

北三河流域洪水资源量的演变特性及驱动因素评估

胡庆芳^{1,2,3}, 王银堂^{2,3}

(1. 清华大学 水利水电工程系, 北京 100084; 2. 南京水利科学研究所, 江苏 南京 210029; 3. 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029)

摘要: 初步提出了洪水资源和洪水资源量的定义, 利用 Mann-Kendall、Spearman 两种非参数统计方法和 Morlet 连续小波分析揭示了海河水系北三河流域洪水资源量的演变特征. 根据分阶段降水量~洪水资源量关系, 评估了降水和其它驱动因素对该流域洪水资源量变化的影响程度. 研究表明, 1956~2000年间, 北三河流域洪水资源量具有显著的衰减趋势, 呈现出以17年、9年和4年为准周期的多时间尺度丰枯振荡, 1979年是45年来洪水资源量丰枯变异最显著的转折点. 降水变化对北三河流域洪水资源量变化起主导作用. 对于全流域, 1959~1979年和1980~2000年两阶段相比, 降水和非降水因素对洪水资源量减少的相对影响程度分别为70.5%和29.5%, 对于山区分别为75.5%和24.5%, 在平原区, 非降水因素对洪水资源量变化的影响甚小.

关键词: 洪水资源量; 演变特性; 驱动因素; 小波分析; 北三河

中图分类号: TV122.1:P333.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-640X(2010)01-0030-07

洪水的调控和分配, 是地表水资源利用的一种特殊而重要的方式. 然而, 由于洪水所具有的灾害风险, 长期以来, 人们更多地从洪灾应对的角度定义和研究洪水, 而对如何更合理的发掘洪水资源效应的研究相对较少. 上世纪90年代末以来, 鉴于许多流域水资源供需紧张和洪水利用率相对较低并存的现实, 我国先后提出了“洪水资源利用”^[1,2]、“洪水资源化”^[3,4]等概念, 并相继在海河、松辽河等流域, 进行了水库分期和动态汛限水位运用、湿地主动引洪等创新和探索^[5-9], 但无论在理论还是技术上都存在许多需要进一步研究的问题.

由于流域洪水开发利用规模和方式受限于其数量和分布特征, 因此, 要实现流域洪水的合理规划、利用及评价, 应当首先明确“洪水资源量”的概念. 洪水资源量是表征流域洪水资源禀赋的一个基本指标, 对其基本特征、演化规律及影响因素进行评价是很有必要的.

基于上述认识, 本文初步提出了“洪水资源”和“洪水资源量”的定义. 并根据所提出的定义, 对海河子流域——北三河水系洪水资源量的演变规律进行了研究, 评估了降水等不同驱动因素对洪水资源量变化的影响, 为该地区洪水资源的合理利用提供科学依据.

1 洪水资源量的定义

由于国内较少从资源利用的角度对洪水进行定义, 因此目前尚无“洪水资源”和“洪水资源量”的明确定义. 鉴于洪水是地表水资源的重要组成部分, 笔者将“洪水资源”初步定义为: 一定区域内由当地降水形成的天然河川洪水径流. “洪水资源量”的定义为: 一定区域内由当地降水形成的天然河川洪水径流量. 根据这一

收稿日期: 2009-03-10

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAB14B0, 2006BAB04A0702); 水利部现代水利科技创新项目(XDS2005-01, XDS2007-04)

作者简介: 胡庆芳(1981-), 男, 湖南长沙人, 博士研究生, 主要从事水文水资源研究. E-mail: qfhu@nhri.cn

定义,流域洪水资源量由年内洪水期天然河川流量过程确定:

$$R_F^i = \int_{t_1^i}^{t_2^i} Q_F^i(t) dt \quad (1)$$

式中: R_F^i 为 i 年流域洪水资源量; $Q_F^i(t)$ 为 t 时刻流域河川天然洪水流量; t_1^i, t_2^i 分别为年内洪水期起止时刻. 因此, 洪水资源量计算的关键是确定洪水期起止时刻. 不同的流域洪水期需要根据河川径流季节性具体规律等因素确定. 在水文资料允许的情况下, 可采用洪水期逐日天然流量过程计算洪水资源量. 在资料缺乏的情况下, 笔者认为可将流域主汛期天然地表径流量近似代表洪水资源量.

