

1950s 以来鄱阳湖流域降水变化趋势及其持续性特征*

霍雨¹, 王腊春^{1**}, 陈晓玲², 蒙海花¹

(1: 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210093)

(2: 江西师范大学鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室, 南昌 330022)

摘要: 以鄱阳湖流域 1950s 至 2005 年 10 个站的日降水量为基础, 采用距平分析、Mann-Kendall 非参数检验对鄱阳湖流域 1950s 以来的年、季降水特征和变化趋势进行分析, 并以此为基础, 结合 Hurst 指数, 从 3 年、5 年、10 年三个时间尺度上分析该流域未来降水的变化趋势。结果表明, 鄱阳湖流域年内降水分配不均, 年际变化较为明显, 1960s、1970s 为偏干年代, 1980s、1990s 为偏湿年代, 年降水量在 1955-2005 年包括一个完整的丰枯过程; 近 50 年来全流域年降水量呈上升趋势, 在 3 种时间尺度上均表现为较弱的持续性, 未来降水量可能有小幅度增加; 夏冬两季降水量逐渐增加, 未来将继续增加, 且冬季的增加趋势将比夏季更为显著, 夏季降水量长时间尺度上的增加将大于短时间尺度; 春秋两季历史降水量呈下降趋势, 未来秋季降水量可能继续减少, 但趋势不明显, 春季降水量在短时间和中时间尺度内变化趋势不确定, 在长时间尺度上可能会有小幅度增加。

关键词: 鄱阳湖流域; 降水变化趋势; Hurst 指数; 持续性

Long-term trend and persistence of precipitation over Lake Poyang basin since 1950s

HUO Yu¹, WANG Lachun¹, CHEN Xiaoling² & MENG Haihua¹

(1: *School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, P. R. China*)

(2: *Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research, Ministry of Education, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, P. R. China*)

Abstract: Based on the daily precipitation data of 10 meteorological stations in Lake Poyang basin from 1950s to 2005, the feature and trends of seasonal and annual precipitations were analysed by using time series anomalies and Mann-Kendall test. On such basis, the future precipitation trend was predicted through Hurst index on 3 different time scales of 3a, 5a and 10a. The results showed that: Monthly precipitation of the basin varied obviously throughout the year. Besides, the variations of both annual and decadal precipitation were also observed apparently. The 1960s and 1970s were dry decades, while the 1980s and 1990s were wet decades. In recent 50a, the annual precipitation of the entire basin has increased and shows weak persistence on all the three time scales. So precipitation may increase slightly in the future. As for seasonal cases, precipitations of summer and winter are increasingly rising and will continue to rise in the future. Precipitations will increase even more in winter than summer, and comparatively more on long time scale than on short time scale in summer. On the contrary, precipitations of spring and autumn have been dropping slightly in observed time. In the future, precipitation of autumn would probably continue to drop slightly on all the three time scales. Precipitation variations in spring are uncertain on short and medium time scale, and may slightly increase on the long time scale.

Keywords: Lake Poyang basin; precipitation trend; Hurst index; persistence

降水是地表水的主要补给来源, 是水资源中最重要的一环, 降水的多少直接影响着水资源的数量。1948-2000 年间, 全球陆地年降水量有明显的趋势变化, 大约 2/3 左右的年陆地降水量减少, 1/3 的陆地年降水量增加^[1]。近 50 年来, 我国降水量变化趋势呈现较强的区域特征, 华北、东北地区的南部和长江流域上

* 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室(江西师范大学)开放基金项目(PK2008009)资助。2010-06-11 收稿; 2010-09-06 收修改稿。霍雨, 女, 1987 年生, 博士研究生; E-mail: hycold@126.com.

