

DOI: 10.3880/j.issn.1004-6933.2015.03.013

# 沂河流域河流生态需水研究

陆建宇<sup>1</sup>, 陆宝宏<sup>1,2</sup>, 王猛<sup>1</sup>, 甄亿位<sup>1</sup>, 朱从飞<sup>1</sup>, 史贤举<sup>1</sup>

(1. 河海大学水文水资源学院, 江苏南京 210098;

2. 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)

**摘要:** 基于沂河临沂站的天然径流和实测径流资料, 遵循水量平衡基本原理, 结合河流生态需水量、可取水量, 提出一种新的河流生态需水分析方法, 以满足河流生态需水量要求为前提, 分析沂河河流可取水量、可取水比例及不同水平年条件下沂河河流生态需水保证程度。结果表明: 沂河河流生态需水量、生态需水比例阈值分别为 3.43 亿 ~ 20.63 亿 m<sup>3</sup>、12.50% ~ 75.17%, 河流可取水量、可取水比例的阈值分别为 6.80 亿 ~ 24.0 亿 m<sup>3</sup>、24.79% ~ 87.50%, 河流实际取水量、实际取水比例分别为 8.65 亿 m<sup>3</sup>、31.53%; 丰、平、枯、特枯水平年条件下, 仅有特枯水年部分月份河流最小生态需水量不能够满足, 河流适宜生态需水保证程度则处于较低水平。因此, 在减少河流取水量的同时, 有必要通过一定的水利工程调度, 适当增加河道内生态用水量, 以维持沂河河流生态环境的健康、稳定。

**关键词:** 沂河流域; 临沂站; 生态需水量; 可取水量; 生态需水保证率

中图分类号: TV213.4

文献标志码: A

文章编号: 1004-6933(2015)03-0067-06

## Study of ecological water demand in Yi River Basin

LU Jianyu<sup>1</sup>, LU Baohong<sup>1,2</sup>, WANG Meng<sup>1</sup>, ZHEN Yiwei<sup>1</sup>, ZHU Congfei<sup>1</sup>, SHI Xianju<sup>1</sup>

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** Based on the natural and observed runoff data at Linyi station of Yi River, conforming to the basic principle of water balance, and according to the ecological water demand and water withdrawals of the river, a kind of ecological water demand analysis method was put forward to analyze the water withdrawals, water withdrawals ratio and guarantee degree of ecological water demand of Yi River under the condition of different level years on the premise of meeting the ecological water demand requirements. The results show that the thresholds of ecological water demand, ecological water demand ratio are 0.343 billion ~ 2.063 billion cubic meters and 12.50% ~ 75.17%, respectively. The thresholds of water withdrawals, water withdrawals ratio are 0.680 billion ~ 2.400 billion cubic meters and 24.79% ~ 87.50%, respectively. The actual water withdrawals, actual water withdrawals ratio are 0.865 billion cubic meters and 31.53%, respectively. Under the condition of wet year, normal year, dry year and especially dry year, only the minimum ecological water demand of some months in especially dry year can't be met, and the guarantee degree of optimal ecological water demand of Yi River is relatively at a low level. Therefore, while reducing the water withdrawals from the river, it is necessary to increase modest ecological water by water scheduling of certain water conservancy project, keeping the ecological environment of Yi River healthy and stable.

**Key words:** Yi River Basin; Linyi station; ecological water demand; water withdrawals; guarantee rate of ecological water demand

基金项目: 国家自然科学基金(NSFC-50979023); 水利部公益性行业科研专项(201201026); 江苏省博士后基金(1302029C); 江苏省高校研究生科研创新计划(KYZZ\_0144)

作者简介: 陆建宇(1989—), 男, 硕士研究生, 研究方向为生态水文学及水资源规划。E-mail: lujianyuchn@126.com

通信作者: 陆宝宏, 教授。E-mail: lubaohong@126.com

近年来,人类过度开发和不合理利用水资源,导致世界河流面临不同程度的生态问题<sup>[1]</sup>,并引发河流生源要素、生物多样性和区域生态环境的改变。为确保水资源的可持续利用,全世界开始关注维持河流自然流动状态的水质和水量<sup>[1]</sup>,因此如何合理地确定河流生态需水量已成为当前以及今后生态水文学的研究热点<sup>[2]</sup>。

