

强震短临前兆探索

——“震前扰动”现象研究

Study of the short-term
anomalous tremors before large earthquakes

郝晓光 胡小刚 编著



测绘出版社

强震短临前兆探索

——“震前扰动”现象研究

**Study of the Short-term Anomalous Tremors before
Large Earthquakes**

Collection of Papers on Microseisms
before Earthquakes

郝晓光 胡小刚 编著

测绘出版社

· 北京 ·

© 郝晓光 胡小刚 2012

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内 容 简 介

本书依据武汉大地测量国家野外科学观测研究站 Lacoste ET 重力仪观测发现汶川大地震前数十小时的“震前扰动”现象和作者随后的一系列工作,对强震短临前兆研究进行了探索,区分出了“震前扰动”现象中的“台风扰动”和“非台风扰动”,提出了“第三类脉动”的猜测,讨论了有关强震的“地点问题”和“时间问题”,以及强震短临预报研究的战略思想。

图书在版编目(CIP)数据

强震短临前兆探索:“震前扰动”现象研究/郝晓光,胡小刚编著. —北京:测绘出版社,2012.12
ISBN 978-7-5030-2743-7

I. ①强… II. ①郝… ②胡… III. ①强震—地震前兆—研究 IV. ①P315.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 293526 号

责任编辑	田 力	封面设计	李 伟	责任校对	董玉珍
出版发行	测绘出版社	电 话	010-83060872(发行部)		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号		010-68531609(门市部)		
邮政编码	100045		010-68531160(编辑部)		
电子信箱	smp@sinomaps.com	网 址	www.chinasmp.com		
印 刷	北京天顺鸿彩印有限公司	经 销	新华书店		
成品规格	169mm×239mm				
印 张	10	字 数	187 千字		
版 次	2012 年 12 月第 1 版	印 次	2012 年 12 月第 1 次印刷		
印 数	0001—1000	定 价	25.00 元		

书 号 ISBN 978-7-5030-2743-7/P·626

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

前 言

正当科学界对强震短临预报研究一筹莫展的时候,大自然送来了一份珍贵的礼物——某些强震在发生前数十小时出现的“震前扰动”现象。

本书根据 1997 年 5 月南极中山站 Lacoste ET 重力仪观测发现 7.1 级 South of Kermadec Islands 地震前约 41 小时的“震前扰动”现象和 2008 年 5 月武汉大地测量国家野外科学观测研究站 Lacoste ET 重力仪观测发现 8.0 级汶川大地震前约 48 小时的“震前扰动”现象,以及作者随后的一系列工作,对强震短临前兆研究进行了探索,并讨论了强震的“地点问题”、“时间问题”和强震短临预报研究的战略思想。

强震短临预报研究的“地点问题”和“时间问题”就这样无法回避地摆在我们面前,科学界应该停止怀疑和争吵,停止“地震能不能预报”这种无谓的纠缠和讨论,按照一种精辟的战略思想进行毫不犹豫的工作,直到解决这个世界科学难题为止,直到战胜地震这个可恨的恶魔为止。

目 录

An unidentified geophysical event recorded with L&R-ET gravity meter at Zhongshan Station, Antarctica	Hao Xiaoguang(1)
重力高频扰动与地震	郝晓光,等(4)
汶川大地震前的重力扰动	郝晓光,等(9)
宽带地震仪资料证实汶川大地震“震前重力扰动”	郝晓光,等(14)
2009年3月19日 Mw7.6级汤加大地震的“震前扰动”现象	胡小刚,等(19)
IRIS台网地震仪资料出现 2010/01/12 海地大地震“震前扰动现象”	胡小刚,等(23)
汶川大地震宽带地震仪短临异常及成因初探	胡小刚,等(27)
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 ...	胡小刚,等(39)
汶川大地震前非台风扰动现象的研究	胡小刚,等(59)
汶川大地震“震前扰动”存在“第三类脉动”吗?	郝晓光,等(74)
莲花等三台风的地磁效应与“第三类脉动”有关吗?	吴 琼,等(78)
“震前扰动”现象:从模糊走向清晰——与傅容珊教授商榷	郝晓光,等(91)
强震短临预报研究战略思想探讨	郝晓光,等(98)
A Review of Research on Anomalous Tremors before Ms8.0 Wenchuan Earthquake	Hao Xiaoguang, et al. (105)
微地震的起源——海浪波动非线性干涉理论	M. S. Longuet-Higgins(117)
后记	(151)

An unidentified geophysical event recorded with L&R-ET gravity meter at Zhongshan Station, Antarctica

Hao Xiaoguang

Many geophysicists thought that the earth's internal activities indicated by using gravimetric observation on the earth's surface are unstable. The reason why they did so is still unknown. So whenever an unexpected abnormal event occurs, it usually greatly attracts scientists' interest. A theoretic leap resulted from the study of an abnormal event such as the earth's free nutation was discovered in 1891 by Chandler from his investigation of the latitude's change. Besides, Benioff discovered the earth's free oscillation from the earthquake records of Kamchatka Peninsula on Nov. 4, 1952.

