

李永强、李兆隆, 2016, 2014 年云南鲁甸 6.5 级地震致人死亡情况分析, 中国地震, 32(4), 787~800。

# 2014 年云南鲁甸 6.5 级地震 致人死亡情况分析

李永强 李兆隆

云南省地震局, 昆明市北市区北辰大道 148 号

**摘要** 搜集了鲁甸地震致人伤亡的详细资料, 分析了导致人员死亡的原因、死亡人员的空间分布、年龄分布、性别占比、民族组成等。并与国内其它地震造成人员伤亡的情况进行了对比。本文还结合当地社会经济和人员活动特点估算了夜间发震后人员死亡的数量, 所得结果对进一步认识滇东北地区地震人员伤亡风险具有参考意义。

**关键词:** 鲁甸地震 人员伤亡

[文章编号] 1001-4683(2016)04-0787-14 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

## 0 引言

鲁甸 6.5 级地震造成昭通市鲁甸县、巧家县、昭阳区、永善县及曲靖市会泽县等共 70 个乡镇 617 人死亡、112 人失踪、3143 人受伤。自 1900 年以来, 除 1917 年 7 月 31 日大关 6 $\frac{3}{4}$  级地震造成 1850 人死亡外(李永强, 2007), 此次地震是云南 6 级地震中致人死亡、失踪最多的一次。全面搜集本次地震死亡及失踪人员信息, 分析造成人员死亡的原因, 对于从生命损失的角度认识滇东北区域震灾特征、汲取致人伤亡的深刻教训、采取有效防范措施具有重要意义。

鲁甸地震发生后, 笔者认真搜集了人员伤亡信息, 得到民政厅救灾处和鲁甸县地震局的大力支持, 获得了本次地震死亡和失踪人员的详细资料, 这是一份难得的有关鲁甸地震人员伤亡与失踪的详细资料。云南省民政厅组织灾区市县民政部门在认真调查核实的基础上, 填写上报“鲁甸“8·03”地震灾害因灾死亡人口台帐”。台账内容包括遇难者姓名、性别、年龄、民族、户口所在地、身份证号、死亡地点、死亡时间、死亡原因、灾害种类和安葬方式, 共计 616 人。据记载最小亡者仅出生 1 个月, 最长的亡者 93 岁。另据省民政厅介绍, 昭通市昭阳区上报 1 人死亡, 但无任何具体信息。笔者联系了昭通市地震局、昭阳区地震局、昭阳区政府、昭阳区民政局, 确认昭阳区永丰镇青坪村 3 组村民杨发奎(男, 24 岁, 聋哑精神病人)在震时从家中三楼跳下后重伤死亡。笔者还从鲁甸县地震局获得了当地政府统计的失踪人员信息, 包括失踪人员姓名、性别、年龄、民族、户口所在地、身份证号、可能的失踪地点等。

[收稿日期] 2015-10-13; [修定日期] 2016-08-31

[项目类别] 中国地震局震灾应急救援司专题课题“地震应急公共服务平台建设”资助

[作者简介] 李永强, 男, 1963 年生, 正研级高工, 主要从事地震应急科技保障及地震人员伤亡研究。

E-mail: 1337588585@qq.com

笔者根据所掌握的资料,用数理统计方法,对 616 位亡者的死亡成因、分布、年龄、性别、民族等进行了统计,并进一步分析了他们震亡的确认时间及亡者所在地的地震烈度。笔者用设定情景的方法推算了夜间发震对人员伤亡的影响。此外,笔者用类比方法与国内同类地震人员死亡情况进行了对比分析。

1 致人死亡的成因分析及失踪人员情况

鲁甸地震共造成 616 人死亡,112 人失踪。在 616 个确认死亡的人员中,因房屋倒塌致死的占 66.07%,因崩塌滑坡致死的占 21.75%,因伤抢救无效死亡的占 9.74%,此 3 种情况下致人死亡占总死亡人数的 97.56%(表 1)。

表 1 鲁甸地震人员死亡成因表

震亡原因	房屋倒塌	崩塌滑坡	抢救无效	其他原因	未确定
震亡人数	407	134	60	3	12
占比/%	66.07	21.75	9.74	0.49	1.95

与国内同级别地震相比,鲁甸地震次生地质灾害造成大量人员死亡与失踪。国内有学者对地震人员死亡成因类型做过调查研究,例如贾燕(2004)、李永强(2012)分别对 1975 年 2 月 4 日海城 7.3 级地震和 1996 年 2 月 3 日丽江 7.0 级地震中人员死亡情况做过调查分析(表 2、表 3)。对比发现地震人员死亡成因既有共同特点,也有明显的区域性差异。共同点是房屋倒塌造成的死亡人员占多数,丽江地震为 82%,海城地震占 76%,本次地震占 66%。第 2 个共同点是每次地震均有一定比例的因震伤病抢救无效而致死的人,约占 5%~10%。不同点也很明显,由于区域和季节的不同,灾区发生的次生灾害不同,造成人员死亡的具体原因也不同。鲁甸地震灾区因山高谷深、边坡陡立、岩石破碎、植被稀少等因素,形成了严重的崩塌滑坡次生灾害,同时由于人口密度较大,崩滑次生灾害共造成 134 人死亡,112 人失踪。海城地震发生在 2 月 4 日 19 时 36 分,恰逢严冬与夜晚,震后突降大雪,气温急剧下降,当晚温度达到-20℃以下,因此在防震棚中冻死、烧死和捂死人员高达 191 人。尽管丽江地震发生的季节、时刻与海城地震相似,由于区域差异的原因,没有发生以冻死为主的次生灾害死亡。丽江地震微观震中附近虽然发生了较严重的次生灾害,但由于极震区处于高寒山区,人口稀少,故未因崩滑造成严重的人员死亡。平缓的丽江盆地内虽为Ⅸ度区,但未造成明显的崩塌滑坡次生地质灾害,也未发生因次生灾害致人死亡的情况,人员死亡主要是建筑

