

文雯,隋明坤,庄儒新,等. 2023. 基于历史地震烈度资料的云南地区地震危险性评估[J]. 地震研究, 46(3): 422–429, doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2023.0047.

Wen W, Sui M K, Zhuang R X, et al. 2023. Seismic hazard assessment of Yunnan based on historical seismic intensity[J]. *Journal of Seismological Research*, 46(3): 422–429, doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2023.0047.

## 基于历史地震烈度资料的云南地区地震危险性评估<sup>\*</sup>

文雯, 隋明坤, 庄儒新, 王珏, 陆斌斌, 李圣

(云南省地震局, 云南昆明 650224)

**摘要:** 将云南地区按照  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$  划分网格, 收集了 1713—2022 年 6 级以上和 1900—2022 年 5 级以上 (或震中烈度  $\geq \text{VI}$  度) 地震的烈度资料, 分析这些地震对各网格的影响, 筛选影响烈度  $I \geq \text{V}$  度的地震组成地震烈度资料数据库; 建立地震烈度与其发生频率 (或重复周期) 之间的关系, 对云南地区的地震危险性进行评估, 给出了每个网格发生某一烈度的重复周期, 同时预估了未来 50 年发生某一烈度的超越概率, 并利用烈度与加速度的对应关系, 给出了 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度 (PGA); 将计算结果与云南地区地震构造以及中国地震动参数区划图进行比较。结果表明: 重复周期较短 (重复频率较高) 的区域与活动断裂展布的密集程度是基本吻合的; 50 年超越概率 10% 的峰值加速度分布区域与中国地震动参数区划图的 PGA 高低区域分布大体一致, 从各市 (县) 的尺度上看, 又有所不同, 有的县 (市) 的 PGA 比区划图云南部分给出的结果高, 有的则偏低。

**关键词:** 地震烈度; 地震危险性评估; 地震灾害风险; 重复周期; 超越概率; 云南地区

**中图分类号:** P315.91      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0666(2023)03-0422-08

doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2023.0047

## 0 引言

云南地区地震灾害多发, 摸清该地区的地震灾害风险隐患底数是进一步做好防灾减灾救灾工作的重要基础, 最有效手段之一就是地震危险性评估。地震危险性评估有多种方法, 较为常见的是地震危险性概率分析方法 (Cornell, 1968), 但有学者认为其应用结果存在一些问题, 在与一些实际地震所产生的地震动强度对比后发现, 该方法可能会得出低于或高于实际的地震动强度 (Geller, 2011; Stein et al, 2012; Kossobokov, Nektasova, 2012; Wang, 2012; Hanks, 2011)。

鉴于地震危险性概率分析方法计算结果的偏差, 有些学者利用烈度资料, 建立地震烈度与其发生频率的关系, 进行地震危险性评估, 如: Stein 等 (2006) 和 Bozkurt 等 (2007) 对日本东京地

区, Chen 等 (2010) 对中国台湾地区进行了地震危险性评估; 刘静伟等 (2010, 2014) 估算了京津唐地区和大华北地区的地震危险性, 取得了较为满意的结果。基于历史地震烈度资料的评估方法不需要过多的假设, 而且烈度资料包含了地质特征、场地效应以及建筑物的响应, 但其最大的缺陷是受到观测资料数量的限制。

云南地区记录并积累了丰富的历史地震烈度资料, 学者们对这些历史地震进行了深入研究并描绘了等烈度线 (地震局震害防御司, 1995; 中国地震局震害防御司, 1999; 陈敬, 沈斯伟, 2000), 使云南地区具备使用历史地震烈度资料进行危险性评估的基础。鉴于此, 本文收集了云南地区有记录史以来较为完整的历史地震烈度资料, 建立烈度数据库; 通过对历史地震烈度资料进行统计分析, 建立地震烈度与其发生频率 (或重复周期) 之间的关系, 对云南地区 3 个分区进行地震危险性评估; 将

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2022-11-07.

基金项目: 云南省地震局地震自立科技专项基金 (2022ZLZX03); 云南省第一次全国自然灾害风险普查项目。

第一作者简介: 文雯 (1982-), 工程师, 主要从事工程地震方面的研究. E-mail: 54549099@qq.com.

