

文章编号:1001-1986(2006)05-0063-02

小陷落柱异常波提取及其特征的模型研究

周国兴, 杨文钦, 杨文强 (中国矿业大学, 江苏 徐州 221008)

摘要:通常情况下, 较小规模陷落柱的地震响应特征不明显。运用矩阵的奇异值分解(SVD)方法, 通过对三维模型数据的处理, 把煤层反射波作为被压制的对象, 突出断陷点所产生的绕射波, 以达到提高对较小规模陷落柱地震解释的目的。实际运用效果较好。

关键词:陷落柱; 断陷点; 绕射波; 奇异值分解

中图分类号:P631.443 **文献标识码:**A

Modeling research on characteristics and extraction method of abnormal seismic waves on small scale karst collapse column

ZHOU Guoxing, YANG Wenqin, YANG Wenqiang

(China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract: In the common situation, the seismic response of small scale karst collapse column (KCC) is not obvious. This paper utilizes the SVD method to process 3D modeling data. The reflection wave of coal layer has been filtered, the diffracted wave scattered from the break point is enhanced, and the interpretation of samll KCC is improved. This application has obtained favorable result in the actual work.

Key words: karst collapse column; break point; diffraction wave; SVD

1 引言

在地震时间剖面上, 陷落柱的主要识别标志之一是煤层断陷点产生的绕射波^[1]。一般情况下, 由煤层断陷点产生的绕射波与煤层反射波相比能量要弱得多, 特别是规模较小的陷落柱产生的绕射波常常淹没在反射波强大背景之中。为了识别这种较小规模的陷落柱, 必须压制煤层反射波, 突出绕射波。

本文采用了矩阵的奇异值分解(SVD)处理方法^[2-3], 在改善时间剖面同相轴的连续性、去噪和VSP中分离上、下行波等方面均取得了较好的效果。这里把煤层的反射波作为被压制的对象, 突出各断陷点的绕射波, 以期达到提高对较小规模陷落柱识别的目的。

2 SVD 去噪的原理

通常的SVD去噪方法是将一条剖面的数据进行奇异值分解。设地震剖面为M道, 每道N个采样点, 整个剖面数据设为矩阵A: $A = UDV^T$ 。其中U为 $M \times M$ 阶正交矩阵; V为 $N \times N$ 阶正交矩阵; D为 MN 阶对角矩阵。D的对角元素 σ_i 称为矩阵A的奇异值, 当 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N \geq \sigma_{N+1}$, 满足必要条件时, 上式

可写成:

$$A = \sum_{i=1}^r \sigma_i u_i V_i^T, \quad (1)$$

式中 r 是矩阵A的秩; u_i 是矩阵 AA^T 的第 i 个特征向量; V_i 是矩阵 $A^T A$ 的第 i 个特征向量。 $u_i V_i^T$ 为单秩 $M \times N$ 阶矩阵, 称为矩阵 A 的第 i 个特征图像, 它们形成一个正交基底, 可用来重建矩阵 A。

若设矩阵 $A^T A$ 或 AA^T 特征值为 λ_i , 可证明:
 $\sigma_i = \sqrt{\lambda_i}$ 。

由于奇异值是按数值从大到小顺序排列的, 前面几个特征图像贡献最大, 因此可以根据剖面的特征, 选择不同的特征图像, 利用下式来重建记录:

$$A = \sum_{i=p}^q \sigma_i u_i V_i^T \quad (1 \leq p \leq q \leq r). \quad (2)$$

当 p 和 q 取不同的数值时, 可以从原始地震记录中提取出具有不同相关特征的部分记录。当 p = 1 和 q = M 时, 则可以完全恢复出原始记录; 当 p 和 q 为其他数值时, 得到的重建记录是原始记录的一部分, 并具有以下特征:

a. 用前面的几个大特征值对应的特征向量来重建地震记录, 主要反映原始地震记录中道与道间相关性强的地震记录部分。当有效波的同相轴水平或接近水平, 波组稳定, 构造简单时, 效果最好。重

收稿日期: 2005-11-02

作者简介: 周国兴(1966—), 男, 江苏启东人, 高级工程师, 从事煤田陷落柱地震探测和山区地震勘探技术。

建的图像为去掉了相关性相对较弱和随机干扰的地震记录。

b. 取中间的某段范围内的特征值对应的特征向量来重建地震记录, 主要反映原始地震记录中有某种相关性的地震记录部分。如地震记录中同相轴有一定斜率或非线性关系的波组, 只要 p 和 q 选择合适, 就可以在重建记录中反映出来。对于绕射波, 由于其同相轴及能量级别与反射波大部分和随机干扰不重合, 从而可以被分离出来。

c. 取最后几个特征值对应的特征向量来重建地震记录, 主要反映原始记录中的随机干扰部分。据此, 可以把地震记录中的随机噪声提取出来。

3 煤层断陷点绕射波特征

煤层中的陷落柱、断层等横向间断点, 其主要地震响应特征之一是在断点处产生绕射波。从以上的讨论中可知, 只要选取适当的 p, q 值, 即可将较强煤层反射波及随机噪声压制掉, 从而分离出绕射波信息。

