综合研究

神农架林区大九湖湿地生态系统服务价值评价

周文昌[1]，史玉虎[1]，潘 磊[1]，崔鸿侠[1]，张志麒[2]，杨敬元[2]
(1. 湖北省林业科学研究院，湖北 武汉 430075；2. 神农架国家公园管理局 科学研究院，湖北 神农架 442400)

摘 要：[目的] 评估神农架林区大九湖湿地生态系统服务功能价值，为湿地保护与管理提供科技支撑。[方法] 收集现有数据，采用资源经济学和生态经济学原理，评估神农架大九湖湿地生态系统 8 项服务功能价值。[结果] 神农架大九湖湿地生态系统服务总价值量为 6.53 亿元，约占神农架林区 2015 年度国内生产总值(GDP)的 30%，其中以调蓄洪水、土壤保持和休闲娱乐 3 项服务价值为主导，占总价值的 88.94%；科研教育服务价值仅占总价值量的 0.47%，但其价值不可忽视。[结论] 大九湖湿地生态系统服务总价值量突显了湿地保护的重要性，在一定程度上，湿地萎缩和功能退化与人类社会对湿地生态服务功能的认识程度有着密不可分的联系。

关键词：大九湖湿地；生态系统；资源经济学；生态经济学；神农架林区

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2018)01-0208-06 **中图分类号**：Q148

文献参数：周文昌，史玉虎，潘磊，等. 神农架林区大九湖湿地生态系统服务价值评价[J]. 水土保持通报，2018，38(1)：208-213. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2018.01.037. Zhou Wenchang, Shi Yuhu, Pan Lei, et al. Evaluation of ecosystem services value of Dajiuhu wetland in Shennongjia forest region[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(1): 208-213. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.01.037

Evaluation of Ecosystem Services Value of Dajiuhu Wetland in Shennongjia Forest Region

ZHOU Wenchang[1], SHI Yuhu[1], PAN Lei[1], CUI Hongxia[1], ZHANG Zhiqi[2], YANG Jingyuan[2]
(1. *Hubei Academy of Forestry*, *Wuhan*, *Hubei* 430075, *China*;
2. *Academy of Science*, *Shennongjia National Park Administration*, *Shennongjia*, *Hubei* 442400, *China*)

Abstract: [Objective] To provide technical support for the Dajiuhu wetland protection and management, the service value of the Dajiuhu wetland ecosystem in Shennongjia forest region was evaluated. [Methods] The principle methods of the resource economics and ecological economics were applied to assess the value of eight service functions of the Dajiuhu wetland ecosystem by collecting the present available data. [Results] The total estimated value of the ecosystem services from the Dajiuhu wetland was 0.653 billion RMB, accounted for 30% of the gross domestic product (GDP) in the Shennongjia forest region in 2015. The value of floods storage, soil conservation, and entertainment as the leading services value, accounted for about 88.94% of the total value. The cultural service value occupied only 0.47% but it should not be ignored. [Conclusion] The service value of the Dajiuhu wetland ecosystem is very important to support the wetland protection in this region, but to a certain degree, there existed inseparable relationship with the decrease and function degradation of wetlands and the wetland ecosystem services function.

Keywords: **Dajiuhu wetland; ecosystem; resource economics; eco-economics; Shennongjia forest region**

湿地是重要的生态系统，也是人类重要的生命支持系统，它为区域环境提供许多重要的服务功能。20 世纪末，Daily[1]将生态系统服务定义为自然生态系统及其组成物种所提供的能够满足和维持人类生活需要的条件和过程；Costanza 等[2]定义为来自生态系统功能提供给人类直接(如食物)或间接(如废弃物降解)的效益，从而将生态系统服务价值评估推向了高潮；而中国学者欧阳志云等[3]在基于国内外研究的基

