

地震灾害损失初步评估方法研究*

周光全, 卢永坤, 非明伦, 胡可, 钱进

(云南省地震局, 昆明 650224)

摘要:通过搜集地震灾害及经济损失评估资料, 研究地震灾害特征, 总结经济损失规律, 提取地震灾害损失评估经验模型。以此为基础, 提出一种初步评估地震灾害经济损失的方法。研究震级与人员伤亡的关系, 形成人员伤亡评估经验模型; 采用适合本地区的人员伤亡评估经验模型, 估算人员伤亡。研究历史地震烈度分布特征, 根据震情速报的地点、震级初步确定地震灾区范围; 按烈度分布的一般规律初步划分评估区; 结合地震应急数据库统计不同评估区内房屋建筑面积, 或者查阅当地年鉴统计不同评估区内人口数, 按人均房屋建筑面积估算灾区房屋建筑面积; 研究历史地震房屋建筑震害, 给出房屋建筑地震破坏比经验模型(震害矩阵); 按国家标准《地震现场工作第4部分: 灾害直接损失评估》(2005)选取适合的损失比; 收集不同结构类型房屋建筑的重置单价。遵循地震灾害损失评估原理, 可以快速评估计算房屋建筑的地震灾害经济损失。研究历史地震中其他工程结构经济损失与地震灾害总损失的关系, 给出其他工程结构经济损失占地震灾害总损失比例的经验模型, 据此初步估计其他工程结构的经济损失。

关键词:地震灾害; 经济损失; 初步评估

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2010)02-0208-08

0 引言

自1993年以来, 国家防震减灾主管部门先后组织编制了《震害调查及地震损失评定工作指南》^①、《震害评估细则》^②、《地震灾害损失评估规定》^③、《地震现场工作大纲和技术指南》、《地震灾害损失补充规定》^④。2005年10月1日, 中华人民共和国国家标准《地震现场工作第4部分: 灾害直接损失评估》(2005)颁布实施。地震灾害损失评估技术标准化建设取得了长足进步, 有效地规范了地震现场灾害损失评估工作, 为保障政府部门科学决策并有力、有序、有效地组织抗震救灾工作发挥了重要作用。然而, 随着经济发展和时代进步, 党和政府高度重视突发事件的应对和

处置工作, 对地震灾害损失评估工作提出了更高要求。

地震灾害损失评估必须以专业技术人员的现场震害调查为基础。地震震级不同, 造成的破坏范围就不同。一般而言, 需要经过3天以上的现场震害调查, 方可准确圈定灾区范围; 而且需要更长时间的现场调查, 方可划分评估区, 统计灾区范围内的房屋建筑面积及其他工程结构的相关资料, 从而获得灾区各类房屋建筑和工程结构的破坏比。需要一周以上时间的现场调查, 抽样调查点数量才能满足震害经济损失评估计算的要求, 进而评估计算地震灾害损失。若发生破坏性地震, 往往要一周以上的时间才能得到总评估结果, 因此不能及时为政府必要的决策提供科学数据。

强震发生后1~3天内, 由于交通、电力、通

* 收稿日期: 2009-11-17.

基金项目:地震行业科研专项经费项目“宁洱6.4级地震现场综合考察和研究”(200808061)和地震科学联合基金项目“简易房屋地震失去住所人数与震害指数研究”(A08098)联合资助。

① 国家地震局. 1993. 震害调查及地震损失评定工作指南.

② 国家地震局. 1993. 震害评估细则.

③ 国家地震局. 1997. 地震灾害损失评估规定.

④ 国家地震局. 1999. 地震灾害损失补充规定.

