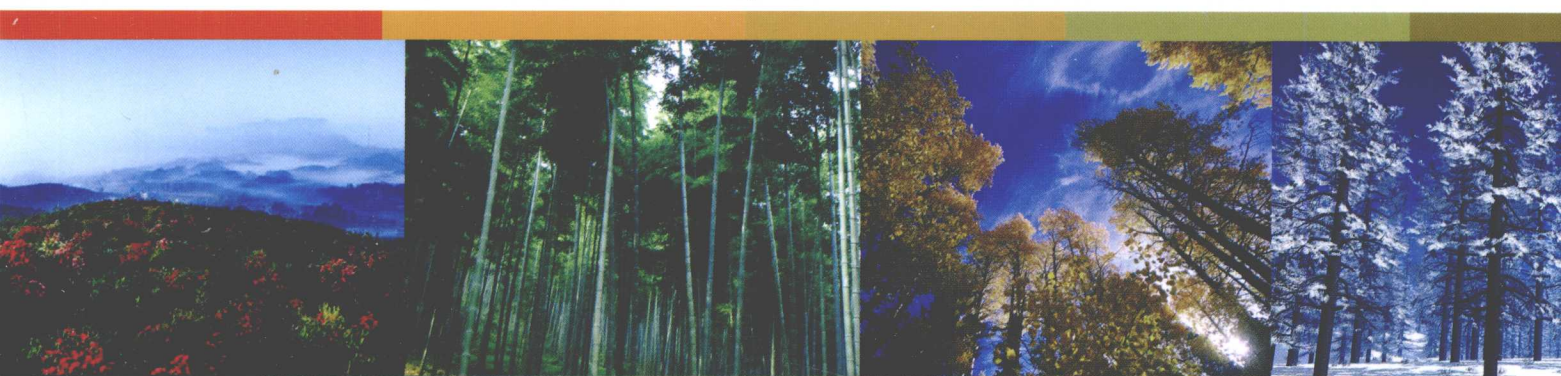


中国森林生态系统 服务功能研究

张永利 杨锋伟 王 兵 郭 浩 等 © 著
鲁绍伟 魏文俊 胡 文 陈 列



科学出版社
www.sciencep.com

中国森林生态系统 服务功能研究

中国科学院 生态环境研究中心 编
中国环境科学出版社 2008 年 1 月



中国科学院
生态环境研究中心

中国森林生态系统 服务功能研究

张永利 杨锋伟 王 兵 郭 浩 等 著
鲁绍伟 魏文俊 胡 文 陈 列

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是著者多年来森林生态系统服务功能研究成果以及国内外森林生态系统长期连续观测研究相关研究成果的集成。以当前全球生态领域内普遍关注的量化评估森林的多功能为核心,在制定的首部森林生态系统服务功能评估标准的基础上,全面评估了我国“九五”和“十五”期间森林生态系统5项10个指标的服务功能物质量,首次介绍和应用了评估生物多样性保护价值的Shannon-Wiener指数法,重点研究了2008年南方雨雪冰冻灾害的森林生态服务功能损失情况和森林碳汇测算技术以及江西省、河南省和辽宁省森林生态服务功能物质量和价值量动态变化等关键问题。利用50个森林生态站几十年来的实测数据,采用细化到龄级水平的分布式计算技术方案,根据Shannon-Wiener指数评估方法定量化生物多样性保护价值评估是本书的三大特色。

本书可作为生态学、林学、环境科学等相关专业的大专院校的研究生教材,亦可供从事生态系统服务功能、生态系统管理、生态建设规划、生态环境评价、自然资源保护的专业科研人员及行政部门管理人员参考,尤其是对从事林业研究的科技人员以及政府部门的决策人员富有裨益。

图书在版编目(CIP)数据

中国森林生态系统服务功能研究/张永利等著. —北京:科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-027584-4

I. ①中… II. ①张… III. ①森林-生态系统-研究-中国 IV. ①S718.55

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第088215号

责任编辑:莫结胜 席 慧 / 责任校对:宋玲玲

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京天时彩色印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年6月第 一 版 开本:889×1194 1/16

2010年6月第一次印刷 印张:16

印数:1 3 000 字数:495 000

定价:98.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

编 写 组

组 长 张永利

副组长 杨锋伟 王 兵

成 员(按姓氏笔画排序)

