

2014 年云南鲁甸 M_s 6.5 地震人员震害研究*

张彦琪¹, 李 西¹, 谢英情¹, 陈坤华¹, 华 钧¹, 张 伟²

(1. 云南省地震局, 云南 昆明 650224; 2. 会泽县地震局, 云南 会泽 654200)

摘要: 2014 年云南鲁甸 M_s 6.5 地震造成 1993 年以来云南地区同等级地震人员死亡、失踪数量最大震害。以灾区政府部门统计得到的人员震害资料为基础, 对鲁甸地震产生的人员震害特点及其引发原因进行了详细分析, 同时对地震人员死亡、失踪数量巨大的影响因素进行了分析讨论。结果表明: 人员死亡、失踪震害主要发生在Ⅷ度区附近及以上区域, 发生地点以活动断裂和河流两侧及其附近尤为明显, 分布呈现 NW 和 NE 两个较为明显的优势方向, 但总体以 NW 向分布为主; 造成人员死亡最主要的原因因为房屋倒塌严重, 其次为山体滑坡、崩塌滚石等地震地质灾害; 造成人员失踪的原因有房屋倒塌和山体滑坡; 影响地震人员死亡、失踪数量巨大的直接因素有房屋建筑抗震能力、地震地质灾害破坏程度和人为因素等, 间接因素有人口密度、自然地理环境、地质构造条件、气候条件和生态环境等。在上述分析的基础上还提出了一些减少震害的建议和措施。

关键词: 鲁甸 6.5 级地震; 人员死亡; 失踪

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2015)03-0432-10

0 引言

2014 年 8 月 3 日 16 时 30 分 10 秒, 云南省昭通市鲁甸县 (27.1°N, 103.3°E) 发生 M_s 6.5 地震, 震源深度 12 km。该地震是云南省 2000 年以来的第二大地震 (最大地震为同年发生在景谷县的 6.6 级地震), 也是昭通地区 40 年以来的最大地震。地震共造成 617 人死亡, 112 人失踪, 3 143 人受伤。与云南其他地区同等级地震相比较, 该次地震创下了人员伤亡之最 (表 1) (云南省地震灾害损失评定委员会, 云南省地震局, 2012), 也是国内自 2008 年汶川 8.0 级地震、2010 年青海玉树 7.1 级地震之后死亡人数第三多的地震, 而且远远高于 2013 年四川芦山 7.0 级地震的死亡人数。

鲁甸县地处滇东北乌蒙山区, 属国家集中连片特殊贫困地区, 经济发展滞后, 房屋建筑建设标准低, 加之自然地理环境恶劣, 地质构造条件复杂, 地震造成房屋建筑破坏严重, 并诱发了严重的地震地质灾害, 由此引发了极其惨重的人员死亡、失踪等震害。

笔者以灾区当地民政等政府部门详细统计得到的人员死亡、失踪等震害资料为基础, 对地震

造成的人员震害特点及引发原因进行了详细分析, 并对造成人员死亡、失踪数量巨大的影响因素进行了分析讨论, 以期对当地地震破坏研究、灾后恢复重建、抗震设防和防灾减灾等一系列工作有一定的参考价值和现实意义。

表 1 1993 年以来云南地区 6.5 级左右地震人员伤亡统计表

Tab. 1 Statistic of casualties induced by $M6.0 \sim 6.6$ earthquakes in Yunnan since 1993

地点	时间 /年-月-日	震级 M	震源深度 /km	震中 烈度	伤亡人数/人	
					死亡	受伤
普洱	1993-01-27	6.3	14	Ⅷ	0	151
宁蒗	1998-11-19	6.2	10	Ⅷ	5	1 593
姚安	2000-01-15	6.5	30	Ⅷ	7	2 528
永胜	2001-10-27	6.0	15	Ⅶ	1	220
大姚	2003-07-21	6.2	6	Ⅷ	16	587
大姚	2003-10-16	6.1	5	Ⅷ	3	57
宁洱	2007-06-03	6.4	5	Ⅷ	3	419
攀枝花一元谋	2008-08-30	6.1	10	Ⅷ	6	241
姚安	2009-07-09	6.0	10	Ⅷ	1	372
鲁甸	2014-08-03	6.5	12	Ⅸ	617	3 143
景谷	2014-10-07	6.6	5	Ⅷ	1	336

* 收稿日期: 2015-01-12.

基金项目: 活断层运维 (601102) 和中国地震局星火计划攻关项目 (XH13021) 联合资助.

1 震区概况

1.1 自然地理环境

鲁甸县所处昭通地区地处金沙江下游, 云贵高原向四川盆地过渡的倾斜地带, 属典型的高原山地构造地貌, 地形崎岖, 复杂地况国内少见。由于地处低纬高海拔区, 昭通全境山高坡陡、河流深切, 山地与河谷高差悬殊 (相对高差 3 773 m), 地形坡度在 25° 以上的陡坡山地占总面积的 43.7% (樊杰等, 2014)。

鲁甸震区同昭通其他地区一样, 自然环境恶劣, 山高坡陡、谷深, 海拔高差大 (最高 3 356 m, 最低 568 m), 地形坡度在 25° 以上的陡坡山地占总面积的 54%。地势总体上东西两侧高, 中间低平, 地形起伏较大, 呈明显的立体型地形; 地貌错综复杂, 有深切中山、中切中山、岩溶高原、混合丘陵、高原湖积盆地、断陷河谷坝等 (胡金等, 2008)。