信中断或瘫痪，难以快速获取灾情。然而，政府部门和社会各界又迫切需要了解地震灾害损失情况，以便有效开展抗震救灾工作。如何快速评估地震灾害损失，进一步发挥社会服务职能作用，是防震减灾主管部门亟待解决的重要课题。为此，有必要搜集历史地震灾害及经济损失评估资料，研究地震灾害特征，总结经济损失规律，提取适当的地震灾害损失评估经验模型，得到地震灾害损失评估的简化方法，以便对地震灾害损失进行初步评估。

需要初步评估的地震灾害损失包括人员伤亡和地震造成的直接经济损失。人员伤亡初步评估内容仅限于死亡人数和受伤人数。经济损失初步评估内容主要包括房屋建筑、其他工程结构破坏造成的直接经济损失。

1 人员伤亡初步评估

1.1 1992 ~ 2008 年云南境内地震人员伤亡

云南地区的地震灾害损失评估工作始于 1992 年 4 月 23 日中缅交界 6.7、6.9 级地震（周光全等，2003，2004，2005，2006，2009）。1992 ~ 2008 年，云南辖区内发生的或邻区发生影响到云南境内的破坏性地震共 55 次（周光全等，2009），其中，境外地震人员伤亡情况不明，或没有准确数据，云南境内发生的破坏性地震有 49 次，人员伤亡有完整统计。

为便于按不同震级档统计人员伤亡数，笔者按震级由小到大的顺序列出了历次地震人员伤亡情况（表 1）。表中数据主要来源于云南省地震局历次地震灾害损失评估报告，同时参考了《中国大陆地震灾害损失评估汇编（1990 ~ 1995）》和《中国大陆地震灾害损失评估汇编（1996 ~ 2000）》（国家地震局，国家统计局，1996；中国地震局监测预报司，2001）。

1.2 震后人员伤亡估算

地震发生后，数字地震台网可以很快确定地震震级。而依据地震震级与人员伤亡的关系可以大致估计人员伤亡情况。

为了获得地震震级与人员伤亡的经验关系，首先要把有限的震例划分成不同的震级档。震级分档越细，越有利于地震人员伤亡的初步评估。

表 1 1992 ~ 2008 年云南境内破坏性地震人员伤亡
Tab. 1 Casualties caused by destructive earthquakes in Yunnan from 1992 to 2008

序号	发震地点	发震时间	震级	伤亡人数/人		
		年 - 月 - 日		死亡	重伤	轻伤
1	瑞丽	2008 - 12 - 26	4.9	0	4	18
2	景谷	1993 - 06 - 03	5.0	0	3	10
3	宁蒗	1999 - 01 - 03	5.0			
4	澜沧	2001 - 03 - 10	5.0	0	0	6
5	景谷	2001 - 09 - 04	5.0	0	2	7
6	鲁甸	2003 - 11 - 26	5.0	0	2	22
7	保山隆阳	2004 - 10 - 19	5.0	0	2	13
8	双柏	2004 - 12 - 26	5.0	1	0	19
9	思茅	2005 - 01 - 26	5.0	0	0	5
10	墨江	2006 - 01 - 12	5.0	0	1	0
11	盈江	2008 - 03 - 21	5.0	0	0	0
12	沧源	1995 - 02 - 18	5.1	0	0	0
13	景洪	1997 - 01 - 25	5.1	0	0	0
14	宣威	1998 - 12 - 01	5.1	0	5	79
15	武定	2000 - 08 - 21	5.1	2	1	219
16	江川	2001 - 07 - 15	5.1	0	0	4
17	鲁甸	2003 - 11 - 15	5.1	4	24	70
18	盐津	2006 - 07 - 22	5.1	22	13	101
19	景谷	1994 - 09 - 19	5.2	0	1	10
20	丽江	1996 - 07 - 02	5.2	2	6	51
21	澄江	1999 - 11 - 25	5.2	1	1	8
22	盐津	2006 - 08 - 29	5.2	2	15	52
23	大姚	1993 - 02 - 01	5.3	0	0	4
24	丽江	1997 - 10 - 23	5.3		6	9
25	宁蒗	1998 - 10 - 02	5.3	0	9	23
26	施甸	2001 - 06 - 08	5.3	1	0	15
27	楚雄	2001 - 07 - 10	5.3	0	0	1
28	会泽—会东	2005 - 08 - 05	5.3	0	0	19
29	文山	2005 - 08 - 13	5.3	0	2	27
30	永胜	1992 - 12 - 18	5.4	1	18	124
31	景洪	1997 - 01 - 30	5.5	0	0	2
32	丘北	2000 - 01 - 27	5.5	0	4	65
33	中甸	1993 - 07 - 17	5.6	0	2	13
34	姚安	1993 - 08 - 14	5.6	0	9	143
35	金平	1995 - 04 - 25	5.6	0	3	17
36	鲁甸	2004 - 08 - 10	5.6	4	191	406
37	丽江	1996 - 09 - 25	5.7	1	1	140
38	宁蒗	2001 - 05 - 24	5.8	0	0	42
39	施甸	2001 - 04 - 12	5.9	3	34	201
40	盈江	2008 - 08 - 21	5.9	5	29	101
41	永胜	2001 - 10 - 27	6.0	1	3	217
42	大姚	2003 - 10 - 16	6.1	3	15	42
43	宁蒗	1998 - 11 - 19	6.2	5	208	1 279
44	大姚	2003 - 07 - 21	6.2	16	72	515
45	普洱	1993 - 01 - 27	6.3	0	24	130
46	宁洱	2007 - 06 - 03	6.4	3	28	391
47	武定	1995 - 10 - 24	6.5	52	808	13 007
48	姚安	2000 - 01 - 15	6.5	7	99	2 429
49	丽江	1996 - 02 - 03	7.0	309	4 070	12 987

