

气候变化与人类活动对太湖西苕溪流域 水文水资源影响甄别

邱玲花¹, 彭定志¹, 林荷娟², 张明月², 房 晶¹

(1.北京师范大学水科学研究院,北京 100875; 2.水利部太湖流域管理局,上海 200434)

摘要:采用累积距平曲线与 Mann-Kendall 法对太湖西苕溪流域降水、潜在蒸散发和径流序列进行趋势分析。结果表明,流域径流与潜在蒸散发在 95%的置信水平下为下降趋势,而降水无显著变化趋势。为定量甄别气候变化与人类活动对流域水文过程的影响,探寻流域水文变化的主要驱动因素,采用敏感性系数法与改进前后的双累积曲线法分析了气候变化与人类活动对太湖西苕溪流域 1972~2010 年水文过程的影响。结果表明,气候变化与人类活动对流域径流变化影响的贡献分别为 37%~42%和 58%~63%,人类活动影响大于气候变化。

关键词:西苕溪;气候变化;人类活动;敏感性系数法;双累积曲线法

中图分类号:P333

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2015)01-0045-06

1 引言

太湖流域面积约占全国国土面积的 0.4%,人口占全国总人口的 4.4%,GDP 占全国 GDP 的 10.3%,是我国人口最集中和最大的综合工业基地地区之一,是我国社会经济发展的重要区域^[1]。但是,太湖流域洪涝灾害发生频繁、水资源供需矛盾突出、水生态系统退化严重,流域内城镇化程度较高,人类活动剧烈^[2]。流域内气候变化与人类活动的双重作用使得水文循环机理复杂化、旱涝规律无序化以及未来水文情势不确定性增大,对水资源的可持续利用影响较大^[3-8]。辨识与量化气候变化与人类活动对太湖流域水文过程的影响^[9-12],探寻流域水循环扰动的主要驱动因素,对于深入认识流域水文变化机理以及合理规划与管理流域水资源意义重大。

气候变化与人类活动对流域水文过程影响的研究方法较多^[13],可分为水文统计法和水文模型法。太湖流域已有的研究表明,气候变暖使流域降水增加而导致其洪涝灾害发生的可能性增加^[4,14],城镇化^[6]、土地利用变化^[15]等人类活动影响因素^[16]对流域水文要素影响较

大。Zhang 等^[17]在太湖上游西苕溪流域应用径流模型进行模拟发现,气候变化与人类活动对流域水文水资源影响的贡献率分别为 42.8%和 57.2%,人类活动为主要的驱动因素。本研究选择资料相对丰富的太湖上游西苕溪流域为研究区域,应用水文统计法(双累积曲线法)和简单水文模型法(敏感性系数法)定量分析气候变化与人类活动对水文水资源的影响,同时,这两种方法的结果也可交叉验证其可靠性。

2 研究区概况

西苕溪是太湖上游的重要支流,发源于天目山山脉的龙王山,由西南流向东北。流域(见图 1)平均海拔 266m,干流长 145km,流域面积 1 355km²,约占太湖流域总面积的 6%。流域属亚热带季风气候区,年平均气温为 12.2~15.6℃,多年平均降水量 1 626mm,降水年内分配不均,主要集中在 4~10 月。本研究以横塘村水文站为流域出口,该站多年平均径流深为 780.7mm。

本研究主要基于水循环要素(降水 P 、潜在蒸散发 E_0 、径流 Q)进行气候变化与人类活动对流域水文过程的影响分析。降水与潜在蒸散发均采用流域面平均数

收稿日期:2014-04-01

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAC21B02)

作者简介:邱玲花(1989-),女,江西吉安人,硕士研究生,主要研究方向为气候变化与流域水文模拟。E-mail:lhqiu_2012@mail.bnu.edu.cn