2 北三河流域概况

北三河流域位于海河北系, 由北运河、潮白河、蓟运河水系组成(图 1), 是海河流域洪水资源利用研究的热点地区. 流域面积 35 808 km², 其中山区 22 115 km², 平原区 13 693 km², 山区有密云、于桥等大型水库, 平原区水系交错纵横. 1956~2000 年, 多年平均降水量约 576 mm. 降水量年内分布极不均匀, 80%~85% 集中在汛期, 60% 以上集中在 7~8 月^[10].

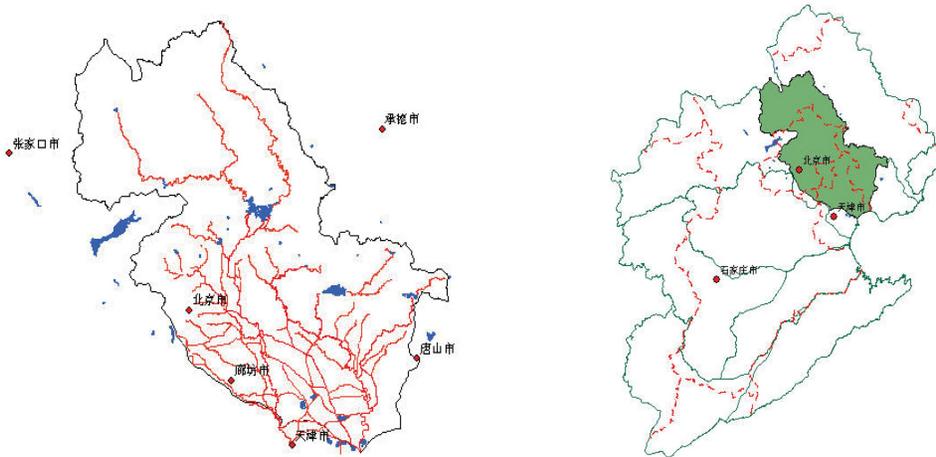


图 1 北三河流域水系及地理位置

Fig. 1 River system and location of Beisanhe basin

3 北三河流域洪水资源量演变特征分析

以汛期(6~9月)天然地表径流量计, 北三河流域多年平均洪水资源量为 21.84 亿 m³(1956~2000 年). 洪水资源量在汛期分布不均, 多年平均情况下, 7~8 月洪水资源量约占汛期总量的 76%. 洪水资源量的年际变化很大, 最大为 67.7 亿 m³(1959 年), 最小仅 4.4 亿 m³(1999 年), 变差系数和极值比分别为 0.68 和 15.2.

下面主要运用 Mann-Kendall、Spearman 两种非参数统计方法和 Morlet 连续小波分析方法, 从长期变化趋势、丰枯变异和周期振荡 3 个方面揭示 45 年来北三河流域洪水资源量的演变规律.

3.1 北三河流域资源量趋势特征

20 世纪 80 年代以来, 北三河流域地表径流量和洪水资源量持续减少, 丰水年出现的频次明显降低(表 1 和图 2), 在整个海河流域具有典型性. 为了证实洪水资源量是否具有显著的衰减趋势, 运用 Mann-Kendall、Spearman 两种目前广泛使用的非参数统计方法^[11,12]对 1956~2000 年北三河流域洪水资源量的变化趋势进行了检验.

表 1 北三河流域不同时段洪水资源量

Tab.1 Flood resources quantity during different periods in Baisanhe basin

| 时段 | 年径流量/ 10^8 m^3 | | | 洪水资源量/ 10^8 m^3 | | | 7~8月洪水资源量/ 10^8 m^3 | | |
|------------|--------------------------|------|------|---------------------------|-----|------|-------------------------------|-----|------|
| | 山区 | 平原 | 全流域 | 山区 | 平原 | 全流域 | 山区 | 平原 | 全流域 |
| 1956~1975年 | 33.4 | 13.9 | 47.2 | 23.5 | 9.9 | 33.4 | 17.8 | 7.5 | 25.3 |
| 1976~1985年 | 26.1 | 11.6 | 37.7 | 17.9 | 7.9 | 25.8 | 13.4 | 6.2 | 19.6 |
| 1986~1995年 | 21.1 | 10.3 | 31.4 | 14.9 | 7.4 | 22.3 | 10.5 | 4.9 | 15.4 |
| 1996~2000年 | 18.4 | 7.1 | 25.5 | 12.5 | 4.7 | 17.2 | 9.8 | 3.6 | 13.4 |

