

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20180907.001

范航清, 陆露, 阎冰. 广西红树林演化史与研究历程[J]. 广西科学, 2018, 25(4): 343-351.

FAN H Q, LU L, YAN B. Evolution history and research processes of Guangxi mangroves[J]. Guangxi Sciences, 2018, 25(4): 343-351.

# 广西红树林演化史与研究历程<sup>\*</sup>

## Evolution History and Research Processes of Guangxi Mangroves

范航清<sup>1</sup>, 陆露<sup>2</sup>, 阎冰<sup>1</sup>

FAN Hangqing<sup>1</sup>, LU Lu<sup>2</sup>, YAN Bing<sup>1</sup>

(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. 广西北海市合浦县博物馆, 广西合浦 536100)

(1. Guangxi Key Laboratory of Mangrove Conservation and Utilization, Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Beihai, Guangxi, 536000, China; 2. Hepu County Museum of Beihai City, Guangxi, Hepu, Guangxi, 536100, China)

**摘要:**红树林至少于7 000万年前诞生在地球上,在大约6 000年前的冰后期之后的某段时期才定居在我国的沿海滩涂上。清代人口大规模南迁,广西沿海的红树林因围海造田而开始遭到大规模破坏。20世纪80年代末广西留存海堤498个,其中的455个修建于1949年之前。全国调查数据表明,1980—2000年广西沿海虾塘建设侵占了1 464.1 hm<sup>2</sup>红树林;1986—2008年广西有166个新虾塘毁灭红树林438.91 hm<sup>2</sup>。在面积方面,1840年左右广西有红树林约24 065.8 hm<sup>2</sup>;1949年约10 856.6 hm<sup>2</sup>;2013年7 243.15 hm<sup>2</sup>,其中北海市3 263.66 hm<sup>2</sup>、钦州市2 097.41 hm<sup>2</sup>、防城港市1 882.07 hm<sup>2</sup>。广西红树林科学研究走过了1980—1990年的起始阶段,1991—2000年的积累阶段,2001—2010年的快速发展阶段及2011年以来的生态工程应用攻坚阶段。广西经历了21世纪头十年的红树林国际合作黄金期,培养了人才,提高了能力,促进了管理,显著提升了影响力。

**关键词:**红树林 演化史 研究历程 北部湾 广西

**中图分类号:**P753 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2018)04-0343-09

**Abstract:** Mangroves appeared on the earth at least 70 million years ago, and colonized on tidal flats along the coasts of China in about six thousand years ago in a period after the postglacial age. Mangroves in Guangxi were damaged extensively due to the reclamation of mangroves for paddy field in Qing Dynasty when migrants moved in. For those sea dykes still existed in late 1980s along the coastline of Guangxi, 455 out of 498 were constructed before 1949. The results of national general surveys indicated that in Guangxi 1 464.1 hm<sup>2</sup> of mangroves were reclaimed for shrimp ponds from 1980 to 2000, and 438.91 hm<sup>2</sup> of mangroves were encroached by 166

shrimp ponds from 1986 to 2008. In Guangxi, mangrove area was about 24 065.8 hm<sup>2</sup> in around 1840, approximately 10 856.6 hm<sup>2</sup> in 1949, and 7 243.15 hm<sup>2</sup> in 2013, of which 3 263.66 hm<sup>2</sup> in Beihai, 2 097.41 hm<sup>2</sup> in Qinzhou and 1 882.07 hm<sup>2</sup> in Fangchenggang. Scientific research on mangroves in Guangxi can be divided into four stages, i. e., the early stage

**收稿日期:**2018-06-25

**作者简介:**范航清(1964—),男,博士,研究员,博士生导师,主要从事红树林等滨海湿地生态系统的保护与合理利用研究, E-mail: fanhq666@126.com.

**\*** 国家重点研发计划科技基础资源调查专项课题(2017FY100704)和广西特聘专家岗科研费(厅发〔2017〕40号)资助。

of 1980—1990, the growing stage of 1991—2000, the rapid development stage of 2001—2010, and the new stage of eco-engineering application oriented research since 2011. In the first decade of the 21<sup>st</sup> century, international cooperation was effectively performed in Guangxi on mangroves, benefiting Guangxi extensively in mangrove expertise training, capacity building, management improving, and research reputation being realized.

**Key words:** mangrove, evolution history, research process, Beibu Gulf, Guangxi

## 0 引言

红树林是生长在热带、亚热带潮间带滩涂上的木本植物群落,其地理分布取决于全球气候,其生长和健康状况受到人类活动的直接影响。红树林因为具有发达根系、胎生繁殖、抗盐、耐腐蚀等独特本领,才可以在潮起潮落的海边生长。特殊的自然地理分布和生长环境,使红树林在保护海岸、维护海洋渔业资源和近海生物多样性、净化海水、固碳储碳、药用、改善海岸景观、科学研究、生态体验、中国-东盟海上生态廊道建设等方面具有陆地森林不可取代的作用<sup>[1]</sup>。广西北部湾沿海因为生长着我国最大面积的天然红树林,在 21 世纪“海上丝绸之路”的生态纽带中占据独特地位。本文在有限资料的基础上,初步梳理了广西红树林演化历史及其科学研究历程的脉络,提出广西红树林起源年代问题,为学科发展和决策提供背景信息。

