

中国森林生态系统 生态服务功能及其评价

CHINA FOREST ECOSYSTEM
ECOLOGICAL SERVICE FUNCTION AND EVALUATION

■ 靳 芳 余新晓 鲁绍伟 等/著



中国林业出版社

中国森林生态系统 生态服务功能及其评价

CHINA FOREST ECOSYSTEM
ECOLOGICAL SERVICE FUNCTION AND EVALUATION

■ 靳芳 余新晓 鲁绍伟 等/著

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国森林生态系统生态服务功能及其评价/靳芳,余新晓,鲁绍伟著. —北京:
中国林业出版社,2007.5
ISBN 978-7-5038-4788-2

I. 中… II. ①靳… ②余… ③鲁… III. 森林-生态系统-评价-中国
IV. S718.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 068052 号

出版:中国林业出版社(100009 北京市西城区刘海胡同7号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话:(010)66184477

发行:中国林业出版社

印刷:北京地质印刷厂

版次:2007年5月第1版

印次:2007年5月第1次

开本:889mm×1194mm 1/16

印张:17.25

字数:420千字

定价:70.00元

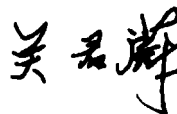
中国是一个发展中国家，目前正面临着发展经济和保护环境的双重任务。由于生态系统持续退化，资源相对短缺、生态环境脆弱、自然灾害频发、环境容量不足，严重制约着整个社会和谐发展。森林生态系统服务功能评价的目的不仅是给环境或其组成部分赋予价格，而且是为了体现生态系统服务对人类的生产、生活产生的积极影响。在微观水平上，评价可以提供关于生态系统结构和功能的信息，提供生态系统在支持人类福利方面所起的多样性和复杂作用；在宏观水平上，森林生态系统服务功能价值评价有助于制定人类福利和可持续发展的指标体系。因此，深入系统地研究森林生态系统生态服务功能，量化分析与评价森林生态系统服务功能的价值已成为当前生态学与生态经济学研究的前沿课题。

《中国森林生态系统生态服务功能及其评价》一书在我国森林生态系统类型划分的基础上，研究不同森林生态类型(包括人工和半人工森林生态类型)的服务功能，归纳总结出我国各类森林总体服务功能的类型。在 Costanza 等人提出的全球生态系统服务功能评价指标的基础上，结合我国森林生态系统的特点，针对不同的森林生态系统类型，提出和构建一系列适用于我国不同类型森林生态系统价值评估指标体系及计量方法，利用建立的不同类型森林生态系统价值评估指标体系，采用物质量结合价值量的研究方法，利用全国第四次(1989~1993年)、第五次(1994~1998年)、第六次(1999~2003年)资源清查资料、我国森林生态系统观测资料、净生产力动态变化、价格变量参数、我国森林“十一五”和中长期发展规划对我国森林生态系统服务功能进行动态分析与仿真预测。研究过程中，从确定森林生态效益补偿范围出发，提出了确定生态效益计量方法。以河北省孟滦林管局为具体研究对象，采用综合分析手段，提出以森林经营成本补偿为基础的补偿标准和适合该地区社会经济发展水平的补偿范围。本书最后以大连城市森林为案例，研究了大连城市森林常见绿化树种的主要生态功能效益。并在以上效益研究的基础上利用系统动力学原理对大连城市森林2005年至2024年整体效益进行

仿真预测。

本书的出版，无疑将对我国森林生态系统服务功能价值评估的研究及提高人们的环境意识起到积极的推动作用，同时对于促进林业建设在国民经济中的主导地位，提高人们对森林经营管理水平，加快将环境被纳入国民经济核算体系及正确处理社会经济发展与生态环境保护之间的关系具有重要的现实意义。