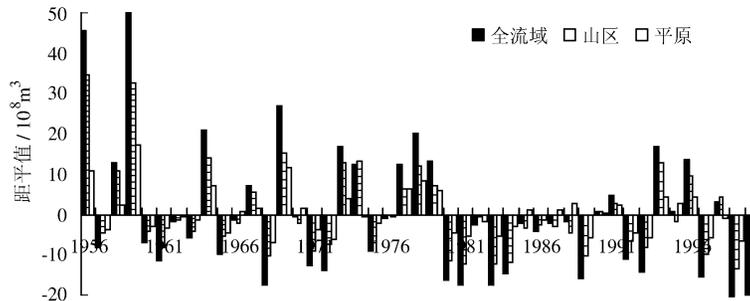


图2 北三河流域洪水资源量距平值

Fig.2 Anomaly value of flood resources quantity in the Beisanhe basin

表2是流域洪水资源量变化趋势的检验结果.其中,“S”、“MK”分别表示 Spearman、Mann-Kendall 方法,“1”、“0”分别表示趋势显著和不显著.检验的置信水平为 90%. I 为 Kendll 倾斜度,其绝对值表示序列的衰减速率.

表2 北三河流域地表径流量及洪水资源量趋势检验结果

Tab.2 Trend test result of surface water resources quantity and flood resources quantity

| 项目 | 地区 | 趋势 | | I / $(10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1})$ | 项目 | 地区 | 趋势 | | I / $(10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1})$ |
|-----------|----|----|----|---|---------|----|----|----|---|
| | | S | MK | | | | S | MK | |
| 地表水资源量 | 山区 | 1 | 1 | -0.313 | 6月洪水资源量 | 山区 | 0 | 0 | -0.005 |
| | 平原 | 1 | 1 | -0.122 | | 平原 | 1 | 1 | 0.008 |
| | 流域 | 1 | 1 | -0.440 | | 流域 | 0 | 0 | 0 |
| 洪水资源量 | 山区 | 1 | 1 | -0.212 | 7月洪水资源量 | 山区 | 1 | 1 | -0.056 |
| | 平原 | 0 | 0 | -0.083 | | 平原 | 0 | 0 | -0.024 |
| | 流域 | 1 | 0 | -0.260 | | 流域 | 0 | 0 | -0.079 |
| 非汛期地表水资源量 | 山区 | 1 | 1 | -0.117 | 8月洪水资源量 | 山区 | 1 | 1 | -0.087 |
| | 平原 | 1 | 1 | -0.046 | | 平原 | 1 | 1 | -0.050 |
| | 流域 | 1 | 1 | -0.167 | | 流域 | 1 | 1 | -0.134 |
| 7~8月洪水资源量 | 山区 | 1 | 1 | -0.159 | 9月洪水资源量 | 山区 | 1 | 1 | -0.042 |
| | 平原 | 1 | 1 | -0.073 | | 平原 | 1 | 1 | -0.017 |
| | 流域 | 1 | 1 | -0.234 | | 流域 | 1 | 1 | -0.060 |

根据表2可知,北三河流域洪水资源量的变化趋势具有以下3个特征:

(1)全流域汛期洪水资源量的下降趋势是显著的,是构成流域地表径流量衰减量的主要部分.尽管 Spearman 和 Mann-Kendall 两种方法的检验结果不一致,但考虑到汛期洪水资源量的明显减少,应当接受流域洪水资源量下降趋势显著的判断.

(2)7~8月洪水资源量衰减是导致汛期洪水资源量下降的主要原因. I 值表明,7~8月洪水资源量衰减都占全汛期衰减的绝大部分,6月、9月洪水资源量变化相对于7~8月很小.

(3)山区和平原区洪水资源量变化趋势不同,山区洪水资源量衰减是导致全流域洪水资源量下降的主

要原因. 山区洪水资源量下降趋势显著, 而平原区趋势不显著.

3.2 北三河流域洪水资源量的突变和周期振荡

由于气候要素波动等原因, 流域水文序列往往表现出年际或代际的丰枯交替. 本文运用 Morlet 连续小波方法^[13-14], 研究洪水资源量的丰枯转折和周期振荡, 并预测其未来可能变化. 小波分析是一种时间窗和频率窗都可以改变的时间序列分析方法, 同时还具有数学意义上的突变点诊断能力.

