

江苏省新沂河流域 短历时降水极值统计规律研究

许广东¹, 蒋 煜²

(1. 江苏省水文水资源勘测局徐州分局, 江苏 徐州 221018; 2. 河海大学 水文水资源学院, 江苏 南京 210098)

摘要:为揭示江苏省新沂河流域短历时降水极值统计规律,以研究区内的10个雨量站1981—2020年历史实测资料为依据,以年最大1 h、3 h、6 h、12 h和24 h降水极值为研究对象,采用Mann-Kendall检验和Morlet小波分析,开展了新沂河流域不同历时面雨量极值趋势性、跳跃性和周期性分析。研究短历时降水极值的统计规律可为地区工程防洪设计与规划提供参考。

关键词:新沂河流域; 降水趋势; 检验分析

中图分类号:TV125

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2024)02-0038-0004

Study on statistical law of short-term precipitation extreme value in Xinyi River Basin

XU Guangdong¹, JIANG Yu²

(1. Xuzhou Branche of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Xuzhou 221018, China; 2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to reveal the statistical laws of short-term precipitation extreme values in the Xinyi River Basin, based on historical measured data from 10 rainfall stations in the study area from 1981 to 2020. The maximum annual precipitation extreme values of 1 hour, 3 hours, 6 hours, 12 hours, and 24 hours were used as the research objects. Mann-Kendall test and Morlet wavelet analysis were used to analyze the trend, jumping, and periodicity of surface precipitation extreme values in different durations in the Xinyi River Basin. Studying the statistical laws of short-term precipitation extremes value can provide reference for flood control design and planning of regional engineering.

Key words: Xinyi River Basin; precipitation trend; inspection analysis

1 概 述

降水作为水文循环中的重要环节,与大气、土壤、植被等要素的联系十分密切,其过程变化将带来环境扰动,进而产生了水文响应^[1-2]。因此,分析降水变化过程及其时空分布,研究水文序列的统计规律,分析其趋势性、跳跃性和周期性等,具有十分重要的意义。

近年来,相关学者对水文序列的统计规律进行了研究,其成果主要体现在径流、洪水和降水等要素中。在径流方面,杨焱等^[3-4]对金沙江上游流域多年径流的时空变化特征进行Mann-Kendall检验,表明年径流增加趋势不显著,但月径流量在5月和6月显著增加。在洪水要素方面,许世超等^[5]对赣江中下游流域多个站点洪水要素资料进行趋势与突变分析,表明赣江中下游年最大洪峰无趋势变

收稿日期:2023-11-02

作者简介:许广东(1981—),男,高级工程师,本科,主要从事水文水资源相关工作。E-mail: 35780833@qq.com

化,但赣江下游年最高水位存在显著的下降趋势和突变。在降水方面,栾承梅等^[6]研究了江苏省里下河地区的多年降水量,对其年降水的趋势性、突变性及周期性进行分析,研究年降水发生跳跃性变异的时间及趋势。

2 研究方法

本文主要开展针对性研究,揭示短历时降水极值的演变规律,旨在为防洪设计提供支持。以江苏省新沂河流域为研究对象,对其短历时(年最大1 h、3 h、6 h、12 h、24 h)降水极值序列进行统计规律分析,研究其趋势性、跳跃性和周期性。对降水等时间序列事件进行趋势性分析时,Mann-Kendall 检验法因为有很高的定量化程度和不需要先假定样本分布的优点,被学者们广泛使用。本文采用Mann-Kendall 趋势检验法^[7-9]开展趋势性分析,采用Mann-Kendall 突变检验法^[10]进行跳跃性分析,并用Morlet 小波分析法^[11-12]进行周期性分析。相关研究成果可为当地水利规划与设计、防洪减灾等方面提供数据支撑。

