

2014年云南3次 $M>6$ 地震灾害特征对比分析*

张彦琪¹, 陈维锋², 卢永坤¹, 陈坤华¹, 林国良¹, 李世成¹

(1. 云南省地震局, 云南 昆明 650224; 2. 四川省地震局, 四川 成都 610041)

摘要: 以2014年云南地区发生的盈江6.1、鲁甸6.5和景谷6.6级等3次震级相近的地震为研究对象, 在总结分析3次地震的灾害特征基础上, 分析引发鲁甸地震灾害较重及盈江、景谷地震灾害相对较轻的原因, 针对地震灾害区域性差异特点提出了农居房屋建房理念、结构抗震选址以及应急处置等方面的建议。

关键词: 地震灾害; 盈江地震; 鲁甸地震; 景谷地震; 云南地区

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2017)01-0144-09

0 引言

由于印度板块与欧亚板块的持续碰撞, 处于中国大陆内部的云南地区地震活动强烈(赵洪声等, 2001; 秦嘉政等, 2012), 具有频度高、分布广、强度大等特点。2014年, 云南地区共发生8次 $M\geq 5.0$ 破坏性地震(其中5.0~5.9级5次, 6.0~6.9级3次), 造成的经济损失、人员死亡、失踪和受伤数量比重分别占全国同期的84.03%、99.2%、100%和97.86%。

对于云南地区的地震灾害特征, 不同学者从不同角度进行了分析研究。赵洪生等(2001)研究认为, 云南地区的地震灾害以红河断裂带为界, 呈现出东部地区要重于西部地区的特点; 白仙富等(2013)研究认为, 云南地区的地震灾害损失因自然地理、地质环境的差异而不同, 其中以滇东北地区的地震灾害损失最为严重; 周光全等(2003)研究认为, 由于社会财富和房屋建筑抗震性能的差异, 云南各地的地震灾害会呈现出不同特点。另外, 随着社会的不断发展, 经济水平日渐提高, 社会财富不断增多, 地震造成的经济损失会越来越重(赵洪声等, 2001; 周光全等, 2009; 周桂华等, 2012; 白仙富等, 2013)。本文选取盈江6.1级地震(下文简称盈江地震)、鲁甸6.5级地震(下文简称鲁甸地震)和景谷6.6级地震(下文简称景谷地震)作为研究对象, 这3次地震虽然震级相差不大, 但造成的灾害却明显不

同, 其中鲁甸地震灾害最为严重, 盈江、景谷地震灾害相对较轻(张彦琪等, 2015; 和嘉吉等, 2015a)。

皇甫岗等(2014)研究表明, 2011年3月24日缅甸孟帕亚7.2级地震的发生标志着云南地区新一轮的强震活跃期拉开序幕。因此, 面对如此严重的地震形势和地震灾害考验, 盈江、鲁甸和景谷这3次地震都是所在县境内有历史地震记载以来的最大地震, 具有一定的代表性, 通过总结分析这3次典型地震事件的灾害特征及震害引发原因、对比分析灾害差异原因, 在一定程度上可以厘定滇东北、滇西和滇西南地区的地震破坏情况, 对地震灾害快速判定、地震现场烈度评定及损失评估、应急响应决策等工作具有重要的现实参考意义。

1 地震灾害特征

1.1 盈江6.1级地震

1.1.1 地震烈度

盈江6.1级地震是该县境内有历史地震记载以来的最大地震。其最高烈度为Ⅷ度, 极震区烈度为Ⅷ度, 超当地Ⅶ度的设防烈度。宏观震中位于盈江县卡场镇五排一卡场一龙洞一带, 等震线形状呈椭圆形, 长轴走向近SN向。灾区总面积约3 150 km²(不包括缅甸部分), 其中Ⅷ度区面积约250 km², Ⅶ度区面积约1 040 km², Ⅵ度区面积约1 860 km²(图1)。

* 收稿日期: 2016-04-28.

基金项目: 中国地震局地震应急青年重点任务(CEA EDEM-2016)资助.

1.1.2 破坏情况

(1) 人员伤亡：在盈江6.1级地震发生前6天，震中附近曾发生过一次5.6级地震，造成15人受伤（其中1人重伤，14人轻伤）。本次地震共造成45人受伤，其中12人重伤，33人轻伤。

(2) 房屋震害：盈江地震的房屋建筑破坏以极震区（Ⅷ度区）的穿斗木结构、空心砖墙抬梁结构和砖木结构房屋的破坏为主。其主要震害现象表现为：穿斗木结构房屋个别倾斜、木架脱榫、柱脚位移，少数梭、掉瓦；空心砖墙抬梁房屋多数墙体倒塌或局部倒塌；砖木结构房屋少数倒塌，大多数墙体开裂，梭、掉瓦。

(3) 地震地质灾害：盈江地震极震区（Ⅷ度区）原有地质灾害点54个，本次地震新增24个。据吴坤罡等（2015）的调查结果，盈江地震引发的地质灾害主要有崩塌、滑坡和地裂缝3类：崩塌

规模普遍较小，方量不大（几方到数十方），多发生在修建公路时开挖的边坡上；明显的滑坡体（群）主要有9处，主要分布在极震区（Ⅷ度区）的卡场—勐弄一带；地裂缝发育，分布在Ⅶ度及以上区域的多个地方，其宽度从数厘米到20厘米不等，长度大多为5m左右。

