

起卫罗, 匡福江, 余庆坤. 腾冲台水平摆在中强以上地震前异常特征分析[J]. 华南地震, 2014, 34 (3): 120-124. [QI Weiluo, KUANG Fujiang, YU Qingkun, et al. Analysis of the Anomalous Character of the Ground Deformation Observed by the Quartz Horizontal Pendulum Tiltmeter at Tengchong Seismic Station Before Medium and Strong Earthquakes[J]. South china journal of seismology, 2014, 34(3): 120-124.]

腾冲台水平摆在中强以上地震前异常特征分析

起卫罗¹, 匡福江², 余庆坤³, 曾庆堂⁴, 马志刚⁴, 孙自刚⁴, 王恩康⁴, 杨铭昌⁴

(1. 元谋地震台, 云南 元谋 651300; 2. 云县地震台, 云南 云县 675800;

3. 云南省地震局应急保障中心, 昆明 650224; 4. 腾冲地震台, 云南 腾冲 679100)

摘要: 以腾冲台水平摆资料分析了近年来滇西地区范围内发生的中强以上地震, 发现震前资料出现了反映地震孕育过程的异常变化, 重点对该地区中强震前短临异常的变化特征进行探讨, 为使用腾冲台水平摆资料进行识别以及捕捉地震短临异常, 预测地震提供参考依据。

关键词: 腾冲台水平摆; 中强以上地震; 短临异常特征

中图分类号: P315 文献标志码: A 文章编号: 1001-8662 (2014) 03-0120-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2014.03.20

Analysis of the Anomalous Character of the Ground Deformation Observed by the Quartz Horizontal Pendulum Tiltmeter at Tengchong Seismic Station Before Medium and Strong Earthquakes

QI Weiluo¹, KUANG Fujiang², YU Qingkun³, ZENG Qingtang⁴, MA Zhigang⁴,
SUN zigang⁴, WANG Enkang⁴, YANG Mingchang⁴

(1. Yuanmou Earthquake Station, Earthquake Administration of Yunnan Province, Yuanmou 651399, China;

2. Yun Country Earthquake Station, Yun Country 675800, China; 3. Earthquake Emergency and Logistics Center, Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, China; 4. TENGCHONG Earthquake Station, Earthquake Administration of Yunnan Province, Tengchong 679100, China)

Abstract: The paper analyzes the ground deformation observed by the quartz horizontal pendulum tiltmeter at Tengchong seismic station before the moderate and strong earthquakes in west Yunnan in recent years. The paper focuses on the study of the features of the short-impending precursors of the ground deformation before these earthquakes. The results show that the ground deformation obviously show anomaly, which is helpful for determining the short-impending anomaly characteristics for the earthquake prediction.

Key words: Quartz horizontal pendulum tiltmeter at Tengchong seismic station; Moderate and strong earthquakes; The short-impending anomaly characteristics

投稿日期: 2013-11-01

作者简介: 起卫罗 (1970-), 男, 工程师, 主要从事台站地震监测工作

E-mail: 1656188589@qq.com.

0 引言

地震预报的关键是寻找地震前兆,基于浅源大地震的成因是地壳运动的结果,监测地壳变形或运动,获取地震前兆,是开展地震预报的重点^[1]。在构造力的作用下地应力的集中及演化直接产生地壳运动效应,而地形变化是地应力变化最直接的反应,地形变观测最能直观反映地壳形变的变化^[2]。在大震前,形变场观测资料会出现准同步的趋势变化,而形变的中、短期异常会呈现出加速、转折、破年变等特征^[3-5]。滇西及滇缅交界地区是中强以上地震频发地区,是地壳运动与变形最为突出的地区之一^[6-7],因而成为地学研究的一个热点地区^[8-11]。当中长期异常及强震危险区相对明确后,如何确定前兆异常已进入中短期阶段,进而追踪强震的地点范围和时间范围,是预报决策时迫切需要前兆观测帮助解答的问题。作为重要前兆观测手段之一的形变,具有观测资料连续、观测灵敏度高、物理意义明确等优势,对追踪分析应起到重要作用。形变的主要观测为倾斜与应变,主要观测内容为固体潮汐,即潮汐频段为其观测信息的主要频段。形变的变化直接反应了地壳应力应变变化和介质的弹性变化,这些变化与地震的孕育密切相关^[12]。

