

# 复杂地表及地下地质条件下 地震资料处理中的若干重要环节

何新贞<sup>1</sup>, 尚新民<sup>1</sup>, 王常波<sup>1</sup>, 石林光<sup>1</sup>, 马利斌<sup>2</sup>

(1. 中国石油化工集团 胜利油田有限公司物探研究院, 山东 东营 257022; 2. 中国石油化工集团 胜利油田有限公司 临盘采油厂, 山东 临邑 251507)

**摘 要:** 复杂地区典型特征往往表现为近地表地质结构复杂, 纵向、横向变化大, 地下地质构造破碎, 大倾角老地层出露。作者介绍了该类地区地震资料的主要特点; 分析了处理好该类地震资料起决定性作用的静校正、去噪技术、频率补偿及偏移成像几个重要环节, 并指出了生产中应注意的几个问题。

**关键词:** 西部复杂地表及地下地质条件测区; 地震资料处理; 静校正; 去噪技术; 频率补偿; 偏移成像

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2004)05-0453-04

近年来, 随着西部物探市场的逐渐扩大, 复杂地区地震资料处理工作量越来越大。这些地区原始地震资料存在的主要问题: ①由于受地形和地表地质条件复杂的影响, 导致单炮初至变化大, 静校正问题严重; ②由于受地表巨厚疏松层和地下高速体的影响, 深层信号很弱, 炮间能量、频率特征变化大, 一致性差; ③由于面波、随机干扰及其它相干噪声、折射波以及强烈的次生干扰导致资料信噪比低; ④由于受地下复杂地质构造和地层倾角的影响, 速度在纵横向上变化剧烈, 偏移成相难。因此, 在资料处理过程中, 应重点解决好以下几个环节的问题。

## 1 基准面的选择与近地表校正

在地表起伏较大的地区, 基准面的选择是否合适, 直接影响长波长静校正量、叠加速度、叠加效果和偏移效果。因为, 实际得到的资料是以地面为零时间, 若用一个远离地面的时间零线直接进行资料处理, 会与实际资料不符, 势必带来误差。为了减小这种影响, 一般采用近地表的圆滑面作为浮动基准面。通常以一个排列长度的站点数作为平滑因子, 直接对地表高程进行低频圆滑, 形成浮动基准面。

最终基准面的校正。由于浮动基准面为一光滑的起伏曲面或斜面, 叠加剖面同相轴的形状必然受到浮动基准面的影响, 因而不能直观地反映地下反射界面的产状。为此, 应该选择一个比全区最高海拔高程略高一些的高程值, 作为全区统一基准面。

再把以浮动基准面为基础的叠加剖面, 通过各叠加道的时移分别校正到以统一基准面上, 以此作为叠加剖面的时间零线, 并同时叠加速度进行最终基准面校正(图 1)。

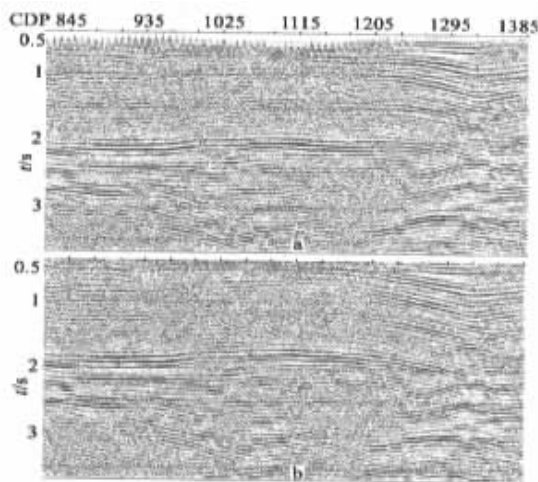


图 1 最终基准面校正前后剖面效果对比

a—校正前; b—校正后

## 2 折射波静校正方法的选择

当地表变化剧烈, 低降速带差异突出时, 利用近地表模型反演法进行折射波静校正效果更好。众所周知, 低降速带底面通常是一明显的折射界面, 当炮检距达到一定距离时, 地震记录的初至为此界面上的折射波, 此时的做法是拾取初至波, 根据初至波求取近地表模型, 再依据该模型, 选择合适的反演静校正量, 然后把静校正量应用到地震道上。该方法的

