

城区河道生态防洪堤结构优化设计与岸线生态化改造工程方案研究

徐华业

淮安市淮阴区张福河船闸管理所 江苏 淮安 223300

摘 要: 城区河道传统堤防与硬质岸线长期服役过程中, 逐步暴露出结构适配性不足、生态功能退化等各类问题, 难以适配城市河道防洪安全与生态发展的双重需求。本文系统梳理城区河道堤防与岸线的基础工况, 剖析传统水工结构与城市水环境的适配矛盾, 开展生态防洪堤结构优化、岸线生态重塑等多项设计工作, 搭建堤岸一体化协同改造逻辑, 统筹行洪安全与生态修复功能, 构建完整的河道堤岸改造方案体系, 可为城区河道综合整治工程提供科学的设计参考。

关键词: 城区河道; 生态防洪堤; 结构优化; 岸线改造; 协同设计

引言: 城市建设进程持续推进, 城区河道原有水工设施逐步显现功能滞后问题, 传统硬质堤防与固化岸线的建设弊端不断凸显。这类工程结构虽可满足基础防洪护岸需求, 但会破坏河道自然水文循环与水陆生态体系, 制约城市滨水空间的品质提升。兼顾防洪安全与生态修复的一体化改造, 成为现阶段城区河道治理的核心方向。通过优化堤防结构性能、重塑岸线生态形态、打通堤岸协同适配路径, 能够有效改善河道工况, 完善城区河道综合服务功能。

1 城区河道堤防与岸线基础工况及现存矛盾特征

1.1 城区河道堤防结构工况特征

城区防洪堤防依托城市建成区场地条件修建, 整体结构形式、构筑材质与断面形态适配城市滨河建设场景。堤防体系多采用人工填筑与硬质砌筑结合的构筑方式, 断面造型规整、结构布局紧凑, 承载城市河道基础行洪与岸坡防护功能^[1]。堤防受力模式以静水压力、坡面渗流与表层冲刷作用为主, 长期处于城市复杂水文与地质环境中。城区建筑密集、管线排布复杂、场地空间有限, 这类建设条件对堤防拓宽改造、结构布设、形体延伸形成刚性约束。堤防运行状态受城市水位波动、地表扰动、地下空间开发等城市建设活动影响, 整体运行属性与野外自然堤防存在明显区别。

1.2 城区河道岸线空间形态特征

城区河道岸线依托城市整体路网与地块规划形成固定布局, 走势相对规整, 人工改造痕迹突出。滨水界面多以连续硬质护岸为主, 水陆交界形态趋于统一, 过渡层次较为简单。城市建成区土地利用率高, 滨河预留空间不足, 岸线拓展与形态调整受到周边地块限制。长期

人工规整改造让河道自然弯曲形态弱化, 空间层次趋于单一。水陆衔接区域缺少缓冲过渡场地, 滨水生态空间局促, 自然地形起伏与原生水岸形态逐步消退, 整体岸线呈现规整化、人工化、空间受限的工况特点。

1.3 传统防洪堤防结构的适配性矛盾

传统硬质堤防以结构稳固、抗冲防渗为核心建设目标, 材质刚性强、整体性高, 适配场景相对单一。这类结构透气透水性性能偏弱, 难以适配城区河道水文动态变化规律, 阻碍堤身土体与水体之间的物质交换。刚性结构形式对地基沉降、水位骤变的适应能力有限, 长期运行易出现开裂、渗漏、局部掏空等耐久问题。人工硬化的堤身构造改变原有河道水力传导模式, 打乱自然水文循环节奏, 与城区河道细腻、动态的水环境基底形成明显冲突。

1.4 传统河道岸线的生态适配矛盾

传统固化式岸线通过硬化封堵实现岸坡稳定, 会割裂河道水陆生态体系的连通性。硬化界面阻断水土物质交换通道, 抑制滨水植物扎根生长, 破坏原有微生物栖息环境。规整化岸线形态消除河道浅滩、缓流、回水湾等多样生境, 水生生物栖息空间大幅缩减。水系纵向与横向连通受阻, 河道自我净化与自我调节能力持续下降。固化岸线形成的封闭防护体系, 只满足基础防冲护土功能, 无法适配城区河道生态存续、水质维系、生境修复的多元发展需求。

2 城区生态防洪堤结构优化设计

2.1 堤防结构优化的设计导向

城区河道堤防不仅承担基础防洪防护职能, 还承载着城市水岸生态维系的重要作用, 只侧重工程安全的传

统建设模式,很难适配河道长期稳定运行的发展需求。结合城区河道汛期行洪、日常输水的安全运行标准,兼顾水岸生态修复、水土良性循环的建设需求,明确科学合理的堤防设计思路。设计过程优先保障堤防整体结构稳定,抵御水流冲刷、土体渗压带来的结构扰动,保证河道行洪通道顺畅流通^[2]。兼顾开发堤身生态渗透能力,打通水陆交互通道,恢复水岸区域基础的生态代谢条件。多维度统筹堤防承载、防渗、抗冲的工程属性与水系涵养、生境维护的生态属性,为整体结构优化搭建完整清晰的设计框架。

