

# 2014年云南盈江6.1级地震宏观异常 及其与构造关联性讨论\*

张艳凤<sup>1</sup>, 常祖峰<sup>1</sup>, 彭永中<sup>2</sup>, 张亚宏<sup>2</sup>

(1. 云南省地震局, 云南 昆明 650224; 2. 德宏州防震减灾局, 云南 芒市 678400)

**摘要:** 2014年云南盈江6.1级地震发生前, 在震中及其附近地区约208 km范围内出现高温泉水井喷(高压喷射泥砂), 地下水翻花冒泡、发浑、变色、水量增大, 动物习性异常等宏观异常现象, 宏观异常最早出现时间为震前150 d, 最晚为震前2 d。这些宏观异常表现出较明显的阶段性, 同时呈现出逐渐向震中迁移、靠拢的趋势。几乎所有宏观异常均发生在活动断裂的端部、几组断裂汇而不交的构造部位或是构造盆地内, 与构造有着高度的一致性和密切关联性。

**关键词:** 盈江6.1级地震; 宏观异常; 地下水; 活动断裂

**中图分类号:** P315.75

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2018)01-0148-09

## 0 引言

“月晕而风, 础润而雨”, 任何自然现象发生前都会出现或多或少、各种各样的征兆, 地震亦然。大量震例表明, 在大震前, 震中及其周边地区往往会出现动物习性、地下水、地下气体、地光、地声、气候等各种宏观异常现象。据统计, 1975年海城7.3级、1976年龙陵7.4级、1976年唐山7.8级、1976年松潘7.2级、2008年汶川8.0级、2008年新疆玉田7.3级等地震前都出现了大量的宏观异常现象(朱凤鸣, 吴戈, 1982; 陈非比等, 1979; 陈立德, 赵维城, 1979; 朱皆佐, 江在雄, 1978; 祝晔, 李荣安, 1983; 高小其等, 2009, 2015; 许敦煌, 2010; 张小涛等, 2009)。在我国近4 000年的历史文献中, 也有十分丰富的地震宏观异常记载(车用太等, 2012)。

据不完全统计, 出现丰富宏观异常现象的地震震级往往大于7.0级, 一般震级越大, 宏观异常的范围越大, 异常的种类也越多(安徽省地震局, 1978; 国家地震局预测预防司, 1997; 付虹等, 2003)。但也有一些6级左右的中强地震, 如张北—尚义6.2级地震和云南施甸5.9级地震等, 同样在震前会出现一些地震宏观异常现象(刘五洲等,

1998; 付虹等, 2003)。2014年鲁甸6.5级地震前, 也出现了地下水、动物习性等宏观异常现象。虽然这些中强地震的宏观异常范围和强度不够大, 但却有着与大地震相似的特征, 具有重要的映震效应和指示意义。在我国地震预测实践中, 如1975年辽宁海城、1976年四川松潘等地震的临震成功预报, 宏观异常在预测中都起到了十分重要的作用。在当前地震科技发展水平下, 地震宏观异常监测可作为地震可操作预报的一种重要途径。所以, 有必要加强一些中强地震宏观异常现象的收集、分析和典型案例研究, 以期获得有关宏观异常分布特征及其与构造关联的规律性认识, 以便更好地为地震短临预报提供有价值的借鉴经验和参考依据。

2014年5月30日, 云南盈江6.1级地震发生前, 在震中及其周边地区较大范围内出现地下水、动物习性等异常现象。根据云南省内宏观异常出现的实际情况及周边地震活动情况, 并参考中国历史地震震例, 本文结合该地区活动构造分布, 重点探讨宏观异常的时空分布特征、迁移特性, 尤其是它们与构造间的相互关系。

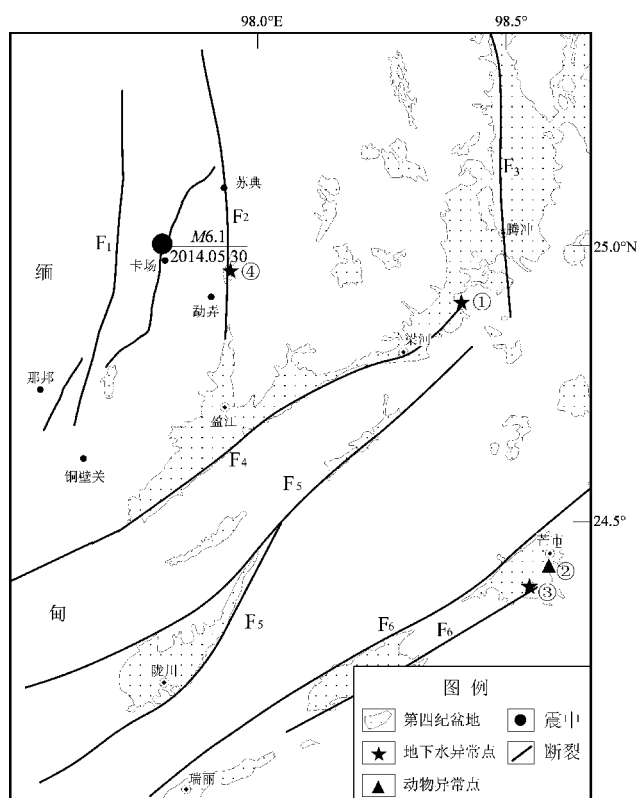
## 1 区域构造背景

如图1所示, 震中及其周边地区发育的断裂主

\* 收稿日期: 2017-05-03.

