

# 我国热带生物海岸的现状 及生态系统的修复与重建\*

张 乔 民

(中国科学院南海海洋研究所边缘海地质与古环境开放实验室 广州 510301)

**提要** 评述了以红树林和珊瑚礁为代表的我国热带生物海岸的分布及其面积、生物群落的破坏、海岸保护与管理、科学研究等各个方面的现状,以及生态系统修复与重建技术研究进展。指出热带生物海岸及其上的红树林、珊瑚礁热带海岸生态系统具有特殊的资源价值和生态效益,对热带海岸社会经济可持续发展十分重要;另一方面对日益频繁的人类开发活动和自然环境变异十分敏感和脆弱,而且其直接经济价值相对较低而通常易于被忽视。随着我国社会经济近 20 年来的快速发展,导致热带海岸地区人口、资源、环境压力加剧,热带生物海岸红树林和珊瑚礁资源已经受到生态破坏性开发活动的极大破坏而急需保护。尽管政府采取了保护管理的各种措施,包括相关法律、自然保护区、科学研究、生态系统修复与重建的实验、研究和推广,但是总体上衰退的趋势尚未扭转。热带生物海岸在我国河口海岸生态环境变异和资源可持续利用研究中具有特别重要的意义。应该加强我国热带生物海岸的调查、监测、评估、研究,以适应热带生物海岸和相关生态系统的保护、管理、恢复、重建和可持续发展的紧迫要求。

**关键词** 红树林,珊瑚礁,热带生物海岸,生态系统修复与重建,现状评述

**中图分类号** P748

热带生物海岸是一种特殊的海岸类型,在潮间带或潮下浅水区生长有相当规模的底栖生物群落,其生物过程通常体现海岸线生产、积聚和保持沉积物质的能力,对海岸动力、沉积和地貌过程产生显著影响或成为海岸发育的主导因素。典型的热带生物海岸包括珊瑚礁海岸和红树林海岸。红树林海岸以其潮间带上半部生长茂密耐盐常绿乔木或灌木为其基本特征(张乔民等,1997c)。珊瑚礁海岸的特点是,在大潮低潮线以下的潮下浅海区,生长着与营光合作用的单细胞虫黄藻共生,因而能高效分泌碳酸钙骨的属腔肠动物门或刺胞动物门的造礁石珊瑚群落,以及它的原地碳酸盐骨骼堆积和各种生物碎屑充填胶结共同形成具抗浪性能的海底隆起(Stoddart, 1969)。非生物海岸现代过程研究的对象是动力、沉积、地貌三大要素之间的相互作用和相互影响,通常称之为海岸动力地貌学。生物海岸现代过程研究必须加上生物因素作为必不可少的第四要素,强调研究生物过程和动力-沉积-地貌过程之间的双向相互作用,可称之为海岸生物地貌学(LOICZ, 1994)。

\* 国家自然科学基金资助项目,49776303 号和“九五”国家科技攻关资助项目,96-007-03-04 号。张乔民,男,出生于 1942 年 5 月,研究员,博士生导师, E-mail: qmzhang@ns.scio.ac.cn

收稿日期: 2000-11-21, 收修改稿日期: 2001-03-18

珊瑚礁和红树林生物地貌过程还被看成是海岸生态系统响应和反馈全球变化的三项机制之一, 被列为全球变化核心项目海岸带陆海相互作用(LOICZ) 研究的重点内容(Pernetta *et al.*, 1995)。热带生物海岸的重要性尤其体现在其特殊的生物栖息环境往往成为对维持海岸生物多样性和资源生产力有特别价值的各种生物活动高度集中的地区, 或称为海岸生态关键区(Clark, 1996)。它对海岸生物多样性维持、水产和旅游资源可持续利用、海岸防浪促淤和稳定、海岸环境的净化和美化十分重要(张乔民, 2000; 宋金明, 1999), 又对自然环境变异和海岸带人类开发活动影响十分敏感和脆弱, 在海岸带综合管理中通常受到特别的关注。随着近 20 年来我国河口海岸地带社会经济迅猛发展和人口、资源、环境压力的不断增大, 位于河口海岸开发前沿地带的珊瑚礁和红树林受到特别普遍而严重的破坏, 对河口海岸资源可持续利用和环境健康带来极大的威胁(张乔民等, 1997c; 邹仁林, 1996)。本文以我国有关红树林和珊瑚礁研究项目的成果为基础, 评述我国热带生物海岸的现状、保护管理、以及生态系统的修复与重建技术。

## 1 我国热带生物海岸的现状

### 1.1 我国热带生物海岸的分布和面积

#### 1.1.1 我国红树林分布与面积

红树林分布和生长状况受多种环境条件限制, 如温度、洋流、波浪、岸坡、盐水、潮汐和底质等(Chapman, 1984)。其中影响红树林局部分布的最重要的因素是波浪掩护条件和潮汐浸淹程度, 前者控制红树林沿岸分布, 即红树林只能分布于受到较弱波浪作用的港湾、河口湾、泻湖水域, 不能分布于受较强波浪作用的开阔海岸, 主要因为强波浪作用阻碍红树林胎生胚轴着床定植过程和幼苗生长; 后者控制红树林在潮滩上的横向分布, 即红树林只能占据平均海平面(或稍上)与回归潮平均高高潮位(或大潮高潮位, 或最高天文潮位)之间的潮滩面, 潮水浸淹频率过高或过低均会导致红树林退化、死亡或难以自然更新(张乔民等, 1997a)。我国红树林自然分布北界为福建福鼎县( $27^{\circ}20'N$ ), 50 年代成功地向北引种最耐寒树种秋茄到浙江, 现人工引种北界在浙江乐清湾( $28^{\circ}25'N$ )(林鹏等, 1995)。总面积历史上曾达 25 万 ha, 50 年代为 5 万 ha, 由于不合理海岸开发, 目前仅存约 1.5 万 ha(国家海洋局编, 1996), 不足全球红树林总面积 1 600 万 ha 的千分之一, 包括 26 种仅能在潮滩环境生长的真红树植物(全球约 60 种)和 11 种可在潮滩和沿岸陆地生长的两栖性的半红树植物(林鹏等, 1995)。其中海南清澜港、东寨港, 广西珍珠港, 广东雷州湾通明海, 有万亩(667ha)以上连片分布区。比较重要的分布区还有海南澄迈花场港、粤桂边界的英罗港、广东深圳湾、福建九龙江口与漳江口、台湾淡水河口等。南海诸岛区生长一些半红树植物, 但尚未发现红树林分布。

