

基于生态工程的河道治理生态设计探究

文 / 黄俊哲 广州市市政工程设计研究总院有限公司

摘要: 本文针对河道治理中生态功能退化、防洪与生态协调不足等问题,以白云机场三期扩建工程周边安置区内河涌改造为研究对象,对生态工程在河道治理中的应用进行了分析。从生态工程作用、设计原则、设计策略等方面进行了论述,提出了遵循自然规律、保障系统连通、运用本土材料及营造适宜生境等方法,进行了河道治理生态设计的系统研究。旨在通过相关设计实现河道自然环境修复、防洪能力强化及生态系统韧性的提升,改善生态环境与保障区域安全,解决传统治理中生态与功能失衡的问题。

关键词: 生态工程; 河道治理; 生态设计; 水生环境; 护岸体系

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.20.076

引言

随着城市化进程加快,河道在承担防洪排涝功能的同时,其生态系统面临自然水文节律被打乱、生物多样性减少、生态韧性下降等诸多挑战。如何在河道治理中融入生态工程理念,实现水利功能与生态保护的协同发展,成为当前河道治理领域的重要课题。白云机场三期扩建工程周边安置区内河涌及灌渠改造项目,为探索基于生态工程的河道治理生态设计提供了实践平台,以下将围绕该项目展开相关探究。

一、工程概况

白云机场三期扩建工程周边临空经济产业园区基础设施三期工程(安置区内河涌改造工程)(白云区部分)对安置区内4条河涌、3条灌渠进行改造,其中河涌改造总长度3.846km,包括社公坑(1.567km,重建水闸2座)、小布涌(1.024km)、龙归支流(1.180km)、风和排渠(0.075km),灌渠改造总长度3.170km,涵盖流溪河右干渠(1.981km)、广塘支渠(0.268km)、人和东灌渠(0.921km);项目区域属亚热带季风气候,河涌设计排涝标准为20年一遇24h暴雨不成灾,灌渠灌溉设计保证率90%,工程区地震设计烈度为Ⅶ度,河涌及灌渠改造工程合理使用年限30年;河涌改造优先采用预制生态框复式断面,用地紧张段采用钢筋混凝土挡墙,灌渠多采用梯形断面,同时配套截污、景观绿化等工程,其中白云区部分绿地设计总面积约32062m²,新建DN300~500污水管道320m及相关设施,旨在保障安置区安全、改善生态环境。

二、基于生态工程的河道治理生态设计原则

(一) 遵循自然水文运行规律

遵循自然水文运行规律是河道治理生态设计的核心原则,其核心在于通过工程手段模拟自然水文过程,保障水系统的动态平衡。该工程在河涌断面设计中充分考虑洪水期与枯水期的流量差异,社公坑、龙归支流等采用生态复式断面,河床中央设置生态基流凹槽,既满足汛期行洪需求,又保障枯水期基流稳定^[1]。堤顶高程计算严格纳入波浪爬高、风壅水面高度等自然水文参数,确保水流运动符合自然水力特性。通过龙归支流从人和

东灌渠引入生态补水的设计(图1),维持河道生态流量,使水文过程既遵循自然节律,又适应区域用水需求,实现防洪安全与生态健康的双重目标。



图1 龙归支流补水方案示意图

(二) 保持生态系统连通性

保持生态系统连通性是维持河道生态功能完整性的关键设计原则,通过构建水网、陆域、生物通道的多维连通网络实现生态要素的自由流动。在河涌改造中,龙归支流北段改道时采用渐变式衔接设计,北端与现状河道平顺连接,底标高控制在7.4m,南端通过箱涵与白云五线水系贯通,确保水流纵向连通^[2]。横向连通方面,生态框护岸采用透水设计,干砌块石连接河槽与挡墙脚,形成地下水与地表水的交换通道,而河床设置的带状滩地则为水生生物提供了栖息迁移的横向廊道。预制生态框复式断面采用仰斜式小型挡土墙,河床中央设生态基流凹槽,干砌块石连接河槽与挡墙脚防冲刷,顶部为亲水平台或堤顶路。其优点是结构简单,满足挡土、护岸、生态等综合需求,对地基承载力要求低,预制构件施工便捷,造价经济;缺点是占地较大,对预制质量要求高。生态框由水泥、砂石等制成,抗冲刷、耐腐蚀性强,填充物透水透气,利于生物栖息与植物生长,兼顾结构稳定与生态景观,适用于河涌宽度或管理范围较宽的区域,尤其适应防汛泄洪需求(图2)。灌渠改造中,右干渠(方石段)与上下游渠道通过箱涵斜接,人和东灌渠保留原有灌溉网络,使农业生态系统与河涌生态系统形成有机整体。

