DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20180418

非典型周期和气候突变的识别与判定

秦建国

(江苏省水文水资源勘测局无锡分局,江苏 无锡 214031)

摘 要:通过两种新方法分析了无锡站降水年际变化的突变性、周期性等特征,揭示了旱涝演化的自然规律。研究表明,1934、1978、2013年是我国近现代气候突变的临界点,这是旱涝演化的自然选择;无锡站年际降水的观测历史可分成四个特征不同的时段,每个时段节点对应的都是一次气候突变;气候突变会改变年际降水序列的一致性,分段法研究可以大幅度降低模拟难度、提高预测效率。发现并确认了3个气候突变点,实现了超长缺测中断期(13a)旱涝趋势的精确插补,完成了无锡站近百年降雨序列的周期性分析与旱涝趋势预测模拟,研究成果改变了近现代气候历史无法细分的现状。

关键词:时间序列;气候突变;分段法;非典型周期;预测模拟

中图分类号:P333;P426.616 **文献标识码**: A **文章编号**:1000-0852(2020)01-0023-06

1 研究背景

摸清水文气象时间序列的变化规律, 一直是自然科学领域的难题之一, 目前多数学者认同的是假设水文过程中包含有两种成分:一种是确定性成分,如水文现象的趋势变化和周期变化;另一种是随机成分,表现为水文现象的随机波动[1]。

由于地球绕太阳公转和地球的自转, 水文气象序列中包含有明显的确定性周期成分,如:潮水位、月降水量、月径流量序列以及气温的变化等, 明显存在以日、月和年为基础的周期性成分。此外还存在更长的周期性成分, 如年降水量和年径流量在旱涝年景中成组出现的多年变化现象, 主要可能是决定于受太阳活动制约的气候因素变化和大气环流的影响。由于太阳活动具有一定的循环周期,因而年降水量、年径流量的多年变化也应该存在一定的循环周期[2-3]。

本文以无锡站年际降水序列为例, 在分析旱涝趋势变化时,提出了两种时间序列分析的辅助方法——分段法和细部特征法,在确定独立周期、特征分割点的基础上,实现了周期性分析和具有现实意义的预测模拟,成果通过了方法(模型)验证,并且经过讨论确认了旱涝周期和特征分割点的属性,完成了近现代气候分类研究。

2 研究方法

时间序列分析是水文气象预测中信息分析及定性与定量预报的基础,其他预测方法很多是借鉴了它的理念和技术,有的是它的发展延伸。但是因其方法简单、指标单一以及无法预测转折点的出现等原因,在预测时很难凸显其实用价值[4-5]。然而近年来气候突变的研究取得了进展,恰好可弥补其部分缺陷,再有其他辅助方法配合使用,就能完成水文气象分析。

2.1 分段法

分段法就是以特征转折点作切割,利用分段特征的一致性,最终实现序列分析的方法。分段法研究的目的是降低模拟难度、提高预测效率。

一般认为,序列的长度越长、代表性越好,但是实际情况并非如此。2009年笔者在分析无锡站年际降水过程线时发现,1978年前后的特征明显不同, 因此对分段研究进行了尝试 。国家气候中心(NCC)的最新研究成果表明,1970s我国发生了一次气候转折[6]。据此笔者萌生了“气候成因不同特征不同”的猜想,随后采取分段研究的方法, 解决了无锡站年际降水序列(1978~2011)[7]、(1950~2014)[8]无规律的难题。因此,需要对无锡站的观测历史进行全面探讨。

收稿日期:2018-11-26
作者简介:秦建国(1970-),江苏无锡人,高工,主要从事水文勘测和中长期预报研究。E-mail:843216854@qq.com

2.2 细部特征法

水文气象年际序列研究中大多仅采用 5a 或 10a 滑动来做未来趋势的远景展望[9]。由于存在气候突变等原因，在实际工作中若将有限的观测数据再进行压缩处理,用来做预报分析,则易造成信息丢失,实际效果并不理想[10-12]。为此笔者提出了细部特征法[8]。

