

· 处理技术 ·

相对振幅保持技术在三维连片地震资料处理中的应用

王翠华*^① 何光明^② 朱敏^① 王平^①

①四川石油地球物理勘探公司物探研究中心,四川成都 610213;

②四川石油地球物理勘探公司技术发展中心,四川成都 610213)

王翠华,何光明,朱敏,王平. 相对振幅保持技术在三维连片地震资料处理中的应用. 石油地球物理勘探,2008,43(增刊1):12~18

摘要 在三维地震资料连片处理中,由于不同时期采集的三维地震资料的施工参数不同,激发、接收条件不同,获得的地震资料品质差异大;各区块地震资料的振幅(能量)、频率、相位等特征不一致,信噪比和分辨率也存在差异。针对这种情况,本文在连片叠前时间偏移中运用相对振幅保持处理技术对准噶尔盆地东部隆起区7块三维地震资料进行了连片叠前时间偏移处理,使不同震源衔接处和不同区块拼接处地震记录的振幅、频率、相位一致,实现了地震资料的同相叠加。利用相对振幅保持处理使浅、中、深层的反射波同相轴拼接自然,振幅保持良好,偏移成像精度高,断层和断点清楚,有利于连片区域整体的地质评价和构造解释,更能满足岩性研究和储层预测的需要。

关键词 相对振幅保持 连片叠前时间偏移 子波一致性处理 提高分辨率处理

1 引言

运用三维连片处理解释技术,对于解决相邻三维区块地震资料的边界效应问题、深层地层及断层的成像问题、各三维区块之间的地震属性特征差异问题,寻找三维区块边界以及区块之间的遗漏构造及含油气圈闭均具有重要意义。三维连片地震资料由于采集时间、采集技术、采集方法的不同,不同区块地震资料在振幅(能量)、频率、相位特征方面存在很大差异。解决不同区块拼接处地震记录的振幅、频率、相位的一致性问题,有利于地震资料的连续对比分析解释和储层反演,更利于地层岩性圈闭的识别与评价。以岩性圈闭地层为地质目标的连片叠前时间偏移更注重相对振幅保持处理。在连片叠前时间偏移处理中,只有做好统一静校正处理、振幅处理、子波一致性处理、提高分辨率处理、面元均化处理、各炮检距内振幅归一化处理、偏移成像处理,才能取得较好的相对振幅保持处理结果。

2 原始地震资料的精细分析

研究区位于准噶尔盆地的东部隆起区,地表条件差异较大,工区跨越农田、戈壁砾石区、山地和沙漠四种地形,地形起伏较大,静校正问题突出。该区域在不同年度共完成7块三维,因施工因素不同,施工的面元不同、施工方向不一致,炮点偏移变观等因素,造成各区块地震资料的振幅(能量)、频率、相位、信噪比和分辨率差异较大。

2.1 信噪比分析

(1)由于研究区内地表比较复杂,野外激发的表层地震条件差异较大,各区块地震资料之间的激发、接收因素等也存在较大差异(包括可控震源和炸药震源),且深层地震地质条件也存在差异。因此地震资料品质差异大。

(2)对各区块原始单炮的记录品质进行对比分析,可以看出随着地震采集技术的进步,三维地震资料的品质逐步提高。最新采集区块的三维地震资料

* 四川省成都市双流华阳镇物探公司物探研究中心,610213

本文于2008年5月16日收到。

由于是针对中、深层目的层设计,低频信息丰富,深层地震资料的信噪比明显好于其他区块。

2.2 干扰波分析

噪声衰减是地震资料处理的重要步骤,噪声直接影响地震资料的信噪比、波组特征和成像效果。通过对原始地震资料的分析,表明本地区规则干扰波和不规则干扰波同时并存,干扰波类型主要为面波和环境噪声。经过对不同区块典型的单炮记录分析,确定出面波优势频率为 12Hz,其能量衰减较快,对资料品质影响较小,但分布范围比较广泛;由环境噪声引起的随机干扰波的分布也较广泛,频带较宽,是本工区主要的干扰波之一。

