

典型人类活动对 海洋生态系统服务影响评估 与生态补偿研究

郑 伟 王宗灵 石洪华 等 著

DIANXING RENLEI HUODONG DUI HAIYANG
SHENGTAI XITONG FUWU YINGXIANG PINGGU YU
SHENGTAI BUCHANG YANJIU



海洋出版社

典型人类活动对海洋生态系统服务 影响评估与生态补偿研究

郑 伟 王宗灵 石洪华 等 著

海洋出版社

2011 年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

典型人类活动对海洋生态系统服务影响评估与生态补偿研究/郑伟等著.
—北京: 海洋出版社, 2011. 9
ISBN 978 - 7 - 5027 - 8102 - 6

I. ①典… II. ①郑… III. ①人类活动影响 - 海洋 - 生态系统 - 研究
IV. ①Q178. 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 182915 号

责任编辑: 钱晓彬

责任印制: 刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 9.75

字数: 210 千字 定价: 58.00 元

发行部: 62132549 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

前言

生态系统服务及其价值评估是将人类对自然与生态系统的规律性认识成果应用于管理决策的桥梁。生态补偿是以维护健康的海洋生态环境,保护和可持续利用海洋生态系统服务为目的,以经济手段为主调节相关者利益关系的制度安排。开展典型人类活动海洋生态系统服务的影响评估与生态补偿研究,可为基于生态系统的海洋管理决策提供科学依据。

在全球变化和人类活动的双重干扰下,近海生态系统面临着退化趋势。联合国《千年生态系统评估报告》指出,全球约 60% 的生态系统服务功能已处于退化或不可持续利用状态。北美、欧洲和大洋洲的 12 个河口和沿海生态系统都出现同样的退化趋势:先缓慢,在最近 150 ~ 300 年间加速。过度开发和栖息地消失是加速退化的主要原因。

我国近海生态系统的状况也不容乐观。近年来随着我国沿海地区经济快速发展,城市化进程不断加快,人们对海洋生态系统服务的需求日趋增加。同时,对海洋生态系统的破坏也在增强,部分地区生态系统服务呈现下降趋势。最近 10 年的《中国海洋环境质量公报》表明,我国大部分海湾、河口和滨海湿地都处于亚健康状态。科学评估海洋生态系统服务及其价值,研究典型人类活动对海洋生态系统服务的影响,对于合理开发和保护海洋,促进海洋生态系统的可持续发展具有重要的战略意义。

本书首先界定了海洋生态系统服务的内涵,根据服务效用的表现形式构建了海洋生态系统服务分类体系,并研究了海洋生态系统各类服务的形成机制。其次从生态经济学角度,探讨了海洋生态系统的资产属性、生态系统服务与人类福利之间的关系,介绍了生态系统服务价值的经济学计量方法,并结合海洋生态系统各类服务的特点,建立了相应的价值评估模型。在此基础上分别以桑沟湾为例研究了养殖活动对海洋生态系统服务的影响,以庙岛群岛为例研究了保护模式下海洋生态系统服务的状况,以胶州湾为例研究了围填海造成的海洋生态系统服务价值损失。此外本研究初步探讨了海洋生态补偿的内涵、补偿原则、补偿类型、补偿标准和补偿方式,并以围填海为例探讨了海洋生态补偿的

评估步骤和评估方法等基础技术框架。

本研究是在国家海洋局第一海洋研究所丁德文院士及其领导的海岸带系统科学与工程研究团队的支持和帮助下开展的。中国海洋大学高会旺教授为本研究给予了热情鼓励 and 无私帮助。朱明远研究员、李瑞香研究员、张学雷研究员、陈尚研究员、张朝晖副研究员、王波副研究员、蒲新明副研究员、徐宗军博士、李艳博士等国家海洋局第一海洋研究所生态室的老师和研究生对本研究给予了长期的支持和协助，他们在海洋生态领域开展的许多研究作为本研究提供了重要基础。

国家海洋环境监测中心温泉教授、国家海洋局北海分局杨建强处长、中国海洋大学李凤歧教授、国家海洋局第三海洋研究所陈彬研究员、国家海洋局东海环境监测中心叶属峰博士等也对本研究提供了大力支持。

