

# Study on Application of Seismic Data Processing Technology in Berkine Basin

Qiwei Wang

Sinopec Geophysical Corporation, Beijing  
Email: [hd-wangqw.osgc@sinopec.com](mailto:hd-wangqw.osgc@sinopec.com)

Received: Jun. 4<sup>th</sup>, 2020; accepted: Jul. 6<sup>th</sup>, 2020; published: Sep. 15<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

The seismic data in Berkine basin is characterised by strong liner interference, random noise and different multiple waves. The data quality is affected by complex underground structure, such as pinch outs, subtle faults and so on. We use linear noise attenuation technique to remove interference wave, multiple wave suppression technology to suppress multiple reflection wave, and prestack time migration technology to improve lateral resolution of seismic data. Besides, we use post-stack high resolution processing technology to further improve the quality of seismic record. Through the application of these effective data processing steps, the resolution and signal-to-noise ratio of seismic geophysical data have been significantly improved, especially the quality of the in-phase axis of the target layer.

## Keywords

Seismic Data Processing, Noise Attenuation, Prestack Time Migration, Q Compensation, Time-Varying Band-Pass Filtering, Berkine Basin

---

# Berkine盆地地震数据处理技术应用研究

王齐伟

中石化地球物理有限公司, 北京  
Email: hd-wangqw.osgc@sinopec.com

收稿日期: 2020年6月4日; 录用日期: 2020年7月6日; 发布日期: 2020年9月15日

## 摘要

针对Berkine盆地地震数据强烈的线性和随机噪声、不同类型的多次波、复杂的构造、尖灭和小断层等特点, 分别采用线性噪声衰减技术去除干扰波, 多次波压制技术压制多次反射波, 叠前时间偏移技术提高地震数据的横向分辨率, 以及叠后高分辨率处理技术进一步改善地震记录的品质。通过在Berkine盆地油田实际数据应用, 地震物探资料的分辨率和信噪比得到明显提高, 特别是目的层同相轴品质明显改善。

## 关键词

地震数据处理, 噪声衰减, 叠前时间偏移, Q补偿, 时变带通滤波, Berkine盆地

Copyright © 2020 by author(s), Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

阿尔及利亚是非洲地区为数不多的优质油气勘探开发市场, 自阿尔及利亚开放国际勘探市场以来我公司陆续开展了许多地震勘探项目。Berkine 盆地位于阿尔及利亚东部地区, 分布面积广, 是该国的一个大型地质构造, 该构造油藏丰富, 很多地震勘探项目围绕此构造进行, 油气主要聚集在下泥盆系、志留系的泥质砂岩, 深度超过 3000 m。由于该地区勘探开发程度不高, 前期可以作为参考的地质资料不多。本文对 Berkine 盆地的项目采集资料进行处理研究, 针对其资料特点探讨适合该构造的地震资料处理方式, 为该地区勘探开发油气提供坚实的基础。

## 2. 地震数据处理关键技术

地震勘探包括数据采集、数据处理和数据解释三大环节, 其中地震数据处理是整个地震勘探研究中的重要环节, 它可以提高地震数据的信噪比、分辨率和保真度, 为后续的地震解释提供可靠的地质构造和岩性信息。通过细致分析 Berkine 盆地地震数据的品质, 针对地震数据存在的问题, 主要采用了线性噪声和随机噪声衰减技术、Q 补偿技术、叠前时间偏移技术和叠后高分辨率处理技术改善地震记录的品质, 具体处理技术如下:

## 2.1. 线性噪声衰减技术

Berkine 盆地的地表覆盖大面积的沙漠和丘陵, 线性干扰严重。线性噪声在单炮记录上的主要特征是它具有一定的视速度和频带范围, 与有效反射波的差别在于视速度的范围不同[1] [2]。针对原始地震数据, 通过分析有效信号与线性噪声之间的视速度差异来压制线性噪声, 常用的有 F-K 滤波、F-X 预测去噪、T-X 预测去噪等方法[3]。在本文中, 采用使用最广泛的 F-K 滤波, 该方法根据线性噪声的视速度范围, 设定参数形成一个二维扇形滤波器, 然后对地震数据在频率波数域进行切除, 这样既压制了噪声, 又保留了有效波。

