

# 2011年盈江5.8级地震前近场流体异常初探\*

刘翔<sup>1</sup>, 付虹<sup>1</sup>, 吴国华<sup>1</sup>, 赵小艳<sup>1</sup>, 杨登部<sup>2</sup>, 毛燕<sup>1</sup>

(1. 云南省地震局, 云南 昆明 650224; 2. 腾冲县防震减灾局, 云南 腾冲 679100)

**摘要:** 通过对2011年3月10日盈江5.8级地震近场区水位、气汞等前兆观测资料的分析, 发现该地震前震中附近区域的前兆观测异常较为显著, 2010年初异常开始出现, 7月后异常数量显著增加, 盈江5.8级地震前1个月前兆异常出现转折、异常数量开始减少; 怒江断裂以西的震中附近地区异常以水位升高和气汞浓度增加为主, 显示震区附近地区受到挤压, 孔隙压力增加的应力状态; 短临阶段异常由外围向震中迁移的特征可作为地点预测的参考依据。最后对近场异常从机理上进行了初步的探讨。

**关键词:** 盈江5.8级地震; 前兆观测; 宏观异常; 短临异常

**中图分类号:** P315.723

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2014)03-0354-08

## 0 前言

多年以来地震专家和工作对滇西地区破坏性地震前兆尤其是流体异常特征做了大量研究, 取得了一些共识。研究表明, 1988年以来滇西地区及其附近所发生的3次强震, 即1988年11月6日澜沧7.6级地震、1995年7月12日孟连7.3级地震、1996年2月3日丽江7.0级地震震前水位、水温、水氢3个流体测项具有很好协调性, 且各流体异常项数变化均经历了缓升—加速增高的过程, 异常项数峰值出现在震前3个月内, 并在异常项数转折下降后发震(曹玲玲, 刘耀伟, 2010)。一次大震或成组强震的孕育过程可能伴随较大范围的多种前兆异常, 多台多测项前兆群体异常的映震效果优于多台单测项前兆群体异常的映震效果(杨芬等, 2007)。

自2008年汶川8.0级地震以来, 滇西中强地震出现连发势态, 2008年3~8月盈江连续发生2组3次5级以上地震, 2011年3月10日发生盈江5.8级地震, 随后又发生6月20日腾冲5.2级及8月9日腾冲5.2级地震, 该地区进入中强地震活跃期。2011年盈江5.8级地震前滇西地区的盈江、芒市、施甸、腾冲、保山、龙陵等观测点的水位、

气汞等流体及宏观均出现不同程度的前兆异常, 且主要集中在近场区。本文重点分析了盈江5.8级地震近场水位与雨量相关性研究, 提取各测点水位异常特征, 根据水位升、降的物理机理及空间分布探讨地震孕育过程近场应力分布状态。并根据中期与短临异常项数随时间动态的变化和短临宏观异常, 分析本次地震前兆异常时空演变特征。以期对滇西未来中强地震短临预测工作有一定指示意义。

## 1 震区地质构造与前兆台网分布

滇西位于缅甸深大断裂剪切带附近, 受印度板块侧向挤压力的作用。图1为滇西地区地质构造、前兆监测台网分布及1976年以来有震源机制解资料的 $M \geq 5$ 地震震中分布图。由图可见, 滇西活动构造主要有瑞丽—龙陵断裂、怒江断裂、大盈江断裂、苏典—盈江断裂、龙川江断裂(陆远忠等, 2002)。根据历史地震资料, 滇西地区 $M \geq 5$ 地震主要分布在瑞丽—龙陵断裂、大盈江断裂、龙川江断裂、苏典—盈江断裂上, 地震破裂方式主要以走滑为主, 也有部分正断或逆冲<sup>①</sup>, 与该区断裂活动性质比较吻合, 滇西地震活动分别被以上4条断裂所控制。2011年盈江5.8级地震震中

\* 收稿日期: 2014-01-14.

基金项目: 云南省人民政府十项措施监测预报项目(JCYB-20080601-05)资助.

① 云南省地震局. 2011. 2011年6月20日腾冲5.2级地震灾害直接经济损失评估报告.

