

近 60 年气候变化及人类活动对艾比湖流域水资源的影响

孟现勇^{1,2}, 孟宝臣³, 王月健^{1,4}, 刘志辉⁵, 吉晓楠², 余丹林⁶

(1.新疆大学资源与环境科学学院,新疆 乌鲁木齐 830046;

2.中国科学院新疆生态与地理研究所,新疆 乌鲁木齐 830011;

3.宁夏水文地质工程地质环境地质勘察院,宁夏 银川 750011; 4.石河子大学地理系,新疆 石河子 832000;

5.新疆大学干旱生态环境研究所,新疆 乌鲁木齐 830046;

6.蒙特克莱尔州立大学地球与环境科学系,新泽西 蒙特克莱尔 07043)

摘要:以艾比湖流域为研究对象,基于研究区近 60 年水文、气象、社会经济等资料,分析了气候变化与人类活动对艾比湖流域水资源的影响。研究表明:(1)近 60 年,艾比湖流域三大主要干流径流总体呈现增加趋势;(2)近 60 年,虽然艾比湖流域干流径流量总体增加,但由于人类活动影响作用,导致艾比湖湖区面积和入湖量均呈现逐渐减少的趋势;(3)近 60 年,人类活动负影响的效果高于气候变化正影响的效果,人类活动的加剧是导致艾比湖流域湖区面积持续减少的主要原因。

关键词:径流变化;人类活动;气候变化;艾比湖流域

中图分类号:P339

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2015)02-0090-07

流域水文过程一般受气候变化和人类活动的共同影响,其演变过程是一个复杂的线性、非线性系统^[1-5]。一个多世纪以来,全球气温升高速度加快,降水量时空分异显著,未来全球仍将表现为明显的增温,进而导致区域水循环系统发生改变^[6-10]。西北干旱区内陆河径流一般主要依靠冰川积雪融水补给,因此对气候变化的响应较为敏感;同时,西北干旱区生态环境相对脆弱,人口增长及对水资源的不合理开发利用等人类活动极大地制约了当地社会经济发展及生态修复过程^[11-18]。因此,在全球变暖的大背景下,探讨气候变化及人类活动对西北内陆河径流过程的影响状况就显得十分重要。近 60 年,由于艾比湖流域灌溉面积和人口数量不断增加,导致流域内水资源消耗加剧,供需矛盾日益突出;同时,由于上游开垦造田,拦坝建库,导致下流断流,流域内土壤次生盐渍化现象加剧,导致植被大量衰败,严重破坏了当地的生态系统^[19-20]。当前,对艾比湖流域径流变化及流域气候变化的相关研究较多,但关于气候变化及人类活动对流域水文过程影响程度定量分析的成果却很少。

1 研究区概况

1.1 地理位置

艾比湖流域地理位置介于 43°38'~45°52'N 和 79°53'~85°02'E 之间。流域地跨博尔塔拉蒙古自治州的博乐市、温泉县和精河县,塔城地区的乌苏和托里县南部,伊犁直属的奎屯市和克拉玛依的独山子区(见图 1),流域面积约 47 689.04km²。

1.2 气候状况

艾比湖流域位于欧亚大陆腹地的中纬度地区,远离海洋。流域南、西、北三面被高山阻隔,气候十分干燥,属典型温带干旱大陆性气候。该流域以干旱少雨,蒸发量大,日照充足,气候变化剧烈为主要特征。此外,由于特殊的地形地貌,艾比湖流域风多风大,沙尘暴和浮尘活动频繁。艾比湖流域主要气象站点气象参数如表 1 所示。

1.3 水资源状况

艾比湖流域降水量在年内分配极为不均,主要表现为:平原和山区降水量均为夏多冬少,夏季降水量

收稿日期:2014-02-26

基金项目:国家自然科学基金项目(41130531);水利部公益性行业科研专项经费项目(201301103);绿洲生态教育部重点实验室开放课题“中亚地区水分变化及对新疆降水的影响”(XJDX0201-2013-07)

作者简介:孟现勇(1987-),男,宁夏银川人,博士研究生,主要从事 3S 技术集成开发,数据同化与陆面模式模拟等。E-mail: mxy0001@gmail.com