所谓细部特征法,就是在分段法研究的同时,反其道行之,采用“放大镜”或者“显微镜”技术,逐段对时间序列的细部特征进行统计分析,以寻找潜在的规律。其机理是自然界的万物都存在千丝万缕的联系，只要从这些细微的变化中找出统计规律，就可以达到解析自然的目的。

3 旱涝周期和特征分割点的识别与判定

受影响因素复杂多变和目前科技发展水平的限制,水文气象科学还处于探索、发展的阶段[13]。由于历史文献资料对旱涝变化的记载存在着对年际变化比较敏感、而长时段的变化难以直接获取以及降水的区域差异比较大的特点等原因，利用文献和器测降水量资料建立可靠的旱涝变化序列在过去一直难以突破[14-15]。

3.1 研究资料

无锡站位于太湖地区的腹地，是流域内代表性最好的雨量站[7],多年降水量均值略大于 1 100mm。该站始建于 1922 年初，但是 1932 年和 1937 年 10 月至 1950 年 6 月停测,此外还有 3 年(1922、1927、1934 年)个别月份有中断现象，已参考历史文献和多年均值插补。本文研究的序列为 1920~2017 年(见图 1,红线标识的不是实测资料,是根据历史文献和无锡站的旱涝趋势特征插补值)，其中：出现特大干旱的年景有 1934、1978、2011、2013 年，降水量最少的是 1978 年(552.9mm);出现严重洪涝的年景有 1921、1931、1949、1954、1957、1987、1991、1993、1999、2015、2016 年，降水量最多的是 2016 年(2019.2mm)。

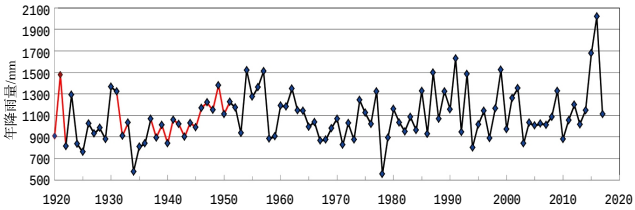

图 1 无锡站年际降水过程线(1920~2017)
Fig.1 The interannual rainfall hydrograph at the Wuxi station during 1920-2017

3.2 细部特征法独立周期的识别

由图 1 可知,若将上升至下降的一个完整过程看做一个年际旱涝周期性变化的基本单元,那么无锡站年际降水过程线是由 2a、3a、4a 周期组成的。根据每个单元上升期与下降期历时的不同,又可总结出三种时间趋势特性,即以每个单元的顶点为轴线,将上升期长、下降期短的图形称为具有“顺”的特性,反之则称为具有“逆”的特性,两边等长的则称为具有“正”的特性。时间特性和旱涝周期组合在一起,还可形成 6 种类型的单元(见表 1)。

表1 无锡站年际旱涝的独立周期
Table1 The independent period of the interannual drought and flood at the Wuxi station

段号	时间跨度/a	序号	持续时间区间/a	独立周期的类型	个数	特性	序号	持续时间区间/a	独立周期的类型	个数	特性
一段	(1900)~1934	1	1920~1922	(升~降)	1	正	4	1929~1932	升~降~(降)	1	逆
		2	1922~1925	升~降~降	1	逆	5	1932~1934	(升)~降	1	正
		3	1925~1929	升~降	2	正					
二段	1934~1978	1	1934~1938	升~升~升~(降)	1	顺	9	1955~1961	升~升~降	2	顺
		2	1938~1940	(升~降)	1	正	10	1961~1965	升~降~降~降	1	逆
		3	1940~1943	(升~降~降)	1	逆	11	1965~1967	升~降	1	正
		4	1943~1945	(升~降)	1	正	12	1967~1971	升~升~升~降	1	顺
		5	1945~1948	(升~升~降)	1	顺	13	1971~1973	升~降	1	正
		6	1948~1950	(升~降)	1	正	14	1973~1976	升~降~降	1	逆
		7	1950~1953	(升)~降~降	1	逆	15	1976~1978	升~降	1	正
		8	1953~1955	升~降	1	正					
三段	1978~2013	1	1978~1982	升~升~降~降	1	正	4	2003~2007	升~降	2	正
		2	1982~1994	升~降	6	正	5	2007~2013	升~升~降	2	顺
		3	1994~2003	升~升~降	3	顺					
四段	2013~(2056)	1	2013~2017	升~升~升~降	1	顺					

