

DOI: 10.3876/j.issn.1000-1980.2011.06.006

气候变化对乌江流域水文水资源的影响

秦年秀^{1,2}, 陈 喜¹, 薛显武¹, 曾春芬³

(1. 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098;

2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008; 3. 南京大学地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210093)

摘要:利用贵州省 36 个国家标准气象站 1960—2008 年实测日降水、日气温资料和 1956—2000 年实测月流量资料以及 IPCC 第 4 次评估报告发布的 24 个 GCMs 月气温和降水资料, 采用基于 ArcGIS 的地理分析模块建立的气温-降水-径流关系及双参数气候径流弹性指数方法, 分析了气候变化对贵州省思南以上乌江流域水文水资源的影响。结果表明: 如降水增加 20%, 在气温保持不变时, 径流将增加 22% 左右。在气温升高 0.8℃ 时, 径流仅增加 17%。在气温降低 0.5℃ 时, 径流则增加 27% 以上。可见, 贵州省思南以上乌江流域径流与降水显著正相关, 与气温微弱负相关, 而且径流对降水减少更敏感。气候径流弹性指数分析表明: 降水增加 1% 时, 径流相应增加 1.15% ~ 1.69%, 降水减少 1% 时, 径流则相应减少 1.46% ~ 1.69%。

关键词:气候变化; 气温-降水-径流关系; 水资源; 乌江流域

中图分类号: P333

文献标志码: A

文章编号: 1000-1980(2011)06-0623-06

喀斯特作为一种特殊的地貌单元, 在地球上广泛分布, 总面积约为 2 200 万 km², 约占世界总土地面积的 15%, 世界人口 17% 生活在喀斯特地区^[1]。有研究指出, 25% 世界人口的生活用水完全或大部分来源于喀斯特地下水^[2]。我国喀斯特地貌分布广、面积大, 为 91 万 ~ 132 万 km², 以广西、贵州和云南所占的面积最大, 是世界上最大的喀斯特地区之一。我国西南地区拥有世界上最典型的热带到亚热带喀斯特景观^[1], 其中又以贵州省最为突出, 是东亚喀斯特带的中心, 也是世界上喀斯特面积最大、发育最复杂的一个省区, 全省 73% 以上土地面积均为喀斯特地貌单元^[3]。喀斯特地区岩石破碎严重, 岩溶裂隙发育, 具有地表地下双层结构, 土壤浅薄且不连续, 土壤蓄水能力差且渗透性强。尽管西南喀斯特地区降水丰富, 但由于特殊的地质背景和环境特征, 导致水资源赋存和分布规律十分复杂, 开发利用难度大, 工程性缺水严重。水资源问题已成为制约我国西南喀斯特地区社会经济发展环境发展的关键因素。

喀斯特地区特殊的水文系统, 以存在地下排水网路为特征, 其水文情势深受地表水和大气降水影响, 水情存在较大波动^[1]。气温和降水的变化, 尤其是极端气候变化对喀斯特地区水文情势、生态环境以及岩溶石漠化有很大的影响。气候变化必然改变水文循环及过程, 引起水资源在时空上的重新分配及数量上的改变, 因此, 应将气候变化对水文水资源的影响纳入未来水资源规划及管理当中^[4-6]。

近几十年来各国专家学者就气候变化对水文水资源的影响开展了大量研究工作并取得了一些重要成果^[5-12], 研究结果表明, 未来水资源变化存在很大的区域性, 有些地区未来水资源呈增加趋势, 有些呈减少趋势, 而有些则变化不大, 而且都存在较大季节差异性。有关贵州省乌江流域的研究工作也取得很多成果, 但目前为止, 主要集中在水化学、物质化学成分、营养物质等方面^[13-15]。本文利用贵州省 36 个国家标准气象站 1960—2008 年实测日降水、日气温资料和 1956—2000 年实测月流量资料以及 IPCC 第 4 次评估报告发布的 24 个 GCMs 月气温和降水资料, 采用基于 ArcGIS 的地理分析模块建立的气温-降水-径流关系及双参数气候径流弹性指数方法, 分析未来气候变化对贵州省思南以上乌江流域水文水资源的影响。

收稿日期: 2010-12-16

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2006CB403200); 教育部科学技术研究重大项目(308012); 国家自然科学基金(50679025)

