

国内生态系统资产价值评估研究进展

曹建军¹, 武高林^{1,2}, 曹素珍², 杜国祯^{1,2}

1. 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室, 生命科学学院, 兰州 730000

2. 兰州大学草地农业科技学院, 兰州 730020

[摘要] 通过对国内近年来大量相关研究的分析总结, 从 3 个方面讨论了国内生态资产价值评估现状及存在的问题, 有针对性地对未来评估方向提出几点建议。

[关键词] 生态资产; 生态系统; 价值评估

[中图分类号] S812.5, F123.7, F316.23

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)13-0065-10

Review on Ecological System Assets Evaluation in China

CAO Jianjun¹, WU Gaolin^{1,2}, CAO Suzhen², DU Guozhen^{1,2}

1. Key Laboratory of Arid and Grassland Ecology, Ministry of Education; School of Life Science, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

2. College of Pastoral Agricultural Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China

Abstract: Ecological assets evaluation is one of hotspots and difficult problems in the studies on environmental resources, ecological economics and applied ecology. This paper reviews the current state of the evaluation through the following three aspects: the evaluation of a single ecosystem (an artificial or natural system), the evaluation of a complex ecosystem, and the evaluation of ecological assets, which are affected by biological or no-biological factors. It is concluded that the ecological assets evaluation is a very complicated task that needs the cooperation of experts in different fields, especially ecologists and economists. At the same time, some issues are suggested for future studies, such as spatial heterogeneity, glue value of system, dynamic system, social goals (fairness, efficiency).

Key Words: ecological assets; ecosystem; evaluation

CLC Numbers: S812.5, F123.7, F316.23

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)13-0065-10

0 引言

生态资产是在自然资产和生态系统服务功能两个概念的基础上发展起来的, 是两者的统一和结合。随着社会经济的发展, 自然资源、生态环境及其对人类的服务功能也开始逐渐被人们认为是一种生态资产。生态资产与生态贮存、生态服务和生态功能可以说是同一事物的不同方面^[1-7]。因此, 从理论上说, 生态资产是一切生态资源的价值形式; 从实践中看, 生态资产是能用货币量化的直接、间接或潜在的对人类福利有影响的

生态经济资源。其中生态系统是生态资产的主要存在形式, 生态系统通过长期进化而产生的各类储存, 即生态资产^[8]。

把生态资产价值纳入到国民经济核算账户是可持续发展的要求之一, 同时它也成为生态资产理性管理的科学依据。与国际上比较, 国内在这一领域的起步较晚, 加之生态资产具有复杂性、阶段性、长期性和所提供服务的层次性等特点, 以及人们认识的局限性和层次性^[2], 使得生态资产价值评估变得更加复杂。目前国内

收稿日期: 2007-03-30

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划项目(90202009)

作者简介: 曹建军, 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室, 博士研究生, 研究方向为生态经济学、恢复生态学;

E-mail: caojj06@lzu.cn

杜国祯(通讯作者), 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室, 教授, 研究方向为生态学; E-mail: guozdu@lzu.edu.cn

研究正处在引进国外理论和模仿阶段,同时也处于积极探索适合中国国情的生态资产价值评估体系的转型时期。

生态资产价值评估主要围绕生态资产价值的定性认识和定量评估(评估方法)两个方面展开。由于生态资产的开放性决定了它不同于一般意义上的商品,因此,生态资产价值的评估方法也就相对复杂。从价值评估标准角度,可以分为物质量评价法和价值量评价法两种^[2]。由于篇幅所限,本文主要讨论生态资产价值评估结果现状,评估方法从略。

1 单一生态系统价值评估

1.1 人工生态系统

由于人工生态系统无论在数量还是对社会经济的影响程度上远不及自然生态系统,因此,国内在这方面的研究案例并不多见。田刚、蔡博峰按照 Costanza^[9]划分的 17 种服务类型并经过适当的调整,对北京地区的人工草地、人工植树、人工景观和人工湿地分别进行了价值估算。结果表明:北京地区人工草地和人工景观水面的边际净效益皆为负值,不应大力提倡建设;从生态服务净价值角度分析,北京地区种草不如植树,兴造人工景观水面不如建设人工湿地^[3]。这一结论是通过比较营造人工生态系统的成本与收益、人工草地与人工林木和人工景观水面与人工湿地的效益,侧重于经济分析而得出的。自然生态系统与人工生态系统在提供生态系统服务方面具有显著差异^[4],因此自然生态系统价值评估是否适合于人工生态系统,是一个值得探讨的问题。

1.2 自然生态系统

自然生态系统具有支持生命系统的功能。无论从数量、种类还是对社会经济可持续发展的重要性看,它都是一种最主要的生态资产形态。因此,国内关于各种生态系统价值评估的相关文献也较多,下面分别介绍。

1.2.1 草地生态系统

草地生态系统是地球上面积仅次于森林的第二大绿色覆被层,约占全球植被生物量的 36%,陆地面积的 24%。我国草地资源丰富,是陆地面积最大的生态系统类型,总面积达 3.9 亿 hm^2 ,占世界草地面积的 13%,占全国国土面积的 41%左右,其中可利用面积 3.10 亿 hm^2 。草原地区大多是黄河、长江、淮河等水系的源头区中上游区,具有天然生态屏障功能。草地生态系统对发展畜牧业,保护生物多样性,保持水土和维持我国自然生态系统格局、功能、过程及生态系统的健康发展,尤其是干旱、高寒和其他生境严酷地区起到了关键性作用,具有特殊生态意义。长期以来,草地资源存在粗放经营、不合理利用以及管理混乱等问题,使得草地资源普遍存在着过度放牧、乱开滥垦等现象,草地退化、沙

化、盐碱化面积日益扩大,生产力不断下降,由此而产生的区域生态经济问题越来越突出。评价我国草地资源生态服务功能的经济价值,尤其是潜在的调节功能和生命支持功能的价值,对于制定合理的区域生态保护和经济开发、保护和恢复草地资源效用的政策,具有重要的现实意义。

