

文章编号: 1671-8585(2009)06-0420-05

# SN 地区高密度地震数据叠前噪声分析及其压制

李虹, 蔡希玲, 任艳茹, 吕英梅, 秦晓华

(中国石油集团东方地球物理公司研究院, 河北涿州 072751)

**摘要:** 针对我国西部 SN 地区岩性勘探的需要, 开展了高密度单点地震采集。高密度采集中特有的单点接收方式, 加上该区表层条件复杂多变, 导致地震记录中干扰波发育, 信噪比低。根据 SN 地区高密度地震资料的特点, 运用多种手段对记录中的各类噪声进行了分析, 采取相应的措施进行了压制, 总结出一套适合该区特点的噪声分析方法和行之有效的叠前去噪配套技术, 在实际数据处理中取得了良好的应用效果。

**关键词:** 噪声; 干扰波; 信噪比; 叠前去噪

**中图分类号:** P631.4

**文献标识码:** A

在我国西部 SN 地区岩性勘探中, 为了获得高精度、高保真的原始地震资料, 采用了高密度地震勘探的采集方式。但由于该区表层结构复杂, 低速带的厚度和速度横向变化大, 加上数据采集方式等因素的影响, 地震记录中存在多种类型的干扰波, 降低了地震记录的信噪比(图 1), 影响着数据处理

的整个过程, 限制了地震剖面质量的进一步提高。

为了获得较高分辨率的成果剖面, 探索高密度数据的处理方法和技术, 需要提高单点地震记录的信噪比, 我们根据 SN 地区表层条件及地震资料采集方式, 客观地分析了地震数据中的各种噪声, 并对其进行了有效压制。

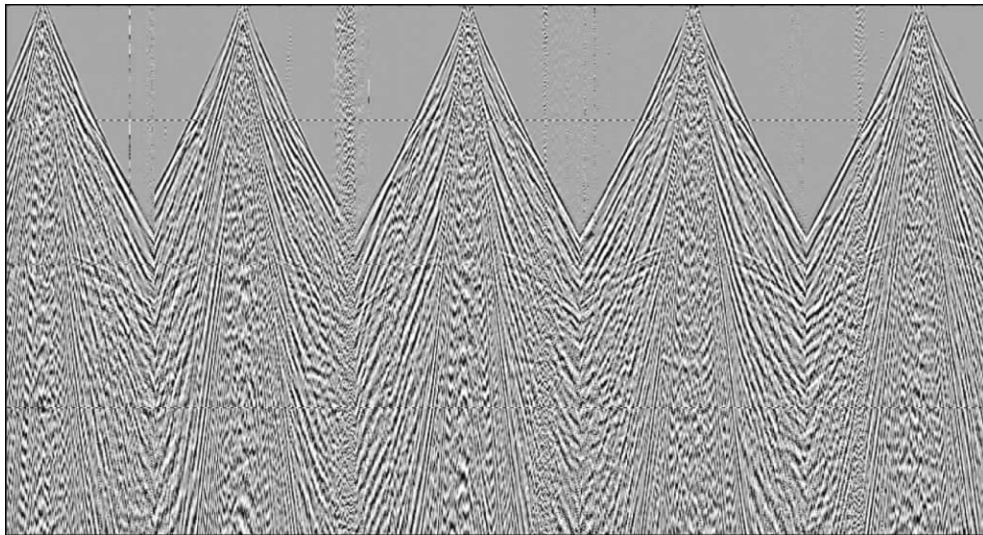


图 1 原始单炮记录

## 1 高密度地震数据特征分析<sup>[1]</sup>

设计的高密度地震数据观测线位于油田开发区, 抽油机及大钻较多, 油田道路密集, 施工车辆来往频繁。区内地表条件相对复杂, 地形起伏相对高差 20~50 m; 低速层速度 400 m/s 左右, 厚度 10 m 左右; 降速层速度 700~1 500 m/s, 厚度 60~80 m, 具有高速夹层, 高速层速度 2 000 m/s 以上。在本区开展的高密度二维地震观测道距 5 m, 检波器采用法国 Sercel 公司生产的数字检波

