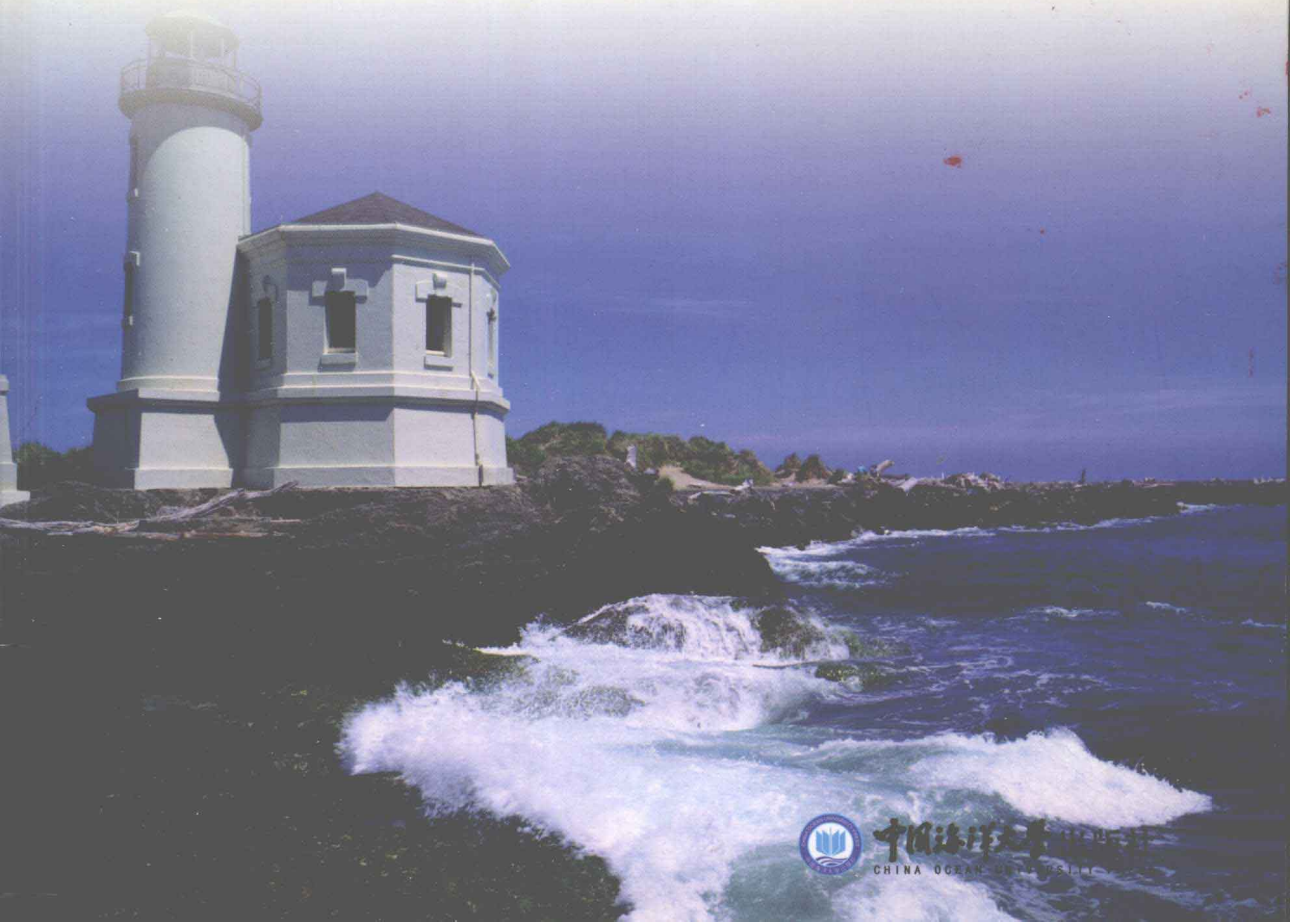


马安青 夏 涛 著
李福建 焦俊超

海洋生态系统服务与价值 评估信息系统建设研究

Construction of Evaluation Information System on
Comprehensive Service Benefits of the Marine Ecosystem