作者简介: 秦年秀(1976—), 女, 广西桂林人, 博士研究生, 主要从事气候变化与水循环研究。E-mail: qxnqx@sohu.com

1 研究数据与研究方法

选取贵州省境内 87 个国家标准气象站中位于乌江流域的 36 个站的 1960—2008 年实测日降水、日气温资料,以及位于乌江流域各流域段4个水文站(从上游至下游依次为鸭池河、乌江渡、江界河和思南)1956—2000 年实测月径流资料为研究数据.还选取了 IPCC (AR4) 发布的 24 个 GCMs 中乌江流域的月气温和降水资料(分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$),这样乌江流域总共有 12 个网格点的资料,资料序列为 1961—2100 年.图 1 为贵州思南以上乌江流域气温、降水和径流的多年平均状况,可见 4 月雨季开始后,降水量 6 月达一年中最大值,之后减少,到 10 月雨季结束,随着雨季的到来,河流径流也逐渐增大,7 月径流达到一年中的最大值,随着降水的减少,径流也随之减少.该区域雨热同季,7 月为一年中气温的最高月份.

气象因子趋势性检验主要采用 Mann-Kendall 非参数检验方法(简称 MK 法)^[15];气候变化对水文水资源影响分析主要采用傅国斌等^[5-6]提出的气温-降水-径流关系方法即双参数气候径流弹性指数方法.该方法与 Risbey and Entekhabi 方法^[16]相比,至少有两个明显优势.其一,ARCGIS 地理分析模块提供了一整套较全面的插值方法,使用者可以先比较各种方法的优劣,最后选定最优的一种或几种插值方法.其二,该方法使用方便而且很容易应用到其他地区^[5-6].

方法具体计算步骤为:首先利用 Risbey and Entekhabi 方法,依次计算年均气温、年均降水量和年均径流深与各自多年平均值的变化量并以降水变化量为横坐标、气温变化量为纵坐标添加到 ARCGIS 中,绘制气温-降水图.这样气温-降水平面图上每一点就代表相应变量与多年平均值的变化量,再通过 ARCGIS 的空间插值模块,可绘出径流变化量等高线图,即以降水变化量为横坐标,气温变化量为纵坐标,径流变化量作为插值属性进行空间插值,可将气温-降水-径流关系转化为气候径流弹性指数^[5-6],计算式如下:

$$e_{p,\Delta T} = \left(\frac{Q_{p,\Delta T} - \bar{Q}\bar{P}}{P_{p,\Delta T} - \bar{P}\bar{Q}} \right) \quad \Delta T = T - \bar{T} \quad \Delta P = \frac{P_t - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100\% \quad \Delta Q = \frac{Q_t - \bar{Q}}{\bar{Q}} \times 100\%$$

式中: $e_{p,\Delta T}$ ——气候径流弹性指数; Q_t —— t 时刻的径流深; P_t —— t 时刻的降水量; ΔT ——气温变化量; ΔP ——降水变化量; ΔQ ——径流深变化量; $\bar{P}$ ——多年平均降水量; $\bar{Q}$ ——多年平均径流深; $Q_{p,\Delta T}$ ——气温变化条件下的径流量; $P_{p,\Delta T}$ ——气温变化条件下的降水量.

2 结果分析

2.1 历史气候变化

表 1 给出了 1960—2008 年贵州省思南以上乌江流域年及四季气温和降水量主要变化特征,MK 法检验

表 1 1960—2008 年贵州省思南以上乌江流域气温及降水量变化统计

Table 1 Changes of temperature and precipitation upstream of Sinan Station in Wujiang Basin in Guizhou Province from 1960 to 2008

季节	降水量			气温		
	MK 值	$\beta/(\text{mm} \cdot \text{a}^{-1})$	增加趋势站点所占比例/%	MK 值	$\beta/(\text{}^{\circ}\text{C} \cdot \text{a}^{-1})$	增加趋势站点所占比例/%
春季	-1.89	-1.034	2.78	1.20	0.006	91.67
夏季	0.93	1.117	86.11	2.07	0.010	72.22
秋季	-2.34	-1.106	0	2.84	0.019	91.67
冬季	1.18	0.235	91.67	1.96	0.018	94.44
年均	-0.70	-0.788	11.11	2.85	0.013	91.67

注: β 为趋势变化幅度统计量.

