

肖生美, 翁伯琦, 钟珍梅. 生态系统服务功能的价值评估与研究进展 [J]. 福建农业学报, 2012, 27 (4): 443—451.

XIAO S-M, WENG B-Q, ZHONG Z-M. Research Advances on Ecosystem Services [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2012, 27 (4): 443—451.

生态系统服务功能的价值评估与研究进展

肖生美¹, 翁伯琦², 钟珍梅²

(1. 福建省农林大学资源与环境学院, 福建 福州 350002;
2. 福建省农业科学院农业生态研究所, 福建 福州 350013)

摘要: 从生态系统服务功能的内涵与定义表述、价值评估与研究现状等方面对国内外生态系统服务价值评估的研究进行评述, 展望生态系统服务的研究动态与发展趋势, 以期为今后的研究提供一定的参考价值。

关键词: 生态系统服务功能; 价值评估; 研究进展

中图分类号: X 171.1

文献标识码: A

Research Advances on Ecosystem Services

XIAO Sheng-mei¹, WENG Bo-qi², ZHONG Zhen-mei²

(1. College of Environmental and Resource Sciences, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China; 2. Agricultural Ecology Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China)

Abstract: Ecosystem service is vital for the survival of living beings on this planet. This paper reviews the recent domestic and foreign studies relating to the definition, content, methodologies, evaluation and research progress of the ecosystem services. Suggestions for further studies are also presented.

Key words: ecosystem service; evaluation; research advance

庞大的生态系统不仅为人类社会提供必不可少的载体, 生态系统功能及其服务无疑是维系地球生命的厚实基础。历史与现实都向人们提出了一个重要命题, 就是要在着力保护生态环境之时, 更好地实施生态系统服务管理, 以求推动经济社会的可持续发展。实践证明, 要深入开展生态系统服务功能管理, 必须充分考虑由于生态系统复杂性等诸多因素所引起的不确定性, 要合理应用新的技术手段, 不断揭示其内在的变化规律、依存关系及其动态影响, 科学地建立生态系统服务功能评估指标体系。本文以生态系统服务功能内涵—定义深化—具体分类—价值评估—方法改善—发展趋势为主线, 对近年来的研究动态与若干进展进行综述, 以期为后续的相关研究提供借鉴与参考。

1 生态系统服务功能的内涵与定义表述

1.1 生态系统服务功能的提出与发展

人类很早就开始对生态系统服务功能进行初步探索, 意识到生态系统与人类的生存及发展密切相关。古希腊时, 柏拉图就认识到当时水土的流失和水井的干涸与雅典人砍伐森林有关^[1], 《淮南子》中也有关于保护生态系统服务而使其永续利用的论述, 建立和保护风水林也反映了人类很早就认识到森林对村庄及居住环境具有重要作用^[2]。1864年, Marsh^[3]在其著作《Man and Nature》中首次提出生态系统对人类生产生活发展具有重要的服务功能的观点, 同时对资源是无限的观点提出了质疑和批评, 但因当时处于工业革命时期, 他的观点并没有

收稿日期: 2012—03—02 初稿; 2012—04—20 修改稿

作者简介: 肖生美 (1988—), 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 环境生态学 (E-mail: xsmlove3331226@163.com)

通讯作者: 翁伯琦 (1957—), 男, 研究员, 主要从事生态农业技术与生态经济理论研究 (E-mail: boqiweng@yahoo.com.cn)

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 (2012BAD14B15)

得到重视。

20世纪40年代，Tansley提出生态系统的概念后，生态学以生态系统为基础的研究才逐渐形成学科体系，研究重点从生态系统的结构逐渐向生态系统功能方向发展。Leopold、Osborn、Vogt也才开始对生态系统的服务功能进行深入思考。Leopold^[4]研究发现，狼群对维持牧群和草地的平衡具有重要作用，如果将狼群杀光，就破坏了狼群对牧群的控制作用，指出生态系统的服务功能是其自发的，人类不可能替代生态系统的服务功能。Osborn^[5]对生态系统在维持社会发展的服务功能进行了研究，指出水、土壤、植物和动物等是维持生态系统的基础，也是人类生存发展的物质基础。Vogt^[6]认为社会耗竭自然资源（特别是土壤）资本越多，偿还债务的能力就越低，从而提出自然资源是有限的概念。

20世纪70年代初，SCEP^[7]首次明确了生态系统对人类生存及发展的服务功能，例如大气组成、土壤形成、物质循环、水土保持等，此时生态系统服务功能逐渐形成生态学与生态经济学研究的分支，也成为1个科学术语。随后，Westman^[8]提出社会要做出更加合理的政策和管理决定，应该要考虑生态系统收益的社会价值，并将这些收益称为“自然的服务”。1981年，Ehrlich^[9]对“环境服务”、“自然服务”等概念进行了梳理和统一，首次使用了“生态系统服务功能”一词，这一术语逐渐为人们所公认和广泛使用。

1.2 生态系统服务功能的定义与表述

目前关于生态系统服务功能的定义有多种描述（表1），最具有代表性的是Daily 和 Costanza 等对生态系统服务功能下的定义。Daily^[10]指出生态系统提供的能够满足和维持人类生存发展所需的条件和过程就是生态系统的服务功能。该定义着重强调3个方面，即人类的生存发展需要生态系统的支持，发挥服务功能的主体是自然生态系统，而生态系统发挥服务功能是通过条件和过程来完成的^[11]。1999年Daily等^[12]在肯定了之前3个观点的同时，还补充强调了生态系统状况和过程的广泛性以及生物物种的生态系统性，将生态系统服务功能的定义更加精细化。

