

引用格式: 王楠,程维明,张一驰,等.全国山洪灾害防治县房屋损毁风险评估及原因探究[J].地球信息科学学报,2017,19(12):1575-1583. [Wang N, Cheng W M, Zhang Y C, et al. 2017. Reasons and risk assessment of housing samage in the national mountain torrent disaster prevention county. Journal of Geo-information Science, 19(12):1575-1583.] DOI:10.3724/SP.J.1047.2017.01575

全国山洪灾害防治县房屋损毁风险评估及原因探究

王楠^{1,2},程维明^{1,3*},张一驰⁴,刘东成⁵

1. 中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实验室,北京 100101; 2. 中国科学院大学,北京 100049; 3. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心,南京 210023; 4. 中国科学院地理科学与资源研究所 陆地水循环及地表过程重点实验室,北京 100101; 5. 大港油田勘探开发研究院,天津 300280

Reasons and Risk Assessment of Housing Damage in the National Mountain Torrent Disaster Prevention County

WANG Nan^{1,2}, CHENG Weiming^{1,3*}, ZHANG Yichi⁴ and LIU Dongcheng⁵

1. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China; 4. Key Laboratory of terrestrial water cycle and surface process, Institute of Geographic and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 5. Institute of Exploration and Development of Dagang Oil Field, Tianjin 300280, China

Abstract: The economic losses caused by torrential disaster in China are increasing. Housing damage plays an important role in economic losses and casualties. Based on the data provided by the survey and evaluation of torrent disaster, we analyzed the temporal and spatial distribution features of house exposure, constructed the damage risk assessment model of torrent disaster, analyzed the causes of housing damage risk and explored the reasons. The results showed that: (1) The houses in China rural area are mainly one-layer building, and distribution of one-layer dominated county is roughly the same with the boundary of the third terrain ladder of China; brick-concrete structure is the main housing structure in mountainous rural areas, followed with brick-wood structure, steel-concrete structure and other structures are the least. (2) Overall, the housing vulnerability is high in the northwest and low in the southeast, while the housing damage risk is high in the east and low in the west. The areas with extremely high damage risk are concentrated in the Liaodong Peninsula, Shandong Peninsula, Hainan Island and the Southeastern coastal areas and Yanshan-Taihang Mountains. The areas with high damage risk are banded or agglomerated, which are mainly distributed in the Taihang Mountains and middle-lower reaches of Yangtze River. (3) The high housing damage risk in Shandong, Shanxi and Hebei province are more relied on housing structure types. The houses with high damage risk which are mainly due to torrent strength are located within three stripes: Yanshan-Taihang Mountains Belt, Zhejiang-Fujian Coastal Hilly Belt, Guangdong-Guangxi Coastal Belt.

Key words: housing damage risk; torrent disaster; structure types; building types; prevention county

*Corresponding author: CHENG Weiming, E-mail: Chengwm@lreis.ac.cn

收稿日期 2017-07-10; 修回日期: 2017-10-28.

基金项目 水科院全国山洪灾害调查评价项目(SHZH-IWHR-57); 特色研究所培育建设服务项目(Y55R0904YZ); 资源与环境信息系统国家重点实验室自主创新项目(088RAA04YA)。

作者简介 王楠(1990-), 女, 博士生, 主要从事流域地形地貌研究。E-mail: wangnd.17b@igsnr.ac.cn

*通讯作者 程维明(1973-), 男, 博士, 研究员, 主要从事数字地形地貌研究。E-mail: chengwm@lreis.ac.cn

摘要:中国山洪灾害造成的经济损失在各类灾害损失中所占比重日趋增大,其中房屋损毁是造成经济损失和人员伤亡的重要因素。本文以房屋为研究对象,基于全国山洪灾害调查评价提供的数据,分析房屋暴露量的时空分布特征,构建山洪灾害房屋损毁风险评估模型,对房屋损毁风险进行分析及原因探究。结果表明:①中国山洪灾害防治县以一层住宅为主,占比达50%以上的防治县分布范围大致与中国第二、三阶梯分界线一致;砖混结构仍为迄今为止中国山区农村运用最为广泛的房屋结构类型,其次为砖木结构,再次为钢混结构和其它结构;②中国山洪灾害防治县房屋脆弱性呈现西北高、东南低的整体空间格局;房屋损毁风险呈现东部高、西部低的空间分布特征,且损毁风险较高的地区呈带状或集聚状态分布。损毁风险很高的地区集中于辽东半岛、山东半岛、海南岛及东南沿海地带,且在燕山-太行山区呈现沿东北-西南方向的条带状分布,损毁风险较高的地区主要分布于太行山区及长江中下游地区;③房屋类型对山洪灾害房屋损毁风险贡献度较高的地区主要为山东省、山西省及河北省;山洪强度对房屋损毁风险贡献率较高的地区主要呈3条条带状分布:燕山-太行山分布带、浙闽滨海丘陵分布带、两广滨海分布带。

关键词:房屋损毁风险;山洪灾害;结构类型;建筑类型;防治县

1 引言

山洪是指山区小流域内由降雨引起的突发性、暴涨暴落的地表径流^[1-3]。山洪具有突发性强、水量集中、流速大、冲刷破坏力强等特点,一般可分为暴雨山洪、融雪山洪、冰川山洪等。由于其水流中挟带泥沙甚至石块等物质,因此山洪灾害往往会造成严重的人员伤亡和经济损失。根据国家防洪抗旱总指挥部统计,全国有2058个县(市)存在山洪灾害分布,面积可达487万km²,受山洪灾害威胁的人口约5.7亿^[4]。近年来,山洪灾害造成的经济损失在各类灾害损失中所占的比重日趋增大。