#### 1.1.2 我国珊瑚礁分布与面积

造礁石珊瑚只能生长在温暖清澈低营养盐和正常盐度的海水中。迄今为止已记录南海周边地区和南海诸岛造礁石珊瑚 50 多属 300 多种(曾昭璇等, 1997), 约占印度-太平洋区造礁石珊瑚总属数的  $2/3$  和总种数的  $1/3$ 。我国珊瑚礁有岸礁与环礁两大类。岸礁主要分布于海南岛和台湾岛, 形成典型的珊瑚礁海岸。主要因为冬季低温及陆地径流和泥沙的不利影响, 华南大陆沿岸从闽南东山湾( $23^{\circ}45'N$ )以南, 沿海岛屿从钓鱼岛( $25^{\circ}45'N$ )以南(曾昭璇等, 1997), 断续分布潮下浅水区造礁石珊瑚群落, 通常尚未发育形成真正的珊瑚礁, 仅在澎湖列岛、雷州半岛西南角等地局部发育有珊瑚岸礁礁坪。环礁广泛分布于南海诸岛, 形成数百座通常命名为岛、沙洲、(干出)礁、

暗沙、(暗)滩的珊瑚礁岛礁滩地貌体。1983年中国地名委员会公布的南海诸岛标准地名287个,包括群岛(礁)名16个,岛屿名35个(包括火山岩小岛高尖石,也包括有礁无岛的黄岩岛),沙洲名13个,(干出)礁名113个,暗沙名60个,(暗)滩名31个,石(岩)名6个(不包括高尖石),水道(门)名13个(陈史坚等,1989)。按地貌类型划分,西沙群岛、东沙群岛、中沙群岛共有环礁15座,其中沉没环礁3座(曾昭璇等,1997);南沙群岛总计113座礁体,其中干出的环礁(或台礁)51座,沉没的环礁(或台礁及其他水下礁体)62座(钟晋梁等,1996)。粗略估算南海诸岛珊瑚礁总面积约3万 $\text{km}^2$ ,占全球珊瑚礁总面积60万 $\text{km}^2$ (Smith, 1978)的5%。其中约5/6为沉没型或水下型珊瑚礁体(最大的礼乐滩大环礁和中沙大环礁,面积分别为7000 $\text{km}^2$ 和6900 $\text{km}^2$ ),约1/6为大潮低潮时可部分出露的干出礁型。据统计(赵焕庭,1997),63座干出礁总面积为5286.5 $\text{km}^2$ (包括泻湖区面积,其中最大的环礁为南沙群岛的九章群礁和郑和群礁,面积分别为619 $\text{km}^2$ 和615 $\text{km}^2$ ;最小的如南通礁仅为1.2 $\text{km}^2$ ),其中大潮低潮基本出露的礁坪总面积为907.1 $\text{km}^2$ ,高潮时也能出露的48个沙洲和岛屿总面积为11.41 $\text{km}^2$ (其中西沙群岛约8 $\text{km}^2$ ,东沙群岛和南沙群岛各约2 $\text{km}^2$ )。这种沉没型珊瑚礁分布广泛,岛屿和沙洲规模小且分布零星,是我国南海诸岛(尤其是南沙群岛)珊瑚礁地貌的一大特色。自古以来,南海诸岛的珊瑚礁区,尤其是岛屿和沙洲,成为我国远海渔业活动和其他海事活动的重要基地,也成为海洋国土十分重要的标志和依据。总体上看,位于热带北缘的我国华南大陆沿岸及台湾岛、海南岛沿岸的珊瑚礁和红树林分布和发育受到冬季低温等不利条件影响,繁茂程度和分布广度远比不上距离赤道较近的热带和赤道海区,红树林以小乔木和灌木为主,海南岛南端的珊瑚岸礁早在60年代初就被称为不典型的‘亚珊瑚礁’(蔡爱智等,1964)。南海诸岛的珊瑚礁发育典型,但因远离大陆而不易到达和研究。