** 通讯作者; E-mail: wang6312@263.net.cn.

游地区有减小趋势,西北、东北地区北部和东南有增加趋势,特别是长江中下游地区的夏季降水量增加幅度较大^[2-5]。许多学者采用 EOF、MK 检验法和气候趋势系数等方法对长江流域年、夏季降水量和极端强降水时间序列的时空分布特征以及变化趋势进行了分析,结果表明全流域夏季降水量、暴雨量和暴雨日均呈现增加趋势,尤其在 1990s 以来明显增加,主要发生在中下游的洞庭湖流域、鄱阳湖流域和太湖流域^[6-11]。此外,1980s 中期以来上游及中下游极端强降水事件发生时间在月份上比较集中,全流域极端强降水事件峰值期更接近,这必将加大遭遇性洪水发生的几率^[10]。

鄱阳湖是长江中下游通江湖泊之一,对长江洪水的调蓄作用至关重要。目前已有学者对鄱阳湖流域的降水特征与趋势进行了分析。彭锐等^[12]采用时序距平分析法和极差分析法相结合的方式,分析了鄱阳湖区近 50 年来降水的变化过程;郭华等和 Zhao 等^[13-15]均采用 MK 检验对近几十年来鄱阳湖流域气温、降水量、蒸发量等气候因子的时间序列趋势进行了分析,并通过线性回归研究了五河径流系数变化与这些气候因子的关系;王怀清等^[16]对鄱阳湖五大流域降水量、降水日数、暴雨日数变化趋势的研究表明,各流域的年降水量变化趋势基本一致,年降水量、暴雨日数呈波动上升趋势,年降水日数以 1980s 中期为界,之前呈波动上升趋势,之后呈波动下降趋势。

已有研究对鄱阳湖流域的降水变化趋势及与其他气象因子间的相互关系做了较多分析,但对年、季降水变化趋势的记忆性特征及未来变化趋势的研究较少,郭华等^[17]根据 ECHAM5/MPI 模式在 3 种排放情景下所做的 21 世纪前 50 年气候变化预估试验得到的数据,研究了鄱阳湖流域 2001 - 2050 年降水相对于 1961 - 1990 年的可能变化。本文以鄱阳湖流域 10 个台站 1950s - 2005 年的日降水序列为基础,首先对鄱阳湖流域年、季降水的历史变化趋势进行分析,并以此为基础,研究短时间尺度(3 年)、中时间尺度(5 年)、长时间尺度(10 年)上该流域降水的持续性特征及未来变化趋势,以期为该流域乃至整个长江流域气候变化预测研究,以及下一步的水资源管理和洪涝灾害防治等工作提供参考。

1 数据和方法

1.1 研究区域和数据来源

鄱阳湖流域(23°-31°N, 113°-118°E)属亚热带季风区,位于长江中下游南岸,跨江西、安徽、浙江、福建、广东和湖南 6 省,总面积 162225km²,占长江流域的 9%^[18]。流域东、南、西三面环山,地势较高,中部及北部地区地势较低,由南向北、由外向内倾斜,形成以鄱阳湖湖区平原为底的向北开口的箕形地形。鄱阳湖汇纳赣江、抚河、信江、饶河、修河五大河以及博阳河、漳田河、清丰山溪、潼津河等河流来水,经鄱阳湖调蓄后,于湖口注入长江,构成以鄱阳湖为汇聚中心的完整辐聚水系。本研究采用的数据为鄱阳湖流域 1950s 至 2005 年 10 个气象站(图 1)的日降雨资料,由于数据缺失,其中宁冈站时间序列为 1957 - 1998 年,数据来源于中国国家气象局气象中心资料室。

1.2 研究方法

1.2.1 距平分析法 距平值即对平均值的正常情况的偏差,对于一个降水序列,距平值为“正”时表示该时段的降水量相对于整体时间序列的平均降水量有一定的增加,“负”表示有一定的减少,可以利用降水距平序列的离散程度来判别旱涝的严重程度,时序变量随时间变化的剧烈程度可用变差系数 C_v 来反映^[12,19]。本文距平分析采用 50 年平均降水量作为平均值。

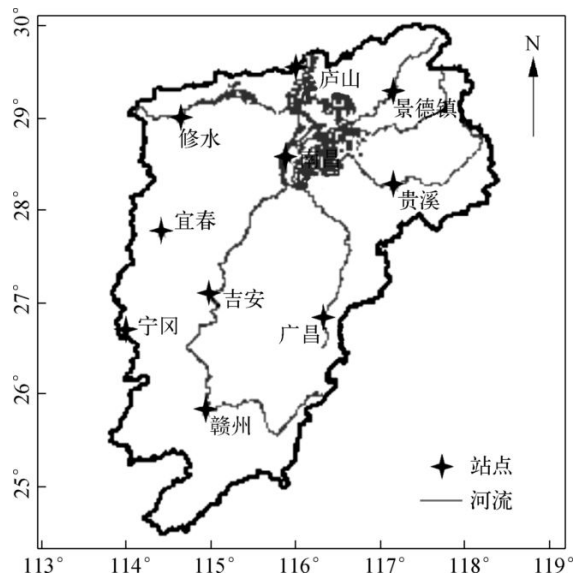


图 1 鄱阳湖流域主要水系及站点分布
Fig. 1 Location of main rivers and concerned meteorological stations in Lake Poyang basin