## 1 广西红树林的演化史

### 1.1 广西古代红树林

目前世界上化石记录最早的红树林出现在 7 000 万年前。绝大部分学者认为红树林是在物种进化中被赶下海的陆生植物,它们逐步适应了潮间带环境,练就了一套能在海水中生长的本领。海岸潮间带和气温决定着红树林的动态分布。

地球的第四纪大冰期始于距今 200~300 万年前,结束于 1~2 万年前,当时的海平面比现代海平面低 100~130 m<sup>[2]</sup>。现在的北部湾北部和西部较浅(20~40 m),中部和东南部较深(50~60 m),平均水深 40 m 左右;现在的琼州海峡大部分水深 30~40 m,最大水深 90 m。在大冰期,根本不存在北部湾和琼州海峡,也就不存在红树林问题了。在漫长的大冰期,地球上的红树林极可能被压缩在赤道附近狭长的海区,为冰后期红树林的扩散保存了物种基因。

随着大冰期的结束,地球进入冰后期,气候逐渐变暖,海平面上升,慢慢形成了现代的华南海岸,为广西红树林定居提供了滩涂条件。黎广钊等<sup>[3]</sup>研究表明,距今约 1 万年前,华南海平面还在现今海面以下

约 30 m,海水只进入到北部湾涠洲岛南部附近;距今 8 000~7 000 年依然为海进阶段,海平面上升速度超过沉积速率,海水继续向大陆蔓延;距今 7 000 年以来,海平面基本在现今位置波动,可沉积速率超过了海平面上升速度,从而进入了海退阶段,为此广西南流江三角洲以平均 1.6 m/a 的速度向外推进了 10~12 km。如果气温条件满足,距今 10 000~7 000 年,红树林还处于从涠洲岛南部向北移动的过程中,红树林随着向北位移的古海岸不断向现今相对稳定的海岸位置靠拢。那时的红树林不是现今的红树林,而是在位移旅途中的古海岸红树林。

一般认为,现今的华南海岸是 5 000~6 000 年前以来形成的泻湖-沙坝和溺谷湾,河口沉积与大陆架供沙是现代华南潮间带滩涂形成的基本机制。有了海岸潮间带才可能有红树林,也就是说红树林定居在广西现今相对稳定海岸的年代距今大约 6 000 年,即公元前 4 000 年,跟中华文明起源基本同步。本推断只考虑地貌过程,未考虑气候因素。

海岸潮间带是红树林发育的首要条件,其次是温度。红树植物是热带起源的物种,-5℃是其存活的生理极限温度。2008 年 5 月一遇特大寒潮期间,广西沿海出现了连续 7 d 气温低于 5℃的天气,广西红树林植物出现了花果叶脱落、枝条枯萎,甚至植株死亡现象,其中嗜热性红树植物红海榄(*Rhizophora stylosa*)和木榄(*Bruguiera gymnohiza*)的幼苗基本全部被冻死,笔者在广西防城港珍珠湾内种植的十年生红海榄幼树(2.5~3.5 m 高)无一幸存。大冰期结束后,距今 3 080 年前以来,中国还经历了新冰期和小冰期<sup>[2]</sup>,那时华南沿海冬季的气温应该比今天低得多,红树植物也许不能度过寒冷的冬季。可见今天我们看到的红树林,其直接祖先定居现代华南海岸的年代极可能不超过 6 000 年。因此,广西的红树林属于非常年轻的海上森林。6 000 年来,红树林究竟在何具体时段定居广西现代海岸,尚需进一步考证和研究。

### 1.2 广西近代红树林

在广西北海的南珠宫,我们可以看到古代珍珠池分布模型。2 000 多年前汉代古珍珠池的沿岸基本

上就是我们今天的农田和村庄,而它们在当时很可能大部分是潮间带,是古代红树林的生长地,为珍珠贝的生长提供了优良的环境。广西北部湾在秦代是“象郡”的辖地,顾名思义,就是大象很多的地方。据明代崇祯十年版本《廉州府志》“卷二·山川”记载:今钦州、合浦交界的那雾山“其山产象,每秋熟,辄成群出食,民甚苦之。”清代道光十三年版本《廉州府志》“卷二十一·事纪”记载:今合浦县公馆镇东北的大廉山,于嘉靖二十六年“八月,合浦大廉山群象践禾稼”,为此廉州知府指挥官军和老百姓们打响了一场围剿大象的战斗。康熙年间工部尚书杜臻巡视北部湾沿海,出得廉州府城东去营盘白龙城的途中,夜听虎啸如雷。可见,在明清以前,北部湾沿海一带郁郁葱葱,受人类生产活动的干扰较小,生态环境优良。如今在全球范围内,红树林海区都是珍珠养殖最理想的场所。笔者曾经评估过 20 世纪红树林对广西南珠养殖的贡献,发现在红树林生长的海区养殖珍珠,其经济效益比没有红树林分布的海区高约 14 倍,其影响环节主要表现在红树林通过改善水质,提高了珍珠贝的成活率和珍珠的品质。古代的广西北部湾盛产珍珠,至少侧面说明当时的北部湾红树林十分茂盛。

围垦红树林早已有之。明末战乱,中国出现了逃难人口南迁。但大规模的围海造地开始于清代。据《最后的中华帝国:大清》<sup>[4]</sup>记载,17 世纪晚期中国开始少战乱,医学进步,康熙、雍正、乾隆皇帝不断减税,实行低税收政策,农民生活水平提高,人口激增。1700 年中国全国人口约 1.5 亿,1800 年超过 3 亿,1850 年人口可能已经达到 4.5 亿。由于人口激增,人均田地剧减,政府鼓励移民,其中方向之一就是边陲北部湾沿海。大量移民来到广西沿海,人多地少,围海造地成为解决粮食供给困难的重要手段,红树林开始成为牺牲品。

