

DOI: 10.5846/stxb201809302130

王效科, 杨宁, 吴凡, 任玉芬, 王思远, 薄乖民, 蒋高明, 王玉宽, 孙玉军, 张路, 欧阳志云.生态效益及其评价:I、生态效益及其特性.生态学报, 2019, 39(15): - .

Wang X K, Yang N, Wu F, Ren Y F, Wang S Y, Bo G M, Jiang G M, Wang Y K, Sun Y J, Zhang L, Ouyang Z Y. Ecological benefit and its evaluation: I. Ecological benefit and its characteristics. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(15): - .

## 生态效益及其评价:I、生态效益及其特性

王效科<sup>1,2,\*</sup>, 杨宁<sup>1</sup>, 吴凡<sup>1,2</sup>, 任玉芬<sup>1</sup>, 王思远<sup>3</sup>, 薄乖民<sup>4</sup>, 蒋高明<sup>5</sup>, 王玉宽<sup>6</sup>, 孙玉军<sup>7</sup>, 张路<sup>1</sup>, 欧阳志云<sup>1</sup>

1 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100094

4 西北林业调查规划设计院, 西安 710084

5 中国科学院植物研究所, 北京 100093

6 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041

7 北京林业大学, 北京 100083

**摘要:**生态效益从 1980 年代提出以来,在我国得到了广泛的应用。但到了 1990 年代,随着外来词—生态系统服务(功能)的引进,生态效益在生态学界的使用不像从前普遍。本文将探讨生态效益的定义、与生态系统服务的关系、形成机制和主要特征,为国家将落实生态效益纳入到社会经济发展评价指标体系提供理论基础。本文将生态效益定义为生态系统及其变化引起的人类生存和社会经济发展条件的改善程度,并指出了生态效益形成机制及其特性的范围,其中机制包括:生态系统功能发挥机制、生态系统内部稳定机制以及人与自然耦合机制;生态效益特性包括:生态系统介导性、人类福祉相关性、区域环境依赖性、持续再生性、多维性、跨尺度性、外部性、基础性和非市场性。这将为生态效益监测评价方法的建立和不同研究成果比较提供科学基础。

**关键词:**生态效益;生态系统服务;生态效益特性

## Ecological benefit and its evaluation: I. Ecological benefit and its characteristics

WANG Xiaoke<sup>1,2,\*</sup>, YANG Ning<sup>1</sup>, WU Fan<sup>1,2</sup>, REN Yufen<sup>1</sup>, WANG Siyuan<sup>3</sup>, BO Guaimin<sup>4</sup>, JIANG Gaoming<sup>5</sup>, WANG Yukuan<sup>6</sup>, SUN Yujun<sup>7</sup>, ZHANG Lu<sup>1</sup>, OUYANG Zhiyun<sup>1</sup>

1 Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China

4 Northwest Institute of Forest Inventory, Planning and Design, State Forestry Administration, Xi'an 710084, China

5 Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

6 Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China

7 Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

**Abstract:** Ecological benefit has been largely applied in China since the 1980s. However, in the 1990s, the concept of ecological benefit was overshadowed by the introduction of the concept of ecosystem service. This paper explores the definition of the ecological benefit, as well as its relationship to ecosystem service, its formation mechanism, and the main

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFA0507303,2016YFC0503004)

收稿日期:2018-09-30; 网络出版日期:2019-00-00

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangxk@rcees.ac.cn

features, thereby providing theoretical consideration for the incorporation of ecological benefit into evaluation index system for social and economic development in China. Here, the ecological benefit is defined as the improvement of the conditions for human survival and socio-economic progress derived from ecosystems and their changes. It stresses that the mechanisms for the formation of ecological benefits include: ecosystem functioning mechanism, ecosystem internal stability mechanism and human-natural coupling mechanism. Nine characteristics of ecological benefit include ecosystem mediation, human well-being, regional context dependence, sustainable regeneration, multidimensionality, multiple scale, externality, fundamentality, and non-marketability. This offers a scientific basis for establishing a methodology for ecological benefit monitoring and evaluation and for comparing the results of different studies.

