

山区河流生态护岸结构设计与应用探讨

季康忠

浙江宏正工程咨询集团有限公司 浙江 杭州 310000

摘要:生态文明建设推进下,传统刚性护岸破坏河流生态系统,难满足治水需求。山区河流生态脆弱敏感,本文聚焦其生态护岸设计应用,阐述山区河流特征、生态功能与挑战,剖析生态护岸内涵、原则与目标,介绍多种生态护岸结构类型及技术原理等,结合案例探讨应用考量因素,针对现存问题提出发展方向。研究表明,科学设计生态护岸是实现山区河流综合治理的关键,对维护生态安全、促进可持续发展意义重大。

关键词:山区河流;生态护岸;结构设计;生态修复;水土保持;可持续发展

引言

河流是地球生命系统重要部分,山区河流构成国家重要生态屏障与战略水源地。长期以来,山区河流治理多用浆砌石、混凝土等刚性护岸结构,虽能短期抵御冲刷、稳定岸坡,但封闭形态割裂水陆生态系统,引发诸多生态问题。21世纪,尤其是党的十八大后,“绿水青山就是金山银山”理念深入人心,生态文明建设成国家战略。《中华人民共和国长江保护法》《黄河保护法》等出台,“山水林田湖草沙”生命共同体治理思想提出,我国河流治理向多功能融合综合治理转型。生态护岸技术应运而生,成为研究热点与实践方向。生态护岸是在满足基本工程功能前提下,模拟自然河岸,采用生态友好材料与技术,构建柔性或半柔性护岸体系。对于山区河流,因地制宜设计应用生态护岸结构,平衡多重关系极具挑战与价值。本文梳理设计理论与应用实践,为相关人员提供参考。

1 山区河流的特征、功能与挑战

1.1 山区河流的典型特征

山区河流发源于高山峡谷,地域性明显。河道坡降大、水流湍急,汛期洪水峰高、量大、历时短,冲刷侵蚀强。岸坡多由风化岩体等构成,地质复杂、稳定性差,易诱发地质灾害。水文过程年内变幅大,水位波动剧烈,对护岸结构适应性要求高^[1]。高寒、强紫外线等环境使生态系统恢复能力弱,破坏后修复难且漫长。

1.2 山区河流的核心生态功能

山区河流是众多大江大河源头,关乎下游饮水安全与工农业生产。为珍稀物种提供栖息地,是生物多样性保护要地。河岸带植被能固土防流失、涵养水源。作为生态廊道,保障物种迁徙、基因交流及生态过程连续性,维系区域生态系统稳定。

1.3 面临的主要挑战

山区河流生态系统面临多重压力。传统刚性护岸工程破坏自然渗透性与生物栖息环境。人类活动如采砂、排污、过度放牧和旅游开发加剧生态退化。气候变化致极端天气频发,增加自然灾害风险。针对山区环境的生态护岸设计理论与技术标准滞后,部分生态修复工程效果不佳甚至失效,加强研究与实践刻不容缓。

2 生态护岸的设计原则与目标体系

2.1 核心设计原则

(1) 安全性原则:这是生态护岸的底线。任何生态设计都必须首先确保在设计洪水标准下,岸坡结构的稳定性,保障人民生命财产安全。(2) 生态优先原则:将恢复和提升河流生态系统的结构与功能作为核心目标,最大限度地模拟自然河岸的形态与过程。(3) 因地制宜原则:充分考虑山区河流的具体地形、地质、水文、气候及生物等本地条件,反对“一刀切”式的标准化设计。(4) 系统性原则:将护岸工程视为整个流域生态系统的一部分,统筹考虑上下游、左右岸、水陆域的相互关系,进行整体规划。(5) 经济性与可持续性原则:在满足功能与生态要求的前提下,优选本地化、可再生、低能耗的材料,并考虑全生命周期的成本与维护便利性。

2.2 多维目标体系

生态护岸的设计目标是一个融合了工程、生态、景观与社会文化等多维度的复合体系。在工程层面,其核心目标是实现抗冲刷、抗侵蚀、稳定岸坡以及对水流进行适度引导和调节,这是项目得以成立的基础。在生态层面,目标则聚焦于重建结构合理的河岸带植被群落,为水生及两栖生物恢复多样化的栖息地,增强水体的自净能力,并促进水陆之间物质、能量和信息的自由交换,从而激活河流的生态活力。在景观层面,生态护岸致力于营造一种自然、野趣、美观的滨水风貌,使其与周边的山川环境和谐共生,进而提升区域的人居环境品质。

