

DOI: 10.5846/stxb201403250550

徐婷, 徐跃, 江波, 张玲, 宋文彬, 周德民. 贵州草海湿地生态系统服务价值评估. 生态学报, 2015, 35(13): 4295-4303.

Xu T, Xu Y, Jiang B, Zhang L, Song W B, Zhou D M. Evaluation of the ecosystem services in Caohai Wetland, Guizhou Province. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(13): 4295-4303.

贵州草海湿地生态系统服务价值评估

徐 婷^{1,2}, 徐 跃^{1,2}, 江 波³, 张 玲^{1,2}, 宋文彬^{1,2}, 周德民^{1,2,*}

1 首都师范大学城市环境过程与数字模拟国家重点实验室培育基地, 北京 100048

2 资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100048

3 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: 贵州草海是中国三大高原淡水湖泊之一, 其湿地生态系统能给人提供产品和服务, 为社会可持续发展提供基础, 由于其价值没有被量化, 人们对其重要性缺乏直观认识, 导致了湿地的不合理开发及利用。根据草海湿地的特征, 运用市场价值法、影子工程法、问卷调查法等定量评估了 2010 年草海湿地生态系统最终服务价值, 包括供给服务、调节服务和文化服务。结果表明, 草海湿地生态系统服务总价值为 4.39×10^8 元, 其中供给服务价值为 0.74×10^8 元, 调节服务价值为 1.14×10^8 元, 文化服务价值为 2.51×10^8 元; 所计算的 10 项服务按其价值大小排序为: 休闲娱乐 > 生物多样性与景观资源保护 > 水资源供给 > 调蓄洪水 > 气候调节 > 补给地下水 > 大气组分调节 > 原材料生产 > 水质净化 > 食物生产; 单位面积服务价值为 16.40×10^4 元/hm², 是 2010 年贵州省威宁县单位面积 GDP 产值的 16.91 倍。从研究结果来看, 草海湿地生态系统服务价值较大, 为草海湿地的管理及保护提供了一定参考依据。

关键词: 草海湿地; 生态系统服务; 价值评估

Evaluation of the ecosystem services in Caohai Wetland, Guizhou Province

XU Ting^{1,2}, XU Yue^{1,2}, JIANG Bo³, ZHANG Ling^{1,2}, SONG Wenbin^{1,2}, ZHOU Demin^{1,2,*}

1 Base of the State Laboratory of Urban Environmental Processes and Digital Modeling, Capital Normal University, Beijing 100048, China

2 Key Laboratory of Resources Environment and Geographic Information System of Beijing Municipal, Beijing 100048, China

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

Abstract: Wetlands are the kidneys of the Earth. Wetland ecosystems are vital in regulating the Earth's environmental balance. Caohai is one of the three Plateau Freshwater Lakes in China, located in the Yunnan-Guizhou Plateau within the Yangtze River watershed area, having an important role in the downstream water balance. The Caohai Wetland ecosystem provides people not only with essential ecosystem goods, such as raw materials and freshwater resources, but also has the potential to provide many services that are critical for regional sustainable development. However, the lack of information on the ecological economic value of Caohai Wetland hinders cooperation among different stakeholders. Furthermore, inappropriate development and pollution are threatening the functioning and the resultant benefits provided by these wetland systems. The economic valuation of Caohai Wetland ecosystems can help to clarify the tradeoffs among ecosystem services and social goods and services towards wise wetland management. In this paper, we divided the wetland ecosystem services into 3 main categories, provisioning services, regulating services, and cultural services, based on the underlying ecological mechanisms and beneficiary analyses. The 3 categories were further subdivided into 10 subcategories, food production, raw

基金项目: 林业公益性行业科研专项资助项目(201204201); 北京市教委科研基地建设类项目资助

收稿日期: 2014-03-25; 修订日期: 2015-03-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhoudemin@neigae.ac.cn

