

## 生态海堤理念与实践\*

# The Conception and Practices of Ecological Sea Dyke

范航清<sup>1</sup>, 何斌源<sup>2</sup>, 王欣<sup>1</sup>, 曾聪<sup>1</sup>, 葛文标<sup>1</sup>

FAN Hangqing<sup>1</sup>, HE Binyuan<sup>2</sup>, WANG Xin<sup>1</sup>, ZENG Cong<sup>1</sup>, GE Wenbiao<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. 广西壮族自治区海洋研究院, 广西南宁 530022)

(1. Key Lab of Mangrove Protection and Utilization of Guangxi, Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Beihai, Guangxi, 536000, China; 2. Guangxi Academy of Oceanography, Nanning, Guangxi, 530022, China)

**摘要:**传统海堤建设破坏了海岸原有的动植物群落和自然景观, 中断了陆海过渡带的生物廊道和生态缓冲带, 导致海堤结构功能单一、景观单调。针对这些问题, 提出了集物理、生态和文化功能于一体的生态海堤概念, 并成功指导广西防城港市西湾红沙环生态海堤整治创新示范工程一期工程的规划和建设。本文总结了生态海堤建设时前期调查的一般步骤、空间规划时应遵循的一些科学原则, 评估了生态海堤景观与防护功能的提升效果, 分析了生态概念性规划被实际采纳率不高的原因, 给出了今后生态海堤建设的选址建议。

**关键词:**生态海堤 概念性规划 规划采纳率 效果评估

**中图分类号:** P753 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9164(2017)05-0427-08

**Abstract:** The traditional sea dykes have the characteristics of simple function and monotonous landscape, owing to destroying the original coastal fauna, flora and natural landscapes, and interruption of biological corridors and buffer zones in coastal ecotone. In view of these problems, the concept of ecological sea dyke combining the physical, ecological and cultural functions in one was proposed, and successfully applied to guide the construction of first phase of Hongshahuan ecological sea dyke project, which was completed in Fangchenggang, Guangxi of China in 2015. In this paper, the general procedures of prior investigation and some scientific criteria should be followed when planning were summarized; the promoting effects of landscape and protection capacity were evaluated; the causes of less adoption from ecological conceptual planning were analyzed; and the suitable sites were suggested for the future ecological sea dyke construction.

**Key words:** ecological sea dyke, conceptual planning, adopted rate, effect evaluation

收稿日期: 2017-10-15

**作者简介:** 范航清(1964—), 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事典型滨海湿地生态系统生态学, 典型滨海生态系统保护、恢复与利用研究, E-mail: fanhq666@126.com。

\* 科技部科技基础性工作专项(2013FY111805)项目, 广西红树林保护与利用重点实验室系统课题(2015)和广西特聘专家科研费(2017)项目资助。

## 0 引言

我国是最早建设海堤工程的国家, 修建海堤和护岸工程已成为沿海各地防灾减灾和发展生产的重要手段和措施, 具有非常重大的经济效益、社会效益和生态效益<sup>[1]</sup>。2015年中国海堤海岸线长度达到14 500 km, 占中国180 000 km海岸线总长度的80%<sup>[2]</sup>。2008年广西北部湾共有海堤349处, 总长

度 1 073.75 km, 保护人口 257.9 万人, 保护耕地面积  $7.73 \times 10^4 \text{ hm}^2$  [3]。海堤在取得重大减灾和经济效益的同时, 也产生了不少生态问题, 例如海堤建设改变了自然海岸线, 侵占了红树林湿地, 切断海堤外缘红树林随海平面上升的后撤之路 [4], 破坏了海陆过渡带生物廊道, 简化海岸景观和生物多样性。

在确保海堤物理防护功能的基础上, 提升海堤的生态价值和景观价值, 促进海岸生态建设, 无疑是有益的尝试。受广西海洋局委托, 2012 年 6 月作者从生态学角度出发, 编制完成了《广西防城港市西湾红沙环生态海堤整治创新示范工程概念性规划》, 指导了海堤工程的生态设计, 并代表广西海洋局监督了生态海堤的建设过程。本文仅从生态学角度对工程效果进行初步总结, 以期对今后我国海堤及海堤生态化建设提供借鉴和参考, 同时有助于滨海湿地整体生态

修复技术体系的建立。

## 1 工程概况

“防城港市西湾红沙环生态海堤整治创新示范工程项目”位于防城港市西湾海域顶部的红沙环岸段 (图 1), 北起倒水坳大桥西南侧海域, 南至马岭岛。整治岸线全长约 1 703 m, 岸线整治范围宽约 15~50 m。项目先北后南分二期实施, 第一期整治岸线长 803 m, 第二期整治岸线长 900 m; 总投资 3 421 万元。项目用地面积约  $20.6852 \text{ hm}^2$ , 其中海域面积  $14.4902 \text{ hm}^2$ , 陆域面积  $6.1950 \text{ hm}^2$ 。红沙环生态海堤一期工程于 2013 年开工, 2015 年竣工验收, 工程区在  $108^\circ 21' 15.3674'' \text{ E} \sim 108^\circ 21' 41.5866'' \text{ E}$ ,  $21^\circ 39' 42.3647'' \text{ N} \sim 21^\circ 40' 36.9495'' \text{ N}$ 。

