

# 河道生态修复工程中的水工结构设计优化

魏 晨

中设工程咨询(重庆)股份有限公司 重庆 400025

**摘 要:**在水资源保护与生态建设的大背景下,河道生态修复工程的重要性日益凸显。本文围绕河道生态修复工程中的水工结构设计优化展开探讨。先阐述设计优化需遵循生态优先、安全、经济及景观协调等原则,接着分析当前设计存在理念滞后、结构形式单一、材料选择不合理及与生态系统协调性不足等现状。随后从堤线布置与堤型选择、河道断面、护岸工程、过流建筑物及材料选择等方面提出优化方法,旨在提升河道生态修复工程中水工结构设计的科学性与合理性,实现生态、安全、经济与景观的有机统一。

**关键词:**河道生态;修复工程;水工结构;设计优化

引言:随着生态环境建设的推进,河道生态修复工程愈发重要。水工结构作为其中关键部分,其设计质量直接影响河道生态系统的恢复与发展。然而,当前河道生态修复工程中的水工结构设计存在诸多问题,如设计理念不能满足生态需求、结构形式与生态协调性差等。因此,对水工结构设计进行优化具有迫切性和重要性。基于此背景,深入探讨优化原则、剖析现状并提出优化方法,以期河道生态修复工程提供有益参考。

## 1 河道生态修复工程中水工结构设计优化原则

### 1.1 生态优先原则

在河道生态修复工程的水工结构设计中,生态优先原则至关重要。这要求设计从维护和恢复河道生态系统出发,充分考虑水生生物的栖息、繁衍需求,为其创造适宜的生存环境。例如,设计多样化的水流条件,为鱼类洄游提供通道,避免因水工结构阻断生态链。同时,注重保护和恢复河岸植被,利用植被稳固土壤、净化水质、调节气候。通过合理规划水工结构,减少对生态系统的干扰,确保生态系统的完整性和稳定性,使河道生态功能得以自然恢复和提升,实现人与自然的和谐共生。

### 1.2 安全性原则

安全性是河道生态修复工程水工结构设计的基础。一方面,要确保水工结构自身具备足够的强度、稳定性和耐久性,能够承受水流冲刷、洪水冲击以及其他自然力的作用,避免结构因外力破坏而引发安全事故。另一方面,要保障周边地区居民的生命财产安全,防止因水工结构设计不当导致洪水泛滥、河岸坍塌等灾害。例如,在堤岸设计时,需根据河道的防洪标准和地质条件,合理确定堤岸的高度、坡度和基础形式,确保在各种工况下都能有效抵御洪水,为人们的生产生活提供安全保障。

### 1.3 经济性原则

在满足河道生态修复和安全要求的前提下,经济性原则不容忽视。设计过程中应全面考虑工程建设成本、运营成本以及后期维护成本。尽量采用成熟、简单的设计方案,减少不必要的复杂结构,降低建设成本。同时,合理选用材料,在保证质量的基础上,优先选择本地材料或可回收材料,降低运输成本和材料成本。此外,优化设计使水工结构具备良好的运行性能,减少运营过程中的能耗和维修费用,提高资源利用效率,以最小的经济投入实现最大的生态、社会和经济效益。

### 1.4 景观协调性原则

河道作为城市或乡村景观的重要组成部分,其水工结构设计应注重与周边景观的协调性。设计需结合当地的自然风貌、人文特色,使水工结构融入整体景观环境。例如,在堤岸设计上,避免采用生硬的混凝土结构,可采用生态型护岸,种植丰富的植物,营造出自然、美观的河岸景观。对于过流建筑物,如桥梁、水闸等,在满足功能需求的同时,注重建筑造型设计,使其成为景观的一部分。通过景观协调性设计,提升河道的整体美观度,为人们提供舒适的休闲空间,促进区域生态景观的可持续发展<sup>[1]</sup>。

## 2 河道生态修复工程中水工结构设计现状

### 2.1 设计理念滞后

当前河道生态修复工程中,部分水工结构设计理念仍停留在传统水利阶段,过于侧重防洪、灌溉等基本功能,忽视了生态系统的完整性与多样性。设计人员未能充分认识到河道生态系统的复杂性和关联性,未将生态保护与修复作为核心目标融入设计流程。例如,在规划河道整治工程时,主要考虑河道的行洪能力,采用裁弯取直的方式,破坏了河道的自然形态,改变了水流的多样性,进而影响了水生生物的栖息环境。这种滞后的设

