

主 编 / 李荣冠 王建军 林和山

副主编 / 李恒鹏 黄晓航 黄雅琴

中国典型滨海湿地

Typical Coastal Wetlands in China



主 编 / 李荣冠 王建军 林和山

副主编 / 李恒鹏 黄晓航 黄雅琴

中国典型滨海湿地

Typical Coastal Wetlands in China



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书简要介绍了滨海湿地的定义、功能、湿地评价的研究进展,以及中国滨海湿地研究现状、中国滨海湿地分类、中国滨海湿地的分布及其面积变化等;重点描述了辽河三角洲、黄河三角洲、江苏盐城滨海湿地、长江三角洲和珠江三角洲滨海湿地的演变机制和趋势、退化的机制,以及中国滨海湿地的退化现状;介绍了生物修复技术概况、污染生境的生物修复技术、不同受损滨海湿地的生物修复实例、工程修复技术和滨海湿地修复技术类型及其特点;着重介绍了受损滨海湿地评价技术和评价指标,以及辽河三角洲、黄河三角洲、江苏盐城滨海湿地、长江三角洲、珠江三角洲、浙江滨海湿地、福建滨海湿地、广西滨海湿地和海南滨海湿地生态系统评价;同时提出了中国滨海湿地保护管理的对策和建议。

本书可供海洋、资源、环境、生态等专业的研究人员、管理人员及高校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国典型滨海湿地 / 李荣冠, 王建军, 林和山主编. —北京: 科学出版社, 2015. 11

ISBN 978-7-03-045818-6

I. ①中… II. ①李…②王…③林… III. ①海滨-沼泽化地-概况-中国
IV. ①P942.078

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 227208 号

责任编辑: 邹 聪 刘巧巧 / 责任校对: 李 影
责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 黄华斌 陈 敬
编辑部电话: 010-64035853
E-mail: houjunlin@mail.sciencep.com

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>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 11 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 11 月第一次印刷 印张: 27

字数: 640 000

定价: 198.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前言

PREFACE

滨海湿地是指沿岸线分布的低潮时水深不超过 6m 的滨海浅水区域至陆域受海水影响的过饱和低地的一片区域（国家海洋局 908 专项办公室，2006）。滨海湿地地处海陆和咸淡水交汇区域，是一个具有很强的生态功能的自然综合体，由于其特殊的地理位置，滨海湿地生态系统健康既受陆地环境的制约，又受海洋环境的影响；不仅受自然环境因素的控制，还受人为活动的干扰。因此，滨海湿地生态系统是一个高度动态和复杂的生态系统。

我国的滨海湿地主要分布在中国东部沿海的 11 个省（自治区、直辖市）和港澳台地区，海域沿岸有 1500 多条大中河流入海，形成浅海滩涂生态系统、河口湾生态系统、海岸湿地生态系统、红树林生态系统、珊瑚礁生态系统和海岛生态系统六大类、30 多个类型。

随着滨海沿岸区人口密度的增加和沿海经济的高速发展，人类对滨海湿地资源的物质生产需求（如渔获量）

和环境污染排放量逐渐增加,大量的围填海工程、港口码头和城市建设不断侵占滨海湿地资源,自然海岸线的人工化程度也随之不断增加,外来物种互花米草的入侵态势堪忧,生境质量的下降甚至是生境的丧失致使滨海湿地生物多样性减少,严重威胁滨海生物的生存与繁衍。中国滨海湿地生态系统面临严重的生态环境问题,已影响到我国海洋经济的可持续发展,其退化引起了各级政府的重视。对滨海湿地生态系统的生境状况、生态结构特征的健康程度进行评估,摸清我国滨海湿地的演变趋势及退化机制,探索受损滨海湿地的修复技术,将有助于管理和决策部门作出正确判断,合理开发和保护滨海湿地资源,维护滨海湿地生态平衡,促进人类与滨海湿地的和谐发展。