计算结果与云南地区地震构造以及《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2015)(下文简称区划图云南部分)进行比较。以期云南省地震灾害风险普查工作做补充,也可作为制定云南地区抗震设防基本参数的参考。

## 1 烈度资料的收集

### 1.1 烈度数据库的建立

云南地区有记载的最早的地震为公元886年大理5½级地震,绘制了等烈度线的最早地震是1515年永胜西北7¼级地震。地震危险性评估需要地震资料的完整性。滇中和滇东地区自1900年至今5级地震资料基本完整,自1713年至今6级地震资料基本完整;滇西南地区20世纪20年代以前,几乎无地震记录,地震资料记载的年限较短、地震资料的完整性较差(黄玮琼等,1994;皇甫岗等,2010)。本文收集了1713—2022年6级以上和1900—2022年5级以上(或震中烈度 $I \geq VI$ 度)且对云南地区产生过影响的烈度 $I \geq V$ 度的历史地震,对其进行余震删除,最终得到439次地震,基于Arcgis平台建立了烈度资料数据库。

### 1.2 烈度资料的分布

将云南地区按照 $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ 划分网格,共计得到3421个网格,因此分析一个区域受到的烈度影响即可转化为分析区域内每个网格受到的烈度影响。收集的439次地震中,有214次地震有等烈度线资料,可直接录入数据库,对于其余无等烈度线资料的229次地震,采用云南地区地震烈度等效圆衰减关系(周炳荣,郭若瑾,1989),估算每个网格点受到的烈度影响。云南地区地震烈度等效圆衰减关系与区划图所使用的川滇地区烈度衰减关系相比,前者使用的等效圆半径与后者使用的短轴半径相近,比较不容易高估影响烈度。限于篇幅,本文仅给出云南地区地震烈度 $I \geq V$ 度的烈度资料次数分布(图1)。从图1可见,在滇西地区的丽江、鹤庆、宾川、大理、腾冲、盈江,滇南地区的思茅区、景谷、澜沧,滇中的玉溪、通海、建水等地,烈度资料数量较多;在滇西北地区的贡山德钦,滇东北地区的镇雄,滇东地区的富源、罗平、丘北、文山、屏边、金平,以及再往东的县烈度资料数量比较少, $I \geq V$ 度的地震次数不超过5次。

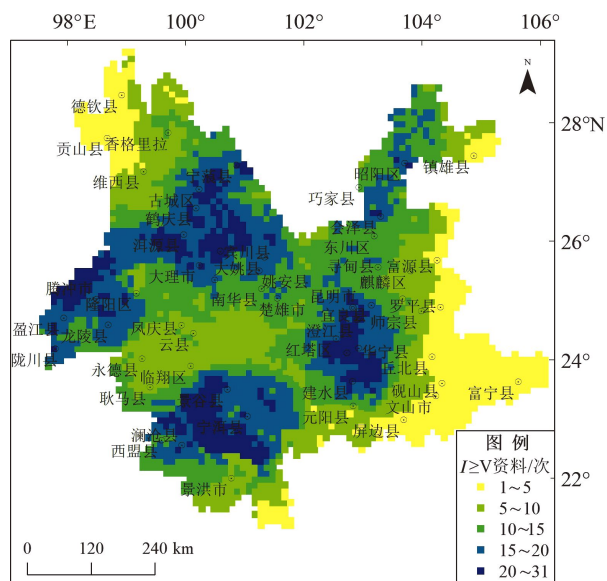


图1 云南地区烈度 $I \geq V$ 度的资料次数分布

Fig. 1 The distribution of the number of intensity data ( $I \geq V$ ) in Yunnan

## 2 灾害曲线公式的建立

类似于震级-频率关系,本文建立每个网格灾害曲线即频率-烈度关系,可以得到某个区域内大于等于给定地震烈度的地震频次与该地震烈度的关系(Bozkurt *et al*, 2007; Milne, Davenport, 1969):

$$\lg(f) = \alpha - \beta \times I \quad (1)$$

式中: $I$ 为烈度; $f$ 为烈度 $\geq I$ 的年平均发生率; $\alpha$ 和 $\beta$ 为参数,由最小二乘法得到。

考虑到每个网格内的地震烈度资料数量可能会导致计算结果造成较大差异,而一些地震烈度资料数量很少的网格可能不能充分反映当地的 $\beta$ 值。因此本文分区域统计 $\beta$ 值,并将该值应用于每个网格,也就是认为该区域的强弱地震发生比例是一定的,但某个网格受到某一烈度影响的频率是不一样的(Bozkurt *et al*, 2007)。

按照区划图中地震带的范围,将云南地区划分为3个区域:滇西南地区(滇西南地震带云南部分)、滇中地区(鲜水河—滇东地震带云南部分、臧中地震带云南部分)、滇东南地区(右江地震带云南部分、长江中游地震带云南部分),其中滇西南地区有1504个网格,滇中地区有1304个网格,滇东南地区有613个网格(图2)。