注:括号标识为根据历史文献和无锡站的旱涝趋势特征插补的非实测资料。

3.3　分段法对比分析

完成归类合并后，整个序列可分为四个特征独立的时段,每个分割点前后周期性特征差异明显,各段之间也存在较大差异。由于序列的长度必须在30a左右时,总结的特征规律才具有可靠地代表性,所以重点研究的是二、三段。

3.3.1　一段

每个单元上升期的历时都是1a、下降期最多是2a;旱涝周期是由两种类型构成,其中逆3a型都是单独出现的,正2a型则可连续出现(见表2)。

3.3.2　二段

每个单元连续升降的历时最多是3a;旱涝周期是由顺4a、逆4a、顺3a、逆3a、正2a型构成;仅有顺3a型连续出现过一次,可组成一个顺6a复合周期,其余各单元都是孤立的，但是可两两组合形成新的复合周期。

在探讨复合周期的时间特性时,需要注意:正周期由于两侧历时等长,所以是中性的,在分析过程中可以隐去;顺与逆周期的特征则是显性的,代表了它们的原始属性。此外，相邻的复合周期还可继续合并，构成11a、10a、12a、11a等四个顺逆抵消的大周期，其时间均值是11a,恰好和太阳黑子的活动周期吻合。

3.3.3　三段

每个单元连续升降的历时最多是2a,其中连续下降的仅出现一次;旱涝周期是由正4a、顺3a、正2a型构成的;正4a型仅在气候转折期出现过一次,其实质也是特殊的“升~降”型,分析时可并入后者;顺3a、正2a型从不单独出现,而且不能组成新的周期。

3.3.4　四段

目前只有一个单元,其上升期和下降期的历时是3a、1a,旱涝周期是顺4a型。

3.4　特征分割点

首先是查阅历史文献,表2中所有特征分割点出现的年景,对应的是长江中下游地区都发生了特大干旱灾害[6]。其次是看旱涝特征变化,每个分割点后出现的第一个单元类型与此前时段完全不同。

需要注意的是：虽然我国发生旱灾的年景很多,但出现特大干旱的相对较少,而且不是每个特大干旱暴发的年景都是特征分割点。例如,2011年春季长江中下游及周边地区也出现了特大干旱,但它不是无锡站年际旱涝周期的节点,更不可能是特征分割点。

因此,当一次夏季特大干旱(将2011年剔除)影

表2　无锡站年际旱涝独立周期的组合

Table2　The independent periods combination of the interannual drought and flood at the Wuxi station

段号	时间/a	组号	时间/a	独立周期的结构	新周期	特性
一段	(1900)~1934	1	1920~1922	(1个正2a周期)	(不明显)	(正)
		2	1922~1925	1个逆3a周期	不明显	逆
		3	1925~1929	2个正2a周期	不明显	正
		4	1929~1932	1个逆3a周期	不明显	逆
		5	1932~1934	1个正2a周期	不明显	正
二段	1934~1978	1	1934~1940	(1个顺4a周期+1个正2a周期)	(6a周期)	(顺)
		2	1940~1945	(1个逆3a周期+1个正2a周期)	(5a周期)	(逆)
		3	1945~1950	(1个顺3a周期+1个正2a周期)	(5a周期)	(顺)
		4	1950~1955	1个逆3a周期+1个正2a周期	5a周期	逆
		5	1955~1961	2个顺3a周期	6a周期	顺
		6	1961~1967	1个逆4a周期+1个正2a周期	6a周期	逆
		7	1967~1973	1个顺4a周期+1个正2a周期	6a周期	顺
		8	1973~1978	1个逆3a周期+1个正2a周期	5a周期	逆
三段	1978~2013	1	1978~1994	1个正4a周期+6个正2a周期	不明显	正
		2	1994~2003	3个顺3a周期	不明显	顺
		3	2003~2007	2个正2a周期	不明显	正
		4	2007~2013	2个顺3a周期	不明显	顺
四段	2013~(2056)	1	2013~2017	1个顺4a周期	不明显	顺