根据联合国人道主义事务部对自然灾害风险的定义,风险是指在一定区域和给定时段内,由于特定的自然灾害而引起的人们生命财产和经济活动的期望损失值^[5]。因此,山洪灾害风险研究主要包括山洪灾害危险性分析、承灾体脆弱性分析和山洪灾害损失评估3部分^[6]。目前,山洪灾害风险评估工作主要从2方面展开,基于统计方法的风险评估和基于动力过程的风险评估。其中,前者主要依据灾害成因及承灾体数量、质量与空间位置等信息,采用统计分析方法,利用灾害危险度、承灾体的易损度及暴露性来确定灾害风险值^[7-10],其结果可用于不同级别行政单元的灾害风险管理^[4];后者则是从灾害演化过程角度出发,进行灾害数值模拟,从而分析其危险性和易损性,最终进行风险评估与风险制图的过程^[11-13],其结果主要应用于设计具体灾害点的临灾预案和减灾工程^[14]。

山洪造成的灾害主要有财产损失、房屋倒塌以及生命线工程中断等^[14],其中房屋的破坏直接威胁着人民的生命财产安全,是造成直接损失的最主要因素。山洪灾害主要发生于山区,而山区经济社会

发展水平相对滞后,绝大多数的农村住房属于自建住房,基本处于不设防状态,从而造成严重的生命财产损失^[5]。因此,房屋的脆弱性评价是进行山洪灾害损失评估和防灾减灾规划需要考虑的重要因素^[6]。山洪灾害中的房屋损毁主要包括3种形式:①暴雨引起的山洪通过地表径流以及地下径流对房屋住宅进行破坏,从而造成对宅基地或墙体直接产生动水压力冲刷、侵蚀,最终引起坍塌、毁坏;②山洪冲击对宅基地产生推移滑动、塌陷、掩埋、引起墙体开裂、使房屋建筑崩塌;③山洪引发次生地质灾害,如滑坡、山崩、地陷、泥石流等,产生岩土泥石介质推力或引力冲毁、掩埋、堆压房屋住宅^[17]。山洪易对房屋造成损毁主要有以下3个方面原因:①山洪强度等级高,破坏力大;②山区房屋的建筑材料强度低、传统建造方式不合理以及结构整体性差;③山区防洪规划不够完善。此外,水库堤坝溃决造成洪水流速、流量较大也是导致村镇住宅破坏的原因^[18]。

防治县是编制防灾减灾规划及开展灾害救援行动的重要行政单元。目前,从全国尺度上开展的山洪灾害房屋脆弱性评价工作还较少,且尚无关于山洪灾害中房屋损毁风险评估模型的研究。根据刘毅等^[19]的研究,认为灾害风险应由自然灾害破坏力(D)、承灾体暴露量(E)和孕灾环境参数(K)3部分组成,即 $R=(D \times E) \times K$ 。其中,自然灾害破坏力和承灾体暴露量共同决定了承灾体的脆弱性,即自然灾害的理论损失。从而,自然灾害的风险可理解为承灾体脆弱性与孕灾环境参数的乘积。因此,参考刘毅等^[19]提出的地震房屋损毁风险评估方法,本文对其进行了修改,以用于全国山洪灾害防治县的房屋损毁风险评估。在全国山洪灾害调查评价基础数据的支持下,本文从房屋暴露量、房屋损毁率

等方面,对全国山洪灾害防治县的房屋损毁风险进行了整体评估,根据评估结果对各地区的房屋损毁风险分布格局进行了原因探究,以期政府部门制定和实施区域防灾规划提供有效的支撑。

2 数据源

2.1 全国山洪灾害防治县房屋数据

本文所用的房屋数据来自《全国山洪灾害调查评价》项目,该项目对全国2058个山洪灾害防治县的典型户进行抽样调查,调查内容主要包括房屋建筑类型、结构类型、建设年代等。其中,根据层数,房屋的建筑类型分为一层住宅、二层住宅、三层住宅及其他形式住宅(如三层以上、别墅等)4种类型;根据承重的主要构件,房屋结构分为钢混结构、砖混结构、砖木结构及其他结构(竹结构、草木结构、窑洞等)4种类型(表1)。

2.2 全国山洪灾害防治区山洪强度

通常用于表征山洪的特征值主要有洪峰水位、洪峰流量、洪水流速、洪水总量、洪水历时、洪峰模数和洪水涨落率等^[20]。骆承政等^[21]曾对中国最大洪水量级的地区分布进行了深入研究,将不同流域面积的洪峰流量统一转换为某一标准面积下的洪峰流量值,以便于地区之间的比较分析(图1)。本文依据国家水利部和建设部颁布的国家防洪标准(GB50201-94),利用标准面积洪峰流量将山洪强度划分为6个等级,并为其赋予不同的强度系数(表2)。

3 研究方法

3.1 山洪灾害破坏力

自然灾害破坏力是指灾害的物理损毁标准^[19]。在一定的山洪强度下,山洪灾害对房屋的破坏力主要与房屋的材料、结构及其使用时间等因素相关。根据历史资料调查及文献中相关模拟实验结果,房屋承重构件材料及建筑层数的不同,导致房屋对山洪灾害的抵御能力也不同^[22-24]。因此,根据不同建筑类型和结构类型,山洪灾害对房屋的破坏力表现为:其他结构>砖木结构>砖混结构>钢混结构;一层住宅>二层住宅>三层住宅>其他住宅。本文将二者进行综合,获得山洪灾害房屋易损系数用以表征山洪灾害破坏力,从而建立适合全国山洪灾害房屋脆弱性评估的标准(表3)。

