

“十二五”国家重点图书出版规划项目  
华南海陆过渡带生态恢复系列  
Series of South China Coastal Ecotone Restorations

# 潮间带海草床 的生态恢复

Restorations of the Intertidal  
Seagrass Beds

邱广龙 范航清 李蕾鲜 李 森 / 著

QIU Guanglong FAN Hangqing LI Leixian LI Sen

中国林业出版社



“十二五”国家重点图书出版规划项目  
华南海陆过渡带生态恢复系列

# 潮间带海草床的生态恢复

Series of South China Coastal Ecotone Restorations:  
Restorations of the Intertidal Seagrass Beds

邱广龙 范航清 李蕾鲜 李森 著

中国林业出版社

## 内容简介

本书是中国在海草生态系统恢复方面的第一本专著，书中详细介绍了在潮间带地区开展海草恢复的理论基础、方法体系以及海草恢复实践三大部分内容。全书共六章，分别介绍了海草生态系统以及国内外海草恢复进展、海草恢复工程区及周边环境概况、基于移植法的潮间带海草床生态恢复方法、不同处理方法对海草恢复成效的影响、恢复海草的管理、监测与成效评估、潮间带海草生态恢复的经验总结等方面的内容，可为中国潮间带海草的恢复、保护与管理提供科学依据。

本书可供滨海生态、生物和农林渔业的有关院校及科研单位的师生、研究人员阅读，亦可用作滨海资源管理者的参考书籍。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

潮间带海草床的生态恢复 / 邱广龙等著. - 北京: 中国林业出版社, 2014. 10

(华南海陆过渡带生态恢复系列)

ISBN 978 - 7 - 5038 - 7673 - 8

I. ①潮… II. ①邱… III. ①潮间带 - 海草 - 生态恢复 - 华南地区 IV. ①P737.172

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 226667 号

中国林业出版社·生态保护出版中心

策划、责任编辑: 刘家玲

---

出版发行 中国林业出版社 (100009 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号)

网 址: <http://lycb.forestry.gov.cn> 电话: (010)83225836

印 刷 北京卡乐富印刷有限公司

版 次 2014 年 11 月第 1 版

印 次 2014 年 11 月第 1 次

开 本 700mm × 1000mm 1/16

印 张 7

彩 插 20P

字 数 180 千字

定 价 48.00 元

---

# INTRODUCTIONS 出版说明

从浅海向陆地，先后带状出现的海草、红树林、盐沼和陆岸植物（滨海植物）是华南地区海陆过渡带生态系统演替的典型序列，是滨海湿地最重要的初级生产者。

作为海洋自然生态系统，海草床、红树林和盐沼在消浪护岸、保护生物多样性、净化水质、水产渔业、海洋固碳、休闲旅游等方面为人类提供服务。毗邻大海 1000 ~ 5000m 宽的陆岸植被带则是近海最直接的生态庇护，它可以通过减少泥沙和陆源污染物入海量、补充海岸地下水、提供滨海湿地鸟类栖息地等途径为近海创造优良环境。海陆过渡带是一个有机整体，是地球上最生机勃勃的交错带。近 30 年来席卷华南地区的海水养殖、港口码头、临海工业、滨海新区、桉树种植等活动侵占了海陆过渡带的大量空间，引发了一系列生态问题。海陆过渡带由于空间狭窄、横跨海洋与陆地、多头管理等原因，其重要性及保护恢复长期以来未得到足够的重视。

海陆过渡带是一个跨学科复杂的生态大系统，也是广西红树林研究中心近 10 年来的主要研究对象。2010 年中心有幸中标国家湿地建设专项“广西北仑河口国家级自然保护区生物多样生态恢复工程”，该专项是我国首个同时进行海草、红树林、盐沼和滨海植被规模化恢复的整体工程。其难度突出表现为：进行我国连片面积最大的海草床人工恢复；在不能修建永久性硬质堤坝的前提下进行严重侵蚀海岸红树林的重建；实践乡土盐沼

植物-红树林替代造林理论；形成重要滨海植物繁殖与造林技术。专项成立了红树林、海草、盐沼和海岸植被四个课题组，各课题组分工协作克服了不少技术难题，历时四年完成了任务，并有10余项核心技术获得国家专利局的授权。华南海陆过渡带生态恢复系列是对前期调查研究和生态恢复工程成果的技术总结，由四本报告组成，即《人工生境创立与红树林重建》、《潮间带海草床的生态恢复》、《乡土盐沼植物及其生态恢复》和《海岸重要植物及其保育》。

