

# Processing Technology of Complex Mountain Seismic Data

Xian Du Jiawen Niu Linxuan Du

CNOOC EnerTech-Drilling & Production Co., Tianjin, 300459, China

## Abstract

The mountainous area of Papua New Guinea are located in the piedmont zone of Papuan fold belt in the Papua basin. In this area, the wave field is seriously attenuated and destroyed, the secondary interference of two-dimensional seismic data is serious, the signal-to-noise ratio of data is very low, and the static correction is large. According to the characteristics of seismic data in seismic data processing, it is suggested to adopt proper data processing technologies and means including establishment of uniform floating datum net and interactive iterative refraction static correction, regional anomaly amplitude attenuation, surface consistency compensation, interactive stacking velocity, protection of shallow layer information, the attenuation of random noise, radial prediction filtering technology and so do. The result demonstrates that the seismic profile with high signal-to-noise ratio can be obtained.

## Keywords

Papua New Guinea; mountainous seismic data; static correction; signal-to-noise ratio; seismic profile

## 复杂山地地震资料处理技术

杜贤 牛佳文 杜林轩

中海油能源发展工程技术公司, 中国·天津 300459

## 摘要

巴布亚新几内亚山地位于巴布亚盆地 Papuan 褶皱带上的山麓地带, 波场受到衰减和破坏严重, 二维地震资料次生干扰严重, 资料信噪比极低, 静校正量大。针对该区的地震资料特点, 在地震资料处理中, 采用建立全区统一浮动基准面网与交互叠代折射静校正, 区域异常振幅衰减, 地表一致性补偿, 人工交互拾取叠加速度, 保护浅层信息, 衰减随机噪音, 径向预测滤波等技术为主的处理流程与手段。得到了较好的处理效果, 为地质解释人员提供了较高信噪比的地震剖面。

## 关键词

巴布亚新几内亚; 山地; 静校正; 信噪比; 地震剖面

## 1 引言

巴布亚新几内亚山地位于巴布亚盆地 Papuan 褶皱带上, 位于海拔高度超过 1000 米的山麓地带, 并且被厚度约为 1000 米的喀斯特石灰岩所覆盖, 地表条件复杂, 地表地形起伏剧烈, 沟壑纵横, 主要为山地和峡谷, 海拔 1100–2700m 短距离内高程差变化大, 近地表的几百米喀斯特灰岩形成的岩洞和裂缝会造成地震波散射而衰减和破坏波场; 浅层几百米喀斯特灰岩速度 2000–3000m/s, 而下覆灰岩速度 4000–5000m/s, 随着地层埋深度变大, 速度变化由大到小, 与常规地球物理处理模型相反, 处理时对速度谱能量团的拾取比较困难, 极大影响地震剖面处理成像质量<sup>[1]</sup>。同时, 复杂的表层地震条

件使原始记录上多次折射, 次生干扰严重很重, 资料信噪比极低, 用常规的处理流程难以取得好效果。结果反复分析试验, 认为处理该地区的方法, 除了做好基础工作, 取准取好各种参数外, 关键是使用好静校正方法, 求准静校正量, 采用有效的方法压制各种干扰波, 提高信噪比, 采取这一思路制定流程, 收到了较好的处理效果。

## 2 处理方法

### 2.1 静校正方法

静校正的问题几乎是所有复杂地区地震勘探所面临的一个主要问题, 做好静校正正是这类问题地区资料处理取得好效

果的关键<sup>[2]</sup>。根据巴布亚新几内亚山地地震资料静校正问题的特点。将静校正问题分为二步做,即先建立全区统一浮动基准面网,解决大的静校正问题,再做交互叠代静校正进一步缩小静校正量值。

### 2.1.1 建立全区统一浮动基准面网

常规静校正是对地震道进行的时移校正,是为了消除地表低速带厚度的横向变化引起的影响。山地地形高差大,当采用统一基准面做地形校正时,校正层的厚度,岩性变化都很大。在此情况下,必须考虑波的入射和出射射线偏角的影响,若再按基于射线直上直下的方法做校正,将产生很大的误差。充分利用小折射资料,用小折射点和纵横测线交点做为控制点,将低速带与高速带的分界面做为浮动基准面,建立全区统一的浮动基准面网,利用常规静校正公式作浮动基准面静校正

$$t = h_1/v_1 + h_2/v_2 - (h_1 + h_2) - f + f_d/v_f \quad (1)$$

式中,  $h_1$ ,  $h_2$  为低速层的厚度,  $v_1$ ,  $v_2$  为低速层的速度,  $f$  为地表高程,  $f_d$  为浮动基准面高程,  $v_f$  为替换速度,在本工区为 4000m/s。

将测线校正到全区统一的浮动基准面网上,这样就基本解决了较大的静校正问题,以及测线的闭合差问题,又减少了校正层的厚度,从而减少静校正和动校正误差。理论和实践证明,建立全区统一的浮动基准面网后,处理效果更好。