通讯作者:彭定志(1977-),男,河南新乡人,副教授,博士,从事气候变化对水文水资源影响研究。E-mail:dzpeng@bnu.edu.cn

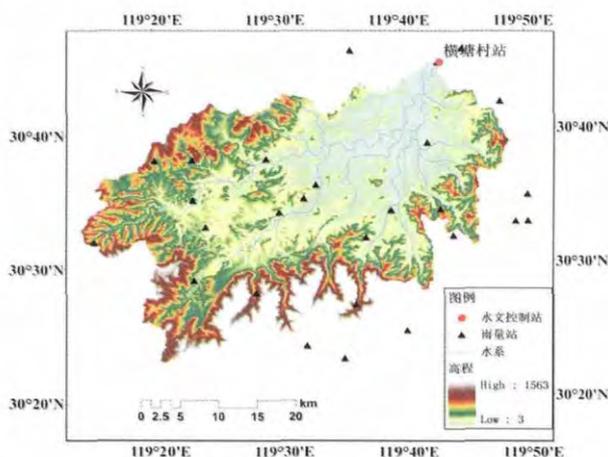


图1 西苕河流域图

Fig.1 The Xitiao river basin

据,由已有雨量站的降水、水面蒸发数据应用反距离权重(Inverse Distance Weighted, IDW)法插值得到,径流采用流域出口横塘村水文站数据。采用的年数据序列为1972~2010年。

3 研究方法

3.1 水文序列趋势分析方法

采用累积距平曲线与Mann-Kendall法^[18-19]对降水、潜在蒸散发、径流序列进行趋势分析,得到太湖西苕流域各水文要素的变化规律,并确定基准期(天然变化期)与变化期(人类活动显著期)的分界点。

3.2 双累积曲线法

双累积曲线法^[20]可用于分析水文序列的一致性。如果水文序列出现突变,则前后的累积关系发生偏移。该方法基于水文要素之间的统计关系可评价人类活动对水文过程的影响。设基准期累积径流量($\sum Q$)与累积降水量($\sum P$)线性关系如下:

$$\sum Q = k \sum P + b \quad (1)$$

式中: k 、 b 为参数。假设变化期与基准期的气候变化同步,则由该线性关系得到的变化期模拟径流与实测径流的差值即为径流受人类活动影响的变化量:

$$\Delta Q^{\text{human}} = \text{mean}(Q_{2c}) - \text{mean}(Q_{2m}) \quad (2)$$

变化期实测径流与基准期实测径流的差值为径流受气候变化与人类活动共同影响的变化量:

$$\Delta Q = \text{mean}(Q_{2m}) - \text{mean}(Q_{1m}) \quad (3)$$

式中: ΔQ 为气候变化与人类活动共同影响的径流变化量; ΔQ^{human} 为人类活动影响的径流变化量; mean 表示均值;数字1、2分别代表基准期和变化期;后缀 m 、 c

分别代表实测值与模拟值。

3.3 敏感性系数法

敏感性系数法^[21-22]基于水量平衡评价气候变化对径流的影响。流域水量平衡表示为:

$$P = E + Q + \Delta S \quad (4)$$

式中: E 为蒸散发; ΔS 为流域水储量。在长时期内, ΔS 可视为0,且降水与蒸散发的关系可表示为^[23]:

$$\frac{E}{P} = \frac{1 + w(E_0/P)}{1 + w(E_0/P) + (E_0/P)^{-1}} \quad (5)$$

式中: w 为植被相关参数。年平均流量的相对变化小于50%时,流量变化可由降水及潜在蒸散发的相对变化计算得到^[24]:

$$\Delta Q^{\text{clim}} = \beta \Delta P + \gamma \Delta E_0 \quad (6)$$

式中: ΔQ^{clim} 为气候变化导致的径流变化量; ΔP 和 ΔE_0 分别表示降水和潜在蒸散发的相对变化量; β 、 γ 分别为降水及潜在蒸散发的敏感系数,可由下式计算^[21, 23]:

$$\beta = \frac{1 + 2x + 3wx^2}{(1 + x + wx^2)^2} \quad (7)$$

$$\gamma = -\frac{1 + 2wx}{(1 + x + wx^2)^2} \quad (8)$$

式中: x 为干燥指数,即 E_0/P 。

4 结果与讨论

4.1 水文序列变化趋势及分界点确定

西苕河流域1972~2010年径流、降水与潜在蒸散发序列均表现出线性减少的趋势(见图2),而累积距平曲线(见图3)显示径流与潜在蒸散发在1999年前后分别呈现上升与下降趋势,降水无明显趋势。Mann-Kendall趋势检验发现径流与潜在蒸散发序列呈现下降趋势,降水无显著变化趋势(见表1),结果与累积距平曲线相一致。已有的研究表明^[25],西苕河流域1972~2010年的降水、径流序列均在1999年发生突变。以突变年份为水文序列的分界点,1972~1998年为基准期,1999~2010年为变化期。变化期的径流、降水、潜在蒸散发相对基准期分别减少了26%、10%和18%。

4.2 气候变化与人类活动对流域水文水资源的影响

变化期的降水、潜在蒸散发以及径流相对基准期分别减少了164.8mm、148.8mm、217.0mm。基准期与变化期的(E_0/P , E/P)分别为(0.50, 0.49)和(0.46, 0.58),变化期干旱指数 E_0/P 相对基准期减小了9%,而 E/P 则增大了18%。西苕河流域以林地为主^[26], w 值约为2^[21, 23]。应用敏感性系数法计算出气候变化对径流减少的影响量为92.0mm,其贡献率为42%,人类活动贡献率为

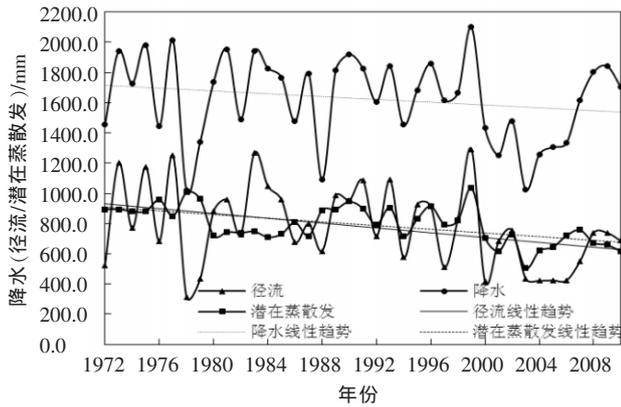


图2 西苕溪流域1972~2010年径流、降水与潜在蒸散发序列变化曲线

Fig.2 Variation of the runoff, precipitation and potential evapotranspiration in the Xitaoxi river basin during 1972-2010

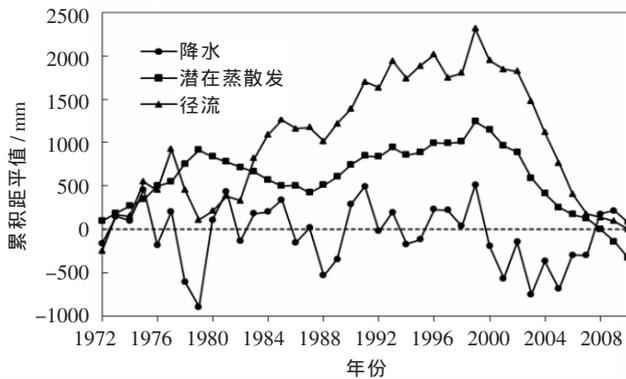


图3 西苕溪流域1972~2010年径流、降水与潜在蒸散发序列累积距平曲线

Fig.3 Cumulative anomaly curves of the runoff, precipitation and potential evapotranspiration in the Xitaoxi river basin during 1972-2010

