

河道生态整治中的护岸结构设计与实践

杨伟业

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 石河子 832000

摘要: 本文聚焦河道生态整治中的护岸结构设计与实践,深入探讨护岸结构在河道生态整治中的重要性,详细分析生态护岸的设计原则、常见结构类型及其特点,并结合实际案例阐述护岸结构的实践应用。通过研究,旨在为河道生态整治中护岸结构的设计与实施提供理论支持和实践参考,促进河道生态系统的健康与可持续发展。

关键词: 河道生态整治;护岸结构;生态设计;实践应用

引言

河道作为自然生态系统的重要组成部分,不仅承担着防洪、排涝、灌溉等重要功能,还为众多生物提供了栖息和繁衍的场所。然而,随着城市化进程的加速和人类活动的频繁干扰,许多河道生态系统遭受了不同程度的破坏,如河道淤积、水质恶化、岸坡坍塌等问题日益突出。护岸结构作为河道整治的关键环节,其设计合理与否直接关系到河道生态系统的稳定性和可持续性。传统的护岸结构往往侧重于工程防护功能,忽视了生态环境的保护和修复,导致河道生态功能退化。因此,在河道生态整治中,设计科学合理的护岸结构具有重要的现实意义。

1 生态护岸的设计原则

1.1 生态性原则

在设计过程中,应充分考虑河道原有的生态特征,如水流形态、植被分布、生物栖息环境等。河道的水流形态包括流速、流向、水位变化等,这些因素影响着水生生物的生存和繁衍。例如,一些鱼类需要在特定的流速和水深环境中产卵和育幼,因此在护岸设计时要尽量保持河道自然的水流形态,避免对水流造成过度干扰。植被分布是河道生态系统的重要组成部分,它不仅能够固定土壤,防止岸坡侵蚀,还能为水生生物和陆生生物提供食物和栖息场所。在设计护岸时,应保留和恢复河道原有的植被,采用天然材料如木材、石块、植物纤维等构建护岸,为生物提供适宜的生存空间。例如,在护岸上种植水生植物和湿生植物,它们的根系可以扎根于土壤中,增强岸坡的稳定性,同时为水生昆虫、鱼类等提供栖息和繁衍的场所,促进生物多样性的恢复。此外,注重护岸结构与周边环境的融合,使护岸成为河道生态系统的一部分,而不是孤立的存在。护岸的颜色、材质和形状应与周边自然景观相协调,营造出自然和谐的生态环境^[1]。

1.2 安全性原则

护岸结构必须具备足够的稳定性,以抵御洪水的冲刷、波浪的侵蚀以及人为活动的影响。在设计时,要充分考虑河道的水文地质条件、水流特性等因素。水文地质条件包括土壤类型、地质构造、地下水位等,这些因素直接影响着岸坡的稳定性。例如,在软土地基上修建护岸,需要采取特殊的地基处理措施,如换填、打桩等,以提高地基的承载能力。水流特性包括流速、流量、水位变化等,不同的水流条件对护岸的要求也不同。在流速较大的河道中,护岸结构需要具有较强的抗冲刷能力,可采用石笼、混凝土块等材料进行加固;在水位变化较大的河道中,护岸结构应具有一定的柔韧性,能够适应水位的变化,避免因水位升降导致护岸破坏。通过科学的计算和分析,如采用水力学、土力学等相关理论和方法,对护岸结构在不同工况下的受力情况进行模拟和分析,确保护岸结构在各种工况下都能安全可靠地运行,保障河道两岸人民生命财产的安全。

1.3 可持续性原则

可持续性原则要求护岸结构在满足当前使用功能的同时,还要考虑其长期的使用效果和对环境的影响。选择耐久性强、可再生或可降解的材料,减少对自然资源的消耗和环境的污染。例如,采用天然石材、木材等可再生材料,或者使用生态混凝土、生态袋等可降解材料,这些材料在使用过程中不会对环境造成污染,并且在废弃后可以自然降解,回归自然。此外,护岸结构应具有一定的自我修复能力,能够在一定程度上适应自然环境的变化,降低后期的维护成本。例如,采用植物护岸,植物的根系可以随着生长不断扎根于土壤中,增强岸坡的稳定性,并且在受到轻微破坏后能够自行修复。同时,在设计护岸结构时,应考虑其可维护性和可更新性,方便在后期进行检修和维护,延长护岸结构的使用寿命。

1.4 景观性原则

河道不仅是水利工程施工设施，也是城市景观的重要组成部分。生态护岸设计应注重与周边景观的协调性，通过合理的布局和植物配置，营造出美观宜人的河道景观。例如，利用不同季节的植物搭配，形成四季有景的生态景观带。春季可以种植樱花、桃花等花卉植物，营造出繁花似锦的景象；夏季可以种植荷花、睡莲等水生植物，增添清凉之感；秋季可以种植银杏、红枫等彩叶植物，展现出五彩斑斓的秋色；冬季可以种植松柏等常绿植物，保持河道景观的生机与活力。同时，结合护岸结构设置一些景观小品，如亲水平台、栈桥、雕塑等，为市民提供休闲娱乐的场所，提升河道的观赏价值和生态文化内涵。此外，还可以利用灯光设计，在夜间营造出独特的河道景观，增强河道的吸引力和魅力。

