

明小娜,杨健强,张原硕,等. 2022. 利用遥感影像和经验估计方法初判云南省建水县房屋抗震能力[J]. 地震研究, 45(1): 132-140, doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2022.0014.

Ming X N, Yang J Q, Zhang Y S, et al. 2022. Preliminary assessment of the seismic capacity of buildings in Jianshui County, Yunnan Province based on remote-sensing images and the empirical-estimation method[J]. *Journal of Seismological Research*, 45(1): 132-140, doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2022.0014.

利用遥感影像和经验估计方法初判 云南省建水县房屋抗震能力*

明小娜, 杨健强, 张原硕, 于江, 郑川, 壮延

(云南省地震局, 云南昆明 650224)

摘要: 房屋建筑破坏是地震中导致人员伤亡的主要因素, 在未取得房屋详细风险调查数据的过渡时期, 综合房屋结构和用途的实测资料、农危改和异地搬迁统计资料以及不同用途的房屋在影像上的几何特征和空间特征, 提出了云南地区基于遥感影像和经验估计方法的房屋抗震能力等级初判方法, 并在建水县开展试点应用。结果表明: 建水县房屋估计抗震能力达标等级占比为 8%, 疑似抗震能力不足等级占比为 88%, 疑似抗震能力严重不足等级占比为 4%。

关键词: 房屋抗震能力; 遥感影像; 经验估计; 建水县

中图分类号: P315.925

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2022)01-0132-09

doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2022.0014

0 引言

开展灾害风险调查和重点隐患排查旨在掌握风险隐患底数, 为综合防灾减灾提供科学的数据支撑(全国自然灾害综合风险普查技术总体组, 2020; 史铁花, 2020; 史铁花等, 2021)。由于我国房屋建筑一直存在总体数量不清、设防情况属性不详、地震灾害风险底数不明的情况, 实施地震灾害风险精准治理较为困难(解建伟, 2020)。为此, 中国地震灾害防御中心开展了基于遥感影像和经验估计的区域房屋抗震能力初判新技术方法研究^①, 以期在未取得详细风险调查数据的过渡时期可用该方法指导全国范围开展区域房屋抗震能力普查, 快速掌握全国房屋整体的分布与数量, 从宏观上把握房屋抗震能力等级。该方法中房屋抗震能力判别以《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—2009)为依据, 判别结果可靠性高, 但需

要有大量房屋调查数据或数字化数据作支撑, 同时要求调查人员有扎实的建筑抗震理论知识。

云南省 16 个州(市) 129 个县的国土面积为 39.41 万 km², 山区和高原面积占比达 94%, 民族自治地方的土地面积占比约 70%。云南农村民居地域性特征明显, 现存自建房占比较高(周洋等, 2021), 抗震设防情况参差不齐, 数字化房屋数据缺乏, 利用遥感影像可在室内多组同时采集房屋矢量数据, 将遥感影像和标注地图(含有道路网、学校、医院、企事业单位的重点目标)相结合, 可以大致判断建筑的结构类型、用途和空间布局, 综合这些信息基本可推测房屋的抗震设防情况并初步判定其抗震能力等级。为此, 笔者基于中国地震灾害防御中心提出的区域房屋抗震能力初判新技术方法, 综合云南省建水县已有的房屋农危改、异地搬迁统计资料和实地调查数据, 分析整理各类房屋结构特点、用途, 并结合不同用途房屋在影像上的几何特征和空间特征, 提出基于遥

* 收稿日期: 2021-05-06.

基金项目: 大中城市地震灾害情景构建重点专项资助.

第一作者简介: 明小娜(1986-), 工程师, 主要从事地震应急理论方法研究工作. E-mail: bingling-nana@163.com.

① 中国地震灾害防御中心. 2020. 基于遥感影像和经验估计的区域房屋抗震设防能力初判工作实施方案.

感影像和经验估计的云南地区房屋抗震能力等级初判方法，完善房屋抗震能力等级判别流程，并以此方法在建水县开展房屋抗震能力调查。

1 研究方法

1.1 技术思路

基于遥感影像和经验估计的云南地区房屋抗震能力初判，包括基础资料准备、房屋抗震能力等级判别依据建立、房屋分区提取和属性录入、数据质量控制检查、房屋抗震能力统计及制图6个方面，具体流程如图1所示。