丁访军	尹昌君	方江平	王 兵	王玉杰	王传宽
王得祥	刘兴良	刘建军	刘贤德	朱延林	朱学灵
邢兆凯	闫文德	阮宏华	余新晓	张毓涛	李少宁
李良厚	李俊清	李意德	杨振寅	杨锋伟	汪家社
陈步峰	周 梅	郑秋红	胡 文	胡海波	项文化
饶良懿	郭 浩	高 鹏	董秀凯	鲁绍伟	魏文俊

序 一

当前,气候变暖、土地沙化、水土流失、干旱缺水、物种减少等生态危机正日益严重地威胁着人类的生存与发展。随着地球生态系统受人类活动影响的不断加深,人们越来越关注陆地生态系统和全球变化的相互作用,也越来越需要了解有关地球生态系统的各种信息,以便为各国政府对生态保护、自然资源管理、可持续发展和应对全球气候变化等进行宏观决策提供科学依据。

林业是生态建设的主体,承担着建设森林生态系统、保护湿地生态系统、改善荒漠生态系统、维护生物多样性的重大使命。党中央、国务院高度重视林业工作,采取了一系列重大举措,推动林业发展,中国共产党第十七次全国代表大会进一步做出了建设生态文明的重大战略决策。林业作为十分重要的公益事业和无可替代的基础产业,内涵在不断丰富、功能在不断拓展、效用在不断扩大,其在经济社会发展全局中的地位越来越重要,作用越来越突出。温家宝总理强调,在贯彻可持续发展战略中,林业具有重要地位;在生态建设中,林业具有首要地位;在西部大开发中,林业具有基础地位;在应对气候变化中,林业具有特殊地位。回良玉副总理指出,实现科学发展,必须把发展林业作为重大举措;建设生态文明,必须把发展林业作为首要任务;应对气候变化,必须把发展林业作为战略选择;解决“三农”问题,必须把发展林业作为重要途径。加快林业发展,不仅是维护国家生态安全的迫切要求,也是人类可持续发展的必然选择。

森林是陆地生态系统的主体,是人类进化的摇篮。森林在生物界和非生物界的物质交换和能量流动中扮演着主要角色,对保持陆地生态系统的整体功能、维护地球生态平衡、促进经济与生态协调发展发挥着中枢和杠杆作用。以森林为主要经营对象的林业,就是通过这些复杂的过程来生产生态产品的。这些生态产品包括:吸收二氧化碳、制造氧气、涵养水源、保持水土、净化水质、防风固沙、调节气候、净化空气、减少噪声、吸附粉尘、保护生物多样性等。因此,对森林的服务功能进行科学、量化的评价,对生态产品价值进行核算,进而体现林业在经济社会可持续发展中的战略地位与作用,反映林业建设成就,服务宏观决策,就成为一项重要而又紧迫的任务。

近年来,国家林业局紧密结合国家及行业发展的需求,在我国主要地带性植被分布区建立了45个能够满足基本观测需要的长期观测站点,初步形成了中国森林生态系统定位研究网络(英文简称CFERN)。这几年,国家林业局利用这个平台,先后开展了林业重点工程生态效益监测、森林与气候变化关系研究等重大观测研究工作,为系统开展森林生态系统服务功能评估提供了必要的前提条件,奠定了坚实的科学基础。林业科技工作者参考国际上有关指标体系,结合我国国情、林情,制定了《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T 1721—2008),为科学开展森林生态系统服务功能评估提供了依据和标准。从“十五”后期,国家林业局统一部署进行森林生态系统服务功能的相关研究和复杂的测算工作。在长期定位观测研究的基础上,编写组组织上百名专家,利用各森林生态站几十年来积累的上百亿个观测数据(包括人工观测和仪器采集的海量数据),综合运用生态学、森林植物学、气象学、水土保持学、经济学、统计学等理论方法,结合近两次全国森林资源清查的基础数据,定量地分析、评估了全国森林生态系统涵养水源、保育土壤、固碳释氧、积累营养物质、净化大气环境5种主要生态服务功能的物质量,组织编写了《中国森林生态系统服务功能研究》专著。

编写这一专著是一项深入、严谨的科学工作,也是检验多年来我国生态建设成果和影响的科学手段。这项工作的开展,对于系统评估森林生态系统服务功能是一次有益的尝试,不仅有助于更好地宣传林业的功能和作用,而且为推动森林生态效益补偿机制的建立,量化评估森林的多种功能提供了科学依据,具有重要意义。

