

文章编号: 1001—1749(2011)02—0134—06

# 利用相干属性剖面特征进行层位解释

李雪峰<sup>1</sup>, 阎建国<sup>2</sup>, 赵 州<sup>1</sup>, 姚 爽<sup>1</sup>

(1. 成都理工大学 信息工程学院, 四川 成都 610059)

2. 成都理工大学 地球探测与信息技术教育部重点实验室, 四川 成都 610059)

**摘要:** 利用相干属性的平面特征进行断层识别及沉积特征识别, 已得到了较为广泛的应用, 而相干属性的剖面特征却常常受到忽略。我们的研究表明, 除平面特征外, 相干属性的剖面特征往往能提供关于地质构造和沉积特征的更加精细的信息, 特别是可以直接利用相干属性剖面进行层位追踪解释。而且在利用相干属性剖面特征进行层位解释时, 具有层位追踪准确, 分辨率高等优点。这里提出利用相干体属性的剖面特征进行层位追踪解释的方法, 并通过对比利用振幅剖面特征进行层位解释的方法步骤, 探讨总结了利用相干剖面进行层位追踪解释的优缺点, 以及利用相干属性剖面进行层位追踪解释的方法步骤和工作流程, 为层位的追踪解释提供了另一种可选择的方法, 这种方法在实际应用中也取得了良好的效果。

**关键词:** 相干属性剖面; 振幅剖面; 层位追踪解释

**中图分类号:** TE 122.3<sup>+</sup>22      **文献标识码:** A

## 0 前言

目前, 国内、外主要应用相干分析技术进行断层裂缝识别和河道砂体空间展布特征等的分析, 而且也主要是应用相干体的时间切片或沿层切片等平面特征来进行平面分析。程谦等人<sup>[1]</sup>对高分辨相干剖面上的沉积特征(如, 上超、前积等)和礁体特征(如, 边界、内幕等)的识别进行了研究。作为相干剖面特征及其应用的系列研究的一部份, 我们认为相干剖面除了可以识别沉积特征和礁体特征外, 还可以用来进行层位追踪解释。

相干体是一种用量化计算出波形相似性的方法, 它通过在时空中定义“全局化的”孔径计算来实现。此处理方法可为地震波形空间变化提供准确的成图显示, 还可方便直观地与地质特征与沉积环境联系在一起。目前, 层位的追踪解释主要是在振幅剖面上进行的, 在一些地质结构比较复杂的

区域, 如断层、破碎带等, 振幅剖面的分辨率往往达不到一定的要求。

通过我们的研究发现, 在相干剖面上, 相干值的变化规律与反射界面的起伏, 有着密切的关系, 由相同相干值组成的极小值点连线的起伏, 与反射振幅同相轴的起伏一致, 从而可以被用来追踪解释反射层位。同时, 与振幅剖面对比发现, 相干值极小值点连线往往比反射振幅同相轴连线更加连续, 分辨率更高。因此我们认为, 用相干剖面进行层位追踪是可行的, 而且在一些复杂构造情况下, 振幅剖面 and 相干剖面配合进行层位追踪, 可以使层位解释更加准确, 分辨率更高, 从而为层位的追踪解释提供了一种可选择的新方法。该方法具有较高的实用价值, 值得推广应用。

作者在研究相干的原理和特征的基础上, 分析了表征相干剖面属性特征的主要参数, 并结合某一地区的实际地震资料, 给出了利用相干剖面追踪层位的参数、层位解释方法和工作流程。通过实际应

用表明,利用相干剖面属性特征进行层位解释,可以取得良好的效果。

### 1 相干分析技术原理及参数选取

目前国内、外广泛应用的相干分析算法,是由 Gersztenkorn 和 Martfurt<sup>[9]</sup> 提出的一种基于本征值结构的第三代( C3) 相干性算法。C3 算法引进了协方差矩阵,能对任意地震道进行相干分析,而且运用了主分量分析思想。因此,C3 算法能更明显突出数据体中的不相干性。作者在本文中采用的是第三代本征值算法。

