

东居延海生态系统服务功能价值的能值分析

管新建¹, 齐雪艳¹, 吴泽宁¹, 李恩宽², 杜凯²

(1. 郑州大学 水利与环境学院, 郑州 450002; 2. 黄河水利科学研究院 水资源研究所, 郑州 450003)

摘要:在了解东居延海湿地功能结构特征的基础上,根据生态学基础理论,将湿地生态系统服务功能划分为社会—经济—生态 3 个方面,结合湿地功能表现效果,运用能值分析方法,建立并量化湿地功能价值指标评价体系,定量分析了各功能价值的能值。研究表明:东居延海湿地总价值为 1.56×10^{20} sej,其中社会价值 2.41×10^{19} sej、经济价值 2.68×10^{19} sej、生态价值 1.04×10^{20} sej,湿地能值货币价值为 2.12 亿元,单位面积湿地价值为 453.86 万元/km²,是青海湖湿地价值的 1.16 倍。东居延海的存在对额济纳旗地区生态环境的恢复及改善西北地区盐碱化和荒漠化等生态问题具有重大意义。

关键词:东居延海; 湿地; 生态服务系统; 能值分析方法

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)05-0253-04

Analysis on Energy Value of Service Function of East Juyan Lake Wetland Ecosystem

GUAN Xin-jian¹, QI Xue-yan¹, WU Ze-ning¹, Li En-kuan², DU Kai²

(1. School of Water Conservancy and Environment Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China;

2. Water Resources Research Institute, Yellow River Hydraulic Research Institute, Zhengzhou 450003, China)

Abstract:Based on understanding the structure function of the East Juyan Lake wetland, service function of the Wetland Ecosystem was divided into three aspects: society, economy and ecology according to the ecology theory. The evaluation index system of the wetland function value was set up by combining the wetland function performance, and the value of each function was quantified by energy analysis. The results showed that the total value of the East Juyan Lake wetland was 1.56×10^{20} sej, and the social value was 2.41×10^{19} sej, economic value was 2.68×10^{19} sej, ecological value was 1.04×10^{20} sej. And the energy monetary values of the wetland was RMB 2.12 billion, the wetland value of unit area was 453.86 million RMB per km², which was 1.16 times of the Qinghai Lake wetland value. It is very important for the East Juyan Lake wetland to recover the environment in Ejina Banner and improve the northwest ecological problems such as the salinization and desertification etc.

Key words:East Juyan Lake; wetland; ecosystem service system; energy analysis method

湿地生态系统服务功能是指湿地生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境及效用,强调人类的需求及在生态系统中的获益^[1]。20 世纪 50—80 年代我国湿地破碎化程度加剧、面积锐减、生物多样性减少,随之而来的土地沙漠化、盐碱化等生态问题的频频发生,使人们意识到生态保护的重要性和紧迫性^[2-4]。近年来,随着人们对湿地生态服务重要性认识加深,我国加强了湿地保护力度和管理强度,湿地急剧消失的现状得到了一定缓

解^[4]。湿地丧失的人为原因主要是缺乏对湿地的经济效益、社会效益,特别是生态效益的认识和了解^[5]。因此,为全面了解湿地服务价值,有必要对湿地开展社会、经济、生态 3 方面的价值评价。本研究根据生态学理论和能值分析方法,对内蒙古东居延海湿地生态系统服务价值进行能值分析计算,真实客观的度量其存在价值,研究成果有利于加强人们对湿地的保护意识,为决策和科学管理提供重要信息,具有深远的意义。

收稿日期:2012-02-20

修回日期:2012-05-03

资助项目:国家自然科学基金(50879081);黄河水利科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金(HKY-JBYW-2011-08)