沂河是淮河流域沂沭泗水系中一大支流,属于我国严重缺水区域之一。近年来,随着社会经济的快速发展,流域水资源开发利用不断增加。目前,沂河流域地表水开发利用率为74%<sup>[3]</sup>,远超出国际公认的40%警戒线,处于过度开发阶段。同时,沂河干流水质已遭到不同程度的污染<sup>[4-7]</sup>,水质性缺水威胁到部分地区的用水安全<sup>[4]</sup>。针对沂河流域上述相关问题,大量学者开展了深入研究,但成果多倾向于水文要素演变规律<sup>[3]</sup>、水资源开发利用<sup>[4]</sup>、水质评价<sup>[5]</sup>和浮游植物分析<sup>[6]</sup>等。在河流生态需水方面,仅有王萍<sup>[7]</sup>对临沂站断面生态质量进行了初步评价,采用改进的Tennant法计算了沂河李庄闸下泄生态流量。鉴于沂河主要控制站——临沂站河流断面为中度污染,生态系统脆弱,河流已处于亚健康状态<sup>[7]</sup>以及流域水资源供需矛盾日益突出的形势,笔者尝试基于水量平衡原理,结合河流生态需水量、可取水量,提出一种新的河流生态需水分析方法,从分析河流天然径流的角度出发,对沂河河流生态需水进行研究,力求为维持沂河河流生态环境的健康、稳定,保障流域水资源的可持续利用提供一定的参考。

## 1 相关概念及计算方法

### 1.1 河流生态需水量及生态需水比例计算

河流是最重要的水生态系统类型之一,必须保证一定质量和数量的水资源。一般而言,河流生态需水量可以理解为保护河流生态系统结构的完整性和生物多样性所需要的水量或流量<sup>[8-9]</sup>。河流水文变化过程是随机的,其生态需水量不是一个固定值,而是在一个域值区间内变化<sup>[10]</sup>。对于某一个特定的生态保护目标,其生态需水量是由最小、适宜、最大需水量限定的一系列区间值构成的,其下限是最小生态需水量,上限是最大生态需水量。

沂河流域地处半干旱半湿润地区,水资源供需矛盾较为突出,在河流生态系统中出现水资源过剩的几率相对较小,基本可以忽略最大生态需水问题,其河流生态需水量应控制在最小生态需水量和适宜生态需水量之间,河流最小、适宜生态需水量与其多年平均天然径流量的比值构成了河流生态需水比例

的阈值区间。根据上述解释,可将沂河生态需水阈值区间表示为: $[W_{\min}, W_{\text{opti}}]$ ,河流生态需水比例的阈值区间定义为<sup>[11]</sup>

$$\left[ \frac{W_{\min}}{W_n}, \frac{W_{\text{opti}}}{W_n} \right] = [P_{\min}, P_{\text{opti}}] \quad (1)$$

式中: $W_{\min}$ 、 $W_{\text{opti}}$ 分别为河流最小、适宜生态需水量,亿 $\text{m}^3$ ;  $W_n$ 为河流天然径流量,亿 $\text{m}^3$ ;  $P_{\min}$ 、 $P_{\text{opti}}$ 分别为河流最小、适宜生态需水比例, %。

以沂河天然径流为基础,采用生态径流相关计算方法,在最小、适宜生态径流量计算结果的基础上,得到最小、适宜生态需水量。①最小生态需水量。选用逐月次最小值法<sup>[12]</sup>、近10年最枯月平均流量法<sup>[13]</sup>和90%保证率最枯月平均流量法<sup>[13]</sup>计算沂河河流最小生态需水量。②适宜生态需水量。根据文献<sup>[6-7]</sup>的研究成果,沂河底栖动物主要包括软体动物、水生昆虫、水栖寡毛类、多毛类,共24种;浮游植物以蓝藻门和绿藻门为主,共有5门39属;浮游动物以轮虫和枝角类为主,有63属;鱼类以鲤科鱼类为主,有23种。上述水生生物的组成和数量,与沂河河流水体的丰、枯、污染程度有着密切关系。现阶段,河流适宜生态需水量的计算多采用逐月频率法,即根据历史流量数据,将一年划分为丰、平、枯3个时期,对各时期拟定不同的保证率,确定在不同保证率下各时期的需水量,即得到该年的适宜生态需水过程<sup>[2]</sup>。该方法在确定河流适宜生态需水量时,不仅考虑了河流生态系统对水量的要求,还兼顾了不同时期生态系统的不同要求。为保证河流生态功能、水生生物和水环境的安全,计算非汛期各月的适宜生态径流量宜选用较低保证率,最终选择文献<sup>[2]</sup>、<sup>[12]</sup>、<sup>[14]</sup>所提的3种逐月频率法。考虑到Tennant法在生态需水评价方面的局限性,采用改进的Tennant法,即以各月流量的同期均值比替代年均值比,评价上述计算结果的合理性。最后,通过多种分析结果的综合比较和综合论证,确定河流最小、适宜生态需水量。

### 1.2 河流可取水量及实际取水量计算

对于河流生态系统而言,在不考虑开采地下水的前提下,河流生态需水量与从河流中的取水量存在着此消彼长的关系。若从河流中取水过多,留给河流生态系统的水量过少,河流生态需水得不到满足,水生生物的生长和繁殖就将受到抑制,此状况长期持续下去,将会破坏河流水生生物的完整性,河流生态系统服务功能也将衰弱<sup>[15]</sup>。因此,应在优先满足河流生态需水的前提下,再将流域水资源重新协调或分配。

