

· 综 述 ·

中国红树林保育的若干重要问题

范航清^{1*}, 王文卿²

(1. 广西科学院广西红树林研究中心, 广西红树林保护与利用重点实验室, 广西 北海 536000;

2. 厦门大学环境与生态学院, 福建 厦门 361102)

摘要: 红树林正在成为中国海洋生态文明建设的重要组成部分. 为了达到生态系统恢复目的, 总结和评估了中国红树林保护、修复和利用中存在的问题, 并提出了相应的对策. 归纳出 5 种红树林原位养殖模式, 其中“地理管道原位生态养殖系统”应在高潮差海区的次生林和新造林中应用. 为了便于编制工程规划与预算, 对红树林保育工程的类型进行了划分; 为了提升中国红树林生态系统健康, 在红树植物种植、底栖生物增殖及可持续性方面提出了一般性技术原则.

关键词: 中国红树林; 虾塘; 原位养殖模式; 修复技术

中图分类号: Q-9

文献标志码: A

文章编号: 0438-0479(2017)03-0323-08

红树林是生长在热带、亚热带海岸潮间带滩涂上的木本植物群落, 由其主导形成的红树林生态系统在维持滨海湿地生产力、生物多样性、环境及海岸安全等方面发挥着巨大的作用, 是我国海洋生态文明建设的重要内容. 20 世纪 50 年代以来, 我国的红树林遭受了严重的人为破坏, 面积不断减少. 2000 年广西合浦县闸口镇发生了红树林恶性毁林事件^[1], 同年国家林业局在深圳召开了“全国红树林建设大会”, 此后中国红树林从大衰退阶段进入了保护与人工恢复阶段, 研究队伍也不断壮大. 据不完全统计, 2000 年以来中国出版红树林方面的专著和论文集 24 部, 涵盖了综合性基础研究^[2-4]、生态恢复与修复^[5-11]、大型底栖动物^[12-13]、鸟类^[14]、虫害与防治^[8, 15-16]、生态定位研究^[17]、遥感监测与评价^[8, 18-19]、资源与管理对策^[1, 20-22]及科普读物^[23-24]等方面取得的丰硕研究成果, 但在宏观认识、大局把握和发展方向上也出现了困惑与偏差. 理性认识中国红树林面临的重大问题, 对正确把握保育方向、突出建设重点、创新保育模式以及促进可持续发展无疑具有积极的指导意义. 红树林保育涉及技术、管理、体制、法规等不同层面的复杂内容, 本文中通过梳理中国红树林资源与健康方面存在的重要问

题, 明确中国红树林保育的重大需求与方向, 提出保育的技术原则, 为“蓝色港湾”、“南红北柳”及湿地保护工程“十三五”规划等国家行动计划的实施提供参考.

1 中国红树林资源与保育概况

红树林具有很高的生态服务价值, 在世界 16 种主要生态系统中排名第四^[25]. 中国现有真红树植物 27 种(其中 2 种为成功引种), 半红树植物 12 种, 分布于海南、广东、广西、福建和浙江省及香港、台湾、澳门地区. 2013 年中国红树林湿地面积为 34 472. 14 hm² (不包括香港、澳门和台湾地区, 下同), 其中有林面积 25 311. 9 hm² (表 1), 比 2001 年增加了 14. 92%. 在全球红树林年均减少约 1% 的背景下^[27-29], 中国红树林面积的增加主要归功于政府的重视及大量的财政投入, 例如中国已有的 6 个国家级红树林自然保护区在“十二五”期间各自获得不低于 2 500 万元的中央和地方专项经费.

据不完全统计, 中国现有各种级别的红树林自然保护区 22 个, 其中国家级自然保护区 6 个, 国际重要

收稿日期: 2016-12-01 录用日期: 2017-02-21

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC0502904); 国家自然科学基金(41276076); 国家海洋公益性行业科研专项(201505028); 科技部科技基础性工作专项(2013FY111805); 广西红树林保护与利用重点实验室系统课题(GKLMC-15A03)

* 通信作者: fanhq666@126.com

引文格式: 范航清, 王文卿. 中国红树林保育的若干重要问题[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2017, 56(3): 323-330.

Citation: FAN H Q, WANG W Q. Some thematic issues for mangrove conservation in China[J]. J Xiamen Univ Nat Sci, 2017, 56(3): 323-330. (in Chinese)



湿地 5 个,人与生物圈世界保护区 1 个,红树林保护区面积约占中国红树林总面积的 77%^[24].近年来,红树林保护已成为海洋生态文明建设的一项重要内容,经济越发达的沿海城市其生态化的内生动力越强.2015 年 6 月国家林业局成立了“中国沿海滨海湿地保护网络”,2016 年国家海洋局启动了“蓝色港湾”和“南红北柳”国家行动计划.然而在中国红树林面积增加和社会关注度不断提高的同时,中国红树林总体健康状况被认识得还不足,红树林保育战略仍然缺乏.

