

何萍. 地震灾害人口伤亡耦合因子特征分析研究[J]. 华南地震, 2018, 38 (S1): 9–17. [HE Ping. Analysis of Coupling Factor Characteristics of Earthquake Casualties[J]. South China journal of seismology, 2018, 38(S1): 9–17]

地震灾害人口伤亡耦合因子特征分析研究

何 萍

(广东省地震局, 广州 510070)

摘要: 拟在前人研究的基础上, 重新对 2001—2016 年间我国大陆地区发生的 184 个地震成灾事件的进行震害特征研究。以 184 个震例为样本, 对地震造成人员伤亡的主要耦合因素进行量化分析, 为建立较准确的地震灾害人员伤亡评估模型打下基础。

关键词: 地震灾害; 人员伤亡; 耦合因子; 灾害评估

中图分类号: P315.33 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662(2018)S1-009-09

DOI: 10.13512/j.hndz.2018.S1.002

Analysis of Coupling Factor Characteristics of Earthquake Casualties

HE Ping

(Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, China)

Abstract: Based on the previous studies, 184 earthquake disasters occurred in the mainland of China from 2001 to 2016 were studied again in this paper. Taking these 184 earthquake cases as samples, the main coupling factors of casualties caused by earthquakes were quantitatively analyzed, which laid a foundation for establishing a more accurate casualty assessment model of earthquake disasters.

Keywords: Earthquake hazard; Casualties; Coupling factor; Assessment

0 引言

地震是破坏力极强的自然现象。其特有的突发性和瞬间破坏力经常造成人员的大量伤亡和经济的巨大损失。随着我国近年来经济高速发展, 人口迅猛增长, 城镇化进程的加快, 地震成灾事

件越来越多, 对人们的生命财产安全的威胁越来越大, 因而探究地震造成人员伤亡的原因及分析影响人员伤亡数量的因素, 为建立较准确的地震灾害人员伤亡预评估模型打下良好的基础, 从而增强震后应急救援的有效性及针对性。

收稿日期: 2018-03-28

基金项目: 广东省科技厅社会发展领域项目(2016A020224004)

作者简介: 何 萍(1978-), 女, 高级工程师, 主要研究方向为 3S 在地震灾害研究中的应用以及震害快速评估。

E-mail: 153880563@qq.com.

1 21 世纪以来我国大陆地区主要震害数据分析

在前人研究的基础上^[1-7]，重新分析 2001—2016 年间中国大陆地区发生的 184 个地震成灾事件。利用这些震害资料，分析我国近年来的震害特征，为研究地震造成人员伤亡的耦合因素分析打下基础。

2001—2016 年间，中国大陆地区地震灾害事件共 184 次，造成 73 433 人死亡，421 970 人受伤，造成 30 823.68 万 m² 建筑物破坏，直接经济损

失达到 10 690.13 亿元。除北京、上海、天津、宁夏以及海南以外我国大陆地区 25 个省(直辖市) 均发生过成灾地震事件，具体数据见图 1、图 2 及表 1。表 2 列出了 1980—2016 年我国大陆地区主要震害统计数据，将 1980—1989 年、1990—1999 年 2000—2005、2006—2010 以及 2011—2016 五个时间段的地震灾害损失数据进行对比，由此可以看出我国地震灾害事件造成的人员伤亡及经济损失呈逐渐上升趋势，特别是地震造成的直接经济损失占同年段 GDP 比重增长趋势明显，随着经济发展水平的提高，地震灾害造成的损失正在不断增大。

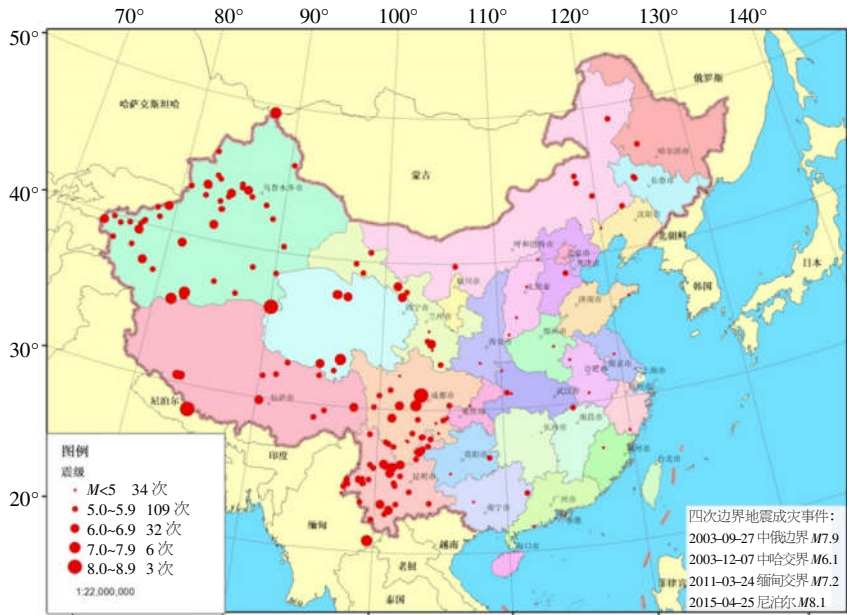


图 1 2001—2016 年度中国大陆地震成灾事件的空间分布示意图

Fig.1 Spatial distribution of earthquake disaster events happened in China Mainland during 2001 and 2016

