

云南地区简易房屋的震害指数研究*

周光全

(云南省地震局, 昆明 650224)

摘要: 1992~2005年, 云南地区共发生56次破坏性地震, 积累了丰富的震害资料。2005年10月, 《地震现场工作第4部分: 灾害直接损失评估》(GB/T 18208.4—2005) 发布实施, 提出简易房屋的概念, 并将原有5个破坏等级归并为3个破坏等级。针对这种变化, 统计了云南56次地震不同烈度区简易房屋的破坏比, 按破坏比对原规定的震害指数进行加权平均, 得出简易房屋3个破坏等级的震害指数。

关键词: 简易房屋; 破坏等级; 破坏比; 震害指数; 加权平均

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2011)01-0088-08

0 前言

震害指数是烈度评定的定量化指标, 是地震现场震害调查、灾区范围确定、评估区划分以及震后科学考察和震害研究的重要参数。

20世纪90年代初, 全国各地陆续开展了地震现场灾害损失评估工作, 评估按行业标准进行(国家地震局震害防御司, 1993; 中国地震局, 1998)。国家标准《地震现场工作第4部分: 灾害直接损失评估》(GB/T 18208.4—2005)(以下简称“灾评国标”)于2005年3月28日发布, 2005年10月1日实施。“灾评国标”是依据国家地震局《地震灾害损失评估规定》(1997)^①(以下简称“规定”)和《地震灾害损失补充规定》(1999)^②, 并在广泛征求全国各地灾评实践中的有关意见和建议, 吸收各地区地震现场灾害损失评估的实践经验, 参考《地震灾害预测和评估工作手册》(国家地震局震害防御司, 1993)和《地震现场工作大纲和技术指南》(中国地震局, 1998)的基础上制定的。“灾评国标”提出了简易房屋的概念, 但没有给出简易房屋不同破坏等级的震害指数。

本文通过对1992年以来云南历次地震现场调查资料尤其是破坏比的研究, 追索简易房屋不同

破坏等级与原房屋不同破坏等级的对应关系, 解决新旧震害指数转换的问题, 从而确定简易房屋不同破坏等级的震害指数。

1 简易房屋的概念及其破坏等级的划分

1.1 简易房屋的概念

按房屋结构类型划分, 云南地区房屋建筑主要包括钢筋混凝土剪力墙结构、框架剪力墙结构、框架结构、内框架结构、钢筋混凝土厂房、砖混结构、砖结构、砖木结构、木构架房屋、土坯房屋等, 还有少量具有民族特色的圆木屋(分布在丽江、宁蒗泸沽湖畔彝族聚居区)、穿斗木结构竹编墙或木板墙(分布在滇南、滇西南傣族、佤族聚居区)。为方便地震现场工作, 结合云南绝大部分地震灾区的具体特点和多年来地震现场工作的实际情况, 参照《地震现场工作第4部分: 灾害直接损失评估》(GB/T 18208.4—2005), 《地震现场工作第3部分: 调查规范》(GB/T 18208.3—2000), 《地震灾害损失评估规定》(试行)^①, 《地震灾害损失评估工作补充规定》(试行)^②等规范, 按建筑物的抗震性能和建筑单价的差异, 笔者将房屋建筑大致划分成钢筋混凝土框架结构房屋(砖混结合)、多层砌体房屋、砖木结构房屋、土

* 收稿日期: 2010-08-31.

基金项目: 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)资助。

① 国家地震局. 1997. 地震灾害损失评估规定(试行).

② 国家地震局. 1999. 地震灾害损失评估工作补充规定(试行).