2 中国红树林面临的重要生态问题

2.1 海堤阻断红树林响应气候变化的迁移

陈宜瑜院士率领的“中国滨海湿地保护管理战略研究项目”(2015)中指出:在过去的半个世纪里,中国有 60%以上的天然沿海湿地消失,包括 73%的红树林和 80%的珊瑚礁;1990—2010 年间,海堤海岸线长度增加了 3.4 倍,2010 年达到11 000 km,占中国海岸线总长度的 61%,而 20 年前仅占 18%.初步评估,堤前红树林约占中国红树林总面积的 80%^[30],“虾塘—海堤—红树林”已成为中国红树林海岸的主要景观格局.

中国红树林为冰后期(5 000~6 000年前以来)形成的泻湖-沙坝和溺谷湾红树林,河口沉积与大陆架供沙是其生长底质形成的基本机制.修建海堤不仅人为阻断了海陆过渡带红树林动态演替的自然剖面,毁灭了陆缘高大成熟的红树林,而且常常在堤脚前遗存 30~50 m 宽的难以恢复红树林的无林带沟^[31].红树林生长对水淹时间和水深有严格要求,在全球海平面上升的大背景下,堤前红树林没有后撤之路,总体上将逐渐衰退.目前中国沿海红树群落正由成熟型向以白骨壤(*Avicennia marina*)和桐花树(*Aegiceras corniculatum*)为主的先锋群落类型逆行演替,其原因除了人为破坏成熟群落外,还可能是红树林对海平面上升响应的一个前期表现.当然,不排除局部海湾和岸段由于

淤积抬高滩涂高程,使红树林得以延续的可能.

2.2 群落退化导致小种群濒危

2001 年的全国红树林调查结果表明:低矮的白骨壤林和桐花树林占据了我国红树林的绝大部分,原生林不到 10%;70%的红树林高度不超过 2 m,90%以上的红树林高度小于 4 m.范航清课题组(后称本课题组)多年实地调查结果表明:福建的海漆(*Excoecaria agallocha*)和卤蕨(*Acrostichum aureum*)已经灭绝;香港地区已经找不到红海榄(*Rhizophora stylosa*);广西的角果木(*Ceriops tagal*)也不复存在^[24,31];海南 2006 年有野生红榄李(*Lumnitzera littorea*) 359 株^[32],2016 年仅存 11 株;海南海桑(*Sonneratia hainanensis*)和卵叶海桑(*S. ovata*)的野外个体数不超过 100 株.根据本课题组的最新统计,中国 37 种原生红树植物和半红树植物中有 50%的种类已处于不同程度的珍稀濒危状态.

2.3 海区污染导致敌害生物泛滥

近 30 年来中国滨海湿地环境质量每况愈下已成共识.本课题组的一个专项研究表明:2014 年广西入海污染源中入海河流贡献 86.74%,生活污水 6.73%,陆基海水养殖 5.31%,工业、种植、畜禽、船舶合计 1.22%;尽管陆基海水养殖排放污染绝对量仅占入海总量的 5.31%,可其排放具有明显的时空性,集中在每年 1~2 次的清塘期,污染物浓度是自然海水的数十至上百倍,往往是生态灾难的导火索.例如,海区养殖污染在放养家鸭的共同作用下,触发了 2010 年以来海南和广西蛀木生物有孔团水虱(*Sphaeroma terebrans*)和光背团水虱(*S. retrolaeve*)的爆发,导致成熟红树林的连片死亡^[33].2004 年全国白骨壤林遭受广州小斑螟(*Oligochroa cantonella*)的大规模攻击^[16],此后每隔几年均出现区域性虫灾,成灾害虫种数有单种向多种发展的趋势.以广西北仑河口自然保护区为例,该保护区的白骨壤红树林在 2004 年和 2006 年都遭受广州小斑螟的规模性攻击;2015 年 9—11 月受柚

表 1 中国红树林面积分布
Tab. 1 Distribution of China mangroves

年份	面积/hm ²					
	海南 ^[26]	广西	广东 ^[26]	福建 ^[26]	浙江 ^[26]	合计
2001	3 930.3	8 375.0	9 084.0	615.1	20.6	22 025.0
2013	4 891.2	7 328.0	12 130.9	941.9	19.9	25 311.9
变化率/%	24.45	-12.50	33.54	53.13	-3.40	14.92

木肖弄蝶夜蛾 (*Hyblaea puera*) 的攻击, 危害面积约 87 hm² (全广西成灾面积在 270 hm² 以上); 2016 年 5 月受广州小斑螟攻击, 危害面积约 67 hm², 同年 8—9 月又受到柚木肖弄蝶夜蛾攻击, 危害面积约 87 hm². 中国沿海病害程度最高、受害范围最广的红树植物是桐花树. 虽然引发红树林敌害生物爆发的原因是多方面的, 但海区污染和海岸原生植被消失, 以及用单一树种人工林替代陆生天然植被被认为是其中的重要原因. 例如, 广西速生桉人工林从 2000 年的不足 15 万 hm² 发展到 2016 年的 250 万 hm², 桉树林面积占广西 1 km 海岸带面积的比例在 2008 年达到 17.20%, 沿海绝大部分自然植被消失 (本课题组调研数据).

