

太湖与洪泽湖代表雨量站 年际旱涝周期性特征对比分析

邓 围, 叶 文, 王 露, 樊 浦, 邱福琼

(江苏省水文水资源勘测局宿迁分局, 江苏 宿迁 223800)

摘要:通过分析无锡站和泗洪站年际旱涝的周期性特征,并且根据太湖流域、淮河流域从1956—2021年气候变化情况,利用气候突变的临界点进行定位,开展湖泊代表雨量站的对比分析,探讨了区域旱涝演化规律及年际周期变化。

关键词:雨量站; 特征分析; 旱涝周期

中图分类号:TV123

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2025)02-0023-0005

Comparative analysis of interannual drought and flood periodicity characteristics of representative rainfall stations in the Taihu Lake and Hongze Lake

DENG Wei, YE Wen, WANG Lu, FAN Pu, QIU Fuqiong

(Suqian Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Suqian 223800, China)

Abstract: By analyzing the periodic characteristics of the interannual drought and flood at Wuxi Station and Sihong Station, and according to the climate change in the the Taihu Lake Basin and Huaihe River Basin from 1956 to 2021, the critical point of abrupt climate change is used for positioning, the comparative analysis of representative lake stations is carried out, and the evolution law of regional drought and flood and the interannual periodic change are discussed.

Key words: rainfall station; feature analysis; drought and flood cycle

1 概 述

时间序列分析领域存在的主要难点是无法识别其中隐含的震荡周期和转折点^[1]。按照传统理论,震荡周期和转折点的识别都需要严格的物理定义,但是符合严格物理定义的水文气象时间序列研究较少^[2]。本文基于降雨时间序列的研究,在总结相关经验的基础上,尝试进行1959—2021年无锡站、泗洪站年际旱涝序列周期性分析。无锡站和泗洪站分别是太湖地区、洪泽湖地区的代表雨量站之

一,但是南北不同流域的站点,必然因海陆位置、纬度、地形、下垫面等因素,形成不同的降水时空分布特征。因此,开展无锡站和泗洪站年际旱涝特征的对比分析,对研究两湖地区的旱涝历史并且建立可靠的旱涝演化序列具有重要价值。

2 研究资料

旱涝变化是气候研究最重要的内容之一^[3],降水的多少是反映区域旱涝的决定性因素,研究旱涝的转换规律,时间尺度的选择非常重要。时间尺度

收稿日期: 2024-12-04

作者简介: 邓围(1987—),男,工程师,硕士,主要从事水文监测及水资源分析评价工作。E-mail: 170540190@qq.com

太小,需要考虑的因素众多,不容易得出正确的结论;时间尺度太大,对研究对象的刻画又不清晰,很难达到研究目的。根据多年经验,年际降水时间序列是反映区域旱涝变化的最佳资料。

无锡站和泗洪站是太湖地区、洪泽湖地区设立较早的雨量站之一,两站南北相距约300 km。无锡站地处太湖东部平原,位于无锡市西郊的大运河畔,是太湖地区代表性较好的雨量站。泗洪站地处洪泽湖西北部平原,位于宿迁市泗洪县老滩河畔,是洪泽湖水系西区的代表性雨量站。由于不同流域、不同水系降水的差异很大,将无锡站和泗洪站年际降水序列的周期性特征进行对比分析,对摸清两湖地区旱涝的演化规律具有重要的现实意义。因此,选择无锡站和泗洪站的实测降水资料,时间序列是1959—2021年。

3 旱涝周期分析

一般认为,旱涝周期每次出现的时长和振幅都不一定相同,不符合严格的物理定义,往往只能进行独立周期的识别。目前关于旱涝周期主流观点有2种:一种观点认为,年际时间序列中2个明显的相邻顶点之间为1个独立的旱涝周期;另一种观点则认为,时间序列中2个明显的相邻低点之间为1个独立的旱涝周期。

