

南燕云, 刘亢, 高博伟, 等. 2011—2020年中国大陆地震人员伤亡基本特征分析[J]. 灾害学, 2021, 36(4): 42–47.
[NAN Yanyun, LIU Kang, GAO Bowei, et al. Characteristic analysis of Earthquake-caused Casualties in Mainland China in 2011—2020[J]. Journal of Catastrophology, 2021, 36(4): 42–47. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.04.008.]

2011—2020年中国大陆地震人员伤亡基本特征分析^{*}

南燕云¹, 刘亢^{1,2}, 高博伟¹, 张雪华¹, 李亦纲¹

(1. 中国地震应急搜救中心, 北京 100049; 2. 河北省地震动力学重点实验室, 河北 三河 065201)

摘要: 系统收集、整理了中国大陆 2011—2020 年地震人员伤亡资料, 分析了中国大陆地震人员伤亡的时空分布特征, 探讨了伤亡与震级、烈度的关系。结果显示, 2013、2017 年人员伤亡地震频次较高, 但人员伤亡主要集中在 2013、2014 年。区域上人员伤亡地震主要集中在西南地区的云南、四川两省, 死亡、受伤人数分别占死亡、受伤总数的 90.57%、86.32%。地震人员伤亡数、单次地震伤亡数与震级、极震区烈度呈正相关关系, 且不同区域各烈度档优势伤亡分布区间基本一致, 但不同区域相同震级伤亡成灾概率差异较大。

关键词: 地震; 人员伤亡; 伤亡特征; 中国大陆

中图分类号: X43; X915.5; P315 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2021)04-0042-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.04.008

据历史地震资料及前人研究成果, 2011—2020 年中国大陆发生 4.0 级以上地震 1 088 次。其中, 4.0~4.9 级地震 893 次, 5.0~5.9 级地震 167 次, 6.0~6.9 级地震 25 次, 7.0~7.9 级地震 3 次。有人员伤亡的地震事件 71 次, 共造成 1 209 人死亡(含失踪 113 人), 22 686 人受伤。此外, 邻近国家发生的地震也对我国造成了一定影响, 如: 2011 年 3 月 24 日缅甸 7.2 级地震造成云南省 12 人受伤, 2011 年 9 月 18 日印度锡金邦 6.8 级地震造成西藏自治区 7 人死亡、136 人受伤, 2015 年 4 月 25 日尼泊尔 8.1 级地震造成西藏自治区 27 人死亡、860 人受伤^[1-13]。

地震发生虽具有突发性和难以预测性, 但已有研究表明, 其灾害影响具有一定的规律性^[14-20]。中国作为世界上人员伤亡最严重的国家之一, 研究历史地震人员伤亡特征对人员伤亡损失预测、地震灾情快速评估、未来地震人员伤亡情况趋势判断等具有重要意义^[21]。本文在系统收集、整理 2011—2020 年中国大陆地震的基础上, 分析了中国大陆人员伤亡地震的时空分布特征, 探讨了人员伤亡与震级、烈度的关系, 以期认识中国大陆未来不同区域地震人员的伤亡情况、不同区域灾情快速评估模型优化提供参考。

1 人员伤亡的时间分布特征

2011—2020 年, 中国大陆地震人员伤亡整体

呈单峰式分布(图 1)。2014 年大陆地震死亡人数最多, 造成 736 人死亡(含失踪 112 人), 占 2011—2020 年中大陆地震死亡总数的 60.88%。2013 年大陆地震受伤人数最多, 造成 15 671 人受伤, 占 2011—2020 年中大陆地震受伤总数的 69.08%。2018 年伤亡人数最少, 未造成人员死亡, 85 人受伤, 占 2011—2020 年中大陆地震受伤总数的 0.37%(表 1)。

