

石勇. 城市居民住宅的暴雨内涝脆弱性评估——以上海为例[J]. 灾害学, 2015, 30(3): 094-098. [Shi Yong. The Vulnerability Assessment of Residences in Rainstorm Waterlogging in Cities—A Case Study on Shanghai[J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(3): 094-098.]

城市居民住宅的暴雨内涝脆弱性评估

——以上海为例*

石 勇

(郑州大学 旅游管理学院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 近年来, 在国际日益重视防灾减灾的背景下, 脆弱性成为灾害学研究的主题并逐渐融入社会可持续发展策略领域。结合上海实际情况, 针对不同收入水平的居民住宅, 在建立各阶层标准居家模型的基础上, 尝试利用合成法构造暴雨内涝中居民住宅损失的脆弱性曲线, 针对“麦莎”台风这一历史典型内涝情景中受影响较大的天平街道, 根据当时暴雨内涝积水分布的实际情景, 利用 GIS 技术进行空间展布, 得到天平街道居民住宅的脆弱性分布图。该方法可为市政部门提供必要的信息, 为确定防灾减灾的重点区域和重点保护对象等决策提供科学的依据, 可有效降低城市面临暴雨内涝的脆弱性及风险, 实现城市的可持续发展。

关键词: 城市; 暴雨内涝; 脆弱性评估; 脆弱性曲线; 情景模拟; GIS; 上海市

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2015)03-0094-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2015.03.018

根据国际政府间气候变化组织(IPCC)第四次评估报告显示, 在全球变暖和海平面上升背景下, 未来各种极端气候事件具有明显增强趋势, 其中水灾发生频次和强度增加最为显著^[1]。2013年浙江余姚暴雨和2012年北京遭遇特大暴雨时房山区遭受的山洪袭击, 都是水灾的典型例子, 也显示出, 城市区域已成为水灾发生的热点区域。近年来, 灾害研究领域已达成共识, 风险评估是开展灾难管理的科学基础。目前, 危险性和脆弱性的研究已成为水灾风险评估研究的热点, 其中水灾危险性的研究相对较为深入, 而作为灾害风险主要管理对象的脆弱性, 研究还相对薄弱^[2], 脆弱性评估因而成为灾害风险评估研究领域有待突破的主要方向。

灾害发生时, 承灾体并不一定完全损失, 在具体的灾害情景中, 衡量承灾体(或系统)易于受到伤害和损失的脆弱性, 利用脆弱性曲线来描述。脆弱性曲线又称脆弱性函数, 或灾损(率)函数或灾损(率)曲线^[3], 表示不同强度的各灾种与损失(率)之间的关系, 以表格、函数或曲线形式表现出来。脆弱性曲线使损失评估摆脱了实际调查的

巨大工作量, 省时省力, 并可提高精确度。发达国家中, 英国和德国等欧洲国家已形成灾损曲线构建的方法规范^[4-6], 且得以大规模推广使用。美国USAGE、FEMA等机构中, 灾损数据的搜集及曲线的修正已有完整的运作机制^[7-8]。澳大利亚已开发出成熟的评估软件^[9], 日本的灾损曲线也已成为洪灾风险评估提供依据^[10]。我国虽是受水灾影响较大的国家, 初步的脆弱性曲线构建, 主要集中在黄河洪泛区, 研究对象为不同的土地利用类型, 极少进一步细化, 且侧重于农业损失^[11]。城市水灾方面的脆弱性曲线研究成果尚少, 王艳艳^[12-14]等构建的上海洪涝灾害损失评估模型中, 关键的灾损率由历史数据、专家经验或国外相关资料修正值来确定。本研究选取上海为例, 在情景模拟的基础上, 针对居民住宅, 采用合成的方法构建脆弱性曲线, 并对整体区域的脆弱性进行分析, 旨在从根本上解决脆弱性评估结果粗糙、可操纵性不强等缺陷, 不仅可完善脆弱性评估的方法与案例, 还可为水灾管理提供更为精准的科学依据。

