

## 云南盈江 $M_s$ 6.1 地震前兆异常特征分析\*

李琼, 付虹, 钱晓东

(云南省地震局, 云南昆明 650224)

**摘要:** 通过对2014年5月30日盈江  $M_s$  6.1地震前距离震中450 km范围内所有前兆观测资料进行分析, 提取震前异常, 总结异常特征。研究结果表明: 前兆异常在时间上具有阶段性特征, 中、短期阶段, 震前1年左右异常数量开始增加; 短临阶段, 震前1~2月异常数量增加、速率加大, 同时有部分前兆趋势异常出现转折结束。前兆异常在空间上比较分散, 但距离震中200 km范围内的异常数量比例比震中距200~450 km范围内的大。水温、流量、水氡、气汞测项的映震效果最好。

**关键词:** 盈江  $M_s$  6.1地震; 前兆异常; 时空演化特征

**中图分类号:** P315.72

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2016)02-0207-08

### 0 前言

地震能否预测一度引起国际性的争论 (Wyss, 1997)。2003年9月, 在日本北部的十胜一大木8.0级大地震发生前, 分布在日本群岛各地的1224个全球定位系统 (GPS) 台站和约1000台地震仪没有观测到任何地震前兆现象 (Cyranoski, 2004a), 2004年10月, 在美国帕克菲尔德地震前, 也未获得十分可信的具有预报意义的前兆观测数据 (Cyranoski, 2004b)。但是我国的地震预测工作仍在不断发展中, 长、中、短、临预测都得到了有成效的进展 (付虹等, 2013; 苏有锦, 2004)。

大震发生前, 前兆异常在时、空上普遍存在非均匀分布特征, 在地震孕育进入短临阶段, 前兆群体变化一反长期相对稳定的趋势发展出现转折、突变、加速, 同时出现异常种类增加 (梅世蓉等, 1993)。一次破坏性地震发生前常伴随着较大区域多组构造、活动断层的应力水平增加, 与此相关的前兆现象更多的是群体现象, 因此以群体前兆异常作为地震前兆更为合理 (林辉等, 2004)。地震是一个小概率事件, 在以经验预报为主的初级阶段, 震例总结是获得前兆特征认识和积累地震预测经验的重要途径 (张立, 2013)。为此, 很多地震学者在地震前兆异常特征研究方面做了大量工作, 得到许多有意义的结果 (付虹等, 1997a, b, 2007, 2008; 赵慈平, 2002; 李琼等, 2014; 陈立德, 罗平, 1997; 钱晓东等, 2012)。2014年5月24日4时49分, 在盈江县境内

(25.0°N, 97.8°E) 发生  $M_s$  5.6地震, 5月30日9时20分, 在同一地点再次发生  $M_s$  6.1地震, 这是盈江县境内历史上发生的最大地震。本文选用距离盈江  $M_s$  6.1地震震中450 km范围内的前兆观测项目, 全面分析该地震震前异常, 归纳、总结前兆异常的时空演化特征, 为进一步认识强震的孕育、发生过程积累震例资料。

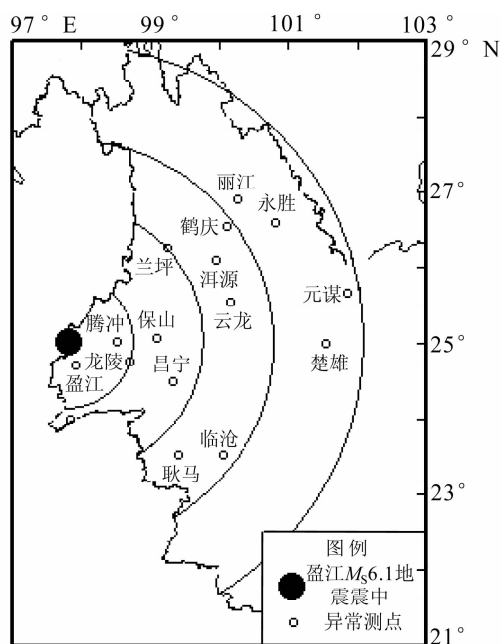


图1 盈江  $M_s$  6.1地震震中及前兆观测异常点分布图  
Fig. 1 Distribution of epicenter of Yingjiang  $M_s$  6.1 earthquake and observation points of seismic precursory anomalies

\* 收稿日期: 2015-07-03.