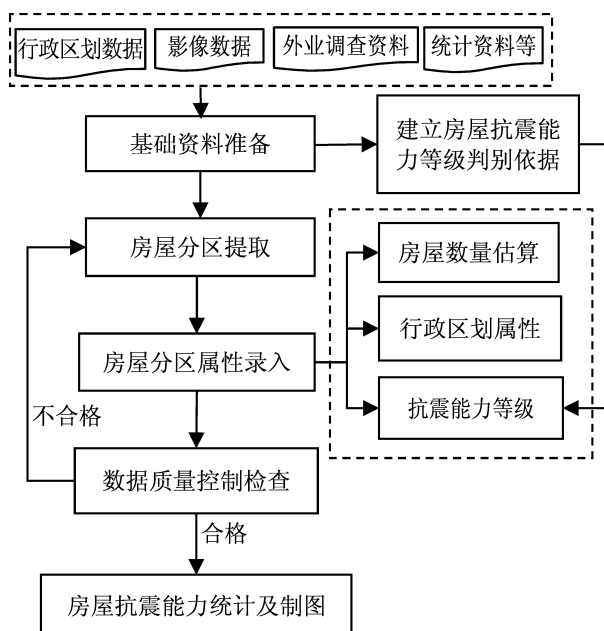


图1 房屋抗震能力初判技术流程图

Fig. 1 Technical flow chart for preliminary judgment of buildings' seismic capacity

(1) 基础资料准备。资料准备旨在收集房屋抗震能力等级初判所需数据，包括区域行政区划数据、影像数据、城市总体规划、统计年鉴、国民经济和社会发展统计公报、近5年异地搬迁和危房改造等房屋数据资料、地震灾害风险评估资料等（建水县地方志编纂委员会办公室，2018）。

(2) 房屋抗震能力等级判别依据建立。基于房屋统计资料和实测资料，分析区域用地布局、区域内房屋结构特点、用途及分布，结合房屋片区在遥感影像上的几何特征和空间特征，建立房屋抗震能力等级判别依据。

(3) 房屋分区提取。按照房屋分区标绘原则，

区分明显的空地、影像特征有明显变化的区域以及宏观上估计房屋差异超过10%的区域，以遥感影像为底图，通过人工勾绘的方法建立房屋分区空间数据。

(4) 房屋属性录入。填写各房屋片区对应的属性，包含ID编码、建筑物所属行政区划编码（省、地级市、区县、乡镇街道、居委会村）、估测房屋抗震能力等级和估测房屋栋数。

(5) 数据质量控制检查。主要分为数据格式检查和实地抽样验证，检查内容包括数据结构设计是否合理、空间位置是否正确、数据属性信息是否完整、属性值是否在误差控制范围内。若数据属性值超出误差控制范围，需重新核实修正。

(6) 区域房屋抗震能力统计及制图。根据已完成的房屋分区数据，分别统计城市和农村房屋的抗震能力等级占比，并利用ArcGIS软件完成制图。

1.2 遥感影像目视解译

目视解译（关泽群，刘继琳，2007）是遥感影像信息提取的基础方法，用计算机进行自动分类时，训练样本的选择以及自动分类决策等，都需要以目视判读作为基础。目视解译的原理为不同地物在不同波段反射率存在着差异，地物在不同波段的遥感图像上呈现出不同的色调。目视解译依据光谱规律、地学规律和解译者的经验从图像的亮度、色调、位置、时间、纹理、阴影和结构等各种特征推断出地面的景物类型。目视解译的方法有直接判定法、对比分析法、逻辑推理法。逻辑推理法即是借助各种地物和自然现象之间的内在联系，综合考虑遥感影像多种解译特征，结合生活常识，用逻辑推理的方法推断某种目标地物或自然现象的存在和属性。本文采用该方法开展房屋抗震能力等级判定。

1.3 抽样调查法

抽样调查法（孙山泽，2014）是从研究对象总体中抽取部分样本进行调查，并用这部分样本的特征去推断总体的特征，因此抽样须遵循随机化原则，样本既要有一定的数量又要具有代表性。常用的随机抽样方法有单纯随机抽样、系统抽样、分层抽样和整群抽样等。房屋抗震能力抽样调查是指在已勾绘的房屋片区中选择一定数量的样区开展实地调查。样区选择遵循3个原则：一是样区在影像上分布均匀，覆盖不同抗震能力等级；二

是样区覆盖农村、乡镇驻地、城乡结合部、老城区和新城区；三是覆盖民用建筑和公共建筑。每个抽样调查区面积约 1 km²；抽样调查的内容包括房屋所在地名称、结构类型、建筑用途、建造年代、抗震设防等级和房屋数量。

1.4 空间分析法

空间分析法（郭仁忠，2001）是通过空间数据和空间模型的联合分析来挖掘空间目标的潜在信息。空间分析的基础是地理空间数据，将空间数据和它的属性数据结合起来，运用几何逻辑运算、数理统计分析、代数运算等数学手段，进行特定任务的空间计算与分析，最终解决相关的地理空间实际问题。笔者运用空间叠置分析检查房屋勾绘的准确性，运用 ArcGis 空间统计分析和频数分析计算各乡镇总体房屋数量、各乡镇不同抗震能力等级的房屋数量。