1.1.3 发震构造

吴坤罡等（2015）研究认为，盈江地震的发震构造为苏典—盈江断裂；张丽娜等（2016）根据震源机制解和震源深度反演的结果认为，盈江地震的发生可能是由苏典—盈江断裂引起的。苏典—盈江断裂南起盈江附近，向北经苏典、腊马河延至缅甸境内，走向近SN，倾向W，倾角 $50^{\circ}\sim 85^{\circ}$ ，长约90 km。该断裂在航、卫片上线性影像特征较清晰，对水系和第四系有明显的控制作用，属晚更新世活动断裂，以右旋走滑为主要活动特征（图1）。

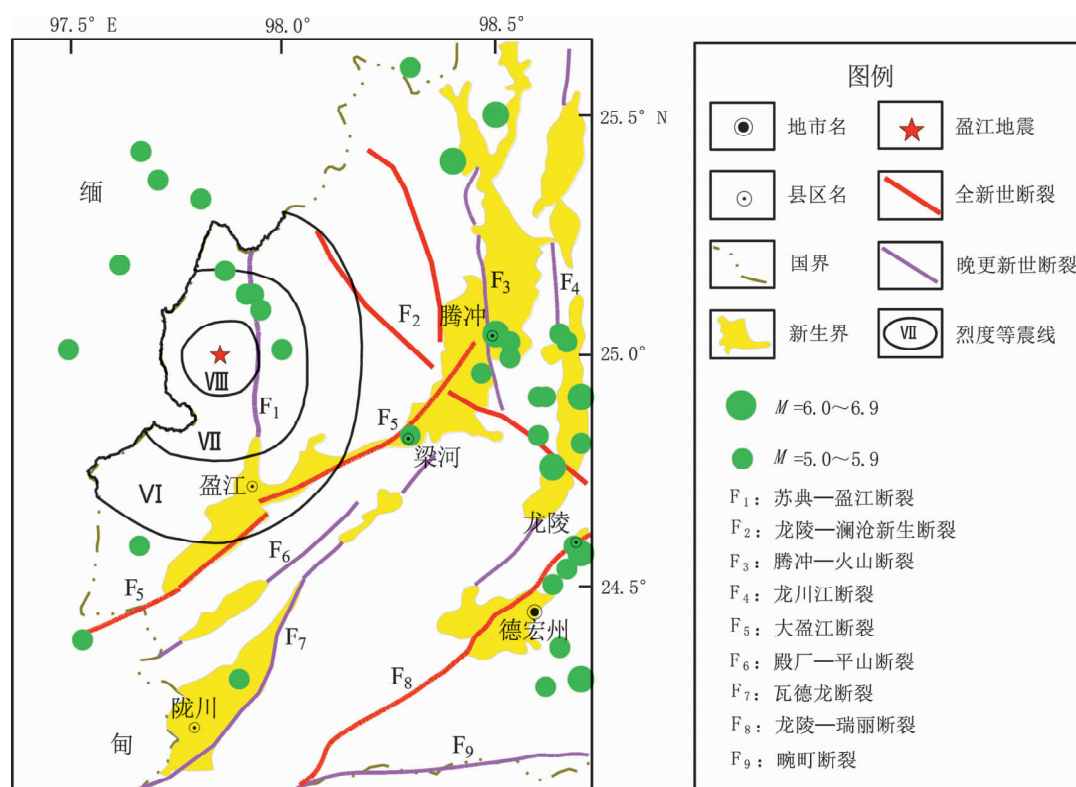


图1 盈江地震烈度分布与地震构造图

Fig. 1 Distribution of intensity and seismotectonic map of the Yingjiang earthquake

1.2 鲁甸6.5级地震

1.2.1 地震烈度

鲁甸6.5级地震是该县境内有历史地震记载以来的最大地震。其最高烈度为Ⅸ度，极震区烈度

为Ⅸ度，超当地Ⅶ度设防烈度。宏观震中位于鲁甸县龙头山镇，等震线形状呈椭圆形，长轴走向呈NNW向。灾区总面积约10 350 km²，其中Ⅸ度区面积约90 km²，Ⅷ度区总面积约290 km²，Ⅶ度

区总面积约 1 580 km², VI 度区总面积约 8 390 km² (图 2)。

1.2.2 破坏情况

鲁甸地震的能量释放时间短, 绝大部分能量集中释放于前 10 s, 且前 2~5 s 内就释放了全部能量的 70% (许力生等, 2014; 张勇等, 2014; 刘成利等, 2014); 同时, 地表震动强烈, 破坏力大。震中龙头山镇地表峰值加速度达 948.5 cm/s², 这与 2013 年四川芦山 7.0 级地震震中地表震动水平相当。

(1) 人员伤亡: 鲁甸地震造成 617 人死亡, 112 人失踪。这是自 1993 年以来云南地区同等级别地震中人员死亡及失踪数量最大的, 也远高于 2013 年四川芦山 7.0 级地震。

(2) 房屋震害: 鲁甸地震的房屋建筑破坏以极震区 (IX 度区) 和重灾区 (VIII 度区) 的土木结构和砖木结构等简易房屋的毁坏为主。在极震区 (IX 度区), 土木、砖木结构房屋大多数倒塌或局部倒塌, 毁坏率在 90% 以上; 在重灾区 (VIII 度区), 土木、砖木结构房屋多数倒塌或局部倒塌,

绝大多数房屋墙体开裂严重, 毁坏率在 70% 以上。

(3) 地震地质灾害: 震后对极震区 (IX 度区) 和重灾区 (VIII 度区) 的地质灾害进行调查, 共发现 84 处点或面状地质灾害点及 95 处线状地质灾害点。其中, 点或面状地质灾害以滑坡为主, 崩塌 (滚石) 次之, 前者占比约 90.5%, 后者占比约 4.7%; 线状地质灾害以地裂缝为主, 该地质灾害与其他类型的地质灾害共生。