注:括号标识为根据历史文献和无锡站的旱涝趋势特征插补的非实测资料。

响到我国长江中下游地区，并且导致无锡站年际降水序列的旱涝周期性特征发生改变，那么这个出现特大干旱的年景就是特征分割点。

4 方法(模型)验证

本文围绕无锡站超长缺测中断期(1938~1950)和特征分割点展开分析,以完成方法(模型)验证。

4.1 旱涝趋势插补(1948~1950)

4.1.1 插补分析

过程：①根据无锡 1950 年 1~6 月无洪涝记录和无锡站 7~12 月实测降水量(为 420.8mm,约为历史同期均值的 78.2%)较少的情况,可以推定无锡站 1950 年的降水量比 1951 年(年降水量为 1224.1mm,约为多年均值的 1.1 倍) 低得多，所以 1950~1953 年是逆 3a 型;②根据时段特点,可以确定 1950~1955 年是逆 5a 周期,并且推定 1950 年以前存在一个顺的 5a(或 6a)周期；③顺 5a 周期只有一种情况 (升~升~降+升~降型),顺 6a 周期则存在两种情况(升~升~升~降+升~降型、升~升~降+升~升~降型);④不管那种情况,1948~1950 年都为“升~降”(型)。

4.1.2 方法(模型)验证

依据:根据《无锡市水利志》[16]的记载,1949 年汛期,长江、太湖同发大水,无锡地区江堤溃决、圩堤破口,低洼地区大面积受灾,造成了重大经济损失;1948、1950 年则没有洪涝的记录。分析结果与事实完全吻合。

4.2 特征分割点(1934)

4.2.1 对比分析

过程:①1934 年的气候状况与 1978 年类似,当年长江中下游地区都出现了 20 世纪少见的特大干旱事件,太湖流域是重灾区;②太湖流域在 1934~1978 年之间,再无其它特别干旱年景出现,那么可以推断两次特大干旱事件是相邻的关系;③1934 年之前,无锡站的上升期都是 1a、下降期最多 2a,与其后的特征完全不同;④1934~1937 年无锡站的旱涝趋势是连续 3a 上升,与 1950~1978 年期间的特征有类似的地方;⑤因此可以推定 1934 与 1978 年都是无锡站的特征分割点,而且两者之间是量级相当并且相邻的关系。

4.2.2 方法(模型)验证

过程：①假定 1934 和 1978 年是量级相当并且相邻的特征分割点；②那么无锡站年际降水序列 1934~1978 年期间的特征具有一致性；③将已知序列中 1950~1955 年作为检验项，其他作为预测分析项[17]；④由于 1934~1937 年是连续 3a 上升,根据特征分析,1938 年的旱涝趋势必然下降,所以 1934~1938 年是顺 4a 周期;⑤根据时段特点,顺 4a 周期只能是顺 6a 周期的一部分,那么 1938~1940 年是正 2a 周期;⑥根据分段特征一致性法则,1940~1955 年期间只能容下 3 个 5a 周期,而且时间特性是逆、顺、逆,所以 1950~1955 年是逆 5a 周期。分析结果与事实完全吻合,假设成立。

