

用高台宽频带数字资料研究气流 扰动对地脉动的干扰影响^①

尹 亮¹, 尹志文², 王必显¹, 王亚红¹, 孙点峰¹

(1.甘肃省地震局张掖中心地震台,甘肃 张掖 734000;2.甘肃省地震局监测中心,甘肃 兰州 730000)

摘要:通过对高台宽频带数字资料在数次冷空气过程时段地脉动幅度及频谱变化的分析,在时间域和频率域上研究冷空气过程的干扰特征,发现冷空气过程时段,地脉动记录曲线会出现大周期扰动或抖动式畸变;随着冷空气过程开始到结束,0.001~0.005 Hz 的频幅最大值出现较大变化,进程上具有上升、达到最大值、逐渐回复的特征,降温幅度最大则扰动幅度达到最高值。

关键词: 气流; 冷空气; 地脉动; 干扰; 频谱分析

中图分类号: P315.72

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2016)增刊 2-0183-07

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2016.Supp.2.0183

Research on Influence by the Air Disturbance in Microtremor Recordings based on the Broad-band Digital Data of Gaotai Station

YIN Liang¹, YIN Zhi-wen², WANG Bi-xian¹, WANG Ya-hong¹, SUN Dian-feng¹

(1.Gaotai Seismic Station, Earthquake Administration of Gansu Province, Gaotai 734300, Gansu, China;

2.Earthquake Administration of Gansu Province, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: Through many studies on the changes of the amplitude and the spectrum of microtremors in the period of cold air process in the digital broadband data from Gaotai. We also researches on the process of cold air disturbance to the microtremors in time-domain and frequency-domain. Then we discovered that in the process of cold air, the microtremors curve will be a big periodic perturbation or jitter distortion. the process with the cold air from start to finish, the 0.001~0.005 Hz amplitude-frequency value changed greatly, and the process had the characteristic of rapid increase-reach to maximum-decrease then return to the normal, and the maximum disturbance data will happen at the time of maximum temperature decrease.

Key words: air current; cold air; microtremor; disturbance; spectrum analysis

0 引言

数字地震观测中包含地震事件及非地震事件的脉动记录,其中非地震事件的观测记录中蕴含着十分丰富的信息,包含了如海浪、爆破、汽车、机械振动等复杂干扰,而爆破、汽车、机械工程等干扰属于高频信息,较易区分。有专家研究认为地脉动记录低

频成份中包含有地球物理信息、大气物理信息^[1],及一定的低频波孕震信息^[2],但大震前地脉动记录中的大气物理信息往往与低频波孕震信息叠加在一起,给分析地震前兆异常带来困难。

笔者初步研究认为,强台风对地脉动的影响频

① 收稿日期: 2016-03-10

基金项目: 中国地震局兰州地震研究所地震科技发展基金野外站基金(201404)

作者简介: 尹 亮(1970—),男(汉族),甘肃山丹人,硕士,高级工程师,主要从事地震监测与资料分析处理工作。

E-mail: gtzxdzt@163.com.

通信作者: 尹志文(1964—),男(汉族),甘肃渭源人,高级工程师,主要从事地震台网建设、运行维护及地震监测管理工作。

E-mail: 601242151@qq.com

带和海浪等固定因素的干扰频带接近,约在 0.15~0.30 Hz 范围内^[3],而 0~0.25 Hz 的低频信息中包含多种成份,不同专家得出不同的研究结果。为进一步区分大震前兆异常信息,有必要对气流等气象因素的干扰频带进行量化研究。本研究主要应用高台宽频带数字地震资料和张掖气象局气象资料,对有气流过程的地脉动资料进行频谱分析,探讨气象因素的干扰频带,为有效识别大震前地脉动孕震信息提供支持。

1 气流定义及过程

流动的空气称为气流,空气流过物体或物体在空气中运动时,空气对物体的作用力称为空气动力。气流的水平分量就是实际观测到的风。

所谓寒潮是指来自高纬度地区的寒冷空气,在特定的天气形势下迅速加强并向中低纬度地区侵入,造成沿途地区剧烈降温、大风和雨雪天气。这种冷空气南侵达到一定标准的就称为寒潮。我国气象部门规定:冷空气侵入造成的降温,一天内达到 10℃ 以上,且最低气温在 5℃ 以下,则称此冷空气爆发过程为一次寒潮过程。有时北方冷空气的入侵虽达不到这个标准,但降温也很显著,则一般称为强冷空气。寒潮的形成是由于冬季冷气团在西伯利亚不断堆积加强,当成为强大的冷高压后,在高空低压大槽后部西北气流的引导下,便大举南侵,于是在我国南岭以北的广大地区形成寒潮或强降温天气过程。入侵我国的寒潮主要有三条路径:(1)西路:从西伯利亚西部进入我国新疆,经河西走廊向东南推进;