沿海是人类现代文明和发达经济的集聚区。随着国家发展的转型升级，海陆过渡带保护恢复在我国的一些地方已开始成为海洋生态文明建设的一项重要内容。本次出版的系列谈不上多高的学术水平，但它对今后进一步的研究和类似工程的实施具有一定的参考价值与借鉴意义。展望未来，如何将植被恢复与经济动物可控增殖结合起来，创建适合沿海广大农村实际情况且可持续的海陆过渡带保护模式是一个更大的挑战。

范航清

广西红树林研究中心 研究员

“广西北仑河口国家级自然保护区生物多样生态恢复工程专项”主持

2014年10月15日

# PREFACE 前言

海草床是地球生物圈中退化速率最快的生态系统之一，近年来全球年退化速率高达7%，此退化速率远高于我们所熟知的热带森林、温带森林、寒带森林以及其他的一些滨海生态系统（例如红树林与珊瑚礁等）。全球72种海草中有10种（14%）面临着越来越高的灭绝风险。沿海海草床的加速退化给相关的资源管理者以及研究者提出了一个严峻而紧迫的科学问题：如何科学合理地开展海草床的恢复，遏制当前的海草退化趋势，使海草资源得以可持续？

在世界范围内，澳大利亚、美国以及欧洲部分国家在海草恢复方面开展了很多尝试，其中也取得了一些较好的成果。但总体而言，海草恢复成本高，成活率普遍较低几乎成为每个从事海草研究者与管理者的共识。我国在海草恢复方面虽然也开展了一些研究项目，但恢复成活率也是普遍偏低，恢复成效相对较差且费用高，而作为大规模的海草恢复工程，我国到目前为止还未见有报道。我国在海草恢复方面还有一条很长的路要走。

中国亚热带的海草以潮间带海草为主要表现形式。相对于潮下带的海草，位于潮间带地区的海草由于在退潮时暴露于空气中，更易遭受人为活动的直接干扰，衰退现象更加直观、明显。在国家发展与改革委员会的资助下，广西红树林研究中心（广西海洋环境与滨海湿地研究中心）于2010

年5月承担了国家发改委建设专项“广西北仑河口国家级自然保护区生物多样性生态恢复工程（项目编号：KLFCGG20092037）”，其中海草恢复为本工程中最重要实施内容之一。工程以草块移植法为主要方式，同时也尝试了种子法和根状茎种植法，在广西防城港市江平镇交东村潮间带采用4种海草进行了超过60亩（合同要求为50亩）的海草恢复。这是我国到目前为止所报道的规模最大的海草恢复工程。本书的数据与照片主要来源于该项目的实施，但是很多经验与想法却是近年来在执行其他的一些海草项目所积累起来的。希望本书的出版，能为我国的海草恢复工程提供有益的启示和借鉴作用。

项目实施4年来，我们经历了许多成功的喜悦，我们所种植的部分海草，6个月的存活率高达100%，并很快生长连接成为新的海草斑块；此外，我们在实施项目过程中总结提炼出来的海草生态恢复的方法体系与移植的装置，也分别获得了国家知识产权局的专利授权。但与此同时，我们也遭受了不少失败的挫折。每每看到在尝试某种试验时海草较低的成活率以及被台风摧毁的海草，挫败感油然而生。海草床生态恢复的不确定性和难度，以及所需投入的高额费用，远远高于当初的预想。

