

生态系统功能与生态系统服务的概念辨析

冯剑丰, 李宇, 朱琳*

南开大学环境科学与工程学院/环境污染过程与基准教育部重点实验室, 天津 300071

摘要:“生态系统功能 (Ecosystem functions)”和“生态系统服务 (Ecosystem services)”已成为生态学中的重要研究领域。针对国内部分研究人员对“生态系统功能”与“生态系统服务 (功能)”概念和术语混淆使用的问题, 在归纳总结国内外有关的重要研究的基础上, 通过分别论述“生态系统功能”与“生态系统服务”的定义和内涵, 辨析和阐明了生态系统“功能”与“服务”的区别与关系。生态系统功能是构建系统内生物有机体生理功能的过程, 侧重于反映生态系统的自然属性, 是维持生态系统服务的基础; 生态系统服务是由生态系统功能产生的, 是基于人类的需要、利用和偏好, 反映了人类对生态系统功能的利用, 是生态系统功能满足人类福利的一种表现。因此“生态系统服务功能”这一术语不准确, 容易产生误解。

关键词: 生态系统功能; 生态系统服务

中图分类号: Q147

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2009) 04-1599-05

自 1935 年 Tansley 提出“生态系统 (Ecosystem)”这个概念以来, 人们从不同角度、不同层次针对生态系统开展了大量的研究, 其中, “生态系统功能 (Ecosystem functions)”和“生态系统服务 (Ecosystem services)”已成为生态学中的重要研究领域, 其相关研究成果在近 10 年中迅速增加 (图 1)。但由于不同作者对于二者内涵的理解不同, 从而出现了不同的定义, 如有些学者将二者完全分开, 而有些则将其混为一体。如国内常见的“生态系统服务功能”的提法, 一方面模糊了“服务”与“功能”的区别, 不利于开展生态系统服务产生的功能机理研究, 另一方面也给生态系统服务的合理分类和定量价值评估带来了不便^[1-3]。本文试图在归纳总结国内外相关权威研究的基础上, 通过论述“生态系统

功能”与“生态系统服务”的定义和内涵, 辨析和阐明生态系统“功能”与“服务”的区别与关系。

1 生态系统功能的定义和内涵

最早对生态系统功能进行定义的是著名生态学家 Odum, 他在其著作《Fundamentals of Ecology》中认为, 生态系统功能是指生态系统的不同生境、生物学及其系统性质或过程 (Ecosystem functions refer variously to the habitat, biological or system properties or processes of ecosystems)^[4]。我们可以从 2 个层面来理解 Odum 关于生态系统功能的定义。

第一, 生态系统功能即生态系统的过程或性质。Tirri 等^[5]认为过程 (Process) 是为达到一定的结果而发生的一系列事件、反应和作用 (a series of events, reactions or operations, achieving a certain definite result)。因此, 生态系统过程 (Ecosystem process) 就是指构成生态系统的生物及非生物因素为达到一定的结果 (物质、能量和信息的传输) 而发生的一系列复杂的相互作用^[6]。

在这个意义上, 生态系统因而具有了物质循环、能量流动和信息传递 3 大基本功能。生态系统的物质循环功能是指地球上各个库中的生命元素 (Life elements)——碳 (C)、氧 (O)、氮 (N)、磷 (P) 和硫 (S) 等的全球或区域的地球生物化学循环 (Biogeochemical cycles) 过程; 生态系统的能量流动功能是指各种能量在生态系统内部的输入、传递和散失的过程; 生态系统的信息传递功能是指构成生态系统的各组分之间 (包括生物与非生物) 进行物

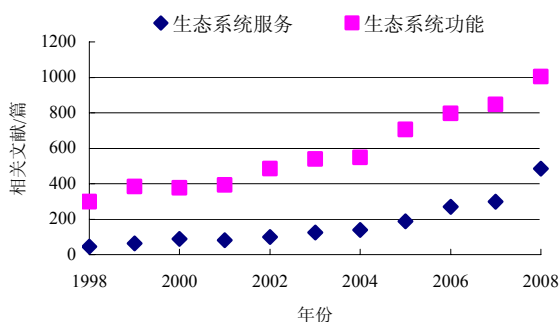


图 1 以“生态系统服务”和“生态系统功能”为主题在 ISI Web of Science 数据库检索到的相关文献数量(1998—2008)