通讯作者:刘志辉(1957-),男,新疆石河子人,教授,博士,主要从事水文水资源,3S 技术集成开发。E-mail: lzh@xju.edu.cn

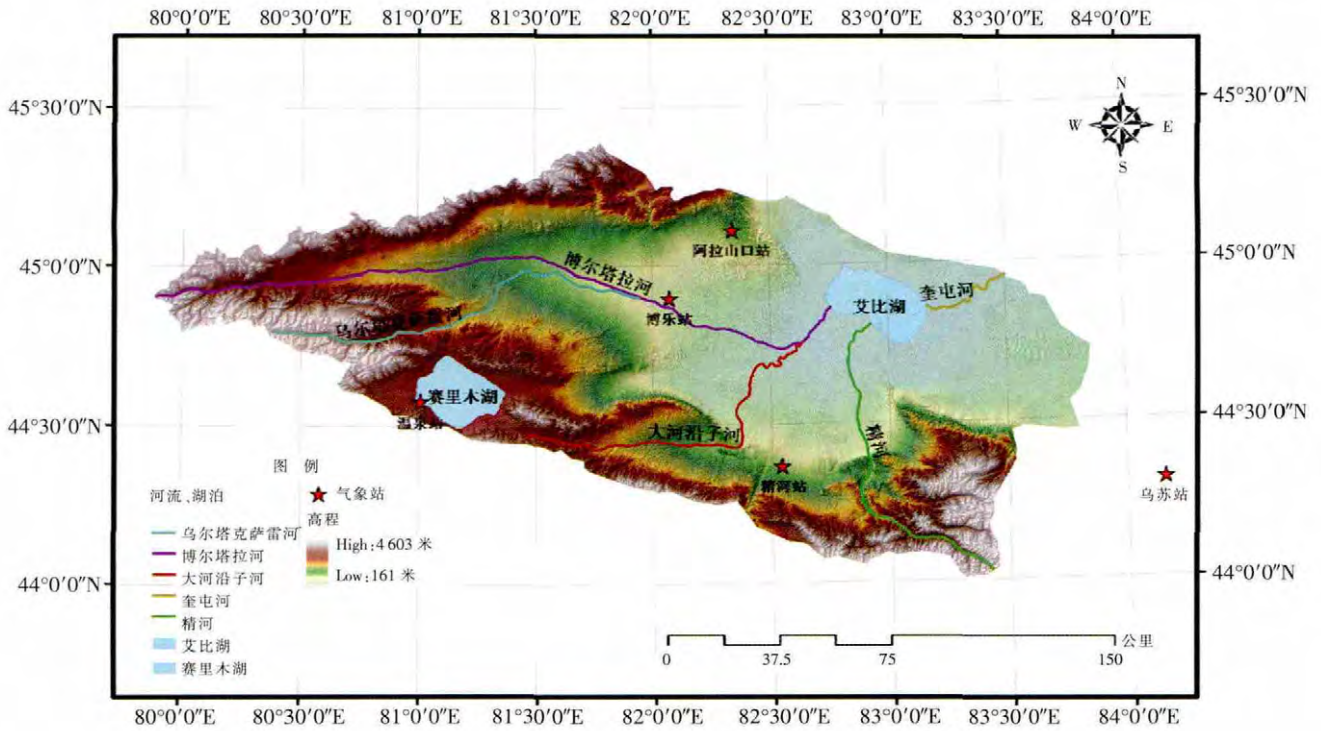


图1 艾比湖流域 DEM 影像图

Fig.1 The DEM image of the Ebinur lake basin

占全年降水量的 34%~66.6%，冬季降水量占全年降水量的 1.6%~12.1%，山区和平原降水量集中在春、夏两季，两季降水量占全年降水量的 68.5%~85.0%，其中平

原区连续最大 4 个月降水量出现在 4~7 月，而山区出现在 5~8 月。艾比湖流域水资源状况见表 2。

表1 艾比湖流域主要气象站点气象参数

Table 1 The meteorological parameters for the main meteorology stations in Ebinur lake basin

气象站	气温/°C			年均降水量 /mm	年均蒸发量 /mm	年平均风速 /m·s ⁻¹
	平均	最高	最低			
阿拉山口	8.8	23.1	-3.6	103.1	3873	6
博乐	6.3	20.8	-6.9	178.6	1232.8	1.6
温泉	3.9	18.5	-8.7	231.7	1400.7	2.1
精河	7.7	22.1	-5.1	102	1447	1.5
乌苏	8.1	21.6	-4.4	165.8	1904.2	2

艾比湖流域历史上有大小河流 47 条之多，由于平原区降水很少，基本较少产生径流。而山区降水是河川径流的主要来源，但多数径流在出山口后逐渐在洪积扇上渗漏消失，未能进入湖中，而是通过地下基流的形式汇入河流补给湖泊，少数河流仅在洪水季节可直接汇水入湖。艾比湖流域地表径流总量为 $37.46 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ，年径流量大于 $1 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 的河流有奎屯河、四棵树河、古尔图河、精河、托托河、大河沿子河和博尔塔拉河。其中，以地表径流补给湖泊的河流仅有 3 条，即精河、博尔塔拉河和奎屯河，而奎屯河由于 20 世纪 50 年代以来由于大规模农垦引水活动，仅有少量水源进入艾比湖湖区^[21-24]。