沂河河流生态需水量是在最小、适宜生态需水

量所构成的阈值区间内变化的,相应地沂河河流可取水量也应存在一个变化的阈值区间,即河流最大可取水量、适宜可取水量。基于水量平衡,借鉴文献[16-17],笔者将河流生态需水量与从河流中的可取水量间的关系表示为

$$W_n = W_c + W_e \quad (2)$$

$$W_n = W_f + W_o \quad (3)$$

式中: $W_c$ 为河流断面可取水量,亿 $m^3$ ;  $W_e$ 为河流生态需水量,亿 $m^3$ ;  $W_f$ 为河流实际取水量,亿 $m^3$ (其中,河流的蒸发、渗漏损失量均计入 $W_f$ 中);  $W_o$ 为河流实测径流量,亿 $m^3$ 。

### 1.3 不同水平年条件下河流生态需水保证率

河流生态需水能否得到满足是河流健康评价的基础,近年来,沂河天然径流量呈现减少趋势,河流生态需水日趋紧张,河流实测径流是否真正满足河流生态需水要求需要足够重视。因此,需将河流实测径流过程与生态需水过程进行比较,获得河流生态需水保证程度,以便在今后天然来水较少的时段,采取相对科学的手段调配水量,以改善河流水生态质量。

基于河流生态需水着重考虑不利的原则,取保证率为25%、50%、75%、95%天然径流量所对应的年份作为丰、平、枯、特枯水年,若出现多个年份天然径流值与设计值都比较接近,再按照“年内分配最不利”(汛期径流过多,非汛期水量过少)的原则,确定各代表年份。不同水平年条件下,河流实测径流量与河流生态需水量的比值,即为其生态需水保证率。

$$\theta = \frac{W_o}{W_e} \times 100\% \quad (4)$$

式中: $\theta$ 为不同水平年条件下的河流生态需水保证率,%。

## 2 计算结果及分析

沂河是淮河流域沂沭泗水系中最大的一支,位于山东省东南部。沂河发源于沂蒙山南麓,流经临沂市所辖的13个县、市,于江苏新沂注入骆马湖。沂河河道全长333 km,流域总面积为11820 km<sup>2</sup>。临沂站是沂河主要控制站,临沂站以上河道长223 km,水系大致呈扇形,集水面积为10315 km<sup>2</sup>,占全流域面积的87.3%<sup>[18]</sup>。山丘区约占流域总面积的70%,平原区所占比例约为30%。其中,流域上游为山丘区,植被相对较差,土壤风化层较薄,涵养水分能力较差,中下游为平原区,土质多为壤土,植被状况较好。受台风、南北切变、黄淮气旋和地形的影响,沂河汛期洪水陡涨陡落,容易形成洪涝灾害,非汛期流量较小,甚至出现河道断流,水资源形势严

峻。临沂站设立于1950年4月,位于东经118°24',北纬35°01',分析数据采用其1958—2000年共43a的天然月径流资料及实测月径流资料。

### 2.1 最小、适宜生态需水量及生态需水比例

图1为采用逐月次最小值法得到的河流年内最小生态径流过程。由逐月次最小值法得出的最小生态径流量为10.87 m<sup>3</sup>/s,占天然径流多年平均值的12.60%;采用近10年最枯月平均流量法得到的最小生态径流量为2.95 m<sup>3</sup>/s,占天然径流多年平均值的3.39%;采用90%保证率最枯月平均流量得到的最小生态径流量为2.91 m<sup>3</sup>/s,占天然径流多年平均值的3.34%。

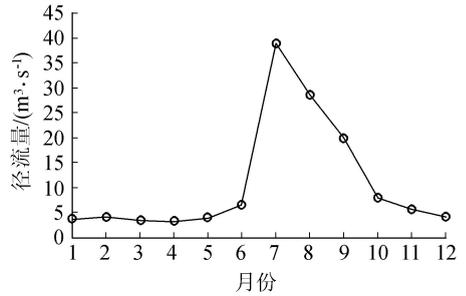


图1 临沂站河流最小生态径流过程

图2为采用不同保证率的逐月频率法得到的沂河年内适宜生态径流过程,3种保证率计算所得适宜生态径流量依次为65.39 m<sup>3</sup>/s、78.25 m<sup>3</sup>/s和70.94 m<sup>3</sup>/s,占天然径流多年平均值的比例分别为75.19%、89.97%和81.58%。