**Key Words:** ecological benefit; ecosystem service; characteristics of ecosystem service

自从上世纪以来,工业化的快速发展和科学技术水平的显著提高,增强了人类开发利用资源的能力,大规模的森林采伐和耕地开垦等人类活动,对自然环境造成了严重破坏,更甚者超出了自然所具有的更新恢复能力,由此引起的水土流失、土地沙化和土壤盐碱化越来越严重<sup>[1]</sup>。我国生态环境脆弱地区,如干旱半干旱的三北农牧交错带、水土流失严重的黄土高原和云贵高原以及热带原始林的海南岛和土壤肥沃的东北地区,都面临着土地质量退化、粮食产量下降、自然灾害(如河流淤积—地上河、泥石流等)频发等严重的生态环境问题,威胁人民的生产、生活和社会发展<sup>[2]</sup>,再加上我国 1950 年代末期以来的大炼钢铁、以粮为纲等政策,进一步加剧了对生态环境的破坏。文化大革命结束后,全国拨乱反正,我国社会经济发展开始进入一个大调整时期。一批老科学家在生态学思想的指导下,及时提出了保持生态平衡、维持自然资源持续利用的理念,号召全社会重视生态效益。从此,生态效益一词不但在我国生态学届被广泛应用,而且在我国社会政治经济文化生活中也成为高频词之一。近年来,中共中央“十八大”明确提出了将“生态效益纳入到社会经济发展评价指标体系”,生态效益更成为我国政治生活关注的主旋律之一,得到了全社会的高度关注。

生态效益一词从 1980 年代在国内科学文献中大量出现以来,每年都有数十甚至数百篇以生态效益评价为题的论文发表,既有针对特定生态系统类型的生态效益评价,也有针对人为干预活动(如重大生态工程的实施)的生态效益评价。这些论文无疑对辨识生态环境问题、认识生态环境问题根源和指导生态环境保护工作发挥了巨大作用。但应该看到,生态效益评价指标的不统一,几乎每篇文章都选取了不同的生态效益评价指标,这造成了不同研究结果间的比较非常困难。评价结果的使用者也难以判断文章中得出生态效益评价结果有无偏差,是否将最重要和最关键的生态效益指标都包括了进去。到了 1990 年代,随着外来词—生态系统服务(功能)的引进<sup>[3-4]</sup>,在生态学界生态效益评价有被生态系统服务评价取代之势,但社会上人们更容易理解和最常使用的仍然是生态效益评价。生态效益和生态系统服务之间的关系需要进一步分析。本论文将在分析生态效益研究历史现状的基础上,提出生态效益的定义,分析生态效益性质及其形成的生态学机制,期望能够为开展生态效益的科学评价提供一定的理论支持。

## 1 中国生态效益评价历史

新中国成立后,我国社会经济进入了一个快速发展时期,全国范围内大规模的自然资源开发利用进入了快车道。由此引起的资源持续利用和生态环境问题也引起了科学家的担忧。1950 年代,一批森林生态学家就对东北地区大面积森林皆伐提出质疑,建议以择伐代替皆伐,维护森林资源的持续利用<sup>[5]</sup>。为了满足我国橡胶生产需要,在西双版纳等地开展了大面积的橡胶林种植工作,但造成当地水土流失加剧,气候变干变热等问题,森林生态学家通过大量调查分析,提出了种植橡胶与保护生态环境相结合的建议,如积极保护水源林、护路林、护岸林和自然保护区等<sup>[6]</sup>。到了改革开放后,我国许多地区脆弱的生态环境已经遭到严重破坏,生态环境问题频发,如森林资源质量降低、水土流失加剧、河流水库淤积严重等,朱济凡等<sup>[7]</sup>及时指出了“森林能够保护环境、美化环境,具有涵养水源、净化大气、防护农田、防噪音、卫生保健以及保护增殖野生动物等方

面的效益”,并介绍了日本、美国等对森林的公益效能的调查计量。随后,森林公益效能的概念在我国的一些文献中出现,这可能是我国较早的对生态效益概念的引用。这个时期出现的一些介绍有关国外防护林建设的报告,提出了森林的防护效益<sup>[8]</sup>,并认为防护林是以发挥森林各种防护效益为目的而营造的人工林,这为以后全国开展大规模的防护林建设提供了理论依据。

到了 1980 年代,生态效益概念在国内的科学文献和社会生活中逐渐得到广泛应用。如张治强<sup>[9]</sup>指出:“随着对人工林生态效益及全树利用研究的不断发展,有必要以重量作为计量的指标,全面测定、评价这类林分的生产力”。越来越多的人开始关注生态效益,即生态系统具有的维持人类生存环境、持续提供人类所需资源的能力。

我国早期的生态效益评价主要是围绕森林生态系统保护和防护林建设。比较重要的论著有:曹新孙的《农田防护林学》<sup>[10]</sup>、赵荣慧等<sup>[11]</sup>发表的《中国辽西地区油松针阔混交林生态效益的评价》等。随后出现了大量针对三北防护林和平原林网建设的生态效益评价。例如,四川省林业科学研究院的王金锡等开展的长江中上游防护林体系生态效益监测与评价研究;中国林业科学研究院宋兆民主持的“黄淮海综合防护林体系生态经济效益的研究”,对农田防护林体系的气象效益、水、热、蒸散、热量平衡等作了全面深入的研究;北京林业大学水土保持学院孙立达等主持完成的“黄土高原水土保持林体系综合效益的研究”,提出了一系列指标、参数和模型,为森林生态效益的计量评价提供了科学理论与实践依据<sup>[12]</sup>。随着我国大规模林业生态工程建设的开展,林业生态工程生态效益评价引起了学界和政界的高度关注。国内外出现了大量的林业生态工程生态效益评价研究专著。例如朱教君等《三北防护林工程生态环境效应遥感监测与评估研究》<sup>[13]</sup>、国家林业局《退耕还林工程生态效益监测国家报告》<sup>[14]</sup>等。

