

## 河北省现有自然湿地生态环境需水量研究

侯春良<sup>1</sup>, 张义文<sup>2</sup>

(1. 燕山大学 信息科学与工程学院, 河北 秦皇岛 066004; 2. 河北师范大学 资源与环境科学学院, 石家庄 050016)

**摘要:** 简单介绍了湿地生态环境需水量的概念及其特点, 详细分析了目前常用的关于湿地基本生态环境需水量的计算方法, 经过优缺点对比, 选取了适当的生态环境需水量计算方法和自然湿地生态用水需求预测参数, 并对河北省现有自然湿地逐一进行了近期、中期和远期的生态环境需水量测算。测算结果对今后河北省湿地水资源节约, 水资源利用率提高, 河流污染控制, 生态环境改善具有重要的理论意义和实用价值。

**关键词:** 河北省; 湿地; 生态环境; 需水量

**中图分类号:** X171.4; P333

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2007)05-0309-03

## Research on Eco-environmental Water Requirement of Hebei Wetland

HOU Chun-liang<sup>1</sup>, ZHANG Yi-wen<sup>2</sup>

(1. College of Information Science and Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao Hebei 066004, China;

2. College of Resource and Environment Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China)

**Abstract:** The authors simply discussed the concept and its characteristics of wetland eco-environmental water requirement. It analyzed the eco-environmental water requirement on water balance method. In contrast, appropriate method is chosen to calculate eco-environmental water requirement. Then the authors tested eco-environmental water requirement on short, middle and long time in Hebei. Its consequence has important significance on saving water, improving water exploitation, controlling pollution and ameliorating eco-environment.

**Key words:** Hebei; wetland; eco-environment; water requirements

湿地是自然界最富有生物多样性的生态景观和人类最重要的生存环境之一<sup>[1]</sup>, 具有稳定环境、物种基因保护、资源利用功能, 被誉为“地球之肾”、生物基因库和“人类摇篮”<sup>[2]</sup>。随着社会经济的发展, 人口的大量增加, 人类活动对自然环境的影响越来越深刻, 湿地被大量的围垦, 使湿地的生态功能逐渐降低, 造成了湿地生态环境的恶化。湿地敏感因子—水成为湿地生态环境恶化的最主要因素<sup>[3]</sup>。长期以来, 人们只注重其生产用水和生活用水, 忽略了生态环境用水, 这种不合理开发与消耗, 使水资源逐渐丧失了其生态功能, 导致了严重的生态环境问题<sup>[4,5]</sup>, 使湿地生态环境持续恶化。为了充分地利用和保护湿地及其生物多样性, 发挥湿地的生态功能, 恢复和重建生态环境, 实现区域的可持续发展, 对湿地生态环境需水量的计算与合理配置的新方法、新途径的研究是非常重要的, 同时, 也为研究区域的生态环境整体需水奠定坚实的基础。

### 1 湿地生态环境需水量的概念

生态环境需水量指为基本遏制生态环境恶化趋势, 并逐步改善生态环境质量所需的水量<sup>[6-8]</sup>。湿地生态环境需水量是一个整合的新概念, 按照生态环境需水量的基本特征和表现, 将其化分为生态需水量和环境需水量两部分<sup>[9-17]</sup>。

生态需水量是为解决生态问题所需的水量, 如保护水生生物、生态防护林等; 环境需水量是专门为解决环境问题所需的水量, 如污染、保护水生环境景观等。湿地生态需水量就广义而言, 指湿地维持自身发展过程和保护生物多样性所需水量; 狭义而言, 湿地生态需水量是指湿地每年用于生态消耗而需要补充的水量, 即补充湿地生态系统蒸散需要的水量。湿地环境需水量就广义而言, 是指湿地支持和保护自然生态系统与生态过程、支持和保护人类活动与生命财产以及改善环境而需要的水量; 狭义而言, 湿地环境需水量是指湿地每年用于环境消耗而需要补充的水量, 即补充湿地每年渗漏、防止盐水入侵及补充地下水漏斗、防止海岸线侵蚀及河口生态环境、净化污染物需要的水量。综合湿地生态需水量和湿地环境需水量, 湿地生态环境需水量就广义而言湿地为维持自身生存和发展以及发挥湿地应有的环境效益所需的水量; 狭义为补充湿地生态系统每年的消耗水量。

### 2 自然湿地生态用水需求预测方法

面对我国自然湿地不断干枯、萎缩和水质污染严重的湿地生态环境危机和由此造成的资源性缺水和水质性缺水的严重局面, 维持湿地的合理水位及其水体的自净能力已经成为淡水资源科学配置和永续利用的基本保证。但是如何确