图 3 是 1956 ~ 2000 年北三河流域洪水资源量和年降水量 Morlet 小波系数等值线图. 其中, a 为尺度因子, b 为时间因子(其起点对应着 1956 年), 实线、虚线和粗实线分别对应着大于、小于和等于零的小波系数等值线. 图 4 是北三河洪水资源量小波系数过程线和小波方差图.

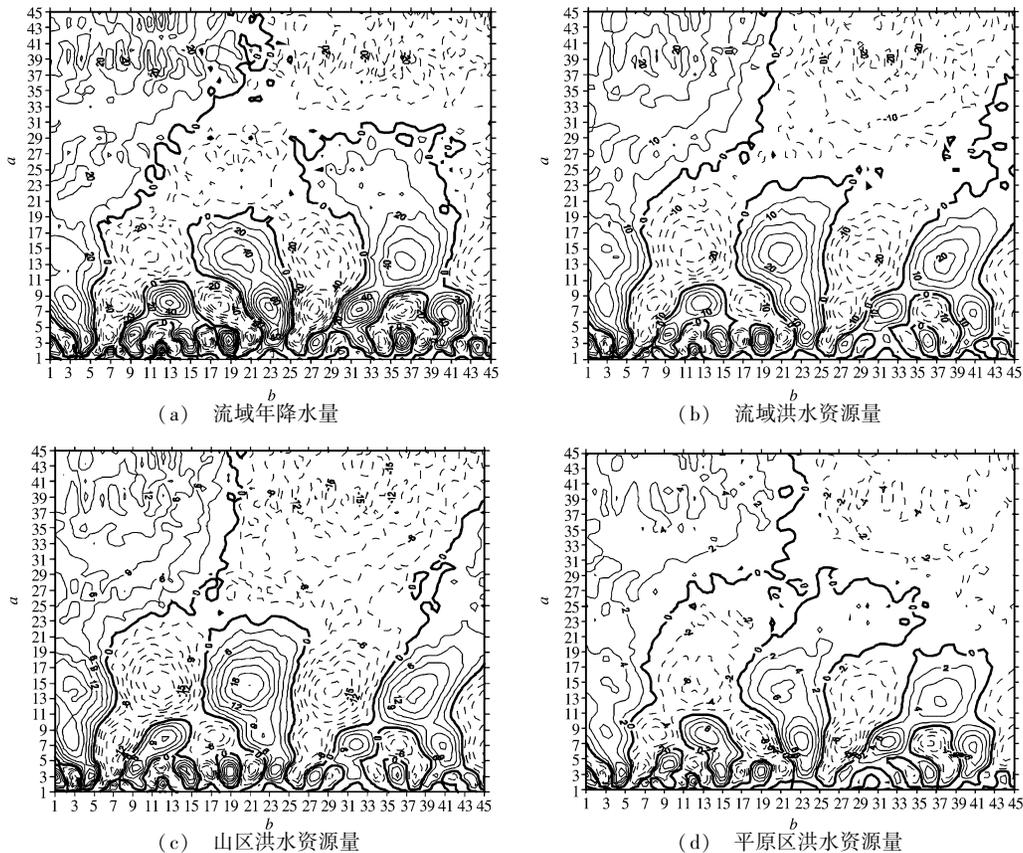
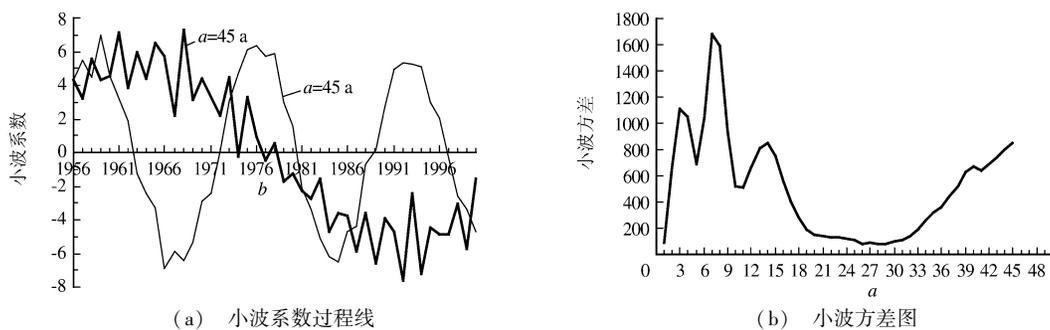


图 3 北三河流域水文序列小波变换系数等值线图

Fig. 3 Contour of wavelet coefficient of hydrology series



(a) 小波系数过程线

(b) 小波方差图

图 4 北三河流域洪水资源量小波系数过程线和小波方差图

Fig. 4 Wavelet coefficient and wavelet variation of flood resources quantity in Beisanhe

由图 3、图 4 可见, 45 年来北三河流域洪水资源量具有如下周期变异特征:

(1) 洪水资源量与年降水量具有相似的演替格局, 年降水量的年际分布决定了洪水资源量的变化. 两者在不同时间尺度上的丰枯变化是基本对应的, 呈现大小周期嵌套的复杂振荡.

