

# 相干体技术算法改进及其在 TJH 地区的应用

张军华<sup>1</sup>,王永刚<sup>1</sup>,赵勇<sup>1</sup>,马永利<sup>2</sup>,侯伯刚<sup>2</sup>

(1.石油大学,山东 东营 257062;2.大港油田勘探开发技术研究中心,天津 300280)

**摘 要:**相干体技术是近年来地震勘探在资料解释方面的重要突破。与原来揭示地下异常体的方法相比,相干体可以更清楚地识别断层和地层特征。由于相干体是通过三维地震数据体计算得到,用传统方法计算需要运行较长时间。笔者在理论分析的基础上,提出了改进的相干体算法,开发了相应的软件,并在大港油田 TJH 地区得到了成功应用。

**关键词:**相关属性,相干体,递推算法,水平切片,断层

中图分类号:P631.4<sup>+</sup>

文献标识码:A

文章编号:1000-8918(2002)01-0050-03

三维相干体技术是 90 年代后期兴起的一项十分有效的地震解释技术,它在断层识别、特殊岩性体的解释方面较常规三维数据体有明显的长处。国外对此成立了专门的相干技术公司(Coherence Technology Company),国内也开始应用这项技术。相干体技术通过三维数据体来比较局部地震波形的相似性,相干值较低的点与反射波波形不连续性相关。对相干数据体作水平切片图,可揭示断层、岩性体边缘、不整合等地质现象,为解决油气勘探中的特殊问题提供有利依据。

相干体计算的基本思路是从空间一点出发,计算纵横测线 2 个方向的相似系数或互相关函数,组合所计算的值得到该点的相干属性;沿时间切面计算每一点的相干值得到相干切片;按时间方向重复此过程,最后得到整个相干体。在研究过程中,我们发现按以上思路实现的算法需要大量的计算时间。为此,我们从信号能量分析着手,研究了地震道的空间组合方式,推导出了相干体的计算公式及快速算法,并在大港油田 TJH 地区得到了成功的应用。

## 1 方法原理

### 1.1 地震记录的相关属性

设信号为  $X(n)$ ,  $j=1, 2, \dots, M$ ;  $n=1, 2, \dots, N$ 。其中  $M$  为总道数,  $N$  为计算窗的样点数。假设有一标准道  $\bar{X}(n)$ , 考察该道与  $M$  道的误差能量

$$Q = \sum_{j=1}^M \sum_{n=1}^N [x_j(n) - \bar{X}(n)]^2. \quad (1)$$

为了得到  $\bar{X}(n)$ , 采用最小平方原理, 令  $\frac{\partial Q}{\partial \bar{X}(n)} = 0$ , 经推导可得

$$\bar{X}(n) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M X_j(n). \quad (2)$$

根据标准道能量与  $M$  道能量关系, 可得一相关属性值

$$R = \frac{\sum_{n=1}^N [\sum_{j=1}^M X_j(n)]^2 - \sum_{j=1}^M \sum_{n=1}^N X_j^2(n)}{(M-1) \sum_{j=1}^M \sum_{n=1}^N X_j^2(n)}. \quad (3)$$

属性值  $R$  具有明确的物理意义:  $R$  的大小反映了  $M$  道信号的相似性程度,  $R$  值大, 相似性好; 反之, 则相似性差。由于非异常处地震道间许多  $R$  值接近于 1, 而出现断层等异常后,  $R$  值明显变小, 为了突出异常, 在实际应用中常用值来描述不相干性(本文所用)。

### 1.2 三维相干体的计算

#### 1.2.1 地震道的空间组合方式

从(3)式可以知道, 相关属性值  $R$  需通过多道计算得到。就参加运算的道数来说, 存在这样一个问题, 即采用多少道组合, 才能较好地反映出储集层的特征, 如非均质性、裂缝发育方向、断层类型、岩性及含油气性的空间变化等。一般来说, 地震道的空间组合模式共有图 1 所示的 8 种。通过实际处理和综合比较, 我们认为采用由 3 点组成的三角形和有 5 点组成的对角线方式效果最佳, 运算最快。

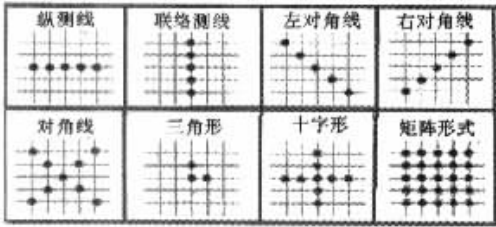


图 1 地震道的空间组合模式示意

1.2.2 传统的沿切片计算方法

传统的计算方法通常选用图 1 中的某种地震道的空间组合模式,先沿某一切片,固定某一方向  $x$  (纵测线方向),时窗沿  $y$  轴(横测线方向)移动,计算横测线所在点的相干属性,然后沿  $x$  方向增一步长,计算第二条横测线所在点的相干属性,逐一循环,就得到了沿此时间切片每个网格点上的属性值。对一系列时间切片重复此过程,就可得到三维相关属性数据体,如图 2 所示。