国内对草地生态系统价值定量评估的文献并不多见。谢高地等^[5]参照 Constanza 等提出的方法,根据其生物量在对草地生态系统服务价值订正的基础上,逐项估计了各类草地生态系统的各项生态系统服务价值(没有包括气候管理、营养循环和基因资源的价值),得出全国草地生态系统每年的服务价值为 1 497.9 亿美元,约折合人民币 12 398.12 亿元(按 100 美元兑换 827.7 元人民币计),其中废物处理价值最高,占全部价值的 31.78%。赵同谦等^[6]根据千年生态系统评估框架工作组提出的生态系统服务功能分类方法,把草地生态系统的服务功能归纳为提供产品功能、调节功能、文化功能和支持功能 4 大类,其中提供产品功能和文化功能中的旅游休闲收入是草地生态系统服务功能的直接价值,而调节功能、支持功能和部分文化功能则是草地生态系统服务功能的间接价值。这些功能指标主要包括侵蚀控制、截留降水、土壤 C 累积(气候调节)、废弃物降解、营养物质循环、空气质量调节、文化多样性和生境提供等。选取其中 6 类间接功能作为评估对象(因空气质量调节和文化多样性 2 个功能暂时还难以找到适宜的全国尺度的评价方法,所以没有评估),结果表明:我国草地生态系统的年间接价值为 8 803.01 亿元,年直接价值约 1 952.98 亿元,年总价值约 10 756 亿元。他得出的结论是:在所有评估的间接价值中,土壤 C 累积(气候调节)的价值最大,约占总价值的 61%。闵庆文等^[7]运用能值理论与方法,对青海草地生态系统运行的主要驱动力、内在过程及储藏价值进行了评估(由于草地土壤结构复杂,因而对其资本价值未进行评估)。结果表明:青海全省草地生态系统服务功能的价值约为 204 亿美元/年,自然资本的价值约为 400 亿美元/年,折合成人民币,服务功能和自然资本的价值分别为 1 689 和 3 312 亿元/年。总价值可以认为是服务功能价值和自然资本价值之和,约为 5 001 亿元/年。同时,他们^[8]参照 Constanza 等的思路与方法,对内蒙古典型草原生态系统服务功能价值做了评估,结果表明:内蒙古典型草原生态系统服务功能的总经济价值为 3 325.9 亿元/年,其中水土保持价值 2 988.0 亿元/年,占 89.84%,说明草原生态系统具有十分重要的水土保持和调节气候的功能。

通过对上述研究的分析比较可以看出,目前对草地生态系统价值评估都是一种保守的、粗略的估计,没有充分体现草地生态系统的真实价值。同时,由于研究

角度、评价过程、草地类型和分布空间的不同,结论也大相径庭。如青海和内蒙古草地生态系统价值差不多约占全国草地生态系统总价值的 1/2 和 1/3; 全国草地生态系统的总价值差距较大,谢高地等的评估结果为 12 403 亿元/年,赵同谦等的结果为 10 756 亿元/年;对草地生态系统主要服务功能存在不同的观点,一些研究者认为废物处理是草地生态系统的主要功能,另外一些研究者则认为是水土保持和气候调节。因此,我们对评估结论的可靠性要持一定的谨慎态度,避免因夸大或缩小价值而给草地生态系统作用的定位、恢复及利用等带来理论上的矛盾和实践中的冲突。

1.2.2 森林生态系统

森林具有丰富的生物多样性、复杂的结构和生态过程,是自然界最丰富和稳定的有机碳储库、基因库、资源库、蓄水库和能源库,对改善生态环境、维持生态平衡、维护国土生态安全、实现社会经济可持续发展起着决定性和不可替代的作用。我国现有的森林面积约为 1.59 亿 hm^2 ,居世界第 5 位,但森林覆盖率(16.55%)远低于世界平均水平(29.6%),人均森林面积和单位面积蓄积量同样处于世界后列。长期以来,由于对森林生态系统用途定位错误,导致不合理开发和利用,使得森林结构失调、林分质量下降、森林综合效能下降、生态环境恶化,已成为全球环境问题的核心并制约着全球可持续发展的进一步提升。因此,对森林生态系统服务价值的定量评估日益受到国内外研究者的关注,并已成为生态学与生态经济学的前沿和热点^[10-14]。

我国森林生态系统价值评估工作源于 20 世纪 80 年代初开始的森林资源价值核算研究工作。侯元兆等第一次比较全面地对中国森林资源价值进行了评估。随后,蒋延玲利用全国第 3 次森林资源清查资料并采用 Costanza 等的价值系数,估算我国 38 种主要森林类型生态系统服务功能的总价值为 5 937.93 亿元/年;陈仲新等采用同样方法对中国生态系统效益进行了估算,得出其中森林部分的生态经济价值为 15 433.98 亿元/年^[11]。

赵同谦等^[11]在总结前人研究成果的基础上,根据千年生态系统评估工作组提出的生态系统服务功能分类方法,对全国森林生态系统价值进行了比较全面的评估。得出森林生态系统总价值为 14 090.05 亿元/年,其中光合释氧价值为 6 732.48 亿元/年,约占总价值的一半;涵养水源价值为 2 134.74 亿元/年,仅次于光合释氧价值。这一结果与森林是全球陆地生态系统中最大的碳库、有助于缓和全球温室效应以及它是陆地生态系统中具有最大涵养水源能力的观点相吻合,为科学认识森林生态系统的价值提供了定量依据^[15];牛云、王红义等^[14,16]首先将祁连山森林生态系统价值区分为直接经济价值和间接经济效能价值,然后分别进行价值评估。

计算结果与赵同谦等的结论基本相符。

从总体上看,对森林生态系统主要功能(涵养水源和光合释氧)的认识是一致的。虽然评估结果并不相同,但考虑到评估过程、所选价值评估功能以及森林类型不同等因素,可以认为森林生态系统价值评估结果相似性较高、可靠性较强。因此,这些评估结果对森林开发利用、综合管理等具有较高的科学参考价值。

1.2.3 湿地生态系统

湿地是分布于陆地生态系统和水域生态系统之间、具有独特水文、土壤与生物特征的生态系统,具有调节气候、涵养水源、保持水土、降解和富集污染物、保持生物多样性、保护水禽迁徙和繁育、娱乐观赏以及宗教文化需要等多种生态功能,被称为地球的“肾脏”。同时,它是一种有着较高生产力的生态系统,也是重要的农业用地后备资源。中国有湿地 7 969 万 hm^2 ,其中人工湿地 34.47 亿 hm^2 ,自然湿地 45.22 亿 hm^2 ,仅次于加拿大、美国和俄罗斯,居世界第 4 位。近年来,随着工农业的迅猛发展、人口的大量增加和城市化进程的不断加快,以致对湿地进行过度开发和破坏,从而使得世界湿地的数量和质量在急剧下降。主要表现在:污染严重使湿地生态系统环境功能丧失;过度开发导致湿地生态系统面积不断萎缩;不合理利用和过度捕猎使湿地生态系统生物多样性减少。湿地利用与保护之间的矛盾日益突出,为了让人们对湿地资源进行保护和合理开发,就必须对湿地的经济价值进行科学评估,以便使人们能够正确地认识湿地的价值^[17-19]。

