

叠前时间偏移的偏移孔径与采集孔径关系分析

刘文霞¹, 王艳华¹, 王媛¹, 王江²

(1 中国石油辽河油田分公司勘探开发研究院; 2 中国石油大庆油田勘探开发研究院)

摘要 叠前时间偏移是复杂构造成像有效的偏移方法之一,它能适应纵横向速度变化较大、倾角较大的偏移成像。影响偏移成像效果的主要因素是偏移孔径和偏移速度。偏移孔径过小,偏移剖面将损失陡倾角的同相轴;偏移孔径过大,会降低资料的偏移质量。虽然偏移孔径同野外采集孔径是完全不同的概念,但偏移孔径是受采集孔径约束的,采集孔径不够时,给再大的偏移孔径也不能使不同目的层的高角度数据很好地成像,因此合理设计野外采集孔径是决定最终成像质量的关键。对于一个工区的最深目的层而言,偏移孔径对采集的最大炮检距有很强的依赖性,偏移孔径只需略大于采集的最大炮检距的2倍即可,如果采集孔径不能满足目的层的需求,室内处理时给再大的偏移孔径也不会提高目的层高角度资料的成像质量。

关键词 地震数据处理; 叠前时间偏移; 采集孔径; 偏移孔径; 数据成像质量

中图分类号: P631.44

文献标识码: A

20世纪70年代以来,地震偏移技术迅速发展,出现了很多种偏移方法,根据其实现方式,可以分为叠后时间偏移、叠后深度偏移、叠前时间偏移及叠前深度偏移四大类。这些方法在石油勘探中均得到了不同程度的应用。

在地层倾角较小时,使用叠后偏移可以取得较好的成像效果。而在地层倾角较大时,纵横向速度变化大,反射点偏移相应变大,NMO校正叠加很难得到一个零炮检距的剖面,因此叠后时间偏移不能获得较理想的偏移归位效果^[1]。

叠前时间偏移实际上是一种以叠前数据为基础的时间偏移方法,从理论上取消了输入数据为零炮检距的假设,避免了NMO校正叠加所产生的畸变^[1]。叠前数据包含了各个炮检距的信息,能适应纵横向速度变化较大的情况,计算效率较高,是复杂地区地震资料成像较理想的方法。目前叠前时间偏移以其特有的技术优势在国内外油气勘探生产中受到了高度重视,已经发展成为地震偏移成像的主导技术,在精细构造解释与岩性地层油气勘探中发挥了重要的作用。

影响偏移成像效果的因素很多,在采集方面,一定的信噪比、合理的采集孔径等因素对偏移影响很大,在处理方面,叠前道集的质量、偏移方法的好坏、偏移参数(偏移孔径、频率、倾角等)的合理性、偏移速度场的准确性等,都直接影响偏移的结果。

在叠前时间偏移处理中,偏移孔径的选取是Kirchhoff偏移在实践中经常遇到的问题,偏移孔径是影响偏移成像效果的更为决定性的因素。如何做好叠前时间偏移处理,弄清野外地震资料采集孔径与地震资料处理的偏移孔径的相对关系,弄清采集孔径及偏移孔径对偏移成像效果有多大影响,这是摆在采集和处理两类科研人员面前的重要课题。下面将对其重点进行阐述。

1 偏移孔径和采集孔径

Kirchhoff求和偏移是建立在对点反射的非零炮检距方程基础上的,它是沿着非零炮检距的绕射曲线轨迹对振幅求和。根据绕射叠加的实现方式^[2],对偏移孔径有两种定义方式,一种是在数据空间给出绕射叠加的范围,另一种是在模型空间给出一个观

收稿日期: 2011-03-31

刘文霞:女,1966年生,高工。1988年毕业于大庆石油学院勘查地球物理专业,一直从事地震资料处理研究工作。通讯地址:124010 辽宁省盘锦市兴隆台区;联系电话:(0427)7290240

测的波场值沿等时线的分布范围。在偏移理论中,最佳偏移孔径指的是定义在数据空间中的偏移孔径的最佳值。

1.1 偏移孔径

直观地讲,叠前时间偏移将共中心点(CDP)道集映射为共反射点(CRP)道集,共反射点在地面的坐标与参与该点聚焦成像的最远一个炮检对的中点坐标之间的距离是偏移孔径,是有效信号传播的最大路径孔径。如图1所示,假设 m_0 为固定散射点,它是共反射点 $P(x, y)$ 在地面的坐标, m_1 为参与该散射点聚焦成像的其中一炮点 S_1 和检波点 R_1 之间的中点, m_r 为参与该点聚焦成像的最远的炮点 S_r 和检波点 R_r 之间的中点,则 m_r 到 m_0 之间的距离 R 为偏移的半孔径,偏移孔径为 $2R$ 。对于一个工区,用工区的区域速度、最陡的同相轴倾角以及数据的有效频率来综合推断最佳偏移孔径。