本研究为“海岸带系统科学与人海关系调控”研究成果之一，得到了海洋公益性行业科研专项经费项目（No. 200705029，No. 201005080，No. 201005009）、“973”前期专项（No. 2002CCA04900）和青岛市海洋与渔业局项目“胶州湾生物资源量调查与养殖容量评估”（No. QFCG-QD-200538）等课题的资助。本书参考了大量国内外同行的研究工作，研究资料的收集得到了荣成市海洋与渔业局、长岛县海洋与渔业局等单位的配合和支持。在此一并表示感谢。

海洋生态系统服务价值评估与生态补偿研究是一个多学科交叉、新兴的研究领域。研究方法尚不够完善，本研究工作肯定会存在许多不足之处，敬请各位专家批评指正！

作者

目 次

1 绪 论	1
1.1 国内外研究现状	4
1.1.1 生态系统服务及其价值评估的理论基础研究进展	4
1.1.2 生态系统服务及其价值评估的应用研究进展	9
1.1.3 海洋生态系统服务及其价值评估的应用研究进展	11
1.2 生态系统服务及其价值评估存在的问题	13
1.2.1 生态系统服务的复杂性导致评估存在很多困难	13
1.2.2 生态系统服务评估的理论、指标体系、评价方法尚不统一	14
1.2.3 评价结论对生态系统管理的理论支持较弱	15
1.3 海洋生态系统服务及价值评估存在的问题与发展趋势	16
1.3.1 海洋生态系统服务及价值评估的困难	16
1.3.2 海洋生态系统服务及价值评估存在的问题	17
1.3.3 海洋生态系统服务及价值评估研究发展趋势探讨	18
1.4 研究思路与框架	20
1.5 研究意义	22
1.5.1 进一步发展海洋生态系统服务的评估技术	22
1.5.2 建立基于生态系统服务价值的近海开发模式优化技术	22
1.5.3 海洋生态系统服务价值评估为海洋综合管理提供 理论支撑	22
1.5.4 研究成果对研究区和同类海区的开发策略选择具有 参考价值	23
2 海洋生态系统服务的识别与形成机制研究	24
2.1 海洋生态系统服务的内涵	24
2.2 海洋生态系统服务分类体系的构建	25
2.2.1 供给服务	29
2.2.2 调节服务	29
2.2.3 文化服务	30
2.2.4 支持服务	30

2.3	海洋生态系统服务形成机制研究	31
2.3.1	海洋生态系统的结构	31
2.3.2	海洋生态系统服务的形成机制	32
2.4	海洋生态系统服务与可持续发展	35
2.4.1	海洋生态系统服务是区域可持续发展的重要支撑	35
2.4.2	海洋生态系统健康状况面临着严峻挑战	36
2.4.3	区域可持续发展战略是海洋生态系统服务持续供给的重要保障	38
3	海洋生态系统服务价值评估理论依据与方法研究	39
3.1	海洋生态资产属性及其特征	39
3.1.1	海洋生态资产属性分析	39
3.1.2	海洋生态资产的特征	41
3.2	生态系统服务与人类福利	43
3.3	海洋生态系统服务价值的经济学评估方法	46
3.3.1	海洋生态系统服务价值的分类	46
3.3.2	生态系统服务价值的经济学评估方法	47
3.4	海洋生态系统服务价值的计算方法	53
3.4.1	食品生产	54
3.4.2	原料生产	54
3.4.3	基因资源	54
3.4.4	氧气生产	54
3.4.5	气候调节	55
3.4.6	水质净化	55
3.4.7	生物控制	55
3.4.8	干扰调节	55
3.4.9	旅游娱乐	55
3.4.10	文化用途	55
3.4.11	知识扩展服务	56
4	海洋生态补偿理论及其应用技术框架研究	57
4.1	国内外研究概况	57
4.1.1	生态补偿的国外研究进展	57
4.1.2	生态补偿的国内研究进展	58
4.1.3	海洋生态补偿研究与实践现状	60
4.2	海洋生态补偿理论基础	61