* 收稿日期: 2014-12-10 修回日期: 2015-02-02

基金项目: 教育部人文社科项目(14YJCZH128, 12YJCZH257); 国家自然科学基金(71373084, 41201550, 41401600, 41401603, U1204403, 71273081); 河南省社科规划项目(2013CSH005); 河南省教育厅科学技术研究重点项目(12A630041, 13B630390)

作者简介: 石勇(1980-), 女, 河南泌阳人, 博士, 研究方向为水灾风险评估. E-mail: yongshi@zzu.edu.cn

表 1 涂料及人工费的 5 种价位水平

价位档次/(万元/m ³)	1.5	2.5	3.5	4.5	6.5
每桶价位/(元/桶)	75	125	175	225	325
一般而言,涂料需要粉刷 2 层,1 桶涂料(5 升)可涂刷 40 m ² 左右的墙面 2 层					
涂料费用(元/m ²)	2	3.5	5	6	9
人工费用(元/m ²)	5	8	10	15	20
总费用(元/m ²)	7	11.5	15	21	29

1 住宅内涝脆弱性曲线的构建

与洪灾相比,暴雨造成的城市内涝水流流动较慢、水量不够大、水深较浅,一般不会对生命财产造成很大损失。内涝灾害影响时间较短,且突发性不强,一般可以给受灾者充足的时间将贵重且体积、重量不大的物品转移到内涝水深达不到的地方。针对上海地区的灾后实地调查也显示,内涝对居民内部财产的损失不大,但室内进水多会对房屋结构中不能移动的地板及墙壁涂料产生影响。在此,我们运用合成法,针对不同的收入阶层,对上海地区住宅的内涝脆弱性曲线进行分析。

由于内涝造成的损失不大,我们不再采用损失率,而直接采用绝对损失值来衡量暴雨内涝发生时居民建筑受影响的程度。构建脆弱性曲线前,我们先做如下假设:①只考虑水深;②只考虑直接损失;③因为涉及房屋结构,损失值包括替换物品的市场价值和人工装修费用。另外,房屋结构损失中的墙面涂料损失和地板损失,我们分开进行估算。

1.1 墙面脆弱性曲线的确定过程

墙面损失主要由积水浸泡造成,损失费用由重刷涂料的价值与人工费构成,该损失值与水深联系紧密。构建脆弱性曲线的具体步骤如下所示。

(1)根据不同收入阶层,参照市场价格及相关分析材料,将涂料价位分为 5 个不同的价值水平,并将涂料价位换算为每平方米所需的涂料价钱。

(2)涂料之外的涂刷人工费也在考虑范围之内,根据上海家装人工费参考价格资料,每平方米涂料的人工费因涂料价位的不同而略有不同,也将其划分为 5 个等级列入表 1。

(3)将单位面积的粉刷费用换算成单位水深的粉刷费用,计算不同水深的涂料损失如下:

对于一般内墙涂饰,有一个经验公式计算涂刷面积,涂一层所需油漆面积为建筑面积的 2.5 倍,如是 50 m²的房子,需要涂刷面积为 125 m²。如果该房屋装修按照中等收入水平来,人工与涂料的总费用为 15 元/m²,则整个房子所需的总费用为 125 m² × 15 元/m² = 1 875 元。按照一层楼的

平均高度 3 m 计算,单位深度的涂料费用为 1 875 元/300 cm = 6.25 元/cm。那么,假如水深 20 cm,则涂料损失为 6.25 元/cm × 20 cm = 125 元。