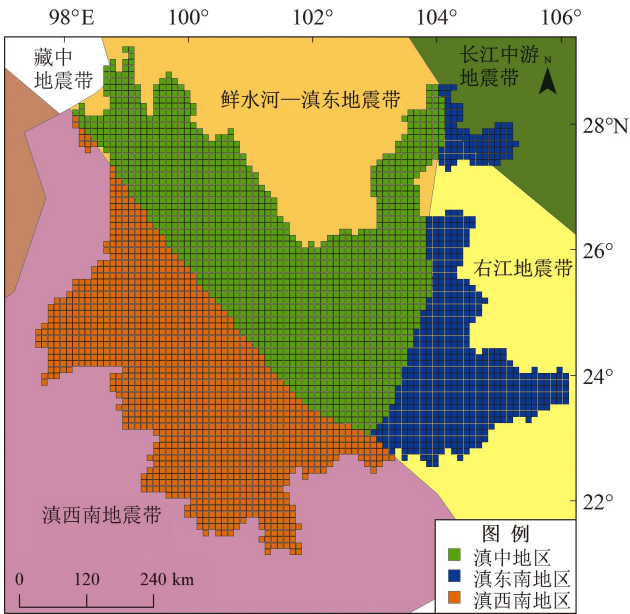


图2 滇西南地区、滇中地区、滇东南地区格网划分  
Fig. 2 The divided cells with  $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$  in Southwest, Central, and Southeast Yunnan

图3为根据烈度-频率拟合关系计算回归得到的3个地区的 $\beta$ 值。从图中可以看出,3个地区统计的最小烈度(V度)和最大烈度(IX度/VIII度/X度)都在拟合直线下方,这可能是受到多种因素的影响,如地震资料统计年限较短,不能有效地反映大地震的重复性,最小烈度的地震有所遗漏等。由于 $\beta$ 值对地震危险性评估结果的影响比较大,对滇西南和滇中地区去掉最大烈度和最小烈度,重新拟合了 $\beta$ 值,如图4所示。由于滇东南地区地震烈度资料较少,V度和VI度的影响大多是通过烈度衰减关系计算得到,不宜删除最大烈度,所以维持原 $\beta$ 值(0.574)拟合结果(图3c)。滇西南和滇中地区分别得到了2个 $\beta$ 值拟合结果,将 $\beta$ 值应用到每个网格的烈度-频率拟合中,通过每个网格的回归系数 $R$ 和标准平方差 $\sigma$ 来选择合适的 $\beta$ 值(表1)。表1计算结果表明,超过半数的网格回归系数 $R > 0.9$ ,标准平方差 $< 0.1$ 。对比发现,滇中地区 $\beta$ 值选为0.3495更合适,滇西南区 $\beta$ 值选为0.3682更合适。

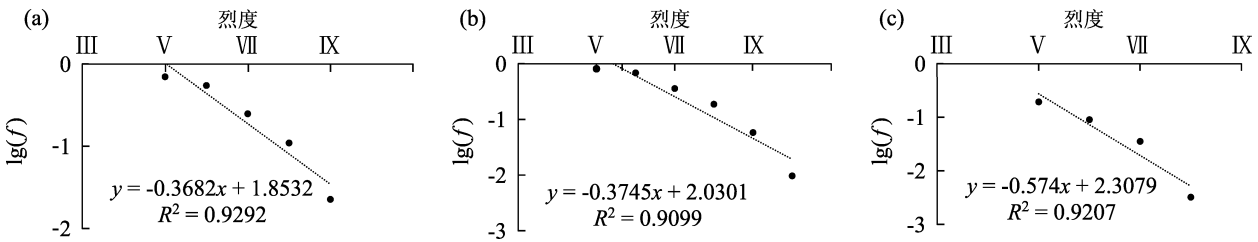


图3 滇西南地区(a)、滇中地区(b)和滇东南地区(c)烈度-频率拟合关系  
Fig. 3 The intensity-frequency relationship in Southwest (a), Central (b), and Southeast (c) Yunnan

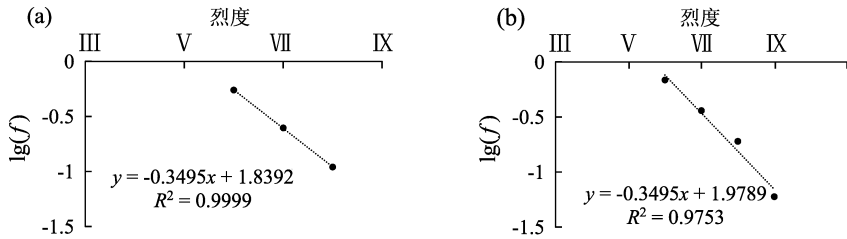


图4 滇西南地区(a)和滇中地区(b)去掉最大烈度和最小烈度后的烈度-频率拟合关系  
Fig. 4 The modified intensity-frequency relationship in Southwest (a) and Central (b) Yunnan

