



新增玉屏潜源对湘黔边界地区峰值加速度影响的研究

邵磊, 胡刚

Research on the influence of PGA when considering the new Yuping potential seismic source in the Hunan-Guizhou border region

Shao Lei and Hu Gang

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.19987/j.dzqxjz.2023-142>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

上海及周边潜在震源区对上海长周期基岩地震动参数影响分析

Analysis of the influence of Shanghai and its surrounding potential seismic sources on long-period bedrock ground motion parameters in Shanghai

地震科学进展. 2022(8): 382-387

基于希尔伯特-黄变换的九寨沟M7.0地震加速度记录时频分析

Time-frequency analysis of Jiuzhaigou M7.0 seismic acceleration record based on Hilbert-Huang transform

地震科学进展. 2019(7): 9-16

大跨度斜拉桥时程分析输入地震波峰值调整方法

Peak adjustment method of input seismic wave in time history analysis of long-span cable-stayed bridge

地震科学进展. 2023, 53(1): 11-20

塔尔湾—登登山—池家刺窝断裂分段性及最大潜在地震分析

Analysis of segmentation and maximum potential seismicity of Tarwan-Dengdengshan-Chijiaciwo fault

地震科学进展. 2021(7): 315-319

浙江省体育场馆地震灾害风险隐患评估分析及探讨

Analysis and discussion on potential earthquake hazards of gymnasiums in Zhejiang Province

地震科学进展. 2024(5): 311-315

深厚覆盖层地区土层地震反应的不确定性分析

Uncertainty analysis of seismic response of soil layer in deep overburden area

地震科学进展. 2023(5): 193-202



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

邵磊, 胡刚. 新增玉屏潜源对湘黔边界地区峰值加速度影响的研究 [J]. 地震科学进展, 2024, 54(7): 450-456. doi:10.19987/j.dzqxjz.2023-142

Shao L, Hu G. Research on the influence of PGA when considering the new Yuping potential seismic source in the Hunan-Guizhou border region[J]. Progress in Earthquake Sciences, 2024, 54(7): 450-456. doi:10.19987/j.dzqxjz.2023-142

学术论文

新增玉屏潜源对湘黔边界地区 峰值加速度影响的研究

邵磊^{1,2)} 胡刚^{3)*}

1) 湖南省地震局, 湖南长沙 410004

2) 湖南省震灾风险防治中心, 湖南长沙 410001

3) 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081

摘要 本文收集了怀化西部新增玉屏潜在震源区相关资料, 对研究区域 $1' \times 1'$ 的空间格点进行了地震危险性概率分析, 主要讨论了在新增该潜源前、后对湘黔边界地区的峰值加速度的变化, 并根据 II 类场地峰值加速度绘制等值线并进行分区。地震危险性分析结果表明, 新增玉屏潜源对其内部与附近约 20 km 范围的地震动峰值加速度影响很大, 而当震源深度取 10 km 时, 玉屏潜源范围内 50 年 10% 的峰值加速度由 $35 \sim 40 \text{ cm/s}^2$ 增加至 $80 \sim 95 \text{ cm/s}^2$, 约增加 2.3~2.4 倍, 潜源内新晃、芷江等局部区域基本烈度可达 VII 度, 潜源外部峰值加速度也从 35 cm/s^2 逐渐增加至 80 cm/s^2 ; 当地震带的震源深度取 15 km 时, 新晃、芷江等地区基本烈度仍为 VI 度。文中还结合怀化西部新晃、芷江不同类型房屋的抗震能力进行了初步分析, 在后续防震减灾工作中需特别加以关注。

关键词 地震危险性分析; 玉屏潜在震源区; 峰值加速度; 抗震能力

中图分类号: P315.9 文献标识码: A 文章编号: 2096-7780(2024)07-0450-07

doi: 10.19987/j.dzqxjz.2023-142

Research on the influence of PGA when considering the new Yuping potential seismic source in the Hunan-Guizhou border region

Shao Lei^{1,2)}, Hu Gang³⁾

1) Hunan Earthquake Agency, Hunan Changsha 410004, China

2) Hunan Earthquake Disaster Risk Prevention Center, Hunan Changsha 410001, China

3) Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China

Abstract This paper collects relevant information on the newly added Yuping potential seismic source in western