## 2 生态效益概念

提到生态效益,大家都能够举出一些内容,如土壤肥力、水源涵养、水土保持、固碳释氧等,但是生态效益的科学定义并不明确和统一,也缺乏一个科学的分类系统。

生态效益在我国最为流行的定义为:“人们在生产中依据生态平衡规律,使自然界的生物系统对人类的生产、生活条件 and 环境条件产生有益的影响和有利的效果,它关系到人类生存发展的根本利益和长远利益”。生态效益的基础是生态平衡和生态系统的良性、高效循环<sup>[15]</sup>。梁树春<sup>[16]</sup>在评述我国 4 种不同生态效益定义的基础上,指出:“生态效益是指人类经济活动对生态系统功能所产生的有利或不利的的影响,进而对人类生活环境和生产条件所产生的影响效应”。美国环境保护局(EPA, Environmental Protection Agency)在生态效益评价战略规划中<sup>[17]</sup>,不但提到一个最简单的生态效益定义:“生态系统对社会福祉的贡献”,而且指出了生态效益评价就是评价由 EPA 政策引起的生态系统功能或过程改变造成的社会福利变化,并给出定性描述和定量物质或货币价值的方法。

随着生态学理论发展和社会经济可持续发展观念的普及,需要对以上的生态效益概念进行分析。比较流行的生态效益定义中提到生态平衡概念在现代社会中已经很少使用,也未考虑提供生态效益的生态系统概念。梁树春提出的定义强调了生态效益是人类活动引起的,在实际生态效益评价中,有些并不涉及发生人类活动,如讨论湿地的生态效益,并不一定要伴随人类活动发生。EPA 定义中的社会福祉涉及内容较广,特别是包括了社会效益和经济效益(这两种效益在传统决策管理中已经得到了足够重视,不是生态效益提出的主要着眼点),但是没有突出生态效益评价是要强调人们以前关注较少的生态系统提供的支撑社会发展的能力。

生态效益一词的提出初衷是为了加强生态环境保护,促进社会经济可持续发展,希望能够提出一种价值判断基准,提高人们对生态环境保护重要性的认识,避免人类在社会经济活动中过分追求社会效益和经济效益,造成对生态环境不可恢复的破坏和自然资源的未来短缺。

根据生态效益的形成本质和提出的目的,生态效益可以定义为:生态系统及其变化引起的人类生存和社

会经济发展条件的改善程度。这种改善能够提高人类福祉,是人类从生态系统得到的好处。生态效益应该是对传统评价人类福祉的社会效益和经济效益的补充,其核心是反映生态系统能够为人类生存和社会经济可持续发展提供适宜生活环境和优良生产条件的能力。在实际进行评价时,广义的生态效益包括了所有由生态系统产生的人类福祉,覆盖了部分经济效益和社会效益;而狭义的生态效益不包括生态系统产生的经济效益和社会效益。我们希望生态效益评价时应该多采用狭义的概念。这是因为,提倡生态效益评价的出发点是为了提高人们对生态系统具有的改善人类生存和生活生产环境的长期价值的认识。在传统人类福祉的评价中,往往忽视了对生态系统质量和功能改善的度量,而这对于社会经济可持续发展非常重要。如果将生态系统引起的直接经济效益和社会效益包括到生态效益中,常常会弱化生态效益的本意。例如,在评价森林的生态效益时,如果包括木材的价值,势必降低森林的水源涵养、土壤保持、防风固沙和气候调节等价值,因为后者的价值往往由于市场上缺乏精确定量而被认为不可靠。

