

文章编号: 1001-1986(2002) 06-0052-03

基于小波变换的地震信号分时分频相关去噪

付 燕 (西安科技学院计算机系, 陕西 西安 710054)

摘要:介绍了 Donoho 的小波域阈值去噪处理方法, 提出了 对小波变换尺度上小波系数进行分时分频相关处理去噪后, 再重构小波系数的方法, 以去除大部分随机噪声。然后, 再对重构后地震剖面进行小波域阈值去噪处理。结果表明, 使用上述新方法可以有效改善地震剖面处理效果, 提高信噪比。

关键词:小波变换; 相关分析; 随机噪声; 阈值

中图分类号: P631.4 **文献标识码:** A

1 引言

在地震信号处理中去除随机噪声, 提高地震信号的信噪比是十分重要的问题。小波变换是去除信号噪声的一种有力工具。小波变换能将信号在多个尺度上进行小波分解, 各尺度上分解所得的小波变换系数代表原信号在不同分辨率上的信息。由于有效信号和随机噪声在不同的尺度上进行小波分解时, 存在一些不同的传递特性和特征表现, 1995 年, Donoho 利用这些特性提出了一种基于阈值处理思想的小波域去噪方法^[1], 即对信号先求小波变换, 再对小波变换系数取一阈值, 大于阈值的小波系数被保留, 然后仅用保留的小波系数重构原信号。使用该方法能得到较好的去噪效果。

2 Donoho 基于小波域的阈值去噪方法

地震信号中的有效反射波是连续可导的, 其不连续点的值也是有界的, 在对地震信号的小波变换

系数进行分析之后, 可知随着二进尺度的增加, 对应于有效反射波的小波变换模极大值随着变换尺度的增加越来越大, 白噪声的小波变换模极大值幅度及模极大值稠密度则逐渐减小。因此, 当变换尺度最小时, 模极大值几乎完全由噪声所控制; 当变换尺度达到最大时, 模极大值几乎完全由信号所控制。小波变换下信号与噪声截然不同的表现特征为我们选择和确定一个用于取舍信号和噪声模极大值的阈值提供了条件。Donoho 给出了基于正交小波变换的阈值 $T = \sigma \sqrt{2 \log(N)}$, 其中 σ 为噪声标准差, N 为信号采样点数。阈值选定后, 对小波变换系数作阈值处理, 即把信号小波变换系数的绝对值与阈值比较, 小于或等于阈值的小波系数变为零, 大于阈值的点保持不变。Donoho 小波域阈值去噪方法主要利用了有效信号和噪声在小波变换下奇异性截然不同的表现特征来去除噪声, 保留有效信号。虽然使用该方法可以有效去除地震信号中部分随机噪声, 但没有充分利用地震信号的特点进行去噪。

收稿日期: 2002-04-19

作者简介: 付 燕 (1972—), 女, 河南鹤壁人, 西安科技学院讲师, 西北工业大学博士研究生, 计算机应用专业。

地看出来。由于密度测井有一定的探测深度, 是一种体积意义上的响应, 更容易区别是充填后的离层还是岩层。

5 结论

根据声波扫描成像、密度、电阻率、声速和井径等测井方法, 可以对用灌注方法加固后的地基检查孔进行的质量检测评价, 提供非常有价值的资料。

结合钻探取心描述和其他地面物探及井中物探, 多方面综合评价塌陷工区地基加固处理的效果, 给地质灾害的防治提供可靠依据, 预防事故的发生和减少不必要的治理成本。

参考文献

- [1] 韩绪山等. 煤层裂缝的声波扫描成像测量[J]. 煤田地质与勘探, 2001, 29(5): 56—57.
- [2] 测井学编写组. 测井学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998

The log testing method used for ground control in subsidence area

ZHANG Jing-kao, HAN Xu-shan, LIU Zhen-xiang LIN Zheng-ting

(The Log Testing Station of Shandong Coalfield Administration, Taian 271000, China)

Abstract: By the methods of ultrasonic scanning image, density, resistance, sonic speed and hole diameter testing methods the effect of subsidence control fulfilling with cement and coal powder. The result indicated that the effect is satisfactory and useful for static evaluation controlled ground.

Key words: ultrasonic scanning image; subsidence area; evaluation on ground control; log testing