作者简介:管新建(1973—),男,河南驻马店人,博士,副教授,主要从事水土保持及水资源教学和科研工作。E-mail:gxj1016@zzu.edu.cn

1 东居延海湿地概况

东居延海,又称苏泊淖尔,位于内蒙古自治区阿拉善盟额济纳旗北 44 km,地理坐标为北纬 $42^{\circ}10'—42^{\circ}20'$,东经 $101^{\circ}12'—101^{\circ}19'$,是黑河的尾间湖。由融雪及泉水等汇集而来的额济纳河发源于黑河,经甘肃河西走廊,从正义峡下泄至额济纳旗境内,注入东、西居延海。20 世纪 50 年代后,随着黑河下泄水量的减少,这对曾享有“大漠明珠”之称的姊妹湖——东、西居延海于 1961 年和 1992 年相继干涸。居延海干涸之后,绿洲萎缩、生物多样性减少、沙漠化日益加剧等一系列生态问题也相继产生,生态需水的巨大缺口是环境恶化的直接原因^[6]。

“小小居延海,连着中南海”,为了遏制西北地区生态环境不断恶化的趋势,2001 年 8 月 3 日,国务院提出到 2003 年“让居延海波涛滚滚,恢复原样”的目标。当时经过调度的黑河水到达东居延海,最大水域面积达到 23.66 km^2 。经过连年调水,东居延海湿地最大面积 46.71 km^2 ,最大蓄水量 $8\,620 \text{ 万 m}^3$ 。自 2002 年黑河流域调水以来,多次实施“全线闭口,集中下泄”,东居延海累计入湖量 5.3 亿 m^3 。对于水资源稀缺的西北地区,东居延海的存在价值和下泄意义,成为目前争论的焦点,很大程度上影响了黑河中上游地区的调水积极性。为科学回答以上问题,促进中上游地区的调水积极性和主动性,有必要对东居延海湿地生态服务功能价值进行全面客观评价。

2 湿地功能价值能值评价方法及步骤

20 世纪 80 年代 Odum 根据生态热力学基础提出的能值分析理论,提供了衡量和比较各种生态流的共同尺度和综合分析方法,他认为能值是指一流动或储存的能量包含另一种类别能量的数量^[7-8]。通过能值转换率和能值货币比值,能值理论实现了自然因素和经济因素的对接,从根本上克服了单纯着眼于经济或生态分析所面临的问题^[9]。它既避免了能量评价中不同能质不能加和以全面反映系统功能的缺点,也避免了经济评价中对没有参与市场交换过程而被人们所忽略或低估的功能价值评价。能值分析评价湿地生态系统服务功能价值的具体步骤如下:

(1) 收集湿地生态系统服务功能评价过程所需基础资料,了解湿地类型、结构及分布特征,根据生态学、物理学基础理论,分析湿地生态系统内物质流、信息流、货币流等生态流的能量储藏、流动、转化过程。

(2) 在掌握湿地生态特征及生态过程的基础上,从 3 个方面对湿地生态功能进行分析评价:一方面是

社会价值,主要是湿地给社会所带来的效益,如科研文化教育价值、涵养水源价值等;一方面是经济价值,主要是指湿地生产可供人们直接消费使用的产品带来的经济效益,如水产品资源等;另一方面指生态价值,主要是湿地对生态环境的改善作用,如土壤沙漠化、盐碱化、侵蚀控制、气候调节等。

(3) 建立并量化湿地各功能评价指标体系。根据湿地各价值功能的表现方式及其效果,建立湿地生态系统服务功能价值的指标评价体系。根据湿地生态系统服务功能的影响效果,将原始数据按照社会价值、经济价值和生态价值进行整理分类,然后计算或直接采用相应的能值转换率或能值货币比率,将湿地生态效益服务功能统一到同一个度量尺度——能值,根据式(1)计算湿地各项功能价值的能值。实际应用过程中,能值转换率^[8]一般采用太阳能值转换率,即每单位某种能量(或物质)相当于多少太阳能焦耳的能值转化而来。能值货币比值^[8]是一个国家或地区全年使用的能值总量除以该国或地区的国民生产总值,是能值流量相当的货币价值。

$$EM = W \times \tau \quad (1)$$

式中:EM——能值(sej);W——能量、物质或货币的量(J 或 \$); τ ——能值转换率(能值货币比) $[\text{sej}/\text{J}(\text{sej}/\$)]$ 。

(4) 计算并汇总湿地生态系统服务功能的社会价值、经济价值及生态价值的能值,并针对湿地各服务功能价值比值结构,分析湿地开发利用现状及存在问题,为湿地的可持续开发利用和科学管理提出相关建议和改善措施。