近些年来,生态学家从国外引进了生态系统服务(功能)的概念<sup>[18]</sup>,随之出现了大量生态系统服务评价的论文。生态系统服务是指生态系统与生态过程所形成的维持人类生存的自然环境条件及其效用<sup>[19]</sup>,简单说就是人类从生态系统得到的好处。生态系统服务包括了向经济社会系统输入的有用物质和能量、接受和转化来自经济社会系统的废弃物,以及直接向人类社会成员提供服务(如人们普遍享用洁净空气、水等舒适性资源)。广义的生态效益与生态系统服务没有区别。狭义的生态效益和生态系统服务在评价内容上存在一些差别(图1)。首先是生态系统服务包括的内容比较多,既包括传统的经济效益,即能够进入市场被买卖的生态系统产品提供的效益,而且包括还没有能进入市场的由生态系统产生的人类福祉,如支持功能、调节功能和文化功能。而生态效益主要包括生态系统服务的支持功能、调节功能和部分文化功能。简单地说生态系统服务包括产品提供功能(这是我们一般说的经济效益)、支持功能、调节功能和文化功能(部分社会效益)。其次,生态系统服务更多从生态系统对人类贡献的角度考虑,具有自然特征,而生态效益更多考虑人类从生态系统获得的利益,具有一定的社会经济特征,因此,从生态学家和生态系统保护角度,生态系统服务更受欢迎,

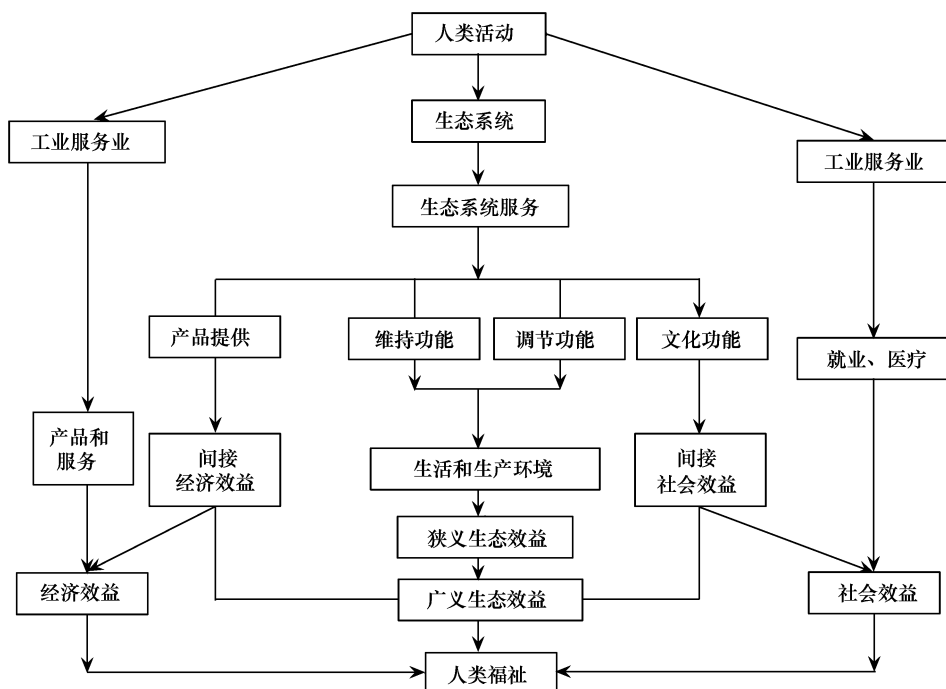


图1 生态系统服务与生态效益间关系

Fig.1 Relationship between ecosystem service and ecological benefit

而从决策者和社会公众角度,更喜欢用生态效益。在具体内容上,有时很难区分生态效益和生态系统服务,如大家都叫水源涵养、气候调节、水土保持等,但两者针对主体不同,势必关注重点存在倾斜。如生态系统提供的水源涵养服务,对人类来说是获得更多的可利用水资源和减少下游洪水灾害的效益;生态系统增加土壤保持服务,人类的受益将表现在生态系统生产能力不降低、下游不产生泥沙淤积等。人类从生态系统得到的最终期望不是生态系统服务(如水源涵养、水土保持、洪水蓄积等),而是这些服务所产生的生态效益(如清洁的空气和水源、较少的洪涝灾害和稳定的农业气候等)(图2)。

生态效益的提出,其目的在于提高人们对自然规律的关心以及对生态经济协调发展规律的认识,要求人类在经济活动中合理开发、利用、保护自然资源和生态环境这个人类赖以生活、生存乃至发展的自然物质基础。

