

程俊翔, 徐力刚, 姜加虎, 等. 洞庭湖流域径流量对气候变化和人类活动的响应研究[J]. 农业环境科学学报, 2016, 35(11):2146-2153.

CHENG Jun-xiang, XU Li-gang, JIANG Jia-hu, et al. The research of runoff responses to climate change and human activities in the Dongting Lake catchment [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2016, 35(11):2146-2153.

洞庭湖流域径流量对气候变化和人类活动的响应研究

程俊翔^{1,2}, 徐力刚^{1*}, 姜加虎¹, 谭志强¹, 喻崎雯³, 范宏翔^{1,2}

(1.中国科学院南京地理与湖泊研究所, 中国科学院流域地理学重点实验室, 南京 210008; 2.中国科学院大学, 北京 100049; 3.中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西 桂林 541004)

摘要:为了量化研究气候变化和人类活动对洞庭湖流域径流量变化的影响,采用累积距平分析和 Mann-Kendall 趋势检验对流域内 4 个水文站和 16 个气象站 1985—2010 年的水文及气象数据进行统计分析,并利用径流量变化定量分析方法,计算了气候变化和人类活动对径流的改变量及其贡献率。研究结果表明:降水量的下降和潜在蒸散发量的上升导致整个洞庭湖流域及湘江、资水、沅江、澧水 4 个子流域突变后相对于突变前径流量分别减少了 28、15、130、112 mm 和 102 mm;洞庭湖流域径流量的减少主要受气候变化的影响,其贡献率为 64%,人类活动虽然能增加径流,但是两者的叠加影响整体上仍使径流量减少。因此,洞庭湖流域的水文干旱是自然环境演化的结果,与全球气候变化的大格局息息相关。

关键词:洞庭湖流域;水文响应;气候变化;人类活动;贡献率

中图分类号:X524 文献标志码:A 文章编号:1672-2043(2016)11-2146-08 doi:10.11654/jaes.2016-0554

The research of runoff responses to climate change and human activities in the Dongting Lake catchment

CHENG Jun-xiang^{1,2}, XU Li-gang^{1*}, JIANG Jia-hu¹, TAN Zhi-qiang¹, YU Qi-wen³, FAN Hong-xiang^{1,2}

(1.Key Laboratory of Watershed Geographic Sciences, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3.Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Guilin 541004, China)

Abstract: Climate change and human activities are the two main factors that affect the hydrological processes and water resources in a catchment. The objective of the study is to distinguish the contribution of climate change and human activities on the variation of runoff in the Dongting Lake catchment. The daily hydro-climatic data from 1985—2010 were analyzed with the accumulated anomaly analysis method and the non-parametric Mann-Kendall test. The contribution of climate change and human activities on the change of runoff were calculated by the quantitative method. The whole period was divided into two sub-periods according to the breakpoint (period 1: before the breakpoint; period 2: after the breakpoint). Compared to period 1, the runoff at the whole Dongting Lake catchment decreased by 28 mm with the four sub-catchments of Xiangjiang, Zishui, Yuanjiang and Lishui decreased by 15 mm, 130 mm, 112 mm and 102 mm respectively during period 2. The decrease of annual precipitation and the increase of annual potential evapotranspiration may account for the runoff change. Results showed that climate change was the main contributor for the decrease of runoff, accounting for 64% of the runoff change. The overall impacts of human activities and climate change may result in a decrease of catchment runoff despite of the potential increase of runoff caused by human activities. The study implies that the hydrological drought in the Dongting Lake catchment was mainly influenced by the natural factor such as climate change.

Keywords: Dongting Lake catchment; hydrological response; climate change; human activities; contribution ratio

收稿日期: 2016-04-20

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2014BAC09B02); 国家自然科学基金项目(41371121, 41271034); 国土资源部岩溶生态系统与石漠化治理重点实验室开放基金项目; 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室开放基金项目(PK2015008)

作者简介: 程俊翔(1991—), 男, 硕士研究生, 主要从事水文与水资源研究。E-mail: chengjunxiang15@163.com

* 通信作者: 徐力刚 E-mail: lgxu@niglas.ac.cn

在全球气候变暖和人类活动干扰的背景下,流域水文过程发生了巨大的变化。一方面,水文循环过程对气候变化极其敏感,降水、蒸发等随着气候的改变而改变,进而影响水文循环过程^[1-2];另一方面,随着经济发展和科技进步,水利工程建设、毁林造林、城市化等人类活动引起了流域内土地利用和覆被变化,显著改变了下垫面条件,使水文过程更加复杂多变^[3]。