3 东居延海湿地生态系统功能

目前,湿地丧失的人为原因主要是缺乏对湿地社会—生态—经济 3 方面服务价值的直观认识,因此,为了提高人们的湿地保护意识,使人们对湿地价值有一个全面而直观的认识,本文根据湿地功能表现效果及表现形式,从社会、经济、生态 3 方面对湿地价值进行评价。

3.1 社会服务价值

(1) 科研文化教育价值。在中国期刊文献数据库中,以东居延海、额济纳旗、黑河为关键词检索相关学术论文后,对相关研究成果进行统计。自 2002 年以来发表的学术论文共 116 篇,相关报道 77 篇,论文以平均每篇 6 页计,报纸报道每篇折合成一页论文,然后借鉴 Meillaud^[10] 论文研究成果计算其科研价值。

(2) 涵养水源。目前,东居延海可维持有效水面

面积 38.6 km², 固定水体 4 720 万 m³。2002 年至 2011 年 10 a 调水期间, 东居延海累计入湖量 5.3 亿 m³, 年均入湖量 0.53 亿 m³, 最大蓄水量为 8 620 万 m³, 湿地的涵养水源价值为湿地最大蓄水量与相应的能值转换率之乘积。

(3) 娱乐旅游。东居延海调水后, 周围生态环境得到一定恢复, 水量优渥, 林草丰美, 鱼鸟肥健, 百鸟群飞。近年来, 额济纳旗境内旅游人数已增至 30 万人/a, 东居延海旅游人数占 80% 左右。东居延海门票 20 元/张, 则每年旅游收入为 480 万元。

3.2 经济价值

湿地产生的经济价值表现为湿地给人们提供可直接消费使用的物质产品, 主要有水草和鱼类。东居延海湿地水草面积为 8.11 km², 产草量 118 t/km², 则湿地年产草量为 965 t。东居延海的通水为鱼类提供了较好的生长条件, 带动了渔业发展, 湿地平均每年产鱼量 448 t。

3.3 生态价值

(1) 生物多样性价值。东居延海在调水之后, 从寸草不生、沙尘肆虐的盐碱地, 逐渐形成了以天鹅、鹤等水禽及碱蓬、芦苇及各种藻类为主的湿地生态系统。湿地以北为鱼类休养生息区, 主要鱼类有大头鱼、鲫鱼、草鱼和花白鲢等, 目前东居延海湿地共有生物 18 种, 隶属于 17 属 9 科。湿地的生物多样性价值主要表现为生物多样性的保护和支持, 本文参考蓝盛芳等^[8]的研究成果评价其价值量大小。

(2) 气候调节。①固碳增氧 根据光合作用原理, 每生成 180 g 有机物, 就会吸收 264 g 二氧化碳, 并释放出 192 g 氧气。东居延海年产草量 965 t, 平均干湿比为 1:20, 也就意味着有机物年产量 48.25 t, 则湿地植物吸收二氧化碳与生物呼出量之差为 70.77 t, 释氧量 51.74 t。根据国际通用的碳汇标准及内蒙古实际情况, 采用内蒙古实际造林成本 4 360 元/t 和国际碳税标准 1 190 元/t 的平均值 2 775 元/t 作为碳税标准, 则东居延海固碳价值 19.64 万元。根据我国工业制氧成本 0.4 元/kg, 计算出东居延海释氧价值为 2.06 万元。②降温增湿 水面蒸发过程实际为热量和水的交换过程, 水体表层具有较大动能的水分子, 挣脱束缚后进入空气, 从而降低湿地周围空气温度, 增加了空气湿度、诱发了降雨。湿地降温增湿功能的能值等于蒸发潜热^[11]与蒸发量之积乘以蒸汽能值转换率^[7]。额济纳旗 90s 年均蒸发量为 3 026 mm, 本世纪 6 a 蒸发量为 3 236 mm^[12], 额旗境内多年平均温度 8℃。目前, 东居延海可维持有效水面面积 38.6 km², 则年均蒸发量增量为 810.6 万

