

山区中小河流生态护岸结构优化研究

黄 橙

宜昌市夷陵区水利和湖泊局 湖北 宜昌 443000

【摘要】：山区中小河流生态护岸关乎流域生态平衡与工程稳定的关键价值，现阶段该类护岸存有生态适配不足、结构与山区地形契合度不足、材料生态兼容性欠缺等问题。研究立足地形适配特性，经结构形态创新、生态友好材料筛选应用及护岸功能与流域生态协同优化推进实践，实践验证优化后的生态护岸推动流域生态修复，提升护岸工程抗灾能力，改善山区水环境质量，实现工程防护与生态保护的有机统一。

【关键词】：山区中小河流；生态护岸结构优化；生态治理；水环境改善；岸坡稳定性

DOI:10.12417/2811-0722.26.01.068

引言

山区中小河流为流域生态与防洪安全核心载体，受地形起伏明显、水文情势多变的自然属性影响，面临传统护岸生态适配度有限、结构与地形贴合不足的治理难题。需抵御山洪冲刷、稳固岸坡且维系水陆生态连通，传统刚性护岸难适配双重诉求，生态护岸结构优化整合地形适配、材料革新与生态协同理念达成良性衔接，本文围绕核心价值、短板、路径及成效分析，为提升治理科学性与可持续性提供实践参考。

1 山区中小河流生态护岸结构优化的价值及核心属性

1.1 保障流域生态系统平衡的关键作用

山区中小河流生态护岸结构优化参照自然河岸的形态与功能，筑牢流域生态平衡基础。优化后的护岸多采用多孔构造搭配乡土植被，孔隙空间为水生生物营造栖息繁育空间，供底栖动物、鱼类等避险产卵与育幼，保障水生群落的多样稳定。护岸表层的乡土草本与灌木根系深扎土层，强化河岸带与水陆交错带的联通效能，助力地表水与地下水良性循环，拦截地表径流携带的泥沙与污染物，降低水体富营养化隐患，优化流域水质^[1]。此类设计减缓水流对河岸的冲刷作用，规避传统硬质护岸引发的河岸植被衰退，维系河岸生态廊道完整，给陆生鸟类、昆虫等创设觅食栖息场所，促成水陆生态系统自然衔接，确保物质循环、能量流动与信息传递畅通，守护流域生态系统的结构完整与功能稳定。

1.2 提升护岸工程长期稳定性核心价值

山区中小河流区域内地形起伏明显，水流受降雨影响涨落显著，暴雨期冲刷力骤升易对护岸基础形成侵蚀破坏，传统刚性护岸与地基契合度欠佳，长期经水流冲击、干湿交替及冻融循环等自然作用，易出现裂缝、坍塌等损毁问题，影响工程长期效能。生态护岸优化结合山区地形特征设计合理坡比与结构形态，采用刚柔材料协同配置增强与周边土体整体性，分散水流冲击以降低局部应力集中，依托植被根系固土作用形成天然加固网络，提升坡面抗剪强度、抑制水土流失并削减坡体滑动

隐患。结构设计兼顾山区水文复杂性，设置排水系统与消能设施快速排出坡体积水，减轻孔隙水压力对稳定性的不利影响，使护岸长期抵御自然侵蚀维持结构完整稳定，保障河流岸线安全，为流域生态保护与区域经济发展筑牢支撑。

1.3 适配山区地貌特征的结构功能属性

山区生态护岸结构功能需契合地形起伏大、沟壑纵横、岩层不均、坡度差异显著的特质。河谷狭窄、岸坡陡峭区域采用灵活构造方案，陡坡段设阶梯式分级护岸，错落构造单元分散水流势能，适配坡面高差引发的应力变动；缓坡地带采用缓坡式构造，顺应地形预留天然汇流路径，避免结构刚性过强破坏原有水文循环。地质复杂、岩土松散易滑坡坍塌区域，护岸需强化抗滑抗倾覆能力，通过嵌入深层岩体的锚固装置或重力式与柔性结构复合设计，提升与基底岩土嵌合度，抵御复杂地质运动影响。针对河段宽窄、河床深浅差异，护岸在断面尺寸、材质厚度及连接方式上差异化适配，峡谷型河段满足行洪断面要求，宽谷段契合滩地演化特征，实现结构功能与山区地貌深度融合，规避结构与地形脱节导致的工程失效。