1.2 地质构造环境

从区域构造看, 鲁甸地处于扬子准地台 (Ⅰ级) 凉山—滇东台褶带 (Ⅱ级) 的滇东北台褶束 (Ⅲ级) 内, 区内发育 NE 向、NNW—NW 向和近

SN 向多组断裂构造 (图 1)。NE 向莲峰—昭通断裂带贯穿整个震区, 由莲峰、鲁甸—昭通两条 NE 向平行展布的断裂组成, 为本区的主体构造 (闻学泽等, 2013); 由于该断裂带正位于大凉山次级活动块体 SE 向运动前缘和前锋位置, 从活动块体构造部位上看, 它处于重要的构造变形部位, 起着吸收和调节块体 SE 向运动的作用 (常祖峰等, 2014)。NNW (NW) —近 SN 向则木河断裂—小江断裂带构成川滇菱形块体的东部边界带, 具左旋走滑运动性质, 全新世活动明显。

鲁甸震区内构造复杂, 主体为 NE 向断裂和褶皱, 其次为 NW 向和 SN 向断裂、褶皱。断裂构造主要有 NE 向鲁甸—昭通断裂和 NW 向包谷垭—小河断裂 (图 1), 前者以右旋走滑逆冲为主要特征, 后者以左旋走滑兼逆冲为主要错动方式。

1.3 地震破坏情况

(1) 地震烈度

鲁甸地震造成云南省 (包括昭通市鲁甸县、巧家县、昭阳区、永善县和曲靖市会泽县)、四川省和贵州省等灾区共 70 个乡镇遭受不同程度破坏。地震最大烈度为 IX 度, 烈度等震线形状总体呈椭圆形, 长轴呈 NNW 走向分布, VI 度以上灾区面积

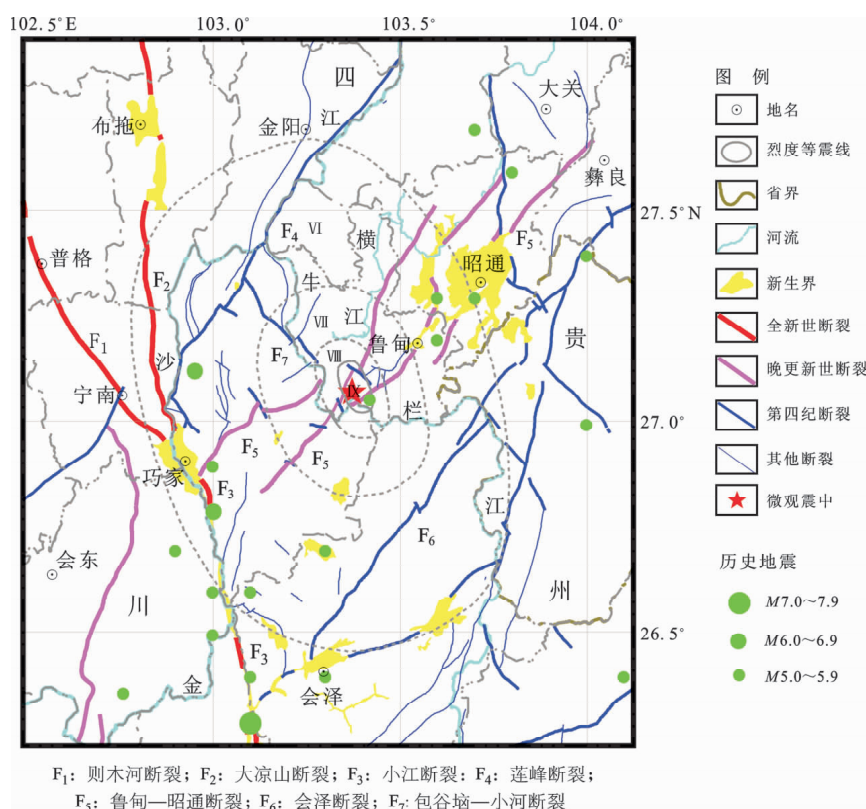


图 1 鲁甸 $M_s6.5$ 地震区域地震构造简图

Fig. 1 Regional seismotectonic map of Ludian $M_s6.5$ earthquake

约为 10 350 km²。极震区烈度达到Ⅸ度，宏观震中位于鲁甸县龙头山镇，超当地Ⅶ度设防烈度（卢永坤等，2014）。

(2) 地震加速度

地震发生时，位于鲁甸县龙头山镇的强震动台

站记录到了主震记录，加速度峰值为948.5 cm/s²（图2）。根据《中国地震烈度表》（GB/T 17742—2008）对应的不同烈度与水平向地面峰值加速度的关系（表2），该点单台仪器烈度达到了Ⅹ度，比区域宏观考察烈度高了1度。

