

## 滹沱河岗黄段湿地生态需水量与水资源安全分析<sup>\*</sup>

赵旭阳, 韩晨霞, 王彦芹

(石家庄学院 资源与环境系, 石家庄 050035)

**摘要:** 通过数学模型确定了滹沱河岗黄段湿地的生态需水量及缺水量, 其最小生态需水量及缺水量分别为  $4.93 \text{ 亿 m}^3$ ,  $2.20 \text{ 亿 m}^3$ , 适宜生态需水量及缺水量分别为  $8.87 \sim 16.04 \text{ 亿 m}^3$ ,  $6.14 \sim 13.31 \text{ 亿 m}^3$ , 最大生态需水量及缺水量分别为  $38.96 \text{ 亿 m}^3$ ,  $36.23 \text{ 亿 m}^3$ 。同时分析了研究区水资源安全问题, 滹沱河湿地存在着水资源供需矛盾突出、水土流失与生态退化、水资源紧张与水污染、水资源利用率低与用水浪费和农村饮水安全等问题, 针对这些问题提出了相应的对策。

**关键词:** 滹沱河; 湿地; 生态需水量; 水资源安全

中图分类号: P331; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)06-0133-03

## Study on the Ecological Water Requirement and Analysis on Water Safety in the Hutuohe River Wetland

ZHAO Xu-yang, HAN Chen-xia, WANG Yan-qin

(Department of Resources & Environment, Shijiazhuang College, Shijiazhuang 050035, China)

**Abstract:** According to the mathematical model, ecological water requirement and water deficit of wetland in the Hutuohe River Wetland were computed. The results show that the least ecological water requirement and water deficit are  $4.93 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,  $2.20 \times 10^8 \text{ m}^3$  respectively, the proper ecological water requirement and water deficit are  $8.87 \times 10^8 \sim 16.04 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,  $6.14 \times 10^8 \sim 13.31 \times 10^8 \text{ m}^3$  respectively, and the most ecological water requirement and water deficit are  $38.96 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,  $36.23 \times 10^8 \text{ m}^3$  respectively. This paper also analyzed the issues on water safety in the study area. In the Hutuohe River Wetland there are some problems: obvious contradiction between the supply and demand of water resources, soil erosion and ecological degradation, shortage of water resources and water pollution, the low utilization rate of water resources with the waste of water and rural drinking water safety, the corresponding countermeasures are raised according to these issues.

**Key words:** Hutuo river; wetlands; ecological water requirements; water safety

水作为湿地生态系统中最活跃的因子, 在湿地生态系统中发挥着非常重要的作用, 是维系湿地生态系统健康和可持续发展的重要资源<sup>[1-2]</sup>。然而, 长期以来, 水资源的利用片面考虑工、农业和生活用水, 忽略了生态用水, 因此, 使水资源的可再生性受到威胁, 生态环境遭到破坏, 进而加重了水资源危机和生态环境的恶化, 对区域生态安全造成威胁。为缓解水资源危机和生态环境问题, 研究生态环境需水量与生态安全问题成为当前研究的热点<sup>[3]</sup>, 并受到地方政府的重视。

### 1 研究区概况

滹沱河岗黄段湿地地处河北省平山县岗黄段, 涉及平山县 10 个乡镇、灵寿县牛城乡、鹿泉市马山乡和黄壁庄镇以及井陉县东北部孙庄乡冶河下游段, 地理坐标为  $113^{\circ} 45' - 114^{\circ} 15' \text{ E}$ ,  $38^{\circ} 09' - 38^{\circ} 30' \text{ N}$ , 由岗南、黄壁庄两座大型水库以及滹沱河干流及其支流冶河下游所构成, 总面积  $25190 \text{ hm}^2$ 。研究区属暖温带半湿润半干旱大陆性季风气候区, 年平均气温  $12.7^{\circ}\text{C} \sim -1.4^{\circ}\text{C}$ , 年平均降水量  $577 \sim 690 \text{ mm}$ , 雨季集中在 7-8 月, 多雨时期, 河水涨满, 河漫滩普遍积水,

