

海河流域湿地生态系统服务功能价值评价

江波 欧阳志云* 苗鸿 郑华 白杨 庄长伟 方瑜

(中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室 北京 100085)

摘要: 海河流域湿地生态系统给人类提供了许多重要的产品和服务,但在社会经济发展的过程中,这些服务并没有完全被认识到,给海河流域社会经济的可持续发展造成了一定的影响。结合海河流域湿地生态系统的特征、结构及过程,将海河流域湿地生态系统服务功能划分为提供产品功能、调节功能、支持功能及文化服务功能4大类,以2005年为基准年,评价了海河流域湿地生态系统所提供的12类生态系统服务,将这12类服务功能划分为具有直接使用价值的产品和具有间接使用价值的服务。结果表明,海河流域湿地生态系统提供的12类生态系统服务的总价值为 4123.66×10^8 元,其中直接使用价值和间接使用价值分别为 257.46×10^8 元和 3866.20×10^8 元,间接使用价值是直接使用价值的15.02倍。海河流域单位面积的湿地生态系统提供的生态系统服务功能价值为 47.05×10^4 元/hm²,高于单位面积的GDP产值 8.10×10^4 元/hm²。研究认为海河流域湿地生态系统对支持和保护人类社会具有重要的作用,为管理者和决策者有效的保护和管理湿地提供了重要的信息。

关键词: 海河流域; 湿地; 生态系统服务; 经济评价

Ecosystem services valuation of the Haihe River basin wetlands

JIANG Bo, OUYANG Zhiyun*, MIAO Hong, ZHENG Hua, BAI Yang, ZHUANG Changwei, FANG Yu

State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Abstract: The wetland ecosystem functions in the Haihe River basin provide people with both direct and indirect benefits, which are called ecosystem services. However, wetland ecosystem services have not been fully recognized or adequately quantified in past economic and social development. Rapid population growth and human development, such as land-use change and the over-exploitation of water resources, have resulted in wetland degradation and wetland lost, which in turn affects wetland ecosystem functions and service delivery. In order to protect the wetlands in the Haihe River basin from continued degradation and lost, policy makers must consider the multiple services derived from wetland ecosystems. In this paper, we divided the wetland ecosystem services of the Haihe River basin into four categories: provisioning, regulating, cultural and supporting services, and their respective ecosystem characteristics, structures and processes were considered. We assessed and evaluated 12 ecosystem services from wetlands in the Haihe River basin for 2005. The value of Haihe River basin's wetland ecosystem services was 4123.66×10^8 Yuan RMB with an indirect use value of 3866.20×10^8 Yuan RMB, accounting for 93.76% of the total value, which was 15.02 times greater than the direct use value. According to the evaluation, the services were ranked from greatest to lowest benefit as: climate regulation, flood control, surface water regulation, aquatic products, recreation and tourism, water supply for daily uses and other sectors, groundwater replenishment, hydro-power generation, carbon sequestration, oxygen release, water purification, and reed production. The value of climate regulation, flood control and surface water regulation was 2184.50×10^8 Yuan RMB, 914.89×10^8 Yuan RMB and 744.65×10^8 Yuan RMB, accounting for 93.22% of the total value assessed. In 2005, wetland area covered only 2.76% of the total area of the Haihe River basin. Despite the high economic gains associated with rapid development, GDP per hectare was 8.10×10^4 Yuan RMB and the total wetland benefits per hectare was 47.05×10^4 Yuan RMB, thus the per hectare benefit from wetlands was substantially greater. The continued lost of wetlands in the Haihe River basin could

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973) 资助项目(2006CB403402)

收稿日期: 2010-04-07; 修订日期: 2010-11-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zyouyang@rcees.ac.cn

threaten the production of all wetland ecosystem services since the relationship between lost wetland acreage and marginal social cost is likely non-linear. Our study suggests that the Haihe River basin wetlands are important in supporting and protecting human well-being. The evaluation can inform future cost-benefit and tradeoff analyses regarding wetland protection in the Haihe River basin. Our study provides decision-makers with important information for effective management of wetland ecosystems.

Key Words: Haihe River basin; wetland; ecosystem services; economic evaluation

湿地生态系统服务是指人类从湿地生态系统中所获得的利益,它不仅包括提供产品功能、还包括调节功能、支持功能和文化服务功能^[1]。随着人类对湿地生态系统重要性的认识的不断深入,湿地生态系统服务功能及其价值评价已成为应用生态学中的一个很重要的领域^[2]。国内外不少学者也开展了湿地生态系统服务功能价值评价^[3-8],用经济数据阐述了湿地作为生命支持系统的重要性,为湿地保护提供了依据。但不同学者从不同的空间尺度对湿地生态系统服务功能价值进行研究时,由于不同尺度的湿地生态系统的特征、结构及生态过程不一,其指标的选取和评价方法也存在一定的区别,评价结果也不完全适合效益转化。因此,结合湿地生态系统的特征、结构及生态过程,对不同尺度的湿地生态系统功能及人类从中获得的利益进行评价仍然很有必要,它是了解自然资源价值的重要方式,是分析人类活动对环境的影响的方法之一,是进行成本效益分析的重要前提,也是进行决策评价的重要方法。

