

基于水循环模拟的潮白河流域蓝水绿水资源变化趋势分析

谢子波^{1,2}, 朱奎¹, 鲁帆², 许怡然^{1,2}, 宋昕熠²

(1. 中国矿业大学 资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221008;
2. 中国水利水电科学研究院 水资源研究所, 北京 100038)

摘要:潮白河流域是北京市的重要供水来源,分析变化环境下流域内水资源的变化规律,对于维持生态系统稳定、保障经济社会发展具有重要意义。结合 SWAT 模型模拟了潮白河流域的水文循环过程,分析了流域内 1960~2008 年的蓝水绿水资源变化情况并对未来的变化趋势进行了预测。结果表明:潮白河流域的蓝水流与绿水流在研究期内都呈显著减少趋势,绿水储量呈增加趋势但不显著,它们的变化倾向率分别为 $-19.33\text{mm}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $-6.92\text{mm}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 与 $0.70\text{mm}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。未来趋势预测的结果表明这一变化趋势还将持续。

关键词:水循环模拟;SWAT 模型;潮白河流域;蓝水绿水;变化趋势

中图分类号:P333

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2019)01-0044-06

1 引言

随着经济社会的发展以及气候变化的影响,全球许多地区水资源量正在逐年减少,特别是在干旱区与生态脆弱的地区,水安全问题日趋严重^[1-2]。在气候变化的背景下,分析水文气象要素的变化趋势及变化发生的原因,对于水资源管理具有重要意义^[3-4]。蓝水绿水的概念最早由 Falkenmark 在 1995 年提出^[5],但这一概念并没有区分出蓝水绿水的流量和储量^[6]。此后, Falkenmark 与 Rockström 将其进一步完善^[7]:从储量的角度来看,绿水指的是降水转化存储到土壤包气带中的水分,蓝水指的是河、湖、湿地以及浅层含水层中的水体;从流量的角度来看,绿水指的是实际蒸散发量(ET),蓝水则为包括地表径流、地下径流、侧向流等在内的液态水流。绿水是水分消耗的主体,全球农业生产所消耗的水量 80%以上为绿水^[8]。绿水在维持生态系统稳定方面起着不可或缺的作用,在干旱半干旱地区这一作用更为明显^[9]。尽管绿水具有如此重要的意义,以

往的研究还是集中在蓝水上,绿水往往会被忽视^[10]。近年来对蓝水绿水研究主要集中在相关概念与理论的发展以及对其进行数量评价和空间分布的研究等方面^[11-14],对长时间序列的蓝水绿水的变化趋势分析相对较少。

潮白河流域是密云水库的集水流域,流域内的水文变化会直接对北京地区的用水安全造成影响,因而一直是水文研究的热点地区之一^[15-16]。此前的研究多集中在径流、降水等水文要素上,尚未有人对流域内多年蓝水绿水资源的变化情况进行过系统分析。本文以潮白河流域为研究对象,分析了流域内 1960~2008 年的蓝水绿水资源变化情况并对未来的变化趋势进行了预测,能够为潮白河流域的水资源管理提供一定的理论支持。

2 研究方法

本文首先通过建立潮白河流域的 SWAT 模型获取流域内蓝水流、绿水流与绿水储量的多年序列,再

收稿日期:2017-10-28

基金项目:国家自然科学基金项目(51409246,51679252)