基于本征值结构的第三代相干算法( C3) ,是通过多道本征分解处理来计算波形相似性的一种方法。这种相干运算不需要解释的结果,这样可以获得没有任何偏见的波形相似运算结果。与过去的相关、相似算法相比,该算法能够更好地区分出断层细节,以及河道等特殊地质现象。

假设分析时窗中有  $J$  道数据  $u_j$  ( $J$  为空间孔径),坐标为  $(x_j, y_j)$ 。以时间孔径  $t = n\Delta t$  为中心,沿着一对视倾角和方位角  $(p, q)$  计算  $2M + 1$  个采样点,这  $2M + 1$  个采样点对应着一个  $J \times J$  的协方差矩阵

$$C = \sum_{m=n-M}^{n+M} \begin{pmatrix} u_{1m}u_{1m} & \cdots & u_{1m}u_{Jm} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{Jm}u_{1m} & \cdots & u_{Jm}u_{Jm} \end{pmatrix} \quad (1)$$

在式(1)中  $u_{jm} = u_j(m\Delta t - px_j - qy_j)$  表示地震道沿着视倾角在  $t = m\Delta t - px_j - qy_j$  处的内插值,  $j = 1, 2, 3, \cdots, J$ 。

设  $\lambda_j(j = 1, 2, \cdots, J)$  是协方差矩阵  $C$  的第  $j$  个特征值,其中  $\lambda_1$  是其中最大的特征值。那么定义  $C_3$  相干算法公式描述为:

$$C_3(p, q) = \frac{\lambda_1}{\sum_{j=1}^J \lambda_j} \quad (2)$$

令视倾角  $p$  和方位角  $q$  均为零,便可以得到该算法的相干值  $C_3^{[1]}$ 。

$C$  的值主要取决于  $u$  和  $j$  (空间孔径),  $u = u(m\Delta t - px - qy)$  在视倾角  $p$  和方位角  $q$  均为零的情况下,相干值主要取决于空间孔径  $J$  和时间孔径  $T$ 。

(1) 空间孔径  $J$ ,即参与相干计算的道数,是计算相干属性的一个主要控制参数。一般参与相干计算的道数越多,平均效应越大,可以有效地压制噪音,但同时也会丢失一些剖面细节,这时主要突

出的是大的横向变化。相反,参与相干计算的道数越少,平均效应就越小,这样会提高分辨率,但同时也会受到一定的噪音干扰。

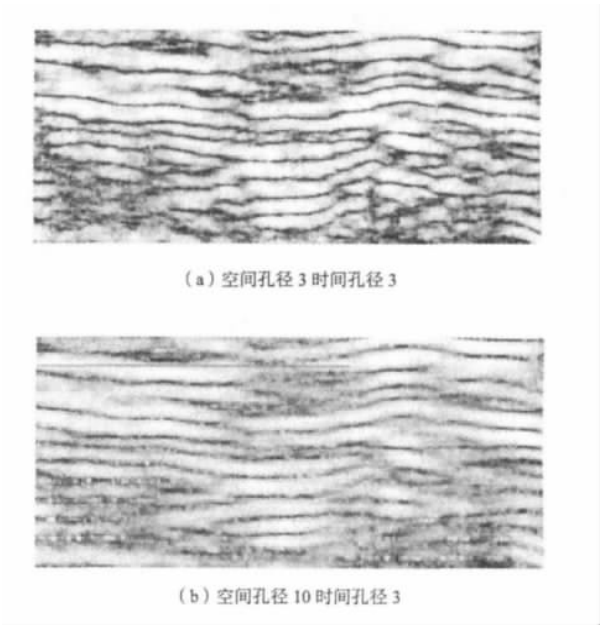


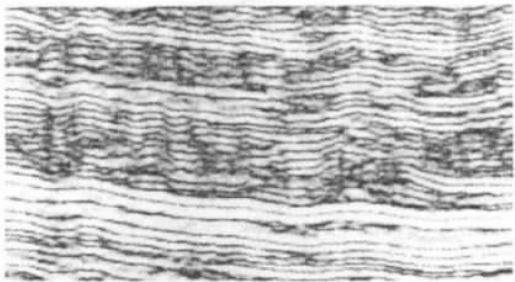
图 1 相干剖面图  
Fig.1 Coherency section

如图 1( a) 与图 1( b) 所示,时间孔径同取三个采样点,空间孔径图 1( a) 为 3,即计算三个相邻地震道的相干性。图 1( b) 的空间孔径为 10。从图 1 中可以看出,图 1( a) 在细节方面要优于图 1( b) ,但同时,过小的空间孔径也容易受噪音的干扰。