material production, water provisioning service, flood mitigation service, groundwater recharge service, water purification service, climate regulation service, gas regulation service, recreational service, and biodiversity and landscape conservation service. We evaluated the economic value of these 10 subcategories of wetland ecosystem services based on the year 2010 using different methodologies, such as the market value method, shadow engineering method, travel expense method, and contingent valuation method. According to the results of this valuation, the total economic value of the 10 subcategories of ecosystem services provided by Caohai Wetland was 4.39×10^8 Yuan RMB, of which provisioning services, regulating services, and cultural services contributed 0.74×10^8 Yuan RMB, 1.14×10^8 Yuan RMB, and 2.51×10^8 Yuan RMB, respectively. The major contributing services among all these wetland ecosystem services were recreational service, biodiversity and landscape conservation service, water provisioning service, and flood mitigation service. The total value of these four services was 3.78×10^8 Yuan RMB, which accounted for 86.05% of the total value, with recreational service value accounting for 29.93%, the biodiversity and landscape conservation service value accounting for 27.20%, the water provisioning service value accounting for 15.53%, and the flood mitigation service value accounting for 13.39%. The recreational value topped the others in the economic valuation, followed in order by biodiversity and landscape conservation value, water provisioning value, flood mitigation value, climate regulation value, groundwater recharge value, gas regulation value, raw material production value, water purification value, and food production value. The area of Caohai Wetland covers only 0.43% of Weining County, but the economic value of this wetland was 16.40×10^4 Yuan RMB per hectare, which is 16.91 times higher than the annual gross domestic product (GDP) per hectare of the county. Hence, it is inappropriate to transform Caohai Wetland into farmlands. The results of this study reflect the importance of Caohai Wetland in supporting the regional economy. Therefore, it is now important to raise public and government awareness to protect the wetlands for their continuous flow of sustainable services. Decision makers can incorporate the economic value of wetland ecosystem services to create ecological compensation mechanisms while dealing with the contradictions among different stakeholders.

Key Words: Caohai Wetland; ecosystem services; evaluation

湿地生态系统不仅为人类提供原材料、淡水资源等生态产品,在维持区域生态平衡、调节局地气候和生物多样性保护等方面也起着不可替代的作用^[1]。自 1997 年 Costanza 等^[2]文章发表以来,人们对湿地生态系统重要性的认识不断加深,湿地生态系统服务价值评估逐渐成为生态学研究热点。国外学者对湿地生态系统服务的评估方法和框架进行了探讨^[3],并从不同角度对湿地生态系统开展了价值评估^[4-5]。相比于国外,我国湿地生态系统研究主要集中在生态经济价值评估^[6-9],许多学者针对不同区域不同类型湿地生态系统服务价值展开了研究^[10-15],但针对高原湖泊湿地生态系统服务价值的研究还不全面。由于不同区域湿地的类型结构特征和生态功能不同,提供的主要服务功能也不同。结合湿地结构特征和生态功能,对不同区域湿地生态系统服务价值进行评估,确定其主要服务功能仍然很有必要,它可为针对性地保护湿地提供参考依据。

草海是中国三大高原淡水湖泊之一,地处云贵高原长江水源地带,对区域及下游地区水量平衡具有一定作用。草海湿地物种资源丰富、系统结构和功能完整,为我国亚热带高原湿地生态系统的典型代表,是我国特有高原鹤类、国家一级保护动物——黑颈鹤(*Grus nigricollis*)及其它珍稀禽类的重要越冬地,它的存在对保护生物多样性具有不可替代的作用。草海湿地生态系统在维系自身平衡的同时,也维系着区域生态系统平衡,对区域生态及经济的可持续发展提供物质基础和重要保障。由于目前针对草海湿地的研究主要集中在动植物^[16-18]及水环境^[19-21]等方面,对其生态价值评估的研究较少,人们对其重要性缺乏直观认识,不当的开发和污染现象越发严重,湿地生态系统的平衡和功能遭到破坏,湿地面积不断缩小^[22],黑颈鹤的生境遭到严重威胁。为此,本文根据草海湿地的结构和功能特征,采用适宜评估方法,对草海湿地生态系统 10 项最终服务进行评估,以期准确量化草海湿地生态系统服务价值,明确其主要服务功能,增强人们的生态保护意识,为管理

和保护草海湿地提供一定参考依据。

1 研究区概况

草海湿地位于贵州省威宁县城西南方的草海国家级自然保护区(26°47'32" N—26°52'52" N, 104°10'16" E—104°20'40" E)(图 1),包括中心湖区和湖边沼泽地带。草海湖是贵州最大的天然淡水湖泊,正常蓄水面积 1980 hm²,平均水深 1.35 m,最深处为 2.80 m;湖边沼泽面积约 700 hm²。草海气候为亚热带季风气候,年均气温 10.6 ℃;年均降水量 950.9 mm,降水年内分布不均,主要集中于夏季,干湿季节明显;相对湿度 79%。草海湿地生态系统物种丰富、结构功能完整,是我国为数不多的亚热带高原岩溶湿地之一,也是黑颈鹤等珍稀禽类的重要栖息地,被誉为“世界十大最佳湖泊观鸟区之一”,同时,被“中国生物多样性保护行动计划”列为国家一级保护湿地^[22],是云贵高原上一颗璀璨的明珠。近年来,由于人为及自然因素的影响,草海湿地遭到了破坏,生态系统开始退化,需要及时采取相关措施。