图 1 为线性噪声衰减前后的对比图, 其中图 1(a)为原始单炮记录, 图 1(b)为线性噪声衰减后的单炮记录, 可以看出, 线性噪声得到了明显的压制, 去噪后的单炮记录上反射波的能量得到了显著增强。

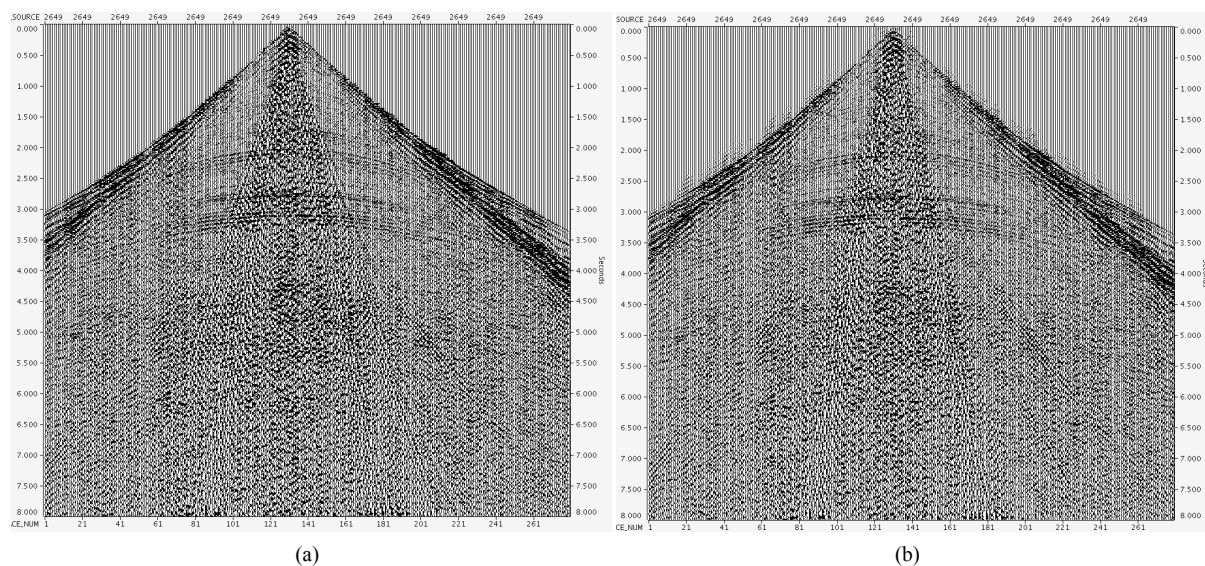


Figure 1. Comparison diagram of before (a) and after (b) linear noise attenuation

图 1. 线性噪声衰减前(a)、后(b)对比图

## 2.2. 多次波压制技术

除了线性噪声, 地面小山包及建筑物造成的多次波干扰也较为明显。目前多次波的压制主要有两类方法[4] [5]: 第一是预测法, 此类方法根据地震波动理论, 利用已有地震数据预测多次波, 并将其去除; 第二是根据一次反射波与多次反射波的特征差别将两者区分出来, 并进行压制, 主要有  $\tau$ - $p$  变换、拉东变换以及聚束滤波法等。本文主要采用  $\tau$ - $p$  变换法压制多次波, 把  $x$ - $t$  域的原始单炮记录进行  $\tau$ - $p$  变换, 多次波在每一个射线参数  $p$  上均具有良好的周期性; 然后在变换域对地震数据进行预测反褶积, 并将多次波压制后, 再进行反变换, 此时的单炮记录只含有一次波[5] [6]。

$\tau$ - $p$  变换的公式为[7]:

$$m(p, \tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} d(x, t = \tau + px) dx \quad (1)$$