作者简介:谢子波(1994-),男,江西萍乡人,硕士研究生,主要从事水文水资源研究。E-mail:1642440041@qq.com

通讯作者:鲁帆(1981-),男,湖北天门人,博士,教授级高级工程师,主要从事水文水资源研究。E-mail:lf9805320@163.com

结合线性倾向估计法、Mann-Kendall 法以及赫斯特指数等方法来分析流域内蓝水绿水资源的变化过程并对未来的变化趋势进行预测,具体研究过程如图 1 所示。

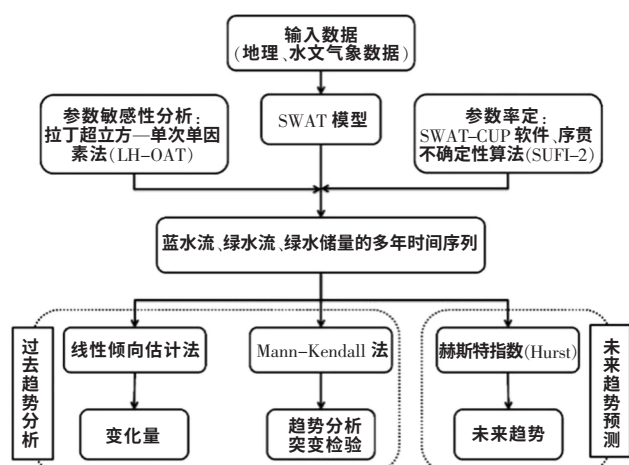


图1 技术路线图

Fig.1 The research roadmap

2.1 SWAT模型与蓝水绿水资源

SWAT模型是由美国农业部的农业研究中心开发的分布式水文模型,它可以结合流域内的多种地理空间信息来对流域水循环进行模拟,分析并预测如水量、水质、泥沙与杀虫剂的输移等多种水文物理化学过程。因其预测精度较高且适用范围较广,已被广泛应用于各个地区的研究项目中^[2,13-14]。在模拟过程中,先将研究区分割为多个子流域,再将各子流域分割为多个水文响应单元。对各水文响应单元的产汇流过程进行模拟,并考虑水面蒸发、取水等因素后,最终得到河道出口断面流量,同时可以得到各子流域的各项水文参数。

本文中的蓝水流、绿水流、绿水储量是基于SWAT模型的各水文变量的输出结果计算的,它们在SWAT模型的水文循环过程中所处的位置如图2所示。绿水流即为实际蒸散发量,蓝水流为地表径流、壤中流以及地下径流之和,绿水储量为土壤含水量^[2,17]。

2.2 趋势分析方法

2.2.1 线性倾向估计

线性倾向估计法的主要原理为:建立变量 x_i 与对应时间 t_i 之间的一元线性回归方程 $x_i=a+bt_i$,其中 a 为回归常数, b 为回归系数, a 、 b 的值可采用最小二乘法估计。回归系数 b 的符号为正则表示序列呈上升趋势,其值越大表明上升的速率越大,反之同理。

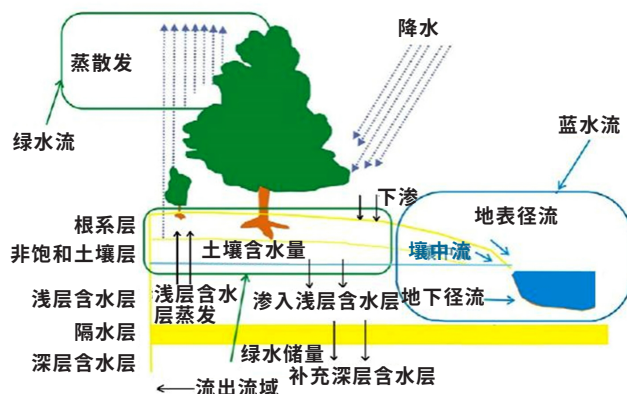


图2 SWAT模型中的水文循环过程

Fig.2 The hydrological cycle process in the SWAT model

2.2.2 Mann-Kendall 法

Mann-Kendall法的具体判别方式为:构造一个标准正态统计变量 Z ,当 $Z>0$ 时表明样本序列存在上升趋势,反之则为下降趋势,如果在给定的显著性水平 α 上(本文为0.05) $|Z|\geq Z_{1-\alpha/2}$,则样本序列的变化趋势是显著的。在进行突变检验时,计算出样本序列的一个符合标准正态分布的统计量序列 UF_i 。再将样本序列逆序后计算得到另一个统计量序列 UB_k 。利用两个序列绘制出 UF_k 和 UB_k 两条曲线,给定显著性水平 α (本文为0.05,临界值 $\mu_{0.05}=\pm 1.96$),将 ± 1.96 两条直线作为临界线。 UF_k 的值为正则序列呈上升趋势,反之同理。若 UF_k 曲线超过了临界线,那就说明变化趋势是显著的。若 UF_k 、 UB_k 两条曲线在临界线之间出现了交点,该交点即指明了突变发生的时间。

2.2.3 Hurst 指数

Hurst指数(H)由R/S法通过线性回归得出,其取值范围为0~1。当 $1>H>0.5$ 时,说明序列未来的变化趋势与过去相同;当 $0<H<0.5$ 时,说明序列未来的变化趋势与过去相反。 H 越接近于1或0表明趋势的持续性或反持续性越强, $H=0.5$ 则表明序列未来的变化趋势是随机的。