### 2.1.2 交互叠代折射静校正

常规的静校正处理,解决了资料中长波长的静校正问题。但其先天条件是时间延迟只与地表位置有关而与传播路径无关。巴布亚新几内亚山地地表高程变化大,低速带的厚度与速度变化也大,这些因数引起的静校正问题是无法用常规静校正方法解决的。为了进一步提高静校正精度,必须利用初至波信息作折射静校正,解决短波长的静校正问题<sup>[3]</sup>。

假设折射界面为水平或倾角平缓,那么初至旅行时炮检距域应是一致或缓慢变化,对  $S_j$  炮中某一道  $R_i$  来讲,其初至旅行时如假设为  $t_1$ ,在同  $S_j$  相邻的几炮中,假设与  $R_i$  有相同炮检距的其它各道初至旅行时的均值为  $t_2$ ,由此,可以得到  $(S_j, R_i)$  道的静校正量是  $t_1 - t_2$ 。同理,可以得到所有地震道的静校正量<sup>[3]</sup>。同样假设在炮集内,检波点的静校正量是随机的,在检波点道集内,炮点的静校正量也是随机的。这样,

就可以得到各个炮点与检波点的静校正量并进行静校正。

### 2.1.3 地表一致性反射波剩余静校正

当做完了野外静校正和折射静校正后,剖面中仍然存在残余静校正量。它对同一个 CDP 道集内各反射波到达时的影响不一致,使得动校正后共中心点道集反射波无法同相叠加,影响叠加效果。反射波剩余静校正主要是解决短波长静校正问题<sup>[4]</sup>。在做剩余静校正处理时,要注意时窗的选取和最大相关时移量的选取对剩余静校正的影响。

(1) 选取时窗。剩余静校正通常是在指定的时窗内计算并把计算结果应用于整个记录道,为了使得到的剩余静校正值能真正反映记录道中的剩余时差,需要把分析时窗放在反射波能量强,连续性好、波形稳定的平缓反射层上。

(2) 选取最大相关时移量。最大时移量是做道相关时所允许的最大时间偏离值,其大小最好是在 24 ~ 48ms 之间,最大不超过 100ms。在剩余静校正较大的情况下,大的时移校正量会出现周期性跳跃的情况;而小的时移校正量,则需要增加循环的次数以便获得最大剩余静校正量。因此应该选取适中的时移校正量,且每循环一次,须做一次速度分析,确保速度准确。

### 2.1.4 最终基准面校正

叠加之后,利用已求取的最终基准面静校正量将叠加剖面校正到最终基准面上,同时对叠加速度进行最终基准面校正。

## 2.2 压制干扰波

巴布亚新几内亚山地地震原始资料各种干扰波特别发育,干扰波能量强,信噪比低,为压制各种干扰波,提高信噪比,在资料处理中,主要采取以下做法。

### 2.2.1 区域异常振幅衰减

区域异常振幅衰减的主要目的是消除地震记录中的野值、感应及坏道。采用的是一种地表一致性处理方法。其原理是根据有效反射的形成机制,在含噪音信号的振幅值大于实际信号振幅的基础上,应用高斯地表及地下一致性处理技术,将地震道时窗内的地震进行四分量分解计算,用求出新的均衡因子对地震道进行振幅均衡处理。这种方法能有效地压制野值,且原始记录波形不失真,频率成分损失小,代替了部分人员剔除坏道,野值的工作。

### 2.2.2 应用 F-K 速度滤波

应用 F-K 速度滤波是压制频率成分与反射波相近而视速度有较大差异的规则干扰波的有效手段。在地表高差较大和地表起伏剧烈的地区,多次折射波很严重,应用 F-K 滤波能收到较好的效果。为了提高记录中各种干扰波的同相性和相干性,使用 F-K 滤波在记录进行基准面校正与自动剩余静校正后使用。

### 2.3 振幅处理

由于野外激发条件和接收条件有变化,使得炮与炮之间,道与道之间的能量极不均匀。为消除这种激发、接收条件变化带来的反射振幅横向变化,在对原始数据做振幅处理时,所用方法是先对数据做球面扩散补偿,然后再做地表一致性振幅补偿。

### 2.4 反褶积

对于低信噪比资料。我们在应用反褶积时,即要兼顾资料的信噪比又兼顾提高分辨率。通过反复试验表明,用预测反褶积和谱调整效果较好。预测反褶积是用预测的方法,根据地震记录的有效波和干扰波信息预测出纯干扰部分,从而得到已消除干扰波后的有效波的信息。它有两方面应用,一是当多次波发育时,取多次波的周期为预测距离,从而达到压制多次波的目的;二是压缩地震子波,从而提高地震资料的分辨率。对于低信噪比资料,突出信噪比相对较高频段的信息成分更显得重要,这可以通过谱调整方法实现。

