

我国红树林的历史变化、主要问题及保护对策

黄海萍¹, 陈克亮¹, 王爱军^{1,2}, 吴侃侃¹

(1. 自然资源部第三海洋研究所 厦门 361005; 2. 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海) 珠海 519082)

摘要: 文章综述我国红树林资源的历史变化, 以及各地区红树林的空间分布、种类组成、面积变化及其主要原因等; 归纳影响我国红树林生态系统健康状况的主要因素, 包括环境污染、过度养殖、海洋工程、过度捕捞和生物入侵等。针对我国红树林现状及存在的问题, 从红树林保护立法、环境综合整治管控、宣传教育、转产转业、生态补偿、生态修复等方面提出红树林保护的建议和措施, 为我国红树林生态系统保护与管理提供参考。

关键词: 红树林; 保护对策; 生态修复

中图分类号: X171; P745

文献标志码: A

文章编号: 1005-9857(2023)02-0125-08

Historical Changes, Problems and Protection Countermeasures of Mangrove in China

HUANG Haiping¹, CHEN Keliang¹, WANG Aijun^{1,2}, WU Kankan¹

(1. Third Institute of Oceanography, MNR, Xiamen 361005, China; 2. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Zhuhai), Zhuhai 519082, China)

Abstract: This paper summarized the historical changes of mangrove in China, and the spatial distribution, species composition, changes of mangrove and the main influencing factors in each area. The main factors affecting mangrove ecosystem health in China mainly included: pollution, over culturing, ocean engineering, overfishing and biological invasion. Some suggestions on mangrove protection were proposed, including accelerating mangrove protection legislation, comprehensive improvement of surrounding environment, improving the system of ecological compensation, strengthening publicity and education, promoting the transformation of livelihood, and improving the effect of mangrove restoration in many ways.

Keywords: Mangrove, Protection countermeasures, Ecological restoration

0 引言

红树林是自然分布于热带、亚热带海岸潮间

带, 受周期性潮水浸淹, 以红树植物为主体的常绿乔木或灌木组成的湿地木本植物群落^[1]。红树林不仅为鸟类、鱼类和其他海洋生物提供丰富的食物和

收稿日期: 2022-06-01; 修订日期: 2022-12-13

基金项目: 自然资源部第三海洋研究所基本科研业务费专项资金资助项目(海三科 202008); 生态环境部生物多样性调查、观测和评估项目(2019-2023); 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)创新团队建设项目(311021004)。

作者简介: 黄海萍, 硕士, 研究方向为海洋环境管理

良好的栖息环境,而且在防浪护岸、防灾减灾、调节大气、净化水质等方面有重要作用^[2]。根据估算,2014 年全球红树林面积为 815 万 hm^2 (有林面积),印度尼西亚红树林面积最大,其次是巴西^[3]。红树林植物种类的地理分布主要分为东方类群(或称印度—西太平洋类群)和西方类群(或称大西洋—东太平洋类群)^[4]。我国的红树林属于东方类群,我国处于世界红树林分布区的北缘^[5]。

1 我国红树林概况

1.1 全国红树林概况

我国红树林面积在历史上曾达 25 万 hm^2 ^[6],1956 年热带亚热带资源勘测得到的我国红树林面积为 42 001 hm^2 ^[7]。20 世纪 60—70 年代是我国人口增长高峰期,为增加农业用地大规模有计划有组织地开展围海造田^[8],使红树林面积大幅度缩减。20 世纪 80 年代之后,红树林周边居民为改善生活、增加收入,开始在红树林进行大规模的围塘养殖,对红树林造成严重的破坏;加上各类海洋工程建设的影响,红树林面积大幅度减少,1981—1986 年全国海岸带和海涂资源综合调查得到的全国红树林面积为 18 842 hm^2 ^[9]。21 世纪以来,红树林的生态效益逐渐为人们所了解及关注,红树林的保护和恢复逐渐受到重视,国家及各地方政府组织实施一系列红树林生态修复工程,成功扭转红树林面积下降的局面,红树林面积稳步增加。2001 年第一次全国红树林资源专项调查结果显示,红树林面积为 22 872.9 hm^2 ^[10];2010 年我国红树林总面积为 24 578.2 hm^2 ^[11];2019 年全国红树林资源和适宜恢复地专项调查显示,我国现有红树林 28 922 hm^2 (未包括港、澳、台地区)。我国红树林面积总体上呈现先减少后增加的特点(图 1)。

