

# 形变观测数据中短临前兆异常的追踪识别方法<sup>\* 1</sup>

崔庆谷<sup>1)</sup> 徐漪霖<sup>1)</sup> 杨跃文<sup>1)</sup>  
(云南省地震局,昆明 650024)

**摘 要** 以2012-06-24宁蒗5.7级地震前兆数据中出现的典型非正常变化信号为例,用多台、多测项观测资料对其属性进行联合追踪识别,排除仪器干扰、环境干扰、人为干扰,最终认定该非正常变化信号为震前短临异常。

**关键词** 宁蒗5.7级地震;前兆异常识别;多测项联合  
**中图分类号**:P315.7 **文献标识码**:A

## STUDY ON THE METHOD FOR TRACING AND DISTINGUISHING PREMONITORY SIGNALS FROM DISTURBANCES IN CRUSTAL DEFORMATION DATA

Cui Qinggu, Xu Yilin and Yang Yuewen

(Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224)

**Abstract** Earthquake premonitory signals in crustal deformation recording data always contain various disturbances, the premonitory signals must be distinguished from disturbances so as to be used in short-term earthquake forecasting. So it is important to trace an abnormal signal and distinguish its sort. Because premonitory signals and disturbances come from different sources, they can be sorted and recognized step by step by comparing records of different instruments at a same site or at different sites. The method is demonstrated by tracing an abnormal signal emerging in crustal deformation data before Ninglang M5.7 earthquake. This signal is sorted as a premonitory signal finally.

**Key words**: Ninglang M5.7 earthquake; premonitory signal tracing and distinguishing; multi-record joint

震前能量的缓慢释放会产生一种有价值的短临前兆信息<sup>[1]</sup>。随着宽频带地震观测技术的发展,大量短临前兆异常通过地震、形变、大地测量等各种手段被记录到<sup>[2-11]</sup>。但是,短临异常与多种干扰共存,如何从干扰中识别出前兆异常成为地震短临预报的关键。识别前兆异常一般采用“排除法”,即先判断一个信号属于哪一种干扰。由于前兆数据中各种干扰与前兆异常来源不同,可以利用这种差异对记录数据中非正常变化信号的属性进行追踪识别。

本文以2012-06-24宁蒗5.7级地震之前的非正常变化信号为研究对象,通过对多种观测资料的逐次对比,用多台站、多测项联合追踪的方法对信号的属性进行辨识,最终判定该信号为短临前兆异常。

### 1 多测项同点观测数据对比识别仪器干扰

2012-06-24宁蒗5.7级地震之前15 d左右(06-08~16),离震中约100 km的丽江地震台洞体应变

\* 收稿日期:2013-11-13

基金项目:云南省地震局短临跟踪专项(2013JC001)。

作者简介:崔庆谷,1967年生,高级工程师,博士,主要从事地震观测工作。E-mail:cqg000123@sina.com.cn。

资料中出现了叠加在固体潮汐之上的非正常变化信号,表现为潮汐波的突然转折波动(图 1(a))。为了核实上述转折信号的属性,首先需要用“排除法”证明上述信号不属于仪器干扰。前兆异常在同点同类观测的多套仪器记录中同步或延迟出现,而电子干扰在不同仪器系统中一般没有相关性。这是前兆异常与仪器干扰的差异,可据此有效识别仪器干扰。

进一步考察同台观测的长水管记录发现,上述转折信号同步出现于水管仪记录中(图 1(b))。由于丽江台洞体应变和水管仪是两个分离的观测系统,证明该信号并非来源于观测仪器,而是来源于地面振动。