以往的旱涝周期并不是严格意义上的周期,而是指带有某些周期性质的旱涝演化趋势类型,俗称“准周期、假周期”。1962年美国气象学家Edward Lorenz提出了混沌理论,认为旱涝演化的过程是非

周期性的。由于混沌理论否定了长期预报的可能性,不但暂时缓解了中长期预报无法实现的压力,而且可以解释许多暂时无法理解的事物。于是混沌学迅速发展,逐渐成为地球自然科学的理论基础之一。因此,学术界认为旱涝周期属于“概率周期”的范畴。

有学者改进了旱涝周期的定义:将与降水相关的所有水文气象时间序列中1次从上升到下降的完整过程视作1个旱涝周期性变化的基本单元,称其为“旱涝周期”。笔者研究无锡站、泗洪站年际降水序列时,发现“在1978年前后、2013年前后,无锡站年际降水序列的旱涝特征明显不同,存在突变现象;泗洪站则年际数据组成复杂、规律性差,年际旱涝突变周期短”。本文将与降水相关的所有水文气象时间序列中1次从上升到下降的完整过程视作1个旱涝周期。

年际旱涝周期既不是“准周期、假周期”,也不符合“概率周期”的定义,因此,将这种在旱涝年景中成组出现的多年变化现象的特殊类型称之为“非典型周期”^[4-5]。本文将通过两站之间非典型周期的时长和振幅对比分析,进行无锡站和泗洪站旱涝趋势的相关性预测。

4 无锡站资料分析

4.1 资料概况

无锡站地处太湖地区的腹地,多年降水量的平均值约为1 130.9 mm。无锡站1959—2021年年际降水过程线见图1。

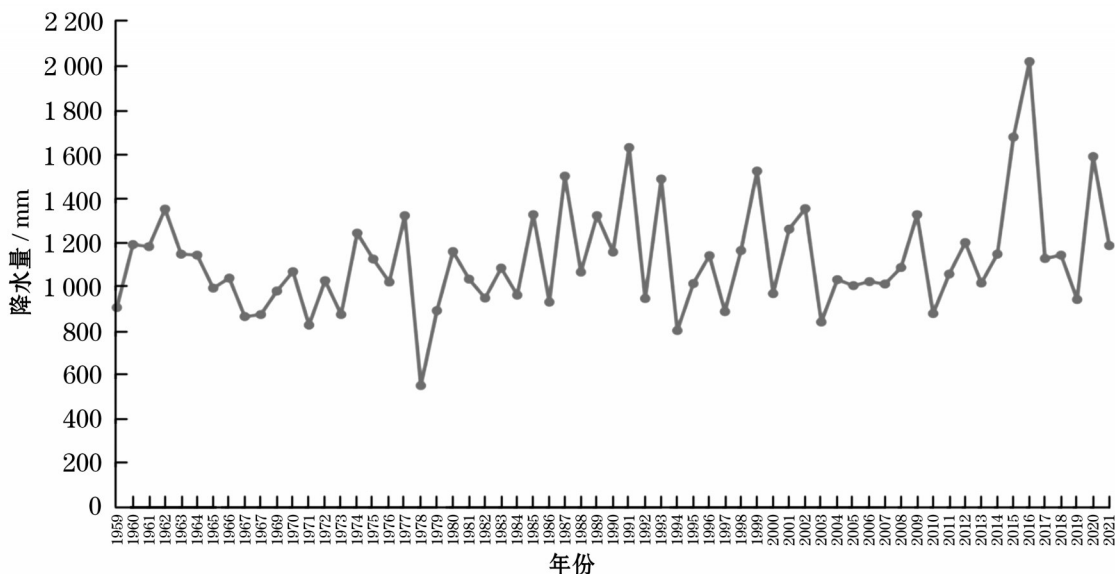


图1 无锡站年际降雨过程线

4.2 旱涝周期

无锡站年际旱涝周期见表1。从表1可知,无锡站的独立旱涝周期是由2 a、3 a、4 a周期组成的。根据每个独立周期上升期和下降期时长的不同,还可以分成正(顶点两侧的历时相同)、顺(上升期长、下降期短)、逆(上升期短、下降期长)3种时间特性。旱涝周期和时间特性组合,可以形成6种类型的基本单元。无锡站正特性正2 a、正4 a出现的年份相对集中,说明该站年际旱涝周期特征的规律性相对较好。