2.3 能量分析

通过对连片三维区块内和区块间的炮记录的振幅能量的分析,可以看出炮与炮之间、道与道之间能量不均衡。由于近地表条件的变化,激发和接收条件不一致,造成地震记录空间方向的能量分布不均衡。而且由于地震波的能量在传播过程中受吸收和衰减作用的影响,使得浅中深层能量差异较大。因此必须通过球面扩散补偿,三维地表一致性振幅处理技术,剩余振幅补偿技术,消除地震记录在空间、时间上的能量差异,使地震波波形、振幅等特征变化真正反映地下介质的变化,为储层预测提供可靠的数据。

2.4 频率分析

在进行子波处理之前,需要了解地震资料有效反射信号和高、低频噪声的频率范围,为去噪、反褶积、静校正等提供可靠的依据。选取不同区块、不同地表条件下的单炮记录分别进行频率扫描和频谱分析。经过分析对比可以看出,各区块地震资料频带差异明显,记录在 12Hz 以下主要是初至波和面波干扰,不同区块的有效频宽不一致,可控震源资料频带较窄,井炮资料频带相对较宽。

2.5 地表一致性分析

不同三维区块由于采集因素的不同,地震记录的子波存在一定的差异。即使在同区块内由于地表条件、激发和接收因素等的变化,地震记录的子波也存在一定的差异,而可控震源与炸药震源的子波一致性差异更大。

3 相对振幅保持处理技术

在连片叠前时间偏移处理中,为了获得较好的

相对振幅保持处理结果,必须做好统一静校正处理、振幅补偿处理、子波一致性处理、提高分辨率处理、面元均化处理、各炮检距内振幅归一化处理、偏移成像处理,其中尤以子波一致性处理技术、振幅补偿、提高分辨率处理技术、炮检距内振幅归一化处理技术最重要。

3.1 子波一致性处理技术

子波一致性处理,主要解决不同区块地震资料的一致性。目前连片三维地震资料处理常用改变反褶积的预测步长(针对不同区块资料的分辨率选择不同的预测步长)、子波整形、匹配滤波法解决子波的一致性问题,其中以匹配滤波法效果最佳。匹配滤波利用重复地震道(可分别称为原始道和目标道)设计匹配滤波算子,然后对原始道进行匹配滤波使其最大限度地接近目标道。设原始地震数据道的地震子波为 $x(t)$,目标地震数据道的地震子波为 $y(t)$,匹配滤波算子为 $a(t)$,则应有以下关系

$$x(t) * a(t) = y(t) \quad (1)$$

转换到频率域即为

$$X(f) \cdot A(f) = Y(f)$$

应用最小平方求解匹配滤波算子的托布里兹矩阵方程,即

$$\mathbf{R}_{xx} \cdot \mathbf{A} = \mathbf{R}_{xy} \quad (2)$$

式中: \mathbf{R}_{xx} 为原始地震数据道的自相关函数矩阵; \mathbf{R}_{xy} 为原始地震数据道 $x(t)$ 与目标地震数据道 $y(t)$ 的互相关函数矩阵; \mathbf{A} 为匹配滤波算子向量。求解式(2)即可得到匹配滤波算子 \mathbf{A} 即 $a(t)$,再用确定的匹配滤波算子对原始道数据滤波即可完成匹配滤波,从而实现子波一致性处理。

利用上述匹配滤波方法对研究区 7 块三维区块老资料进行子波一致性处理。首先对同一块中既有可控震源又有炸药震源的地震资料进行匹配滤波,然后再对不同区块的地震资料进行匹配滤波。

图 1 为可控震源与炸药震源重叠部分的原始剖面(待匹配剖面和目标剖面)和差剖面。差剖面能量越弱,重叠部分的剖面相似性越好、子波一致性越高。由图 1 可以看出,待匹配剖面与目标剖面的差剖面能量强,两剖面相似性很差;匹配滤波后的剖面与目标剖面的差剖面能量弱,两剖面相似性很强,子波一致性好;匹配滤波后的剖面与目标剖面的振幅、频率、相位具有较好的一致性。

