

# 滨海湿地 生态修复技术及其应用

*ECOLOGICAL RESTORATION TECHNIQUES FOR COASTAL  
WETLANDS AND THEIR APPLICATIONS IN CHINA*

主 编 林光辉

副主编 刘长安 冯建祥



海洋出版社

# 滨海湿地生态修复技术 及其应用

*ECOLOGICAL RESTORATION TECHNIQUES FOR COASTAL  
WETLANDS AND THEIR APPLICATIONS IN CHINA*

主 编 林光辉

副主编 刘长安 冯建祥

海洋出版社

2014年·北京

## 图书在版编目(CIP)数据

滨海湿地生态修复技术及其应用 / 林光辉编著. —  
北京: 海洋出版社, 2014.7  
ISBN 978-7-5027-8749-3

I. ①滨… II. ①林… III. ①海滨—沼泽化地—生态环境—环境治理—研究—青岛市 IV. ①P942.523.78

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第286778号

责任编辑: 朱 瑾  
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

北京旺都印务有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2014年7月第1版 2014年7月第1次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 17.75

字数: 331千字 定价: 88.00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

# 《滨海湿地生态修复技术及其应用》

## 编委会名单

主 编：林光辉

副主编：刘长安 冯建祥

编 委：(以姓氏笔画为序)

王文卿 冯建祥 刘长安

江锦祥 李元跃 李凤兰

李秀启 张 悦 林光辉

林更铭 胡宏友 咎启杰

郭婕敏 黄雅琴 董贯仓



# 前 言

滨海湿地地处海洋与陆地的交汇地带,是自然界最富生物多样性并具有多种独特功能的生态系统,是人类最重要的生存环境之一。滨海湿地不仅为人类的生产、生活提供食物、原料和水等多种丰富的资源,而且在稳定环境、维持生态平衡、保持生物多样性、固碳放氧等方面均起到重要作用。我国有18 000千米的海岸线,南北跨度大,滨海湿地面积广,类型丰富,生物多样性高,是我国沿海社会经济的重要支撑区域,其服务功能对经济社会的可持续发展起着重要的保障作用。由于丰富的资源、优越的自然条件、良好的地理位置以及独特的海陆特性,海岸带成为人类活动最活跃和最集中的地域。

人类经济活动已经引发了一系列滨海生态环境恶化问题,滨海湿地也承受着巨大的环境压力。不仅围海造田造成了大面积湿地损失,其他海岸带开发和土地利用方式的改变如大面积人工养殖等也明显改变了湿地的属性,使湿地服务功能显著下降,甚至丧失,造成了严重的环境和生态问题,对海岸带社会经济发展的支撑能力显著下降。例如,养殖废水的排放直接影响海湾和浅海的生态环境,导致生物种类的锐减与生态功能退化乃至完全崩溃,使得一些典型脆弱生态系统受损严重。同时,外来种入侵、全球气候变化带来的海平面上升以及更加频繁的风暴潮等极端气候事件,使得该系统变得更加脆弱并易受到威胁。造成滨海湿地退化或消亡的外因如污染、过度捕捞等以及它们对滨海湿地的破坏状况错综复杂,滨海湿地生态修复目标的实现必须整合生态修复的各种有效技术,才能综合解决它们面临的威胁和干扰。开展生态修复是重要的举措,但如何保证生态修复效果的可持续性,是解决滨海湿地生态恢复问题的另一个关键。

我国滨海湿地退化严重,迫切需要开展生态修复技术与示范应用,特别需要依据恢复生态学的理论和方法,研究滨海湿地退化机制、退化湿地恢复理论、方法和恢复技术,建立我国的滨海湿地退化和湿地恢复理论体系,对滨海湿地的基质、土



壤、植被、水文状况进行恢复，同时对滨海湿地的退化过程实施动态监测、模拟和预报，最终实现滨海湿地生态功能的良性发展。

在国家海洋局支持下，我们于2009—2012年期间启动实施了国家海洋公益性科研专项项目“新兴经济区滨海湿地生态系统修复技术与工程示范”。本项目的总体目标是针对环渤海、海西和珠三角三个新兴经济区滨海湿地大量被围填、盐渍化、污染及入侵植物危害不断扩大的现状，以恢复湿地生态系统结构和功能为主要目标，在受损滨海湿地生态系统修复技术、红树林湿地入侵植物防治技术以及滨海湿地生态系统修复效应监测与评价等方面进行重点攻关与工程示范，为显著提高滨海湿地生态系统的服务功能、有效改善新兴经济区的生态环境提供科技支撑。