表 2 丽江地震人员死亡原因分类表

死亡原因	砸死	伤病	烧死	吓死	窒息	其他	合计
死亡数量	241	25	2	3	6	17	294
占比/%	81.97	8.50	0.68	1.02	2.04	5.78	100

表 3 海城地震人员死亡成因表

死亡原因	砸死	冻死	烧死	伤病	捂死	合计
死亡人数	779	99	54	52	38	1022
占比/%	76.22	9.69	5.28	5.09	3.72	100

物倒塌所致,这也就是海城、丽江和鲁甸 3 次地震中丽江地震次生灾害致人死亡占比最低的原因。

鲁甸地震共造成 112 人失踪,其中鲁甸县 109 人(表 4),巧家县 3 人。据媒体报道,8 月 3 日地震发生时,龙头山镇甘家寨社蛇脑壳山半山腰发生大面积山体滑坡,将甘家寨社的甘家寨子中的 32 户共计 55 名村民及 20 余辆车辆掩埋,其中 9 具遗体经紧急抢险后被找到,其余 46 人失踪。据云南省委农办数字乡村网可知甘家寨社共有村民 64 户,251 人,户均 4 人,按鲁甸灾区外出务工率 12.27% 计算,地震发生时甘家寨社应有人口数 220 人(3.4 人/户),被滑坡埋压 32 户。经向当地灾民了解,考虑外出农业生产及学校放假等因素,当天下午 4 时 30 分地震发生时,每户应有 1~2 人外出农业生产,1~2 人在室内,由此推算,滑坡发生时,32 户人家室内人员总数应为 40~50 人。

从鲁甸县地震局获得了鲁甸县失踪的 109 人基本信息。其中男性 57 人,女性 52 人。失踪人员分布范围较广,涉及 2 县、4 镇、9 个行政村社。但主要地点相对集中在龙头山镇甘家寨、八宝村、银屏村、火德红镇李家山村 4 地,失踪人数达 92 人,占鲁甸县失踪人数的 84%。失踪人员主要由滑坡造成,特别是甘家寨大滑坡和红石岩大滑坡造成众多人员失踪。与房屋倒塌造成的女性人员死亡率较高的特点不同,失踪人员中男性比例高出女性 10% 左右,这可能和男性人员较高的户外生产活动比率有关。甘家寨实际失踪人数与媒体报道和笔者估算的较为一致。

表 4 鲁甸地震失踪人员统计表

失踪地点		失踪人数
鲁甸县	龙泉社区 (甘家寨子)	48 (41)
	八宝村	17
	龙头山镇 银屏村	14
	光明村	9
	龙井村	5
	营盘村	1
	火德红镇 李家山村	13
	文屏镇 文昌宫社区	1
	巧家县 包谷墙镇 红箐村	1

2 死亡人员的行政区分布

鲁甸地震死亡人员主要分布在昭通市鲁甸县、巧家县和曲靖市会泽县中的 8 个乡镇,涉及 27 个行政村。其中鲁甸县 526 人,占全部死亡人数的 84.03%,巧家县 78 人,占 12.66%、会泽县 12 人,占 3.31%。死亡人数最多的乡镇为鲁甸县龙头山镇,为 466 人,占全部死亡人数的 75.65%。死亡人数最多的行政村为鲁甸县龙头山镇的龙泉村,死亡 195 人,占全部死亡人数的 31.66%。死亡 50 人以上的行政村有 3 个,分别是鲁甸县龙头山镇的龙泉村、光明村和银屏村,死亡 11~50 人的行政村有 8 个,死亡 10 人以下的行政村有 16 个。

图 1 给出了以行政村为统计单元的鲁甸地震死亡人员空间分布。死亡人员的空间分布呈北西向,南北长约 26km,东西宽约 24km,分布区域约 400km<sup>2</sup>,最北处村庄为水磨镇的营地村,最南则为纸厂乡的纸厂村,最西为新店乡的新店村(表 5)。

为了在更大空间范围上认识鲁甸地震人员伤亡的宏观分布特征,笔者以乡镇行政区划为单元,按照各乡镇死亡人数的数量,绘制死亡人数空间分布图,以颜色深浅表示人员死亡数量。由图 1、图 2 可见,与鲁甸地震微观震中位置相比,死亡人员并未主要围绕震中分布,而是集中分布在震中以西、以南的北西向区域。