收稿日期: 2023-10-09; 采用日期: 2024-02-27。

基金项目: 贵州省 2022 年科技计划项目黔科合一般<238>项目, 子午工程二期(0308)项目联合资助。

第一作者: 邵磊(1984-), 男, 工程师, 主要从事地震危险性分析、工程场地地震影响评价方面的工作。E-mail: 79541207@qq.com。

* 通信作者: 胡刚(1982-), 男, 副研究员, 主要从事宽频带地震学、地球内部结构以及动力学方面的研究。E-mail: hugang20032008@163.com。



Huaihua, and analyzed the seismic hazard of the study area based on $1' \times 1'$ grid points. We mainly discussed the changes in PGA before and after the new potential seismic source in the Hunan-Guizhou border region, and drawing isolines and zoning based on the PGA of site II. The results of seismic hazard analysis show that the PGA has been greatly improved inside and 20 km away around the new potential seismic source. When the focal depth is 10 km, the PGA of exceeding probability of 10 in 50 years within the Yuping potential source range increases from $35 \sim 40 \text{ cm/s}^2$ to $80 \sim 95 \text{ cm/s}^2$, increase of about 2.3 to 2.4 times. In local areas such as Xinhuang and Zhijiang within the potential source, the basic intensity can reach VII degrees. And outside the potential source, PGA gradually increases from $35 \sim 80 \text{ cm/s}^2$. When the focal depth is 15 km, the basic intensity in regions such as Xinhuang and Zhijiang remains at VI degrees. The article also conducted a preliminary analysis of the seismic capacity of different types of houses in Xinhuang and Zhijiang county in western Huaihua. Additional attention should be paid to the follow-up work of earthquake prevention and disaster reduction.

Keywords seismic hazard analysis; Yuping potential seismic source; PGA; seismic capacity

0 引言

为贯彻落实中国地震局《全国地震动参数区划图编制工作方案》(中震防发〔2022〕21号)、湖南省地震局《全国地震动参数区划图编制湖南任务工作方案》的通知(湘震发〔2023〕20号)的要求,本文收集了湖南省及周边近些年来重大建设工程地震安全性评价报告、地震灾害风险普查等资料,重点核实湖南省及周边有无新增和修改的潜在震源区。资料显示,在贵州铜仁地区核电地震安全性评价等工作中,新增了震级上限为6级的玉屏潜在震源区,在湖南省地震灾害风险普查工作中已将该潜源参与地震危险性计算,作为风险评估与区划的地震危险性输入。在湖南省第六代区划图潜在震源区划分方案初稿中已经提出该新增潜源事宜,这与《中国地震动参数区划图》(GB18306—2015)(简称“五代图”)潜源划分方案相比在湖南省西部的唯一变化之处。湘黔边界大部分处在《中国地震动参数区划图》(GB18306—2001)不设防地区,随着五代图在2016年6月1日起正式实施,全国范围取消了不设防地区,提升为基本烈度为Ⅵ度(0.05g)的抗震设防区。湘黔交界处的怀化、铜仁、黔东南地区经济相对落后,现有建筑物普遍存在抗震能力偏低、甚至没有任何抗震设防构造措施的情况^[1],而本地区具备发生中强地震的构造背景,所带来的影响不容忽视。新增玉屏潜源也是对本地区潜在地震风险的充分估计,故本文从计算角度考虑新增玉屏潜源的影响,对湘黔边界地区进行3个超越概率水平(50年63%、50年10%和50年2%)的地震危险性概率分析,并对峰值加速度的影响进行分析与初步探讨,这对本地区的防震减灾实际工作有一定的参考作用。