海河流域湿地生态系统给人类提供了许多重要的服务,不仅包括淡水资源、淡水产品等生态产品,还包括气候调节、洪水调蓄等生态服务。但随着人口经济的快速增长,高强度的人类活动极大改变了海河流域内的水循环过程,湿地大面积萎缩^[9],极大地影响了湿地生态系统功能及它提供给人类的利益。而且由于湿地生态系统所提供的服务大多数没有在市场上进行交换,在计划和决策中往往被忽视或低估,海河流域湿地生态系统仍面临着丧失或退化的威胁。全面评价人类从海河流域湿地生态系统中获得的利益,已成为保护海河流域湿地生态系统的强大动力。基于以上原因,本文应用生态经济学的理论与方法,对海河流域湿地生态系统服务功能价值进行评价,以期对海河流域的湿地管理提供参考。

1 研究区域概况

海河流域位于 35°—43°N, 112°—120°E 之间,东临渤海,西倚太行,南界黄河,北接蒙古高原,流域面积 $31.8 \times 10^4 \text{ km}^2$, 行政区域包括北京、天津两直辖市,河北省绝大部分,山西省东部,山东、河南省北部,内蒙古自治区及辽宁省的小部分,是全国的政治文化中心和经济发达地区。海河流域属温带东亚季风气候区,包括海河、滦河和徒骇马颊河 3 大水系,多年平均降水量为 535mm(1956—2000 年),多年平均水资源总量为 $370.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ (1956—2000 年),可利用水资源量为 $234.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ (1956—2000 年)^[10],水资源极度短缺。在气候变化和人类活动的双重作用下,海河流域更是出现了地下水位下降、湿地退化、水污染等一系列的生态环境问题,如白洋淀等 12 个主要平原湿地水面面积从 20 世纪 50—60 年代的 2694 km^2 下降到 2005 年的 474.7 km^2 ^[11]。

2 研究方法

2.1 湿地生态系统类型

湿地的定义有多种,而被普遍接受的是 1971 年在伊朗签署的《湿地公约》中给出的湿地的定义:湿地系指不问其为天然或人工、常久或暂时性之沼泽地、湿原、泥炭地或水域地带,带有或静止或流动、或为淡水、半咸水或咸水体者,包括低潮时水深不超过 6m 的水域^[12]。国家林业局在开展第一次全国湿地资源调查前,也参考《湿地公约》分类系统,并根据中国湿地状况,将中国湿地划分为滨海湿地、河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地和库塘湿地 5 大类 28 型^[13]。本文参照中国湿地的分类框架,选取 2005/2006 年 TM 遥感影像,确定了滨海湿地、河流湿地、湖泊湿地、库塘湿地及沼泽湿地五种类别湿地的面积及其空间分布图,分别如表 1 和图 1。

2.2 评价指标体系

本研究结合海河流域湿地生态系统特征、结构和生态过程的特点,将海河流域湿地生态系统服务功能划分为提供产品功能、调节功能、文化服务功能、支持功能^[1],并结合数据的可获得性,建立了海河流域湿地生态系统服务功能价值评价指标体系(表2)。

2.3 湿地生态系统服务功能价值评价方法及参数

2.3.1 提供产品功能

(1) 淡水产品

湿地提供的淡水产品主要包括河流、水库、湖泊、沼泽、池塘湿地的一些动植物产品,包括鱼类、甲壳类、贝类、藻类等。本研究根据全国及各省市统计年鉴^[14-23]整理得到2005年海河流域的淡水产品产值(不包括淡水生植物),并以此作为海河流域湿地生态系统提供的淡水产品服务价值。

(2) 水资源供给

本研究根据《2005年海河流域水资源公报》的数据^[24],估算得到2005年海河流域生活、农业、工业和生态环境的地表水用水量分别为 $12.57 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $59.67 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $12.84 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $0.87 \times 10^8 \text{ m}^3$,生活、工业用水价格分别采用《2006年中国物价年鉴》的36个大中城市的居民用水价格和工业用水价格^[25],农业用水和生态环境用水价格采用《2005年全国水利发展统计公报》公布的全国水利工程的供水平均价格^[26]。

(3) 芦苇产品

本文根据已有资料,对天津市及河北省海河流域的湿地芦苇生产价值进行了评价。天津湿地年产芦苇 $12 \times 10^4 \text{ t}$ ^[27],河北省2002年芦苇产量为 $25 \times 10^4 \text{ t}$ ^[28],则芦苇总产量为 $37 \times 10^4 \text{ t/a}$,芦苇价格取410元/t^[29]。

(4) 水电

2005年北京、河北的水力发电量分别为 $4.71 \times 10^8 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 、 $5.61 \times 10^8 \text{ kW}\cdot\text{h}$ ^[30],山西海河流域、内蒙古海河流域、河南海河流域及辽宁海河流域的已/在建开发量的中小型电站的年发电量分别为 $2.68 \times 10^8 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 、 $0.13 \times 10^8 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 、 $1.65 \times 10^8 \text{ kW}\cdot\text{h}$ 、 $0.10 \times 10^8 \text{ kW}\cdot\text{h}$ ^[31]。经过计算得到海河流域2005年水力发电量为 $14.88 \times 10^8 \text{ kW}\cdot\text{h}$,供电均价取《2005年全国水利发展统计公报》公布的农村水电网平均到户电价 $0.515 \text{ 元}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ^[26]。

