



“十三五”国家重点出版物出版规划项目
海洋生态文明建设丛书



张秋丰 屠建波 马玉艳 王 彬 ● 编著

海岸修复评价体系研究 ——以渤海湾为例

HAI'AN XIUFU PINGJIA TIXI YANJIU
——YI BOHAIWAN WEILI



“十三五”国家重点出版物出版规划项目
海洋生态文明建设丛书

海岸修复评价体系研究 ——以渤海湾为例

张秋丰 屠建波 马玉艳 王 彬 ● 编著

海洋出版社

2017年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

海岸修复评价体系研究: 以渤海湾为例/张秋丰等编著. —北京: 海洋出版社, 2016. 12
ISBN 978-7-5027-9536-8

I. ①海… II. ①张… III. ①海岸带-生态恢复-评价-研究 IV. ①P748

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 044865 号

策划编辑: 苏 勤

责任编辑: 苏 勤 沈婷婷

特约编辑: 孟显丽

封面设计: 何 瑛

责任印制: 赵麟苏

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

北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷 新华书店发行所经销

2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 889 mm×1194 mm 1/16 印张: 14.25

字数: 350 千字 定价: 138.00 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

天津市海岸线长 153 km, 潮间带面积 336 km², 传统海域面积 3 000 km², 是环渤海经济区的中心城市, 在京津冀区域发展中占有重要地位, 以天津滨海新区为龙头的区域经济是继“珠三角”“长三角”之后, 中国经济发展的又一个高速增长点。海洋经济快速发展, 总体规模稳步扩大, 海洋经济在天津市国民经济中占有重要地位。天津市对海洋的依赖越来越大, 海洋环境直接影响到未来天津的发展环境。近半个世纪, 特别是改革开放以来, 各产业用海强度骤增, 随着海岸带区域人口的急剧聚焦和高强度的经济开发利用活动, 围填海、海洋海岸工程建设、污染物排放等不合理的开发利用等人类活动, 直接或间接地导致了海岸带生态系统的退化、受损, 甚至完全损坏。随着城市发展以及人们对城市滨水地带价值认识的提高, 在我国许多沿海城市, 开展了一系列尝试性的海洋生态修复与建设工程, 以期通过利用人工措施对已受到破坏和退化的海岸带进行生态修复。

由于缺乏对受损或退化生态系统修复效果的评价方法和标准的研究, 目前多数城市海岸带建设或生态修复工程, 或许有着生态修复的良好愿望, 但建成后人们关注的重点往往是如何大幅度提升城市滨水带土地的利用价值, 以获取更大的经济利益, 对生态系统的基本特征和服务功能的恢复关注较少。如何科学评估生态修复工程的生态效果, 分析生态工程建设的社会、经济与环境效益, 是当前恢复生态学理论研究的热点和难点问题。

本书以天津市海洋生态环境现状调查为基础, 从人类对海岸带生态系统服务功能需求的角度出发, 研究天津滨海旅游区海岸带生态修复的目标定位, 探索生态修复效果的评估, 对天津滨海旅游区的生态修复工作具有指导作用, 同时对类似海岸带生态修复效果评估具有示范和借鉴作用。

本书的完成离不开国家海洋局天津海洋环境监测中心站广大职工所做的大量艰苦的内业和外业调查资料, 主要参加内业和外业分析调查的工作人员有牛福新、石海明、屠建波、王彬、陈玉斌、徐玉山、江洪友、刘洋、高文胜、李希彬、李杰、王鲁宁、马玉艳、尹翠玲、崔健、何荣、薄文杰、于丹、阚文静、巩瑶、张亚楠、宗燕平、姜旭娟、徐冠球、叶风娟、王鲁宁、张琪、王嘉琦、李玉杰、高海泉、孙家伟、高胜利、靳昭成、靳卫华、李玲等, 同时天津市海洋局环境处张敬国、王晓芳、李佳恒、王立平等同志都对本书稿所涉及各项资料

的查阅分析和顺利完成做了大量艰苦有效的工作，没有这些同志的大力配合就不会有本书稿的顺利完成，在此，对国家海洋局天津海洋环境监测中心站和天津市海洋局这些同志的无私奉献和艰苦劳动表示诚挚的谢意。成书过程中得到了中国海洋大学白洁教授的悉心指导和大力支持，表示衷心感谢！

在编写过程中，编者虽然已尽心竭力，精益求精，但限于水平与经验，再加上时间所限，错误与不当之处在所难免，不足之处敬希斧正。

最后，本书能够及时出版，除了作者等努力工作外，也得益于海洋出版社各级领导的大力支持以及编辑耐心、细致的工作，不仅避免了不少错误、遗漏等，而且为本书增色甚多，谨表诚挚谢意。