3.2 房屋暴露量

承灾体暴露量是指研究区域内各类承灾体的数量分布状况,该统计量的测算是承灾体脆弱性评估的基础^[19]。由于在县域尺度上房屋类型的空间分异特征不明显,因此本文假设防治县内部的房屋呈均匀分布状态。本文所采用的房屋统计数据为典型户抽样调查结果,最终计算的结果为各防治县的房屋破坏比例。

$$E = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 H_{ij} \quad (1)$$

式中: E 为山洪灾害防治区房屋暴露量; H_{ij} 为山洪灾害防治区某种类型房屋所占比例; i 为房屋的结构类型数量; j 为房屋的建筑类型数量。

表1 房屋结构类型的定义

Tab. 1 Definitions of the four types of housing structure in the Fifth National Census

结构类型	定义
钢混结构	指承重的主要构件是用钢筋混凝土建造的。包括薄壳结构、大模板现浇结构及使用滑模、升板等建造的钢筋混凝土结构的建筑物
砖混结构	指承重的主要构件是用钢筋混凝土和砖木建造的。如一幢房屋的梁是用钢筋混凝土制成,以砖墙为承重墙,或者梁是用木材建造,柱是用钢筋混凝土建造
砖木结构	指承重的主要构件是用砖、木材建造的。如一幢房屋是木制房架、砖墙、木柱建造
其他结构	指凡不属于上述结构的房屋都归此类。如竹结构、砖拱结构、窑洞

表2 山洪强度等级划分标准

Tab. 2 Classification criterion of flash flood

标准面积洪峰流量/(m ³ /s)	<1000	1000~2000	2000~4000	4000~6000	6000~9000	≥9000
山洪强度等级	1	2	3	4	5	6

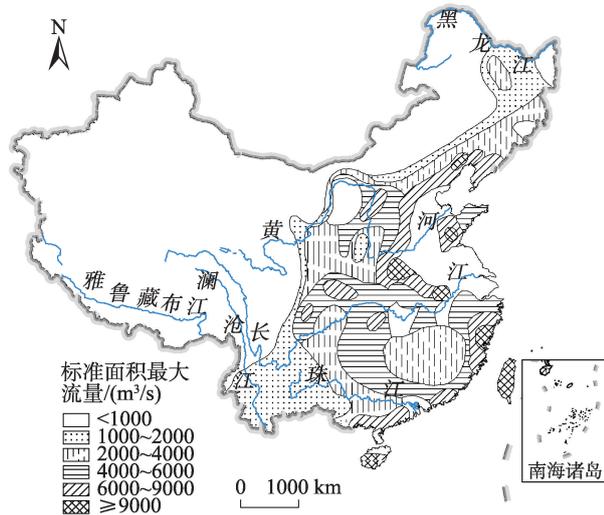


图1 中国洪峰流量分布示意图^[21]

Fig. 1 Distribution of peak flow in China

表3 全国山洪灾害防治区房屋易损系数

Tab. 3 Building damage coefficient of torrent disaster

结构类型	建筑类型			
	一层住宅	二层住宅	三层住宅	其他住宅形式
其它结构	0.9	0.8	0.7	0.6
砖木结构	0.8	0.7	0.6	0.5
砖混结构	0.7	0.6	0.5	0.4
钢混结构	0.6	0.5	0.4	0.3

3.3 孕灾环境参数

孕灾环境参数是指研究区域未来自然灾害发生的可能性^[19]。从长时间尺度及物理环境的角度来看,山洪灾害的发生具有一定的必然性,因此,采用某一环境参数对其发生的可能性进行量化描述,有助于山洪风险评估工作的开展。本文以骆承政等^[21]提出的全国洪峰流量分布作为衡量山洪灾害的孕灾环境参数(图1)。

$$K = \sum_{n=1}^6 \frac{A_n}{A} \times n \quad (2)$$

式中: K 为某防治县内孕灾环境参数; A 为某防治县的总面积; n 为山洪灾害等级; A_n 为某防治县内位于山洪强度第 n 等级的面积。

3.4 山洪灾害房屋风险评估

参考刘毅等^[19]提出的地震房屋损毁风险评估方法,本文对该方法进行了修改,以用于全国山洪灾害防治县的房屋损毁风险评估,其基本思路为: ① 基于不同结构类型和建筑类型,确定山洪灾害对房屋的破坏力(表3); ② 计算全国县域水平内房屋

暴露量;进而,以全国洪峰流量空间分布为基础,计算各县域水平内孕灾环境参数; ③ 计算全国防治县山洪灾害房屋脆弱性及房屋损毁率,其公式如下:

$$V = D \times E \quad (3)$$

$$R = D \times E \times K \quad (4)$$

式中: V 为山洪灾害房屋脆弱性; R 为山洪灾害房屋损毁率; D 为山洪灾害破坏力; E 为房屋暴露量; K 为孕灾环境参数。

单项指标分级主要包括等间隔法、等比例法、标准差法、自然分隔法等。其中,自然分隔法是指根据样本的分布,从数据变化较大处自动断开较好地再现数据属性的近似性特征^[25]。因此,本文利用自然分隔法对房屋损毁率进行分级,将全国的2058个防治县分为5个房屋损毁风险等级,即损毁风险很低(<1.02)、损毁风险较低($1.02\sim1.69$)、损毁风险一般($1.69\sim2.33$)、损毁风险较高($2.33\sim3.04$)和损毁风险很高(≥ 3.04)。

4 结果分析

4.1 山洪灾害房屋暴露性特征

4.1.1 房屋年代变化特征

山洪灾害房屋损毁敏感性主要取决于房屋的结构类型和使用时间等^[25]。因此,本文分析统计各县房屋主要建造时间,以占比最大的房屋建造年代作为该县的主要房屋建造时间,从而对全国防治县的房屋建造时间分布特征进行分析。结果表明,全国防治县房屋建造时间整体表现为以2000-2010年及2010年以后2个时段居多(图2)。其中,以2000-2010年建造房屋为主的防治县广泛分布于

