

# 城市社区洪灾抗逆力影响因素及其评价

——以河南省新乡市红旗区为例

冯倩倩<sup>1,2</sup>, 刘德林<sup>1,2</sup>

(1. 河南理工大学 安全与应急管理研究中心, 河南 焦作 454000; 2. 河南理工大学 应急管理学院, 河南 焦作 454000)

**摘要:** [目的] 对城市社区洪灾抗逆力影响因素进行分析和评价, 为城市社区洪水防灾减灾规划和风险管理提供决策依据。[方法] 以河南省新乡市红旗区所辖社区为研究对象, 通过问卷调查的方式, 在文献调研和专家咨询的基础上, 初步选取影响社区洪灾抗逆力的 64 个因子建立预选指标集, 利用相关分析和主成分分析对 64 个初选指标进行降维处理, 并在此基础上对研究区的 9 个城市社区的抗逆力进行综合评价。[结果] (1) 物理因素、制度因素、经济因素和人口因素是影响城市社区洪灾抗逆力水平的关键因素; (2) 红旗区城市社区洪灾抗逆力整体水平不高, 近 80% 的社区洪灾抗逆力处于中等偏下水平; (3) 物理因素是影响红旗区城市社区洪灾抗逆力的主要因素, 其次为经济和人口因素, 制度因素影响最低。[结论] 在分析城市社区洪灾抗逆力影响因素及其评价的基础上, 提出具体的、有针对性的提升策略和措施, 是一个可行的途径。

**关键词:** 城市社区; 洪水灾害; 抗逆力; 主成分分析; 脆弱性

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2017)04-0230-06

**中图分类号:** X43

**文献参数:** 冯倩倩, 刘德林. 城市社区洪灾抗逆力影响因素及其评价[J]. 水土保持通报, 2017, 37(4): 230-235. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.04.039; Feng Qianqian, Liu Delin. Influencing factors and assessment of flood resilience in urban community[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(4): 230-235. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.04.039

## Influencing Factors and Assessment of Flood Resilience in Urban Community

—A Case Study of Hongqi District in Xinxiang City, He'nan Province

FENG Qianqian<sup>1,2</sup>, LIU Delin<sup>1,2</sup>

(1. Safety and Emergency Management Research Center, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454000, China;

2. School of Emergency Management, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454000, China)

**Abstract:** [Objective] We aimed to provide decision-making bases for flood disaster prevention, mitigation planning and risk management in urban community level based on the analysis of influencing factors and assessment of flood resilience in urban community. [Methods] The Hongqi district in Xinxiang City, He'nan Province was taken as the study area, and the questionnaire method was used. Sixty-four variables were selected to build a pre-selected index set based on the literature review and discussions with experts. The correlation analysis and principal component analysis were used to reduce the number of variables, and the flood resilience of urban community was assessed. [Results] (1) The key factors influencing urban community flood resilience could be summarized as physical factors, institutional factors, economic factors, population factors. (2) The capability of community flood resilience was not high, and nearly 80% of the communities were at a level below average. (3) Physical variable was the main factors influencing urban community flood resilience, followed by economic, demographic and institutional factors. [Conclusion] It is a feasible way to put forward the concrete and targeted strategies and measures for improving the flood resilience in urban community based on the analysis of influencing factors and assessment of flood resilience.

**Keywords:** urban community; flood hazards; resilience; principle component analysis; vulnerability

收稿日期: 2017-01-10

修回日期: 2017-02-15

资助项目: 国家自然科学基金项目“基于 GIS 的区域洪灾社会脆弱性评估与减灾策略研究: 以河南省为例”(U1504705)

第一作者: 冯倩倩(1985—), 女(汉族), 河南省焦作市人, 硕士研究生, 研究方向为自然灾害风险与抗逆力。E-mail: 13693916913@163.com。

通讯作者: 刘德林(1979—), 男(汉族), 山东省潍坊市人, 博士, 副教授, 主要从事灾害风险与应急方面的研究。E-mail: liudelina@163.com。