对湿地生态系统价值评估比较有代表性的是 Costanza 等人^[9]在 1997 年对全球生态系统服务价值的估算。他将湿地的服务分为大气调节、水分调节、净化水体等 10 类,根据效用价值理论和均衡价值理论,对每一种服务的价值进行评估。这种方法目前使用得较为广泛,在我国,许多相关的研究也都是以此为基础而相继展开^[18]。吴玲玲等^[20]参考 Costanza 等提出的 17 项生态系统服务功能,把长江口湿地功能分为:① 资源功能:成陆造地、物质生产(包括水产和原材料生产等);② 环境功能:大气调节、蓄水、净化水体、提供栖息地等;③ 人文功能:教学科研和旅游等。然后对它们的价值分别进行了评估,结果表明:长江口湿地生态系统的总价值为 40 亿元/年。其中成陆造地价值 9 亿元/年,物质生产价值 8.86 亿元/年,大气组分调节价值 1.15 亿元/年,水分调节价值为 1.54 亿元/年,净化水体价值 3.41 亿元/年,提供栖息地价值 3.86 亿元/年,文化科研价值 8.38 亿元/年,美学价值 4.81 亿元/年。这一结果说明长江口湿地生态系统的资源、科研文化价值较大,分别占总价值的 45%和 33%左右,环境价值只占 22%左右。这一结论对湿地的保护会产生负面影响,我们在对长江口湿地的开发利用决策中应持慎重态度。熊鹰、

庄大昌等^[21-22]分别对洞庭湖湿地生态系统价值进行了评估。虽然两者的评估目的和范围不同,前者从生态补偿角度出发,后者只是对其应有的价值进行了量化,但

评估过程接近,都对湿地的休闲娱乐价值,文化科研价值,净化、降污价值,生物多样性价值,气候调节价值等分别做了评估。重要评估结果如表 1。

表 1 评估结果
Table 1 Results of evaluation

评估者	总价值	气候调节价值(比例)	调蓄洪水价值(比例)
熊鹰	107 290 万元/年	52 900 万元/年(49.3%)	
庄大昌	80.72 亿元/年		37.12 亿元/年(54.01%)

从评估结果看,前者认为洞庭湖湿地价值在于调蓄洪水功能,而后者认为在于它的气候调节功能。与吴玲玲等的研究结果相比较,两者显然都认为环境功能是洞庭湖湿地的关键功能,有利于湿地的保护和恢复。对于这些评估结果的差异,除湿地生态系统的空间异质性及内部结构和评估采用技术不同外,与人们对湿地的认识态度或多或少有关系。崔丽娟等^[23-24]用不同方法对鄱阳湖湿地进行了研究,结果如下:从能值-价值大小看,湿地水禽>资本产出(服务产出)>水产>不可再生能源或资源>初级生产力>再生能源。说明鄱阳湖生态系统符合生态系统能量传递规律,即从低级到高级的过程,也说明鄱阳湖湿地在保护水禽及其迁徙方面有非常重要的作用,是湿地生态系统高级层次,太阳能值最大。从价值量大小看,鄱阳湖湿地生态系统的总价值为 362.7 亿元/年,其中调蓄洪水功能最大,占总服务功能价值的 43.98%,其次是降解污染功能,占总服务功能价值的 38.49%。这一结果表明,鄱阳湖湿地的主要功能是调蓄洪水,与庄大昌等人的研究结果相近。为什么对同一湿地,研究者会得出不同结论?主要是研究角度不同,前者从生态学角度定量研究湿地生态系统各要素的能值生产力,后者从经济学角度量化其功能价值。结合两方面,我们可以认为鄱阳湖湿地水禽具有较高的能值生产力,需要保护。同时,它的调蓄洪水生态功能非常显著,对长江的生态安全至关重要,要合理地开发利用。辛琨等^[25]对盘锦地区湿地生态系统价值进行了估算,结果表明:盘锦地区湿地生态系统总价值为 62.13 亿元/年,其中水调节功能和气体调节功能价值最大,分别为 28.3 亿元/年和 19.9 亿元/年,各占总价值的 45.5% 和 32%。说明调蓄防洪是盘锦湿地的主要功能之一,与大多数研究者的结论一致。

通过以上总结,发现目前大多数研究者认为环境功能是湿地的主要功能,对环境功能中的关键功能认识比较一致,而对其他功能重要性的判断存在分歧。这可能是湿地类型相异及其对周边作用不同所致,评估结果应该比较可靠。此外,评估范围还应扩大,为湿地的保护、恢复和重建提供理论支持。

1.2.4 水生态系统

根据我国陆地水生态系统特征,将全国陆地水体分为河流、水库、湖泊、沼泽等 4 种类型。其中河流是最重要的水生态系统形态,常被人们称为地球的动脉。河流可以汇集和接纳地表径流,连通内陆和大海,是自然界能量流动和物质循环的一个重要途径。我国拥有丰富的河流资源,流域面积在 1 000 km² 以上的河流有 500 多条,其中长江、黄河、珠江是世界闻名的大河。近几年,随着经济的飞速发展、人口的急剧增加及对河流污染的加重,导致全球水资源的危机、河流生态系统的普遍退化和洪涝灾害的频繁发生,促使人们对河流给予更多的关注。因此,对水生态系统价值的定量评价有助于全面地认识水资源的价值,对水资源保护及其科学利用具有重要意义,对水生态系统价值的定量评价是水资源纳入国民经济核算体系的前提,是进行水利建设和开发等宏观决策的基础^[26-30]。

到目前为止,国内尽管对淡水生态系统的价值评估做了一些工作,但针对淡水生态系统总体价值的研究尚少,已有的研究以单项服务如娱乐服务评价为主,也有一些涉及到水库的娱乐价值评价。与其他生态系统诸如森林、草地的研究相比,对于淡水生态系统服务的研究则相对不足,这一点从 Costanza 等所列淡水生态系统服务数据的缺乏和相关研究文献的相对较少可以得到证实^[26,29]。赵同谦等^[26]对全国陆地水生态系统的价值评估作了初步探索,他先将全国陆地水体分为河流、水库、湖泊、沼泽等 4 种类型,然后对每种类型提供的、可以从技术上进行价值评估的服务,按照价值表现形式的不同(直接价值和间接价值)分别进行了评估。结果表明:水生态系统的直接利用价值为 4 263.91 亿元/年。其中:供水、发电、航运、水产品和休闲娱乐的价值分别为 1 468.63, 1 045.48, 102.54, 1 155.34 和 491.86 亿元/年;间接价值 5 546.92 亿元/年,其中调蓄洪水、河流输沙、水资源蓄积、土壤保持、净化功能、C 固定和生物多样性维持价值分别为 3 402.97, 72.85, 1 570.51, 3.99, 2.7, 152.4 和 341.5 亿元/年。总价值为 9 810.83 亿元/年,相当于 2000 年国内生产总值的 10.97%。在水生态系统的