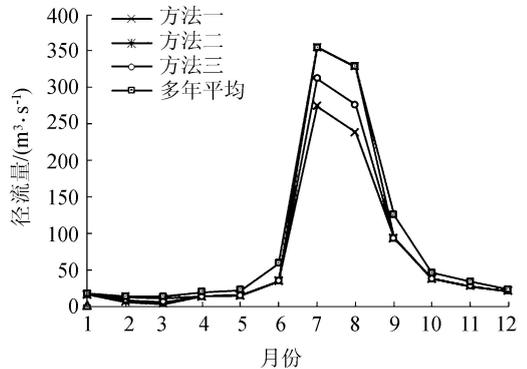


图2 临沂站河流适宜生态径流过程

借鉴文献[19],选用改进的Tennant法分析最小生态径流和适宜生态径流计算结果的合理性(表1)。

由图1、图2和表1可看出,不同方法的计算结果相差较大。由于沂河天然径流年内分布极不均匀,由近10年最枯月平均流量法和90%保证率最枯月平均流量法计算得到的最小生态径流量严重偏小,会致使河流水生生物栖息地的退化;逐月次最小值法的计算结果不仅能够满足河流的纳污能力和最

表 1 临沂站河流生态径流评价

月份	与同期多年平均值比值/%				改进 Tennant 法评价结果			
	最小生态径流	适宜生态径流			最小生态径流	适宜生态径流		
	逐月次最小值法	方法一	方法二	方法三	逐月次最小值法	方法一	方法二	方法三
1	21.47	91.65	91.65	91.65	最小	最佳	最佳	最佳
2	28.05	91.48	42.75	62.70	最小	最佳	很好	最佳
3	26.38	82.24	23.99	45.41	最小	最佳	较好	很好
4	16.27	68.64	68.64	68.64	最小	最佳	最佳	最佳
5	18.02	68.34	68.34	68.34	最小	最佳	最佳	最佳
6	11.11	57.95	57.95	57.95	最小	好	好	好
7	11.28	77.34	100.00	88.07	最小	最佳	最佳	最佳
8	8.96	72.50	100.00	84.15	差	最佳	最佳	最佳
9	15.90	74.71	74.71	74.71	最小	最佳	最佳	最佳
10	17.51	82.13	82.13	82.13	最小	最佳	最佳	最佳
11	16.23	80.60	80.60	80.60	最小	最佳	最佳	最佳
12	18.61	91.14	91.14	91.14	最小	最佳	最佳	最佳

小生态需水基本要求,还可体现沂河天然径流年内连续丰枯变化特征。根据改进的 Tennant 法评价结果,在多水期和少水期,3 种方法计算的适宜生态需水量均能使沂河河流生态系统达到“好”甚至“最佳”状态,因此 3 种方法的计算结果均可采纳;但方法一能够在保证沂河河流生态系统处于最佳状态的前提下,最大程度削减适宜生态径流量,这一点可从图 2 和表 1 中看出。与方法二、三相比,方法一将年内各月均取相同频率,虽减少了丰水期的生态径流量,增大了枯水期生态径流量,均化了年内各月的生态径流过程,但为河流提供了一种更为理想化的生态条件。增加枯水期河流流量,有利于枯水期河流栖息地的保护,水环境安全的维持,控制丰水期河流流量,不但可以缓解水资源紧张态势,还可保障流域经济发展。因此方法一,即年内各月保证率均取 50% 计算适宜生态需水更为理想。

由沂河河流生态径流过程,得到其生态需水过程(表 2)。根据式(1),沂河河流生态需水量、生态需水比例的阈值分别为 3.43 亿 ~ 20.63 亿 m<sup>3</sup>、12.50% ~ 75.17%。

表 2 临沂站河流生态需水过程 亿 m<sup>3</sup>

月份	最小生态需水量	适宜生态需水量	月份	最小生态需水量	适宜生态需水量
1	0.10	0.42	7	1.04	7.12
2	0.10	0.33	8	0.85	6.18
3	0.09	0.29	9	0.52	2.43
4	0.08	0.35	10	0.21	0.98
5	0.10	0.39	11	0.14	0.71
6	0.17	0.89	12	0.11	0.54

## 2.2 流域河流可取水量及实际取水量

根据式(2)和(3),得到沂河年内可取水及实际取水过程(图 3)。由图 3 可知:①年内适宜取水、最大可取水及实际取水过程走势基本一致,均呈不对称的单峰型变化,年内实际取水过程线稍高于适宜