本研究在对腾冲台石英水平摆倾斜仪资料分析的基础上,通过对腾冲、盈江、洱源、缅甸等几次中强以上地震的震例研究,探索滇西及滇缅交界地区中强地震前腾冲台形变观测前兆进入中短期的前兆特征。

1 台站概况

腾冲台位于腾冲县城东南约3 km处的尚家寨董库自然村,距中缅边界约70 km,交通、生活便利。台站前面是两个天然出露的低温碳酸泉水塘—阎家塘,后面是山坡,两边是村子。台站地处怒江深大断裂、泸水—瑞丽断裂以西,台址位于以全新世冲积层、熔岩为基底的腾冲盆地东侧近山麓地带,处在腾冲火山分布区内,腾冲盆地属熔岩盆地堆积地貌类型,构造极为发育,各组断裂于盆地内被第四纪堆积物所覆盖,其基底由燕山期花岗岩构成,台站后靠的东山为近代火山,成近南北向线状排列。台站所处的腾冲—龙陵地震区是云南地块与欧亚带板缘最近的地震区,与缅北密支那一带构造相连。腾冲—龙陵地震区内含三条主要活动构造即怒江断裂(F10)、大盈江断裂(F11)和龙陵—瑞丽断裂(F12)。以怒江断裂和瑞丽—龙陵

断裂带为主体,构成一条弧形构造带,腾冲盆地位于该构造带向南东凸的弧顶部位;这三条活动构造都延伸到缅甸境内(图1)。

腾冲台水平摆倾斜的数字化改造于2007年6月15日改造完成,仪器型号SSQ-2型石英摆倾斜仪。仪器架设于30 m深的山洞内,该山洞海拔1650 m,覆盖厚度大于30 m,洞顶植被较多,洞室岩性为燕山期花岗岩,洞室年温差 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$,仪器观测精度优于 $0.0005''$ 。观测仪器自运行以来,工作性能稳定,数据连续率达99.93% (图2)。

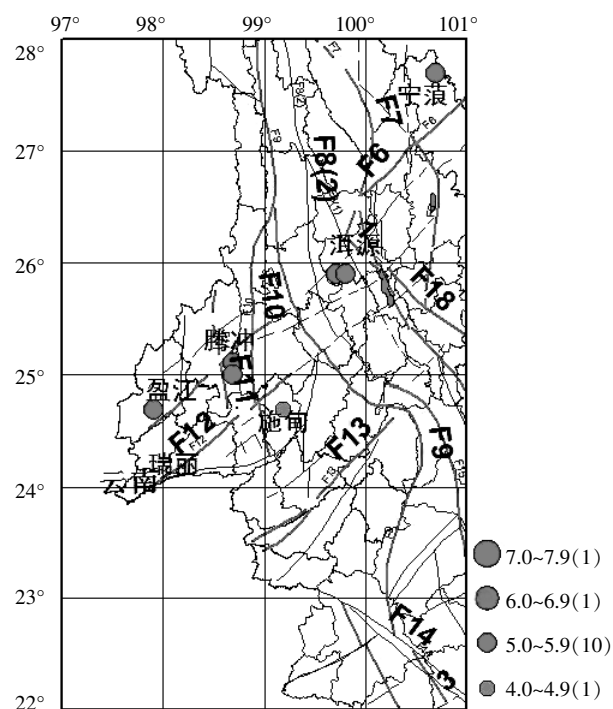


图1 腾冲构造图

Fig.1 Structural map of Tengchong

2 资料选取

2007年和2010年因台站改造和台站周边基建工程施工较多,干扰较大,无法定量排除影响,故选取2011年基建基本结束后的资料进行分析,总结出异常形态特征。2011年至2013年4月30日期间,腾冲台周边200 km范围内发生5.0~6.0级地震10次,500 km范围内发生6.0~7.0级以上地震3次,见表1。