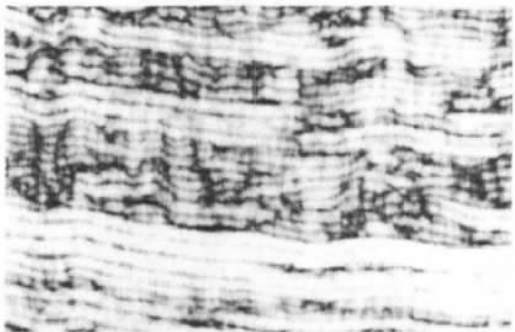
(2) 时间孔径  $T$ ,它是计算相干属性的另一个非常重要的控制参数。长时间孔径可以压制相干体内噪音,但是在较长的计算因子下,范围较窄的同相轴将变的模糊不清。通常来说,当要高度突出地层特征或低角度断层时,应使用小的时间孔径;当要突出持续性地质特征,应使用较长的时间孔径。

见下页,图 2( a) 与图 2( b) 分别为空间孔径同取 3,时间孔径分别取 3 个与 10 个采样点得到的结果。

在利用相干进行层位追踪解释时,既要突出同向轴的连续性,又不能丢失断层的细节信息。因此在原始地震数据为 1 ms 或 2 ms 采样的情况下,我们建议选取空间孔径为  $3 * 3$ ,即在 XLINE 上和 CROSSLINE 上分别取三道,时间孔径为三个采样点进行自适应本征算法的相干计算。同时,在原始地震数据时间采样间隔较大(如 4 ms) 的情况下,可以适当减少一至二个时间采样点。



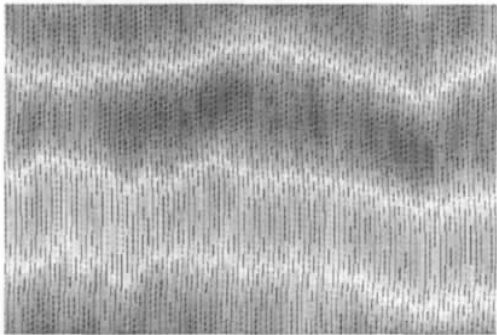
(a) 空间孔径 3 时间孔径 3



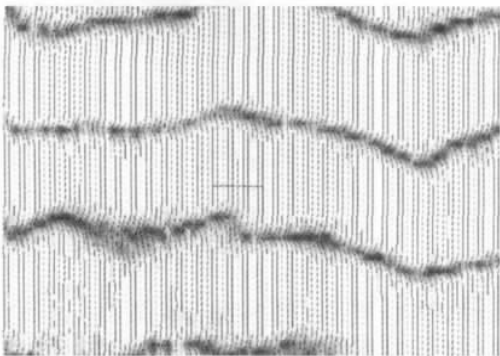
(b) 空间孔径 3 时间孔径 10

图 2 相干剖面图

Fig. 2 Coherency section



(a) 振幅波形图



(b) 相干波形图

图 3 波形图

Fig. 3 Waveform section

## 2 反射层位的相干属性与振幅属性的对应关系

图 3 为 CD-YB 地区的某条测线上的振幅剖面波形图(见图 3(a))和相干属性剖面波形图(见图 3(b))。在振幅剖面图上,我们发现每一地震道反射振幅同相轴在无断层的情况下,值是逐渐变化的。而在相干波形图上,每一地震道相干值在振幅波峰和波谷位置较窄的范围内数据值发生了突变(低相干数据值)。这些极(小)值的连线,在剖面上就表现为一条条连续对应振幅波峰和波谷的细线。从图 3 中还可以看出,这些相干极值点的连线,比振幅剖面有更好的连续性和分辨率。利用相干剖面上的这些特性,我们可以追踪解释层位。