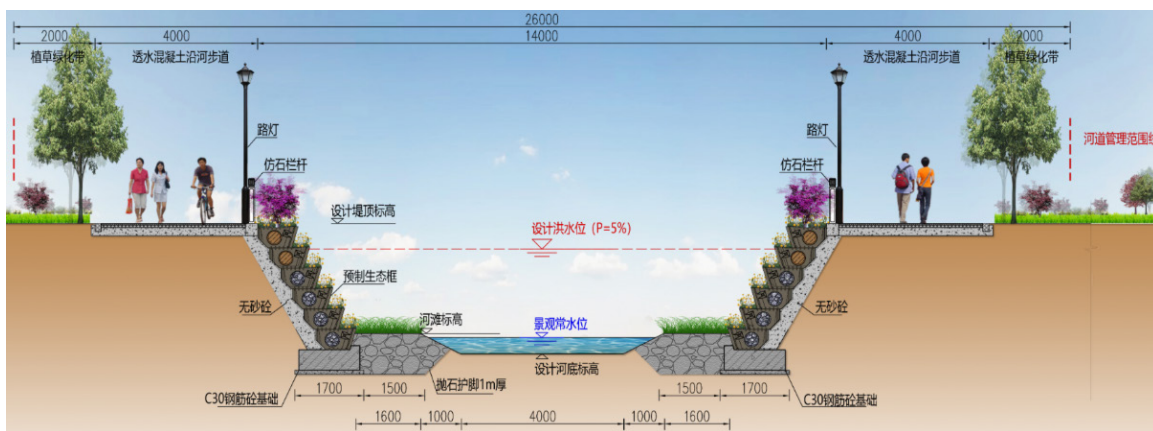


图 2 预制生态框复式断面

(三) 优先本土材料应用

优先本土材料应用是兼顾生态效益与工程经济性的重要原则，其核心在于利用本地材料的环境适配性降低生态干扰，同时控制工程成本。该工程中，预制生态框选用本地砂石、水泥等原料制作，在龙归支流改造中应用 7486 个生态框，其多孔结构填充现场沙土，既减少外来材料运输能耗，又通过材料亲和性促进本土微生物附着^[3]。格宾石笼护岸采用本地块石填充，龙归支流护脚使用 3906m³ 干砌石，利用石材透水性实现岸坡与水体的物质交换。灌渠改造中，右干渠（建南段）保留现状 C30 钢筋砼矩形断面，通过植草护坡、生态砖铺设等方式提升生态性，减少新材料投入。

三、生态工程作用

(一) 修复河道自然环境

生态工程在修复河道自然环境方面作用显著，通过采用预制生态框等结构，利用其透水透气的特性，为水生动植物提供栖息空间，龙归支流选用的生态框护岸，

以碎石和沙土填充，空隙利于生物栖息与植物生长，提升了河道生物多样性^[4]。河床中央设置的生态基流凹槽及堤岸脚形成的带状滩地，丰富了河床生态结构，凤和排渠改造中，通过这样的设计，增强了河道自净能力，改善了水体质量，使河涌逐渐恢复自然生态功能。

(二) 强化防洪能力

强化防洪能力是生态工程的核心目标，本工程按 20 年一遇 24 小时暴雨不成灾的防洪标准设计，各河涌设计洪水位依据计算断面确定。以龙归支流为例，采用预制生态框复式断面，在满足生态景观需求的同时保障行洪断面，结合 0.7m 堤顶超高（含波浪爬高 0.05m、风壅水面高度 0.002m 及安全加高 0.6m），可安全宣泄设计洪水^[5]。结构安全方面，凤和排渠等 4 级堤防采用圆弧滑动法计算，正常运用条件下抗滑稳定安全系数达 1.92，非常运用条件 I 下为 1.92，均满足规范要求，确保在设计洪水工况下工程安全稳定，有效抵御 20 年一遇洪涝灾害，堤防整体抗滑稳定安全系数的允许值详见下表。