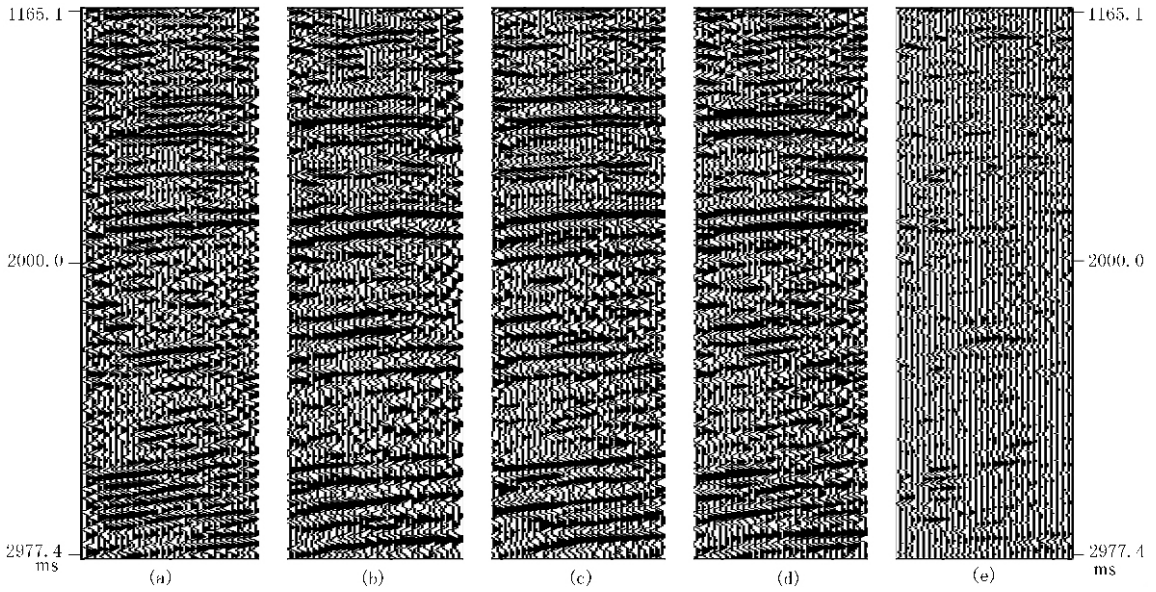


图1 可控震源与炸药震源重叠部分的原始剖面(待匹配剖面和目标剖面)和差剖面
 (a)待匹配剖面；(b)目标剖面；(c)匹配后剖面；(d)待匹配与目标的差剖面；(e)匹配后与目标的差剖面

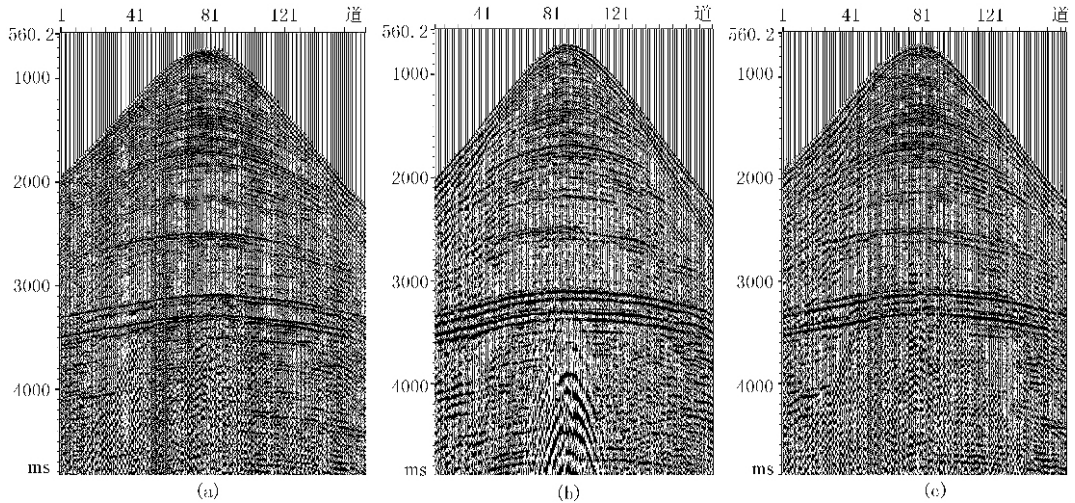


图2 同区块地震资料在相同位置接收的不同震源原始单炮记录和匹配滤波后的炮记录
 (a)可控震源(原始)记录；(b)炸药震源记录(目标)；(c)可控震源匹配滤波记录