2.3.2 调节功能

(1) 气候调节

海河流域湿地气候调节功能的价值包含湿地生态系统蒸发吸收热量降低温度和调节空气湿度带给人类的利益。

①降低温度 海河流域2005年河湖蒸发损失量为 $12.69 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[10],考虑到随着温度升高,水的汽化热

表1 海河流域湿地类型及其面积

湿地类型 Wetland Types	面积 Area/km ²	比例 Percentage/%
滨海 Coastal Wetland	2806.02	32.02
河流 River	2396.52	27.34
湖泊 Lake	779.13	8.89
库塘 Reservoir	2221.90	25.35
沼泽 Swamp	560.75	6.40
合计 Total	8764.32	100



图1 海河流域湿地空间分布图

Fig. 1 The spatial distribution figure of Haihe River Basin wetlands

会越来越小,因此本研究保守取值,取水在 100℃、1 标准大气压下的汽化热 2260kJ/kg,则海河流域湿地蒸发吸收的总热量为 28.68×10^{14} kJ,水面蒸发降低气温按照空调的制冷消耗进行计算,空调的能效比取 3.0^[32],电价取 $0.515 \text{ 元} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ^[26]。

表 2 海河流域湿地生态系统服务功能价值评价指标体系

Table 2 The evaluation index system of Haihe River basin wetland's ecosystem service value

评价项目 Items	评价指标 Evaluation index	计算指标 Indicators calculated	评价方法 Evaluation method
提供产品功能 Provisioning services	淡水产品 生活、生产及生态用水 芦苇产品 水电	渔业产值 生活用水、生产用水及生态用水价值 芦苇生产价值 水力发电价值	市场价值法
调节功能 Regulating services	气候调节 调蓄洪水 地表水调蓄 地下水补给 水质净化 固碳	气温下降、湿度提高价值 调蓄洪水价值 地表水调蓄价值 地下水补给价值 水污染物降解价值 固碳价值	影子工程法 影子价格法 影子工程法 造林成本法
文化服务 Culture services	娱乐休闲	旅游收入	旅行费用法
支持功能 Supporting services	释氧	释氧价值	工业制氧法

②增加空气湿度 海河流域 2005 年河湖蒸发损失量为 $12.69 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[10]。也就是说,海河流域湿地生态系统 2005 年为空气提供 $12.69 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的水汽,提高了空气湿度,海河流域湿地水面蒸发增加空气湿度的价值采用加湿器使用消耗进行计算,以市场上较常见家用加湿器功率 32W 来计算,将 1 m^3 水转化为蒸汽耗电量约为 $125 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ^[33],电价取 $0.515 \text{ 元} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ^[26]。

(2) 调蓄洪水

水库、湖泊、沼泽等有蓄积洪水水量、削减洪峰的作用。本研究主要计算了水库、湖泊、沼泽调蓄洪水的功能。以海河流域大中型水库的防洪库容作为水库调蓄洪水的功能,海河流域大型水库防洪库容 $84.91 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[34],统计的山区 98 座中型水库的防洪库容为 $15.82 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[35]。海河流域湖泊调蓄洪水能力以我国东部主要湖泊调蓄洪水的功能来进行换算,我国东部平原地区统计湖泊(30 个面积大于 100 km^2 的湖泊)面积为 16269.79 km^2 ^[5,36],其湖泊总调蓄洪水能力为 $905.98 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[5]。2005 年海河流域湖泊湿地面积为 779.13 km^2 ,则海河流域湖泊调蓄洪水能力为 $43.39 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。2005 年海河流域沼泽湿地面积为 560.75 km^2 ,按洪水期平均最大淹没水深为 1m 进行计算^[5],则海河流域沼泽湿地调蓄洪水能力为 $5.61 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。由此可知,海河流域湿地调蓄洪水的功能 $149.72 \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{a}$ 。按国家林业局发布的中华人民共和国林业行业标准 2005 年单位库容水库造价取 $6.1107 \text{ 元} / \text{t}$ ^[37]。

(3) 地表水调蓄

湿地能够将雨水蓄存起来,不仅可以减少汛期的暴雨形成的洪涝灾害,还可以通过天然河川径流调节水资源,满足供水需求,减少旱季缺水所造成的灾害。地表水调蓄是湿地生态系统通过其水循环过程提供给人的一项服务,本研究中地表水调蓄的功能量采用当年所形成的地表水资源量进行计算。2005 年海河流域地表水资源量为 $121.86 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[24],2005 年单位库容水库造价取 $6.1107 \text{ 元} / \text{t}$ ^[37]。

(4) 地下水补给

当地表水体水位高于两岸地下水位时,地表水体便会渗漏补给地下水。海河流域平原区矿化度 $M \leq 2 \text{ g} / \text{L}$ 的淡水区 1980—2000 年地表水体平均渗漏补给地下水量为 $20.74 \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{a}$ ^[31],地下水的单价取海河流域用水均价 $0.75 \text{ 元} / \text{m}^3$ 。

