

· 处理技术 ·

# 各向异性叠前时间偏移技术 在大庆探区的应用

孙长赞\* 王建民 冯文霞 那晓敏

(大庆钻探工程公司地球物理勘探一公司, 黑龙江大庆 163357)

孙长赞, 王建民, 冯文霞, 那晓敏. 各向异性叠前时间偏移技术在大庆探区的应用. 石油地球物理勘探, 2010, 45 (增刊 1): 71 ~ 73

**摘要** 各向异性叠前时间偏移技术不仅消除了介质各向异性地震成像精度的影响, 而且能够解决叠前反演共反射点道集大炮检距数据校正过量的问题。本文介绍了 VTI 介质三维各向异性叠前时间偏移方法的基本原理、实现过程和技术关键, 以及在大庆探区的应用效果。结果表明应用各向异性叠前时间偏移技术可使地震资料的成像精度得到较大幅度的提高, 断点归位更加清楚准确, 断层清晰, 地震资料的横向分辨率得到进一步提高。

**关键词** 各向异性 叠前时间偏移 成像精度

## 1 引言

众多的地震资料处理方法均假设地下介质是各向同性的, 但是许多研究都已证明大多数岩石是各向异性的<sup>[1]</sup>。随着地震勘探技术的发展, 地震速度各向异性就成为影响地震勘探精度的重要因素。

以往地震资料处理往往把速度各向异性影响归并为速度误差。随着对地震资料分辨率、成像质量的要求越来越高, 特别是储层预测、油藏描述要求地震资料有尽可能高的分辨率和保真度, 断层面尽可能的清晰, 以便搞清断层在油气运移和封闭中所起的作用。速度各向异性已成为进一步提高地震勘探分辨率和成像质量的主要障碍之一<sup>[2]</sup>。应用各向异性叠前时间偏移技术不仅能消除介质各向异性对成像精度的影响, 断点、断面和层间接触关系更加清楚, 而且能解决叠前反演共反射点(CRP)道集大炮检距数据校正过量问题。该技术已在大庆探区松辽盆地中、浅层油气勘探中得到应用, 收到了非常好的效果。

## 2 基本原理

叠前时间偏移一般应用 Kirchhoff 积分法和有

限差分法, 且以积分法为主。积分法是利用波动方程的 Kirchhoff 积分解进行波场外推, 并在 Kirchhoff 积分偏移的基础上结合射线理论进行偏移速度分析。在 Kirchhoff 积分法叠前偏移成像中, 人们把地下的成像点视为可能的绕射点, 在高频近似的条件下应用射线理论计算震源点到成像点再到接收点的旅行时和振幅因子, 再根据计算出的旅行时和振幅因子对设定孔径内的地震道进行叠加。

各向异性叠前时间偏移是基于各向异性理论计算旅行时, 对于 P 波各向异性介质, 由 Alkhalfah<sup>[3]</sup> 导出 VTI 介质下的旅行时公式为

$$t(\tau, x, x_0, h, v, \eta) = \frac{1}{2}p_g y_g + \frac{1}{2}p_s y_s + \frac{\tau}{2} \left[ \sqrt{1 - \frac{v^2 p_g^2}{1 - 2v^2 \eta p_g^2}} + \sqrt{1 - \frac{v^2 p_s^2}{1 - 2v^2 \eta p_s^2}} \right] \quad (1)$$

式中:  $t$  为旅行时;  $v$  是反射点上覆层均方根速度;  $\tau$  为反射点双程垂直旅行时间;  $h$  为半炮检距;  $x_0$  为反射点的坐标;  $x$  为炮检中心点坐标;  $\eta$  为各向异性参数;  $y_s$  和  $y_g$  分别为反射点到炮点和检波点的横向距离;  $p_s$  和  $p_g$  是震源和接收点的射线参数。根据文献<sup>[4]</sup>, 略去下标  $s$  和  $g$ , 射线参数  $p$  可表示为

\* 黑龙江省大庆市红岗区杏五井大庆物探一物探公司研究所处理室 163357  
本文于 2010 年 6 月 1 日收到, 终改稿于同年 9 月 25 日收到。

$$p^2 = p_{\text{iso}}^2 \times \frac{y^6 + 6v^2 y^4 (1 - \eta) \tau^2 + 3v^4 y^2 (3 + 4\eta) \tau^4 + 4v^6 \tau^6}{y^6 (1 + 2\eta) + 2v^2 y^4 (3 + 5\eta) \tau^2 + v^4 y^2 (9 + 4\eta) \tau^4 + 4v^6 \tau^6} \quad (2)$$

