

煤田三维地震数据处理中方差体技术的参数优选及应用效果

张新红, 蒋传琳, 刘卫, 尚照顺

(河南省煤田地质局物探测量队, 河南 郑州 450009)

摘要: 方差体技术是基于统计学原理, 利用三维地震数据体中相邻道之间地震信号的相关性计算样点的方差值, 提取数据体中不连续信息, 用以识别小断层和陷落柱等岩性变化点。笔者以山西某煤矿采区为例, 通过方差体各项参数的测试, 介绍方差体的运算模式、运算道数和时窗大小等参数对计算成果的影响, 使方差体技术在确定煤层小断层和陷落柱等地质体时取得较好效果。

关键词: 煤田三维地震 三维方差体 运算模式 切片 构造 时窗

中图分类号: P631.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2006)05-0450-03

在煤矿采区应用三维地震技术来查清小构造和控制煤层赋存形态已是采前必要的工作。然而, 目前还有很多人在对三维数据体分析时, 仍然采用按一定时间间隔切时间剖面的二维分析方法, 这不仅导致因人的认知程度而出现分析结果差异, 还容易遗漏小断层或错误解释陷落柱等非断裂构造。要客观地识别三维数据体包含着的各种地震地质异常信息, 减少因认知水平导致的资料分析差异, 方差体技术是目前三维地震资料分析中一项较为理想的技术手段。

1 方差体运算模式

方差体技术是通过统计三维数据体中某样点与周围相邻地震道时窗内样点平均主值间的方差后, 再加权归一化得出的方差值。方差体的计算其实是求取加权移动的方差值过程, 即对三维地震数据体计算每个时间样点的方差。方差体运算模式有加法和乘法之分。加法运算是主测线和联络线方向的数据参与运算, 对走向既不垂直于主测线又不垂直于联络线方向的断层, 显示效果就差一些。因此, 若已知勘查区断层走向垂直于主测线或联络线方向, 可以采用加法模式, 否则, 应采用乘法模式。乘法模式是样点与四周所选行列范围内所有记录道进行运算, 由于参与运算的数据量大, 运算速度稍慢, 但其运算结果不受断层走向影响, 成图效果较好。

无论哪种运算模式, 都是以样点为中心, 取上下各一半时窗长度内的样点数(假设采样间隔为 1 ms,

时窗长度为 60 ms), 先求出参与运算的各道时窗长度内所对应样点的振幅平均值, 再计算出时窗长度内参与运算各道中每个样点振幅值与同一时刻参与计算道的振幅平均值的方差和, 最后再乘上正弦三角函数的加权值并做归一化处理, 便得到该样点的方差值 δ (图 1)。

$$\delta_i^2 = \frac{\sum_{j=t-L/2}^{j=t+L/2} \sum_{i=1}^I (x_{i,j} - \bar{x}_{i,j})^2}{\sum_{j=t-L/2}^{j=t+L/2} \sum_{i=1}^I x_{i,j}^2}, \quad (1)$$

$$\delta_\omega^2 = \delta_i^2 \sum_{j=t-L/2}^{j=t+L/2} \omega_{j-t}, \quad (2)$$

$$\omega = \sin \theta, \quad (0 \leq \theta \leq 90^\circ, 0 \leq \theta \leq 1). \quad (3)$$

式中, δ_i^2 为某道某个采样点的方差值; δ_ω^2 为某道某个采样点加权后的方差值; $x_{i,j}$ 为 j 时间 i 道的地震振幅值; $\bar{x}_j$ 为 j 时间所有 i 道内的平均振幅值, 即主值; L 为方差的时窗长度; ω_{j-t} 为某时窗内某采样点的三角加权函数, 最大为 1, 最小为 0。

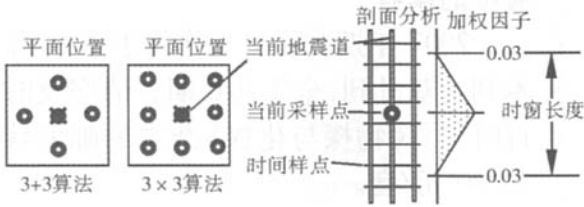


图1 方差体算法示意

通过上述公式对整个地震三维数据体中每个采样点的方差值计算,最后得到三维方差数据体。

2 不同参数计算效果

以山西某煤矿某采区三维地震勘查为例。该区为丘陵地貌,地表被第四系覆盖。主要勘查目的层为相距约 100 m 的 3 号和 15 号煤层,煤层平均厚度分别为 4.69 m 和 3.95 m。目的层埋深 400 m 左右,基本走向 NE,倾向 NW,倾角 10°左右。地震勘查前仅在采区中部发现一条走向 NE、倾向 NW、倾角 80°、落差约 30 m 的兴旺庄断层,自西向东延展在采区的东部尖灭。

