

鄱阳湖星子站水位变异诊断研究

贺金^{1,2,3}, 夏自强^{1,2,3}, 刘克⁴, 黄峰^{1,2,3}, 吴瑶^{1,5}, 郭利丹^{1,2,3}

(1. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098;

2. 河海大学水文水资源与水利工程国家重点实验室, 江苏 南京 210098;

3. 河海大学国际河流研究所, 江苏 南京 210098; 4. 浏阳市水利水电勘测设计院, 湖南 浏阳 410300;

5. 江西省鄱阳湖水利枢纽建设办公室, 江西 南昌 330046)

摘要: 为分析鄱阳湖水位的变异情况, 通过综合变异诊断系统对星子站年均水位和逐月平均水位进行变异诊断, 设定 $\alpha=0.05$ 的显著性水平, 采用了滑动 T 检验法、克拉默法、山本法、佩蒂特法等多种经典变异诊断方法对水位序列进行了检验, 并将各种检验结果互相比对印证, 以避免错误结论。结果表明, 检验出的水位序列变异年份集中在 1999~2004 年, 其中 2003 年的变异最为显著。年均水位的均值减小幅度为 1.12m。研究结果可为鄱阳湖流域水文情势分析和水资源利用规划提供指导。

关键词: 鄱阳湖; 水位; 变异点; 均值

中图分类号: TV213.4; X143

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2019)01-0033-05

1 引言

由于气候变化和人类活动等影响, 水文序列会出现不连续变化现象, 即水文变异。从生态水文学角度, 变异前后的水文情势将对当地生态系统产生影响, 生态需水等计算分析需将水文变异因素纳入考虑; 从随机水文学的角度, 识别出水文序列中的变异成分, 是水文序列随机模拟的前提^[1]。因此, 水文变异研究具有重要意义。本文以随机水文学为基础, 诊断水文序列中的跳跃成分(突变是跳跃的一种特殊情况)^[2]。跳跃的发生可能是人为原因也可能是自然原因, 在使用水文序列时要将跳跃成分排除。跳跃一般表现在均值或方差上。若表现在均值上, 应对水文序列进行中心化处理, 若还表现在方差上, 应再进行标准化处理^[3]。王孝礼等使用 R/S 分析法诊断变异点, 证明了该种方法的可行性^[4]; 陈广才等率先将启发式分割算法应用于水文变异诊断, 检测出珠江三角洲河网上游控制站三水站于 1993 年发生变异^[5]; 谢平等提出了水文变异诊断系统, 通过初步诊断、详细诊断和综合诊断三步对水库

年径流量序列进行变异诊断^[6]。刘剑宇等采用 M-K 检验法、累积距平法、有序聚类法等八种方法检验出鄱阳湖入湖河流的变异年份分别为 1991、1968、1962 年^[7]。肖丽英等采用了滑动秩和法、有序聚类法和佩蒂特法等对鄱阳湖入湖河流的主要站点进行变异检验, 共检出 6 个变异年份^[8]。但是至今针对鄱阳湖水位变异情况的诊断几乎没有, 且三峡工程于 2003 年正式投入运行, 而这些文献所用数据长度大多没到 2003 年这个重要的时间节点。本文以随机水文学为基础, 结合三峡水库建设运行的背景, 针对鄱阳湖湖泊水位进行跳跃变异成分诊断, 并探讨三峡水库建设运行对鄱阳湖水文情势的影响。

2 研究区域及数据

鄱阳湖区位于东经 113°44'~118°30', 北纬 24°28'~29°58', 全区集水面积为 162 225 km²。全区有赣江、抚河、信江、饶河、修水五大河流及其控制站以下的鄱阳湖湖区。鄱阳湖是典型的吞吐型湖泊, 受到五河来水和长江倒灌的双重影响。本次研究站点星子站是中央

收稿日期: 2017-10-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41401011, 41401010); 江西省水利厅科技项目(KT201538)

作者简介: 贺金(1993-), 女, 湖南嘉禾人, 硕士研究生, 研究方向为水文水资源及生态水文。E-mail: Hjhhu1993@163.com

通讯作者: 夏自强(1949-), 男, 湖北武穴人, 教授、博导, 研究方向为生态水文和国际河流。E-mail: Xzq1949@163.com

报讯站,又是鄱阳湖代表站,一般可以用来代表湖区水位(见图1)。鄱阳湖星子水文站位于星子县南康镇,距湖口约为39km^[9]。本次计算的数据来源于星子站1951~2013年的逐日水位资料。