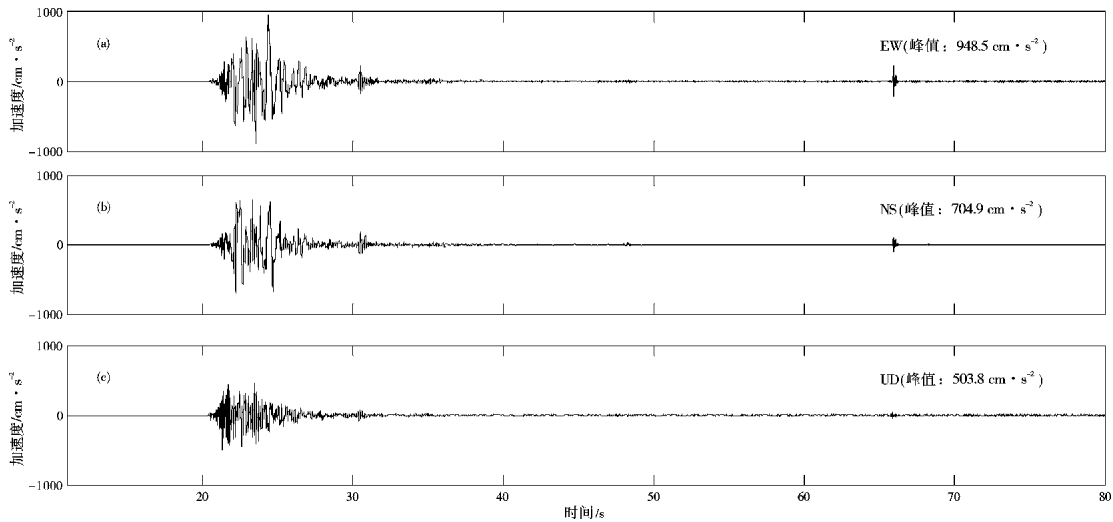


图2 鲁甸 $M_s6.5$ 地震龙头山镇加速度记录波形

Fig. 2 The acceleration waveforms of the Ludian $M_s6.5$ earthquake recorded by Longtoushan Seismic Station

表2 烈度与加速度的对应关系

Tab. 2 The corresponding relationship between seismic intensity and acceleration

烈度	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ	Ⅹ
水平向地面峰值 加速度/cm·s ⁻²	45~89	90~177	178~353	354~707	708~1 414

2 人员死亡分布及其特点

2.1 人员死亡概况

鲁甸地震共造成 617 人死亡，其中确定身份者 615 人。图 3 分别给出了确定身份遇难者的人数总体分布、性别分布和户籍分布等基本情况。

2.2 人员死亡分布及其特点

(1) 时间分布及其特点

图 4 给出了鲁甸地震人员死亡随时间变化情况：① 人员死亡时间分布呈“动态”变化过程；② 人员死亡发生时段为 8 月 3~6 日的 4 天；③ 人员死亡可分 8 月 3~4 日和 8 月 5~6 日两个时段，且各时段内后一日的死亡人数均大于前一日。

图 5 给出了鲁甸地震各灾区人员死亡随时间变化情况：① 鲁甸、巧家灾区的人员死亡时间分布

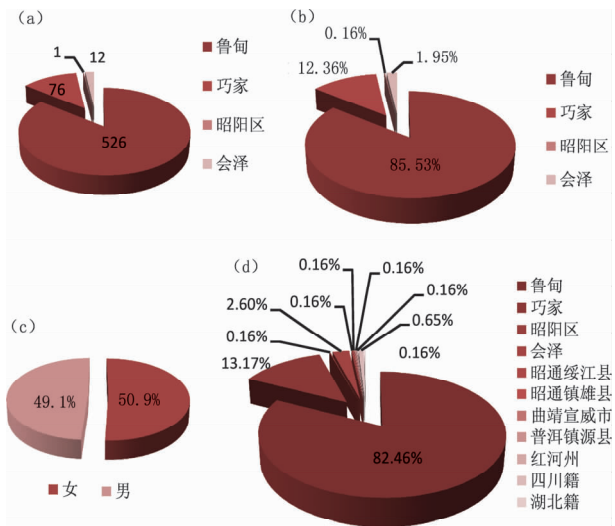


图3 鲁甸 $M_s6.5$ 地震人员死亡概况

(a) 确定身份遇难者总体分布（人数）；(b) 确定身份遇难者总体分布（百分比）；(c) 确定身份遇难者性别分布；(d) 确定身份遇难者户籍分布

Fig. 3 The basic situation of the deaths in Ludian $M_s6.5$ earthquake

(a) the number distribution of identified deaths; (b) the percentage distribution of identified deaths; (c) the gender distribution of identified deaths; (d) the household distribution of identified deaths

呈“动态”变化过程；② 会泽、昭阳区灾区的人员死亡时间分布呈“静态”，即全部发生在主震当日；③ 鲁甸灾区的人员死亡可分8月3~4日和8月5~6日两个时段，且各时段内后一日的死亡人数均大于前一日；④ 巧家灾区的死亡人数随时间总体呈现减少状态。

(2) 空间分布及其特点

前文所述，鲁甸地震共有IX、Ⅷ、Ⅶ和Ⅵ共4级烈度等震线，人员死亡主要发生在Ⅷ度区及其以上区域（图6）。人员死亡具体分布情况：IX度区共13处，死亡422人；Ⅷ度区共19处，死亡176人；Ⅶ度区共5处，死亡16人；Ⅵ度区共1处，死亡1人。

人员死亡空间分布特点：① 地震烈度越高，人员死亡数量越大；② 总体分布呈现NW和NE两个较为明显的优势方向，但总体以NW向分布为主要特征；③ 死亡地点部分沿活动断裂两侧及其附近分布，部分沿河流两侧坡地分布，少部分分布在高山坡地；④ IX~Ⅷ度区东南部人员死亡地点分布较多且集中，直接反映了红石岩堰塞湖的巨大影响作用。

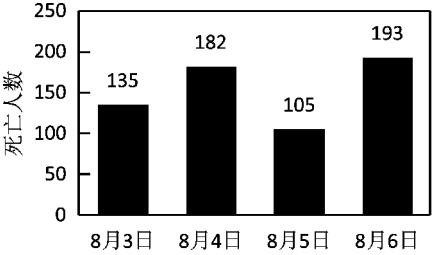


图4 鲁甸 $M_s6.5$ 地震人员死亡随时间变化
Fig. 4 The change of the number of deaths with time in the Ludian $M_s6.5$ earthquake

