

2013年8月28、31日云南省香格里拉5.1、5.8级地震

云南省地震局

胡小静

摘 要

2013年8月28、31日,在云南省迪庆藏族自治州香格里拉县、德钦县与四川省甘孜藏族自治州得荣县交界相继发生了5.1、5.8级地震,微观震中分别为 28.25°N 、 99.38°E 和 28.27°N 、 99.40°E ,两次地震叠加的宏观震中位于德钦县奔子栏镇争古村一带(28.20°N , 99.36°E)。极震区烈度为Ⅷ度,呈NW向椭圆形,面积约为 118km^2 ,这次地震对云南、四川灾区共造成直接经济损失196670万元,3人死亡、10人重伤、53人轻伤。

香格里拉5.1、5.8级地震序列为前震—主震—余震型,最大余震为 $M_L4.8$,5.8级主震发生后至2014年2月底仍有3级余震活动,余震序列日频度衰减相比其他震例略微缓慢,但序列参数计算结果显示,序列衰减基本正常。两次地震后,余震优势分布大致呈北西向带状分布,与烈度分布的长轴、两次地震震源机制解中NW向的节面I走向以及德钦—中甸—大具断裂的走向基本一致。两次地震的震源断错类型为正断型,兼有一定走滑分量,与德钦—中甸—大具断裂的右旋走滑兼正断性质较为一致。综合分析结果认为,5.1、5.8级地震主破裂面均为节面I,发震构造应为近NW向的德钦—中甸—大具断裂。

地震震中附近200km范围内共有地震台站8个,其中测震观测台站6个,其他定点前兆观测台站6个。各类观测台站共有测震、地倾斜、体应变、断层应变、定点基线、定点水准、地磁Z、地磁D、地磁F、地电场、水位、水温和各类地球化学等17个观测项目,共计33个台项。这次地震前共出现11条异常,其中测震学异常4条,其他定点前兆出现了3个台站、5个测项共计7条异常,无宏观异常;异常台站和异常台项百分比分别为50%和26%。前兆异常特征主要表现为异常数量和异常项目较少,但这些异常对应滇西地区中强地震有较好的映震效果;震后大多数异常均恢复正常状态,定点前兆异常主要集中在丽江台、且表现为准同步变化。

两次地震前,云南省地震局提出了短临预测意见,并填报了预报卡,三要素基本正确,尤其对发震时间的把握较为准确。预报卡上报后,根据当时复杂的震情形

势,云南省地震局分别于7月13日和8月9日,向云南省人民政府上报了《震情反映》和“云南省地震局关于近期我省震情形势研判及对策措施的报告”,并提出了相应的工作对策和措施。地震发生后,地震系统成立了现场指挥部,下设6个工作组,组织100人(云南省60人、四川省40人)开展了震后应急、现场考察和震后趋势分析等相关工作。该震例总结,对两次地震的短临预测依据作了详细的阐述,并对预测过程中存在的不足之处作了具体分析。

前 言

据云南地震台网测定,2013年8月28日4时44分、8月31日8时04分,在云南省迪庆藏族自治州香格里拉县、德钦县与四川省甘孜藏族自治州得荣县交界先后发生M5.1、M5.8地震。微观震中分别为 28.25°N 、 99.38°E 和 28.27°N 、 99.40°E ,两次地震空间上相距约3km;宏观震中为 28.20°N 、 99.36°E ,位于德钦县奔子栏镇争古村一带,两次地震叠加造成宏观震中位于5.8级地震微观震中北东约 $5.1\text{km}^{[8]}$,极震区烈度达Ⅷ度。地震造成云南省香格里拉县、德钦县和四川省得荣县的部分乡镇不同程度的破坏,云南灾区3人死亡,7人重伤,42人轻伤,直接经济损失145500万元;四川灾区3人重伤,11人轻伤,直接经济损失51170万元。

地震发生后,地震系统成立了现场指挥部,下设灾害损失评估、监测预报、科普宣传等6个工作组,国家、省、州、县四级地震部门共计100人(云南省60人、四川省40人)开展了地震烈度调查、地震灾害损失调查评估、流动地震台架设与监测、震情分析、地震科学考察、应急通讯和科普宣传等工作。

两次地震发生在青藏高原东南缘、川滇菱形地块西边界的中段,震中位于断层错动性质右旋走滑的德钦—中甸—大具断裂附近地区。有地震记录以来,震区周边50km范围内共发生过5.0级以上地震2次,100km范围内共发生5.0级以上地震12次,属于滇西北少震区域。该区地震监测能力相对较低、前兆观测分布较稀疏,震中附近50km范围内无前兆观测台站。

两次地震均发生在云南省地震局所划定的滇西6.5级左右年度地震危险区边缘地带,云南省地震局于7月4日向中国地震局提出了短临预测意见,7月19日向省人民政府和中国地震局分别报送了《震情反映》文件,8月23日再次向中国地震局报送了云南省地震局地震预报评审委员会2013年第四次会议意见,指出“包括中甸在内的滇西北至滇西重点危险区为云南地区未来3个月内首要危险地区”^[8~11]。震后总结认为,两次地震发生前有所察觉,作出了较为准确的时间、地点短临预测,但震级预测与实际地震存在偏差。

本报告是在有关文献和资料的基础上^{[1~11];5~11)},经过重新整理和分析,最终确定两次地震前存在9个观测台项(含测震学)、11条异常,其中测震学异常4条,其他定点前兆异常7条。

一、测震台网及地震基本参数

图 1 给出了震区测震台网分布图，距离震中 200km 范围内共有 6 个测震台（不含流动台），均为数字测震台站，其中震中周围 100km 范围内有中甸（迪庆）、贡山、乡城 3 个测震台，101~200km 范围分别有泸沽湖、丽江、宁蒗 3 个测震台，属于滇西北区域地震监测能力相对较弱地区。5.1 级地震发生后，灾区附近新架设了奔子栏、德钦、得荣共 3 个数字化流动台，组成流动测震台网，使得灾区余震监测能力达 $M_L \geq 1.0$ 级。图 2 为震中附近地区的强震动观测台网分布图（包括四川省 2 个流动强震台）。表 1 列出了不同来源给出的这次地震基本参数，部分测定结果略有差别，本报告采用云南台网所提供的正式地震目录报告，即参考资料 1) 所给结果。

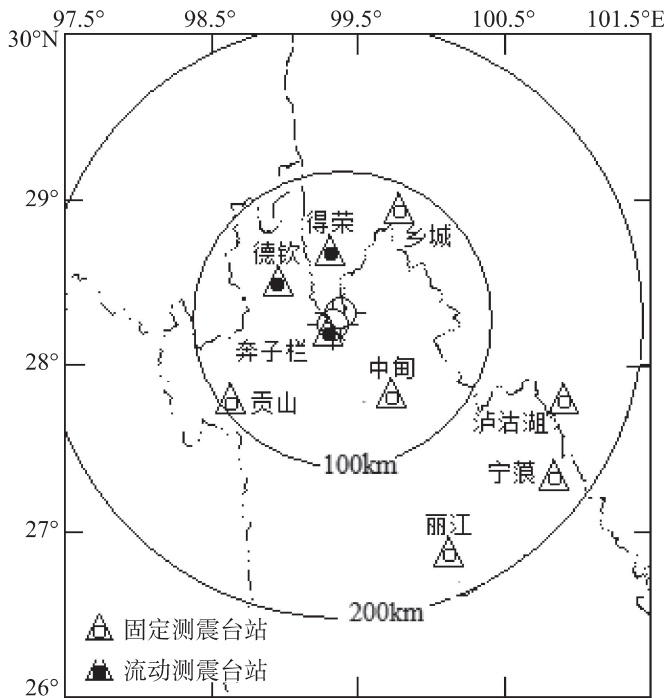


图 1 香格里拉 5.1、5.8 级地震震中附近测震台站分布图

Fig. 1 Distribution of earthquake-monitoring stations around the M_s 5.1, 5.8 Xianggelila earthquakes

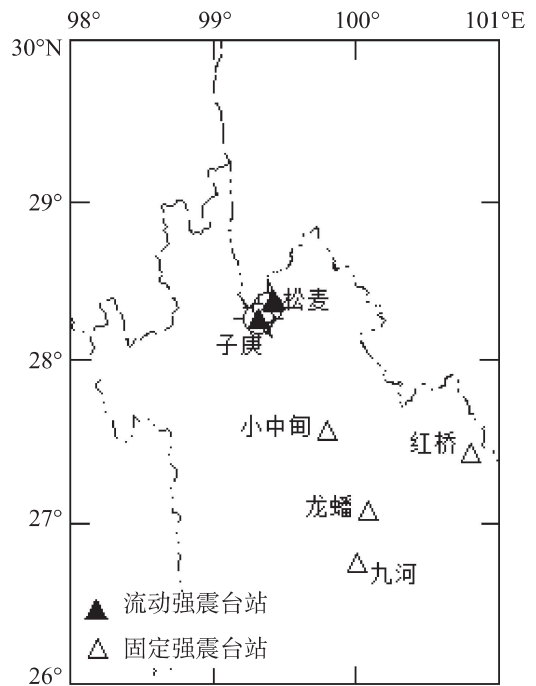


图 2 香格里拉 5.1、5.8 级地震震中附近强震动观测台分布图

Fig. 2 Distribution of strong-motion observation stations around the M_s 5.1, 5.8 Xianggelila earthquakes

表1 地震基本参数

Table 1 Basic parameters of the earthquake

编号	发震日期	发震时刻	震中位置 (°)		震级				震源深度 (km)	震中地名	结果 来源
	年.月.日	时:分:秒	φ_N	λ_E	$M(M_S)$	M_L	M_b	M_w			
1	2013.08.28	04:44:50	28.25	99.38	5.1				9	四川得荣	资料1)
	2013.08.28	04:44:52	28.20	99.33	5.2	4.7	4.6		9	四川得荣	资料2)
	2013.08.28	04:44:53	28.24	99.33				5.2	10	Benzilan	资料3)
	2013.08.28	04:44:55	28.14	99.50			5.0	5.2			资料4)
2	2013.08.31	08:04:14	28.27	99.40	5.8				10	香格里拉	资料1)
	2013.08.31	08:04:17	28.15	99.35	5.9	5.6	5.2		10	香格里拉	资料2)
	2013.08.31	08:04:17	28.24	99.35				5.6	8	Benzilan	资料3)
	2013.08.31	08:04:20	28.15	99.40	5.6			5.7	13		资料4)

二、地震地质背景

2013年8月28、31日香格里拉5.1、5.8级地震地处青藏高原东南缘、川滇菱形地块西边界的中段,位于喜马拉雅东构造节东部的川滇缅地带,该地带是印度—亚洲碰撞导致青藏高原物质向东南逃逸的场所,是大型走滑断裂之间的地质体,构成了青藏高原东南缘的巨型侧向挤出地体群;哀牢山—红河断裂穿过此区域,在地壳浅部分隔印支块体和华南块体,也控制着断裂两侧区域深部构造变形和壳内韧性流动的分界;一些规模不等、力学性质不同的活动断裂带将该区域分割成不同的活动块体,控制着地震的不均匀空间分布;漫长的地质演变和频繁的构造运动,造成该地区地壳结构复杂,构造变形强烈,新构造时期受到两大板块碰撞的强烈影响,使得地壳至今仍保持有较高的活动性^[8,10]。

5.1、5.8级地震震中位于川滇菱形块体西北边界附近,地质构造复杂,主要分布了NW向的德钦—中甸—大具断裂和近SN向的金沙江断裂,一起构成了川滇菱形块体的西北边界。野外地质、地貌调查以及取样鉴定结果表明:德钦—中甸—大具断裂,走向 $310^\circ \sim 330^\circ$,主体倾向NE,倾角 $40^\circ \sim 70^\circ$,多数在 60° 以上,大多表现为右旋走滑运动性质,同时具有正断特征,NW起于德钦以西约10km处,向南东方向延伸后止于大东一带,长约220km。依据阶地形成年龄和位错量估算,全新世以来整条断裂水平右旋滑动速率为 $1.7 \sim 2.0\text{mm/a}$ 垂直滑动速率为 $0.6 \sim 0.7\text{mm/a}$ 。金沙江断裂带整体走向为近南北,倾向东,倾角为 $50^\circ \sim 70^\circ$,活动断裂长度350km左右,宽约50km,具有长期的地质演化历史。新生代以来金沙江断裂带活动主要表现为近EW向的强烈挤压,近EW向的缩短吸收了藏东块体向川滇块体运动的一部分能量。晚第四纪以来,即晚更新世乃至全新世表现出明显的活动迹象,运动性质以右旋走滑为主,兼有倾向逆冲滑动分量,其全新世右旋水平滑动速率为 $3.5 \sim 4.3\text{mm/a}$,垂直滑动速率为 $0.9 \sim 1.1\text{mm/a}$ ^[7]。

中甸地区自有地震记载以来共发生 9 次 $M \geq 5.0$ 级地震，其中 6.0 级以上地震 3 次（图 3），均分布在两次地震的东南方向，位于德钦—中甸—大具断裂附近。最近一次 1993 年 5.8 级地震的宏观震中在中甸县城西北，等震线长轴方向呈 $N30^\circ W$ 方向的椭圆形分布，震中烈度 VI 度强，区内历史最大地震是中甸告湾 6.4 级地震，其宏观震中位于哈巴雪山北麓告湾一带，震中烈度达 IX 度，等震线长轴呈 NW 向，均与德钦—中甸—大具断裂走向基本一致^[12]，历史震例显示周边地震活动主要都与德钦—中甸—大具断裂的活动密切相关^[13]，两次地震活动属于该断裂上一次新的中强地震活动。

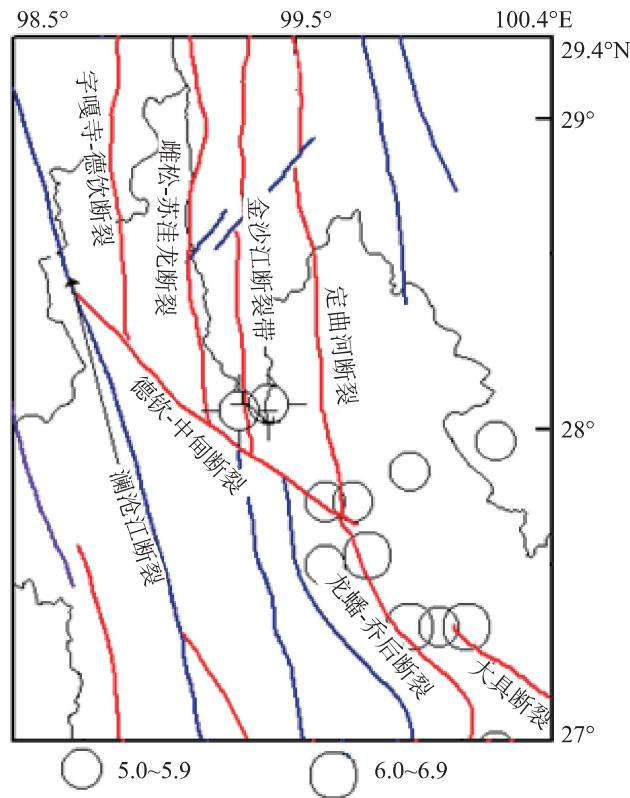


图 3 震中附近地区主要断裂及历史地震震中分布图

Fig. 3 Major faults and distribution of historical earthquakes around earthquake area