## 1.2 我国热带生物海岸生物群落破坏现状

热带生物海岸生物群落破坏有3种情况:毁林毁礁式生态破坏性开发(张乔民等,1997c),或称土地功能转换式开发;自然灾害导致的破坏,如热带气旋、底层缺氧海水入侵、称为珊瑚礁天敌的长棘海星爆发和海水温度异常升高等;人类活动导致的生态系统衰退,如过度的人类活动干扰、海水污染、珊瑚礁区的海藻养殖和核电厂温排水等。相当一段时间以来,我国存在相当严重的以毁林毁礁为代价的热带生物海岸生态破坏性开发。60年代至70年代中期,片面强调农业土地开发,实行大规模、有计划的围海造田,导致历史上最严重的红树林直接破坏,如海南岛1956—1983年间红树林面积减少52%(陈焕雄等,1983)。80年代以来片面追求经济效益,进行毁林围塘养殖或毁林供各种海岸工程建设,造成第二次红树林大规模破坏,如湛江通明海港湾滩涂区原分布大陆沿岸最集中、面积最大的红树林,80年代以来已开发成为大陆沿岸面积最大的滩涂海水养殖区。1998年在粤西调查时仍然发现大片红树林区被围垦和清除,被砍伐的红树林一捆捆地堆放在路边。50年代至今,全国红树林面积剧减65%(何明海等,1995)。其他经常性的人类活动干扰,如砍伐、放牧、采果、薪柴、绿肥、海产采捕、旅游等,也会形成环境压力,导致生态系统衰退,使红树林由茂密高大的小乔木转变为低矮稀疏的灌木。一些红树林树种在某些地区逐渐消失。如红海榄在广西钦州、防城地区消失,角果木在整个广西沿岸消失(范航清等,1995)。珊瑚礁的破坏主要发生在海南岛沿岸,包括生态破坏性开发和各种环境压

力造成的生态系统衰退(邹仁林, 1996)。沿海居民相当规模地采挖礁块用于建筑材料和烧制石灰, 采挖珊瑚和贝类用于制造观赏工艺品, 在珊瑚礁区炸鱼、毒鱼、电鱼以及抛锚、践踏, 礁区经济性动、植物海产品被过度捕捞造成的生态系统失衡, 来自陆地和港口活动造成的污染物的侵害, 以及陆地水土流失和海底拖网导致的海水悬浮沉积物增加对珊瑚生长的干扰等, 都使海南岛沿岸的珊瑚和珊瑚礁发生了严重破坏和明显衰退。50年代以来, 海南岛沿岸珊瑚礁破坏率达80%, 并导致海岸侵蚀后退, 水产资源衰竭, 生态环境恶化等不良后果(国家海洋局编, 1996)。最近的调查还证实, 在海南三亚鹿回头岸81种造礁石珊瑚中, 30种已经区域性灭绝(于登攀等, 1999); 三亚港附近岸段原生长良好的活珊瑚已基本消失并难以恢复; 原来相当茂盛的鹿回头湾外礁坪活珊瑚带现已是一片荒凉, 礁坡活珊瑚茂盛带范围变窄, 覆盖度降低, 到处可见炸坑、断枝珊瑚和死礁块、活珊瑚被垃圾和泥沙覆盖、海藻和海胆盛行; 沿海水产资源明显下降, 过去广为分布的一些高经济价值的珊瑚礁生物, 如石斑鱼、龙虾、海参、海马、砗磲、珍珠贝、夜光螺等现已很少看到; 珊瑚礁生物地貌功能严重受损, 海岸侵蚀威胁加重。香港东北部海域1994年7月曾发生底层缺氧海水入侵事件, 造成大量底栖生物和某些礁区约80%的造礁石珊瑚死亡(Hodgson *et al.*, 1997)。台湾南部和大亚湾核电站温排水也已造成当地珊瑚礁白化和衰退(邹仁林, 1996)。南海诸岛的珊瑚礁总体上受人类活动影响较小, 但也受到过度捕捞的影响。在南海诸岛海区捕鱼的渔民反映一些名贵海产品和观赏性较高的贝类资源明显衰退, 尤其是有人居住的岛礁。全球变暖导致珊瑚白化在南海诸岛区尚未见报道。以上现象的发生, 一方面与80年代以来随着整个沿海社会经济快速发展, 人口趋海移动, 海岸带开发活动急增, 海岸带人口、资源、环境压力不断增大, 对海岸生态关键区缺乏有效保护有关; 另一方面由于人们对红树林、珊瑚礁价值极端低估, 只注重直接经济价值, 看不到(或不愿意考虑)其社会效益、生态效益与环境效益, 一旦海岸带开发水平提高和开发压力增大, 极易发生清除红树林或填埋珊瑚礁改作其他短期经济效益更显著的用途。到目前为止, 我国红树林、珊瑚礁生态系统的濒危态势尚未达到根本扭转, 红树林、珊瑚礁海岸的管理和保护已成为全社会乃至全人类十分紧迫的任务(张乔民等, 1997c; 邹仁林, 1996)。

### 1.3 我国热带生物海岸的保护与管理现状

中国红树林珊瑚礁的开发程度和管理保护措施是随着社会发展而演变的。60年代以前我国沿海居民和红树林珊瑚礁大多处于和谐相处的时期。从海南东寨港湾顶三江镇发现的1845年保护红树林的官府禁令石碑, 东寨港林市村发现的1789年林市村村志保护红树林的10条规定, 海南清澜港头宛镇发现的嵌于庙宇内墙的1888年关于红树林管理的乡规民约的古碑文, 可以看出人们认识到红树林保护沿岸村庄安宁的重要性, 对当时存在砍伐、采摘、放牧、渔猎等损害红树林之事件, 能通过乡规民约立禁制止(林鹏等, 1995)。80年代以来, 虽然红树林和珊瑚礁仍然在不断地被破坏, 但随着国家社会发展水平的提高, 生态、环境问题越来越受到人们关注, 红树林、珊瑚礁海岸资源的保护管理也逐步开展, 首先是国家的立法和建立自然保护区。1983年3月实施的海洋环境保护法和防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例都规定禁止破坏珊瑚礁和红树林; 1990年5月国家海洋局在海口市召开全国珊瑚礁红树林自然保护工作座谈会; 1994年9月召开了6个部(委、局)的红树林生态系统保护工作座谈会, 其后成立了中国红树林生态

