

河道内生态环境补水量分析及整合计算研究

贺 涛^{1,2},杨志峰¹,崔保山¹

(1. 北京师范大学环境学院水环境模拟国家重点实验室,水沙科学教育部重点实验室,北京 100875;

2. 国家环境保护总局华南环境科学研究所,广州 510655)

摘 要:生态环境需水研究的重要价值之一在于为实际生态环境补水提供依据,而河道内生态环境补水则更引人关注。与生态环境需水类似,河道内生态补水也存在兼容问题,需要进行整合计算。将河道内生态环境补水整合计算分为两个部分,其一是横向类型生态系统之间,其二存在于纵向河道上下游之间。根据水的流动性原理和水量平衡方法提出了河道内生态环境补水整合计算方法,将其应用于海滦河流域北四河下游地区,结果表明该地区多年平均状况下河道内生态环境补水量约为 10 亿 m^3 ,从而为流域机构对生态环境进行有效合理地补水提供了重要支持。

关键词:河道内;生态环境补水量;整合计算

中图分类号:X171.1;P343.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)01-0148-03

The Research of Conformity Calculation for Instream Ecological and Environmental Water Supplement

HE Tao^{1,2}, YANG Zhi-feng¹, CUI Bao-shan¹

(1. College of Environmental Sciences, Beijing Normal University, State Key Laboratory of Water Environmental Simulation, State key laboratory of Water and Sediment Sciences, Ministry of Education, Beijing 100875, China;

2. South China Institute of Environmental Sciences, Guangzhou 510655, China)

Abstract: The value of researching for ecological and environmental water requirement is to rest on practical ecological and environmental water supplement, which focuses on the field about instream. Meanwhile, the problem of conformity of ecological and environmental water supplement exists in the research, therefore it is necessary to carry out conformity calculation. The problem is divided into two parts: one lies in the different ecosystem, and the other about between the upper and lower part of a river. According to the principle of water mobility and water balance, the methods of in-river ecological and environmental water supplement conformity calculation is provided. After applying in the region of lower part of the North Four rivers which belong to Haihe River basin, it can draw a conclusion that the total ecological and environmental water supplement is about 1 billion m^3 on the average condition, which provides important support for the administration to supply with ecological and environmental water effectively and reasonably.

Key words: instream; ecological and environmental water supplement; conformity calculation

1 引 言

水资源的过度开发利用使得人类对生态环境的干扰程度超过了生态环境承载力,出现了严重的生态环境问题,包括土地退化,生物多样性减少,河道断流和地下水位下降等诸多问题。在这种情况下,水资源管理模式应该强调水资源、生态系统和人类社会的相互协调,重视生态环境和水资源的内在关系,并将此作为水资源管理的基础^[1]。在生态环境建设规划中,要将生态环境需水放在突出的位置,在实际操作中进行生态环境补水非常重要^[2]。

生态环境系统一方面是由不同的生态系统类型组成,另

外一方面生态系统本身具有不同的组成结构和功能特性,同时对于河道来说还存在上下游之间的相关性^[3]。因而生态环境补水与生态环境需水一样需要进行整合计算^[4]。同时,由于生态环境补水不仅需要考虑需水要求,而且还需要考虑补水和河道结构特征,因而其与生态环境需水整合计算又有差异。

河道内生态环境补水量存在重复(兼容)计算问题的根源是水资源的流动性。对于某一特定的区域,其生态环境补水量是固有的,而由于水资源的流动性形成的可重复使用性,使得不同分段之间的生态环境补水量存在兼容,合理安排生态用水,让水资源发挥最大的生态环境功能,是生态缺

* 收稿日期:2006-03-03

基金项目:国家自然科学基金重点项目(50239020);国家自然科学基金项目(40571149)

作者简介:贺 涛(1980-),男,江西永新人,博士,主要从事生态需水与用水方面的研究。

水地区生态环境建设的重要基础^[5]。本文将对河道内生态环境补水量的兼容进行整合计算,主要包括两个部分:一是河道内横向类型生态环境系统之间的整合计算;二是纵向河道上下游之间的整合计算。

2 计算方法

2.1 类型生态系统之间的整合计算

河道内存在的类型生态系统主要有河道、湖泊、湿地和河口。而其中需要进行生态环境补水重复整合计算的部分包括以下方面:一是河道与湖泊(湿地)之间的整合;二是河道与河口之间的整合。由于河道内湖泊、湿地与河道之间整合关系相同,故不分别讨论。同时,河口、湖泊、湿地之间一般不存在重复计算需要整合的问题。