三维地震勘查后,利用已有钻孔资料进行人工合成地震记录对三维数据体煤层反射波标定,确定目的层旅行时范围,然后在 SUN-Ultra60 图形工作站上使用美国斯伦贝谢公司 GeoFrame3.7 地震解释组合体软件 (IESX) 进行了不同算法、不同道数、不同时窗的测试计算。

2.1 不同算法

选择了 3+3 和 3×3 模式计算。比较 2 种模式

计算后得到的三维方差体顺 3 号煤层切片 (图 2) 发现,3+3 模式对 NE 向断层和陷落柱略有显示,而对近 NS 向断层的显示就较差。而 3×3 模式除对各方向断层的位置、形态、走向及陷落柱等异常地质信息显示清晰外,非异常范围的数据值分布也较为均匀,表现为切片的色泽更为均匀。

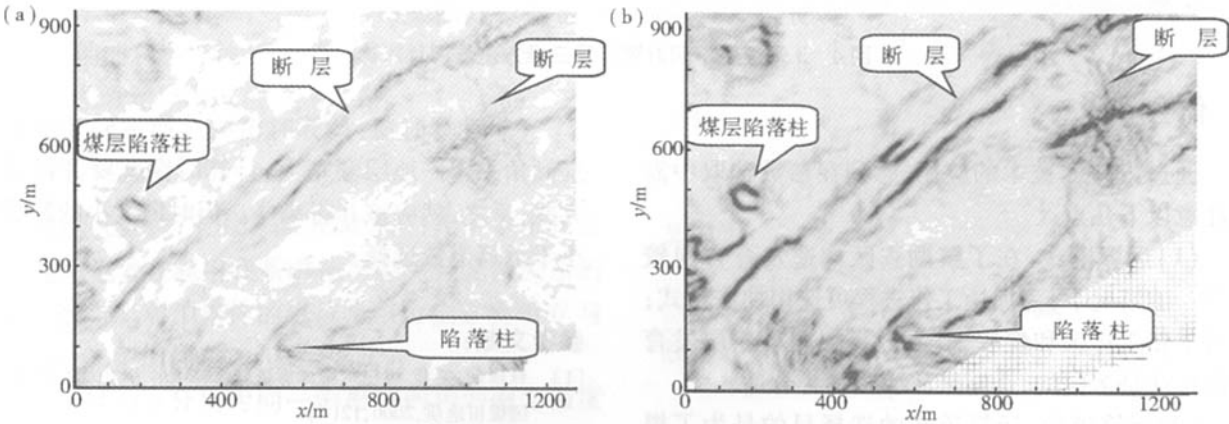
由于煤层中发育有大量不同延展方向的小断层和陷落柱,因此,使用乘法运算能充分显示出各方向断层分布状态。

2.2 不同道数

受计算工作站条件限制,只进行了 3×3 与 5×5 的不同道数 80 ms 时窗测试比较 (图 3)。

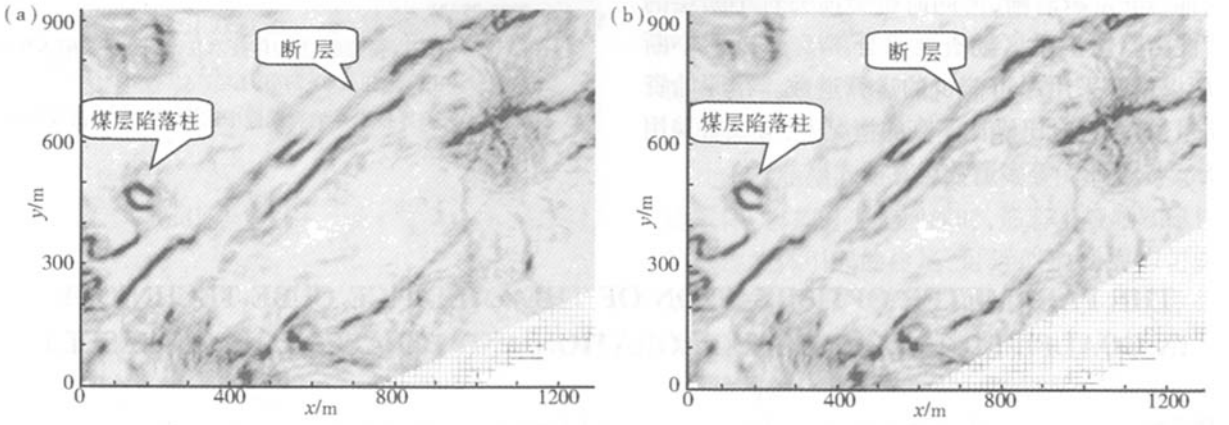
本区原始地震资料质量良好,讯噪比较高,从图面上看 2 图似乎没有差别,但仔细比较可发现,5×5 模式数据体非异常处的数据略显均匀,切片的色泽更均匀、更深重,说明参与运算道数越多,对大断层等异常显示越明显。