基金项目: 国家自然科学基金(41472204)资助.

要有近SN向那邦断裂( $F_1$ )、苏典断裂( $F_2$ )、腾冲断裂( $F_3$ )和NE向大盈江断裂( $F_4$ )、瓦德龙断裂( $F_5$ )、龙陵—瑞丽断裂( $F_6$ )等。近NS向断裂以右旋走滑为主,而NE向断裂则以左旋走滑为主,它们均是晚第四纪以来的活动断裂,震中附近展布的NNE向卡场—大竹寨断裂局部段落在晚第四纪也有活动迹象。现将主要断裂的活动特征简述如下。



$F_1$ : 那邦断裂;  $F_2$ : 苏典断裂;  $F_3$ : 腾冲断裂;  $F_4$ : 大盈江断裂;  $F_5$ : 瓦德龙断裂;  $F_6$ : 龙陵—瑞丽断裂

图1 震中及其附近地区活动断裂与宏观异常分布图

Fig. 1 Map of active fault and the distribution of macro-anomalies in epicenter area

那邦断裂是一条韧性剪切带,走向近SN,总长约120 km。该断裂带东起昔马—铜壁关一线,西至缅甸境内的上新世盆地东沿,是缅甸境内著名的Mogok带的东缘组成部分。主要发育在高黎贡山群中高级变质岩岩体内,岩体变质程度较高,片麻理发育,片麻理走向多与断裂走向一致。沿那邦断裂为一地形斜坡陡变带,西侧夷平面高度800~1400 m,东侧夷平面高度1700~2200 m,断裂带东西两侧相差800~900 m。在卫星影像上沿该断裂表现为清晰的线性特征,延续性较好。石竹河一

带表现为平直的线性槽谷,形成切割很深的“V”字型线性河谷,断层槽地内发育平直而新鲜的线性挤压山脊,表现出较强的活动性。

苏典断裂北起缅甸境内撒旦一带,向南进入中国境内后,经腊马河、苏典、黄草坝、大寨后,没于盈江盆地北东缘,总长90 km。第四纪以来该断裂新活动明显,主要表现在:(1)卫星影像上,沿断裂表现为平直的线性特征;(2)沿断裂发育苏典、勐典、黄草坝、陇中等多个串珠状第四纪盆地,苏典盆地和陇中盆地呈狭长型沿断裂发育;(3)断裂对腊马河、盏达河的发育具有明显的控制作用。这些地貌现象都指示了该断裂晚第四纪以来有活动迹象,沿该断裂曾发生2008年苏典—勐弄5.0和5.9级2次中强地震。

腾冲断裂北起缅甸拖角之北,由棋盘石北延入云南省内,向南经瑞滇、固东、和顺盆地,止于腾冲以南,长约120 km。沿该断裂带多发育断陷盆地与火山岩熔地貌,其大部被第四系沉积与火山岩所覆盖,航、卫片上的线性构造特征清晰。该断裂第四纪以来活动强烈,主要表现在沿断裂带强烈的火山喷发形成呈线性排列的火山口、火山锥与高温沸泉、气泉。沿断裂带地震活动强烈,自1512年有地震记载以来,共发生5级以上地震24次,最强为1577年腾冲6 $\frac{3}{4}$ 级地震。该断裂是一条至今仍在活动的全新世活动断裂。

大盈江断裂北端始于腾冲以西,沿梁河盆地和盈江盆地南东缘延伸,经曼线街、芭蕉寨、西帕河,止于缅甸八莫盆地东缘,全长约140 km,总体走向50°,倾向NW,倾角约70°。新生代以来,该断裂严格地控制了盈江、梁河等新生代盆地的发育。晚第四纪以来,该断裂表现为明显的水平左旋走滑运动特征(Socquet, Pubellier, 2005; Morley, 2007; Nielsen *et al*, 2004),其最新活动时代为全新世(常祖峰等, 2011; 虢顺民等, 2002)。沿线断层陡坎、水系断错等断层地貌十分发育,上贯弄附近冲沟I阶地被左旋断错10 m。全新世以来,其水平滑动速率2.7~3.5 mm/a(常祖峰等, 2011, 虢顺民等, 2002)。在断裂附近曾发生2011年盈江5.8级地震。

瓦德龙断裂呈北东向延伸,倾向北西。其北端始于梁河附近,经曼东盆地、陇川盆地,延入缅甸境内,中国境内长度近百千米。在航、卫片上线性

特征清晰,呈直线状延伸。断裂控制着陇川和户撒等第四纪盆地的分布及发展演化,盆地均呈狭长型北东走向分布。陇川盆地边缘有数十条水系出现极为明显的左旋同步扭动,扭距在数十米至1 000 m以上,是一条晚第四纪活动断裂。