本书以辽河三角洲、黄河三角洲、江苏盐城滩涂沼泽湿地、长江三角洲和珠江三角洲5个重点区域的滨海湿地生态系统为重点,引用多年来调查、查阅的大量资料和数据,结合遥感图件解译,获得滨海湿地主要变化类型及分布图,建立了辽河三角洲、黄河三角洲、江苏盐城滩涂沼泽湿地、长江三角洲和珠江三角洲滨海湿地生态系统评价指标体系,构建了PSR综合评价模型,深入分析了辽河三角洲、黄河三角洲、江苏盐城滩涂沼泽湿地、长江三角洲和珠江三角洲滨海湿地生态系统的压力、状态和响应综合评价结果。同时,介绍了非重点区域浙江、福建、广西和海南部分区域滨海湿地的生态系统健康状况。

本书共六章。

第一章介绍了滨海湿地定义和功能、湿地评价的研究进展、中国滨海湿地研究现状、中国滨海湿地分类、中国滨海湿地的分布及其面积变化。

第二章介绍了辽河三角洲、黄河三角洲、江苏盐城滨海湿地、长江三角洲和珠江三角洲滨海湿地的演变机制和趋势。

第三章介绍了辽河三角洲、黄河三角洲、江苏盐城滨海湿地、长江三角洲和珠江三角洲滨海湿地退化的机制以及中国滨海湿地的退化现状。

第四章介绍了生物修复技术概况、污染生境的生物修复技术、不同受损滨海湿地的生物修复实例、工程修复技术和滨海湿地修复技术类型及其特点。

第五章介绍了受损滨海湿地评价技术和评价指标,辽河三角洲、黄河三角洲、江苏盐城滨海湿地、长江三角洲、珠江三角洲、浙江滨海湿地、福建滨海

湿地、广西滨海湿地和海南滨海湿地生态系统评价，以及中国滨海湿地生态系统健康现状。

第六章介绍了中国滨海湿地管理存在的主要问题，提出了中国滨海湿地的管理与保护倡议。

本书编写过程得到国家海洋局第三海洋研究所海洋生物与生态实验室、海洋声学与遥感开放实验室、中国科学院南京地理与湖泊研究所、国家海洋局第一海洋研究所和中国海洋大学科研人员和师生的大力协助和配合，在此深表感谢。

国家海洋局第三海洋研究所研究员

李荣冠

2015年1月25日于厦门

目录

CONTENTS

前言

第一章 中国滨海湿地概况/1

第一节 滨海湿地的定义/3

第二节 滨海湿地的功能/3

第三节 湿地评价的研究进展/5

第四节 中国滨海湿地的研究现状/10

第五节 中国滨海湿地的分类/13

第六节 中国滨海湿地的分布及其面积变化/17

第二章 滨海湿地演变趋势/31

第一节 辽河三角洲滨海湿地的演变/33

第二节 黄河三角洲滨海湿地的演变/47

第三节 江苏盐城滨海湿地的演变/65

第四节 长江三角洲滨海湿地的演变/82

第五节 珠江三角洲滨海湿地的演变/97

第三章 滨海湿地退化机制/109

第一节 辽河三角洲滨海湿地退化的机制分析/111

第二节 黄河三角洲滨海湿地退化的机制分析/117

- 第三节 江苏盐城滨海湿地退化的机制分析/142
- 第四节 长江三角洲滨海湿地退化的机制分析/161
- 第五节 珠江三角洲滨海湿地退化的机制分析/168
- 第六节 中国滨海湿地的退化现状/175

第四章 受损滨海湿地修复技术/179

- 第一节 生物修复技术概述/181
- 第二节 污染生境的生物修复技术/182
- 第三节 不同受损滨海湿地的生物修复实例/186
- 第四节 工程修复技术/227
- 第五节 滨海湿地修复技术类型及其特点/230

第五章 滨海湿地生态系统评价/233

- 第一节 受损滨海湿地评价技术和评价指标/235
- 第二节 辽河三角洲滨海湿地生态系统评价/248
- 第三节 黄河三角洲滨海湿地生态系统评价/263
- 第四节 江苏盐城滨海湿地生态系统评价/281
- 第五节 长江三角洲滨海湿地生态系统评价/303
- 第六节 珠江三角洲滨海湿地生态系统评价/320
- 第七节 浙江滨海湿地生态系统评价/334
- 第八节 福建滨海湿地生态系统评价/347
- 第九节 广西滨海湿地生态系统评价/360
- 第十节 海南滨海湿地生态系统评价/365
- 第十一节 中国滨海湿地生态系统健康现状/369