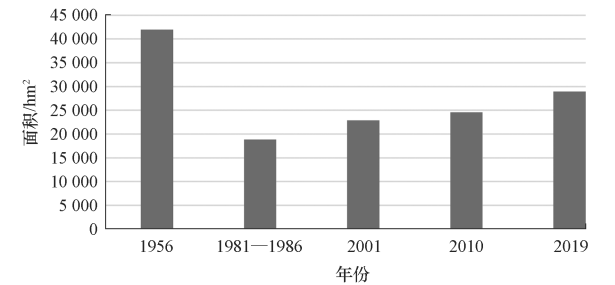


图 1 我国红树林面积变化情况

Fig.1 Change of mangrove area in China

1.2 各地区红树林分布及变化

作为我国重要的滨海湿地类型之一,红树林在我国自然分布于福建、广东、广西、海南、台湾、香港、澳门等地区,在浙江有人工引种的红树林。

海南的红树林主要分布在东北部的东寨港、清澜港,南部的三亚港及西部的新英港^[12]。20 世纪 50 年代中期,海南岛红树林总面积约 12 506 hm^2 ;到 80 年代中期,红树林面积为 5 200 hm^2 ^[13]。根据雷金睿等^[14]对多期遥感影像解译的结果,海南岛红树林面积在 1990—2018 年较为稳定,变化不大,1990 年为 3 783 hm^2 ,1995 年和 2010 年较高,分别达到 3 986 hm^2 和 3 931 hm^2 ,2018 年略有减少,为 3 666 hm^2 (图 2)。东寨港的红树林面积近年来有较明显的减少,且破碎化程度加剧^[15],造成这种变化的原因主要有:上游养猪场的养殖废水未经处理直接排放,造成严重污染;水产养殖密度过大,抢占红树林生长空间;过度捕捞破坏生态系统结构。2016—2019 年海南富力房地产开发有限公司在开发红树湾房地产项目过程中持续填海造地,侵占澄迈县花场湾红树林自然保护区核心区,累计毁坏红树林近 5 000 株^[16]。海南宁翔实业有限公司位于盈滨内海的滨乐港湾度假区围填海项目,填埋红树林 4 664 株^[17]。

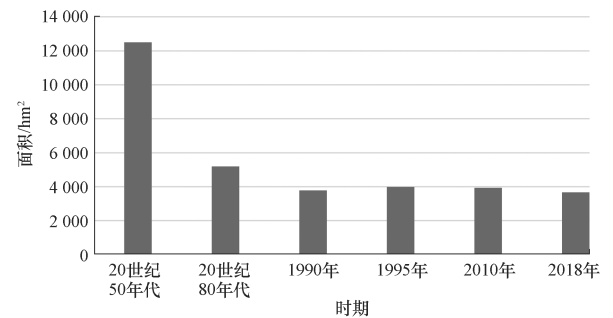


图 2 海南红树林面积变化情况

Fig.2 Change of mangrove area in Hainan

广东红树林主要分布在湛江、深圳和珠海^[10],主要优势种是秋茄、白骨壤、桐花树、木榄、红海榄。20 世纪 50 年代广东约有红树林 4 万 hm^2 (含海南和广西北海),60—70 年代的围海造田,80—90 年代的滩涂围塘养殖、省级行政区划调整以及 90 年代以来的城市化建设,使红树林面积不断减少。根据

《广东省红树林资源调查报告(2002 年)》,1981 年广东红树林面积约 1.8 万 hm^2 ,90 年代初约 1.5 万 hm^2 ,至 2001 年仅剩 1 万 hm^2 ^[18]。此后,广东红树林面积持续下降的势头逐渐得以遏制,并缓慢回升。截至 2020 年,广东红树林总面积约 1.4 万 hm^2 ,居全国第一(图 3)。尽管如此,粤港澳大湾区内的一些人类活动(如过度捕捞、围填海、水污染),对该区域内的红树林造成破坏及构成威胁。福田红树林受到工业污水、生活污水和海上固体废弃物等的污染,水质指标大部分严重超标,对生物多样性造成严重危害^[19]。

