DOI:10.14075/j.jgg.2017.S2.001
文章编号:1671-5942(2017)S2-0001-03

利用 DFA 方法研究钟祥台的背景噪声

赵 瑞[1,2] 龚自禄[1,2] 栗 宁[1,2] 胡发瑞[1,2] 贺北芳[1,2] 李俊超[1,2]

1 中国地震局地震研究所(地震大地测量重点实验室),武汉市洪山侧路 40 号,430071
2 湖北省地震局,武汉市洪山侧路 40 号,430071

摘 要:抽取 2016 年钟祥台的测震数据,数据类型分为一年中 12 个月每月第 1 天前 300 s 的数据,一个月间隔 3 d 的每一天前 300 s 的数据,一天中 24 h 每小时前 120 s 的数据,利用 EDSP-IAS 分析软件截取三个分量的数据,使用 MATLAB 语言编写的去趋势涨落分析程序(DFA 方法)处理数据,其结果表明:在没有地震发生的事件内,其地动噪声具有一定的长程相干性。

关键词:去趋势涨落分析;背景噪声;长程相干性
中图分类号:P315 **文献标识码**:A

为了有一个良好的观测环境,地震台站一般位于远离城市的地方。台站又分为有人值守和无人值守,有人值守台长远的发展目标是成立或者归并于区域中心台,无人值守台实行 24 h 网络监控。钟祥地震台位于钟祥市的一个林场,是湖北省的 4 个国家台之一,承担着全球大震监测的主要任务。台站使用的是港震公司研发的测震仪器,仪器观测记录的数据实时传输到襄阳中心台及湖北省地震监测预报中心。众所周知,在没有地震发生时,地震计拾取的是大地的噪声,称之为背景噪声,一旦地震发生时,地震波形中叠加背景噪声,在一定程度上影响了地震的观测。许可等[1]对天津地区台基背景噪声进行了特征分析。

Peng 等[2]首次提出了去趋势涨落分析方法,简称 DFA 方法,该方法主要是有效地保留带噪声的信号并且滤掉涨落中的趋势,从而能更好地反映时间序列内部的特征,目前 DFA 方法已经开始应用到地下流体[3]领域。本文主要利用 DFA 方法研究钟祥台的背景噪声,数据主要选择 2016 年的不同时间点,通过处理前期提取的地震数据,分析在没有地震发生时,数据点之间的长程相干性,找出其中的特征,为地震的观测研究提供一种参考方法。

1 数据选取过程及计算方法

1.1 数据选取过程

钟祥台测震主要由 CTS-1 型地震计、EDAS-24GN 数据采集器、GPS、供电网络、通信网络及数据记录主机组成。选取 2016 年钟祥台记录的数据作为程序的数据源,抽取的时间段分为三种:1)一年中 12 个月的部分数据;2)一个月抽取 10 d 的部分数据;3)一天中 24 h 的部分数据。其中,一年中只抽取每个月的第一天第一个小时的前 300 s 作为一年中需要研究的数据;2016 年 1 月间隔 3 d 每一天的第一个小时前 300 s 作为一个月需要研究的数据;2016 年 1 月 1 日每个小时前 120 s 作为一天中需要研究的数据。同时利用 EDSP-IAS 软件提取每个数据段的三个分量,除去数据的头文件,根据分量的类型依次保存为 txt 的文本以便程序读取计算,由于数据的采样率是 100,因此在选取的时间内有足够的数据可以反映台站的背景噪声。

1.2 计算方法

1)假设一组地震序列为 $s_0(i)$,$i=1,2,\cdots,T$,首先求出此序列的均值 $\tilde{s}_0(i)$,得到新序列 $s_1(i)=s_0(i)-\tilde{s}_0(i)$。

2)将新序列 $s(i)$分割成 n 段长度为 l 的子序列。

3)利用最小二乘法拟合每个区间的序列,得到拟合曲线 $\tilde{s}_n(t)$。

4)计算剩余序列 $s_l(i)=s_0(i)-\tilde{s}_n(i)$。计算原始的序列 $s_0(i)$ 在整个时间序列上的均方根

$$F(l)=\sqrt{\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}s_l^2(i)}。$$

收稿日期:2017-08-08
第一作者简介:赵瑞,工程师,主要从事地震监测预报分析研究,E-mail:zhaorui0612@163.com。

5)改变 l 的值利用上述方法重复计算,计算出不同长度 l 对应的均方根 $F(l)$,对 $F(l)$ 和 l 取对数,同时对点 $(\lg F(l),\lg(l))$ 进行线性拟合,得到标度指数 α。

2 计算过程

2.1 一年中的数据

一年中的数据,文中选择每个月的1日第一个小时前300 s的数据作为处理的对象,先用港震公司研发的EDSP-IAS软件提取每个数据段的三个分量,然后剔除台站的头文件,根据时间顺序依次命令,另存为文本,最后利用预编写好的程序处理三个分量的数据,得出的标度指数结果如表1,对应的标度指数曲线图如图1。

