

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4701.2021.02-05

鄱阳湖环湖区降水量演变特征分析

符 莎¹, 成静清², 刘章君²

(1. 曹娥江大坝运行管理中心, 浙江 绍兴, 312000; 2. 江西省水利科学院, 江西 南昌, 330029)

摘 要: 本文以鄱阳湖环湖区为研究对象, 采用 1956~2016 的鄱阳湖环湖区雨量站降水资料, 利用年内不均匀系数和完全调节系数、M-K 趋势分析法、pettitt 突变检验法以及 Morlet 小波分析法进行年内变化分析, 年际的趋势、突变分析以及周期分析。结果表明: 降水量年内季节差异性大, 夏季多雨冬季少雨, 主汛期占全年降雨的 50% 以上, 年内分配极不均匀, 但年际变化波动不大, 因湖区不同区域的降水量此消彼长, 同时非汛期和汛期降水量相互消涨, 造成总体年内年际趋势、突变均不显著的现象; 从周期上看, 环湖区年降水量具有 28 年左右的主周期, 具有 4 个多水期、3 个少水期。

关键词: 鄱阳湖环湖区; 降水量; 趋势; 突变; 周期

中图分类号: TV213.4; P333 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4701(2021)02-0105-11

0 引 言

降水作为水文循环里的一个要素, 影响着各个流域的径流、水位变化, 在水文循环中起着至关重要的作用。近年来众多专家学者分析了降水量演变特征, 其中王兆礼^[1]等为阐明珠江流域降水量的时空演变特征, 用 Mann-Kendall 法分析降水序列的变化趋势及其突变分量。结果表明: 40 年来, 流域总降水量呈微弱的增加趋势, 且具有明显的 11 年主周期振荡; 东半部以增加为主, 西南部以减少为主; 1、2、3、7 四个月份是增加明显的月份, 其余各月都呈不显著减少趋势。刘贵花^[2]等采用 Mann-Kendall 突变检验等统计分析方法分析流域降水、径流等水文气象要素及水库库容量变化趋势及突变特征, 结果表明: 流域年均降水逐渐上升, 径流与降水年际变化一致, 降水是引起径流年际变化的主要因素, 而人类活动是引起径流季节变化的主要原因。曾小凡^[3]等对长江流域年降水量进行了空间分区和时间演变分析, 利用奇异谱分析方法检测区域降水量发生

突变的情况, 结果表明, 长江流域年降水量有比较明显的空间区域特征, 各个区域年降水量的时间演变规律也不一致。衡彤^[4]等利用小波变换对降水量时间序列的多时间尺度变化及突变特征进行了探讨, 计算表明, 其年际及年代际时间尺度在时域中分布不均匀, 具有明显的局部化特征; 主汛期降水与年降水的时间尺度变化比较接近。

鄱阳湖是我国最大的淡水湖, 是一个过水性、季节性和吞吐型的浅淡水湖, 位于江西省北部、长江中下游南岸。鄱阳湖纳赣江、抚河、信江、饶河和修水五水系以及博阳河、东河和西河诸河来水, 经鄱阳湖调蓄后由湖口汇入长江。随着经济的快速增长, 鄱阳湖的水文气象要素正逐年发生着巨大变化。由于气候变化和人类活动的影响不断加剧, 鄱阳湖区水资源虽然较为丰富, 但由于降雨时空分布不均, 鄱阳湖水位变幅大, 水资源开发利用程度低、难度大, 自 2003 年三峡水库建设运行以来, 长江对鄱阳湖水文水资源的影响也日益显现。因此, 本文以鄱阳湖环湖区为研究对象, 探究环湖区的降水演变特征。

收稿日期: 2020-04-11

项目来源: 江西省水利厅科技项目(201821ZDKT08; 201922ZDKT05)。

作者简介: 符 莎(1996-), 女, 硕士。

1 资料数据与研究方法

1.1 数据来源

本文根据全国水资源综合规划水资源分区划分,以鄱阳湖环湖平原区为研究对象,范围包括:赣江从外洲水文站以下、抚河李家渡水文站以下、信江梅港水文站以下、乐安河石镇街水文站以下、昌江古县渡水文站以下、修水永修水位站以下至湖口县的湖口水文站。

由于20世纪80年代之前进行围湖造田,80年代后的退耕还湖带来的变化以及2003年之后建造的三峡水库对环湖区影响变化,本文将对鄱阳湖环湖区9个雨量站以1980年和2003年为时间点分三个时间段对年内、年际变化进行分析,各雨量站分布如图1所示,表1列出详细的水文数据。

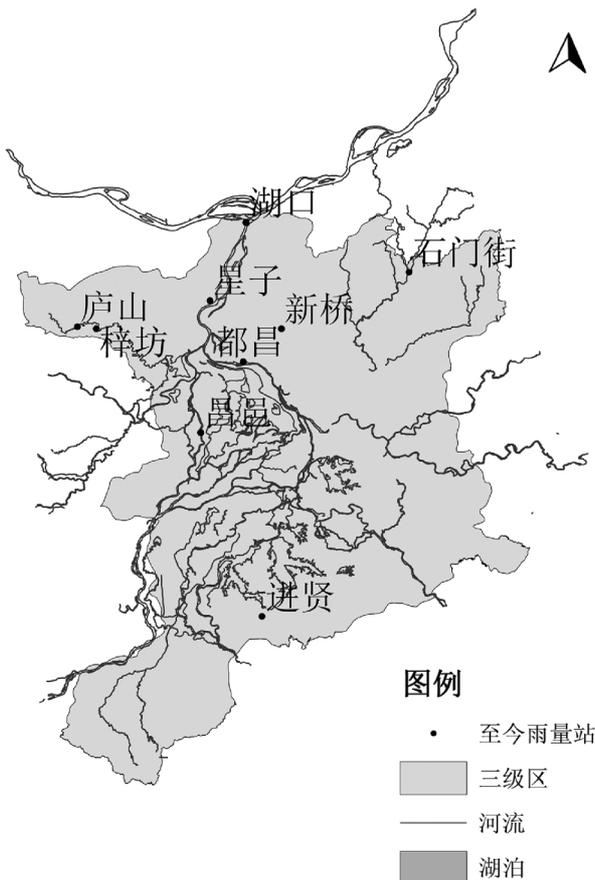


图1 鄱阳湖环湖区雨量站分布图

1.2 研究方法

1.2.1 年内变化分析

采用年内分配不均匀系数(C_n)和完全调节系数(C_r)