系统保护与管理领导小组,着手制定保护管理办法。我国 1975 年以来已建立各级红树林自然保护区 18 个,其中国家级 5 个,即海南琼山东寨港(1986)、广东深圳福田(1988)、广西合浦山口(1990)、广东湛江(1997)、广西防城北仑河口(2000);省级 5 个,即香港米埔(1975)、海南文昌清澜港(1981)、台湾台北淡水河口(1986)、福建龙海九龙江口(1988)、福建云霄漳江口(1998);县市级 8 个。保护区红树林面积已占全国总面积一半以上。珊瑚礁保护区有 2 个,即 1990 年建国家级海南三亚珊瑚礁保护区,海域面积为 55.68km<sup>2</sup>;1998 年建省级福建东山珊瑚礁保护区,海域面积为 110.7km<sup>2</sup>。保护区分别由林业部门和海洋部门管理,分别执行“保护、恢复、发展并重”、“养护为主、适度开发、持续发展”的方针。按照中国海洋功能区划的要求,今后还将增设一批新的红树林和珊瑚礁自然保护区。“中国红树林生态系保护与管理”、“中国南海珊瑚礁生态系恢复及生物多样性保护与管理”已被列入中国海洋 21 世纪议程优选项目(国家海洋局编,1996)。1998 年 9 月 24 日,海南省颁布实施红树林、珊瑚礁两个保护规定,进行全省联合大检查,追缴一批挖礁专业船,摧毁一批以珊瑚礁为原料的石灰窑,查封一批珊瑚制品加工厂和珊瑚店,并要求破坏红树林和海防林的养殖池塘尽快回填复林。2000 年 4 月实施的修订后的海洋环境保护法增加了新的一章“海洋生态保护”,进一步强调了珊瑚礁和红树林的保护及破坏后的整治和恢复。在进行热带生物海岸资源开发时,要处理好资源开发与生态保护关系,尽量采用生态开发和深度开发的形式。生态开发指把环境资源的可持续利用置于优先地位的社会经济开发过程(Clark,1996),即与红树林、珊瑚礁生态系统相容,负面影响较小的开发活动。例如生态旅游,集旅游开发与生态保护、环境教育于一体,在东寨港红树林自然保护区与三亚珊瑚礁自然保护区都开展得较好。海南东寨港是我国规模最大的红树林旅游区之一,自 1980 年以来接待 20 多个国家的考察专家学者和 20 多万人员旅游,并为当地居民带来明显的经济效益(林鹏,1997)。三亚利用牙龙湾珊瑚礁海底景观优势开展潜水和水下漫步观赏旅游,还创造出政府与企业共同管理牙龙湾保护区的模式。又如生态养殖,湛江市在红树林区搞高位养殖,避免了毁林筑池养殖;海南琼海海水养殖场正在进行大规模打桩吊养麒麟菜的试验,避免直接在活珊瑚上养殖带来的危害,尝试海藻生态养殖的模式。红树林区基围养殖、围网养殖、封滩轮育也都是生态养殖的有效模式(梁士楚等,1999)。深圳湾东南部的香港米埔红树林区 40 年代开发了一批保留部分红树林地的半天然基围虾塘,一部分于 1975 年由世界野生生物香港基金会购买和直接管理,作为一种传统的渔业方式和文化遗产予以维持,现已成为深圳湾湿地的功能组成部分,创造了兼顾围内红树林保护、鸟类生境维持、生态旅游和天然潮水养虾的生态开发模式(Lee,1993)。按照香港米埔红树林区生态开发模式,珠海淇澳岛大围湾近 300ha 红树林及其外侧的大米草滩地也于 1997 年 4 月以来建成 10 余个基围组成淇澳岛自然生态保护区,既保证围内原有红树林的健康生长并向外侧大米草滩扩种移植,又利用围内开挖的水道进行天然潮水虾蟹养殖,经营观鸟旅游、划艇露营、野生海产品即捕即食等旅游项目,是一种红树林管理保护和水产养殖、生态旅游相结合的有益的尝试。深度开发是指高效益精细式开发,避免低效益粗放式开发对珊瑚礁和红树林的较大范围的直接破坏。如开发红树林、珊瑚礁生态系统动植物的生理活性物质资源,为海洋新药和保健品寻找新的来源。这方面的研究正引起人们越来越大的兴趣,有可能形成高技术、高效益的支柱产业,证实红树林、珊瑚

礁生态系统巨大的资源潜力(林鹏等, 1995; Higa, 1997)。

## 1.4 我国热带生物海岸科学研究现状

**1.4.1 红树林和红树林海岸科学研究现状** 国内红树林海岸沉积、地貌和动力方面的研究远不及红树林生物学和生态学研究。自 60 年代提出红树林海岸研究(王颖, 1963)并对珠江河口区(曾昭璇等, 1965; 潘树荣等, 1965)和琼北(毛树珍, 1991)红树林海岸开展调查研究以来, 系统的红树林海岸实地调查几乎停顿了 20 多年。直到 90 年代对红树林在海岸生物资源和生态环境方面的重要性认识有了显著提高, 红树林海岸研究才和整个红树林研究一起得到发展(张乔民等, 1999a)。香港于 1994—1997 年间完成了除研究程度最高的米埔以外的全部 43 处红树林区的逐块基线生态调查, 包括逐块的面积(根据 1:5000 地形图和航片得出)和树种组成, 其中较重要的 23 块有较详细的生态学参数资料(Tam *et al.*, 1997)。目前, 红树林研究重点已从生物学和生态学的基础研究转向于红树林引种、造林、次生林改造、退化生态系恢复等方面的研究(郑德璋等, 1999); 红树林海岸研究的重点是红树林生物地貌过程和红树林海岸带陆海相互作用研究, 以及红树林海岸保护、管理、恢复、发展和资源可持续发展研究(张乔民等, 1997c; 张乔民等, 1999a、1999b)。