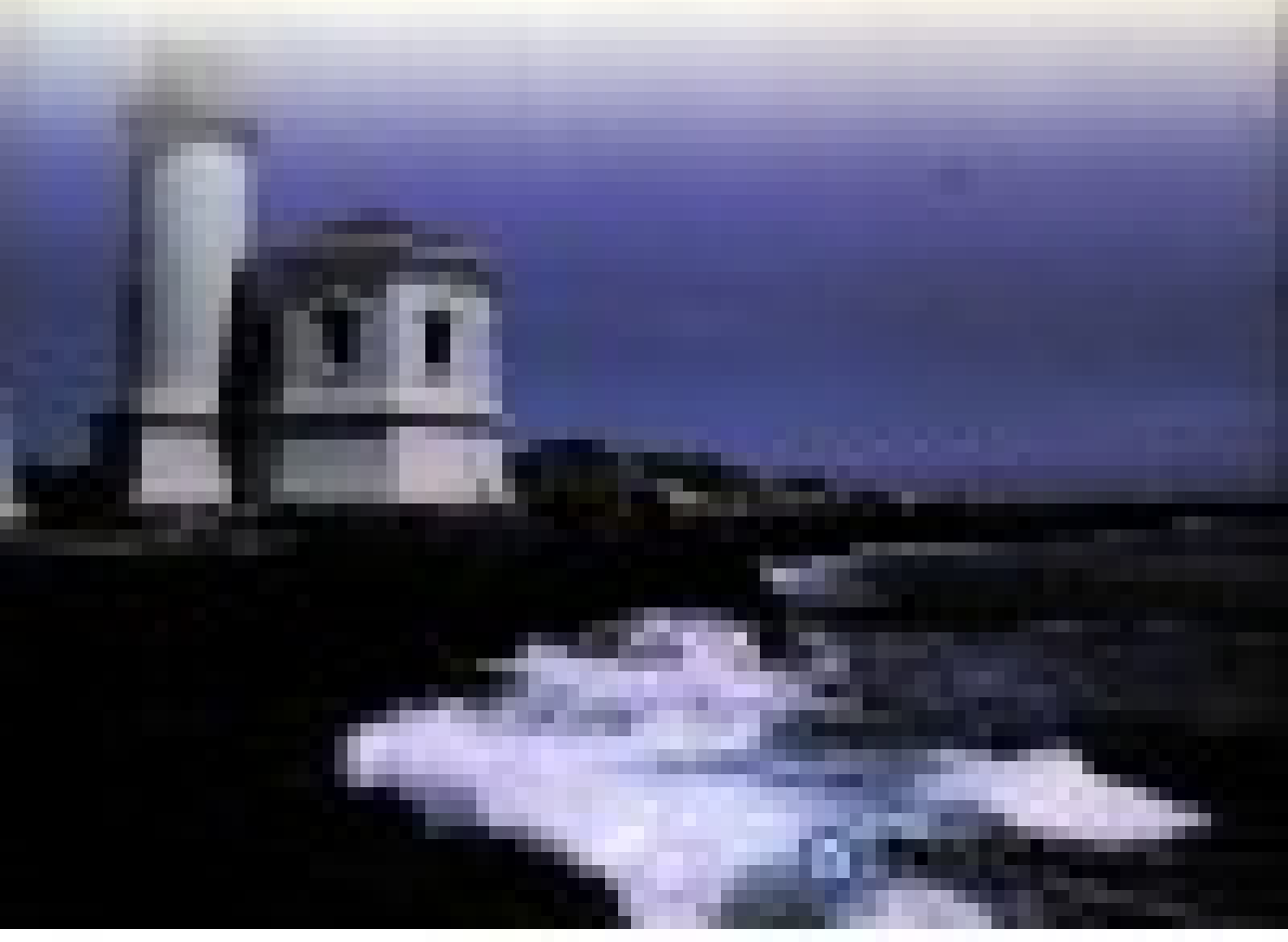


中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

中国环境科学出版社
CHINA ENVIRONMENTAL SCIENCE PRESS

海洋生态系统服务与价值 评估信息系统建设研究

Construction of Evaluation Information System
for Quantifying Services Benefits of the Marine Ecosystem