特点是不需要确定基准面,不存在基准面最佳位置选择问题;它采用地表一致性模型,即炮点检波点在地面同一位置时具有相同的静校正量(图 2)。

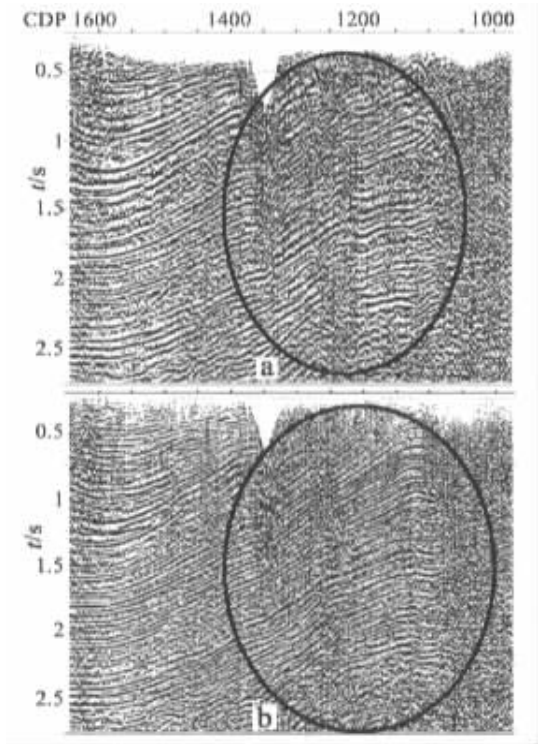


图 2 山地区资料折射波静校正前后剖面对比  
a—校正前;b—校正后

3 去噪与提高信噪比

做好动静校正是提高剖面质量最重要的基础环节。在沙漠、山地等复杂地表区,由于反射信号微弱,各种噪音很强,如新疆北Ⅰ区某测线的共炮检距一次覆盖剖面的信噪比分析估计值仅为 0.06,120 次覆盖的叠加剖面信噪比也只有 0.75,因此,即使动静校正做的很满意,用这类地震剖面分析低幅度构造、不整合接触等深层的地层结构,依然是困难的。要提高信噪比,提高反射波的可信度,还需要大

幅度压制噪音。主要措施包括:①对原始资料进行详细的调查,分析存在的干扰波类型、主要特征参数、分布范围以及有效反射波的特点等,做到有的放矢;②废炮、废道、面波、初至和浅层折射、声波与尖脉冲干扰等常采用自动道编辑和人工干预相结合的方式消除;③利用原始记录中倾斜干扰与有效波角度上存在的差异,合理使用倾角滤波器或 FK 滤波,达到既消除倾斜干扰又能保持原始记录的自然特征;④由于反射波在剖面上必然有一定的延续长度,而噪音大多是无规则的,因此利用两者在同相性和连续性方面的差异,用相干信号增强原理来加强反射波,削弱随机噪音等干扰波。

4 频率补偿处理

复杂地表条件决定了激发接收因素的复杂化,使同一区段甚至相邻炮资料的子波与频带往往存在较大的差异,据统计,岩石激发区记录频宽达 15~120 Hz,主频分布在 40~60 Hz,黄土激发记录频带一般在 15~80 Hz,主频约 30 Hz,而沙漠地区记录频宽约为 10~70 Hz,主频范围约 25~30 Hz。为了消除由于地表变化带来的这一差异,采取以下作法。在全区选取具有明显子波及频带差异的相邻两炮记录,分别在主要目的层段开窗提取地震子波,以质量较好记录所提取的子波为期望输出,将两子波进行匹配,求取匹配滤波算子,用该算子对分选出的质量较差的单炮记录进行匹配滤波,能较好地消除记录资料间频率上的差异(图 3)。

5 叠前时间与深度偏移的联合应用

由于地下地质构造复杂,在偏移成像方面主要表现在:①大的逆掩断层构造的上覆和下伏地层速度变化大,老地层在新地层之上,上面速度高,下面速度低,形成速度倒转现象,在共炮点记录上,反射