表 1 2001—2016 年我国大陆境内主要震害统计数据^[1-7]

Table 1 Statistical data of earthquake disaster events in China mainland from 2001 to 2016

年份	死亡人数	受伤人数	房屋毁坏面积/ (万 m ²)	房屋破坏严重/ (万 m ²)	房屋破坏中等/ (万 m ²)	房屋破坏轻微/ (万 m ²)	直接经济损失/ (亿元)
2001	7	1 407	—	—	—	—	16.33
2002	2	360	0.4	3.01	36.57	91.78	1.48
2003	319	7 147	328.28	477.72	998.54	1 898.85	46.2
2004	8	688	15.35	81.72	205.45	590.23	9.5
2005	15	867	345.72	54.35	991.63	1 062.45	26.28
2006	25	204	54.68	9.4	337.66	98.71	8
2007	3	419	137.06	30.19	580.95	281.77	20.19
2008	69 283	377 010	16 862.66	6 108.63	53 558.82	17 214.06	8 594.96
2009	3	404	99.33	21.82	683.54	247.55	27.38
2010	2 705	11 088	356.22	106.94	335.05	107.31	235.67
2011	25	370	120.38	123.26	767.06	664.8	46.77
2012	86	1 331	227.59	65.15	1 263.96	618.35	82.88
2013	294	15 669	588.16	11.39	2 922.79	5 621.68	994.05
2014	623	3 666	644.15	52.85	2 393.36	958.85	331.87
2015	33	1 237	281.21	132.44	522.1	498.44	181.75
2016	2	103	46.37	79.41	511.93	868.85	66.82
总计	73 433	421 970	20 107.56	7 358.28	66 109.41	30 823.68	10 690.13

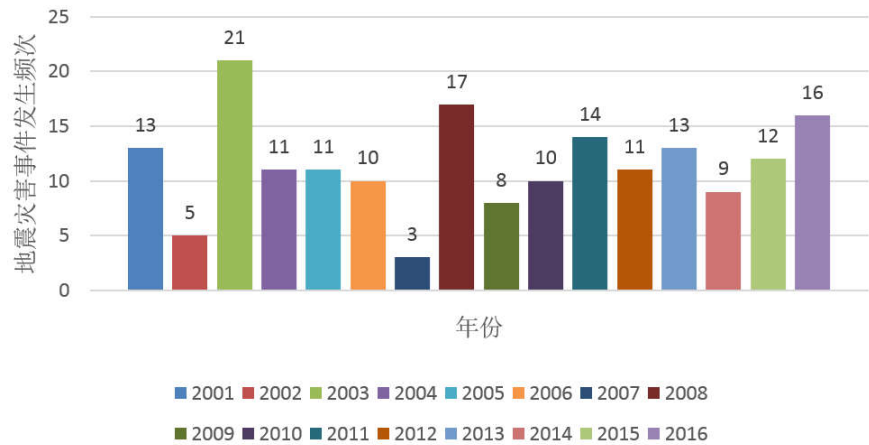


图 2 以年为统计单位成灾地震的发生频次

Fig.2 The yearly frequency of disaster earthquake from 2001 and 2016

表 2 1980—2016 年我国大陆地区主要震害统计数据

Table 2 Statistics of earthquake hazards in China Mainland during 1980 and 2016				
年度	死亡人数/人	受伤人数/人	直接经济损失/亿元	损失占同年段 GDP 比重/(%)
1980—1989	1 112	12 402	49.81	0.009 2
1990—1999	681	51 878	112.24	0.021
2000—2005	351	10 469	99.79	0.012
2006—2010	72 019	389 125	8 886.2	0.577 6
2011—2016	1 063	22 376	1 704.14	0.046 9

注：我国 1980—2016 年度 GDP 资料来源于国家统计局数据中心公开发布数据。

表 3 给出了 2001—2016 年我国大陆各省份地震灾害损失一览表，从表 3 可以看出地震成灾事件主要集中在中西部省份，灾害事件最多的是新疆，这是该地区地震发生频率高造成的，但即使成灾地震多有发生，新疆的地震灾害却并不太严重。遭受灾

害最严重的省份是四川，其人员伤亡及经济损失几乎占全国的 95%，而 2008 年汶川 M 8.0 级地震及 2013 年芦山 M 7.0 级地震造成的损失又约占该省全部灾损的 99%以上。东部地区地震成灾事件零星分布，震级大多在 5 级以下，呈现出小震成灾的特点。