表1 无锡站年际旱涝周期

时段	序号	独立区间	周期类型	特性/a
第一时段 1959—1978年	1	1959—1961年	升-降	正2
	2	1961—1965年	升-降-降-降	逆4
	3	1965—1967年	升-降	正2
	4	1967—1971年	升-升-升-降	顺4
	5	1971—1973年	升-降	正2
	6	1973—1976年	升-降-降	逆3
	7	1976—1978年	升-降	正2
第二时段 1978—2013年	8	1978—1982年	升-升-降-降	正4
	9	1982—1984年	升-降	正2
	10	1984—1986年	升-降	正2
	11	1986—1988年	升-降	正2
	12	1988—1990年	升-降	正2
	13	1990—1992年	升-降	正2
	14	1992—1994年	升-降	正2
	15	1994—1997年	升-升-降	顺3
	16	1997—2000年	升-升-降	顺3
	17	2000—2003年	升-升-降	顺3
	18	2003—2005年	升-降	正2
	19	2005—2007年	升-降	正2
	20	2007—2010年	升-升-降	顺3
	21	2010—2013年	升-升-降	顺3
第三时段 2013—2021年	22	2013—2017年	升-升-升-降	顺4
	23	2017—2019年	升-降	正2
	24	2019—2021年	升-降	正2

4.3 分段法特征分析

据统计,2个近现代气候转折点分别出现在1978年、2013年,太湖流域和淮河流域均发生干旱,无锡站的年际降雨序列可以分为3个特征不同的时段。

(1)第一时段

无锡站年际降水过程线在1959—1978年期间

的特征是:由7个基本单元组成,每个单元的上升期或者下降期的历时最多是3 a。旱涝周期类型的基本单元类型是由“升-降”型、“升-降-降-降”型、“升-升-升-降”型、“升-降-降”型等4种类型构成,各基本单元都是孤立的。

(2)第二时段

无锡站年际降水过程线在1978—2013年期间的特征:由14个基本单元组成,每个单元的上升期和下降期的历时最多是2 a,其中连续下降的仅出现1次。旱涝周期类型的基本单元是由“升-升-降-降”型、“升-降”型和“升-升-降”型等3种类型构成的;“升-升-降-降”型仅在气候转折期出现过1次,其实质也是特殊的“升-降”型;“升-升-降”型和“升-降”型不单独出现,“升-降”型连续出现6个周期。

(3)第三时段

无锡站年际降水过程线在2013—2021年期间的特征:只有3个基本单元,每个基本单元上升期的历时最多是3 a,下降期都是1 a。旱涝周期类型的基本单元是由“升-升-升-降”型和“升-降”型所构成。

5 泗洪站资料分析

5.1 研究区概况

泗洪站位于洪泽湖入湖河道老滩河畔,多年降水量平均值约为918.4 mm。泗洪站1959—2021年年际降水过程线见图2。

5.2 旱涝周期

泗洪站年际旱涝周期见表2。由图2和表2可知,泗洪站独立旱涝周期由2 a、3 a、4 a组成,这与无锡站一致。旱涝周期和时间特性组合,可以形成5种类型的基本单元。与无锡站相比,泗洪站正特性的年份中正2 a、正4 a出现的年份比较分散,说明该站年际旱涝周期特征的规律性相对较差。

5.3 分段法特征分析

(1)第一时段

泗洪站年际降水过程线在1959—1978年期间的特征是:由7个基本单元组成,每个单元的上升期或者下降期的历时最多是2 a。旱涝周期类型的基本单元类型是由“升-降”型、“升-升-降”型、“升-降-降”型等3种类型构成,“升-升-降”型连续出现2个周期。

