

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2009.04.004

幼发拉底河生态径流计算

唐志坚^{1 2 3} 夏自强^{1 2 3} 王 霞² 郭利丹²

(1.河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室 江苏 南京 210098 ;
2.河海大学水文水资源学院 江苏 南京 210098 ;3.河海大学国际河流研究所 江苏 南京 210098)

摘要 :根据生态径流的概念和计算方法 ,利用幼发拉底河流域上的 3 个代表水文站在流域大规模建坝前的流量资料 ,计算了各个站点的最小生态径流和适宜生态径流 ,提出了幼发拉底河维持河流生态健康所需的生态径流量 .

关键词 :最小生态径流 适宜生态径流 幼发拉底河

中图分类号 :P333.1 文献标识码 :A 文章编号 :1000-1980(2009)04-0382-04

在水比油贵的中东 ,如何最大程度地开发利用河流水资源成为各中东国家最关心的问题之一 .幼发拉底河是中东最重要的国际河流之一 ,几十年来幼发拉底河水资源分配的问题一直是中东政治的焦点 .幼发拉底河流域主要国家有土耳其、叙利亚和伊拉克 .位于下游的叙利亚和伊拉克 ,其用水严重依赖于国外(主要是土耳其) 汇入河流的水资源 ,对国外水资源的依赖程度分别为 80.26% 和 53.33% .处于上游的土耳其水资源丰富 ,石油资源缺乏 ,该国主要通过大力发展水电来满足生产发展的需要 .因此 ,这 3 个国家为了保护各自的取水权和以水为依托的社会经济、生态环境 ,不断地争论、冲突 ,甚至动用武力^[1-2] .

20 世纪 70 年代 ,土耳其和叙利亚相继在幼发拉底河上建成了一系列的大坝 ,其中最主要的是土耳其的凯班大坝和叙利亚的塔布瓜大坝 ,这 2 座大坝都在 1973 年建成并投入使用 .同年 ,由于上游大坝拦水 ,伊拉克境内的幼发拉底河流量从 920 m³/s 减少到了 197 m³/s .然而 ,与土耳其正在进行的大规模水利工程建设相比 ,叙利亚的塔布瓜大坝对幼发拉底河径流量的影响要小得多 .1977 年 ,土耳其开始实施庞大的“ 东南安纳托利亚水利综合工程”(GAP) ,旨在截取两河(幼发拉底河及底格里斯河) 源头地带的水 ,修建 22 座水坝和 19 座电站 ,以灌溉其东南部 170 万 hm² 的土地并提供能源^[3] .1990 年初 ,该工程的主要项目阿塔图尔克大坝开始截流蓄水 ,结果使下游水量减少 90% .从图 1 可以清楚地看出幼发拉底河上游建坝前(1937 ~ 1973 年) 和建坝后(1974 ~ 1998 年) 伊拉克希特站月平均径流量的变化情况 .建坝前 ,幼发拉底河的径流量具有明显的丰枯变化特征 ,每年 3 ~ 6 月为丰水期 .建坝后径流量过程趋于坦化 ,河流水文条件发生很大变化 ,原先的丰枯变化不复存在 ,而且 3 ~ 6 月的径流量减少到了原来枯水期的水平 ,其他月份的径流量有少量增加 .

上游大规模建坝后 ,幼发拉底河下游的生态环境遭到严重破坏 .著名的美索不达米亚湿地的水主要依靠两河洪水期的水来补给 ,由于上游大坝拦水削减了洪峰流量 ,使得湿地得不到及时的水源补给而大面积消失 .20 世纪 70 年代以来 ,消失的湿地面积达 84% ~ 90% .因此 ,研究幼发拉底河的生态径流问题很有必要 ,因为在满足河道生态径流的基础上再进行开发利用可以大大减小水利工程对生态系统的不利影响 ,对于幼发拉底河流域国家水分配政策的制定具有一定的指导意义 .本文根据生态径流的概念和计算方法 ,对幼发拉底河的最小生态径流和适宜生态径流进行了计算和分析 .

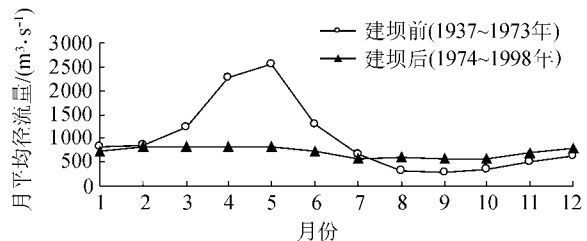


图 1 上游建坝前后希特站的月平均径流量变化曲线
Fig. 1 Variation of monthly mean runoff at Hit station before and after upstream dam construction

收稿日期 :2008-07-29

基金项目 :国家自然科学基金(30490235)

作者简介 :唐志坚(1984 —) ,女 ,广西藤县人 ,硕士研究生 ,主要从事生态水文学研究 .

