

DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2023398

湛忠宇,刘美丽,朱永军,等.基于标准化降水指数的江苏省59年旱涝演变特征[J].中国防汛抗旱,2024,34(12):94-100.ZHAN Zhongyu, LIU Meili, ZHU Yongjun, et al. Characteristics of drought and flood analyzed using standardized precipitation index in Jiangsu Province during past 59 years[J].China Flood & Drought Management, 2024, 34(12):94-100.(in Chinese)

基于标准化降水指数的江苏省59年旱涝演变特征

湛忠宇¹ 刘美丽¹ 朱永军¹ 李敏²

(1.江苏省水文水资源勘测局南京分局,南京210008;2.扬州大学水利科学与工程学院,扬州225009)

摘要:近年来江苏省水旱灾害频繁发生,探讨旱涝时空变化特性对防汛抗旱减灾具有重要意义。基于江苏省21个气象站点1960—2018年的逐月降水数据,选用标准化降水指数表征气象干旱,分析了不同时间尺度下的江苏省旱涝频率、影响范围、强度等演变特征。结果表明:总体来看,江苏省春季、秋季趋于干旱,夏季、冬季趋于湿润,旱涝发生频率随着旱涝等级增加而降低;苏北地区旱涝发生频率最高,其次是江淮地区,苏南地区最低;春季、夏季、秋季干旱强度及影响范围均呈增加趋势,其他季节呈下降趋势,夏季、冬季雨涝强度及影响范围呈上升趋势。

关键词:干旱;雨涝;标准化降水指数(SPI);江苏省

中图分类号:P426.616

文献标识码:A

文章编号:1673-9264(2024)12-94-07

0 引言

江苏省地处中国东部沿海,属亚热带和暖温带过渡性气候,季风显著,四季分明,由于兼受西风带、副热带和热带天气系统影响,天气气候复杂,暴雨洪水、干旱等气象灾害时有发生^[1]。近年来旱涝发生更为频繁,给经济社会和农业生产带来巨大损失,如2020年省内各流域出现超历史极值洪水,因洪涝农作物受灾面积12.36万hm²,直接经济损失18亿元^[2-3],不难发现水旱灾害仍是江苏省高质量发展进程中的严重威胁,而旱涝与水旱灾害密切相关,如何正确认识旱涝演变规律,提出有效对策,是全社会关注的重点。

从现有研究来看,学者多基于降水、气温等要素,选用降水距平百分率、Z指数、标准化降水指数(SPI)、标准化降水蒸腾指数、气象干旱复合指数(CI)等指标定量评估旱涝特性,如李雪纯等^[4]以降水距平百分率为指标,发现安徽省干旱频率自北向南降低,秋旱和春早有明显加剧趋势;韦

开等^[5]基于降水距平百分率,得出陕北高原干旱频率最高,关中平原次之,秦巴山地最低的研究结果;徐晓等^[6]计算北京市年降水量Z指数和SPI值,发现Z指数方法对于旱涝等级的识别较之SPI方法更为严格;李斌等^[7]通过SPI值发现陕西省干旱范围有扩大趋势,干旱频率随着强度增加而递减;于家瑞等^[8]通过不同尺度标准化降水指数和游程理论,发现黑龙江省夏秋干旱呈增强趋势,持续时间从西北向东南呈增加—减少趋势;刘小刚等^[9]分别计算云南省标准化降水指数和标准化降水蒸腾指数,发现未来云南省中期干旱状况将比短期干旱更加严重;包云轩等^[10]采用CI分析江苏省干旱时空特征,发现干旱频率在年季尺度上呈现北高南低、冬多夏少的规律。综上所述,单一旱涝指标很难普遍适用,应用前需对比验证,且针对气候变化下江苏省旱涝演变规律的研究也较为缺乏^[11]。