洪水灾害是中国影响最为严重的自然灾害之一。研究表明,从20世纪80年代起,中国洪灾发生的频率和造成的损失呈上升趋势<sup>[1-2]</sup>。据EM-DAT数据统计,在1990—2015年的26 a间,我国洪灾发生总频次和年均频次分别是1949—1989年41 a间的4.29和2.98倍,造成的经济损失和影响人数分别是22.0和12.2倍<sup>[3]</sup>。频率高,危害广,损失严重是近年我洪灾的主要特征。如1998年长江、松花江、嫩江全流域性特大洪灾,影响范围波及29个省,全国损失近2700亿元人民币<sup>[3]</sup>。2003年渭河、汉江秋汛,全国有30个省份(自治区、直辖市)以及新疆生产建设兵团遭受不同程度灾害,直接经济损失13005亿元人民币<sup>[4]</sup>。城市是人口和财富的聚集区<sup>[5]</sup>。其密集的人口和密布的基础设施改变了城市下垫面性质和局地环境<sup>[6]</sup>,给城市的排水系统和降水环境带来了影响,加之全球气候变化引起的多发性极端降水,城市洪涝灾害也在逐渐增多<sup>[7-8]</sup>。例如,2012年7月21日北京特大暴雨,导致北京市160.2万人受灾,79人死亡,直接经济损失1164亿元<sup>[9]</sup>。再如2004年9月3—7日连续暴雨,造成重庆大部分地区洪水泛滥,并引发多处山体滑坡和泥石流,造成82人死亡20人失踪,直接经济损失近20亿元<sup>[10]</sup>。城市洪灾发展态势及其危险性对城市的防洪减灾提出了新的要求。国内外学者针对高发、广发和高危害的城市洪涝灾害做了大量的研究。Bisht等利用模型模拟洪灾情景重现灾情,为防洪减灾提供决策依据<sup>[11-12]</sup>;Chan等<sup>[13-14]</sup>致力于城市洪水风险评估模型、方法和实证研究,杨佩国等<sup>[15]</sup>通过分析历史数据,发现城市洪灾演变规律,并在此基础上对未来洪灾风险进行预测;陈静<sup>[16-17]</sup>从气象角度探索气候异常、大气环流特征、城市热岛效应等等与极端降水的关联,给城市极端降水预报提供理论支持;刘昌明等<sup>[18-20]</sup>从城市洪灾应急管理角度提出建设海绵城市、加强工程性防御措施、制定长期防洪减灾规划等措施来降低灾害损失和城市灾害易损性。以上研究都是基于洪灾特性和城市整体特征为基础进行的研究,而对城市社区抗逆力的研究较少。城市社区位于社会风险管理的前沿,是政府应急管理的基层执行机构,在灾害管理中起着上传下达和先期处置的重要作用<sup>[21]</sup>。其灾害抗逆力水平的高低直接影响着城市灾害管理和应对的成效。因此,识别影响城市社区洪灾抗逆力的关键因素并对其进行评价就显得尤为重要。鉴于此,本文以河南省新乡市红旗区所辖社区为研究对象,通过问卷调查的方式,识别影响城市社区洪灾抗逆力的关键因素,并在

构建社区尺度洪灾抗逆力评价指标体系的基础上对其抗逆力进行评价。以期为城市社区洪水防灾减灾规划和风险管理提供决策依据,同时为社区洪灾抗逆力评估提供方法借鉴和研究案例。

## 1 研究区概况

红旗区位于新乡市东南部,属暖温带大陆性季风气候,多年平均(1999—2015)降水量约为652.3 mm<sup>[22]</sup>,由于受季风气候的影响,降水年内分配十分不均,约60%以上的降水集中在汛期(6—9月),极易引发城市内涝。该区总面积约148 km<sup>2</sup>,辖2个镇和5个办事处,共43个行政村和23个社区,常住人口29.5万人,城区人口占总人口的68%。城区内工业和商业相对集中,人口密集,生产、生活排水量随经济发展不断增加,城市排水系统落后、城市不透水面积大,加之对城市洪灾应急管理经验不足,救援设施准备不充分,普通群众没有洪灾应对经验,大大降低了城市社区洪灾抗逆力水平。本文选择河南省新乡市红旗区所辖社区作为研究区的原因主要有两点:①新乡市受气候影响,降水量和降水时间相对集中,容易产生极端降水天气;②红旗区是新乡市政治、经济、文化中心,在新乡市具有代表意义,且在7·9超级特大暴雨中的应急管理方面存在一些不足。

