DOI:10.15928/j.1674-3075.2019.04.002

衡水湖国家级自然保护区生态补偿标准核算

孙 光,罗遵兰,李 果,王纪伟

(中国环境科学研究院,北京 100012)

摘要: 衡水湖国家级自然保护区是华北平原第二大淡水湿地,在生物多样性保护方面具有十分重要的价值。以衡水湖国家级自然保护区为例,结合其自身特点,参考湿地型自然保护区生态补偿计算方法,综合运用费用分析法、机会成本法、生态价值法及居民意愿法,确定衡水湖国家级自然保护区生态补偿的标准。结果表明,费用分析法得到衡水湖国家级自然保护区直接成本为10.39亿元/a;机会成本法得到其机会成本为6.55亿元/a;生态价值法得到其生态系统服务总价值为71.80亿元/a;居民意愿法得到其自然保护区退田还湖农户平均受偿意愿为4.5万元/(hm^2·a);湖区农民户平均受偿意愿为5.4万元/(hm^2·a),湖区渔民户平均受偿意愿为3.45万元/(hm^2·a)。以自然保护区管理投入的直接成本价值和限制产业发展丧失的机会成本价值作为生态补偿的下线,以生态系统服务总价值乘以衡水湖地区的生态价值系数55.1%作为生态补偿的上线,则衡水湖国家级自然保护区生态补偿的合理标准范围为16.94亿~39.56亿元/a。

关键词: 衡水湖;国家级自然保护区;生态补偿标准

中图分类号: X196 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2019)04-0008-06

生态补偿在不同时期和环境下具有不同的含义。20世纪50年代以来,许多国家和地区采用了一些经济手段调整生产与生活方式,促进生态环境的保护与建设,逐步形成了生态补偿这一资源环境保护的经济手段(Vinogradov, 1965;曹明德,2004;李文华,2007)。国外生态补偿的立足点都是生态系统,注重保护生态服务功能,Costanza等(1997)在《Nature》首次系统测算了全球自然环境为人类所提供服务的价值;James & Lisa(2003)明确了生态效益评估在生态补偿中的作用;国内许多学者也从不同角度给出了生态补偿的定义(张诚谦,1987;庄国泰,1995;吕忠梅2003)。不同定义的侧重点有所不同,关注的焦点也略有差异。自然保护区的生态补偿是出于对其生态环境与自然资源价值的认识以及社会公平的理念,考虑到自然保护区及其社区在管护活动和受限的生产生活中付出了劳动成本和机会成本,采取政策与经济等措施以调节自然保护区的利益关系,有利于激励生态保护措施与行为,促进自然保护区的平衡与发展(李果,2015)。

截至2018年底,我国已经建立各级各类自然保护区共计2700多个,有效地保护了我国重要的生态系统及野生动植物资源。从20世纪70年代开始,我国已经逐步开展生态补偿方面的实践与研究,由于我国自然保护区数量多、面积大、分布不均匀,自然保护区生态补偿仍面临补偿目标和标准不明确、资金来源和补偿方式单一、补偿机制不健全等问题。为了加强自然保护区建设,提升生态保护成效,促进生态保护与社区和谐发展,切实解决自然保护区资金缺乏等现实问题,加强生态环境保护和生态文明建设,本文以衡水湖国家级自然保护区为例,针对湿地型自然保护区,确定其生态补偿标准,旨在为同类型的自然保护区生态补偿提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 区域概况

衡水湖国家级自然保护区位于河北省衡水市境内(37°31′39″ ~ 37°41′16″N; 115°28′27″ ~ 115°41′54″E),面积163.65 km^2;其中,核心区面积51.16 km^2,缓冲区面积46.04 km^2,实验区面积59.45 $km^2$①。

衡水湖为冲积平原冲蚀低地带内的天然湖泊,属黑龙港流域,为典型的内陆封闭型汇水湖泊,设计

收稿日期: 2017-12-06

基金项目: 全球环境基金中国生物多样性伙伴关系和行动框架—机构加强与能力建设优先项目。

作者简介: 孙光,1982年生,女,工程师,主要从事水资源与水环境保护研究。E-mail:sunny82528@163.com

通信作者: 罗遵兰,1979年生,女,副研究员,主要从事水资源与水环境保护、生态保护管理相关研究。E-mail:luozunlan@163.com

① 数据来源于《衡水湖环境综合整治与生态修复规划(2015-2020年)》。

水位 21.0 m，总蓄水面积 75 km^2，占保护区总面积的 45.83%，最大蓄水能力 1.88 亿 m^3。主要保护对象为国家重点保护鸟类及其栖息地的淡水湿地生态系统①。