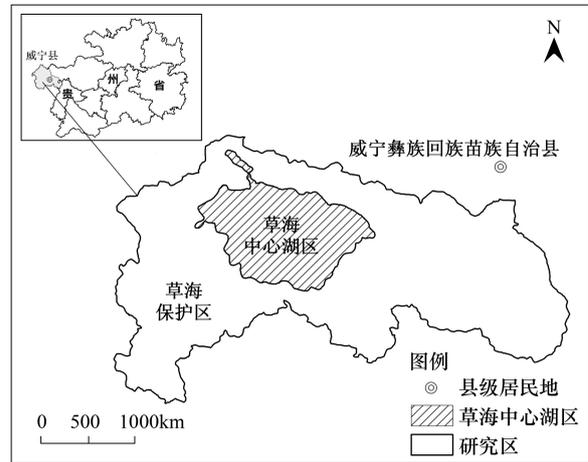


图 1 研究区地理位置示意图

Fig.1 Location of study area

2 研究方法

2.1 评估指标体系与数据来源

本研究基于联合国千年生态系统评估(简称 MA)^[23]、生态系统与生物多样性经济学(简称 TEEB)^[24]、Boyd 和 Banzhaf^[25]和 Fisher 等^[26]对生态系统中间服务和最终服务的区分,将草海湿地生态系统服务划分为供给服务、调节服务和文化服务,并结合草海湿地生态系统特征、受益者及可获数据,确定了草海湿地生态系统服务价值评估指标体系(表 1)。本研究各项数据源于《草海研究》^[22]、《贵州草海湿地生态环境综合治理总体规划》、《威宁彝族回族苗族自治县志》^[27]、2012 年实地问卷调查数据以及以相关文献^[21,28]等。

表 1 草海湿地生态系统服务价值评估指标体系

Table 1 The evaluation index system of wetland ecosystem services in Caohai

评估项目 Items	评估指标 Evaluation index	评估方法 Evaluation method
供给服务 Provisioning services	食物生产	市场价值法
	原材料生产	市场价值法
	水资源供给	市场价值法
调节服务 Regulating services	调蓄洪水	影子工程法
	补给地下水	影子工程法
	水质净化	替代成本法
	气候调节	替代成本法
	大气组分调节	碳税法、工业制氧法
文化服务 Cultural services	休闲娱乐	费用支出法
	生物多样性与景观资源保护	问卷调查法

2.2 评估参数与评估方法

2.2.1 供给服务

采用市场价值法^[11]评估供给服务价值,计算如公式(1)所示:

$$V_p = \sum_{i=1}^n V_{pi} = \sum_{i=1}^n Q_{pi} \times P_{pi} \quad (1)$$

式中, V_p 为供给服务价值(元); V_{pi} 为第 i 种产品的价值(元); Q_{pi} 为第 i 种产品产量; P_{pi} 为第 i 种产品市场价格。

2.2.2 调节服务

(1) 调蓄洪水

采用影子工程法^[29]评估调蓄洪水价值, 计算如公式(2)所示:

$$V_{r1} = (Q_{r1-1} - Q_{r1-2}) \times P_{r1} \quad (2)$$

式中, V_{r1} 为调蓄洪水服务价值(元); Q_{r1-1} 为草海最高水位时蓄水量(m^3); Q_{r1-2} 为最低水位时蓄水量(m^3); P_{r1} 为当地单位库容建造成本(元/ m^3)。

(2) 补给地下水

运用影子工程法^[29]评估补给地下水价值, 计算如公式(3)所示:

$$V_{r2} = (Q_{r2-1} - Q_{r2-2}) \times P_{r2} \quad (3)$$

式中, V_{r2} 为补给地下水服务价值(元); Q_{r2-1} 为草海湿地地表水渗漏量(m^3); Q_{r2-2} 为草海湿地地下水出流量(m^3); P_{r2} 为当地单位库容建造成本(元/ m^3)。

(3) 水质净化

采用替代成本法^[10]评估水质净化服务价值, 计算如公式(4)所示:

$$V_{r3} = \sum_{i=1}^m Q_{r3-i} \times P_{r3-i} \times \rho \quad (4)$$

式中, V_{r3} 为水质净化服务价值(元); Q_{r3-i} 为每年排入草海第 i 种污染物含量(kg); P_{r3-i} 为第 i 种污染物的处理成本(元/kg); ρ 为草海湿地污染物平均处理率。

