

三维叠前深度偏移处理技术应用

常建华 张玉娥 林 卫 史英龙 秋剑霞

摘 要 近年来,三维叠前深度偏移地震资料处理技术得到了一定的发展,但是由于三维叠前深度偏移处理计算量大,要求有精确的深度—层速度模型,一直未走向工业化生产阶段。本文是在具备大型计算机的基础上,着重对如何求取精确的深度—层速度模型进行了探讨,提出了三维层速度相干反演和三维深度—层速度模型的优化处理方法。

关键词 三维叠前深度偏移;层速度相干反演;模型优化

THE APPLICATION OF THE TECHNIQUE FOR PROCESSING THREE-DIMENSIONAL DEPTH MIGRATION BEFORE STACK

Chang Jianhua, Zhang Yu'e

(Geological Exploration Corporation, North China Oil Field, Renqiu 062552)

Lin Wei, Shi Yinglong, Qui Jianxia

(Geophysical Exploration Corporation, North China Oil Field, Renqiu 062552)

Abstract Some advances have been made in recent years in the technique for processing three-dimensional depth migration before stack. Nevertheless, as the amount of calculation work for this technique is very great and the precise depth-interval velocity is required, the technique fails to attain the objective of large-scale applicatio. On the basis of applying large-scale computer, this paper deals emphatically with the formulation of the model for precise depth-interval velocity and suggests the coherent inversion of three-dimensional interv l velocity and the optimization of the model for dimensional depth-interval velocity.

Key words three-dimensional depth migration before stack; coherent inversion of interval velocity; optimization

三维叠前深度偏移是地震资料处理技术的一个重要发展方向,它突破了水平叠加和叠后时间偏移等传统处理方法的应用条件限制,对于陡倾角及速度横向变化剧烈等复杂地区地震资料成像具有明显的改善作用。但是,三维叠前深度偏移处理方法已提出多年,一直未走向生产使用阶段。其主要原因是三维叠前深度偏移处理计算量大,要求有精确的深度—层速度模型。随着计算机技术的高速发展,三维叠前深度偏移处理的计算量大的问题已经解决,如何求得精确的深度—层速度模型成为叠前深度偏移处理的主要障碍。为解决这一问题我们采用三维层速度相干反演和三维深度—层速度模型的优化处理方法,在实际处理中取得了明显的地质效果。

1 三维叠前深度偏移处理方法及流程

三维叠前深度偏移的方法多种多样，本文采用的是计算速度快，成像角度不受限制的克希霍夫积分算法，原理如下。

设地面上在S点激发、G点接收、H为炮检距，以炮检中点为坐标系原点，炮检连线为x轴，原点向下为z轴，波在地下介质中的传播速度为 v_0 。如果t时刻在G点接收到一个反射信号，则此反射点必然位于下式所描述的椭圆轨迹上

$$\frac{x^2}{(\frac{1}{2}vt)^2} + \frac{z^2}{(\frac{1}{2}vt)^2 - (\frac{H}{2})^2} = 1 \quad (1)$$

上式只代表叠前深度偏移的几何运动原理，而克希霍夫波动方程积分偏移的基础是积分求解，公式如下

$$U(x, y, z, t) = \frac{1}{2\pi} \int dt_0 \int dS_0 \mu(x_0, y_0, z_0 = 0, t) \frac{\alpha}{\alpha z} \left(\frac{z(t_0 - t - r/v)}{r} \right) \quad (2)$$

式中， $U(x, y, z, t)$ 是波场值， dS_0 是地面面元， r 为两点之间直线距离， t_0 是波从地下一点 (x, y, z) 到地面一点 (x_0, y_0, z_0) 沿射线路径的传播时间

$$r = ((x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2)^{1/2} \quad (3)$$

$$t = \int \frac{dl}{lv} \quad (4)$$

Berryhill波场延拓求和公式： β 是加权因子， F 是滤波因子

$$U(x, z, t) = \frac{1}{\pi} \sum \beta \cdot \frac{z}{r} \cdot F * U(x_0, z_0, t + t_0) \quad (5)$$