收稿日期：2017-05-23 **修回日期**：2017-07-01
资助项目：联合国开发计划署—全球环境资助项目：湖北省 GEF 湿地项目“加强湖北省湿地保护体系，保护生物多样性”(201501-1.2.1)
第一作者：周文昌(1983—)，男(汉族)，贵州省镇远县人，博士，助理研究员，主要从事湿地生态学和森林生态学研究。E-mail：zwclky@126.com。
通讯作者：史玉虎(1971—)，男(汉族)，博士，研究员，主要从事湿地生态学和森林生态学研究。E-mail：shiyuhu@126.com。

础上,1999 年将其定义为生态系统与生态过程所形成与维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用,促进了中国对生态系统服务价值的评估。de Groot 等[4]2002 年将生态系统服务定义为自然过程及其组成部分提供的产品和服务;2005 年联合国千年生态系统评估(MA)[5]定义生态系统服务包含自然生态系统和人类改造的生态系统为人类提供的直接的、间接的、有形的和无形的效益,并将生态系统服务划分为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务;2007—2008 年,Boyd 等[6]、Fisher 等[7]认为生态系统服务是自然中直接被享受的、被消费的或用于产生人类福祉的组分,唯有对人类效益产生直接贡献的生态系统过程或功能的组分方能称为服务,即生态系统最终服务。然而针对联合国千年生态系统评估划分的 4 大服务中的供给服务和文化服务通常是最终服务,调节服务既可是中间服务也可以是最终服务[8],支持服务是中间服务[9]。生态系统最终服务是人类直接利用生态系统的自然组分产生效益的过程,生态系统中间服务只是产生生态系统最终服务的生态特征[6-7]。

综上所述,生态系统服务是评估生态系统最终服务,并采取合理的评价指标和评价方法将抽象的服务转化为人们能感知的货币,直观地反映生态系统的各项服务创造的价值。众所周知,湿地与海洋、森林并列为全球三大生态系统,它不仅为人类的生存提供了生活所需的产品(食物、淡水资源),也在保持土壤、调蓄洪水、改善气候、休闲娱乐、科研教育等方面发挥着重要作用。1997 年,Costanza 等[2]评估的全球生态系统服务价值每年达 3.33×10^{13} 美元,是全球国民生产总值的 1.8 倍,而湿地生态系统(海岸生态系统、潮汐沼泽、红树林、沼泽、洪泛平原湿地、河流和湖泊)每年提供服务价值为 1.92×10^{13} 美元,接近全球生态系统服务总价值量的 60%。然而,随着全球社会经济快速发展,湿地生态系统服务价值长期未得到人类社会的全面认识,致使了人们对湿地资源的不合理利用,导致天然湿地大量丧失和功能退化,制约社会经济发展,进而开展湿地生态系统服务功能货币量化评估,促进人类社会对湿地生态系统服务价值认知,推动全社会的湿地保护意识和可持续地利用湿地资源具有重要作用。

神农架林区大九湖湿地作为华中地区面积最大、海拔最高和保存完好的北亚热带高山泥炭藓沼泽湿地,是南水北调中线工程水源涵养地[10],神农架国家公园的重要组成部分和鄂西生态文化旅游圈,具有着重要的科学研究文化价值。然而,目前有关神农架大九湖湿地生态系统服务价值量的评估尚未见报道,阻碍了人们对神农架大九湖湿地生态服务功能价值的认知,不利于政府决策者、湿地管理者对神农架大九湖湿地的保护、管理及合理利用。因此,本文拟评估神农架大九湖湿地生态系统服务价值,以期为大九湖湿地保护与修复提供科学依据。

