

气—地间耦合所产生的短临动力 对大地形变的影响分析

孟建国¹, 李栋梁², 王 强¹

(1. 山东省泰安基准地震台, 山东 泰安 271000; 2. 山东省潍坊市地震局, 山东 潍坊 261000)

摘要: 围绕气—地间耦合所产生的短临动力对大地形变的影响问题, 简要分析了气—地间耦合所产生的短临动力, 根据泰安基准地震台前兆仪器2次受气压畸变影响的反应情况, 分析了气压短时间内畸变对大地形变的不同影响, 并在此基础上探讨地震前兆仪器对于短临应力影响的反映。

关键词: 气—地间耦合; 大地形变; 前兆仪器

中图分类号: P315.72*5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-586X(2010)03-0045-07

0 引言

应力触发地震问题的研究对于地震机理和预测具有重要的意义^[1]。产生应力触发的因素很多, 很多学者都有相关研究, 像固体潮汐力的作用^[2-4]、水库水位变化产生的加卸载效应^[5]、强震引起的静态和动态应力变化^[6-9], 等等。大气层和地壳紧密相联。大气对地面产生压力, 这种大气压力不仅有较稳定的日变(中国大陆上多为几百帕), 更有各种天气系统引起的强度大得多的非周期变化。这种非周期变化往往在短时间内即可造成几千帕, 甚至近万帕的涨落, 成为地壳表面上最重要的快速加卸载源。直接覆盖在地壳上的大气巨涨落的激发效应对地壳应力状态的实际影响绝难直接产生明显效果, 因为这还涉及到天地之间能量转化机制及可转化能量的多少。至于通过探讨大气压力扰动增长成巨涨落时对大地形变的影响, 可以作为一种短临动力对非稳定地体的控震问题进行研究。本文研究的是气压的畸变通过与大地的耦合所产生的短临动力作用对大地形变的影响。

1 气—地之间的耦合机制

气—地之间的耦合机制, 包括气流通过与地面

的摩擦及与山脉形成力矩而进行动量交换以及大气质量分布不均匀变化对地壳所产生的加卸载作用等^[10]。不难推想出, 在平常较稳定的天气背景下, 当有重大天气系统移来时, 由于气流水平方向速度的强烈辐散和辐合、空气密度剧烈的平流变化, 以及空气垂直运动的加强, 必将造成地面气压涨落的突然增长, 迅速偏离正常的小扰动状态, 施于地球表面一种更大的附加荷载。对于其地球物理效应, 前人的工作大都得到了颇为相近的结论^[1]。即在大气压力局部变化达几千帕的实际情况下, 可造成地壳表面 103N/m^2 量级的静压力变化, 约 10cm 的垂直位移, 0.1 角秒的倾斜量和 $8 \times 10^{-7}/\text{s}^2$ 的重力变化。可见, 当气压在短时间内突然剧烈升高或者降低时对于地面并通过大地的传播对整个区域内的地壳形变的影响非常大。

2 大气剧烈变化对大地形变影响

2.1 地震前兆台站运行概况

泰安基准地震台海拔高度 266m , 处于泰山山前缓坡, 正北为较高山峰, 东面为一座平缓小山。该台地形变观测为全国 I 类台, 地磁观测为全国 II 类台。“九五”期间又新建成了中国地壳观测网络 GPS 泰安基准站。台站相对位置及观测仪器布设如图 1。

