

广西沿海红树林养护海堤的生态模式及其效益评估*

An Ecological Pattern of Sea Dyke Maintenance by Mangroves and Assessment of Its Benefits along Guangxi Coast

范航清

Fan Hangqing

(广西红树林研究中心 北海市南珠路 536000)

(Guangxi Mangrove Research Centre, Nanzhu Road, Beihai, 536000)

摘要 传统维护海堤的模式周期性地破坏红树林、红树林滩涂及光滩的沉积物,加剧台风暴潮时海堤的险情。从围垦地取土方加固海堤,堤外滩涂便于红树林的恢复和营造,在堤内挖掘形成的养殖沟可发展半咸淡水养殖。这种生态维护模式极大地增强了海堤抗台风暴潮的功能,产生的效益比传统模式的高10倍。生态维护模式的规模是恢复红树林59.24 km,面积529.4 hm²;营造红树林394.6 km,面积3945.8 hm²;养殖453.84 km,面积226.92 hm²。对生态养护模式建设中的一些管理问题提出建议。

关键词 海堤 生态养护模式 红树林 效益

Abstract The traditional pattern of maintenance of sea dykes periodically degraded mangrove forests, mangrove-covered and exposed tidal sediments, thus increased the damage of violent tide of typhoon to sea dykes. The soils should be obtained from the reclaimed land, and mangrove rehabilitation and afforestation can be successfully taken on the tidal flats. Meanwhile, the shrimp ponds, formed during the land-digging to maintain the sea dykes, are favourable for blackish water aquaculture. This ecological pattern of dyke maintenance greatly increases the capability of sea dyke against typhoon, produces a benefit that as ten times as the traditional. The scales of the ecological pattern were proposed to be 59.24 km long with area of 529.4 hm² for mangrove rehabilitation, 394.6 km with 3945.8 hm² for afforestation and 453.84 km with 226.92 hm² for aquaculture. Some management aspects to establish the ecological pattern was suggested to the division-makers.

Key words sea dyke, ecological maintenance, mangroves, benefit

广西沿海各县市和乡镇每年投入巨资整治海堤、抢险救灾、功不可没,但海堤仍然像一个填不满的黑洞年年加固年年危。在全球海平面上升、自然灾害加剧的事实面前^[1],在不增加投入的情况下,能否换来广西海堤的“长治久安”?在自然减灾的同时建设海上广西,发展海洋渔业经济是广西沿海地区的一项重要发展战略。因此,探索一条既可减灾又能促进海洋渔业发展的途径,是广西沿海社会经济持续发展的客观要求。在多年调查和探索有关支农技术的基础上,作者评判了海堤维护的传统模式,阐明海堤红树林生态养护模式的结构内容、科学性、优越性和可行性,

供政府有关部门领导和专家决策时参考。

1 广西沿海海堤和红树林概况

广西大陆海岸线呈东西走向,岸线总长1197.7 km,海堤总长756.4 km(表1)。海堤保护了广西63%的大陆海岸,保护耕地面积42960.0 hm²(年产粮食23562.4万kg),保护人口39.8万,在我区沿海社会经济生活中占据十分重要的地位。广西沿海地区每年平均有2.3次的台风暴潮,台风暴潮动辄造成上千万元甚至上亿元的经济损失。因此海堤的稳固与否关系着沿海群众的生命和国家财产的安危,是沿海各级政府抗灾减灾的中心内容。