基金项目: 云南省人民政府十项措施监测预报项目 (JCYB-20080601-05) 和中国地震局监测预报司2015年地下流体指标建设项目联合资助。

1 前兆观测资料选取和异常分析

1.1 资料选取

按照索波列夫（1991）给出的应力应变影响最大范围公式  $R = 10^{0.433M}$  进行计算，得到盈江  $M_s6.1$  地震的最大应力应变影响范围可以达到距离震中 438 km 范围内。因此笔者选用距离震中 450 km 范围内所有数字化及模拟前兆观测资料，对其进行全面扫描、深入清理。研究表明，震前所有前兆观测手段均出现异常变化，共有 17 个测点 35 个测项。

图 1 为盈江  $M_s6.1$  地震震中及异常观测点分布图。

1.2 异常分析结果

对出现异常的观测项目，逐条标记异常起始时间和结束时间，测量震中至测点的距离，统计异常开始和异常结束至地震发生的间隔时间，并将统计结果列于表 1，图 2 为部分前兆异常曲线时间进程图。

震前共有 8 个观测点的 17 项水化学观测项目出现异常，12 个观测点的 14 项水物理观测项目出现异常，电场、定点形变异常较少，仅有 2 个观测点 4 项观测项目出现异常，形变异常仅有 1 项（表 1）。

表 1 地震前兆异常统计表

Tab. 1 Statistic of seismic precursory anomalies

观测手段	测项	异常起始时间/年-月-日	异常开始至发震间隔时间/d	震中距/km	异常情况
水化学观测	盈江气汞	2014-02-17	103	30	高值
	腾冲水氢	2013-03-25	425	70	低值
	腾冲台 PH 值	2013-03-25	425	70	低值
	腾冲台气汞	2014-03-20	70	70	高值
	龙陵水氢	2013-11-05	176	100	高值
	瑞丽气汞	2014-03-18	72	110	高值
	保山 F 离子	2014-04-16	44	135	高值
	保山市水氢	2013-12-25	155	135	低值
	保山气氢	2014-04-11	59	135	低值
	保山气汞	2014-05-26	4	135	高值
	昌宁水氢	2013-02-19	461	180	大幅
	洱源水汞	2013-07-24	306	245	高值
	洱源碳酸根离子	2014-02-27	93	245	高值
	洱源钙离子	2013-12-14	166	245	高值
	临沧气氢	2014-05-10	20	260	低值
	鹤庆 CO <sub>2</sub>	2012-05-14	736	290	高值
	鹤庆水氢	2013-07-24	306	290	低值
水物理观测	腾冲水温	2014-05-05	25	70	高值
	龙陵流量	2013-08-01	216	100	低值
	龙陵水温	2013-10-24	301	100	低值
	保山水温	2014-05-05	26	135	低值
	保山流量	2013-09-30	240	135	大幅波动
	兰坪水位	2014-04-08	52	220	高值
	耿马水温	2014-05-09	21	230	高值
	临沧水位	2014-05-10	20	260	低值
	临沧水温	2014-05-10	20	260	低值
	丽江水温	2014-01-16	134	315	高值
	南华水温	2013-06-01	357	345	高值
	永胜水位	2011-10-22	938	345	低值
	楚雄水位	2014-02-04	116	375	低值
	元谋水温	2014-05-13	17	410	高值
地电、形变观测	腾冲台地电场 NS	2014-05-08	22	70	高值
	腾冲台地电场 NE	2014-05-07	23	70	高值
	腾冲电阻率 EW 向	2014-03-30	60	70	低值
	云龙水管 EW 向	2014-01-01	150	185	西倾