对于叠前深度偏移，要同时将炮点和检波点向下延拓，由成像条件得到用于实现叠前深度偏移的计算公式如下

$$I_{\text{image}}(x, z) = \frac{1}{\pi^2} \sum \beta_s \cdot \beta_G \cdot \frac{z_0}{r_s \cdot r_G} \cdot F_s * F_G * U(x_0, O, t_s + t_G) \quad (6)$$

式中, Image (x, z) 是偏移成像结果, z是深度, t_s+t_G 是信号从震源经反射点回到接收点所用的传播时间。

根据克希霍夫积分算法原理, 克希霍夫积分叠前深度偏移过程由2部分组成: 克希霍夫波动积分处理和反射波旅行时的计算。克希霍夫波动积分处理的主要影响因素输入共中心点道集 (CMP) 的质量和偏移孔径大小的确定, 在处理中已经解决。目前影响克希霍夫积分叠前深度偏移处理的主要是深度—层速度模型的正确性, 即反射波旅行时计算的精度。经过近几年的摸索, 我们从厚度出发制定了一套三维叠前深度偏移处理的基本流程 (图1)。它的主要特点是: 首先, 对地震资料进行常规预处理, 为叠前深度偏移处理准备基础资料, 即时间域的CMP道集、水平叠加数据体、叠后时间偏移数据体、偏移速度; 其次, 在时间域数据体上建立初始的速度界面模型, 逐层在模型上进行三维相干反演这一新技术求取层速度。第三, 做目的层的叠前深度偏移处理, 利用一系列控制手段调整速度, 进行反复迭代, 最后用克希霍夫积分法进行叠前深度偏移处理。

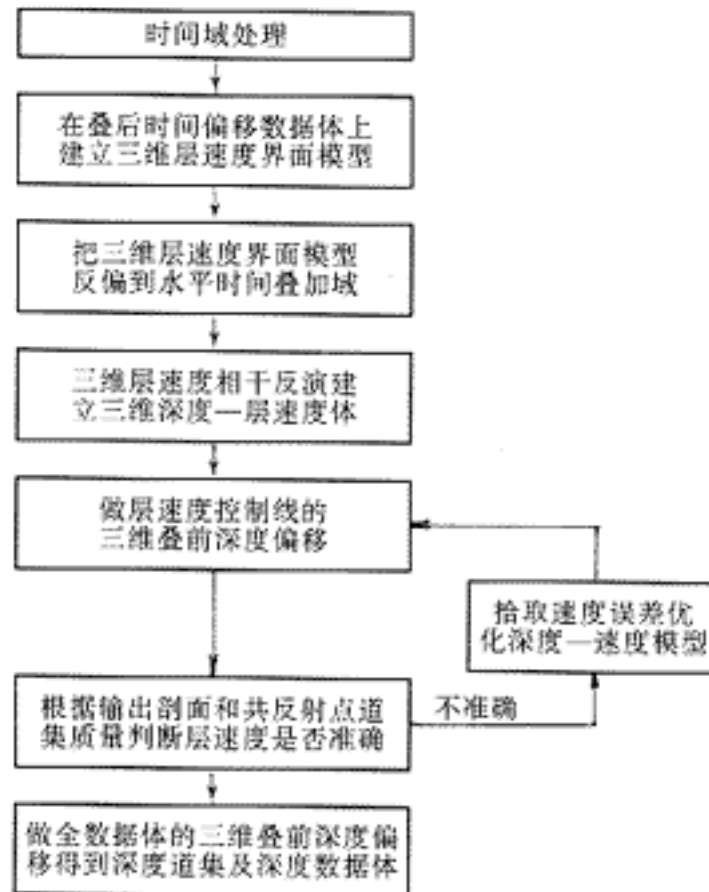


图1 三维叠前深度偏移处理流程

2 三维层速度相干反演及三维深度—层速度模型的优化处理

2.1 三维层速度相干反演

如何建立精确的三维深度—层速度模型是三维叠前深度偏移处理中的关键。为此，我们在实际处理中打破传统方法对应用条件的限制，采用地质模型正反演相结合的三维相干反演方法估算层速度，充分利用共中心点道集上地震波旅行时信息，使任何构造形态和介质条件都能够得到准确的层速度和比较真实的地质模型，以提高三维叠前深度偏移处理的速度精度。