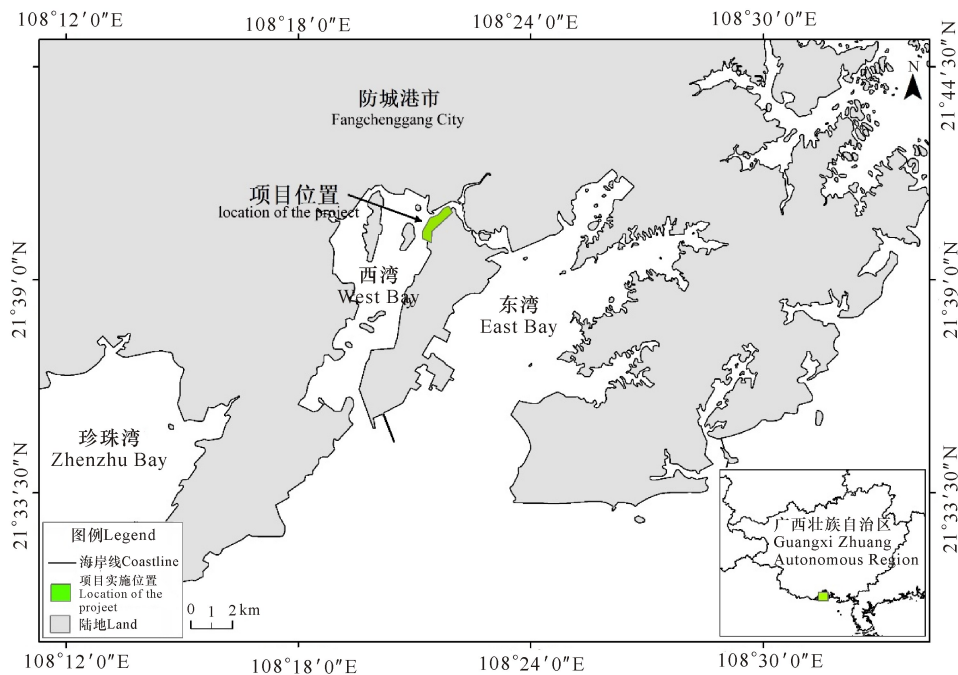


图 1 生态海堤工程项目位置示意图

Fig. 1 Location of the Hongshahuan ecological sea dyke

该区域常年平均气温为  $21.6^\circ \text{C}$ , 最冷月 1 月均温  $13.4^\circ \text{C}$ , 极端最低气温  $2.4^\circ \text{C}$ ; 年降水量 2 466.5 mm, 蒸发量 1 645.2 mm, 年均相对湿度 81%。西湾海区潮汐类型属正规日潮, 多年平均潮差为 2.25 m, 最大潮差 4.93 m, 多年平均海面 0.37 m, 多年平均海水盐度为 25.0‰。防城河自湾北部向南流入, 年均径流量  $17.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 年输沙量  $14 \times 10^4 \text{ t}$  [5]。

## 2 工程区环境压力诊断

整治工程实施之前红沙环岸线存在的主要问题有: 1) 简易海堤护坡年久失修, 不坚固, 护坡植被稀疏, 石砌堤身裸露; 2) 堤前平行于海岸线的潮沟水深

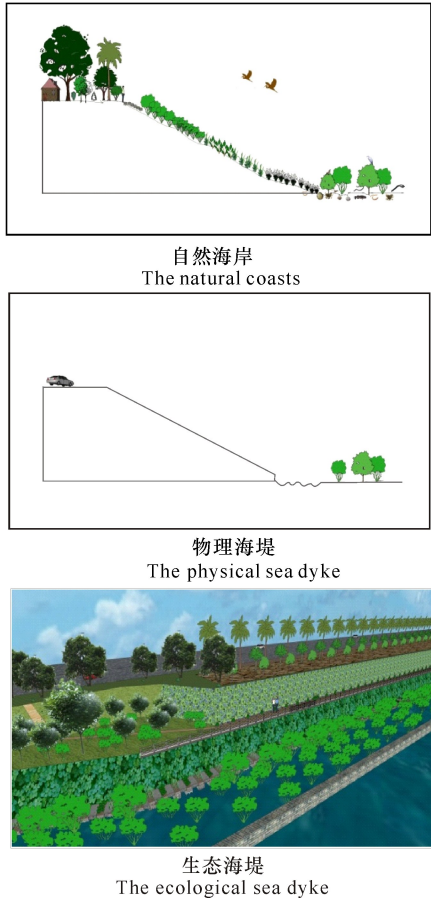
流急, 海岸侵蚀严重, 直接威胁堤脚安全和红树林的生长; 3) 海堤陆侧缺少植被, 松散表土裸露, 水土流失严重; 4) 海岸排污口流水直接冲刷滩涂, 形成低洼潮滩, 造成周边红树林滩涂的崩坍; 5) 裸露生硬的物理海堤不能给市区海湾带来任何美感, 无亲水通道, 缺乏休闲娱乐功能。