表1 西苕溪流域1972~2010年径流、降水与潜在蒸散发序列Mann-Kendall趋势检验

Table 1 Trend tests of the runoff, precipitation and potential evapotranspiration in the Xitaoxi river basin during 1972-2010 by Mann-Kendall method

	h	slop	tau	趋势
径流	-1*	-10.81	-2.09	下降
降水	0*	-5.03	-1.26	无显著趋势
潜在蒸散发	-1*	-4.06	-2.83	下降

注:*表示在95%的置信水平下检验,h为变化趋势指示值,slop为变化趋势倾斜度,tau为统计量值。

58%(见表2)。

降水与径流的双累积曲线(见图4)从1999年开始发生偏移,与变点分析相对应,证实了分界点的可靠

表2 敏感性系数法定量分析气候变化与人类活动对西苕溪流域径流变化的影响

Table 2 Quantitative assessment of the climate change and human activities impacting on runoff variation by the hydrological sensitivity-based method

	基准期 均值 /mm	变化期 均值 /mm	变化量 /mm	敏感 系数	气候变 化贡献 率/%	人类活 动贡献 率/%
降水	1677.3	1512.6	-164.8	1.2		
潜在蒸散发	839	690.2	-148.8	-0.7	42	58
实测径流	847.5	630.5	-217.0	-		
模拟径流	-	-	-92.0	-		

性。基准期累积降水与累积径流的相关系数为0.9995,应用该关系方程计算变化期的模拟径流。变化期模拟径流与实测径流偏差随着时间逐渐变大(见图5),即在人类活动影响下,径流减少。如表3所示,人类活动影响径流减少量为146.0mm,贡献率为67%,气候变化贡献率为33%。

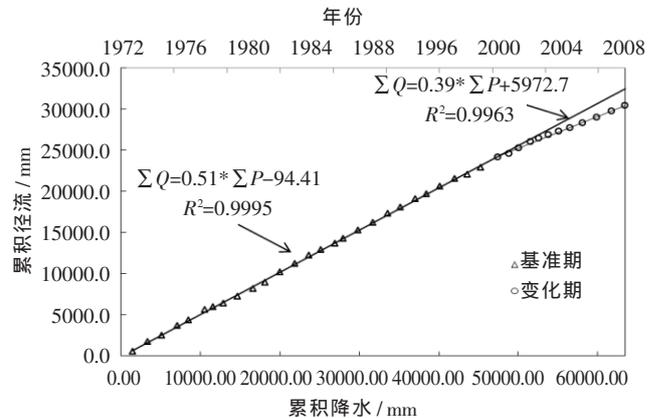


图4 降水与径流的双累积曲线

Fig.4 Double mass curve of the precipitation and runoff

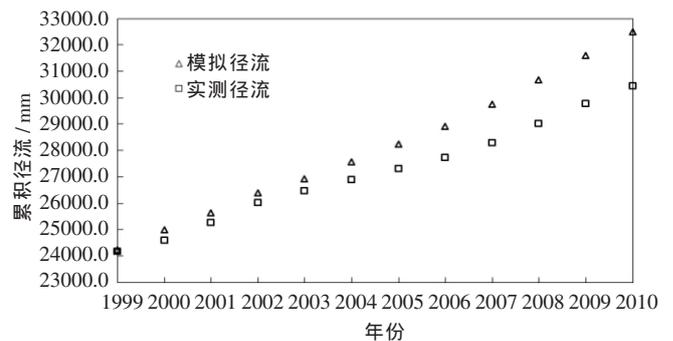


图5 变化期实测径流与模拟径流的累积变化曲线

Fig.5 Cumulative curve of the observed and simulated runoff during the changed period

表3 双累积曲线法定量分析结果

Table 3 Quantitative result analyzed by double mass curve method

序列	实测径流 /mm	模拟径流 /mm	变化量 /mm	人类活动贡献率/%	气候变化贡献率/%
1972~1998	847.5	857.6	10.1	67	33
1999~2010	630.5	776.5	146.0		