3 实例分析

3.1 流域概况

江苏省新沂河流域位于该省北部,地处暖温带与亚热带过渡地带,属暖温带季风气候。流域多年平均降水量为883.6 mm,最大年降水量1 396.0 mm,最小年降水量531.9 mm,多年平均蒸发量为982.6 mm。流域降水年内分布极不均匀,其中70%的降水集中在6—9月。本文研究区为新沂河沭阳站以上区域,采用流域内10个雨量站1981—2020年的降水量资

料开展研究。研究区水系及雨量站点空间分布如图1所示。

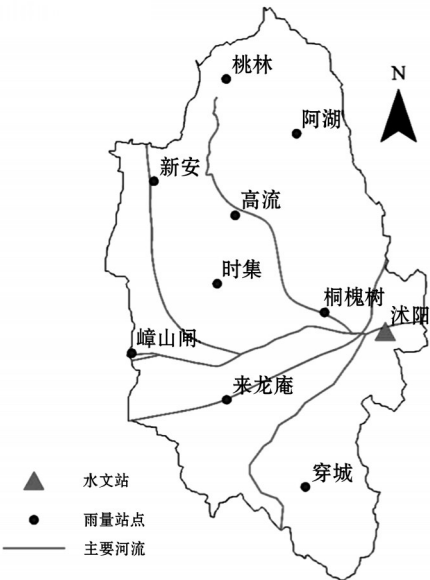


图1 新沂河流域水系及雨量站分布

3.2 趋势性分析

3.2.1 单站短历时降水规律分析

由于降水在空间上具有随机性和变异性,为揭示研究区10个雨量站的不同历时降水极值是否存在趋势性变化规律,本次采用Mann-Kendall 趋势检验法对各个雨量站逐一分析。以沭阳站和穿城站为例,显著性水平、趋势变化速率及上升幅度见表1。

为进一步分析各站趋势变化速率及幅度,绘制各站点不同历时降水极值的趋势变化速率图和上升幅度图(变化速率及上升幅度均取实际计算结果的绝对值),分别见图2和图3。

表1 沭阳站、穿城站降水量极值序列检验趋势

站点名称	时段长/h	显著水平	是否显著	趋势变化速率/(mm/a)	10 a 上升幅度/mm
沭阳站	1	0.06	否	0.55	5.50
	3	0.09	否	0.47	4.70
	6	0.06	否	0.71	7.10
	12	0.08	否	0.66	6.60
	24	0.21	否	0.46	4.60
穿城站	1	0.01	否	0.68	6.80
	3	0.01	否	0.76	7.60
	6	0.02	否	0.89	8.90
	12	0.01	否	1.18	11.80
	24	0.03	否	1.06	10.60

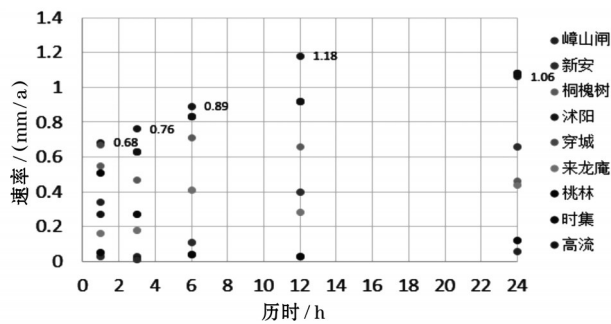


图2 各站不同历时降水极值趋势变化速率

经分析计算可知,年最大1 h、3 h、6 h、12 h和24 h降水量统计值均小于1.96,所以未通过在显著性水平 $\alpha=0.05$ 条件下的趋势检验,表明各站点不同历时降水极值无显著趋势性变化。通过进一步分析发现,新安、桐槐树、来龙庵、时集和阿湖水库站不同历时降水极值呈不显著下降趋势,嶂山闸、沐阳、穿城、桃林和高流站不同历时降水极值均为不显著上升趋势。此外,同一站点不同历时降水极值变化趋势相同,结合图1可知,各站点趋势性和站点地理位置之间没有明显规律。