2.4 过度利用导致生物多样性下降

巨大的天然海鲜市场使得中国红树林区滩涂挖掘^[34]、围网、炸鱼、毒鱼、放养家鸭、捕鸟等破坏性活动长期得不到有效缓解. 强烈的人为干扰导致红树林矮化、稀疏化及生物多样性的大幅度下降. 在北部湾沿海, 中华乌塘鳢 (*Bostrichthys sinensis*)、拟穴青蟹 (*Scylla paramamosain*)、中国鲎 (*Tachypleus tridentatus*) 等经济动物野生资源量比 30 年前下降 85% 以上. 2004—2010 年间, 海南东寨港鱼类种类和单网渔获物数量均下降 30% 以上. 生物多样性的下降, 尤其是底内动物的减少会降低根系含氧量, 不仅不利于红树林的生长, 还会弱化食物链而导致红树林虫害和蛀木生物团水虱的爆发. 例如, 中华乌塘鳢可捕食团水虱, 因此中华乌塘鳢种群的萎缩就意味着团水虱天敌的减少, 增加了团水虱爆发的风险^[33].

2.5 外来物种横行使生态效应堪忧

为了达到快速成林的目的, 耐水淹、速生的外来红树植物无瓣海桑 (*S. apetala*) 近十多年来被大量用于红树林造林. 近几年来, 一种自墨西哥引进、适应能力和扩散能力比无瓣海桑更强的外来红树植物拉关木 (*Laguncularia racemosa*) 在广东、广西、海南和福建广泛种植^[35]. Chen 等^[36] 的统计数据表明, 2000 年

以来中国新增的红树林面积中无瓣海桑林超过 80%. 事实上, 中国红树植物种类并非不丰富, 中国原生的红树植物有 25 种, 而整个美国常见的红树植物只有 4 种^[24]. 以极低的植物多样性支撑极高的动物多样性是红树林生态系统区别于陆地森林生态系统的显著特征.

无瓣海桑和拉关木是否为入侵种, 学术界还存在一些争议, 需要进一步监测与评估, 但是相关法律明确规定不能在自然保护区的范围内种植外来红树植物. 国家环境保护总局 (现环保部) 发布的《关于加强外来入侵物种防治工作的通知》 (环发[2003]6 号) 中规定: “严禁在自然保护区、风景名胜区和生态功能保护区以及生态环境特殊和脆弱的区域从事外来物种引进和应用”. 《海南省自然保护区管理条例》第三十七条规定: “禁止任何单位和个人在自然保护区内引入、应用转基因生物和外来物种”.

互花米草 (*Spartina alterniflora*) 是影响中国红树林最严重的海洋入侵物种, 直接危害中国红树林的生态健康. 互花米草十多年前在中国的面积已达 34 451 hm²^[37], 其中分布在东南沿海红树林省 (区) 的面积为 9 619 hm², 浙江和福建是主要分布区^[38], 威胁着生态位相近的红树林^[39]. 表 2 为广西山口保护区在 1979—2013 年间互花米草面积的变化情况^[37,40-42], 其中 2011 年该保护区互花米草总面积为 481.5 hm², 受互花米草入侵的红树林面积达到 171.5 hm², 占该保护区红树林总面积的 21.3%. 此后, 本课题组还分别于 2013 年和 2015 年在广西北仑河口和海南儋州发现了互花米草先锋草斑. 此外, 微甘菊 (*Mikania micrantha*) 原产于中美洲, 20 世纪 80 年代从东南亚蔓延到香港及珠江三角洲地区, 具有超强的繁殖能力, 是河口红树林的“空中杀手”^[43].

2.6 宜林地稀缺使滩涂扩种空间有限

1990—2008 年间中国围垦的滨海湿地面积从 8 241 km² 增加到 13 380 km²^[44], 占用了大量的红树

表 2 广西山口红树林生态自然保护区互花米草面积动态

Tab. 2 The dynamic areas of salt marsh *S. alterniflora* in Shankou National Mangrove Natural Reserve, Guangxi, China

地点	面积/hm ²					
	1979 年 ^[44]	1994 年	2007 年 ^[43]	2008 年 ^[45]	2011 年 ^[46]	2013 年 ^[40]
英罗港	0	0		12.6		14.29
丹兜海	0.67	8		369.3		372.11
合计	0.67	8	206.7	381.9	481.5	386.40

注: 1994 年的数据源于本课题组现场调查.