3.1 模型参数及观测系统

根据研究工作的需要, 设计了如图 1 所示的数学模型。模型为单煤层, 煤厚为 2 m, 埋深为 180 m; 陷落柱为上小下大的圆台状, 上顶直径 40 m, 下底直径 60 m, 顶距观测面 90 m, 高 310 m; 基底深度为 400 m。速度分布自上而下, 顶板 3 300 m/s、煤层 2 200 m/s、底板 3 500 m/s, 陷落柱内充填物速度为 2 400 m/s。

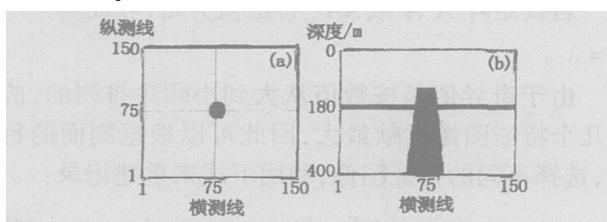


图 1 陷落柱模型示意图

Fig. 1 Sketch of collapse column

a——陷落柱在地面上的投影图;b——垂向剖面图

观测系统取陷落柱的地面投影中心点为中心, X, Y 方向上组成 150×150 个接收点和激发点, 点距 4 m; 采用平面波正入射的激发方式, 采样间隔 0.5 ms, 子波主频 70 Hz 的雷克子波; 应用三维声波波动方程, 数值模拟方法采用有限差分法, 计算得叠加三维数据体。为了便于计算, 所有介质的体积质量皆假设为 1 g/cm^3 。

3.2 陷落柱在叠加剖面上的特征

从三维数据体上抽取图 2a 所示的 $X_{40}, X_{65}, X_{71}, X_{76}$

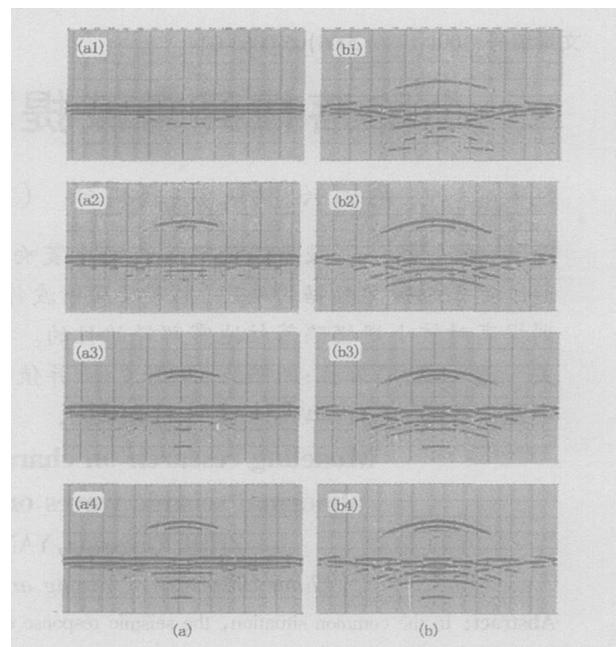


图 2 叠加剖面图

Fig. 2 Superposed sections

a——原始叠加剖面图;b——经 SVD 处理后的剖面图
a¹, b¹—— X_{40} 线未过陷落柱;a², b²—— X_{65} 线少部分过陷落柱;
a³, b³—— X_{71} 线大部分过陷落柱;a⁴, b⁴—— X_{76} 线从陷落柱正上方穿过
 X_{76} 4 条叠加剖面, 不难看出:

a. X_{40} 线无明显反映; X_{65} 线仅出现煤层反射波能量稍减弱; X_{71}, X_{76} 线出现煤层反射波波组下凹。

b. 柱顶波到达时间逐渐变小, 能量增强。

c. 在显示参数一致的条件下, 4 条剖面上陷落柱的存在特征不明显。除柱顶绕射波较明显外, 仅在 X_{71}, X_{76} 线对应陷落柱位置上的反射波向下微微扭曲。受多组绕射波的干扰, 煤层反射波能量时强时弱, 沿着煤层反射波进行追踪, 几乎找不到陷落柱存在的任何迹象。由此可见, 对于规模较小的陷落柱, 在反射波同相轴上进行陷落柱的肉眼识别将有很大的困难。