(5) 水质净化

本次计算主要考虑了海河流域河流湿地对于总氮和总磷的净化价值。海河流域点源和非点源入河总氮量为 $17.79 \times 10^4 \text{ t/a}$, 总磷量为 $4.55 \times 10^4 \text{ t/a}$ ^[10], 2005 年海河流域参加评价的河长中, 严重污染的河长为 53.7%^[24]。海河流域湿地净化的总氮、总磷量按照 46.3% 的比例进行计算, 分别为 $8.24 \times 10^4 \text{ t}$ 和 $2.11 \times 10^4 \text{ t}$, 氮、磷的处理成本分别取氮 1.5 元/kg、磷 2.5 元/kg^[38]。

(6) 固碳

①湿地植物固碳 湿地主要通过植物进行光合作用来固定空气中的 CO_2 。根据光合作用方程, 植物每生产 1kg 干物质, 能固定 1.63 kgCO_2 , 并向空气中释放 1.2 kgO_2 。海河流域芦苇年总产量为 $37 \times 10^4 \text{ t}$, 则海河流域湿地植物年固碳量为 $16.45 \times 10^4 \text{ t}$ 。

②湿地土壤固碳 海河流域湖泊湿地固碳速率采用我国东部平原地区湖泊湿地固碳速率为 $56.67 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 进行计算, 沼泽固碳速率取 $41.21 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[39]。2005 年海河流域湖泊湿地与沼泽湿地面积分别为 779.13 km^2 和 560.75 km^2 , 则海河流域湿地土壤年固碳量为 $6.73 \times 10^4 \text{ t}$ 。

综合海河流域湿地植物固碳量与湿地土壤固碳量可以知道, 海河流域湿地生态系统年固碳量为 $23.17 \times 10^4 \text{ t}$, CO_2 造林成本为 1.32 元/kgC^[40]。

2.3.3 文化服务功能

由于资料限制, 本文仅对北京、天津、河北海河流域、山西海河流域、山东海河流域的湿地娱乐休闲价值进行评价。

在计算娱乐休闲价值时, 分别考虑了北京、天津、河北、山西海河流域、山东海河流域的国内旅游收入和外汇旅游收入^[41-42]、国内游客和国外游客的旅游目的^[43]以及水体对国内游客和国外游客的吸引力中在自然资源中所占的比例^[43-44]。海河流域湿地娱乐休闲价值计算公式如下:

$$V_r = \sum_{i=1}^5 (\alpha_{i-1} \beta_{i-1} I_{i-1} + \alpha_{i-2} \beta_{i-2} I_{i-2}) \quad (1)$$

式中, V_r 为休闲娱乐价值, α_{i-1} 和 α_{i-2} 分别为(海河流域内各省、市、自治区)水在国内游客和入境旅客感兴趣的资源中所占的比例, β_{i-1} 和 β_{i-2} 分别为(海河流域内各省、市、自治区)国内游客和入境旅客的观光游览/度假休闲旅游目的在所有旅游目的中所占的比例, I_{i-1} 和 I_{i-2} 分别为(海河流域内各省、市、自治区)国内旅游收入和旅游外汇收入, $i=1, \dots, 5$, 分别指北京、天津、河北省海河流域、山西省海河流域、山东省海河流域。

2.3.4 支持功能

支持功能是其它服务功能产生的基础^[1]。在评价海河流域湿地生态系统支持功能时, 主要考虑了湿地生态系统的光合产氧功能。根据光合作用方程, 湿地生态系统每生产 1kg 干物质, 能固定 1.63 kgCO_2 , 同时能向空气中释放 1.2 kgO_2 , 海河流域湿地生态系统年生产量为 $37 \times 10^4 \text{ t}$, 则海河流域湿地植物年释放 O_2 量为 $44.40 \times 10^4 \text{ t}$, 工业制氧成本为 400 元/t O_2 ^[45]。

3 结果分析

本研究主要对海河流域湿地生态系统提供的具有直接使用价值的生态产品(包括淡水产品、水资源供给、芦苇产品、水电和娱乐休闲)和具有间接使用价值的生态服务(包括固碳、释氧、气候调节、调蓄洪水、地表水调蓄、地下水补给和水质净化)价值进行了评价。根据本研究的评价结果, 2005 年海河流域湿地生态系统服务功能总价值为 4123.66×10^8 元, 其中直接使用价值为 257.46×10^8 元, 占总价值的 6.24%, 间接使用价值为 3866.20×10^8 元, 占总价值的 93.76%, 是直接使用价值的 15.02 倍(表 3)。2005 年海河流域湿地生态系统提供的主要服务功能是气候调节、调蓄洪水和地表水调蓄, 三者价值占到了总价值的 93.22%。其中, 气候调节的价值大小为 2184.50×10^8 元, 占总价值的 52.97%; 调蓄洪水的价值为 914.89×10^8 元, 占总价值的 22.19%; 地表水调蓄的价值为 744.65×10^8 元, 占总价值的 18.06%。对所评价的 12 项湿地生态系统服务功能按其价值量大小排序, 依次为气候调节 > 调蓄洪水 > 地表水调蓄 > 提供淡水产品 > 娱乐休闲 > 水资源供给 > 地下水补给 > 水电 > 固碳 > 释氧 > 水质净化 > 芦苇产品。海河流域湿地的单位面积服务功能价值为 47.05×10^4 元/hm²。