据明崇祯十年版本《廉州府志》“卷二·水利”和“卷十二·水田亭记”的记载,嘉靖中,廉州知府张岳大力兴修水利发展农业,官府已经对“各民开垦荒坡、潮田”收取粮税。这是关于广西北部湾沿海地区围海造田的最早历史文献记载。据 1994 年《合浦县志》“第六篇社会·第五节姓氏·主要姓氏来历记载”,明末清初,合浦北海一带的主要姓氏有陈、韩、周、马、曾、徐、李、潘、关、张、沈、王、罗等等,祖先从福建、广东迁入。据清道光十三年版本《廉州府志》“卷十·户口”记载,康熙五十年合浦县(包括今北海全境和钦州的浦北县)在册人口约为 1.58 万,而后“盛世滋生丁口,至道光八年共二十六万五千二百八十五丁口”。到了民国四年(1916 年),据民国三十一年版本《合浦广西科学 2018 年 8 月 第 25 卷第 4 期

县志》“卷一·户口”记载,合浦县(包括今北海全境和钦州的浦北县)在册人口已经接近 77.9 万。据清道光十三年版本《廉州府志》“卷四·风俗”记载:“昔钦州农民……林涧荒坡尽行开辟,不惟瘠土变为沃土,而沧海且变为桑田焉。从前,州南濒海,潮涨汪洋,高岸旷土尚力靳未辟,遑计及海滨。今升平日久,生齿日繁,负耒来氓渐集者众,生谷之地无不尽垦。自乾隆中以至于今,海潮所到之处……等处,相其土宜可以塞潮种植者,经营图度覆土筑堤以障潮汐,留水门以通消纳,名曰‘围田’,收利甚广”。1994 年《合浦县志》“第一篇地理·第二章政区·第二节党江镇”记载:“……总面积为 81.5 km<sup>2</sup>……党江镇地处南流江下游三角洲,海岸线长 21.45 km,属滨海冲积平原,大部分农田是清朝道光初年后把滩围垦而成”。20 世纪,广西合浦当地群众在将农田改建为池塘时,不时从土壤深处挖到植物树桩(图 1),支持了沧海变桑田的历史记录。



图 1 2009 年广西合浦耕地深处的树桩(引自北海 365 网)

Fig. 1 Tree stumps found deep in plowland in Hepu county, Guangxi, 2009 (From Beihai 365 network)

1990 年广西沿海海堤工程加固整治与滩涂开发规划报告显示,20 世纪 80 年代末期广西共有海堤 498 个,其中的 455 个是 1949 年之前修建的。1949 年之前修建的海堤中,围垦面积小于 50 hm<sup>2</sup>的海堤数量高达 392 个。解放后围垦的海堤数量虽然不大,但单个海堤围垦的面积远远大于历史上的海堤。根据海堤所在海湾的地形地貌、海堤规模、红树林占围垦滩涂的面积比例等评估出<sup>[5]</sup>:1840 年左右广西北部湾沿海有红树林 24 065.8 hm<sup>2</sup>,1949 年有红树林 10 856.6 hm<sup>2</sup>。

### 1.3 广西现代红树林

红树林生长在风平浪静的滩涂,这个“宅基地”就是人们围海造陆的首选海区。全国红树林资源调查表明,2001 年广西有红树林 8 375.0 hm<sup>2</sup>;1980—2000 年广西有 1 464.1 hm<sup>2</sup>红树林被占用,95.0%用来修建虾塘<sup>[6]</sup>。笔者主持的一项广西近海海洋综合

调查与评价专项(广西 908 专项)表明,1986—2008 年广西沿海有 166 个新虾塘来源于红树林,每个虾塘平均毁灭红树林 2.64 hm<sup>2</sup>,共造成 438.91 hm<sup>2</sup>红树林的消失(表 1)。这一时期最典型的例子是闸口毁灭红树林事件。1999—2000 年广西合浦县闸口镇大肆围垦红树林滩涂进行海水养殖,毁灭红树林合计高达

表 1 1986—2008 年广西沿海将红树林转化为虾塘的情况

Table 1 Situations of converting mangroves into shrimp ponds along Guangxi coasts from 1986 to 2008

城市 City	虾塘数量(个) Number of shrimp pond (ind.)	红树林损失面积 Mangroves lost (hm <sup>2</sup> )	平均每个虾塘毁灭红树林的面积 Average area of the mangroves removed by a single shrimp pond (hm <sup>2</sup> )
北海 Beihai	15	49.76	3.32
钦州 Qingzhou	53	120.09	2.27
防城港 Fangchenggang	98	269.06	2.75
合计 Total	166	438.91	2.64

最新的报道表明,2013 年全国红树林面积为  $2.53 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>[7]; 2013 年广西红树林面积为 7 243.15 hm<sup>2</sup>[8],共有红树林斑块 2 793 个,最大斑块面积为 173.67 hm<sup>2</sup>,主要分布于北仑河口、珍珠湾、茅尾海、防城港东西湾、大风江、廉州湾、铁山港湾(图 2)。2013 年广西沿海三市的红树林面积分别是北海 3 263.66 hm<sup>2</sup>,钦州 2 097.41 hm<sup>2</sup>,防城港 1 882.07