典型面状地质灾害: 地震造成的最大滑坡位于震中鲁甸县火德红镇李家山村和巧家县包谷埡乡红石岩村交界的牛栏江干流上, 两岸山体崩塌堵塞河道并在该处形成堰塞湖 (红石岩堰塞湖)。该堰塞湖是唐家山堰塞湖 (汶川地震形成的最大堰塞湖) 库容的 2 倍, 整体性、连片式摧毁或掩埋了附近村寨农户房屋, 其中涉及鲁甸县 528 户、巧家县 48 户、会泽县 82 户。

典型线状地质灾害: 地震产生的最长地裂缝长约 8 km, 从龙头山镇南东方向沿谢家营盘—光明村—王家坡一线, 即 N22°W—N55°W 走向断续展布, 包括了地裂缝、地震鼓包、滑坡、崩塌、滚石等现象的地

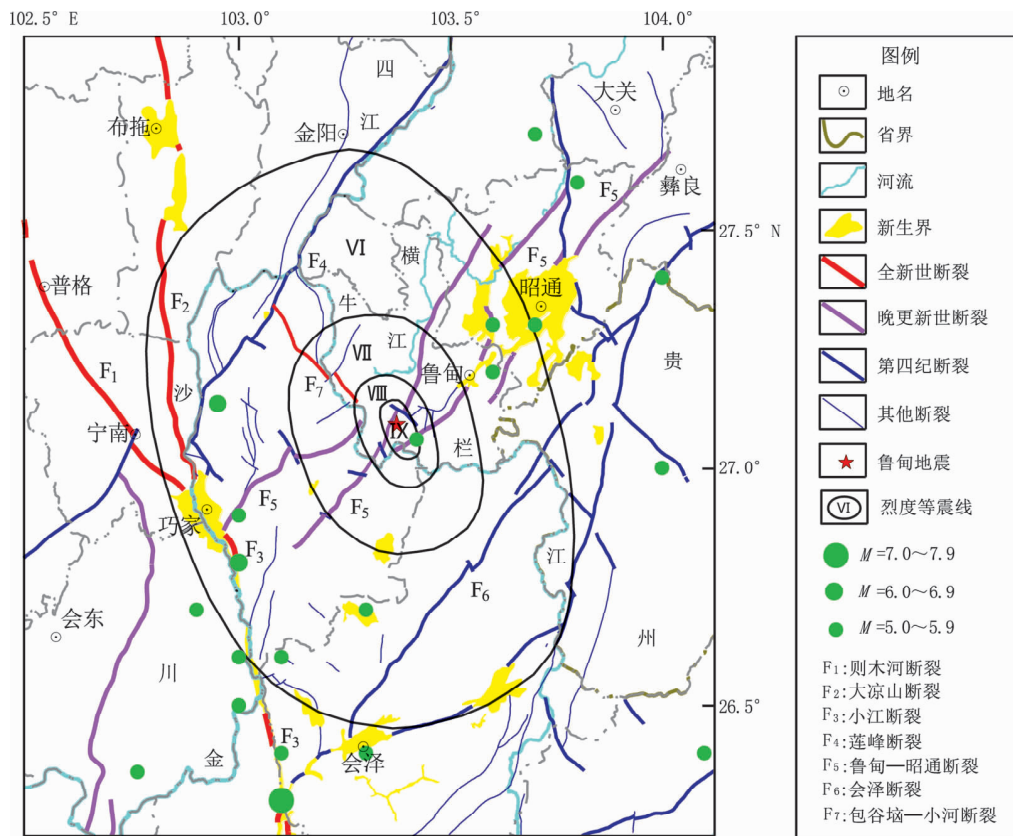


图 2 鲁甸地震烈度分布与地震构造图

Fig. 2 Distribution of intensity and seismotectonic map of the Ludian earthquake

表形变带（李西等，2014；Li *et al*，2015）。

1.2.3 发震构造

对于鲁甸地震的发震构造，很多学者都做了研究：徐锡伟等（2014a，b）、王未来等（2014）、房立华等（2014）和程佳等（2014）认为是由 NW 向包谷垭—小河断裂的活动引起的；还有一些学者认为除了 NW 向包谷垭—小河断裂的主导作用外，还与 NE 向鲁甸—昭通断裂有一定关系（常祖峰等，2014；李西等，2014；周庆，吴果，2015），其中周庆和吴果（2015）认为本次地震的发生以 NW 向包谷垭—小河断裂的左旋错动为主，NE 向鲁甸—昭通断裂的逆冲为辅。

1.3 景谷 6.6 级地震

1.3.1 地震烈度

景谷 6.6 级地震是该县境内有历史地震记载以来的最大地震。其最高烈度为Ⅷ度，极震区烈度为Ⅷ度，超当地Ⅶ度设防烈度。宏观震中位于景谷县永平镇政府所在地至芒费村那拐一带，等震线形状呈椭圆形，长轴走向呈 NW 向。灾区总面积约 11 930 km²，其中，Ⅷ度区总面积约 400 km²，

Ⅶ度区总面积约 1 750 km²，Ⅵ度区总面积约 9 780 km²（图 3）。

1.3.2 破坏情况

（1）人员伤亡：景谷地震共造成 1 人死亡，331 人受伤。

（2）房屋震害：景谷地震的房屋建筑破坏以极震区（Ⅷ度区）的土木结构（穿斗木构架）和砖木结构等简易房屋的破坏为主。在极震区（Ⅷ度区），土木结构房屋普遍梭掉瓦、开天窗，少数房屋墙体倒塌或局部倒塌、墙体开裂或外闪；砖木结构房屋普遍梭掉瓦、开天窗，多数房屋墙体开裂严重，少数房屋墙体局部倒塌。

