

波浪桩结合生态护岸技术在河道综合治理中的应用探索

刘彦哲

河北省水利工程局集团有限公司 河北 石家庄 050000

摘要：本文围绕波浪桩结合生态护岸技术在河道综合治理中的应用展开探索。阐述波浪桩结构材料特性与工作原理、生态护岸定义及作用机制，剖析二者结合在增强岸坡稳定性、提升生态修复效果、优化景观与经济效益方面的协同效应。波浪桩作为一种性能优良的构件材料，在护岸工程中具有独特的优势，通过实际案例表明，该技术可有效改善河道岸坡安全、水质及生态环境，降低维护成本，实现生态与经济双赢，为河道综合治理提供新思路与方法。

关键词：波浪桩；生态护岸技术；河道综合治理；应用探索

1 波浪桩技术概述

1.1 波浪桩的结构与材料特性

波浪桩是一种新型的预应力混凝土构件，截面呈半圆环形，混凝土强度不小于C80，主筋采用预应力混凝土钢棒，其质量符合现行国家标准《预应力混凝土用钢棒》（GB/T5223.3），抗拉强度标准值大于等于1420MPa。采用先张法工艺制作生产，可延缓混凝土的开裂，并可提供较高的抗弯承载力。在混凝土内添加自主研发的高性能复合材料，优化混凝土配方及养护工艺，经离心成型和高温养护后成桩，使得桩身混凝土的耐久性能大大提升，是一种绿色、节能、环保、耐久的产品。波浪桩其独特的波浪形截面设计是区别于传统直桩的核心特征。波浪桩的波峰与波谷交替排列，形成凹凸起伏的几何形态，这种结构使得桩体在受力时能够通过波形结构分散应力，相较于直桩具有更强的抗弯曲和抗剪切能力。从横截面上看，波浪桩常见的形状有正弦波形、梯形波形等，不同的波形设计适用于不同的工程需求和地质条件。在材料选择方面，波浪桩主要采用高强度钢材、钢筋混凝土以及复合材料。高强度钢材波浪桩具有强度高、韧性好、施工便捷等特点，通过热镀锌或涂覆特殊防腐涂层，能够有效提升其在复杂水环境下的耐腐蚀性能，延长使用寿命^[1]。钢筋混凝土波浪桩则凭借其良好的整体性和耐久性，在大型水利工程中广泛应用，其内部钢筋骨架为桩体提供抗拉强度，混凝土则赋予其抗压性能。

1.2 波浪桩的工作原理

波浪桩的工作原理基于其独特的结构设计和力学性能。在承受外部荷载时，波浪桩的波形结构能够将集中力转化为沿桩体轴向和横向的分布力。当受到水平推力，如水流冲击力或土体侧压力时，波峰和波谷与周围土体或水体产生咬合作用，增大了桩土之间的摩擦力和

嵌固力。这种咬合效应不仅限制了桩体的位移，还能有效分散应力，避免应力集中导致的桩体破坏。在实际工程应用中，波浪桩通常以群桩形式布置。群桩中的各桩通过相互作用，形成一个整体的承载体系。当某一根桩受到荷载时，通过桩间土的传力作用，荷载能够迅速扩散到周围桩体，从而提高整个桩基础的承载能力和稳定性。波浪桩在振动沉桩过程中，其波形结构能够对周围土体产生挤密作用，改善土体的物理力学性质，进一步增强桩土之间的协同工作性能，使波浪桩在软土地基处理、岸坡防护等工程中发挥出良好的加固效果。波浪桩的施工工艺简单，施工过程对环境的干扰小，可在狭窄的河道及复杂地质条件下进行施工；此外，波浪桩还可根据河道的具体地形和水文条件进行灵活布置，适应性强。

2 生态护岸技术概述

2.1 生态护岸的定义

生态护岸是一种深度融合工程技术与生态理念的新型护岸形式，以保护和恢复河岸生态系统作为核心目标。在保障防洪、护岸等传统水利功能的基础上，生态护岸尤为注重维护和提升河岸带的生态服务功能，如水质净化、生物栖息地营造、气候调节等。传统硬质护岸采用混凝土、浆砌石等材料，虽然能保障工程安全，但隔绝了水体与土壤的物质交换，破坏了生态系统的完整性，导致生物多样性锐减、水体自净能力下降等问题。而生态护岸摒弃了这种单一理念，强调采用自然材料，像可降解的椰纤维网、天然石材等，同时模拟自然河岸蜿蜒曲折的形态，构建浅滩、深潭、湿地等多样化生态空间，实现水利工程与生态环境的和谐共生。生态护岸的结构形式丰富多样，各有特色与优势。植物型护岸通过种植水生植物、陆生植物或草本植物，形成植被覆盖层，减缓水流速度，固定河岸土壤，提高河岸的抗冲刷能力，同时增加生物多样性和改善水质。植被护岸具有