Costanza^[13]认为生态系统服务功能就是生态系统提供的商品和服务，指出生态系统产品（如食物）和服务（如废弃物处理）是指人类直接或者间接从生态系统功能中获得的收益，即生态系统服务是指人类从生态系统功能中获得的收益。Cairns^[14]

则认为生态系统服务功能应该是对人类生存和生活质量具有贡献的产品和服务。该定义同样强调了生态系统对人类生存的重要性，产品和功能是生态系统服务功能体现的主体，与Daily 定义的实质基本是一致的。千年生态系统评估报告^[15]中认为生态系统服务功能是人类从生态系统中获得的各种效益，基本上采用了Costanza 的观点。

我国对生态系统服务功能的研究起步相对较晚，20世纪90年代，我国有一批学者开始对生态系统服务功能的概念进行译介、综述、分析，结合实际工作与相关区域对其进行有针对性的研究，进而对不同类型的生态系统服务功能进行详尽描述。如董全^[16]将生态系统服务功能的定义描述为：“自然生物过程产生和维持的环境资源方面的条件和服务”，该定义不仅强调了生态系统服务功能对人类的生存发展具有支持作用，还指出此作用是通过环境资源的条件和服务来发挥的。谢高地等^[17]认为生态系统服务功能是通过生态系统的功能直接或间接得到的产品和服务；阎水玉等^[11]总结得出，自然生态系统产生的对人类的生存发展具有支持作用的产品、资源等就是生态系统的服务功能。敖登高娃等^[18]认为自然生态系统为人类提供所需的一切自然资源和生存环境，而这些自然生态系统中的生境、物种和生态过程产生的资源物质及生活环境对人类的作用就是生态系统发挥的服务功能。李文华^[19-20]认为生态系统服务功能是人类从生态系统中（自然生态系统和人造生态系统）获取的直接的和间接的、有形的和无形的效益。

表 1 生态系统服务功能的定义

Table 1 Definition of ecosystem services

代表人物/机构	定义要点
Daily	能够满足和维持人类生活所需的条件和过程
Costanza、千年生态系统评估报告、李文华	从生态系统中获得的利益
董全	环境资源方面的条件和服务
谢高地	直接或间接得到的产品和服务
阎水玉	对人类生存和发展有支持作用的状况和过程
敖登高娃	为人类提供所需的一切自然资源和生存环境

纵观分析，笔者认为，近年国内外对生态系统服务功能定义与内涵研究可归纳为5个观点：一是

明确了生态系统功能及其服务价值作为地球生命的支撑体系，直接或间接地关系着人类的福祉。二是随着社会经济的发展和人为活动影响的加剧，生态系统服务功能正面临着巨大的挑战与威胁。三是不同生态系统的复杂性与关联性决定了价值评估的不确定性。四是目前经济学方法的局限性与可比性难以概全，必须因地制宜寻求复合评价办法。五是要进一步关注观测尺度，不同生态系统本身与环境条件的多样性等引发的服务功能与价值的空间异质性，合理指出指标体系，以利于揭示内在规律，做出合乎实际的理论界定。

目前生态系统服务功能仍尚未形成比较系统且统一或完整的概念，但是总的来说，生态系统服务功能的界定关键在于如何阐释“自然组分-生态过程-生态功能-生态服务-获得利益”之间的关系^[21]。虽然我国系统的研究生态系统服务功能较晚，但是通过许多学者的不懈努力，我国在生态系统服务领域多个方面已有所进展，积累了大量的第一手数据资料，加上我国幅员辽阔，具备多种多样的生态系统，这为生态系统服务研究奠定了基础，对国家的生态政策也将产生重要影响。

2 生态系统服务功能的价值评估与研究现状

随着人类对生态系统服务功能不可替代性的认识越来越深刻，人们越来越重视对生态系统服务功能的研究。这一领域的研究也取得了令人瞩目的进展。从最初探索生态系统服务功能的定义、内涵及

分类，逐渐向评估生态系统服务功能价值，以及不断修正价值评估方法的方向发展。

2.1 生态系统服务功能具体分类的研究

生态系统提供的服务功能多种多样，相互之间又存在着错综复杂的关系，根据不同的定义和标准，不同学者和组织机构对生态系统服务功能的分类提出了自己的观点（表2）。Costanza等^[13]从功能的角度，根据生态系统的生产、基本功能、环境效益以及娱乐价值4个层面，将全球生态系统服务功能划分为17类，包括：气体调节、气候调节、水调节、土壤形成、养分循环、休闲娱乐等，还划分出了16种生态系统类型，并以货币的形式进行了估算。这是目前生态价系统服务功能分类方面最有影响的研究成果之一，许多学者都是依据此分类对生态系统服务功能价值进行评估研究。此后Norberg^[22]从生态学角度以及生态系统的同属性考虑将生态系统服务功能分为维持种群密度、处理和转化外部干扰物和组织生物学单元3大类。Groot^[23]则根据生态过程的特点以及生态系统之间存在的逻辑关系，将生态系统服务功能划分为调节功能、提供栖息地功能、生产功能及信息传递功能等4类。千年生态系统评估报告^[15]主要依据人类获得效益的关系，将生态系统服务功能分为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务4大类。该分类较为直观，但是在此分类体系中不同类别的生态系统服务会出现重叠，如O₂的产生既是调节服务，也是支持服务^[24]。

