

伊克昭盟高分辨率地震勘探技术的应用效果

欧阳永林 冯 琪 张静华 于 敏

(石油勘探开发科学研究院廊坊分院, 河北廊坊 102801)

高分辨率地震勘探是一项系统工程。在伊克昭盟地区高分辨率地震勘探中应用频谱整形高频提升补偿及高采样等保护高频信号; 处理方面应用叠前高精度静校正技术、去噪技术、叠后子波处理技术等, 使剖面信噪比提高, 主频增高, 频谱增宽。高分辨率地震勘探应用效果明显, 主要表现为: (1) 分辨薄层能力提高; (2) 剖面显示能力增强; (3) 使构造解释更加准确。

关键词 伊克昭盟 地震勘探 高分辨率 频谱整形 高频补偿 静校正 子波处理 应用效果

第一作者简介 欧阳永林 男 37岁 高级工程师(硕士) 综合勘探

高分辨率地震勘探是一个系统工程, 包括高分辨率地震采集、资料处理和解释三大部分。

1 采集方法

地震勘探的分辨率是由地震波的频谱决定的, 即地震波的主频高, 频谱宽分辨率就高^[1]; 而噪声又是影响分辨率的关键因素^[1], 欲使分辨率高, 必须噪声小。就地震采集而言, 须注意3方面的问题: (1) 由于高频能量被地层强烈吸收, 反射回的地震能量损失严重, 在采集过程中须进行补偿; (2) 环境噪声多为高频, 严重干扰高频信号, 必须压制高频噪声提高高频端的信噪比; (3) 要有足够小的时空采样间隔以满足高分辨率采集的要求。

1.1 高频补偿技术

1.1.1 频谱整形高频提升补偿

频谱整形滤波器对高频信号很有利, 它的作用相当于一个正反馈放大器, 其反馈量随信号频率的增加而增加。这样在A/D转换器前就扩展了信号的频带宽度, 对高频信号进行补偿。在I/D系统Ⅱ中, 频谱整形滤波设有3个终了补偿量, 最终能补偿12 dB, 18 dB和24 dB。

在原始记录宽频显示上虽看不到明显差别, 但随着分频挡的提高, 加频谱整形记录明显好于不加频谱整形的记录。

1.1.2 提高前置放大器低截频补偿

为了提升高频和压制低频, 最方便而有效的办法是提高前置放大器的截止频率^[2]。提高前置滤波器的高截频率, 扩宽仪器的通频范围, 有利于高频记录, 就是说采用大陡度低截频有利于提升高频。

1.1.3 高频检波器补偿

地震采集中, 常规检波器在自然频率以下的输出是按一定速度衰减的, 自然频率以下的

情况类似于前放滤波的低截端,随频率增加而输出增加。因此检波器的自然频率提高有利于高频,这就是高分辨率地震采集要求的高频检波器。

1.2 高频信号保护

提高高频信号能量,拓宽频带,是提高分辨率的先决条件,那么如何能将微弱的高频有效信号记录保护下来,而后进行高频段有效信号提取是目前急待解决的问题,因此,高频信号录制是至关重要的环节。

1.2.1 高瞬时动态,24位A/D模数转换

14位浮点仪器动态范围84 dB,假设高频弱信号在记录中至少4个2进制位(15个值),那么强低频信号和弱高频信号的振幅相对差为10个2进制位为 2^{10} ,即60 dB;而24位模数转换器可记录 $0.5\mu\text{V}\sim 8\text{V}$ 信号,其动态范围 2^{24} 即144 dB,高、低频信号能同时记录下来的极限值为 2^{20} ,即120 dB。

1.2.2 高采样率

按采样定理及仪器性能: $\Delta t=2\text{ms}$,高截频为125 Hz; $\Delta t=1\text{ms}$,高截频为250 Hz。高采样率能有效保护高频信号。

1.3 激发因素的合理选择

在地震勘探采集过程中,接收和激发都是关键环节,但二者相比激发地位显得更重要,在高分辨率地震勘探中表现得尤为突出。如何合理选择激发参数则成为十分重要的一环:

(1) 利用微地震测井方法,井底安置检波器,直接提取地震子波,通过对不同激发井深及不同药型激发时,压缩地震子波拓宽频带的影响,做定量的频谱分析,以压缩地震子波拓宽频带为依据,合理选择激发井深和药型。

(2) 坚持先小炮,后大炮的施工顺序,绘制岩性结构剖面图,结合潜水面分布图和资料品质预测图,以及地震子波波形和频谱分析结果,提前确定井深范围。激发井深选择在灰色或灰褐色泥质砂岩中,同时野外依据任务书,一看地形,二看岩性,三定井深,确保在潜水面以下激发。

(3) 采用细长药柱顶部激发和适中药量,可确保高频段有效信息有一定信噪比。

1.4 接收因素的合理选择

对高分辨率勘探而言,主要克服的是高频随机干扰。因为高频随机干扰不但能量强而且正处于有效反射频段内,即使计算机今后的处理也比较难以消除,直接影响着高频 S/N 比,因而采取如下手段:首先,检波器采用小面积组合;其次,埋置好检波器,使之与地面藕合。

2 处理技术

通过对比分析,结合伊克昭盟实际,选出了几项适合该区资料高分辨率处理的方法和流程(图1),取得了较好的效果。

2.1 高精度静校正

高精度静校正技术是高分辨率地震勘探的关键环节之一,是保障高精度速度分析、高精度动校正,实现小时差或无时差

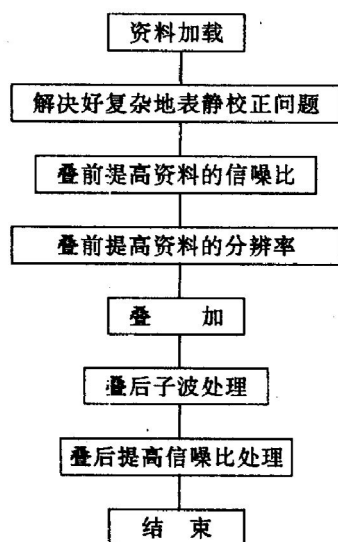


图1 伊克昭盟地震高分辨率资料处理流程图

叠加, 从而提高分辨率的基础。伊克昭盟地表条件极为复杂, 属于山地、黄土塬、沙漠的过渡地带, 地表条件变化大, 给资料处理造成了非常严重的静校正问题。在处理中采用人工交互拾取初至进行折射波静校正与反射波自动剩余静校正的交替使用的技术, 最终很好地解决了静校正问题。

解决好静校正这一步在常规处理中是反褶积之后叠加之前才做, 现在把这一步提前到处理的开始阶段。这样做工作量无疑要加大许多, 如振幅补偿、速度分析、动校正、叠加对比及效果分析等工作, 后续处理还得再次运行。该步骤次序的改变主要表现在, 它为叠前提高信噪比处理打下了好的基础。因为, 提高信噪比的方法, 绝大多数都是采用统计的方法, 提前解决好静校正问题, 即提高了有效信号的空间相关特性, 为提高信噪比处理方法的应用创造了条件。

2.2 叠前提高资料信噪比

目前, 取得共识的一种观点是, 没有高信噪比就没有高分辨率。在处理中, 采用在共偏移距道集中做随机噪声衰减的处理方法。这样做减小了像在共炮集或共 CMP 道集中做噪声衰减的处理需要动校正的环节, 因为中间环节一多, 不确定因素即多, 如速度不准等因素。

2.3 叠前提高分辨率

从众多的反褶积方法及技术中, 通过对各种方法理论基础分析及大量的试验对比, 选用了在共炮点上分别做统计脉冲反褶积的方法, 在反褶积前后均不对其主频做限制, 对资料的全频做补偿及拉平。

2.4 叠后子波处理

叠加对频率具有低通高截的效应, 这是众所周知的, 原因在于速度、拉伸、地表条件等因素的影响, 这是叠后进行子波处理再次提高分辨率的道理所在。为使资料的品质得到进一步的改善, 在叠后主要做了以下子波处理:

2.4.1 谱模拟反褶积

这是一种多项式对地震记录的振幅谱进行拟合, 以此拟合曲线作为地震子波振幅曲线, 并用它重建地震子波时间信号的方法。该方法突出优点在于它能适用于反射层的间隔减小到相关长度时的情况, 而这时常规反褶积的结果会明显变坏。

2.4.2 蓝色滤波

反褶积追求的目标是使子波的谱白化。目前, 广泛的认识是有效波反射系数不是白噪的, 即其功率谱不是平的, 并且通常认为高频成分多于低频成分。本方法是通过自回归模型对有效波的振幅谱进行补偿, 它克服了反褶积输出具有白噪谱的假设条件, 认为反射系数的振幅谱是有色的, 即蓝色, 通过 ARMA 参数估计, 求得蓝色滤波器。经过滤波, 使得地震数据的保真度有所提高, 特别是细微特征得到明显改善。

通过上述处理后, 可得到主频达 70~80 Hz, 频宽 10~125 Hz, 信噪比高的高分辨率剖面图。

3 资料解释及效果

高分辨率资料解释方面, 除了充分发挥由于分辨率的提高带来的优越性外, 很重要一方面就是如何挖掘宽频带的地震资料所包含的丰富的地球物理信息, 进行储层和油气分布的预测。为此宽带约束反演(BCI)技术、人工神经网络模式识别技术、分形参数和小波分析参数等

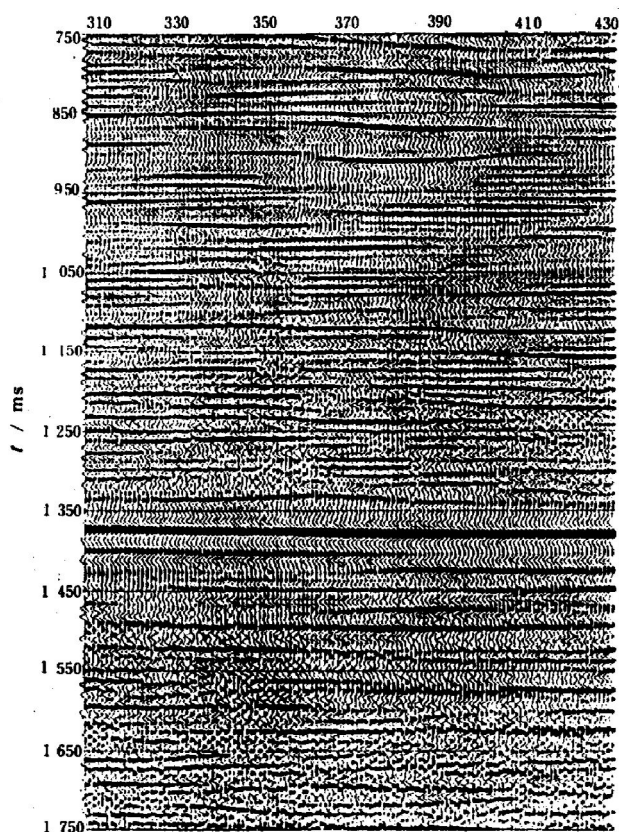


图2 高分辨率剖面

高分辨率剖面在上古生界目的层纵向分辨率由原来的30 m,提高到了现在的15 m左右;在下古生界目的层由原来的57 m以上,提高到了现在的30 m左右。在上古生界通过宽带约束反演,高分辨率剖面可以把视分辨率提高到10 m左右。

3.2 地质显示增强

常规地震剖面上奥陶系风化壳侵蚀沟等不能反映,而高分辨率剖面上比较清晰。 T_{10} 和 T_{10}^2 反射在高分辨率剖面上特征清楚,而在常规剖面上则不能揭示。两个反射层之间为马家沟组四段的厚层豹斑灰岩(200 m左右)的弱-空白反射, T_{10}^2 和 T_{10} 的特征清楚,为研究下古生界各段的分布及尖灭提供条件。