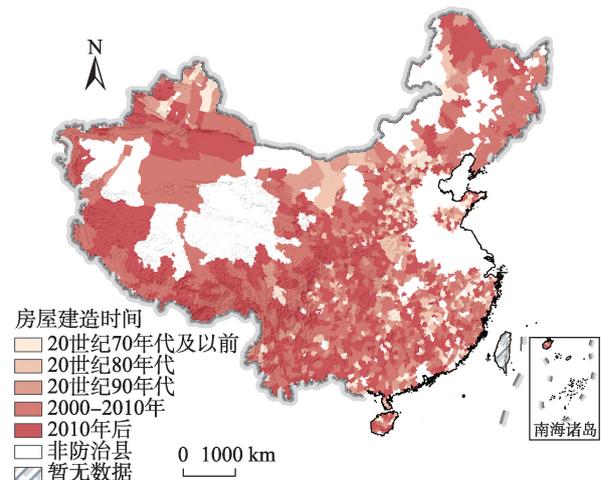


图2 全国山洪灾害防治县房屋主要建造年代分布

Fig. 2 Distribution of housing construction age

东北地区、西北地区、西南地区以及青藏高原地区；以2010年后建造房屋为主的防治县主要分布于黑龙江西北部、青藏高原西南部、新疆中部、陕西以及甘肃南部，此外，在四川、云南、广西也广泛分布；以20世纪80、90年代建造房屋为主的防治县则多分布于河南、江西、山西、山东以及内蒙古等地区；以20世纪70年代及以前的建造房屋为主的防治县较少，主要分布于华北平原、东南沿海地区。

通过分析各时段房屋建筑类型比例，从而得到房屋建筑类型的年代变化特征(图3)。结果表明：一层住宅房屋比例最高，呈现先增加后减少的变化趋势，最高值出现在1970年左右；其次，二层住宅比例也较高，三层及其他形式的住宅比例均较小，二层、三层及其他形式的房屋比例的变化趋势为先减少后增加，比例最低值在1970年左右。

通过分析各时段房屋结构类型比例，从而得到房屋结构类型的年代变化特征(图3)。结果表明，钢混结构和砖混结构的比例先减少后增加，转折点出现在20世纪70年代；砖木结构的比例则呈现波动变化的趋势，20世纪50年代之前略有减少，1960-1980年逐渐增加，1980年以后又呈现逐渐减少的趋势；其他结构的比例为先增加后减少的趋势，该结构比例最高值出现在20世纪60年代。

4.1.2 房屋空间分布特征

通过计算全国防治县的4种房屋建筑类型所占比例，分析各县主要房屋建筑类型，从而得到各房屋建筑类型的空间分布规律(图4)。结果表明：① 一层住宅分布范围最为广泛，以一层住宅为主的防治县在空间分布上大致与中国的第三阶梯范围一致，另外，山东丘陵、海南地区房屋也以一层住宅为主；② 二层住宅多分布于长江以南地区，以青藏

高原的西南边缘、河南、湖南以及云南居多；③ 三层住宅在四川西部、浙江、广西东部等地分布较多；其他形式建筑整体较少，广东与广西交界地区、四川东部及陕西南部等地区分布稍多。

通过计算全国防治县的4种房屋结构类型所占比例，分析各县主要房屋结构类型，从而得到各房屋结构类型的空间分布规律(图5)。结果表明，砖混结构仍为迄今为止中国山区农村运用最为广泛的房屋结构类型，约占总数的33.58%，其次为砖木结构，约占25.58%，再次为钢混结构和其他结构。其中，砖混结构房屋主要分布于陕西、重庆、贵州、云南、广西等地区；砖木结构房屋则主要分布于青藏高原西南边缘、新疆西南部、黑龙江中部以及山东丘陵；钢混结构房屋分布主要集中于长江以南地区，较集中分布于广东、湖南、贵州、云南等地区；草木、竹、砖拱等其他结构房屋主要分布于四川西北部、青藏高原以及内蒙古地区。

4.2 山洪灾害房屋脆弱性

中国山洪灾害防治县房屋脆弱性表现为西北高、东南低的整体空间格局(图6)。通过计算，房屋脆弱性的取值范围为0.42~0.87，其平均值为0.66。脆弱性较高的地区中，青藏高原地区和山东半岛均为以一层、二层的砖木结构为主，新疆、内蒙古地区多为一层的砖混结构；脆弱性中等地区多分布于中国的东南部，房屋以两层居多，其结构类型则多为砖混结构。