标准化降水指数因其计算方便,可在不同时间尺度上客观反映研究区的旱涝变化特征,得到广泛应用。基于此,本文选用标准化降水指数表征气象干旱,结合数理统计等

收稿日期:2023-10-16

第一作者信息:湛忠宇,男,硕士,E-mail:1104975011@qq.com。

方法从旱涝发生频率、范围及强度等方面对江苏省气象旱涝演变特征进行深入研究,以期为全球气候变化背景下的江苏省旱涝监测与评估、防灾减灾等提供理论支撑。

1 研究区概况

江苏省位于我国大陆东部,长江、淮河流域下游,东濒黄海,北接山东,西邻安徽,南连上海和浙江,是长三角地区的重要组成部分。地势以平原为主,南北高,中间低,自西北向东南倾斜。江苏省处在亚热带向暖温带过渡气候带,以射阳河至苏北灌溉总渠为交接带,各地年平均气温 $13.6 \sim 16.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$,由东北向西南逐渐上升;受季风气候影响,雨量充沛,多年平均降水量 $715 \sim 1\ 280 \text{ mm}$,地区差异明显,南部多于北部,沿海大于内陆,全年降水大多集中在夏秋两季,夏季降水占年降水量的 $40\% \sim 60\%$,比率由南向北逐渐递增。江苏省地形及气象站点分布见图1。

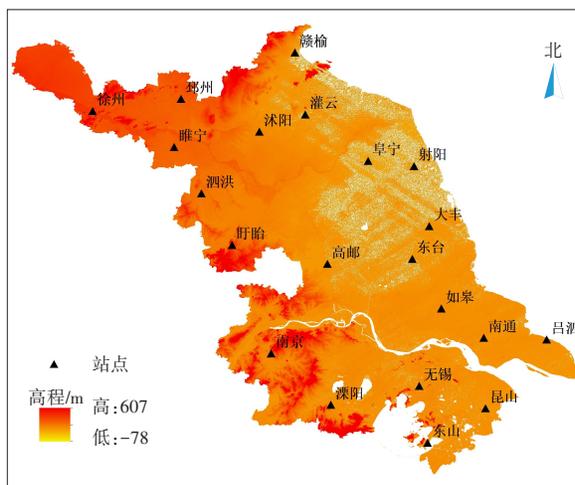


图1 江苏省地形及气象站点分布图

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

选用江苏省21个国家气象站点1960—2018年的逐月降水数据,数据源于中国气象数据网(<http://data.cma.cn/>)。基于江苏省气候特点,定义每年的3—5月为春季,6—8月为夏季,9—11月为秋季,12月至次年2月为冬季。

2.2 标准化降水指数

标准化降水指数采用 Γ 分布概率对降水量进行描述,月尺度可以反映气象干旱(雨涝),季年尺度可以表征水文

干旱,将偏态概率分布进行正态标准化处理,最后用标准化降水累计频率分布划分干旱等级,划分标准见表1。

表1 标准化降水指数与旱涝等级

SPI	等级	SPI	等级
$SPI \geq 2.0$	特涝	$-1 \leq SPI \leq -0.5$	轻旱
$1.5 \leq SPI < 2$	重涝	$-1.5 \leq SPI < -1$	中旱
$1 \leq SPI < 1.5$	中涝	$-2 \leq SPI < -1.5$	重旱
$0.5 \leq SPI < 1$	轻涝	$SPI < -2$	特旱
$-0.5 < SPI < 0.5$	正常		

2.3 旱涝评估指标

(1)旱涝频率(P_i)。可按不同程度旱涝发生的年数计算相应程度干旱频率,计算公式为:

$$P_i = (n/N) \times 100\% \quad (1)$$

式中: n 为某站点发生旱涝事件的年数; N 为研究期总年数; i 为某站点。

(2)旱涝站次比(P_j)。 P_j 为研究区域旱涝事件发生站点数与总站点数的百分比,用于表征研究区域旱涝事件发生范围,间接反映旱涝事件影响的严重程度。 $P_j < 10\%$,无干旱或雨涝; $10\% \leq P_j < 25\%$,局域性干旱或雨涝; $25\% \leq P_j < 33\%$,部分区域性干旱或雨涝; $33\% \leq P_j < 50\%$,区域性干旱或雨涝; $50\% \leq P_j$,全域性干旱或雨涝。计算公式为:

$$P_j = (m/M) \times 100\% \quad (2)$$

式中: m 为发生旱涝事件的站点数; M 为总站点数; j 为某年份。

(3)旱涝强度(S_{ij})。 S_{ij} 表示某站点在某一时间段内的旱涝强度,通常由SPI值反映,SPI绝对值越大,表示旱涝强度越大。计算公式为:

$$S_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m SPI_i \quad (3)$$

3 结果与分析

3.1 SPI适用性验证

为验证SPI在江苏省的适用性,分别以1978年干旱及1991年雨涝极端事件记载,与不同时间尺度的SPI进行对比分析,对比结果如表2所示。其中, $SPI-1$ 为年尺度、 $SPI-3$ 为季尺度、 $SPI-12$ 为月尺度(表2中季尺度为滑动值)。