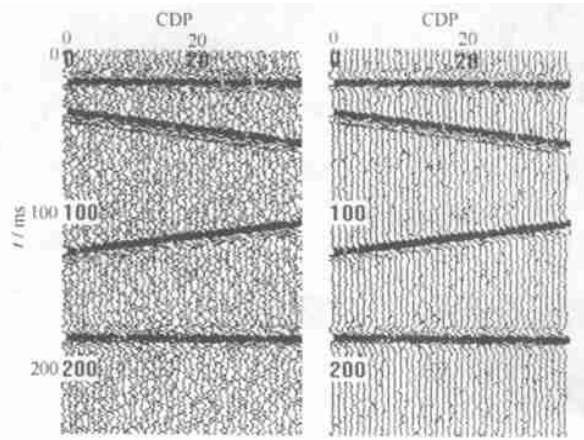


图 1 具有随机噪声的原始合成剖面 图 2 小波变换 3 个尺度上分时分频相关去噪处理后剖面

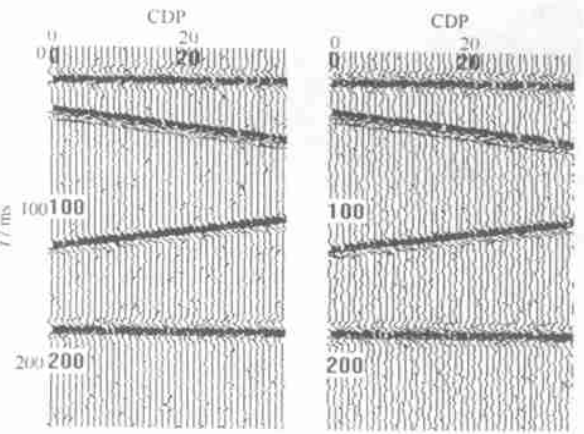


图 3 再使用小波域阈值去噪处理后剖面 图 4 直接使用 Donoho 小波域阈值去噪处理后剖面

3 分时分频相关去噪

考虑到地震信号有其特有的性质, 即假设地质结构的变化相对于测线来说较为缓慢, 地震记录剖面上连续相邻地震道共深度点的有效信号具有较强的相关性, 从而可利用该相关性提取信号, 抑制噪声。因此, 首先将地震剖面分解成 5 个尺度, 认为随机噪声几乎完全分布在尺度 1~3 中, 对尺度 1~3 分别进行相关分析, 使用相关系数对原剖面地震道进行修正, 得到去除不相关随机噪声后的地震剖面。然后, 再对地震剖面进行小波域阈值去噪, 去除剩余随机噪声。

在地震记录剖面各频率分量记录上所进行的分时分频相关分析称为分时分频相关分析^[2]。设 $X_l^k(n)$ ($(l=1, 2, \cdots, M), (k=1, 2, \cdots, Q), (n=1, 2, \cdots, S)$) 为第 k 个分量记录的第 l 道小波系数, 其中 M 为总道数, Q 为分量剖面数, n 为采样点数, S 为总采样点数。设 $N^k(n)$ 为第 k 个分量记录剖面分

相关分析使用的时窗函数, 其宽度为 T_k 。取 $N^k(n)$ 为矩形时窗, 将第 k 个分量记录剖面的第 l 道和第 $l+1$ 道在时刻 n 的相关系数记为 $\rho_{l,l+1}^k(n)$, 则

$$\rho_{l,l+1}^k(n) = \frac{\sum_{m=-a}^a X_l^k(n+m) X_{l+1}^k(n+m)}{\{[\sum_{m=-a}^a X_l^k(n+m)^2][\sum_{m=-a}^a X_{l+1}^k(n+m)^2]\}^{\frac{1}{2}}}, \quad (1)$$

式中 $a = T_k/2$ 。

相关系数 $\rho_{l,l+1}^k(n)$ 的大小直接反映的是剖面中第 l 道和第 $l+1$ 道在时刻 n 上的 T_k 时窗范围内小波系数的相似程度, 因此, 可以使用相关系数 $\rho_{l,l+1}^k(n)$ 对第 l 道进行修正以衰减噪声, 得到去除随机噪声后地震记录 $Y_l^k(n)$, 计算公式为:

$$Y_l^k(n) = \rho_{l,l+1}^k(n) X_l^k(n). \quad (2)$$

在实际使用时, 有以下原则:

- a 如果地震剖面中同相轴水平或倾角较小, 可在 3 个尺度 (即尺度 1~3) 上进行小波系数分时分频相关分析, 用相关系数修正各地震道信号, 可最大限度衰减随机噪声, 且基本不会损失有效信号;
- b 当地震剖面中同相轴倾角较大时, 在多个尺度进行相关去噪会损失有效信号, 因此只在尺度 1 上进行小时窗的相关分析。因为尺度 1 上有效信号所占比例很小, 且时窗选取较小并仅作用于相邻两道, 衰减噪声时基本不会损失有效信号。

4 应用效果

4.1 合成地震信号去噪处理

图 1 为待处理的合成地震剖面, 该剖面含有 1.3dB 的随机噪声, 对其进行 5 个尺度的小波变换, 并进行 3 个尺度 (尺度 1~3) 的分时分频相关去噪, 得到图 2 中处理后剖面。再对图 2 中剖面进行小波域阈值去噪处理得到剖面见图 3, 其信噪比为 8.3dB。图 4 是直接使用 Donoho 小波域阈值去噪方法处理图 1 中剖面的结果, 其信噪比为 4.4 dB。由图 3 和图 4 可看出, 本文提出的方法可以更好地去除随机噪声, 效果明显优于直接使用 Donoho 的小波域阈值去噪方法。