然而,受一些震级的地震数量所限,每个震级档只能取 0.5 级。1992 ~ 2008 年云南境内破坏性地震不同震级档与人员伤亡的经验模型(表 2)。依据这个经验模型,震后就可以快速估计地震的人员伤亡。

表 2 云南地区不同震级档与地震人员伤亡的经验模型
Tab. 2 Model of casualties caused by different grades of earthquake magnitude in Yunnan

震级档	死亡/人	受伤/人
$M \leq 4.9$	无	数人至十数人受伤
$5.0 \leq M \leq 5.5$	个别	三十人至五十人,个别地震上百人受伤
$5.6 \leq M \leq 6.0$	数人	数十人至上百人,个别地震数百人受伤
$6.1 \leq M \leq 6.5$	数人,少数地震数十人死亡	数千,个别地震上万人受伤
$6.6 \leq M \leq 7.0$	数百人	上万人受伤
$7.1 \leq M \leq 7.5$	数千,个别地震上万人死亡	数万人受伤,个别地震伤十万人受伤
$M \geq 7.6$	数万人,个别地震上十万人死亡	数十万人受伤

1.3 人员伤亡的动态评估

震后,随着时间的推移,人员伤亡信息会以不同方式报出。地震现场工作队评估组应尽快收集人员伤亡信息,以电话、灾情速报员、12322 热线、媒体、网络等多种方式收集信息,并根据地方政府收集的灾情,动态统计伤亡人数,调整人员伤亡的初步评估结果。

2 房屋破坏经济损失初步评估

2.1 灾区范围及评估区的初步估计

公元 886 ~ 2005 年,云南地区有记录的 5 级以上地震有 455 次(国家地震局震害防御司,1995;苏有锦等,2001;刘祖荫等,2002;毛玉平,韩新民,2003)。新中国成立以前,仅有少数学者对云南地震做过零星研究。1964 年云南组建地震机构。1978 年全国科学大会召开后,地震工作者对云南历史强震进行了考察(罗荣联,1999)。由于历史原因,1900 年以前仅少数 6.2 级以上地震有烈度分布资料,且资料不完整,缺失 VI 度区甚至 VII 度区;1900 ~ 1950 年近三分之一的破坏性地震(M

$\geq 4\frac{3}{4}$ 级)有烈度分布资料;1951 年以后,绝大多数破坏性地震有烈度分布资料。1992 年以来云南地区开展了地震现场灾害损失评估和科学考察,历次地震灾评报告都给出地震烈度分布,部分资料经科学考察后得以校正。

本文统计的地震烈度分布资料主要来源于 1992 年以来的地震现场地震灾害损失评估报告和考察报告。1992 年以前地震的烈度分布资料主要来源于《云贵地区地震等震线图集》(乔森等,2000)。截至 2005 年末,云南地区 140 次地震的等震线资料较为完整。为方便灾情快速评估,统计地震烈度分布时要划分震级档。震级分档既要尽量细划,又要兼顾各震级档内统计样本的数量。根据这个原则,笔者按 0.3 级/档进行震级分档,对 140 次地震的烈度分布进行分类统计,给出不同的震级档地震烈度分布的统计结果(表 3)。