收稿日期: 2010-04-12

作者简介: 孟建国 (1986~), 男, 山东章丘人, 助理工程师, 主要从事地壳形变观测研究。

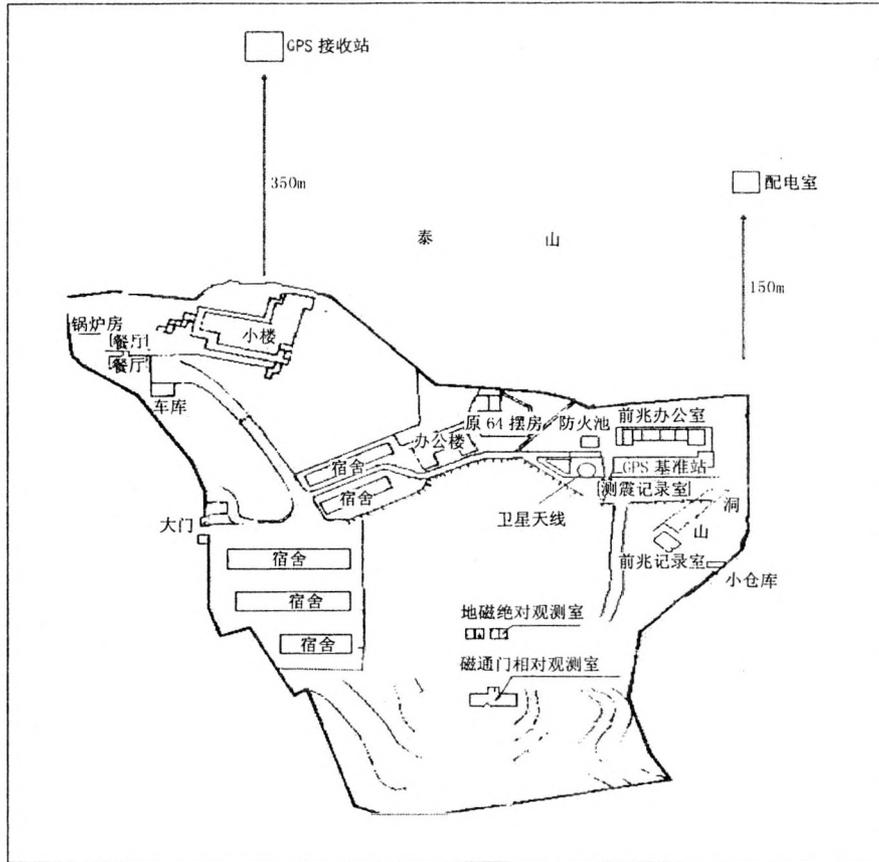


图1 泰安基准地震台位置、观测项目分布

2.2 气—地之间的耦合作用力对大地形变的影响

泰安台2009年3月4日17时30分和2009年5月14日15时左右,2次短时间内气压发生剧烈变化对前兆仪器产生了较大影响。2次气压变化时间均在1个小时左右,不同的是3月4日17时30分左右气压突然降低后恢复正常,5月14日15时左右气压突然增加后恢复正常。受气压突变影响的前兆仪器包括垂直摆、水平摆、水管倾斜仪、洞体应变仪、体应变及钻孔应变仪等,较全面地反映了气压变化对大地形变的影响。通过对比分析可以清楚地看出,不管是气压突然降低还是突然增加,对大地形变的影响都是比较明显的。下面就水管倾斜仪、洞体应变仪、体应变仪进行相关说明(图2~图7)。

由图2、图3可以看出水管倾斜仪受气压的影响是同步的,以南北向为例,当气压在1小时内变化幅度在2~4个大气压时,水管倾斜仪受

影响波动量在 $0.6 \times 10^{-3}'' \sim 1.2 \times 10^{-3}''$,两者为等比例对应关系。但从长时间趋势看,水管倾斜仪受影响变化量在图中不太直观,但影响是存在的,也就是说现有的固体潮是在气压变化影响作用下表现的。对于气压的反应南北分量强于东西分量,这与两分量表面的覆盖层厚度不同有关。大气压首先作用于地表面,然后逐步深入地壳中,大地的形变也是从地表开始,逐渐向地壳深处蔓延,当表面大气压突然发生较大变化时,覆盖层薄的最先受力并发生形变,随着传递的深入,应力逐步衰减,该台南北向覆盖层较东西向的薄,故而水管倾斜仪南北向要强于东西向。

由图4、图5可以看出,伸缩仪受气压的影响也是同步的,以南北向为例,当气压在1小时内变化幅度在2~4个大气压时,伸缩仪受影响波动量在 $28 \times 10^{-10} \sim 57 \times 10^{-10}$,两者同样为等比例对应关系。其余关系与水管倾斜仪类似,原因是它们处于相同的台墩上,这里不做过多讨论。