间接价值中,调蓄洪水的贡献率约占 61%,而净化价值贡献率只占 0.4%左右,与潘文斌等对湖北保安湖生态系统价值估算结论一致^[29]。说明水生态系统在防御洪涝灾害、保护社会 and 经济发展上的作用是极其重要的^[26]。但净化价值小,并不能说明净化服务不重要。相反,水体被污染以后,必定会影响到水生态系统其他服务的发挥,导致整个生态系统的不健康,服务价值也会因此下降,即最小价值所对应的服务决定了整个水生态系统的稳定性。这无疑是值得注意的问题,也是我们在评价体系中重视水质和淡水生态系统健康的原因之一^[29]。杨清伟等^[31]对广东-海南海岸带生态系统价值进行了评估,结果表明:研究区河流/湖泊的单位价值为 8 498 元/($\text{hm}^2 \cdot \text{年}$),其中水分调节价值和废弃物处理单位的价值分别为 45 068.265 元/($\text{hm}^2 \cdot \text{年}$)和 5 504.21 元/($\text{hm}^2 \cdot \text{年}$),各占总单位价值的 64%和 7.8%。

通过对国内仅有的几个案例的比较,发现尽管国内对水生态系统的研究不及对草地、森林等生态系统的研究广泛,而且对其结构和功能的认识也不及其他生态系统深入,但结论却惊人地相似。这一方面可能说明水生态系统的空间异质性不显著,主要功能不随地理位置的不同而改变;另一方面可能是研究模式单一,研究过程及方法都模仿同一已有成果,所以结论表现为大同小异。

1.2.5 海洋生态系统

海洋生态系统具体可分为大海洋生态系统、海岸带生态系统、海草床生态系统、珊瑚礁生态系统等几个分支系统。不同的生态系统具有不同的温度、盐度、水文条件,并受到不同的海流影响,形成了不同的生物群落。长期以来,由于人类对海洋的这种调节自然界的认识不足,形成资源无限、资源无价等种种错误认识,导致人类对海洋资源的掠夺性开采,对海水的肆意污染,致使资源日趋枯竭,生态破坏和环境污染日趋加剧,特别是海洋的生态调节功能急剧减弱。因此,正确认识海洋资源的价值尤其是它的生态系统服务价值,显得尤为重要^[32]。

徐丛春等^[32]认为,海洋生态系统不具备水分调节与供给、侵蚀控制和层积物保持、土壤形成和传播花粉等服务,因此在海洋生态系统价值评估当中,应选取气体调节、干扰调节、营养盐循环、废物处理、生物控制、生境、食物产量和原材料等指标,作为评估框架。杨清伟等^[31]对广东-海南海岸带生态系统价值的评估结果表明:研究区近海的单位价值为 3 263 元/($\text{hm}^2 \cdot \text{年}$),其中干扰调节、生物控制、庇护、食物生产、原材料、休闲和文化单位价值分别为 766,331,70,809,35,713 和 539 元/($\text{hm}^2 \cdot \text{年}$)。对于有些指标,由于他们认为资料缺乏或此项服务不存在或认为可以忽略而没有考虑,因此评估结果偏低。但从这一结果也可看出,单位海洋生态系

统的实物生产价值最高,约占单位总价值的 25%左右,其他依次为干扰调节、休闲和文化等。由于国内相关文献较少,结论是否准确,有待进一步深入研究、证实。

1.2.6 农业生态系统

农业生态系统是一种人工-自然复合生态系统。它与自然生态系统相比,在生态系统功能方面存在一定差异,主要表现在以下几方面:① 农田生态系统通常仅在一个较小空间尺度和有限时段内更为有效地提供一种生态系统功能,具有高效性,而自然生态系统通常在较大的时空范围内(如全球尺度,或者地质历史时期等)起作用;② 农业生态系统所提供的服务具有明显的空间和时间限制性与变动性;③ 农业生态系统是一个“投入-产出”十分频繁的系统,因而其价值的大小与其生产方式、投入水平和管理水平密切相关;④ 服务的对象不同,农业生态系统服务对象主要是人类,而自然生态系统不仅为人类,而且为全球的生物提供服务。如何对农业生态系统价值进行全面的评价,是农业生态系统特别是脆弱地区农业生态系统实现可持续发展的关键所在。农业生态的多样性、脆弱性和开放性决定了对其价值评估的复杂性,目前国内对农业系统价值的评估鲜有研究报道^[33-35]。

何文清等^[35]通过对内蒙古阴山北麓风蚀沙化地区农业生态系统服务功能的总价值的经济评估,得出以下结果:该地区农业生态系统年总价值为 46 545 381.0 万元/年,其中产品价值为 29 874.1 万元/年(占 0.06%),水土保持价值为 4 570 284.2 万元/年(占 9.7%),涵养水源价值为 42 802.6 万元/年(占 0.09%),气候调节价值为 393 411.8 万元/年(占 0.84%),营养物质循环价值为 41 910 673.9 万元/年(占 89.27%)。从价值比例来看,该地区的环境服务价值要远远大于其产品价值,表明该地区农业生产水平落后,同时也说明了在当地环境恶劣、农业粗放经营的前提下,环境是维系其不稳定农业生产的基础。李方等^[36]对三江平原生态系统(草地、林地、湿地、农田和水体)总价值计算结果为:三江平原生态系统总价值为 1 660.29 亿元/年,占全国陆地生态系统总价值的 2.96%;各类生态系统的价值对总价值的贡献率有较大差异,湿地生态系统和森林生态系统的贡献率最高,分别为 30.31%和 41.97%。由于三江平原耕地面积已达区域总面积的 47.85%,因此价值比例达到了 19.18%,为 318.41 亿元/年,但单位面积生态价值却远远低于湿地和森林。同时,他们把农田生态系统提供的服务划分为气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、废物处理、生物多样性保护、食物生产、原材料和娱乐休闲等 9 类,价值分别是 23.04,41.01,27.6,67.28,75.57,32.71,46.08,4.61 和 0.46 亿元/年。在农田生态系统的各种价值中,废物处理价值最大,约占总价值的 23.7%。赵海珍等^[37]以拉萨河谷地区达孜县的青稞

农田生态系统为例,对其产品价值、调节价值、涵养水分价值和营养循环的年价值分别进行了估算,结果依次为 1 697.38, 7 875.03, 10 649.81, 273.23 和 1 478.23 万元/年,年总价值为 37 249.77 万元/年。表明产品价值是该区青稞农田生态系统的主要功能,约占总价值的 45.57%。

从这些研究当中可以看出,目前对农田生态系统主要价值形态的判断极不一致。出现这种情况的原因是农田生态系统功能的差异及土壤类型的不同。自然条件优越的地方,农田一般是粮食的供应基地,其产品价值比较明显,而在环境恶劣的条件下,耕作频度小且时间短,故对土壤破坏不大,因此营养循环价值较大。

2 复合生态系统价值评估

复合生态系统是各种单一生态系统有机结合而成的一个整体。从理论上讲,它的功能不是单个生态系统功能的简单累计,应该具有单一生态系统所不具备的功能形式。但由于目前对不同类型生态系统之间的联系认识不够,因此很多研究者认为复合生态系统的功能就是各种单一生态系统功能的组合,它的价值就是各种生态系统价值的算术总和。国内对复合生态系统价值的评估基本上是按照这一模式进行的。很显然,这种方法低估了复合生态系统作为一个有机整体的价值。

