

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2019.02.008

泾河流域径流变化趋势及归因分析

杨思雨, 姜仁贵, 解建仓, 朱记伟, 王 娇

(西安理工大学 省部共建西北旱区生态水利国家重点实验室, 陕西 西安 710048)

摘要: 基于泾河流域 55 年降水和径流数据, 分析流域径流历史演变规律, 定量计算气候变化和人类活动对径流量的影响, 揭示泾河流域径流变化原因及未来变化趋势, 为泾河流域水资源管理及开发利用提供依据。采用线性趋势、Mann-Kendall 趋势检验和 R/S 等方法分析径流演变规律, 预测其未来变化趋势。利用滑动 t 检验、有序聚类和双累积曲线法分析径流突变情况, 判断突变年, 确定基准期, 采用径流还原法分析气候变化和人类活动对泾河流域径流变化的贡献率。结果表明: 泾河流域降水量及径流量总体上呈下降趋势, 丰枯悬殊, 未来一段时间内泾河流域径流量将呈现减少趋势且有一定的持续性。在 1961—2015 年间, 泾河流域突变年分别为 1970 年、1996 年和 2003 年, 由突变点 1970 年确定泾河流域径流基准期为 1961—1969 年。径流还原法分析结果表明: 人类活动是导致泾河流域径流量减少的主要因素, 且影响程度逐时段增加, 1970—1995 年、1996—2002 年及 2003—2015 年人类活动对泾河流域径流量的贡献率分别为 86.81%、87.70% 和 96.86%。

关键词: 泾河流域; R/S 法; 变化趋势; 归因分析; 径流还原法; 人类活动

中图分类号: P339

文献标志码: A

文章编号: 1006-4710(2019)02-0186-06

Trend and attribution analysis of runoff in Jinghe River

YANG Siyu, JIANG Rengui, XIE Jiancang, ZHU Jiwei, WANG Jiao

(State Key Laboratory of Eco-hydraulics in Northwest Arid Region of China, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: Based on the precipitation and runoff data of the Jinghe River basin for 55 years, the historical evolution law of runoff in the basin is analyzed, and the effects of climate change and human activities on runoff are quantitatively calculated. The causes of runoff change and future trends in the Jinghe River basin are revealed, a provision of a basis for water resources management and development and utilization in the Jinghe River basin. Linear trend, Mann-Kendall trend test, R/S method and other methods are used to analyze the trend of runoff evolution and predict the future runoff trend. Using the sliding t test, ordered clustering and double cumulative curve method to analyze the runoff mutation, these methods can be employed to determine the mutation year and the reference period. Using the runoff reduction method to analyze the contribution rate of the runoff change of the Jinghe River basin caused by climate change and human activities. The results show that the precipitation and runoff in the Jinghe River basin are generally decreasing, and that the balance between the abundance and the dryness is uneven. In the future, the runoff in the Jinghe River basin will show a decreasing trend and have certain continuity. From 1961 to 2015, the Jinghe River basin mutation years are 1970, 1996 and 2003, and the reference period of runoff was confirmed from 1961 to 1969. The results of runoff reduction analysis show that the human activities in the Jinghe River basin is the main factor for the decline of the runoff of the Jinghe River and its influence degree increases chronically. The contribution rates of human activities on the target rivers' runoff are 86.81% from 1970 to 1995, 87.70% from 1996 to 2001 and 96.86% from 2003 to 2015 respectively.