夏季主要多雨带南移,长江流域进入多雨期,长江中下游梅雨偏强,汛期降水明显增多^[7,11,32],鄱阳湖流域各站点降水量也均为正距平;2000年以后东亚大气环流异常导致长江流域夏季持续少雨干旱,梅雨异常偏弱,空梅频繁出现^[32],鄱阳湖流域虽有部分站点降水量距平为正,但负距平特征更为明显。

3 降水量变化趋势分析

分析整个鄱阳湖流域年降水量以及季节降水量的变化趋势,对于认清该地区水资源的变化特征以及在环境演变中的作用具有重要意义,同时可为未来发展趋势分析提供基础。

3.1 年降水量变化趋势

为了避免数据系列的时间不一致性对结果的影响,采用10个代表站1955-2005年(宁冈为1957-1998年)的年降水量绘制模比系数差积曲线图(图3),可以看出从1955-2005年,各站均包括一个完整的丰枯过

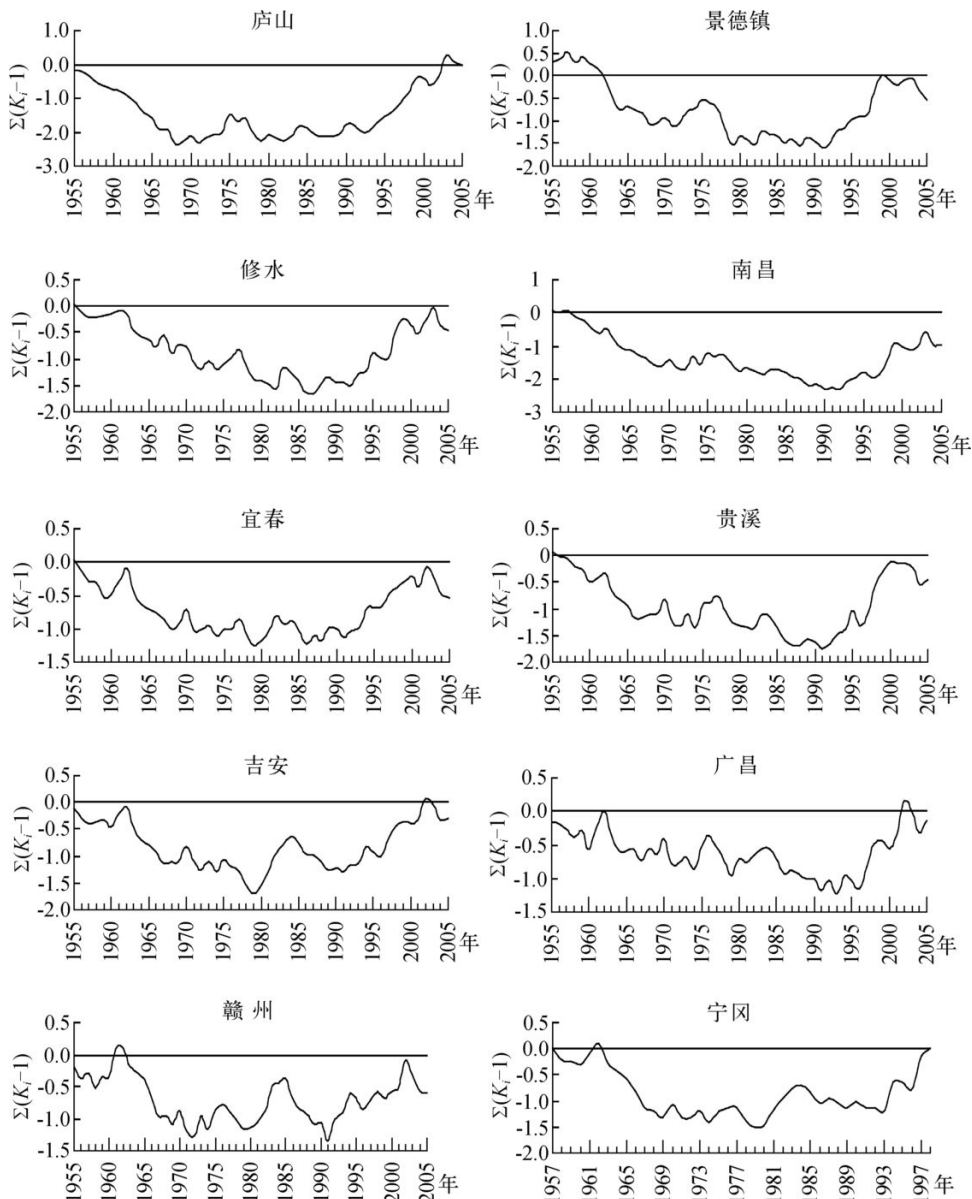


图3 各站年降水量模比系数差积曲线

Fig. 3 Residual mass curve of annual precipitation at meteorological stations

程,庐山、南昌、贵溪为1955-2000年,宁冈站为1962-1998年,景德镇站为1959-1999年,赣州、广昌、吉安、宜春、修水5站为1962-2002年.庐山、修水、南昌、宜春4站波动较小,其余站波动较大,吉安和赣州站在1980-1985年间均出现了明显的上升段,降水量较大.总体看来,各站在1996年前后(宜春站为1991年)到2002年均有一个明显的上升段,表明整个鄱阳湖流域的年降水量经历了一个大的丰水期,但到2005年开始呈现下降趋势,因此未来可能会逐渐进入枯水期.

年降水趋势 Mann-Kendall 法统计检验结果表明,近50年来,各站年降水量均呈上升趋势,但显著性空间差异性较大,只有位于流域北部的庐山站和中部的宁冈站年降水量显著增加,分别通过99%和95%的置信度水平检验,其余各站变化趋势均不显著(表1).

3.2 季节降水量变化趋势