5 讨论

5.1 旱涝周期的气候属性

人们对旱涝周期的认识也是逐渐提高的。20 世纪 60 年代以前,学术界认为:它们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[18]、假周期[3]、似周期[7]”。由于其每次出现的时长不一定相同，往往只能进行独立周期的识别,不符合物理周期的定义。气象学家杨鉴初先生对历史演变规律做了大量的研究，并且在 1951 年就预言存在“转折点”[19]。1960s 信息技术迅猛发展,计算机模拟成为潮流,美国气象学家 Edward Lorenz 1963 年在《Journal of the atmosphereic sciences(大气科学)》发表了“决定性的非周期流”一文,指出在气候不能精确重演与长期天气预报无法实现之间存在必然联系,也是非周期性与不可预见性之间的联系，并提出了“混沌理论(Chaos theory)”。1970s 人们尝试用混沌理论解释所有无法理解的事物,诞生了混沌学。1980s 作为一门新的学科,混沌学得到进一步发展。1990s 在与其它学科相互渗透的基础上，混沌学发展到了顶峰,曾经和相对论、量子力学相提并论,被誉为“20 世纪物理学的第三次革命”[20]。2000s 以来,相关研究成果大幅减少,混沌学出现了滑坡的迹象。因此,在这一段时期内,一般认为这种周期具有随机性和不确定性,属于“概率周期”的范畴[21]。

然而根据无锡站的情况,可以部分实现旱涝周期的精确预测,并不符合“概率周期”的定义[6]。因此,笔者认为这是一种特殊类型,将这种在旱涝年景中成组出现的多年变化现象称之为“非典型周期”[8]。非典型周期的时长和振幅都不是固定的。

5.2 特征分割点的气候属性

由图 1 和表 1、表 2 可知,特征分割点的实质就是气候特征的突变[8]。1970s 人们就意识到气候具有突变

性,但是至今没有明确的概念[22]。目前能接受的定义:气候突变是指气候由一种稳定状态跳跃至另一种稳定状态的急剧变化[23-25]。它是存在于气候系统中的一个重要现象,是气候变化不连续性的表现[26-27]。根据气候突变的定义,两个相邻的突变点之间是一种稳定的状态,那么它的旱涝周期性特征也一定是稳定的,恰好印证了笔者的猜想,与分段特征一致性的结论完全吻合。

干旱是一种影响大、范围广、危害深、持续时间长的自然灾害。特大干旱更是气候领域的重大事件,在全球具有广泛的影响力,而且每个世纪出现的次数不多[6]。因此特大干旱事件发生的年景是理想的年际气候分割点,也是旱涝演变的自然选择。

由于历史上1934、1978、2013年的夏季我国都爆发了世纪特大干旱,并且都对长江中下游地区产生了深远的影响,再根据NCC气候转折(1970s)的对比分析,可以推定:上述年景不仅是无锡站年际旱涝周期性特征的分割点,也是太湖地区年际气候的转折点,而且还是我国气候突变的临界点[7]。

6 结论

(1)研究表明,1934、1978、2013年是我国年际旱涝特征的转折点,也是气候突变的临界点,同时这些夏季特大干旱灾害发生的年景还是我国近现代气候历史理想的分割点。

(2)无锡站年际降水的观测历史可分成四个特征不同的时段,平均时长约为39a,而且每个时段节点对应的都是一次气候突变。

(3)本文中的旱涝周期,并不是严格意义上的物理周期,也不属于概率周期的范畴,而是带有某些周期性质的旱涝演化趋势类型,笔者称其为"非典型周期"。

参考文献:

[1] 芮孝芳. 水文学研究进展[M].南京: 河海大学出版社, 2007. (RUI Xiaofang. Advances in Hydrology [M]. Nanjing: Hohai University Press, 2007. (in Chinese))

[2] 郑昱,朱元甡. 水文序列周期的小波变换检测方法探讨[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2000,28(1):96-99. (ZHENG Yu, ZHU Yuanshen. Application of wavelet of transform to hydrologic sequence period detection[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2000,28(1):96-99. (in Chinese))

[3] 刘南威,杨士弘,刘洪杰,等. 自然地理学(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 2007. (LIU Nanwei, YANG Shihong, LIU Hongjie, et al. Physical Geography (Second Edition)[M]. Beijing: Science Press, 2007. (in Chinese))

[4] 孙祝岭.时间序列与多元统计分析[M].上海:上海交通大学出版社, 2016. (SUN Zhuling. Time Series and Multivariate Statistical Analysis [M]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University Press, 2016. (in Chinese))

