

## 生态护坡在海塘内青坎整治工程中的应用探讨

刘正洪

上海市金山区海洋海塘管理所, 上海 201508

**[摘要]**随着生态文明建设理念的深入与实践经验的积累,传统的海塘防护与内青坎整治工程正经历着从单纯注重结构安全与防洪效能,向统筹安全、生态、景观与可持续发展并重的深刻转型。文中以上海市金山区海洋海塘管理所历年来的内青坎整治工程实践为背景,回顾了从传统重力式、悬臂式挡墙,到引入多种生态友好型结构型式的发展历程。结合历年岁修工程中内青坎整治的技术探索,系统梳理生态护坡技术在内青坎的应用类型、实践案例、成效与挑战,并对其未来发展方向进行探讨,以为同类工程的规划、设计与实施提供实证参考。

**[关键词]**生态护坡;海塘;内青坎整治;金山区

DOI: 10.33142/hst.v9i2.19161

中图分类号: S157

文献标识码: A

## Application Exploration on Ecological Slope Protection Inner Qingkan Remediation Project in Seawall

LIU Zhenghong

Shanghai Jinshan District Marine Seawall Management Office, Shanghai, 201508, China

**Abstract:** With the deepening of the concept of ecological civilization construction and the accumulation of practical experience, traditional seawall protection and inner Qingkan remediation projects are undergoing a profound transformation from simply focusing on structural safety and flood control efficiency to balancing safety, ecology, landscape, and sustainable development. The article reviews the development process from traditional gravity and cantilever retaining walls to the introduction of various eco-friendly structural types, based on the practice of the inner Qingkan remediation project by the Jinshan District Marine Seawall Management Institute in Shanghai over the years. Based on the technical exploration of the treatment of inner green ridges in annual maintenance projects over the years, this paper systematically sorts out the application types, practical cases, achievements, and challenges of ecological slope protection technology in inner green ridges, and explores its future development direction, in order to provide empirical reference for the planning, design, and implementation of similar projects.

**Keywords:** ecological slope protection; seawall; inner Qingkan remediation; Jinshan District

### 引言

海塘工程是抵御风暴潮侵袭、保障沿海地区人民生命财产安全的重要屏障。位于杭州湾北岸的上海市金山区,其海塘防线尤为重要。海塘内侧的青坎(指背水坡脚至管理范围边界之间的带状区域),长期以来承担着稳定堤脚、辅助排水、提供巡查通道等多重功能。然而,受水文冲刷及地质条件等因素影响,内青坎的侵蚀、塌陷等问题时有发生,因此,岁修中的内青坎整治一直是金山区海塘所的一项持续性重点工作。

回顾金山区的内青坎整治史,早期,工程实践侧重于结构的坚固与施工的便捷,普遍采用浆砌块石挡墙、钢筋混凝土悬臂式挡墙等刚性支挡结构。这些方法虽能快速见效、稳定性强,但其硬质化、封闭式特性也带来了不容

忽视的生态与环境副作用:割裂了水陆生态联系,阻隔了土壤与水体间的物质能量交换;墙体自身缺乏渗透性,影响地下水补给;硬质表面缺乏生机,景观生硬单调;更重要的是,其基础开挖往往对原有坡体造成较大扰动,若周边植被恢复不力,反而可能加剧局部水土流失,长期来看对整体生态环境产生负面影响。

当前,“生态海塘”“景观海塘”已成为海塘工程建设与管理的明确方向。这一转型要求我们在保障工程安全这一根本前提之下,将生态保护与修复置于突出位置。生态护坡技术,作为一种力求实现边坡稳定、水土保持与生态恢复协同共生的工程技术体系,正契合了这一发展需求。它旨在利用植物或植物与土木工程材料相结合的方式,在满足工程力学要求的同时,重建或修复健康的岸坡生态系统。

## 1 生态护坡的内涵、分类及其与传统护坡的对比

### 1.1 生态护坡的内涵与核心原则

生态护坡并不是单纯的绿化工作，它实则是一个综合性的工程技术体系。它的核心内涵体现为：要遵循自然规律来行事，同时运用生态学知识、工程力学原理以及景观美学理念，借助构建起植物群落跟工程结构相互补充、配合的体系，从而使岸坡能够实现长期稳固的状态、减少水土流失、呈现出和谐自然的景观。其核心原则主要以下几点：安全性原则（要把保障边坡的稳定当作首要任务）、生态性原则（推动生物多样性的提升、促使生态功能的恢复）、景观性原则（提升周边水陆环境），还有耐久性与经济性原则。

