

# 南京市梅雨特征量统计 及典型梅雨年内河洪涝分析

湛忠宇<sup>1</sup>,刘美丽<sup>1</sup>,戴 雷<sup>1</sup>,朱永军<sup>1</sup>,叶 彬<sup>2</sup>

(1. 江苏省水文水资源勘测局南京分局,江苏 南京 210008; 2. 江苏省水文水资源勘测局扬州分局,江苏 扬州 215000)

**摘要:**为研究梅雨对区域内河高水位的影响,利用南京市六合站1955—2021年梅雨期逐日降水量资料,分析梅雨特征量的基本统计特征及其相互关系,在此基础上对六合站年最高水位出现时间和梅雨期进行遭遇分析,并采用梅雨强度指数确定典型梅雨洪涝年。结果表明,梅雨各特征量之间存在显著相关性;梅雨各个特征值年际差异明显,近年来南京市出梅偏晚,梅雨期长度偏长;梅雨期丰枯周期起伏显著,梅雨量存在显著增加趋势;六合站发生年份大洪水时,基本与梅雨期重合,梅雨量显著偏多,梅雨期降水导致内河水位快速上涨并维持高位。

**关键词:**梅雨;强度指数;洪涝;南京市

中图分类号:[TV123]

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2023)04-0012-0005

## Statistic of characteristic quantity of plum rain in Nanjing and analysis of inland river flood in typical plum rain years

ZHAN Zhongyu<sup>1</sup>, LIU Meili<sup>1</sup>, DAI Lei<sup>1</sup>, ZHU Yongjun<sup>1</sup>, YE Bin<sup>2</sup>

(1. Nanjing Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Nanjing 210008, China; 2. Yangzhou Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Yangzhou 215000, China)

**Abstract:** In order to study the influence of the plum rains for regional inland high water level, this paper uses the daily rainfall data of Liuhe Station from 1955 to 2021 to analyze the characteristic of the plum rains and their mutual relations. Then the occurrence time of annual maximum water level and plum rain period at Liuhe Station are analyzed and the plum rain intensity index is used to determine the typical plum rain flood years. The results show that there are significant correlations among the characteristic quantities of plum rain. In recent years, the emergence of plum rain is late and the length of plum rain period is longer in Nanjing. During the plum rain period, the period of abundance and drying fluctuate significantly, and the plum rain rainfall has a significant increasing trend. When the annual major flood occurred at Liuhe station, it basically coincided with the plum rain period, and the plum rain rainfall was significantly more, and the precipitation in plum rain period led to the rapid rise and maintained the high level of the inland river.

**Key words:** plum rains; intensity index; flood; Nanjing City

收稿日期: 2022-10-21

作者简介: 湛忠宇(1991—),男,工程师,硕士,主要从事水文水资源相关工作。E-mail:1104975011@qq.com

## 1 概述

梅雨是长江中下游地区春末夏初过渡季节的重要气候现象,梅雨期持续时间的长短及梅雨量的多少,与江淮地区旱涝灾害的形成与持续有着密切联系。有学者对于长江中下游梅雨参数的变化特征、规律成因或梅雨期的降水进行了研究,也有一些学者对梅雨代表城市进行深入分析。魏凤英等<sup>[1]</sup>根据长江中下游梅雨特征量的年代际变化,将1885—2000年划分为6个不同的梅雨阶段;应瑶等<sup>[2]</sup>对金华市1961—2011年梅雨特征量进行统计分析,在此基础上对梅雨汛期的年际变化、周期和趋势进行研究;叶香等<sup>[3]</sup>对南京市1961—2010年梅雨特征量进行统计分析,分析梅雨特征量及其相互关系,并研究梅雨对区域增暖的响应;金新芽等<sup>[4]</sup>对1954—2006年浙江省梅雨特征及时空分布进行分析,并对防御梅雨洪水提出建议;田心如等<sup>[5]</sup>对江苏省典型年梅雨洪涝灾害进行对比分析,确定了典型梅雨洪涝年的判别标准。

南京市位于长江中下游,属北亚热带湿润性季风气候,年平均降水量1 060 mm,其中5—9月降水较集中,占全年降水量的60%~70%,每年的6—7月梅雨显著,期间常遭受大暴雨袭击,容易形成洪涝灾害。因此,对近年来南京市梅雨特征量进行分析,了解南京市梅雨的特点及变化趋势,研究梅雨与洪水的遭遇规律,对南京市的防洪减灾具有重要的指导意义。