衡水滨湖新区控管区包括衡水湖国家级自然保护区和魏屯镇、彭杜乡两个乡镇，共计 6.9 万人，城镇居民人均可支配收入为 2.21 万元/a，农村居民人均可支配收入为 1.31 万元/a，旅游业是湖区居民重要的收入来源之一②。

1.2　研究方法

本研究结合衡水湖国家级自然保护区的自身特点，参考湿地型自然保护区生态补偿计算方法，运用费用分析法、机会成本法、生态价值法及居民意愿法，分别核算自然保护区生态补偿标准，从而为初步科学合理确定衡水湖国家级自然保护区生态补偿标准提供参考。

1.2.1　费用分析法　费用分析法即直接成本法（孙开，2015），是通过自然保护区各项生态补偿费用投入以及资金缺口状况计算生态补偿量。根据衡水湖国家级自然保护区实际情况，生态补偿费用主要包括自然保护区内生态建设和环境保护设施投资两部分；资金缺口主要包括湿地生态效益补偿、保护区能力建设和湖泊治理投入三部分。直接成本＝生态补偿费用＋资金缺口；生态补偿费用＝生态建设总投资＋环境保护设施总投资；资金缺口＝保护区生态环境治理投入＋保护区能力建设投入＋湖泊治理投入。

1.2.2　机会成本法　机会成本核算指标的选择须考虑不同区域特点和生态建设或环境保护措施的不同（李晓光，2009）。应包括两部分：一是由于自然保护区执行更严格的环境标准而限制工业和农业发展导致的产业发展机会损失；二是自然保护区进行生态建设造成的机会成本损失。

（1）限制产业发展损失的机会成本。补偿金额＝限制工业发展所损失的机会成本＋限制农业发展所损失的机会成本；限制工业发展所损失的机会成本＝减少的工业总产值＋减少的利税；限制农业发展所损失的机会成本＝（参照地区农村居民人均可支配收入-保护区农村居民人均可支配收入）×保护区农业人口。

（2）退耕还林还湖损失的机会成本。补偿金额＝退耕面积×单位面积产量×单价

（3）休渔禁渔损失的机会成本。补偿金额＝捕鱼纯收入×禁渔时间×渔民户数。

1.2.3　生态价值法　本研究的生态价值通过生物多样性维持价值、气候调节价值、涵养水源价值、调控洪水价值、固碳释氧价值、文化科研价值、生态旅游价值及产品供给价值进行估算（江波，2015）。生物多样性维持价值＝保护面积×年生态效益×美元兑人民币汇率；气候调节价值＝（水面蒸发量＋湿地植被蒸腾量）×加湿器 1 m^3 水转化为蒸汽耗电量×电价；涵养水源价值＝多年平均径流深度×湿地面积×修建 1 m^3 库容的平均价格；调控洪水价值＝最大洪水调蓄量（湖泊容量）×修建 1 m^3 库容的平均价格；固碳释氧价值＝固碳价值＋释氧价值＝植物年固碳量×植物吸收 CO_2 量×碳税标准＋植物年固碳量×工业制氧平均成本；文化科研价值＝每年投入自然保护区的研究经费；生态旅游价值＝生态旅游收益＋生态旅游工程投资；产品供给价值＝各类产品供给价值之和。

1.2.4　居民意愿法　通过实地走访、问卷调查的方式获取居民生态补偿意愿（周晨，2015）。

1.3　数据来源

2016 年 6－9 月，通过 3 次实地考察、走访衡水湖国家级自然保护区、区内及周边社区居民、衡水湖国家级自然保护区管理委员会、衡水滨湖新区管委会、衡水市政府、林业局、环保局、发改委、农业局、水文站、统计局、旅游局等相关部门，并通过座谈、问卷等方式，获取并收集相关数据及资料，确定各生态补偿研究方法所需的参数。

1.3.1　费用分析法数据来源

（1）生态补偿费用。根据《河北衡水湖国家级自然保护区总体规划》（2004－2020），生态建设投资为 7.05 亿元/a；城镇污水、垃圾处理设施建设等环境保护设施投资为 2.97 亿元/a。

（2）资金缺口。通过实地调查座谈得知，对 528.65 hm^2 受损耕地补偿，补偿费用为 2.25 万元/hm^2，共 1 189.47 万元；对衡水湖周边 133 个鱼塘计 44.45 hm^2 进行清理，清理费用为 2 万元/个，共 266 万元；收回衡水湖西湖冀衡农场 133.33 hm^2 土地，9.75 万元/hm^2，共 1 300 万元；对 24.13 km^2 水生植物收割，收割费用为 2 万元/km^2，共 48.26 万元，则保护区生态环境治理投入为 2 803.73 万元/a；自然保护区相关管理机制体制制