地震发生后,依据地震震级,参照表 3 可快速估算灾区范围,划分评估区。

一般情况下,地震现场工作队评估组赶赴震区后,便立即开展现场调查。根据评估组的初步调查结果动态修正灾区和评估区范围,就可降低初步评估结果的误差。

2.2 房屋建筑面积的初步估计

通过国家“十五”重点项目的建设,许多省(直辖市、自治区)建立了地震应急基础数据库。根据灾区范围及评估区的分布,就可以从地震应急基础数据库中直接检索不同评估区的房屋建筑面积。

一些地区没有建立地震应急基础数据库,库中数据不全或者不准确,这种情况下,可以从地震灾区相关的统计年鉴中查阅不同评估区的人口数、户数,再按各地区人均、户均房屋建筑面积经验值估算各评估区内房屋建筑总面积。

$$S_{ih} = S_{ap} \times N_p,$$

或
$$S_{ih} = S_{af} \times N_f.$$

(1)

(2)

式中: S_{ih} 表示某评估区房屋总面积; S_{ap} 表示人均房屋面积; N_p 表示某评估区内人数; S_{af} 表示户均房屋面积; N_f 表示某评估区内户数;

随着现场调查工作的进展,按修正后的灾区和评估区范围,可动态检索或估算灾区各评估区内房屋建筑总面积。

表 3 云南地区地震烈度面积统计（2005 年以前）

Tab. 3 Statistics of earthquake intensity distribution in Yunnan (Before 2005)

震级档	统计项目	烈度面积/km ²				
		Ⅵ度以上	Ⅶ度以上	Ⅷ度以上	Ⅸ度以上	X度以上
$M \leq 4.9$	范围值	8 ~ 277				
	平均值	143				
	样本数	4				
$5.0 \leq M \leq 5.2$	范围值	12 ~ 2 650	7 ~ 475			
	平均值	480	134			
	样本数	33	9			
$5.3 \leq M \leq 5.5$	范围值	19 ~ 2 840	10 ~ 160			
	平均值	493	62			
	样本数	28	13			
$5.6 \leq M \leq 5.9$	范围值	35 ~ 3 415	8 ~ 1 804	8 ~ 276		
	平均值	872	323	103		
	样本数	13	13	4		
$6.0 \leq M \leq 6.2$	范围值	590 ~ 31 880	28 ~ 14 842	69 ~ 1 596	22	
	平均值	5 511	2 138	318	22	
	样本数	17	18	14	1	
$6.3 \leq M \leq 6.5$	范围值	342 ~ 19 656	22 ~ 4670	13 ~ 1 409	47 ~ 320	
	平均值	6 583	1 390	430	150	
	样本数	12	14	13	3	
$6.6 \leq M \leq 6.9$	范围值	539 ~ 98 578	265 ~ 13 104	26 ~ 4 550	25 ~ 1 102	
	平均值	15 753	3 675	1 251	352	
	样本数	8	10	10	6	
$7.0 \leq M \leq 7.4$	范围值	1 604 ~ 46 231	593 ~ 20 671	231 ~ 5 256	6 ~ 1 225	
	平均值	15 925	5 830	1 968	412	
	样本数	8	11	12	11	
$M \geq 7.5$	范围值	22 361 ~ 87 148	2 771 ~ 34 514	654 ~ 17 042	125 ~ 6 329	190 ~ 1 319
	平均值	45 531	15 380	8 560	2 642	804
	样本数	3	3	4	4	3

2.3 房屋建筑破坏比的初步估计

房屋建筑的破坏比是指某居民点房屋破坏面积与房屋总面积之比，须按不同类型房屋建筑、不同破坏等级分别求得。地震发生后，可依据本地区历史地震现场抽样调查资料估计不同烈度区（评估区）不同房屋建筑的地震破坏比。

1992 ~ 1993 年初，地震部门对云南地区的地震灾害损失进行了试评估（国家地震局，1996；中国地震局监测预报司，2001）。因多数现场工作人员没有参加过相应的灾评技术培训，灾评报告编写不规范，灾害损失评估的有关参数如破坏比残缺不全。1993 年以后的评估资料给出的破坏比较为完整。笔者对 1992 ~ 2003 年云南地区发生的 50 次破坏性地震的震害资料进行统计，给出了云南地区不同烈度区内框架结构、砖混结构、砖木