(1)年尺度。1978年,全省出现全年连续特大干旱,连续干旱超250 d,面均雨量只有常年的 $47\% \sim 69\%$,大部分河港断流,水库塘坝干涸见底。1991年江淮发生大水,5月

表2 江苏省旱涝代表年 SPI

月份	干旱代表年(1978年)			洪涝代表年(1991年)		
	SPI-1	SPI-3	SPI-12	SPI-1	SPI-3	SPI-12
1	-0.41	-0.72		0.50	0.72	
2	-0.08	-1.45		1.16	0.89	
3	-0.28	-1.84		2.45	2.57	
4	-1.94	-2.68		-0.45	1.93	
5	-1.17	-2.68		0.84	1.62	
6	-1.51	-2.50		1.93	1.74	
7	-1.56	-2.09		1.84	2.74	
8	-1.28	-1.49		-0.67	1.82	
9	-0.51	-0.77		0.49	1.10	
10	-0.12	-0.56		-1.33	-0.74	
11	0.00	-0.37		-0.67	-0.66	
12	-0.15	-0.63	-3.09	0.79	-1.10	2.00

21日至7月15日,淮河以南降雨总量达800~1300mm,河湖水位猛涨,普遍超过历史最高纪录。

(2)季尺度。1978年,春、夏、秋连旱,等级以中旱、重旱为主;1991年,春夏以重涝、特涝为主。

(3)月尺度。1978年出现6次干旱过程,从4月开始出现重旱,5—8月为中旱或接近中旱;1991年出现7次洪涝过程,其中3月特涝,6—7月均为重涝。

综上,小尺度SPI波动频繁,对短期降水变化敏感,而大尺度SPI与累计降水相关,反映降水变化长期过程。不同时间尺度SPI表征旱涝特性存在差异,但计算结果与江苏省干旱洪涝记载总体较吻合,适用于江苏省旱涝识别。

3.2 旱涝时间变化特征

(1)省域。选用江苏省面平均降雨量计算年、季尺度的SPI,春、夏、秋、冬季分别为3—5月、6—8月、9—11月、12月至次年2月。采用非参数Mann-Kendall趋势检验方法分析SPI变化趋势,结果显示,年变化速率为每10a增长0.072,春、秋季变化速率分别为每10a下降0.064、0.024,夏、冬季变化速率分别为每10a增长0.087、0.051。总体来看,年际间趋于湿润,春秋两季趋于干旱,夏冬两季呈湿润态势。

(2)站点。对江苏省内各站点的旱涝情况进行不同时间尺度下各置信区间的非参数Mann-Kendall趋势检验,表3为各条件下的站点数量统计情况。①年尺度的SPI变化趋势以没有明显增加(减少)为主,无锡、昆山、南通站在95%置信区间内有增加趋势,邳州站在95%置信区间内有减小趋势。②从季尺度来看,除南通、吕泗站在90%置信区间内有明显减少趋势外,其他地区春季SPI呈不明显减小趋势,表明江苏省春季整体趋于干旱;夏季大部分站点SPI变化趋势不明显,射阳、阜宁、徐州、邳州、睢宁、沭阳、赣榆站呈不显著减少趋势,灌云站呈显著减少趋势,表明苏北大部分地区偏干旱,苏南、江淮地区则相反,其中南京、南通站呈极显著增强趋势;秋季则表现出高度一致性,21个站点SPI无明显增加或减少;冬季除南京、溧阳、无锡、昆山、东山、南通、高邮、如皋、吕泗站表现显著增强外,其他站点呈不显著增强趋势,表明苏南地区夏季、冬季偏涝明显,春季、秋季偏旱但不显著。

表3 不同时间尺度下各置信区间的站点数非参数Mann-Kendall趋势检验结果

置信区间	个														
	年度			春季			夏季			秋季			冬季		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%	90%	95%	99%	90%	95%	99%	90%	95%	99%
$ Z > Z_{\alpha/2}$ 且 >0 (涝)	3	3	0	0	0	0	5	4	2	0	0	0	11	9	6
$ Z > Z_{\alpha/2}$ 且 <0 (正常)	1	1	0	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
$ Z < Z_{\alpha/2}$ (旱)	17	17	21	20	21	21	14	16	19	21	21	21	10	12	15