From 22:00 UT Jan. 25 to 10:00 UT Jan. 28, 1997, a 60h stable disturbance was detected by the Lacoste & Romberg Earth Tide 21 Gravity meter which was installed at Zhongshan Station, Antarctica by the Institute of Geodesy and geophysics, Chinese Academy of Sciences. The disturbance's maximum amplitude is $\pm 3 \mu\text{Gal}$ ($1 \mu\text{Gal} = 1 \times 10^{-8} \text{m/s}^2$). After denying the possibility of instrument malfunction or external interference, the author thoughts it to be an integral, typical but unidentified "geophysical event".

The "event" may be divided into three stages: start, outburst and recovery. It started from 22:00 UT of Jan. 25. At the start stage, the recording curve line became thicker and thicker, i. e., the signal's amplitude was gradually increasing. After 18h from the start, the amplitude reached to its maximum and continued stably for about 17 h. This is the outburst stage. From 9:00 UT of Jan. 27, the disturbance decreased. The state restored completely at 10:00 UT of Jan. 28. The event totally lasted about 60 h.

Generally, a gravity meter can record two kinds of information: (1) the earth's surface quakes; (2) a matter disturbance. The former gives us some geometric information caused by gravimeter's slightly shake, and the latter shows the physical information caused by the change of gravity. However, they often happened simultaneously in the same event. But in some cases we need to distinguish whichever is the master.

In Antarctica, some quakes resulting from earthquakes or avalanches can be recorded every week. But the “event” recorded by ET-21 was greatly different from these quakes. Firstly, the “event” needed tens of hours to reach its maximum so the sign of its occurrence can be found. The surface quakes burst out abruptly. Secondly, the “event” outburst stage lasted tens of hours, and its amplitude was stable. For the surface quakes, it only lasted tens of minutes, and its amplitude was unstable. Lastly, the “event” recovery stage lasted tens of hours, and its amplitude vanished slowly. For the surface quakes, the amplitude vanished abruptly and the recovery stage lasted only several hours.

Since the propagation velocity of earthquake wave in the earth is 6-8 km/s, it spreads the whole earth at no more than half an hour. So the event, of which the start stage lasted tens of hours, can not be caused by earthquakes or avalanches, i. e., its gravity effect mainly resulted from the matter's disturbance rather than the surface quakes, which are related to earthquakes or avalanches.

If the matter's disturbance resulted in the “event”, where did it come from? The earth's crust, which is solid, cannot be movable. The viscosity of the earth's mantle is very great, so the velocity of mantle flow is very slow. The temporal scale of the disturbance caused by mantle flow should be the order of months or years instead of days. So the event came from neither the crust nor the mantle.

It is reasonable to attribute the event to the disturbance of the matter in the earth's core. Firstly, the earth's core is a state of liquid. The temporal scale of its disturbance can be within several days. Secondly the polar region is the nearest to the core. So the possibility for a gravimeter to detect the core's disturbance is the greatest. Just like the terms of the earth's free nutation and the earth's free oscillation, we temporarily named the event “the earth's core disturbance”. Nevertheless, it still needs to be further proved.

After Jan. 25, the earth's core disturbance also occurs on Feb. 9, 19, 23, March 29, and May 8, 24 at Zhongshan Station. At present the earth's core disturbance is only an assumption. If the earth's core disturbance occurred in group, how long is its outburst period? What is its origin? It is a strange phenomenon that in the period of the outburst of the disturbance group the earthquakes occurred in Tibet, Xinjiang, Iran, India and New Zealand. Whether the disturbance group is really related to the earthquake group is still in question. So further studies are needed to testify these assumptions.

References

- [1] Melchior P. The tides of the planet earth[M]. Oxford:Pergamon Press,1978.
- [2] Jeffreys H. The earth: Its origin history and physical constitution[M]. London: Cambridge University Press,1976.
- [3] Moritz H. The figure of the earth: Theoretical geodesy and the earth's interior. Wichmann,1990.