表1 一年中每个月1日第一个小时前300 s的时间序列标度指数值

Tab. 1 The scaling exponents of time series of the day's first 300 s in twelve months of year

时间	UD分量	EW分量	NS分量
2016-01-01	0.921 5	1.139 3	1.143 9
2016-02-01	1.017 1	1.213 2	1.317 8
2016-03-01	0.938 1	1.030 3	1.145 3
2016-04-01	0.865 2	1.102 5	1.228 0
2016-05-01	0.864 3	1.060 7	1.179 7
2016-06-01	0.912 0	1.100 1	1.217 0
2016-07-01	0.990 3	1.113 8	1.273 5
2016-08-01	1.033 2	0.982 2	1.125 7
2016-09-01	0.952 5	1.025 8	1.102 4
2016-10-01	1.067 9	1.303 1	1.368 6
2016-11-01	1.124 9	1.486 6	1.389 2
2016-12-01	1.308 9	1.528 8	1.418 1

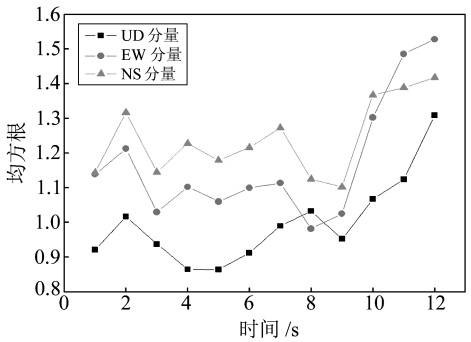


图1 三个分量的标度指数

Fig. 1 The scaling exponents of the three components

从表1和图1可以发现,EW分量和NS分量在2016年1~10月之间变化趋势基本一致,其中NS分量的标度指数值比EW分量的标度指数值在对应的时间点处要高,说明了NS分量的数据点在单纯的地动噪声下相互之间相干性较强。NS分量在2016年11月1日11:15走直线,工作人员及时向上级汇报情况并驱车前往台站维修,于当日13:11恢复正常,之后的变化趋势基本与EW分量一致。在三个分量中,UD分量与两个水平向变化趋势大体上一致,数值上略小于两水平向,但在4~5月份自相干性较小,究其原因是地震计的零点轻微漂移引起。

2.2 一个月的数据

一个月的数据,数据选取2016年1月份的地震数据,间隔时间为3 d,每段时间的前300 s的数据,使用相同的方法截取数据,计算出的标度指数如表2,对应的三个分量的标度指数曲线如图2。

表2 一个月10 d的数据每天第一个小时前300 s的数据(时间增量为3 d)时间序列标度指数值

Tab. 2 The scaling exponents of time series of the hour's first 300 s in ten days of month (three days for time increment)

时间	UD分量	EW分量	NS分量
2016-01-01	0.921 5	1.139 3	1.143 9
2016-01-04	1.061 5	1.223 1	1.240 5
2016-01-07	0.982 6	1.243 1	1.171 7
2016-01-10	1.060 6	1.194 9	1.198 9
2016-01-13	0.961 4	1.208 1	1.208 1
2016-01-16	0.966 3	1.267 0	1.210 7
2016-01-19	0.997 0	1.205 8	1.206 6
2016-01-22	1.055 4	1.260 4	1.299 4
2016-01-25	1.029 7	1.240 9	1.156 9
2016-01-28	1.052 3	1.301 2	1.258 1
2016-01-31	1.027 1	1.264 4	1.254 1

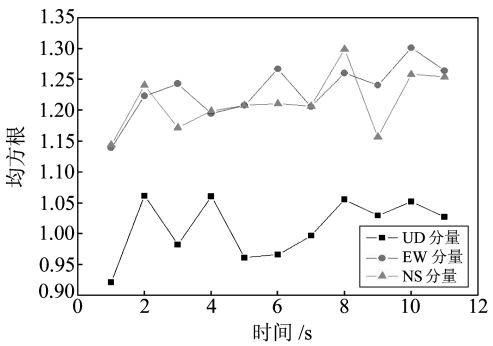


图2 三个分量的标度指数

Fig. 2 The scaling exponents of the three components

从表2和图2可以看出,2016年1月份的EW分量和NS分量的标度指数的大小总体上持平,即EW分量大于NS分量的有5 d,EW分量小于NS分量的也有5 d,还有1 d两分量大小相同,但UD分量的标度值依然低于两个水平向,与年度变化的趋势保持一致。

2.3 一天的数据

一天的数据,选择2016年1月1日24 h的数据,截取每个小时的前120 s数据,计算的三个分量的标度指数大小如表3,对应的标度指数变化趋势图如图3。

从表3和图3可以看出,总体上,一天中0~7点之间的NS分量的标度值略高于EW分量,8

～14 点 EW 分量标度指数略高于 NS 分量,而在 14～0 点之间又变成 NS 分量的标度值高于 EW 分量。不变的是 UD 分量的标度指数与一年或者一个月的情况一样,均小于两水平向的计算值。