图2为同区块地震资料在相同位置接收的不同震源原始单炮记录和匹配滤波处理后的炮记录。由图2可以看出,不同震源原始单炮记录的振幅(能量)、频率、相位等特征差异明显,可控震源进行匹配滤波处理后的炮记录与炸药震源炮记录的振幅(能量)、频率、相位等特征趋于一致。

图3为不同区块地震资料进行匹配滤波前后的拼接剖面。由图3可以看出,匹配滤波处理后的拼接剖面无反射时间差,无频率、相位差,剖面从浅至深反射波同相轴连续性强,成像效果好。

3.2 振幅补偿技术

地震波向下传播时受地表条件、地层吸收、接收和激发等因素的影响,能量发生了衰减,且振幅随炮检距变化而变化,因此必须进行以下振幅补偿处理:

(1)区块间振幅能量均衡 将不同区块地震资料的平均能量均衡到同一个振幅级别上。首先统计出各区块的平均振幅,根据统一的振幅标准,对不同区块进行振幅补偿。

(2)球面扩散补偿 即补偿由于球面扩散产生的能量衰减,并选择合理的区域速度,通过时间和速

度确定每道的振幅补偿因子进行振幅补偿,力求使远道、中深层能量得到均衡(图 4)。

(3)地表一致性振幅补偿 消除由于表层结构的变化带来的振幅横向的不一致性。首先在确定时窗内统计出各道平均振幅或均方根振幅,再利用地震记录能量符合地表一致性的假设,分别计算出共