设计理念,使得水工结构难以适应现代生态环境保护与修复的需求,无法有效促进河道生态系统的健康发展,制约了河道综合功能的发挥。

## 2.2 结构形式单一

在河道生态修复工程的水工结构设计中,结构形式单一问题较为突出。常见的堤岸结构多采用硬质化的混凝土或浆砌石形式,这种结构虽然能在一定程度上满足防洪和稳固河岸的需求,但却缺乏生态友好性。单一的结构形式无法为水生生物提供多样化的栖息空间,不利于生物的繁衍和生存。同时,硬质化的河岸使得水陆之间的生态联系被切断,阻碍了物质和能量的交换。例如,在城市河道中,大量笔直的混凝土护岸取代了原本自然蜿蜒的河岸线,导致河岸边的动植物种类减少,生态系统变得脆弱。这种单一的结构形式不仅影响了河道生态系统的平衡,也使得河道景观变得单调,无法满足人们对生态景观的需求。

## 2.3 材料选择不合理

水工结构设计中材料选择不合理的现象普遍存在。一些设计仍倾向于选择传统的人工合成材料,如高强度混凝土、沥青等,这些材料虽然具有较好的力学性能,但往往对生态环境具有一定的负面影响。例如,混凝土在生产过程中会消耗大量的能源,并排放大量的二氧化碳,对环境造成较大压力。而且,这些材料表面光滑、质地坚硬,不利于水生植物的附着生长和水生动物的栖息繁衍。此外,部分材料可能会释放有害物质,对水体造成污染,影响水质。同时,在材料选择过程中,未充分考虑当地的资源条件,没有优先选用本地丰富且生态友好的材料,导致运输成本增加,也不利于工程与当地生态环境的融合。

## 2.4 缺乏与生态系统的协调性

水工结构设计在很大程度上缺乏与生态系统的协调性。许多水工结构的建设改变了河道原有的水流状态、水位变化规律以及地形地貌,对河道生态系统产生了较大干扰。例如,一些水闸和泵站的建设,阻断了鱼类洄游通道,影响了鱼类的繁殖和生存。而且,在设计过程中没有充分考虑河道生态系统中生物之间的相互关系,没有为不同生物提供适宜的生存空间和生态条件。此外,水工结构与周边陆地生态系统的衔接也存在问题,没有形成有效的生态过渡带,使得水陆生态系统之间的物质、能量交换不畅,破坏了生态系统的完整性和连续性,不利于整个生态系统的稳定和发展<sup>[1]</sup>。

## 3 河道生态修复工程中水工结构设计优化方法

### 3.1 堤线布置与堤型选择优化

#### 3.1.1 堤线布置

在河道生态修复工程里,堤线布置优化需回归自然理念。尽量遵循河道天然走势,避免裁弯取直,保留河湾、浅滩等自然形态,这能维持水流多样性,为水生生物创造适宜栖息地。同时,结合地形地貌,合理确定堤线位置,减少对周边生态环境的破坏,降低土方工程规模,保护原有生态系统。此外,考虑与周边土地利用规划相协调,为生态、农业、休闲等功能预留空间,实现堤线布置在生态保护、防洪安全及区域发展间的平衡,推动河道生态系统的自然修复与可持续发展。

#### 3.1.2 堤型选择

堤型选择应兼顾生态与安全。摒弃传统单一硬质堤型,优先选用生态友好堤型。如植物堤,利用植被固土护坡,提升河岸稳定性,同时为生物提供栖息场所,促进生态系统恢复。又如石笼堤,其透水性好,能让水流与土壤交换,利于水生植物生长。针对不同河段特点,灵活选择堤型。在水流平缓处,可采用缓坡植被堤,增强景观效果;在冲刷严重区域,选用石笼堤或土工格栅加筋土堤,确保防洪安全。通过合理选择堤型,实现生态、安全与景观的有机统一。

## 3.2 河道断面设计优化

### 3.2.1 多样化断面形式

在河道生态修复工程中,设计多样化的河道断面形式至关重要。传统单一的矩形或梯形断面难以满足生态系统多样化需求。应根据不同河段功能与生态特点,设计复式断面、不规则断面等。复式断面设置主槽与滩地,洪水期主槽行洪,枯水期滩地为生物提供栖息地,还能促进水陆生态交流。不规则断面模仿自然河道,营造深潭、浅滩相间格局,增加水流紊动性,利于水生生物繁衍,为鱼类提供藏身与产卵场所,丰富河道生态景观,提升生态系统的稳定性与多样性。

### 3.2.2 考虑水位变化

河道水位会随季节、降水等因素显著变化,设计时充分考虑这一点是优化断面的关键。可打造多级台阶式断面,高水位时水流漫过台阶,扩大过水面积,降低流速;低水位时,台阶露出形成湿地或浅水区,为水生植物生长和两栖动物栖息提供条件。设置生态浅槽,在低水位时保证一定水流,维持水生生物生存环境。同时,结合水位变化种植不同耐水性植物,构建随水位变化的生态景观带,既满足防洪需求,又能在不同水位阶段保持良好生态功能与景观效果。