## 2 评价方法与数据

### 2.1 确定评价单元

选取城市社区作为评价单元,从新乡市红旗区23个社区中,筛选出在2016年7月9日特大暴雨中受灾较为严重的进达花园、星海假日王府、河南科技大学、宝龙社区、枫景上东、洪门社区、华龙国际、双桥社区、紫郡9个社区作为调查样本。

### 2.2 选取评价指标

影响城市社区洪灾抗逆力的因素很多。本文在专家咨询和文献调研的基础上<sup>[23-27]</sup>,结合研究区实际情况和指标体系的构建准则<sup>[28]</sup>,从物理、制度、经济、人口等4个方面选取了影响社区洪灾抗逆力的64个指标建立预选指标集(表1)。

### 2.3 采集数据

调查小组于2016年8月12—14日以随机抽样的方式完成调查问卷的收集,累积回收问卷220份。通过问卷信息完整程度、选项矛盾、与现实相符3个筛选条件,剔除无效问卷70份,最终保留有效问卷150份。这150个调查样本的社区分布情况如下:进达花园占样本总量的6.67%,星海假日王府12.67%,河南科技大学15.33%,宝龙社区12.67%,枫景上东

10.00%，洪门社区 10.67%，华龙国际 16.00%，双桥社区 7.33%，紫郡 8.67%，这与实际调查中社区人口规模和入住率情况基本相符。从调查样本的人口统计学特征来看，男性 84 人，占 56%，女性 66 人，占

44%；30 岁以下 74 人，占 49.33%，30~45 岁 24 人，占 16.45%，45 岁以上 52 人，占 34.67%；初中及以下 43 人，占 28.67%，高中或中专 25 人，占 16.67%，大专及以上 80 人，占 53.33%。

表 1 城市社区洪灾抗逆力评价初选指标集

| 一级指标 | 二级指标  |
|------|---|
| 物理因素 | 社区防灾规划、住宅类型、住宅结构、住宅防灾设施拥有数量、应急避难场所、救灾设施完善程度、社区公路状况、房屋受损情况、道路受损情况、电路损失情况、生活水电受损情况、通讯线路受损情况、转移地点数量                                      |
| 制度因素 | 灾害宣传教育、应急演练、灾害预警、灾害预警方式、防灾态度、防灾减灾意愿、救援方式、救灾主体、救灾意愿、医疗救治情况、洪灾成因分析、社区医院数量、基础设施恢复时间、社区恢复时间、恢复速度、救灾物资储备、稳定灾情措施、灾害易发时间知晓程度、气象预报关注度、公共转移工具、 |
| 经济因素 | 家庭总收入、家庭通讯设备拥有数量、家庭交通工具种类及数量、交通工具受损情况、家庭财产损失情况、家庭固定资产数、参加保险及险种、保险赔付情况、家庭参加医保人数  |
| 人口因素 | 性别、年龄、受教育程度、职业、家庭总人数、男性人口比例、青壮年人口比例、行动不便人数、在外打工人数、家庭人口文化水平、洪水基础知识水平、洪水应对水平、逃生技能水平、卫生防疫知识、逃生知识、洪灾经历、次生疫情预防方法、应灾行为倾向、居民互救情况、自救情况、家庭物资储备 |

## 2.4 处理指标数据

为消除指标量纲和量级的影响，并对城市社区洪灾抗逆力正负效应指标变量进行统一，本文采用极差标准化方法，将原始数据转化为界于 $[0, 1]$ 之间的数据，公式如下：

正向相关指标：

$$x_i' = (x_i - \min x_i) / (\max x_i - \min x_i) \quad (1)$$

负向相关指标：

$$x_i' = (\max x_i - x_i) / (\max x_i - \min x_i) \quad (2)$$

式中： $x_i'$ ——指标  $i$  的标准值； $x_i$ ——指标  $i$  的原始值； $\max x_i, \min x_i$ ——指标  $i$  的最大值和最小值。各指标的数据值范围为 $[0, 1]$ 。