4.2.1	海洋生态补偿的内涵	61
4.2.2	理论基础	63
4.3	海洋生态补偿技术体系	65
4.3.1	海洋生态补偿的原则	65
4.3.2	海洋生态补偿的类型	65
4.3.3	海洋生态补偿的标准	66
4.3.4	海洋生态补偿的方式	66
4.4	海洋生态补偿的应用技术框架研究	66
4.4.1	资料收集与分析	66
4.4.2	海湾生态系统服务的空间分布和时间演变特征分析	67
4.4.3	围填海造成海湾生态系统服务价值损失评估	68
4.4.4	围填海生态补偿标准的估算	68
5	养殖活动对海湾生态系统服务的影响评估——以桑沟湾 为例	70
5.1	桑沟湾生态环境评价	70
5.1.1	研究区概况	70
5.1.2	数据与资料来源	71
5.1.3	调查结果与分析	72
5.1.4	富营养化评价	83
5.2	受养殖活动影响的桑沟湾生态系统服务价值评估	84
5.2.1	数据来源	84
5.2.2	甄选受养殖活动影响的生态系统服务	84
5.2.3	受养殖活动影响的生态系统服务价值计算	85
5.2.4	计算结果与讨论	91
5.3	基于生态系统服务价值的成本效益分析	92
5.3.1	基于生态系统服务价值的成本效益分析(CBA)模型	92
5.3.2	基于生态系统服务价值的桑沟湾养殖模式成本效益分析	94
5.3.3	讨论	96
5.4	本章小结	96
6	围填海造成海湾生态系统服务价值损失评估——以胶州湾 为例	97
6.1	胶州湾生态环境现状评价	97
6.1.1	研究区概况	97
6.1.2	数据与资料来源	98

6.1.3	调查结果与分析	98
6.2	胶州湾生态系统服务价值评估	103
6.2.1	主要生态系统服务的甄别	103
6.2.2	主要生态系统服务价值的计算	103
6.2.3	计算结果	107
6.3	围填海对胶州湾生态系统服务的损害价值评估	108
6.3.1	围填海对生态系统服务损害价值计量模型	108
6.3.2	2003—2006 年围填海对胶州湾生态系统服务价值的损害 计量	109
6.3.3	讨论	110
6.4	本章小结	111
7	海岛生态系统服务价值评估及不确定性分析——以庙岛群岛 为例	112
7.1	研究区概况	112
7.1.1	海岛区位和自然地理情况	112
7.1.2	社会经济	113
7.1.3	生态与环境概况	114
7.1.4	生物资源	115
7.1.5	长岛国家自然保护区	115
7.1.6	庙岛群岛斑海豹自然保护区	116
7.2	庙岛群岛南五岛主要生态系统服务价值评估	116
7.2.1	庙岛群岛南五岛主要生态系统服务类型	116
7.2.2	庙岛群岛南五岛主要生态系统服务价值评估	118
7.2.3	计算结果与讨论	122
7.3	庙岛群岛生态系统服务价值的不确定性分析	124
7.4	庙岛群岛可持续发展对策	126
7.4.1	基于生态系统的海洋渔业	126
7.4.2	旅游资源开发与可持续发展	127
7.5	本章小结	127
8	主要结论与讨论	129
8.1	主要结论	129
8.2	讨论与展望	132
	参考文献	135

1 绪 论

生态系统服务 (Ecosystem Services) 是指生态系统与生态过程所形成及其维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用 (Daily, 1997)。20 世纪 90 年代以来, 随着生态系统研究的深入, 生态系统服务研究迅速发展成为生态研究的热点和前沿之一。这个时期的重要标志是 1997 年 Daily 主编出版《Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystem》和 Costanza 等 (1997) 在《Nature》上发表《The value of the world's ecosystem services and natural capital》。2005 年联合国《千年生态系统评估》(MA) 报告的公布, 引起世界各国政府和社会各界的广泛关注。生态系统服务研究在全球范围内迅速展开, 地球上几乎所有的生态类型都被评估过, 人们也逐渐认识到自然生态系统对于人类长期生存和发展的巨大价值。