木结构房屋和其它结构房屋共 5 类。

由于其它结构的房屋在灾区呈零星分布，所以历次地震的灾害损失评估报告把这类房屋纳入土木结构进行震害调查和灾害损失评估。云南地区主要房屋建筑结构可归纳为框架结构、砖混结构、砖木结构和土木结构共 4 类（非明伦等，2006，2007；周光全等，2003，2005a，2005b，2006）。

“灾评国标”首次提出简易房屋概念。简易房屋包括单层砖结构厂房、木构架房屋（包括砖、土围护墙）、砖柱房屋、土坯房屋、石墙承重房等。在地震现场调查和灾害损失评估时，房屋建筑类别的划分把单层砖柱厂房、砖柱房屋、砖木结构房屋，土坯房屋、石墙承重房归并到土木结构房屋。这样看来，云南地区 4 类房屋类型中，砖木结构房屋和土木结构房屋可归为简易房屋。

1.2 简易房屋破坏等级的划分

“规定”把房屋的破坏划分为“毁坏”、“严重破坏”、“中等破坏”、“轻微破坏”和“基本完好”5 个破坏等级。“灾评国标”将简易房屋的破坏等级进行了适当的合并，划分为“毁坏”、“破坏”和“基本完好”3 个破坏等级。具体说来，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”。简易房屋的 3 个破坏等级可按下列标准进行划分。

(1) “基本完好”（含“完好”）：土木结构房屋个别掉瓦或墙体有细裂；砖木结构房屋墙体有轻微裂缝，不加修理可继续使用。

(2) “破坏”：承重构件出现位移或局部有裂缝；土木结构和砖木结构房屋的非承重构件如围护墙体有明显裂缝或严重开裂、甚至局部倒墙，普遍梭瓦或明显掉瓦，可修理，修理后可继续使用。

(3) “毁坏”：二面以上墙体倒塌，屋架明显倾斜或倒塌，屋盖坍落或完全倒塌；承重构件多数断裂或破坏严重，结构濒于崩溃，修理困难或无法修复。

2 资料

1988 年，国家地震局在全国地震系统推广实行地震灾害评估标准，1993 年又制定了《地震灾害预测和评估工作手册》，其后，《地震灾害损失评估规定》（试行）以及《地震现场工作大纲和技术指南》（中国地震局，1998）颁布实施。云南地区地震灾害损失评估工作自 1992 年 4 月 23 日中缅交界 6.7、6.9 级地震开始，此后，云南省地震局对云南地区绝大部分破坏性地震都进行过灾害评估工作，并编写了相应的评估报告，为本研究积累了丰富的资料。

2.1 1992 ~ 2009 年云南地区地震灾害目录

本文所采用的地震灾害数据（表 1）主要来源于云南省地震局历次地震灾害损失评估报告，同时参考了相关文献（国家地震局，国家统计局，1996；中国地震局监测预报司，2001）。邻区发生并波及云南辖区的地震灾害也统计在内。

表 1 1992 ~ 2009 年云南地区地震灾害目录
Tab. 1 Statistics of earthquake disaster in Yunnan from 1992 to 2009

序号	发震时间	发震地点			震级	震中烈度	人员伤亡/人		经济损失 /万元
	年-月-日	λ_E	φ_N	地名			死	重伤	
1	1992-04-23	98.95	22.41	中缅交界	6.7	VII	4	11	2 623
2	1992-04-23	99.07	22.61	中缅交界	6.8				
3	1992-12-18	100.60	26.30	永胜	5.4	VI	1	18	787
4	1992-12-22	100.70	26.40	永胜	5.1				
5	1993-01-27	101.20	23.00	普洱	6.3	VIII		24	6 930
6	1993-02-01	101.30	25.90	大姚	5.3	VI			1 150
7	1993-05-30	100.40	23.70	景谷	4.9	VI		3	1 192
8	1993-06-03	100.10	23.40	景谷	5.0				
9	1993-06-04	100.40	23.70	临沧	5.0				
10	1993-07-17	99.70	27.80	中甸	5.6	VI		2	2 080
11	1993-08-14	101.30	25.50	姚安	5.6	VII		9	3 055
12	1994-09-19	100.30	23.60	景谷	5.2	VI		1	1 520
13	1995-02-18	99.70	23.00	沧源	5.1	VI			731
14	1995-04-25	102.70	22.80	金平	5.6	VII		3	1 096
15	1995-06-30	99.30	22.20	中缅边界	5.5	VIII	11	26	20 550