成本低、生态效益显著等优点,但其抗冲刷能力相对较弱,在水流速度较快或水位变化较大的区域需要与其他护岸形式结合使用。石笼型护岸利用石块和金属网笼构建透水结构,形成多孔结构的护岸。石笼护岸具有较强的抗冲刷能力和稳定性,能够有效抵御水流和波浪的冲击,同时其多孔性结构为鱼类、底栖生物提供了理想的栖息、繁衍空间。木桩型护岸采用天然木材,具有良好的生态亲和性,能缓慢释放单宁酸等物质,抑制水体中有害微生物生长。复合式生态护岸则综合运用多种材料和结构形式,例如在近水区域采用石笼结构,中部搭配植物护坡,顶部设置木桩围栏,充分发挥各自优势,达到最佳的生态防护效果,广泛应用于各类河道综合治理工程中。

2.2 生态护岸的作用机制

生态护岸的作用机制体现在多个方面。在岸坡稳定方面,植物的根系能够深入土壤,形成三维根系网络,增强土体的抗剪强度,有效防止水土流失和岸坡坍塌。植被的地上部分能够削弱水流的冲击力,减少水流对岸坡的侵蚀。在生态修复方面,生态护岸通过构建多样化的生态空间,为水生生物和陆生生物提供了栖息地和迁徙通道。透水结构的护岸材料允许水体与土壤之间进行物质交换,促进了水体的自净能力。植物通过吸收、吸附和生物降解等过程,能够去除水体中的污染物,改善水质^[2]。另外,生态护岸还能够调节局部小气候,增加空气湿度,降低周边环境温度,提升区域生态环境质量。在景观营造方面,生态护岸以自然景观为基底,结合植物配置和地形塑造,打造出具有观赏性和休闲性的河岸景观。丰富的植物层次和四季变化的景观效果,不仅美化城市环境,还为居民提供亲近自然的休闲空间,提升城市的生态宜居性。

3 波浪桩结合生态护岸技术的协同效应

3.1 增强岸坡稳定性

波浪桩与生态护岸技术的结合能够显著增强岸坡的稳定性,这种协同效应在水利工程中发挥着至关重要的作用。波浪桩凭借其独特的波形结构和高强度材料特性,在抵御外部作用力方面表现卓越。其凹凸起伏的截面设计,使得桩体在承受水流冲刷和土体侧压力时,能够将集中力有效分散,相较于传统直桩,波浪桩具有更强的抗弯曲和抗剪切能力,为岸坡提供了坚实的支撑基础。在施工过程中,波浪桩采用振动沉桩方式,该过程会对周围土体产生挤密作用,就像给松散的土体进行“压实加固”,极大地提高土体的密实度和强度,进一步增强了岸坡的整体稳定性。生态护岸中的植物根系固

土和植被消浪作用与波浪桩形成了完美互补。植物根系在波浪桩营造的稳定环境下,能够不受水流过度冲刷的干扰,更好地生长发育,深入土体形成稳固的三维根系网络。以草本植物的须根系为例,它们如同细密的网,在浅层土壤中牢牢抓住每一寸土粒,而木本植物的主根系则像坚固的锚,深入土层深处。当水流冲击岸坡时,植被的地上部分首当其冲,通过枝叶的阻挡和摩擦,削弱水流能量,减少对土体的直接冲刷;波浪桩则凭借自身结构和强度,承担主要的抗冲刷和抗滑移作用,如同忠诚的卫士守护着岸坡。两者协同工作,大幅提升岸坡抵御洪水、暴雨等自然灾害的能力,有效降低岸坡坍塌和滑坡的风险,为河岸生态系统筑牢安全防线。

3.2 提升生态修复效果

波浪桩结合生态护岸技术能够有效提升生态修复效果,可以充分发挥两者的优势,实现工程效益与生态效益的双赢。一方面,波浪桩为生态护岸结构提供了坚实的基础和支撑,能够有效抵御水流、波浪的冲击力和土体的侧向压力,确保护岸的整体稳定性和安全性。另一方面,生态护岸技术中的植被、石笼、生态袋等元素可以改善波浪桩护岸的生态环境,增加生物多样性,促进水体与土壤之间的物质交换和能量流动,提高河道的自净能力,同时还能美化河道景观,提升周边环境品质。为河道生态系统的复苏注入强大动力。例如,在某试点河道工程中,采用该技术后,鱼类种群数量增长40%,鸟类种类增加了25%。这种结合方式在工程建设过程中,采用原位修复、本土物种移植等生态友好型施工技术,尽量减少对原有生态环境的破坏,保留更多的本土物种和生态廊道,有利于保护河岸带的生态平衡,推动生态系统的可持续发展,让河道重现生机与活力。