表 3 2001—2016 年我国大陆各省份地震灾害损失一览表

Table 3 List of earthquake disaster in relevant province of China mainland from 2001 and 2016						
序号	省份	成灾地震频次	死亡人数	受伤人数	经济损失/亿元	影响最大的地震事件
1	新疆	48	283	5 267	167.25	2003 年 2 月 24 日新疆巴楚—伽师 M 6.8 级地震造成 268 人死亡，4 853 人受伤
2	云南	45	795	9 396	504.66	2014 年 8 月 3 日云南省鲁甸县 M 6.5 级造成 617 人死亡，3 143 人受伤，极震区烈度 IX 度
3	四川	19	69 475	390 185	9 288.73	2008 年 5 月 12 日汶川 M 8.1 级地震共造成 69 227 人死亡，374 643 人受伤，17 923 人失踪，是建国以来破坏力最大的地震，也是唐山大地震后伤亡最严重的一次地震
4	甘肃	12	111	3 005	252.87	2013 年 8 月 7 日甘肃省岷县漳县 M 6.6 级地震，造成人员死亡 95 人，2 414 人受伤
5	西藏	11	39	1 096	149.99	2015 年 4 月 25 日尼泊尔 M 8.1 级地震造成西藏地区 27 人死亡，860 人受伤，是近年来西藏地区遭受的最严重的地震灾害

(转下表)

(接表 3)

序号	省份	成灾地震频次	死亡人数	受伤人数	经济损失/亿元	影响最大的地震事件
6	青海	9	2 699	11 013	249.33	2010 年 4 月 14 日青海玉树县 <i>M</i> 7.1 级地震造成 2 698 人死亡, 11 000 人受伤
7	内蒙古	6	5	1 082	20.34	2003 年 8 月 16 日巴林左旗—阿鲁科尔沁旗 <i>M</i> 5.9 级地震造成 4 人死亡, 1 064 人受伤
8	重庆	5	2	39	1.13	2009 年 8 月 8 日荣昌县 <i>M</i> 4.0 地震造成 2 人死亡, 1 人受伤
9	山西	4	0	22	0.36	2016 年 3 月 12 日山西运城市 <i>M</i> 4.4 级地震造成房屋破坏严重, 11 人受伤
10	湖北	3	0	5	0.81	2013 年 12 月 16 日巴东县 <i>M</i> 5.1 级地震造成 4 人受伤
11	贵州	2	6	9	5.17	2010 年 1 月 17 日贵州贞丰、关岭、镇宁交界 <i>M</i> 3.4 级地震, 造成 6 人死亡, 8 人受伤
12	安徽	2	2	13	3.08	2015 年 3 月 14 日安徽省阜阳县 <i>M</i> 4.3 级地震, 造成了 2 人死亡, 13 人受伤
13	广西	2	1	3	1.27	2005 年 10 月 27 日平果 <i>M</i> 4.4 级地震造成 1 人死亡, 3 人受伤
14	吉林	2	0	27	21.34	2013 年 11 月 23 日吉林省前郭县(震群) <i>M</i> 5.5 级地震造成 25 人受伤
15	浙江	2	0	0	2.26	2014 年 10 月 25 日文成县(震群) <i>M</i> 4.2 级地震造成房屋破坏严重, 无人伤亡
16	江西	1	13	775	20.38	2005 年 11 月 26 日九江、瑞昌间 <i>M</i> 5.7 级地震造成 13 人死亡, 775 人受伤
17	黑龙江	1	1	11	0.27	2005 年 7 月 25 日黑龙江林甸 <i>M</i> 5.1 级地震造成 1 人死亡, 11 人受伤
18	江苏	1	1	3	0.15	2012 年 7 月 20 日高邮市与宝应县交界 <i>M</i> 5.1 地震造成 1 人死亡, 3 人受伤
19	河南	1	0	12	0.14	2010 年 10 月 10 日太康县 <i>M</i> 4.7 地震, 造成 12 名人受伤
20	山东	1	0	6	0	2015 年 5 月 22 日山东省乳山市 <i>M</i> 4.6 级地震造成 6 人受伤
21	陕西	1	0	1	0.13	2003 年 5 月 4 日石泉 <i>M</i> 4.5 级地震造成 1 人受伤
22	河北	1	0	0	0.1	2006 年 7 月 4 日河北文安 <i>M</i> 5.1 级地震, 造成部分房屋中等破坏, 没有造成人员伤亡
23	福建	1	0	0	0.1	2007 年 3 月 13 日福建顺昌县 <i>M</i> 4.9 级地震, 没有造成人员伤亡
24	广东	1	0	0	0.23	2004 年 9 月 17 日阳江 <i>M</i> 4.9 级地震, 造成 7 359 间房屋轻微破坏, 没有人员伤亡
25	河南	1	0	12	0.14	2010 年 10 月 10 日太康县 <i>M</i> 4.7 地震, 造成 12 名人受伤
26	辽宁	1	0	0	—	2016 年 5 月 22 日辽宁朝阳市朝阳县 <i>M</i> 4.6 级地震造成 200 平方米房屋轻微破坏