Fig. 1 Number of papers using the term “ecosystem services or ecological services” and “ecosystem functions or ecological functions” in an ISI Web of Science search from 1998 to 2008

基金项目: 国家海洋局 908 资助项目 (908-02-04-01); 国家水专项资助项目 (2008ZX07526-003)

作者简介: 冯剑丰 (1979 年生), 男, 副教授, 博士, 主要从事生态系统复杂动力学研究。E-mail: fengjif@nankai.edu.cn

*通讯作者: 朱琳 (1957 年生), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事环境生物学研究。E-mail: zhulin@nankai.edu.cn

收稿日期: 2009-06-11

理信息、化学信息、行为信息和营养信息的双向传递过程^[7]。其中,能量流动和物质循环是生态系统的基本功能,而信息传递则在能量流动和物质循环中起调节作用,能量和信息依附于一定的物质形态,推动或调节物质运动,三者不可分割^[8]。生态系统的不同功能主要通过物种外循环(Extra-species cycles)、物种内循环(Intra-species cycles)和物种间循环(Inter-species cycles)3种途径来实现^[9]。

第二,生态系统功能是生态系统本身所具备的一种基本属性,它独立于人类而存在。以物质循环功能中的碳循环功能为例,大气中的二氧化碳(CO₂)被陆地和海洋中的植物吸收,然后通过生物或地质过程以及人类活动,又以二氧化碳的形式返回大气中。不管人类存在与否,这种循环会在生物圈内周而复始地进行,人类活动的干预(如大量矿物燃料的使用导致的大气中CO₂浓度的升高)只会对这种循环过程产生一定程度的影响,但却无法改变整个过程。

总的来说,Odum的观点已经成为了关于生态系统功能的经典和权威定义,并为国内外生态学界广泛采纳和使用^[10-13]。工业化社会以来,人类以前所未有的强度影响和改变着地球生态系统,并在其中扮演着越来越重要的角色。因此,从为人类服务的角度出发,不少学者对生态系统功能引入了新的含义。

最具代表性的是Groot^[14]关于生态系统功能的定义,他认为生态系统功能是生态系统为人类直接或间接提供服务的能力(Ecosystem functions as the capacity of natural processes and components to provide goods and services that satisfy human needs, directly or indirectly)。并将生态系统功能分为调节功能(Regulation function)、生境功能(Habitat function)、产出功能(Production function)和信息功能(Information function)4大类。Groot关于生态系统功能的定义包含着以下几个观点:首先,生态系统功能必须对人类有用,也就是说,能为人类提供产品和服务;其次,生态系统功能是生态系统过程的子集而非本身,这与Odum生态系统功能即生态系统过程的观点形成对比。Odum的观点着重关注的是生态系统的自然属性,而Groot则从满足人类的需要出发关注生态系统的经济学属性,可以说,Groot完全是站在人类的角度来审视和定义这个世界。在某种意义上,两位学者的观点也代表了生态学家和生态经济学家的观点。

2 生态系统服务的定义和内涵

2.1 生态系统服务概念的形成

第一次提出生态系统为人类提供“服务”

(Service)这一概念的著作是“关键环境问题研究小组”(Study of Critical Environmental Problems, SCEP)1970年出版的《人类对全球环境的影响》(Man's Impact on the Global Environment)。这本著作首次使用了“环境服务”(Environmental services)的概念,并列出了一系列自然系统提供的“环境服务”,如害虫控制、昆虫传粉、渔业、土壤形成、水土保持、气候调节、洪水控制、物质循环与大气组成等方面^[15]。

1974年Holdren和Ehrlich^[16]研究了生态系统在土壤肥力与基因库维持中的作用,系统分析了生物多样性的丧失将会怎样影响生态服务,以及能否用先进的科学技术来替代自然生态系统的服务等问题,并将“环境服务”概念拓展为“全球环境服务”(Global environmental services)。

1977年,Westman^[17]提出应该考虑生态系统收益的社会价值,以使社会可以做出更加合理的政策和管理决定(The social value of the benefits that ecosystems provide could potentially be enumerated so that society can make more informed policy and management decisions),并将这些社会收益称为“自然的服务(Nature's services)”。