地震造成的人员伤亡随地震发生的时间不同而有所差异。通常情况下, 夜间发生的地震会加重室内人员的伤亡(特别是 23:00 时至次日凌晨 05:00 时时间段内)。这主要与夜间人员在室率较高, 且人员对地震的反应速度较慢有关^[20-21]。10 年中中国大陆 5.0 级以上地震发生在夜间(23:00 时至次日 05:00 时)的概率为 20%, 人员伤亡地震发生在夜间(23:00 时至次日 05:00 时)的概率为 12.67%, 造成 14 人死亡, 445 人受伤, 分别占死亡、受伤总数的 1.16%, 1.96%。总体而言, 2011—2020 年 5.0 级以上地震主要集中在清晨(05:00—06:00 时)、上午(09:00—10:00 时)以及傍晚(17:00—19:00 时)三个时段, 人员伤亡地震主要集中在上午(09:00—10:00)时段。夜间发生地震, 及其造成人员伤亡的比例较低(图 2)。

^{*} 收稿日期: 2021-03-12 修回日期: 2021-04-26

基金项目: 国家重点研发计划课题“‘一带一路’重特大地震地质灾害协同监测应急响应示范”(2017YFB0504104); 河北省地震动力学重点实验室开放基金项目资助(FZ212101)

第一作者简介: 南燕云(1987-), 女, 汉族, 山西长治人, 工程师, 主要从事地震灾害及应急响应方面的研究。

E-mail: 01107203nyy@163.com

通讯作者: 李亦纲(1987-), 男, 满族, 辽宁丹东人, 正研级高级工程师, 主要从事应急救援相关研究。E-mail: liyg@263.net

表 1 2011—2020 年中国大陆地震人员伤亡统计表

年份	人员伤亡地震频次	人员伤亡		最大一次地震伤亡	
		死亡/人	受伤/人	死亡/人	受伤/人
2011	6	25	358	25	314
2012	4	86	1 331	81	834
2013	10	294	15 671	196	13 019
2014	8	736(含失踪 112 人)	3 688	729	3 143
2015	8	6	357	3	260
2016	9	2	103	1	70
2017	10	38(含失踪 1 人)	638	30(含失踪 1 人)	543
2018	7	0	85	0	31
2019	7	17	425	13	299
2020	2	5	30	4	28