历史上广西海堤的建设毁灭了约70%的原生

1995-06-29 收稿。

* 国家科委“八五”攻关项目资助。

红树林, 现余 5 654 hm²。现余的红树林延绵海岸 69.7 km (表 1), 其中至少 85% 为堤外红树林。红树林是海岸潮间带滩涂上唯一的森林植被, 它盘根错节, 枝叶繁茂, 抗风消浪保护海堤的功能极强。例如, 1986 年 7 月 21 日第 9 号强台风登陆, 广西沿海海堤被冲垮 80%, 经济损失分别是合浦 17 200 万元、北海 450 万元、钦州 7 500 万元、防城 4 686 万元, 合计 2.98 亿元^[2]。幸存的海堤都是堤外红树林生长较好的海堤。如合浦山口英罗港海堤长 1.8 km, 堤身几十年未修过, 但堤外有约 86 hm²、平均高约 6 m 的红海榄林的保护, 海堤只决口几处, 损失少。海堤外无红树林生长的地段, 即使是石砌的岸堤也损失惨重, 如合浦竹林盐场全长 6~7 km 的海堤都是石砌海堤, 堤底还有台阶, 但在 9 号台风中崩溃缺口 21 处, 长 4.4 m, 其中崩溃缺口最长的达 1.3 km^[2]。可见, 单纯的人工海堤的护岸功能远差于海堤-红树林复合体。

表 1 广西沿海地区大陆岸线、海堤、红树林海岸的长度和现有红树林面积

Table 1 The length of mainland coastline, sea dyke, mangrove coastline and the current mangrove area in Guangxi coastal regions

项目 Item	大陆岸线 ^b Mainland coastline (km)	海堤 ^a Sea dyke (km)	红树林海岸 ^b Mangrove coastline (km)	红树林面积 ^d Mangrove area (hm ²)
合浦 Hepu	392.3	361.9	21.0	1 790
北海 Beihai	58.8	32.5	5.2	117
钦州 ^a Qingzhou	311.0	216.9 ^a	9.0	1 962
防城 ^a Fengcheng	435.6	145.1 ^a	35.5	1 785
合计 Total	1 197.7	756.4	69.7	5 654

a 包括少量沿海河堤长度

b 广西壮族自治区海岸带和海滩资源综合调查报告, 第一卷(综合报告), 1986。综合报告中合浦大陆岸线长为 277.2 km, 本文的 392.3 km 为合浦县政府提供。

c 广西壮族自治区合浦县, 北海市, 钦州市。防城县河海堤工程加固整治与滩涂开发规划报告, 1990。

d 国家海洋局第一海洋研究所遥感室 1988 年 11 月和 1989 年 2 月大于 1000 m² 像元的卫星分析数据。

广西科学 1995 年 11 月 第 2 卷第 4 期

2 海堤维护的传统模式和生态养护模式的结构、功能

2.1 传统模式及其效应

工程加高加固海堤和海堤抢险需用大量的土石方。工程用土主要取之于堤外 10~50 m 处的红树林潮滩土, 每次挖掘都严重伤害了堤外的红树林, 使滩涂高程下降 20~40 cm (图 1)。例如, 1995 年 5 月 12 日广西电视台午间新闻播出钦州某地发动群众加固海堤的活动: 画面上人群拥挤在堤外红树林滩涂上(估计 30 人/666.7 m²), 将红树林地的淤泥一块块地接力搬到海堤上。滩涂上红树林非常稀疏, 树高在 0.8 m 左右, 叶片青黄色, 营养严重不良。绝大部分工程石料需通过海上运输从远处运来。为了高潮时运石船可靠近海堤, 砍伐了堤外 5~30 m 范围内的红树林(常常是处于演替后期的高大的木榄林), 形成一条平行于海堤的航道。

人为干扰会导致演替中后期种类的衰退^[3]。例如, 印度东海岸的 Muthupet 泻湖红树林区在 200 多年前有红树属(*Rhizophora*) 和海桑属(*Sonneratia*) 红树植物, 但近百年来科学性欠佳的有组织的采伐使整个系统退化为现在的白骨壤(*Avicennia marina*) 单优群落^[4]。在广西, 红海榄(*Rhizophora stylosa*) 和木榄(*Bruguiera gymnorrhiza*) 处于演替中后期^[5], 植株较高(在广西现有树高可达 6~8 m), 对海堤的保护作用显然超过白骨壤, 桐花树(*Agiceras comiculatum*) 等低矮先锋植物群落。但红海榄、木榄首先侵入的是紧靠海堤的沉积物较丰富, 滩面高程较大的白骨壤、桐花树林滩涂^[6]。传统维护海堤的人为活动直接破坏了堤前红树林的这一中后期演替发生带, 将先锋红树群落经过长期沉积和改造形成的淤泥毁于一旦, 使进展演替和恢复过程不仅难以继续, 反而常常导致群落稀疏化, 沙化, 林子面积萎缩消失。