1 玉屏潜在震源区

新增玉屏6级潜在震源区位于长江中游地震带的华南中部地震构造区,带内分布有北东东走向的新晃—怀化断裂,潜源沿着该断裂走向呈矩形分布,长宽分别约为128 km和31 km,面积约 3956 km^2 (图1),主要分布在玉屏县、镇远县、三穗县、岑巩县、新晃县、芷江县,局部分布在麻阳县、天柱县、碧江县、万山县。玉屏潜源内无 $M_{4.7}$ 及以上的历史地震记载,附近曾发生的3次中强地震分别为2015年3月30日贵州剑河 $M_{5.5}$ 地震、1626年10月8日湖南会同 $M_{5.0}$ 地震和1941年2月7日贵州印江 $M_{5.0}$ 地震,距离玉屏潜源最近的距离分别为43 km、48 km、82 km。根据湖南省地震志资料,新晃—怀化断裂带描述如下:该断裂呈北东东走向,西起贵州省普定马场,东经贵阳、新晃、芷江、怀化至溆浦一带,由数条平行断裂组成,宽达20余千米。沿断裂发育有归州、施秉、芷江和溆浦等白垩—古近纪盆地。由于断裂的活动使施秉盆地内的上新统砂砾石层发生变形,在芷江、怀化一带,截切沅陵—麻阳盆地,发生顺时针扭曲;在镇远、新晃一带断裂地貌清晰,断层三角面、断崖十分醒目,多处有温泉出露;在贵定附近,贵定—黄平次级断裂错断了更新统,表明第四纪期间该断裂有一定的活动性。其他相关资料显示,该潜源的划分依据为潜源内新晃—怀化断裂最新活动时代为早、中更新世,线性地貌特性清晰,活动性较强,不排除发生5.5级左右中强地震的可能。在贵州铜仁地区核电地震安全性评价工作中新增了该潜源,震级上限为6级,且在湖南省地震灾害风险普查 $30''$ 格网的地震危险性分析中,已考虑了该新增潜源的影响。