**1.4.2 珊瑚和珊瑚礁海岸研究现状** 南海珊瑚和珊瑚礁有着悠久的开发与研究历史(邹仁林, 1996; 赵焕庭, 1996, 1997; 刘新安等, 1999)。60 年代初中国科学院南海海洋研究所成立珊瑚和珊瑚礁两个学科组成为南海珊瑚和珊瑚礁研究的重要基地, 研究范围从海南岛和华南大陆沿海逐步扩大到西沙群岛、中沙群岛和南沙群岛, 多学科珊瑚和珊瑚礁研究成为历次南海海洋综合调查的主要内容。1977 年珊瑚礁海岸被列为全国自然科学规划海岸河口学科 4 项研究重点之一。南海珊瑚和珊瑚礁研究涉及生物分类、群落生态、珊瑚礁地貌、珊瑚礁地质、珊瑚礁古环境等多种学科。当前研究的重点或正在开展的研究是珊瑚礁海岸生物地貌过程及其对环境变化的响应、珊瑚礁保护生态学和资源可持续发展(邹仁林, 1996)、珊瑚高分辨率(年、月、甚至周)古环境重建(聂宝符等, 1996)等。Hodgson(2000)总结国际上珊瑚礁研究总体状况为: 太少的珊瑚礁研究科学家用太少的研究珊瑚礁; 与全球珊瑚礁分布相比, 被研究的珊瑚礁太少; 很少长期研究; 注重基础研究, 不注重礁健康研究; 不同的研究方法缺乏可比性。民间性的全球珊瑚礁考查, 1998 年包括了全球 31 个国家或地区的 312 个地点, 其中香港 5 个点, 台湾 13 个点(Hodgson, 1999)。中国大陆 2000 年才首次加入珊瑚礁的考查。

## 2 我国热带生物海岸生态系统修复与重建

### 2.1 热带生物海岸生态系统修复与重建的一般考虑

热带生物海岸生态系统修复与重建是针对生态系统的破坏和衰退提出来的人为补救措施。毁林毁礁式开发的生态破坏是不可逆的, 除非再来一次土地功能转换。自然灾害导致的生态破坏, 灾害过后通常可以自然恢复, 但需要 20—25 年甚至 60—100 年(于登攀等, 1999)的时间。环境压力导致的生态系统衰退, 一旦环境压力消失, 通常生态系统也可以自然恢复。人为修复与重建措施可以加速和调控自然恢复过程。非常重要的一点是人为修复与重建要区别不同的情况, 首先要明确目的。不同的目的会有完全不同的要求和方法(Field, 1995)。例如修复重建红树林海岸防浪护堤林, 要求红树林具有一定的覆盖

度、宽度、高度,才能保证有良好的消浪护堤效果(张乔民等,1999a);如果修复重建红树林是为了维持良好的鸟类生境、可持续性生态旅游开发或基围养殖开发,那么对红树林的修复与重建就会有另外的要求和办法。

## 2.2 红树林生态系统修复与重建

作为红树林生态系统修复与重建基础技术的红树林引种与造林在我国有悠久的历史。据漳州市1993年编写的林业志记载,早在1882年就曾有华侨从东南亚引种秋茄到漳州市沿海,在多处成功建造防浪护堤红树林带。50—60年代浙江南部沿海广泛开展秋茄引种北移,抵御频繁的热带气旋风暴浪侵袭,但后来大多因围垦而破坏(林鹏等,1995)。通常红树林对环境要求严格,生长缓慢,人工造林保存率低,在树种选择和宜林地选择上缺乏科学指导和造林后缺乏妥善管理的情况下造林很容易失败。如在宜林地的选择上,在纬度更北的岸段(如1979年在杭州湾北岸上海石油化工总厂围堤外试种秋茄防浪促淤林)、波能更强的岸段和高程更低的滩面造林,往往因为冬季低温、强波能和强潮水浸淹等环境条件不合适而失败。为了扭转红树林资源急剧减少和海岸生态环境急剧恶化的严峻局面,提高红树林生态系统修复与重建技术水平,90年代起,红树林主要树种造林配套技术、优良树种引种和抗寒北移技术、次生林改造技术、红树林防护效益测定与评价、红树林宜林海洋环境指标等列入林业部门牵头的国家科技攻关项目。现已形成一整套较成熟的红树林造林技术并正在华南沿海各地推广使用。‘八五’期间在海南东寨港、湛江市廉江高桥、深圳福田等自然保护区岸段完成实验林20.5ha,在湛江海康和东海岛完成推广示范林40ha。‘九五’期间又完成实验林66ha,在华南沿海推广造林已达数千公顷。1985年从孟加拉国引种优良速生乔木树种无瓣海桑到海南东寨港,现已引种北移到湛江海康、深圳福田、汕头、福建龙海等岸段,成为许多岸段裸滩造林和次生林改造的主要乔木树种。