即墙面涂料损失为:

$$D_1 = \frac{2.5 \times S \times M}{300} \times H. \quad (1)$$

若被淹水深以米为单位表示,该公式变化为如下形式:

$$D_1 = \frac{2.5 \times S \times M}{3} \times H. \quad (2)$$

式中: S 为基座面积(m²); M 为涂料价格(元/m²); H 为水深(cm或m)。

由此可以看出,房内粉刷涂料的损失不仅取决于水深,还与房屋的居住面积有很大关系,为了反映面积对损失的影响,我们仿照工业、商业领域脆弱性曲线的建立方法,以水深和单位面积损失的关系来体现不同收入阶层的水灾脆弱性,建立的 5 种收入等级居民住宅脆弱性曲线如图 1 所示。

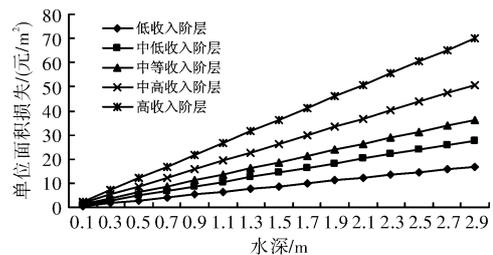


图 1 不同收入阶层居民住宅室内墙壁涂料的水灾脆弱性曲线

1.2 地板脆弱性曲线的确定过程

地板处于室内最低位置,只要进水,地板就会遭受浸泡,地板损失包括地板费用及铺设地板的人工费用,地板损失和内涝水位关系不大,主要取决于室内面积大小。

(1)按照同样道理,针对不同收入阶层,参照市场价格及相关分析材料,将地板价位分为 5 个不同的价值水平,低收入水平的城市居民住宅,室内水泥地较多,水淹不会带来地板损失。

(2)参照上海家装人工费参考价格资料,不同质量的地板有不同价位的铺设费用,我们也将其划分为 5 个等级。

(3)将地板费用与铺设的人工费用相加,即可得到不同收入等级每平方米地板的总损失,如表 2 所示。

(4)相对于墙面涂料损失,地板损失计算较为

简单,只要房屋进水,地板就会受到影响,地板损失值为:

$$D_2 = M \times S_0. \quad (3)$$

式中: S 为基座面积(m^2); M 为地板价格(元/ m^2)。

表2 地板及人工费的5种价位水平 元/ m^2

地板费用	0	80	150	300	800
人工费用	0	10	16	25	30
总费用	0	90	116	325	830

墙面涂料和地板的淹水损失都与房屋的基座面积有很大关系,但墙壁涂料的损失与水深关系紧密,可根据不同水深的单位面积损失构建不同收入等级的脆弱性曲线,地板损失则比较特殊,与水深没有直接关系,只要室内水深大于0,地板损失就开始产生,如果仍利用单位面积损失与水深之间的关系表达脆弱性,不同收入等级居民地板损失脆弱函数是一条平行于 X 轴的曲线(图2)。

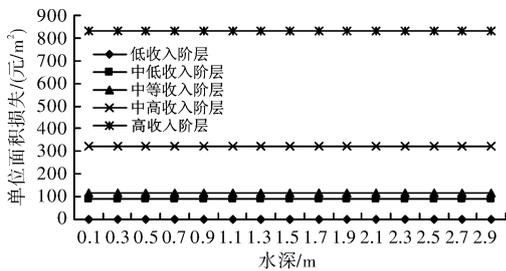


图2 不同收入阶层居民住宅室内地板的水灾脆弱性曲线

2 典型内涝情景下天平街道居民住宅结构的脆弱性评估

2.1 水灾情景的设置与模拟

根据上海市防汛信息中心针对“麦莎”台风期间积水路段的统计,选取积水较为严重的徐汇区天平街道,将有积水深度统计的街道打散成点,并根据这些点的水深,进行反距离插值,得到“麦莎”台风期间天平街道的水深分布如图3所示。

