

Characteristic Analysis of Inflow and Water Resources in the Poyang Lake Basin

Zhongwen Yu, Guoliang Tan, Guowen Li

Hydrology Bureau of Jiangxi Province, Nanchang
Email: 441279953@qq.com

Received: Sep. 1st, 2014; revised: Nov. 5th, 2014; accepted: Nov. 10th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Poyang Lake basin accounts for 97.2% of total land area in Jiangxi Province and 9% of Yangtze River basin, and the change of water resources in the Poyang Lake significantly affects Yangtze River drainage area. In this study, the inter-annual, intra-annual and regional variation rules of each element were obtained through analyzing precipitation, runoff and other elements of hydrology and water resources in the Poyang Lake basin. Meanwhile, the Mann-Kendall (MK) method was used to analyze the precipitation of the Poyang Lake basin and the significance level of variation trend of annual inflow in each station.

Keywords

Poyang Lake, Water Resources, Inflow Runoff, Trend Analysis

鄱阳湖入湖径流和水资源变化特征分析

喻中文, 谭国良, 李国文

江西省水文局, 南昌
Email: 441279953@qq.com

收稿日期: 2014年9月1日; 修回日期: 2014年11月5日; 录用日期: 2014年11月10日

作者简介: 喻中文(1976-), 男, 工程师, 主要从事水文水资源分析、水资源调查评价工作。

摘要

鄱阳湖流域占江西省国土总面积的97.2%，占长江控制流域面积的9%，鄱阳湖流域水资源变化对长江流域有着显著影响。本文通过分析鄱阳湖流域降水、径流等水文水资源要素，得出了各要素的年际、年内及地域空间上的变化规律。同时，采用Mann-Kendall (MK)方法，分析鄱阳湖流域降水量以及各站年入湖径流的变化趋势。

关键词

鄱阳湖，水资源量，入湖径流，变化趋势

1. 引言

鄱阳湖位于长江中下游南岸，庐山东南麓，江西省北部，为中国最大淡水湖。承纳赣江、抚河、信江、饶河、修河五大水系及区间(五河控制水文站以下至湖口之间的区域，含湖区直接入湖河流)来水，调蓄后经湖口汇入长江，构成以鄱阳湖为汇集中心的完整辐聚水系。鄱阳湖流域由五大水系流域和鄱阳湖区构成，总面积162,225 km²，占江西省国土面积的97.2%。五大水系控制水文站以上流域面积137,143 km²，占鄱阳湖流域总面积的84.5%，控制站以下至湖口的区间面积25,082 km²，占15.5%。

水资源是基础自然资源，是生态环境的重要控制性因素之一；同时又是战略性经济资源。近年来，水资源的国家战略及其相关科学问题，是全球共同关注和各国政府的重点议题之一。近年来，有关鄱阳湖的研究相对较多，陈静对鄱阳湖流域水资源利用现状进行了分析[1]，罗蔚等对近50年鄱阳湖流域入湖总水量变化与旱涝急转规律进行了分析[2]，严蜜和刘健对鄱阳湖流域干旱气候特征进行了研究[3]，这些研究大多是针对鄱阳湖水资源开发利用现状以及洪水、干旱等特性的分析，对鄱阳湖流域水资源特征以及入湖径流变化的研究较少。为更好的研究鄱阳湖，本文应用近50年鄱阳湖流域实测水文资料，对鄱阳湖流域降水量、径流量进行了分析，利用Mann-Kendall (MK)方法对鄱阳湖入湖径流演变特征进行了研究。

2. 降水

2.1. 降水特征

鄱阳湖流域地处中亚热带湿润季风气候区，气候温和，雨量丰沛，光照充足，无霜期较长。流域降水具有雨量丰沛、时段集中、强度大、时空分布不均等特点。鄱阳湖流域降水量丰沛，降水主要受季风影响，其水汽主要来自太平洋西部的南海，其次是东海和印度洋的孟加拉湾。一般每年的4月前后，暖湿的夏季风开始盛行，雨量逐渐增加。由于5~6月冷暖气流交绥于江南地带，且经常出现于流域内，降水量猛增。7~9月由于受到副热带高压的控制，除有地方性雷阵雨及偶有台风雨外，全流域雨水稀少，而在冬春季节，受来自西伯利亚及蒙古高原的干冷气团影响，降水较少。