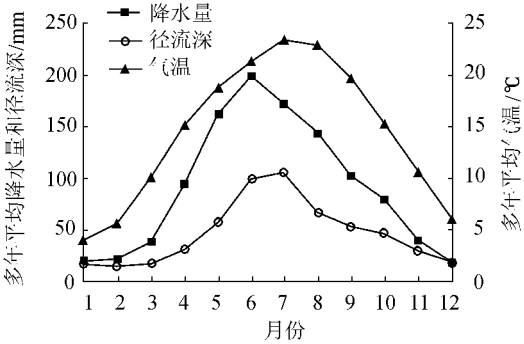


图 1 1956—2000 年贵州省思南以上乌江流域气温、降水及径流深多年平均变化

Fig. 1 Changes of average annual temperature, precipitation, and runoff depth upstream of Sinan Station in Wujiang Basin in Guizhou Province from 1956 to 2000

结果表明,年及四季气温均呈增加趋势,除春季微弱增加,升温速率仅为 $0.006^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 外,其他季节及年气温增加显著,均通过 95% 以上显著性检验,秋季及年气温的升温甚至通过 99% 以上显著性检验,秋季增温速率达 $0.019^{\circ}\text{C}/\text{a}$,冬季增温速率也达 $0.018^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 。乌江流域气温的升温趋势从气温升高的站点数也可明显体现,除夏季升温站点数占 72.22% 外,其他季节及年气温升温站点数均占 91% 以上,以冬季 94.44% 为最多。

与气温变化相比,贵州省思南以上乌江流域 1960—2008 年降水变化较复杂,季节差异大。总体上,春秋季节降水明显减少,速率分别为 $1.034\text{ mm}/\text{a}$ 和 $1.106\text{ mm}/\text{a}$,均通过 95% 以上显著性检验;夏冬两季降水增加,但增加趋势不显著,因夏季降水在年总降水中所占比重较大,因此夏季降水增加速率仍比较大,为 $1.117\text{ mm}/\text{a}$,而冬季降水的增加仅为 $0.235\text{ mm}/\text{a}$,年降水总体呈现微弱减少趋势,减少速率为 $0.788\text{ mm}/\text{a}$ 。

秋季显著升温,降水明显减少,春季升温不明显,但降水减少也非常突出,这在一定程度上加大了该地区春旱、秋旱发生的程度,对农作物不利。冬季降水虽然增加,但升温也非常显著,而且冬季降水所占比重本来就很小,因此很可能导致该地区秋冬春 3 季连旱的发生,如 2009 年秋至 2010 年 5 月西南 5 省的大旱可能就是因降水异常减少以及极端高温天气所致。而夏季降水的增加,也在一定程度上加大了该地区洪涝灾害发生的频率。有研究表明,年降水微弱增加甚至减少时,洪涝灾害发生的概率也加大^[17-18]。

2.2 未来气候变化趋势分析

采用政府间气候变化委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change,IPCC)第 4 次评估(2007 年)所发布的未来气候预测情景进行分析,A1B(假设各种能源供应和利用技术发展速度相当条件下,不过分依赖于某一特定的能源资源)、A2(描述的是一个及其非均衡发展的世界)和 B1(描述的是一个均衡发展的世界)3 种温室气体排放情景下,分别对应有 24,19 和 21 种 GCMs 气候模式。

表 2 为未来 2011—2100 年气温和降水在 3 种温室气候排放情景下年及四季的变化状况,可见 3 种情景下,所有气候模式气温都呈增加趋势,MK 法分析进一步表明气候显著变暖,升温速率 B1 情景下为 $0.02^{\circ}\text{C}/\text{a}$,A1B 和 A2 情景下,分别为 $0.035^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 和 $0.041^{\circ}\text{C}/\text{a}$,升温非常明显。而未来降水在 3 种情景下,总体上也表现为增加趋势,以冬季降水增加最为微弱,在 B1 情景下,冬季降水甚至表现出轻微的减少趋势。

表 2 未来 2011—2100 年贵州省思南以上乌江流域气温及降水量变化统计

Table 2 Changes of temperature and precipitation upstream of Sinan Station in Wujiang Basin in Guizhou Province from 2011 to 2100