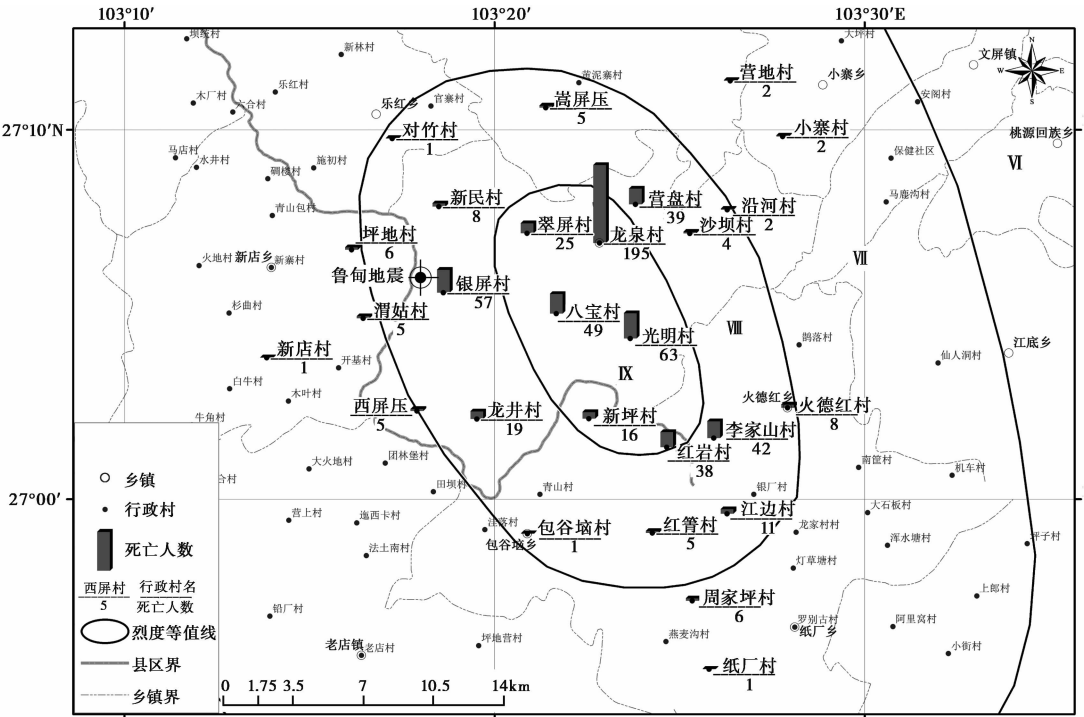


图 1 鲁甸地震死亡人员的行政村分布

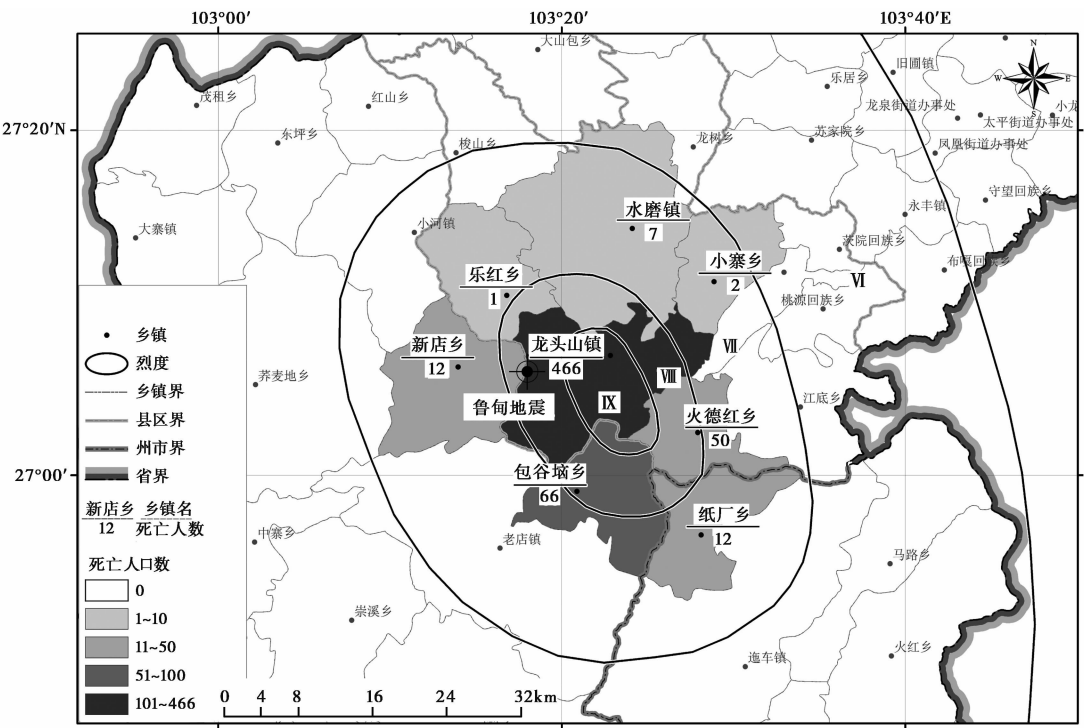


图 2 鲁甸地震死亡人员的乡镇分布

表 5 鲁甸地震死亡人员在各行政区域内的分布

地市	县区	乡镇	行政村	死亡人数/人	震中距/km
昭通市 (604 人)	鲁甸县 (526 人)	龙头山镇 (466 人)	龙泉村	195	8.18
			光明村	63	9.77
			银屏村	57	1.24
			八宝村	49	6.29
			营盘村	39	10.26
			翠屏村	25	5.23
			龙井村	19	7.50
			新民村	8	3.64
			西屏村	5	6.68
			沙坝村	4	12.15
			沿河村	2	14.04
		火德红乡 (50 人)	李家山村	42	15.32
			火德红村	8	17.56
		水磨镇 (7 人)	嵩屏村	5	10.15
			营地村	2	16.89
		小寨乡 (2 人)	小寨村	2	17.58
		乐红乡 (1 人)	对竹村	1	7.07
	巧家县 (78 人)	包谷垭乡 (66 人)	红岩村	38	13.87
			新坪村	16	10.31
			周家坪村	6	20.18
			红箐村	5	16.41
			包谷垭村	1	13.67
		新店乡 (12 人)	坪地村	6	3.37
			渭姑村	5	3.28
			新店村	1	7.91
曲靖市 (12 人)	会泽县 (12 人)	纸厂乡 (12 人)	江边村	11	18.05
			纸厂村	1	23.45

表 6 鲁甸地震不同烈度区内的死亡人数

烈度	Ⅸ	Ⅷ	Ⅶ
震亡人数	386	202	28
震前烈度区内人口数	23142	67247	283076
震亡比例	167/10 <sup>4</sup>	30/10 <sup>4</sup>	0.99/10 <sup>4</sup>
烈度区面积/km <sup>2</sup>	90	290	1580
人口密度/人·km <sup>-2</sup>	257	231	179
震亡人员密度/人·km <sup>-2</sup>	4.3000	0.6966	0.0177

死亡人员在不同烈度区的分布。在震亡的 616 人中,Ⅸ度区中有 386 人,占 62.66%,Ⅷ

表 7 云南行政村级烈度震亡比汇总

序号	地震	烈度				
		X	IX	VIII	VII	VI
1	1996 年丽江 7.0 级		0.2351			
2	1988 年澜沧 7.6 级		3.1950	0.4178	0.0415	0.0274
3	1974 年大关 7.1 级		6.8573	2.1448	0.3803	0.0685
4	1970 年通海 7.8 级	16.0978	6.2263	1.1067	0.6545	
5	1979 年磨黑 6.8 级		0.0742	0	0	0.0039
6	1966 年东川 6.5 级		2.3211	0.6404		