中国工程院院士



2007年2月

前言

森林生态系统是陆地生态系统中面积最大、组成结构最复杂、生物种类最丰富、适应性最强、稳定性最大、功能最完善的一种自然生态系统，对改善和维护生态环境起着决定性的作用，同时还能提供人类生存所必需的重要资源。然而长期以来，人类对森林的主体作用认识不足，使森林资源受到了日趋严重的破坏，如干旱和洪涝加剧、水土流失严重、生物多样性破坏和荒漠化面积增加等，最终使得人类生存环境面临越来越严峻的挑战。客观评价森林生态系统服务功能价值动态变化，对于科学经营与管理森林资源具有重要的现实意义。该研究针对我国森林生态系统服务功能及其价值评估相对滞后的局面，提出尽快开展我国森林生态系统服务功能及其价值评估的研究工作。本项研究旨在基于森林生态学研究的基础上，综合运用生态学及经济学方法，通过建立评价指标体系，评价我国森林生态系统 1993 年、1998 年、2003 年服务功能物质质量与价值量的动态变化规律并利用系统动力学对我国未来森林生态系统服务功能及其价值做进一步的预测。研究中，以生态上合理、经济上可行、社会可接受作为确定森林生态效益补偿标准的评价标准，从确定森林生态效益补偿范围出发，提出了确定生态效益计量方法。最后以河北省孟滦林管局为具体研究对象，提出以森林经营成本补偿为基础的补偿标准与范围。该研究的目的是提高人们的环境意识，尽快将自然资源和环境因素纳入国民经济核算体系而最终为实现绿色 GDP 提供基础，并为我国可持续发展的政策与生态环境保护提供科学依据。

本书在国家重大基础研究前期研究专项“我国森林生态系统服务功能及其价值评估研究(2003CCB00500)”基础上整理而成。全书共分九章。第一章，较为全面、系统地阐述了国内外森林生态系统服务功能及其评价的内涵、特点、意义，综述了森林生态系统服务功能的研究进展、存在的问题与不足，对其研究趋势进行展望。第二章，介绍了该项研究的目标、内容、技术路线与研究方法。第三章，

介绍了中国森林资源现状、特点及动态变化，并详细阐述了我国主要森林生态系统类型。第四章，利用现有的大量数据资料，从生态系统服务功能机理上阐述了我国森林生态系统在提供林木、林副产品、森林文化与休闲游憩、水源涵养、固碳制氧、养分循环、净化空气、保护土壤、生物多样性、防风固沙、调解气候方面的作用。第五章，通过分析国内外各种评价指标体系，结合我国生态环境背景特征，采用频度分析法结合专家咨询法建立我国森林生态系统服务功能评价指标体系框架，即 A 级 2 个，B 级 8 个，C 级 22 个。并建立中国森林生态系统服务功能物质质量与价值量计量方法。第六章，采用物质质量结合价值量的研究方法，利用全国第四次（1989 ~ 1993 年）、第五次（1994 ~ 1998 年）、第六次（1999 ~ 2003 年）资源清查资料、我国森林生态系统观测资料、净生产力动态变化、价格变量参数，计算出 1993 年、1998 年、2003 年我国森林生态系统林木、林副产品、涵养水源、固碳、养分循环、净化环境、土壤保持、维持生物多样性服务功能的总生态经济价值分别为 $21\,411.80 \times 10^8$ 元、 $36\,433.26 \times 10^8$ 元、 $41\,237.23 \times 10^8$ 元，分别占当年 GDP 的 98.81%、91.73% 和 71.82%。第七章，根据我国森林“十一五”和中长期发展规划与系统动力学原理，运用 Vensim-PLE 软件，分析了 3 种林业投资方案：采用 1999 ~ 2003 年对中国各气候带的投资比例进行投资、取森林覆盖率相对较高的热带、亚热带投资的 10%、20% 增加到西部各气候带（温带草原、温带荒漠、青藏高原）三种方案，并对 3 种方案中国森林生态服务功能物质质量及其价值量变化趋势进行了仿真预测与比较分析。第八章，基于生态上合理、经济上可行、社会可接受作为确定森林生态效益补偿标准的评价标准，以河北省孟滦林管局为具体研究对象，提出了适合该地区社会经济发展水平的补偿标准与范围。第九章，以实验数据为依据，借鉴上述森林生态系统服务功能评价指标体系与计量方法，结合大连城市森林实际情况，分别研究降温增湿效益、吸收 SO_2 效益、固碳释氧效益和滞尘效益；采用数量化理论建立了水土保持效益模型系统，在利用专家系统法对模型系统进行修正的基础上，利用神经网络方法将评价水土保持效益。在以上效益研究的基础上利用系统动力学原理，通过建立仿真模型系统对大连城市 2005 ~ 2024 年森林整体效益进行仿真。生态系统服务价值评估目前是全球关注的焦点，有很多问题尚处于探索之中。该研究在进行各种生态服务功能机制评估过程中，仅利用净生产力的动态变化未能够全面反映我国森林生态系统服务功能的动态变化。为此，今后应该加强对生态系统结构、生态过程与服务功能的关系进行深入分析，对我国主要森林类型的不同龄级主要树种所具有的服务功能及其各项参数进行全面监测；国家还应加大对我国各生态系统定位站的投资力度，加强对各生态系统定位站的管理与监督，从而能够保证各种数据的正常采集。作者殷切希望本书的出版能够引起有关人士对于该领域的更大的关注和支持，并希望对于从生态系统服务功能研究的学者有所裨益，共同将这一领域推向新的发展阶段。