季节	MK 值						β			增加趋势站点所占比例/%						
	降水量			气温			降水量/($\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$)			气温/($^{\circ}\text{C}\cdot\text{a}^{-1}$)			降水量			气温 (3 种情景)
	A1B	B1	A2	A1B	B1	A2	A1B	B1	A2	A1B	B1	A2	A1B	B1	A2	
春季	7.02	3.36	4.98	11.42	10.32	11.6	0.52	0.26	0.39	0.04	0.02	0.04	83.33	90.5	73.68	100
夏季	6.13	3.62	7.65	12.25	11.24	12.2	0.61	0.35	0.84	0.03	0.02	0.04	83.33	71.4	84.21	100
秋季	4.44	1.80	4.57	11.98	10.46	11.6	0.32	0.12	0.31	0.03	0.02	0.04	75.00	57.1	68.42	100
冬季	1.99	-0.17	0.41	12.02	10.78	11.8	0.07	0	0.02	0.04	0.02	0.05	45.83	52.4	36.84	100
年均	7.79	4.84	7.74	12.57	11.71	12.5	1.53	0.73	1.56	0.03	0.02	0.04	91.67	71.4	78.95	100

2.3 气候变化对区域径流的影响

由气温-降水-径流双参数气候径流弹性指数计算方法,得出径流对降水和气温变化的响应图(图 2),可明显看出,径流与降水正相关,与气温微弱负相关。径流对降水变化的响应明显大于对气温变化的响应。为了单独分析径流对降水和气温变化的响应,假定降水变化时,从图 2 中分别提取温度不变($\Delta T = 0^{\circ}\text{C}$)、升高 0.8°C ($\Delta T = 0.8^{\circ}\text{C}$)和降低 0.5°C ($\Delta T = -0.5^{\circ}\text{C}$)时的径流深变化资料,导入 Excel 中用来分析不同温度情景下,径流深随降水的变化(图 3(a))。同理,假定气温变化时,从图 2 中分别提取降水不变($\Delta P = 0$)、增加 20% ($\Delta P = 20\%$)和减少 25% ($\Delta P = 25\%$)时的径流深变化资料,导入 Excel 中用来分析不同降水情景下,径流深随气温的变化(图 3(b))。从图 3(a)可知,如果贵州省思南以上乌江流域

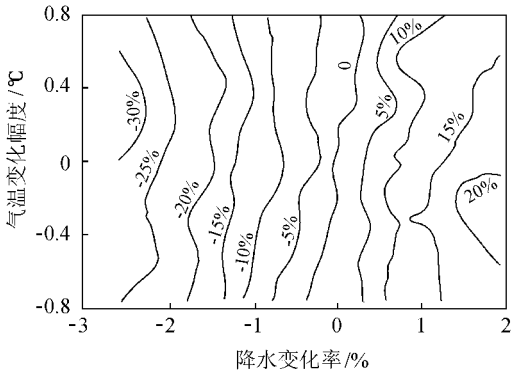


图 2 贵州省思南以上乌江流域径流深变化率等值线
Fig. 2 Isoline of change rates runoff depth upstream of Sinan Station in Wujiang Basin in Guizhou Province

降水增加 20% : (a) 气温保持不变的情况下, 径流深将增加 22% 左右 ; (b) 如果气温升高 0.8℃, 径流深仍将增加 17% ; (c) 如果气温降低 0.5℃, 径流深则增加 27% . 如果降水减少 20% : (a) 在气温保持不变的情况下, 将导致径流深减少 30% 以上 ; (b) 如果气温降低 0.5℃, 则径流深减少 25% 左右 . 从图 3 可看出, 贵州省思南以上乌江流域降水是影响径流变化的主要因子, 而且径流对降水减少的反应强于对降水增加的反应, 即径流对降水减少变化更敏感. 这一点可从图 3 中得到进一步验证 .