海洋向人类提供丰富的食品和原材料, 是自然界稳定的有机碳库、资源库、基因库和能源库, 对于改善全球环境, 维持生态平衡等都具有十分重要的作用。但是长期以来由于人们对于海洋提供的各种产品和服务的价值认识不足, 导致人们对海洋的掠夺性开发, 致使自然资源日益紧缺, 生态破坏和环境污染日趋加重。2006 年联合国环境规划署 (UNEP) 发布了《海洋-海岸带生态系统与人类福利: 基于千年生态系统评估结果的综合报告》(UNEP, 2006)。报告围绕海洋-海岸带生态系统服务现状、海洋-海岸带生态系统改变的驱动力、海洋-海岸带生态系统及其服务损失或退化对人类福利的影响以及如何应对等四个方面报告了千年生态系统评估 (MA, 2005) 中关于海洋-海岸带研究的若干发现与结论。

一系列人类活动和自然变化已使海洋-海岸带生态系统呈现退化趋势。引起退化的直接因素包括: 土地利用方式改变、水产业发展、过度捕捞和破坏性捕捞、生物入侵、污染和富营养化以及气候变化; 间接因素包括: 人们对食品偏好和市场的改变、人口增长、技术改变以及全球化的影响等。其中, 人类活动是海洋-海岸带生态系统及其服务改变、退化甚至丧失的主导因素。Lotze 和同事汇集了北美、欧洲和澳大利亚的 12 个河口和沿海生态系统生态变化的

数据,研究发现所有生态系统都出现了类似的变化模式:先缓慢退化,在最近150~300年间退化加速。而过度开发和栖息地丧失这两个变化能解释95%的物种灭绝以及生态系统功能的变化(Lotze et al., 2006)。

目前人们对于海洋的开发利用主要集中在近海。近海生态系统生产力较高,资源丰富,是鱼类、贝类和海藻的主要生产地,也是大量的肥料、药品及建筑材料的来源地。同时,近海生态系统海陆相互作用剧烈,环境较为脆弱,且容易受到人类活动的影响。特别是近年来随着人口的迅速增长和经济的快速发展,城市化进程不断加快,人口趋海性日趋明显,人类对海洋生态系统服务的需求日趋增加。然而在人类对海洋生态系统服务需求增加的同时,对海洋生态系统的破坏也在增强,部分地区生态系统服务呈现下降趋势。

我国近海生态系统状况不容乐观。研究表明,1960—1997年渤海表层盐度(SSS)、气温(AT)和表层海水温度(SST)均呈现上升趋势。渤海年均表层盐度、气温和表层海水温度增加分别为 $0.074/a$ 、 $0.024^{\circ}C/a$ 和 $0.011^{\circ}C/a$ (Lin et al., 2001)。这些变化对渤海生态系统势必造成一定影响。Tang等(2003)根据1959—1960年度、1982—1983年度、1992—1993年度以及1998—1999年度调查数据研究了渤海生态系统生产力的变化。研究结果表明:在过去的40年间,渤海生态系统的生产力和群落结构发生了很大改变,从1959—1998年初级生产力和渔业产量持续下降,1998年浮游植物丰度约为1959年和1982年的38%,鱼类生物量仅为1959年的5%;研究还发现从1959—1982年该海区浮游动物次级生产力也呈下降趋势。对1976—2000年黄海温度和主要营养盐浓度变化的研究表明,DIN浓度呈现增加趋势,而 PO_4-P 和 SiO_3-Si 浓度却逐年下降,进而造成氮磷比(N/P)有较明显的增高趋势(见图1-1)(Lin et al., 2005)。Lin等(2005)认为DIN的增加主要是由降雨中DIN浓度的增加所致,也与长江径流有关;而P、Si的减少则主要归因于黄河径流减少所导致的渤海向黄海输入的P、Si减少。这些研究表明,在全球气候变化和人为活动的协同影响下,我国近海生态系统发生了改变。

《2009年中国海洋环境质量公报》(国家海洋局,2010)表明,我国海洋生态环境近岸海域生态系统健康状况恶化的趋势尚未得到有效缓解,大部分海湾、河口、滨海湿地等生态系统仍处于亚健康或不健康状态,海洋灾害时有发生。影响我国近海生态系统健康的主要因素是环境污染、生境丧失、生物入侵等。从近年来我国近岸海域赤潮情况来看,年发生次数基本上都在80次以上;