气候变化和人类活动对流域水文过程的影响是水文学领域的热点问题之一。许多学者通过全球气候模式(GCMs)、降尺度的区域气候模式(RCMs)或者水文模型来研究气候变化对水文过程的影响,较好地揭示了气候变化对水文过程的影响程度及机制,并对未来的气候模式演变做了一般性地预测^[4-5]。气候变化改变了全球降雨的再分配模式,使湿润地区更加湿润,干旱地区更加干旱,在中国的具体表现就是降水量的下降^[6]以及洪涝和干旱等极端气候事件明显增多。尽管气候变化对水文水资源效应的影响非常显著,但近几十年来,人类活动正逐渐成为影响流域水文过程的另一关键因素。Barnett 等^[7]在研究 20 世纪 50—90 年代美国西部干旱区水文过程演变时指出,该地区径流量、冬季温度、积雪等的变化有 60% 是人类活动导致的。相似的,王随继等^[8]研究表明,降水和人类活动对皇甫川流域径流量变化的贡献率在 1980—1997 年分别为 36% 和 64%,在 1998—2008 年分别为 17% 和 83%,人类活动对径流量的影响明显增加。然而,这些研究大多单从气候变化或人类活动的角度分析其对水文过程的影响,而且由于时空尺度问题、水文模型参数率定的不确定性以及量化人类活动比较困难等,如何定量区分气候变化和人类活动对水文过程的影响仍有待深入探讨。张晓娅等^[9]认为气候变化和人类活动对长江径流量的影响相互削弱,使长江年入海径流量下降了 1%,且对流域内不同分区的影响存在显著差异。Ye 等^[10]采用水文敏感性分析方法量化研究了气候变化和人类活动在不同年代对鄱阳湖流域径流量的影响,指出气候变化是流域水文变化最主要的影响因素。在前人研究的基础上,笔者通过累积距平分析和 Mann-Kendall 趋势检验相结合的方法寻找洞庭湖流域地表径流量变化的突变点,并根据径流量变化定量分析方法计算了气候变化和人类活动对径流的改变量及其贡献率。该研究对洞庭湖流域水资源的规划、开发、评估和管理具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

洞庭湖流域位于长江中下游地区,流域总面积约为 26 万 km²,占长江流域总面积的 12%,年平均降水量为 1429 mm。湖区水系十分发达,入湖径流包括长江三口(松滋、太平、藕池)分流,湘江、资水、沅江、澧水四水径流以及新墙河、汨罗江等区间河湖径流三部分,经湖泊调蓄后由城陵矶注入长江。近年来,三口径流量逐渐减少且分流比下降,年内断流天数不断增加,而四水年径流量总体上相对稳定,与区间河湖径流一起约占全部入湖水量的 78%^[11]。整个流域可分为湘江、资水、沅江、澧水 4 个子流域以及环湖区,具体如图 1 所示。

洞庭湖流域具有明显的干湿季节性交替特征,汛期(4—9 月)降水量为 1009 mm,约占全年降水量的 71%。由于降水量年内年际分配极不均衡,加上人类对土地和水资源的不合理开发与利用,流域内洪涝和干旱灾害频发,一年内大约分别有 84 d 和 72 d 表现为流域性的洪涝和干旱^[12],严重危及流域生态系统健康和人民生命财产安全。

1.2 数据与方法

1.2.1 数据

水文数据来源于湖南省水文局和长江水利委员会,包括湘潭、桃江、桃源、石门 4 个水文站 1985—2010 年逐日平均流量(桃源站 1985 年数据缺失,通过插值补充),并以此为基础分别计算洞庭湖流域及湘江、资水、沅江、澧水 4 个子流域的年径流量。气象数据由国家气象中心提供,该数据集包括洞庭湖流域内 16 个国家气象台站 1985—2010 年的降水、温度、相对湿度、风速、日照时数、水汽压等指标,并根据联合国粮农组织(FAO)推荐的 Penman-Monteith 公式计算了洞庭湖流域及其子流域的潜在蒸散发量。径流量、降水量、潜在蒸散发量的单位均换算为 mm。水文站及气象站分布如图 1 所示。

1.2.2 累积距平分析

累积距平分析是表征离散数据点变化趋势的一种统计学方法,能直观地区分气象或水文要素的阶段性变化特征。对于序列 $x(x_0$ 表示序列 x 的多年平均值),其在时刻 t 的累积距平 X_t 为:

$$X_t = \sum_{i=1}^t (x_i - x_0) \quad (1 \leq t \leq n) \quad (1)$$

累积距平值表示气象或水文要素偏离多年平均

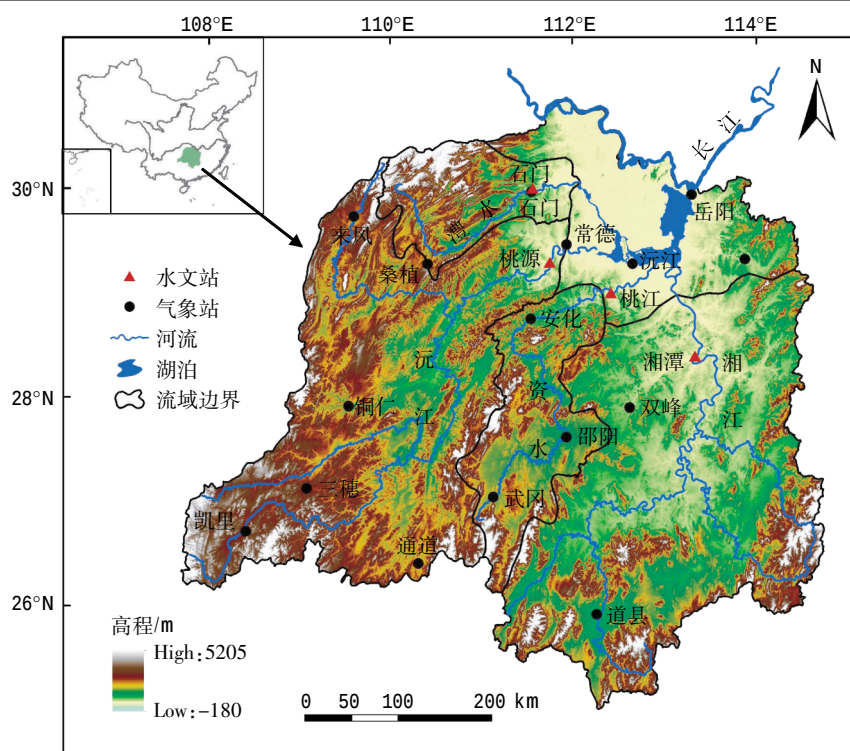


图1 洞庭湖流域主要水系及水文站、气象站分布图

Figure 1 River networks of the Dongting Lake catchment with the location of hydrological stations and meteorological stations

值的程度,若累积距平值持续增大,表明该时段某要素的值大于其多年平均值,反之则小于其平均值。某一时段曲线斜率的绝对值越大,说明该时段某要素的变化幅度越大。当曲线斜率异号时,转折点即为可能的突变点。

1.2.3 Mann-Kendall 检验

非参数化 Mann-Kendall 检验(简称 MK 检验)广泛应用于水文、气象等数据的趋势及突变检验。该方法以时间序列平稳且独立为前提,但不要求数据遵循正态分布^[13]。设原假设 H_0 : 数据序列为 $x_1, x_2, \dots, x_n$, 以 n_i 表示样本 $x_i > x_j (1 \leq j \leq i)$ 的累计数, 定义统计量 d_k :

$$d_k = \sum_{i=1}^k n_i \quad (2 \leq k \leq n) \quad (2)$$

则 d_k 的均值 $E(d_k)$ 和方差 $\text{var}(d_k)$ 分别为:

$$E(d_k) = k(k-1)/4 \quad (3)$$

$$\text{var}(d_k) = k(k-1)(2k+5)/72 \quad (4)$$

将 d_k 标准正态化, 得到标准正态统计量 $UF(d_k)$:

$$UF(d_k) = \frac{d_k - E(d_k)}{\sqrt{\text{var}(d_k)}} \quad (5)$$

给定显著性水平 α , 当 $|UF(d_k)| < U_{\alpha/2}$ 时, 接受原假设 H_0 , 即无显著上升或下降趋势; 当 $|UF(d_k)| > U_{\alpha/2}$ 时, 拒绝原假设 H_0 , 即存在显著上升或下降趋势, 且

$UF(d_k) > 0$ 表明具有上升趋势, $UF(d_k) < 0$ 表明具有下降趋势。逆序列 $UB(d_k)$ 采用同样的方法计算, 且 $UB(d_k) = -UF(d_k)$, 若其与 $UF(d_k)$ 存在交点且位于置信区间内, 则交点即为可能的突变点。

1.2.4 径流量变化定量分析方法

在长时间尺度上, 任何一个自然流域的水量总保持着平衡状态, 其水量平衡方程为:

$$\Delta S = P - Q - E \quad (6)$$

式中: P 表示降水量; Q 表示径流量; E 表示实际蒸发量; ΔS 表示水量变化量, 在长时间尺度上 (≥ 10 a) ΔS 近似为 0。

基于水量平衡方程, Zhang 等^[14]提出了一个关于降水、实际蒸发和潜在蒸散发的经验公式:

$$E = \frac{P + \lambda E_0}{1 + \lambda \frac{E_0}{P} + \frac{P}{E_0}} \quad (7)$$

式中: E_0 表示潜在蒸散发量; λ 表示植被可利用水量系数, 其值的大小反映植物蒸腾作用的强弱, 可由水文和气象数据计算得出。

水文条件的改变是气候变化和人类活动共同作用的结果, 而水文状况可用径流量来表示, 气候变化可以通过降水和潜在蒸散发来反映^[14]。因此, 径流量的

变化可以通过气候变化和人类活动来定量描述^[15]:

$$\Delta Q = \Delta Q_c + \Delta Q_h \quad (8)$$

$$\Delta Q_c = \frac{\partial Q}{\partial P} \Delta P + \frac{\partial Q}{\partial E_0} \Delta E_0 \quad (9)$$

式中: ΔQ 表示径流变化量; ΔQ_c 表示由气候变化引起的径流改变量; ΔQ_h 表示由人类活动引起的径流改变量; ΔP 表示降水变化量; ΔE_0 表示潜在蒸散发变化量。