续表 1

序号	发震时间	发震地点			震级	震中烈度	人员伤亡/人		经济损失 /万元
	年-月-日	λ_E	φ_N	地名			死	重伤	
16	1995-07-10	22.00	99.20	中缅边界	6.2				
17	1995-07-12	22.00	99.30	中缅边界	7.2				
18	1995-10-24	102.30	25.80	武定	6.5	IX	52	808	74 383
19	1996-02-03	100.20	27.30	丽江	7.0	IX	309	4 070	250 000
20	1996-02-05	100.20	26.90	丽江	6.0				
21	1996-07-02	100.10	26.90	丽江	5.2	VI	2	6	2 182
22	1996-09-25	100.30	27.20	丽江	5.7	VII	1	1	3 080
23	1997-01-25	101.10	21.90	勐腊—景洪	5.1	VI			1 560
24	1997-01-30	101.40	22.40	景洪—江城	5.5	VII			5 304
25	1997-10-23	101.30	26.90	丽江	5.3	VI		6	2 680
26	1998-10-02	100.90	27.20	宁蒗	5.3	VII		9	9 098
27	1998-10-27	101.00	27.20	宁蒗	5.2				
28	1998-11-19	100.90	27.30	宁蒗	5.0	VIII	5	208	45 314
29	1998-11-19	100.90	27.30	宁蒗	6.2				
30	1998-12-01	104.01	26.40	宣威	5.1	VII		5	10 990
31	1999-01-03	101.01	27.20	宁蒗	5.0				
32	1999-11-25	102.90	24.60	澄江	5.2	VI	1	1	7 657
33	2000-01-15	101.10	25.60	姚安	5.9	VIII	7	99	106 621
34	2000-01-15	101.10	25.60	姚安	6.5				
35	2000-01-27	103.60	24.20	丘北	5.5	VII		4	10 374
36	2000-08-21	102.20	25.80	武定	5.1	VI	2	1	7 870
37	2000-10-06	97.60	24.30	陇川西	5.8	VI		3	5 060
38	2001-03-10	99.80	22.30	澜沧	5.0	VI			5 575
39	2001-04-10	99.00	24.80	施甸	5.2	VIII	3	34	50 490
40	2001-04-12	99.00	24.80	施甸	5.9				
41	2001-05-24	100.90	27.60	盐源—宁蒗	5.8	VII			5 660
42	2001-06-08	99.10	24.80	施甸	5.3	VI	1		3 660
43	2001-07-10	101.40	24.90	楚雄	5.3	VI			1 930
44	2001-07-15	102.60	24.30	江川	5.1	VI			3 770
45	2001-09-04	100.33	23.38	景谷	5.0	VI		2	3 760
46	2001-10-27	100.60	26.20	永胜	6.0	VII	1	3	41 050
47	2003-07-21	101.20	26.00	大姚	6.2	VIII	16	72	59 190
48	2003-10-16	101.30	26.00	大姚	6.1	VIII	3	15	41 560
49	2003-11-15	103.60	27.20	鲁甸	5.1	VII	4	24	19 190
50	2003-11-26	103.60	27.30	鲁甸	5.0	VII		2	9 300
51	2004-08-10	103.60	27.20	鲁甸	5.6	VIII	4	191	31 990
52	2004-10-19	99.10	25.10	保山隆阳	5.0	VI		2	21 720
53	2004-12-26	99.50	24.70	双柏	5.0	VI	1		4 070
54	2005-01-26	101.70	23.60	思茅	5.0	VI			5 340
55	2005-08-05	103.10	22.60	会泽—会东	5.3	VI			10 440
56	2005-08-13	104.10	23.60	文山	5.3	VI		2	9 220
57	2006-01-12	101.55	23.25	墨江	5.0	VI		1	11 060
58	2006-07-22	104.13	28.00	盐津	5.1	VI	22	13	23 900
59	2006-08-25	104.11	28.05	盐津	5.1	VII	2	15	20 270
60	2006-08-29	104.17	28.00	盐津	4.9				
61	2007-06-03	101.10	23.00	宁洱	6.4	VIII	3	28	189 860
62	2008-03-21	97.70	24.60	盈江	5.0	VI			6480
63	2008-05-21	103.40	31.00	汶川（云南震区）	8.0	VI	1	2	168 310
64	2008-08-21	97.90	25.10	盈江	5.9	VIII	5	29	130 800
65	2008-08-30	101.90	26.20	仁和—会理（云南震区）	6.1	VIII	6	47	117 870
66	2008-12-26	97.80	24.00	瑞丽	4.9	VI		4	17 960
67	2009-07-09	101.10	25.60	姚安	6.0	VIII	1	31	215 410
68	2009-11-02	100.70	26.00	宾川	5.0	VI		2	24 530
合计	18						468	5 837	1 838 252