2 建水县房屋结构及建筑影像特征

2.1 区域总体概况

建水县位于云南省南部，总面积为 3 789 km²，辖 8 镇 4 乡，分别为临安镇、官厅镇、西庄镇、青龙镇、南庄镇、岔科镇、曲江镇、面甸镇、普雄乡、坡头乡、盘江乡、甸尾乡，县政府驻地为临安镇。建水县总人口 55.48 万人，少数民族人口占

比为 41.5%。2020 年上半年全县地区生产总值为 964 151 万元，人均年收入约为 1.7 万元/人（建水县人民政府，2021）。

建水县地形西高东低、南高北低，地貌分为盆地、河谷、山地和丘陵，建水盆地和曲江盆地是最大的 2 个盆地。建水县地处云南山字型构造建水弧和石屏弧间的东翼地段，主要大断裂构造线走向为北东、北西向，境内断层发育，分布有曲江地震带和石屏—建水地震带，1970 年在曲江地震带曾发生通海 7.8 级强烈地震。

2.2 房屋结构及分布

建筑按其使用性质分为民用建筑、工业建筑和农业建筑，其中民用建筑按使用功能可分为居住建筑和公共建筑两大类（刘培琴，2005）。建水县基本设防烈度为Ⅷ度（0.30 g）。依据建水县发改局、住房和城乡建设局、扶贫办等单位提供的统计资料，全县建筑结构以砖混结构房屋为主，穿斗木结构房屋有一定的占比，县城驻地临安镇框（剪）架结构房屋占比较高。全县房屋整体抗震能力较好。

框（剪）结构房屋由正规施工单位按当地抗震设防烈度建造，符合Ⅷ度（0.30 g）设防要求，多为工业建筑、公共建筑或近年城区新建居住建筑（图 2a），大量分布于县城内天猴高速以南、建水大道以西的区域。

