

天然气地球物理勘探

# 沙漠山地地区地震资料成像处理研究

张建伟<sup>1,2</sup>, 宁俊瑞<sup>2</sup>, 王红旗<sup>2</sup>, 徐蔚亚<sup>2</sup>, 姜大建<sup>2</sup>, 孙建国<sup>2</sup>

(1. 中国石油大学(北京), 北京 102200; 2. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:**在我国中西部广大地区,地表多以沙漠覆盖,沙丘与沙山较发育,油气聚集区多分布于山地陡构造部位,这类地区是油气勘探的潜力区。但是,不可否认的是复杂地表与复杂构造导致地震资料精确成像的处理难度非常大,主要表现为:大沙丘静校正问题严重,地震原始资料信噪比低,速度场横向变化剧烈,复杂构造精确成像难度大。基于此类问题的复杂性,采用针对性的处理思路和处理措施,在处理技术关键点上多下功夫,如沙漠静校正处理技术、沙漠区叠前去噪技术、山地复杂构造叠前时间偏移技术等;同时重视基础处理工作,如精细速度分析和精细初至切除等;最后,结合地震解释人员意见,利用地质背景知识开展速度建模工作,经过优化叠前时间偏移处理参数,最终得到一个较好的成像处理结果。

**关键词:**沙漠山地;地震资料处理;叠前时间偏移

**中图分类号:**TE132.1<sup>+</sup>4

**文献标识码:**A

**文章编号:**1672-1926(2009)04-0576-05

## 0 引言

在我国中西部广大地区,地表多被沙漠所覆盖,含复合型沙山、沙丘区等。此类地区地形起伏大,一般沙丘、沙山高差在30~60 m左右,有些局部区域沙山高差达200 m左右(图1),同时在沙漠山地地区有老地层出露,油气聚集又多分布于这些高陡构造部位,它们是未来油气勘探潜力区。由于复杂沙漠地表与山地复杂构造等导致地震资料信噪比低,

复杂构造精确成像难,主要表现为:大沙丘区静校正问题严重,原始地震资料信噪比低,速度场横向变化剧烈,复杂构造精确成像难等,尤其是构造带轴部中深层反射信噪比较低,同相轴连续性差、振幅弱、频率低等(图2、图3)。因此在这些地区,地震成像处理的首要问题是提高地震资料信噪比,其次是通过优化速度模型,利用叠前时间偏移技术来改进复杂构造成像精度。



图1 沙漠山地地表

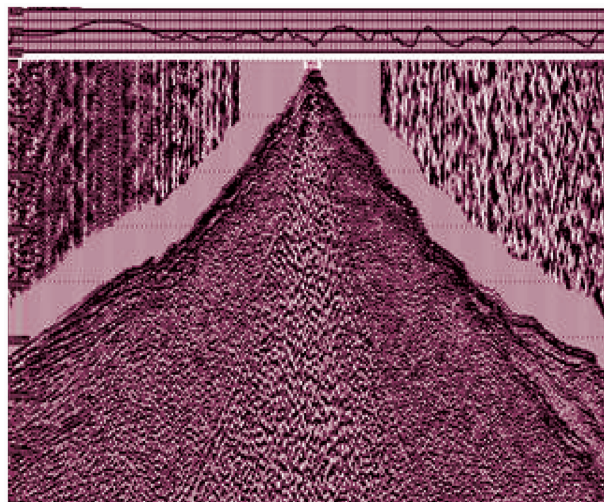


图2 原始单炮记录

造部位,它们是未来油气勘探潜力区。由于复杂沙漠地表与山地复杂构造等导致地震资料信噪比低,

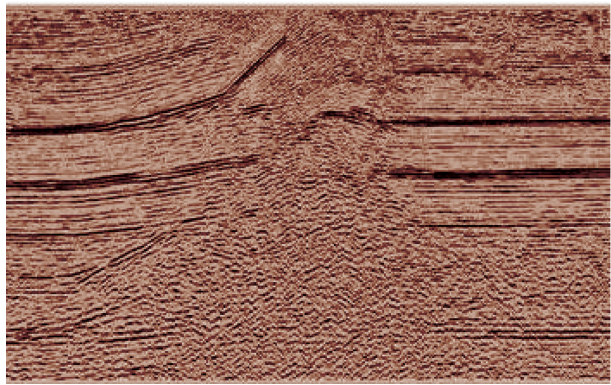


图3 叠加剖面构造特征

## 1 资料处理思路与针对性措施

分析图2、图3所示沙漠山地地区地震资料特征,可以看出,此类地区地震资料品质差,信噪比低,连续性差,地震波组反射不清。尤其是构造主体部位发育有断裂及其伴生断裂,而且断距大,破碎带宽,在断裂带内资料品质较差。另外,由于研究区内上覆新生界地层形成很强的波阻抗界面,屏蔽了下传的激发能量,造成中深层目的层反射波能量弱,内幕结构不清楚。