赤潮发生面积最高超过 $2.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ (见图 1-2)。可见,在全球气候变化持续影响、人类活动不断加剧的今天,我国海洋生态系统面临着前所未有的压力,其生态系统服务的供给能力受到严重威胁。

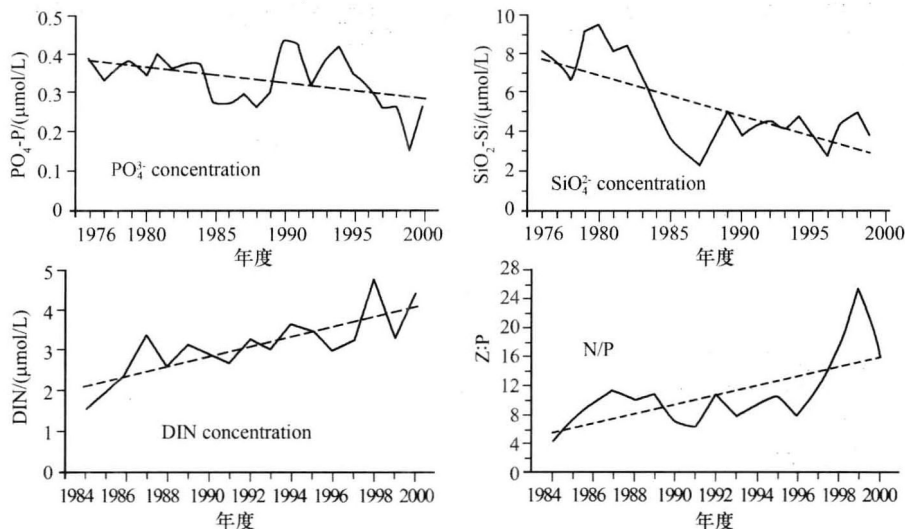


图 1-1 黄海水体年均营养盐浓度与 N/P 变化趋势 (引自 Lin et al, 2005)

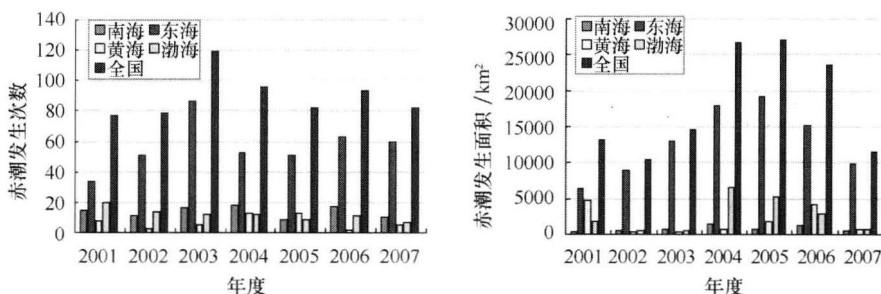


图 1-2 2001—2007 年全国赤潮发生次数及发生面积 (引自国家海洋局, 2008)

导致生态破坏、环境污染的一个重要原因是由于海洋生态系统提供的很多服务属于公共物品,其价值未市场化。除非环境资源的价值以货币形式表达出来,否则它们无法纳入到决策过程之中(彭本荣等,2006)。而且,长期以来人类在海岸带及近海管理问题上,往往采用就事论事的方法,只是追求单一目标,很少考虑各部门间的共同目标,一种生态系统服务的增加往往以牺牲其他服务为代价。因此,科学评估海洋生态系统服务及其价值,研究典型人类活动对海洋生态系统服务的影响,对于协调用海需求,合理开发和保护海洋,促进