2.2. 降水年内分布

鄱阳湖流域降水量年内分配的特点是季节分配不均，汛期暴雨多，强度大。历年各月降水量，一般从1月份的4%左右开始逐月上升，至5、6月份达17%~19%为全年最高，自7月份开始逐月下降，至11月、12月为全年最小值，约占全年的3%。最大月降水量出现的月份全流域比较有规律，各地都出现在5、6月份，最小月降水量出现的月份，全流域普遍出现在11、12月。降水分配不均，主要集中在汛

期(4~9月),其降水量占全年降水量的60%~90%,1~3月、10~12月合计只占10%~40%。

2.3. 降水年际变化

鄱阳湖流域1956~2011年多年平均年降水深为1631.0 mm,折合降水总量为2646亿 m^3 ;鄱阳湖流域2001~2011年平均年降水深为1601.8 mm,折合降水总量为2598.5亿 m^3 。流域年降水量最大值为2139.6 mm(3471亿 m^3 、1975年),最小值为1145.6 mm(1858亿 m^3 、1963年),极值比为1.87,年降水系列的Cv值为0.16。年降水量变差系数Cv值反映了鄱阳湖流域年降水量年际之间的变化比较稳定,1956~2000年系列与2001~2011年系列Cv值比较接近,不同系列鄱阳湖流域年降水量统计值见表1。

2.4. 降水地区分布

鄱阳湖流域降水量有5个高值区,一是怀玉山山区高值区:该区位于乐安河的古坦、清华一带,其多年平均年降水量普遍大于2000 mm;二是武夷山山区高值区:该区位于信江南部,资溪以东的武夷山脉地带,与福建省北部边境形成一个高值区,其多年平均年降水量达2000 mm。该高值区与地形的高程有明显关系,其年降水量的分布随高程的增高而递增;三是九岭山山区高值区:该区位于铜鼓以东,宜丰以北,靖安以西的九岭山南麓为主的狭长地区,其多年平均年降水量高普遍大于1800 mm,最高值出现在宜丰县潭山镇找桥村附近,其值略大于2000 mm;四是罗霄山山区高值区:该区位于井冈山市和遂川西部地区,与湖南省界形成一狭长的高值区。多年平均年降水量大于1600 mm,而在其中心区的小夏、七岭、上洞一带,其年降水量普遍大于1800 mm;五是庐山高值区:由于地形抬升的关系,在星子县庐山山区形成了一个降水量高值区。中心区庐山降水量达1800 mm以上。低值区在赣中南盆地:该区位于峡江以南,信丰以北,东至吉水、白沙、兴国,西达林坑、横岭、坪市的广大地区。其多年平均年降水量小于1500 mm,中心区小于1400 mm,出现在吉安以南,赣州以北的吉泰盆地。

3. 地表水资源量

3.1. 径流的多年变化及年内分配

鄱阳湖流域多年平均年径流量为 $1436 \times 10^8 m^3$,平均年径流深885.1 mm。径流年内分布不均,汛期集中。4~6月径流量约占全年的50%,4~9月径流量占全年的66%~81%,且多以暴雨洪水形式出现,占年径流35%~40%的洪水资源不仅白白流失,且易造成洪涝灾害。

鄱阳湖流域径流量年际分布不均,丰水年如1998年径流量 $2429 \times 10^8 m^3$,枯水年如1963年径流量 $558.3 \times 10^8 m^3$,前者约是后者的4.4倍,三是来水高峰期与用水高峰期不同步,7~9月为用水高峰季节,占全年用水量的60%~70%,而来水量仅占全年的23%左右,加之水利工程调蓄能力不足,往往容易出现干旱缺水。

Table 1. Characteristic values of precipitation in the Poyang Lake basin

表1. 鄱阳湖流域降水量特征值统计表

系列	年降水量均值		Cv	年降水量 最大值(mm)	年降水量 最小值(mm)	极值比
	降水深(mm)	降水量(亿 m^3)				
1956~2000年	1647.6	2670.1	0.16	2139.6 (1975年)	1145.6 (1963年)	1.87
2001~2010年	1601.8	2598.5	0.17	2086.2 (2010年)	1298 (2007年)	1.61
1956~2011年	1631.0	2646.0	0.16	2139.6 (1975年)	1145.6 (1963年)	1.87