表2 艾比湖流域水资源

Table 2 The water resources in the Ebinur lake basin

分区	地表水资源/ 10^8m^3	地下水资源/ 10^8m^3	地表水与地下水重复计算部分/ 10^8m^3	流域水资源总量/ 10^8m^3	百分比/%
奎屯河区	16.7	15.81	13.86	18.65	43.4
精河区	9.36	5.01	3.06	11.31	26.3
博河区	10.7	8.54	7.15	12.09	28.2
托里小河区	0.7	0.9	0.7	0.9	2.1
艾比湖流域	37.46	30.26	24.77	42.95	100

2 资料与方法

本文收集了艾比湖流域温泉、博乐、将军庙、精河山口、沙尔托海、奎屯河等水文站 1956~2012 年的实测径流资料及流域相关气象资料,其中部分缺失资料采用插补法将数据补充完整。

利用收集到的径流资料,采用非参数检验方法揭示了径流过程的趋势及突变,同时借助多元线性回归模型,将气候变化与人类活动对艾比湖流域三大干流的影响进行量化分析。

对于气候、径流时间序列的假设检验一般从单调趋势和阶段转换趋势两个方面考虑^[3]。在检验中,原假设认为时间序列的增减趋势或者阶段转换的跳跃不明显;而备择假设认为时间序列变化趋势显著。从检验能力上看,使用非参数 Mann-Kendall 单调趋势检验和 Mann-Whitney 阶段转换检验要优于参数 t 检验,并且无须事先假定样本的统计分布^[4]。

2.1 Mann-Kendall 单调趋势检验

首先,对时间序列 $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ 依次比较,结果记为 $\text{sgn}(\theta)$:

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1, & \theta > 0 \\ 0, & \theta = 0 \\ -1, & \theta < 0 \end{cases} \quad (1)$$

利用公式(2)计算出 Mann-Kendall 统计值:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \text{sgn}(x_k - x_i) \quad (2)$$

式中: x_k, x_i 为进行检验的随机变量; n 为所选数据序列的长度。则与此相关的检验统计量为:

$$Z_c = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}}, & s > 0 \\ 0, & s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}}, & s < 0 \end{cases} \quad (3)$$

随着 n 值逐步增加, Z_c 很快收敛于标准化正态分布,当 $-Z_{1-a/2} \leq Z_c \leq Z_{1-a/2}$ 时,接受原假设,表明样本没有明显变化趋势。其中, $\pm Z_{1-a/2}$ 是标准正态分布中值为 $1-a/2$ 时对应的显著性水平 a 下的统计值。当统计量 Z_c 为正值,说明序列有上升趋势; Z_c 为负值,则表示有下降趋势。

2.2 Mann-Whitney 阶段转换检验

假如存在时间序列 $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 及其子序列 $Y=(X_1, X_2, \dots, X_{n_1}), Z=(X_{n_1+1}, X_{n_1+2}, \dots, X_{n_1+n_2})$, 则 Mann-Whitney 阶段转换检验的统计量为:

$$Z_c = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} r(x_i) - n_1(n_1+n_2+1)/2}{[n_1n_2(n_1+n_2+1)/12]^{1/2}} \quad (5)$$

式中: $r(x_i)$ 为观测值的秩,当 $-Z_{1-a/2} \leq Z_c \leq Z_{1-a/2}$ 时,接受原假设, $Z_{1-a/2}$ 是 $1-a/2$ 在给定检验水平 a 下的标准正态分布分位数。

2.3 人类活动与气候因子对径流影响的甄别方法

(1) 确定突变点。由于精河是艾比湖流域的最大干流,且其在山区的径流量很少受到人类活动影响。因此,本研究利用 Mann-Kendall 突变检验揭示精河山口径流的突变点,该突变点之前的时间序列受人类活动影响较小,可视为天然径流量,而突变后则受人为活动影响较大。此外,本研究将艾比湖流域三大干流上游三源流出山口的 5 个水文站的水文资料进行多元回归建模,根据模型预测人类活动影响加剧时期的径流量。

(2) 建立多元线性回归预测模型:

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + b$$

式中: Y 为艾比湖总径流; X_1 为精河山口水文站径流; X_2 为沙尔托海水文站径流; X_3 为温泉水文站径流; X_4 为博乐水文站径流; X_5 为将军庙水文站径流。

(3) 气候变化和人类活动对艾比湖流域径流影响的分离评判方法。人类活动影响加剧时期的艾比湖流域干流径流。分割分析方法如下:

$\Delta W_Q = W - W_Q$ 变化总量;

$\Delta W_R = W - W_B$ 人类因素; < 0 表示人类因素导致向艾比湖输水减少

$\Delta W_C = W_B - W_Q$ 气候因素; > 0 表示气候因素导致向艾比湖输水增加

式中: W 为人类活动影响加剧时期实测径流量; W_B 为人类活动影响加剧时期模型预测径流量; W_Q 为多年平均天然径流量。

3 结果与分析

3.1 上游三源流各水文站径流变化趋势

径流的距平过程线可表示径流的丰枯变化,负距平表示丰水期,正距平表示枯水期,而当径流正、负距

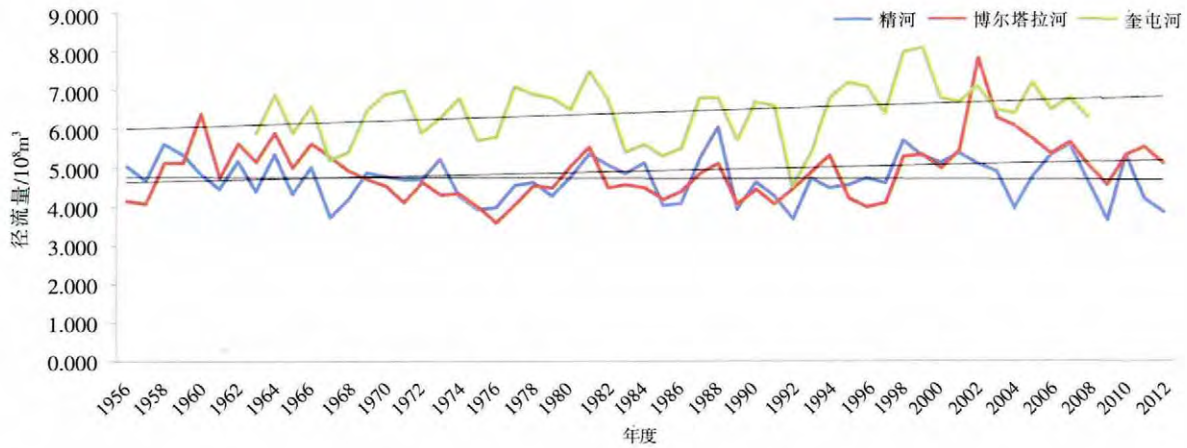


图 2 艾比湖流域总径流量变化趋势

Fig.2 The Variation of the annual runoff anomaly and its changing trend in the Ebinur lake basin

平值不大时可认为径流接近多年平均径流量的平水年。利用源流各水文站近 60 年水文资料进行距平计算(见图 2)和非参数 Mann-Kendall 单调趋势检验(见表 3)。

表 3 艾比湖流域三大干流径流量Mann-Kendall单调趋势检验

Table 3 The Mann-Kendall trend test of the annual runoff in the three sources of the Ebinur lake basin

类别	变异系数	Z_c	β	H_0	趋势
精河	0.14	4.59	0.43	R	递增
博尔塔拉河	0.2	-0.1	-0.007	A	微递减
奎屯河	0.17	1.89	0.23	A	微递增

注: β 值为年变化率。注:“R”为拒绝原假设,差异性显著;“A”为接受原假设,差异性不显著。

从图 2 中发现,精河山口在 1970 年之前多表现为枯水期,但在 1988 年后出现较大径流量;奎屯河在 1976 年之前为平水年外,其它皆表现为正距平,径流量在 2004 年达到峰值;博尔塔拉河的年径流量则表现的变化不大,1982 年之前为平水年,之后则进入丰水期。总体来说,精河、博尔塔拉河的正负距平变化趋势较为相似。

从图 2 中可以看出,1956~2008 年艾比湖流域上游三大主要干流总径流总体呈现增长趋势。但在 90 年代之前,上游三源总径流呈现减少趋势。而进入 90 年代后,上游三源流总径流呈现增加趋势,特别是在 2001~2008 年间,上游三源流总径流呈现增加趋势更为明显,这一时期上游三源流总径流量比多年平均径流量增加 $1.58 \times 10^8 \text{m}^3$,径流增加率达 10%。

利用精河、博尔塔拉河、奎屯河 1956~2008 年实测出山口天然径流量资料(注:由于站点原因,文中奎

屯河数据时间尺度为:1963~2008 年),分析上游三大干流在 1957~2008 年不同年代径流量变化趋势以及年径流量多年变化趋势(见表 3)。

3.2 艾比湖流域逐年湖水面积及入湖流量变化趋势

历史时期,艾比湖的湖水覆盖面积高达 1200km^2 。近 50 年,由于人类活动的影响,进入湖区的流量越来越少。2002~2003 年达到峰值,湖水面积高达 884km^2 。2012 年,湖水面积减少为 425km^2 ,由图 3 可以看出,10 年来,艾比湖的湖区面积一直在减小,且减小幅度较大。