以往研究主要集中于从气象学角度分析梅雨规律及成因,而关于梅雨期降水对区域暴雨洪水的研究较少。本文对南京市六合区1955—2021年梅雨主要特征量(入梅时间、出梅时间、梅雨期时长、梅雨量和梅雨强度)及其相互关系进行统计分析和频率分析,综合梅雨量和梅雨强度指数确定梅雨典型年,并以六合站为例分析梅雨期强降水对区域内河高水位的影响。

## 2 分析方法

本文所涉及的梅雨特征量包括入梅日期、出梅日期、梅雨期时长、梅雨量和梅雨强度等5个梅雨参数。

(1)采用Pearson相关分析法分析梅雨参数之间的相关关系,并进行相关系数的显著性检验。

(2)用Excel统计对梅雨特征量进行统计和趋势分析,得出南京市六合区梅雨特征量的年际变化特征。

(3)对六合站最高水位出现时间和梅雨期时间进行遭遇分析,判断梅雨对区域内河高水位的影响。

(4)综合梅雨量和梅雨强度指数确定典型梅雨洪涝年,并对典型梅雨年进行洪水分析。

## 3 分析结果

### 3.1 梅雨特征量相互关系

通过SPSS对南京市67年来的梅雨特征量进行了相关性分析(表1),结果表明各参数之间的相关系数中,梅雨期长度与出梅时间存在显著的正相关(相关系数0.546),出梅时间的相关性较入梅日的相关性高,说明出梅时间的早晚对于梅雨期的长短起着关键性的作用。梅雨期时长对梅雨量有较强的影响(相关系数0.708),说明梅雨期越长,雨量越大,因此梅雨期时长是描述梅雨的重要特征值。由于梅雨强度包含了梅雨量的系数,梅雨强度与梅雨量的相关性极高(相关系数0.963)。梅雨量与入梅日期、出梅日期和梅雨期3个参数的相关系数均比与梅雨强度的相关系数要高。

### 3.2 梅雨期变化特性分析

对1955—2021年南京市入梅时间、出梅时间及梅雨期长度进行统计(表2),由表2可知,南京市常年梅雨期是6月18日至7月14日,梅雨期长24 d。入梅时间和出梅时间均存在显著的年际变化,标准差分别为8.37和9.33,说明出梅日期的年际变化较入

表1 各参数之间的相关关系( $n=67$ )

特征量	入梅时间	出梅时间	梅雨期时长	梅雨量	梅雨强度
入梅时间	1	0.135	-0.405**	-0.285*	-0.192
出梅时间		1	0.546**	0.384**	0.282*
梅雨期时长			1	0.708**	0.555**
梅雨量				1	0.963**
梅雨强度					1

注:\*表示在0.05水平(双侧)上显著相关,\*\*表示在0.01水平(双侧)上显著相关。

表2 入梅时间、出梅时间及梅雨期时长统计

统计量	统计时间	相差天数/d	平均时间	标准差
最早入梅时间	5月21日(1991年)	49	6月18日	8.37
最晚入梅时间	7月9日(1982年)			
平均入梅时间	6月18日			
最早出梅时间	6月17日(1961年)	43	7月14日	9.33
最晚出梅时间	7月30日(1954年)			
平均出梅时间	7月14日			
最短梅雨时长	3 d	53	24 d	11.32
最长梅雨时长	56 d			
平均梅雨时长	24 d			

梅时间显著。梅雨期时长的年际变化亦较显著,其标准差为11.32,梅雨期时长年际变化显著可能会导致旱涝灾害频繁。

将各年入梅时间、出梅时间与平均入梅时间、平均出梅时间进行比较,根据趋势分析,得出入梅时间有偏早的趋势,出梅时间有偏晚的趋势,梅雨期时长有偏长的趋势。统计降水日数占梅雨期时长的比例,其比值呈现下降趋势,表明梅雨期内强降水越来越集中。

### 3.3 梅雨量的变化特征

统计六合区1955—2021年梅雨量,最大梅雨量出现在1991年,雨量为941.9 mm,最少梅雨量发生于2001年,雨量为15.0 mm,最大梅雨量与最小梅雨量相差约900 mm,年均梅雨量为235 mm。将各年份梅雨量与其6—7月份的总雨量相比,其比值的平均值为60.7%,说明6—7月的降水集中在梅雨期。