原载《Chinese Journal of Polar Science》1997 年第 8 卷第 2 期

重力高频扰动与地震

郝晓光, 许厚泽, 郝兴华, 吕纯操, 胡红桥

一、前 言

地震发生前,孕震区或地震发生区附近有明显的形变变化,这方面的研究已有大量文献报道^[1-3]。但是,还有另一类,临震前数小时至数十小时、某些仪器突发的高频特征变化,却没有得到深入研究,且大多被当做观测不稳定或不可靠的资料而未加重视。

1976年11月7日,盐源6.9级地震前57小时,西昌43-8测点短周期金属水平摆连续记录到了曲线加粗的脉动现象^[1]。1988年10月18日17时,易县台伸缩仪出现前所未有的大幅度高频脉冲式扰动,持续约16小时,扰动开始后约8小时,发生了6.1级地震^[5]。1998年,许昭永等采用多功能高频地震仪记录岩样上多点应变在破裂孕育过程中的变化,结果发现在岩石主破裂前,各点应变除趋势性特征变化外,同时出现突发扰动,因此认为突发应变扰动有可能作为大震短临前兆的一种^[6]。

本文报告了L&R-ET(21)重力仪在南极中山站发现重力高频扰动后发生地震的观测记录,并对发生这种高频重力扰动的地球物理学成因进行了初步探讨。

二、实 例

将以下L&R-ET(21)重力仪的记录曲线图进行比较,可明显地看出重力高频扰动的存在。图1是正常记录的重力潮汐曲线,由图1可见,正常的重力潮汐曲线是很细的。由图2可见,从1997年5月24日7时(世界时)开始,重力高频扰动叠加在重力潮汐曲线上,强度平稳增大,使得原本应很细的曲线逐渐变粗。由图3可见,曲线越来越粗,重力高频扰动的强度在5月25日8时左右达到极大,最大幅度约为5微伽,此后强度逐渐减小。图4是重力高频扰动(5月25日)的放大图。由图5可见,在重力高频扰动开始约41小时后,于5月25日23时30分左右发生了强烈地震。重力高频扰动的强度在地震发生后继续平稳减小,到5月26日12时完全平息。全过程从5月24日7时开始至5月26日12时结束,共持续53小时。