度区有 202 人,占 32.79%,Ⅶ度区有 28 人,占 4.5%,Ⅵ度区内无死亡。为了求出本次地震不同烈度区的死亡人数占震前人口比例,笔者利用 ARCMAP 软件在 1:5 万地图上分别提取各烈度区内的村庄,然后查询云南数字乡村网,得到各烈度区内所有村庄的人口总数,得到了每个烈度区内的烈度震亡比。鲁甸地震Ⅸ度区的震亡比例为  $167/10^4$ ,Ⅷ度区为  $30/10^4$ ,Ⅶ度区为  $0.99/10^4$ (表 6)。

对比云南 1966 年以来 6 次地震的烈度震亡比资料(李永强,2010a、2010b、2012),鲁甸 6.5 级地震与 1966 年的东川 6.5 级地震造成的人员死亡情况较为接近,但更偏低。1966 年 2 月 5 日,云南东川 6.5 级地震造成 350 人死亡,震中烈度达到Ⅸ度(表 7)。

关于国内烈度震亡比的研究,前人主要是根据河北唐山地震和新疆喀什地震震亡资料、烈度资料和人口资料,提出不同地震的烈度震亡比。程家喻等(1993)根据唐山地震震亡和烈度关系,建立唐山地震烈度震亡率。李锰等(2000)根据新疆喀什地震建立新疆喀什地区乡村地震人员震亡率。尹之潜等(1991)建立了全国乡村平均地震人员震亡率(表 8)。

表 8 国内地震烈度震亡比汇总

数据来源 (作者给出的数据)	烈度					
	XI	X	IX	VIII	VII	VI
程家喻(1993)死亡人数	1640~2760	1020~1970	350~1740	100~1110		
李锰(2000)震亡率/ $10^4$			17.4	3.89	0.87	0.195
尹之潜(1991)震亡率/ $10^4$			74	6.8	0.64	0.01

通过对比发现,同等烈度下,鲁甸地震烈度震亡比比唐山地震、通海地震低约 5%~12.5%。比新疆喀什地区高约 8 倍左右。与尹之潜的全国乡村平均震亡率相对接近,仍高出 2~4 倍。

### 3 死亡人员的年龄、性别与民族分布

以 10 岁作为一个年龄段,统计得到鲁甸地震人员死亡的年龄分布。按照全国第六次人口普查结果,得到鲁甸、巧家、会泽 3 县人口不同年龄段的比例数据,按照此比例推算出灾区各年龄段的人数。用相应年龄段的死亡人数除以该年龄段的总人数,得到该年龄段的死亡比。

由图 3 可见,地震灾区人口年龄分布呈现单高峰形态,10~19 岁年龄段人数最多,在随后的年龄段中逐步递减,人数最少的为 90~99 岁的高龄老年组(262 人)。死亡人数的年龄分布呈现双高峰形态,死亡人数最多的是 0~9 岁,然后逐步减少,30~39 岁为 37 人,60~69 岁的死亡人数开始升高,70~79 岁达到第 2 个高峰值,为 75 人,然后又递减到 90~99 岁的 5 人。从不同年龄段死亡率来看,呈现出两头高的现象,特别是老人和少儿的震亡率较高。从 0~9 岁的较高的死亡率开始,逐步下降,在 30~39 岁达到所有年龄段死亡人数的最低值,为 0.06%,此后逐步增大,90~99 岁年龄段达到最高值,为 1.91%,约为最低值的 24 倍(表 9、表 10)。

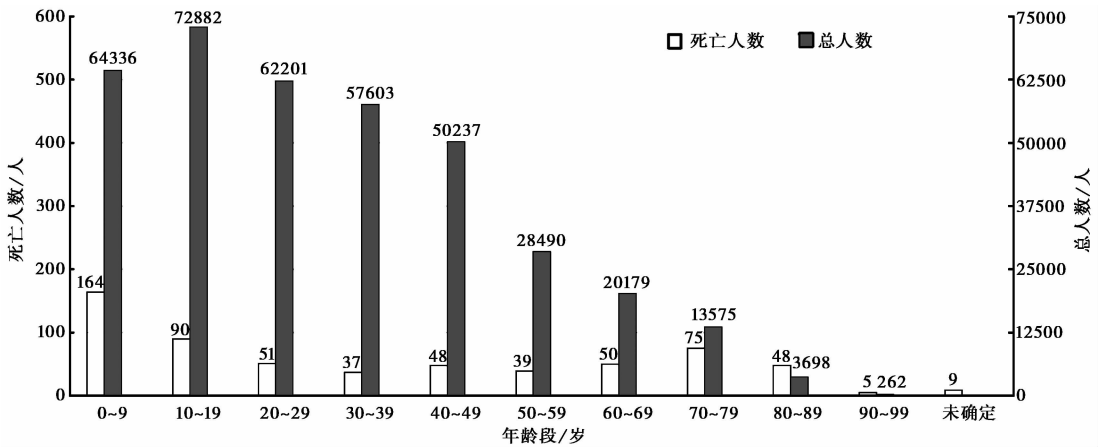


图 3 鲁甸地震死亡人员在不同年龄段的分布

表 9 按年龄统计的鲁甸地震人员死亡比例

年龄段/岁	0~9	10~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70~79	80~89	90~99	未确定
死亡人数	164	90	51	37	48	39	50	75	48	5	9
总人数	64336	72882	62201	57603	50237	28490	20179	13575	3698	262	
死亡率/%	0.25	0.12	0.08	0.06	0.10	0.14	0.25	0.55	1.30	1.91	

表 10 丽江地震建筑物倒塌砸死人员年龄分布

年龄段/岁	0~9	10~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70~79	80~100	合计
震亡数/人	57	20	17	16	13	21	31	25	13	213
人口数/万人	4.48	5.75	7.32	6.45	3.77	2.83	2.26	1.08	0.28	34.22
震亡比/ $\times 10^{-4}$	12.72	3.48	2.32	2.48	3.45	9.29	13.72	23.15	46.43	6.22