龙陵—瑞丽断裂西南起于缅甸抹谷以北的莫洛一带,向东经南坎、瑞丽、遮放、三台山到芒市新桥,向北东延至龙陵县城后逐渐与近南北走向的怒江断裂交汇,走向 $50^{\circ}$ 左右,全长约370 km。该断裂是腾冲块体与保山块体的分界线,对古生代、中生代乃至新生代的地层和新生代盆地发育有着明显的控制作用。它由一组斜列的NE向断裂组成,在阶区多形成拉分盆地,如瑞丽盆地、潞西盆地、仙蚌盆地等,盆地内新生界厚度达1 500 m。在卫星影像上线性特征明显,沿断裂多有温泉分布。地貌上,沿断裂主要表现为水系左旋同步位错及断层陡坎等,水系位错量可分为200~500 m、100 m左右及小于30 m这3组,显示了它在第四纪不同阶段的位错量。根据水系位错推算断裂全新世水平滑动速率 $2.2\sim 2.8\text{ mm/a}$ 。在断裂北东端曾发生1976年龙陵7.3级和7.4级双震(常祖峰等,2012)。

卡场—大竹寨断裂位于震中附近,为2014年盈江6.1级地震的发震构造。该断裂南起昔马盆地

西缘,经三岔河、奔龙库、卡场、黑河、大竹寨,止于苏典断裂,全长约45 km,断裂倾向NW,倾角 $70^{\circ}$ 。在卫星影像上,断裂南段和北段线性特征较为清晰,中段(卡场至大竹寨)有一定程度的线性显示。该断裂对昔马第四纪盆地西缘有明显控制作用,昔马盆地至三岔河一线表现为平直的线性断层槽地。

## 2 宏观异常现象

### 2.1 腾冲县清水河村白石岩泉水变色、浑浊

2014年1月15日,腾冲县防震减灾局接到界头乡清水河村白石岩泉水发浑的信息。经现场调查,白石岩泉水出水口位于界头乡清水河村与曲石乡箐桥村交界处( $25.28^{\circ}\text{N}$ ,  $98.57^{\circ}\text{E}$ ),为石灰岩岩溶水,出水口从一陡峭山崖下几块岩石裂隙中流出,水流量较大,形成一条小河。该水源为铁冒山矿区和附近几个自然村寨农户的饮用水。经与村民了解,该龙洞水多年清澈见底,基本未出现过发浑现象。自2013年12月30日起,发现水发浑,已有17 d。经现场查看,水色十分浑浊,呈红泥浆色(图2a, b)。腾冲县防震减灾局初步分析认为,白石岩岩溶水发浑可能与地下异常变化有关。



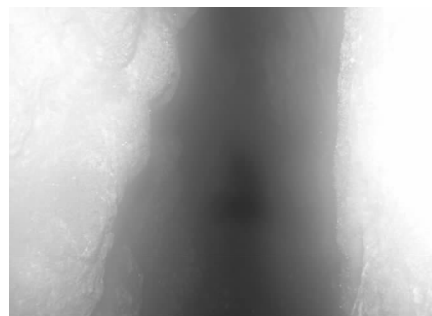
(a) 清水河村白石岩泉水变色



(b) 清水河村白石岩泉水浑浊并与附近河水对比



(c) 白岩村塘铁寨溶洞口



(d) 白岩村塘铁寨溶洞中乳白色气雾

图2 宏观异常现象

Fig. 2 The macro-anomalies phenomena

## 2.2 镇康县白岩村塘铁寨溶洞气雾

2014年1月20日,镇康县地震局接到南伞镇白岩村塘铁寨自然村民报告,称塘铁寨一个溶洞有白色气雾断续向外涌出,并带有热气,异常现象已出现2~3 d。塘铁寨溶洞洞口高2 m,宽0.5 m,呈狭长型,为沿断裂形成的构造性溶洞(23.77°N, 98.77°E)。根据镇康县地震局现场调查,气雾不断从洞口涌出,呈乳白色,没有闻到刺鼻的味道,洞口有风吹出,温度35℃左右(图2c, d)。我们对周围环境和作业施工单位进行了解,都与此现象无关。经与村民核实,此异常出现时间为2014年1月17日或18日。

## 2.3 永平县程家村地下水发浑、水量增大

2014年1月31日,永平县程家村宏观联络员报告程家村宏观观测点地下水发浑,呈米汤色,水量增大,异常地点位于(25.53°N, 99.51°E),水量增大持续1 d。经初步分析,认为可能原因有2种:一是可能由气候转变引起;二是可能与地下应力变化有关。但根据季节分析,当时正处于干旱的冬季,没有大量降水,水量增大可能与地壳应力变动密切。