为彻底改变这一现状, 作者提出了针对性的海堤自然化、绿植化、生态化对策——生态海堤建设。

## 3 生态海堤的功能定位

自然海岸植被茂盛, 生态系列完整, 具有较强的

护岸抗侵蚀能力,但抵御强台风暴潮的能力有限;传统的物理海堤一般为砌石或钢筋水泥,不仅功能单一,而且破坏了海岸原有的动植物群落和自然景观,中断了陆海过渡带的生物廊道和生态缓冲带,降低了海陆过渡带的生物多样性,影响了人与自然的和谐,生态代价高(图2)。因此,作者提出生态海堤至少要满足物理、生态和文化三大功能:首先,物理抵御、减灾防灾功能是海堤最主要的功能;其次,生态海堤应尽量保留或人工营造接近于自然的植被与景观要素,尽可能维持所在海域原有的海洋生命基本过程;最后,生态海堤应满足当地休闲、娱乐及科普教育的需求。



勘察和生态环境调查,因地制宜地确定生态海堤的功能要素与空间配置,形成了初步的规划方案。其步骤和主要内容为:1)海岸地形地貌勘察与测量。按照防洪标准,优先确定物理海堤标准与规模,确保护岸安全功能,为工程设计奠定基础。2)海岸自然植被及其小生境的勘察与边界定位。识别和判定可保护或可修复的植被及其生境的位置与边界,为生态设计提供乡土植物群落信息。3)滩涂高程测量与植被本底情况。判定堤前滩涂是否为红树林或盐沼植物的适宜生境。如果不适宜,则需确定通过浅坝等工程措施创建适宜生境的具体方法。4)给排水。除了物理工程按规范进行给排水设计外,应特别考虑生态海堤植被对淡水的需求,因地制宜地利用降水和人工补给淡水、根部排水的设施。5)社会经济需求调研。判定是否需要布设渔事活动陆海通道、小型码头、观光休闲和科普景区与廊道等附属设施。根据需求,确定合理空间和适合位置。6)海洋环境调查。海洋生态环境调查按国家相关规范和技术指南开展,为海域使用论证和海洋环境评价提供资料。7)资料与信息汇总分析。综合相关信息,分析兼容性与符合性,完成概念规划图件和说明,为生态海堤设计、工程量估算和概算等奠定基础。

## 5 生态海堤空间规划原则与功能区块设置

在勘察分析的基础上,进行生态海堤空间规划。为了确保海岸线长度和海湾美感,作者提出生态海堤规划遵守的科学准则为:1)尽可能保留海岸原有走势与地形,摒弃岸线取直规整的传统思路;2)尽量保留和修复原有海岸植被,构造海陆过渡带,缓坡入海;3)海堤绿化尽量使用乡土滨海植物,少用城市绿化常规树种和外来树种,杜绝生物入侵种;4)临海侧海堤堤脚是海陆生物廊道的链接点,应尽可能构造异质生境,有利于物种交流。

综合海岸现状、地理气候、相关规划和需求等因素,提出红沙环一期生态海堤18个功能区块的主要建设内容(表1),为工程设计提供控制性指标。该概念规划改变了单靠钢筋水泥护岸的传统模式,创立了集海岸防护、生物多样性保留、景观优化、娱乐休闲于一体的新型生态海堤模式(图3)。

图2 自然海岸、物理海堤和生态海堤的景观差异

Fig. 2 Landscape difference among natural coasts, physical and ecological sea dykes

## 4 工程区基线调查内容

为了提出科学可行的生态海堤概念性规划,课题组建立了多学科专家组,对工程区全岸线进行了详细

表 1 广西防城港市西湾红沙环生态海堤一期工程功能区划规划与采纳情况

Table 1 The planned and adopted functional sections for the first phase of Hongshahuan ecological sea dyke project implemented in Fangchenggang, Guangxi, China