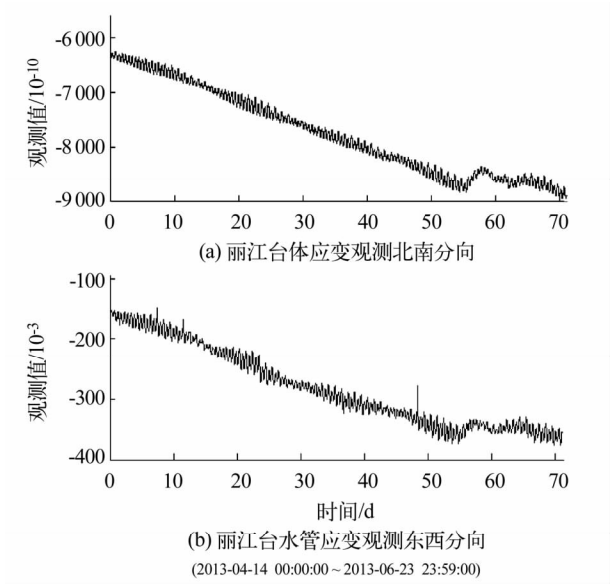


图 1 2012-06-24 宁蒗 5.7 级地震前丽江台洞体应变及水管仪记录的非正常变化  
Fig. 1 Abnormal signal emerged in tidal observation data of SS-Y at Lijiang station, Yunnan province

2 多台观测资料对比识别环境干扰与人为干扰

环境干扰及人为干扰的影响范围有限,而前兆过程是一个发生在较大区域的构造变动过程,其影响不限于单个观测点。因此,前兆异常不可能仅仅出现在某一个观测点,可以利用一定区域内多点观测资料的对比,有效识别前兆异常与环境干扰。

云龙、丽江两个台站之间的距离约 120 km,水管仪、水平摆和洞体应变仪是其共有测项。将两个台站的记录数据进行对比发现,云龙的水平摆、洞体应变仪的记录数据与丽江台出现了准同步的变化(06-08 ~ 16),如图 2。对比图 1、2 可以看出,两个台站的洞体应变、水平摆、水管仪 3 种仪器的记录数据均出现了准同步的变化(06-08 ~ 16),可以判定该

信号不属于小区域的人为干扰或环境干扰。

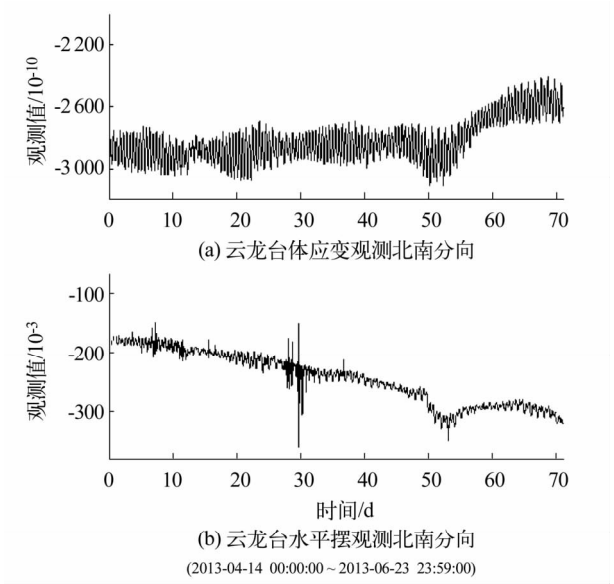


图 2 云龙台准同步记录到的非正常变化信号  
Fig. 2 Abnormal signals emerged synchronically in tidal observation curves of Yunlong station

3 对比同点地震记录识别远震尾波及自由振荡

地震能够同时对多个台站的观测数据产生影响,远震面波及巨震后引发的调整常常导致形变记录中出现持续时间较长的转折和波动。例如,2007-05-16 老挝 6.6 级地震引发的调整在楚雄台的形变资料中持续到 3 d 后的 05-19 前后(图 3)。