## 2.3 珊瑚礁生态系统修复与重建

造礁石珊瑚是珊瑚礁生态系统的框架群落和关键类群,也是珊瑚礁生态系统破坏的主要指标和修复重建的主要对象。造礁石珊瑚是生长在大潮低潮线以下的潮下带浅海群落,必须配备一定的潜水设备才能进行调查、观测及相关作业,所以一般人对珊瑚和珊瑚礁的破坏情况难以直接感受和认识,监测、评估、修复和重建的研究与作业也受到一定限制。90年代以来,在珊瑚礁海岸资源急剧衰退和海岸生态环境急剧恶化的严峻形势下,我国开展了一些与珊瑚和珊瑚礁海岸保护管理有关的研究项目,如造礁石珊瑚移植实验研究(陈刚等,1995)和珊瑚礁生态系统多样性的结构、功能与恢复机制研究(于登攀等,1999)。两次造礁石珊瑚移植实验均在海南三亚鹿回头湾海区,利用水泥板作固定基座,用水下胶粘剂固定珊瑚枝,分别移植44个群体,6个月存活率为75.0%和200个群体,1年存活率78.5%。不能存活的原因为群体死亡、群体脱落、或波浪冲击导致基座翻倒。存活珊瑚显示了正常的生长和局部生态效应,说明珊瑚移植可以成为珊瑚礁生态系统修复重建的有效手段。于登攀等(1999)利用现代生态学群落分析技术研究鹿回头湾岸礁造礁石珊瑚群落结构现状与动态,认为该区造礁石珊瑚群落处于严重破坏后的恢复初期阶段;建立了珊瑚群落次生演替模型,优势类群按滨珊瑚—蜂巢珊瑚—鹿角珊瑚的顺序更替,需要60—100年才能达到亚顶极和顶极群落;从理论上提出了保护或移植关键种(鹿角珊瑚和杯形珊瑚)改善群落空间格局,从而缩短向顶极群落生态演替时间的恢复战略。

珊瑚礁生态系统是一个极高生物多样性的复杂系统, 它的修复与重建还要考虑造礁石珊瑚以外的生物类群的变化和管理。总部设在香港科技大学的民间性的全球珊瑚礁考查组织, 1997、1998 两年考查结果认为, 全球大部分珊瑚礁(包括远离人类居住区的礁和海洋保护区的礁)都显示过度捕捞导致高价值名贵海产品(龙虾、石斑鱼、鲷鱼、鳕鱼、隆头鱼、冲头鹦嘴鱼等)资源的强烈衰退, 并造成食物链系统的破坏和海藻过度生长等不利于造礁石珊瑚生长的后果(Hodgson, 1999)。海南琼海市东海岸是海南岛珊瑚岸礁最宽(达 2000m)和发育最好的岸段之一, 50 年代以来海南琼海海水养殖场一直利用活珊瑚种植麒麟菜。由于麒麟菜阻碍珊瑚虫内虫黄藻的光合作用, 麒麟菜生产过程也会造成珊瑚机械损害, 而珊瑚的衰退也不利于麒麟菜生长, 故通常采用轮休的方法使珊瑚得以恢复, 维持麒麟菜的正常生产。目前正在打桩吊养麒麟菜的试验, 以避免直接在活珊瑚上养殖海藻对珊瑚礁带来的危害, 尝试生态养殖的模式。事实已经证明, 热带生物海岸生态破坏式的开发是得不偿失的短视行为, 今后必须杜绝。

### 3 热带生物海岸的未来

热带生物海岸的可持续发展与热带海岸生物群落或生态系统的命运密切相关。从 80 年代初开始, 红树林与珊瑚礁生态系统所受到的越来越大的来自人类活动和自然界两方面的压力, 其保护管理问题受到国际上的广泛关注。1990 年 8 月在日本冲绳成立了国际红树林生态系统协会( ISME ), 1991 年 5 月在曼谷讨论通过了红树林宪章, 1992 年 4 月开始红树林行动计划( MAP ), 并特别关注和抵制世界性的毁林养虾模式( 范航清, 2000; Hogarth, 1999 )。经过一系列国际会议的蕴酿, 1994 年成立国际珊瑚礁对策组织( ICRI ) (包括红树林和海藻底等相关生态系统), 1995 年成立政府级的全球珊瑚礁监测网络( GCRMN ), 马尼拉的水生生物资源管理国际中心建立了全球珊瑚礁数据库, 1997 年启动民间性的全球珊瑚礁潜水考查, 举办 1997 年国际珊瑚礁年和 1998 年国际海洋年活动。全球珊瑚礁监测网络 1998 年出版第一份全球珊瑚礁状况评估报告, 指出 1997 年中至 1998 年末发生 40 年来最大规模的全球性石珊瑚(及软珊瑚、砗磲、海绵等)白化(失去共生虫黄藻)和死亡事件, 可能与全球变暖海水温度异常升高有关( Wilkinson, 1998 )。Wilkinson(2000)的第二份全球珊瑚礁状况评估报告, 估算出全球珊瑚礁丧失百分比为: 1998 年以前 11%, 1998 年 16%, 未来 2—10 年内 14%, 未来 10—30 年内 18%。在东南亚和东亚地区情况似乎特别危急, 上述 4 个百分比分别为: 16%、18%、24%、30%。美国于 1998 年 6 月 11 日发布‘珊瑚礁保护’ 13089 号总统令, 要求各联邦机构‘保护美国珊瑚礁生态系统的生物多样性、健康、自然遗产、社会和经济价值’, 其后并成立了由十几个部委组成的协调组和国家珊瑚礁研究所( NCRI )。有人预报, 由于全球变暖的影响, 珊瑚白化和死亡事件会越来越频繁, 到 2030 年会每年发生, 到 2100 年全球大部分珊瑚会消失( Pockley, 1999 )。世界红树林的未来同样也引起关注( Hogarth, 1999 )。随着我国社会经济近 20 年来的快速发展和热带海岸地区人口、环境、生态压力加剧, 以珊瑚礁和红树林为代表的热带生物海岸资源同样经受到生态破坏性开发的极大破坏, 严重影响热带生物海岸地区的可持续发展。尽管政府制定了相关法律, 成立了自然保护区, 加强了保护管理的各种措施, 开展了科学研究, 进行了生态系统修复与重建的实验、研究和推广, 但是总体形势仍然不容乐观。往往是一方治理多方破坏, 点上治理面上破坏, 治理赶不上破坏, 导致

