

文章编号:1007-7588(2011)07-1249-07

白洋淀流域 1959 年至 2008 年山区径流量变化规律及其动因分析

周 玮^{1,2}, 吕爱锋², 贾绍凤²

(1. 首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 本文利用统计分析的方法, 对白洋淀流域山区阜平、中唐梅和紫荆关等 3 个流量站 1959 年-2008 年 50 年径流量资料的长期变化趋势进行分析, 揭示了白洋淀流域水资源变化特征和趋势。结果表明, 白洋淀山区径流年内分配不均匀, 年际变化大, 丰枯变化明显; 50 年来径流的年内分配不均匀性呈降低趋势, 径流量总体上呈现明显下降趋势, 20 世纪 90 年代以来持续出现枯水期。利用保定气象站 1959 年-2008 年的月气象数据和“海河流域治理工程生态环境效应遥感监测与评估”研究成果的 5 期土地利用数据, 从气候和人类活动两个角度分析了径流变化的原因。认为气温升高、降水的减少是径流减少的主要原因。同时, 工农矿用地面积的扩大而可能引起的用水量增大也是径流减少的原因之一。

关键词: 白洋淀; 径流; 变化趋势; 动因分析

1 引言

白洋淀是大清河流域重要的水利枢纽, 承担着防洪、治涝等重要任务。同时, 白洋淀湿地对调节区域气候以及维持河北平原生态平衡起着重要的作用, 被誉为“华北之肾”。进入 20 世纪 80 年代, 入淀水量持续减少, 干淀现象开始频繁发生, 白洋淀的生态功能不断降低, 进而影响到流域内的经济、社会与生态环境协调发展。白洋淀流域有 9 条入淀河流, 流域多年平均径流量 22.3 亿 m³, 平均径流深 71.5mm, 其中 75% 来自山区。因此, 研究白洋淀山区径流变化规律及其动因, 对于认识白洋淀流域水资源演变规律, 科学管理水资源具有重要意义。

目前已有许多学者对白洋淀流域水循环特点、气温与降水量长期变化、水文循环变化及气候对生态环境影响等方面进行了深入研究。马寨璞等^[1]研究了白洋淀水循环特点及其对生态环境的影响; 宋中海^[2]进行了白洋淀流域水文特征分析, 指出该流域水系为扇形结构, 各河丰枯水年具有同步性, 旱涝灾害同时出现, 降水量及径流量年内年际变化差

异极大, 由丰水年到枯水年, 径流量的递减比降水量的递减速度快; 张婷等^[3]评价与分析了白洋淀水质时空变化及影响因子; 王浩等^[4]进行了白洋淀流域气温与降水量长期变化趋势及其持续性分析; 刘克岩等^[5]进行了人类活动对华北白洋淀流域径流影响的识别研究, 指出近 20 年以来白洋淀流域年径流量发生了变异性质的衰变, 从流域尺度考虑气候变化影响占总变化量的 43.9%, 人类活动影响占 56.1%; 吕晨旭^[6]等用 GIS 方法分析, 系统分析该地区地下水的时空变化, 指出在 1980 年以前, 白洋淀地区的地下水位基本稳定, 而 1980 年后明显下降并呈加速趋势, 揭示了地下水位下降的主要原因是降水量下降和社会经济用水量维持在高峰; 贾绍凤等^[7]则认为地下水位下降而难以补给地表径流是导致 80 年代以后产流系数下降的主要原因; 王京等^[8]分析了近 40 年白洋淀湿地土地覆被变化, 指出白洋淀降水量的减少、蒸发量的增大、水源补给不足以及地下水位下降等因素, 使湿地水域面积逐渐萎缩, 而引起土地覆被的变化和生态功能的退化。