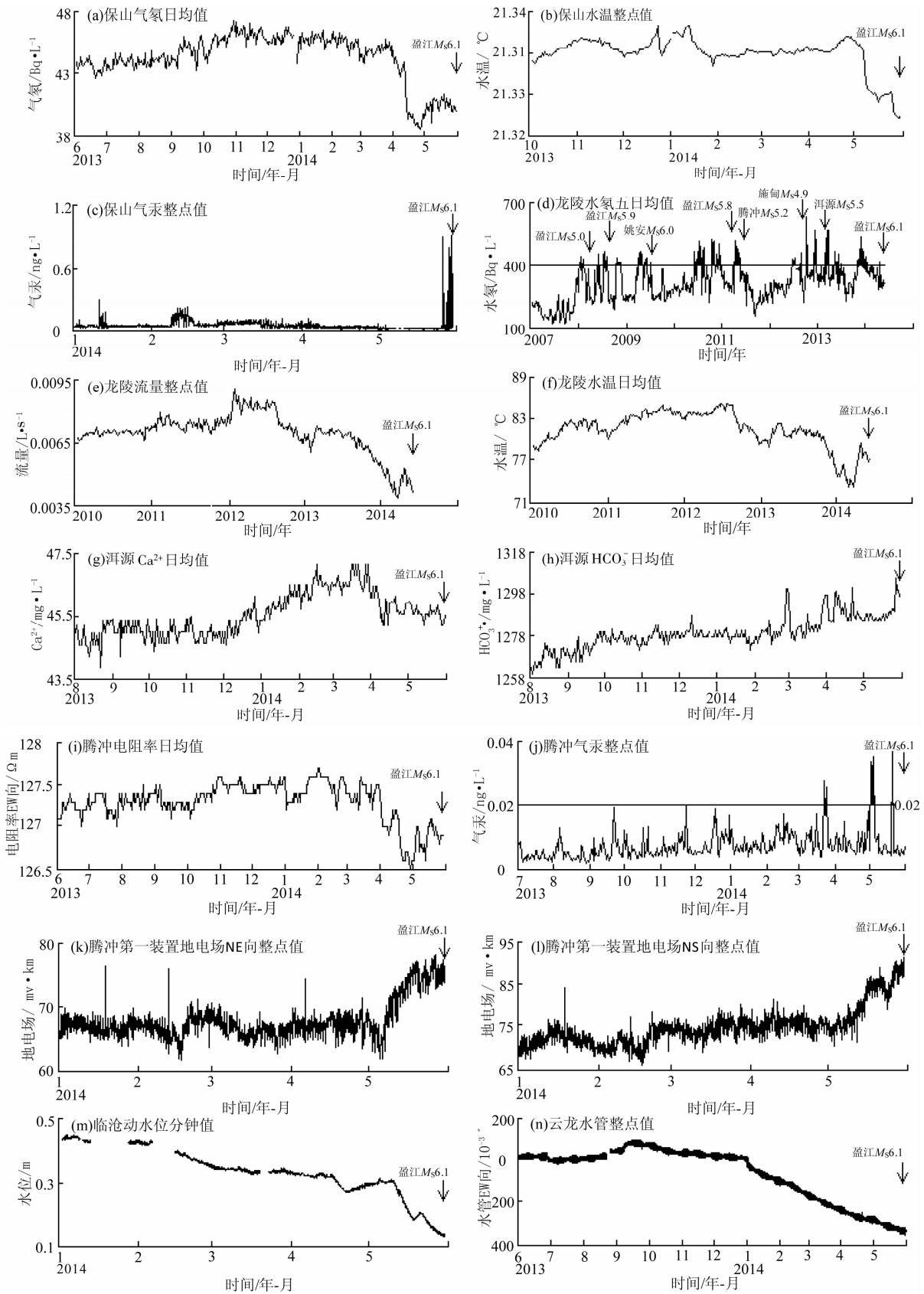


图2 部分前兆异常时间进程曲线图

Fig. 2 Time course curves of partial precursory anomalies

## 2 前兆异常特征分析

### 2.1 时间变化特征

前兆异常月频次统计图（图 3）显示，最先出现异常的是水物理测项，但是仅有 1 项，震前 12 个月异常项数逐步递增，地震当月异常密集出现，之后部分异常转折结束；水化学异常在震前 4 个月迅速增多，地震当月部分异常转折，异常项数突然减少；磁电、形变异常出现最晚，在震前 4 个月，地震当月数量最多，临震有部分异常转折结束。从总异常项数看，异常的出现在时间上具有明显的阶段性，前期呈稳定的缓增趋势，震前 3 个月，种类增多，项数以每月 4 项左右的速度快速增加，地震当月达到最大值，之后有部分异常转折结束，紧接着发生地震。

### 2.2 空间演化特征

从前兆异常时空演化进程图（图 4）看，地震

前距离震中 200 km 范围内有 7 个测点 20 项测项出现异常，距离震中 200 ~ 400 km 范围内有 10 个测点 15 项测项出现异常，表示震中附近单个测点的群体异常特点较显著。地震发生前 5 个月，异常项数急剧增多，且较均匀的分布在距离震中 0 ~ 400 km 空间范围内，表明出现大面积的前兆群体突变异常，可能是区域应力水平增强的结果，在这种应力状态下有利于强震的发生，这与鲁甸 6.5 级地震的前兆异常特点类似（付虹等，2014）。