2 山区中小河流生态护岸现状及现存短板

2.1 传统护岸生态适配性不足问题

传统护岸常以浆砌石、混凝土等刚性材质开展线性砌筑或直立浇筑，对山区河流自然形态存在硬性规整问题^[2]。这类构造过度追求岸线平直规整，漠视河流天然蜿蜒特征及深潭、浅滩、漫滩等多样化地貌的生态价值，割裂河流廊道的连续完整。刚性护岸隔绝水体与河岸土体的水分渗透、养分交换等物质循环，造成河岸带土壤含水量持续走低，影响原生植被根系发育繁衍，致使护岸周边植被覆盖度不足，生物群落丰富度逐步降低。传统设计未充分考量山区河流生态系统复杂性，缺乏对水生生物栖息环境、鱼类洄游通道等生态需求的适配设计，使护岸成为割裂河流生态链的屏障，既无法为两栖类、底栖生物提供生存依托，也难以支撑流域生态系统自我调节与平衡维系，最终造成护岸工程与山区河流生态环境的适配性持续衰减。

2.2 结构设计与山区地形契合度偏低

山区中小河流生态护岸结构设计常未能深度契合山区地形地貌特殊性，多照搬平原区域标准化设计框架，未充分考量坡势陡峭、地形支离、沟谷形态不规则的核心特征。均质化坡度配置与山区河道沿线起伏多变的地形难以良好契合，导致护岸基底与坡体衔接处出现间隙疏漏或应力集聚。地质条件复杂区域，设计未针对岩石裸露、砂土松散等地质条件异质性优化结构形式，易滑坡地段未加固锚固构造，狭窄沟谷区域未采用柔性贴合方案，难以适配地形变形需求。对山区河道宽窄相间、弯道密布的地形特点重视不足，护岸长度与弧度契合度不足，既影响行洪断面合理性，也削弱护岸结构与周边地形的协同性，长期运行易因地形适应性欠缺引发结构裂隙、局部失稳等问题。

2.3 护岸材料生态兼容性欠缺现象

山区中小河流生态护岸实践进程里，选材常未兼顾流域生态系统协同性，混凝土、浆砌石、硬质塑料板等传统致密材质仍占较大占比。此类材质密实隔水且透气性能匮乏，割裂河岸土壤与水体的水分交换及物质迁移，破坏底栖生物栖息基底，导致螺类、贝类等水生生物缺乏附着载体，鱼类难觅适宜栖息繁殖空间。部分材质生产或使用阶段会析出有害成分，劣质混凝土中碱性组分易溶入水体，扰动水体酸碱平衡，影响水生生物生理代谢；未经生态处理的金属材质易发生锈蚀，锈蚀残渣可能造成水体污染。选材未周全兼顾本地气候、土壤及植被生长需求，外来材质与周边自然环境适配性欠佳，阻碍河岸原生植被根系发育与自然演替，无法为鸟类、昆虫等提供觅食栖息条件，致使河岸生态系统完整性与稳定性受损。