工程功能 Project function	功能区划编号 Project number	建设内容 Construction items	单位 Unit	规划规模 Design size	实际工程规模 Actual project size	
海堤护岸物理工程 Physical sea dyke project	K1	潜坝 Submerged dike	m <sup>2</sup>	241	282	
	K2	矮坝 Ground sills	m <sup>2</sup>	150	55.5	
休闲科普滨海文化工程 Coastal cultural project containing of leisure and science	K3	K3-1	基础海堤 Basic sea dyke	m <sup>2</sup>	5 004	5 610
		K3-2	简易海堤 Ordinary sea dyke	m <sup>2</sup>	735	0
	K4	栈桥 Trestle bridge	m <sup>2</sup>	1 075.5	1 194	
	K5	K5-1	木步道 Wood trails	m <sup>2</sup>	4 158	0
		K5-2	原木桩步道 Wooden stake trail	m	105	0
		K5-3	沙滩体验步道 Sand trail	m	96	0
	K6	围栏 Fencing	m	2 745	0	
	K7	古村居 The ancient village	m <sup>2</sup>	10	0	
	K8	观景平台 Sightseeing platform	m <sup>2</sup>	61	简化为草坪 Simplify to lawn	
	K9	背景音乐设施 Background music facility	m	3 278	0	
生物护岸生态工程 Biological revetment ecological project	K10	K10-1	双向垂直护坡 The bidirectional revetment	m <sup>2</sup>	2 550	
		K10-2	梯田式护坡 The terrace type revetment	m <sup>2</sup>	130	5 610
		K10-3	草坪式护坡 The lawn type revetment	m <sup>2</sup>	570	
	K11	盐沼草恢复 Salt marsh plant restoration	m <sup>2</sup>	15 614	0	
	K12	红树林恢复 Mangrove restoration	m <sup>2</sup>	20 300	10 000	
	K13	K13-1	半红树重建 Semi-mangrove rebuild	m <sup>2</sup>	470	0
		K13-2	Semi-mangrove community Restoration	m <sup>2</sup>	7 525	施工时完全破坏 Completely destroyed during the construction
	K13-3		半红树群落保留 Reserve the semi-mangrove community	m <sup>2</sup>	3 130	施工时完全破坏 Completely destroyed during the construction
	K14	沙生植被群落重建 Rebuild psammophilous vegetation community	m <sup>2</sup>	230	0	
	K15	季雨林群落重建 Rebuild monsoon community	m <sup>2</sup>	41 946	一般城市绿化, 无地带性群落特征 Common urban landscaping and no geographical zonal communities	
	K16	建筑垃圾利用 The utilize of building rubbish	m <sup>2</sup>	440	简化为普通护坡 Simplify to common revetment	
	K17	堤脚鱼礁 The bottom reef of sea dyke	m <sup>3</sup>	1 336	450 m <sup>3</sup> , 750 组 450 m <sup>3</sup> , 750 groups	
	K18	小型滨海湿地公园 Small-scale coastal wetland park	m <sup>2</sup>	32 264	除了栈桥和观鸟亭外, 未进行滨海湿地生态修复 Not implement ecological restoration in the coastal wetland except trestle bridge and bird-watching pavilion	