综合两次震害调查的等震线长轴分布、震源机制解以及余震空间分布特征，初步推断两次地震的发震断层为德钦—中甸断层，表现为以正断为主兼有左旋走滑错动的地震事件。

三、地震影响场和震害^{5,6)}

现场灾评组调查了 275 个调查点（其中云南灾区 200 个，四川灾区 75 个），重点是震中附近村镇居民房屋、公路、山体等实体的破坏程度，并与四川省地震灾害现场工作队交换了调查资料，联合圈定了地震烈度分布图（图 4）。两次地震叠加的宏观震中位于香格里拉县尼西乡幸福村至德钦县奔子栏镇争古村一带（ $28.20^\circ N, 99.36^\circ E$ ），极震区烈度为 VIII 度，等震线形状呈椭圆形分布，长轴走向北西向。灾区总面积 7241 km^2 ，其中，云南灾区和四川灾

区的总面积分别为 6071、1170km²。Ⅷ度区总面积为 118km²，Ⅶ度区总面积 1020km²，Ⅵ度区总面积 6103km²。

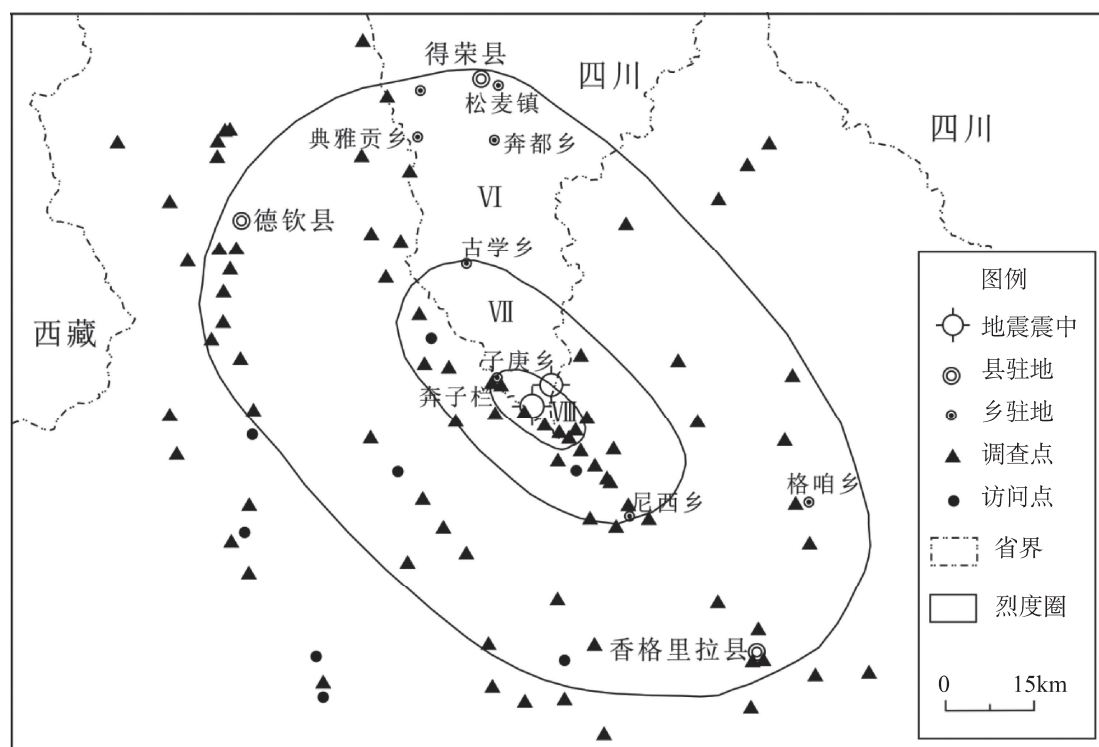


图4 香格里拉5.1、5.8级地震烈度等震线图

Fig. 4 Isoseismal map of the M_s 5.1, 5.8 Xianggelila earthquakes

Ⅷ度区：东南起香格里拉县尼西乡幸福村委会三家村一带，西北至德钦县奔子栏镇政府驻地，西南自奔子栏镇迷贡村，东北到四川得荣县阿称村子实组，长轴约 17km，短轴约 9km，面积约 118km²（其中云南灾区面积约 68km²，四川灾区面积 50km²）。该区的震害特征：房屋破坏严重，其中土木、砖木及石木结构房屋，部分墙体倾斜、变形，墙体开裂现象较普遍；砖混结构房屋少数构造柱断裂、墙体位错，部分房屋墙体 X 形裂缝贯通，多数墙体开裂明显；框架结构房屋个别梁柱出现裂缝，少数填充墙局部倒塌，梁柱结合部出现纵向、横向裂缝或 X 形裂缝。

Ⅶ度区：东南起香格里拉县尼西乡乡政府驻地，西北至德钦县奔子栏镇关用村，西南自奔子栏镇达扑公村至尼丁村一带，东北到四川得荣县古学乡乡政府所在地，长轴约 53km，短轴约 25km，面积约 1020km²（其中云南灾区面积约 770km²，四川灾区面积 250km²）。该区的震害特征：土木、砖木及石木结构房屋个别墙体局部倒，多数墙体开裂；砖混结构房屋个别墙体贯穿裂缝，部分墙体开裂明显；框架结构少数房屋梁柱结合部出现纵向、横向裂缝。

Ⅵ度区：东南起香格里拉县城以南，西北至德钦县飞来寺，西南自德钦县霞若乡归龙村至通谷村一带，东北到四川省得荣县政府所在地，长轴约 118km，短轴约 72km，面积约 6103km²（其中云南灾区面积约 5258km²，四川灾区面积 845km²）。该区的震害特征：土木、

砖木及石木结构房屋部分房屋墙体开裂；砖混结构房屋个别墙体出明显裂缝，部分墙体出现细裂；框架结构房屋少数填充墙体开裂。

震区地处青藏高原东南缘横断山脉三江纵谷区东部，山势陡峭险峻、海拔高差悬殊，震后滑坡、崩塌、滚石等广泛分布，导致极震区附近生命线系统各工程结构遭受到了较严重的破坏，相比以往同级地震，两次震灾的破坏形式多样，破坏程度更为严重。部分地区出现供电中断，道路中断，通讯短时间中断，供水不足等现象^[8,9]。

根据云南省地震局野外考察结果，两次地震叠加的有感范围主要涉及云南省香格里拉县、德钦县以及四川省得荣县，共造成 20 余个乡镇遭受不同程度破坏和损失，死亡 3 人（云南灾区 3 人，四川灾区 0 人），重伤 10 人（云南灾区 7 人，四川灾区 3 人），轻伤 53（云南灾区 42 人，四川灾区 11）人，约 22467 人失去住所（云南灾区 19988 人，四川灾区 2479 人），造成直接经济损失 1966700 万元（云南灾区 145500 万元，四川灾区 51170 万元）。

云南省数字强震台网中有 4 个强震动台站和四川省在 5.1 级地震后架设的 2 个流动观测台获取了两次地震加速度记录，记录器均为美国 kinematics 公司生产的 ETNA 型数字记录器，其中九河乡观测场地台址为基岩，其余为土层^[2]。距离 8 月 28 日 5.1 级地震震中 84.7km 的小中甸台记录到的最大峰值加速度为 4.2Gal；距 8 月 31 日 5.8 级地震震中 8.1km 的四川省强震台网的得荣子庚台记录到最大峰值加速度为 418.8Gal，具体参数结果见表 2，反应谱值见图 5。

表 2 强震动台记录结果

Table 2 Recordings of strong motion observation stations

震例	台站名称	震中距 (km)	峰值加速度/ (cm/s ²)			峰值速度/ (cm/s)			持时 (s)	仪器烈度
			东西	南北	垂直	东西	南北	垂直		
$M_s5.1$	小中甸	84.7	4.2	3.8	2.3	0.27	0.21	0.15	42.000	1.4
$M_s5.8$	得荣子庚	8.1	418.8	351.5	231.9					
	得荣松麦	24.3	26.7	17.7	17.2					
	小中甸	82.2	20.80	18.00	8.90	0.84	0.84	0.57	86.000	2.7
	龙蟠乡	139.3	4.50	3.60	1.70	0.24	0.19	0.13	48.000	1.4
	红桥乡	161.6	1.80	2.10	0.60	0.18	0.20	0.09	41.000	1.1
	九河乡	169.8	2.70	2.70	0.90	0.20	0.18	0.09	47.000	1.3

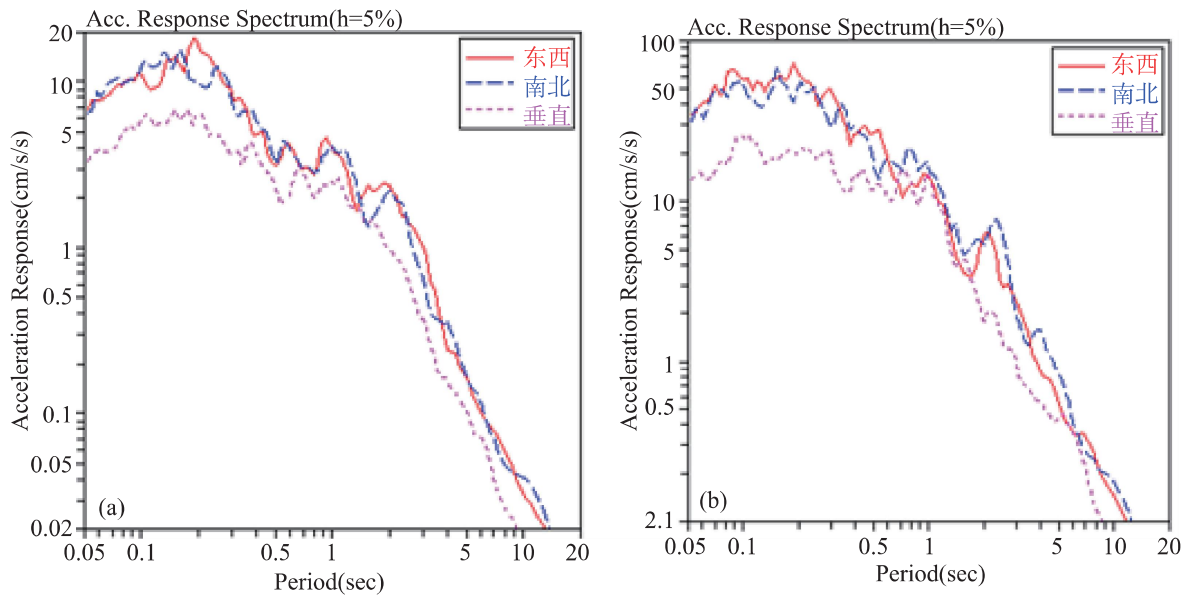


图5 香格里拉5.1级 (a)、5.8级 (b) 地震反应谱 (小中甸台)

Fig. 5 Acceleration response spectra of the M_s 5.1 (a)、 M_s 5.8 (b) Xianggelila earthquakes (Zhongdian station)

四、地震序列

据云南地震台网测定, 2013年8月28日至2014年2月28日震区共记录 $M_L \geq 1.0$ 级地震 3698 次, 其中 5.0~5.9 级 2 次; 4.0~4.9 级 14 次; 3.0~3.9 级 141 次; 2.0~2.9 级 678 次; 1.0~1.9 级 2863 次。地震序列最大余震为 M_L 4.8, 发生在 5.8 级地震后 22 分钟 (表 3), 序列最小完整性震级为 1.2 级。

表 3 香格里拉 5.1、5.8 级地震序列目录 ($M_L \geq 4.0$ 级)Table 3 Catalogue of the M_S 5.1, 5.8 Xianggelila earthquakes sequence ($M_L \geq 4.0$)

编号	发震日期	发震时刻	震中位置 ($^{\circ}$)		震级		震源深度 (km)	震中地名	结果来源
	年.月.日	时:分:秒	φ_N	λ_E	M_S	M_L			
1	2013.08.28	04:44:48	28.25	99.38	5.1		9	云南 香格里拉	云南省地震 台网中心
2	2013.08.28	07:53:02	28.22	99.35		4.2	16		
3	2013.08.31	08:04:14	28.27	99.40	5.8		10		
4	2013.08.31	08:07:37	28.17	99.40		4.2	20		
5	2013.08.31	08:13:27	28.23	99.45		4.2	9		
6	2013.08.31	08:26:58	28.20	99.47		4.8	10		
7	2013.08.31	09:18:43	28.25	99.43		4.6	5		
8	2013.08.31	19:17:16	28.25	99.42		4.2	10		
9	2013.08.31	19:18:32	28.27	99.40		4.0	10		
10	2013.08.31	22:51:46	28.18	99.48		4.0	10		
11	2013.09.01	07:17:46	28.20	99.48		4.5	10		
12	2013.09.02	22:52:31	28.23	99.45		4.5	10		
13	2013.09.03	22:32:34	28.23	99.47		4.5	10		
14	2013.09.06	23:04:08	28.23	99.47		4.3	10		
15	2013.09.08	13:54:02	28.25	99.47		4.0	9		
16	2013.11.29	20:13:50	28.18	99.45		4.6	10		

根据云南地震台网资料对香格里拉地震序列作以下分析:

1. 5.1 级前震序列分析

1) b 值、 h 值

由图 6、图 7 可见, 5.1 级地震序列的震级频度分布均较好地遵从 G-R 关系, 其序列 b 值为 0.84、 h 值为 1.25。云南大量 5 级以上地震序列的研究结果显示, 震后序列 $b > 0.5$ 、 $h > 1$, 表明序列衰减正常。另外, 5.1 级地震与 5.8 级地震相距时间较短, 也会在一定程度上影响了 5.1 级地震序列的 b 值、 h 值的计算结果。

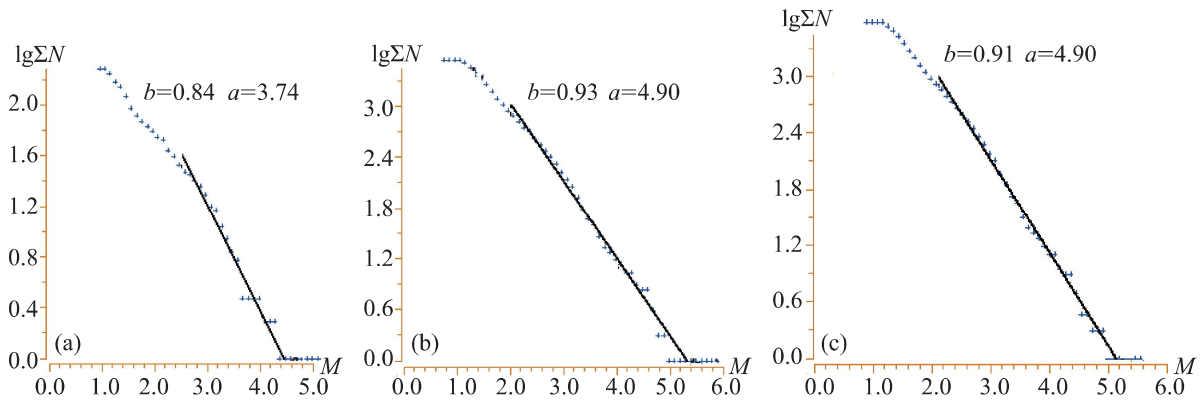


图6 香格里拉5.1级 (a)、5.8级 (b)、整个地震 (c) 地震序列 b 值图

Fig. 6 b -value diagram of the $M_s5.1$ (a), $M_s5.8$ (b), the whole M_s5 and $M_s5.8$ Xianggelila earthquakes sequence