可取水过程线,而远低于最大可取水过程线。其中,1—5 月河流可取水量和实际取水量相对较小,且变化平缓,6 月份流域开始进入雨季,河流可取水量和实际取水量随降水增多而迅速增加,多于 7、8 月份达到峰值,9—12 月份随降雨减少河流可取水量和实际取水量逐渐落平。②年内最大可取水量出现时间相对集中,主要在 6—10 月,其他月份可取水量相对较少。其中,最大可取水量最大值为 8.16 亿 m<sup>3</sup>(7 月),占年内最大可取水总量的 34.01%;适宜可取水量最大值为 2.34 亿 m<sup>3</sup>(8 月),占年内适宜可取水总量的 34.41%;实际取水量最大值为 3.50 亿 m<sup>3</sup>(7 月),占年内实际取水总量的 40.46%。不难看出,沂河河流可取水过程和实际取水过程年内差异明显,年内 7 月河流生态用水受到实际取水挤占,这在一定程度上会对河流生态系统的健康和稳定产生影响,由于其实际取水量远小于最大可取水量,该影响还处于较弱水平。

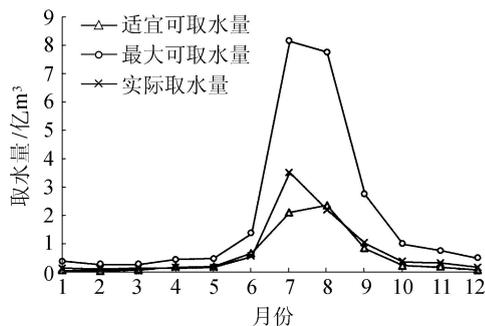


图 3 临沂站河流可取水量及实际取水量

最终,汇总得到河流取水总量分别为:适宜可取水量为 6.80 亿 m<sup>3</sup>,占天然径流多年平均值的 24.79%;最大可取水量为 24.00 亿 m<sup>3</sup>,占天然径流多年平均值的 87.50%;实际取水量为 8.65 亿 m<sup>3</sup>,占天然径流多年平均值的 31.53%。因此,沂河河流可取水量、可取水比例的阈值分别为 6.80 亿 ~

24.00 亿  $m^3$ 、24.79% ~ 87.50%。

### 2.3 不同水平年条件下河流生态需水保证率

根据表 2 计算结果,将沂河临沂站断面的河流年内生态需水过程与各水平年的河流年内实测径流过程比较(图 4)。由图 4 可以看出:丰、平、枯、特枯等不同水平年年内实测径流过程均有一定时段无法满足河流生态需水要求。以特枯水年(图 4(d))为例,1、8、9、11 月份实测径流法无法满足最小生态需水要求,实测径流均未达到适宜生态需水要求,但改进的 Tennant 法评价结果显示,所计算的

的 1、9、11 月最小生态需水量可使沂河河流生态条件达到“最小”,各月适宜生态需水量可使沂河河流生态条件达到“好”甚至“最佳”,这种差异主要是因为改进的 Tennant 法以各月流量的同期均值比来评价河流的生态条件,虽较 Tennant 法的“年均值比”有所进步,但各月流量的同期均值比仍难以克服个别极端流量值对计算结果整体的影响。丰水年(图 4(a)),实测径流法均能满足最小生态需水要求,6—8 月份实测径流能达到适宜生态需水要求;平水年(图 4(b))实测径流法均能满足最小生态需水要求,2、3、6 月份实测径流能达到适宜生态需水要求;枯水年(图 4(c))实测径流法均能满足最小生态需水要求,实测径流均不能达到适宜生态需水要求。

最后,由式(4)得,丰、平、枯、特枯年沂河河流最小生态需水保证率分别为 793.57%、447.33%、245.89% 和 128.49%,适宜生态需水保证率分别为 132.01%、74.41%、40.90% 和 21.37%。不难看出,在年总流量上,特枯水年的最小生态需水能够满足要求,但实际上年内部分月份最小生态需水保证程度不可能超过 100%。在其他水平年,上述问题依然存在,这种差异仍是由改进的 Tennant 法难以克服个别极端流量值对计算结果整体的影响而导致的,因此,在使用改进的 Tennant 法时应考虑各月天然来水的变化特性及其极端值的影响,或者对改进的 Tennant 法做进一步完善。

随着不同水平年天然径流量的减少,河流适宜生态需水的保证程度逐渐降低,而河流最小生态需水不能得到满足的时段变化相对较小。作为临沂市的母亲河,沿岸工、农业及生活用水主要取自沂河。流域内农业灌溉用水量大,工业用水重复利用率低,公共基础设施用水浪费严重<sup>[4]</sup>,加之近年来流域降水减少<sup>[3]</sup>,进而导致天然径流量减少<sup>[18]</sup>,这势必会给河流生态需水造成一定的压力。对于受人类活动影响较大的沂河流域,其水资源的时空分布不均衡,特别是年内的变化差异较大,河流生态环境相对脆弱。建议通过实施一定的水利工程调度,将丰水期多余的水量补给枯水期,一方面能够确保枯水期的河流生态需水量,另一方面又能减少丰水期因水量过大可能造成的洪涝灾害损失。

### 3 结 语

以沂河主要控制站——临沂站为例,提出一种新的河流生态需水分析方法,在遵循水量平衡原理、满足河流生态需水的前提下,以天然径流、实测径流资料为基础,采用生态径流相关计算方法分析了沂河河流生态需水、可取水量、实际取水量及不同水平