收稿日期: 2011-04-10; 修订日期: 2011-06-01

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(编号: KZCX1-YW-08-03)。

作者简介: 周玮, 女, 山东青岛人, 硕士生, 主要从事水文统计分析与模拟关方面研究。E-mail: michelle700c@gmail.com

通讯作者: 贾绍凤, E-mail: jiasf@igsrr.ac.cn

目前针对白洋淀流域主要产流区径流变化规律的研究较少。秦年秀^[9]等则对长江流域径流变化趋势及突变情况进行了分析,表明20世纪90年代长江流域径流呈不显著不均匀微弱的增加趋势,但冬夏两季径流明显增加,而20世纪初北半球的变暖也使宜昌汉口两站径流发生了突变状况;陈亚宁^[10]等利用时间序列分析和水文预测叠加趋势模型,对塔里木河近50年年径流量的时间序列进行了分析,揭示了各河流径流的变化周期,预测了未来几年的丰枯水期及水量变化。

本文以白洋淀流域山区为研究区,分析白洋淀流域出山径流的变化规律,并分析其变化动因,旨在为白洋淀流域水资源管理提供依据。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

选取白洋淀流域紫荆关、中唐梅和阜平三个站点(图1)的1959年-2008年间实测径流数据进行计算分析。紫荆关水文站系海河流域大清河水系拒马河控制站,为深山区代表站,测站类型为河道站;中唐梅水文站系海河流域大清河水系唐河控制站,为山区代表站兼西大洋水库入库站,测站类型为河道站;阜平水文站系海河流域大清河水系沙河控制站,为深山区代表站兼王快水库入库站,测站类型为河道站。

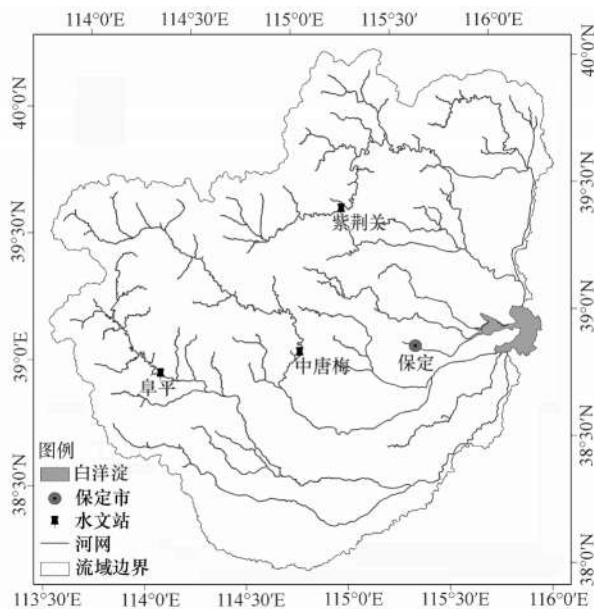


图1 白洋淀流域基础地理信息

Fig.1 Basic geographic information map of mountain area in Baiyangdian Lake Basin (MABLB)

为了更好的分析径流变化的动因,选择了保定气象站1959年-2008年的月气象数据来进行辅助分析。

土地利用数据来源于中国科学院知识创新工程重大项目课题“海河流域治理工程生态环境效应遥感监测与评估”课题组成果,分辨率为30m×30m,共有1970年,1980年,1990年,2000年和2008年五期数据。

2.2 研究方法

(1)统计分析年内分配不均匀系数 Cvy 、年径流量的变差系数 Cv 和丰枯特征值 y 的长期变化趋势。

Cvy 的计算公式如下:

$$Cvy = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{12} (K_i/K - 1)^2}}{12} \quad (1)$$

式中 Cvy 为径流年内分配不均匀系数; K_i 为各月径流量占年径流量的百分比; K 为各月平均占全年百分比,即 $K = 100\%/12 = 8.33\%$ 。 Cvy 值越大,表明各月径流量相差悬殊,即径流年内分配越不均匀。

年径流量的变差系数 Cv 计算方法为:

$$Cv = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}}{n - 1} \quad (2)$$

式中 n 为观测年数; K_i 为第 i 年的年径流变率,即第 i 年平均径流量与正常径流量的比值。 Cv 值反映年径流量总系列离散程度, Cv 值越大,年径流的年际变化厉害,不利于水资源的管理利用,易发生洪涝灾害; Cv 值越小,年径流量的年际变化小,有利于径流资源的利用。