海洋生态系统的可持续发展具有重要的战略意义。

1.1 国内外研究现状

1.1.1 生态系统服务及其价值评估的理论基础研究进展

(1) 经济学理论基础研究进展

对生态系统服务进行货币化计量需要经济学理论支撑。Costanza 等 (1997) 分析了生态系统服务的特征, 认为资源总价值是生产者剩余和消费者剩余之和。生态系统的许多服务是不可替代的, 其消费者盈余与可替代商品之间具有很大的差异 (如图 1-3 所示); 特别是当某种服务的供应量趋近于零 (或某一必需的最低限度) 时, 需求接近无限大, 消费者盈余 (以及服务的总经济价值) 也趋于无限大。但是该需求曲线在实际中估计非常困难或者不可能。另外, Costanza 等还注意到生态系统服务在不可能由于经济系统的行动而增加或减少的情况下, 其供应是相对稳定的 [如图 1-3 (b) 供应曲线]。在此思想指导下, 按照三种方法估计了每一类型生态系统单位面积的价值: ①消费者和生产者的盈余之和; ②纯租金 (或生产者剩余); ③价格乘以数量代表该项生态系统服务的价值。这些工作成为指导开展生态系统服务价值计量的重要理论基础。由于生态系统服务需求曲线估计和消费者剩余计算的困难, 基于公众调查的条件价值法 (Contingent Valuation Method, CVM) 通过询问人们对于环境质量改善的支付意愿 (Willingness to Pay, WTP) 或忍受环境损失的受偿意愿 (Willingness to Accept, WTA) 在非市场化的生态系统服务价值的估算中发挥了重要作用 (Loomis et al., 2000)。

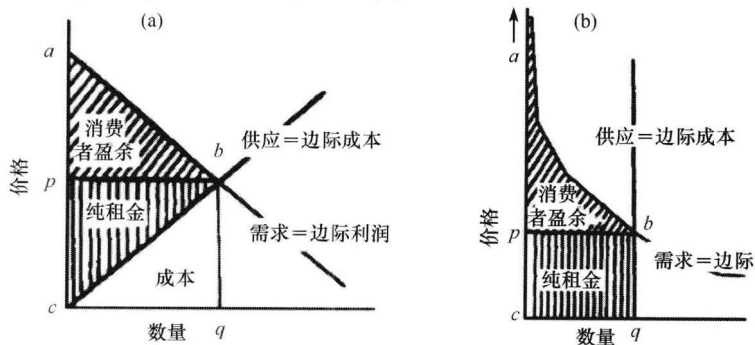


图 1-3 供给和需求曲线 (引自 Costanza et al., 1997)

不同学科、文化观念、哲学观点和学派对事物的价值有不同的理解。功利主义范式认为某一事物之所以有价值是因为它对别的事物有用,即所谓工具性价值 (Instrumental Value);而非功利主义范式则认为某一事物之所以有价值是因为它本身就有价值,即所谓的内在价值 (Intrinsic Value)。当前很多价值计量方法代表了人类中心论的观点,他们认为自然及其组分以某种方式为人类提供了服务,因此是有价值的。这种人类中心论的功利主义者以自然界对人类的满足程度来度量其价值大小。这种观点得到经济学家的认可,其本身蕴含着成本效益分析 (Benefit - cost Analysis) 的思想。Daily (1997) 还以产品供给、原料供给和非使用价值 (包括存在价值和选择价值) 供给等三个类型给出了具体的价值计量方法。

随着全球化进程的持续加快,海洋 - 海岸带生态系统面临着前所未有的压力。社会经济活动已对海岸带自然 - 社会 - 经济复合生态系统产生了深远的影响,人 - 地关系也随之发生了改变。Turner (2001) 认为海岸带可持续发展战略在于寻求维持海岸带系统弹力的方法,而压力 - 状态 - 影响 - 应对 (P - S - I - R) 框架提供了一个解决海岸带科学和管理问题的有效途径。Turner (2001) 介绍了不同时空尺度海岸带环境影响评估的成本效益分析方法。该方法为在生态经济复合系统中权衡海岸带 - 海洋开发、保护策略,评估人类活动对海岸带 - 海洋生态系统服务的影响提供了一个分析框架,是开展生态系统服务应用研究的重要技术之一。