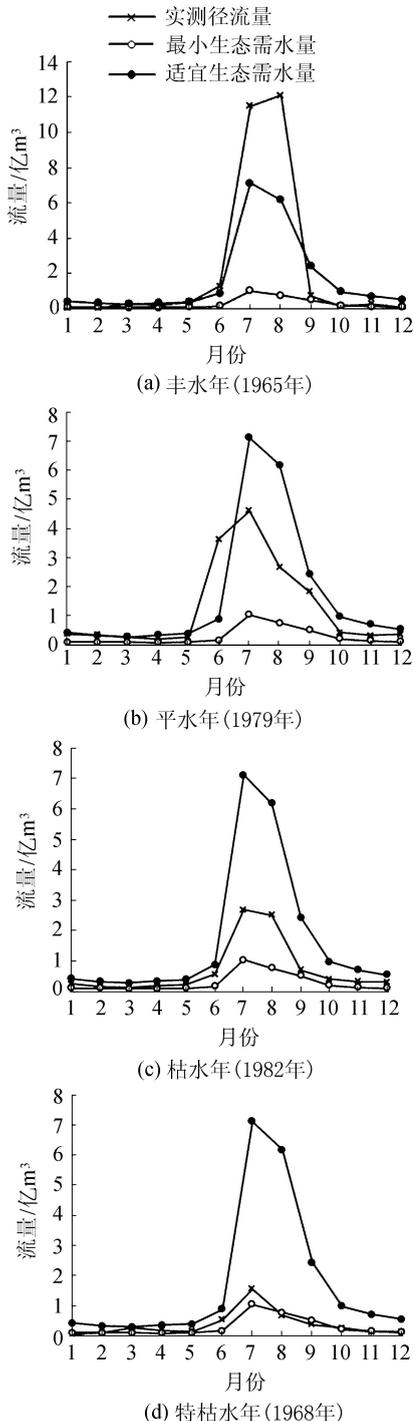


图 4 临沂站不同水平年条件下生态需水过程

年下河流生态需水保证程度,获得了沂河流域生态需水比例阈值、河流可取水量比例的阈值及实际取水比例。需要注意的是,在各水平年,实际河流生态需水保证程度与改进的 Tennant 法评价结果存在一定的差异,这种差异主要是因为改进的 Tennant 法以各月流量的同期均值比来评价河流的生态条件,各月流量的同期均值比仍难以克服各别极端流量值对计算结果整体的影响,所以在使用改进的 Tennant 法时还应考虑各月天然来水的变化特性及其极端值的影响,或者进一步完善改进的 Tennant 法。最终成果可为促进沂河流域水资源的可持续发展、维护沂河流域生态系统的健康、稳定提供一定的参考依据。

## 参考文献:

[ 1 ] 王伟,杨晓华,王银堂. 滦河下游河道生态需水量[J]. 水科学进展, 2009, 20 ( 4 ) : 560-565. ( WANG Wei, YANG Xiaohua, WANG Yintang. Ecological water requirements in the lower reaches of Luanhe Basin[J]. Advances in Water Science, 2009, 20 ( 4 ) : 560-565. ( in Chinese ) )

[ 2 ] 蔡涛,李琼芳,王鸿杰,等. 淮河上游生态需水量计算分析[J]. 河海大学学报:自然科学版,2009,37(6):635-639. ( CAI Tao, LI Qiongfang, WANG Hongjie, et al. Calculation of ecological water demand in upper reaches of Huaihe River [ J ]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2009, 37 ( 6 ) : 635-639. ( in Chinese ) )

[ 3 ] 薛丽芳,谭海樵. 沂河流域水文特征变化及其驱动因素[J]. 地理科学进展, 2011, 30 ( 11 ) : 1354-1360. ( XUE Lifang, TAN Haiqiao. Variations of the hydrological characteristics and driving factors in the Yihe River Basin [ J ]. Progress in Geography, 2011, 30 ( 11 ) : 1354-1360. ( in Chinese ) )

[ 4 ] 曹原. 沂沭河流域水资源开发利用探讨[J]. 国土与自然资源研究, 2009 ( 3 ) : 67-68. ( CAO Yuan. Discussion on the development and utilization of water resource in Yishu River Basin [ J ]. Territory & Natural Resources Study, 2009 ( 3 ) : 67-68. ( in Chinese ) )

[ 5 ] 张涛,刘洪林,张勇,等. 山东省沂沭河干流水环境质量评价与趋势分析[J]. 地下水, 2003, 25 ( 3 ) : 183-185. ( ZHANG Tao, LIU Honglin, ZHANG Yong, et al. Assessment and analysis on water environment quality of Yishuhe Main River in Shandong Province [ J ]. Ground Water, 2003, 25 ( 3 ) : 183-185. ( in Chinese ) )

[ 6 ] 高远,苏宇祥,亓树财. 沂河流域浮游植物与水质评价[J]. 湖泊科学, 2008, 20 ( 4 ) : 544-548. ( GAO Yuan, SU Yuxiang, QI Shucui. Phytoplankton and evaluation of water quality in Yi River watershed [ J ]. Journal of Lake Sciences, 2008, 20 ( 4 ) : 544-548. ( in Chinese ) )

[ 7 ] 王萍. 山东沂河李庄闸下泄生态环境流量的研究[ D ].