1.2.3 改进的递推算法

以上传统方法是先计算某一时间切片(时间面)中各网格点的相干属性值,再按时间面循环,期间没有考虑相邻时间面时窗内的重复计算。为此,改变计算的循环顺序,先进行时间方向的循环,再按纵横测线方向计算,使计算量大大减少。设第  $i$  个时窗样点序号  $n$  的值从  $i \sim N + i - 1$ ,则第  $i + 1$  个时窗  $n$  的值从  $i + 1 \sim N + i$ ,将(3)式表示成

$$R = \frac{U - V}{(M - 1)U}, \quad (4)$$

$U$  和  $V$  可按下列 2 式分别递推计算:

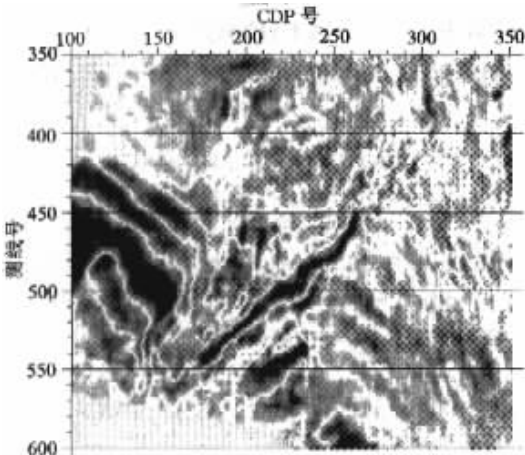


图 3 原始数据体的水平切片

从数据加载、处理到显示,全部过程由自行开发的 SAIS 软件系统完成。其中,图 3 为原始数据体的水平切片,该图上只能看出 2 块强的振幅,断层标志不明显;图 4 为相干体的水平切片,可以看出,该切片对异常构造反映更敏感,北东向 2 条大的断层十分清晰,原来地震剖面上呈现不出的细小断层也

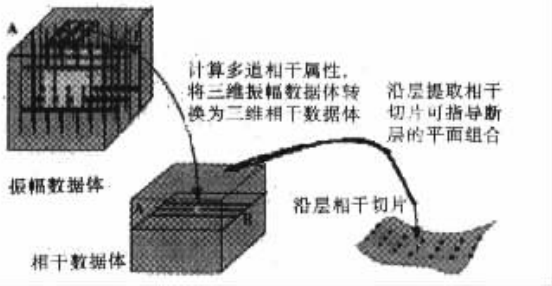


图 2 传统的沿切片计算方法

$$U_{i+1} = U_i + [\sum_{j=1}^M X_j(N + i)] - [\sum_{j=1}^M X_j(i)]; \quad (5)$$

$$V_{i+1} = V_i + \sum_{j=1}^M [X_j(N + i) - X_j(i)] \quad (6)$$

由以上分析可知,计算下一个窗的相关属性,只需计算下一个时窗的一个前端点和上一个时窗的一个后端点 2 个点的能量变化,而公用的  $N$  个点的能量均不用计算,计算量按几何级数减少。

2 实际应用

我们在 Ultral 工作站、Unix 操作系统、Motif 界面上,用 C 语言自行开发了相干属性体软件。空间采用三角型地震道组合方式,数据体大小为点,采用递推算法后较以前,计算速度提高 15 倍。我们编制的软件,其处理效果与 LandMark 工作站的相干体软件效果完全一致,运算速度是它的 5 倍。

将该方法应用于 TJH 地区,得到了反射层系清楚的三维相干属性体。图 3 和图 4 给出了原始数据体和相干数据体水平切片的比较,时间  $t_0$  为 2 000