13.33 hm<sup>2</sup>,成为国家环保局公布的 2000 年中国十大环境破坏重大事件之一。尽管在评估围填海破坏红树林面积时所采取的方法不同、数据精度不同,但都不否认这样一个事实:围填海是广西乃至我国红树林面积减少的最直接原因。如今,“虾塘-海堤-红树林”已成为中国红树林海岸的主要景观类型[1]。

hm<sup>2</sup>,分别占广西红树林总面积的 45.06%,28.96% 和 25.98%。广西红树林群落类型有白骨壤群落、白骨壤+桐花树群落、桐花树群落、桐花树+白骨壤群落、木榄-白骨壤群落等 21 个类型,其中面积及比例最大的是白骨壤群系(3 022.96 hm<sup>2</sup>,41.74%)和桐花树群系(2 383.81 hm<sup>2</sup>,32.91%)。河口小、潮差大、滩涂贫瘠、红树林矮小是广西红树林的显著特征。



图 2 广西海岸带红树林分布图

Fig. 2 The distribution of Guangxi mangroves

第二次全国湿地资源调查表明[9-10],2013 年广西有红树林湿地面积 8 780.73 hm<sup>2</sup>,其中北海市 3 038.83 hm<sup>2</sup>、钦州市 3 603.42 hm<sup>2</sup>、防城港

2 138.48 hm<sup>2</sup>。全国湿地资源调查的标准和方法跟陶艳成等[8]采用的方法有所差异,这是两个统计数据不尽相同的重要原因,其中差别最大的是钦州市。

## 2 广西红树林研究历程

广西红树林研究事业的发展跟我国改革开放进程休戚相关,对其历程进行梳理可起到承前启后的作用。目前广西的红树林研究队伍分散在各科研院所、高校和自然保护区。粗略统计,目前广西区内直接参与红树林研究的专业科技人员有100多人,开展红树林相关研究的单位有10余家,主要包括广西红树林研究中心、广西大学、广西林业勘察设计院、广西师范大学、广西海洋研究院等。基于国家平台,高端人才和充足的资源,即将建成的“国家第四海洋研究所”必将成为广西乃至东南亚地区红树林研究与国际合作的领头羊。

### 2.1 起始阶段(1980—1990年)

20世纪80年度初期,我国的红树林生态学研究在厦门大学和中山大学悄然展开。直到1990年,我国从事红树林研究的师生合计还不到30人。1982—1986年的全国海岸带和海涂资源综合调查应该是广西红树林研究的起点。广西林学院温远光等骨干在李治基教授和李信贤研究员的带领下,全面调查了广西红树林分布<sup>[11]</sup>、种类组成<sup>[12]</sup>、群落类型<sup>[13]</sup>和生物量<sup>[14]</sup>,进行了红树林及不同滩涂土壤营养元素的分析<sup>[15-17]</sup>。1987年,厦门大学林鹏教授跟广西合浦县林业局的李有甫先生合作,指导其硕士研究生尹毅在广西山口进行了红海榄生物量<sup>[18]</sup>、凋落物<sup>[19]</sup>及元素循环<sup>[20]</sup>的系统研究,为其以后的“红树林三高”理论和工程院院士之路埋下了伏笔。1988年广西合浦县林业局李有甫先生完成了建立山口红树林自然保护区的申请报告。国家海洋局第一海洋研究所解译了1988年11月—1989年2月大于1000 m<sup>2</sup>像元的广西红树林卫片,给出了我国最早的红树林卫星遥感数据。在广西科学院陈震宇副院长的支持下,1990年广西海洋研究所承担了国家科委重点科技项目“广西北部湾红树林生态系统及其快速恢复”,项目预算25万元(实施期1990—1993年),是当时我国资助额度最大的红树林科研项目。这一时期的研究以植物生态学为突出特征,基本上不涉及红树林生态系统。

### 2.2 积累阶段(1991—2000年)

1991年12月20日广西红树林研究中心成立,挂靠在当时的广西海洋研究所<sup>[21]</sup>。以此为标志,广西红树林研究进入了10年的积累阶段。广西科学院生物研究所在20世纪90年代初开展了红树林昆虫多样性和桐花树炭疽病的研究。在广西海洋研究所和广西师范大学师生的支持下,广西红树林研究中心以国家科委重点科技项目和其后的国家“八五”攻关

项目及国家基金项目为依托,围绕生态系统结构和功能、保护和恢复、管理与利用等方面展开调查研究,在红树林生境条件、生物物种多样性、恢复与重建、管理和可持续利用等方面取得了一系列成果。1993年在《广西科学院学报》第2期出版了红树林论文专辑,1995年出版了《中国红树林研究与管理》<sup>[22]</sup>,2000年出版了《红树林海岸生态卫士》<sup>[23]</sup>。这些出版物如今已成为我国红树林研究的经典文献。“北仑河口综合整治研究”成果获广西科技进步三等奖(2000年)。

1993年11月20日,“中国首届红树林生态系统学术研讨会”在广西北海市成功召开,会议汇聚了我国红树林研究骨干,形成了合力和中国红树林学术年会制度,在我国红树林研究历史上具有划时代的意义。在这一时期,广西红树林科技人员还先后参加了在美国俄亥俄州哥伦布市召开的“第四届国际湿地大会”(1992年),在香港召开的“亚太红树林生态系统研讨会”(1993年),考察了马来西亚海洋资源保护与开发利用情况(1996年)和美国佛罗里达鲁克利湾国家河口研究保护区(1999年)。