表2 国内外生态系统服务功能主要的分类方法

Table 2 Major classification methods applied for ecosystem services

代表人物/机构	类型	优缺点
Costanza	气体调节、干扰调节、养分循环等17类	比较全面的分类；存在重复计算的问题
Norberg	维持种群密度、处理和转化外部干扰物和组织生物学单元	划分了生态等级；某些服务功能难以定义
Groot	调节功能、提供栖息地功能、生产功能和信息传递功能等4类	强调了服务功能的逻辑关系；
千年生态系统评估报告	供给服务、调节服务、文化服务和支持服务4类	操作性强；对某些服务功能过于宽泛的定义，
谢高地	直接使用部分、间接使用部分、娱乐消闲与美学享受	有利于价值评估；难以区分某些服务功能的直接和间接价值
张彪	物质产品、生态安全维护功能和景观文化承载功能3大类	简单易懂

我国许多学者也对生态系统服务功能的分类进行了大量研究。孙刚等^[25]从不同角度出发将生态系统服务功能细分为生物生产功能、物质循环功能、气象气候调节功能、生物多样性功能、防灾减灾功能及娱乐文化功能等。张志强^[26]认为生态系

统服务功能主要表现在2个方面，一是生态系统生产出人类生存发展所需的生态产品，二是维持人类生活环境的生态功能。谢高地^[17]将生态系统服务功能划分为三大类，第1类是生态系统通过生产能力为人类提供生活所需的产品，如食物、燃料等；

第 2 类是维持人类生存环境的生态功能，如气体组成、气象气候调节、生物多样性、传粉播种等；第 3 类是为人类提供娱乐休闲的功能，如打猎、钓鱼、漂流、滑雪等。而张彪等^[27]以人类需求的角度，考虑是否同属于一个生态功能，将生态系统服务功能分为物质产品、生态安全维护功能和景观文化承载功能 3 大类。其中，物质产品是指生态系统通过大气、水、土壤等组分和光合作用等生态过程，将太阳能转化为有机质（生物量），为人类的生产生活提供基本物质；生态安全维护功能则是指生态系统通过一系列生态过程来维护大气环境、水环境、土壤环境及生物资源等生态安全的作用；而景观文化承载功能是指生态系统因其独特的组成结构作为美学景观、历史文化和科研教育等的载体功能。此分类体系较简单，易于大众理解与接受，也有助于开展基于人类需求差异的生态系统服务时空动态变化与供需平衡研究^[28]。

这些不同的分类方法都强调了生态系统对人类生产生活具有不同的重要作用，便于人们从实践上去理解。但是部分学者认为这些分类方法存在着较大的缺陷，即无法区分开服务功能本身和产生这些服务功能的过程。Boyd 等^[29]认为生态系统服务功能是自然所产生的，应将生态系统服务本身和产生服务功能的过程区分开，也就是说生态系统服务并非是中间服务而是最终服务，在进行评估时应当只计算其最终服务。Maler 等^[30]根据与人类福祉的关系来分类，将千年生态系统评估报告中划分的 4 类合并成 2 类，即供给服务和文化服务是属于最终服务的，而支持服务和调节服务应合并为中间服务。而 Fisher^[31]认为，由于研究尺度及目的不同，生态系统服务功能可以有不同的分类方法，但重点还是要取决于生态系统通过何种因素影响人类福祉变化。Costanza^[32]则认为不管是生态系统服务功能本身还是产生这些功能的过程，或者是属于中间服务或最终服务，只要是能为人类福祉作贡献的就是生态系统服务功能。总之，生态系统的复杂性及人们认识的局限性，任何分类方法都可能存在或多或少的不合理性^[21]。

2.2 生态系统服务功能价值的评估方法

自然资源价值中引入经济学的概念推动了生态系统服务功能价值评估。在经济学中，福利常用“效益”来表达，因此评估生态系统服务功能的价值是可行的。假如生态系统提供的服务功能未完全进入市场，或者没有把它纳入国民经济核算，这就容易使人类在经济活动决策过程中忽略了生态系统

服务功能价值，会导致自然资源的过度消耗和生态系统的破坏^[17]。因此对生态系统服务功能价值进行尽可能的估算也是实现生态服务等非商品化“自然资本”货币化的有效手段，是政府制定相关政策并实施的重要依据。

随着人们对生态服务功能价值评估问题研究的不断深入，评估生态系统服务功能价值的方法也在其深度和广度上不断扩展。目前生态系统服务功能价值的评估方法主要分为：直接市场评估法、替代市场评估法、模拟市场价值评估法三大类。

2.2.1 直接市场评估法 直接市场评估法，是以当前的产品的市场价格来作为其经济价值，主要包括费用支出法、市场价值法等^[33-34]。

费用支出法是一种发展较早且简单易懂的方法，它通过消费者的角度对生态系统的服务功能进行价值评估，将消费者享受某种生态系统的服务功能时支出的费用来作为其经济价值^[33-35]。比如评价某个自然景观的游憩价值时，可将消费者支出的费用总和（包括吃、住及门票所花费用）作为该景观的游憩价值。费用支出法通常又分为 3 种形式：一是总支出法，即以消费者所花的总费用（包括交通等）作为该区的游憩价值；二是区内支出法，即仅以消费者在游憩区内所花的费用来作为该区的游憩价值；三是部分费用法，即只将消费者所花的部分费用作为该区的游憩价值^[33-34]。费用支出法通常用来评价森林游憩的价值。我国台湾省在 1984 年采用费用支出法对其森林游憩区的价值进行评估，得出该省森林游憩区的总经济价值为 159.8 亿新台币。日本在 1991 年采用费用支出法对其 63 个森林游憩区进行价值评估，得出日本森林游憩区每年的总价值为 19 546.6 亿日元^[36]。