(4) 气候调节

采用替代成本法^[10]评估气候调节服务价值, 计算如公式(5)所示:

$$V_{r4} = (Q_{r4-1} \times S_{r4-1} + Q_{r4-2} \times S_{r4-2}) \times P_{r4} \times 10 \quad (5)$$

式中, V_{r4} 为气候调节服务价值(元); Q_{r4-1} 为草海湿地水面蒸发量(mm); S_{r4-1} 为草海湿地水面面积(hm^2); Q_{r4-2} 为草海湿地植物蒸腾量(mm); S_{r4-2} 为草海湿地植物面积(hm^2); P_{r4} 为湿地气候调节服务的单位价值(元/ m^3)。

(5) 大气组分调节

湿地植物可以通过光合作用, 吸收大气中的二氧化碳, 并且向大气释放氧气, 从而达到对大气的调节作用。根据光合作用原理可知, 植物合成 1 g 干物质可以吸收 1.63 g 二氧化碳, 释放 1.20 g 氧气。因此湿地的固碳量和释氧量可以通过湿地植物干物质量获取。

1) 固碳 采用碳税法评估固碳价值, 计算如公式(6)所示:

$$V_{r5-1} = 1.63 \times 10^{-2} \times Q_{r5} \times S \times P_{r5-C} \quad (6)$$

式中, V_{r5-1} 为固碳价值(元); Q_{r5} 为草海单位面积干物质量(g/m^2); S 为研究区面积(hm^2); P_{r5-C} 为固碳价格(元/t)。

2) 释氧 采用工业制氧法评估释氧价值, 计算如公式(7)所示:

$$V_{r5-2} = 1.20 \times 10^{-2} \times Q_{r5} \times S \times P_{r5-O} \quad (7)$$

式中, V_{r5-2} 为释氧价值(元); P_{r5-O} 为工业制氧价格(元/t)。

2.2.3 文化服务

(1) 休闲娱乐

采用费用支出法评估研究区休闲娱乐价值, 计算如公式(8)所示:

$$V_{c1} = Q_{c1} \times M_1 \quad (8)$$

式中, V_{c1} 为休闲娱乐价值(元); Q_{c1} 为人均旅行费用支出(元/人); M_1 为研究区年接待游客人次(人)。

(2) 生物多样性与景观资源保护

采用问卷调查法评估生物多样性与景观资源保护价值,计算如公式(9)所示:

$$V_{c2} = Q_{c2} \times M_2 \quad (9)$$

式中, V_{c2} 为生物多样性与景观资源保护价值(元); Q_{c2} 为年支付意愿(Willingness to Pay,简称为WTP)^[30]中位值(元/人); M_2 为被调查群体人口基数(人)。

3 研究结果与分析

3.1 研究结果

3.1.1 食物生产

草海湿地主要生产鱼类,本研究以鱼类供给价值作为食物生产价值,依据《贵州草海湿地生态环境综合治理总体规划》资料显示,草海湿地年产鱼量 1.50×10^4 kg,当地鱼类平均市场价格 10 元/kg,采用市场价值法进行评估,则草海湿地每年食物生产服务价值为 15.00×10^4 元。

3.1.2 原材料生产

草海水生植物资源丰富,当地人们主要利用金鱼藻、光叶眼子菜等植物作为鸟类和鱼类的饲料,这些水草单位面积产量为 579 g/m^2 ^[22],计算面积取正常水域面积 1980 hm^2 ,依据《贵州草海湿地生态环境综合治理总体规划》记录,每年可产水草 1146.42×10^4 kg,当地水草市场价格 0.5 元/kg,采用市场价值法进行评估,则草海湿地原材料生产服务价值为 573.21×10^4 元。

3.1.3 水资源供给

草海湖是当地地表径流汇水区,能够储存大量宝贵水源,是当地居民生活、工业及农业用水的可靠水源。依据《贵州草海湿地生态环境综合治理总体规划》记录,草海每年供水量 $4550.40 \times 10^4 \text{ m}^3$,由于资料获取困难,无法判断每种用途的水量,故水价取当地平均水价 1.5 元/ m^3 ,运用市场价值法进行评估,则草海湿地水资源供给服务价值为 6825.60×10^4 元。

