

气候变化及人类活动对灞河源流区径流的影响

王战平^{1,2}, 沈冰¹, 吕继强¹

(1. 西安理工大学 西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 陕西 西安 710048;

2. 西安浐灞生态区管理委员会, 陕西 西安 710024)

摘要: 灞河是西安市主要水源地之一,对于改善城市生态环境和维持快速发展具有重要作用。近年来,气候变化和不断加强的水资源开发利用活动,已经引起生态环境问题。根据灞河流域 1966 - 1975 及 1991 - 2000 年 6 个观测站的降雨、径流资料,并结合 ARCGIS 流域地形及水系提取结果,定量分析了气候变化、人类活动对流域径流的影响。结果表明:灞河上游水资源开发利用强度不大,径流变化受人类活动影响比例 54.6%,气候变化因素影响 45.4%;气候变化对降水空间分布、年内变化影响较大,降雨分配年内和空间分布更加集中。

关键词: 水文及水资源; 气候变化; 人类活动; 灞河流域

中图分类号:TV121.2

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2012)06-0097-03

Impact of climate variation and human activities on runoff in the source area of Bahe River basin

WANG Zhanping^{1,2}, SHEN Bing¹, LÜ Jiqiang¹

(1. Key Lab of Northwest Water Resources and Environmental Ecology of Ministry of Education, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China; 2. Administration Committee of Xi'an Chanba Ecological District, Xi'an 710024, China)

Abstract: As one of the important water supply areas of Xi'an city, the Bahe river plays an important role in maintaining urban development and ecological health. In the past few decades, the decreasing runoff of the Bahe river basin associated with climate variation and human activities had caused a series of water and eco-environmental problems. The paper quantify the impacts of climate variation and human activities on stream runoff in the source area of the Bahe river, based on analysis of hydrologic changes of the upper Bahe river basin from 1966 to 1975 and from 1991 to 2000. It use tessellation polygon analysis, inverse distance weighting (IDW) interpolation method and rainfall-runoff modeling method to distinguish the effects of climate variation and human activities. The quantification results indicate that climate variations account for 45.4% of decrease to the stream flow, while human activities account for 54.6%. Therefore, human activities and climate variations play an equal impacts on the decline of the stream runoff in the source area of the Bahe river. Climate variations play a domain impact on the temporal and spatial distribution of precipitation, which may cause more concentrated and stronger raining.

Key words: hydrology and water resources; climate variation; human activity; Bahe River basin

0 引言

灞河是秦岭北麓西安市东部最大的渭河一级支流,连接秦岭、渭河两大生态区域,是西安市的主要水源地之一^[1]。气候变化与不断加强的水资源开发利用已经引起流域水文条件变化,并导致灞河流域城市段出现了如水质污染、湿地破碎、洪水灾害频繁、生物多样性锐减等生态环境问题^[2-4]。

本文以位于灞河流域上游流域为典型研究区,评估气候变化和人类活动对上游山区产水量的影响。分析研究区降水的时空变化,定量区分气候变化与人类活动对流域水资源的影响。灞河上游山区是流域的主要产水区,区分气候变化和人类活动对上游水源区径流量的影响对流域的水资源管理和生态环境的可持续发展具有重要的参考价值。

收稿日期:2012-07-17; 修回日期:2012-08-10

基金项目:国家自然科学基金重点项目(50939004); 中央财政支持地方高校发展专项资金特色重点学科项目(106-5X1205)

作者简介:王战平(1974-),男,西安临潼人,在读硕士生,高级工程师;主要从事区域水环境与水资源研究。

1 研究区和数据介绍

1.1 研究区概况

灞河属黄河流域,渭河水系,是渭河右岸一级支流,位于陕西省西安市东南部,东经 $109^{\circ}00' \sim 109^{\circ}47'$ 、北纬 $33^{\circ}50' \sim 34^{\circ}27'$ 之间,南起秦岭,北至渭河,流域全长 104.1 km,总流域面积 2581.0 km^2 。灞河流域地势南高北低,自东南向西北倾斜。从源头到下游大致可以分为秦岭山地、横岭丘陵、黄土台塬和川道平原等地貌类型区。流域年蒸发量 776 mm,降水分布由北向南逐渐增加,其中秦岭山区在 830 mm 以上,横岭丘陵、黄土塬区为 710 ~ 830 mm。灞河峪口以上区域是西安市饮用水源保护区;灞河峪口至马渡王区域,主要为农业用水区和饮用水源区^[5-6]。本文研究区域为灞河马渡王水文站以上区域,面积 1461.6 km^2 ,主要水系及流域地形见图 1。