市场价值法是目前使用最广泛的评价方法之一。某些生态系统的服务功能没有费用支出，但存在市场价格，常用市场价值法来进行评估。市场价值法评估的步骤是先定量评价某种生态系统服务功能的效果，然后再结合这些服务效果的市场价格来估算该生态系统服务功能的经济价值。其评价方法通常有 2 类，理论效果评价法与环境损失评价法。理论效果评价法要先计算某种生态系统服务功能的定量值，如农作物的增产量、二氧化碳的固定量等；接着评估生态服务功能的“影子价格”，如可根据当前市场的价格来给农作物定价；最后综合估算出其总的经济价值。而环境损失评价法是指用生态系统破坏所造成的损失来估算其经济价值^[33,37-38]。欧阳志云等^[39]采用市场价值法评估了

我国陆地生态系统服务功能价值, 得出中国陆地每年的生态系统服务功能价值为304 880亿元。肖玉等^[40]采用市场价值法研究了稻田生态系统气体调节功能的经济价值, 结果表明稻田生态系统的气体调节的经济价值每年能达到204亿美元。但是由于生态系统服务功能种类的多种多样, 以及在评估过程中很难定量某些间接使用价值, 因此实际操作中仍有困难。

2.2.2 替代市场评估法 替代市场评估法, 是指根据某种技术手段获得与某种生态系统服务功能相同的效益所需的费用, 间接估算出该种生态系统服务功能的价值, 主要包括旅行费用法和机会成本法等^[33,38]。

旅行费用法是最早用于评价环境质量价值的非市场评估方法, 主要用于狩猎、森林观光等大众化的户外娱乐场所的价值评估^[41]。此方法通过游憩的费用(包括交通及门票)来估算游憩区的消费者剩余, 并以此作为该游憩区的经济价值, 即 $E_v = A_e \times P$ (E_v 为经济价值, A_e 为旅游者的平均消费, P 为旅游者人数)。旅行费用法最先使用消费者剩余作为游憩区价值的评价指标, 同时也是最先对游憩区的消费者剩余进行估算的^[33,38]。靳乐山^[42]以北京圆明园的旅行费用作为其环境服务价值, 估算出圆明园每年的环境服务价值为11 697亿元。谢贤政等^[43]应用旅行费用法估算出黄山风景区的游憩价值每年为3.532亿~4.395亿元。但是旅行费用法仍然存在着局限性, 例如在评价森林的游憩价值时, 只能评价其使用价值, 而无法评估其非使用价值^[33]。

机会成本法是指在相同条件下, 利用某些自然资源来生产某种产品时, 必须放弃生产另一种产品时产生的价值, 或者利用某些资源会获得某种收入时所放弃的另一种收入, 以此作为该生态系统的经济价值。常被用来评价不能直接估算的某些资源应用的社会净效益, 是一种非常实用的方法。在评价稀缺资源时, 不能用其平均机会成本来决定其经济价格, 而应该通过边际机会成本(边际生产成本、边际使用成本与边际外部成本之和就是边际成本)来决定^[33,38]。

2.2.3 模拟市场价值评估法 在无法使用前种评估方法, 即不存在市场交易和实际市场价格时, 只能人为的构造假想市场来评估该种生态系统服务功能, 并综合消费者的支付意愿或接受意愿来估算出其经济价值, 此种方法就是模拟市场评估法。其评价方法主要为条件价值法^[33,38]。

条件价值法是指通过调查问卷等方式直接询问人们对某种环境物品改善的支付意愿, 或放弃某种环境或资源的服务功能愿意忍受的接受意愿, 并以此来表示该环境商品的经济价值。适用于评估环境物品或自然资源的利用价值和非利用价值, 任何不能通过直接市场技术或替代市场技术评估的环境物品或自然资源都可以应用条件价值法来评估。条件价值法被认为是评估环境物品和服务的非使用价值的唯一方法^[41], 相对于其他方法, 更适宜于评价非使用价值比重较大的生态系统服务功能的价值, 目前条件价值法较多的应用于生态系统恢复方面的研究^[44]。条件价值法是一种极有用的评价方法, 能为决策者和公众提供宝贵的有价值的信息, 是美国环境与自然资源经济学领域的主要方法之一。条件价值法根据获取数据的途径又可分为3大类: 直接询问法, 包括投标博弈法和比较博弈法; 询问选择的数量, 包括无费用选择法和优先评价法; 征求专家意见, 即德尔菲法(也称专家调查法)^[33]。条件价值法的评估结果表现了人们对环境物品或自然资源的价值取向^[41], 但是其结果的准确性与调查方案设计的严谨性、被调查对象的不同有很大关系, 其可信度可能会低于替代市场评价法^[38]。