由于堤外红树林在工程维护海堤时周期性遭受破坏, 海堤和堤外滩涂更直接地受海浪的侵蚀, 海堤的险情得不到根本的缓解。如果不改变现有毁林护堤的模式, 那么广西红树林的恢复和发展的可能性不大, 而海堤的险情也会因全球气候的恶化和自然灾害的日益频繁而加剧。

2.2 红树林生态养护海堤模式及其优势

笔者的调查结果表明, 广西沿海海堤内一般都有 30~50 m 宽的围垦带因海水的渗透无法种植作物, 盐沼草本植物丛生。加固海堤所需的土壤可从堤内距堤脚 10~20 m 的围垦荒地挖取。挖掘形成的与海堤平行的人工凹沟既可当排洪沟, 又可用于发展养殖(图 1)。如国际上推崇的红树林区“基围”海水养殖,

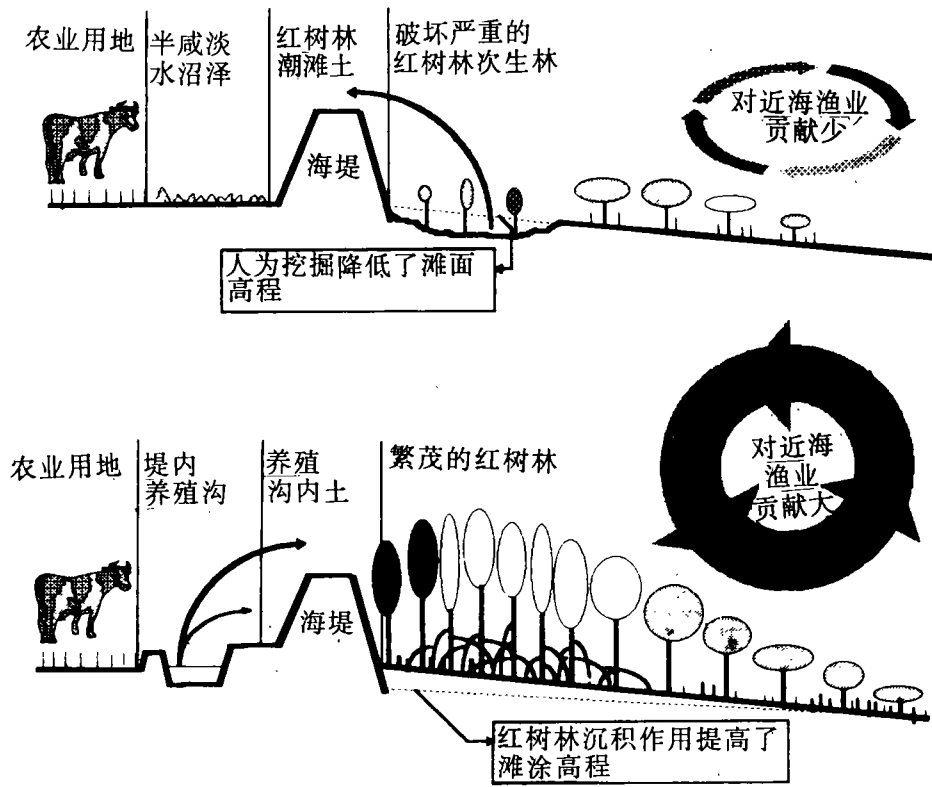


图1 广西沿海海堤维护的传统模式和生态模式的结构、功能比较示意图

Fig. 1 Schematic of comparisons of the structure and function for traditional and ecological patterns of sea dyke maintenance along Guangxi coast