3.3 旱涝发生频率

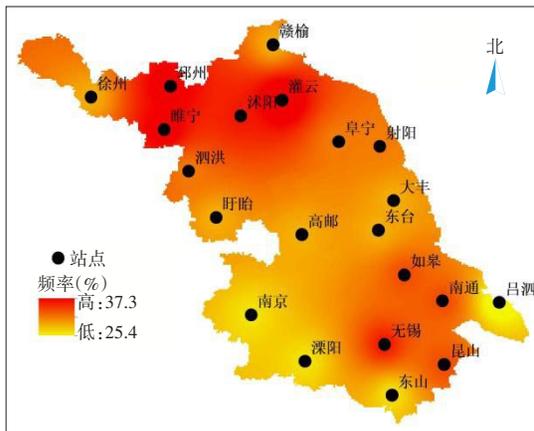
从不同时间尺度旱涝频率分布(表4)可以看出,年、季节、月不同时间尺度均表现为旱涝发生频率随着旱涝等级增加而降低。江苏省以正常年份居多(39.0%),多年平均干旱频率为28.8%,多年平均雨涝频率为32.2%,雨涝频率略高于干旱频率;秋季干旱频率略高(37.2%),春季略低(28.7%),夏季雨涝频率略高(35.6%),秋季略低(30.3%),

特旱发生在夏季的频率最高,其次为秋季,1月干旱、雨涝发生频率最低,月发生频率以轻旱和轻涝为主,其他等级在不同月份有所差异。

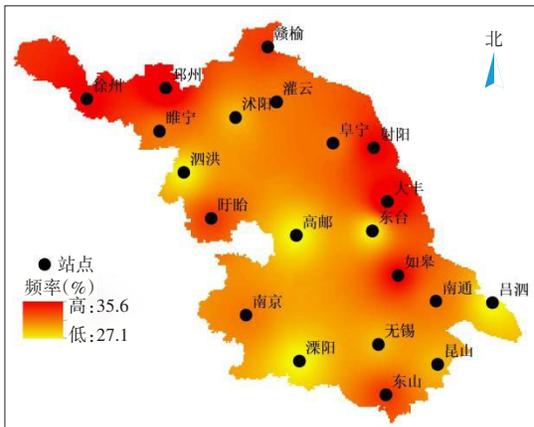
采用arcgis插值法分析全省年际旱涝频率,从年尺度来看(图2),江苏省旱涝频率空间差异化明显,干旱频率在25.4%(吕泗站)~37.3%(灌云站),雨涝频率在27.1%(邳州站)~35.6%(大丰站)。分地区来看,苏北地区旱涝频率

表4 江苏省不同时间尺度旱涝频率分布表 (%)

时间尺度	特涝	重涝	中涝	轻涝	正常	轻旱	中旱	重旱	特旱
1月	3.4	3.4	10.2	6.8	55.9	10.2	5.1	3.9%	1.6
2月	0.0	5.1	13.6	16.9	32.2	15.3	8.5	6.7	1.7
3月	1.7	5.1	10.2	18.6	33.9	13.6	11.9	0.0	5.0
4月	1.7	3.4	15.3	15.3	32.2	16.9	6.8	6.7	1.7
5月	1.7	5.1	8.5	13.6	42.4	10.1	10.2	6.8	1.6
6月	1.7	6.8	8.5	16.9	35.6	13.6	10.2	6.7	0.0
7月	0.0	8.5	10.2	13.6	35.6	16.9	6.8	6.7	1.7
8月	0.0	8.5	10.2	13.6	35.6	16.8	6.8	6.8	1.7
9月	1.7	3.4	13.6	13.6	39.0	16.9	5.1	1.7	5.0
10月	1.7	3.4	10.2	13.6	39.0	16.9	8.5	5.1	1.6
11月	0.0	3.4	16.9	15.3	32.2	18.6	6.7	0.0	6.7
12月	0.0	6.7	6.7	15.3	45.8	13.6	3.4	5.1	3.4
春	1.7	8.5	5.1	16.9	39.0	11.9	11.9	3.4	1.6
夏	0.0	6.8	10.2	18.6	33.9	15.3	8.4	1.7	5.1
秋	3.2	1.7	5.1	20.3	30.5	23.6	10.2	0.0	3.4
冬	1.7	3.4	13.4	15.3	35.6	11.9	13.6	3.4	1.7
年尺度	3.4	0.0	11.9	16.9	39.0	10.2	11.9	5.1	1.6