4 结论与讨论

(1) 本研究结合海河流域湿地生态系统的特征、结构和生态过程,参照千年生态系统评估框架^[1],建立了海河流域湿地生态系统服务功能价值评价指标体系。在分析海河流域湿地生态系统提供的各项服务功能价值的评价方法及参数的基础上,计算了海河流域湿地生态系统各项服务功能价值并对其总价值进行了分析。根据本文的研究结果,海河流域 2005 年湿地生态系统服务功能总价值为 4123.66×10^8 元,其中间接使用价值为 3866.20×10^8 元,是直接使用价值的 15.02 倍。在所评价的 12 项生态系统服务功能价值中,气候调节、洪水调蓄及地表水调蓄占到了总价值的 93.22%,这从一定程度上反映了特定的生态系统过程(如水循环等)对于生态系统服务的产生具有重要的作用。

(2) 本研究采用市场价值法、影子价格法和替代工程法等方法对海河流域湿地生态系统的 12 项生态系统服务功能价值进行了评价,由于湿地所提供的很多服务(如调蓄洪水等)没有在进行交换,本文在对这些服务价值进行评价时存在一定的粗糙性。例如:湿地的调蓄洪水功能主要是通过减免洪灾损失和增加土地的开发利用价值等对人类消除危害,为社会提供安全服务,其效益年际间变化很大,一般年份几乎没有效益,但遇到大洪水年时能在社会经济和人民生活许多方面体现很大的效益^[46],但由于资料的限制,本研究选取湿地的调蓄洪水的能力作为海河流域湿地调蓄洪水的物质量,并以此对湿地调蓄洪水的价值进行了估算,这样会给湿地调蓄洪水的价值的估算造成一定的偏差。此外,本文在对海河流域湿地生态系统娱乐休闲价值进行评价时,由于资料的限制,未考虑河南、内蒙古、辽宁海河流域湿地旅游收入,而对山东、山西海河流域的旅游收入的计算又比较粗略,并直接以观光游览/度假休闲为旅游目的的旅游收入代替娱乐休闲价值来估算湿地娱乐休闲价值,由于没有考虑时间成本,会导致旅游者旅行费用成本的估算存在一定的偏差。对到海河流域旅游的旅客感兴趣的资源进行估算时,本文直接采用《2006 年中国旅游年鉴》^[43]公布的入境旅客感兴趣的资源和 2005 年福建省国内旅游抽样调查测算结果^[44],这也会导致游客感兴趣的资源的比例的估算存在一定的偏差。由于调查没有区分山水风光各自占的比例,本文根据海河流域内各省、市、自治区自然保护区名录与中国国家旅游局公布的 2005 年年底旅游景点主观地选取了水体占山水的比例,这也给结果带来一定的偏差。但从整体上来说,本文对于湿地娱乐休闲的价值的评价相对比较保守。另外,由于时间的限制,再加上湿地的非使用价值主要是采用条件价值法对人们的支付意愿或补偿意愿进行调查,其评价结果的有效性和可靠性因为受到多方面因素的影响而受到质疑^[47],本研究未作考虑。

因此,本研究对于海河流域湿地生态系统服务功能价值的评价也不全面,但从评价结果中我们还是可以看出:海河流域湿地生态系统具有巨大的生态系统服务功能价值。2005 年海河流域湿地面积为 8764.32 km^2 ,仅占海河流域总面积的 2.76%,但海河流域湿地生态系统所提供的产品和服务的价值相当于 GDP 的 16.01%^[10],这充分表明了湿地生态系统对于人类财富的重要贡献及人类社会对于湿地生态系统的依赖性。给政策管理者和决策者提供了湿地保护的经济依据,为决策选择提供了必要的前提,对于湿地的保护和有效的管理起到了重要的作用。此外,本研究是从流域尺度上对湿地生态系统服务功能价值进行的评价,这对于流域的生态补偿标准制定及流域的综合管理都具有重要的意义。

表 3 海河流域湿地生态系统服务功能价值汇总

Table 3 The final results of the Ecosystem services value of Haihe River basin wetlands

湿地生态系统服务类型 Service types of wetland ecosystem	价值量 Value / ($\times 10^8$ 元)	比例 Percentage /%
淡水产品 Aquatic products	93.50	2.27
水资源供给 Water supply	64.83	1.57
芦苇产品 Reed production	1.52	0.04
水电 Hydro-power	7.66	0.19
娱乐休闲 Recreation and tourism	89.95	2.18
固碳 Carbon fixation	3.06	0.07
释氧 Oxygen release	1.78	0.04
气候调节 Climate regulation	2184.50	52.97
调蓄洪水 Flood control	914.89	22.19
地表水调蓄 Surface water regulation	744.65	18.06
地下水补给 Groundwater replenishment	15.56	0.38
水质净化 Water purification	1.76	0.04
合计 Total	4123.66	100

(3) 湿地生态系统服务是指人类从湿地生态系统功能中所获得的利益^[3],其价值评价结果可以用于分析人类活动对环境的影响。然而本文只是静态研究,没法反映这些信息。因此,有必要对海河流域湿地生态系统服务功能的价值进行动态变化研究,分析海河流域湿地生态系统服务的演变过程,分析人类活动对生态系统服务的影响,分析生态系统服务功能变化对人类财富的影响,为有针对性地保护和管理湿地提供重要的信息。