表1 雨量站资料汇总表

站名	年份	东经	北纬	资料项目
昌邑	1956~2016	116°02'	29°00'	降水量
进贤	1956~2016	116°15'	28°21'	降水量
新桥	1956~2016	116°19'	29°22'	降水量
樟坊	1956~2016	115°40'	29°22'	降水量
湖口	1956~2016	116°14'	29°44'	降水量
庐山	1956~2016	115°59'	29°35'	降水量
石门街	1956~2016	116°46'	29°34'	降水量
皇子	1956~2016	116°07'	29°47'	降水量
都昌	1956~2016	116°11'	29°15'	降水量

等指标作为衡量年内分配的标度,从不同角度定量分析年内分配特征的时空变化规律^[5-6]。不均匀系数和完全调节系数是水文统计中用来说明降水分配不均匀性的重要参数,能够体现水文要素调控的难易程度,其值越大年内分配越不均匀。

$$C_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (R_i - \bar{R})^2}{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} R_i}} \quad (1)$$

式中: R_i 为第*i*月平均降水量; \bar{R} 为年内月平均降水量。

$$C_r = \frac{\sum_{i=1}^{12} \psi(i) [R(i) - \bar{R}] / \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^{12} R_i}{\psi(i) = \begin{cases} 0, & R(i) < \bar{R} \\ 1, & R(i) \geq \bar{R} \end{cases}} \quad (2)$$

式中: $R(i)$ 为第*i*月平均降水量, \bar{R} 为月平均降水量, n 为序列样本长度,下同。

1.2.2 年际变化分析

1.2.2.1 趋势性

衡量年际变化的特征值常用变差系数(C_v)和年际极值比(K)表示^[5-6]。它们能够反映相对变化程度,其值越大,表示年际丰枯变化越剧烈。常用线性回归法和M-K趋势检验的趋势变化。

(1) 线性回归法

如果水文时间序列中存在线性趋势,可采用线性相关方程进行描述,即线性回归检验,其数学模型为

$$x_i = a + bt + \eta_i \quad (3)$$

采用最小二乘法对参数 a 、 b 进行估计,其值分别为

$$\hat{b} = \frac{\sum_{t=1}^n (t-\bar{t})(x_t-\bar{x})}{\sum_{t=1}^n (t-\bar{t})^2} \quad (4)$$

$$\hat{a} = \bar{x} - \hat{b}\bar{t} \quad (5)$$

式中, x_t 为水文时间序列; n 为序列样本长度; a 、 b 为线性回归检验参数; t 为时间; \bar{x} 为序列均值^[7]。

(2) Mann-Kendall 趋势检验

Mann-Kendall (M-K) 非参数检验法常用于分析降水、径流、气温等要素时间序列的趋势变化,其优点在于受少数异常值干扰较少,计算简便^[7-13]。

假设有 n 个样本量 (X_1, \dots, X_n) 的时间序列,对于所有 $k, j \leq n$, 且 $k \neq j$, X_k 和 X_j 的分布是不同的,计算检验统计量 S , 公式如下:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(X_j - X_k) \quad (6)$$

式中:

$$\text{sgn}(X_j - X_k) = \begin{cases} +1 & X_j > X_k \\ 0 & X_j = X_k \\ -1 & X_j < X_k \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (8)$$

S 服从均值为 0, 方差为 $\text{var}(S)$ 的正态分布。当 $n > 10$ 时, 标准的正态统计变量 Z 通过下式计算:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (9)$$

当统计值 Z 大于 0 时, 时间序列存在增加趋势; 小于 0 时, 则存在减少趋势。 Z 的绝对值大于 1.28、1.96 和 2.32, 分别表示通过了置信度 90%、95% 和 99% 的显著性检验。

1.2.2.2 突变性

Pettitt 法是由 Pettitt 于 1979 年提出的一种非参数变点检验方法, 该方法计算简便且受少数异常值干扰较小, 在水文、气象等领域应用十分广泛。对于一个水文时间序列 x_1, x_2, \dots, x_n , 假设序列中突变点最有可能

发生在 t 时刻, 因此, 以 t 为分割点, 将样本序列分为 x_1, x_2, \dots, x_t 和 $x_{t+1}, x_{t+2}, \dots, x_n$ 两个部分, 分别服从分布 $F_1(x)$ 和 $F_2(x)$, Pettitt 检验即在显著性水平 α 下, 检验 $F_1(x)$ 和 $F_2(x)$ 是否为同一分布^[14]。计算统计量 $U_{t,n}$:

$$U_{t,n} = U_{t-1,n} + V_{t,n}, t=2, \dots, n \quad (10)$$

式中: $V_{t,n} = \sum_{j=1}^n \text{sgn}(x_t - x_j)$, $\text{sgn}(x_t - x_j)$ 和 n 含义同上,

其中 $U_{1,n} = V_{1,n}$ 。

于是得到可能突变点位置 t 对应的统计量 K_t 为:

$$K_t = \max_{1 \leq t \leq n} |U_{t,n}| \quad (11)$$

突变点的显著性水平为:

$$p_t = 2 \exp[-6K_t^2(n^3+n^2)] \quad (12)$$

原假设为实测样本序列无突变, 当 $p_t > \alpha$ 时, 则接受原假设, 认为序列在位置 t 处不存在显著的突变点; 当 $p_t < \alpha$ 时, 则拒绝原假设, 认为序列在位置 t 处存在显著的突变点。