质。更深层次的社会文化目标,则在于通过护岸工程的实施,传承和彰显地方特有的水文化,并为公众创造亲水、休闲、科普教育的公共开放空间,实现人与自然的和谐互动。

3 山区河流生态护岸结构类型与技术分析

3.1 植被护岸

植被护岸是最为自然、也最具生态价值的护岸形式,其核心机理在于利用植物根系的力学固持作用来锚固土壤,同时依靠地上部分的茎叶对水流进行消能减速,从而共同实现岸坡的稳定。这类护岸形式多样,既包括对河岸现存健康原生植被的封育保护与科学补植,也包括在裸露坡面上直接进行植草或铺设草皮。对于稳定性稍差的坡面,则可采用三维植被网或土工格栅等辅助措施,这些高分子材料制成的网垫或格栅能够有效防止种子和土壤在植物成坪前被雨水冲走,为植被的初期生长提供一个稳定、保水的微环境^[2]。植被护岸的优势在于成本低廉、生态效益显著且景观效果极佳,能够完美融入自然环境。然而,其抗冲刷能力相对有限,通常只适用于水流平缓、冲刷作用不强的河段,或者作为其他高强度护岸结构(如格宾、挡墙)上方的生态覆盖层,以实现功能互补。

3.2 生态格宾(雷诺护垫/格宾挡墙)结构

生态格宾结构是目前在山区河流治理中应用最为广泛的半柔性护岸技术之一。它由高抗腐蚀性的低碳钢丝编织成六边形双绞合金属网箱,内部填充当地开采的块石或卵石。该结构的独特价值在于其集柔性、透水性和整体性于一身。柔性特征使其能够很好地适应山区复杂地基可能出现的不均匀沉降,避免了刚性结构因沉降而开裂的风险;透水性则允许水流自由穿过石笼,极大地消减了水流能量,降低了对岸脚的冲刷,并在石缝间形成有利于泥沙淤积和植物生长的微环境,同时维持了水陆生态系统的物质交换;而通过将多个网箱牢固连接,整个护岸结构形成一个具有强大整体性的防护体,能够有效抵抗山区河流湍急水流的持续冲刷。因此,格宾结构在兼顾工程安全与生态修复方面表现出色,特别适用于岸坡稳定性差、水流冲刷强烈的山区河段。

3.3 生态混凝土护岸

生态混凝土护岸是在传统混凝土技术基础上进行生态化改良的产物,旨在打破传统混凝土“三面光”的生态隔绝困境。其核心思路是通过特殊的材料配比和施工工艺,使混凝土结构具备多孔、透水的特性。例如,多孔或透水混凝土通过精确控制骨料的级配和胶凝材料的用量,内部形成大量相互连通的孔隙,这些孔隙不仅允

许水分和空气自由渗透,也为植物根系的延伸和微生物的繁衍提供了必要的生存空间。在此基础上发展出的植生混凝土,则是在多孔混凝土的表面或孔隙中填充富含养分和保水剂的种植基材,并植入适应性强的植物种子或幼苗,实现了工程结构与生命体的有机结合^[3]。此外,通过预制工艺制成的带有孔洞或槽口的混凝土砌块(如鱼巢砖、联锁式护坡砖),在砌筑后也能形成可供植物生长和鱼类产卵的多样化微生境。生态混凝土护岸的优势在于其结构强度高、耐久性好,能够满足对岸坡稳定性要求极高的工况,但其成本相对较高,且对混凝土的配合比设计、施工工艺控制以及后期的植物养护都提出了更为精细的要求。

3.4 “改良型”浆砌块石

在杭州及全国多地的山区河道治理中,广泛采用浆砌块石,但近年来已有生态化改良趋势,例如:(1)预留生态孔洞:在砌体中设置鱼巢孔、植草槽;(2)顶部或坡面结合植被:在浆砌体上方或后方设置植草带;(3)使用生态砂浆:如掺入保水材料、缓释肥料,或采用低碱性胶凝材料;(4)局部透水设计:如底部设排水盲沟,或间隔设置干砌段。

3.5 复合式生态护岸

复合式生态护岸强调根据不同高程、不同冲刷强度的岸段特点,进行分层、分区的差异化设计。一种典型的模式是在常水位以下的强冲刷区,采用格宾、浆砌石等抗冲刷能力卓越的刚性或半刚性结构作为基础防护;而在常水位以上的区域,则采用植被护坡或生态混凝土等生态效益突出的柔性结构,从而实现“下刚上柔、刚柔并济”的整体效果。另一种常见的复合方式是将格宾结构与植被进行深度融合,在格宾笼内部分层填筑,下层填充大块石以保证结构的整体稳定,上层则填充富含有机质的种植土并植入耐水湿的乡土植物,使工程结构本身成为植物生长的载体^[4]。此外,木桩-抛石-植被复合模式也颇具特色,即在岸脚打入木桩形成骨架,桩间抛填块石以消能防冲,岸坡上则种植根系发达的灌木和草本植物,形成从水下到岸上的多层次、立体化防护与生态修复体系。这种复合式设计思路,通过扬长避短、优势互补,能够精准地解决山区河流治理中的复杂难题。