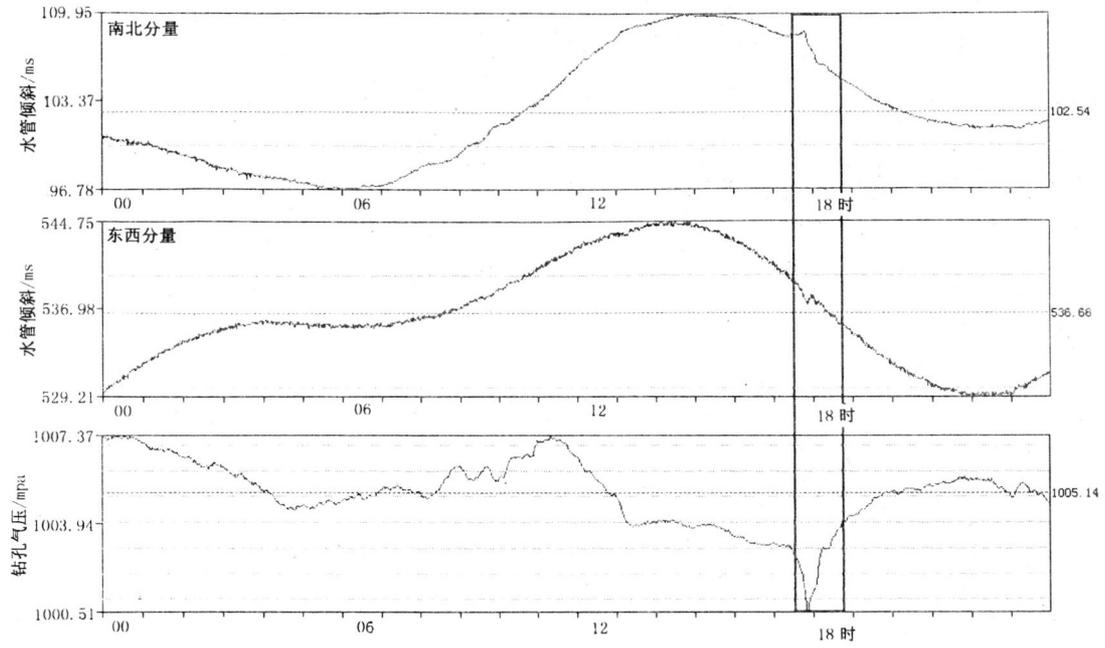


图2 2009年3月4日17时30分左右水管倾斜仪受气压影响的曲线

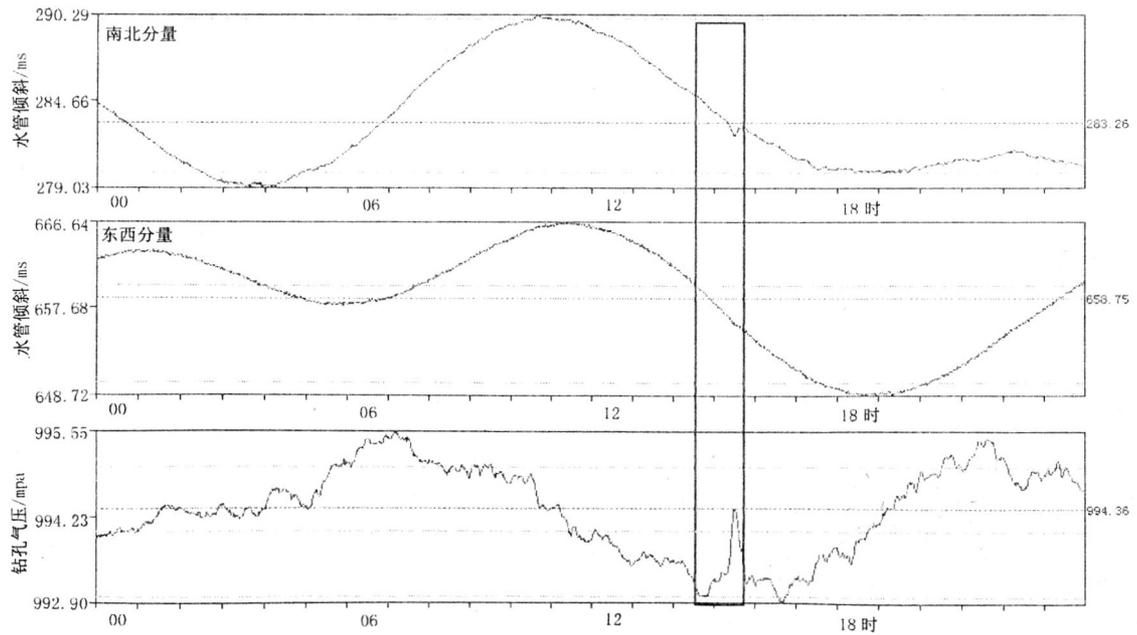


图3 2009年5月14日15时左右受气压影响水管倾斜仪当日曲线

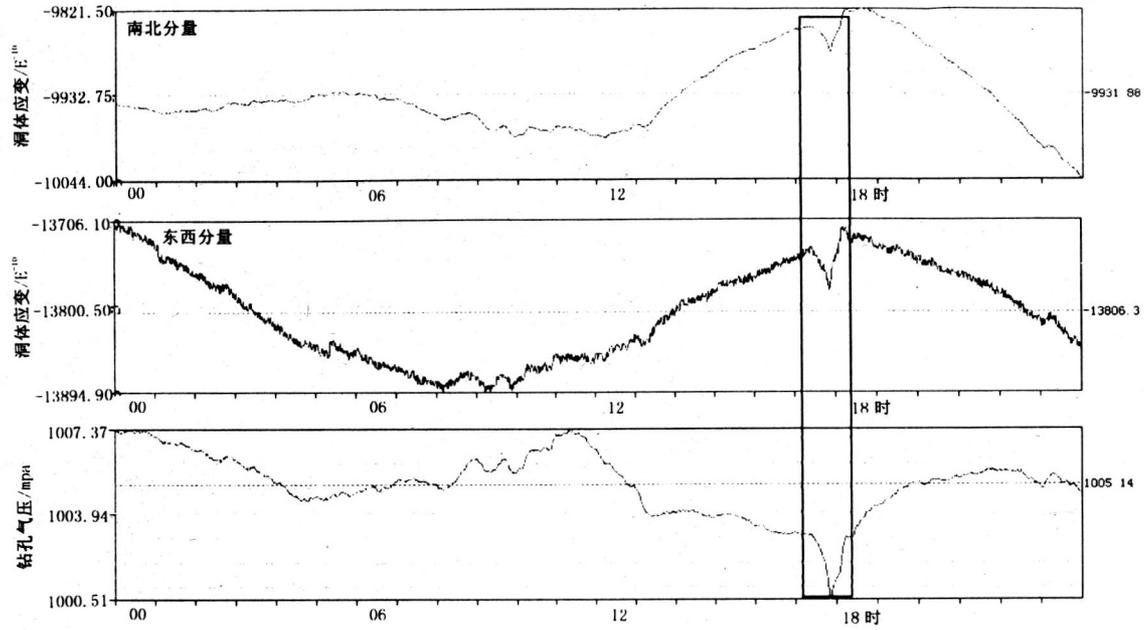


图4 2009年3月4日17时30分左右伸缩仪受气压影响的曲线

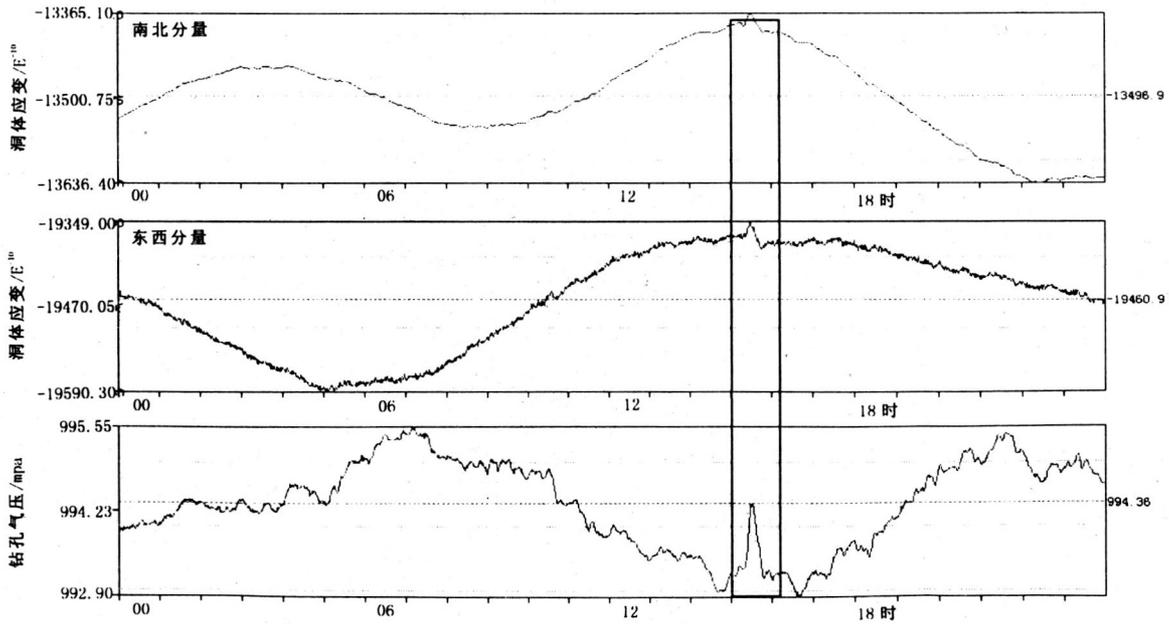


图5 2009年5月14日15时左右受气压影响伸缩仪当日曲线

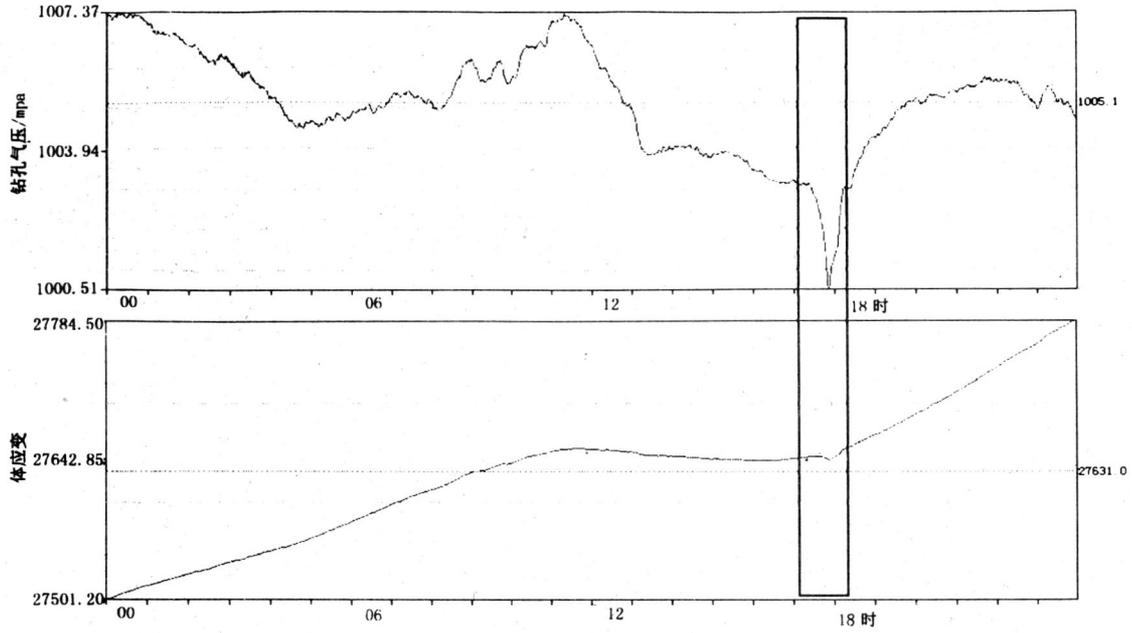


图6 2009年3月4日17时30分左右体应变受气压影响的曲线