统计10个代表站不同季节(3-5月为春季,6-8月为夏季,9-11月为秋季,12、1和2月为冬季)的降水量,并进行趋势检验,结果表明除庐山和宁冈站外,其余8站春季降水量均呈下降趋势,其中景德镇、南昌和宜春3站趋势显著,分别通过90%和95%的置信度水平检验;夏季降水量除修水站呈下降趋势外,其余各站均呈上升趋势,其中庐山、南昌、贵溪和宜春4站趋势明显,庐山站通过95%置信度水平检验,其他3站通过90%置信度水平检验;各站秋季降水量除宜春站和位于流域北部的庐山、景德镇、修水3站外,均呈下降趋势,但总体变化趋势不明显;冬季各站均呈上升趋势,且变化趋势显著,除赣州站通过90%置信度水平检验,贵溪、宁冈两站通过95%置信度水平检验外,其余各站均通过99%置信度水平检验(表1).总体看来,全流域春秋两季降水量在逐渐减少,但趋势不明显,夏冬两季降水量逐渐增加,尤其冬季降水量的增加趋势非常显著.

表1 鄱阳湖流域年、季节降水趋势 Mann-Kendall 法统计检验值

Tab. 1 Mann-Kendall statistics of annual and seasonal precipitation changes in Lake Poyang basin

站名	年降水量	季节降水量			
		春季	夏季	秋季	冬季
庐山	3.14***	1.09	1.79**	0.13	3.26***
景德镇	0.02	-1.36*	0.77	0.05	2.34***
修水	0.61	-0.77	-0.08	1.09	3.69***
南昌	0.61	-1.34*	1.38*	-0.01	2.70***
贵溪	1.02	-0.31	1.29*	-0.21	2.14**
宜春	0.54	-1.85**	1.40*	0.13	2.34***
吉安	1.07	-0.72	1.15	-0.16	2.49***
宁冈	1.71**	1.08	0.33	-0.03	2.05**
广昌	0.84	-0.60	1.11	-0.32	2.41***
赣州	0.19	-0.16	0.02	-0.77	1.56*

* 表示通过置信度90%的检验; ** 表示通过置信度95%的检验; *** 表示通过置信度99%的检验.