炮点、共检波点、共炮检距等各项的振幅补偿因子,最后分别应用于各地震道,使能量在横向上更加均衡(图 5)。

(4)剩余振幅补偿 进一步补偿区块间和区块内局部能量的不均衡,尽量使全区地震资料的振幅趋于一致。

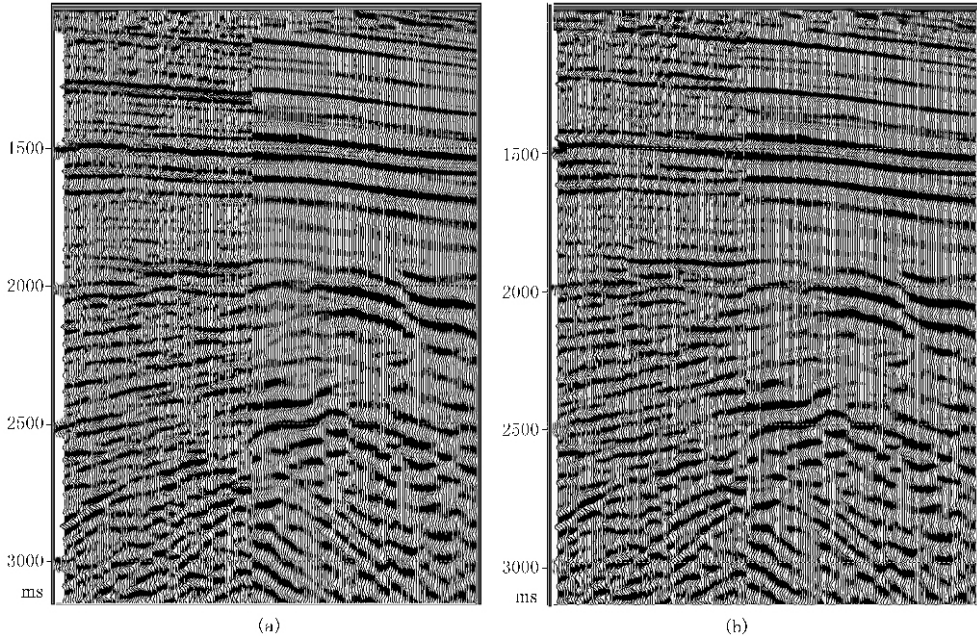


图 3 不同区块地震资料进行匹配滤波前(a)、后(b)的拼接剖面

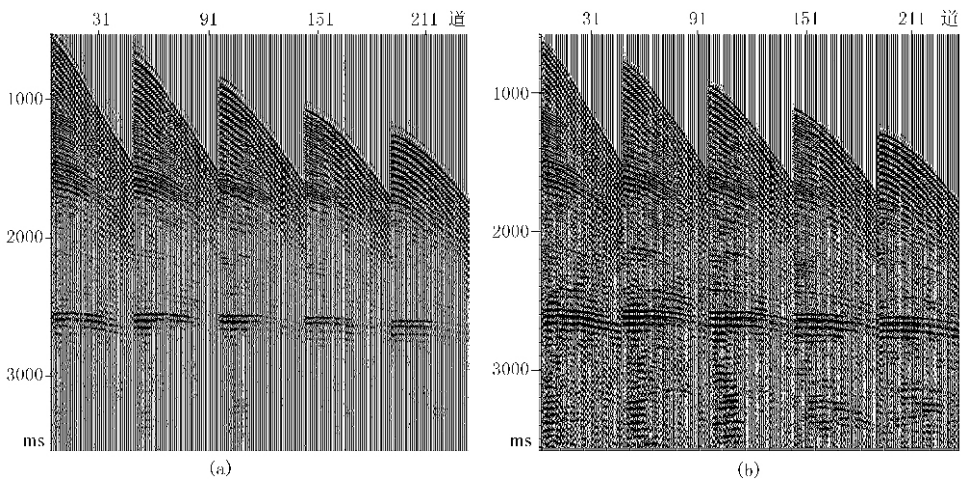


图 4 球面扩散补偿前(a)、后(b)的炮记录

经过以上各项振幅补偿处理,便可消除由球面扩散补偿、地层吸收、地表非一致性等因素造成的差异,使各区块间和区块内的振幅保持一致。

3.3 提高分辨率技术

由于不同的激发、接收条件,导致地震记录子波的振幅、频率、相位等方面存在一定的变化,为了消

除这类变化,应用地表一致性预测反褶积与统计子波反褶积是最好的手段,也是提高地震分辨率的关键技术。一般情况下,井炮资料频带较宽,可控震源频带较窄,不同三维区块采集的地震资料品质不同,子波差异大。为使连片区内子波波形基本一致,需对不同三维区块的地震资料进行一致性处理,首先

