

DOI: 10.11720/wtyht.2014.3.26

金明霞, 易淑昌, 王征. 多次波正演与 SRME 技术影响因素分析及应用[J]. 物探与化探, 2014, 38(3): 566-570. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.3.26>

Jin Mingxia, Yi Shuchang, Wang Zheng. The analysis and application of multiple wave forward modeling and the influencing factors of SRME technology [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2014, 38(3): 566-570. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.3.26>

多次波正演与 SRME 技术影响因素分析及应用

金明霞, 易淑昌, 王征

(中海油服物探事业部 数据处解释中心, 天津 300451)

摘要: 针对深水采集的地震数据包含严重的多次波, 多次波与有效波互相叠合使得地震剖面的同相轴难以区分和追踪解释的情况, 采用实际资料的层位, 建立三维地质模型并用实际的导航数据正演模拟野外放炮施工, 由于正演模拟的数据层位较少, 可针对性地分析三维 SRME 技术预测多次波模型的影响因素, 如空间采样、扩展半径等, 然后应用于实际地震数据的 SRME 处理, 比较二维 SRME 与三维 SRME 的应用效果, 验证了三维 SRME 比二维 SRME 能更有效地衰减多次波。

关键词: 深水地震数据; 正演模拟; 多次波; SRME; 扩展半径

中图分类号: P631.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2014)03-0566-05

自由界面多次波压制 (Surface Related Multiple Elimination, SRME) 方法已得到业界的广泛关注和应用^[1-4]。基于波动方程的自由界面多次波压制方法, 首先通过波动方程模拟实际波场或反演地震数据预测多次波, 然后从原始地震数据中减去预测的多次波, 以达到压制多次波的目的^[5-12]。

深水拖缆采集过程中, 当海底起伏变化较大时产生的复杂多次波用常规 Radon 域方法很难衰减, 针对自由界面多次波压制的三维 SRME 方法能够有效地衰减该类多次波。笔者根据实际工区的地层数据, 建立一个三维地质模型, 并选择相邻三束测线的实际导航数据, 应用射线追踪的方法按实际坐标位

置正演模拟野外放炮施工, 获得了包含海底多次波的炮集数据。分析用波动方程建模法生成多次波模型的影响因素, 指导 SRME 技术处理实际数据的参数和流程, 并对二维 SRME 和三维 SRME 的应用效果进行了比较。

1 深水多次波正演模拟

深水地震资料包含有严重的由海平面反射导致的一阶、二阶多次波, 其中很大一部分是海底的多次波, 这些多次波与一次有效波互相叠合使得地震剖面的同相轴难以区分和追踪解释; 从实际地震剖面中拾取海底层位 (图 1), 可见海底存在一条海沟, 在