## 2.4 梁河县与腾冲县交界荷花热水塘温泉宏观异常

### 2.4.1 荷花热水塘温泉喷砂、冒水、变浑

2014年3月8日,梁河县防震减灾局接到报告,称梁河县与腾冲县交界处囊宋乡荷花温泉(图1中场点①,地理位置(24.91°N, 98.38°E)),出现冒浑水现象。经现场调查和询问相关人员,泉眼出水口大概于3月7日深夜开始出现发浑现象,因发生于深夜未被及时发现,直至3月8日开始呈减弱趋势后才被发现。经现场勘查,泉眼出水口依然在向外涌出灰黄色泉水,泉水浑浊,且伴有一定数量的泥砂从水口喷出,喷溅后有沉淀堆积迹象(图3a, b),而观景水塘中的泥浆有沉淀趋势,水色逐渐澄清。该异常点在以前地震中也有过类似现象发生。

### 2.4.2 荷花热水塘温泉水位下降

荷花热水塘温泉度假村大滚锅、1号泉、2号泉(度假村自己编号)水位迅速下降,水温升高(图1中场点①,地理位置(24.91°N, 98.38°E))。

2014年3月24日8时,大滚锅水位还与平时一样,但在9时15分左右发现水位已经下降了80%左右,而1号、2号泉水位于2014年3月12

日开始下降,已经没有积水。因受流量影响这3个观测点水温出现不同程度升高,其中大滚锅升高8℃左右,1号泉升高6℃左右,2号泉升高9℃左右。经过现场勘查发现,3个观测点出水流向向了1号泉旁边几个月前出浑水的1个出水口。同时,通过和观测人员进一步了解,荷花热水塘水位下降是第一次出现。

在荷花热水塘出现宏观异常的同时,附近腾冲县新华硝塘观测点也出现了宏观异常:水色发浑,呈灰白色,水温下降0.6℃。

### 2.4.3 荷花热水塘温泉井喷

2014年4月20日,在荷花热水塘温泉出现井喷(当地人称为水热爆)。经实地调查和访问荷花温泉管理员,整个喷发过程为:4月20日8时40分左右,温泉泉眼出水口及旁边2 m左右的观景台发生井喷(高压喷射)现象,爆炸声巨大,震耳欲聋,井喷造成厚5 cm的地板砖掀翻并破裂(图3c),喷水口面积约为1 m<sup>2</sup>,持续时间约10 min。井喷呈脉冲式,共发生2次。第一次随着巨大的爆炸声,泥浆和砂石从泉口向高处和四周迸射,喷出高度达12 m;第二次喷出高度相对较小,约2 m,同样有泥浆、砂石四处迸射现象。喷射的砂石主要呈灰白色,最大直径约5 cm,分布于喷口四周至十几米远的地方(图3d);泥浆主要为红褐色(图3e和3f)。喷射后形成新的泉眼,水温达80℃,泉水汩汩流出,14时40分水色仍然浑浊,呈灰褐色。震后调查发现,喷口四周泥沙、块石俱在,喷口上方12 m高度的树叶上仍附着有泥浆。

2011年6月20日与8月9日腾冲2次5.2级地震前,该温泉也出现过类似异常,但规模没有此次大。

## 2.5 施甸县永福村水井变色

2014年4月28日,施甸县地震局接到旺镇永福村报告,称永福水井(24.88°N, 99.15°E)水色发生异常。经调查:当日9时多水色发生异常变化,像清淡的米汤,呈现灰白色,至12时后慢慢变为土黄色,象黄泥巴水一样。通过实地调查,附近没有大型工程施工,也没有任何沟渠放水灌溉。并且此水井长年基本保持水流稳定,即使是雨水季节也没有发现过水色变化。针对这一异常情况,施甸县地震局及时召开了会商,认为永福水井处于罗明坝—施甸断裂带上,在没有人为因素影响的情况下,永福水井水色发生异常属于地下断裂活动所至。