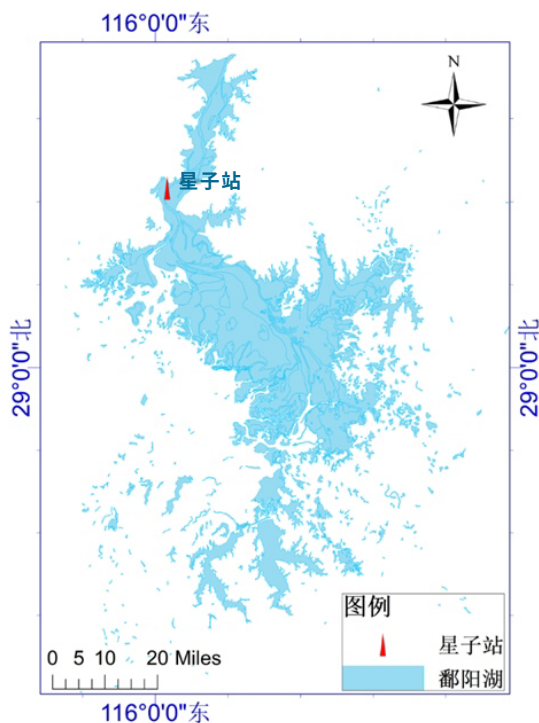


图1 鄱阳湖及星子水位站地理位置

Fig.1 The location of the Xingzi station in the Poyang Lake

3 研究方法及结果

3.1 研究方法

依据谢平教授提出的综合变异诊断系统的思想,本文首先利用过程线法、R/S分析法和累积距平法对水位序列进行初步诊断以得到定性的结果;再用变异诊断中最经典的七种方法(包括滑动T检验法、山本法、克拉默法、曼-肯德尔法、佩蒂特法、勒帕热法和后发式分割算法)对数据进行详细诊断,使得不同方法之间能够得到互相检验的作用,最后经过综合诊断分析得到准确结论^[10-11]。

初步诊断:过程线法定性判断水文序列是否存在变异成分。若过程线上有明显的波峰位于均值线以下或波谷位于均值线以上,可判断该序列有变异^[12]。R/S分析法是以重标标度极差 $\ln[R(\tau)/S(\tau)]$ 为纵坐标,以时间序列序号 τ ($\tau=(2,3,4,\dots,n)$) 的自然对数 $\ln(\tau)$ 为横坐标点绘 R/S 分析图。通过线性回归得到 Hurst 指数,当 Hurst 指数大于 0.5 时,则认为未来的变化状

况与过去趋势相同,若 Hurst 指数小于 0.5 时,则认为未来的变化状况与过去趋势相反^[13-14]。

详细诊断:滑动 T 检验法认为如果两段子序列的均值差异超过了一定的显著性水平,则认为均值发生了质变,有突变发生,需要通过反复变动子序列长度的方法来提高计算结果的可靠性^[11]。样本量 $n=62$,取显著性水平 $\alpha=0.05$ 。克拉默法原理类似于滑动 T 检验,区别为该方法用子序列与总序列均值的显著差异来检测突变。山本法是将两段子序列的均值差视为变化信号,而两段子序列的标准差的和视为噪声,将信号和噪声的比值定义为统计量—信噪比(R_{SN})。同样取显著性水平 $\alpha=0.05$,且分别选取子序列 $n_1=n_2=3,5,7,9,10$ 。曼-肯德尔法是一种基于秩的非参数统计检验方法,主要通过序列有无趋势来判断变异情况^[15]。佩蒂特法是一种与曼-肯德尔法类似的非参数检验法,该法是先构造一个秩序列,然后用这个秩序列 S_k 直接检测突变点,当统计量 $P \leq 0.5$,则认为检测出的突变点在统计意义上是显著的。勒帕热法是无分布双样本的非参数检验方法,其原理是将序列中的两个子序列作为两个独立总体并进行统计检验,如果两子序列有显著差异,则认为划分子序列的基准点为突变点。后发式分割算法的原理是将一个非平稳时间序列视为多个分割开的均值不同的子序列,并检验出各子序列均值差异最大的分割点,该点即为突变点。