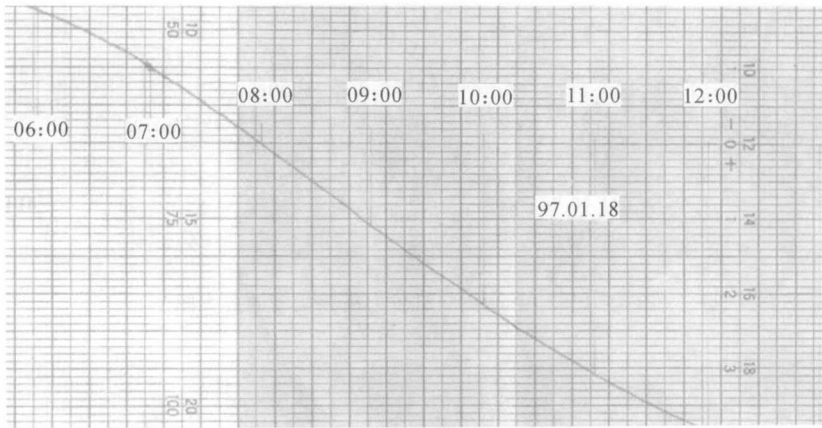


图 1 正常记录的重力潮汐曲线

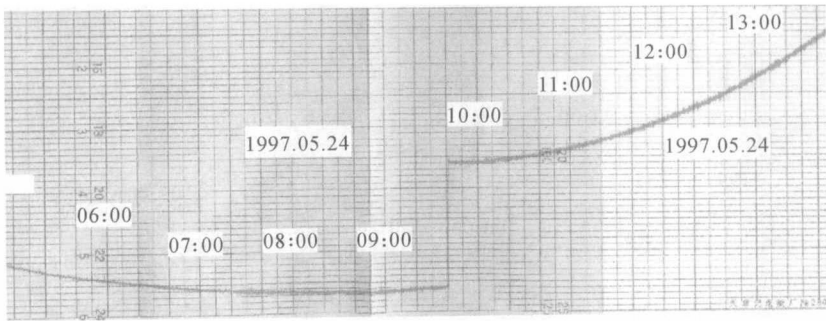


图 2 已有高频扰动叠加的重力潮汐曲线

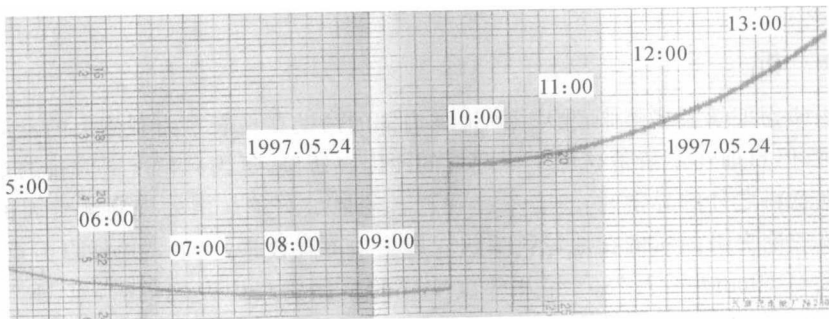


图 3 高频扰动达到最大的重力潮汐曲线

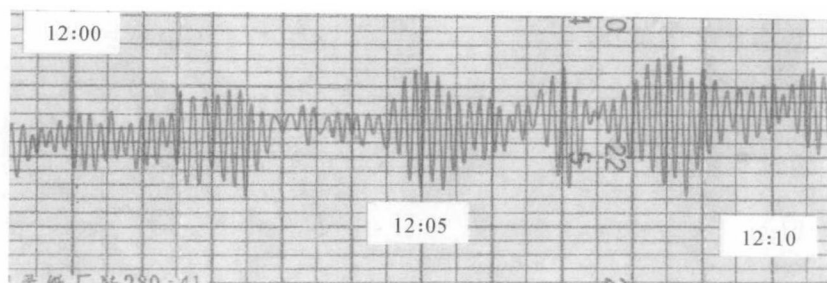


图4 1997年5月25日重力高频扰动的放大图

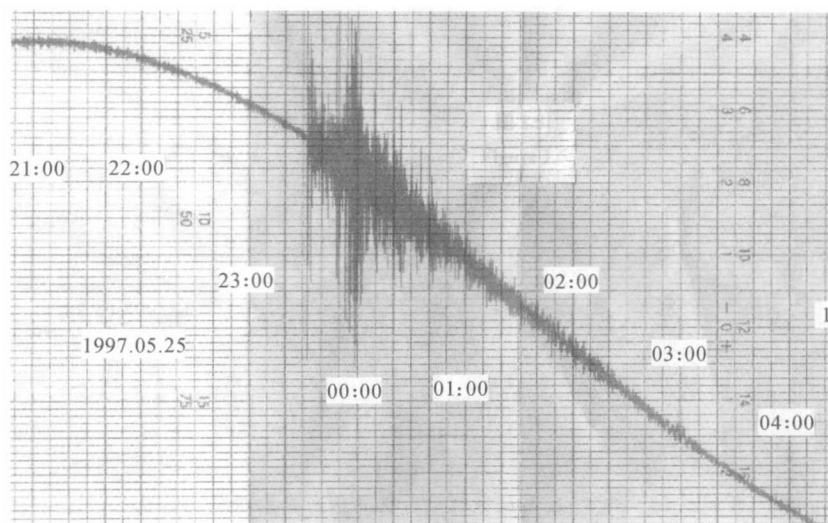


图5 重力高频扰动后发生地震

三、分 析

地球物理学家多年来已认识到地球内部的活动在地表重力观测上的反应是不稳定的,但目前还不清楚这种不稳定性原因。所以,每当高精度重力仪的观测资料出现意料之外的异常时,总会引起观测者的极大兴趣。由发现观测资料的异常而导致理论突破的实例在地球科学的发展史中不胜枚举,例如,“地球自由章动”就是由 S. C. Chandler 于 1891 年从纬度变化的观测资料中发现的^[7],而 H. Benioff 则从 1952 年 11 月 4 日的堪察加半岛的地震记录中辨认出“地球自由振荡”的蛛丝马迹^[8]。

在 1997 年全年,重力高频扰动于 1 月 25 日、3 月 29 日、5 月 8 日、5 月 24 日、6 月 10 日、8 月 31 日,共 6 次比较明显地出现在南极中山站。如果重力高频扰动是由地球内部的物质扰动引起的,那么这种物质扰动不可能来自地壳,因为地壳是

