

# 江苏典型入海河口段海堤改造方案

黄 哲<sup>1,2</sup>, 赵一晗<sup>3</sup>, 甄 峰<sup>4</sup>, 曹善宇<sup>4</sup>, 王登婷<sup>1,2</sup>

(1. 水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院, 江苏 南京 210024;

2. 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098;

3. 江苏省水利厅, 江苏 南京 210029; 4. 江苏省水利工程科技咨询股份有限公司, 江苏 南京 210029)

**摘要:**海堤工程在发挥巨大社会、经济效益的同时,对于生态系统也产生了不同程度的影响,研究与生态友好的海堤工程技术和方法,开展海堤工程的生态建设,是现代水利工程建设的重要任务和必然趋势。汇总了典型入海河口段海堤生态化改造国内外研究进展,结合江苏省启东市某海堤现场调研情况,对河口段海堤建设思路进行了探讨,提出了江苏省入海河口段海堤生态化改造建设基本原则、基本思路及实施方案,相关成果可供相似工程参考使用。

**关键词:**海堤改造; 生态海堤; 建设思路; 实施方案

中图分类号:U656.2

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2021)05-0024-0004

## Transformation scheme of seawalls in the typical estuary section of estuary in Jiangsu Province

HUANG Zhe<sup>1,2</sup>, ZHAO Yihan<sup>3</sup>, ZHEN Feng<sup>4</sup>, CAO Shanyu<sup>4</sup>, WANG Dengting<sup>1,2</sup>

(1. Nanjing Hydraulic Research Institute, National Energy Administration, Ministry of Transport, Ministry of Water Resources, Nanjing 210024, China;

2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resource and Hydraulic Engineering, Nanjing 210098, China;

3. Water Resources Department of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China;

4. Jiangsu Province Water Engineering Sci-tech Consulting Co., Ltd., Nanjing 210029, China)

**Abstract:** While seawall project exerts huge social and economic benefits, it also has varying degrees of impact on the ecosystem. To study eco-friendly seawall project technologies and methods, and to carry out the ecological construction of seawall projects is the most important tasks and inevitable trends of modern water conservancy project construction. This article summarizes the research progress of ecological seawalls at home and abroad, combined with the on-site investigation of a seawall in Qidong City, Jiangsu Province, discusses the ideas of ecological seawall construction, and puts forward the basic principles, basic ideas and implementation plans of ecological seawall construction. Relevant results can be used for reference.

**Key words:** seawall transformation; ecological seawall; construction ideas; implementation plan

海堤是抵御沿海地区台风风暴潮灾害、保障经济发展和人民群众生命财产安全的重要基础设施,在防御台风风暴潮中发挥了重要作用。江苏沿海

地区海堤建设以斜坡堤为基本结构形式,部分地区还建有一些直立式和复合式海堤。

随着对海堤工程的深入认识及对生态环境的

收稿日期:2021-12-31

基金项目:江苏省水利科技项目(2019009)

作者简介:黄哲(1993—),男,工程师,硕士,主要从事波浪与建筑物相互作用研究。

通信作者:王登婷(1976—),男,教授级高级工程师,博士,主要从事波浪与建筑物相互作用研究。E-mail:dtwang@nhri.cn

关注,人们逐渐认识到海堤工程在发挥巨大社会效益、经济效益的同时,对于生态系统也产生了不同程度的负面影响,研究与生态友好的海堤工程技术和方法,开展海堤工程的生态建设,是现代水利工程建设的重要任务和必然趋势。

生态海堤是指在海岸、河口地区修筑的一种以保护沿海地区免受潮浪袭击为主、兼顾生态功能的一种挡水建筑物,相对于传统的海堤工程,生态海堤的建设更为尊重生态自然规律,同时融合海堤工程和自然生态系统,充分发挥海堤工程在维持生态平衡中的重要作用。

本文针对国内外生态海堤研究进展进行了总结,提出了生态海堤建设实施方法,并以江苏省启东市某海堤为例,对生态海堤建设思路进行了探讨。

## 1 相关研究进展

在国外,荷兰、美国、德国、澳大利亚、日本等国对生态海堤、生态海岸的问题重视较早。

荷兰代尔夫特海岸实施的“泥沙引擎”示范工程,从岸外取沙向近岸吹填形成半岛状沙体,作为一个固定沙源,在波浪作用下向周边岸段自然运输泥沙,形成对堤前滩面的自然补给和养护,保护海堤<sup>[1]</sup>。