Key words: Jinghe River basin; R/S analysis; variation trend; attribution analysis; runoff reduction method; human activity

收稿日期: 2018-10-24

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2016YFC0401409); 国家自然科学基金资助项目(51509201, 51679188, 71774132); 陕西省自然科学基金资助项目(2018JM5031)

作者简介: 杨思雨, 女, 硕士生, 研究方向为建设工程管理与水资源管理。E-mail: 877414359@qq.com

通讯作者: 姜仁贵, 男, 副教授, 博士, 研究方向为城市防洪减灾与应急管理。E-mail: jrengui@163.com

全球气候变暖背景下极端天气频率增加,人类活动日益增强,在两者共同作用下,河川径流呈现很大的时空变异性^[1]。作为重要的水资源,河川径流量直接影响着流域社会、经济、生态等各方面的可持续发展^[2]。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第五次评估报告指出,人类活动已影响近些年的全球水循环,甚至在未来一段时间内呈现不可逆状态。为了保证流域内水资源的可持续发展,研究径流演变机理,分析各驱动因素对径流量影响程度有重要的理论意义与实际价值。泾河作为渭河的第一大支流,谷地宽阔、平坦、灌溉便利,是重要的农耕区。泾河流域生态脆弱,受到人们的广泛关注。因此,对泾河流域径流变化趋势及气候变化和人类活动对径流影响程度的分析,对揭示径流特性及流域水资源管理具有重要作用。研究可为泾河流域水资源区域规划、调控、管理、利用等提供参考依据,为流域生态恢复和可持续发展提供科学指导。

针对流域径流变化趋势及其归因分析,诸多专家学者进行了大量的研究,并取得了一些有益的成果^[3-7]。孙甲岚等^[8]采用 Mann-Kendall 趋势检验法与 Morlet 小波分析法对长江上游流域平均气温、降雨、径流等要素的演变规律进行研究。木塔里甫·托乎提等^[9]采用时间序列周期方差分析外推、非参数检验和 R/S 分析等方法探讨了径流量的周期、跃变及未来的变化趋势,表明人类活动强烈干扰了塔里木河流域干流的水文过程。王欢等^[10]通过滑动平均法、Mann-Kendall 趋势检验及突变检验法、累积距平法和双累积曲线法研究了青海湖流域径流的时空特性和冻土及冰雪融化对径流的影响。张利茹等^[11]采用 Mann-Kendall 秩次相关检验法及线性回归方法,分析检验了海河流域各典型区域年径流量的历史变化趋势,并基

于 TOPMODEL 半分布式流域水文模型,定量评估了典型区域气候变化和人类活动对径流变化的影响。Dong^[12]等基于 SWAT 模型,发现气候变化可能导致径流减少或增加,且和降水、温度、辐射以及土地覆盖变化等要素密切相关。

以泾河流域为研究区域,将多种分析方法结合,分析 55 年间(1961—2015 年)泾河流域的径流变化趋势及气候变化和人类活动对径流影响的程度。本文采用线性回归分析降水和径流变化特征,通过 Mann-Kendall 趋势检验法和 R/S 法分析泾河流域径流变化趋势特征并预测流域未来径流变化趋势。采用滑动 t 检验、有序聚类、双累积曲线法确定径流量突变年,采用径流还原法定量分析人类活动和气候变化对泾河流域径流变化的贡献。研究结果可为泾河流域水资源的开发利用提供依据,为流域生态环境保护、水土保持及城镇化建设提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究区域

泾河横跨陕甘宁三省(区),是渭河流域最大的支流,河长 455.1 km,流域面积 $4.54 \times 10^4 \text{ km}^2$,占渭河流域面积的 33.7%,流域多年平均径流量为 $2.07 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。泾河流域属于典型的大陆性气候,气温南高北低,在过去 55 年中,流域内年均气温整体呈上升趋势。泾河水位陡涨陡落,洪枯悬殊,主要靠夏季降水补给,降水集中在汛期 7~10 月,占全年总降水量的近 70%,年径流量有 60% 以上集中在 5~10 月。泾河流经黄土高原沟壑区,水土流失较为严重,年输沙量 $2.526 \times 10^6 \text{ t}$ 。近几十年来,泾河流域受人类活动和气候变化的影响,径流减少趋势显著。泾河流域概况如图 1 所示。