第六章 中国滨海湿地的保护对策/381

- 第一节 中国滨海湿地管理存在的主要问题/383
- 第二节 滨海湿地的管理与保护倡议/386

参考文献/391

第一章

中国滨海湿地概况

第一节 滨海湿地的定义

滨海湿地是指沿岸线分布的低潮时水深不超过 6m 的滨海浅水区域到陆域受海水影响的过饱和低地的一片区域（国家海洋局 908 专项办公室，2006）。

滨海湿地为海陆交错地带，是一个边缘区域（Levenson, 1991），处于淡、咸水交汇处，受海洋和陆地交互作用，其复杂的动力机制，造就了滨海湿地复杂多样的湿地类型和生态环境。滨海湿地是一个具有很强的生态功能的自然综合体，它不仅为人类的生产和生活提供多种丰富的资源，而且具有巨大的环境调节功能和生态效益，如促淤造陆、降解污染物、物质生产、为候鸟等野生动植物提供重要栖息地等（Holland, 1996; Keddy, 2000）。由于其特殊的地理位置，滨海湿地生态系统健康既受陆地环境的制约，又受海洋环境的影响，不仅受自然环境因素的控制，还受人为活动的干扰。因此，滨海湿地生态系统是一个高度动态和复杂的生态系统（李玉凤等，2010）。

第二节 滨海湿地的功能

滨海湿地及其生态系统对人类生存和人类社会发展存在着明显的或潜在的作用，即所谓滨海湿地的功能。这些功能可分为“实物”性和“服务”性两大类。提供水源、补充地下水及提供人类的食物、建材、能源和其他工业原料等称作“实物”性的功能；调控水量（抗洪防涝）、抵御风暴等自然灾害、净化环境等称作“服务”性的功能，这些功能对人类社会的持续发展起着重要的作用（陆健健，1996a）。丧失滨海湿地就失去这些功能，因此，保持滨海湿地及其生态系统的功能就是确保其对人类社会发展的贡献。

一、环境净化功能

农用杀虫剂和工业排放物中含有的危害人体健康的物质，以及农肥和人类废弃物的不恰当使用和排放往往会污染水环境。净化被污染的水环境是人类活动频繁地区滨海湿地的主要功能。滨海湿地的环境净化功能表现形式有物理净化与生物净化。

1. 物理净化

滨海湿地减缓水流，有利于沉积物的沉降，而有毒物质往往附着在沉积物颗粒上。滨海湿地的这种物理净化功能很有限，不能仅仅依靠它来缓解过剩的沉积物、有机物和有毒物，最好是确保海滨地区土地的利用方式，尽可能少地向海滩排放这些物质。

2. 生物净化

通过滨海湿地植物吸收,经化学和生物过程转换把有机物和某些有毒物质分解或储存,在收获滨海湿地生物时以一些方式从湿地排除有机物和有毒物质。这种生物净化是滨海湿地环境净化功能的主要方式。

国外已有专门营造人工湿地的方法来净化水环境的成功例子。据研究,2 hm² 湿地能净化 200 hm² 农田径流中过剩的氮和磷。湿地中的许多水生植物,包括挺水、浮水和沉水植物,在它们的组织中富集的重金属浓度比周围水中的浓度高出 10 万倍以上。许多植物还含有能与重金属螯合的物质,从而参与金属解毒过程。典型的湿地植物如凤眼莲、香蒲和芦苇等都被成功地用来处理污水(包括含有高浓度重金属如镉、银、铜、锌和铬等的污水)。滨海湿地的这种生物净化功能,在阻止和延缓海滨地区水质恶化方面发挥了十分重要的作用。我国北方不少地方有大片的滨海湿地,如辽宁的盘锦地区有 40 多万公顷滨海湿地,其功能有待进一步的开发和利用。

