Risk Analysis of Earthquake Disaster in Central and Western Regions of Gansu

Suping Zhang¹ Zhixiong Li² Yanping Sun¹ Rui Zhu¹

¹Seismological Bureau of Gansu Province, Lan Zhou 730000, China

²Seismological Bureau of Liaoning Province, ShenYang 110000, China

Abstract

Gansu Province, located in the west of China, is one of the provinces where earthquakes occur frequently. We try to understand the actual population in different areas of long-term and seasonal changes, building types and different structure proportion, topography and secondary geological disaster hazard factors and disaster bearing capacity by the field investigation on the border area between the Midwest of Gansu and Qinghai. This paper based on the regional seismic activity, set 6.5 strong earthquakes in every 30-50 km near the fault to determine the seismic influence field; for each seismic influence field within the scope of population, structure and topography, combine with earthquake examples of seismic disasters occurred in recent years, get the deaths, injuries and the estimated number of emergency personnel of each set of earthquakes in the study area by analogy, finally, the estimate distribution map of earthquake disaster in this research area is formed. The results can provide scientific reference value for the first time disaster assessment after the actual earthquake occurred in the area.

Keywords

Central and western regions of Gansu; Earthquake disaster; Risk analysis

甘肃中西部地区地震灾害风险分析

张苏平¹ 李志雄² 孙艳萍¹ 朱瑞¹

¹甘肃省地震局, 兰州 730000, 中国

²辽宁省地震局, 沈阳 110000, 中国

摘要: 甘肃省位于我国西部, 属地震多发省份之一, 通过对甘肃中西部与青海交界地区实地调研, 了解到不同地区长期实际居住人口和随季节变化情况、建筑物种类和不同结构建筑物占比、地形地貌和次生地质灾害等致灾因素和承载能力。本文依据区域地震活动性, 在断层附近每隔 30-50 公里范围设定 6.5 级中强地震, 确定地震影响场; 针对每个地震影响场范围内的人口、建筑物结构和地形地貌, 结合近几年地震灾害震例, 类比得到研究区每个设定

基金项目: 甘肃省科技支撑计划 (1504FKCA065)、中国地震局地震预测研究所基本科研业务专项 (2015IESLZ06) 联合资助。

地震的死亡、受伤人数和紧急安置人员数量预估范围，形成本研究区地震灾害预估分布图。结果可以为该地区实际地震发生后第一时间的灾情评估提供科学的参考价值。

关键词：甘肃中西部地区；地震灾害；风险分析

0 引言

甘肃省是我国地震多发省份之一，处于南北地震带北段，历史上曾发生多次破坏性地震，造成严重的人员伤亡和经济损失，其中1920年海原发生8.5级地震，导致273465±9700人死亡^[1]；1927年古浪发生8.0级地震，导致41471人死亡^[2]；2013年7月22日岷县漳县发生6.6级地震，死亡95人，受伤2414人，直接经济损失244.16亿^[3]。随着社会经济的快速发展，国民财富的日益提升，地震灾害对政治、经济、社会及个人家庭的威胁越来越大，也给人民群众造成了心理阴影，作为自然灾害中对人类生命安全威胁最大的灾害，应对地震灾害的方法主要有：地震预测、震害防御和应急救援。地震具有突发性、瞬时毁灭性、次生灾害连发性、预测难度大等特点，对地震应对与处置的时效性要求非常高。目前地震预报还是世界难题，尚无有效的方法能够准确预测地震，因此提高震害防御能力和应急救援能力成为减轻地震灾害的重要途径^[4]。习近平总书记在河北唐山抗震救灾和新唐山建设40年之际发表重要讲话，对防震减灾工作提出新的要求，明确提出，新中国成立以来特别是改革开放以来，我们不断探索，确立了以防为主、防抗救相结合的工作方针，国家综合防灾减灾救灾能力得到全面提升。要总结经验，进一步增强忧患意识、责任意识，坚持以防为主、防抗救相结合，坚持常态减灾和

非常态救灾相统一，努力实现从注重灾后救助向注重灾前预防转变，从应对单一灾种向综合减灾转变，从减少灾害损失向减轻灾害风险转变，全面提升全社会抵御自然灾害的综合防范能力。我国作为一个发展中国家，地震设防能力低，“小震致灾、中震大灾、大震巨灾”还没有根本改变（关于地震监测预报工作的思考），同时我国地震烈度Ⅵ度以上的区域占全国总面积的79%以上^[5]，而甘肃省地震烈度Ⅶ度以上的区域占全省81.22%，如果在人口密集的地方发生地震，可能造成的人员损失非常惨重，因此非常有必要在地震发生之前，对地震多发区域进行地震灾害风险评估，对高风险区制定适宜对策，采取合理的防范措施，提前做好重点区域的震害防御和应急准备工作。