2 地震造成人员伤亡的耦合因素分析

以往的震例研究表明影响地震造成的人员伤亡的因素很多, 地震造成的人员伤亡是多种因素共同耦合的结果, 并不是纯粹由单一的因素决定

的。我国学者对地震灾害人员伤亡的影响因素做过大量的研究^[9-12]; 本文在前人研究的基础上把地震中主要影响人员伤亡的因素大致分为六大类: 极震区烈度、发震时间、人口密度、建筑物的损坏以及次生灾害影响, 以上述 2001—2016 年度我

国大陆地区发生的 184 次成灾地震为研究对象, 量化地探讨人员伤亡与五大因素之间的相关性。这里的伤亡人数全部定义为死亡人数加上重伤人数。

(1) 震区烈度对伤亡人数的影响。为了量化地探究极震区烈度与地震造成的人员伤亡人数的对应关系, 对上述采集的 184 次地震成灾事件进行了以下分析。在初步分析中发现, 不能简单地将极震区烈度与人员伤亡人数进行对比分析, 同一烈度对于不同地区地震伤亡人数差异非常大, 很难在同一

尺度下进行分析。运用 SPSS 软件中双变量相关性分析(Pearson 算法)对 184 次地震事件进行影响烈度与伤亡人数双变量相关性分析, 这两变量之间的相关系数仅为 0.339, 相关性并不高。

基于震中烈度与震区人口密度、经济发展水平以及建筑物的设防水平有关, 故将我国大陆地区分为三个区域进行分析, 东部、中部以及西部, 具体的划分标准按国家统计局的划分原则, 将东北部并入东部, 划分后成灾地震事件分布图见图 3。

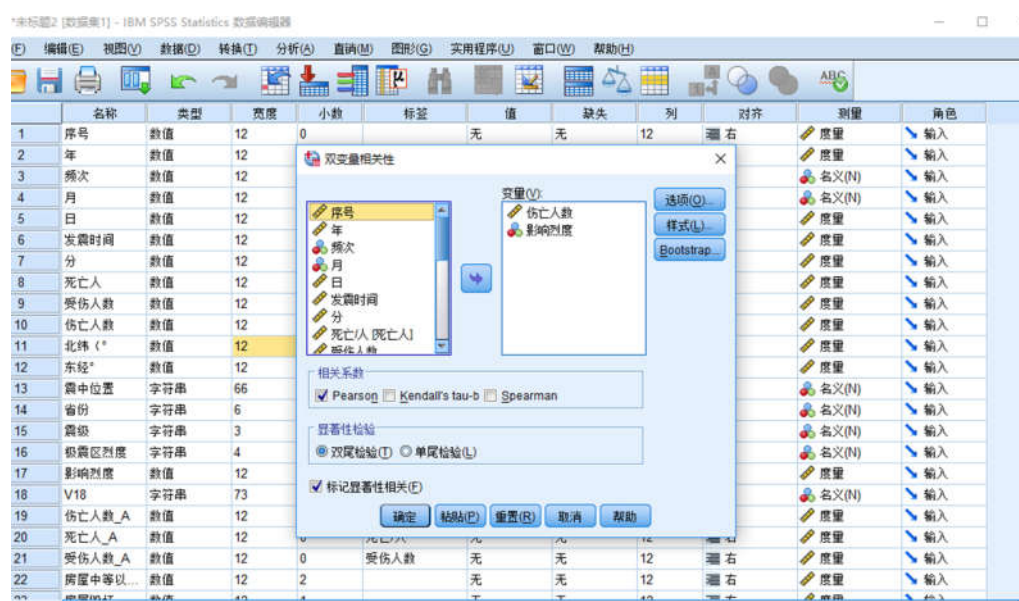


图 3 利用 SPSS 软件对伤亡人数与震区烈度进行相关性分析计算

Fig.3 Using SPSS software to analyze and calculate the correlation between casualties and earthquake intensity

分区后, 2001—2016 年间东部地区发生成灾事件共 11 次, 中部地区有 12 次, 西部地区 161 次。对分区后的伤亡人数与震区烈度进行相关性分析, 结果表明: 东部地区及中部地区的相关系数都是 0.558, 西部地区的相关系数是 0.352。就目前采集的地震灾害事件来说, 震区烈度与人员伤亡的相关性并不是特别高, 尤其在中小地震的震例中, 同一烈度人员伤亡数量的差距较大。但不管是在东部、中部还是西部, 烈度越大, 人员伤亡越多的总体趋势明显, 而在中小烈度中伤亡人数的差别情况较大。在相同烈度下, 东、中部地区出现的伤亡数量比西部地区要多。在统计年度中, 中西部缺少中强以上强度的地震震例, 因此给较大地震烈度下的人员伤亡数量比较造成困难。