2 结果与讨论

2.1 流域气候变化特征

研究时段内,洞庭湖流域年降水量总体呈下降趋势,下降速率为 $5 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$;而年潜在蒸散发量则呈上升趋势,上升速率为 $3 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$,且通过了 0.05 显著性水平检验。降水量年际波动幅度较大,最小值为 2005 年的 1181 mm,最大值为 2002 年的 1921 mm,后者是前者的 1.63 倍。2002 年后,降水量急剧下降;相反地,潜在蒸散发量则快速上升。潜在蒸散发量多年变化范围在 846~962 mm,多年平均值为 900 mm。图 2 中累积距平曲线表明,洞庭湖流域的年降水量和年潜在蒸散发量具有明显的阶段性变化特征。降水量变化过程大致可分为两个阶段:2002 年以前,大多数年份的年降水量高于多年平均值,正距年数为 16 a;2002 年以后,大多数年份的年降水量低于多年平均值,负距年数为 9 a,且降水量在 2002 年以后的变化幅度更大。相似的,潜在蒸散发量的变化过程也分为两个阶段,其正负距年数与降水量相当,但变化趋势则与降水量恰恰相反。降水量和潜在蒸散发量的累积距平曲线分别在 2002 年和 2003 年发生转折,显然,2002—2003 年是洞庭湖流域干湿交替变化的一个转折期。

2.2 流域径流量变化特征

图 3 为各水文站 1985—2010 年年径流量及其累积距平变化过程曲线。除石门站外,其他水文站年径流量均具有明显的阶段性变化特征。湘江流域在 1985—1991 年和 2003—2010 年为两个显著枯水期,1992—2002 年为显著丰水期,其中 1991 年和 2002 年为丰、枯水期转折点(图 3a)。图 3b 表明,资水流域具有两个显著枯水期(1985—1987 年和 2003—2010 年),一个平水期(1988—1992 年)和一个显著丰水期(1993—2002 年)。桃源站年径流量变化过程与桃江站类似,即沅江流域有两个显著枯水期(1986—1989 年和 2005—2010 年)和一个显著丰水期(1990—2004 年),丰、枯水期转折点为 1990 年和 2004 年(图 3c)。图 3d 中的累积距平曲线无显著变化趋势,说明澧水流域年径流量无明显阶段性变化特征。总的来说,各子流域径流量年际波动幅度都较大,多年平均波动幅度超过 600 mm,其中湘江、资水和沅江流域的径流量累积距平曲线各有一个波谷和一个波峰,阶段性变化特征明显,而澧水流域径流量波动频率较高,无明显变化趋势。湘潭站和桃江站年径流量累积距平值均在 2002 年达到最大,桃源站在 2004 年为最大值。这与洞庭湖流域干湿转折期基本一致。

通过 MK 检验对各流域年径流量序列进行检验,进而分析各流域径流量变化趋势,并寻找其可能的突变点,结果如图 4 所示。除 1985—1987 年出现短暂下降外,湘潭站年径流量整体上呈增加趋势,其中 1992—2004 年通过了 0.05 显著性水平检验,说明该时段径流量显著上升(图 4a)。桃江站和桃源站年径流量变化趋势基本一致,2008 年以前径流量呈增加趋势,2008—2010 年逐渐下降,其径流量在 1993—

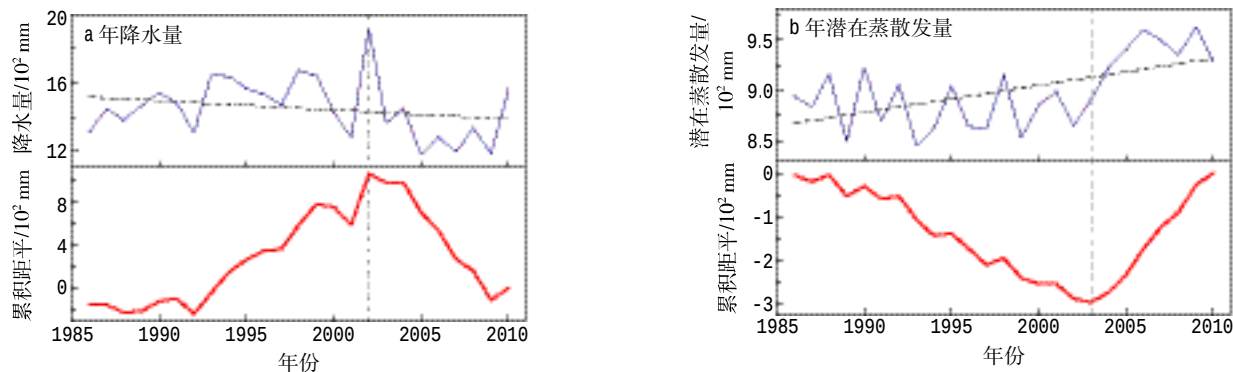


图 2 洞庭湖流域年降水量和年潜在蒸散发量变化特征

Figure 2 The characters of annual precipitation and annual potential evapotranspiration in the Dongting Lake catchment