由于三维层速度相干反演是沿时间模型逐点估算层速度，以水平时间叠加域三维速度界面模型和共中心点道集作为输入，因此要按自上而下的顺序选择层速度分析的界面层位。首先，把输入的每一个道集给出速度范围和扫描步长，计算出层速度值，将每一个道集所对应的时间界面转换成深度界面，并且将偏移归位的深度界面作为地下地质模型。其次，根据计算出的速度和地下模型的产状、深度等参数，运用费马原理和斯奈尔定理等射线追踪方法求出每一个道集长度范围内的理论时距曲线。第三，将计算出理论曲线与实际曲线之间的相干值，其最大相干值对应的速度就是道集对应的地下层速度。

对某一个层速度界面，选择不同密度的控制点进行三维相干反演得到响应的层速度，通过网格化得到层速度平面，对相应的时间层平面进行射线法深度偏移即可得到深度平面，逐层进行上述过程，可求得三维深度—层速度体。

2.2 三维深度—层速度模型的优化

三维相干反演得到初始深度—层速度模型后，对CMP道集做三维叠前深度偏移得到深度域共反射点（CRP）道集。如果所建立的深度—层速度模型正确，那么CRP道集上的反射波同相轴应该是平的。但是初始深度—层速度模型总是存在误差，这样当偏移速度过大或过小，都会出现同相轴弯曲现象。为此需要对初始深度—层速度模型做进一步优化，以提高偏移成像质量。

目前，三维深度—层速度模型优化比较成熟的方法有3种。第一种是在共反射点（CRP）道集上做剩余速度分析，将得到的剩余速度值平面图与原有速度模型相加，优化原有模型（如：图2a所示是用初始速度模型做的三维叠前深度偏移剖面；图2b所示是剩余速度分析方法优化速度模型后的三维叠前深度偏移剖面）。第二种是按初始速度的不同百分比速度（80%，90%，95%，100%，105%，110%，115%）进行三维叠前深度偏移，根据输出道集和剖面上振幅能量和同相轴的连续性来选取最佳速度。第三种是重新拾取。