[5] 江三宝,毛振鹏. 信息分析与预测[M]. 北京: 清华大学出版社和北京交通大学出版社, 2008. (JIANG Sanbao, MAO Zhenpeng. Information Analysis and Prediction [M]. Beijing: Tsinghua University Press and Beijing Jiaotong University Press, 2008. (in Chinese))

[6] 丁一汇,王绍武,郑景云,等. 中国气候[M]. 北京: 科学出版社, 2013. (DING Yihui, WANG Shaowu, ZHENG Jingyun, et al. China Climate [M]. Beijing: Science Press, 2013. (in Chinese))

[7] 秦建国,洪国喜,张涛,等. 无锡站年际降水趋势、特征与预报分析[J]. 水文, 2013,33(4):92-96. (QIN Jianguo, HONG Guoxi, ZHANG Tao, et al. Trend, characteristics and forecasting analysis of inter-annual rainfall at Wuxi station [J]. Journal of China Hydrology, 2013,33(4):92-96. (in Chinese))

[8] 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. (QIN Jianguo, ZHANG Tao, SUN Lei, et al. Hydrological characteristics of interannual drought and flood cycle at Wuxi station before and after climatic transition period [J]. Journal of China Hydrology, 2017,37(6):51-57. (in Chinese))

[9] 林沛榕,张艳军,冼翠玲,等. 不同时间尺度的中长期水文预报研究[J]. 水文, 2017,37(6):1-8. (LIN Peirong, ZHANG Yanjun, XIAN Cuiling, et al. Time-scale features of medium- and Long-range hydrological forecasting [J]. Journal of China Hydrology, 2017,37(6):1-8. (in Chinese))

[10] 易淑珍,王钊. 水文时间系列周期分析方法探讨[J]. 水文, 2005,25(4):26-29. (YI Shuzhen, WANG Zhao. The study of the period method for hydrologic time series [J]. Journal of China Hydrology, 2005,25(4):26-29. (in Chinese))

[11] 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. (SANG Yanfang, WANG Zhonggen, LIU Changming. Research progress on the time series analysis methods in hydrology [J]. Progress in Geography, 2013,32(1):20-30. (in Chinese))

[12] 王继民,朱跃龙,李薇,等. 多度量水文时间序列相似性分析[J]. 水文, 2014,34(4):15-20. (WANG Jimin, ZHU Yuelong, LI Wei, et al. Multi-measure similarity analysis of hydrological time series [J]. Journal of China Hydrology, 2014,34(4):15-20. (in Chinese))

[13] 葛朝霞,薛梅,宋颖玲. 多因子逐步回归周期分析在中长期水文预报中的应用[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2009,37(3):255-257. (GE Chaoxia, XUE Mei, SONG Yingling. Application of multi-factor stepwise regression cycle analysis in medium and mid-long term hydrological forecast [J]. Journal of Hohai University (Natural Science), 2009,37(3):255-257. (in Chinese))

[14] 周书灿. 20世纪中国历史气候研究述论[J].史学理论研究, 2007,(4):127-136. (ZHOU Shucan. A review on the study of historical climate of China in the 20th century [J]. Historiography Quarterly, 2007,(4):127-136. (in Chinese))

[15] 杨煜达,王美苏,满志敏. 近三十年来中国气候研究方法的进展[J].

中国地理历史丛书, 2009,24(2):5-13. (YANG Yuda, WANG Meisu, MAN Zhimin. The progress of research methods in Chinese historical climate in the past 30 year:focusing on the use of historical documents [J]. Journal of Chinese Historical Geography, 2009,24(2):5-13. (in Chinese))

[16] 卢伯生,季永东,徐道清,等. 无锡市水利志[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006. (LU Bosheng, JI Yongdong, XU Daoqing, et al. Wuxi City Water Conservancy Annals [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2006. (in Chinese))

[17] Shmueli G,李洪成. 时间序列预测实践教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012. (Shmueli G, LI Hongcheng. Practical Course of Time Series Forecasting [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2012. (in Chinese))