生态环境破坏的范围还在扩大,生态环境破坏的程度还在加剧。热带生物海岸的未来取决于两种速度之间竞赛的结果:一是热带生物海岸生物群落不断加速的衰退和消失的速度,另一个是人们发展生态学和社会学上完美的海岸带管理模式和关于生物保护价值的有效的公众教育的速度(Hatcher *et al.*, 1989)。科学家要在这场竞赛中发挥作用。热带生物海岸研究在我国河口海岸自然环境变异和资源可持续利用研究中具有特别重要和现实的意义,应该加强我国热带生物海岸的规范性调查、监测与健康状况评估,对热带生物海岸生物地貌过程、生物地球化学过程、生态系统动力过程的演变规律及其对外界胁迫因子的响应和反馈开展多学科综合研究,寻求热带生物海岸生态开发和综合管理的模式,适应热带生物海岸和相关生态系统的保护、管理、恢复、重建和可持续发展的要求。

### 参 考 文 献

- 于登攀,邹仁林,1999. 三亚鹿回头岸礁造礁石珊瑚群落结构的现状和动态. 见:马克平主编. 中国重点地区与类型生态系统多样性. 杭州:浙江科学技术出版社,225—268
- 王宝灿,1985. 中国红树林的分布及其对海岸的防护作用. 见:中国海洋湖沼学会海岸河口分会编辑. 海岸河口区动力、地貌、沉积过程论文集. 北京:科学出版社,186—191
- 毛树珍,1991. 红树林海岸现代沉积. 见:王文介,黄金森,毛树珍等. 南海海岸和近海现代沉积. 北京:科学出版社,142—150
- 王 颖,1963. 红树林海岸. 地理,3:110—112,118
- 刘新安,崔金瑞,王文海,1999. 热带风暴过程中珊瑚礁坪示踪砂运移的现场实验研究. 海洋与湖沼,30(3):315—320
- 宋金明,1999. 南沙珊瑚礁生态系中元素的垂直转移途径. 海洋与湖沼,30(1):1—5
- 邹仁林,1996. 中国珊瑚礁的现状与保护对策. 见:中国科学院生物多样性委员会和林业部野生动物和森林植物保护司编辑. 生物多样性研究进展—首届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 北京:中国科学技术出版社,281—290
- 陈史坚,钟晋梁,1989. 南海诸岛志略. 海口:海南人民出版社,1—4
- 陈 刚,熊仕林,谢菊娘等,1995. 三亚水域造礁石珊瑚移植实验研究. 热带海洋,14(3):51—57
- 陈焕雄,陈二英,1985. 海南岛红树林分布的现状. 热带海洋,4(3):74—79
- 何明海,范航清,1995. 我国红树林保护与管理的现状. 见:范航清,梁士楚主编. 中国红树林研究与管理. 北京:科学出版社,173—182
- 张乔民,2000. 我国红树林、珊瑚礁海岸资源与开发. 见:吴超羽主编,陈介中、陈邦富副主编. '99 海岸海洋资源与环境学术研讨会论文集. 香港:香港科技大学海岸与大气研究中心,228—234
- 张乔民,于红兵,1999a. 中国红树林海岸研究进展. 见:中国地理学会地貌与第四纪专业委员会编. 地貌、环境、发展(1999年嶂石岩会议论文集). 北京:中国环境科学出版社,331—334
- 张乔民,刘 胜,隋淑珍等,1999b. 香港吐露港汀角沙砾质海岸红树林生物地貌过程研究. 热带地理,19(2):107—112
- 张乔民,于红兵,陈欣树等,1997a. 红树林生长带与潮汐水位关系的研究. 生态学报,17(3):258—265
- 张乔民,张叶春,1997b. 华南红树林海岸生物地貌过程研究. 第四纪研究,4:344—353
- 张乔民,张叶春,孙淑杰,1997c. 中国红树林和红树林海岸的现状与管理. 见:中国科学院海南热带海洋生物实验站编. 热带海洋研究(五). 北京:科学出版社,143—151
- 国家海洋局编,1996. 中国海洋21世纪议程行动计划. 北京:国家海洋局,30—35
- 范航清,1995. 广西海岸红树林现状及人为干扰. 见:范航清,梁士楚主编. 中国红树林研究与管理. 北京:科学出版社,189—202
- 范航清,2000. 红树林,海岸环保卫士. 南宁:广西科学技术出版社,1—183
- 林 鹏,1997. 中国红树林生态系. 北京:科学出版社,329—340
- 林 鹏,傅 勤,1995. 中国红树林环境生态及其经济利用. 北京:高等教育出版社,1—95