3.2. 径流地区分布特点

流域多年平均年径流深大致呈如下特点:大部分地区在 700~1100 mm 之间,总趋势是东部大于西部,中部小于东部与西部,在深渡、虎山、梅港、李家渡、芜头、宁都、石城一线以东地区普遍大于 1000 mm,大致从南部的赣州盆地开始,从赣州市沿赣江流向北,经吉泰盆地、鄱阳湖湖区至长江沿岸,形成三个低值区。全省高值区有:怀玉山高值区、武夷山高值区、九岭山高值区和井冈山高值区,其中心地带径流深均大于 1200 mm,全省最高值在武夷山区,中心地带径流深大于 1400 mm。

4. 地下水资源量

鄱阳湖流域地下水资源量 372.6 亿 m^3 , 占水资源总量的 24.3%。水资源三级区中,地下水资源量以赣江栋背站以上 95.9 亿 m^3 为最大,赣江峡江站以下 49.3 亿 m^3 次之,饶河最小,为 31.4 亿 m^3 。除鄱阳湖环湖区有 19.3 亿 m^3 的不重复量外,其它三级区的地下水资源量均为重复量。地下水资源量的成果见表 2。

5. 水资源总量

鄱阳湖流域 1956~2000 年平均水资源总量为 1532.5 亿 m^3 , 其中地表水资源量为 1513.0 亿 m^3 , 地下水资源量与地表水资源量的不重复计算水量约 19.5 亿 m^3 , 水资源三级区水资源总量见表 3。

水资源三级区中,水资源总量最大的是赣江栋背以上,为 344.7 亿 m^3 , 占全流域的 22.5%, 其次为赣江栋背-峡江的 203.0 亿 m^3 , 占全流域的 13.3%, 均小于其面积比(24.8%、13.9%), 最小的是修水, 为 135.2 亿 m^3 , 占全流域的 8.8%。

6. 鄱阳湖流域降水量以及入湖径流演变分析

本文采用肯德尔的秩次相关检验,分析鄱阳湖流域降水量变化趋势以及鄱阳湖入湖径流变化趋势的显著性。自 Mann (1945)和 Kendall (1975)提出这种非参数检验法后,这一方法已经广泛地用于水文气象资料趋势成分检验,它不仅可以检验时间序列趋势上升与下降,而且还可以说明趋势变化的程度,能够很好的描述时间序列的趋势特征。Yue Sheng 和 Wang Chun Yuan 的研究表明,如果气象序列的自相关性较高,在进行 MK 检验前应该先剔除序列的自相关性,否则就会产生误差。对于给定的时间序列 $\{x_i, i=1, 2, \dots, n\}$, 计算一阶自回归系数 ρ_1 :

Table 2. Results of groundwater resources quantity in three-grade water resources partition

表 2. 水资源三级分区地下水资源量成果表

三级区	面积 km^2	地下水资源量 亿 m^3	地下水资源量模数 万 m^3/km^2
修水	14,539	33.4	22.97
赣江栋背以上	40,231	95.9	23.84
赣江栋背至峡江	22,493	47.2	20.98
赣江峡江以下	18,224	49.3	27.05
抚河	15,811	40.2	25.43
信江	15,535	40.1	25.81
饶河	14,218	31.4	22.08
鄱阳湖环湖区	21,174	34.9	16.48

Table 3. Investigation and assessment results of three-grade water resources partition
表 3. 水资源三级分区调查评价成果表

三级区	面积 km ²	降水量 亿 m ³	地表水资源量 亿 m ³	地下水资源量 亿 m ³	水资源总量 亿 m ³
修水	14,539	241.8	135.2	33.4	135.2
赣江栋背以上	40,231	633.2	344.7	95.9	344.7
赣江栋背 - 峡江	22,493	351.9	203	47.2	203
赣江峡江以下	18,224	294.8	168.3	49.3	168.3
抚河	15,811	273.9	161.9	40.2	161.9
信江	15,535	286.7	184.2	40.1	184.2
饶河	14,218	261.6	152.5	31.4	152.5
鄱阳湖环湖区	21,174	326	163.1	34.9	182.6
鄱阳湖生态经济区	51,205	1037.3	480.7	-	492.4

$$\rho_1 = \frac{\text{Cov}(x_i, x_{i+1})}{\text{Var}(x_i)} = \frac{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x})(x_{i+1} - \bar{x})}{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