2 常见生态护岸结构类型及其特点

2.1 自然原型护岸

自然原型护岸是模拟自然岸坡形态，采用天然材料进行简单加固的一种护岸形式。它保留了河道原有的植被和土壤结构，通过种植水生植物和湿生植物，增强岸坡的稳定性。水生植物和湿生植物的根系可以扎根于土壤中，形成复杂的根系网络，有效地固定土壤，防止岸坡侵蚀。同时，这些植物还可以吸收水中的营养物质，减少水体富营养化，改善水质。自然原型护岸具有生态性好、景观自然、施工简单等优点。由于其采用天然材料和自然植被，与周边环境融合度高，能够营造出自然和谐的生态环境。而且施工过程相对简单，不需要大量的机械设备和复杂的施工工艺，成本较低^[2]。然而，自然原型护岸对水流条件和地质条件要求较高，适用于水流较为平缓、地质条件较好的小型河道。在水流速度较快或地质条件较差的河道中，自然原型护岸可能无法承受水流的冲刷和侵蚀，导致岸坡坍塌。

2.2 自然型护岸

自然型护岸是在自然原型护岸的基础上，结合一定的工程措施进行加固。例如，采用石笼、木桩等材料对岸坡进行护砌，同时保留岸坡的自然植被。石笼护岸是将石块装入金属网箱中，形成具有一定强度和柔韧性的护岸结构。石笼护岸具有良好的透水性和柔韧性，能够适应岸坡的变形。在水流冲刷作用下，石笼内的石块可以相互调整位置，保持护岸的稳定性。同时，石笼的空隙可以为水生生物提供栖息和繁殖的场所，有利于生物多样性的保护。木桩护岸则是将木桩打入岸坡土壤中，形成一道防护屏障。木桩护岸具有自然美观的特点，与周边环境相协调。而且木材是一种可再生材料，对环境

影响较小。自然型护岸既具有一定的工程防护能力，又能较好地维护河道的生态功能，适用于水流速度适中、地质条件一般的中型河道。

2.3 人工生态护岸

人工生态护岸是利用人工材料和工程技术构建的具有生态功能的护岸结构。常见的人工生态护岸形式有生态混凝土护岸、生态袋护岸等。生态混凝土护岸采用多孔混凝土材料，这种材料内部具有大量的孔隙，为水生生物提供了栖息和繁殖的场所。同时，生态混凝土具有良好的透水性和抗冲刷能力，能够允许水流通过，减少对岸坡的冲刷。生态混凝土还可以通过添加特殊的添加剂，改善其性能，提高其生态适应性。生态袋护岸是将填充有土壤和种子的生态袋堆叠而成，能够快速形成植被覆盖。生态袋具有良好的透水性和保水性，有利于植物的生长。而且生态袋可以根据岸坡的形状和坡度进行灵活堆叠，适应不同的地形条件。人工生态护岸适用于水流条件复杂、地质条件较差的大型河道，具有较高的工程可靠性和生态适应性。

3 实践应用：新疆伊犁河可克达拉段生态护岸实践案例

3.1 项目背景

伊犁河作为新疆最大的国际内陆河，其可克达拉段（兵团第四师）曾因多重压力陷入生态困境。2012年前，上游水库截流导致年径流量减少30%，部分河段出现季节性断流；农业面源污染与城镇污水直排使水体COD浓度超标1.5倍，水质恶化至Ⅳ类；传统混凝土护岸占比超60%，硬质化结构阻断水陆生态交换，底栖生物种类从22种锐减至8种，湿地面积萎缩40%，候鸟栖息地丧失。面对这一系统性生态危机，兵团第四师于2012年启动综合治理工程，以“柔性护岸+生态修复”为核心策略，总投资28亿元，其中生态护岸建设占比40%，旨在重建河湖健康生态系统。

3.2 护岸结构应用实践

项目团队通过实地勘察与数值模拟，将120公里河段划分为冲刷严重段、缓坡段、常水位以上坡面及高陡边坡四类典型场景，针对性应用四种创新护岸技术，形成“分级防护、生态优先”的技术体系。

3.2.1 镀锌钢丝石笼箱护岸

在俞家桥港至可克达拉大桥段（流速 $> 3\text{m/s}$ ，冲刷深度 $> 2\text{m}$ ），传统混凝土护岸因抗冲刷能力不足频繁损毁。项目采用镀锌钢丝石笼箱替代，其 $2\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ 的箱体结构由双层错缝堆叠而成，底部埋入河床 0.5m 以增强稳定性。填充的本地石灰岩粒径控制在 $15\text{-}30\text{cm}$ ，孔隙率