### 1.2 生态护坡的主要分类

在工程实践当中，生态护坡主要分为以下几类：直植型生态护坡，附着型生态护坡和砌块型生态护坡：

（1）直植型生态护坡：是指直接在坡面上种植草皮或灌木，通过植被的根系固定坡面土壤，减缓水流冲刷，实现固土护坡、生态修复。这种护坡施工简单、成本较低、生态效益显著，适用于坡度较缓、冲刷强度较小、土壤条件较好的区域。

（2）附着型生态护坡：利用工程材料为植物生长提供载体或初步稳定，主要有生态袋、纤维毯、绿化混凝土、水土保持毯、固化土等型式。这种护坡兼具防护功能和生态恢复功能，适用于坡面坡度适中、冲刷强度中等、土壤条件较差的区域。

（3）砌块型生态护坡：运用带有空隙或者能够填充土料的预制构件来实施干垒操作又或者是进行少量黏合砌筑，进而构建出稳固的挡墙或者斜坡，其空隙之处填充泥土并栽种草本植物，像石笼、叠石、多孔连锁块、混凝土框格以及自嵌式砌块等都属于这类型式。该型式护坡防护强度高、抗浪抗冲刷性能好，适用于坡面坡度较陡、冲刷强度较大、水位变动明显的区域。

### 1.3 与传统护坡方式的对比分析

相较于传统浆砌块石、钢筋混凝土悬臂挡墙等硬质结构，生态护坡的核心优势主要体现在：

（1）生态效益更突出：可有效恢复坡面植被，改善周边生态环境，促进水陆间物质交换，提升区域生物多样性。

（2）景观效果更自然：弱化工程硬质结构的生硬感，让护坡工程与自然更好地融为一体。

（3）透水性更好：多数生态护坡结构都具备透水特性，方便地下水流通交换，能有效缓解静水压力，部分结构还拥有一定的自适应变形能力。

（4）长期综合成本更优：生态护坡初期投入和传统

护坡接近或略高，但能省去硬质结构后期大量的维修养护成本，再加上生态系统本身具备自我维持的能力，长期来看管理养护成本会更低。

劣势与挑战：设计需要同时兼顾生态、结构安全等多个目标，技术要求更高；植物群落刚形成的初期需要精细化养护；在水流冲刷剧烈、施工空间狭小，或是对结构变形要求高的关键部位，单纯采用生态护坡适用性有限，往往需要和传统成熟结构搭配使用。

## 2 海塘内青坎整治中生态护坡的应用实践

### 2.1 叠石的应用

2019 年海塘内青坎整治工程中，采用了叠石挡墙结构。墙体设计宽度 0.5m，总高度 0.6m，选用人工筛选的景观块石，以砂浆砌筑成型。叠石在选材上兼顾结构强度与景观效果，优先采用形态自然、表面平整的石料。为保证结构稳定、方便现场施工，一般采取分层砌筑的方式，每层高度控制在 30cm 左右，分两层叠砌完成。该结构依靠块石自重与砂浆黏结力，共同抵御土压力和水流冲刷，在保证传统工程结构可靠性的同时，也具备自然的景观效果。

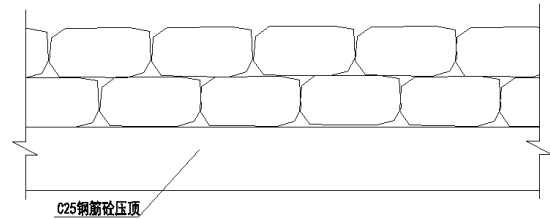


图 1 叠石结构图

### 2.2 石笼的应用

石笼，又名格宾网或者格宾石笼，它是一种运用具备高抗腐蚀性、高强度以及延展性的低碳钢丝，经过机械双绞合的方式编织成的呈六角形网孔结构的箱体。在 2020 年的海塘内青坎整治工程里，所选用的石笼挡墙方案为：墙体的宽度设定为 0.5m，其设置的高程区间是从 2.6m 到 3.2m。这种结构会填充一定规格的块石或者是卵石，在通过单元箱体相互组合之后，便能够形成一种有着稳定性、透水性还有生态性的柔性挡护结构。