1　研究区域与研究方法

1.1　研究区概况

神农架林区大九湖湿地(109°56′—110°11′E,31°24′—31°33′N)地处湖北省西北端神农架林区,坐落在大巴山脉东段北麓,为亚高山湿地,也是华中地区面积最大、海拔最高的高山湿地和保存完好的北亚热带高山泥炭沼泽湿地,是南水北调中线工程重要水源涵养地,也是名贵中药材生产基地,生态地位十分重要[10]。大九湖湿地属于亚高山寒温带潮湿气候,年均气温7.4 ℃,最热 7 月 18.8 ℃,最冷 1 月 −4.9 ℃,年均降水量 1 519.3 mm(1956—2010 年),5—10 月降水量占全年的 76.8%,年最大降水量达 2 170.8 mm(1963 年),年最小降水量 919.9 mm(1966 年),相对湿度 80%,海拔 1 760 m,湿地总面积约 1 645 hm^2[10-12]。大九湖湿地区域内有高等维管植物 46 科 83 属 98 种,以阿齐薹草(*Carex argyi*)、灯心草(*Juncus effuses*)、地榆(*Sanguisorba officinalis*)、紫羊茅(*Festuca rubra*)等为沼泽湿地的优势植物[11]。

1.2　数据来源和评估方法

数据来源主要是通过文献资料收集和中国知网、中国畜牧网以及其他的网页报道的资料评估大九湖湿地生态系统服务价值。本文主要参考 Costanza 等[2]、欧阳志云等[13]和崔丽娟等[14-15]评价指标和评估方法,初步评估大九湖湿地生态系统服务价值量,评价指标和评估方法见表 1。

表 1　大九湖湿地生态系统服务功能价值类型与评估方法

最终服务	评价指标	评价方法
物质生产	牛/头	市场价值法
供 水	地表水年径流量/m^3	市场价值法
固 碳	植被生物量/t	造林成本法
调蓄洪水	土壤调蓄水量/m^3 地表滞水/m^3 湖泊调洪量/m^3	影子工程法
土壤保持	减少土地废弃/m^3 保肥(氮、磷、钾)/t	替代成本法
大气调节	湿地增湿调温/m^3	替代成本法
	释放 O_2/t	工业制氧法
	CH_4 排放/t	造林成本法
休闲娱乐	旅行费用/元	旅游成本法
科研教育	科研投入/元	科研投入金额

2 结果与分析

2.1 物质生产服务价值评估

大九湖湿地主要物质产品为牛羊肉，由于数据缺乏，仅根据大九湖整个草场研究表明理论载畜量约为333个牛单位，按照333头牛计算[12]，根据《中国畜牧网》2015年11月12日公布的湖北浠水农产品批发市场64.8元/kg，按照每头牛50 kg肉计算，1头牛单价为3 240元。大九湖湿地每年供应的物质产品价值为1.08×10^6元。

2.2 供水服务价值评估

大九湖湿地作为南水北调中线工程水源地——堵河的源头，而堵河是汉江最大支流，水源最终汇入丹江口水库，使得大九湖湿地具有重要的供水服务价值。南水北调中线工程自2014年12月12日正式通水到2015年12月11日，南水北调中线工程正式入渠水量达2.39×10^9 m^3，考虑长距离输水(1 432 km干渠)存在蒸发损耗，2015年度向沿线受水区输水2.22×10^9 m^3，占丹江口水库年蓄水量(2.91×10^{10} m^3)的7.6%，惠及沿线14座大中城市，人口达3.80×10^7人。据研究报道，大九湖流域面积为43.24 km^2，主要由降水形成，大九湖多年平均径流深1 103.9 mm，多年地表径流量4.75×10^7 m^3[10]。由于堵河水最终流入丹江口水库，计算大九湖2015年度供水价值以大九湖湿地多年平均地表径流量的7.6%作为丹江口水库调水量，沿线城市水价见表2，水价按第2阶梯水价计算，得到大九湖湿地供水价值为2.00×10^7元。

表2 大九湖湿地供水价值评估

地区	第1阶梯水价/(元·m^{-3})	第2阶梯水价/(元·m^{-3})	第3阶梯水价/(元·m^{-3})	南水北调中线工程2015年度调水量比例/(元·m^{-3})	价值/10^6元
北京	5.00	7.00	9.00	3.8	4.32
河北	3.55	4.66	7.99	8.4	6.36
天津	4.90	6.20	8.00	1.3	1.31
河南	4.10	5.65	10.30	8.7	7.99
合计					20.00

