

陶正如, 陶夏新. 借助汶川地震损失数据探讨自然灾害等级划分标准[J]. 灾害学, 2021, 36(4): 31–36, 47. [TAO Zhen-gru and TAO Xiaxin. Discussion on the Grade Scales of Natural Disasters by the Losses in Wenchuan Earthquake[J]. Journal of Catastrophology, 2021, 36(4): 31–36, 47. doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2021.04.006.]

借助汶川地震损失数据探讨自然灾害等级划分标准^{*}

陶正如¹, 陶夏新^{2,1}

(1. 中国地震局工程力学研究所 中国地震局地震工程与工程振动重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150080;
2. 哈尔滨工业大学 土木工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘 要: 科学划分自然灾害等级是有效配置救灾和重建资源的重要依据。通过搜集、整理汶川地震造成的直接经济损失、人员伤亡数据, 严重受灾地区经济发展和人口基础数据, 进一步探讨以直接经济损失与上一年地区生产总值之比(损失比)和死亡、失踪和重伤人数与总人口数之比(伤亡比)为经济损失和人员伤亡相对指标的自然灾害等级划分标准。提出经济增长速度体现甚至影响承灾能力的思路, 将损失比与灾害发生前3 a地区生产总值平均增速之比作为经济损失的相对指标, 与人员伤亡相对指标一起, 对国家级、省市级和市县级给出不同的自然灾害等级划分标准。与此协调, 引入国际上以“生命年”为灾害损失指标的做法, 提出基于生命年的灾害等级划分标准。

关键词: 汶川地震; 自然灾害; 等级划分; 生命年; 灾害损失

中图分类号: X43; X915.5; P315 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2021)04–0031–07

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2021.04.006

自然灾害等级衡量自然灾害给人类社会造成损失的大小, 是应急救援和恢复重建阶段人力和物资配置的重要依据, 是评估承灾体韧性、确定灾害管理方式的根据之一。国内外学者采用不同方法, 给出了多种自然灾害等级划分标准, 牵涉多方面因素及其复杂的关联性, 至今仍是一个有待深入的灾害管理学研究课题。本文在综述多个等级划分标准的基础上, 借助汶川地震直接经济损失和伤亡数据, 检验了划分标准可行性, 强调经济增长越快的承灾体韧性越强, 提出改进灾害等级划分标准的建议。近十余年, 国际上开始将“生命年”作为衡量灾害损失的指标, 为了与之接轨, 且与基于汶川地震损失数据建立的灾害等级划分标准协调, 进一步提出基于生命年的灾害等级划分标准。

1 自然灾害等级划分标准

自然灾害有自然和社会两方面的属性, 造成的损失不仅与其自身破坏力有关, 也与承灾体的发展程度、人口密度等诸多因素有关, 等级划分是非常复杂的问题。从不同的角度, 可以有不同的划分标准, 人员伤亡、经济损失、重建投入、受灾范围、建筑物破坏总面积等等都是划分的重要指标。

赵阿兴等^[1]从社会对自然灾害的承受能力、致灾的自然条件和相应的管理对策等方面考虑, 给出了度量自然灾害损失绝对量的“灾度”定义, 以死亡人数和社会财产损失值为分级标准, 分为微灾、小灾、中灾、大灾和巨灾等五个等级。其中, 经济损失值为可比经济损失值, 即将各个时期自然灾害损失值归一到某一指定的比较基准期的物价指数。同样将自然灾害划分为五个等级, 给出了度量自然灾害损失相对量的“灾损率”定义, 反映灾害经济损失占经物价指数调整的灾区前一年社会生产总量的比率。