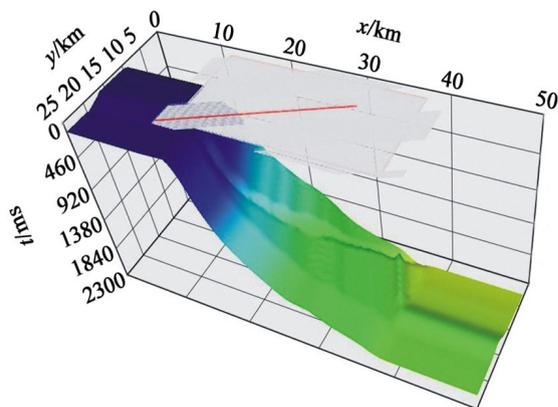


图 1 某海域工区部分海底地形

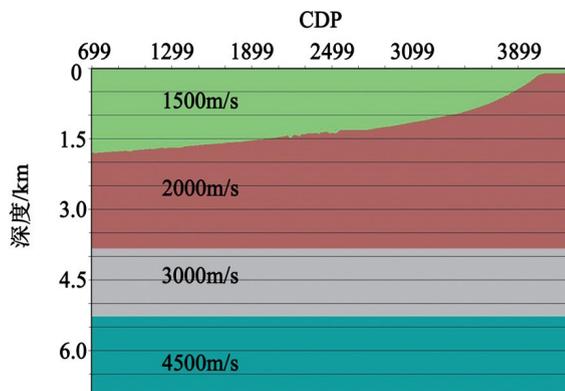


图 2 深度域三维地质模型

海底以下依次设计两个水平层位建立深度域的三维地质模型,图 2 为该模型中一条 inline 线剖面。

野外放炮采用野外实际的导航文件,双源六缆、每缆 480 道检波器接收的施工方式。道间距为 12.5 m,缆间距为 100 m,这种配置属稀疏三维采集^[13],施工方向是 115°。

为直观了解海底多次波的影响,在正演过程中仅模拟了海底的一阶多次波和二阶多次波(图 3)。图 2 中海底以下深度域两个水平地层在图 3 中的时间域却表现为非水平,其原因在于海底以下的沉积地层的速度值要比海水层的速度值大,相应的来自水平层的反射点通过沉积层的旅行时会比海水层的旅行时少,反映在时间域剖面就表现为水平地层随海底起伏,消除这种假象的方法是做叠前深度偏移^[14]。

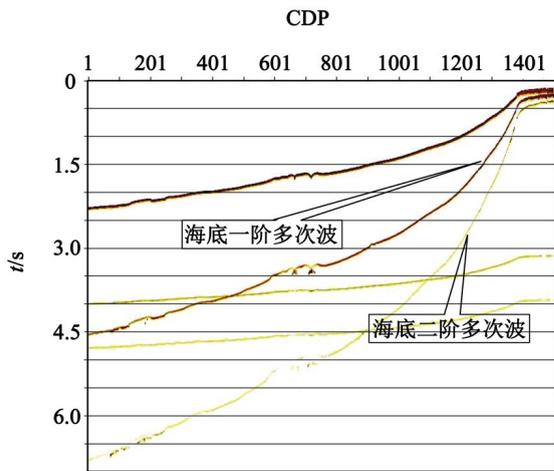


图 3 正演模拟炮集的近道单次剖面

2 SRME 技术预测多次波模型

按照 SRME 处理流程(图 4)首先要预测生成多次波模型,三维 SRME 技术预测多次波模型有两条实现途径^[3,8-9]。

(1)褶积法。地震数据 D 、一次波 P 、震源子波 S 和多次波 M 之间满足关系式 $M = S^{-1} * D * P$,即多次波是一次波的褶积,这种方法要求在每个检波点位置同时具有炮点位置信息,拖缆采集数据通常不具备该条件,需通过室内插值得到缺失的炮点和检波点信息。

(2)波动方程建模法^[15]。通过波动方程外推实现对多次波的模拟,其最大优势是能够适应任意观测系统,不受炮检点位置的约束。首先对单炮记录进行时间反转,然后向下外推,与海底反射系数进行褶积,再作向上外推处理,最后完成整个多次波模

型,笔者采用波动方程建模法生成多次波模型。

波动方程建模法生成多次波模型时,认为海底以下的所有地层(包括海底)都会产生一阶、二阶和高阶多次波,所以本例中生成的多次波模型不仅包括海底的一阶多次波(图 6 中 $M1_seabed$)、二阶($M2_seabed$)、三阶($M3_seabed$),还包括两个平层的一阶多次波(图 6 中 $M1_hor1, M1_hor2$)。本次研究仅关注二阶以内多次波。