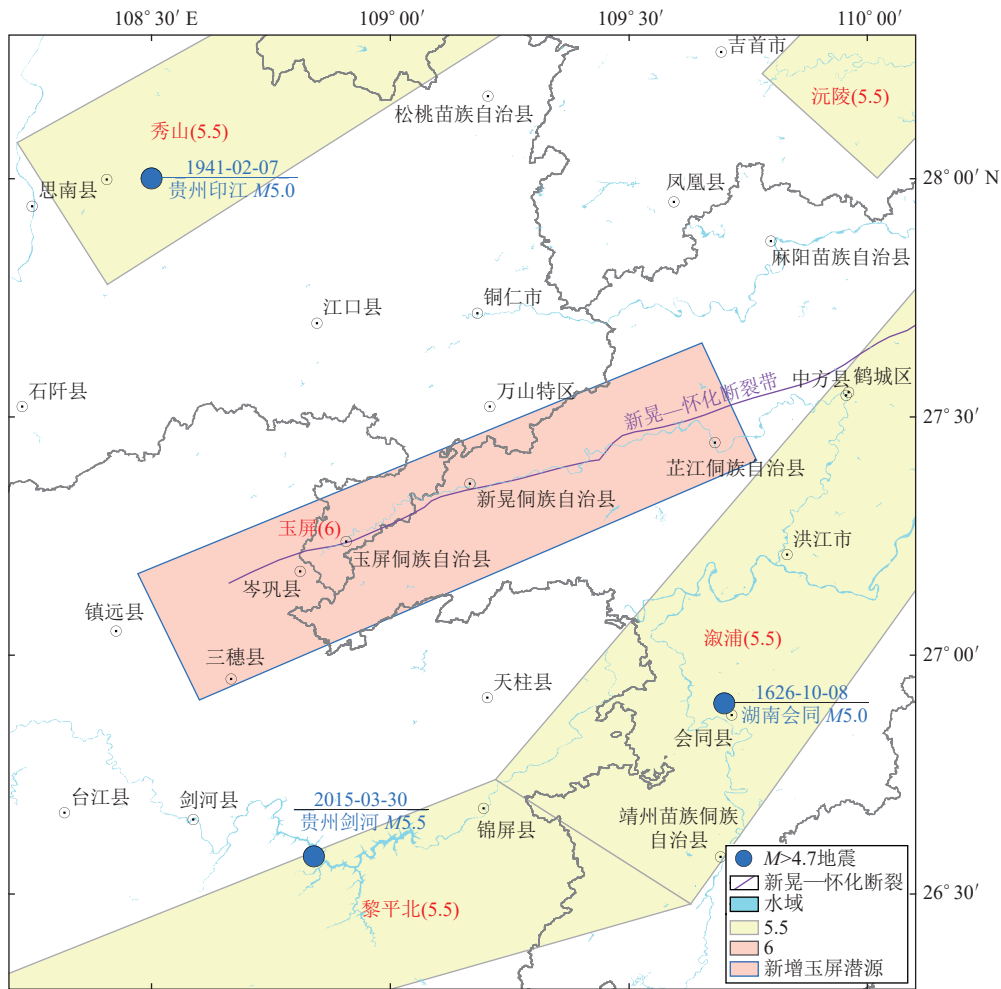


图1 新增玉屏潜在震源区分布图

Fig. 1 Distribution map of new Yuping potential seismic source

2 地震危险性分析

地震危险性分析的概率法由美国学者 Cornell C A 于 1968 年提出。由于目前对地震活动的认识和研究水平有限,加之受地震预报水平的制约,地震发生具有不确定性。另外,受震源深度、地震传播途径和场地条件等影响,地震引起场地的反应也具有很大的不确定性,这就使得我们在预测地震危险性时,既要考虑地震发生的不确定性,又要考虑地震活动性参数的不确定性。我国学者经过不断研究,在五代图编制中采用了我国特有的 CPSHA 概率地震危险性分析方法,提出了三级潜在震源区划分方案^[2],以更加细致地表述我国地震活动的空间不均匀性特征,并构建了相应的地震活动性模型。因此,采用 CPSHA 概率地震危险性分析评价和估计未来的地震危险性既符合目前人们对地震影响的认识,又可在充分考虑安全、经济的条件下提供不同安全水准的抗震设

防依据。本文采用该方法对研究区域进行地震危险性分析。

本文选取新增玉屏潜源所在的湘黔边界局部地区为研究区域,范围为(26.3°N~28.3°N, 108.2°E~110.1°E)。为了保证计算精度,以 1'×1' 为间隔确定空间格网,共计有 13 915 个格网。分别计算出每个格网中心点处 3 个超越概率水平的基岩水平向峰值加速度,采用五代图中的转换方法,转换为 II 类场地的加速度峰值。由于较远的潜源对基岩峰值加速度的贡献很小或可忽略不计,为了提高计算速度,本文选择研究区域周边近 400 km 范围内的潜源参与计算,并采用了五代图编制工作中使用的中强地震区地震动参数衰减关系,其较充分地考虑大震近场饱和特征,并采用了分段线性形式^[3]。按照五代图研究成果,研究区域所在的长江中游地震带地震活动性参数 b 取 1.2, v_4 取 3.2, 参与计算潜源所涉及的其他地震带参数均采用五代图成果。研究区域基本集中在

上地壳内的浅源地震,为充分考虑潜在地震风险,本文地震带震源深度取 10 km 和 15 km 分别进行计算,文中主要给出 10 km 的计算结果,15 km 结果在后续中加以对比讨论。

根据上述论述,以五代图的综合潜源划分方案为基础,分别使用新增玉屏潜源前(五代图的潜源划分方案)、后的方案进行地震危险性概率分析计算,得到 13915 个格点的基岩峰值加速度,按照上述转换原则,得到研究区域所有格点的 II 类场地的峰值加速度。并参考五代图的做法,50 年 10% 的地震动峰值加速度取 $\text{Max}(a_{\text{max II}}, 10\%/50\text{Y}, a_{\text{max II}}, 2\%/50\text{Y}/1.9)$, 50 年 63% 的峰值加速度按不低于 50 年 10% 的 1/3 倍确定。并参考地震灾害风险普查中地震危险性分析大数据的处理方法,基于 ArcGIS 软件和 Matlab 程序高效处理了地震危险性数据并进行图件绘制,确保计算精度得到了平滑的峰值加速度等值线^[4],相邻等值线差异为 10 cm/s²,峰值加速度等值线分布如图 2 所示。值得注意的是,本文仅考虑计算结果,不涉及五代图综合考虑的调整事宜。

由图 2 结合计算结果综合分析表明,新增玉屏潜源对不同超越概率地震动峰值加速度的影响范围有限,主要集中在潜源内部以及外围约 20 km 的区域,而对研究区域其他地方峰值加速度的贡献很小或可忽略不计。新增玉屏潜源前后,潜源范围内部 50 年 10% 的峰值加速度由 35~40 cm/s² 增加至 80~95 cm/s²,约增加 2.3~2.4 倍,潜源外部从 35 cm/s² 逐渐增加至 80 cm/s²;而 50 年 63% 的峰值加速度基本是 50 年 10% 的 1/3 倍,计算结果与 50 年 10% 的增加幅度类似;潜源内部 50 年 2% 的峰值加速度由 65~70 cm/s² 增加至 140~175 cm/s²,约增加 2.1~2.5 倍,潜源外部从 65 cm/s² 逐渐增加至 140 cm/s²。由此可见,新增玉屏潜源对其内部及附近的地震危险性影响很大,需加以关注。