(4) 尽管湿地生态系统服务功能价值评价取得了很大的进展,但由于湿地生态系统所提供的服务复杂多样而且大多数没有在进行交换,其价值评价面临着很大的困难。未来的研究应在充分分析湿地生态系统功能的基础上,将其转化为湿地生态系统服务,并在现有的评价方法的基础上,结合数据的可获得性及其成本,对其价值进行评价。

References:

- [1] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington DC: Island Press, 2005: 7, 40.
- [2] Zheng W, Shi H H, Chen S, Zhu M Y. Benefit and cost analysis of mariculture based on ecosystem services. *Ecological Economics*, 2009, 68(6): 1626-1632.
- [3] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [4] Sathirathai S. Economic valuation of mangroves and the roles of local communities in the conservation of natural resources: case study of Surat Thani, South of Thailand // EEPSEA Research Report Series, IDRC. Singapore: Regional Office for Southeast and East Asia, Economy and Environment Program for Southeast Asia, 1998.
- [5] Ouyang Z Y, Zhao T Q, Wang X K, Miao H. Ecosystem services analyses and valuation of China terrestrial surface water system. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(10): 2091-2099.
- [6] Tong C F, Feagin R A, Lu J J, Zhang X F, Zhu X J, Wang W, He W S. Ecosystem service values and restoration in the urban Sanyang wetland of Wenzhou, China. *Ecological Engineering*, 2007, 29(3): 249-258.
- [7] Chen Z M, Chen G Q, Chen B, Zhou J B, Yang Z F, Zhou Y. Net ecosystem services value of wetland: environmental economic account. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 2009, 14(6): 2837-2843.
- [8] Tuan T H, Xuan M V, Nam D, Navrud S. Valuing direct use values of wetlands: a case study of Tam Giang-Cau Hai lagoon wetland in Vietnam. *Ocean & Coastal Management*, 2009, 52(2): 102-112.
- [9] Wang Z G, Zhu X J, Xia J, Li J X. Study on distributed hydrological model in Hai River basin. *Progress in Geography*, 2008, 27(4): 1-6.
- [10] Ren X S. Water Resources Evaluation of Haihe River basin. Beijing: China Water Power Press, 2007: 19, 29, 115, 184, 254.
- [11] Cui W Y, Luo Y, Wang Y, Wang H C, Fu X L. Evaluation and countermeasures for Wetlands ecological service in Haihe basin. *Haihe Water Resources*, 2007, (6): 13-16, 29.
- [12] Chen K L. An introduction to convention on Wetland of international importance especially as waterfowl habitat. *Chinese Biodiversity*, 1995, 3(2): 119-121.
- [13] Tang X P, Huang G L. Study on classification system for wetland types in China. *Forest Research*, 2003, 16(5): 531-539.
- [14] Li X C. Compiled by the National Bureau of Statistics of China. *China Statistics Yearbook 2006*. Beijing: China Statistics Press, 2006: 489-490.
- [15] Yu X Q. Compiled by the Beijing Municipal Bureau of Statistics, Beijing General Bureau Team of Investigation under the NBS. *Beijing Statistical Yearbook 2006*. Beijing: China Statistics Press, 2006: 205-205.
- [16] Fu Y X, Liang S S. Compiled by the compilation committee of China Agriculture Yearbook. *China Agriculture Yearbook 2006*. Beijing: China Agriculture Press, 2006: 173-173.
- [17] Liu X H. Shandong Provincial Bureau of Statistics, Shandong General Bureau Team of Investigation under the NBS. *Shandong Statistical Yearbook 2006*. Beijing: China Statistics Press, 2006: 252-252.
- [18] Wang Z X. Jinan Bureau of Statistics. *Jinan Statistical Yearbook 2006*. Beijing: China Statistics Press, 2006: 253-253.
- [19] Zhu X X. Binzhou Bureau of Statistics. *Binzhou Statistical Yearbook 2006*. Binzhou: Binzhou Bureau of Statistics, 2006: 66-66.
- [20] Zhao H R. Dongying Bureau of Statistics. *Dongying Statistical Yearbook 2006*. Dongying: Dongying Bureau of Statistics, 2006: 168-168.
- [21] Compiled by Shanxi Provincial Bureau of Statistics, Shanxi General Bureau Team of Investigation under the NBS. *Shanxi Statistical Yearbook 2006*. Beijing: China Statistics Press, 2006: 684-686.
- [22] Liu Y Q. Compiled by Henan Statistics Bureau. *Henan Statistical Yearbook 2006*. Beijing: China Statistics Press, 2006: 606-607.