林及宜林滩涂.国务院批准的 2011—2020 年全国沿海的围填海总规模为2 469 km²,其中有红树林分布的浙江 506 km²、福建 333.5 km²、海南 111.5 km²、广西 161 km²、广东 230 km²,合计1 342 km²^[45],是 2013 年中国红树林总面积的 5.3 倍,红树林及其宜林滩涂保护面临巨大压力.例如,2016 年 11 月 17 日中央环保广西督导组通报“根据钦州滨海新城、北海铁山港东港区和龙港新区的建设规划,还将占用茅尾海和铁山港区域约 595 hm² 的原生态红树林”.

2000 年国家林业局计划用 10 年时间将中国红树林面积从 2.2 万 hm² 恢复到 6 万 hm²,这意味着 2010 年之前要成功新造红树林 3.8 万 hm².然而,正是因为缺少宜林滩涂,到 2013 年全国才新增红树林 0.33 万 hm²,目标完成率仅 8.68%,而且还是通过大量种植外来树种无瓣海桑才勉强得以实现.在《全国湿地保护工程实施规划(2016—2020 年)》红树林专题编制会上(2014 年 11 月,广西北海),各省专家估算了本省沿海各县(区)未来红树林新造林的大体规模.综合上述信息,目前中国既符合海洋功能区划又适合乡土树种生长的宜林滩涂面积在6 000 hm² 左右,这一数字不包

括外来树种新造林和困难生境新造林.

3 中国红树林保育策略

3.1 中国红树林保育工程类型划分

由于立地条件、群落本底和保育目标的差异,不同地点的红树林保育工程在技术难度、监测重点、成本核算、效果评价及工程验收等方面存在巨大的差别,这给项目预算审核部门和管理部门造成了很大的困惑,也不利于生态保育工程的实施.本课题组在长期实践的基础上,根据待修复地点红树林的现状将中国红树林保育工程划分为自然保育、改造保育和重建保育 3 大类,并对它们进行了必要的细分(表 3),为编制工程规划和预算提供参考.

由于宜林滩涂稀缺,重建保育是增加我国红树林面积的必然选择.在重建保育中,退塘还林、困难光滩重建、虾塘生态改造与产业提升、红树林人工鱼礁的技术难度与成本相比于宜林滩涂重建高很多.因此,要制定全国统一的红树林生态恢复与修复单价、监测与

表 3 中国红树林保育工程类型
Tab. 3 Categories of China mangrove conservation engineering

类型	特点	难度与成本
1 自然保育	对现存群落较好的,在清除或缓解胁迫后群落可自然正向演替进行保护	很低
2 改造保育	对已有退化、低矮的群落进行人工干预,促进群落的正向演替或提高群落的生态健康水平	
次生林改造	在遭受破坏、次生低矮的群落内套种当地演替序列中后期的红树树种,加快群落的正向演替,改善群落外围	低
乡土种替代改造	用乡土红树树种替代外来树种进行改造	中
安全保育	对遭受自然和敌害生物严重危害的红树植物群落,在清理或伐除病腐木后进行适当补植	低
3 重建保育	在无红树林生长的地点新造红树林	
宜林滩涂重建	在气候带、温度、滩面高程、海岸地貌、底质和水文条件等环境因素都满足红树植物生长的潮间带滩涂新造红树林	低
困难光滩重建	在不能自然生长红树林的滩涂,通过工程措施创造满足红树林生长的条件,而后进行新造林活动	很高
退塘还林	不考虑养殖,全部或局部清除塘堤,完全恢复潮间带自然地貌特征,对生境进行宜林化改造后的排他性新造林活动	中
虾塘生态改造与产业提升	对一定比例的虾塘水面进行宜林化生境改造,种植红树植物和耐盐功能性植物,生物吸收、理化处理并综合利用大部分养殖污染物,显著减少污染外排入海,建立高效可控、产品优质的红树林湿地生态农场人工生态系统	较高
红树林人工鱼礁	红树林与大型藻类和人工鱼礁物理构件相结合,在最低低潮线以下的浅海人工营造红树林人工鱼礁岛群,促进海洋牧场和海洋安全保障建设	很高
其他	上述重建类型以外的特种需求造林活动	