(2) 发震时间对伤亡人数的影响。为了探究

地震造成的人员伤亡人数与发震时间的关系, 对上述采集的 184 次地震成灾事件进行了不同震级条件下发震时刻与人员伤亡数之间的统计分析。图 5~7 分别显示 2001—2016 年度我国大陆地区不同震级条件下地震伤亡人数与发震时刻统计直方图。从下图可以看出, 成灾事件的发震时间与人员伤亡并没有太大的关系, 地震发生在夜晚或者白天对人员伤亡的影响不明显。

(3) 震区人口密度对伤亡人数的影响。为了量化地探究震区人口密度与地震造成的人员伤亡之间的对应关系, 对上述采集 184 次地震成灾事件进行了以下分析。在分析过程中应用了中国大陆区域人口公里格网数据, 因而震中附近地区的人口密度数据来源比较可靠、接近实际。根据百度百科资料, 我国现有平均人口密度为 143 人, 东部沿海地区人口密集, 每平方公里超过 400 人;

中部地区每平方公里为 200 多人;而西部高原地区人口稀少,每平方公里不足 10 人。为了便于统计分析,将现有人口密度简化为 6 段处理,分别是 0~49; 50~149; 150~299; 300~499; 500~999 以及 1 000 以上,以上单位均为人/平方公里。经过分析发现,对上述 184 次成灾事件而言,其在不同人口密度分段地区上的发生频次如图 8 所示。

发生在人口密度小于 50 人/平方公里地区的地震事件最多,有 103 起。只有一起地震灾害事件发生在人口密度大于 1 000 以上人/平方公里地区,即发生在 2016 年 12 月 27 日的重庆市荣昌县 M 4.8 级地震,极震区烈度为 VI,造成 2 人受伤,直接经济损失为 3 300 万元,当地的人口密度约为 1 776 人/平方公里。

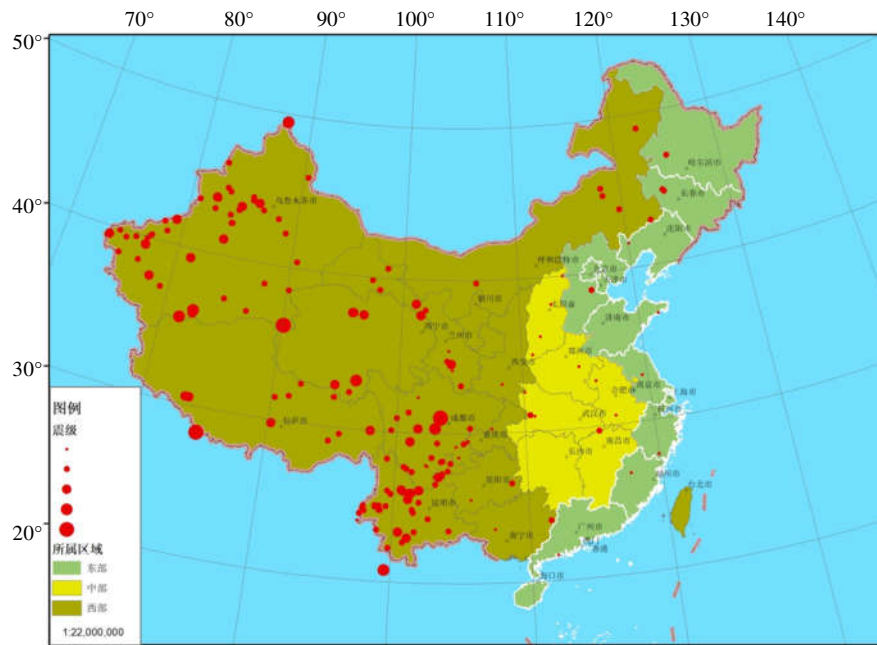


图 4 2001—2016 年成灾地震事件在分区域地图上的分布示意图

Fig.4 Spatial distribution sketch of earthquake disaster events from 2001 to 2016 on the subregional map

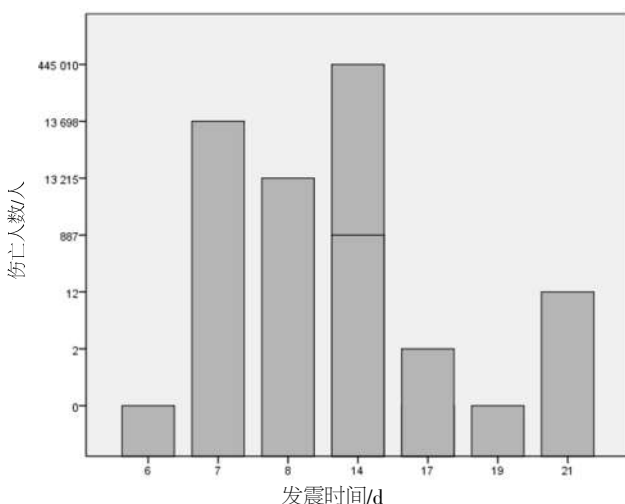


图 5 $M7$ 级以上地震伤亡人数与发震时刻对应关系统计图

Fig.5 Statistical diagram between casualties and occurrence time in earthquakes with $M \geq 7$

