

河道整治工程中生态护岸结构对水流流态的影响研究

李修齐 周雪梅

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

【摘要】：生态护岸结构在河道整治工程中的应用，不仅有助于稳定岸坡、减少水土流失，还能改善水流流态，提升水域生态环境质量。不同的生态护岸设计可能对水流流态产生不同的影响，进而影响水质、水流速度和河道的生态稳定性。通过流态分析，可以为生态护岸结构的优化设计提供依据，从而达到改善水体生态环境和促进水生生物栖息的双重效果。研究表明，通过合理配置生态护岸结构，能够有效改变水流的流态，减缓水流速度，降低水流冲刷力，提升河道的生态修复能力。针对不同河段的特性，选择合适的护岸方案，是实现河道生态修复的关键。

【关键词】：生态护岸结构；河道整治；水流流态；生态修复；水生生物

DOI:10.12417/2705-0998.26.06.066

引言

河道整治是防洪、灌溉、水资源管理等多项功能的基础，然而传统的硬质护岸往往带来水流冲刷加剧、水体退化等问题。因此，生态护岸作为一种新型护岸形式，已成为当今河道治理的重要方向。通过优化设计生态护岸结构，可以有效调节水流流态，减少水流冲刷，提高河道的生态稳定性。与传统护岸相比，生态护岸更注重恢复水体的生态功能和改善生物栖息环境。在此背景下，研究生态护岸结构对水流流态的影响，成为推动河道生态修复与治理工作的核心议题。

1 生态护岸结构的基本原理

1.1 生态护岸的定义与分类

生态护岸是指通过模仿自然环境或结合自然材料的方式，设计和构建的岸边防护系统，旨在增强河道的生态功能，改善水流流态，并保持水体生态平衡。该结构的核心目标是通过选择适当的植物、土壤和石材等自然元素，替代传统的硬质护岸设施。根据不同的设计理念和功能需求，生态护岸可以分为不同类型，如植物护岸、复合护岸和石材护岸等。植物护岸主要利用植物的根系结构加强岸坡稳定性；复合护岸则结合植物、石材和土壤，提供更强的生态和结构支持；而石材护岸则结合人工石材的天然特点，既能发挥防护作用，又能促进生物栖息。

1.2 生态护岸结构的设计原则

在设计生态护岸时，必须考虑水流特性、岸坡稳定性、生物多样性等多方面因素^[1]。设计时应注重水流流态的合理调节，通过结构的布置来缓解水流的冲击力，避免水土流失。生态护岸的设计要遵循自然和谐原则，保持生态系统的自我修复能力，同时根据河道水流的速度、深度和波动性，调整护岸结构的材质和形式。生态护岸的设计还需要兼顾水质净化、湿地生态恢复和景观美学，以确保功能的多重实现。

1.3 生态护岸的功能及作用

生态护岸不仅能有效防止水土流失和河岸侵蚀，还在水流流态的优化中发挥着重要作用。通过改变水流的速度和方向，

生态护岸可以减少水流对河床的冲刷力，稳定河道的水文环境，避免传统硬质护岸带来的水流紊乱和生态破坏。生态护岸还具有生态修复功能，通过增加植被覆盖、提供栖息地和食物来源，为水生生物和陆生物种提供理想的栖息环境。这些措施有助于恢复和维持生态系统的健康性，促进生物多样性的保护。

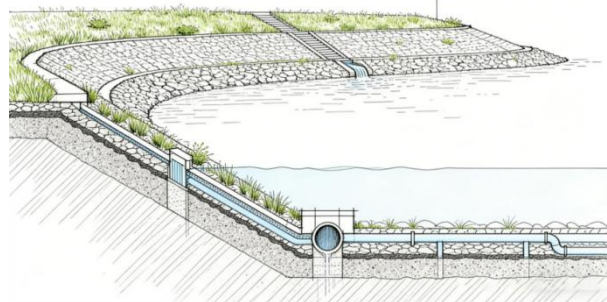


图1 生态岸线雨水渗滤系统示意图

2 生态护岸对水流流态的影响机制

2.1 水流速度变化分析

生态护岸结构通过调整水流与护岸表面的接触方式，能够显著影响水流的速度。在传统硬质护岸中，水流速度通常较大且较为均匀，易导致水土流失和岸坡侵蚀。而在生态护岸的设计中，采用了植物根系、天然石材及沉积物等多种元素，这些结构对水流产生了多层次的阻力，使得水流在通过护岸时发生分流、减速和扰动。植物的根系起到降低水流速度的作用，尤其是在低水流区，能够有效减少水流的冲击力，促进水流的稳定性。通过这种方式，水流的速度不仅得到控制，也能避免对生态系统的破坏，并为水生植物和水生动物提供更加适宜的生存境。