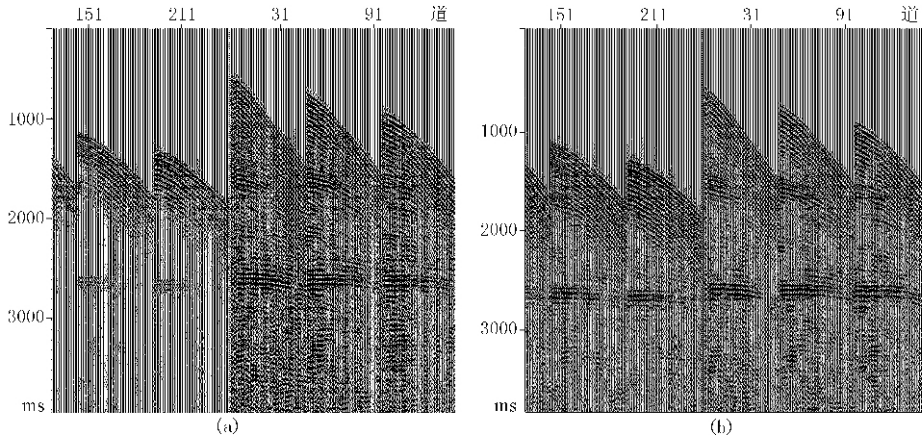


图5 地表一致性振幅补偿前(a)、后(b)的炮记录

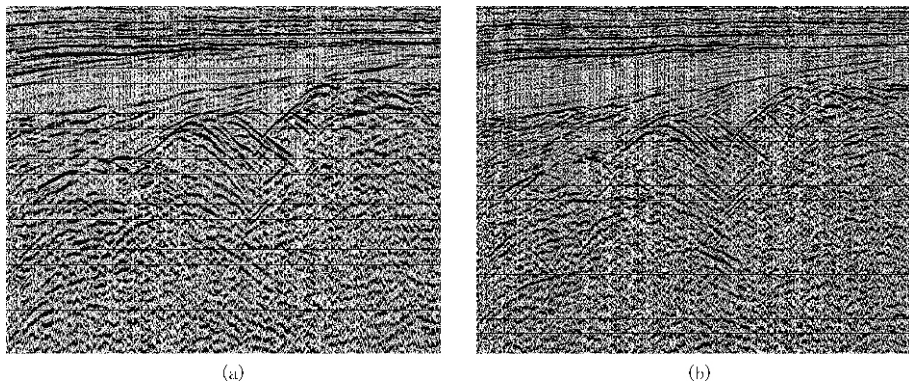


图6 子波反褶积前(a)、后(b)的叠加剖面

采用地表一致性反褶积,该法不仅可对地震子波进行校正,消除地表不一致因素对地震子波的影响,而且还能压缩地震子波,增强地震子波横向的稳定性;其次采用子波反褶积,该法不仅可对子波进行整形,同时还能拓宽有效波的频带范围,进一步压缩子波。

通过反复试验可知,本工区地表一致性反褶积后再串联子波反褶积的效果最好。图6是地表一致性反褶积后再串联子波反褶积前后的效果对比图。

3.4 炮检距内振幅归一化处理

图7是连片三维资料的覆盖次数属性图,最低的覆盖次数为20次,最高的覆盖次数240次,可见连片区块的覆盖次数极不均衡。在连片叠前偏移处理时,由于各区块资料的覆盖次数相差悬殊,即使地震信号的振幅在时间、空间方向补偿均衡,若直接用叠前数据进行叠前偏移处理,也会造成严重画弧现象,影响连片叠前偏移的成像质量(图8)。通常这类严重画弧现象与相邻的其他区块覆盖次数、信噪比差异大、区块间面元中的能量相差悬殊有关。针

对这种情况,采用炮检距内振幅归一化处理技术,便能较好地解决这一问题。

对叠前道集内的各炮检距道进行能量调整,使得炮检距内各个面元所提供的能量均衡,消除了由于覆盖次数相差悬殊造成的叠前偏移画弧现象。首先产生每一炮检距内CMP道集的覆盖次数 n ,然后对这一炮检距内各CMP道集的每道乘以CMP道集覆盖次数 n 的倒数(即 $1/n$),使炮检距内各CMP道集能量一致。用这种方法对叠前偏移输入的数据每一炮检距的振幅能量进行归一化处理,然后再做叠前时间偏移处理。图9是振幅能量归一化处理后的叠前偏移纯波剖面。由图可见,偏移剖面上无强能量团和画弧现象,反射波能量趋于一致,偏移结果更利于岩性解释。

Kirchhoff叠前时间偏移方法适应速度横向、纵向的变化,对大倾角的复杂构造偏移后构造的归位合理,同相轴连续,波形特征保持较好,断层和断点清楚,成像较清晰,偏移效果好,精度高,振幅保真好。