(2)中路:从西伯利亚中部和蒙古国进入我国后,经河套地区和华中南下;(3)从西伯利亚东部或蒙古国东部进入我国东北地区,经华北地区南下。

寒潮或冷空气前锋经过的地区不仅有强烈的降温,还时常伴有大风和降水(雨、雪)天气现象,气流通过空气动力对地球表面产生摩擦力,当寒潮或强冷空气经过地震台站时,从地震观测曲线上可看到地脉动叠加有明显的大周期扰动,这就是该摩擦力作用的结果。

甘肃省张掖市高台县地处河西走廊中部,是我国强冷空气经过的主要路径之一。本研究从张掖市气象局提供的气象资料中选取 2001—2009 年间数次强冷空气及寒潮过程,对高台地震台 JCZ-1 宽频带地震观测记录的相应时段进行频谱分析,研究强冷空气过程对地脉动记录的扰动频带。

2 资料选取

选取降温、强降温及寒潮三种气流过程,其中包括春季、夏季和冬季三种季节进行扰动频谱分析。选取 2 时的地脉动资料(因该时段人为因素造成的干扰最小),能更突出气流扰动信息。

为增加研究的样本信度,选取 16 次冷空气过程进行分析,结果均一致。由于篇幅有限,本文只列举有代表性的天气过程,如表 1 所列。

3 寒潮及强冷空气过程对地脉动的影响频带

3.1 2005 年 4 月 6—10 日寒潮过程

表 1 不同天气过程高台县气象数据

天气过程	日期	日平均气温/℃	最高温度/℃	最低温度/℃	日平均气压/hPa	最高气压/hPa	最低气压/hPa	期间天气现象	
寒潮	开始日期	2005-04-06	13.3	20.0	7.2	851.7	855.9	849.3	
	影响最大日期	2005-04-08	1.3	9.6	-4.4	871.9	876.0	863.3	雪
	结束日期	2005-04-10	6.7	12.6	1.0	867.5	869.2	864.8	
寒潮	开始日期	2006-03-10	6.1	10.6	0.3	868.0	869.4	866.3	
	影响最大日期	2006-03-12	-8.2	-4.8	-11.2	879.7	880.6	878.1	雪
	结束日期	2006-03-15	1.1	12.1	-5.9	864.6	870.6	858.3	
寒潮	开始日期	2006-04-09	16.9	29.7	6.7	849.7	857.5	843.4	
	影响最大日期	2006-04-11	-1.2	3.3	-4.8	875.4	877.9	867.3	沙尘暴、雪
	结束日期	2006-04-13	4.4	11.3	-2.5	867.5	869.5	866.1	
寒潮	开始日期	2001-04-07	10.7	19.1	2.9	860.6	866.8	855.4	沙尘暴、大风、雪
	影响最大日期	2001-04-09	-1.8	0.4	-4.6	880.1	882.3	874.1	(24h 降 11.4℃、
	结束日期	2001-04-12	6.6	14.5	-1.6	864.4	867.7	862.9	48h 降 12.5℃)
强降温	开始日期	2008-12-20	-3.2	0.8	-6.4	874.3	879.1	869.8	
	影响最大日期	2008-12-21	-12.3	-6.4	-15.7	879.4	880.7	877.5	
	结束日期	2008-12-23	-7.0	1.8	-13.4	869.9	875.6	867.4	
强降温	开始日期	2009-09-18	20.7	30.0	12.1	860.8	862.3	858.6	
	影响最大日期	2009-09-20	10.7	21.7	2.7	872.1	875.0	869.6	雨
	结束日期	2009-09-21	13.2	24.5	5.0	866.9	870.2	864.8	