(1)河道与湖泊(湿地)的整合计算。在河道内,河道水量的多少将直接影响到湖泊(湿地)的蓄水量,因此,河道与湖泊(湿地)的生态环境补水整合计算可以通过水量平衡的方法进行解决。在缺水地区,水量是需要补给的,因此主要考虑缺水地区。假设湖泊(湿地)的初始水量是小于生态环境需水量。

这里主要计算湖泊(湿地)的补水量,而河道补水量的计算可以参照河道纵向上下游整合的计算方法。参看图 1:

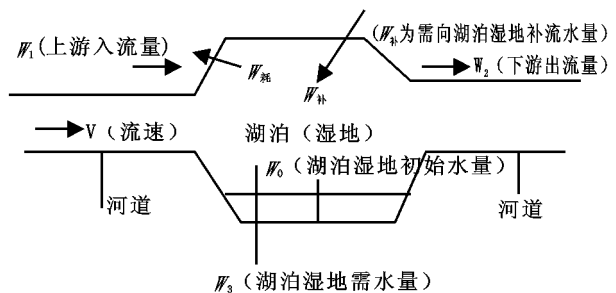


图 1 河道与湖泊(湿地)生态环境补水量整合计算
其中:W₀——湖泊(湿地)初始水量;W₁、W₂——进入和流出湖泊(湿地)的水量;W₃——湖泊(湿地)生态环境需水量;W_耗——湖泊(湿地)由于蒸发、渗漏等原因的耗水量;W_补——湖泊(湿地)的生态环境补水量。这里 W₃ 中如果包含了 W_耗,则在式(1)中不需要加上 W_耗 一项。

由湖泊(湿地)水量平衡方程,可得

将流域内所有的 W_补 相加,即为湖泊(湿地)生态环境补水总量。如果此湖泊(湿地)较小,则可以看作河道的一部分,按照河道上下游整合方法进行生态环境补水量的计算。

(2)河道与河口整合计算。由于河道的入海水量、输沙水量与河口的冲淤保港水量、防潮压碱水量存在着兼容,因而需要进行河道与河口之间的生态环境补水整合计算。设各河道入海水量、输沙水量总和为 W_A,河口中的冲淤保港需水量、防潮压碱需水量总和为 W₄,则河口生态环境补水量 W_{河口}有:

若 W_A ≥ W₄,则 W_{河口} = 0;若 W_A < W₄,则 W_{河口} = W₄ - W_A。

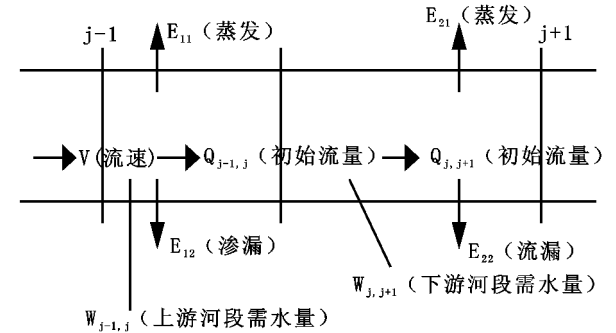
2.2 河道上下游生态环境补水量整合计算

(1)计算方法的最大值原则。由于河道内的水一直是流动的,因此河道内的水可以重复使用(共享),这就使需要向河道内补充的水量不是简单的分段相加。对于各项具有兼容性的生态环境补水量的计算,采用最大值原则,即比较相互兼容的各项补水量,以最大值为最终的河道生态环境补水量。

(2)计算方法。河道总需补充水量是在各河段生态环境补水量计算基础上,分月取外包并将各月的外包值相加就得出多年平均状况下的河道总补水量。计算方法如下:

j-1,j 河段需补充水量为:

$$W_{i,j} = W_{j-1,j} - Q_{j-1,j} + (E_{11} + E_{12})_{j-1,j} \quad (2a)$$



j 为某一具体河段,Q_{j-1,j}代表 j-1~j 段之间河道初始水量(流量),Q_{j,j+1}代表 j~j+1 段之间河道初始水量(流量),其余各项含义均在图 2 中标示。

图 2 河道生态环境补水量整合计算

j,j+1 河段需补充水量为:

$$W_{i,j+1} = W_{j,j+1} - Q_{j,j+1} + (E_{21} + E_{22})_{j,j+1} \quad (2b)$$

由水流的连续性和最大值原则(分支河道汇入之后再行计算)可得

$$W_{河道} = \max_{i=1}^n (W_{i,j}) \quad (3)$$

式中:W_{i,j}——j 段 i 月河道生态环境补水量,i=1,2,...,12;W_{河道}——河道最终的生态环境补水量整合计算值。如果河段上游补水量小于下游,则补水从下游开始。