表1 滇西南和滇中地区 $\beta$ 值拟合得到的 $R$ 和 $\sigma$ 占比

Tab. 1 The percentage of regression coefficient and standard deviation in Southwest and Central Yunnan					
不同分区	$\beta$	占比	不同分区	$\beta$	占比
滇西南地区	0.349 5	50.9% ( $R \geq 0.9$ )	滇中地区	0.349 5	52.7% ( $R \geq 0.9$ )
		67.8% ( $\sigma < 0.1$ )			70.3% ( $\sigma < 0.1$ )
	0.368 2	53.8% ( $R \geq 0.9$ )		0.374 5	50.4% ( $R \geq 0.9$ )
		71.5% ( $\sigma < 0.1$ )			67.9% ( $\sigma < 0.1$ )

### 3 地震危险性评估结果

#### 3.1 重复周期

根据式(1)烈度-频率拟合关系计算了3个分区中每个网格的烈度 $I \geq VI$ 度、 $I \geq VII$ 度、 $I \geq VIII$ 度、 $I \geq IX$ 度的重复周期(图5)。滇中和滇西南地区：大部分地区 $I \geq VI$ 度的重复周期小于100 a，少数地区的重复周期为100~200 a；大部分地区 $I \geq VII$ 度的重复周期小于400 a。 $I \geq VIII$ 度的重复周期在滇中大部分地区多小于500 a，在滇西南大部分地区小于1 000 a。 $I \geq IX$ 度的重复周期在滇中大部分地区小于1 000 a，在滇西南大部分地区为1 000~5 000 a。烈度相同时，滇东南地区的重复周期较前述二者长。

重复周期的长短和云南活动断裂展布的密集程度是相关的，即重复周期较短(重复频率较高)的区域，其活动断裂展布也比较密集。如小江断裂带、红河断裂带等活动断块的边界断裂带，丽江、鹤庆、洱源等第四纪断陷盆地及周边地区，龙川江断裂以西，苏典—大盈江断裂以东与大盈

江断裂以北的第四纪火山岩分布地区，是晚更新世与全新世活动断裂分布相对集中的地区(带)(安晓文等, 2018)。这些地区(带)受到烈度 $I \geq VI$ 、 $I \geq VII$ 、 $I \geq VIII$ 、 $I \geq IX$ 度的灾害频率较高。滇东南地区的一些地方，活动断裂相对比较稀疏，受到以上烈度灾害的频率相对较低(图5)。

邵志刚等(2020)、李西(2015)和程佳等(2011)通过对古地震、地质勘探、年代测定等资料的研究，得到了云南地区活动地块边界带部分断裂的复发周期(表2)。本文估算的烈度 $I \geq IX$ 度的重复周期(图5d)为：沿小江断裂展布的巧家—东川—嵩明—宜良—澄江—华宁一带重复周期最小，小于500 a；沿红河断裂展布的弥渡—元阳重复周期为1 000 a左右，元阳—河口段重复周期大于5 000 a；沿澜沧江断裂展布的地区重复周期分档比较多，主要为500~4 000 a，大部分区域重复周期为2 000 a左右。上述结果与表2对比可见，沿这些断裂展布的地区，本文估算的烈度 $I \geq IX$ 度的重复周期与表2所示的对应断裂的大震复发周期是吻合的。