宗跃光等^[38]在测算宁夏灵武市地域生态系统服务功能体现的总资本价值结构时,从不同土地利用方式产生不同价值量的角度出发,将地域生态系统类型划分为 9 类(耕地、园地、林地、牧草地、城镇、工矿、交通、水域和未利用土地),然后计算出各种类型服务功能的单位面积资本,最后汇总后得到总资本结构表。还有其他研究者^[36,39-40]等,也对相关地区复合生态系统的总价值做了类似的研究,过程基本一致。

3 生态系统价值影响评估

生态系统在受到外界干扰或胁迫时会导致其特征超出正常波动范围,以及能量、物质循环、群落结构和一般系统水平上发生变化。如农药、生物技术、生态入侵、不恰当的农业生产活动和其他一些偶发性的自然灾害等对农业生态系统的影响;污染物的排放、非点源污染、过度捕捞、围湖造田、水土流失、外来种的入侵、水资源的利用不当等对水生态系统的影响^[41];气候变化对森林生态系统的影响以及生态入侵对草地生态系统的影响等。

认识生态系统在受到干扰或胁迫情况下其功能及服务所发生的变化,是人类全面认识、评估、保护和管理的的前提。国内许多研究者^[29,41-47]在理论上进行了初步探讨,为定量评估提供了理论依据。同时,张明军等^[48]基于前人的研究成果,估算了 3 种气候变化情景下中国

森林生态系统的服务价值,结果表明:在温度、降水不变(取当前值),年均温增加 4℃、降水增加 10%,年均温增加 4℃、降水不变和年均温增加 4℃、降水减少 10% 气候变化 4 种情景下,中国森林的生态系统服务价值分别为 23 553, 42 294.5, 41 291.15 和 40 788.99 亿元/年。尽管在全球变暖背景下,中国的森林总面积在减少(其中热带森林面积增加),森林提供的各种服务价值却有增有减,在其提供的 14 种主要的服务中,土壤形成、废物处理、生物防害、食品生产、文化价值都有不同程度的减少,而气候调节、干扰调节、水分调节、水分供应、防止侵蚀、养分循环、原材料、基因资源和休闲游乐的价值都有所增加。特别是防止侵蚀、养分循环及原材料的价值,增加幅度很大,从总体上看,增加价值大于减少价值。因此,我国森林生态系统价值呈明显增加的趋势。

4 结论

4.1 价值方面

4.1.1 价值范围

生态资产不仅具有利用价值,而且包含巨大的被动利用价值(Passive Use Value)或非利用价值(Non Use Value),如馈赠价值(Bequest Value)、选择价值(Option Value)、利他价值(Altruistic Value)和存在价值(Existence Value)等^[9]。对上述价值的研究和评估是目前国际学术界研究的热点和难点之一。与国际研究相比,国内研究主要以生态资产的利用价值为主,很少或几乎从不涉及被动利用价值或非利用价值,不能全面反映生态资产的真实价值。

4.1.2 价值形态

目前对生态资产价值的认识依赖于人们是否对它进行经济效益评估,只关心一般人都能理解的生态服务及效用^[49],对生态资产本身所具有的与人类经济活动无关的价值形态几乎从来不予考虑。如一个健康生态系统提供的生命支持服务与其他部分相关的利用和非利用价值的继续存在相比,所具有的优先(Prior)价值、生态系统结构产生的系统基本价值(Primary Value)及其把各个部分有效地组合为一个协调的整体的胶合价值(Glue Value)和系统因具有生态冗余能力(Redundancy Capacity)而产生的保险价值(Insurance Value)等。因此,了解“系统结构/系统功能/系统服务”的关系及正确认识这些独特价值形态是开展其他价值评估的前提条件^[50]。

4.1.3 价值评估

生态资产具有混合效果,对部分人群可能产生正面影响(正价值),对另一部分人群可能产生负面影响(负价值)或者可能没有影响(零价值)。如城市公园的高强度开发利用和管理的不到位、农田杀虫剂的喷洒、

湿地蚊子的繁殖泛滥,都有损于附近资源的价值,从而对部分人群产生负的价值。鉴于此,以后任何规划项目的评定和生态资产的价值评估,均须将项目带来的收益与损失以及正价值、零价值和负价值进行比较权衡^[51-52]。

4.2 评估方法

生态资产是非市场产品,通常不能在市场上直接交易,无法通过实际交易行为来推知人们的偏好,很难用建立在直接利用基础上的消费者效用理论解释,使得生态资产经济价值评估极为复杂,需要特殊的价值评估技术把消费者对环境产品及其服务的消费偏好纳入常规产品当中,以扩大常规产品的范围。条件价值评估(Contingent Valuation, CV)方法是为了评估环境价值变化而建立且被人们普遍接受的一种方法,是经济学家在评估与环境改善有关的非市场产品价值时广泛运用的一种技术。最早可追溯到 1958 年美国国家公园服务局(US National Park Service)资助的对特拉华州流域(Delaware River Basin)地区户外娱乐(Outdoor Recreation)活动的研究,标志着 CVM 正式应用的开始。经过几十年持续不断的发展,到 19 世纪 80 年代,成为美国水资源管理委员会(US Water Resources Council)推荐的价值评估技术,同时,欧洲国家开始采用。发展中国家第一次使用 CV 方法是在 19 世纪 90 年代,此时, CV 技术已在美国非常流行,大量文献在欧洲也相继问世。到 19 世纪 20 年代, CV 方法成为非市场环境成本和效益评估的主要技术。CV 的出现主要是为了全面收集环境产品的利用信息,能给投资决策者、生物多样性受威胁地区和保护区的管理提供大量的相关信息,如果使用得当,是进行成本效益分析的有力工具。综观国内生态资产价值评估方法,我们在这方面相当落后,国内具体研究案例非常少见,评估工作很难与国际接轨。为适应评估要求,以后必须加强 CV 方法的研究和应用。

4.3 评估主体

对生态资产价值的认识会因个人背景差异而不同,如生态文化知识的不同导致生态资产管理模式和价值认识的不同,因此在评估过程中应让行政官员、公众等主体广泛参与,以便评估成果能得到很好应用,达到评估目的^[53-54]。目前国内评估主体主要以科研人员为主,不符合评估主体的广泛性要求,评估结果也就很难用于实际决策当中。

4.4 生态资产

4.4.1 生态资产的空间异质性

目前关于生态资产价值的研究大多数没有考虑生态因子空间异质性的影响,仅将生态资产作为均一整体来研究。基础数据的准确性受不同区域的地理、生态、气候等条件的影响,因此对其进行计算需要有该研究区域的详细准确的具体数据,如果采用国际或国内的

