

适合于复杂地表条件下静校正处理技术

侯健全¹, 王建立², 孟小红¹

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中石化集团 胜利油田公司物探研究院, 山东 东营 257022)

摘 要: 在复杂地表条件的地区, 如沼泽、丘陵、沙漠、戈壁滩及山前破碎带, 因地表起伏和表层结构横向变化大, 反射波传播路径发生畸变, 而造成时距曲线畸变, 无法很好成像, 笔者根据理论研究和实际处理过程, 总结了一套适合复杂地表条件的初至模型静校正、扩大面元组合静校正和相关法自动剩余静校正循环迭代的处理方法。通过实际处理, 得到了良好的效果。

关键词: 初至模型; 扩大面元; 自相关; 静校正; 循环迭代; 资料处理

中图分类号: P631.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2002)04-0307-05

静校正是实现 CMP 同相叠加的一项重要基础工作, 它直接影响叠加效果, 决定叠加剖面的信噪比和剖面的垂向分辨率, 同时又影响分析叠加速度的质量。

对于山区、丘陵、沙漠、戈壁以及山前砾石滩等复杂地表地区, 接收面不是一个水平面, 通常是起伏不平的, 地下传播介质通常也不是均匀的, 低降速带横向变化大, 这样低降速带对叠加成像的影响特别大, 从而造成地震剖面信噪比低。为了提高叠加速度分析的质量, 提高叠加剖面的信噪比和垂向分辨率, 必须采取有效的静校正方法准确求取静校正量。

静校正方法包括基准面静校正和反射波静校正两大类。在风化层横向变化剧烈、相邻 2 个接收点之间的静校正值差别很大的地区, 仅仅采用基准面静校正方法, 已无法求得合适的基准面静校正值, 而且剩余静校正量值将超过反射波波形的 1/2 周期, 应用自动剩余静校正方法不能取得满意的效果。通常对于这类地区采用大炮初至折射波静校正来解决。初至折射静校正主要是根据人工拾取的初至折射时间, 计算出风化层及低降速带的厚度、速度, 建立近地表模型来计算静校正量, 然而如果地表条件比较复杂, 折射层变化较大, 无法人工拾取全区统一的初至折射时间, 不能够有效地进行初至折射波静校正处理; 另外, 如果可控震源和炸药震源混合使用, 在大炮初至上也较难人工拾取初至折射时间。以上因素决定了初至折射静校正并不适合于某些特定地区。通过对静校正方法的大量研究和探索, 并

充分利用野外小折射结果, 总结了一套解决复杂地区静校正问题的方法, 并通过生产实践得到了验证, 取得了良好的效果, 笔者就初至模型静校正、扩大面元组合静校正、自相关剩余静校正的循环迭代处理方法及其应用效果做一介绍。

1 方法原理

1.1 初至模型静校正处理方法

初至模型静校正是在地震资料处理时, 根据野外提供的小折射, 拾取初至时间, 确定测线上每一个观测点的时间深度值 T_G , 然后用扫描法或者人工给定方法选择风化层速度 v_0 值, 用差值法估算出折射界面深度, 从而建立了地表折射界面模型。随后根据各点高程, 最终基准面高程以及井深、井口时间等诸多因素, 分别计算出炮点和检波点处的静校正值。最后进行静校正量的高、低频分离, 分别应用于叠前、叠后地震数据, 模型示意图 1。

图 1 水平折射界面示意

1. 初至拾取 对于每一个输入道, 在用户指定的时窗内, 根据初至信噪比拾取 2~4 个可能的初

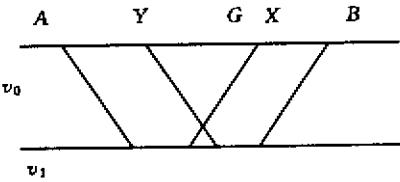


图 1 水平折射界面示意

1. 初至拾取 对于每一个输入道, 在用户指定的时窗内, 根据初至信噪比拾取 2~4 个可能的初

至波信息。在所有道拾取完以后,再根据初至信噪比或者多道追踪办法来选择每一道的最终初至拾取时间。

2. 广义互换法确定时间深度 T_G 利用 A 点激发 X 点接收和 B 点激发 Y 点接收所得初至折射波旅行时 T_{AX} 、 T_{BX} 以及 T_{AB} , 计算 G 点处的时间深度

$$T_G = (T_{AX} + T_{BY} - T_{AB})/2 - \frac{\overline{XY}}{2v_1}。 \quad (1)$$

3. 折射界面深度计算 折射界面深度 H_G 为

$$H_G = \frac{T_G}{\cos \theta} \times v_0 = \frac{T_G v_0 v_1}{\sqrt{v_1^2 - v_0^2}}, \quad (2)$$