2.3 不同生态系统服务功能价值评估的研究状况

2.3.1 森林生态系统研究动态 侯元兆^[45]选用生态系统服务功能中的3项生态效益(涵养水源、防风固沙、固碳制氧), 首次较全面地评估了我国森林资源的价值。杨永辉、毕绪岱^[46]估算了河北省森林固定二氧化碳的服务功能的效益。蒋延玲等^[47]根据Costanza等划分的服务功能及相关的价值评估方法, 以我国38种主要森林类型为研究对象, 估算出其生态系统服务的总价值为117.4亿美元。薛达元等^[48]对长白山自然保护区森林生态系统的间接经济价值进行估算。结果表明, 保护区总的生态服务功能价值为 1.76×10^9 元, 其中活力木生产量价值为 1.08×10^8 元, 涵养水源价值约为 6.97×10^8 元, 保护土壤价值为 2.31×10^7 元, 固碳价值为 8.77×10^8 元。Gram^[49]探讨了森林产品被人类利用部分的经济价值的评价方法的优缺点, 还提出了新的综合评价方法。姜东涛^[50]还针对森林制氧固碳的服务功能, 估算了黑龙江省森工林区每年氧气与二氧化碳的生态效益, 两者效益总和达80.58亿元。

2.3.2 草地生态系统研究动态 Kundhlande等^[51]估算了津巴布韦热带稀树草原生态系统的碳沉降服务的价值, 结果显示, 当时津巴布韦国家森

林和公共林地碳沉积的经济价值每公顷约为 3 200 津巴布韦元，预测 50 年后大约会降到 3 000 津巴布韦元。谢高地等^[52]按照土地覆盖类型，将我国草原地区划分为 18 类草原生态系统，并按照 Costanza 划分的 17 类服务功能，对各类草原生态系统的服务价值进行评估，得出我国草原每年的生态服务总价值达 12.7 万亿元。2003 年，谢高地等^[53]参考 Costanza 评估全球生态服务价值的部分成果，结合我国专家问卷调查结果，构建了我国陆地生态系统单位面积的生态服务价值表，同时针对青藏高原不同生态资产的服务功能价值进行研究。研究表明，青藏高原生态系统每年的生态服务价值约为 9.36×10^{11} 元，其中土壤形成与保护价值占了 19.3%，废物处理价值占 16.8%，水源涵养价值占 16.5%，生物多样性维持的价值占 16%。

2.3.3 海洋生态系统研究动态 Loomis 等^[54]采用条件价值法对受损的 Platte 河流域 5 种生态系统服务恢复的经济价值进行估算，其中包括废水稀释、水的自然净化、侵蚀控制、鱼类和野生动植物栖息地以及娱乐场所等。结果表明，每个家庭每年要为额外的生态系统服务功能支付约 252 美元，如果将这个结果标准化到河流沿岸的家庭，得出河流生态系统服务功能恢复的经济价值为 $19 \times 10^6 \sim 70 \times 10^6$ 美元。Duarte^[55]研究了海洋生物多样性与其生态系统服务之间的关系，认为两者之间的联系复杂难以琢磨。陈仲新等^[56]评估中国海洋生态系统的效益价值，得出我国海洋面积为 473 万 km²，其生态效益价值每年高达 2 万亿元。石洪华等^[57]对桑沟湾的气体调节、污水处理、空气净化、渔业生产等服务功能进行价值评估，得出该生态系统服务功能的总价值为 10.51×10^8 元，其中渔业生产的服务价值占了总价值的 65.29%。

2.3.4 湿地生态系统研究动态 严承高等^[58]针对湿地生态系统研究了生物多样性的概念、价值及其分类，并提出了湿地生物多样性的价值评价指标及其评估方法。Engelhardt 等^[59]研究发现大型水生植物的物种丰度能够提高湿地生态系统的服务功能。辛琨等^[60]综合运用环境经济学、资源环境学、模糊数学等方法，对盘锦区的湿地生态系统服务功能进行了价值评估，得出其服务功能价值高达 62.13 亿元。庄大昌^[61]、段晓男^[62]等还分别对洞庭湖、乌梁素海的湿地生态系统服务功能的价值进行了评估。陈鹏^[63]采用生态经济学的方法和理论，对厦门湿地生态系统提供的栖息地、湿地产品、涵养水源、污染净化等 7 种服务功能进行价值评估，

得出该湿地污染净化的服务功能价值量最大，每年高达 66.46 亿元。邓立斌^[64]运用市场价值法、影子工程法、替代费用法等对南四湖湿地的物质生产、大气调节、保护土壤、生物栖息地、休闲娱乐等 9 个生态系统服务功能的生态经济价值进行评价。

2.3.5 农业生态系统研究动态 农业生态系统是一类特殊的人工与自然复合的生态系统，它通常能够在有限时间段较小空间尺度内更为有效地提供某种生态系统服务功能，具有高效性。农业生态系统不仅提供人类生存发展所需的物质基础，还为人类提供旅游服务等多项服务功能，因此不少学者开始关注农业生态系统。

Björklund 等^[65]比较了瑞典 20 世纪 50 年代与 90 年代农田生态系统服务功能的变化，其中研究的生态系统服务功能的类型包括：直接生产、土壤肥力、水质量、生态因素以及对全球气体管理的贡献。结果表明，瑞典的农业生态系统支持自然系统及过程的能力，从农业集约化程度较低的 20 世纪 40 年代到集约化程度较高的 90 年代，呈下降的趋势。高旺盛等^[66]对典型黄土高原丘陵沟壑区安塞县境内 7 种不同类型的农业生态系统服务价值进行评估，总计为 3.17×10^{10} 元，是当地农林产品价值的 170 倍。肖玉等^[67-68]对稻田生态系统服务温室气体调节形成和累积的过程进行研究，表明尿素的施用会促进稻田对温室气体的吸收。