收稿日期: 2006-12-14

基金项目: 河北省横向课题“河北省水资源总体规划”的子课题“河北省湿地水资源规划”

作者简介: 侯春良(1978—), 男, 河北保定人, 主要从事资源与环境信息系统研究。

定湿地合理的水位、保证湿地生态必需的水量和平衡水资源供需矛盾是湿地生态环境保护中亟待解决的问题。目前关于湿地的基本生态环境需水量的计算方法主要有以下几种。

### 2.1 水量平衡法

根据水量平衡原理,湿地的蓄水量由于入流和出流量不尽相同而不断变化。其水量平衡公式为:

$$V_x + V_B + V_i = V_z + V_s + V_o + V_q \pm \Delta V$$

式中:  $V_x$ ——计算时段内的湖面降水量;  $V_B$ ——计算时段内的进入湿地的地表径流量;  $V_s$ ——计算时段内进入湿地的地下径流量;  $V_z$ ——计算时段内的湖面蒸发量;  $V_s$ ——计算时段内出湿地的地表径流量;  $V_o$ ——计算时段内出湿地的地下径流量;  $V_q$ ——计算时段内工、农业及生活用水量;  $\Delta V$ ——计算时段内湿地的蓄水量变化。

根据此式,可以根据一段时间内湿地的输出水量与用于饮用水、工业和农业用水量,估算出可以用于维系湿地自身生态结构和功能的水量。

### 2.2 换水周期法

换水周期系指全部湖水交换更新一次所需的时间长短的一个理论概念,是判断某一湿地水资源能否持续利用和保持良好水质条件额度的一项重要指标,计算公式如下:

$$T = W/W_q \text{ 或 } T = W/Q$$

式中:  $T$ ——换水周期;  $W$ ——多年平均蓄水量;  $W_q$ ——多年平均出湖水量;  $Q$ ——多年平均出湖流量。

根据上式,计算出湖泊的换水周期,例如,白洋淀的换水周期为 6 371 d,湖泊生态环境需水量的公式如下:

$$\text{湖泊生态环境需水量} = W/T$$

湖泊最小生态环境需水量可以根据枯水期的出湖水量和湖泊换水周期来确定,这对于湖泊生态系统的科学管理是非常重要的,合理地控制出湖水量和出湖流速,将有利于湖泊生态系统及其下游生态系统的健康和恢复。

### 2.3 最小水位法

不同流域水位和水深与湖泊生态系统的面积与容积具有明显的相关性,湖泊生态系统各组成部分生长繁殖所必需的水位和水深不同,为实现不同的湖泊系统的生态环境功能所必需的水位和水深也不同。最小水位法是指综合维持湖泊生态系统各组成部分和满足湖泊主要生态环境功能的最小水位最大值与水面面积的乘积,来确定湖泊生态环境需水量。

$$W_{\min} = H_{\min} \times S$$

式中:  $W_{\min}$ ——湖泊最小生态环境需水量;  $H_{\min}$ ——维持湖泊生态系统各组成部分和满足湖泊主要生态环境功能的最小水位;  $S$ ——水面面积。

### 2.4 功能法

根据生态系统生态学的基本理论和湖泊生态系统的特点,从维持和保证湖泊生态系统正常的生态环境功能的角度,对湖泊最小生态环境需水量进行估算的计算方法。

当湖泊生态系统健康程度处在良好状态下,湖泊生态系统具有较强的生态功能(如能量平衡、食物网链、多样性、物质循环和自我调节)的同时,发挥较强的环境概念(调蓄洪水、提供水源、能源生产、环境净化、调节小气候、水产等资源生产、

航运、景观和娱乐)。根据湖泊生态系统生态环境功能划分为如下湖泊生态环境需水量类型:湖泊蒸散蓄水量、湖泊水生生物及其栖息地需水量、湖泊出湖地表径流需水量、湖泊出湖地下径流需水量、能源生产需水量、环境稀释蓄水量、航运蓄水量、湖泊防盐化需水量、景观保护与建设需水量和娱乐需水量。在计算时,根据做出的湖泊生态系统健康评价,进行受损程度及其主导因子分析,最后按照需水量类型确定用水量。

### 3 方法的选择

上述这几种计算方法,在计算过程中各有利弊,本文根据研究区域的实际情况,同时根据《全国水资源综合规划技术大纲》关于生态环境需水的预测要求:湖泊、湿地、城镇河湖补水等,以研究区域水面面积的水面蒸发量与降水量之差为其生态环境需水量。