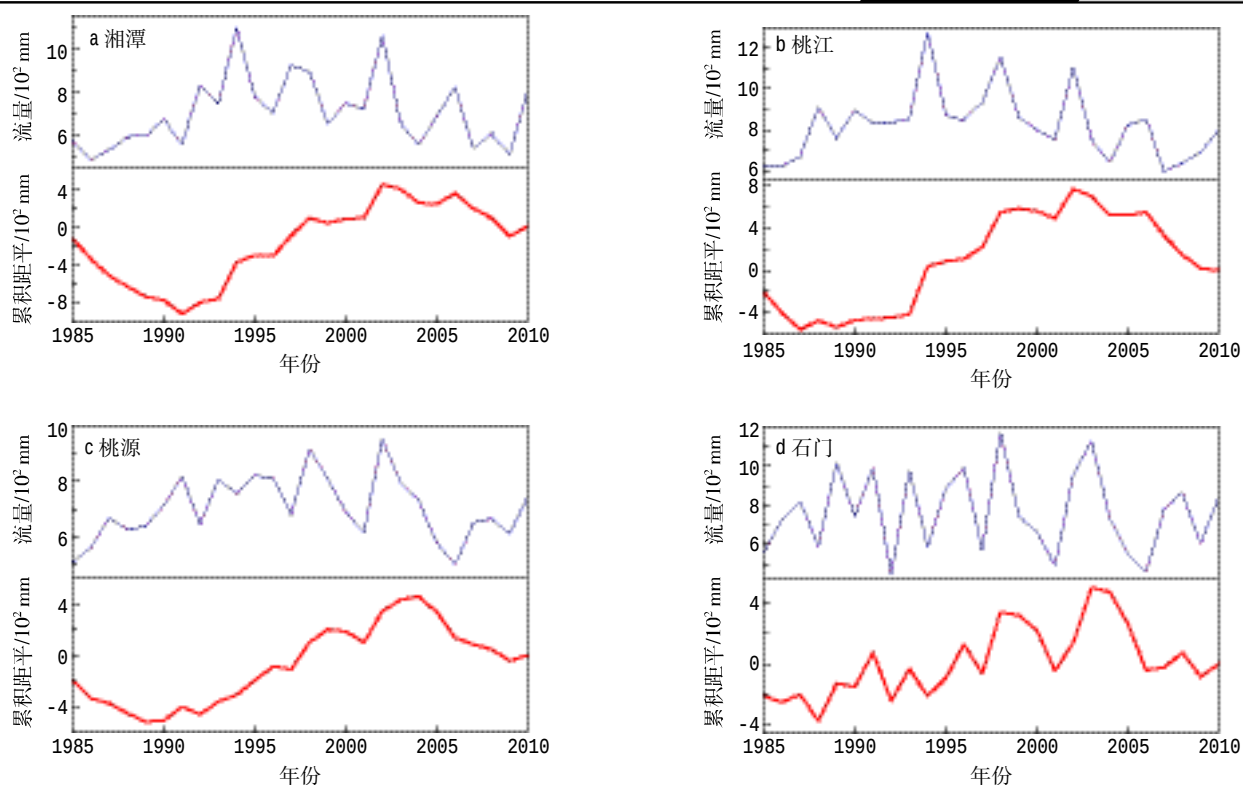


图3 各水文站年径流量变化特征

Figure 3 Variations of annual runoff at four hydrological stations

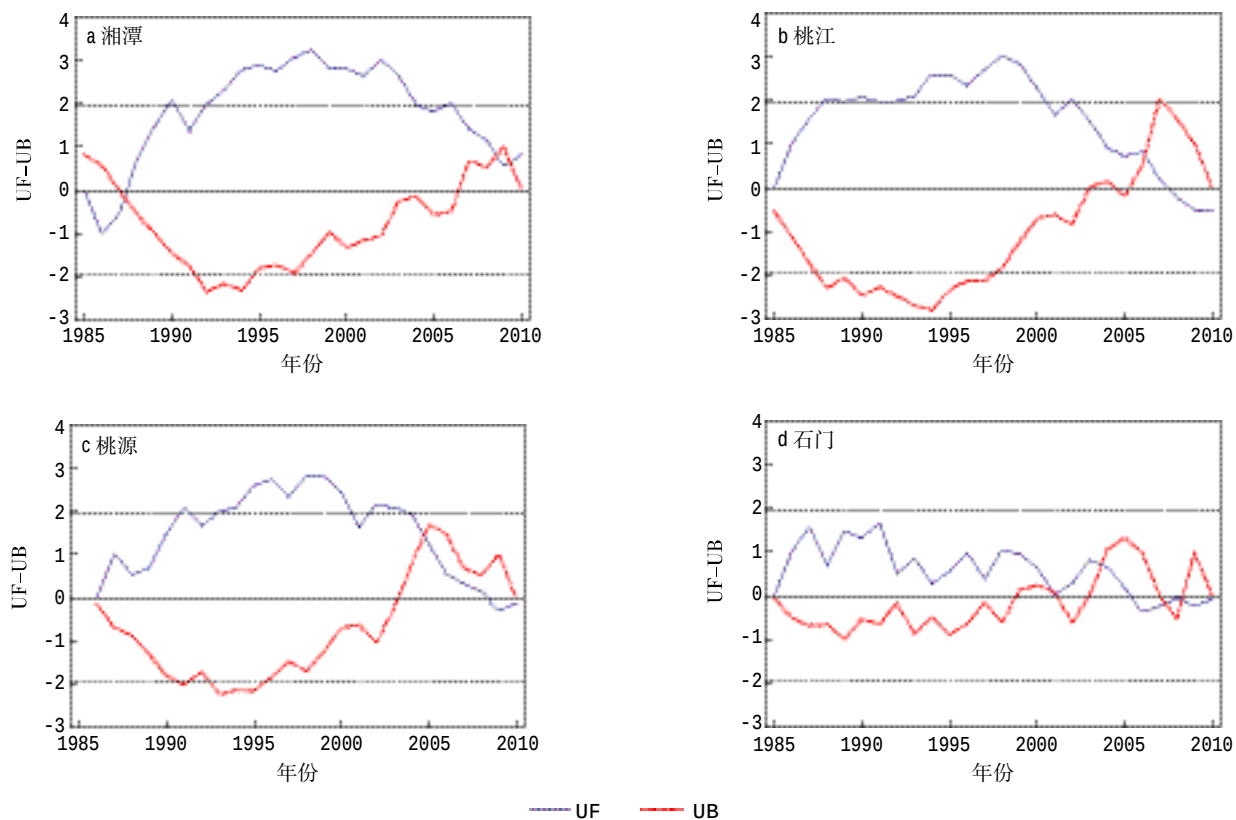


图4 各水文站年径流量 MK 趋势检验结果

Figure 4 Mann-Kendall test of annual runoff at four hydrological stations

2000 年显著上升。在 95% 的置信区间内,图 4b 和图 4c 中的 UF-UB 曲线存在唯一交点,即资水流域和沅江流域径流量变化可能的突变点分别为 2006 年和 2005 年。图 4d 中 UF 值在 1985—2005 年始终大于 0,其后均小于 0,即澧水流域年径流量在 1985—2005 年呈上升趋势,在 2006—2010 年呈下降趋势,但是这种变化趋势并不显著。从整个时间序列来看,桃江站、桃源站和石门站的年径流量前期均表现为上升趋势,最后 3~5 年才开始下降;而湘潭站的年径流量变化趋势明显不同,径流量在前 3 年为下降趋势,其余时段均为上升趋势。湘潭站、桃江站和桃源站的径流量在 20 世纪 90 年代均通过了 0.05 显著性水平检验,具有显著上升的趋势。

综合各水文站径流量累积距平分析和 MK 检验的结果,湘江、资水、沅江和澧水 4 个子流域径流量变化的突变点分别为 2002、2006、2005 年和 2005 年,洞庭湖流域径流量变化的突变点为 2002 年。

2.3 气候变化和人类活动对流域径流量变化的影响

洞庭湖流域径流量的改变主要受气候变化和人类活动的双重影响,通过径流量变化定量分析方法可以定量区分 ΔQ_c 和 ΔQ_h 及其对径流量变化的贡献率。模型参数 λ 的取值会影响计算结果的精度,这里通过式(6)和式(7)计算出湘江、资水、沅江、澧水 4 个子流域及整个洞庭湖流域的 λ 分别为 1.29、0.83、0.61、0.69 和 0.86。根据公式(6)~(9),计算出各流域突变前后的径流量变化如表 1 所示。