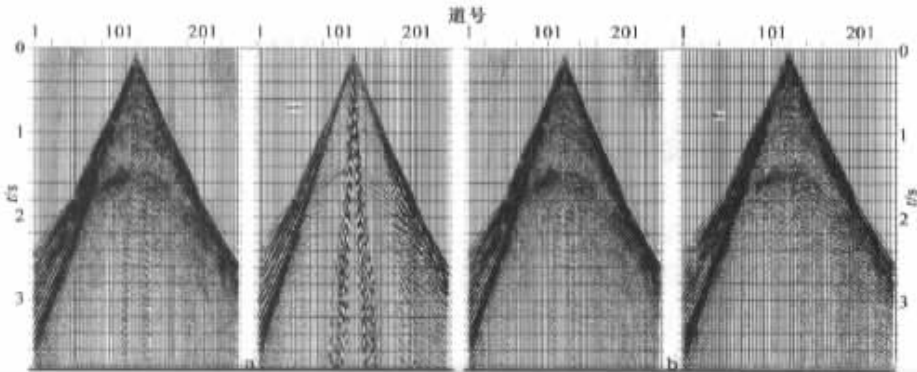


图 3 匹配滤波与地表一致性反褶积处理前后的地震剖面对比  
a—处理前的剖面;b—处理后的剖面

曲线的顶点不在零炮检距处,反射双曲线轨迹严重畸变,而且速度纵横向变化剧烈;②地下有各种高速地质体;③以高倾角地层出露地表,地表高程变化剧烈,反射中断,空白带很难成像,或成像不准。

复杂构造的地震资料成像精度,直接关系到勘探的成败。目前,叠前时间偏移适应于横向速度变化不十分剧烈的情况;而叠前深度偏移技术完全摆脱了时距曲线是双曲线的简单假设条件,适用于各种复杂程度的构造。随着勘探实践的不断认识,叠前时间偏移与叠前深度偏移的联合应用取得了明显的效果(图4)。

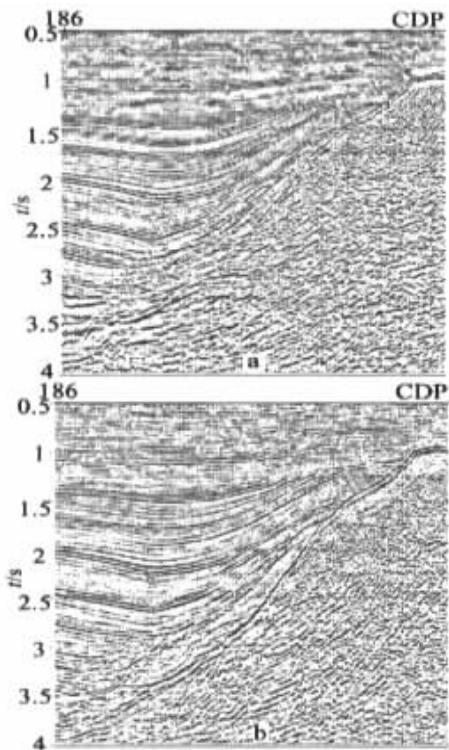


图4 某测线一潜山破碎带部分偏移试验对比  
a—叠后时间偏移剖面;b—叠前偏移剖面

6 应注意的问题

6.1 静校时差与信噪比

资料处理中的静校正是对各处理道而言,可以通过高程校正、折射波校正、多次迭代的剩余静校正等手段得到较好的弥补与补偿。然而,野外组合中的时差却难以弥补。根据经验公式<sup>[1]</sup> $f=186/\delta$ 可以计算不同静校误差均方根值 $\delta$ 与高截频值 $f$ (表1)。

表1 静校误差与高截频值关系

$\delta/\text{ms}$	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+8	+10
$f/\text{Hz}$	186	93	62	46.5	37.2	31.0	23.2	18.6

从表中可以看出,当时差达到+5 ms时,37 Hz

以上的频率成份就被破坏,大沙漠、山地探区的道内组合差很容易达到或超过这一时差,由此导致了地震记录的低频化。同时,这一滤波作用破坏了地震子波的一致性,使水平叠加中不能实现同相叠加。

6.2 覆盖次数与信噪比

众所周知,多次覆盖的叠加效应有2个方面:一是叠加的振幅效应,其次是叠加的统计效应。当反射波完全处于通放带时,其叠加特性值: $P(\alpha)\approx 1$ ,同时保证各类干扰波落入压制带,则干扰波的叠加特性值: $P(\alpha)\approx 1/N$ 。

因此,多次覆盖对地震资料信噪比的改善程度约等于覆盖次数,可见增加覆盖次数可以提高信噪比,覆盖次数越高,地震资料信噪比的改善程度越大。与检波组合的统计效应相同,对于压制不规则的干扰波,叠加后的信噪比同样可以提高。但是,由于叠加道距要比组合基距大得多,理论分析可知,压制不规则干扰波叠加比组合效果好。