形成较多大面积的沼泽。湿地年径流量为  $11.63 \text{ 亿 m}^3$ , 受降水季节分配不均匀的影响, 径流的季节分配也不均匀。滹沱河湿地生境较为复杂, 生物多样性较为丰富, 有植物 126 科 552 种、鸟类 51 科 264 种、鱼类 30 种、浮游动物 4 科 26 种。湿地周围主要是草地以及附近乡镇部分村屯农民的耕地, 也有一些工矿企业, 这些工矿企业存在污染, 导致了水质恶化, 危害湿地生态环境和其中的动植物资源。湿地附近人口密度较大, 人类活动较频繁, 居民收入中等, 主要依靠种植业、渔业、副业及服务业等生存。

滹沱河岗黄段湿地不仅是石家庄市重要地表水源, 也是地下水的重要补给水源, 在调节城市(镇)气候、改善城市环境和防治旱涝灾害中发挥着十分重要的作用, 滹沱河岗黄段湿地还承担着石家庄市工农业生产和生活用水, 对维护石家庄市的可持续发展也具有重大意义。对滹沱河湿地生态系统需水量进行研究, 提出该地区最小、最适宜的生态需水量方案, 是解决生态环境恶化问题和保护这里生物多样性的关键, 同时可为政府部门对水资源的管理提供决策支持。

\* 收稿日期: 2008-03-03

基金项目: 河北省自然科学基金重点项目(D2005000537)

作者简介: 赵旭阳(1959-), 男, 河北井陉人, 教授, 主要研究方向生态环境与区域可持续发展。E-mail: log2008@163.com

2 滹沱河湿地生态需水量

2.1 需水类别及等级

为系统研究生态系统需水量, 首先根据生态系统的组成结构将其分成不同的需水类别, 然后根据类别各自需水量的特点和功能差异划分为三个级别: 最大需水量、适宜需水量和最小需水量(表 1)。最大和最小需水量为单值, 适宜需水量为范围值。最大需水量是系统可能承受的最大水量, 超过这一水量, 系统便会产生突变; 适宜需水量是系统存在所需的适宜水量, 此时系统处于较理想状态; 最小需水量是系统

维持自身发展所需的最低水量, 低于这一水量, 系统便会逐渐萎缩, 退化甚至消失。

2.2 湿地生态需水量数学模型

生态系统需水量模型为:  
$$Ek(t) = F(Wp(t) + Ws(t) + Wq(t) + Wb(t) + Wr(t)) =$$
$$AvEt m + ACHtAt + AtBtHt + AtKBtT + Wr(t)$$
$$Wr(t) = A_1Ew + A_2VT + A_1Ht$$
式中:  $Ek(t)$  ——生态系统需水量;  $Wp(t)$  ——植被需水量;  $Ws(t)$  ——土壤需水量;  $Wq(t)$  ——生物栖息地需水;  $Wb(t)$  ——补给地下水需水;  $Wr(t)$  ——河湖需水量。

表 1 生态系统需水量等级划分方法

需水类别		指标依据	最小	适宜	最大
湿地植被需水 <sup>[4]</sup>		蒸散量/mm	300	350~ 600	700
湿地土壤需水 <sup>[4]</sup>		持水量/%	25	35~ 55	80
生物栖息地需水 <sup>[4]</sup>		水面百分比/%	12. 5	20~ 55	100
		水深/m	0. 4	0. 6~ 1. 25	≥2. 0
补给地下水需水 <sup>[4]</sup>		水面百分比/%	12. 5	20~ 55	100
河湖需水	河湖水面蒸发需水 <sup>[5]</sup>	水面蒸发量比例/%	50	70~ 90	≥100
	河道基流需水 <sup>[4]</sup>	多年平均径流量百分比/%	10	20~ 60	100
	河湖自身需水 <sup>[4]</sup>	水面占河湖面积百分比/%	40	80~ 100	100