编 者

2017 年 7 月

目次

- 第1章 概述 (1)
 - 1.1 项目由来 (1)
 - 1.2 海岸带的基本概念及特征 (1)
 - 1.2.1 海岸带的定义 (1)
 - 1.2.2 海岸带的内涵 (2)
 - 1.2.3 海岸带的基本特征 (3)
 - 1.3 研究背景与研究意义 (3)
 - 1.3.1 研究背景 (3)
 - 1.3.2 研究意义 (4)
 - 1.4 海岸带生态修复效果评估研究进展 (4)
 - 1.4.1 生态恢复的概念及形成发展 (4)
 - 1.4.2 国外生态修复效果评估研究进展 (6)
 - 1.4.3 国内生态修复效果评估研究进展 (7)
 - 1.5 城市海岸带生态系统服务功能研究进展 (8)
 - 1.5.1 国外城市海岸带生态系统服务及其价值的研究进展 (9)
 - 1.5.2 国内城市海岸带生态系统服务及其价值的研究进展 (10)
 - 1.6 研究内容、方法和技术路线 (11)
 - 1.6.1 研究内容 (11)
 - 1.6.2 研究方法和技术路线 (12)
- 第2章 研究区域背景 (14)
 - 2.1 自然环境 (14)
 - 2.1.1 地理位置 (14)
 - 2.1.2 地质 (16)
 - 2.1.3 气象 (17)
 - 2.1.4 陆地水文 (19)
 - 2.1.5 海洋水文 (20)
 - 2.1.6 海洋灾害 (23)

2.1.7 海洋资源状况 (32)

2.2 社会经济 (34)

2.2.1 人口发展状况 (34)

2.2.2 经济发展状况 (37)

2.2.3 天津市海洋经济发展 (40)

2.3 海洋功能区划及用海规划 (44)

2.3.1 天津市海洋功能区划 (44)

2.3.2 天津市集约用海区域开发利用现状 (44)

2.4 存在的生态环境问题及生态环境保护现状 (50)

2.4.1 存在的生态环境问题 (50)

2.4.2 天津市海洋生态环境保护现状 (52)

第3章 研究区域海洋水动力及生态环境本底状况 (56)

3.1 本底调查监测方案设置 (56)

3.1.1 监测站位布设 (56)

3.1.2 监测项目 (56)

3.1.3 监测时间及频次设置 (58)

3.2 评价方法 (58)

3.2.1 环境质量指数法 (58)

3.2.2 单项污染因子评价法 (59)

3.2.3 叶绿素 a 评价方法 (60)

3.2.4 浮游植物、浮游动物及底栖生物评价方法 (60)

3.3 质量保障 (61)

3.3.1 工作集体保障 (61)

3.3.2 监测质量控制评价结果 (62)

3.4 海洋水动力环境监测与评价结果 (62)

3.4.1 潮流特征统计 (62)

3.4.2 潮流运动形式分析 (72)

3.4.3 泥沙特征分析 (75)

3.4.4 水动力现状与回顾评价 (79)

3.5 水质监测与评价结果 (80)

3.5.1 水质调查结果及水质参数的分布特征 (81)

3.5.2 水环境质量变化趋势分析 (94)

3.5.3 水质监测结果小结 (95)

3.6 沉积物监测与评价结果 (97)