海洋生态系统服务与价值 评估信息系统建设研究

马安青 夏 涛 李福建 焦俊超 著

中国海洋大学出版社

• 青 岛 •

图书在版编目(CIP)数据

海洋生态系统服务与价值评估信息系统建设研究/马
安青等著. —青岛:中国海洋大学出版社, 2010. 1
ISBN 978-7-81125-387-0

I. 海… II. 马… III. 海洋—生态系统—研究 IV.
Q178.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 014769 号

出版发行 中国海洋大学出版社
社 址 青岛市香港东路 23 号
网 址 <http://www.ouc-press.com>
电子信箱 WJG60@126.com
订购电话 0532—82032573(传真)
责任编辑 魏建功
印 制 日照报业印刷有限公司
版 次 2010 年 3 月第 1 版
印 次 2010 年 3 月第 1 次印刷
成品尺寸 170 mm×230 mm
印 张 9.5
字 数 115 千字
定 价 28.00 元

邮政编码 266071

电 话 0532—85902121

前 言

海洋对于人类社会的重要性正随着社会生产力的提高而日益显现出来。21 世纪是一个海洋的世纪,海洋对我们这样一个传统上的内陆民族未来的发展将产生难以替代的巨大作用。在人类面临的浩瀚海洋中,尤其是紧邻陆地的海岸带地区对人类生产、生活以及未来的发展有着其他海域难以企及的作用,是重要的海洋研究对象。长期以来,对近海及海岸带的研究主要关注它与人类生产生活活动,尤其是经济活动的关系。对近海与海岸带生态环境与人类活动的关系研究则进行的相对薄弱。近 20 年来,虽然在全球范围内加大了这方面的研究,但也主要集中在海域生态环境质量调查监测以及评价方面。对近海与海岸带生态系统对人类发挥的功能与效益的研究,到目前为止尚进行的不多,有极大的空间尚待深入挖掘。

地理信息系统自 20 世纪 60 年代诞生以来,迅速地在社会各部门、各企业得到了广泛的应用,可以说地理信息系统的推广应用也是 21 世纪“信息化”世纪的标志性代表之一。目前,地理信息系统在海洋海域管理、海洋调查以及海洋生态环境质量评价中都得到了广泛的应用,已经成为海洋生态与环境科学研究一个不可缺少的工具。

本书在研制“海洋生态系统服务与价值评估信息系统”的工作基础上编撰而成,全书重点介绍了海洋生态系统服务功能与价值评估信息系统的功能、结构以及实现过程。因此可推荐给从事海洋生态与环境研究与管理方面人员,以及从事海洋地理信息系统开发与研究工作作为参考书使用。

本书得到了山东省人事厅 2006 年博士后创新专项资金和国家科技重大专项——辽河流域水体污染综合治理技术集成与工程示范项目资助。

由于时间仓促、作者水平有限,书中难免有一些错误与疏漏之处,希望广大同行与读者提出宝贵意见与建议。

作者

2009 年 12 月于青岛

目 次

第一章 生态系统服务功能与价值评估	(1)
1 生态系统服务功能概念	(1)
2 生态系统服务的研究进展	(5)
3 生态系统服务的结构组成	(8)
4 生态系统服务评估方法	(11)
5 研究现状评价	(18)
第二章 海洋生态系统服务功能评估	(27)
1 海洋生态系统服务的概念提出	(27)
2 海洋生态系统服务的结构组成	(28)
3 国内外海洋生态系统服务的研究进展	(30)
4 对目前进展的评价	(37)
第三章 地理信息系统在海洋生态系统服务研究中应用与 系统建设的意义	(44)
1 GIS 在生态学中的应用	(44)
2 建设我国海洋生态系统服务功能评价信息查询系统的 意义	(49)
3 我国近海生态系统服务与价值评估系统建设的需求 分析	(51)
第四章 信息系统开发理论与技术	(59)
1 组件技术与组件式 GIS	(59)
2 常用组件式 GIS 软件性能比较	(62)