马宗晋等^[2]以死亡人口、经济损失、倒塌房屋、灾损财政比、粮食减收百分比和损减粮食量作为指标, 将自然灾害分为特大灾害、大灾害、中灾害和小灾害等四级。根据1985—1993年的资料, 按省(直辖市、自治区)年财政收入的大小并参考灾损财政比划分三类: I类重灾害省(区)为西藏、安徽、海南、江西、陕西、青海、贵州、宁夏、内蒙古、福建; II类较重灾害省(区、市)为广西、四川、湖南、湖北、新疆、甘肃、山西、河南、河北、山东、江苏、天津、吉林; III类轻灾害省(市)为浙江、黑龙江、广东、云南、辽宁、北京、上海和台湾。其中, 经济损失均按1990年不变价格计算, 灾损财政比为一次灾害损失或一

^{*} 收稿日期: 2021–03–01 修回日期: 2021–04–21

基金项目: 中国地震局工程力学研究所基本科研业务费专项资助项目(2020B02); 国家自然科学基金(51778197; 51678540; 51478443)

第一作者简介: 陶正如(1978–), 女, 汉族, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 研究员, 主要研究方向为地震灾害风险管理。

E-mail: taozr@iem.ac.cn

年灾害总损失与前 3 a 省财政收入年平均值之比。

冯志泽等^[3]将死亡人数 d 、重伤人数 h 和经济损失 e 对应的指数 ld 、 lh 和 le 之和作为灾害指数 G ，据此将灾害划分为 12 个等级。其中，当 $d \geq 100$ 人、 $h \geq 1\,000$ 人、 $e \geq 1\,000$ 万元人民币时，用对数函数关系计算指数；当 $d < 100$ 人、 $h < 1\,000$ 人、 $e < 1\,000$ 万元人民币时，用线性函数关系计算指数。魏庆朝等^[4]在此基础上，增加了灾害损失持续时间 t 计算指数 lt ，作为第四个因子计算灾害指数 G 。

杨仕升^[5]根据死亡人数、受灾面积、房屋破坏面积和直接经济损失的转换函数，得到一次灾害的指标序列 U_i ，参照灰色关联分析方法，用其与参考指标序列的绝对差值计算关联度，与自然灾害等级的对应关系。

汤爱平等^[6]根据 20 世纪 70—90 年代的灾害损失数据，考虑时间和空间上的相对性，将灾害划分为巨灾、重灾、中灾和轻灾四类(表 1)。其中，损失为一次灾害事件带来的短时间内的直接损失，进一步区分国家、省市和市县三个级别，很值得参考。

2 汶川地震损失和伤亡数据

2008 年发生的汶川大地震造成巨大的经济损失和人员伤亡，为本文进一步探讨自然灾害等级的划分提供了宝贵的第一手数据。《民政部、发展改革委、财政部、地震局、国家汶川地震专家委员

会关于报送汶川地震灾害损失校核结果的报告》^[7]给出直接经济损失 8 523.09 亿元，其中，川陕甘三省直接经济损失为 8 451.36 亿元；据国务院新闻办公室发布的数据，截至 2008 年 9 月 25 日 12 时，已确认死亡 69 227 人，失踪 17 923 人，受伤 374 643 人。受灾各省 2007 年经济和社会发展相关的基础数据(来源于国家统计局网站)以及汶川地震造成损失的数据列于表 2。

受灾严重的川陕甘三省直接经济损失由住房受损、非住宅用房受损、农业损失、工业(含国防工业)损失、服务业损失、基础设施损失、社会事业损失、居民财产损失、土地资源损失、自然保护区损失、文化遗产损失、矿产资源损失和其他损失^[7]共 12 项构成，各项占比如图 1。

汶川地震后，民政部、国家发展与改革委员会、财政部、国土资源部、中国地震局、国家统计局、国家汶川地震专家委员会会同四川、甘肃和陕西省人民政府开展了汶川地震灾害范围评估工作。由以县(市、区)为统计单元的死亡和失踪人数、万人死亡和失踪率、倒塌房屋数、万人倒塌房屋率、万人转移安置率和地震烈度、地质灾害危险度作为综合灾情指数的指标，会商确定对应各指标的权重分别为 0.15、0.15、0.1、0.1、0.1、0.3 和 0.1。计算得到的综合灾情指数大于 0.4 的 10 个县(市、区)为极重灾区，0.4~0.15 的 36 个县(市、区)为重灾区，0.15~0.01 的 191 个县(市、区)为一般灾区，小于 0.01 的 180 个县(市、区)为影响区，共计 417 个县(市、区)。

