

常州市主城区 高强度降水变化特征及其影响分析

赵 文¹, 刘 骏², 华 晨¹, 胡尊乐¹, 潘富伟³, 朱文杰¹

(1. 江苏省水文水资源勘测局常州分局, 江苏 常州 213022;

2. 常州市水利局, 江苏 常州 213022; 3. 江苏省水文水资源勘测局, 江苏 南京 210029)

摘要:以常州市主城区为研究区域,基于高强度降水指数等指标,分析常州市主城区高强度降水特性及其对城市防汛的影响。研究表明,受气候变化和城镇化等影响,常州市主城区在1953—2022年期间有雨日数等3个极端降水日数指标、强降水量等6个高强度降水量级指标均呈递增趋势。

关键词:高强度降水; 变化特征; 降水指数

中图分类号:[TV123]

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2024)04-0051-0003

Analysis of the changes characteristics and the impact of high intensity precipitation in the main urban area of Changzhou City

ZHAO Wen¹, LIU Jun², HUA Chen¹, HU Zunle¹, PAN Fuwei³, ZHU Wenjie¹

(1. Changzhou Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau,

Changzhou 213022, China; 2. Changzhou Water Resources Bureau, Changzhou 213022, China;

3. Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Nanjing 210029, China)

Abstract: Taking the main urban area of Changzhou as the research area, based on indicators such as high-intensity precipitation index, this study analyzes the characteristics of high intensity precipitation in the main urban area of Changzhou and its impact on urban flood control. The research results indicate that due to the impact of climate change and urbanization, the urban area of Changzhou City has shown an increasing trend in three extreme precipitation day indicators, such as the number of rainy days, and six indicators of high-intensity precipitation levels, such as heavy precipitation, from 1953 to 2022.

Key words: high intensity precipitation; variation characteristics; precipitation index

1 概 述

城镇化在有力促进经济社会高质量发展的同时,也在一定程度上改变了洪涝灾害孕灾环境,对

城市发展产生了影响^[1-3]。有研究表明,城镇化可能造成城市地区降水增多^[4-7],主要表现在城镇化改变了暴雨特性(发生频率、暴雨量、暴雨雨型发生了变化),改变了暴雨的产汇流机制(同等暴雨下径流总

收稿日期: 2024-01-05

作者简介: 赵文(1983—),女,工程师,本科,主要从事水文水资源相关工作。E-mail: 52839197@qq.com

量增多、洪峰增大、峰现时间提前),城镇化使得人口、资产等高度集中(同等淹没水深、淹没历时下灾损加剧)。因此,应针对城市降雨特性的变化和降雨资料的积累,及时对设计暴雨及雨型进行重新分析,确保城市雨水排水管网的建设与规定重现期下的设计暴雨及雨型相匹配。

本文选取地形平坦、暴雨洪涝易发、高度城镇化的常州市主城区为典型区,基于高强度降水指数等指标,揭示了高度城镇化环境下常州市主城区高强度降水特性及其对城市防汛的影响,进而为区域防洪减灾和经济社会发展提供参考。

2 研究方法

2.1 研究区概况

常州市主城区位于常州市北部,是代表常州市城镇化发展水平的城市核心区,北至新龙河和沪宁高速公路,东临丁塘港,南到京杭运河,西靠德胜河。东西长约16.8 km,南北宽约15.6 km,区域总面积约1 57.7 km²,包括建设用地面积约121.09 km²,林草地面积约7.26 km²,闲置用地(裸地、退耕地和河湖漫滩)面积约14.44 km²,水域(包括公园蓄水)面积约9.60 km²。常州市主城区代表雨量站为常州雨量站。

2.2 高强度降水指标

高强度降水指标是气象水文学中用来描述和评估高强度降水事件的一种指标(表1)。在高度城镇化地区,高强度降水事件越频繁,对经济社会的高质量发展影响越大。本文选取了反映高强度降水日数和高强度降水量级的两类高强度降水指数,