3.6.1	粒度监测与评价结果	(97)
3.6.2	沉积物调查结果及监测参数的分布特征	(97)
3.6.3	海洋沉积物质量变化趋势分析	(106)
3.6.4	沉积环境监测结果小结	(107)
3.7	海洋生物生态现状监测与评价结果	(107)
3.7.1	叶绿素 a	(107)
3.7.2	浮游植物	(109)
3.7.3	浮游动物	(114)
3.7.4	大型底栖生物	(120)
3.7.5	海洋生物生态变化趋势分析	(126)
3.8	渔业资源状况分析	(127)
3.8.1	研究区域附近海域渔业资源概况	(127)
3.8.2	研究区域附近海域渔获量	(128)
3.9	监测结论及建议	(129)
3.9.1	水动力监测结论	(129)
3.9.2	海洋生态环境监测结论	(129)
第4章	渤海湾海岸修复评价指标体系	(130)
4.1	城市海岸带生态修复及效果评估的理论基础	(130)
4.1.1	生态修复基本理论	(130)
4.1.2	城市海岸带生态系统服务功能的识别	(132)
4.1.3	城市海岸带生态修复效果评估技术	(138)
4.2	渤海湾海岸生态修复效果评估方法构建	(142)
4.2.1	渤海湾海岸生态修复的目标	(142)
4.2.2	渤海湾海岸带生态系统服务功能识别	(143)
4.2.3	渤海湾海岸生态修复效果评价指标的构建	(146)
4.2.4	评价指标权重的确定	(153)
4.2.5	天津滨海旅游区海岸生态修复效果评估方法	(159)
第5章	研究示范区海岸修复效果评估	(170)
5.1	渤海湾海岸带生态修复示范案例	(170)
5.1.1	盐生植物翅碱蓬修复石油烃污染的河口海岸带	(170)
5.1.2	天津港碱渣山北侧潮间带碱蓬—互花米草生态示范区	(170)
5.1.3	天津港东疆港区潮间带大型底栖生物生态系统重建	(170)
5.2	研究区域海岸修复效果评估	(171)
5.2.1	天津市渤海湾海岸生态修复指标估算	(171)

5.2.2 天津市渤海湾海岸生态修复效果评估	(183)
第6章 海岸生态系统的修复与管理	(194)
6.1 海岸带生态恢复研究中存在的主要问题	(194)
6.1.1 国内60年来生态修复特点	(194)
6.1.2 国外生态修复具体做法及经验	(195)
6.1.3 我国生态修复存在的问题	(195)
6.1.4 生态修复的未来发展趋势	(197)
6.2 海岸带生态修复管理对策	(198)
6.2.1 海岸带生态修复现状	(198)
6.2.2 主要管理对策	(199)
参考文献	(208)
附录	
附录1 2013年研究区域本底调查浮游植物种名录	(215)
附录2 2013年研究区域本底调查浮游动物种名录	(217)
附录3 2013年研究区域本底调查大型底栖生物种名录	(218)

第 1 章 概 述

1.1 项目由来

随着天津滨海新区的开发开放，天津滨海新区的人口与社会经济均处于快速发展阶段，以天津滨海新区为龙头的“环渤海”区域经济是继“珠三角”“长三角”之后，中国经济发展的又一个高速增长点。与此同时，随着各产业用海强度骤增，海岸带区域人口急剧聚焦和高强度的经济开发利用活动，围填海、海洋海岸工程建设、污染物排放等人类开发利用活动，直接或间接地导致了海岸带生态系统的退化、受损，甚至完全损坏。为了进一步提高城市滨水地带价值，可持续开发利用海岸带，在我国许多沿海城市，开展了一系列海洋生态修复与建设工程，以期通过利用人工措施对已受到破坏和退化的海岸带进行生态修复。

“天津滨海旅游区海岸生态修复生态保护项目”是通过生态潜堤鱼礁工程、海藻（草）移植和附礁生物保育繁殖等技术手段，对选定的天津滨海旅游区部分海岸带生态功能进行修复与生态建设，一方面体现生态护岸功能，为区域海洋经济的健康可持续发展提供平台；另一方面还可以为保护海洋、保障公众健康、减轻海洋灾害、维持海洋生态平衡提供数据和信息产品服务。从长远来看，对类似海岸带生态修复效果评估具有示范和借鉴作用。

本书内容主要来源于“天津滨海旅游区海岸生态修复生态保护项目”的子课题——“海洋生态环境本底补充调查和修复工程影响海域跟踪监测以及评价指标体系构建”的研究成果。

1.2 海岸带的基本概念及特征

1.2.1 海岸带的定义

海岸带是海陆之间的过渡地带，又可称为海陆交界带或水陆交界带，它以海岸线为基线，向海陆两侧扩展，具有一定的宽度。关于海岸带，并没有单一而精确的定义，地貌学家所提出的海岸带是狭义的海岸带，是指位于低潮位和高潮位的潮间带；一些资源管理机构将海岸带范围定义为从平均低潮线延伸至大陆大约 804 m，向海到最外侧的领海界限；亦有一些规划者认为海岸带“向海具有

不同宽度延伸到大陆架，而向陆不需要确定界限”，因为在这一范围人类活动能干扰或破坏自然生态系统和生物、化学和物理等自然过程。1995年，国际地圈生物圈计划（IGBP）提出了海岸带的新含义，其大陆侧的上限是200 m等高线，海洋侧的下限是大陆架的边缘，大致与20 m等深线相当。