4.3 山洪灾害房屋损毁风险评估

中国山洪灾害防治县房屋损毁风险分布呈现出显著的空间差异性(图7、8)。整体上，东部房屋损毁风险较高，西部较低，且房屋损毁风险较高的

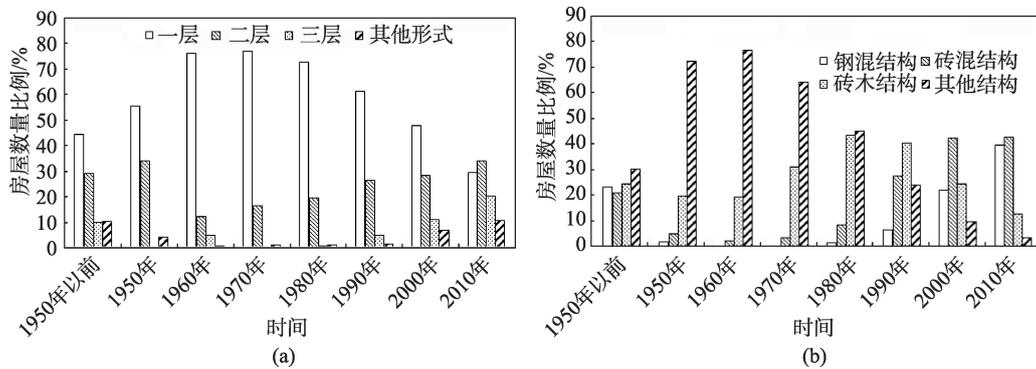


图3 全国山洪灾害防治县房屋比例年代际变化
Fig. 3 Inter-decadal changes in the proportion of housing

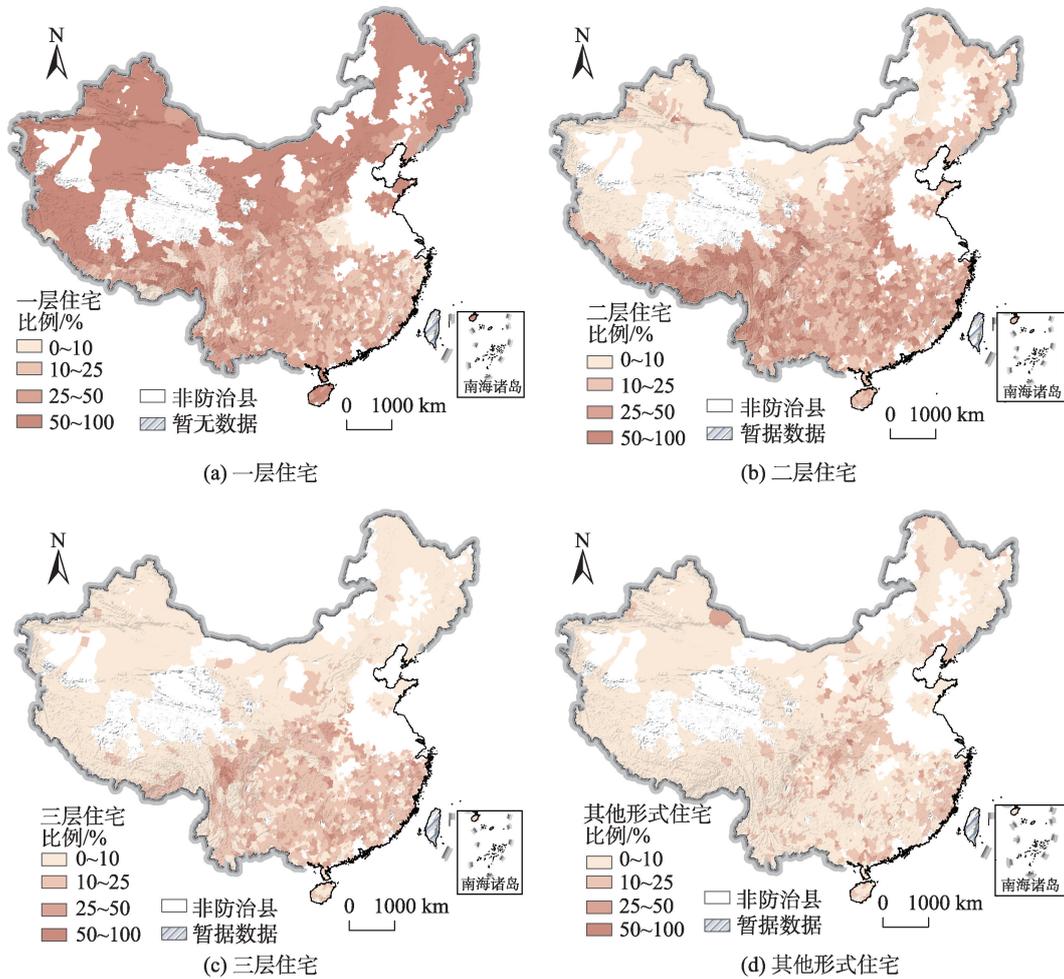


图4 全国山洪灾害防治县房屋建筑类型空间分布

Fig. 4 Distribution of housing building types

地区呈带状或集聚状态分布。其中,房屋损毁风险很高的地区集中于辽东半岛、山东半岛、海南岛及东南沿海地带,且在燕山-太行山区呈现沿东北-西南方向的条带状分布;房屋损毁风险较高的地区主要分布于太行山区及长江中下游地区;房屋损毁风险较低的地区主要包括新疆、西藏、青海、内蒙古,以及甘肃西北部、四川西部、黑龙江西北部等地区。

4.4 山洪灾害房屋损毁风险原因探究

中国房屋损毁风险较高和很高的县约占防治县总数的29.44%。影响山洪灾害房屋损毁风险的因素很多,分析造成房屋损毁风险空间分布特征的原因对于灾害防治及规划编制均具有重要的意义。因此,本文从房屋类型因素、山洪强度等级着手,对山洪灾害防治县房屋损毁风险呈现出的空间分布特征进行了原因探究。

4.4.1 房屋类型对损毁风险的贡献度

房屋材料、结构及建筑形式均对于房屋抵御山洪的能力起着重要作用。将利用房屋建筑类型和房屋结构类型综合计算得到的房屋脆弱性分布与房屋损毁风险评估结果进行叠加可以看出,在房屋损毁风险较高的地区中,房屋结构及建筑类型呈现较高脆弱性的地区主要为山东、山西及河北,该类型地区多为一层的砖混和砖木结构。山洪运动过程中,水体可能携带泥沙、石块等物质,当洪峰流量超过一定量级时,对于砖木类型房屋的冲击力较大,极易造成该类型房屋的倒塌;同时,研究表明砖混结构在水体的长时间浸泡过程中,其抗压和抗剪能力均呈现下降趋势,因此该类型房屋在洪水历时较长的情况下会表现出较高的损毁风险。