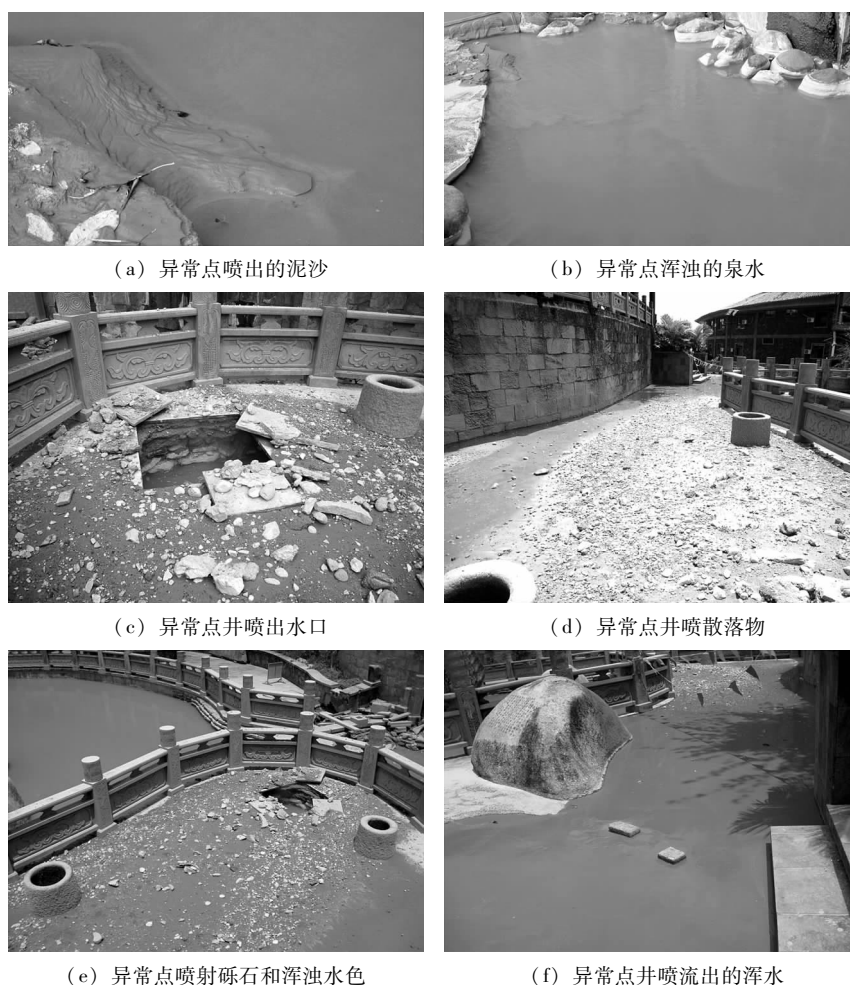


图3 荷花热水塘温泉宏观异常现象

Fig. 3 The macro-anomalies phenomena of hot spring of Hehua

## 2.6 昌宁县九甲办事处槐树社水井变色

2014年5月14日,保山市昌宁县田园镇九甲办事处槐树社一水井(大龙井)变色( $24.82^{\circ}\text{N}$ ,  $99.62^{\circ}\text{E}$ ),呈现灰白色,接近米汤色,浑浊。对现场及周边环境进行观察核实,周围无矿山开采等干扰源,平常年份降雨时该水井从未出现变色、发浑现象,但在2001年施甸5.9级地震前曾出现类似的发生现象。

## 2.7 德宏州民族初级中学动物宏观异常

2014年5月27日,据群众反映并经落实,德宏州民族初级中学内胶园小区(图1中场点②,地理位置( $24.42^{\circ}\text{N}$ ,  $98.59^{\circ}\text{E}$ ))近2天老鼠出入频繁,出现不断撕咬窗户铁丝、香蕉、桃子等反常现象。

## 2.8 德宏州法帕镇芒蚌温泉宏观异常

2014年5月28日,德宏州法帕镇群众反映,芒蚌温泉出水口(图1中场点③,地理位置( $24.37^{\circ}\text{N}$ ,  $98.55^{\circ}\text{E}$ ))在10时30分开始冒浑水,水由清澈变为很稠的米汤色(青白色)。该温泉为澡堂用水,平时水质清澈,以前未发生过冒浑水的现象,周围无其它干扰现象。出现冒浑水异常时,出水量也明显增大,水质比平时滑腻,大约持续1 h。此异常现象可能与地下地质构造活动加剧有关。之所以呈现出青白色,推测是水中含有 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体,可能是在地应力增大情况下地下水径流途径改变,水中携带某种铝质矿床成分所致。

2.9 凤庆县大寺村大田坝组水井变色、水量增大

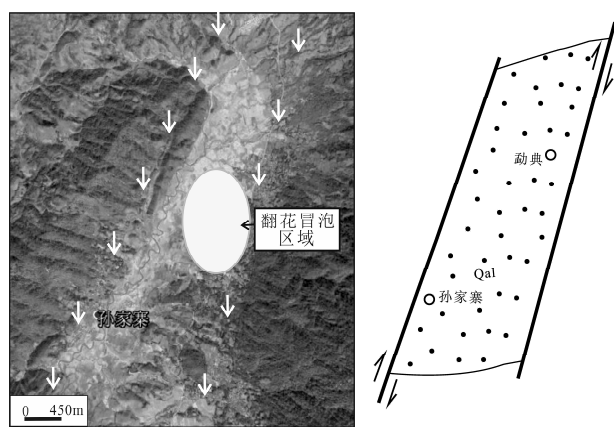
2014年5月28日,凤庆县地震局接到大寺乡政府报告:大寺乡大寺村大田坝地质灾害隐患点一出水点突然出现水源,比原来增大7倍左右,而且颜色浑浊。根据附近村民反映:5月27日16时左右,在大寺村大田坝和鱼塘2个村民小组范围内突然发出一声闷雷声似的响声,17时左右一出水点的出水量大幅度增加,而且颜色非常浑浊,异常持续近2 h。