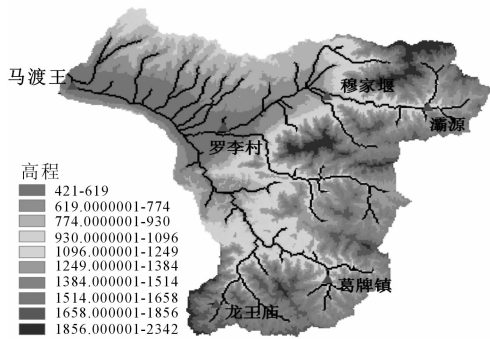


图1 灞河上游流域地形、水系及降雨量站分布

1.2 数据和方法

本文以 1966 - 1975 及 1991 - 2000 年 6 个观测站的月降雨、径流资料为研究基础,马渡王为流域出口流量站。应用 ARCGIS 软件进行流域、水系提取;采用泰森多边形法计算不同时期流域的面平均降雨量;并利用反向距离权重法 (IDW) 插值得到流域降雨空间分布状况;建立流域面平均降雨量与流域出口径流量的关系模型,定量对比气候变化与人类活动对流域水资源的影响程度。

(1) 反距离权重法 (IDW)。依据资料情况,结合空间插值方法的优缺点,选择对资料要求不高,差值效果较好的反距离加权法进行计算。IDW 是基于“地理第一定律”所指出空间上分布的事物是相互联系的,但距离近的事物之间的相似性大于距离较远的事物之间的相似性^[4]。计算公式为:

$$Z = \sum_{j=1}^n \frac{Z_j}{(D_j)^p} / \sum_{j=1}^n \frac{1}{(D_j)^p} \quad (1)$$

$$D_j = \sqrt{(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2} \quad (2)$$

式中: D_j 是两点间的水平距离; p 是加权幂指数; Z 是垂直高度 Z_j 的加权平均值。

(2) 泰森多边形法。利用 ARCGIS 软件的空间分析工具绘制 6 个降雨观测站实测数据的泰森多边形图。计算每个测站的控制面积 α_i ,该值与流域总面积的比作为该站的权重 f_i ,流域面平均雨量计算式:

$$f_i = \alpha_i / A, \quad \bar{p} = \sum_{i=1}^n f_i p_i \quad (3)$$

式中: p_i 为各站同期雨量,mm; \bar{p} 为流域面平均雨量,mm。

(3) 降雨径流关系方程。根据流域年降雨量、降雨量年内分配参数和年实测径流资料,建立降雨—径流模型。为反映年降雨量的波动性和提高拟合精度,引入年内变化参数。

$$R = \alpha + \beta p \delta^\gamma \quad (4)$$

式中: R 为年径流深,mm; p 为年降雨量,mm; γ 指数由数据拟合确定; δ 为反映年内降雨分配指数的参数,数值等于年内各月的降雨量均方差^[7]。

2 结果与讨论

通过泰森多边形法计算不同时期流域面平局雨量,并绘制空间分布图,对比分析不同时期降雨的空间、年际、年内变化,结合降雨—径流关系模型进一步将气候变化和人类活动对径流的影响进行分离。

2.1 流域降雨时空变化

图 2 为 6 个雨量站的泰森多边形图,其中罗李村、葛牌镇、穆家堰、灞源、龙王庙、马渡王雨量站的面积权重分别为:0.255、0.213、0.192、0.142、0.096。控制流域面积分别为:379.96、372.48、311.68、208.16、140 km^2 。

1966 - 1975 年、1991 - 2000 年间流域面降雨量均值分别为:827.7 mm 和 719.3 mm,径流深与降雨量比值为:0.75 和 0.51。1991 - 2000 年间流域降雨总量和产流比例均有减少。图 3、4 中,受自东南向西北倾斜的地势影响,流域降雨基本呈现东南向西北方向递减;两个时期降雨空间分布变化比较,可见以葛牌镇为中心的较大降雨区域在 1991 - 2000 年间明显减弱。季风性气候的变化引起降雨量及降雨中心位置改变。

表 1 中,6 - 8 月降雨量所占全年比例分别为:1966 - 1975 年,38%;1991 - 2000 年,47%。年降雨更加集中,与图 3.4 结果比较认为,气候变化使得区域内不同时期内降雨年内更集中、空间上降雨区域集中。