对每10年梅雨进行统计(表3),可以看出,梅雨期的丰枯周期起伏显著,20世纪70年代、90年代和近10年的平均年梅雨量大于多年平均梅雨量。

点绘梅雨量年际变化散点图(图1),可知六合区梅雨量近年来呈增加趋势。

表3 南京市六合区各年代平均梅雨量

统计时间	平均年梅雨量/mm	与多年平均比值
1955—1960年	180.4	0.77
1961—1970年	195.1	0.83
1971—1980年	270.5	1.15
1981—1990年	221.5	0.94
1991—2000年	274.8	1.17
2001—2010年	219.8	0.94
2011—2020年	270.3	1.15

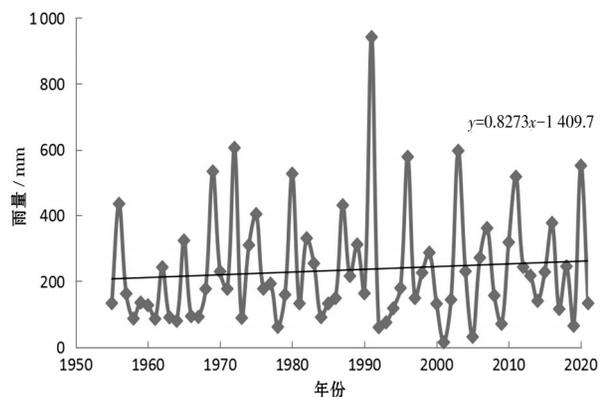


图1 南京市六合区梅雨量年际变化

对梅雨量进行频率分析,求得不同重现期的梅雨量。根据频率分析结果,1955—2021年期间,六合区平均梅雨量出现1 a超过100年一遇(1991年),1 a超过20年一遇(1972年),6 a超过10年一遇(2003、1996、2020、1969、1980、2011年)。

### 3.4 梅雨强度变化特征

梅雨期内出现的暴雨,因其降水集中且强度大,容易导致洪涝的发生。因此,本文梅雨强度考虑梅雨期长度、梅雨期间平均日雨量、梅雨期暴雨日数3个要素,梅雨强度计算式为

$$M = \frac{L}{\bar{L}} + \frac{R/L}{\bar{R}/\bar{L}} + \frac{D}{\bar{D}} \quad (1)$$

式中: $M$ 为梅雨强度; $L$ 、 $R$ 、 $D$ 分别为当年梅雨期时长、梅雨量、梅雨期暴雨日数; $\bar{L}$ 、 $\bar{R}$ 、 $\bar{D}$ 分别为多年平均梅雨期时长、梅雨量、梅雨期暴雨日数。

利用式(1)计算梅雨强度指数,并根据梅雨强度指数划分梅雨期旱涝情况,根据以往研究,本文确定 $M \geq 4.5$ 为大涝。计算1955—2021年六合站值,大涝年情况见表4。由表4可知,梅雨强度最大年份为1991年,梅雨强度指数为11.2。

表4 1955年以来六合站梅雨洪涝年梅雨强度

年份	指数M	暴雨日数/d
1991	11.2	9
1972	8.7	5
1996	7.5	5
2003	6.8	4
1975	5.8	4
2020	5.5	3
1980	5.4	3
2011	5.3	3
1987	5.1	3

## 4 梅雨对内河高水位的影响

### 4.1 内河最高水位出现时间与梅雨期遭遇情况

以六合站为例,对1955—2021年最高水位出现时间和梅雨期进行遭遇分析(图2),由图2可知67 a间最高水位出现时间和梅雨期重合共25次。

对六合站最高水位进行高低排序,大于最高水位均值8.37 m的年份共29 a,重合共19次,超过20年一遇的洪水出现年份共3 a,全部与梅雨期重合,梅雨期时长平均39 d,平均梅雨量696.7 mm;超过10年一遇的洪水出现年份共5 a,4 a与梅雨期重合,梅雨期时长平均36 d,平均梅雨量544.4 mm;超过5年一遇的洪水出现年份共16 a,11 a与梅雨期重合,梅雨期时长平均30 d,平均梅雨量415.6 mm。

由此可见,六合站发生年份大洪水时,基本与梅雨期重合,梅雨期较常年梅雨期明显偏长,且梅雨量较常年梅雨量明显偏多,说明梅雨期间易发生大洪水,梅雨期是防汛工作的重点关注时段。