达35%，既保证结构强度，又为水流与土壤交换提供通道。实测表明，石笼箱护岸可承受4m/s的流速冲击，较混凝土护岸寿命延长2倍。更关键的是，其孔隙成为鱼类产卵的天然场所——伊犁裂腹鱼在石笼箱内的栖息密度较自然河床提升2.3倍，产卵量增加1.8倍。此外，项目团队将彩色块石嵌入石笼箱表面，形成与周边景观协调的亲水平台，既满足防洪需求，又为市民提供垂钓、观鸟空间，实现生态与景观功能的统一。

3.2.2 松木桩-植被复合护岸

针对长山河碧云港至徐家港段（坡比1:3-1:5，流速 < 1.5m/s）的缓坡特点，项目采用“松木桩+碎石腐殖土+植被”的复合结构。直径15-20cm的松木桩以0.5m间距垂直打入岸坡，桩间填充碎石与腐殖土（体积比3:1），形成透气透水的基质层。深根植物柳树与浅根草本狗牙根、黑麦草混播后，柳树根系穿透碎石层，与松木桩形成“生物锚固”，使坡面抗滑移能力提升40%；芦苇群落则通过吸收氮磷（效率达85%），将水体总磷浓度从0.3mg/L降至0.08mg/L。冬季枯萎的芦苇为白鹭等水鸟提供食物，观测显示该区域白鹭种群数量从20只增至120只，生物多样性显著恢复。

3.2.3 植被型生态混凝土护岸

在可克达拉市滨河公园段（人流量大，需兼顾景观与生态），项目突破传统混凝土护岸的生态缺陷，研发植被型生态混凝土。其配比为水泥:砂:碎石:保水剂:缓释肥 = 1:2:3:0.05:0.1，孔隙率达28%，渗透系数 1.2×10^{-2} cm/s，既保证结构强度，又允许植物根系穿透。通过“喷播+覆膜”技术种植狗牙根、黑麦草后，坡面植被覆盖率在6个月内达到85%，较传统混凝土护岸提升5倍。多孔结构为微生物提供附着基质，实测氨氮去除率达90%；草本植物覆盖后，坡面温度较混凝土护岸降低5-8℃，有效缓解城市热岛效应。更值得一提的是，该技术成本较传统混凝土护岸降低20%，维护周期延长至5年，兼具经济性与可持续性。

3.2.4 三维植被网-深根植物护岸

针对伊犁河大桥东侧切坡段（坡比1:1.5，高度8-10m）的高陡边坡，项目采用“三维植被网+深根植物”的柔性防护方案。聚丙烯材质的植被网（网孔5cm×5cm）通过Φ16钢筋锚杆固定于坡面，锚杆间距2m、深

度1.5m，确保网体与坡体紧密结合。深根乔木沙棘与藤本植物爬山虎组合种植后，沙棘根系穿透植被网，形成“根系加筋层”，使边坡抗冲刷流速提升至6m/s；爬山虎覆盖后，边坡吸尘量增加3倍，PM2.5浓度下降25%，同时通过蒸腾作用将边坡含水率稳定在18%-22%，显著降低滑坡风险。该技术将工程防护与生态修复融为一体，为高陡边坡治理提供了新思路。

3.3 实施成效

项目实施后，伊犁河可克达拉段生态效益显著：水质从Ⅳ类提升至Ⅱ类，湿地面积从12.5km²恢复至21.8km²，底栖生物种类增至22种，护岸植被覆盖率达82%。防洪标准由5年一遇提升至20年一遇，保护两岸10万居民生命财产安全。经济与社会效益同样突出：滨河公园年接待游客超50万人次，带动周边民宿、餐饮业增收8000万元；生态旅游收入从0.3亿元增至2.1亿元，增长600%。更深远的影响在于公众生态意识的觉醒——俞家桥港段成为生态修复示范点，碧云港段滨水步道成为市民休闲首选，滨河公园段植被型生态混凝土护岸则成为全国科普教育基地，推动生态保护从政府主导转向全民参与。

结束语

随着人们对生态环境保护意识的不断提高和科学技术的不断进步，河道生态整治中的护岸结构设计与实践将面临新的机遇和挑战。未来的研究可以进一步探索新型生态护岸材料和结构形式，提高护岸结构的生态性能和工程可靠性。同时，加强多学科交叉研究，将生态学、水利工程学、景观设计学等学科的知识有机结合，为河道生态整治提供更加科学、全面的技术支持。此外，还应加强对河道生态整治工程的后期维护和管理，确保工程的长期效益。

参考文献

- [1] 龚瑜.城市生态护岸系统的绿色应用研究[J].建筑施工, 2018, 40(08): 1453-1455.
- [2] 苏敏婷, 余宇翔.我国生态护岸的发展现状[J].江西农业, 2018(16): 65.
- [3] 郑重阳.水利工程中的河道生态护坡施工技术研究[J].价值工程, 2019, 38(35): 147-149.
- [4] 刘立朋, 辛振科.硬化地面渗水方法探讨[J].城市住宅, 2020, 27(01): 126-127.