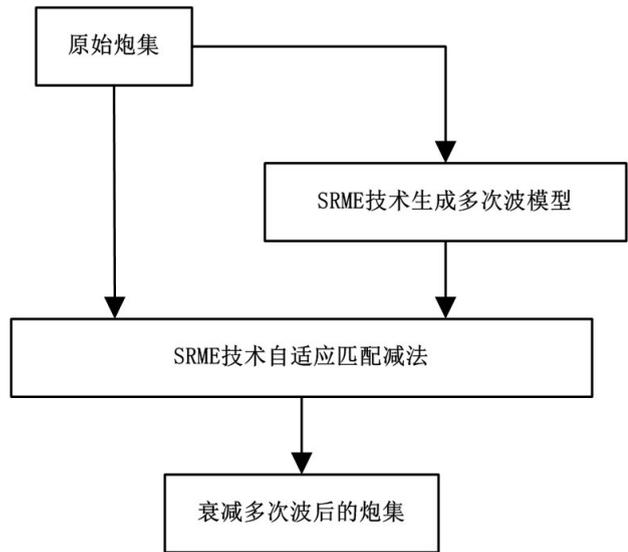
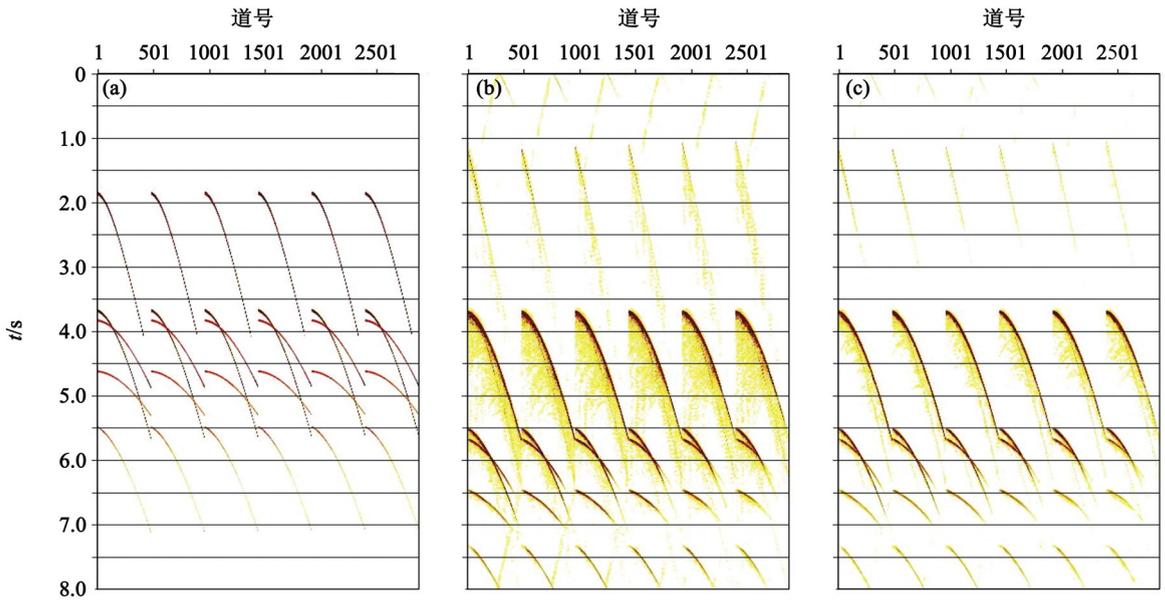