为了说明相干突变值和振幅的对应关系,我们将同一条测线上的振幅和相干属性进行叠加显示(如图 4 所示)。

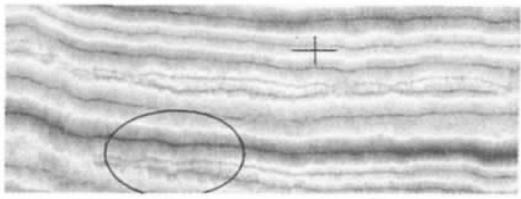


图 4 振幅相干叠加剖面

Fig. 4 Fusion section of amplitude and coherency

在图 4 中,我们可以清晰地看清相干突变值准确的定位在振幅剖面的波峰和波谷的位置。而且在标记的位置,我们同时也发现,在振幅剖面上我们无法辨别的尖灭,在相干剖面上可以清晰地显示出来。这也再次说明,相干剖面相比振幅剖面,有更高的分辨率和更好的连续性。

相干剖面的高分辨率,还表现在断层、礁体等复杂的地质构造中。图 5(见下页)为 CD-YB 地区在相干剖面上追踪的层位。图 5 中圆圈所圈出的地方,断层产状非常清晰,可以直接看出断层的水平和垂直断距。

综上所述,相干属性剖面的极值连线对应振幅剖面的波峰和波谷同相轴,可以用来进行层位的追踪。但我们在实际追踪中,还应注意相干属性剖面的以下特点,以及与振幅剖面的差别:

(1) 选择连续合适的对比层位。由于在相干剖面上难以辨认波峰和波谷,因此在对比追踪层位时,选择合适的对比层位显得更加重要。选择合适

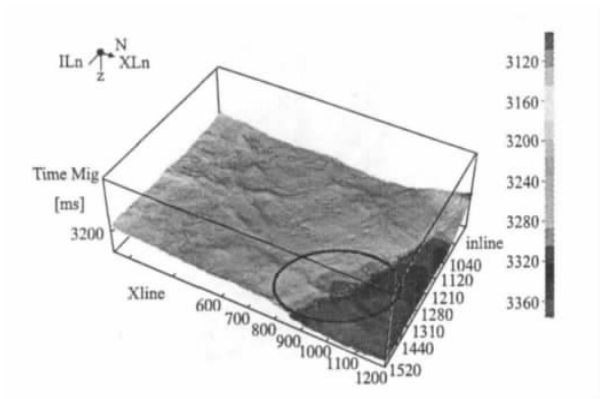


图5 CD-YB 水平层  
Fig.5 CD-YB horizon

的对比层位,可以合理地避免串层的发生。

(2) 多相位对比。在振幅剖面上,我们常使用多相位对比追踪层位,同一反射界面往往对应一个波峰二个波谷,或一个波谷二个波峰。在相干剖面上,即表现为一组稳定的相互平行的细线。因此,我们可以利用其中一条细线或多条细线,进行层位追踪。