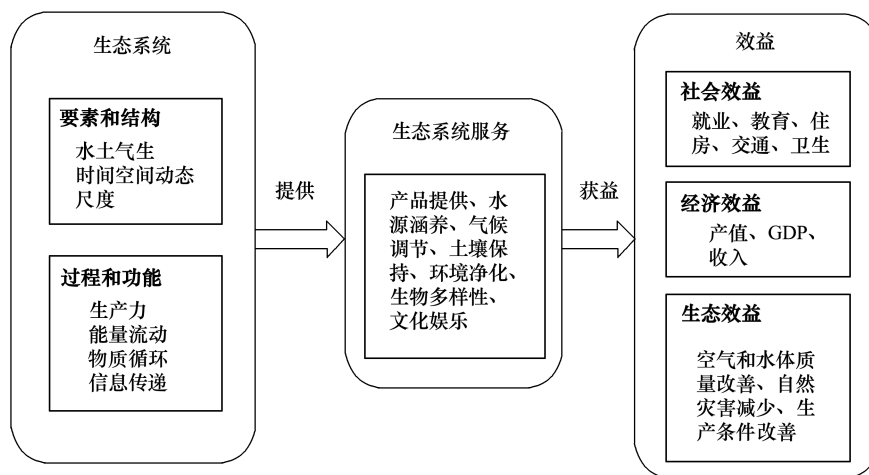


图2 生态系统—服务—效益间关系

Fig.2 The relationship among ecosystem-services-benefits

### 3 生态效益形成的生态学机制

生态效益的形成,不但是生态系统各种响应过程的结果,而且是人与自然耦合作用过程的结果。要科学识别、定量和价值化生态效益,就必须了解人类活动或环境变化对生态系统过程和功能的影响,了解生态系统和人类社会经济系统间的联系。生态效益的形成,包含一系列重要的生态学机制。

#### 3.1 生态系统功能发挥机制

生物和环境构成的生态系统,由生产者-消费者-还原者构成,参与了全球或区域能量流动、物质循环和水循环过程。在功能上能够为生物生存和发育提供能源和养分,构成碳、氮、水循环等。生态系统的这些功能将会影响人类和其他生物生存和生活生产的环境条件。人类是自然进化的产物,人类的生存和发展,总是需要一定的自然资源和条件,以提供足够的营养和适宜的环境。生态系统功能的发挥,为人类提供生活生产产品、维持和调节环境状态等服务<sup>[20]</sup>。人类不断从生态系统功能的发挥中受益,以保障和改善人类生存所需的资源和环境条件,即获得生态效益。

#### 3.2 生态系统内部稳定机制

生态系统是生物和非生物环境构成的一个完整体,其中的物理、化学和生物组分及其过程同时存在、发挥作用和自我再生,支撑起了与其相适应的物种、种群和群落及生态系统功能<sup>[21]</sup>,即生态系统的整体性。同时,生态系统通过能量流动、物质循环和信息传递实现内部要素相互作用和对外联系,形成了一系列的内部稳定机制、反馈机制、演化机制和输入输出调控机制,维持了生态系统结构和功能的稳定。生态系统能够吸纳外来的压力和物质,向外输出人类需要的物质和能量,从整体上缓解不良环境变化对人类社会的胁迫,保证了生态

系统对外界影响具有一定的弹性。一些有益外部作用通过生态系统传递或放大,会对人类社会产生更多的好处(即生态效益)。

在生态系统中,同时存在静态机制(如化学计量平衡、生物器官生物量分配、物质守恒、能量平衡)和动态机制(如水循环和生物地球化学循环过程中植物蒸腾、光合作用、呼吸作用、硝化反硝化作用等),共同维持了生态系统稳定性和弹性,从而保证人类生存环境的稳定和对环境变化的缓冲能力。这是生态效益最重要的一部分内容。

### 3.3 人与自然耦合机制

生态效益是人类从生态系统获得的好处,是人与自然耦合关系的一种表现结果。如果人类和自然能够和谐相处和互惠互利,人类将获得更大的生态效益。如果人类干扰或破坏超过了生态系统的维系能力,人类从生态系统获得的效益将会减少。因此,生态效益可以说是一个评价人与自然关系和谐程度的重要内容。

生态效益形成,不但取决于生态系统功能和人类社会经济发展需求,而且取决于人与自然间的耦合。人与自然耦合可以发生在不同尺度上,如树木的遮阴、森林生态系统的固碳和水源涵养,是不同尺度上的生态系统功能与人类需求的耦合,对人类具有不同的生态效益。人与自然可以通过不同方式相互作用,如通过碳循环和水循环将生态系统和人类社会系统连接起来的,形成固碳和水源涵养等生态效益。

## 4 生态效益特性

生态效益评价作为人类福祉变化的一种度量方法,反映了人类活动对生态系统的影响及由此引起的人类福祉变化程度,具有以下明显特性:

### 4.1 生态系统介导性

从起源看,生态效益来自于生态系统变化,这种变化可能是人类活动引起的(如造林、恢复湿地等),也可能是气候变化或其他环境因子变化引起的。由于生态系统是人类生存和可持续发展的重要物质基础,人类生存和发展需要生态系统提供生活生产所需的资源以及适宜的环境条件,因此生态系统的变化将会影响生态效益的提供,进而对人类可获取的福祉产生影响,这就体现出生态系统的中间传递作用,这种中间传递性我们称之为介导性。