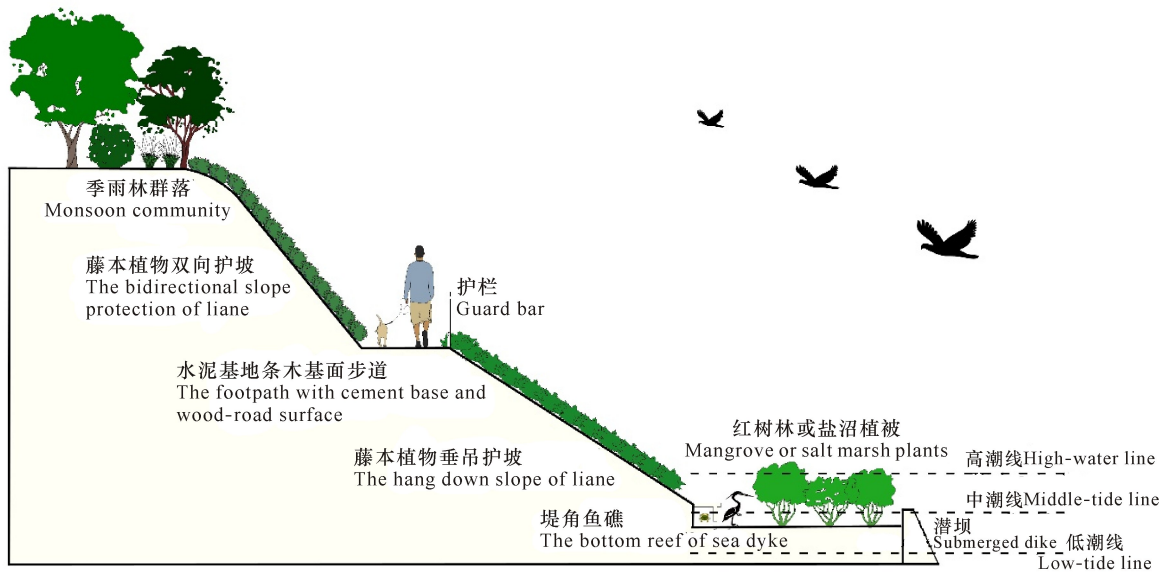


图3 生态海堤主体模式剖面图

Fig. 3 The fundamental profile map of ecological sea dyke

## 6 生态海堤效果评估

### 6.1 景观效果与防护功能

本文仅对2015年竣工的一期整治工程进行总结和评估。项目建设前后的景观变化见图4。生态整治后,西湾红沙环海堤护坡得到全面绿植化、生态化,部分岸段实现缓坡入海,提供了旧海堤中不具有的亲水通道。海上栈道和海堤步道将海堤、红树林、滩涂、储水湿地、市政道路等景观要素有机链接成一体,形成高低错落的滨海景观。红沙环生态海堤一期工程建成的优美滨海景观吸引了大量市民和游客驻足观赏,得到社会的普遍肯定,已成为防城港市的一张海洋生态名片,成为我国生态海堤建设的一个成功范例。

矮坝显著地降低了潮沟中水流速率,促进了水体中悬浮物沉积和局部区域滩涂高程提升,为原先无林滩涂上红树种苗的定植与群落重建创造了条件。2017年9月调查表明功能区块K12(表1)人工营造的红树林成活率达65%、郁闭度近50%,显著提高了区域内滩涂抵御风、浪、流等侵蚀的生态功能。红沙环生态海堤建成以来已经遭受了5次台风袭击,尤其是2014年遭受在防城港市正面登陆的、百年一遇的超强台风“威马逊”的袭击后仍安然无恙,而标准海堤建设要求仅为二十年一遇;显然,海堤+红树林、海堤物理结构+植物护坡的生态海堤组合模式提高了海堤的防护功能。

### 6.2 功能区划规划与实施符合性

概念规划与工程设计、竣工验收结果之间存在偏

差是正常现象。表1显示,海堤护岸物理工程中除了简易海堤外,其它规划建设内容得到较好地采纳。休闲科普滨海文化工程中,除了栈桥得到落实外,其它建设内容均未实现。生物护岸生态工程中,除了植被护坡和红树林恢复得到较好贯彻外,其它建设内容基本未完成。尤其遗憾的是,海岸上原有稳定的半红树群落不仅没有得到保留和修复,反而在工程建设中被全部清除,极大降低了生态海堤的自然属性与特色。“有树就生态”的谬误在季雨林重建中表现得特别突出,与普通城市绿化所采用的树种基本没有违和感,未能体现乡土地带性植被特征。堤脚鱼礁是提高海堤前沿滩涂动物生境异质性以致生物多样性的重要设施,但由于缺少前期试验,实际放置的堤脚鱼礁体积偏小、形态和巢穴设计不科学,在潮水冲击下已破损几近解体,基本上未起到破浪、生物庇护的作用。总体看,生态海堤功能区划概念规划被采纳并实施的比例低于40%。

### 6.3 规划绿化树种的采纳率分析

表2和表3分别为生态海堤一期工程绿化规划推荐树种和2017年9月实地调查时所植树种,前者有24科32属33种,后者有19科21属26种,少了7种。规划中推荐的树种全部为乡土滨海植物树种,但最后被采用的只有红鳞蒲桃、黄槿、龙船花、厚藤和露兜树5个种,采用率仅15.16%。生态海堤绿化中实际种植的树种几乎全部为城市常规绿化树种(表3),其中42%还是外来物种,生态性在一期生态海堤工程中未得到充分体现。



2012

2017

图4 广西防城港市西湾红沙环生态海堤一期工程实施前后的海岸景观

Fig. 4 Hongshahuan coast landscapes before and after the ecological sea dike project implemented in Fangchenggang, Guangxi, China



表2 生态海堤一期工程概念规划推荐的绿化树种

Table 2 Plant species recommended in concept planning for the first phase of Hongshahuan ecological sea dyke project