当前,我国林业发展进入了一个十分关键的时期。胡锦涛主席向世界庄严承诺,为应对气候变化和促进人类可持续发展,到2020年,要使我国森林面积比2005年增加4000万 hm^2 ,森林蓄积量比2005年增加13亿 m^3 。林业发展面临着前所未有的历史机遇。林业要实现又好又快发展,最有效、

最根本的措施就是依靠科技、发展科技、应用科技。林业发展的支撑需要科技，林业的科学决策需要科技，林业建设成果的科学评价同样需要科技。希望广大林业科技工作者进一步增强使命感和紧迫感，继续努力进取，扎实工作，充分发挥科技第一生产力的作用，为发展现代林业、建设生态文明、推动科学发展做出更大贡献。

贾治邦

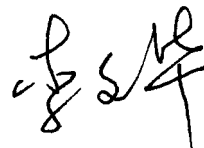
2009年2月

序 二

生态系统作为自然界的基本单位，不仅为人类提供了各种生产和生活原料，同时还创造与维系着地球生命保障系统，形成人类生存所必需的环境条件。随着生态环境的日益恶化，生态系统功能及固有价值成为生态学领域的一个研究热点。2001年6月5日，联合国在全世界范围内启动了千年生态系统评估（Millenium Ecosystem Assessment, MA），它是世界上第一个针对全球陆地和水生生态系统开展的多尺度、综合性评估项目，其宗旨是针对生态系统变化与人类福祉间的关系，通过整合现有的生态学和其他学科的数据、资料 and 知识，为决策者、学者和广大公众提供有关信息，改进生态系统管理水平，以保证社会经济的可持续发展。千年生态系统评估的实施，对于在全球范围内推动生态学发展和改善生态系统管理工作做出了极为重要的贡献，成为生态学发展历史中的重要里程碑之一。

中国生态系统服务功能研究经历了最初的朴素认识阶段、不同生态系统的研究阶段、生态系统全面研究阶段、生态系统服务功能价值与评估阶段。从20世纪50年代起，中国科学院及原林业部在全国部分典型森林区域相继建立了森林生态系统定位研究站，对不同生态系统服务功能开展了研究。由于森林生态站的建立、研究方法与技术改进及受损生态系统恢复的要求，生态系统服务功能价值的研究自20世纪90年代中期在我国逐渐成为一个研究热点。通过研究，提高了公众对生态建设和环境保护的重视，为建立科学的生态效益补偿机制提供了理论基础。

该专著基于国家林业局森林生态系统定位研究网络所属台站长期观测研究基础数据和全国第五、第六次森林资源清查数据，对不同区域、不同林分类型生态系统结构、生态过程与服务功能的关系开展研究，对于掌握生态系统结构与功能、格局与过程的变化规律，提高我国生态学及其相关学科研究水平，开展生态系统优化管理与示范具有重要意义。但是人类对森林生态系统服务功能研究是一个长期过程，随着科学技术和经济发展而不断深化，该专著的出版为今后森林生态系统服务功能的深入研究打下了基础。



2009年2月

序 三

森林生态系统具有多种服务功能，其功能的维持对生态安全、生物资源和生存环境的保护，实现社会经济可持续发展，起着举足轻重的作用。目前，中国森林资源仍存在着资源总量不足、分布不均、林龄结构以幼龄林、中龄林和人工林为主、森林健康等级不高等诸多问题，严重地制约了森林生态系统服务功能的发挥，降低了森林生态系统抵御各种自然灾害的能力，影响到国家生态建设进程，从而威胁到人类安全与健康，危及社会经济发展，并逐渐成为影响区域可持续发展的制约因素。为改善这种脆弱的生态环境，国家实施了六大林业生态工程，其目的就是要通过恢复森林植被，更好地发挥其维护国土安全的重要作用。然而，目前还缺乏对我国森林生态系统服务功能的全面、系统的研究，因而也就无法科学、有效地调节森林生态系统，使它发挥更大的生态效益，给我国生态建设和国土安全带来了更多的不确定性，甚至隐患。

我国自 20 世纪 80 年代初开始对森林生态系统服务功能进行价值评估工作，对森林生态系统价值核算进行了初步探索，但要准确评价生态系统服务功能还有一些科学问题有待解决。经过几十年的发展，国家林业局建设的中国陆地生态系统定位研究站网络（简称生态站网，英文简称 CTERN），截至 2009 年年底已形成由 57 个生态站（森林生态站 45 个、湿地生态站 7 个、荒漠生态站 5 个）构成的生态系统长期观测研究体系框架，基本覆盖了我国主要典型生态区，开展林业生态工程综合效益监测与评价，动态、连续、准确地评价林业生态建设对区域生态环境变化及对经济社会发展的影响，为林业生态建设提供服务。