综合诊断:将所用方法的结果汇总并综合对比,找出出现频率最高的点,即为变异点。

3.2 初步诊断结果

通过过程线法将鄱阳湖 1952~2013 年的年均水位绘出,如图 2 所示。图 2 中,1958、2005、2008 年对应的 3 个波峰位于均值线以下,1953、1981、1990、1994 年对应的 4 个波谷位于均值线以上,所以可以初步认为该水位序列为变异序列。且 5a 和 10a 滑动平均过程线在 2002 年以后显著低于均值线,表明年均水位序列可能包含了向下跳跃的变异成分。

图 2 表明了鄱阳湖星子站水位呈减少趋势,但不能很好辨别出水位变化的阶段性^[16],所以绘出年均水位序列的累积距平曲线,见图 3。星子站水位序列波动明显,波动过程主要可分为 5 个阶段:1952~1955 年为水位显著增加阶段;1956~1963 年为水位显著减小阶段;1964~1979 年为水位年际波动频繁阶段;1980~2003 年为水位显著增加阶段;2004~2013 年为水位显著减少阶段。其中最为显著的就是在 2003 年星子站

水位由升到降的变化。

通过 R/S 分析法计算出 Hurst 系数为 0.644^[17]。该值大于 0.5,说明序列之间呈现出较强的持续性,且是正相关的,即未来的总体趋势与过去一致。该水位站年均水位呈逐渐减少的趋势,根据 Hurst 指数可以认为星子站年均水位在未来可能仍然保持减少趋势。R/S 分析法结果如图 4 所示。由图 4 可看出该水位序列有 3 个明显的下降点,分别对应 1970 年、1977 年和 2003 年,所以经过初步诊断认为该水位序列在这三年发生了变异。

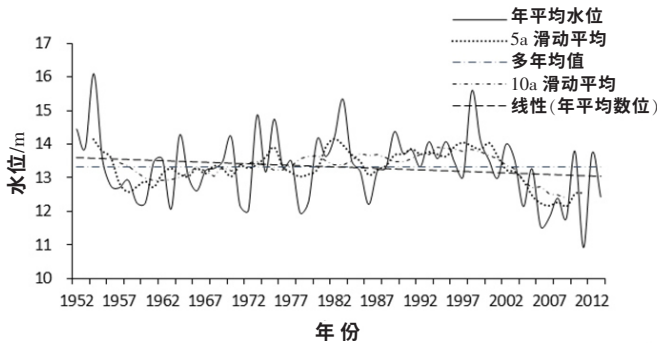


图 2 年均水位过程线

Fig.2 The hydrograph of the annual mean water level

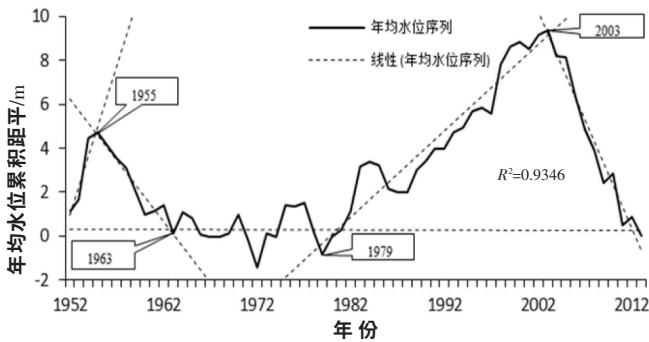


图 3 年均水位累积距平曲线

Fig.3 The cumulative anomaly curve of the annual mean water level

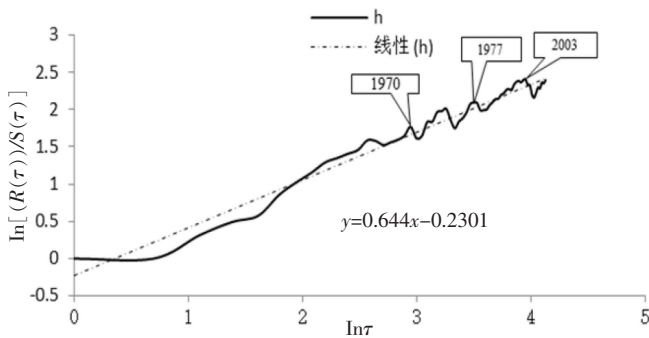


图 4 R/S 分析检测结果

Fig.4 The results of R/S analysis test

3.3 详细诊断结果

3.3.1 参数检验

进行参数检验前,先检验水位序列是否服从正态

分布。利用 SPSS 软件对星子站年均水位序列做 Kolmogorov-Smirnov 检验,判断该水位是否符合正态分布。得到其近似相伴概率值为 0.773,大于显著水平 0.05,所以接受原假设,认为该数据服从正态分布。