鲁甸地震死亡人数的年龄分布特征与丽江地震和海城地震十分相似。主要呈低龄(小于 10 岁)与高龄(大于 60 岁)的双高峰分布。形成这一分布的原因有二,一是青年人反应敏捷,老年人与婴幼儿行动缓慢,行动敏捷的年青人可以逃出屋外,因此该年龄段的砸死率较低。二是没有逃出屋外的年轻人即便受伤,其抵抗力与自救能力强,所以震亡较少。而年幼者无知,年长者行动不便,房屋倒塌时被埋压,没有足够的自救能力,只能被动等待救援,即使救出来了,也因抵抗力差而病亡。

鲁甸地震死亡人员在同一年龄段的震亡比与丽江地震具有显著不同,在所有 9 个年龄段上均高于丽江地震(李永强,2012)1.51~3.45 倍(图 4)。

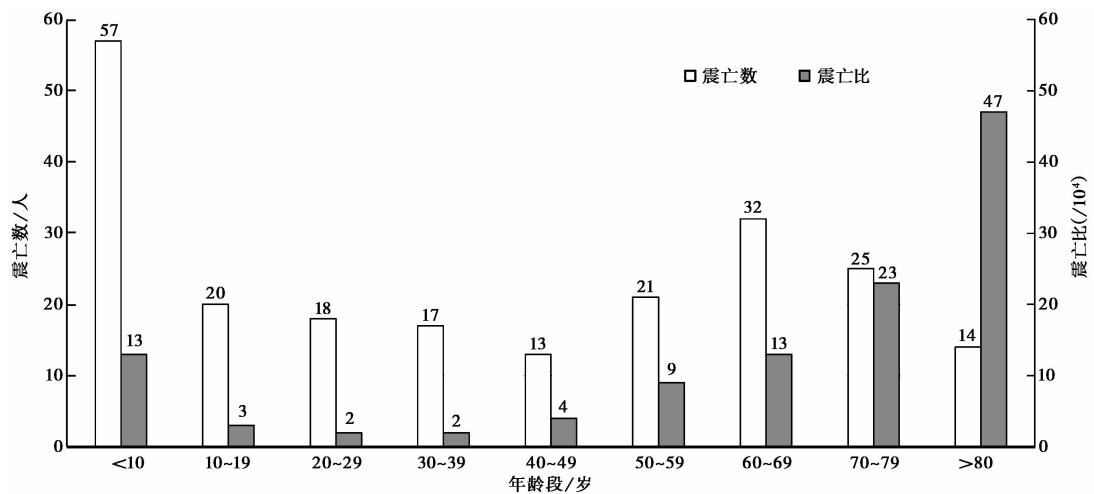


图 4 丽江地震建筑物倒塌砸死人员不同年龄段死亡数量及死亡率

鲁甸地震死亡人员中的女性的绝对数量和相对比率均高于男性。本次震亡的 616 人中,男性 303 人,女性 313 人,比例为 100:103,女性高出 3 个百分点。鲁甸地震灾区的男性人口数量高于女性。据云南数字乡村网统计,鲁甸地震Ⅶ度及以上灾区男女比例为 100:88。男性死亡率占男性总人数的  $15.48\times10^{-4}$ ,女性死亡率为女性总人数的  $18.02\times10^{-4}$ ,女性死亡率比男性死亡率高出约 16.41%。

鲁甸地震人员死亡的性别比率特征与丽江地震相似(李永强,2012)。有性别记录的丽江地震人员死亡数量为 278 人,其中男性 117 人,女性 161 人,死亡男女比例为 100:138。根据 2000 年第 5 次全国人口普查资料,丽江县男女人口比例为 100:93。丽江女性人口比例低于男性 7%,但是死亡比率比男性高 38%。

通过上述分析,初步认为云南地震中女性更容易震亡。为了进一步印证上述认识,笔者又收集分析了云南省内 1966 年以来震亡人数较多的地震进行震亡人数性别占比分析,发现除 1966 年东川 6.5 级地震以外,云南女性震亡比例高于男性 12%~19%。据云南统计年鉴,云南全省年末人口男女比例 1988 年为 50.89:49.11、1974 年为 49.89:50.11、1970 年为 49.79:50.20、1966 年为 49.89:50.11。显然云南较高的女性震亡比这一客观事实是存在的,且不是由于女性自然人口比造成的,可能是由于女性在抵抗突发自然灾害的性别弱势造成的。东川地震男性震亡比例高于女性 11.6 个百分点,这主要是由于东川矿务局各矿山企业较高的男性比例所致(表 11)。

鲁甸地震死亡人员中主要是汉族人,汉族的死亡比高于少数民族的死亡比例。本次震亡的 616 人中,有 603 人的民族身份得到确认,其中汉族 590 人,占 97.84%,少数民族 13 人,占 2.16%。据 2010 年云南第 6 次人口普查资料,鲁甸县、巧家县、会泽县人口分别为 390654 人、516349 人和 908292 人,其中少数民族人口分别为 81691 人、25103 人和 46724 人。鲁甸Ⅶ度以上灾区人口数为 189251 人、巧家县为 150001 人、会泽县为 34213 人,由此推算出Ⅶ度



以上灾区的汉族人数为 324838 人,计算得出汉族死亡人数占本民族总人数中占比为  $18\times 10^{-4}$ ;少数民族人口为 48627 人,计算得出少数民族死亡人数占少数民族总人数比为  $3\times 10^{-4}$  (表 12)。

表 11 云南地震死亡人员的性别比		
地震	男性占比/%	女性占比/%
1970 年云南通海 7.8 级	43.8	56.2
1974 年云南大关 7.1 级	42.5	57.5
1966 年云南东川 6.5 级	55.8	44.2
1988 年云南澜沧 7.6 级	40.2	59.8
1995 年云南武定 6.5 级	42.5	57.5