在德国、美国、澳大利亚以及东南亚等国家,也优先采用保留天然海岸动力的海岸防护策略,选用亲和性的海岸防护型式,如优先采用人工补沙、培育连续的沙丘链和修建近自然海堤丁坝等。通过结合海岸具体情况设置海岸防护沙丘、木质丁坝、移动式海堤、盐沼地、防护林及海岛防护等近自然防护措施,或将这些措施组合,形成生态海岸防护系统<sup>[2-4]</sup>。

随着科学进步,海堤工程对河口与海洋的生态系统可能造成不同程度的负面影响,充分认识这种负面作用,积极采取工程措施和生物措施,对受损生态系统予以补偿,是实现人与自然和谐目标的重要任务。针对这些问题,国内学者们开始就海堤与海岸带环境的相互影响进行更深一步的探讨,取得了一定的进展,并且在国内部分地区得到了成功的应用<sup>[5-7]</sup>。

目前江苏省生态海堤建设进度相对滞后。《江苏省海堤建设及生态海堤研究》<sup>[8]</sup>中分别对连云港市、盐城市和南通市海堤建设情况开展了相应研究,总结了江苏省生态海堤建设现状,提出了江苏

省生态海堤建设指南。

## 2 生态海堤建设实施方法

现阶段国内外对生态海堤建设已较为重视,海堤及海岸防护的生态建设已有较多的成功案例,在实际操作中,虽然各海堤的自然环境特征和国情存在差异,但在设计理念、管理措施等方面值得借鉴。如采用替代方案减少海堤硬化、尽可能减缓海堤坡度与自然地形平顺过渡、堤外保滩促淤保护海堤安全和海岸生态健康、糙化硬质护面塑造多样环境、人工礁体护脚、盐沼植被恢复、沙滩养护等。

### 2.1 基本原则

(1)安全性原则。在生态海堤建设中,首要要求就是在满足高堤防建设水平和建设标准的前提下,确保水域周边居民的人身安全。因此,安全性是生态海堤建设的根本要求。

(2)自然生态性原则。在构筑堤防时,一方面尽量不破坏水域自然环境特征;另一方充分利用自然材料,最大程度地提升生态价值。

(3)因地制宜。我国沿海跨越热带、亚热带以及温带地区,海岸类型有粉砂质海岸、淤泥质海岸、基岩型海岸等。各个地区具有其温度、植被、海床质以及动力等特点。在生态海堤建设中必须考虑当地的特点,做到因地制宜。

(4)亲水性原则。通过建设海堤,给当地居民提供一个人性化的活动和休憩场所,在保证居民安全的前提下给人们欣赏水景、接近水面的一个场所。

(5)系统化原则。海堤设计过程中考虑其整体性、层次性、动态性,在不同的水深呈现不同的景观。

### 2.2 基本思路

(1)生态友好性现状评估。建立海堤工程生态友好性评价体系,对已建海堤工程的现状进行生态友好性评估,根据评估结论,明确已建海堤工程是否要开展生态建设以及在哪些区域开展和如何开展等。

(2)堤轴线布置。海堤位于水陆交界处,堤轴线决定了水面和陆地轮廓形态,应该坚持因地制宜,尽量保留自然形态,保留或恢复其蜿蜒性,使得眺望时具有纵深感。

(3)断面结构形式选择。在堤型选择方面,应该多选缓坡,借助阶梯、戏水区使其成为人们与水进行交流的场所,同时尽量丰富不同区段海堤断面结构形式。

(4)护面结构及筑堤材料选择。硬性护面会封闭堤岸表面,隔绝土与水体间的物质交换,影响生态的平衡,导致环境恶化,故应避免使用硬性护面,而选择透水性能好的护面结构,建立水陆过渡带的生态缓冲带,同时,建议选用环保的材料。

### 2.3 实施方案

(1)无海堤的情况。在无海堤时,考虑恢复天然潮间带、保护海岸线与原生植被,并且利用植物和临时构筑物保护海岸线,如潜堤等破波屏障,实现对近岸的软防护。

(2)已有海堤的情况。对已有海堤的情况,尽量不通过增加海堤顶高程和海堤规模来提高防浪挡潮的效果,可在海堤表面增加粗糙度和纹理,减小波浪爬高,也可在防浪墙外侧增加反弧,减小堤顶越浪。