位于苏典—盈江断裂与大盈江断裂交汇处,而6月20日及8月9日腾冲两次5.2级地震均发生在大盈江断裂与龙川江断裂交汇附近的龙川江断裂上。

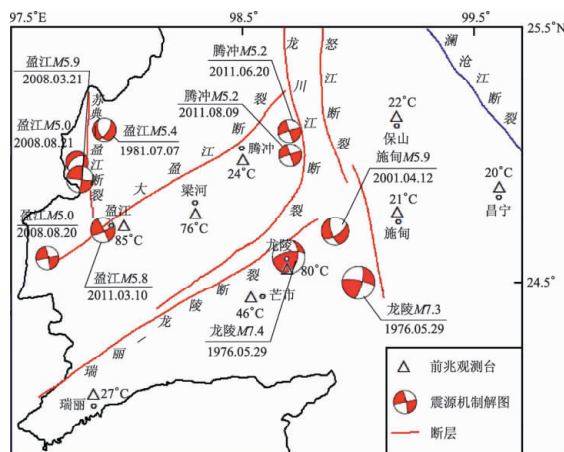


图1 1976年以来滇西地区  $M \geq 5$  地震震源机制解和前兆监测台网分布图

Fig. 1 Distribution of focal mechanism solutions of  $M \geq 5$  earthquakes form 1976 and precursory monitoring network

震区及附近建有9个前兆观测台,主要分布在活动构造附近,其中3个为高温温泉观测,水温为80℃左右,盈江前兆观测台水温为85℃,位于盈江与腾冲间的梁河观测台水温为76℃,尽管腾冲观测井水温较低,但在上新世至早更新世时期沿龙川江断裂带有强烈的火山喷发活动,腾冲地区最早的一期火山岩沿该断裂分布,该观测井也是处于高温温泉发育地区(周真恒等,1995;国家地震局科技监测司等,1996)。盈江中强震发生于构造复杂、高温温泉发育地区。

在地震研究与预测实践工作中发现,云南及相邻周边强震前滇西地区流体观测或多或少出现异常。如何区别前兆异常是否为滇西破坏性地震的震兆,对该地区地震防震减灾、地震应急方案的建立及措施的采取等工作具有重要指导意义。

地震专家认为前兆可分为“源兆”与“场兆”。在孕震过程中震源作用在观测点所产生的物理效应为源兆信息,而区域场作用下观测点所产生的物理效应为场兆信息。在空间上,以余震区、孕震区的尺度对孕震过程所观测到的前兆范围划分为震源区、近源区、远源区(近源区以外的区域)。近源区的尺度  $L$  与主震震级  $M_s$  的关系为(陈章立等,1998)

$$M_s = 3.589 \lg L - 2.473. \quad (1)$$

近年来地震学专家又把近源区、远源区分别称为近场、远场(陈章立,李志雄,2013)。在地震预测工作过程中源兆与场兆很难区分,给破坏性地震危险区的预测工作带来很大的难度。但通过对近场前兆异常特征的分析研究,可把地震危险区缩小到一定范围。根据式(1)计算得到2011年3月11日滇西盈江5.8级地震近场的尺度大致为200 km。

## 2 前兆观测异常

盈江5.8级地震近场区为构造活动、高温温泉发育区,震前前兆异常比较丰富,9个前兆观测台中先后有7个台记录到明显的前兆观测异常变化,其中,中期异常主要以水位升高或下降异常为主,短临异常主要以气汞群体同步升高及温泉水发浑等异常为主。

### 2.1 趋势异常

盈江5.8级地震前近场区趋势性中期异常比较显著的是水位测项,该区域内共有芒市、瑞丽、施甸、腾冲、保山5口观测井。通过对水位与降雨的相关性分析后得出,2010年年中起,腾冲、施甸、芒市观测井水位出现准同步跨年异常变化。图2分别为腾冲、施甸水位五日均值图和降雨量月值图。由图可见,腾冲、施甸井水位受降雨影响,雨季上升,旱季下降(腾冲水位为静水位观测,测值越小,表示水位上升幅度越高)。

腾冲水位异常特征:腾冲水位观测井距盈江5.8级地震震中75 km,井深600 m,为静水位模拟观测。2010年腾冲年降雨量比较高,达1845 mm,比2009年超出661 mm。近10年来类似此高雨量仅在2001、2004、2007年出现过,相应的在2001、2004、2007年腾冲观测井水位上升幅度也达到较高值(表1),均超过正常年份上升幅度的2倍(或超过正常年份最高峰值3.85 m)。震例研究表明,2001年以来滇西  $M \geq 5$  地震(2001年施甸5.9级震群、2004年10月19日保山5.0级地震、2008年8月21日盈江5.9级震群及2011年盈江5.8级地震和腾冲5.2、5.2级地震)均发生在出现高水位异常之后。分析认为,腾冲观测井水位高值异常与降雨有关,但当降水超过一定的阈值后,与当地的地震相关性较为密切。因此,