本书由靳芳、余新晓、鲁绍伟等人撰写，各章节作者编写内容如下：靳芳，第五

章、第六章、第七章；余新晓，第一章、第二章、第四章；鲁绍伟、饶良懿，第三章；蒋凤玲，第八章；陆贵巧，第九章。全书由靳芳、余新晓、鲁绍伟统稿。

在本书的编写过程中，课题组成员通力合作，进行了大量的资料整理和分析工作。特别要感谢我国森林生态系统各定位研究站为该项研究提供了很大的帮助。感谢中国工程院院士关君蔚先生为本书作序。考虑到全书的系统性，书中参阅了大量参考文献，借此机会向这些文献的作者表示衷心的感谢！中国林业出版社为本书的出版给予了大力的支持，编辑人员为此付出了辛勤的劳动。在此表示诚挚的感谢！

著 者

2007年3月

目录

序言 前言

1 研究现状与发展趋势	(1)
1.1 生态服务功能	(1)
1.2 经济评价研究	(13)
1.3 发展趋势	(22)
2 研究目标与实现途径	(25)
2.1 研究目标	(25)
2.2 研究内容	(25)
2.3 技术路线	(26)
2.4 研究方法	(26)
3 森林资源及其分布类型	(29)
3.1 森林资源现状	(29)
3.2 森林特点分析	(45)
3.3 森林资源动态分析	(49)
3.4 主要森林生态系统类型	(55)
4 森林生态系统生态服务功能	(80)
4.1 森林生态系统提供林木、林副产品的功能	(80)
4.2 森林生态系统文化与休闲游憩功能	(83)
4.3 森林生态系统涵养水源功能	(86)
4.4 森林生态系统释氧与固碳功能	(88)
4.5 森林生态系统营养物质循环与储藏功能	(92)
4.6 森林生态系统净化空气功能	(94)
4.7 森林生态系统水土保持功能	(97)
4.8 森林生态系统维持生物多样性功能	(100)
4.9 森林生态系统防风固沙服务功能	(102)
4.10 森林生态系统调节气候功能	(106)
5 森林生态服务功能评价指标体系与计量方法	(109)
5.1 森林生态服务功能评价指标体系构建	(109)
5.2 森林生态系统服务功能评价指标体系	(111)

5.3	森林生态服务功能价值计量	(114)
6	森林生态服务功能价值评估动态分析	(134)
6.1	森林各项生态服务功能动态分析	(134)
6.2	森林各项生态服务功能价值动态分析	(148)
6.3	森林生态服务功能价值动态分析	(154)
7	森林生态服务功能价值系统动力学仿真分析	(157)
7.1	系统动力学的引入	(157)
7.2	系统仿真模型的构建	(159)
7.3	森林生态服务功能物质与价值量预测分析	(165)
7.4	西部三个气候带森林生态服务功能物质与价值量 仿真预测分析	(172)
7.5	中国森林生态系统服务功能价值总量仿真预测分析	(176)
8	森林生态系统服务功能价值评估在林业生态建设中的应用	(178)
8.1	我国森林生态效益补偿的背景	(178)
8.2	森林生态效益补偿概念和范围界定	(180)
8.3	生态效益补偿制度的经济理论基础	(182)
8.4	森林生态效益补偿标准的原则与方法	(185)
8.5	孟滦林管局森林生态效益补偿案例分析	(188)
9	大连城市森林生态效益评价及动态仿真研究案例	(207)
9.1	研究地区概况及研究路线	(207)
9.2	大连市(市区)主要树种的生态效益研究	(216)
9.3	大连城市森林生态效益评价	(233)
9.4	大连城市森林生态效益动态仿真分析	(247)
	参考文献	(257)

1 研究现状与发展趋势

1.1 生态服务功能

1.1.1 生态服务功能的概念

生态系统服务功能研究在西方兴起的标志性著作 *Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystem* 中对生态系统服务定义如下：生态系统服务是支持和满足人类生存的自然系统及其组成物种的条件和过程(Daily G C, 1999)。该定义强调3点,即生态系统服务对人类生存的支持,发挥服务的主体是自然生态系统,自然生态系统通过状况和过程发挥服务。该定义在前述3点的基础上,强调了生态系统状况和过程的广泛性、生物物种的生态系统性两个方面。