就是堤内养殖沟通过海堤闸门与海水连通,周期性更新海水。养殖品种一般是广盐性种,如罗非鱼、鲮鱼、鲈鱼、泥虾、中华乌塘鳢和锯缘青蟹等,也可在养殖沟放养家禽。由于整治海堤的土方来自堤内,堤外滩涂免遭维护海堤时周期性的强烈人为干扰,有利于红树林的恢复和红树林的人工营造。堤外红树林的繁茂可大大减轻台风暴潮对海堤的破坏作用,显著地降低维护海堤的频度和工程量。此外,堤外红树林的恢复将极大地促进广西近海渔业资源的增值,为海洋渔业的发展提供环境和资源保证。

3 两种海堤维护模式的建设规模和投入强度

3.1 传统模式的规模和投入强度

广西沿海海堤总长 756.4 km (表1),从 1991 年到 2000 年政府对它的全面整治共需投入 22 552 万元 (表 2),平均每公里海堤花费 29.81 万元。

3.2 红树林生态养护模式的建设规模和投入强度

广西现有海堤总长 756.4 km,但并非所有的堤外滩涂都适合红树林的生长。根据野外观察经验,60%的海堤岸线用特种技术可以营造和恢复红树林,即 453.84 km。在 453.84 km 的岸线中,有一部分已

分布有红树次生林。广西现有红树林岸线 69.7 km

表 2 广西沿海地区台风暴潮经济损失统计和海堤维护的政府投资预算 (万元)

Table 2 The statistics of economic losses by typhoon disasters and government budget for the sea dyke maintenance in Guangxi coastal regions (Ten thousand Yuan)

县市 Region	经济损失 Economic losses			维护预算 Maintenance budget	
	统计年限 Statistical period	累计损失 Total loss	年均损失 Annual mean loss	1991~2000 合计 Total from 1991 to 2000	年均预算 Annual mean budget
合浦 Hepu	1965~1986	25 070	1139.5	10 510	1 051.0
北海 Beihai	1954~1986	2 149	65.1	1 185	118.5
钦州 Qingzhou	1960~1986	16 303	603.8	7 155	715.5
防城 Fangcheng	1949~1990	20 703	492.9	3 702	370.2
合计 Total		64 225	2 301.3	22 552	2 255.2

(表 1),其中至少有 85% 生长于海堤外滩涂,即现有堤外红树林岸线长是 59.2 km。这样尚无红树林,但

可发展红树林的堤外光滩长是： $453.84 - 59.24 = 394.60$ km。红树林垂直于海堤的林宽只要有 100 m 就足以充分表现出红树林对海堤的保护作用。因此，在恢复和营造红树林时将 100 m 定为标准林宽，这样每公里长海堤外恢复或营造的红树林面积相当于 10 hm^2 。海堤内的养殖沟横截面设计为梯形，上底宽 5 m、下底宽 3 m、高 1.2 m，开沟挖掘的土方足以加高和加固海堤之用。每公里海堤内养殖沟的水面相当 0.5 hm^2 。广西堤外红树林恢复、造林、养殖沟挖掘的规模和投入见表 3。

根据笔者近 5 年的实地试验和分析，广西堤外光滩红树林的造林成活率达 70%，植株平均高达 3 m，表 3 广西海堤外红树林恢复、造林和堤内养殖沟建设的规模与投入预算

Table 3 The scales and budget for mangrove rehabilitation, afforestation in front of sea dyke and construction of shrimp pond behind the sea dyke along Guangxi coast

建设内容 Construction item	岸线长 Coastal length (km)	面积 Area (hm ²)	单价 (万元/km) Unit cost (Ten thousand yuan/km)	总价(万元) Total cost (Ten thousand yuan)
恢复 Rehabilitation	59.24	592.4	4.5	266.58
造林 Afforestation	394.60	3945.8	9.0	3551.40
养殖沟 Shrimp pond	435.84	226.92	4.8	2178.43
合计 Total	/	/	/	5996.41