3 研究区概况与数据

3.1 研究区概况

潮白河流域位于华北平原北部,地处 $E 115^{\circ}25' \sim 117^{\circ}45'$, $N 39^{\circ}10' \sim 41^{\circ}49'$ 之间(见图3)。流域河道全长458 km,流域总面积 $1.95 \times 10^4 \text{ km}^2$,上游分潮河、白河2支,沿途纳多条支流后汇入密云水库。流域属于温带半湿润季风气候,多年平均年降水量为660 mm,多集中在6~9月^[14]。

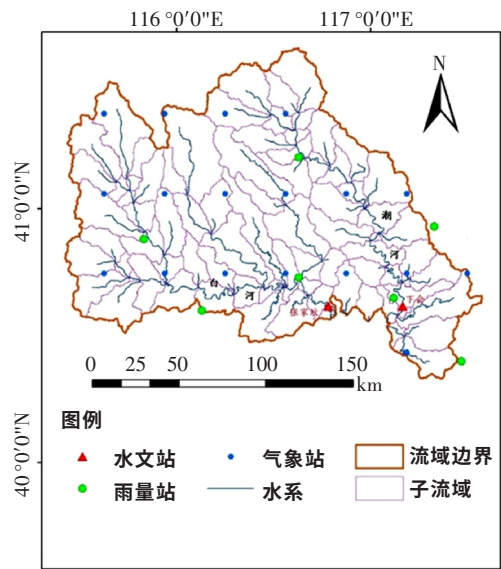


图3 潮白河流域

Fig.3 The location of the Chaobai River basin

3.2 数据

构建流域 SWAT 模型所需要的输入数据主要包括地理信息数据与水文气象数据两大类（见表1）。SWAT 模型需要的逐日气象数据包括降水、最高气温、太阳辐射、风速和相对湿度,各站点位置如图3所示。利用 DEM 数据可以计算流域的地形参数并进一步完成河网的生成与子流域划分, 本研究中将整个潮白河流域划分为 81 个子流域(见图3)。本文根据流域情况将土壤类型划分为 16 类,将土地利用类型划分为林地、草地、水体、城镇、未利用地和耕地 6 大类,其中草地和林地的面积占到 80%以上。为尽量减少土地利用变化对模拟结果造成影响,在模拟过程中使用了 1980（模拟 1960~1983 年）、1995（模拟 1984~1998 年）、2000(模拟 1999~2008 年)年三期土地利用图。

表1 潮白河流域SWAT模型构建输入数据列表

Table1 The input data for the SWAT model

数据类型	详细类别	特征描述	数据来源
基础地理数据	数字高程模型	分辨率 90m×90m	中国科学院地理空间数据云
	土壤	分辨率 1:100 万土壤类型分布图	中科院土壤所
	土地利用	1980、1995、2000 年三期分辨率 90m×90m 土地利用图	中科院大气所
水文气象数据	气温、风速、太阳辐射、相对湿度	18 个站点的逐日气象数据	寒区旱区科学数据中心
	雨量站	7 个雨量站的逐日降水数据	中国气象数据网
	水文站	张家坟、下会 2 个水文站的逐日径流资料	海河流域水文年鉴

4 结果与分析

4.1 模型率定与验证

通过对 SWAT 模型中的参数进行敏感性分析并进行排序,得到敏感性最高的 11 个参数并对张家坟和下会两个水文站的逐月径流量进行率定和验证。模型率定期为 1960~1983 年,其中前 4 年为预热期;模型验证期为 1984~2008 年,其中前 5 年为预热期。各参数含义与率定后的参数值如表 2 所示。