### 1.1 资料处理思路

根据沙漠山地地区的地震地质条件、原始资料品质以及处理工作中的难点,采取如下几点处理思路与对策:

(1)地震资料处理要紧紧围绕地质任务与目标,在了解研究区内地震地质条件和野外工作方法的基础上,结合以往地震资料处理结果,通过全面系统地测试和分析工作,有针对性地设计资料处理方案。

(2)在沙漠山地研究区,地震资料处理的首要工作是努力提高静校正和动校正精度,大力改进资料信噪比。在对野外数据进行认真分析检查的基础上,通过地震初至波表层、层析反演技术建立合理的近地表模型(速度—深度模型),努力解决好静校正问题;另外,通过速度分析与剩余静校正循环迭代,获得准确的叠加速度和剩余静校正量,完成高精度动、静校正。

(3)为了保证中深层目的层的有效波能量,进行各种振幅补偿处理。主要采用球面扩散补偿和地表一致性振幅补偿,对地震反射波进行合理补偿,从而消除激发条件和接收条件差异对信号带来的影响,使全区地震波能量趋于一致。

(4)沙漠山地地区地震资料中面波、线性干扰等太强,它们直接影响地震资料信噪比,为了在叠前尽

可能地消除各类干扰波对有效信号的影响,处理中采取多域分步去噪方法消除干扰波对有效信号的影响。

(5)适度提高地震资料的分辨率。通过选取合理稳定的反褶积因子,采用叠前地表一致性反褶积处理技术,压缩子波并实现地表一致性子波处理,为后续提高分辨率打下良好基础。

(6)对复杂构造区资料进行精细速度分析工作,并利用高精度动校正技术对大偏移距资料实现共反射点同相叠加,保证远道信号在叠加中不受损失。

(7)在沙漠山地地区,选取合理的初至切除参数并与速度分析相结合的方法,可大大提高浅中层资料的信噪比。

(8)为了改进山地成像,利用高精度陡倾角偏移归位技术,在正确选取偏移速度基础上,做好叠前时间偏移,确保地下构造成像归位准确。

(9)对各个主要处理步骤,用多种质量监控手段和图件来检查处理效果,保证处理过程中每一步都准确可靠。

### 1.2 针对性处理措施

根据上述复杂地区资料的特点,在处理中采用以下几项针对性处理措施:

(1)由于原始记录中面波、线性干扰强,在资料处理中应利用倾角滤波与面波压制技术分步多域去除干扰波。

(2)努力消除沙漠山地表层非地表一致性问题,作好地表一致性处理(能量、子波)。

(3)对于沙漠山地地表,进行静校正试验,解决好近地表模型建立问题。

(4)作好山地复杂构造区速度分析与精细初至切除。

(5)基于构造形态约束建立速度模型,改进山地资料成像精度。

## 2 关键处理技术

### 2.1 静校正处理技术

由于该类地区特别是山地地区与大沙丘区域,地层结构复杂与地表起伏剧烈,导致静校正问题非常严重。考虑到静校正计算精度,采用层析静校正方法。

层析静校正方法是近年来发展起来的一种较成熟的复杂地表区静校正方法。该方法首先拾取原始单炮记录初至,利用微测井资料约束,采用层析反演技术进行静校正值计算,最后分别输出炮点和检波点静校正量。



层析反演静校正方法较多,各种方法的应用效果差异较大。我们采用的 Tomodel 方法是专门针对复杂近地表条件下的建模和静校正处理方法,它利用层析反演原理,采用一种扁网格计算方式,可以提高纵向反演精度;并采用非线性层析反演得到全局最优解,使得解不完全依赖初始速度模型。