通过三年多的实施，本项目已按时并高质量地完成了项目任务书中规定的研究任务和各项考核指标：在厦门大学建立了一个华南地区最大耐盐资源植物数据库，涉及耐盐植物240多种；在福建泉州建立了面积23亩的耐盐植物示范园，收集乡土耐盐抗污水生植物、湿生植物、旱生（沙生）植物和耐盐雾植物等60多种；深入研究了外来种植物互花米草的入侵机制及其生态效应，揭示了互花米草入侵福建滨海湿地的主要方式、途径和机制，并在此基础上研发出一套利用乡土红树植物防控互花米草的技术；在海西经济区主要河口建立了700多亩的技术示范基地，加快成果的推广应用；首次报道了不同纬度的红树林湿地三个互花米草防控技术示范基地大型底栖动物多样性和群落结构以及其次级生产力和季节变化；利用耐污性较强的沙蚕和细基江蓠在工厂化养殖基地构建人工湿地，示范利用养殖废水养殖江蓠和沙蚕、多元立体生态养殖模式及养殖区滨海湿地生态修复等关键技术；开发了围垦后滨海湿地生态系统修复技术如滨海河口湿地水环境修复技术、红树林及基围湿地修复技术、滩涂营造技术以及湖岸植物配置技术，在深圳湾福田红树林保护区凤塘河河口区域和华侨城湿地建立修复示范区共450余亩，并被国家海洋局授予“国家海洋局滨海湿地修复示范项目”；集成了滨海盐渍区芦苇湿地生态重建技术，包括了滨海盐渍区土壤快速脱盐改良技术、水环境诱导潜育芦苇根状茎发育和合理灌排种群扩繁技术；建设了黄河口盐渍区芦苇湿地恢复的示范区，构建了以苇田育苇为主，水产养殖为辅的多样化、多层次、立体化生态种养模式，形成良性的生态经济产业链，推广应用的生态、社会和经济效益显著；集成开发了视频监控、数据传输网络、计算机处理等技术，研发了一套滨海湿地远程监测系统，并通过生物成像技术对滨海湿地植物、滨海湿地野生动物和滨海湿地退化



影响因素等监测要素的识别, 建立基于远程监控技术的动态实时滨海湿地生态系统修复效应监测方法; 开发滨海湿地生态系统监测要素的表达与显示系统, 建立滨海湿地修复效应监测与评价系统业务化管理平台, 实现滨海湿地生态系统修复监测要素信息变化态势的准实时动态显示功能。已编写行业技术标准1个(滨海湿地生态系统修复效果监测与评价技术规程, 提交稿); 开发了业务化软件“滨海湿地生态修复效果远程监测系统”1套; 共申请专利12项, 其中发明专利9项, 实用新型专利3项, 已获得授权5项; 共发表文章27篇, 其中SCI/EI论文7篇, 核心期刊20篇; 出版专著5部。