### 4.2 典型梅雨洪涝年的确定和洪水分析

分别统计六合站1955—2021年梅雨强度与相应年份最高水位情况,见表5。

针对梅雨强度指数对最高水位的影响,本文选取1991年和1972年为梅雨典型洪涝年,分析梅雨对内河水位变化的影响,六合站日平均水位变化及逐日降水量见图3、图4。

1991年六合区5月21日入梅,较平均入梅时间早28 d,7月15日出梅,比常年出梅时间偏迟1 d,梅雨期达56 d,较多年平均梅雨期长32 d,梅雨期重现期超过50年一遇。梅雨量941.9 mm,梅雨量重现期超过百年一遇。梅雨期暴雨天数9 d,是梅雨期平均暴雨天数(1.3 d)的6.9倍,梅雨强度指数最高达11.2,最高水位10.47 m,水位重现期超过50年一遇,发生时间7月11日,与梅雨期重合遭遇。梅雨期间,日平均水位随着降雨的增加迅速上涨,先由6.22 m涨至9.69 m,涨幅3.47 m,再由6.75 m涨至10.38 m,涨幅3.57 m,此后缓慢回落。

1972年六合区6月20日入梅,较平均入梅时间晚2 d,7月4日出梅,比常年出梅时间偏早10 d,梅雨期时长15 d,较多年平均梅雨期时长短9 d。梅雨量605.5 mm,梅雨量重现期超过20年一遇。梅雨期暴雨天数5 d,是梅雨期平均暴雨天数(1.3 d)的3.8

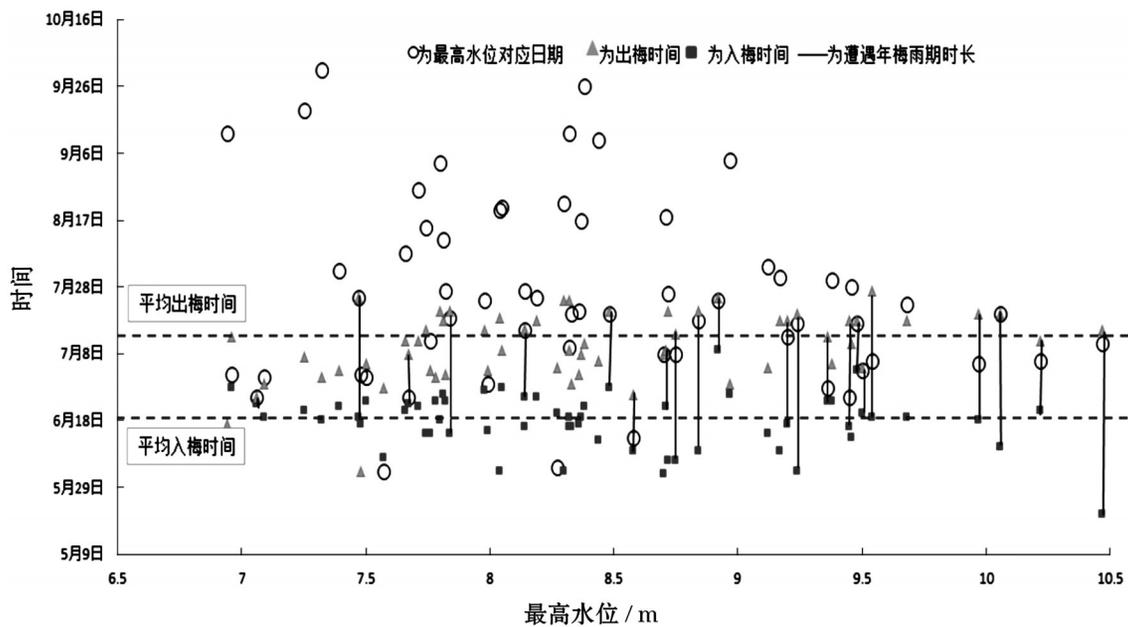


图2 六合站最高水位出现时间和各年梅雨期遭遇

表5 六合站历年梅雨强度与相应年份最高水位统计

序号	梅雨强度	时间	最高水位/m	最高水位排名	是否与梅雨期重合
1	11.2	1991年	10.47	1	是
2	8.7	1972年	9.50	7	是
3	7.2	1996年	9.24	13	是
4	6.8	2003年	10.22	2	是
5	5.8	1975年	9.45	10	是
6	5.5	2020年	10.06	3	是
7	5.4	1980年	8.84	19	是
8	5.3	2011年	7.84	43	是
9	5.1	1987年	9.54	6	是