就变化速率而言,由图2和图3可知,不同站点不同历时降雨极值趋势变化速率和变化幅度存在较大的差别,不同历时降水极值趋势变化速率为0.01~1.18 mm/a,相应变化幅度范围为每10 a 0.1~11.8 mm。

3.2.2 面平均短历时降水规律分析

为分析流域不同历时面雨量极值的趋势性,以

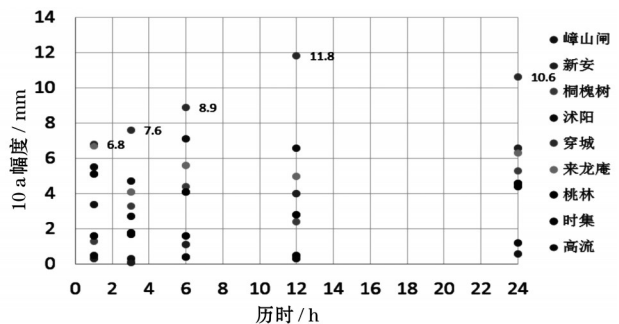


图3 各站不同历时降水极值变化幅度

最大1 h面雨量为例,使用线型趋势法对新沂河流域1981—2020年面雨量过程进行趋势分析,结果如图4所示。

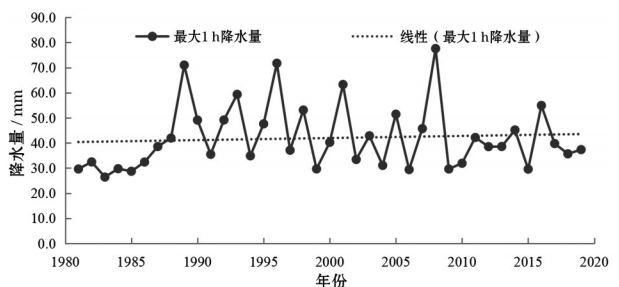


图4 年最大1 h面雨量极值及线性趋势

在显著性水平 $\alpha=0.05$ 条件下,再次对1981—2020年面雨量年极值进行Mann-Kendall趋势检验,检验成果见表2。

通过计算可知,年最大1 h、3 h、6 h、12 h和24 h

表2 不同历时面雨量极值序列检验趋势

面雨量极值	显著水平	是否显著	趋势变化速率/(mm/a)	10 a 上升幅度/mm
最大1小时	0.18	不显著	0.13	1.3
最大3小时	0.33	不显著	0.12	1.2
最大6小时	0.40	不显著	0.05	0.5
最大12小时	0.53	不显著	0.06	0.6
最大24小时	0.69	不显著	0.22	2.2

面雨量极值统计值分别为0.18、0.33、0.40、0.53和0.69,均小于在显著性水平 $\alpha=0.05$ 条件下的值1.96,所以趋势性检验不显著。不同历时的面降水量年极值序列在年际上均呈增长趋势,但趋势性也不显著。

综上可以得出,1981—2020年新沂河流域年最

大1 h、3 h、6 h、12 h和24 h面降水量极值呈上升趋势,但趋势不显著。

3.3 跳跃性分析

从流域防洪的角度而言,流域面雨量极值的统计规律更具现实意义。本次以研究区1981—2020年的年最大1 h、3 h、6 h、12 h和24 h面降水极值序列

为对象,采用 Mann-Kendall 法对其进行跳跃性分析。检测突变点年份可知,新沂河流域年最大 1 h 面平均雨量极值突变点年份为 1986 年和 2002 年,年最大 3 h、6 h、12 h 和 24 h 面雨量极值突变点年份为 2002 年。

3.4 周期性分析

为揭示研究区不同历时面雨量极值周期性规律,本文采用小波分析对年最大 1 h、3 h、6 h、12 h 和 24 h 的面雨量极值序列进行了周期分析,可知年最大 12 h 流域面雨量序列主周期为 38 a 和 6 a。对其余不同历时进行周期性分析,其主周期结果见表 3。