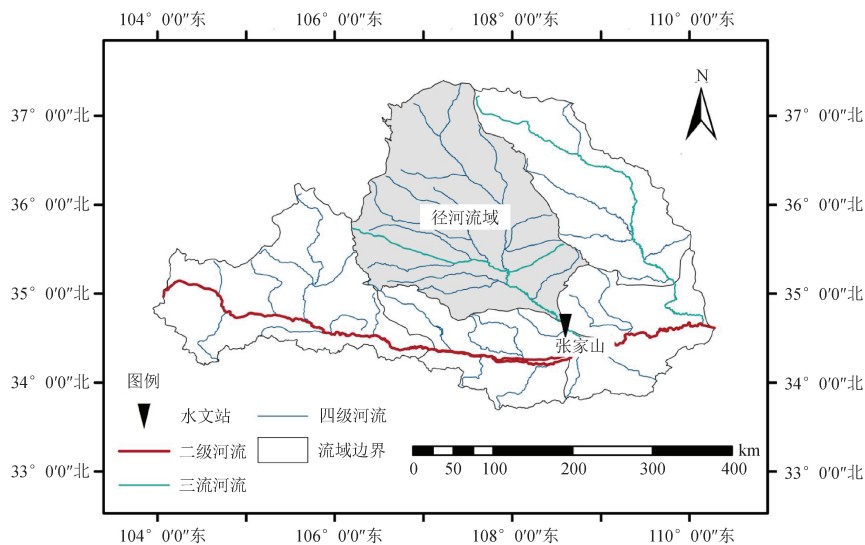


图 1 泾河流域概况图

Fig. 1 Sketch map of Jinghe River basin

1.2 数据来源

泾河流域降水及径流数据时间序列采用 1961—2015 年。降水数据来源于国家气象信息中心的 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 格网数据集, 该数据集基于观测数据, 采用薄盘样条法进行空间插值得到, 数据集质量经过严格检验。径流数据选取泾河流域张家山水文测站 1961—2015 年数据, 数据来源于《中华人民共和国水文年鉴黄河流域水文资料》、陕西省水文局及陕西省江河水库管理局统计资料。在下文计算中为了统一降水量和径流量的单位, 将张家山水文测站径流量数据转化成径流深后进行分析。

1.3 研究方法

采用线性趋势^[13]、Mann-Kendall 法^[14]和 R/S 法^[15]分析径流变化趋势特征并对未来径流量进行预测。利用滑动 t 检验^[16]、有序聚类^[16]、双累积曲线法^[17]等方法综合分析径流突变情况, 判断突变年, 确定基准期, 并通过径流还原法^[17]分析气候变化和人类活动对泾河流域径流深变化的贡献率。

径流还原法原理: 假定基准期的径流深 (R_1) 是基准期实测径流深的均值, 人类活动影响时期的实测径流深 (R'_1) 与基准期天然径流深 (R_1) 两者差值主要由人类活动和气候变化影响两部分组成, 计算气候变化和人类活动对径流深影响的贡献率:

$$\Delta R = R_1 - R'_1 \quad (1)$$

$$\Delta R_1 = R'_1 - R'_2 \quad (2)$$

$$\Delta R_2 = R_1 - R'_2 \quad (3)$$

$$\eta_1 = \frac{\Delta R_1}{\Delta R} \times 100 \% \quad (4)$$

$$\eta_2 = \frac{\Delta R_2}{\Delta R} \times 100 \% \quad (5)$$

式中: ΔR 为径流深变化量; R_1 为基准期天然径流深; R'_1 为突变后实测径流深; ΔR_1 为人类活动对径流深的影响量; ΔR_2 为气候变化对径流深的影响量; R'_2 为突变后的模拟径流深; η_1 、 η_2 分别为人类活动和气候变化对径流变化的贡献率。