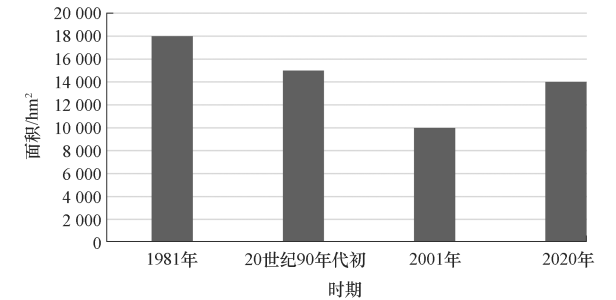


图 3 广东红树林面积变化情况

Fig.3 Change of mangrove area in Guangdong

广西的红树林主要分布在英罗湾、丹兜海、铁山港、钦州湾、北仑河口、珍珠湾、防城港^[20],以白骨壤、桐花树、红海榄、秋茄和木榄为主。大约在 150 年前,广西分布有红树林 2.4 万 hm^2 ,是目前广西红树林面积的 3 倍左右。早年广西沿海迁入大量移民,大面积红树林被围垦成农田^[21],到中华人民共和国成立初期,广西的红树林面积约 1.59 万 hm^2 。20 世纪 80 年代,由于红树林的重要生态功能越来越引起人们重视,红树林湿地开始受到保护,广西沿海破坏红树林的活动一度减少,红树林面积逐渐增长,至 90 年代初广西红树林面积为 7 430.1 hm^2 ^[22]。但 90 年代后(尤其是 1997 年),在水产养殖的高利润诱惑下,对红树林的破坏行为又再度出现,一些人对相关法律法规置若罔闻,强行进入红树林进行围垦养殖^[21]。此外,房地产开发也使红树林遭受破坏,截至 2010 年广西红树林面积减少至 7 054.3 hm^2 ^[22]。2017 年广西红树林面积约 7 300 hm^2 ^[23](图 4)。

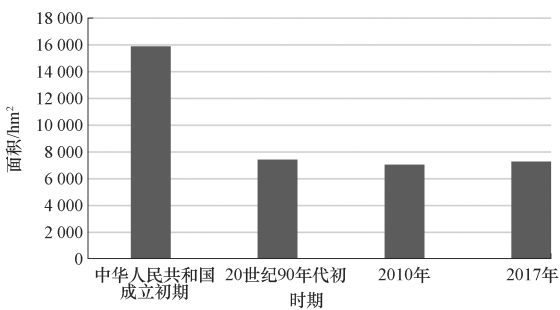


图 4 广西红树林面积变化情况

Fig.4 Change of mangrove area in Guangxi

福建是我国红树林自然分布的北限,从最北边的宁德福鼎到最南端的漳州云霄均有红树林的间断分布,且由北向南面积与种类均呈增加趋势^[24],种类以秋茄、桐花树、白骨壤为主。福建红树林在 1965 年前后曾达 719 hm^2 ,1979 年降至 302 hm^2 ^[25],后由 1999 年的 542.05 hm^2 增加到 2006 年的 672.12 hm^2 ,2018 年达到 1 019.35 hm^2 ,主要分布于九龙江口、漳江口和泉州湾^[26](图 5)。漳江口红树林湿地 2005—2017 年红树林面积呈增加趋势,但互花米草的增速更为迅猛,水产养殖池的面积也显著增加,红树林生态系统健康状况不容乐观^[27]。

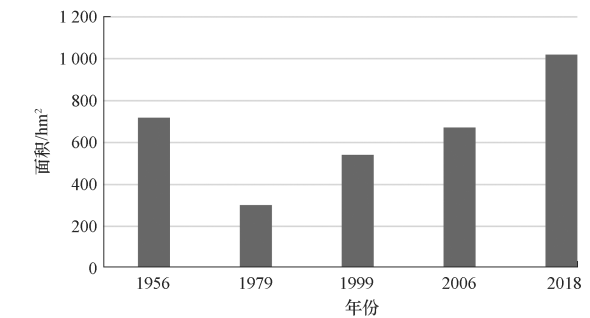


图 5 福建红树林面积变化情况

Fig.5 Change of mangrove area in Fujian

浙江的红树林群落由人工引种形成,造林树种为秋茄^[28]。种类组成方面,红树和半红树树种共有 3 种,红树仅秋茄 1 种,属人工引种;半红树有海滨木槿和苦槛蓝 2 种。目前浙江红树林保存面积约为 380 hm^2 。在温岭、玉环、乐清、苍南等地的红树林已郁闭成林^[29],面积总和约为 33.3 hm^2 ,占总面积约 10%。