### 2.3 不同测项映震特征

依据震例总结规范（张肇诚等，2013），距离震中 300 km 范围内共有 19 个前兆观测点，188 个测项，地震前有 29 个测项出现异常。距离震中 100 km 范围内异常项数占观测总数的 27%，100 ~ 200 km 为 15%，200 ~ 300 km 为 11%（表 2）。

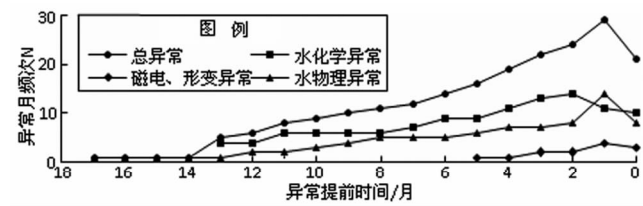


图 3 前兆异常月频次统计图

Fig. 3 Diagram of statistics of monthly frequency of precursory anomalies

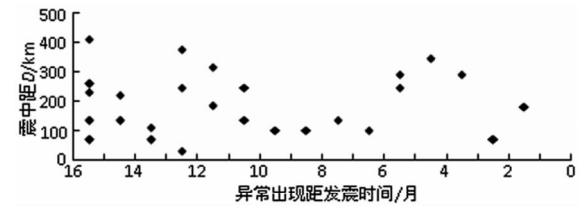


图 4 前兆异常时空演化进程图

Fig. 4 Diagram of temporal-spatial evolution process of precursory anomalies

表 2 不同震中距不同观测项目映震情况统计表

Tab. 1 Statistic of earthquake reflecting of different observational items in different distance

观测 手段	$0 < D \leq 300$ km 总项数(异常项数)	$0 < D \leq 100$ km 总项数(异常项数)	$100 \text{ km} < D \leq 200$ km 总项数(异常项数)	$200 < D \leq 300$ km 总项数(异常项数)
水温	13 (5)	3 (2)	3 (1)	7 (2)
水位	7 (1)	3 (0)	4 (0)	7 (2)
流量	5 (2)	1 (1)	3 (1)	1 (0)
气氢	8 (2)	3 (0)	2 (1)	3 (1)
水氢	13 (5)	4 (2)	3 (2)	3 (1)
气汞	11 (4)	2 (2)	2 (2)	3 (0)
水 Hg	4 (1)	1 (0)	1 (0)	2 (1)
离子	26 (5)	5 (1)	10 (1)	11 (3)
形变	67 (1)	8 (0)	24 (1)	35 (0)
磁电	34 (3)	10 (3)	6 (0)	18 (0)

### 3 结论和讨论

盈江地震前,水温、流量、水氦、气汞的映震效果好,越靠近震中,异常越显著。形变、磁电测项最多,震前异常并不显著,可能是由测点稀少,分布不均,观测质量不好造成的。腾冲、龙陵、保山观测点出现多手段、不同测项间的准同步、群体性综合异常变化。因此,加密测点、增加测项、提高观测质量,进行多测点、多测项的综合分析可以有效地提高地震监测预报能力(杨竹转等,2007;刘耀炜等,2004;车用太等,1996)。

盈江地震前的中、短期阶段(陈棋福等,2002),磁电、形变观测手段出现异常,流体异常项数呈稳步缓增趋势。短期阶段,所有观测手段均有不同程度的前兆异常出现,数量上快速增长,地震当月达到最大值,紧接着部分异常转折结束,异常数量锐减。前兆异常项数在时间进程上的阶段性演化特点,是判断发震时间的有效资料。

前兆观测异常的空间分布特征显示,距离震中 200 km 似乎是个分界点,距离震中 200 km 范围内的异常观测点比 200 km 范围外少,但是异常项数反而多,说明靠近震中区单个测点的群体异常特点相对明显。震前 5 个月,异常项数快速增多,且在空间上分布比较均匀,表明前兆观测异常是监视区域地壳应力增强作用下地壳介质产生应变和应力集中并达到一定量的结果和传递出的信息,异常项数和应力集中点数与区域应力强度成正相关(陈立德,付虹,2008)。

前兆异常数量一方面显著增加,另一方面又有部分异常结束出现转折是盈江地震进入临震阶段的显著特征,这一特征可以为地震进入短临阶段的判断提供依据。

#### 参考文献:

车用太,鱼金子,刘春国.1996.我国地震地下水温度动态观测与研究[J].水文地质工程地质,(4):34-37.