(2)第二时段

无锡站年际降水过程线在1978—2013年期间

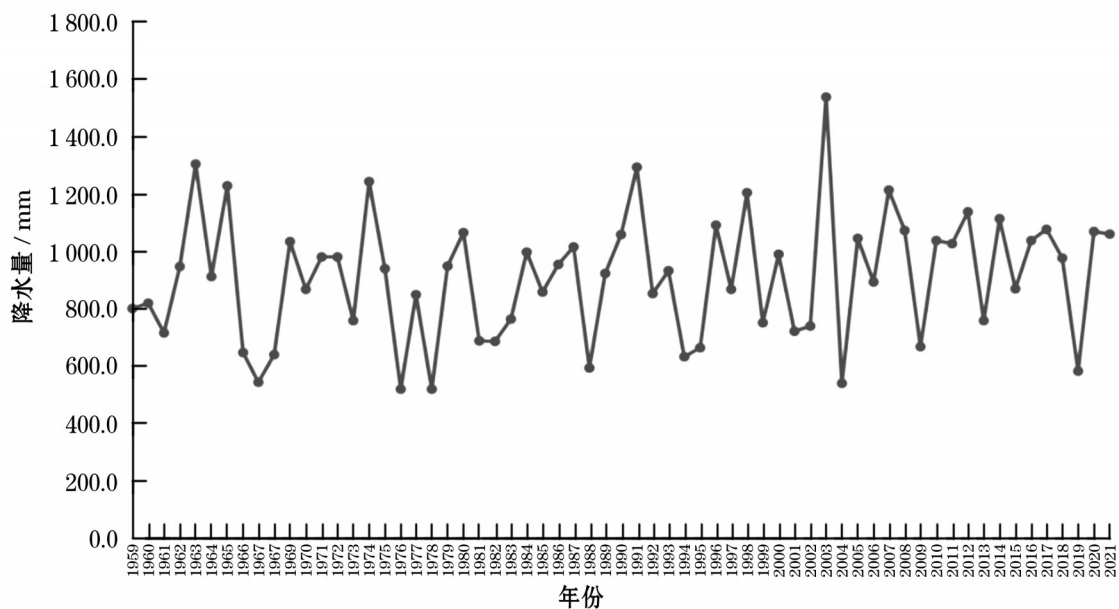


图2 泗洪站年际降雨过程线

表2 泗洪站年际旱涝周期

时段	序号	独立区间	周期类型	特性/a
第一时段 1959—1978年	1	1959—1961年	升-降	正2
	2	1961—1964年	升-升-降	顺3
	3	1964—1967年	升-降-降	逆3
	4	1967—1970年	升-升-降	顺3
	5	1970—1973年	升-升-降	顺3
	6	1973—1976年	升-降-降	逆3
	7	1976—1978年	升-降	正2
第二时段 1978—2013年	8	1978—1982年	升-升-降-降	正4
	9	1982—1985年	升-升-降	顺3
	10	1985—1988年	升-升-降	顺3
	11	1988—1992年	升-升-升-降	顺4
	12	1992—1994年	升-降	正2
	13	1994—1997年	升-升-降	顺3
	14	1997—1999年	升-降	正2
	15	1999—2001年	升-降	正2
	16	2001—2004年	升-升-降	顺3
	17	2004—2006年	升-降	正2
	18	2006—2009年	升-降-降	逆3
	19	2009—2011年	升-降	正2
	20	2011—2013年	升-降	正2
第三时段 2013—2021年	21	2013—2015年	升-降	正2
	22	2015—2019年	升-升-降-降	正4
	23	2019—2021年	升-降	正2

的特征:由13个基本单元组成,每个单元的上升期和下降期的历时最多是3 a,其中连续下降的出现2次。旱涝周期类型的基本单元是由“升-升-降-降”型、“升-升-降”型、“升-升-升-降”和“升-降-降”型等4种类型构成,“升-升-升-降”型仅在气候转折期出现过1次。