克拉默法检验出变异点发生年份为 2011、2013、2012、2009 年。滑动 T 检验法检验出变异点发生年份为 2002、2003、2000 年。山本法检验出变异点发生年份为 2003 和 2002 年。

3.3.2 非参数检验

曼-肯德尔检验法(M-K 法)检验出星子站水位序列有 1954 和 1973 年两个变异点^[18]。且皆为向下趋势变异点,表明由 1954 和 1973 年开始鄱阳湖星子站水位序列呈显著的下陷趋势。佩蒂特法检验出 2003 年为突变点。勒帕热法检验出在 $n=9$ 和 $n=10$ 时,统计量分别在 1999、2000 和 2003 年出现极大值,且均超过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平,即这三点为该法检验出来的变异点。后发式分割算法检验出在子序列 $N=5、7$ 时,2004、2009、2012 年为变异点;在子序列 $N=10、15$ 时,检验出 2004 年为变异点。

3.4 综合诊断结果

将检验结果汇总后如表 1 和表 2 所示,可以看出经过水文变异综合诊断法检测出年均水位序列在 1970、1973、1977、1999、2000、2002、2003、2004、2009、2011 年皆超过 $\alpha=0.05$ 的显著性水平,其中 2003 年被检测为变异点的次数最多,有 5 种方法检验出变异发生在 2003 年。且 2003 年对应的均值变化幅度最大,变异点前后序列均值减小程度达到 1.12 m,所以认为在 2003 年,鄱阳湖星子站的水位变异程度最大。由此可知在使用鄱阳湖星子站年均水位序列数据时,尤其是当用于预测未来事件时,需要对数据进行中心化处理,以消除该跳跃。而计算出变异点对应的方差变化幅度较小,几乎可以忽略不计,所以无需再对该数据进行标准化处理。

在八种检验方法中,克拉默法检验出来的年份比较散乱不统一,且靠近序列末端,所以该方法计算出的结果可靠性比较差。而 M-K 检验法更适用于检验趋势以及检验时间序列中前端和中部的点。

4 逐月水位序列变异点诊断

同理,对鄱阳湖星子站月均水位序列进行变异点检测,由于篇幅所限仅将结果展示如表 3 所示。由表 3 可以看出,对鄱阳湖星子站的逐月平均水位序列进行

表1 变异点检验结果表
Table1 The results of the change-points

检验方法	检验结果	检验方法	检验结果
Hurst 系数法	1970、1977、2003 年	曼-肯德尔法	1954、1973 年
滑动 T 检验法	2002、2003、2000 年	佩蒂特法	2003 年
克拉默法	2011、2012、2009、2013 年	勒帕热法	1999、2003 年
山本法	2003、2002 年	BG 分割算法	2004、2009、2012 年

表2 变异点变化幅度结果表
Table2 The change range of the mean value and variance at the change-points

年份	1970	1973	1977	1999	2000	2002	2003	2004	2009	2011
均值变化幅度/m	-0.03	0.06	-0.1	-0.78	-0.86	-1	-1.12	-1.09	-0.67	-0.29
方差变化幅度/m	0.07	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.003	0.06	0.23	-0.03

表3 逐月平均水位变异点检测结果
Table3 The results of the change-point of the monthly average water level

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
Hurst 指数	0.703	0.619	0.668	0.680	0.649	0.502	0.600	0.602	0.648	0.573	0.509	0.520
变异年份	2003	1998	1979	1998	2011	1965	1999	1999	2000	2003	2002	2002
均值变化幅度/m	-0.75	-0.35	0.62	-1.09	0.74	-0.58	-0.93	-0.71	-1.02	-2.47	-2.01	-0.26
方差变化幅度/m	-0.35	0.09	-0.17	-0.16	-0.53	-0.01	-0.35	-0.09	0.37	-0.06	-0.06	0.12