其中, θ 为临界角, 速度 v_0 可以事先给出或者通过扫描确定, v_1 可以通过 5 点差值法自动确定。

4. 静校正值的计算 从地表面上把数据校正到基准面上, 炮点静校正量为

$$T_{s,i} = \frac{E_{s,i} - E_d - H_G}{v_r} + \frac{H_G}{v_0}, \quad (3)$$

接收点静校正量为

$$T_{r,j} = \frac{E_{r,j} - E_d - H_G}{v_r} + \frac{H_G}{v_0}, \quad (4)$$

式中, T_s 为炮点的静校正量, T_r 为接收点静校正量, E_s 为炮点高程, E_r 为接受点高程。 E_D 为基准面高程, H_G 为折射界面深度, v_0 为风化层速度; v_r 为替换速度。

5. 高低频静校正值的分离 根据每个炮点和检波点得静校正量, 在 CMP 道集上进行浮动 CMP 面的计算

$$T_C = \frac{1}{N} \sum (T_{s,i} + T_{r,j})。 \quad (5)$$

重新计算炮点、检波点静校正量

$$T_{s,n,i} = T_{s,i} - T_C/2, \quad (6)$$

$$T_{r,n,j} = T_{r,j} - T_C/2。 \quad (7)$$

将新的炮点校正量、检波点静校正量分别利用到叠前炮集上; 中心点校正量应用到叠加数据上, 剖面校正应用到用户指定的基准面上。

1.2 扩大面元组合静校正方法

由于小折射测量点的离散性及计算误差, 仅做初至模型静校正处理后, 剩余静校正量值将超过反射波形的 $1/2$ 周期, 此时应用自动剩余静校正方法不能取得满意的效果。所以我们应用了扩大面元组合静校正方法来部分消除中波长静校正量, 以 3 组组合静校正加以说明。模型道的建立步骤如下。

1. 在给定的时窗范围内, 把 CMP 道集中的各道的采样振幅值, 归一到同一均方根振幅水平上。

2. 对第 $k-1, k, k+1$ 个 CMP 道集, 在指定的

时窗内进行加权叠加, 得到第 k 个道集的模型道

$$M_k(t) = \frac{1}{3} \left[\frac{1}{N_1} \sum_{m=1}^{N_1} W_{k-1} A_{m,k-1}(t) + \frac{1}{N_2} \sum_{m=1}^{N_2} W_k A_{m,k}(t) + \frac{1}{N_3} \sum_{m=1}^{N_3} W_{k+1} A_{m,k+1}(t) \right], \quad (8)$$

式中, m 表示一个 CMP 道集中的道号, N_1, N_2, N_3 是相应 CMP 道集中的道数, 即覆盖次数; A 表示振幅值; W 表示加权值; 可根据实际情况由用户定义。

模型道 $M_k(t)$ 分别与各道 $A_{m,k-1}(t), A_{m,k}(t), A_{m,k+1}(t)$ 进行相关, 在规定的时窗内, 计算相关的品质因子 $Q_{m,k-1}, Q_{m,k}, Q_{m,k+1}$ 和剩余时差值 $t_{m,k-1}, t_{m,k}, t_{m,k+1}$ 最后取加权平均; $A_{m,k}(t)$ 表示振幅加权平均值, $t_{m,k}$ 表示时间加权平均值

$$A_{m,k}(t) = \frac{1}{3} [W_{k-1} A_{m,k-1}(t) + W_k A_{m,k}(t) + W_{k+1} A_{m,k+1}(t)], \quad (9)$$

$$t_{m,k} = \frac{1}{3} (W_{k-1} t_{m,k-1} + W_k t_{m,k} + W_{k+1} t_{m,k+1})。 \quad (10)$$

3. 用高斯—赛德尔迭代法求取炮点、检波点静校正量 t_s 和 t_r 。

4. 由于每道具有 3 对不同静校正量, 对这些静校正量进行加权平均即可得到各道的唯一静校正量。这样地震道经过组合静校正之后基本消除了中波长静校正量, 地震道中所剩余的静校正量基本是短波长即高频部分, 可通过后续剩余静校正解决。