3	ArcEngine 组件技术	(64)
第五章	系统设计目标和总体设计	(69)
1	系统设计方法确定	(69)
2	系统设计目标	(71)
3	系统总体设计	(72)
4	系统软/硬件配置	(77)
5	系统开发方式	(78)
第六章	系统数据库建设	(83)
1	系统数据源特点	(83)
2	数据源选取与预处理	(85)
3	属性数据库构建	(88)
第七章	系统功能的实现	(103)
1	基本信息系统功能的实现	(103)
2	专题制图功能的实现	(119)
3	我国海洋生态系统服务功能与价值评估计算系统 研究	(134)
第八章	结论与展望	(142)
1	成果	(142)
2	特色与创新	(143)
3	尚需改进部分	(144)
4	展望	(144)

第一章 生态系统服务功能与价值评估

1 生态系统服务功能概念

1.1 概念提出的背景

环境污染和生态破坏是当今人类面临的重大问题。产生这两大类环境问题的根源,很大程度上在于人类对自然生态系统的功能、地位及其对人类发展所提供的服务等问题认识的不足,在传统经济学中,生态系统服务所产生的价值,只有极少部分得到了体现。生态系统服务及自然资源对于人类生存的价值是巨大的,是人类生存与现代文明的基础。长期以来,由于人类对这种服务功能的忽视,不合理的经济活动对生态系统造成了破坏,进而对生态系统的结构与服务功能产生明显的危害,直接危及人类社会、经济与生存环境的协调持续发展。

生态系统除了给人类提供实物型生态产品外,还以其巨大的生物多样性向人类提供着更多类型的非实物型的生态服务。与传统经济学意义的服务不同,生态系统服务只有一小部分能够进入市场买卖,大多数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就是自然资本。1948年,William Vogt首先创立了“自然资本”这个概念,他在讨论国家债务时指出:“我们耗竭自然资源(尤其是土壤)资本,就会降低我们偿还债务的能力。”20世纪70年代以来,随着世界范围的资源环境问题,以自然资源为核心的生态资

产引起了世界各国的普遍关注,大量研究是针对资源环境进行核算,力图将其纳入国民经济核算体系^[4]。与此同时,出现了生态系统服务这个概念。20世纪90年代,经济学家巴博(Barbure,1993)将经济学概念引入自然价值中^[5]。英国环境经济学家D·W·皮尔斯^[6]认为,可以用货币度量一个国家或地区的总资本存量,以此为依据判断其发展是否具有可持续性。他认为强可持续性意味着除了总资本存量不减少外,还应满足一个限制条件,即生命保障系统依赖的自然资本也一定不能减少。1995年,世界银行提出了真实储蓄的一套估算方法,即考虑了自然资源的枯竭和环境污染损害之后的一个国家的真实储蓄率^[7]。从地域生态系统价值体系出发,探讨城市自然、经济、社会综合资本测算的理论和方法。通过综合资本的测算,认识 and 了解自然生态系统为人类社会经济提供服务的价值量,以及人类为维护自然生态系统平衡所需的资本投入量。Costanza和Daily^[8]全面定量了生态系统和自然资本直接或间接为人类的福利作出的贡献,并且计算了整个生物圈目前所提供的生态系统服务价值,他们的研究标志着真正的生态系统服务和价值评估研究的确立。

人类社会的可持续发展从根本上取决于生态系统及其服务的可持续性,人类的可持续发展必须建立在保护地球生命保障系统、维护生物圈的可持续性和维持生态系统服务功能的可持续性的基础上^[9]。维持与保护生态系统服务功能是实现可持续发展的基础。研究生态系统服务的经济价值,并将其纳入国民经济核算体系,才能促进自然资本开发的合理决策,避免损害生态系统服务的短期经济行为,有利于生态系统的保护并最终有利于人类自身的可持续发展。对生态系统服务功能及其价值进行有效的评估,有利于人们提高对生态系统服务功能重要性的认识,并促使人们采取有效的生态保护措施。因此,生态系统服务功能及其价值评估研究对于生态系统的保育、退化生态系统的恢复和生态资产的增