以上研究和学术活动,为广西红树林的深入研究和国际合作奠定了前期工作基础。

### 2.3 快速发展阶段(2001—2010年)

2001年国家林业局启动了全国红树林资源调查。2002年1月2日,国家林业局在深圳召开“全国红树林建设工作座谈会”,这次座谈会是我国红树林事业的一个历史转折,为广西红树林事业的快速发展提供了历史机遇。在科研平台方面,2001年8月28日广西壮族自治区人民政府批准广西红树林研究中心为财政全额拨款的独立事业法人机构,2006年该中心实验室通过国家计量认证,2007年被认定为广西红树林保护重点实验室,2008年获国家海域使用论证乙级资质,2010年列入我国第一批海岛保护规划编制技术单位。

上述平台为广西深度参与国际合作、承担国家和自治区重大项目创造了条件。2000年以后,联合国教科文组织 ASPACO 项目(2000—2002年)、联合国环境署全球环境基金(UNEP/GEF)“扭转南中国海和泰国湾环境退化趋势”项目(2002—2008年)、联合国开发计划署全球环境基金(UNDP/GEF)“中国南部沿海生物多样性管理”项目(2005—2012年)、小渊基金“中日绿化合作示范林”项目(2007—2009年)、“北部湾地球化学过程中红树林作用的研究”中德合作项目(2009—2012年)、“海洋污染快速评估技术”中英合作项目(2010)在广西得到成功实施,铸就了广西红树林国际合作的黄金十年。这些国际合作为广西

培养了一批具有国际视野的管理人员与专业人才,有力促进了广西红树林保护机构和科研机构的能力建设,从整体上显著提升了广西红树林事业在国内外的地位与影响力。此外,广西大学的周放教授对我国红树林鸟类进行了长期、系统地观察和研究。广西林业厅组织开展了广西红树林资源调查(2001—2002年)。广西林业勘察设计院进行了红树林卫星遥感应用研究。广西海洋局组织实施了“广西重点生态区综合调查”和“广西红树林和珊瑚礁等重点生态系统综合评价”(2006—2010年)等项目。

这一时期在红树林及其紧密联系的相关资源方面出版了《中国红树林保护与合理利用规划》(2002年)<sup>[24]</sup>、《山口红树林滨海湿地与管理》(2005年)<sup>[25]</sup>、《中国海草植物》(2009年)<sup>[26]</sup>、《广西红树林主要害虫及其天敌》(2009年)<sup>[27]</sup>、《滨海药用植物》(2010年)<sup>[28]</sup>、《中国红树林区鸟类》(2010年)<sup>[29]</sup>,完成了《中国红树林国家报告》英文版(2008年)<sup>[30]</sup>。“山口红树林系统特征及其合理利用方案研究”成果获广西科技进步三等奖(2003年)。

在人才培养方面,广西大学林学院从2002年开始,广西师范学院从2010年开始,为广西红树林研究中心提供联合培养硕士研究生的机会,从此广西开启了独立培养滨海湿地生态学专业人才的历史,研究领域也从红树林向邻近的海草和珊瑚礁海洋生态系统扩展。

2007年9月7—8日,由国家湿地保护管理中心和广西林业局主办,广西红树林研究中心承办的首届“中国红树林湿地论坛”在北海召开,与会人数203人,其中广西以外代表56人,新闻媒体25人,通过了《论坛北海宣言》,为推进《全国湿地保护工程实施规划》的实施做出了应有的贡献,显著提高了广西滨海湿地研究与管理在国家战略中的影响力。此外,广西还承办了“中国生态学会湿地专业委员会年会”(2010年),促进了广西红树林滨海湿地的保护与科学研究。

## 2.4 生态工程应用攻坚阶段(2011年以来)

2011年以来,尤其是生态文明建设成为国策以后,广西红树林研究除了基础和应用基础研究外,开始向生态工程方面倾斜,建立了包括红树林、海草、乡土盐沼植物、海岸重要植物在内的海陆过渡带生态恢复技术体系;创建了红树林地理管网原位生态养殖系统;概念性规划并指导了我国第一条生态海堤建设;开展了红树林病虫害防治和海洋污染快速监测与评估技术研究;开始了虾塘红树林生态农场技术攻关与

示范研究。

在研究手段上,“3S”技术、分子标记技术、分子条码技术、宏基因组技术、海岸工程技术、生态养殖技术、海洋牧场技术、基于生态系统的自然保护等新技术、新理念在红树林研究中的应用,推动广西的红树林研究水平上了一个新的台阶,涌现了一批创新性的理论成果和原创性的应用技术,为广西的红树林及海草保护事业提供了技术支撑。2016年11月,《Nature》本刊发表了广西红树林研究中心陈骁博士为共同第一作者的一项重大科研成果“无脊椎动物RNA病毒圈的重新界定”<sup>[31]</sup>。

2011—2017年,广西出版了《中国亚热带海草生理生态学研究》(2011年)<sup>[32]</sup>、《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》(2011年)<sup>[33]</sup>、《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》(2012年)<sup>[34]</sup>、《广西红树林害虫生物生态特性与综合防治技术研究》(2012年)<sup>[35]</sup>、《红树林遥感信息提取与空间演变机理研究》(2013年)<sup>[36]</sup>、《广西北部湾红树林湿地海洋动物图谱》(2013年)<sup>[37]</sup>、华南海陆过渡带生态恢复系列(红树林、海草、盐沼、海岸植物,2014年)<sup>[38-41]</sup>、《广西北部湾典型海洋生态系统——现状与挑战》(2015年)<sup>[42]</sup>、《北部湾广西海陆交错带地貌格局与演变及其驱动机制》(2017年)<sup>[3]</sup>、《广西科学》2017年第5期的广西北部湾滨海湿地专辑。