根据水利部信息中心水文预报规范,径流丰枯情况按距平百分率 p 来划分,用以确定年径流丰枯特征值 y 。距平百分率 p 计算公式如下:

$$p = \frac{\text{某年径流量} - \text{多年平均值}}{\text{多年平均值}} \times 100\% \quad (3)$$

划分标准为: $p \geq 20\%$ 为丰水, $y=2$; $10\% \leq p < 20\%$ 为偏丰, $y=1$; $-10\% \leq p < 10\%$ 为平水, $y=0$; $-20\% \leq p < -10\%$ 为偏枯, $y=-1$; $p < -20\%$ 为枯水, $y=-2$ 。

(2)径流变化的累积距平和Kendall秩次相关法趋势性分析。累积距平和Kendall秩次相关法是两种常用的趋势分析方法^[11]。累积距平是一种较常用的判断变化趋势的方法,同时通过对累积距平曲线的观察也可以划分变化的阶段性。对于时间序列 x_i ,其某一时刻的累积距平 S 表示为:

2011年7月

$$S = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \quad t=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

其中 $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, 利用公式(4)可求得 n 个时刻

的累积距平值。

Kendall 秩次相关法已广泛地应用于测定水文气象时间序列的变化趋势, Kendall 统计量 t 、方差 st^2 和标准化变量 M 的计算式分别为:

$$t = \frac{4p}{N(N-1)} - 1 \quad (5)$$

$$st^2 = \frac{2(2N+9)}{9N(N-1)} \quad (6)$$

$$M = \frac{1}{st} \quad (7)$$

式中 p 为研究序列所有的对偶观测值 $(x_i, x_j, i < j)$ 中 $x_i < x_j$ 出现的次数; N 为系列的长度。在 Kendall 秩次相关分析中, 取显著水平 $\alpha = 0.05$, 则 Kendall 标准化变量 M 相应的检验临界值 $M_\alpha = 1.96$, 取显著水平 $\alpha = 0.1$, 则 Kendall 标准化变量 M 相应的检验临界值 $M_\alpha = 1.65$, 如果 $|M| > M_\alpha$, 且 $M > 0$, 则表示研究序列有明显的增加趋势; 相反, 若 $M < 0$, 则序列有明显的减小趋势。

(3) 动因分析。采用定性定量相结合的方法, 分析气候变化、土地利用、水利工程对实测径流变化的影响。

3 结果与讨论

3.1 白洋淀流域山区径流年内分配变化分析

白洋淀流域径流的年内分配主要受降水的影响。该流域降水主要集中在7月-9月, 多年平均月最大降水量出现在7月份(图2)。降水的年内分配不均导致了径流在年内分配也不均匀, 并随降雨变化有明显的丰枯水期。参照多年平均径流量, 紫荆关站丰水期(7月-9月)径流量占全年的51%, 平水期(10月-11月)径流量占全年的14%, 枯水期12月至次年6月径流量占全年的36%, 最大径流出现在8月, 最小径流出现在四月; 阜平站丰水期径流量占全年的70%, 平水期径流量占全年的12%, 枯水期占全年的18%, 最大径流出现在8月, 最小径流出现在5月; 中唐梅站丰水期径流量占全年的59%, 平水期径流量占全年的13%, 枯水期径流量占全年的28%, 最大径流出现在8月, 最小径流出现在5月(图2)。从整个研究时间段1959年-2008年来看, 各站 C_{vy} 值均呈下降趋势, 年内分配不均匀性下降。20

世纪60年代的 C_{vy} 值最高, 进入21世纪以来, C_{vy} 值最低。对于不同站点来讲, 阜平站的 C_{vy} 值最大, 其次是中唐梅站, 紫荆关站的最小(表1, 图3)。这就说明阜平水文站径流的不均匀性大于其它两站的, 在径流年内变化幅度方面, 阜平水文站相对变化幅度亦大于其它两站。