科 Family	中文名 Chinese name	种名 Species name
海金沙科 Lygodiaceae	海金沙	<i>Lygodium japonicum</i>
肾蕨科 Nephrolepidaceae	肾蕨	<i>Nephrolepis auriculata</i>
水龙骨科 Polypodiaceae	抱石莲	<i>Lepidogrammitis rymoglossoides</i>
番荔枝科 Annonaceae	暗罗	<i>Polyalthia suberosa</i>
	假鹰爪	<i>Desmos chinensis</i>
	紫玉盘	<i>Uvaria microcarpa</i>
樟科 Lauraceae	下龙新木姜	<i>Neolitsea alongensis</i>
	乌药	<i>Lindera aggregata</i>
仙人掌科 Cactaceae	仙人掌	<i>Opuntia stricta</i>
桃金娘科 Myrtaceae	红鳞蒲桃	<i>Syzygium hancei</i>
红树科 Rhizophoraceae	竹节树	<i>Carallia brachiata</i>
藤黄科 Guttiferae	岭南山竹子	<i>Garcinia oblongifolia</i>
梧桐科 Sterculiaceae	银叶树	<i>Heritiera littoralis</i>
锦葵科 Malvaceae	黄槿	<i>Hibiscus tiliaceus</i>
大戟科 Euphorbiaceae	海漆	<i>Excoecaria agallocha</i>
蝶形花科 Fabaceae	水黄皮	<i>Pongamia pinnata</i>
	葛藤	<i>Pueraria lobata</i>
芸香科 Rutaceae	山油柑	<i>Acronychia pedunculata</i>
	酒饼筋	<i>Atalantia buxifolia</i>
	宽翅九里香	<i>Murraya alata</i>
夹竹桃科 Apocynaceae	海芒果	<i>Cerbera manghas</i>
茜草科 Rubiaceae	龙船花	<i>Ixora chinensis</i>
	九节	<i>Psychotria rubra</i>
	蔓九节	<i>P. serpens</i>
草海桐科 Goodeniaceae	草海桐	<i>Scaevola sericea</i>
旋花科 Convolvulaceae	厚藤	<i>Ipomoea pes-caprae</i>
马鞭草科 Verbenaceae	苦郎树	<i>Clerodendrum inerme</i>
龙舌兰科 Agavaceae	剑麻	<i>Agave sisalana</i>
棕榈科 Palmae	刺葵	<i>Phoenix hanceana</i>
露兜树科 Pandanaeae	露兜树	<i>Pandanus tectorius</i>
莎草科 Cyperaceae	绢毛飘拂草	<i>Fimbristylis sericea</i>
禾本科 Gramineae	沟叶结缕草	<i>Zoysia matrella</i>
	鬣刺	<i>Spinifex littoreus</i>

表3 2017年9月调查时生态海堤一期工程实际采用的绿化树种

Table 3 Plant species actually used in the first phase of Hongshahuan ecological sea dyke project as investigated on September 2017

科 Family	中文名 Chinese name	种名 Species name	原产地 Source
樟科 Lauraceae	香樟	<i>Cinnamomum camphora</i>	本地 Native
千屈菜科 Lythraceae	小花紫薇	<i>Lagerstroemia micrantha</i>	台湾 Taiwan
紫茉莉科 Lythraceae	三角梅	<i>Bougainvillea glabra</i>	巴西 Brazil
桃金娘科 Myrtaceae	红鳞蒲桃	<i>Syzygium hancei</i>	本地 Native
	海南蒲桃	<i>S. hainanense</i>	海南 Hainan
玉蕊科 Lecythidaceae	玉蕊	<i>Barringtonia racemosa</i>	台湾、海南 Taiwan, Hainan
使君子科 Combretaceae	小叶榄仁	<i>Terminalia mantaly</i>	非洲 Africa
木棉科 Bombacaceae	美丽异木棉	<i>Chorisia speciosa</i>	南美 South America
锦葵科 Malvaceae	黄槿	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	本地 Native
含羞草科 Mimosaceae	银叶金合欢	<i>Acacia podalyriifolia</i>	澳大利亚 Australia
蝶形花科 Fabaceae	刺桐	<i>Erythrina variegata</i>	美洲 Americas
桑科 Moraceae	印度榕	<i>Ficus elastica</i>	印度等 India etc.
	柳叶榕	<i>F. irregularis</i>	我国栽培种 Chinese cultivated species
	榕树	<i>F. microcarpa</i>	本地栽培 Native cultivated species
	笔管榕	<i>F. superba</i>	台湾福建等 Taiwan, Fujian etc.
	金叶榕	<i>F. microcabacv</i>	我国栽培种 Chinese cultivated species
夹竹桃科 Apocynaceae	糖胶树	<i>Alstonia scholaris</i>	广西、云南 Guangxi, Yunnan
	欧洲夹竹桃	<i>Nerium oleander</i>	地中海 Mediterranean
	黄蝉	<i>Allemanda neriiifolia</i>	巴西 Brazil
茜草科 Rubiaceae	龙船花	<i>Ixora chinensis</i>	本地 Native
菊科 Compositae	南美螞蟥菊	<i>Sphagneticola trilobata</i>	美洲入侵植物 Americas invasive plant
旋花科 Convolvulaceae	厚藤	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	本地 Native
龙舌兰科 Agavaceae	朱蕉	<i>Cordyline fruticosa</i>	外来 Exotic species
露兜树科 Pandanaeae	露兜树	<i>Pandanus tectorius</i>	本地 Native
莎草科 Cyperaceae	风车草	<i>Cyperus alternifolius</i>	非洲 Africa
禾本科 Gramineae	结缕草	<i>Zoysia sp.</i>	本地 Native