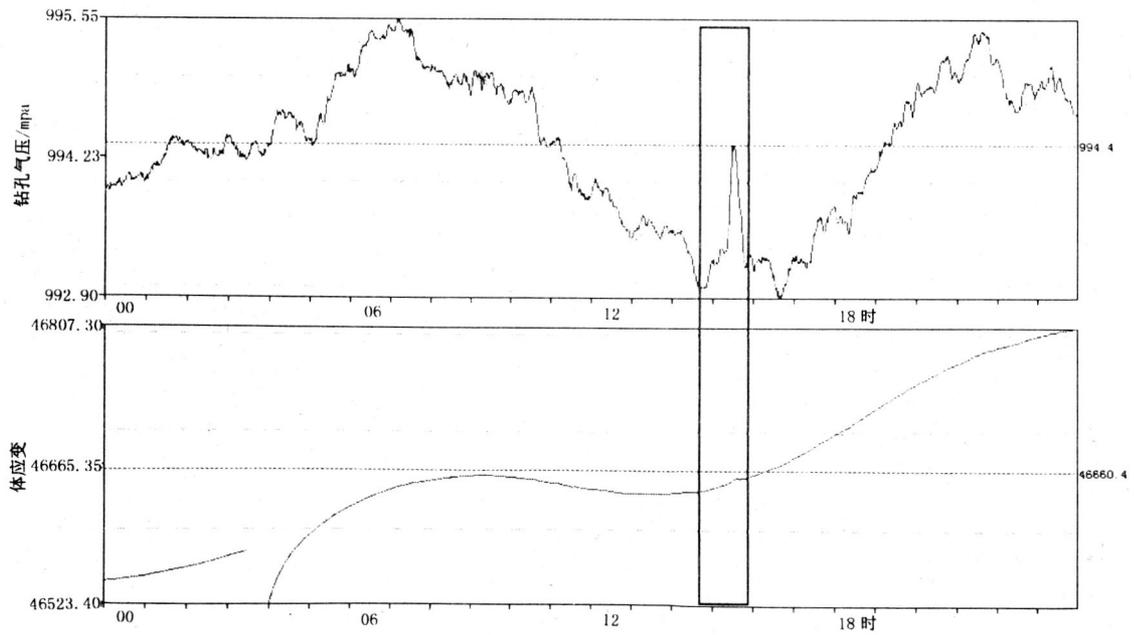


图7 2009年5月14日15时左右受气压影响体应变当日曲线

由图6、图7可见,体应变对气压变化的反应是当气压向高畸变时体应变也向高处畸变,反之亦然,这种力的变化时刻影响着体应变,这与体应变的设计原理是一致的。图7中2009年5月14日3时体应变开阀做缺数处理,图像表象受影响,但对于总体趋势研究影响不大。

通过对当大地形变发生变化时各种仪器的表象特征的分析,可以推断:当某地处于气压的畸变并与大地耦合产生的短临动力作用时,大气压首先作用于地表面,然后逐步深入地壳中,大地的形变也是从地表开始,逐渐向地壳深处蔓延,从时差上看这个力的作用过程是缓慢的,可见大地对于短临动力的传递是渐变的,并且在消耗这种力。同样对于作用于地壳中孕震过程中的作用力,在发震前短临时间内向地表传递的作用应该是被延迟的,并逐渐减弱,这应该与地壳表面构造松散有关。