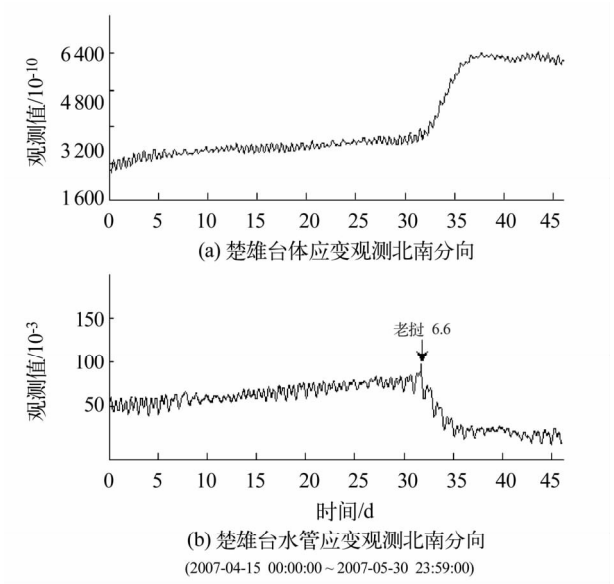


图 3 2007-05-16 老挝 6.6 级地震引发的震后调整  
Fig. 3 Records of crustal adjustment after M6. 6 (2007-05-16, Laos ) from DSQ at Chuxiong station, Yunnan province

大地震引发的调整不仅仅在老挝 6.6 级地震之后出现,2013-08-12 川滇交界处的左贡芒康 6.1 级地震后,永胜、昆明、楚雄台形变资料中也准同步地出现了持续 1 d 以上的调整。但此类调整并不是在每一次大震后都会出现。

值得关注的是,老挝 6.6 级地震后 23 d (2007-06-03),在其震中会晒以北 260 km 外的云南宁洱发生 6.3 级地震。与此相似,2013-08-12 芒康 6.1 级地震之后的 16 ~ 19 d (2013-08-28、31),距芒康 230 km 左右的香格里拉县相继发生了 5.1、5.9 级地震。为了避免将远震引发的调整误判为短临异常,必须查询地震目录并浏览对应时段的地震记录数据,核实形变数据中的非正常变化信号,以排除震后调整造成的误判。

宁蒗 5.7 级地震前的非正常变化信号出现时间为 2012-06-8 ~ 25,该时段内全球 5 级以上大震活动如表 1。可以看出,地震事件与非正常变化信号在时间上没有相关性。进一步浏览相应时段的地震记录数据,也没有发现与上述调整同步且持续时间相当的远震面波及地球自由振荡记录。因此,地震事件不能解释图中的非正常变化,地震造成干扰的可能性可以排除。

#### 4 环境、气象干扰因素的辨识

研究表明,降雨、气压变化等气象因素可能在某些台站的形变观测资料中引起非正常变化,但受影响的情况因覆盖层厚度、洞室的密封条件而各不相同。云龙台、丽江台形变观测洞室的覆盖层非常厚,最大分别为 100 m、106 m,观测资料基本上不受气象因素的影响。2013 年降雨量与丽江台钻孔应变数据的对比情况见图 4。可以看出,丽江台的观测资料基本不受降雨的影响。云龙台与丽江台相同。

将宁蒗地震前的丽江台、云龙台非正常变化信号所在时段的记录数据与降雨量、气压、温度观测数据进行对比,可以排除气象因素影响。其中,丽江台形变数据与降雨数据见图 5。

经过上述步骤逐步排除仪器干扰、环境干扰、地震干扰、气象因素干扰后,可以基本认定宁蒗 5.7 级地震前的非正常变化信号属于短临前兆信号。

#### 5 结 语

形变观测资料中的前兆异常往往混杂在各干扰之中无法识别。由于前兆异常与各种干扰信号的来源不同,可以根据这种差异对非正常变化信号的来源进行追踪并最终判定其是否是震前异常。实践证明,通过几套独立观测系统的同点观测数据对比可