合肥:合肥工业大学,2012.

[ 8 ] 郑建平,王芳. 大洋河河流生态需水研究[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2006, 34 ( 5 ) : 502-504. ( ZHENG Jianping, WANG Fang. Research on ecological water requirement of Dayang River [ J ]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2006, 34 ( 5 ) : 502-504. ( in Chinese ) )

[ 9 ] PETTS G E. Water allocation to protect river ecosystems [ J ]. Regulated Rivers: Research Management, 1996 ( 12 ) : 353-365.

[ 10 ] 付玉娟,何俊仕,慕大鹏,等. 辽河流域水资源可利用量分析计算[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25 ( 1 ) : 107-110. ( FU Yujuan, HE Junshi, MU Dapeng, et al. Available water resources calculation in Liao River Basin [ J ]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2011, 25 ( 1 ) : 107-110. ( in Chinese ) )

[ 11 ] 占车生,夏军,丰华丽,等. 河流生态系统合理生态用水比例的确定[J]. 中山大学学报:自然科学版, 2005, 44 ( 2 ) : 121-124. ( ZHAN Chesheng, XIA Jun, FENG Huali, et al. Determination of the reasonable proportion of ecological water used of river ecological system [ J ]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2005, 44 ( 2 ) : 121-124. ( in Chinese ) )

[ 12 ] 郭利丹,夏自强,李捷,等. 河流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. ( GUO Lidan, XIA Ziqiang, LI Jie, et al. Improvement of calculation methods for instream ecological runoff [ J ]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2008, 36 ( 4 ) : 456-461. ( in Chinese ) )

[ 13 ] 张巍,陆宝宏. 蒙江流域生态径流量的定量计算[J]. 中国农村水利水电, 2013 ( 4 ) : 36-39. ( ZHANG Wei, LU Baohong. Quantitative calculation of ecology runoff at Mengjiang Basin [ J ]. China Rural Water and Hydropower, 2013 ( 4 ) : 36-39. ( in Chinese ) )

[ 14 ] 李捷,夏自强,马广慧,等. 河流生态径流计算的逐月频率率算法[J]. 生态学报, 2007, 27 ( 7 ) : 2916-2921. ( LI Jie, XIA Ziqiang, MA Guanghui, et al. A new monthly frequency computation method for instream ecological flow [ J ]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 ( 7 ) : 2916-2921. ( in Chinese ) )

[ 15 ] 丰华丽,陈敏建,王立群. 河流生态系统特征及流量变化的生态效应[J]. 南京晓庄学院学报, 2007 ( 6 ) : 59-62. ( FENG Huali, CHEN Minjian, WANG Liqun. Characteristics and ecological effect of flow regime of riverine ecosystem [ J ]. Journal of Nanjing Xiaozhuang University, 2007 ( 6 ) : 59-62. ( in Chinese ) )

[ 16 ] WANG Xiqin, ZHANG Yuan, LIU Changming. Water quantity-quality combined evaluation method for rivers' water requirements of the instream environment in dualistic water cycle: a case study of Liaohe River Basin [ J ]. Journal of Geographical Sciences, 2007 ( 3 ) : 304-316.

(下转第 83 页)