二、 减灾功能

滨海湿地有减轻自然灾害的功能:

(1) 储存多雨和河流涨水季节过量的水分,控制洪涝自然灾害。滨海河口湿地对减缓下游地区的洪涝有重要的作用。

(2) 滨海湿地植被对防止和减轻海浪对海岸线的侵蚀起着很大作用,可节约为防止侵蚀而采用的人工加固岸堤的费用。

(3) 滨海湿地植被可使建筑物、农作物和其他植被免遭强台风的破坏。在我国南方,广东、广西和海南沿海的红树林曾在这方面起到重要的作用。近些年,一些地方为开辟鱼塘虾池毁掉大面积红树林,致使沿岸抵御风暴的能力被减弱。

三、 自然资源功能

天然滨海湿地具有很高的生产力,其生产力甚至超过集约的农业系统。因此,由滨海湿地产物产生的价值就单位土地面积而言,比许多其他生境(包括排干水后形成的生境)高得多。我国的滨海湿地每年为沿海地区提供数十万吨水产品,其中有溯河回游型的刀鲚、鲥鱼、银鱼和凤尾鱼等,降河回游型的河鳗、四鳃鲈和河蟹等,咸淡水型的梭鱼、鲈鱼、鲂鱼等,青鱼、草鱼、鲢鱼、鳙、鲤、鳊等淡水鱼,白虾、红虾、蟹及贝类和蟹苗、鳗苗等,还提供数量可观的用作造纸原料和建材的芦苇,以及用作饲料的海草等。另外,滨海湿地作为重要水产资源的天然育苗场所尤其受到人们的重视。

四、 水源功能

滨海湿地常常作为居民用水、农田用水和工业用水的水源。河口地区发达的滨海湿

地不仅能确保该地区的农业和工业用水（黄河、长江、珠江等河口的重要湿地就是河口地区城乡居民饮用水的水资源地，又是该地区地下蓄水系统的补水区），又能避免大量地下水被抽取用于工业而导致地下水枯竭或咸水入侵等。

五、生物多样性功能

滨海湿地集聚了丰富的生物种类，是天然的基因库、种子库，是了解生物进化过程和解开生命奥秘的宝贵原料源。我国的滨海湿地保存了数以万计的鱼类、鸟类、底栖动物和浮游生物，其中有不少地方特有种和珍稀濒危种。越冬于澳大利亚繁殖于我国东北和俄罗斯西伯利亚的鹈类就往返于我国沿海，以滨海湿地作为沿途补充能量的驿站，还有许多在我国滨海湿地越冬的丹顶鹤（*Grus japonensis*）、天鹅和雁鸭类等湿地鸟类现在也受到了国际自然保护组织的关注。

六、土地资源功能

滨海湿地的土地资源功能对地少人多的我国意义十分重大。新中国成立以来，通过围垦滩涂，将数十万公顷的湿地用于农业、工业和基建，建立了一大批农场和一些大型现代化企业，在安置人员和开发利用方面取得了显著的效果。这对人多地少的沿海高强度开发地区来说，无疑是应肯定的成就。但从整个沿海地区的生态环境保护出发，在开发利用滨海湿地的同时，如何保护滨海湿地生态系统的功能还有许多值得进一步研究和探讨的方面。

七、旅游资源功能

滨海湿地是一类特殊的景观，具有潜在的旅游资源功能。我国滨海湿地的旅游功能近年得到了很好的开发。从北部湾到鸭绿江口，到处可见旅游观光沙滩、海景、红树林、红海滩和海滨度假村等开发利用滨海湿地旅游资源的成功例子。

除上述种种功能以外，滨海湿地还具有岸线资源和航运功能、调节区域气候的功能等。总之，滨海湿地是海滨地区生态环境、社会经济持续发展的基础之一，保持其良好状况有着极其重要的意义。

第三节 湿地评价的研究进展

在国际自然及自然资源保护联盟（International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN）的主持下，1971年在伊朗的拉姆萨尔（Ramsar）