林子可自行发展，不出现自然退化的话，需 5~8 年（平均 6 年）的精心管理。堤外次生林低矮，若任之自然恢复到 3 m 高，平均需约 15 年的时间。因此，人工加速进展演替的技术是必要的。根据现有的技术、物价和多年的中等规模的试验，得到 6 年内恢复和营造堤外红树林标准林带的费用分别是 4.5 万元/km 和 9.0 万元/km。养殖沟费用为 4.8 万元/km（表 3）。根据恢复、造林和开沟的岸线长度，算得生态养护模式的加权平均投入强度是 13.21 万元/km，为传统模式投入强度（29.81 万元/km）的 44.31%。

4 两种海堤维护模式的效益评估

4.1 传统模式的效益

广西每公里海堤平均保护 56.79 hm^2 耕地，粮食年产量 3.11 万 kg，按每公斤 1.6 元计，年广西科学 1995 年 11 月 第 2 卷第 4 期

产值 4.98 万元。假设传统工程维护后海堤在台风暴潮中不出任何问题，其减灾效益完全实现，则每年创减灾效益 2 301.3 万元（表 2），平均为每公里海堤 3.04 万元。这样每公里海堤每年的保护耕地和减灾的总效益充其量为 8.02 万元。而实际上这是不可能的。历史事实已说明，堤外没有红树林的海堤往往不能抵挡特大台风暴潮的冲击^[2]。因此，海堤实际上实现的效益最多为潜在总效益的 90%，即 7.22 万元/km·a。

4.2 生态养护模式的效益

红树林生态养护海堤模式建立后，完全可以减少台风暴潮灾害损失的 60%，即每年 1 380.84 万元。红树林绿色屏障可以降低海堤工程维护费用 70%，即每年节约 1 678.64 万元。红树林-海堤防护系统形成后，以权数 0.3 来估算红树林对保护围垦耕地的贡献，则 453.84 km 的红树林带每年潜在效益为 677.49 万元。白骨壤是广西红树林的主要类型，面积占红树林总面积的约 35%，其果实（俗称榄钱）是广西沿海群众的日常食物，平均售价 1.8 元/kg。广西现有红树林 $5 654 \text{ hm}^2$ ，再加堤外营造的 $3 945.8 \text{ hm}^2$ 红树林，总面积将达 $9 599.8 \text{ hm}^2$ 。这样每年果实价值为 72.57 万元。堤内养殖沟以每年每公顷产出 4 500 元计，则每年养殖可收入 102.11 万元。

红树林的其它生态经济效益参照国际方法评估（表 4）。在评估时，参考印度的评估系数^[7]。因为印度的生活水平跟我国相近，可能还低于我国。表 4 中的有关系数在印度合计达 11 164 美元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ，相当于 9.4 万元人民币/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ （以 1 美元=8.4 元人民币计）。考虑到印度的红树林生长状况比我国的好，所以设定的广西红树林效益的评估系数平均比印度的低 68.1%，这样处理比较合理，以免过高估计广西红树林的效益。

由表 4 可见，广西红树林海堤生态养护模式的年总效益近 3.3 亿元。总效益除以红树林总面积（ $9 599.8 \text{ hm}^2$ ）或红树林岸线总长（453.84 km），可以得单位红树林的平均效益是 3.4 万元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 或 71.9 万元/ $\text{hm} \cdot \text{a}$ 。这一效益是传统模式（7.22 万元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ）的 9.96 倍。红树林生态系产品和服务的经济估价是一项相当复杂的工作^[8]。本文的评估尚未包括红树林区养蜂、放养家禽、红树林沉积造陆、旅游等方面的价值。