- [23] Zhao G C. General Offices of Hebei Provincial People's Government, Hebei Provincial Bureau of Statistics, Hebei Academy of Social Sciences. Hebei Economic Yearbook 2006. Beijing: China Statistics Press, 2006: 357-357.
- [24] Haihe River Water Resources Conservancy Commission, Chinese Ministry of Water Resources. Communique on water resources of Haihe River basin in 2005. [2010-03-11]. <http://www.hwcc.gov.cn/pub/hwcc/static/szygb/gongbao2005/index.htm>.
- [25] Editorial Department of Price Yearbook of China. Price Year Book of China 2006. Beijing: Editorial Department of Price Yearbook of China, 2006: 18-18.
- [26] The Ministry of River Resources, P. R. China. 2005 Statistic Bulletin on China Water Activities. [2010-04-27]. http://www.stats.gov.cn/tjgb/qttjgb/qgqttjgb/t20060705_402334881.htm.
- [27] Xu N. The present situation of wetlands in Tianjin and its protection and utilization countermeasure analysis. Haihe Water Resources, 2002, (6): 11-14.
- [28] Huang R B. Compiled by China Technical Association of Paper Industry. Almanac of China Paper Industry 2003. Beijing: China Light Industry Press, 2003: 229-229.
- [29] Cui L J. Assessment on Zhalong Wetland value. Journal of Natural Resources, 2002, 17(4): 451-456.
- [30] Xu X C. Compiled by Department of Industry and Transport Statistics, National Bureau of Statistics, People's Republic of China. Energy Bureau National Development and Reform Commission. People's Republic of China. China Energy Statistical Yearbook 2006. Beijing: China Statistics Press, 2007: 41-41.
- [31] Ren X S, Hu Z L, Cao Y B. Haihe River Basin Water Conservancy Manual. Beijing: China Water Power Press, 2008: 75-76, 96.
- [32] Xu L H. Standard or out. China financial newspaper, 2008-06-11(4). [2009-09-10]. <http://www.cfen.com.cn/web/cjb/2008-06/11/content426772.htm>.
- [33] Liu X L, Zhao R H, Cao S L. Economic value of urban water ecosystem services//Ren L L, Chen X, Zhang S A, eds. Environmental Changes and Water Security. Beijing: China Water Power Press, 2008: 321-324.
- [34] Shao W Y. Compiled by Haihe River Water Resources Conservancy Commission, Chinese Ministry of Water Resources. Haihe Yearbook 2007. Beijing: Fangzhi Press, 2009: 276-277.
- [35] Editing Committee for Records of Haihe River Basin. Records of Haihe River Basin: Volume 2. Beijing: China Water Power Press, 1998: 299-302.
- [36] Wang S M, Dou H S. Records for Chinese Lakes. Beijing: Science Press, 1998: 179-316.
- [37] State Forestry Administration, P. R. China. Specifications for Assessment of Forest Ecosystem Services in China. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [38] Zhang X F, Liu Z W, Xie Y F, Chen G R. Evaluation on the changes of ecosystemservice of urban lakes during the degradation process: a case study of Xiannü Lake in Zhaoqing, Guangdong Province. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(6): 2349-2354.
- [39] Duan X N, Wang X K, Lu F, Ouyang Z Y. Carbon sequestration and its potential by wetland ecosystems in China. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(2): 463-469.
- [40] Li W H. Theories, Methods and Applications in Valuing the Ecosystem Services. Beijing: China Renmin University Press, 2008: 277-277.
- [41] Compiled by Department of Comprehensive Statistics of National Bureau of Statistics. Chinese Statistics Yearbook for Regional Economy 2006. Beijing: China Statistics Press, 2006: 436-441.
- [42] Compiled by Jinzhong Bureau of Statistics. Jinzhong Statistical Yearbook. 2008. Beijing: China Statistics Press, 2008: 397-397.
- [43] Compiled by National Tourism Administration of The People's Republic of China. The Yearbook of China Tourism Statistics 2006. Beijing: China Travel & Tourism Press, 2006: 347, 350, 352-353, 414.
- [44] Tourism Department of Fujian Province. The estimated sample survey results of the domestic tourism based on the year 2005 in Fujian province. (2006-01-13). [2010-03-05]. http://www.fjta.com/FJTIS/FJTA/InfoDetail.aspx?MT_ID=987&date=20060113&type=2&ID=1124.
- [45] Ren Z Y, Zhang Y F. Land Use Change and Ecological Security Evaluation. Beijing: Science Press, 2003: 148-148.
- [46] Zhang D Z. Calculation methods of the benefit from flood control. Guangdong Water Resources and Hydropower, 2002 (5): 1-4.
- [47] Xu L Z, Wu C S, Wang F F, Zhang J S, Liu W W. Testing reliability of the contingent valuation method: a case study on the tourism attraction nonuse value. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(10): 4301-4309.

参考文献:

- [5] 欧阳志云, 赵同谦, 王效科, 苗鸿. 水生态服务功能分析及其间接价值评价. 生态学报, 2004, 24(10): 2091-2099.
- [9] 王中根, 朱新军, 夏军, 李建新. 海河流域分布式 SWAT 模型的构建. 地理科学进展, 2008, 27(4): 1-6.

