

姚安 6.0 级地震的震害指数和烈度*

施伟华

(云南省地震局, 昆明 650224)

摘要: 阐述了姚安 6.0 级地震烈度评定的过程, 对各评估区的房屋的破坏比进行了调查, 计算出各类房屋的震害指数, 进而确定了各评估区的震害指数, 并按照《中国地震烈度表》新规定, 对各个评估区的烈度作了评定。

关键词: 姚安地震; 破坏比; 震害指数; 地震烈度

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2009)增刊-0470-05

0 概述

2009年7月9日19时19分, 云南省姚安县(25°36'N, 101°06'E)发生 $M_s6.0$ 地震。地震造成云南省楚雄州的姚安县、大姚县、南华县、牟定县、永仁县及大理州的祥云县、宾川县部分房屋破坏, 生命线工程及水利等基础设施损坏。

姚安 6.0 级地震宏观震中位于姚安县官屯乡官屯村—马游村一带, 极震区烈度为Ⅷ度, 等震线形状呈椭圆形, 长轴走向为北西向。Ⅵ度区以上总面积为 6 958 km² (图 1)。

Ⅷ度区分布在姚安县境内, 北自左门乡仰拉村以北, 南到官屯乡巴拉扎, 东起三渡邑、长寿村一带, 西至官屯乡吊索箐, 面积约 230 km²。

Ⅶ度区分布在姚安与大姚县境内, 北自大姚县金碧镇大桥村以北, 南到姚安县弥兴镇中村, 东起姚安县前场镇庄科村西部, 西到祥云县东山乡新民村。面积约 883 km²。

Ⅵ度区范围: 北自大姚县三台镇树吾打以北, 南到南华县城, 东起大姚县龙街乡设甸村, 西近宾川县雄鲁么村, 总面积约 5 845 km²。

随着经济的发展和社会的进步, 云南地区的房屋的抗震能力有了改善。这次震区涉及姚安县城和大姚县城, 城镇的房屋多数都是经过正规抗震设防设计的, 而农村的房屋多数未经正规抗震设防设计, 这就要求现场调查人员根据现场情况的变化和新规范的要求, 科学、合理、客观地确定震区的烈度空间分布情况。《中国地震烈度表》(GB/T 17742—2008) 对如何评估城镇的烈度做了

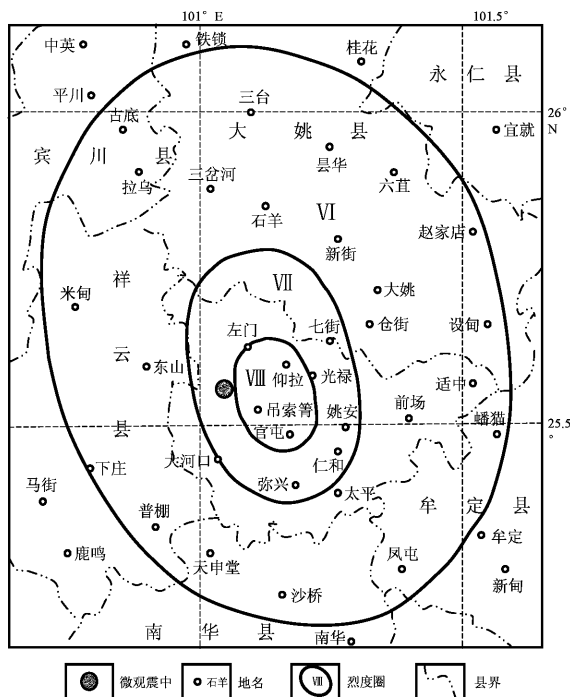


图 1 姚安 6.0 级地震烈度分布图

Fig. 1 Yao'an $M_s6.0$ earthquake seismic intensity of distribution map

新的规定。这次姚安 6.0 级地震烈度的评定是第一次按照新的国家标准开展的。以下详细介绍这次地震的烈度及评定的过程和方法。

1 评估区的划分

地震烈度调查工作按照国家标准《地震现场工作第三部分: 调查规范》(GB/T 18208.3—2000)

* 收稿日期: 2009-08-25.

基金项目: 地震行业科研专项“宁洱 6.4 级地震现场综合考察和研究 (200808061)”资助.