固体, 固体物质不会流动。引起重力高频扰动的物质扰动来自地幔的可能性也不大, 因为地幔的黏度很大, 地幔流的速度很慢, 其物质扰动过程不应该是几天, 而应该是几个月或几年。因此, 将重力高频扰动归咎于地核的物质扰动可能比较合理。

液体地核与太阳大气一样都是由处于磁场中的导电流体即磁流体构成的, 它们的内部运动应该满足磁流体动力学的规律。当磁流体中具有局部较高或较低的密度、温度、压力、磁场或其他热力学参量偏离平衡态时, 便会产生磁流体动力学不稳定性, 即导电流体在位形空间中的运动。在太阳大气中, 人们观测到了磁结、磁孔、黑子、大尺度场、普通场等不同时间尺度和不同空间尺度的磁场结构。在太阳活动区中磁场主要集中在黑子中, 而太阳耀斑和日珥等过程则多发生在太阳活动区内。地球液核与太阳大气的相似性不仅在于它们都由磁流体构成, 还在于它们内部的磁场都是由自身导电流体的运动产生的, 都可以用发电机原理来进行解释。由此可推论, 地核内和太阳一样, 也可能存在着不同时间尺度和不同空间的磁场结构, 存在着压力和温度的不均匀结构。这些不均匀结构会使液核内的导电流体发生宏观的物质流动, 从而产生重力学效应。磁流体动力学的切变波在地球液核中也许是十分重要的。不带磁性的普通液体只能传播压缩波, 不能传播切变波。但在磁场中, 如果液体具有良好的导电性, 它就能够传播切变波。而这种磁流体动力学的切变波是沿着磁力线传播的^[9]。

由以上初步分析可初步推测, 首先, 地磁场在极地几乎与地面垂直, 故地核内物质扰动的重力学效应在两极应最为明显, 在两极观测到这种扰动的可能性最大。其次, 液体地核的物质扰动很可能来得容易去得快, 扰动过程完全有可能像重力高频扰动那样在几天内完成。最后, 极点离地核最近, 重力仪在极区观测到地核物质扰动的可能性最大。参照“地球自由章动”和“地球自由振荡”的提法, 我们不妨暂时把这一有待进一步观测和研究来证实的现象暂时称为“地核自由扰动”, 并请同行专家批评指正。

最近的理论研究表明, 地球内部物质扰动的重力效应在两极和赤道相对较大, 但在“重力聚点”(纬度 $35^{\circ}21'32''$) 处则几乎为零^[10], 这也许能够解释为什么“地核自由扰动”的重力效应容易在南极被观测到。

四、讨 论

所谓“地核自由扰动”的提法在目前还仅仅是一种猜测, 但如果将 1997 年出现的 6 次“地核自由扰动”看成是一个“扰动群”的话, 那么这种“扰动群”的暴发周期是多少年? 它是一种灾害吗? 它是在局部产生的还是一种全球的整体效应? 所有这些都有待研究的科学问题。由于在上述“扰动群”暴发的同期内连续发生了中国西藏、新疆以及伊朗、日本九州、印度、新西兰等地震, 故“扰动群”似乎与“地震群”有所关联。如果能够确认“地核自由扰动”与地震的因果关系, 那么数十小时的

“地核自由扰动”,将为地震灾害的短临预报提供极为宝贵的可能。

参考文献

- [1] Mogi K. Interpretation of leveling data before the Niigata earthquake of 1964[M]. Japan; Bull. Seism. Soc. Japan, 35, 1982.
- [2] 马宗晋, 傅征祥, 张郢珍, 等. 1966-1976 中国九大地震[M]. 北京: 地震出版社, 1982.
- [3] 梅世蓉, 冯德益, 张国民, 等. 中国地震预报概论[M]. 北京: 地震出版社, 1993.
- [4] 陈德福, 罗荣祥, 刘国培. 倾斜异常图像分类及其特征浅析, 地壳形变动力学观测与研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- [5] 谢觉民. 大同-阳高地震的地壳形变前兆及其机理研究, 大同-阳高地震研究, 国家地震局科技监测司编, 北京: 地震出版社, 1993.
- [6] 许昭永, 杨润海, 王彬, 等. 突发应变扰动: 一种新的破裂前兆的实验研究[J]. 地震学报, 1998, 20(6): 628-634.
- [7] Chandler S C. On the variation of latitude[J]. Astronomical Journal, 1891, 11, 83.
- [8] Benioff H. Long waves observed in the Kamchatka earthquake of November 4, 1952[J]. J. Geophys. Res., 1958; 63.
- [9] Hide R. Free hydromagnetic oscillation of the earth's core and the theory of the geomagnetic secular variation[J]. Phil. Trans. Roy. Soc., 1966; 615.
- [10] 郝晓光, 许厚泽, 刘大杰. 地球的重力聚点与参数椭球的地球重力学性质[J]. 测绘学报, 2000, 29(2): 109-113.

