

短文

二种地震频谱分析方法的比较*

许康生

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃兰州 730000)

摘要: 利用最大熵谱法和快速傅里叶变换分别对天祝地震序列频谱进行了分析, 并对分析结果进行了比较. 结果表明, 上述 2 种方法对于提取地震波中的有用信息都是有有效的, 可靠的. 最大熵谱法的分辨率较高, 傅里叶变换分辨率较低, 但使用简单、方便.

关键词: 最大熵谱分析; 傅里叶变换; 地震频谱分析; 天祝地震

中图分类号: P315.3⁺1 文献标识码: B 文章编号: 1000-0844(2000)03-0346-03

0 引言

对数字信号的处理有多种方法. 每种方法都有其应用范围和优缺点, 而且优缺点也是相对于某种具体应用而言的. 多年来, 快速傅里叶变换和最大熵谱分析在各领域得到广泛应用. 对这 2 种方法的优缺点都有一些评价. 当利用这 2 种方法提取一次大地震震前、震时和震后的频谱成分时, 所得结果如何, 有必要作一些具体的分析对比. 本文采用最大熵谱法(MEM)和快速傅氏变换(FFT), 对 1996 年 6 月 1 日天祝 $M_S5.8$ 地震序列频谱进行分析处理. 通过对 2 种方法处理结果的比较, 验证其可靠性和有效性, 并对比 2 种方法的优缺点, 指出各自适用的范围及使用中应注意的问题, 供今后进行地震频谱分析时参考.

1 资料选取

所用资料取自中美合作建立的 CDSN 兰州台 SP 通道记录. 选取天祝 $M_S5.8$ 地震前后发生的 17 次地震的垂直向 P 波段记录, 采样率为 40 个/s. 地震参数见表 1. 采用同一台站、同一地震序列的资料进行分析处理, 是为了避免由于震源区域构造、地震波传播路径、仪器频响特性对处理结果的影响, 增加结果的可靠性和可比性.

表 1 天祝地震前后 17 次地震的参数

序号	日期	发震时刻	震中位置		震级(M_L)
1	1995-06-04	12: 50: 37.9	37° 37' N	102° 34' E	3.3
2	1996-04-29	02: 16: 46.0	37° 39' N	102° 24' E	3.2
3	1996-06-01	20: 49: 12.6	37° 17' N	102° 45' E	5.8
4	1996-06-01	21: 29: 07.0	37° 16' N	102° 46' E	3.3
5	1996-06-01	21: 44: 26.9	37° 16' N	102° 46' E	2.6
6	1996-06-01	22: 29: 02.3	37° 15' N	102° 34' E	2.7
7	1996-06-01	22: 32: 12.7	37° 13' N	102° 45' E	2.9
8	1996-06-01	22: 39: 27.4	37° 27' N	102° 45' E	2.4
9	1996-06-01	22: 56: 33.1	37° 33' N	102° 47' E	2.7
10	1996-06-02	00: 19: 59.4	37° 15' N	102° 48' E	2.7
11	1996-06-02	00: 12: 20.8	37° 21' N	102° 47' E	2.7
12	1996-06-02	00: 35: 06.0	37° 17' N	102° 47' E	3.4
13	1996-06-02	00: 47: 46.8	37° 16' N	102° 44' E	3.2
14	1996-06-02	01: 03: 59.2	37° 16' N	102° 42' E	3.0
15	1996-06-17	07: 02: 11.7	37° 13' N	102° 14' E	3.4
16	1996-06-29	10: 25: 32.0	37° 16' N	102° 47' E	3.2
17	1996-12-18	10: 02: 01.1	37° 15' N	102° 33' E	4.2

收稿日期: 1999-12-03

* 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2000030

作者简介: 许康生(1963—), 男(汉族), 甘肃武威人, 工程师, 主要从事地震监测和地震信号处理研究.