对计算的静校正结果通过做高低频分离来进行应用,即:在叠前应用高频量,在叠后应用低频量把剖面校到固定基准面上,静校正效果见图 4。

## 2.2 叠前去噪技术

通过对该类地区原始资料分析得知,其干扰波

非常发育,主要噪声类型为面波、多次折射波和强线性干扰,尤其在检波点域线性干扰表现非常突出。另外,中深层目的层受上面浅层标志层能量屏蔽,有效信号较弱。因此,为了确保目的层资料信噪比及连续性,在叠前遵循分步多域的去噪原则来逐步剔除各种干扰波。在处理过程中,实际采取了有针对性的去噪方法:利用区域滤波法压制面波、利用统计法压制异常振幅、利用倾角滤波法分别在炮域与检波域压制强线性干扰等。通过利用这些处理技术有效地消除了各种噪音和干扰,大大提高了资料的信噪比,效果见图 5<sup>[1]</sup>。

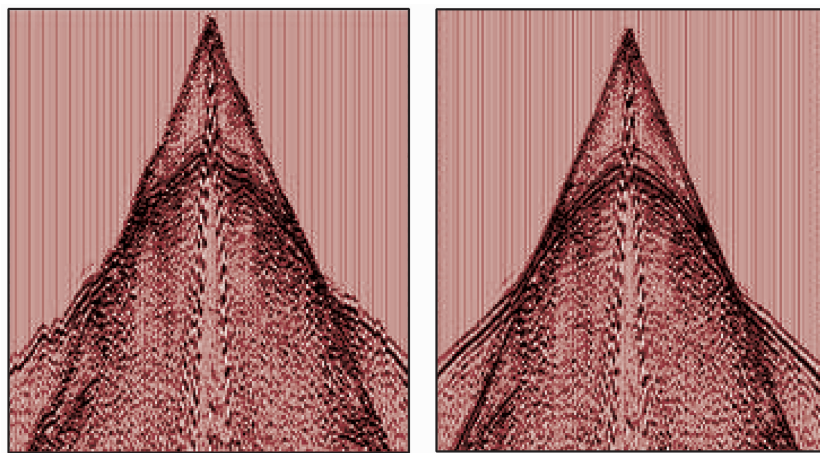


图 4 静校正前(左)后(右)单炮对比

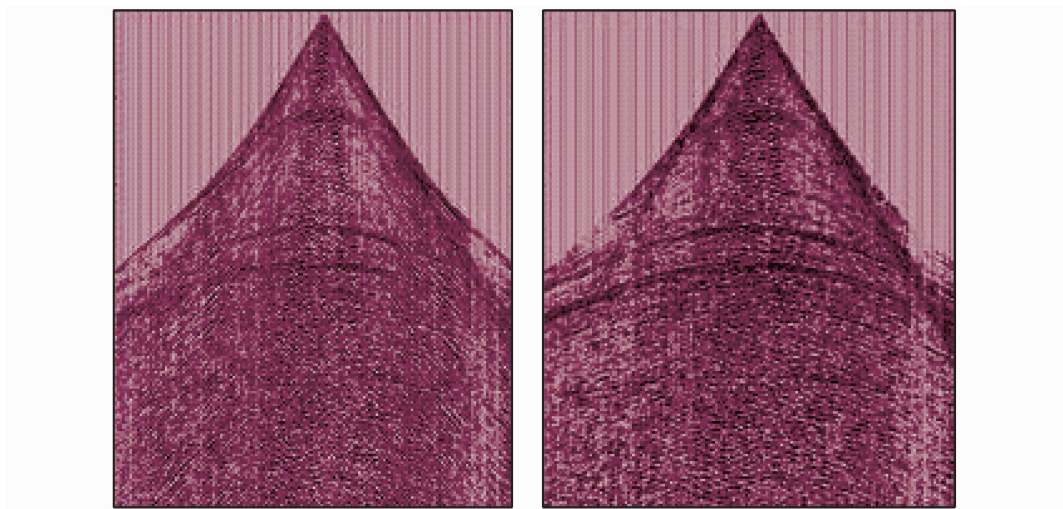


图 5 检波点域去除线性噪音前(左)后(右)效果对比

## 3 重要的基础处理

### 3.1 速度分析与精细切除

由于地处地下陡构造与沙漠剧烈起伏地区,浅层低信噪比与广角反射发育是沙漠区资料特点之一。由于横向构造的复杂性,速度分析的精度及切

除的准确性将直接影响到叠加剖面的质量,在此类地区处理中这是一个至关重要的环节。采取人机交互方式开展精细的速度分析,特别重视目的层的速度变化;在反褶积前后分别做二次速度分析工作,以便保证中深层资料的可信度与准确性。对于复杂山地地区,对地质层位不清或构造变化剧烈的位置,通