2.3.6 果园生态系统研究动态 刘炳钻等^[69]对福建省香蕉果园主要的生态服务功能进行了评估，从而估算出福建省香蕉果园在 2006 年生态服务功能总价值为 7.67 亿元。江福英等^[70]采用市场价值法、机会成本法和影子工程法等评估方法对福建省茶园生态系统服务功能进行了价值评估，其中研究的生态服务功能的类型包括：茶叶初级产品的生产功能、气体调节功能、营养物质循环与贮存功能、水土保持功能以及涵养水源功能。通过对这些功能价值的评估，估算出福建省茶园生态系统服务功能的总价值为 164.895 亿元。陈菁等^[71]估算了福建省莆田市 2002~2008 年果园生态系统的服务价值，结果表明，其服务价值总体呈大幅上升的趋势。田志会等^[72]就土壤保持功能对北京市平谷区果园进行了研究，结果表明该区果园生态系统年均土壤保持价值为每公顷 633.47 元，年均减少土壤养分损失的经济价值为 800.8 万元，该区果园生态系统就土壤保持功能所创造的价值相当于 2006 年该区农林牧渔业总产值的 1.6%。

3 生态系统服务功能的研究动态与发展趋势

随着经济全球化进程的加快，人们对自然的干预能力不断增强，森林砍伐、过度放牧、生物资源的过度利用，都将造成全球生态系统格局发生极大的变化，自然生态系统的面积会逐渐减少，受人为控制的生态系统面积会迅速增加。同时，人类生产过程中产生的大量污染物都排放到生态系统中，大大超过生态系统本身所能承载的容量，进而严重破坏了生态系统的平衡，其服务功能也受到极大的损害。这使得生态系统服务功能研究成为当前生态学与生态经济学研究的前沿课题。今后的研究将主要集中于以下几方面：

3.1 明确生态系统服务功能的完整定义

生态系统服务功能的定义不是一成不变的，其内涵和适用对象及范围是随着人类对其认识的不断深入而发展演化的。多元分类的方法也使得生态系统服务功能的定义多种多样。但是，为了使在不同时空、政策背景下的不同生态系统服务功能价值评估结果具有可比性以及协作的可能性，就必须得到一个较为明确、统一且实用的定义。不同背景下，都有与之对应的生态系统服务功能定义。要对生态系统服务功能价值进行客观的评估，生态系统服务功能的定义不仅要符合基础生态学的原则，还要与相关的经济核算体制一致。明确生态系统服务功能的定义不仅有利于科学划分生态系统服务功能，对生态系统服务价值进行合理评估也有重要作用^[28]。

3.2 完善生态系统服务功能的分类体系

由于生态系统提供的服务功能种类多种多样，相互之间又有错综复杂的关系，至今还没有一个比较全面、科学的分类体系。如果生态系统服务功能的分类主体不明会造成评估过程中的重复计算，即对生态系统服务功能的价值评估造成影响。因此建立一套科学合理的生态系统服务功能分类体系，不仅是生态系统服务功能研究的重要内容，也是全面客观地评估生态系统服务功能价值的重要基础。

3.3 深化农业生态系统服务价值的评估

农业是国民经济的基础，其不仅是为人类生存提供优质食品的产业，也是绿色覆盖度最为广泛且光合作用旺盛的载体。要深入评估不同尺度和多种类型的农业生态系统的服务价值，为生态补偿与农业环境保护提供参考依据，提高广大农民的生态保护以及种地与养地相统一的意识。要多学科知识综合，多种方法和多技术手段的集成，力求在农业生

态系统服务价值评估方法体系研发过程中，充分考虑种植业、养殖业、加工业等不同系统特点与耦合要素，嵌合经济社会生态复合模型、生态过程模型与乡村社会模型。

3.4 优化生态系统服务功能价值评估的尺度

要加强对不同空间不同生态类型的各种生态服务功能价值的研究。目前生态系统服务功能的价值评估主要集中在对大尺度的生态系统服务功能，但是大尺度服务功能的价值评估对于小区域范围的服务功能指导意义并不直接和明确^[15]。分布在不同区域的同种生态系统，因其环境条件和社会经济条件的不同，表现的服务功能也有所差异。尤其我国许多学者在对生态系统服务功能价值评估时，照搬国外研究的模型和参数，这使得我国当前的生态系统服务价值评估缺乏可靠性^[68]。因此还要加强对不同空间、不同生态类型的各种生态服务功能价值的研究。

3.5 引入生态系统服务价值评估的新方法

国内外学者为推动生态系统服务功能与价值评估研究，都在探索新模式与新方法。例如地理信息技术开发与应用为多源数据和多学科模型的集成分析平台，遥感的多角度、多尺度的动态监测能力可有效改善生态过程观测的质量与效率。生态经济理论与指标体系及其方法也可以丰富生态系统服务价值评价内容，为合理量化提供科学的计算方法支持。要积极倡导学科交叉与知识共享，引入先进的科研理念与研究手段，创新思维，集成技术，突破制约，优化组合。要开发适于生态学深度研究的多功能观测工具箱。要立足于多维度分析生态系统内部运行机理，并进行专家知识整合与综合评判。尤其要注重以生物多样性变化以及通过不同类型生态系统服务功能之间的结构关系，而选取最佳观测技术组合。