① 数据来源于《衡水湖生态环境保护总体方案（2012－2015 年）》。

② 数据来源于衡水滨湖新区管理委员会（www.hsbhxq.gov.cn）。

定需50万元,管护设施配置需200万元,人员培训需20万元,则保护区能力建设投入为270万元/a;引黄河水入湖前置库工程需100万元,增殖放流需170万元,湖泊营养化与沼泽化控制需330万元,则湖泊治理投入为600万元/a。

1.3.2 机会成本法数据来源

(1)限制产业发展损失的机会成本。由衡水湖国家级自然保护区管理委员会统计数据和衡水市统计局国民经济主要指标完成情况可知,已有150多家大中小企业被取缔关停,30多家企业要求设备升级或进行强制性治污,减少的工业总产值为9 000万元/a;减少的利税为1 600万元/a;衡水市农村居民人均可支配收入为1.31万元/a;衡水湖自然保护区农村居民人均可支配收入为1.02万元/a;衡水自然保护区农业人口为55 760人。

(2)退耕还林还湖损失的机会成本。通过资料收集和实地走访,退耕总面积为12 840 hm^2,其中棉花退耕面积为6 860 hm^2,小麦和玉米退耕面积为5 980 hm^2;棉花、小麦、玉米产量分别为3 750 kg/hm^2、8 565 kg/hm^2、6750 kg/hm^2;衡水经济信息网实地价格,籽棉、小麦、玉米平均单价分别为6.10元/kg、2.76元/kg、2.16元/kg。

(3)休渔禁渔损失的机会成本。通过资料收集和实地走访,渔民户均纯收入为50元/d,专业渔民禁渔时间为2个月,非专业渔民禁渔时间为1个月,专业渔民为336户,非专业渔民为501户。

1.3.3 生态价值法数据来源

(1)生物多样性维持价值。将《衡水湖国家级自然保护区功能分区》中的核心区和缓冲区作为生物多样性保护面积,为97.20 km^2;Costanza(1997)研究表明,年生态效益为4.39万美元/km^2;根据央行汇率,美元兑人民币汇率为6.89。

(2)气候调节价值。水文站监测数据表明,水面蒸发量为$3.89\times10^7 m^3/a$;湿地植被蒸腾量为$3.95\times10^7 m^3/a$;以市场上常见加湿器功率32 W计算(江波,2015),加湿器1 m^3水转化为蒸汽耗电量为125 kW·h;电价按0.52元/度计算。

(3)涵养水源价值。水文站监测数据表明,多年平均径流深度为518.9 mm;根据《衡水湖国家级自然保护区功能分区》可知湿地面积为97.20 km^2。

(4)调控洪水价值。《河北衡水湖国家级自然保护区总体规划(2004-2020)》,最大洪水调蓄量(即湖泊容量)为1.597亿 m^3;中国水利年鉴给出修建1 m^3库容的平均价格为6.11元。

(5)固碳释氧价值。单位面积产量用中型湖泊水生维管束植物的产量3 000 t/km^2,乘以1∶20的干湿比,再乘以衡水湖湿地的植被面积约24.13 km^2,得出植物固碳量为3 619.5 t/a;每形成1 g有机质,可吸纳CO_2约1.629 g,释放O_2约1.19 g,植物吸收CO_2量为1.629 g;采用我国的造林成本250元/t和国际碳税标准约1 242元/t的平均值,本研究采用碳税标准为746元/t;查阅相关资料可知工业制氧平均成本为400元/t。

(6)文化科研价值。《衡水湖环境综合整治与生态修复规划》(2015-2020年)科研监测能力投资2.4亿元,折合每年投入自然保护区的研究经费为4 800万元/a。

(7)生态旅游价值。衡水湖自然保护区门票收入730万元/a,船舶收入870万元/a,生态旅游收益为1 600万元/a;《衡水湖环境综合整治与生态修复规划》(2015-2020年)生态保育工程为31.72亿元,则每年投入生态保育工程费用为6.34亿元;自然保护区旅游污染防治为3 000万元,则每年投入自然保护区旅游污染防治费用为600万元;计算得出生态旅游工程投资为6.404亿元/a。

(8)产品供给价值。资料收集结合实地调查,湿地植物生产价值为143.88万元/a;鱼资源的保守价值为1 875万元/a;水资源的生产功能价值(供水效益)为4 025万元/a。