3.3 优化景观与经济效益

从景观角度来看,波浪桩结合生态护岸技术能够打造出自然美观、富有层次感的河岸景观,重塑城市滨水空间的魅力。波浪桩可根据不同的设计需求,在造型和颜色上进行个性化处理。通过改变波浪桩的波形参数、表面纹理,使其与周围的地形地貌相契合;运用特殊的涂料或表面处理工艺,赋予波浪桩与自然环境协调的色彩,让其融入周边景色而不显突兀^[3]。生态护岸通过科学合理的植物配置,充分利用植物的形态、色彩和季相变化,营造出四季有景、色彩斑斓的景观效果。在经济效益方面,该技术的应用带来显著的成本节约和经济增长潜力。波浪桩的高强度和耐久性,使其在长期使用过程中减少因桩体损坏而进行的修复和更换费用。生态护岸采用的植被和自然材料,具备自我修复和更新能力,无

需频繁进行大规模维护,大大降低维护工作量和成本。良好的河岸生态环境和优美的景观效果,对周边土地价值产生积极的提升作用,吸引更多的房地产开发和商业投资。同时生态化的河岸景观还能促进旅游业和相关产业的发展,带动餐饮、住宿、娱乐等行业的繁荣,为区域经济带来新的增长点,真正实现了生态效益和经济效益的双赢,为城市的可持续发展注入新的活力。

4 波浪桩结合生态护岸技术在河道综合治理中的应用案例分析

4.1 案例背景

以某市的一条城市河道为例,该河道全长约6公里,曾是城市重要的排水通道。但随着城市的快速发展,河道两岸逐渐被工业用地和居民区占据,大量生活污水和工业废水直接排入河道,导致水质恶化,水体黑臭现象严重。同时由于长期缺乏维护,河道岸坡出现坍塌、水土流失等问题,传统的硬质混凝土护岸不仅生态功能丧失,而且景观效果差,无法满足居民对良好生态环境的需求。另外,河道的防洪能力也难以应对极端天气下的洪水威胁,因此对该河道进行综合治理迫在眉睫^[1]。

4.2 应用方案设计

针对该河道的实际问题,设计了波浪桩结合生态护岸的综合治理方案。在波浪桩的选型上,根据河道不同地段的地质条件和水流情况,选用了钢筋混凝土波浪桩。波浪桩以梅花形布置,桩间距根据计算确定,确保形成稳定的承载体系。生态护岸部分,采用复合式生态护岸形式。在近水区域种植芦苇、菖蒲等水生植物,利用其根系固土和净化水质的功能;在岸坡中部种植草本植物和低矮灌木,如狗牙根、紫穗槐等,增强岸坡稳定性;在岸坡顶部种植乔木,如柳树、樱花树等,形成多层次的植物群落^[4]。在波浪桩之间设置石笼结构,为水生生物提供栖息空间,并在河岸设置亲水平台和步道,满足居民的休闲需求。

4.3 应用效果评估

经过两年的工程实施和后期养护,该河道综合治理取得了显著成效。在岸坡稳定性方面,通过定期监测发现,岸坡位移量明显减少,未出现新的坍塌和滑坡现象,有效保障了河岸的安全。在生态修复方面,河道水质得到明显改善,增加了生物多样性,提高了河道的自净能力和景观品质。同时,波浪桩护岸结构的稳定性和可靠性也得到了充分验证,在抵御洪水和波浪冲击方面表现出色,为周边地区的防洪安全提供了有力保障。在景观效果方面,如今的河道两岸绿树成荫、繁花似锦,亲水平台和步道成为居民休闲娱乐的好去处,极大地提升城市的景观品质和居民的生活幸福感。在经济效益方面,河道周边的土地价格有所上涨,带动周边房地产和商业的发展。由于生态护岸的自我修复和更新能力,工程的后期维护成本较传统硬质护岸降低了约30%,实现生态、景观和经济的多重效益。

结束语

波浪桩结合生态护岸技术在河道综合治理中展现出强大优势与广阔应用前景。其不仅解决了传统河道治理中的诸多难题,还推动生态与经济的协调发展。未来,随着技术的不断创新与完善,该技术有望在更多河道治理工程中得到应用,进一步提升我国河道生态环境质量,助力生态文明建设迈向新台阶。

参考文献

- [1]李赞.浅谈河道生态护岸形式及应用[J].中国农村水利水电,2021(07):119-120.
- [2]邵游兵.河道治理中生态护岸工程的应用[J].江苏水利,2021(06):36-37.
- [3]张洋,王超.河道治理及生态护岸工程措施研究[J].工程技术研究,2022,7(18):56-58.
- [4]李明军.达溪河河道整治及生态护岸工程设计[J].水利科技与经济,2022,28(5):74-78.