世界各国政府从海岸带管理的角度对海岸带的管理范围，在自然条件和现实需要的基础上，采用了不同的界限规定。美国海岸带管理法规中规定，海岸带的陆侧边界为受海洋直接影响的沿海陆地，海岸带的海侧边界为美国领海的外界。我国对海岸带范围的认识起源于全国海岸带调查，认为海岸带是指海水运动对于海岸作用的最上界限及其邻近陆地、潮间带以及海水运动对于潮下带岸坡冲淤变化影响的范围。中国海岸带和海涂资源综合调查规定，海岸带陆界位自岸线向陆延伸10 km处，海岸带的海界位自岸线向海延伸至水深-15 m处。依照每个沿海国家地质地貌特征、法律和行政区划管理差异又衍生出了狭义和广义两种海岸带的定义：狭义的海岸带仅限于海岸线附近狭长的沿海陆地和近岸水域；广义海岸带向海扩展到200 n mile 专属经济区的外界，向陆离海岸线约10 km。

我们通常指的海岸带是陆地与海洋的交接、过渡地带，是水圈、岩石圈、大气圈和生物圈的交界处，是陆地生态系统和海洋生态系统的接触带。海岸带涉及的区域应包括海陆交界的水域和陆域，白盔岛屿、珊瑚礁、河流、三角洲、海岸平原、湿地海滩沙丘、红树林、潟湖及其他地理单元。实际上是指海岸线向海陆两侧扩展一定距离的带状域，兼有海、岸两个生态特征，不仅具有自然属性，而且具有社会属性。

1.2.2 海岸带的内涵

(1) 海岸带是海洋与陆地相互接触、交叉和衔接的地带

从海岸带所处的地理位置看，海岸带处在海陆结合部，一边是广阔的海域，一边是人类居住的大陆，海岸带正是海洋系统与陆地系统的交叉和接触带。这种接触、交叉和衔接产生的边缘效应，使这里不仅有一般意义的海洋特征与大陆特征，还具有特殊意义的海陆过渡带特征。

(2) 海岸带是海洋和陆地相互作用、相互影响的地带

从地球动力学和海岸带成因的角度看，海岸带处在地球的水圈、岩石圈、大气圈和生物圈相互作用最频繁、最活跃的地带。自然要素处在不断地变化之中，水循环、沉积循环和生物循环（能量循环）过程在这里加快。海岸带具有不同属性的海、陆环境特征，是海、陆共同影响的地方；是能量互相转换的地方；是地球多种动力（营力）共同作用的地方；是海、陆相互作用过程最强烈的地方。海洋通过波浪、潮汐、潮流、海流和海面变化等作用于陆地；陆地又通过河流带入的淡水、泥沙、污染物影响海洋。

(3) 海岸带是以海岸为基线向海、陆两侧各扩展一定宽度的地带

海岸带是一个带状的区域，这个区域以海岸线为中心向两侧扩展、辐射，既包括一定宽度的海域，又包括一定宽度的陆域。这个区域的宽度依每个沿海国家地质地貌特征、法律和行政区划的差异而不同。

综上所述,海岸带是以海岸为基线向海、陆两侧各扩展一定宽度的带状地域,既包括一定的海域,又包括一定的陆域,海域和陆域既相互接触、交叉和衔接,也相互作用和影响,海岸带的宽度依照各个沿海国家或地区的地质地貌特征、法律和行政区划等要素确定。

1.2.3 海岸带的基本特征

海岸带是世界上资源最丰富、经济最发达、城市最集中、人口最稠密、污染最严重、灾害最频发的地区,这些特点无不与海岸带的基本特征有关。

海岸带处在地球的水圈、岩石圈、大气圈和生物圈的交汇处,是海洋物质能量与陆地物质能量的转换中心,自然过程活跃,自然环境条件优越,自然资源丰富:河流带入丰富的淡水和营养盐,为生物繁衍提供了得天独厚的条件,造就了数量丰富、种类繁多的生物资源;这里处在板块构造运动的结合部,地质构造活跃,矿产资源丰富;这里能流密度大、能量集中、数量巨大,不仅有丰富的海洋能资源,而且还造就了优美的旅游景观。所以,这里不仅有纯海洋、纯陆地的资源,而且还有海陆过渡带的特殊资源。因此,这里资源种类丰富、储量巨大,为开发利用海洋资源,为社会经济的发展创造了优越的条件。