1.3.4 居民意愿法数据来源 通过对32户退田还湖农户、43户湖区农民和27户湖区渔民问卷调查,统计其平均受偿意愿。

2 结果与分析

2.1 费用分析法价值

费用分析法得到衡水湖国家级自然保护区生态补偿费用为10.02亿元/a,资金缺口为0.37亿元/a。因此,自然保护区直接成本为10.39亿元/a。

2.2 机会成本法价值

机会成本法得到衡水湖国家级自然保护区限制产业发展损失的机会成本为2.68亿元/a,退耕还林还湖损失3.85亿元/a,休渔禁渔损失0.02亿元/a。因此,衡水湖国家级自然保护区机会成本为6.55亿元/a。

2.3 生态价值法价值

生态价值法得到衡水湖国家级自然保护区生态系统服务总价值为71.80亿元/a;其中,生物多样性维持价值为0.29亿元/a,气候调节价值为

50.96 亿元/a，涵养水源价值为 3.08 亿元/a，调控洪水价值为 9.76 亿元/a，固碳释氧价值为 0.06 亿元/a，文化科研价值为 0.48 亿元/a，生态旅游价值为6.56 亿元/a，产品供给价值为0.60 亿元/a。

2.4　居民意愿法价值

居民意愿法得到衡水湖国家级自然保护区退田还湖农户平均受偿意愿为 4.5 万元/(hm^2·a)；湖区农民户平均受偿意愿为 5.4 万元/(hm^2·a)；湖区渔民户平均受偿意愿为 3.45 万元/(hm^2·a)。

2.5　生态补偿的最低标准

参考现有各类补偿标准(李晓光，2009；江波，2015；孙开，2015；周晨，2015)，结合河北衡水湖国家级自然保护区实地调查，用自然保护区管理投入的直接成本价值和限制产业发展丧失的机会成本价值作为生态补偿下线，则衡水湖国家级自然保护区生态补偿的最低标准为 16.94 亿元/a。

2.6　生态补偿最高标准

生态价值法是生态补偿的理论基础，也是生态补偿标准核算的重要依据之一。目前，我国生态补偿领域在评价指标的确定、价值估算的方法等方面缺乏统一的界定，而且最终价值估算结果与现实的补偿情况和补偿能力等方面存在差距，因此有必要对数值进行调整，即乘以一个生态价值系数，以调整后的值作为生态补偿的上限。根据衡水湖地区多年平均恩格尔系数 31.2%，利用衡水湖地区生态价值发展系数皮尔生长曲线模型对总价值进行调整，得出衡水湖地区的生态价值系数为 55.1%(白宇，2011)，则衡水湖国家级自然保护区生态补偿的最高标准为 39.56 亿元/a，远高于现有补偿金额。

3　讨论

3.1　生态补偿标准核算应综合运用多种方法

生态补偿机制方面的研究与实践探索始于 20 世纪 50 年代，但生态补偿标准的确定仍然是该机制建立的难点。各类生态补偿标准核算方法之间存在明显差异，在构建生态补偿核算标准体系过程中，测算方法的选择成为计算结果是否合理的关键。

费用分析法核算过程简洁、容易理解、便于操作，但缺乏科学性，适用于各类生态补偿；机会成本法充分考虑了保护区域的利益，计算公式简单，考虑的因素较少，但计算结果往往偏大，适用于自然保护区、水源地等的生态补偿；生态价值法用模型计算各项生态服务的价值，但计算模型技术难度大，涉及参数多，需要资料也多，工作量较大，计算结果偏大，适用于流域、自然保护区等生态补偿；居民意愿法充分考虑了受益方的支付意愿，但价格浮动太大，与相关收入有关，并且缺乏客观性，容易受到人为因素影响，受益方的支付意愿往往偏低，适用于各类生态补偿。

生态补偿标准的各类测算方法均有其自身的优点，同时均有问题存在，在生态补偿标准的构建过程中，应综合运用多种测算方法，发挥各种方法的优势，尽可能减小误差，从而保证计算结果的科学性。生态补偿合理标准的确定，应在最低标准基础之上，考虑因环境保护而丧失的机会成本和受偿意愿因素，并以此作为生态补偿的合理标准，衡水湖国家级自然保护区生态补偿合理标准范围为 16.94 亿～39.56 亿元/a。以衡水湖国家级自然保护区 75 km^2 湿地面积进行折算，则单位湿地面积生态补偿合理范围为 0.23 亿～0.53 亿元/(km^2·a)，其中以生态价值法计算出的最高生态补偿标准 0.53 亿元/(km^2·a)；与刘庆博等(2015)研究的河北省湿地生态系统服务功能价值0.54 亿元/(km^2·a)基本一致。