(a) 干旱



(b) 雨涝

图2 江苏省多年平均旱涝频率分布

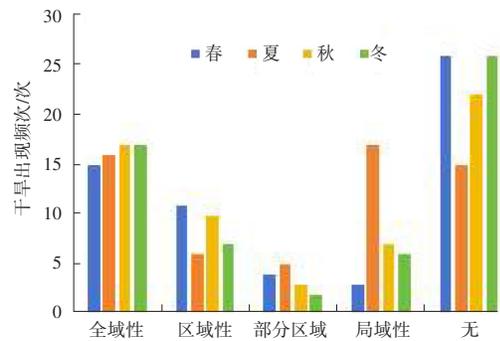
均高于江淮和苏南地区,除苏北北部干旱与雨涝频率表现为正相关外,其余均为负相关。

从季尺度来看(由于篇幅限制,图略),春季干旱频率变化范围为25.4%~35.6%(邳州站),雨涝频率变化范围为27.1%~33.9%(泗洪站),最大值位于苏北地区;夏季干旱频率变化范围为28.8%~37.7%(昆山、南通站),雨涝频率变化范围为25.4%~33.9%(南京、射阳、盱眙站),最大值位于苏南和江淮地区;秋季干旱频率变化范围为28.8%~35.6%(灌云站),雨涝频率变化范围为23.7%~37.3%(赣榆站),最大值均位于苏北地区;冬季干旱频率变化范围为27.1%~35.6%(南京、无锡、南通、高邮、吕泗站),雨涝频率变化范围为28.8%~40.7%(大丰站),最大值位于苏南及江淮地区。综上,苏北地区春秋两季易发生旱涝,苏南及江淮地区夏冬两季易发生旱涝,地区之间表现出明显差异。

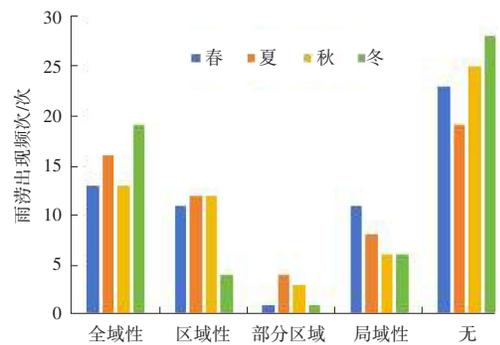
3.4 旱涝影响范围

3.4.1 季尺度

季尺度下的江苏省不同影响范围的干旱雨涝频次、旱涝站次比分别如图3、表5所示。



(a) 干旱影响范围



(b) 雨涝影响范围

图3 季尺度下江苏省不同影响范围的干旱雨涝频次

表5 季尺度下不同年代间江苏省发生旱涝站次比

项目	季尺度	1960—1969年	1970—1979年	1980—1989年	1990—1999年	2000—2009年	2010—2018年	线性倾向率/(10 a) ⁻¹
干旱	春	27.60%	28.10%	40.50%	15.70%	45.70%	28.60%	0.006
	夏	40.00%	37.60%	29.50%	31.00%	23.30%	32.30%	0.026
	秋	29.50%	37.60%	24.30%	45.20%	40.00%	16.40%	0.045
	冬	53.80%	19.50%	48.10%	29.50%	11.40%	29.20%	-0.064
雨涝	春	40.00%	38.10%	21.90%	32.90%	19.00%	31.70%	-0.026
	夏	25.70%	23.80%	29.50%	32.90%	39.50%	30.70%	0.020
	秋	37.60%	23.80%	34.30%	19.50%	18.60%	41.30%	-0.008
	冬	19.50%	31.00%	30.00%	30.50%	58.60%	33.30%	0.049

(1)春季。59 a间,发生全域性春旱15次,主要集中于20世纪80年代和21世纪初,其中1978年和2001年发生的春旱影响范围最大,达100%,线性倾向率表明春旱范围有不明显示扩大趋势;发生全域性雨涝13次,春涝主要集中于20世纪60年代至70年代,其中1963年发生的春涝影响范围最大,达100%,线性倾向率表明春涝影响范围有下降趋势。

(2)夏季。发生全域性干旱16次,夏旱主要集中于20世纪60年代至70年代,其中1966年发生的夏旱影响范围最大,达95.2%。线性倾向率表明夏旱范围有扩大趋势;发生全域性雨涝16次,夏涝主要集中于21世纪初,影响范围最大为71.4%,线性倾向率表明夏涝影响范围有上升趋势。