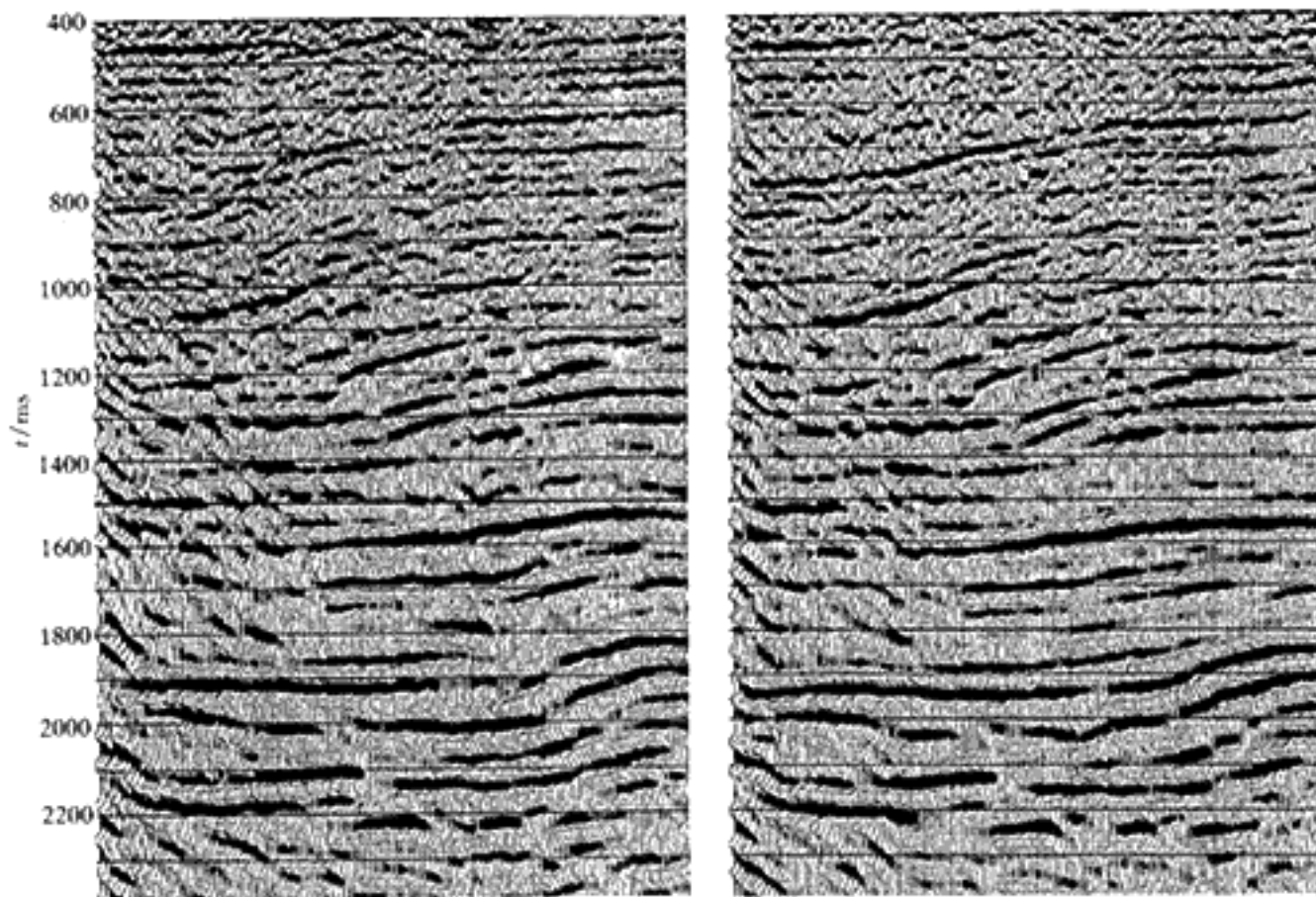