表 1 土堤边坡抗滑稳定安全系数

堤防工程级别		1	2	3	4	5	
安全系数	瑞典圆弧法	正常运用条件	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10
		非常运用条件 I	1.20	1.15	1.10	1.05	1.05
		非常运用条件 II	1.10	1.05	1.05	1.00	1.00
	简化毕肖普法	正常运用条件	1.50	1.35	1.30	1.25	1.20
		非常运用条件 I	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10
		非常运用条件 II	1.20	1.15	1.15	1.10	1.05

(三) 提升生态系统韧性与覆盖面

生态工程能显著提升生态系统韧性与覆盖面，通过整合多种生态元素扩大生态空间。龙归支流和凤和排渠的景观绿化工程，总面积约 32062m²，种植乔木、地被、水生植物等，构建了完整的生态群落^[6]。灌渠改造中融入海绵城市理念，设置下沉式绿地，增强雨水下渗与调蓄能力，右干渠（方石段）的生态廊道，提升了生态系统应对环境变化的能力，扩大了生态覆盖范围，形成更稳定的生态体系。

四、基于生态工程的河道治理生态设计策略

(一) 营造多层次、梯度化水生环境

营造多层次、梯度化水生环境的操作流程需从纵向

断面设计、横向生境分化及基底改造三方面系统推进：在河道纵向按高程梯度设置深水区、浅滩区与过渡带，社公坑、龙归支流等采用生态复式断面，河床中央生态基流凹槽深度控制在 0.8 ~ 1.2m，满足鱼类等水生生物的深水栖息需求；两侧滩地高程高于凹槽 0.5 ~ 0.7m，形成周期性淹没的浅水区，为两栖动物提供繁殖场所^[7]。横向维度上，结合堤岸结构划分不同功能区，近岸 3 ~ 5m 范围布置水生植物种植带，选用黄菖蒲、狐尾藻等本土物种，中部水域保留 10 ~ 15m 开阔水面保障水流通畅，离岸 8 ~ 10m 处设置人工鱼巢和碎石堆，构建微型栖息地。基底改造采用分级处理，深水区铺设 10 ~ 15cm 厚卵石层，浅滩区覆盖 30cm 种植土并混合粗砂改善透气性，过渡带

采用干砌块石形成孔隙结构,整体形成从深到浅、从硬质到软质的梯度化生境,龙归支流通过该设计使水生生物栖息地面积扩大约40%,有效提升了生态多样性。

(二) 构建多孔质护岸体系

构建多孔质护岸体系的操作流程需分材料选型、结构设计及功能优化三个阶段有序实施:材料选择阶段优先采用预制生态框、格宾石笼等透水性材料,龙归支流选用的生态框尺寸为长1.2m、宽0.5m、高0.6m,单框预留8~10个直径10cm的透水孔,框内填充本地沙土与腐殖质的混合基质,孔隙率控制在35%~40%;格宾石笼选用直径8~15cm的本地块石,网孔尺寸8×10cm,确保水体与岸坡土壤的渗透交换。结构施工阶段采用分层叠砌工艺,生态框护岸基础铺设30cm厚碎石垫层,每层框体错缝拼接形成连续孔隙带,顶部设置1.2m宽亲水平台与堤岸衔接;格宾石笼护岸坡度控制在1:1.5,底部嵌入河床0.5m深,顶部与生态植被带过渡(图3)^[8]。功能优化阶段在护岸中下部种植爬山虎、筋杜鹃等藤本植物,利用根系增强结构稳定性,同时在框体孔隙内点播芦苇、菖蒲等水生植物,龙归支流3568m护岸通过该工艺使岸坡透水性提升60%以上,地下水与地表水交换量增加约30%,显著改善了岸线生态功能。

