

# 向海湿地补水生态效益评价

姚艳玲,张宇,吕军,张正

(松辽水环境科学研究所,吉林长春 130021)

**摘要:**从生态类指标、经济类指标以及社会类指标3个维度建立生态补水效果评价指标体系,定量分析向海湿地2004年补水后的生态效益,结果表明:向海湿地已实施的补水项目提供综合效益价值为 $3.29 \times 10^{10}$ 元,实施生态补水后,向海湿地生态功能得到了有效恢复,湿地价值明显提高,湿地补水生态效益显著。

**关键词:**向海湿地;生态补水;定量分析;效益价值

**中图分类号:**TV212

**文献标志码:**A

**文章编号:**1004-6933(2017)S1-0146-03

由于全球气候变化及社会经济发展的双重影响,我国许多重要湿地面临着严重的缺水威胁。对缺水湿地实施生态补水,是保护和修复湿地的一项重要措施。但是,湿地生态补水实践一直存在较多问题,其中一个重要问题是补水过程中生态效益及相关的经济效益在保护者与受益者之间的不公平分配,破坏了地区间及各利益相关者之间关系的和谐性。为此,建立生态补水综合效益评价指标体系,可为已实施的补水项目提供综合效益评价方法,为拟实施的补水项目提供参考和决策依据。

湿地生态系统价值主要表现为直接使用价值、间接使用价值、选择价值、存在价值和遗产价值。在实际评价中,通常使用费用支出法、市场价值法、旅行费用法及条件价值法评价非实物价值,包括科研价值、文化教育价值、旅游价值等;对湿地生态系统的功能价值(如生物生产、涵养水源、保持水土、净化空气、调节气候、美化环境等)则采用市场价值法、影子工程法、机会成本法和替代花费法等进行评估。崔丽娟<sup>[1]</sup>利用条件价值法调查扎龙湿地消费者支付意愿,估算其非使用价值,这种方法与被调查者的主观意愿直接相关,存在身份偏差、理解偏差、奉承偏差、隐私偏差和样本偏差等方面的误差。

张树军等<sup>[2]</sup>认为生态补水是通过采取工程或非工程措施,向因最小生态需水量无法满足而受损的生态系统调水,补充其生态系统用水量,遏制生态系统结构的破坏和功能的丧失,逐渐恢复生态系统原有的、能自我调节的基本功能,或者实现新的生态

平衡的活动。陈友媛等<sup>[3]</sup>认为生态补水是指为维持湖泊特定的生态环境功能,向湖泊水功能区分配合理的水资源,以达到恢复或维持生态系统整体性和可持续性的行为。笔者认为生态补水即当生态系统最小生态需水量无法满足时,通过合理配置水资源人为采取措施补充生态系统生态需水量,以恢复或维持生态系统的结构和功能。

吉林向海自然保护区是丹顶鹤等水鸟的重要繁殖栖息地及迁徙水鸟的重要停歇地。受全球气候变化及人类活动的影响,向海湿地出现退化。为防止湿地退化,保护湿地资源及珍稀濒危保护动植物生境,向海湿地先后实施了引洮入向、引霍入向及引察济向工程。本文通过建立评价指标对向海湿地生态补水效果进行评价,以期对已实施的补水项目提供效益评估方法,为其他补水项目提供参考和决策依据。

## 1 研究区概况

向海自然保护区位于吉林省西部,地处东经 $122^{\circ}05'$ — $122^{\circ}35'$ ,北纬 $44^{\circ}50'$ — $45^{\circ}19'$ (图1)。向海自然保护区的北部为吉林省的洮南市,东部为通榆县城,西部为内蒙古的科尔沁右翼中旗。向海自然保护区于1981年成立,在1986年经国务院批准为国家级自然保护区,1992年成为中国首批列入国际重要湿地名录的七大国际重要湿地之一。

