

高等学校教材

海洋生态修复学

HAIYANG SHENGTAXIUFUXUE

安鑫龙 李亚宁 主编

南开大学出版社

图书在版编目(CIP)数据
海洋生态修复学 / 安鑫龙, 李亚宁主编. — 天津:
南开大学出版社, 2019.8

ISBN 978-7-310-05861-7

I. ①海… II. ①安… ②李… III. ①海洋生态学—
生态复 IV. ①Q178.53

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第162724号

版权所有 侵权必究

南开大学出版社出版发行

出版人: 刘运峰

地址: 天津市南开区卫津路 94 号 邮政编码: 300071

营销部电话: (022)23508339 23500755

营销部传真: (022)23508542 邮购部电话: (022)23502200

*

天津午阳印刷股份有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

2019 年 8 月第 1 版 2019 年 8 月第 1 次印刷

185×260 毫米 16 开本 13.5 印张 343 千字

定价: 38.00 元

如遇图书印装质量问题, 请与本社营销部联系调换, 电话: (022)23507125

教材编委会

- 主 编** 安鑫龙 河北农业大学
李亚宁 南开大学滨海学院
- 副主编** 李雪梅 河北农业大学
殷艳艳 南开大学滨海学院
郭 彪 天津渤海水产研究所
申 亮 河北农业大学
- 编 委** (按姓氏拼音字母排序)
- 李国东 南开大学滨海学院
李元超 海南省海洋与渔业科学院
刘 敏 河北农业大学
邱若峰 河北省地矿局第八地质大队
(河北省海洋地质资源调查中心)
王 凯 上海海洋大学
王晓宇 南开大学滨海学院
左九龙 河北农业大学

本书在编写过程中，得到了许多专家和学者的支持，特别是河北省地矿局第八地质大队、河北省海洋地质资源调查中心的邱若峰，上海海洋大学海洋生物与海洋学教授王凯、天津渤海水产研究所的郭彪、海南省海洋与渔业科学院的李元超、河北农业大学李雪梅、南开大学滨海学院的李亚宁、天津渤海水产研究所的申亮、河北省地矿局第八地质大队的李国东和王晓宇、天津市教委科技处项目(项目编号 2018KJ1376、2018KJ1377)及大学生创新创业训练计划(项目编号 20191387002)资助、中国海洋大学水产学院为本书出版捐赠了海洋总复垦项目(南开大学出版社副总编辑李林老师、尹建国老师为本书出版提供了大量心血，在此一并表示衷心的感谢)。

我们在编写过程中，尽可能大力地力求系统地反映海洋生态变化的新成就和动向，但由于水平有限，书中难免有不足、疏漏甚至错误之处，恳请读者批评指正，我们一定虚心接受。同时，本书多处引用了大量书刊和专家学者的教材、讲义和论文等相关成果，在此向被引用的参考文献作者们致以谢意，在引用过程中可能存在个别不清或有遗漏之处，感谢各位专家和学者批评指正，我们将予以及时更正。

编 者
2019年1月

内容简介

本书是高等学校教材。全书分3篇,主要介绍了海洋生态修复学基础知识(海洋环境污染和生态破坏、海洋生态修复学理论基础、海洋生态修复的基本程序和判定标准等)、海洋生态修复技术(海洋生境修复、海洋生物资源养护、海洋生态系统修复和海洋生态系统管理)和海洋生态修复学实验(海洋石油污染对浮游植物生长的影响、海洋污损生物藤壶的防除等)。

本书可作为高等院校海洋环境科学、海洋资源与环境、海洋科学、海洋渔业科学与技术、海洋生物学、环境生物学等专业高年级本科生和硕士研究生教材,也可供从事相关专业技术的科技人员参考。

南开大学出版社, 2019.5

(中国图书馆分类号) 姜 敏

ISBN 978-7-310-05861-7

南开大学出版

李 敏

南开大学出版

李 敏

南开大学出版

李 敏

南开大学出版

李 敏

(中国图书馆分类号)

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第000000号

姜 敏

南开大学出版

李 敏

南开大学出版

李 敏

版权所有 侵权必究

南开大学出版社出版发行

出版人: 李 敏

地址: 天津市南开区津南路146号 邮编: 300350

咨询电话: (022) 23503637 23503638

网址: <http://www.nkupress.com.cn> 电子邮箱: zbs@nkupress.com.cn

天津理工大学印刷有限公司印刷

全国各高等院校均有代售

2019年8月第1版 (2019年8月第1次印刷)