注:由于篇幅限制,表中只列出六合站梅雨强度 $\geq 4.5$ 的年份。

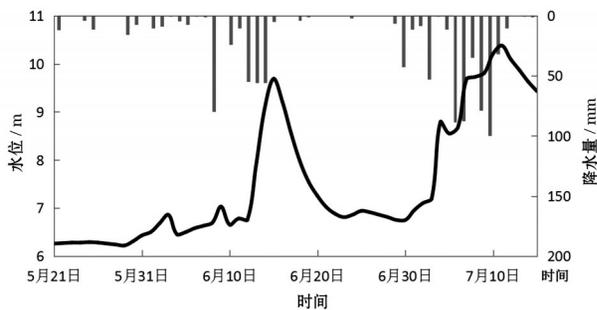


图3 1991年梅雨期六合站水位变化及逐日降水量

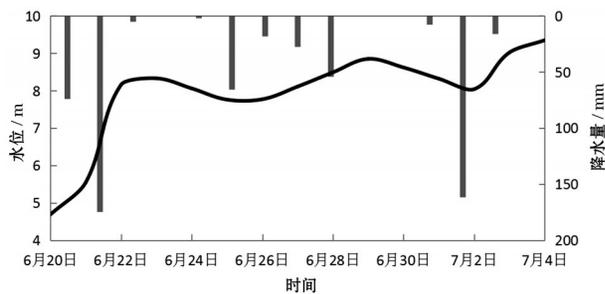


图4 1972年梅雨期六合站水位变化及逐日降水量

倍,梅雨强度指数8.7。最高水位9.50 m,水位重现期5年一遇,发生时间为7月6日,与梅雨期重合遭遇。梅雨期间,日平均水位随着降雨的增加迅速上涨,由4.69 m涨至9.35 m,涨幅4.66 m,此后缓慢回落。

对比分析1991年和1972年梅雨可知,二者最高水位发生时间均与梅雨期重合,梅雨量集中、梅雨强度大时,六合站水位起涨迅速且涨幅明显,致使水位持续走高,对城市内涝和防洪造成威胁。不同于1991年梅雨,1972年梅雨期明显偏短,但1972年梅雨期间普降暴雨,其中有2 d日降水量超过了150 mm,且降水比较集中,因此受强降雨影响,水位迅速升高并维持高位,至出梅时间7月4日,六合水位达到最高,之后才缓慢回落。

## 5 结 语

(1)南京市六合区梅雨各特征量之间存在显著相关性,梅雨期时长与出梅时间存在显著的正相关,梅雨期时长对梅雨量有较强的影响。

(2)近年来南京市六合区梅雨各个特征值年际差异明显,入梅时间和出梅时间较分散,近年来出现入梅偏晚、出梅偏晚的现象。

(3)南京市六合区梅雨量丰枯周期起伏显著且近年来呈增加趋势。

(4)对六合站1955—2021年最高水位出现时间和梅雨期时间进行遭遇分析,结果表明六合站发生年份大洪水时,基本与梅雨期重合,梅雨期明显偏长且梅雨量明显偏多。梅雨期间易发生大洪水,是防汛工作的重点关注时段。

(5)采用梅雨强度指数确定梅雨典型年,对梅雨典型年六合站高水位进行分析,可知梅雨量集中、梅雨强度大时,六合站水位起涨迅速且涨幅明显,致使水位持续走高,对城市内涝和防洪造成威胁。

### 参考文献:

- [1] 魏凤英,张京江. 1885—2000年长江中下游梅雨特征量的统计分析[J]. 应用气象学报,2004(3):313-321.
- [2] 应瑶,冯利华,赵程爽,等. 金华市1961—2011年梅雨特征量的统计分析[J]. 安徽农业科学,2014,42(29):10242-10244.
- [3] 叶香,刘梅,姜爱军,等. 南京梅雨特征量统计分析及其对区域性增暖的响应[J]. 气象科学,2012,32(4):451-458.
- [4] 金新芽,邵学强,陶永格. 浙江省梅雨特征及时空分布分析[J]. 水文,2010,30(3):93-96.
- [5] 田心如,姜爱军,高苹,等. 江苏省梅雨及其灾害影响评估分析[J]. 灾害学,2004(1):42-47.