2.3 湿地生态需水量计算结果

本研究将滹沱河岗黄段湿地划分为岗南水库区、黄壁庄水库区、滹沱河岗南段干流区和冶河下游河段 4 个评价区来分别计算其生态需水量。这 4 个评价区以及整个研究区的最小、最适和最大生态需水量见表 2。在四个评价区中, 作为承担生产生活储水功能的岗南水库区是生态需水量最大的区域, 黄壁庄水库区、滹沱河岗南段干流区次之, 而滹沱河支流冶河下游河段生态需水量最小。两座水库能否储存适宜的水量, 关系到该区域及下游生态和生产用水安全。

表 2 滹沱河岗黄段湿地生态需水量 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

区 域	最小需水	适宜需水	最大需水
岗南水库区	206. 82	386. 18~ 542. 60	1510. 00
黄壁庄水库区	137. 43	240. 04~ 382. 69	1210. 00
岗黄段间	106. 46	183. 43~ 465. 98	809. 81
冶河区	42. 24	76. 85~ 212. 66	367. 10
总区域	492. 95	886. 50~ 1603. 93	3896. 91

3 滹沱河湿地水资源安全问题

3.1 水资源供需矛盾突出

根据调查, 该地区目前的现状供水量(地下水 0. 14 亿 m<sup>3</sup>, 河湖水库水 1. 83 亿 m<sup>3</sup>, 土壤水 0. 8 亿 m<sup>3</sup>) 只有 2. 73 亿 m<sup>3</sup><sup>[6-9]</sup>, 距最小需水量尚缺水 2. 20 亿 m<sup>3</sup>; 距适宜需水量标准尚缺水 6. 14~ 13. 31 亿 m<sup>3</sup>; 距最大需水量标准尚缺水 36. 23 亿 m<sup>3</sup>, 可见研究区生态系用水量极为短缺(表 3)。其中, 最小需水量只能够基本满足生态系统良性循环用水, 对于再承担工业用水、农业灌溉用水和生活用水, 则缺口较大, 若超量用水, 则对区域生态环境造成不良后果。值得注意的是, 今年开始岗南水库和黄壁庄水库还要承担向北京应急供水的任务, 使得水资源的亏缺越发严重。

3.2 水土流失与生态退化

滹沱河岗黄段湿地涉及平山、井陉、灵寿、赞皇、行唐、鹿

泉和井陉矿区六县一市一区, 岗南水库 20% 的水和黄壁庄水库 30% 的水来自该区, 岗黄水库既担负着北京、天津和石家庄的防洪保安, 又是石家庄市供水和下游 20 万 hm<sup>2</sup> 农田灌溉的主要水源。该区域局部有暴雨洪水造成水土流失与生态退化, 严重威胁该地区经济发展和社会安全。据不完全统计, 西部山区水土流失面积达 5 682. 5 km<sup>2</sup>, 占山区土地总面积的 67. 9%, 年土壤侵蚀量达 738. 3 万 t, 折合年流失土层 0. 7 mm。水土流失导致西部山区的九座大、中型水库已经淤积泥沙 5. 5 亿 m<sup>3</sup>, 占兴利库容的 20%。其中, 岗南、黄壁庄水库已淤积 3. 74 亿 m<sup>3</sup>, 河流、水库的严重淤积, 明显影响着水利工程和防洪工程的安全。

表 3 滹沱河湿地现状供水量与缺水量 亿 m<sup>3</sup>

	生态需水量	现状供水量	缺水量
最小	4. 93	2. 73	2. 20
适宜	8. 87~ 16. 04		6. 14~ 13. 31
最大	38. 96		36. 23