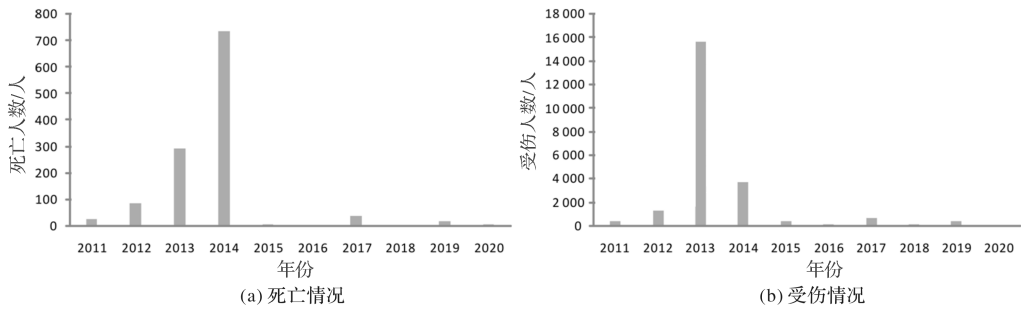


图 1 2011—2020 年中国大陆地震人员伤亡分图

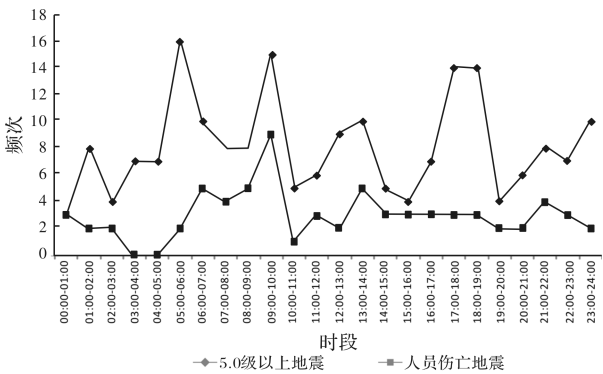


图 2 2011—2020 年中国大陆地震发震时间分布图

2 人员伤亡的空间分布特征

2011—2020 年, 中国大陆人员伤亡地震主要分布在西南地区, 其次为西北地区(表 2)。西南地区 47 次, 占比 66.20%, 共造成 1 095 人死亡、19 754 人受伤, 分别占死亡、受伤总数的 90.57%、87.08%。其中, 云南 22 次, 占比 18.20%, 造成 848 人死亡、4 836 人受伤, 分别占死亡、受伤总数的 70.14%、21.32%; 四川 18 次, 占比 25.35%, 造成 247 人死亡、14 116 人受伤, 分别占死亡、受伤总数的 20.43%、62.22%; 西藏、重庆、贵州共 7 次, 造成 172 人受伤, 占受伤总数的 0.76%。西北地区 15 次, 占比 21.13%, 共造成 110 人死亡、2 850 人受伤, 分别占死亡、受伤总数的 9.10%、12.56%。其中, 新疆 10 次, 占

比 14.08%, 造成 13 人死亡、413 人受伤, 分别占死亡、受伤总数的 10.75%、1.82%; 甘肃、青海共 5 次, 造成 97 人死亡、2 437 人受伤, 分别占死亡、受伤总数的 8.02%、10.74%。华东、华南、华中、华北、东北共 9 次, 总占比 12.68%, 共造成 4 人死亡、82 人受伤, 分别占死亡、受伤总数的 0.33%、0.36%。

表 2 2011—2020 年中国大陆不同区域伤亡数量统计表

区域	地震频次	人员伤亡地震频次	死亡/人	受伤/人
华东地区	18	3	3	22
华南地区	13	1	1	5
华中地区	12	1		4
华北地区	26	2		24
西北地区	436	15	110	2 850
西南地区	530	47	1 095	19 754
东北地区	41	2		27
中、外交界	12			
合计	1 088	71	1 209	22 686

注: 以上分区主要根据中国自然地理区划划分。

综合数据显示, 云南省是 2011—2020 年大陆地震中人员死亡最多的省份。其中, 2014 年 8 月 3 日云南鲁甸 6.5 级地震造成 729 人死亡(含失踪 112 人), 占 2014 年地震死亡总数的 99.05%, 占 2011—2020 年大陆地震死亡总数的 60.30%。四川省是 2011—2020 年大陆地震中人员受伤最多的省份。其中, 2013 年 4 月 20 日四川芦山 7.0 级地震, 造成 13 019 人受伤, 占 2013 年地震受伤总数的 83.08%, 占 2011—2020 年大陆地震受伤总数的 57.39%(图 3)。

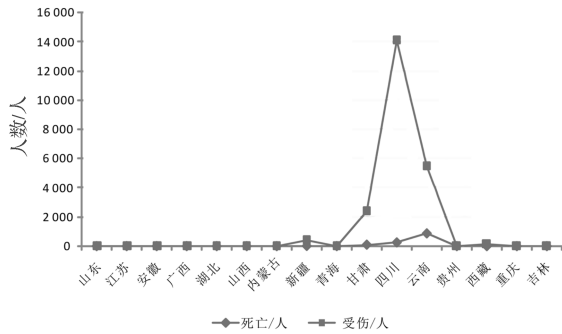


图3 2011—2020年中国各省地震人员伤亡分布图

3 人员伤亡的震级分布特征

按照震级 4.0 ~ 4.9、5.0 ~ 5.9、6.0 ~ 6.9、7.0 ~ 7.9 分档统计 2011—2020 年中国大陆地震次数、有人员伤亡次数、单次地震最大伤亡数、单次地震最小伤亡数和伤亡总数(表3)，结果显示：

(1)小震、中强震发震频度高，造成伤亡比例小；强震、大震发震频度低，但造成伤亡比例大。4.0 ~ 4.9 级地震 893 次，有人员伤亡的地震 14 次，共造成 6 人死亡，77 人受伤，分别占死亡、受伤总数的 0.50%、0.34%。5.0 ~ 5.9 级地震 167 次，有人员伤亡的地震 39 次，共造成 128 人死亡、2 268 人受伤，分别占死亡、受伤总数的 10.59%、10.00%。6.0 ~ 6.9 级地震 25 次，有人员伤亡的地震 16 次，共造成 849 人死亡、6 779 人受伤，分别占死亡、受伤总数的 70.22%、29.88%。7.0 ~ 7.9 级地震 3 次，有人员伤亡的地震 2 次，共造成 226 人死亡、13 562 人受伤，分别占死亡、受伤总数的 18.69%、59.78%。占地震总数 97.43% 的 4.0 ~ 5.9 级地震造成的人员伤亡仅占死亡、受伤总数的 11.09%、10.34%，而占地震总数 2.57% 的 6.0 ~ 7.9 级地震造成的人员伤亡却占死亡、受