表2 所选参数及率定结果

Table2 The sensitivity parameters and calibration results for the SWAT model

敏感性排序	参数名称	参数含义	率定范围	最佳值
1	CN2*	径流曲线数	-0.12~0.10	-0.09
2	CH_K2	主河道冲积物的有效渗透系数/mm·hr ⁻¹	1~50	2.7
3	ALPHA_BF	基流 α 因子/day	0.02~0.30	0.04
4	SOL_AWC*	土壤可利用含水量/mm	0.10~0.25	0.17
5	ESCO	土壤蒸发补偿系数	0.20~0.35	0.30
6	GW_DELAY	地下水延迟时间/day	25~40	31
7	GWQMN	发生回归流所需的浅层含水层的水位阈值/mm	20~60	27
8	GW_REVAP	地下水再蒸发系数	0.05~0.15	0.07
9	REVAPMN	发生再蒸发或渗入深层含水层所需的浅层含水层的水位阈值/mm	300~450	435
10	RCHRG_DP	深层含水层的渗透系数	0.50~0.75	0.62
11	CANMX	植被最大储水量/mm	3.5~5.5	4.1

注: * 表示率定时参数的变化方式为乘以(1+x),即按百分比浮动。

水文站逐月径流量的拟合结果如图 4 所示,本文采用 Nash-Sutcliffe 模拟效率系数(NSE)和确定性系数(R²)对逐月径流量的拟合结果进行评价,两个参数越接近于 1 则表明拟合结果越好。大量的研究认为:当 NSE>0 或 R²>0.5 时,流域水文模型的结果是可接受的^[18]。本研究中率定期和验证期两个水文站的拟合结果 NSE 均达 0.7 到以上,R² 均达到 0.75 以上,模拟结果是可靠的。

4.2 水量平衡分析

在完成模型的率定与验证后,对模拟结果进行进一步的水量平衡分析,潮白河流域蓝水流、绿水流以及绿水储量的多年序列值及水量平衡分析结果见表 3。从表 3 中可见,研究期内各年的降水量与流域水资源总量(蓝水流、绿水流与绿水储量蓄变量之和)

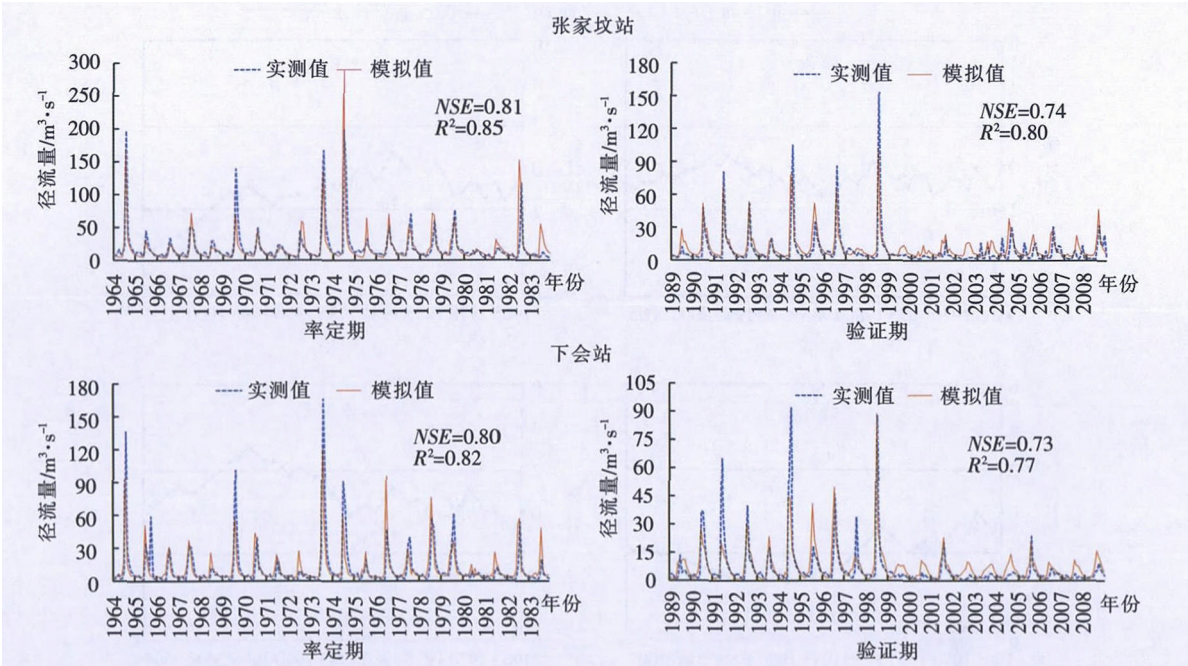


图 4 水文站逐月径流模拟结果

Fig.4 The fitting results of the monthly runoff at the two hydrological stations

表3 潮白河流域水量平衡分析结果 (mm)