香港的红树林主要分布于深圳湾米埔、大埔汀角、西贡和大屿山岛^[20],以秋茄、桐花树、白骨壤最为常见。

澳门的红树林面积狭小,主要分布于氹仔跑马场外侧、氹仔与路环之间的大桥西侧的海滩上^[30],主要是桐花树、白骨壤和老鼠簕。

台湾的红树林主要分布在台北淡水河口、新竹红毛港至仙脚石海岸,以秋茄、白骨壤为主^[10]。

2 红树林面临的威胁

虽然从总体上来看,我国红树林总面积近年来有所增加,但仍然存在各种因素对红树林构成威胁。

2.1 环境污染

由于城市化建设和工业化发展,周边地区的工业污水、生活污水、海洋垃圾等大量排入红树林,严重威胁红树林生态系统健康。红树林污染的主要类型有水体富营养化与重金属(铅、铜、铬等)离子富集等。排放到红树林的污水会对红树植物叶片的叶绿素浓度、酶活力等造成破坏,从而阻碍红树的光合作用,进而影响红树植物的正常生长^[31]。红树林内污染物增加,破坏红树林原有的生物群落结构,并通过食物链的富集作用进而影响其他物种的生存。

2.2 过度养殖

受利益驱动,红树林及周边的养殖屡禁不止。围塘养殖不仅会直接破坏大面积的红树林,而且养殖带来的污染物同样会对红树林造成危害。养殖污染包括养殖尾水、清塘淤泥、农药(抗生素、重金属)等;网箱养殖产生大量的垃圾(如塑料袋、泡沫箱),这些垃圾在潮水的作用下聚集到红树植物根部,影响红树植物根系的呼吸,进而影响红树植物的生长发育^[28]。

除了围塘养殖以外,海鸭养殖在红树林区域也很常见。鸭群频繁翻动红树林滩涂的泥土觅食,导致泥土松动,在潮水的冲刷作用下,容易造成红树的根裸露,严重的甚至倒伏枯死。此外,海鸭以团水虱的重要天敌——螃蟹和鱼虾为食,而海鸭产生的大量鸭粪加剧水体的富营养化,增加团水虱的食物来源,团水虱在缺乏天敌又有充分食物的情况下极易大量暴发,可能给红树林带来“灭顶之灾”。

2.3 海洋工程

在红树林附近开展的海洋工程可能造成红树林生境的丧失和破碎化,其中围填海工程的破坏力最为巨大,且对红树林造成的损害不可逆转。此外,工程建设带来的悬浮泥沙、施工污水、固体废物等也会对红树林产生一定的影响。

2.4 过度捕捞

在经济利益的驱使下,为获取有价值的海洋生物,红树林周边居民在红树林中进行过度频繁的捕捞、挖掘活动,甚至采用电、炸和毒等毁灭性的捕捞方式,严重破坏红树林生态系统的稳定性,极大地妨碍海洋动物的正常生长发育,影响红树林生态系统正常的能量流动和物质循环。采捕人员在红树林内频繁走动时,常常发生踩踏红树幼苗和繁殖体的情况,同时挖掘活动容易伤及红树植物根系,影响红树植物生长和群落更新,造成林分稀疏化和矮化,生态价值降低^[6]。

2.5 生物入侵

目前对我国红树林生态系统健康构成威胁的外来生物主要有互花米草和无瓣海桑。

互花米草繁殖力强,同时具备极强的适应力和耐受力,所以互花米草一旦入侵红树林,就会在短时间内迅速扩散,抢占红树林生长空间,使红树林面积大量减少。互花米草的入侵还会改变区域内底栖动物的种群结构,严重威胁红树林内的生物多样性^[32]。福建宁德、泉州、九龙江口以及漳江口^[33],广东珠海淇澳岛等地区的红树林都遭受过互花米草不同程度的侵入。

无瓣海桑天然分布于印度、孟加拉国、斯里兰卡等国,具有定居容易、生长迅速、适宜性广等特点^[34]。研究发现,无瓣海桑成林之后,本地的红树植物就很难进入其中,而本地红树植物的幼苗基本无法在无瓣海桑的林下存活^[35]。

3 红树林保护对策

3.1 加快红树林保护立法,加强执法监管

目前涉及红树林保护的全国性法律法规较少,仅在《中华人民共和国湿地保护法》《中华人民共和国海洋环境保护法》《中华人民共和国防治海岸带工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》中有提

及红树林保护。现有法律法规涵盖的范围有限,只能在一定程度上遏制直接破坏红树林的行为,但对于红树林湿地范围以外的各种干扰破坏行为缺乏执法依据。为有效保护我国的红树林,应尽快出台全国性的以红树林保护为主的法律法规,明确红树林的定义及其监管部门^[36],切实有效地保护红树林生态系统,严厉查处破坏红树林的行为。