3.6 健全生态系统服务价值的评估体系

通过不断深入的探索与实践，目前生态系统服务功能价值评估已形成较为完整的理论和评估方法的框架，但是其中还是有许多细节问题需要完善的。例如现有的评价方法过于依赖经济学理论，对生态系统自身规律分析较少。理论上，任何一个生态系统提供的生态系统服务功能，都可用一定的方法进行价值评估。但因生态系统服务功能本身的复杂性，主观认识的差异性，不同的研究人员所选用的评估方法的不同，得出的评估数据差异较大，无法形成对比。因此要针对不同的评价对象和要求选择好方法仍然需要进一步的研究。

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] 房岩, 孙刚. 生态系统服务研究进展 [J]. 生物学通报, 2004, 39 (4): 11—13.
- [3] MARSH G P. *Man and Nature* [M]. New York: Charles Scribner, 1864.
- [4] LEOPOLD A. *A Sandy County Almanac and Sketches from here and there* [M]. New York: Cambridge University Press, 1949.
- [5] OSBORN F. *Our Plundered Planet* [J]. Boston: Little and Brown Company, 1948: 67—68.
- [6] VOGT W. *Road to Survival* [M]. New York: William Sloan, 1948: 129—157.
- [7] SCEP. *Man's Impact on the Global Environment: Study of Critical Environmental Problems* [M]. Cambridge: Massachusetts, MIT Press, 1970.
- [8] WESTMAN. How much are natures services worth [J]. Science, 1977, 197: 960.
- [9] EHRLICH P R, EHRLICH A H. *Extinction; the Causes and Consequences of the Disappearance of Species* [M]. New York: Random House, 1981.
- [10] DAILY G C. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystem* [M]. Washington D C: Island Press, 1997.
- [11] 阎水玉, 王祥荣. 生态系统服务研究进展 [J]. 生态学杂志, 2002, 21 (5): 61—68.
- [12] DAILY G C. Ecosystem Service : Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems [R]. 1999.
- [13] COSTANZA R, DE GROOT, FARBER S, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387 (6630): 253—260.
- [14] CAIMS J. Protecting the delivery of ecosystem service [J]. Ecosys Health, 1997, 3 (3): 185—194.
- [15] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis* [M]. World Resources Institute, Washington, DC, 2005.
- [16] 董全. 生态功益: 自然生态过程对人类的贡献 [J]. 应用生态学报, 1999, 10 (2): 233—240.
- [17] 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.
- [18] 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, 16 (3): 46—51.
- [19] 李文华. 生态系统服务功能价值评估的理论、方法与应用 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2008.
- [20] 李文华, 张彪, 谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望 [J]. 自然资源学报, 2009, 24 (1): 1—10.
- [21] 陈能汪, 李焕承, 王莉红. 生态系统服务内涵、价值评估与 GIS 表达 [J]. 生态环境学报, 2009, 18 (5): 1987—1994.
- [22] NORBERG J. Linking nature's services to ecosystems: some general ecological concepts [J]. Ecological Economics, 1999, 29 (2): 183—202.
- [23] DE GROOT, WILSON M A, BOUMANS R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services [J]. Ecological Economics, 2002, 41 (3): 393—408.
- [24] 谢高地, 肖玉, 鲁春霞. 生态系统服务研究: 进展、局限和基本范式 [J]. 植物生态学报, 2006, 30 (2): 191—199.
- [25] 孙刚. 生态系统服务的功能分类与价值分类 [J]. 环境科学动态, 2000, (1): 19—22.
- [26] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态系统服务与自然资本价值评估 [J]. 生态学报, 2001, 21 (11): 1918—1926.
- [27] 张彪, 谢高地, 肖玉, 等. 基于人类需求的生态系统服务分类 [J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20 (6): 64—67.
- [28] 尹小娟, 钟方雷. 生态系统服务分类的研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39 (13): 7994—7999.
- [29] BOYD J, BANZHAF S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units [J]. Ecological Economics, 2007, 63 (2—3): 616—626.
- [30] MALER K G, ANIYAR S, JANSON A. Accounting for ecosystem services as a way to understand the requirements for sustainable development [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2008, 105 (28): 9501—9506.
- [31] FISHER B, TURNER R K. Ecosystem services: Classification for valuation [J]. Biological Conservation, 2008, 141 (5): 1167—1169.
- [32] PIMENTEL D, WILSON C, MCCULLUM R, et al. Economic and environmental benefits of biodiversity [J]. BioScience, 1997, 47: 747—757.
- [33] 秦艳芳, 周可法, 孙莉. 生态系统服务的价值评估方法研究 [J]. 新疆地质, 2008, 26 (1): 100—106.
- [34] 韩炜, 孙辉, 唐亚. 生态系统服务价值及其评估方法研究进展 [J]. 四川环境, 2005, 24 (1): 20—26.
- [35] 欧阳志云, 王如松, 赵景桂. 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.
- [36] 陈应发. 费用支出法——一种实用的森林游憩价值评估方法 [J]. 生态经济, 1996, (3): 27—31.
- [37] 柏玉芬, 石慧春. 浅述生态系统服务功能价值的估算方法 [J]. 经济研究导刊, 2011, (6): 168—170.
- [38] 刘玉龙, 马俊杰, 金学林, 等. 生态系统服务功能价值评估方法综述 [J]. 中国人口·资源与环境, 2005, 15(1): 88—92.
- [39] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究 [J]. 生态学报, 1999, 19 (5): 607—613.
- [40] 肖玉, 谢高地, 鲁春霞. 稻田生态系统气体调节功能及其价值 [J]. 生态学报, 2003, 23 (11): 2367—2378.
- [41] 赵晨. 生态系统服务价值研究: 理论、方法及应用 [D]. 兰州: 兰州大学, 2005: 32—33.
- [42] 荆乐山. 用旅行费用法评价圆明园的环境服务价值 [J]. 环境保护, 1999, (4): 1—4.
- [43] 谢贤政, 马中. 应用旅行费用法评估黄山风景区游憩价值 [J]. 资源科学, 2006, 28 (3): 128—136.
- [44] 宗文君, 蒋德明, 阿拉木萨, 等. 生态系统服务价值评估的