可将高水位视为地震前兆。

施甸水位异常特征：施甸水位观测井距盈江 5.8 级地震震中 127 km，井深 151 m，为动水位模拟观测。观测显示，施甸年降雨量高，观测井水位上升幅度大，反之，年降雨量低，则观测井水位的峰值和次年的谷值均低。震例研究表明，滇西大部分  $M \geq 5$  地震均发生在施甸水位由低谷值转为高峰值过程中。图 3 为施甸水位峰值与年降雨量关系图，由图可见，施甸大部分年份水位上升的

幅度与年降雨量成相关性正相关，年降雨量越高，水位上升的幅度越大。2010 年施甸年降雨量比较高，为 996 mm，略低于 2007 年年降雨量，与 2008 年年降雨量相当（表 1），由此推测 2010 年施甸观测井水位上升的高度应与 2007 和 2008 年上升的高度相当，但 2010 年雨季后，该井水位上升的幅度较小，其峰值为 0.35 m，约为 2007 和 2008 年峰值的一半，与降雨量不相关，偏离较大。分析认为，该变化为低水位异常。

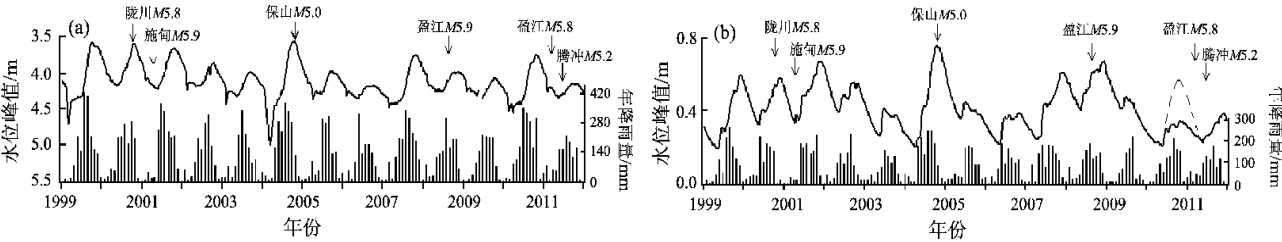


图 2 腾冲 (a) 和施甸台 (b) 水位五日均值 (曲线) 与月降水雨量 (柱状) 时间进程图

Fig. 2 Diagram of water level curve of 5-day mean value and monthly rainfall bar graph of Tengchong (a) and Shidian (b) Stations

表 1 腾冲、施甸水位峰值与年降雨量统计表

Tab. 1 Statistics of peak value of water level and annual rainfall at Tengchong and Shidian Stations

测项	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
腾冲年降雨量/mm	1 797	1 512	1 740	1 390	1 349	1 867	1 400	1 175	1 785	1 429	1 184	1 845	1 160
腾冲水位峰值/m	3.57	3.59	3.66	3.86	3.99	3.55	3.97	4.16	3.75	3.99	4.07	3.74	4.15
施甸年降雨量/mm	1 075	966	1 147	903	772	1 366	858	889	1 122	1 038	720	996	856
施甸水位峰值/m	0.59	0.58	0.67	0.56	0.41	0.76	0.45	0.39	0.61	0.67	0.47	0.34	0.38

上述研究表明，尽管腾冲、施甸水位与降雨有关，但过量的降雨量的加载或卸载对观测井所处的当地或附近地区中强震有调制作用；2010 年施甸低水位异常与降水无关，可能由区域应力场应力变化引起的。

芒市水位异常：芒市水位观测井距盈江 5.8 级地震震中 75 km，现井深 192 m，该井从 2007 年 6 月 22 日起为数字化观测，水位探头放置于距水面 6.5 m 处，为静水位观测。图 4 为芒市水位旬均值、旬距平值、年降雨量动态变化图。由图可见：(1) 该井水位受降雨影响，雨季上升，冬春旱季下降；(2) 2009 年芒市降雨量比往年降雨量低，2010 年与 2007 年的降雨量基本相当，然而，自 2009 年起芒市观测井水位峰值比较高，由该水位距平值图可更清楚看到此现象，