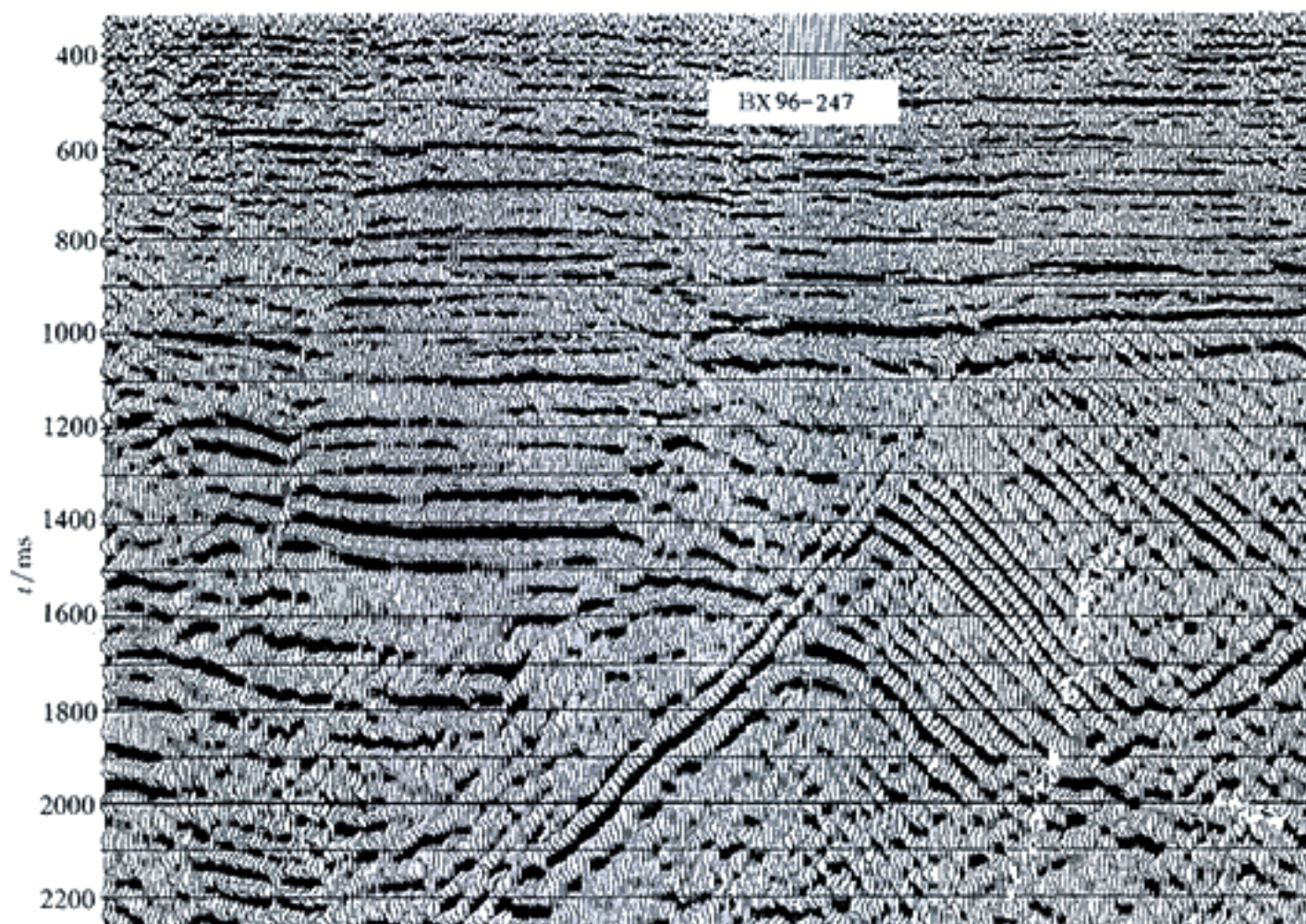