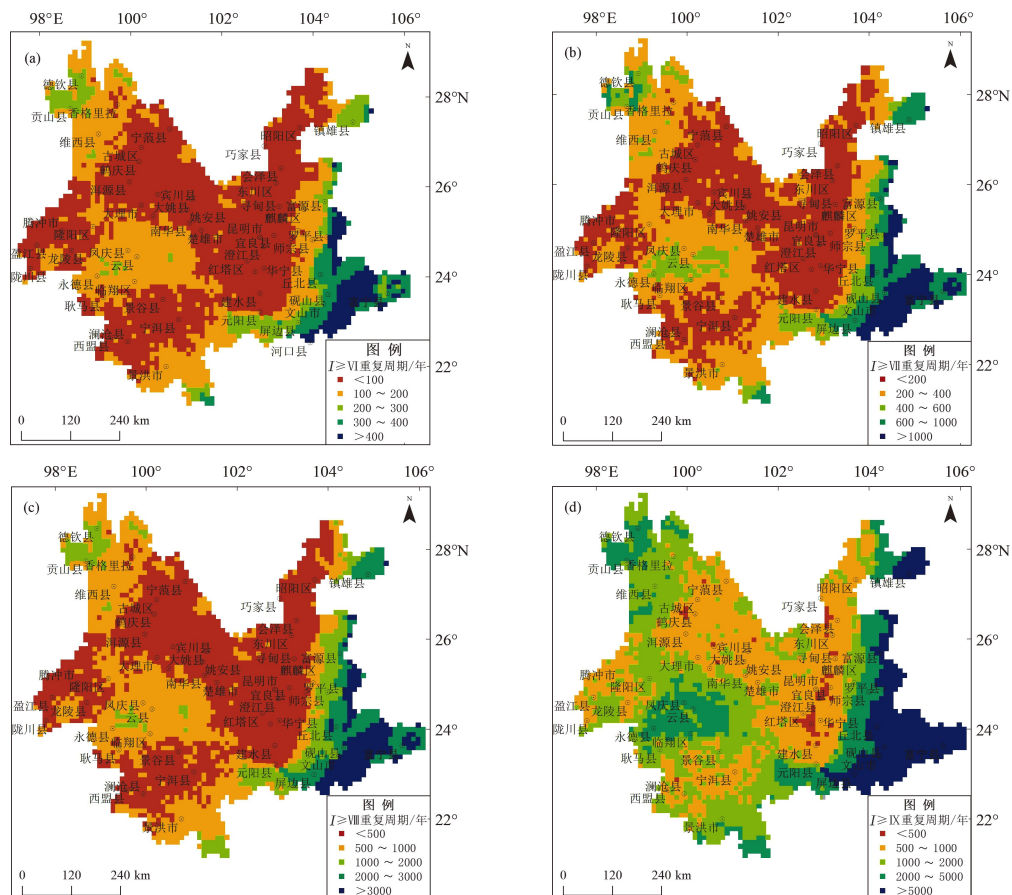


图5 云南地区烈度 $I \geq VI$  (a),  $I \geq VII$  (b),  $I \geq VIII$  (c),  $I \geq IX$  (d) 的重复周期分布

Fig. 5 The return periods of  $I \geq VI$  (a),  $I \geq VII$  (b),  $I \geq VIII$  (c),  $I \geq IX$  (d) in Yunnan



表 2 云南部分活动断裂复发周期  
Tab. 2 The occurrence interval of some active faults in Yunnan

序号	断裂带名称	历史地震	特征震级	复发周期/a	资料来源
1	小江断裂	1833 年 9 月 6 日嵩明 8.0 级地震	8.3	407 ± 289	邵志刚等, 2020
			8	<500	李西, 2015
			7.5	100 ~ 600	程佳等, 2011
2	红河断裂	1515 年 6 月 27 日永胜 7¼ 级地震	7.3	2 933 ± 1 616	邵志刚等, 2020
			8.0	1 700 ~ 3 170	李西, 2015
3	澜沧江断裂	1988 年 11 月 6 日澜沧耿马 7.4 级地震	8.1	2 306 ± 230	邵志刚等, 2020

3.2 给定烈度的 50 年超越概率

假设地震的发生在时间上遵守稳态泊松分布, 在某一地区的地震危险性在特定时间  $t$  内, 超过某个特定烈度  $I$  发生的概率  $P$  估算公式为 (Gupta, 1989; Sachs, 1978):

$$P = 1 - e^{-t/\tau}$$
 (2)

式中:  $\tau$  为烈度大于或等于  $I$  的平均重复周期。

按照式 (2), 本文计算了各网格的烈度  $I \geq VI$  度、 $I \geq VII$  度、 $I \geq VIII$  度、 $I \geq IX$  度的 50 年超越概率 (图 6)。从图 6 可见, 滇中地区和滇西南地区的腾冲、龙陵、盈江一带, 耿马、澜沧、普洱一带, 发生  $I \geq VIII$  度的 50 年超越概率为 10% ~ 30%, 地震危险性较强; 滇东南地区的富宁、砚山、丘北等地, 发生烈度  $I \geq VI$  度的 50 年超越概率小于 20%, 地震危险性相对较弱。