2.3 固碳服务价值评估

湿地生态系统固碳服务价值主要是指湿地植物通过光合作用固定CO_2的能力，通常是根据湿地植物生物量评估湿地生态系统固碳服务价值。湿地植物生物量数据来源以余明勇等[16]研究报道的大九湖盆地景观平均生物量为依据，湿地面积以大九湖湿地湖泊和沼泽面积分别为115 hm^2，800 hm^2(合计915 hm^2，表3)[10,17]。大九湖湖泊湿地植物总生物量为23 t，沼泽湿地植物总生物量为12 000 t，植物总生物量为12 023 t。根据光合作用方程式得到植物固碳量，每产生1 g干物质，植物需要固定1.63 g CO_2，相当于0.44 g碳，计算的大九湖湿地植被每年固碳量8.62×10^3 t。固碳价值采用中国造林成本法计算，CO_2造林成本为1 320元/t[18]，固碳价值为1.14×10^7元。

表3 大九湖盆地湿地景观类型和面积

湿地类型	面积/hm^2	平均净生产力/(g·m^{-2}·a^{-1})	平均生物量/(t·hm^{-2})
湖泊	115	325.0	0.2
沼泽	800	458.6	15

2.4 调蓄洪水服务价值评估

大九湖亚高山湿地的调蓄洪水能力主要包含沼泽的土壤调洪能力、植被的地表滞水能力和湖泊调蓄能力。研究表明大九湖泥炭沼泽的持水量是土壤重量的5～8倍，土壤容重是0.2～0.35 g/cm^3，按照泥炭厚度0.5 m计算，沼泽面积800 hm^2，大九湖湿地泥炭储量约4.00×10^7 m^3[17]，按照水的密度为1 g/cm^{3}计算，得到大九湖沼泽湿地最低可调蓄洪水能力4.00×10^7 m^3。地表滞水主要是指植被截留降雨、延缓洪水和消减洪峰流量的能力，植被的防洪能力可以通过截留降水量来计算，本区的截留系数取27.5%[15]，计算得到大九湖沼泽植被截留降水量为3.34×10^6 m^3。根据大九湖9个湖泊高水位和低水位的湖泊容积之差计算湖泊调蓄洪水能力[10]，得到湖泊调蓄洪水能力为1.04×10^6 m^3，单位库容水库造价6.11元/m^3[18]。因此，大九湖湿地调蓄洪水价值=(沼泽的土壤调洪能力+植被的地表滞水能力+湖泊调蓄能力)×单位库容水库造价为2.71×10^8元。

2.5 土壤保持服务价值评估

湿地生态系统的土壤保持服务包含减少土地废弃价值、保持土壤养分价值和减少泥沙淤积价值，其中减少土地废弃价值与减少淤积价值存在着重复计算[15]。因此本研究只计算减少土壤废弃价值和保持土壤养分价值，按照崔丽娟[14]评估鄱阳湖湿地保持土壤价值采用减少土壤侵蚀价值的替代法计算。减少侵蚀总量为2.29×10^5 m^3。

湿地减少土壤侵蚀的价值采用土地废弃的机会成本来代替,即认为湿地完全破坏后,这些土地将退化乃至废弃,用土壤的侵蚀量和一般的土壤耕作层的厚度来推算相对相当的土地面积减少量[14]。一般土壤耕作层厚度为 15—20 cm。年废弃土地面积为 1.53×10^6 m^2。

湿地生态平均效益,采用大九湖亚高山耕作土地种植高山蔬菜生产效益为 7.50×10^4 元/hm^2,计算湿地生态的平均效益,年减少土壤侵蚀的价值 1.14×10^8 元。