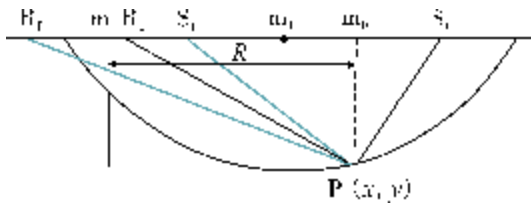


图1 偏移孔径示意图

1.2 采集孔径

采集孔径是一个宽泛的概念,它主要包括最大/最小偏移距、采集区块的纵横向宽度、方位角、均匀的面元属性、较小的方形面元等因素,即地震采集时采集到地下有效信号的空间观测范围。如图2所示, Off_{min} 为任一炮点 S 到最近接收线的最小距离,即采集的最小炮检距, Off_{max} 为炮点 S 到最远接收点 R_r 的距离,即采集的最大炮检距, L_x 为采集排列片的横向宽度, L_s 为采集排列片的纵向宽度,采集孔径主要指的是 Off_{max} 、 Off_{min} 、 L_x 、 L_s 等参数,这些参数的大小是保证地震反射信息能否接收得更全的关键因素。

2 偏移孔径与采集孔径的关系

由于偏移总场是偏移信号和偏移噪声的相干叠加,所以在数据空间中的最佳偏移孔径受控于采集

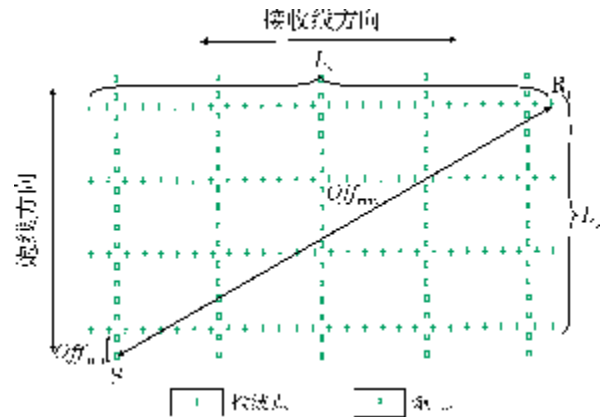


图2 采集孔径示意图

孔径,而在采集孔径中,观测信号的最大炮检距和采集区块的横向宽度这两个参数与偏移孔径的关系最为密切。

首先叠前时间偏移是在叠前道集上实现地震数据的偏移成像,因此对采集的原始地震数据要求较高^[3]。有些要求如较高的信噪比、均匀的面元属性等虽然可以通过处理手段得到(部分)满足,但归根结底,叠前偏移对数据的要求主要应该在采集过程中就得到保障。采集孔径参数对叠前时间偏移的效果有直接影响,尤其是最大炮检距和采集区块的横向宽度是提高中深层资料品质的决定性因素,如果采集孔径中这两个参数选取得较小,只靠单纯增加偏移孔径是不能得到较理想的偏移结果的。

在处理上,对于一个地震工区,叠前时间偏移是根据这个工区的区域速度、最陡的地层倾角以及数据的有效频率来综合推断最佳偏移孔径。在浅层,实际使用的偏移孔径要比理论值大一些,这样可获得陡倾角的同相轴成像;在深层,实际使用的偏移孔径要比理论值小一点,避免偏移孔径过大时,深部的噪音影响到浅层成像。

当选取较小的偏移孔径时^[4-5],虽然偏移耗时比较少,也能保证简单构造(低、缓构造)的反射波同相轴的成像质量,但对于大倾角、陡构造的反射波同相轴则会出现平化现象而难以准确成像,同时也把噪音特别是深层噪音偏移成假的水平同相轴,改变振幅的强弱关系。选取较大的偏移孔径时,大倾角、陡构造的反射波同相轴成像有明显改善。但如果孔径太大,则反射波同相轴会出现连续性变差、信噪比变低的现象,同时会增加计算量,更重要的是会降低低