由历年的入湖流量(见图 4)可以看出,在 1997 年,艾比湖的入湖流量最少,为 $2.75 \times 10^8 \text{m}^3$,在 2002 年,进入艾比湖的径流量达到峰值,高达 $12.23 \times 10^8 \text{m}^3$,这是由于当年的洪水排泄较多。

3.3 艾比湖流域水资源变化分析

艾比湖流域上游三源流径流主要形成于高山区。在上游三源流径流形成区,基本没有人类活动。影响上游三源流径流变化的主要由于气温升高导致冰川融化剧烈、降水增加造成河流来水增加等因素。气候因素是上游三干流径流变化的主要成因。上游干流的径流形成后,进入了人类活动频繁平原区。人们通过拦河坝、引水工程、提水工程、蓄水工程等各种人类活动引用地表水,剩余水量进入艾比湖。人类活动与艾比湖流域的径流呈现负相关的关系,即人类活动越剧烈,引用水量越多,补给湖区的流量越少;人类活动减少,引用水量也减少,补给湖区的流量也增加,人类活动也是艾比湖流域干流径流变化的主要影响因素。由此可见,气候变化和人类活动是艾比湖流域水资源变化的两大主要影响因素。

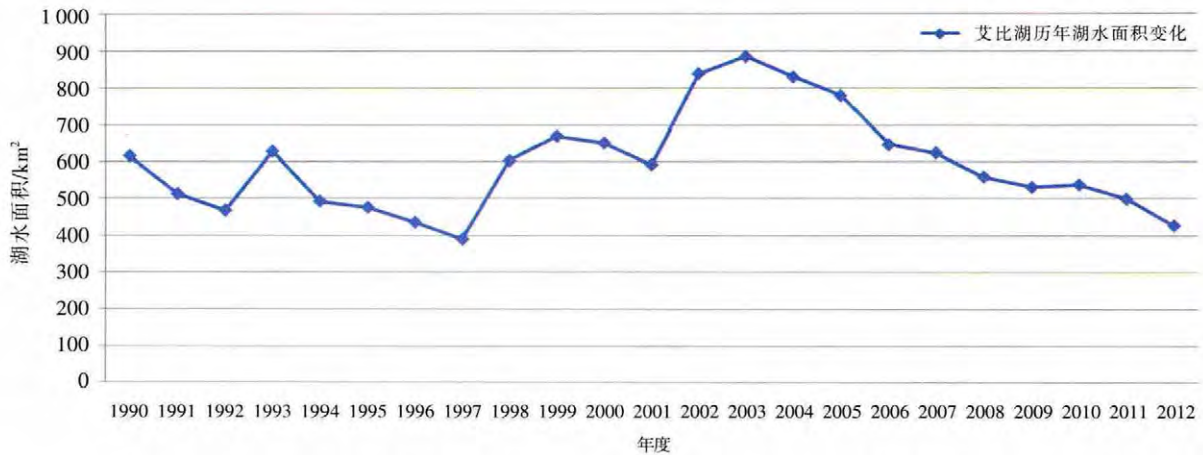


图3 艾比湖历年湖水面积变化

Fig.3 The change of the annual surface area of the Ebinur lake basin

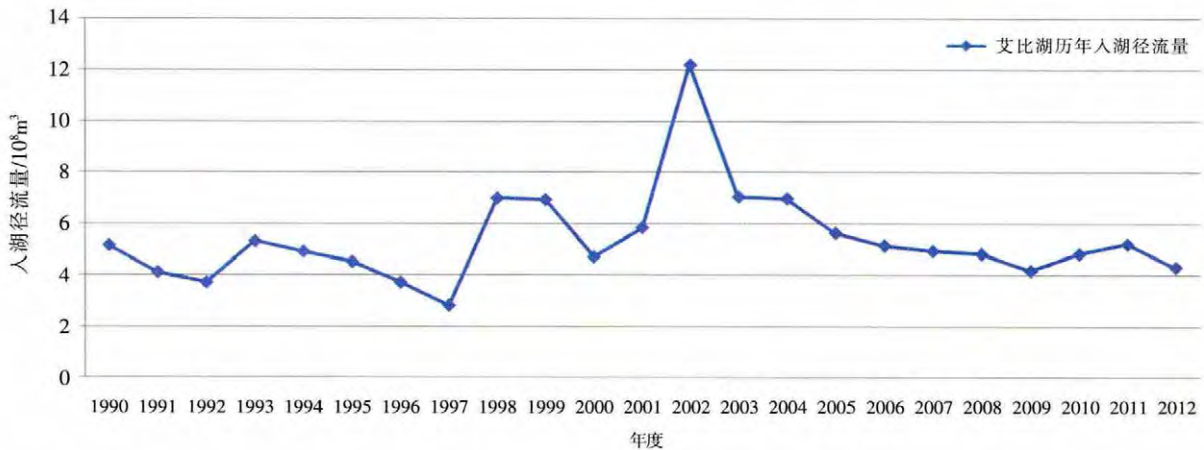


图4 艾比湖历年入湖流量变化

Fig.4 The change of the annual inflow of the Ebinur lake basin

4 气候变化和人类活动对艾比湖流域干流径流影响分析

4.1 艾比湖流域干流预测模型

由图4可以看出,1997年艾比湖流域入湖流量陡然增大,因而可以利用艾比湖径流量(y)与上游三源流5个水文站(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)1957~1997年径流系列资料,建立多元线性回归模型。通过建立多元线性回归模型,预测计算1998~2012年序列总径流量,计算值代表气候条件和人类活动状况下的模型预测,用 W_B 表示。

4.2 气候变化和人类活动分离分析

将艾比湖山区多年平均(1957~2008年)径流量 $15.83 \times 10^8 \text{m}^3$ 作为基准值,用 W_Q 表示。利用所述气候变化和人类活动影响的分离方法,将水文站1957~2012年实测径流系列(用 W 表示),与 W_Q 和 W_B 分析计算

人为因素影响量(ΔW_R)、气候因素影响量(ΔW_Q)和变化总量(ΔW)。

突变点发生在1997年,因此,选取1998~2002年、2003~2007年、2008~2012年三个时段,统计分析人类活动与气候影响对艾比湖流域水资源不同时间段的增减量变化,计算结果见表4。