3 地震动峰值加速度分区

基于空间离散点处计算结果的变化情况,参考五代图地震动峰值加速度的分区原则,对地震动峰值加速度进行分区并绘图(图 3),图中结果为地震带震源深度参数取值 10 km 的结果。其中在新增玉屏潜源前、后 50 年 63% 的峰值加速度归档后都小于 0.05g,故文中不再给出。由图 3 可知,对于 50 年 10% 的结果而言,不考虑玉屏潜源因素影响时,研究区域范围的计算结果大部分小于 0.05g,玉屏潜源范围内

绝大部分面积为小于 0.05g,对应为基本烈度小于 VI 度。而实际上五代图在全国范围取消不设防地区,故此处仅为对计算结果进行探讨,不涉及区划图考虑各因素所做的综合性调整。增加玉屏潜源后计算结果显示,潜源范围内都属 0.05g 和 0.10g,其中 0.10g(VII 度)区域主要分布在镇远县、玉屏县以及湖南的新晃县和芷江县。潜源范围内 50 年 2% 的峰值加速度归档分区结果,从 0.05g(VI 度)增至 0.15g(VII+ 度),即罕遇地震作用下的烈度跨档增幅较大。

4 怀化西部房屋抗震能力初步分析

新增玉屏潜源主要对怀化西部的新晃、芷江侗族自治县地震危险性影响较大,根据第 1 次自然灾害风险普查提供的房屋公里格网数据,对不同结构类型的房屋面积进行统计(表 1),结果显示,新晃、芷江房屋总体上以抗震性能较差的砌体结构为主,约占总数的 40%~50%,而抗震性能较好的钢筋混凝土结构较少,约占总数的 14%~20%。值得关注的是,怀化地区西部为侗族聚居区,分布大量具有民族特色的木结构房屋,约占房屋总数的 30%。

湖南省地震灾害风险普查工作对湘西地区房屋进行了抽样调查,发现城市内新建建筑大多严格按照规范设计施工建造,抗震能力得以保证,而老旧房屋、城中村自建房屋等建筑,以及建于 20 世纪八九十年代的多层砌体结构,采用预制楼板和楼梯,抗震能力不足。乡镇和农村地区自建住房基本未经过正规设计,抗震能力较差。研究区内存在大量木结构、穿斗木结构,很多学者对该类型房屋抗震性能做了大量研究^[5-8]。本地区具有民族特色的该类型房屋抗震能力如何、需要采取何种加固措施等,需要在后续工作中具体研究。由于新晃、芷江在第四代区划图中为抗震不设防地区,五代区划图提升为基本烈度为 VI 度(0.05g)的抗震设防区,本次增加玉屏潜源后计算结果显示,局部达到 VII 度(0.10g)区,而现有建筑物普遍存在抗震能力偏低,甚至没有任何抗震设防构造措施的情况,潜在地震风险较大,在后续防震减灾工作中需要重点关注。

5 讨论与结论

本文收集了怀化西部新增玉屏潜在震源区的相关资料,结合五代图划分潜源等基础数据,对研究区域进行了 3 个超越概率水平(50 年 63%、50 年 10% 和 50 年 2%)的地震危险性概率分析,分析了该新增