值具有重要的作用和意义,并且具有重要的科学价值。随着人类对生态系统服务功能不可替代性的进一步认识,对这一领域的研究愈来愈受到重视。2001年,联合国正式启动的一项国际性大型研究计划——千年生态系统评估(Millennium Ecosystem Assessment, MA)计划中,将生态系统服务功能及其评价作为主要研究任务之一。所以,生态系统服务功能及其价值评估在生态系统管理与可持续发展生态科学研究中处于非常重要的地位^[2,3]。

1.2 生态系统服务的概念和内涵

1981年, Ehrlich^[10]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“生态系统服务”一词,并很快为其他生态学家所引用。1992年, Gordon Irene^[11]在 *Nature Function* 一书中第一次系统论述了不同生态系统对人类生产生活带来的影响。SCEP(Study of Critical Environmental Problems, 1970)在《人类对全球环境的影响报告》中首次提出了“服务功能”一词^[12], Holdren 与 Ehrlich(1974)将其拓展为“全球环境服务功能”^[13]。随后, Ehrlich(1977)又提出“全球生态公共服务功能”^[14]; Westman(1977)将此称为“自然服务功能”^[15]; 1981年, Ehrlich 将其确定为“生态系统服务功能”^[16],从此这一术语逐渐为人们所认识和普遍使用。

1.2.1 生态系统服务功能的定义与内涵

具有代表性的生态系统服务功能的定义有:

(1) Cairns(1997)从生态系统的特征出发,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”。这一定义指出了生态系统服务功能对地球生命系统的维持起到关键作用,其体现方式是产品和功能^[16]。

(2) Daily 等在 1997 年将生态系统服务功能定义为“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”^[16],随后在

1999 年修改为“生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用”^[17]。这两个定义强调自然生态系统服务功能对人类生存环境的支持,自然生态系统是发挥服务功能的主体,自然生态系统通过状况和过程发挥服务功能。

(3)董全(1999)将生态系统服务功能定义为“自然生物过程产生和维持的环境资源方面的条件和服务”,它包含了生态系统服务功能对人类生存的支持,并指出这是自然过程产生和维持的,通过环境资源的条件和服务对人类社会起作用^[18]。

上述定义尽管表述有所不同,但基本说明生态系统服务功能主要包括生态系统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。因此,生态系统服务功能具有公益性和开放性。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,所以评价其价值显得尤为困难,然而却是十分必要的。生态系统的功能分为有形的物质性产品和无形调节气候及气体组成、水分供给与调节、营养物质的循环与贮存、土壤的形成与保护、净化环境、传粉播种、防灾减灾和社会文化源泉等多项生态服务功能,这些服务功能不仅为人类提供了食品、医药及其他生产生活原料,更重要的是维持了人类赖以生存的生命支持系统。

1.2.2 生态系统功能与生态系统服务的关系

生态系统功能与生态系统服务有着密切的关系,生态系统服务的概念有狭义与广义之分。狭义的生态系统服务是指生命支持功能,而不包括生态系统功能和生态系统所提供的产品;广义的生态系统服务还包括生态系统所提供的产品,以生态系统功能为基础的,由自然系统的生境、物种、生物学特征和生态过程所产生的物质及其所维持的良好生活环境对人类的服务性能。Holdren 和

Ehrlich(1974)^[19]首次提出生态系统服务这个概念就引起了生态世界的重视,Westman(1977)^[20]、Ehrlich(1983)、Claims(1997)、Constantan 等(1997)先后进行了论述。生态系统的功能、产品和服务是紧密相关的,生态系统功能是构成各种产品和服务的基础,生态系统服务是生态系统功能的表现,二者存在非一一对应关系,一种生态系统服务可以是两种或多种生态系统功能共同产生,而一种生态系统功能也可以提供两种或多种服务,因此 Costanza 等(1997)^[8]把生态系统提供产品和服务统称为生态系统服务。