结构和土木结构不同破坏等级的破坏比统计值（表 4 ~ 表 7）。

2005 年 10 月 1 日以后，《地震现场工作第 4 部分：灾害直接损失评估》（2005）颁布实施。国家标准提出了简易房屋（砖木结构、土木结构房屋）的概念，其破坏等级分为毁坏、破坏和基本完好三个破坏等级。在原破坏等级划分的基础上，将毁坏、严重破坏合并为毁坏，将中等破坏、轻微破坏合并为破坏，保留基本完好，相应地：

简易房屋毁坏等级的破坏比等于毁坏等级的破坏比与严重破坏等级的破坏比之和；

简易房屋破坏等级的破坏比等于中等破坏等级的破坏比和轻微破坏等级的破坏比之和；

简易房屋基本完好等级的破坏比等于基本完好等级的破坏比。

表 4 云南地区Ⅵ度区内房屋建筑的破坏比（%）

Tab. 4 The statistics of the damage ratio（%）of houses in the area of seismic intensity Ⅵ in Yunnan

破坏等级	统计项目	结构类型			
		框架结构	砖混结构	砖木结构	土木结构
		样本数：26 个	样本数：31 个	样本数：30 个	样本数：35 个
毁坏	范围值	0.00 ~ 0.00	0.00 ~ 0.00	0.00 ~ 0.64	0.00 ~ 0.11
	平均值	0.00	0.00	0.02	0.01
严重破坏	范围值	0.00 ~ 0.00	0.00 ~ 0.30	0.00 ~ 5.00	0.00 ~ 4.00
	平均值	0.00	0.17	0.41	0.65
中等破坏	范围值	0.00 ~ 9.09	0.00 ~ 12.46	0.00 ~ 13.00	0.27 ~ 14.00
	平均值	1.32	3.36	4.88	6.95
轻微破坏	范围值	3.90 ~ 45.30	6.97 ~ 37.97	10.90 ~ 38.00	15.23 ~ 44.00
	平均值	18.68	21.46	22.51	25.84
基本完好	范围值	54.70 ~ 96.10	62.03 ~ 92.60	60.00 ~ 88.50	38.00 ~ 80.61
	平均值	80.04	74.96	72.17	66.56

表 5 云南地区Ⅶ度区内房屋建筑的破坏比（%）

Tab. 5 The statistics of the damage ratio（%）of houses in the area of seismic intensity Ⅶ in Yunnan

破坏等级	统计项目	结构类型			
		框架结构	砖混结构	砖木结构	土木结构
		样本数：10 个	样本数：14 个	样本数：15 个	样本数：21 个
毁坏	范围值	0.00 ~ 0.00	0.00 ~ 1.84	0.00 ~ 1.23	0.00 ~ 1.50
	平均值	0.00	0.16	0.08	0.30
严重破坏	范围值	0.00 ~ 9.80	0.00 ~ 21.82	0.00 ~ 13.95	0.30 ~ 15.00
	平均值	1.58	5.23	3.22	5.97
中等破坏	范围值	0.00 ~ 18.57	3.68 ~ 26.36	4.85 ~ 42.38	9.05 ~ 56.22
	平均值	7.65	14.13	21.33	19.71
轻微破坏	范围值	16.00 ~ 52.48	21.58 ~ 51.23	10.10 ~ 51.00	19.00 ~ 56.28
	平均值	30.07	30.17	33.82	35.30
基本完好	范围值	19.16 ~ 82.00	15.47 ~ 69.27	10.47 ~ 85.05	5.73 ~ 63.43
	平均值	60.70	50.30	41.54	38.71

表 6 云南地区Ⅷ度区内房屋建筑的破坏比（%）统计

Tab. 6 The statistics of the damage ratio（%）of houses in the area of seismic intensity Ⅷ in Yunnan