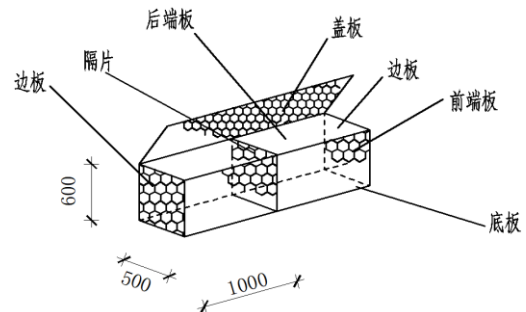


图 2 石笼结构图



图3 仿木桩



图4 固化土护坡



图5 连锁块护坡

### 2.3 仿木桩的应用

仿木桩是工程中常用的一种挡护材料,它主要以钢筋混凝土为原料,预制加工成型,成型后再做表面处理,复刻天然原木的纹理和色泽,仿木桩既能保留混凝土材质本身的坚固耐用,又能呈现出木材的自然质感。在金山海塘内青坎整治工程里,仿木桩主要应用于常水位以上的区域,承担着挡护岸坡、整治岸线的重要作用。2023 年的海塘内青坎整治工程中,仿木桩规格为直径 35cm、高度 80cm,桩顶高程控制在 3.20m。施工时,工作人员按照设计图纸将仿木桩有序布设,最终形成连续的挡墙结构,以此来稳固边坡,防止岸坡坍塌,保障海塘内青坎的安全。仿木桩结构优势十分明显,不仅强度高、耐久性好,而且抗腐蚀、不易变形,能长期适应滨水区域的环境,无需频繁维护。相比于传统挡护材料,仿木桩最大的特点就是兼顾实用性和景观性,既能满足岸坡挡护、稳定边坡的工程需求,又能融入周边的滨水生态环境,视觉效果贴近原生林木,不会破坏周边的自然景致,是目前海塘整治工程中一种性价比高、效果好的挡护形式,如图 3 所示。

### 2.4 固化土的应用

固化土护坡,是指将工程现场的原有土体,与专用土壤固化剂按特定比例充分拌和,经摊铺、压实及养护后,形成具有设计强度、抗冲蚀能力和生态相容性的护坡结构层。在 2022 年海塘内青坎整治工程中,3.2m 高程以上斜坡实施固化土,固化土护坡具有结构稳定强,抗侵蚀能力优,施工简便等特点。固化土技术在大量置换材料的前提下,可直接改良并强化原位土体,构建一个稳定、可植生的柔性坡面,是一种典型的“就地取材、固土生绿”的生态工程方法,如图 4 所示。

### 2.5 连锁块的应用

连锁块护坡,是指采用工厂预制的、具有独特互锁结构的混凝土砌块单元,通过人工按设计图案铺装、紧密嵌合,形成覆盖整个坡面的柔性面层防护系统。在 2024 年海塘内青坎整治工程中,3.2m 高程以上斜坡铺设了连锁块。该结构通过砌块间的相互啮合与块体下的土工滤层共

同作用,将坡面径流分散、消能,有效防止冲刷,同时砌块预留的孔穴或缝隙为植被生长提供了空间,是一种集工程防护、生态恢复与规整景观于一体的标准化护坡技术,如图 5 所示。

## 3 生态护坡实施中的关键问题与思考

(1) 安全与生态的平衡点:生态护坡的“柔性”与海塘工程对“绝对安全”的高要求有时存在张力。在潮汐作用强、船行波影响大或地质条件差的关键区段,如何科学评估并设计出既能满足防洪防潮安全标准,又最大限度体现生态性的复合结构,是技术难点。可能需要采用“下固上柔”“关键部位加固、一般区段生态”的差异化策略。

(2) 植物配置的适宜性与长效性:金山处于滨海区域,其土壤存在含盐的可能性,而且水位的变化会受到潮汐的影响,在选择植物品种的时候,必须要全面且细致地考量植物是否具备耐盐碱、耐水湿的特点,同时还要关注其根系的固土能力,应当优先去选用那些已经经过实际验证的乡土植物,以此来构建起乔木、灌木以及草本相结合,深根植物和浅根植物相互搭配的较为稳定的植物群落,长效的养护管理机制务必要切实落实到位。