- 郑德璋, 廖宝文, 郑松发等, 1999. 红树林主要树种造林与经营技术研究. 北京: 科学出版社, 1—365
- 钟晋梁, 陈欣树, 张乔民等, 1996. 南沙群岛珊瑚礁地貌研究. 北京: 科学出版社, 42—43
- 赵焕庭, 1996. 我国生物礁研究的发展. 第四纪研究, 3: 253—262
- 赵焕庭, 1997. 南海诸岛的主权、资源与开发. 见: 中国科学院南海海洋研究所编. 南海海洋科学集刊, 第 12 集. 北京: 科学出版社, 169—185
- 赵焕庭, 张乔民, 宋朝景等, 1999. 华南海岸和南海诸岛的地貌与环境. 北京: 科学出版社, 347—369
- 聂宝符, 陈特固, 梁美桃等, 1996. 近百年来南海北部珊瑚生长率与海面温度变化的关系. 中国科学(D 辑), 1: 59—66
- 梁士楚, 罗春业, 1999. 红树林区经济动物及生态养殖模式. 广西科学院学报, 15(2): 64—68
- 曾昭璇, 黄少敏, 张杰人, 1965. 河口红树林海岸地形演变及其农业评价——以珠江三角洲河口为例. 见: 中国地理学会地貌专业委员会编. 中国地理学会一九六三年年会论文选集(地貌学). 北京: 科学出版社, 91—107
- 曾昭璇, 梁景芬, 丘世钧, 1997. 中国珊瑚礁地貌研究. 广州: 广东人民出版社, 149—164
- 潘树荣, 徐希杨, 温伟英, 1965. 西江河口红树林荒滩自然地理基本特征. 中山大学学报(自然科学版), 1: 100—109
- 蔡爱智, 李星元, 1964. 海南岛南岸珊瑚礁的若干特点. 海洋与湖沼, 6(2): 205—218
- Chapman V J, 1984. Mangrove biogeography. In: Por F D, Dor I ed. Hydrobiology of the Mangal. The Hague: Dr W Junk Publishers, 15—24
- Clark J R, 1996. Coastal Zone Management Handbook. Boca Raton: CRC Press, 102—105
- Field C, 1995. Restoration of Mangrove Ecosystems. Okinawa: The International Society for Mangrove Ecosystems (ISME), 18—35
- Hatcher B G, Johannes R E, Robertson A I, 1989. Review of research relevant to the conservation of shallow tropical marine ecosystems. Oceanogr Mar Biol Annu Rev, 27: 337—414
- Higa T, 1997. Coral reefs: mines of precious substances. Tropical Coasts, 4: 53—55
- Hodgson G, Yan E P M, 1997. Physical and biological controls of coral communities in Hong Kong. In: Lessios H A, Maentzre I G eds. Proc 8th Int Coral reef Sym, panama: Smithsonian Tropical Research Institute 1: 477—482
- Hodgson G, 1999. A global assessment of human effects on coral reefs. Marine Pollution Bulletin, 38(5): 345—355
- Hodgson G, 2000. Coral reef monitoring and management using Reef Check. Integrated Coastal Zone Management, 1(1): 169—176
- Hogarth P J, 1999. The Biology of Mangroves. Oxford: Oxford University Press, 170—199
- Lee S Y, 1993. The management of traditional tidal ponds for aquaculture and wildlife conservation in southeast Asia: problems and prospects. Biological Conservation, 63: 113—118
- LOICZ, 1994. Report of the Workshop Focus 2: Mangrove Biogeomorphology, Townsville, May 1994. Meeting Report No. 2. Texel: LOICZ/WKSHP/94. 2, 1—33
- Pernetta J C, Milliman J D ed, 1995. Land-Ocean Interaction in the Coastal Zone, Implementation Plan, IGBP Report No: 33. Stockholm: IGBP, 65—86
- Pockley P, 1999. Global warming: Could kill most coral reefs by 2100. Nature, 400(6740): 98
- Smith S V, 1978. Coral-reef area and contributions of reefs to processes and resources of the world's ocean. Nature, 273(5659): 225—226
- Stoddart D R, 1969. Ecology and morphology of recent coral reef. Biological Review 44: 433—498
- Tam N F Y, Wong Y S, Lu C Y *et al.*, 1997. Mapping and characterization of mangrove plant communities in Hong Kong. Hydrobiologia, 352: 25—37
- Wilkinson C, 2000. Status of Coral Reefs of the World, 2000. Queensland: Australia Institute of Marine Science, 1—7
- Wilkinson C ed, 1998. Status of Coral Reefs of the World: 1998. Queensland: Australia Institute of Marine Science, 1—38

## STATUS OF TROPICAL BIOLOGICAL COASTS OF CHINA: IMPLICATIONS ON ECOSYSTEM RESTORATION AND RECONSTRUCTION

ZHANG Qiao-Min

*(Open Laboratory of Margin Sea Geology and Paleoenvironment, South China Sea Institute of  
Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301)*

**Abstract** This paper reviews the status of tropical biological coasts, such as mangroves and coral reefs, of China for their distribution and extents, destruction of biological communities, coastal protection and management, and scientific research, and the technical progress of ecosystem restoration and reconstruction. Tropical biological coasts and the mangrove and coral reef ecosystems on them possess special resource value and ecological benefits, and have a great significance for social and economic sustainable development in tropical coastal areas. On the other hand, they are sensitive and vulnerable to human activities and natural environment variations. They have relatively low direct economic benefits, and are easy to be extremely undervalued. As the society and economy have been rapidly developing in tropical coastal area of China during the past 20 years, the stress of population, resources, and environment became progressively large. The mangrove and coral reef coastal resources have been severely destroyed by ecologically destructive development activities and need urgent protection. Up to now, although the government has taken some measures for protection and management, including the relevant laws, the natural reserves, the scientific research and experiments, and ecosystem restoration and reconstruction techniques, the general worsening trend was not reversed yet. The research of tropical biological coasts has a special importance for the coastal and estuarine environments resource sustainable development. Surveying, monitoring, assessment and research of tropical biological coasts should be strengthened to meet the needs of protection, management, restoration, reconstruction and sustainable development of tropical biological coasts and relevant ecosystems.

**Key words** Mangroves, Coral reefs, Tropical biological coasts, Ecosystem restoration and reconstruction, Status review