(2) 流域洪水资源量的丰枯演替具有多级结构, 45 年来流域及各区域洪水资源量的最高一级丰枯变点均出现在 1979 年. 1956 ~ 1979 年和 1980 ~ 2000 年两个阶段, 流域洪水资源量丰枯对比非常显著. 在此一级变点基础上, 还可检验出较小时间尺度对应的次级变点.

(3) 流域洪水资源量存在着 17 年、9 年及 4 年左右的准周期振荡. 以 17 年准周期为例, 流域洪水资源量大致经历了 6 个阶段的丰枯交替, 依次为 1956 ~ 1962 年, 1963 ~ 1972 年, 1973 ~ 1979 年, 1980 ~ 1989 年, 1990 ~ 1996 年, 1997 ~ 2000 年, 洪水资源量均值分别为 36.3, 24.3, 34.3, 15.4, 26.6 和 11.8 亿 m^3 .

(4) 2000 年后流域洪水资源量仍将保持偏枯形势, 预计 2007 年后, 由于 $a=45$ 和 $a=14$ 的小波系数过程线均由负转正, 故流域年降水量和洪水资源量将逐步进入偏丰期, 洪水资源量较之现阶段将有所增加.

4 北三河洪水资源量演变的驱动因素

45 年来, 北三河流域洪水资源量与年降水量均呈显著下降趋势. 降水的减少是导致洪水资源量衰减的基本原因之一. 与此同时, 流域蒸发能力、土地利用、植被类型和地下水位等非降水因素的改变, 也对洪水资源量变化产生了一定的影响. 不同因素对洪水资源量变化的确切影响程度如何是一个值得分析的问题. 本文通过建立北三河流域分阶段年降水量 ~ 洪水资源量关系, 实现不同因素对洪水资源量影响的分离, 以评估降水和其它因素对洪水资源量变化的相对影响. 具体方法如下:

(1) 建立不同阶段年降水量 ~ 洪水资源量关系, 分别用 $R_1(i) = f[P_1(i)]$ 和 $R_2(i) = \varphi[P_2(i)]$ 表示. 非降水因素对洪水资源量的影响由产流函数 f, φ 体现. 不同阶段平均洪水资源量之差为:

$$\Delta R = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} R_2(i) - \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} R_1(i) \quad (2)$$

(2) 采用固定一个因子改变另一个因子的方法, 对洪水资源量的变化进行分离:

$$\Delta R = \Delta R_p + \Delta R_l \quad (3)$$

$$\Delta R_p = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} f[P_2(i)] - \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} f[P_1(i)] \quad (4)$$

$$\Delta R_l = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} \varphi[P_2(i)] - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} f[P_2(i)] \quad (5)$$

以上两式中, ΔR_p 表示若下垫面等非降水因素保持不变, 因降水变化而引起的产流量差别, ΔR_l 为降水不变, 因下垫面等因素变化而引起的产流差别.

(3) 由 $\Delta R_p, \Delta R_l$ 计算降水和非降水因素变化对洪水资源量变化的相对影响程度:

$$\rho_p = \frac{\Delta R_p}{|\Delta R_p| + |\Delta R_l|} \quad (6)$$

$$\rho_l = \frac{\Delta R_l}{|\Delta R_p| + |\Delta R_l|} \quad (7)$$

若 ρ_p 或 $\rho_l > 0$, 则说明降水或非降水因素变化对洪水资源量具有增量效应; 反之, 则为减量效应. 若 $|\rho_p| > |\rho_l|$, 则说明降水变化对洪水资源量变化影响大于非降水因素的影响; 反之, 则说明降水变化的影响不及非降水因素的影响.

由于 1979 年前后, 北三河流域洪水资源量发生了显著变化. 因此根据上述方法, 评估了 1959 ~ 1979 年和 1980 ~ 2000 年两个阶段, 北三河流域降水和非降水因素对洪水资源量变化的相对影响程度 (表 3). 表 3 中, f 为 1959 ~ 1979 年产流函数, φ 为 1980 ~ 2000 年产流函数.