伤总数的 88.91%、89.66%。

(2)单次地震的伤亡成灾概率随震级增大而快速增加。893 次 4.0 ~ 4.9 级地震中，有人员伤亡的地震 14 次，占该档地震总数的 1.57%。167 次 5.0 ~ 5.9 级地震中，有人员伤亡的地震 39 次，占该档地震总数的 23.35%。25 次 6.0 ~ 6.9 级地震中，有人员伤亡的地震 16 次，占该档地震总数的 64%。3 次 7.0 ~ 7.9 级地震中，有人员伤亡的地震 2 次，占该档地震总数的 66.67%。

(3)各震级档地震的平均伤亡数和单次地震最大伤亡数随震级增加而快速增加。4.0 ~ 4.9 级地震中，单次地震平均死亡 2 人、受伤 6 人，单次地震死亡最大 3 人，受伤最大 13 人。5.0 ~ 5.9 级地震中，单次地震平均死亡 14 人、受伤 58 人，单次地震死亡最大 81 人、受伤最大 834 人。6.0 ~ 6.9 级地震中，单次地震平均死亡 94 人、受伤 484 人，单次地震死亡最大 729 人、受伤最大 3 143 人。7.0 ~ 7.9 级地震中，单次地震平均死亡 113 人、受伤 6 781 人，单次地震死亡最大 196 人，受伤最大 13 019 人。

(4)不同区域相同震级伤亡成灾概率差异较大。西南地区 4.0 ~ 4.9 级地震 440 次，有人员伤亡的地震 8 次，伤亡成灾概率为 1.82%；5.0 ~ 5.9 级地震 79 次，有人员伤亡的地震 30 次，伤亡成灾概率为 37.97%；6.0 ~ 6.9 级地震 8 次，有人员伤亡的地震 7 次，伤亡成灾概率为 87.50%；7.0 ~ 7.9 级地震 2 次，有人员伤亡的地震 2 次，伤亡成灾概率为 100%。西北地区 4.0 ~ 4.9 级地震 355 次，有人员伤亡的地震 1 次，伤亡成灾概率为 0.28%；5.0 ~ 5.9 级地震 67 次，有人员伤亡的地震 5 次，伤亡成灾概率为 7.46%；6.0 ~ 6.9 级地震 13 次，有人员伤亡的地震 9 次，伤亡成灾概率为 69.23%；7.0 ~ 7.9 级地震 1 次，未造成人员伤亡。华东、华南、华中、华北、以及东北地区未发生较大震级地震，主要表现为小震致灾。

表3 2011—2020年中国大陆不同震级伤亡数量统计表

地震震级	4.0 ~ 4.9		5.0 ~ 5.9		6.0 ~ 6.9		7.0 ~ 7.9	
	死亡	受伤	死亡	受伤	死亡	受伤	死亡	受伤
地震总数/次	893	167	25	3				
有伤亡数/次	4	14	9	39	9	14	2	2
最大伤亡/人	2	13	81	834	729	3 143	196	13 019
最小伤亡/人	1	1	1	1	1	2	30	543
平均伤亡数/人	2	6	14	58	94	484	113	6 781
伤亡总数/人	6	77	128	2 268	849	6 779	226	13 562

表4 2011—2020年中国大陆不同极震区烈度伤亡特征

极震区烈度	Ⅲ		Ⅳ		Ⅴ		Ⅵ		Ⅶ		Ⅷ		Ⅸ	
	死亡	受伤	死亡	受伤	死亡	受伤	死亡	受伤	死亡	受伤	死亡	受伤	死亡	受伤
人员伤亡地震总数/次	3		2		27		17		19		3			
有伤亡数/次	3		2	7	27	3	16	12	18	3	3			
最大伤亡/人	2		6	4	82	8	442	95	2 414	729	13 019			
最小伤亡/人	1		3	1	1	1	1	1	2	30	543			
平均伤亡数/人	2		5	2	12	4	46	19	255	318	5 568			
伤亡总数/人	5		9	12	334	13	736	229	4 598	955	16 705			