1.3 研究背景与研究意义

1.3.1 研究背景

海岸带作为海洋和陆地相互作用的地带,拥有非常丰富的自然资源,如湿地、滩涂、渔业、盐业、砂矿、港口、旅游等。由于海岸带生态系统的高价值服务功能以及便利的交通条件,使得海岸带地区成为人类活动的中心。世界一半以上的人口、生产和消费活动集中在占全球面积不到10%的海岸带地区。我国沿海地区是经济发展最迅速的区域,其面积占全国面积的14%,而人口则占全国人口的40%,GDP总产值占全国的60%以上。

随着海岸带区域人口的急剧聚焦和高强度的经济开发利用活动,围填海、海洋海岸工程建设、污染物排放等不合理的开发利用等人类活动,直接或间接地导致了海岸带生态系统的退化、受损,甚至完全损坏。随着城市发展以及人们对城市滨水地带价值认识的提高,在我国许多沿海城市,开展了一系列海洋生态修复与建设工程,以期通过利用人工措施对已受到破坏和退化的海岸带进行生态修复。

天津市海岸线全长约153 km,海岸系数(即海岸线长度与国土面积之比)高于全国海岸线的平均数。天津市海岸带现有大量荒地及已围垦用地。天津市滩涂位于陆地堆积平原与水下岸坡的交接部位。上界抵人工海堤,下界在零米深线附近,高潮时被水淹没,低潮时露出。天津市海岸带约有1 000 km²的草地、海涂和水域尚待开发利用,在这片土地上生长着大面积的芦苇、大米草群落等,

在这一区域中生活着相当数量的底栖生物及野禽。滨海湿地的野生动植物物种丰富，是渤海鱼类饵料供应地之一，也是许多珍稀和濒危野生动物迁徙、栖息、繁衍的基地；同时，还具有泄洪、滞洪、抵御旱涝、调节小区域气候等作用。但是近年来天津市海岸一直在实施大量围填海工程，从海岸线利用情况来看，用海类型以渔业用海、交通运输用海、工业用海、旅游娱乐用海、造地工程用海、排污倾倒用海、特殊用海等为主，其中渔业用海、交通运输用海和造地工程用海占用岸线比重较大，对海域自然属性改变程度较大。在天津市海洋经济快速发展的同时，天津市近岸滩涂区域受到了不同程度的人为干扰，海洋生物生存栖息环境被人工填造海岸所替代，制约了滨海新区经济社会的持续健康发展。因此天津市海洋局以“天津滨海旅游区”部分人工岸线为试点，研究天津市海岸带生态修复和生态保护的主要问题，开展海岸带生态修复工程，为区域生态环境提升改造提供示范。

1.3.2 研究意义

由于缺乏对受损或退化生态系统修复效果的评价方法和标准的研究，目前多数城市海岸带建设或生态修复工程，或许有着生态修复的良好愿望，但建成后人们关注的重点往往是如何大幅度提升城市滨水带土地的利用价值，以获取更大的经济利益，对生态系统的基本特征和服务功能的恢复关注较少。如何科学评估生态修复工程的生态效果，分析生态工程建设的社会、经济与环境效益，是当前恢复生态学理论研究的热点和难点问题。

本书从人类对海岸带生态系统服务功能需求的角度出发，研究天津滨海旅游区海岸带生态修复的目标定位，探索生态修复效果的评估，对天津滨海旅游区的生态修复工作具有指导作用，同时对类似海岸带生态修复效果评估具有示范和借鉴作用。

1.4 海岸带生态修复效果评估研究进展

1.4.1 生态恢复的概念及形成发展

退化生态系统指生态系统结构和功能在自然和人为的干扰作用下发生位移，位移结果打破原来生态系统的平衡，使系统固有的功能发生障碍，稳定性和生产力降低，抗逆能力减弱，形成破坏性或恶性循环，这样的生态系统也称为受损生态系统。恢复生态学是以退化生态系统为研究目标，主要研究内容包括退化生态系统的类型与分布，退化的过程与原因，恢复的步骤、技术方法与途径、结构与功能机制，恢复的效应及其评价等方面内容。生态恢复作为恢复生态学的基本研究内容，因研究角度和着眼点的差异而有多种定义和说法。Cairns (1977) 认为生态恢复是使受损生态系统的结构和功能恢复到受干扰前的自然状态的过程；Jordan (1987) 认为生态恢复是使生态系统恢复到先前或历史上（自然或非自然）的状态；章家恩等 (1999) 认为生态恢复与重建是指根据生态学原理，