地震灾害风险是指未来地震损失的不确定性，地震灾害风险研究开展较早，美国、法国和其他一些国家针对整个国家、地区、州、省和社会等不同空间尺度区域和领域进行了风险评估和风险管理研究^[6]。我国许多学者从全国大尺度和部分区域到城市的公里网格级别，对地震灾害风险研究作了非常有意义的研究^[7-14]。目前得到人口和建筑物的精确数据还比较困难，精细化的公里网格数据是基于某一级别的数据计算得出，建筑物数据可靠性差，地震后灾情的预评估结果误差就较大。本文基于实地调研得到的样本数据，这些样本代表当地一定范围内承灾体的脆弱性，利用中国地震局“十五”、“十一五”期间建成的评

估系统, 结合近年西部地区震例的灾害损失, 得到研究区中强震人员伤亡的风险评估结果, 以期对高风险区域进行针对性的预防, 从而降低地震灾害对人民生命财产安全的威胁。

1 数据处理

1.1 人口数据

震区人口数据是评估人员伤亡的基础, 人口数据的精度(比如每个行政村人口数据)直接影响评估准确性。通常情况下, 每年能够从官方得到以县或者乡镇为单位的人口数据, 使用这个数据计算每个烈度区的人口数据误差太大, 评估结果准确率偏低。目前利用核密度算法^[15], 结合行政村居民驻地位置, 将以乡镇为单位的人口分配到居民驻地两公里范围内, 形成人口公里格网数据(图1), 利用公里格网数据空间裁剪得到较高精度不同烈度区人口数据。

1.2 建筑物数据

得到比较准确的以乡镇为单位或更高精度的建筑物数据还很困难, 目前采用高清遥感卫星数据提取建筑物数据、县级单位统计数据 and 实地抽样调研(图1)相结合的方法, 得到评估计算所需建筑物数据。研究区除了学校、医院、政府部门和政府投资搬迁工程外(框架8.85%、砖混26.18%), 大部分属于土木(30.35%)和砖木结构(34.62%), 并且不同区县相同结构的建筑物各有特色, 抗震性能差异较大。

1.3 地形地貌和次生灾害

该区位于祁连山中西段, 隶属青藏高原与黄土高原的过渡地带, 区内西部山地高原自西北向东南倾斜, 全区地形复杂, 平均海拔 2598 米。地形

图(图1), 可以清晰地看到, 区域内祁连山区地形起伏较大, 终年积雪, 而东北侧为河西走廊平原, 地势相对平坦, 海拔也较低。在一系列平行山地中, 南北两侧和东部相对起伏较大, 山间盆地和宽谷海拔一般在 3000-4000 米之间, 谷地较宽, 两侧洪、冲积平原或台地发育。

据不完全统计, 该区域甘肃境内有 13 条断裂发育, 次生地质灾害点共计 267 余处, 其中包含滑坡 42 处、崩塌 39 处、塌陷 3 处、泥石流 124 处、不稳定斜坡 19 处、地裂缝 1 处等, 威胁到人民的生命财产安全。

1.4 地形地貌和次生灾害

该区属地震多发区域(图1), 自有记载以来该区域共发生 5.0 级以上破坏性地震 121 次, 5.0~5.9 级地震 100 次, 6.0~6.9 级地震 16 次, 7.0 级以上地震 5 次。其中甘肃境内发生 71 次, 5.0~5.9 级地震 58 次, 6.0~6.9 级地震 8 次, 7.0 级以上地震 5 次。

图1 人口、建筑物、地形地貌和次生灾害、历史地震分布

2 地震灾害风险分析

2.1 分析方法

地震灾害风险指未来一段时间内，某地区由于地震发生导致灾害损失的可能程度。对地震灾害风险分是对某地区遭受不同强度地震灾害可能造成的后果进行的定量分析和估计，是地震风险管理中的重要内容，为有效应对地震灾害、减少地震灾害造成的损失提供基础依据。