和《中国地震烈度表》(GB/T 17742—2008)的要求进行。震害指数的调查和烈度的评定主要以房屋破坏为主要依据,但要注意区别经过正规抗震设防设计的和未经正规抗震设防设计的房屋的震害。

姚安 6.0 级地震的震区分为 5 个评估区,2 个城市评估区和 3 个农村评估区。按震中距的远近,将农村划分为一、二、三评估区。灾区涉及姚安、

大姚、南华、牟定等县城,其中,姚安、大姚县城的震害较重,宜将其作为城市评估区进行单独评估。将姚安县城列为评估区四,大姚县城列为评估区五。南华县城与牟定县城的震害比较轻微,并入评估区三进行评估。

将姚安县城分为 4 个调查区、大姚县城分为 3 个调查区(图 2、图 3),对房屋建筑进行抽样调查,调查范围覆盖了整个城区。

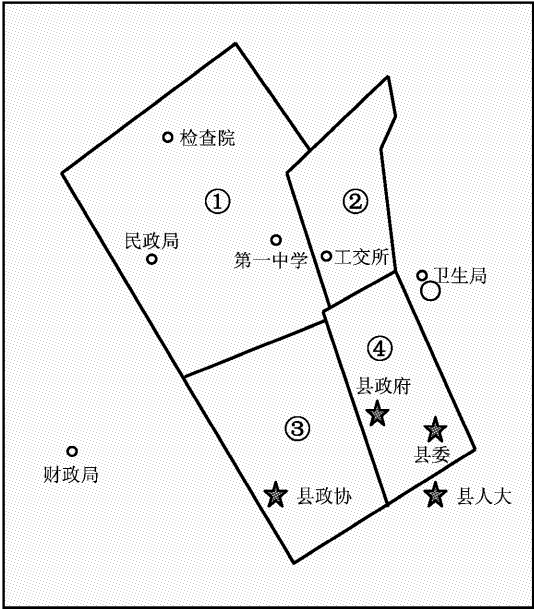


图 2 姚安县城调查分区示意图

Fig. 2 Yao'an Town survey district map

评估区的平均震害指数的计算工作分三个步骤:

第一,房屋各级破坏的震害指数的取值。对房屋的不同破坏等级,按照《中国地震烈度表》(GB/T 17742—2008),从表示基本完好的 $d_{ij} = 0$ 到表示毁坏的 $d_{ij} = 1$,中间的破坏等级各赋予适当的震害指数(表 1)。

表 1 非简易房屋各破坏等级的震害指数 (d_{ij})

Tab. 1

破坏等级	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
取值	1	0.7	0.4	0.2	0
上下限	[0.85,1]	[0.55,0.85]	[0.3,0.55]	[0.1,0.3]	[0,0.1]

《中国地震烈度表》(GB/T 17742—2008)中没对简易房屋做相关规定,我们根据多年的经验,按表 2 取值。

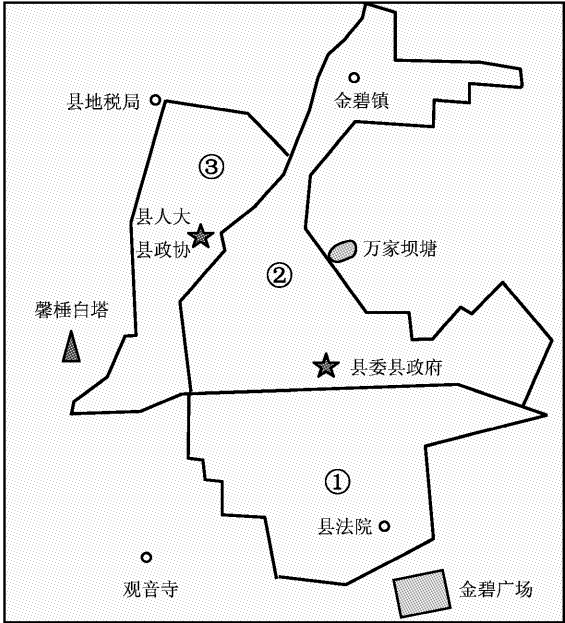


图 3 大姚县城调查分区示意图

Fig. 3 Dayo Town survey district map

表 2 简易房屋的各级破坏的震害指数 (d_{ij})

Tab. 2

破坏等级	毁坏	破坏	基本完好
取值	0.85	0.3	0

第二,计算某评估区的某类房屋的震害指数。根据在某评估区各个抽样调查点中调查得到的某类房屋的各级破坏比,某评估区某类房屋的震害指数可用下式计算。

$$d_i = \sum d_{ij}r_{ij}.$$
 (1)

式中: d_i 为该评估区某类房屋的震害指数; d_{ij} 为该评估区某类房屋的 j 级破坏的震害指数(取 0 ~ 1.0); r_{ij} 为该评估区某类房屋的 j 级破坏比。

