

基于城镇化水平分析 2003—2017 年 我国洪涝灾害演变特征

张春桦¹, 邹贤菊¹, 宋晓猛^{1,2*}

(1. 中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221116;

2. 南京水利科学研究院水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029)

摘要:通过搜集整理 2003—2017 年全国城市洪涝灾害数据,从城市洪涝事件的空间分布和洪涝灾害指标变化趋势探讨了我国城市洪涝事件变化特征,并量化识别城市化发展水平与城市洪涝事件的相关程度。结果表明:近 15 年全国城市洪涝灾害频发,整体呈现“南重北轻”的空间分布特征,尤以长江中上游和珠江流域城市最为频繁;我国城市洪涝灾害受灾情况表现出较大年际差异,总体呈现降低趋势;直接经济损失波动性强且具有明显突发性,从关联度数值看,城市洪涝受灾人口、直接损失和城市发展水平有较强的关联。

关键词:洪涝灾害; 城镇化; 灰色关联分析法

中图分类号:TV122

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2020)03-0014-04

Analysis on the evolution of flood disasters in China from 2003 to 2017 based on urbanization level

ZHANG Chunhua¹, ZOU Xianju¹, SONG Xiaomeng^{1,2*}

(1. School of Resources and Geosciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, Jiangsu;

2. State Key Laboratory of Hydrology – Water Resources and Hydraulic Engineering,
Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, Jiangsu)

Abstract: By collecting and sorting the national urban flood disaster data from 2003 to 2017, the characteristics of urban flood events in China were discussed from the spatial distribution of urban flood events and the trend of flood disaster indicators, and the correlation between the level of urbanization development and urban flood events was quantitatively identified. The results showed that in the past 15 years, the urban flood disasters occurred frequently in China, with the spatial distribution of "south is heavier than north", especially in the cities that in the middle and upper reaches of the Yangtze river and in the pearl river basin. The urban flood disaster in China showed great inter – annual difference and generally show a decreasing trend. Direct economic losses were highly volatile and obviously sudden. Judging from the value of the correlation degree, there was a strong correlation between urban floods affected population, direct losses and urban development levels.

Key words: flood disaster; urbanization; grey correlation analysis method

收稿日期:2019-09-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(51979271); 国家自然科学基金项目(51609242); 中国博士后科学基金项目(2018M632333)

作者简介:张春桦(1995—),女,硕士,主要从事水文水资源研究。E-mail:chzhang11@cumt.edu.cn。

通信作者:宋晓猛(1987—),男,博士,主要从事水文水资源研究。E-mail:xmsong@cumt.edu.cn。

受自然地理条件和气象条件等综合影响,洪涝灾害成为我国最主要的自然灾害之一。近年来,随着城市化快速发展,我国城市洪涝灾害事件愈加频繁,造成了严重的经济损失和人员伤亡。根据中华人民共和国住房和城乡建设部 2010 年对全国 351 个城市内涝专项调研结果显示,2008—2010 年间,有 62% 的城市发生过不同程度的内涝,其中超过 3 次以上的城市有 137 个。根据 2010 年水旱灾害统计信息,我国 60% 的城市都发生了洪灾,造成全国直接经济损失 3 745 亿元,约占全年 GDP 的 0.93%。《中国水利年鉴》《中国水旱灾害公报》等资料显示,2012—2015 年,我国受淹城市分别高达 184、234、125 和 168 座。

城市暴雨内涝灾害严重影响了城市的正常运转,威胁到了居民生命财产安全,近年来引起了不少国内外学者的重点研究分析。Rodriguez 等^[1]认为城市发展导致河流水的大量衰减,区域排水不畅,加剧了城市洪涝灾害的风险;宋晓猛等^[2]研究了城市化背景下北京城市洪涝特征、形成机制及影响因素;刘建芬等^[3]通过对城市化背景下洪涝灾害触发的自认条件和社会因素的分析,认为低洼地区是城市洪涝的重点地区;耿思敏等^[4]通过对黄河中下游洪涝灾害的研究,认为黄河流域洪涝灾害总体呈现加重态势。

本文通过多种统计渠道搜集整理了全国 2003—2017 年城市洪涝灾情统计数据,分析 15 年间我国城市洪涝发生次数的空间分布特征,进一步分析城市洪涝与城市化之间的关系,并探讨城市洪涝受灾人口和经济损失等与城市洪涝时空分布特征及城市化之间关系,旨在为防洪减灾工作提供一定的参考。