(3) 多部门协作和群众参与度:内青坎整治一般会涉及到防洪、生态、景观、休闲以及管理等诸多目标,在规划设计这个阶段,需要强化水务、园林、生态环保以及规划等多个部门之间的协作,同时适当地引入群众参与进来,充分了解周边社区的实际需求,从而让工程所取得的成果能够更好地服务于社会,进一步提升公众的获得感以及保护意识。

(4) 监测与后评估机制:当下针对已经建成的生态护坡工程,其长期性能方面的情况,像是结构稳定性的变化状况、植被群落的演替情形以及生态效应的实际发挥情况等,并没有开展系统且连续的监测工作,相应的后评估也是缺失的。若能够构建起科学合理的监测指标体系,并且定期去对工程的效果加以评估,能够为后续的设计优化和工程决策提供可靠的数据支撑。

#### 4 结论与展望

内青坎整治工程对生态护坡技术展开探索并加以应用,这无疑是契合新时代水利发展、落实生态文明理念的一项鲜活实践。从以往传统的硬质挡墙逐步过渡到如今多样化呈现的生态护坡结构,如此一来,不仅提升了工程综合效益,实现了稳定边坡、保持水土、修复生态、美化环境的多重目标,同时也标志着海塘工程正从单纯防灾减灾朝着与自然和谐共生的系统治理模式去转变。

实践已经表明,并不存在一种可适用于所有情况的生态护坡形式。要达成成功,关键是要做到因地制宜以及系统性地开展设计工作。这具体涉及到要对场地的水文状况、地质情况以及生态本底条件予以充分的理解;需清晰明确工程的核心目标以及所受到的各类约束;要合理地去选择技术工法,并且富有创造性地将适宜的工法组合起来运用;要细致周到地做好植物配置以及景观设计方面的工作;还要严格地对材料以及施工质量加以把控;并且要落实在建成初期的精细化养护相关事宜。

展望未来,金山区乃至更广范围的海塘生态化建设,应在以下几个方面持续深化:

(1) 着力于技术创新,开展相关研发工作,打造出更加契合本地实际情况、自身性能更为优越,且施工更为方便的新型生态护坡材料以及结构形式;要强化数字化技术的应用,像 BIM 技术还有生态水文模型等,使其在规划、设计、施工等环节发挥作用。

(2) 完善标准与规范,积极推动地方性或者行业性的生态护坡设计、施工、验收以及养护技术标准或者指南的制定工作,从而让生态护坡的实际应用更加规范,也更为科学合理。

(3) 跨学科深度融合,推动水利工程、岩土工程、生态学以及景观设计学等相关学科相互交融,培养具备多种知识技能的人才,以此提升生态海塘建设水平。

(4) 在智慧化管理方面,可结合海塘智能化管理来开展工作,探索利用传感器、遥感等高新技术手段,针对生态护坡区段展开实时监测,并且实现智能预警的功能。

总之,海塘内青坎的生态化整治并非短期工程,而是一项融合工程技术、生态科学与系统管理的长期系统性工作。金山区已开展的相关实践,为滨海区域生态型岸线建设提供了具有参考意义的区域实践案例。希望通过不断总结工程技术经验、加强知识共享与协同创新,推动生态护坡理念及技术在海岸带综合防护与生态修复工作中,得到更科学、更广泛、更深入的应用,携手筑牢安全、绿色、和谐的海岸生态防线。

#### [参考文献]

- [1]曾文会.河道堤防生态护坡设计及防渗加固策略[J].工程技术研究,2025,10(19):202-204.
- [2]管毅,樊玉冰,唐若舫,等.疏浚底泥回收再利用生态护坡施工技术研究[J].工程技术研究,2024,9(24):224-226.
- [3]刘斌.联锁式生态护坡在药湖联圩涝区治理中应用[J].水利科学与寒区工程,2024,7(12):93-96.
- [4]黎亮.生态护坡技术在防洪护岸工程中的应用探讨[J].低碳技术,2023(10):46-48.
- [5]侯斯译.格宾笼石基础生态护坡施工技术[J].陕西水利,2022(6):147-148.

作者简介:刘正洪(1969.6—),男,毕业院校:中国石油大学(华东),现就职单位:上海市金山区海洋海塘管理所。