从表3可知,基准期模拟径流与实测径流相差10.1mm。为使变化期径流相对基准期变化更为准确,本研究采用简单误差传递方法,将基准期的模拟径流均减去平均误差得到改进后的模拟径流,将基准期误差传递给变化期。重新计算后得到基准期新的双累积曲线(见图6)和变化期实测累积径流与模拟累积径流变化曲线(见图7)。改进双累积曲线法之后,由表4可知基准期实测平均径流与模拟平均径流达到一致,人类活动导致径流减少量为135.9mm,人类活动与气候变化对径流变化的贡献率分别为63%和37%。改进后的双累积曲线法相对改进前计算的人类活动贡献率减少了5%,改进之后的结果与敏感性系数法计算结果

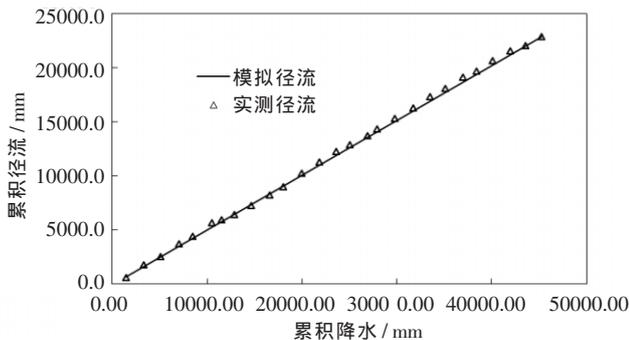


图6 误差传递之后基准期的降水与径流的双累积曲线

Fig.6 Double mass curves of the precipitation and runoff during the baseline period after error propagation

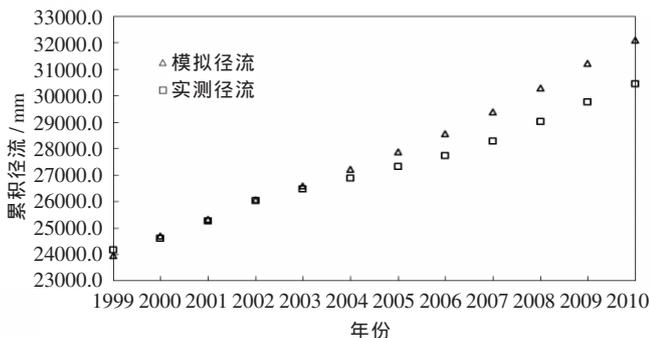


图7 误差传递之后变化期实测径流与模拟径流的累积变化曲线

Fig.7 Cumulative curves of the observed and simulated runoff during the changed period after error propagation

表4 改进的双累积曲线法定量评价结果

Table 4 Quantitative assessment of modified double mass curve method

序列	实测径流 /mm	模拟径流 /mm	变化量 /mm	人类活动贡献率/%	气候变化贡献率/%
1972~1998	847.5	847.5	0.0	63	37
1999~2010	630.5	766.4	135.9		

更为接近。

4.3 结果讨论

横塘村水文站以上西苕溪流域的两座主要水库即老石坎水库与赋石水库分别建成于1970年和1977年,流域内的其他小水库、堰坝、塘坝等引水工程众多。流域内40年来经济发展迅速,城镇化速度快。敏感性系数法计算径流变化量为92.0mm,改进的双累积曲线法为135.9mm,两种方法计算的径流变化总量为227.9mm,径流实际变化量为217mm,误差为10.9mm。敏感性系数法主要基于水量平衡原理估算了气候变化对径流影响的变化量,双累积曲线法基于线性回归统计原理估算了人类活动对径流影响的变化量,两种方法从不同的角度定量分析了气候变化与人类活动对西苕溪流域径流变化的影响。两种方法的结果相差较小,可相互验证,结果相对可靠。因此,可估算气候变化与人类活动对西苕溪流域径流变化影响的贡献率,即气候变化约为37%~42%,人类活动约为58%~63%。该结果亦与Zhang等^[17]的结果较一致。