3 典型异常特征分析

3.1 整点值形态判别异常特征

日均值形态异常特征:5.0~5.5级地震表现为北南向以较大速率(升或降)变化,东西向突然转

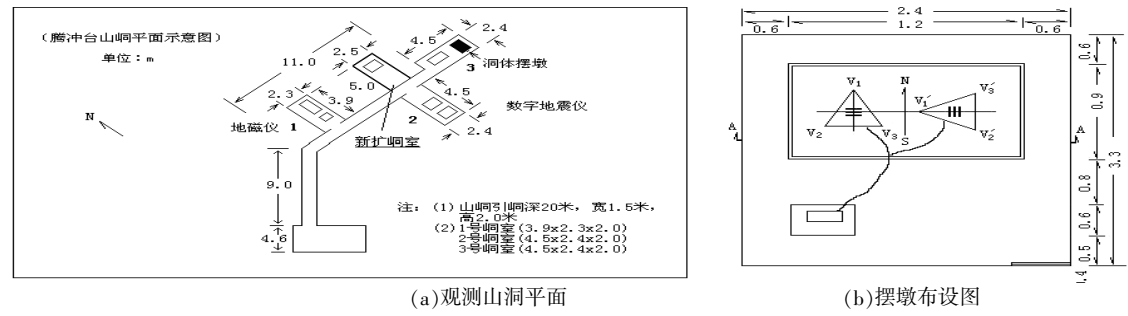


图 2 观测山洞平面与摆墩布设图

Fig.2 Plan of the observation rooms in the cave at Tengchong seismic station and the layout of the foundations of the quartz horizontal pendulum tiltmeter

向,幅度一般为几百至一千多毫角秒,几天或十几天后发震;5.8~7.0 级以上地震多表现为北南向持续变化,东西向陡升或陡降,幅度达几千毫角秒(四川芦山 7.0 级地震因距腾冲 700 多公里,故幅度不突出),十多天或二十多天后发震(图3)。

3.2 矢量变化特征分析

矢量图异常特征:5.0~6.0 级左右地震表现为异常转折或打结,异常过程中发震(如 2011 年 6 月 20 日腾冲 5.2;2011 年 8 月 9 日腾冲 5.2;2011 年 11 月 28 日缅甸 5.1;2012 年 7 月 10 日缅甸

表 1 滇西及中缅边界中强以上地震一览表

Table 1 Moderate and strong earthquakes in West Yunnan and its neighboring areas in Burma

发震日期	震级/M	距离腾冲/km	参考位置
2011-03-10	5.8	72.5	云南省盈江县
2011-03-24	7.2	488.1	缅甸
2011-06-20	5.2	19.7	云南省腾冲县
2011-08-09	5.2	18.4	云南省腾冲县
2011-11-21	5.8	334.4	缅甸
2011-11-28	5.1	93.0	中缅交界
2012-07-10	5.0	205.4	缅甸
2012-07-22	5.0	214.1	缅甸
2012-09-11	4.9	77.8	云南省施甸县
2012-11-11	7.0	356.3	缅甸
2012-11-11	6.2	371.4	缅甸
2013-03-03	5.5	146.1	云南洱源县
2013-04-17	5.0	152.9	云南洱源县
2013-04-20	7.0	733.0	四川芦山

5.0;2013 年 3 月 3 日洱源 5.5 级地震等);而 7.0 级以上地震则表现为巨幅突变后转向十余天或二十余天后发震(如2011 年 3 月 24 日缅甸 7.2;2012 年 4 月 11 日苏门答腊 8.2、8.6;2012 年 11 月 11 日缅甸 7.0 级地震等),见图 4。

3.3 M_2 波潮汐因子变化特征

从图 5 中可知,中强地震均发生在 M_2 波潮汐因子高值上升或下降时段,异常变化对怒江断裂(F10)和龙陵-瑞丽断裂(F12)弧形构造带地震对应较好,幅度较大,而发生在腾冲西边的缅甸地震则对应不明显(2011 年 11 月 21 日缅甸 5.8;2012 年 7 月 10 日、2012 年 7 月 22 日缅甸 5.0)。因此,