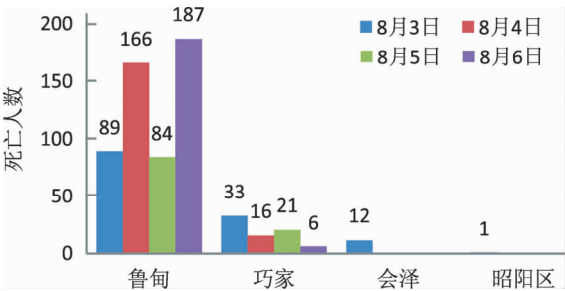


图5 鲁甸 $M_s6.5$ 地震各灾区人员死亡随时间变化
Fig. 5 The change of the number of deaths with time in each disaster areas of Ludian $M_s6.5$ earthquake

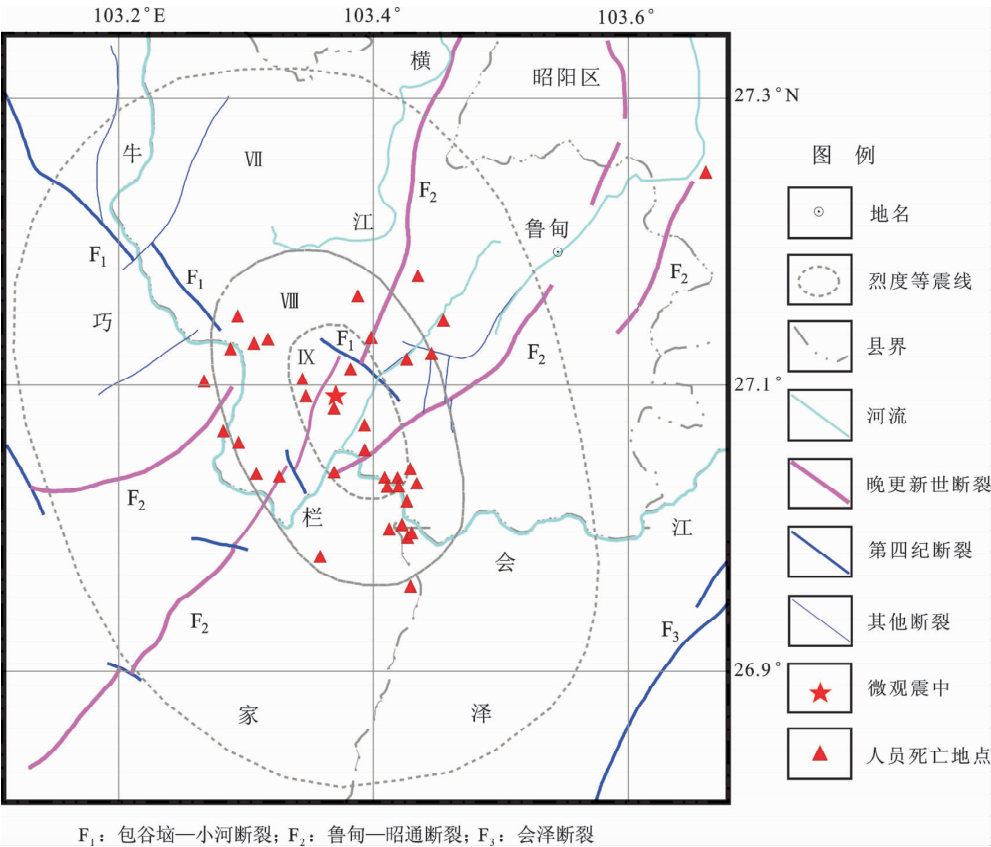


图6 鲁甸 $M_s6.5$ 地震人员死亡分布图
Fig. 6 Distribution of the deaths in the Ludian $M_s6.5$ earthquake

3 人员失踪分布及其特点

3.1 人员失踪概况

鲁甸地震共造成 112 人失踪, 其中鲁甸 109 人, 巧家 2 人。图 7 给出了人员失踪的性别分布、户籍分布等基本情况。

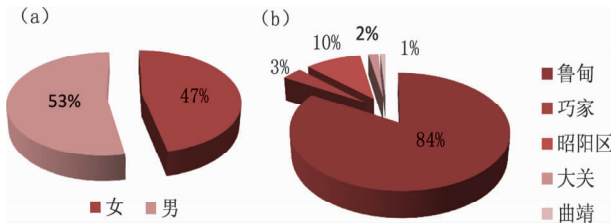


图 7 鲁甸 $M_s6.5$ 地震人员失踪概况

(a) 人员失踪性别分布; (b) 人员失踪户籍分布

Fig. 7 The basic situation of the missing

in Ludian $M_s6.5$ earthquake

(a) the gender distribution of the missing; (b) the household distribution of the missing

3.2 人员失踪分布及其特点

(1) 时间分布及其特点

图 8 给出了鲁甸地震人员失踪随时间变化情况: ① 人员失踪时间分布呈“动态”变化过程; ② 人员失踪发生时段为 8 月 3~9 日的 7 天, 其中绝大部分集中在前 4 天; ③ 时段性明显: 主震发生当日至 6 日和 8 月 7~9 日两个阶段。