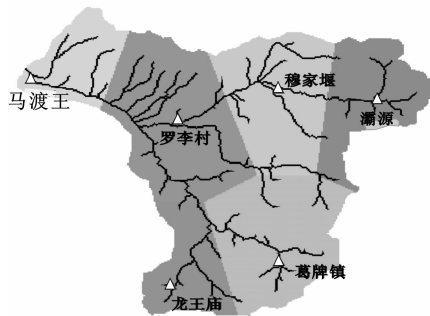


图 2 泰森多边形图

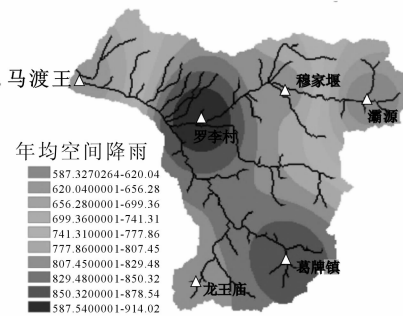


图 3 1966 - 1975 年降雨空间插值图

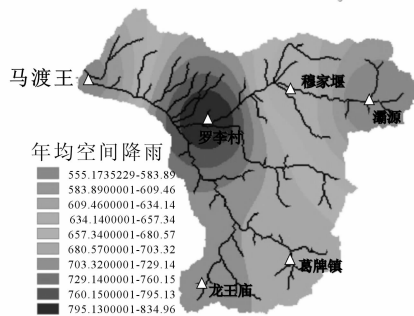


图 4 1991 - 2000 年降雨空间插值图

表 1 不同时期流域面雨量的年内变化

时段	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
1966 - 1975	11.63	18.97	39.97	22.08	81.04	86.30	117.88	89.78	153.05	93.91	42.32	7.78
1991 - 2000	9.93	11.29	37.49	15.40	71.06	92.04	111.31	110.54	94.90	79.76	32.47	8.19

mm

2.2 气候变化和人类活动对径流影响的定量

利用 Matlab 软件进行数据拟合,建立面降雨与径流关系模型如下:其中 C 为计算相关系数。 $R = -242.79 + 0.3998pd^{0.2252}$, $C = 0.8829$, 模型计算结果见表 2。

结合已有资料情况,本文对比分析 1966 - 1975 和 1991 - 2000 年的降雨 - 径流变化情况。不同时期,实测径流减少主要由气候变化引起的降雨变化量和人类活动影响的径流变化量组成。其中,计算径流的变化主要反映了降雨对径流的影响程度。

表 2 灞河上游不同时期径流变化原因分析 mm, %

时段	降雨		实测		降雨变化减少		人类活动减少	
	量	径流	径流	减少	mm	%	mm	%
1966 - 1975	827.7	631.8	563.6					
1991 - 2000	719.3	382.3	450.4	249.5	113.2	45.4	136.3	54.6

通过对灞河流域径流演化原因的分析(表 2),可以得到气候变化与人类活动对径流的影响的相对比例。降水对人类活动对径流变化的影响具有明显不同的作用。其中由降水变化引起的减水量作用占 45.4%,由人类活动因素导致的径流减水量为 54.6%。由此说明,相对于气候变化影响而言,人类活动在上游径流演变过程中作用不大。结合文献[4、7]在不同流域的研究结论,进一步说明灞河流域上游水资源开发利用强度不大。

3 结 语

本文通过对比分析不同时期流域上游降雨径流

关系及时空分布情况,得到以下认识:

(1) 1991 - 2000 年间流域降雨总量和产流比例均有减少。受季风及地势影响,流域降雨基本呈现东南向西北方向递减;气候变化引起降雨总量及时空分配的改变。

(2) 建立降雨—径流关系模型将气候变化和人类活动对径流的影响进行分离。降水对人类活动对径流变化的影响具有明显不同的作用。人类活动在灞河上游径流演变影响占 54.6%,进一步说明流域上游水资源开发利用强度不大。

参考文献:

[1] 魏炳乾,杨川,石忠科. 灞河水沙变化特性分析[J]. 水资源与水工程学报,2008,19(2):38 - 41.
 [2] 徐志婧,刘维,张建丰,等. 基于流域不同特征的灞河生态系统健康评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(8):215 - 223.
 [3] 孙小军,黄志文,魏炳乾. 灞河流域水文分析[J]. 黑龙江水专学报,2005,32(4):40 - 42.
 [4] 胡珊珊,郑红星,刘昌明. 气候变化和人类活动对白洋淀上游水源区径流的影响[J]. 地理学报,2012,67(1):62 - 70.
 [5] 井涌,巨兴顺. 西安市灞河流域水资源配置总体布局研究[J]. 水文,2009,29(4):52 - 54.
 [6] 陕西省环境科学研究设计院. 灞河流域综合治理之环境保护专项规划[R]. 2007.
 [7] 牛玉国. 黄河流域水资源演变驱动力识别及响应模拟研究[D]. 南京:河海大学,2007.