会议上通过了《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》(Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat), 简称《湿地公约》(Wetland Convention) 或《拉姆萨尔公约》(Ramsar Convention)。《湿地公约》旨在通过保护和恢复湿地保护迁徙的珍惜鸟类。该公约是政府间协定, 它为湿地保护及其国际合作确定了一个基本框架。截止到 1999 年年底, 已有 117 个国家和地区参加了《湿地公约》, 有 1010 块湿地列入了国际重要湿地名录, 面积超过了 718 万 hm^2 。2000 年 9 月 6 日, 又有 5 个国家加入了该公约, 重要湿地增至 1034 块, 面积达 782 万 hm^2 。2002 年 6 月, 131 个国家的 1177 块湿地列入了名录, 面积达 10 200 万 hm^2 。

1999 年召开的《湿地公约》第七届缔约方大会, 做出了开展湿地评价、加强湿地质量监测、恢复湿地功能及对丧失的湿地功能进行补偿的决议(国家林业局《湿地公约》履约办公室, 2001)。湿地评价主要包括湿地功能评价、湿地价值评价和湿地环境影响评价, 目前的研究主要致力于探讨评价标准和评价指标体系以及定级等(蔡庆华, 1997; 蔡庆华等, 2003; 潘文斌等, 2002; 唐涛等, 2002; 崔丽娟, 2001; 崔保山和杨志峰, 2001; Mayer and Galatowitsch, 1999; Rheinhardt et al., 1997; Wilson and Mitsch, 1996; Brinson, 1993; Regier et al., 1992)。

一、 湿地生态系统的服务

生态系统服务是指生态系统及生态过程所形成与所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用, 包括对人类生存及生活质量有贡献的生态系统产品和生态系统功能(表 1-1)。生态系统服务及其相关理论研究开始于 20 世纪 70 年代, 从 20 世纪 90 年代中后期开始在全球范围内得以广泛开展。最具代表性的是 Daily (1997) 主编的《自然的服务: 人类社会对自然生态系统的依赖》(Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems) 以及 Costanza 等 13 位科学家的对全球生态系统服务价值评估研究, Costanza (1997) 研究认为全球生态系统服务的价值为 $(16\sim54)\times10^{12}$ USD/a, 平均为 33×10^{12} USD/a, 并且湿地生态系统单位面积服务价值高达 $14\,785\text{ USD}/\text{hm}^2\cdot\text{a}$, 其价值总量占全球生态系统服务价值的 30.3%。根据陈仲新和张新时(2000)对我国生态系统服务价值的估算, 我国湿地生态系统单位面积服务价值也高达 $12\,689\text{ USD}/\text{hm}^2\cdot\text{a}$, 占全国生态系统服务价值的 34%。

表 1-1 生态系统服务及功能

序号	生态系统服务	生态学含义
1	气体调节	大气化学成分调节
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
3	干扰调节	生态系统反应对环境波动的容纳、延迟和整合
4	水分调节	调节水文循环过程
5	水分供给	水分的保持与储存

续表

序号	生态系统服务	生态学含义
6	控制侵蚀和保持沉积物	生态系统内的土壤保持
7	土壤形成	成土过程
8	养分循环	养分的获取、内部循环和存储
9	废弃物处理	流失养分的恢复和过剩养分、有毒物质的转移或降解
10	授粉	植物配子的移动
11	生物控制	对种群的营养级动态调节
12	庇护	为定居和临时种群提供栖息地
13	食物生产	总初级生产力中人类可提取的原食物
14	原材料	总初级生产力中人类可提取的原材料
15	基因资源	人类可利用的特有生物材料和产品源
16	休闲	为人类提供休闲娱乐
17	文化	为人类提供非商业用途

资料来源：Costanza（1997）

二、 湿地生态系统的功能及其评价

所谓湿地生态系统的功能，就是湿地生态系统中发生的各种物理、化学和生物学过程及其外在特征。湿地生态系统的功能一般可以划分为三大类，即水文功能、生物地球化学功能和生态功能，不同的功能可以通过不同的指标表示。湿地价值是湿地为人类提供产品和服务的能力，它是衡量湿地功能重要意义的尺度。在一定的社会经济条件下，湿地的功能不同则其价值也不同。功能的改变会影响湿地向人类提供产品和服务的能力，而湿地功能如能得到保护，则湿地价值可得到持续体现（表 1-2）。