表 1 灾害等级划分标准^[6]

等级	国家级		省市级		市、县级		
	损失占全国 GDP 比值/%	重伤和死亡百分率/%	损失占省市 GDP 比值/%	重伤和死亡百分率/%	损失占市、县 GDP 比值/%	重伤和死亡百分率/%	
						百万人口级	十万人口级
巨灾	>0.2	$>8.0 \times 10^{-4}$	>1	$>5 \times 10^{-3}$	>20	$>3 \times 10^{-2}$	>1.0
重灾	0.01~0.1	$\geq 3.0 \times 10^{-4}$	0.5~1	$>5 \times 10^{-4}$	10~20	$>5 \times 10^{-3}$	0.1~1.0
中灾	0.001~0.01	$>10^{-4}$	0.05~0.5	$>10^{-4}$	5~10	$>10^{-3}$	0.01~0.1
轻灾	<0.001	$<10^{-5}$	<0.05	$<10^{-4}$	<5	$<10^{-3}$	<0.01

表 2 汶川地震受灾各省经济社会发展基础数据和损失数据

省份	直接经济损失/亿元	2007 年地区生产总值/亿元	死亡人数	受伤人数	2007 年末常住人口/万人
四川	7 717.70	10 562.39	68 708	360 796	8 127
甘肃	505.35	2 703.98	370	10 165	2 548
陕西	228.30	5 757.29	125	2 970	3 708
重庆	54.07	4 676.13	19	637	2 816
云南	16.83	4 772.52	1	51	4 514
宁夏	0.83	919.11	—	—	610
湖北	—	—	1	17	5 699
河南	—	—	2	7	9 360
湖南	—	—	1	—	6 355

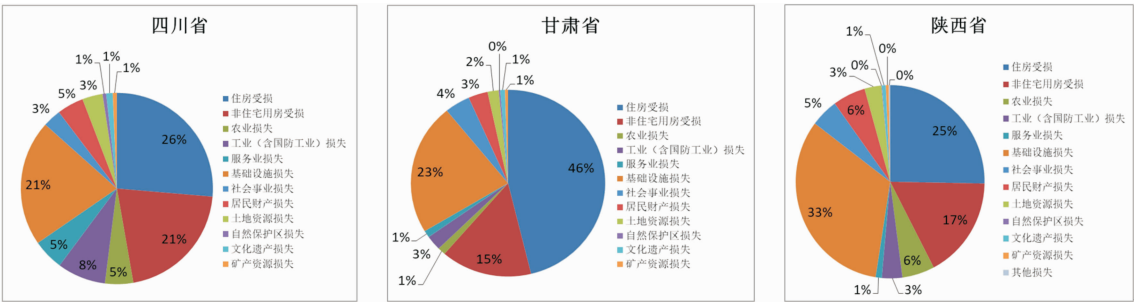


图 1 汶川地震川陕甘三省直接经济损失构成

经四川、甘肃和陕西省政府建议, 考虑到烈度异常、少数民族聚集区和贫困县等因素, 将四川省汉源县、石棉县、九寨沟县, 甘肃省舟曲县、陕西省宝鸡市陈仓区从一般灾区调整为重灾区^[8]。极重灾区 10 个县(市、区)全部位于四川省内, 重灾区 41 个县(市、区)和一般灾区 186 个县(市、区)中各省所占比例如图 2 所示。极重灾区 and 重灾区共 51 个县(市、区), 直接经济损失^[9-11]、人员伤亡情况^[8]和各县(市、区)的经济社会发展基础数据^[12-17], 列于表 3。