通过一定的生物、生态以及工程的技术与方法,人为地改变和切断生态系统退化的主导因子或过程,调整、配置和优化系统内部及其与外界的物质、能量和信息的流动过程及其时空秩序,使生态系统的结构、功能和生态学潜力尽快成功地恢复到一定的或原有的乃至更高的水平。国际恢复生态学会提出生态恢复的三个定义:生态恢复是修复被人类损坏的原生生态系统的多样性的动态过程;是维持生态系统健康及更新的过程;是帮助生态整合性的恢复和管理过程的科学,生态整合性包括生物多样性、生态过程和结构、区域及历史情况、可持续的社会实践等广泛的范围。美国生态学会对生态恢复的定义较具有代表性:生态恢复就是人们有目的地把一个地方改建成定义明确的、固有的、历史上的生态系统的过程,这一过程的目的是竭力仿效那种特定生态系统的结构、功能、生物多样性及其变迁过程。

综上所述,生态恢复主要研究以下内容:在系统研究退化生态系统的原因与过程的基础上,人为选择相应的生物、生态工程技术对导致生态系统退化的因子进行遏制和改变,并对整个生态系统内部结构进行合理优化配置,使其恢复到受损以前具有自我调节和恢复能力的自然状态,在自然界中发挥其应有作用,并为人类社会可持续发展提供服务。

与生态恢复相近的概念还有生态修复,两者有交叉点但又不尽相同。恢复是指恢复到原先的状态,或自然的未受损状态;修复指对退化生态系统所进行的任何改善活动。修复更注重利用大自然的力量来恢复受损生态系统,而恢复则更侧重于人的力量,通过人为措施改善受损生态系统。从目标上看,恢复的目标要高于修复。

最早开展生态恢复研究实验的是美国。早在1935年,Leopold及其助手一起在美国威斯康星州麦迪逊边缘一块24 hm²的废弃农场上着手进行牧草恢复,如今这块草地已成为威斯康星大学具有美学和生态学双重意义的植物园,这被认为是恢复生态学的一个最早的经典范例。

1975年3月,美国弗吉尼亚工学院召开了“受损生态系统恢复”国际会议,主要讨论了受损生态系统的恢复和重建等重要生态学问题,深入讨论了生态恢复的原理、概念和特点,提出了对加速生态恢复和重建的初步设想与展望,号召学者们对受损生态系统的数据库、资料进行搜集并开展研究。这次会议使生态恢复实践的开展更为广泛,为生态恢复学的产生奠定了基础。1980年,Cairns主编了《受害生态系统的恢复过程》一书,从不同角度探讨了受害生态系统恢复过程中的重要生态学理论和应用问题。1984年10月在美国麦迪逊举行的恢复生态学学术研讨会上,来自美国和加拿大的多位生态学家向会议提交了14篇生态恢复的正式报告。1985年国际生态恢复会成立,Aber和Jordan提出生态恢复学术语,1987年Jordan、Gilpin和Aber主编出版《恢复生态学——生态学研究的一种合成方法》一书,标志着生态恢复研究作为一门学科的产生。1987年Jordan等主编了第一本生态恢复研究的专著《Restoration Ecology》。1989年9月在意大利Siena举行的第5次欧洲生态学研讨会上,生态系统恢复被列为该次会议讨论的主题之一。1992年《恢复生态学》杂志在美国创刊发行。1993年,英国学者Bradshaw发表了《Restoration Ecology as Science》一文,确立了恢复生态学的学科地位及其在退化生态系统恢复中的理论意义。1997年,著名刊物《Science》上连续刊载了7篇关于生态恢复的论文,1998年美国生态学会年会会议主题发言均涉及恢复生态学研究的核心内容。

2000年9月“恢复生态学”国际大会在英国利物浦举行,共有来自30多个国家和地区的300多名代表出席大会,大会通过对恢复生态学的理论和实践进行研讨,促进了对生态环境各方面的认识和对生态系统恢复了解的深入性及实践的完善性。2001年10月第13届国际恢复生态学大会在加拿大尼亚加拉瀑布城召开。会议的科学主题是“跨越边界的生态恢复”,焦点集中在世界著名“大湖”(Great Lake)区域生态恢复的实例研究。2003年第15届国际恢复生态学大会在美国得克萨斯州的州府奥斯汀召开。大会的科学主题是“生态恢复、设计与景观生态学”,强调了生态恢复的实践是以生态系统作为研究对象,从景观尺度进行设计与表达。2004年第16届国际恢复生态学大会在加拿大的维多利亚召开,科学主题为“边缘的生态恢复”(Restoration on the edge)。生态系统的边缘在生态系统的恢复中有明显的意义,边缘效应对生态系统的动态具有重要影响。