3.3 水资源紧张与水污染

石家庄市是全国缺水最严重的城市之一, 资源性缺水与水质性缺水并存。石家庄市大气降水量少, 年均降水 539. 2 mm, 且年内、年际降水不均匀, 其中 70% 以上的降水集中在 6~ 9 月, 径流集中排泄, 随城市排水系统流失, 到其他季节又无水可用, 雨水作为资源的利用率低。近几年石家庄市持续干旱少雨, 大气降水也由多年平均降水量 539. 2 mm 减少到 411. 3 mm, 减少了 24%。随着该地区社会经济的发展, 人口的不断增长, 对水资源的需求量越来越大, 滹沱河湿地作为石家庄极其珍贵的湿地资源, 目前面临着极其严重的缺水问题, 其主要表现为水资源过度开发并受到严重污染, 并且根据山西省规划, 滹沱河上游将修建水库, 届时进入平山县的水量将减少一半。

目前该区域生态系统面临的另一个问题是水量不断减少, 如岗南水库设计总库容 15 亿 m<sup>3</sup>, 自建库以来, 已淤积泥

沙 2.64 亿 m<sup>3</sup>, 岗南的蓄水量年均为 8 亿 m<sup>3</sup>, 因为持续干旱, 上游来水量的逐年减少以及下游急剧增长的工农业和城市生活用水, 现在却只剩下 2.5 亿 m<sup>3</sup>[2]。

据石家庄市环境检测中心检测数据, 该区域的水资源还存在点源和面源污染(表 2)。滹沱河水体污染类型表现为有机类污染及氮类污染。水污染加剧了水资源的危机, 黄壁庄水库上游井陘和矿区的工业和生活废水排入水库, 加上原来发展网箱养鱼造成库水水质超过了地表水环境三级标准, 其中总氮、总磷等富营养化指标严重超标, 直接威胁着城市水资源的使用, 增加了水处理的难度与成本。目前城市区污水排放量约为 23 866 万 m<sup>3</sup>/a, 现建成并投入正常运行的污水处理厂仅 1 座, 污水处理量 5 840 万 m<sup>3</sup>/a, 污水处理率仅为 24.5%。而周边各县(市)也仅建成良村开发区和晋州、鹿泉 3 座污水处理厂, 这就造成大量未经处理的污水直接排入河道, 河道变成排污的渠道, 水污染加剧了水资源的危机。

表 4 滹沱河干流水质污染程度评价结果

年份	有机类		重金属类		氮类	
	污染程度	平均污染指数	污染程度	平均污染指数	污染程度	平均污染指数
2001	严重	13.03	中度	1.02	严重	6.13
2002	严重	26.73	中度	0.62	严重	17.13
2003	严重	11.06	轻度	0.14	严重	18.56
2004	严重	7.38	轻度	0.15	严重	12.26
2005	严重	5.38	轻度	0.16	严重	8.21

3.4 水资源利用率低与用水浪费并存

水资源的严重短缺, 对经济发展、人民生活和生态环境带来了灾难性的后果, 大半个中国都处在水危机中。中国水资源虽不算丰富, 但如果合理开发和节约使用, 不致造成今天这种窘迫局面。可以说水资源的紧缺很大程度上是人为造成的, 其主要原因是低效率使用, 重点是农业的大水漫灌和工业生产中的低重复使用, 还有产业结构不合理, 在水资源紧缺地区不适当的种植耗水量大的农作物, 开办耗水量大的工业企业; 对水资源开发管理不当, 一条水系上游不顾中游, 中游不顾下游, 各自为政, 各取所需; 许多地区超量开采地下水, 地面下沉, 土地生态急剧恶化。水价过低也是造成水浪费的一个重要原因。研究区农业生产仍然是传统的耕作模式, 耗水量大, 水资源浪费严重, 是工业用水、生活用水的 5 倍。

3.5 农村饮水安全问题严重

根据调查, 研究区周边农村引用水存在安全隐患, 一些企业生产排放的污水进入河流, 已经威胁到当地居民的饮水安全, 威胁到当地居民的健康甚至生命。作为石家庄市饮用水源地的岗黄水库已有轻微污染, 如果不能及时根治, 会进一步扩大污染程度, 将严重威胁到整个石家庄市的饮水安全。