其他相关仪器对这2次气压短时间内的畸变反应时都很明显,可见,我们在地震前兆监测方面的水平、精度是非常高的,可以说在孕震过程中,包括临震时刻如果地壳存在因为孕震过程而产生的微弱变化是可以捕捉到的,但现实中有些地震震前我们能记录到相关动向,有些则毫无迹象,可见在不同的地震孕震过程中,各种地震发震机理或者是当地地质情况的不同是阻碍我们震前捕捉信息难度的根源。

3 气—地之间的耦合作用对于地震的相关影响

气—地之间的耦合作用产生的短临动力直接作用于地壳表面并产生大地形变,并对某处地壳中的孕震过程有一定影响。P. Varga 曾用 Molodensky 理论和古登堡—布伦地球模型计算过这类表面载荷对地球内部的力学效应^[11]。通过对一定范围内,也就是一定空间尺度内大气压力的垂直载荷,在地球内不同深度所产生的流体静压力和最大剪切应力,发现最大剪切应力主要出现在载荷区边缘地壳深度内或岩石圈深度内,此处同时为流体静压力剧减的部位,而这也正是大陆强震的频发层位。但地震爆发受大气压力控制的程度显然应与各构造带的活跃性乃至具体孕震体的不稳定性有关。特别是中国大陆不同大地构造单

元的地质发展差别较大,各地震区对大气扰动的敏感频谱(包括时域上的和空间域上的)也不会完全一样。

地震既然是地壳内孕震构造日渐远离平衡态后的一种突然失稳,那么,这一动态演变过程必被许多随时间变化的动力变量所约束。特别是到孕震后期(已处于非线性阶段)时,不能不考虑那些在日常随机小扰动背景上突然增长起来的较大功率外力输入^[10]。赵洪声等曾对此进行详细的研究,并列举了相关的气压场剧烈涨落与四川强震爆发影响的例子,说明研究气压对大地形变的影响有着重要意义^[10]。