1992 ~ 2009 年期间，除 2002 年以外，每年都有 $M \geq 5.0$ 地震发生。18 年的时间内，云南境内发生或受邻区影响的 $M \geq 5.0$ （含少数 4.7 ~ 4.9 级）地震 68 次，平均每年 3 ~ 4 次。由于云南地区人口分布相对均匀，人口密度相对稠密，一般情况下， $M \geq 5.0$ （含少数 4.7 ~ 4.9 级）地震都是成灾事件。地震部门组织有一定规模的地震应急共 55 次，并完成了相应的灾评报告共 55 个。

2.2 云南地区地震灾害房屋破坏比

地震灾害损失评估过程中，对于发震地点相同、发震时间相近的多次地震，难以详细区分不同地震的震害，只能提出一个综合评估结果；对于主震不久后发生的强余震，由于没造成更大损失，而且灾区恢复重建工作尚未开展，因此没有进行灾害损失评估；对于在邻区发生、波及云南辖区的地震，只考虑云南境内的地震灾害。1992 ~ 2009 年云南地区发生成灾地震 68 次，2005 年 10 月 1 日，“灾评国标”实施以前，云南地区地震部门完成了 56 次地震的 44 个灾评报告。自 2006 年“灾评国标”实施以来，云南地震部门完成了 12 次地震的灾评报告。相关报告中都给

出的简易房屋（即砖木结构和土木结构房屋）的破坏比。

（1）“灾评国标”实施以前云南地区简易房屋的地震破坏比

1992 年，地震灾评处于尝试阶段，相应的报告不够规范，没有给出房屋建筑的破坏比。1993 年以后至“灾评国标”实施以前，云南地区简易房屋划分为“毁坏”、“严重破坏”、“中等破坏”、“轻微破坏”和“基本完好”5 个破坏等级。这期间云南地区共完成了 44 次灾评，其中，有 40 个灾评报告给出了Ⅵ度区土木结构房屋的破坏比；35 个灾评报告给出了Ⅵ度区砖木结构房屋的破坏比；22 个灾评报告给出了Ⅶ度区土木结构房屋的破坏比；16 个灾评报告给出了Ⅶ度区砖木结构房屋的破坏比；8 个灾评报告给出了Ⅷ度区土木结构房屋的破坏比；7 个灾评报告给出了Ⅷ度区砖木结构房屋的破坏比；在此期间，1995 年武定 6.5 级和 1996 年丽江 7.0 级两次地震造成Ⅸ度破坏区，因此，有 2 个灾评报告给出了Ⅸ度区土木和砖木结构房屋的破坏比。1993 年以后至“灾评国标”实施以前历次地震的简易房屋破坏比平均值见表 2。