破坏等级	统计项目	结构类型			
		框架结构	砖混结构	砖木结构	土木结构
		样本数：3 个	样本数：6 个	样本数：7 个	样本数：8 个
毁坏	范围值	0.00 ~ 0.00	0.00 ~ 2.20	0.00 ~ 4.49	0.32 ~ 14.11
	平均值	0.00	0.85	1.21	4.17
严重破坏	范围值	0.00 ~ 5.00	4.66 ~ 25.00	11.65 ~ 37.50	4.81 ~ 42.00
	平均值	1.88	11.76	17.89	19.92
中等破坏	范围值	0.00 ~ 26.00	19.66 ~ 58.33	25.71 ~ 50.00	26.13 ~ 54.03
	平均值	9.73	38.35	36.50	37.84
轻微破坏	范围值	43.00 ~ 100	16.67 ~ 59.49	12.50 ~ 45.82	16.92 ~ 50.04
	平均值	77.17	32.92	36.25	31.17
基本完好	范围值	0.00 ~ 26.00	0.00 ~ 59.00	0.00 ~ 45.00	0.00 ~ 15.00
	平均值	11.21	19.45	13.92	7.02

表 7 云南地区Ⅸ度区内房屋建筑的破坏比（%）统计

Tab. 7 The statistics of the damage ratio（%）of house in the area of seismic intensity Ⅸ in Yunnan

破坏等级	统计项目	结构类型			
		框架结构	砖混结构	砖木结构	土木结构
		样本数：1 个	样本数：2 个	样本数：2 个	样本数：2 个
毁坏	范围值	0.00 ~ 0.00	11.00 ~ 11.00	13.00 ~ 13.00	14.80 ~ 15.20
	平均值	0.00	11.00	13.00	15.00
严重破坏	范围值	12.00 ~ 12.00	38.10 ~ 38.10	38.00 ~ 42.00	35.70 ~ 52.60
	平均值	12.00	38.10	40.00	44.15
中等破坏	范围值	33.00 ~ 33.00	14.50 ~ 14.50	25.00 ~ 31.00	24.60 ~ 28.00
	平均值	33.00	14.50	28.00	26.30
轻微破坏	范围值	34.00 ~ 34.00	16.50 ~ 19.60	14.00 ~ 24.00	4.30 ~ 24.90
	平均值	34.00	18.05	19.00	14.60
基本完好	范围值	21.00 ~ 21.00	16.80 ~ 19.80	0.00 ~ 0.00	0.00 ~ 0.00
	平均值	21.00	18.30	0.00	0.00

随着现场调查工作的进展，可根据现场调查结果适时修正不同烈度区（评估子区）不同结构类型房屋的破坏比。

2.4 房屋建筑损失比和重置单价的初步估计

（1）房屋建筑损失比

房屋建筑损失比是指某类房屋建筑在不同破坏等级下修复或重建时，单位面积所需费用与重建单价之比。《地震现场工作第四部分：灾害直接损失评估》（2005）规定了房屋建筑破坏损失比的取值范围，见表 8、9。初步评估时可按表 8、9 可选取房屋建筑损失比。

表 8 简易房屋破坏损失比（%）

Tab. 8 Loss ratio（%）of simple house constructions

结构类别	毁坏	破坏	基本完好
土木结构	80 ~ 100	30 ~ 50	0 ~ 5
砖木结构	80 ~ 100	30 ~ 50	0 ~ 5

表 9 非简易房屋破坏损失比（%）

Tab. 9 Loss ratio（%）of non - simple house constructions

结构类别	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
框架结构	81 ~ 100	46 ~ 80	16 ~ 45	6 ~ 15	0 ~ 5
砖混结构	81 ~ 100	46 ~ 80	16 ~ 45	6 ~ 15	0 ~ 5

（2）房屋建筑重置单价

房屋建筑重置单价指基于当前价格，修复被破坏房屋，恢复到震前同样规模和标准所需的单位建筑面积的价格。原则上，房屋建筑的重置单价由灾区城建部门提供，或参照同类地区灾评核