6.3 去噪技术及其负面影响

去噪技术是低信噪比资料处理的关键技术。叠前去噪势在必行,这已被多年的处理所证实。叠后去噪目前可应用的模块很多,如:RNA、filter、rapfile等,然而,使用不当却常常带来较大的负面影响。譬如,横向拟合去噪,在横向加强同相轴连续性的同时,也使得剖面上的平化现象出现,模糊了有效反射和噪音之间的界限,从这种意义上讲,这些方法不是改善了资料的信噪比,而是降低了资料的信噪比。再者,叠后滤波,选择正确合适的滤波频带,可以突出有效反射信息。但是,如果为了追求同相轴的连续性而采用过窄的滤波频带,就会损失剖面的波组特征,同时,由于子波旁瓣能量太强,会掩盖掉剖面上的许多真实的地质现象。

7 结论

①地震资料的采集处理是一个系统工程,获取优质采集记录是做好资料处理的先决条件。②采集生产中检波器组合的“平、稳、正、直、紧”的作法至关重要,应严格执行。③在复杂地区资料处理中,基准面的选择尤为关键。④叠前静校正与去噪是处理好该类资料的基础。

参考文献:

[1] 李庆忠. 走向精确勘探的道路[M]. 北京:石油工业出版社, 1994.  
[2] 伊马兹 渥. 地震数据处理[M]. 黄绪德译. 北京:石油工业出版社, 1993.

SOME IMPORTANT LINKS IN SEISMIC DATA PROCESSING UNDER  
COMPLEX SURFACE AND UNDERGROUND GEOLOGICAL CONDITIONS

HE Xin-zhen<sup>1,2</sup>, SHANG Xin-min<sup>1</sup>, WANG Chang-bo<sup>1</sup>, SHI Lin-guang<sup>1</sup>, MA Li-bin<sup>2</sup>

(1. Institute of Geophysical Exploration, Shengli Oilfield Company Ltd., SINOPEC, Dongying 257022, China; 2. Linpan Oil Site of Shengli Oilfield Company Ltd., SINOPEC, Dongying 251057, China)

**Abstract:** Complex areas are characterized by complex near-surface geological structures, considerable variation in horizontal and vertical direction, fractured geological structures or the appearance of large dip angle old formation. This paper analyzes the main behaviors and the formation mechanisms of the seismic data in this area, and puts forward some processing techniques suitable for such areas, such as static correction, noise-elimination technique, and frequency compensation. Some problems deserving of attention are also pointed out.

**Key words:** seismic data; static correction; noise-elimination technique; frequency compensation; migration imagery

作者简介: 何新贞(1970—),男,工程师,1988年毕业于石油大学(华东)勘探系物探专业,现从事地震资料处理与分析工作。



上接 452 页

[4] 邓世坤. 探地雷达图像的正演合成[J]. 地球科学. 1993,18(3): 285.

[5] 贺振华. 反射地震资料—偏移处理与反演方法[M]. 重庆:重庆大学出版社,1989.

[6] John F Hermance. Ground-penetrating radar: Postmigration stacking of n-fold common midpoint profile data[J]. Geophysics, 2001, 66: 379.

[7] Albane C Saintenoy, Albert Tarantola. Ground-penetrating radar: Analysis of point diffractors for modeling inversion[J]. Geophysics, 2001, 66: 540.

[8] McCann D M. Comprarision of the seismic and ground probing radar methods in geological surveying[J]. IEEE Proceeding, 1998, 135(4): 380.

[9] 李振春, 穆志平, 张建磊, 等. 共聚焦点道集偏移速度建模[J]. 物探与化探, 2003, 27(5).

A STUDY OF MIGRATION TECHNIQUE FOR GPR DATA PROCESSING

LI Cheng-fang<sup>1</sup>, WANG Xu-ben<sup>2</sup>, XUE Ke-qin<sup>1</sup>, LIU Fu-jiang<sup>1</sup>, DENG Guang-jun<sup>1</sup>

(1. Institute of Geosciences and resources, China University of Geosciences, Pekin 100083, China; 2. Institute of Information Engineering, Chengtu University Of Technology, Chengtu Szechwan 610059, China)

**Abstract:** Due to the interference of diffraction wave in GPR profiles, especially in the detection of underground pipes, caves or similar anomalies, the processing and interpretation of GPR data have become very difficult. In order to deal with this problem, the authors, according to the unified wave equation form of electromagnetic wave equation and sound wave equation, used three migration methods to process GPR data. They are phase displacement, Kirchhoff integral and finite difference, which had been employed extensively in data processing of seismic prospecting. On the basis of testing and analyzing the model, the processing and analyzing of the filed GPR data yielded good results.

**Key words:** GPR; migration; Kirchhoff integral method; finite-difference method; phase displacement method

作者简介: 李成方(1976—),男,河北人,博士研究生,主要研究方向地理信息系统软件设计与工程。