1.3 自相关剩余静校正处理方法

复杂地表条件下, 覆盖次数相对较高, 利用这一特性直接在相关曲线上拾取剩余静校正量。即某炮点或某检波点的剩余静校正量, 应该是该炮点或该检波点所对应的道和模型道互相关值最大时的时移值。记录道与模型道互相关值计算按下式进行

$$t_C = S_m(t) \otimes A(t), \quad (11)$$

式中, $A(t) = \sum_{j=1}^n a_j(t)$ 为某炮点或某检波点所对应的各记录道 $a(t)$ 之和; $S_m(t)$ 为模型道; $\otimes$ 表示相关计算。

$$S_m(t) = \sum_{j=1}^m S_j(t) - \sum_{j=1}^n a_j(t), \quad (12)$$

式中, $S(t)$ 为本炮(或本检波点)所对应的 CMP 叠加道; n 和 m 分别为每一个炮点(或每一个检波点)所包含的道数和所涉及 CMP 数。

2 实际数据处理及效果分析

上述方法在新疆某探区已得到了实际验证, 并取得了较满意的效果, 该探区地表由南向北依次为:

山前砾石滩、山前大冲沟、红柳林、戈壁及卵石、农田和居民区,再往北为少量沙漠,区内沟、渠、河流纵横交错,高程差从海拔 200 m 左右上升到 1 400 m 左右,施工方式由井炮和可控震源组成。从单炮记录上看,资料中存在较为严重的静校正问题。我们首先根据野外提供的小折射信息进行初至模型静校正处理。这里我们选用基准面全程为 1 000 m,替换速度为 2 000 m/s 进行计算。把静校正分离的高频部分应用于叠前炮集,图 2a 是高程示意曲线,图 2b

是计算出的静校正曲线图。图 3a、b 是应用高频校正前后的单炮对比,从初至波显示来看,经过初至模型静校正处理,校正后消除了相邻道之间在到达时间上的差别,有效信号的畸变得到了大部分改善。还可以看出,校正后仍然存在一些时差。

随后把扩大面元组合静校正和自相关剩余静校正以及速度分析合在一起进行多次迭代处理,分别消除中波长和短波长静校正值。图 4a、b 分别是常规处理和用本方法处理的同一剖面,在图 4a 中,中