信噪比资料的偏移质量。因此根据地质构造情况选取合适的偏移孔径会有利于改善偏移成像的质量和效率。但是偏移参数选取得再合理,也只能保证现有资料的高精度成像,如果采集时很多信息没有采集到,偏移孔径内没有有效的反射信号,也就不会有好的成像效果。在地震采集时,采集孔径参数中的最大炮检距和采集区块的纵横向宽度是决定采集数据能否最大限度满足该区偏移孔径要求的直接因素,如果采集孔径中最大偏移距较小,则不能满足偏移孔径的要求,最终影响构造成像。因此在野外采集时应根据实际地质构造情况,尽可能采用较大而合理的炮检距和横向宽度,来满足偏移孔径的要求,以便得到较好的成像效果。

3 应用实例分析

下面用两个实际的采集处理项目为例来阐述采集孔径和偏移孔径之间的关系及其对偏移成像效果的影响。

3.1 实例一

该项目的野外采集年度为 2001 年,采集方式为

12L×12S,采集孔径包括:面元 20 m×40 m,覆盖次数 54 次,方位角 90°,最大炮检距 2 720 m,采集工区的宽度为 8 960 m。

在叠前时间偏移时,利用地震资料处理软件对数据进行偏移距分组,在数据频率、偏移速度、偏移角度等参数确定的条件下,计算出最大炮检距 2 500 m 的偏移算子在目的层 5 秒时的偏移孔径为纵向 15 896 m,横向 15 817 m。图 3 为固定计算出的偏移孔径不变,利用不同的最大炮检距资料进行偏移,所得到的结果完全受控于采集时的最大炮检距,其中图 3a 为最大炮检距 1 500 m 的叠前时间偏移结果,图 3b 为最大炮检距 2 720 m 的叠前时间偏移结果。从图 3 可以看出,随着炮检距的增大,图 3b 中有更多实际的数据满足偏移孔径的要求,从而提高了资料的信噪比,中、深层的成像有了较大的改善。通过试验还发现,将偏移孔径在大于 6 000 m (略大于最大炮检距 2 720 m 的 2 倍) 以上的空间内变化时,资料的成像不再有所改变,而运算时间则增加了很多。这就说明,采集时没有足够大的炮检距,只靠选取较大的偏移孔径是不能从实质上提高中深层的成像质量的。

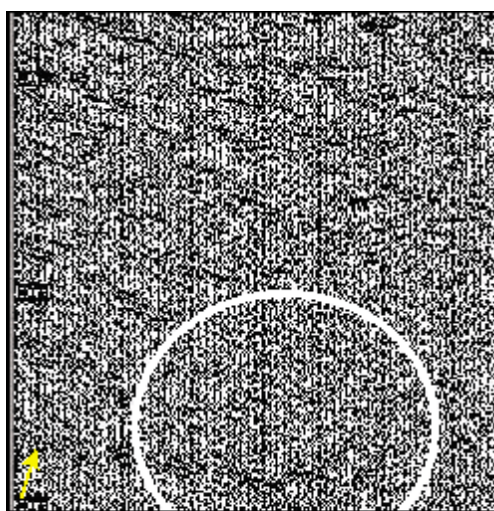


图 3a 最大炮检距 1500m 的叠前时间偏移结果

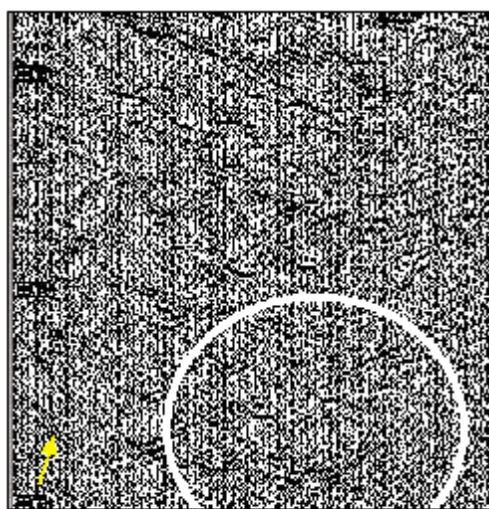


图 3b 最大炮检距 2720m 的叠前时间偏移结果。与图 3a 相比,中、深层的成像有了较大改善,如图 3b 中箭头所指及圈圈内所示

图 3 最大炮检距对偏移成像的影响

图 4 则展示了采集区块的横向宽度对偏移的影响。同样在数据频率、偏移速度、偏移角度等参数确定的条件下,计算出最大炮检距 2 500 m 的偏移算子在目的层 5 s 时的偏移孔径为纵向孔径 15 896 m,