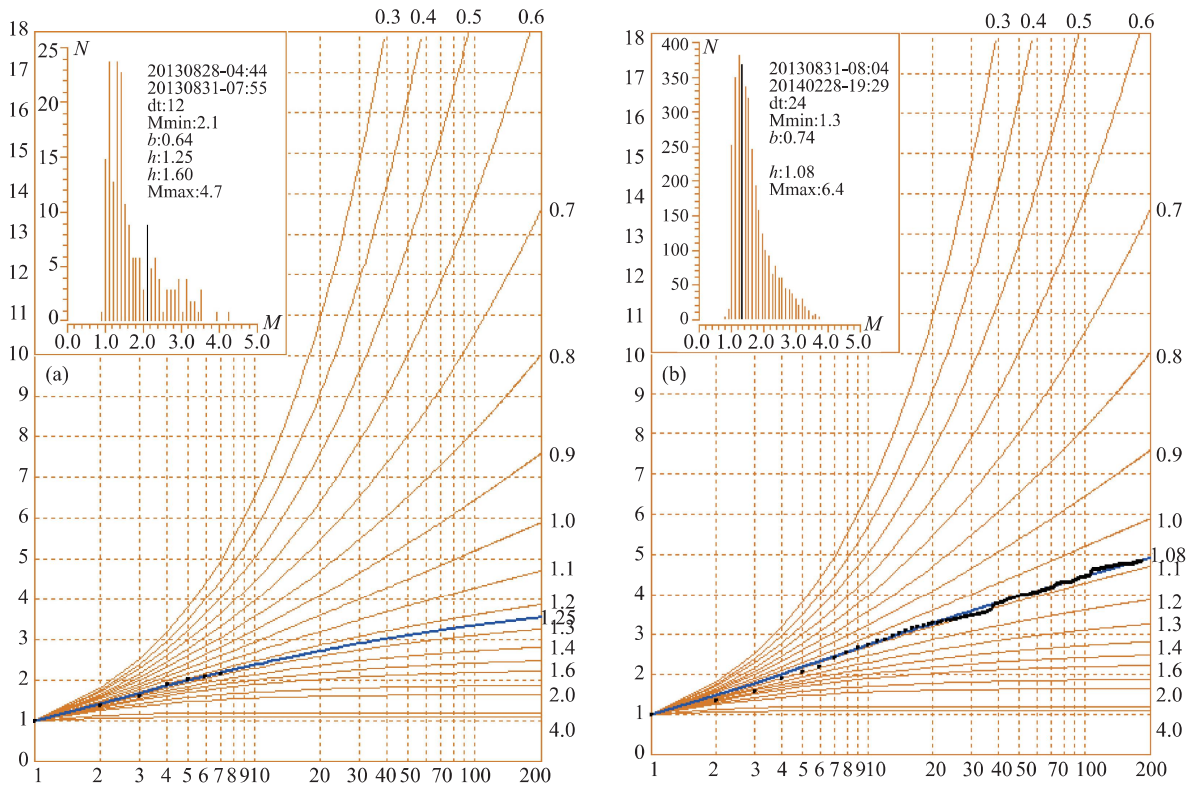


图7 香格里拉5.1级 (a)、5.8级 (b) 地震序列 h 值图

Fig. 7 h -value diagram of the $M_s5.1$ (a), $M_s5.8$ (b) Xianggelila earthquakes sequence

2) 应力降结果分析

叶建庆等的研究结果显示^[11], 5.1级地震的应力降值为0.94MPa(图8), 从理论估计仅相当于一个4.2级地震所释放的应力降, 其后理论计算的所有余震[W1]的累积应力降为2.82MPa, 整个序列的累积应力降为3.76MPa。从整个5.1级序列来看, 5.1级地震及其余震应力释放严重不足, 但8月31日原震区再次发生的5.8级地震应力降为6.08MPa, 对比理论分析结果, 认为该地震的应力降值仍偏小。分析认为, 可能与滇西北及川滇交界地区构造应力背景值较小有关, 因此, 在该区应力背景值不明确的情况下, 难以用作识别前震的指标。

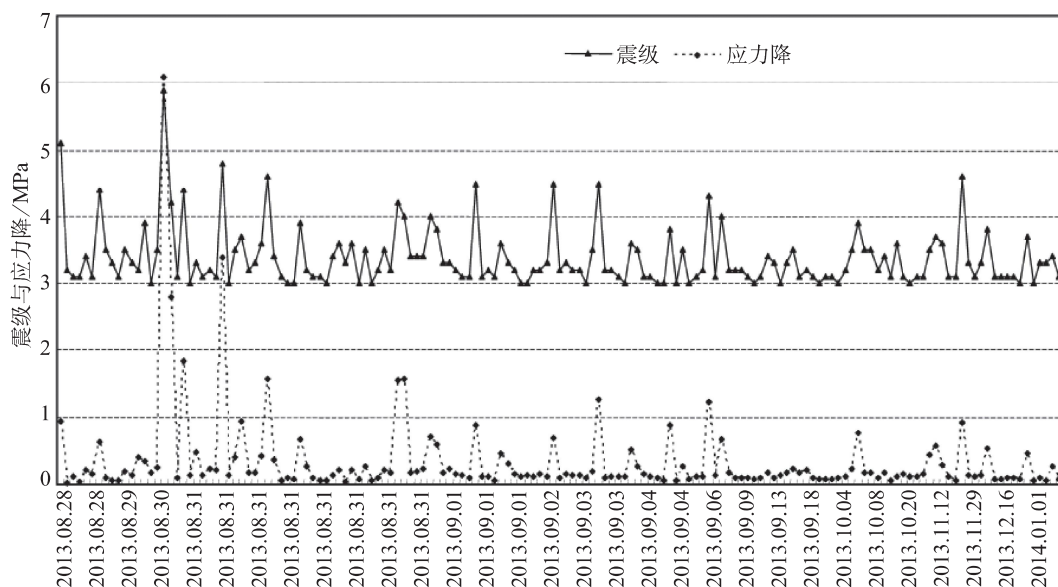


图8 香格里拉5.1、5.8级地震震级与应力降时序图

Fig. 8 Time sequence chart of magnitude and stress drop of the M_s 5.1, 5.8 Xianggelila earthquakes

上述序列参数分析显示, 2015年8月28日5.1级地震的前震特征不明显。该地区自有记录以来震中周边50km范围内的2次中强地震均为主余型, 震中周边100km范围内的11次震例中, 主余型占73%, 根据5.1级序列参数及历史震例统计情况, 判断其后还有5.8级地震是有困难的。

2. 5.8级地震序列分析

1) 4.0级余震较多、序列活动持续时间较长

M-T图显示(图9a), 5.8级地震后共发生 M_L 4.0以上余震13次, 相比其他5级地震序列明显偏多, 最后一次 M_L 4.6强余震发生在5.8级震后3个月; 序列余震活动持续时间较长, 至2014年2月仍有3级余震活动。

序列日频度图显示(图9b), 5.8级地震后序列日频度衰减较为缓慢, 大部分余震发生在5.8级震后约20天内, 在震后1.2和3.5个月后, 序列分别出现了明显的起伏增强活动。

由应变释放曲线(图10)可看出, 8月28日5.1级地震释放的能量占最大地震的8.9%, 8月31日5.8级地震释放能量占整个序列的79.8%, 主震应变释放相比其他震例略低, 这可能也是震后 M_L 4.0以上余震较多、序列活动持续时间较长的原因。

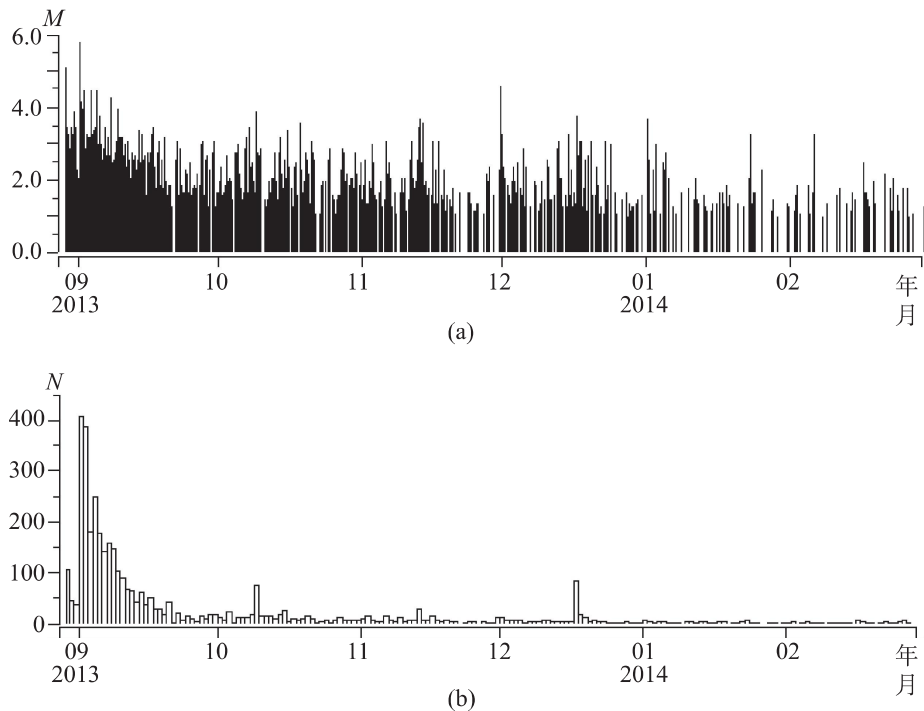


图9 香格里拉5.1、5.8级地震序列M-T图(a)、日频度曲线(b)

Fig. 9 M-T diagram (a) and Daily frequency (b) of the $M_s5.1, 5.8$

Xianggelila earthquakes sequence

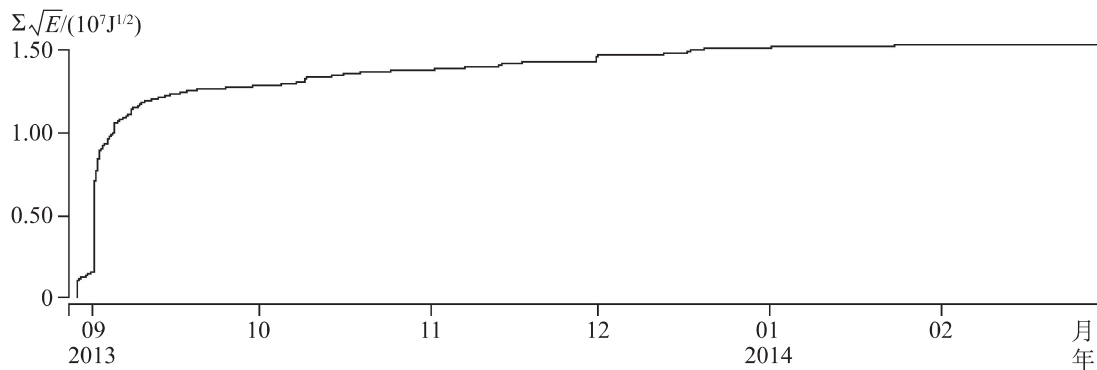


图10 香格里拉5.1、5.8级地震序列蠕变曲线图

Fig. 10 Strain release of the $M_s5.1, 5.8$ Xianggelila earthquakes sequence

2) b 值、 h 值、应力降分析

由图6可见, 5.8级地震序列的震级频度分布遵从G-R关系, 其序列 b 值为0.93, h 值为1.08, 震后余震序列比较丰富, b 值、 h 值结果与周边地区的背景值较为一致, 显示序列衰减正常; 应力降参数为6.08MPa, 相对偏小。

3. 5.1、5.8级整个地震序列参数分析

由图6c可见, 整个序列的 b 值为0.91, 介于5.1、5.8两个地震序列的 b 值之间, 较5.1级前震序列高, 比5.8级地震序列略低, 均保持在正常值范围内; 整个序列的应变释放累积量达88.7% (图10), 累积应力降达9.84MPa (图8)。

4. 余震空间分布^[6]

香格里拉 5.1、5.8 级地震序列精定位分布见图 11a、b (其中 4.0 级以上地震采用 LOC3D (川滇走时表定位软件) 方法, 更小地震采用双差定位法), 重新定位后的地震密集分布于 NW 向德钦—中甸—大具断裂带 (F5) 中段 (F5-2) 的北东侧, 整个序列的余震区长度约 17km, 横向宽度约为 7km, 平面上呈 NW 走向的近椭圆形态, 优势分布方向为 NW—SE 向, 与等震线长轴方向基本吻合, 多数余震位于震源区的中部附近, 其中余震区 SE 段的地震比 NW 段的更密集, 破裂区向南东终止于一条不知名的 NE 向次级断裂 F8 附近; 震源深度剖面图显示 90% 的余震分布在 7~15km, 浅部地震较少, 同时也极少有深度 17km 的地震。

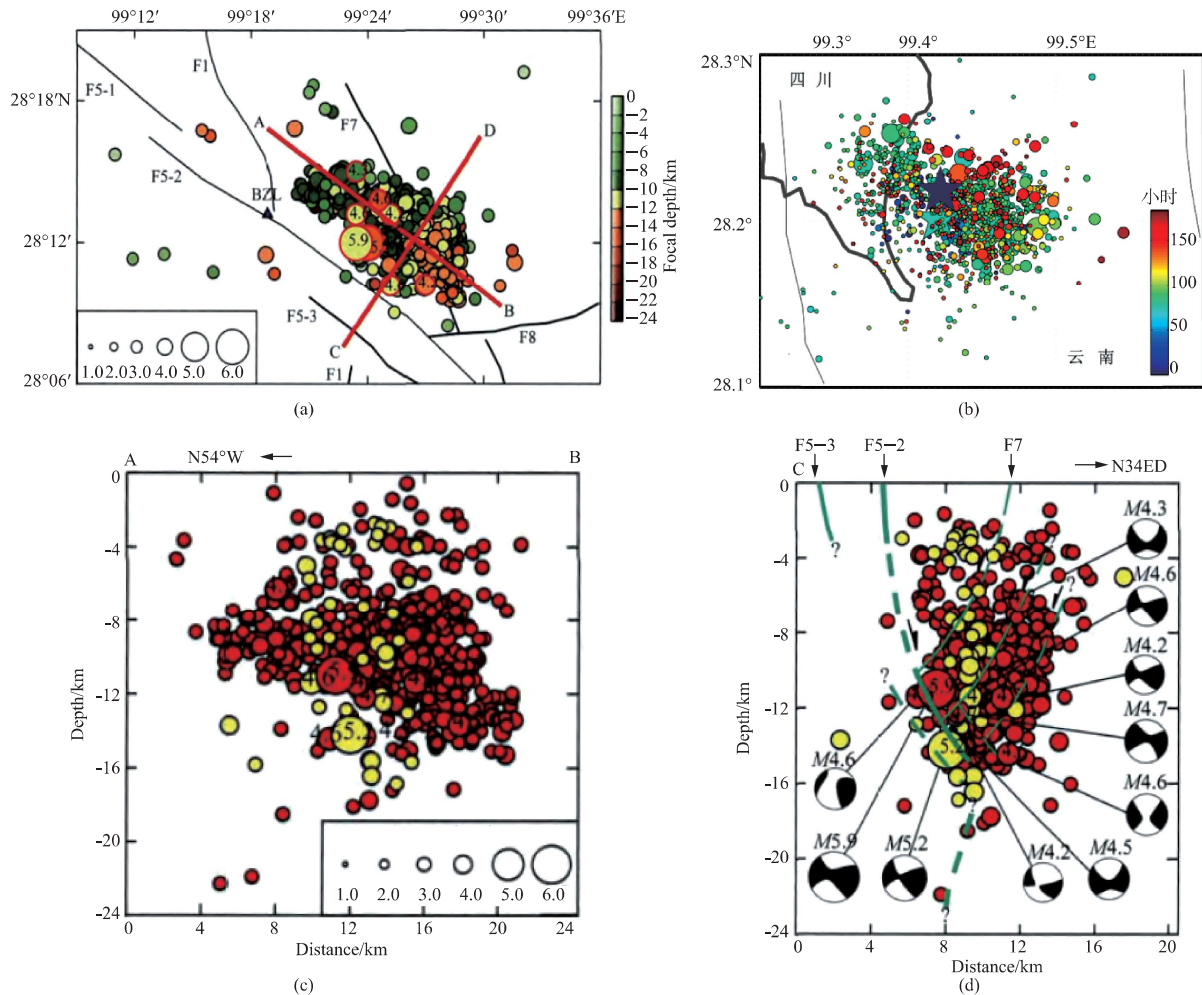


图 11 香格里拉 5.1、5.8 级地震序列分布图 (a、b)、震源深度剖面图 (c) 和震源机制解剖面图 (d)