## 3.3 护岸工程设计优化

### 3.3.1 生态护岸形式

生态护岸形式的优化是河道生态修复的关键。摒弃传统的硬质混凝土护岸,采用新型生态材料与结构组合。比如,植被型生态护岸,通过种植根系发达的植物,如菖蒲、芦苇等,利用其根系固土,增强岸坡稳定性,同时为水生生物提供食物与栖息地。石笼网生态护岸也值得推广,其孔隙结构利于水体与土壤间物质交换,便于水生植物扎根,为微生物和小型水生动物创造生存空间。此外,土工格室植草护岸,能有效防止坡面水土流失,且草皮可美化环境,多种生态护岸形式结合,能全面提升河道生态系统的健康程度。

### 3.3.2 增加亲水性

增加亲水性可提升河道的生态与社会价值。在护岸设计中,设置亲水平台,采用木质或石材建造,错落分布于不同水位,为人们提供近距离接触水的空间。亲水平台可设计成阶梯状,随水位变化呈现不同景观,吸引人们驻足。在护岸周边营造浅滩湿地,种植耐水植物,形成丰富的生态景观,供人们休闲观赏。此外,打造蜿蜒曲折的滨水步道,让人们沿着河岸漫步,感受自然生态,增强人与水的互动,提升居民对河道生态修复工程的认同感与参与度,促进人与自然和谐共生。

## 3.4 过流建筑物设计优化

### 3.4.1 鱼道设计

鱼道设计优化旨在恢复鱼类洄游通道,保障水生生物的生态连通性。设计时需充分考虑目标鱼类的习性,如洄游速度、跳跃能力等。鱼道形式可选用池式鱼道,通过设置一系列相互连通的水池,形成多级跌水,为鱼类提供休息和洄游的场所。同时,合理设计鱼道的坡度与水流条件,确保水流速度适宜,既便于鱼类溯游,又不会消耗其过多体力。

### 3.4.2 水闸和泵站优化

水闸和泵站的优化对于河道生态修复至关重要。在满足防洪、灌溉等基本功能前提下,应改进其运行方式以减少对生态的影响。例如,水闸可采用生态调度方式,根据不同季节和生态需求,合理控制水位与流量,模拟自然水文节律,为水生生物提供适宜的生存环境。对于泵站,优化其选址与布局,尽量减少对周边生态环境的破坏。同时,采用低能耗、环保型设备,降低运行过程中的噪音与污染。

## 3.5 材料选择优化

### 3.5.1 采用生态友好材料

在河道生态修复工程的水工结构设计中,采用生态友好材料是优化材料选择的关键方向。生态友好材料不仅能满足工程基本需求,还对生态环境影响极小。例如,可选用天然木材,其具有良好的亲水性和生物相容性,能为水生生物提供栖息场所,且在自然环境中可降解,不会造成长期污染。再如,多孔混凝土也是理想选择,其内部孔隙结构利于水分渗透与植物根系生长,能有效改善河岸生态环境。还有土工布,能稳固土壤、防止水土流失,同时具备可降解特性,减少对生态的负面影响。这些材料的使用,有助于构建更健康、可持续的河道生态系统,使水工结构与周边生态环境和谐共生,促进生态的自然修复与平衡。

### 3.5.2 就地取材

就地取材是优化材料选择的重要策略,能带来诸多益处。一方面,本地材料熟悉当地环境,适应性强。如当地的石材,在抗风化、耐水蚀方面表现出色,用于水工结构建设,能更好地抵御当地自然条件的侵蚀,确保工程的稳定性与耐久性。另一方面,就地取材可大幅降低运输成本与能耗,减少因长途运输造成的环境污染。此外,使用本地材料还能促进当地资源的合理开发与利用,带动地方经济发展<sup>[3]</sup>。

## 结束语

河道生态修复工程中的水工结构设计优化,是推动生态环境可持续发展的关键环节。通过遵循生态优先、安全、经济及景观协调原则,改进设计理念,丰富结构形式,合理选材并强化与生态系统的协调性,能有效提升河道生态功能。未来,需持续关注生态技术创新与应用,加强多学科融合,不断完善水工结构设计,使河道不仅具备防洪、灌溉功能,更成为生态宜居、景观优美的自然廊道,实现人与自然和谐共生的美好愿景。

## 参考文献

- [1]王博.基于生态修复理念的城市河道景观设计[J].智能建筑与智慧城市,2024,(09):123-125.
- [2]王少波,张舒,熊玉龙,等.河湖水系连通对城市河道生态修复水动力作用效果——以猎德涌为例[J/OL].人民珠江,1-12[2024-10-08].
- [3]邹育新.生态浮岛技术在城市河道生态修复中的应用与进展[J].水利技术监督,2024,(07):264-266.