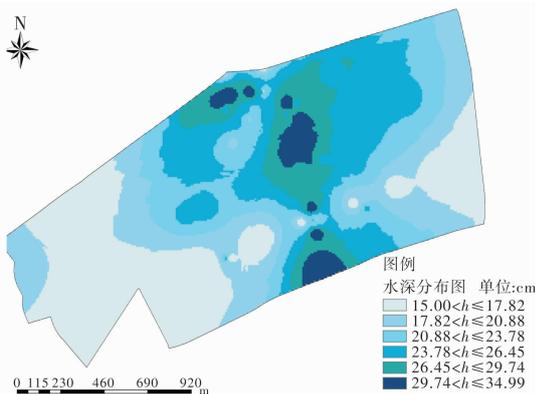


图3 “麦莎”台风时天平街道的内涝积水分布图

2.2 居民住宅的暴露性分析

将天平街道的居住房屋分布图与水深分布图叠置,得到天平街道居住房屋的水深分布图,即天平街道居民住宅的暴雨内涝暴露图,将该水深值统一减去门槛高度10 cm,得到每座房屋的室内水深分布(图4)。

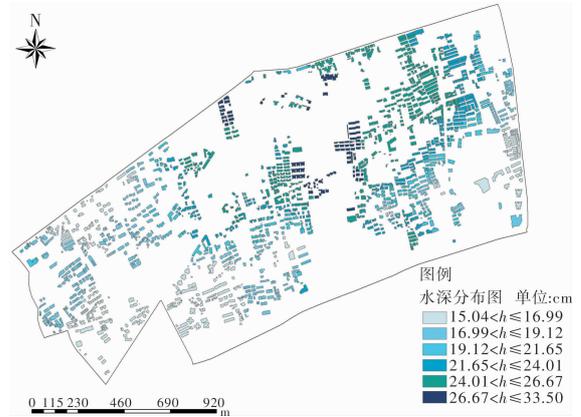


图4 “麦莎”台风时天平街道居民住宅室内积水分布图

2.3 居民住宅的脆弱性分析

由天平街道居住房屋的属性数据“总户数”、“楼层”、“基座面积”,首先求得每层楼的户数=总户数/楼层,而后得到一层楼每户的居住面积 S = 基座面积/每层楼的户数,并根据户居住面积,将居民住宅划分为5个等级: $S \leq 30 m^2$ 、 $30 m^2 < S \leq 60 m^2$ 、 $60 m^2 < S \leq 80 m^2$ 、 $80 m^2 < S \leq 110 m^2$ 、 $S > 110 m^2$,我们以户居住面积来划分不同的收入阶层,得到天平街道不同收入等级的居民住宅空间分布图(图5)。

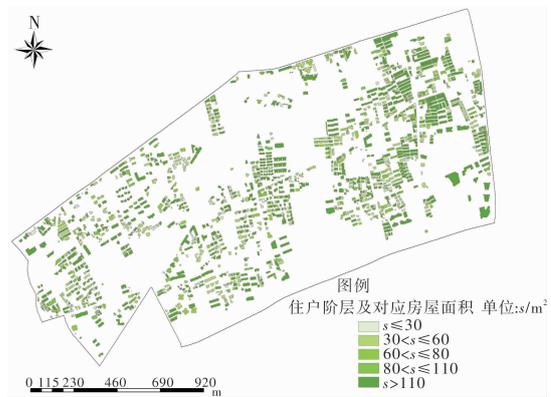


图5 天平街道不同收入阶层的居民住宅空间分布图

根据典型内涝情景下每座房屋的室内水深分布,利用各户的居住面积、不同收入阶层的房屋地板及墙面涂料的水深-单位面积损失关系,得到天平街道居民住宅的墙面涂料损失分布图(图6)、地板损失分布图(图7)及房屋结构总体损失分布图(图8)。