(3)秋季。共发生全域性秋旱17次,秋旱主要集中于20世纪90年代和21世纪初,其中1995年和2001年发生的春旱影响范围最大,达100%。线性倾向率表明秋旱范围有明显扩大趋势;发生全域性秋涝13次,秋涝主要集中于20世纪60年代、80年代,其中1962年、2016年发生的秋涝影响范围最大,达100%,线性倾向率表明秋涝影响范围有下降趋势。

(4)冬季。发生全域性干旱17次,20世纪90年代以来,冬旱站次比较低,冬旱主要集中于20世纪60年代、80年代,影响范围达100%的年份高达5 a,线性倾向率表明冬旱范围有明显缩小趋势;发生全域性雨涝19次,冬涝主要集中于21世纪初,影响范围达100%的年份高达7 a,线性倾向率表明冬涝影响范围有增大趋势。

综上,季节性旱涝影响范围中,干旱(雨涝)影响范围发生频次最多的是全域性干旱(雨涝),其次是区域性干旱(雨涝)。且季节性旱涝在不同年代际间有明显差距。

3.4.2 年尺度

年尺度旱涝站次比计算结果显示,1960—2018年共发生

全域干旱14次,最大干旱站次比为100%(1978年),发生区域性干旱、部分区域干旱和局域性干旱频率分别为9次、3次和11次,无干旱年份22次;共发生全域雨涝14次,最大雨涝站次比为85.7%(1962年),发生区域性雨涝、部分区域雨涝和局域性雨涝年份分别为12次、6次和8次,无雨涝年份19次。从年代看,每10 a有2~3次全域干旱,20世纪60年代的1966—1968年、70年代的1978年、80年代的1988年江苏省都发生了较严重的干旱,90年代至2018年,平均每10 a就会出现3次全域雨涝,雨涝站次比呈小幅上升趋势。

3.5 旱涝强度

图4为江苏省1960—2018年不同时间尺度下的旱涝强度变化。年干旱强度倾向率为0.036/(10 a),表明江苏省干旱强度有增大趋势;分季节来看,春季、夏季、秋季干旱强度与年变化方向一致,其中春季倾向率最大,为0.046/(10 a),冬季干旱强度则呈现减弱趋势;雨涝强度变化则呈现出明显差异,年雨涝强度倾向率为0.033/(10 a),全省雨涝强度有增大趋势;分季节来看,夏季、秋季、冬季与年尺度变化方向一致,其中冬季倾向率最大,为0.09/(10 a),春季雨涝强度倾向率为-0.013/(10 a)。

为进一步比较旱涝强度在季节之间的差异,绘制了季尺度下的旱涝强度箱型图(图5)。从图5(a)可以看出,夏季干旱强度均值最大,秋季和春季基本相当,冬季干旱强度最小,如果夏季发生干旱,强度往往较大,干旱强度最大值发生在2001年春季,达2.37,其次是1978年夏季和2011年夏季。据历史资料记载^[12],2001年,淮北地区及江淮丘陵地区发生1949年以来罕见大旱,3月初至7月8日,淮北地区面平均降雨量仅为124 mm。从图5(b)可以看出,夏季雨涝强度均值最大,其次是秋季、春季、冬季。从极值来看,春季、夏季、秋季均发生过高强度雨涝,夏季发生雨涝情况