16开 787mm×1092mm 13.5印张 340千字

定价: 52.00元

如有印装质量问题,请与本社发行部联系调换,电话: 022-23503638

前 言

海洋是生命的发源地,是 21 世纪人类社会可持续发展的宝贵财富。人类在直接或间接从海洋中攫取生活、生产必需的物质和能量的同时,也不断地破坏近海海洋生物资源并将各种有毒有害的污染物排入近海,以至于远远超过了其生物资源自我恢复能力和环境自净能力而导致其生态破坏和环境污染日益严重,致使海洋生态系统健康受到严重威胁。为了解决人类面临的这些重大问题,科学家们纷纷投入到海洋环境修复和海洋生物资源养护等伟大事业中来并已成为当今海洋研究日益活跃的领域。

海洋生态修复学是在上述背景下诞生的一门新学科,随着人类涉海活动日益频繁和保护行动日臻完善并逐渐发展成熟,现已发展为当今海洋学科的前沿领域。从海洋环境科学角度而言,海洋生态修复相关教材建设已提到日程。为此,我们在 10 多年教学改革和科研实践基础上,历经 2 年多时间,收集了大量参考文献编写了这本《海洋生态修复学》,作为海洋环境科学、海洋资源与环境、海洋渔业科学与技术、海洋科学、海洋技术和海洋生物学等专业高年级本科生和硕士研究生教材,也可作为相关专业技术人员的参考书。

参加教材编写的单位包括河北农业大学、南开大学滨海学院、天津渤海水产研究所、海南省海洋与渔业科学院、河北省地矿局第八地质大队(河北省海洋地质资源调查中心)和上海海洋大学,参加编写人员都有多年从事海洋生态修复学教学和科学研究的经历。本教材由河北农业大学海洋学院的安鑫龙和南开大学滨海学院的李亚宁主编,河北农业大学海洋学院的李雪梅、申亮、刘敏和左九龙,南开大学滨海学院的殷艳艳、李国东和王晓宇,天津渤海水产研究所的郭彪,海南省海洋与渔业科学院的李元超,河北省地矿局第八地质大队(河北省海洋地质资源调查中心)的邱若峰,上海海洋大学海洋生态与环境学院的王凯共同参与编写。全书由安鑫龙和李亚宁负责统一修改、定稿。教材出版得到了国家自然科学基金青年项目(项目编号 41503109、21601094),天津市教委科研计划项目(项目编号 2018KJ270、2018KJ271)及大学生创新创业训练计划项目(项目编号 201913663002)资助,中国海洋大学水产学院的张沛东教授馈赠了海草修复现场照片,南开大学出版社第五编辑室李冰老师、尹建国老师为教材出版倾注了大量心血,在此一并表示衷心的感谢!

我们在编写过程中虽然花费很大精力力求系统地反映海洋生态修复的新成就和新动向,但由于水平所限,书中难免有不足、疏漏甚至错误之处,恳请读者批评指正,我们一定虚心接受。同时,本书参考引用了大量其他专家和学者的教材、著作和论文等相关成果,在此向被引用的参考文献的作者们致以谢意,在引用研究成果过程中可能存在标注不清或有疏漏之处,恳请各位专家和学者批评指正,我们会于再版时及时纠正。

编 者

2019 年 1 月

目 录

绪 论 1

第一篇 海洋生态修复学基础

第一章 海洋学基础 11

第一节 海洋地理 11
 第二节 海洋资源 14
 第三节 海洋环境与生态系统 15

第二章 海洋生态修复学背景 21

第一节 海洋环境污染 21
 第二节 海洋生态破坏 23

第三章 海洋生态修复学概况 27

第一节 海洋生态修复的基本任务、目标和原则 27
 第二节 海洋生态修复学理论基础 28
 第三节 海洋生态修复的基本程序和判定标准 29

第二篇 海洋生态修复学内容

第一章 海洋生境修复 35

第一节 海滩修复 35
 第二节 海洋石油污染修复 45
 第三节 海洋塑料垃圾和微塑料污染防控 49
 第四节 海水富营养化防控 53
 第五节 海洋有害藻华防控 57
 第六节 大型致灾水母防控 63
 第七节 海洋缺氧防控 69
 第八节 海洋生物污损防控 71
 第九节 海洋生物入侵防控 75
 第十节 海水健康养殖新模式 78