4.4.2 山洪强度对损毁风险的贡献度

山洪强度是影响房屋损毁风险的最直接因素

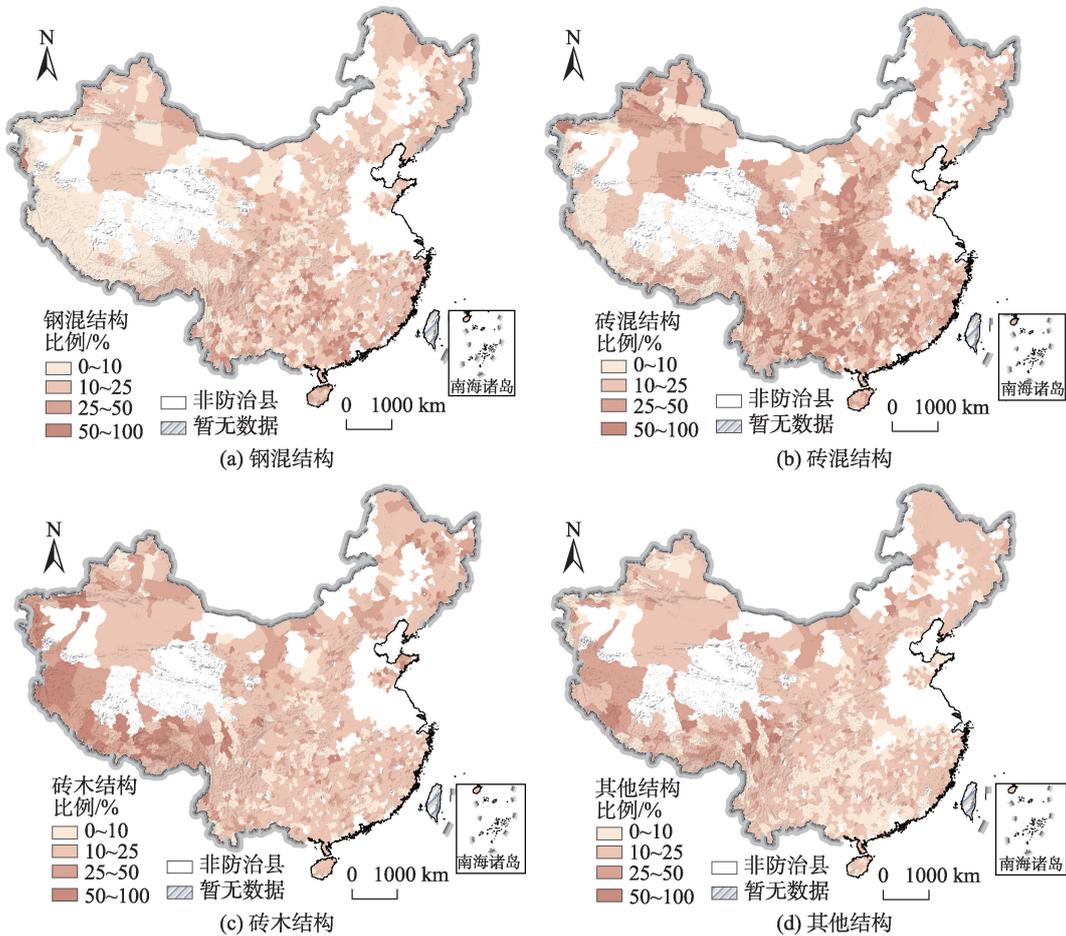


图5 中国县级尺度山洪灾害防治区房屋结构类型空间分布

Fig. 5 Distribution of housing structure types

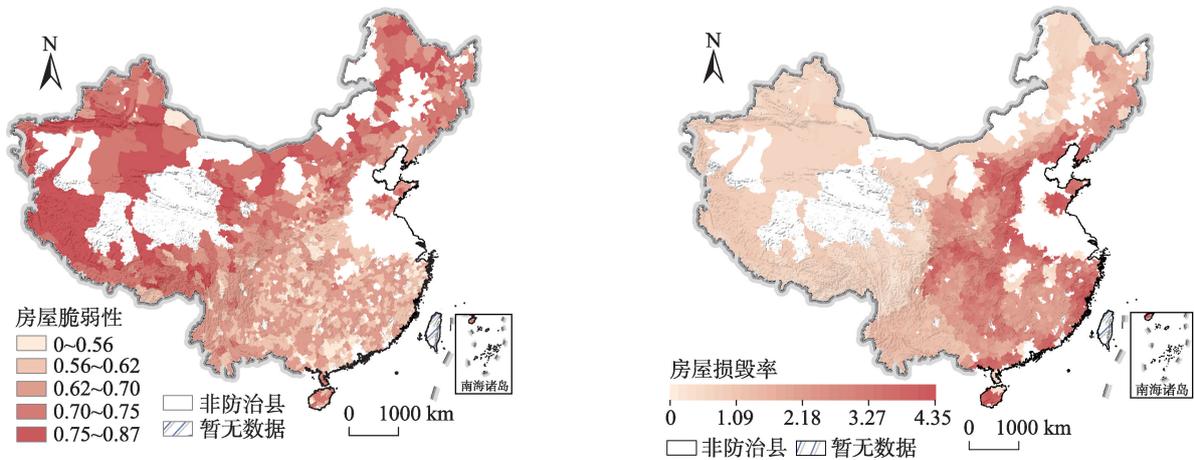


图6 全国山洪灾害防治县房屋脆弱性分布

Fig. 6 Distribution of housing vulnerability

图7 全国山洪灾害防治县房屋损毁率分布

Fig. 7 Distribution of housing damage ratios

之一。经统计,房屋损毁风险较高的地区,其标准面积洪峰流量基本高于 $4000\text{ m}^3/\text{s}$ 。其中,标准面积洪峰流量大于 $9000\text{ m}^3/\text{s}$ 的县以中心点簇状分布于河南的西南部、浙江和福建交界地区、山东的中部以及安徽南部地区;标准面积流量介于 $6000\sim 9000\text{ m}^3/\text{s}$