## 2.5 确定评价方法

目前，用于社区抗逆力评价研究的方法很多，如模糊综合评价法、多层次灰色评估法、情景模拟法、层次分析法、数据包络分析法等。上述方法虽然都有一定的数学基础，但洪灾的抗逆力受到诸多因素的影响，从而使上述方法在进行抗逆力评价时表现出一定的局限性。城市社区抗逆力评价主要不是考虑所有因素的作用效果，而是在筛选关键影响因素的基础上，正确分析少数关键指标对抗逆力评价的作用。主成分分析法通过把众多相关联的原始变量缩减为少数相互独立的新变量，实现了保留信息、简化数据和消除原始变量多重共线性的目标，是一种能将多维因子纳入同一系统中进行定量化研究的统计方法<sup>[29]</sup>，可用于社区洪灾的抗逆力评价研究。其基本原理、计算步骤和求解方法可参考文献<sup>[30]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 指标体系构建

为有效评价城市社区的洪灾抗逆力，本文从物理、制度、经济、人口 4 个方面初步选定了 64 个评价指标形成预选指标集(表 1)。由于各指标间可能存在强相关关系，利用 SPSS 19.0 对数据进行相关分析。如果两个指标间的相关系数的绝对值大于 0.8，其中的一个指标会被随机保留<sup>[31-32]</sup>。经过相关分析后，有 17 个评价指标被保留(表 3)。由于所留指标太多，仍需进一步缩减变量个数到可控范围。本文采用主成分分析来完成这一目标，主成分分析计算结果中累积贡献率 $\geq 75\%$ 且特征值大于 1 的主成分将被保留<sup>[33]</sup>。从表 2 可知，主成分变量  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  是由 17 个原始变量  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{17}$  通过 PCA 运算得到的一组新变量，以 76.8% 的累积贡献率(概率)替代了原变量系统，较好地解释了原始数据的主要信息。因此，可利用新变量对新乡市城市社区洪灾抗逆力状况进行评价研究。

### 3.2 关键影响因素分析

从主成分载荷值(表 3)可见，第 1 主成分在住宅结构、社区周围公路状况、社区防灾规划、应急避难场所、房屋受损情况、社区救灾设施完善程度、住宅防灾设施拥有数量 7 个方面载荷值较大；第 2 主成分受洪灾宣传教育、洪灾应急演练、公共转移工具和灾害预警显著影响；第 3 主成分从家庭通讯设备拥有数量、家庭年总收入、家庭交通工具种类及数量 3 个指标中提取主要信息；第 4 主成分主要受教育程度、职业以及洪水基础知识水平解释。

表 2 特征值及主成分贡献率和累积贡献率

| 主成分            | 特征值   | 贡献率/%  | 累积贡献率/% | 主成分             | 特征值   | 贡献率/% | 累积贡献率/% |
|----------------|-------|--------|---------|-----------------|-------|-------|---------|
| Z <sub>1</sub> | 5.842 | 34.364 | 34.364  | Z <sub>10</sub> | 0.254 | 1.492 | 94.343  |
| Z <sub>2</sub> | 3.797 | 22.337 | 56.701  | Z <sub>11</sub> | 0.209 | 1.227 | 95.570  |
| Z <sub>3</sub> | 2.277 | 13.395 | 70.096  | Z <sub>12</sub> | 0.207 | 1.217 | 96.787  |
| Z <sub>4</sub> | 1.137 | 6.688  | 76.784  | Z <sub>13</sub> | 0.179 | 1.055 | 97.842  |
| Z <sub>5</sub> | 0.689 | 4.051  | 80.834  | Z <sub>14</sub> | 0.119 | 0.699 | 98.541  |
| Z <sub>6</sub> | 0.589 | 3.464  | 84.298  | Z <sub>15</sub> | 0.099 | 0.585 | 99.125  |
| Z <sub>7</sub> | 0.549 | 3.229  | 87.527  | Z <sub>16</sub> | 0.091 | 0.535 | 99.661  |
| Z <sub>8</sub> | 0.475 | 2.794  | 90.321  | Z <sub>17</sub> | 0.058 | 0.339 | 100.000 |
| Z <sub>9</sub> | 0.430 | 2.529  | 92.850  |                 |       |       |         |