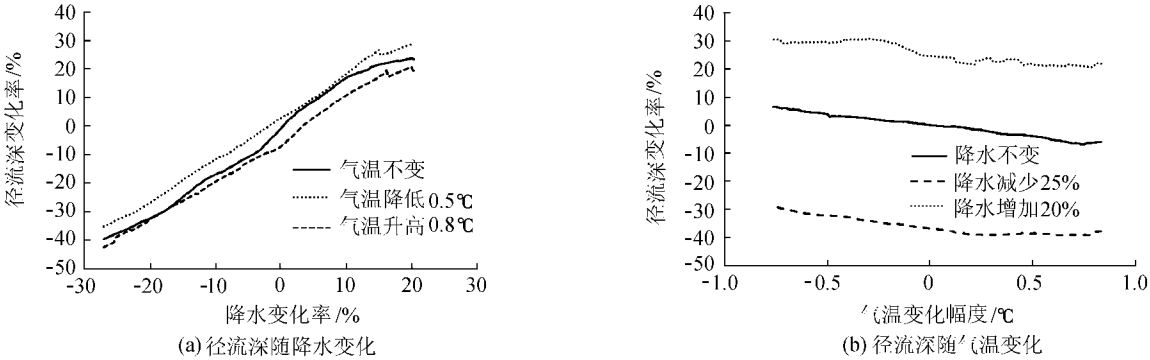


图 3 贵州省思南以上乌江流域径流深随降水和气温的变化

Fig. 3 Runoff depth change with precipitation and temperature upstream of Sinan Station in Wujiang Basin in Guizhou Province

由图 2 中所有径流深变化率数据同时除以降水变化率 (横坐标值), 然后将其导入 Excel 来分析不同温度情景下, 气候径流弹性指数随降水的变化 (图 4). 图 4 排除降水变化在 10% 以内的不稳定情况, 一般气温保持不变情况下, 降水增加 1%, 径流相应增加 1.15% ~ 1.69%, 降水减少 1%, 径流则相应减少 1.46% ~ 1.69%, 可见, 径流对降水减少相对较敏感. 在降水保持不变情景下, 气温升高 0.5℃, 径流减少 2% ~ 3%, 气温降低 0.5℃, 径流则增加 4% ~ 5% (图 3). 在降水、气温同时变化情景下, 贵州省思南以上乌江流域气候径流弹性指数介于 0.04 ~ 1.99 之间. 如降水减少 10%, 同时气温升高 0.8℃左右的情景下, 贵州省思南以上乌江流域气候径流弹性指数在 1 ~ 1.2 之间. 因此, 如果未来的气候变化情景在现有分析的范围之内, 就可以用这个气候径流弹性指数来进行未来气候变化对流域水文水资源的影响分析.

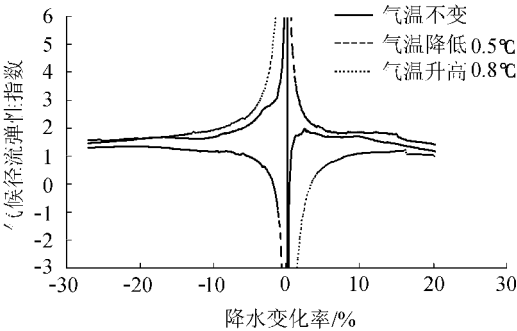


图 4 不同温度情景下气候径流弹性指数随降水的变化

Fig. 4 Changes of climate elasticity of streamflow index with change of precipitation at different temperatures

3 结 论

a. 1960—2008 年无论年季气候均呈变暖趋势, 增温趋势除春季不显著外, 其他 3 季及年增温均通过 95% 甚至 99% 以上显著性检验. 增温速率以秋冬季较大, 分别为 0.019℃/a 和 0.018℃/a, 年增温速率也达 0.013℃/a. 与此同时, 降水变化季节差异较明显, 春秋季降水明显降少, 均通过 95% 以上显著性检验, 减少速率分别为 1.034mm/a 和 1.106mm/a, 该区域 36 个降水站点中, 秋季没有站点表现出降水增加趋势, 春季增加站点也仅占 2.78%. 夏冬季节则表现出降水增加趋势, 但都不明显, 年尺度降水总体表现为微弱减少趋势.

b. 未来 2011—2100 年, 3 种温室气体排放情景下, 年季气温均呈显著增温趋势, 均通过 99% 以上显著性检验. 降水除 B1 情景冬季表现出微弱的减少趋势外, 其他 2 种情景, 年季降水也都表现为增加趋势, 总体上, 除冬季在 3 种情景下降水增加较弱甚至减少外, 其他年季降水都明显增加.

c. 贵州省思南以上乌江流域气温-降水-径流的关系为径流与降水显著正相关, 气温与径流微弱负相关, 在降水增加 20% 的情况下, 如气温保持不变, 径流深将增加 22% 左右. 如气温升高 0.8℃, 径流深仍将增加 17%. 而如果气温降低 0.5℃, 径流深则增加 27% 以上. 在降水减少 20% 的情况下, 如果气温保持不变, 将导致径流深减少 30% 以上, 如果气温降低 0.5℃, 则径流深减少 25% 左右, 可见径流对降水变化敏感于气温,

而且径流对降水减少更敏感.气候径流弹性指数分析进一步证实,降水增加1%,径流相应增加1.15%~1.69%,降水减少1%,径流则相应减少1.46%~1.69%.

