生态修复导向下滨水景观护岸工程施工技术研究

谢荣珍　张晓芳　陈绍峰

福建南平剑州建设工程有限公司 福建 南平 353000

【摘　要】：针对传统硬质护岸割裂水陆生态系统、景观亲水性不足等问题，以生态修复为导向，结合南平市建阳区崇阳溪流域近几年实施的水生态修复与综合治理工程，总结滨水景观护岸施工技术体系，重点阐述施工导流与岸坡整形、坡脚格宾石笼与雷诺护垫、坡面生态袋及三维植被网防护、反滤排水、植被恢复和生态堰施工等关键工艺，提出质量与生态环境保护措施。实践表明，生态护岸在满足防洪防冲安全的同时，可恢复河道自然岸线与滨水栖息地，实现河畅、水清、岸绿、景美，可为南方山区性河流同类工程提供参考。

【关键词】：生态修复；滨水景观；生态护岸；施工技术；崇阳溪

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.060

引言

河道护岸属于滨水景观工程的重要组成，也是水陆生态系统物质、能量和生物交换的过渡地带。传统的浆砌石、混凝土等硬质直立式护岸虽然提高了岸坡的抗冲能力，但是割裂了水陆生态的连续性，造成生境单一、水体自净能力降低、亲水性差。

随着幸福河湖建设的推进，河道治理也由原来的单一防洪向现在的防洪保安、生态修复、景观游憩、文化传承等多功能融合转变，生态护岸成为主流型式。

闽北山区性河流坡降大、洪水暴涨暴落、冲刷强烈，护岸要保证防洪安全，又要有恢复生态和景观的功能。本文以建阳区崇阳溪流域综合治理工程为依托，总结生态护岸型式选择及关键技术，给同类工程提供参考。

1 工程概况

1.1 流域概况

崇阳溪是闽江上游建溪一级支流，发源于武夷山市岚谷乡铜钹山，流经武夷山市、武夷新区、建阳区，流域面积 5458km²，河长 162km；麻阳溪是其主要支流，于建阳区城区汇入。流域位于武夷山脉南麓，雨量充沛，洪水历时短、流速快，岸坡冲刷坍塌比较发育；沿岸有考亭书院等历史文化资源，对滨水景观和水生态环境的要求比较高。

1.2 依托工程

本文以福建崇阳溪水生态修复与综合治理工程为依托。2023 年福建省水利厅对本工程予以审核同意（闽水审批〔2023〕95 号），工程范围为崇阳溪干流及麻阳溪，涉及武夷山市、武夷新区和建阳区，包含生态护岸、生态巡河道、水生态修复、滨水栖息地修复、智慧管控体系等内容，生态护岸 39.37km、生态巡河道 35.77km、生态缓冲带 250.96hm²、生态堰 5 座，总工期 60 个月。

建阳区麻阳溪潭城街道段防洪标准为 30 年一遇，乡镇段为 20 年一遇，乡村段为 10 年一遇。

建阳区境内治理不断推进，2023 年崇阳溪建阳段生态巡护绿道建成 12.1km，2026 年初批复的麻沙段项目新建生态护岸 53691.59m、人工湿地 47161.2m²、修复河湖缓冲带 186707.1m²，工期两年。

前期建成的麻阳溪考亭段清淤 9.12km、生态护岸 5km、设连通涵 3 座、亲水平台 7 处、生态修复 20hm²，2022 年入选第十九批国家水利风景区。

2 生态护岸设计思路与型式选择

生态护岸实行“安全、生态、景观”三者并重的准则。根据安全生态水系建设的经验，恢复河道自然弯曲岸线，遵循防冲不防淹的原则，在凸岸、高地等弱冲刷段原则上不砌筑硬质防洪堤，因地制宜采用复合式、宽浅式、斜坡式断面，留足行洪断面和生态空间。

根据防洪标准、流速、地质和景观功能进行分区选择护岸型式，常水位以下坡脚采用格宾石笼、雷诺护垫等多孔透水结构抗冲；水位变动区采用生态袋、三维植被网喷播、框格梁植草等复合防护；岸顶及缓坡以植物防护为主，与绿道、亲水平台顺接；缓流景观段采用仿木桩和自然缓坡水生植物带，常用型式见表 1。