3.2 对周边环境进行综合整治

对红树林周边环境进行综合治理,最大限度降低人类活动对红树林湿地的影响。一方面,控制陆域污染源,严格管控红树林周边的工业污水和生活污水排放,若红树林周边存在餐饮、畜禽养殖、水产养殖等可能对红树林造成污染的产业,须对其进行调查摸底,若已对红树林造成不良影响,建议进行关闭或搬迁;另一方面,建设污水处理厂及配套管网,对近岸污水进行截流分类处理,降低污水对红树林造成的污染。

3.3 完善生态补偿制度

经济利益是驱使红树林周边居民毁坏红树林的直接根源,这部分居民普遍贫困,红树林已成为其维持收入的重要来源,资源保护与利用之间矛盾激化。目前不少红树林甚至是红树林保护区范围内还存在当地居民养殖、捕捞等现象,无法彻底清退的主要原因是不能给予养殖户、渔民合理的补偿。若要强制清退,一方面难度较大,另一方面也容易引起老百姓的逆反心理,不利于红树林的保护。因此要通过政府引导,并给予适当生态补偿,逐步实现清退。

结合我国目前的基本国情,生态补偿还无法做到由受益者付费,因此应由政府代替受益群众作为补偿主体进行生态补偿,提高中央对红树林所在地方的财政转移支付力度,同时实行地方间横向补偿。在补偿方式上,除了常见的经济补偿外,同时可采取项目补偿、政策补偿、技术补偿、实物补偿、对口支援等多种方式开展生态补偿。生态补偿标准可以综合考虑保护成本、机会成本等来合理确定。

3.4 促进转产转业

政府要结合当地实际情况,合理利用红树林,区别对待严格保护区域和可利用区域,引导红树林

湿地资源的多元化、可持续利用。对红树林周边地区的产业进行合理规划,在有效实施用途管制、不影响红树林生态系统功能的前提下,适度发展生态旅游、生态养殖等,同时提供相应的职业技能培训,为当地百姓拓宽就业门路,帮助他们改变过去传统的谋生方式,从而减少对红树林不合理的利用与破坏,使红树林生态系统得以自我恢复。

3.5 加大宣传教育力度

当地政府、主管部门应充分利用展馆、宣传牌、宣传册等方式进行红树林湿地科普宣传,在微信、微博等公众平台定期推送红树林湿地科普信息,让民众对红树林的生态效益、社会效益和长远经济效益有正确的认识,充分意识到红树林存在的重要性及红树林湿地保护的紧迫性,发动更多人保护红树林,自觉支持生态恢复工程,爱护所植苗木和相关设施。

3.6 提高红树林生态修复成效

近年来,全国范围内开展了许多红树林生态修复工程,但是修复成效参差不齐。进行红树林生态修复应注意 4 个方面。

3.6.1 因地制宜,科学制定修复方案

在红树林生态修复的准备阶段,全面、深入的调查是必不可少的,在此基础上制定适宜的修复方案。造林应因地制宜选择红树林树种及配置方式,根据当地的气候、水文、土壤、生态演替规律等因素,选择适合的乡土树种,优先设计“红树+半红树+伴生种”的多层次造林模式,提高红树林生态系统的稳定性^[37]。

3.6.2 重视海洋生物多样性和系统功能恢复

目前部分红树林生态修复工程只注重对红树林植被的恢复,而忽视海洋生物多样性和生态系统功能的恢复。红树林生态修复的对象应该是红树林生态系统,而不仅仅是红树,应将恢复目标从单纯的提高植被覆盖率转变为恢复红树林湿地生态系统功能,从群落多样性的角度考量,把鸟类、底栖生物及生境恢复等均纳入生态恢复目标。在红树林生态系统恢复的同时,创造条件恢复经济动物种群,也有助于提高周边居民收入^[38-39]。

3.6.3 严格控制外来物种的引进

引进无瓣海桑和拉关木等外来速生物种,虽然

可以在短时间内增加红树林面积,但是会给红树林生态系统健康及安全留下隐患,因此在自然保护区内应慎重种植外来种。在造林困难的滩涂可使用外来速生树种占领前沿裸滩,随后应尽可能以本地种进行替代造林^[40]。