风险的大小不仅与致灾因子有关，而且与人类社会的脆弱性密切相关。在其它各种因素相同的条件下，致灾因子的强度越高、频率越大，风险就越大；脆弱性不同的人群或承载体，面对相同的致灾因子，也会面临不同的风险，风险是致灾因子和脆弱性共同作用的结果。

导致地震灾害风险的因素很多，本文主要从地震强度、震区实际住宿人口、建筑物结构类型占比和地形地貌四个主要因素考虑，定量评估中强地震（6.5级地震）人员的伤亡情况。

计算方法采用甘肃烈度衰减关系，获得地震影响场范围；利用P.A.Page模型评估计算死亡人数：

$$\ln(N_{\text{E}}) = -22.73 + 10.6 \ln(I) + 0.34 \ln(\rho)$$

$$\ln(N_{\text{S}}) = -11.35 + 5.77 \times \ln(I) + 0.36 \ln(\rho)$$

式中：N表示死亡人数，I表示烈度， ρ 表示人口密度。

沿区内活动断裂，相隔30-50公里触发6.5级地震，用评估系统计算得到各灾区的伤、亡人数和紧急安置人数。

2.2 综合分析

无论利用什么公式计算，得到的都是通用结果，地区建筑物结构差异、地形地貌不同和人口的季节性流动等都是影响计算结果的重要因素，必须依据实地调研的数据，结合四川汶川、芦山、九寨沟地震、青海玉树

地震、云南鲁甸、景谷地震和新疆精河、皮山地震、甘肃岷县、山丹地震等灾害情况，修正地震评估结果（图2）。

表1 调研点地震灾害评估表

序号	灾区面积 (km ²)	灾区人口 (万人)	预估死亡 (人)	预估受伤 (人)	预估紧急安置 (万人)
1	15000	108.24	10-80	300-900	4
2	15000	115.11	5-20	200-400	2
3	15000	101.4	30-60	800-2000	6
4	15000	114.34	50-100	600-1500	5
5	15000	90.6	10-30	200-400	4
6	15000	67.6	0-10	20-100	1
7	15000	50.31	0-10	0-50	0.4
8	15000	34	0-5	20-60	0.5
9	15000	55.36	1-10	30-80	1
10	15000	50.31	0-10	0-50	0.4
11	15000	88.94	5-25	350-700	3
12	15000	129.62	2-12	150-300	1.2
13	15000	42.35	2-10	80-120	0.5
14	15000	47.57	0-10	0-50	0.3
15	15000	92.9	5-20	200-400	1
16	15000	44.79	5-25	70-300	1
17	15000	91.55	0-10	0-50	0.3
18	15000	33.1	0-10	30-60	0.2
19	15000	89.54	5-12	200-400	2
20	15000	10.18	0-5	30-100	0.4
21	15000	58.49	1-10	50-200	1.2
22	15000	76.07	1-10	80-250	1
23	15000	37.75	0-10	0-50	0.05
24	15000	8.44	0-10	20-50	0.1
25	15000	73.6	0-10	60-100	1
26	15000	104.42	10-40	200-300	3
27	15000	58.85	10-30	50-500	20.0-25.0
28	15000	56.95	0-10	0-50	2.0-2.5
29	15000	49.45	0-10	0-50	0.12-0.15

续表 1 调研点地震灾害评估表

序号	灾区面积 (km ²)	灾区人口 (万人)	预估死亡 (人)	预估受伤 (人)	预估紧急安置 (万人)
30	15000	2.89	0-10	0-50	0.08-0.1
31	15000	1.96	0-10	0-50	0.01-0.02
32	15000	0.17	0-10	0-50	0.05-0.1
33	15000	97.4	8-15	200-400	1
34	15000	124.42	2-10	200-400	2
35	15000	152.03	5-20	250-450	1
36	15000	61.43	20-70	300-2000	30-36
37	15000	39.17	10-50	300-1000	8.0-10.0
38	15000	79.35	0-10	60-300	2

图2 预估6.5级地震死亡人数分布

3 讨论与建议

研究区为高海拔地区，祁连山以南海拔平均3000m以上，祁连山山间盆地周边为山脉所包围，盆地内多为低山丘陵区，该区域人口稀少，农牧民大多逐水而居，人口分布不均匀，定居点大多在山间河谷地带，在夏季降雨季节容易遭受泥石流、滑坡体的威胁；祁连山以北平均海拔2500m以上，地质灾害主要分布在祁连山北麓地势起伏较大地区，沿断裂带呈现聚集性