对上述 7 个主成分的进一步分析发现,第 1 主成分更多的反映社区及住房物理状况;第 2 主成分侧重于社区应急管理制度因素;第 3 主成分与社区住户经济状况显著相关;第 4 主成分反映社区人口方面情况。

表 3 主成分载荷值

| 因素                            | 第 1 主成分 Z <sub>1</sub> | 第 2 主成分 Z <sub>2</sub> | 第 3 主成分 Z <sub>3</sub> | 第 4 主成分 Z <sub>4</sub> |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 住宅结构(X <sub>1</sub> )         | 0.729                  | 0.425                  | 0.165                  | -0.082                 |
| 社区公路状况(X <sub>2</sub> )       | 0.689                  | -0.388                 | 0.174                  | -0.172                 |
| 社区防灾规划(X <sub>3</sub> )       | 0.677                  | -0.447                 | 0.129                  | -0.118                 |
| 应急避难场所(X <sub>4</sub> )       | 0.653                  | 0.370                  | 0.151                  | -0.097                 |
| 房屋受损情况(X <sub>5</sub> )       | 0.643                  | 0.416                  | 0.091                  | -0.033                 |
| 救灾设施完善程度(X <sub>6</sub> )     | 0.642                  | -0.194                 | 0.007                  | 0.604                  |
| 住宅防灾设施拥有数量(X <sub>7</sub> )   | 0.593                  | -0.415                 | 0.000                  | -0.243                 |
| 洪灾宣传教育(X <sub>8</sub> )       | 0.631                  | 0.659                  | 0.080                  | -0.032                 |
| 洪灾应急演练(X <sub>9</sub> )       | 0.115                  | 0.593                  | 0.300                  | -0.175                 |
| 公共转移工具(X <sub>10</sub> )      | 0.444                  | 0.568                  | 0.381                  | -0.148                 |
| 灾害预警(X <sub>11</sub> )        | -0.134                 | 0.483                  | -0.480                 | 0.391                  |
| 家庭通讯设备拥有数量(X <sub>12</sub> )  | -0.232                 | -0.089                 | 0.675                  | 0.062                  |
| 家庭年总收入(X <sub>13</sub> )      | -0.383                 | -0.244                 | 0.636                  | -0.107                 |
| 家庭交通工具种类及数量(X <sub>14</sub> ) | 0.428                  | -0.084                 | -0.628                 | -0.098                 |
| 受教育程度(X <sub>15</sub> )       | -0.470                 | 0.137                  | 0.098                  | 0.634                  |
| 职业(X <sub>16</sub> )          | 0.465                  | -0.347                 | -0.093                 | 0.529                  |
| 洪水基础知识(X <sub>17</sub> )      | 0.570                  | -0.310                 | -0.011                 | 0.508                  |

3.3 抗逆力评估

由主成分分析的特征向量矩阵,可得各指标与主成分 Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, Z<sub>3</sub>, Z<sub>4</sub> 的线性关系:

$$Z_1 = 0.301x_1 + 0.285x_2 + \dots + 0.236x_{17} \quad (3)$$

$$Z_2 = 0.218x_1 - 0.199x_2 + \dots - 0.157x_{17} \quad (4)$$

$$Z_3 = 0.110x_1 + 0.115x_2 + \dots - 0.007x_{17} \quad (5)$$

$$Z_4 = -0.077x_1 - 0.161x_2 + \dots + 0.595x_{17} \quad (6)$$

根据主成分 Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, Z<sub>3</sub>, Z<sub>4</sub> 与相应的贡献率之积的和,可获得各调查样本洪灾抗逆力的综合得分。将每个社区得分总数除以人数,可获得该社区平均分,得分越高说明社区洪灾抗逆力越强,由此就可对社区洪灾抗逆力进行分级。