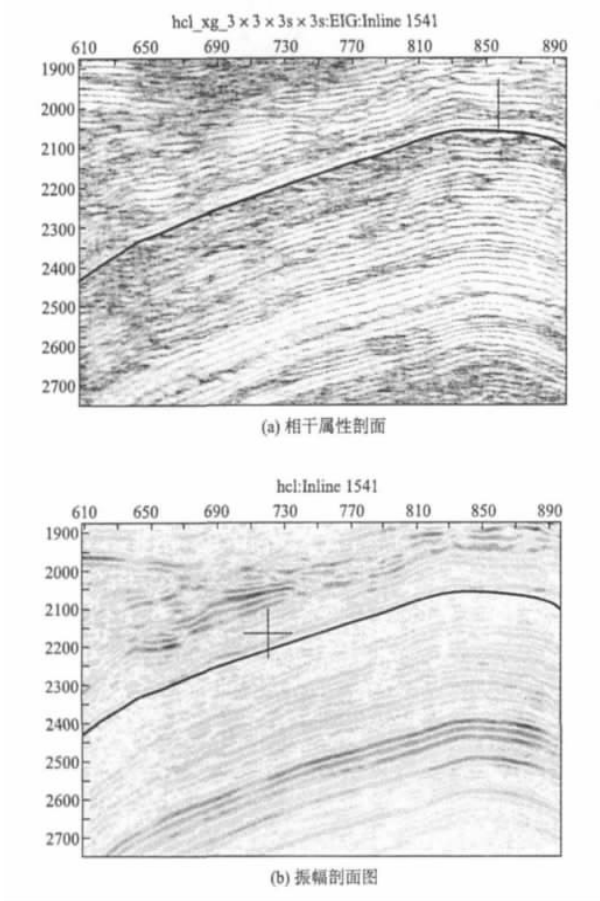


图6 相干与振幅剖面图  
Fig.6 Coherency and amplitude section

如图6所示,在图6中追踪的是波峰。在层位的上方表现为强强相间的强反射轴(分别为波谷和波峰)。在相干剖面上则表现为二条非常干净的平行结构的细线。在层位的下方,同样存在一组能量稍弱的波峰和波谷。在相干剖面上,这一组波则表现为雾状结构的一组平行细线。同时我们还发现,在振幅剖面上层位下方的一组波,在一些地方已经难以分辨。但在相干剖面上,依然可以追踪其同向轴的位置。

3 相干属性剖面进行层位解释的工作流程

综上所述,我们总结了一套使用相干属性进行层位追踪解释的流程:

- (1) 加载三维地震数据体,并根据井资料做合成地震记录,在振幅剖面上标定和识别目的层位。
- (2) 浏览数据体。我们使用振幅数据,浏览目的层位的走向,同相轴的连续性,以及断层的发育等。
- (3) 计算相干数据体。在浏览数据体后,如果该地区的地质结构较为复杂,断层较多可以先计算较大时间孔径的相干数据体用来断层解释,然后参考本文前面章节的参数,计算出较小孔径的时间参数,用来追踪层位。

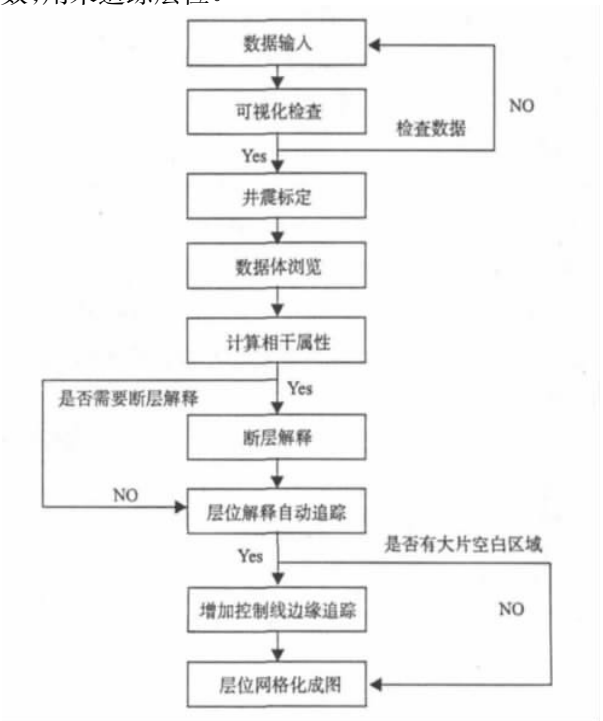


图7 相干体属性进行层位追踪的工作流程图  
Fig.7 Workflow of picking horizon based on coherency

(4) 断层解释和层位的自动追踪。在相干剖面上可以进行层位的手工解释和自动追踪,一般采取在过井剖面上种种子点,进行层位自动追踪解释。在初次进行层位自动追踪时,往往给出较为严格的窗口长度、相关系数、门槛值等参数,在观察追踪结果后,可以适当地修改参数,增加种子点的个数,继续追踪。

(5) 增加控制线和层位网格化。在观察上面的追踪结果后,如地质结构非常复杂,反射能量非常弱,仍有较多的空白区域,可以考虑对空白区域进行手工解释,增加控制线进行边缘追踪。在解释了空白区域,修改完局部的跳层后,对层位进行网格化和适当的平滑,即完成对层位的追踪解释。