1864年,美国学者 George Marsh 在其著作《人与自然》中就曾对“资源无限”这个长期以来的认识错误提出了质疑与批评,他提出空气、水、土壤和各种动植物都是大自然赐予我们的宝贵财富,但是鉴于当时处于工业革命时期,他的研究没有得到充分重视。

1935年, A. G. Tasley 提出了生态系统的概念。在随后的几十年中,生态系统理论得到了进一步的发展和完善,人们在研究生态系统结构与功能的同时,也开始重视生态系统与人类相互关系的研究。

1960年《寂静的春天》的发表,给人类敲响了生态危机的警钟。学者们从不同学科角度对生态系统与人类的关系展开了大量的相关研究。

1981年,著名生态学家 Ehrlsh P 在研究生态系统对土壤肥力与基因库维持的作用以及生物多样性的丧失对生态系统的影响时,首次使用了“生态系统服务”一词,它很快被许多生态学家所引用。

1992年, Gordon Irene 的《自然服务》一书论述了不同生态系统给人类生产生活带来的影响,这是第一本系统论述自然为人类服务的著作。这一阶段的研究主要集中在对生态系统服务功能类型的分析上。

1995年, Costanza R 等学者将全球生态系统服务划分为17类,包括:大气调节、气候调节、干扰调节、水调节、水供给、侵蚀控制和沉积物保持、土壤发育、营养循环、废物处理、授粉、生物控制、庇护所、食物生产、原材料、基因资源、娱乐、文化等。

1997年, Chirns 将生态系统服务定义为:对人类生存和生活质量有贡献的生态系统产品和生态系统功能。该定义也指出生态系统服务对人类是有贡献的,生态系统服务体现的主体是产品和功能。该定义尽管与 Daily 表述有所不同,但基本实质是一致的。

1999年,董全将生态系统服务定义为:“自然生物过程产生和维持的环境资源方面

的条件和服务”，该定义暗含了生态系统服务对人类生存的支持，同时指出是自然过程产生和维持的，并通过环境资源的条件和服务对人类社会起作用。

综合上述定义，生态系统服务功能是自然生态系统的结构和功能的维持会生产出对人类的生存和发展有支持和满足作用的产品、资源和环境，称之为生态系统服务。

1.1.2 生态系统服务的内涵

生态系统服务功能一般指人类直接或间接从生态系统得到的利益，主要包括向社会经济系统输入有用物质和能量、接受和转化来自社会经济系统的废弃物，以及直接向人类社会成员提供服务。与传统经济学意义上的服务不同，生态系统服务只有一小部分能够进入市场被买卖，大多数生态系统服务是公共品或准公共品，无法进入市场。生态系统服务以长期服务流的形式出现，能够带来这些服务流的生态系统是自然资本（欧阳志云等，1999）。

生态系统服务是可以描述、测度和估价的，也可以有不同的分类，如可再生的生态系统服务和不可再生的生态系统服务。一般来讲，生态系统服务与生态系统功能有对应的关系。人们从总体上将生态系统服务功能分为三大类，即生活与生产物质的提供、生命支持系统的维持以及精神生活的享受。第一类是生态系统通过第一性生产与第二性生产为人类提供的直接商品或是将来有可能形成商品的部分，如食物、木材、燃料、工业原料、药品等人类所必需产品。第二类是易被人们忽视的支撑与维持人类生存环境和生命支持系统的功能，如生物多样性、气候调节、传粉与种子扩散等。第三类是生态系统为人类提供娱乐消闲与美学享受，如登山、野游、渔猎、漂流、划船、滑雪等等。

值得注意的是，生态服务是由生态系统功能产生的，但并不一定与生态系统功能一一对应，有些情况下一种生态系统服务是由两种或两种以上功能所共同产生的，在另外一些情况下，一种生态功能可以产生两种或两种以上的生态系统服务。生态系统服务功能具体如下：