图 4 SRME 技术处理流程

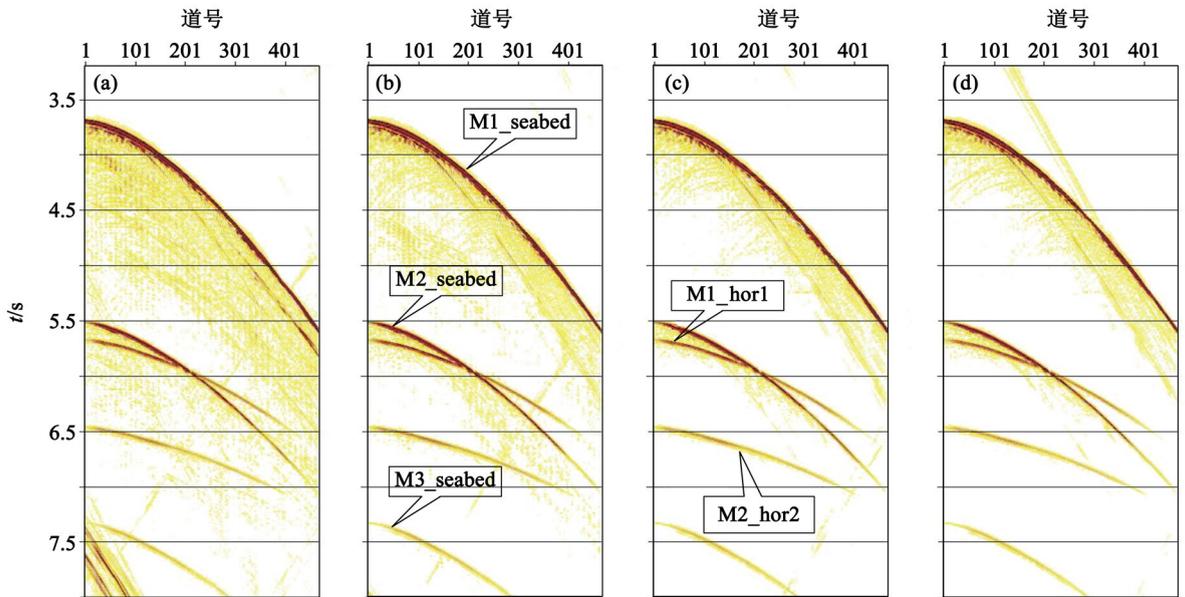
通常情况下,为准确估计海底反射系数,需要对数据作规则化(每一个面元内只有一道)和插值处理(面元网格由 $12.5\text{ m} \times 25\text{ m}$ 变为 $12.5\text{ m} \times 12.5\text{ m}$),可有效减弱空间假频的影响^[4]。图 5a 是本次正演模拟得到的某一六缆接收的炮集,利用波动方程建模法在规则化和插值处理前、后的炮集上分别预测多次波;图 5b 是未作规则化和插值处理的多次波模型,可见由于拖缆施工缆间距较大^[13],受海流的影响存在较大羽角,导致生成的多次波模型同相轴频散现象严重;图 5c 是面元规则化和插值处理后生成的多次波模型,同相轴频散现象基本消失。

波动方程建模法生成多次波模型时另一个关键影响因素是 crossline 方向的扩展半径,从图 5a 的炮集中选择第 1 条缆的数据分别试验扩展半径,依次为 500、1 000、1 800、2 800 m 时的预测结果,并显示在图 6a~6d 中。图 6a 中存在明显的倾斜干扰和很多噪声,图 6b 中存在较多噪声,图 6c 中扩展半径达到 1 800 m 时,倾斜干扰很弱,当扩展半径超过 1 800 m 时,多次波模型并没有显著改善(图 6d)。需要说明的是当海底倾角越大,其反射所需的炮检距也越长,用波动方程建模法生成多次波模型时需要选用较大的 crossline 方向扩展半径^[13,15]。



a—正演模拟的炮集;b—未作规则化和插值处理生成的多次波模型;c—规则化和插值处理后生成的多次波模型

图5 规则化和插值处理对多次波模型影响分析



a—扩展半径 500 m;b—扩展半径 1 000 m;c—扩展半径 1 800 m;d—扩展半径 2 800 m

图6 扩展半径对多次波预测效果影响分析

3 SRME 技术自适应匹配减法

采用最小二乘迭代技术,并通过全测线地震数据求取自由表面多次波压制算子,使得从输入数据中减去生成的多次波模型后所得到的能量最小^[5-7]。

从正演模拟的炮集数据中,选择在海沟附近激发的某一炮的第2、3缆(图7左),由于崎岖海沟产生的绕射波和其绕射多次波,二维SRME处理(图7中)不能准确地预测多次波的起始时间及其射线传播路径^[13]。较之于三维SRME(图7右)有更多绕射多次波的残留(箭头所指),这些残留的绕射多次