3.6.4 注重后期管护、跟踪监测及评估

有些红树林恢复工程在造林结束后便终止,所植苗木由于后期管护不到位成活率极低。林业上有俗语称“三分种七分养”,苗木种植后的管护力度直接决定造林成败,因此必须采取切实有效的措施加强管护工作。此外,提高红树林生态系统动态监测能力,实施红树林生态修复全过程跟踪评估。

参考文献(References):

[1] 张乔民,张叶春,隋淑珍.我国红树林防浪护岸效益研究进展评述[A].中国海洋学会,中国海洋湖沼学会.第九届全国海岸工程学术讨论会论文集[C].北京:海洋出版社,1999:308—312.
ZHANG Qiaomin,ZHANG Yechun,SUI Shuzhen.Review on research progress of mangrove revetment benefits in China [A].China Oceanographic Society,China Society of Oceanography and Limnology.Proceedings of the 9th national coastal engineering symposium [C]. Beijing: Ocean Press, 1999: 308—312.

[2] 郭菊兰,朱耀军,武高洁,等.红树林湿地健康评价指标体系[J].湿地科学与管理,2013(1):18—22.
GUO Julan,ZHU Yaojun,WU Gaojie,et al.An indicators system for health assessment of mangrove wetland[J].Wetland Science and Management,2013(1):18—22.

[3] HAMILTON S E,CASEY D.Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century (CGMFC-21)[J].Global Ecology & Biogeography, 2016,25(6):729—738.

[4] ROBERTSON A I,ALONGI D M.Tropical mangrove ecosystems [M]. Washington, D C: American Geophysical Union,1992.

[5] 马雨晶,黎明,林荫.海岸卫士红树林[N].中国绿色时报, 2020—06—08(4).
MA Yujing,LI Ming,LIN Yin.Coast guard mangrove[N]. China Green Times,2020—06—08(4).

[6] 何斌源.全日潮海区红树林造林关键技术的生理生态基础研究[D].厦门:厦门大学,2009.
HE Binyuan.Studies on the eco-physiological mechanisms for the key techniques in mangrove afforestation in the diurnal tidal region[D].Xiamen:Xiamen University,2009.

[7] 国家海洋局.中国海洋 21 世纪议程[M].北京:海洋出版社,1996.
SOA.China ocean agenda 21[M].Beijing:Ocean Press,1996.

[8] 林益明,林鹏.中国红树林生态系统的植物种类、多样性、功能及其保护[J].海洋湖沼通报,2001(3):8—16.
LIN Yiming,LIN Peng.Species,diversities,functions and protections of mangrove ecosystem in China[J].Transactions of Oceanology and Limnology,2001(3):8—16.

[9] 《中国海岸带林业》编写组.中国海岸带林业[M].北京:海洋出版社,1993.
Compiling group of China coastal zone forestry.Coastal zone forestry in China[M].Beijing:Ocean Press,1993.

[10] 丘荣茂.三亚榆林河红树林湿地保护及其恢复[D].厦门:厦门大学,2012.
QIU Rongmao. Protection and restoration of mangrove wetland in Yulin River, Sanya [D]. Xiamen: Xiamen University,2012.

[11] 吴培强,张杰,马毅,等.近 20 年来我国红树林资源变化遥感监测与分析[J].海洋科学进展,2013,31(3):406—414.
WU Peiqiang,ZHANG Jie,MA Yi,et al.Remote sensing monitoring and analysis of the changes of mangrove resources in China in the past 20 years[J].Advances in Marine Science, 2013,31(3):406—414.

[12] 李柳强,丁振华,刘金铃,等.我国红树林主要分布区表层沉积物砷的分布及形态特征[J].环境科学研究,2008,21(6): 171—175.
LI Liuqiang,DING Zhenhua,LIU Jinling,et al.Distribution features and speciation of heavy metals in surface sediments of main mangrove of China[J].Research of Environmental Sciences,2008,21(6):171—175.

[13] 何海军,温家声,张锦炜,等.海南红树林湿地生态系统服务价值评估[J].生态经济,2015,292(4):145—149.
HE Haijun,WEN Jiasheng,ZHANG Jinwei,et al.Ecological functions assessment of mangrove wetland in Hainan Province[J].Ecological Economy,2015,292(4):145—149.

[14] 雷金睿,陈宗铸,陈毅青,等.1990—2018 年海南岛湿地景观格局演变及其驱动力分析[J].生态环境学报,2020,29(1): 59—70.
LEI Jinrui,CHEN Zongzhu,CHEN Yiqing,et al.Landscape pattern changes and driving factors analysis of wetland in Hainan Island during 1990—2018[J].Ecology and Environmental Sciences,2020,29(1):59—70.