Table3 The results of water balance analysis in the Chaobai River basin

年份	降水	蓝水流	绿水流	绿水储量	绿水储量蓄变量	水资源总量	水量平衡系数
1964	607.41	142.93	439.54	71.29	—	—	—
1965	419.96	64.05	394.81	37.09	−34.20	424.66	1.011
1966	440.87	61.54	380.39	40.47	3.38	445.31	1.010
1967	540.23	107.14	418.14	55.04	14.57	539.85	0.999
1968	399.47	50.07	362.24	47.15	−7.89	404.42	1.012
...	...	...	...	...	...	...	...
2004	483.79	95.60	377.43	69.98	11.49	484.52	1.002
2005	426.15	81.04	375.99	45.24	−24.74	432.29	1.014
2006	443.16	77.18	379.35	33.29	−11.95	444.58	1.003
2007	411.75	46.97	349.52	54.45	21.16	417.65	1.014
2008	526.26	101.72	408.90	72.33	17.88	528.50	1.004
均值	481.17	103.92	378.12	58.71	0.02	479.78	0.997

基本保持一致,多年水量平衡系数均值为 0.997。因此,认为模型正确模拟了潮白河流域的水循环过程,使用模型结果进行蓝水绿水资源变化趋势分析是可行的。

4.3 蓝水绿水资源变化趋势分析

利用 SWAT 模型获得潮白河流域 1960~2008 年的蓝水流、绿水流与绿水储量的多年序列后,分别采用线性倾向估计、Mann-Kendall 法与赫斯特指数对各个水文序列的过去与未来的变化趋势进行分析和预测。

首先采用 Mann-Kendall 突变检验对流域内蓝水绿水资源的多年变化过程进行分析并寻找突变点,具体结果如图 5 所示。

潮白河流域内的降水在大部分时间内呈减少趋势,仅在 1995~2000 年这段时间内有所增加。流域内的蓝水流在 1973 年之前一直呈减少趋势,从 1974 年至 1982 年,增加与减少的趋势交替出现,1983 年以后蓝水流一直呈减少趋势且从 2000 年开始显著减少。此外,流域的蓝水流内在 1995 年出现了一次减少的

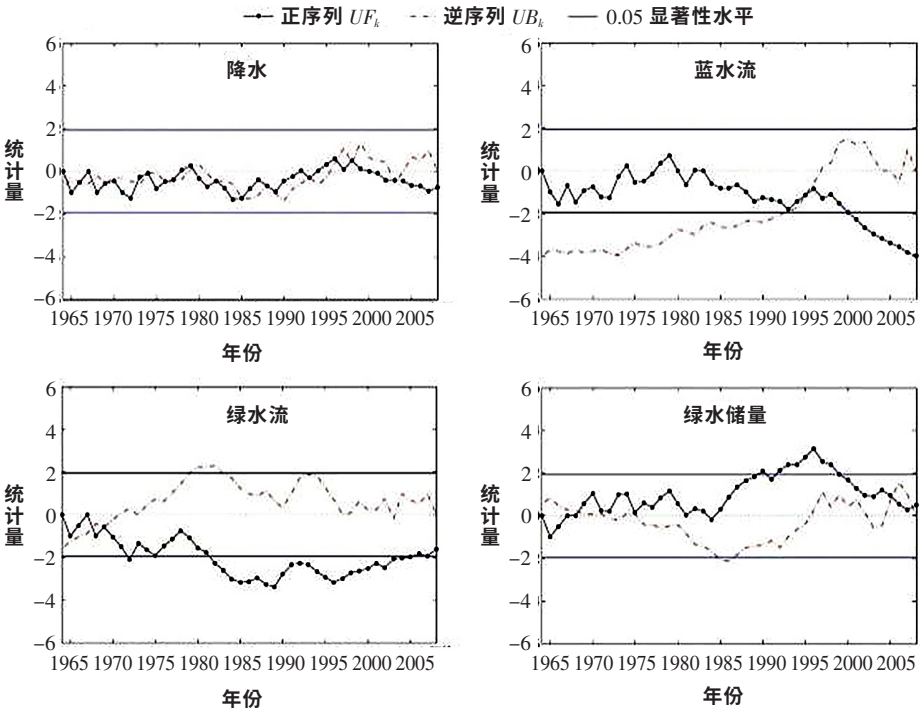


图 5 潮白河流域降水、蓝水流、绿水流与绿水储量的多年变化趋势

Fig.5 The variations of the precipitation, blue water flow, green water flow and green water storage in the Chaobai River basin