原载《地壳形变与地震》2001 年第 3 期

汶川大地震前的重力扰动

郝晓光，胡小刚，许厚泽，钟 敏，方 剑，
郝兴华，刘 明，刘根友，薛怀平

一、前 言

地球物理学家多年来已认识到地球内部的活动在地表重力观测上的反应是不稳定的,但目前还不清楚这种不稳定性的原因。所以,每当高精度重力仪的观测资料出现意料之外的异常时,总会引起观测者的极大兴趣。由发现观测资料的异常而导致理论突破的实例在地球科学的发展史中不胜枚举,例如,“地球自由章动”就是由 S. C. Chandler 于 1891 年从“纬度变化”(地轴相对于恒星的位移所造成的恒星过子午圈时的高度变化)的观测资料中发现的,而 H. Benioff 则从 1952 年 11 月 4 日的堪察加半岛的地震记录中辨认出“地球自由振荡”的蛛丝马迹。

1997 年,作者在我国南极中山站利用 Lacoste ET-21 重力仪 6 次观测到明显的“重力扰动”现象^[1];其中最典型的是从 1997 年 5 月 24 日 7 时(世界时)开始,“重力扰动”叠加在重力潮汐曲线上,强度平稳增大并在 5 月 25 日 8 时左右达到极大、最大幅度约为 $\pm 1.5 \mu\text{Gal}$,此后强度逐渐减小;在“重力扰动”开始约 41 小时后,于 5 月 25 日 23 时 30 分发生了 South of Kermadec Islands 7.1 级强烈地震、震中距南极中山站约 7 800 千米,“重力扰动”的强度在地震后继续平稳减小,到 5 月 26 日 12 时完全平息,全过程共持续 53 小时^[2]。见图 1 至图 4。