2005 年 4 月 6 日高台县平均气温为 13.3 °C,7 日开始,本区经历了一次寒潮过程,8 日平均气温为 1.3 °C,平均降温幅度 12.0 °C;8 日最低气温达到 -4.4 °C,9 日最低气温达到 -4.3 °C,10 日气流过程结束,日平均气温回升至 6.7 °C。期间,高台县有降雪过程,从高台地震台 JCZ-1 地脉动曲线(图 1)可以看出,6 日脉动曲线相对平稳,随着寒潮过程开始,扰动逐渐增大,8 日出现“抖动式”扰动,9-10 日,曲线叠加周期扰动信息,13 日恢复正常。

通过对气流过程相应的地脉动资料做频谱分析,从 0~25 Hz 幅频图(图 2)上看出,1~25 Hz 频带范围内频谱幅度基本无变化,进一步缩小频率值,只有 0~0.01 Hz 范围内能看到幅度变化(图 3),因此,主要关注 0~0.01 Hz 的频段。

为进一步分析气流扰动频带,选取 6-14 日每天 2 时的地脉动资料做频谱分析。从幅频图可以看出,随着冷空气开始到结束,在 0.001~0.005 Hz 频带内频谱幅度最大值出现“增大-回落”现象,且冷空气影

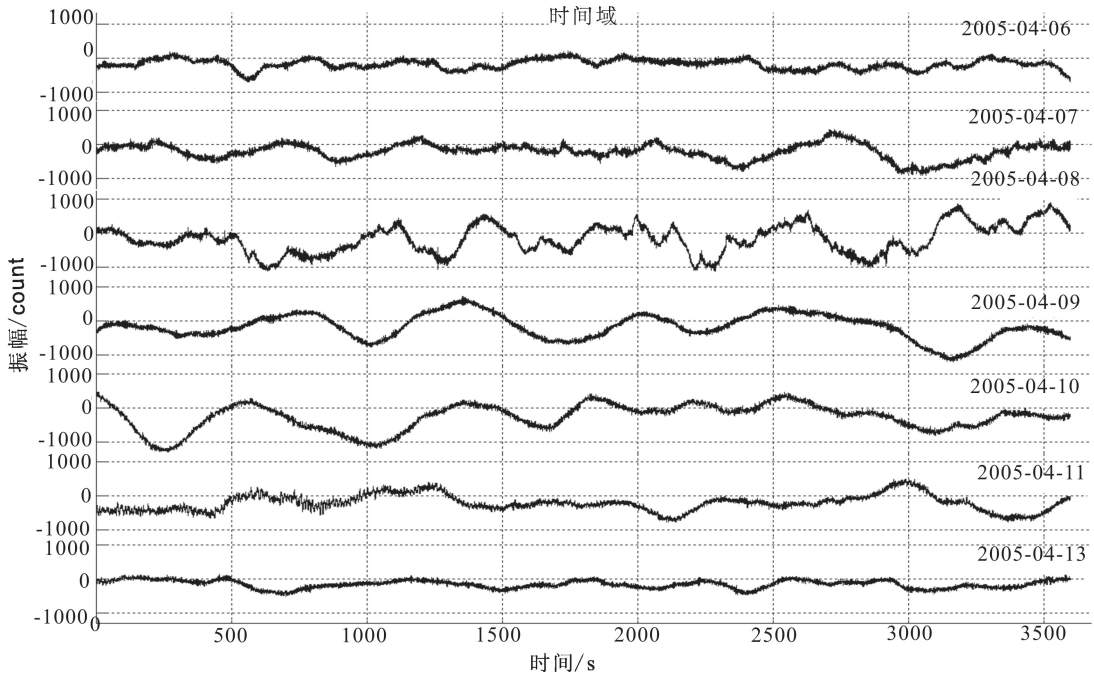


图 1 高台 JCZ-1 地脉动曲线(信号长度 3 600 s)