为了更好地分析人口密度与成灾地震发生之间的耦合关系,还进一步分析了灾区遭遇 V~IX 地震烈度条件下不同烈度条件下伤亡人数与人口密

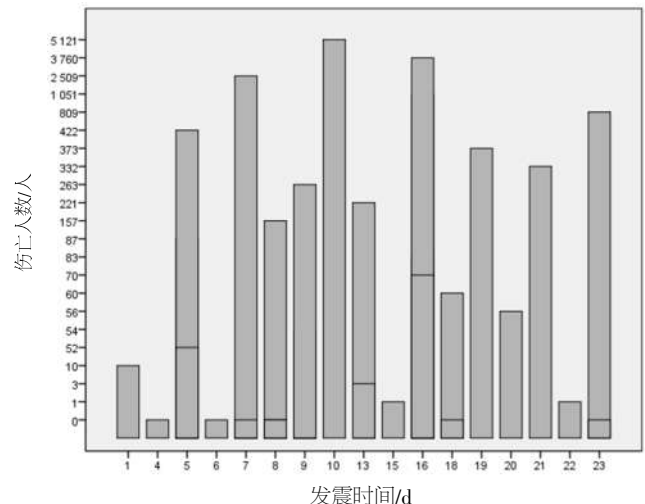


图 6 $6 \leq M < 7$ 级地震伤亡人数与发震时刻对应关系统计图

Fig.6 Statistical diagram between casualties and occurrence time in earthquakes with $6 \leq M < 7$

度之间的对应关系,从分析的结果可以看出这样的一些特点:①地震多发生在人口稀疏地区,因此 184 起地震成灾事件中,有 103 起发生在人口

密度小于 50 人/平方公里的地区，在具体分析时应该先考虑灾害事件在不同人口密度区发生的频度差异前提。②在去除发生频度影响后，在遭遇相

同地震烈度条件下，人口高密度区的人员伤亡显著增加，特别是对于低烈度地震事件而言，人口密集区更容易发生人员伤亡。

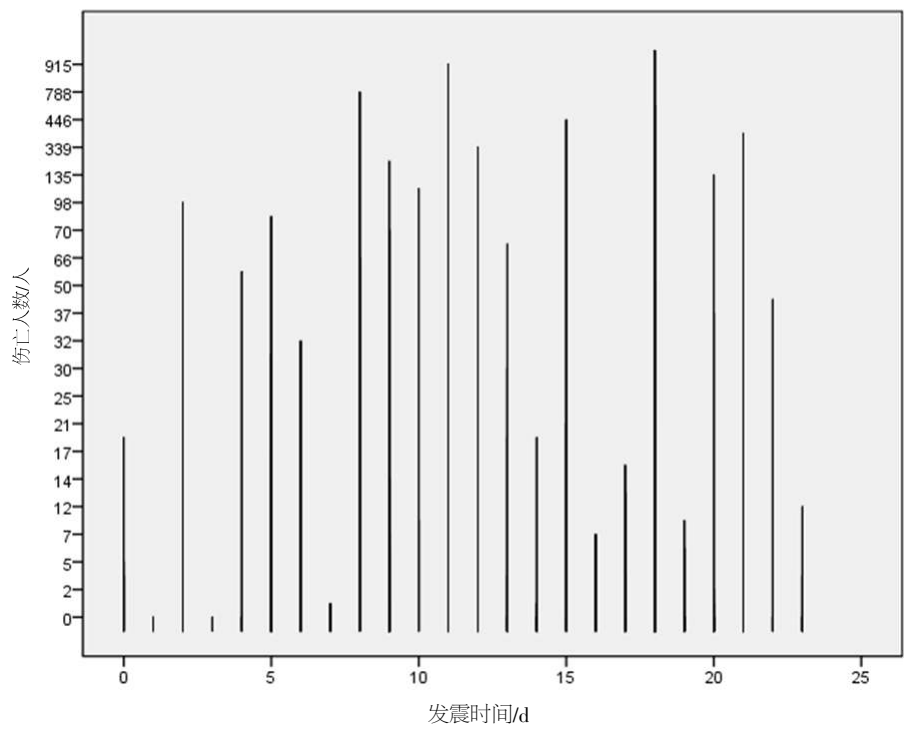


图 7 5 ≤ M < 6 级地震中伤亡人数与发震时刻对应关系统计图

Fig.7 Statistical diagram between casualties and occurrence time in earthquakes with 5 ≤ M < 6