器, 具有动态范围大、畸变小和保真度高等特点。

由于本区的环境和地质条件复杂, 干扰能量强, 加之野外不进行组合噪声压制, 地震记录的信噪比低。图 1 为高密度地震测线典型的原始单炮记录, 图 2 为该测线的初叠加剖面, 可以看出面波等各类线性干扰都很发育, 原始资料信噪比较低, 有效信号几乎被淹没。

收稿日期: 2009-07-19; 改回日期: 2009-08-10。

第一作者简介: 李虹(1967—), 女, 高级工程师, 现从事地震资料数据处理研究工作。

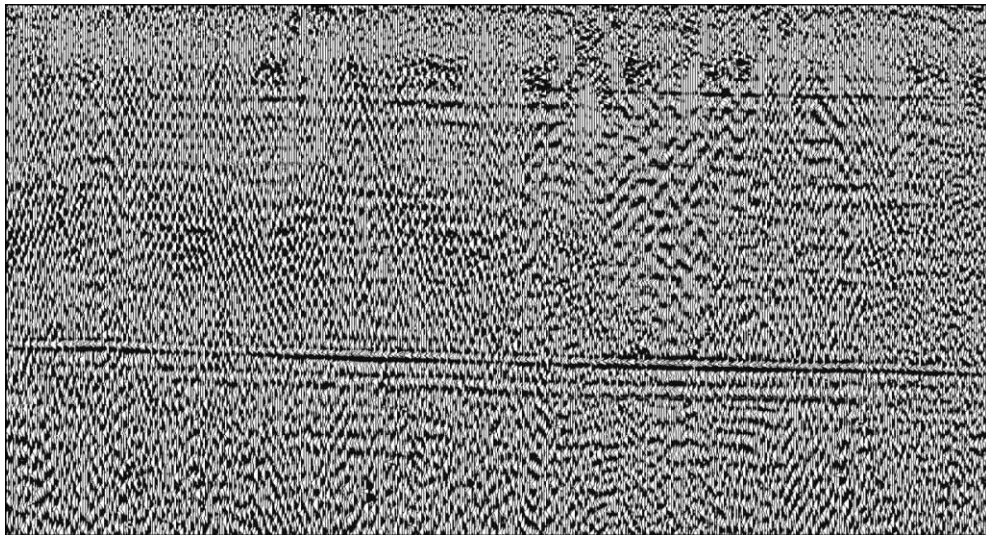


图 2 初叠加剖面

## 2 噪声分析

对于任何低信噪比地震数据,分析和认识数据中的噪声特征至关重要。我们从原始地震记录的多个侧面来分析单点地震记录中的噪声特征。

### 2.1 原始数据的多域分析

由于各种噪声在不同的数据集上表现出的特征不尽相同,即使是同一种噪声,在不同的数据集上表现的方式也不一样,这就需要对原始数据做多域的调查,如共炮集记录、共检波点记录和共炮检距记录显示等,多方位认识噪声的分布特征。图 3 为高密度地震测线的原始数据多域显示,可以看出数据中存在不同视速度的线性干扰。在共检波点道集上,线性噪声未被完全采样,同时存在激发能量的变化,在共炮检距道集上显示了主要干扰

波视速度的横向变化特征。

### 2.2 能量特征分析

地表的起伏使得信号和噪声的能量横向分布很不均匀,能量分析主要包括振幅随炮检距的变化分析、振幅随时间的变化分析、振幅沿测线方向的变化分析等,可根据噪声的能量分布特征压制噪声,依据信号的能量变化规律进行振幅补偿。

### 2.3 频率特征分析

常用的频率特征分析方法有分频扫描、频谱分析等,除此之外,还可以对原始数据进行二维频率特征分析。如通过 F-K 谱分析调查噪声的视速度范围;使用 F-X 谱分析了解噪声频率的横向变化情况,以便选择合理的参数,分频压制噪声。图 4 为原始单炮频率扫描结果,可以充分了解该资料的频率特征:面波能量主要集中在 12 Hz 以下,有效反射波的频率小于 50 Hz。