与生态恢复有关的还有许多科学术语,如生态修复、生态重建、生态更新、生态改良等。这些术语的含义既相互重叠又略有差异,但却从不同角度反映了恢复与重建的基本意图。目前,在学术讨论中用得较多的是“生态恢复”和“生态修复”,其中,欧美国家主要采用“生态恢复”,日本和我国主要采用“生态修复”,本书沿用我国常采用的“生态修复”术语。

1.4.2 国外生态修复效果评估研究进展

国外学者对生态修复效果的评估已陆续提出一些生态恢复评价的指标体系和方法,从不同角度来衡量生态恢复情况,大致可分为以下几种类型或方向。

(1) 生态恢复评价的指标体系

Cairns (1977) 提出,生态恢复就是要恢复到其初始的结构和功能条件,这种恢复尽管在组成元素上都可能与初始状态有明显不同,但至少能被公众社会感觉到,并被确认恢复到可用程度。Bradshaw (1987) 提出了判断生态恢复的五个标准:可持续性(可自然更新)、不可入侵性(像自然群落一样能抵制入侵)、生产力(与自然群落一样高)、营养保持力和具有生物间的相互作用。Land (1994) 从造林指标、生态指标和社会经济指标三方面提取了幼苗成活率、期望出现物种的出现情况、植物动物多样性、自然更新情况、生态修复的经济收支平衡等20个指标来评估森林生态系统的恢复情况。Davis (1996) 和 Margaret (1997) 等认为,生态恢复就是要恢复到接近其受干扰以前的结构与功能,并提出乡土种的丰富度、初级生产力和次级生产力、食物网结构、物种丰富度等指标来评价群落结构与功能间的联结是否已经形成。

2004年国际生态恢复协会(SER)提出了从生态系统的结构与功能的自然维持、抗干扰能力及与相邻生态系统有物质能量的交流三个方面评价生态恢复完成与否的9个特征指标:①与参考地点具有类似的物种多样性和群落多样性;②本地物种的出现;③对于生态系统长期稳定起重要作用的功能群体的出现;④生态系统能够为种群繁殖提供生境的能力;⑤生态系统功能维持能力;⑥生态系统景观的整体性;⑦生态系统潜在威胁的消除;⑧生态系统对于自然干扰的恢复力;⑨与参考地点具有同程度的生态系统自我支持能力。

(2) 借鉴生态系统健康及其他概念,从多角度、多途径判断和分析生态系统恢复状况的方法

Costanza 等 (1992) 提出用活力、组织、恢复力等指标来评价生态系统健康状况; Caraher 和 Knapp (1995) 采用记分卡的方法, 假设生态系统有 5 个重要参数 (例如种类、空间层次、生产力、传粉或播种者、种子产量及种子库的时空动态), 每个参数有一定波动幅度, 比较退化生态系统恢复过程中相应的 5 个参数, 看每个参数是否已达到正常波动范围或与该范围还有多大差距, 以此来评价生态系统是否已恢复到健康状态。Vilchek (1998) 认为可根据系统稳定性、弹性和脆弱性来综合评估生态系统健康。Bertollo (1998) 提出生态系统健康应根据其自我保持和更新能力来评判。澳大利亚联邦科学与工业研究组织提出了澳洲小流域生态环境质量“健康”诊断指标体系, 包括环境背景指标、环境变化趋势指标和流域经济变化指标, 涉及了生物、环境、经济等各方面, 然后综合这些指标对流域形成整体判断, 最终形成或好或坏的等级诊断结论。还可应用景观生态学中的预测模型为成功恢复提供参考。除此之外, 有学者还认为判断生态是否成功恢复还要在一定的尺度下, 用动态的观点分阶段检验。

1.4.3 国内生态修复效果评估研究进展

国内学者对生态修复效果评估研究大致可从以下几方面来阐述。

(1) 理论方面的研究

高彦华等 (2003) 在理论上对生态恢复评价做了比较系统和深入的研究, 认为生态恢复评价应多借鉴生态系统健康诊断、生态安全评价与生态系统服务功能评价等其他学科的研究方法, 以期从多角度、多途径判断和分析生态系统恢复状况。吴丹丹等 (2009) 在回顾中国生态恢复效果评价研究的基础上, 系统地归纳了中国生态恢复效果评价的主要内容、评价思路及相应的方法与技术, 指出现有研究中存在的问题, 并对今后中国生态恢复效果评价研究进行了展望, 提出了今后该领域的研究重点。