表 3　一天的数据每小时前 120 s 的数据时间序列标度指数值

Tab. 3　The scaling exponents of time series of the hour's first 120 s of day

时间	UD 分量	EW 分量	NS 分量
2016-01-01-01	1.049 0	1.094 5	1.206 5
2016-01-01-02	1.157 9	1.206 7	1.258 5
2016-01-01-03	1.056 3	1.202 1	1.200 8
2016-01-01-04	1.087 6	1.212 0	1.224 2
2016-01-01-05	1.151 1	1.266 2	1.264 1
2016-01-01-06	1.062 9	1.185 2	1.243 7
2016-01-01-07	1.139 8	1.240 4	1.152 5
2016-01-01-08	1.083 4	1.280 2	1.196 3
2016-01-01-09	1.004 9	1.226 6	1.149 0
2016-01-01-10	1.063 3	1.110 5	1.202 6
2016-01-01-11	1.070 5	1.220 7	1.162 9
2016-01-01-12	1.162 6	1.195 8	1.123 9
2016-01-01-13	1.136 9	1.211 8	1.219 0
2016-01-01-14	1.048 2	1.228 1	1.034 5
2016-01-01-15	1.099 2	1.178 0	1.230 0
2016-01-01-16	0.926 5	1.088 7	1.047 0
2016-01-01-17	1.058 5	1.174 3	1.231 1
2016-01-01-18	1.073 2	1.170 9	1.226 8
2016-01-01-19	1.074 0	1.228 4	1.261 0
2016-01-01-20	0.997 8	1.212 0	1.163 4
2016-01-01-21	1.055 6	1.160 3	1.196 3
2016-01-01-22	0.999 0	1.169 1	1.181 6
2016-01-01-23	1.169 3	1.199 0	1.169 3
2016-01-01-24	1.073 1	1.235 9	1.264 0

3　结　语

通过对上述地震事件波形进行分段DFA计算,从标度指数的计算值大小可以发现:1)三个分量标度指数 UD 分量均小于两水平向的值,间接地反映 UD 分量的数据点在无地震发生时,在单纯的地动噪声下,其偏离零点比较多,即该分量容易发生零点漂移,应该检查地震计该分量的水平位置。2)受季节和时间的影响,三个分量的标度指数均发生了不同程度的变化,在一定程度上反映了地动噪声在不同季节的变化情况。

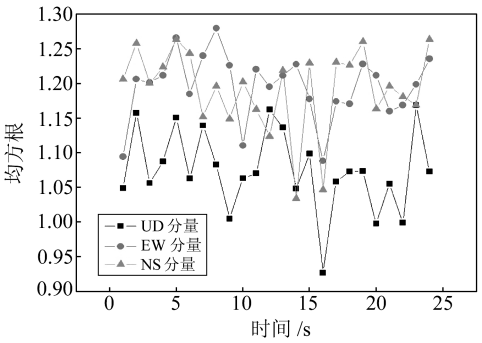


图 3　三个分量的标度指数

Fig. 3　The scaling exponents of the three components

参考文献

[1] 许可,刘瑞瑞,孔繁旭. 天津地区台基背景噪声特征分析[J]. 内陆地震,2015,29(2):170-175(Xu Ke, Liu Ruirui, Kong Fanxu. Analysis of Background Noise Characteristics in Tianjin[J]. Inland Earthquake,2015,29(2):170-175)

[2] Peng C K, Buldyrev S V, Havtin S, et al. Mosaic Organization of DNA Nucleotides[J]. Physical Review E,1994,49(2):1 685-1 689

[3] 刘立炜,李宁,史旗. DFA 方法在跨断层水准资料中的应用研究[J]. 价值工程,2015(2):304-306(Liu Liwei, Li Ning, Shi Qi. Application of DFA Method in the Leveing Across-Fault Data[J]. Value Engineering,2015(2):304-306

Exploring the Ambient Noise of Zhongxiang Seismic Station by DFA Method

ZHAO Rui[1,2]　*GONG Zilu*[1,2]　*LI Ning*[1,2]　*HU Farui*[1,2]　*HE Beifang*[1,2]　*LI Junchao*[1,2]

1　Key Laboratory of Earthquake Geodesy, Institute of Seismology, China Earthquake Administration, 40 Hongshance Road, Wuhan 430071, China

2　Hubei Earthquake Agency, 40 Hongshance Road, Wuhan 430071, China

Abstract: The seismic data of Zhongxiang seismic station for 2016 year has been extracted by different types(i. e. the day's first 300 s in twelve months of year, the hour's first 300 s in ten days of month, three days for time increment, the hour's first 120 seconds of day). The data of three components was acquired by the software of EDAS-IAS, and processed by the DFA method(de-trended fluctuation analysis), which was compiled by the Matlab language. The results showed that the ambient noise has some long-range coherence without the earthquake happen.

Key words: detrended fluctuation analysis; ambient noise; long-range coherence

About the first author: ZHAO Rui, engineer, majors in earthquake monitoring and analysis prediction, E-mail: zhaorui0612@163. com.