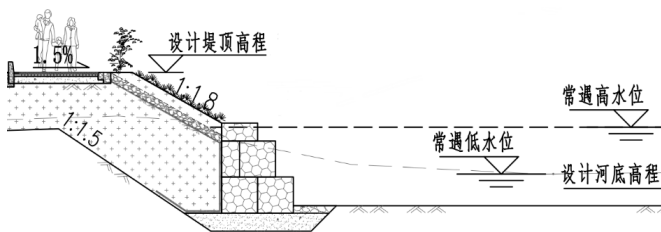


图3 格宾石笼河岸横断面图示

(三) 实施动态水位调控

实施动态水位调控的操作流程需通过水文监测、调控设施建设与运行方案制定逐步落实:建立水文监测系统,在龙归支流、凤和排渠等关键节点布设水位计和流量计,实时监测洪水位、常水位与枯水位变化,确定年度水位波动区间,凤和排渠监测数据显示其水位变幅在2.2m左右,据此设定调控基准值^[9]。调控设施建设方面,在龙归支流上游设置节制闸,闸门宽度5m,采用液压启闭系统实现0.1m级精度调控;下游出口处建设溢流堰,堰顶高程按枯水位设计,确保旱季基流稳定。运行方案采用分时段调控策略,汛期(4-9月)将水位控制在设计洪水位以下0.5m,保障行洪安全;非汛期(10-3月)每月调节水位升降0.3~0.5m,模拟自然水文节律,促进岸坡植被交替生长;特殊干旱早期通过人和东灌渠分水闸引入补水,流量控制在0.3m³/s,维持河道生态基流。

(四) 建立生态监测反馈机制

建立生态监测反馈机制的操作流程需涵盖监测网络构建、数据采集分析与工程优化三个闭环环节:监测网络建设阶段按1km间隔布设监测点,每个点设置水质监测仪,监测指标包括DO、COD、氨氮等;土壤传感器,

监测含水率、有机质含量;生物调查样本,龙归支流共布设12个监测点,凤和排渠布设5个监测点,形成全覆盖监测体系。数据采集阶段采用自动监测与人工调查相结合的方式,水质和土壤参数每小时自动记录一次,每月生成监测报告;生物多样性调查每季度开展一次,重点统计鱼类、底栖动物和水生植物的种类与数量^[10]。数据分析阶段建立评估指标体系,包括水质达标率、生物多样性指数、植被覆盖率等,当某项指标连续3个月不达标时启动预警机制。工程优化阶段根据预警信息制定调整方案,增加生态补水量、优化水位调控周期或补充种植水生植物,确保生态系统持续稳定。

结语

根据上述分析可知:基于生态工程的河道治理生态设计通过发挥生态工程修复河道自然环境、强化防洪能力、提升生态系统韧性与覆盖面的作用,遵循自然水文运行规律、保持生态系统连通性、优先本土材料应用的原则,实施营造多层次水生环境、构建多孔质护岸体系、动态水位调控及生态监测反馈等策略,能够有效平衡河道的水利功能与生态需求。这种设计模式既保障了区域防洪安全和灌溉需求,又促进了河道生态系统的自然恢复与稳定发展,为类似河道治理项目提供了可借鉴的思路与方法。

参考文献

- [1] 曾祥君. 浅析生态水利设计理念在河道治理工程中的应用[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6(3): 134-136.
- [2] 路毅. 论城市河道治理工程中生态水利设计理念的应用[J]. 农业开发与装备, 2024(9): 114-116.
- [3] 王文芳. 生态理念下水利河道堤防治理工程护坡设计及施工组织研究[J]. 水上安全, 2025(9): 80-82.
- [4] 付本闯. 生态河道景观设计探索——以西安高新区沣河、漓河入沣口环境综合治理二期工程为例[J]. 黑龙江环境通报, 2023, 36(2): 159-161.
- [5] 黄锦林, 叶合欣, 罗日洪, 等. 埋石混凝土植绿生态挡墙在山区河道治理工程中的应用[J]. 广东水利水电, 2023(3): 14-17, 23.
- [6] 戴宾洋, 俞维霞. 论城市河道治理工程中生态水利设计理念的应用[J]. 价值工程, 2021, 40(25): 146-148.
- [7] 史为倩, 钱兴华, 邹志国. 河流廊道栖息地生态修复工程技术方法及设计实践应用研究[J]. 清洗世界, 2025, (2): 137-139.
- [8] 林晨, 蒋奇, 高宁, 等. 海河“23·7”流域性特大洪水后北京河道生态治理工程措施再思考[J]. 中国水利, 2025(5): 52-58.
- [9] 杨再松, 刘前科. 望谟河望谟县河段河道综合治理工程生态防洪堤设计[J]. 河南科技, 2021, 40(7): 54-56.
- [10] 刘敏, 王旭旭, 郑瑞. 基于海绵城市理念下的生态河道治理初探——以上海临港春涟河及紫飞港工程为例[J]. 净水技术, 2021, 40(6): 126-133.