（3）地震地质灾害：景谷地震引发的地质灾害主要包括崩塌、滑坡、地裂缝和砂土液化等。其中，崩塌、滑坡数量较少，规模也比较有限，根据现场调查，地震共造成滑坡约 200 处，崩塌约 10 处；地裂缝主要出现在永平镇旧坑河村等地，地裂缝最窄处为 2~3 cm，地面隆起或者沉降的幅度为 5~40 cm，最宽出现在村民小组后山的山脊上，雁列状裂缝宽达 1.4 m；砂土液化点较多、范

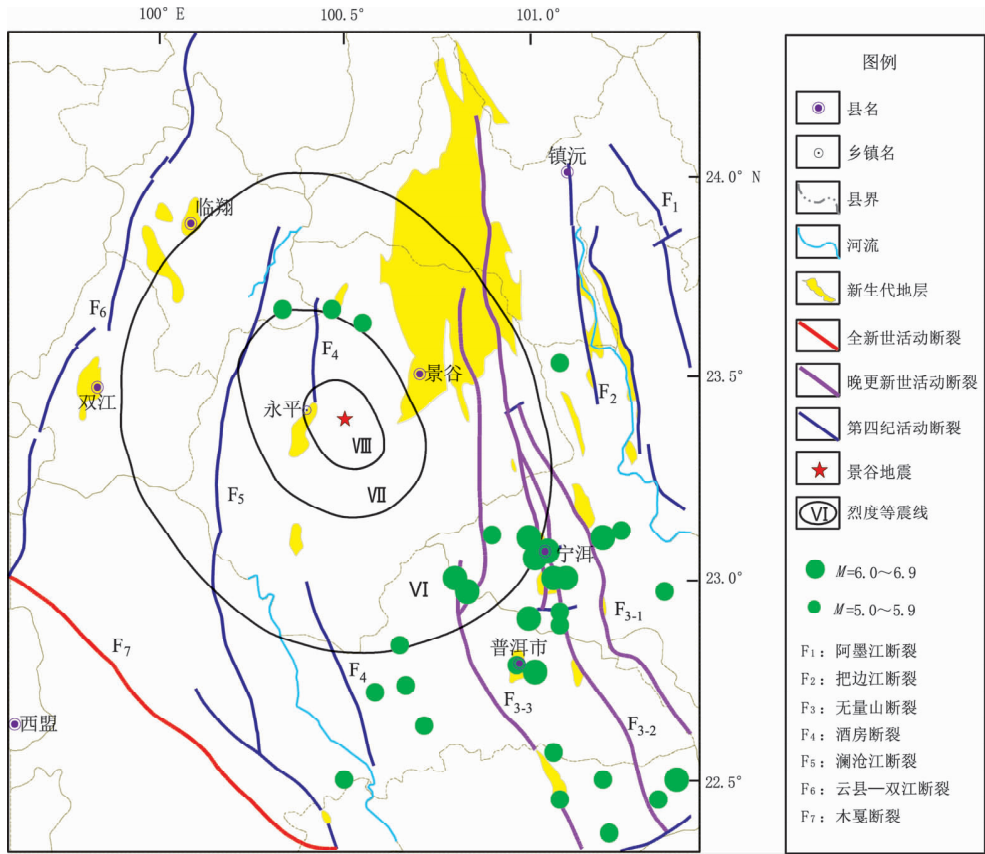


图 3 景谷地震烈度分布与地震构造图

Fig. 3 Distribution of intensity and seismotectonic map of the Jinggu earthquake

围较广, 主要分布在极震区 (Ⅷ度区), 其中宏观震中永平镇迁营村新寨组出现灰白色砂土液化喷砂冒水孔呈条带状, 长度约 10 m, 勐嘎村那茂组出现灰绿色椭圆形砂土液化喷砂孔, 最大孔径约 50 cm, 当 5 级左右的余震发生时, 喷射高度约为 2 m (洪海春等, 2015)。

1.3.3 发震构造

徐甫坤等 (2015) 所得出的震源机制解结果显示, 景谷地震的发生与酒房断裂关系密切。酒房断裂北起无量山西麓, 经安乐、民乐、永平、勐养至帕当进入缅甸; 总体走向近 SN 向, 倾向 E, 倾角 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$, 全长约 310 km。该断裂在航、卫片上线性影像特征清晰, 对盆地具有较明显的控制作用, 属早第四纪活动断裂, 以右旋走滑为主要活动特征 (图 3)。

2 震害原因分析

2.1 鲁甸地震灾害较重原因

2.1.1 人员震害原因

根据张彦琪等 (2015) 的研究分析, 造成鲁甸地震人员死亡及失踪的原因如图 4、5 所示。由图 4 可知, 房屋倒塌和地震地质灾害 (包括山体

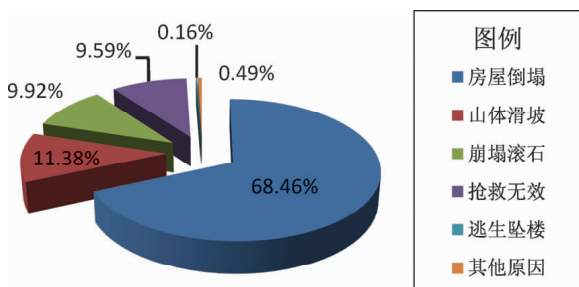


图4 鲁甸 6.5 级地震人员死亡原因

Fig. 4 The causes of deaths of the Ludian $M_s 6.5$ earthquake

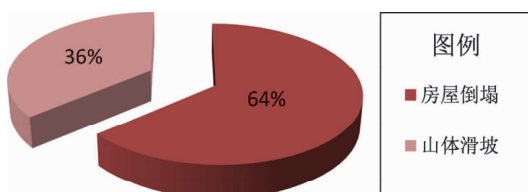


图5 鲁甸 6.5 级地震人员失踪原因

Fig. 5 The causes of disappearances of the Ludian $M_s 6.5$ earthquake

滑坡和崩塌滚石) 是造成人员死亡数量巨大的两大主要原因, 占比高达 68.46% 和 21.3%; 由图 5 可知, 造成鲁甸地震人员失踪的原因是地震地质灾害 (山体滑坡) 和房屋倒塌, 占比分别是 64% 和 36%。