表4 气候因素和人类因素影响程度

Table 4 The impact scale of the climate change and human activities

年份	气候因素影响程度(ηQ)	人类因素影响程度(ηR)	总影响程度(η)
1998~2002	+46.0%	-54.0%	-8.0%
2003~2007	+38.1%	-61.9%	-23.8%
2008~2012	+43.6%	-56.4%	-12.80%

注:“+”为径流增加,正影响。“-”为径流减少,负影响。

4.3 人口增长、耕地增加与艾比湖流域干流径流变化的关系

利用前述中气候因素影响量(ΔW_Q)和人类因素影响量(ΔW_R)的绝对值之和作为总影响量(ΔW)。对气候因素影响程度(η_Q)和人类因素影响程度(η_R)分析见表 4。

气候暖湿化使得流域径流总体增加,本研究认为其影响程度为正,人类活动影响导致流域水资源消耗,认为其影响程度为负。从表 4 可以看出,1998~2012 年气候因素对艾比湖流域水资源变化的正影响程度为 42.5%(该值为气候因素影响程度多年平均值),人类因素的负影响程度比例为 55.7%(该值为人为因素影响程度多年平均值),气候因素的正影响程度比人类因素的负影响程度小 13.2%(此处 13.2%的计算为 1998~2012 年间所有数据的估算值,并非 3 个年份段的平均值之差,由于数据较多,在此不再赘述)。这表明,气候因素导致艾比湖流域干流径流增加的正影响无法抵消人类因素导致艾比湖流域干流径流减少的负影响。这一结论与艾比湖流域干流径流在 1997 年后呈现递减趋势是一致的。实际上,导致这种结果主要与人口、耕地的增加有密切的关系。

人口的增长、耕地面积的增加,必然带来用水量的增加。用水量的增加无疑将减少上游三源流下泄到艾比湖流域干流的径流量。艾比湖流域内年均增加人口和年均增加耕地面积在 2001~2008 年间达到最大,这与前述的人类因素导致艾比湖流域干流径流量在 2000~2008 年间减少最多现象是一致的。

4.4 径流预测模型检验及系列分析

本文 4.1 节中建立的艾比湖流域径流多元线性回归预测模型如下:

$$y=0.229x_1+0.162x_2+0.401x_3+1.224x_4-0.125x_5+7.829$$

对该预测模型的拟合精度分析见表 5。

从表 5 可以看出,经检验, F 值为 5.23,在 0.01 检验水平下拟合精度达到极显著,说明模型具有较高的可信度,能较好的预测人类活动干扰较少时期艾比湖流域干流径流量。

表5 艾比湖流域干流径流预测模型拟合度检验

Table 5 The fit test of the runoff forecasting model for the mainstreams of the Ebinur lake basin