“广西红树林害虫生物和综合防治技术研究”获2011年广西科技进步奖二等奖,“区域红树林动态监测与区域演变分析技术研究及应用”获2017年广西科技进步三等奖。包含红树林内容的《广西壮族自治区生物多样性保护战略与行动计划(2013—2030)》获广西社会科学优秀成果三等奖(2014年)。

近年来广西承办的具有较大影响的红树林学术会议有:“亚太地区红树林恢复与可持续管理激励机制研讨会”(2012年)、“中国红树林生态系统创新利用专家咨询会,暨中国生态学会红树林生态专业委员会理事会2014年年会”(2014年)、“广西鲎资源及其保育和明智利用两岸三地工作坊”(2014年)、“第七届中国红树林学术研讨会”(2015年)。2016年8月,“中国太平洋学会红树林海草研究分会”在广西红树林研究中心挂牌成立。该中心还被连续选为第七届和第八届“中国生态学会红树林生态专业委员会”的主任委员单位。这些学术活动表明,广西已成为我国和亚太地区红树林研究的一支重要队伍。

### 3 研究对红树林保护的促进作用

#### 3.1 决策建议

2014年,广西红树林研究中心主持起草了《全国湿地保护“十三五”工程实施规划》中的红树林专题,其中的红树林可持续利用模式被规划采纳。广西壮族自治区政府参事范航清、莫小莎、陈保善和邓国富于2015年向自治区政府提交了《将广西红树林保护与恢复打造成为我国红树林可持续利用的一个榜样》专题调研报告;范航清、莫小莎和陈保善参事2018年完成了2017年广西壮族自治区人民政府参事重点调研课题,提交了《我区红树林保护与旅游开发调研报告》。2018年4月,广西红树林研究中心完成了广西特色新型智库联盟《虾塘红树林生态农牧场(广西传统虾塘生态化改造与产业升级示范基地项目)》课题,提交了咨询报告,相关工作被纳入广西壮族自治区人民政府2018—2020工作方案。2018年7月25日,广西壮族自治区十三届人大常委会第四次会议审议了《广西壮族自治区红树林资源保护条例(草案)》,广西红树林研究中心为该条例提供了立法论证报告。

#### 3.2 自然保护

广西红树林自然资源、生态价值和保护技术等等的研究,促进了广西以红树林为保护对象的保护区的建立和晋升。在我国已建立的6个国家红树林自然保护区中广西占了2个。长期以来,广西红树林研究中心在学术方面为广西的红树林自然保护事业提供技术支持,协助山口国家级红树林自然保护区于2000年成功加入联合国教科文世界生物圈(UNESCO/MAB)保护区网络,并顺利通过2011年世界生物圈保护区的第一个十年评估;2000年推荐北仑河口省级自然保护区成功晋升为国家级自然保护区,2005年成为UNEP/GEF南中国海项目的红树林国际示范区;完成钦州茅尾海国家海洋公园的可行性论证报告,2011年广西第一个国家海洋公园落户钦州市。2002年广西基金资助的“北海城市红树林与人的相互影响和环保经济”项目,完成了北海城市红树林的保护与经济开发功能区划,为今天的金海湾红树林生态旅游区和北海滨海湿地公园建设提供了科学依据。

#### 3.3 理念与标准

广西红树林研究中心提出了判定生态工程可持续程度的十二字方针:“树要种,种要保,钱要挣,歌要唱”。“树要种”即保护和恢复红树林植被,“种要保”即保护生物多样性,“钱要挣”即通过生态保育和技术创新获取经济社会效益,“歌要唱”即人天地合一,人

与自然和谐发展。广西颁布了《DB45/T 832—2012 广西红树林生态健康监测技术规程》和《DB 45/T 1017—2014 红树林生态健康评价指南》地方标准,提高了红树林生态监测的科学性、规范性和保护管理措施的有效性。保护是发展的基础,保护的目的是合理利用,促进社会发展。广西防城港红沙环生态海堤兼顾了物理抵御、生态防护、文化宣教和休闲娱乐功能,在生态理念付诸海岸整治实践中迈出坚实的一大进步,为国家海洋局《围填海工程生态建设技术指南(试行)》(国海规范〔2017〕13号,2017年10月10日发布)的编制发布提供了一个成功范例。