表 5 不同烈度等级伤亡数分档比例分布							
伤亡区间		/	V	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ
0	死亡	100.00	100.00	74.07	82.35	42.11	
	受伤				5.88	5.26	
1 ~ 10	死亡			25.93	17.65	36.84	
	受伤	100.00	100.00	62.96	35.29	21.05	
11 ~ 50	死亡					10.53	33.33
	受伤			33.33	47.06	15.79	
51 ~ 100	死亡					10.53	
	受伤			3.71	5.88	26.32	
101 ~ 500	死亡						33.33
	受伤				5.88	21.05	33.33
501 ~ 1 000	死亡						33.33
	受伤					5.26	
1 000 ~ 5 000	死亡						
	受伤					5.26	33.33
> 5 000	死亡						
	受伤						33.33

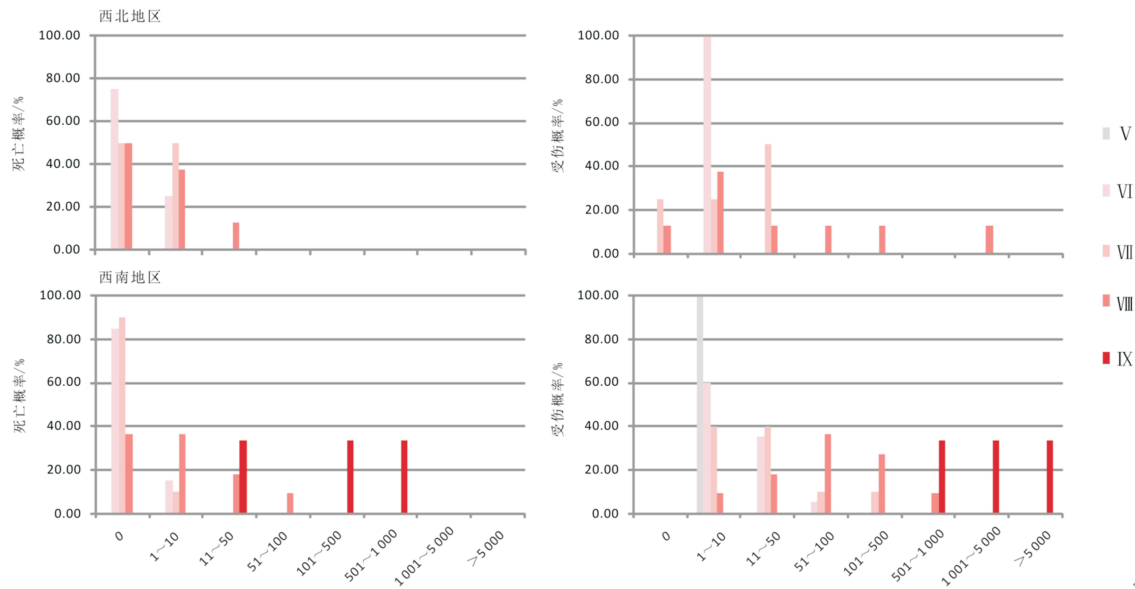


图4 2011—2020 年西北、西南地区不同极震区烈度伤亡概率分布图

4 人员伤亡的烈度分布特征

2011—2020 年，中国大陆人员伤亡地震中有烈度评估的共 68 次，极震区烈度从 V ~ IX 度不等（表 4）。按照烈度统计伤亡数量，伤亡与极震区烈度关系如下：

（1）低烈度地震数量多，人员伤亡比例低；高烈度地震比例低，人员伤亡总数比例高。极震区 V 度的地震 2 次，占有烈度评估地震总数的 2.94%，该烈度地震造成 9 人受伤，占受伤总数的 0.04%。极震区 VI 度的地震 27 次，占有烈度评估地震总数的 39.71%，该烈度地震造成 12 人死亡、334 人受伤，分别占死亡、受伤总数的 0.99%、1.47%。极震区 VII 度的地震 17 次，占有烈度评估地震总数的 25.00%，该烈度地震造成 13 人死亡、