3.3 陷落柱的绕射波特征

运用 SVD 处理方法(取 $p=3, q=48$)滤除反射波后, 得到的异常波剖面如图 2b 所示。随着测线逐渐靠近陷落柱体, 在剖面上可以清晰地看到:

a. 对应于陷落柱顶底及煤层断点的绕射波, 到达时间均逐渐减小, 能量变强, 振幅从中央往两边衰减更加明显;

b. 绕射波的视速度由大变小;

c. 煤层断陷点产生的绕射波波组越复杂, X_{71}, X_{76} 上的绕射波第一相位出现反转, 第二相位形成包络圈闭。这包络圈闭点即是煤层断陷点边界。

d. 煤层断陷点产生的绕射波波组中间段较

文章编号:1001-1986(2006)05-0065-03

三维地震勘探在地裂缝探查中的应用

陈光明¹, 何黄生¹, 张德元²

(1. 江苏煤炭地质物测队, 江苏 南京 210046; 2. 四川煤田地质勘查院, 四川 成都 610072)

摘要:根据地裂缝改变层状地层的几何结构, 破坏地层界面的连续性, 引起地球物理场的变化等特征, 应用三维地震勘探方法探查地裂缝。以长江三角洲 WYGA 地区三维地震勘探为例, 论述了三维地震探查地裂缝数据采集方法、资料数字处理、资料解释等问题, 结果显示, 地质效果良好。

关键词:长江三角洲; 三维地震勘探; 地裂缝

中图分类号:P631.44 **文献标识码:**A

Application and result of 3D seismic exploration in surveying the ground fissure

CHEN Guangming¹, HE Huangsheng¹, ZHANG De yuan²

(1. Jiangsu Coal Geological, Geophysical Prospecting and Surveying Team, Nanjing 210046, China; 2. Sichuan Coal Field Geological Exploration and Survey Institute, Chengdu 610072, China)

Abstract: The ground fissure have changed geometric structure of strata, caused the earth physics field changed and destructed strata interface continuity, that provides the geology premise for 3D seismic exploring and surveying the ground fissure. Taking an example of the 3D seismic exploring and surveying the ground fissure in certain place the delta of Yangtze River, the paper clarified the problem of the 3D seismic data acquisition's method, the data processing, the data interpretation etc., and obtained effective geology result.

Key words: the delta of Yangtze River; 3D seismic exploration; ground fissure

1 引言

长江三角洲的部分地区, 从 20 世纪 70 年代开始, 地面产生不均匀沉降, 多处存在地裂缝灾变, 相继出现道路、桥梁、房屋的形变和开裂等地质灾害, 给人们的生活带来了影响, 给经济建设和可持续发展带来了损失。

实际调查发现, 地裂缝具有一定的方向性, 通过正演模拟和分析, 三维地震方法可以从立体上控制

地裂缝的演变情况, 并以其高密度、高分辨率的地震数据体, 显像地裂缝的几何地质形态, 从面上追踪地裂缝的发展方向, 垂向上控制隐伏地裂缝的演变深度, 为控制和减缓地裂缝的发展提供可靠的地质资料。

2 地质及地球物理特征

本区地层主要有泥盆系、二叠系、三叠系、白垩系及第四系。

收稿日期: 2005-12-07

作者简介: 陈光明(1939—), 男, 重庆市人, 教授, 从事应用地球物理研究。

平(类似于地堑)。但最主要的是绕射波的视速度还存在一定的变化, 这是常规偏移处理不能使绕射波偏移归位的根本原因, 也是区别于断层的最重要特征。对于较小规模陷落柱而言, 这种现象不是很明显。因此, 对较小规模陷落柱的解释应主要依靠叠加数据进行 SVD 处理后的数据体。但随着陷落柱规模的增大, 应主要侧重于偏移归位后的数据体。

4 结束语

在地质剖面上, 断层和陷落柱都表现为横向间断。但相比较而言, 探测呈三维立体展布的直径为

20 m 陷落柱要比探测呈线性展布的 20 m 断层要困难得多。原因之一是陷落柱产生的绕射波能量较弱, 仅凭肉眼很难分辨。资料显示, SVD 处理方法在识别和查找较小规模陷落柱时, 是非常有效的方法。

参考文献

- [1] 黄洪泽. 论绕射波机制[J]. 地球物理学报, 1977, 20(1): 81—88.
- [2] 陆文凯, 李衍达. SVD 分解提高地震资料的信噪比和分辨率[J]. 石油地球物理勘探, 1998, 33(增刊1): 145—149.
- [3] 屠世杰. 地震不连续点成像[J]. 石油地球物理勘探, 1996, 31(4): 556—562.