1 流域概况

幼发拉底河流域位于东经 36°50′ ~ 48°20′和北纬 29°34′ ~ 40°15′之间,是世界知名的大河,整个流域地势大致为北高南低,从北向南流经土耳其、叙利亚、伊拉克,最后汇入波斯湾。

幼发拉底河流域大部分地区干旱少雨,水流主要来自土耳其高原的冰雪融水,流域降雨量北多南少,上游土耳其境内年降雨量为 500 ~ 1 000 mm,而下游叙利亚和伊拉克境内的年降雨量不足 200 mm,而且整个流域降雨季节变化大,大多集中在 11 月 ~ 次年 4 月。

幼发拉底河流域面积为 44.4 万 km²,多年平均天然径流总量约为 320 亿 m³/a,其中 88.7%的水量产自土耳其,11.3%的水量产自叙利亚,而在伊拉克境内无任何新增水量,流域径流年内分布极不均匀,3 ~ 6 月的径流量占年径流总量的 65%左右,且 4 月和 5 月的流量最大。

2 生态径流计算

2.1 代表测站及资料

本文选取的代表测站是土耳其境内的凯班(Keban)站、叙利亚境内的塔布瓜(Tabqa)站和伊拉克境内的希特(Hit)站。

凯班站的地理坐标为东经 38°46′和北纬 38°49′,海拔 688 m,控制流域面积为 63 875 km²。塔布瓜站的地理坐标为东经 38°34′和北纬 35°47′,海拔 294 m,控制流域面积为 121 000 km²。希特站的地理坐标为东经 44°16′和北纬 33°26′,海拔 28 m,控制流域面积为 274 100 km²。

3 个代表测站的历史流量资料系列是 1937 ~ 1969 年的月径流资料。由于 20 世纪 70 年代以前,上游国家对幼发拉底河的开发十分有限,人类活动对径流量的影响较小,故可用 1937 ~ 1969 年的径流过程代替天然情况下的径流过程进行计算。

2.2 计算方法

关于生态径流的计算方法,国内外已进行了很多研究^[4-9]。目前,国内外较为通用的方法可分为 4 类:(a)历史流量法(b)水力定额法(c)栖息地定额法;(d)整体分析法。其中历史流量法仅需要历史流量资料便可计算生态径流量,应用简便,在国内外得到广泛应用。国外应用较为广泛的是 Tennant 法(蒙大拿法);国内较为先进的有逐月最小生态径流计算法和逐月频率计算法,分别用于最小生态径流和适宜生态径流计算。现将本文采用的几种历史流量法简介如下。

- a. Tennant 法^[5]。该法是国外生态需水计算中常用的方法,其评价标准(表 1)常被用作生态径流计算结果合理性评价^[6-9]。
- b. 逐月最小生态径流算法^[4]。该法在尽可能长的天然月径流系列(资料年限一般多于 20 a)中取最小值作为该月的最小生态径流量,以各月径流系列的最小值作为年的最小生态径流过程。
- c. 逐月频率算法^[6-9]。该法首先根据历史流量资料,将一年划分为丰、平、枯 3 个时期,对各个时期拟定不同的保证率(枯水期 90%保证率,平水期 70%保证率,丰水期 50%保证率),最后分别计算各个时期在不同保证率下的径流量,这样得到的结果即为该年的适宜生态径流。此方法主要用于适宜生态径流计算。
- d. 新逐月频率算法^[7]。该法将每个月的保证率都取为 50%,用此保证率求得河流的适宜生态径流过程。与逐月频率算法相比,该法得到的适宜生态径流过程流量要大些,这更有利于河流自身的生态健康和河流周围生物栖息地的保护^[8]。

表 1 Tennant 法关于河流生态用水流量标准及相应生态状况的描述

Table 1 Flow standards and description of corresponding ecological situations for ecological water use of rivers determined with Tennant method

推荐生态流量下的生态状况	推荐的河流生态用水流量占同期多年平均流量的比例/%	
	10 ~ 3 月	4 ~ 9 月
洪水或生态破坏临界状态	200 *	200 *
最佳	60 ~ 100	60 ~ 100
很好	40	60
好	30	50
较好	20	40
一般或较差	10	30
差	10 **	10 **
严重退化	< 10	< 10

注: * 保持河流生态健康允许的最大流量; ** 保持河流生态健康允许的最小流量。

2.3 计算结果

2.3.1 最小生态径流

采用逐月最小生态径流算法计算了幼发拉底河3个代表测站的最小生态径流量,结果见表2.凯班站的最小生态径流的年平均流量为 $295\text{ m}^3/\text{s}$,最小生态径流的年水量为93.15亿 m^3 ,占多年平均径流总量的43.8%.塔布瓜站的最小生态径流的年平均流量为 $417\text{ m}^3/\text{s}$,最小生态径流的年水量为131.21亿 m^3 ,占多年平均径流总量的45.1%.希特站的最小生态径流的年平均流量为 $447\text{ m}^3/\text{s}$,最小生态径流的年水量为140.74亿 m^3 ,占多年平均径流总量的44.74%.