M_2 波潮汐因子变化特征作为判定地震的方位,有待进一步的分析研究来证实。

4 结语

综上所述,得出如下结论:

- (1) 腾冲台水平摆倾斜仪观测资料震在前具有明显的异常变化,中强以上(5.0~6.0)地震前,呈现北南向持续变化,东西向转向变化特征;7.0 级以上地震则呈现为东西向巨大(几千毫角秒)突变;
- (2) 异常特征矢量图,在 5.0~6.0 级地震前的异常特征为倾斜方向的转向和打结过程中发震;7.0 级以上前的地震异常方向持续快速巨变,矢量图表现为长直线变化,易于识别;

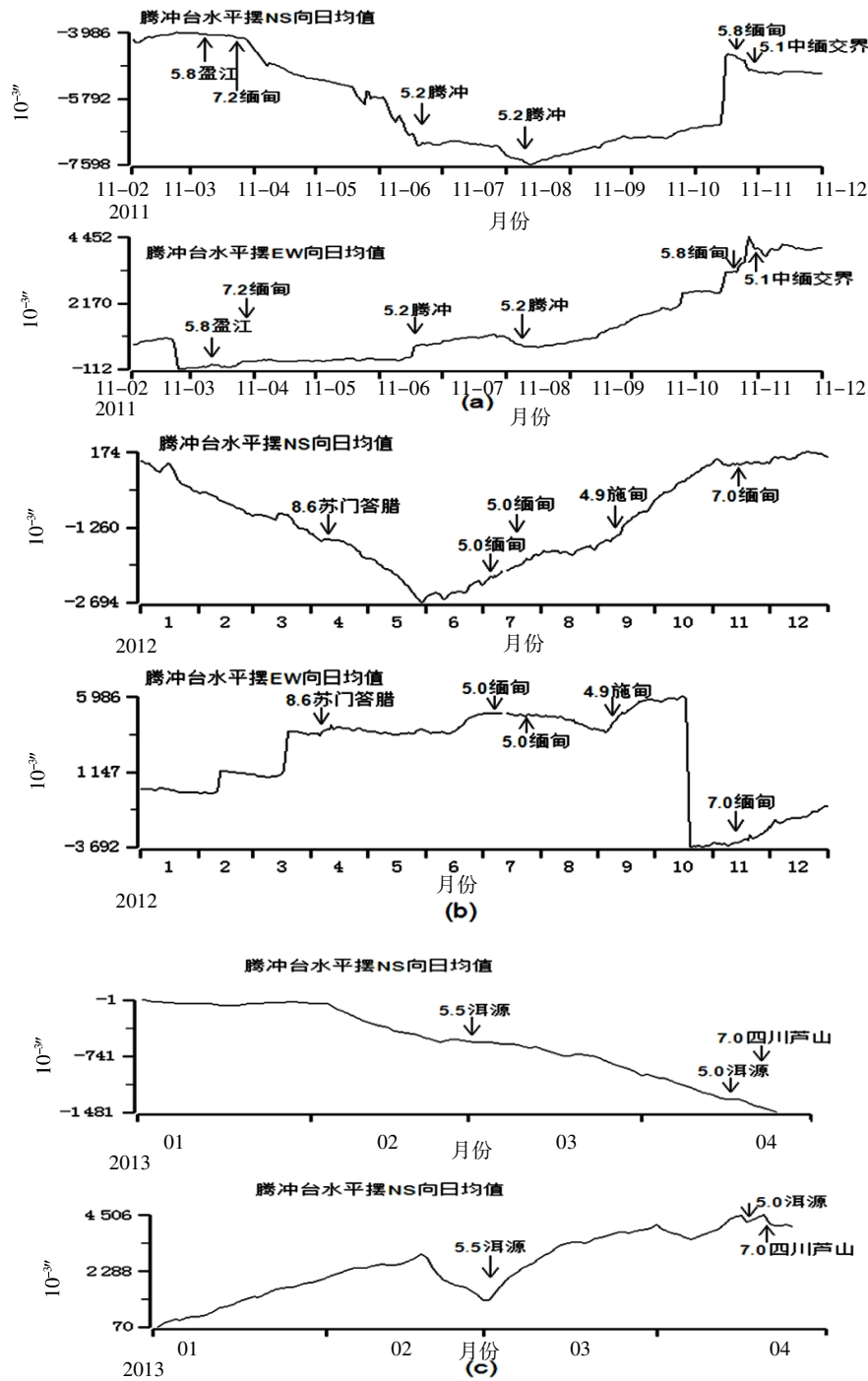


图3 腾冲台水平摆倾斜仪日均值图

Fig.3 Curves of daily average value of the ground deformation observed by the quartz horizontal pendulum tiltmeter at Tengchong seismic station