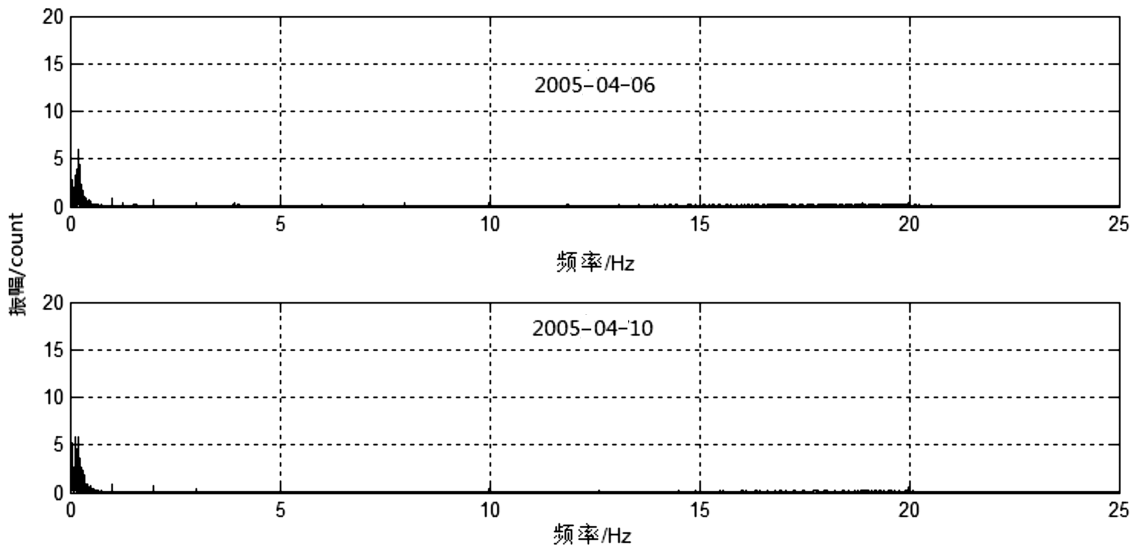


图 2 高台 JCZ-1 地脉动幅频图(信号长度 3 600 s)

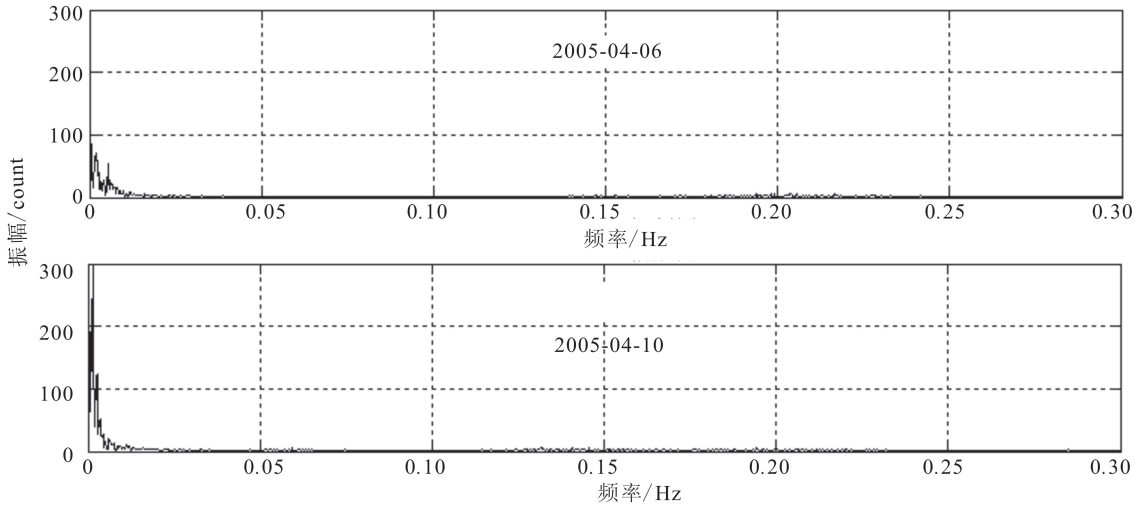


图3 高台 JCZ-1 地脉动幅频图(信号长度 3 600 s)