敏感性系数法分析气候变化时主要考虑了降水与潜在蒸散发两个要素的影响,由降水与潜在蒸散发变化量及相应的敏感系数可得到两个因子对径流减少的影响量分别为202.1mm和-110.1mm,气候变化影响总量为92.0mm,可知以降水影响为主,降水的减少导致了径流的减少。流域内的人类活动亦直接导致了径流的减少。本研究结果表明,西苕溪流域水文过程扰动以人类活动影响为主。太湖流域经济发展迅速,人类活动强度随着社会不断发展正不断加大,对流域水文水资源的影响将更为深入与剧烈。

5 结论

本研究基于太湖西苕溪流域主要水文要素变化趋势的基础上,应用敏感性系数法和改进的双累积曲线法定量分析了气候变化与人类活动对流域径流变化的影响。主要结论如下:

(1)应用累积距平曲线和Mann-Kendall法分析流

域径流、潜在蒸散发和降水序列变化趋势。在 95%置信水平下,径流和潜在蒸散发有显著下降趋势,降水变化趋势不明显。

(2)敏感性系数法定量分析了气候变化与人类活动对流域径流变化的贡献率分别为 42%和 58%。进行误差传递之后的双累积曲线法评价人类活动对径流变化的影响相对改进之前减少了 5%,改进后得到气候变化与人类活动影响贡献率分别为 37%和 63%。两种定量方法相互验证结果的可靠性,并得到气候变化与人类活动对流域径流变化的影响贡献分别为 37%~42%和 58%~63%。

(3)气候变化与人类活动共同作用导致了西苕溪流域径流的减少,本研究揭示了人类活动的主导作用,且在气候变化影响中以降水影响为主。

参考文献:

- [1] 水利部太湖流域管理局. 2011 太湖流域及东南诸河水资源公报[R]. 2011. (Bureau of Taihu Lake Basin. Water resources bulletin of Taihu lake basin and southeastern rivers [R]. 2011. (in Chinese))
- [2] 吴浩云,金科.太湖流域水灾害应急对策研究[J].中国水利,2012,(13): 40-43. (WU Haoyun, JIN Ke. Emergency measures for water disaster reduction in Taihu basin [J]. China Water Resources, 2012,(13): 40-43. (in Chinese))
- [3] 尹义星,许有鹏,陈莹. 太湖最高水位及其与气候变化、人类活动的关系[J]. 长江流域资源与环境, 2009,18(7):609-614. (YIN Yixing, XU Youpeng, CHEN Ying. Maximum water level of Taihu lake and its relation to the climate change and human activities [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2009,18(7):609-614. (in Chinese))
- [4] 黄俊雄,徐宗学. 太湖流域 1954~2006 年气候变化及其演变趋势[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18 (1):33-40. (HUANG Junxiong, XU Zongxue. Spatial-temporal characteristics of long-term trends for climate change in the Taihu basin during 1954 to 2006 [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2009,18 (1):33-40. (in Chinese))
- [5] IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report [R]. Geneva: IPCC, 2007.
- [6] 尹义星,许有鹏. 太湖流域腹部地区水位对降水变化及城镇化的响应[J]. 自然资源学报, 2011,26(5):769-779. (YIN Yixing, XU Youpeng. Response of water levels to precipitation changes and regional urbanization in the core regions of the Taihu Lake basin [J]. Journal of Natural Resources, 2011,26(5):769-779. (in Chinese))
- [7] 高俊峰,毛新伟. 太湖流域经济发展及其对洪涝的影响 [J]. 湖泊科学, 2002,14(1):47-52. (GAO Junfeng, MAO Xinwei. Economic development and its impact to flood disaster in Taihu basin [J]. Journal of Lake Sciences, 2002,14(1):47-52. (In Chinese))
- [8] 周祖昊,王浩,贾仰文,等. 基于二元水循环理论的用水评价方法探讨[J]. 水文, 2011,31(1): 8-12. (ZHOU Zuhao, WANG Hao, JIA Yangwen, et al. Discussion on water use assessment based on dualistic water cycle [J]. Journal of China Hydrology, 2011,31(1):8-12. (in Chinese))
- [9] 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))
- [10] 刘艳丽,张建云,王国庆,等. 气候自然变异在气候变化对水资源影响评价中的贡献分析—— . 基准期的模型与方法 [J]. 水科学进展, 2012,23 (2):147-155. (LIU Yanli, ZHANG Jianyun, WANG Guoqing, et al. Evaluation on the influence of natural climate variability in assessing climate change impacts on water resources: . Model and methodology in baseline period [J]. Advances in Water Science, 2012,23(2):147-155. (in Chinese))
- [11] 刘艳丽,张建云,王国庆,等. 气候自然变异在气候变化对水资源影响评价中的贡献分析—— . 未来期应用分析 [J]. 水科学进展, 2012,23 (2):156-162. (LIU Yanli, ZHANG Jianyun, WANG Guoqing, et al. Evaluation on the influence of natural climate variability in assessing climate change impacts on water resources: . Application in future climate [J]. Advances in Water Science, 2012,23(2): 156-162. (in Chinese))
- [12] 刘春葵,夏军. 气候变暖条件下水文循环变化检测与归因研究的几点认识[J]. 气候变化研究进展, 2010,6(5):313-318. (LIU Chunzhen, XIA Jun. Some points of view on detection and attribution of observed changes in hydrological cycle under global warming [J]. Advances in Climate Change Research, 2010,6 (5):313-318. (in Chinese))
- [13] 董磊华,熊立华,于坤霞,等. 气候变化与人类活动对水文影响的研究进展[J]. 水科学进展, 2012,23(2):278-285. (DONG Leihua, XIONG Lihua, YU Kunxia, et al. Research advances in effects of climate change and human activities on hydrology [J]. Advances in Water Science, 2012,23(2):278-285. (in Chinese))
- [14] 徐宗学,刘浏. 太湖流域气候变化检测与未来气候变化情景预估[J]. 水利水电科技进展, 2012,32(1):1-7. (XU Zongxue, LIU Liu. Detection of climate change and projection of future climate change scenarios in Taihu Lake basin [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2012,32(1):1-7. (in Chinese))
- [15] 李恒鹏,杨桂山,金洋. 太湖流域土地利用变化的水文响应模拟[J]. 湖泊科学, 2007,19 (5): 537-543. (LI Hengpeng, YANG Guishan, JIN Yang. Simulation of hydrological response of land use change in Taihu Basin [J]. Journal of Lake Science, 2007,19(5):537-543. (in Chinese))
- [16] Zeng C F, Wang L C. A study of hydrologic responses to land use and cover change in Taihu Lake Basin, southeast China [J]. Journal of Food Agriculture & Environment, 2012,10(3-4):1404-1408.
- [17] Zhang C, Zhang B, Li W, Liu M. Response of streamflow to climate change and human activity in Xitiaoqi river basin in China