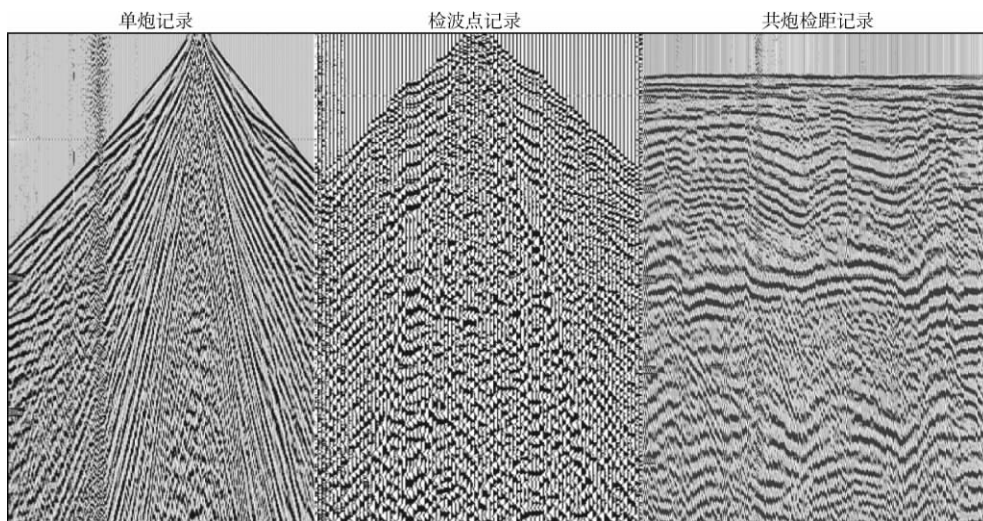


图 3 原始单炮多域显示

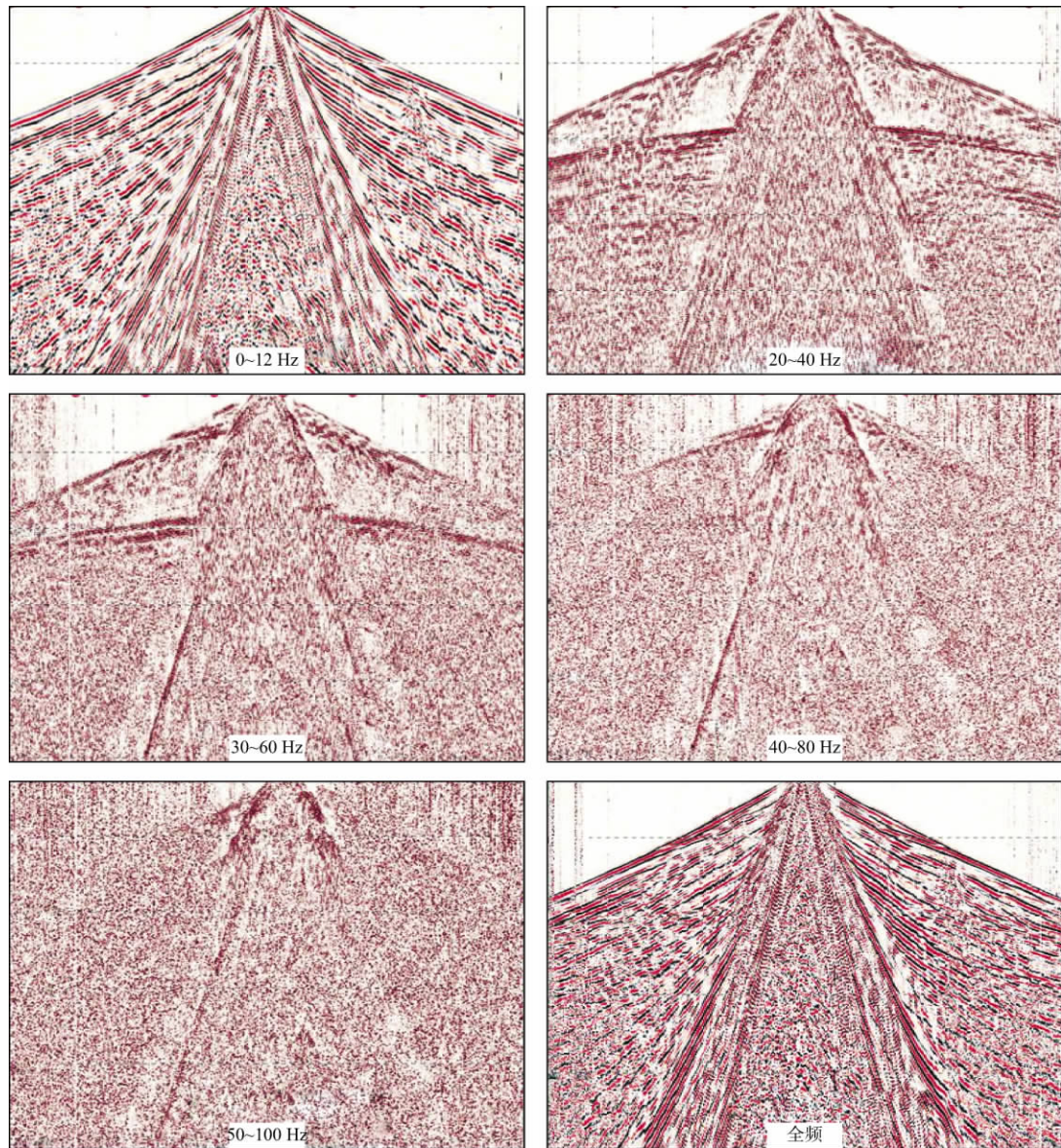


图 4 原始单炮记录频率扫描

#### 2.4 时变谱特征分析

在地震数据处理过程中使用时频分析可分析地震信号的时变特性,揭示地震数据的频率随时间变化的细节,便于实现地震数据的精细处理<sup>[2]</sup>。OMEGA 处理系统中的时变谱分析(TVSA)模块采用时窗 Fourier 变换方法估算每一个地震道的时变振幅谱和相位谱。输出与输入记录的时间轴对应,用户可定义输出频率轴的间隔。对于每一个输入道,其输出由三部分构成:输入道、功率谱和相位谱。与常规处理中使用的振幅谱相比,TVSA 提供了更加详细的时变的谱信息,有助于提高处理人员对频率-振幅特征的综合认识。时变谱分析可服务于地震数据处理的全过程,作为质量控制手段之一。

图 5 为高密度地震测线原始叠加剖面及其时

变谱,可以看出:原始叠加剖面信噪比低,主要是主频在 25 Hz 以下的面波干扰能量。

#### 2.5 自相关特征分析

作为多元统计或神经网络分类中的一类参数,地震反射波自相关特征分析多用于储层的横向预测研究<sup>[3]</sup>。我们将其用于分析噪声在横向上的变化,研究噪声的频率特征和波形特征,可以更加细致地了解噪声性质,以便更好地压制噪声。此外,地震数据的自相关也是一种有效的质量监控工具。图 6 为 SN 地区高密度地震测线共检波点记录的自相关结果,图中蓝色曲线为该检波点高程曲线,我们可以从中了解该区地震子波随地表的变化特征。在地形起伏较大处,由于沙丘鸣震和沙丘散射的影响,具有能量强,频率低的特点,是线性干扰波的特征反映。