该研究依托国家林业局生态站网，通过选取适宜的评估指标构建评估指标体系，确定了评估方法，定量地分析、评估出两次全国各省森林生态系统涵养水源、保育土壤、固碳释氧、积累营养物质、净化大气环境 5 项主要服务功能的物质量。该研究从数据采集、分布式计算方法的应用及 Shannon-Wiener 指数评估中国森林物种多样性保育价值，到在全国尺度上采用 NPP 实测数据测算森林固碳能力，特别是在碳汇能力计算当中考虑了灌木林固碳等方面，采用了森林生态系统定位研究的最新成果，充分体现了评估结果的准确性和可靠性。通过开展服务功能监测与评估研究，获得我国森林生态系统总体状况的动态数据，是了解林业“三大体系”建设成果的最有效途径。该专著对于完善森林生态环境动态评估、监测和预警体系，确定森林在生态环境建设中的主体地位和作用，为我国国际履约、全球生态建设、森林可持续利用和经济可持续发展提供科学数据和决策依据。



2009 年 2 月

前 言

森林是陆地生态系统的主体,是人类进化的摇篮。在人类社会的发展过程中,人们对森林的认识也在发生变化。处于古代朴实的自然生产时代中的人类是懂得依赖森林取得自己必需的生存物质和安宁优美的生存环境的,因而也是朴素地热爱和保护森林的。当人类社会到了资本积累时期,森林才被当做单一生产木材的资源而被恣意掠夺,林业自此被认为仅仅是生产木材的行业。随着近 100 年来人类科学知识的发展,许多发达国家在经受过对森林资源的掠夺和破坏所带来的灾难后才重新认识到了林业的重要性,森林保持水土、涵养水源、固碳释氧、净化空气、美化环境的服务功能才逐渐被人们所认识。今天,随着全球气候变暖、全球环境恶化和全球生物多样性的急剧下降,人们通过科学研究对森林生态系统在全球地圈、生物圈平衡上的作用的认识正在深化,已意识到人类的生存兴亡与森林生态系统密切相关,开始懂得森林服务功能对于人类生存和生活、长远和根本的物质利益与环境利益具有不可替代的重要作用。

物质产品、文化产品和生态产品是支撑现代人类生存和发展的 3 类基本产品。改革开放以后,经过几十年的发展,我国物质产品短缺的时代已经结束,生态产品开始成为当前最短缺、最亟须大力发展的产品。作为提供生态产品的主体,森林在生物界和非生物界的物质交换和能量流动中扮演着主要角色,在保持陆地生态系统的整体功能、维护地球生态平衡、促进经济与生态协调发展发挥着中枢和杠杆作用。以森林为主要经营对象的林业,就是通过这些复杂的过程来生产出生态产品的。这些生态产品包括:吸收二氧化碳、制造氧气、涵养水源、保持水土、净化水质、防风固沙、调节气候、清洁空气、减少噪声、吸附粉尘、保护生物多样性等。

当前,国家提出了科学发展观、构建和谐社会和全面建设小康社会等一系列重大发展战略,对林业发展提出了更高更多的要求,森林的地位和作用正在发生着重大的变化。森林是实现人类与自然和谐关系的纽带,关系国家的生态安全,人与自然之间、自然与自然之间的和谐发展,自然界内部的和谐发展是前提和关键。森林生态系统为人类提供了自然资源和生存环境两个方面的多种生态系统服务功能,是人类现代文明的基础。尤其我国是一个严重缺林的国家,森林的功能与作用更显重要与珍贵。对森林的服务功能进行科学、量化的评价,对生态产品进行量化,进而体现林业在建设和谐社会、促进全面建设小康社会中的地位与作用,反映林业建设成就,服务宏观决策,成为一项紧迫而又必需的任务。

国家林业局从“八五”开始,通过规划和建设森林生态系统定位研究网络和台站、组织开展多项科研攻关,对中国森林生态系统服务功能指标进行了长期定位观测,取得了大量数据。在此基础上,经过近两年的筹备,2007 年年初由国家林业局科技司牵头正式启动了《中国森林生态系统服务功能研究》专著的编写工作。直接参与起草工作的、来自中国森林生态系统定位研究网络(CFERN)所属 30 多个野外森林生态站的专家学者,经过多次的集中工作和研究测算,对我国森林生态系统服务功能进行了全面的研究评估。