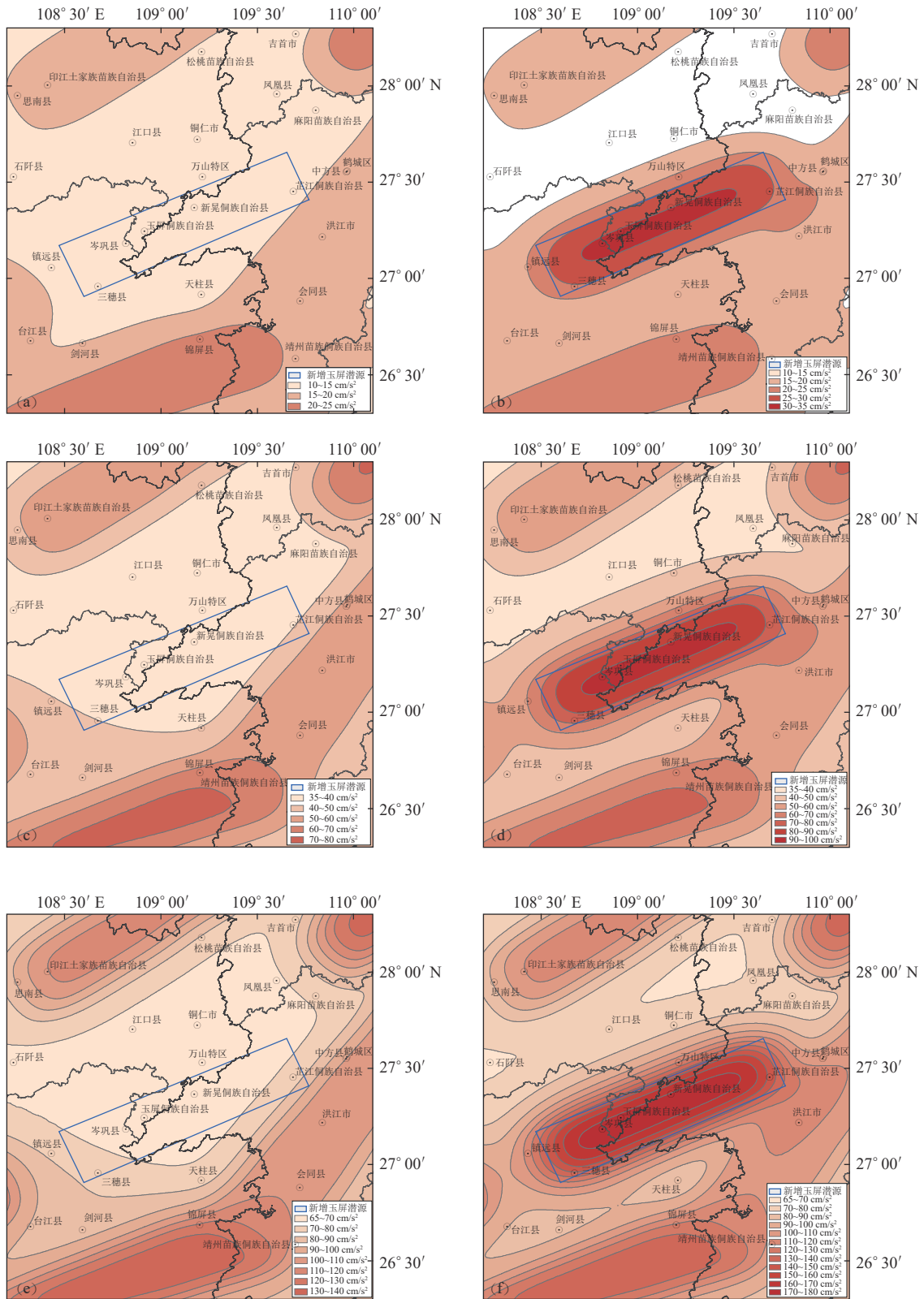