2.2 堤防断面结构优化设计

传统堤防断面设计思路固化,造型单一且结构层级简单,对城区河道复杂多变的水动力环境适配性较差。硬化成型的断面缺少可供生态发育的缓冲空间,难以同时满足水力调节与生态培育的双重建设需求。针对这类实际缺陷开展断面专项优化,结合城区河道水位波动规律、水流冲刷特点与岸坡稳定条件,对堤防坡比参数进行合理调整。重新梳理断面层级分布,搭建功能划分清晰的多层级结构体系,适配不同水文工况下的水流变化规律。通过精细化重构断面形态,改善堤防对水环境的适配能力,缓解水流壅滞、局部冲刷等常见问题,打造适配城区复杂水环境、兼顾防洪运行与生态建设的新型堤防断面体系。

2.3 堤防主体构筑体系优化

堤防整体防护效果取决于主体构筑体系的综合性能,传统结构排布方式较为粗放,存在受力分配不均、防护层级不足等问题,长期服役于城区复杂水土环境容易滋生各类结构隐患。针对承重、防渗、抗冲刷三大核心结构开展组合优化,调整各类构件的布设位置与搭接方式,完善整体结构布局。优化承重结构的受力框架,均匀分散土体荷载与水体压力,提升堤身整体承载水平。改良防渗结构铺设方式,封堵堤身与堤基的渗流通道,减少渗透变形引发的安全隐患。强化表层抗冲刷结构配置,提升堤身抵抗水流淘刷、风浪侵蚀的能力,有效提升堤防结构稳定性与长期服役的耐久水平。

2.4 生态型堤防构造细节设计

传统堤防普遍采用全硬质封闭构造,完全阻断水土自然交换路径,功能形式相对单一,难以满足现代城区河道生态化升级的建设要求。通过增设精细化生态构造完成堤身细节改造,在堤身内部布设生态渗透结构,实现水体有序流通与土层湿度自主调节,改善堤身水土基础环境。搭配植被附着结构,为滨水湿生植物提供稳定的生长载体,助力水岸植被群落自然培育与演替。增设

水土缓冲结构耗散水流冲击能量,减轻水流对堤身、堤脚的淘刷破坏。全新改造模式突破传统硬化结构的建设局限,形成兼顾水体交换、植被繁育、缓冲消能的复合型生态堤防构造体系。

3 城区河道岸线生态化改造体系构建

3.1 河道岸线形态生态化重塑

现代城区河道岸线大多经过人工统一修整,整体线条规整笔直,原有自然曲折的水岸形态被大幅改造。生硬单调的岸线形态会压缩水域活动空间,改变水流自然走势,削弱河道原生空间肌理。针对这类人工固化的形态缺陷,开展系统性的岸线生态重塑工作。对过度平直的硬质岸线进行适度调整,合理调整岸线曲折程度,丰富水岸平面形态。改造单一的竖向边界结构,打造具备高低起伏、逐级渐变特点的水陆过渡形态^[3]。通过精细化空间形态优化,还原城区河道自然舒展的空间样貌,优化水域流动路径,让河道空间形态更加适配自然水文演变规律。

3.2 水陆衔接界面生态改造

传统河道改造多采用硬质挡墙、硬化护坡等施工方式,形成生硬的封闭式水陆边界。这类刚性界面会割裂水体与岸坡土体的联系,阻断水土物质交换与能量传递,破坏滨水区域原生生态基底。针对水陆界面的生态短板,对交界区域的衔接结构进行优化升级。摒弃传统硬性隔断的施工思路,搭建柔性缓冲的过渡衔接体系。采用透水、多孔的生态结构替换原有硬质护面,打通完整的水土交换通道,修复水岸区域物质循环条件。有效降低人工构筑物带来的生态割裂影响,改善滨水栖息基底,让水陆交界区域重新具备生态存续与自我发育的基础条件。

3.3 岸线植被生态配置体系搭建

城区河道水位会随季节与水量变化产生动态浮动,常规单一植被种植方式难以适应水位波动,很难长期维持良好的植被生长状态。结合城区岸线场地尺度、土壤特质与水文变化规律,搭建分层梯度化的滨水植被配置模式。按照不同水位高程划分对应的植被种植区域,筛选适配性强、固土效果好、耐水淹的水生与湿生植被品种。依托分层布局思路构建错落有序的植被群落,适配河道动态水位变化。长期培育状态稳定、结构完善的滨水植被体系,持续提升岸坡水土涵养能力,逐步补齐城区河道岸线的生态服务短板。