高强度降水日数指标从日数上表征高强度降水事件的频率和持续时间,高强度降水量级指标则表征高强度降水事件的强度。

3 研究与分析

3.1 城镇化演变趋势

常州市属于太湖平原地区,地形差异小,城镇化率变化较快。前期研究表明该区域高强度暴雨频率和强度有增加趋势,对区域洪涝灾害产生了较大影响,且其中城镇化因素作用明显。因此,有必要对常州市的土地利用情况进行分析。

据统计,1991—2022年,常州市城镇面积和水田面积发生较大变化,其中城镇面积由1991年347.49 km²增至2022年1 309.56 km²,水田面积由1991年3 166.04 km²减至2022年830.91 km²。1991—2022年,常州市人口由1991年的326.87万人增至2022年535.33万人,城镇化率由1991年的25.3%增至2022年的77.6%。随着常州市经济社会的发展,建成区面积也大幅增加,尤其2001年以后,常州市下垫面变化在一定程度上增加了常州主城区的“热岛效应”。

3.2 极端降水指数变化特征

本文选取常州市主城区常州雨量站1953—2022年降水量资料进行分析,采用非参数M-K检验法和Sen's斜率等方法,分析常州市主城区近70年高强度降水指数的时空变化趋势。其中,各高强度降水指数均使用RGlImDex算法来计算,非参数Mann-Kendall(M-K)统计检验和Sen's斜率估计是气候水文资料趋势检验中常用的方法,用来检验降

表1 高强度降水指标定义

| 类型 | 指数缩写 | 指数名称 | 指数定义 | 指数单位 |
|---------------|---------|----------|------------------|------|
| 高强度降水 日数指标 | CDD | 连续无雨日数 | 日降水量<1 mm的最长连续日数 | d |
| | CWD | 连续有雨日数 | 日降水量≥1 mm的最长连续日数 | d |
| | R1 mm | 有雨日数 | 每年日降水量≥1 mm的总日数 | d |
| | R10 mm | 强降水日数 | 每年日降水量≥10 mm的总日数 | d |
| | R20 mm | 非常强降水日数 | 每年日降水量≥20 mm的总日数 | d |
| 高强度降水 量级指标 | R95p | 强降水量 | >95%分位值强降水之和 | mm |
| | R99p | 极端强降水量 | >99%分位值强降水之和 | mm |
| | Rx1day | 1 d最大降水量 | 每年内最大的日降水量 | mm |
| | Rx5day | 5 d最大降水量 | 每年内连续5 d的最大降水量 | mm |
| | PRCPTOT | 年降水量 | ≥1 mm降水量累积量 | mm |
| | SDII | 降水强度 | 年降水量与降水日数的比值 | mm/d |

水的长期变化趋势(上升或者下降趋势),并且 M-K 检验不需要时间序列存在正态分布或者线性关系^[8-10],具有较强的适用性。常州市主城区高强度降水指标统计见表2。

由逐年统计可知,在高强度降水日数指标方面,1953—2022年,常州市主城区高强度连续无雨日数最长为52 d,最短为13 d,平均为27.8 d。从年际变化趋势来看,高强度连续无雨日基本持平。高强度

表2 常州市主城区高强度降水指标统计

| 类别 | CDD/d | CWD/d | R1 mm/d | R10 mm/d | R20 mm/d | |
|-----|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-------------|
| 最大值 | 52(1995年) | 19(2020年) | 119(2016年) | 56(2016年) | 32(2016年) | |
| 平均值 | 27.8 | 6.3 | 91.0 | 34.6 | 15.6 | |
| 最小值 | 13(1953年) | 3(1994年) | 64(1978年) | 18(1994年) | 5(1978年) | |
| 类别 | R95p/mm | R99p/mm | Rx1day/mm | Rx5day/mm | PRCPTOT/mm | SDII/(mm/d) |
| 最大值 | 70.4(2016年) | 162.3(2017年) | 198.5(2017年) | 367.5(2015年) | 2130.1(2016年) | 19.6(2016年) |
| 平均值 | 34.3 | 66.1 | 92.8 | 155.6 | 1116.5 | 12.2 |
| 最小值 | 16.4(1953年) | 30.0(1978年) | 30.2(1978年) | 44.6(1978年) | 581.9(1978年) | 9.0(1958年) |