736 人受伤，分别占死亡、受伤总数的 1.08%、3.24%。极震区 VIII 度的地震 19 次，占有烈度评估地震总数的 27.94%，该烈度地震造成 229 人死亡、4 598 人受伤，分别占死亡、受伤总数的 18.94%、20.26%。极震区 IX 度的地震 3 次，占有烈度评估地震总数的 4.41%，该烈度地震造成 955 人死亡、16 705 人受伤，分别占死亡、受伤总数的 78.99%、73.64%。

（2）不同极震区烈度地震的平均伤亡数与单次地震最大伤亡数随烈度增加而快速增加。极震区 V 度地震中，单次地震平均受伤 5 人，受伤最大 6 人。极震区 VI 度地震中，单次地震平均死亡 2 人、受伤 12 人，单次地震死亡最大 4 人、受伤最大 82 人。极震区 VII 度地震中，单次地震平均死亡 4 人、受伤 46 人，单次地震死亡最大 8 人、受伤最大 442 人。极震区 VIII 度地震中，单次地震平均死亡 19 人、受伤 255 人，单次地震死亡最大 95 人、受伤

最大 2 414 人。极震区Ⅸ度地震中, 单次地震平均死亡 318 人、受伤 5 568 人, 单次地震死亡最大 729 人, 受伤最大 13 019 人。

(3) 各烈度档伤亡分布有特定的优势区间, 低烈度地震伤亡数量的优势分布范围小, 且向低伤亡集中, 高烈度伤亡优势分布区间较宽。对于极震区烈度为Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ度地震, 其伤亡数量分布跨度不大, 优势死亡分布区间为 0, 部分为 1~10 人; 优势受伤分布区间为 1~10 人, 部分为 11~50 人, 少数为 51~100 人。对于极震区烈度为Ⅷ度地震, 优势死亡分布区间为 1~10 人, 受伤分布区间跨度较大, 0~5 000 人 7 个区间均有分布。极震区为Ⅸ度的地震有 3 个, 死亡区间为 11~50 人、101~500 人和 501~1 000 人三个区间, 受伤区间为 101~500 人、1 000~5 000 人、>5 000 人三个区间(表 5)。

(4) 不同区域各烈度档优势伤亡分布区间略有差异。极震区烈度为Ⅴ度地震: 西北地区优势伤亡分布区间为 0; 西南地区优势死亡分布区间为 0, 优势受伤分布区间为 0、部分为 1~10 人。极震区烈度为Ⅵ度地震: 西北地区优势死亡分布区间为 0、部分为 1~10 人, 优势受伤分布区间为 1~10 人; 西南地区优势死亡分布区间为 0、部分为 1~10 人, 优势受伤分布区间为 0、1~10 人、部分为 11~50 人、少数为 51~100 人。极震区烈度为Ⅶ度地震: 西北地区优势死亡分布区间为 0、1~10 人, 优势受伤分布区间为 11~50 人, 部分为 0、1~10 人; 西南地区优势死亡分布区间为 0、部分为 1~10 人, 优势受伤分布区间为 1~10、11~50 人, 部分为 51~500 人。极震区烈度为Ⅷ度地震: 西北地区优势死亡分布区间为 0、部分为 1~10 人、少数为 11~50 人, 优势受伤分布区间为 11~50 人、部分为 0、1~10 人; 西南地区优势死亡分布区间为 0、部分为 1~10 人、11~50 人, 少数为 51~100 人。极震区烈度为Ⅸ度地震: 西南地区可能会造成 11~1 000 人死亡, >500 人受伤(图 4)。

5 认识与讨论

中国大陆具有较高的发震水平, 且伤亡较为严重。通过统计分析, 对 2011—2020 年中国大陆人员伤亡基本特征认识如下:

(1) 从时间分布来看, 2011—2020 年中国大陆人员伤亡地震频次最高的年份为 2013 年、2017 年, 均为 10 次, 占人员伤亡地震总频次的 14.05%。但人员伤亡主要集中在 2013、2014 年, 两年共造成 1 030 人死亡(含失踪 113 人)、19 359 人受伤, 分别占死亡、受伤总数的 85.19%、85.33%。