在海堤陆侧种植树木、灌木和草,增加生态性及景观性。在海堤临海侧,种植红树林、刺槐、碱蓬等耐盐碱植物,使波浪作用于海堤之前提前发生破碎,减小其对海堤的冲击力。在植被较难生长的区域,也可在堤脚处抛放人工鱼礁等多孔洞结构物质,通过产生上升水流将海底的营养物质带到上层水体,吸引鱼群,丰富近岸生物系统。

(3)新建海堤的情况。对于新建海堤,需要做到生境多样性和复杂性的最大化,投放人工鱼礁石或不同大小和形状的卵石,设置孔洞,为动植物的生长提供合适的环境。

尽量做到缓坡入海,设置多级斜坡、平台,减小海堤在视觉上的冲击感,使其与周边景观相协调,通过多级平台为游客创造亲水空间。筑堤选用环境友好型材料,不影响周边动植物的生长。在河口、内河附近种植树木灌木和草类,优化周边的生态环境和景观。

## 3 启东市海堤生态化改造方案

江苏省海堤北起赣榆县绣针河口,南至长江口启东嘴,涉连云港、盐城、南通三市。现有海岸线长954 km,主海堤775 km,其中侵蚀性堤段长338 km(含严重侵蚀段长100 km,主要分布在沿海北部)。江苏省海堤达标工程从1997年开始,工程设计标准为50年一遇高潮位加10级风(24.5~28.4 m/s)浪爬高和安全超高。迄今为止,江苏沿海海堤达标工程已经完成。

然而,江苏省海堤建设以防洪保安和挡潮御卤为目标,未充分考虑与植物护岸、湿地等生态措施

协同,工程建设甚至对沿海环境造成了一定影响,这一问题逐渐得到政府及学者们的重视。本节以江苏省启东市某海堤为例,提出适合当地的生态化改造方案。

工程区海堤由于受到临海侧鱼塘以及背海侧河道限制,改造方案无法从变化堤轴线角度考虑其景观性及生态性;同时,堤身宽度无法调整,海堤临海侧滩面高程较高,堤顶到滩面的高差较小,坡面距离较短,不利于布设亲水平台和多级斜坡,无法从断面结构形式方面考虑其生态性。

受以上因素制约,本次生态海堤实施方案从护面结构筑堤材料多样性以及临海侧、背海侧生态改造的角度开展,具体实施方案如下:

### 3.1 护面结构及材料的多样化选择

拟分区段选用3种不同的护面结构,分别为聚氨酯碎石护坡(材料为水工专用聚氨酯及普通碎石)、灌砌块石护坡(材料为块石及混凝土)和镂空驼峰型生态护坡结构(材料为混凝土加配钢筋)。

聚氨酯生态碎石护坡是利用水工专用聚氨酯优良的物理力学性能及粘结性能,通过其粘结型的内约束机制将普通的碎石组合形成一个坚固、稳定、开放的弹性结构,由于水工聚氨酯在整个系统中所占比重很小,天然碎石间的多孔渗水结构得以保留,这使得护坡结构的消浪性和稳定性得到了大幅度的提高,同时多孔结构为植被和滩涂生物、底栖生物等创造了具有吸引力的栖息地。2020年9月,聚氨酯生态碎石护坡应用技术列入了水利部《2020年度水利先进实用技术重点推广指导目录》,被认定为水利先进实用技术。

镂空驼峰型生态护坡结构是一种新型护面,护面结构形式见图1。这种内外透水的护面具有良好的消能效果、稳定性能和生态效应,保留了垫层碎石的多孔渗水结构,与传统方法相比,其消减波浪冲击力的能力得到了大幅度的提高,垫层碎石间的孔隙也有助于水草等植物的生长。

除聚氨酯碎石和镂空驼峰型生态护坡外,考虑到护面结构形式的多样化,部分区段采用灌砌块石护坡,这种护坡在国内外应用较多,是最常见的护面结构之一,石块间空隙被充塞密实,因而具有更好的整体性、密实性和强度,可以防止渗水漏水,增加抵抗侵蚀的能力。针对其适用条件、施工工艺等方面的研究成果也较为成熟。