大九湖湿地减少土壤肥力流失的价值。土壤流失主要带走土壤营养物质,这里采用 N,P,K 养分作为土壤肥力流失的价值估算。根据研究表明泥炭沼泽地的土壤全氮、全磷、全钾含量平均值分别为24.5,0.9,5.4 g/kg[17]。根据化肥的价格采用《2012 年中国统计年鉴》中尿素、磷酸氢二胺和氯化钾的进口价格,分别为 4 568,4 203,2 716 元/t[15]。于是,减少土壤肥力流失价值 5.40×10^7元。

因此,大九湖土壤保持服务价值=年减少土壤侵蚀价值+年减少土壤肥力流失价值=1.68×10^8 元。

2.6　大气调节服务价值评估

大气调节价值包含植物光合作用释放氧气、湿地生态系统蒸腾蒸发的增湿调温、温室气体二氧化碳(CO_2)和甲烷(CH_4)排放[15]。大九湖湿地由于缺乏 CO_2 排放数据,不评价该价值。释放氧气、增湿调温服务价值属于正效应,而温室气体排放属于负效应[15,18]。增湿调温价值是根据 1956—2010 年的实测资料计算而得,大九湖湖泊体积水量 1.37×10^6 m^3,多年平均水面蒸发量 643.1 mm,多年平均陆面蒸发量 419.3 mm[10]。湖泊水域调节空气湿度和温度价值,公式依据文献[18],即通过单位体积水量(1 m^3)转化为蒸汽耗电量 125 kW/h,结合大九湖水面蒸发量和湖泊水体年均蒸发量折算系数($k=0.75$)得到大九湖湖泊水域大气调节服务价值 3.47×10^6 元;另外,大九湖湿地陆面蒸发包含土壤蒸发、植物蒸腾和陆面水的蒸发的大气调节价值,得到陆面沼泽大气调节价值 2.10×10^7 元,大九湖湿地增湿调温服务价值为 2.44×10^7 元。

释放氧气(O_2)价值是根据植物光合作用方程式,植物每产生 1 g 干物质释放 1.19 g O_2,植物总生物量为 1.20×10^4 t。O_2 价格采用中华人民共和国卫生部网站中 2007 年春季 O_2 的平均价格 1 000 元/t。得到大九湖湿地生态系统释放 O_2 价值为 1.43×10^7 元。

温室气体 CH_4 排放价值是负效应价值,由于湖泊湿地 CH_4 排放通量数据缺乏,仅根据李艳元等[19]报道大九湖泥炭湿地 CH_4 排放通量计算而得,大九湖泥炭湿地 CH_4 排放 78.56 kg/hm^2,此外,CH_4 的温室效应是 CO_2 的 24.5 倍[15],因此,在计算 CH_4 温室气体的负效应时,要转化为 CO_2 当量评估负效应价值,大九湖湿地 CH_4 排放相当于 CO_2 排放 1 924.72 kg/hm^2。依据造林成本法和泥炭湿地面积计算,大九湖湿地温室气体负效应价值为 2.03×10^6 元。因此,大九湖湿地大气调节价值为 3.67×10^7 元。

2.7　休闲娱乐服务价值评估

大九湖湿地由于气候湿润、空气清晰和环境优美,是人们避暑和陶冶情操的圣地,2008 年湖北省委、省政府作出重大战略决策,通过激活鄂西地区丰富生态、文化等资源优势,破解交通、体制、机制等瓶颈障碍,强力建设“鄂西生态文化旅游圈”,近年来,每年达数十万人到大九湖湿地避暑和欣赏美丽的湿地景观资源,如 2008—2015 年旅游人次和门票收入逐年增加,2015 年达到 3.12×10^5 人次(图 1)。休闲娱乐价值由人均旅行费用支出、人均旅行时间成本和人均消费者剩余价值 3 部分组成[13],因数据缺乏,本研究仅仅评估人均旅行费用支出的门票与住宿费用价值和旅行时间成本价值作为大九湖湿地休闲娱乐服务价值。《2015 年度人力资源和社会保障事业发展统计公报》的全国城镇就业人员每人每日平均日工资 140 元左右(依据全国城镇非私营单位和城镇私营单位就业人员年平均工资 6.20×10^4 和 3.96×10^4 元计算而得),旅行时间成本费用按照日工资率的 30% 计算[13],求得人均时间成本为 42 元/次,游客在大九湖湿地逗留时间为 1 d。另外,大九湖湿地游客一般住宿神农架林区木鱼镇和坪阡古镇,住宿费每人 150～400 元/次,取中间值为 300 元/次;大九湖湿地门票为 120 元/人次,平时有时会有优惠价(神物价文〔2008〕83 号),根据大九湖湿地门票实际收入为 3.50×10^7 元,得到旅行费用支出 1.28×10^8 元和时间成本 3.08×10^6 元,合计得到大九湖湿地休闲娱乐价值 1.42×10^8 元。