(2) 从空间分布来看, 2011—2020 年中国大陆地震人员伤亡主要集中在西南地区的云南、四川两省。云南地区人员伤亡地震 22 次, 共造成 848 人死亡(含失踪 112 人)、5 466 人受伤, 分别占死亡、受伤总数的 70.14%、24.45%。四川地区人员伤亡地震 18 次, 共造成 247 人死亡(含失踪 1 人)、14 116 人受伤, 分别占死亡、受伤总数的 20.43%、62.22%。

(3) 从震级来看, 地震人员伤亡数、单次地震伤亡成灾概率随震级增加而快速增加, 且不同区

域相同震级伤亡成灾概率差异较大。4.0~4.9 级地震造成 6 人死亡、77 人受伤, 单次地震伤亡成灾概率为 1.57%。5.0~5.9 级地震造成 128 人死亡、2 268 人受伤, 单次地震伤亡成灾概率为 25.35%。6.0~6.9 级地震造成 849 人死亡(含失踪 112 人)、6 779 人受伤, 单次地震伤亡成灾概率为 64%。7.0~7.9 级地震造成 226 人死亡(含失踪 1 人)、13 562 人受伤, 单次地震伤亡成灾概率为 66.67%。西南地区伤亡成灾概率总体较西北地区大。

(4) 从烈度来看, 地震人员伤亡数、单次地震人员伤亡数与极震区烈度呈正相关关系, 且不同区域各烈度档优势伤亡分布区间基本一致。Ⅴ度地震 9 人受伤, 平均每次地震 5 人受伤。Ⅵ度地震 12 人死亡、334 人受伤, 平均每次地震 2 人死亡、12 人受伤。Ⅶ度地震 13 人死亡、736 人受伤, 平均每次地震 4 人死亡、46 人受伤。Ⅷ度地震 229 人死亡、4 598 人受伤, 平均每次地震 19 人死亡、255 人受伤。Ⅸ度地震 955 人死亡(含失踪 113 人)、16 705 人受伤, 平均每次地震 318 人死亡、55 68 人受伤。西南、西北地区各烈度档伤亡优势分布区间基本一致, 西南地区部分地震优势伤亡分布区间递增一档, 少数地震优势伤亡分布区间递增二档。

参考文献:

- [1] 郑通彦, 郑毅. 2011 年中国大陆地震灾害损失述评[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(5): 88-97.
- [2] 郑通彦, 郑毅. 2012 年中国大陆地震灾害损失述评[J]. 自然灾害学报, 2014, 23(3): 166-170.
- [3] 郑通彦, 郑毅. 2013 年中国大陆地震灾害损失述评[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(1): 239-246.
- [4] 郑通彦, 冯蔚, 郑毅. 2014 年中国大陆地震灾害损失述评[J]. 世界地震工程, 2015, 31(2): 202-208.
- [5] 陈通, 郑通彦. 2015 年中国大陆地震灾害损失述评[J]. 灾害学, 2016, 31(3): 133-137.
- [6] 文鑫涛, 郑通彦. 2016 年中国大陆地震灾害损失述评[J]. 灾害学, 2018, 23(3): 141-144.
- [7] 林向洋, 郑通彦, 文鑫涛. 2017 年中国大陆地震灾害损失述评[J]. 防灾科技学院学报, 20(3): 52-58.
- [8] 孙刚, 李亦纲, 杜晓霞, 等. 2017 年地震灾害及应急响应总览[J]. 中国应急救援, 2018(1): 8-14.
- [9] 李亦纲, 南燕云, 刘亢, 等. 2018 年国际国内地震灾害与应急响应[J]. 中国应急救援, 2019(1): 4-9.
- [10] 南燕云, 李亦纲, 刘亢, 等. 2019 年地震灾害及应急响应[J]. 中国应急救援, 2020(1): 4-9.
- [11] 李亦纲, 南燕云, 刘亢, 等. 2018 年国际国内地震灾害与应急响应[J]. 中国应急救援, 2019(1): 3-9.
- [12] 南燕云, 李亦纲, 刘亢, 等. 2019 年地震灾害及应急响应[J]. 中国应急救援, 2020(1): 4-9.
- [13] 林向洋, 文鑫涛, 李华玥, 等. 2019 年中国大陆地震灾害损失述评[J]. 震灾防御技术, 2020, 15(3): 473-483.
- [14] KANAMORI H. The energy release in great earthquakes [J]. Journal of Geophysical Research, 1997, 82(20): 2981-2987.
- [15] XU X W, DENG Q D. Nonlinear characteristics of paleoseismicity in China [J]. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 1996, 101(3): 6209-6231.
- [16] 张彬, 杨选辉, 易志刚, 等. 云南地区地震视应力时空演变与强震发震地区的对应关系[J]. 中国地震, 2006, 22(4): 364-372.
- [17] 杨格格, 杨艳昭, 游珍, 等. 中国陆域地震灾害的时空分布格局[J]. 地球科学进展, 2011, 26(5): 548-555.
- [18] 裴慧子, 曹小曙. 公元前 1831 年—公元 1980 年中国地震灾害对交通影响的时空分布及其类型[J]. 地球科学进展, 2011, 30(7): 875-882.
- [19] 李永强, 聂高众, 杨杰英. 20 世纪云南省人员震亡基本特征分析[J]. 自然灾害学报, 2010, 19(5): 20-28.