变异诊断后，检测出 12 个月份均有通过 $\alpha=0.05$ 显著性水平的变异点，从 1 月到 12 月分别为 2003、1998、1979、1998、2011、1965、1999、1999、2000、2003、2002、2002 年。其中 10 月份的变异年份 2003 年对应的均值变化幅度最大，变异点前后序列均值减小程度达到 2.47 m，其次是 11 月份对应的变异年份为 2002 年的均值变化幅度，减小程度达到 2.01m。所以在使用鄱阳湖星子站逐月年均水位序列数据时，尤其是当用于预测未来事件时，需要对数据进行中心化处理，以消除该跳跃。而各变异点对应的方差变化幅度较小，几乎可以忽略不计，所以无需再对该数据进行标准化处理。

5 物理成因分析

鄱阳湖自 2003 年三峡水利枢纽工程 10 月份开始正常蓄水之后，鄱阳湖的冬季枯水期逐年提前，从以往的 12 月提前至 10 月，使得鄱阳湖 10 月水位降低达 2 m 左右。在个别枯水年份，最低水位来临日期提前了至少 100d，对鄱阳湖的生态环境及湖区生产和生活用水产生了巨大的不利影响，并且使工农业取水成本大幅升高，河湖秋冬季生态用水得不到有效保障。因此确定最为显著的年变异点为 2003 年，以及最为显著的月变异

点为 2003 年 10 月的结果与实际情况相符合。

6 结论

- (1)运用水文变异综合诊断法对鄱阳湖星子站1952~2013 年的年均水位序列进行变异诊断，诊断出在 1970、1973、1977、1999、2000、2002、2003、2004、2009、2011 年均发生了超过 0.05 显著性水平的变异，且除了 1973 年，其余年份均值变化均为下降跳跃。其中 1999~2004 年均值变化幅度最为显著，在 2003 年鄱阳湖年均水位均值变化幅度达到最大值，向下跳跃 1.12 m。
- (2)运用水文变异综合诊断法对鄱阳湖星子站 1952~2013 年 12 个月的月均水位序列进行变异诊断，诊断出 12 个月份均发生了超过 0.05 显著性水平的变异，且除了 1979 年 3 月和 2011 年 5 月，其余月份的均值变化均为下降跳跃。其中在 2003 年 10 月鄱阳湖月均水位均值变化幅度达到最大值，向下跳跃 2.47m。其次是 2002 年 11 月，月均水位序列变异点前后序列均值的减小值为 2.01 m。
- (3)该结果显示鄱阳湖枯水期水位发生剧烈变异时间与三峡工程开始运行时间基本一致，一定程度上揭示了三峡水库建设运行对鄱阳湖水文情势的影响，

进一步表明三峡水库运行可能显著降低鄱阳湖枯水期水位。这一结果有助于指导未来三峡水库调度方案,以期降低对鄱阳湖生态水文情势影响。

(4)由变异诊断结果可知,鄱阳湖年均水位序列和逐月平均水位序列均发生了显著变异,该结果提示水文工作者将来使用该数据预测未来发生事件以及计算生态需水时,需要对该数据进行中心化处理,以消除跳跃成分。

参考文献:

- [1] 李兴拼,郑江丽,贺新春,等. 东江流域水文变异及其对生态环境的影响[J]. 人民珠江, 2009,30(5):32-34. (LI Xingpin, ZHENG Jiangli, HE Xinchun, et al. Hydrological variation in Dongjiang River valley and its impact on ecological environment [J]. Pearl River, 2009,30(5):32-34. (in Chinese))
- [2] 邓育仁,高荣松,丁晶. 随机水文学(三)[J]. 四川水力发电, 1986,(1):85-92.(DENG Yuren, GAO Rongsong, DING Jing. Stochastic Hydrology(3rd)[J]. Sichuan Water Power, 1986,(1):85-92. (in Chinese))
- [3] 王文圣,金菊良,丁晶. 随机水文学[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2016. (WANG Wensheng, JIN Juliang, DING Jing, Stochastic Hydrology [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2016. (in Chinese))
- [4] 王孝礼,夏军. 水文时序趋势与变异点的R/S分析法[J]. 武汉大学学报(工学版), 2002,35(2):10-12. (WANG Xiaoli, XIA Jun. R/S analysis method of trend and aberrance point on hydrological time series [J]. Journal of Wuhan University (Engineering), 2002,35(2):10-12. (in Chinese))
- [5] 陈广才,谢平. 基于启发式分割算法的水文变异分析研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2008,47(5):122-125. (CHEN Guangcai, XIE Ping. Change point analysis of hydrology time series based on heuristic segmentation method [J]. Journal of Sun Yat-sen University (Nature Science), 2008,47(5):122-125. (in Chinese))
- [6] 谢平,陈广才,雷红富,等. 水文变异诊断系统[J]. 水力发电学报, 2010,29(1):85-91. (XIE Ping, CHEN Guangcai, LEI Hongfu, et al. Hydrological alteration diagnosis system [J]. Journal of Hydro-electric Engeering, 2010,29(1):85-91. (in Chinese))
- [7] 刘剑宇,张强,顾西辉. 水文变异条件下鄱阳湖流域的生态流量[J]. 生态学报, 2015,35(16):5477-5485. (LIU Jianyu, ZHANG Qiang, GU Xihui. Evaluation of ecological flow with considerations of hydrological alterations in the Poyang Lake basin [J]. Acta Ecological Sinca, 2015,35(16):5477-5485. (in Chinese))
- [8] 肖丽英,周翔,彭勇文. 鄱阳湖流域径流序列多种变异检测方法的比较[J]. 南昌工程学院学报, 2016 35(6):85-89. (XIAO Liying, ZHOU Xiang, PENG Yongwen. Comparative analysis of change-point detection of runoff series with different methods in Poyang Lake watershed [J]. Journal of Nanchang Institute of Technology, 2016,35(6):85-89. (in Chinese))
- [9] 刘恋,曾繁翔,付志强,等. 鄱阳湖星子站水位 62 年变化规律分析[J]. 人民长江, 2016,(3):30-32. (LIU Lian, ZENG Fanxiang, FU Zhiqiang, et al. Analysis on water lever change at Xingzi hydrological station of Poyang Lake for 62 years [J]. Yangtzi River, 2016,(3):30-32. (in Chinese))
- [10] 黄强,孔波,樊晶晶. 水文要素变异综合诊断[J]. 人民黄河, 2016,38(10):18-23. (HUANG Qiang, KONG Bo, FAN Jingjing. Hydrological elements comprehensive detecting variation [J]. Yellow River, 2016,38(10):18-23. (in Chinese))
- [11] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社, 2007. (WEI Fengying. Modern Climate Statistic Diagnosis and Prediction Technology [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2007. (in Chinese))
- [12] 成静清. 非一致性年径流序列频率分析计算[D]. 西北农林科技大学, 2010. (CHEN Jingqing. Hydrologic Frequency Analysis for Inconsistent Annual Runoff Series [D]. Northwest A&F University, 2010. (in Chinese))
- [13] 于延胜,陈兴伟. R/S 和 Mann-Kendall 法综合分析水文时间序列未来的趋势特征[J]. 水资源与水工程学报, 2008,19(3):41-44. (YU Yansheng, CHEN Xingwei. Analysis of future trend characteristics of hydrological time series based on R/S and Mann-Kendall methods [J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2008,19(3):41-44. (in Chinese))
- [14] 陈广才,朱勇. 水文序列时间变异综合诊断方法研究——以潮白河流域为例[A]. 第二届全国水问题研究学术研讨会[C]. 2009. (CHEN Guangcai, ZHU Yong. Study on synthetic diagnosis of hydrological sequence time variability—a case on Chaobai River basin[A]. National Water Research Symposium 2009[C]. (in Chinese))
- [15] 邹静. 长江干流径流变异特性研究[J]. 水资源研究, 2014,3(3):208-215. (ZOU Jing. The variation of runoff in the Yangtze River [J]. Journal of Water Resources Research, 2014,3(3):208-215. (in Chinese))
- [16] 张贤芳,舒强,李偲. 叶尔羌河近 48 年来径流演变规律研究[J]. 干旱区资源与环境, 2012,26(1):93-97. (ZHANG Xianfang, SHU Qiang, LI Cai. Rules of runoff variation of Yarkand River in recent 48 years [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2012,26(1):93-97. (in Chinese))
- [17] 谢平,陈广才,雷红富. 基于 Hurst 系数的水文变异分析方法[J]. 应用基础与工程科学学报, 2009,17(1):32-39. (XIE Ping, CHEN Guangcai, LEI Hongfu. Hydrological alteration analysis method based on hurst coefficient [J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2009,17(1):32-39. (in Chinese))
- [18] Yang Y H, Fei T. Abrupt change of runoff and its major driving factors in Haihe River catchment, China.[J]. Journal of Hydrology, 2009,374(3-4):373-383.