(3)河道内生态环境补水量整合计算。通过类型生态系统和河道上下游的整合,则最终需要向河道内补充的水量为:

$$W_{总} = W_{河道} + W_{湖泊(湿地)} + W_{河口} \quad (4)$$

这里 W_{湖泊(湿地)} = W_补,W_总 为河道内生态环境总补水量。从而水利及相关部门可以通过上述需要提供的水量进行规划和管理。

3 实例分析

通过以上分析,选取海滦河流域北四河下游平原为实例进行生态环境补水量的整合计算。北四河下游平原由潮白河及潮白新河(苏庄—宁车站)、北运河(通县—屈家店)、永定河及永定新河(卢沟桥—海口)以及大黄浦洼、黄庄洼、七里海等湿地组成,由海口入海^[6]。北四河下游平原水系示意图如下所示(图 3)。

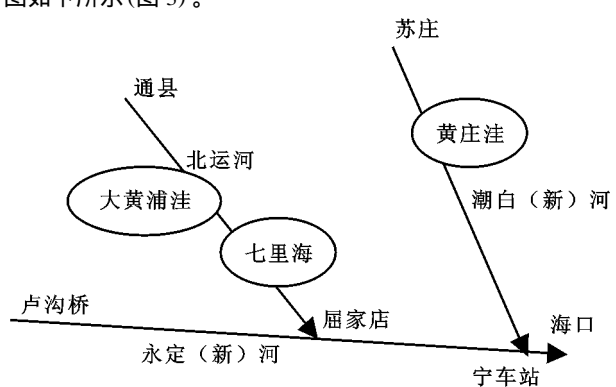


图 3 北四河下游平原水系示意图
依据生态环境需水量计算方法^[1,7]进行计算其生态环境

需水量,在此基础上,根据以上计算方法,对北四河下游平原多年平均状况背景下,利用公式(1)~(4)计算其生态环境补水量。对于河道而言,生态环境现状水量也即河道流量扣除生产和生活用水的部分,河道入流量则包括在这部分之内。

首先,计算潮白(新)河生态环境补水量。从图3中可以将潮白(新)河分成3个部分,即

苏庄—黄庄洼河段、黄庄洼湿地、黄庄洼—宁车沽河段,其生态环境补水量计算包括河道上下游和河道与湿地之间的整合。

(1)对于苏庄—黄庄洼河段。现状水量为 $Q = 1.65$ 亿 m^3 ,生态环境耗水量 $E = 0.21$ 亿 m^3 ,生态环境需水量 $W = 2.39$ 亿 m^3 ,则需要补充生态环境水量为 $W_{补1} = W + E - Q = 0.95$ 亿 m^3 。

(2)对于黄庄洼湿地。现状水量为 $W_0 = 0.11$ 亿 m^3 ,生态环境耗水量为 $W_{耗} = 0.64$ 亿 m^3 ,不包含 $W_{耗}$ 的生态环境需水量(主要指非消耗型需水量) $W_3 = 0.48$ 亿 m^3 ,则若河道只对黄庄洼进行非消耗型水量的补给,需另外向黄庄洼湿地补给水量 $W_{补2} = 0.64$ 亿 m^3 。此时,由上游河道进入的水量为 W ,即上游河道生态环境需水量,补给湿地一部分(0.37 亿 m^3)之后,向黄庄洼—宁车沽河道输出的水量为 $W_2 = W - 0.37 = 2.02$ 亿 m^3 。

(3)对于黄庄洼—宁车沽河段。与上游苏庄—黄庄洼河段分析类似,现状水量(黄庄洼出流)为 2.02 亿 m^3 ,生态环境耗水量为 0.80 亿 m^3 ,生态环境需水量仍然为 2.39 亿 m^3 ,故需补水 $W_{补3} = 1.17$ 亿 m^3 。在保证了一个河段及黄庄洼的生态环境需水之后,从宁车沽进入永定(新)河水量为 2.39 亿 m^3 。

依据公式(4),对于潮白河水系,总共的生态环境补水量为

参考文献:

- [1] 杨志峰,崔保山,刘静玲,等.生态环境需水量理论、方法与实践[M].北京:科学出版社,2003.
- [2] 吴洁珍,王莉红,王卫军,等.生态环境建设规划中引入生态环境需水的探讨[J].水土保持研究,2005,12(1):59-62.
- [3] 张远.黄河坡高地与河道生态环境需水规律研究[D].北京师范大学,2003.
- [4] 刘静玲,杨志峰,肖芳,等.河流生态基流量整合计算模型[J].环境科学学报,2005,25(4):436-441.
- [5] 蒋得江,王答相.合理安排生态用水是搞好西北生态环境建设的关键[J].水土保持研究,2002,9(4):12-15.
- [6] 水利部海河水利委员会.海河流域水资源及其开发利用调查评价简要报告[R].2005.
- [7] Tenant, D L. Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation, and related environmental resources [A]. In Orshorn, J F, and Allman, C H (eds). Proceedings of Symposium and Specility Conference on Instream Flow Needs [C]. Bethesda: American Fisheries Society, Maryland, 1976. 359-373.
- [8] 郑红星,刘昌明,丰华丽.生态需水的理论内涵探讨[J].水科学进展,2004,15(5):626-633.

(上接第 147 页)

参考文献:

- [1] 王宝贞,王琳.水污染治理新技术、新工艺、新概念、新理论[M].北京:科学出版社,2004.200-253.
- [2] 张虎成,田卫.人工湿地生态系统污水净化研究进展[J].环境污染治理技术与设备,2004,5(1):11-15.
- [3] 张懿.城市垃圾填埋场渗滤液的处理技术综述[J].重庆环境科学,2000,22(5):63-66.
- [4] 赵家荣,秦八一.水生观赏植物[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [5] 傅伟军,唐亚.植物在人工湿地中的作用及物种选择[J].四川环境,2005,24(6):45-49.
- [6] 牛晓君.我国人工湿地植物系统的研究进展[J].四川环境,2005,24(5):45-47.
- [7] 齐玉梅,高伟生.凤眼莲净化水质及其后处理工艺探讨.环境科学进展,1999,(4):136-140.
- [8] 高吉喜,叶春,等.水生植物对污染源污水净化效率研究[J].中国环境科学,1997,17(3):247-251.
- [9] 赵建刚,杨琼,陈章和,等.几种湿地植物根系生物量研究[J].中国环境科学,2003,23(3):290-294.
- [10] 成水平,况琪军,等.香蒲、灯心草人工湿地的研究[J].湖泊科学,1997,9(4):351-356.
- [11] 程理民,吴江,等.运筹学模型与方法教程[M].北京:清华大学出版社,1999.246-25.

$$W_{总1} = W_{补1} + W_{补2} + W_{补3} = 2.76 \text{ 亿 } m^3 \quad (5)$$

同样地,通过逐段分析可计算北运河生态环境补水量 $W_{总2} = 3.37$ 亿 m^3 ,从屈家店进入永定河的水量为 2.46 亿 m^3 ;永定河入海河口之前的生态环境补水量为 $W_{总3} = 3.84$ 亿 m^3 ,从永定新河入海的水量为 7.08 亿 m^3 。而从北四河下游平原进入河口生态环境需水量需要 6.6 亿 m^3 ,故而可以得到满足。因此,北四河下游平原生态环境补水总量为通过对北四河下游平原生态环境补水总量的精细分析,依此类推可以计算多年平均状况下海滦河流域总的生态环境补水量,这为流域管理机构进行合理有效调水提供了依据。

$$W_{总1} = W_{补1} + W_{补2} + W_{补3} = 9.97 \text{ 亿 } m^3 \quad (6)$$

4 结 论

我国河道生态环境需水与用水研究正处于实施阶段,需要建立一套符合我国国情的有效生态环境用水分配体制^[8]。因而对于类型生态系统和河道上下游生态环境补水量的兼容整合计算不仅关系到计算的准确性,而且也是实践过程中进行生态输水和补水的重要依据。本文通过对河道内生态环境补水量的兼容整合计算研究,利用水量平衡原理,并基于最大值原则,提出了不同整合方式下的生态环境补水量计算方法,并对还滦河流域北四河下游地区的生态环境补水量进行了分析和整合计算。

分析结果表明,通过不同河道之间,河道纵向上下游以及横向河道与湿地、河口的逐次整合,该地区多年平均状况下生态环境补水量大约为 10 亿 m^3 ,这为海滦河流域规划与管理政策的实施提供了有力依据。值得一提的是,当无法达到 10 亿 m^3 的补充水量时,生态环境系统会向何种趋势演化以及该如何进行调控须是一个研究的方向。