3.2 白洋淀流域山区径流年内变化特征分析

比较紫荆关、中唐梅和阜平水文站径流年内变差系数 C_v 可以看出, 白洋淀流域山区径流年内变化较剧烈 (≥ 0.7), 年际极值比也很大, 其中阜平站的最大径流量与最小径流量的年际极值比高达24.3。最大径流量发生在20世纪50年代末60年代初(表2)。这种剧烈的年际变化不利于该区水资源的开发利用, 易引发洪涝灾害。其中, 影响范围大、

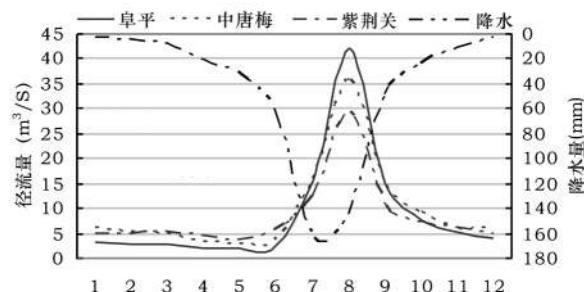


图2 白洋淀山区径流与降水年内分布

Fig.2 Monthly runoff and precipitation of MABLB

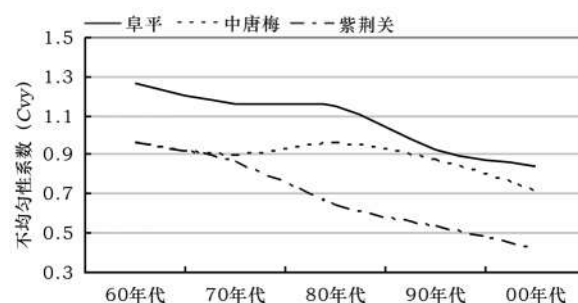


图3 白洋淀山区径流年内分配不均匀性系数变化

Fig.3 Cvy of runoff of MABLB

表1 白洋淀流域山区径流年内分配不均匀性系数

Table 1 Uneven distribution of runoff of MABLB

	C_{vy}		
	阜平	中唐梅	紫荆关
20世纪60年代	1.27	0.96	0.96
20世纪70年代	1.16	0.89	0.86
20世纪80年代	1.15	0.96	0.65
20世纪90年代	0.92	0.87	0.54
20世纪00年代	0.85	0.71	0.42
多年平均	1.07	0.88	0.68

损失大的有1956年、1963年、1996年的洪涝灾害。

通过对白洋淀山区径流年际变化的长持续性分析来看,同样能够发现该区径流年际波动大的特点,丰枯变化明显,以枯水、偏枯年份为主,平水年份较少(图4)。各站只在60年代初期(1963年-1964年)、70年代末期(1977年-1978年)以及90年代中期(1995年-1996年)出现了连续的丰水年份。而在1970年-1972年,1983年-1987年,1990年-1993年以及1997年至今出现过持续的偏枯、枯水年份。特别是1997年开始至今持续的枯水年份对白洋淀流域的社会经济发展影响较大,白洋淀出现多次干淀现象,生态环境面临严重考验。

3.3 白洋淀流域山区径流变化长期趋势分析

用Kendall秩次相关分析得出阜平、中唐梅和紫荆关这三个水文站点年均径流值的检验值分别是-1.72、-1.63、-2.32,表明紫荆关站在95%置信水平上表现出显著下降趋势,阜平站和唐梅站在90%置信水平上表现出显著下降趋势,从中可以看出,白洋淀流域山区径流整体处于显著下降的趋势。具体到不同的季节上各站则表现出了不同的变化趋势,如表3所示,在春季阜平站和中唐梅站有下降趋势,而紫荆关站则呈现上升趋势,但都不显著;在夏季,阜平站、中唐梅站和紫荆关站均呈现了显著的下降趋势;秋季,三站均呈现了上升趋势,但均不显著;冬季,三站亦呈现的是上升趋势,其中紫荆关站上升趋势在95%置信水平上表现显著。以上这只是对每个站在1959年-2008年这个时段内的变化趋势做出了一个定性的判断,但是各个站年径流量的具体变化过程如何,还须用累积距平方法对各