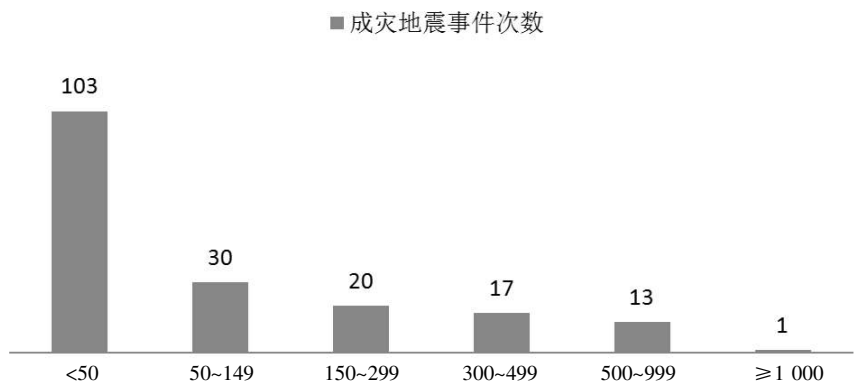


图 8 不同人口密度分段地区的成灾地震事件发生频次

Fig8 Occurrent frequency of earthquake hazards in sub regions with different population density

(4) 建筑物破坏对伤亡人数的影响。为了探究地震造成的人员伤亡人数与建筑物破坏之间的相关性，能够量化的说明人员伤亡与建筑物破坏之间的定量耦合关系，特别应用了 SPSS 统计软件，对上述 2001—2016 年间发生的 184 次成灾地震事件进行分析。将地震灾害事件中的房屋中等破坏面积与严重破坏面积以及毁坏的面积相加，定义变量名为房屋中等以上破坏面积，伤亡人数定义为另一变量，运用双变量相关性分析(Pearson 算法)进行计

算。计算结果表明这两个变量之间的相关系数达到 0.999，显著相关。同时也进一步证明了地震中建筑物的破坏程度对人员伤亡数量的影响至关重要，是影响地震造成人员伤亡的重要因子。

(5) 次生灾害对人员伤亡的影响。地震次生灾害是地面强烈震动后，以震动的破坏后果或以地震发生为导因而引起的一系列灾害。在上述 184 起地震成灾事件中有次生灾害发生共 53 起，约占 29%。其中地震地质灾害是最主要的地震次生灾

害，占地震次生灾害事件总数的 95%以上，地震地质灾害的发生不仅破坏房屋、道路、桥梁等工程设施，加重灾区人员伤亡人灵敏，而且常常增加了震后应急救援的难度。除地质灾害外，气象灾害耦合事件及次生火灾事件也有 3 起，同样加重了人员伤亡及应急救援的难度。

为了进一步探究次生灾害对死亡人数的影响，将本文统计的震中烈度为Ⅷ度及以上的 35 次地震予以比较分析，见表 4。由此可以看了震中烈度为Ⅷ度及以上的地震成灾事件约有 60%以上的地震引发了地质灾害从而加大了人员伤亡。因此可以看出次生灾害是地震中人员伤亡的重要耦合因子。

表 4 2001—2016 年我国大陆震中烈度Ⅷ度及以上地震成灾事件列表

Table 4 List of earthquake disaster events (Intensity≥Ⅷ) in China Mainland area from 2006 and 2012

日期	震中位置	震级	极震区烈度	死亡/人	受伤人数/人	灾害描述
2001-05-24	四川盐源和云南宁蒍间	5.8	Ⅷ	1	71	适逢连降暴雨，山地灾害多处可见
2003-04-17	青海德令哈	6.6	Ⅷ	0	0	
2003-07-21	云南大姚	6.2	Ⅷ	16	793	滚石
2003-08-16	内蒙古巴林左旗—阿鲁科尔沁旗	5.9	Ⅷ	4	1 064	
2003-10-16	云南大姚	6.1	Ⅷ	3	57	塌方、滚石
2003-10-25	甘肃民乐—山丹	6.1	Ⅷ	10	46	道路与农田有崩塌
2003-11-13	甘肃岷县—临潭	5.2	Ⅷ	1	133	滑坡、崩塌
2003-12-07	中哈交界	6.1	Ⅷ	10	44	
2004-07-12	西藏仲巴	6.7	Ⅷ	0	0	
2004-08-10	云南鲁甸	5.6	Ⅷ	4	597	火灾；地质灾害：山体滑坡、危岩体滑移及地面塌陷
2007-06-03	云南宁洱县	6.4	Ⅷ	3	419	谷坡陡峭，时逢雨季，地震造成滑坡、塌陷。极震区地面开裂，喷砂冒水，山体滑坡，陡崖崩塌
2008-08-30	四川攀枝花市仁和与凉山州会理交界	6.1	Ⅷ	41	1 010	山体崩塌、滑坡
2008-10-06	西藏当雄县	6.6	Ⅷ	10	60	
2009-07-09	云南楚雄彝族自治州姚安县	6	Ⅷ	1	372	震区大量出现滑坡、崩塌和泥石流
2011-03-10	云南盈江县	5.8	Ⅷ	25	314	砂土液化引起地面沉降及喷砂冒水
2012-06-30	新疆自治区新源县与和静县交界	6.6	Ⅷ	0	52	
2012-09-07	云南省彝良县与贵州省威宁县交界	5.7	Ⅷ	81	834	滑坡、崩塌、液化、滚石和塌陷等次生灾害
2013-07-22	甘肃省岷县漳县	6.6	Ⅷ	95	2 414	滑坡、崩塌、液化、滚石和塌陷等次生灾害
2013-08-12	西藏自治区左贡县与芒康县交界	6.1	Ⅷ	0	87	滑坡、崩塌、液化、滚石和塌陷等次生灾害
2013-08-31	云南省香格里拉县、德钦县与四川省得荣县交界	5.9	Ⅷ	3	63	震后滑坡、崩塌、滚石等广泛分布，导致极震区附近多数区域道路、电力、通信中断
2014-05-24	云南省盈江县	5.6	Ⅷ	0	61	极震区卡场镇、勐弄乡及苏典乡原有 54 个地质灾害点，因地震新增 24 个地质灾害点
2014-10-07	云南省景谷县	6.6	Ⅷ	1	331	
2014-11-22	四川省康定县 6.3 及 5.8	6.3	Ⅷ	5	78	小规模滑坡、崩塌和滚石，对道路交通等基础设施有一定影响
2015-07-03	新疆自治区皮山县	6.5	Ⅷ	3	260	
2016-01-21	青海海北州门源县	6.4	Ⅷ	0	10	
2016-11-25	新疆克孜勒苏州阿克陶县	6.7	Ⅷ	1	0	
2016-12-08	新疆昌吉州呼图壁县	6.2	Ⅷ	0	3	
2003-02-24	新疆巴楚—伽师	6.8	Ⅸ	268	4 853	砂土液化