第三,计算某评估区的平均震害指数。有了以上二步的结果,就可以用下式计算出某评估区的平

均震害指数。

$$d = \sum d_i (n_i / N).$$
(2)

式中: d 为某评估区的平均震害指数; d_i 的意义同上; n_i 为该评估区中受各级破坏的 i 类房屋的统计面积; N 为该评估区中受各级破坏的所有房屋的统计面积。

(2)式也可以称为加权平均震害指数,括号中的 (n_i/N) 即是权系数,其统计学的意义比较明确,哪类受各级破坏的房屋占的比例高,统计平均的结果就比较稳定可靠,它所占的权就重。

2 震害指数与烈度的关系

2.1 各类房屋的震害指数

通过地震现场调查,得到姚安 6.0 级地震的各

评估区各类房屋的破坏比,取其相应的房屋各级破坏的震害指数,按式(1)计算得到各类房屋的震害指数,如表 3、表 4 所示。

表 3 简易房屋破坏比 (%) 及震害指数
Tab. 3 Simple houses damage index

评估区	结构类型	破坏等级			震害指数
		毁坏	破坏	基本完好	
一	砖木结构	8. 37	76. 43	15. 20	0. 30
	土木结构	42. 05	48. 11	9. 84	0. 50
二	砖木结构	7. 03	43. 20	49. 77	0. 19
	土木结构	8. 40	50. 49	41. 11	0. 22
三	砖木结构	1. 11	21. 48	77. 41	0. 07
	土木结构	2. 08	23. 45	74. 47	0. 09
四	砖木结构	8. 78	39. 59	51. 63	0. 19
	土木结构	5. 07	65. 32	29. 61	0. 24
五	砖木结构	0	21. 12	78. 88	0. 06
	土木结构	0. 55	24. 98	74. 47	0. 08

表 4 非简易房屋破坏比 (%) 及震害指数
Tab. 4 Not - simple houses damage index

评估区	结构类型	破坏等级					震害指数
		毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好	
一	框架结构	0	5. 24	12. 86	31. 90	50. 00	0
	砖混结构	0	5. 57	10. 58	55. 49	28. 36	0. 03
二	框架结构	0	0	11. 78	23. 57	64. 65	0
	砖混结构	0	0	9. 79	38. 16	52. 05	0. 02
三	框架结构	0	0	1. 41	19. 74	78. 85	0. 05
	砖混结构	0	0	1. 31	21. 11	77. 58	0. 05
四	框架结构	0	0. 40	14. 46	25. 55	59. 59	0. 02
	砖混结构	0	0. 78	18. 46	26. 00	54. 76	0. 07
五	框架结构	0	0	0	16. 89	83. 11	0. 01
	砖混结构	0	0	0	18. 87	81. 13	0. 02

2.2 震害指数与烈度的关系

在提出震害指数以前,在地震现场的震害调查中,深感烈度的精度不高。

震害指数以量值化的方法,评定的烈度比较稳

定,而且精度得到了提高,在 1980 年修改的《中国地震烈度表》中首次得到了应用。在 1999 年再次修定的《中国地震烈度表》(GB/T 17742 - 1999)规定了震害指数与烈度、加速度存在的对应关系(表 5)。

表 5 未抗震设防的房屋的震害指数与烈度、水平向峰值加速度(m/s^2) 的对应关系
Tab. 5 Relation between damage index, intensity and horizontal max acceleration(m/s^2)

烈度	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ	X	XI
震害指数	0 ~ 0. 10	0. 11 ~ 0. 30	0. 31 ~ 0. 50	0. 51 ~ 0. 70	0. 71 ~ 0. 90	0. 91 ~ 1. 00
加速度	0. 45 ~ 0. 89	0. 90 ~ 1. 77	1. 78 ~ 3. 53	3. 54 ~ 7. 07	7. 08 ~ 14. 14	

3 姚安 6.0 级地震的震害指数和烈度

3.1 震害指数

各评估区的各类房屋的震害指数由以上计算得到(表3、表4)。各评估区各类房屋总面积由地方政府提供(表6),有了这2个参数,利用公式(2),就可计算得到各评估区的加权平均震害指数(表7)。

表6 各评估区各类房屋总面积(m²)

评估区	框架	砖混	砖木	土木	合计
一	16 917	133 443	70 161	676 073	896 594
二	54 043	642 967	290 509	2 704 811	3 692 330
三	703 289	3 054 402	1 864 069	11 842 929	17 464 689
四	235 968	807 568	67 290	322 327	1 433 153
五	355 297	1 034 881	123 634	471 415	1 985 227