	R^2	Durbin-Waston	F 值	Sig(2-tailed)	显著性
拟合检验	0.703	2.672	5.23	0.01	极显著

5 结论与讨论

(1)近 60 年,由于气候是暖化因素,导致艾比湖流域的干流径流总体呈现增加趋势,1993 年后三源流径流递增趋势更为明显。1990~2008 年间,上游三源流比多年平均径流增加 $1.1 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

(2)近 60 年,艾比湖流域干流径流总体虽呈现增加趋势,但由于流域中下游受人类活动的影响(如:拦河筑坝、开垦耕地等),艾比湖湖区面积和入湖的流量呈现下降趋势,只有在 2002~2003 年达到过峰值。

(3)近 60 年,艾比湖流域干流径流变化受气候变化与人类活动的共同作用与影响。其中,气候变化对艾比湖流域干流径流具有显著的正影响,人类活动对艾比湖流域干流径流具有显著的负影响。受气候影响的干流径流量呈现增加趋势,受人类活动影响入湖的流量和湖区的面积呈现减少趋势。总之,在艾比湖流域的水资源变化过程中,人类影响大于气候影响。

(4)流域的水资源变化是自然和人类活动共同作用的结果。艾比湖流域的径流是以冰雪融水补给为主,随着冰川的逐步退缩,源流径流呈现如何的变化过程,仍有待于进一步深入研究。湖区面积的萎缩而导致的生活环境问题也是令人堪忧的。今后人类采取何种行为,应对气候变化和径流波动,适应自然的变化,实现可持续发展,是我们今后需要探讨和思索的方向。

参考文献:

- [1] DFID. Handbook for the Assessment of Catchment Water Demand and Use [M]. Oxon: HR Wallingford, 2003.
- [2] Smakhtin V. Low flow hydrology: a review [J]. Journal of Hydrology, 2001,240(3-4): 147-186.
- [3] Ubertaini L, Manciola P, Casadei S. Evaluation of the minimum in-stream flow of the Tiber River basin [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 1996,41(2):125-136.
- [4] 孟现勇,吉晓楠,刘志辉,等. SWAT 模型融雪模块的改进与应用研究[J]. 自然资源学报, 2014,29(3):528-539. (MENG Xianyong, JI Xiaonan, LIU Zhihui, et al. Research on improvement and application of snowmelt module in SWAT [J]. Journal of Nature Resources, 2014, 29(3):528-539. (in Chinese))
- [5] Whipple W, Dubois D, Grigg N, et al. A proposed approach to coordination of water resource development and environmental regulations [J]. Journal of the American Water Resources Association, 1999,35(4):713-716.
- [6] Richter B D, Mathews R, Harrison D L, et al. Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity [J]. Ecological Applications, 2003,13(1):206-224.
- [7] Pfister L, Kwadijk J, Musy A, et al. Climate change, land use change and runoff prediction in the Rhine - Meuse basins [J]. Riv-