4 生态护岸的应用实践与关键考量

4.1 工程案例分析

乌溪江作为钱塘江上游重要支流,因山高坡陡、水流湍急,过去采用混凝土硬质护岸不仅破坏了河岸生态,还加剧了水土流失。为恢复河流生态功能并提升防洪能力,当地自2018年起实施生态护岸工程,因地制宜

采用多种技术：在冲刷强烈河段使用格宾石笼填充块石，兼顾抗冲性与植被生长；居民区附近采用多孔生态混凝土预制块，嵌植狗牙根、芦苇等本土植物；同时利用天然块石干砌护岸，缝隙间补种紫穗槐、杞柳等灌木，形成“石—土—植物”复合结构。此外，沿河设置5—15米宽的生态缓冲带，退耕还湿，有效拦截面源污染。项目实施后，河岸植被覆盖率提升40%以上，水生生物多样性显著恢复，2020年“黑格比”台风期间柔性护岸有效抵御洪水冲刷，未发生严重坍塌。该工程不仅改善了水生态，还结合绿道建设，成为村民休闲与生态教育空间，体现了“尊重自然、低干预、多功能融合”的山区河流治理理念，为南方丘陵地区中小河流生态护岸提供了可推广的实践样板。

4.2 关键应用考量因素

生态护岸的成功实施，远不止于图纸上的巧妙构思，更依赖于对一系列关键细节的精准把控。首先，在材料选择上，应大力倡导本地化与生态友好性，优先使用当地石材、木材等天然材料，这不仅能大幅降低运输能耗和碳足迹，还能使工程更好地融入地域风貌。其次，植物物种的科学配置是生态护岸成败的生命线。必须严格遵循“适地适树、适地适草”的原则，选择那些根系发达、耐水湿、抗冲刷且易于成活的乡土物种，并通过乔、灌、草的合理搭配，构建一个结构复杂、功能稳定的复层植物群落，以增强整个生态系统的抵抗力和恢复力。再者，精细化的施工工艺是连接设计与现实的桥梁。无论是格宾结构的网箱连接与石料填充，还是植生混凝土的基材铺设与播种养护，每一个环节都必须严格按照技术规范执行，任何细微的疏忽都可能导致工程效果大打折扣。最后，必须树立“三分建、七分管”的长效理念，建立一套完善的全生命周期维护管理机制。这包括工程初期的植物补植、灌溉保活，以及后期的病虫害防治、外来物种入侵监控、护岸结构的安全检查与必要维护，唯有如此，才能确保生态护岸工程的长期效益得以持续发挥。

5 问题、展望与建议

尽管生态护岸技术在山区河流治理中取得了令人瞩目的成就，但其发展仍面临一些深层次的挑战。其中，最为突出的是对许多新型生态护岸结构长期性能的认识不足。由于缺乏长达十年乃至数十年的系统性监测数

据，这些结构在极端气候事件频发背景下的真实耐久性和生态演替规律尚不明确。同时，技术标准与规范体系的不完善也制约了行业的健康发展，设计、施工和验收环节缺乏统一、细化且具有强制力的技术规程，导致工程实践中的质量参差不齐。

面向未来，生态护岸的发展应着力于以下几个方向。首要任务是加强基础研究与长期监测，通过建立野外试验站和长期监测网络，系统评估不同结构在不同环境胁迫下的综合效益，为技术优化提供坚实的数据支撑。其次，应加快完善技术标准与规范体系，组织跨学科专家力量，编制专门针对山区特殊环境的生态护岸全流程技术指南，为工程实践提供权威、清晰的行动框架。再次，应积极推动智慧化与数字化技术的应用，利用BIM、GIS和物联网等现代信息技术，实现生态护岸从规划设计、施工建造到运维管理的全生命周期智慧化管控，提升工程的精准度和效率。最终，应深化“基于自然的解决方案”（Nature-based Solutions, NbS）的核心理念，进一步探索如何最大限度地激发和利用自然生态系统自身的修复与防护能力，减少对高强度人工干预的依赖，真正实现人与河流的和谐共生。

6 结语

山区河流生态护岸设计应用是践行生态文明、实现人水和谐的关键。研究表明，成功生态护岸是治水理念变革，需摒弃“征服自然”思维，尊重顺应保护自然。把握山区河流特征规律，遵循安全、生态等原则，灵活运用多种技术，配合精细施工与长效管理，能兼顾防洪与生态修复。未来，其将向系统化、智慧化、自然化发展，筑牢生态安全屏障，这既是技术革新，更是人与自然关系的重塑。

参考文献

- [1]任颖.生态护岸技术在河流生态修复中的选型与优化设计[J].中国高新科技,2025,(10):155-157.
- [2]张万万.生态型护岸模式在中小河流中的应用[J].价值工程,2023,42(07):138-140.
- [3]卓家军,顾丹平.弯曲河流生态护岸初探[J].工程与建设,2022,36(04):1122-1123+1178.
- [4]叶春燕,山区性河流生态护岸新技术集成应用与推广研究.浙江省,丽水市莲都区河道管理所,2022-06-02.