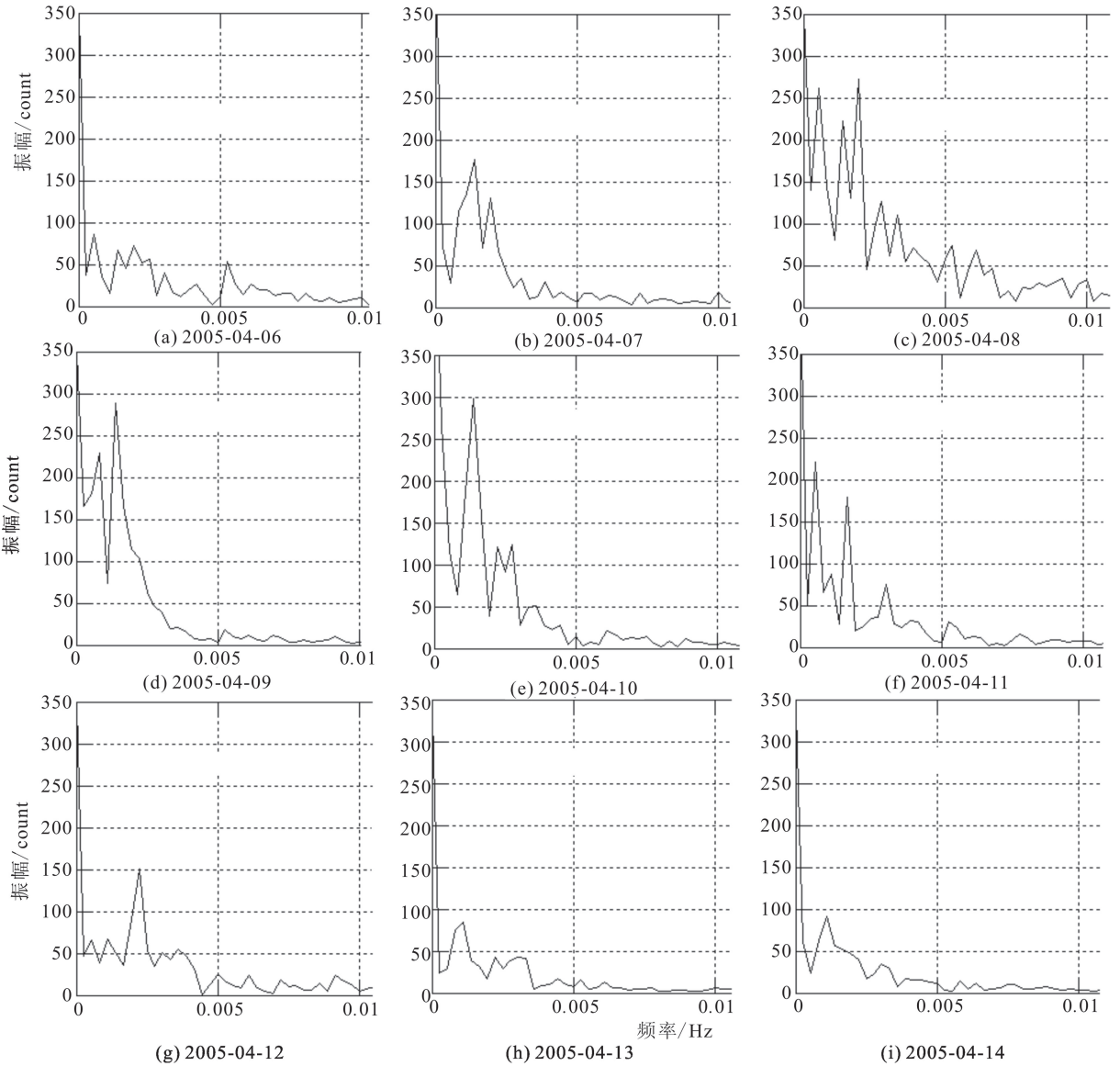


图4 高台 JCZ-1 地脉动幅频图(信号长度 3 600 s)

响最大的 8—10 日,频谱幅度达到最高值,11 日逐渐回落,13 日达到正常水平[图 4、图 5(a)所示]。

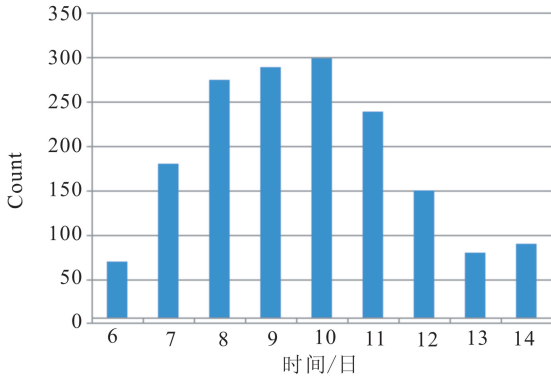
3.2 其他冷空气过程

从张掖气象局提供的高台县历史资料中,选取 16 次气流过程做傅里叶频谱分析,用同样的方法分析,发现气流过程对地脉动的干扰频带均在 0.001~0.005 Hz 范围内,扰动幅度不大于 360 count,如图 5、图 6 所示。随着冷空气开始到结束,此频带内频谱幅度最大值出现“增大-回落”现象,且冷空气影响最大的时段,频谱幅度达到最高值,随着冷空气过程结束,

