

相干数据体及其在三维地震解释中的应用

余德平 曹 辉 王咸彬

(中国新星石油公司石油物探研究所, 南京 210014)

摘 要

余德平等. 相干数据体及其在三维地震解释中的应用. 石油物探, 1998, 37(4): 75~79

三维相干数据体技术是近几年发展起来的一种三维地震解释技术。应用三维相干数据体可以确定断层的空间分布, 确定目的层的岩性变化区(带)。本文介绍了用多道相关技术制作三维相干数据体的方法, 并论述了三维相干数据体在实际资料解释中的应用, 最后用 EN 地区的资料对此方法进行了实验。实验结果说明三维相干数据体不仅是有效的, 而且具有速度快、无人工干预等优点。

关键词: 三维 相干 切片 解释

ABSTRACT

She Deping* et al. Coherence cube with application to 3-D seismic interpretation. GPP, 1998, 37(4): 75~79

The 3-D coherence cube technique is a recently developed technique for 3-D seismic data interpretation. The 3-D coherence cube can be used to determine the spatial distribution of faults and the lithological variation zone of objective layers. In the paper, we introduce to make 3-D coherence cube by the multichannel coherence technique. Then we expound the application of the cube in real data interpretation. Finally we test the technique with the data from the EN area. The testing result proves that the 3-D coherence cube technique is effective, speedy, and unnecessary to interpose artificially.

Key words: 3D, coherence, slice, interpretation

一、前 言

目前, 三维地震资料解释大致可分为如下三步。首先是进行构造解释; 其次是借助于特殊处理进行岩性解释; 最后结合井孔资料进行储集层(或油气藏)描述。由于受多种因素制约, 这

* She Deping, Research Institute of Geophysical Prospecting for Petroleum, CNSPC, Nanjing 210014

本文于 1997 年 12 月 9 日收到。

种常规解释方法周期较长。再者这种常规解释方法的出发点是波组对比原则,而在地震地质条件复杂的地区,断层附近的各种干扰波通常比较丰富,现行的处理手段又难以完全消除这些干扰波,从而使得常规构造解释方法往往难以确定断层的准确位置。如果工区内断层很多,断层的走向等特征又不明显,则断层的组合也往往令解释人员伤透脑筋。

三维相干数据体技术是近几年发展起来的一项新的解释技术,它利用相邻道地震信号的相似性来描述地层、岩性的横向非均匀性,特别是在识别断层以及了解与储集层特征密切相关的砂体展布等方面非常有效。应用三维相干数据体切片进行构造和岩性解释可帮助解释人员迅速认识整个工区断层及岩性的整体空间展布特征,从而达到提高解释速度及精度,缩短勘探周期的目的。

近几年国外对这项技术的研究较多, Mike S. Bahorid 等(1996)^[1]应用三维相干数据体解释断层和岩性变化区带; Kenneth A. Ortmann(1996)^[2]应用海上三维相干数据体研究大地构造的扭曲运动; Schlumberger—GeoQuest 地震解释软件公司已将此方法技术软件推向市场。但在国内,还未见到公开发表有关此技术的文章。

二、原理与方法^{[3][4]}

在横向均匀地层中,由于各相邻道的激发、接收条件接近,反射波的传播路径与穿过地层的差别极小,所以同一反射层的反射波的反射走时十分接近,且极性相同,振幅、相位也一致。当地下有断层时,则相邻地震道之间的反射波在旅行时、振幅、频率及相位等方面都将发生不同程度的变化,而由岩性的不均匀渐变所引起的变化则较弱。在三维相干数据体中,断层、地层的渐变和横向均匀地层表现为完全不相干、部分相干和完全相干,尤其是在相干数据体切片中,这三种特征非常明显,所以应用三维相干数据体可以描述地层、岩性的横向非均匀变化。利用相关技术对三维地震数据体进行处理就可以得到三维相干数据体。