图10是Crossline L1线的原始偏移剖面和本

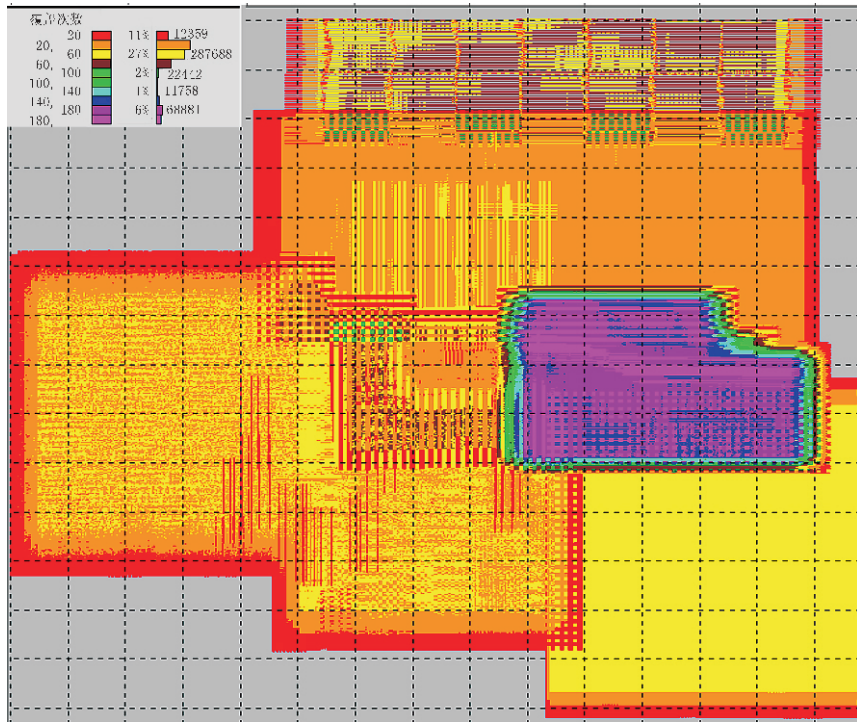


图 7 7 块三维原始地震资料的覆盖次数属性图

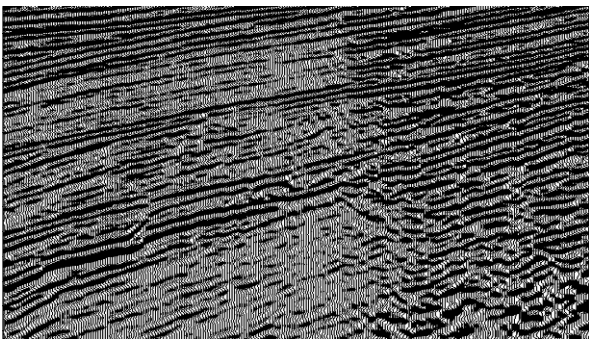


图 8 振幅能量未做归一化处理的叠前偏移纯波剖面

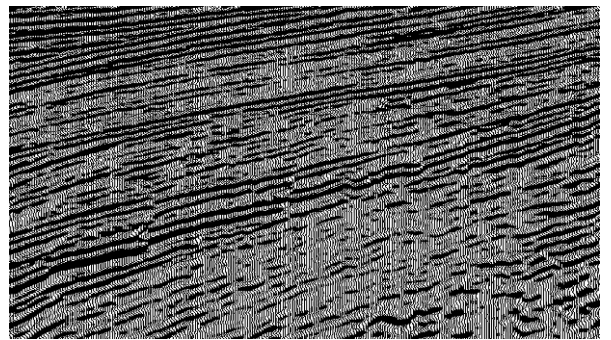


图 9 振幅能量归一化处理后的叠前偏移纯波剖面

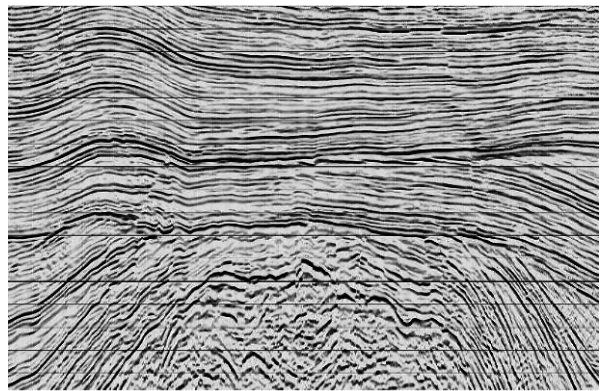
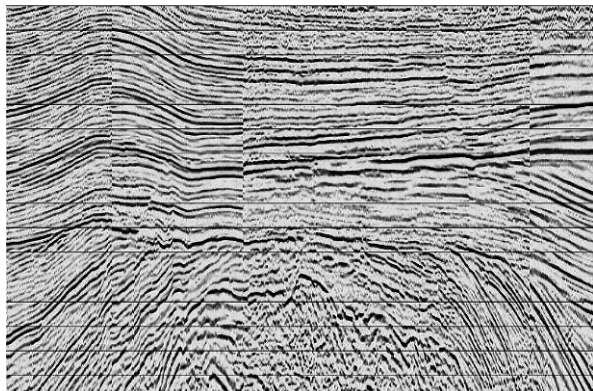