1.2.2.3 周期性

小波函数指的是具有震荡特性、能够迅速衰减到零的一类函数, 即 $\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t) dt = 0$ 。目前有很多小波函数可选用, 本文采用 Morlet 小波。 $\psi(t)$ 通过伸缩和平移构成一簇函数系:

$$\psi_{a,b}(t) = |a|^{-1/2} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad b \in R, a \in R, a \neq 0 \quad (13)$$

称 $\psi_{a,b}(t)$ 为子小波; a 为尺度因子, 反映小波的周期长度; b 为时间因子, 反映时间上的平移。

小波变换若 $\psi_{a,b}$ 是 (14) 式给出的子小波, 对于时间序列 $f(t) \in L_2(R)$, 其连续小波变换定义为:

$$W_f(a,b) = |a|^{-1/2} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \bar{\psi}\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (14)$$

式 (14) 中, $\bar{\psi}(t)$ 为 $\psi(t)$ 的复共轭函数; $W_f(a,b)$ 称小波 (变换) 系数。实际工作中, 时间序列常常是离散的。如 $f(k \Delta t)$ ($k=1, 2, \dots, N$; Δt 为取样时间间隔), 则式 (15) 的离散形式为:

$$W_f(a,b) = |a|^{-1/2} \Delta t \sum_{k=1}^N f(k \Delta t) \bar{\psi}\left(\frac{k \Delta t - b}{a}\right) \quad (15)$$

$W_f(a,b)$ 随参数 a 和 b 变化, 可作出以 b 为横坐标, a 为纵坐标的关于 $W_f(a,b)$ 的二维等值线图。将时间域

上的关于 a 的所有小波系数的平方进行积分, 即为小波方差, 小波方差随尺度 a 变化过程称小波方差图^[4,15]。

2 结果分析

2.1 年内变化分析

本文以 9 个雨量站的降水量的平均值作为环湖区的降水量, 首先计算各雨量站 1956~2016 年月平均降水量占全年降水量的百分比, 结果见表 2, 并绘制各雨量站的月平均分配的年内过程图(图 2)。由表 2 可知各站连续 4 个月最大降雨量分布在 4~7 月。

从月平均降水量时间分布来看, 各雨量站的最大月平均降水量均分布在 6 月, 各站 6 月月平均降水量分别占全年降水量 17.29%、18.87%、16.53%、16.25%、16.89%、14.73%、17.52%、17.23%、16.89%, 庐山站 6 月平均降水量占年降水量的比重最小, 进贤站 6 月降水量占年降水量的比重最大。各站月平均降水量最小的月份分布在 12 月, 各站 12 月月平均降水量分别占全年降水量 3.00%、3.01%、2.93%、2.85%、3.02%、2.76%、2.89%、2.58%、2.71%, 因此, 鄱阳湖环湖区降水季节差异较大, 年内分配极不均匀, 这种变化加剧了降水年内分布的不平衡, 增加了流域洪涝和干旱灾害发生

表 2 鄱阳湖环湖区雨量站 1~12 月月平均降水量占全年降水量百分比

站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
昌邑	4.09	6.55	10.64	14.25	14.66	17.29	9.38	7.01	4.94	4.01	4.18	3.00
进贤	4.53	6.27	10.75	13.99	14.84	18.87	8.74	7.00	4.01	3.41	4.57	3.01
新桥	4.02	6.35	10.11	13.78	15.01	16.53	10.62	8.06	4.67	3.83	4.09	2.93
梓坊	4.02	5.94	9.25	12.85	13.89	16.25	10.85	9.77	5.63	4.34	4.36	2.85
湖口	4.21	6.32	9.23	12.27	14.03	16.89	11.23	7.94	5.34	4.96	4.57	3.02
庐山	3.49	4.94	7.77	10.87	13.35	14.73	11.77	12.97	7.84	5.19	4.32	2.76
石门街	4.23	6.26	9.66	13.50	14.46	17.52	11.96	7.28	4.13	4.16	3.97	2.89
星子	3.67	5.62	9.01	13.17	15.49	17.23	11.14	9.11	4.86	4.01	4.12	2.58
都昌	3.87	6.58	9.85	14.32	15.05	16.89	10.40	7.68	4.63	3.85	4.18	2.71
环湖区	4.00	6.05	9.53	13.14	14.49	16.86	10.70	8.69	5.21	4.22	4.26	2.86

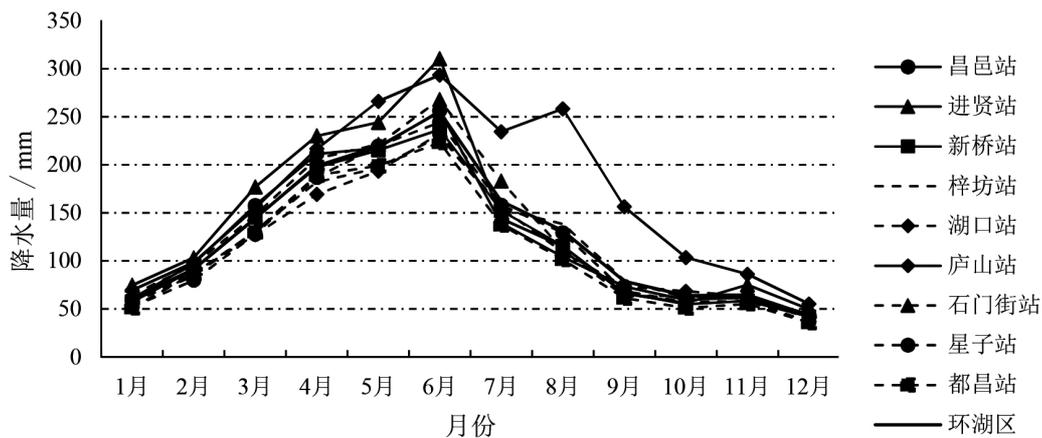


图 2 鄱阳湖环湖区雨量站 1~12 月降水量月平均分配年内过程图

的几率。

从月平均降水量的空间分布来看,各站连续最大4个月总降水量占年降水量分别是 55.58%、56.45%、55.94%、53.85%、54.42%、50.71%、57.43%、57.03%、56.65%,其中石门街站最大,其次是星子站,环湖区的东北部较西南部降雨季节性差异更加明显;由图 2 可以看到,庐山站的各月平均降水量较其他站的降水量偏多,由于庐山站位于海拔 1 164m 的地方,受地形影响,不同高程降水量不同,庐山地区的海拔高程与降水