表 2 “灾评国标”实施前云南地区简易房屋不同破坏等级的破坏比（%）平均值

Tab. 2 Average damage ratio of buildings of several classes in Yunnan before the *Post-earthquake Field Works—Part 4: Assessment of Direct Loss* came into effect

地震烈度	结构类型	破坏等级					统计个数
		毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好	
Ⅵ	土木结构	0.03	0.67	6.46	24.87	67.97	40
	砖木结构	0.04	0.48	4.45	21.76	73.27	35
Ⅶ	土木结构	0.44	6.51	19.70	34.65	38.67	22
	砖木结构	0.19	3.87	21.34	33.31	41.28	16
Ⅷ	土木结构	4.17	19.92	37.84	31.17	7.02	8
	砖木结构	1.21	17.89	36.50	36.25	13.92	7
Ⅸ	土木结构	15.00	44.15	26.30	14.60	0.00	2
	砖木结构	13.00	40.00	28.00	19.00	0.00	2

（2）“灾评国标”实施以来云南地区简易房屋的地震破坏比

2006 年“灾评国标”实施以来，土木结构、砖木结构等房屋归为简易房屋，破坏等级被简化，划分为“毁坏”、“破坏”和“基本完好”3 个破坏等级。云南地区共发生 12 次破坏性地震，其中 2006 年 8 月 29 日盐津 4.9 级与 8 月 25 日 5.1 级地震震中相邻、发震时间相近，合在一起进行评估；

按国家“东四西五”地震应急的原则要求，云南地区 5.0 级以下地震不纳入统计，没有统计 2008 年 12 月 26 日瑞丽 4.9 级地震的灾评数据。因此，12 次地震实际只进行了 10 次灾评，10 个灾评报告都给出了Ⅵ度区土木结构和砖木结构房屋的破坏比；有 5 次灾评报告给出了Ⅶ度区土木结构和砖木结构房屋的破坏比。此期间内，云南境内最大地震为 2007 年宁洱 6.4 级，最大烈度达Ⅷ度，有 3 次灾

评报告给出了Ⅷ度区土木结构和砖木结构房屋的破坏比,“灾评国标”实施以来云南地区历次地震简易房屋破坏比平均值见表3。

表3 “灾评国标”实施以来云南地区简易房屋不同破坏等级的破坏比(%)平均值

Tab.3 Average damage ratio of buildings of several classes in Yunnan after the Post-earthquake Field Works—Part 4: Assessment of Direct Loss came into effect

地震烈度	结构类型	破坏等级			统计个数
		毁坏	破坏	基本完好	
Ⅵ	土木结构	3.81	24.87	71.32	10
	砖木结构	2.63	22.67	74.71	10
Ⅶ	土木结构	11.6	49.65	38.75	5
	砖木结构	8.5	53.06	38.45	5
Ⅷ	土木结构	42.05	50.36	7.59	3
	砖木结构	34.4	53.83	11.76	3

3 简易房屋震害指数研究

3.1 “灾评国标”实施以前房屋不同破坏等级的震害指数

“灾评国标”实施以前,各类房屋结构的破坏等级划分为毁坏、严重破坏、中等破坏、轻微破坏、基本完好(含完好)5个等级。《地震现场工作大纲与技术指南》(中国地震局,1998)对房屋不同破坏等级的震害指数作了明确规定:基本完好(含完好)房屋震害指数取0~0.1,轻微破坏取0.2,中等破坏取0.4,严重破坏取0.6,毁坏取0.8~1.0。云南地区地震现场调查和灾害损失评估过程中,基本完好(含完好)的房屋震害指数取0,毁坏房屋震害指数一般取1.0(表4)。

表4 房屋建筑各破坏等级对应的震害指数(I)

Tab.4 Seismic damage index of each damage class (I)

破坏等级	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好 (含完好)
震害指数 I	1.0	0.6	0.4	0.2	0.0