### 1.1 自然地理和社会经济概况

向海自然保护区的西侧和东侧分别为大兴安岭

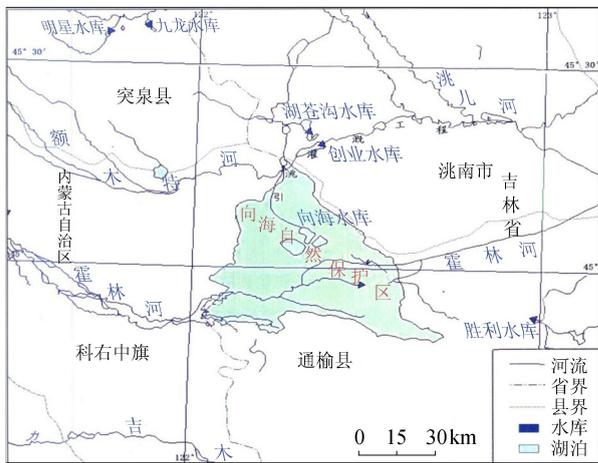


图1 向海自然保护区地理位置

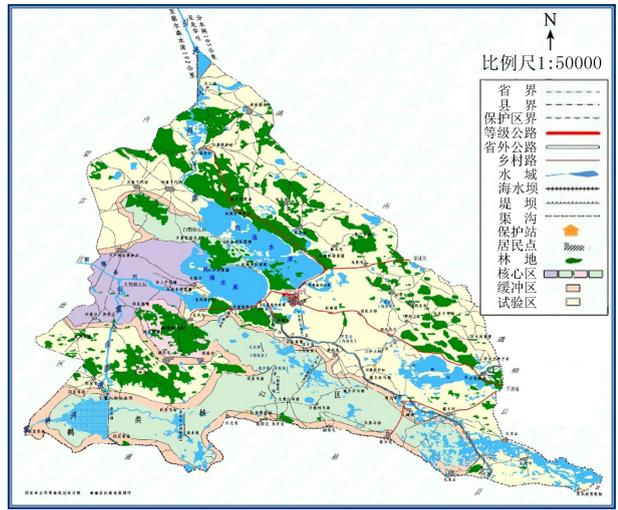


图2 向海自然保护区功能区划示意图

和松辽平原,地貌呈现出西高东低的态势,属于北温带半湿润大陆性季风气候。区域内部有霍林河贯穿东西和额木特河进入,洪水期有洮儿河的洪水分流,最终在向海内部发育出了湿地(图1)。区域内无明显河床,只有在雨季时形成季节性湿地或沼泽地,夏季干燥炎热,蒸发远大于降水,对湿地的水分保持不利。向海湿地拥有类型多样的植物,包括黄榆、山杏等,这些植物为湿地的珍稀野生动物提供了栖息和繁衍的场所。向海湿地的野生动物包括丹顶鹤、东方白鹳、黑鹳、金雕等众多珍稀物种。

向海自然保护区全区由通榆县向海蒙古族乡及四井子镇的2个村、乌兰花镇的2个村、兴隆山镇的4个村和同发牧场的一部分构成,共跨5个乡镇(镇、场),12个村,32个自然屯,全区南北最长45 km,东西最宽42 km,总土地面积105467 hm<sup>2</sup>。对外交通主要靠通榆和白城两条公路,距通榆县城67 km,距白城95 km,距长春市320 km,交通通信条件较好。向海自然保护区的主要产业包括农、渔、牧产业,近些年旅游业的配套设施也逐步完善。

### 1.2 保护区功能区划

根据保护对象的时空分布特点以及区内和区外相关区位经济需求,对向海自然保护区划定了核心区、缓冲区和实验区(图2)。核心区是受保护的珍稀物种的主要栖息地和生境,是具有代表性的自然生态系统地段。向海湿地的稀有物种包括丹顶鹤、东方白鹳、大鸨和黄榆等。向海自然保护区核心区总面积为311.9 km<sup>2</sup>,占整个保护区总面积的29.60%,由4个核心区域组成:鹤类核心区、东方白鹳核心区、大鸨核心区以及黄榆核心区;其中鹤类核心区的面积为189.2 km<sup>2</sup>,为最大的核心区,大鸨核心区次之,为63.27 km<sup>2</sup>,东方白鹳核心区和黄榆核心区的面积分别为34.47 km<sup>2</sup>和24.96 km<sup>2</sup>。缓冲区分布在核心区外围,旨在防止和减少核心区受到外界

的影响和干扰。向海湿地缓冲区的总面积为111.44 km<sup>2</sup>,占保护区面积的10.60%。保护区边界以内、缓冲区界限以外的地带划为实验区。实验区内主要为农田、草原和芦苇沼泽等,面积为631.33 km<sup>2</sup>,占保护区总面积的59.80%。