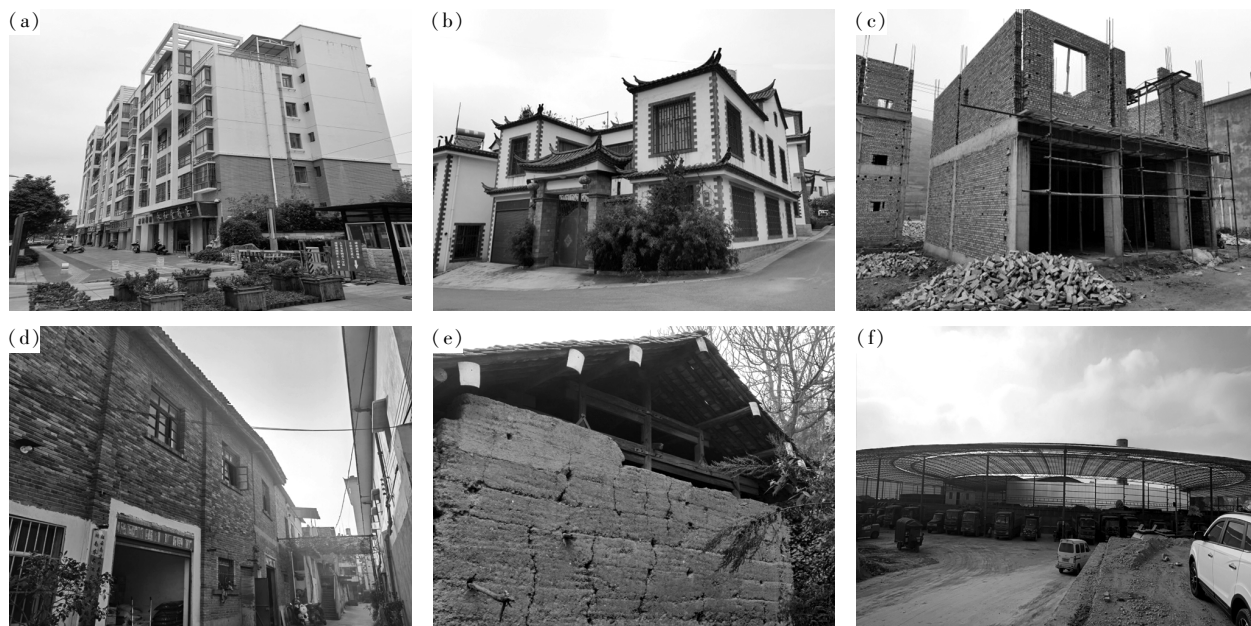


图 2 建水县常见房屋结构

Fig. 2 Structure of common buildings in Jianshui Country

建水县砖混结构房屋墙体为空心砖或红砖，C类、B2类和B类均有分布（明小娜等，2018），C类符合Ⅷ度（0.30 g）设防要求，主要为公共建筑或2000年后建成的居住建筑（图2b），多分布于县城内建水大道以东、迎晖路以西、朝阳北路以北区域；B2类设有圈梁构造柱，采取部分抗震措施，在老城区、城郊、西庄镇、面甸镇、青龙镇、官厅镇等乡镇驻地分布广，主要为村民自建住宅，实地调查表明，该类结构多存在结构平立面不规则、箍筋尺寸及数量不足、窗洞数量及尺寸设计不合理等情况（图2c）；B类无构造措施、未经抗震设防，主要为县城内建造年代较早的老旧厂房，数量较少（图2d）。

穿斗木结构房屋在坡头乡、普雄乡、甸尾乡等山区分布广，木架构承重，墙体由夯土、土坯或红砖砌成围护作用。这类房屋年代久远，有墙体开裂、山墙部分垮塌、木架构裸露腐蚀、屋顶部分梭瓦等情况（图2e），随着脱贫攻坚、农危改、“全面改薄”等工程的大力推进，农村地区此类老旧房屋已有大部分实施了危房加固改造或整村搬迁。

钢架结构用于大跨度的公共建筑屋盖（如体育馆、火车站等）、跨度很大的工业厂房骨架或大型农贸市场骨架（图2f），工业厂房沿城郊主干道分布较广。

2.3 房屋建筑影像特征

建水县影像数据源于插件 SimpleGIS 在线地图提供的 Google 标注地图。经影像数据和实地建筑对比可知，影像数据采集时间为2019年，其中，城市影像地图为第20级，农村影像地图为第18级。

建水县居住建筑在遥感影像上的特征主要分为3类：第一类建筑影像单体为条带状，以长方形为主，边缘或有凹凸，墙体立面可见窗洞，阴影较长；屋顶为平顶，偶见坡顶，颜色为红褐色、深灰色或灰白色，色调均匀，有规则整齐的小斑块分布。从空间分布看，单体间距大，多个单体组合排列整齐，空间上形成大面积规整建筑群，单体周围或有球场、植被、花园等大型景观镶嵌，其间道路路网明显，此类建筑为新建住宅，以框架结构、B1类砖混结构为主（图3a）。第二类建筑影像单体面积较小，以方形为主，偶见阴影；



图3 基于遥感影像的建水县各类建筑结构空间特征

Fig. 3 Spatial characteristics of different building - structures based on remote sensing images in Jianshui County

屋顶为平顶,颜色多为灰白色、或有蓝色,屋顶有斑块分布,大小不一、排列不规则。从空间分布看,单体沿主干道路两侧分布,多个单体组合密集,排列不整齐,色调混杂,此类建筑为自建住宅,以 B2 类砖混结构为主(刘贾贾等,2019)(图 3b)。第三类建筑单体面积很小,一般为规则长方形;屋顶为坡顶,颜色为深灰色或黑色,同一坡面色调均匀。从空间分布看,多个单体相互搭接,中间有小面积灰白色空地,此类建筑为自建老旧住宅,以穿斗木结构为主(图 3c)。

公共建筑影像特征单体面积大,有长方形、椭圆形或其它多边形,屋顶为平顶或坡顶,颜色为灰色,色调均匀、纹理清晰、边缘整齐,或有多个单体相互搭接(图 3d~f)。工业建筑影像特征单体面积大,以长方形为主,屋顶颜色以蓝色或灰白色为主,色调均匀、纹理清晰、边界清晰。此外,在城区内有小空间内呈簇状分布的黑色图斑,为 B 类砖混结构老旧厂房(图 3g~i)。

3 基于经验估计的房屋抗震能力等级判别

3.1 判别依据

建筑抗震能力与建筑的抗震设计密切相关。中国地震灾害防御中心依据建筑抗震设计情况将房屋抗震能力等级分为估计抗震能力达标、疑似抗震能力不足和疑似抗震能力严重不足 3 个等级。其中,严格按照《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2019)修建的建筑工程能达到抗震设防 3 个水准,其房屋抗震能力等级为估计抗震能力达标;没有严格按照抗震设计标准、仅采取部分抗震设防措施的房屋其抗震能力等级为疑似抗震能力不足;未采取任何抗震设防措施的房屋其抗震能力等级为疑似抗震能力严重不足。该判别标准需要详细了解建筑的抗震设计情况,但影像仅能还原建筑的位置以及轮廓,无法从影像上直接获取建筑的抗震设防属性,仅用建筑的遥感影像特征来判别其抗震能力等级较为困难。