Fig. 11 Distribution (a, b), depth distribution profiles and cross-sections (c, d) of focal mechanisms of the M_s 5.1、5.8 Xianggelila earthquake sequence

F1: 金沙江断裂; F5-1: 德钦—中甸—大具断裂西北段; F5-2: 德钦—中甸—大具断裂中段; F5-3: 德钦—中甸—大具断裂东南段

分别从两次5级地震的序列来看,8月28日的5.1级地震及其子序列的数量较少,分布较为离散,大多位于整个序列更靠近SW一侧(图11b中深蓝色震源),破裂长度约6km,震源深度分布在3~17km(图11c、d中的黄色震源);而8月31日 M_s 5.8地震之后,余震数量显著上升,分布逐渐向NE方向扩展,形成较为明显的椭圆形优势分布,随着时间的推移,有向外扩散的趋势(图11b中50h以后震源),破裂长度为17km左右,震源深度相对集中,主要分布在7~15km(图11c、d中的红色震源)。正式报告目录显示两次5级地震的微观震中基本重合,5.8级震中较5.1级震中位置略微偏东北。

从图11d所示的C—D剖面的震源深度空间分布特征与图11a中震中与断裂的平面关系来看,整个序列的震源分布呈现出受到一个横向宽度为5~10km的负花状构造的控制;序列中两次5级以上地震的震源断错类型为正断型,兼有一定走滑分量,所有4.0级以上地震的震源机制解亦显示以正断层作用为主,与德钦—中甸—大具断裂的右旋走滑兼正断性质基本一致,精定位结果显示两次5.0级以上地震事件的震源均位于该断裂上,序列的优势分布方向与现场考察后给出的地震等烈度线长轴方向基本吻合。

综合上述,该地震类型为前震—主震—余震型,但依据5.1级地震序列的参数及历史地震类型统计结果,在5.8级主震发生前难以判定出5.1级地震具有前震的特征。5.1级地震发生后,余震活动水平和频次较低,5.8级主震之后,余震数量和活动水平明显增多,序列活动持续时间较长;整个序列在平面上呈NW走向的近椭圆形态,余震区长约17km,宽约为7km,90%的余震分布在7~15km的深度,两次5级以上地震事件的震源均位于德钦—中甸—大具断裂上,大部分4.0级以上地震震源位于余震区偏SW侧,更靠近德钦—中甸—大具断裂中段主断裂。

五、震源参数和地震破裂面

利用云南区域数字测震台网记录的波形数据,采用CAP方法计算香格里拉5.1、5.8级地震的震源机制解,同时,给出了USGS和Harvard University的矩张量解参数(表4,图12)。

从表4可见,不同机构所给出的结果比较相似,香格里拉5.1、5.8两次地震的错动性质均主要表现为以正断层作用为主,兼有一定走滑分量。震源机制解中节面I走向与重新定位的序列震中分布的长轴走向一致,与等震线的长轴方向也一致;根据精定位结果,震源机制解和余震的剖面投影(图11c)显示其中节面I的倾向和倾角与德钦—中甸—大具断裂中段趋于一致,因此,判定5.1和5.8级地震震源机制解的节面I均为地震破裂面,德钦—中甸—大具断裂为发震断层。5.1及5.8级地震是北西向的断层在北东东向的主压应力作用下,产生正断型错动的结果^[5~7]。

表 4 香格里拉 5.1、5.8 级地震的震源机制解

Table 4 Focal mechanism solutions of the M_s 5.1, 5.8 Xianggelila earthquakes

震例	编号	节面 I (°)			节面 II (°)			P 轴 (°)		T 轴 (°)		N(B) 轴 (°)		结果来源
		走向	倾角	滑动角	走向	倾角	滑动角	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角	
2013.08.28 M_s 5.1	1	285	53	-74	80	40	-110	246	76	4	7	195	37	云南局
	2	294	51	-55	66	50	-125	269	64	0	0	90	26	USGS
	3	294	51	-55	66	50	-125							Harvard
2013.08.31 M_s 5.8	1	293	56	-76	89	36	-110	243	75	13	10	203	34	云南局
	2	287	49	-85	100	41	-96	238	85	14	4	104	4	USGS
	3	284	48	-85	97	42	-95							Harvard

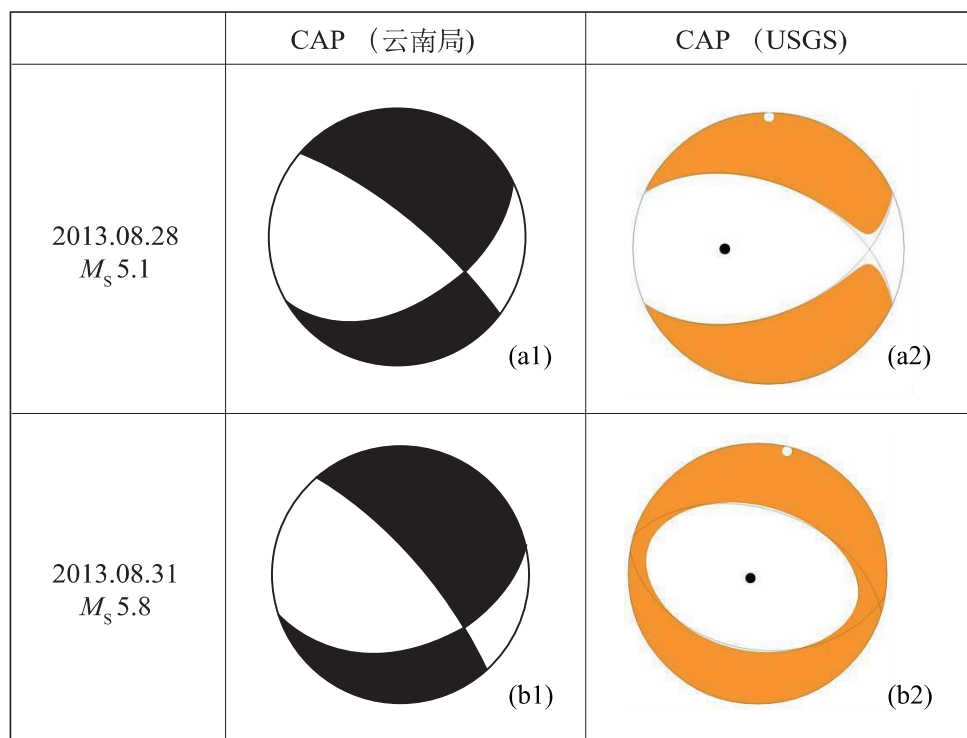


图 12 香格里拉 5.1 (a)、5.8 (b) 级地震震源机制解

Fig. 12 Focal mechanism solutions of the M_s 5.1, 5.8 Xianggelila earthquakes

六、地震前兆观测台网及前兆异常

图 13a、b 分别为震中及其附近地区的固定前兆观测台站（项目）和异常台站分布图。地震发生在川滇菱形地块西边界的中段，位于测震台网和的前兆观测台网西北部，观测台站整体密度相对较为稀疏。

在距震中 200km 范围内共有前兆观测台站 6 个，包括地倾斜、体应变、断层应变、定点基线、定点水准、地磁 Z 、地磁 D 、地磁 H 、地电场、水位、水温和各类地球化学等 16 个观测项目。在 0~100、101~200km 范围分别有前兆观测台 2 和 4 个，测震学以外的观测项目 3 和 16 个。

此次震例总结认定，此次地震前共存在 9 个观测项目、11 条前兆异常，其中测震学异常 4 条，包括 4 级地震平静、 b 值、 C 值和地震窗等；其他前兆定点观测项目异常 7 条，包括地倾斜、断层应变、体应变、水位和水温等；未发现显著的宏观异常。前兆异常情况见表 5 和图 14 至图 24，结合震后所有异常台项的震后变化过程和震例报告完成时间，各种前兆观测资料终止时间均取为 2013 年底。

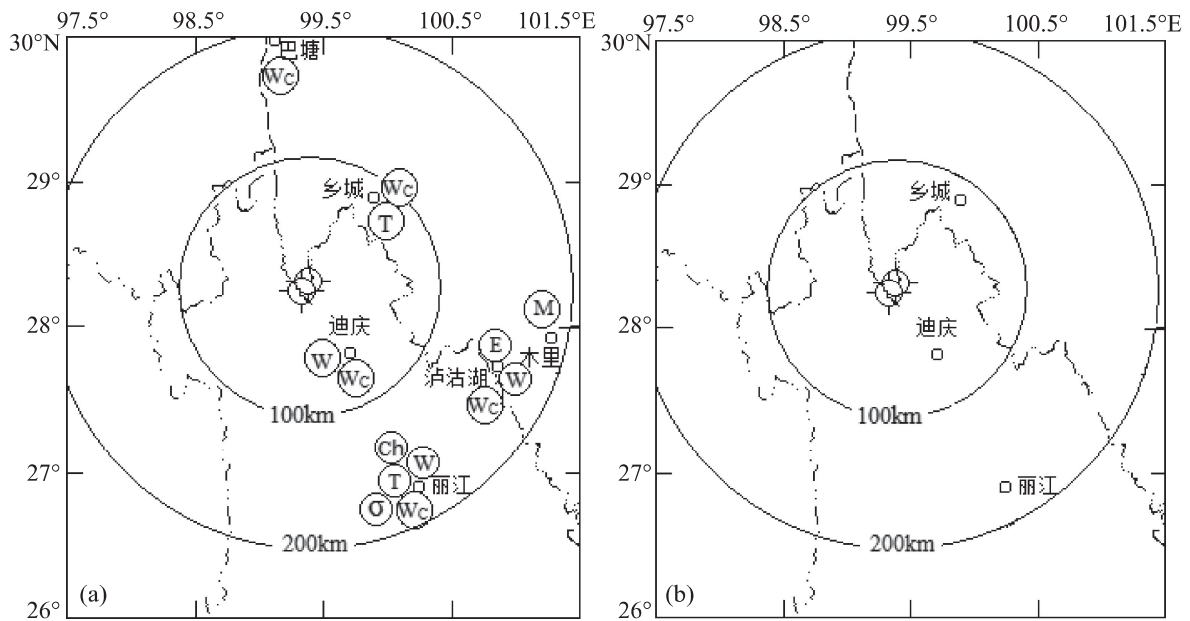


图 13 香格里拉 5.1、5.8 级地震震中附近前兆台站及观测项目 (a)、异常台站 (b) 分布图

Fig. 13 Distribution of precursory observation stations and items (a)、Abnormal stations (b) around the M_s 5.1, 5.8 Xianggelila earthquakes

表 5 地震前兆异常登记表

Table 5 Summary table of earthquake precursory anomalies

序号	异常项目	台站(点)或观测区	分析方法	异常判据及观测误差	震前异常起止时间	震后变化	最大幅度	震中距(km)	异常类别及可靠性	图号	异常特点及备注
1	时间间隔	云南省内 21°~29°N 97°~106°E	$M_L \geq 4.0$	平静时间 ≥ 50 天	2013.06~07	正常	90天		S ₁	图 14	2013年4月18日后 出现90天的平静 (震前提出)
2	b值	滇西地区 23.8°~28°N 97°~101.5°E	$M_L 2.5 \sim 4.5$ 月值图; 窗 长6月步长 1月	≥ 1.2 或者 ≤ 0.9	2013.01~07	正常	1.3		M ₁	图 15	2013年1~7月出现高 b值异常(震前提出)
3	C值	中甸—大理 地震带 25°~28°N 99.2~100.5°E	$M_L 2.5 \sim 4.9$ 月值图; 窗 长12月步 长1月	≥ 0.44	2013.03~	高值异常持续	0.57		M ₁	图 16	2013年3月起出现高 C值异常(震前提 出)
4	地震窗	泸水地震窗 (中心: 25.8、 98.6, $R=0.3^\circ$)	$M_L \geq 3.0$	泸水出现 4级地震窗	2013.07.19	正常			S ₁	图 17 表 6	震例对应率为75% (震前提出)
5	地倾斜 (摆式)	乡城	日均值	速率增大	2012.10~ 2013.02	震前6个月 恢复正常形态	2.43"	83	S ₁	图 18	NS 向南倾幅度较大 (震后发现)
6	体应变	丽江	日均值	速率增大	2013.07.20~	至11月中旬 逐渐恢复正常	2.0×10^{-5}	173	S ₂	图 19	拉张速率增大(震后 发现)
7	水温	丽江	日均值	上升速率 增大	2013.06.15~	至12月中旬 逐渐恢复	0.015°C	173	S ₁	图 20	震前加速升温(震前 提出)

续表

序号	异常项目	台站(点) 或观测区	分析方法	异常判据及 观测误差	震前异常 起止时间	震后变化	最大幅度	震中距 (km)	异常类别 及可靠性	图号	异常特点 及备注
8	水位	迪庆	整点值	波动幅度 增大	2013.02~07	正常		58	M ₂	图 21	出现明显波动变化, 震前7月15日测值恢 复平稳(震后发现)
9	地倾斜 (连通管)	丽江	日均值	速率增大 (破年变)	2013.01~	至11月逐渐 恢复正常 年变形态	1.5"	173	M ₁	图 22	EW向加速西倾,震 前7月20日发生转折 (震前提出)
10	断层应变 (伸缩)	丽江	日均值	加速压缩 (破年变)	2013.01~	至10月中旬 逐渐恢复正常 年变形态	9×10^{-5}	173	M ₁	图 23	NS向加速向南压缩, 震前7月20日发生转 折(震前提出)
11	水位	丽江	日均值	破年变 趋势下降	2012.11~	至11月初 逐渐恢复正常	13.22m	173	M ₁	图 24	持续下降,震前7月 20日发生转折(震前 提出)

1. 地震学异常

表 5 列出的地震活动性异常主要是在年度趋势研究报告和日常监视预报中常用的, 具有较好的震例对应率, 预测效能较好。其中, 云南地区 4 级地震平静被打破作为中强震的短临跟踪预测指标, 自 2008 年以来在实际映震过程中取得了较好的成效 (图 14); 滇西地区 b 值异常对滇西地区未来一年内 5 级以上地震具有中期预测意义, 异常对应率为 72% (图 15); 中甸—大理地震带多次地震活动空间集中度 C 值高值异常对应了滇西地区 $M \geq 6.0$ 级地震 (图 16); 显著震群和窗口地震活动, 对滇西和滇西南及中缅交界发生强震的短期对应率也较高 (图 17, 表 6)。