m³, 参考文献^[7]能值转换率研究成果, 从而可得湿地降温增湿功能价值。

(3) 防风固沙。①防风。自 2002 年东居延海调入水后, 绿洲面积扩大, 生态环境得到恢复, 年均风速由 2.9 m/s 降到 2.8 m/s。沙尘天气发生次数也逐渐减少, 由年均的 5.7 次减为 3.2 次。与绿洲相比, 东居延海对风的阻挠作用较小, 故将其忽略不计。②土壤侵蚀控制。额济纳旗境内主要为荒漠型土壤, 土壤母质主要来源于坡洪积、冲洪和松散堆积, 多含荒漠砂质土。额济纳旗调水后绿洲面积增加 75 km², 减少土壤侵蚀量 7.73 万 t^[13]。东居延海调入水后, 增加湿地面积 46.71 km², 由于东居延海与绿洲气候条件相差不大, 可推算得出湿地通水后可减少土壤侵蚀量 4.8 万 t。

(4) 净化水质。湿地素有自然界的“肾脏”之称, 具有吸附水中营养物质、阻截悬浮物及降解有机物等净化水质的功能。2010 年 12 月份, 额济纳河放水, 额济纳旗环境监测站于该月对其水质进行了监测。结果显示: 额济纳河水质良好, 30 项监测指标全部满足《地表水环境质量标准》(GB3838—2002) III 类标准限值要求。鉴于入湖水质较好, 湿地对其水质改善作用较不显著, 故其水质改善功能价值在计算过程中忽略不计。

(5) 地下水补给。湿地就像一个巨大的自然蓄水库, 具有存储水量, 调节径流, 补给地下水量, 维持地下水水位的作用。黑河入境后至狼心山进入额济纳河, 并分为东、西两条河, 向北流途中又分支 19 条河道, 最后注入东、西居延海, 形成面积为 1.44 万 km² 的冲洪积三角洲, 是额济纳旗地下水的主要汇集区, 地下水总补给量为 20.41 亿 m³/a。由于资料限制, 且三角洲与东居延海湿地地质条件较类似, 通过面积比值法计算出东居延海地下水补给量为 547.1 万 m³/a。

4 东居延海生态服务功能价值的能值计算与分析

本文主要根据东居延海湿地在通水后所带来的环境改善效益或伴随湿地恢复过程所减少的经济、社会及生态灾害损失, 建立湿地服务功能指标评价体系, 并运用能值分析法对各评价指标进行量化, 计算结果如表 1 所示。

东居延海湿地生态服务功能总价值为 1.55×10^{20} sej, 能值货币价值为 2.12 亿元。其中社会价值、经济价值以及生态价值分别为: 2.41×10^{19} sej, 2.68×10^{19} sej, 1.04×10^{20} sej, 生态价值最大、经济价值次之, 社会价值最小, 分别占总能值的 67.16%,

17.27%, 15.57%。青海省东部的青海湖湿地单位面积价值 389.94 万元/km², 对丰富青藏高原生物多样性、调节中国西北地区气候、保持水源涵养、维持生态平衡起着不可替代的巨大作用^[14]。东居延海单位面积湿地价值是 453.86 万元/km², 是青海湖湿地的 1.16 倍, 说明东居延海湿地对西北地区生态环境修复及维护作用较大, 改善环境恶化趋势是其主要存在价值。湿地生态价值中, 湿地土壤侵蚀控制和为生物提供生存环境及避难所的功能价值较大, 分别占湿地生

态价值的 79% 和 19.5%。说明湿地可有效减缓土地沙漠化、盐碱化程度, 增加湿地生物多样性; 湿地的社会价值较小, 说明目前对湿地的研究成果较少, 应加大宣传力度, 使人们认识到东居延海的存在价值, 提高保护意识。目前东居延海湿地已被评为国家水利风景区, 说明其有较大的美学价值, 但目前湿地旅游收入仅占总价值的 2.27%, 因此, 应加大对其旅游投资, 合理开发其美学价值, 发展当地休闲旅游业, 促进当地社会经济发展。