量有较大关系,随高程增加而降水量也随之增大。

下面采用不均匀系数、完全调节系数的计算方法进一步对降水年内分配作定量分析,以 1980 年和 2003 年为界对比分析,计算成果见表 3。从计算结果来看,昌邑站的不均匀系数从 1956~1979 年的 0.679 上升到 1980~2002 年的 0.734,再到 2003~2016 年的 0.832,湖口站是逐步下降,其他站都是在 1980 年前后是下降的,2003 年前后是上升的;而从完全调节系数来看,昌邑站和庐山站逐步上升,进贤站、湖口站、石门街

表 3 鄱阳湖环湖区雨量站降水量年内分配特征值

站名	不均匀系数			完全调节系数		
	1956~1979	1980~2002	2003~2016	1956~1979	1980~2002	2003~2016
昌邑	0.679	0.734	0.832	0.282	0.304	0.320
进贤	0.756	0.755	0.749	0.313	0.307	0.303
新桥	0.799	0.747	0.757	0.331	0.304	0.305
梓坊	0.765	0.708	0.729	0.310	0.288	0.292
湖口	0.786	0.717	0.698	0.317	0.298	0.280
庐山	0.696	0.681	0.721	0.282	0.278	0.280
石门街	0.787	0.761	0.773	0.316	0.312	0.309
星子	0.811	0.774	0.781	0.326	0.316	0.312
都昌	0.813	0.763	0.847	0.329	0.316	0.330
环湖区	0.706	0.682	0.690	0.293	0.286	0.281

以及星子站逐步下降,其余各站先下降后上升,各站降水量的不均匀系数和完全调节系数变化规律具有较好的同步性。

从时间上来看,对比 1980 年以前,1980 年以后除昌邑站降水量分配更加不均匀,其他站降水量的不均匀性有所缓解的趋势,但整体的变化不明显;对比 2003 年以后,各站降水量都较 2003 年以前不均匀性加剧,但不显著。例如都昌站在 1956~1979 年的不均匀系数和完全调节系数是 0.813、0.329,1980~2002 年下降到 0.763、0.316,2003~2016 年又上升到 0.847、0.330,而整个环湖区的降水量年内分配逐年趋向均匀。

从空间上来看,石门街站、星子站以及都昌站的不均匀系数和完全调节系数较其他雨量站更大,说明鄱阳湖环湖区西南部较东北部的降雨年内分配更均匀,

同时环湖区东西部或者南北部的降水量相互消涨,使整个湖区降水量年内分配趋向均匀。

2.2 趋势变化

运用变差系数和年际极值比定量分析降水的相对变化程度,其值越大,说明降水的丰枯变化越剧烈。由表 4 可以看出庐山站的年最大降水量为 3 034.8mm,发生在 1975 年,大多数雨量站的最大年降雨量发生在 1998 年,都昌站的最大年降水量最小,为 699.1mm,发生在 1978 年,同时大多数雨量站的最小年降水量发生在 1978 年。各站的变差系数在 0.19~0.45 之间,其中庐山站的变差系数最大,各站的极值比在 2.40~2.89 之间,其中都昌站极值比最大。各站的年极值比和变差系数都较小,说明鄱阳湖环湖区的年降水量总体变化不显著。

表4 1956~2016年鄱阳湖环湖区雨量站降水量年际变化特征值

站名	多年平均降水/mm	变差系数	最大年降水量		最小年降水量		极值比
			降水量/mm	年份/年	降水量/mm	年份/年	
昌邑	1 482.908	0.21	2 414.4	1973	952.7	2007	2.53
进贤	1 645.033	0.24	2 587.5	2010	1 078.7	1971	2.40
新桥	1 432.695	0.21	2 240.9	1998	888.8	1978	2.52
梓坊	1 415.348	0.19	2 111.7	1998	874	1979	2.42
湖口	1 378.284	0.19	2 059.2	1999	763.3	1978	2.70
庐山	1 992.607	0.45	3 034.8	1975	1 181.7	1978	2.57
石门街	1 529.764	0.23	2 282.5	2015	834.7	1978	2.73
星子	1 418.354	0.21	2 202.8	1998	774.3	1978	2.84
都昌	1 321.561	0.24	2 019.0	1998	699.1	1978	2.89
环湖区	1 469.650	0.19	2 107.1	1998	911.8	1978	2.31

运用线性回归法和 M-K 趋势检验法对鄱阳湖环湖区的雨量站进行趋势分析,并将结果列于表 5、表 6,绘制了年降水量变化明显的代表站年际变化趋势图。

表 5 中可以看到线性回归法求得的各雨量站的相关系数 R^2 , 其中 $|r_\alpha|=0.252$, 超过 95% 的置信水平用“*”表示。从图 3 中可以看,其中石门街站 7 月呈明显的上升