表 1 宁蒗 5.7 级地震前全球 5 级以上地震活动				
Tab. 1 Seismic events ( $M \geq 5$ ) before Ninglang M5.7				
发震时间	纬度	经度	震中位置	震级
2012-06-01 20:32:00.0	39.9	75.1	新疆乌恰县	5
2012-06-02 15:52:00.0	22.1	63.6	阿根廷	6.2
2012-06-04 08:45:00.0	5.3	82.7	巴拿马以南海域	6
2012-06-04 11:15:00.0	5.5	82.6	巴拿马以南海域	6.1
2012-06-06 03:31:00.0	35	141.4	日本本州东海岸附近海域	6
2012-06-06 09:08:00.0	22.4	121.4	台湾台东县附近海域	5.6
2012-06-07 12:05:00.0	35.9	70.8	智利	6
2012-06-08 00:03:00.0	15.9	72.5	秘鲁	6
2012-06-10 05:00:00.0	24.5	122.3	台湾宜兰县附近海域	5.9
2012-06-15 00:15:00.0	23.7	121.6	台湾花莲县附近海域	5.3
2012-06-15 05:51:00.0	42.2	84.2	新疆轮台县	5.4
2012-06-17 06:18:00.0	15.6	119.6	菲律宾	6
2012-06-18 04:32:00.0	39	142.1	日本本州东海岸附近海域	6.1
2012-06-19 23:56:00.0	53.4	171.6	阿留申群岛地区	6
2012-06-23 12:34:00.0	3	97.9	苏门答腊北部	6.2
2012-06-24 11:15:00.0	57.5	163.3	堪察加东岸附近海域	6.2
2012-06-24 15:59:00.0	27.7	100.7	云南省宁蒗县	5.7

以排除仪器干扰;通过几个台站的同类观测数据对比,可以排除小范围的环境干扰和人为干扰;通过测震资料对比,可以识别远震干扰;通过与气象记录数据对比并总结历史资料,可以排除气象因素的干扰。经过上述步骤,就可以对前兆异常的真实性得出初步判断。

#### 参 考 文 献

1 Kanamori H, Cipar J J. Focal process of the great Chilean earthquake on May 22, 1960 [J]. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 1974 (9): 128 – 136.

2 Beroza G C, Jordan T H. Searching for slow and silent earthquakes using free oscillations [J]. J Geophys Res, 1990, 95 (B3): 2 485 – 2 510.

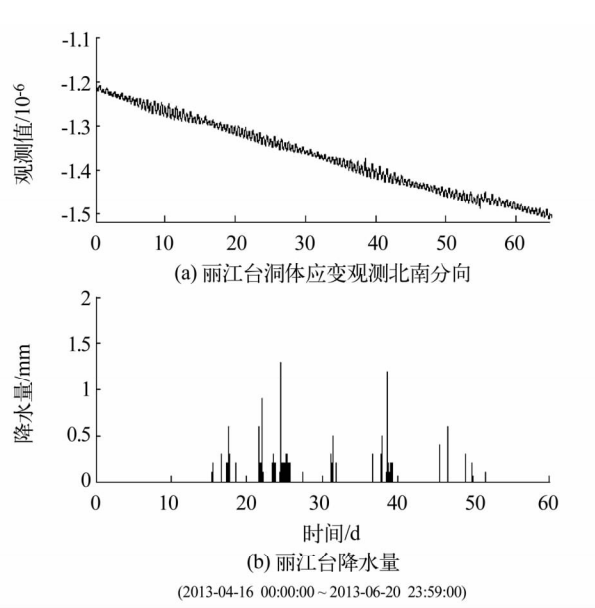


图4 2013年丽江台降雨雨量与洞体应变数据的对比  
(分钟值)

Fig.4 Contrast of precipitation with strain records of SS-Y  
in 2013 at Lijiang station, Yunnan province