(转下表)

(接表 4)

日期	震中位置	震级	极震区烈度	死亡/人	受伤人数/人	灾害描述
2010-04-14	青海玉树县	7.1	IX	2 698	11 000	触发了约 2 000 余处泥石流、崩塌、滑坡等地质灾害,因地质灾害造成 8 人死亡、14 人受伤
2013-04-20	四川省芦山县	7	IX	196	13 019	山体滑坡、滚石、崩塌,损毁道路
2014-02-12	新疆自治区于田县	7.3	IX	0	0	
2014-08-03	云南省鲁甸县	6.5	IX	617	3 143	滑坡、崩塌、泥石流
2015-04-25	尼泊尔(西藏灾区)	8.1	IX	27	860	
2001-11-14	新疆、青海交界地区	8.1	X	2		
2008-05-12	四川汶川	8	XI	69 227	375 783	地震诱发大量滑坡、崩塌、泥石流、堰塞湖等灾害,加重了灾害,加剧了人员伤亡和财产损失,严重影响抢险救灾

4 结语

本文主要统计分析了 2001—2016 年间我国大陆地区地震成灾事件数据。根据这些数据从震区烈度、发震时刻、人口密度、建筑物破坏、次生灾害等方面对地震中造成人员伤亡的主要因素进行了定性及定量的分析。从以上分析可以看出建筑物破坏比、人口密度及地震引发的次生灾害是地震中影响人员伤亡数据最关键的耦合因子,震区烈度、发震时刻对伤亡人数的影响较小,与一般常规认识不同,从对上述样本的分析中很难得出相关性,可能需要进一步细化研究对象及方法,以上研究将为以后建立地震人员伤亡快速评估模型提供了较好地依据。

参考文献:

[1] 中国地震局监测预报司. 中国大陆地震灾害损失评估汇编(2001-2005) [M]. 北京:地震出版社,2010.

[2] 中国地震局监测预报司. 中国大陆地震灾害损失评估汇编(2006- 2010)[M]. 北京:地震出版社,2015.

[3] 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.

[4] 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,2013,23(3):166-169.

[5] 郑通彦,郑毅. 2014 年中国大陆地震灾害损失述评[J]. 世界地震工程,2015,24(1):239-245.

[6] 郑通彦,冯蔚,郑毅. 2015 年中国大陆地震灾害损失述评[J]. 灾害学,2015,31(2):133-137.

[7] 文鑫涛,郑通彦. 2016 年中国大陆地震灾害损失述评[J]. 灾害学,2018,33(3):141-144.

[8] 肖光先. 震后灾害损失快速评估[J]. 灾害学,1991,6(4):12-17.

[9] 尹之潜. 地震灾害损失预测研究[C]//中国地震工程研究进展. 北京:地震出版社,1992.

[10] 马玉宏,谢礼立. 地震人员伤亡估算方法研究[J]. 地震工程与工程振动,2000,20(4):140-147.

[11] 傅征祥,李革平. 地震生命损失研究[M]. 北京:地震出版社,1993.

[12] 何萍,陈修吾,何霆.基于 GIS 的东莞市地震灾害评估系统的设计与实现[J]. 华南地震 2017,37(3):9-17