1.1.2.1 太阳能的固定与转化

绿色植物通过光合作用固定太阳能，进而使光能通过绿色植物进入食物链，为所有物种包括人类提供生命维持的能量来源。

1.1.2.2 有机质的生产与生态系统产品

生态系统通过第一性生产与次级生产、合成与生产人类生存所必需的有机质及其产品。据统计，每年各类生态系统为人类提供粮食18亿t，肉类约6亿t（WRI，1994），同时海洋还提供鱼约1亿t（UNFAO，1994）。生态系统还为人类提供了木材、纤维、橡胶、医药资源，以及其他工业原料。生态系统还是重要的能源来源，据估计，全世界每年约有15%的能源取自生态系统，在发展中国家更是高达40%（Hall D O，1993）。

1.1.2.3 生物多样性的产生与维持

生物多样性是指从分子到景观各种层次生命形态的集合。生态系统不仅为各类生物物种提供繁衍生息的场所，而且还为生物进化及生物多样性的产生与形成提供了条件。同时，生态系统通过生物群落的整体创造了适宜于生物生存的环境。

同物种不同的种群对气候因子的扰动与化学环境的变化具有不同的抵抗能力, 多种多样的生态系统为不同种群的生存提供了场所, 从而可以避免某一环境因子的变动而导致物种的绝灭, 并保存了丰富的遗传基因信息。

生态系统在维持与保存生物多样性的同时, 还为农作物品种的改良提供了基因库。据研究, 人类已知约有 8 万种植物可以食用, 而人类历史上仅利用了 7000 种植物(Wilson E O, 1998), 只有 150 种粮食植物被人类广泛种植与利用, 其中 82 种作物提供了人类 90% 的食物(Prescott Allen R, 1990; Nabhan G P, 1997)。那些尚未为人类驯化的物种, 都由生态系统所维持, 它们既是人类潜在食物的来源, 还是农作物品种改良与新的抗逆品种的基因来源。

生态系统还是现代医药的最初来源。最新研究表明, 在美国用途最广泛的 150 种医药中, 118 种来源于自然, 其中 74% 来源于植物, 18% 来源于真菌, 5% 来源于细菌, 3% 来源于脊椎动物(Farnworth N R *et al*, 1985; Principe P P, 1989; Grifo F *et al*, 1997)。在全球, 约有 80% 的人口依赖于传统医药, 而传统医药的 85% 是与野生动植物有关的。

1.1.2.4 调节气候

从人类诞生以来, 地球气候变化比较剧烈, 在 2 万年前的冰期, 地球上大多数陆地仍覆盖着厚厚的冰盖。尽管近 1 万年来, 全球气候比较稳定, 但其周期性的变化, 仍极大地影响了人类活动与人口分布。

气候对地球上生命进化与生物的分布起着主要的作用, 尽管一般认为地球气候的变化主要是受太阳黑子及地球自转轨道变化影响。但生物本身在全球气候的调节中也起着重要的作用, 例如, 生态系统通过固定大气中的 CO_2 而减缓地球的温室效应(Alexander S *et al*, 1997)。生态系统对区域性的气候具有直接的调节作用, 植物通过发达的根系从地下吸收水分, 再通过叶片蒸腾, 将水分返回大气, 大面积的森林蒸腾, 可以导致雷雨, 从而减少了该区域水分的损失, 而且还降低气温, 如在亚马逊流域, 50% 的年降水量来自于森林蒸腾(Salati E, 1987)。

1.1.2.5 减轻洪涝与干旱灾害

每年, 地球上总降水量约 $1.19 \times 10^{16} \text{ m}^3$, 大部分雨水首先由土壤吸收, 然后再由植物利用, 或转为地下水。但如果没有植被的作用, 雨水直接降到裸露的地面, 不仅大大减少土壤对水分的吸收量, 使地面径流增加, 还将导致土壤与营养物质的流失(Hillel D, 1968)。在 New Hampshire 的径流研究发现, 裸地平均径流增加 40%, 而在森林砍伐后的 4 个月, 地表径流比砍伐前增加 5 倍(Bormann F *et al*, 1968)。据研究, 喜马拉雅山大范围的森林砍伐加剧了孟加拉国的洪涝灾害(Ives J, 1989), 在非洲, 大范围的干旱可能与大规模的森林砍伐有关。我国 1998 年长江全流域洪涝灾害的形成与中上游植被及中游湖泊减少、水源涵养能力下降、水土流失加剧的密切关系, 已为人们所广泛认识(李文华, 1999)。

水土流失的发生不仅使土壤生产力下降, 降低雨水的可利用性, 还造成下游可利用水资源量减少, 水质下降。河道、水库淤积, 降低发电能力, 增加洪涝灾害发生的可能性(Pimentel D *et al*, 1995)。在全球, 仅水土流失导致水库淤积所造成的损失约 60