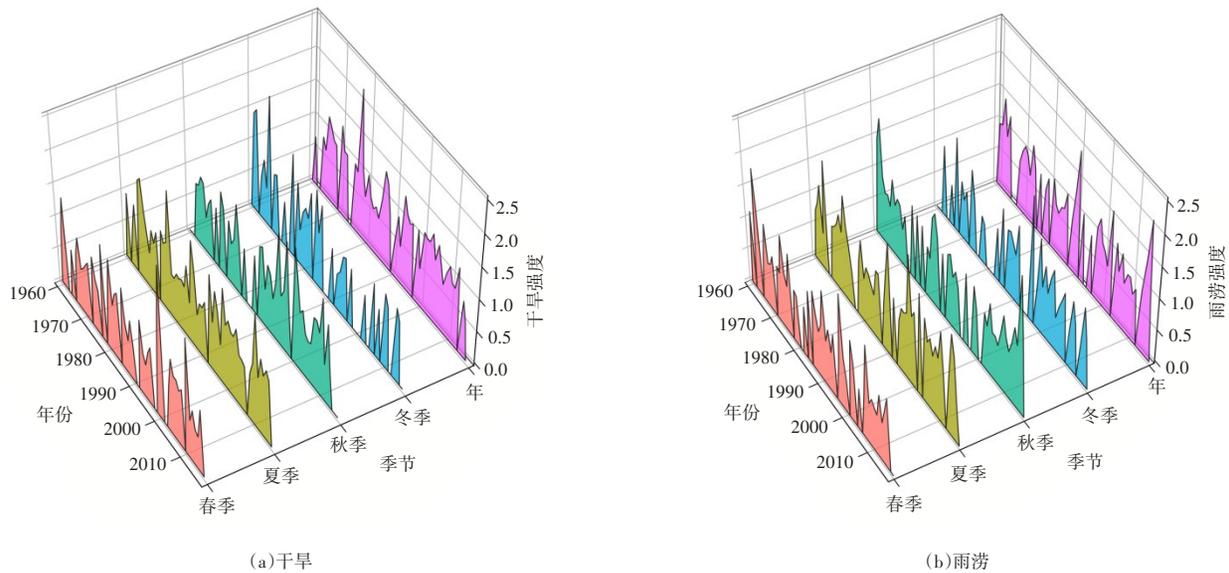


图4 江苏省1960—2018年不同时间尺度的旱涝强度变化

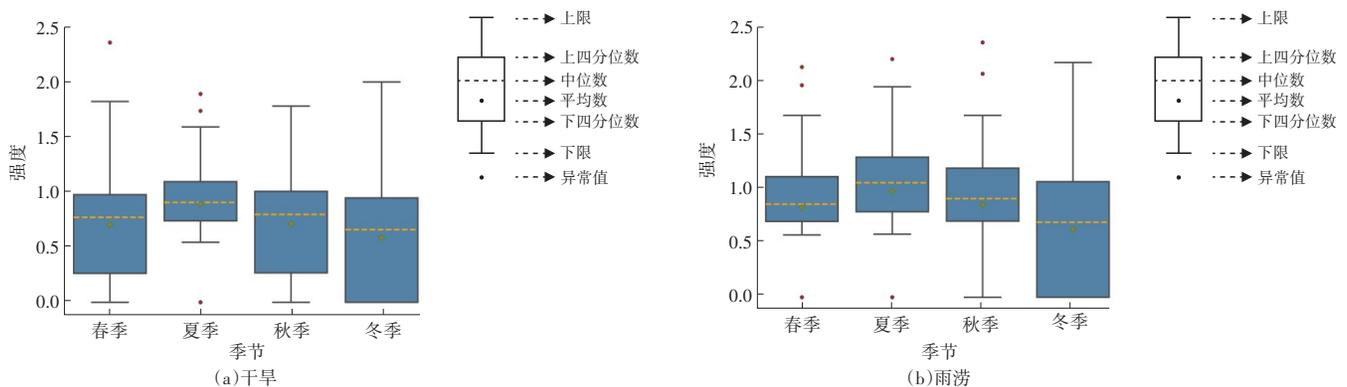


图5 季节尺度下江苏省1960—2018年旱涝强度箱型图

下,雨涝强度较大,2016年秋季雨涝强度最大,其次是1999年夏季和1963年春季。2016年汛后发生秋汛,受10月持续降雨影响,太湖地区、秦淮河流域、里下河地区水位超警戒,太湖平均水位超警戒水位0.32 m,秦淮河东山站最高水位超警戒水位1.37 m,里下河兴化站最高水位超警戒水位0.37 m。

4 结论

(1)从江苏省不同季节SPI年际变化来看,春秋两季呈减少趋势,夏冬两季呈增加趋势,结论与颜雅琼等^[13]对淮河流域旱涝研究结论一致。分区域看,苏南地区夏冬两季偏涝明显,春秋两季偏旱却不显著,表明江苏省夏季、冬季气候趋向于湿润,春季、秋季呈现干旱化。

(2)从发生频率来看,全省无旱涝频率略高,雨涝频率大于干旱频率,苏北地区为旱涝频率高值区。

(3)从影响范围来看,干旱(雨涝)以中级以下为主,影响范围多为全域性和区域性,旱涝影响范围倾向表现出明显不同:春季、夏季、秋季干旱影响范围呈扩大趋势,夏季、冬季则是雨涝影响范围趋向于增大。