3.2　建议开展典型自然保护区生态补偿机制试点

完成我国自然保护区生态补偿机制顶层设计，明确自然保护区生态补偿机制的主要管理机构及职能，结合区域经济发展状况、不同自然保护区类型、不同自然保护区级别制定合理的补偿标准，构建以“财政＋市场＋捐赠”为主的补偿资金筹措机制。建立公开、透明以及第三方监督的生态补偿资金使用机制，建立严格的自然保护区生态补偿实施成效及资金使用监管机制仍是今后研究的重点。在不同区域选择不同类型、不同级别、不同经济基础的自然保护区开展生态补偿机制试点，制定典型自然保护区生态补偿机制试点方案，实施并评估成效，及时总结试点经验教训，为同类型自然保护区生态补偿机制提供参考。

参考文献

白宇，2011. 衡水湖湿地自然保护区生态补偿机制研究[D]. 石家庄：河北科技大学：34.

曹明德，2004. 对建立我国生态补偿制度的思考[J]. 法学，(3)：40－43.

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

李果，罗遵兰，赵志平，等，2015. 自然保护区生态补偿体系研究[J]. 环境与可持续发展，(2)：52－56.

李文华，李世东，李芬，等，2007. 森林生态补偿机制若干重点

问题研究[J]. 中国人口·资源与环境,(2): 13-18.
李晓光,苗鸿,郑华,等,2009. 机会成本法在确定生态补偿标准中的应用—以海南中部山区为例[J]. 生态学报,29(9):4875-4883.
刘庆博,宋莎,赵丛娟,2015. 河北省湿地生态系统服务功能价值评价[J]. 林业调查规划,(4):79-82.
吕忠梅,2003. 超越与保守—可持续发展视野下的环境法创新[M]. 北京:法律出版社.
孙开,孙琳,2015. 流域生态补偿机制的标准设计与转移支付安排—基于资金供给视角的分析[J]. 财贸经济,(12):118-128.
张诚谦,1987. 论可更新资源的有偿利用[J]. 农业现代化研究,(5):22-24.
周晨,丁晓辉,李国平,等,2015. 流域生态补偿中的农户受偿意愿研究—以南水北调中线工程陕南水源区为例[J]. 中国土地科学,29(8):63-72.
庄国泰,高鹏,王学军,1995. 中国生态环境补偿费的理论与实践[J]. 中国环境科学,15(6):413-418.
Costanza R, d'Arge R, De Groot R et al, 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 387: 253-260.
James B, Lisa W, 2003. Measuring Ecosystem Service Benefits: The Use of Landscape Analysis to Evaluate Environmental Trades and Compensation[R]. http://www.rff.org 2003-4.
Vinogradov B V, 1965. Ecological compensation and replaccability, and the extrapolation of plant indicator[A]. In A G Chikishev(eds.) Plant Indicators of Soils , Rocks and Subsurface Waters, Consultants Bureau[C]. New York.

(责任编辑 万月华)

Determination of the Ecological Compensation Standard for Hengshui Lake National Nature Reserve

SUN Guang，LUO Zun-lan，LI Guo，WANG Ji-wei

（Chinese Research Academy of Environmental Sciences，Beijing　100012，P.R.China）

Abstract：Hengshui Lake National Nature Reserve（HLNNR），the second largest freshwater wetland in the Northern Plain of China，is important for conserving biodiversity. Careful determination of the ecological compensation standard for HLNNR，rationally and science-based，will promote ecological conservation and harmonious community development. In this study，we evaluated the ecological compensation standard of HLNNR，based on reserve characteristics and a comprehensive cost analysis that accounted for ecological value，opportunity cost and the welfare of local residents. The direct economic value of HLNNR is 1.039 billion yuan/a，the opportunity cost is 655 million yuan/a and the total value of ecosystem services is 7.180 billion yuan/a. The average anticipated compensation cost for returning farmland to lake is 54 000 yuan/（hm^2 • a）for farmers living in the lake district，and 34 500 yuan/（hm^2 • a）for fishermen and averaged at 45 000 yuan/（hm^2 • a）. Finally，the direct cost of natural reserve management and the opportunity cost imposed by limiting industrial development were taken as the baseline for ecological compensation，and the upper limit was set as the total value of ecosystem services multiplied by 55.1%. This resulted in an ecological compensation standard for HLNNR in the range of 1.694 – 3.956 billion yuan/a.

Key words：Hengshui Lake；national nature reserve；ecological compensation standard