的县多呈条带状分布,其中最突出的3条为:燕山-太行山分布带、浙闽滨海丘陵分布带、两广滨海分布带,另外,山东丘陵、峨眉山区及陕北高原也分布有出几个聚集中;标准面积洪峰流量介于 $4000\sim 6000\text{ m}^3/\text{s}$ 的县多呈片状分布,分别位于太行山区、

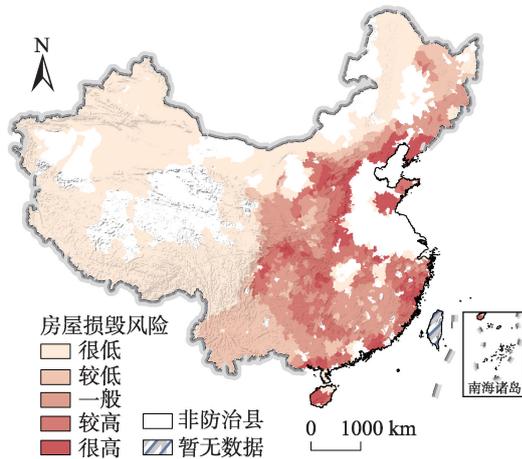


图8 全国山洪灾害防治县房屋损毁风险分布

Fig. 8 Distribution of housing damage risk

秦岭大巴山区及武陵山区。由此可见,山洪强度对房屋损毁风险的贡献与地形条件密切相关,地形起伏剧烈、位于迎风山区的防治县,其标准面积洪峰流量值相对较高,因此房屋受山洪灾害破坏的损毁风险也相对较高。

5 结论与讨论

5.1 结论

本文基于全国山洪灾害调查评价工作提供的全国防治县房屋数据,构建了适合于中国山洪灾害防治县房屋损毁风险评估模型,统计了山洪灾害防治县房屋暴露量、损毁风险,从时间和空间上分析了房屋的年代及空间分布特征,并对房屋的脆弱性、损毁风险进行空间特征分析及原因探究,主要结论如下:

(1)中国山洪灾害防治县房屋建设年代大多不超过20年。其中,东北地区、西北地区、西南地区以及青藏高原地区房屋建设多为2000-2010年;黑龙江西北部、青藏高原西南部、新疆中部、陕西以及甘肃南部等地区房屋建设多以2010年以后为主;

(2)中国山洪灾害防治县以一层住宅为主。一层住宅占比达50%以上的防治县的分布范围大致与中国的第二、三阶梯分界线一致,另外,山东丘陵、海南等地区房屋也以一层住宅为主;同时,砖混结构仍为迄今为止中国山区农村运用最为广泛的房屋结构类型,其次为砖木结构,再次为钢混结构和其它结构;

(3)中国山洪灾害防治县房屋脆弱性表现为西北高、东南低的整体空间格局;我国山洪灾害防治

县房屋损毁风险分布呈现出显著的空间差异性。整体上,东部损毁风险较高,西部较低,且损毁风险较高的地区呈带状或集聚状态分布;损毁风险很高的地区集中于辽东半岛、山东半岛、海南岛及东南沿海地带,且在燕山-太行山区呈现沿东北-西南方向的条带状分布;损毁风险较高的地区主要分布于太行山区及长江中下游地区。

(4)由于房屋类型导致山洪灾害房屋损毁风险较高的地区主要为山东、山西及河北,该类型地区多为一层的砖混和砖木结构;由于山洪强度导致的房屋损毁风险较高的地区主要呈3条条带状分布:燕山-太行山分布带、浙闽滨海丘陵分布带、两广滨海分布带。

5.2 讨论

山洪灾害房屋损毁风险相关因素复杂,本文仅对影响房屋损毁风险的结构类型、山洪强度等主要因素进行分析,而房屋所在地形及与河流水系距离等环境因素并未考虑在内,因此,本文所构建的山洪灾害房屋损毁风险评估模型精度还有待进一步提高。此外,以防治县作为基本评价单元,主要基于灾害防治及灾后救援的可操作性,而假设防治县内部房屋的结构类型及建筑类型为均匀分布,忽略地形、土地利用等因素对于房屋分布的影响,也导致结果的精度还有提升的空间。基于以上问题,本文将在后续研究中,从数据精度及模型构建的影响因素等多方面出发,对山洪灾害房屋损毁风险评估工作进行更加深入的探讨。

参考文献(References):

- [1] 唐邦兴.山洪泥石流滑坡灾害及防治[M].北京:科学出版社,1994:1-10. [Tang B X. Hazards and control of flash flood, debris flow and landslide[M]. Beijing: Science Press, 1994:1-10.]
- [2] 赵士鹏.中国山洪灾害系统的整体特征及其危险度区划的初步研究[J].自然灾害学报,1996,5(3):93-99. [Zhao S P. An elementary study on whole characteristics of mountain torrents disaster system in China and its hazard regionalization[J]. Journal of Natural Disasters, 1996,5(3): 93-99.]
- [3] 赵士鹏.基于GIS的山洪灾情评估方法研究[J].地理学报,1996,51(5):471-479. [Zhao S P. An integration of GIS and analytical models for evaluation of disasters caused by mountain torrents[J]. Acta Geographica Sinica, 1996, 51(5):471-479.]
- [4] 崔鹏,邹强.山洪泥石流风险评估与风险管理理论与方