生态效益形成的生态系统介导性体现在:(1)生态效益的产生来源于生态系统结构和功能的变化;(2)人类活动或环境变化的生态效益是通过生态系统传递的;(3)生态效益高度依赖于生态系统的要素、结构、过程和功能;(4)生态系统的整体性及物质循环再生是生态效益的重要调控机制,生态平衡和生态系统的良性高效循环是生态效益形成的重要物质基础。

### 4.2 人类福祉相关性

生态效益是人类从生态系统获得的一种好处,和经济效益、社会效益共同衡量了人类活动或环境变化对人类福祉的影响。在人类社会中,由于市场在资源分配和消费中的重要作用,市场调节的经济效益常常最为人类关心,其次是社会效益(如就业、医疗等),而为我们提供适宜生存环境和优良生产条件的生态效益却在决策中往往不被重视或重视不够。事实上,生态效益不但对人类生存和社会可持续发展非常重要,而且生态效益的提高能够促进经济效益和社会效益的提升,可以说,生态效益对人类福祉的贡献,不但有直接的方面,而且能够通过增加社会效益和经济效益对人类福祉产生的贡献。

由于生态效益包括多项内容和指标,各内容和指标与人类福祉的关系有远有近,有些是人类能够直接感受到的,也有一些是人类通过间接途径才能感受到的。这种生态效益与人类福祉的相关性既与生态系统要素-格局-功能的层级性有关,还与人类福祉需求层次(人类福祉谱图)以及人们对人类福祉的认知水平有关。

### 4.3 区域环境依赖性

生态效益反映了人类活动或环境变化—生态系统—人类福祉间的关系。无论生态系统及其响应、人类福祉需求和获得,都具有区域性和地方性,与一定的区域环境条件相关,因而生态效益表现出明显的区域环境依

赖性。例如,降水的水源涵养功能,在不同区域是不一样的,不但要受到当地生态系统产水特征的影响,而且要受到当地区域水文条件的影响,更要受到当地的水资源使用者或水流影响。水土保持效益在黄土高原地区就比较重要,因为该地区粉砂质的土壤质地决定了容易受到降水侵蚀。

生态效益的区域环境依赖性体现在:(1)生态系统结构和功能的区域差异及其对人类活动和环境变化响应的区域差异,产生的生态效益就会存在区域差异,如干旱地区,水资源比较短缺,生态系统的水源涵养(产水量)和水质净化功能就比较重要;(2)生态环境问题具有区域差异,如黄土高原水土流失严重,水土保持生态效益就尤为重要;农牧交错带土地容易沙化,防风固沙生态效益就很重要;(3)人类对生态环境的要求和应对能力的区域差异,在经济发达地区,人们对生态环境质量和生态安全要求比较高,如在生活水平高的大城市地区,需要较高的空气质量,因此对空气净化和防风固沙生态效益会有较高的要求。在经济落后地区,对生态环境灾害的应对能力较弱,对生态系统产生的生态效益就需要特别进行保护。

#### 4.4 持续再生性

生态效益对人类来说,是一种可再生资源。在一定环境条件下,生态系统能够不断产生生态效益,其产生量以及动态变化只与生态系统种类和所处环境条件有关。生态系统在太阳能的驱动下,由生产者、消费者和还原者构成了一个能量流动和物质循环的系统,能够保持一定的稳定性,为人类源源不断地提供生态效益。

对于健康的生态系统,主要依靠自然再生能力维持生态系统的流量流动和物质循环,产生生态效益。对于受损或功能低下的生态系统,生态效益的持续再生性可能被打断,造成的结果就是原有生态效益的丧失。但如果人类能够采取一定的技术措施,以一定形式,将一定能量和物质从社会经济系统输入生态系统,使得生态系统得以恢复,人类有可能重新从中获得生态效益。

#### 4.5 多维性

生态系统和人类社会以及人与自然之间存在复杂多样的关系,由此形成的生态效益势必需要从多个维度采用多种指标来度量,如针对某一类生态系统开展生态效益评估时,需要从生态系统要素、结构、过程和功能等多个方面考虑;评估生态效益的时空变化时,需要在时间尺度上根据短期、中期和长期目标分别选择不同指标,需要在空间尺度上根据地方、区域、国家甚至全球范围构建相应指标。这样就形成了生态效益的多维性特征,即生态效益评价需要从多个角度和尺度进行,任何单一的生态效益评价指标都可能不全面。