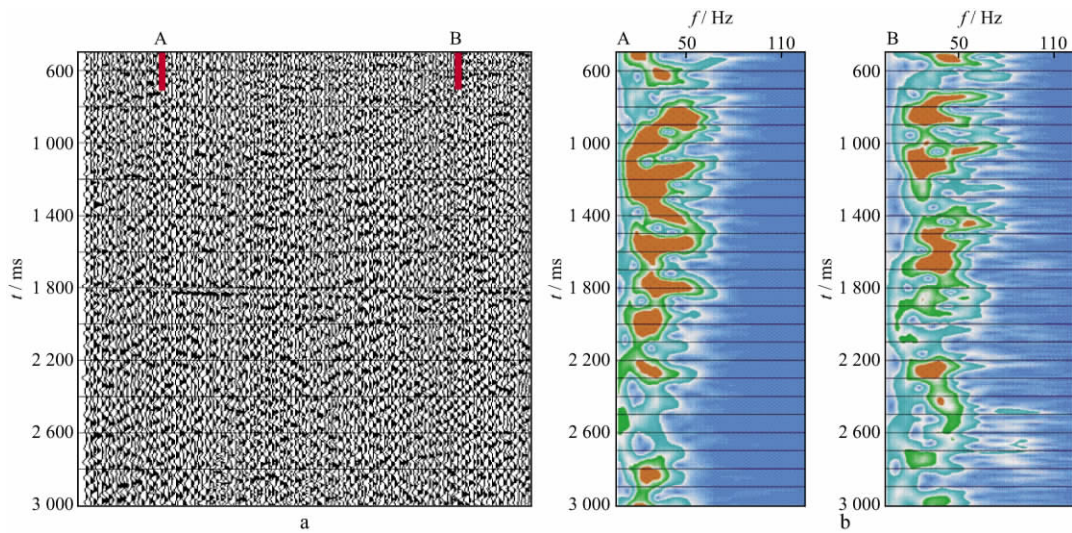


图 5 原始叠加剖面及其时变谱  
a 原始叠加剖面; b 为 A、B 所指处的时变谱

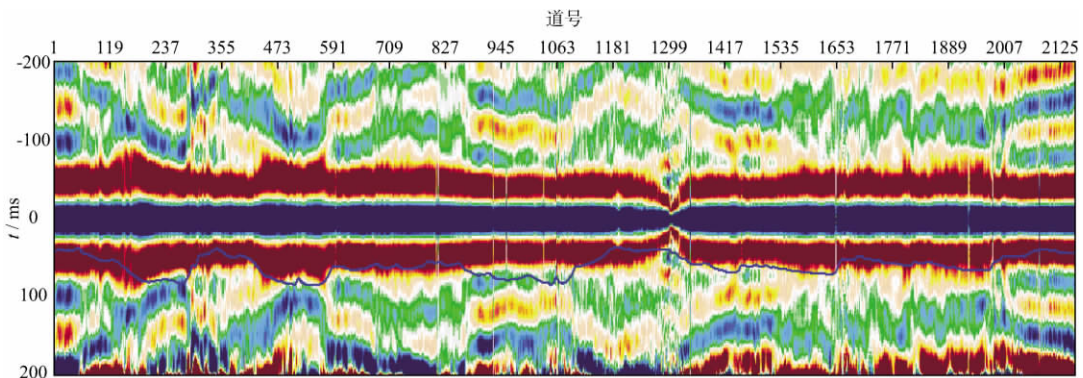


图 6 原始共检波点记录自相关结果

### 3 噪声压制技术的应用

高密度采集的原始地震记录中噪声类型多,仅靠某一种方法难以去除各种干扰。对每一种噪声特征有了充分的认识后,可以采取针对性的措施对不同的噪声采用不同的压制方法,最大限度地压制噪声,如自适应滤波、多道倾角滤波、分频高能噪声压制<sup>[4]</sup>、随机噪声衰减等。这些去噪方法可以有效地提高信噪比,为叠前各种处理,如反褶积、速度分析、静校正,以及叠前深度偏移等,奠定良好的数据基础。

除了有效的去噪方法外,如何合理地应用这些方法和建立去噪流程也至关重要,因为噪声在不同的数据集上有不同的表现方式,在哪个数据集上压制噪声需要进行细致的分析<sup>[5]</sup>。针对 SN 地区高密度地震数据及其干扰特点,我们采用如下去噪步骤:

1) 通过噪声特征分析,认识各种噪声的分布规律。

2) 根据噪声的发育规律,在适当的数据域内衰减噪声,如在共炮点域内压制面波,在共检波点域内衰减线性干扰等。

3) 根据噪声的频率特征,选择参数,分频压制异常噪声。

4) 将去噪技术与反褶积方法迭代使用,逐步提高分辨率。

5) 叠前去噪与静校正迭代应用,进一步提高信噪比。

通过大量试验分析,形成针对性的叠前去噪处理流程:

解编→预处理→野外静校正→炮域面波压制→几何扩散补偿→分频高能异常振幅压制→地表一致性振幅补偿→地表一致性反褶积→速度分析与剩余静校正→检波点域去噪→速度分析与剩余静校正→预测反褶积→炮域叠前去噪→最终叠加。