设有两个离散信号序列 $x(n)$ 、 $y(n)$, 则其互相关函数 $\gamma_{xy}(m)$ 为

$$\gamma_{xy}(m) = \sum_{i=1}^K x(i) \cdot y(i-m) \quad (1)$$

式中, K 是时窗长度。当 $x(n)$ 和 $y(n)$ 是同一信号序列时, 则得到自相关函数

$$\gamma_{xx}(m) = \sum_{i=1}^K x(i) \cdot x(i-m) \quad (2)$$

为了消除不同深度能量的差异, 令 $P_{xy}(m)$ 是 $x(n)$ 与 $y(n)$ 的互相关系数, 则

$$P_{xy}(m) = \frac{\gamma_{xy}(m)}{[\gamma_{xy}(0) \cdot \gamma_{yy}(0)]^{1/2}} \quad (3)$$

且

$$|P_{xy}(m)| \leq 1 \quad (4)$$

为了突出地层和岩性的横向非均匀性, 令

$$R_{xy}(m) = 1 - P_{xy}(m) \quad (5)$$

式中, $R_{xy}(m)$ 是相干系数, 相应地

$$0 \leq R_{xy}(m) \leq 2 \quad (6)$$

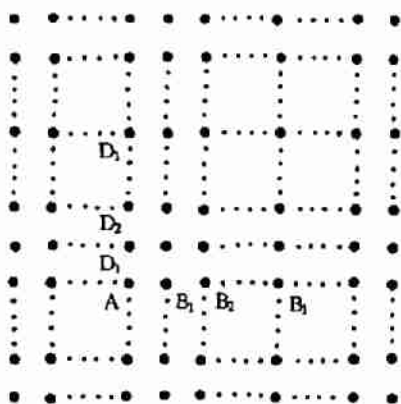
考虑到工区构造和岩性的复杂性, 我们采用多道相关方法, 即对 $x(n)$ 附近的若干道 $y_j(n)$

分别求取互相关系数 $R_{xyj}(m_j)$, 并加权求和, 则有

$$\rho = \sum_{j=1}^N C_j \cdot R_{xyj}(m_j) \quad (7)$$

这里, N 是相关道数, C_j 是第 j 道的加权系数。利用方程(7)对三维地震数据体上的每个 CDP 道的任一时间求相干值, 则得到三维相干数据体。但在利用方程(7)时必须注意相关道及有关参数的选取。

通过分析, 我们认为在相关道中必须纵、横测线方向均有, 否则平行于纵或横测线方向的地质异常在相干数据体中没有反应, 为此在中心道沿纵、横测线两个方向各选 l 道作为相关道(图 1)。相关道数 l 的选取与准确确定异常地质体的位置密切相关, l 过大, 则定位不准, 而 l 很小, 则难以抑制三维地震数据体中的噪音。采用多道相干加权求和的方法, 加权系数 C_j 与中心道 A 和相关道 D_j (或 B_j) 之间的距离成反比, 一般 $l \leq 7$ 。



图中, A 是中心道, $B_1, B_2, \dots, B_l$ 和 $D_1, D_2, \dots, D_l$ 是相关道

图 1 确定相干道示意图

三、应用实例

根据上述原理与方法, 我们编制了相应的程序, 并对 EN 地区的实际资料进行了试算。图 2 是 EN 地区 $T_0=1000\text{ms}$ 处的振幅切片, 从图中很难看出该地区的地质、岩性分布情况。图 3

