

生态护岸工程在河道治理中的应用研究

张 瑶

山西金地源地质科技有限公司 山西 太原 030600

摘 要: 随着生态文明建设理念的深入人心,传统的以混凝土、浆砌石为主的刚性护岸工程因其对河流生态系统造成的割裂与破坏,已难以满足新时代可持续发展的要求。生态护岸工程作为一种融合了水利工程学、生态学、环境科学及景观美学等多学科知识的新型治河模式,正日益成为河道治理的核心方向。本文旨在系统探讨生态护岸工程的内涵、技术类型、设计原则及其在河道治理中的综合效益。通过分析典型工程案例,深入剖析其在实践中面临的挑战,并结合当前科技发展趋势,对未来生态护岸工程的发展路径提出展望。研究表明,生态护岸不仅能有效保障河岸稳定、提升防洪能力,更能修复水陆交错带的生态功能,改善水质,营造亲水空间,实现人水和谐共生。推广和优化生态护岸技术,对于构建健康、韧性、美丽的现代水系具有重要的理论与实践意义。

关键词: 生态护岸;河道治理;生态修复;水土保持;可持续发展

引言

河流是生命之脉、文明摇篮,但过去一个世纪快速城市化与工业化中,大量河道被裁弯取直、硬化渠化,两岸建起高耸挡墙。虽控制了洪水,却让自然河流变成冰冷排水通道,导致河流生态系统严重退化,出现生物多样性锐减等问题。21世纪,尤其是在十八大后,“绿水青山就是金山银山”成为国家发展根本遵循。在此背景下,如何在保障防洪安全的同时修复河流生态、恢复其生命力,成为多领域重大课题。生态护岸工程应运而生,它摒弃传统“与水争地、对抗自然”思维,倡导“顺应自然、师法自然”理念,模拟自然河岸结构与功能,构建复合系统。本研究聚焦生态护岸工程在河道治理中的应用,将梳理其理论基础、技术体系与实践成效,分析推广困境并探索发展方向,为河流生态修复及全球河道综合治理提供参考。

1 生态护岸工程的内涵与理论基础

1.1 生态护岸的定义与核心特征

生态护岸并非简单地在传统护岸上增加绿化,而是一种全新的工程哲学与技术集成。其核心在于将工程安全与生态功能置于同等重要的地位,通过创造适宜的物理、化学和生物环境,促进水-土-植物-微生物之间形成良性的物质循环与能量流动^[1]。具体而言,生态护岸具有以下核心特征:(1)安全性:首要前提是确保河岸在设计洪水标准下的结构稳定,防止冲刷、滑坡等地质灾害,保障人民生命财产安全。(2)生态性:护岸结构本身及其周边环境应能为水生、湿生、陆生动植物提供栖息、繁衍和迁徙的廊道与生境,维护生物多样性。(3)透水性

与自然水文节律;同时,通过植物根系、土壤基质及微生物的协同作用,对随地表径流进入河道的污染物(如氮、磷、重金属等)进行吸附、降解和转化,提升水体自净能力。(4)景观性与亲水性:注重与周边自然及人文景观的协调统一,为市民提供休闲、游憩、科普教育的滨水空间,增强人与水的情感联系。

1.2 理论基础

生态护岸工程的构建依托于多学科交叉的理论支撑:(1)河流地貌学:强调尊重河流的自然演变规律,理解河床、河岸的动态平衡关系,避免过度干预。健康的河流应具备蜿蜒性、深潭浅滩交替等自然形态。(2)生态学:特别是河岸带生态学(Riparian Ecology),关注水陆交错带这一高生产力、高敏感性的生态过渡区。生态护岸旨在重建或强化这一区域的生态屏障、过滤带和生物廊道功能。(3)土壤力学与水力学:为护岸结构的稳定性设计提供科学依据,确保其在水流冲刷、波浪冲击、冻融循环等复杂工况下的长期安全。(4)恢复生态学:指导如何选择乡土物种、配置植物群落、重建食物网,以加速受损生态系统的自我修复进程。

2 生态护岸的主要技术类型

根据材料、结构形式和适用条件的不同,生态护岸技术可分为以下几大类:

2.1 自然原型护岸

自然原型护岸是最接近自然状态的护岸形式,多应用于河岸坡度平缓、水流较缓且防冲要求不高的河段。它以种植根系发达的本土植被来固土护岸,技术要点在于挑选耐水湿、抗冲刷的草本、灌木或乔木,像芦苇、香蒲、垂柳、枫杨等,采用直播、扦插或植生袋等方式

栽植。初期可借助秸秆、椰纤维网等可降解材料临时防护,待植被成活,便形成稳固根系网络。这种护岸形式优点显著,成本低廉,生态效益最佳,还能营造自然优美的景观^[2]。不过,它也存在一定局限,抗冲刷能力有限,难以应对高流速或高水位变幅的河段,在实际应用中需根据具体河段条件合理选择。