(2) 运用综合效益评价方法来评价生态系统恢复

黎锁平 (1994) 选用 9 个因子构成评价指标体系, 并采用专家咨询法确定指标权重, 通过灰色关联分析法对黄土高原 5 条小流域进行评价, 评价结果与各小流域的实际情况基本相符; 李智广等 (1998) 从经济效益、社会效益和生态效益三方面选取了人均纯收入、资金产投比、人均粮食、治理程度、林草覆盖率等 11 项指标建立流域治理综合效益评价指标体系, 对黄河中游多沙粗沙区的 4 条小流域进行治理综合效益评价。张忠学等 (2000) 应用层次分析模糊综合评价法对黑龙江省海伦市光荣小流域水土流失综合治理发展生态经济的效果进行了分析评价。袁爱萍 (2001) 从自然环境、生态环境和社会环境三方面提出了评价小流域综合治理的环境效益指标、计算方法和环境效益评价方法, 以怀柔县庄户沟小流域为例进行了环境效益分析, 提出的指标、计算方法和评价方法均具有简明性和可操作性; 康玲玲等 (2002) 在分析总结已有水土保持综合治理效益评价指标与方法的基础, 结合黄土高原沟壑区自然、经济、社会条件及治理特点遴选了 9 个评价指标, 采用层次分析法对

两个典型小流域的效益进行评价。林运东等（2002）根据各评价指标特征值之间的变异程度，利用熵权系数确定其权重，并将该方法应用于浑江水库的营养类型评价中，结果与模糊综合评价法相同。魏强和柴春山（2007）结合当地实际情况，在对水土流失治理综合效益评价指标体系方法深入研究的基础之上，利用层次分析与比较分析法（灰色系统理论）相结合对安家沟流域水土流失治理综合效益进行分析评价的方法。

（3）运用生态服务价值理论进行生态恢复效果评价

赵平等（2005）综合运用市场价值法、造林成本法和生态价值法等研究方法，通过对生态恢复工程实施前后研究区生态功能价值的对比分析来评价上海市崇明东滩湿地生态恢复与生态重建工程中的一期工程崇明东旺沙 B01 号样地的恢复与重建效果，其中对未来恢复和重建后的功能价值是预估的价值。该方法是应用生态系统服务价值进行生态恢复效果评价的有益尝试。但文中的功能价值只是生态系统服务价值中的一部分，不能反映整个系统在恢复工程实施前后的生态系统服务价值整体变化。

（4）评价生态系统恢复的其他方法

喻理飞等（2000）在分析群落组成、结构、功能变化的基础上，提出潜力度、恢复度、恢复速度 3 个评价指标，评价退化喀斯特群落恢复情况。丁成（2003）用微型生物群落监测方法（PFU 法）对草浆工业废水的水质作原生动物群落监测，根据原生动物结构参数和功能参数及平衡期评价废水生态治理工程的运行效果。研究表明原生动物可以作为废水湿地生态处理状况的指示生物。李巧等（2006）概述了节肢动物作为生物指示对生态恢复评价的可行性以及指示种选取、抽样、鉴定和分析等具体研究方法。宫渊波（2006）深入研究了几种典型植被恢复模式的水源涵养、水土保持效果、生物多样性变化、土壤养分动态、土壤微生物动态的变化来评估不同植被恢复模式对广元市严重退化生态系统修复的生态效益影响。李娜等（2007）采用植物光谱效应对尾矿生态恢复效果进行评价，研究结果表明，与传统方法相比，高光谱数据能去除干扰信息的影响，提高计算精度。卓莉等（2007）通过建立像元尺度上的气候-植被生长基准响应模型结合相对残差趋势法识别处于恢复阶段的草原区域，并初步证明该方法在较短时间序列的情况下监测和评价草原生态恢复效果的有效性。

1.5 城市海岸带生态系统服务功能研究进展

生态系统是生物圈的基本组织单元，它不仅为人类提供各种商品，同时在维持生命的支系统和环境的动态平衡方面起着不可取代的重要作用。但是在相当长的历史时期内，人类错误地认为生态系统是大自然的赠予，是取之不尽、用之不竭的。人与自然的关系被理解为利用贡献和索取的关系。然而，随着人口的急剧增加、资源的过度消耗和环境污染的日益加剧，自然生态系统遭到了人类活动的巨大冲击与破坏，全球性和区域性的生态危机日益显现，自然生态系统的服务功能迅速衰退。而生态系统服务功能的退化反过来又影响人类的生活和社会发展，并促使人类从科学的角度重新审视自身与生态系统的关系以及生态系统的保育和恢复问题。在这种背景下，全面了解并恰当评估生