参考文献:

- [1] YUAN Dao-xian. Rock desertification in the subtropical karst of south China[J]. Zeitschrift fur Geomorphologie, 1997, 108: 81-90.
- [2] FORD D C, WILLIAMS P W. Karst geomorphology and hydrology[M]. London: Unwin Hyman, 1989.
- [3] ZENG Z. Suggestion on poverty-deviation in the karst mountain areas in south China[C]//XIE Y, YANG M. Human Activity and Karst Environment. Beijing: Beijing Science and Technology Press, 1994.
- [4] WURBS R A, MUTTIAH R S, FABRICE F. Incorporation of climate change in water availability modeling[J]. Journal of Hydrologic Engineering, 2005, 10(5): 375-385.
- [5] FU Guo-bin, CHARLES S P, CHIEW F H S. A two-parameter climate elasticity of streamflow index to assess climate change effects on annual streamflow[J]. Water Resources Research, 2007, 43(11): W11419.
- [6] FU Guo-bin, Barber M E, CHEN Shu-lin. Impacts of climate change on regional hydrological regimes in the Spokane River watershed[J]. Journal of Hydrologic Engineering, 2007, 12(5): 452-461.
- [7] 任国玉, 姜彤, 李维京, 等. 气候变化对中国水资源情势影响综合分析[J]. 水科学进展, 2008, 19(6): 772-779. (REN Guo-yu, JIANG Tong, LI Wei-jing, et al. An integrated assessment of climate change impacts on China's water resource[J]. Advances in Water Science, 2008, 19(6): 772-779. (in Chinese))
- [8] 张建云, 王国庆, 贺瑞敏, 等. 黄河中游水文变化趋势及其对气候变化的响应[J]. 水科学进展, 2009, 20(2): 153-158. (ZHANG Jian-yun, WANG Guo-qing, HE Rui-min, et al. Variation trends of runoffs in the Middle Yellow River basin and its response to climate change[J]. Advances in Water Science, 2009, 20(2): 153-158. (in Chinese))
- [9] FU Guo-bin, CHARLES S P, VINEY N R, et al. Impacts of climate variability on streamflow in the Yellow River[J]. Hydrological Processes, 2007, 21: 3431-3439.
- [10] TANG Cong-guo, LIU Cong-qiang. Simulation of surface runoff in the Wujiang River watershed based on GIS[J]. Chinese Journal of Geochemistry, 2007, 26(3): 284-289.
- [11] YANG Tao, CHEN Xi, XU Chong-yu. Spatio-temporal changes of hydrological processes and underlying driving forces in Guizhou region, Southwest China[J]. Stoch Environ Res Risk Assess, 2009, 23(8): 1071-1087.
- [12] GUO Hua, HU Qi, JIANG Tong. Annual and seasonal streamflow responses to climate and land-cover changes in the Poyang Lake Basin[J]. Journal of Hydrology, 2008, 355: 106-122.
- [13] HAN Gui-lin, LIU Cong-qiang. Hydrogeochemistry of Wujiang River water in Guizhou Province, China[J]. Chinese Journal of Geochemistry, 2001, 20(3): 240-248.
- [14] ZHU Jun, WANG Yu-chun, LIU Cong-qiang, et al. A preliminary study on the distribution characteristics of nutrients (N, P, Si, C) in the Wujiang River Basin. Chinese[J]. Journal of Geochemistry, 2005, 24(4): 352-360.
- [15] 刘鸿雁, 刘奇, 毛健全. 乌江流域水资源、水质变化与水库建设关系分析[J]. 水资源保护, 2010, 26(3): 18-22. (LIU Hong-yan, LIU Qi, MAO Jian-quan. Study on relationship between water resources, water quality changes and reservoir construction in Wujiang Basin[J]. Water Resources Protection, 2010, 26(3): 18-22. (in Chinese))
- [16] 魏浪, 夏霆, 严志程. 乌江上游梯级水库水体富营养化研究[J]. 水资源保护, 2010, 26(4): 39-42. (WEI Lang, XIA Ting, YAN Zhi-cheng. Eutrophication in upstream cascade reservoirs of Wujiang River[J]. Water Resources Protection, 2010, 26(4): 39-42. (in Chinese))
- [17] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 69-72.
- [18] RISBEY J S, ENTEKHABI D. Observed Sacramento Basin streamflow response to precipitation and temperature changes and its relevance to climate impacts studies[J]. Journal of Hydrology, 1996, 184: 209-223.
- [19] YAMAMOTO R, SAKURAI Y. Long-term intensification of extremely heavy rainfall intensity in recent 100 years[J]. World Resource Review, 1999, 11(2): 271-282.
- [20] OSBORN T J, HNHNE M, JONES P D, et al. Observed trends in the daily intensity of United Kingdom precipitation[J]. International Journal of Climatology, 2000, 20: 347-364.