由上式可知: 在  $\tau$ - $p$  变换中, 斜率  $p$  和截距  $\tau$  定义了一条直线轨迹, 其中斜率  $p$  为水平射线参数,  $\tau$ - $p$  变换的过程实质上是沿该线性轨迹求和的过程。在  $x$ - $t$  域的记录上, 在地震反射同相轴的任意点作切线, 则在  $x = 0$  时的截距  $\tau$  和切线斜率就确定了该点在  $\tau$ - $p$  域的位置。

图 2 为在 CMP 道集内进行多次波压制前后的对比图,其中图 2 (Before)为原始 CMP 道集,图 2 (After)为多次波压制后的 CMP 道集,图 2 (Removed)为去掉的多次波,可以看出,  $\tau$ -p 变换法有效压制了多次波,多次波消除后的 CMP 道集内一次反射波的能量得到相对增强。

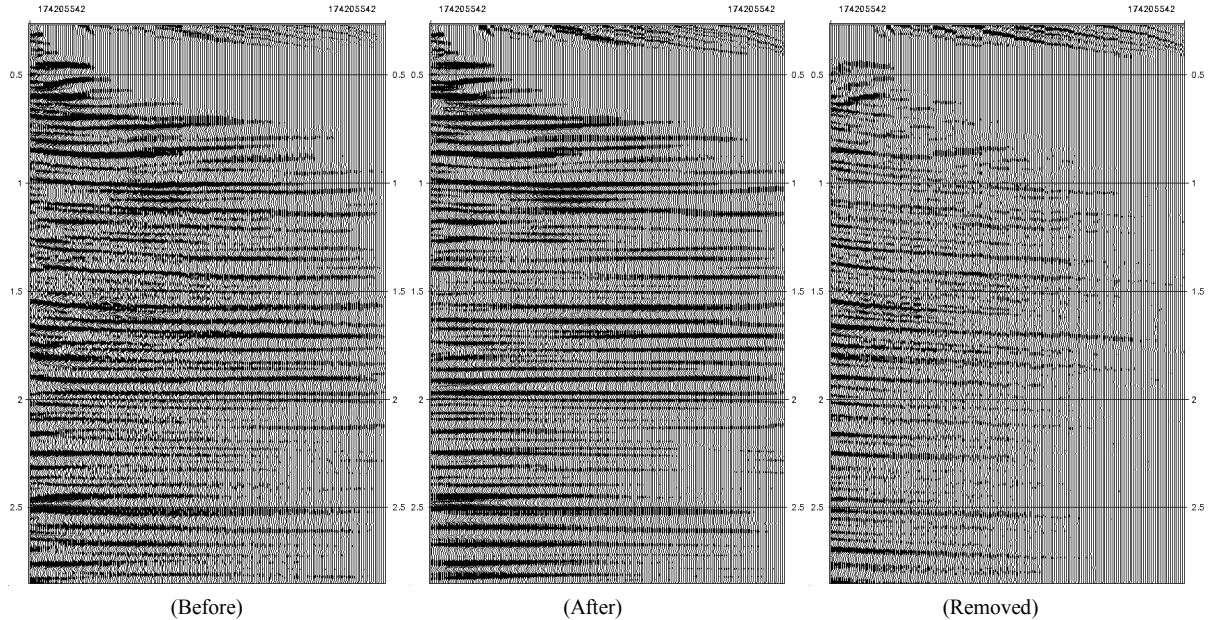


Figure 2. CMP channel multiple - wave suppression before and after comparison diagram

图 2. CMP 道集多次波压制前后对比图

### 2.3. 叠前时间偏移技术

为了提高地震记录的横向分辨率,采用 Kirchhoff 积分叠前时间偏移技术,该方法具有高精度、快速和灵活性等特点,在实际生产中得到了广泛的应用。

假设均匀各向同性完全弹性介质的声波方程为:

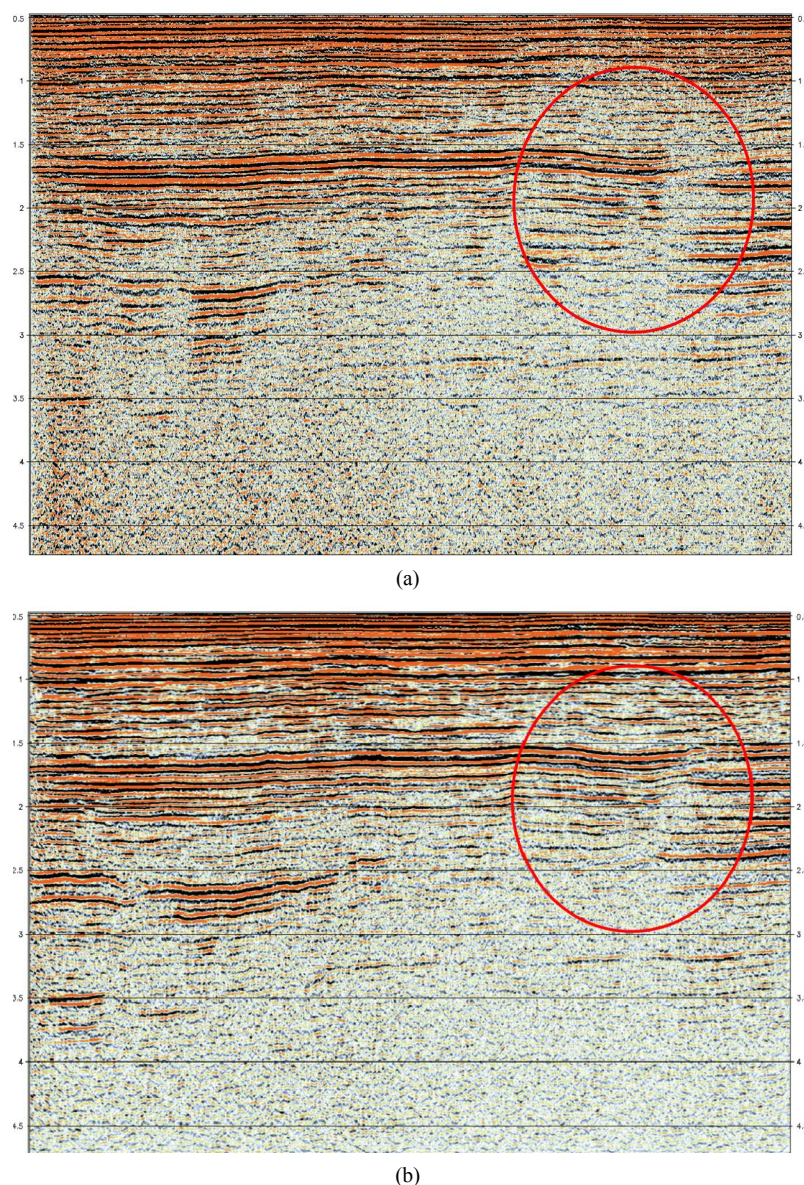
$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} \quad (2)$$

则其 Kirchhoff 积分分解的表达式可写为[8]

$$P(x_0, y_0, z_0, w) = 2 \iint_s \frac{\partial G(x, y, z, t)}{\partial n} P(x, y, z, t) ds \quad (3)$$

其中  $P(x, y, z)$  为波场函数,  $G(x, y, z)$  为加权函数。上式即为 Kirchhoff 积分叠前时间偏移的理论基础,其意义为地下任意一点的波场值为包含该点的任意一个曲面的波场函数的加权积分。该方法的基本原理为基于标量波动方程的 Kirchhoff 积分分解,在实际应用中,需要先在深度域建立速度模型,然后利用射线追踪方法计算高频近似下的远场格林函数,再通过积分分解进行反向波场延拓,最终达到对地下构造进行成像目的[9]。

图 3 为叠加剖面 and 叠前时间偏移剖面的对比图,其中图 3(a)为常规叠加剖面,图 3(b)为叠前时间偏移剖面,可以看出,相比于常规的叠加剖面,叠前时间偏移剖面的同相轴连续性和横向分辨率都得到了明显的改善,特别是图中红圈部分包含的微幅构造,在叠前时间偏移剖面上得到了清晰的成像。