分布特征，地质灾害造成人员伤亡的可能性较小，对祁连山区外道路交通的影响不大。

祁连山山区主要是以牧业为主，人口分布呈现夏季分散、冬季相对集中的特点；区内农村地区人员出现“空巢现象”，青壮年出外打工，儿童和老人留守，常住人口基本约在 35%-60%，而且有年龄越大所住房屋越老旧的特点，老龄化人口也不利于当地自救互救的开展可能加重地震的人员伤亡；河西走廊地区人口相对集中，密度较大，主要以农业为主。该区在 6-9 月旅游人口较多，统计表明，该地区旅游人次往往是常住人口的十几倍甚至几十倍，季节性非常明显。

西北地区经济落后，农村地区存在一定数量抗震性能很差的土木房屋和未考虑抗震措施的老旧砖木房屋；酒泉市约 50%农民在城市买房，原农村房屋不再维护改造，部分农民农闲时住城市，农忙季节住农村旧房，这些情况都存在较大的地震安全隐患。

考虑到当地特殊地震风险因素的存在，应进一步加大农村危、旧房屋的排查和改造力度，加强房屋抗震设防标准的监管；完善避难场所的建设，加强配套的供电、供水，厕所等基础设施，针对冬季寒冷气候条件，应考虑设置必要的室内避难场所，对偏远山区和季节性人口变动做好地震应急救援准备工作。

参考文献

- [1]刘百箴,张俊玲,吴建华等.1920年12月16日海原8.5级大地震的伤亡人口再评估[J].中国地震,2003,19(4):72-85.
- [2]国家地震局.中国大陆地震灾害损失评估汇编[M].北京:地震出版社,1996.

- [3] 中国地震局.2013 年全球和中国活动及灾害 [EB/OL] . 2014-1-1. <http://www.csi.ac.cn/manage/eqDown/dzzh/2013DiZhenZaiHai.html>.
- [4] 陈运泰.地震预测—进展、困难与前景 [J]. 地震地磁观测与研究,2007,28(2):1-24.
- [5] 陶夏新.我国新的地震区划编图和中国地震烈度区划图(1990) [J]. 自然灾害学报,1992,1(1): 99-109.
- [6] Hays W W. Reduction of earthquake risk in the United States: Bridging[J]. IEEE Transaction on Engineering Management,1998,45(2):176-180.
- [7] 聂高众,高建国,马宗晋,等.中国未来10~15年地震灾害的风险评估[J]. 自然灾害学报,2002, 11(1): 68-73.
- [8] 聂承静,杨林生,李海蓉等.中国地震灾害宏观人口脆弱性评估[J].地理科学进展,2012,31(3): 375-382.
- [9] 习聪望,何少林,王晓青等.甘肃陇南地区地震灾害人口风险评估[J].自然灾害学报,2017, 26(1): 97-107.
- [10] 王晓青,丁香,王龙等.四川汶川8级大地震灾害损失快速评估研究[J].地震学报,2009,31(2):205-211.
- [11] 高庆华, 聂高众, 张业成等. 论地震风险[M]. 北京: 气象出版社,2011: 1-38.
- [12] Guiwu Su 1, Wenhua Qi 1, Suling Zhang. An Integrated Method Combining Remote Sensing Data and Local Knowledge for the Large-Scale Estimation of Seismic Loss Risks to Buildings in the Context of Rapid Socioeconomic Growth: A Case Study in Tangshan, China[J]. Remote Sens. 2015, 7, 2543-2601.
- [13] 刘毅, 吴绍洪, 徐中春, 戴尔阜. 自然灾害风险评估与分级方法论探研——以山西省地震灾害风险为例[J]. 地理研究, 2011, 30(2): 195-208.
- [14] 闰庆武,卞正富,张萍等.基于居民点密度的人口密度空间化[J]. 地理与地理信息科学, 2011, 27(5):95-98.
- [15] 石玉成,高晓明,谭明等. 2013 年岷县漳县 6.6 级地震灾害损失评估[J]. 地震工程学报, 2013, 35(4): 717-723.
- [16] 张苏平,聂高众,孙艳萍.甘肃岷县漳县 MS6.6 地震重灾区房屋类型与致死的关系研究[J]. 地震工程学报,2017,39(4):781-789.
- [17] 徐敬海,安基文,聂高众.基于千米格网的地震应急灾情预评估数据开发[J]. 地震地质, 2016, 38(3): 760-772.