Ehrlich和Ehrlich^[18]在1981年对“环境服务”、“自然服务”等相关概念进行了梳理和统一,将Westman的“自然的服务”首次称为“生态系统服务(Ecosystem services)”,这一术语逐渐得到公众和学术界的接受,并被广泛使用。

2.2 生态系统服务的不同定义及内涵

在Ehrlich和Ehrlich首次提出生态系统服务的概念之后,生态学文献中出现了不少关于生态系统服务的定义,具有代表性的包括:

1997年Daily^[19]在《Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystem》一书中提出生态系统服务是指自然生态系统及其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(The conditions and processes through which natural ecosystems, and the species that make them up, sustain and fulfill human life)。

同年,Constanza等^[11]在《Nature》上发表了名为《全球生态系统服务和自然资本的价值》(The value of the world's ecosystem services and natural capital)一文,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,并且将产品和服务两者合称为生态系统服务,即生态系统服务是指人类从生态系统功能中获得的收益(The benefits human populations derive, directly or indirectly,

from ecosystem functions), 并将生态系统服务具体分为17种类型, 每种类型又对应着不同的生态系统功能。

千年生态系统评估 (Millennium Ecosystem Assessment, MA) 的报告^[20]对于生态系统服务的定义基本上采用了Costanza的观点, 认为生态系统服务是人们从自然系统获得的收益 (The benefits people obtain from ecosystems), 并在补充和归纳Costanza的17种服务分类的基础上, 将生态系统服务分为支持 (Supporting)、调节 (Regulating)、提供 (Provisioning) 和文化 (Cultural) 服务4大类。

Boyd和Banzhaf^[21]认为生态系统服务并不是人类从生态系统获得的收益本身, 而是能为人类提供福利的生态组分 (Ecosystem services are not the benefits humans obtain from ecosystems, but rather, the ecological components directly consumed or enjoyed to produce human well-being)。这个定义包括2方面的含义: (1) 生态系统服务是1种现象或过程; (2) 这些现象或过程应该直接或间接为人类服务。在这种概念之下, 生态系统服务就包括了能被人类直接或间接利用的生态系统结构、过程或功能。生态系统过程或功能对人类有用的时候就成了生态系统服务。

由此看来, 在国外相关生态学和生态经济学的文献中, 对生态系统服务一词的内涵存在着不同的理解。有时, 人们从生态学的角度来阐释生态系统服务, 从而强调对人类有益的生态系统内在功能和过程^[19, 21-22]; 而有时又从经济学和社会学的角度出发, 来描述人类从生态系统获得的收益^[11, 20]。

正是由于对“生态系统服务”概念和内涵的理解不同, 国内不少学者从强调产生生态系统服务的过程以及“服务”行为的提供者和功能的生态学角度出发, 将“Ecosystem services”译作“生态系统服务功能”^[23-25]或者“生态服务功能”^[26]。尽管这种译法仍然被广泛采用, 但就其合理性上来说值得商榷。一方面, 目前国内已普遍采用 MA 对生态系统服务的定义, 来进行生态系统服务价值的评估工作^[27]。如谢高地等^[24]认为生态系统服务是通过生态系统的功能直接或间接得到的产品和服务; 李文华认为生态系统服务是人们从生态系统获取的效益, 生态系统服务的来源既包括自然生态系统, 也包括人类改造的生态系统, 包含了生态系统为人类提供的直接的和间接的、有形的和无形的效益^[28-29]; 孙儒泳则采用了 Costanza 的观点, 认为生态系统服务是指对人类生存和生活质量有贡献的生态系统产品和服务^[30]。MA 的定义强调人类获得的收益而非产生这些收益的功能和过程, 而“生态系统服务功能”的提

法容易将“服务”和“功能”2个不同的概念混在一起, 并且不能准确描述目前普遍采用的生态系统服务的 MA 定义和内涵。另一方面, 从名词结构的合理性来考虑, 服务既可为动词, 亦可为名词。当它作为一个动词时, 行为的主体 (服务提供者) 是 "Ecosystem", 客体 (服务接受者) 是 "Human being"; 作为名词时, 主体通过自身的功能 (Functions) 为客体提供服务 (Services)。如果翻译作“服务功能”, 则是从行为主客体角度表述, 容易造成混乱。同时为与国际称法保持一致, “生态系统服务”译法可能更为恰当和准确^[31], 同时也避免了同“生态系统功能”概念产生混淆。