3.1.4 调蓄洪水

湿地是天然的“海绵”,具有蓄水能力,可以起到蓄滞洪水、消减洪峰的作用。草海地处云贵高原河源地带,属长江水系,湖水出流经洛泽江、横江后汇至金沙江。丰水期,草海湿地能蓄滞大量洪水,消减下游洪峰。采用影子工程法评估草海湿地调蓄洪水价值,按丰水期蓄水量 $5366.33 \times 10^4 \text{ m}^3$ 与枯水期蓄水量 $3661.10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 之差来计算^[31]调蓄洪水量,单位蓄水成本取当地单位库容建造成本 3.45 元/ m^3 ,则草海湿地调蓄洪水价值为 5883.04×10^4 元。

3.1.5 补给地下水

草海流域内岩溶地貌较发育,草海湖既是地下岩溶水的排泄区,也是地下岩溶水的补给水源,草海湿地的存在能够稳定地下水位,维持岩溶水循环平衡,从而起到保持岩溶地貌、防止石漠化的作用。由《贵州草海湿地生态环境综合治理总体规划》资料可知,研究区每年地表水渗漏量 $585.06 \times 10^4 \text{ m}^3$,地下水出流量 $31.54 \times 10^4 \text{ m}^3$,则研究区每年补给地下水量为 $553.52 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。单价取当地单位库容建造成本 3.45 元/ m^3 ,采用影子工程法进行评估,则草海湿地补给地下水价值为 1909.64×10^4 元。

3.1.6 水质净化

湿地能通过物理、化学及生物过程分解、净化水体中碳、氮、磷等污染物,起到“排毒”、“解毒”的功能。草海湿地污染源主要是居民生活污水、周围村民禽畜养殖及农业污染。经折算后每年排入草海的污水中化学需氧量 $1594.72 \times 10^3 \text{ kg}$ 、总氮 $352.13 \times 10^3 \text{ kg}$ 、总磷 $13.00 \times 10^3 \text{ kg}$ ^[21],草海湿地污染物平均处理率为 66.67%^[28],处理成本按化学需氧量 0.5 元/kg、总氮 1.5 元/kg、总磷 2.5 元/kg^[32]计算,用替代成本法评估,草海湿地的水质净化价值为 90.54×10^4 元。

3.1.7 气候调节

草海湖面开阔、光能丰富、蒸发量大,是云贵高原上的水汽储藏库,对调节当地气温和空气湿度、减少极端

气候现象具有一定作用。研究区水面蒸发量为 $700 \text{ mm}^{[22]}$,按正常蓄水面积 1980 hm^2 进行计算,年蒸发量为 $1386.00 \times 10^4 \text{ m}^3$;水生植物的蒸腾量为 1.5 mm/d ,生长季取 8 个月,植物面积按沼泽面积 700 hm^2 进行计算,年蒸腾量为 $252.00 \times 10^4 \text{ m}^3$,则研究区年蒸散发量为 $1638.00 \times 10^4 \text{ m}^3$,湿地气候调节单位价值取 $1.66 \text{ 元/m}^3^{[33]}$,采用替代成本法评估,则研究区气候调节服务价值为 2719.08×10^4 元。

3.1.8 大气组分调节

(1) 固碳

草海湿地单位面积干物质质量为 219.43 g/m^2 ,面积取正常水域面积与沼泽面积之和 2680 hm^2 ,每年固定二氧化碳 9585.58 t ,固碳价格取 2010 年欧盟碳交易价格 $120 \text{ 元/t}^{[31]}$,采用碳税法进行评估,则研究区固碳价值为 115.03×10^4 元。

(2) 释氧

研究区每年生产氧气 7056.87 t ,氧气价格按照工业制氧的平均价格 $1000 \text{ 元/t}^{[34]}$ 进行计算,则研究区释氧价值为 705.69×10^4 元。

3.1.9 休闲娱乐

研究区鸟类资源丰富,被誉为“世界十大最佳湖泊观鸟区之一”,具有较大的旅游资源。据威宁县志^[27]记载,2010 年全县接待游客 154.18×10^4 人次,旅游收入 13.52×10^8 元,人均消费 876.90 元,根据《贵州草海国家级自然保护区生态旅游总体规划》记录,2010 年草海湿地接待游客约 15×10^4 人次,本研究采用费用支出法,将直接旅游收入作为休闲娱乐价值,则草海湿地休闲娱乐价值为 13153.50×10^4 元。