4 讨论

根据大气层与地壳两个系统相互作用与影响、大气压的涨落是其演化动力的思路,对大气剧烈扰动下的大地形变问题进行了初步探讨,并列举了泰安基准地震台2次受气压畸变影响仪器反应的情况。本文指出的气压场巨涨落具有时、空两方面的含义:一是在时间上气压迅速畸变,持续时间为1小时左右,短时间内可以忽略固体潮对于仪器工作的影响。但从长时间趋势看,水管倾斜仪受影响变化量在图中不太直观,但影响是存在的,也就是说现有的固体潮是在气压变化影响下表现的。二是在地点上仅以泰安基准地震台为观测研究点,该台站处于泰山脚下,属于陡峻山面与平原过渡的缓坡。通过研究,较充分地证实气压短期剧变现象对于地形变无论是倾角变化还是不同空间的变化,既是普遍存在的和有一定规律的,也是具有较好重复性的。这也有力地说明,当气压场由围绕均值状态的随机扰动急剧增长为巨涨落时,必将对地壳产生较大的加卸载效应,壳内有关活动也随之涨落加剧。

气—地之间的耦合作用对于地震的相关影响值得探讨,如果今后我们能定量的准则事先辨识出哪个孕震构造正在或已进入非线性阶段,并能大致掌握它的一般破裂方式,那么便可以此为基础,更细致地确定出孕震地壳上覆大气及外围大气涨落与地震达到最佳耦合效应的动力学参数,不断深入对地震时、空、强的短临预报研究。总之,研究气压对大地形变的影响对于地震发震时刻在临界孕震状态下的研究有重要的意义。

参考文献:

- [1] 黄元敏, 马胜利. 关于应力触发地震机理的讨论[J]. 地震, 2008, 28(7): 95.
- [2] Melchior P. J. The tides of the planet earth [M]. Pergamon. Tarrytown, N. Y. Oxford, 1983: 458.
- [3] Vidale J. D., Agnew C., Johnston M. J. S., et al. Absence of earthquake correlation with Earth tides: an indication of high preseismic fault stress rate [J]. Geophys Res., 1998, 103: 24 567 ~ 24 572.
- [4] 高锡铭, 殷志山, 王威中, 等. 固体潮张量对地震的触发作用[J]. 地震学报, 1981, 3(3): 264 - 275.
- [5] 牛恩宽, 王孔伟, 艾志雄. 水库诱发地震机理分析[J]. 灾害与防治工程, 2007, (2): 65 - 69.
- [6] 张国民, 张晓东, 刘杰, 等. 印尼苏门答腊 8.7 级大震对中国的大陆的影响[J]. 地震, 2005, 25(4): 15 - 25.
- [7] Stein R. S., Barka A. A., Dieterich J. H. Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering [J]. Geophys J. Int., 1997, 128: 594 - 604.
- [8] Nalbant S. S., Hubert A., King G. C. P. Stress coupling between earthquakes in northwest Turkey and the north Aegean Sea [J]. J. Geophys Res., 1998, 103: 24 469 - 24 486.
- [9] 闻学泽, 马胜利. 唐山大地震对相邻断裂段地震复发的影响[J]. 自然科学进展, 2006, 16(10): 1 346 - 1 350.
- [10] 赵洪声. 大气激励与地球响应[M]. 北京: 气象出版社, 1989: 20 - 50.
- [11] P. Varga. Influence of external forces on the triggering of earthquake [J]. Earthquake Prediction Research, 1985, (1): 191 - 201.

ANALYSIS ON THE DEFORMATION INFLUENCED BY THE SHORT - IMPENDING POWER COUPLING BETWEEN THE ATMOSPHERIC AND THE EARTH

MENG Jianguo¹, LI Dongliang², WANG Qiang¹

- (1. Tai' an Seismic Station, Earthquake Administration of Shandong Province, Tai' an 271000, China;
2. Earthquake Administration of Weifang City, Shandong Province, Weifang 261000, China)

Abstract: The deformation influenced by the short - impending power coupling between the atmospheric and the earth is analyzed in the paper. According to the pressure data recorded by Tai' an station, the short - impending stress reflected by the seismic precursory instruments and discussed their relations.

Key words: The coupling of between the atmospheric and the earth; Earth deformation; Precursory instrument