

# 生态堤防技术在河道防洪治理中的应用研究

廖 浩

温州市兴海水利建设有限公司 浙江 温州 325000

**摘 要：**传统硬质化堤防工程虽能有效抵御洪水，但其对河流生态系统造成的割裂与破坏已引发广泛关注。生态堤防技术作为一种融合防洪安全、生态修复与景观美学的新型治水理念，正成为现代河道治理的核心方向。本文系统阐述了生态堤防的基本内涵与核心原则，深入剖析了植被型、复合型及自嵌式等主流技术类型的结构机理与适用条件，并结合国内外成功案例，探讨了其在提升防洪韧性、恢复生物多样性、增强水体自净能力等方面的综合效益。文章进一步指出了当前在设计标准、长效维护及成本效益评估方面面临的挑战，并提出了完善技术规范体系、推广智慧监测与全生命周期管理等对策建议。研究表明，生态堤防是实现人水和谐共生、建设韧性安全美丽河湖的关键路径，具有广阔的应用前景。

**关键词：**生态堤防；河道治理；防洪；生态修复；生物多样性

## 引言

河流是人类文明的摇篮，也是维系区域生态平衡的关键廊道。长期以来，为应对频发的洪涝灾害，以混凝土、浆砌石为代表的硬质化堤防被大规模应用于河道治理。这类工程在短期内显著提升了防洪能力，保障了沿岸人民生命财产安全。然而，其“三面光”的封闭式结构也带来了严重的负面效应：河道自然形态被裁弯取直，蜿蜒性丧失；河岸带植被被清除，导致水土保持能力下降；水-岸物质能量交换被阻断，水生生物栖息地破碎化，河流生态系统功能严重退化。这种“重工程、轻生态”的治理模式，难以适应新时代生态文明建设和高质量发展的要求。在此背景下，生态堤防（Ecological Dike or Green Dike）应运而生。它突破了传统堤防单一防洪的局限，将水利工程学、生态学、环境科学与景观美学等多学科知识深度融合，旨在构建一个既能有效防御洪水，又能促进河流生态系统健康、提升人居环境品质的复合型基础设施。本文旨在系统梳理生态堤防的技术体系，分析其应用成效与挑战，为推动我国河道治理向更可持续、更具韧性的方向发展提供理论支撑与实践参考。

## 1 生态堤防的概念、原则与类型

生态堤防并非简单地在传统堤防上进行绿化，而是一种全新的设计理念和工程技术体系。

### 1.1 生态堤防的基本内涵与核心原则

生态堤防是指在确保防洪安全的前提下，通过模拟自然河岸的结构与功能，采用生态友好的材料与工艺，构建具有多孔隙、多层次、可渗透特征的护岸结构。其核心目标是恢复和强化河流的生态服务功能，实现防洪减灾、生态修复与景观美化的协同增效。其设计与建设

需遵循以下基本原则：首先，安全第一原则。防洪安全是堤防工程的根本属性，任何生态措施都必须建立在满足相应防洪标准（如50年一遇、100年一遇洪水位）的基础之上，确保堤身的整体稳定性和抗冲刷能力。其次，生态优先原则。尊重河流的自然规律，最大限度地保留或恢复河道的蜿蜒性、深潭浅滩序列及河岸带植被群落，为水生及两栖生物提供多样化的栖息、觅食和繁殖空间<sup>[1]</sup>。再次，因地制宜原则。根据河道所处的地理气候条件、水文地质特征、社会经济背景等因素，选择最适宜的堤防形式与生态技术，避免“一刀切”。最后，景观协调原则。将堤防融入周边自然与人文景观之中，使其成为市民亲水、休闲、游憩的公共空间，提升城市或乡村的生态美学价值。

### 1.2 主流生态堤防技术类型与结构机理

根据结构形式与材料构成，生态堤防主要可分为以下几类：

#### 1.2.1 植被型生态堤防

这是最接近自然状态的堤防形式，主要依靠根系发达的本土草本、灌木甚至乔木来固土护坡。其典型代表包括草皮护坡、三维植被网护坡和生态袋护坡。例如，三维植被网由聚丙烯等高分子材料制成，铺设于坡面后形成稳定的立体结构，内部填充种植土并播撒草籽，植物根系与网垫共同作用，形成牢固的复合防护层。此类堤防透水性强、造价低廉、生态效益显著，但抗冲刷能力相对较弱，适用于流速较低、防洪标准不高的河段。

#### 1.2.2 复合型生态堤防

为兼顾安全与生态，常采用工程结构与生物措施相结合的方式。常见的有格宾石笼护岸、生态混凝土护岸

和铰链式护坡砖等。格宾石笼由双绞合六边形金属网箱填充块石构成,其柔性结构能适应地基变形,内部空隙为植物生长和小型生物栖息提供了空间。生态混凝土则是在多孔混凝土骨架中填充保水性材料和营养土,表面可植草,既保证了强度,又实现了绿化。广西防城港西湾红沙环项目采用的铰链式护坡砖,通过预制混凝土单元相互铰接,形成柔性整体,其孔洞内可填土植草,有效消浪促淤,为红树林幼苗定植创造了良好条件。