亿美元。

湿地洪水的作用已为人们熟知，泛洪区的森林不仅能减缓洪水速度，还能加速泥沙的沉积，减少泥沙进入河道、湖泊与海洋。如 Mississippi 流域保留的小面积湿地，在预防 Mississippi 河的洪水起了重要的作用。

1.1.2.6 维持土壤肥力

土壤是一个国家财富的重要组分，但这份通过成千上万年积累形成的财富，几年的时间就可以流失殆尽。在世界历史上，肥沃的土壤孕育了早期的文明，也有的古代文明也因土壤生产力的丧失而衰落(Adams R *et al*, 1981)，在今天，世界约有 20% 的土地由于人类活动的影响而退化(Oldeman L *et al*, 1990)。除在水分循环中的作用外，土壤的生态服务功能至少可以归纳为如下几个方面：

- 为植物的生长发育提供场所。植物种子在土壤中发芽、扎根，在土壤的支撑下，生长、开花、结果，完成其生命周期。

- 为植物保存并提供养分。土壤中带负电荷的微粒吸附可交换的营养物质，以供植物吸收。如果没有土壤微粒，营养物将会很快淋失。同时，土壤还能够作为人工施肥的缓冲介质，将负离子吸附在土壤中，在植物需要时释放。

- 土壤在有机质的还原中起着关键作用。同时，在还原过程中，还将许多人类潜在的病原物无害化。人类每年产生的废弃物约 1300 亿 t，其中约 30% 是源于人类活动(Vitousek P *et al*, 1986)，包括生活垃圾、工业固体废弃物、农作物残留物以及人与各种家畜的有机废弃物。有幸的是，自然界拥有一系列的还原者，从秃鹰到细菌，它们能从各种废弃物的复杂有机大分子中摄取能量。不同种类的微生物像流水线上的工人，各自分解某种特定的化合物，并合成新的化合物，再由其他微生物利用，直至还原成最简单的无机化合物。许多工业废弃物，如肥皂、农药、油、酸等都能被生态系统中的微生物无害化与降解。

由有机质还原形成简单无机物最终作为营养物返回植物，有机质的降解与营养物的循环是同一过程的两个方面。土壤肥力，即土壤为植物提供营养物的能力，很大程度上取决于土壤中的细菌、真菌、藻类、原生动物、线虫、蚯蚓等各种生物的活性。细菌可以从大气中摄取氮，并将其与转换成植物可以利用的化学形态。在 1hm²土地中的蚯蚓每年可以加工 10 余 t 有机物，从而可以大大改善土壤的肥力及其理化性质(Lee K, 1985)。

- 土壤在氮、碳、硫等大量营养元素的循环中起着关键作用，如与土壤中碳的储量相比，植物的作用相形见拙，据估算，土壤碳的贮量是全部植物中碳总储量的 18 倍，而土壤中氮的储量更是植物中总量的 19 倍(Schlesinger W, 1991)。

1.1.2.7 传粉与种子的扩散

大多数显花植物需要动物传粉才得以繁衍。据研究，在全世界已记载的 24 万种显花植物中，有 22 万种需要动物传粉。如果没有动物的传粉，不仅会导致农作物大幅度的减产，还会导致一些物种的绝灭(Buchmann S L, 1996)。据记载，已发现传粉动物约 10 万种，包括鸟、蝙蝠与昆虫。动物在为植物传粉的同时，也取得自身生长发育繁殖所需要的食物与营养，动物还是植物扩散的主要载体之一。

1.1.2.8 有害生物的控制

与人类争夺食物、木材、棉花及其他农林产品的生物,统称为有害生物,据估计每年有 25% 以上的农产品被这些有害生物消耗(Pimental D *et al*, 1989), 同时还有成千上万杂草直接与农作物争水、光和土壤营养。据估计,农作物 99% 的潜在有害生物能得自然天敌的有效控制(De Bach P, 1974), 从而给人类带来了巨大的经济效益。

1.1.2.9 环境净化

陆地生态系统的生物净化作用包括植物对大气污染的净化作用和土壤—植物系统对土壤污染的净化作用。植物净化大气主要是通过叶片的作用实现的。绿色植物净化大气的作用主要有两个方面:一是吸收 CO₂, 放出 O₂ 等, 维持大气环境化学组成的平衡;二是在植物抗生范围内能通过吸收而减少空气中硫化物、氮化物、卤素等有害物质的含量。