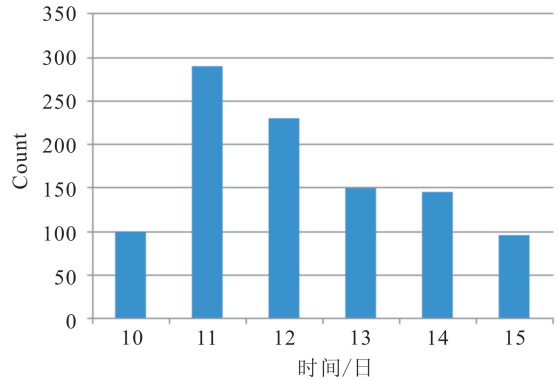
频谱幅度最大值逐渐回落,冷空气过程结束后,达到正常水平。

4 地脉动信息特征及频带讨论

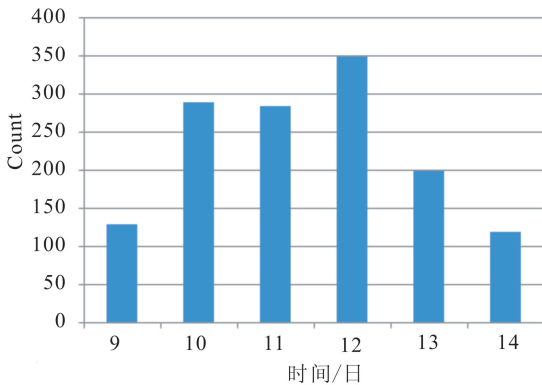
产生地脉动的源(即脉动源)可分为自然因素(Capon 1973; Douze 1964, 1967)和人为因素(Douze 1967; Walker 1964)两大类^[4],前者如风雨、海浪、地质内力作用等;后者如交通运输、机械振动、建筑施工、人类活动等。因此地脉动信号是由一系列脉动源产生的来自四面八方的各种类型的复杂集合,显然脉



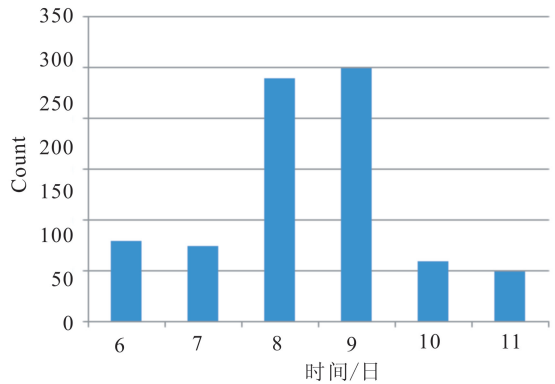
(a) 2005年4月6日—10日寒潮过程



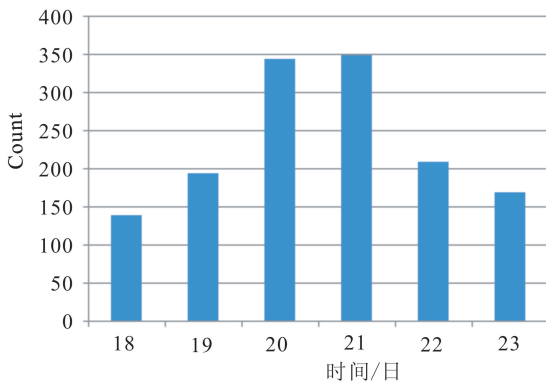
(b) 2006年3月10日—15日寒潮过程



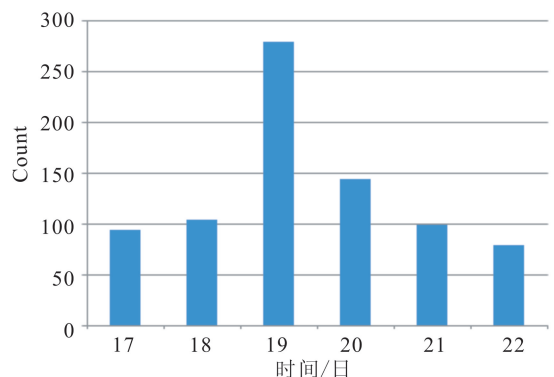
(c) 2006年4月9日—13日寒潮过程



(d) 2001年4月7日—12日寒潮过程



(e) 2008年12月20日—23日寒潮过程



(f) 2009年9月18日—21日寒潮过程

图 5 高台 JCZ-1 地脉动频谱幅度最大值变化柱形图(频带范围 0.001~0.005 Hz)