[15] 黄星,辛琨,李秀珍,等.基于斑块的东寨港红树林湿地景观格局变化及其驱动力[J].应用生态学报,2015,26(5): 1510—1518.
HUANG Xing,XIN Kun,LI Xiuzhen,et al.Landscape pattern

- change of Dongzhai Harbour mangrove, South China analyzed with a patch-based method and its driving forces[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(5): 1510—1518.
- [16] 张航. 问责! 环境问题不解决不松手[N]. 北京晚报, 2019—08—23(17).
- ZHANG Hang. Accountability! Don't let go until environmental problems are solved [N]. Beijing Evening News, 2019—08—23(17).
- [17] 杜察文. 海南澄迈县肆意围填海破坏红树林[N]. 中国环境报, 2019—08—12(1).
- DU Chawen. Wanton reclamation and destruction of mangroves in Chengmai County, Hainan [N]. China Environment News, 2019—08—12(1).
- [18] 广东省林业勘察院. 广东省红树林资源调查报告[Z]. 2002. Guangdong Forestry Survey Institute. Investigation report on mangrove resources in Guangdong Province [Z]. 2002.
- [19] 于凌云, 林坤辉, 焦学尧, 等. 粤港澳大湾区红树林湿地面临的生态问题与保护对策[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2019, 55(4): 782—790.
- YU Lingyun, LIN Shenhui, JIAO Xueyao, et al. Ecological problems and protection countermeasures of mangrove wetland in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2019, 55(4): 782—790.
- [20] 生农. 鱼藤在红树林的空间分布特征及影响因素[D]. 海口: 海南师范大学, 2021.
- SHENG Nong. Spatial distribution characteristics of *Derris trifoliata* in mangroves and its influencing factor [D]. Haikou: Hainan Normal University, 2021.
- [21] 梁维平, 黄志平. 广西红树林资源现状及保护发展对策[J]. 林业调查规划, 2003(4): 59—62.
- LIANG Weiping, HUANG Zhiping. Resource status and strategies for protection of mangrove forests in Guangxi [J]. Forest Inventory and Planning, 2003(4): 59—62.
- [22] 李春干, 代华兵. 1960—2010 年广西红树林空间分布演变机制[J]. 生态学报, 2015, 35(18): 5992—6006.
- LI Chungan, DAI Huabing. Mechanism analysis of temporal dynamics in mangrove spatial distribution in Guangxi, China: 1960—2010 [J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(18): 5992—6006.
- [23] 广西新闻网. 广西红树林面积已达到 7300 多公顷[EB/OL]. <http://www.gxnews.com.cn/staticpages/20170616/newgx59430c9a-16277625.shtml>, 2017—06—16.
- Guangxi News Network. Mangrove area in Guangxi has reached more than 7300 hm² [EB/OL]. <http://www.gxnews.com.cn/staticpages/20170616/newgx59430c9a-16277625.shtml>, 2017—06—16.
- [24] 杨忠兰. 试论红树林在福建沿海防护林中的发展前景[J]. 福建林业科技, 1998, 25(1): 77—80.
- YANG Zhonglan. A preliminary discussion on the developmental prospects of mangrove forest in Fujian coastal protection forests [J]. Jour of Fujian Forestry Science and Technology, 1998, 25(1): 77—80.
- [25] 林益明, 林鹏. 福建红树林资源的现状与保护[J]. 生态经济, 1999(3): 17—19.
- LIN Yiming, LIN Peng. The status and conservation of the mangrove resources in Fujian [J]. Ecological Economy, 1999(3): 17—19.
- [26] 潘卫华, 陈家金, 王岩. 近 20 年福建红树林和互花米草群落时空变化及景观特征[J]. 生态与农村环境学报, 2020, 36(11): 1428—1436.
- PAN Weihua, CHEN Jiajin, WANG Yan. Analysis of spatio-temporal dynamical change and landscape characteristics of mangroves and *Spartina alterniflora* in Fujian based on satellite imageries from 1999 to 2018 [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2020, 36(11): 1428—1436.
- [27] 钟连秀, 路春燕, 王宗明, 等. 基于 GIS 与 RS 的漳江口红树林湿地生态系统健康评价[J]. 生态学杂志, 2019, 38(8): 2553—2563.
- ZHONG Lianxiu, LU Chunyan, WANG Zongming, et al. Health assessment of mangrove swamp ecosystem in Zhangjiang Estuary based on GIS and RS [J]. Chinese Journal of Ecology, 2019, 38(8): 2553—2563.
- [28] 陈秋夏, 杨升, 王金旺, 等. 浙江红树林发展历程及探讨[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(7): 1177—1181.
- CHEN Qiuxia, YANG Sheng, WANG Jinwang, et al. The development course and discussion of mangrove in Zhejiang Province [J]. Zhejiang Agricultural Science, 2019, 60(7): 1177—1181.
- [29] 沈小雪, 关淳雅, 王茜. 红树林生态开发现状与对策研究[J]. 中国环境科学, 2020, 40(9): 4004—4016.
- SHEN Xiaoxue, GUAN Chunya, WANG Qian. Study on the current situation and countermeasures of mangrove ecological exploitation [J]. China Environmental Science, 2020, 40(9): 4004—4016.
- [30] 李柳强. 中国红树林湿地重金属污染研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2008.
- LI Liuqiang. Study on heavy metal pollution of mangrove wetland in China [D]. Xiamen: Xiamen University, 2008.
- [31] 叶勇. 水产养殖污染对红树林生态系统的影响[A]. 中国环境科学学会. 中国环境科学学会 2011 年学术年会论文集[C]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011: 2856—2859.