- er Research and applications, 2004,20(3):229-241.
- [8] Maraun D, Kurths J. Cross wavelet analysis: significance testing and pitfalls [J]. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 2004,11(4):505-514.
- [9] Maynard K, Royer J-F. Effects of "realistic" land-cover change on a greenhouse-warmed African climate [J]. *Climate Dynamics*, 2004,22(4):343-358.
- [10] 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.
- [11] Hao X M, Chen Y N, Li W H. Impact of anthropogenic activities on the hydrologic characters of the mainstream of the Tarim River in Xinjiang during the past 50 years [J]. *Environmental Geology*, 2009, 57(2): 435-445.
- [12] Ling H B, Xu H L, Fu J Y, et al. Suitable oasis scale in a typical continental river basin in an arid region of China: a case study of the Manas River basin [J]. *Quaternary International*, 2012,286:116-125.
- [13] Mehrotra R, Sharma A. An improved standardization procedure to remove systematic low frequency variability biases in GCM simulations [J]. *Water Resources Research*, 2012,48(12):601.
- [14] Silberstein R P, Aryal S K, Durrant J, et al. Climate change and runoff in south-western Australia [J]. *Journal of Hydrology*, 2012,475:441-455.
- [15] Samadi S, Carbone G J, Mahdavi M, et al. Statistical downscaling of river runoff in a semi arid catchment [J]. *Water Resources Management*, 2013,27(1):117-136.
- [16] 高龙华. 径流演变的人类驱动力模型 [J]. *水利学报*, 2006,37(9): 1129-1133. (GAO Longhua. Model of human driving force affecting the evolution of runoff [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2009,37(9):1129-1133. (in Chinese))
- [17] 格桑, 唐小萍, 路红亚. 近 35 年青藏高原雨量和雨日的变化特征. *地理学报* [J]. 2008, 63(9): 924-930. (GE Sang, TANG Xiaoping, LU Hongya. Climatic characteristics of rainfall and rainy days during the last 35 years over the Qinghai-Xizang Plateau [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2008,63(9):924-930. (in Chinese))
- [18] 孟现勇, 刘志辉, 李诚志, 等. 基于栅格尺度的沙漠化预警模型研究—以塔里木河下游中段区域为例[J]. *中国沙漠*, 2013,33(1):24-32. (MENG Xianyong, LIU Zhihui, LI Chengzhi, et al. Sandy desertification early-warning model based on a 30m×30m grid scale: a case study on middle section the lower reaches of Tarim River [J]. *Journal of Desert Research*, 2013, 33(1):24-32. (in Chinese))
- [19] 孟现勇, 刘志辉, 乔鹏, 等. 基于栅格尺度的双层融雪径流模型研究及应用[J]. *水文*, 2013,33(4):10-15,31. (MENG Xianyong, LIU Zhi-hui, QIAO Peng, et al. Research and application of double-layer snowmelt runoff model based on grid scale [J]. *Journal of China Hydrology*, 2013,33(4):10-15,31. (in Chinese))
- [20] 杨青, 何清, 李红军, 等. 艾比湖流域沙尘气候变化趋势及其突变研究[J]. *中国沙漠*, 2003,23(5):503-508. (YANG Qing, HE Qing, LI Hongjun, et al. Study on the sand-dust climate change trend and jump in Ebinur Lake area [J]. *Journal of Desert Research*, 2003,23(5):503-508. (in Chinese))
- [21] 王晓峰. 艾比湖流域风沙天气与艾比湖干缩之间的关系初探 [J]. *新疆师范大学学报(自然科学版)*, 2004,23(12):53-59. (WANG Xiaofeng. Preliminary discussion on the relationship between sand-dust weather and the shrink of Erbin Lake [J]. *Journal of Xinjiang Normal University (Natural Sciences Edition)*, 2004,23(12): 53-59. (in Chinese))
- [22] 苏颖君, 张振海, 鲍安明. 艾比湖生态环境恶化及防治措施 [J]. *干旱区地理*, 2002, 25(2):143-148. (SU Yingjun, ZHANG Zhenhai, BAO Anming. Degeneration of the ecological environment in the Ebinur Lake region and the improvement measures [J]. *Arid Land Geography*, 2002,25(2):143-148. (in Chinese))
- [23] 格丽玛, 何清, 冷中笑, 等. 新疆艾比湖流域近 40 年来气候变化特征分析 [J]. *干旱区资源与环境*, 2007,21(1):54-58. (GE Lima, HE Qing, LENG Zhongxiao, et al. Analysis on characteristics of climate changes in Aibi Lake area in Xinjiang in recent 40 years [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2007,21(1): 54-58. (in Chinese))
- [24] 于恩涛, 向伟玲, 师庆东, 等. 艾比湖流域大气水汽时空分布特征及收支 [J]. *干旱区地理*, 2009,33(2):218-225. (YU Entao, XIANG Weiling, SHI Qingdong, et al. Spatio-temporal characteristics of vapor and vapor budge in Lake Ebinur basin [J]. *Arid Land Geography*, 2009,32(2):218-225. (in Chinese))

Influence of Climate Change and Human Activities on Water Resources in Ebinur Lake in Recent 60 Years

MENG Xianyong^{1,2}, MENG Baochen³, WANG Yuejian^{1,4}, LIU Zhihui⁵, JI Xiaonan², YU Danlin⁶

(1. School of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 3. Ningxia Hydrogeology, Engineering Geology and Environmental Geology Survey Institute, Yinchuan 750011, China; 4. Geography Department of Shihezi University, Shihezi 832000, China; 5. Institute of Arid Ecology and Environment, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 6. Department of Earth & Environmental Studies, Montclair State University, Montclair 07043, USA)

Abstract: With the Ebinur Lake as the research area, over sixty years data of hydrology and meteorology were taken to analyze the influence of the climate change and human activities on the water resources in the Ebinur Lake Basin. The results show that (1) there is a rise trend of the runoff in the three main streams of the Ebinur Lake in the recent 60 years; (2) due to the impact from the human activities, both the lake area and water appear a decreasing trend in the recent 60 years; (3) the negative effect of the human activity influence is more than the positive effect of the climate change, and the human activity increasing has let to the water surface decreasing of the Ebinur Lake.

Key words: runoff change; human activity; climate change; Ebinur Lake Basin