图 9 给出了鲁甸地震各灾区人员失踪随时间变化情况: ① 鲁甸灾区的人员失踪时间分布呈“动

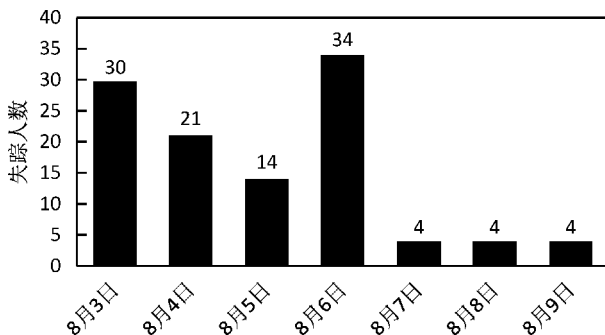


图 8 鲁甸 $M_s6.5$ 地震人员失踪随时间变化

Fig. 8 The change of the number of missing with time in Ludian $M_s6.5$ earthquake

态”变化过程; ② 巧家灾区的人员失踪时间分布呈“静态”, 即全部发生在主震当日; ③ 鲁甸灾区的人员失踪集中在 8 月 3~6 日。

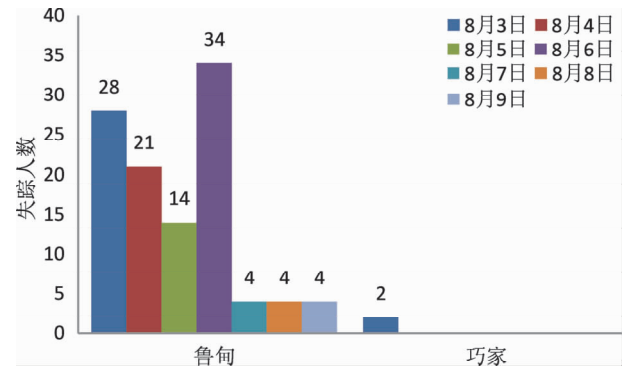


图 9 鲁甸 $M_s6.5$ 各灾区地震人员失踪随时间变化

Fig. 9 The change of the number of missing with time in each disaster areas in Ludian $M_s6.5$ earthquake

(2) 空间分布及其特点

鲁甸地震人员失踪主要发生在 VIII~IX 度区域, 其中: IX 度区共 17 处, 失踪 55 人; VIII 度区共 7 处, 失踪 57 人 (图 10)。

人员失踪空间分布特点: ① 地震烈度越高, 人员失踪地点越多; ② 总体分布呈现 NW 和 NE 两个较明显的优势分布方向, 但总体以 NW 向分布为主要特征; ③ 人员失踪地点大部分沿活动断裂两侧及其附近分布, 部分沿河流两侧坡地分布, 少部分分布在高山坡地。

4 人员震害原因分析

4.1 人员死亡原因

鲁甸地震人员死亡原因如图 11a 所示, 房屋倒塌致死占比高达 68.46%, 是造成人员死亡最直接、最主要原因; 山体滑坡、崩塌滚石等地震地质灾害致死占 21.3%, 是造成人员死亡的重要原因; 抢救无效、逃生坠楼等人为原因也造成了一定数量的人员死亡; 另外, 其他原因 (具体不详) 也造成了个别人员死亡。