表5 1956~2016年鄱阳湖环湖区雨量站1~12月年降水量线性回归分析结果

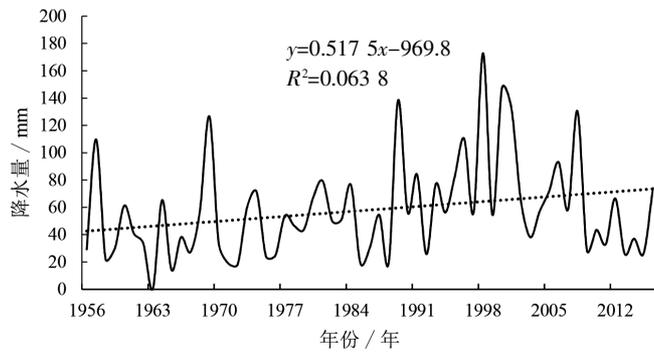
站名	昌邑	进贤	新桥	梓坊	湖口	庐山	石门街	星子	都昌
1月	0.001	0.022 4	0.022	0.044	0.063 8	0.031 7	0.029	0.047 9	0.003
2月	0.021 7	0.016	0.002	0.000 1	0.003	0.001 2	0.033 9	0.009	0.000 1
3月	0.026 9	0.014	0.022	0.011	0.000 2	0.000 1	0.000 2	0.006	0.051
4月	0.005 5	0.001	0.006	0.004	0.006	0.002 3	0.001	0.000 2	0.041
5月	0.255	0.021	0.004	0.007	0.012	0.015 4	0.002	0.000 4	0.021
6月	0.000 2	0.026	0.019	0.007	0.000 1	0.013 6	0.022	0.002	0.014
7月	0.004 3	0.011	0.015	0.047	0.022	0.041 2	0.135 5	0.033	0.001
8月	0.039 6	0.027	0.002	0.031	0.002	0.040	0.004	0.005	0.002
9月	0.031 6	0.013	0.001	0.038	0.007	0.000 2	0.025	0.002	0.001 3
10月	0.024 9	0.016	0.000 2	0.001	0.002	0.004 6	0.000 2	0.001	0.001 2
11月	0.012 4	0.106	0.053	0.034	0.011	0.004 3	0.047	0.046	0.051
12月	0.000 1	0.019	0.015	0.001	0.009	0.005 2	0.012	0.018	0.002
全年	0.027 7	0.053 1	0.014	0.080 6*	0.007 4	0.040 4	0.08	0.046 8	0.001

注:“*”表示超过 95% 的置信水平。

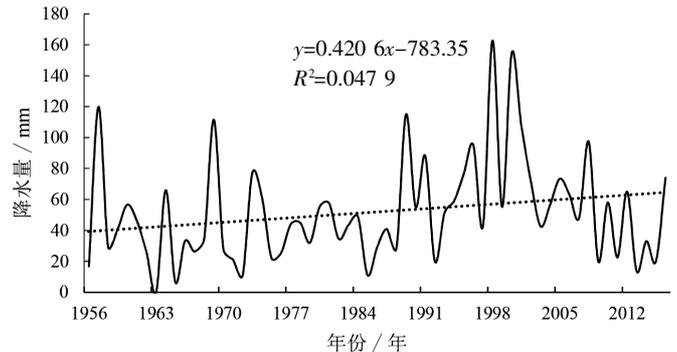
表 6 鄱阳湖雨量站降水量 M-K 趋势检验结果

站名	昌邑	进贤	新桥	梓坊	湖口	庐山	石门街	星子	都昌
1 月	-0.193	1.077	1.369	1.68	2.022*	1.201	1.798	1.960*	0.778
2 月	-1.12	0.828	0.461	0.317	0.94	0.093	1.562	0.821	-0.056
3 月	-1.537	0.548	-1.624	0.187	-0.361	0.181	-0.541	-0.006	-1.649
4 月	-1.35	-0.417	-0.877	-0.591	-0.517	-0.367	0.069	-0.218	-1.189
5 月	0.255	-0.927	-0.386	-0.33	-1.077	-0.741	0.442	0.131	-0.653
6 月	-0.442	0.517	0.541	0.293	-0.529	0.803	0.865	0.255	0.193
7 月	-1.245	0.958	0.554	1.338	1.487	1.45	2.010*	1.45	0.00
8 月	-2.191*	1.624	0.622	1.711	0.454	1.699	0.143	0.392	-0.143
9 月	-1.525	0.498	0.479	1.189	-0.585	-0.66	-0.778	0.1	0.012
10 月	0.703	-1.382	0.243	0.156	0.909	1.176	0.635	0.622	-0.181
11 月	-0.517	1.836	1.886	1.711	0.79	0.479	1.662	1.823	1.475
12 月	0.23	0.23	0.809	0.112	0.79	0.51	0.517	0.56	0.183
全年	-1.38	1.3	0.48	1.67	0.53	1.67	0.53	1.23	-0.42

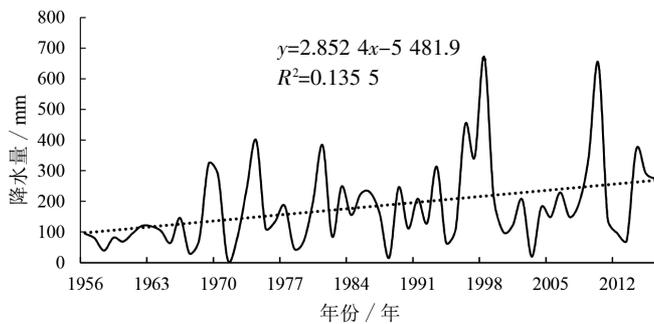
注：“*”表示超过 95%的置信水平，“**”表示超过 99%的置信水平。



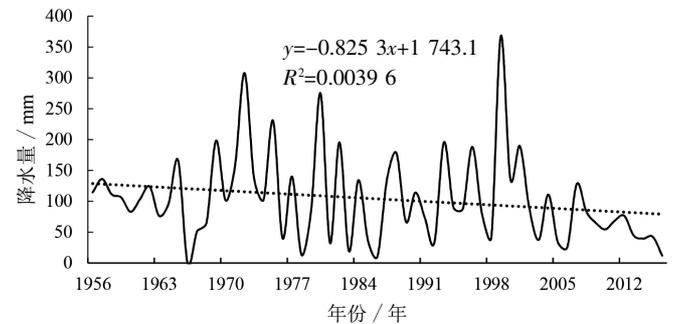
(a)湖口站 1 月降水变化趋势图



(b)星子站 1 月降水变化趋势图



(c)石门街站 7 月降水变化趋势图



(d)昌邑站 8 月降水变化趋势图

图 3 代表站降雨趋势变化图

趋势。而利用 M-K 趋势检验各站的各月平均降水量和年降水量,发现星子站和湖口站 1 月、石门街站的 7 月以及昌邑站的 8 月通过 95% 的显著性检验,其他站未发生明显趋势变化,说明鄱阳湖环湖区东北部降水量年际变化明显,并且丰枯变化较西南部更加显著。