生态效益往往与特定维度范围有关。如洪水调蓄与季节径流过程有关,而与年平均径流量关系不大。碳固定的生态效益的受惠区域会波及全球,水源涵养的生态效益会惠及河流的下游地区。生态效益在不同维度上的表现是不一样的。有些生态效益反映在生态系统要素指标上变化最大,但在生态系统过程指标上变化并不大。有些生态效益在短时间尺度上不明显,但在长期时间尺度上就比较大。有些在区域尺度上很小的生态效益,但放在全球尺度上可能很大。生态效益具有尺度依赖性,进行评价时,需要考虑合适的尺度范围。由于生态效益指标的多维性,需要将不同层级和时间空间尺度的指标进行综合或整合,才能科学地反映出生态效益的全部价值。

#### 4.6 跨尺度性

人类从生态系统获得的生态效益不仅仅表现在特定的组织、时间和空间尺度上,而且能够产生跨尺度效应。如生态系统中的个体变化,可能会造成整个生态系统功能的变化而产生不同的生态效益;短期干预可能造成生态效益在长时间序列上的改变;局地变化可能引起区域甚至全球的生态效益的改变。

生态效益跨尺度性可以表现在:(1)生态效益具有时间累积或衰变效应,随时间延长,生态效益可能会增强或减弱;(2)生态效益具有空间辐射效应,有些生态效益从产生到发挥具有空间传递过程(如防风固沙与沙尘暴减少),其辐射效应和扩散过程可能造成生态效益总体的增强或减少;(3)生态效益具有多层级传递性,由于生态系统不同层级间的紧密关系,人类从生态系统的不同层级水平上都可能获得生态效益,实际获得的生态效益应该为各层级综合的结果,不应该忽视任何一个层级上可能得到的生态效益。

#### 4.7 外部性

生态效益的复杂性还常常会表现在生态效益形成中,产生生态效益的生态系统与获取福祉的人类在时间

和空间上不一致。以流域的水土保持生态效益为例,对上游生态系统进行保护或恢复,可以减少下游河流淤积,河流上游为生态效益的产生地,下游是生态效益的受益地。这就是生态效益的外溢性,即获得生态效益的区域不在生态效益产生地,这是开展生态补偿的理论基础。当代人保护生态环境,改善生态系统质量和功能,将会惠及后代,对后代产生生态效益。这就是生态效益的滞后性,也是可持续发展的理论基础。这种生态效益的外溢性和滞后性可以通称为生态效益的外部性。

生态效益外部性往往是认识生态效益和改善生态效益决策的关键。由于生态效益的外部性而造成人们对生态效益的忽视,只看到眼前获得的社会经济效益,而没有看到给下游或后代造成的生态效益下降。生态效益评价更多的应该是对全面的长期的效益的一种认定和评估。

#### 4.8 基础性

生态系统为人类提供的水源涵养、土壤保持、防风固沙、环境净化、气候调节等生态效益,为人类生存和发展提供了基本条件,具有社会经济发展的基础性作用,是社会效益和经济效益形成的基础。人类的生存条件,如充足的氧气、适宜的气候、干净的空气和水体、不受洪涝等灾害的侵扰等,都是生态系统为人类健康和安全提供的生态效益。人类的生产生活条件,如肥沃的土壤、充足的水源等,都是生态系统为满足人类社会经济发展而提供的生态效益。因此,生态效益的保护和提升是人类社会可持续发展最主要的物质基础。

#### 4.9 非市场性

目前,生态系统供给服务产生的生态效益已经形成了完善的市场交易机制,对于这部分能够进行市场交换或具有市场价格的生态效益,无论在原地还是异地、直接还是间接产生的,其评价常常会被归入经济效益范畴。另一部分生态效益属于公共产品,可以众人同享、共享,且对生态效益的使用不通过市场交易环节。如生态系统保护或恢复后的环境改善效益(如沙尘暴减少、大气 CO<sub>2</sub> 减少),众人无时无刻不在享用,且在享用的过程中不受他人限制,由于意识不到生态效益的稀缺性,这部分生态效益很难产生市场价值,这也是生态效益评价的难点。

### 5 结论

人类生存和发展离不开良好的生态环境,我国生态学家一直非常重视人类活动对生态环境的影响,在 1979 年 12 月召开的中国生态学成立大会上,就指出“不少地方由于不按生态规律办事,造成资源浪费,破坏了生态平衡,给国民经济造成了重大损失,还引起了环境恶化等严重后果”<sup>[22]</sup>。人类没有重视生态环境保护的重要原因,就是没有意识到生态系统对人类生产生活的基础支撑作用以及人类无时无刻不从生态系统中获得好处。生态效益一词,既形象又客观地表明了生态系统给人类带来的好处。在我国,生态效益具有很高的社会认可度和政府决策依赖度。但也存在一些概念定义不统一,与科学界使用比较多的生态系统服务一词关系不清楚,因此,从科学角度,回顾生态效益一词使用历史,提出生态效益定义和内涵,分析生态效益性质,将为生态效益的科学评价提供重要科学依据。