图 10 Crossline L1 线的原始偏移剖面(左)及连片叠前偏移剖面(右)

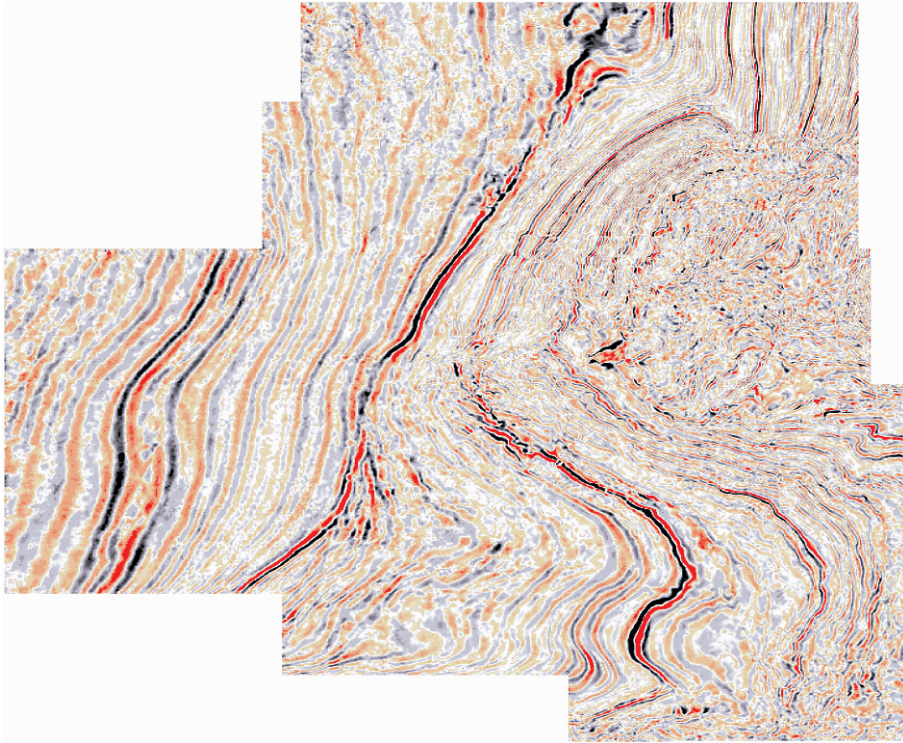


图 11 叠前偏移数据体目的层时间切片(2200ms)

次连片叠前时间偏移剖面。由图可见,叠前时间偏移归位合理,波形特征保持较好,断层和断点清楚,成像较清晰,拼接处的相位、能量、频率有较好的一致性。图 11 是连片叠前偏移数据体的时间切片(2200ms),由图可见偏移效果好,目的层结构在平面上的展布清楚。

4 结束语

在连片叠前时间偏移处理中,相对振幅保持技术是解决不同三维区块的振幅、频率及相位特征一致性的关键技术,主要包括:

(1)子波一致性处理解决了不同三维区块的振幅、频率、相位特征差异及拼接部分地震资料的品质问题;

(2)振幅补偿处理解决了不同三维区块的振幅能量不均衡问题,使三维连片地震资料的振幅在空间和时间上分布更均衡;

(3)地表一致性反褶积和子波反褶积更好地解决了不同三维区块地震资料的频率相位特征差异,使地震子波具有较好的一致性,拓宽了有效波的频带范围;

(4)炮检距内振幅的归一化处理解决了不同炮检距的振幅不均衡问题,克服了叠前偏移处理中的画弧现象,使叠前时间偏移成像后地震资料的波组特征保持较好,断层和断点清楚,归位合理,偏移效果好,精度高。

参考文献

- [1] 王西文,刘全新,吕焕通等.相对保幅的地震资料连片处理方法研究.石油物探,2006,45(2):105~120
- [2] 云美厚,丁伟等.地震资料一致性处理方法研究与初步应用.石油物探,2006,45(1):65~69
- [3] 段云卿.匹配滤波与子波整形.石油地球物理勘探,2006,41(2):156~159
- [4] 陈志卿,张兰.子波一致性校正方法在地震资料处理中的应用.石油物探,2006,45(2):171~172

(本文编辑:金文昱)