表 1-2 湿地的功能、效应、社会价值和湿地功能指标

分类	功能	效应	社会价值	指标
水文功能	短期贮存地表水	降低下游洪峰	降低洪水危害	河道两边的泛滥平原
	长期贮存地表水	维持基本流量，流量的季节性分配	旱季维持鱼类栖息地	泛滥平原里坑洼不平的地形
	维持高水位	维持水生植物群落	维持生物多样性	水生植物
生物地球化学循环功能	元素的迁移和循环	维持湿地中的营养库	生产木材	植物生长
	溶解物质的滞留和去除	减少营养元素向下游迁移的数量	保持水质	营养物的输出量低于输入量
	泥炭积累	滞留营养物质、金属和其他物质	保持水质	泥炭厚度增加
生态功能	维持特有的植物群落	为动物提供食物、巢区和遮蔽物	养育皮毛兽和水禽	成熟的湿地植被
	维持特有的能量流动	养育脊椎动物种群	维持生物多样性	脊椎动物的高度多样性

湿地功能评价是湿地功能研究的重要方面。湿地功能评价开始于 20 世纪 90 年代,主要是为了克服传统的湿地保护的缺点,为理解和量化湿地动力学过程提供科学基础。美国开展了由国家环境保护局 (EPA)、交通部、国防部、鱼类及野生动物管理局等参加的美国湿地功能水文地貌分类评价 (HGM) 的国家计划,欧洲也开展了欧洲湿地生态系统功能评价项目 (FAEWE)、PROTOWET 等湿地功能评价项目 (吕宪国, 2002)。

美国在湿地水文地貌分类体系的基础上提出湿地功能评价方法和快速湿地功能评价方法 (Wilson and Mitsch, 1996; Brinson, 1993)。快速湿地功能评价方法被认为是地景规划的有效方法,已被越来越多的国家和学者所采用。欧洲通过建立湿地系统共有的关键过程以及它们与功能的联系,测定湿地系统对外界干扰的反应和恢复能力,利用动力模型和定期现测确定湿地功能分析阈值 (Wilén and Tiner, 1993)。现在的评价研究倾向于通过实验获得数据和指标,在此基础上进行评价。美国已经设立了以地景级别的标志来评价全国生态健康状态的长期趋势实验场,为湿地提供定量因子描述,这无疑将大大提高湿地评价水平 (Brinson, 1993)。定量评价是决策者决策的有力依据,定量评价方法一直是研究的热点。现在多采用市场估价法对实物进行直接评估,用费用支出法、市场价值法、旅行费用法及条件价值法评价非实物价值。对湿地功能价值则采用市场价值法、机会成本法、影子工程法和替代花费等进行评估。

当前,湿地效益评价技术的发展,定量化、价值化、模式化以及多媒体化是重要趋势。20 世纪 70 年代,美国的 Larson 和 Mazzarse 提出了可帮助政府颁布湿地补偿许可证的湿地快速评价模型,英国的 Maltby 等 (1996) 改进并提出了用于河流湿地功能的评价模型;1972 年美国联邦议会颁布《清洁水法案》,从法律上明确禁止随意开发湿地;1980 年美国鱼类及野生动物管理局制定了自己的湿地评价方法——《生境评估规程》,主要考虑拟议项目对鱼和野生动物资源的影响,1982 年 Schroeder 运用该方法对苍鹭的繁殖生境进行了研究;1987 年 Adamus 开发了被美国陆军兵工署广泛采用的“湿地评价技术”,它应用了效果、机会和重要性等概念;1990 年,在欧共体环保科技计划的资助下,英国、法国、西班牙和爱尔兰等国的有关大学和研究单位启动了欧洲湿地生态系统功能评价项目,目的就是在科学基础上建立欧洲湿地生态系统功能特征的评价方法,从而为湿地保护提供一个新工具;1993 年 Brinson 等提出“五步”湿地生态系统功能评价方法;Ainslie (1994) 则在 Brinson 的 HGM 评价方法的基础上进一步提出了一种快速的湿地功能评价方法;Kent 等 (1994) 开发了一种宏观层次上的湿地功能评价技术,其目的是评估那些广为人知的湿地功能,它能在野外快速运用,适用于不同的湿地类型,重复性好,并于 1999 年运用野生动物观察结果对湿地功能进行评价;Brinson 和 Smith 等逐步开发、完善了 HGM 方法,它可以对一个大尺度地理区域内的诸多湿地功能进行定量的、一致的评价;1997 年,《湿地公约》执行局与世界自然保护联盟、英国的约克大学和英国水文研究所合作出版了《湿地的经济评价》等文献,美国康斯坦札等将全球生态系统服务分为 17 类子生态系统,采用物质质量评价等方法对每一类子生态系统进行测算,最后计算出全球生态系统每年能够产生的服务