尽管在专著的撰写过程中，我们倾尽所能，但毕竟受能力限制以及时间的紧迫，书中难免有疏漏与错误，敬请读者不吝指正。

特别感谢以下单位及个人在项目执行过程中提供的帮助：

广西北仑河口国家级自然保护区：苏搏及其他同事；

广西防城港市海洋局：刘翔、李舒南、林坤强；

广西红树林研究中心：何显锦、韦江玲、曾聪、潘良浩等同事；

广西防城港市江平镇交东村委会：张皇、裴幸福、吴廷东、裴幸艳；

广西防城港市江平镇交东村：吴祖一家。

著者

2014年3月

# CONTENTS

# 目录

出版说明

前言

## 第一章 海草生态系统和国内外海草恢复进展

- 1.1 海草生态系统及其价值 / 1
- 1.2 国内外海草床退化现状 / 3
- 1.3 海草床退化的原因 / 4
  - 1.3.1 自然因素 / 4
  - 1.3.2 人为因素 / 6
- 1.4 影响海草生长的因素 / 9
  - 1.4.1 非生物因素 / 9
  - 1.4.2 生物因素 / 12
- 1.5 海草床恢复现状与展望 / 13
  - 1.5.1 海草床恢复方法 / 13
  - 1.5.2 国外海草床恢复进展 / 15
  - 1.5.3 国内海草床恢复进展 / 18
  - 1.5.4 海草床恢复的影响因素 / 24
  - 1.5.5 我国海草床恢复的建议 / 27
- 1.6 海草床生态恢复存在的问题 / 29
  - 1.6.1 技术难度大 / 29
  - 1.6.2 成本投入高 / 30
  - 1.6.3 恢复效率低 / 30
  - 1.6.4 对种源海草床有一定影响 / 30
  - 1.6.5 稳定性差 / 30

## 第二章 恢复工程区及周边环境概况

- 2.1 珍珠湾自然环境条件 / 31



- 2.2 恢复区周边社会经济状况/ 33
- 2.3 广西珍珠湾交东外海海草资源概况/ 33
- 2.4 海草生态恢复区概况/ 34

### 第三章 基于移植法的潮间带海草床生态恢复方法

- 3.1 海草生态恢复的前期准备/ 37
- 3.2 恢复地与草源地的预调查/ 38
- 3.3 恢复地的选址/ 38
- 3.4 恢复地的清理与整理/ 39
- 3.5 恢复地的预处理/ 39
- 3.6 恢复地的防护网建设/ 39
- 3.7 草源地的选择/ 40
- 3.8 海草种类的选择/ 41
- 3.9 恢复季节的选择/ 41
- 3.10 移植草块的采集/ 42
- 3.11 海草搬运/ 42
- 3.12 海草定植/ 42
- 3.13 海草恢复区的管护/ 43
- 3.14 潮间带海草移植恢复的其他问题/ 43
  - 3.14.1 潮间带海草恢复中的草块采集与移植的装置/ 43
  - 3.14.2 潮间带海草移植的常用工具、材料与仪器/ 46
  - 3.14.3 潮间带海草移植恢复的工作量/ 47
  - 3.14.4 潮间带海草移植恢复工程的成本/ 48

### 第四章 不同处理对海草恢复成效的影响

- 4.1 不同海草种类与不同种植高程的恢复成效/ 51
  - 4.1.1 研究目的/ 51
  - 4.1.2 研究方法/ 54
  - 4.1.3 结果与讨论/ 56
  - 4.1.4 主要结论/ 66
- 4.2 采用根状茎移植矮大叶草的恢复成效/ 67
  - 4.2.1 研究目的/ 67

- 4.2.2 研究方法 / 67
- 4.2.3 研究结果 / 68
- 4.3 不同施肥处理矮大叶草的恢复成效 / 69
  - 4.3.1 研究目的 / 69
  - 4.3.2 研究方法 / 69
  - 4.3.3 研究结果 / 72
  - 4.3.4 讨论 / 72
- 4.4 不同草块大小移植矮大叶草的恢复成效 / 73
  - 4.4.1 研究目的 / 73
  - 4.4.2 研究方法 / 73
  - 4.4.3 研究结果 / 74
  - 4.4.4 讨论 / 75
  - 4.4.5 主要结论 / 76
- 4.5 不同定植深度移植矮大叶草的恢复成效 / 76
  - 4.5.1 研究目的 / 76
  - 4.5.2 研究方法 / 76
  - 4.5.3 结果与讨论 / 77
  - 4.5.4 主要结论 / 78
- 4.6 不同种植季节移植矮大叶草的恢复成效 / 78
  - 4.6.1 研究目的 / 78
  - 4.6.2 研究方法 / 78
  - 4.6.3 结果与讨论 / 78
  - 4.6.4 主要结论 / 82

## 第五章 恢复海草的管理、监测与成效评估

- 5.1 恢复海草的动态监测 / 84
- 5.2 恢复海草的管理与维护 / 86
- 5.3 海草生态恢复成效的评价 / 87
  - 5.3.1 生态恢复成效评价的指标 / 87
  - 5.3.2 海草恢复成效评价的时效性 / 87
  - 5.3.3 采集海草对草源地的负面影响的评估 / 88

## 第六章 潮间带海草生态恢复的经验总结

- 6.1 潮间带海草生态恢复的关键技术/ 89
- 6.2 潮间带海草生态恢复工程开展前的必要工作/ 91
- 6.3 潮间带海草生态恢复的成效评估/ 91
- 6.4 海草资源——保护优先、恢复为辅/ 92