平均值,结果将出现偏差。由于来源不同有些基础数据相差很大,而且有些地区缺乏相关数据。例如,计算森林吸收 SO_2 价值时,薛达远等使用森林吸收 SO_2 的平均值为 $52.13 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$,而田国行等引用的数值为 $300 \text{ g}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$ ^[50,55]。

4.4.2 生态资产服务的空间转移性

生态资产提供的服务具有空间转移的特点,研究范围应该涉及具备适当外部条件的地区,即受此项服务影响的地区。目前的研究大多以生态资产的物理面积作为生态资产的价值发生区,对周边地区产生的正价值或负价值没有纳入价值评估体系,可能会造成决策者的失误或相关利益主体之间的冲突^[50]。

4.4.3 生态资产提供服务的独立性

为了对生态资产提供的各种生态服务进行价值评估,要求各种服务必须是相互独立的,否则它们的价值在某种程度上会出现重叠甚至相互包含的极端情况^[49]。

4.4.4 生态资产质量

生态资产质量的不同导致其所提供的生态服务质量不同。因此,在进行价值评估时要顾及生态资产质量弹性。一般而言,生态资产质量越高,其价值越高,反之亦然^[56]。

4.5 评估目标

评估不只是对生态资产本身价值的一种定量化过程,必须要与其他社会目标相结合,包括评估在生态可持续范围内容许人类活动的最大规模尺度、生态资产在人类及其他生物之间的公平和高效分配、人类福利和贫困等,使评估工作最终有利于改善生态系统的状况,有利于人类社会的可持续发展^[49, 57-58]。

4.6 其他

识别由于理论或数据收集问题而无法评估的价值组成以及确定评估上限或评估下限也非常重要。同时,在引进某些领域的价值研究成果时,必须考虑价值转变协议是否具有可行性等。最后,评估工作要与国际接轨,包括建立包含非线性及阈值的动态地区模型和全球模型、大规模的小幅度变化(如全球范围温室气体的微幅变化)和小规模的大幅度变化(如区域内森林大量砍伐、区域内天然湿地排干等)的边际研究等^[49,51,53]。

参考文献 (References)

- [1] 张军莲, 李宪文. 生态资产估价方法研究进展[J]. 中国土地科学, 2003, 3(17): 52-55.
ZHANG Junlian, LI Xianwen. Research progress on ecological assets valuation methods[J]. China Land Science, 2003, 3(17): 52-55.
- [2] 窦 闻, 史培军, 陈云浩, 等. 生态资产评估静态部分平衡模型的分析与改进[J]. 自然资源学报, 2003, 5(18): 626-634.
DOU Wen, SHI Peijun, CHEN Yunhao, et al. Analysis and

- discussion of the static partial equilibrium model for the valuation of the ecosystem capital [J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, 5(18): 626–634.
- [3] 蔡博峰. 北京地区人工景观生态服务价值估算[J]. *环境科学*, 2004, 5(25): 5–9.
CAI Beifeng. Valuation of the ecosystem services of artificial landscapes in Beijing[J]. *Environmental Science*, 2004, 5(25): 5–9.
- [4] 敖登高娃, 梁燕, 韩国栋. 草地生态系统服务功能及其生态经济价值的综述[J]. *内蒙古草业*, 2004, 1(16): 46–51.
Aodeng Gaowa, LIANG Yan, HAN Guodong. Summarized on the service function and ecological economy value of rangeland ecosystem [J]. *Inner Mongolia Prataculture*, 2004, 1(16): 46–51.
- [5] 谢高地, 张钊铨, 鲁春霞, 等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. *自然资源学报*, 2001, 1(16): 47–53.
XIE Gaodi, ZHANG Yili, LU Chunxia, *et al.* Study on valuation of rangeland ecosystem services of China [J]. *Journal of Nature Resources*, 2001, 1(16): 47–53.
- [6] 赵同谦, 欧阳志云, 贾良清, 等. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价[J]. *生态学报*, 2004, 24(6): 1101–1110.
ZHAO Tongqian, OUYANG Zhiyun, JIA Liangqing, *et al.* Ecosystem services and their valuation of China grassland[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(6): 1101–1110.
- [7] 闵庆文, 谢高地, 胡 聃, 等. 青海草地生态系统服务功能的价值评估[J]. *资源科学*, 2004, 26(3): 56–60.
MIN Qingwen, XIE Gaodi, HU Ran, *et al.* Service valuation of grassland ecosystem in qinghai province[J]. *Resources Science*, 2004, 3(26): 56–60.
- [8] 闵庆文, 刘寿东, 杨 霞. 内蒙古典型草原生态系统服务功能价值评估研究[J]. *草地学报*, 2004, 12(3): 165–175.
MIN Qingwen, LIU Soudong, YANG Xia. Evaluation of the ecosystem services of the Inner Mongolia steppe[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2004, 12(3): 165–175.
- [9] COSTANZA R, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 283(15): 253–260.
- [10] 宋宗水. 森林与环境保护[J]. *生态经济*, 1994, 3: 11–14.
SONG Zongshui. Forests and environmental protection [J]. *Ecological Economics*, 1994(3): 11–14.
- [11] 赵同谦, 欧阳志云, 郑 华, 等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评估[J]. *自然资源学报*, 2004, 4(19): 480–491.
ZHAO Tongqian, OUYANG Zhiyun, ZHEN Hua, *et al.* Forest ecosystem services and their valuation in China [J]. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(4): 480–491.
- [12] 郑景明, 曾德慧, 姜凤岐. 森林生态系统的价值及其评估[J]. *沈阳农业大学学报*, 2002, 33(3): 223–227.
ZHEN Jingming, ZENG Dehui, JIANG Fengqi. Review of the researches on the value and evaluation for forest ecosystem[J]. *Journal of ShengYang Agricultural University*, 2002, 33(3): 223–227.
- [13] 范海兰, 洪 伟, 吴承祯. 福建省森林生态系统服务价值的变化[J]. *福建农林大学学报(自然科学版)*, 2004, 33(3): 347–351.
FAN Hanlan, HONG Wei, WU Chengzhen. The dynamics of forest ecosystem service values in Fujian Province[J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 2004, 33(3): 347–351.
- [14] 牛 云, 葛军元, 潘爱华. 祁连山森林生态效能与经济价值评估[J]. *甘肃科技*, 2003, 19(2): 66–68.
NIU Yun, GE Junyuan, PAN Aihua. The ecological benefits and economy valuation of QiLianShan forest[J]. *Gansu Science and Technology*, 2003, 19(2): 66–68.
- [15] 李少宁, 王 兵, 赵广东, 等. 森林生态系统服务功能研究进展——理论与方法[J]. *世界林业研究*, 2004, 17(4): 14–18.
LI Saoning, WANG Bing, ZHAO Guangdong, *et al.* Advance in researches on forest ecosystem services: Theory and method [J]. *World Forestry Research*, 2004, 17(4): 14–18.
- [16] 王红义, 葛军元, 潘爱华. 祁连山天然林生态经济价值评估[J]. *甘肃林业科技*, 2003, 28(1): 10–12.
WANG Hongyi, GE Junyuan, PAN Aihua. The ecological economy value and valuation of QiLianShan natural forest [J]. *Gansu Science and Technology*, 2003, 28(1): 10–12.
- [17] 曾贤刚, 孙承泳, 韩 威. 湿地经济价值的研究[J]. *生态经济*, 2002, 9: 51–54.
ZENG Xianggang, SONG Cengyong, HAN Wei. A study on theories and methods of economics valuation of wetlands[J]. *Ecological Economics*, 2002(9): 51–54.
- [18] 童春富, 陆健健, 何文珊. 湿地功能及生态经济价值评估研究[J]. *生态经济*, 2002, 11: 31–33.
TONG Chunfu, LU Jianjian, HE Wenshan. A study on wetland functions and assessment of their ecological economic value[J]. *Ecological Economics*, 2002, 11: 31–33.
- [19] 张 峰, 周维芝, 张 坤. 湿地生态系统的服务功益及可持续利用[J]. *地理科学*, 2003, 23(6): 674–679.
ZHANG Feng, ZHOU Weizhi, ZHANG Kun. Service benefits of wetland ecosystem and its sustainable utilization [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23(6): 674–679.
- [20] 吴玲玲, 陆健健, 童春富, 等. 长江口湿地生态系统服务功能价值的评估[J]. *长江流域资源与环境*, 2003, 12(5): 411–416.
WU Lingling, LU Jianjian, TONG Chunfu, *et al.* Valuation of wetland ecosystem services in the Yangtze River estuary [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2003, 12(5): 411–416.
- [21] 熊 鹰, 王克林, 蓝万炼, 等. 洞庭湖区湿地恢复的生态补偿效应评估[J]. *地理学报*, 2004, 59(5): 772–780.
XIONG Ying, WANG Kelin, LAN Wandong, *et al.* Valuation of the lake recovery area eco-compensation in DongTing Lake wetland [J]. *Acta Geographica Sinica*,