第二章 海洋生物资源养护	81
第一节 海洋生物资源增殖放流	81
第二节 人工鱼礁建设	86
第三节 人工藻礁建设	95
第四节 海洋牧场建设	99
第三章 海洋生态系统修复	121
第一节 海草场生态系统修复	121
第二节 海藻场生态系统修复	128
第三节 红树林生态系统修复	135
第四节 珊瑚礁生态系统修复	140
第四章 海洋生态系统管理	146
第一节 海洋生态系统管理的法律措施	146
第二节 海洋生态系统管理的宣传教育措施	158
第三节 海洋生态系统管理的行政措施	159
第四节 海洋生态系统管理的经济措施	160
第五节 海洋生态系统管理的技术措施	162
第五章 海洋生态修复模式和修复效果评价	168
第一节 海洋生态修复模式	168
第二节 海洋生态修复效果评价	169

第三篇 海洋生态修复学实验

实验一 海洋石油污染对浮游植物生长的影响	175
实验二 大型海藻对富营养化海水中氮磷的去除	178
实验三 大型海藻对赤潮微藻的调控作用	180
实验四 人工藻礁模型礁设计和大型海藻幼体附着	183
实验五 海洋污损生物藤壶的防除	186

参考文献	188
-------------------	-----

绪 论

海洋生态环境保护 (Marine ecological and environmental protection) 是统筹推进“生态文明体制改革, 建设美丽中国”战略部署的重要内容。海洋生态修复 (Marine ecological rehabilitation) 是海洋生态环境保护的有机组成部分, 对于提高海洋环境质量、改善海洋生态状况具有十分重要的意义。海洋生态修复学 (Science of marine ecological rehabilitation) 是基于海洋环境污染 (Marine environmental pollution) 和海洋生态破坏 (Marine ecological destruction) 背景下诞生的一门年轻学科。海洋生态修复学的研究对象和研究内容是什么? 她是如何产生和发展的? 这些都是我们首先要阐明的问题。

一、海洋生态修复学的定义、研究对象和研究内容

(一) 生态修复的定义

在不同历史时期, 由于教育背景、从事专业、学术交流和科研实践经历存在差异, 不同学者给出的生态修复的定义也不尽相同, 但是归纳总结后这些定义可分为两大类, 一类是基于污染环境的修复角度考虑, 将生态修复作为一种综合的修复污染环境的方法; 另一类是基于受损生态系统的恢复角度考虑, 将生态修复作为生态系统恢复和重建等的统称。作为第一类生态修复的代表, 著名污染生态学家周启星教授等给出的定义如下: 生态修复 (Ecological remediation) 是在生态学原理指导下, 以生物修复为基础, 结合各种物理修复、化学修复以及工程技术措施, 通过优化组合, 使之达到最佳效果和最低耗费的一种综合的修复污染环境的方法。也就是说, 生态修复是根据生态学原理, 利用特异生物对污染物的代谢过程, 并借助物理修复与化学修复以及工程技术的某些措施加以强化或条件优化, 使污染环境得以修复的综合性环境污染治理技术。该定义在污染环境生态修复领域处于指导地位。第二类的生态修复 (Ecological restoration) 是指停止对生态系统的人为干扰, 减轻生态压力, 依靠生态系统的自我平衡能力使其向有序的方向进行演化, 并逐步恢复到一定功能水平的过程; 或者利用生态系统的自我恢复能力, 辅以人工措施, 使受损生态系统逐步恢复或向良性循环方向发展的过程。可见该定义包含两层含义, 一是实施生态自我修复, 二是实施人为辅助修复; 目前该定义主要用于受损生态系统的恢复、修复、重建和改建, 其实质是生态恢复的内容。安鑫龙 (2008) 指出, 治理污染生态退化必须将治理污染和恢复生态结合起来, 即生态整治 (Ecological rehabilitation) 包括生态修复和生态恢复, 生态整治即为广义的生态修复。实际上, 受损生态系统要恢复到先前或历史状态、受到干扰前状态是很难实现的, 完全的生态恢复是不现实的。盛连喜 (2002) 指出, 生态修复的实质是在人为的干预下, 利用生态系统的自组织和自调节能力来恢复、重建或改建受损生态系统。该概念强调了人类对受损生态系统的重建和改建, 突出了人的主观能动性。国际生态恢复学会 (Society for Ecological Restoration, SER) 2004 年将生态恢复定义为协助已经退化、受损或被破坏的生态系统回到原来发展轨迹的过程, 并解释修复的重点是生态系统过程、生产力和生态系统服务, 恢复则还强调重建之前存在的生物组分 (物种组成和群落结构)。换句话说, 生态修复得到的是生态系统功能特征的改善, 生态恢复是指尽可能恢复受损生态系统的原有生态特征和生物多样性。刘俊国 (2017) 等认为, 生态修复 (Ecological rehabilitation) 是