4 降水量变化持续性特征分析

4.1 年降水量持续性特征分析

在3年尺度上,广昌站 Hurst 指数小于0.5,说明其降水过程表现出反持续性,其余9站均表现出持续性,其中庐山持续性极强,景德镇持续性较强,其余7站持续性均较弱.因此,除广昌站未来年降水量可能呈下降趋势外,其余各站年降水量的上升趋势在未来可能继续保持,尤其庐山站历史变化趋势显著,且持续性极强,未来上升趋势将最为显著.总体看来,10个站点在3年尺度上 Hurst 指数的平均值为0.61,说明鄱阳湖流域年降水量的总体变化具有可持续性特征,但持续性较弱,即未来鄱阳湖流域降水量继续增加,但幅度不大.在5年尺度上,广昌站具有较弱的反持续性,赣州站接近随机过程,其余各站除庐山站持续性极强外,均表现为较弱的持续性,全流域年降水量也表现为较弱的持续性,整体变化过程与3年尺度的变化一致.在10年尺度上,广昌站和宁冈站具有弱反持续性,赣州站接近随机过程,庐山站为强持续性,修水和吉安的持续性较强,其余站均表现为较弱的持续性(图4).

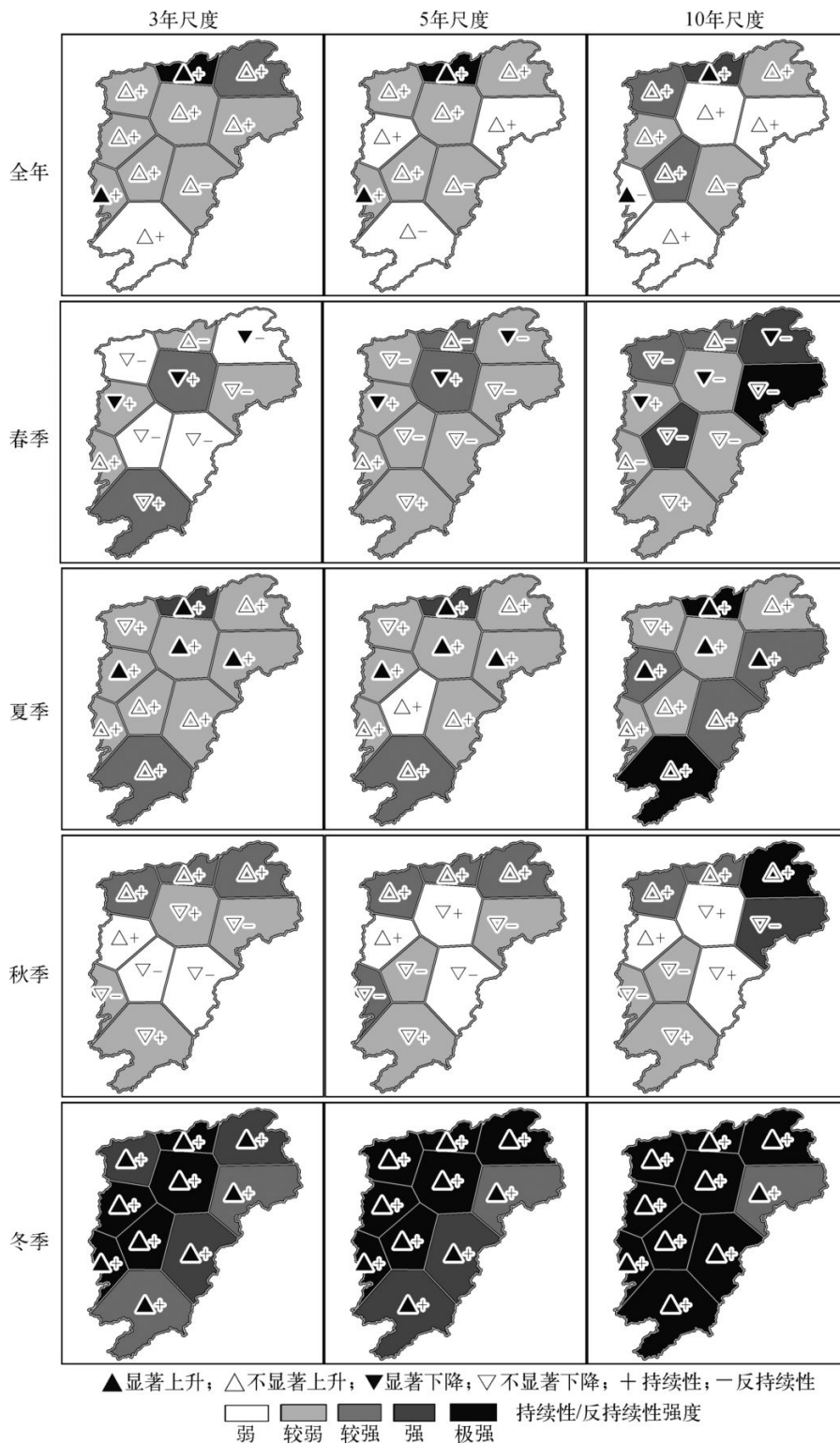


图4 鄱阳湖流域不同时间尺度年、春、夏、秋、冬降水量变化趋势($\alpha = 0.1$)与持续性特征

Fig. 4 Trend and persistence of annual and seasonal precipitation on different time scales in Lake Poyang basin

总体看来,各站年降水量持续性在3年、5年和10年尺度上的持续性较为一致.庐山站持续性很强,历史上上升趋势显著,通过99%置信水平检验,因此未来可能有较大幅度增加;广昌站未来降水量可能呈下降趋势;其余各站未来增加趋势不明显.全流域年降水量在3种时间尺度上均表现为较弱的持续性,因此,未来降水量可能会有小幅度增加.

4.2 季节降水量持续性特征分析

在3年时间尺度上,南昌和赣州站春季降水量表现为较强的持续性,宜春和宁冈站表现为较弱的持续性,其余站均表现为弱反持续性,即南昌、宜春、赣州3站未来降水量将继续减少,宁冈站继续增加,其余站变化趋势随机性较强;夏季各站降水量均表现为持续性,庐山和赣州站的持续性较强,其余站持续性较弱,意味着除修水站外,未来各站可能继