连续有雨日数最长为19 d(累计降水量322.0 mm),最短为3 d(累计降水量124.2 mm),平均为6.3 d。从年际变化趋势来看,高强度连续雨日基本持平。1953—2022年,常州市主城区有雨日数最大为119 d(2016年),最短为64 d(1978年),平均为91.0 d。从年际变化趋势来看,有雨日数呈递增趋势。强降水日数最大为56 d(2016年),最短为18 d(1994年),平均为34.6 d。从年际变化趋势来看,强降水日数微呈递增趋势。非常强降水日数最大为32 d(2016年),最短为5 d(1978年),平均为15.6 d。从年际变化趋势来看,强降水日数略呈递增趋势。

在高强度降水强度指标方面,1953—2022年,常州市主城区强降水量最大为70.4 mm(2016年),最小为16.4 mm(1953年),平均为34.3 mm。从年际变化趋势来看,强降水量呈递增趋势。高强度强降水量最大为162.3 mm(2017年),最小为30.0 mm(1978年),平均为66.1 mm。从年际变化趋势来看,高强度强降水量呈递增趋势,且比强降水量增幅更大。1953—2022年,常州市主城区最大1 d降水量最大为198.5 mm(2017年),最小为30.2 mm(1978年),平均为92.8 mm。从年际变化趋势来看,最大降水量略呈递增趋势。最大5 d降水量最大367.5 mm(2015年),最小为44.6 mm(1978年),平均为155.6 mm。从年际变化趋势来看,最大5 d强降水量呈递增趋势,且比最大1 d降水量增幅更大。1953—2022年,常州市主城区年降水量最大为2130.1 mm(2016年),最小为581.9 mm(1978年),平均为1116.5 mm。从

年际变化趋势来看,年降水量呈递增趋势。年降水强度最大为19.6 mm/d(1991年),最小为9.0 mm/d(1958年),平均为12.2 mm/d。从年际变化趋势来看,年降水强度基本持平。

4 结 语

本文以常州市主城区为例,分析了高度城镇化影响下高强度降水的时空变化特征。

(1)对于高强度降水日数指标,常州市主城区在1952—2022年间连续无雨日数和连续雨日数年际变化趋势不明显。有雨日数、强降水日数、非常强降水日数年际变化均呈递增趋势,且强降水日数增长幅度最大,说明常州市主城区高强度降水出现频率增大。

(2)对于高强度降水强度指标,常州市主城区在1953—2022年间强降水量、高强度强降水量年际变化均呈递增趋势,且高强度强降水量增幅呈大于强降水量。最大1 d降水量、最大5 d降水量年际变化亦呈递增趋势,且最大5 d强降水量增幅大于最大1 d降水量增幅。年降水量年际变化呈递增趋势,年降水强度年际变化趋势不明显,说明常州市主城区高强度降水强度增大。

(3)总体来看,各项指标最大值一般发生在降水量丰沛年份(如2016年),且主要发生在近10年;最小值一般发生在特殊干旱年份(如1978年),且一般发生在20世纪80年代以前,城区“热岛效应”越发明显。

(下转第61页)

在控制排水对河道洪水过程影响方面,相关研究表明稻田控制排水对南方平原灌区河道的洪水过程影响更为显著。主要原因是本研究选取的区域为平原河网典型稻作区,稻田面积占比大,稻田控制排水的削洪效果更明显。

4 结 语

平原区地势平缓、河网密布,同时也是水稻的主产区,在不减产的前提下,利用广阔的水稻田作为蓄洪空间,是减轻区域洪涝灾害的有效措施。本研究以高邮灌区为例,总结了稻田产流的主要影响因素,模拟分析了降雨重现期、初始田间水深、稻田控制排水条件对田间产流过程的影响,以及稻田控制排水对平原灌区河道洪水过程的影响。