个站的年径流进行统计分析,结果如图5,这三个水文站点变化趋势基本相似,其年径流随年份不同呈波动性变化,但总体上均呈显著的下降趋势,可以划分出这几个阶段:紫荆关站在60年代处于相对多水期,70年代初则为相对少水期,中唐梅站和阜平站在70年代末到80年代末经历了相对多水期,紫荆关站处于持续少水期,进入90年代至今各站径流呈明显的下降过程。总体上经历了丰-枯-丰-枯四个变化阶段,而90年代末的持续枯水期加剧了白洋淀流域水资源短缺的情况。

表2 白洋淀流域径流年际变化特征值

站点	多年平均径流量	实测最大		实测最小		Cv	年际极值比
		流量	年份	流量	年份		
阜平	8.54	34.8	1959	1.43	1984	0.87	24.34
中唐梅	9.98	33.3	1963	2.4	1972	0.68	13.88
紫荆关	8.24	27.1	1956	1.97	2001	0.70	13.77

表3 白洋淀流域1959年-2008年间不同季节径流趋势M-K法检验值

Table 3 M-K trend test value of runoff in different seasons from 1959 to 2008 in MABLB

季节	阜平	中唐梅	紫荆关
春季	-0.86	-0.86	0.86
夏季	-2.17	-2.19	-0.26
秋季	0.04	0.04	1.55
冬季	0.83	0.77	1.68

注:显著趋势用黑体字表示。

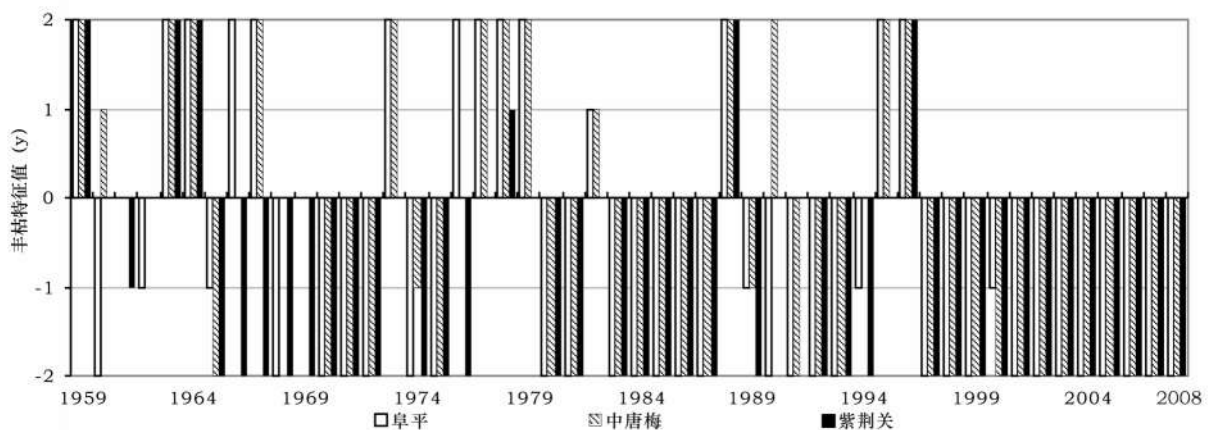


图4 白洋淀山区径流丰枯年际变化

Fig.4 Low and high flow period distribution of MABLB

2011年7月

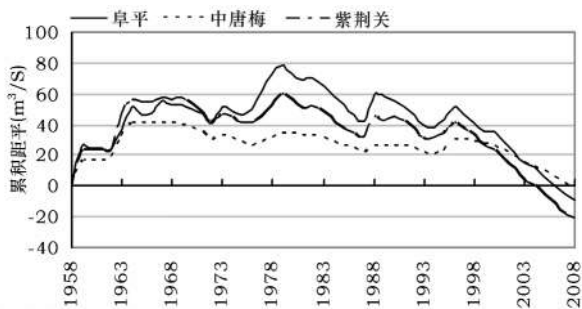


图5 白洋淀流域山区年径流累计距平

Fig.5 Accumulative average curves of the annual runoff of MABLB

3.4 白洋淀山区径流变化动因分析

径流变化是气候因素和人类活动共同作用的结果^[12]。气候因素主要包括气温和降水等。人类活动主要表现在对流域下垫面的改变以及取用水活动。本文将从人类活动和气候变化两个方面对该区径流变化的原因进行探讨。