最大熵谱分析采用 IASPEI 提供的 PITSA 软件进行处理, 试算结果是 $M=17$ 时具有最小误差功率. 快速傅氏变换采用周期图方法进行, 通过在 MATLAB 5.0^[1] 环境下的自编程序实现. 本文取 $N=512$ 进行运算.

2 结果分析

图 1 给出了天祝地震序列频谱的主频变化. 由图可见: 地震频谱的主频从主震发生前的 1.5 Hz 升至 1.9 Hz, 主震发生后又逐渐下降, 恢复至 1.5 Hz. 2 种分析方法得出的主频变化趋势完全一致. 表明这 2 种分析方法对提取地震频谱信息均是有效的.

图 2 给出了 2 种方法的谱分析结果. 限于篇幅, 仅给出了其中的 4 幅图. 由图可以看出, 最大熵谱法分析结果的主峰突起, 而 FFT 结果则是主峰呈锯齿状. 2 种方法都能提取出频谱结构的变化信息, 但最大熵谱法的谱分辨率明显高于 FFT, 这种差异主要是因为 FFT 采用了周期图方法^[2], 首先假定信号样本长度正好是信号的周期之一, 这种假定影响了实际信息的真实性, 而且频率分辨率较低. 用最大熵谱法分析时, 对有限信号序列的自相关函数 $R(n)$, 在 $|n| \rightarrow \infty$ 时不作预先假设, 而且每外推一步都保持未知熵最大^[3], 通过适当选择滤波器的阶数, 使得预测误差为最小, 进而求出相应的滤波系数. 但滤波器阶数的确定比较困难, 阶数过小, 则使谱结构平滑, 丢失高频突变信息; 阶数过大则引起谱分裂, 出现伪峰. 另外, 最大熵谱法不能由谱估计值直观得出各频点对应的功率, 而是由曲线下面的面积判断; FFT 则可直接估计频谱的相对强度.

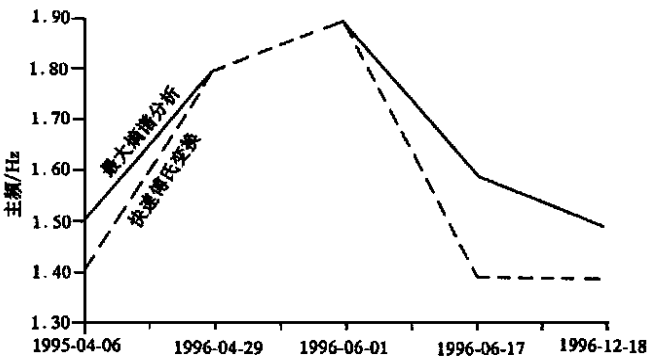


图 1 天祝地震序列频谱的主频变化
Fig. 1 Main frequency variation of frequency spectrum of Tianzhu earthquake sequence.

因为 FFT 采用了周期图方法^[2], 首先假定信号样本长度正好是信号的周期之一, 这种假定影响了实际信息的真实性, 而且频率分辨率较低. 用最大熵谱法分析时, 对有限信号序列的自相关函数 $R(n)$, 在 $|n| \rightarrow \infty$ 时不作预先假设, 而且每外推一步都保持未知熵最大^[3], 通过适当选择滤波器的阶数, 使得预测误差为最小, 进而求出相应的滤波系数. 但滤波器阶数的确定比较困难, 阶数过小, 则使谱结构平滑, 丢失高频突变信息; 阶数过大则引起谱分裂, 出现伪峰. 另外, 最大熵谱法不能由谱估计值直观得出各频点对应的功率, 而是由曲线下面的面积判断; FFT 则可直接估计频谱的相对强度.