YE Yong.Impact of aquaculture pollution on mangrove eco-system[A].Chinese Society of Environmental Sciences.Proceedings of the 2011 annual academic conference of the Chinese academy of environmental sciences[C].Beijing:China Environmental Science Press,2011:2856—2859.

[32] 谭芳林.福建滨海湿地生态恢复技术研究[D].厦门:厦门大学,2009.

TAN Fanglin.The study on ecological restoration of coastal wetlands in Fujian[D].Xiamen:Xiamen University,2009.

[33] 邓林贞.关于福建省红树林资源现状与保护对策的思考[J].商情,2017(25):260.

DENG Linzhen.Consideration on the current situation and protection countermeasures of mangrove resources in Fujian Province[J].Business Information,2017(25):260.

[34] 廖宝文,郑松发,陈玉军,等.外来红树植物无瓣海桑生物学特性与生态环境适应性分析[J].生态学杂志,2004,23(1):10—15.

LIAO Baowen, ZHENG Songfa, CHEN Yujun, et al. Biological characteristics and ecological adaptability for non-indigenous mangrove species *Sonneratia apetala* [J].Chinese Journal of Ecology,2004,23(1):10—15.

[35] 安东,缪绅裕,陈蔚,等.珠海淇澳岛无瓣海桑人工林更新幼苗种群特征[J].广州大学学报(自然科学版),2015,14(1):50—55.

AN Dong,MIAO Shenyu,CHEN Wei,et al.Population characteristics of seedlings under the man-made *Sonneratia apetala* forest at Qi' ao Island, Zhuhai [J]. Journal of Guangzhou University (Natural Science Edition), 2015, 14(1):50—55.

[36] 向雨航,张东方.将企业排污行为置于阳光下[N].南方日报,2018—03—07(SC02).

XIANG Yuhang,ZHANG Dongfang.Put the enterprise's pollution discharge behavior in the sunshine [N]. Nan Fang Daily,2018—03—07(SC02).

[37] 杨青青,陈小花,杜志瑚.海南岛红树林生物群落现状与保护对策[J].热带林业,2017,45(4):22—24.

YANG Qingqing, CHEN Xiaohua, DU Zhihu. Present situation and protection countermeasures of mangrove community in Hainan Island[J].Tropical Forestry,2017,45(4):22—24.

[38] 迟诚.中国红树林资源保护亟待加强[N].中国绿色时报,2019—02—28(1).

CHI Cheng.The protection of mangrove resources in China needs to be strengthened urgently[N].China Green Times,2019—02—28(1).

[39] 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.

FAN Hangqing,WANG Wenqing.Some the matic issues for mangrove conservation in China[J].Journal of Xiamen University (Natural Science),2017,56(3):323—330.

[40] 范航清,莫竹承.广西红树林恢复历史、成效及经验教训[J].广西科学,2018,25(4):363—371,387.

FAN Hangqing,MO Zhucheng.The history,achievements and lessons learnt for mangrove restoration in Guangxi,China[J].Guangxi Sciences,2018,25(4):363—371,387.