3.2 烈度

地震烈度的评定主要是根据未经抗震设防的低层房屋进行的,但随着经济的发展,震区房屋的设计施工逐步走向正规,经过抗震设防的房屋逐年增多。《中国地震烈度表》(GB/T 17742—1999)的4.3条规定:表中的房屋为未经抗震设计或加固的单层或数层砖混和砖木房屋。相对质量特别差或特别好,以及地基特别差或特别好的房屋,可根据具体情况,对表中各烈度相应的震害程度和平均震害指数予以提高或降低。

《中国地震烈度表》(GB/T 17742—2008)对这一规定又做了完善,在3.3条中将评定烈度的房屋

表8 A、B、C类房屋的震害指数与烈度、水平向峰值加速度(m/s²)的对应关系

Tab. 8 Relation between damage index, intensity and horizontal max asseleration(m/s ²)													
烈度	Ⅵ		Ⅶ		Ⅷ		Ⅸ		Ⅹ		Ⅺ		
房屋类型	A、B	C	A、B	C	A、B	C	A、B	C	A、B	C	A、B	C	
震害指数	0.0~0.11	0.0~0.08	0.09~0.31	0.07~0.22	0.29~0.51	0.20~0.40	0.49~0.71	0.380.60	0.69~0.91	0.58~0.80	0.89~1.0	0.78~1.0	
加速度	0.45~0.89		0.90~1.77		1.78~3.53		3.54~7.07		7.08~14.14				

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306—2001),大姚县和姚安县的抗震设防烈度为Ⅶ度,设计基本加速度值为0.10 g。

大姚县城和姚安县城的砖混和框架结构房屋绝大多数都是正规设计施工的,可看作C类房屋。由表8,当某评估区C类房屋的震害指数为0.07—

表7 各评估区的加权平均震害指数

Tab. 7 Average damage index in each evaluation area

评估区	房屋类型	震害指数	加权平均震害指数
一	简易房屋	砖木结构	0.30
		土木结构	0.50
	非简易房屋	框架结构	0.15
		砖混结构	0.19
二	简易房屋	砖木结构	0.19
		土木结构	0.22
	非简易房屋	框架结构	0.09
		砖混结构	0.12
三	简易房屋	砖木结构	0.07
		土木结构	0.09
	非简易房屋	框架结构	0.05
		砖混结构	0.05
四	简易房屋	砖木结构	0.19
		土木结构	0.24
	非简易房屋	框架结构	0.11
		砖混结构	0.13
五	简易房屋	砖木结构	0.06
		土木结构	0.08
	非简易房屋	框架结构	0.03
		砖混结构	0.04

分为以下3类:

- A类:木构架和土、石、砖墙建造的旧式房屋;
- B类:未经抗震设防的单层或多层砖砌体房屋;
- C类:按照Ⅶ度抗震设防的单层或多层砖砌体房屋。

还规定了这三类房屋的震害指数与烈度、加速度的对应关系(表8)。

0.22时,该评估区的烈度就是Ⅶ度;震害指数为0.0—0.08时,该评估区就是Ⅵ度区。参看表7,在现场调查的评估区四、五的C类房屋的震害指数值分别在《中国地震烈度表》(GB/T 17742—2008)规定的Ⅶ度和Ⅵ度范围内。由加权平均震害指数也可以看出,评估区四为0.16,是Ⅶ度区;评估区五为

0.05,是Ⅵ度区。

评估区一、二、三是农村,相对来说,这3个评估区的各类房屋的质量较差,将其看作A、B类。由表7的加权平均震害指数,可以看出评估区一、二、三的震害指数分别落在Ⅷ度、Ⅶ度、Ⅵ度内。

参考文献:

GB18306-2001,中国地震动参数区划图[S].
GB/T 18208.3-2000,地震现场工作第三部分:调查规范[S].
GB/T 17742-2008,中国地震烈度表[S].
GB/T 17742-1999,中国地震烈度表[S].

Seismic Hazard Index and Earthquake Intensity of
Yao'an $M_s6.0$ Earthquake

SHI Wei-hua

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

Abstract

The paper introduces the method of seismic hazard survey. It describes the process of earthquake intensity evaluation. We also investigate the seismic damage ratio of houses in assess areas. And then it determined the damage indexes of the assess areas, and thus we have made the intensity evaluation according to “Chinese seismic intensity scale” (GB/T 17742-2008)。

Key words: Yao'an $M_s6.0$ Earthquake, seismic damage ratio, seismic damage index, seismic intensity