- 陈立德,付虹.2008.强震短临前兆异常共性特征的物理基础[J].地震研究,31(2):99-102.
- 陈立德,罗平.1997.1995年7月12日孟连中缅边界7.3级地震短临预报及前兆异常特征[J].地震研究,20(2):151-156.
- 付虹,钱晓东,苏有锦等.2013.2012年9月7日彝良5.7、5.6级地震预测及科学依据[J].地震研究,36(2):141-147.
- 付虹,陈立德,罗平等.1997a.1995年7月12日云南孟连中缅边界7.3级地震中短临预报及前兆异常特征(2)[J].地震研究,20(3):249-258.
- 付虹,陈立德,罗平等.1997b.1995年7月12日云南孟连中缅边界7.3级地震中短临预报及前兆异常特征(3)[J].地震研究,20(4):345-355.
- 付虹,李永莉,赵小艳等.2008.云南  $M \geq 5$  地震震前异常的统计特征[J].地震研究,31(4):335-339.
- 付虹,钱晓东,毛玉平等.2014.2014年云南鲁甸  $M_s$  地震异常及预测[J].地震研究,38(2):182-188.
- 付虹,王世芹,秦嘉政等.2007.2007年5~6月滇西南地区  $M \geq 5$  成组地震活动中、短临异常特征及预测[J].地震研究,30(4):34-310.
- 李琼,付虹,朱荣欢等.2014.滇东北  $M_s \geq 5.0$  地震前地下流体异常特征与鲁甸6.5级地震研究[J].地震研究,37(4):495-502.
- 林辉,张平,唐采等.2004.云南地区强震前兆短期综合异常特征研究[J].地震研究,24(4):113-118.
- 刘耀炜,曹玲玲,平建军.2004.地下流体短期前兆典型特征分析[J].中国地震,20(4):372-379.
- 梅世蓉,冯德益,张国民等.1993.中国地震预报概论[M].北京:地震出版社,27-38.
- 钱晓东,苏有锦,李琼.2012.年云南宁蒗—盐源5.7级地震及震前异常分析[J].地震研究,35(4):455-463.
- 苏有锦.2004.2003年7月21日、10月16日云南大姚6.2级和6.1级地震预测预报回顾与讨论[J].国际地震动态,(1):18-21.
- 索波列夫.1991.震源物理与地震预报[M].张肇诚,张炜,曹可珍,译.2005.北京:地震出版社,81.
- 杨竹转,邓志辉,陶京玲等.2007.北京塔院井数字化观测水温的同震效应研究[J].地震学报,29(2):204-213.
- 张立.2013.2011年缅甸7.2级地震前云南地下流体异常特征分析[J].地震,33(1):119-126.
- 张肇诚,陈棋福,郑大林.2013.震例总结研究探讨[M].北京:地震出版社,14,35.
- 赵慈平.2002.云南中强震的水氦前兆异常特征[J].地震研究,25(2):140-148.
- Cyranoski D. 2004a. Earthquake prediction: A seismic shift in thinking[J]. Nature, 431:1032-1034.
- Cyranoski D. 2004b. Tardy earthquake excites California geophysicists[J]. Nature, 431: 618.
- Wyss M. 1997. Cannot Earthquakes Be Predicted? [J]. Science, 278: 487.

## Analysis on Characteristics of Precursory Anomalies of Yingjiang $M_s6.0$ Earthquake in Yunnan

LI Qiong, FU hong, QIAN Xiaodong

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

### Abstract

Analyzing all the precursory observation data in the range from the epicenter of 450 km before Yingjiang  $M_s6.0$  earthquake on May. 30, 2014, we extracted the precursory anomaly information and summarized the characteristic of the anomalies, and found that the precursor anomalies had the characteristic of periodic variation. In the medium and short-term stages, the number of abnormal items began to increase about a year before the earthquake; in the short-term and impending stages, the growth rate of the number of abnormal item began to speed up about 1 ~ 2 months before the earthquake, at the same time, the partial precursor trend anomalies began to turn over. The spatial distribution of the precursory anomalies was relatively dispersed, however, the proportion of abnormal items in the range from the epicenter of  $\leq 200$  km was still higher than that in the range from the epicenter of  $> 200$  km. The effect of the corresponding earthquake of the water temperature, flow, water Radon and gas mercury was the best.

**Key words:** Yingjiang  $M_s6.0$  earthquake; precursory anomalies; temporal-spatial evolution characteristics