为了更好地总结项目取得的以上成果, 促进相关科研成果包括已授权的发明专利的更大范围应用, 我们联合编著了这本旨在系统论述受损滨海湿地生态修复技术与应用的专著, 总结了本项目的主要科研成果。本书是厦门大学、国家海洋局海洋环境监测中心、国家海洋局第三海洋研究所、香港城市大学深圳研究院、山东淡水水产研究所以及清华大学、集美大学等单位参与本项目所有人员集体智慧的结晶, 框架结构主要根据项目的具体研究内容和目标设置, 共分八章。第一章综述了国内外滨海湿地生态修复技术研究进展, 并介绍了上述海洋公益性项目的基本内容, 由林光辉、胡宏友、王文卿、刘长安、林更铭、管启杰、郑陈娟、王新丽、冯建祥、郭婕敏等编写。第二章介绍了中国红树植物种质与种苗工程的现状及其关键技术, 由胡宏友、林光辉、王文卿等编写, 主要结果与结论已在《应用生态学报》上发表。第三章研究了福建境内三个红树林湿地互花米草防控示范基地的大型底栖动物群落组成, 由江锦祥、黄雅琴、王建军、林和山、冯建祥、林光辉、郭婕敏等编写。第四章至第七章分别介绍了滨海湿地生态修复的一些关键技术及其应用效果, 包括利用乡土红树植物防控互花米草入侵的一些关键技术及其在海峡西岸经济区三个不同示范基地的应用效果(第四章, 由李元跃、段博文、林光辉、冯建祥、仝川、黄冠闽等编写)、珠江三角洲深圳湾城市化进程下围垦退化滨海湿地的生态修复技术及其应用效果(第五章, 由李凤兰、田婷婷、韦萍萍、管启杰、谭凤仪、李喻春等编写)、滨海盐渍区的生态修复技术及其在黄河口三角洲应用效益(第六章, 由李秀启、董贯仓等编写)以及养殖污水和鱼塘的生态修复综合利用技术及其在福建九龙江河口湿地的应用效益(第七章, 由林更铭、王文卿、项鹏、王彦国等编写)。最后一章介绍了相关的监测评估方法和所需的硬软件以及这些技术与设备的应用初步结果(第八章, 由刘长安、张悦、韩明辅、张世宇、王化登、廖国祥、周胜玲等编写)。在本书统稿中, 清华大学的多位研究生如王黎明、甘伟修、林懿



琼、高宇、殷萌清、周建、臧震宇、贾岱和哈尔滨工业大学深圳研究生院的宁存鑫等提供了文字、格式检查以及文献收录等方面的协助，在此表示衷心感谢。

本书出版和涉及的研究除了得到国家海洋局海洋公益性科研专项（200905009）的资助外，国家重点基金项目（30930017）和科技部973预演研究专项（2009CB426306）、科技支撑计划项目（2009BADB2B0605）也提供部分资金资助。