生态系统服务研究及其应用需要明确若干经济学和生态学概念。为指导基于生态系统服务的应用研究,《Ecological Economics》杂志 2002 年出版专辑探讨生态系统服务价值的概念及其评估方法。Stephen 等 (2002) 阐述了“价值”的经济学和生态学含义及其各自的评估方法。基于效用的商品和服务的价值反映了人们为获取他们的支付意愿 (WTP),或者为舍弃他们愿意接受的赔偿 (WTA)。而基于交易的价值则反映了商品或服务交易时的价格。在市场价值评估中,该值反映了商品或服务的边际价值 (Marginal value);但是在非市场价值评估中,需要采用间接评估方法。作为新古典价值理论补充或替代的“能值 (Energy) 价值理论”也是生态学家和经济学家所推荐的一种自然资产计量方法 (澳德姆, 1981)。应用能值这一度量标准及其转换单位——能值转换率 (Transformity),可将生态经济系统内流动和储存的各种不同类别的服务所包含的能量转换为同一标准的能值,从而进行计量和评价。有时,时间也可作为价值计量的一种方式 (Farber et al, 2002)。以生态系统物质流为基础的

生态足迹方法 (Rees, 1992; Wackernagel, Rees, 1996) 提出了生物生产性土地的概念, 对各种人类消费和自然资源进行标准化处理, 把人类的各种消费和活动转换成土地面积进行计量和评价。生态足迹分析法反映了人类对环境的影响, 该方法在区域可持续发展度量方面有广泛应用 (王书华等, 2002)。由此可见, 货币化测度方法并非生态系统服务价值的唯一计量标准, 但因价值的货币测度方法很方便, 因此货币化计量是生态系统服务价值计量的常用手段。

在海洋生态系统服务评估的经济学理论方面, 国内学者也进行了一些探讨。经济学意义上的服务是一种购买和消费同时进行的商品, 而海洋生态系统服务只有一小部分能够进入市场被买卖, 其大多数是公共品或准公共品, 因而无法进入市场, 而且海洋生态系统服务在时间上也具有不间断性。王荭等 (2006) 从环境经济学的相关理论出发, 探讨了海洋生态系统服务的公共物品性、稀缺性和外部性等经济属性, 以期为海洋生态服务资本的保值与增值提供理论依据。郑伟等 (2007) 通过对生态资产的定义与内涵分析, 从收益性、稀缺性、权属性等方面分析了海洋生态系统的资产属性。指出与一般的资产相比较, 海洋生态资产价值具有动态性、持续产出性、对人类活动影响的敏感性、整体性等特点, 海洋生态资产和海洋生态系统服务价值度量与管理必须充分考虑这些特征, 才能实现理论的深化与技术的改进。王森等 (2005) 以劳动价值论和效用价值论为基础, 探讨了海洋生态资源的价值理论, 指出海洋生态资源的价值是由现实使用价值、选择价值和存在价值三部分构成; 通过人类有目的的劳动把自然物变为经济物, 从而形成系统的价值流; 按照马克思的地租理论, 海洋生态资源具有绝对地租和级差地租两种形式。郑伟等 (2006) 从福利经济学的角度分析了生态系统服务在满足人类不同需求方面的作用, 认为生态系统服务和人类福利两者相互影响、相互作用。在两者相互作用的过程中, 人类应该不断地调整制度和政策, 以便形成正驱动力, 在激励整个社会经济、政治和文化发展的同时, 恢复和增强生态系统服务, 最终实现整个社会福利的不断提高。

(2) 生态学理论基础研究进展

生态系统服务的产生和实现需要复杂的生态学过程支持, 其大小改变也受到生物多样性变化的影响。近年来, 很多生态学家深入研究了生态系统服务与生物多样性的关系, 并在《Nature》、《Science》等期刊上报导了他们的研究成果 (Naeem et al, 1997; Loreau et al, 2001; Kennedy et al, 2002; Worm et al, 2006; Duarte, 2000)。还有不少学者将研究重点放在生态系统服务产生的机

制上,包括生态系统服务的来源与实现途径(童春富,2004;戴星冀等,2005;张朝晖等,2006;伍淑婕,2006),也包括人类活动对生态系统服务影响的分析等(Holmlund & Hammer, 1999)。

最近几十年来,生物多样性减少对生态系统所造成的影响已经引起人们的巨大兴趣和争论。主要的研究集中在以下几个方面:刻画物种多样性与生态系统过程之间的关系;识别关键物种并揭示它们潜在的作用。未来的一个主要挑战是,生物多样性的动态变化、生物过程和非生物因素之间是如何相互影响的。Loreau 等(2001)在分析生物多样性与生态系统功能的关系时认为:从功能性角度来看,物种不仅很大程度上决定了个体的特征,而且它们之间的相互作用还维持了生物地球化学循环和生态系统的功能性和稳定性。