傍晚距离出水点 50 m 左右的后山陡坡上发现在核桃树旁出现大量的白蚂蚁。5 月 28 日 13 时 50 分现场查看时, 泉水出水量已恢复正常。

## 2.10 盈江县勐典大寨村水稻田翻花冒泡

2014 年 5 月 28—30 日清晨, 盈江县勐弄乡勐典大寨村水稻田里 (图 1 中场点④, 地理位置 (24.96°N, 97.95°E)) 不断出现翻花冒泡现象。震后调查时有人反映, 在震前几小时还听到了“咔咔”的地声。

经事后调查发现, 这种宏观异常现象范围较大, 至少分布在十几亩的田地里 (图 4a)。在地貌上, 宏观异常点位于勐典盆地内勐典河 I 级阶地上, 阶地拔河高度 2~4 m, 主要由细砂和粉土组成, 地震时易发生液化。在此次盈江 6.1 级地震发生时, 出现数处砂土液化, 分布于翻花冒泡非常集中的长约 300 m、宽约 200 m 的范围内, 喷出的水头高达 1 m, 最大的喷砂处直径约 0.6 m, 喷砂厚度为 0.1 m。勐典盆地为沿苏典活动断裂发育的拉分盆地, 东西两侧各有一条断层控制 (图 4b)。



(a) 翻花冒泡分布区域  
(白色箭头指示断层迹线)

(b) 所处的构造部位  
(拉分盆地)

图4 翻花冒泡异常及其所处构造位置

Fig. 4 The tectonics location of bloom-spraying and bubbling macro-anomalies

距离德宏州法帕芒蚌温泉宏观异常点 (图 1 中场点③) 不足 3 km 的德宏州防震减灾局舒曼地磁曾出现大幅值突跳。2014 年 4 月开始, 舒曼地磁出现大幅值突跳。4 月 12 日, 东西向、北南向最大突跳值分别为 1.700 和 2.280, 垂直向突跳值 0.654。4 月 19—20 日舒曼地磁 3 个方向再次出现大幅值突跳, 其中 20 日东西向最大值为 2.940、

19 日北南向、垂直向最大突跳值为 2.88 和 1.660, 达到自观测以来突跳最大值。在 2012 年 11 月 11 日缅甸 7.0 级地震发生前 3 个月, 德宏舒曼地磁也出现过类似情况, 但是最大幅值没有此次高。经过检查, 该异常不是外界干扰造成。

## 3 宏观异常时空分布特征及其与构造关联性分析

表 1 列举了上述各异常点分布和表现特征。虽然宏观异常点数量有限, 但从表中可以看出在时空分布上具有如下特征:

(1) 在时间上, 宏观异常出现时间早, 最早为震前 150 d, 最晚为震前 2 d (在研究区及周边 150 d 内只发生盈江地震, 并无其它地震, 因此判定宏观异常与盈江地震对应)。且宏观异常表现出较明显的阶段性, 结合周围地磁观测异常, 可分为 3 个阶段: 2013 年 12 月 30 日—2014 年 1 月 31 日、2014 年 3 月 7 日—4 月 20 日和 2014 年 5 月 26 日—5 月 30 日。这与 1975 年海城 7.3 级、1976 年松潘 7.2 级等大地震前宏观异常的起伏性具有相似的特征 (祝晔, 李荣安, 1983)。

(2) 在空间分布上, 这些宏观异常分布在距震中 208 km 的较大区域范围, 此等级地震出现如此大的异常范围并不多见。大体上, 这些宏观异常呈现出自东向西、由南而北逐渐向震中迁移、靠拢的趋势, 但震中附近并未出现明显的 (或被人忽略) 宏观异常。已有研究表明, 1976 年松潘 7.2 级地震序列发生在龙门山断裂西侧的 NW 向虎牙断裂上, 但是震前宏观异常主要沿 NE 向龙门山断裂带分布并逐步向震中迁移靠近, 而非发生在发震断裂带上 (章光月等, 1980)。它与此次宏观异常点分布有某种相似性。

有些异常点在以往中强地震前会重复映震, 如梁河县与腾冲县交界荷花热水塘温泉和施甸县永福村异常点等, 前者在本次地震前表现出高压喷砂—水位下降—高压喷砂的周期性变化。

(3) 尽管地震宏观异常会受到各种干扰因素的困扰, 使得分析起来脉络不清, 但盈江 6.1 级地震前的宏观异常现象, 在空间分布上与构造有着高度的一致性和密切关联性: 这些宏观异常多发生在震中外围断裂上, 主要是断裂的端部、几组断裂汇