[18] 周恩济,林镜榆,范钟秀,等. 气象学[M]. 南京: 河海大学出版社, 1989. (ZHOU Enji, LIN Jingyu, FAN Zhongxiu, et al. Meteorology [M]. Nanjing: Hohai University Press, 1989. (in Chinese))

[19] 杨鉴初. 运用气象要素历史演变的规律性作一年以上的长期预告[J]. 气象学报, 1953,24(3):100-117. (YANG Jianchu. Using the law of historical evolution of meteorological elements to make a long-term forecast for more than one year [J]. Acta Meteorologica Sinica, 1953,24(3):100-117. (in Chinese))

[20] 王东生,曹磊. 混沌、分形及其应用[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1995. (WANG Dongsheng, CAO Lei. Chaos, Fractal and Its Application [M]. Hefei: China University of Science and Technology Press, 1995. (in Chinese))

[21] 范钟秀. 中长期水文预报[M]. 南京: 河海大学出版社, 1999. (FAN Zhongxiu. Mid-long Term Hydrological Forecast [M]. Nanjing: Hohai University Press,1999. (in Chinese))

[22] 张强,韩永翔,宋连春. 全球气候变化及其影响因素研究进展综述[J]. 地球科学进展学, 2005,20(9):177-182. (ZHANG Qiang, HAN Yongxiang, SONG Lianchun. The summarize of development of global climate change and its effect factors [J]. Advances in Earth Science, 2005,20(9):177-182. (in Chinese))

[23] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992,16(4):482-493. (FU Congbin, WANG Qiang. The definition and detection of the abrupt climatic change [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 1992,16(4):482-493. (in Chinese))

[24] 张德二,刘传志,江剑民. 中国东部6区域近1000年干湿序列的重建和气候跃变分析[J].第四纪研究, 1997,17(1):1-11. (ZHANG Deer, LIU Chuanzhi, JIANG Jianmin. Reconstruction of six regional dry/wet series and their abrupt changes during the last 1000 years in east China [J]. Quaternary Sciences, 1997,17(1):1-11. (in Chinese))

[25] 郑景云,葛全胜,张丕远. 气候突变:史实与意义[J]. 地球科学进展学, 1999,14(2):177-182. (ZHENG Jingyun, GE Quansheng, ZNAHG Piyuan. Abrupt climatic change:evidence and implication[J]. Advances in Earth Science, 1999,14(2):177-182. (in Chinese))

[26] 王绍武. 现代气候学研究进展 [M]. 北京: 气象出版社, 2001. (WANG Shaowu. Advances in Modern Climatology [M]. Beijing: Meteorological Press, 2001. (in Chinese))

[27] 丁一汇, 张莉. 青藏高原与中国其他地区气候突变时间的比较[J]. 大气科学, 2008,32(4):794-805. (DING Yihui, ZHANG Li. Intercomparison of the time for climate abrupt change between the Tibetan Plateau and other regions in China [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2008,32(4):794-805. (in Chinese))

Identification and Determination of Non-typical Period and Abrupt Climate Changes

QIN Jianguo

(Wuxi Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Wuxi 214031, China)

Abstract: This paper analyzed the mutation and periodicity of interannual precipitation variation using new methods, which revealed the natural law of the evolution of drought and flood. The results show that the critical years of the abrupt climate change are 1934, 1978 and 2013, which are the natural choices of drought and flood evolution. The observation history of interannual precipitation at the Wuxi Station can be divided into four periods with different characteristics, and each period is corresponding with one abrupt climate change. The abrupt climate change would change the consistency of interannual precipitation series, but the partition method can greatly reduce the difficulty of simulation and increase the efficiency of prediction. This paper found three abrupt climate change points, and realized the precise interpolation of the drought and flood trend during the long ungauged period (13a). Finally, the periodic analysis of rainfall series and the prediction simulation of drought and flood trend were completed. The research results have changed the present situation that the modern climate history can not be subdivided.

Key words: time series; abrupt change of climate; partition method; non-typical period; prediction and simulation