

清河干流生态基流计算分析

韦雨婷^a, 逢勇^b, 罗缙^b

(河海大学 a. 环境学院; b. 浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室, 江苏 南京 210098)

摘要: 根据清河干流八棵树水文站、开原水文站 1988–2009 年径流量资料,选取 Tennant 法、90% 保证率最枯月平均流量法、NGPRP 法等 5 种水文学方法对清河干流生态基流进行了计算,通过对各水文学方法计算结果的对比分析,发现 Tennant 法更适合用于清河干流生态基流的计算。根据不同水平年清河干流生态基流 Tennant 法的计算结果,并与清河干流实际径流进行对比分析,表明随着不同水平年降雨量的减少,清河干流生态需水的满足程度逐渐减小。

关键词: 水文学方法; 生态基流; 径流; 降雨; 清河

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2014)06-0151-05

Calculation and analysis about ecological baseflow in main stream of Qinghe river

WEI Yuting^a, PANG Yong^b, LUO Jin^b

(a. College of Environment; b. Key Laboratory of Integrated Regulation and Resource Development on Shallow Lakes of Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on the runoff data in Bakeshu station and Kaiyuan station from 1988 to 2009, the paper chose five hydrological methods including Tennant method, average flow method in the driest month with 90% frequency, NGPRP method to calculate the ecological baseflow of Qinghe river. According to the comparasion and analysis of calculation result, it discovered that Tennant method is the most sutible for baseflow calculation in main stream of Qinghe river. Based on the result of Tennant mthod, the paper compared which with actual runoff. As the descrease of annual rainfall, it is more difficult to maintain the ecological baseflow in Qinghe river.

Key words: hydrological method; ecological baseflow; runoff; rainfall; Qinghe river

1 研究背景

随着水资源保护意识的逐步提高,人们在水资源的开发与保护过程中逐渐认识到保持河道内有一定的流量是保障河流生态环境功能不受破坏的最基本条件,该流量即为生态基流^[1]。河流基本生态功能主要包括防止河道断流发生、避免河道内水生生物群落受到毁灭性的破坏等,生态基流是能够维持河流基本生态功能和河道基本形态的最小流量^[2]。一旦河流生态基流得不到满足,通常会造成一系列严重的后果,诸如河道水体自净能力下降,水体污染物环境容量减小,水土流失严重,水生生物栖息遭到严重破坏等^[2]。因此,生态基流研究是合理配置水

资源、实现水资源可持续发展利用的基础,对维持河流基本生态功能稳定、河流健康具有重要意义。

国外自 1940 年开始对河流生态基流进行研究。经过多年的研究分析,目前已经形成了一些较为常用、相对成熟的计算方法。生态基流计算方法基本可以分为 4 大类^[1,3-4]:①水文学法(也被称之为历史流量法),代表方法有 Tennant 法、Texas 法、7Q10 法等,其中以 Tennant 法最为典型;②水力学法,是通过联系河道的水利几何学参数与河道流量的变化求解生态基流的方法,代表方法有湿周法、R2Cross 法等,其中湿周法应用最为广泛;③栖息地法,代表方法包括 IFIM,即河道内流量增量法和 CSMIR 法等;④整体分析法,代表方法包括目前已在南非广泛

收稿日期:2014-06-19; 修回日期:2014-09-04

基金项目:国家科技重大专项(2012ZX07506-002)

作者简介:韦雨婷(1991-),女,江苏镇江人,硕士研究生,主要从事水资源规划与保护研究。

3.3 年型划分方法

本文采用距平百分率法^[1,11]进行丰、平、枯水年的划分,距平百分率的计算公式为:

$$E = \frac{Q_i - Q_a}{Q_a} \times 100\%$$

式中: E 为断面的距平百分比,%; Q_i 为断面第 i 年平均径流量, m^3/s ; Q_a 为断面多年平均径流量, m^3/s 。

距平百分率划分标准见表 1。

表 1 丰、平、枯水年划分标准

年型	丰水年	平水年	枯水年
距平百分率 E	$E > 20\%$	$20\% \geq E > -20\%$	$E \leq -20\%$

4 生态基流计算结果与分析

4.1 生态基流计算结果

本文采用上述 5 种水文学生态基流计算方法对清河干流进行生态基流计算。清河干流上下游两水文测站生态基流的具体计算结果见表 2 和表 3。

表 2 八棵树站生态基流计算结果

方法	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
Tennant 法	0.04	0.06	0.26	0.35	0.32	0.36	2.71	3.42	0.73	0.36	0.24	0.10
90% 最枯月	0.71	1.03	5.70	3.17	0.63	0.98	0.41	2.74	4.62	2.00	1.20	0.57
最枯月	0.19	0.15	1.01	0.18	0.08	0.09	0.58	2.88	2.41	1.71	0.83	0.47
NGPRP 法	0.59	0.67	2.11	3.69	2.90	6.65	9.95	32.80	5.79	3.88	3.18	1.11
Texas 法	0.12	0.13	0.42	0.74	0.58	1.33	1.99	6.56	1.16	0.78	0.64	0.22

m^3/s

表 3 开原站生态基流计算结果

方法	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
Tennant 法	0.20	0.18	0.42	0.40	6.57	2.75	4.74	5.37	1.17	0.63	0.39	0.25
90% 最枯月	1.25	1.19	1.27	0.97	12.2	1.64	17.50	23.10	5.30	5.31	4.49	2.39
最枯月	1.25	1.19	1.27	0.97	9.07	1.64	2.11	1.60	2.74	2.78	2.28	0.45
NGPRP 法	2.09	1.81	3.05	9.43	120.00	19.00	9.86	11.40	4.88	3.40	3.60	2.51
Texas 法	0.42	0.36	0.61	1.89	24.00	3.80	1.97	2.28	0.98	0.68	0.72	0.50

m^3/s

由八棵树站和开原站的生态基流过程线(图 2、图 3)可以看出,NGPRP 法计算的生态基流量值在 5-8 月份(八棵树站)、5 月份(开原站)明显高于其他方法的计算结果值,且计算结果与其他方法相差较大。

非汛期变化。但是,根据清河流域的气候特征,流域内暴雨多发生在 7、8 月份,因此,流域内最大流量也应该相应地出现在这一时期。由图 2 可知,最枯月流量法、Texas 法计算结果的最大值出现在 8 月份,但 7 月份的计算结果较小,不能很好的反映汛期径流的变化。Tennant 法在 7、8 月份的计算结果明显高于其它月份,符合汛期径流变化特征,且 Tennant 法生态基流计算结果普遍较其它计算方法结果值较小,符合生态基流是满足生态功能需水最小水量的要求。因此,Tennant 法更具合理性。

根据辽宁省省直水库农业供水方案,清河水库每年 5 月份开闸放水,为下游水田补水。从开原站生态基流过程线(图 3)可以看出,5 种水文学方法计算结果在 5 月份均有明显的峰值。Tennant 法、90% 最枯月平均流量法相比于最枯月流量法和 Texas 法而言,均能反映出 7、8 月份明显的汛期变化情况,考虑到生态基流是满足生态功能需求的最小流量的要求,而 Tennant 法计算结果小于 90% 最枯月

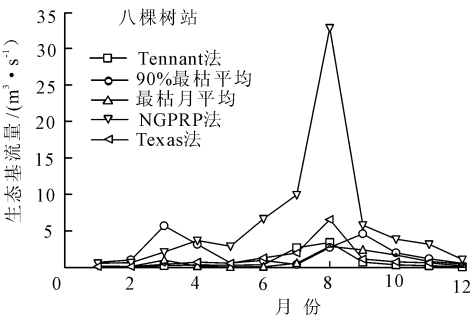


图 2 八棵树站生态基流过程线

从八棵树站生态基流过程线(图 2)可以看出,90% 保证率最枯月平均流量法的计算结果不能反映明显的汛期、非汛期变化;而 Tennant 法、最枯月流量法、Texas 法计算结果均能明显地反映清河汛期和

平均流量法计算结果,所以 Tennant 法更具合理性。

通过 5 种水文学方法生态基流计算结果的对比分析,发现 Tennant 法能更好的反映清河水文变化情况,生态基流计算结果较为合理。根据 Tennant 法的计算结果,八棵树站、开原站平均生态基流量分别为 0.75、1.92 m³/s。

4.2 不同水平年生态基流计算结果

生态基流不仅需要反映径流的季节性变化,还应该体现不同水平年河道需水的变化情况^[9]。因此,本文根据 1988 - 2009 年清河干流水文实测资料,按年型划分方法对清河进行不同水平年的划分,采用 Tennant 法分别计算清河丰、平、枯不同水平年