表 1 东居延海湿地生态系统服务功能评价

湿地价值	湿地功能	原始数据	单位	能量转换率/ (J 或 \$/单位)	能值转换率/ (sej/ J 或 \$)	太阳能值/ (10 ¹⁶ sej)	所占比 例/%
社会价值	文化科研教育价值	77.4	页		3.39×10 ¹⁵	26.2	0.17
	涵养水源	8.62×10 ⁷	m ³	4.94×10 ⁶	48000	2040	13.14
	美学价值	7.03×10 ⁵	\$		5×10 ¹²	352	2.27
	小计					2412.8	15.57
经济价值	生产功能	448	t	4.6×10 ⁹	1.3×10 ⁷	2680	17.26
		965	t	2.5×10 ⁹	4700	1.13	0.01
	小计					2681.13	17.27
生态价值	生物栖息功能	18	种		1.13×10 ¹⁸	2030	13.07
		2.88×10 ⁴	\$		5×10 ¹²	14.4	0.09
	气候调节	0.3×10 ⁴	\$		5×10 ¹²	1.5	0.01
		8.11×10 ⁶	m ³	4.94×10 ⁶	15423	61.8	0.40
	防风固沙	4.8×10 ⁴	t		1.71×10 ¹⁵	8210	52.87
	地下水补给	5.47×10 ⁶	m ³	4.94×10 ⁶	4.1×10 ⁴	111	0.71
	小计					10428.7	67.16
合计						15528.03	100.00

5 结论

为客观认识及评价东居延海湿地生态系统服务功能价值, 本文在掌握东居延海湿地生态结构特征及其生态过程的基础上, 分析计算了东居延海湿地功能的价值。

与以往评价结果相比, 基于能值分析的东居延海湿地生态系统服务功能评价结果偏高, 原因可能为: 以往评价中多采用市场价格法、成本分析法等经济评价方法, 参考国际或国内研究成果对湿地某些功能进行价值评价, 没有充分考虑湿地生态系统服务功能的地域性差异。目前, 虽然东居延海湿地单位面积价值较大, 但与 20 世纪 50 年代初期的东居延海相比较而言, 湿地生态系统恢复明显不足, 生物种类不够丰富, 物种稀缺且数量较小, 植被面积较小, 湿地生产力不足。应当加大湿地生态环境投资, 加强保护力度, 合理开发湿地潜力, 使湿地生态系统的生态特性、基本功能步入良性循环状态, 促进当地社会—生态—经济的协调发展。

另外, 本文只是对东居延海湿地 10 a 输水期间

产生效益的整体评价, 不能动态反映湿地在不同投资情景模式下的价值量。为此, 需要进一步考察湿地在不同入湖量、不同投资规模条件下, 湿地价值的动态变化, 从而最大限度地减少调水计划中对中上游地区带来的损失, 同时也有利于有效控制调水量, 缓解人们的调水争议。通过对湿地生态服务功能进行定量评价有利于促进人们的调水积极性和主动性, 并为人们科学管理提供理论依据。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 王春连, 张镜铨, 王兆锋, 等. 拉萨河流域湿地生态系统服务功能价值变化[J]. 资源科学, 2010, 32(10): 2038-2044.
- [3] 甘德欣, 曾玲, 蒋廷杰, 等. 长沙市湿地生态系统服务功能价值[J]. 湿地科学与管理, 2010, 6(4): 16-20.
- [4] 王建华, 吕宪国. 城市湿地概念和功能及中国湿地保护[J]. 生态学杂志, 2004, 26(4): 555-560.
- [5] 辛琨. 湿地生态价值评估理论与方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.