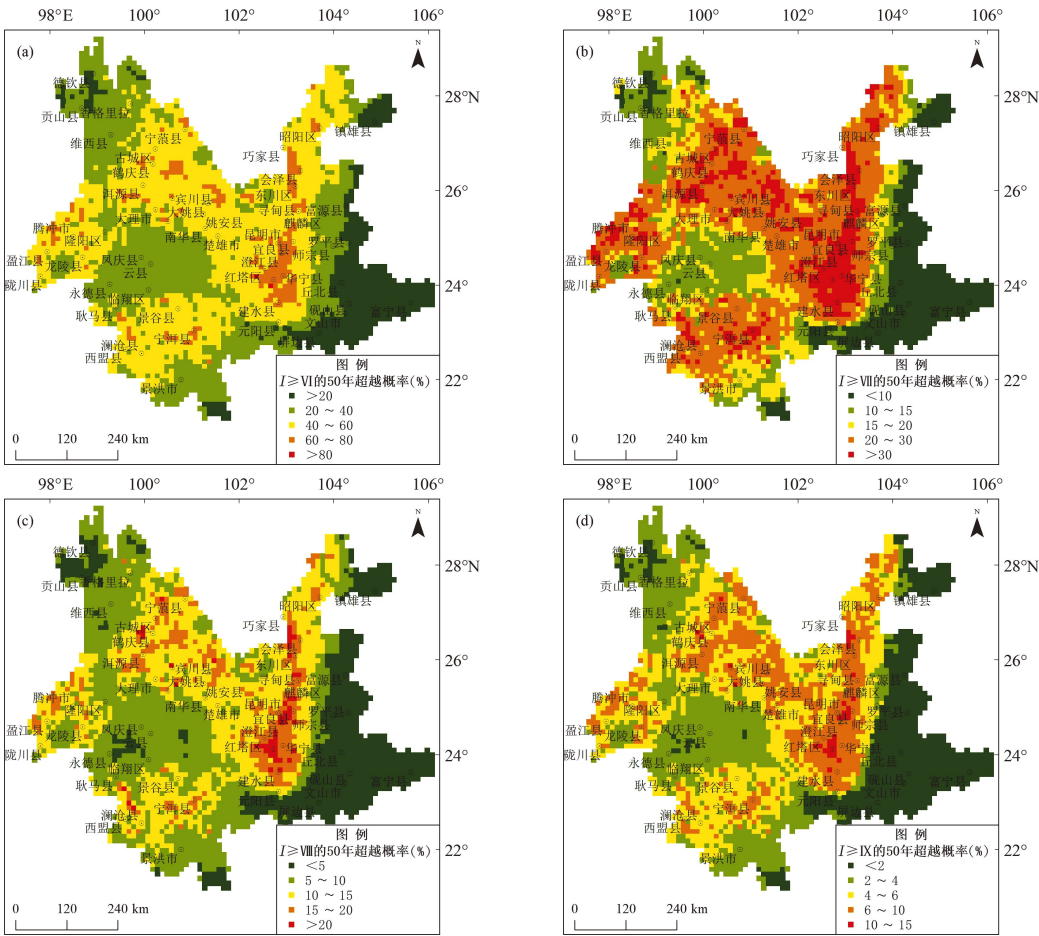


图 6 云南地区烈度  $I \geq VI$  度 (a),  $I \geq VII$  度 (b),  $I \geq VIII$  度 (c),  $I \geq IX$  度 (d) 的 50 年超越概率  
Fig. 6 The distribution of exceedance probability for  $I \geq VI$  (a),  $I \geq VII$  (b),  $I \geq VIII$  (c),  $I \geq IX$  (d) in 50 years in Yunnan

3.3 50 年超越概率 10% 的 *PGA*

按照地震烈度 *I* 与地 *PGA* 的对应关系（表 3），本文使用插值法计算得到了云南地区 50 年超越概率 10% 的 *PGA*（图 7），与区划图云南部分（GB

8306—2015）对比发现，二者 *PGA* 高低区域大体一致：滇中地区和滇西南地区西部腾冲附近、南部澜沧附近，*PGA* 值较高；滇西南地区的贡山，滇东南地区的大部分区域，*PGA* 值较低。

表 3 地震烈度 *I* 与 *PGA* 的对应关系  
Tab. 3 Relationship between intensity and peak ground acceleration

<i>PGA</i> 分档/ <i>g</i>	$0.04 \leq PGA < 0.09$	$0.09 \leq PGA < 0.14$	$0.14 \leq PGA < 0.19$	$0.19 \leq PGA < 0.28$	$0.28 \leq PGA < 0.38$	$0.38 \leq PGA < 0.75$
加速度分档/ <i>g</i>	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
烈度 <i>I</i>	Ⅵ	Ⅶ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅷ	Ⅸ

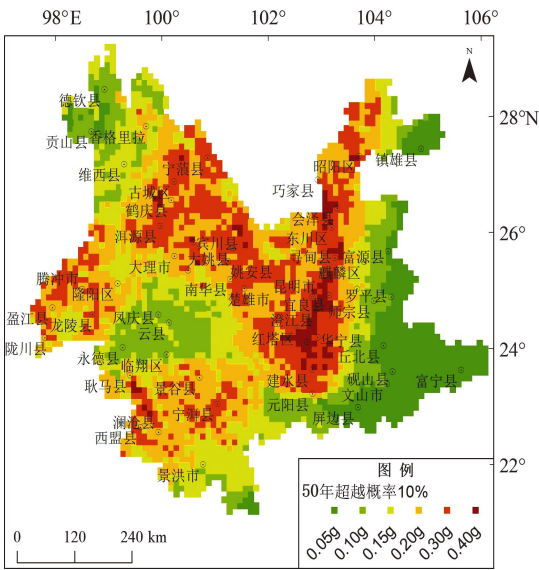


图 7 云南 50 年超越概率 10% 的 *PGA* 分布  
Fig. 7 *PGA* with a 10 percent probability of exceedance in 50 years in Yunnan

