国大陆科学钻探先导孔零偏 VSP 资料解释 [ J ] . *地球科学与环境学报*, 2004, 26(1): 55-60.

[ 11 ] Stewart R R, Gaiser J E, Brown R J, et al. Converted-wave Seismic Exploration: Applications [ J ] . *Geophysics*, 2003, 68(1): 40-57.

[ 12 ] 杨子川. 波形分析在塔河油田勘探开发中的应用 [ J ] . *新疆石油地质*, 2005, 26(3): 310-312.

[ 13 ] 赵峰, 郑鸿明, 杨晓海, 等. 地震数据处理中静校正对动校正速度的影响 [ J ] . *新疆石油地质*, 2004, 25(4): 390-393.

[ 14 ] Haldorsen H H, Damsleth E. Challenges in Reservoir Characterization [ J ] . *AAPG Bulletin*, 1993, 77(4): 541-551.

[ 15 ] 云美厚, 丁伟. 地震分辨率新认识 [ J ] . *石油地球物理勘探*, 2005, 40(5): 603-608.