#### 参考文献:

- [1] 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 H Q, WANG W Q. Some thematic issues for mangrove conservation in China[J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 2017, 56(3): 323-330.
- [2] 崔之久,陈艺鑫,张威,等. 中国第四纪冰期历史、特征及成因探讨[J]. 第四纪研究,2011,31(5):749-764.  
CUI Z J, CHEN Y X, ZHANG W, et al. Research history, glacial chronology and origins of Quaternary glaciations in China[J]. Quaternary Sciences, 2011, 31(5): 749-764.
- [3] 黎广钊,梁文,王欣,等. 北部湾广西海陆交错带地貌格局与演变及其驱动机制[M]. 北京:海洋出版社,2017:44-45.  
LI G Z, LIANG W, WANG X, et al. Geomorphologic patterns of the marine-terrestrial interlaced zone and evolution and its driving mechanism in Guangxi Beibu Gulf[M]. Beijing: China Ocean Press, 2017: 44-45.
- [4] 罗威廉. 最后的中华帝国:大清[M]. 李仁渊,张远,译. 北京:中信出版社,2016.  
ROWE W T. China's last empire: The Great Qing[M]. LI R Y, ZHANG Y, translated. Beijing: CITIC Press, 2016.
- [5] 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.  
FAN H Q, LI G Z. Effect of sea dike on the quantity, community characteristics and restoration of mangrove forest along Guangxi coast[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1997, 8(3): 240-244.
- [6] 国家林业局森林资源管理司. 中国红树林资源调查报告[R]. 2002.  
Forest Resources Management Division, State Forestry Administration. Investigation report on national mangrove information[R]. 2002.
- [7] 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.  
LIAO B W, ZHANG Q M. Area, distribution and species composition of mangroves in China[J]. Wetland Science, 2014, 12(4): 435-440.

- [8] 陶艳成,葛文标,刘文爱,等. 基于高分辨率卫星影像的广西红树林面积监测与群落调查[J]. 自然资源学报, 2017,32(9):1602-1614.  
TAO Y C, GE W B, LIU W A, et al. A survey on the spatial distribution and community types of mangroves in Guangxi based on high-resolution satellite imageries [J]. Journal of Natural Resources, 2017, 32(9): 1602-1614.
- [9] 国家林业局. 中国湿地资源简况:第二次全国湿地资源调查[R]. 2013.  
State Forestry Administration. The brief wetland resource in China; The second national survey of wetland resources[R]. 2013.
- [10] 但新球,廖宝文,吴照柏,等. 中国红树林湿地资源、保护现状和主要威胁[J]. 生态环境学报, 2016, 25(7): 1237-1243.  
DAN X Q, LIAO B W, WU Z B, et al. Resources, conservation status and main threats of mangrove wetlands in China [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2016, 25(7): 1237-1243.
- [11] 李信贤,温远光,温肇穆. 广西海滩红树林主要建群种的生态分布和造林布局[J]. 广西农学院学报, 1991, 10(4): 82-89.  
LI X X, WEN Y G, WEN Z M. The ecological distribution and reforestation arrangement of main species of mangrove in seabeach of Guangxi[J]. Journal of Guangxi Agricultural College, 1991, 10(4): 82-89.
- [12] 李信贤,温远光,何妙光. 广西红树林类型及生态[J]. 广西农学院学报, 1991, 10(4): 70-81.  
LI X X, WEN Y G, HE M G. The types and ecology of mangrove in Guangxi Autonomous Region[J]. Journal of Guangxi Agricultural College, 1991, 10(4): 70-81.
- [13] 温远光,刘世荣,元昌安. 广西英罗港红树植物种群的分佈[J]. 生态学报, 2002, 22(7): 1160-1165.  
WEN Y G, LIU S R, YUAN C A. The population distribution of mangrove at Yingluogang of Guangxi, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(7): 1105-1110.
- [14] 温远光. 广西英罗港 5 种红树植物群落的生物量和生产力[J]. 广西科学, 1999, 6(2): 142-147.  
WEN Y G. Biomass and productivity of five mangrove communities in Yingluo Bay of Guangxi[J]. Guangxi Sciences, 1999, 6(2): 142-147.
- [15] 何斌,温远光,刘世荣. 广西英罗港红树植物群落演替阶段的土壤化学性质[J]. 广西科学, 2001, 8(2): 148-151, 160.  
HE B, WEN Y G, LIU S R. Soil chemical properties at succession stages of mangrove communities in Yingluo Bay of Guangxi[J]. Guangxi Sciences, 2001, 8(2): 148-151, 160.
- [16] 何斌,温远光,袁霞,等. 广西英罗港不同红树植物群落土壤理化性质与酶活性的研究[J]. 林业科学, 2002, 38(2): 21-26.  
HE B, WEN Y G, YUAN X, et al. Studies on soil physical and chemical properties and enzyme activities of different mangrove communities in Yingluo Bay of Guangxi[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2002, 38(2): 21-26.
- [17] 何斌,温远光,梁宏温,等. 英罗港红树植物群落不同演替阶段植物元素分布及其与土壤肥力的关系[J]. 植物生态学报, 2002, 26(5): 518-524.  
HE B, WEN Y G, LIANG H W, et al. Element distribution and its relationship with soil fertility in different succession stages of a mangrove community in Yingluo Bay, Guangxi [J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2002, 26(5): 518-524.
- [18] 林鹏,尹毅,卢昌义. 广西红海榄群落的生物量和生产力[J]. 厦门大学学报:自然科学版, 1992, 31(2): 199-202.  
LIN P, YIN Y, LU C Y. Biomass and productivity of *Rhizophora stylosa* community in Yingluo Bay, Guangxi[J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 1992, 31(2): 199-202.
- [19] 尹毅,林鹏. 广西英罗湾红海榄群落凋落物研究[J]. 广西植物, 1992, 12(4): 359-363.  
YIN Y, LIN P. Study on the litter fall of *Rhizophora stylosa* community in Yingluo Bay, Guangxi[J]. Guihaia, 1992, 12(4): 359-363.
- [20] 尹毅,林鹏. 红海榄红树林的氮、磷积累和生物循环[J]. 生态学报, 1993, 13(3): 221-227.  
YIN Y, LIN P. The accumulation and biological cycle of nitrogen and phosphorus elements in *Rhizophora stylosa* community, Guangxi[J]. Acta Ecologica Sinica, 1993, 13(3): 221-227.
- [21] 陈波,竺利波. 广西海洋科学研究回顾与展望[J]. 广西科学, 2018, 25(1): 1-9, 14.  
CHEN B, ZHU L B. Review and prospect of research on Guangxi marine sciences [J]. Guangxi Sciences, 2018, 25(1): 1-9, 14.
- [22] 范航清,梁士楚. 中国红树林研究与管理[M]. 北京: 科学出版社, 1995.  
FAN H Q, LIANG S C. Research and management on China mangroves[M]. Beijing: Science Press, 1995.
- [23] 范航清. 红树林——海岸生态卫士[M]. 南宁: 广西科技出版社, 2000.  
FAN H Q. Mangrove: The guard of the environment protection of the coast[M]. Nanning: Guangxi Science and Technology Press, 2000.
- [24] 吕彩霞. 中国红树林保护与合理利用规划[M]. 北京: 海洋出版社, 2002.  
LV C X. Plan of the conservation and rational utilization of mangrove in China (Abridged version) [M]. Beijing: China Ocean Press, 2002.
- [25] 范航清,陈光华,何斌原,等. 山口红树林滨海湿地与管理[M]. 北京: 海洋出版社, 2005.  
FAN H Q, CHEN G H, HE B Y, et al. Coastal wetland and management of Shankou mangroves[M]. Beijing: China Ocean Press, 2005.
- [26] 范航清,石雅君,邱广龙. 中国海草植物[M]. 北京: 海洋出版社, 2009.  
FAN H Q, SHI Y J, QIU G L. China seagrass plants [M]. Beijing: China Ocean Press, 2009.
- [27] 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.