评价、验收等标准目前存在很大困难。

3.2 沿海虾塘是扩展中国红树林的重要空间

长期以来,中国沿海养殖池塘的数目尚缺少权威报道。2013 年广西海水虾塘养殖面积为 2.07 万 hm^2 ^[46],而同年广西的海水虾塘实际总面积为 4.6 万 hm^2 ^[29],说明只有 45% 的虾塘真正用于生产,这种现象在东南沿海其他省(区)普遍存在。根据各省(区)养殖基本情况,粗略估算 2014 年中国东南沿海虾塘总面积为 240 324 hm^2 ^[47](表 4),为中国现有红树林总面积的 9.50 倍。从沿海围垦历史看,东南沿海现有虾塘中至少有 10% 源自于红树林^[31],即约 2.4 万 hm^2 。例如,1980—2000 年间中国共消失了 12 923.7 hm^2 的红树林,其中 97.6% 用于修建虾塘。我国现有红树林 2.53 万 hm^2 ,如果在沿海虾塘重建 2.4 万 hm^2 红树林湿地,再加宜林滩涂重建和困难光滩创建新造林,才有可能完成 6 万 hm^2 的国家既定目标。因此,退塘还林、虾塘生态改造应成为红树林修复的国家战略布局。

表 4 2014 年中国东南沿海虾塘估算面积
Tab. 4 Estimated areas of shrimp ponds
in southeastern coasts of China in 2014

省(区)	养殖虾塘面积/ hm^2 ^[47]	虾塘总面积/ hm^2	养殖虾塘面积 占虾塘总面积 百分比/%
浙江	32 025	45 750	70
福建	29 949	46 075	65
广东	72 641	85 460	85
广西	20 307	46 152	44
海南	12 665	16 887	75
合计	167 587	240 324	70

3.3 合理利用是中国红树林保育的重要保障

3.3.1 合理利用是达到保护目的的过渡性手段

长期以来将红树林作为单纯的“林子”加以管理,导致中国红树林生态功能全面退化,被动保护和一边修复一边破坏的现象层出不穷,有些地区贝类养殖与红树林扩种争夺滩涂的矛盾尖锐。因此,在红树林保育中应高度重视合理利用技术与激励机制,“将保护导向更加可持续的利用方式”^[48],引导沿海地区居民参与红树林保护事业,促进社会、经济、生态和谐发展^[20]。在保护前提下适度获取林区自然产品来改善生计,在人均拥有红树林资源量大的东南亚沿海地区可行^[49],但不一定适合人口稠密、人均拥有红树林资源

量少的中国东南沿海。休闲观光是很好的可持续利用方式,适合在交通便利、市场运作机制健全的地区开展,但不一定适合于广大的农村红树林区。由于红树林生态系统具有很高的生物多样性^[50],因此红树林养殖^[51-57]一直是我国专家学者关注的一个利用方式。越南将红树林恢复与贝类粗放养殖的滩涂使用权结合起来的做法^[58]值得中国借鉴。

3.3.2 海堤外滩涂红树林养殖

以红树林与养殖空间是否重叠为标准,可以将养殖活动分为“原位养殖”和“红树林区养殖”,而直接影响红树林的是前者。对海堤外的滩涂红树林而言,归纳出红树林原位养殖的 5 种模式(表 5);其中毁林养殖和基围养殖由于要规模化砍伐红树林,不符合保护目的;而围网养殖和增殖保育因为产量和产值太低,产业化可能性很小;在高潮差海区的滩涂红树林改造和重建保育中,应重视红树林埋管道原位生态养殖技术(图 1),系统由潮汐能驱动,实现地上部生长红树林,滩涂表面增殖贝类,地下部养殖底栖鱼类,潮汐蓄能池塘开展纳潮生态混养^[57]。

3.3.3 海堤内虾塘生态改造与产业提升

针对目前中国传统虾塘养殖污染突出的问题,提出将 25%~50% 的虾塘水面,尤其是废弃虾塘水面重建红树林和盐沼植被,实施传统虾塘生态改造与产业提升工程,构建“多品种生态混养”、“湿地集约化养殖”和“湿地工厂化养殖”等组合生产模式,以满足群众需求。生态农场不同于粗放的基围养殖模式,必须是高效可控的人工生态系统,其突出特征是:重建植被、提升经济效益、改善养殖产品质量、显著降低排海污染物总量。颗粒污染物主要通过物理沉降收集,溶解态污染物通过红树林和湿地净化,富含 P、N 的养殖沉积物用于培育耐盐功能性植物(蔬菜、绿化、药用、能源),美化海岸景观,促进滨海休闲渔业的发展(图 2)。该模式不改变虾塘所有权,发展蓝碳经济,改善近海环境质量,增加红树林面积,符合国家战略,值得研发示范。

3.4 中国红树林保育的一般性技术原则

为了从数量和质量上实现红树林恢复的国家战略目标,未来中国红树林保育应该遵循以下 3 项一般性技术原则:1) 将单纯的植被恢复扩展到红树林湿地生态系统整体功能的恢复;2) 将鸟类、底栖生物生境恢复纳入恢复目标;3) 采取自然恢复为主、人工辅助恢复为辅的策略,在红树林恢复的同时创造条件恢复经济动物种群,提高周边居民收入。具体措施为:

表 5 不同红树林原位养殖模式的比较
Tab. 5 Comparisons among various mangrove *in situ* farming patterns

指 标	毁林养殖	基围养殖	围网养殖	增殖保育	地理管道
建设成本	+++++	++++	++		+++++
饵料成本	+++++	++++	++		+++++
能耗	+++++	+++	+		+
毁灭红树林程度	+++++	+++	++		+
管护活动人为干扰		++++	++		+
养殖污染生态效应	+++++	+++	+		+
抗台风能力	++	+++	+		+++++
产值	+++++	+++	++	+	+++++
可控性	+++++	+++	++	+	+++++
回捕率	+++++	++++	++	+	+++++
产品品质	+	+++	+++++	+++++	+++++
综合评价	毁林 100%，污染严重；高投入，高产出	毁林 40%~80%；较高投入，中等产出	不毁林；低投入，低产出	促进恢复；产值极低	影响约 3%生境；较高投入，较高产出，促进恢复

注：“+”越多表示数值越大。

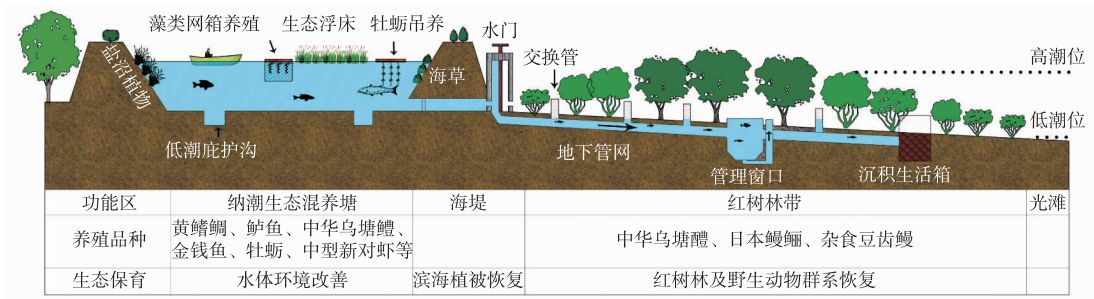


图 1 地理管道红树林原位生态养殖系统原理示意图
Fig. 1 Mechanism illustrator of underground tube mangrove *in situ* ecofarming system

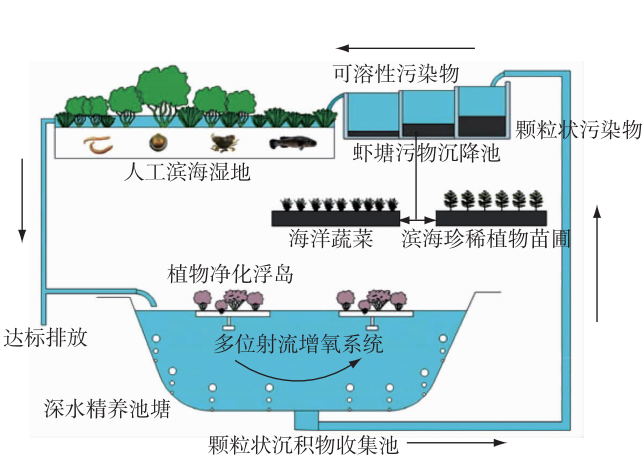


图 2 传统虾塘红树林生态改造技术路线图
Fig. 2 Technical route of mangrove ecological reform ation for traditional shrimp ponds

- 1) 植被方面:鼓励利用本地种新造林,滩涂高程符合要求的地点利用本地种改造低矮次生林,对外来红树植物进行本地种替代改造;保护珍稀红树植物小种群生境并进行人工繁育和扩种;遏制互花米草等敌害生物的蔓延。
- 2) 海洋动物方面:因地制宜地设立插管、小潮沟、庇护坑等辅助设施,增殖林区海洋动物,促进红树林的生长,提高生态系统功能。
- 3) 合理利用方面:在滩涂新造林和次生林改造中推广应用地理管道鱼类原位生态养殖技术;发展高效可控的虾塘红树林人工生态系统,生产健康蛋白与滨海功能植物,发展滨海休闲业,减少养殖污染排放,建设红树林湿地生态农场;将红树林、大型藻类和海底人工构筑物相结合,在不能自然生长红树林的浅海构

建红树林人工鱼礁岛群,促进海洋牧场建设,保障海岸生态安全。

致谢:广西红树林研究中心王欣、苏治南协助完成本文示意图(图1和2)的制作,谨此致谢。

参考文献:

- [1] 中国人与生物圈国家委员会,广西壮族自治区海洋局.多方参与的经验及展望:广西山口红树林世界生物圈保护区的十年[M].北京:海洋出版社,2011.
- [2] 林鹏.红树林研究论文集(第六集,2002—2004)[M].厦门:厦门大学出版社,2005.
- [3] 林光辉,林鹏.红树林研究论文集(第七集,2005—2009)[M].厦门:厦门大学出版社,2010.
- [4] 陈桂珠.陈桂珠文集[M].广州:中山大学出版社,2015.
- [5] 廖宝文,李玫,陈玉军,等.中国红树林恢复与重建技术[M].北京:科学出版社,2010.
- [6] 陈少波,卢昌义,仇建标.应对气候变化的红树林北移生态学[M].北京:海洋出版社,2012.
- [7] 李裕红.泉州湾河口湿地生态与保育[M].北京:中国环境科学出版社,2012.
- [8] 咎启杰,谭凤仪,李喻春.滨海湿地生态系统修复技术研究:以深圳湾为例[M].北京:海洋出版社,2013.
- [9] 范航清,王欣,何斌源,等.人工生境创立与红树林重建[M].北京:中国林业出版社,2014.
- [10] 林光辉,刘长安,冯建祥.滨海湿地生态修复技术及其应用[M].北京:海洋出版社,2014.
- [11] 陈秋夏.浙江人工红树林[M].北京:中国林业出版社,2015.
- [12] 王瑁.海南东寨港红树林软体动物[M].厦门:厦门大学出版社,2013.
- [13] 何斌源,赖廷和.广西北部湾红树林湿地海洋动物图谱[M].北京:科学出版社,2013.
- [14] 周放.中国红树林区鸟类[M].北京:科学出版社,2010.
- [15] 刘文爱,范航清.广西红树林主要害虫及其天敌[M].南宁:广西科学技术出版社,2009.
- [16] 范航清,刘文爱,曹庆先.广西红树林虫害生物生态特征与综合防治技术研究[M].北京:科学出版社,2012.
- [17] 廖宝文.海南东寨港红树林湿地生态系统研究[M].青岛:中国海洋大学出版社,2009.
- [18] 李春干.红树林遥感信息提取与空间演变机理研究[M].北京:科学出版社,2013.
- [19] 王友绍.红树林生态系统评价与修复技术[M].北京:科学出版社,2013.
- [20] 韩维栋,高秀梅.雷州半岛红树林生态系统及其保护策略[M].广州:华南理工大学出版社,2009.
- [21] 周浩郎,范航清,阎冰.基于生态系统的生物多样性管理实践:“UNDP/GEF/SOA 中国南部沿海生物多样性管理项目”在广西[M].北京:海洋出版社,2012.
- [22] 范航清,黎广钊,周浩郎,等.广西北部湾典型海洋生态系统:现状与挑战[M].北京:科学出版社,2015.
- [23] 范航清.红树林:海岸环保卫士[M].南宁:广西科学技术出版社,2000.
- [24] 王文卿,王瑁.中国红树林[M].北京:科学出版社,2007:161-162.
- [25] COSTANZA R, D'ARCE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [26] 廖宝文,张乔民.中国红树林的分布、面积和树种组成[J].湿地科学,2014,12(4):435-440.
- [27] VALIELA I, BOWEN J L, YORK J K. Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments[J]. Bioscience, 2001, 51: 807-815.
- [28] WILKIE M L, FORTUNA S. Status and trends in mangrove area extent worldwide[M]. Rome: Forestry Department Working, Forest Resources Division FAO, 2003: 63.
- [29] FAO. The world's mangroves 1980—2005, FAO Forestry Paper 153[M]. Rome: FAO, 2007.
- [30] 傅海峰,陶依佳,王文卿.海平面上升对中国红树林影响的几个问题[J].生态学杂志,2014,33(10):2842-2848.
- [31] 范航清,黎广钊.海堤对广西沿海红树林的数量、群落特征和恢复的影响[J].应用生态学报,1997,8(3):240-244.
- [32] 范航清,陈利洪.中国濒危红树植物红榄李的种群数量及其分布[J].广西科学,2006,13(3):226-227.
- [33] 范航清,刘文爱,钟才荣,等.中国红树林蛀木团水虱危害分析研究[J].广西科学,2014,21(2):140-146,152.
- [34] 何琴飞,范航清,莫竹承,等.挖掘泥丁对红树植物白骨壤幼苗生长影响的模拟[J].应用生态学报,2012,23(4):947-952.
- [35] 钟才荣,李诗川,杨宇晨,等.红树植物拉关木的引种效果调查研究[J].福建林业科技,2011,38(3):96-99.
- [36] CHEN L Z, WANG W Q, ZHANG Y H, et al. Recent progresses in mangrove conservation, restoration and research in China[J]. Journal of Plant Ecology, 2009, 2(2): 45-54.
- [37] 潘良浩,史小芳,陶艳成,等.广西海岸互花米草分布现状及扩散研究[J].湿地科学,2016,14(4):465-470.
- [38] 左平,刘长安,赵书河,等.米草属植物在中国海岸带的分布现状[J].海洋学报,2009,31(5):101-109.
- [39] ZHANG Y H, HUANG G M, WANG W Q, et al. Interactions between mangroves and exotic *Spartina* in an anthropogenically-disturbed estuary in southern China[J]. Ecology, 2012, 93: 588-597.
- [40] 李武峥.山口红树林保护区互花米草分布调查与评价