过加密速度谱点及配合常速扫描来精确确定速度变化规律。

在速度分析中同时要注意对多次波的识别,在认真分析的基础上尽量避免多次波的出现;同时利用叠加速度与叠加剖面的迭合剖面在全线上检查速度的合理性。对于初至切除,利用 CMP 动校道集

反复进行精细切除,以便得到最佳叠加效果(图 6)。

3.2 自动剩余静校正

剩余静校正也是改进叠加剖面质量的有效技术手段之一。采用最大能量自动剩余静校正方法,通过与速度分析、切除等紧密配合与反复循环迭代,直到剩余静校正量达到最小来保证叠加剖面的质量。

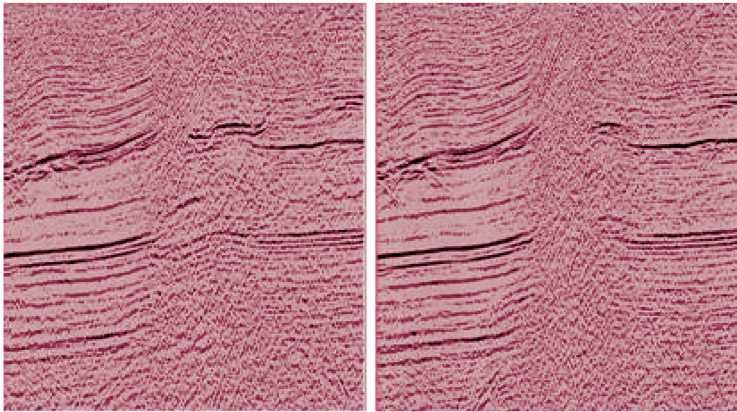


图 6 不同切除叠加剖面对比

4 山地资料叠前时间偏移

对于山地构造等复杂情形,采取的偏移成像策略是:先做叠后时间偏移;在此基础上做初始叠前时间偏移,利用成像道集不断优化叠前偏移速度,最后通过优化偏移参数做好最终叠前时间偏移。

叠后时间偏移是改进简单构造成像精度的有效方法。它采用差分法偏移,通过偏移速度百分比扫描来确定偏移速度,并结合山地陡构造变化趋势来确定速度详细变化规律。

叠前时间偏移是复杂构造精确成像的有效方法之一。它是直接对道集上地震道进行偏移归位,不经过叠加等中间处理环节,它能够把存在于每一记

录道中的反射波能量偏移 to 它的真实地下位置,实现地震反射波的正确归位,它不仅能实现地下共反射点正确叠加成像,而且也能提高地震资料的空间分辨能力<sup>[2]</sup>。

准确建立偏移速度场是叠前偏移成像的重要前提。为了提高速度建模精度,采用的速度建模方法是通过对成像道集进行精细速度分析来实现的。具体步骤是首先将叠后时间偏移速度作为叠前时间偏移的初始速度进行偏移,然后对成像道集反动校后进行精细速度分析。如果新模型的偏移效果较好,得到的偏移速度模型即为最终偏移速度;如果偏移效果不满意,则将对速度模型重新进行优化。如此重复以上步骤不断迭代,直至得到好的偏移速度模型为止<sup>[3]</sup>。