2.3 突变性

Pettitt 检验在近几年被广泛用于水文序列的突变检验,对于变异点在两端的序列比较敏感,且适合检验大容量的样本序列,下面利用这一方法对雨量站进行

突变检验,结果列于表 7,并绘制出突变明显的雨量代表站(星子站、石门街站)前后均值的突变过程图,见图 4,其中梓坊、湖口、庐山、石门街、星子等雨量站在 1 月降水量均发生显著突变,突变点都在 1988 年;石门街站 7 月降水量超过了 95% 的置信水平,突变发生在 1995 年。

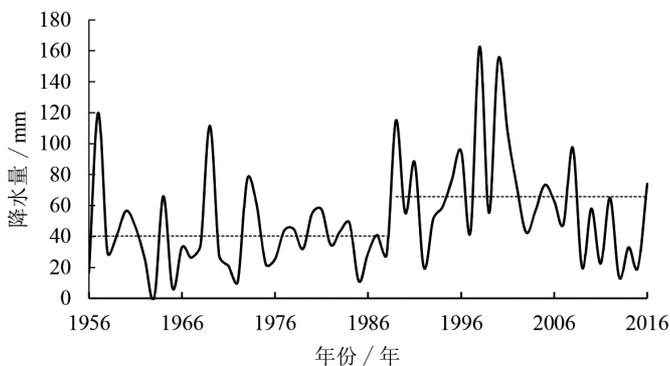
2.4 周期性

根据鄱阳湖环湖区年降雨量进行周期分析,图 5 是鄱阳湖环湖区年降水量的实部(a)和模方(b)的时频

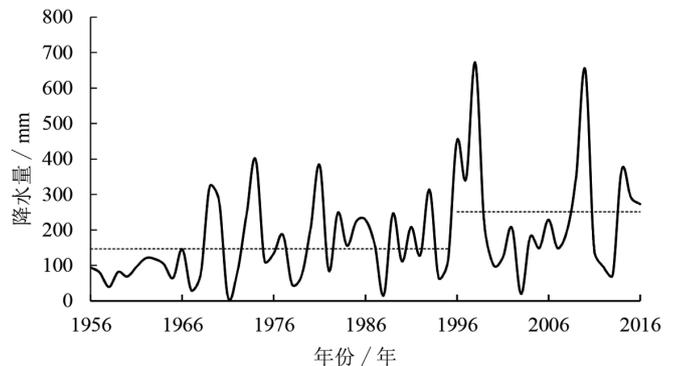
表 7 鄱阳湖环湖区雨量站 1~12 月月平均降水量 pettitt 突变检验结果

站名	昌邑	进贤	新桥	梓坊	湖口	庐山	石门街	星子	都昌
1 月	1.635	0.692	0.135	0.039*	0.009*	0.097	0.049*	0.024*	0.642
2 月	0.482	0.601	1.501	1.773	1.002	1.518	0.354	1.236	1.501
3 月	0.228	1.011	0.218	1.650	1.657	1.754	1.263	1.672	0.110
4 月	0.331	1.254	0.837	1.071	1.597	1.721	1.748	1.534	0.172
5 月	1.245	0.536	0.837	1.028	0.499	0.685	1.485	1.349	0.084
6 月	1.435	1.613	1.613	1.341	1.665	1.297	1.079	1.665	1.574
7 月	0.505	1.062	1.324	0.327	0.149	0.276	0.003*	0.384	1.773
8 月	0.078	0.389	0.977	0.149	1.054	1.468	0.081	0.935	1.643
9 月	0.091	0.813	0.886	0.476	1.002	1.028	0.327	0.960	1.542
10 月	0.276	0.420	1.011	1.460	0.555	0.968	0.759	0.821	1.657
11 月	1.518	0.389	0.249	0.530	1.358	1.375	0.530	0.313	0.442
12 月	0.663	0.877	1.263	1.526	1.306	1.628	1.566	1.501	1.011
全年	0.373	0.581	1.306	0.104	0.190	0.097	0.221	0.108	0.253