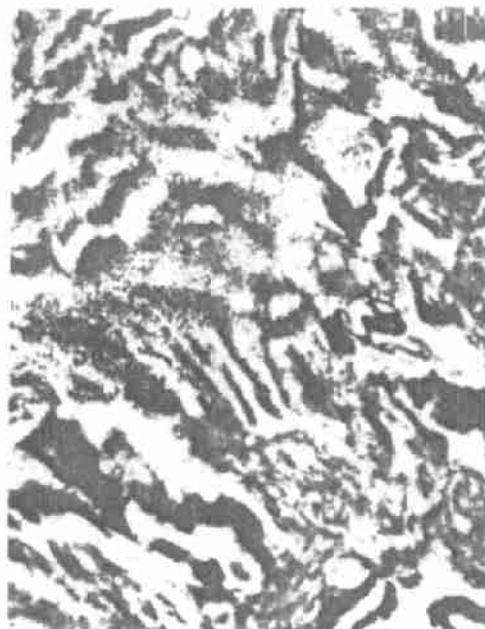


图 2 三维地震振幅切片

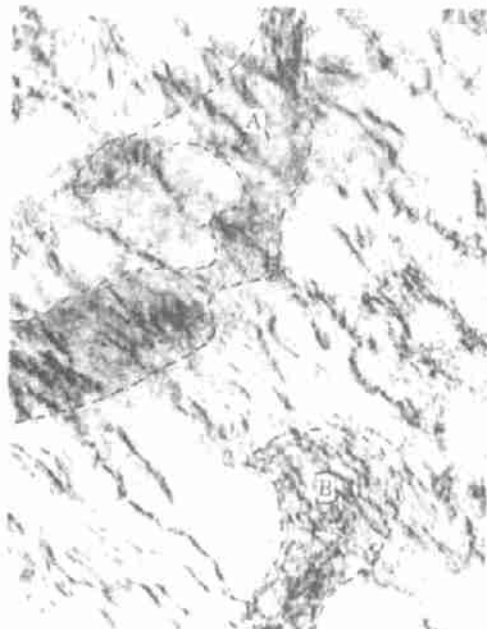


图 3 三维相干切片

是 EN 地区 $T_0=1000\text{ms}$ 处的多道相干切片,对比图 2,可以从图 3 中看出黑色条带状异常及局部灰色区块异常。图 4 为图 3 的解释结果,图中黑色条带状异常(图中实线)对应该区断层的分布,灰色区块异常(图中虚线)则表示岩性横向变化区带。这些结果与我们由常规地震资料解