- LIU W A, FAN H Q. Main pests and their natural enemies of mangrove in Guangxi, China [M]. Nanning: Guangxi Science and Technology Press, 2009.
- [28] 范航清, 滕红丽, 梅之南. 滨海药用植物[M]. 武汉: 湖北科技出版社, 2010.  
FAN H Q, TENG H L, MEI Z N. The coastal medicinal plants[M]. Wuhan: Hubei Science & Technology Press, 2010.
- [29] 周放. 中国红树林区鸟类[M]. 北京: 科学出版社, 2010.  
ZHOU F. Birds of mangrove area in China[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [30] 广西红树林研究中心. 中国红树林国家报告[R]. 2008. Guangxi Mangrove Research Center. China mangrove national report[R]. 2008.
- [31] SHI M, LIN X D, TIAN J H, et al. Redefining the invertebrate RNA virosphere[J]. Nature, 2016, 540: 539-543. DOI: 10.1038/nature20167.
- [32] 范航清, 邱广龙, 石雅君, 等. 中国亚热带海草生理生态学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2011.  
FAN H Q, QIU G L, SHI Y J, et al. Studies on physiological ecology of seagrasses in subtropical China[M]. Beijing: Science Press, 2011.
- [33] 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.  
Chinese National Committee for Man and the Biosphere Programme, Department of Ocean and Fisheries of Guangxi Zhuang Autonomous Region. Lessons learnt and prospects of multi-participations: The one decade of Shankou Mangrove Biosphere Reserve, Guangxi, China[M]. Beijing: China Ocean Press, 2011.
- [34] 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.  
ZHOU H L, FAN H Q, YAN B. Ecosystem based biodiversity management practices: UNDP/GEF-SOA project on biodiversity management in the coastal area of China's South Sea in Guangxi [M]. Beijing: China Ocean Press, 2012.
- [35] 范航清, 刘文爱, 曹庆先. 广西红树林害虫生物生态特性与综合防治技术研究[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- FAN H Q, LIU W A, CAO Q X. Study on biological and ecological characteristics of mangrove pests and integrated control technology in Guangxi [M]. Beijing: Science Press, 2012.
- [36] 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.  
LI C G. Study on extraction of remote sensing information and spatial evolution mechanism of mangrove [M]. Beijing: Science Press, 2013.
- [37] 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.  
HE B Y, LAI T H. Marine fauna in the mangrove wetland of Guangxi Beibu Gulf, China[M]. Beijing: Science Press, 2013.
- [38] 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.  
FAN H Q, WANG X, HE B Y, et al. Artificial habitat establishment and mangrove rehabilitation [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2014.
- [39] 邱广龙, 范航清, 李蕾鲜, 等. 潮间带海草床的生态恢复[M]. 北京: 中国林业出版社, 2014.  
QIU G L, FAN H Q, LI L X, et al. Restorations of the intertidal seagrass beds [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2014.
- [40] 何斌源, 潘良浩, 王欣, 等. 乡土盐沼植物及其生态恢复[M]. 北京: 中国林业出版社, 2014.  
HE B Y, PAN L H, WANG X, et al. Indigenous salt marsh plants and their restorations[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2014.
- [41] 莫竹承, 范航清, 李蕾鲜, 等. 海岸重要植物及其保育[M]. 北京: 中国林业出版社, 2014.  
MO Z C, FAN H Q, LI L X, et al. Coastal critical plants and their conservations[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2014.
- [42] 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.  
FAN H Q, LI G Z, ZHOU H L, et al. Typical marine ecosystem in Beibu Gulf of Guangxi: Current situation and challenge [M]. Beijing: Science Press, 2015.

(责任编辑: 陆雁)