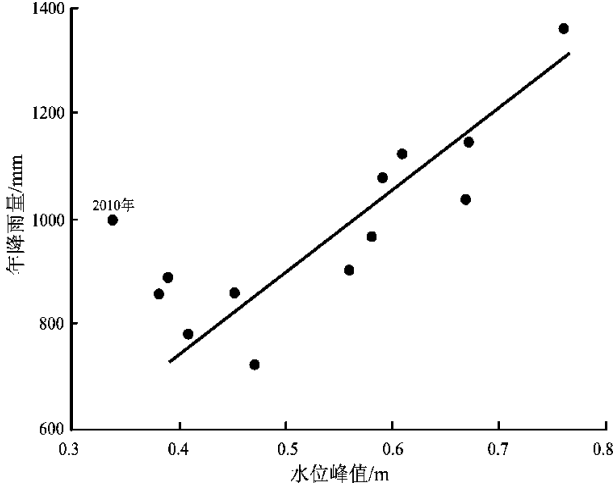


图 3 施甸水位峰值与年降雨量关系图

Fig. 3 Relationship between peak value of water level and annual rainfall at Shidian Station

特别在2010年8~12月水位距平值处于1倍均方差之上的高值异常状态。

芒市、腾冲井位于怒江断裂以西,施甸观测井位于怒江断裂以东(图5a)。图5b为盈江5.8级地震前滇西腾冲、施甸、保山、芒市、瑞丽等观测井水位偏离正常变化水平或趋势的幅度(上升为正值,下降为负值)空间等值线。分析发现盈江5.8级震群前,以怒江断裂为界,其以西区域水位变化为上升,以东区域水位变化为下降。

## 2.2 短临异常

### 2.2.1 微观异常

刘祖荫(2002)认为,地下热水循环越深其矿物质含量就越高,构造活动控制了温泉运移速度及部分物理条件,温泉的水化学成份能反映地

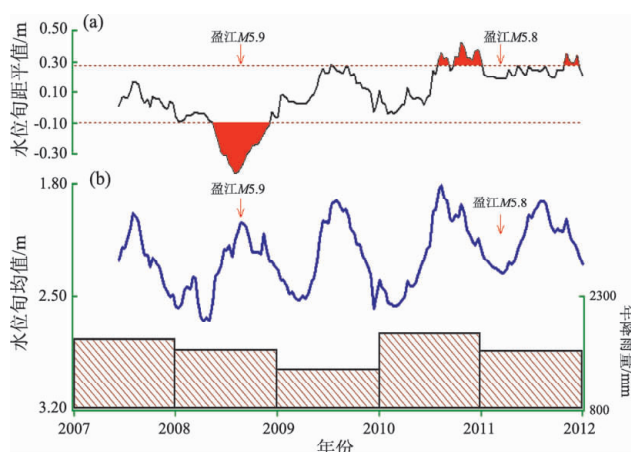


图4 芒市水位旬距平值(a)、旬均值、年降雨量(b)

Fig. 4 Diagram of ten days departure (a), ten days mean value and annual rainfall (b) at Mangshi Station

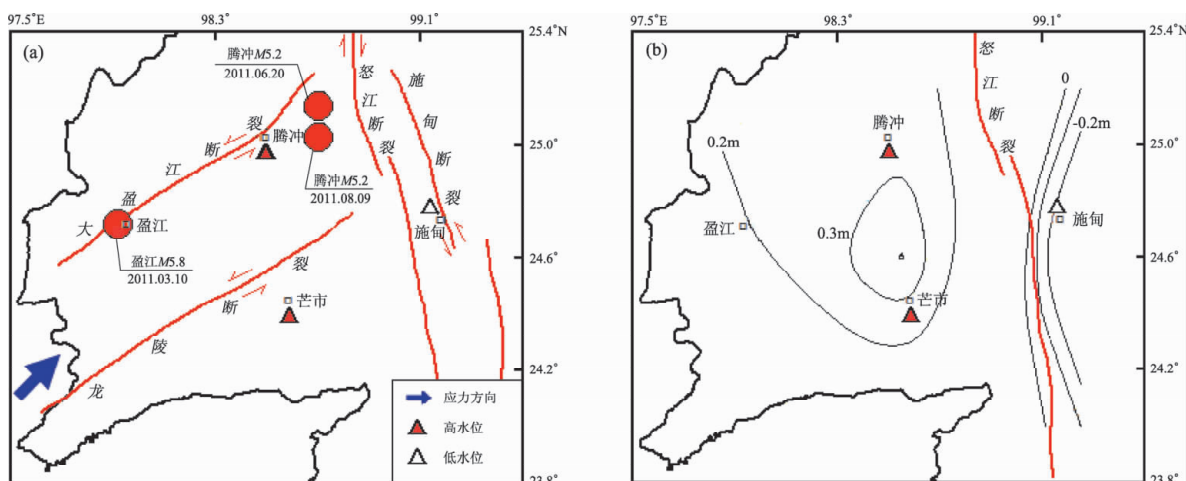


图5 滇西水位观测井分布(a)及2011年盈江5.8级地震前水位异常空间等值线(b)