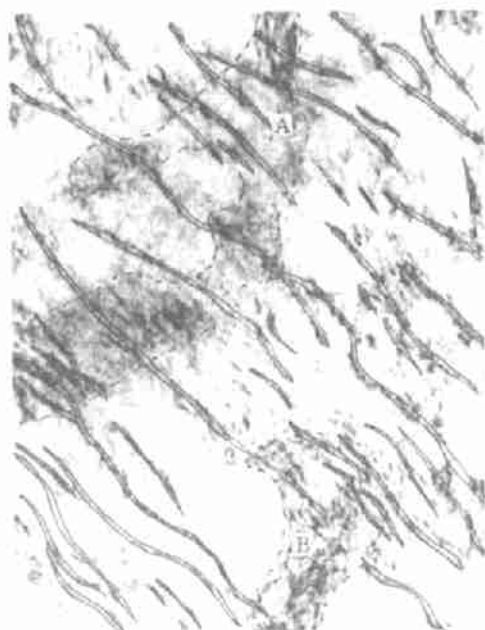


图 4 三维相干切片解释结果

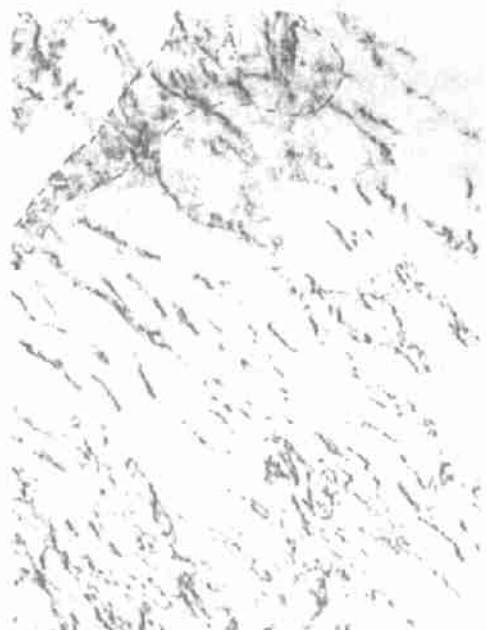


图 5 T_0 层三维相干沿层切片

释的结果基本吻合。由此说明,应用三维相干数据体的时间切片解释断层和岩性变化区(带)是

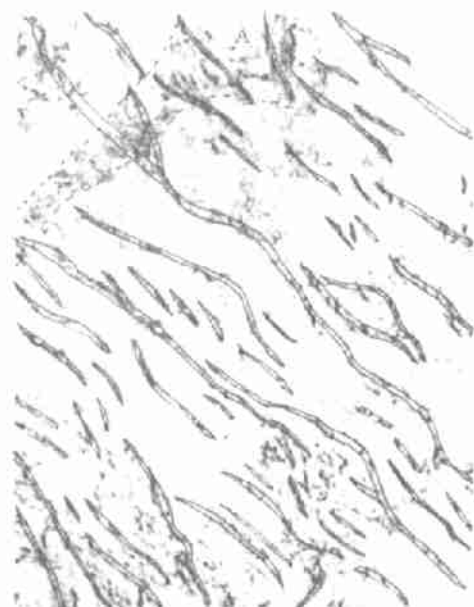


图 6 T_0 层三维相干沿层切片解释结果

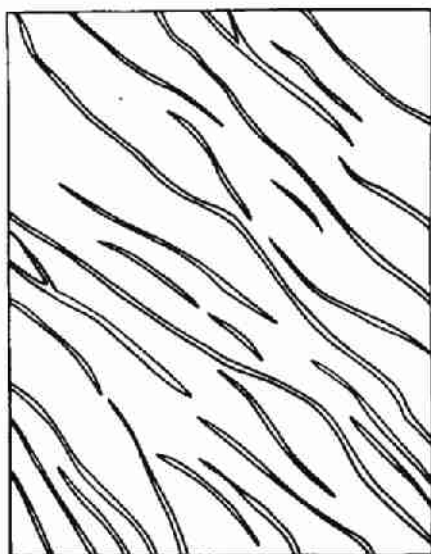


图 7 常规构造解释断层分布

可行的,而常规地震数据体的时间切片是不具备这种功能的。

为了更好地与常规解释作对比,并与储层描述结合起来,我们利用以往解释拾取的 T_0 层位数据显示沿层相干切片。图 5 为 EN 地区相干数据体的沿层切片,图 6 为图 5 的解释结果。由图 6 可见断层分布与地震常规构造解释的结果(图 7)十分相似,主要断层几乎完全一样。图 6 上部有一片灰黑色异常区(虚线所圈区域),我们认为这是由于目的层的岩性在此处发生了变化而引起的,因此在定井位时应考虑到岩性变化问题。

四、结 论

- (1)根据多道相关理论制作的三维相干数据体用于三维地震资料解释是可行的、有效的;
- (2)三维相干数据体的时间和沿层切片不仅能明显地反映断层的空间分布,而且能反映岩性变化区(带);
- (3)三维相干数据体的解释不受构造走向的限制,具有速度快、误差小的特点。

本文得到石油物探研究所郭全仕、吴永栓等人的帮助,在此深表感谢!

参 考 文 献

- [1] Mike S. Bahorich 等,应用三维相干性进行地层和构造解释,《SEG 第 65 届年会论文集》,石油工业出版社,1996 年。
- [2] Kenneth A. Ortman 等,三维地震相干性模型在特立力达东部近海地层预测中的成功应用,《SEG 第 65 届年会论文集》,石油工业出版社,1996 年。
- [3] 李正文等,《地震勘探资料解释》,地质出版社,1988 年。
- [4] 程乾生,《信号数字处理的数学原理》,石油工业出版社,1979 年。