## 2 湿地补水评价指标体系

向海湿地生态补水评价指标选取遵循科学性、可操作性、适用性、定量等原则,选择对补水量条件较敏感的湿地功能指标,即湿地产品、科研文化、旅游休闲、涵养水源、均化洪水、改善土地盐碱化、大气调节、净化水质、提供物种栖息地等指标,运用适宜的评价方法进行评估(表1)。

表1 湿地补水综合效益评价指标及评价方法

价值类型	评价指标	评价方法
直接使用价值	湿地产品价值	市场价值法
	科研文化价值	类比法
	旅游休闲价值	旅行费用法
	涵养水源价值	影子工程法
间接使用价值	均化洪水价值	影子工程法
	改善土地盐碱化价值	影子工程法
	大气调节价值	碳税法
	净化水质	单因子指数评价法
	提供物种栖息地价值	类比法

## 3 湿地补水生态效益评价

以2004年应急补水为时间节点,本次评价时间为补水前(2001年)及补水后(2005年)两个阶段。2004年6月25日察尔森水库开闸放水,正式启动引察济向生态应急补水。7月5日,向海水库开始进水,截至2004年8月18日,察尔森水库为应急生态补水放行6.60×10<sup>7</sup> m<sup>3</sup>,龙华吐分洪闸过水水量超8.30×10<sup>7</sup> m<sup>3</sup>,进入向海水库水量为3.47×10<sup>7</sup> m<sup>3</sup>,引洮干渠沿程损失58.60%。

通过应急补水,向海湿地有水面积增加到 90 km<sup>2</sup>,沿途多个干涸的泡泽得到大量的来水补充,鸟类数量明显增加,白鹤、大鸨、黄榆 3 个核心区湿地干枯状况得到很大改善,向海湿地地下水位有明显提升,周边生态环境得到改善。从镇西至向海,地下水水位升高 0.36~1.90 m,平均升高 0.70 m,补给地下水水量约 3.00×10<sup>7</sup> m<sup>3</sup>。从以下几个方面进行生态补水的综合效益评估:

**a. 芦苇产品增加价值。**在湿地生态系统中,大面积的芦苇给丹顶鹤提供了栖息、筑巢繁殖的隐蔽条件,与周围的泡沼水域一起形成自然隔离带,使一些天敌无法入侵。还能起到净化水质、截留污物,在湿地生态系统食物链和物质循环中具有非常重要的作用。2001 年秋向海湿地芦苇产量情况见表 2。根据郝运等<sup>[4]</sup>的研究成果向海湿地芦苇的初级生产力平均为 14 150 kg/hm<sup>2</sup>,按市场均价 400 元/t 计算,则实施生态补水后,2005 年苇地面积较 2001 年苇地面积增加了 1 938.3 hm<sup>2</sup>,芦苇产品增加价值 1.097×10<sup>7</sup> 元。

表 2 2001 年秋向海湿地芦苇产量情况

苇场	苇地面积/hm <sup>2</sup>	合计产量/t	单位面积产量/(t·hm <sup>-2</sup> )
同发	7 666.7	11 100	1.45
碱地泡	4 713.3	1 100	0.23
鹤乡	9 283.0	1 500	0.16
合计	21 663.0	13 700	—

**b. 鱼类产品增加价值。**1999 年,向海自然保护区渔业养殖水面 12 400 hm<sup>2</sup>,年产量为 1.0×10<sup>6</sup> kg,2005 年补水后较 2001 年补水前湿地新增水域面积 3 636 hm<sup>2</sup>,按照市场价值法计算,即单价为 10 元/kg,则鱼类产品增加价值 293.2×10<sup>4</sup> 元。

**c. 科研文化增加价值。**陈仲新等<sup>[5]</sup>估算我国生态系统的科研文化价值为 382 元/hm<sup>2</sup>,Costanza 等<sup>[6]</sup>估算全球湿地文化科研价值为 861 美元/hm<sup>2</sup>,目前国内学者一般取两者平均值为湿地的科研文化价值 3 061.8 元/hm<sup>2</sup>。则实施生态补水后,依据新增水体面积(包括芦苇沼泽地),向海湿地科研文化增加价值 1.54×10<sup>7</sup> 元。