3.2 简易房屋不同破坏等级的震害指数

“灾评国标”实施以后,简易房屋的破坏等级被简化,即原有的“严重破坏”与“毁坏”合并为“毁坏”,原有的“中等破坏”与“轻微破坏”合并为“破坏”,“基本完好”保持不变。本文研

究的目的是寻求破坏等级合并后的震害指数。新的破坏等级的震害指数来自于原有破坏等级的震害指数。在“灾评国标”实施前后震害指数一致性的原则下,把原来5个破坏等级的震害指数分配到现有的3个破坏等级中去。新的破坏等级来源清楚,需要按破坏比的不同权重进行相应的归并。

(1) 简易房屋“毁坏”等级的震害指数

令 I_r 、 I_h 表示“灾评国标”实施前“毁坏”等级和“严重破坏”等级的震害指数, λ_r 、 λ_h 分别表示“灾评国标”实施前“毁坏”等级和“严重破坏”等级的破坏比; I_{nr} 、 λ_{nr} 分别表示“灾评国标”实施后“毁坏”等级的震害指数和破坏比,即“毁坏”与“严重破坏”合并为“毁坏”等级的震害指数和破坏比。按“灾评国标”实施前后震害指数与破坏比的积保持不变的原则,有

$$I_r \cdot \lambda_r + I_h \cdot \lambda_h = I_{nr} \cdot \lambda_{nr} \tag{1}$$

将表2简易房屋(土木结构和砖木结构房屋)“毁坏”、“严重破坏”等级的破坏比(λ_r 、 λ_h)、表4“毁坏”、“严重破坏”等级的震害指数(I_r 、 I_h)以及简易房屋合并后“毁坏”等级的破坏比(λ_{nr})代入公式(1),可计算出简易房屋“毁坏”等级的震害指数(I_{nr})(表5)。

(2) 简易房屋“破坏”等级的震害指数

用 I_m 、 I_l 表示“灾评国标”实施前“中等破坏”等级和“轻微破坏”等级的震害指数,用 λ_m 、 λ_l 分别表示“灾评国标”实施前“中等破坏”等级和“轻微破坏”等级的破坏比;用 I_{nd} 、 λ_{nd} 分别表示“灾评国标”实施后“破坏”等级的震害指数和破坏比,即“中等破坏”和“轻微破坏”合并后“破坏”等级的震害指数和破坏比。按“灾评国标”实施前后震害指数与破坏比的积必须保持不变的原则,有

$$I_m \cdot \lambda_m + I_l \cdot \lambda_l = I_{nd} \cdot \lambda_{nd} \tag{2}$$

将表2中的简易房屋(土木结构和砖木结构房屋)“中等破坏”和“轻微破坏”等级的破坏比(λ_m 、 λ_l)和表4的“中等破坏”和“轻微破坏”等级的震害指数(I_m 、 I_l)以及简易房屋合并后“破坏”等级的破坏比(λ_{nd})代入公式(2),可计算出简易房屋“破坏”等级的震害指数(I_{nd})(表6)。

表 5 “灾评国标”实施后简易房屋“毁坏”等级的震害指数（ I_{nr} ）

Tab. 5 Seismic damage index of DESTRUCTION of simple-buildings after the *Post-earthquake Field Works—Part 4*;
Assessment of Direct Loss came into effect (I_{nr})

地震烈度	结构类型	“灾评国标”实施前				“灾评国标”实施后	
		毁坏		严重破坏		毁坏	
		破坏比（%） λ_r	震害指数 I_r	破坏比（%） λ_h	震害指数 I_h	破坏比（%） λ_{nr}	震害指数 I_{nr}
VI	土木结构	0.03	1.0	0.67	0.6	0.7	0.62
	砖木结构	0.04	1.0	0.48	0.6	0.52	0.63
VII	土木结构	0.44	1.0	6.51	0.6	6.95	0.63
	砖木结构	0.19	1.0	3.87	0.6	4.06	0.62
VIII	土木结构	4.17	1.0	19.92	0.6	24.09	0.67
	砖木结构	1.21	1.0	17.89	0.6	19.1	0.63
IX	土木结构	15	1.0	44.15	0.6	59.15	0.70
	砖木结构	13	1.0	40	0.6	53	0.70
“毁坏”等级震害指数平均值							0.65
标准偏差							0.036