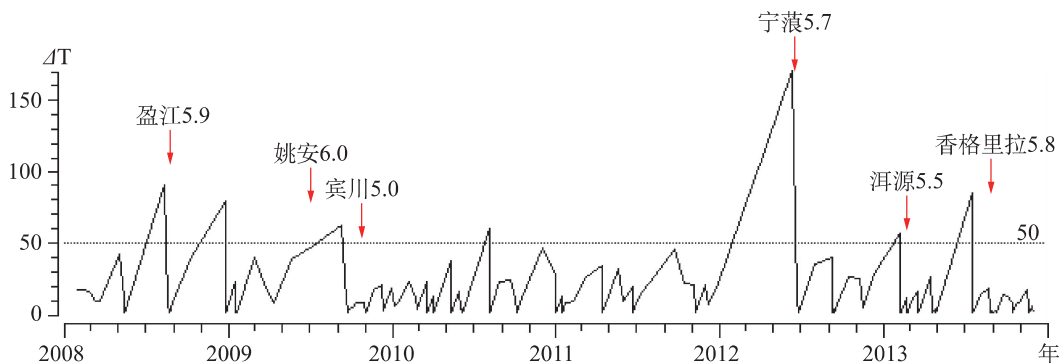


图 14 云南省 $M \geq 4.0$ 级地震时间间隔图

Fig. 14 Time interval of $M \geq 4.0$ earthquakes in Yunnan province

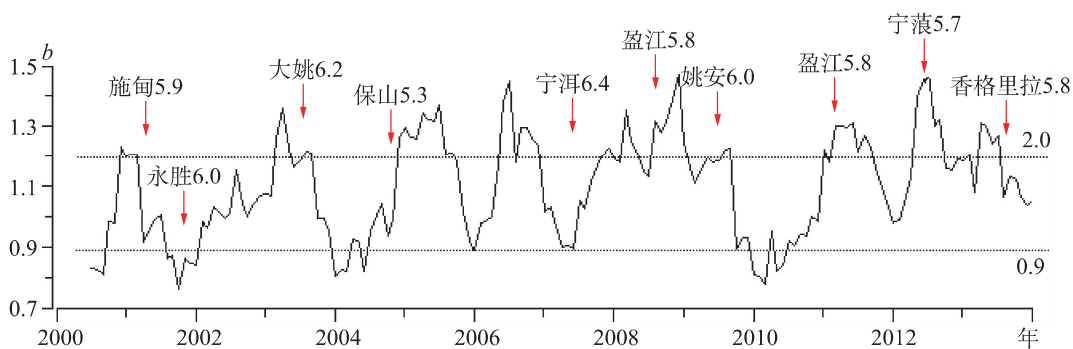


图 15 滇西地区 b 值 ($M_L 2.5 \sim 4.5$) 曲线图

Fig. 15 b -value curve with $M_L 2.5 \sim 4.5$ earthquakes in the west Yunnan area

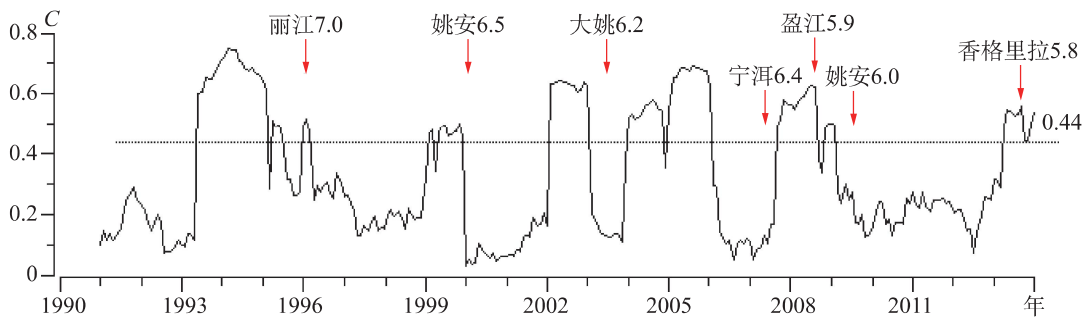


图 16 中甸—大理地震带 C ($M_L 2.5 \sim 4.5$) 值曲线图

Fig. 16 C -value curve with $M_L 2.5 \sim 4.5$ earthquakes at the Zhongdian-Dali zone

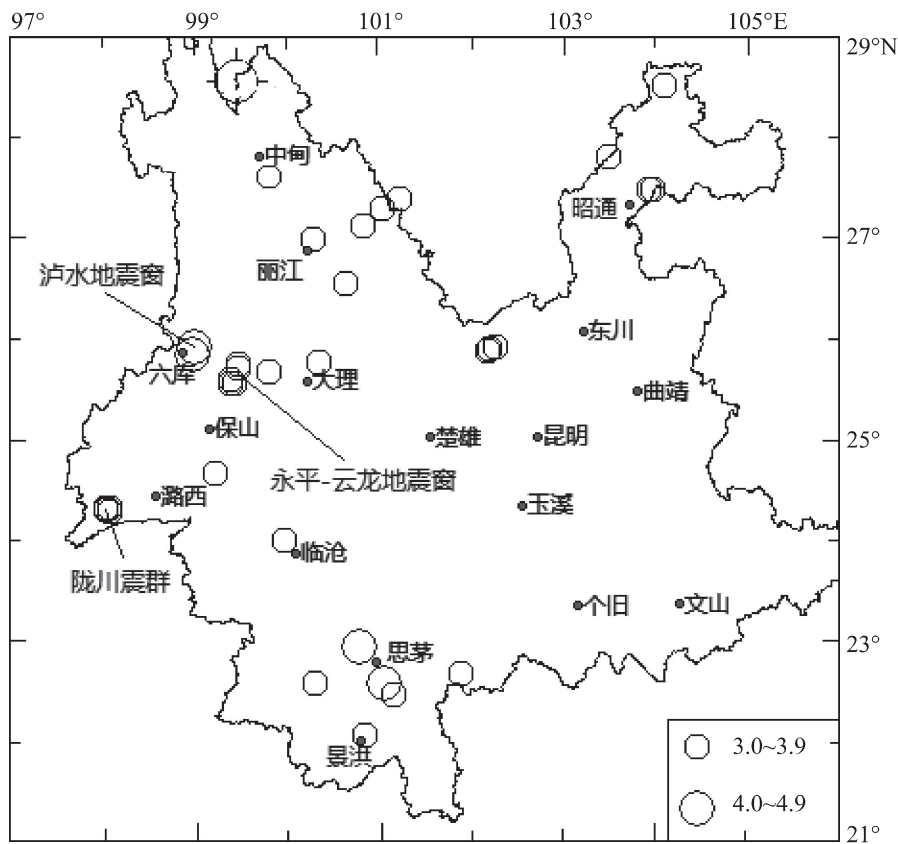


图 17 云南省 $M_L \geq 3.0$ 级地震震中分布图

Fig. 17 Distribution of $M_L \geq 3.0$ earthquakes in Yunnan province
(2013. 05. 12~08. 28)

表 6 泸水地震窗与滇西北东条带上 $M \geq 5.0$ 级地震的对应关系

Table 6 Relation between the Lushui seismic window and the $M \geq 5.0$ earthquakes on NE-trending seismic band in west Yunnan area

序号	窗口地震	对应地震	间隔时间
1	2002. 12. 24 缅甸 3.0	—	—
2	2003. 09. 12 缅甸 3.4	2003. 10. 16 大姚 6.1	1.1 月
3	2003. 10. 28 腾冲 3.8	2003. 11. 15 鲁甸 5.1	0.6 月
4	2004. 10. 05 泸水 3.4	2004. 10. 19 保山 5.0	0.5 月
5	2004. 12. 29 泸水 3.3	2005. 01. 26 思茅 5.0	0.9 月
6	2005. 03. 02 泸水 3.2	—	—
7	2006. 06. 27 缅甸 3.2	2006. 07. 22 盐津 5.1	0.8 月
8	2007. 01. 28 腾冲 3.1	—	—
	2007. 02. 07 腾冲 3.1		

续表

序号	窗口地震	对应地震	间隔时间
9	2008.01.15 缅甸 4.0	2008.03.21 盈江 5.0	2.1 月
	2008.01.18 缅甸 3.0		
10	2008.04.20 缅甸 3.8	2008.08.21 盈江 5.9	2.7 月
	2008.05.30 缅甸 3.7		
11	2011.05.25 缅甸 3.7	2011.06.20 腾冲 5.2	0.4 月
	2011.06.07 缅甸 3.0		
12	2012.03.23 缅甸 3.0	2011.06.24 宁蒗 5.7	2.0 月
	2012.04.20 泸水 3.4		
	2012.04.28 腾冲 3.3		
	2012.04.28 缅甸 3.4		
13	2013.07.19 泸水 4.1、4.2	2013.08.31 中甸 5.9	1.5 月

2000 年以来对应率: 9/12=75%

2. 其他前兆观测项目异常

在距震中 200km 范围的 6 个前兆观测台站共计 27 个台项中, 距离震中最近的迪庆台水位在震前半年时间出现明显波动变化, 水温、水位出现了显著的震时、震后效应; 乡城台地倾斜测项出现一定幅度的异常变化; 丽江台多个形变观测项目及水温水位观测在震前存在不同程度的异常变化。

所提出的 7 条前兆异常中, 震前提出的异常有 4 条, 分别为丽江水位、水温、洞体应变和水管倾斜, 震后识别出的异常有 3 条, 分别为乡城地倾斜、丽江体应变和迪庆水位。所提前兆异常测项的观测数据连续, 背景清晰, 除乡城地倾斜和丽江体应变之外, 其余测项在 2012 年宁蒗地震之前均出现过相类似的变化过程, 因此异常可靠性较高。

短期异常: 乡城台摆式地倾斜 NS 向 2012 年 10 月起至 2013 年 2 月底南倾速率较快, 导致年变幅度增大, 最大幅度达 2.43 角秒, 之后恢复年变形态 (图 18); 丽江体应变 2013 年 7 月下旬以来拉张速率增大, 至 11 月 15 日异常变化速率有所减小, 拉伸幅度约 2.0×10^{-5} , 该测项之前震例对应情况较少, 故定义为 2 类异常 (图 19); 丽江水温 2013 年 6 月 15 日起至 7 月 22 日, 出现加速上升变化, 幅度达 0.015°C , 至 12 月中旬逐渐恢复正常背景状态 (图 20)。

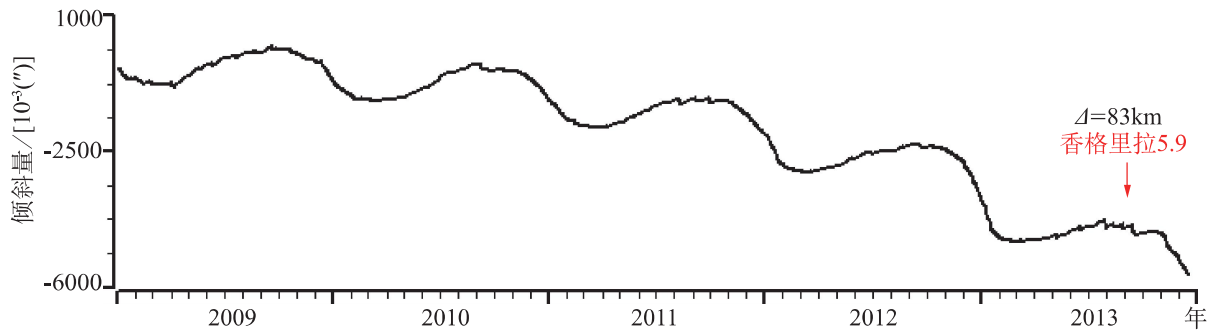


图 18 乡城摆式地倾斜 EW 向日均值曲线变化图

Fig. 18 Curve of daily mean value of EW-ward pendulous tilt at Xiangcheng station

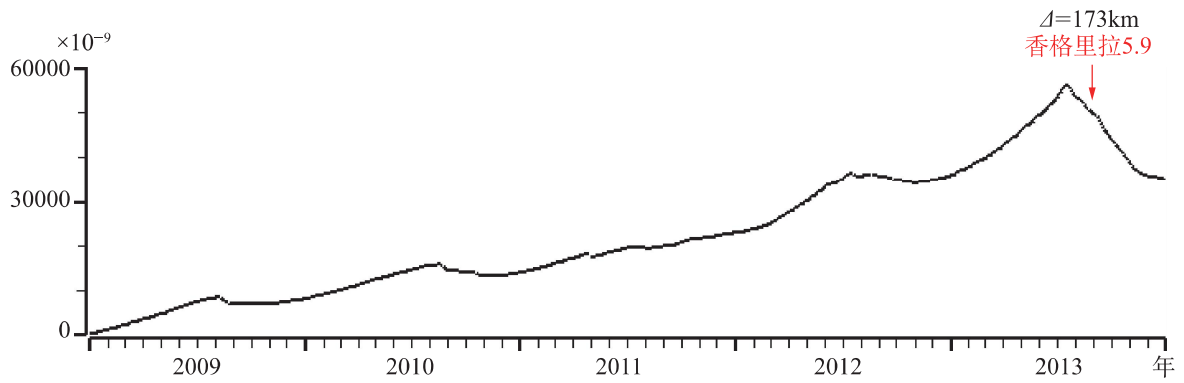


图 19 丽江体应变日均值曲线变化图

Fig. 19 Curve of daily mean value of volume strain at Lijiang station

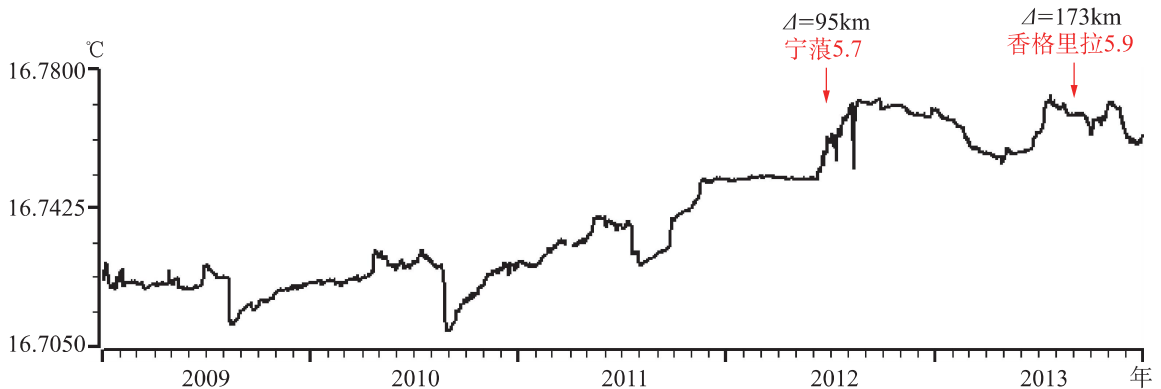


图 20 丽江水温日均值曲线变化图

Fig. 20 Curve of daily mean value of water temperature at Lijiang station

中期异常：迪庆水位整点值于震前半年起先后出现 3 次快速上升过程（分别为 2、4 月和震前 10 天），震后下降恢复平稳（图 21）；丽江水管倾斜 EW 向日均值 2013 年 1 月 1 日起加速西倾至 7 月 19 日转折，向西倾斜 1.5 角秒，震后 11 月恢复正常年变形态（图 22）；丽江洞体应变 NS 向日均值 2013 年 1 月 1 日至 7 月 20 日出现向南的加速压缩转折变化，压缩幅度约 9×10^5 ，震后 10 月中旬恢复正常年变形态（图 23）；丽江水位日均值 2012 年 10 月 31 日起持续下降，至 2013 年 7 月 10 日发生转折，降幅达 13.221m，震后 11 月起恢复正常年变幅度（图 24）。