**d. 旅游休闲增加价值。**向海自然保护区具有独特的生态景观:沙丘榆树景观和湿地景观。目前,向海保护区每年实际游客数量平均约为 105 人,主要为国内旅游。旅游价值按旅行费用法来计算,包括旅行费用支出、消费者剩余和旅游时间价值 3 部分。这里仅以旅行费用支出来代表旅游价值,由交通费用、食宿费用和门票区服务费构成。以湿地旅游资源面积为主要指标,计算补水前后的新增湿地旅游休闲价值 1.23×10<sup>7</sup> 元。

**e. 均化洪水价值。**采用影子工程法来计算向海湿地均化洪水价值。按照 1998 年的嫩江和松花江特大洪水所造成的直接经济损失计算,向海湿地可再蓄水量 163 亿 m<sup>3</sup>,向海湿地均化洪水价值约为 8.03×10<sup>7</sup> 元,减去向海水库年维修费用后向海湿地均化洪水价值为 8.01×10<sup>7</sup> 元。

**f. 涵养水源价值。**向海湿地具有强大均化洪水和水源涵养功能。采用影子工程法计算水价,按照孟宪民等<sup>[7]</sup>的研究成果,单位面积沼泽湿地涵养水源量为 0.02 亿 m<sup>3</sup>,向海湿地涵养水源价值为 1.68 亿元。

**g. 改善土地盐碱化价值。**湿地可以改善土地盐碱化程度。根据黄河三角洲保护与发展研究中心 2000 年编制的《暗管排碱改良荒碱地工程可行性研究报告》,类比东营市几个典型试点地区利用暗管排碱平均成本为 9 700 元/hm<sup>2</sup>,由此估算向海湿地改善土地盐碱化价值为 1.18 亿元。

**h. 大气调节价值。**湿地大气调节功能为植物固定 CO<sub>2</sub>、释放 O<sub>2</sub> 的价值,根据光合作用反应方程式植物每生产 1g 干物质可以固定 1.63gCO<sub>2</sub>,同时释放出 1.19gO<sub>2</sub>。根据相关调查,补水后向海湿地沼泽新增面积 1 398.3 hm<sup>2</sup>,向海湿地芦苇的初级生产力平均为 14 150 kg/hm<sup>2</sup>,向海湿地植物可吸收 CO<sub>2</sub> 为 3.22×10<sup>10</sup>kg,释放氧气为 2.35×10<sup>10</sup>kg。吸收 CO<sub>2</sub> 的价值采用造林成本和国际碳税标准的平均值 734.95 元/t 计算,释放 O<sub>2</sub> 的价值采用造林成本和工业制氧价格的平均值 376.5 元/t 计算,得到向海湿地大气调节价值 3.25×10<sup>10</sup> 元。

**i. 提供物种栖息地价值。**根据 Costanza 等<sup>[6]</sup>的研究成果,沼泽或泛滥平原提供物种栖息地或避难所这一服务功能的年生态效益为 439 美元/hm<sup>2</sup>。据自然保护区鸟类的保护级别,充分考虑物种的代表性,选择丹顶鹤为指示物种。依据指示物种栖息、繁殖、觅食习性及补水前后植被演替情况,计算出向海湿地自然保护区中新增适宜栖息地面积为 1 398.3 hm<sup>2</sup>,计算湿地提供栖息地的价值为 4.09×10<sup>6</sup> 元。

**j. 净化水质价值。**芦苇沼泽湿地具有很强的自净能力,根据湿地地表水水质监测数据,水质评价标准采用 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》,评价方法采用单因子指数评价法,结果表明实施生态补水后,向海湿地水质得到明显改善。

**k. 综合效益。**由以上计算可知,向海湿地已实施的补水项目提供综合效益价值 3.29×10<sup>10</sup> 元。实施生态补水后,向海湿地生态功能得到了有效恢复,湿地价值明显提高,湿地补水生态效益显著。

(下转第 152 页)

现状评价[J]. 南水北调与水利科技, 2015(4):639-642.

[5] 杨丰顺,徐成剑. 水生态文明城市评价体系研究:以咸宁市为例[J]. 安徽农业科学, 2014(34):12270-12273.

[6] 黄显峰,贾永乐,方国华. 基于投影寻踪法的城市水生态文明建设评价[J]. 水资源保护, 2015, 32(6):117-122.