随着降雨重现期的增加,稻田流量峰值呈现增长趋势。雨前通过控制灌溉适当降低田间水位,可减轻稻田出流峰值,稻田控制排水比降低初始水位的削峰效果更为显著,控制排水的削峰效果随降雨重现期的增加而增加。稻田尺度控制排水能有效

降低河道洪峰流量和水位,延迟洪峰出现时间。稻田控制排水措施可有效滞蓄平原灌区地表径流,减轻平原灌区和下游河道防洪压力。

参考文献:

- [1] 黄璜. 湖南境内隐形水库与水库的集雨功能[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 1997, 23(6): 499-503.
 - [2] 郭相平, 袁静, 郭枫, 等. 水稻蓄水-控灌技术初探[J]. 农业工程学报, 2009, 25(4): 70-73.
 - [3] 俞双恩, 丁继辉, 陈凯文, 等. 水稻控制灌排原理与技术[M]. 南京: 河海大学出版社, 2022.
 - [4] 程文辉, 王船海, 朱琰, 等. 太湖流域模型[M]. 南京: 河海大学出版社, 2006.
 - [5] 熊玉江, 徐俊增, 李亚龙, 等. 南方平原灌区稻田涝水过程模拟[J]. 排灌机械工程学, 2018, 36(8): 725-731.
 - [6] 刘凤丽, 熊玉江, 范乐, 等. 水稻灌区降雨径流特征及其影响因素研究[J]. 中国农村水利水电, 2022(5): 95-100.
 - [7] 朱成立, 郭相平, 刘敏昊, 等. 水稻沟田协同控制灌排模式的节水减污效应[J]. 农业工程学报, 2016(3): 86-91.
-
- (上接第 53 页)
- 季风环流等气象要素、地形要素、人类活动都对高强度降水产生不同程度的影响, 而随着城镇化的迅猛推进, 人类活动领域不断扩大, 强度与日俱增, 也逐渐改变着城市的降水结构。常州市主城区属于太湖平原地区, 地形地势相似, 处于同一天气模式控制下, 受相同的环流因子影响, 城镇化导致城市地区高强度降水变化更剧烈, 且其对高强度降水强度的强化作用更为显著。因此, 在城市防洪排涝及雨水排水管网的建设中, 可进一步提高建设标准, 同时提高防洪排涝工程应急调度能力。
- ### 参考文献:
- [1] JIANG X L, LUO Y L, ZHANG D L, et al. Urbanization enhanced summertime extreme hourly precipitation over the Yangtze River Delta[J]. Journal of Climate, 2020, 33(13): 5809-5826.
 - [2] ZHANG W, VILLARINI G, VECCHI G A, et al. Urbanization enhanced the rainfall and flooding caused by hurricane Harvey in Houston[J]. Nature, 2018, 563(7731): 384-388.
 - [3] 何玉秀, 许有鹏, 李子贻, 等. 城镇化对极端降水的影响及其贡献率研究: 以太湖平原地区为例[J]. 湖泊科学, 2022, 34(1): 262-271.
 - [4] 侯鹏敏, 朱业玉, 左璇, 等. 2021年郑州市“7·20”特大暴雨降水极端特征分析[J]. 气象与环境科学, 2022, 45(6): 25-33.
 - [5] 孔锋, 王一飞, 方建, 等. 中国夏季极端降水空格局及其对城市化的响应[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(5): 996-1010.
 - [6] 吴子璇, 张强, 宋长青, 等. 珠三角城市化对气温时空差异性影响[J]. 地理学报, 2019, 74(11): 2342-2357.
 - [7] ZHAO N, JIAO Y M, MA T, et al. Estimating the effect of urbanization on extreme climate events in the Beijing-Tianjin-Hebei region, China [J]. Science of the Total Environment, 2019(688): 1005-1015.
 - [8] SEN P K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau [J]. Journal of the American Statistical Association, 1968, 63(324): 1379-1389.
 - [9] TABARI H, SOMEI B S, ZADEH M R. Testing for long-term trends in climatic variables in Iran[J]. Atmospheric Research, 2011, 100(1): 132-140.
 - [10] MANN H B. Nonparametric tests against trend[J]. Econometrica, 1945, 13(3): 245.