3.4 岸线辅助生态功能改造

传统硬化岸线仅能实现基础护坡防冲作用,功能类型单一,生态服务属性存在明显缺失,难以支撑河道生

态体系良性运转。通过针对性增设配套生态构造,完成岸线辅助功能的全面升级。优化坡面消能护砌结构,削弱水流冲刷力度,保护岸坡整体稳定性。增设透水涵养构造,提升岸坡渗水蓄水能力,改良浅层土体生长环境。布置生态滞留构造,延长水体自然净化路径,提升河道水质改良效果。多重功能构造相互配合,完善岸线自我修复、水体净化与生境抚育的基础条件,搭建结构完整、运行稳定、功能多元的生态岸线系统。

4 堤防结构与生态岸线协同改造方案整合设计

4.1 堤岸一体化协同设计逻辑

传统城区河道改造工作多采取分段实施、分项设计的模式,堤防结构改造与岸线生态改造相互独立,容易出现功能割裂、设计标准不统一的问题^[4]。堤防工程侧重结构安全与防洪防护,生态岸线侧重生境修复与水环境改善,两类建设内容存在深度关联。梳理堤防安全防护功能与岸线生态服务功能的内在联系,挖掘结构加固、水力优化、生态修复之间的互补关系。改变以往分段独立的改造思维,建立整体统筹的设计思路,以堤带岸、以岸补堤,形成结构防护与生态修复互补共生的一体化改造逻辑,为整体方案整合提供设计依据。

4.2 堤岸衔接结构协同优化

堤防硬质结构与岸线生态改造区域的衔接位置,是整体改造工程的薄弱环节。不同施工工艺与结构形式的拼接,容易造成界面断层、结构错位、过渡生硬等问题,影响整体稳定性与景观连贯性。针对堤顶、堤坡、堤基与生态岸坡的过渡区域开展专项优化设计,细化衔接构造的搭建形式。调整界面搭接方式,弱化硬质结构边界,通过渐变式构造实现刚度与功能的平稳过渡。消除结构衔接产生的隐患缺陷,让堤防结构体系与生态岸线体系形成完整统一的整体,提升堤岸整体稳定性与空间连贯性。

4.3 行洪功能与生态功能协同适配

城区河道改造需要优先保障行洪输水的基础安全属性,也要兼顾城市水系长期生态发育的建设需求。行洪工况下的水位升降、水流速度、水流形态变化,会对岸坡生态植被、水土环境产生直接影响。结合河道动态水文特征调整改造设计细节,合理控制岸坡糙度、过水断面

面与植被布设范围。在满足汛期行洪、日常输水的基础前提下,预留生态修复与水土涵养的空间条件。平衡工程安全硬性指标与生态长效发展需求,实现防洪防护与水系修复的双向兼容,让河道运行状态适配城市水环境建设标准。

4.4 城区河道堤岸整体改造方案体系构建

结合前文堤防结构优化、岸线生态重塑、堤岸协同适配的各项设计内容,对分散的单项设计内容进行系统整合。统筹结构安全改造、界面生态改造、功能协同优化的核心设计要点,梳理各分项工程的设计标准、施工逻辑与功能定位。结合城区河道场地约束、水文条件与城市发展需求,规整整套改造设计内容。搭建层次清晰、逻辑完整、适配城区复杂工况的系统化改造方案体系,形成兼顾结构耐久、行洪稳定、生态优良的城区河道堤岸改造整体方案^[5]。

结束语

城区河道堤防与岸线存在的结构缺陷与生态短板,是制约河道安全运行与生态提质的关键因素。通过改良传统堤防结构形式、优化堤身防护体系、重塑岸线生态形态,可有效解决硬质水工结构带来的生态割裂问题。依托堤岸一体化协同设计思路,整合防洪安全与生态养护双重功能,消除分段改造产生的体系脱节问题。成熟的改造体系能够持续优化河道水土环境,稳固堤防运行性能,提升城区滨水空间的生态质量与综合服务水平,为城市河道综合治理提供可靠的技术支撑。

参考文献

- [1]刘仁德,吴盖,康宏志,等.乌沙河望城段河道治理工程生态防洪堤设计[J].水利技术监督,2022(8):220-224.
- [2]项瑞果,郭志玲,杨洋.生态防护技术在河道生态防洪堤工程中的应用研究[J].水上安全,2026(6):109-111.
- [3]胡小妹.六井溪河治理河段防洪现状及生态防洪堤设计[J].科技创新与应用,2025,15(20):126-129.
- [4]李婷婷.河道整治工程中的生态护坡防洪堤设计研究[J].产品设计,2025(5):115-117.
- [5]林丽芳,王强.海堤生态化建设及生态化改造研究进展与展望[J].海洋开发与管理,2026,43(2):102-111.