指通过人工措施对一个受损生态系统进行部分恢复,对一个受损生态系统进行全面恢复则通常称为生态恢复;生态修复要尽可能让生物组分的生长、繁殖和重组等自然过程起主要作用,尽可能少地采取人工措施;生态系统难以自我恢复而发生退化时必须辅以人工措施开展生态修复;在中国,“修复”一词远比“恢复”一词具有更广泛的适用性。正因如此,从海洋环境科学角度看,生态修复更具有现实意义和实践意义。因此,综合考虑目前各位专家学者的使用习惯,本书出现的生态修复(Ecological rehabilitation)是一个广义概念,根据修复的最终目标和程度包括生态恢复、修复、重建和改建等,即通过辅以适当人工措施,利用生态系统的自组织和自调节能力来恢复、修复、再植、重建或改建被破坏的受损或退化生态系统的功能和利用方式。

(二) 海洋生态修复的定义

海洋生态修复的发展历史还很短,对这一学科的定义、研究内容和任务等还存在不同的看法和争议。姜欢欢等(2013)认为海洋生态修复是指利用大自然的自我修复能力,在适当的人工措施的辅助作用下,使受损的生态系统恢复到原有或与原来相近的结构和功能状态,使生态系统的结构、功能不断恢复。该定义是对海洋生态修复十分完美的概括,修复手段和目标清晰,但是由于海洋生态系统的开放性,恢复到原有或与原来相近的结构和功能状态有时是相当困难甚至是无法做到的,但是去除干扰后可使其恢复原有的利用方式或者恢复到具有生产力并保持稳定的生产状态是可行的。根据前人提出的概念和编者的科研经验,本书给出海洋生态修复的定义如下:海洋生态修复是指在充分发挥海洋生态系统自我修复功能的基础上,采取适当工程或非工程措施等必要人工手段,促使受损海洋生态系统恢复到可持续发展的自然、健康、稳定和能够自我维持状态,从而改善增强其生态完整性和可持续性并最终恢复其服务功能的一种海洋生态环境保护行动。

(三) 海洋生态修复学的研究对象

海洋生态修复学的研究对象是受损海洋生态系统,包括海洋环境和海洋生物,海洋环境是海洋生物生存的物质基础和空间条件,海洋环境污染势必威胁海洋生物的生存;海洋生物是海洋生态系统的生命形式,对海洋环境具有重要调节功能,海洋生物多样性降低势必影响海洋生态系统的自我调节和恢复能力。受损的海洋生态系统在其自我修复过程中不能或很难恢复到原有或正常状态,从而需要进行人工干预,在适当人工措施帮助下,能够促使其逐渐恢复至合理的内部结构、高效的系统功能和协调的内在关系。

(四) 海洋生态修复学的研究内容

海洋生态修复学是应对海洋环境污染和海洋生物资源破坏逐渐发展起来的,涉及内容十分广泛。由于捕捞强度超过资源的再生能力,海洋渔业资源的开发利用因出现过度状态导致严重衰退。自1995年开始,我国在东、黄渤海海域实行全面伏季休渔制度;1999年开始,南海海域也开始实施伏季休渔制度。二十多年的实践结果显示,没有捕捞行为的伏季休渔有利于渔业资源的保护和恢复。所以,海洋生态修复包括海洋环境修复、海洋生物资源养护(也有人称之为修复)和海洋生态系统管理等内容。因此,广义上讲,海洋生态修复学包括海洋生态系统保护和海洋生态系统修复两部分内容。

(五) 海洋生态修复学的定义

综上所述,海洋生态修复学是研究海洋生态保护与修复(Marine Ecological protection and rehabilitation)的一门综合性学科,是以生态学原理为基础,研究受损海洋生态系统保护和修复的集科学、技术、工程和管理于一体的实践性和创新性均很强的一门新兴学科。

二、海洋生态修复学发展简史

国际海洋生态环境保护大致经历了三个阶段：20世纪50年代至70年代初期，人们开始关注海洋污染问题，1956年日本水俣病事件给人们敲响了警钟，海洋环境科学应运而生，海洋生态修复工作开始萌芽；20世纪70年代中期至80年代，人们开始关注海洋生态恶化问题，海洋污染生态学逐渐形成，海洋生态修复工作大范围展开；20世纪90年代以来，海洋生态环境保护问题世人瞩目，海洋生态修复成为新的关注热点。