(3) M_2 波潮汐因子的异常变化指标较差, 表现为中强地震发生在 M_2 波潮汐因子高值上升或下降区域, 受震中方位响较大, 可用作判定震中的参考;

(4) 异常持续时间长短不定, 但短临异常特征都较明显, 即异常出现转折或突变后几天至一个月内发生地震。所总结的地震中, 时间最短为腾冲 2011 年 6 月 20 日及 2011 年 8 月 9 日 (5.2 级) 地震, 异常转折仅 5 d 即发震; 时间最长为

2012 年 11 月 11 日缅甸 7.0 级地震, 2012 年 10 月 18 日异常出现突变后, 2012 年 11 月 11 日发震, 持续了 23 d。

尽管地震前地壳的形变一般都很复杂, 但经过总结分析得出这些基本特征认识后, 在监测研究中, 就能把握住分析的方向, 预测地震时也能较正确地作出判断。

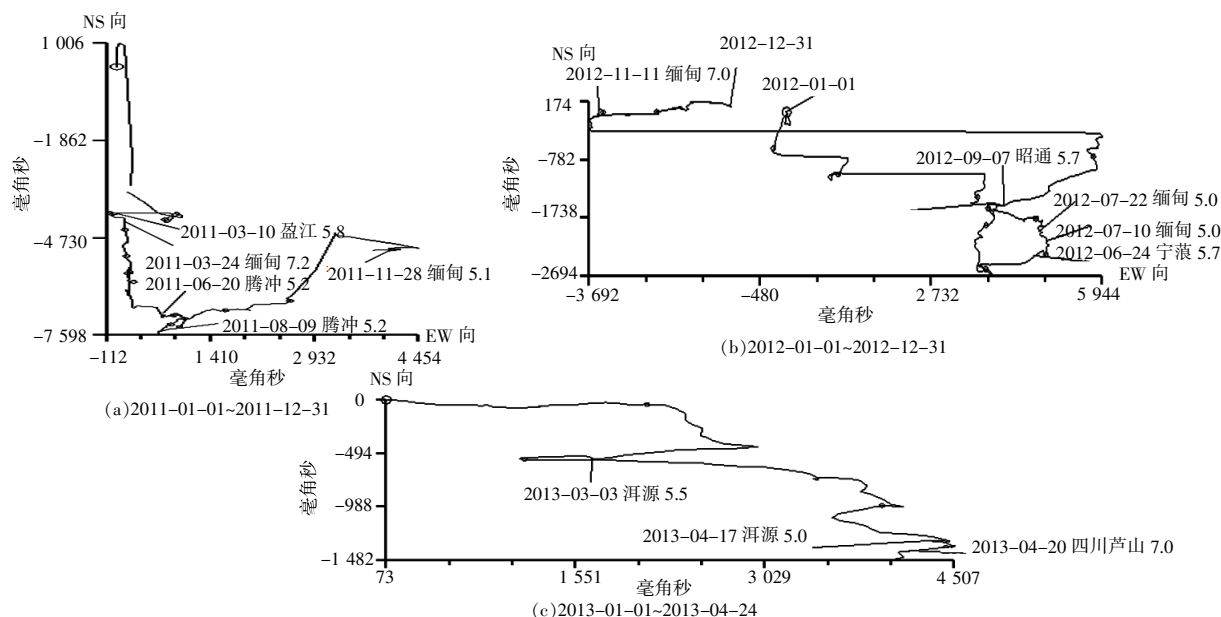
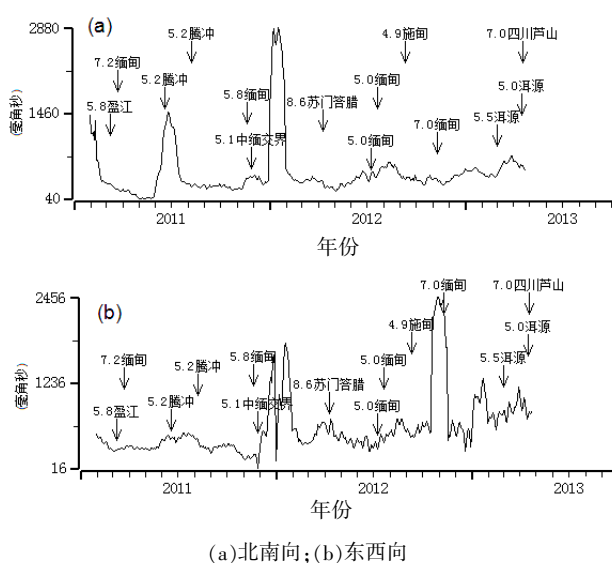