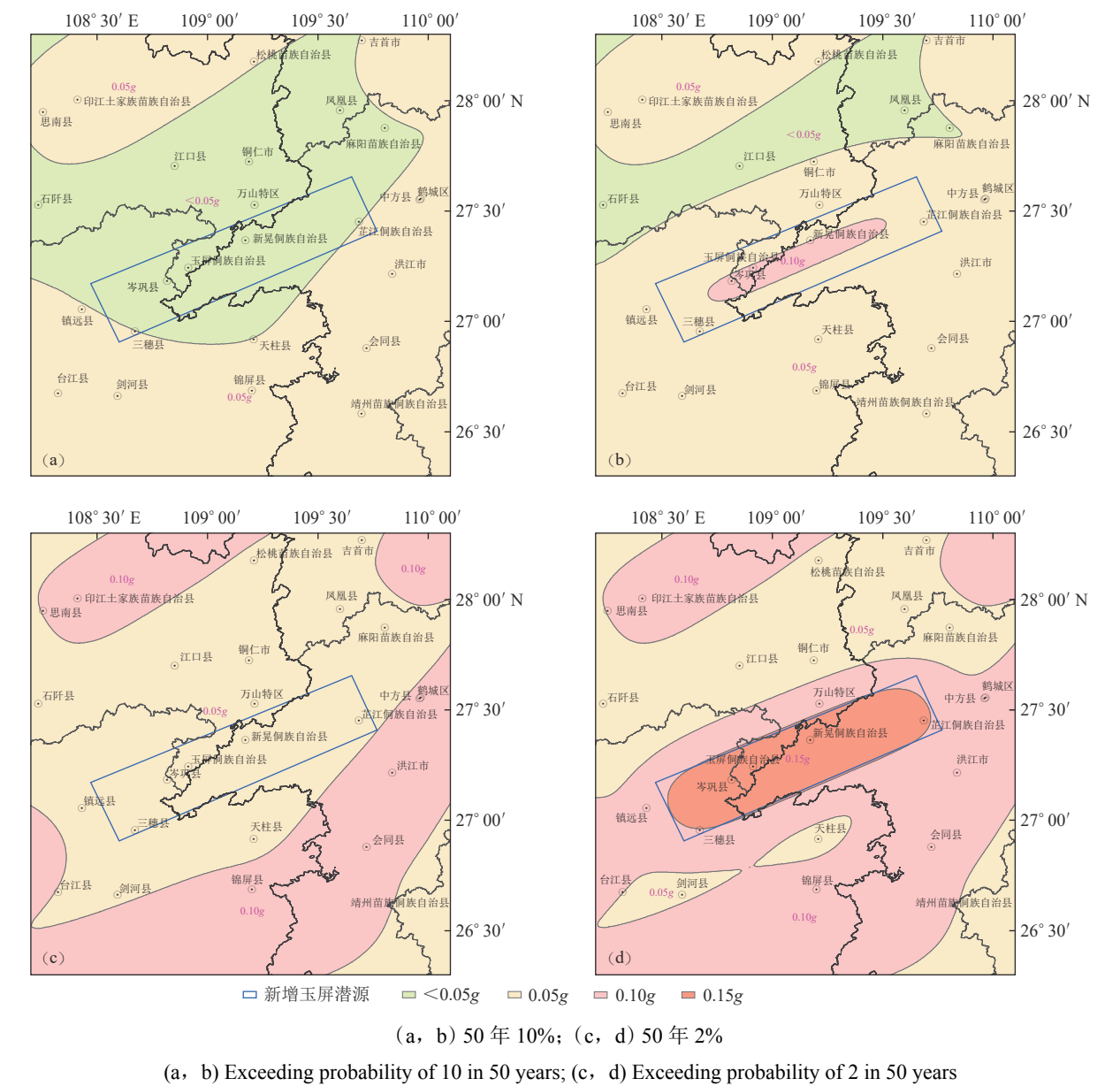