SO₂ 在有害气体中数量最多, 分布最广, 危害较大。一般生长在 SO₂ 污染地区植物叶中 SO₂ 的含量比周围正常叶子的含硫量高 5~10 倍。只要不超过一定的限度, 植物不出现伤害症状, 植物是大气的天然净化器。据研究, 当污染源附近的 SO₂ 浓度为 0.27mg/m³ 时, 在距污染源 1000~1500m 处, 非绿化带浓度为 0.16mg/m³, 而绿化带浓度为 0.08mg/m³, 比非绿化带低 0.08mg/m³。

粉尘是大气污染的重要污染物之一, 植物特别是树木对烟灰、粉尘有明显的阻挡、过滤和吸附作用。研究发现云杉、松树、水青冈的年阻尘量分别为 32t/hm²、34.4t/hm²、68t/hm²。

树木的减尘滞尘作用可以使空气得到某种程度上的净化, 树木因为形体高大, 枝叶茂盛, 具有降低风速的作用, 可使大粒的灰尘因风速减小而沉降于地面, 叶表面因为粗糙不平、多绒毛, 有油脂和粘性物质, 又能吸附、滞留粘着一部分粉尘, 从而使含尘量相对减少。研究表明, 在一个生长季节里, 水泥厂附近的黑松林每公顷可滞尘 44kg。

1.1.2.10 调节物质循环

自然生态系统在全球、区域、小流域和小生境等不同的空间尺度上调节着物质的循环(孙刚等, 2000), 包括养分循环、水分循环等类型。通过生命过程, 生物获得 N、P、K 等成分, 在体内循环和储存, 死亡后经微生物分解, 再释放出各种营养元素, 实现化学元素在生物体与非生物体间的循环; 通过水分的蒸腾蒸发、运输、降水、径流、土壤下渗等环节实现水分循环, 为人们生活及工农业、交通运输、医疗卫生等提供必需的水源。元素在生态系统内的生物小循环是地质化学大循环的重要一环和组成部分。

1.1.2.11 文化娱乐源泉

生态系统提供美学、文化、欣赏价值, 是人类文化娱乐的源泉。近年来, 生态旅游已成为旅游业的发展趋势, 成为一些地区的主要经济来源。对于生活节奏快、生活在现代城市居民来说, 自然景观除了具有美学意义之外, 还具有一定的医疗作用。

1.1.3 生态系统服务功能的特点

1.1.3.1 可持续发展与生态系统服务功能

由于人们对自然界的破坏,全球生态系统的格局发生了极大的变化,进而破坏生态系统的结构与功能,生态系统服务功能受到损害,从而导致了全球性的生态环境危机,使人类未来的发展受到威胁。

可持续发展最根本的目标就是:在不危害生命支持系统健康的前提下满足人类基本的需求,提高生产潜力,确保代际和代间都有平等的机会。现代社会对林业的需求包括:①自然保存、生物多样性保护、固土保肥、蓄水滤水、调节气候、遏制荒漠化、防污抗污和减尘减噪等;②森林游憩、人类文化遗产保护、卫生保健、科研教育及增加就业机会、消除贫困等;③用材、木质纤维、薪炭材、林化原料、干鲜果品、药材、饮料、饲料和野生经济动植物等。因此,中国林业的可持续发展应该服从或服务于国家总体的可持续发展,发挥森林的综合效益,不断地满足国民经济发展和人民生活水平提高对其物质产品和生态服务功能的各种需求。

现代研究证明,生态服务功能是人类生存与现代文明的基础,科学技术能影响生态服务功能,但不能替代自然生态系统服务功能,从这个角度理解,可持续发展的核心就是要通过维持与保护生态系统保护人类的生存环境,保护地球生命支持系统,因此维持生态服务功能是可持续发展的基础。

1.1.3.2 森林健康与生态系统服务功能

“森林健康”是西方国家针对人工造林林分结构单一、森林病虫害控制能力和水土保持能力较弱等问题提出来的一个理念,倡导通过合理配置林分结构,实现森林病虫害自控、水土保持能力增强和森林资源产值的提高。森林健康就是森林生态系统能够维持其多样性和稳定性同时又能持续满足人类对森林的自然、社会和经济需求的一种状态,是实现人与自然和谐相处的必要途径(Costanza R, 1992; Kerr S R, Dickie L M, 1984; Rapport D J, 1992; Woodley S, Kay J, Francis G, 1993; Callicott J B, 1995)。“森林健康”的概念已被越来越多的生态学家、林业和自然资源管理学者们所接受和利用,并将“森林健康”作为森林状况评估和森林资源管理的标准和目标(Costanza R, 1995; 汪有奎,袁虹,2003;陈高,代力民,范竹华等,2002)。