横向孔径 15 817 m。图 4a 为横向宽度为 5 000 m 的叠前时间偏移结果,图 4b 为横向宽度为 8 960 m 的叠前时间偏移结果,随着横向宽度的增加,横向距离趋近于偏移算子的横向半孔径,有效地改善了中深

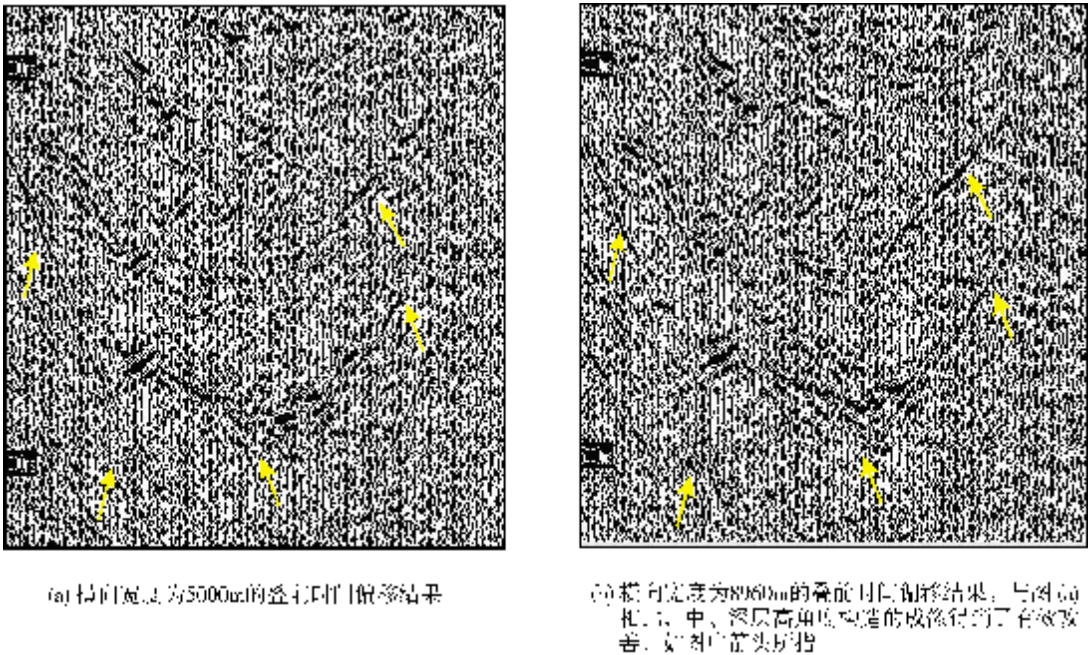


图4 采集区块的横向宽度对偏移成像的影响

层高角度构造的成像。但由于这个区块当时设计以中、浅层为目的层,没有考虑深层的构造,这时无无论再怎么增大偏移孔径,对中、深层的成像也不再有更进一步的改善,因此采集时该区块横向宽度较小,不能满足深层目标的偏移成像。

3.2 实例二

该项目是2009年采集的,采用的是24L×3S×192R正交的观测方式,采集孔径包括:面元25m×25m,覆盖次数252次,最大炮检距5049m。

图5a为纵横向偏移孔径都为7000m的叠前时

间偏移结果,地震信息不能有效聚焦,信噪比很低;图5b为纵横向偏移孔径都为10000m的叠前时间偏移结果,可以看到偏移孔径接近最大偏移炮检距的2倍时,成像效果有了明显的改善,剖面信噪比有了明显提高;图5c为纵横向偏移孔径都为12000m的叠前时间偏移结果,成像效果已经改善不大,再继续增大偏移孔径,成像基本上不再有任何改进。这进一步说明了偏移孔径对最大炮检距的依赖性。同时也可以说明偏移孔径不用选太大,在实际生产中也不用做太多的试验,只需略大于最大炮检距的2倍就可以了。