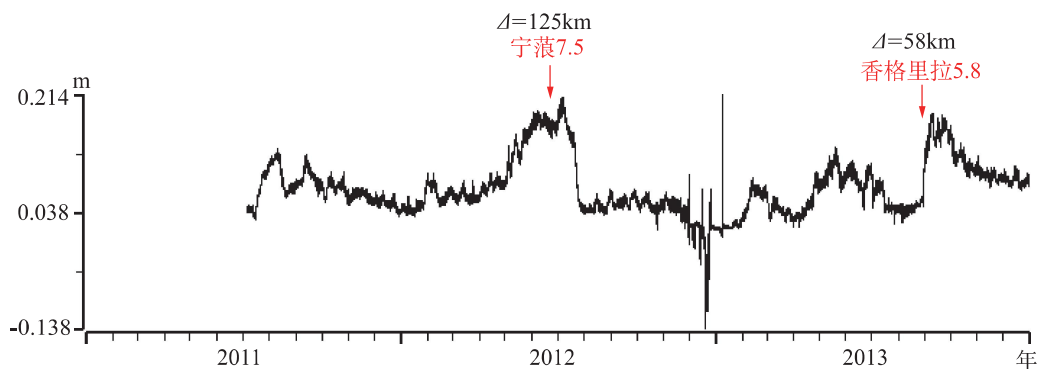


图 21 迪庆水位整点值曲线变化图

Fig. 21 Curve of hourly mean value of water level at Diqing station

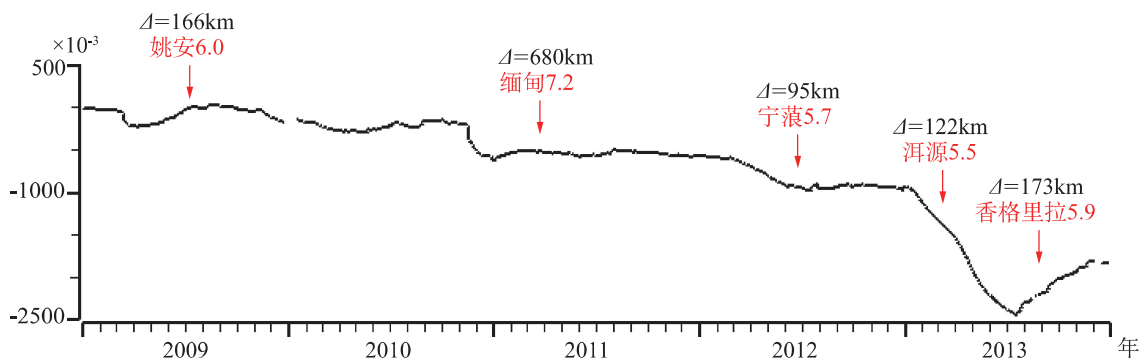


图 22 丽江水管倾斜 EW 向日均值曲线变化图

Fig. 22 Curve of daily mean value of EW-ward tube tilt at Lijiang station

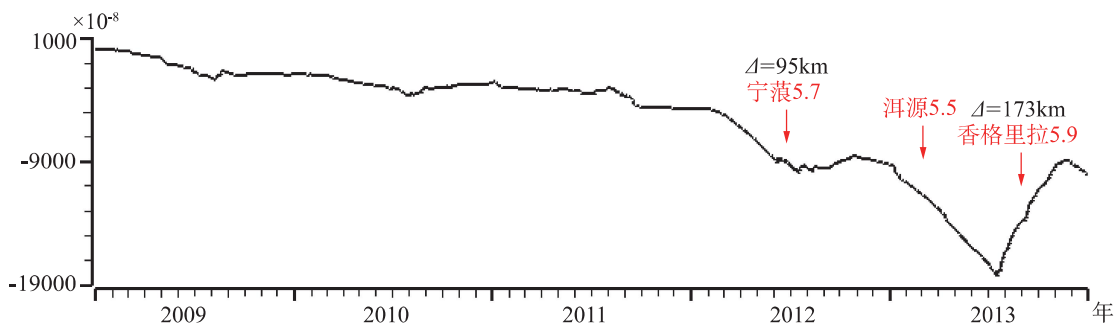


图 23 丽江洞体应变日均值曲线变化图

Fig. 23 Curve of daily mean value of cave strain at Lijiang station



图 24 丽江水位日均值曲线变化图

Fig. 24 Curve of daily mean value of water level at Lijiang station

七、地震前兆异常特征分析

1. 定点前兆异常数量不多，但映震效能好，且震中区更为集中

在震中 200km 范围内，共有 27 个观测台项，其中只有 7 个台项出现异常，占总观测台项的 26%，7 条异常中形变异常 4 条，流体异常 3 条；震中 100km 内的 2 个前兆观测台站 5 个观测台项中，2 个台站的 3 个观测台项出现了异常，台站、台项异常分别达到了 100% 和 40%，这一现象又让地震预测预报充满了希望。

对比以往震例，测震学中出现的 4 条异常，对于滇西地区的中强震均有较好的映震效果，定点前兆异常中，除了四川乡城台地倾斜和丽江台体应变在之前震例中没有出现过异常变化之外，其余 5 条异常项均在 2012 年“6.27”宁蒭 5.7 级和 2013 年“3.3”洱源 5.5 级 2 次滇西北的地震前，出现了与此次异常变化相类似的变化形态。

2. 定点前兆的异常项在丽江也较为集中，且表现为准同步变化

所列出的 7 条定点前兆异常中，乡城台、迪庆台异常各有 1 条，其余 5 条异常均出现在丽江，占总异常项数的 71%，占丽江台所有观测项的 56%，整体来讲，此次地震前的前兆异常大多数集中在同一台站的不同测项；此外，丽江台 3 条中期异常出现的时间均集中在 2012 年底左右，并于 2013 年 7 月中旬出现较为同步的转折变化，在变化时间和变化形态方面表现为极为相似的准同步过程；地震学 82% 的异常测项同样是在震前或者震后出现了转折恢复的过程。

3. 前兆异常时空演化特征分析

此次地震所出现的前兆异常，从异常项数时间分布特征看，大多数异常集中出现在震前 6~12 个月，在震前 9 个月和震前 2 个月，异常项数出现了显著的增加过程，并在震后 3 个月基本恢复正常状态（图 25a）；从异常时间进程图看，距离地震震中距最近的迪庆水位，异常起始时间较早，在整个异常过程中反复出现快速上升后恢复的过程，临震前再次出现快速上升的变化，直至震后再次恢复正常，另外较近的台站是乡城台，其形变倾斜异常开始时间较早，持续时间较短，并在震前数月内恢复正常（图 25b）。由此可见，距离震中较近的

异常测项, 在持续时间和异常恢复时间方面, 都与周边其他异常测项存在一定的差异性。从异常的演化过程来看, 随着发震时间的逼近, 外围异常持续发展, 震中附近异常则在震前逐渐趋于恢复或者临震前再次出现异常。

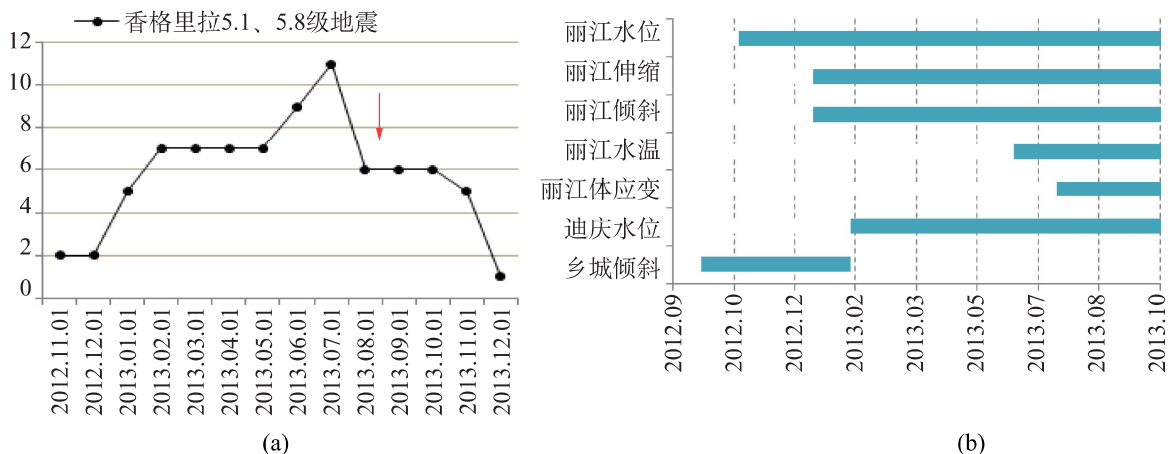


图 25 异常项数时间演化曲线 (a) 和异常时间进程曲线 (b)

4. 与滇西地区震例对比分析

此次地震前, 异常出现时间主要集中在震前 6 个月到 1 年之内, 与滇西地区近几年发生的 5 级以上震例总结的特征较为一致; 地震前出现的前兆异常分布较为集中, 数量较少, 这与滇西地区大多数地震之前异常数量多、分布广的特征具有一定的差异性; 另外, 滇西地区大多震例之前, 流体异常尤其是水化学异常较为突出, 但此次地震之前, 主要异常为形变类型。综合分析认为, 此次地震相比滇西地区近几年发生的 5 级地震, 异常出现时间方面是一致的, 但在异常空间分布和异常测项方面具有一定的差异性。

5. 地震活动特征分析

从云南地区强震大形势来看, 自 2011 年 3 月 24 日缅甸 7.2 级地震开始, 云南已进入新一轮强震活跃期, 此次香格里拉 5.1、5.8 级地震的发生, 使得云南地区 $M \geq 5.0$ 级地震累计年频度达到 5 次。从区域地震活动背景来看, 2012 年宁蒗 5.7 级地震后, 滇西北进入新的 $M \geq 5$ 级地震活动时段, 香格里拉 5.1、5.8 级地震是该区自 2012 年开始的新一轮 5 级地震丛集活动过程中的一次典型地震事件。从震前地震活动异常来看, 云南地区 4 级地震平静异常具有时间预测意义, 滇西地区高 b 值和中甸—大理带高 C 值异常具有一定的地点指示意义, 泸水窗则同时具有时间和地点的预测意义。

八、震前预测、预防和震后响应

1. 预测、预报过程^{7~11)}

从年度预测角度, 香格里拉 5.1、5.8 级地震发生在《云南省 2013 年度地震趋势研究报告》中提出的 2013 年度云南滇西 6.5 级左右地震危险区北西向约 80km 处, 地点预测有偏差, 震级预测偏高。

通过对危险区及其周围地震活动和前兆观测异常的跟踪分析,云南省地震局在这2次地震前及时提出了短临预测意见:7月4日,云南省地震预报研究中心向中国地震局报送了地震短临预测卡片,预测意见为“时间:2013年7月5日至2013年10月5日;震级:5.5~6.4级;地域:1.滇西北至滇西重点危险区的中甸—华坪—剑川—永平—施甸—腾冲一带”;7月19日,云南省地震局向省人民政府和中国地震局分别报送了震情反映文件,在云南地区近期震情分析报告中指出“短期内注意6级左右地震发生,尤其是滇西到滇西北地区、滇东北及川滇交界地区”;8月9日,云南省地震局向省人民政府报送了关于近期我省震情形势研判及对策措施的分析报告中指出,“未来3个月内,云南地区存在6级左右地震的危险,主要危险区为:1.滇西北至滇西重点危险区的中甸—华坪—剑川—永平—施甸—腾冲一带”;8月23日召开云南省地震局地震预报评述委员会第四次会议,经与会评审委员会专家充分讨论决定,“云南地区未来3个月内,存在6级左右地震危险,主要危险区为:1.滇西北至滇西重点危险区的中甸—华坪—剑川—永平—施甸—腾冲一带”(附件二至附件四)。

对于此次地震活动,云南省地震局在预测意见中明确指出包括中甸一带在内的滇西北地区作为首要危险区,在时间、地点及震级方面都作出了较好的短临预测,并向省人民政府和中国地震局及时报告和反映。

2. 震前预防过程

面对云南地区复杂的震情形势,云南省地震局于8月9日向省人民政府上报了“云南省地震局关于近期我省震情形势研判及对策措施的分析报告”,明确提出了做好我省震情跟踪和预报的具体工作措施(附件四)。

3. 应急响应和抗震设防工作

香格里拉5.1级地震发生后,云南省地震局迅速启动应急预案Ⅲ级响应,派出30名现场工作人员与省委、省政府派出的“8·28”地震工作组共赴灾区开展应急工作。29日下午2点,在奔子栏镇政府会议室由省政府组织召开了“8·28”地震抗震救灾工作会议,针对相关应急救灾工作进行了安排部署。5.8级地震发生后,云南省地震局增派10名现场应急队员、中国地震局派出6名专家指导现场应急工作,建立了由国家、省、州、县四级地震部门共计60人组成的地震系统现场指挥部。9月1日下午5点,由省政府组织召开了“8·31”地震抗震救灾指挥部工作会议;9月2日下午,省政府在香格里拉组织召开迪庆州灾后恢复重建工作统筹会议,重点对灾后恢复重建的基本框架进行讨论,对重大项目和重要实施工程进行统筹。

4. 震后余震监测及趋势判定

5.8级地震发生后,现场测震小组采用与四川局协同响应共同开展现场应急监测的工作模式,通过地震行业内网,将四川局在得荣县城架设的1个流动测震台信号引入云南测震台网中心和现场指挥部,实现数据交换和共享;同时,中国地震局组织专家赶赴地震现场与云南省地震局业务人员共同开展现场地震监测预报工作,密切跟踪序列的发展。

5.1级地震发生后,紧急会商对序列进行分析后认为“序列为主震—余震型,震区发生更大地震的可能性小,注意3~4级余震活动”,之后8月31日发生5.8级地震,序列类型和强度判断严重错误。5.8级地震后,云南省地震局有关部门与中国地震台网中心、四川省

地震局于第一时间进行了视频会商,对震区和云南地震趋势进行分析研判后,形成共同意见,认为5.8级震后升级可能性较小,主要关注震区强余震活动,近几天震区注意5级左右地震的危险¹²⁾,该判定意见后发生的最大余震为8月31日的 M_L 4.7地震,之后陆续发生了多次 $M_L \geq 4.0$ 级余震,5.8级地震后的余震活动水平判断完全正确。

九、结论与讨论

香格里拉5.1、5.8级地震发生在地震监测能力相对较弱的川、滇交界地区西侧,位于滇西北多震区的相对弱活动区域,通过对本震例的总结研究,初步得到如下认识:

两次地震叠加的宏观震中位于德钦县奔子栏镇争古村一带(28.20°N, 99.36°E),极震区烈度为Ⅷ度,等震线形状呈NW向椭圆形,面积约为118km²;5.8级主震发生后余震活动相当丰富、序列活动持续时间较长,德钦—中甸—大具断裂为发震构造;5.1、5.8级地震是在北东东向的主压应力作用下,断层产生正断兼有少量走滑错动的结果。

此次地震前共存在9个异常项目,11条前兆异常,其中测震学异常4条,包括4级地震平静、 b 值、 C 值和地震窗等;其他前兆定点观测项目异常7条,包括地倾斜、断层应变、体应变、水位和水温等。震中100km范围内的异常台站、台项比高于震中101~200km范围。

1. 序列类型判断失误的认识和反思(2014年度云南省震情趋势报告)

此次地震序列类型判断错误,表明在滇西北这样一个序列类型复杂的地区,依据历史地震序列类型和序列参数做出的“主震—余型”判断是很容易出错的,也是未能对8月31日发生的 M_S 5.8地震做出正确判定的主要原因。同时也反映在序列类型判断中可以依靠的方法有限,序列地震参数(b 值、 h 值、时间间隔、频度等)很难看出若干天后震区会发生同等或更大地震的危险性,包括后期研究结果提出的应力降参数,也随着区域背景的不同,在不同地震序列中存在一定的差异性。从2013年3月3日、4月17日洱源5.5、5.0级地震的震源机制解发现第2次主震后的震源机制与第1次发生了改变,但香格里拉5.1级地震后震源机制一致性好,以往研究显示高应力状态容易发生相等或更大地震,但难以判定发震时间。香格里拉5.8级地震后震源机制有了变化,根据洱源5.5、5.0级地震的认识,将5.8级地震判定为序列中的最大地震。香格里拉5.0级地震序列判定失误的最主要原因还是对该区的构造活动了解不够,因为地震刚发生后由于序列资料较短,主要是根据历史震例作出震后趋势判定,8月28日香格里拉5.0级地震50km范围内的历史上最大地震为5.2级,这是导致当时判断序列为主震—余震型的主要依据。