一个健康的森林具有两个属性:一是自然属性,即森林在自然状态下,森林内各生物个体间的协调发展及对生态因子和环境的要求和适应;二是社会属性,即在人为的干预下,森林的抵抗和恢复能力。森林的自然属性是森林健康的物质基础,只有在森林建群种的良性发展和系统中生物多样性的复杂性和协调性保证的情况下,森林才能维系健康。

健康生态系统具有多维功能。健康的生态系统不仅能够为人类提供大量而稳定的生物量,有益于人类健康,并且对内部结构的完善也起到十分重要的作用。生态系统健康就是其组分、结构和功能三者的完整存在和正常运转,可以用生态整合性、自维持力以及自调节力来衡量,这些条件一旦被破坏,系统就不再是自我维持的了。所以,从一定意义上说,只有生态质量好,服务功能完善、正常的生态系统才是健康的生态

系统。

1.1.3.3 生态系统结构、功能与生态系统服务

所谓生态系统的结构是指生态系统中的组成成分及其在时间、空间上的分布和各个组分间能量、物质、信息流的方式与特点。森林生态系统是陆地生态系统的主体。地球上全部森林每年的净生物生产量达 700 亿 t, 占全部陆生植物净生物生产量的 65%。它分布范围辽阔, 结构复杂, 生物多样性丰富, 是地球上最重要的生命支持系统, 对维持地球上的生命起着极其重要的作用。森林在维护生存环境方面的价值远远超过它所提供的林产品和副产品的价值。

结构决定功能, 有什么样的结构就有什么样的功能。主导功能的发挥要有与之相适应的生态系统结构。对于森林生态系统来说, 其结构有林木组成、水平结构、垂直结构、年龄结构、乔灌草结构、直径结构、植被覆盖结构等; 对于林分来说, 则有树种结构、密度、混交比例、直径结构、乔灌草的垂直结构等; 而对于区域, 有植被类型组成、森林覆盖率、土地利用结构等。不同的森林生态系统结构会产生不同的功能, 不同的主导功能所要考虑的结构也不同。生态系统服务是生态系统功能的表现, 但生态系统服务与生态系统功能并不一一对应, 在某些情况下, 一种生态系统服务是两种或多种生态系统功能所共同产生的; 在另一些情况下, 一种生态功能可以提供两种或多种服务。

1.1.3.4 生物多样性与生态系统服务

生物多样性一般的定义是“生命有机体及其赖以生存的生态综合体的多样化和变异性”。按此定义, 生物多样性是指生命形式的多样化, 各种生命形式之间及其与环境之间的多种相互作用, 以及各种生物群落、生态系统及其生境与生态过程的复杂性。一般地讲, 生物多样性包括遗传多样性、物种多样性、生态系统与景观多样性。高的多样性增加了具有高生产力的种类出现的机会; 多样性高的生态系统内, 营养的相互关系更加多样化, 为能量流动提供可选择的多种途径, 各营养水平间的能量流动趋于稳定; 高的多样性增强生态系统被干扰后对来自系统外种类入侵的抵抗能力; 多样性高增加了系统内某一个种所有个体间的距离, 降低了植物病体的扩散; 多样性高的生态系统内, 各个种类充分占据已分化的生态位, 从而提高系统对资源利用的效率。植物多样性是生态系统其他生物多样化的基础, 多样化植物为更多消费者如昆虫、鸟类提供食物; 多样的植物有多层根系, 为土壤动物和微生物提供生境; 不同生活型植物为生态系统创造多样的异质空间而可能容纳更多的生物。生态系统服务取决于生物多样性, 保护生物多样性就是维持生态系统服务。因此, 生态系统服务的价值基本等同于生物多样性的价值(张志强, 2001)。保持一定的面积和生物多样性水平, 不仅是各类生态系统自我维持的关键, 也是自然生态系统提供生态系统产品和生态服务的基础和前提。

1.1.3.5 人类活动对生态系统服务的影响

随着人口的日益增长, 社会生产力的不断提高, 人类对自然界的影 响越来越大, 其广度和深度不断增强, 已涉及到环境各个组成部分, 地球上的生态系统都难以保持自然状态, 已直接威胁到人类的生存环境基础和地球的生物多样性, 直接影响到自然