突变。研究区的绿水流在整个研究期间一直呈减少趋势，而且在 1968 年左右发生了一次减少的突变，在 1980~2005 年这段时间内绿水流显著减少。除了在 1968 年以前是呈减少趋势的以外，潮白河流域内的绿水储量一直保持着增加趋势，在 1992~2000 年间增加趋势显著。在 1968 年和 2005 年，流域内的绿水储量序

列分别发生了两次增加的突变。

在完成对潮白河流域蓝水绿水资源过去变化趋势的分析后，分别采用三种趋势分析方法对潮河、白河以及整个潮白河流域的蓝水绿水资源的变化趋势与变化量进行分析，并进一步对未来的变化趋势进行预测，所得的结果如表 4 所示。

表4 潮白河流域降水与蓝水绿水资源的变化趋势计算结果

Table4 The results of the change trend calculation for precipitation , blue water flow, green water flow and green water storage in the Chaobai River basin

	潮河			白河			潮白河		
	<i>b</i>	<i>Z</i>	<i>H</i>	<i>b</i>	<i>Z</i>	<i>H</i>	<i>b</i>	<i>Z</i>	<i>H</i>
降水	-4.66	-0.70	0.51	-14.91	-2.27*	0.52	-8.75	-1.19	0.51
蓝水流	-22.20	-5.73*	0.57	-18.88	-6.67*	0.56	-19.33	-6.28*	0.54
绿水流	-8.65	-3.22*	0.51	-5.77	-2.55*	0.51	-6.92	-2.55*	0.51
绿水储量	-0.64	-0.47	0.53	1.58	1.65	0.58	0.70	0.80	0.53

注：*b* 为倾向率/ $\text{mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ；*Z* 为 Mann-Kendall 法的统计量，* 表示通过 0.05 显著性检验，系列变化趋势明显；*H* 为赫斯特系数。

从整体上看：潮白河流域的降水、蓝水流与绿水流均呈减少趋势且蓝水流与绿水流的减少趋势显著，其倾向率分别达到了 -19.33 与 $-6.92 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ；流域内的绿水储量呈增加趋势但趋势不明显，其倾向率为 $0.70 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。潮河与白河的各项水文变量的变化过程有所区别：白河降水的倾向率为 $-14.91 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$

且趋势显著，潮河降水的倾向率要小得多，仅为 $-4.66 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 且不显著。潮河与白河的蓝水流的倾向率分别为 -22.20 与 $-18.88 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ，二者均通过 0.05 显著性检验且白河的减少趋势更显著。潮河与白河的绿水流在研究期内均呈显著减少趋势，其倾向率分别为 -8.65 与 $-5.77 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。潮河流域的绿水储量

在研究期内呈减少趋势,白河流域则与之相反,呈增加趋势。二者的变化趋势均不显著,倾向率分别为 -0.64 和 $1.58 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。

潮河、白河以及整个潮白河流域的蓝水绿水资源在未来的变化趋势均与现在相同(各序列的 H 值均大于 0.5),即除了潮河流域的绿水储量会保持增加趋势外,其他的序列将继续维持减少趋势。总体上,蓝水绿水资源的变化持续性为蓝水流 $>$ 绿水储量 $>$ 绿水流,其中潮河流域的蓝水流、白河流域的蓝水流与绿水储量未来变化的持续性相对较强($H>0.55$),流域内绿水流变化的持续性较弱(H 值均为 0.51)。

5 结论

流域内的降水减少不显著,但蓝水流与绿水流都在显著下降,而绿水储量却呈上升趋势,说明流域内的降水越来越多地被储存在土壤中,而不是形成径流或被植物吸收利用。

蓝水流的下降趋势明显大于绿水流(Z 值分别为 -6.28 与 -2.55),这表明除受到气候变化、土地利用变化等因素的影响外,流域内的蓝水资源还进一步受到取用水等其它人类活动的综合影响。