式中

$$p_{\text{iso}}^2 = \sqrt{\frac{v^2}{v^2 y^2 + v^4 \tau^4}}$$

从以上公式可以看出, 只要已知两个参数  $v$  和  $\eta$  就可以计算纵波在各向异性介质中的旅行时。当  $\eta=0$  时,  $p$  简化为各向同性介质中的  $p_{\text{iso}}$ 。

### 3 实现过程

各向异性叠前时间偏移的实现过程较各向同性叠前时间偏移复杂, 它要在精确求取均方根速度基础上, 再求取  $\eta$  场, 具体实现过程如下:

(1) 预处理 用于叠前时间偏移处理的叠前道集要做好静校正、叠前去噪、能量补偿(球面扩散、地表一致性振幅补偿)、反褶积、剩余静校正等预处理。较高的信噪比和空间上较均衡的振幅能量是做好叠前时间偏移的基础。

(2) 建立两个初始场 即建立初始均方根速度场和介质各向异性参数  $\eta$  场。

(3) 目标线偏移 针对目标线进行各向异性叠前时间偏移处理, 输出 CRP 道集, 进行质量控制。

(4) 速度场和  $\eta$  场优化 优化均方根速度场和介质各向异性参数  $\eta$  场, 使输出 CRP 道集的同相轴拉平。

(5) 目标线迭代偏移 重复步骤(3)、(4)对目标线进行迭代处理, 直至输出的 CRP 道集全炮检距同相轴都拉平时终止迭代。

(6) 全数据体偏移 对整个 3D 地震数据体进行各向异性叠前时间偏移。

### 4 关键参数的求取

各向异性叠前时间偏移处理的关键参数是均方根速度、介质的各向异性参数、偏移孔径。

#### 4.1 均方根速度和介质各向异性参数的求取

各向异性介质偏移速度和介质各向异性参数的准确性直接影响地震资料处理的质量, 如何拾取准确的速度和各向异性参数, 减少迭代次数是各向异性叠前时间偏移处理的关键。

(1) 初始速度模型和介质各向异性参数建立 利用近中炮检距地震资料进行各向同性速度分析, 求取并建立初始的均方根速度场, 再利用全炮检距地震资料和初始的均方根速度场进行各向异性速度分析, 求得初始的介质各向异性参数  $\eta$  场。

(2) 速度模型和介质各向异性参数  $\eta$  的优化 各向异性叠前时间偏移速度模型和介质各向异性参数的优化过程与各向同性叠前时间偏移速度场优化过程基本一样, 其不同之处有二: 其一是对目标线采用各向异性叠前时间偏移处理; 其二是对输出的 CRP 道集进行各向异性反动校(旅行时算法要与各向异性叠前时间偏移算法一致)后, 取近中炮检距 CRP 道集进行各向同性速度分析, 优化均方根速度场, 再利用全炮检距 CRP 道集和优化的均方根速度场进行各向异性速度分析, 优化各向异性参数  $\eta$  场, 再进行目标线各向异性叠前时间偏移处理, 通过输出的 CRP 道集是否拉平来判断速度模型和各向异性参数  $\eta$  场的正确性。

#### 4.2 偏移孔径的选取

在各向异性叠前时间偏移处理过程中, 偏移孔径大小的选择非常重要, 孔径过小, 造成偏移归位不理想, 倾角大的同相轴受到抑制, 地震资料成像效果不好, 同时还会使随机噪声转化为以假水平同相轴为主的干扰, 产生模糊效应; 孔径过大, 不但会使深部的噪声影响到较好的浅层, 降低资料的信噪比, 还会浪费机时。在处理过程中, 通过选取倾角参数来控制孔径的大小。在实际资料处理中, 倾角参数选取视水平叠加剖面中浅、中、深层最陡反射的倾角而定, 一般选择时变的倾角参数, 这样就保证了偏移算法的精度, 同时减少了运算量。

### 5 应用效果

由于各向异性叠前时间偏移的射线追踪求取旅行时计算考虑了介质的速度各向异性, 使地震资料的成像精度得到了提高, 因此各向异性叠前时间偏移处理技术在松辽盆地中浅层的应用, 取得了理想的效果。