续保持上升趋势;秋季贵溪、宁冈2站降水量表现出较弱的反持续性,吉安、广昌2站接近随机过程,位于流域北部的庐山、景德镇、修水3站表现出较强的持续性,其余3站持续性较弱,各站未来变化趋势差别较大,但总体呈不明显的上升趋势;冬季景德镇、修水、贵溪、广昌、赣州5站降水量持续性较强,其余5站持续性极强,Hurst指数接近于1,历史上上升趋势显著,大部分站通过99%置信水平检验,因此未来降水量仍将会有大幅度的增加.

在5年尺度上,南昌站春季降水量具有较强的可持续性,宜春、宁冈、赣州3站表现为较弱的持续性,其余站均表现出反持续性,其中庐山站反持续性较强,其余5站较弱;夏季各站降水量均表现出持续性,庐山、赣州站的持续性较强,其余站持续性较弱;秋季宁冈站反持续性较强,贵溪、吉安站反持续性较弱,广昌站接近随机过程,庐山、景德镇、修水3站持续性较强,其余3站持续性较弱;冬季贵溪、广昌、赣州3站持续性较强,其余7站持续性极强.

在10年尺度上,春季宜春、赣州站降水量具有较弱的持续性,其余各站均表现出反持续性,其中南昌、宁冈、广昌3站较弱,剩余5站较强;夏季庐山、贵溪、宜春、广昌、赣州5站持续性较弱,其余5站持续性较强;秋季贵溪站降水量表现出较强的反持续性,宁冈、吉安站反持续性较弱,广昌站接近随机过程,庐山、景德镇、修水3站持续性较强,其余3站持续性较弱;冬季降水量除贵溪站持续性较强外,其余9站均表现出极强的持续性.

总体看来,各站四季的降水量在3种时间尺度上的持续性特征基本保持一致,但10年尺度上,各站的持续性和反持续性的强度有所变化,尤其冬季降水量在10年尺度上的持续性强度明显大于其他2种时间尺度.从全流域角度来看,3种时间尺度的Hurst指数从大到小依次为冬、夏、秋、春,秋季降水量均表现出较弱的持续性,冬季降水量持续性极强,夏季均表现为持续性,但10年尺度上的持续性强度大于另2种时间尺度,春季降水量3年和5年尺度上均接近随机过程,10年尺度上表现为较弱的反持续性.因此,鄱阳湖流域未来夏季和冬季的降水量将继续增加,且冬季的增加趋势将比夏季更为显著,在长时间尺度上,夏季降水的增加量将大于短时间尺度,秋季的持续性较弱,降水量可能继续减少,但趋势不显著,春季降水量在短时间尺度内变化趋势不确定,在长时间尺度上表现出弱的反持续性,即未来降水量可能会有小幅度增加.