Effects of climate change on hydrology and water resources in Wujiang Basin

QIN Nian-xiu^{1,2}, CHEN Xi¹, XUE Xian-wu¹, ZENG Chun-fen³

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering,
Hohai University, Nanjing 210098, China ;

2. Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China ;

3. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract : Based on measured daily precipitation and daily temperature data from 36 national meteorological stations in Guizhou Province for the period from 1960 to 2008, the measured monthly discharge from 1956 to 2000, and the temperature and precipitation of the 24 GCMs in the IPCC 's Fourth Assessment Report, the temperature-precipitation-streamflow relationship established by the ArcGIS Geostatistical Analyst and the two-parameter climate elasticity of streamflow index approach were used to analyze the effects of climate change on hydrology and water resources upstream of Sinan Station in the Wujiang Basin in Guizhou Province. The results show that a 20% increase of precipitation will causes a 22% increase of streamflow when the temperature remains constant, that there will be a 17% increase of streamflow when the temperature increases by 0.8℃, and that there will be a 27% increase of streamflow when the temperature decreases by 0.5℃. The results indicate that the streamflow in the basin is significantly positively correlated with precipitation and slightly negatively correlated with temperature, and the streamflow is more sensitive to the decrease of precipitation. Analysis of the climate elasticity of streamflow index shows that the streamflow increases by 1.15% to 1.69% when there is a 1% increase of precipitation and decreases by 1.46% to 1.69 % when there is a 1% decrease of precipitation.

Key words : climate change ; temperature-precipitation-streamflow relationship ; water resources ; Wujiang Basin

《河海大学学报(自然科学版)》征订启事

(邮发代号 28-63,CN32-1117/TV,ISSN1000-1980,双月刊)

《河海大学学报(自然科学版)》是以水资源开发、利用与保护为重点的综合性学术期刊,主要刊登河海大学在水资源、水文、地质、测量、水利工程、水电工程、水运工程、海洋及海岸工程、水工结构、工程力学、水力学及河流动力学、岩土工程、电力工程、电子技术及自动化工程、工业与民用建筑、环境工程、机械工程等学科方面的科研成果、学术论文、学术讨论、研究动态等学术性文章,可供上述有关专业的科技工作者及大专院校师生阅读和参考。

《河海大学学报(自然科学版)》创办于 1957 年,是全国中文核心期刊、中国科技核心期刊,在国内工程技术界和学术界有较大影响。刊载的文章中,绝大部分为国家科技攻关(重点)项目和各种科学基金资助项目的研究成果,部分达到了国内领先和国际先进水平,为我国水利、水电、水运工程及其他有关工程建设的规划、设计、施工和管理提供了科学理论、方法和具体建议,发挥了较大的社会效益和经济效益,深受工程界和科技界赞许,并获得中国高校精品科技期刊奖以及中国期刊方阵“双效期刊”、江苏省优秀期刊、全国水利系统优秀期刊称号。

《河海大学学报(自然科学版)》每逢单月出版,国内外公开发行,每期定价 15.00 元,全年 6 期共 90.00 元。欢迎广大读者通过全国各地邮政局订阅或直接与编辑部联系。

编辑部地址 210098 南京市西康路 1 号 《河海大学学报(自然科学版)》编辑部

电话/传真 025-83786343 E-mail xb@hhu.edu.cn

http://kkb.hhu.edu.cn/web/indexxb.asp?l_id=53