2.2 自然型(半自然型)护岸

在自然原型的基础上,引入少量工程措施以增强其结构稳定性,适用于中等流速或有一定冲刷风险的河段。典型技术包括:(1)格宾石笼/雷诺护垫:由镀锌或覆塑钢丝编织成的网箱或网垫,内部填充卵石或块石。其柔性结构能适应地基变形,孔隙为植物生长和小型生物栖息提供了空间。(2)生态混凝土/多孔混凝土:一种具有连续孔隙的特殊混凝土,孔隙率可达15%~30%。这些孔隙可填充种植土,供植物根系穿透生长,实现工程强度与生态功能的结合。(3)木桩-植物复合护岸:在岸坡打入一排或多排木桩(通常选用耐腐朽的硬木),桩间回填种植土并栽植植被。木桩起到挡土和消能作用,植被则加固根际土壤。

2.3 复合型(人工加强型)生态护岸

当河岸地质条件差、水流湍急或防洪要求极高时,需要在保证主体结构安全的前提下,最大限度地融入生态元素。典型技术包括:(1)阶梯式生态挡墙:在传统重力式挡墙的墙面或墙顶设置多级台阶,台阶上填充种植土并种植灌木或地被植物。墙体可采用预制混凝土生态砌块(砌块间留有孔洞或植草槽)砌筑,既美观又生态^[3]。(2)植生毯/植生卷:将草籽、肥料、保水剂等预先混合在可降解的纤维网或椰棕垫中,直接铺设于处理好的坡面上。施工便捷,能快速形成植被覆盖。(3)鱼巢砖/生态鱼槽:在水下部分的护岸结构中嵌入特制的多孔砖块或凹槽,为鱼类提供产卵、避难的场所,恢复水生生物的栖息地。

3 生态护岸在河道治理中的综合效益分析

生态护岸工程的价值远超单一的防洪功能,其带来的综合效益体现在生态、社会、经济等多个维度。

3.1 生态效益

(1)修复河岸带生态系统:重建了水生、湿生到陆生的完整植被梯度,为鸟类、昆虫、两栖爬行动物等提供了丰富的食物来源和栖息地,显著提升了区域生物多样性。(2)改善水质:河岸植被和土壤基质构成了一道天然的“绿色过滤器”。降雨径流携带的泥沙、营养盐和有机污染物在流经植被缓冲带时被有效截留、吸收和分解,大大减轻了水体富营养化的压力。(3)调节微气候:

茂密的植被通过蒸腾作用可以降低周边环境温度,增加空气湿度,有效缓解城市“热岛效应”。(4)保护地下水资源:透水性的护岸结构允许河水在丰水期向地下渗透补给,在枯水期地下水又能反哺河流,维持了河流的基流,保障了生态需水。

3.2 社会效益

(1)提升人居环境品质:优美的滨水绿带为市民提供了散步、健身、观景、亲子活动的理想场所,极大地丰富了城市公共空间,提升了居民的幸福感和获得感。(2)普及生态教育:生态护岸本身就是一部生动的教科书,可以让公众直观地了解河流生态系统的运作机制,培养公众的环保意识和生态文明素养^[4]。(3)传承地域文化:在设计中融入地方特色植物、传统材料和文化符号,能够彰显地域风貌,延续历史文脉,增强社区认同感。

3.3 经济效益

尽管生态护岸的初期投资可能略高于传统硬质护岸,但从全生命周期成本(LCC)来看,其长期经济效益更为显著。(1)降低维护成本:成熟的植被系统具有强大的自我更新和修复能力,减少了后期频繁的人工维护和修复费用。(2)提升土地价值:优质的滨水生态环境能显著提升周边房地产和商业用地的价值,带动区域经济发展。(3)减少灾害损失:健康的河流生态系统具有更强的调蓄洪水、净化污染的能力,从长远看能有效降低极端天气事件带来的经济损失。

4 典型案例分析:山西“一泓清水入黄河”工程中的生态护岸实践

山西省作为黄河流域的重要省份,长期以来面临着水资源短缺、水土流失严重、河流生态系统脆弱等挑战。近年来,山西省深入贯彻落实黄河流域生态保护和高质量发展战略,以“一泓清水入黄河”为核心目标,全面推进汾河等主要河流的综合治理。在此过程中,生态护岸技术被广泛应用,并取得了显著成效。古交市汾河下游三期河道治理项目是其中的杰出代表。该项目摒弃了传统的全断面硬化模式,转而采用复合型生态护岸技术。在防洪要求较高的主槽区域,创新性地使用了阶梯式生态混凝土挡墙。这种挡墙由预制的多孔生态砌块拼装而成,砌块间的孔隙不仅减轻了结构自重,更重要的是为本土草本和灌木(如紫穗槐、沙棘)的根系生长提供了空间。在滩地和缓坡区域,则大规模实施了自然原型与自然型相结合的护岸模式:通过扦插耐寒、耐旱、根系发达的垂柳、怪柳等乡土乔灌木,并辅以可降解的椰纤维网进行初期固土,迅速构建起稳固的植被缓冲带。这一系列生态护岸措施的综合效益十分突出。首先,在2024年和