3.1.10 生物多样性与景观资源保护

草海湖水浅、湖盆开阔、物种资源丰富,为草海鱼类、鸟类提供了丰富的食物及栖息地,是实施生物多样性保护活动计划的重要区域,也是重要的生物遗传基因地,“中国生物多样性保护行动计划”将其列为国家一级重要保护湿地^[22],草海湿地的存在对保护生物多样性意义重大。本研究采用问卷调查法估算生物多样性与景观资源保护价值,研究于 2012 年 5 月在威宁县发放 240 份调查问卷,收回 208 份,有效问卷 200 份,有支付意愿的 121 份,占全部调查样本的 60.5% (表 2)^[35]。对有支付意愿的问卷进行统计,鉴于支付意愿值(WTP)多数情况下较离散,易受极值影响而掩盖被调查者 WTP 值的差异^[36],而累计相对频度中位值能反应大多数人的支付意愿^[37],故本研究采用中位值进行计算,即选择累计频度为 50% 的支付额度作为人均 WTP 值。计算得出 WTP 值为每月 7.09 元, 85.08 元/a ,2010 年威宁全县人口 $140.5 \text{ 万}^{[27]}$,则草海湿地生物多样性与景观资源保护价值为 11953.74×10^4 元,其中,选择价值为 2865.31×10^4 元,占 23.97% ;遗产价值为 3753.47×10^4 元,占 31.40% ;存在价值为 5334.96×10^4 元,占 44.63% 。

3.2 结果分析

根据本研究评估结果(表 3),2010 年草海湿地生态系统服务总价值为 4.39×10^8 元,其中供给服务价值为 0.74×10^8 元,占总价值的 16.86% ;调节服务价值为 1.14×10^8 元,占总价值的 25.97% ;文化服务价值为 2.51×10^8 元,占总价值的 57.17% 。2010 年草海湿地生态系统提供的主要服务为休闲娱乐、生物多样性与景观资源保护、水资源供给和调蓄洪水,4 项价值占总价值的 86.05% 。其中,休闲娱乐价值占 29.93% ,生物多样性与景观资源保护价值占 27.20% ,水资源供给价值占 15.53% ,调蓄洪水价值占 13.39% 。对所评估的 10 项最终服务按其价值大小依次排序为:休闲娱乐>生物多样性与景观资源保护>水资源供给>调蓄洪水>气候调节>补给地下水>大气组分调节>原材料生产>水质净化>食物生产。单位面积服务价值为 $16.40 \times 10^4 \text{ 元/hm}^2$,是 2010 年贵州省威宁县单位面积 GDP 产值的 16.91 倍^[27]。

4 结论与讨论

(1) 2010 年草海湿地面积仅占全县面积的 0.43% ,但其生态系统服务总价值却相当于全县生产总值(61.29×10^8 元)^[27]的 7.17% 。湿地单位面积服务价值为 $16.40 \times 10^4 \text{ 元/hm}^2$ 是全县单位面积农业产值($1.96 \times$

10^4 元/ hm^2)^[38]的 8.37 倍。说明草海湿地生态系统服务价值较大,能够而且正在为当地人民带来巨大财富。通过价值评估说明将草海湿地改造成农田损失巨大,显而易见是不当的行为。

表 2 被调查者支付意愿值的频度分布

Table 2 Frequency distribution of WTP value of respondents

支付意愿值/元 WTP value	绝对频数 Absolute frequency	相对频度/% Relative frequency	调整频度/% Frequency of adjustment	累计频度/% Cumulative frequency
5	45	22.50	37.19	37.19
10	37	18.50	30.58	67.77
15	7	3.50	5.78	73.55
20	9	4.50	7.44	80.99
25	6	3.00	4.96	85.95
30	2	1.00	1.65	87.60
35	2	1.00	1.65	89.25
40	0	0.00	0.00	89.25
45	1	0.50	0.83	90.08
50	12	6.00	9.92	100.00
拒绝支付 Unwilling to pay	79	39.50		
总计 Total	200	100.00	100.00	