### 1.2.3 自嵌式挡墙生态堤防

对于用地受限的城市河道,常采用自嵌式挡墙(如加筋土挡墙)。该技术利用土工格栅作为加筋材料,分层回填压实土体,并与预制混凝土面板或干砌石块连接成整体。墙面预留的孔洞或缝隙可用于种植攀援植物或灌木,形成垂直绿化效果<sup>[2]</sup>。其背后可设置排水盲沟,有效解决墙后积水问题,同时墙体本身具备良好的抗震性能。

## 2 生态堤防在河道防洪治理中的综合效益分析

生态堤防的价值远超传统堤防,其效益体现在防洪、生态、社会等多个维度。

### 2.1 提升防洪韧性 with 系统稳定性

生态堤防通过多种机制增强了河道的整体防洪韧性。首先,茂密的河岸植被及其发达的根系网络能够有效拦截降雨径流,增加下渗,延缓洪峰到达时间。其次,蜿蜒的河道形态和丰富的浅滩、深潭结构增加了水流阻力,降低了流速,从而减轻了对堤岸的冲刷压力。再者,生态堤防多采用柔性或透水结构,如格宾石笼、生态袋等,能更好地吸收和分散洪水冲击能量,即使局部受损也不易发生连锁性溃决,提高了工程的容错能力和灾后恢复速度。此外,健康的河岸带就像一块巨大的“海绵”,在丰水期可以滞蓄部分洪水,在枯水期缓慢释放,起到“削峰补枯”的调节作用。

### 2.2 修复与重建河流生态系统

生态堤防是修复受损河流生态系统的有效载体。其多孔隙、多层次的结构为各类生物提供了理想的栖息地。水生植物、底栖动物、鱼类、两栖类、鸟类乃至昆虫都能在其中找到生存空间,从而显著提升了生物多样性。例如,石笼间的缝隙是鱼类产卵的理想场所,而岸边的湿生植被则为蜻蜓稚虫和蛙类提供了庇护所。更重要的是,生态堤防打破了传统硬质护岸造成的水-岸隔离,恢复了水陆之间的物质、能量和信息交换。水中的营养盐可以被岸上植物吸收,岸上的有机碎屑落入水中又成为水生生物的食物来源,形成了良性的生态循环。这种自我维持、自我净化的能力,是传统堤防完全不具

备的。

### 2.3 增强水体自净能力与改善人居环境

植被根系和附着其上的微生物膜构成了天然的“生物滤池”,能够有效吸附、降解和转化水中的氮、磷等污染物,显著提升水体的自净能力。同时,茂密的植被覆盖减少了阳光直射,抑制了藻类的过度繁殖,有助于维持水体清澈<sup>[3]</sup>。从人居环境角度看,生态堤防营造出优美的滨水景观,为市民提供了散步、健身、观鸟、垂钓等活动的绿色开放空间,极大地提升了居民的生活幸福感和获得感。这种将灰色基础设施(防洪工程)转变为绿色基础设施(生态公园)的做法,实现了公共投资效益的最大化。

## 3 应用实践与典型案例分析

全球范围内已有诸多成功的生态堤防实践,为我国提供了宝贵的经验。

### 3.1 德国莱茵河“还地于河”计划

20世纪90年代,欧洲经历了多次特大洪水后,德国等国深刻反思了传统治水思路的弊端,启动了著名的“还地于河”(Room for the River)计划。在莱茵河流域,工程措施不再是简单地加高加固堤防,而是通过降低滩地高程、拆除部分旧堤、开挖旁侧滞洪区等方式,主动为洪水创造行洪空间。同时,在新形成的河岸带上大规模恢复湿地植被和林地。这一策略不仅从根本上提升了流域的防洪能力,还将莱茵河从一条被束缚的“水渠”重新变回了一条充满生机的生态廊道,鲑鱼等珍稀物种得以重返故里。

### 3.2 广西防城港西湾红沙环生态海堤

防城港市西湾红沙环曾因海堤老化、植被破坏而面临严重的海岸侵蚀和生态退化问题。2012年,当地创新性地实施了“红树林+海堤+滨海植被”三位一体的生态海堤模式。具体措施包括:在提前海域投放人工鱼礁和修建潜坝,以削减波浪能量、促进泥沙淤积;在淤积形成的滩涂上大规模种植红树林,利用其发达的支柱根和呼吸根稳固滩面、净化水质;在海堤迎水面铺设铰链式生态护坡砖,并在背水面构建多层次的滨海植被群落。该项目成功入选自然资源部和世界自然保护联盟联合发布的《海岸带生态减灾协同增效国际案例集》,成为全球样板。监测数据显示,该生态海堤的消浪率达60%以上,生物多样性指数提升了近一倍,真正实现了“堤固、滩稳、绿浓、景美”的多重目标。