(4)从强度来看,全省春季、夏季、秋季干旱强度呈增强趋势,夏季、秋季、冬季雨涝强度呈增强趋势,夏季和秋季旱涝强度表现为正相关,春季和冬季则相反。干旱(雨涝)强度季节排序由大到小为夏季、秋季、春季、冬季。

SPI计算结果与长期旱涝趋势相一致,但仅考虑了降水因素,因此,有待结合其他旱涝指标进行深入分析,进一步探讨江苏省不同旱涝类型时空演变特征。

参考文献

- [1] 卞光辉. 中国气象灾害大典·江苏卷[M]. 北京: 气象出版社, 2008: 5-6.
- [2] 中国水旱灾害防御公报编写组. 《中国水旱灾害防御公报2020》概要[J]. 中国防汛抗旱, 2021, 31(11): 26-32.
- [3] 李春华, 吴卿凤, 王建. 江苏省应对罕见气象干旱工作实践[J]. 中国防汛抗旱, 2011, 21(4): 15-16, 30.
- [4] 李雪纯, 赵君, 徐进超. 基于降水距平百分率的安徽省近50 a干旱时空分布特征分析[J]. 中国农村水利水电, 2018(9): 133-136, 143.
- [5] 韦开, 王全九, 周蓓蓓, 等. 基于降水距平百分率的陕西省干旱时空分布特征[J]. 水土保持学报, 2017, 31(1): 318-322.
- [6] 徐晓, 宋子亨, 刘军梅, 等. 基于Z指数与SPI的北京市干旱特性分析[J]. 北京水务, 2018(6): 24-27.
- [7] 李斌, 解建仓, 胡彦华, 等. 基于标准化降水指数的陕西省干旱时空变化特征分析[J]. 农业工程学报, 2017, 33(17): 113-119.
- [8] 于家瑞, 艾萍, 袁定波, 等. 基于SPI的黑龙省干旱时空特征分析[J]. 干旱区地理, 2019, 42(5): 1059-1068.
- [9] 刘小刚, 冷险险, 孙光照, 等. 基于1961—2100年SPI和SPEI的云南省干旱特征评估[J]. 农业机械学报, 2018, 49(12): 236-245, 299.
- [10] 包云轩, 孟翠丽, 申双和, 等. 基于CI指数的江苏省近50年干旱的时空分布规律[J]. 地理学报, 2011, 66(5): 599-608.
- [11] 叶正伟. 基于SPI的江苏沿海开发地区旱涝演变特征分析——以盐城市为例[J]. 地理科学, 2014, 34(4): 479-487.
- [12] 江苏省水利厅. 《江苏防汛抗旱》[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2021: 235-251.
- [13] 颜雅琼, 岳元, 唐舟, 等. 气候变化背景下淮河流域干旱演变特征[J]. 水土保持研究, 2023, 30(3): 336-344.

Characteristics of drought and flood analyzed using standardized precipitation index in Jiangsu Province during past 59 years

ZHAN Zhongyu¹, LIU Meili¹, ZHU Yongjun¹, LI Min²

(1. Nanjing Branch of Jiangsu Provincial Hydrological and Water Resources Survey Bureau, Nanjing 210008;

2. School of Water Resources Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009)

Abstract: In recent years, frequent flood and drought disasters have occurred in Jiangsu Province. Exploring the spatiotemporal characteristics of droughts and floods is of great significance for flood prevention, drought resistance, and disaster reduction. This article is based on monthly precipitation data from 21 meteorological stations in Jiangsu Province from 1960 to 2018. The standardized precipitation index is used to characterize meteorological drought, and the evolution characteristics of drought and flood frequency, impact range, and intensity in Jiangsu Province at different time scales are analyzed. The results indicate that, Jiangsu Province tends to be dry in spring and autumn, and humid in summer and winter, with a decreasing frequency of occurrence as drought and flood levels increase; The frequency of droughts and floods is highest in the northern Jiangsu region, followed by the Changjiang-Huaihe region in Jiangsu province, and lowest in the southern Jiangsu region; The intensity and scope of drought in spring, summer, and autumn all show an increasing trend, while other seasons show a decreasing trend. The intensity and scope of rainfall and flood in summer and winter show an increasing trend.

Keywords: drought; flood; standardized precipitation index; Jiangsu Province

编辑 江 密