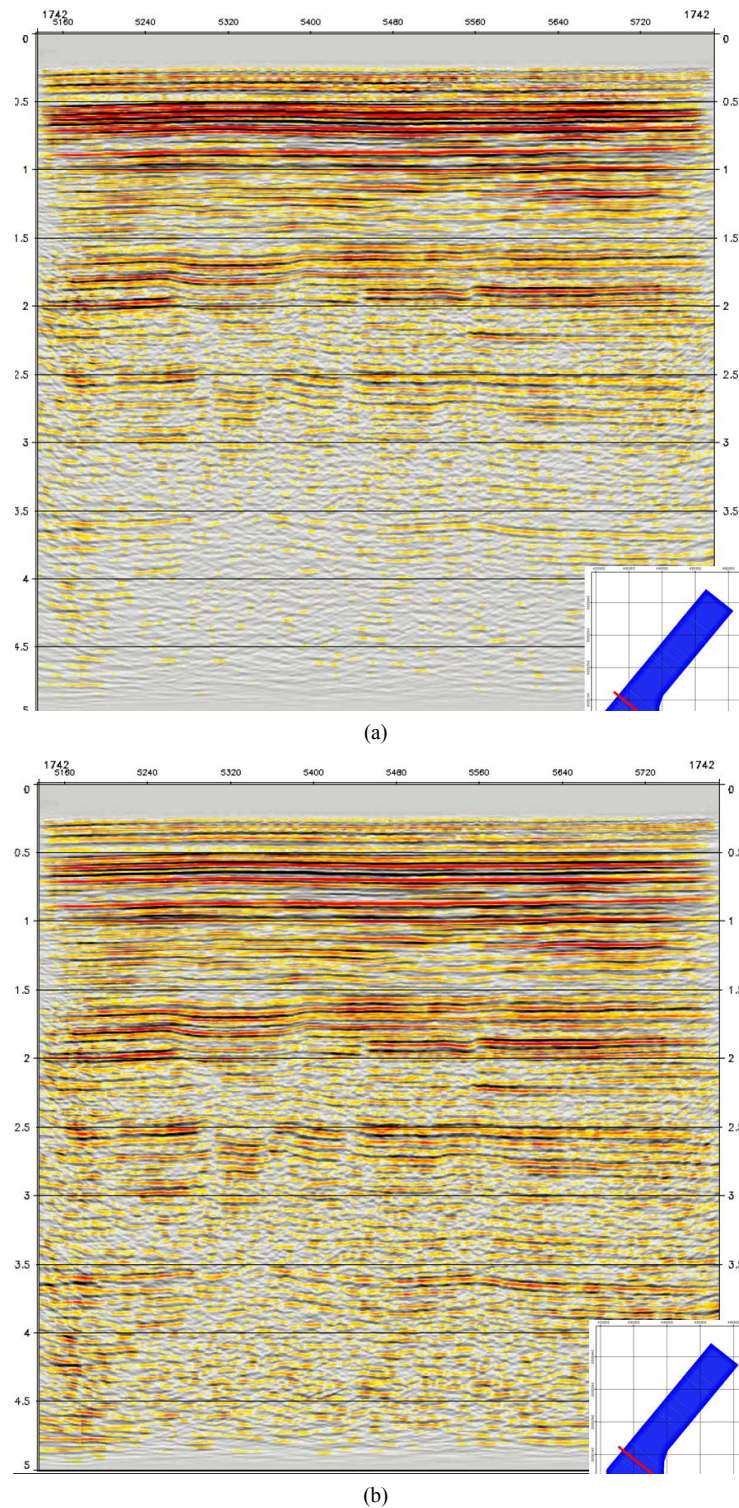
**Figure 3.** (a) Normal stacked section; (b) Prestack time migration profile  
**图 3.** (a) 一般叠加剖面; (b) 叠前时间偏移剖面