Fig. 5 Distribution of water level observation stations in western Yunnan (a) and spatial isograms of water level anomalies before Yingjiang  $M_s5.8$  earthquake in 2011 (b)

下构造活动状况。在水化学成份中,汞主要有以下特性(贾化周,张伟,1995):

(1) 一般情况下不易氧化,却易于从各种化合物中还原成自然汞;

(2) 具有低升华、低沸点、高挥发性。在岩浆结晶后期,有大量的汞蒸汽沿深大断裂向上挥发;

(3) 具有较强的穿透能力,汞蒸汽可沿裂隙向上穿透岩层面逸出地表。

由于汞具有以上特性,在破坏性地震前可能在流体观测井中观测到汞浓度增高的异常变化,由此也作为地震前兆观测的重要手段。

2011年盈江5.8级地震孕育短临阶段,震中及附近流体测项中气汞变化比较突出,显著异常有盈江、芒市、腾冲3个台(图6)。主要异常特征为:

(1) 2011年1月至2月中,腾冲台数字化气汞浓度增大,异常结束近1个月后发生盈江5.8级地震;

(2) 芒市芒蚌井数字化气汞浓度从2011年1月中旬至2月中旬增大,1个月后发生盈江5.8级地震;

(3) 盈江芒克温泉数字化台距盈江5.8级地震震中17 km,2011年3月初温泉的气汞浓度迅速

增大, 盈江 5.8 级地震后, 气汞浓度一直处于高值, 5 月初起气汞浓度逐渐减小, 5 月底恢复正常, 20 天后发生腾冲 5.2 级地震。

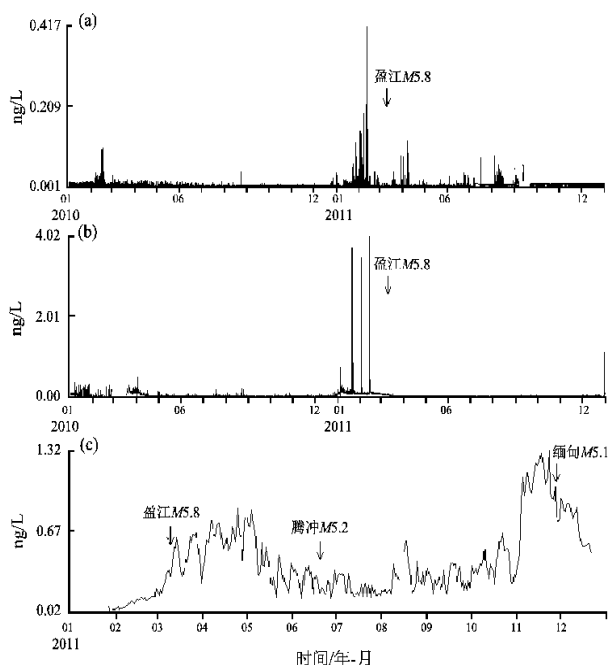


图6 盈江 5.8 级地震前腾冲台 (a)、芒市台 (b)、盈江台 (c) 气汞异常示意图

Fig. 6 Gas mercury anomalies at Tengchong (a), Mangshi (b) and Yingjiang (c) Stations before Yingjiang  $M_{5.8}$  earthquake

腾冲、芒市气汞测点距盈江 5.8 级地震震中均为 75 km, 异常时间也在震前两个月内同步出现的, 而盈江测点距盈江 5.8 级地震震中最近, 为 17 km, 而异常则在震前 10 d 开始发展。显然, 从时空上看, 盈江 5.8 级地震前气汞短临异常主要集中在震中附近的近场区内, 且随着地震的逼近异常从外围向震中迁移 (图 7)。

### 2.2.2 宏观异常

在地表上比较直观的热流体是温泉, 温泉的变化可以反映出地下热流体变化程度。盈江震区及周围高温温泉发育, 多处温泉作为地震宏观观测点。

位于腾冲荷花大滚锅、龙门泉与热海老、新怀胎井是地震宏观异常核心观测点, 具体分布见图 8。荷花、热海位于腾冲西南, 相距 5 km, 在腾冲火山区域, 其温泉的变化与岩浆活动密切关联。