定的建筑重置单价取值。

2.5 房屋建筑经济损失的初步估算

《地震现场工作第四部分：灾害直接损失评估》（2005）规定，用下式计算各评估子区各类房屋在某种破坏下的损失 L_h ：

$$L_h = S_h \times R_h \times D_h \times P_h . \tag{3}$$

式中： L_h 表示该评估子区同类房屋总建筑面积； S_h 表示该评估子区同类房屋某种破坏等级的破坏比； R_h 表示该评估子区同类房屋某种破坏等级的损失比； P_h 表示该评估子区同类房屋重置单价。

将所有破坏等级的房屋损失相加，得到该评估子区该类房屋破坏的损失；将所有房屋类型的损失相加，得到该评估子区房屋损失；将所有评估子区的房屋损失相加，得出整个灾区的房屋建筑破坏损失。

3 其他工程结构破坏经济损失初步评估

地震造成的直接经济损失是指地震及其场地灾害、次生灾害造成的建筑物和其他工程结构、设施、设备、财物破坏而引起的经济损失，其折算价值量是指按修复、重建或重置到震前同样规模和标准所需费用。为简便起见，不妨把房屋建筑破坏以外的损失归为其他工程结构经济损失，这类损失主要包括生命线工程、水利设施地震灾害损失。

研究生命线工程、水利设施地震灾害损失，

要求其震害和经济损失资料具有完整性。1993 ~ 2003 年, 云南地区发生了 46 次破坏性地震。然而, 地震灾害损失评估初期, 由于评估经验欠缺, 评估技术尚不够成熟, 所以其他工程结构损失评估可能有漏项, 资料的信度不高, 一些境外震例的资料不全。因此, 需要对相关资料进行甄别、筛选。经筛选, 1993 ~ 2003 年云南地区可用于其

他工程结构损失统计的样本数有 31 个。

为了更好地统计生命线工程和水利设施损失占震害总损失的比例, 并深入分析其基本特征, 需要按震级档进行分类统计, 每档取 0.5 级。笔者研究了 31 次震例, 给出了云南地区其他工程结构经济损失与总经济损失比例的经验模型(表 10)。

表 10 云南地区其他损失占震害总损失的比值 1 统计表 (1993 ~ 2003 年)

Tab. 10 Ratio of other loss to total loss caused by earthquakes in Yunnan (from 1993 to 2003)

震级档	生命线工程损失占总损失的比例 (%)		水利设施损失占总损失的比例 (%)		统计个数
	算术平均值	范围值	算术平均值	范围值	
5.0 ~ 5.4	3.5	0 ~ 18.3	8.2	0 ~ 27.9	17
5.5 ~ 5.9	8.9	1.0 ~ 31.1	6.8	0 ~ 22.9	6
6.0 ~ 6.4	8.0	1.4 ~ 18.8	8.2	5.3 ~ 12.1	5
6.5 ~ 6.9	4.8	3.5 ~ 11.0	9.1	11.6 ~ 15.6	2
7.0 ~ 7.4	7.3	7.3	4.1	4.1	1

其他工程结构经济损失占总经济损失的比值等于生命线工程结构损失占总经济损失的比值与水利设施损失占总经济损失的比值之和。

$$L_o = \frac{L_h \times \alpha_1}{1 - \alpha_1}.$$

(4)

式中: L_o 表示其他工程结构经济损失; L_h 表示房屋建筑破坏经济损失; α_1 表示其他工程结构经济损失占总经济损失的比值。

根据第 2 部分初步估算的房屋建筑的经济损失, 参照公式 (4) 可估算其他工程结构破坏造成的直接经济损失。

随着调查工作的深入, 各生命线工程、水利、企业、卫生、文教管理部门将会陆续掌握相关灾情。评估人员应根据相关行业的现场调查情况, 及时核实、动态修正各类工程结构、生产用房屋、设备的经济损失。

汇总各类工程结构、生产用房屋、设备的经济损失, 就可得出其他工程结构的经济损失。

4 结论与认识

本文以云南地区地震灾害及经济损失评估资料为基础, 研究地震灾害特征, 总结经济损失规律, 提取适宜的地震灾害损失评估经验模型, 以

此为基础, 探索出一种地震灾害经济损失评估的简化方法, 以便适于云南地区地震灾害经济损失初步评估。这种初步评估方法对其他地区也有借鉴意义。但是, 相关研究成果, 如初评估模型, 不适于其他地区。其他地区的地震灾害损失初步评估有赖于根据本地区历史震例建立的相关模型; 对于少震或无震地区, 其地震灾害经济损失初步评估有赖于适用于全国范围的相关模型。