4 滹沱河湿地水资源安全对策

水资源安全问题是威胁当地经济安全的重大问题, 区域经济能否持续快速发展, 在很大程度上取决于水资源的有效供应。针对水资源安全问题, 建议采取以下对策:

(1) 保证水源供给, 保障水量安全。适度开发, 通过引用客用水源, 或在汛期拦蓄洪水来增加湿地内的水量, 保证水源供给。

(2) 加强水土保持工作, 保障水资源安全。研究区为地势较低的集水区, 上游植被状况的影响很大, 应重点保护湿地上游区的驼梁自然保护区, 提高森林覆盖率, 增强蓄水保水能力, 防止水土流失。

(3) 加强水污染防治, 保证水质和水环境安全。必须改变环境保护有法不依、执法不严的状况, 采取得力措施克服地方保护主义对环境执法的干扰, 把环境执法落到实处。要以防为主, 以污染源控制为中心, 从源头上防治污染。针对湿地水体污染现状, 可采取行政、法律措施, 禁止沿河和水库地带建立污染型企业, 对于已经存在的企业, 环保部门要加大监管力度; 对于附近居民生活和养殖造成的污染, 要建立污水处理厂集中处理。

(4) 节约用水, 发展循环经济, 发展节水型农业、高效生态农业。发展循环经济, 提高水资源利用率; 节约生活用水。另外, 农业是耗水大户, 约占总需水量的 50%, 农业节水的潜力巨大, 可对传统农业进行改造, 发展生态农业, 扩大旱作农业面积, 推广生物农药、节水灌溉等措施。

(5) 建立湿地水生态安全监控预警体系。建立符合区域生态环境特征和经济发展状况的生态安全监控预警机制, 充分运用现代高新技术, 如计算机、空间信息、数学模拟、网络等, 及时掌握城市水生态环境变化的动态信息, 优先保护城市饮用水源地生态安全, 在水生态环境敏感区域建立固定观测点, 长期跟踪生态环境质量变化状况。滹沱河湿地的水生态安全, 尤其是石家庄市的集中饮用水源地岗南水库区和黄壁庄水库区的水质与饮用水的安全易受上游来水跨界污染的影响, 通过建立健全水生态安全预警体系(监控队伍、设备和设施建设等)对过境水进行实时预警监控, 防止上游来水的跨界污染, 切实保障用水安全。

参考文献:

[1] OlliV, Laszlo S. Global urban ization and urban water can sustainability be afforded[ J]. Wat. Sci. Tech., 1997, 35( 9) : 21-32.

[2] Terence R L. Urban water management for better urban life in Latin American[ J]. Urban Water, 2000, 2: 71-78.

[3] 张长春, 王光谦, 魏家华. 基于遥感方法的黄河三角洲生态需水量研究[ J]. 水土保持学报, 2005, 19( 1): 149-152.

[4] 杨志峰, 崔保山, 刘静玲. 生态环境需水量评估方法与例证[ J]. 中国科学( D 辑), 2004, 24( 11): 1072-1082.

[5] 杨志峰, 崔保山, 刘静玲, 等. 生态环境需水量理论、方法与实践[ J]. 北京: 科学出版社, 2003.

[6] 河北省黄壁庄水库除险加固工程建设局. 黄壁庄水库除险加固工程技术文集[ C]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.

[7] 赵士舜. 石家庄地区水利志[ M]. 石家庄: 河北人民出版社, 2000.

[8] 杨运船. 石家庄水文局 2005 年度水文资料整编说明[ Z]. 河北省 2004 年水资源简报, 2004.

[9] 孙桂平, 赵宗涛. 石家庄市滹沱河地下水库调蓄功能研究初探[ J]. 河北师范大学学报: 自然科学版, 2000, 21( 3): 398-400.