### 2.5 用高精度人工交互拾取叠加速度

速度选取精度直接关系着共中心道集的叠加速度。采用高精度交互速度分析方法。不仅可方便地拾取叠加速度,还可以利用动校正后的道集,速度扫描叠加段,常规速度扫描,速度剖面等进行速度选取质量跟踪控制,以求得最合适的叠加速度。在检查速度的横向上的处理中,进行了三次速度分析和三次剩余静校正叠代。

### 2.6 衰减随机噪音

巴布亚新几内亚山地无数山沟是地震勘探的次生干扰源。它们所产生的次生干扰一部分具有较好的相干同相性,另一部分是不规则的随机干扰。一般处理流程中,叠前干扰压制主要针对规则干额,依据干扰波与有效反射波频率或视速度上的差别,分离压制干扰波,而随机噪音的压制则主要靠叠

加和叠后去噪。但对于本区原始信噪比较低的资料,仅靠叠加和叠后去噪难见到好效果。为提高叠加剖面信噪比,在叠前炮集记录上应用频率-空间域预测方法对随机噪声进行压制,这样,在较大程度上改善了叠加输入数据的信噪比<sup>[5]</sup>。

### 2.7 径向预测滤波

由于叠前规则干扰不能做的十分彻底,残余干扰的存在使叠加剖面上常出现与反射波同向轴有交角的席状干扰<sup>[6]</sup>。为消除这种干扰,提高叠加剖面信噪比,在叠后应用径向预测滤波。径向预测滤波是通过增强给定倾角范围内的反射波的相干性来达到增强有效波能量。

## 3 效果分析

对该区资料用上述的方法处理,得到满意的效果。如图 1 所示,是按常规方法处理得到成果剖面,如图 2 所示,是论文叙述方法处理得到的成果剖面,浅层得到较好的有效反射层,中深层反射层连续性增强,基地反射特征清楚,地质构造清晰,地震现象丰富。

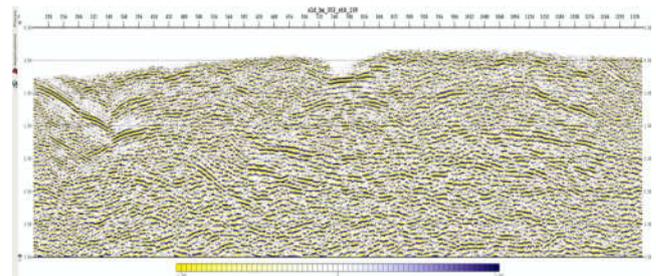


图 1 按常规方法处理的成果剖面

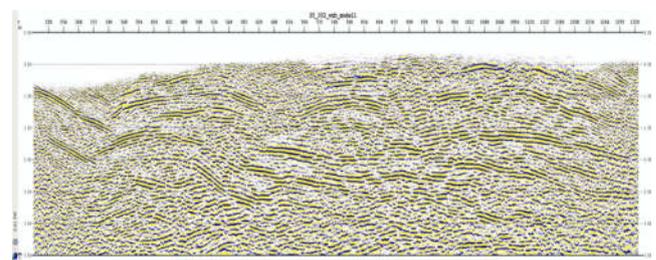


图 2 按本文叙述的方法处理的成果剖面

## 4 几点认识

通过对该区的资料处理,有以下几点认识:

(1)复杂山地资料处理,解决好静校正是最关键的问题。建立全区统一浮动基准面网与叠代折射静校正联合使用是一种有效的方法。

(2) 要压制干扰,提高资料的信噪比,用区域异常振幅衰减能有效消除野值、感应及坏道,用F-K速度滤波能消除规程干扰。对低信噪比资料,只有在叠前有效压制干扰的基础上才能提高资料信噪比,才能有效地进行叠加速度分析及剩余静校正量的求取。

(3) 对复杂地表条件下采集的山地低信噪比资料的处理,分析工作非常重要,要找准关键技术问题,并根据问题的性质和特点,寻找合适的解决方法,只有这样才可能得到满意的效果。

### 参考文献

- [1] 熊翥. 中国西部地区物探工作的思考[J]. 石油地球物理勘探,2000,(35):257-270.
- [2] 熊翥. 复杂地区地震数据资料处理思路[M]. 北京:石油工业出版社,2002.52-55.
- [3] 华勇. 折射层静校正方法及其应用效果[J]. 勘查地球物理进展,2012,25(5):52-77.
- [4] 林伯香,孙晶梅,刘清林. 层析成像低速度带速度反演和静校正方法[J]. 石油物探,2002,41(2):136-140.
- [5] 国陇予,刘财,刘洋. 滤波类方法衰减地震数据噪声[J]. 地球物理学进展,2018,33(05):1890-1896.
- [6] 朱小三,高锐,李秋生,管焯,卢占武,王海燕. 深反射地震数据的噪音衰减方法综述[J]. 地球物理学进展,2013,28(06):2878-2900.