生态系统服务功能价值是指人类从生态系统功能中直接或间接获得的利益的货币价值化^[8,19];自 Holder(1974)提出生态系统服务的概念以来,定量评价生态系统服务功能的经济价值成为生态学与经济学研究的前沿课题。1977 年 Westman^[20]提出了“Nature's Services”这一概念及其价值评估问题,但因缺乏相应的价值评估理论与方法,进展缓慢。1979 年, Cook 提出自然资源价值的概念,随后又有人提出生态价值、生物多样性价值等自然与经济相结合的概念。特别是 Costanza 与 Daily 的研究,标志着生态系统服务价值评估研究进入了真正的高潮。由于生态系统功能和服务的多面性,生态系统服务具有多价值性。如何准确界定生态系统某服务功能量与价值量,成为目前生态经济研究的热点与难点之一。近十几年来, Pearce(1995)^[21]、McNeely(1990)^[22]、Turner(1991)^[23]等的研究,基本奠定了生态系统服务价值分类理论研究基础。其分类体系被联合国环境规划署、经济合作与发展组织在生物多样性价值划分与环境资产经济价值分类中所采纳。

2 生态系统服务的研究进展

自 1974 年 Holdren 和 Ehrlich 提出生态系统服务功能的概念以来,生态系统服务功能已发展成为生态学、生态经济学研究的一个重要分支。1997 年 Daily 主编的 *Nature's Service: Societal*

Dependence on Natural Ecosystems 的出版及 Costanza 等人在 *Nature* 上发表的 *The Value of the World's Ecosystem and Natural Capital*, 标志着生态系统服务的价值评估研究成为生态学和生态经济学研究的热点和前沿。*Ecological Economics* 则分别在 1998 年(第 25 卷第 1 期)、1999 年(第 29 卷第 2 期)以论坛或专题形式出版了生态系统服务功能及其价值评估研究的专刊, 包括对生态系统服务概念的分析及其价值评估的理论探讨^[25,26]、研究生态区域与生态足迹分析的结合以反映人类对生态系统的依赖^[24]、生态旅游对生态系统的影响研究^[25], 以及对珊瑚礁^[26]、红树林^[27]、农业^[28] 与城市^[29] 生态系统、鱼类种群^[30] 等服务功能价值的分析与评估。

2.1 国际上对生态系统服务的研究

2.1.1 生态系统服务分类

生态系统服务分类主要包括: ①功能分类, 如调节、承载、栖息、生产和信息服务^[31]; ②组织分类, 如与某些物种相关的服务或者与生物实体的组织相关的服务^[32]; ③描述分类, 如可更新资源物品、不可更新资源物品、生物服务、生物球化学服务、信息服务以及社会和文化服务(Moberg & Folke, 1999)。其中功能分类是目前主要的分类方法, 也更加便于生态系统服务评价工作的开展。Daily(1999)提出的生态系统服务分类是目前较有代表性的分类。Costanza 等(1997)也从功能的角度提出了生态系统服务分类。目前一个较有影响的从功能角度提出的生态系统服务分类是由 MA 提出, 将生态系统服务分为供给、调节、文化和支持服务(WG-MEA, 2003)。该生态系统服务分类更为直观, 同时该分类体系中不同类别的生态系统服务存在重叠现象。如 O_2 的产生既是调节功能, 又被归为支持服务。

2.1.2 生态系统服务的形成及其变化机制

生态系统是生态服务与功能形成和维持的物质基础。在生态

系统服务形成和维持过程中,生物多样性通过它在管理生态系统属性和过程中所起的作用与生态系统服务产生密切联系。Tilman 等发现生态系统多样性及其组成对生态系统过程的影响比物种多样性更显著。Loreau 等认为某些最少数量的物种在稳定条件下对生态系统功能非常必要。Luck 等提出了服务供给单元,是指在一定时间或空间尺度内提供或未来会提供的已经认识到的服务的单元,它的提出为生态系统服务形成和变化机制及其受损生态系统的恢复研究提供了一个全新的观点和方法。

2.1.3 生态系统服务价值化

由于生态系统功能和服务的多面性,生态系统服务具有多价值性。近十几年来,Pearce(1995)、McNeely(1990)、Turner(1991)等的研究,奠定了生态系统服务价值分类理论研究的基础。