### 3.3 长江流域的探索:荆江大堤生态护岸工程

作为长江防洪的关键屏障,荆江大堤的部分险工险段也开始尝试生态化改造。工程采用了格宾石笼与植草

相结合的复合护岸技术。在水流湍急、冲刷严重的部位,使用高强度格宾石笼构筑基础防护层;在其上方及背水侧,则大面积种植耐水湿的狗牙根、芦苇等本土草种。这种“刚柔并济”的模式,既确保了大堤的绝对安全,又逐步恢复了河岸带的生态功能,为长江大保护战略下的堤防工程现代化升级提供了有益借鉴。

#### 4 面临的挑战与对策建议

尽管生态堤防优势明显,但在推广应用过程中仍面临一些现实挑战。

##### 4.1 当前存在的主要挑战

首先是技术标准与规范体系尚不完善。现行的《堤防工程设计规范》(GB50286-2013)虽已提及生态护岸,但缺乏针对不同类型生态堤防的详细设计参数、施工工艺和验收标准,导致设计人员在实践中无所适从。其次是初期投资成本相对较高。部分生态材料(如高性能土工合成材料、特定植物种苗)和精细化施工工艺的成本高于传统硬质护岸,使得一些地方财政紧张的项目望而却步。再者是长效维护管理机制缺失。生态堤防建成后,植被的养护、病虫害防治、结构物的检查维修等工作需要持续投入,若缺乏明确的责任主体和资金保障,很容易导致“一年绿、二年黄、三年光”的尴尬局面。最后,对生态效益的量化评估不足。目前对生态堤防的评价多停留在定性描述,缺乏一套科学、统一的指标体系来量化其在碳汇、生物多样性、休闲游憩等方面的价值,这不利于进行全生命周期的成本效益分析。

##### 4.2 推进生态堤防高质量发展的对策建议

为应对上述挑战,应采取以下措施:第一,加快完善技术标准体系。在国家层面,应尽快修订和完善相关设计规范,出台《生态堤防工程技术指南》等专项文件,明确各类技术的设计要点、适用条件和质量控制指标。近期发布的《海堤生态化设计技术指南》(T/CHES 139-2024)便是很好的开端。第二,创新投融资与激励机制。探索将生态堤防纳入EOD(生态环境导向的开发)模式,通过土地增值、文旅收益等反哺工程建设与维护;同时,设立专项资金,对采用先进生态技术的项目给予补贴或奖励<sup>[4]</sup>。第三,建立健全全生命周期管理体制

系。从规划设计、施工建设到运营维护,全过程引入智慧监测技术(如物联网传感器、无人机巡检),实现对堤防安全状态和生态健康状况的动态感知与精准管理。第四,加强科研攻关与人才培养。深化对生态堤防长期性能、不同地域适应性及生态系统服务价值量化等方面的研究,并培养一批既懂水利又懂生态的复合型专业人才。

#### 5 结语

生态堤防技术代表了现代河道治理从“对抗自然”向“顺应自然、修复自然”范式的根本转变。它不仅是提升防洪韧性的工程设施,更是修复河流生态、增进民生福祉的绿色纽带。通过对技术类型、综合效益及典型案例的分析,本文论证了生态堤防在实现安全、生态、景观多重目标方面的巨大潜力。展望未来,随着“双碳”目标的推进和生态文明理念的深入人心,生态堤防必将成为河道治理的主流模式。其发展将呈现三大趋势:一是技术集成化,将新材料(如自愈混凝土)、新工艺(如3D打印生态构件)与传统生态工法深度融合;二是管理智慧化,依托数字孪生、大数据和人工智能技术,实现堤防的智能感知、预警和决策;三是功能多元化,进一步拓展其在科普教育、文化传承、社区营造等方面的社会功能。唯有坚持系统观念,统筹安全与发展、工程与生态,才能真正让每一条河流都成为造福人民的幸福河、生态河、美丽河。

#### 参考文献

- [1]李潘.山区河道复合式生态堤防的设计思考与比较[J].四川水利,2026,47(01):55-58+61.
- [2]刘郴玲,黄锦涛.河道生态护坡在堤防防护工程中的结构可靠性研究[C]//广西网络安全和信息化联合会.第十三届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集.水利部珠江水利委员会技术咨询(广州)有限公司,2025:373-374.
- [3]常德龙.生态护岸技术在河道堤防治理工程中的应用[J].珠江水运,2025,(18):154-156.
- [4]田小燕.河道堤防治理工程中生态护岸技术运用研究[J].水上安全,2025,(07):69-71.