- 2004, 59(5): 772-780.
- [22] 庄大昌. 洞庭湖湿地生态系统服务功能价值评估[J]. 经济地理, 2004, 24(3): 391-432.
ZHUANG Dachang. The evaluation of the ecosystem services value in Dongting Lake wetland [J]. Economic Geography, 2004, 24(3): 391-432.
- [23] 崔丽娟, 赵欣胜. 鄱阳湖湿地生态能值分析研究 [J]. 生态学报, 2004, 24(7): 1480-1485.
CUI Lijuan, ZHAO Xinsheng. Researches on the emergy analysis of Poyanghu wetland [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(7): 1480-1485.
- [24] 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.
CUI Lijuan. Evaluation on functions of Poyang Lake ecosystem [J]. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23(4): 47-51.
- [25] 辛 琨, 肖笃宁. 盘锦地区湿地生态系统服务功能价值估算 [J]. 生态学报, 2002, 22(8): 1345-1349.
XIN Kun, XIAO Duning. Wetland ecosystem service valuation: A case researches on Panjin area[J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(8): 1345-1349.
- [26] 赵同谦, 欧阳志云, 王效科, 等. 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[J]. 自然资源学报, 2003, 18(4): 444-452.
ZHAO Tongqian, OUYANG Zhiyun, WANG Xiaoke, et al. Ecosystem services and their valuation of terrestrial surface water system in China[J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(4): 444-452.
- [27] 栾建国, 陈文祥. 河流生态系统的典型特征和服务功能[J]. 人民长江, 2004, 35(9): 41-43.
LUAN Jianguo, CHEN Wenxiang. The service function and typical characters of river ecology[J]. Yangtze River, 2004, 35(9): 41-43.
- [28] 蔡庆华, 唐 涛, 刘健康. 河流生态学研究中的几个热点问题 [J]. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1573-1577.
CAI Qinghua, TANG Tao, LIU Jiankang. Several research hotspots in river ecology[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(9): 1573-1577.
- [29] 鲁春霞, 谢高地, 成升魁, 等. 水利工程对河流生态系统服务功能的影响评价方法初探 [J]. 应用生态学报, 2003, 14(5): 803-807.
LU Chunxia, XIE Gaodi, CHENG Shengkui, et al. Approaches to evaluation the effects of hydraulic engineering on river ecosystem services [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(5): 803-807.
- [30] 吴泽宁, 左其亭, 张晨光. 水资源配置中生态资产价值评估方法及应用[J]. 郑州工业大学学报, 2001, 22(4): 1-4.
WU Zening, ZUO Qiting, ZHANG Chenguang. Evaluation method of environment resources value and its application in water resources distribution [J]. Journal of Zhengzhou University of Technology, 2001, 22(4): 1-4.
- [31] 杨清伟, 蓝崇钰, 辛 琨. 广东-海南海岸带生态系统服务价值评估[J]. 海洋环境科学, 2003, 22(4): 25-29.
YANG Qingwei, LAN Chongyu, XIN Kun. Evaluation on the value of the ecosystem services of the coastal zone in Guangdong and Hainan[J]. Marine Environmental Science, 2003, 22(4): 25-29.
- [32] 徐丛春, 韩增林. 海洋生态系统服务价值估算框架构筑[J]. 生态经济, 2003(4): 199-202.
XU Congchun, HAN Zenglin. The valuation frame of ocean ecology[J]. Ecological Economics, 2003(4): 199-202.
- [33] 赵荣钦, 黄爱民, 秦明周. 农田生态系统服务功能及其评价方法研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2003, 19(4): 267-270.
ZHAO Yongqin, HUANG Aimin, QIN Mingzhou. Study on farmland ecosystem service and it's valuation method [J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2003, 19(4): 267-270.
- [34] 章家恩, 饶卫民. 农业生态系统的服务功能与可持续利用对策探讨[J]. 生态学杂志, 2004, 23(4): 99-102.
ZHANG Jiaen, RAO Weimin. Discussion on agro ecosystem services and sustainable utilization[J]. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23(4): 99-102.
- [35] 何文清, 陈源泉, 高旺盛, 等. 农牧交错带风蚀沙化区农业生态系统服务功能的经济价值评估[J]. 生态学杂志, 2004, 23(3): 49-53.
HE Wenqing, CHEN Yongquan, GAO Wangsheng, et al. Economic value of agro ecosystem service typical wind erosion region of transition zone between agriculture and pasture [J]. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23(3): 49-53.
- [36] 李 方, 张 柏, 张树清. 三江平原生态系统服务价值评估[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(5): 19-23.
LI Fang, ZHANG Bai, ZHANG Suqing. Ecosystem service valuation of Sanjiang plain [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2004, 18(5): 19-23.
- [37] 赵海珍, 李文华, 马爱进, 等. 拉萨河谷地区青稞农田生态系统服务功能的评价——以达孜县为例 [J]. 自然资源学报, 2004, 19(5): 632-636.
ZHAO Haizhen, LI Wenhua, MA Aijin, et al. Valuation of barley agro-ecosystem services in Lhasa-river valley region—a case study of Dazi County[J]. Journal of Natural Resources, 2004, 19(5): 632-636.
- [38] 宗跃光, 陈红春, 郭瑞华, 等. 地域生态系统服务功能的价值结构分析——以宁夏灵武市为例 [J]. 地理研究, 2000, 19(2): 148-155.
ZONG Yueguang, CHEN Hongchun, GUO Ruihua, et al. The systematic analysis value of regional ecosystem-services: a case study of Lingwu City [J]. Geographical Research, 2000, 19(2): 148-155.
- [39] 张志强, 徐中民, 王 建, 等. 黑河流域生态系统服务的价值 [J]. 冰川冻土, 2001, 23(4): 360-366.
ZHANG Ziqiang, XU Zongmin, WANG Jian, et al. Value