发生突变后,各流域的降水量和径流量均减少,而潜在蒸散发量则有小幅度增加,湘江、资水、沅江和澧水 4 个子流域及整个洞庭湖流域的降水量分别减少了 20、198、213、116、100 mm,径流量分别减少了 15、130、112、102、28 mm,潜在蒸散发量分别增加了 40、87、32、32、44 mm。从 ΔQ_c 和 ΔQ_h 的变化量和实际贡献率来看,气候变化对径流量的减少起促进作用,而人类活动则在一定程度上对径流量起补充作用;从

ΔQ_c 和 ΔQ_h 的绝对贡献率来看,各流域径流量的减少主要受气候变化的影响,尽管人类活动对径流量的减少有抑制作用,但是与气候变化的叠加影响整体上还是表现出流域径流量的减少,两者对径流量的影响既相互补充又相互抵消。区域气候的差异性和人类活动的强弱导致了不同流域的 ΔQ_c 和 ΔQ_h 及其贡献率在时空尺度上并不完全相同。在 4 个子流域中,气候变化对澧水流域径流量变化的贡献率最大,其次为资水流域和沅江流域,对湘江流域的贡献率最小。在整个洞庭湖流域尺度上,气候变化仍然是径流减少的主要因素,其绝对贡献率为 64%,人类活动的绝对贡献率为 36%。各流域径流突变年份都集中在 2002—2006 年,这也是洞庭湖流域洪涝和干旱灾害多发期。

进入 21 世纪以来,在强烈的气候变化和人类活动影响下,洞庭湖流域洪涝和干旱等极端气候事件明显增多,尤其是季节性的水文干旱愈演愈烈^[6]。随着干旱形势的发展,整个洞庭湖流域及其 4 个子流域突变后的径流量均有所下降,主要原因是流域降水减少且时空分布不均匀^[7]。气候变化对径流量的影响主要通过降水量和潜在蒸散发量来反映,其中降水是洞庭湖流域内河流的主要补给形式,对流域水量丰枯有直接影响,潜在蒸散发量是通过多种气象因子综合计算得出的,能较好地反映气候变化的整体特征。人类活动对径流量的影响具有双向性,如充分发挥河湖水利工程的拦洪补枯和抗灾减灾功能,有利于流域水资源合理配置,而经济的快速发展又会进一步增加流域用水负担。Huang 等^[8]研究表明洞庭湖水文干旱是自然环境演变的结果,三峡水库蓄水虽然对洞庭湖水文干旱有影响,但并不是主要影响因素。肖鹏^[9]根据水热耦合平衡和水文模型分别计算了气候变化和人类活动对洞庭湖流域径流变化的影响,研究结果表明气候变化是径流减少的主要原因,而人类活动扮演着增加径流的角色,两种方法计算出的人类活动的绝对贡献率分别为 4%~24% 和 20%~31%,与表 1 中 11%~38%