本专著建立在我国森林生态系统长期定位观测研究基础上,80%以上数据采用 CFERN 所属各野外森林生态站长期、连续观测研究基础数据。目前,长期生态定位观测是国际上通用的研究和揭示生态系统结构与功能变化规律的重要手段。我国 CFERN 起步于 20 世纪 50 年代末 60 年代初,是国家林业局科技司直接领导和管辖的大型生态学研究网络,至今它包含 45 个分布于不同气候带的森林生态站,覆盖了中国主要的地带性植被分布区。CFERN 森林生态站北起大兴安岭,南至海南岛,东起小兴安岭,西至新疆天山及青藏高原,涵盖了我国从寒温带到热带、湿润地区到极端干旱地区的最为完整和连续的植被和土壤地理地带系列,构成了由北向南以热量为主驱动力的南北样带(NSTEC)和由东向西以水分为主要驱动力的东西样带(WETSC)两条十字形观测网,南北两端和东西两端主要站点的直线距离超过 3700 km。长期以来各森林生态站从个体、种群、群落和系统 4 个水平上依据国

家林业行业标准《森林生态系统定位观测指标体系》(LY/T 1606—2003)对我国主要森林生态系统结构和功能进行了全面的观测,深入研究并揭示了中国森林生态系统的组成、结构、功能以及与气候环境变化之间相互反馈的内在机制。

本专著利用了 CFERN 所属各森林生态站长期积累的上百亿个观测数据(包括人工观测和仪器采集的海量数据),水文要素数据 425.43 万个,土壤数据 1805.28 万个,气象数据 1800.10 万个,生物数据 1070.44 万个,碳通量观测数据 41.472 亿个,共计为 41.982 亿个,矢量栅格数据 120 GB。本报告所采用的数据包括:森林水文(树干液流量、林冠截留量、林下植被及土壤蒸发量、地表径流量等)数据 125.26 万个、森林土壤(氮、磷、钾、有机质含量,土壤侵蚀模数,土壤碳通量等)数据 504.28 万个、森林气象(林外降水量、林内降水量等)数据 543.39 万个、森林生物(多样性指数、生物量、林分净生产力等)以及植物生理生态、森林资源动态变化、养分循环、森林环境净化数据 436.73 万个。大量实测数据的采用,是以往森林生态系统评估工作中前所未有的。利用各森林生态站几十年来的研究成果进行中国森林生态系统服务功能的动态分析评估,是本著作的一大特点。评估中所采用的第五次(1994—1998 年)和第六次(1999—2003 年)全国森林资源清查数据细化到分省型和分林型两种模式。

本专著综合运用生态学、水土保持学、经济学等理论方法,对中国森林生态系统主要生态功能进行研究,选取适宜的评估指标构建评估指标体系,确定评估方法,定量地分析、评估了“九五”、“十五”两期全国森林生态系统涵养水源、保育土壤、固碳释氧、积累营养物质、净化大气环境 5 项主要生态服务功能的物质量,目的在于通过深入的思考和精确的计量,为社会提供一个有理有据的中国森林生态系统服务功能报告,推进现代化林业建设,推进科学技术进步。以便尽快将自然资源和环境因素纳入国民经济核算体系,实现绿色 GDP,促进生态效益补偿机制的建立,为我国林业可持续发展政策与生态环境建设发展及国家宏观决策提供量化科学依据。