4.2 人员失踪原因

鲁甸地震人员失踪原因是房屋倒塌和山体滑坡, 占比分别为 64% 和 36%, 其中前者为主要原因 (图 11b)。

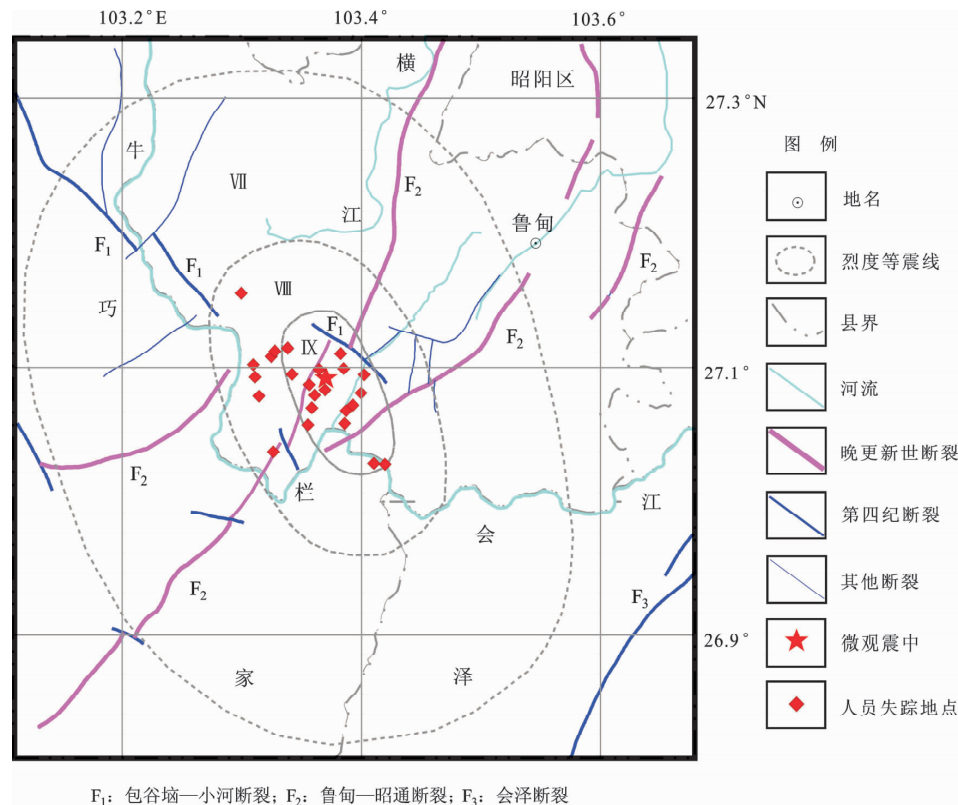


图 10 鲁甸 $M_s6.5$ 地震人员失踪分布图

Fig. 10 Distribution of the missing in the Ludian $M_s6.5$ earthquake

5 影响人员死亡、失踪数量的因素分析

影响地震人员死亡、失踪数量的因素很多，一般而言是多种因素作用的结果，并非单一因素造成（马玉宏，谢礼力，2000）。这些因素有些直接造成人员死亡或失踪，有些则起到间接推动作用。本文将从直接因素、间接因素和其他因素等方面对造成鲁甸地震人员死亡、失踪数量巨大的因素进行详细分析讨论。

5.1 直接因素

(1) 房屋建筑破坏严重

鲁甸地震发生在少数民族聚居地，包括鲁甸在内的 11 个县（区）中有 10 个是国家级贫困县，是中国的集中连片贫困区。由于灾区经济发展水平落后，房屋建筑建设标准低，特别是广大农村民居仍处于不设防状态，普遍使用“墙抬梁”等毫无抗震能力的土木或砖木结构房屋，且多建于山体边坡及地质体相对不稳定地带，在地震中破坏严重，造成了巨大的人员震害。另外，土木结

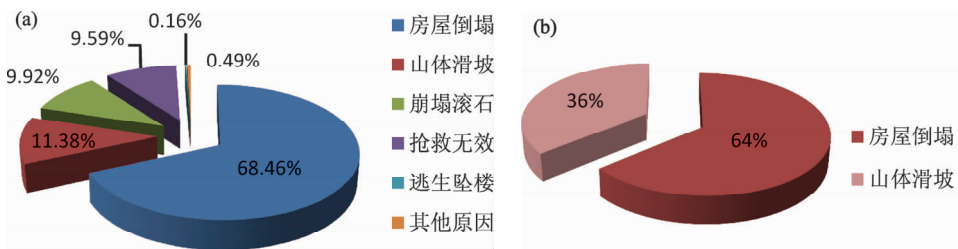


图 11 鲁甸 $M_s6.5$ 地震人员震害原因

(a) 人员死亡; (b) 人员失踪

Fig. 11 The damage reason of the deaths in the Ludian $M_s6.5$ earthquake

(a) the death; (b) the missing

构房屋倒塌后形成的“粉碎性”废墟生存空间小, 压埋人员呼吸困难, 救活率低, 也会造成一定数量的人员震害。造成主要人员震害的各烈度区房屋破坏情况如下。

IX度区: 土木和砖木结构等简易房屋大多数倒塌或局部倒塌, 未倒塌者也摇摇欲坠, 毁坏率达90%和97%; 砖混结构多数承重墙体出现较严重的水平或“X”型贯通裂缝, 部分倒塌、局部倒塌或倾斜, 少数基本完好, 毁坏率达19%以上; 框架结构个别倒塌或局部倒塌, 少数框架节点开裂、甚至断裂, 造成整体倾斜, 部分房屋梁柱出现细微裂缝, 多数房屋填充墙明显出现水平或“X”型贯通裂缝, 毁坏率达8%以上。

VIII度区: 土木和砖木结构多数倒塌或局部倒塌, 绝大多数房屋墙体开裂严重, 毁坏率达70%以上; 砖混结构个别倒塌、倾斜或局部倒塌, 少数承重墙体出现水平或“X”型裂缝, 多数门头、窗间墙或窗角开裂明显, 个别房屋墙体裂缝较宽, 且完全贯通墙体; 框架结构大多数梁柱构件完好, 少数填充墙出现水平或“X”型裂缝或局部脱落。

(2) 地震地质灾害严重

鲁甸是中国资源环境承载能力最弱和超载最严重的区域之一(樊杰等, 2014)。地震诱发严重的滑坡、崩塌、滚石等地震地质灾害, 造成大量人员伤亡。

中国地震局地震预测研究所在对收集的遥感影像进行几何校正、图像融合和灰度匹配基础上, 辅助震前国产卫星影像, 对无云遮盖区域内的地震地质灾害进行了遥感解译, 共解译滑坡崩塌点950多个。这些滑坡除少数为大型滑坡外, 其余大多为中、小型滑坡, 且以崩塌为主。滑坡主要为地震造成的新生滑坡, 少数为继承性滑坡。山体滑坡主要分布在VIII度及以上区域, 总体呈NW向为主、NE向次之的分布特征, 大滑坡均分布在河谷的多组断裂交汇区。

地震造成的最大滑坡位于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, 堰塞体位于红石岩水电站取水坝下游600 m处, 堰塞湖库容2.6亿 m^3 , 堰塞体方量约 $(1\ 200 \sim 1\ 700) \times 10^4 \text{ m}^3$, 坝高110 m、宽70 m。红石岩堰塞湖属大型堰塞湖, 危险级别为极高危险级, 风险等级为I级(最高级别), 具有巨大、

极险和艰难3个显著特点, 其规模为汶川地震形成的最大堰塞湖唐家山堰塞湖1.3亿 m^3 的库容的两倍。该堰塞湖致使附近村寨农户部分房屋整体性连片式被摧毁或掩埋, 其中鲁甸县淹没528户、巧家县淹没48户、会泽县淹没82户。