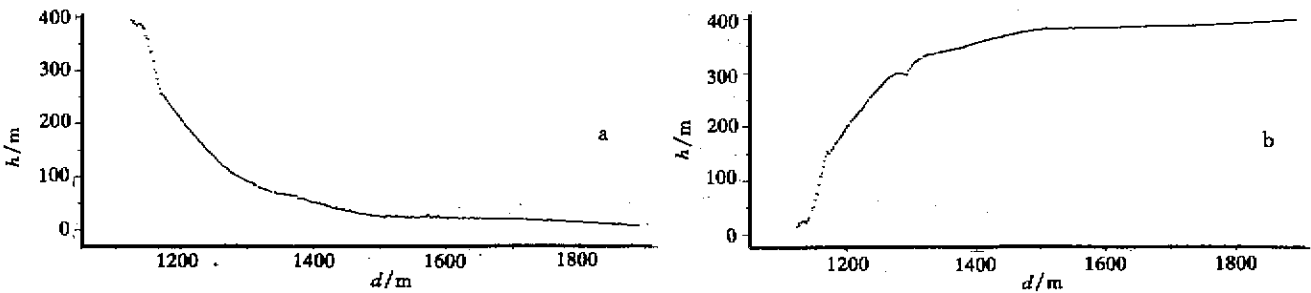


图 2 某测线炮点高程及与之对应的炮点静校正值
a—某测线炮点高程;b—炮点静校正值

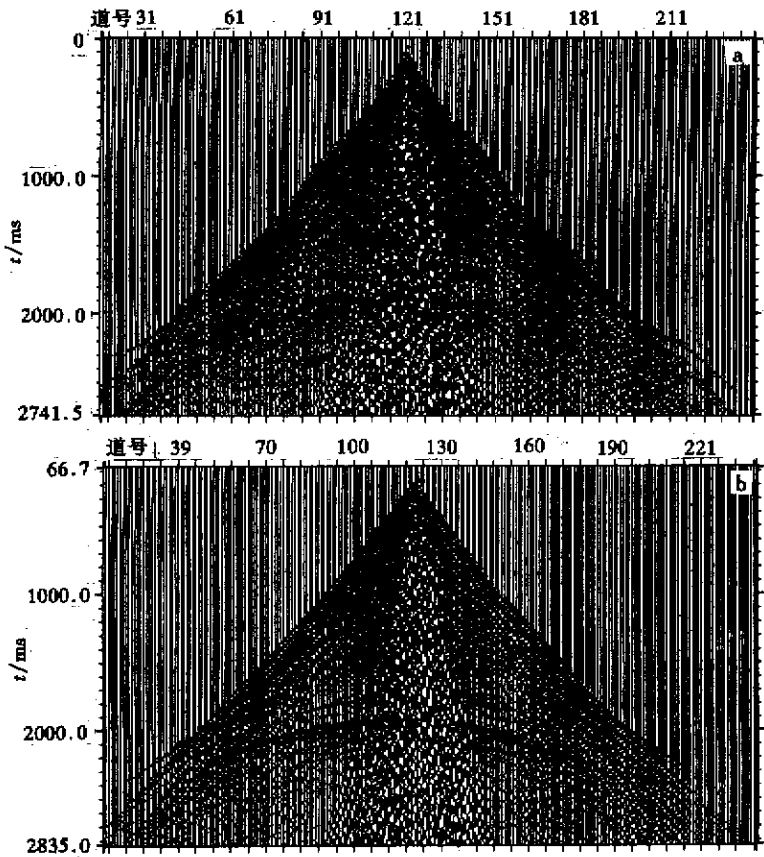


图 3 某测线原始单炮记录及初至波静校正后单炮记录
a—原始单炮记录;b—初至波静校正后单炮记录

浅层由于存在部分中波长静校正问题,信号非同相叠加,信噪比较低,而图 4b 中由于分别消除了中波长和短波长静校正量,使得信号能够同相叠加,提高

垂向分辨率。图 4a 是由于存在中波长的影响使得速度分析不够准确造成虚假地质构造,图 4b 是采用本方法后,得到了正确的地质构造。

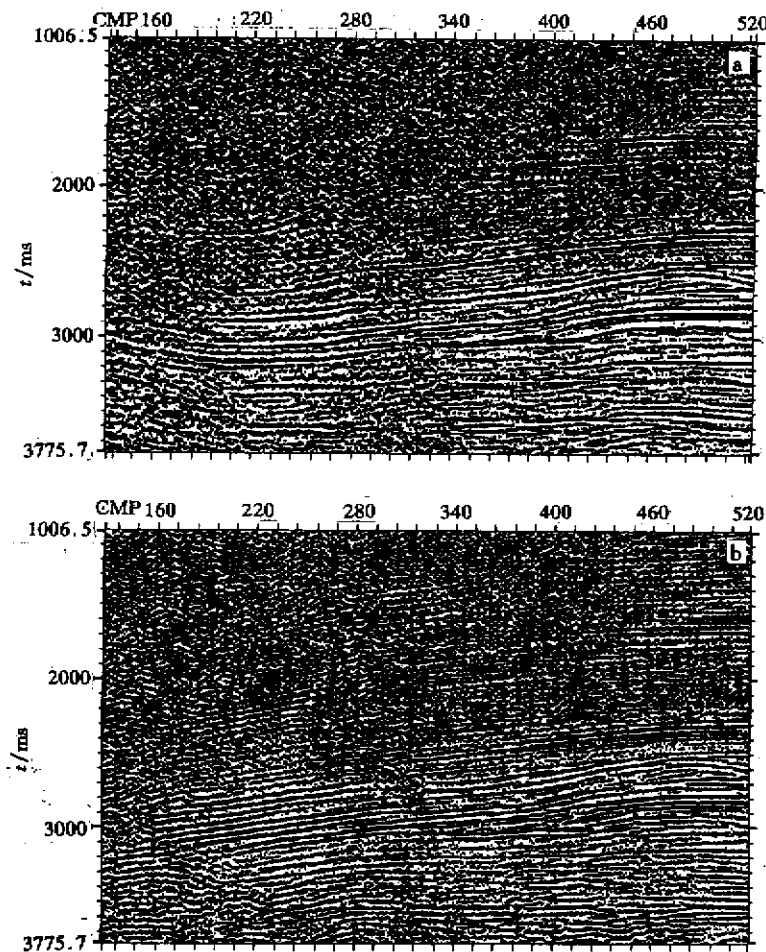


图 4 常规静校正处理结果与采用本文静校正处理后的结果对比
a—常规静校正处理结果;b—采用本文静校正处理后的结果

3 结论

经过不断探索和实践,建立了一套适合于复杂地表条件下不同震源的静校正处理方法,通过对实际资料的处理,剖面质量有明显提高,取得较好的效果,在本方法中需注意以下几点。

1. 野外小折射控制点要有一定的密度,这样可保证计算风化层厚度的精度,同时拾取初至波时,可适当加一些去噪手段并且在线性动校之后进行,这样拾取精度会更高。
2. 扩大面元组合静校正对叠加速度有一定的要求,可与相关法剩余静校正及速度分析迭代进行,并且应根据不同资料品质选取不同加权系数,需多次试验才能得到。
3. 由于相关法剩余静校正的前提条件是反射