5 结论与讨论

本研究以鄱阳湖流域10个代表站从1950s至2005年的日降雨数据为基础,采用距平分析法、MK检验法对鄱阳湖流域的降水特征和变化趋势进行分析,并以此为基础,采用R/S法分别从3年、5年、10年3种时间尺度上,计算降水序列Hurst指数,分析该流域未来降水的变化趋势.主要得出以下结论:

(1) 鄱阳湖流域降水量年内分配不均,主要集中在3-8月,降水量最大值出现在5月、6月,最小值出现在12月;近50年来降水量年际变化较为明显, C_v 值在0.16-0.23之间,极值比在2.0-2.9之间;1950s、1960s和1990s、2000年以后的降水量与多年平均值偏差较大,1970s和1980s偏差较小,1960s、1990s空间变化较为一致.1960s、1970s为偏干年代;1980s、1990s为偏湿年代.

(2) 各代表站年降水量在1955-2005年均包括一个完整的丰枯过程,在1996年前后(宜春站为1991年)到2002年前后经历了一个大的丰水期,但到从2005年开始可能逐渐进入枯水期;近50年来各站年降水量均呈上升趋势,持续性在3年、5年和10年尺度上较为一致,庐山站未来降水量可能有较大幅度增加,广昌站可能呈下降趋势,其余各站有不明显的增加趋势;全流域平均降水量呈上升趋势,在3种时间尺度上均

表现为较弱的持续性,未来降水量可能会有小幅度增加。

(3) 流域大部分地区春秋两季降水量呈不明显的下降趋势,夏冬两季降水量逐年增加,各站在 3 种时间尺度上持续性保持一致,但在 10 年尺度上强度有所变化,尤其冬季降水量在 10 年尺度上的持续性强度明显大于其他 2 种时间尺度。从全流域角度来看,在 3 种时间尺度上,秋季降水量持续性较弱,冬季降水量持续性极强;夏季降水量均表现为持续性,但在 10 年尺度上持续性强度较大;春季降水量 3 年和 5 年尺度上均接近随机过程,10 年尺度上表现为较弱的反持续性。

鄱阳湖流域未来夏季和冬季的降水量将继续增加,冬季的增加趋势将比夏季更为显著;在长时间尺度上,夏季降水的增加量将大于短时间尺度;秋季降水量可能继续减少,但趋势不明显,春季降水量在短时间和中时间尺度内变化趋势不确定,在长时间尺度上表现出弱的反持续性,即未来降水量可能会有小幅度增加。