海洋生态修复工作伴随着海洋环境污染和生态恶化逐渐展开，如日本在20世纪50年代开始进行人工鱼礁研究；1977年提出海洋牧场构想，并作为国家的新渔业计划，每年进行大规模人工鱼礁和人工藻礁的投入。美国1968年提出海洋牧场计划，1974年建成了加利福尼亚巨藻海洋牧场。20世纪80年代美国“恢复地球”组织开展了海岸带等生态恢复实践。我国也于20世纪70年代开始了人工鱼礁建设以及红树林的保护和恢复等研究，如70年代末、80年代初在广西钦州进行人工鱼礁投放试验，1980年在海南东寨港建立了第一个国家级红树林自然保护区，1991年我国开始对红树林生态系统进行全面修复。为改善海洋生态环境，财政部经济建设司、原国家海洋局财务司于2010年5月18日联合印发《关于组织申报2010年度中央分成海域使用金支出项目的通知》（财建便函〔2010〕83号），通过中央分成海域使用金支持地方实施海域、海岛和海岸带整治修复及保护项目，标志着我国海洋生态保护修复工作全面启动。目前，海洋石油污染和水体富营养化等生境修复以及海藻场、海草床、滨海湿地等生态系统修复工作也已全面展开。

在此期间，我国海洋科技工作者先后出版了《海洋牧场》（雷宗友，1979）、《海洋污染与保护》（傅海靖，1979）、《海洋污染及其防治》（国家海洋局编译组，1981）、《海洋污损生物及其防除（上册）》（黄宗国等，1984）、《海岸带管理与法》（张志诚，1990）、《赤潮及其防治对策》（张水浸等，1994）、《中国红树林生态系》（林鹏，1997）、《中国红树林保护与合理利用规划》（吕彩霞，2002）、《海洋管理概论》（管华诗等，2003）、《中国沿海赤潮》（齐雨藻，2003）、《中国人工鱼礁的理论与实践》（杨吝等，2005）、《雷州半岛红树林湿地资源综合管理》（雷州半岛红树林综合管理和沿海保护项目管理办公室等，2006）、《中国红树林》（王文卿等，2007）、《海洋污损生物及其防除（下册）》（黄宗国，2008）、《中国红树林恢复与重建技术》（廖宝文等，2010）、《海州湾海洋牧场——人工鱼礁建设》（朱孔文等，2011）、《人工鱼礁工程学》（夏章英，2011）、《渔业环境评价与生态修复》（刘晴等，2011）、《人工鱼礁关键技术研究及示范》（贾晓平等，2011）、《典型海水增养殖区生态环境修复技术及示范》（赵振良，2012）、《海洋生态恢复理论与实践》（陈彬等，2012）、《海岛生态修复与环境保护》（毋瑾超，2013）、《滨海湿地生态修复技术及其应用》（林光辉，2014）、《韩国海洋牧场建设与研究》（杨宝瑞等，2014）、《中国海域钵水母生物学及其与人类的关系》（洪惠馨，2014）、《渤海海洋生态灾害及应急处置》（宋伦等，2015）、《海洋恢复生态学》（李永祺等，2016）、《近海环境生态修复与大型海藻资源利用》（杨宇峰，2016）、《海草床衰退机制及管理》（韩秋影，2016）、《海洋生物资源评价与保护》（张偲等，2016）、《辽河口湿地生态修复理论与方法》（赵阳国等，2016）、《海岛生态环境调查与评价》（桂峰等，2018）、《海洋牧场构建原理与实践》（杨红生，2017）、《海洋有害藻华学》（安鑫龙等，2018）、《海洋牧场概述》（王凤霞等，2018）、《黄河三角洲滨海湿地演变机制与生态修复》（韩广轩等，2018）、《珊瑚礁科学概论》（余克服，2018）等与海洋生态修复相关的学术著作和教材并发表了大量科技论文。由此可见，我国在海域海岸带环境综合整治、海岛整治修复、

典型生态系统保护修复和生态保护修复能力建设四个方面取得了显著成果。

自2008年开始,河北农业大学海洋学院安鑫龙博士陆续参与了“十一五”国家科技支撑计划项目“渤海海岸带典型岸段与重要河口生态修复关键技术研究与示范——滩涂底栖贝类修复生态环境技术研究”、河北省科学技术研究与发展计划重大技术创新项目“封闭式循环海水养殖技术开发与产业化示范”、河北省科学技术研究与发展计划项目“北戴河滨海湿地保护与生态修复技术研究”、河北省国土资源厅项目“河北省海洋环境保护对策与地方立法研究”、河北省海洋局“唐山湾三岛海域生态环境修复关键技术研究”和河北省唐山市科技攻关计划项目“曹妃甸区域海洋生态构建技术模式研究”等科研工作,参阅并积累了丰富的海洋生态修复相关资料、学习并掌握了大量海洋生态修复理论和实践技能。与此同时,安鑫龙连续多年为河北农业大学海洋学院环境科学与工程系学生开设《水环境修复技术》课程,自2015年开始该课程重点增补了海洋生态修复内容。随后几年,安鑫龙结合自己相关科研实践,系统完善了海洋生态修复学课程体系。这些前期工作为此次《海洋生态修复学》教材编写提供了宝贵资料。时至今日,海洋生态修复工作方兴未艾,为了培养高素质、综合型海洋生态修复人才,集各种海洋生境修复、海洋生物资源养护以及海洋生态系统修复和管理于一体的海洋生态修复学作为一门完整学科提上了议事日程。此次编写的这本《海洋生态修复学》教材,必将为我国培养海洋生态修复专业人才提供重要参考。