2 结果与分析

2.1 降水及径流年际变化特征

根据泾河流域 1961—2015 年降水量及径流深数据, 绘制泾河流域降水量及径流深年际变化趋势图, 如图 2 所示。由图 2 可知, 在研究期内, 泾河流域降水量线性拟合回归系数为负值, 呈下降趋势, 年均降水量为 523.99 mm, 最大年降水量是最小年降水量的 2.14 倍; 泾河流域张家山站径流深线性拟合回归系数为负值, 呈下降趋势, 年均径流深为 28.44 mm, 最大年径流深是最小年径流深的 6.66 倍。其中, 泾河流域最大降水量年及最大径流深年均为 1964 年, 且年际极值相差较大, 丰枯悬殊。

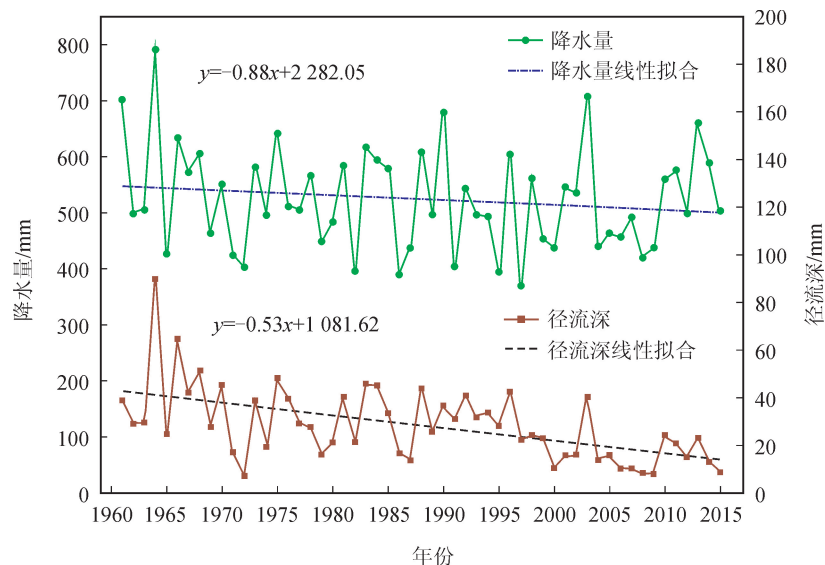


图 2 泾河流域年降水量及径流深年际变化趋势图

Fig. 2 Annual variation trend of annual precipitation and runoff depth in the Jinghe River basin

2.2 径流变化趋势分析

本文采用 Mann-Kendall 趋势检验法和 R/S 法对泾河流域张家山站年径流深变化趋势进行分析。首先, 采用 Mann-Kendall 趋势检验法对径流深变化趋势进行分析, 通过计算, 年径流深的标准化统计

量 Z 值为 -4.392 , 且通过 $\alpha = 0.025$ 的显著性检验, 这表明径流深呈现减少趋势, 且趋势显著。其次, 利用 R/S 法对泾河流域张家山站径流深进行趋势预测, 通过计算, 泾河流域年径流深 R/S 分析 ($\ln \tau - \ln(R/S)$) 的相关系数为 0.988, 通过 5% 的显著性

检验,Hurst 效应较为显著。如图 3 所示,泾河流域张家山站年径流深 Hurst 指数为 0.731 4,大于 0.5,表明径流深未来趋势与过去一致,呈现递减趋势。

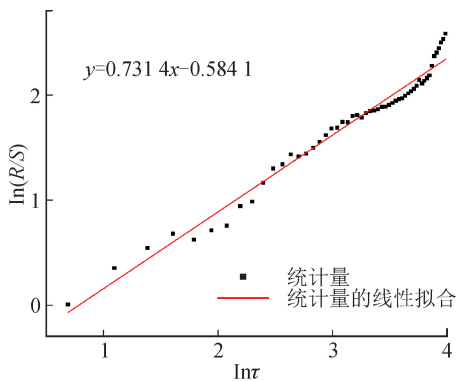


图 3 泾河流域张家山站年径流深 R/S 分析
Fig. 3 Annual runoff depth R/S analysis of Zhangjiashan Station in the Jinghe River basin