表 12 鲁甸地震死亡人员民族分类统计表						
	汉族	回族	彝族	哈尼族	苗族	未确定
死亡人数	590	5	5	2	1	13
总人口数	324838			48627		
死亡率/%	0.18			0.03		

鲁甸震区死亡的民族人口比例与我省其他地区相反。为了对比云南其他地区人员伤亡的民族特征,统计了 1988 年澜沧 7.6 级地震、武定 6.5 级地震人员震亡的民族比例特征(李永强,2012)(表 13)。结果表明,鲁甸震区地震人员死亡的汉族比例高而少数民族比例低,这与该地区人口结构有关,但是汉族的震亡率高于其正常人口占比,是少数民族震亡率的 6 倍;滇西南的澜沧震区、滇中的武定震区震亡人员中汉族人员少,少数民族人员多,这与当地人口结构有关,但是少数民族震亡率高于其正常人口比例约 10%~26%。

4 死亡确认时间

鲁甸地震死亡人数的确认历时 4 天,目前尚有 112 人未找到遗体,确定为失踪人员。这与本次地震人员死亡数量多,范围大,次生灾害严重,交通通讯中断,救援难度大有关。

自 1988 年以来,鲁甸 6.5 级地震死亡人数是中国大陆继 2008 年汶川 8.0 级地震、2011 年玉树 7.1 级地震以来最多的 1 次。虽然这 3 次地震的死亡人数之间存在数量级( $10^2,10^3,10^4$ )的差异,但是灾情明朗化的渐进式过程是相似的。客观认识地震灾情由黑箱向灰箱、白箱发展的规律,对于快速判断地震灾情,合理调度救援力量具有现实意义。为此,笔者搜集了鲁甸、玉树、汶川地震之后抗震救灾指挥部每天发布的当天死亡人数和累计死亡人数(李永强,2012)(表 14)。鲁甸地震人员死亡的确认时间是震后第 4 天,玉树地震人员死亡完全确认时间是震后第 17 天,80%以上人员死亡确认时间是震后第 8 天;汶川地震人员死亡完全确认时间是震后 36 天,80%以上人员死亡的确认时间是震后第 12 天(图 5,表 15)。

表 13 云南汉族及少数民族人口占比及其震亡占比 (%)				
地震	汉族占比	少数民族占比	汉族震亡占比	少数民族震亡占比
澜沧 7.6 级	22.6	77.4	12.8	87.2
武定 6.5 级	38.6	61.4	12.5	85

表 14 鲁甸地震死亡人员随确认时间变化数据表										
	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天	第 8 天	第 9 天	
当日确认数合计/人	174	168	86	188	0	0	0	0	0	
累计确认数合计/人	174	342	428	616	616	616	616	616	616	616

5 发震时间对鲁甸地震死亡人数的影响

如果本次地震发生在冬季、上学期间、夜间,死亡人数可能还会增大。根据灾区社会经

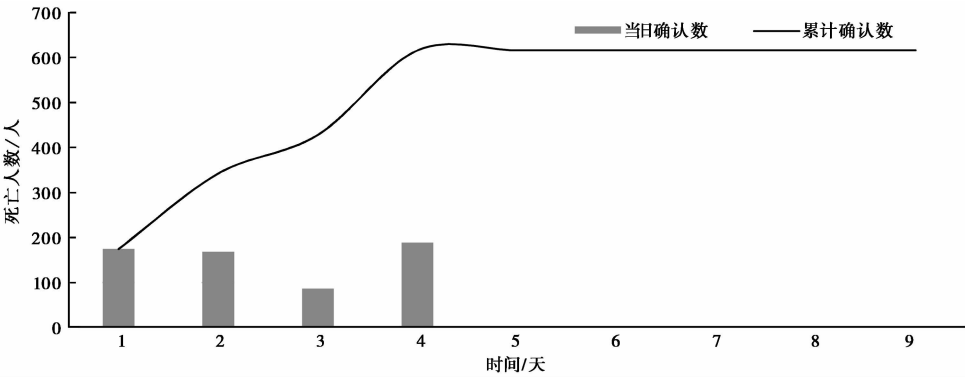


图 5 鲁甸地震确定人员死亡人数与时间关系图

表 15 鲁甸、玉树、汶川地震确认人员死亡数与震后时间关系表

震后时间	鲁甸地震 当日确认人数	鲁甸地震 累计确认人数	玉树地震 当日确认人数	玉树地震 累计确认人数	汶川地震 当日确认人数	汶川地震 累计确认人数
第 1 天	174	174	400	400	12000	12000
第 2 天	168	342	360	760		
第 3 天	86	428	579	1339	2463	14463
第 4 天	188	616	145	1484	5046	19509
第 5 天	0	616	222	1706	1991	21500
第 6 天	0	616	238	1944	6800	28300
第 7 天	0	616	120	2064	3600	31900
第 8 天	0	616	119	2183	1670	33570
第 9 天	0	616	4	2187	6007	39577
第 10 天	0	616	5	2192	1277	40854
第 11 天	0	616	11	2203	9797	50651
第 12 天	0	616	17	2220	4588	55239
第 13 天	0	616	0	2220	4818	60057
第 14 天	0	616	0	2220	2104	62161
第 15 天	0	616	0	2220	4513	66674
第 16 天	0	616	0	2220	926	67600
第 17 天	0	616	478	2698	407	68007
第 18 天	0	616	0	2698	342	68349
第 19 天	0	616	0	2698	118	68467
第 20 天	0	616	0	2698		68467
第 21 天	0	616	0	2698	42	68509
第 22 天	0	616	0	2698		68509
第 23 天	0	616	0	2698	103	68612
第 24 天	0	616	0	2698		68612
第 25 天	0	616	0	2698		68612
第 26 天	0	616	0	2698		68612
第 27 天	0	616	0	2698		68612
第 28 天	0	616	0	2698	20	68632
第 29 天	0	616	0	2698		68632
第 30 天	0	616	0	2698	4	68636
第 31 天	0	616	0	2698		68636