本专著的编辑出版得到了森林生态系统定位研究网络(CFERN)所属台站依托单位、中国科学院等单位的大力协助,在此一并致谢。

由于森林生态系统服务功能研究为学科前沿,许多内容尚在研究发展阶段,难免有不妥之处,因此敬请各位专家和学者批评指正。

著 者

2009 年 2 月

目 录

序一

序二

序三

前言

第一章 生态系统服务研究进展	1
第一节 生态系统服务功能概念和内涵	1
第二节 生态系统服务功能研究进展	2
第三节 森林生态系统服务功能评估研究进展	8
主要参考文献	13
第二章 中国森林生态系统服务功能评估研究	16
第一节 研究背景和目的	16
第二节 森林生态系统服务功能评估方法研究	16
第三节 数据来源及测算方法	28
第四节 中国森林生态系统服务功能物质质量评估结果分析	32
主要参考文献	64
第三章 分省（自治区、直辖市）森林生态系统服务功能评估研究	66
第一节 北京市	66
第二节 天津市	67
第三节 河北省	68
第四节 山西省	69
第五节 内蒙古自治区	70
第六节 辽宁省	72
第七节 吉林省	73
第八节 黑龙江省	74
第九节 上海市	75
第十节 江苏省	76
第十一节 浙江省	78
第十二节 安徽省	79
第十三节 福建省	81
第十四节 江西省	82
第十五节 山东省	84
第十六节 河南省	85
第十七节 湖北省	86
第十八节 湖南省	87
第十九节 广东省	88
第二十节 广西壮族自治区	90
第二十一节 海南省	91
第二十二节 重庆市	92

第二十三节	四川省	92
第二十四节	贵州省	93
第二十五节	云南省	94
第二十六节	西藏自治区	96
第二十七节	陕西省	98
第二十八节	甘肃省	99
第二十九节	青海省	100
第三十节	宁夏回族自治区	101
第三十一节	新疆维吾尔自治区	102
	主要参考文献	104
第四章	南方雨雪冰冻灾害区森林受灾状况及生态服务功能损失评估研究	105
第一节	雨雪冰冻灾害及受损森林区域概况	105
第二节	雨雪冰冻灾害森林生态系统受灾状况及服务功能损失调查方法	106
第三节	雨雪冰冻灾害受灾状况分析	107
第四节	受损森林生态系统服务功能价值量评估	110
第五节	南方雨雪冰冻灾害危害的严重性及其建议	113
	主要参考文献	113
第五章	江西省森林生态系统服务功能评估研究	115
第一节	不同栽植代数杉木林服务功能研究	115
第二节	不同密度杉木林固碳释氧功能	118
第三节	马尾松人工幼林施肥后固土保肥功能	118
第四节	固碳释氧功能与杉木种源的关系	120
第五节	森林生态系统服务功能与杉木林林龄的关系研究	121
第六节	江西省森林生态系统服务及其价值的动态分析	124
	主要参考文献	139
第六章	河南省森林生态系统服务功能评估研究	141
第一节	河南省概况	141
第二节	森林资源概况	143
第三节	河南省森林生态系统服务功能动态评估	143
	主要参考文献	165
第七章	辽宁省森林生态系统服务功能评估研究	166
第一节	辽宁省概况	166
第二节	辽宁省森林生态系统服务功能评估	175
第三节	评估结论和建议	184
	主要参考文献	184
第八章	基于 Shannon-Wiener 指数的中国森林物种多样性保育价值评估方法研究	188
第一节	研究方法	188
第二节	Shannon-Wiener 指数与物种保护价值	189
第三节	Shannon-Wiener 指数法的优势和存在问题	194
	主要参考文献	194
第九章	中国森林生态系统碳汇研究	196
第一节	BEF、NPP、NEE 3 种森林生态系统碳汇测算方法研究	196
第二节	中国杉木林生态系统碳储量研究	200

第三节 中国竹林生态系统碳储量研究·····	205
主要参考文献·····	209
附件 1 ·····	212
附件 2 ·····	229
附件 3 ·····	237
后记·····	239

第一章 生态系统服务研究进展

生态系统服务功能是近几十年才发展起来的生态学研究领域，其研究进展主要体现在概念发展和评估研究两个方面。

第一节 生态系统服务功能概念和内涵

一、生态系统服务功能概念

生态系统服务功能的概念发展历程如下。

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。但是由于当时处于工业革命时期，他的研究没有得到重视。

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。生态系统概念为生态系统服务功能概念的提出奠定了科学基础。

20 世纪 40 年代，Aldo Leopold 就认真思考了生态系统向人类提供服务的问题，提出了“健康的土壤是被人类使用但其功能没有降低的土壤”的观点。

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。

1972 年，著名生态学家 P. Ehrlich 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，随后生态系统服务成为一个科学术语被人们所引用。

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，成为第一本系统论述自然为人类服务的著作。

1997 年，Daily 等在生态系统服务研究的标志性著作 *Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystems* 中对生态系统服务定义，认为生态系统服务是指“自然生态系统及其物种所提供的能满足和维持人类生活所需要的条件和过程”。

1997 年，Cairns 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。该定义认为只有对人类是有贡献的功能才属于生态系统服务，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。