趋势预测的结果表明潮白河流域蓝水绿水资源的变化趋势在未来还将持续,可被人类直接利用的蓝水资源还会进一步减少。因此,需要进一步加强流域水资源管理,保障用水安全。

参考文献:

- [1] Kundzewicz Z W, Mata L J, Arnell N W, et al. The implications of projected climate change for freshwater resources and their management [J]. *Hydrological Sciences Journal*, 2008, 53(1):3–10.
- [2] ZANG C, LIU J. Trend analysis for the flows of green and blue water in the Heihe River basin, northwestern China [J]. *Journal of Hydrology*, 2013, 502(8):27–36.
- [3] Alley R B, Marotzke J, Nordhaus W D, et al. Abrupt climate change [J]. *Science*, 2003, 299(5615):2005.
- [4] Karpouzou D K, Kavalieratou S, Babajimopoulos C. Trend analysis of precipitation data in Pieria region (Greece) [J]. *Journal of South American Earth Sciences*, 2010, 29(2):464–482.
- [5] Falkenmark M. 1995 Land–water linkages: A synopsis: land and water integration and river basin management [R]. Land and Water Bulletin No. 1, FAO, Rome, pp. 15–17.
- [6] Falkenmark M. & Rockström J. 2006 The new blue and green water paradigm: breaking new ground for water resources planning and management [J]. *Journal of Water Resources Planning and Management–ASCE*, 132(3), 129–132.
- [7] Liu J G, Yang H, Hoff H, et al. Spatially explicit assessment of global consumptive water uses in cropland: green and blue water [J]. *Journal of Hydrology*, 2010, 384(3):187–197.
- [8] 程国栋, 赵文智. 绿水及其研究进展 [J]. *地球科学进展*, 2006, 21(3):221–227. (CHENG Guodong, ZHAO Wenzhi. Green water and its research progresses [J]. *Advances in Earth Science*, 2006, 21(3): 221–227. (in Chinese))
- [9] Rockström J, Falkenmark M, Karlberg L, et al. Future water availability for global food production: the potential of green water for increasing resilience to global change [J]. *Water Resources Research*, 2009, 45(7):142–143.
- [10] Rost S, Gerten D, Bondeau A, et al. Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system [J]. *Water Resources Research*, 2008, 44(9):137–148.
- [11] Schuol J, Abbaspour K C, Yang H, et al. Modeling blue and green water availability in Africa [J]. *Water Resources Research*, 2008, 44(7):212–221.
- [12] Faramarzi M, Abbaspour K C, Schulin R, et al. Modelling blue and green water resources availability in Iran [J]. *Hydrological Processes*, 2009, 23(3):486–501.
- [13] ZHAO A, ZHU X, LIU X, et al. Impacts of land use change and climate variability on green and blue water resources in the Weihe River Basin of northwest China [J]. *Catena*, 2016, 137:318–327.
- [14] 赵阳, 余新晓, 郑江坤, 等. 气候和土地利用变化对潮白河流域径流变化的定量影响 [J]. *农业工程学报*, 2012, 28(22):252–260. (ZHAO Yang, YU Xinxiao, ZHENG Jiangkun, et al. Quantitative effects of climate variations and land–use changes annual streamflow in Chaobai river basin [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2012, 28(22):252–260. (in Chinese))
- [15] 周小珍, 潘兴瑶, 朱永华, 等. 潮白河流域 1980—2013 年平均水平衡特征研究 [J]. *自然资源学报*, 2016(4):649–657. (ZHOU Xiaozhen, PAN Xingyao, ZHU Yonghua, et al. Research of the mean annual water balance during 1980–2013 in Chaobai River basin [J]. *Journal of Natural Resources*, 2016(4):649–657. (in Chinese))
- [16] 刘佳凯, 张振明, 郭馨, 等. 潮白河流域径流对降雨的多尺度响应 [J]. *中国水土保持科学*, 2016, 14(4):50–59. (LIU Jiakai, ZHANG Zhenming, YAN Guoxin, et al. Multi–scale analysis on precipitation–runoff relationship in Chaobaihe basin [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2016, 14(4):50–59. (in Chinese))
- [17] Schuol J, Abbaspour K C, Yang H, et al. Modeling blue and green water availability in Africa [J]. *Water Resources Research*, 2008, 44(7):212–221.
- [18] Moriasi D N, Arnold J G, Van Liew M W, et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations [J]. *Transactions of the ASABE*, 2007, 50(3):885–900.