表 1 河北省现有湿地生态环境需水量预测成果

序号	湿地名称	三级区	行政分区	水平年	目标/ km <sup>2</sup>	需水定额/ (万 m <sup>3</sup> · km <sup>-2</sup> )	需水量/ 亿 m <sup>3</sup>
1	白洋淀 湿地	淀西清北 淀西清南 大清北支 大清南支	保定市和 沧州市	2000	82.50	51.51	0.425
				2010	159.60	51.51	0.822
				2020	366.00	51.51	1.885
				2030	366.00	51.51	1.885
				2000	57.00	60.34	0.344
2	衡水湖 湿地	黑龙港平原 水资源区	衡水市	2010	78.50	60.34	0.474
				2020	99.40	60.34	0.600
				2030	141.30	60.34	0.853
				2000	30.00	68.88	0.207
3	南大港 湿地	运东平原 水资源区	沧州市	2010	68.00	68.88	0.468
				2020	98.00	68.88	0.675
				2030	128.00	68.88	0.882
				2000	96.40	13.74	0.132
4	滦河口 湿地	冀东 沿海平原 水资源区	唐山市和 秦皇岛市	2010	144.60	13.74	0.199
				2020	192.80	13.74	0.265
				2030	241.00	13.74	0.331
				2000	4.00	51.82	0.021
5	七里海 泻湖	冀东 沿海平原 水资源区	秦皇岛市	2010	6.00	51.82	0.031
				2020	10.00	51.82	0.052
				2030	10.00	51.82	0.052
				2000	35.04	13.10	0.046
6	唐海湿地	冀东 沿海平原 水资源区	唐山市	2010	54.07	13.10	0.071
				2020	110.64	13.10	0.145
				2030	110.64	13.10	0.145
				2000	28.00	54.88	0.154
7	滦河源 湿地	滦河山区 水资源区	张家口市和 承德市	2010	48.00	54.88	0.263
				2020	78.00	54.88	0.428
				2030	78.00	54.88	0.428
				2000	332.94	314.27	1.328
合 计				2010	558.77	314.27	2.328
				2020	954.84	314.27	4.050
				2030	1074.94	314.27	4.576

湖塘洼地生态环境需水量主要考虑为维持湖塘湿地特定的水、盐以及水生生态条件,湖塘洼地一年内消耗的水量,根据水量的平衡原理,在无取水的自然条件下,湖塘洼地的计算公式如下:

$$\Delta W_1 = P + R_i - R_o - E + \Delta W_g$$

式中:  $\Delta W_1$ ——湖塘洼地蓄水量的变化量(m<sup>3</sup>/a);  $P$ ——降水量(m<sup>3</sup>/a);  $R_i$ ——入湖水量(m<sup>3</sup>/a);  $R_o$ ——出湖水量(m<sup>3</sup>/a);  $E$ ——湖塘洼地水面蒸发量(m<sup>3</sup>/a);  $\Delta W_g$ ——地下水变化量。

为了维持湖塘湿地的生态环境功能,要求湖塘湿地需水

量不发生变化,即对于北方河流,由于水面蒸发量大于降雨量,因此在地下水位维持动态平衡的条件下,必须补充相当一部分的湖水量消耗于水面的蒸发,因此可以认为湖塘湿地的生态环境主要用以维持湖塘湿地水量平衡而消耗于水面蒸发的净水量,其计算公式为:

$$W_i = \sum A_i (E_i - P_i) \times 10^{-3}$$

式中:  $W_i$ ——湖塘湿地的生态环境需水量( $\text{m}^3/\text{a}$ );  $A_i$ ——湖塘湿地的水面面积( $\text{m}^2$ );  $E_i$ ——相应水面的蒸发量( $\text{mm}$ );  $P_i$ ——湖塘洼地的降水量( $\text{mm}$ )。

#### 4 参数选定

在湿地的生态环境需水量的计算中主要采用了3个参数,即不同规划时期的水面面积( $A$ )、多年平均水面蒸发量( $E$ )和多年平均降水量( $P$ ),现分述如下:

多年平均水面蒸发量( $E$ ),采用《河北省水资源评价》中提供的资料,由于不是所有的湿地都有蒸发量的观测站,因此在本次计算中采用的是距离各个湿地最近的观测站。另外,各蒸发站使用的仪器主要为 $\varphi 20$ 蒸发皿和E-601型蒸发器。根据国家标准,应该将不同的蒸发器折算为E-601型蒸发器所对应的观测量。

多年平均降水量( $P$ ),采用《河北省水资源评价》中提供的资料,由于是所有湿地都有降水量的观测站,因此在计算中采用的是距离各个湿地最近的降水观测站。多年平均降水量为1956~2000年共45a的平均值。同时采用等值线量算法和网络法计算出50%,75%保证率下的降水量。