## 2.4. 叠后高分辨率处理技术

### 1) Q 补偿技术

地震波在地下介质中传播通常会遭受地层的吸收效应，导致子波振幅能量衰减和波形畸变，致使深层地震记录的反射频带变窄，信噪比和分辨率降低，从而导致地震资料的品质变差[10] [11]。反 Q 滤波技术是常用的振幅补偿方法，包括相位反 Q 滤波和全反 Q 滤波[12]。本文中的 Q 补偿技术使用的是全反 Q 滤波，即同时包括振幅和相位的反 Q 滤波技术。

图 4 为利用反 Q 滤波进行 Q 补偿前后的对比图，其中图 4(a)为 Q 补偿前的剖面，可以看到，深层地震记录的振幅能量较弱，分辨率较低，几乎无法看到连续的地层反射特征。图 4(b)为反 Q 滤波后的剖面，可以看到，其深层地震记录的振幅能量得到有效补偿，分辨率得到明显提高。



**Figure 4.** (a) Section before Q compensation; (b) Section after Q compensation  
**图 4.** (a) Q 补偿前剖面; (b) Q 补偿后剖面

## 2) 时变带通滤波技术

在上述振幅补偿的过程中，由于振幅补偿算子无法区分有效信号和随机噪声能量，因此在深层振幅

能量得到补偿的同时，随机噪声的能量也会被放大，有可能会造成地震记录的信噪比有所下降。因此，在 Q 补偿过程之后，一般对地震记录进行时变带通滤波，进一步压制随机噪声，改善地震记录的信噪比，进一步提升地震记录的分辨率。

图 5 为对地震记录进行时变带通滤波前后的对比图，其中图 5(a)为时变带通滤波前的地震剖面，图 5(b)为时变带通滤波后的地震剖面。可以看出，时变带通滤波有效压制了深层地震记录的随机噪声能量，提高了深层地震记录的信噪比，改善了地震记录的品质。