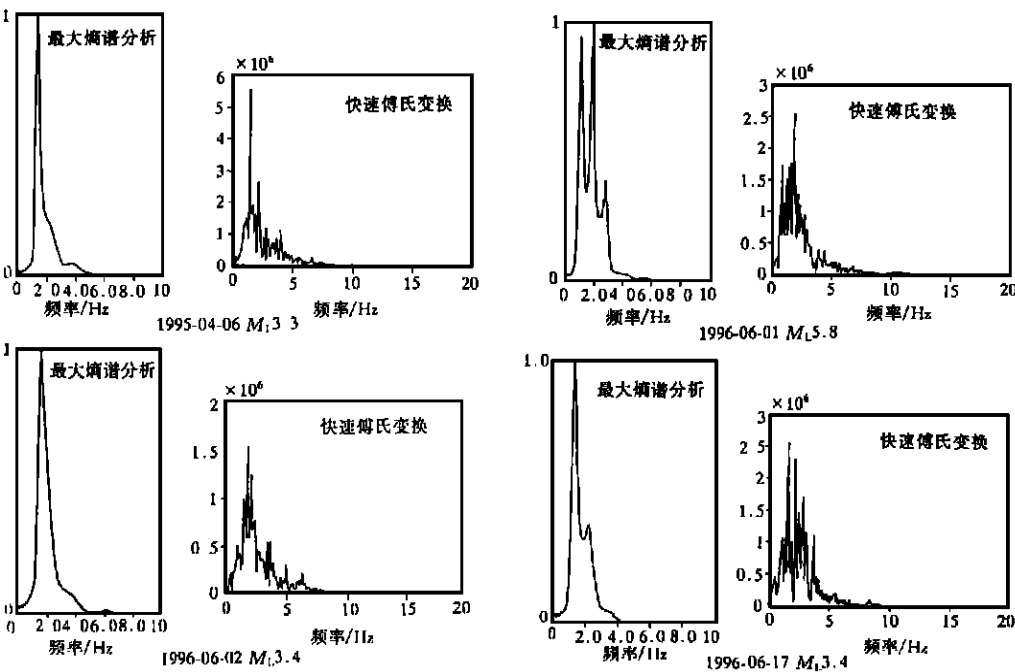


图 2 天祝地震序列中部分地震的谱分析结果
Fig. 2 Spectrum analysis results for partial earthquakes in Tianzhu earthquake sequence using two methods.

3 初步结论

(1) 用 2 种频谱分析方法提取地震的频谱信息均是有效的.

(2) 最大熵谱法分辨率较高. 在一些分辨率要求较高的场合采用最大熵谱法较为合适, 但要注意滤波器阶数的选择. 傅氏变换法分辨率较低, 但方便、简单, 对一般的频谱分析, 例如台站背景噪声的估计也就足够了.

(3) 当需要计算频谱的相对强度时, 2 种方法配合使用效果较好.

(4) 2 种方法的处理结果在时间上没有任何分辨率, 对信号时间信息的提取还需借助其它现代谱分析方法, 如时-频分析方法及小波分析方法等.

[参考文献]

- [1] 薛定宇. 控制系统计算机辅助设计——MATLAB 语言及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996.
- [2] 王世一. 数字信号处理[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
- [3] 吴湘淇. 信号、系统与信号处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 1996.

A COMPARISON BETWEEN TWO METHODS FOR SEISMIC SPECTRAL ANALYSIS

XU Kang-sheng

(Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Frequency spectra of Tianzhu earthquake sequence are analysed by using the fast fourier transform and the maximum entropy spectrum methods and results by the two methods are compared. The results show the two methods are effective and reliable for obtaining useful informations from seismic wave. The resolving power of MEM is higher than FFT, but the FFT is a simple and convenient method.

Key words: Maximum entropy spectrum analysis; Fourier transform; Seismic spectral analysis; Tianzhu earthquake

(上接 345 页)

THE APPLICATION OF SERIAL COMMUNICATION TECHNOLOGY IN SEISMIC INFORMATION TRANSFER

MENG Ya-jun

(Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The application of serial communication technology in seismic information transfer is briefly introduced, such as modes of serial communication, RS-232 standard adapter and modem. The form of real time serial transfer of seismic data is described.

Key words: Seismic data; Serial communication; Information transmission