通过对香格里拉5.1、5.8级地震序列跟踪分析,可以认识到震后趋势判定的复杂和难度,在云南地区没有完全相同的2个地震序列,因此不断学习和积累震例资料非常重要。目前序列类型判定方法大多基于震后总结,多是针对有一定时间长度的序列资料总结后得到的结果,因此早期地震类型判断方法的研究有待加强。另一方面,云南西部历史地震资料严重缺失,根据历史地震类型进行分析有很大的局限性,积累和学习主要断层的活动习性、序列类型的区域特征是减少判断失误的基础。在预报征途上失败是难免的,但尽最大努力减少失误是必须的。

2. 震前预测的正确认识及总结

香格里拉5.1、5.8级地震前,云南省地震局填报了短临预测卡,从预报过程来看,主要的依据是:周边7级地震对云南地震形势的影响、省内 $M \geq 4.0$ 级地震显著平静异常被打破、前兆准同步的短期异常、宏观异常增多等,及时分析、认识短期异常特征,才对这组地震的短期预测取得了一定的实效。具体分析总结如下:

1) 发震时间预测较为准确

震前对于发震时间的把握,主要依据包括2013年7月19日泸水4.1、4.2级地震的发生,打破了自4月21日墨江4.0级地震以来云南省内近90天的4级地震平静;泸水地区的3、4级地震活动具有较好的窗口指示意义,窗口地震发生后3个月内,在滇西北东条带上发生5级以上中强震的概率为75%;滇西地区的丽江水位、地倾斜、断层应变观测7月20日左右在原来异常的基础上出现了准同步的转折变化,根据以往震例研究的结果,标志着异常进入了临震阶段。综合分析认为,在这组5级地震前出现了短期指示意义较好的测震学指标,同时,也伴随着部分前兆异常的转折变化,测震学异常和定点前兆异常在时间上有较好的匹配性,才使得对此次地震的发生在时间方面有较为准确和成功的预测。

2) 发震震级、地点预测存在一定的偏差

此次地震发生在短临预测意见中提出的滇西6.5级左右地震危险区北西向约80km处,震级和地点均存在一定差异。对于震级预测,震前主要的定点前兆依据包括:滇西北地区异常集中、显著,且异常测项的幅度大、数量多、持续时间长,地震学异常对应震例的统计结果,尤其是中甸—大理地震带多次地震活动空间集中度 C 值高值异常后对应了滇西地区 $M \geq 6.0$ 级地震。这些定点前兆异常的特点与云南地区之前的6级以上地震前异常特征较为类似,同时地震学异常的震例统计也显示发生6级以上地震的可能性较大,因此导致震前对震级的预测偏高。震后再次总结分析发现,部分定点前兆异常在滇西地区3月3日、4月17日洱源5.5、5.0级地震发生前已出现,是在原来的基础上持续发展,从而异常幅度和异常持续时间更为显著;另外,年度趋势报告中滇西地区作为6.5级左右地震危险区,发生6级以上地震的背景较强,因此综合短期内的前兆异常特点和区域发震的背景,这些可能都是导致震级有所偏高的原因。

对于发震地点的预测,一是此次地震发生在滇西北地区的弱震区,历史震例较少,二是相比滇西北其他前兆观测中出现的显著、集中的异常变化,距离震中最近的迪庆水位、水温观测项在震前存在一定的变化,但并不显著;且距离震中最近的四川省地震局的乡城台诸多测项中仅有地倾斜观测在震前11个月出现了为期4个月的小幅加速南倾变化,其余测项均未出现异常变化,这在一定程度上导致对该区地震危险性认识存在局限性。另外,对于发震地点的短临预测,主要依据是显著异常集中区、新增短临异常集中区等,但目前的研究发现,很多中强以上地震前,近震源区域无显著短期前兆变化现象[3],这就对地点预测带来了极大的困难。上述认识的不足,使得在震级、地点预测方面尚存在一定的偏差。

3. 存在的其他问题及今后工作的重点方向

香格里拉5.1、5.8级地震是滇西北地区继3月3日、4月17日洱源5.5、5.0级地震之后的又一组中强地震,且地震刚好发生在云南地区的雨季、旱季过度阶段,部分前兆的转折

变化到底是洱源 5.5、5.0 级地震的震后恢复过程, 还是雨、旱季交替的年变转折, 或是震前的临震异常变化, 这些都是前兆分析过程中所面临的问题, 对前兆数据的分析和认识带来了一定的难度。

该地震发生前, 云南省地震局提出了中短期预测意见, 但仍然存在很多不足之处, 在今后的震情跟踪分析过程中, 应重点深入做好以下两方面的工作: 一是加强震群型地震序列的各类特征和判别指标研究, 为前震识别提供更多、更可靠的依据; 二是如何认识震中区定点前兆测项震前异常变化不显著现象, 为发震地点的判定提供新的思路。

参 考 文 献

- [1] 常祖峰、张艳凤、李鉴林等, 2014, 德钦—中甸—大具断裂晚第四纪活动的地质与地貌表现 [J], 地震研究, 37 (1): 46~51
- [2] 李世成、林国良、崔建文等, 2013, 宁蒗—盐源 5.7 级地震数字强震动台网记录及初步分析 [J], 地震研究, 36 (4): 502~507
- [3] 牛安福、张凌空、闫伟等, 2012, 汶川地震近震源区地形变短期前兆现象的解析 [J], 地震, 32 (2): 52~62
- [4] 中国地震局, 1998, 地震现场工作大纲和技术指南, 北京: 地震出版社
- [5] 罗钧、赵翠萍、周连庆, 2015, 2013 年 8 月香格里拉德钦—得荣 $M_s5.9$ 地震序列震源机制与应力场特征 [J], 地球物理学报, 58 (2): 424~435
- [6] 吴微微、龙锋、杨建思等, 2015, 2013 年川滇交界香格里拉—得荣震群序列的重新定位、震源机制及发震构造 [J], 地球物理学报, 58 (2): 1584~1596
- [7] 常祖峰, 2015, 2013 年云南奔子栏 $M5.9$ 地震发生的地震地质背景 [J], 地震地质, 37 (1): 192~207
- [8] 杨捷、曾佐勋、李茂华等, 2015, 2013 年云南香格里拉、德钦—四川得荣交界 5.9 级地震灾害及发震构造 [J], 地球科学, 中国地质大学学报, 40 (10): 1701~1709
- [9] 赵晶、李建亮、毛利等, 2014, 云南香格里拉、德钦—四川得荣交界 5.9 级地震各结构震害特征简述与思考 [J], 四川建筑科学研究, 40 (3): 193~195
- [10] 贺赤城、李献瑞、王杰等, 2015, 云南迪庆 5.9 级地震构造背景、深部流变结构与发震机制 [J], 地球科学, 中国地质大学学报, 40 (10): 1653~1666
- [11] 叶建庆、李勇、段毅等, 2014, 云南双震型地震序列震源参数特征研究 [J], 地震研究, 37 (4): 594~602
- [12] 吴中海、张永双、胡道功等, 2008, 滇西北哈巴—玉龙雪山东麓断裂的晚第四纪正断层作用及其动力学机制探讨 [J], 中国科学 (D 辑), 38 (11): 1361~1375
- [13] 石绍先、徐彦、陈燕, 2002, 1993 年 7 月 17 日云南省中甸 5.8 级地震, 中国震例 (1992~1994), 地震出版社, 188~204

参 考 资 料

- 1) 云南省地震局, 云南地震目录 (区域台网), 2013
- 2) 中国地震局, 全国地震观测报告 (正式报告), 2013
- 3) USGS, <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>
- 4) Harvard University, <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>
- 5) 云南省地震局, 2013 年 8 月 31 日云南香格里拉、德钦—四川得荣交界 5.9 级地震灾害直接经济损失评

估报告（云南灾区），2013

- 6) 四川省地震局，2013年8月31日云南香格里拉、德钦—四川得荣交界5.9级地震灾害直接经济损失评估报告（四川省部分），2013
- 7) 云南省地震局，云南省2013年度地震趋势研究报告，2012
- 8) 云南省地震局，云南省地震局报中国地震局地震短临预测卡片，2013.07.04
- 9) 云南省地震局，云南省地震局地震预报评审委员会2013年第四次会议纪要，第31期，2013.08.26
- 10) 云南省地震局，云南省地震局报云南省政府关于近期我省震情形势研判及对策措施报告，2013，第143号；2013.08.09
- 11) 云南省地震局，震情反映，2013，第13期；2013.07.19
- 12) 云南省地震局，云南省地震局与中国地震局、台网中心、四川省地震局视频会商简报，2013.08.31

Xianggelila earthquakes of M_s 5.1, 5.8 on Aug. 28, 31, 2013 in Yunnan Province

Abstract

M_s 5.1, 5.8 earthquakes happened in Xianggelila, Deqin county, Yunnan province and Derong county, Sichuan province on Aug. 28, 31, 2013 respectively. The intensity in the meizoseismal area was VIII. The shape of isoseismic line was elliptic with major axis in NW direction and the area was about 118km², including Nixi in Xianggelila and Benzilan in Deqin. The direct economic loss caused by this earthquake reached 1.9667 billion Yuan RMB, 3 people were killed, 10 people were seriously wounded and 53 people were slightly injured during the event in Yunnan and Sichuan province.

The Xianggelila M_s 5.1, 5.8 earthquakes sequence were before shock-main shock-after shock type with the largest aftershock M_L 4.8. Until the end of February, 2014, M_L 3-4 aftershocks were still happened and the daily frequency of the sequence's attenuation was slightly slower than other earthquake cases, but the parameter results of the sequence show that the attenuation was normal in general after the M_s 5.8 earthquake on Aug. 31. After the M_s 5.1, 5.8 earthquakes the whole sequence activities distributed along the NW direction, its I_s is consistent with the direction of the intensity distribution of the long axis, nodal plane I of Focal mechanism solutions and Deqin-Zhongdian-Daju fault. Comprehensive results show that the nodal plane I of focal mechanism solution was the main rupture plane of this earthquake and its seismogenic structure was the Deqin-Zhongdian-Daju fault in nearly NW direction.

There were 8 seismic stations within 200km of the earthquakes, among them there were 6 stations with seismometric observation, 6 stations with precursory observation items. There were 33 observation station-items and observation items, including seismic, tilt, volumetric strain, strain of fault, fixed leveling, fixed baseline, vertical magnetic intensity, magnetic declination, total intensity of geomagnetism, spontaneous potential, well water level, water temperature and other geochemical items in ground water. There were 11 anomalies in 4 items of seismicity anomalies and 5 precursory observation items, there were 7 anomalies at 3 stations and 0 macroscopic anomaly, ratio of anomalous stations and anomalous station items were 50%, 26%. Precursory anomalous characteristics showed that the number of anomalous items was few but the ability to reflect earthquake were very well, most of the anomalies were restored to normal state after the M_s 5.8 earthquake, precursory observation anomalies were concentrated on Lijiang Station with the quasi-synchronous in time.

报告附件

附件一：

附表1 固定前兆观测台（点）与观测项目汇总表

序号	台站（点） 名称	经纬度（°）		测项	资料 类别	震中距 Δ /km	备注
		φ_N	λ_E				
1	迪庆	27.82	99.70	测震		58	
				水温	II		新上项目
				水位	II		新上项目
2	乡城	28.89	99.88	测震		83	
				地倾斜（摆式）	I		VS型垂直摆、数字化
				水温（大泉）	I		数字化
				水温（中泉）	I		数字化
3	贡山	27.74	98.67	测震		93	
4	泸沽湖	27.73	100.85	测震		155	
				水温	II		数字化
				水位	I		数字化
				地电场	II		ZD9A-II、数字化
5	丽江	26.90	100.23	测震		173	
				体应变	I		TJ-II型应变仪
				地倾斜（摆式）	II		SSQ-2I型石英水平摆
				地倾斜（连通管）	I		DSQ型水管仪
				断层应变（伸缩）	I		SSY-II型石英伸缩仪
				水温	I		
				水位	I		
				碳酸氢根离子	I		
				氟离子	I		
				钙离子	I		
				镁离子	I		
				电导率	I		
				定点水准	I		
				定点基线	I		
				（金甲井）水温	II		新上项目
（金甲井）水位	II	新上项目					

续表

序号	台站(点) 名称	经纬度(°)		测项	资料 类别	震中距 Δ /km	备注
		φ_N	λ_E				
6	宁蒗	27.29	100.84	测震		179	
7	木里	27.58	101.12	地磁 Z	I	188	
				地磁 D	I		
				地磁 H	I		
8	巴塘—川 58 泉	29.98	99.12	水温	I	192	
分类统计				0< Δ ≤100km	100< Δ ≤200km	总数	
测项数 N				4	17	17	
台项数 n				8	25	33	
测震单项台数 a				1	1	2	
形变单项台数 b				0	0	0	
电磁单项台数 c				0	0	0	
流体单项台数 d				0	1	1	
综合台站数 e				2	3	5	
综合台中有测震项目的台站数 f				2	2	4	
测震台总数 $a+f$				3	3	6	
台站总数 $a+b+c+d+e$				3	5	8	
备注							

附表 2 测震以外固定前兆观测项目与异常统计表

序号	台站(点) 名称	测项	资料 类别	震中距 Δ /km	按震中距 Δ 范围进行异常统计									
					0< Δ ≤100km					100< Δ ≤200km				
					L	M	S	I	U	L	M	S	I	U
1	迪庆	水温	II	58	—	—	—	—						
		水位	II		—	√	—	—						
2	乡城	地倾斜(摆式)	I	83	—	—	√	—						
		水温(大泉)	I		—	—	—	—						
		水温(小泉)	I		—	—	—	—						
3	泸沽湖	水温	II	155						—	—	—	—	
		水位	I							—	—	—	—	
		地电场	II								—	—	—	—

续表

序号	台站(点)名称	测项	资料类别	震中距 Δ /km	按震中距 Δ 范围进行异常统计										
					0< Δ ≤100km					100< Δ ≤200km					
					L	M	S	I	U	L	M	S	I	U	
4	丽江	体应变	I	173						—	—	√	—		
		地倾斜(摆式)	II							—	—	—	—		
		地倾斜(连通管)	I							—	√	—	—		
		断层应变(伸缩)	I							—	√	—	—		
		水温	I							—	?	√	—		
		水位	I							—	√	—	—		
		碳酸氢根离子	I							—	—	—	—		
		氟离子	I							—	—	—	—		
		钙离子	I							—	—	—	—		
		镁离子	I							—	—	—	—		
		电导率	I							—	—	—	—		
		定点水准	I							—	—	—	—		
		定点基线	I							—	—	—	—		
		(金甲井)水温	II							—	—	—	—		
(金甲井)水位	II						—	—	—	—					
5	木里	地磁 Z	I	188						—	—	—	—		
		地磁 D	I							—	—	—	—		
		地磁 H	I							—	—	—	—		
6	巴塘	水温	I	192						?	—	—	—		
分类统计	台项	异常台项数				0	1	1	0		0	3	2	0	
		台项总数				5	5	5	5		21	21	22	22	
		异常台项百分比/%				0	20	20	0		0	14	9	0	
	观测台站(点)	异常台站数				0	0	1	0		0	1	1	0	
		台站总数				2	2	2	2		4	4	4	4	
		异常台站百分比/%				0	50	50	0		0	25	25	0	
	测项总数(16)						3					16			
观测台站总数(6)						2					4				
备注															