1 数据来源与研究方法

本文收集的 2003—2017 年全国各省、直辖市的洪涝灾害发生时间和洪灾损失,受灾人口和直接经济损失等数据来自《中国水利年鉴》《中国水旱灾害公报》《中国气象灾害年鉴》等。基于统计数据信息,分析 2003—2017 年全国城市洪涝灾害发生时间,运用数理统计方法和 ArcGIS 工具,分区域统计分析洪涝灾害发生次数,探讨我国城市洪涝灾害的时空分布规律;利用 2003—2017 年全国城市洪涝受灾人口、直接经济损失等洪灾数据,研究城市洪涝灾情随时间的演变趋势,并用灰色关联法分析受灾人口和直接经济损失与城镇化水平之间的相关性,

进一步分析城市化对洪涝损失的影响。

2 城市洪涝灾害的空间分布特征

2.1 城市洪涝灾害地理分布

我国特殊的地理位置和复杂的地形地貌,极易受到季风和热带气旋的影响,降水时空分布不均,下垫面情况复杂,导致我国洪涝灾害事件频发。通过对《中国水利年鉴》《中国水旱灾害公报》《中国气象灾害年鉴》等统计资料的整理,得到 2003—2017 年期间每年各地级城市的洪涝灾害发生次数,见图 1、图 2。

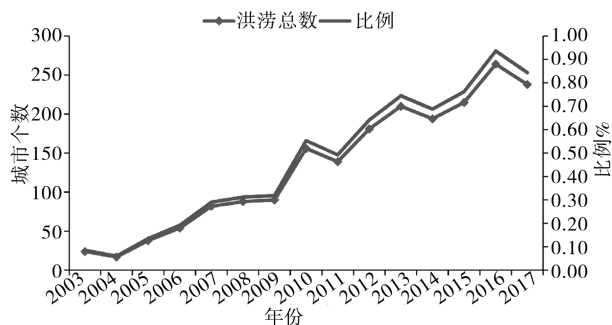


图1 2003—2017 全国发生洪涝灾害地级城市数量及其所占比例

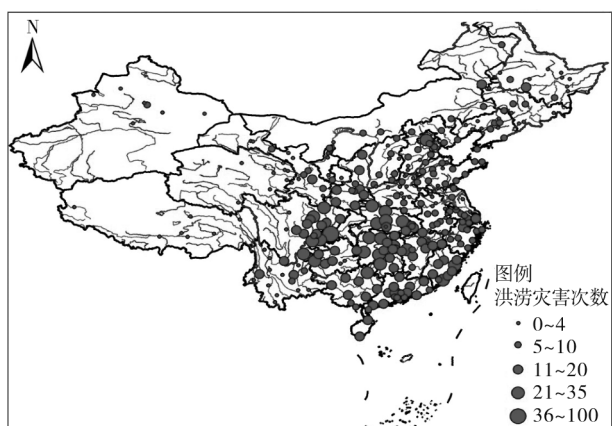


图2 2003—2017 年我国地级城市洪涝灾害发生次数空间分布

本次试验共统计 295 个地级市,15 个省会城市,4 个直辖市。图 1 显示,2003—2017 年,发生洪涝灾害城市数量有了很大变化。在 2007 年之前,该指数一直保持在较低的水平,在 2007—2010 年期间逐渐加速,在 2010 年之后逐渐增加。具体到 2003—2007 年期间,每年大约有 33 个城市,2007—2012 年为 90~122 个,2013—2017 年超过 220 个城市,特别是 2010 年以后,城市洪涝发生率迅速上升。2015 年达到了 0.76,这意味着全国约有 76% 的城市在 2015 年至少发生 1 次暴雨洪水事件。

由图2可知,我国大多数受影响城市集中在中东部和东南部,呈现南重北轻的分布格局。该地区的城市密度比西北高很多,东南的暴雨频率远大于西北的暴雨频率,在统计年间,重庆市每年都会发生暴雨洪涝灾害,高达82次;长江流域和珠江流域的城市每年都发生洪涝灾害,特别是每年9—11月,在台风的影响下,东南以及南部地区暴雨集中且持续时间长、地域广。