动源的性质、能量大小以及分布位置是随机的,因而某地观测到的地脉动信号也是随机的。地脉动信号的频带很宽,覆盖的周期范围很大,一般来说由区域

噪声引起的地脉动信号周期较短(一般小于 2 s),而由各种自然因素引起的地脉动信号周期较长。

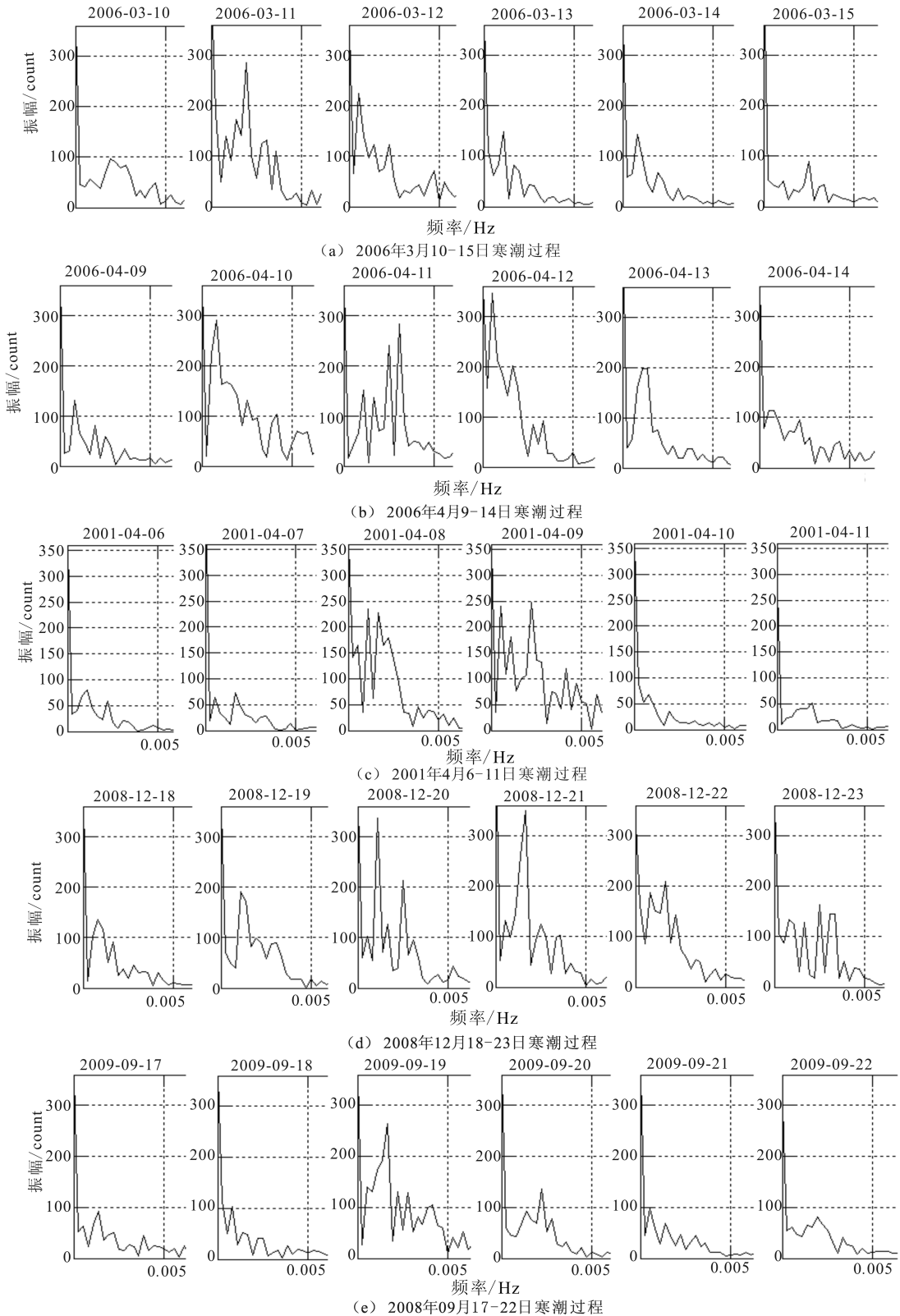


图6 高台JCZ-1地脉动幅频图(信号长度3 600 s)