Naeem 等(1997)的研究表明生物多样性可以增强生态系统的稳定性,生物多样性能够为防止种群丧失或功能降低提供保障,物种数目越多生态系统稳定性越强。Kennedy 等(2002)认为生物多样性是生物入侵的屏障,生物多样性的丧失可能意味着生态系统对外来物种入侵的抵抗力下降,外来物种可通过改变入侵途径进入先前不能入侵的生境。目前,多数学者认为在稳定环境条件下保证最小数量的物种对于维持生态系统功能是必要的,而在易变环境状态下维持生态系统的稳定则需要更多的物种数量。但是,关于哪个物种在生态过程中起关键作用,主要还是依靠经验来判断(Loreau et al, 2001)。

海岸带地区人口密集程度的持续增加,使生态系统服务损失(如洪水控制、废水处理等)可能造成更加严重的后果。从全球角度来看退化的海洋生态系统虽然仅占微小比例,但区域生态系统如河口、珊瑚礁、沿海和渔场等的种群、物种或功能群正在快速退化。尽管某些特殊的物种向人类社会提供了主要的服务,然而在生态系统水平上生物多样性的作用尚需确认(Worm et al, 2006)。Worm 等(2006)根据长期区域时间序列和渔业数据分析了海洋生物多样性改变对主要生态系统服务的影响。研究发现:海洋生态系统恢复潜力、稳定性和水质,随生物多样性的下降呈指数衰减趋势;与之对应的是,通过恢复生物多样性,平均可以增加四倍的生产力,并将生产力的波动性降低 21%。海洋生物多样性的丧失会破坏海洋供给食品、净化水质、自我恢复能力等。

Duarte (2000)认为生物多样性与生态系统功能、服务的关联非常复杂,然而研究这些联系对于阐明生物多样性对生态系统的功能非常重要,这也有助于说明从整体上保护生物多样性而非单个目标物种的原因,并以海草为例分析了海洋生物多样性对各类生态系统功能和服务的支持作用(见表 1-1)。

表 1-1 海洋生物多样性对生态系统功能的支持作用：以海草为例

生态系统功能 (Ecosystem Functions), 服务 (Services) 和产品 (Goods)	生物多样性作用	海草生物 多样性作用	功能基础
生态系统功能 (Ecosystem Functions)			
初级生产	高	高	养分
碳存储	低	高	养分
碳流通	高	高	养分
营养物质循环	高	中	养分
生态系统服务 (Ecosystem Services)			
气体和气候调节	低/中	中	养分
干扰调节	高	高	综合
侵蚀和沉降控制	中/高	高	结构
矿化作用	高	高	养分
废弃物处理	高	低	养分
生物控制	高	中	综合
全球变化与生态健康监控	高	高	结构
休闲旅游和教育	高	高	结构
生态系统产品 (Ecosystem Goods)			
生境和避难所	高	高	结构
食品资源	高	高	综合
原材料	高	低	结构
基因资源	高	高	结构
自然遗产	高	高	综合

引自 Duarte, 2000.

Holmlund 等 (1999) 将鱼类的生态系统服务定义为保持生态系统功能和生态系统的弹性, 或称之为由人类需求演绎出的生态服务。他们认为全球鱼类的过度捕捞, 不仅降低了鱼类的可捕获量和种群再生的能力, 而且威胁鱼类种群提供的生态服务, 降低了生物多样性、生态功能和人类福利。为了保证鱼类种群生态服务的持续供给, 管理者应该明确鱼类种群是生态系统的主要组成部分, 并致力于发展鱼类种群降低和生境减少的替代技术, 如建立鱼类养殖和自然保护区, 避免鱼类种群的生态功能丧失。

张朝晖等 (2006) 分析了海洋生态系统中光合作用、呼吸作用、生物泵作用、分解作用、矿化作用、钙化作用、生物扰动过程、氮循环过程、生物转