3 我国城市洪涝灾害损失综合评估

2003—2017年期间,我国洪涝灾害年平均受灾人口13 000万人,年平均直接经济损失1 855亿元。2003—2017年主要洪涝灾害指标统计情况见图3~4。

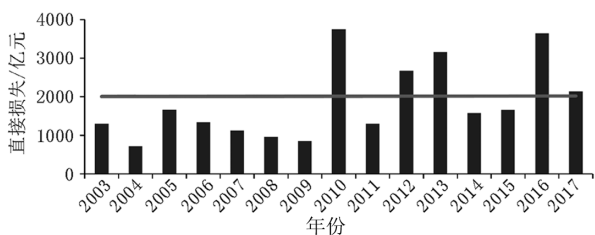


图3 2003—2017年洪涝灾害直接经济损失变化情况

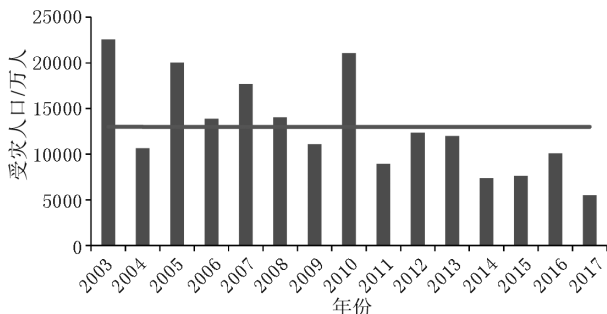


图4 2003—2017年洪涝灾害受灾人口变化情况

从城市洪涝受灾人口来看,2003—2017年期间我国年平均受灾人口达到13 000万人,2003、2005、2006、2010年受灾人口远高于这15年的平均值,2006和2008年略高于年平均值。2003年城市洪涝受灾人口高达22 571.65万人,2010年达到21 084.68万人,2005年为20 025.65万人,2017年受灾人口最少,为5 514.9万人。在2003—2017年期间整体看来,城市洪涝灾害人口呈现变小趋势,但各年分间数据波动较大,城市洪涝受灾人口依旧较多。

从直接经济损失来看,在统计时段中我国城市洪涝灾害直接损失平均值为1 855.42亿元。在统计时段内,2010年之前,各年的直接损失低于平均值,2010年之后经济损失幅度较大。2010年损失最大高达3 745.43亿元,2004年损失最小为713.51亿元。在统计时段内,2010年后各年份波动较大,

有增长的趋势。

4 城市洪涝与城市化率的关系

城市化是一种复合性、规模化的人类活动进程,涉及生产、生活方式转变,城乡经济社会、空间结构的动态变迁。城镇化是社会发展的必然产物^[5]。我国正处于城市化进程不断推进和加深的时期,2017年我国城镇化率已经达到了58.52%,在统计学定义中,我国已经成为了“城市化国家”。根据世界银行预测,2030年我国城镇化率将超过70%^[6]。2003—2017年我国城镇化率及其年增长率见图5。

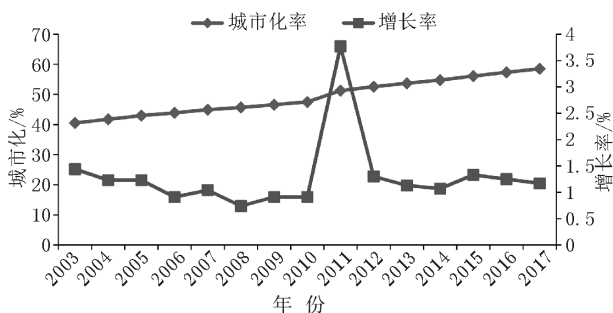


图5 2003—2017年我国城镇化率及其年增长率

为进一步探讨2003—2017年我国洪涝灾情与城市化发展水平之间的相关关系,在统计时段资料中,选择受灾人口、直接经济损失作为洪涝灾情指标,城镇化率作为城镇化发展水平指标。考虑到洪涝灾情各项指标与城镇化率是不同的量纲,本文采用MATLAB的灰色关联分析方法来分析两者之间的相关程度,即用平均值标准化法对各项指标进行处理,并计算出洪涝灾情各项指标与城镇化率的关联系数 r 和关联度 R ,其中 r 表示该年洪灾各指标与城镇化率的相关程度, R 表示2003—2017年洪灾指标与城镇化率相关程度。

将城镇化率、受灾人口、直接经济损失3项指标的原始数据进行初始化处理:

$$X'_i = \frac{x_i(j)}{x_i}, x_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_i(K) \quad (1)$$

求序列差:

$$\Delta i(j) = |X'_i(j) - X'_i(k)| \quad (2)$$

计算序列差的两级:

$$M = \max_{i,t} \Delta i(j), m = \min_{i,t} \Delta i(j) \quad (3)$$

计算关联度系数:

$$r_i(j) = \frac{m + \delta M}{\Delta i(j) + \delta M} \quad (4)$$

计算关联度:

$$R_i = \frac{(\sum_{k=1}^n r_i(k))}{n} \quad (5)$$

式中: $\delta \in (0.1)$, $\delta = 0.5$; M 为两级最大差; m 为第二最小差; δ 为分辨系数, $\delta \in (0.1)$, $\delta = 0.5$; r 为 i 年洪灾各指标与城镇化率的相关程度; R_i 为 2003—2017 年洪灾指标与城镇化率相关程度。