波需要采取其他方法如分频处理、加权中值滤波等进行衰减^[1]。

4 深水数据实例

实际资料某单炮(图8a)及单缆叠加(图9a),数据中存在严重的多次波,其二维SRME处理炮集(图8b)及其叠加(图9b)只衰减了部分多次波,三维SRME处理(图8c)及其叠加(图9c)能衰减掉更多的多次波,尤其在道集的近偏移距(偏移距值小于1000m)的多次波能量明显被衰减(图8中的箭头所示),三维SRME采用的扩展半径是1800m。

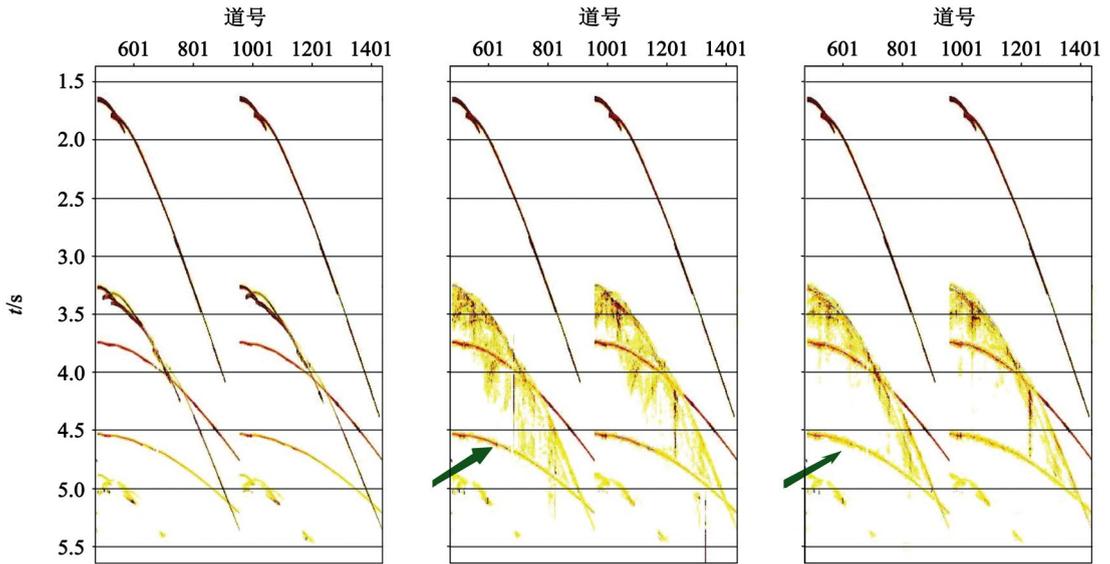


图 7 正演模拟某原始炮集(左)分别用 2D SRME(中)和 3D SRME(右)处理效果对比

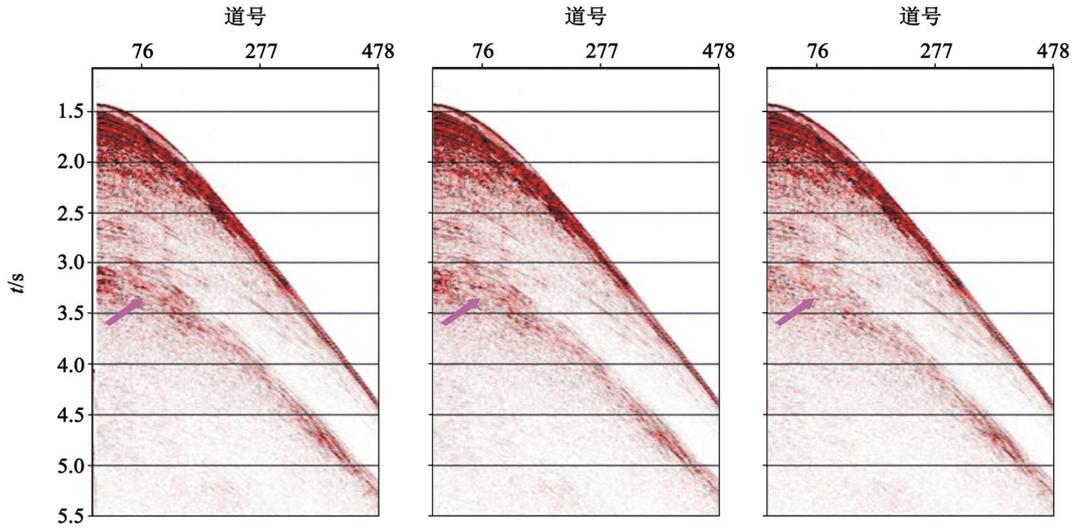