3.3 构造解释精度提高

应用高分辨率剖面结合老资料对伊克昭盟北部构造进行重新解释后,发现了伊克昭盟北部构造圈闭是大面积、高幅度构造,而非过去的小幅度、小面积圈闭。黑劳潮构造用常规地震剖面解释的 T_1 圈闭面积为59.9 km²,幅度62.5 m; T_2 为3.5 km²,幅度12.5 m。通过高分辨率地震结合常规地震剖面解释后,原黑劳

的应用,对储层预测和油气检测取得了较好的地质效果。

3.1 高分辨率剖面比常规剖面频带宽,主频高,分辨地层厚度的能力增大

高分辨率剖面浅层视频率达80~100 Hz,2500~3000 m深度,达60~80 Hz(图2),而常规剖面只有25~35 Hz。在频谱图上,常规剖面频带15~35 Hz,高分辨率剖面频宽10~125 Hz(图3)。

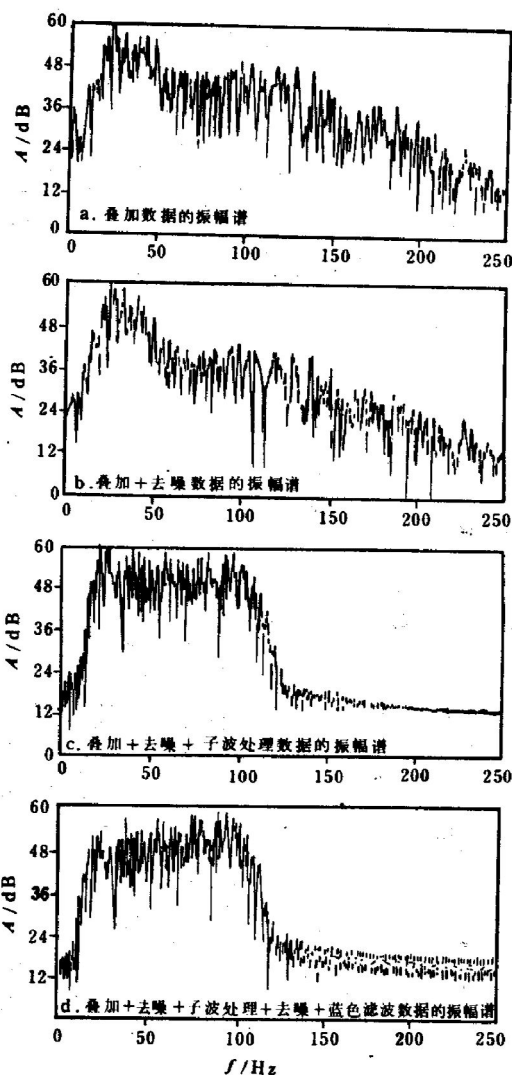


图3 叠后各处理结果振幅谱对比图

潮构造和哈边汗庙构造连为一体, 圈闭面积达到 114.7 km^2 , 幅度为 $100 \sim 120 \text{ m}$ 。

参 考 文 献

- 1 愈寿朋. 高分辨率地震勘探. 北京: 石油工业出版社, 1993. 1~189
- 2 李庆忠. 走向精确勘探的道路. 北京: 石油工业出版社, 1993. 1~196

APPLICATION EFFECT OF HIGH RESOLUTION SEISMIC EXPLORATION IN IH JU LEAGUE

Ouyang Yonglin Feng Qi

Zhang Jinghua Yu Min

(Langfang Branch, Research Institute of Petroleum Exploration &
Development, CNPC, Langfang, Hebei)

Abstract

High resolution technique in seismic exploration is a systematic engineering. In high resolution seismic exploration made in Ih Ju League, spectrum shaping, high frequency promotion and compesation, high sample rate methods were adopted to preserve high frequency signals; in seismic processing, pre-stack precise static correction, noise eliminating and post-stack wavelet processing were used to improve signal/noise ratio, heighten master frequency and widen spectra. This technique has been proved to be effective especially in: 1. improving lamina resolution acuity; 2. increasing profile displaying ability; 3. improving the accuracy of structure interpretation.