5 两种模式的投入产出比例

上述的投入和产出分析结果可总结为表 5。从表 5 可看出，传统模式的投入产出比是 0.24，而生态养

表4 广西海堤红树林生态养护模式的效益评估

Table 4 The benefit assessment of the ecological pattern of sea dyke maintenance by mangroves along Guangxi coast

效益内容 Benefit source	印度评估系数 ¹⁾ Valuation coefficient of India (US \$ /hm ² · a)	广西评估系数 Valuation coefficient of Guangxi (元/hm ² · a)	规模 Scale (hm ²)	年总效益 (万元) Annual total benefit (Ten thousand yuan)
减少自然灾害损失 60% Decreasing disaster loss by 60%	/	/	9599.8	1380.84
降低维护海堤费用 70% Decreasing cost of sea dyke maintenance by 70%	/	/	9599.8	1678.62
保护堤内耕地 Protection of reclaimed land	/	14927.9*	453.84**	677.49
白骨壤果实 Fruit of <i>Avicennia marina</i> (120 kg/hm ² · a)	/	216.0	3359.9	72.57
堤内养殖沟产出 Production of shrimp pond behind sea dyke	/	4500.0	226.9	102.11
干物质生产 Production of dry matter	50	75.6	9599.8	72.57
光合生产氧气 Oxygen production through photosynthesis	14	42.0	9599.8	40.32
防止滩涂侵蚀 Soil conservation	70	294.0	9599.8	282.23
土壤肥力保护和绿肥 Savings on fertilizers and manures	30	126.0	9599.8	120.96
维持林区动物区系 Maintenance cost for mangrove fauna	3000	8400.0	9599.8	8063.83
净化空气和水体 Air and water purification	5000	12600.0	9599.8	12095.75
对近海渔业贡献 Contribute to near shore fisheries	3000	8400.0	9599.8	8063.83

1) 来自文献 [7] From No. 7 of references. * 元/km · a; ** km

护模式却高达 5.44, 并且投入的绝对值也比传统模式的低 55.69%。生态养护模式之所以比传统模式优越得多的根本原因在于:传统模式的减灾功能和功能的稳定性完全依赖于人工能量的输入,没有人工的定期加高加固,海堤是不会自己变得坚固的。而生态维护模式中,红树林作为减灾体系的有机组成部分,它可大量地、不断地固定太阳能生长。根系的发达、枝叶的繁茂不仅增强了消浪护堤的功能,而且提高了林子的生物沉积作用,使滩涂高程上升,加固堤脚(图 1)。与此同时,发育良好的林子改良了林内和附近海洋水体的生态环境,使堤外红树林滩涂成为林区动物

和近海海洋动物的生活、繁殖、摄食和躲避天敌的理想场所,增加海洋渔业资源量^[9,10]。

6 生态养护模式的可行性问题

生态养护模式的单位投入是 13.21 万元/km (表 5), 为传统模式的 44.31%; 生态养护模式的总投入是 5996.41 万元 (表 3), 为传统模式的 26.59% (表 2)。生态养护模式所需的经费不必一次性到位,而是分 6 年到位。生态养护模式费用只是传统模式费用的小部分,但它不仅达到了传统模式加高加固海堤的主要目的,而且还恢复和营造了宽 100 m,

长 453.84 km, 面积达 3 817.98 hm² 的红树林绿色长城。生态养护模式还开发利用了堤内半咸淡水的废弃土地, 保护和培育了近海渔业资源。超出生态养护模式需要的剩余的大部分经费, 依然可以满足诸如海堤的闸门修复、砌石整治等工程款项需要。生态养护模式不占用额外的经费, 实现了传统模式所达不到的短期利益与长远利益相统一, 实现了减灾效益、生态效益和经济效益并举的持续发展的目标, 使广西海岸防护走向良性循环。

表 5 两种海堤维护模式投入和年产出的比较

Table 5 The comparisons of investment and annual production between the two patterns of sea dyke maintenance