(3) 人为因素

图11中, 60名人员的死亡归结为人为因素, 其中59人由于抢救无效身亡、1人由于逃生时从楼上坠下身亡。一定程度上, 抢救无效身亡一方面可能反映了震后接受救援及接受医疗救治的时间不及时; 另一方面也可能反映了救援人员的救援水平及医疗人员的医疗水平; 同时更加直接反映了灾民的自救互救能力和伤员的自身身体条件及心理素质等。坠楼身亡则直接体现死者的防灾意识和自救能力极其薄弱。

5.2 间接因素

(1) 地震因素

一般而言, 地震震级越大, 烈度越高。一个地区的烈度越高, 表明该地区地表震动越强烈, 遭受地震破坏的影响程度可能就越大。根据前文介绍, 鲁甸地震首先具有震级强、震源浅、地表震动强烈等特点; 其次, 鲁甸地震的能量释放时间过程比较简短, 绝大部分能量集中释放于前10 s, 且前2~5 s内就释放了整个地震能量的70%(许力生等, 2014; 张勇等, 2014; 刘成利等, 2014); 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; 赵小艳, 孙楠, 2014); 另外, 鲁甸地震具有明显的共轭破裂现象(刘成利等, 2014; 张广伟等, 2014)。这些均为造成大量人员震害提供了强大的动力来源和动力支持。

另外, 从鲁甸地震的发震时间看, 正是当地群众做晚饭时间, 地震发生时多数人已回到屋里。从图11可以看出, 房屋倒塌造成的人员死亡和失踪占比达到68.46%和64%也印证了这一点。

(2) 人口密度

地震人员死亡、失踪数量与当地的人口密度正相关。如果一个地区人员分布越密集, 人口密度越大, 则地震造成的人员死亡、失踪数量可能就越大。就鲁甸地区而言, 2013年的人口密度为277人/ km^2 , 和全省120人/ km^2 、全国141人/ km^2

的平均人口密度比, 远超出了二者的平均水平(樊杰等, 2014)。

对比同样是发生在昭通地区的 2012 年彝良 5.7、5.6 级地震, 该地区 2011 年的人口密度为 230 人/ km^2 , 共造成 81 人死亡、832 人受伤^①, 而发生本次地震的鲁甸地区人口密度更大, 因而导致人员震害更严重。

(3) 地形地貌

《城市用地竖向规划规范》(CJJ 83—99) 规定城市各类建设用地最大坡度不能超多 25°。对于广大农村地区, 如果房屋建筑处于坡度 > 25° 的陡坡山地坡面, 同样是不合理的。鲁甸灾区村落大多分布在山区 (坡度 > 15°), 其中Ⅶ度及其以上灾区位于山区的居民点数量为 220 个, 占全部居民点数量的 60%。灾区内Ⅶ度及其以上区域, 76% 以上的面积地形坡度 > 15°, 其中 46% 的灾区面积坡度 > 25°; Ⅶ度区域 69% 的面积坡度 > 15°, 其中 37% 的灾区面积坡度 > 25° (匡文惠, 2014)。灾区这种山地分布广、坡度大的情况, 房屋建筑选址普遍不合理, 只能建于山体边坡甚至陡坡坡面, 加之海拔高、落差大等, 在地震作用力下产生严重破坏是情理之中的。

(4) 地质构造条件

从区域构造环境看, 鲁甸所处的昭通地区处在大面积间歇性强烈抬升并有一定差异性的新构造运动背景之下。从新构造运动本身的特点来看, 高山深谷地区往往是新构造强烈的地区 (谢宇平, 1987)。由于地壳的剧烈抬升, 河流相应地强烈下切, 使得灾区绝大部分地区山坡坡面岩体基本处于或接近于极限平衡状态, 只要稍遭破坏或外力影响, 很容易失稳, 引发滑坡、崩塌和滚石等次生地质灾害。同时, 由于山坡失稳, 使原来有利于边坡稳定的因素, 如岩性与构造等, 向着更为不利的方向转化。

就鲁甸地震的孕震环境, 众多学者进行了详细研究。徐锡伟等 (2014a, b)、王未来等 (2014)、房立华等 (2014)、程佳等 (2014)、李西等 (2014)、刘丽芳和徐甫坤 (2014)、徐甫坤等 (2014) 认为此次地震的发震构造为包谷垭—小河断裂, 常祖峰等 (2014) 则认为发震构造可

能与鲁甸—昭通断裂有关。

刘成利等 (2014) 和许力生等 (2014) 的研究结果认为鲁甸地震的发震过程 (即震源结构和破裂方式) 非常复杂: 首先, 鲁甸地震发生在一个共轭断层系上, 其震源不是一个单一的平面断层, 而是由相互交叉的两个断层构成; 其次, 地震破裂开始于东北至西南展布的断层, 起初为双侧破裂, 但很快演变成以向东北方向破裂为主的单侧破裂, 结束于西北至东南展布的断层; 同样, 起初为双侧破裂, 但很快演变成以向南南东方向破裂为主的单侧破裂。由此可见鲁甸地震发震构造条件的复杂性。

(5) 气候条件

鲁甸地震发生时, 正值当地雨季, 天气情况较差, 持续的强降雨进一步加剧或引发了次生地质灾害, 从而间接加重了地震灾害损失程度。

(6) 生态环境

由于鲁甸地震灾区自然地理、地质环境本身就非常脆弱, 加上人类活动诸如砍伐森林、修建交通、开发水电、开采矿产等使生态环境变得更加脆弱, 导致该区域植被覆盖较差, 地层裸露, 大部分地区出现石漠化并不断加深和扩大, 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、泥石流等地震地质灾害的发生。