利用保定气象站1959年-2008年间月气温与降水数据,探讨了该区气候变化特征。从图5可以看出,保定站平均气温逐年上升,多年平均气温为12.89℃,其中20世纪60年代平均气温为12.29℃,80年代平均气温为12.76℃,温度升高了0.47℃,2000年至2008年平均气温为13.81℃,比20世纪80年代升高了1.05℃,升温幅度较大。1959年-2008年月降水数据时间序列分析可以看出,其平均降水量呈下降趋势(图6)。气温升高会导致蒸发量的增加,从而导致径流量的减少。通过对月径流与月气温相关性分析,发现年均气温与年径流存在显著负相关关系,因此,气温升高是径流减少的原因之一。同时降水的减少会直接导致径流的减少。而月径流与月降水之间的显著正相关关系也证明了降水的减少会导致径流的减少。利用M-K法对保定气象站站每个月份气温及降水进行趋势分析,可以看出各月份气温都在增加,其中冬季升温比其他季节要高;降水的变化在每个月之间是不同的。降水增加主要集中在冬季和春季,而夏季降水下降明显,尤其是8月,由此推断枯季降水的增加和丰水季降水的下降是导致白洋淀山区径流年内分配均匀性升高的原因之一(表4)。

由于缺乏该区人类活动的相关统计数据,本文利用土地利用数据来近似的表达人类活动的强度。首先分析了该区各类土地利用类型的变化趋势,发现工矿用地、城镇用地以及农村居民用地保

持的持续增长的趋势(图7)。该类土地利用类型的增加可以从侧面反映该区人口的发展,从而导致取水量的增加。另外发现,在阜平控制流域和紫荆关控制流域范围内,2000年后出现了大量的果园,而果园的灌溉取水也会导致实测径流量的减少。

另外,水利工程的建立也是导致径流减少的一大因素之一。虽然选择的三个站点都在几个大型水库的上游,尽量减少了水利工程对径流数据的影

表4 保定气象站月气温、降水变化趋势M-K法检验值

Table 4 Monthly temperature and precipitation M-K change trend of Baoding meteorological station

月份	降水	气温
1月	0.74	1.33
2月	-1.18	0.05
3月	-0.01	0.29
4月	0.72	1.46
5月	0.98	0.21
6月	0.05	0.20
7月	-0.61	0.10
8月	-1.21	0.11
9月	-0.01	0.78
10月	-0.32	0.88
11月	0.14	0.96
12月	0.17	1.37

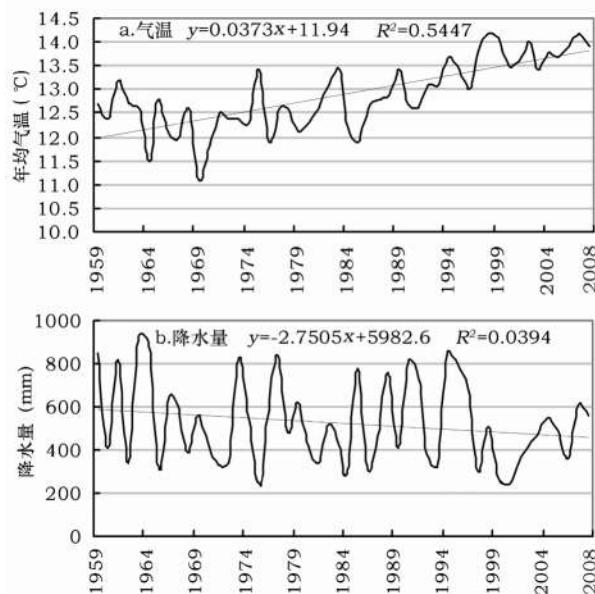


图6 保定气象站1959年-2008年间气温与降水变化趋势

Fig.6 Annual temperature and precipitation variation trend of Baoding meteorological station from 1959 to 2008