- 术,2011,34(12H):254-255. (XU Hua. The analysis on water environment status and the driving force of Changhu Lake [J]. Environmental Science & Technology, 2011, 34 (12H):254-255. (in Chinese))
- [7] 李家科. 博斯腾湖水环境容量及污染物排放总量控制研究[D]. 西安:西安理工大学,2004.
- [8] 张丽. 湖泊水环境容量研究:以洱海为例[D]. 云南:昆明理工大学,2008.
- [9] 梁茵,施为光. 黑龙江水库网箱养鱼容量的探讨[J]. 重庆环境科学,1997,19(6):41-47. (LIANG Yin, SHI Weiguang. An approach of capacity of fish cage culture in the Heilongtan Reservoir [J]. Chongqing Environmental Science, 1997, 19(6):41-47. (in Chinese))
- [10] 张伟. 昆山市养殖业污染状况及防治对策[J]. 污染防治技术,2002,15(2):60-62. (ZHANG Wei. Condition of pollution and countermeasures to breeding of Kunshan City [J]. Pollution Control Technology, 2002, 15(2):60-62. (in Chinese))
- [11] 熊国中,戴自福,沈兵. 洱海湖滨区鱼塘污染状况调查研究[J]. 云南环境科学,2000,19(3):32-34. (XIONG Guozhong, DAI Zifu, SHEN Bing. Pollution in pounds at side of the Erhai Lake [J]. Yunnan Environmental Science, 2000, 19(3):32-34. (in Chinese))
- [12] 黄欢,汪小泉,韦肖杭,等. 杭嘉湖地区淡水水产养殖污染物排放总量的研究[J]. 中国环境监测,2007,23(2):94-97. (HUANG Huan, WANG Xiaoquan, WEI Xiaohang, et al. An research on the quantity of discharged pollutant of freshwater breed aquatics in Hangjiahu area [J]. Environmental Monitoring in China, 2007, 23(2):94-97. (in Chinese))
- [13] 黄德祥,张继凯. 论水域的渔业污染与自净[J]. 重庆水产,2003(4):29-32. (HUANG Dexiang, ZHANG Jikai. Discussion on waters fishery pollution and self-purification [J]. Chongqing Fishery, 2003(4):29-32. (in Chinese))
- [14] 黄文钰,许朋柱,范成新. 网围养殖对骆马湖水体富营养化的影响[J]. 农村生态环境,2002,18(1):22-25. (HUANG Wenyu, XU Pengzhu, FAN Chengxin. Effect of cage aquaculture on eutrophication in Luoma Lake [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2002, 18(1):22-25. (in Chinese))
- [15] 黄小平,温伟英. 上川岛海湾海域环境对其网箱养殖容量限制的研究[J]. 热带海洋,1998,17(4):57-64. (HUANG Xiaoping, WEN Weiying. A study on research of marine environment on capacity of cage-culture in Gongwan Bay [J]. Tropic Oceanology, 1998, 17(4):57-64. (in Chinese))
- [16] 张玉珍,洪华生,陈能汪,等. 水产养殖氮磷污染负荷估算初探[J]. 厦门大学学报:自然科学版,2003,42(2):223-227. (ZHANG Yuzhen, HONG Huasheng, CHEN Nengwang, et al. Discussion on estimating nitrogen and phosphorus pollution loads in aquaculture [J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 2003, 42(2):223-227. (in Chinese))
- [17] 刘静静. 江汉平原湖泊面源污染效应及调控机制研究[D]. 武汉:长江大学,2012.  
(收稿日期:2014-12-09 编辑:徐娟)

.....  
(上接第72页)

- [17] 夏星辉,杨志峰,沈珍瑶. 从水质水量相结合的角度再论黄河的水资源[J]. 环境科学学报,2005,25(5):595-600. (XIA Xinghui, YANG Zhifeng, SHEN Zhenyao. Integrated evaluation of water quality and quantity of Yellow River [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2005, 25(5):595-600. (in Chinese))
- [18] 陆建宇,陆宝宏,朱从飞,等. 沂河流域天然径流变化规律分析[J]. 中国农村水利水电,2014(7):67-71. (LU Jianyu, LU Baohong, ZHU Congfei, et al. Analysis about the variation of natural runoff at Yi River Basin [J]. China Rural and Hydropower, 2014(7):67-71. (in Chinese))
- [19] HUANG Qiang, LI Qun, ZHANG Zezhong, et al. Improvement Tennant method and application it to compute eco-environment water requirement in Yellow River [J]. Journal of Hydrodynamics, 2007(22):774-781.  
(收稿日期:2014-12-19 编辑:徐娟)

· 简讯 ·

《水资源保护》杂志成为中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊

由河海大学、中国水利学会环境水利专业委员会联合主办的《水资源保护》杂志成为2015—2016年度中国科学引文数据库(Chinese Science Citation Database,简称CSCD)的来源期刊。

中国科学引文数据库创建于1989年,收录我国数学、物理、化学、天文学、地学、生物学、农林科学、医药卫生、工程技术和环境科学等领域出版的中英文科技核心期刊和优秀期刊千余种,其内容丰富、结构科学、数据准确。中国科学引文数据库具有建库历史最为悠久、专业性强、数据准确规范、检索方式多样、完整、方便等特点,深受用户好评,被誉为“中国的SCI”。

中国科学引文数据库来源期刊每两年遴选一次。每次遴选均采用定量与定性相结合的方法,定量数据来自于中国科学引文数据库,定性评价则通过聘请国内专家定性评估对期刊进行评审。定量与定性综合评价结果构成了中国科学引文数据库来源期刊。经过中国科学引文数据库定量遴选、专家定性评估,2015—2016年度中国科学引文数据库收录来源期刊1200种,其中中国出版的英文期刊194种,中文期刊1006种。

本刊编辑部供稿