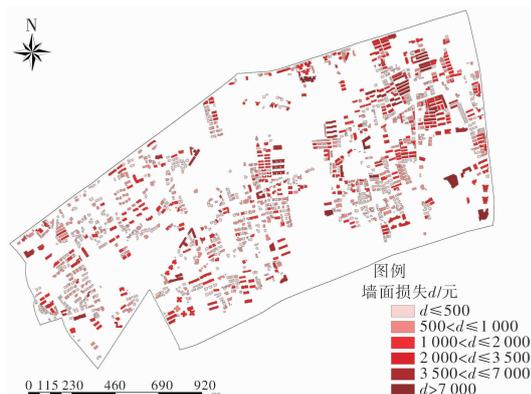


图6 天平街道居民住宅的墙面涂料损失分布图

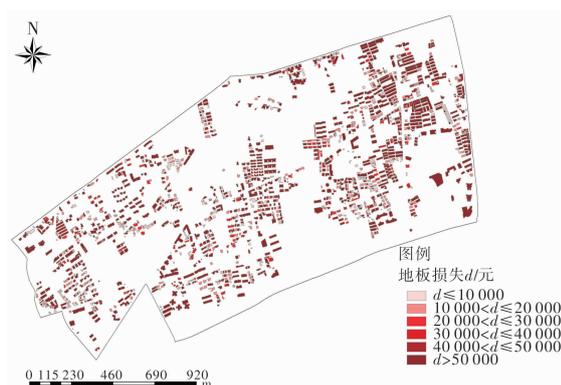


图7 天平街道居民住宅的地板损失分布图

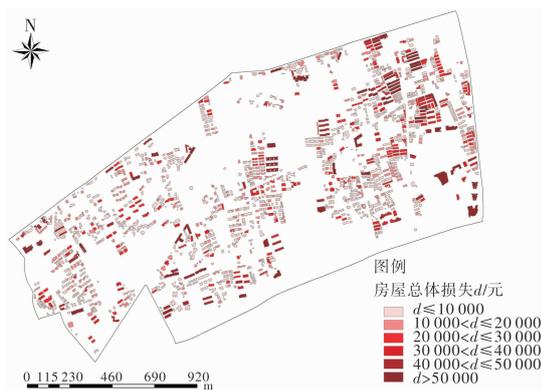


图8 天平街道居民住宅结构的总损失分布图

3 结论

脆弱性曲线是脆弱性评估的研究前沿,也是当前研究的热点。在对脆弱性曲线研究进展总结的基础上,借鉴国内外建立的方法与成果,结合上海实际,针对不同收入层次的居民住宅,构造了城市暴雨内涝的脆弱性曲线,并进行相关实证研究,实现承灾体脆弱性的空间展布。相比以往的研究,这种方法在采用情景模拟优化暴露性评估的基础上,针对承灾个体或系统,较为准确地