## 参考文献/ 93



# 第一章 海草生态系统 和国内外海草恢复进展

## 1.1 海草生态系统及其价值

海草(Seagrass)是指生活在热带到温带海域沿岸浅水中的单子叶植物,单种或多种海草植物构成了海草床(Seagrass beds)(彩图1)。海草是海洋高等植物生态学的重要研究对象。与温带和热带海草床相比,中国亚热带海草植株普遍矮小,海草床大多分布在潮间带,退潮时海草床暴露成为中国亚热带海草床的一个显著特征(彩图2)(范航清等,2011)。

海草床与珊瑚礁、红树林、上升流并称为全球生产力最高的四大海洋自然生态系统。海草床是近海海水的生物净化场,可以拦截海水与沉积物中大量营养物和有机物,是海洋动物觅食、繁殖和生长的重要海底栖息地,维持着近海海域环境生态和海洋渔业资源的安全(彩图3、彩图4)。譬如,中国温带海草床是刺参的生长地和天鹅的捕食地,南方海草床是儒艮(俗称美人鱼, *Dugong dugon*)、海马(*Hippocampus* spp.)和鲎(*Tachypleus tridentatus* 和 *Carcinoscorpius rotundicauda*)的取食地或幼体的生长地。除了作为海洋生物多样性保留地外,有的海草还是重要的生活物资,例如大叶草(*Zostera marina*)是山东省荣成一带沿海居民传统建筑的屋顶遮雨材料。

海草床还具有巩固及防护海床底质和海岸线的作用,是开发海洋生态旅游的理想场所,也是海洋生态养殖业的重要基地。

此外,海草床还是生态圈中重要的碳汇热点。研究表明,全球海草生长区占海洋总面积不到 0.2%,但其每年封存于海草沉积物中的碳相当于全球海洋碳封存总量的 10% (Duarte et al., 2005)~15% (Laffoley and Grimsditch, 2009)。另据测算,全球海草生态系统的平均固碳速率约为  $83\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,约为热带雨林( $4\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ )的 21 倍(Laffoley and Grimsditch, 2009)。Fourqurean 等(2012)的研究表明,全球海草床沉积物有机碳的储量保守估算可高达  $9.8 \sim 19.8 \text{Pg C}$ ,相当于全球红树林与潮间带盐沼植物土壤碳储量之和。另据报道,海草床还可减缓海洋酸化趋势,“拯救”被海洋酸化威胁的珊瑚(Unsworth et al., 2012)。

据 Costanza 等(1997)发表的评估结果表明,每年全球海草的营养循环与粗物质提供生态系统服务价值高达 3.8 万亿美元,是全球生态服务功能价值最高的生态系统之一。

相对于潮下带的海草,潮间带海草由于在退潮时可完全暴露于空气中,更易受人类活动的直接干扰,尤其是一些挖掘性的人类活动,以下是中国潮间带海草的一些直接利用方式:

#### (1) 利用海草床作为各种海洋经济动物的养殖场所

潮间带海草生境通常为比较平坦的滩涂,是一些海洋经济动物的理想养殖基地。在广西北海、广东湛江等地,当地沿岸居民占用海草床来养殖竹蛭(*Solen grandis*) (彩图 5)、裸体方格星虫(*Sipunculus nudus*, 俗称沙虫) (彩图 6) 以及其他一些贝类。然而,在采收这些经济动物时,渔民采用的全面彻底挖掘的收获方式几乎对海草床造成毁灭性的影响(彩图 7)。

此外,在广西钦州茅尾海,一些海草生境也被利用作为近江牡蛎(*Os-trea rivularis*, 俗称大蚝)的插桩式养殖场所(范航清等, 2011)。

#### (2) 以挖掘或耙刨的方式直接从海草床获取海洋经济动物

直接以挖掘或耙刨的方式从海草生长区获取海洋经济动物的方式在广西、海南、广东沿海较为常见。获取的常见经济动物有裸体方格星虫、可口革囊星虫(俗称泥丁, *Phasolosma esculenta*) 以及多种贝类。其中星虫类和部分贝类的获取以挖掘方式为主(彩图 8 至彩图 10),而其他一些贝类以