2.1.4 生态系统服务价值评价方法

目前主要采用经济学评价方法,即能值评价法和效益转换法。其中生态系统服务的经济学评价方法根据价值评价技术的市场基础不同分为 3 类,即市场基础评估技术、代理市场评估技术以及模拟市场评估技术(Ghee,2004)^[34]。关于具体评估方法,详见本章第 4 节内容。

总之,目前国外有关生态系统服务及其价值评估的研究已经广泛开展。Daily^[35]等主要从生态学基础的角度探讨生态系统服务及其价值;Costanza 等则更多地从经济学的角度研究生态系统服务的经济价值,并探讨评价的方法与技术;Turner 注重生态系统服务经济价值评估的技术与方法的研究;Naeem^[36]则更关注生态系统服务变化的机制,特别是生物多样性与生态系统服务变化之间的相互作用。千年生态系统评估(MA)^[37]更加全面地关注生态系统服务概念、与人类福利之间关系、变化的驱动因子、评价的尺度、评价技术与方法、评价过程中的分析方法以及评价结果与最终的

政策制定,并在全世界范围内广泛开展了案例研究。

2.2 国内研究进展

国内真正对生态系统服务的研究始于 20 世纪 90 年代,欧阳志云和王如松(1999)^[10]、辛琨和肖笃宁(2000)^[38]、谢高地等(2001)^[39]多位学者详细介绍了生态系统服务的定义、内涵和价值评估方法,并系统分析了生态系统服务的研究进展与发展趋势,探讨了生态系统服务及其与可持续发展研究的关系。张志强等(2002)^[40]继续探讨了生态系统服务核算方法,并详细介绍了条件价值法(Contingent value method)的理论基础和应用。赵景柱等(2000)^[41]则对生态系统服务的物质量和价值量评价方法进行比较。谢高地等(2001)^[39]指出全球生态系统服务价值评估的代表是基于全球静态总平衡输入输出模型的评估和基于全球静态部分平衡模型的评估。李双成等(2001,2002)^[42,43]对生态系统服务价值评估的理论问题进行了进一步探讨,指出整个生态系统的功能和价值大于生态系统中个体功能和价值之和,提出了在生态系统服务价值评估过程中的自上而下、自下而上两种工作范式及其整合的模式,还对环境与生态系统生态服务空间流转和其价值异地实现的特性进行了研究。

配合理论研究,众学者分别从区域、特定生态系统或特种服务价值的角度,进行了细致的案例研究,这为进一步探讨生态系统服务形成和变化机理提供了重要的基础资料。

3 生态系统服务的结构组成

一般认为,生态系统服务功能主要包括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等。

3.1 生态系统服务功能的基本构成

Robert Costanza 等人在 1997 年“全球生态系统服务功能价值

和自然资本”中,将全球生态系统类型划分为海洋、森林、草原、湿地、水面、荒漠、农田、城市等 16 类 26 小类;将生态系统服务功能划分为气候调节、水调控、水土流失控制、物质循环、污染净化、娱乐等 17 种功能,见表 1-1。

表 1-1 生态系统主要服务功能

序号	生态系统效益	生态系统功能	举例
1	气体调节	调节大气化学组成	CO ₂ 与 O ₂ 平衡、防护 UV-B 和 SO _x 水平
2	气候调节	对气温、降水的调节以及对其他气候过程的生物调节作用	温室气体调节以及影响云形成的 DMS(硫化二甲酯)生成
3	干扰调节	对环境波动的生态系统容纳、延迟和整合能力	防止风暴、控制洪水、干旱恢复及其他由植被结构控制的生境对环境变化的反应能力
4	养分循环	养分的获取、形成内部循环和存储	固氮和 N、P 等元素的养分循环
5	废弃物处理	流失养分的恢复和过剩养分有毒物质的转移与分解	废弃物处理、污染控制和毒物降解
6	生物控制	对种群的营养级动态调节	关键捕食者对猎物种类的控制、顶级捕食者对低营养级动物的消减
7	庇护	为定居和临时种群提供栖息地	迁徙种的繁育和栖息地、本地种区域栖息地或越冬场所
8	食物生产	总初级生产力中可提取的食物	渔业产品
9	原材料	总初级生产力中可提取的原材料	燃料和饲料生产