3 生态系统功能与生态系统服务的关系

从以上的定义和内涵的分析可以看出, 生态系统功能与生态系统服务是2个不同的概念, 但两者同时又紧密相关。

生态系统功能侧重于反映生态系统的自然属性, 因此, 即使没有人类的需求, 生态系统功能还是会存在; 生态系统服务则是基于人类的需要、利用和偏好, 反映了人类对生态系统功能的利用, 如果没有人类的需求, 就无所谓生态系统服务。

进一步来讲, 生态系统功能是构建系统内生物有机体生理功能的过程, 是维持生态系统服务的基础, 其多样性对于持续地提供产品的生产和服务至关重要。可以说, 没有生态系统的3大基本功能, 就无从谈起生态系统的4大基本服务。生态系统服务是由生态系统功能产生的, 是生态系统功能满足人类福利的一种表现。

一般来讲, 生态系统服务与生态系统功能有对应的关系, 但两者关系不是一一对应。在有些情况下, 1种生态系统服务可由2种或2种以上功能所共同产生; 同时, 1种功能又可能会同时参与2种或2种以上的生态系统服务的产生过程 (图2)。例如, 粮食、木材等生态系统服务的产生既需要各种营养物质的循环也需要能量的流动, 而碳循环功能在气候调节服务与木材提供服务中都有参与。

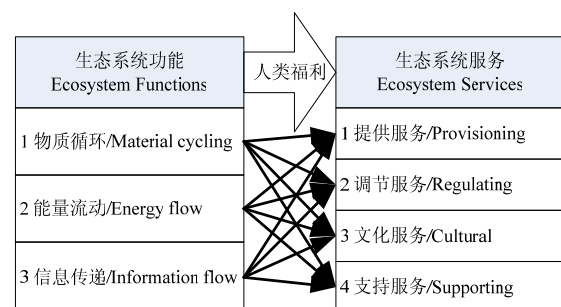


图2 生态系统功能与生态系统服务的关系

Fig. 2 Relationships between ecosystem functions and ecosystem services

随着可持续发展的理念不断深入人心,人类将更加关注生态系统功能与生态系统服务的研究。本文对生态系统功能与生态系统服务的概念与内涵进行分析,有助于深入了解生态系统服务与生态系统结构、过程及其功能的关系,也有利于生态系统服务的研究理论和评估方法的发展与完善。

参考文献:

- [1] WALLACE K J. Ecosystem services: Multiple classifications or confusion?[J]. *Biological Conservation*, 2008, 141(2): 353-354.
- [2] WALLACE K J. Classification of ecosystem services: Problems and solutions[J]. *Biological Conservation*, 2007, 139(3-4): 235-246.
- [3] COSTANZA R. Ecosystem services: Multiple classification systems are needed[J]. *Biological Conservation*, 2008, 141(2): 350-352.
- [4] ODUM E. *Fundamentals of Ecology*[M]. Philadelphia: Saunders, 1971.
- [5] TIRRI R, LEHTONEN J, LEMMETYINEN R, et al. *Elsevier's Dictionary of Biology*[M]. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- [6] LYONS K G, BRIGHAM C A, TRAUT B H, et al. Rare species and ecosystem functioning[J]. *Conservation Biology*, 2005, 19: 1019-1024.
- [7] 李博. 生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
LI Bo. *Ecology* [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [8] 周广胜, 王玉辉. 全球生态学[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
ZHOU Guangsheng, WANG Yuhui. *Global Ecology*[M]. Beijing: Meteorological Press, 2003.
- [9] BOERO F, BONSDORFF E. A conceptual framework for marine biodiversity and ecosystem functioning[J]. *Marine Ecology*, 2007, 28: 134-145.
- [10] 孙儒泳. 基础生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
SUN Ruyong. *Basic Ecology*[M]. Beijing: Higher Education Press, 2002.
- [11] COSTANZA R, DE GROOT, FARBER S, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital Nature[J]. 1997, 387(6630): 253-260.
- [12] WHIGHAM D F. Ecosystem Functions and Ecosystem Values, in *Ecosystem Function & Human Activities*[M]. Chapman & Hall: New York, 1996, 225-239.
- [13] JAX, K., Function and "functioning" in ecology: what does it mean?[J] *Oikos*, 2005, 111(3): 641-648.
- [14] DE GROOT R S, 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.
- [15] SCEP. *Man's Impact on the Global Environment*[M]. Massachusetts: MIT Press, 1970.
- [16] HOLDREN J, EHRILICH P R. Human population and the global environment[J]. *American Scientist*, 1974, 62(3): 282-292.
- [17] WESTMAN. How much are natures services worth[J]. *Science*, 1977, 197: 960.
- [18] EHRILICH P R, EHRILICH A H. *Extinction: the Causes and Consequences of the Disappearance of Species*[M]. New York: Random House, 1981.
- [19] DAILY G C. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystem*[M]. Washington DC: Island Press, 1997a.
- [20] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*[M]. World Resources Institute. Washington, DC, 2005.
- [21] BOYD J, S BANZHAF. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units[J]. *Ecological Economics*, 2007, 63(2-3): 616-626.
- [22] DAILY G C. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*[M]. Washington, DC: Island Press, 1997b.
- [23] 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.
Ouyang Zhiyun, Wang Rusong, Zhao Jingzhu. Ecosystem services and their economic valuation[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(5): 635-640.
- [24] 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 evaluation the global ecosystem services[J]. *Resources Science*, 2001, 23(6): 5-9.
- [25] 肖玉, 谢高地, 安凯. 青藏高原生态系统土壤保持功能及其价值[J]. *生态学报*, 2003, 23(11): 2367-2378.
XIAO Yu, XIE Gaodi, AN Kai. Qinghai Tibet Plateau soil retention soil erosion the universal soil loss equation[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11): 2367-2378.
- [26] 石培礼, 李文华, 何维明, 等. 川西天然林生态服务功能的经济价值[J]. *山地学报*, 2002, 20(1): 75-79.
SHI Peili, LI Wenhua, HE Weiming, et al. Economic Estimation of Ecosystem Services of Natural Forests in Western Sichuan, China[J]. *Journal of Mountain Research*, 2002, 20(1): 75-79.
- [27] 赵军, 杨凯. 生态系统服务价值评估研究进展[J]. *生态学报*, 2007, 27(1): 236-256.
ZHAO Jun, YANG Kai, Valuation of ecosystem services: characteristics, issues and prospects[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(1): 236-256.
- [28] 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.
LI Wenhua. *Valuation on Ecosystem Services: Theory, Method and Application*[M]. Beijing: Chinese People's University Press, 2008.
- [29] 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.
LI Wenhua, ZHANG Biao, XIE Gaodi. Research on ecosystem services in China: Progress and perspectives[J]. *Journal of Natural Resource*, 2009, 24(1): 1-10.
- [30] 孙儒泳. 生态学进展[M]. 2008, 北京: 高等教育出版社.
SUN Ruyong. *Progress in Ecology*[M]. Beijing: Higher Education Press, 2008.
- [31] 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.
XIE Gaodi, XIAO Yu, LU Chunxia. Study on ecosystem services: Progress, limitation and basic paradigm[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2006, 30(2): 191-199.

Discrimination of concepts of ecosystem functions and ecosystem services

FENG Jianfeng, LI Yu, ZHU Lin*

Key Laboratory of Pollution Processes and Environmental Criteria at Ministry of Education//College of Environmental Science and Engineering,
Nankai University, Tianjin 300071, China

Abstract: Ecosystem function and ecosystem service had become a very popular field in ecological research. For the confusion using the concepts and terms of ecosystem function and ecosystem service (function) among some of Chinese scholars, the different definitions and connotations of ecosystem function and ecosystem service were discussed in this paper, based on summarizing the authoritative literatures. And the relationship between these two concepts was clarified here. Ecosystem function is the process of physiological function of biological organisms, it focus on reflecting the natural properties of ecosystem and it is the basis of maintaining the ecosystem services; Ecosystem service is generated by the ecosystem function based on human need, utilization and preference, it reflects the human use of ecosystem functions, and is an expression of satisfying the human well-being. Therefore, the term of “ecosystem service function” is inaccurate, and it can be misunderstand.

Key words: concepts; ecosystem function; ecosystem service