注:“*”表示超过 95% 的置信水平,“**”表示超过 99% 的置信水平。



(a) 星子站 1 月降水突变过程图



(b) 石门街站 7 月降水突变过程图

图 4 星子站及石门街站降水突变过程图

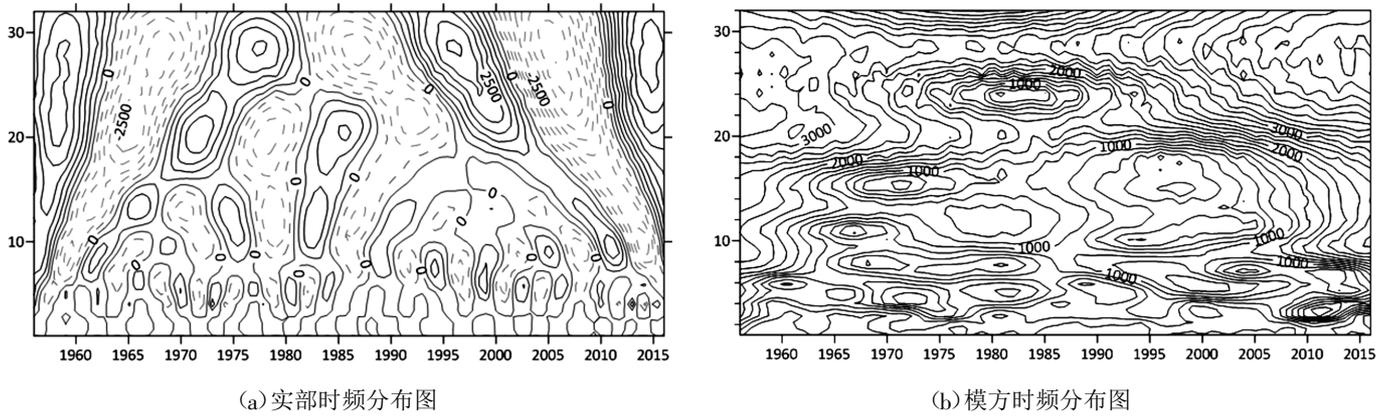


图 5 年降水量小波变换的实部(a)和模方(b)时频分布图

分布图,模的大小表示特征时间尺度信号的强弱,实部表示不同特征时间尺度信号在不同时间上的分布和位相两方面的信息。从模方的时频分布图来看各时段尺度的强弱分布,其中 3~9 年时间尺度变化较强,主要发生在 1960~1986 年,振荡中心在 1981 年;22~28 年的时间尺度变化也比较明显,主要出现在 20 世纪 60 年代到 20 世纪 90 年代,振荡中心在 1981 年左右。

由实部等值线图可以看出年降水量时间尺度变

化、突变点分布及其位相结构。其中 3~7 年尺度表现十分明显,其中心时间尺度为 5 年左右,正负位相交替出现;10~14 年时间尺度表现突出,其尺度中心在 13 年左右,其次 25~30 年时间尺度表现十分明显,其尺度中心在 28 年左右。

根据图 6 的小波方差图可以明显地看出年降水量序列主要存在 28 年左右的主周期,图 7 绘制的 28 年时间尺度的小波变换系数变化过程,有四个多水期

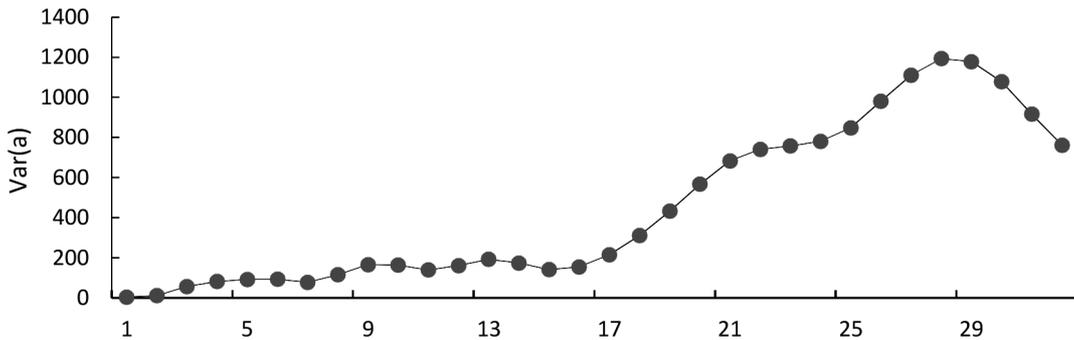


图 6 年降水量小波方差图

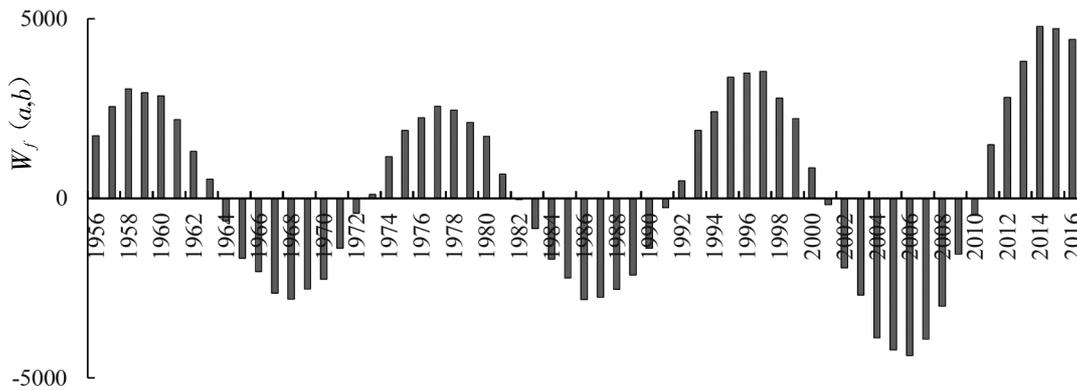


图 7 年降水量 28 年时间尺度的小波变换实部变化过程

(1956~1964年、1974~1982年、1993~2002年以及2011年以后)和三个少水期(1964~1974年、1982~1993年以及2002~2011年),旱涝突变点有1964年、1974年、1982年、1993年、2002年以及2011年,且鄱阳湖环湖区的年降水量的平均周期在19年左右,大约经历了3.5个变化期。

3 结 论

通过对环湖区月尺度和年尺度的降水量分析结果,得出以下结论:

(1)环湖区降水量年内季节差异性大,主汛期占全年降雨的50%~60%,降水量年内分配极不均匀,12月降水量在全年最少,6月降水量全年最多,东北部较西南部降雨季节性差异更加明显,庐山站的降水量受地形影响较大。相较1956~1980年,1980~2003年区域降雨量年内分配趋向均匀,而2003~2016年,降雨量年内分配的不均匀性有所增长,从1956~2016年来看降水量的季节差异性有所下降。

(2)环湖区最大的年降水量在1998年,达2107.1mm,最小年降水量在1978年,为911.8mm,极值比为2.31,降水量的年际变化波动不大。1956~2016年星子站和湖口站1月降水量趋势变化明显,渡峰坑站8月以及石门街站7月的趋势变化明显;梓坊、湖口、庐山、石门街、星子等雨量站1月降水量均发生显著突变,突变点都在1988年,石门街站7月降水量超过了95%的置信水平,突变发生在1995年。而环湖区1~12月总体趋势以及突变并不明显,说明湖区内不同区域的降水量此消彼长,同时非汛期和汛期相互消涨,造成总体突变以及趋势变化不显著的现象。