图4 腾冲台水平摆倾斜仪日均值矢量图

Fig.4 Vector curves of daily average value of the ground deformation observed by the quartz horizontal pendulum tiltmeter at Tengchong seismic station



(a)北南向;(b)东西向

图5 腾冲台水平摆倾斜仪 M_2 波潮汐因子变化图Fig.5 Tidal factor of M_2 wave of the ground deformation observed by the quartz horizontal pendulum tiltmeter at Tengchong seismic station

参考文献:

- [1] 顾国华. 地壳形变与地震前兆探索回顾和展望[J]. 地震, 2012, 32 (2): 22-30
- [2] 王永安, 李琼, 刘强. 跨断层形变累积率的变化特征与云南地区强震[J]. 地震研究, 2011, 3 (2): 136-142.
- [3] 姜葵, 刘正荣, 刘祖荫, 等. 1998 年云南澜沧-耿马地震[M]. 云南: 云南大学出版社, 1993.
- [4] 刘仲全. 姚安 6.5 级地震前云南倾斜场变化特征[J]. 地震研究, 2001, 2 (4): 301-306.

- [5] 云南省地震局. 1996 年丽江 7.0 级地震[M]//中国地震局滇西地震预报实验场. 北京: 地震出版社, 1998.
- [6] 王琪, 赖锡安, 游新兆, 等. 红河断裂的 GPS 监测与现代构造应力场[J]. 地壳形变与地震, 1998, 23 (1): 49-56.
- [7] 杨国华, 王琪, 王敏, 等. 云南地区现今地壳水平运动与变形特征[J]. 大地测量与地球动力学, 2003, 2 (2): 7-16.
- [8] 王晋南, 王华林. 云南活动性断裂带的结构变异与孕震体构造的空间关系[J]. 地震研究, 1998, 2 (3): 268-276.
- [9] 沈军, 汪一鹏, 宋方敏, 等. 小江断裂带中段的北东向断裂与断块结构[J]. 地震地质, 1997, 19 (3): 203-210.
- [10] 李齐, 陈文奇, 万景林, 等. 哀牢山-红河剪切带构造抬升和运动形式转换时间的新证据[J]. 中国科学 (D 辑), 2000, 30 (6): 576-583.
- [11] 谢富仁, 苏刚, 崔效锋, 等. 滇西南地区现代构造应力场分析[J]. 地震学报, 2001, 23 (1): 17-23.
- [12] 张雁滨, 蒋骏, 李胜乐, 等. 滇西地区强震与地形异常的前兆特征[J]. 地震研究, 2004, 27 (2): 119-124.