表 3 降水及非降水因素对北三河洪水资源量变化影响评估结果

Tab. 3 Assessment of influence on flood resources quantity change by rainfall change and other factors

| | $R = \varphi(P) / \text{亿 m}^3$ | $R = f(P) / \text{亿 m}^3$ | ρ_p | ρ_l |
|-----|---|--|----------|----------|
| 流域 | $R = \begin{cases} \exp\left[\frac{(P - 48.12)}{53.72}\right] & P < 251.3 \\ \exp\left[\frac{(P + 21.66)}{73.30}\right] & P \geq 251.3 \end{cases}$ | $R = \exp\left(\frac{P + 21.66}{73.30}\right)$ | -70.5% | -29.5% |
| 山区 | $R = \begin{cases} \exp\left[\frac{(P - 46.62)}{29.39}\right] & P < 251.3 \\ \exp\left[\frac{(P - 6.30)}{42.01}\right] & P \geq 251.3 \end{cases}$ | $R = \exp\left(\frac{P - 6.30}{42.01}\right)$ | -75.5% | -24.5% |
| 平原区 | $R = \begin{cases} \exp\left[\frac{(P - 44.26)}{22.67}\right] & P < 251.3 \\ \exp\left[\frac{(P - 37.97)}{25.42}\right] & P \geq 251.3 \end{cases}$ | $R = \exp\left(\frac{P - 37.97}{25.42}\right)$ | -95.6% | -4.4% |

根据表3,降水和非降水因素变化对流域及分区域洪水资源量均表现为减量效应,且前者是主要影响因素.但在不同范围内,降水和非降水因素的影响强度有较大差异,从全流域范围来看,前后两阶段相比,降水变化和非降水因素变化的影响程度分别为70.5%和29.5%.对于山区,相应比例是75.5%和24.5%.对于平原区而言,非降水因素变化对洪水资源量变化的影响甚小.

5 结 语

本文初步定义了“洪水资源”和“洪水资源量”两个概念,全面分析了1956~2000年北三河流域洪水资源量的演变特征,并评估了降水和非降水因素变化对洪水资源量变化的相对影响,主要结论有:

(1)1956~2000年北三河流域洪水资源量具有显著的下陷趋势.山区洪水资源量的下降远较平原区明显,7~8月地表径流量减少是导致流域洪水资源量下降的主要原因.

(2)北三河流域洪水资源量呈明显的多时间尺度丰枯交替.1979年是45年来流域洪水资源量最显著的丰枯变异点,流域洪水资源量存在17年、9年和4年的准周期丰枯振荡.2000年后北三河流域洪水资源量仍将保持偏枯形势,预计2007年后,流域洪水资源量和年降水量将逐步进入整体偏丰期.

(3)降水变化对流域洪水资源量变化的影响占据主导地位.对于全流域和山区,1959~1979年和1980~2000年两阶段相比,降水和非降水因素变化对洪水资源量变化的相对影响程度分别为70.5%、29.5%和75.5%、24.5%.在平原区,非降水因素变化对洪水资源量的影响甚小.

参 考 文 献:

- [1] 南京水利科学研究所. 海河流域洪水资源安全利用关键技术研究(一、二期研究总报告)[R]. 南京:南京水利科学研究所,2005. (Nanjing Hydraulic Research Institute. Key technologies research for flood resources safe utilization in the Haihe River basin[R]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 2005. (in Chinese))
- [2] 胡四一, 邹 鹰, 王银堂, 等. 海河流域洪水资源安全利用关键技术研究[J]. 中国水利, 2004(22): 49-51. (HU Si-yi, ZOU Ying, WANG Yin-tang, et al. Key technologies of flood resources safe utilization in the Haihe basin[J]. China Water Resources, 2004(22): 49-51. (in Chinese))
- [3] 清华大学. 洪水资源综合利用策略研究[R]. 北京:清华大学,2006. (Tsinghua University. Synthetically strategies of flood resources utilization[R]. Beijing: Tsinghua University, 2006. (in Chinese))
- [4] 李长安. 长江洪水资源化思考[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2003, 28(4): 461-466. (LI Chang-an. Possible floodwater utilization of the Yangtze River[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2003, 28(4): 461-466. (in Chinese))
- [5] 杜丽惠, 曹 亮, 廖 松, 等. 密云水库动态汛限水位研究[J]. 水力发电学报, 2005, 24(4): 42-46. (DU Li-hui, CAO Liang, LIAO Song, et al. Analysis of the dynamical flood control level of Miyun reservoir[J]. Journal of Hydroelectric