2005 年出版的联合国千年生态系统评估编写组编写的《生态系统与人类福祉》（综合报告）认为：“生态系统服务是指人类从生态系统中所获得的收益。这些收益包括生态系统在提供食物、水、木材以及纤维等方面的供给服务；在调节气候、洪水、疾病、废弃物以及水质等方面的调节服务；在提供消遣娱乐、美学享受以及精神收益等方面的文化服务；在土壤形成、光合作用以及养分循环等方面的支持服务。”

可见，生态系统服务的内容广泛而丰富，它一般是指生命支持功能（如净化、循环、再生等），而往往不包括生态系统直接功能和产品。但随着经济发展和研究的深入，多数人主张把生态系统提供的商品和服务统称为生态系统服务。因此，生态系统服务概念为“生态系统与生态过程所形成的人类赖以生存的自然环境条件与效用”已被多数人接受。而生态系统服务功能与生态系统服务有着本质区别，生态系统服务功能为生态系统与生俱来的各种能力，与人类存在与否或是否受益没有任何关系。

生态系统服务是人类在生态系统收益的程度。生态系统服务来源于生态系统服务功能，通过功能

表现, 基于功能产生。生态系统服务功能是生态系统服务的基础和表现形式。有了服务功能才能有服务的可能。

二、生态系统服务功能的内涵

生态系统服务功能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, 生态系统服务功能只有一小部分能够进入市场被买卖, 大多数生态系统服务功能是公共品或准公共品, 无法进入市场。生态系统服务功能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。

目前, 生态系统服务功能包括多种指标, 可以概略地分为两大类: ①生态系统产品。例如, 为人类提供食物、原材料、药品等可以商品化的功能, 表现为直接价值; ②支撑与维持人类赖以生存的环境。例如, 气候调节、物质循环、水文稳定、净化环境、生物多样性维持、防灾减灾和社会文化等难以商品化的功能, 表现为间接价值。

生态系统服务功能是可以描述、测度和估价的, 根据 R. Costanza 等的总结, 从宏观生态学角度, 生态系统服务功能主要包括太阳能的固定与转化、有机质的生产与生态系统产品、生物多样性及进化过程的维持、调节气候、稳定水文及防灾减灾、保持和改良土壤、传粉与种子的扩散、控制有害生物、净化环境、调节物质循环、文化娱乐源泉、生物多样性保护等方面内容。

第二节 生态系统服务功能研究进展

生态系统服务功能研究进展主要体现在服务功能分类、评估方法和评估结果 3 个方面。

一、生态系统服务功能分类和评估方法

生态系统服务功能的变化会对人类社会产生重大影响, 为此人们越来越注重对其进行评估。虽然生态系统服务功能研究已有 20 多年的历史, 但迄今为止, 全世界还没有统一的生态系统服务功能评估指标体系, 评估范围也没有明确的定义, 各国使用的评估指标体系也不尽统一, 造成其结果不具有可比性。

(一) 生态系统服务功能的分类

生态系统服务功能具有多功能性, 不同学者对生态系统服务功能分类有不同的认识, 存在较大差异, 至今尚未有统一、公认的评估指标体系。

1997 年, R. Costanza 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。

2001 年, 美国学者道格拉斯 (D. J. Krieger) 博士认为美国森林生态系统服务功能可概括为 8 个方面: 气候调节、水处理、食物生产、旅游、原材料生产、土壤保持、生物控制和文化服务功能。

千年生态系统评估 (2005) 则把生态系统服务功能划分为供给、调节、文化和支持 4 大类 20 多个指标。其中供给服务包括供给食物、木材、纤维、遗传资源、生物化学物质、天然药材和药物、淡水等指标; 调节服务包括调节空气质量、调节气候、调节水源、控制水土流失、净化水源、废物处理、控制疾病、控制病虫害、授粉、控制自然灾害指标; 文化服务包括精神和宗教价值、审美价值、休闲和生态旅游等指标; 支持服务包括光合作用、养分循环、土壤形成、初级生产、水循环等指标。

(二) 生态系统服务功能评估方法

目前对生态系统服务功能计量的方法主要有两种: 一种是物质量评估, 另一种是价值量评估。

1. 物质量评估

物质量评估主要是从物质量的角度对生态系统提供的各项服务功能进行定量评估, 其特点是能够比较客观地反映生态系统的生态过程, 进而反映生态系统的可持续性。运用物质量评估方法对区域生态系统服务功能进行评估, 其评估结果比较直观, 且仅与生态系统自身健康状况和提供服务功能的能力