表 1 气候变化和人类活动影响下洞庭湖流域及其子流域年径流量变化

Table 1 Impacts of climate change and human activities on the annual runoff in sub-catchment and Dongting Lake catchment

流域	突变年份	突变前/mm			突变后/mm			变化量/mm		实际贡献率/%		绝对贡献率/%	
		P	E ₀	Q	P	E ₀	Q	ΔQ_c	ΔQ_h	ΔQ_c	ΔQ_h	ΔQ_c	ΔQ_h
湘江	2002	1532	954	714	1512	994	699	-39	24	260	-160	62	38
资水	2006	1576	884	847	1378	971	717	-220	90	169	-69	71	29
沅江	2005	1384	831	739	1171	863	627	-202	90	180	-80	69	31
澧水	2005	1456	866	788	1340	898	686	-116	14	114	-14	89	11
洞庭湖	2002	1487	884	607	1387	928	579	-161	91	575	-325	64	36

的结果相差不大,但与人类活动对洞庭湖流域径流变化影响不大的认识存在一定偏差,故仍需要进一步深入探讨。洞庭湖流域的现代化建设显著改变了下垫面条件,使湖区建设用地面积在20世纪90年代增长了9%^[20],耕地和林地转化为建设用地使地表蒸发和入渗减少,进而导致产流量增加。据统计,湖南省1951—1998年间因破坏森林和水土流失造成森林和土壤两大“天然蓄水库”损失的蓄水量约为180亿 m^3 ^[24],不合理的毁林造林和严重的水土流失极大地削弱了森林和土壤涵养水源的能力,从而促使径流增加。由于人类活动的多样性、不确定性以及数据的有限性,该研究并未就具体的人类活动加以区分,而是将所有的人类活动作为一个整体来研究其对流域径流量变化的影响。

3 结论

(1)研究时段内(1985—2010年),洞庭湖流域的年降水量呈不显著下降趋势,下降速率为 $5\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$,而年潜在蒸散发量则呈显著上升趋势,上升速率为 $3\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$,且2002年为洞庭湖流域干湿交替变化的转折期。

(2)通过径流量累积距平分析和Mann-Kendall检验发现,洞庭湖流域及湘江、资水、沅江、澧水等子流域径流量变化的突变点分别为2002、2002、2006、2005年和2005年,突变后相对于突变前分别减少了28、15、130、112、102 mm,流域干旱形势更加严峻。

(3)径流量变化定量分析方法揭示了气候变化和人类活动对洞庭湖流域径流量变化的影响结果和程度明显不同,径流量的减少主要受气候变化的影响,其绝对贡献率为64%。虽然人类活动起到补充径流量的作用,但是与气候变化的叠加影响整体上仍使径流量减少,其绝对贡献率为36%。

参考文献:

- [1] Wang Y H, Liao W H, Ding Y, et al. Water resource spatiotemporal pattern evaluation of the upstream Yangtze River corresponding to climate changes[J]. *Quaternary International*, 2015, 380/381:187-196.
- [2] Pumo D, Caracciolo D, Viola F, et al. Climate change effects on the hydrological regime of small non-perennial river basins[J]. *Science of the Total Environment*, 2016, 542:76-92.
- [3] 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 Lei-hua, XIONG Li-hua, YU Kun-xia, et al. Research advances in effects of climate change and human activities on hydrology[J]. *Advances in Water Science*, 2012, 23(2):278-285.
- [4] Serpa D, Nunes J P, Santos J, et al. Impacts of climate and land use changes on the hydrological and erosion processes of two contrasting Mediterranean catchments[J]. *Science of the Total Environment*, 2015, 538:64-77.
- [5] Prasanna V. Regional climate change scenarios over South Asia in the CMIP5 coupled climate model simulations[J]. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2015, 127(5):561-578.
- [6] Dore M H I. Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know?[J]. *Environment International*, 2005, 31(8):1167-1181.
- [7] Barnett T P, Pierce D W, Hidalgo H G, et al. Human-induced changes in the hydrology of the western United States[J]. *Science*, 2008, 319(5866):1080-1083.
- [8] 王随继,闫云霞,颜明,等.皇甫川流域降水和人类活动对径流量变化的贡献率分析:累积量斜率变化率比较方法的提出及应用[J]. *地理学报*, 2012, 67(3):388-397.
WANG Sui-ji, YAN Yun-xia, YAN Ming, et al. Contributions of precipitation and human activities to the runoff change of the Huangfuchuan Drainage Basin: Application of comparative method of the slope changing ratio of cumulative quantity[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(3):388-397.
- [9] 张晓娅,杨世伦.流域气候变化和人类活动对长江径流量影响的辨识(1956—2011)[J]. *长江流域资源与环境*, 2014, 23(12):1729-1739.
ZHANG Xiao-ya, YANG Shi-lun. Climatic and anthropogenic impacts on water discharge in the Yangtze River over the last 56 years (1956—2011)[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2014, 23(12):1729-1739.
- [10] Ye X C, Zhang Q, Liu J, et al. Distinguishing the relative impacts of climate change and human activities on variation of streamflow in the Poyang Lake catchment, China[J]. *Journal of Hydrology*, 2013, 494(12):83-95.
- [11] 覃红燕,谢永宏,邹冬生.湖南四水入洞庭湖水沙演变及成因分析[J]. *地理科学*, 2012, 32(5):203-206.
QIN Hong-yan, XIE Yong-hong, ZOU Dong-sheng. Changes of runoff and sediment discharge into Dongting Lake from the four rivers in Hunan Province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2012, 32(5):203-206.
- [12] 李景刚,李纪人,黄诗峰,等.基于TRMM数据和区域综合Z指数的洞庭湖流域近10年旱涝特征分析[J]. *资源科学*, 2010, 32(6):1103-1110.
LI Jing-gang, LI Ji-ren, HUANG Shi-feng, et al. Characteristics of the recent 10-year flood/drought over the Dongting Lake basin based on TRMM precipitation data and regional integrated Z-Index [J]. *Resources Science*, 2010, 32(6):1103-1110.
- [13] Tao H, Gemmer M, Bai Y G, et al. Trends of streamflow in the Tarim River Basin during the past 50 years: Human impact or climate change?[J]. *Journal of Hydrology*, 2011, 400(1/2):1-9.
- [14] 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.
- [15] Zhang Y F, Guan D X, Jin C J, et al. Analysis of impacts of climate variability and human activity on streamflow for a river basin in North-