- 研究进展 [J]. 生态学杂志, 2006, 25 (2): 212—217.
- [45] 侯元兆. 中国森林资源核算研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
- [46] 杨永辉, 毕绪岱. 河北省森林固定二氧化碳的效益 [J]. 生态学杂志, 1996, 15 (4): 51—54.
- [47] 蒋廷玲, 周广胜. 中国主要森林生态系统公益的评估 [J]. 植物生态学报, 1999, 23 (5): 426—432.
- [48] 薛达元, 包浩生, 李文华. 白山自然保护区生物多样性旅游价值评估研究 [J]. 自然资源学报, 1999, 14(2): 140—145.
- [49] GRAM S. Economic valuation of special forest products: an assessment of methodological shortcomings [J]. Ecological Economics, 2001, 40: 397—409.
- [50] 姜东涛. 森林制氧固碳功能与效益计算的探讨 [J]. 华东森林经理, 2005, 19 (2): 19—21.
- [51] KUNDHLANDE G, W L ADAMOWICZ, I MAPAURE. Valuing ecological services in a savanna ecosystem: a case study from Zimbabwe [J]. Ecological Economics, 2000, 33: 401—412.
- [52] 谢高地, 张钇锂, 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, 16 (1): 47—53.
- [53] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估 [J]. 山地学报, 2003, 8 (2): 189—196.
- [54] LOOMIS J, P KENT, L STRANGE, et al. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey [J]. Ecological Economics, 2000, 33: 103—117.
- [55] DUARTE C M. Mairne biodiversity and ecosystem services: An elusive link [J]. Journal of Expeirmental Mairne Biology and Ecology, 2000, 250: 117—131.
- [56] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值 [J]. 科学通报, 2000, 45 (1): 17—22.
- [57] 石洪华, 郑伟, 丁德文, 等. 典型海洋生态系统服务功能及价值评估——以桑沟湾为例 [J]. 海洋环境科学, 2008, 27 (2): 101—104.
- [58] 严承高, 张明祥. 湿地生物多样性价值评价指标及方法研究 [J]. 林业资源管理, 2000, (1): 41—46.
- [59] ENGELHARDT K A, RITCHIE M E. Effects of macrophyte species richness on wetland ecosystem functioning and services [J]. Nature, 2001, 411 (6838): 687—689.
- [60] 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) 1339—1343.
- [61] 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—394.
- [62] 段晓男, 王效科, 欧阳志云. 乌梁素海湿地生态系统服务功能及价值评估 [J]. 2005, 27 (2): 110—115.
- [63] 陈鹏. 厦门湿地生态系统服务功能价值评估 [J]. 湿地科学, 2006, 4 (2): 101—107.
- [64] 邓立斌. 南四湖湿地生态系统服务功能价值初步研究 [J]. 西北林学院学报, 2011, 26 (3): 214—219.
- [65] BJÖRKLUND J, K E LIMBURG, T RYDBERG. Impact of production intensity on the ability of the agricultural landscape to generate ecosystem services: an example from Sweden [J]. Ecological Economics, 1999, 29: 269—291.
- [66] 高旺盛, 董孝斌. 黄土高原丘陵沟壑区脆弱农业生态系统服务评价——以安塞县为例 [J]. 自然资源学报, 2003, 18 (2): 182—188.
- [67] 肖玉, 谢高地, 鲁春霞, 等. 稻田生态系统气体调节功能及其价值 [J]. 自然资源学报, 2004, 19 (5): 617—623.
- [68] 肖玉, 谢高地, 鲁春霞, 等. 施肥对稻田生态系统气体调节功能及其价值的影响 [J]. 植物生态学报, 2005, 29 (4): 577—583.
- [69] 刘炳钻, 魏远竹. 香蕉果园的生态服务功能及其价值评估——以福建省为例 [J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2009, 38 (5): 491—494.
- [70] 江福英, 吴志丹, 尤志明. 福建省茶园生态系统服务功能价值评估 [J]. 茶叶科学技术, 2010, (1): 25—27.
- [71] 陈菁, 吴端旺. 果园生态系统服务价值评估——以莆田市为例 [J]. 应用生态学报, 2011, 22 (9): 2399—2404.
- [72] 田志会, 王有年. 北京山区果园生态系统土壤保持功能及其生态经济价值评估——以北京市平谷区果园为例 [J]. 林业科学, 2011, 47 (12): 165—171.
- [73] 文一惠, 刘桂环, 田至美等. 生态系统服务研究综述 [J]. 首都师范大学学报: 自然科学版, 2010, 31 (3): 64—69.

(责任编辑: 柯文辉)