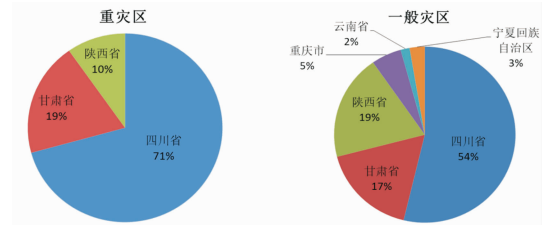


图 2 汶川地震重灾区和一般灾区县(市、区)数在各省占比

表 3 汶川地震重灾各县(市、区)经济社会发展基础数据和损失数据

县(市、区)	直接经济损失/亿元	2007 年地区生产总值/亿元	死亡、失踪和受伤/人	2007 年末常住人口/万人
汶川县	643	28.772 1	58 454	10.5
北川县	591	13.163 1	46 963	16
绵竹市	1 423	142.524 4	48 589	51.3
什邡市	889	127.276 1	39 207	43.1
青川县	500.8	13.782 5	20 272	24.8
茂县	—	10.130 1	12 271	10.9
安县	430.4	50.727 8	16 771	51
都江堰市	500	116.215 6	13 948	60.9
平武县	171.8	16.334 3	38 710	18.7
彭州市	273	108.422 8	6 906	79.5
理县	247.8	6.331 0	753	4.5
江油	592	138.443 2	19 715	87.9
利州区	241.25	69.028 8	2 365	47.2
朝天区	115.6	10.505 9	2 744	20.8
旺苍县	123.9	29.127 7	278	45.5
梓潼县	107.43	29.171 8	2 513	38
游仙区	118	61.702 0	559	53.2
旌阳区	279.48	157.916 7	743	65
小金县	138.57	4.495 1	42	8
涪城区	160	240.448 1	2 242	65.7
罗江县	116	30.223 3	326	24.4
黑水县	47.255	4.936 6	16	5.9
崇州市	104.8	79.589 6	8 855	66.5
剑阁县	203	32.640 9	5 599	67.5
三台县	295.35	87.223 5	930	146.8
阆中市	—	60.459 4	8	87.1
盐亭县	91.81	38.971 5	956	60.6
松潘县	—	8.198 6	38	7.2
苍溪县	—	39.009 0	1 056	77.8
芦山县	11.6	11.300 2	—	11.8
中江县	131.84	105.877 8	448	142.1
元坝区	56.93	13.853 3	837	23.8
大邑县	70	64.853 9	459	51.5
宝兴县	20.06	9.116 9	341	5.8
南江县	—	34.046 4	2	65.9
广汉市	114	110.256 1	2 437	59.4
汉源县	53.8	22.128 0	531	32.1
石棉县	16.9	23.808 5	3	11.9
九寨沟县	—	15.047 2	7	6.4
文县	—	8.650 6	1 567	44.9
武都区	132.8	20.890 3	1 511	52.01
康县	—	6.075 6	925	19.45
成县	32.77	28.958 3	573	25.43
徽县	18.108	18.291 9	1 279	21.73
西和县	—	11.535 9	1 417	37.93
两当县	9.17	2.700 6	35	4.99
舟曲县	28.5	3.862 1	384	13.50
宁强县	19.8	18.272	1 089	34.01
略阳县	24.66	22.28	10	20.1
勉县	—	37.26	7	42.25
陈仓区	—	73.13	—	59.56