图2 初始速度模型与优化后速度模型的三维叠前深度偏移剖面对比

a—初始速度模型的三维叠前深度偏移剖面；b—优化后速度模型的三维叠前深度偏移剖面

3 实际应用效果

在实际生产中，基于三维层速度相干反演及模型优化方法获得高精度的三维深度—层速度体，在陡倾角、速度横向变化剧烈等复杂地区进行的三维叠前深度偏移处理取得了明显的地质效果。图3、图4为三维叠前深度偏移（时间比例）剖面与叠后时间偏移剖面的对比情况，从图中可以看出叠前深度偏移剖面上潜山顶面反射能量增强，特征明显；高点埋深与解释成果基本相符；控制潜山规模的断层断面波成像更加清晰准确。图5为三维叠前深度偏移深度比例剖面，该剖面是非常直观的深度域剖面，对地质解释非常有利。



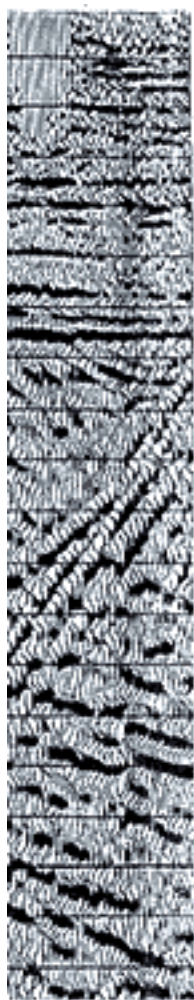


图3 三维叠后时间偏移剖面

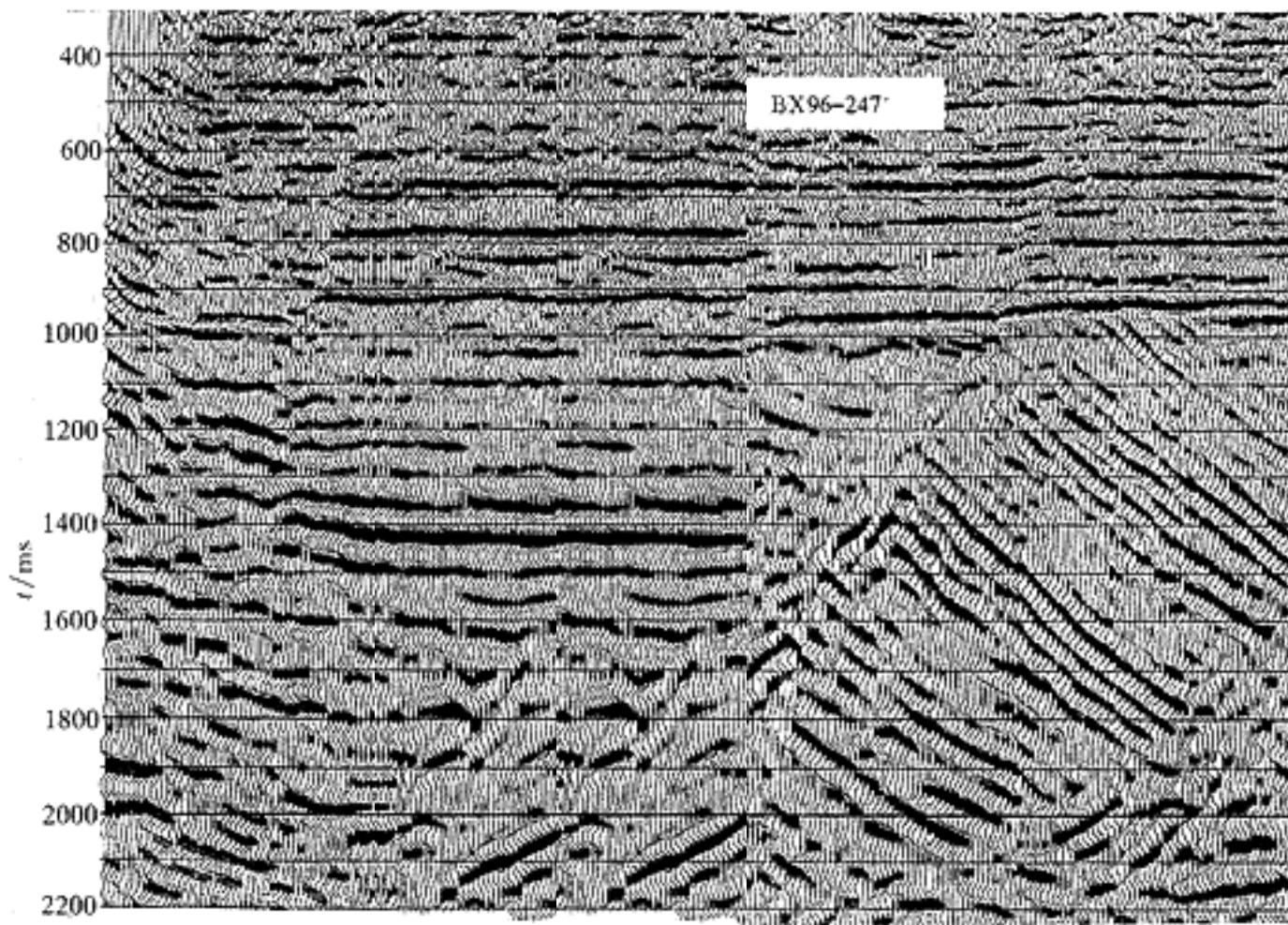




图4 三维叠前深度偏移时间比例剖面

初始三维叠前深度—层速度模型经过三维叠前深度偏移—模型优化—再次三维叠前深度偏移—再次模型优化的若干次迭代过程，当CRP道集上的深度误差（延误量）趋近于零值时，就得到了比较精确的深度—层速度模型。