生态效益是人类从生态系统得到的好处,但为了和社会效益以及经济效益在内容上加以区别,将其定义为生态系统及其变化引起的人类生存和社会经济发展条件的改善程度。生态效益形成的机制包括:生态系统功能发挥机制、生态系统内部稳定机制和人与自然耦合机制。生态效益具有 8 个特性:生态系统介导性、人类福祉相关性、区域环境依赖性、持续再生性、多维性、跨尺度性、外部性、基础性和非市场性。本研究只为生态效益的评价提供一个重要支点,还需要进一步建立生态效益评价指标体系和方法,才能促进我国生态效益评价工作的科学化和精确化,获得更多社会认可并进一步应用于政府决策,发挥其对我国生态环境保护的促进作用。

**致谢:**参与该项目讨论的还有以下专家,特此予以感谢:北京大学沈泽昊,北京林业大学王轶夫,贵州师范大学安裕伦、杨广斌,国家林业局西北林业调查规划设计院王伟,环保部南京环境科学研究所张慧、裴文明,上海市

园林科学规划研究院李跃忠、郑思俊,中国科学院成都山地灾害与环境研究所傅斌,中国科学院生态环境研究中心逯非,中国科学院遥感与数字地球研究所王黎明,中国科学院植物研究所李彩虹等。

#### 参考文献 (References):

- [ 1 ] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment. Washing DC: Island Press, 2005.
- [ 2 ] 欧阳志云. 我国生态系统面临的问题与对策. 中国国情国力, 2017, (3): 5-10.
- [ 3 ] 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. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613.
- [ 4 ] 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. 资源科学, 2001, 23(6): 5-9.
- [ 5 ] 朱济凡, 刘慎谔, 王战, 冯宗炜, 刘同生. 小兴安岭的阔叶红松林//董智勇, 王战. 朱济凡文集. 北京: 中国林业出版社, 1993: 16-38.
- [ 6 ] 朱济凡, 冯宗炜. 关于西双版纳发展橡胶垦殖事业与保护热带森林问题//董智勇, 王战. 朱济凡文集. 北京: 中国林业出版社, 1993: 110-116.
- [ 7 ] 朱济凡, 王战, 黄合炎, 王大铎. 辽宁林业大有可为//董智勇, 王战. 朱济凡文集. 北京: 中国林业出版社, 1993: 177-191.
- [ 8 ] 李霆. 国外防护林研究动态. 陕西林业科技, 1978, (6): 54-61.
- [ 9 ] 张治强. 红松人工林现存量测定的研究. 东北林业大学学报, 1981, (4): 85-98.
- [ 10 ] 曹新孙. 农田防护林学. 北京: 中国林业出版社, 1983.
- [ 11 ] 赵荣慧, 胡承海, 孔祥君, 郭荫槐. 中国辽西地区油松针阔混交林生态效益的研究. 生态学报, 1983, 3(4): 341-348.
- [ 12 ] 罗晓华, 向成华. 森林生态效益研究现状. 四川林业科技, 2006, 27(2): 42-46.
- [ 13 ] 朱教君, 郑晓, 闫巧玲. 三北防护林工程生态环境效应遥感监测与评估研究: 三北防护林体系工程建设 30 年(1978-2008). 北京: 科学出版社, 2016.
- [ 14 ] 国家林业局. 退耕还林工程生态效益监测国家报告. 北京: 中国林业出版社, 2014.
- [ 15 ] 百度百科. 生态效益. [2018-09-27]. <https://baike.baidu.com/item/生态效益/1885951?fr=aladdin>.
- [ 16 ] 梁树春. “生态效益”的内涵及其特征. 生态学杂志, 1989, 8(1): 36-39.
- [ 17 ] U.S. Environmental Protection Agency. Ecological Benefits Assessment Strategic Plan. Washington, DC: EPA, 2006.
- [ 18 ] Costanza R, Cumberland J H, Daly H, Goodland R, Norgaard R B. An introduction to ecological economics. Boca Raton: CRC Press, 1997.
- [ 19 ] Daily G C, Alexander S, Ehrlich P R, Goulder L, Lubchenco J, Matson P A, Mooney H A, Postel S, Schneider S H, Tilman D, Woodwell G M. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. Issues in Ecology, 1997, 82(2): 1-16.
- [ 20 ] National Park Service. FY 2005 Budget Justifications General Statement. Washington, DC: National Park Service, 2005.
- [ 21 ] Ahmed M T. Millennium ecosystem assessment. Environmental Science and Pollution Research, 2002, 9(4): 219-220.
- [ 22 ] 中国生态学会. 中国生态学会在沪举行全国生态平衡学术讨论会. 生态学报, 1981, 1(4): 360-360.