从各市（县）尺度的 *PGA* 分布可以看出，滇中和滇西南地区与区划图上的有一定的差异：*PGA* 高值区（ $PGA \geq 0.3 \text{ g}$ ）的范围有所扩大，如宁蒗、巧家、大姚、姚安、南华、楚雄、陇川、思茅区、宁洱等市（县、区）的  $PGA = 0.3 \text{ g}$ 。 $PGA = 0.4 \text{ g}$  的区域在滇中地区从区划图上的东川嵩明区变成了 2 个区，即会泽东川区和嵩明通海区；滇西南地区  $PGA = 0.4 \text{ g}$  区域范围有所缩小。云县、凤庆、永德、德钦等县 *PGA* 较区划图给出的值低。滇东南的各县（市）*PGA* 分布与区划图给出的相似，文山、罗平、师宗、富源等地区  $PGA = 0.10 \text{ g}$ ，再往东，各县  $PGA = 0.05 \text{ g}$ 。

与图 1 进行对比发现，*PGA* 较低的区域大都是烈度资料较少的区域，其原因可能是这些区域本来地震活动就不强，也有可能是地震资料统计时间太短，不足以反映该区域的地震活动背景。

4 结论

本文将云南地区分成 3 个区：滇西南、滇东、滇东南，对这 3 个地区的历史地震烈度资料进行统计分析，给出了云南某地发生某一烈度的重复周期，同时预估了未来 50 年发生某一烈度的超越概率，并利用烈度与加速度的对应关系，给出了 50 年超越概率 10% 的 *PGA*，主要得出以下结论：

（1）滇中地区和滇西南地区的腾冲、龙陵、盈江一带，耿马、澜沧、普洱一带，发生烈度  $I \geq \text{Ⅷ}$  度的 50 年超越概率为 10% ~ 30%，地震危险性较强；滇东南地区的富宁、砚山、丘北等地，发生烈度  $I \geq \text{Ⅵ}$  度的 50 年超越概率小于 20%，地震危险性相对较弱。

（2）将本文的结果与云南地区地震构造进行对比发现：重复周期较短（重复频率较高）的区域与活动断裂展布的密集程度是基本吻合的；前人通过对古地震、地质勘探、年代测定等资料研究得到的云南活动地块边界带部分断裂的大地震复发周期与本文估算的沿这些断裂展布的地区烈度  $I \geq \text{Ⅸ}$  度的重复周期较一致。

（3）本文得出的 50 年超越概率 10% 的 *PGA* 分布与区划图上云南部分的 *PGA* 分布区域分布是一致的。滇中地区和滇西南地区西部腾冲附近、南部澜沧附近 *PGA* 较高，滇西南地区的贡山，滇东南地区的大部分区域 *PGA* 较低。从各市（县）的 *PGA* 分布来看，与区划图云南部分给出的结果有所不同。有的县（市）的 *PGA* 比区划图云南部分的 *PGA* 高，有的比其低。