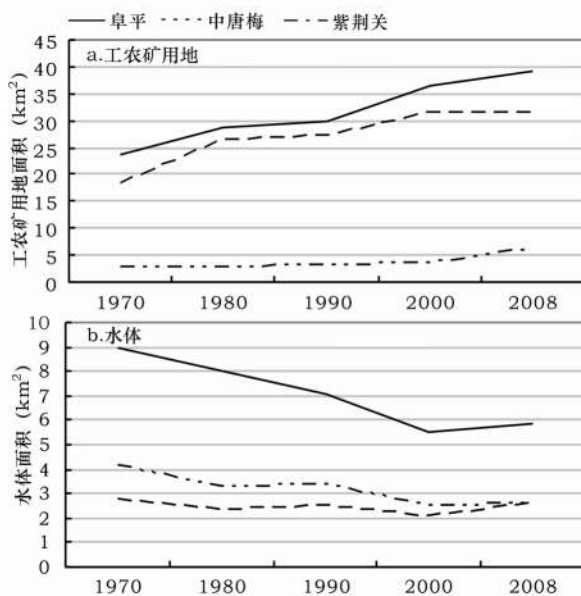


图7 白洋淀流域工农矿用地与水体面积变化

Fig.7 Industrial and agricultural mine Land use variation and water area change of MABL

响。通过分析不同时间的土地利用数据,结果显示,在经过60年大规模水利工程建设以后,该区域水体面积整体处于减少的趋势,但在2000年后又有增长的趋势(图7)。水体面积的增加一方面会增大蒸发量,造成径流量的减少;同时,水体面积的增加也反映了该区各种小型蓄水、引水工程的增加,也从侧面印证了该区域取水在增加。这有可能是2000年后该区水量下降趋势较快的原因之一。

4 结论与讨论

本文应用多种统计分析法分析了白洋淀流域山区径流的时间变化趋势,并进行原因分析,得出如下结论:

(1)在1970年以前,白洋淀流域的径流基本稳定,1980年以后径流量明显减少,并呈加速趋势,20世纪90年代以来进入持续枯水期;

(2)白洋淀流域径流的年内分配不均匀性呈明显下降趋势;

(3)结合5期土地利用和保定气象站1959年-2008年的月气象数据,对白洋淀流域山区径流变化趋势的动因进行了探讨,认为气温上升和降水减少是径流减少的主要原因,同时,工农矿用地扩

大而可能引起的取水量增大亦可能是径流减少的原因之一,而区内2000年后水体面积的增加而引起的蒸发量增大也是径流减少的原因之一。

本文从定性结合定量的方法分析了该区径流减少的原因。但人类活动和气候变化往往是交互在一起的,如何准确定量评估人类活动和气候变化对白洋淀流域水资源的影响是未来研究的一个重要方向。未来将会结合水文气象模型进一步分析人类活动和气候变化给白洋淀流域水循环造成的影响,辨别造成白洋淀流域径流量下降的主因次因,试为白洋淀流域径流量的预测提供依据。

参考文献 (References):