WTP: 支付意愿 Willingness to Pay

表 3 草海湿地生态系统各项服务价值汇总表

Table 3 The final results of the ecosystem services value in Caohai Wetland

评价指标 Evaluation index	计算指标 Indicators calculated	功能量 Functional capacity	价格 Price	价值/ 10^4 元 Value	%
食物生产 Food production	鱼类产量(10^4 kg)	1.50	10 元/kg	15.00	0.03
原材料生产 Raw material production	水草产量(10^4 kg)	1146.42	0.5 元/kg	573.21	1.30
水资源供给 Water provisioning	水供给量(10^4 m^3)	4550.40	1.5 元/ m^3	6825.60	15.53
调蓄洪水 Flood mitigation	调洪水量(10^4 m^3)	1705.23	3.45 元/ m^3	5883.04	13.39
补给地下水 Groundwater recharge	补给地下水量(10^4 m^3)	553.52	3.45 元/ m^3	1909.64	4.35
水质净化 Water purification	化学需氧量(10^3 kg)	1594.72	0.5 元/kg	53.16	
	总氮(10^3 kg)	352.13	1.5 元/kg	35.21	
	总磷(10^3 kg)	13.00	2.5 元/kg	2.17	
	合计			90.54	0.21
气候调节 Climate regulation	蒸散发量(10^4 m^3)	1638.00	1.66 元/ m^3	2719.08	6.19
大气组分调节 Gas regulation	固碳(t)	9585.58	120 元/t	115.03	
	释氧(t)	7056.87	1000 元/t	705.69	
	合计			820.72	1.87
休闲娱乐 Recreation	接待游客人数(10^4 人)	15.00	876.90(元/人)	13153.50	29.93
生物多样性与景观资源保护 Biodiversity and landscape conservation	支付群体人数(10^4 人)	140.50	85.08(元/人)	11953.74	27.20
合计 Total				43944.07	100.00

(2)在所计算的最终服务中休闲娱乐、生物多样性与景观资源保护、水资源供给和调蓄洪水 4 项价值占总价值的 86.05%,说明这 4 项服务是研究区的核心服务。从各项服务价值量来看,休闲娱乐价值最大,占总价值的 29.93%,说明草海湿地旅游价值较大,这与草海是“世界十大最佳湖泊观鸟区之一”社会地位相符。生物多样性与景观资源保护价值仅次于休闲娱乐价值,占总价值的 27.20%,进一步证实草海湿地在保护生物多样性方面的重要性,应重点保护该项服务。水资源供给价值为 6825.60×10^4 元,占总价值的 15.53%,突出草海湿地水源地的作用。此外,草海所处地带喀斯特(Karst)地貌发育,地表水与岩溶地下水联系紧密,通过补给地下水来维持岩溶水循环平衡,从而保持岩溶地貌、防止石漠化是其一项特色的服务,研究显示,这项特色服务价值较大,为 1909.64×10^4 元。

(3)由于研究区基础数据获取困难,本研究对草海湿地生态系统服务价值的评估还不够全面。在计算旅游价值时,没有考虑游客的时间成本,导致旅游价值结果存在偏差。在问卷调查法估算生物多样性与景观资源保护价值时,发现游客分布较散,自助游较多,很难对其集中进行问卷调查,从而选取威宁县居民为调查对象,缩小了支付群体,使该项价值比实际值低。由于数据的缺乏,对于食物生产和原材料生产价值的计算,只考虑了主要产品,从而使这两项价值都比实际值低。在进一步研究中,应注意基础数据的积累,从而能对草海湿地生态系统服务价值展开更加全面地评估,为管理和保护湿地提供更好的参考依据。

(4)此外,本研究与以往大多数研究不同,只对最终服务价值进行了评估,为后人在评估过程中提供了一定借鉴。在未来的研究中,应进一步完善评估体系及方法,同时关注湿地生态系统服务的动态演变趋势,分析人类活动对其变化的影响,并对其生态机制进行深入研究,为有针对性保护和管理湿地提供更多参考信息。

致谢:刘文副局长及首都师范大学邢丽玮帮助发放问卷,张翼然博士和中国林业科学研究院马牧源老师帮助写作,特此致谢。

参考文献(References):