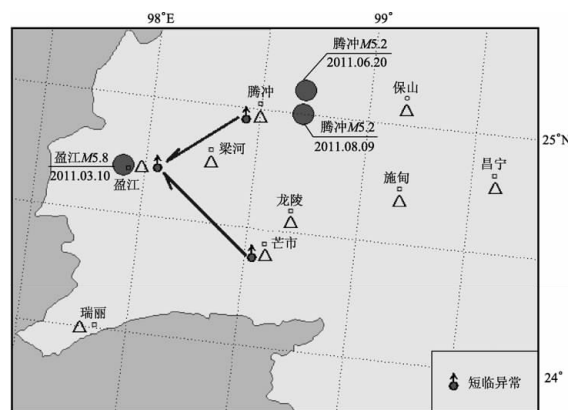


图7 盈江 5.8 级地震前气汞异常空间迁移图  
Fig. 7 Spatial transferring map of gas mercury anomalies before Yingjiang  $M_{5.8}$  earthquake

荷花及热海两观测点均位于 2011 年盈江 5.8 级、腾冲 5.2 级地震震中之间, 距盈江震中较近, 其中: 荷花距盈江 5.8 级地震震中 58 km, 热海距盈江 5.8 级地震震中 61 km。在滇西多数  $M \geq 5$  地震及滇西附近部分  $M \geq 6$  地震前, 两个观测点温泉均出现显著异常变化, 异常主要特征为水发浑变色、流量增大、水温升高、喷水等。表 2 为腾冲荷花大滚锅、龙门泉和热海新、老怀胎井温泉在盈江 5.8 级地震前后的宏观异常记录表。由表可见: (1) 在 2011 年 3 月 10 日 12 时盈江 5.8 级地震前 77 d, 荷花热水塘大滚锅出现水花翻滚激烈、喷水、水发浑, 热海怀胎井温泉发浑; (2) 2011 年 3 月 10 日盈江 5.8 级地震前一个月至几天, 荷花热水塘大滚锅与龙门泉多次出现水色变红现象。此外, 2011 年 3 月 24 日缅甸 7.2 级地震一周内, 荷花热水

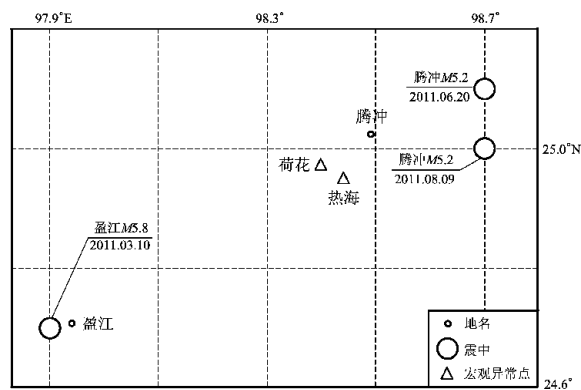


图8 腾冲宏观异常点分布图

Fig. 8 Distribution of macroscopic anomalies points in Tengchong

塘大滚锅温泉出现水量增大，并出现喷水气和黄泥浆异常现象；随后在 6 月 20 日腾冲 5.2 级地震前 7 h，荷花热水塘大滚锅水发浑变为青灰色，在 8 月 9 日腾冲 5.2 级地震前 10 h，热海老怀胎井喷黑色水。3 次震例表明，距震中越近及发震的时间越近，腾冲温泉水发浑的颜色就越深，从而反映出近场破坏性地震前腾冲温泉热液活动异常的程度比外场破坏性地震前所活动程度更急剧。

表 2  腾冲宏观异常统计表  
Tab. 2  Macroscopic anomalies statistic in Tengchong

序号	异常起始时间 /年-月-日	荷花热水塘异常特征	热海怀胎井异常特征	实发地震
1	2010-12-24	大滚锅水花翻滚激烈，连续水喷 3 次， 水头高 30 cm 左右，水发浑。	老怀胎井水色发浑	2011 年 1 月 2 日 盈江 4.8 级地震
2	2011-01-04		老怀胎井水色发白	
3	2011-02-09	大滚锅水发浑，呈泥红色		
4	2011-02-26 2011-03-07	大滚锅水发浑，呈泥红色 龙门泉水发浑，呈泥红色		2011 年 3 月 10 日 盈江 5.8 级地震
5	2011-03-16、19 2011-03-16 2011-03-18 2011-03-22	龙门泉水发浑，呈泥红色； 大滚锅水量增大，并喷水气和黄泥浆  大滚锅水水发浑	新怀胎井水发浑	2011 年 3 月 24 日 缅甸 7.2 级地震
6	2011-04-21		新怀胎井水发浑	
7	2011-05-14 2011-05-17 2011-05-16 2011-05-23 2011-06-07 2011-06-20	龙门泉水发浑，呈泥红色 大滚锅水发浑，呈黑色   大滚锅出现水热爆炸、水发浑 20 日 11 时大滚锅水发浑，呈青灰色。	老怀胎井水水温上升 2.2℃ (90.2℃升至 92.4℃) 23 日起老怀胎井水流量 增大，水花翻滚激烈	2011 年 6 月 20 日 18 时 腾冲 5.2 级地震
8	2011-07-16 2011-07-29 2011-08-01 2011-08-09	大滚锅出现水热爆炸、水发浑 大滚锅出现水热爆炸、水发浑 大滚锅水发浑	9 日凌晨老怀胎井喷黑水	2011 年 8 月 9 日 19 时 腾冲 5.2 级地震