图 7 为单炮记录去噪前后效果对比,图 8 为去噪前后的叠加剖面对比,可以看到采用针对性叠前去噪技术很好地压制了各种噪声,使资料信噪比得到了提高。

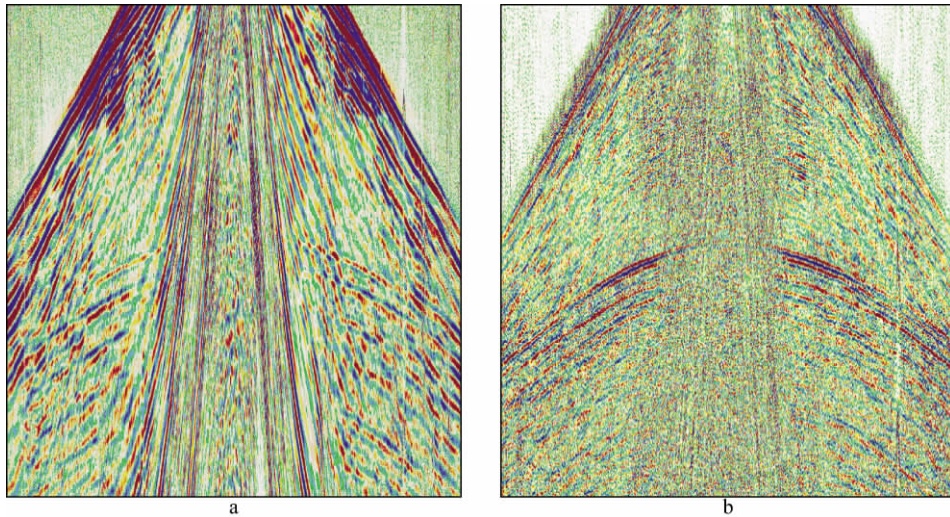


图 7 原始单炮去噪前(a)后(b)对比

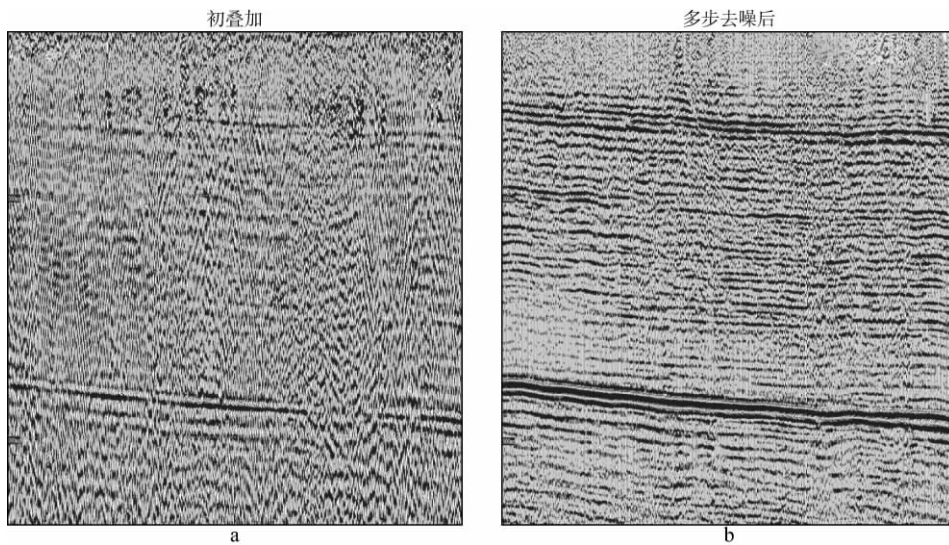


图 8 去噪前(a)后(b)叠加剖面对比

## 4 结论

低信噪比是高密度采集数据的特点之一,在数据处理中,必须对数据中的噪声特征有较详细的认识,采取相应的措施进行压制。在 SN 地区高密度数据处理技术的探索过程中,我们针对该区资料的特点,总结了一套噪声分析方法并形成了配套的叠前去噪技术,在实际资料处理中见到了良好的应用效果。对于复杂地区地震数据,还需要借助正演模型和层析理论做大量的分析,通过对噪声和信号传播机理的研究,进一步认识噪声的规律,提高针对

性去噪技术的应用效果。

## 参 考 文 献

- 1 曹务祥. 高空间密度采样资料分析[J]. 勘探地球物理进展, 2006, 29(3): 178~182
- 2 蔡希玲, 吕英梅. 地震数据时频分析与分频处理[J]. 勘探地球物理进展, 2005, 28(4): 265~270
- 3 蔡希玲, 刘学伟, 王彦娟, 等. 地表一致性统计相关分析法及其应用[J]. 石油物探, 2006, 45(4): 390~396
- 4 蔡希玲. 声波的强能量干扰的分频自适应检测与压制方法[J]. 石油地球物理勘探, 1999, 34(4): 373~380
- 5 熊翥编著. 复杂地区地震数据处理思路[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002. 70~76

(编辑: 戴春秋)