### 3.2 临海侧生态改造方案

临海侧生态改造方案的主要内容包括堤前、外



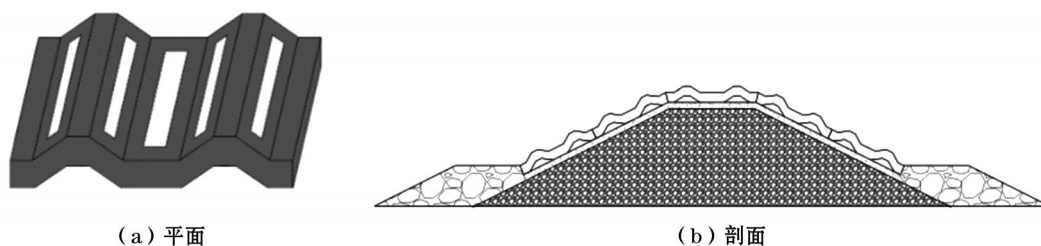


图1 镂空驼峰型生态护坡

坡改造。待修复海堤拟设置包括聚氨酯碎石护坡段、灌砌块石护坡段、镂空驼峰型生态护坡段在内的3种不同海堤结构。

在聚氨酯碎石护坡、灌砌块石护坡上部预留种植孔。在护面施工过程中,将PVC管插入碎石垫层中,冲破土工布,插入堤心泥土中。PVC管在移栽植物时能拔出,有序种植植物。

在工程区东南侧设置刺槐种植区。此外,在其他区段海堤临海侧滩面空间充足的位置,也建议种植刺槐或其他耐盐碱植物。

### 3.3 背海侧生态改造方案

背海侧生态化改造方案的主要内容包括堤顶、后坡及堤后改造。在堤顶路面双向车道之间设0.75 m宽绿化隔离带,隔离带中种植碱蓬。对背海侧坡面进行绿色改造,覆盖种植土,种植常青草类及小型灌木,通过园艺设计,人工修剪后构成一些能反映当地文化特色的图案。对内侧坡面原本植物生长情况较好的区段,则仅进行适当修复改造。

海堤与河流之间设置滨河景观带,景观带间隔种植树木。沿景观带布置渔业文化、江海文化等能够体现当地特色的微型景点,供游客休憩的同时推广南通及启东地方文化。

背海侧除一般断面段外,还设置有休憩区,加宽堤顶,增设休憩区,平台上部布置石凳并种植绿植,供游客休息。平台后方设置台阶用于连接海堤堤顶与堤后的滨河景观带,便于游客上下海堤。

## 4 结 论

本文根据国内外生态海堤研究经验,提出了生态海堤建设实施方法,并结合江苏省启东市某海堤,对生态海堤建设思路进行了探讨,得到如下结论:

(1)生态海堤建设应遵循安全性、自然生态性、亲水性、系统化以及因地制宜的原则。

(2)生态海堤建设应首先对工程及周边生态友好性现状开展评估,根据评估结论从堤轴线布置、断面结构形式、护面结构及筑堤材料等角度开展生态化改造。

(3)启东市某海堤需开展修复加固,受到临海侧养殖塘以及背海侧河道制约,无法改变堤轴线及堤身尺寸。

(4)本研究提出了护面结构筑堤材料多样性以及临海侧、背海侧生态改造的生态海堤实施方案。

### 参考文献:

- [1] 刘大为,王铭晗,宫晓健,等. 荷兰人工育滩工程 Sand Motor的经验与启示[J]. 海洋开发与管理,2017,34(6): 61-65.
- [2] 郑金海,冯向波,陶爱峰,等. 德国梅-前州和下萨克森州的海岸防护新理念与新型式[C]//中国海洋工程学会. 第十五届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集(中)北京:中国海洋工程学会,中国海洋学会海洋工程分会, 2011:7.
- [3] 赵鹏,朱祖浩,江洪友,等. 生态海堤的发展历程与展望[J]. 海洋通报,2019,38(5):481-490.
- [4] 郑璐. 近岸海床地形演变特征分析方法研究与应用[D]. 上海:华东师范大学,2016.
- [5] 杨燕雄,张甲波,刘松涛. 秦皇岛海滩养护工程的实践与方法[J]. 海洋地质前沿,2014,30(3):1-15.
- [6] 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(增刊1):7-10.
- [7] 吉蕾蕾. 中水珠江发挥生态环境治理技术优势——围绕水生态做好水文章[N]. 经济日报,2019-6-4(11版).
- [8] 王登婷,陈长奇,赵一晗,等. 江苏省海堤建设及生态海堤研究[M]. 北京:海洋出版社,2020.