4 实例应用

我们将上述的相干技术及相干属性剖面上表现的特征,应用到 CD - YB 地区。CD - YB 地区主要以碳酸盐岩层系为主,在海相上二叠统长兴组和下三叠统飞仙关组主要发育礁滩储层。研究工区 300 km<sup>2</sup>,研究目的层段上二叠统长兴组处于台地边缘礁滩相与斜坡相过渡位置。

以长兴组底面 Tp2ch 为研究对象,对 Tp2ch 层位,我们分别采用了振幅和相干剖面进行层位自动追踪。在使用相干体对 Tp2ch 进行层位自动追踪时,我们给出了 4 ms 的最大偏移量,窗口范围为 - 10 ms 至 10 ms。通过拾取种子点和层位网格化,得到如图 8( a) 所示的 Tp2ch 层位。图 8( b) 为振幅追踪的层位。

从图 8 中可以看出,利用相干属性得到的层位解释结果,不如利用振幅得到的结果圆滑,但更加的“真实”(如图 8 中的标识部份),对变化细节的反映更清楚。这些细节往往是反射界面起伏的详细情况的反映,这些细节在后续的属性研究和构造细节研究中非常重要。

图 9 是 Tp2ch 层位在某条测线的相干剖面和对应的振幅剖面上的显示,如图 9( b) 所示。我们可以清晰地看出,相干剖面追踪的层位能更加准确地反映层位的微小起伏变化。

我们同时任意选取了五条相干和振幅叠加剖面,并在剖面上显示了相干追踪的层位(如下页图 10 所示)。从图 10 中我们可以看出,相干属性追踪的层位准确,连续性好,更能精细地反应反射同相轴的起伏变化。