(3)第三时段

无锡站年际降水过程线在2013—2021年期间的特征:目前只有3个基本单元,每个基本单元上升期的历时最多是2 a。旱涝周期类型的基本单元是由“升-升-降-降”型、“升-降”型构成。

6 非典型年际旱涝周期频率分析

泗洪站与无锡站旱涝周期都是2 a、3 a、4 a,其中2 a仅有“升-降”1种类型;3 a分为“升-降-降”、“升-升-降”2种类型;4 a分为“升-降-降-降”、“升-升-升-降”、“升-升-降-降”3种类型,其中“升-降-降-降”型为无锡特有类型。各周期及类型出现次数及占比见表3。

由表3可知,泗洪站以2 a和3 a周期为主,占比均为43.5%;无锡以2 a周期为主,占比为58.3%,3 a周期占比为25%;两站4 a周期均占比较小,分别为13%和16.7%,说明泗洪站的周期特征相对复杂。

7 旱涝周期分析方法在预测站点旱涝转变中的相关性

泗洪站属于淮河流域洪泽湖周边雨情监测站,

表3 泗洪站与无锡站年际旱涝周期类型占比分析

年数/ a	周期类型	泗洪站		无锡站	
		出现数/ 次	占比/%	出现数/ 次	占比/%
2	升-降	10	43.5	14	58.3
	升-降-降	3	13.0	1	4.2
3	升-升-降	7	30.4	5	20.8
	合计	10	43.5	6	25.0
	升-降-降-降	0	0.0	1	4.2
4	升-升-升-降	1	4.3	2	8.3
	升-升-降-降	2	8.7	1	4.2
	合计	3	13.0	4	16.7

无锡站属于太湖流域太湖周边雨情监测站,均是江苏境内大型淡水湖泊,但是南北不同流域的站点,必然因地理位置、气候、气象、地形、水文等因素影响,形成不同的降水时空分布特征。1959—2021年,无锡站的降水量大于泗洪站的年份占比超过76%,且无锡站在1987—1997年、2011—2021年的年降水量大于泗洪站,其中差值大于300 mm的年份为10 a,虽然短周期范围内,两站之间有许多相似之处,但是从长周期宏观角度看则有较大的差异,特别是近年来受台风等因素的影响,无锡站与泗洪站的年降水量的差值呈现上升趋势,且年份增加、年际间隔变短,其中2016年两站年降水量差值达到979.7 mm。

按照混沌理论的观点,距离现在的时间节点越

近,人类活动的影响也越大,预测模拟的难度将成倍增加。无锡站与泗洪站1959—2021年年际降水过程线对比分析见图3。

由图3可知,1959—2021年,从未出现连续2年泗洪站降水量大于无锡站的周期,可以推测当泗洪站年降水量大于无锡站的年份出现时,下年度泗洪站年降水量必小于无锡站,由63 a样本数据分析,该推测准确率为100%。

泗洪站和无锡站共存在1971—1983年(13 a,升-降-升-降-降-升-降-升-降-降-升)和1990—1998年(9 a,升-降-升-降-升-升-降-升)2个长时段升降趋势完全一致,1998—2021年(26 a),两站升降趋势一致的连续年份数最长不超过3 a。

第一时段(1959—1978年),2站升降趋势一致的连续年份为7 a;第二时段(1978—2013年),2站升降趋势一致的连续年份出现过2 a、5 a、8 a;第三时段(2013—2021年),2站升降趋势一致的连续年份最长不超过3 a。

上述可知,第二时段2站的升降趋势有较好的一致性,第三时段2站的升降趋势一致性较差。因此,由于特大洪涝干旱灾害事件的影响范围很大,2站的年际降水序列能以特大干旱年景作为参照物开展对比分析。