的生态基流量,并与多年平均流量的 Tennant 法计算结果进行对比分析,不同水平年生态基流计算结果见表 4 和表 5。

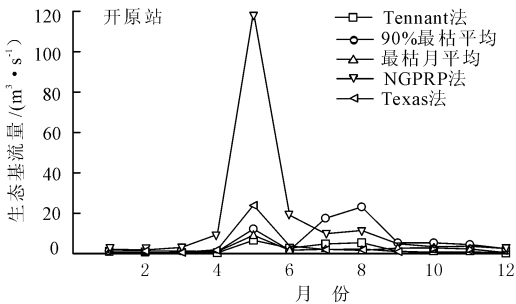


图3 开原站生态基流过程线

表 4 八棵树站不同水平年 Tennant 法生态基流计算结果 m³/s

方法	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
Tennant	0.04	0.06	0.26	0.35	0.32	0.36	2.71	3.42	0.73	0.36	0.24	0.10
丰水年	0.05	0.05	0.32	0.49	0.58	0.50	6.46	6.59	0.93	0.43	0.30	0.13
平水年	0.04	0.05	0.24	0.29	0.27	0.40	2.00	4.40	0.74	0.40	0.31	0.12
枯水年	0.03	0.04	0.19	0.19	0.15	0.25	0.89	0.94	0.61	0.29	0.17	0.08

表 5 开原站不同水平年 Tennant 法生态基流计算结果 m³/s

方法	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
Tennant	0.20	0.18	0.42	0.40	6.57	2.75	4.74	5.37	1.17	0.63	0.39	0.25
丰水年	0.22	0.20	0.24	0.46	6.60	4.76	11.95	13.97	2.35	0.92	0.45	0.28
平水年	0.20	0.19	0.68	0.60	10.06	2.90	3.58	2.29	0.73	0.52	0.39	0.28
枯水年	0.18	0.17	0.37	0.25	4.46	1.46	1.12	2.05	0.74	0.53	0.36	0.22

从表 4 和表 5 可以看出,八棵树站丰、平、枯水平年平均生态基流量分别为 1.40、0.77、0.32 m³/s,开原站丰、平、枯水平年平均生态基流量分别为 3.53、1.87、0.99 m³/s,开原站相应水平年基流量值均大于上游八棵树站,计算结果合理。

以八棵树站为例,根据八棵树站不同水平年生态基流过程线(图 4)所示,丰水年、平水年、枯水年 Tennant 法生态基流量值依次减小,不同水平年的生态基流量在 7、8 月份的值明显大于其它月份的值,汛期非汛期变化明显,符合清河实际情况。

4.3 生态基流满足程度分析

根据 Tennant 法生态基流的计算结果,通过与清河实际径流的对比分析,以验证清河的实际径流能否满足生态需水的要求,这是河流健康评价的基础^[9]。

八棵树站位于清河干流上游,实际径流量小于下游开原站,由于生态基流是满足生态功能需求的最小流量,考虑“最不利”条件,本文以八棵树站为重点研究对象,选取 2005(丰水年)、2008(平水年)、2009(枯水年)河道的实际径流量与生态基流量计算值进行对比分析,判断清河生态基流的满足程度。清河实际径流与生态基流的对比情况见图 5。

由图 5 可以看出,丰水年清河实际径流基本能满足生态基流的要求,但随着年型由丰水年变为平水年、枯水年,生态基流的满足程度也逐渐减小,平水年的 6 月份、枯水年的 4、5 和 7 月份河道实际径流均不能满足生态基流的要求。导致清河生态基流无法得到满足的原因主要是平水年、枯水年降水量

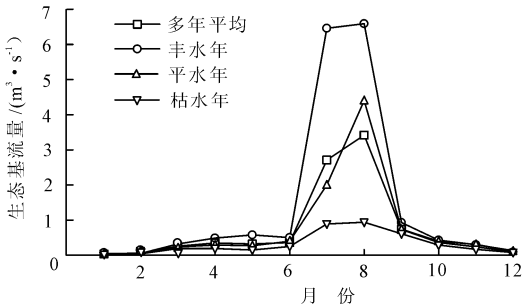


图 4 不同水平年八棵树站生态基流过程线(Tennant 法)