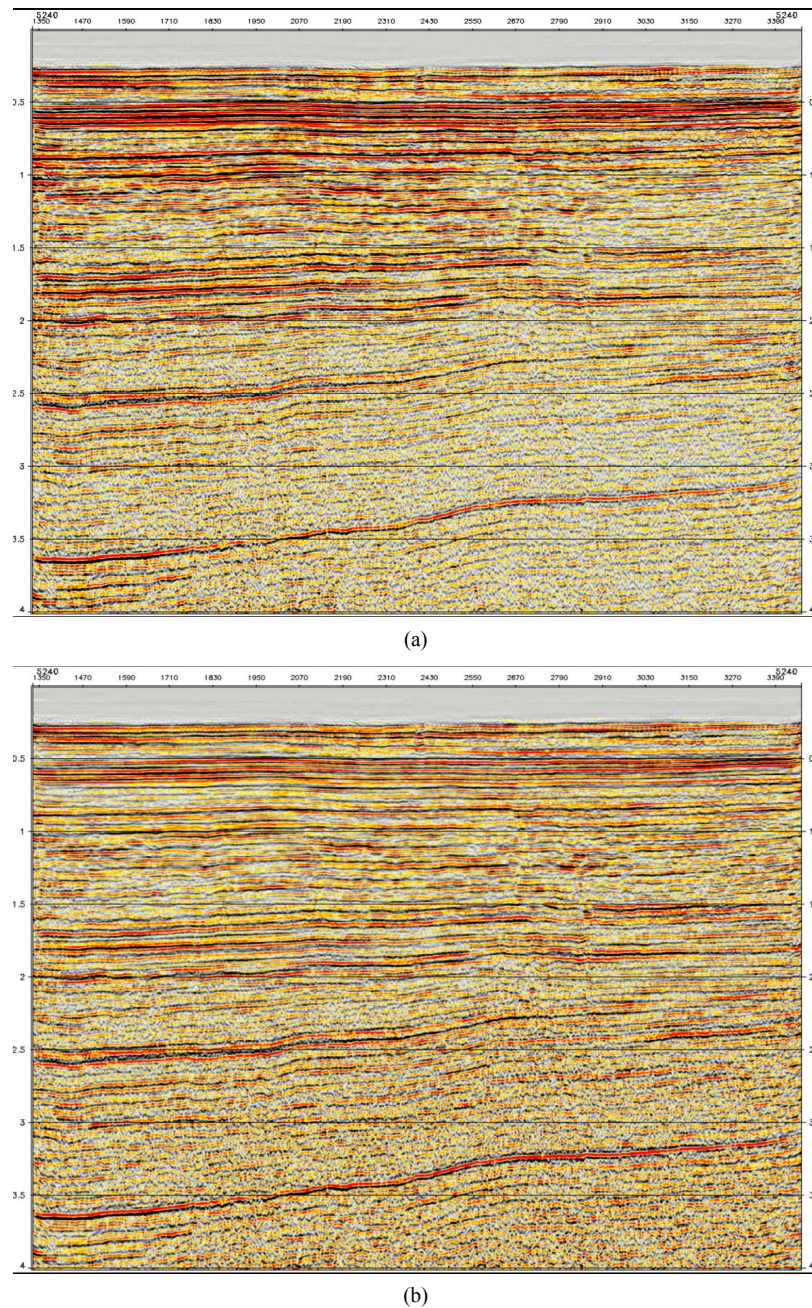


Figure 5. (a) Section before time-varying band-pass filtering; (b) Section after time-varying band-pass filtering

图 5. (a) 时变带通滤波前剖面；(b) 时变带通滤波后剖面

### 3. 结论

1) 本文针对 Berkine 盆地地震数据强烈的线性和随机噪声、不同类型的多次波、复杂的构造、尖灭和小断层等特点, 通过线性噪声衰减, 多次波压制, 叠前时间偏移, Q 补偿和时变带通滤波等一系列特色技术, 有效提高了地震记录的成像品质。

2) Berkine 盆地地震数据经过处理后, 纵、横向分辨率高, 构造形态清晰, 地震振幅能量合理, 振幅保真性好, 有效地质信息保留更加完整, 地震数据的成像效果较好;

3) 本文开展的地震数据处理工作, 为 Berkine 盆地勘探开发油气提供了坚实的基础。

### 参考文献

- [1] 夏洪瑞, 周开明. 地震资料处理中相干干扰消除方法分析[J]. 石油物探, 2003, 42(4): 526-528.
- [2] 晋为真, 刘志煌, 张小波. GRISYS 处理系统中线性干扰去除方法研究[J]. 石油地球物理勘探, 2008, 43(1): 93-100.
- [3] 许胜利, 林正良, 费永涛, 等. 地震叠前线性干扰自动识别和压制技术[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(2): 36-37, 41.
- [4] 王彦江. 多次波压制方法及应用研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质科学院, 2009.
- [5] 周小伟. 地震资料多次波去除研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2008.
- [6] 杨臣明. 多次波压制技术在煤田地震数据处理中的应用[J]. 科技信息, 2012(3): 111-112.
- [7] 兰源碰. 海洋地震资料多次波压制技术应用研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国石油大学, 2018.
- [8] 张伟. 叠前时间偏移成像因素研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2010.
- [9] 石聿. 复杂断块群叠前时间偏移方法研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安石油大学, 2018.
- [10] 王珺, 杨长春, 乔玉雷, 等. 用稳定高效的反 Q 滤波技术提高地震资料分辨率[J]. 地球物理学进展, 2008, 23(2): 456-463.
- [11] 李雪英, 吕喜滨, 张江杰, 等. 稳定高效的时域反 Q 滤波方法[J]. 地球物理学进展, 2010, 25(1): 211-218.
- [12] Yan, H.Y. and Liu, Y. (2009) Estimation of Q and inverse Q filtering for prestack reflected PP- and converted PS-waves. *Applied Geophysics*, 6, 59-69. <https://doi.org/10.1007/s11770-009-0009-y>