## 7 讨论

随着科学发展观和绿色发展理念的形成与发展,海堤工程的设计与建设理念也相应地更新发展,兼顾生态需求,合理引入生态工程技术,减轻工程对生态系统的负面影响,已逐渐成为共识<sup>[1,3-4,6-9]</sup>,但目前实践案例极为少见。与砌石陡墙、钢筋混凝土结构的传统海堤相比,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)的通知》<sup>[10]</sup>(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。防城港红沙环岸线经过了此番整治修复,重新具有了自然海岸形态特征和生态功能,因此该岸段被列为《广西海洋生态红线划定方案》(报批稿)<sup>[11]</sup>的重点保护自然岸线,也纳入《防城港市海岸线保护与利用规划(2017—2020年)》(报批稿)<sup>[12]</sup>的限制开发岸段之列,这与《海岸线保护与利用管理办法》<sup>[13]</sup>强调“整治修复后具有自然海岸形态特征和生态功能的海岸线纳入自然岸线管控目标管理”的精神相符。总体上,生态海堤工程极大地提高了这一岸段的景观水平、生态效益和社会效益。

生态海堤建设是一个跨学科合作的新生事物,在规划、设计与施工各环节中,理念、认知与行业标准之间的不尽相符是难以避免的。对红沙环生态海堤一期工程而言,虽然功能区块规划被采纳并实施的比例仅40%左右,规划推荐树种的被采用率仅15.16%,但毕竟朝生态化方向迈出了重要一步,开拓性与示范意义重大。

造成理想与现实之间差距的原因是多方面的,概念规划方、工程设计方和施工方在理念追求和技术把握上的相互脱节可能是最重要的。首先,由于不是海堤建设方面的专家,概念规划团队提出的生态化形式和指标要求可能过高,过于理想化。其次,工程设计团队的生态知识背景和相关技术经验直接地影响到理念取向与设计成果。最后,施工团队出于施工便利、成本控制、工艺和材料等问题,中途提出变更建设指标要求。例如,由于概念规划上提出的绝大部分乡土滨海植物不是常规绿化树种,市场上没有此类苗木出售,同时缺乏成熟的养护技术,施工方提出变更要求,导致推荐树种被采用的比例很低。

尽管生态海堤的生态效益和社会效益极为显著,但相较于传统标准化海堤,生态海堤建设成本高出

50%~100%,因此大规模进行生态海堤建设目前并不实际,但适合于对生态景观和人文氛围有特别需求的海岸,如海洋自然保护区、滨海湿地公园、海洋公园、滨海城市风景岸段、海洋度假区、临海房地产开发区等。在这些区域,额外增加的生态与文化成本可以通过生态环境改善产生的间接效益得到回报,尤其是在发达地区,生态海堤带来的经济效益很可能远远超过生态海堤的建设成本。

### 参考文献:

- [1] 刘琦波,陈伟国,胡明华,等.我国海堤建设与景观生态问题[J].人民长江,2006,37(11):93-94,97.  
LIU Q B, CHEN W G, HU M H, et al. The problems in sea dike construction and landscape and ecology of China [J]. Yangtze River, 2006, 37(11): 93-94, 97.
- [2] 国家发展改革委,水利部.全国海堤建设方案[Z]. 2017.  
NDRC, MWR. National seawall construction scheme [Z]. 2017.
- [3] 邹世平.广西海堤堤型结构优化研究[J].广西水利水电,2009(3):88-92.  
ZOU S P. Optimization of sea dike structure in Guangxi [J]. GX Water Resources & Hydropower Engineering, 2009(3): 88-92.
- [4] 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.
- [5] 孟宪伟,张创智.广西壮族自治区海洋环境资源基本现状[M].北京:海洋出版社,2014.  
MENG X W, ZHANG C Z. Basic status of marine environment resources in Guangxi Zhuang Autonomous Region [M]. Beijing: Ocean Press, 2014.
- [6] 孙东亚,董哲仁.关于堤防工程规范中增加生态技术内容的建议[J].水利水电技术,2005,36(3):4-8.  
SUN D Y, DONG Z R. Suggestions on the supplement of Technologies of Ecological Engineering to Dike Codes [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2005, 36(3): 4-8.
- [7] 杨沅志.深圳市大鹏半岛海堤生物安全防护现状调查与评价[J].林业调查规划,2012,36(1):63-68.  
YANG Y Z. Investigation and evaluation of ecological method in sea shore dyke in dapeng peninsula of Shenzhen [J]. Forest Inventory and Planning, 2012, 36(1): 63-68.