- [20] 马玉宏, 谢礼立. 关于地震人员伤亡因素的探讨[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(3): 84–90.
- [21] 程家喻. 地震发生时间对人员伤亡影响的概率[J]. 灾害学,

- 1993, 8(2): 13–16.
- [22] 裴惠娟, 周中红, 孙艳萍, 等. 甘肃省地震灾害时空分布特征研究[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(3): 67–75.

Characteristic Analysis of Earthquake-caused Casualties in Mainland China in 2011—2020

NAN Yanyun¹, LIU Kang^{1,2}, GAO Bowei¹, ZHANG Xuehua¹ and LI Yigang¹

(1. *National Earthquake Response Support Service, Beijing 100049, China;*

2. *Hebei Key Laboratory of Earthquake Dynamics, Sanhe 065201, China*)

Abstract: On the basis of systematically collecting and sorting out data on casualties from earthquakes in mainland China in 2011—2020, we analyze the temporal and spatial distribution of casualties caused by earthquakes in mainland China, discuss the relationship between the casualties and the seismic parameters, such as the magnitude and intensity. The results show that the frequency of earthquakes with casualties is relatively high in 2013 and 2017, but the casualties are mainly in 2013 and 2014. In the regions, earthquakes with casualties mainly occur in Yunnan and Sichuan provinces in the southwest of China. The deaths and injuries account for 90.57% and 86.32% of the total deaths and injuries, respectively. The number of casualties caused by earthquakes and the casualties in a single earthquake are positively correlated with the magnitude and the intensity of the extreme earthquake zone. The distribution range of the dominant casualties of each intensity profile in different regions is basically the same, but the probability of casualties of the same magnitude in different regions is quite different.

Key words: earthquakes; casualties; feature of earthquake-caused casualties; China mainland

(上接第 36 页)

Discussion on the Grade Scales of Natural Disasters by the Losses in Wenchuan Earthquake

TAO Zhengru¹ and TAO Xiabin^{2,1}

(1. *Key Laboratory of Earthquake Engineering and Engineering Vibration, Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration, Harbin 150080, China;*

2. *School of Civil Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China*)

Abstract: Scientific grade scale of natural disasters contributes to the effective distribution of relief and reconstruction supplies. Based on the direct economic loss and casualties in Wenchuan Earthquake, gross regional product (GRP) and population in the affected areas, the ratio of the direct economic loss to GRP in last year, named as loss ratio, is a relative index of economic loss, and the ratio of the population of death, missing and serious injuries to the total population, named as casualty ratio, was a relative index of casualties. The grade scale, with these two indices, was discussed further. Economic growth rate is considered as an alternative factor, which could represent, even influence on the capacity of disaster-bearing units. The ratio of the loss ratio to the annual economic growth rate in the last three years is suggested to replace the loss ratio as the index of economic loss, and different grade scales are given on the levels of nation, province and county. In coordination with this, “life year” is introduced as an index of disaster losses, a “life year”-based grade scale of natural disaster is provided.

Key words: Wenchuan earthquake; natural disaster; grade scale; life year; disaster loss