作者简介：谢荣珍，女（1982.9-），汉，福建南平人，本科，工程师，工程施工管理。

表 1 崇阳溪流域建阳段常用生态护岸型式及技术特征

护岸型式	适用部位	结构与材料	生态景观功能	施工控制要点
格宾石笼、雷诺护垫	常水位以下坡脚、强冲刷段	镀锌铝合金钢丝网箱(垫)填块石,下设反滤层	透水透气,利于底栖生物栖息	基槽到位,网材复检,错缝砌筑、绑扎牢固
三维植被网喷播	缓坡土质边坡	土工网垫锚固后喷播草灌,覆盖无纺布	固土覆绿,根系加筋护坡	网垫搭接锚固,喷播均匀,苗期保湿
生态袋叠砌	陡坡、用地受限段	生态袋装种植基质,连接扣错缝叠砌	植生柔韧,适应不均匀沉降	基础夯实,袋体饱满,及时植草
框格梁植草	较高、较陡岸坡	混凝土框格骨架,格内填土植草	骨架固坡、格内覆绿	梁体嵌固,回填足厚种植土
仿木桩(松木桩)	缓流景观段、亲水区	仿木桩连续打设,桩后回填级配料	线条自然、亲水效果好	桩位顺直,桩后反滤连续
自然缓坡水生植物带	宽阔滩地、缓流段	坡比缓于 1∶2.5,分区种水生植物与乔灌草	近自然岸线,净化径流	控制坡比,选用乡土植物

注：hm²为公顷；各型式可按河段条件组合使用。

3 生态护岸关键施工技术

3.1 施工导流、清基与岸坡整形

护岸施工遵循先导后挖、分段围护、旱作施工的原则，先用枯水期施工，用围堰分段围护、基坑明排。围堰用土石或袋装砂围堰，堰顶高出施工期水位 0.5m 以上；无法断流河段半幅施工、留足行洪断面，汛期前拆除围堰[1]。

施工前清除表层杂填土、淤泥、松散体，清基厚度一般不小于 0.3m，弃方集中外运，不得入河。土方自上而下分层分段开挖，随挖随修，土质缓坡坡比一般为 1∶1.5～1∶2.5，坡高较大时设马道；软弱地基采用换填碎石、抛石挤淤或松木桩加固，整形后及时防护[2]。

3.2 坡脚格宾石笼与雷诺护垫施工

坡脚一般用格宾石笼护脚、雷诺护垫护坡。基槽开挖到冲刷线以下并整平夯实，土工布连续铺设、搭接不小于 0.3m；网材采用锌铝合金镀层钢丝机织六角网，镀层、网孔、丝径进场复检。网箱现场组装、双股绑扎，就位后拉线调直并连成整体。石料选用坚硬耐腐蚀的卵石或块石，粒径不小于网孔，级配合理，孔隙率约 30%，分层装填，每层不超过 0.3m，外露面人工摆砌密实；封盖后顶部和背水侧回填级配砂砾夯实[3]。

3.3 坡面生态防护施工

（1）生态袋护坡。生态袋装填种植土、腐殖土和肥料拌合基质，饱满度约为 75%，用缝扎法固定；自下而上错缝叠砌，层间用连接扣梅花形连接，每砌 2～3 层及时回填夯实，到顶后喷播草灌或扦插垂柳、杞柳等喜水枝条。

（2）三维植被网喷播。坡面整平施基肥后铺设三维土工网垫，张拉贴坡、搭接不小于 10cm，用 U 形锚钉固定，坡顶坡脚埋入固定沟；液压喷播草灌种子和保水肥料混合料，覆无纺布保墒，苗期洒水养护、成坪后揭布，以狗牙根、百喜草等乡土草种为主，混播灌木。

（3）框格梁植草。框格梁现浇或预制安装，梁肋嵌入坡体与坡脚、截水沟相接；格内回填不小于 0.3m 厚种植土，撒播或铺草皮绿化，边角补植，保证无裸露格室。

3.4 反滤层与排水构造

反滤排水可以防止岸坡管涌、坡后积水。坡脚石笼、生态袋与土体之间设置土工布和碎石反滤层，满足土不流失、滤料不堵、排水畅通的要求；地下水位较高岸段在坡身梅花形布置软式透水管引水入河，出口设反滤包。岸顶设截水沟汇集径流，排水孔、连通涵与平台管线统筹定位，防止后期开凿[4]。

3.5 植被恢复与滨水景观衔接

植被恢复坚持乡土、适生、多样原则，根据水深梯度进行配置，常水位以下种植芦苇、菖蒲、再力花等挺水植物和苦草等沉水植物，消落带种植狗牙根、李氏禾等耐淹草本，岸坡种植垂柳、水杉、池杉等喜湿乔木和灌木，形成复层群落。苗木选择当地壮苗，随起随栽，浇透定根水，养护期不小于一年[5]。

护岸顶部和生态巡护绿道同高程断面一致，用透水铺装连接亲水平台和文化节点，考亭段根据朱子文化打造文堤。护岸线型依附于自然弯曲，维持河滩与深潭相间的变化。

3.6 生态堰及配套工程施工

为了抬高枯水位，营造出深潭浅滩交替的生境，

修建了多个生态堰。堰体用格宾石笼或者埋石混凝土，堰面设多级跌水和鱼道式缺口，利于鱼类上溯；堰基挖至相对不透水层并做好与两岸衔接，防止绕渗。施工避开鱼类繁殖期，分期围堰，保留生态流量，城区同步实施截污纳管和沟渠生态化改造[6]。