3 对灾害等级划分标准的讨论

从上述不同灾害等级划分标准看,文献[1]以经济损失和人员伤亡为绝对指标,以经济损失和前1 a 社会生产总量之比为相对指标;文献[2]以死亡人口、经济损失和倒塌房屋为绝对指标,以损失与前3 a 省财政收入年平均值之比为相对指标;文献[3-4]以死亡人数、重伤人数、经济损失和灾害损失持续时间为绝对指标;文献[5]以死亡人数、受灾面积、房屋破坏面积和直接经济损失为绝对指标。事实上,直接经济损失是根据受灾面积和房屋破坏面积等核算的,以地震造成的直接经济损失为例,大部分是来自于工程结构的破坏。采用绝对指标划分灾害等级,不能体现出灾害等级对应的影响范围。文献[6]采用经济损失和人员伤亡的相对指标简便易行且较为合理,能够体现不同承灾体对同一次灾害的承受能力不同。通过划分不同等级,标定灾害造成损失的严重程度,为采取救灾行动、评估承灾体可恢复性等提供依据。本节结合汶川地震损失数据,讨论文献[6]给出的划分标准。

汶川地震造成的直接经济损失占2007年国内生产总值的3.154%,死亡、失踪和受伤总人数与2007年全国总人口数之比小于0.035%,对应表1的国家级灾害标准,根据其中经济损失判定,此次地震为国家级巨灾。借助表2的各省损失数据,对应表1省市级标准,根据经济损失判定,此次地震对四川省、甘肃省、陕西省和重庆市均为巨灾,云南省和宁夏为中灾。借助表1的各县(市、区)损失数据,对应表3市、县级标准,根据经济损失判定,所有有直接损失数据的39个县(市、区)均为巨灾。需要说明的是,表1是以重伤和死亡人数占总人数的比例作为指标之一,由于获取重伤人数困难,上述计算中使用了死亡、失踪和受伤总人数与总人口数之比,并不满足判定标准,死亡、失踪和重伤人数与总人口数之比应更小,自然更不满足判定标准。本文以下讨论中集中调整经济损失相对指标。

汶川地震之后,很多学者分析了可能造成的影响,由于我国整体上经济规模快速增长、四川省经济总量在全国占比不大、灾区经济相对落后等因素,均认为影响是短期的、局部的,对全国经济和经济增长的影响有限^[18-19]。震后损失评估显示^[7],川陕甘三省直接经济损失占总损失的99%以上,是受灾严重省份,将重庆市判定为巨灾显然是不合适的。对应震后损失情况和国家减灾委抗震救灾专家组划分的极重灾区、重灾区、一般灾区和影响区^[8],表1判定的结果偏高,其给出的灾害等级划分标准并不能适应当前社会需要、有效划分灾害等级,将直接经济损失与上一年地区生产总值的比值作为损失比,分级标准调整为表4。照此标准,此次地震属于国家级重灾;省市级标准来看,四川为巨灾,甘肃为重灾,陕西和

重庆为中灾,云南和宁夏为轻灾;市县级判定结果列于表5。可见,有些重灾县被判定为巨灾。

表4 调整后的灾害等级划分标准

等级	损失比 (国家级)/%	损失比 (省市级)/%	损失比 (市县级)/%
巨灾	>5	>50	>500
重灾	1~5	10~50	100~500
中灾	0.1~1	1~10	10~100
轻灾	<0.1	<1	<10

表4用上1 a 地区生产总值作为衡量承灾体承灾能力的指标,是一个静态指标。为了体现承灾体经济韧性,动态体现近期经济增长快的承灾体更有韧性,承灾能力和恢复能力更强,进一步建议在划分自然灾害等级时,将损失比与灾害发生前3 a 地区生产总值平均增速(以不变价格计算)之比作为衡量经济损失的相对指标;在巨大自然灾害发生后,常会出现失踪人口,建议将所有死亡、失踪和重伤人数与区域总人口的比值作为衡量人口损失的相对指标,分级标准未变。满足其中之一即为相应的灾害等级。按照新标准,此次地震属于国家级重灾;省市级标准来看,四川为巨灾,甘肃为重灾,陕西为中灾,重庆、云南和宁夏均为轻灾。为便于比较,市县级判定结果对应地列于表5,大多数判定结果与表4的判定结果相同,只有黑水县和剑阁县从巨灾调整到重灾区,芦山县、中江县、广汉市、成县和宁强县从重灾调整到中灾区。结合本文计算结果,建议灾害等级划分标准列于表6。