3 山区中小河流生态护岸结构优化实施路径

3.1 结合地形条件的结构形态创新设计

地形适配型结构形态创新需依托精细化地形勘测数据，通过无人机测绘、实地地质勘探等技术手段，精准掌握山区中小河流岸线坡度、地质构造、水文特征等核心参数，规避脱离实地的标准化设计^[3]。缓坡型岸线可采用阶梯式生态护岸，设置分级平台与种植槽，填充本地黏性土壤与碎石混合基质，既降低边坡比降、强化抗冲蚀效能，又为乡土植被预留生长空间，实现边坡稳固与生态修复双重目标；陡坡或岩土稳定性欠佳岸段可设计格构式生态护岸，以钢筋混凝土或生态石笼构建框架，内部嵌入种植土与深根灌木幼苗，借植物根系与格构协同作用提升岸坡稳定性，减少硬质构造对生态的扰动。沟谷型河流或山洪易发河段可采用折线型、弧形护岸，顺应水流优化岸线曲率，削弱冲击强度，搭配底部透水垫层与导流槽，实现行洪安全与地下水补给动态适配，让护岸既贴合地形特质，又充分释放生态与工程双重功能。

3.2 生态友好型护岸材料的筛选与应用

生态友好型护岸材料甄选需契合山区中小河流水文禀赋、地质条件及流域生态需求，明确耐水流冲蚀、抗风化侵蚀、透水性优良、生物相容性佳的关键准则，优先选用天然环保、可自然降解或能与生态环境自然融合的材质类型。本地鹅卵石、块石等天然石材，原生质地与周边环境契合度佳、抗冲性能稳定，是基础护岸材料的优选；多孔生态混凝土通过调整骨料级配与孔隙率，预留微生物附着及水生生物栖息空间，兼顾结构强度与生态效能；椰丝毯、稻草垫等植物纤维复合材料，凭借可再生性与低成本优势，适配山区低成本治理诉求。坡缓河段可铺设植物纤维复合材料并配植乡土草本，依托材料保水保土特性与植物根系固土作用形成协同防护效应；主流冲刷强烈河段则采用生态混凝土与天然块石交错砌筑，控制砌筑间隙与高度，预留水流交换通道，避免割裂水陆生态联系，严格把控材料铺设工艺确保拼接紧密、固定牢靠，既满足护岸结构稳定性要求，又为流域生物提供适宜生存环境，实现工程防护与生态保护的有机衔接。

3.3 护岸功能与流域生态的协同优化

护岸功能与流域生态的协同适配紧扣护岸结构生态化改造与流域生态系统内在需求的契合，优化空间布局与构造细节既保障抵御山洪冲刷、稳固岸坡的基础效能，又为流域生态流转提供支撑。分级式缓坡设计搭配多孔混凝土、生态袋等渗透型材料，让地表径流缓慢下渗补充地下水，形成天然滞洪空间降低流域内涝隐患。护岸沿线配植本土水生与陆生植被构建多层次植被缓冲体系，依托根系固土保水的同时吸附地表径流中泥沙与污染物，改善流域水质，为鱼虾、两栖类等生物营造适宜栖息繁殖的生态环境。预留生态廊道与鱼类洄游通道打破水陆生态隔离，促进物质循环与生物交流，让护岸效能发挥与流域生态修复、维系形成良性互动，达成防洪安全与生态保护的双重衔接见图1。

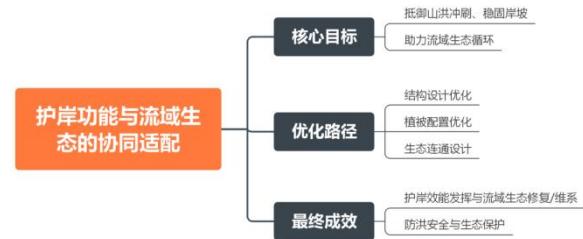


图1 护岸功能与流域生态协同适配关系图

4 山区中小河流生态护岸结构优化应用成效

4.1 流域生态修复效果持续显现

生态护岸结构改良促使流域植被覆盖稳步进阶，多元护岸形制为乡土草本、灌木及水生植物创设适配生长条件，根系在土层中交织成天然防护体系，加固岸坡之余改善局部微气候^[4]。