(下转第 26 页)

- analysis [J]. Water Resources & Hydropower of Northeast China, 2011 (7): 38–40. (in Chinese))
- [26] 王国庆, 张建云, 刘九夫, 等. 气候变化和人类活动对河川径流影响的定量分析[J]. 中国水利, 2008 (2): 55–58. (WANG Guoqing, ZHANG Jianyun, LIU Jiufu, et al. Quantitative assessment for climate change and human activities impact on river runoff [J]. China Water Resources, 2008 (2): 55–58. (in Chinese))
- [27] 胡义明, 梁忠民, 杨好周, 等. 基于趋势分析的非一致性水文频率分析研究方法研究[J]. 水力发电学报, 2013, 32 (5): 21–25. (HU Yiming, LIANG Zhongmin, YANG Haozhou, et al. Study on frequency analysis method of non-stationary observation series based on trend analysis [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2013, 32 (5): 21–25. (in Chinese))

The Application of Burr Distribution for Hydrological Frequency Analysis in Western Semi-arid Region of Liaoning Province

HU Chen¹, XIA Jun^{1,2}, SHE Dunxian¹, YU Jiangyou³, WANG Fudong⁴, SUN Yuhua⁴

- (1. State Key Lab of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China;
2. Key Laboratory of Water Cycle and Related Land Surface Processes, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
3. Kunming Engineering Corporation Limited of Power China, Kunming 650051, China;
4. Hydrology Bureau of Liaoning Province, Shenyang 110003, China)

Abstract: In China, P-III distribution is widely used in flood frequency analysis, but it is not suitable to be used under any natural conditions. After the consistency modification of annual maximum daily discharge series, the EB-XII distribution is applied to fit it at 17 hydrological gauging stations in the western Liaoning Province. and then be compared with nine distributions including P-III distribution to find the best fitting frequency distribution. The results indicate that the EB-XII distribution performs better than the other 9 distributions in validity and stability, and the T-year designed flood peaks of EB-XII distribution are moderate as the peaks of the other frequency distributions may be higher or lower. Therefore, the EB-XII distribution is recommended to substitute P-III distribution for frequency analysis in the western Liaoning Province.

Key words: EB-XII distribution; P-III distribution; flood frequency analysis; semi-arid region; design flood peak

(上接第 37 页)

Study on the Change-point of Water Level at Xingzi Station in Poyang Lake

HE Jin^{1,2,3}, XIA Ziqiang^{1,2,3}, LIU Ke⁴, HUANG Feng^{1,2,3}, WU Yao^{1,5}, GUO Lidan^{1,2,3}

- (1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;
3. Institute of International Rivers Research Academy, Hohai University, Nanjing 210098, China;
4. Liuyang Design Institute of Water Conservancy & Hydro-Electric Power, Liuyang 410300, China;
5. Poyang Lake Hydro Project Construction Office of Jiangxi Province, Nanchang 330046, China)

Abstract: In order to find out the change point of water level in Poyang Lake, the annual mean water level and monthly mean water level of Xingzi station were diagnosed by comprehensive mutation diagnosis system. Sliding T test, Yamamoto method, Pettitt method and other seven kinds of classical diagnostic methods were applied to water level sequence, and a variety of test results confirmed each other to avoid the wrong conclusion. The results show that the change-points of the tested water level were concentrated in 1999–2004, among which the most significant change-point was in 2003. The annual average water level was decreased by 1.12 m. The results can provide guidance for the analysis of hydrological situation and water resources utilization in Poyang Lake basin.

Key words: Poyang Lake; change-point; water level; mean value