模式 Pattern	投入 (万元/km) Investment (Ten thousand yuan/km)	产出 (万元/km·a) Production (Ten thousand yuan/km·a)	产出/投入 Ratio of production to investment
传统模式 Traditional	29.81	7.22	0.24
生态养护 Ecological	13.21	71.9	5.44
传统/生态 Ratio of the traditional to the ecological	2.26	0.10	0.04

7 问题与建议

(1) 政府有关部门应在实际工作中将红树林作为海岸防护的有利因素加以利用, 在每年的海堤维护款中划定一定的比例用于海堤外红树林的恢复和营造。支持跟海堤红树林恢复、营造、保护和开发有关的科学技术研究项目, 为红树林养护海堤生态工程的实施提供优化的理论和技术支持。

(2) 红树林海堤生态养护模式的建设是一项涉及多学科、多部门、利在当代功在千秋的海岸生态历史性工程, 其效益属于整个社会, 而非个别部门和社会团体所有。应从追求量大的社会整体效益的目的出发, 协调政府有关部门在海岸减灾工作和资源利用上的责任和利益关系。世界上任何一项生态工程历时均较长, 是社会发展的基础投资和保障。在可能的情况下, 最好能成立有多部门领导组成的海岸生态工程指挥部。

(3) 详细调查红树林跟海堤的历史关系, 调查和建立广西堤外红树林和光滩的群落、土壤、水文、保

护现状的数据库。在合浦、北海、钦州和防城进行海堤红树林生态维护的前期试验和示范。在此基础上完成海堤生态养护工程实施步骤的技术和管理规划。

(4) 严禁从红树林滩涂挖取土方用于加高和加固海堤, 以免造成堤外红树林次生林不可逆的退化和堤外宜林滩涂的散失。长期的人为破坏, 已使角果木 (*Ceriops tagal*) 从广西海岸消失, 红海榄、木榄、榄李 (*Lumnitzera racemosa*)、海漆 (*Excoecaria agallocha*) 的数量所剩无几。除红海榄外, 上述种的规模性造林已出现种源供给严重不足的问题。严格保护现有堤外红树林和堤外宜林滩涂、维持种子库是实施红树林养护海堤海岸生态工程的迫切任务。

参考文献

- 1 莫永杰, 廖思明, 葛文标等. 现代海平面上升对广西沿海影响的初步分析. 广西科学, 1995, 2 (1): 38~41.
- 2 叶维强, 庞衍军. 广西红树林与环境的关系及其护岸作用. 海洋环境科学, 1987, 6 (3): 32~38.
- 3 Kanolidin b H. The changing mangrove shorelines in Kuala Kurau, Peninsular Malaysia. Sedimentary Geology, 1993, 83: 187~197.
- 4 Azariah J et al. Impact of past management practices on the present status of the Muthupet mangrove ecosystem. Hydrobiologia, 1992, 247: 253~259.
- 5 李信贤等. 广西红树林类型及生态. 广西农学院学报, 1991, 10 (4): 70~81.
- 6 范航清, 尹毅, 黄向东等. 广西沙生红树植物-土壤相互作用及群落演替的研究. 广西科学院学报(红树林论文专辑), 1993, 9 (2): 1~7.
- 7 Untawale A G. Country reports on India. In: mangroves of Asia and the Pacific: status and management. ed by Umali R M. Quezon City, Philippines: UNDP/UNESCO, 1987, 51~87.
- 8 汉密尔顿 L S 等著. 红树林区管理指南. 郑义水等译. 北京: 海洋出版社, 1992. 113~122.
- 9 Odum E P, Heald R J. Detritus based food web of an estuarine mangrove community. In: estuarine research. ed by Croin L E. New York-London: Academic Press, 1975, 1: 256~286.
- 10 Macintosh D J. Fisheries and aquaculture significance of mangrove swamps, with special reference to the Indo-West Pacific Region. In: recent advances in aquaculture. ed by Muir J E, Roberts R J. Colorado: Westview Press, 1982, 5~85.

(责任编辑: 蒋汉明 邓大玉)