水陆间生态缓冲带日渐完备，植物拦截地表径流中污染物的效能持续强化，氮磷等营养盐含量获合理调控，水体透明度稳步攀升。护岸多孔设计为水生生物构筑丰富栖息生境，底栖生物群落结构持续优化，鱼类、两栖类物种数量稳步递增，生物多样性恢复表征清晰。生态系统自我调节效能日渐提升，流域湿地功能逐步修复，水源涵养效能稳步强化，地表径流调控更趋合理，生态系统正向循环机制日渐成型，生态修复成效持续向好。

4.2 护岸工程抗灾能力显著增强

优化后的护岸工程抗灾效能凸显于多场景灾害应对的实战适配性，契合山区河流坡降陡、暴雨期水流湍急且冲击势能集中的固有属性，其阶梯式复合形态与格宾网箱、生态袋等柔性材料协同配置，以增大水流接触面积消解冲击势能，减轻高速水流对堤岸基部的冲刷侵蚀度，规避传统刚性护岸常见的局部破损与坍塌隐患^[5]。深层锚固技术让护岸基底与岩土体嵌合稳固，搭配表层植被根系固坡效能，大幅提升边坡抗滑稳定性，即便遭遇持续性强降雨引发土体饱和，也能降低滑坡、垮塌等灾害隐患。护岸结构预设的透水构造与泄流廊道可快速排出堤后渗水，削弱孔隙水压力对堤身的破坏，洪水峰值期既能承载水流横向荷载，又能通过结构形变缓释冲击动能，大幅强化对山洪、暴雨等突发灾害的抵御能力，延长复杂水文条件下护岸工程的使用寿命。

4.3 山区水环境质量稳步提升

生态护岸结构改良依托多孔生态材质应用、植被群落配置

参考文献：

- [1] 兰秋勇.山区中小河流治理中河道生态治理理念运用分析[J].低碳世界,2025,15(02):13-15.
- [2] 宋启贵.新型生态护岸形式在贵州山区中小河流治理中的应用[J].低碳世界,2022,12(12):70-72.
- [3] 许贵南.梅州山区中小河流的现状及治理措施[J].中国水运(下半月),2020,20(08):116-117.
- [4] 吉同毅.粤北山区大田头水治理工程的生态景观设计[J].黑龙江水利科技,2020,48(04):142-144.
- [5] 陈义浦,管辉,章道生.生态景观堰坝在山区中小河流中的应用及探讨[J].水利技术监督,2025,(04):311-315.

等设计，提升岸线与水体间物质循环效能，为水体补给足量溶解氧，为微生物降解有机污染物创设适配生境。山区河流受地形制约，暴雨冲刷易引发泥沙淤积，地形适配型护岸设计减缓水流速率，削减土壤侵蚀引发的悬浮颗粒物入河量，有效降低水体浊度。护岸表层培育的乡土水生植物群落，借根系吸附、植株吸收等路径消解水体中氮磷等营养盐，遏制藻类过度繁殖，规避水体富营养化态势。岸线生态廊道的完整搭建增进水陆生态系统连通性，水生生物栖息生境得以优化，鱼类、底栖生物等群落结构渐趋稳定，持续强化水体自净效能，推动河流水体化学需氧量、氨氮、总磷等核心水质指标持续优化，河流水体清澈度稳步提升，呈现清水绿岸、鱼虾重现的优良水环境图景。

5 结语

山区中小河流生态护岸结构优化立足山区地貌特征与生态本底，以形态创新、材料甄选与功能协同为核心路径，破解传统护岸生态适配薄弱、地形贴合欠佳的突出症结。优化实践既强化护岸长期稳定性与抗灾效能，又推动流域生态修复与水环境质量稳步提升，构建工程防护与生态保护共生的治理模式。这条以地形适配为根基、生态友好为核心的路径，修复河流生态廊道完整性，增强流域生态自我调节能力。未来需深化结构与生态深度融合，推动护岸设计向精准化、本土化进阶，为山区河流治理提供可持续方案，助力流域生态安全与区域绿色发展长效衔接。