[7] 宋梦林,左其亭,赵钟楠,等. 河南省水生态文明建设试点城市生态系统健康评价[J]. 南水北调与水利科技,

2015, 13(6):1185-1190.

[8] 季同德,刘俊,徐慧. 江苏地区水生态文明城市建设研究[J]. 中国农村水利水电, 2014(10):5-7.

[9] 高华,曹先玉,蔡保国. 山东省水生态文明城市评价体系研究[J]. 中国水利, 2013(10):8-10.

(收稿日期:2017-12-10 编辑:徐娟)

(上接第127页)

**b.** 建立了绿色生态岸坡治理方案的多层次模糊综合评价模型,并采用层次分析法与德尔菲法相结合的方法,确定各级指标分布及权重。应用该模型对广西那吉库区航道护岸示范工程新建绿色生态岸坡进行综合计算,说明该评价方法具有较好的可操作性和工程适用性。

受自然和人类活动双重作用影响,治理措施应随岸坡状态演变不断发展改进,今后还需要依据各种动态变化对评价理论进行不断地修正和完善,提高评价理论的实用性和有效性。

#### 参考文献:

[1] 钟春欣,张玮. 传统型护岸与生态型护岸[C]//2004年全国博士生学术论坛论文集. 南京:河海大学出版社, 2004.

[2] 董哲仁. 水利工程对生态系统的胁迫[J]. 水利水电技术, 2003(7):1-5.

[3] 钟春欣,张玮. 基于河道治理的河流生态修复[J]. 水利水电科技进展, 2004, 24(3):12-14.

[4] MORGAN R R C, RICKSON R J. Slope stabilization and erosion control: A bioengineering approach[M]. London: E&FN Sponl, 1995.

[5] 朱建军. 层次分析法的若干问题研究及应用[D]. 沈阳:东北大学, 2005.

[6] 骆正清,杨善林. 层次分析法中几种标度的比较[J]. 系统工程理论与实践, 2004(9):51-60.

[7] SUGENO M. Theory of fuzzy integrals and its applications [D]. Tokyo:Tokyo Institute of Technology, 1974.

[8] 江高. 模糊层次综合评价法及其应用[D]. 天津:天津大学, 2005.

[9] ZHANG Ning, ZHANG Zhigang. Application of AHP-Fuzzy comprehensive evaluation method in students assessment[J]. Advanced Materials Research, 2014, 10: 3010-3015.

[10] MENG Lihong, CHEN Yaning. Fuzzy comprehensive evaluation model for water resources carrying capacity in Tarim River Basin, Xinjiang, China [J]. Chinese Geographical Science, 2009(19):89-95.

(收稿日期:2017-11-22 编辑:彭桃英)

(上接第148页)

### 3 结论

**a.** 实施生态补水后,向海湿地生态功能得到有效恢复,湿地价值明显提高,湿地补水生态效益显著。

**b.** 向海湿地湿地补水新增的生态效益价值为  $3.29 \times 10^{10}$  元,其中间接使用价值分别为  $3.26 \times 10^{10}$  元,占新增总价值的比例分别为 99.40%,表明湿地补水的主要作用是增强湿地自然生态服务功能。

#### 参考文献:

[1] 崔丽娟. 扎龙湿地价值货币化评价[J]. 自然资源学报, 2002, 17(4):451-456.

[2] 张树军,赵峰,罗陶露,等. 生态补水综合效益评价指标

体系建立[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2008, 38(5):813-818.

[3] 陈友媛,崔香,杨世迎,等. 东昌湖流域生态补水管理模式探讨[J]. 中国工程科学, 2010, 12(6):65-70.

[4] 郝运,赵妍,刘颖,等. 向海湿地自然保护区生态系统服务效益价值估算[J]. 吉林农业科技, 2004, 33(4):25-26.

[5] 陈仲新,张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 2000, 45(1):17-22.

[6] COSTANZA R, D'ARCE R. The value of the world's ecosystems services and natural capital 1. Nature, 1997, 25(1):3-15.

[7] 孟宪民,崔保山,邓伟. 松嫩流域特大洪灾的警示:湿地功能的再认识[J]. 自然资源学报, 1999, 14(1):14-21.

(收稿日期:2017-09-15 编辑:王芳)