- [J]. Hydrological Processes, 2012, doi: 10.1002/hyp.9539
- [18] Mann H B. Nonparametric tests against trend [J]. *ECONOMETRICA*, 1945,13(3):245–259.
- [19] Kendall. Rank Correlation Measures (2nd) [M]. London: Charles Griffin, 1975.
- [20] Searcy J K, Hardison C H. Double Mass Curves [M]. US Geological Survey, Water-Supply Paper 1541-B, 1960, 66.
- [21] Li L J, Zhang L, Wang H, Wang J, Yang J W, et al. Assessing the impact of climate variability and human activities on streamflow from the Wuding River basin in China [J]. *Hydrological Processes*, 2007,21:3485–3491.
- [22] Dooge J C I, Bruen M, Parmentier B. A simple model for estimating the sensitivity of runoff to long-term changes in precipitation without a change in vegetation [J]. *Advances in Water Resources*, 1999,23:153–163.
- [23] Zhang L, Dawes W R, Walker G R. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale [J]. *Water Resources Research*, 2001,37(3):701–708.
- [24] Jones R N, Chiew F H S, Boughton W C, et al. Estimating the sensitivity of mean annual runoff to climate change using selected hydrological models [J]. *Advances in Water Resources*, 2006,29:1419–1429.
- [25] 邱玲花,彭定志,林荷娟,等. 太湖西苕溪流域水文序列突变检测比较和分析研究[J]. *水资源研究*, 2013,2(6):415–419. (QIU Linghua, PENG Dingzhi, LIN Hejuan, et al. Change-point detection and analysis of hydrological time series in Xitiao River basin [J]. *Journal of Water Resources Research*, 2013,2(6):415–419. (in Chinese))
- [26] 李恒鹏,王旭强,杨桂山,等. 基于单元格网的 STREAM 分布式水文模型及其应用——以太湖上游西苕溪流域为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2007,16(6):715–720. (LI Hengpeng, WANG Xuqiang, YANG Guishan, et al. Application of grid basin stream distributed hydrological model [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2007,16(6):715–720. (in Chinese))

Quantitative Discrimination of Climate Change and Human Activities Impacting on Runoff in Xitiao River Basin

QIU Linghua¹, PENG Dingzhi¹, LIN Hejuan², ZHANG Mingyue², FANG Jin¹

(1. College of Water Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Bureau of Taihu Lake Basin, Shanghai 200434, China)

Abstract: Cumulative anomaly curve and Mann–Kendall methods were utilized to do trend analysis of precipitation, potential evapotranspiration and runoff in the Xitiao catchment of the Taihu Lake Basin. The results indicate that the runoff and potential evapotranspiration tend to decrease and precipitation occur without significant trend under the 95% confidence level. As to quantitatively discern the impacts of climate change and human activities on hydrological processes and detect the dominated driving force of hydrological variation, hydrological sensitivity-based method and double mass curve method with original and modified one were applied to distinguish the interference of climate change and human activities to hydrological processes in the basin during 1972~2010. It demonstrated that climate change and human activities contributed 37%~42% and 58%~63% to runoff variation in the basin, showing larger influence of human activities than that of climate change.

Key words: Xitiao River; climate change; human activity; hydrological sensitivity-based method; double mass curve method

(上接第 39 页) characteristics, hydrological cycle and to establish the H and O isotopic standard for the Northwest China. In this paper, the $\delta^{18}\text{O}$ of summer half year display higher values than winter half year in W, Y, Z and L because of the temperature effect. Due to the complicated water vapor sources, the $\delta^{18}\text{O}$ values of meteoric water in Xi'an, which is located in the Guanzhong Basin, are controlled by temperature effect and rainfall effect in summer and winter half year respectively. The meteoric water in Pingliang has much more depleted O isotopic compositions in May to September than meteoric water in other areas with the same altitude, such as Pingliang. This abnormal O isotopic characteristics in Pingliang is related to the relatively weak urban heat island effect. In the Northwest China, the δD and $\delta^{18}\text{O}$ values of meteoric water are varying in the range of global meteoric water. The lower slope and intercept of regional meteoric water lines in investigated places, except Pingliang and Lhasa, than the Global Meteoric Water Line suggest the precipitation process of these places undergo strong evaporation and may mix with condensation waters from vapor of meteoric water in some local areas. The higher deuterium surplus in winter half year than in summer half year may indicate that the vapor sources or conditions of evaporation are different in winter and summer half year.

Key words: Northwest China; meteoric water; hydrogen and oxygen isotopes; distribution characteristics