6 讨论与结论

虽然无法避免地震的发生, 但是可以用人类的力量来预防和降低地震灾害对人类的破坏和损失程度。根据上述对鲁甸地震人员震害特点及其原因的分析, 以及对造成人员死亡、失踪数量巨大的因素的探究, 笔者有很多收获和启示。

(1) 房屋建筑选址非常重要。针对灾区地形地貌条件差、地质构造条件复杂、地壳稳定性差且强震活动频繁等现实状况, 首先应该建立规范的农村房屋建设审批制度, 把第一步工作先做到位, 进而有效指导; 其次, 科学合理选择建设位置, 有效避让活动断裂带和地质灾害易发区, 从源头上杜绝一切可能的不利因素。

(2) 房屋建筑质量至关重要。首先, “墙抬梁”

① 云南省地震局. 2012. 2012 年 9 月 7 日彝良 5.7、5.6 级地震灾害直接经济损失评估报告 (云南灾区)。

等毫无抗震能力的土木或砖木结构房屋应该彻底取缔;其次,对于目前还在使用的抗震设防不达标房屋建筑,必须进行加固改造,如当前云南地区实施的农村民居地震安全工程与危房改造工程、中小学校舍安全工程等项目要深入推进;再次,要提倡建设砖混结构及其他具有地域特色的较强抗震能力的房屋结构类型,且要经过规范设计,并适当提高设防标准;另外,要确保房屋建筑材料的质量和施工等环节。

(3) 加强地质灾害防御。一方面,要充分掌握全区地质灾害分布的地点、规模、危害程度等;另一方面,要加强对地质灾害特别是重点防范对象的日常监测、治理等工作;同时,要运用各种科技手段进行灾害风险等级的防范控制等。

(4) 公共安全马虎不得。由于鲁甸地区特殊的自然地理环境,突遇地震等自然灾害的情况下,避难场所或临时安置场所在保障人民生命财产安全等方面的作用就显得十分重要。

(5) 宣传教育不容忽视。通过加强对广大人民群众的地震科普知识和防震减灾知识的宣传教育与普及,提高人们对地震的认识水平,增强应对地震灾害的能力和自救互救能力,提升对地震的警觉程度和临震时的心理状态及行为。

参考文献:

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讨[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.

胡金,李波,杨艳峰. 2008. GIS在云南鲁甸县地质灾害易发性分区中的应用[J]. 灾害学, 23(1): 73–75, 87.

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): 1280–91.

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.

刘丽芳,徐甫坤. 2014. 利用精确定位余震资料确定2014年云南鲁甸6.5级地震的断层面参数[J]. 地震研究, 37(4): 490–494.

卢永坤,张建国,宋立军,等. 2014. 云南鲁甸6.5级地震烈度分布与房屋震害特征[J]. 地震研究, 37(4): 549–557.

马玉宏,谢礼立. 2000. 关于地震人员伤亡因素的讨论[J]. 自然灾害学报, 9(3): 84–90.

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.

闻学泽,杜方,易桂喜,等. 2013. 川滇交界东段昭通—莲峰断裂带的地震危险背景[J]. 地球物理学报, 56(10): 3361–3372.

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,李静,苏有锦. 2014. 2014年云南鲁甸6.5级地震序列重定位[J]. 地震研究, 37(4): 515–522.

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.

云南省地震灾害损失评定委员会,云南省地震局. 2012. (1992–2010)云南地震灾害损失评估及研究[M]. 昆明:云南科技出版社, 47–50.

张广伟,雷建设,梁姗姗,等. 2014. 2014年8月3日云南鲁甸 $M_s6.5$ 级地震序列重定位与震源机制研究[J]. 地球物理学报, 57(9): 3018–3027.

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.

赵小艳,孙楠. 2014. 2014年鲁甸6.5级地震震源位置及震源区速度结构联合反演[J]. 地震研究, 37(4): 523–531.

CJJ 83—1999,城市用地竖向规划规范[S].

GB/T 17742—2008,中国地震烈度表[S].

Study on the Deaths and Disappearances of Yunnan Ludian $M_s6.5$ Earthquake in 2014

ZHANG Yan-qi¹, LI Xi¹, XIE Ying-qing¹, CHEN Kun-hua¹, HUA Jun¹, ZHANG Wei²

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

(2. *Earthquake Administration of Huize Country, Huize 654200, Yunnan, China*)

Abstract

Compared with the same magnitude earthquake in Yunnan since 1993, the number of deaths and disappearances induced by Ludian $M_s6.5$ earthquake in 2014 is the largest. On the basis of the data of personnel damage from the statistic of the local government, we analyzed the characteristics of the personnel damage and its causes and discussed the influence factors that caused a large number of deaths and disappearances. Through these work, we obtained the following results: The deaths and disappearances mainly distributed in the region of $\geq \text{VIII}$ degree and its surrounding area, and the location of them was mainly on both sides of active fault and river. The overall direction of the distribution of deaths and disappearances included NW and NE, and its main direction was NE. The direct and main reason of deaths were the serious damage of the building, the second important reason were seismic geological disasters including landslides, collapse and rock fall. The serious damage of the building and landslides caused disappearances. The direct factors that caused a large number of deaths and disappearances were the seismic capacity of the building, the destruction of seismic geological disasters and human factors etc., and the indirect factors included seismic issues, population density, natural geographical environment, geological tectonic condition, climatic conditions and ecological environment etc.. In addition, we put forward some suggestions and measures that may reduce the damage in Ludian.

Key words: Ludian $M_s6.5$ earthquake; deaths; disappearances