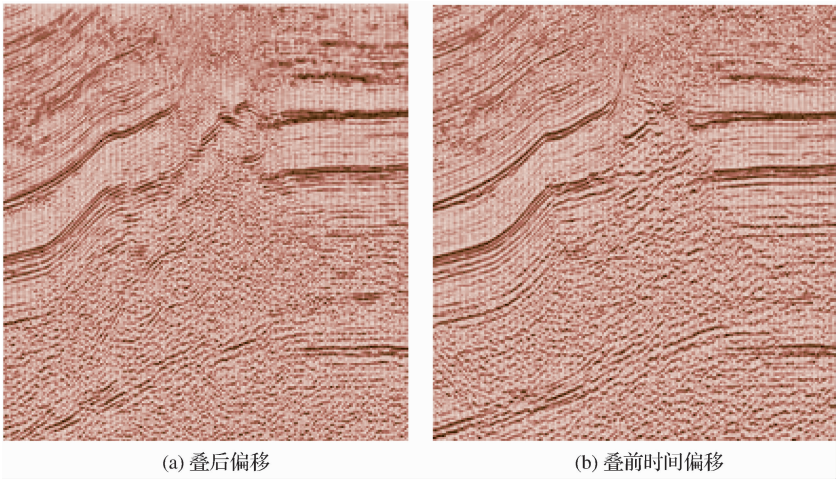


图 7 不同偏移方法效果对比

资料处理中主要采用克希霍夫积分法叠前时间偏移方法。它是建立在对点反射的非零炮检距方程基础上的,是沿非零炮检距的绕射曲线时间轨迹对振幅求和。该方法的基础是根据克希霍夫绕射积分理论,对时距曲线(面)上的所有样点相加就得到该绕射点的偏移结果<sup>[4]</sup>。

在复杂构造区,叠前时间偏移中旅行时计算采用弯曲射线方式。偏移孔径是通过地层时间、倾角、层速度三者来共同确定的,处理中经过试验来选定,偏移效果见图 7<sup>[5]</sup>。

## 5 处理效果分析

针对沙漠山地资料特点,首先,对原始资料进行认真分析,在大量试验基础上,确定出合理的处理技术方法;其次,采用合理的层析静校正手段、叠前多域组合去噪技术、精细速度分析和剩余静校正迭代等有针对性的处理手段,资料信噪比得到较大提高;第三,通过做叠前时间偏移,大大改进了山地地震资料成像质量。从处理剖面效果来看,无论是山地陡构造部位,还是中深层目的层段,主要目的层的反射资料连续性较好,构造特征清晰,断层归位合理。效果见图 7。

从图 7 偏移剖面比较来看,叠前偏移效果明显好于叠后偏移,其绕射波收敛,反射波归位合理,山地陡构造部位复杂断裂分布清晰,这便于解释人员对地质构造进行圈闭评价。

## 6 结论

通过沙丘、沙山等复杂地区开展地震资料处理试验,得出以下认识:

(1)落实关键处理技术:①复杂山地与大沙丘区静校正是处理关键,要仔细做好层析静校正;②分步分域去除干扰波能够很好地改进复杂区资料信噪比;③针对山地段资料,精细的速度分析与切除是改进叠加的有效手段;④叠前时间偏移技术是改进复杂构造成像的有效手段。

(2)加强处理、解释技术交流。通过与地质、解释人员交流,吸收地震解释人员的指导意见,对改进资料处理品质有较大促进作用。

(3)严格质量监控。质量监控是提高剖面质量的重要保证。通过对每步处理进行详细的质量监控,可保证剖面处理质量。

### 参考文献:

- [1] 黄续德.地震数据处理[M].北京:石油工业出版社,1994.
- [2] 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.
- [3] 张建伟,鲁烈琴,强芳青,等.二维叠前深度偏移连片处理及成像建模技术[J].天然气地球科学,2003,14(3):203-206.
- [4] 马在田.论反射地震偏移成像[J].勘探地球物理进展,2002,25(3):1-5.
- [5] 何光明,贺振华,黄德济,等.叠前时间偏移技术在复杂地区三维资料处理中的应用[J].天然气工业,2006,26(5):46-48.

## Research of Seismic Data Imaging Processing in Desert Mountains

ZHANG Jian-wei<sup>1,2</sup>, NING Jun-rui<sup>2</sup>, WANG Hong-qi<sup>2</sup>,

XU Wei-ya<sup>2</sup>, JIANG Da-jian<sup>2</sup>, SUN Jian-guo<sup>2</sup>

(1. China University of Petroleum, Beijing 102200, China;

2. Research Institute of Petroleum Exploration & Exploitation, SINOPEC, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The earth surface is the desert hill or desert mountain (200 m high) in many places of west China. Deep layers in the desert mountain have a good potential for petroleum accumulation or petroleum exploration. Because the structure and earth surface are complex, the imaging is difficult in seismic data processing: the static processing is difficult in desert hills, the seismic data have lower S/N ratio and the velocity changing is acute in the lateral direction. We resolve key problems using special ways especially in desert static, pre-stack removing noise and the PSTM (pre-stack time migration) of complex structures in the mountain. And we attach great attention to the basic processing, for example, fine velocity analysis and better mute. Finally, we get good imaging data by PSTM optimization and velocity modeling.

**Key words:** Desert mountain; Seismic data processing; PSTM (pre-stack time migration).