（4）大部分 *PGA* 值较低的区域烈度资料较少，可能是因为这些区域本来地震活动就不强，也有可能是其地震资料统计时间太短，不足以反映该区域的地震活动背景。

## 参考文献:

- 安晓文,常祖峰,毛先进,等. 2018. 云南第四纪活动断裂暨云南第四纪活动断裂分布图[J]. 北京:地震出版社:488.
- 陈敬,沈斯伟. 2000. 云贵地区地震等震线图集[J]. 地震研究, 23(S):1-112.
- 程佳,刘杰,甘卫军,等. 2011. 川滇菱形块体东边界各断层段强震演化特征研究[J]. 中国科学:地球科学, 41(9):1317.
- 国家地震局震害防御司. 1995. 中国历史强震目录(公元前 23 世纪-公元 1911 年)[M]. 北京:地震出版社.
- 皇甫岗,陈颢,秦嘉政,等. 2010. 云南地震活动性[M]. 昆明:云南科技出版社.
- 黄玮琼,李文香,曹学峰. 1994. 中国大陆地震资料完整性研究之二——分区地震资料基本完整的起始年分图象[J]. 地震学报, 16(4):423-432.
- 李西. 2015. 川滇地块云南地区不同发育阶段边界断裂破裂特征研究[D]. 北京:中国地震局地质研究所.
- 刘静伟,王振明,谢富仁,等. 2010. 京津唐地区地震灾害和危险性评估[J]. 地球物理学报, 53(2):318-325.
- 刘静伟,王振明,谢富仁,等. 2014. 大华北地区地震灾害与危险性评估[J]. 地震工程学报, 36(1):134-143.
- 邵志刚,冯蔚,王芃,等. 2020. 中国大陆活动地块边界带的地震活动特征研究综述[J]. 地震地质, 42(2):271-282.
- 中国地震局震害防御司. 1999. 中国近代地震目录(公元 1912 年-1990 年  $M_s \geq 4.7$ )[M]. 北京:中国科学技术出版社.
- 周炳荣,郭若瑾. 1989. 云贵地区地震危险性研究文集[M]. 昆明:云南科技出版社.
- Bozkurt S B, Stein R S, Toda S. 2007. Forecasting probabilistic seismic shaking for greater Tokyo from 400 years of intensity observations[J]. Earthquake Spectra, 23(3):525-546.
- Chen K P, Tsai Y B, Cheng C T. 2010. Estimated seismic intensity distribution for earthquakes in Taiwan from 1900 to 2008. Bulletin of the Seismological Society of America[J]. 100(6):2905-2913.
- Cornell C A. 1968. Engineering seismic risk analysis[J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 58(5):1583-1606.
- Geller R J. 2011. Shake-up time for Japanese seismology[J]. Nature, 472(7344):407-409.
- Gupta R S. 1989. Hydrology and Hydraulic Systems[M]. Englewood Cliffs N J Prentice Hall, 739.
- Hanks T C. 2011. Verifying a computational method for predicting extreme ground motion[J]. Seismological Research Letters, 82(5):638-644.
- Kossobokov V G, Nektasova A K. 2012. Global seismic hazard assessment program maps are erroneous[J]. Seismic Instruments, 48(2):162-170.
- Milne W G, Davenport A G. 1969. Distribution of earthquake risk in Canada[J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 59:729-754.
- Sachs P. 1978. Wind forces in engineering(2ndEd)[M]. Elmsford N Y Pergamon Press Inc, 400.
- Stein R S, Toda S, Parsons T. 2006. A new probabilistic seismic hazard assessment for greater Tokyo[J]. Philo Trans R soc A, 364(1845):1965-1988.
- Stein S, Geller R J, Liu M. 2012. Why earthquake hazard maps often fail and what to do about it[J]. Tectonophysics, 562-563:1-25.
- Wang Z. 2012. Comment on "PSHA Validated by Quasi Observational Means" by R M W Musson[J]. Seismological Research letters, 83(4):714-716.
- GB 18306—2015, 中国地震动参数区划图[S].

## Seismic Hazard Assessment of Yunnan Based on Historical Seismic Intensity

WEN Wen, SUI Mingkun, ZHUANG Ruxin, WANG Jue, LU Binbin, LI Sheng  
(Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650224, Yunnan, China)

### Abstract

Firstly, we collected the earthquake-intensity data of the  $M6.0$  earthquakes in 1713 – 2022, and the  $M5.0$  (intensity  $\geq VI$ ) earthquakes in 1900 – 2022. Secondly, we divided Yunnan area into  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$  grids to analyze the impact of these historical earthquakes on the grids. We established the relation between the intensity and its occurrence frequency (or return period). Then we assessed the probabilistic seismic hazard in Yunnan, and obtained the return period of a certain intensity in each grid, and assessed the exceedance probability of a certain intensity in 50 years. Thirdly, based on the relations between the intensity and the acceleration, we obtained the exceedance probability of the peak ground acceleration ( $PGA$ ) in 50 years in Yunnan. On this basis we analyzed the relations between the return period and the seismogeological structures in Yunnan. And we compared our  $PGA$  results with the ones provided by the *Seismic Ground Motion Parameters Zonation Map of China*. We found that in the zones with the short return period (or high repetition frequency), the active faults were densely distributed. The distribution of the exceedance probability of the  $PGA$  in 50 years which obtained in this paper is generally in line with the distribution of the exceedance probability of the  $PGA$  in 50 years given by the *Seismic Ground Motion Parameters Zonation Map of China*. Specifically, in some cities or counties, the  $PGAs$  obtained in this paper are larger than the ones given by the *Seismic Ground Motion Parameters Zonation Map of China*; in other cities or counties, the  $PGAs$  obtained in this paper are smaller than the ones given by the *Seismic Ground Motion Parameters Zonation Map of China*.

**Keywords:** seismic intensity; probabilistic seismic hazard assessment; seismic hazard risk; return period; exceedance probability; Yunnan