表 3 各历时面雨量极值序列周期

面雨量极值	第一主周期/a	第二主周期/a
最大 1 h	38	10
最大 3 h	38	13
最大 6 h	38	13
最大 12 h	38	6
最大 24 h	39	14

由表 3 可知,研究区所选短历时时段的面雨量极值周期性具有一定的规律。其中,第一主周期为 38 a 和 39 a,各短历时面雨量极值第一主周期具有一定的同步性;第二主周期随历时不同而变化,最大 3 h、6 h 和 24 h 面雨量极值第二主周期表现较为一致,分别为 13 a 和 14 a,最大 1 h 和 12 h 面雨量极值第二主周期分别为 10 a 和 6 a。

4 结 语

上述研究结果表明,研究区单站不同历时降水极值不存在显著的上升或下降趋势,变化幅度范围为每 10 a 0.1~11.8 mm;不同历时流域面雨量极值呈现不显著增长趋势,增加幅度范围为每 10 a 0.5~2.2 mm;在周期性分析方面,年最大 1 h、3 h、6 h、12 h 和 24 h 面雨量极值的第一主周期为 38 a 和 39 a;年最大 1 h、3 h、6 h、12 h 和 24 h 面雨量极值的变异点均出现在 2002 年,不同历时面雨量极值周期具有一定的同步性。

本文分别从单站和流域两个维度开展短历时

降水极值趋势性分析,两者均未呈现显著趋势性变化。在跳跃性分析方面,面雨量极值的变异点均出现在 2002 年。相关研究对于揭示区域短历时降水极值统计规律和指导防洪规划设计具有一定意义。随着降水资料的累积,未来可进一步开展 1 h 以内降水极值统计演变规律分析,从而揭示气候变化及人类活动对中小尺度降水极值的影响。

参考文献:

- [1] KOVATS S, AKHTAR R. Climate, climate change and human health in Asian cities[J]. Environment and Urbanization, 2008, 20(1): 165-175.
- [2] 张芳,张芳华,张恒德,等. 长江中下游一次暖区极端致洪暴雨特征及天气学成因分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2022, 50(5): 16-24.
- [3] 杨焯,陆桂华,吴志勇,等. 金沙江上游流域水文循环要素变化特征分析[J]. 水电能源科学, 2012, 30(3): 8-10.
- [4] 张丹,梁瀚续,何小聪,等. 基于 CMIP6 的金沙江流域径流及水文干旱预估[J]. 水资源保护, 2023, 39(6): 53-62.
- [5] 许世超,许新发,刘章君,等. 1957—2017 年赣江中下游洪水要素演变特征分析[J]. 水力发电, 2019, 45(10): 28-32.
- [6] 栾承梅,胡义明,吴善锋. 江苏省里下河地区降雨变化特性分析[J]. 水电能源科学, 2013, 31(6): 14-16.
- [7] 徐淑波,徐立荣,梅泽本. 济南引黄灌区近 20 年地下水位动态变化及趋势分析[J]. 中国农村水利水电, 2016, 403(5): 68-76.
- [8] 王小杰,夏军强,李启杰,等. 长江中下游各省市洪涝灾情时空变化及影响因素[J]. 水资源保护, 2023, 39(2): 78-86.
- [9] 吴国栋,刘廷玺,薛河儒. 一种基于 ITA 改进的水文气象序列趋势分析法[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2022, 50(1): 1-6.
- [10] 付意成,赵进勇,朱国平,等. 基于 M-K 检验的黄旗海湖面面积退化成因分析[J]. 中国农村水利水电, 2017, 417(7): 79-84.
- [11] 桑燕芳,王中根,刘昌明. 小波分析方法在水文学研究中的应用现状及展望[J]. 地理科学进展, 2013, 32(9): 1413-1422.
- [12] 许钦,叶鸣,蔡晶,等. 1956—2018 年太湖流域降水统计特征及演变趋势[J]. 水资源保护, 2023, 39(1): 127-132, 173.