济数据,笔者通过合理假定来推算发生地震的时刻与可能造成人员伤亡数量的关系。

鲁甸地震灾区属于以农业生产为主的农耕地区,夏季白天需进行长时间的室外农业生产,人员应多数处于室外;夜晚基本没有户外娱乐活动,多数人处于室内休息。鲁甸地震灾区种植了大量花椒,主要分布在江底、火德红、小寨、龙头山、乐红、梭山 6 个乡镇,其中火德红、小寨、龙头山、乐红 4 个乡镇位于本次地震的重灾区。据了解鲁甸县 2010 年花椒干椒产量 1.5 万吨(鲜花椒采摘量约为 4.9 万吨),熟练工每天可以采摘鲜花椒 25~30kg,若鲁甸县鲜花椒在采摘期内完成采摘,仅采摘一项工作每天需要劳动力约 6.6 万人,由此推算地震发生时,地震灾区处在户外从事农业劳动及其他工作的人员总数约 18~20 万人。

鲁甸地震发生于 8 月 3 日(星期日)16 时 30 分,正值鲜花椒收获采摘季节的农忙时段,加之农村儿童在闲暇时均会参与农业生产,所以地震发生时位于户外进行农业生产活动的人员除主要的青壮年劳动力外,还应有大量周末休息的具有劳动能力的学龄期儿童及青少年。

综合上述因素,以地震发生时因房屋倒塌死亡人数与位于室内总人数之比作为室内人员死亡比例、以地震发生时因崩塌滑坡死亡人数与位于室外总人数之比作为室外人员死亡比例,根据不同时间段位于室内、室外的人数估算不同发震时间对鲁甸地震震亡人数影响(表 16)。

表 16 鲁甸地震发生时室内外人口比例及死亡占比推算表

年龄段 /岁	实际 死亡人数	总人 口数	估计的 室外人 口占比	估计的 室内人 口占比	估算的 室内人 口数	因房屋 倒塌死 亡人数	估算的室 内人员死 亡比/%	估算的 室外人 口数	因崩塌 滑坡死 亡人数	估算的室 外人员死 亡比/%
0~9	164	64336	70	30	19301	99	0.51	45035	43	0.10
10~19	90	72882	80	20	14576	56	0.38	58306	23	0.04
20~29	51	62201	70	30	18660	38	0.20	43541	10	0.02
30~39	37	57603	80	20	11521	24	0.21	46082	7	0.02
40~49	48	50237	90	10	5024	30	0.60	45213	11	0.02
50~59	39	28490	80	20	5698	24	0.42	22792	6	0.03
60~69	50	20179	60	40	8072	34	0.42	12107	13	0.11
70~79	75	13575	40	60	8145	53	0.65	5430	13	0.24
80~89	48	3698	10	90	3328	37	1.11	370	7	1.89
90~99	5	262	0.5	99.5	261	4	1.53	1	1	76.34

注:因民政厅提供的死亡数据中,没有对人员位于室内、室外进行描述,无法确定因房屋倒塌、滑坡崩塌致死的人员在地震发生时是否位于室内,故在推算室外人员死亡占比及室内人员死亡占比时,假定因房屋倒塌而死亡的人员在地震发生时均位于室内,同理假定因滑坡崩塌死亡人员在地震发生时均位于室外。

估算晚上发震(假定为 20:00~24:00)可能造成的人员死亡情况。太阳落山后的 20:00~24:00 时段,无自然光照,户外无法进行正常的农业生产活动,绝大多数从事农业生产人员均会回到屋内吃饭、休息、睡觉,除少数青、少年会有娱乐活动外,基本无人外出。则由以上条件推测 20:00~24:00 时段内,室内、室外人员比例及死亡人数数据见表 17。

推算如地震发生于 20:00~24:00 时间段,则会造成总计约 1400 人死亡,其中在室内因房屋倒塌致死者约 1380 人,在室外因崩塌滑坡导致死亡者约 10 人。考虑到推算的死亡占

表 17晚上 20:00~24:00 时段地震死亡人数推算表

年龄段 /岁	总人口数	估算的 室外人 口占比	估算的 室内人 口占比	估算的 室内人 口数	室内死 亡占比 /%	估算的 室内死 亡人数	估算的 室外人 口数	室外死 亡占比 /%	估算的 室外死 亡人数
0~9	64336	5	95	61119	0.51	313	3217	0.10	3
10~19	72882	20	80	58306	0.38	224	14576	0.04	6
20~29	62201	10	90	55981	0.20	114	6220	0.02	1
30~39	57603	5	95	54723	0.21	114	2880	0.02	0
40~49	50237	5	95	47725	0.60	285	2512	0.02	1
50~59	28490	5	95	27066	0.42	114	1425	0.03	0
60~69	20179	0	100	20179	0.42	85	0	0.11	0
70~79	13575	0	100	13575	0.65	88	0	0.24	0
80~89	3698	0	100	3698	1.11	41	0	1.89	0
90~99	262	0	100	262	1.53	4	0	76.34	0
合计							1382		11
合计(附加夜间死亡加 5%)							1451		

比考虑了白天人员精力旺盛、体力充沛、逃生条件较好等因素,在入夜后,人员的精力下降,经过白天劳作体力不足,且逃生条件下降等因素,故应对推算出的室内人员死亡数据加成 5%。综上,如地震发生于 20:00~24:00 时间段,则此次地震死亡人数应在 1500 人左右。

估算夜间发震(假定为 24:00~6:00)可能造成的人员死亡情况。午夜 24:00~6:00 时间段,此时段正值深夜,外出人员较少,此时段绝大多数人应处于睡眠之中。由以上条件推测 24:00~6:00 时间段内,室内、室外人员及死亡人员数据见表 18。