反映其暴露在一定自然灾害强度下的承灾体的损失情况,在自然灾害系统的灾害强度与社会经济系统的灾情状况之间搭建桥梁,从而实现情景模拟下基于脆弱性曲线的承灾体损失评估。该方法使得评价结果精度更高,为防灾减灾部门提供更为科学的依据。本研究中,如果住宅属性有更为精确的数据,不用面积来估分不同收入阶层,可以提高评估的精度。另外,如果存在更为精确的内涝情景、并在此基础上构造更为精细的脆弱性函数,也会使评估的准确性大大提高,最终为灾害风险管理工作提供更为精准的指导。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2007: The scientific basis [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 金菊良, 郦建强, 周玉良, 等. 旱灾风险评估的初步理论框架[J]. 灾害学, 2014, 29(3): 1-10.
- [3] Pelling M. Visions of risk: a review of international indicators of disaster risk and its management [R]. ISDR/UNDP: King's College, University of London, 2004: 1-56.
- [4] Penning-Rowsell E C, Chatterton J B. The benefits of flood alleviation: a manual of assessment techniques [R]. Gower Aldershot, England, 1977.
- [5] Penning-Rowsell E C, Green C H, Thompson P M, et al. The economics of coastal management: a manual of benefit assessment techniques [M]. Belhaven Press, London and Florida, 1992.
- [6] Buchele B, Kreibich H, Kron A, et al. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks [J]. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2006(6): 485-503.
- [7] FEMA. Flood model: user manual [R]. Federal Emergency Management Agency, 2003.
- [8] FEMA. Flood model: technical manual [R]. Federal Emergency Management Agency, 2003.
- [9] Queensland, T S O. Guidance on the assessment of tangible flood damage [R]. The State of Queensland (Dept. of Natural Resources and Mines), Australia, 2002.
- [10] Dutta D, Herath S, Musiak K. A mathematical model for flood loss estimation [J]. Journal of Hydrology, 2003, 277(1): 24-49.
- [11] 王延红, 丁大发, 韩侠. 黄河下游大堤保护区洪灾损失率分析 [J]. 水利经济, 2001(2): 42-46.
- [12] 王艳艳, 陆吉康, 郑晓阳, 等. 上海市洪涝灾害损失评估系统的开发 [J]. 灾害学, 2001, 16(2): 7-13.
- [13] 李纪人, 丁志雄, 黄诗峰, 等. 基于空间展布式社会数据库的洪涝灾害损失评估模型研究 [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2003, 1(2): 104-110.
- [14] 程涛, 吕娟, 张立忠, 等. 区域洪灾直接经济损失即时评估模型实现 [J]. 水利发展研究, 2002, 2(12): 34-40.

The Vulnerability Assessment of Residences in Rainstorm Waterlogging in Cities —A Case Study on Shanghai

Shi Yong

(Department of Tourism and Management, University of Zhengzhou, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: In recent years, in the international increasingly attention under the background of disaster prevention and mitigation, disaster vulnerability study become the theme of the study of disaster science and gradually into the social sustainable development strategy. On the basis of previous work at home and abroad, we constructed the vulnerability curve of residence structure in allusion to different income groups by the synthesis method. Using GIS to make spatial distribution, we carried out vulnerability special spreading in Tianping Street which was suffered from “Matsa” the most, the typical waterlogging disaster scenario in history, to make sure key areas and main objects of protection, to provide scientific basis for decision-making, and to achieve sustainable development of cities.

Key words: city; rainstorm waterlogging; vulnerability assessment; vulnerability curve; scenario simulation; GIS; Shanghai

.....
(上接第 93 页)

Doppler Radar Statistical Characteristics and Early Warning Index of Yunnan Hail Disaster

Li Xiang¹, Zhang Tengfei², Hu Juan¹ and Lu Weikun³

(1. Yunnan Meteorological Observatory, Kunming 650034, China; 2. Yunnan Weather Modification Center, Kunming 650034, China; 3. Yunan Climate Center, Kunming 650034, China)

Abstract: Using Doppler radar products and hail disaster data of Yunnan Province during 2006-2007 and selecting 22 hailing process with hail diameters greater than or equal to 5mm, the hail weathers are classified statistically analyzed. Results show that, The Southern Branch trough type hails in spring has echo large horizontal scales and high kernel, as well as typical hook echo and bow echo and V notch and weak echo region and overhanging structure, on the other hand, the mid latitude westerly trough type and westward typhoon type hails in summer easy to produce three body scattering. In spring there are a few Joint early-warning index such as echo strength more than 50dBz, kernel higher than 6km, 30dBz -horizontal scale greater than 30km, WER greater than 4km, typical supercell characteristics, wind field convergence, the cyclonic convergence, adverse wind area, VIL jump, hail probability greater than 100% and meso-scale cyclone; In summer there are still a few Joint early-warning index such as echo strength more than 50dBz, kernel higher than 4km, 30dBz-horizontal scale greater than 20km, wind field convergence, the cyclonic convergence, adverse wind area, three body scattering, VIL jump, hail probability greater than 80% and meso-scale cyclone.

Key words: hail disaster; Doppler radar; statistical characteristics; early warning index