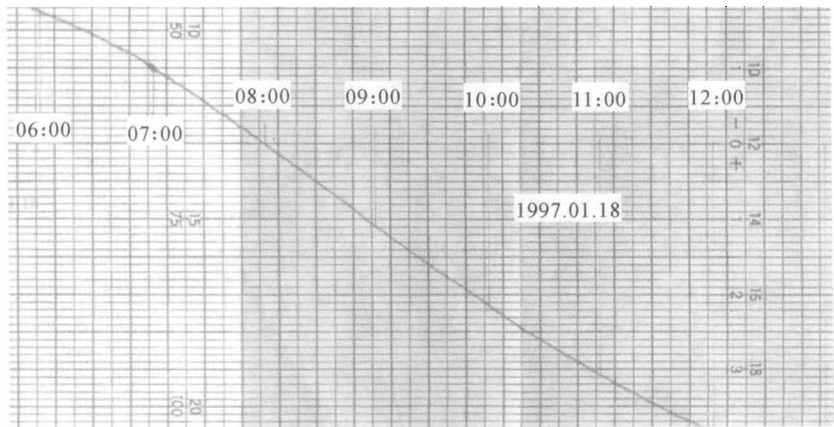


图 1 重力潮汐曲线

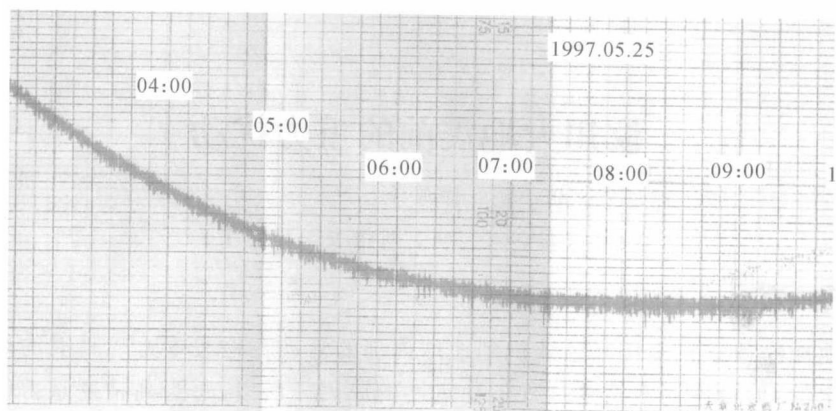


图2 “重力扰动”叠加在重力潮汐曲线上

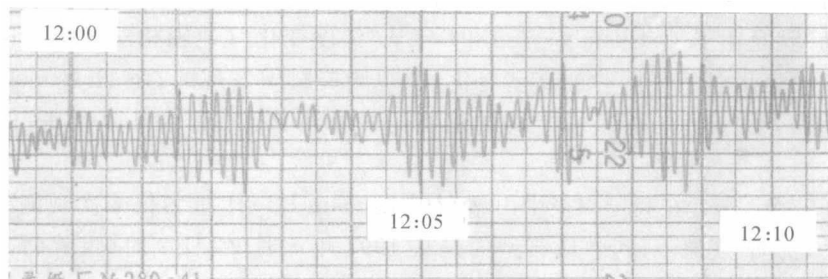


图3 “重力扰动”放大图(信号周期为6~8 s)

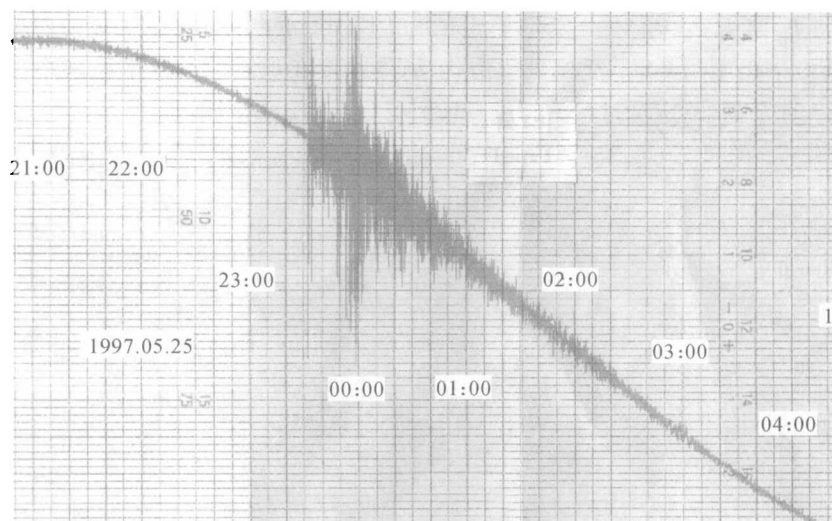


图4 在“重力扰动”41小时后发生了7.1级强烈地震

二、汶川大地震前的重力扰动现象

2008年5月12日6时28分(世界时),四川省汶川县发生8.0级大地震,距震中1000多千米的中科院测地所武汉大地测量国家野外科学观测研究站的Lacoste ET-20重力仪清楚地监测到了“震前重力扰动”现象:从大震前两天开始,“重力扰动”逐渐增大(呈喇叭口形)、最大振幅达 $\pm 0.8 \mu\text{Gal}$,直到大震发生。见图5(已扣除潮汐曲线)。

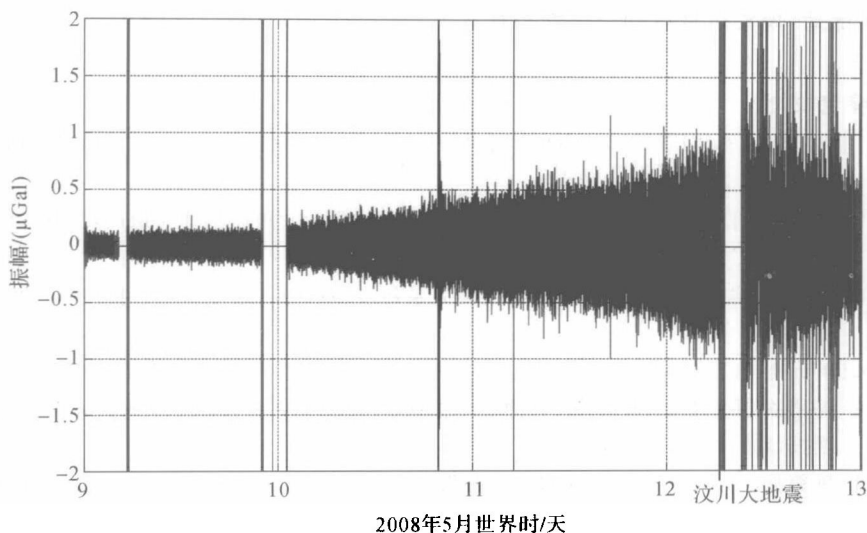


图5 在“重力扰动”48小时后发生了8.0级汶川大地震

这两次Lacoste ET型重力仪监测到的“震前重力扰动”是完全独立的,时间不同、地点不同、仪器不同(ET-21与ET-20),这就使得监测结果的可靠性得到了加强。根据图1和图2以及对Lacoste ET-20重力仪2008年5月8日至13日观测资料进行的数据分析,我们得到的初步认识是:

- (1)“震前重力扰动”往往出现在某些强震前两天左右,一直持续到强震发生。
- (2)“震前重力扰动”的振幅在 $\pm(1\sim 2) \mu\text{Gal}$ 左右。
- (3)“震前重力扰动”的信号周期在4~8 s左右。

三、讨论

关于“震前扰动”现象,国内外曾陆续有一些报导,广泛出现在重力、地倾斜、应变、水位以及地震仪等多种观测资料中。^[3 18]

值得注意的是,在各种仪器观测到的“震前扰动”现象中,“震前重力扰动”现象显得比较突出。最早的“震前扰动”就是日本的Kizawa(木泽)于1972年在

GS-12 重力仪的观测记录中发现的:1964 年 3 月 28 日的美国阿拉斯加 8.4 级大震和 1964 年 6 月 16 日的日本新潟 7.5 级地震的“震前重力扰动”,强震前 3 天有一系列的特殊脉动叠加在重力潮汐曲线上,并一直持续到强震发生。^[17]

“震前扰动”的观测站点与强地震震中之间的长距离也是另一个值得注意的问题。日本的 Kanamori(金森)于 1972 年在距震中近 10 000 千米的美国加州 Pasadena 地震台的长周期地震仪的记录中发现了 1960 年 5 月 22 日智利 8.3 级大震前数十小时的“震前扰动”现象^[18],这种长距离的监测结果似乎能在某种程度上说明“震前扰动”现象所具有的全球性特征。

参考文献

- [1] 郝晓光. L&R-ET 重力仪在南极中山站记录到“不明地学事件”[J]. 极地研究, 1997, 9(3): 214-215.
- [2] 郝晓光, 许厚泽, 郝兴华, 等. 重力高频扰动与地震[J]. 地壳形变与地震, 2001, 21(3): 9-13.
- [3] 朱传镇, 房明山, 安镇文. 脉动与地震关系初步探讨[J]. 地球物理学报, 1977, 20(1): 20-32.
- [4] 韩元杰. 预滑与地震——长周期波动研究[J]. 西北地震学报, 1984, 6(1): 10-15.
- [5] 冯德益, 潘琴龙, 郑斯华, 等. 长周期形变波及其所反应的短期和临震地震前兆[J]. 地震学报, 1984, 6(1): 41-56.
- [6] 陈德福, 罗荣祥, 刘国培. 倾斜异常图像分类及其特征浅析[J]. 地震学报, 1986, 8(2): 211-225.
- [7] 姚同福, 付印发, 侯康明, 等. 1976 年松潘 7.2 级地震前几种异常波形的记录特征及其在大震短临预报中的应用[J]. 西北地震学报, 1994, 16(2): 57-61.
- [8] 张晓东, 马文静. 1994 年 2 月 16 日共和 5.8 级地震短临预报实况[J]. 地震, 1995(1): 20-28.
- [9] Dziewonski A M, Gilbert F. Temporal variation of the seismic moment tensor and evidence of precursive compression for two deep earthquakes[J]. Nature, 1974, 247: 185-188.
- [10] Kanamori J, Cipar J J. Focal process of the Great Chilean earthquake May 22, 1960[J]. Phys. Earth. Planet. Inter, 1974, 9: 128-136.
- [11] Kerr R. Quake prediction by seismic oxymora? [J]. Science, 1990, 248: 1490.
- [12] Ihmle P F, Harabaglia P, Jordan T H. Teleseismic detection of slow precursors of the Great 1989 Macquarie Ridge Earthquake[J]. Science, 1994, 261: 177-183.
- [13] Ihmle P F, Jordan T H. Teleseismic search for slow precursors to large earthquake [J]. Science, 1994, 266: 1547-1551.
- [14] Monastersky R. Before the quake: Detecting the slow groan[J]. Science News, 1994, 146(23): 374.