基于上述判别标准,笔者结合房屋结构、用途及分布与房屋建筑在影像上的几何特征、空间关系特征的对应关系,总结得出经验估计的判别依据:建筑的影像轮廓清晰、单体面积大,或多

栋建筑构成规整建筑群,并且建筑群内路网明显、可见植被、花园、球场等景观的,房屋用途多为公共建筑(体育馆、展览馆、火车站、汽车站等)、工业建筑(大型厂房、仓库等特种建筑)或新建居住建筑,其房屋抗震能力等级划为估计抗震能力达标;建筑的影像单体面积小、影像边界不清、建筑集聚且密度大、空间排列混乱无序的,多为居住建筑中 B2 类砖混结构、穿斗木结构,其房屋抗震能力等级划为估计疑似抗震能力不足;建筑的影像单体面积很小、零散分布,颜色为灰黑色的,多为 B 类砖混结构、简易房屋,主要用于临时堆砌生产生活物资、圈养牲畜,其房屋抗震能力等级划为疑似抗震能力严重不足。

3.2 判别结果

以卫星影像为底图,笔者采用人工勾绘解译房屋栋数总计 175 860 栋,建水县各乡镇房屋抗震能力等级初步判定结果见表 1。从总体看,城市估测抗震能力达标等级占比为 17%,疑似抗震能力不足等级占比为 78%,疑似抗震能力严重不足等级占比为 5%。农村估测抗震能力达标等级占比为 5%,疑似抗震能力不足等级占比为 92%,疑似抗震能力严重不足等级占比为 3%。

4 房屋抗震能力实地调查及震级初判

4.1 房屋抗震能力实地调查

实地抽样调查的目的为:一是更新因影像滞后造成的建筑物漏识别情况,如大面积拆迁改造区、异地搬迁新建区、新规划民居建筑区等;二是更正因影像分辨率不高或建筑特征不明显造成的房屋抗震能力等级难以判定的情况;三是数据质量检查抽样计算。笔者依据前述抽样调查区选取原则,在每个乡镇各选择了样区开展实施调查,确定了 12 个样区(表 2),其中调查区 1 为城区,其余调查区为城郊、乡镇、村委会驻地,图 4 仅列出部分调查区。

4.2 实地调查误差计算与分析

4.2.1 误差计算

本文将实地调查的房屋结果视为真实值,遥感解译的结果视为测量结果,计算基于遥感影像与经验估计的房屋抗震能力相对误差(表 2),根据规定^①当误差小于 20%,其分类结果可信,符合

① 中国地震灾害防御中心. 2020. 基于遥感影像和经验估计的区域房屋抗震设防能力初判工作实施方案.

表 1 基于遥感影像解译和经验估计的建水县房屋抗震能力等级

Tab. 1 Grade of buildings' seismic capacity of Jianshui County based on interpretation of remote sensing images and empirical estimation

乡镇名	房屋栋数				各抗震等级房屋比例			所选调查区 编号
	疑似抗震能力 严重不足	疑似抗震 能力不足	估测抗震 能力达标	房屋总栋数	疑似抗震能力 严重不足	疑似抗震 能力不足	估测抗震 能力达标	
临安镇	2 315	34 889	7 319	44 523	5%	78%	17%	1
官厅镇	92	13 177	436	13 705	1%	96%	3%	2
西庄镇	455	8 818	433	9 706	5%	91%	4%	3
青龙镇	574	8 292	257	9 123	6%	91%	3%	4
南庄镇	302	18 059	652	19 013	2%	95%	3%	5
岔科镇	212	6 241	145	6 598	3%	95%	2%	6
曲江镇	800	28 936	3 532	33 268	2%	87%	11%	7
甸甸镇	340	18 225	132	18 697	2%	97%	1%	8
普雄乡	208	3 865	429	4 502	5%	85%	10%	9
坡头乡	90	6 704	180	6 974	1%	96%	3%	10
盘江乡	553	2 566	129	3 248	17%	79%	4%	11
甸尾乡	447	6 013	43	6 503	7%	92%	1%	12
城市	2 315	34 889	7 319	44 523	5%	78%	17%	—
农村	4 073	120 896	6 368	131 337	3%	92%	5%	—