从图 1 各向异性叠前时间偏移与各向同性叠前

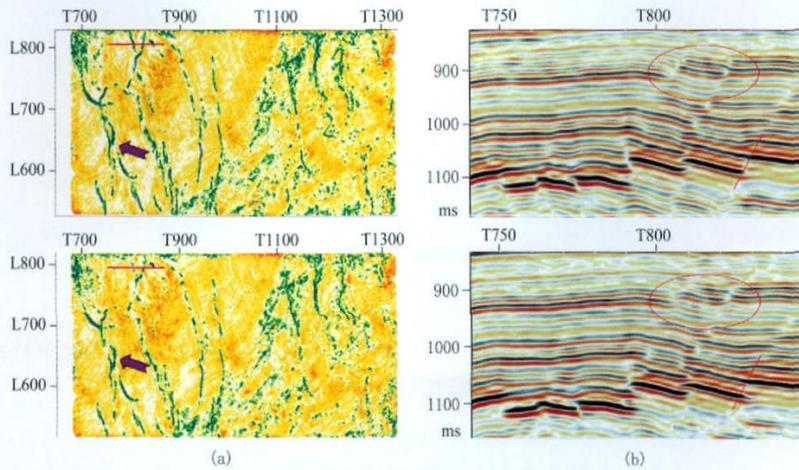


图 1 各向异性叠前时间偏移(上)与各向同性叠前时间偏移(下)结果  
(a)相干体时间切片(900ms); (b)叠前时间偏移剖面

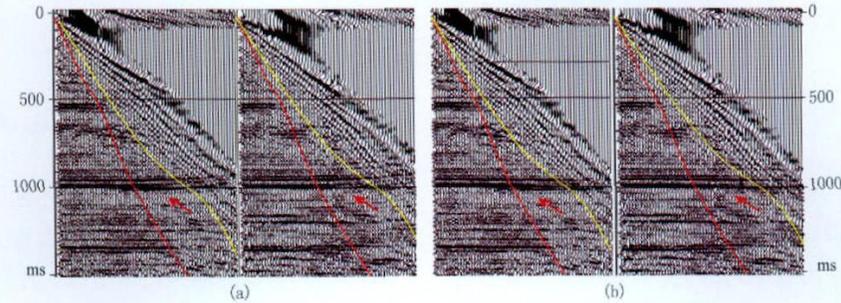


图 2 各向异性叠前时间偏移与各向同性叠前时间偏移输出 CRP 道集  
(a)各向同性叠前时间偏移; (b)各向异性叠前时间偏移

时间偏移相干体时间切片(900ms)的效果对比来看,断层边界更清楚,连续性更好。

从各向同性叠前时间偏移与各向异性叠前时间偏移的剖面对比来看,各向异性叠前时间偏移的断层面更加清晰,提高了中浅层地震资料横向分辨率、成像质量。对比图 2 各向异性叠前时间偏移与各向同性叠前时间偏移的输出的 CRP 道集,各向异性叠前时间偏移所有炮检距有效波同向轴都较平,增加了叠前反演有效覆盖次数。

## 6 结论

(1)介质的各向异性是普遍存在的,在处理中尽可能考虑速度各向异性的影响可以改善地震资料处理效果;

(2)应用各向异性叠前时间偏移技术可以提高地震资料的成像精度,提高中、浅薄互储层及小断层

展布的预测精度;

(3)各向异性叠前时间偏移技术可以很好地解决受各向异性影响 CRP 道集大炮检距数据校正过量的问题,增加了叠前反演的有效覆盖次数,不但提高了偏移结果的信噪比,而且有利于 AVO 分析和叠前弹性阻抗反演。

## 参考文献

- [1] Thomsen L. Weak elastic anisotropy. *Geophysics* 1986, 51(10): 1954~1966
- [2] 徐亦鸣, 黄中玉, 刘路佳. 各向异性介质纵波速度分析. *石油物探*, 2004, 43(5): 438~528
- [3] Alkhalifah T. Kirchhoff time migration for transversely isotropic media; An application to Trinidad data. *Geophysics* 2006, 71(1): 29~35
- [4] Alkhalifah T and Tsvankin I. Velocity analysis for transversely isotropic media. *Geophysics*, 1995, 60(5): 1550~1566

(本文编辑: 宜明理)