图 8 实际资料某原始单炮(左)分别用 2D SRME(中)和 3D SRME(右)处理效果对比

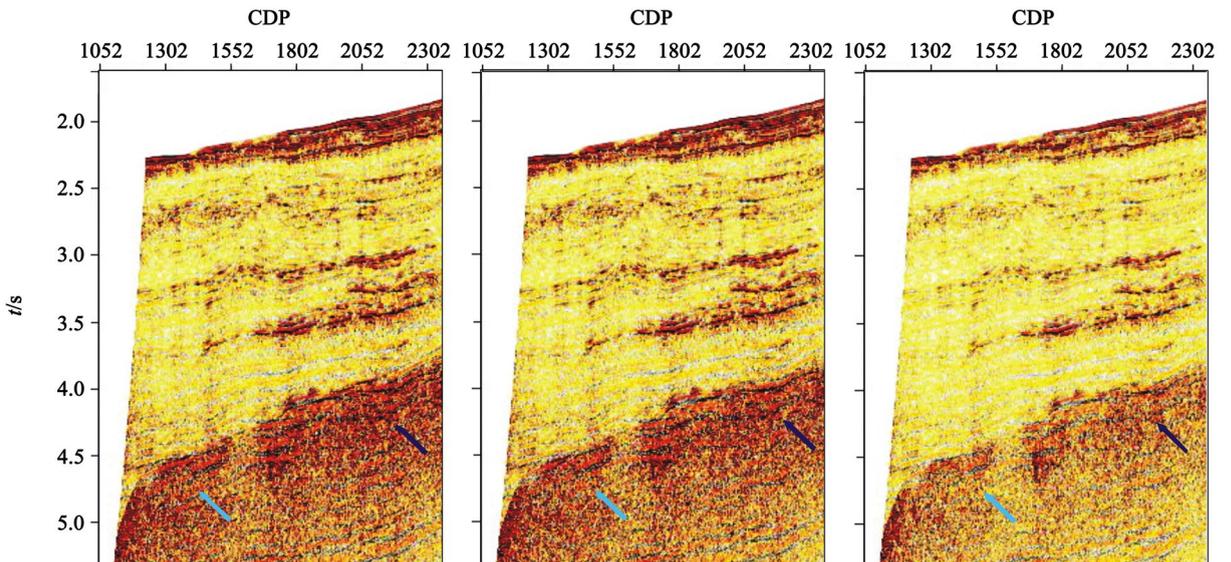


图 9 实际资料部分原始叠加剖面(左)分别用 2D SRME(中)和 3D SRME(右)处理效果对比

5 结论

针对深水地震资料的多次波难题,首先精确拾取海底层位,然后设计两个水平层位并建立三维地质模型,采用野外生产实际的导航数据正演模拟野外施工放炮,由于是稀疏拖缆采集的方式,所以为准确估计海底的反射系数,正演出的数据需要作规则化和插值处理。波动方程建模法生成多次波模型需要仔细试验 crossline 方向的扩展半径,尤其是存在复杂地形如海沟、较大倾角的海底附近激发的炮集数据,其 crossline 方向的扩展半径对预测多次波模型的影响更为明显。