- [1] 张洪岩,龙恩,程维明. 向海湿地动态变化及其影响因素分析. 自然资源学报, 2005, 20(4): 613-620.
- [2] 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.
- [3] Turner R K, van den Bergh J C J M, Söderqvist T, Barendegt A, van der Straaten J, Maltby E, van Lerland E C. Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy. Ecological Economics, 2000, 35(1): 7-23.
- [4] Mitsch W J, Gosselink J G. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. Ecological Economics, 2000, 35(1): 25-33.
- [5] Acharya G. Approaches to valuing the hidden hydrological services of wetland ecosystems. Ecological Economics, 2000, 35(1): 63-74.
- [6] 崔丽娟. 湿地价值评价研究. 北京: 科学出版社, 1997.
- [7] 肖玉, 谢高地, 安凯. 莽措湖流域生态系统服务功能经济价值变化研究. 应用生态学报, 2003, 14(5): 676-680.
- [8] 赵同谦, 欧阳志云, 王效科, 苗鸿, 魏彦昌. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价. 自然资源学报, 2003, 18(4): 443-452.
- [9] 崔丽娟. 鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究. 生态学杂志, 2004, 23(4): 47-51.
- [10] 庄大昌. 洞庭湖湿地生态系统服务功能价值评估. 经济地理, 2004, 24(3): 391-394.
- [11] 张晓慧, 韩美. 黄河三角洲湿地主导生态服务功能价值估算. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(6): 37-43.
- [12] 王凤珍, 周志翔, 郑忠明. 城郊过渡带湖泊湿地生态系统服务功能价值评估——以武汉市严东湖为例. 生态学报, 2011, 31(7): 1946-1954.
- [13] 江波, 欧阳志云, 苗鸿, 郑华, 白杨, 庄长伟, 方瑜. 海河流域湿地生态系统服务功能价值评价. 生态学报, 2011, 31(8): 2236-2244.
- [14] 宋文彬, 张翼然, 张玲, 周德民. 洪河国家级自然保护区沼泽生态系统服务价值估算. 湿地科学, 2014, 12(1): 81-88.
- [15] 庞丙亮, 崔丽娟, 马牧源, 李伟. 若尔盖高寒湿地生态系统服务价值评价. 湿地科学, 2014, 12(3): 273-278.
- [16] 杨延峰, 张国钢, 陆军, 刘文, 李振吉. 贵州草海越冬斑头雁日间行为模式及环境因素对行为的影响. 生态学报, 2012, 32(23): 7280-7288.
- [17] 潘少兵, 任晓冬. 草海国家级自然保护区水生植物群落的数量分类与排序分析. 生物学杂志, 2010, 27(5): 60-63, 76.
- [18] 张建利, 吴华, 喻理飞, 范怡雯, 严令斌, 袁丛军. 基于群落数量特征的喀斯特湿地森林群落优势种分析. 生态环境学报, 2013, 22(1):

58-65.

- [19] 陈毅凤, 张军, 万国江. 贵州草海湖泊系统碳循环简单模式. 湖泊科学, 2001, 13(1): 15-20.
- [20] 李宁云, 田昆, 肖德荣, 刘文, 李振吉. 草海保护区功能分区与生态环境变化的关系研究. 水土保持研究, 2007, 14(3): 67-69.
- [21] 张珍明, 林绍霞, 张清海, 郭媛, 林昌虎. 不同土地利用方式下草海高原湿地土壤碳、氮、磷分布特征. 水土保持学报, 2013, 27(6): 199-204.
- [22] 张华海, 李明晶, 姚松林. 草海研究. 贵阳: 贵州科技出版社, 2007.
- [23] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Washington DC: Island Press, 2005.
- [24] The Economics of Ecosystems and Biodiversity. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. London: Earthscan, 2010.
- [25] Boyd J, Banzhaf S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. Ecological Economics, 2007, 63(2/3): 616-626.
- [26] Fisher B, Turner R K, Morling P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. Ecological Economics, 2009, 68(3): 643-653.
- [27] 威宁彝族回族苗族自治县志编纂委员会. 威宁彝族回族苗族自治县志. 北京: 方志出版社, 2012.
- [28] 彭益书, 付培, 杨瑞东. 草海湿地生态系统健康评价. 地球与环境, 2014, 42(1): 68-81.
- [29] 赵同谦. 中国陆地生态系统服务功能及其价值评价研究. 北京: 中国科学院生态环境研究中心, 2004.
- [30] 崔丽娟, 张曼胤. 扎龙湿地非使用价值评价研究. 林业科学研究, 2006, 19(4): 491-496.
- [31] 欧阳志云, 朱春全, 杨广斌, 徐卫华, 郑华, 张琰, 肖焱. 生态系统生产总值核算: 概念、核算方法与案例研究. 生态学报, 2013, 33(21): 6747-6761.
- [32] 张修峰, 刘正文, 谢贻发, 陈光荣. 城市湖泊退化过程中水生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.
- [33] 陈云浩, 蒋卫国, 赵文吉, 李晓兵, 侯鹏, 李京. 基于多源信息的北京城市湿地价值评价与功能分区. 北京: 科学出版社, 2012: 144-146.
- [34] 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, 国家林业局, 2008.
- [35] 徐跃, 张翼然, 周德民. 草海湿地生态系统非使用价值评估. 环境科学与技术, 2014, 37(6N): 419-424.
- [36] Loomis J B, Bateman I. Some empirical evidence on embedding effect in contingent valuation of forest protection. Journal of Environmental Economics and Management, 1993, 24(1): 45-55.
- [37] 薛达元. 生物多样性的经济价值评估——长白山自然保护区案例研究. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [38] 毕节地区年鉴编辑部. 毕节地区年鉴. 北京: 方志出版社, 2010: 537-537.