2.3.2 适宜生态径流

采用新逐月频率算法计算了幼发拉底河3个代表测站的适宜生态径流,结果见表3.凯班站的适宜生态径流的年平均流量为 $638\text{ m}^3/\text{s}$,适宜生态径流的年水量为201.41亿 m^3 ,占多年平均径流总量的94.8%.塔布瓜站的适宜生态径流的年平均流量为 $872\text{ m}^3/\text{s}$,适宜生态径流的年水量为274.84亿 m^3 ,占多年平均径流总量的94.4%.希特站的适宜生态径流的年平均流量为 $943\text{ m}^3/\text{s}$,适宜生态径流的年水量为297.69亿 m^3 ,占多年平均径流总量的94.6%.

表2 逐月最小生态径流算法得出的各站最小生态径流
Table 2 Minimum ecological runoff at various stations based on monthly minimum ecological runoff method

月份	流量/($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)			水量/亿 m^3		
	凯班站	塔布瓜站	希特站	凯班站	塔布瓜站	希特站
1	184	254	362	4.93	6.80	9.70
2	203	340	354	4.91	8.23	8.56
3	340	510	466	9.11	13.66	12.48
4	868	1330	1330	22.50	34.47	34.47
5	666	888	1140	17.84	23.78	30.53
6	286	446	475	7.41	11.56	12.31
7	184	217	197	4.93	5.81	5.28
8	151	160	94	4.04	4.29	2.52
9	136	166	99	3.53	4.30	2.57
10	148	197	191	3.96	5.28	5.12
11	186	209	297	4.82	5.42	7.70
12	193	284	355	5.17	7.61	9.51

表3 新逐月频率算法得出的各站适宜生态径流
Table 3 Optimal ecological runoff at various stations based on new monthly frequency method

月份	流量/($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)			水量/亿 m^3		
	凯班站	塔布瓜站	希特站	凯班站	塔布瓜站	希特站
1	298	590	709	7.98	15.80	18.99
2	360	720	799	8.71	17.42	19.33
3	712	1122	1188	19.07	30.05	31.82
4	2000	2462	2275	51.84	63.82	58.97
5	1822	2352	2491	48.80	63.00	66.72
6	779	998	1286	20.19	25.87	33.33
7	363	464	551	9.72	12.43	14.76
8	250	304	324	6.70	8.14	8.68
9	221	272	287	5.73	7.05	7.44
10	248	304	351	6.64	8.14	9.40
11	298	391	476	7.72	10.13	12.34
12	310	485	583	8.30	12.99	15.62

2.3.3 合理性评价

参照 Tennant 法的生态径流取值范围,对以上计算所得最小生态径流和适宜生态径流的合理性进行分析,结果见表4.各站的最小生态径流在10~3月的平均流量占同期多年平均流量的比例为46%~52%,生态状况很好;4~9月的平均流量占同期多年平均流量的比例为40%~45%,生态状况较好.各站的适宜生态径流在10~3月及4~9月的平均流量占同期多年平均流量的比例为92%~96%,生态状况最佳.可见,本文所提出的最小生态径流和适宜生态径流对幼发拉底河的生态保护都是较为有利的.当然,适宜生态径流比最小生态径流对幼发拉底河的生态保护更加有利,最小生态径流只是提出了一个界限,这种极限流量水平不应长期维持,否则对幼发拉底河的生态保护也非常不利.

表4 各站生态径流的 Tennant 法评价
Table 4 Evaluation of ecological runoff at various stations with Tennant method

站名	占同期多年平均流量的比例/%				Tennant 法评价			
	最小生态径流量		适宜生态径流量		最小生态径流量		适宜生态径流量	
	10~3月	4~9月	10~3月	4~9月	10~3月	4~9月	10~3月	4~9月
凯班	52	40	93	95	很好	较好	最佳	最佳
塔布瓜	46	45	92	96	很好	较好	最佳	最佳
希特	46	44	93	96	很好	较好	最佳	最佳

本文提出的最小生态径流和适宜生态径流,考虑了不同时期生态系统的不同需求,给出了一个年内生态径流的合理变化范围.但是,在考虑生产、生活和生态环境用水的水资源综合评价中,最小生态径流的取值还

受供需平衡多方面因素的影响 ,并不能简单地按照生态的要求来确定 .