表 1 宏观异常时空分布特征表

Tab. 1 The temporal and spatial distribution characteristics of macro-anomalies

序号	位置	异常现象	起止时间与持续时间	距震中距离 /km	所处构造部位
1	腾冲县清河村白石岩	变色、浑浊	2013-12-30 至 2014-01-15, 持续 17 d, 震前 150 d	84	龙川江活动断裂上, 构造盆地内
2	镇康县白岩村塘铁寨	溶洞气雾, 洞内升温	2014-01-17 或 18 日至 2014-01-20, 持续 3~4 d, 震前 133 d	168	麻栗坪断裂上
3	永平县程家村	变色、浑浊, 水量增大	2014-01-31, 持续 1 d, 震前 120 d	183	兰坪—云龙断裂带附近
4	梁河与腾冲交界荷花热水塘温泉	温泉水出现喷砂、冒水、变浑	2014-03-07 至 2014-03-08, 持续 2 d, 震前 84 d	60	大盈江断裂、腾冲断裂和瓦德龙断裂汇而不交部位, 同时处于大盈江断裂端部
5	梁河与腾冲交界荷花热水塘温泉	温泉水出现水位下降、干涸	2014-03-12 至 2014-03-24, 持续 13 d, 震前 78 d	60	大盈江断裂、腾冲断裂和瓦德龙断裂汇而不交部位, 同时处于大盈江断裂端部
6	梁河与腾冲交界荷花热水塘温泉	温泉水出现高压喷水、喷砂现象	2014-04-20, 持续 1 d, 震前 40 d	60	大盈江断裂、腾冲断裂和瓦德龙断裂汇而不交部位, 同时处于大盈江断裂端部
7	施甸县永福村	水井变色、浑浊	2014-04-28, 持续 1 d, 震前 32 d	136	位于罗明坝—施甸断裂上, 构造盆地内
8	昌宁县九甲办事处槐树社	水井变色、浑浊	2014-05-14, 持续 1 d, 震前 32 d	184	位于昌宁断裂上, 构造盆地内
9	德宏州民族初级中学	动物习性异常	2014-05-26 至 2014-05-05-27, 持续 2d, 震前 4 d 出现	100	龙陵—瑞丽断裂端部, 潞西盆地边缘
10	德宏州法帕芒蚌温泉	地下水发浑、变色、水量增大	2014-05-28, 持续 1 h, 震前 2 d 出现	100	龙陵—瑞丽断裂端部, 潞西盆地边缘
11	凤庆县大寺村大田坝组	水井变色、水量增大	2014-05-28, 持续 2 h, 震前 2 d 出现	208	澜沧江断裂上
12	盈江县勐典大寨村	地下水翻花冒泡	2014-05-28 至地震发生, 持续 2 d, 震前 2 d 开始	14	沿苏典断裂发育的拉分盆地内, 苏典断裂上

而不交的构造部位或者是构造拉分盆地内, 如梁河与腾冲交界荷花热水塘温泉异常点 (图 1 中场点①), 既处于大盈江断裂的端部, 又位于大盈江、腾冲和瓦德龙 3 条活动断裂汇而不交的部位。究其原因, 此类构造部位是地应力易于集中的地点, 即便不是发震地段, 却是应力集中、无震滑动的敏感区, 因此可能成为地震宏观异常的易发场所。或许有人认为这是一种巧合, 虽不能完全排除这种可能性, 但辩证唯物论中有偶然性包含着必然性、必然性寓于偶然性之中的观点。从荷花温泉 (场点①) 在震前反复出现的高压喷射泥浆、砂石的现象分析, 本文更倾向于认为它与断裂构造局部无震滑动、应力集中有着密切的关系, 且在以往周边地震中曾表现出类似的异常现象。

宏观异常没有出现在震中附近断裂上, 而是分布在外围断裂上的问题, 可以从块体或区域活动的角度加以理解。1975 年海城、1976 年唐山、1976 年松潘等多次大地震宏观异常研究表明, 地震宏观异常点常分布在与发震断裂相交或汇而不交的其它断裂上 (章光月等, 1980)。譬如, 前述的松潘地震宏观异常主要沿 NE 向龙门山断裂带分布, 海城地震宏观异常不仅沿 NWW 向发震断裂分布, 同时也沿 NNE 向金州断裂、金山岭断裂分布的特征 (章光月等, 1980)。在地震孕育和发生过程中, 区域构造、区域构造应力场和地震前兆场 (包括宏观前兆) 彼此之间有着密切的联系 (章光月等, 1980)。在一定规模的区域或断块内, 受到统一的区域构造应力场作用和支配, 构造活动有着协调、联动的运动特征,



而不是某一条断裂的独立运动。因此,除了发震断裂控制了前震、余震分布外,区内的其它(共轭)断裂也会受到该区构造应力场的影响,先于或迟于发震断裂发生蠕变滑动(无震),导致其它断裂上出现宏观异常。

## 4 结语

2014年云南盈江6.1级中强地震前,在震中地区208 km的较大范围内出现高温泉水井喷(高压喷射泥沙),地下水翻花冒泡、发浑、变色、水量增大,动物习性异常等宏观异常,此等级中强地震出现如此规模的宏观异常并不多见。出现宏观异常最早的时间为震前150 d,最晚为震前2 d。宏观异常表现出较明显的阶段性,同时大体上呈现出自东向西、由南而北逐渐向震中迁移、靠拢的趋势。它们具有与1975年海城7.3级、1976年松潘7.2级等大地震前相似的宏观异常特征。