在考虑均值(9.41)、标准差(7.42)和极差(3.99)的基础上,将各评价样本的洪灾抗逆力划分低、中、高 3 个等级,其取值范围分别为 [7.38, 7.81], [7.81, 11.01] 和 (11.01, 11.37], 分别用 I, II, III 表示(表 4)。由表 4 可知,枫景上东社区和河南科技大学的洪灾抗逆力等级为 III,属于高抗逆力水平。其中,枫景上东社区的洪灾抗逆力最高,得分为 11.37;星海王府、紫郡社区和进达花园的洪灾抗逆力等级为 I,属于低抗逆力水平,其中,进达花园的洪灾抗逆力水平最低,得分为 7.38;其他社区评价等级为 II,属于中等抗逆力水平。进一步分析表 4 中各主成分的得分情况,可获知影响社区洪灾抗逆力的影响因素,从而为社区尺度的防洪减灾规划和洪水管理提供决策依据。例如,抗逆力综合得分最低的进达花园社区,第 2 主成分(制度因素)得分最低,在实地调查过程中我们也了解到,在社区公共事务管理中处于主导地位的物业公司由于内部原因已经退出社区管理,政府洪灾的宣传教育以及应急演练等缺失。此外,该社区在第 3 主成分(经济因素)和第 4 主成分(人口因素)得分也低于大部分社区。因此,提高该社区洪灾抗逆力的有效途径是加强政府防灾减灾制度传达、增加居民收入和洪水管理提高洪灾基础知识水平。同理,据此研究结果可对其他社区洪灾抗逆力的关键影响因素进行逐一分析深入分析,提出科学合理有效的洪灾社区抵抗力提升策略。

表 4 红旗区 9 个社区洪灾抗逆力等级及各指标得分

| 社区     | 第 1 主成分得分 | 第 2 主成分得分 | 第 3 主成分得分 | 第 4 主成分得分 | 综合得分  | 等级 |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|----|
| 枫景上东   | 1.41      | -0.24     | 1.78      | -0.01     | 11.37 | Ⅲ  |
| 河南科技大学 | 1.32      | -0.04     | 1.44      | 0.27      | 11.15 | Ⅲ  |
| 洪门社区   | 1.33      | -0.15     | 1.49      | 0.03      | 10.63 | Ⅱ  |
| 华龙国际   | 1.24      | -0.18     | 1.48      | 0.21      | 10.17 | Ⅱ  |
| 宝龙社区   | 1.22      | -0.16     | 1.65      | -0.17     | 10.08 | Ⅱ  |
| 双桥社区   | 0.84      | 0.22      | 1.15      | 0.23      | 8.62  | Ⅱ  |
| 星海王府   | 0.98      | -0.09     | 1.09      | -0.11     | 7.74  | I  |
| 紫郡社区   | 0.94      | -0.38     | 1.34      | 0.42      | 7.54  | I  |
| 进达花园   | 1.01      | -0.21     | 0.95      | 0.10      | 7.38  | I  |
| 均值     | 1.41      | -0.14     | 1.37      | 0.11      | 9.41  | —  |

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

(1) 相关分析和主成分分析是变量缩减的一个有效组合方法,它可将众多变量缩减到一个可控范围,便于数据的运算和结果分析。

(2) 新乡市红旗区城市社区洪灾抗逆力水平不是很高,近 80% 的社区处于中等偏下水平。具体来说:3 个社区处于低抗逆力水平,占总体的 33.3%,4 个社区处于中等抗逆力水平,占总体的 44.5%,处于高抗逆力水平的社区仅占调查样本的 22.2%。

(3) 红旗区城市社区洪灾抗逆力的关键因素中,物理因素得分最高,经济和人口因素居中,制度因素得分最低。

### 4.2 建议

(1) 政府和社区应借鉴历史经验,有组织的采用宣传板、活动日、应急演练等方式,对该地区水情、洪灾基础知识、洪灾危险性及应对措施进行宣传教育,提高灾害管理者和社区居民的洪灾风险意识。

(2) 依据汛期水情动态监测数据和历史经验,成立专家组对洪水成灾风险科学评估,及时发布灾害预警,灾害预警发布时间要合理、发布方式要多样化、发布内容具有应灾指导意义。