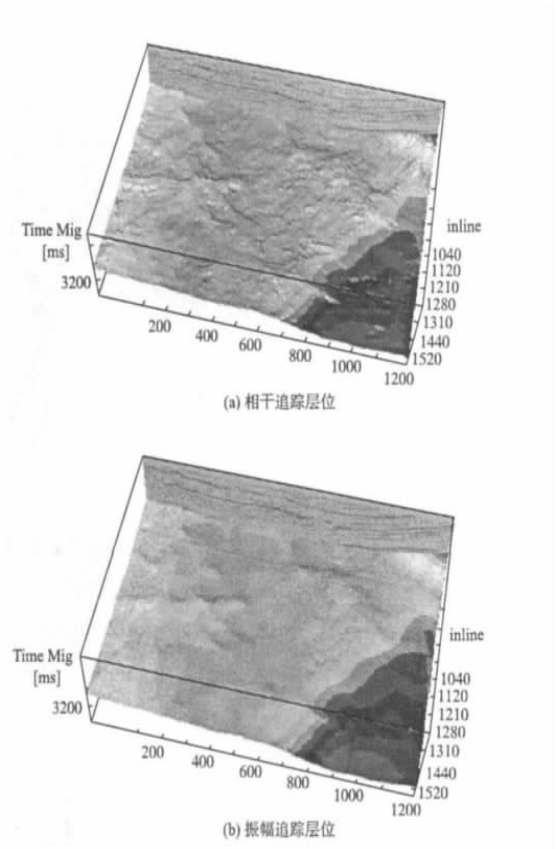


图 8 相干与振幅层位图  
Fig. 8 Horizons by coherency and amplitude

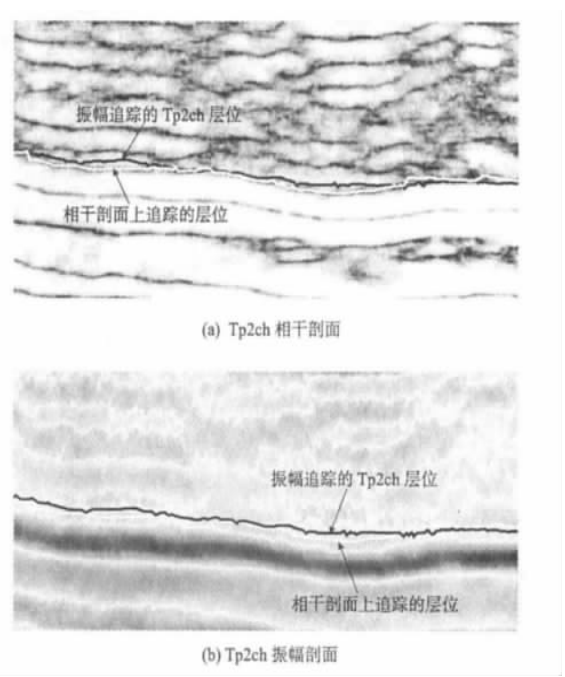


图 9 TP2ch 相干与振幅剖面图  
Fig. 9 TP2ch coherency and amplitude section

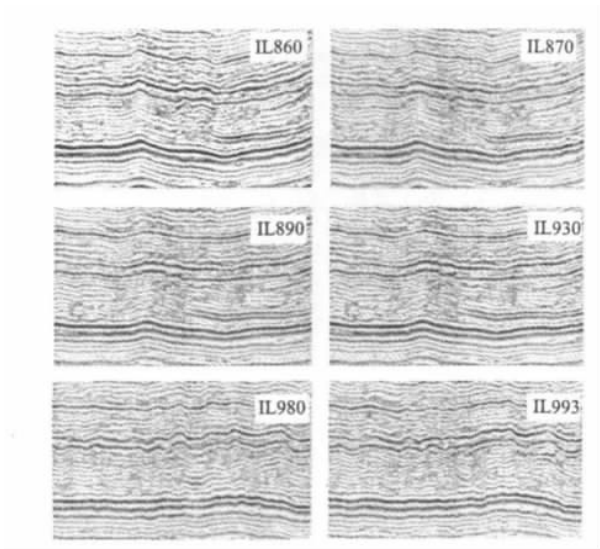


图 10 振幅相干叠加剖面

Fig. 10 Fusion section of amplitude and coherency

5 结束语

综上所述,在实际工作中,我们除了可以用振幅剖面进行层位追踪外,还可以使用基于本征值算法的相干属性剖面进行层位追踪。并且,相干属性剖面能够比普通振幅剖面更清楚地定位和准确反映层位的变化趋势,更加清晰地辨认礁体、断层等复杂的地质构造。特别是在二者结合进行层位解释时,可以得到更加精确的结果。

由于接触到的资料有限,因此,这里总结的内容仅作为实际工作时的参考。在以后的研究工作中,我们还将不断完善丰富类似的相干剖面特征,

以提高相干属性剖面的利用率。也希望能与更多的人共同探讨相干属性分析技术,不断推动相干分析技术的广泛应用。

参考文献:

[1] 程谦,阎建国. 礁体及沉积特征在高分辨相干属性剖面的特征分析 [J]. 物探化探计算技术,2010,32(1):48.

[2] 苑书金. 地震相干体技术的研究综述 [J]. 勘探地球物理进展,2007,30(1):7.

[3] 李正文,赵志超. 地震勘探资料解释 [M]. 北京:地质出版社,1988.

[4] 孙夕平,杜世通. 相干体技术算法研究及其在地震资料解释中的应用 [J]. 石油大学学报,2003,27(2):32.

[5] 浦世照,李世宏. 地震地质综合层位标定方法及其应用 [J]. 石油地质与工程,2007,21(4):28.

[6] 吴永平,王超. 三维相干体技术在三维精细构造解释中的应用 [J]. 断块油气田,2008,15(2):27.

[7] 余德,平曹辉,王咸彬. 相干数据体及其在三维地震解释中的应用 [J]. 石油物探,1998,37(4):76.

[8] Bahorich M S, Farmer S L. 3-D seismic coherency for faults and Stratigraphic features [J]. The Leading Edge, 1995,14(10):1053.

[9] Marfurt K J, Sudhakar V, Gersztenkorn A, et al. coherency calculations in the presence of structural dip [J]. Geophysics,1999,64(1):104.

作者简介: 李雪峰(1986-),男,江苏泗阳人,硕士,主要从事构造解释储层预测研究工作。



China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(2): 129

The reef identifying is significant to confirm the reservoir in the carbonate reservoir exploration. Variance Analysis Technology is an effective technique in checking the underground faults, the discontinuous stratum and abnormal geologic bodies. Firstly, this paper introduces the basic principles, and then focuses on analyzing the results in identifying reef and describing depositional facies, which confirm technical's advantages and good prospects.