4 施工质量与生态环境保护措施

施工质量及生态环境保护方面，执行原材料复检、工序报验、隐蔽工程验收制度，创建施工自检、监理复检、业主抽检三级质控体系。原材料进场查验合格证及检测报告，重点控制网材镀层与网孔、石料强度粒径及孔隙率、生态袋强度与基质配比、锚钉间距与喷播厚度、反滤层级配、混凝土强度和苗木规格密度，不合格材料全部清退。施工过程中坚持测量放线、样板引路、工序交接，重点校核坡比、基槽高程、网箱绑扎、反滤层铺设，隐蔽工程经监理验收留痕后方可进入下道工序；同时观测岸坡位移、沉降及围堰渗流，汛期加密监测，完工后检查苗木成活率并及时补植。环保上设置沉淀池、拦挡，废水泥浆沉淀后回用或者达标排放，不得将泥浆排入河中；土方避雨施工，裸露面及堆土及时苫盖、拦挡、临时绿化；河道作业避开鱼类繁殖期、预留生态流量，控制油料泄漏、噪声扬尘，垃圾集中外运；竣工后拆除临时设施、平整滩地、补植植被，配套流量监测、视频监控等智慧管护设施。

5 实施成效

经过长期的治理，崇阳溪、麻阳溪滨水生态环境得到明显的改善。前期建成的麻阳溪考亭段从淤积河滩变成了河畅、水清、岸绿、景美的滨水空间，9.12km 河道完成清淤疏浚，5km 生态护岸和 3 座连通涵、7 处亲水平台相互衔接，20hm²水生态区域得到修复，并于 2022 年被评为第十九批国家水利风景区；12.1km 生态巡护绿道与城市绿道相连通，是市民休闲游憩、健身康养的开放空间，也是考亭书院朱子文化旅游和沿线乡村发展的推动者。建阳区公布数据显示，全区河道自然岸线保有率为 80%以上，河流健康指数一直保持在 85 分以上，流域野生鱼类增加到 104 种，连续投放鳙鱼、半刺厚唇鱼等土著鱼苗 43 万尾，水体自净能力提高、生物多样性提高。崇阳溪综合治理工程以及麻沙段等项目的相继开展之后，生态护岸的防洪、生态、景观、社会综合效益会愈加明显。

6 结语

生态修复导向的滨水景观护岸是在保证防洪防冲安全的前提下，采用多孔透水的工程结构和植物、工程相结合的复合防护方式，重建水陆生态系统间的连续性，恢复岸坡生境和滨水景观功能。生态护岸在满足抗冲刷、固坡稳岸要求的同时，又具备了水体交换、生物栖息、径流净化、景观游憩等多方面的作用，是幸福河湖建设以及城市河道综合治理的新型技术路径。崇阳溪流域工程实践证明，以格宾石笼加雷诺护垫加固坡脚、生态袋加三维植被网防护坡面、乡土植被恢复建立复层植物群落、生态堰营造深潭浅滩交替生境的成套技术体系完整、工艺成熟、安全可靠，既适应了闽北山区性河流坡降大、洪水暴涨暴落、冲刷强烈的水文特征，又有效恢复了河道自然岸线和滨水栖息地，实现了河畅、水清、岸绿、景美的治理目标，可以为南方同类山区性河流的滨水景观护岸工程提供借鉴。今后要继续加强护岸长期生态效果的跟踪监测，建立包含岸坡稳定、水质、植被覆盖率、生物多样性等指标的后评估体系，定量评价不同护岸型式的生态效益；及时总结工程经验，推进施工工艺和质量控制的标准化，推广构件预制、装配化施工，减少现场作业对河道的扰动，依托流量监测、视频监控等智慧管控手段提升流域精细化管护水平，推动生态护岸技术体系不断完善。

参考文献：

[1] 蔡珠兰.生态发展视域下的城市滨水景观创新设计[J].美与时代(城市版),2025,(10):88-90.

[2] 李龙.低碳生态视角下的城市滨水景观设计研究[J].工程建设与设计,2023,(14):4-6.

[3] 张琪.港口滨水护岸景观设计表达方式研究[J].工程与建设,2022,36(1):84-86.

[4] 王少帅.城市滨水景观设计研究:以三门峡涧河公园为例[D].西安建筑科技大学,2016.

[5] 李梦依.城市滨水景观设计生态理念与材料运用[D].湖南师范大学,2014.

[6] 方跃冰.浅析某滨水新型护岸生态景观构建特征[J].江西建材,2013,(5):234-235.