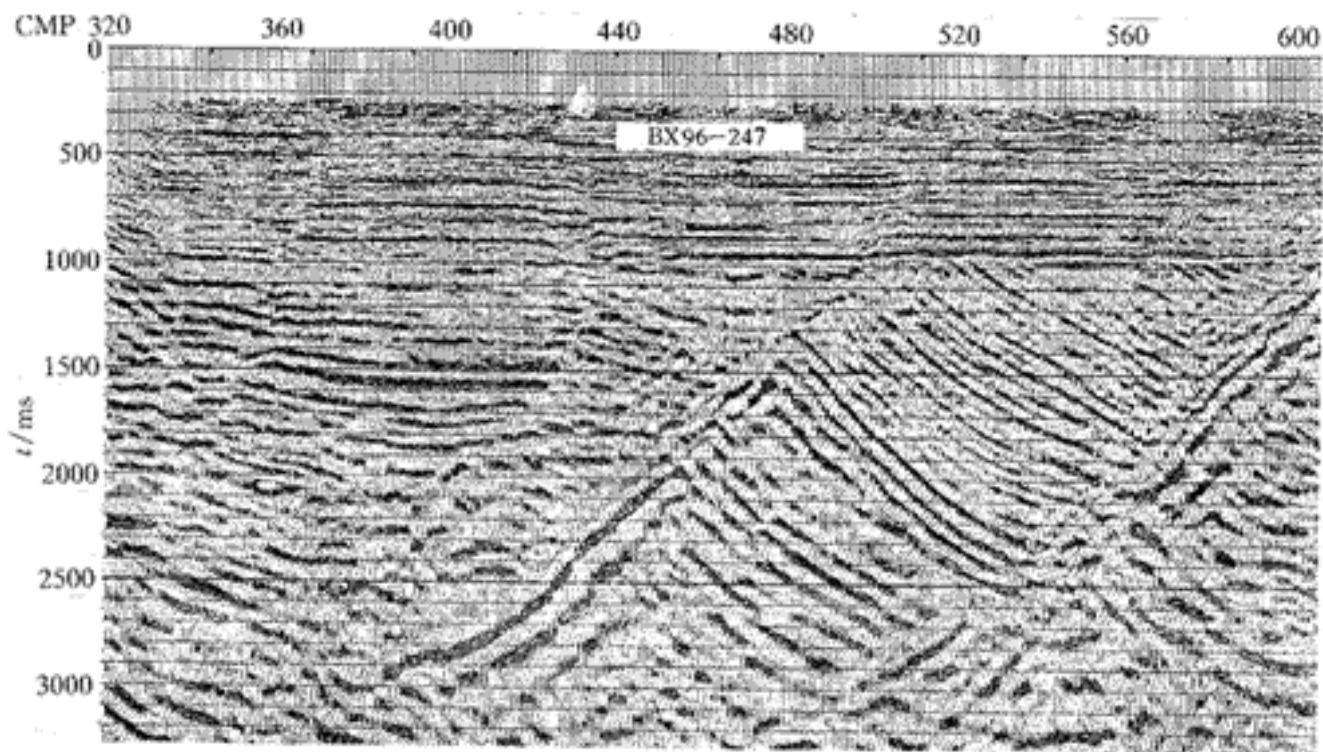


图5 三维叠前深度偏移深度比例剖面

4 结束语

- 1.三维叠前深度偏移对速度精度要求高，相干反演法是求取高精度速度的比较成熟的方法。
- 2.三维叠前深度偏移中，处理人员与解释人员的紧密结合是模型建立的重要环节。
- 3.准确的速度模型要求有足够的偏移孔径、高质量的CMP道集。
- 4.三维深度一层速度模型的优化是提高叠前深度处理效果的有效手段。

作者简介：常建华，男，生于1965年9月，宁夏中卫县人，1988年毕业于西南石油学院物探专业，获学士学位；现在华北油田地质勘探公司工作，工程师。

作者单位：常建华 张玉娥 华北油田地质勘探公司，任丘 062552
林卫 史英龙 秋剑霞 华北油田物探公司，任丘 062552

参考文献

- 1 熊翥.地震资料处理方法系统思维.北京：石油工业出版社，1995
- 2 BallG著.用三维深度偏移精度预测目标深度：实例.高章伟译.国外油气勘探，1997

(4)

1999年4月12日收稿，同年5月21日收修改稿。