- [10] 任宪韶. 海河流域水资源评价. 北京: 中国水利水电出版社, 2007: 19, 29, 115, 184, 254.
- [11] 崔文彦, 罗阳, 王迎, 王洪翠, 付晓亮. 海河流域湿地生态服务价值评价及对策研究. 海河水利, 2007 (6): 13-16, 29.
- [12] 陈克林. 《拉姆萨尔公约》——《湿地公约》介绍. 生物多样性, 1995, 3(2): 119-121.
- [13] 唐小平, 黄桂林. 中国湿地分类系统的研究. 林业科学研究, 2003, 16(5): 531-539.
- [14] 李晓超. 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 2006. 北京: 中国统计出版社, 2006: 489-490.
- [15] 于秀琴. 北京市统计局, 国家统计局北京调查总队. 北京统计年鉴 2006. 北京: 中国统计出版社, 2006: 205-205.
- [16] 傅玉祥, 梁书升. 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴 2006. 北京: 中国农业出版社, 2006: 173-173.
- [17] 刘兴慧. 山东省统计局, 国家统计局山东调查总队. 山东统计年鉴 2006. 北京: 中国统计出版社, 2006: 252-252.
- [18] 王祯祥. 济南市统计局. 济南统计年鉴 2006. 北京: 中国统计出版社, 2006: 253-253.
- [19] 朱兴新. 滨州市统计局. 滨州统计年鉴 2006. 滨州: 滨州市统计局, 2006: 66-66.
- [20] 赵宏儒. 东营市统计局. 东营统计年鉴 2006. 东营: 东营市统计局, 2006: 168-168.
- [21] 山西省统计局, 国家统计局山西调查总队. 山西统计年鉴 2006 年. 北京: 中国统计出版社, 2006: 684-686.
- [22] 刘永奇. 河南省统计局. 河南统计年鉴 2006. 北京: 中国统计出版社, 2006: 606-607.
- [23] 赵国昌. 河北省人民政府办公厅, 河北省统计局, 河北省社会科学院. 河北经济年鉴 2006. 北京: 中国统计出版社, 2006: 357-357.
- [24] 水利部海河水利委员会. 海河流域水资源公报 2005 年. [2010-03-11]. <http://www.hwcc.gov.cn/pub/hwcc/static/szygb/gongbao2005/index.htm>.
- [25] 《中国物价年鉴》编辑部. 中国物价年鉴 2006. 北京: 《中国物价年鉴》编辑部, 2006: 18-18.
- [26] 中华人民共和国水利部. 2005 年全国水利发展统计公报. [2010-04-27]. http://www.stats.gov.cn/tjgb/qtjgb/qgqqtjgb/t20060705_402334881.htm.
- [27] 许宁. 天津湿地现状及其保护利用对策分析. 海河水利, 2002 (6): 11-14.
- [28] 黄润斌. 中国造纸学会. 中国造纸年鉴 2003. 北京: 中国轻工业出版社, 2003: 229-229.
- [29] 崔丽娟. 扎龙湿地价值货币化评价. 自然资源学报, 2002, 17(4): 451-456.
- [30] 许宪春. 国家统计局工业交通统计司, 国家发展和改革委员会能源局. 中国能源统计年鉴 2006. 北京: 中国统计出版社, 2007: 41-41.
- [31] 任宪韶, 户作亮, 曹寅白. 海河流域水利手册. 北京: 中国水利水电出版社, 2008: 75-76, 96.
- [32] 徐丽红. 要么达标要么淘汰. 中国财经报, 2008-06-11(4). [2009-09-10]. <http://www.cfen.com.cn/web/cjb/2008-06/11/content426772.htm>.
- [33] 刘晓丽, 赵然杭, 曹升乐. 城市水系生态系统服务功能价值评估初探// 任立良, 陈喜, 章树安. 环境变化与水安全. 北京: 中国水利水电出版社, 2008: 321-324.
- [34] 邵文砚. 水利部海河水利委员会. 海河年鉴 2007. 北京: 方志出版社, 2009: 276-277.
- [35] 海河志编纂委员会. 海河志: 第二卷. 北京: 中国水利水电出版社, 1998: 299-302.
- [36] 王苏民, 冀鸿身. 中国湖泊志. 北京: 科学出版社, 1998: 179-316.
- [37] 国家林业局. 中华人民共和国林业行业标准. LY/T 1721—2008: 森林生态系统服务功能评估规范. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [38] 张修峰, 刘正文, 谢贻发, 陈光荣. 城市湖泊退化过程中水生态系统服务功能价值演变评估——以肇庆仙女湖为例. 生态学报, 2007, 27(6): 2349-2354.
- [39] 段晓男, 王效科, 逯非, 欧阳志云. 中国湿地生态系统固碳现状和潜力. 生态学报, 2008, 28(2): 463-469.
- [40] 李文华. 生态系统服务功能价值评估的理论、方法与应用. 北京: 中国人民大学出版社, 2008: 277-277.
- [41] 国家统计局国民经济综合统计司. 中国区域经统计年鉴 2006. 北京: 中国统计出版社, 2006: 436-441.
- [42] 晋中市统计局. 晋中统计年鉴 2008. 北京: 中国统计出版社, 2008: 397-397.
- [43] 中华人民共和国国家旅游局. 中国旅游年鉴 2006. 北京: 中国旅游出版社, 2006: 347, 350, 352-353, 414.
- [44] 福建省旅游局. 2005 年福建省国内旅游抽样调查测算结果. (2006-01-13). [2010-03-05]. http://www.fjta.com/FJTIS/FJTA/InfoDetail.aspx?MT_ID=987&date=20060113&type=2&ID=1124.
- [45] 任志远, 张艳芳. 土地利用变化与生态安全评价. 北京: 科学出版社, 2003: 148-148.
- [46] 张达志. 防洪效益计算方法. 广东水利水电, 2002 (5): 1-4.
- [47] 许丽忠, 吴春山, 王菲凤, 张江山, 刘文伟. 条件价值法评估旅游资源非使用价值的可靠性检验. 生态学报, 2007, 27(10): 4301-4309.