价值。

三、湿地生态系统的健康及其评价

湿地生态系统健康评价是指湿地能够提供特殊生态功能的能力和维持自身有机组织的能力,它可以在不良的环境扰动中自行恢复。作为研究的新领域,虽然刚开始起步,但是进展很快,主要侧重湿地生态系统健康的概念、湿地生态系统的诊断指标、湿地生态系统的健康恢复、湿地生态系统健康研究的时空尺度、湿地生态系统设计和湿地生态系统健康的数量评价等方面的研究(Regier et al., 1992; Brinson, 1993; Trettin et al., 1994; Wilson and Mitsch, 1996; Rheinhardt et al., 1997)。湿地生态系统健康的指标过去主要集中在化学与生物指标,现在又引进了物理指标,除湿地的自然属性外,将社会经济指标也纳入湿地健康的研究范畴之中,使湿地健康诊断指标更趋于完善,如美国国家环境保护局(EPA)提出的一些指标在管理实践上效果良好(Regier et al., 1992)。

四、湿地生态修复及评价

恢复生态学主要致力于那些在自然突变和人类活动影响下受到破坏的自然生态系统的修复与重建。湿地的生态修复指在退化或丧失的湿地通过生态技术或生态工程进行生态系统结构的修复或重建,使其发挥原有的或预设的生态系统服务功能。

国际修复生态学会建议采用比较修复系统与参照系统的生物多样性、群落结构、生态系统功能、干扰体系以及非生物的生态服务功能。还有人提出使用生态系统 23 个重要的特征来帮助量化整个生态系统随时间在结构、组成及功能复杂性方面的变化。Cairns 认为,修复至少包括被公众社会感觉到的,并被确认修复到可用程度,修复到初始的结构和功能条件(尽管组成这个结构的元素可能与初始状态明显不同)。Bradshaw (1983, 1996) 提出可用如下五个标准判断生态修复:一是可持续性(可自然更新),二是不可入侵性(像自然群落一样能抵制恶性入侵),三是生产力(与自然群落一样高),四是营养保持力,五是具生物间相互作用(植物、动物、微生物)(Jordan et al., 1987)。Lamd (1994) 认为,修复与否的指标体系应包括:① 造林产量指标(幼苗成活率、幼苗的高度、基径和蓄材生长、种植密度、病虫害受控情况)、生态指标(期望出现物种的出现情况,适当的植物和动物多样性,自然更新能否发生,有适量的固氮树种,目标种出现与否);② 适当的植物覆盖率,土壤表面稳定性,土壤有机质含量高,地面水和地下水保持和社会经济指标(当地人口稳定,商品价格稳定,食物和能源供应充足,农渔业平衡,从修复中得到经济效益与支出平衡,对肥料和除草剂的需求)。Davis (1996) 和 Margaren (1997) 等认为,修复是指系统的结构和功能恢复到接近其受干扰以前的结构与功能,结构修复指标是乡土种的丰富度,而功能修复的指标包括初级生产力和次级生产力、食物网结构、在物种组成与生态系统过程中存在反馈,即恢复所期