3  前兆时间演化特征及异常机理讨论

经分析研究得出，盈江 5.8 级地震前，震中附近地区无论是 3 个月以上的中期异常，还是震前 3 个月内出现的短临前兆异常，其异常幅度、数量均比较显著。图 9 为 2010~2011 年滇西地区所出现的前兆中期异常和短临异常月项数时间进程曲线，从图可见，盈江 5.8 级地震前半年开始，中期前兆异常数量迅速增多，震前一个月异常数开始

转折下降，震后逐渐下降，而短临前兆异常在震前 3 个月内逐渐增多。  
中期异常主要以水位趋势异常为主，而短临异常主要为气汞浓度增加及高温温泉热液活动急剧异常等现象。对这些前兆异常形成的机理，本文主要有以下认识：  
地震前应力场的变化致使地壳的岩体产生变形，如果岩层被挤压，则岩层的孔隙率变小，孔隙水压增大，水流由含水层向井孔流动，从而使水位上升。相反，如果岩层被引张，则岩层的孔



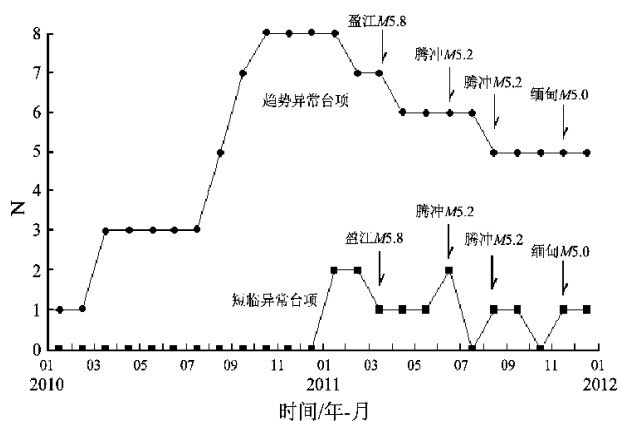


图9 盈江5.8级地震前兆异常项数变化图

Fig. 9 Numbers of precursory anomalies items before Yingjiang  $M_s 5.8$  earthquake

隙率变大,孔隙水压变小,水流由井孔返回含水层,致使水位下降(刘耀伟等,2010)。滇西位于滇缅地块,被怒江断裂分为两个次级构造单元,该地区处于欧亚板块与印度板块带碰撞带的边缘,印度板块向北推挤过程中所形成的北东向侧向挤压力对滇西地区地震活动影响较大(刘祖荫等,2002)。根据怒江断裂以西震区附近的腾冲、芒市井水位上升变化及怒江断裂以东施甸井水位下降异常变化,笔者分析认为震区地壳岩石介质可能受到压应力的作用,而施甸井所处区域地下介质可能受到张应力的作用。

一些学者认为地震主要来自水平方向的构造应力引起,同时,地震的发生还受到垂直力源的作用,垂直力源主要来自于上地幔的隆起或热流体的上涌。反过来,构造活动控制了温泉运移速度及部分物理条件,温泉的水化学成分能反映地下构造活动状况(中国地震局监测预报司,2004)。2011年盈江5.8级地震近场区的短临异常主要以气汞浓度的增加为主,并有温泉的水喷、变色等宏观异常。汞具有较强的穿透能力,汞蒸汽可沿裂隙向上穿透岩层面逸出地表。气汞浓度升高,温泉活动急剧,是区域应力场增强的表现。

岩石试验与前兆研究表明,短临阶段区域应力水平很高,震源区及附近的应力水平已接近介质的破裂极限,此阶段前兆短临异常数量增多,震源区前兆异常开始出现(陈立德,2000)。盈江5.8级地震前兆短临异常数量的增多及前兆短临异