利用变换 $x'_i = x_i - \rho_1 x_{i-1}$ 剔除自相关性得到新序列 $\{x'_i, i=1, 2, \dots, n\}$ ，为简单计，将变换后的新序列仍然记为 $\{x_i, i=1, 2, \dots, n\}$ 。确定该序列的对偶数 $(x_i < x_j, i, j=1, 2, \dots, n)$ 的个数 p ，然后计算 Kendall 统计量 τ ，方差 σ_τ^2 ，和标准化变量 U ：

$$\tau = \frac{4p}{n(n-1)} - 1, \quad \sigma_\tau^2 = \frac{2(2n+5)}{9n(n-1)}, \quad U = \frac{\tau}{\sigma_\tau} \quad (2)$$

统计量 U 可作为趋势性大小的衡量标准。 $U > 0$ 和 $U < 0$ 分别说明有增大趋势和减小趋势， $|U|$ 越大，则趋势越明显。当给定显著性水平 α 后，可在正态分布表中查得临界值 $U_{\alpha/2}$ ，若 $|U| > U_{\alpha/2}$ ，即说明序列的趋势性显著。

6.1. 降水变化趋势

图 1 为鄱阳湖流域年降水系列、5 年滑动平均及趋势线。从图可以看出，鄱阳湖流域年降水量呈缓慢上升态势。采用肯德尔秩次检验法进行显著性检验， T 检验统计量为 0.52，小于相应检验值 $t_{\alpha/2} = 1.645$ ($\alpha/2 = 0.1$)。鄱阳湖流域年降水量系列增长趋势不显著。

6.2. 入湖径流变化趋势

由于篇幅所限，本次入湖径流演变规律不考虑湖区产流部分，因此研究采用鄱阳湖 7 个控制水文站的年径流量进行演变趋势分析。通过使用滑动平均和肯德尔的秩次相关检验法对五河入湖流量的演变趋势进行分析，从结果可以看出，各站的径流量趋势变化不大，其中，李家渡站、虬津站的年径流量有缓慢下降趋势，外洲、梅港、虎山、渡峰坑、万家埠站的年径流量有缓慢上升的趋势。

从图 2 中可以看出，除李家渡站外其余五站均有缓慢上升趋势，但各站入湖径流年际演变有一个共同规律，即各站径流在近 20 年均有明显下降趋势，说明五河入湖流量近 20 年在逐渐下降。

表 4 给出五河各站径流变化 MK 检验结果，7 站的结果都在 -1.96 与 1.96 之间，表明各站径流变化

Table 4. The MK test results of runoff series at each site

表 4. 各站径流系列的 MK 检验结果

站名	渡峰坑	虎山	李家渡	梅港	虬津	外洲	万家埠
U	0.46646	0.22616	-0.79156	1.0601	-1.163	0.87637	0.69262