层在时间剖面上的可连续追踪,而且近似于直线,所以选择相关时窗时应当按照同相轴的走向进行空间变换,在构造变化比较剧烈的地区,可对静校正值加以限制,以防止造成虚假地质构造。

笔者所提出的这套静校正处理技术,已经开始应用于实际生产,并得到了验证,证明是稳健和有效的,相信在今后的生产实践中会越来越多地应用。

参考文献:

[1] Lee S. Residual static correction computation based on molecular dynamic simulation[A]. 64th Ann Internat Mtg[C]. Tulsa: SEG, 1994, 1517—1520.
[2] 艾印双,刘鹏程,郑天愉. 自适应全局混合反演[J]. 中国科学, 1998,28(2):105—110.
[3] 井西利,姚姚,管叶君,等. 快速模拟退火自动剩余静校正方法研究[J]. 石油物探,1998,37(增刊):105—108.

- [4] Kao C N. Velocity model based static correction for offshore Louisiana seismic data[A]. 68th Ann Internat Mtg[C]. Tulsa: SEG, 1998, 1313—1316.
- [5] Carvill C, Faris N, Chambers R E. A successful 3—D seismic survey in the 'no-data zone', offshore Mississippi delta; Survey design and refraction static correction processing[A]. 66th Ann Internat Mtg[C]. Tulsa: SEG, 1996, 9—12.
- [6] Fruhwirth R K, Kogler A, Schmoeller R. Computerized refraction seismic analysis (RSA) and its application to static correction calculation[A]. 56th Mtg[C]. Zeist: EAEG, 1994, Session; B010.

STATICS TECHNIQUE FOR RUGGED NEAR—SURFACE CONDITIONS

HOU Jian-guan¹, WANG Jian-li², MENG Xiao-hong¹

(1. *Chinese University of Geosciences, Beijing* 100083, China; 2. *Geophysical Institute of Shengli Oil Field, Sino-Petro, Donying* 257022, China)

Abstract: In rugged near-surface area, undulating ground and lateral variation in surface structure can distort the propagation path of reflection, cause the distortion of time-distance curve and hence lead to poor image. With the purpose of solving these problems, the authors, based on theoretical study and practical data processing, have developed a new series of static correction methods, which include first-arrival statics, enlarging bin statics and correlation automatic residual statics. Case studies show the good effect of the methods.

Key words: rugged near-surface condition; first-arrival model; enlarging bin; self-correlation; static correction; circulating iteration; data-processing

作者简介:侯建全(1968—),男,1991年毕业于兰州大学数学系应用数学专业,同年分配到胜利石油管理局物探公司研究所,从事计算机编程及地震资料处理工作;现在在中国地址大学(北京)攻读硕士研究生。

[illegible]

工程地震处理软件综合技术服务

核工业北京地质研究院物化探研究中心多年来一直从事浅层地震方法研究、地震数据采集系统开发及工程检测技术服务,并能够紧跟工程地质市场及一些特殊需要,开发合适的产品并完善技术服务。

主要产品及服务内容:

1. 多道瞬态瑞利面波处理软件包(Swsview)

随着工程勘查的发展及一些特殊工程评价的需要,近几年迅速发展起来的瞬态瑞利面波方法在工程勘查领域发挥越来越重要的作用。核工业北京地质研究院是最早开发瞬态瑞利面波处理软件的单位之一。该软件已被国内外仪器厂家采用,在许多工程中发挥了重要作用。到目前为止,已从原 DOS 版 FKSWSA 软件包发展到了界面十分友好的 Windows 版 Swsview 软件包。

2. CSP 地震浅反处理软件包

CSP 地震浅反处理软件自推出以来,得到了用

户的广泛使用和支持,并被国内许多地震仪厂家采用。该软件已从原来的 3.0 版升级到 5.1A 版,深受用户好评。为适应工程市场的要求,最近推出了 CSP6.0 浅反处理软件(版权专有),以满足用户的需要。

3. 地脉动(采集)处理软件

该软件可以实现超长时数据采集和处理,动态波形显示和一般数据的频谱显示,实现实时动态观测。

4. 地震映像采集软件

为适应某些特殊工程的需要,专门开发了该软件,以直观模拟显示地下结构。

5. 技术咨询与服务

可根据用户特殊工程要求,开发合适的(采集)处理软件。本中心全面负责所有上述软件的技术咨询、培训及不断升级。

联系人:徐贵来 梅汝吾

核工业北京地质研究院 邮编:100029

E-mail: guilaixu@163bj.com BP: (010)96300 呼 382787

Tel: (010)64962690;64921115