耙刨的方式获取(彩图 11、彩图 12)。

### (3) 其他利用方式

除了挖掘与耙刨的方式外,一些沿海群众还利用一些较为“温和”的方式从潮间带海草床获取所需的海洋经济动物,例如直接在海草床里捡拾贝类(以滩栖螺 *Batillaria* sp. 和拟蟹守螺 *Cerithidea* sp. 较为常见)(彩图 13、彩图 14),或者在海草区设置各种网具(以蜈蚣网较为常见)诱捕多种动物(彩图 15、彩图 16),又或者是在海草床中电鱼虾(彩图 17)、拉网等(彩图 18),这类利用方式由于对海草植物的机械性伤害较小,因此对海草植物和沉积物的负面影响相对较小。

## 1.2 国内外海草床退化现状

20 世纪以来,世界各地报道了海草床面积大量减少的现象。韩国沿岸大叶草海草床受人为干扰几乎消失(Park and Lee, 2007);法国 Arcachon 湾罗氏大叶草(*Z. noltii*)海草床 2005~2007 年均退化速率达到 12.5%(王伟伟等, 2013);美国的海草床面积也持续在减少(Fonseca et al., 1996),南中国海周边国家的海草床有 20%~50% 遭到破坏(兰竹虹和陈桂珠, 2006)。Short 和 Willy(1996)估计全世界有 90 000 km<sup>2</sup> 的海草床已经消失,而 2003 年出版的《世界海草地图集》显示,1993~2003 年,全世界已经有约 26 000 km<sup>2</sup> 的海草床消失,达到总数的 15%(WCEP, 2003)。而最近的研究表明,在过去的 20 年里,全球所记录的海草中有 18% 的面积已经丧失,且衰退速度还在加快(Waycott et al., 2009)。

由于我国海草研究起步较晚,20 世纪鲜有我国的海草场分布面积记录,故目前无法准确估测出我国海草场退化的面积和速率,但大量事例表明我国海草场已急剧萎缩(郑凤英等, 2013)。

尽管《中国物种红色名录》(汪松和解焱, 2004)中未将海草列入其中,但近年来的调查结果显示我国海草多样性丧失严重。虽然在 Short 等(2011)的全球海草濒危等级评定中我国热带与亚热带海草中只有贝克喜盐草(*Halophila beccarii*)被列为易危(VU)种,但历史上有记录的海南的全楔草(*Thalassodendron ciliatum*)和毛叶喜盐草(*H. decipiens*)、广东的针叶草(*Syringodium isoetifolium*)和全楔草、广西的针叶草在 21 世纪的调查中均未

在相应省区发现。南海区和黄渤海区的情况都说明,我国海草场面积的急剧萎缩已严重威胁到海草物种多样性(郑凤英等,2013)。

海草床的衰退,直观的表现就是海草面积的减少和覆盖度的降低(Short and Willy, 1996),但海草床退化后的生态后果相当严重,不仅造成了部分食草动物食物来源地、栖息地的丧失,生物多样性降低,更加剧了沿岸生态环境的恶化,导致生态系统的不稳定性和脆弱性。

### 1.3 海草床退化的原因

海草床的退化引起了国内外的普遍关注,相关学者对海草床退化的原因进行了归纳和总结,海草床退化的原因包括自然因素和人为因素。

#### 1.3.1 自然因素

##### 1.3.1.1 气候变化

气候变化是导致海草床衰退的重要原因(Short et al., 1988)。随着全球变暖,海水温度升高,长期的高温会导致海草的光合作用、呼吸作用等生理活动发生变化(郭栋,2010),危害海草的新陈代谢和碳平衡,最终导致海草床的衰退(潘金华等,2012)。例如,全球气候变暖引起的水温上升容易导致部分对温度敏感的海草,例如大洋聚伞草、大洋波喜荡草(*Posidonia oceanica*)的死亡(Marbà and Duarte, 2010)。另外,海平面上升引起的海草可利用光照的下降也会给海草光合作用与生长产生负面影响。全球变化带来的海平面上升,直接导致了海草床生境水深的增大,降低了海草可利用的光照,影响海草的光合作用甚至导致其死亡(尤其对深水海草而言)(Björk et al., 2008)。

##### 1.3.1.2 台风暴潮

台风对海草床的影响主要表现在5个方面:(1)台风引起的风暴潮、台风浪直接冲刷海草(彩图19),将海草连根冲刷起来,造成海草资源毁灭性的破坏(范航清等,2011)。1992年初,连续两场百年不遇的洪水和一场龙卷风导致澳大利亚昆士兰州赫维湾(Hervey Bay)上千平方千米的海草