**Key words:** variance cube; coherence technique; organic reef; depositional facies

#### EVENTS PICKING AND INTERPRETATION BASED ON COHERENCY SECTION

LI Xue-feng<sup>1</sup>, YAN Jian-guo<sup>2</sup>, ZHAO Zhou<sup>1</sup>, et al. (1. The College of Information Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, China; 2. Key Lab of Earth Exploration and Information Technology (Chengdu University of Technology, Ministry of Education, China), Chengdu 610059, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(2): 134

Events picking on fault and sedimentary feature using the plane characteristics of coherency attributes has already been widely applied, but the characteristics of coherency attributes on sections are often neglected. The study shows that the features of coherent attributes on the sections can provide more sophisticated information on geological structures and sedimentary features besides the plane features. Particularly, we can use coherent attributes to track and interpret the horizons directly, moreover, we can get accuracy tracking and high resolution interpretation results with using of the characteristics of coherency on sections. This paper proposes the approaches of horizon tracking and interpreting using coherence attributes on the sections. With compared the steps and workflow with those using amplitude attributes, it is summarized that the advantages and disadvantages of horizon tracking and interpreting using coherency attributes on sections and the steps and workflow. The alternative method of horizon tracking and interpreting is provided in this paper, and good results are also achieved by applying the approaches in real data interpretation.

**Key words:** coherency attributes section; amplitude section; horizon tracking and interpretation

#### STUDY ON THE KEY PARAMETERS OF KIRCHHOFF PRE-STACK TIME MIGRATION

GU Wen<sup>1</sup>, WANG Duo-han<sup>2</sup>, YAN Jian-guo<sup>3</sup> (1. The College of Information Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, Chi-

na; 2. Chuanqing Drilling Engineering Company Limited Geophysical Prospecting Company, Chengdu Sichuan 610213, China; 3. Key Lab of Earth Exploration and Information Technology, Chengdu University of Technology, Ministry of Education, Chengdu 610059, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(2): 140

Pre-stack time migration has become a routine means of seismic data processing, we could get a good imaging result in the circumstance of a complex structure and smooth lateral variation of velocity field by using pre-stack time migration. However, pre-stack time migration is a systematic approach, and the selection of a number of supporting techniques and some key parameters directly affect the imaging results. Based on the workflow of pre-stack time migration processing of OMEGA2 software, we summarize how to choose the supporting techniques involved in pre-stack time migration processing and the key parameters including pre-stack offsets, offset selected dip and aperture, RMS velocity modeling, and travel time. Combined with the test procedures of the study and discussion, The basic principles of selecting the key parameters are proposed, which has the high value for guiding the actual processing work.

**Key words:** kirchhoff pre-stack time migration; image by migration; key parameters

#### THE SCALAR QUASI-ANALYTICAL METHOD MODELING FOR ANOMALOUS ELECTRICAL FIELD OF THE ANOMALOUS CUBE

ZHANG Jin-hui<sup>1,2,3</sup>, SUN Jian-guo<sup>1,2</sup>, ZHANG Ya-dong<sup>4</sup> (1. College of Geoexploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China; 2. Laboratory of Integrated Geophysical Interpretation Theory, Ministry of Land and Resources, Changchun 130026, China; 3. Geological Exploration Technologies Institute of Anhui Province Energy Exploration Center, Bangbu 233005, China; 4. Exploration Department of Changqing Oil Field Company, Xi'an 710021, China). *COMPUTING TECHNIQUES FOR GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION*, 2011, 33(2): 147

The Quasi-analytical method is an approximation method for solving the integral equations which can deal with problems of strong scattering or large disturbing. In the process of calculation, it avoids the solving of the large matrix and the team algebraic equations, which was always encountered in the traditional differential coefficient methods. Sun J introduce this method into solving of the D. C. electric field integral equations, and he put forward the academic formulas. In the previous research, we had validated the precision of this method. In this paper we calculated the anomalous cube in the symmetrical field, got the Qua-