8 结 论

(1)虽然无锡站和泗洪站都位于东部沿海平原

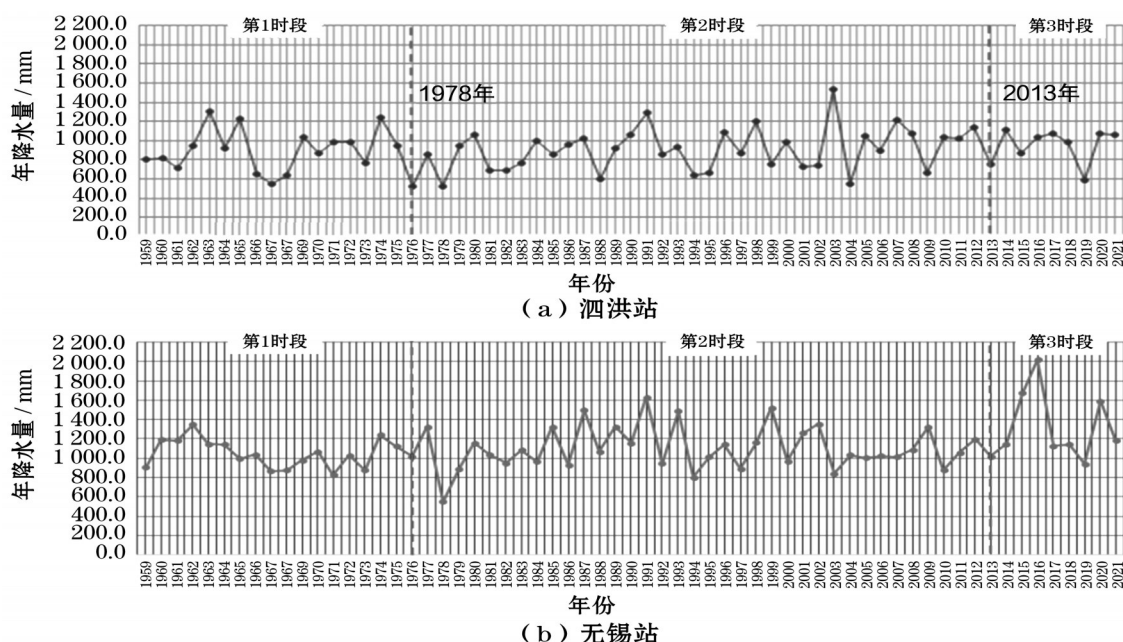


图3 无锡站与泗洪站年际降水过程线对比

(下转第34页)