2025年的汛期中,该段6.5公里的河道成功抵御了多次强降雨考验,证明了其工程安全性。其次,透水性的护岸结构有效促进了地表水与地下水的交换,对晋祠泉域的地下水补给起到了积极作用,为这一千年名泉的稳定复流注入了关键活力。再者,新形成的河岸植被带极大地改善了局部小气候,吸引了多种鸟类和昆虫回归,生物多样性指数显著提升。此外,朔州市桑干河生态修复工程也大量应用了生态护岸理念。在桑干河及其支流七里河、恢河的整治中,工程广泛采用了格宾石笼技术。这些由镀锌钢丝网箱填充当地卵石构成的柔性结构,不仅抗冲刷能力强,其内部和表面的空隙也为水生植物(如芦苇、香蒲)的定植和小型水生生物的栖息创造了理想环境。沿岸栽植的近百万株树木与生态护岸共同构成了一个连续的、多层次的绿色生态廊道,有效拦截了农业面源污染,净化了水质,助力桑干河朔州段成功入选全国美丽河湖优秀案例。

5 实践挑战与对策思考

5.1 实践挑战

尽管生态护岸优势明显,但在大规模推广应用中还面临诸多挑战:(1)认知偏差与观念滞后:部分管理者和公众仍存在“唯安全论”的思维定式,认为只有钢筋混凝土才是可靠的,对生态护岸的长期安全性和有效性心存疑虑。(2)缺乏统一标准与规范:目前生态护岸的设计、施工、验收尚缺乏全国性的、细化的技术标准和规范,导致工程质量参差不齐,效果难以保证。(3)前期投入与后期管养:虽然长期效益好,但初期投资相对较高,且对后期的专业化、精细化管养(如植被修剪、病虫害防治、外来物种入侵防控等)要求更高,这对地方政府的财政能力和管理水平提出了考验。(4)技术适配性问题:不同地区、不同河段的水文地质条件差异巨大,照搬照抄某种模式往往事倍功半。如何精准选择和组合技术,做到“一河一策”,是技术落地的关键。

5.2 对策思考

针对上述挑战,可采取以下对策:(1)加强顶层设计与政策引导:将生态护岸纳入各级国土空间规划和水

利发展规划,出台强制性或激励性的政策法规,并设立专项资金予以支持。(2)加快标准体系建设:组织跨学科专家团队,尽快编制覆盖不同区域、不同类型河道的生态护岸工程技术导则和评价标准。(3)推动技术创新与集成:鼓励研发低成本、高性能、易维护的新型生态材料和模块化构件;探索将物联网、大数据等智慧技术应用用于护岸的健康监测与智能管养。(4)强化公众参与与科普宣传:通过开放日、工作坊等形式,让公众参与到护岸的设计与维护中来,增进理解,凝聚共识。

6 结语

生态护岸工程代表了河道治理从“工程水利”向“生态水利”、“智慧水利”转型的必然趋势。它不仅是技术层面的革新,更是发展理念的深刻变革。通过系统性的研究与实践,我们已经清晰地认识到,生态护岸能够有效弥合水利工程与生态保护之间的鸿沟,在保障防洪安全的同时,全面激活河流的生态、景观和社会服务功能,是实现人水和谐、建设美丽中国的关键举措。展望未来,生态护岸工程的发展将呈现以下趋势:(1)更加系统化:从单一的护岸断面设计转向整个流域尺度的系统治理,统筹考虑上下游、左右岸、干支流的关系。(2)更加智慧化:深度融合传感器、遥感、AI等技术,实现对护岸结构健康、植被生长、水质变化等指标的实时感知、智能预警和精准调控。(3)更加人性化:在设计中更加强调人的体验和需求,打造集生态、文化、艺术、科技于一体的多功能滨水活力空间。

参考文献

- [1]李稀.河道治理及生态护岸工程措施研究[J].生态与资源,2024,(04):38-40.
- [2]常德龙.生态护岸技术在河道堤防治理工程中的应用[J].珠江水运,2025,(18):154-156.
- [3]何启东,杨越.河道治理工程中生态护岸设计策略分析[J].城市建设理论研究(电子版),2026,(03):91-93.
- [4]张新明.河道治理及生态护岸工程措施研究[J].东北水利水电,2024,42(01):64-67.