联合国国际减灾署在2015年全球减轻灾害风险评估报告^[20]中指出,NOY I^[21]提出的“生命年”可以更好地评价灾害的影响,描述实现经济发展和社会进步需要的时间,将其作为衡量灾害损失的新指标。基于表3中的汶川地震数据,下文以生命年总损失为指标。为了与之前划分标准的衔接,建议与表6大体对应的灾害等级划分标准。其中,生命年总损失可由式(1)得到^[21]。

$$Lifeyears = L(M, Adeath, Aexp) + I(N) + DAM(Y, P). \quad (1)$$

式中: $L(M, Adeath, Aexp)$ 是人员死亡对应的生命年总损失, M 为人员死亡数, $Adeath$ 为死亡年龄向量,由于无法获得每位死亡人员的年龄,取人口年龄中位数, $Aexp$ 为预期寿命; $I(N)$ 为受伤或受影响人口导致的生命年损失,应包括重伤、护理成本、住院和恢复时间、对心理健康的影响、对转移人员的影响和其他直接人员影响等所有可能造成影响的信息,假设为 $I(N) = eTN$, e 为福利折减权重(取值0.054), T 为受灾人口恢复到正常状态的时间或灾害影响消失的时间(取值3), N 为受灾人口数,本文仅用表3中的死亡、失踪和受伤人员总数,未考虑其他因素造成的生命年损失; $DAM(Y, P)$ 为工程结构破坏导致的生命年损失,由式(2)计算。

$$DAM(Y, P) = \frac{(I-c)Y}{PCGDP}. \quad (2)$$

表 5 各县(市、区)灾害等级判定结果比较

县(市、区)	损失比/%	表 4 判定结果	损失比/前 3 a 地区生产总值平均增速/%	表 6 判定结果
汶川县	2 234.8	巨灾	16 973.2	巨灾
北川县	4 489.8	巨灾	33 094.5	巨灾
绵竹市	998.4	巨灾	6 214.3	巨灾
什邡市	698.5	巨灾	5 025.0	巨灾
青川县	3 633.6	巨灾	27 808.1	巨灾
安县	848.4	巨灾	6 560.2	巨灾
都江堰市	430.2	重灾	3 194.8	重灾
平武县	1 051.8	巨灾	7 027.4	巨灾
彭州市	251.8	重灾	1 790.0	重灾
理县	3 914.1	巨灾	29 727.1	巨灾
江油	427.6	重灾	2 990.3	重灾
利州区	349.5	重灾	2 641.0	重灾
朝天区	1 100.3	巨灾	8 485.9	巨灾
旺苍县	425.4	重灾	3 082.4	重灾
梓潼县	368.3	重灾	3 278.3	重灾
游仙区	191.2	重灾	1 375.8	重灾
旌阳区	177.0	重灾	1 156.7	重灾
小金县	3 082.7	巨灾	20 192.3	巨灾
涪城区	66.5	中灾	411.6	中灾
罗江县	383.8	重灾	2 878.6	重灾
黑水县	957.2	巨灾	3 300.8	重灾
崇州市	131.7	重灾	1 100.4	重灾
剑阁县	621.9	巨灾	4 821.1	重灾
三台县	338.6	重灾	3 308.9	重灾
盐亭县	235.6	重灾	2 287.2	重灾
芦山县	102.7	重灾	693.6	中灾
中江县	124.5	重灾	985.7	中灾
元坝区	410.9	重灾	3 121.1	重灾
大邑县	107.9	重灾	875.1	重灾
宝兴县	220.0	重灾	1 503.6	重灾
广汉市	103.4	重灾	760.3	中灾
汉源县	243.1	重灾	3 064.7	重灾
石棉县	71.0	中灾	505.8	中灾
武都区	635.7	巨灾	5 210.7	巨灾
成县	113.2	重灾	674.9	中灾
徽县	99.0	中灾	765.4	中灾
两当县	339.6	重灾	2 760.6	重灾
舟曲县	737.9	巨灾	6 032.2	巨灾
宁强县	108.4	重灾	898.0	中灾
略阳县	110.7	重灾	1 028.0	重灾