(a) 调查区 1



(b) 调查区 2



(c) 调查区 3

图 4 建水县房屋抽样调查区

Fig. 4 Sampling – survey area in Jianshui Country

数据质检要求。从总体看，调查区内不同分类等级的误差有正误差和负误差，当调查区内某一抗震能力等级房屋栋数实际调查结果比遥感影像解译多时，误差为负值。除调查区 10 疑似抗震能力严重不足的房屋栋数误差为 -32%，超过规定误差外，其余调查区各抗震能力等级误差大致在误差控制范围内；除调查区 1 估计抗震能力达标误差为 -18% 外，其余房屋疑似抗震能力不足和估计抗震能力达标的误差均较小。

4.2.2 误差分析

笔者通过实地调查和影像对比分析，初步判定产生误差的原因包括影像的时效性、影像分辨率、房屋分区颗粒度和主观认知差异等因素。

影像滞后、分辨率不高，可能造成漏识别、误判等情况。如调查区 1 内部分区域影像显示为空地，现已建成高层住宅区，因影像滞后造成影像解译的估计抗震能力达标的房屋栋数比实际调查少，导致调查区 1 估计抗震能力达标误差较大；老城中心区域、城乡结合部等区域房屋密度高，成片连接，房屋栋数可能误判。

基于遥感影像和经验估计建立的房屋抗震能力判别依据缺乏详细的房屋属性资料，也可能造成分类等级误判。从影像上无法获取房屋修建年代、承重构件材质、是否实施抗震加固等属性，因此对房屋抗震能力判定有较大的影响。如调查

表 2 调查区房屋抗震能力等级判别误差

Tab. 2 Discrimination error of seismic – capacity grade of buildings in the survey area

调查区 编号	遥感影像房屋栋数			实地调查房屋栋数			误差		
	疑似抗震能力 严重不足	疑似抗震 能力不足	估计抗震 能力达标	疑似抗震能力 严重不足	疑似抗震 能力不足	估计抗震 能力达标	疑似抗震能力 严重不足	疑似抗震 能力不足	估计抗震 能力达标
1	115	1 744	415	133	1 637	504	– 14%	7%	– 18%
2	14	612	27	12	613	28	17%	0	– 4%
3	28	578	20	27	581	22	4%	– 1%	– 9%
4	28	414	14	30	411	15	– 7%	1%	– 7%
5	29	905	32	27	909	32	7%	0	0
6	34	587	19	31	590	21	10%	– 1%	– 10%
7	51	1 546	115	58	1 544	120	– 12%	0	– 4%
8	32	786	20	33	791	20	– 3%	– 1%	0
9	23	472	47	30	460	47	– 23%	3%	0
10	19	623	27	28	623	27	– 32%	0	0
11	58	490	16	72	485	16	– 19%	1%	0
12	32	588	13	41	583	13	– 22%	1%	0

区 1 内部分新建轻质钢架棚，承重构件为钢架，其中一些承重钢架以地面为支撑，一些承重钢架搭建在已有的纵横墙上，两种类型抗震能力完全不同，导致疑似抗震能力不足与疑似抗震能力严重不足两个等级出现误判；调查区 9、10 和 12 多为穿斗木结构房屋，实地调查发现部分房屋局部山墙已经垮塌，并且未实施抗震加固，其抗震能力等级应判别为疑似抗震能力严重不足，因此这 3 个调查区疑似抗震能力严重不足的误差较大。

房屋分区的颗粒度会影响房屋抗震能力等级判别结果。一个房屋分区内可能含有 3 类抗震能力等级的房屋，该房屋分区的抗震能力等级由同一抗震能力等级房屋数量最多的决定，因此房屋分区的颗粒度越小，该区域房屋抗震能力判别结果越准确。

4.3 房屋抗震能力等级初判

通过实地抽样调查补充漏识别和误判情况并进行修正后，建水县房屋栋数总计 179 013 栋，修正后建水县各乡镇房屋抗震能力等级结果见表 3。从总体看，建水县房屋抗震能力较好，估测抗震能力达标占比最高为临安镇达 22%；疑似抗震能力严重不足的占比约 6%。盘江乡疑似抗震能力严重不足的占比高达 14%，甸尾乡、普雄乡疑似抗震能力严重不足的占比也较高，主要原因均为老旧的木架构房屋在乡内占比较高，且未实施加固或拆除处理。

表 3 修正后建水县房屋抗震能力初判结果

Tab. 3 Preliminary judgment of the revised seismic capacity of buildings in Jianshui County