2.3 径流突变点分析

采用滑动 t 检验法、有序聚类法、双累积曲线法综合判断泾河流域径流突变年。图 4 为泾河流域张家山站径流深突变分析图。

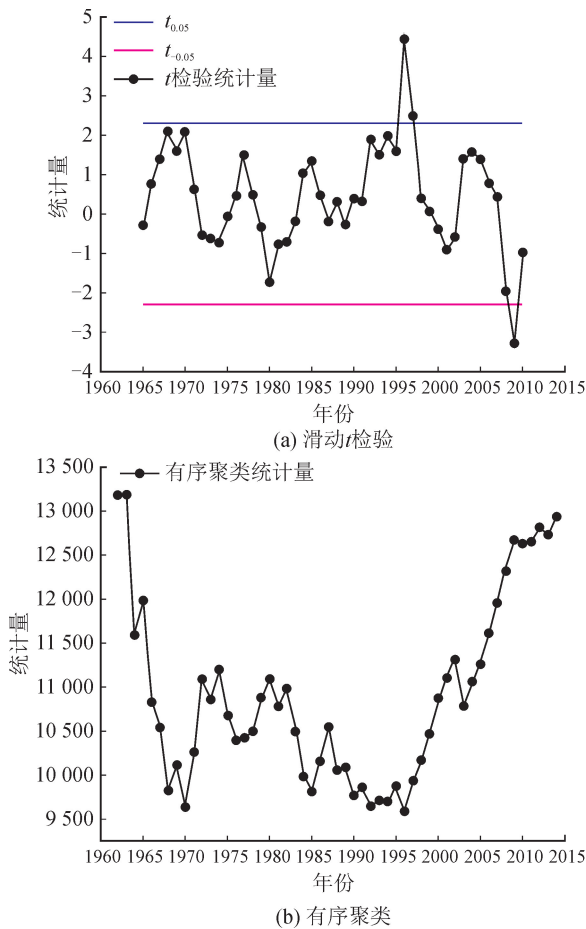


图 4 泾河流域张家山站径流深突变分析
Fig. 4 Analysis of runoff depth mutation at Zhangjiashan Station in the Jinghe River basin

如图 4(a)所示,1996 年、1997 年和 2009 年三点均通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,其中 2009 年的数值虽超过 $t_{-0.05} = -2.31$,通过显著性检验,但由于年份处于序列尾段误差较大,在此可忽略不计。此方法表明,泾河流域 1961—2015 年径流深的突变年份为 1996 年与 1997 年。如图 4(b)所示,径流深序列离差平方和曲线有两处明显的极小值点,分别为 1970 年与 1996 年,故通过有序聚类法判断 1970 年、1996 年为泾河流域径流深突变年。

根据泾河流域降水量和径流深绘制降水径流深双累积曲线图,如图 5 所示,由图可得突变点为 1970 年、1996 年和 2003 年,除 1996—2002 年间,其余分段区间线性相关系数 R^2 均大于 0.99。根据滑动 t 检验法得知,在 1996—2002 年间,可能存在突变年(1997 年),双累积曲线法存在局部误差,导致 1996—2002 年线性关系的相关程度低于其他时间段。

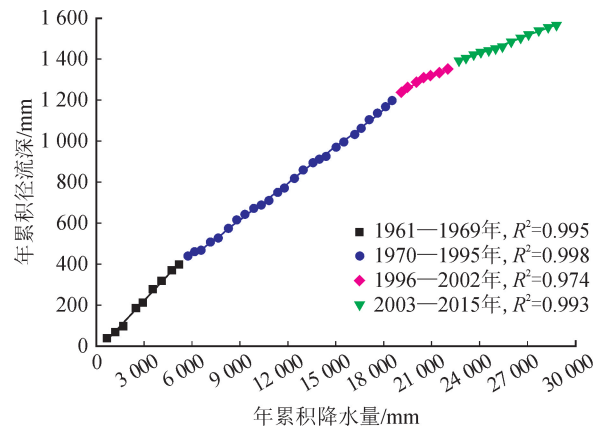


图 5 泾河流域降水径流深双累积曲线
Fig. 5 Double cumulative curve of rainfall and runoff depth in the Jinghe River basin