(下转第 440 页 Continue on page 440)



- [29] NOAA Headquarters. NOAA declares third ever global coral bleaching event; Bleaching intensifies in Hawaii, high ocean temperatures threaten Caribbean corals [EB/OL]. (2015-10-08)[2015-10-25]. www. science-daily. com/releases/2015/10/151008083753. htm.
- [30] EAKIN C M, LIU G, GOMEZ A M, et al. Global coral bleaching 2014-2017; Status and an appeal for observations[J]. Reef Encounter, 2016, 31(1): 20-26.
- [31] HOEGH-GULDBERG O, EAKIN, HODGSON C M, et al. Climate change threatens the survival of coral reefs. ISRS consensus statement on climate change and coral bleaching[EB/OL]. [2015-10-26]. http://www. gci. uq. edu. au/climate-change-threatens-survival-of-coral-reefs.
- [32] WELLS S, HOEGH-GULDBERG O, GUILLAUME M. Cardboard boxes, “consensus”, COP21 and Climate change[J]. Reef Encounter, 2016, 31(1): 11-14.
- [33] JACKSON J B C, DONOVAN M K, CRAMER K L, et al. Status and trends of caribbean coral reefs: 1970-2012 [Z]. Gland, Switzerland: IUCN, Global Coral Reef Monitoring Network, 2014: 1-304.
- [34] CRESSEY D. Terry Hughes: Reef sentinel[J]. Nature, 2016, 540: 510-511.
- [35] HUGHES T P, KERRY J T, ÁLVAREZ-NORIEGA M, et al. Global warming and recurrent mass bleaching of corals[J]. Nature, 2017, 543(7645): 373-377.
- [36] GONZÁLEZ-RIVERO M, BEIJBOM O, RODRIGUEZ-RAMIREZ A, et al. Scaling up ecological measurements of coral reefs using semi-automated field image collection and analysis [J]. Remote Sensing, 2016, 8(1): 30. DOI: 10. 3390/rs8010030.
- [37] GONZÁLEZ-RIVERO M, BONGAERTS P, BEIJBOM O, et al. The Catlin Seaview Survey - kilometre - scale seascape assessment, and monitoring of coral reef ecosystems[J]. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 2014, 24(S2): 184-198.
- [38] HASSALL G, LATHAM R. 50 Reefs; World-first global plan says only 10 pc of coral reefs can be saved from extinction[Z]. 2017-05-21.
- [39] 50 Reefs. A global plan to save corals from extinction [EB/OL]. (2017-03-12). http://ens-newsire. com/2017/03/12/50-reefs-a-global-plan-to-save-corals-from-extinction/.
- [40] HATCHER H, JOHANNES R, ROBERTSON A. Review of research relevant to the conservation of shallow tropical marine ecosystems[J]. Oceanography & Marine Biology, 1989, 27: 337-414.
- [41] HODGSON G. A global assessment of human effects on coral reefs[J]. Marine Pollution Bulletin, 1999, 38(5): 345-355.
- [42] 余克服, 赵焕庭. 迎接我国珊瑚礁学科发展的春天——中国第四纪科学研究会珊瑚礁专业委员会 2016 年度学术会议[J]. 热带地理, 2016, 36(1): 1-2.
- YU K F, ZHAO H T. To meet spring of development of coral reef science in China—2006 annual meeting of coral reef committee of Chinese association for quaternary research[J]. Tropic Geography, 2016, 36(1): 1-2.

(责任编辑: 陆 雁)

(上接第 434 页 Continue from page 434)

- [8] 严飞, 董学刚. 长江口炮台湾湿地公园生态景观型海堤设计[J]. 人民长江, 2012, 43(S1): 7-10.
- YAN F, DONG X G. Ecological landscape type seawall design in Paotai Bay Wetland Park Yangtze estuary[J]. Yangtze River, 2012, 43(S1): 7-10.
- [9] 赵楠. 滨海堤防生态景观设计方法研究[J]. 河南水利与南水北调, 2014(11): 23-29.
- ZHAO N. Study on the design method of coastal embankment ecological landscape [J]. Henan Water Resources & South-to-North Water Diversion, 2014(11): 23-29.
- [10] 国家海洋局. 围填海工程生态建设技术指南(试行)的通知(国海规范[2017]13号)[Z]. 2017-10.
- CSOA. Technical guide for ecological construction of reclamation works (Trial) (CSOA Standard [2017]13) [Z]. 2017-10.
- [11] 广西壮族自治区海洋局. 《广西海洋生态红线划定方案》(报批稿)[R]. 2016-10.
- GXOA. The marine ecological redline scheme in Guangxi (Draft) [R]. 2016-10.
- [12] 防城港市海洋局. 《防城港市海岸线保护与利用规划(2017-2020年)》(报批稿)[R]. 2017-10.
- FCGOA. The protection and utilization plan of shore line in Fangchenggang City (2017-2020) (Draft) [R]. 2017-10.
- [13] 国家海洋局. 海岸线保护与利用管理办法[Z]. 2017-03.
- CSOA. The administrative measures of the shore line protection and utilization[Z]. 2017-03.

(责任编辑: 陆 雁)