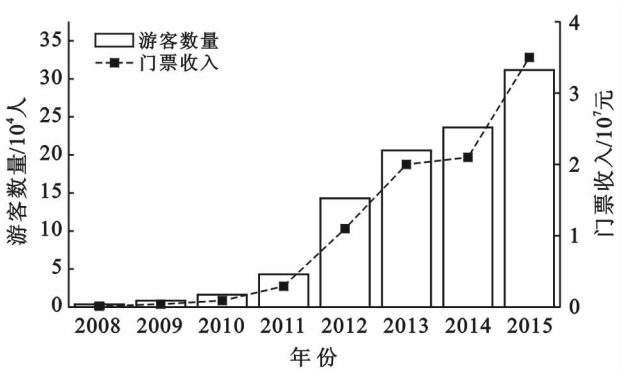


图 1　大九湖湿地历年旅游量和门票收入

2.8 科研教育服务价值评估

湿地生态系统的科研价值主要包含相关的基础科学研究、教学实习基地、文化宣传等价值。根据实际调查,本研究仅仅计算大九湖湿地科学研究价值,通过每年发表的论文量的总投入成本计算。通过在中国知网以关键词"大九湖"检索到2015年17篇论文,在ScienceDirect以关键词"Dajiuhu"检索到2015年论文9篇。研究表明平均每篇论文的投入经费为3.58×10^5元,但是由于中国的科研项目完成期一般为3年,每篇论文投入1.19×10^5元[15]。2015年大九湖湿地科研教育服务价值为3.10×10^6元。

2.9 大九湖湿地生态系统服务总价值量

神农架大九湖湿地生态系统服务总价值量约为6.53×10^8元(表4),占到2015年神农架林区国内生产总值(GDP)22.5亿元的29.02%。其中,神农架大九湖湿地生态系统服务价值中最大服务价值为调蓄洪水价值2.71×10^8元,占总价值量的41.51%,土壤保持价值1.69×10^8元,休闲娱乐价值1.42×10^8元,而科研教育服务价值是3.10×10^6元,占服务价值的0.47%。因此,大九湖湿地生态系统8项服务价值按照价值量大小排序,依次为:调蓄洪水>土壤保持>休闲娱乐>大气调节>供水>固定CO_2>科研教育>物质生产(表4)。

表4 2015年大九湖湿地生态系统服务价值

湿地生态系统服务	价值量/10^6元	比例/%
物质生产	1.08	0.17
供 水	19.98	3.06
固 碳	11.40	1.75
调蓄洪水	271.16	41.51
土壤保持	168.33	25.77
大气调节	36.71	5.62
休闲娱乐	141.53	21.66
科研教育	3.10	0.47
合 计	653.29	100.00