(3)环湖区的年降水量序列存在28年左右的主周期,根据28年时间尺度的小波变换系数变化过程,在28年尺度下有4个多水期、3个少水期。

本文分析了环湖区近60年的降水变化,降水是影响径流变化的主要因素,当地降水量的变化会直接或间接影响洪水的变化,本文研究成果可为鄱阳湖旱灾的预防治理和未来水资源调节防控提供借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 王兆礼,陈晓宏,张灵,等.近40年来珠江流域降水量的时空演变特征[J].水文,2006(06):71-75.
- [2] 刘贵花,栾兆擎,阎百兴.三江平原挠力河流域50年降水时空分布特征[J].干旱区资源与环境,2013,27(02):131-136.
- [3] 曾小凡,翟建青,姜彤,等.长江流域年降水量的空间特征和演变规律分析[J].河海大学学报(自然科学版),2008,36(06):727-732.
- [4] 衡彤,王文圣,丁晶.降水量时间序列变化的小波特征[J].长江流域资源与环境,2002(05):466-470.
- [5] 罗颖.洮河流域水文循环特征及其人类活动影响因素探析[D].兰州大学,2015.
- [6] 张范平,方少文,周祖昊,等.鄱阳湖水位多时间尺度动态变化特性分析[J].长江流域资源与环境,2017,26(01):126-133.
- [7] 霍雨,王腊春,陈晓玲,等.1950s以来鄱阳湖流域降水变化趋势及其持续性特征[J].湖泊科学,2011,23(03):454-462.
- [8] 郭华,姜彤,王国杰.1961-2003年间鄱阳湖流域气候变化趋势及突变分析[J].湖泊科学,2006(05):443-451.
- [9] 原立峰,杨桂山,李恒鹏,等.近50年来鄱阳湖流域降雨多时间尺度变化规律研究[J].长江流域资源与环境,2014,23(03):434-440.
- [10] 尹义星,陈海山,赵君,等.鄱阳湖流域1951-2010年极值降水指数变化趋势分析[J].中国农村水利水电,2015(03):1-5+9.
- [11] Wang R H, Li C. Spatiotemporal analysis of precipitation trends during 1961 - 2010 in Hubei province, central China [J]. Theoretical and Applied Climatology, 2016, 124(1-2).
- [12] Yang H L, Xiao H, Guo C W, Sun Y. Spatial-temporal analysis of precipitation variability in Qinghai Province, China [J]. Atmospheric Research, 2019, 228.
- [13] 鄢波,张潇,夏自强,等.黑龙江流域降水变化特征分析[J].长江科学院院报,2019,36(07):14-17+22.
- [14] 张应华,宋献方.水文气象序列趋势分析与变异诊断的方法及其对比[J].干旱区地理,2015,38(04):652-665.
- [15] 李荣昉,王鹏,吴敦银.鄱阳湖流域年降水时间序列的小波分析[J].水文,2012,32(01):29-31+79.
- [16] 程时长,张俊才.庐山地区水文特征[J].江西水利科技,1997(04):47-52.

编辑:张绍付

Analysis on the Evolution Characteristics of precipitation in the circum region of Poyang Lake

FU Sha¹, CHENG Jingqing², LIU Zhangjun²

(1. Caojiang Sluice Operation Control Center, Shaoxing 312000, China;

2. Jiangxi Academy of Water Science and Engineering, Nanchang 330029, China)

Abstract: This article takes the hydrologic network around Poyang Lake as the research object, and uses the data of precipitation from 1956 to 2016. It uses the linear regression, Mann-Kendall method, Pettitt method, and Morlet wavelet analytical method to conduct annual and inter-annual trends, Mutation analysis and cycle analysis. The results show that the seasonal variation of precipitation during the year is large, with heavy rains in summer and less rain in winter. The main flood season accounts for more than 50% of the annual rainfall. The distribution during the year is extremely uneven, but the interannual variation is not large. Consumption increases, while precipitation in the non-flood season and the flood season mutually increases, causing the overall interannual trend and abrupt change in the year. From a cyclical point of view, the annual rainfall has a main cycle of about 28 years, with four periods of high water, three periods of low water. Under the 28-year scale, there will be more precipitation after 2016 and less precipitation after 2019.

Key words: Hydrologic network around Poyang Lake; Precipitation; Trend; Mutation analysis; Cycle analysis

翻译: 符 莎

吴义泉调研指导宜春市应急备用水源建设和水资源监测管理工作

2021年4月7日至8日,吴义泉副厅长赴宜春市调研应急备用水源工程建设和水资源监测管理工作。

吴义泉一行检查了宜春中心城区应急备用水源工程四方井水库和供水管道建设现场,听取了项目建设单位的工作汇报。吴义泉要求有关部门要以高度的政治责任意识,积极推进四方井水利枢纽工程建设,对于剩余的两处下穿铁路管涵,要积极协调铁路主管部门,持续跟进落实,尽早打通最后的管线,实现应急备用水源工程尽早通水运行。

吴义泉一行调研了宜春市袁州区金瑞镇自来水厂、宜春银龙水务有限公司的国家水资源监控点,详细了解监测设施的日常运行及数据传输情况,并对做好水资源监测工作提出三点要求。一是要加强设施运行维护。定期组织对取水计量和传输设施进行校准检定,发现问题及时上报、处置,确保设施正常运行和数据传输的稳定性。二是要加强科技应用。要主动对接,积极引进水资源监测方面新的科研成果和设备,使其更好地服务于最严格水资源管理对取水计量监测的现实需求。三是要做好数据衔接。针对存在水行政主管部门和取用水户各自装有取水计量设施的情况,要统筹考虑,按照数据共享的原则,力争实现一个数据出口,避免出现数据打架、两张皮的情况,保证水资源监测数据的准确性、权威性。

期间,吴义泉一行还专程对茅洲水文站袁河生态流量监测和国能丰城发电有限公司取用水情况进行了实地调研。

(http://slt.jiangxi.gov.cn/art/2021/4/12/art_27165_3314399.html, 2021-04-25 江西省水利厅水资源处 吴涛)