2.2 水流湍流强度与水质变化

水流湍流强度直接影响水体的交换过程、沉积物的输送以及水质的变化。生态护岸通过优化水流的流态，减少湍流的产

生,降低了水流对水体中细颗粒物的搅动,进而改善了水质^[2]。植物护岸通过根系固土和减少水流波动,能有效抑制水中的悬浮物质,从而提高水体透明度。减少湍流还能降低水体中的营养物质和污染物的扩散速度,避免水体富营养化和水质恶化。通过控制湍流强度,生态护岸不仅维持了水质的良好状态,还为水生生物的栖息和繁殖提供了更加稳定的环境。

2.3 水流冲刷力对生态环境的影响

水流冲刷力是河流沿岸侵蚀的主要动力,传统硬质护岸通常无法有效缓解水流的冲击力,往往导致河道床面和岸坡的侵蚀加剧。而生态护岸通过设计合适的结构与材料,能够减缓水流的冲刷力,保持河道岸坡的稳定。植物的根系在护岸中起到了很好的加固作用,能够有效防止土壤被水流冲刷。同时,植被的覆盖层不仅有助于保护岸坡免受侵蚀,还能吸附悬浮物,减少水流对底床的直接冲击。这种缓解冲刷力的设计,不仅有效保护了生态环境,也确保了水流的自然流动,提升了生态护岸的长期稳定性和水体环境质量。

3 生态护岸结构的流态优化设计

3.1 设计流程与模型分析

生态护岸结构的流态优化设计需要基于水流特性、生态功能和岸坡稳定性等多个因素进行综合考虑。在设计流程中,首先需要对河道的水流情况进行详细分析,包括流速、流量、流态的空间分布等。这一阶段的核心任务是通过水流模型(如二维水流模型)模拟不同护岸结构对水流流态的影响,从而预测水流与护岸的交互效果。模型分析不仅帮助确定不同设计方案的优缺点,还能为护岸材料的选择提供依据。常见的模型分析包括计算水流的速度分布、湍流强度和湍流稳定性等。在模拟过程中,需考虑河道的不同水文条件和生态需求,如植物根系的强度、沉积物的特性等,确保护岸结构能够在优化水流流态的同时,维持良好的生态功能。设计模型还可以根据水流流态的变化,进一步调整护岸的几何形状和材质配置,确保结构的有效性和稳定性。

3.2 不同护岸类型的水流流态表现

生态护岸根据设计理念和应用需求可分为不同类型,每种类型对水流流态的影响也存在显著差异。植物护岸主要通过植物根系增强岸坡的稳定性,减少水流对岸边的直接冲刷。在低流速区,植物护岸能够减缓水流速度,优化流态,形成更为均匀的水流分布^[3]。而石材护岸则更多依靠天然石材的沉积和排列来调节水流,通过增加水流的阻力来缓解水流速度,从而减少水流的湍流强度。复合护岸结构则结合了植物和石材的特点,不仅能调节水流速度,还能通过多层次的结构提高对水流流态的调节能力。不同护岸类型的设计不仅考虑水流速度,还需考虑水流方向和湍流强度。综合考虑流态表现和生态需求,优化设计的生态护岸能够有效提升水体环境质量,减少水流对

生态系统的破坏。

3.3 优化设计的实施与案例分析

优化设计的实施过程中,除了依赖理论和模型分析外,还需要结合实际情况进行现场验证。通过实际测量与模拟结果对比,优化设计可以在不断调整中提升水流流态和护岸功能的匹配度。案例分析表明,针对不同水文条件和生态需求,采取差异化设计方案能够有效改善流态表现。在某河段采用复合护岸结构后,水流的流速显著降低,湍流强度减弱,水质改善,生态环境得到了恢复。在另一案例中,通过改进植被配置和材料搭配,不仅减缓了水流的冲击力,还提升了水生生物的栖息条件。实际应用中,优化设计不仅要求水流流态的平稳化,还需在节约成本、施工周期和生态效果之间找到平衡。案例的成功实施为生态护岸优化设计提供了宝贵的经验,进一步推动了生态护岸技术的广泛应用与推广。

4 生态护岸设计的生态修复效果

4.1 生态功能恢复机制

生态护岸设计的一个重要目标是恢复和维持水体的生态功能。通过合理配置植物和材料,生态护岸能够改善水流流态,减少水体中的污染物和悬浮物质。植物的根系不仅增强了岸坡的稳定性,还在水流中起到了过滤作用,吸附水中的有害物质,从而改善水质。在流速较快的河段,植被能够有效减缓水流速度,降低水体的冲击力,减少底床的侵蚀,进而恢复河流的自然功能。生态护岸还通过促进河道底部沉积物的积累,增强水体的沉积功能,恢复水域原有的自净能力,达到生态修复的效果。通过这些机制,生态护岸能够重新建立起水体的生态平衡,为水生生物的栖息提供基础条件。