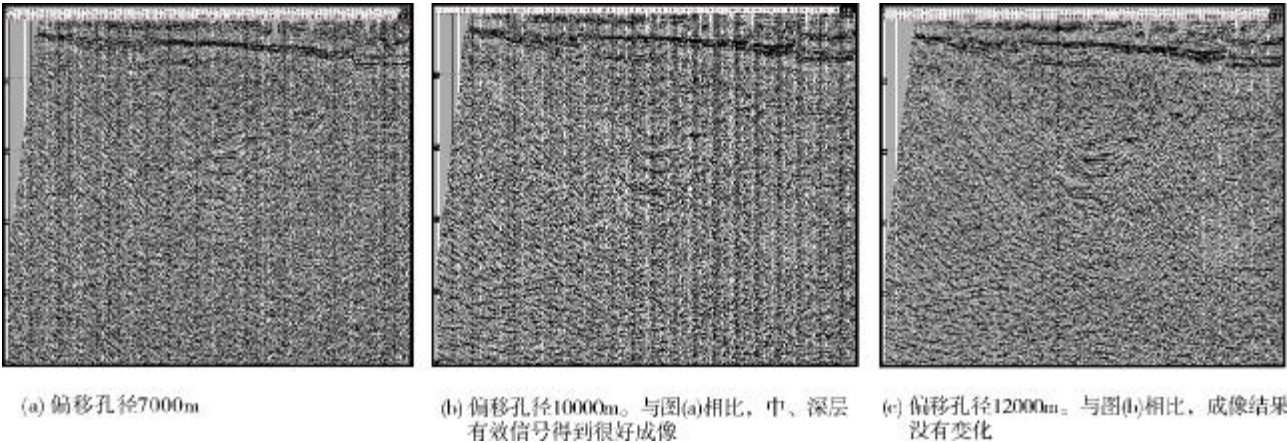


图5 采集孔径中最大炮检距5049m时不同偏移孔径的叠前时间偏移结果对比

4 讨论

通过对上述两个实例的叠前时间偏移处理项目的分析、研究及实践,认为采集孔径中的最大炮检距和采集区块的纵横向宽度是决定采集数据能否最大限度满足该区偏移孔径要求的直接因素,因此在野外采集时应根据实际地质构造情况,尽可能采用较大而合理的炮检距和横向宽度,来满足偏移孔径的要求,以便得到较好的成像效果。

在叠前时间偏移处理中,偏移孔径对最大炮检距具有依赖性,因此偏移孔径不用选太大,也不用做太多的试验,只需略大于最大炮检距的2倍就可以了。

参考文献

- [1] 何光明,贺振华,黄德济,等. 叠前时间偏移技术在复杂地区三维资料处理中的应用[J]. 天然气工业, 2006, 26(5): 46-48.
- [2] 孙建国. Kirchhoff型真振幅偏移与反偏移[J]. 勘探地球物理进展, 2002, 25(6): 1-5.
- [3] 张颖. 三维地震叠前时间偏移技术应用与展望[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(5): 536-541.
- [4] 杨春梅,颜军,陈天铸. 克希霍夫叠前时间偏移技术及应用[J]. 中国石油勘探, 2005, 10(6): 48-50.
- [5] 李振春. 地震成像理论与方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004. 42-123.

编辑:吴厚松

Analysis on the Relationship between Prestack Time Migration Aperture and Acquisition Aperture

Liu Wenxia, Wang Yanhua, Wang Yuan, Wang Jiang

Abstract: Prestack time migration is one of effective migration method for a complex structure imaging, which can adapt to the imaging of steep dip angle and the large changes in vertical and horizontal velocity. The offset aperture and migration velocity are critical to imaging. If migration aperture is over small, the offset profile will loss the common phase axis of steep dip. If migration aperture is over big, it will reduce the quality of migration data. Though the concept of migration aperture is completely different from that of field acquisition aperture, the migration aperture is constrained by the acquisition aperture. If acquisition aperture is not enough many, it will not precisely image the data of steep-dip and middle-deep formation. So the suitable design of field acquisition aperture is crucial to the final imaging quality. To the deepest target area of a survey, the migration aperture comparatively depends on the acquisition aperture and the migration aperture only needs a slightly larger twice of the largest offset. If acquisition aperture can not satisfy the imaging demand of the target area, no matter how long the migration aperture in data processing is added to, the imaging quality of steep dip angle in target area can not be improved also.

Key words: Seismic data processing; Prestack time migration; Acquisition aperture; Migration aperture;

Data image quality

Liu Wenxia: female, Senior Engineer. Add: PetroChina Liaohe Oilfield Research Institute of Exploration and Development, Xinglongtai, Panjin, Liaoning 124010, China