(3) 政府和社区应做好城市洪灾应急物资储备和协调工作,确保在最短时间内恢复城市社区各项功能和居民正常生活,减少社会和经济损失。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 邓国取. 农业巨灾经济影响分析:以我国洪灾为例[J]. 财经论丛,2008(4):21-26.
- [2] 吴庆洲. 对 20 世纪中国洪灾的回顾[J]. 灾害学,2002,17(2):64-71.
- [3] CRED. Emergency Events Database (EM-DAT) [EB/OL]. (2016-02-06) [2016-08-25]. 2016. <http://www.emdat.be/database>.
- [4] 国家防汛抗旱总指挥部办公室. 2003 年全国洪涝灾情 [J]. 中国防汛抗旱,2004(1):55-59.
- [5] 刘国斌,韩世博. 人口集聚与城镇化协调发展研究 [J]. 人口学刊,2016(2):40-48.
- [6] 李昕,文婧,林坚. 土地城镇化及相关问题研究综述 [J]. 地理科学进展,2012,31(8):1042-1049.
- [7] 石勇,许世远,石纯,等. 洪水灾害脆弱性研究进展 [J]. 地理科学进展,2009,28(1):41-46.
- [8] 冯平,崔广涛,钟响. 城市洪涝灾害直接经济损失的评估与预测 [J]. 水利学报,2001,8(3):64-68.
- [9] 孙建华,赵思雄,傅慎明,等. 2012 年 7 月 21 日北京特大暴雨的多尺度特征 [J]. 大气科学,2013,27(3):705-718.
- [10] 周国兵,沈桐立,韩余. 重庆“9·4”特大暴雨天气过程数值模拟分析 [J]. 气象科学,2006,26(5):572-577.
- [11] Bisht D S, Chatterjee C, Kalakoti S, et al. Modeling urban floods and drainage using SWMM and MIKE URBAN: A case study [J]. Natural Hazards, 2016,84(2):749-776.
- [12] Smith B K, Smith J A, Baeck M L, et al. Exploring storage and runoff generation processes for urban flooding through a physically based watershed model [J]. Water Resources Research, 2015,51(3):1552-1569.
- [13] Chan N W. Impacts of Disasters and Disaster Risk Management in Malaysia: The Case of Floods [M]. Japan: Resilience and Recovery in Asian Disasters. Springer, 2015:239-265.
- [14] Yin Jie, Ye Mingwu, Yin Zhnae, et al. A review of advances in urban flood risk analysis over China [J]. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2015,29(3):1063-1070.
- [15] 杨佩国,靳京,赵东升,等. 基于历史暴雨洪涝灾情数据的城市脆弱性定量研究:以北京市为例 [J]. 地理科学,2016,36(5):733-741.
- [16] 陈静,刘琳. 2011 年汛期北京城市暴雨特征及其灾害成因初步分析 [J]. 暴雨灾害,2011,30(3):282-287.
- [17] 马洪波. 2010 年 7 月 24 日白城市暴雨天气特征分析