由于方差体计算中参与运算的道数越多,所需要的计算机空间资源越大,运算时间越长,因此,在原始资料质量好时,可以选择运算道数少的模式。



a—3+3 运算模式 b—3×3 运算模式

图 2 3 号煤层不同运算模式三维方差体切片对比



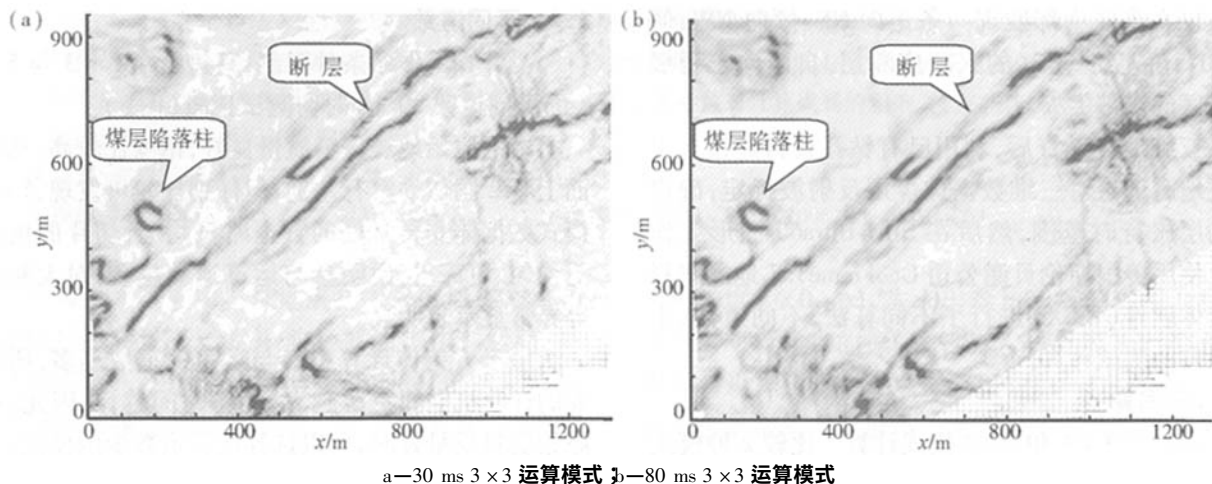
a—5×5 运算模式 b—3×3 运算模式

图 3 3 号煤层不同道数运算三维方差体切片对比

2.3 不同时窗

在不同运算模式和不同道数比较基础上,进行 3×3 运算模式 30 ms 与 80 ms 时窗的对比(图4)。

从2图对比情况看,30 ms 时窗计算结果虽小断层等异常信息的显示较 80 ms 时窗计算结果更清晰,异常带的宽度也较窄,有助于分析小断层,但数据体均匀性不如 80 ms 时窗数据体。本区煤层倾角 10° 左右,局部倾角会有增大情况,为更全面显示全区构造情况,时窗略大会更为有利。



a—30 ms 3×3 运算模式 b—80 ms 3×3 运算模式
图4 3号煤层不同时窗运算三维方差体切片对比

3 体会

通过方差体技术的应用,感到在参数选取中需要注意以下几点。

(1) 运算模式:在了解勘查区构造发育方向较为单一的情况下,为加快工作进程可选用加法模式;但对于新工作区和煤矿采区,因煤层中小断层发育方向往往是多向的,选用乘法模式更为合适。

(2) 运算道数:运算道数的选择目的是为了提提高成果资料异常显示能力,参与运算的道数越多,显示的地质异常越清晰,但同时也会损失对小断层的分辨能力。煤矿采区勘查要求分辨 5 m 以下小断层,所以最好采用尽可能少的运算道数。在原始资料质量较差、记录讯噪比不高的情况下,可试着采用 $3+5$ 、 $5+5$ 、 5×5 等多道数运算模式。

经过上述比较,在实际工作中,采用了 80 ms 时窗 3×3 运算模式的计算成果进行构造分析,仅在 3 号煤层中查出断层 13 条,除有一条是修改原断层外,其余均为新发现断层,其中:落差 20 ~ 50 m 的 2 条;10 ~ 20 m 的 2 条;5 ~ 10 m 的 2 条;3 ~ 5 m 的 7 条;15 号煤层查出断层 12 条:落差 10 ~ 20 m 的 1 条;5 ~ 10 m 的 4 条;3 ~ 5 m 的 7 条,均为新发现断层。同时发现煤层陷落柱 8 个:7 个直径 > 25 m 陷落柱贯通 3 号和 15 号煤层;1 个仅陷落 15 号煤层。