丧失(Preen and Marsh, 1995)。(2)台风将海草繁殖枝破坏,并导致海草种子库的流失,影响海草床的自然恢复功能(潘金华等,2012)。(3)台风将滩涂中的泥砂冲刷起来埋没海草,影响海草的生长,导致海草资源的破坏。(4)台风和风暴引起底质的松动和搅动,造成沉积物悬浮,局部海区光强在几周之内降为零,严重影响海草的生长,加速海草床的退化(王伟伟等,2013)。黄小平等(2010)研究发现,2008年9月粤西的暴雨和洪水带来的大量悬浮物,给雷州半岛企水湾海草床带来了严重破坏。(5)台风和风暴带来的大量降水注入海洋后,造成局部海区内盐度的剧降,影响海草的生长。

### 1.3.1.3 疾病

研究报道,疾病是导致海草床退化的重要原因(Short and Willy, 1996; Short et al., 1988; Orth et al., 2006)。20世纪30年代爆发的枯萎病为世界大叶草带来毁灭性灾难,北美与欧洲大西洋沿岸部分地区超过90%的大叶草海草床因此而丧失。疾病暴发后大叶草群落的自然修复过程极为缓慢,需要经历20~30年才能逐渐恢复海草床(王伟伟等,2013)。

### 1.3.1.4 动物取食

海草床是许多动物重要的食物来源地(范航清等,2009)。例如喜盐草(*H. ovalis*)是濒危动物儒艮和海龟(*Chelonia mydas*)的主要食物。食海草动物的大量摄食也会对海草的生长造成一定的负面影响,尤其在海草床遭受干扰的恢复阶段,食草动物的过度取食,也可能造成海草床的毁灭。彩图20展示了叶片几乎被动物全部采食的矮大叶草。

### 1.3.1.5 种间竞争

滨海地区的富营养化容易引起各种藻类的大量繁殖。有些小型藻类附生在海草的叶片上,而大型藻类往往直接覆盖在海草植物上。藻类的大量繁殖,降低了海草可利用光能(彩图21、彩图22),造成海草的生长受限,长期将导致海草的衰退。

我国沿海互花米草(*Spartina alterniflora*)的迅速繁殖,侵入了海草床,



与海草争夺生存空间。而互花米草作为外来入侵种,生长速度超过海草,其大量繁殖,挤占了海草的生长空间,造成海草床的衰退。这点可以在广西合浦榕根山矮大叶草(*Z. japonica*)海草床中得到证实。

此外,洪水泛滥(Short and Willy, 1996)、火山活动和地震(Meehan and West, 2000),也是海草床退化的一部分原因。

### 1.3.2 人为因素

潮间带海草人为干扰是海草床退化的重要原因,主要包括挖掘活动、拖网、滩涂养殖、围网养殖、炸鱼、毒鱼和电鱼、人为污染等(范航清等, 2007; 彭胜, 2007)。

#### 1.3.2.1 挖沙虫泥丁、挖贝耙螺

华南海草床很多海草生长于潮间带,由于退潮时挖掘贝类、沙虫、泥丁、耙螺等现象十分普遍。挖沙虫与耙螺有两种情况:一种情况是挖耙天然的沙虫与贝类;另一种情况是在海草床区养殖沙虫与竹蛭、花蛤螺等贝类,待收获时再来挖耙。前者挖掘频率高,但挖掘程度较低,挖掘面小;后者仅在收获时才去挖掘一次,但挖掘程度相当高,挖掘面广,可以说是整个养殖区的底质都要被翻一遍。不过是哪种类型,挖沙虫、耙螺常会将海草连根翻起,最终海草不是被晒死就是被海水冲走,对海草造成了毁灭性破坏;此外,挖掘挖松了滩涂的泥沙,造成泥沙流动,使泥沙埋没海草,也会影响到海草的正常生长。高频度的挖掘活动还破坏了潮间带的景观完整性,加速了景观的破碎化,还可能影响到底栖动物的生长与更新(彩图5至彩图12)。

#### 1.3.2.2 海水养殖

海草床及其周围海域的插桩吊养贝类[包括近江牡蛎(*Ostrea* sp.)和珍珠贝(*Pinctada* sp.)等]和大型海藻等作业时的践踏、打桩、挖掘等活动,都会对海草的生长带来明显的影响。比较典型的海区如广西茅尾海、钦州湾和铁山港涠洲沙滩涂海草床中的插桩吊养贝类,在养殖范围内的海草覆盖度已经相当低,生长相当稀疏,遍地都是弃养后的断桩、死牡蛎壳,使人难以插