4.2 实际地震信号去噪处理

图 5 为含有随机噪声的实际地震剖面, 对图 5 中剖面使用分时分频相关去噪方法进行处理, 再对处理后剖面进行小波域阈值去噪得到图 6 中去除随机噪声后剖面。图 7 是直接使用 Donoho 小波域阈值去噪方法处理后地震剖面。比较图 6 和图 7 可以看出, 使用本文提出的方法可以更好地去除剖面中随机噪声。

文章编号: 1001-1986(2002) 06-0054-04

一种锚固力无损检测设备

朱国维¹, 彭苏萍¹, 王怀秀¹, 王鹤龄²

(1. 中国矿业大学, 北京 100083; 2 安徽省工商联合会, 安徽 合肥 230000)

摘要: 设计制作了一套通过适时监测与分析锚杆受力后的力与位移关系曲线, 并加以智能判别和预警, 来实现锚杆极限锚固力无损检测的设备。实际应用证明, 该设备既能准确测定锚固体系的极限锚固力, 又不会破坏锚杆结构体系。

关键词: 极限锚固力; 无损拉拔; 传感器; F—S 曲线; 智能预警

中图分类号: P631 **文献标识码:** A

1 前言

目前国内外对锚杆施工质量的检测, 多停留在

用千斤顶进行机械破损性拉拔试验阶段, 由于无控制预警系统, 只能按设计的锚固力值人为控制, 即拉到设计值时终止拉拔。因此小于设计锚固力的锚杆

收稿日期: 2001-12-07

作者简介: 朱国维(1964—), 男, 安徽金寨人, 中国矿业大学(北京)博士生, 从事矿井物探及地学仪器研制。

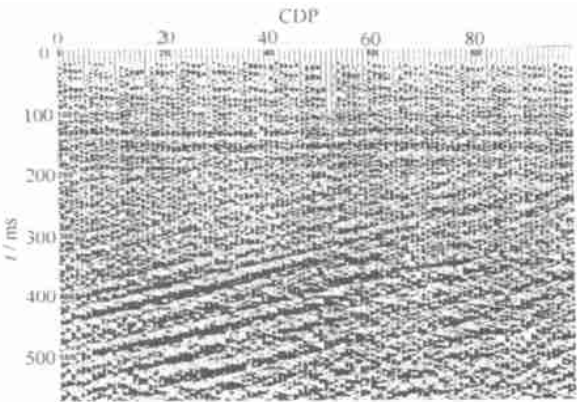


图 5 包含随机噪声的实际地震剖面

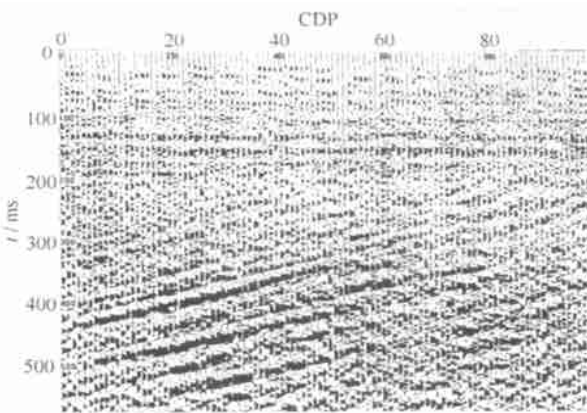


图 7 Donoho 小波域阈值去噪后的剖面

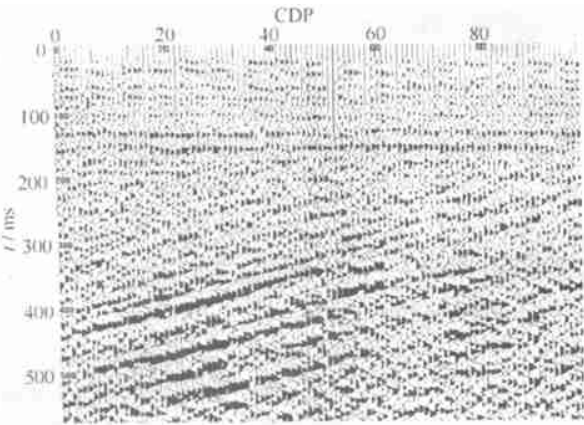


图 6 用改进的方法去除随机噪声后剖面

参考文献

[1] Donoho D. De-noising by soft-Thresholding[J]. IEEE. Trans on Information Theory, 1995, 3: 613—627.
[2] 章珂, 刘贵忠等. 二进小波变换方法的地震信号分时 分频去噪处理[J]. 地球物理学报, 1996, 39(2): 265—271
[3] Mallat S G, Hang W L. Singularity detection and processing with wavelets[J]. IEEE Trans on Information Theory, 1992, 38(2): 617—643.
[4] Mallat S G. Characterization of signals From Multiscales Edges[R]. NYU, Computer Science Tech. Report, 1991

Seismic data de-noising based on wavelet transform

FU Yan (Department of Computer, Xi'an University of Science & Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: In this paper a method with wavelet transform based on Donoho's threshold filter is described. Then Based on this methods, a new method of removing random noises was suggested. The results show that the method can improve signal-to-noise ratio.

Key words: wavelet transform; correlation analysis; random noises; threshold