力有关,不会受市场价格不统一和波动的影响。物质量评估特别适合于同一生态系统不同时段提供服务功能能力的比较研究,以及不同生态系统所提供的同一项服务功能能力的比较研究,是区域生态系统健康评估和服务功能评估研究的重要手段。

生态系统服务功能机制是物质量评估的理论基础,其研究程度决定了物质量评估的可行性和结果的准确性。物质量评估采用的手段和方法主要包括长期定位观测研究、地理信息系统(GIS)、遥感(RS)、调查等,其中长期定位观测研究是主要的服务功能机制研究手段和数据参数获取手段,RS和调查则是次要的数据来源,GIS为物质量评估技术平台。物质量评估研究往往需要耗费大量的人力、物力和资金支持。

物质量评估能够比较客观地评估不同的生态系统所提供的同一项服务能力的大小,不会随生态系统所提供服务的稀缺性增加而改变,物质量评估是价值量评估的基础。但单纯利用物质量评估方法也有局限性,主要表现在其结果不直观,不能引起足够的关注,并且由于各单项服务功能量纲的不同而无法进行合计,无法评估某一生态系统的综合服务功能,得出的结果不能引起人们对区域生态系统服务功能足够的重视。

2. 价值量评估

价值量评估是指从货币价值量的角度对生态系统提供的服务功能进行定量评估。由于价值量评估结果都是货币值,因此既能将不同生态系统同一项生态系统服务功能进行比较,也能将某一生态系统的各单项服务功能综合起来。许多学者对价值评估方法进行了探索性研究,但是由于生态系统服务功能的特殊性和复杂性,其价值量评估至今还存在着许多问题需要进一步深入研究。

运用价值量评估方法的评估研究能为环境核算提供方法和理论依据,但是价值量评估方法也有其局限性,主要是由于价值量反映的绝大多数是人类对生态系统服务的支付意愿,评估结果往往存在着主观性与随机性。

3. 物质量与价值量评估方法的对比分析

采用物质量和价值量两种不同的评估方法对同一生态系统进行服务功能评估,会得出不同甚至相反的结论;对于不同的评估目的和不同的评估空间尺度,这两类方法有较大的区别。物质量评估能够比较客观地反映生态系统服务功能的机制,进而反映生态系统服务功能的可持续性,而价值量评估更多地反映生态系统服务功能的总体稀缺性,它们之间是互相促进和补充的关系。

判断物质量和价值量评估这两种方法的优劣,在某种程度上取决于对生态系统服务功能评估的目的。若评估的目的是分析生态系统服务功能的可持续性,物质量评估方法比价值量评估方法更合适或更有优势。这是因为生态系统服务功能可持续性从根本上取决于生态系统的生态过程,而生态系统的生态过程则取决于生态系统服务功能质量的动态水平,所以物质量评估能够比较客观地反映生态系统的生态过程,进而反映生态系统服务功能的可持续性。而价值量评估更多的是反映生态系统服务功能的总体稀缺性,它在反映生态系统服务功能可持续性方面的作用相对比较弱。

如果对生态系统服务功能评估的目的是为某些工程项目立项的决策提供依据,价值量评估比物质量评估方法更有优势。因为工程项目立项过程在很大程度上是对各种成本和效益进行量化并加以综合比较和权衡的过程,价值量评估方法在这一方面要比物质量评估方法有明显的优势。

另外,判断物质量和价值量评估方法合适与否,在一定程度上取决于被评估生态系统的空间尺度。一般来说,价值量评估方法所得到的生态系统服务总体价值是为交换提供依据的,而物质量评估方法反映的主要是生态系统的结构与功能及生态过程。空间尺度比较小的生态系统可用于某种目的的交换,而空间尺度较大的区域生态系统或关键的生态系统对于任何目的都是不能进行交换的。所以,就空间尺度较大生态系统服务功能评估而言,物质量比价值量评估方法更有意义。当然,价值量评估方法可以从另一个侧面向人们展示生态系统服务功能的价值,以引起人们对生态系统服务功能的高度重视。

4. 生态系统服务功能价值量的主要评估方法

目前主要的评估方法可分为3类。第一类是直接市场法,包括费用支出法、市场价值法、边际机会成本法、恢复和保护费用法、影子工程法、人力资本法等;第二类是替代市场法,包括旅行费用法