图 2 新增玉屏潜在震源区前(a, c, e)、后(b, d, f) II 类场地峰值加速度分布图

Fig. 2 PGA map of site II before (a, c, e) and after (b, d, f) new Yeping potential seismic source zone



(a, b) Exceeding probability of 10 in 50 years; (c, d) Exceeding probability of 2 in 50 years

图 3 新增玉屏潜在震源区前(a, c)、后(b, d)Ⅱ类场地峰值加速度分区结果

Fig. 3 PGA map zone of site II before (a, b) and after (b, d) new Yuping potential seismic source zone

表 1 新晃、芷江侗族自治县不同结构类型房屋统计

Table 1 Statistics of houses with different structures in Xinhuang and Zhijiang county

区县	面积百分比(%)				
	钢结构	钢筋混凝土结构	砌体结构	木结构	其他结构
新晃侗族自治县	0.70	13.98	47.14	27.88	10.30
芷江侗族自治县	0.72	20.99	40.35	31.91	6.02

潜源对湘黔边界地区峰值加速度的影响,并结合第 1 次自然灾害风险普查提供的房屋公里格网数据,对怀化西部新晃、芷江不同类型房屋的抗震能力进行了初步分析,获得如下认识:

(1)从保守角度考虑,当地震带震源深度参数取

10 km 时,增加玉屏潜源后地震危险性分析结果显示,新晃、芷江局部地区 50 年 10% 的场地峰值加速度分区为 0.10g,达到Ⅶ度。为了方便对比,同时也取地震带震源深度为 15 km 进行了计算,结果显示,即使考虑玉屏潜源的影响,50 年 10% 的Ⅱ类场地

峰值加速度最大约为 75 cm/s^2 , 仍为 $0.05g$ 分区 (Ⅵ度)。

(2) 文中仅从计算角度分析探讨新增玉屏潜源对本地区地震动峰值加速度的影响, 没有涉及区划图所考虑的调整, 故研究区域 50 年 10% 的峰值加速度计算结果还存在小于 $0.05g$ (Ⅵ度) 区域。对于湖南西部的多项重大建设工程项目, 如正在推进的湖南省

重大基础设施地震灾害风险一般性评估工作, 可综合考虑该潜源所带来的影响并进行地震危险性评估。近些年来贵州、广西、重庆均发生了破坏性地震, 湖南省也具备发生同样级别破坏性地震的构造背景, 尤其是, 如发生在五代图正式实施之前不设防的广大农村地区 (如本文研究范围), 所造成的影响需提高警惕。

参考文献

- [1] 黄艳. 湖南省农村民居地震安全研究进展 [J]. 自然灾害学报, 2019, 28(2): 37-48
Huang Y. Review of research on seismic safety of rural residences in Hunan Province, China[J]. Journal of Natural Disasters, 2019, 28(2): 37-48
- [2] 周本刚, 陈国星, 高战武, 等. 新地震区划图潜在震源区划分的主要技术特色 [J]. 震灾防御技术, 2013, 8(2): 113-124
Zhou B G, Chen G X, Gao Z W, et al. The technical highlights in identifying the potential seismic sources for the update of national seismic zoning map of China[J]. Technology for Earthquake Disaster Prevention, 2013, 8(2): 113-124
- [3] 俞言祥, 李山有, 肖亮. 为新区划图编制所建立的地震动衰减关系 [J]. 震灾防御技术, 2013, 8(1): 24-33
Yu Y X, Li S Y, Xiao L. Development of ground motion attenuation relations for the new seismic hazard map of China[J]. Technology for Earthquake Disaster Prevention, 2013, 8(1): 24-33
- [4] 邵磊, 胡刚. 地震灾害风险普查中的危险性计算与数据处理 [J]. 华北地震科学, 2023, 41(4): 56-60, 106
Shao L, Hu G. Seismic risk calculation and data processing in the survey of earthquake disaster risk[J]. North China Earthquake Sciences, 2023, 41(4): 56-60, 106
- [5] 刘晓玉, 岳云鹏, 张龙云. 湖南省某穿斗木结构设计及抗震性能分析 [J]. 广州建筑, 2019, 47(5): 9-15
Liu X Y, Yue Y P, Zhang L Y. Design and seismic performance analysis of a wooden structure with a bucket in Hunan Province[J]. Guangzhou Architecture, 2019, 47(5): 9-15
- [6] 张富文, 王卓琳, 蒋利学, 等. 内嵌砖墙穿斗木结构振动台试验研究 [J]. 土木工程学报, 2021, 54(2): 10-19, 29
Zhang F W, Wang Z L, Jiang L X, et al. Shaking table test study on traditional Chuan-dou style wood frame with embedded brick wall[J]. China Civil Engineering Journal, 2021, 54(2): 10-19, 29
- [7] 付帅, 陈泽华, 杨小军, 等. 我国穿斗式木结构建筑研究现状与发展建议 [J]. 林产工业, 2021, 58(5): 38-41
Fu S, Chen Z H, Yang X J, et al. Research status and development suggestions of Column-and-tie timber building in China[J]. China Forest Products Industry, 2021, 58(5): 38-41
- [8] 戴必辉, 陶忠, 高永林, 等. 漾濞 6.4 级地震受损穿斗木结构农房振动台试验 [J]. 地震工程与工程振动, 2023, 43(5): 55-68
Dai B H, Tao Z, Gao Y L, et al. Shaking table test of damaged Chuan-dou timber structure rural houses in Yangbi $M_s 6.4$ earthquake[J]. Earthquake Engineering and Engineering Dynamics, 2023, 43(5): 55-68