- Engineering, 2005, 24(4): 42–46. (in Chinese))
- [6] 刘建卫, 许士国, 张柏良. 区域洪水资源开发利用研究[J]. 水利学报, 2007, 38(4): 103–109. (LIU Jian-wei, XU Shi-guo, ZHANG Bai-liang. Study on utilization of regional flood water[J]. Journal of Hydraulic, 2007, 38(4): 103–109. (in Chinese))
- [7] 刘建卫. 平原地区河流洪水资源利用研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2007, 7: 1–18. (LIU Jian-wei. Research on flood resources utilization in plain region[D]. Dalian: Science and Technology University of Dalian, 2007, 7:1–18. (in Chinese))
- [8] 周惠成, 王本德, 王国利, 等. 水库动态汛限水位控制方法研究[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2006, 6: 1–16. (ZHOU Hui-cheng, WANG Ben-de, WANG Guo-li, et al. Regulation method of reservoir dynamic flood control level[M]. Dalian: Science and Technology University of Dalian Press, 2006, 6: 1–16. (in Chinese))
- [9] 辽宁省水利厅. 防洪调度新方法及应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007: 234–253. (Bureau of Water Resources of Liaoning Province. New methods of flood regulation and application[M]. Beijing: China WaterPower Press, 2007: 234–253. (in Chinese))
- [10] 中水北方勘测设计研究有限责任公司. 北三河系防洪规划报告[R]. 天津: 中水北方勘测设计研究有限责任公司, 2004: 1–32. (Beifang Investigation, Design & Research Co, Ltd. Flood defence planning of Beisanhe basin[R]. Tianjin: Beifang Investigation, Design & Research Co, Ltd., 2004: 1–32. (in Chinese))
- [11] 丁 晶, 邓育仁. 随机水文学[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1988: 10–95. (DING Jing, DENG Yu-ren. Stochastic hydrology[M]. Chengdu: University of Science and Technology of Chengdu Press, 1988: 10–95. (in Chinese))
- [12] SHENG Yue, PILON P, CAVADIAS G. Power of the Man-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series[J]. Journal of Hydrology, 2002, 259: 254–271.
- [13] 飞思科技产品研发中心. 小波分析理论与 MATLAB7 实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006: 30–47. (Feisi Science and Technology R&D Center. Theory of wavelet analysis and realization by MATLAB7[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2006: 30–47. (in Chinese))
- [14] 王文圣, 丁 晶, 李跃清. 水文小波分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 1–24. (WNG Wen-sheng, DING Jing, LI Yue-qing. Wavelet analysis in hydrology[M]. Beijing: Chemistry Industry Press, 2005: 1–24. (in Chinese))

Evolution properties and driving factors of flood resources quantity in Beisanhe basin

HU Qing-fang^{1,2,3}, WANG Ying-tang^{2,3}

(1. Department of Hydraulic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 3. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing 210029, China)

Abstract: The conceptions of flood resources and flood resources quantity are proposed in this paper. Then, evolution properties of flood resources quantity in Beisanhe basin, a sub basin of Haihe basin, are comprehensively investigated by Mann-Kendall, Spearman nonparametric testing and Morlet continuous wavelet analysis. Meanwhile, by empirical formulas between annual rainfall and flood resources quantity during different phases, the influence of precipitation and other driving factors on flood resources change are investigated and evaluated. The results show that the decay tendency of flood resources quantity in Beisanhe basin is remarkable from 1956 to 2000, and that the most distinct changing point of flood resources quantity is in 1979. The flood resources quantity series has a complicated oscillation with approximate periodicals of 17, 14 and 4 years. Precipitation is the dominant driving factor of flood resources quantity change. During the two periods of 1959 ~ 1979 and 1980 ~ 2000, in the whole basin, the effects of precipitation and other factors on flood resources quantity change are 70.5% and 29.5%. For the mountainous region, corresponding values are 75.5% and 24.5% respectively. For the plain region, the effects of other factors are very weak compared with precipitation change.

Key words: flood resources quantity; evolution properties; driving factors; wavelet analysis; Beisanhe basin