- [1] 马寨璞,赵建华,康现江,等.白洋淀水循环特点及其对生态环境的影响[J].海洋与湖沼,2007,38(5):405-410.
- [2] 宋中海.白洋淀流域水文特性分析[J].河北水利,2005,(9):10-11.
- [3] 张婷,刘静玲,王雪梅.白洋淀水质时空变化及影响因子评价与分析[J].环境科学学报,2010,30(2):261-267.
- [4] 王洁,徐宗学.白洋淀流域气温与降水量长期变化趋势及其持续性分析[J].资源科学,2009,31(9):1498-1505.
- [5] 刘克岩,张鲁,张光辉,等.人类活动对华北白洋淀流域径流影响的识别研究[J].水文,2007,27(6):6-10.
- [6] 吕晨旭,贾绍凤,季志恒.近30年来白洋淀流域平原区地下水位动态变化及原因分析[J].南水北调与水利科技,2010,8(1):65-68.
- [7] 贾绍凤,张士锋.海河流域水资源安全评价[J].地理科学进展,2003,22(4):379-387.
- [8] 王京,卢善龙,吴炳方,等.近40年来白洋淀湿地土地覆被变化分析[J].地球信息科学学报,2010,12(2):292-300.
- [9] 秦年秀,姜彤,许崇育.长江流域径流趋势变化及突变分析[J].长江流域资源与环境,2005,14(5):589-594. QIN Nianxiu, JIANG Tong, XU Chongyu. Trends and abruption analysis on the discharge in the Yangtze basin[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2005,14(5):589-594.
- [10] 陈亚宁,郝兴明,徐长春.新疆塔里木河流域径流变化趋势分析[J].自然科学进展,2007,17(2):205-210. CHEN Yaning, HAO Xingming, XU Changchun. Runoff trends analysis in the Tarim basin[J]. Progress in Natural Science, 2007,17(2):205-210.
- [11] 周陈超,贾绍凤,燕华云,等.近50a以来青海省水资源变化趋势分析[J].冰川冻土,2005,27(3):432-437.
- [12] 李子君,李秀彬.潮白河上游1961—2005年径流变化趋势及原因分析[J].北京林业大学学报,2008,(S1):82-87.

Trends and Causes of Runoff Changes in Mountainous Areas of the Baiyangdian Lake Basin during the Period 1959-2008

ZHOU Wei^{1,2}, LV Aifeng², JIA Shaofeng²

(1. College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China;

2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Baiyangdian is an important water control of the Daqing river basin, which is critical to flood protection and irrigation. Wetlands of the Baiyangdian Lake basin play a significant role in regulating local climate and maintaining ecological integrity across the Hebei Plain. The average annual discharge of the Baiyangdian Lake basin is 22.3 billion m³ per year and the average runoff depth is 71.5 mm, 75% of which is generated from the mountains area. Therefore, investigating the variation in runoff from the mountainous area of the Baiyangdian Lake basin and unraveling its causes are of significance for water resources management in the basin. In this study, a long-term trend of characteristics and variations of runoff in the basin was examined using runoff data observed at three hydrometric stations, i.e. Fuping, Zhongtangmei, and Zijingguan. Impacts of climate change and human activities on the runoff variation were studied using land use/cover data for five periods, i.e., 1970, 1980, 1990, 2000, and 2008 and historical climate records at the Baoding meteorological station. Discharge trends and abruptions in the Baiyangdian Lake basin were analyzed based on monthly discharge data using the Mann-Kendall statistical method. Major results are 1) annual runoff of the basin remained fairly invariant before the 1970s. A decreasing trend was detected in the annual discharge since the 1990s and the trend was significant, showing an accelerating rate after the 1990s. From then on, it experienced a continuous low-flow period. The environment within the study basin is facing a range of serious problems that may influence the sustainable development of the basin. The problem of water shortage was highlighted more than before. 2) For the entire study period 1959-2008, the coefficient of variation (C_{vy}) value at each station showed a decreasing trend, implying a decreasing trend in the uneven distribution during the year. 3) Non-uniformity of runoff in the study basin declined markedly during the period 1959-2008. 4) Both increased temperature and decreased precipitation detected from the historical climate data could be contributed in large part to the decreased runoff. It can be inferred that rainfall increased in dry season and decreased in wet season is one of the reason leading to an increased uniformity of the mountainous area of the basin. Meanwhile, expansion of industrial, agricultural, and mining land which may cause the increment of water withdrawal could be another potential cause for decreases in runoff. Furthermore, establishment of water conservancy projects is also a major cause for runoff reduction. In the future, an accurate quantitative assessment of the impact of human activities and climate change on water resources of the Baiyangdian River basin is required.

Key words: Baiyangdian Lake basin; Runoff; Change trend; Causes