鲁甸地区的人口分布集中且密度大, 2013 年末的人口密度为 277 人/ km^2 , 而盈江和景谷地区的人口密度只有 61 人/ km^2 和 40 人/ km^2 。如此大的人口密度是造成更多人员伤亡的先决条件 (张彦琪等, 2015)。

2.1.2 房屋建筑破坏原因

鲁甸属连片贫困区, 广大农村普遍使用“土抬梁”“石抬梁”等简陋、廉价房屋, 其中“土抬梁”式的房屋占比高达 80.44% (和嘉吉等, 2015b)。这些简易房屋抗震性能很差, 且多建于自然条件恶劣、地质环境极不稳定的陡坡和峡谷地带, 沿发震断裂带村落分布尤为密集, 选址存在很大隐患。

同时, 严重的地震地质灾害也造成了一定数量的房屋建筑破坏, 比如前文提及的红石岩堰塞湖整体性、连片式摧毁或掩埋了附近村寨 658 户农户的房屋 (张彦琪等, 2015)。

2.1.3 地震地质灾害原因

从断裂活动 (发震断层) 看, 滑坡、崩塌、滚石、地裂缝等地质灾害主要沿 NW 向包谷垭一小河断裂及与其交汇的 NE 向昭通—鲁甸断裂总体呈带状展布; 加之引发本次地震的断裂活动具有一定逆冲分量, 这在一定程度上可能加重了地质灾害的破坏程度。

从地形地貌看, 鲁甸地区山高、坡陡、谷深, 山地与河谷高差悬殊 (相对高差 2 788 m), 全县 37% 的土地面积地形坡度大于 25° 。就本次灾区而言, Ⅷ度以上区域 46% 的面积坡度大于 25° ; Ⅶ度区内 37% 的面积坡度又大于 25° (匡文惠, 2014)。由于坡度大, 山体边坡在地震力作用下很容易失稳, 在一定条件下加剧了地质灾害程度。

从岩层条件看, 鲁甸灾区多由石灰岩、玄武岩等岩体堆积而成。由于新构造运动强烈, 区内山体岩石破碎、节理裂隙发育, 岩层完整性较差, 从而增加了山体边坡的不稳定性 (谢宇平, 1987)。

从气候条件看, 鲁甸地震发生在当地的雨季, 持续降雨进一步引发或加剧了次生地质灾害。

从生态环境看,鲁甸地震灾区自然地理恶劣、地质环境脆弱、植被覆盖较差、森林覆盖率很低(约15%)、地层裸露,大部分地区出现石漠化并不断在加深和扩大,其中震中及其周边地区尤为明显。这在一定程度上助推了滑坡、泥石流等地质灾害的发生。

2.2 盈江、景谷地震灾害较轻原因

与鲁甸地震相比,盈江、景谷地震造成的灾害明显较轻,主要原因如下:

(1) 地震烈度低一度。虽然3次地震的震级相差不大,但盈江、景谷地震的最高烈度要比鲁甸地震的低一度。主要原因在于盈江、景谷地区是花岗岩基底坚硬,出露面积大,分布长达百余平方千米,地质结构相对稳定(洪海春等, 2015)。

(2) 人员伤亡相对轻。盈江地震人员“零死亡”(包括震前6天发生的5.6级地震),受伤人数也较少。其主要原因为:一是5.6级地震后震区政府紧急转移安置措施得力、高效;二是震区近年开展的恢复重建、农村民居地震安全工程和中小学校舍安全工程一定程度上提高了抗震设防能力,在地震中取得明显减灾实效;三是自2008年以来震区中强地震频发,共计发生5级以上地震6次,群众防灾意识明显增强。

景谷地震有1人死亡,是由房屋墙体坍塌造成的(候建盛等, 2015)。地震人员伤亡少的主要原因为:一是地形地貌条件较好,地貌以中低山为主,地形切割较浅、坡度不大;二是地质构造作用相对较弱;三是地层岩性较单一、完整性较好。

从人员分布上看,盈江、景谷地区的人员相对稀少、密度相对低。这也是人员伤亡相对较轻的原因。

(3) 地质灾害相对弱。一方面,盈江、景谷地区的生态环境好,两地森林茂密、植被发育,森林覆盖率分别达到了63%和74%,植被对山体起到了很好的保护作用,从而减少了山体崩塌、滚石、滑坡等次生灾害的发生;另一方面,两地的地形坡度相对平缓,坡度大于 25° 的坡地面积仅为37%和38%,虽然存在一定的地质灾害隐患,但灾情相对较轻。

(4) 民房具有一定的抗震性能。盈江、景谷地震灾区的民居以穿斗木结构为主,其中盈江地区的此类建筑以穿斗木构架承重,木板、竹编墙

围护,屋顶材质为瓦或茅草;景谷地区的此类建筑以穿斗木构架承重,砖墙或土坯墙围护,以力学性能较为优良的木材为承重构件,自重轻、塑性和延性较好。

自2008年以来盈江震区发生过破坏性地震后,大量民居通过恢复重建具备了综合抗御6级地震的能力,盈江人民经过多次地震的历练,具备一定的防灾意识和应对地震灾害的能力;近年来景谷震中区加强防震减灾工作措施,从而使人员伤亡大大减轻,同时水库移民搬迁在一定程度上也提高了部分民房的抗震水平。