- [3] 胡余忠. 山区非静态水体水位与淹没影响人口关系评价方法: ZL 2014 1 0803764.4[P]. 2016.6.29 (HU Yuzhong. Assessment method of relationship of non-static water level and inundated population: China, ZL 2014 1 0803764.4[P]. 2016.6.29 (in Chinese))
- [4] 胡余忠. 山洪灾害影响评价外业调查核心技术问答[J]. 中国防汛抗旱, 2015, 2. (HU Yuzhong. Questions and answers of core technologies about field investigation on mountain flood disaster impact assessment [J]. China Flood and Drought Management, 2015, 2. (in Chinese))
- [5] 胡余忠, 姚学斌, 章彩霞, 等. 山洪影响调查评价与预警体系建设方法研究——以昌江芦溪河段为例 [J]. 水文, 2015, (3). (HU Yuzhong, YAO Xuebin, ZHANG Caixia, et al. Investigation and evaluation of flash flood effect and research on construction of early warning system: take Luxi reach of Chang River as a case [J]. Journal of China Hydrology, 2015, (3). (in Chinese))
- [6] 安徽省水利勘测设计院. 安徽省山丘区设计洪水计算办法 (简称“84”办法)[R]. 1984. (Anhui Water Investigation and Surveying Institute. Design flood calculation method in hilly region of Anhui Province[R]. 1984. (in Chinese))
- [7] 安徽省水文总站. 安徽省水文手册[R]. 1975. (Hydrology Bureau of Anhui Province. Handbook of Anhui hydrology [R]. 1975. (in Chinese))
- [8] 黄山水文水资源局. 黄山水文手册[R]. 2015. (Hydrology and Water Resources Bureau of Huangshan City. Handbook of Huangshan hydrology [R]. 1975. (in Chinese))
- [9] 胡余忠. 山洪影响评价与预警阈值分析关键技术问答[J]. 中国防汛抗旱, 2016, 2. (HU Yuzhong. Questions and answers of key technologies about threshold value of warning analysis on mountain flood impact evaluation [J]. China Flood and Drought Management, 2016, 2. (in Chinese))

Analysis of Specific Water Level of Flood Control and Threshold Value of Rainfall Warning for Small- and Medium-sized Rivers

HU Yuzhong¹, WANG Zhaoxia², ZHOU Bin², JIANG Shiqi³

(1. Hydrology Bureau of Anhui Province, Hefei 230022, China;

2. Anqing Hydrology and Water Resources Bureau of Anhui Province, Anqing 246000, China;

3. Office of Shitai Flood Control and Drought Headquarters of Anhui Province, Shitai 245100, China)

Abstract: In order to address how the newly-built hydrometry stations of small- and medium-sized rivers can be effectively used for flood warning, this paper investigated the historical flood information of warning river reach, measured the elevation of riverside residences, and then established the relationship between the warning stations and socioeconomic factors of the river reach based on the technical strategy of investigation and evaluation of flash floods. The technical system was then proposed to determine the specific water levels of hydrometry stations and warning threshold values on the basis of current flood control capability.

Key words: flash flood; investigation and evaluation; specific water level; threshold value of rainfall warning; Shitai

(上接第 49 页)

Trend Analysis for Blue and Green Water Resources in Chaobai River Basin Based on Hydrologic Cycle Simulation

XIE Zibo^{1,2}, ZHU Kui¹, LU Fan², XU Yiran^{1,2}, SONG Xinyi²

(1. School of Resources and Geosciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China;

2. Institute of Water Resources, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: Chaobai River basin is one of the crucial water supply sources for Beijing, and it is significant to study on the variation trend of water resources in the basin to maintain the stable ecology system and economic development. This paper simulated the hydrology cycle process in the basin combined with the SWAT model, and analyzed the variation of blue and green water resources in the basin during 1960–2008, and then made prediction for the future. The results indicate that the blue and green water flow were decreased significantly while the green water storage were increased slightly during the research period. The tendency rates of these hydrologic variables are $-19.33\text{mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$, $-6.92\text{mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ and $0.70\text{mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ respectively. The prediction results propose that the change trend of blue and green water resources would be continued.

Key words: hydrologic cycle simulation; SWAT model; Chaobai River basin; blue and green water resources; variation trend