附表3 地震参数表

序号	数据项中文名	填入项	备注
1	地震编号		
2	主震编号		
3	发震日期	(1) 2013年8月28日 (2) 2013年8月31日	
4	发震时刻	(1) 0时44分50秒 (2) 08时04分14秒	
5	震中纬度	(1) 28.25 (2) 28.27	单位: (°)
6	震中经度	(1) 99.38 (2) 99.40	单位: (°)
7	震源深度 h	(1) 9 (2) 10	单位: km
8	地震震级 M (面波震级 M_S)	(1) 5.1 (2) 5.8	
9	近震震级 M_L	(1) 4.7 (2) 5.6	
10	体波震级 M_b	(1) 4.6 (2) 5.2	
11	矩震级 M_w	(1) 5.2 (2) 5.6	
12	震中烈度	VIII	
13	宏观震中纬度	28.20	单位: (°)
14	宏观震中经度	99.36	单位: (°)
15	宏观震源深度		
16	地名编号	674400	
17	地名	云南省香格里拉县	

注: 地震震级 M 指 GB 17740—1999 规定的地震震级。

附表4 地震构造背景

序号	数据项中文名	填入项	备注
1	地震编号		
2	主震编号		
3	大地构造单元编号		
4	地壳构造	震区地处青藏高原东南缘、川滇菱形地块西边界的中段，并且横跨川滇菱形块体的西部边界	
5	深部构造		
6	区域形变场		
7	震中附近地质构造	德钦—中甸断裂、金沙江断裂、龙蟠—乔后断裂	
8	主震断层活动性	晚更新世—全新世活动断裂	
9	孕震构造	德钦—中甸—大具断裂	
10	发震构造	德钦—中甸—大具断裂	
11	发震断层	德钦—中甸—大具断裂	

附表5 震害统计表

序号	数据项中文名	填入项	备注
1	地震编号		
2	主震编号		
3	宏观震中	云南省香格里拉县尼西乡幸福村	
4	等震线形态	等震线形状呈椭圆形分布，长轴走向北西向	
5	极震区面积	118（云南68，四川50）	单位：km ²
6	极震区长轴（直径）	17	单位：km
7	极震区短轴（直径）	9	单位：km
8	有感面积	7241	单位：km ²
9	有感范围	云南省香格里拉县与德钦县的12个乡镇、四川省得荣县9个乡镇	
10	主震地裂缝		
11	其他地表破坏	路面、挡墙开裂；路基塌方、下沉；山体落石、塌方；沟渠、水池开裂塌陷等	

续表

序号	数据项中文名	填入项	备注
12	其他重大破坏	电力设施损坏; 通信设备基站受损; 排水管线、设备受损	
13	伤亡总人数	66	单位: 人
14	死亡总人数	3	单位: 人
15	房屋破坏总间数		
16	房屋破坏面积	1887593	单位: m ²
17	直接经济损失	1966700	单位: 万元
18	间接经济损失		
19	经济损失总额		

附表 6 地震序列

序号	数据项中文名	填入项	备注
1	地震编号		
2	主震编号		
3	前震类别	有前震序列	
4	前震开始时间	2013 年 8 月 28 日	
5	最大前震震级	5.1	
6	次大前震震级	4.2	
7	前震序列 b 值	0.84	
8	前震序列 h 值	1.25	
9	前震与主震的最近距离	3	单位: km
10	最大余震发生时间	2013 年 8 月 31 日	
11	最大余震震级	4.8	
12	次大余震震级	4.6	
13	余震序列 b 值	0.93	
14	余震序列 h 值	1.08	
15	余震序列 p 值		
16	$E_{\text{主}}/E_{\text{总}}$	0.80	
17	地震序列号		
18	地震序列类型	前震—主震—余震型	
19	余震分布形态	大致与德钦—中甸断裂走向一致, 呈 北西向展布	

附表7 震源机制解

序号	数据项中文名	填入项	备注
1	地震编号		
2	主震编号		
3	节面 I：走向	两次地震分别为：294、287	单位：(°)
4	节面 I：倾角	两次地震分别为：51、49	单位：(°)
5	节面 I：滑动角	两次地震分别为：-55、-85	单位：(°)
6	节面 II：走向	两次地震分别为：66、100	单位：(°)
7	节面 II：倾角	两次地震分别为：50、41	单位：(°)
8	节面 II：滑动角	两次地震分别为：-125、-96	单位：(°)
9	P 轴：方位	两次地震分别为：269、238	单位：(°)
10	P 轴：仰角	两次地震分别为：64、85	单位：(°)
11	T 轴：方位	两次地震分别为：0、14	单位：(°)
12	T 轴：仰角	两次地震分别为：0、4	单位：(°)
13	N (B) 轴：方位	两次地震分别为：90、104	单位：(°)
14	N (B) 轴：仰角	两次地震分别为：26、4	单位：(°)
15	X 轴：方位		
16	X 轴：仰角		
17	Y 轴：方位		
18	Y 轴：仰角		
19	使用初动符号总数		
20	矛盾符号比		
21	方法	CMT	
22	资料来源	USGS	
23	测定人	USGS	
24	主破裂面	节面 I	
25	断层错动方式	正断为主兼走滑	

附表8 地震矩张量解

序号	数据项中文名	填入项	备注
1	地震编号		
2	主震编号		
3	节面 I：走向	54	单位：(°)

续表

序号	数据项中文名	填入项	备注
4	节面 I : 倾角	67	单位: (°)
5	节面 I : 滑动角	-158	单位: (°)
6	节面 II : 走向	315	单位: (°)
7	节面 II : 倾角	70	单位: (°)
8	节面 II : 滑动角	-25	单位: (°)
9	矩张量: M_{xx}	1.99e+24	单位: N·m
10	矩张量: M_{yy}	-1.44e+24	单位: N·m
11	矩张量: M_{zz}	-5.48e+23	单位: N·m
12	矩张量: M_{xy}	2.74e+23	单位: N·m
13	矩张量: M_{yz}	9.04e+23	单位: N·m
14	矩张量: M_{zx}	1.97e+22	单位: N·m
15	地震矩 M_0	2.02e+24	单位: N·m
16	矩震级 M_w	5.47	
17	使用地震台站数		
18	使用地震波形数		
19	分析方法	最佳拟合双力偶	
20	资料来源	中国地震局地质研究所	
21	分析波段		
22	测定人	郭志	
23	主破裂面		
24	断层错动方式	正断层型的错动性质	

附表 9 历史地震情况记录

序号	数据项中文名	填入项	备注
1	地震编号		
2	主震编号		
3	历史地震统计范围	迪庆州附近 (N26.7°~29.4°, E98.5°~100.4°)	
4	历史地震统计开始时间	1925 年	
5	历史地震统计结束时间	2013 年	
6	历史地震最大震级	6.4	

续表

序号	数据项中文名	填入项	备注
7	历史最大地震	1966年9月28日中旬6.4级地震	
8	历史地震最高烈度		
9	历史最高烈度地震	1966年9月28日中旬6.4级地震	
10	$M_s \geq 6$ 级历史地震次数	3	单位:次
11	$M_s \geq 5$ 历史地震次数	11	单位:次

附表10 预测预报情况登记表

序号	数据项中文名	填入项	备注
1	地震编号		
2	主震编号		
3	预报单位名称	云南省地震预报研究中心	
4	预报人		
5	预报依据		
6	预报时间开始	2013年7月5日	
7	预报时间结束	2013年10月5日	
8	预报最大震级	6.4	
9	预报最小震级	5.5	
10	预报地点	滇西北至滇西中甸—华坪—剑川—永平—腾冲一带	
11	预报区南界纬度	24.00	单位:(°)
12	预报区北界纬度	27.00	单位:(°)
13	预报区东界经度	100.80	单位:(°)
14	预报区西界经度	98.40	单位:(°)
15	提出预报时间	2013年7月4日	
16	预报效果	时间、震级完全吻合,地点略有偏差	
17	证明附录名称	地震短临预测卡片(云南省预报研究中心)	

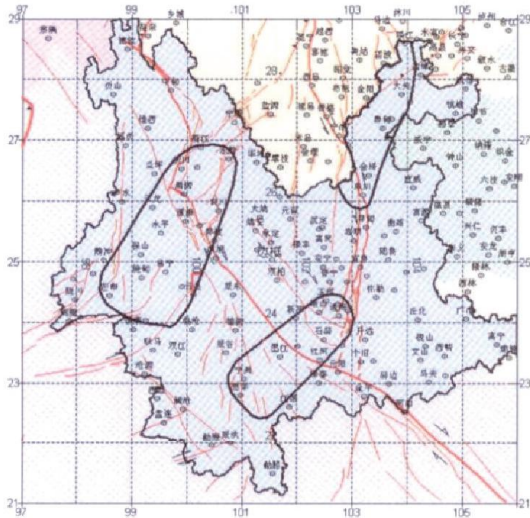
附件二：预报卡

地震短临预测卡片

预测等级： ○一级 ○二级 ○三级 ○余震

预测内容：

1. 时间： 2013 年 7 月 5 日至 2013 年 10 月 5 日
2. 震级 (Ms)： 5.5 级至 6.4 级
3. 地域：用封闭图形绘于下面经纬网内，并标注其图形拐点的经纬坐标。



未来 3 个月内，云南地区存在 6 级左右地震危险。危险区为：

1. 滇西北至滇西重点危险区中甸-华坪-剑川-永平-施甸-腾冲一带。
2. 永善-大关-东川-巧家及其以西的川滇交界地区。

滇南至滇西南重点危险区峨山、华宁、建水、宁洱、勐海一带也应注意 5-6 级地震的危险。

上述预测内容的依据和方法：(文字简明，图件清晰，提供定量公式，可填写在背面或附页)

预测的单位或集体签章：

或个人预测签字：苏有锦 所在单位签章：

填报时间：2013 年 7 月 4 日

通讯地址：

邮政编码：650224

昆明市北市区北辰大道省地震局预报研究中心



附件三：震情反映

000010

秘密★3个月

震情反映

(2013 13)

云南省地震局

2013年7月19日

云南地区近期震情分析报告

针对我省目前严峻震情，云南省地震局近期开展了一系列震情跟踪工作。2013年4月17日洱源5.0级地震发生后，云南省地震局多次组织召开专题震情会商会，并于6月6日组织召开了“云南地区7级大震形势专题研讨会”，7月4日组织召开了“云南省2013年度地震预报评审委员会（第三次）会议”对云南省地震预报研究中心提出的短期预测意见进行了评审。会后云南省地震预报研究中心向中国地震局填报了短期预测卡。7月10日在芒市召开滇西地震预报协作区震情会商会。7月19日7-8时，泸水县境内（北纬 $25^{\circ}54'$ 东经 $98^{\circ}58'$ ）发生2次4级强感地震。震后云南省地震局及时组织召开紧急会商会，对该地震和省内地震趋势进行了认真深入的分析判定，现将云南地区近期震情的判定意见报告如下：

一、2013年7月19日泸水地震概况

2013年7月19日7时45分52秒、7时56分14秒,泸水境内(北纬 $25^{\circ}54'$ 东经 $98^{\circ}58'$)发生ML4.1、4.2级地震,两次地震发生在怒江断裂和澜沧江断裂之间,相距这二条断裂约12km,距离2013年3月3日洱源5.5级地震震中约80km。震区是云南破坏性地震相对较弱地区,1900年来震中半径50km范围内发生过5级以上地震6次,最大地震为1929年10月17日腾冲6.5级地震。

二、震情分析意见

自2009年7月9日姚安6.0级地震至今,云南地区6级以上地震平静已超过4年,强震平静十分显著。而此次泸水地震的发生,打破了自4月21日墨江4.0级地震以来云南省内近90天的4级地震平静,云南及周边地区近期3、4级地震活动开始显著增强,短期内云南地区发生破坏性地震的危险性增高。

同时泸水地区的3、4级地震活动具有窗口指示意义,震后短期滇西和滇西南及中缅交界发生强震的概率较高。近期滇西地区前兆异常、宏观异常较为突出。

综合分析认为,云南短期发生6级左右地震的危险性较大,云南省地震局预测意见仍然坚持向省政府上报《关于2013年下半年云南地区地震趋势判定意见的报告》意见,即短期内注意6级或6.5级左右地震的发生,可能地区仍主要为2013年度云南地震重点危险区,尤其是滇西到滇西北、滇东北及川滇交界地区。云南省地震局将密切跟踪震情发展,重大情况将及时报告。

报: 省人民政府, 中国地震局。

附件四：政府报告

000004

秘密★3个月

云南省地震局文件

云震发〔2013〕143号

签发人：皇甫岗

云南省地震局关于近期我省 震情形势研判及对策措施的报告

省人民政府：

根据秦光荣书记在《每日动态》第142期、尹建业副省长在《动态专报》第149期上关于“网民发微博称云南将发生地震信息”的批示要求，云南省地震局在近期震情跟踪分析的基础上，于2013年8月9日组织专家对“《动态专报》：网民‘预报中心小号’先后在‘新浪微博’发微博散布谣言称，8月14日至28日期间，云南和缅甸等地将发生7至7.5级地震，目标主要是靠近滇东部地区为主，缅甸中北部地区也是威胁较大的区域”为题

的报道及相关舆情进行专题分析研判,研究提出加强工作的对策措施。现将相关情况报告如下:

一、对我省当前地震形势的基本认识

云南省地震局对云南地区近期地震趋势的判定意见为:未来3个月内,云南地区存在6级左右地震的危险。主要危险区为:

1. 滇西北至滇西重点危险区的中甸-华坪-剑川-永平-施甸-腾冲一带。

2. 永善-大关-东川-巧家及以西的川滇交界地区。

滇南至滇西南重点危险区的峨山、华宁、建水、宁洱、勐海一带为注意地区。

主要依据有:

自2009年7月9日姚安6.0级地震至今,云南省6级以上地震平静已达4.08年,6.5级以上平静13.58年,强震平静十分显著。4月20日芦山地震后云南省分别出现 $M \geq 3.0$ 地震14天平静、 $M \geq 4.0$ 地震90天平静后,7月13日至今云南地区已发生 $M \geq 3.0$ 地震15次,其中 $M \geq 4.0$ 地震4次,地震活动有显著增强,在此过程出现了陇川3级震群、泸水4级地震窗、滇东南3级地震242天超长平静、岷县-漳县6.6级地震与云南强震较好呼应性等现象,表明云南地区强震危险性在进一步增强。云南前兆异常36项,主要分布在滇西、滇东北和滇南地区,其中滇西异常比例较高,滇东北和滇西南存在部分显著异常。

二、近期采取的主要工作措施

8月份以来,云南省地震局除关注到网民“预报中心小号”关于“云南将发生地震”的预测意见外,还及时处置了耿庆国等专家关于云南地区地震的短临预测意见(2013年8月4日至9月12日,云南巧家-东川一带,以 26.6°N , 103.0°E 为圆心,半径150公里范围内有发生7级以上地震的危险),针对耿庆国等预测意见,云南省地震局于2013年8月6日上午9时组织召开了紧急会商会,10时中国地震台网中心、云南省地震局、四川省地震局联合视频会商,会议认为云南地区近期存在6级左右地震的危险。

根据当前复杂的震情形势,为继续做好我省震情跟踪和预报,将采取以下主要工作措施:

(一)按照《云南省2013年度震情跟踪工作方案》要求,组织省、州(市)、县级地震部门继续做好云南地区震情跟踪工作,特别是“预报中心小号”预测时段内的震情监视和分析研判。

(二)加强滇东地区震情监视,近期组织昆明、昭通、玉溪、文山、红河、楚雄、曲靖等州(市)地震部门召开滇东地区震情跟踪工作会议,进一步研判云南地区尤其是滇东地区的震情形势。

(三)强化舆情动态跟踪分析,在“云南防震减灾网”正面宣传引导,并做好应对准备。

(四)组织全省各级地震部门继续加强震情值班,加强地震

前兆异常资料分析研究与核实工作,有情况和短临预测意见及时向省政府报告。



云南省地震局办公室

2013年8月9日印发