表 6 本文建议的灾害等级划分标准

等级	国家级		省市级		市、县级		
	损失比/前 3 a 地区生产总值平均增速/%	死亡、失踪和重伤百分率/%	损失比/前 3 a 地区生产总值平均增速/%	死亡、失踪和重伤百分率/%	损失比/前 3 a 地区生产总值平均增速/%	死亡、失踪和重伤百分率/%	
巨灾	>50	$>8.0 \times 10^{-4}$	>500	$>5 \times 10^{-3}$	>5 000	$>3 \times 10^{-2}$	>1.0
重灾	10~50	$\geq 3.0 \times 10^{-4}$	100~500	$>5 \times 10^{-4}$	1 000~5 000	$>5 \times 10^{-3}$	0.1~1.0
中灾	1~10	$>10^{-4}$	10~100	$>10^{-4}$	100~1 000	$>10^{-3}$	0.01~0.1
轻灾	<1	$<10^{-5}$	<10	$<10^{-4}$	<100	$<10^{-3}$	<0.01

式中: Y 为直接经济损失; $PCGDP$ 为一整年工作的货币化, 用人均 GDP 为指标; c 为考虑非工作行为的折扣, 取值 75%。以此计算得到的生命年总损失列于表 7, 其中, 人口数据来自 2010 年第六次人口普查。

表 7 各县(市、区)生命年总损失

县(市、区)	生命年 总损失/a	县(市、区)	生命年 总损失/a
汶川县	1 517 610. 589	黑水县	141 796. 846
北川县	2 477 392. 455	崇州市	217 787. 959
绵竹市	1 666 940. 677	剑阁县	887 927. 226
什邡市	984 419. 812	三台县	999 296. 750
青川县	2 234 006. 619	盐亭县	322 233. 249
安县	1 157 457. 512	芦山县	27 511. 621
都江堰市	802 443. 022	中江县	368 757. 859
平武县	710 900. 784	元坝区	205 083. 400
彭州市	530 035. 598	大邑县	138 525. 109
理县	472 455. 695	宝兴县	31 686. 757
江油	919 925. 431	广汉市	155 883. 794
利州区	424 477. 442	汉源县	193 937. 537
朝天区	519 133. 149	石棉县	21 798. 498
旺苍县	424 611. 319	武都区	870 102. 742
梓潼县	325 398. 577	成县	72 705. 985
游仙区	236 344. 131	徽县	54 415. 539
旌阳区	294 023. 307	两当县	42 909. 222
小金县	601 970. 912	舟曲县	249 482. 935
涪城区	125 407. 574	宁强县	50 100. 363
罗江县	226 639. 221	略阳县	56 009. 739

与表 6 的判定结果大体对应, 确定的灾害等级划分标准列于表 8。

表 8 本文建议的基于生命年的灾害等级划分标准

等级	国家级	省市级	市县级
巨灾	$>10^7$	$>10^7$	$>4.5 \times 10^5$
重灾	-	$10^5 \sim 10^7$	$1.3 \times 10^5 \sim 4.5 \times 10^5$
中灾	-	$5 \times 10^4 \sim 10^5$	$2 \times 10^4 \sim 1.3 \times 10^5$
轻灾	-	$<5 \times 10^4$	$<2 \times 10^4$

4 结语

自然灾害等级划分是救援物资有效配置的重要依据。在分析已有若干划分等级方法的基础上, 本文采用简便合理的经济损失和人员伤亡的相对指标作为灾害等级划分依据。主要工作包括:

(1) 通过收集、整理汶川地震的损失与伤亡数据, 与受灾省、市、县(区)的基础统计数据结合, 调整了文献[6]划分灾害等级的相对经济指标的标准。

(2) 考虑承灾体经济增长速度对其承灾能力的影响, 将损失比与地震发生前三年地区生产总值年均增速之比和死亡、失踪和重伤人数占总人口比例一起, 作为划分等级的指标, 只要满足其中之一即为相应的灾害等级, 提出了一个修订自然灾害等级划分标准的新建议。

(3) 与国际上新提出的以“生命年”为灾害损失指标接轨, 借助汶川地震损失数据, 建议了与前文给出的划分标准相协调的、基于生命年的灾害等级划分标准。这是以汶川地震直接经济损失和人员伤亡数据为基础给出的, 需要进一步结合更多震例数据修正和完善。

参考文献:

- [1] 赵阿兴, 马宗晋. 自然灾害损失评估指标体系的研究[J]. 自然灾害学报, 1993, 2(3): 1-7.
- [2] 马宗晋, 杨华庭, 高建国, 等. 我国自然灾害的经济特征与社会发展[J]. 科技导报, 1994(7): 61-64.
- [3] 冯志泽, 胡政, 何钧. 地震灾害损失评估及灾害等级划分[J]. 灾害学, 1994, 9(1): 13-16.
- [4] 魏庆朝, 张庆珩. 灾害损失及灾害等级的确定[J]. 灾害学, 1996, 11(1): 1-5.
- [5] 杨仕升. 自然灾害等级划分及灾情比较模型探讨[J]. 自然灾害学报, 1997, 6(1): 8-13.
- [6] 汤爱平, 谢礼立, 陶夏新, 等. 自然灾害的概念、等级[J]. 自然灾害学报, 1999, 8(3): 61-65.
- [7] 中国地震局震灾应急救援司. 2006—2010 年中国大陆地震灾害损失评估汇编[M]. 北京: 地震出版社, 2015.
- [8] 国家减灾委员会-科学技术部抗震救灾专家组. 汶川地震灾害综合分析与评估[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [9] 薛康. 四川年鉴 2009[M]. 四川: 四川年鉴社, 2009.
- [10] 刘培仓. 陕西年鉴 2009[M]. 陕西: 陕西年鉴社, 2009.
- [11] 金庆礼. 甘肃年鉴 2009[M]. 甘肃: 甘肃文化出版社, 2010.
- [12] 四川省统计局, 国家统计局四川调查总队. 四川统计年鉴 2008[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [13] 甘肃年鉴编委会. 甘肃年鉴 2008[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [14] 陕西省统计局, 国家统计局陕西调查总队. 陕西统计年鉴 2008[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.
- [15] 宝鸡市陈仓区统计局. 宝鸡市陈仓区 2007 年国民经济和社会发展统计公报[R]. 宝鸡: 宝鸡市陈仓区统计局, 2008.
- [16] 勉县统计局. 2007 年勉县国民经济与社会发展统计公报[R]. 勉县: 勉县统计局, 2008.
- [17] 宁强县人民政府. 宁强年鉴 2003—2007[EB/OL]. (2018-04-23)[2018-04-23]. http://sxsdq.cn/sqzlk/sxnj_16138/sxnjwz/hzs_16205/nqnj/nqnj20032007/.
- [18] 易宪容. 汶川大地震对中国经济有什么影响?[J]. 沪港经济, 2008(7): 34-37.
- [19] 胡鞍钢. 汶川地震对中国经济增长影响有限[J]. 中国减灾, 2008(7): 37.
- [20] UNISDR. 2015 global assessment report on disaster risk reduction[R]. Geneva, Switzerland: UNISDR. 2015.
- [21] NOY I. A non-monetary global measure of the direct impact of natural disasters[R]. Geneva, Switzerland: UNISDR. 2014.

(下转第 47 页)

- [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