3 灾害对比分析

根据上述分析,盈江、鲁甸和景谷地震同属发生在云南地区的中强地震,又同属浅源地震(震源深度分别为12 km、12 km和5 km),但3次地震造成的灾害却存在显著差异,本文对其原因进行了分析。

3.1 地震因素

(1) 地震能量释放。根据许力生等(2014)、张勇等(2014)、刘成利等(2014)的研究结果,鲁甸地震绝大部分的能量集中释放于前10 s,且前2~5 s内就释放了整个能量的70%;同时,鲁甸地震的破裂是从震源处开始,向浅部地表扩散的,且破裂速度逐渐加快(张勇等, 2014; 刘成利等, 2014);另外,鲁甸地震具有明显的共轭破裂现象(刘成利等, 2014)。

(2) 地面震动。鲁甸、景谷地震极震区的强震动台站记录到了主震记录,盈江地震极震区的强震动台站由于仪器故障没有记录到主震记录,但位于Ⅶ度区内的流动强震动台记录到了主震记录(图6)。从图6可以看出,鲁甸地震的峰值加速度为 948.5 cm/s^2 ,比景谷地震的 488.8 cm/s^2 和盈江地震的 132.6 cm/s^2 要高出很多。换句话说,鲁甸地震的峰值速度达到了 91.76 cm/s ,而景谷地震和盈江地震的只有 32.46 cm/s 和 8.78 cm/s 。

(3) 地震烈度。地震烈度越大,造成的灾害损失则更严重。鲁甸地震的最高烈度为Ⅸ度,极震区烈度为Ⅸ度,比盈江和景谷地震的最高烈度要高出一度。从人员死亡及失踪的分布情况看,鲁甸地震Ⅸ度区共有死亡及失踪人数422人,占死亡总人数的65.4%。从地震地质灾害的分布情况

看,鲁甸地震引发的大部分地质灾害分布在Ⅸ度区,而且如滑坡、地裂缝等的规模都比较庞大。

3.2 房屋因素

就抗震性较差的房屋结构来说,鲁甸灾区的情况远不如盈江和景谷灾区。盈江灾区:穿斗木结构以穿斗木构架承重,木板、竹编墙围护,屋顶材质为茅草或瓦;砖木结构主要为木屋架砖墙瓦顶房屋,由木屋架或砖柱、砖墙承重,并设置圈梁与构造柱。另外,少数民房为空心砖墙抬梁结构,由空心砖墙承重。景谷灾区:土木和砖木房屋主要以木构架为主要承重构件,木构架房屋木柱很多(1栋民房有20~30根木柱),上部木屋架由榫头穿斗而成,连接牢固,围护土坯墙或者砖墙呈外包状。鲁甸灾区:土木房屋多以夯土墙承重,多为二层,墙抬木梁,人字形瓦屋顶或混凝土现浇楼板,抗震性能差(侯建盛等,2015)。

另外,房屋建筑选址的不同也是造成地震灾害存在差异的原因。鲁甸地震灾害较盈江和景谷地震重,跟该地区房屋建筑选址有很大关系,由于包括鲁甸在内的滇东北地区的特殊自然地理及地质环境,造成该地区房屋多建于自然条件极其恶劣、地质环境极不稳定的陡坡和峡谷地带,且沿活动断裂带一线村落分布尤为密集,选址存在很大隐患。

3.3 自然地理及地质环境

鲁甸震区自然环境恶劣,山高坡陡、谷深,海拔高差大(最高3356 m,最低568 m),地形坡度在 25° 以上的陡坡山地占总面积的54%;同时,森林覆盖率为云南省倒数第一,仅有15%;区内地质构造复杂,发育了NE向、NW向和近SN向的断裂、褶皱等,而且从活动块体构造部位上看处于重要的构造变形部位(常祖峰等,2014)。

而盈江和景谷震区与鲁甸震区相比,虽然都是山区,但自然地理及地质环境要好的多:地形坡度在 25° 以上的陡坡山地分布较少,占比分别为37%和38%;森林覆盖率比较高,占比分别为63%和74%;从图1和图3可以看出,盈江和景谷两地的地质构造分布比较单一。