乡镇名	房屋栋数			房屋抗震能力比例		
	疑似抗震 能力严重 不足	疑似抗 震能力 不足	估计抗 震能力 达标	疑似抗震 能力严重 不足	疑似抗 震能力 不足	估计抗 震能力 达标
临安镇	2 674	31 436	9 513	6%	72%	22%
官厅镇	80	13 398	486	1%	96%	3%
西庄镇	462	8 818	425	5%	91%	4%
青龙镇	631	8 069	222	7%	90%	2%
南庄镇	302	18 668	542	2%	95%	3%
岔科镇	257	6 278	139	4%	94%	2%
曲江镇	692	32 746	2 011	2%	92%	6%
面甸镇	345	18 796	109	2%	97%	1%
普雄乡	282	3 840	403	6%	85%	9%
坡头乡	116	7 297	153	2%	96%	2%
盘江乡	469	2 748	135	14%	82%	4%
甸尾乡	523	5 892	56	8%	91%	1%
城市	2 674	31 436	9 513	6%	72%	22%
农村	4 159	126 550	4 681	4%	93%	3%

基于遥感影像和经验估计的建水县房屋抗震能力初步评估图制图通过 ArcGIS 10.2 软件实现（图 5），其图件数据层的内容包含房屋抗震能力评估分区图、县界、乡镇（街道）界、主要道路、水系、湖泊和遥感影像。建水县房屋估计抗震能

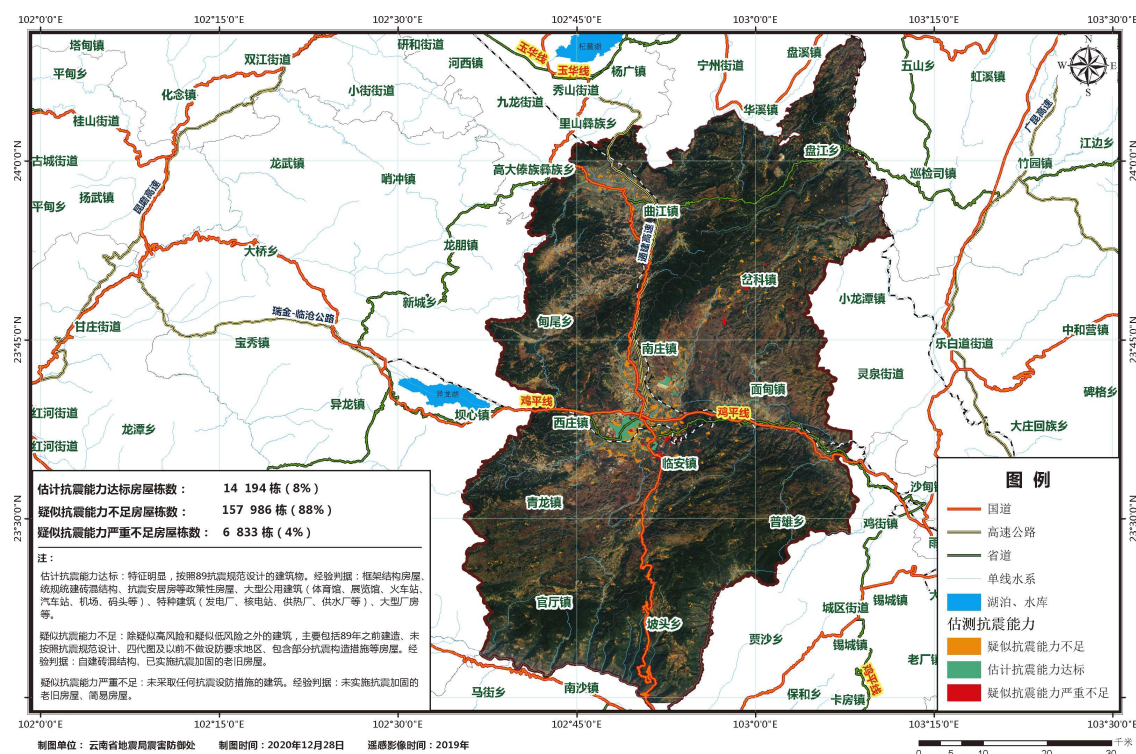


图5 基于遥感影像和经验估计的云南建水县房屋抗震能力初评估图

Fig. 5 Preliminary evaluation of the seismic capacity of buildings in Jianshui County, Yunnan Province

力达标等级、疑似抗震能力不足等级和疑似抗震能力严重不足等级分别占比为8%、88%和4%。

5 结论

本文给出了云南地区基于遥感影像和经验估计的房屋抗震能力初判方法的技术思路,并用该方法完成了建水县房屋抗震能力等级判别,主要得出如下结论:

(1) 建水县房屋抗震能力初判判别依据为:建筑的影像轮廓清晰、单体面积大,或多栋建筑构成规整建筑群,并且建筑群内路网明显,可见植被、花园、球场等景观,其房屋抗震能力等级划为估计抗震能力达标;建筑的影像单体面积小、影像边界不清、建筑集聚且密度大、空间排列混乱无序,其房屋抗震能力等级划为估计疑似抗震能力不足;建筑的影像单体面积很小、零散分布,颜色为灰黑色,其房屋抗震能力等级划为疑似抗震能力严重不足。