比较了三维 SRME 和二维 SRME 衰减多次波的结果,无论是炮集还是叠加剖面都验证了三维 SRME 比二维 SRME 能更有效地衰减多次波。

参考文献:

- [1] 陈见伟,庄锡进,胡冰,等.多次波压制组合技术在海洋地震资料处理中的应用[J].海相油气地质,2011,16(1):68-73.
- [2] 李东升,帕提慢.利用波动方程预测减去法压制海洋地震资料中的多次波[J].石油地球物理勘探,2007,42(S1):57-60.
- [3] 李宏图,黄志,李振勇,等.三维 SRME 技术及其在深海资料处理中的应用[J].石油地球物理勘探,2009,44(S1):60-62.
- [4] 王维红,崔宝文,刘洪.表面多次波衰减的研究现状与进展[J].地球物理学进展,2007,22(1):156-163.

- [5] Verschuur D J, Berkhout A J, Wapenaar C P A. Adaptive surface related multiple elimination[J]. Geophysics, 1992, 57(9): 1166-1177.
- [6] Berkhout A J, Verschuur D J. Estimation of multiple scattering by iterative inversion, I: Theoretical considerations[J]. Geophysics, 1997, 62(5): 1586-1595.
- [7] Berkhout A J, Verschuur D J. Estimation of multiple scattering by iterative inversion, II: Practical aspects and examples[J]. Geophysics, 1997, 62(5): 1596-1611.
- [8] 史文英,李列,袁全社,等.串联 SRME 在涪西南地区多次波衰减中的应用[J].物探与化探,2013,37(5):911-915
- [9] 张兴岩,朱江梅,杨薇,等.海洋多次波组合衰减技术及应用[J].物探与化探,2011,35(4):511-515.
- [10] 马继涛,陈小宏,姚逢昌,等.基于一次波逆时理论的层间多次波衰减方法[J].石油地球物理勘探,2013,48(2):181-186.
- [11] 王维红,林春华,裴江云.减去法多次波压制技术在松辽盆地北部古龙断陷中的应用[J].石油物探,2011,50(2):196-200.
- [12] 郭梦秋,赵彦良,左胜杰,等.海上地震资料处理中的组合压制多次波技术[J].石油地球物理勘探,2012,47(4):537-544.
- [13] Dedem E, Verschuur D J. 3-D surface multiple prediction using sparse inversion[J]. SEG Technical Program Expanded Abstracts, 2001, 20: 1285-1288.
- [14] 李振春,张军华.地震数据处理方法[M].东营:中国石油大学出版社,2004.
- [15] Pica A, Poulain G, David B. 3D surface-related multiple modeling, principles and results[J]. SEG Technical Program Expanded Abstracts, 2005, 24: 2080-2083.

The analysis and application of multiple wave forward modeling and the influencing factors of SRME technology

Jin Mingxia, Yi Shuchang, Wang Zheng

(Seismic Data Processing and Interpretation Center of China Offshore Service Co., Ltd., Tianjin 300451, China)

Abstract: Heavy multiple waves in marine seismic exploration interfered by primary waves can't be fully attenuated, and these multiple waves make the seismic profile too illegible and also makes it difficult to easily interpret and trace the horizon. In view of such a situation, multiple wave forward modeling by simulating field operation on the given velocity horizon model was created. As there were only a few horizons in the mocked layer model, some factors such as sample in pace and extended radius that affected precise prediction of multiple wave model were analyzed and discussed. After that, reasonable processing parameters were optimized and applied to the real seismic data. The final results demonstrate that 3D SRME (Surface Related Multiple Elimination), which is better than 2D SRME, is capable of effectively suppressing multiple waves.

Key words: deep water seismic data; forward modeling; multiple; SRME; extended radius

作者简介: 金明霞(1979-),工程师,2004年毕业于长江大学,获硕士学位,目前在中海油服物探事业部数据处解释中心从事采集设计和数据处理工作。