3 结论与讨论

湿地作为大自然对人类的赋予,为人们带来的价值有很多,除了巨大直接经济价值外,还有生态效益和社会效益价值。本文根据现有数据初次评估了大九湖湿地8项最终服务价值,总价值量为6.53×10^8元,接近2015年神农架林区国内生产总值的30.0%,表明了神农架大九湖湿地生态系统服务功能价值的重要性和具有的重要生态地位,为神农架林区保护与恢复大九湖湿地提供了重要科学依据。在评估的8项生态系统服务中,调蓄洪水、土壤保持和休闲娱乐3项服务价值占总价值量的88.94%,说明这3项服务价值是神农架大九湖湿地的主导服务,反映出神农架大九湖湿地的特征,一方面是大九湖湿地作为南水北调中线工程的水源地,在涵养水源和保持土壤服务价值中发挥着重要作用。另一方面,大九湖湿地休闲娱乐服务价值高达1.4亿元,这与神农架大九湖湿地属于《国家湿地公园》、《国际重要湿地名录》、《世界地质公园》和国家5A级景区密切相关,美国国家地理杂志推荐"人一辈子不得不去的地方之一",是鄂西生态文化旅游圈的核心板块和国内外游客向往的重要避暑圣地和精神家园。评估结果用直观的数字反映出神农架大九湖湿地为人类提供的巨大福祉,突出了大九湖湿地保护的重要性。评估结果不仅能提高公众和管理者对神农架大九湖湿地生态系统服务的认知,也为生态补偿政策多元化制定提供参考依据。

湿地生态系统服务总价值量的高低一方面与研究者选择评价指标、评价方法、数据有效性有关[13,15],如固碳价值评价有采用瑞典的碳税法和造林成本法,而瑞典碳税法可能不适合中国国情。另一方面,人类对湿地生态系统功能、服务和价值之间的关系的认知也不断发生变化,导致选择的评价指标和评价方法不同,进而生态系统服务价值评估结果不一。如欧阳志云等[13]课题组在评价中国内陆最大的淡水湖——博斯腾湖生态系统最终服务价值时,既评价了水质净化价值,也评价了水资源供给价值;而庞丙亮等[15]课题组评价若尔盖高寒湿地最终服务价值中仅评价了水资源供给价值,而水质净化价值作为中间服务,如都评价,存在重复评价。此外,在休闲娱乐和大气调节价值的评估中,因数据缺乏,仅评估了部分价值,今后尚须完善大九湖湿地生态系统服务价值评估。

然而,值得注意的是科研教育服务价值仅占服务总价值量的0.47%,但其地位不可忽视。因为湿地生态系统服务价值长期以来在经济社会发展中没有得到人类的足够认知,是造成对湿地的过度开发利用,导致天然湿地丧失和功能退化的重要因素[19-20]。因此,加强大九湖湿地生态系统时空动态监测和科学研究,完善湿地生态系统服务价值评估,综合调控湿地生态系统结构、功能和过程的关键影响因子,提高湿地生态系统主导服务功能价值,为保护神农架大九湖湿地生态系统的完整性和健康稳定性提供重要依据。

[参 考 文 献]

[1] Daliy G C. Nature's Services: Social Dependence on Natural Ecosystems [M]. Washington D C: Island

Press, 1997.

[2] Costanza R, D'Arge R, Groot R D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997,387(1):253-260.

[3] 欧阳志云,王如松,赵景柱.生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J].应用生态学报,1999,10(5):635-640.

[4] de Groot R S, Wilson M A, Boumans R M L. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem function, goods and services[J]. Ecological Economics, 2002,41(3):393-408.

[5] Assessment M E. Ecosystems and Human Well-being [M]. Washington, D C: Island Press, 2005.

[6] Boyd J, Banzhaf S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units [J]. Ecological Economics, 2007,63(2/3):616-626.

[7] Fisher B, Turner R K. Ecosystem services: Classification for valuation[J]. Biological Conservation, 2008, 141(5):1167-1169.

[8] Keeler B L, Polasky S, Brauman K A, et al. Linking water quality and well-being for improved assessment and valuation of ecosystem services[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2012, 109(45): 18619-18624.

[9] Polasky S, Segerson K. Integrating ecology and economics in the study of ecosystem services:some lessons learned[J]. Annual Review of Resource Economics, 2009,1(1):409-434.