- 法[J].地理科学进展,2016,35(2):137-147. [Cui P, Zou Q. Theory and method of risk assessment and risk management of debris flow and flash floods[J]. Progress in Geography, 2016,35(2):137-147.]
- [5] 刘希林.区域泥石流风险评价研究[J].自然灾害学报, 2000,9(1):54-61. [Liu X L. Regional risk assessment on debris flow[J]. Journal of Natural Disasters, 2000,9(1):54-61.]
- [6] 周成虎,万庆,黄诗峰.基于GIS的洪水灾害风险区划研究[J].地理学报,2000,55(1):15-23. [Zhou C H, Wan Q, Huang S F. A GIS-based approach to flood risk zonation [J]. Acta Geographica Sinica, 2000,55(1):15-23.]
- [7] Huggel C, Käab A, Haeberli W, et al. Regional- scale GIS- models for assessment of hazards from glacier lake outbursts: Evaluation and application in the Swiss Alps [J]. Natural Hazards and Earth System Science, 2003,3(6): 647-662.
- [8] Bisson M, Favalli M, Fornaciai A, et al. A rapid method to assess fire-related debris flow hazard in the Mediterranean region: An example from Sicily (southern Italy)[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2005,7(3):217-231.
- [9] 葛全胜,邹铭,郑景云,等.中国自然灾害风险综合评估初步研究[M].北京:科学出版社,2008. [Ge Q S, Zou M, Zheng J Y, et al. Integrated assessment of natural disaster risks in China[M]. Beijing: Science Press, 2008.]
- [10] Fuchs S, Totschnig R. Spatial scan statistics in vulnerability assessment: An application to mountain hazards[J]. Natural Hazards, 2012,64(3):2129-2151.
- [11] 胡凯衡,韦方强.基于数值模拟的泥石流危险性分区方法[J].自然灾害学报,2005,14(1):10-14. [Hu K H, Wei F Q. Zoning method of debris flow risk based on numerical simulation[J]. Journal of Natural Disasters, 2005,14(1):10-14.]
- [12] Cui P, Hu K H, Zhang J Q, et al. Prediction of the debris flow danger area by combining hydrological and inundation simulation methods[J]. Journal of Mountain Science, 2011,8(1):1-9.
- [13] Cui P, Zhou G G D, Zhu X H, et al. Scale amplification of natural debris flows caused by cascading landslide dam failures[J]. Geomorphology, 2013,182:173-189.
- [14] 魏一鸣,范英,金菊良.洪水灾害风险分析的系统理论[J].管理科学学报,2001,4(2):7-11, 44. [Wei Y M, Fan Y, Jin J L. System theory for risk analysis of flood disaster [J]. Journal of Management Sciences in China, 2001,4(2):7-11,44.]
- [15] 李方一,高晓路,王英杰.中国农村地区住房结构的区域差异及其影响因素[J].地理科学进展,2011,30(12):1555-1563. [Li F Y, Gao X L, Wang Y J. Regional differentiation of housing structure and its influencing factors in rural areas of China[J]. Progress in Geography, 2011,30(12): 1555-1563.]
- [16] 牛方曲,高晓路,季珏.区域中长期房屋震灾损失评估系统[J].资源科学,2012,34(2):359-366. [Niu F Q, Gao X L, Ji J. An evaluation system of housing damage of regional long-term seism in China[J]. Resources Science, 2012,34 (2):359-366.]
- [17] 曹锡巨.论山洪地质灾害对房屋住宅的破坏及防范[J].湖南水利水电,2010(1):35-37. [Cao X J. Study on the destruction and prevention of the housing damage by torrent disaster[J]. Hunan Hydro & Power, 2010,1:35-37.]
- [18] 尹志刚,任玉珊,周静海,等.洪水作用下村镇住宅的力学相应试验研究[J].灾害学,2010,25(S0):127-130. [Yin Z G, Ren Y S, Zhou J H, et al. Experimental research of mechanical response on village house hit by floods[J]. Journal of Catastrophology, 2010,25(S0):127-130.]
- [19] 刘毅,吴绍洪,徐中春.自然灾害风险评估与分级方法论探研[J].地理研究,2011,30(2):195-208. [Liu Y, Wu S H, Xu Z C. Methodology of assessment and classification of natural disaster risk: a case study on natural disaster in Shanxi Province [J]. Geographical Research, 2011,30(2): 195-208.]
- [20] 许武成,王文.洪水等级的划分方法[J].灾害学,2003,16(2): 68-73. [Xu W C, Wang W. Classification method of flood grades[J]. Journal of Catastrophology, 2003,16(2):68-73.]
- [21] 骆承政,沈国昌.中国最大洪水记录及其地理分布[J].水文,1987(5):7-12. [Luo C Z, Shen G C. The largest flooding record and its geographical distribution in China[J]. Hydrology, 1987,5:7-12.]
- [22] 李亚娥,司应石,徐忠浩,等.山洪作用对砌体结构倒塌破坏的分析[J].低温建筑技术,2013(9):51-53. [Li Y E, Si Y S, Xu Z H, et al. Analysis of the masonry structural collapse and damage under the action of mountain torrents [J]. Low Temperature Architecture Technology, 2013,9:51-53.]
- [23] 吴敏,吴政鹏,余日华,等.洪涝灾害对砌体建筑承载能力的影响研究[J].江苏建筑,2016(B12):16-19,32. [Wu M, Wu Z P, Yu R H, et al. Study on the influence of flood disaster on the bearing capacity of masonry building [J]. Jiangsu Construction, 2016,B12:16-19,32.]
- [24] 李卫江,温家洪,吴燕娟.基于PGIS的小区洪涝灾害概率风险评估——以福建省泰宁县城区为例[J].地理研究, 2014,33(1):31-42. [Li W J, Wen J H, Wu Y J. Probabilistic risk assessment of community flood disaster based on PGIS: A case study of Taining County, Fujian Province [J]. Geographical Research, 2014,33(1):31-42.]
- [25] 高晓路,季珏,金凤君,等.中国农村房屋震灾脆弱性评估及其成因分析[J].地理学报,2012,67(2):211-220. [Gao X L, Ji J, Jin F J, et al. Evaluation of seismic vulnerability of rural housing and the analysis of its causes for regional anti-disaster strategies in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2012,67(2):211-220.]