(下转第 261 页)

经计算,2010年西安市 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 理想环境容量分别为 9.6×10^4 、 12.06×10^4 、 16.31×10^4 t/a。 SO_2 年排放量远大于其环境容量,处于超负荷状态, NO_2 略有盈余(参考西安市人民政府关于下达我市“十二五”主要污染物总量削减任务的通知(市政发(2011)102号)), PM_{10} 暂无可参考依据。由于年内静风和小风频率较高,降水日数及降水量较多年均值偏少,排放到大气中的污染物得不到及时扩散与稀释,造成环境容量的高利用率甚至超负荷现象。

4 结论

(1) 2010年西安市 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 月平均浓度变化趋势基本一致,呈两头高中间低的趋势,其中 PM_{10} 在11月、12月出现超标现象(二级标准)。从空间分布看,以小寨为代表的商业区在节假日各污染物浓度高于以兴庆小区为代表的居住区;以开关厂为代表的工业区在工作日 SO_2 、 PM_{10} 均高于以纺织城为代表的轻工业区,而 NO_2 则出现纺织城浓度高于开关厂的现象;从全年的变化情况看,草滩成为全年浓度最小的站点。

(2) 通过大气稳定度、风速与污染物浓度变化相关分析表明,大气稳定度越强,风速越小,污染物越不易被稀释扩散。风速与 SO_2 、 NO_2 呈显著负相关;与 PM_{10} 负相关性略弱,而在春季有较明显正相关。

(3) 降水对 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 的稀释影响分别能达到62%,55.7%,68.3%,有较强的稀释作用。

在日降水量小于1 mm时污染物浓度出现增大现象,日降水量大于10 mm时对各污染物的稀释作用都相对减弱。通过典型日分析,发现受本地不利气象条件限制,外来污染源将加重污染程度。

(4) 计算大气环境容量。受气象条件的综合影响,西安市污染物排放造成环境容量的高利用率甚至超负荷现象。

参考文献:

- [1] 张侠,王繁强,杜继稳.西安大气环境要素变化特征分析[J].内蒙古环境科学,2009,21(6):63-68.
 - [2] 张军.基于修正A值法的西安市大气环境容量估算[J].干旱区资源与环境,2011,25(1):127-129.
 - [3] 张艳,王体健,胡正义,等.典型大气污染物在不同下垫面上干沉积速率的动态变化及空间分布[J].气候与环境研究,2004,9(4):591-604.
 - [4] 任阵海,苏福庆,高庆先,等.边界层内大气排放物形成重污染背景解析[J].大气科学,2005,29(1):57-63.
 - [5] 朱敏,王体健,卢兆民.一次持续空气污染过程的气象条件分析[J].气象科学,2008,28(6):674-677.
 - [6] 李小平,司瑶冰,杨武杰.呼和浩特市冬季气象条件对空气质量的影响[J].干旱区资源与环境,2009,23(4):136-139.
 - [7] 刘国生,雷斌,李萍云.2010年4月下旬一次大风、沙尘天气个例分析[C]//陕西省气象学会.2010年全省气象学术交流会议论文集.西安:陕西气象出版社,2010:27-29.
 - [8] 朱敏,王体健,李淑玲,等.淄博市污染气象特征与大气环境容量[J].南京气象学院学报,2007,30(3):312-319.
- ~~~~~
- (上接第256页)
- [6] 李锦秀,肖洪浪,任娟.阿拉善盟地区水资源与生态环境变化及其对策研究[J].干旱区资源与环境,2010,24(11):56-61.
 - [7] Oudm H T. Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making [M]. New York: John Wiley & Sons, 1996: 20-50.
 - [8] 蓝盛芳,钦佩,陆宏芳.生态经济系统能值分析[M].北京:化学工业出版社,2002.
 - [9] 陆宏芳,蓝盛芳,李谋召.农业生态系统能值分析方法研究[J].韶关大学学报,2000(8):74-78.
 - [10] Meillaud F, Gay J B, Brown M T. Evaluation of a building using the emergy method[J]. Solar Energy, 2005,79(2):204-212.
 - [11] 辛琨.生态系统服务功能价值计算:以辽宁省盘锦地区为例[D].沈阳:中国科学院沈阳应用生态研究所,2001.
 - [12] 魏学占,吴瑞芬.额济纳旗近47年气候变化特征分析[J].内蒙古气象,2008(6):5-8.
 - [13] 敖民德力根.调水后额济纳绿洲生态环境的变化及其保护措施[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2007.
 - [14] 唐仲霞,刘泽华,柯君,等.青海湖湿地生态系统服务价值分析[J].青海师范大学学报:自然科学版,2007(4):81-83.