- of the ecosystem services in the Heihe river basin[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2001, 23 (4): 360-366.
- [40] 宋治清, 王仰麟. 城市区域生态系统服务功能——以深圳市为例[J]. 城市环境与城市生态, 2004, 17(3): 35-37.
SONG Ziqing, WANG Yanglin. Analysis of ecosystem services in urban areas[J]. Urban Environment & Urban Ecology, 2004, 17(3): 35-37.
- [41] 宋 轩, 杜丽平, 李树人, 等. 生态系统健康的概念、影响因素及其评价的研究进展 [J]. 河南农业大学学报, 2003, 37(4): 375-391.
SONG Xuan, DU Liping, LI Shuren, *et al.* Study advances in the concept, influencing factors and assessment of Ecosystem Health [J]. Journal of Henan Agriculture University, 2003, 37(4): 375-391.
- [42] 孙 刚, 盛连喜, 周道玮, 等. 生态系统服务: 对人与自然关系的新认识[J]. 东北师大学报自然科学版, 2003, 32(1): 79-83.
SUN Gang, SHENG Lianxi, ZHOU Daowei, *et al.* Ecosystem services: new perspectives of relationship between human and nature[J]. Journal of North East Normal University, 2003, 32(1): 79-83.
- [43] 周亚萍, 安树青. 生态质量与生态系统服务功能 [J]. 生态科学, 2001, 20(2): 85-90.
ZHOU Yaping, AN Shuqing. Ecological quality and ecosystem services [J]. Ecologic Science, 2001, 20(2): 85-90.
- [44] 凌青根. 生态系统健康与服务功能[J]. 华南热带农业大学学报, 2001, 47(4): 67-74.
LING Qinggen. Ecological health and its service function [J]. Journal of South China University of Tropical Agriculture, 2001, 47(4): 67-74.
- [45] 刘 苏, 王祥荣. 生态入侵及其对植被生态系统服务功能的影响研究[J]. 复旦学报(自然科学版), 2002, 41(4): 459-465.
LIU Su, WANG Xiangrong. Ecological invasion and impact on the ecosystem services of vegetation[J]. Journal of Fudan University (Nature Science Edition), 2002, 41(4): 459-465.
- [46] 赵铁珍, 高 岚, 柯水发. 外来森林有害生物: 环境影响经济评价的研究进展[J]. 生态经济, 2004(5): 28-32.
ZHAO Tiezhen, GAO Lan, KE Shuifa. Exotic forest pests: research on economic evaluation of environmental impact[J]. Ecologic Economics, 2004(5): 28-32.
- [47] 郑 华, 欧阳志云, 赵同谦, 等. 人类活动对生态系统服务功能的影响[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 118-126.
ZHENG Hua, OUYANG Zhiyun, ZHAO Tongqian, *et al.* The impact of human activities on ecosystem services [J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(1): 118-126.
- [48] 张明军, 周立华. 气候变化对中国森林生态系统服务价值的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(2): 40-43.
ZHANG Mingjun, ZHOU Lihua. The Influence of climate change on the value of Chinese forest ecosystem services [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2004, 18(2): 40-43.
- [49] SCOTT M J, BILYARD G R, LINK S, *et al.* Valuation of ecological resources and functions [J]. Environmental Management, 1998(1): 49-68.
- [50] 郭中伟, 甘雅玲. 关于生态系统服务功能的几个科学问题[J]. 生物多样性, 2003, 11(1): 63-69.
GUO Zhongwei, GAN Yaling. Some scientific questions for ecosystem services[J]. Biodiversity Science, 2003, 11(1): 63-69.
- [51] 谢高地, 鲁春霞, 成升魁. 全球生态系统服务价值评估研究进展[J]. 资源科学, 2001, 23(6): 5-9.
XIE Gaodi, LU Chunxia, CHENG Shengkui. Progress in evaluating the global ecosystem services [J]. Resources Science, 2001, 23(6): 5-9.
- [52] FAUSOLD C F, Lilieholm R J. The economic value of open space: a review and synthesis [J]. Environmental Management, 1999, 23(3): 307-320.
- [53] 李团胜, 程水英. 千年生态系统评估及我国的对策 [J]. 水土保持通报, 2003, 23(1): 7-11.
LI Tuansheng, CHENG Shuiying. Millennium ecosystem assessment and our response options[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2003, 23(1): 7-11.
- [54] FLANAGAN C, LAITURI M. Local cultural knowledge and water resource management: the Wind River Indian Reservation [J]. Environmental Management, 2004 (3): 262-270.
- [55] 荆克晶, 鞠美庭. 对生态系统服务功能价值评估中相关问题的探讨[J]. 环境科学与技术, 2004(增刊): 129-132.
JING Kejing, JU Meiting. Discussion on problems in the value assessment of ecosystem service function [J]. Environment Science and Technology, 2004 (Suppl): 129-132.
- [56] PETERSON G, ALLEN C R, HOLLING C S. Ecological resilience, biodiversity and scale [J]. Ecosystems, 1998 (1): 6-18.
- [57] 赵士洞, 张永民. 生态系统评估的概念、内涵及挑战——介绍《生态系统与人类福利: 评估框架》[J]. 地球科学进展, 2004, 19(4): 650-657.
ZHAO Shidong, ZHANG Yongmin. Concepts, contents and challenges of ecosystem assessment: Introduction to "ecosystems and human well being: a framework for assessment"[J]. Advances in Earth Science, 2004, 19(4): 650-657.
- [58] COSTANZA R. Social goals and the valuation of ecosystem services[J]. Ecosystem, 2000 (3): 4-10.

(责任编辑 王 芷)