- [J]. 现代农业科技, 2015(19):253-253.
- [18] 刘昌明, 张永勇, 王中根, 等. 维护良性水循环的城镇化 LID 模式: 海绵城市规划方法与技术初步探讨[J]. 自然资源学报, 2016, 31(5):719-731.
- [19] 李恒义, 孟琳琳. 基于海绵城市的北京市巨灾洪水防御体系设计[J]. 人民黄河, 2016, 38(7):35-38.
- [20] 刘忠阳, 杜子璇, 刘伟昌, 等. 城市洪灾及城市防洪规划探讨[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(9):5-8.
- [21] 朱华桂. 论风险社会中的社区抗逆力问题[J]. 南京大学学报: 哲学·人文科学·社会科学版, 2012(5):47-53, 159.
- [22] 河南省水利厅. 水资源公报[EB/OL]. 郑州: 河南省水利. (1999-02-15) [2017-02-11]. <http://www.hnsl.gov.cn/>.
- [23] Tobin G A. Sustainability and community resilience: The holy grail of hazards planning? [J]. Global Environmental Change (Part B): Environmental Hazards, 1999, 1(1):13-25.
- [24] Norris F H, Stevens S P, Pfefferbaum B, et al. Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness[J]. American Journal of Community Psychology, 2008, 41(1/2):127-150.
- [25] Ostadtaghizadeh A, Ardalan A, Paton D, et al. Community disaster resilience: A qualitative study on Iranian concepts and indicators[J]. Natural Hazards, 2016, 83(3):1843-1861.
- [26] Ainuddin S, Routray J K. Earthquake hazards and community resilience in Baluchistan[J]. Natural Hazards, 2012, 63(2):909-937.
- [27] Sherrieb K, Norris F H, Galea S. Measuring capacities for community resilience [J]. Social Indicators Research, 2010, 99(2):227-247.
- [28] 朱华桂. 论社区抗逆力的构成要素和指标体系[J]. 南京大学学报: 哲学·人文科学·社会科学, 2013(5):68-74, 159.
- [29] 任广平, 邹志红, 孙靖南. 因子分析及其在河网水质综合评价中的应用研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2005, 6(4):91-94.
- [30] 刘德林, 刘贤赵. 主成分分析在河流水质综合评价中的应用[J]. 水土保持研究, 2006, 13(3):124-125, 128.
- [31] 刘德林, 梁恒谦. 区域自然灾害的社会脆弱性评估: 以河南省为例[J]. 水土保持通报, 2014, 34(5):128-134.
- [32] Liu Delin, Hao Shilong, Liu Xianzhao, et al. Effects of land use classification on landscape metrics based on remote sensing and GIS[J]. Environmental Earth Sciences, 2013, 68(8):2229-2237.
- [33] 朱庆平, 周力, 李开, 等. 西昌引种栽培油橄榄果中 5 种金属元素主成分及聚类分析[J]. 基因组学与应用生物学, 2017, 36(1):362-369.

(上接第 229 页)

- [4] Rahman S, Bagtzoglou A C, Hossain F, et al. Investigating spatial downscaling of satellite rainfall data for streamflow simulation in a medium-sized basin[J]. Journal of Hydrometeorology, 2009, 10(4):1063-1079.
- [5] Ashfaq S A. Rainfall-runoff modelling of Doddahalla watershed: An application of HEC-HMS and SCN-CN in ungauged agricultural watershed[J]. Arabian Journal of Geosciences, 2016, 9(3):1-16.
- [6] Gumindoga W, Rwasoka D T, Nhapi I D T. Ungauged runoff simulation in Upper Manyame Catchment, Zimbabwe: Applications of the HEC-HMS model[C]. US: Physics and Chemistry of the Earth, 2016.
- [7] 雍斌, 张万昌, 赵登忠, 等. HEC-HMS 水文模型系统在汉江褒河流域的应用研究[J]. 水土保持通报, 2006, 26(3):86-90.
- [8] 刘洋, 马长明. HEC-HMS 模型构建方法及在山区洪水预报中的应用[J]. 山西建筑, 2013, 39(19):209-210.
- [9] 王力, 赵红莉, 蒋云钟. HEC-HMS 模型在南水北调东线水资源调度中的应用[J]. 南水北调与水利科技, 2007(6):58-61.
- [10] Youhua Ran, Xin Li, Ling Lu. Evaluation of four remote sensing based land cover products over China[J]. International Journal of Remote Sensing, 2010, 31(2):391-401.
- [11] Fischer G F, Nachtergaele S, Prieler H T, et al. Global Agro-ecological Zones Assessment for Agriculture(GAEZ2008)[C]. Italy Rome: II ASA, Laxenburg, Austria and FAO, 2008.
- [12] 陈芬, 陈兴伟, 谢剑斌. HEC-HMS 模型次洪模拟的参数敏感性分析及应用[J]. 水资源与水工程学报, 2012, 23(5):119-122.
- [13] 魏传健. 基于 TOPMODEL 模型的漓江上游洪水预报研究[D]. 广西南宁: 广西大学, 2015.
- [14] 陈立华, 冯世伟, 邓芳芳. 漓江流域上游洪水预报方案研究与应用[J]. 广西大学学报: 自然科学版, 2016, 41(4):1298-1305.