表 6 “灾评国标”实施后简易房屋“破坏”等级的震害指数（ I_{nd} ）

Tab. 6 Seismic damage index of DAMAGE of simple-buildings after the *Post-earthquake Field Works—Part 4*;
Assessment of Direct Loss came into effect (I_{nr})

地震烈度	结构类型	“灾评国标”实施前				“灾评国标”实施后	
		中等破坏		轻微破坏		破坏	
		破坏比（%） λ_m	震害指数 I_m	破坏比（%） λ_l	震害指数 I_l	破坏比（%） λ_{nd}	震害指数 I_{nd}
VI	土木结构	6.46	0.4	24.87	0.2	31.33	0.24
	砖木结构	4.45	0.4	21.76	0.2	26.21	0.23
VII	土木结构	19.7	0.4	34.65	0.2	54.35	0.27
	砖木结构	21.34	0.4	33.31	0.2	54.65	0.28
VIII	土木结构	37.84	0.4	31.17	0.2	69.01	0.31
	砖木结构	36.5	0.4	36.25	0.2	72.75	0.30
IX	土木结构	26.3	0.4	14.6	0.2	40.9	0.33
	砖木结构	28	0.4	19	0.2	47	0.32
“破坏”等级震害指数平均值							0.29
标准偏差							0.035

(3) “基本完好”破坏等级的震害指数

“灾评国标”实施前、后，“基本完好”（含“完好”）没有经过任何合并或拆分，其破坏比保持不变，因此，其震害指数也保持不变，是 0.0。

(4) 简易房屋震害指数的取值

在现场调查、灾害损失评估以及科学研究过程中，应尽可能遵循原有规定的震害指数。然而，“灾评国标”提出简易房屋的概念并简化了简易房屋的破坏等级，在研究和计算过程中，遵循“破坏”等级的合并原理计算所得的不同烈度区内不同结构类型，各“破坏”等级的震害指数，数据

量大，不便于实际运用。另一方面，不同烈度区内不同结构类型“毁坏”和“破坏”等级的震害指数的标准偏差较小，分别是 0.036 和 0.035，离散性不强，为方便实际使用，各“破坏”等级的震害指数可取用平均值。简易房屋各破坏等级的震害指数可按表 7 取值。

表 7 房屋建筑各破坏等级对应的震害指数（ I ）

Tab. 7 Seismic damage index of each damage class (I)

破坏等级	毁坏	破坏	基本完好
震害指数 I	0.65	0.29	0.0

4 讨论与认识

震害指数用于定量评定地震烈度，确保地震灾害损失评估的准确性，为地震灾害的科学研究积累资料，为地震灾害其他相关的科学研究提供定量化数据。根据《地震现场工作大纲和技术指南》（中国地震局，2008），某一类结构的震害指数为该结构在不同破坏等级下震害指数之和，即

$$i=\sum_{j=1}i_j\cdot\lambda_j.$$
(3)

式中： i 为某类结构的震害指数； j 为该类结构的破坏等级（可取 1、2、3、4、5，分别表示“基本

完好”、“轻微破坏”、“中等破坏”、“严重破坏”和“毁坏”）； i_j 为该类结构 j 级破坏的震害指数（表 7）； λ_j 为该类结构 j 级破坏的破坏比（%）。

现场调查时，通过计算房屋建筑的平均震害指数来评定烈度，震害指数与烈度的经验关系参照《中国地震烈度表》（GB/T 17742 - 1999），见表 8。

“灾评国标”实施以来，云南地区的 10 个灾评报告都给出了不同烈度区简易房屋的破坏比，其平均值见表 3。简易房屋各破坏等级的震害指数见表 7。将简易房屋的破坏比、各破坏等级的震害指数代入公式（3），计算“灾评国标”实施以来云南地区不同烈度区的震害指数，结果见表 9。