表 18夜间 24:00~06:00 时段地震死亡人数推算表

年龄段 /岁	总人口数	估计的 室外人 口占比	估计的 室内人 口占比	估算的 室内人 口数	室内死 亡占比 /%	估算的 室内死 亡人数	估算的 室外人 口数	室外死 亡占比 /%	估算的 室外死 亡人数
0~9	64336	0	100	64336	0.51	330	0	0.10	0
10~19	72882	0	100	72882	0.38	280	0	0.04	0
20~29	62201	0	100	62201	0.20	127	0	0.02	0
30~39	57603	0	100	57603	0.21	120	0	0.02	0
40~49	50237	0	100	50237	0.60	300	0	0.02	0
50~59	28490	0	100	28490	0.42	120	0	0.03	0
60~69	20179	0	100	20179	0.42	85	0	0.11	0
70~79	13575	0	100	13575	0.65	88	0	0.24	0
80~89	3698	0	100	3698	1.11	41	0	1.89	0
90~99	262	0	100	262	1.53	4	0	76.34	0
合计						1495			
合计(附加深夜死亡加 15%)						1719			

推算如地震发生于 24:00~06:00 时间段,则会造成总计约 1500 人死亡。因在推算死亡

占比时考虑了白天人员精力旺盛、体力充沛、逃生条件较好等因素,而进入深夜后,正常人员在熟睡状态下,无法应对突发事件,故应对室内人员死亡数推算数据附加深夜死亡加成 15%。综上,如地震发生于 24:00~06:00 时间段,则此次地震死亡人数可能达到 1700 人左右(表 18)。

## 6 对鲁甸地震致人死亡情况的基本认识

通过上述分析与讨论,对鲁甸地震致人死亡问题形成了一下基本认识。

(1)鲁甸地震是同等强度地震死亡人数最多的一次。鲁甸地震是自 1900 年以来,除 1917 年 7 月 31 日大关级地震造成 1850 人死亡外,云南 6.0~6.9 级地震造成死亡人数最多的一次。也是全国 1966 年以来造成人员死亡最多的一次 6 级地震。

(2)鲁甸地震是同级别地震中因崩塌滑坡造成人员死亡和失踪最严重的一次地震。因崩塌滑坡造成 134 人死亡,112 人失踪,失踪人数与死亡人数之比达 1:18,接近汶川 8.0 级地震的 1:26。

(3)鲁甸地震死亡人员分布范围大,主要集中在高烈度区。涉及 3 个县中的 8 个乡镇的 27 个行政村,总体呈 NW 向分布。主要分布在Ⅸ度区和Ⅷ度区,Ⅶ度区有少量分布,Ⅵ度区仅 1 人因惊吓跳楼而死亡。

(4)鲁甸地震死亡人员在年龄段上呈现低龄和高龄双峰分布。其中 10 岁以下和 70 岁以上人员死亡合计 292 人,占总死亡人数的 47.40%,而次年龄段的人口数为 81871 人,7 度以上区域总人口数为 373465 人,仅占 21.92%。

(5)鲁甸地震女性死亡率高于男性。男性死亡率占男性总人数的  $15.48/10^4$ ,女性死亡率为女性总人数的  $18.02/10^4$ ,女性死亡率比男性死亡率高出约 16.41%。

(6)人员死亡确认时间为 4 天,与玉树、汶川地震相比,这可能是云南该级别地震灾情灰箱期的长度。

(7)如果鲁甸地震发生在晚上或夜间,死亡人数可能更多,估计可能达到 1400~1700 人。

建筑物倒塌,尤其是不设防的农居和乡镇老旧房屋是鲁甸地震人员死亡的第一重要因素,对云南特别贫困且人口稠密的地区人员伤亡快速评估要充分考虑这一因素。崩塌滑坡是造成鲁甸地震人员死亡的第二重要因素,在云南山高坡陡、人口稠密的地区,人员伤亡快速评估要充分考虑这一因素。因伤抢救无效死亡的人员比例高于海城地震和丽江地震。鲁甸地震中老、幼、妇人群死亡比例远高于其他年龄段的人口比例,在医护人员部署时要充分考虑这一因素。

## 参考文献

- 程家喻、杨喆,1993,唐山地震人员震亡率与房屋倒塌率的相关分析,地震地质,15(1),82~87。  
贾燕、高建国,2004,辽宁海城 7.3 级地震死亡人数-年龄分布分析,中国地震,4(20),394~398。  
李猛、尹力峰、宋立军,2000,新疆喀什地区乡村地震人员伤亡矩阵与对比研究,自然灾害学报,1(9),100~104。  
李永强、聂高众、杨杰英,2010a,1970 年通海 7.8 级烈度震亡比调查分析,自然灾害学报,6(19),17~26。  
李永强、聂高众、杨杰英,2010b,20 世纪云南省人员震亡基本特征分析,自然灾害学报,5(19),20~28。  
李永强、王景来等,2007,云南地震灾害与地震应急,1~7,38~40,昆明:云南科技出版社。

李永强,2012,云南地震人员死亡研究,昆明:云南科技出版社。

尹之潜、李树桢、赵直等,1991,地震灾害预测与地震灾害等级,中国地震,7(1),9~19。

Li Yongqiang, Yang Jieying, Yang Dongsheng, 2012, Sociological Features of the Casualties from the 1996  $M_s7.0$  Lijiang Earthquake, Yunnan Province, Earthquake Research in China,2(26),253~258.

Analysis on casualty caused by the Ludian, Yunnan  $M_s6.5$  earthquake in 2014

Li Yongqiang    Li Zhaolong  
Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, China

**Abstract**    This paper collects detailed information about the Ludian earthquake casualties in terms of the spatial distribution, age distribution, sex proportion, ethnic composition about earthquake casualties, and analyzes the causes of the death. This paper compares the characteristics of the death with the similar earthquake in China. Considering local socio-economic and personnel activity, this article also estimates the casualties if the earthquake occurred at night. The study provides reference for further understanding of casualty risk in north-east area of Yunnan Province.

**Key words:** Ludian earthquake; Casualty caused by earthquake