对上述三种突变点求解方法进行综合分析,如表 1 所示,结果表明,上述三种方法所得突变点存在一定差异,综合分析确定泾河流域在 1961—2015 年间存在 3 个径流突变点,分别为 1970 年、1996 年和 2003 年。最终确定 1961—1969 年为泾河流域的径流基准期。

表 1 泾河流域突变检验成果表
Tab. 1 Jinghe River basin mutation test results table

检验方法	突变点(年份)	最终采用(年份)
滑动 t 检验	1996、1997	
有序聚类	1970、1996	1970、1996、2003
双累积曲线	1970、1996、2003	

2.4 径流变化影响因素分析

通过对年径流深的突变检验得到泾河流域的多个突变点,由首个突变点 1970 年确定泾河流域径流基准期为 1961—1969 年,根据突变点出现的年份将研究时间序列划分为 3 个时段,分别为 1970—1995 年、1996—2002 年、2003—2015 年。对基准期降水

表 2 气候变化和人类活动对泾河流域径流深变化的贡献率

Tab. 2 Contribution rate of climate change and human activities to runoff depth change in Jinghe River basin

时段	时段平均降水量/mm	基准期径流深/mm	年径流深及其变化/mm			气候变化		人类活动	
			实测值	突变后模拟	总影响量	影响量/mm	贡献率/%	影响量/mm	贡献率/%
1961—1969	577.37	44.23							
1970—1995	512.21	44.23	30.73	42.45	13.50	1.78	13.19	11.72	86.81
1996—2002	500.80	44.23	22.06	41.51	22.17	2.73	12.30	19.44	87.70
2003—2015	523.13	44.23	16.35	43.36	27.88	0.88	3.14	27.01	96.86
1961—2015	524.00	44.35	25.35	42.56	19.00	1.79	9.40	17.21	90.60

由表 2 可知,1970—1995 年平均降水量为 512.21 mm,相较于基准期的平均降水量减少 65.16 mm,降水量的减少对实际径流深影响较大,使 1970—1995 年较 1961—1969 年实测平均径流深减少了 30.5%。1970 年以后的模拟径流深较基准期天然径流深有不同程度的减少,说明气候变化引起径流深减少,1970—1995 年、1996—2002 年和 2003—2015 年气候变化对泾河流域径流深的影响逐阶段减少,贡献率分别为 13.19%、12.30% 和 3.14%。1970 年以来的实测径流深的值均明显小于模拟径流深的值,人类活动对泾河流域径流深的影响逐阶段增加,1970—1995 年、1996—2002 年及 2003—2015 年人类活动使泾河流域径流深逐阶段减少,贡献率分别为 86.81%、87.70%、96.86%。自基准期以后,实测径流深较基准期天然径流深有不同程度的减少,此趋势表明,径流深的减少是人类活动及气候变化影响造成的,且人类活动是影响径流变化的主要驱动因素。就 1961—2015 年的平均状况而言,人类活动及气候变化对径流深的影响高达 19 mm,模拟径流深较基准期天然径流深减少 1.79 mm,占比 9.4%,实测径流深较模拟径流深减少 17.21 mm,人类活动导致径流显著减少,其贡献率达到 90.6%。

在 1970—1995 年,人类活动因素已是导致泾河流域径流减少的主要因素,其中在 20 世纪 70、80 年代,国家对因人口增加而加剧的植被破坏实施水土保持工程,例如修建梯田、淤地坝、水库等。国家对水土保持工程的实施、对植被恢复和荒山造林的重视,改变了泾河流域的生态用水量,使得人类活动对径流深的影响逐步减少。近些年,随着内陆地区的