表 8 平均震害指数与烈度的关系
Tab. 8 Relation between average seismic damage index and intensity

烈度	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ	X	XI
平均震害指数	0 ~ 0.1	0.11 ~ 0.30	0.31 ~ 0.50	0.51 ~ 0.70	0.71 ~ 0.90	0.91 ~ 1.00

表 9 “灾评国标”实施以来云南地区不同烈度区的震害指数
Tab. 9 Seismic damage index of differant seismic region after the *Post-earthquake Field Works—Part 4: Assessment of Firect loss* came into effect

地震烈度	结构类型	毁坏	破坏	基本完好	震害指数
Ⅵ	土木结构	3.81	24.87	71.32	0.097
	砖木结构	2.63	22.67	74.71	0.083
Ⅶ	土木结构	11.6	49.65	38.75	0.219
	砖木结构	8.5	53.06	38.45	0.209
Ⅷ	土木结构	42.05	50.36	7.59	0.419
	砖木结构	34.4	53.83	11.76	0.380

“灾评国标”实施后，云南地区出现的最大震中烈度为Ⅷ度。采用本文给出的各破坏等级震害指数计算“灾评国标”实施后不同烈度区的震害指数，得到：Ⅵ度区土木结构、砖木结构房屋的震害指数分别是 0.097 和 0.083，小于 0.1；Ⅶ度区土木结构、砖木结构房屋的震害指数分别是 0.219 和 0.209，介于 0.11 ~ 0.30 之间；Ⅷ度区土木结构、砖木结构房屋的震害指数分别是 0.419 和 0.380，介于 0.31 ~ 0.50 之间，对照表 8，都与现场评定的烈度显示了较好的一致性。

由此可以看出，一方面，简易房屋的震害指数按照“灾评国标”破坏等级简化原理，经过严密推理分析给出，另一方面，本文研究给出的各破坏等级震害指数计算“灾评国标”实施后不同

烈度区的震害指数，与现场评定的烈度显示了较好一致性，因此本文给出的震害指数可以运用于实际灾评工作中。

参考文献：
非明伦，周光全，厉建明，等. 2006. 墨江 5.0 级地震灾害调查与烈度分析[J]. 地震研究, 29(增刊): 482 - 485.
非明伦，周光全，余庆坤，等. 2007. 保山隆阳 5.0 级地震永昌城区房屋震害统计与分析[J]. 地震研究, 29(增刊): 77 - 82.
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. 1993. 地震灾害预测和评估工作手册[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, 2003.

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.

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, 施伟华, 非明伦, 等. 2005a. 教育系统和卫生系统地震灾害损失评估方法[J]. 地震研究, 30(1): 193-196.

周光全, 施伟华, 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. 2005b. 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.

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.

GB/T 17742—1999, 中国地震烈度表[S].

GB/T 18208. 4—2005, 地震现场工作 第 4 部分: 灾害直接损失评估[S].

GB/T 18208. 3—2000, 地震现场工作 第 3 部分: 调查规范[S].

Seismic-damage Index of Simple-buildings in Yunnan

ZHOU Guang-quan

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

Abstract

Fifty-six destructive earthquakes occurred in Yunnan from 1992 to 2005, and abundant disaster data accumulated. *Post-earthquake Field Works—Part 4: Assessment of Direct Loss* came into effect on October 2005, and the class of simple-buildings was put forward in this standard. Thus, the former five damage classes of simple-buildings have been simplified to three classes. In this paper, we calculate the damage ratio in different seismic regions of 56 earthquakes and do a weighted average of the former seismic damage indexes using the damage ratio. In this way the seismic damage indexes of three damage classes are gained.

Key words: simple-buildings; damage class; damage ratio; seismic damage index; weighted average