不同规划时期的水面面积( $A$ )的确定,主要依据如下原则:①根据河北省已经建立或拟建立的湿地自然保护区恢复建设时段安排予以确定。如衡水湖现恢复建设东湖保护区,再逐步扩大到西湖自然保护区。②根据实际需要和可能的综合分析加以确定。例如,“华北明珠”白洋淀,由于水资源不足,近10a来,淀内有水的面积约为全淀面积的1/10,因此在对白洋淀进行湿地生态环境需水量计算时,采用了逐步恢复的原则,2000年水面面积为82.50  $\text{km}^2$ ,2010年159.60  $\text{km}^2$ ,2020年和2030年水面面积为366.00  $\text{km}^2$ 。

#### 5 预测结果及讨论

根据上述现有自然湿地生态需水预测方法和选定参数对河北省现有自然湿地逐一进行近期、中期和远期的生态环境需水量的测算。测算结果见表1。

(1)每一个湿地都不是一个完全独立的自然生态系统,而是一个开放的系统,并且有多种功能。湿地除了它的生态环境功能外,还有供给工业、生活、农业用水的功能,如果把这些因素考虑进去,湿地生态用水的计算将较为复杂,而且,本文研究主要考虑的是生态环境用水,因此,在计算中,没有考虑其他用水因素,所计算出的需水量为河北省自然湿地的理想生态环境需水量。

(2)在自然界的水循环中,地表水和地下水是相互转化的,在湿地中也不可避免,在本文研究中,假设在地下水位维持动态平衡的条件下,湿地的地表水与地下水的转化没有考虑在内,只是粗线条的进行湿地生态环境需水量的计算。

(3)自然湿地是一个由多种不同的建群种构成的复杂动植物生态系统,其间生存着各种不同种类的动植物群体,维系这个复杂的生态系统都需要消耗大量的水资源,理论上生态环境需水量应该包括这部分需水量,但由于缺乏系统的调查研究数据,《全国水资源综合规划技术大纲》对这部分需水量也不作要求,因此在测算中没有计算这部分需水量。

#### 参考文献:

- [1] 陈宜瑜. 中国湿地研究[M]. 长春:吉林科学技术出版社,1995.
- [2] 孙广友. 中国湿地科学的进展和展望[J]. 地球科学进展,2000,15(6):666—672.
- [3] 李兴春,林年丰,汤洁,等. 扎龙湿地生态环境需水量研究[J]. 吉林大学学报(理学版),2004,42(1):143—146.
- [4] 刘昌明. 二十一世纪中国水资源若干问题的讨论[J]. 水利水电技术,2002,33(1):15—19.
- [5] 王西尘,刘昌明,杨志峰. 生态及环境需水量研究进展与前瞻[J]. 水科学进展,2002,13(4):507—514.
- [6] 崔树彬. 关于生态环境需水量若干问题的探讨[J]. 中国水利,2001,(8):71—74.
- [7] Witting R. Urban development and the integration of mature reality: reality or fiction [A]. Breust J, et al. Urban Ecology[C]. Germany: Springer, 1998.
- [8] Ehrenfel J G. Evaluating wetlands within an urban context [J]. Urban Ecosystems, 2000, 4: 69—85.
- [9] 崔保山,杨志峰. 湿地生态环境需水量研究[J]. 环境科学学报,2002,229(2):213—217.
- [10] Gleick P H. The World's Water 2000—2001: The Bi-annual Report on Freshwater Resource [M]. Washington, DC: Island Press, 1998.
- [11] Gleick P H. The changing water paradigm: a look at twenty-first century water resource development [J]. Water International, 2000, 25(1): 127—138.
- [12] Whipple W, DuBois J D, Grigg N, et al. A proposed approach to coordination of water resource development and environmental regulation[J]. Journal of the American Water Resource Association, 1999, 35(4): 713—716.
- [13] Baird A J, Wilby R L. Eco-hydrology: Plant and Water in Terrestrial and Aquatic Environments [M]. London and New York: Routledge Press, 1999. 12—18.
- [14] 王根绪,钱鞠,程国栋. 生态水文学研究的现状与展望[J]. 地球科学进展,2001,16(3):314—323.
- [15] Schmitt T G. Water protection human being, a triangular relationship in changing times [J]. Applied Geography and Development, 1997, 49: 59—69.
- [16] 汤奇虎. 绿洲的发展与水资源的合理利用[J]. 干旱区资源与环境, 1995, 9(3): 107—112.
- [17] 贾宝全,慈龙骏. 新疆生态用水量的初步估算[J]. 生态学报, 2000, 20(2): 243—250.