常由外围向震中迁移的过程与较多地震有相似性,可为以后地震的发生时间和地点的预测提供参考。

盈江5.8级地震近场区水位、气汞等流体异常及温泉热液激烈活动显示了区域应力场应力增强过程,前兆中期与短临异常项数目变化过程表明区域应力场应力可能在震前半年开始逐渐增强,震前三个月进一步增强。

## 4 结论

通过对2011年3月10日盈江5.8级地震流体测项前兆异常的深入分析研究后,得出盈江5.8级地震前兆主要有以下几个特征:

(1) 2011年盈江5.8级地震前兆异常主要集中在距震中200 km范围内的近场区,大部分异常持续时间超过三个月。中期前兆异常从2010年初开始,在下半年显著增多,盈江5.8级地震前1个月异常数量开始减少,但在震前三个月新的短临异常不断出现。

(2) 盈江5.8级地震中期前兆异常比较显著的是水位的升降异常,以怒江断裂为界,怒江断裂以西区域水位变化为上升,以东区域水位变化为下降,其中腾冲高水位异常和施甸低水位异常多为近场破坏性地震前兆信息。

(3) 在盈江5.8级地震孕育短临阶段,震中附近观测点气汞异常显著,且在空间上具有由外围向震中迁移的特征。同时,震中附近温泉宏观观测点热液活动激烈,不断出现温泉水花翻滚激烈、发浑变色等现象。

## 参考文献:

- 曹玲玲,刘耀伟. 2010. 川滇地区强震流体综合前兆特征初探[J]. 地震研究, 33(3): 239-240.
- 陈立德. 2000. 震源硬化模型的理论、实验及观测事实[J]. 地震, 20(1): 1-9.
- 陈章立,葛治州,张国民,等. 1998. 大陆地震预报的方法和理论[M]. 北京:地震出版社, 345-365, 501-516.
- 陈章立,李志雄. 2013. 地震预报的科学原理与逻辑思维[M]. 北京:地震出版社, 83-96.
- 国家地震局科技监测司,国家地震局,滇西地震预报实验场. 1996. 滇西地震预报试验研究论文集[C]. 北京:地震出版社, 48-51.
- 贾化周,张伟. 1995. 地震地下水手册[M]. 北京:地震出版社, 445-449.

- 刘耀伟, 陆明勇, 付虹, 等. 2010. 地下流体动态信息提取与强震预测技术研究[M]. 北京: 地震出版社, 39–40.
- 刘祖荫. 2002. 20世纪云南地震活动[M]. 北京: 地震出版社, 24–33, 193–200.
- 陆远忠, 李胜乐, 邓志辉, 等. 2002. 基于GIS的地震分析预报系统[M]. 成都: 地图出版社.
- 杨芬, 金明培, 赵家本. 2007. 滇西实验场及邻区前兆异常成组中强震关系[J]. 中国地震, 23(2): 175–183.
- 中国地震局监测预报司. 2004. 强地震短期前兆异常的物理解释[M]. 北京: 地震出版社, 87–91.
- 周真恒, 向才英, 赵晋明, 等. 1995. 滇西地热场特征[J]. 地震研究, 18(1): 41–48.

## Preliminary Study on Fluid Anomaly in Near Field before Yingjiang $M_s5.8$ Earthquake in 2011

LIU Xiang<sup>1</sup>, FU Hong<sup>1</sup>, WU Guo-hua<sup>1</sup>, ZHAO Xiao-Yan<sup>1</sup>, YANG Deng-bu<sup>2</sup>, MAO Yan<sup>1</sup>

(1. *Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China*)

(2. *Earthquake Administration of Tengchong Country, Tengchong 679100, Yunnan, China*)

### Abstract

Analyzing the precursory observation data of water level and gas mercury in near field before Yingjiang  $M_s5.8$  earthquake on Mar. 10, 2011, we found that the precursory anomaly was obvious in the area within 200 km range from the epicenter. The precursory anomaly appeared in early 2010, and the number of precursory anomaly items increased from Jul., 2010, however it decreased and the precursory anomaly appeared turning in one month before Yingjiang  $M_s5.8$  earthquake. The rising of water level and increasing of gas mercury concentration were the main precursory anomaly in the area near the epicenter in the west of Nujiang Fault, which showed that the area near the epicenter in extrusion led to the stress state of increasing of pore pressure. The characteristic of the short-term and impending anomalies was the migration from the periphery to the epicenter, which could be taken as the reference of epicenter location prediction. Finally, the mechanism of the near-field anomalies was preliminary discussed.

**Key words:** Yingjiang  $M_s5.8$  earthquake; near field; fluid anomaly; discussion on the mechanisms