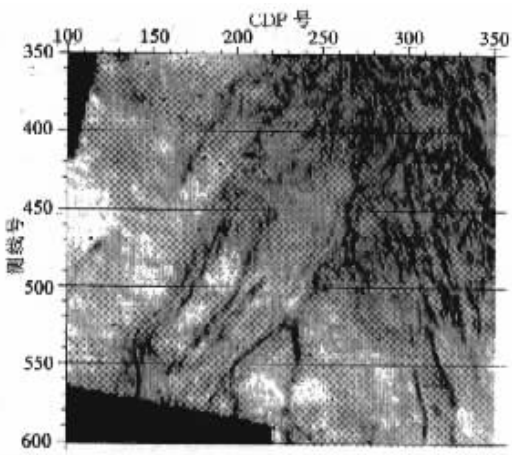


图 4 相干数据体的水平切片

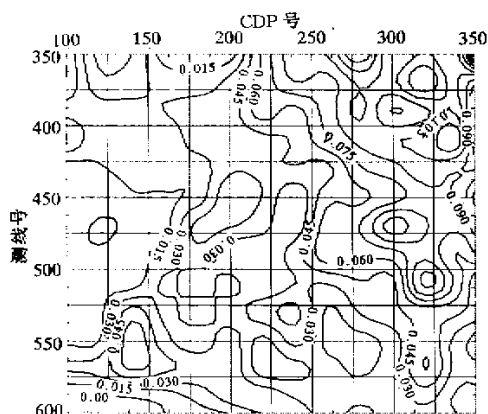


图 5 相干体等值线图 ( $t_0 = 2\ 000\ \text{ms}$ )

非常清楚。如果按时间采样顺序依次展现水平切片,还可用来研究断裂系统的空间展布。相干属性作为反映地震与岩性相似程度的一种地震属性,除了用水平切片的方式定性研究储层变化外,还可以用于定量描述。图 5 给出的是相干切片的等值线图,右上角属性值 ( $1-R$ ) 较大,最大可到 0.33,反映的地层结构与岩性比较复杂,而左上半部分属性值 ( $1-R$ ) 较小反映的是变化比较小的地层,断层和其它局部变化也可从图中看出。

### 3 结语

通过实际的三维地震资料的应用研究,取得以下一些认识和结论。

1. 相干体技术是近几年发展起来的用于地质构造研究的非常有效的一种方法。我们从方法原理、工作站软件编制到实际资料处理与解释,形成了一套完整的实用技术,处理效果与国外同类商业软件完全一致。

2. 相干体技术从地震道之间的波形相似性角度展现了介质的非均质性,除了反映与断裂有关的信息外,还显现了由于地层厚度、岩性等变化所至的相干性差异。

3. 由于采用了改进算法,运行速度大大提高。这对于较大的三维工区,及时地为后续的地质研究提供地震解释成果,是十分有效的。

4. 从相干体技术本身来说,除了可以应用于油气勘探开发中,还可以应用于煤田和其它工程物探中,具有较广的应用领域。

### 参考文献:

- [1] Bahorich M, Farmer S. 3D seismic discontinuity for faults and stratigraphic features: The coherence cube[J]. The Leading Edge, 1995, 14(10): 1053-1058.
- [2] Marfurt K J, Kirilin R L. 3D seismic attributes using a semblance-based coherency algorithm[J]. Geophysics, 63(3): 1024-1035.
- [3] Chen Q, Sideney S. Seismic attribute technology for reservoir forecasting and monitoring[J]. The Leading Edge, 1997, 16(5): 445-456.
- [4] 王永刚, 刘礼农. 利用相干属性体识别和检测断层和特殊岩性体[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000(1).

## THE IMPROVEMENT OF THE COHERENCE CUBE TECHNIQUE AND ITS APPLICATION IN THE TJH AREA

ZHANG Jun-hua<sup>1</sup>, WANG Yong-gang<sup>1</sup>, ZHAO Yong<sup>1</sup>, MA Yong-li<sup>2</sup>, HOU Bao-gang<sup>2</sup>

(1. University of Petroleum, Dongying 257062, China; 2. Dagang Oilfield, Tianjin 300280, China)

**Abstract:** With the 3D coherence cube technique, the seismic exploration has nearly made a new breakthrough in the seismic data interpretation. Compared with the previous methods, this technique is effective in solving such geological problems as faults and some special lithologic bodies. By calculating coherency between seismic traces, we can realize the conversion from 3D amplitude data to coherence attribute data. However, as the running time of the traditional methods is always very long, such methods can not satisfy the practical need. In this paper, the authors, based on an analysis of the basic theory of coherence cube, put forward the recursive method, developed its software and used the technique successfully in the TJH area of Dagang oilfield.

**Keywords:** correlative attribute; coherence cube; recursive method; time slice; fault

作者简介: 张军华(1965-)男,副教授,1987年华东石油学院物探专业毕业后留校任教,从事地震资料处理与解释的教学和科研工作。1995年获硕士学位,现在石油大学攻读博士学位,公开发表论文多篇。

万方数据