由于编写时间和编者水平的限制，本书错误与疏漏在所难免，敬请同行专家和读者批评指正。

林光辉

2013年11月7日于深圳



## 工作风采



2010年10月福建泉港乡土红树防控互花米草示范样地样品采集



2010年12月福建云霄大洲岛乡土红树防控互花米草示范样地红树植物种植





2011年05月山东黄河口滨海盐渍区芦苇修复样地芦苇种植



2011年07月福建泉港乡土红树防控互花米草示范样地底栖动物样品分类挑拣



2011年12月国家海洋局海洋环境监测中心远程监控装置安装调试



深圳华侨城湿地土壤样品采集



厦门大学王文卿教授(右)和国家海洋局第三海洋研究所林更铭研究员(左)野外考察耐盐、耐污滨海盐生植物



## 合作交流



2011年07月美国Ecology杂志主编Donald Strong考察大洲岛示范区



2011年08月澳大利亚格里菲斯大学李成业教授  
(左一)漳江口考察



2010年05月, 厦门大学科技处周涵涛处长、  
项目负责人林光辉教授一行考察福建泉港乡  
土红树防控互花米草示范区

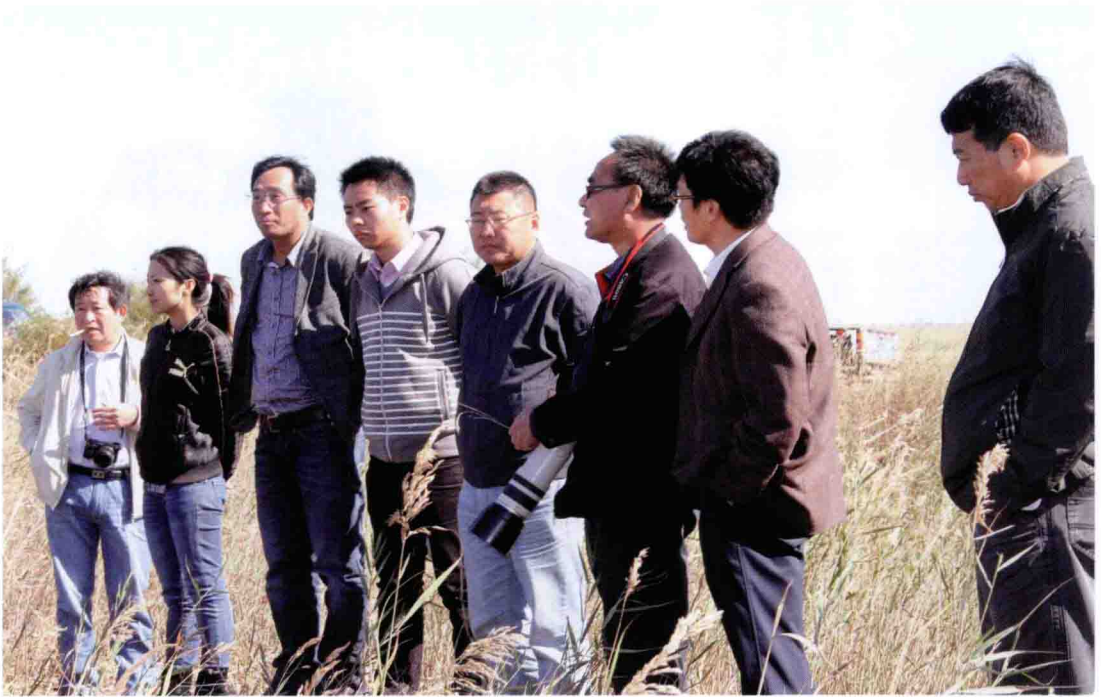


2010年05月，厦门大学科技处周涵涛处长（右二）、项目负责人林光辉教授（右三）一行考察福建陇海养殖污染综合治理技术示范区



2010年05月，厦门大学科技处周涵涛处长、项目负责人林光辉教授一行考察福建泉港耐盐、耐污滨海植物示范园





2012年10月，项目负责人林光辉教授（左三）、国家海洋环境监测中心刘长安研究员（右四）一行考察山东黄河口滨海盐渍区芦苇修复示范样地



香港城市大学谭凤仪教授等专家考察深圳华侨城湿地修复

## 项目进展



2009年国家海洋局海洋公益性行业科研专项项目启动会，国家海洋局科技司辛红梅处长（前排左七）及厦门大学张颖副校长（前排右七）莅临指导



2010年国家海洋局海洋公益性行业科研专项年度总结会议



2012年12月，专家组及国家海洋局庄敏专员（前排右一）、辛红梅处长（前排右二）等现场验收福建云霄乡土红树防控互花米草大洲岛示范样地





2013年10月，国家海洋局海洋公益性行业科研专项“新兴经济区滨海湿地生态系统修复技术与工程示范”于厦门结题验收



香港城市大学深圳研究院组织滨海湿地生态系统修复专家咨询会



# 目次

<b>第一章 滨海湿地生态修复研究与技术现状</b> .....	1
第一节 我国典型滨海湿地受损现状.....	2
一、我国滨海湿地受损现状与归因.....	3
二、新兴经济区滨海湿地受损状况与驱动因子.....	4
第二节 滨海湿地生态修复研究进展与技术应用现状.....	7
一、滨海湿地生态系统恢复与重建技术研究进展.....	7
二、滨海湿地污染的生物修复技术研究与应用研究进展.....	9
三、滨海湿地入侵植物互花米草防控技术研究进展.....	10
四、我国滨海湿地生态修复工程存在的问题.....	11
第三节 滨海湿地生态修复效果监测与评价技术研究及应用现状.....	11
一、滨海湿地恢复效果监测技术研究现状.....	12
二、滨海湿地恢复效果评价技术研究现状.....	13
第四节 新兴经济区滨海湿地生态系统修复技术与工程示范项目.....	13
一、项目背景.....	13
二、项目总体目标和年度目标.....	14
三、项目研究与开发任务内容.....	15
四、项目考核指标.....	18
五、项目实施方案与技术路线.....	19
六、项目的关键技术、技术难点和创新点.....	28
七、项目预期成果及效益.....	29
八、项目组织实施方式及组织管理措施.....	31
参考文献.....	33
<b>第二章 中国红树植物种质与种苗工程的现状及其关键技术</b> .....	35
第一节 红树植物种质与种苗工程的系统架构.....	36
第二节 我国红树植物种质资源分布与苗木供应.....	37
一、种质资源分布与苗木供应调查方法.....	37
二、红树林群落类型及分布.....	39
三、红树种质资源储量及物种多样性分区比较.....	40
四、红树植物种苗资源供应现状及特点.....	41
第三节 红树林苗木生产管理及其苗圃建设关键技术.....	44
一、苗圃建设与管理的分级评价方法.....	44