6 参考文献

- [1] 施 能,黄先香,杨 扬. 1948 - 2000 年全球陆地年降水场趋势变化的时、空特征. *大气科学*, 2003, **27** (6): 971-982.
- [2] Yang FL, Lau KM. Trend and variability of China precipitation in spring and summer; linkage to sea-surface temperatures. *International Journal of Climatology*, 2004, **24**: 1625-1644.
- [3] Qian W, Lin X. Regional trends in recent precipitation indices in China. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2005, **90**: 193-207.
- [4] 钱维宏,符娇兰,张玮玮等. 近 40 年中国平均气候与极值气候变化的概述. *地球科学进展*, 2007, **22** (7): 673-684.
- [5] Feng S, Nadarajah S, Hu Q. Modeling annual extreme precipitation in China using the generalized extreme value distribution. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 2007, **85** (5): 599-613.
- [6] 杨宏青,陈正洪,石 燕等. 长江流域近 40 年强降水的变化趋势. *气象*, 2005, **31** (3): 66-68.
- [7] 姜 彤,苏布达,王艳君等. 四十年来长江流域气温、降水与径流变化趋势. *气候变化研究进展*, 2005, **1** (2): 65-68.
- [8] 张永领,高全洲,丁裕国等. 长江流域夏季降水的时空特征及演变趋势分析. *热带气象学报*, 2006, **22** (2): 161-168.
- [9] 苏布达,姜 彤. 长江流域降水极值时间序列的分布特征. *湖泊科学*, 2008, **20** (1): 123-128.
- [10] 苏布达,姜 彤,任国玉等. 长江流域 1960 - 2004 年极端强降水时空变化趋势. *气候变化研究进展*, 2006, **2** (1): 9-14.
- [11] 平 凡,罗哲贤,琚建华. 长江流域汛期降水年代际和年际尺度变化影响因子的差异. *科学通报*, 2006, **51** (1): 104-109.
- [12] 彭 锐,黄河清,郑 林. 鄱阳湖区 1959 年至 2005 年降水过程的持续性特征与减灾对策. *资源科学*, 2009, **31** (5): 731-742.
- [13] 郭 华,姜 彤,王国杰等. 1961 - 2003 年间鄱阳湖流域气候变化趋势及突变分析. *湖泊科学*, 2006, **18** (5): 443-451.
- [14] 郭 华,苏布达,王艳君等. 鄱阳湖流域 1955 - 2002 年径流系数变化趋势及其与气候因子的关系. *湖泊科学*, 2007, **19** (2): 163-169.
- [15] Zhao GJ, Hormann G, Fohrer N *et al.* Streamflow trends and climate variability impacts in Poyang Lake basin, China. *Water Resource Manage*, 2010, **24** (4): 689-706.
- [16] 王怀清,赵冠男,彭 静等. 近 50 年鄱阳湖五大流域降水变化特征研究. *长江流域资源与环境*, 2009, **18** (7): 615-619.
- [17] 郭 华,殷国强,姜 彤. 未来 50 年鄱阳湖流域气候变化预估. *长江流域资源与环境*, 2008, **17** (1): 73-78.
- [18] 蔡玉林. 多源遥感数据应用于鄱阳湖水环境研究[学位论文]. 北京: 中国科学院研究生院, 2006.
- [19] 黄嘉佑. *气象统计与预报方法* (第二版). 北京: 气象出版社, 2000: 4-5.
- [20] Serrano A, Materos VL, Garcia JA. Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921 - 1995. *Physics and Chemistry of the Earth (B)*, 1999, **24** (1 - 2): 85-90.
- [21] 符淙斌,王 强. 气候突变的定义和检测方法. *大气科学*, 1992, **16** (4): 482-493.

- [22] 姜逢清, 朱 诚, 胡汝曦. 1960-1997年新疆北部降水序列的趋势探测. 地理科学, 2002, 22(6): 669-672.
- [23] 郝兴明. 塔里木河流域地表过程耦合关系及其驱动力分析[学位论文]. 北京: 中国科学院研究生院, 2008.
- [24] Mandelbrot BB, Wallis JR. Some long-run properties of geophysical records. *Water Resource Research*, 1969, 5(2): 321-340.
- [25] Mandelbrot BB, Wallis JR. Robustness of the rescaled ranged R/S in the measurement of noncyclic long run statistical dependence. *Water Resource Research*, 1969, 5(5): 967-988.
- [26] 车慧正, 张小曳, 李 扬等. 近 50 年来城市化对西安局地气候影响的研究. 干旱区地理, 2006, 29(1): 53-58.
- [27] 冯新灵, 冯自立, 罗隆诚等. 青藏高原冷暖气候变化趋势的 R/S 分析及 Hurst 指数试验研究. 干旱区地理, 2008, 31(2): 175-181.
- [28] 樊 毅, 李 靖, 仲远见等. 基于 R/S 分析法的云南干热河谷降水变化趋势分析. 水电能源科学, 2008, 26(2): 24-27.
- [29] 黄先香, 夏冬冬, 张立波等. 1948-2001 年全球陆地及大尺度区域 6-8 月旱涝气候变化. 气候与环境研究, 2004, 9(3): 540-550.
- [30] 中国百科网(http://www.chinabaike.com/article/316/334/2007/2007022157357_3.html.)
- [31] 左长清. 江西省水土保持工作现状与战略措施. 江西水利科技, 1999, 25(4): 199-203.
- [32] 柳艳香, 赵振国, 朱艳峰等. 2000 年以来夏季长江流域降水异常研究. 高原气象, 2008, 27(4): 807-813.
- [33] 赵仲辉, 陈创买. 中国东南部夏季 1954-1990 年降水特征. 中南林学院学报, 2002, 22(2): 80-84.