3 结 语

1987 年 ,土耳其和叙利亚签署了一项非正式的双方协议 ,协议中土耳其保证幼发拉底河流入叙利亚的年均流量不小于 $500\text{ m}^3/\text{s}$ ^[10] .根据本文计算结果 ,塔布瓜站最小生态径流的年平均值为 $417\text{ m}^3/\text{s}$,这样年平均最小 $500\text{ m}^3/\text{s}$ 的流量是完全可以满足河流基本生态需求的 .但是生态径流并不是一个常量 ,而是一个具有丰枯变化过程的量 .叙利亚塔布瓜站 4 月和 5 月的最小生态径流量分别为 $1\,330\text{ m}^3/\text{s}$ 和 $888\text{ m}^3/\text{s}$,远高于 $500\text{ m}^3/\text{s}$,因此塔布瓜站 4 月和 5 月的最小生态径流量远远没有得到满足 .伊拉克希特站 1974 ~ 1998 年的月平均流量为 $500\sim 833\text{ m}^3/\text{s}$ (图 1) ,年平均流量为 $714\text{ m}^3/\text{s}$,这样的流量介于希特站年平均最小生态径流($447\text{ m}^3/\text{s}$)和年平均适宜生态径流($943\text{ m}^3/\text{s}$)之间 ,满足大多数月份的生态径流需求 ,但对于最小生态径流较大的 4 月和 5 月(分别为 $1\,330\text{ m}^3/\text{s}$ 和 $1\,140\text{ m}^3/\text{s}$)则远远不够 .可见 ,土耳其对源头水量的控制导致下游河道 4 月和 5 月的最小生态径流常年得不到满足 ,破坏了河流的生态健康 ,进而对河流的生态系统造成极不利的影响 .

幼发拉底河作为一条重要的国际河流 ,关系到 3 个国家的利益 ,在 3 方协调水资源问题的过程中 ,应充分考虑河流的生态健康问题 ,3 国应在保证幼发拉底河最小生态径流的基础上再进行河流的开发和利用 .

参考文献 :

[1] KIBAROGLU A ,KLAPHAKE A ,KRAMER A ,et al. Cooperation on Turkey 's transboundary waters[R]. Berlin : The German Federal Ministry for Environment ,2005 .

[2] WOLF A T. Middle East water conflicts and directions for conflict resolution[R]. Washington ,D. C. : International Food Policy Research Institute ,1996 .

[3] LORENZ F M ,ERICKSON E J. The Euphrates triangle : implications of the Southeastern Anatolia project[M]. Washington ,D. C. : National Defense University Press ,1999 .

[4] 夏自强 ,李琼芳 ,姜翠玲 ,等 .河流自然功能的利用及保护研究 [C]//水利部国际合作与科技司 .河流生态修复技术研讨会论文集 .北京 :中国水利水电出版社 ,2005 :52-59 .

[5] 徐志侠 ,董增川 ,周健康 ,等 .生态需水计算的蒙大拿法及其应用 [J].水利水电技术 ,2003 ,34(11) :15-17 .

[6] 于龙娟 ,夏自强 .最小生态径流的内涵及计算方法研究 [J]. 河海大学学报 :自然科学版 ,2004 ,32(1) :18-22 .

[7] 李捷 ,夏自强 ,马广慧 ,等 .河流生态径流计算的逐月频率计算法 [J].生态学报 ,2007 ,27(7) :2916-2921 .

[8] 郭利丹 ,夏自强 ,李捷 ,等 .河道生态径流量计算方法的改进 [J].河海大学学报 :自然科学版 ,2008 ,36(4) :456-461 .

[9] 马广慧 ,夏自强 ,郭利丹 ,等 .黄河干流不同断面生态径流量计算 [J].河海大学学报 :自然科学版 ,2007 ,35(5) :496-500 .

[10] EL-ADEL M ,EL SAYEGH Y ,ABOU IBRAHIM A ,et al. The Euphrates-Tigris Basin : a case study in surface water conflict resolution [J]. Journal of Natural Resources and Life Sciences Education ,2002 ,31 :99-110 .

Computation of ecological runoff of the Euphrates

TANG Zhi-jian^{1,2,3} , XIA Zi-qiang^{1,2,3} , WANG Xia² , GUO Li-dan²

- (1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering , Hohai University , Nanjing 210098 China ;
2. College of Hydrology and Water Resources , Hohai University , Nanjing 210098 , China ;
3. Institute of International Rivers , Hohai University , Nanjing 210098 , China)

Abstract : Based on the concept and method for computing ecological runoff , runoff data from three representative hydrological stations in the Euphrates basin before the construction of a number of dams were employed to compute the minimum and the optimal ecological runoff at the three stations . A required ecological runoff that would maintain the health of the Euphrates ecosystem was proposed .

Key words : minimum ecological runoff ; optimal ecological runoff ; Euphrates