三、我国海洋生态修复学领域的研究现状

我国是一个海洋大国,海洋生态修复学的发展大体与世界同步。我国的海洋环境问题萌发于20世纪50年代,60年代后污染明显加重,致使海洋资源受损、海洋生态恶化,沿岸和近海水域不断发生污染事件。

(一)我国海洋生态修复学研究领域

目前来看,我国海洋生态修复学研究领域主要集中在海洋生境修复、海洋生物资源养护和海洋生态系统修复等方面展开工作。

1. 海洋生境修复

海洋生境修复成功实例之一是赤潮发生水域采用粘土矿物絮凝法治理藻华。利用粘土矿物去除藻华藻的机理主要是粘土颗粒与藻华藻细胞间通过絮凝作用形成较大的絮凝体后迅速沉降到海底,选择适宜的粘土矿物能够有效提高其去除效果。鉴于天然粘土矿物表面特征是影响其消除藻华生物效率的关键控制因子,中国科学院海洋研究所俞志明研究员构建了表面改性增效理论,提出了引入大分子改性剂有效提高天然粘土矿物消除藻华生物效率的改性方法。作为有害藻华的一种防治方法,改性粘土法的有效性已在中国、日本、韩国和澳大利亚等多个国家和地区得到实践证明。现场实践证明俞志明研究员制备的高效改性粘土应急处置效果明显,保障了2005年南京“全国第十届运动会”水上项目、2007年“好运北京”——中国石化青岛国际帆船赛、2008年青岛奥运会帆船比赛的顺利进行以及2012年以来的北戴河近岸海域暑期保障等,取得了重大的社会效益。2018年,改性粘土治理有害藻华技术走进智利,为改性粘土治理有害藻华技术走向国际树立了良好范例。

2. 海洋生物资源养护

海洋生物资源养护成功实例之一是鳗草(旧称大叶藻, *Zostera marina*)规模化增殖技术。中国海洋大学张沛东教授团队长期以来致力于鳗草繁殖机理研究,近十年来,经过与荣成马山集团有限公司通力协作,该团队系统评价了山东半岛典型海草床的关键生态过程,明确了海草

床的生物栖息地功能、有性生殖过程及植株生长与关键因子的相互作用关系;建立了鳗草高效促萌技术与途径,阐明了种子萌发机理,实现了种子休眠和快速萌发的人工诱导;建立了低成本、高效的鳗草种子播种技术,幼苗建成率由自然环境下的1%提高到30%以上;同时建立了完整的鳗草植株移植技术,提出了恢复生态工程技术方案,为缓解近岸生态压力提供了新的思路与途径。

3. 海洋生态系统修复

海洋生态系统修复的成功实例之一是红树林修复。广东珠海淇澳-担杆岛自然保护区2012年完成的“珠海红树林恢复标准化示范区”66公顷的造林,主要栽植红树林种类为速生树种无瓣海桑和海桑,林分生长良好,平均树高达到6.1 m,平均胸径为6.9 cm,无病虫害发生;已经郁闭成林,郁闭度为0.8,已经形成高效稳定的红树林群落,有效发挥其防护效能;具有明显的防波消浪、减弱风速、调节气温、改善空气状况的作用。淇澳红树林人工造林技术已成功辐射到整个华南沿海地区2140公顷的红树林人工恢复。