(3) 计算时窗:计算时窗的选择主要是根据地层倾角来定。地层倾角大,计算时窗就要开得适当大些,反之,就应该开得小些。但时窗大小的影响远小于运算道数选择。

参考文献:

- [1] 林建东,王磊. 煤田三维地震资料解释中的方差体技术[J]. 中国煤田地质,2000,12(4).
- [2] Geoffrey A D. 现代三维地震解释[J]. 石油物探译丛,1999(1).
- [3] 李书瑜. 利用方差体技术有效识别断层[J]. 江汉石油学院学报,2003,25(3).
- [4] 常锁亮,张胤彬,杨晓东. 方差体技术在识别断层及陷落柱中的应用[J]. 山西建筑,2003,29(10).
- [5] 陈凤云. 方差体技术在地震勘探中的应用[J]. 中国煤田地质,2005,17(2).

THE PARAMETER OPTIMIZATION OF THE VARIANCE CUBE TECHNIQUE IN COALFIELD 3D SEISMIC EXPLORATION AND ITS APPLICATION RESULT

ZHANG Xin-hong, JIANG Chuan-lin, LIU Wei, SHANG Zhao-shun

(Geophysical Exploration Party, Henan Bureau of Coalfield Geology, Zhengzhou 450009, China)

量,称为单层场强分量。从物理意义考虑或仔细观察数学表达式发现,广义偶层位就是单层场强分量,T. Nakatsuka 在文献 [4] 中未指出这一点。试验结果表明精度差不多,但由于程序过程很复杂,原因很多,不能一概而论,这与所用的计算方法关系很大。

3 结语

熊光楚教授对笔者的指导是多方位的,他对使用的‘多重网格方法’提出过意见,认为计算工作量太大,积累误差也很大,用于处理实际资料有困难。笔者认为如果改用文献 [5] 和 [6] 提供的计算方法有可能改善曲面上位场转换的计算精度和计算

速度。

参考文献：

[1] 侯重初,蔡宗熹,刘奎俊. 从偶层位出发建立曲面上的位场转换解释系统[J]. 地球物理学报,1985 (4) 410.
[2] 谭承泽,郭绍雍. 磁法勘探教程[M]. 北京 地质出版社,1984.
[3] 吴宣志,刘光海,薛光奇,等. 傅立叶变换和位场谱分析方法及其应用[M]. 北京 测绘出版社,1987.
[4] Tadashi Nakatsuka. Reduction of magnetic anomalies to and from an arbitrary surface[J]. Geophysical Exploration,1981,34 (5) 5.
[5] Han T M. Numerical small parameter method for stiff ODEs[J]. BIT,1983,23 118.
[6] Han T M,Han Y. Solving implicit equations arising from Adams-Moulton methods[J]. BIT,2002,42 (2) 336.

TWO NOTES FOR THE THEORY OF POTENTIAL FIELD ON CURVED FACE

ZHANG Qing-he, CAI Zong-xi

(Institute of Petroleum Exploration and Development, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract Two arguments have been advanced in this paper by spreading the "theorem of interchange between magnetization direction and magnetic field component direction" to non-uniform magnetization. The component in any direction of the total field intensity figured out from the single horizon is called component of single-layer field intensity. The even horizon in a broad sense is just the component of single layer field intensity.

Key words :curved face ;even horizon in a broad sense ;component of single layer field intensity

作者简介 张庆合(1956 -),男,高级工程师,中国地质大学勘探地球物理硕士,现主要从事信息技术、地理信息系统的应用与研究与应用、勘探地球物理应用。

上接 452 页

Abstract :The variance cube technique is based on the statistic principle. The correlation of the seismic signals between the neighboring channels in the 3D seismic data body is used to calculate the variances of the sample spots and extract the discontinuous information in the data body, with the purpose of recognizing such lithologic variation spots as small faults and collapse pillars. Exemplified by a mining area in a coalfield of Shanxi Province and based on testing various parameters of the variance cube, this paper deals with the effects of such factors as the operation mode of the variance cube, the channel number of the operation and the size of the time window upon the calculation results. With the achievements made by the authors, the variance cube technique can yield relatively fine results in detecting such geological bodies as coal seam small faults and collapse pillars.

Key words :coal field 3D seismic exploration ;3D variance cube ;operation mode ;slice ;structure ;time window

作者简介 :作者简介 张新红(1967 -),女,河南省正阳县人,工程师,1990 年毕业于中国地质大学(武汉),现从事煤田地球物理勘查工作,公开发表学术论文数篇。