4.2 水生生物栖息地改善

生态护岸的设计不仅侧重于水流控制,还注重为水生生物创造适宜的栖息环境。植被、沉积物、石材等构成的复合结构为水生生物提供了丰富的栖息场所和食物来源^[4]。植物根系能够为微生物提供栖息地,增加水体的生物多样性,帮助恢复水生植物的生长。在护岸周围构建的结构为鱼类、昆虫和其他水生生物提供了庇护所,减少了水流带来的生境丧失。生态护岸的设计考虑到生态网络的恢复,利用不同水流条件和植被布局,使得不同类型的水生生物能够在不同区域得到栖息和繁殖的机会。这种优化的栖息环境有助于提升河流生态系统的稳定性和自我修复能力。

4.3 案例研究与成果评估

多个生态护岸设计案例表明,生态护岸能够在不同河道条件下取得显著的生态修复效果。在某些区域,实施生态护岸后,水流速度降低,水质得到明显改善,水体透明度提高,为水生植物的生长创造了更为稳定的环境。通过生态护岸的设计,岸坡侵蚀得到有效遏制,河床的稳定性增强,生物栖息环境得到

恢复。部分地区在实施生态护岸后的几年内,水生植物和鱼类种群数量都有所增加。相关评估表明,生态护岸设计不仅能显著提升河道的生态功能,还能通过持续监测与调整,进一步完善设计,使得河道恢复和生态保护达到更高水平。通过综合评估生态护岸的效果,可以为未来类似项目提供宝贵的经验和数据支持。

5 生态护岸结构应用中的问题与解决路径

5.1 设计中的技术难点

生态护岸结构的设计面临多个技术难题,首先是水流动力学与生态系统需求之间的平衡。水流速度、湍流强度等水流特性对护岸结构的要求较高,过快的水流可能造成护岸的稳定性问题,而过慢的流速又可能导致沉积物堆积,影响水质和生态功能。因此,如何根据不同河段的水流条件,精确设计合适的护岸结构,成为设计中的关键挑战。另一个难点在于植物与土壤的结合方式,特别是在水位波动较大的区域,植物根系的稳固性和土壤的结合力对护岸的长期稳定性至关重要。针对不同水文条件下生态护岸的适应性和多样化的设计方案,也提出了更高的技术要求,需要综合考虑水流、生态和环境条件,进行精准模拟和优化设计。

5.2 施工中的实践挑战

生态护岸的施工过程中,往往面临材料选择、施工工艺以及施工环境等多个实际问题。生态护岸设计中所使用的材料,包括植物、石材、土壤等,存在质量和供应的不稳定性,尤其是一些特殊地区,所需材料难以满足设计要求。施工过程中的环境保护也是一大挑战,施工区域的生态保护措施不到位,可能导致水质恶化,影响周边生物栖息^[5]。另一方面,生态护岸

的施工难度较高,施工队伍需要掌握更专业的技能,确保每一层植物、土壤、石材的配置都能达到最佳效果。由于项目规模大、工期紧,施工过程中往往难以做到精细操作,这直接影响到生态护岸的功能效果。由于生态护岸设计和施工对现场环境适应性强,实际操作中经常会遇到设计与现场条件的不匹配,需要进行现场调整和优化。

5.3 解决路径与优化方案

为解决设计中的技术难点,可以通过加强多维度的水流模拟和生态系统分析,采用更为先进的计算流体力学(CFD)模型,精确预测水流流态与护岸结构之间的相互作用。可以通过多学科联合设计,结合水文、生态学和工程技术,制定个性化的护岸方案,确保设计方案能够在不同水文条件下发挥最佳效果。施工中的问题可以通过改进施工工艺、使用可持续材料以及加强工地管理来应对。在材料选择上,建议选用本地资源和耐久性强的材料,以确保施工质量与生态效果的长期保持。施工过程中加强生态监测,实时调整施工计划,避免对水体和周边环境的破坏。针对施工中的技术难点,培训专业施工团队,提升其对生态护岸施工技术的理解和操作水平。通过不断完善设计和施工中的细节,可以显著提升生态护岸结构的效果,确保其在实际应用中发挥更大的生态和防护作用。

6 结语

生态护岸结构作为一种新型的河道整治方案,能够有效改善水流流态、恢复生态功能,并为水生生物提供良好的栖息环境。在设计、施工及应用过程中,面临的技术与实践难题可以通过精确的模型分析和科学的施工管理进行有效解决。未来,生态护岸将成为推动河道生态修复的重要技术手段,进一步提升水生态环境的保护和修复能力。

参考文献:

- [1] 马思洁.河道生态护岸的设计与稳定性分析[J].现代工业工程,2026(3):107-109.
- [2] 张信.生态护岸技术在河道整治中的应用与稳定性研究[J].中国资源综合利用,2025,43(12):60-62.
- [3] 高远超,孙孝蕾,徐洪贤,滕信峰,段连法.基于生态功能提升的河道护岸结构优化设计研究[J].工程建设与设计,2025(22):71-73.
- [4] 祝明慧.河道治理中生态护岸结构优化路径探析[J].区域治理,2025(23):0019-0021.
- [5] 杨静思,陈志乐.河道整治工程中直立式护岸结构选型[J].水运工程,2021(10):271-275.