宏观异常多发生在活动断裂的端部、几组断裂汇而不交的构造部位或者是构造拉分盆地内,与构造有着高度的一致性和密切关联性。在统一的区域构造应力场作用和支配下,构造活动有着协调、联动的特征,地震的孕育发生是一个区域或块体的孕震过程。

## 参考文献:

- 安徽省地震局. 1978. 宏观异常与地震[M]. 北京:地震出版社,39-42.
- 常祖峰,安晓文,张艳凤. 2012. 畹町断裂晚第四纪活动与水系构造变形[J]. 地震地质,34(2):228-239.
- 常祖峰,陈刚,余建强. 2011. 大盈江断裂晚更新世以来活动的地质证据[J]. 地震地质,33(4):877-888.
- 车用太,鱼金子,刘成龙. 2012. 地震宏观异常与临震预测成功的希望[J]. 国际地震动态,(6):138.
- 陈非比,张建华,刘秉良,等. 1979. 唐山地震[M]. 北京:地震出版社,350-360.
- 陈立德,赵维城. 1979. 一九七六年龙陵地震[M]. 北京:地震出版社,56-73.
- 付虹,万登堡,张立. 2003. 云南地区地震宏观异常特征研究[J]. 地震研究,26(3):209-216.
- 高小其,寇大兵,宋和平,等. 2009. 2008年3月21日于田7.4级地震宏观异常的调查与分析[J]. 内陆地震,23(3):321-328.
- 高小其,向阳,杨晓芳,等. 2015. 新疆两次于田 $M_s$ 7.3地震宏观异常对比分析[J]. 地震学报,37(1):160-168,205.
- 国家地震局预测预防司. 1997. 地震宏观异常预报方法[M]. 北京:地震出版社,105-116.
- 虢顺民,向宏发,徐锡伟,等. 2002. 滇西大盈江断裂带晚第四纪活动的初步研究[M]//国家地震局地质研究所. 活动断裂研究(2). 北京:地震出版社,47-51.
- 刘五洲,车用太,林元武,等. 1998. 张北—尚义地震宏观异常的震后调查及分析[J]. 地震地质,22(2):88-94.
- 许敦煌. 2010. 汶川大地震前宏观异常的现场调查[J]. 地震,30(2):121-133.
- 张小涛,张永仙,许敦煌. 2009. 汶川8.0级地震前后宏观异常现象分析[J]. 地震,29(2):104-117.
- 章光月,邓起东,蒋溥. 1980. 在地震孕育和发生过程中共轭断层活动的作用[J]. 地震地质,2(1):19-26.
- 朱凤鸣,吴戈. 1982. 一九七五年海城地震[M]. 北京:地震出版社,89-102.
- 朱皆佐,江在雄. 1978. 松潘地震[M]. 北京:地震出版社,185-200.
- 祝晔,李荣安. 1983. 海城7.3级地震宏观前兆时空演化特征与异常机制[J]. 地震地质,5(3):55-62.
- Morley C. K. 2007. Variations in late cenozoic-recent strike-slip and oblique-extensional geometries, within Indochina; The influence of pre-existing fabrics[J]. J of structural geology,29(1):36-58.
- Nielsen C, Chamot-Rooke N, Rangin C, et al. 2004. From partial to full strain partitioning along Indo-Burmese hyper-oblique subduction[J]. Marine geology,209(1):303-327.
- Socquet A, Pubellier M. 2005. Cenozoic deformation in western Yunnan (ChinaMyanmar border)[J]. J of Asian Earth Sciences,24(4):495-515.



## Discuss on Macro-anomalies of the Yunnan Yingjiang

### M6. 1 Earthquake and its Relation of Tectonics

ZHANG Yanfeng<sup>1</sup>, CHANG Zufeng<sup>1</sup>, PENG Yongzhong<sup>2</sup>, ZHANG Yahong<sup>2</sup>

(1. *Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650224, Yunnan, China*)

(2. *Earthquake Prevention and Disaster Reduction Bureau of Dehong State, Mangshi 678400, Yunnan, China*)

#### Abstract

Before the Yingjiang M6. 1 earthquake, more than 10 macro-anomalies such as blowouts of high-temperature spring water (high pressure injection of mud and sand), bloom-spraying and bubbling, water-clouding, water-discoloring, amount-enlarging of underground waters, and habit-changing of animals have happened within around 200 km extent in the epicentral region of the earthquake. Of them, the earliest thing emerged about 150 days, the latest one occurred about 2 days before the earthquake occurrence. All of which show evident episodes in time and the migration tendency to the epicentral region from outside area gradually in space. Almost all the macro-anomalies emerged in the ends of active faults, in the intersecting-but-no-truncating region of several groups faults, or within the tectonic basins, which suggests that the macro-anomalies have highly consistency and close relevance with the active faults.

**Keywords:** Yingjiang M6. 1 earthquake; macro-anomalies; underground water; active fault