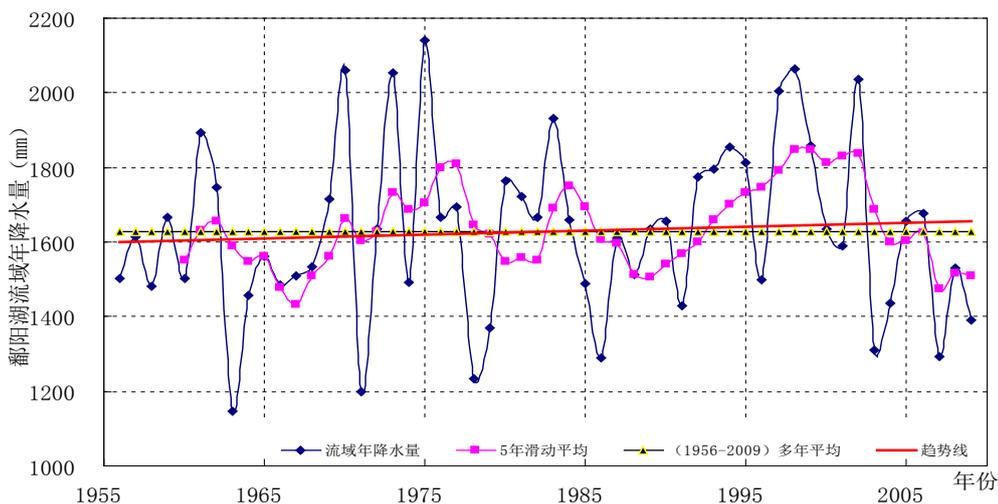
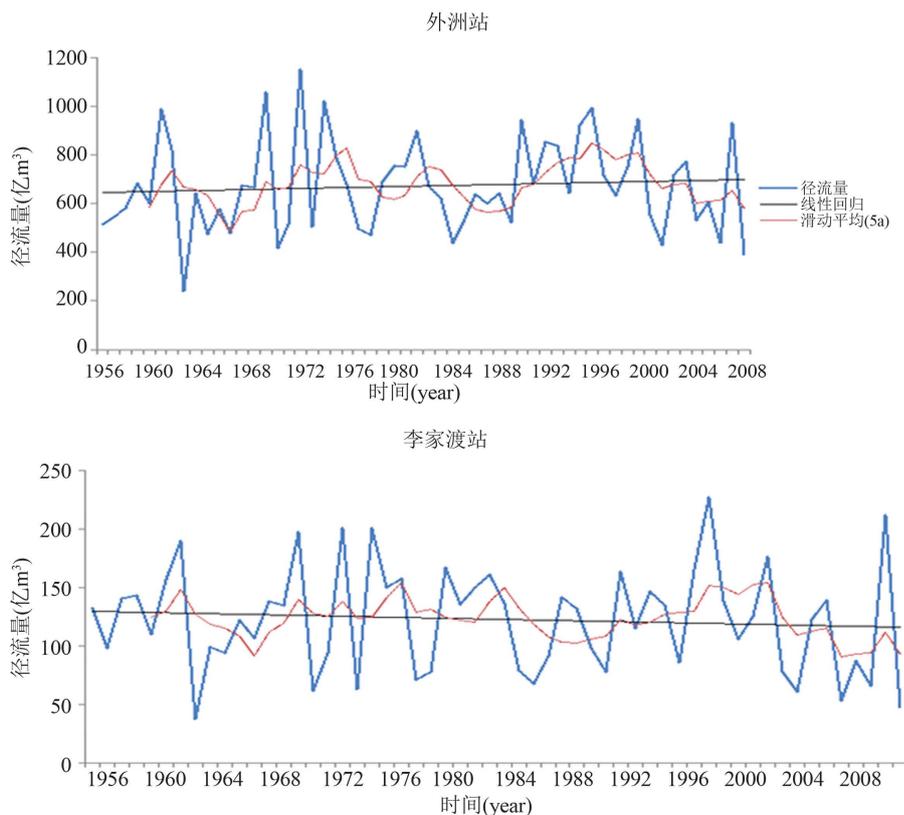


Figure 1. Annual precipitation series and its moving average and trend line in the Poyang Lake