地震灾害损失初步评估是指在震后很短时间内 (1 ~ 3 天) 对地震灾害损失做出的初步估计。初评估的特点在于速度快, 但欠缺准确性, 初评估损失值宜用范围值表示, 初评结果仅供抗震救灾和应急救援行动初期参考。

参考文献:

国家地震局, 国家统计局. 1996. 中国大陆地震灾害损失评估汇编 (1990 ~ 1995) [M]. 北京: 地震出版社.

国家地震局震害防御司. 1995. 中国历史强震目录 [M]. 北京: 地震出版社.

刘祖荫, 苏有锦, 秦嘉政, 等. 2002. 20 世纪云南地震活动 [M]. 北京: 地震出版社.

罗荣联. 1999. 云南省志·地震志 [M]. 昆明: 云南人民出版社,.

毛玉平, 韩新民. 2003. 云南地区强震 ($M \geq 6$) 研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社.

乔森, 姜朝松, 陈敬, 等. 2000. 云贵地区地震等震线图集 [J]. 地震研究, 23 卷, (增刊).

苏有锦, 李忠华, 刘祖荫, 等. 2001. 20 世纪云南地区 $M_s \geq 5.0$ 级地震

- 活动的基本特征[J]. 地震研究, 24(1):1-9.
- 中国地震局. 1998. 地震现场工作大纲和技术指南[M]. 北京:地震出版社.
- 中国地震局监测预报司. 2001. 中国大陆地震灾害损失评估汇编(1996~2000)[M]. 北京:地震出版社.
- 周光全, 非明伦, 施伟华. 2006. 1992~2005年云南地震灾害损失与主要经济指标研究[J]. 地震研究, 29(2):198-202.
- 周光全, 毛燕, 施伟华. 2004. 云南地区地震受灾人口与经济损失评估[J]. 地震研究, 27(1):88-93.
- 周光全, 施卫华, 毛燕. 2003. 云南地区地震灾害损失的基本特征[J]. 自然灾害学报, 12(3):81-86.
- 周光全, 谭文红, 施伟华, 等. 2005. 云南生命线工程及水工结构的地震灾害损失研究[J]. 灾害学, 20(1):90-95.
- 周光全, 王慧彦, 李西, 等. 2009. 2008年云南地震灾害概况[J]. 地震研究, 32(3):312-315.
- GB/T 18208.4—2005, 地震现场工作第4部分:灾害直接损失评估[S].

Research on Primary Evaluation of Earthquake Disaster Loss

ZHOU Guang-quan, LU Yong-kun, FEI Ming-lun, HU Ke, QIAN Jin

(Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

In this paper, the data of earthquake disaster and the evaluation on economic loss are collected, disaster-characteristics is studied, the law of economic loss is summarized, experiential models of evaluation of earthquake disaster loss are picked up. On the basis of these jobs, one method of first-step evaluation on economic loss is put forward. The experiential model of earthquake casualty is put forward by studying on the relation between the casualty and earthquake magnitude. According to the fast-measured data of earthquake site and time, the laws of intensity-distribution got by studying the characteristics of historical intensity, the range of earthquake stricken area and those of different evaluation-ranges can be carved up. Thereby, the area of house buildings in the range can be counted from the earthquake emergency response database, or estimated by the proportion of the house possession per person and the population gained from statistical yearbook. Experiential damage ratio of buildings (disaster index matrix) can be picked up by studying the historical building disaster. Loss ratio can be selected from <Post-earthquake field works-Part 4: Assessment of direct economic loss of earthquake disaster> (GB/T18208.4-2005). Replacement unit price of various kinds of house buildings can be collected from the local government. So far the loss of house buildings can be estimated quickly by following the evaluation principle of house building. Other loss can be reckoned by the proportion of the other loss to the house building loss of an event. With the accumulation of the information and field investigation, the earthquake loss result of first-step evaluation should be adjusted actively in order to getting an approximate result.

Key words: earthquake disaster, economic loss, primary evaluation