3.4 人口因素

地震人员伤亡数量应该与当地的人口密度正相关,人员密度越大,越有可能造成更多的人员震害。就2013年而言,鲁甸地区的人口密度为

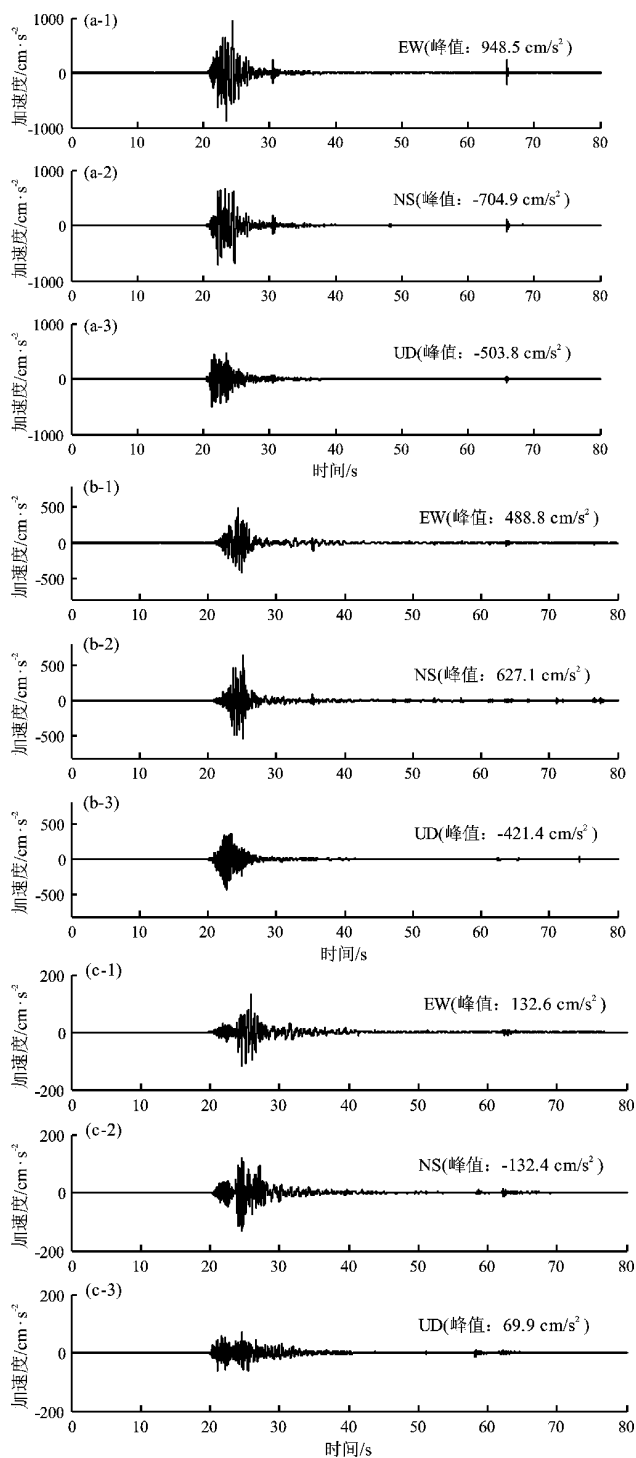


图6 鲁甸(a)、景谷(b)和盈江(c)地震加速度记录波形

Fig. 6 The acceleration waveforms of the Ludian earthquake (a), Jinggu earthquake (b) and Yingjiang earthquake (c)

277人/ km^2 ,盈江地区的人口密度为61人/ km^2 ,景谷地区的人口密度为40人/ km^2 。和全省平均人口密度120人/ km^2 相比,鲁甸是全省平均水平的

两倍还多,而盈江和景谷仅为全省平均水平的一半和三分之一(樊杰等,2014)。

4 结论与建议

4.1 结论

2014年云南地区发生的盈江6.1级、鲁甸6.5级和景谷6.6级地震均造成了一定的灾害损失,但3次地震的人员伤亡、房屋建筑破坏和地震地质灾害等却明显不同,其中鲁甸地震最为严重。

经研究对比发现自然地理环境恶劣,山高、坡陡、谷深,断裂构造复杂且地震活动频繁,以及建筑物抗震性能差(尤以农村地区广泛分布的“夯土墙抬梁”或“毛石墙抬梁”等简易房屋最为突出),加之经济水平落后、社会发展状况低下和人口密度大等,是造成鲁甸地震灾害较盈江、景谷地震严重的主要原因。

盈江、鲁甸和景谷地震均为该县境内有历史地震记载以来的最大地震,且3次地震的最高烈度均超过了当地的设防烈度,其地震灾害具有一定的代表性和典型性,既可以厘定出滇东北和滇西、滇西南地区的地震破坏情况,也呈现出地震灾害的区域性差异特点。

4.2 建议

在本文研究成果的基础上,针对地震灾害区域性差异特点提出以下建议:

(1) 鲁甸地区较盈江、景谷地区而言,要更加注重房屋建筑的科学合理选址,建设地点首先要选择地势平坦的地方,同时要有效避让活动断裂带和地质灾害易发区。

(2) 对于“土或石抬梁”等抗震能力差的简易房屋,一方面要根据经济水平的发展逐渐拆除直至消灭,另一方面在现有条件下的加固和改造过程中要注重抗震结构设计指导和施工监管。

(3) 对于鲁甸和盈江、景谷地区的民房建设而言,鲁甸地区应该首推砖混结构,而盈江、景谷地区除要建设砖混结构房屋外,更应该推广具有地域特色的、有较强抗震能力的以穿斗木结构为主的传统民居。这些房屋的建设要经过规范设计,并应该适当提高设防标准,同时确保房屋建筑材料的质量和施工等环节。

(4) 应对和处置地震灾害措施也应该根据不同区域具体制定,而不是仅仅只考虑震级,要充

分掌握不同区域的人员分布情况和房屋建筑情况;更要把握地质灾害分布和特点以及地质灾害发生后可能对居民点、道路造成的影响以及充分了解和考虑不同区域民族的特征及其特殊性。

参考文献:

- 白仙富,戴雨炎,戴靖,等. 2013 昭通地区地震灾害区域性特征分析[J]. 地震研究,36(4):514-524.
- 常祖峰,周荣军,安晓文,等. 2014. 昭通—鲁甸断裂晚第四纪活动及其构造意义[J]. 地震地质,36(4):1260-1279.
- 程佳,刘杰,徐锡伟,等. 2014. 大凉山次级块体内强震发生的构造特征与2014年鲁甸6.5级地震对周边断层的影响[J]. 地震地质,36(4):1228-1243.
- 樊杰,王传胜,汤青,等. 2014. 鲁甸地震灾后重建的综合地理分析与对策研究[J]. 地理科学进展,33(8):1011-1018.
- 房立华,吴建平,王未来,等. 2014. 云南鲁甸 $M_s6.5$ 地震余震重定位及其发震构造[J]. 地震地质,36(4):1173-1185.
- 和嘉吉,卢永坤,代博洋,等. 2015a. 2014年云南地震灾害综述[J]. 地震研究,38(4):638-642.
- 和嘉吉,卢永坤,代博洋,等. 2015b. 鲁甸 $M_s6.5$ 与景谷 $M_s6.6$ 地震灾区房屋抗震能力差异分析[J]. 地震研究,38(1):137-142.
- 洪海春,尤捷,陶小三,等. 2015. 2014年云南鲁甸地震和景谷地震的震害对比研究[J]. 地震工程学报,37(4):1013-1022.
- 候建盛,李洋,宋立军,等. 2015. 2014年云南景谷6.6级地震与云南鲁甸6.5级地震致灾因素分析[J]. 灾害学,30(2):100-101,143.
- 皇甫岗,陈勤,王彬,等. 2015. 2014年云南鲁甸6.5级地震[M]. 昆明:云南科技出版社,1-8.
- 皇甫岗,苏有锦,张建国,等. 2014. 新世纪滇缅交界大震活动研究[M]. 昆明:云南科技出版社,141-149.
- 匡文慧,迟文峰,高成凤,等. 2014. 云南鲁甸地震灾害应急救援环境分析与影响快速评估[J]. 地理科学进展,33(9):1152-1158.
- 李西,张建国,谢英情,等. 2014. 鲁甸 $M_s6.5$ 地震地表破坏及其与构造的关系[J]. 地震地质,36(4):1280-1291.
- 刘成利,郑勇,熊熊,等. 2014. 利用区域宽频带数据反演鲁甸 $M_s6.5$ 地震震源破裂过程[J]. 地球物理学报,57(9):3028-3037.
- 秦嘉政,钱晓东,叶建庆. 2012. 云南地震活动与数字地震台网[J]. 云南大学学报(自然科学版),34(S2):1-7.
- 王未来,吴建平,房立华,等. 2014. 2014年云南鲁甸 $M_s6.5$ 地震序列的双差定位[J]. 地球物理学报,57(9):3042-3051.
- 吴坤盟,吴中海,黄小龙,等. 2015. 云南盈江2014年5.30 $M_s6.1$ 地震的主要震害特征[J]. 地质力学学报,21(1):87-96.
- 谢宇平. 1987. 新构造运动学的研究现状[J]. 世界地质,6(2):1-10.
- 徐甫坤,刘自凤,张竹琪,等. 2015. 2014年云南景谷 $M_s6.6$ 地震序列重定位与震源机制解特征[J]. 地球科学,40(10):1741-1754.
- 徐锡伟,程佳,许冲,等. 2014a. 青藏高原块体运动模型与地震活动主体地区讨论:鲁甸和景谷地震的启示[J]. 地震地质,36(4):1116-1134.
- 徐锡伟,江国焰,于贵华,等. 2014b. 鲁甸6.5级地震发震断层判定及其构造属性讨论[J]. 地球物理学报,57(9):3060-3068.

- 许力生,张旭,严川,等. 2014. 基于勒夫波的鲁甸 $M_s6.5$ 地震震源复杂性分析[J]. 地球物理学报, 57(9): 3006–3017.
- 张丽娜,韩立波,罗艳. 2016. 2014 年 5 月云南盈江两次中强地震震源参数研究[J]. 地震, 36(1): 59–68.
- 张彦琪,李西,谢英情,等. 2015. 2014 年云南鲁甸 $M_s6.5$ 地震人员震害研究[J]. 地震研究, 38(3): 432–441.
- 张勇,许力生,陈运泰,等. 2014. 2014 年 8 月 3 日云南鲁甸 $M_w6.1$ ($M_s6.5$) 地震破裂过程[J]. 地球物理学报, 57(9): 3052–3059.
- 赵洪声,和宏伟,张立,等. 2001. 云南地震灾害特征分析[J]. 内陆地震, 15(1): 11–22.
- 周光全,施卫华,毛燕. 2003. 云南地区地震灾害损失的基本特征[J]. 自然灾害学报, 12(3): 81–86.
- 周光全,王慧彦,李西. 2009. 2008 年云南地震灾害概况[J]. 地震研究, 32(3): 312–315.
- 周桂华,卢永坤,刘丽芳. 2012. 2011 年云南地震灾害综述[J]. 地震研究, 35(4): 578–582.
- 周庆,吴果. 2015. 鲁甸 6.5 级地震崩滑地质灾害分布与成因探讨[J]. 地震地质, 37(1): 269–278.
- LI X, XU X W, RAN Y K, *et al.* 2015. Compound Fault Rupture in the 2014 $M_s6.5$ Ludian, China, Earthquake and Significance to Disaster Mitigation[J]. Seismological Research Letters, 85(3): 764–774.

Research on the Disaster Characteristics of Three $M_s > 6$ Earthquakes in Yunnan in 2014

ZHANG Yanqi¹, CHEN Weifeng², LU Yongkun¹, CHEN Kunhua¹, LIN Guoliang¹, LI Shicheng¹

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

(2. Earthquake Administration of Sichuan Province, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract

Taking the Yingjiang $M_s6.1$ earthquake, Ludian $M_s6.5$ earthquake and Jinggu $M_s6.6$ earthquake in Yunnan area as the research object, we first summed up the disaster characteristics of the three earthquakes. Then on the basis of it, we analyzed main reasons of the disaster induced by Ludian $M_s6.5$ earthquake which was more serious than that of the other two earthquakes. Finally, aiming at the characteristic of earthquake disaster regional differences, we proposed that the idea of housing building, site selection of seismic design of the structure and emergency disposal, etc.

Keywords: earthquake disaster; Yingjiang earthquake; Ludian earthquake; Jinggu earthquake; Yunnan area