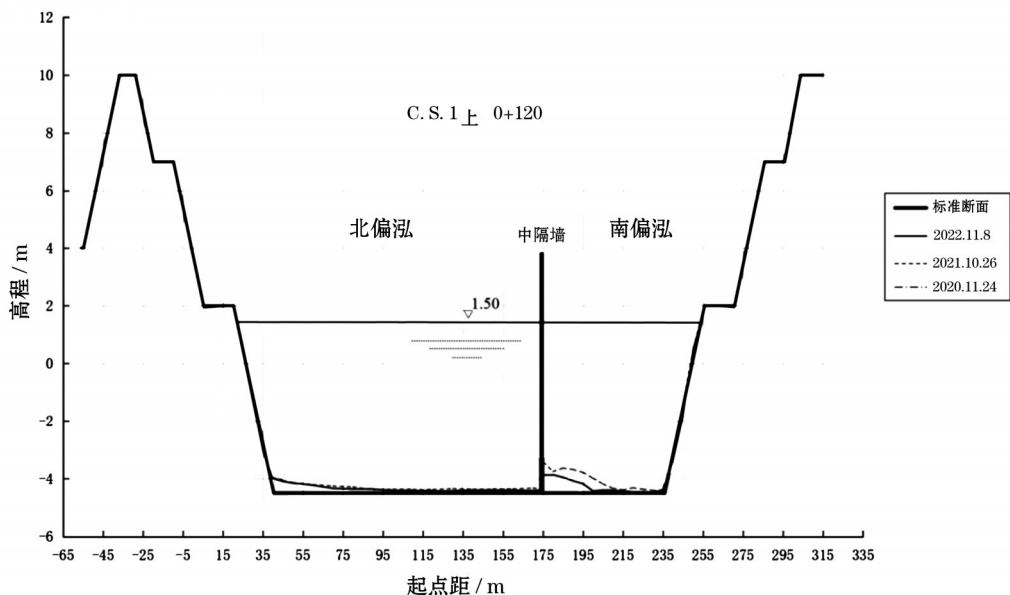


图4 滨海枢纽工程河道断面比较

海枢纽工程河道断面特征变化监测分析案例,为水利工程进行河道断面特征变化监测提供了成果分析思路和技术参考^[5]。

参考文献:

- [1] 江苏省水利厅. 水利工程观测规程: DB32/T 1713—2011 [S]. 南京: 江苏省质量技术监督局, 2011.

- [2] 中华人民共和国水利部. 水闸安全监测技术规范: SL 768—2018 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2018.
- [3] 李猛, 刘智, 万青, 等. 安全监测系统在海口闸工程中的应用分析[J]. 江苏水利, 2024(9): 43–47.
- [4] 徐晨轩, 张政凯, 万青. 滨海枢纽工程底板测压管观测应用分析[J]. 中国水能及电气化, 2024(6): 34–40.
- [5] 梁豪杰, 夏晶, 唐颖, 等. 高良涧闸安全监测现状分析与对策研究[J]. 江苏水利, 2023(12): 60–63.

(上接第 27 页)

地带, 直线距离约为 300 km, 但是由于南北不同流域、气候分区, 导致 2 站的年际旱涝特征差异较大。

(2) 泗洪站的年际降水序列中, 非典型的年际旱涝周期以 2 a、3 a 周期为主, 占比都是 43.5%; 4 a 周期较少见, 占比仅为 13.0%; 连续升降的最大时长是 3 a, 仅在第二时段出现过 1 次。由于本站的分段特征不是很明显, 做长期预报时, 可以不用考虑气候转折点的影响。

(3) 无锡站的年际降水序列中, 非典型的年际旱涝周期以 2 a 为主, 占比是 58.3%; 3 a 次之, 占比是 25.0%; 4 a 周期相对较少见, 占比是 16.7%。连续升降的最大时长是 3 a, 仅出现在第一时段和第三时段; 第二时段连续升降的最大时长是 2 a, 其中连续 2 a 下降的情况出现过 1 次。由于本站的分段特征明显, 做长期预报时必须考虑气候转折点的影响, 才能做到有的放矢, 提高预报效率。

(4) 泗洪站位于温带湿润气候与亚热带季风气

候的过渡带, 年际旱涝的周期性变化特征相对复杂, 其变化规律还需要进一步研究。无锡站属于亚热带季风气候, 年际旱涝的周期性变化特征相对简单, 规律性较明显, 相关分析数据成果可为区域水旱灾害防御提供参考。

参考文献:

- [1] 秦建国, 吴朝明, 姚华, 等. 气候突变点前后无锡站年际降雨序列历史演变特征[J]. 人民长江, 2021, 52(3): 76–80.
- [2] 桑燕芳, 王中根, 刘昌明. 水文时间序列分析方法研究进展[J]. 地理科学进展, 2013, 32(1): 20–30.
- [3] 薛联青, 章郁涵, 刘远洪. 干旱区与湿润区旱涝急转演变特征对比研究[J]. 水资源保护, 2024, 40(4): 1–8.
- [4] 秦建国, 张涛, 孙磊, 等. 气候转折期前后无锡站年际旱涝周期水文特征对比分析[J]. 水文, 2017, 37(6): 51–57.
- [5] 秦建国. 非典型周期和气候突变的识别与判定[J]. 水文, 2020, 40(1): 23–28.