和径流时间序列进行拟合,得到两者回归方程为 $y=0.08365x-28.92$,相关系数 $R^2=0.995$ 。根据回归方程计算 1970—2015 年间的模拟径流深值,利用径流还原法计算得到人类活动和气候变化对径流变化的影响量以及贡献率,如表 2 所示。

快速发展,泾河流域大量修建梯田、实施大规模退耕还林工程,使得水土流失得到进一步治理,自然环境得到进一步保护^[17]。

3 结论与讨论

1) 泾河流域降水量及径流深呈下降趋势,最大年降水量是最小年降水量的 2.14 倍,最大年径流深是最小年径流深的 6.66 倍,年际极值相差较大,丰枯悬殊,水资源时空分布不均衡。通过 Mann-Kendall 趋势检验法和 R/S 法分析泾河流域径流深变化趋势,结果表明,未来一段时间内泾河流域径流深将呈现减少趋势且有一定持续性。

2) 根据滑动 t 检验法、有序聚类法和双累积曲线法,综合得出泾河流域的突变年分别为 1970 年、1996 年和 2003 年。由突变点 1970 年确定泾河流域径流基准期为 1961—1969 年,根据另外两个突变点将研究时间段分为 3 段,分别为 1970—1995 年、1996—2002 年、2003—2015 年。在 1961—2015 年间,人类活动对径流深的影响量比气候变化对径流深的影响量约大 9.6 倍。

3) 根据气候变化和人类活动对泾河流域径流变化的贡献率表得出 1970—1995 年的平均降水量较 1961—1969 年的平均降水量减少,对实际平均径流影响较大,故降水量的变化可影响径流变化。若多个时间段内降水量在某个范围内来回波动,对实际平均径流无明显影响。在泾河流域上降水量是驱动径流减少的重要因素,但不是主要因素。

4) 人类活动和气候变化是驱动径流变化的主要因素。在泾河流域上人类活动是导致径流减少的

主要因素,且影响程度逐时段增加,人类活动成为主要因素的原因是,国家对水土流失的治理、对环境的保护、对内陆地区城镇化建设的支持。因此,在后续研究中,将会深入了解不同的人类活动及多种气候变化因素对流域径流的影响程度。

参考文献:

- [1] 姜仁贵,韩浩,解建仓,等. 变化环境下城市暴雨洪涝研究进展[J]. 水资源与水工程学报, 2016, 27(3):11-17.
JIANG Rengui, HAN Hao, XIE Jiancang, et al. Research progress of urban storm flood under changing environment[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2016, 27(3):11-17.
- [2] SHAO Q X, LI Z L, XU Z X. Trend detection in hydrological time series by segment regression with application to Shiyang River basin[J]. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2010, 24(2):221-233.
- [3] JIANG R G, XIE J C, HE H L, et al. Use of four drought indices for evaluating drought characteristics under climate change in Shaanxi, China: 1951-2012[J]. Natural Hazards, 2015, 75(3): 2885-2903.
- [4] 周帅, 王义民, 郭爱军, 等. 气候变化和人类活动对黄河源区径流影响的评估[J]. 西安理工大学学报, 2018, 34(2):205-210.
ZHOU Shuai, WANG Yimin, GUO Aijun, et al. Assessment on impacts of climate change and human activities on runoff in source region of the Yellow River[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2018, 34(2):205-210.
- [5] HAO X M, CHEN Y N, XU C C, et al. Impacts of climate change and human activities on the surface runoff in the Tarim River basin over the last fifty years[J]. Water Resources Management, 2008, 22(9):1159-1171.
- [6] MU X M, LI Y, GAO P. The runoff declining process and water quality in Songhuajiang River catchment, China under global climatic change[J]. Clean-Soil Air Water, 2012, 40(4): 394-401.
- [7] ZHAO X H, CHEN X, HUANG Q. Trend and long-range correlation characteristics analysis of runoff in upper Fenhe River basin[J]. Water Resources, 2017, 44(1): 31-42.
- [8] 孙甲岚, 雷晓辉, 蒋云钟, 等. 长江流域上游气温、降水及径流变化趋势分析[J]. 水电能源科学, 2012, 30(5):1-4.
SUN Jialan, LEI Xiaohui, JIANG Yunzhong, et al. Variation trend analysis of meteorological variables and runoff in upper research of Yangtze River[J]. Water Resources and Power, 2012, 30(5):1-4.
- [9] 木塔里甫·托乎提, 徐海量, 刘新华. 塔里木河流域径流变化趋势分析及预测[J]. 水资源与水工程学报, 2012, 23(2):77-82.
MTALIP. Tuohuti, XU Hailiang, LIU Xinhua. Trend analysis and forecast of the runoff change in Tarim River basin[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2012, 23(2):77-82.
- [10] 王欢, 刘九夫, 谢自银, 等. 青海湖流域径流变化趋势及归因分析[J]. 水电能源科学, 2018, 36(8):18-21, 32.
WANG Huan, LIU Jiufu, XIE Ziyin, et al. Trend and attribution analysis of runoff in Qinghai Lake basin[J]. Water Resources and Power, 2018, 36(8):18-21, 32.
- [11] 张利茹, 贺永会, 唐跃平, 等. 海河流域径流变化趋势及其归因分析[J]. 水利水运工程学报, 2017, (4):59-66.
ZHANG Liru, HE Yonghui, TANG Yueping, et al. Analysis of runoff change trend and its attribution in Haihe River basin[J]. Hydro-Science and Engineering, 2017, (4):59-66.
- [12] DONG W, CUI B S, LIU Z H, et al. Relative effects of human activities and climate change on the river runoff in an arid basin in northwest China[J]. Hydrological Processes, 2014, 28(18):4854-4864.
- [13] 栗晓玲, 康绍忠, 魏晓妹, 等. 气候变化和人类活动对渭河流域入黄径流的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(2):153-159.
SU Xiaoling, KANG Shaozhong, WEI Xiaomei, et al. Impact of climate change and human activity on the runoff of Wei River basin to the Yellow River[J]. Journal of Northwest A & F University (Nat. Sci. Ed.), 2007, 35(2):153-159.
- [14] 王娇, 姜仁贵, 解建仓, 等. 泾河流域径流量变化特征研究[J]. 水资源与水工程学报, 2018, 29(6):88-93.
WANG Jiao, JIANG Rengui, XIE Jiancang, et al. Analysis on characteristics of runoff variation in Jinghe River[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2018, 29(6):88-93.
- [15] 王小杰, 姜仁贵, 解建仓, 等. 基于分形和 R/S 分析的渭河干流径流变化特征研究[J]. 水利水运工程学报, 2019, (1):102-108.
WANG Xiaojie, JIANG Rengui, XIE Jiancang, et al. Analysis of runoff variation characteristics in the main-stream of Weihe River based on fractal theory and R/S analysis method[J]. Hydro-Science and Engineering, 2019, (1):102-108.
- [16] 肖洁, 罗军刚, 解建仓, 等. 渭河干流径流年际及年内变化趋势分析[J]. 人民黄河, 2012, 34(11): 32-36.
XIAO Jie, LUO Jungang, XIE Jiancang, et al. Analysis on interannual and annual variation trend of runoff in the main stream of Weihe River[J]. Yellow River, 2012, 34(11): 32-36.
- [17] 张淑兰, 王彦辉, 于澎涛, 等. 定量区分人类活动和降水量变化对泾河上游径流变化的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(4):53-58.
ZHANG Shulan, WANG Yanhui, YU Pengtao, et al. Study for separating the impact of precipitation variation and human activities on runoff change of the upper reaches of Jing River[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2010, 24(4):53-58.