[10] 潘晓斌,何意,阎梅,等.神农架大九湖水文水资源现状分析与保护对策[J].湖北农业科学,2013,52(13):3033-3037.

[11] 罗涛,伦子健,顾延生,等.神农架大九湖湿地植物群落调查与生态保护研究[J].湿地科学,2015,13(2):153-160.

[12] 尹发能.神农架大九湖湿地保护与利用研究[J].人民长江,2009,40(19):50-52,105.

[13] 江波,陈媛媛,饶恩明,等.博斯腾湖生态系统最终服务价值评估[J].生态学杂志,2015,34(4):1113-1120.

[14] 崔丽娟.鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究[J].生态学杂志,2004,23(4):47-51.

[15] 庞丙亮,崔丽娟,马牧源,等.若尔盖高寒湿地生态系统服务价值评价[J].湿地科学,2014,12(3):273-278.

[16] 余明勇,姚玲.神农架大九湖保护涉水工程对湿地生态环境的影响[J].中国农村水利水电,2013(12):57-61.

[17] 李素霞,王石,王庆云,等.神农架湿地泥炭测评及其生态开发保护[J].长江大学学报:自然科学版(农学卷),2008,5(3):60-62.

[18] 江波,张路,欧阳志云.青海湖湿地生态系统服务价值评估[J].应用生态学报,2015,26(10):3137-3144.

[19] 李艳元,葛继稳,彭凤姣,等.神农架大九湖泥炭湿地 CH_4 通量特征及其影响因子[J].地球科学,2017,42(5):832-842.

[20] Turner R K, Paavola J, Cooper P, et al. Valuing nature: Lessons learned and future research directions [J]. Ecological Economics, 2003,46(3):493-510.

(上接第 207 页)

[11] 田耀武,黄志霖,肖文发.基于 AnnAGNPS 模型的三峡库区秭归县非点源污染输出评价[J].生态学报,2011,31(16):4568-4578.

[12] 马俊超,杭庆丰,李琼芳,等.基于 VIC 模型的滦河流域综合干旱指数的构建与应用[J].水资源与水工程学报,2015,26(2):79-84.

[13] 李云良,张奇,李相虎.鄱阳湖流域分布式水文模型的多目标参数率定[J].长江流域资源与环境,2013,22(5):565-572.

[14] 邹松兵,陆志翔,龙爱华,等.ARCSWAT2009 用户指南[M].郑州:黄河水利出版社,2012.

[15] 齐述华,熊梦雅,廖富强,等.人类活动对鄱阳湖泥沙收支平衡的影响[J].地理科学,2016,36(6):888-894.

[16] 刘冲,齐述华,汤林玲,等.植被恢复与气候变化双重影响下的鄱阳湖流域蒸散时空特征研究.地理研究,2016,35(12):2373-2383.

[17] 蔡永明,张科利,李双才.不同粒径制间土壤质地资料的转换问题研究[J].土壤学报,2003,40(4):511-517.

[18] 陆颖, Sam BUCHANAN,何大明.流域水文模型中的土壤质地转换与饱和导水率 *Ks* 值确定[J].云南地理环境研究,2008,20(5):29-32.

[19] Neitsch S L, Arnold J G, Kiniry J R, et al. Soil and Water Assessment Tool User's Manual(Version2000) [M]. Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service, Temple, Texas, USA, 2002.

[20] Moriasi D N, Arnold J G, Van Liew M W, et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations [J]. Transactions of the ASABE, 2007,50(3):885-900.

[21] 潘登,任理.分布式水文模型在徒骇马颊河流域灌溉管理中的应用Ⅰ.参数率定和模拟验证[J].中国农业科学,2012,45(3):471-479.

[22] 肖军仓,周文斌,罗定贵,等.非点源污染模型:SWAT 用户应用指南[M].北京:地质出版社,2010.

[23] 周永忠,许荣贵.居龙滩水电站水力机械设计[J].小水电,2008,39(1):24-27.