- [J].南方国土资源,2008(7):39-41.
- [41] 吴敏兰,方志亮.大米草与外来生物入侵[J].福建水产,2005,3(1):56-59.
- [42] 莫竹承,范航清,刘亮.广西海岸潮间带互花米草调查研究[J].广西科学,2010,17(2):170-174.
- [43] 刘耀榕.微甘菊植物杀手生态爆炸[J].环境杂志,2000(4):22-23.
- [44] CUI B S, HE Q, GU B H, et al. China's coastal wetlands: understanding environmental changes and human impacts for management and conservation[J]. Wetlands, 2016, 36(S1):S1-S9.
- [45] WANG W, LIU H, LI Y Q, et al. Development and management of land reclamation in China [J]. Ocean & Coastal Management, 2014, 102:415-425.
- [46] 农业部渔业渔政管理局.2014 中国渔业统计年鉴[M].北京:中国农业出版社,2014.
- [47] 农业部渔业渔政管理局.2015 中国渔业统计年鉴[M].北京:中国农业出版社,2015.
- [48] UNEP. Strategic action programme for the South China Sea[M]. Thailand: UNEP/GEF/SCS Technical Publication, 2008.
- [49] ANGUS M E, RICHARD M N. Organic shrimp certification and carbon financing: an assessment for the mangroves and markets Project in Ca Mau province, Vietnam [M/OL]. 2014. http://www.snv.org/public/cms/sites/default/files/explore/download/140007_mangrove_shrimp_report_single-lr.pdf.
- [50] 何斌源,范航清,王瑁,等.中国红树林湿地物种多样性及其形成[J].生态学报,2007,27(11):4859-4870.
- [51] 李复雪,高世和,周时强.福建沿海红树林区的动物资源及其开发利用[J].福建水产,1989(4):18-23.
- [52] 范航清,韦受庆,陈坚.广西红树林区经济动物的行为生态及其生态养殖的初步设计[J].广西科学院学报,1993,9(2):104-110.
- [53] 黄建华.红树林滩涂围养中华乌塘鳢的可行性探讨[J].水产科技,2001(5):5-6.
- [54] 彭友贵,陈桂珠,余忠明,等.红树林滩涂海水种植-养殖生态耦合系统初步研究[J].中山大学学报(自然科学版),2004,43(6):150-154.
- [55] 黄凤莲,陈桂珠,夏北成,等.滩涂海水养殖生态模式研究[J].海洋环境科学,2005,24(1):16-20.
- [56] 张乔民,施祺,余克服.珠江口红树林基围养殖生态开发模式评述[J].热带海洋学报,2010,29(1):8-14.
- [57] FAN H Q, HE B Y, JOHN C P. Mangrove ecofarming in Guangxi Province China: an innovative approach to sustainable mangrove use[J]. Ocean & Coastal Management, 2013, 85: 201-208.
- [58] NGUYEN T P, LUOM T T, PARNE K E. Mangrove allocation for coastal protection and livelihood improvement in Kien Giang province, Vietnam: constraints and recommendations[J]. Land Use Policy, 2017, 63:401-407.

Some Thematic Issues for Mangrove Conservation in China

FAN Hangqing^{1*}, WANG Wenqing²

(1. Guangxi Key Lab for Mangrove Conservation and Utilization, Guangxi Mangrove Research Center of Guangxi Sciences Academy, Beihai 536000, China; 2. College of the Environment & Ecology, Xiamen University, Xiamen 361102, China)

Abstract: Mangrove is becoming an important part in the construction of marine ecological civilization in China. Aiming to ecosystem restoration, the thematic issues in conservation, restoration and utilization are reviewed and evaluated for China mangroves, and corresponding strategies are proposed. Five patterns of *in situ* mangrove farming are summed up, of which the *in situ* underground tube ecofarming system should be applied in secondary and newly planted mangroves growing in regions with high tidal range to motivate public participation. To facilitate formation of planning and budgeting, mangrove conservation engineering is classified into categories. To strengthen the health of China mangrove ecosystems, the general technical principles in planting, benthos recruitment and sustainability are proposed.

Key words: China mangroves; shrimp ponds; *in situ* farming patterns; conservation technology