(二)我国海洋生态修复学领域的研究现状

原国家海洋局高度重视海洋生态修复工作,近年来主要开展了以下工作:自2016年起,财政部和原国家海洋局利用中央海岛和海域保护资金,支持沿海18个城市开展“蓝色海湾”“南红北柳”“生态岛礁”三大海洋生态修复工程,规划整治修复岸线270余公里,修复沙滩约130公顷,恢复滨海湿地5000余公顷,种植红树林160余公顷、赤碱蓬约1100公顷、怪柳462万株、岛屿植被约32公顷,建设海洋生态廊道约60公里,计划于2020年前建设100个生态岛礁。为进一步扎实有序推进三大生态修复工程,确保科学规划有序实施,切实将中央海岛和海域保护奖补资金管好用好,原国家海洋局组织编制了《“蓝色海湾”整治工程规划(2017—2020年)》《“南红北柳”湿地修复工程规划(2017—2020年)》《蓝色海湾整治行动专项奖补资金项目管理办法》《“生态岛礁”工程建设指南》和《海岛生态本底调查技术要求》;印发了《关于加强滨海湿地管理与保护工作的指导意见》,要求各级海洋部门提高认识,提出开展受损滨海湿地生态系统恢复修复任务,坚持自然恢复为主,与人工修复相结合的方式,对集中连片、破碎化严重、功能退化的自然湿地进行恢复修复和综合治理;出台了《关于全面建立实施海洋生态红线制度的意见》,要求沿海各省(区、市)于2017年底划定并公布海洋生态红线,海洋生态红线面积占沿海各省(区、市)管理海域总面积的比例不低于30%,到2020年,近岸海域水质优良(一、二类)比例达到70%左右。

科技部国家重点研发计划“海洋环境安全保障”重点专项从2016年开始设立,执行期从2016年到2020年,四大具体任务目标包括:(1)海洋环境立体观测/监测的新技术研究与系统集成及核心装备国产化;(2)海洋环境变化预测预报技术;(3)海洋环境灾害及突发环境事件预警和应急处置技术;(4)国家海洋环境安全保障平台研发与应用示范。2016年度立项项目包括“浒苔绿潮形成机理与综合防控技术研究及应用”“海洋微塑料监测和生态环境效应评估技术研究”“海上交通溢油监测预警与防控技术研究及应用”“海上危险化学品突发事故应急技术研发及示范”和“海上放射性事件跟踪监测与应急处置技术和装备研究”等,涉及了我国海区的重要的环境污染突发事件和生态破坏方面,为海洋生态保护和修复奠定了坚实基础。国家重点研发计划“海洋环境安全保障”重点专项2017年度立项项目包括“我国近海致灾赤潮形成机理、监测预测及评估防治技术”“我国近海水母灾害的形成机理、监测预测及评估防治技术”“近海病原微生物灾害形成机制与监测预警技术研究”“我国近海典型外来生物入侵

灾害风险防控技术和装备研发”“区域海洋生态环境立体监测系统集成与应用示范”“海洋浮游生物监测传感器的研制及系统优化”“海水总氮总磷在线监测仪器研制及产业化”和“海水总有机碳光学原位传感器及在线监测仪研发”等,涉及了海洋生态环境监测仪器设备研发和海洋生态灾害等多个方面,为海洋生态保护和修复奠定了坚实基础。国家重点研发计划“海洋环境安全保障”重点专项 2018 年度立项项目包括“黄渤海近海生物资源与环境效应评价及生态修复”“东海典型海区生物资源与环境效应评价及生态修复”“南海重要岛礁及邻近海域生物资源评价与生态修复”等,涉及了我国四大海区的生态修复,体现了海洋生态修复的重要性。

2018 年 7 月 28 日,由国家自然资源部主办的 2018 海洋生态保护修复大会在山东烟台召开。会议主题为“保护自然,修复生态,共创海洋生态美景”,旨在搭建涉海行业交流合作平台,探讨海洋生态文明建设新方法,落实自然资源管理新要求,推动海洋生态保护修复工作深入开展。会议指出,在开展全国范围内的海洋生态保护修复调研工作基础上,将继续推动海洋生态保护修复工作深入开展,坚持陆海统筹,在海洋生态保护修复规划制度、技术标准和行业规范方面开展研究,为打造绿色发展、人海和谐、生态健康的美丽海洋,为生态文明建设和经济社会可持续发展做好服务。

2016 年 1 月 28 日,山东省财政厅和山东省海洋与渔业厅联合印发《山东省海洋生态补偿管理办法》,这是全国首个海洋生态补偿管理的规范性文件。该办法明确,海洋生态损失补偿是指用海者履行海洋环境资源有偿使用责任,对因开发利用海洋资源造成的海洋生态系统服务价值和生物资源价值损失进行的资金补偿。海洋生态损失补偿资金作为国有资源有偿使用收入纳入省级预算管理,统筹安排用于海洋生态保护补偿支出,并优先用于海洋生态环境保护修复相关工作。具体包括受损海洋生态修复与整治,受损海洋生物资源的恢复,海洋环境污染事故应急处置,海洋环境常规监测和海洋工程项目海洋环境影响跟踪监测,海洋生态损失与补偿的调查取证、评价鉴定和诉讼等支出,以及与海洋生态环境保护有关的其他支出等。此后,沿海其他省市纷纷出台相关文件。2018 年,浙江省舟山市普陀区人民检察院建立了增殖放流海上流动基地,并联合区海洋与渔业局出台了《关于联合开展海洋生态修复补偿工作的若干意见(试行)》,共同推动海洋公益保护工作协同发展。截至 2018 年 11 月,区检察院共对 5 件非法捕捞水产品案件启动了生态修复补偿机制,5 名涉案当事人中已有 2 人缴纳 16 万余元购买了 90 万尾鱼苗,并在 2018 年增殖放流活动中统一放流;另外 3 名当事人将参加 2019 年禁渔期的增殖放流活动。