图 1. 鄱阳湖流域年降水系列和 5 年滑动平均及趋势线



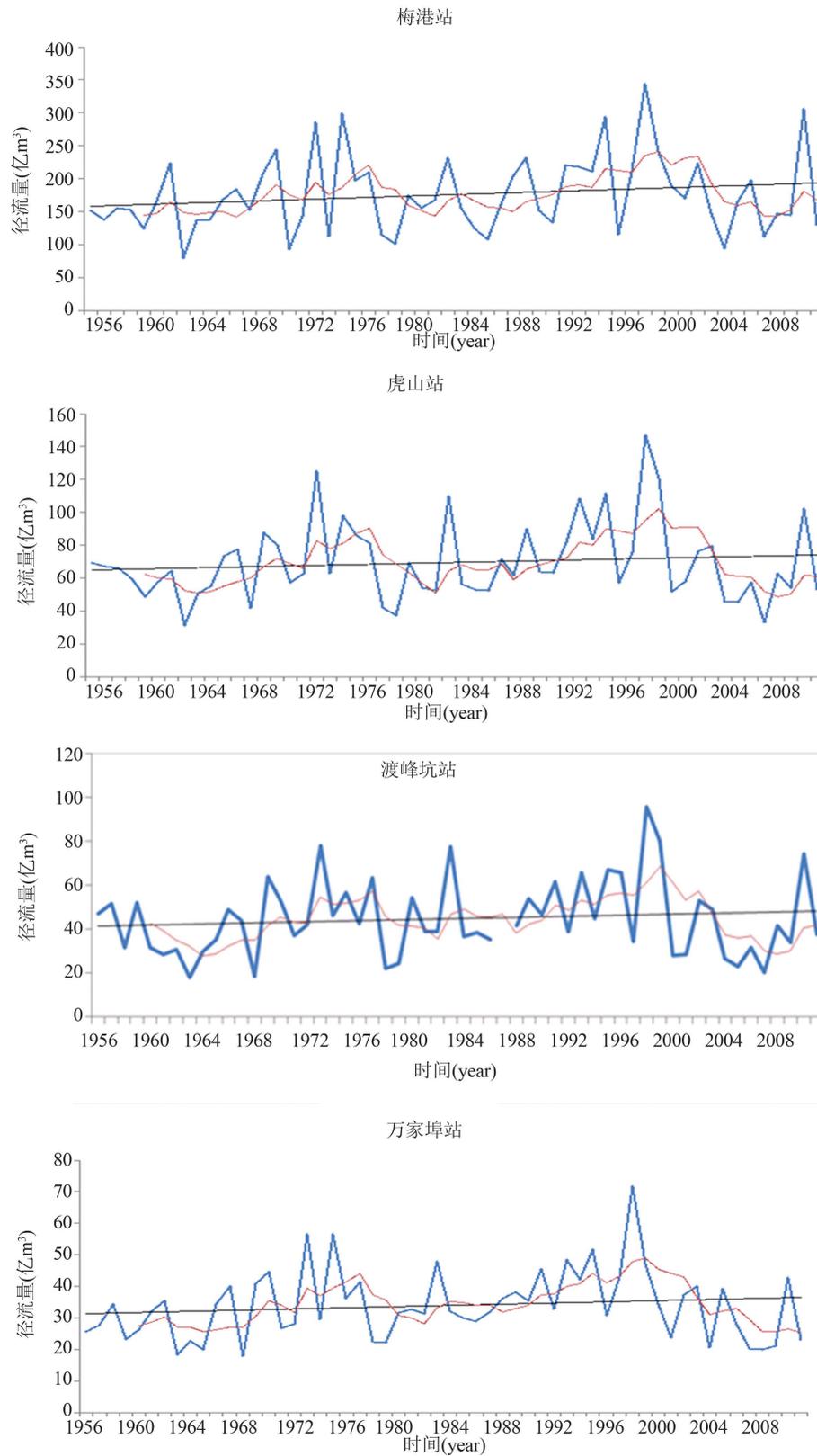


Figure 2. The runoff change trend for each site from 1956 to 2011

图 2. 各站 1956 年~2011 年径流量的演变趋势

均不显著。其中, 虬津站径流的下降趋势相对最为明显, 梅港站的径流量上升趋势相对最为显著, 虎山站径流的上升趋势最不显著。

总的来看, 赣、抚、信、饶、修五河的鄱阳湖入湖径流从 1956 年到 2011 年间的演变趋势并不显著, 均没有通过显著性检验, 其中抚河在此期间有缓慢下降的趋势, 其余四河均缓慢上升的趋势。但值得注意的是, 五河在近 20 年, 即从 1992 年到 2011 年都有较为明显的下降趋势。

7. 结语

本文在查清鄱阳湖全流域水资源总量的基础上, 通过使用滑动平均和肯德尔的秩次相关检验法对鄱阳湖流域降水量以及入湖径流变化趋势进行了分析研究, 通过分析, 鄱阳湖流域降水量和入湖径流量变化趋势均不明显, 但五河在近 20 年入湖径流有明显的下降趋势。入湖径流下降的原因还有等进一步的分析。

参考文献 (References)

- [1] 陈静. 鄱阳湖流域水资源利用现状分析及建议[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(增刊): 93-96.
CHEN Jing. Current status of water resources utilization in Poyang Lake watershed with suggestions on its rational use. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2004, 13(Suppl.): 93-96. (in Chinese)
- [2] 罗蔚, 张翔, 邓志民, 肖洋. 近 50 年鄱阳湖流域入湖总水量变化与旱涝急转规律分析[J]. 应用基础与工程科学学报, 2013, 21(5): 343-345.
LUO Wei, ZHANG Xiang, DENG Zhimin and XIAO Yang. Variation of the total runoff into Poyang Lake and drought-flood abrupt alternation during the past 50 years. Journal of Basic Science and Engineering, 2013, 21(5): 343-345. (in Chinese)
- [3] 严蜜, 刘健. 鄱阳湖流域干旱气候特征研究[J]. 湖泊科学, 2013, 25(1): 65-72.
YAN Mi, LIU Jian. Climatic characteristics of the drought in Poyang Lake catchment. Lake Sciences, 2013, 25(1): 65-72. (in Chinese)