减少,沿岸农业灌溉需水以及居民用水又主要取自到满足。
于清河干流,供不应求,使得清河干流生态基流得不

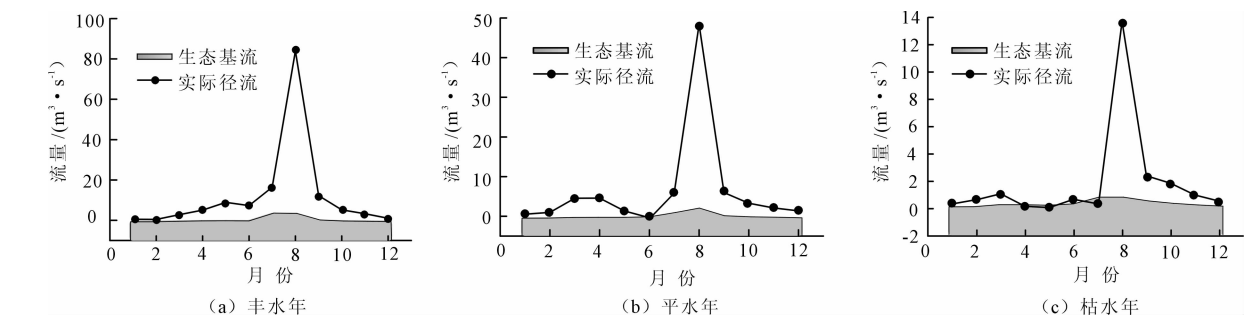


图5 八棵树站不同水平年实际径流与生态基流对比图

5 结 语

(1)通过 Tennant 法、90% 保证率最枯月平均流量法、最枯月流量法、NGPRP 法、Texas 法这 5 种水文学方法对清河干流生态基流进行了计算,根据计算结果的对比分析,Tennant 法相比于其他水文学方法更适合用于清河干流生态基流计算。根据 Tennant 法的计算结果,八棵树站、开原站平均生态基流量分别为 0.75、1.92 m³/s。

(2)采用 Tennant 法对清河不同水平年生态基流进行了计算,并与近年来不同水平年的实际径流进行了对比,以判断清河近年来生态基流的满足程度。分析发现,丰水年清河的生态基流基本能得到满足,但在平水年、枯水年,清河生态基流的满足程度逐渐下降,平水年、枯水年内均有某月份的径流量满足不了清河河道生态基流的要求。

参考文献:

[1] 吴喜军,李怀恩,董颖,等. 基于基流比例法的渭河生态基流计算[J]. 农业工程学报,2011,27(10):154-159.

[2] 孟慧颖. 河流生态基流的计算方法及其适用性分析[J]. 科技传播,2013(9):127+135.

[3] 钟华平,刘恒,耿雷华,等. 河道内生态需水估算方法及其评述[J]. 水科学进展,2006,17(3):430-434.

[4] Neubauer C P, Hall G B, Lowe E F, et al. Minimum flows and levels method of the St Johns River water management district, Florida, USA [J]. Environmental Management, 2008,42(6):1101-1114.

[5] 张丽,李丽娟,梁丽乔,等. 流域生态需水的理论及计算研究进展[J]. 农业工程学报,2008,24(7):307-312.

[6] 杨志峰,张远. 河道生态环境需水研究方法比较[J]. 水动力学研究与进展(A辑),2003,18(3):294-301.

[7] 刘秀华,宋君,张志会,等. 清河水库汛期分期研究[J]. 水利水电技术,1999,30(S1):60-61.

[8] 赵蕊. 清河河道频繁水毁原因分析及治理意见[J]. 内蒙古水利,2009(5):137-138.

[9] 于松延,徐宗学,武玮. 基于多种水文学方法估算渭河关中段生态基流[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2013,49(2):175-179.

[10] 赵洪波. 铁岭市清河流域环境质量现状及治理对策[J]. 环境科学与管理,2012,37(10):52-55+75.

[11] 温川,殷战阳. 格尔木河格尔木站年径流特征及丰平枯水年划分[J]. 科技信息,2011(13):447+450.

[12] 陈素艳. 清河水源涵养生态功能保护区规划研究[J]. 环境保护与循环经济,2008,28(4):48-51.

[13] Peter H G. Water in crisis: paths to sustainable water use [J]. Ecological Applications, 1998,8(3):571-579.

[14] 周洋,周孝德,张新华. 渭河宝鸡段生态基流保障研究[J]. 水力发电学报,2012,31(5):56-62.