四、海洋生态修复学与其他课程间的关系

海洋生态修复学是海洋学科的重要组成部分,与海洋学科其他课程有着千丝万缕的联系。海洋生物学、海洋微生物学、海洋生态学、化学海洋学、物理海洋学、海洋地质学、海洋环境监测与评价、海洋生物资源调查与评估、渔业资源与渔场学等是重要的先行课,为海洋生态修复学的学习奠定基础。换句话说,从目前海洋环境科学发展程度来看,海洋生态修复学是海洋环境科学的终极课程,海洋生态修复是解决海洋污染问题和生态破坏现象的唯一有效途径,是实现海洋和人类社会可持续发展的重要手段。

人类共有一片海洋,实现海洋可持续发展是我们学习这门课程的最终目标。我们要始终坚持海洋生态文明建设为主线,不断强化海洋生态文明意识,提高海洋生态保护修复水平。

【思考题】

1. 名词解释:生态修复、海洋生态修复、海洋生态修复学。
2. 我国海洋生态修复学研究领域有哪些?
3. 查阅资料,简述我国在海洋生态修复领域的一些成就。
4. 试述开展海洋生态修复的意义。

第一篇

海洋生态修复学基础

海洋生态修复学的研究对象是海洋生态系统,包括海洋环境和海洋生物群落。因此,有必要首先对海洋生态系统、海洋环境污染和海洋生态破坏过程背景知识进行简要介绍。

第一章 海洋学基础

海洋生态修复学是海洋学(Oceanography)的重要组成部分,涉及物理海洋学(Physical Oceanography)、海洋生物学(Marine Biology)、海洋化学(Marine Chemistry)或化学海洋学(Chemical Oceanography)、海洋生态学(Marine Ecology)或生物海洋学(Biological Oceanography)等海洋学的一个分支学科。

第一篇 地理

海洋生态修复学基础

按地理学分类,海洋学(Oceanography)可分为物理海洋学、海洋生物学、海洋化学、海洋地质学、海洋气象学、海洋生态学、海洋环境学、海洋资源学、海洋工程学和海洋法学等。海洋生态修复学是海洋学的一个分支学科,主要研究海洋生态系统的修复和重建。

一、海洋的组成
地球上互相连通的广大水体称为海洋,内海和半开敞海以及海湾、海峡等几部分组成。主要部分为洋,其次为海和海峡。

(一)洋

海洋生态修复学的研究对象是受损海洋生态系统,包括海洋环境和海洋生物群落。因此,有必要首先对海洋学基础知识、海洋环境污染和海洋生态破坏这些背景知识进行简要介绍。

洋是海洋的主体部分,面积广大,水深,是海洋的主体。洋是海洋的主体,从南极大陆到北纬40度为止的海域具有自给体系的环流,在海洋学上定义为大洋。

(二)海

海是介于大陆和大陆之间的水域,深度较浅,一般小于2000m,水文要素受大陆影响较大,没有独立的环流系统,潮汐涨落比大洋显著。按海所处的位置可将其分为内海、内海和边缘海。内海是指位于大陆之间的海,内海是伸入大陆内部的海,边缘海位于大陆边缘,以半岛、岛群或群岛与大洋分隔。

(三)海峡

海峡是洋或海与大洋或海之间狭窄的水域,海峡中除海水与毗邻海洋自由沟通,受相邻洋流影响较大,经常出现最大流速,如英吉利海峡最大流速可达8.9m/s。

(四)海峡

海峡是洋或海与大洋或海之间狭窄的水域,海峡最主要的特征是狭窄,水深较浅,海峡往往受不同海区水团和环流的影响,故海洋环境要素比较复杂。

二、海洋地理概述

从海面向大陆方向,大致分为大陆边缘、大陆架和大陆坡等单元。

(一)海岸带

海岸带是陆地和海洋的过渡带,由于水位变化和近岸水动力作用,海岸带是海洋与陆地相互作用最强烈的地带,也是海洋与陆地相互作用最强烈的地带,一般包括海岸、内海和大陆架等。