(2) 经实地调查结果与影像解译结果误差对比分析,发现各抗震能力等级误差基本符合规定,达到数据质检要求。其中,误差产生的原因与影

像的时效性、影像分辨率、房屋分区颗粒度和主观认知差异等有关。由此表明根据影像和经验估计方法初步判别房屋抗震能力具有可行性。

(3) 建水县房屋估计抗震能力达标等级占比为8%,疑似抗震能力不足等级占比为88%,疑似抗震能力严重不足等级占比为4%。从总体看,建水县房屋抗震能力较好,疑似抗震能力严重不足的房屋主要分布于偏远农村,主要原因为老旧的木架构房屋未实施加固或拆除。

综上所述,在缺乏详细的房屋数字化资料的情况下,通过分析区域房屋建筑影像特征大致确定房屋结构类型及其用途,基于房屋的属性建立区域房屋抗震能力经验判据,这种基于影像和经验估计房屋抗震能力的方法能够快速掌握区域房屋整体的分布,从宏观上摸清区域房屋抗震能力底数。

参考文献:

- 关泽群,刘继琳. 2007. 遥感图像解译[M]. 武汉:武汉大学出版社.
- 郭仁忠. 2001. 空间分析(第2版)[M]. 北京:高等教育出版社.
- 建水县地方志编纂委员会办公室. 2018. 建水年鉴(2018)[M]. 昆明市:德宏民族出版社.

- 建水县人民政府. 2021. 建水县 2020 年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2021-02-16) [2021-04-15]. http://www.hnjshh.gov.cn/zfxxgk/fdzdgknr/tjxx/202106/t20210616_527692.html.
- 刘贾贾, 刘志辉, 刘龙, 等. 2019. 基于遥感影像的农村建筑物分类[J]. 华北地震科学, 37(4): 65-72.
- 刘培琴. 2005. 建筑概论[M]. 北京: 机械工业出版社.
- 明小娜, 王晓青, 周洋, 等. 2018a. 基于高分卫星影像的昭通城区建筑物结构类型解译标志构建[J]. 测绘与空间地理信息, 41(9): 139-142.
- 明小娜, 周洋, 卢永坤, 等. 2018b. 云南省砖混结构房屋震害矩阵修正研究[J]. 地震研究, 41(4): 605-613.
- 全国自然灾害综合风险普查技术总体组. 2020. 全国自然灾害综合风险普查工程(一)开展全国自然灾害综合风险普查的背景[J]. 中国减灾, (1): 42-45.
- 史铁花, 王翠坤, 朱立新, 等. 2021. 承灾体调查中的房屋建筑调查[J]. 城市与减灾, (2): 24-15.
- 史铁花. 2020. 房屋抗震设防普查助力自然灾害防治“九大重点工程”[J]. 工程建设标准化, (5): 13-15.
- 孙山泽. 2014. 抽样调查[M]. 北京: 北京大学出版社.
- 解建伟. 2020. 3S 技术在房屋抗震普查中的应用[J]. 城乡建设, (17): 46-48.
- 周洋, 明小娜, 杨健强, 等. 2021. 基于历史地震的云南农居易损性矩阵分区研究[J]. 地震研究, 44(2): 283-291.
- GB 50011—2019, 建筑抗震设计规范[S].
- GB 50023—2009, 建筑抗震鉴定标准[S].

Preliminary Assessment of the Seismic Capacity of Buildings in Jianshui County, Yunnan Province Based on Remote-sensing Images and the Empirical-estimation Method

MING Xiaona, YANG Jianqiang, ZHANG Yuanshuo, YU Jiang, ZHENG Chuan, ZHUANG Yan
(Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

Buildings' damage is one of the main factors leading to casualties in the earthquake disaster. So far, the detailed risk survey data of the buildings in Yunnan Province have not obtained yet. We firstly analyzed the data on the structure and functions of the buildings, statistical data on rural dilapidated house renovation project and peoples' relocation from inhospitable areas, as well as the geometric and spatial features of the houses for different purposes on image. Then we proposed a preliminary method to judge degree of the buildings' seismic capacity in Yunnan based on remote-sensing images and empirical estimation, and we applied our method to the buildings in Jianshui County, Yunnan Province. The results prove that the houses with qualified seismic capacity account for 8%, the houses with inadequate seismic capacity account for 88%, and the ones with grossly inadequate seismic capacity account for 4%.

Keywords: buildings' seismic capacity; remote-sensing images; empirical estimation; Jianshui Country