将关联度分为 4 级:弱度关联 $0 < R_i \leq 0.35$, 中度关联 $0.35 < R_i \leq 0.65$, 较强关联 $0.65 < R_i \leq 0.85$, 极强关联 $0.85 < R_i \leq 1.00$ 。经计算, 2003—2017 年我国洪涝灾害受灾人口和直接经济损失与城镇化率之间的关联度 R_1 、 R_2 分别为 0.717、0.703, 属于较强关联。城镇化指标与洪涝灾情的关联度排序为:洪涝灾害受灾人口大于直接经济损失, 表明在统计时段内受灾人口与城镇化率之间的关联度较大, 直接经济损失与城镇化率之间的关联度较小。建立 2003—2017 年洪涝灾情与城镇化率关联系数 r 随时间的变化关系, 见图 6。从图 6 可以看出, 我国城市洪涝灾害受灾人口和直接经济损失与城镇化率的关联系数在各个年份时有波动。

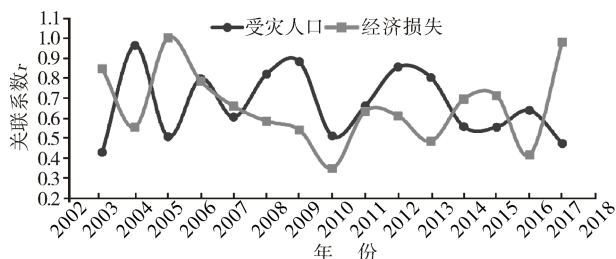


图 6 2003—2017 年中国洪涝灾情与城镇化率的关联

从上述分析可知, 城市洪涝灾情程度与城市化水平有一定的相关性。城镇化发展虽然促进经济增长, 使人们生活更便捷, 但同时改变了当地原有的生态环境, 引起局部气候变化, 导致“雨岛效应”和“热岛效应”愈加明显, 使得城市极端降水发生的频率和强度增加, 城市发生极端暴雨的可能性增加, 增加洪涝灾害发生的频率。随着城镇人口和城区建设面积的持续扩增, 大量河道湖泊及植被等面积缩减, 地面硬化面积增大, 因地面透水性差, 导致降雨时渗入地下的水量减小, 大部分在地面汇流, 通过城市排水管网排入城市河道, 进而造成了城市河流水位上涨, 破坏原来的排水系统, 加之大量的地下建筑如地下停车场、商场等微地形改变原有的水循环系统, 也增加了洪涝灾害发生的危险。总体而言, 城市化的快速发展使得城市的承载能力减弱, 易损性增大。

5 结 语

根据对收集资料 and 我国历年城市洪涝灾害统计数据的分析, 探讨了全国城市洪涝的空间地理特征, 分析了我国历年的洪涝灾害次数、受灾人口和直接经济损等指标, 同时进一步分析洪涝灾害各指标与城镇化水平的相关关系。

(1) 2003—2017 年, 因我国所处的特殊地理位置, 降雨时空分布不均匀, 使我国城市洪涝灾害在空间上呈南重北轻的格局, 多集中于中东部和东南部, 尤其受台风影响, 东南部地区城市降雨面积广、雨量大、时间久, 我国从 2010 年开始几乎每年有超过 50% 的地级城市会发生洪涝灾害。

(2) 2003—2017 年, 全国洪涝灾害年平均受灾人口 13 000 万人, 年平均直接经济损失 1 855.42 亿元。受灾人口从总体看有下降的趋势, 直接经济损失各年份时有波动, 并无明显的减小趋势。

(3) 2003—2017 年, 通过灰色关联分析法, 计算我国洪涝灾害受灾人口和直接经济损失与城镇化率之间的关联度 R_1 、 R_2 分别为 0.717、0.703, 从关联度数值看属于较强关联, 城市洪涝灾害程度与城市化水平有一定的相关性。

参考文献:

- [1] RODRIGUEZ - LLOVERAS X, BUSSI G, FRANCÉS F, et al. Patterns of runoff and sediment production in response to land - use changes in an ungauged Mediterranean catchment[J]. Journal of Hydrology, 2015, 531: 1054-1066.
- [2] 宋晓猛, 张建云, 贺瑞敏, 等. 北京城市洪涝问题与成因分析[J]. 水科学进展, 2019(2): 153-165.
- [3] 刘建芬, 王慧敏, 张行南. 城市化背景下城区洪涝灾害频发的原因及对策[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2012, 14(1): 73-75 + 92.
- [4] 耿思敏, 严登华, 罗先香, 等. 变化环境下黄河中下游洪涝灾害发展新趋势[J]. 水土保持通报, 2012, 32(3): 188-191, 244.
- [5] 柳杨, 范子武, 谢忱, 刘国庆, 费香波. 城镇化背景下我国城市洪涝灾害演变特征[J]. 水利水运工程学报, 2018(2): 10-18.
- [6] 周宏, 刘俊, 高成, 欧淑芳. 我国城市内涝防治现状及问题分析[J]. 灾害学, 2018, 33(3): 147-151.