4.1 人为因素对地脉动的干扰频带讨论

日本学者 Kanai(1961)在同一地点观测到的地脉动信号最大振幅随时间的变化中可以看出夜间的振幅比白天小得多,这是由于夜间人为活动少,脉动源数量比白天少的缘故。作者分析结果表明,汽车的干扰频带在 10~15 Hz 范围内,爆破干扰的频率大于 1.5 Hz,碎石机等机械振动干扰在 8~14 Hz 范围内。

4.2 自然因素对地脉动影响频带讨论

自然因素里面,固体潮影响周期在 7.5~26 h,频率达到 10^{-5} 量级,较易区分;地震波列中,P波在 1.9 Hz 左右^[5-7],S波在 0.2 Hz 左右,面波在 0.05~0.2 Hz。胡小刚等^[8]通过对中国台网中心大量的地脉动记录进行频谱分析发现,几次台风时段中国东部台站(如西安、琼中、昆明、恩施等)记录到异常地脉动的数量更多,且 0.15~0.35 Hz 的频谱幅度优于西部台站。笔者通过高台宽频带资料跟踪多次台风发现,台风对地脉动的扰动优势频率在 0.15~0.25 Hz 范围内。另外,笔者通过对高台、兰州、成都、安西地震台宽频带数字资料在 2001 年 11 月 14 日昆仑山口西 8.1 级、2008 年 5 月 12 日汶川 8.0 级及 2003 年 10 月 23 日山丹、民乐 6.1 级地震前频谱变化的研究,发现 0.1~0.14 Hz 频幅在震前几天呈逐渐增强的趋势^[9],且与重力地脉动异常特征一致^[10],初步认为 0.1~0.14 Hz 是大震前兆异常频带。

5 结论

地脉动记录中蕴含着十分丰富的信息,其中低频信息中 0~0.35 Hz 频段成分复杂,多与自然因素的影响有关(包括海浪、台风、气流及孕震信息),该频带的地脉动信息引起许多专家的关注,得到了许多不同的研究结果。笔者通过分析高台县数次冷空气过程,得到以下初步结论:

(1) 气流过程路过的区域会引起温度和大气压

强变化,冷空气过程会引起局地降温、雨雪天气及气压的变化,气温下降的区域大气压强增高,空气对地球表面的压力增大导致地脉动信息的变化,在地脉动记录曲线中表现为大周期扰动或抖动式畸变。

(2) 与冷空气过程有关的地脉动干扰信息优势频带为 0.001~0.005 Hz,即周期为 200~1 000 s。

(3) 频谱分析结果表明,随着冷空气过程开始到结束,其无论强度大小,扰动幅度表现为上升、达到最大值、逐渐回复的过程,降温幅度最大则扰动幅度达到最高值。

(4) 由于台站观测人员能及时感知冷空气引起的降温过程,从地脉动曲线识别气流扰动现象相对直观,对识别干扰及跟踪地脉动异常信息有一定帮助。

参考文献

- [1] 胡小刚,郝晓光,薛秀秀.汶川大地震前非台风扰动现象的研究[J].地球物理学报,2010,53(12):2875-2886.
- [2] 杨立明,王建军,冯建刚,等.汶川地震前地脉动低频波动现象及其应用的初步研究[J].中国地震,2009,25(4):356-366.
- [3] 尹亮,庞成.地脉动记录中台风扰动和低频波前兆信息的频带区别研究[J].地震研究,2014,37(1):66-72.
- [4] 许建聪.地脉动频谱结构与场地土动力响应研究[D].福州:福州大学,2003.
- [5] 姚家骏,杨立明,冯建刚.常用时频分析方法在数字地震波特征量分析中的应用[J].西北地震学报,2011,33(2):105-110.
- [6] 刘希强,沈萍,山长仑,等.数字化地震波形资料的时频分析方法及应用[J].西北地震学报,2004,26(2):118-125.
- [7] 许康生.地震信号的时频分析[J].西北地震学报,2000,22(4):479-482.
- [8] 胡小刚,郝晓光.强台风对汶川大地震和昆仑山大地震“震前扰动”影响的分析[J].地球物理学报,2009,52(5):1363-1375.
- [9] 尹亮,杨立明.宽频带数字资料低频波在大震前的短临前兆信息研究[J].西北地震学报,2010,32(1):82-87.
- [10] 尹亮.大震前重力地脉动异常分析.[J].地震研究,2011,34(4):442-446.