- east China[J]. Journal of Hydrology, 2011, 410(3/4):239-247.
- [16] 孙占东, 黄 群, 姜加虎, 等. 洞庭湖近年干旱与三峡蓄水影响分析[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(2):251-256.
- SUN Zhan-dong, HUANG Qun, JIANG Jia-hu, et al. Recent hydrological droughts in Dongting Lake and its association with the operation of Three Gorges Reservoir[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(2):251-256.
- [17] Wu X Y, Ding Y H, Ye C Z. Diagnostic analysis of persistent drought/flood events in summer over the two-lake region of China[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2013, 19(3):264-275.
- [18] Huang Q, Sun Z D, Opp C, et al. Hydrological drought at Dongting Lake: Its detection, characterization, and challenges associated with Three Gorges Dam in central Yangtze, China[J]. Water Resources Management, 2014, 28(15):5377-5388.
- [19] 肖 鹏. 洞庭湖流域水资源演变归因分析[D]. 北京:清华大学, 2014.
- XIAO Peng. Attribution of hydrological trend in Dongting Lake Basin [D]. Beijing: Tsinghua University, 2014.
- [20] 朱超洪, 李仁东. 洞庭湖区土地利用变化对地表产流的影响分析[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(5):566-569.
- ZHU Chao-hong, LI Ren-dong. Impact of land use change on runoff-yield of Dongting Lake area[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2005, 14(5):566-569.
- [21] 李景保, 谢炳庚. 论湖南水土流失对水旱致灾能力的放大效应[J]. 水利学报, 2000(8):46-50.
- LI Jing-bao, XIE Bing-geng. On amplification effect of soil erosion on disaster-causing capacity in Hunan Province[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2000(8):46-50.

《保鲜与加工》杂志 2017 年征订征稿启事

◎中文核心期刊

◎中国科技核心期刊

◎中国农业核心期刊

◎中国北方优秀期刊

◎中国学术期刊(光盘版)收录期刊

◎美国《化学文摘》(CA)收录期刊

◎英国《国际农业与生物科学研究中心》(CABI)收录期刊

◎英国《食品科技文摘》(FSTA)收录期刊

主管:天津市农业科学院

主办:国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)

国际标准连续出版物号:ISSN 1009-6221

国内统一连续出版物号:CN 12-1330/S

邮发代号:6-146 双月刊,逢单月 10 日出版,单价 18 元,全年 108 元。

《保鲜与加工》杂志是我国农产品采后技术研究领域的中文核心期刊,据中国知网的最新统计结果,5 年复合影响因子为 1.339。本刊主要报道农产品保鲜与加工相关领域基础理论、新技术、新工艺、新设备、新材料的研究成果及国内外相关行业的动态与信息。主要设置专家论坛、保鲜研究、加工研究、检测分析、信息与物流、专题论述、技术指南、行业资讯、科普沙龙、科技前沿、政策法规等栏目。适于科技人员、农业技术推广人员、相关企业管理和技术人员、大专院校师生及广大从事保鲜与加工技术研发领域的人士参阅。

欢迎在全国各地邮局(所)或本编辑部订阅,欢迎广大读者踊跃投稿,并诚邀刊登各类相关广告。

通信地址:天津市西青区津静公路 17 公里处,国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)《保鲜与加工》编辑部

邮编:300384

电话:022-27948711

联系邮箱:bxyjg@163.com

投稿平台:www.bxyjg.com