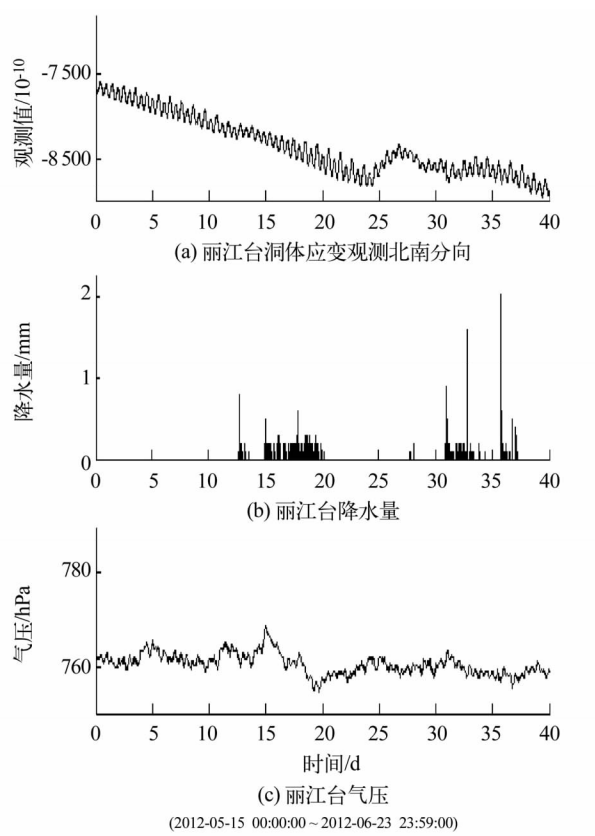


图5 宁蒗地震前丽江洞体应变数据与降雨量、气压、温度数据对比

Fig.5 Contrast of precipitation with barometric pressure with  
the record of SS-Y at Lijiang station, Yunnan province

3 McGuire J J, Ihmle P F, Jordan T H. Time-domain observations of slow precursor to the 1994 Romanche transform earthquake[J]. Science, 1996, 274: 82 – 85.

4 Linde A T, Sacks I S. Slow earthquakes and great earthquakes along the Nankai trough[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2002, 203 (1) : 265 – 275.

5 陈德福. 潮汐形变前驱波的时空特征[J]. 大地测量与地球动力学, 2006, 26 (2) : 24 – 30. (Chen Defu. Space-time characteristics of tidal deformation precursor[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2006, 26 (2) : 24 – 30)

6 王迪晋, 李正媛, 吕品姬. 慢地震研究综述[J]. 大地测量与地球动力学, 2007, 27 (S) : 21 – 25. (Wang Dijin, Li Zhengyuan, Lv Pinji. Summarization of research on slow earthquake[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2007, 27 (S) : 21 – 25)

7 张晶, 牛安福, 高福旺, 等. 数字化形变观测提取的地震短临异常特征[J]. 地震, 2003, 23 (1) : 70 – 76. (Zhang Jing, Niu Anfu, Gao Fuwang, et al. On the imminent and short-term characteristics of earthquake anomalies obtained from the digital deformation observations[J]. Earthquake, 2003, 23 (1) : 70 – 76)

8 刘序俨, 张雁滨. 排除形变观测数据中降水干扰的数学物理方法的研究[J]. 地壳形变与地震, 1991, 11 (1) : 36 – 40. (Liu Xuyan, Zhang Yanbin. Studies of mathematical and physical method for elimination of precipitation influence on crustal information data[J]. Crustal Deformation and Earthquake, 1991, 11 (1) : 36 – 40)

9 金克俭, 叶传潜, 韩月鹏. 地倾斜干扰因素的典型图像分类说明[J]. 地壳形变与地震, 1986, 6 (2) : 131 – 136. (Jin Kejian, Ye Chuanqian, Han Yuepeng. Discussion on the classification of typical disturbance patterns of ground tilting[J]. Crustal Deformation and Earthquake, 1986, 6 (2) : 131 – 136)

10 杨婕, 占惠, 凌学才. 强降水对厦门地震台伸缩仪的影响[J]. 大地测量与地球动力学, 2009, 29 (S) : 76 – 78. (Yang Jie, Zhan Hui, Ling Xuecai. Effect of heavy rainfall on extensometer at Xiamen seismostation[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2009, 29 (S) : 76 – 78)

11 孙伶俐, 罗俊秋, 龙涛. 大气降水对数字化地倾斜观测干扰特征分析[J]. 大地测量与地球动力学, 2010, 30 (S) : 105 – 110. (Sun Lingli, Luo Junqiu, Long Tao. Analysis of disturbance characteristics from rainfall on tilt tide deformation at Wuhan seismostation[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2010, 30 (S) : 105 – 110)