

水利工程生态护坡施工工艺与质量控制

赵 星

浙江久城建设工程有限公司 浙江 诸暨 311800

【摘要】：水利工程生态护坡兼顾岸坡稳定与生态保护，流域治理、水库建设等工程中应用广泛。结合多个实际工程案例，本文阐述混凝土喷锚、植物绿化、浆砌石墙、自嵌式挡土墙、多孔结构及生态袋六种施工工艺的原理、操作要点与应用效果，分析施工前期场地勘察、原材料检验、坡面处理等质量控制措施，以及施工过程中工序管控、排水设置、植被养护和成品验收的核心要求，为水利工程生态护坡施工提供技术参考，保障护坡结构安全稳定，实现防洪与生态保护协同发展。

【关键词】：水利工程；生态护坡；施工工艺；质量控制；岸坡稳定

DOI:10.12417/2811-0528.26.15.051

引言

水利工程作为防洪减灾、水资源调配与生态保护的重要基础设施，岸坡防护是工程安全与流域生态协同发展的关键环节。传统护坡多以刚性结构为主，虽能满足稳定需求，但易破坏水土连通性与生物栖息环境。生态护坡将工程防护与自然修复有机结合，在保障岸坡抗冲、稳定与耐久的同时，兼顾水土保持、植被恢复与水体净化，已成为现代水利工程建设的主流技术方向。本文结合工程实践，系统梳理混凝土喷锚、植物绿化、浆砌石墙、自嵌式挡土墙、多孔结构及生态袋六种典型生态护坡工艺，围绕施工前期、过程与成品验收构建全流程质量控制体系，为提升水利工程生态护坡施工水平、实现工程效益与生态效益统一提供技术支撑。

1 水利工程生态护坡常用施工工艺

1.1 混凝土喷锚护坡施工工艺

混凝土喷锚护坡用高压喷射将适配强度混凝土均匀覆于坡面，形成连续致密防护层，适配土质疏松、冲刷强烈岸段，兼顾结构稳定与抗风化能力^[1]。坡面危石清理、浮土整平与锚孔定位需在施工前完成，按设计布设锚杆并开展拉拔试验，喷射分底、面两层进行，底层侧重固结与找平，面层把控厚度与平整度，水胶比、喷射压力与回弹率全程严控。广西驮英水库枢纽工程采用该工艺并复合植生基材，18万平方米坡面历经多年汛期检验，结构完整且植被稳定覆盖，抗冲与生态协同成效显著。

1.2 植物绿化护坡施工工艺

植物绿化护坡用本土乔灌木构建坡面覆盖层，依托根系实现固土减蚀，施工便捷且成本适中，适配土质条件较好的缓坡区域。坡面整理与土壤改良需提前开展，清除坡面杂物、平整沟壑，依据土壤理化指标调整肥力与pH值，筛选深根、耐水湿品种，采用混播、穴植或草皮铺植方式均匀覆盖，保障出苗

率。浙江马金溪流域治理采用本土草本与灌木组合，搭配自然岸线修复作业，坡面覆盖率稳定达标，水土流失大幅减少，河道生态实现快速恢复。

1.3 浆砌石墙生态防护施工工艺

砌石墙生态防护以块石砌筑为主体，搭配格宾网、植草实现刚性防护与生态渗透兼容，抗冲性强且便于水体交换。石料强度、粒径与砌筑砂浆配比需严格把控，基础坐浆密实、灰缝均匀，墙面保持顺直平整，格宾网单元填充饱满、绑扎牢固，预留植生孔并回填营养土，播撒草籽或栽植灌木。重庆涪江赵家渡防洪护岸工程大量采用浆砌石与格宾网组合，柔性适配岸坡变形，空隙为水生生物提供栖息空间，防洪与生态效益兼具。

1.4 自嵌式挡土墙护坡施工工艺

自嵌式挡土墙以互锁型砌块为核心，依靠自重与嵌固作用形成重力式防护，无需砂浆砌筑，拆装便捷且整体性佳。地基需先整平压实，核验承载力后按模数排布砌块，错缝搭接、锁口紧密，墙后分层回填合格土料并夯实，同步布设排水盲管与反滤层，避免墙后积水冻胀或掏空。

1.5 多孔结构护坡施工工艺

多孔结构护坡采用多孔砖、网格砖等贯通孔隙材料，搭建透水透气防护体系，助力雨水下渗、削减地表径流，为植物与水生生物提供适宜生存环境。清基整平需提前完成，按设计铺设多孔构件，把控孔隙朝向与搭接精度，孔内回填改良土，植入草灌形成复合坡面，同步布设排水层与截排水设施^[2]。

1.6 生态袋护坡施工工艺

生态袋护坡用抗老化高分子袋体填充基质，堆叠形成柔性生态挡墙，透水性佳且适配复杂地形。坡面需清理整平，按错缝方式堆叠袋体，用联结扣与锚杆增强整体稳定性，袋内填充配比合理的土壤与基质，选取耐淹、固土能力强的乡土品种种

植。

2 生态护坡施工前期质量控制

(1) 施工场地勘察与方案审核：开展地质、水文与植被全面调查，测定岸坡坡度、土体密度、含水率及抗剪强度等参数，排查滑坡、渗漏、冲刷等隐患。结合防洪标准与生态目标编制专项施工方案，明确工艺选型、材料指标、排水布局及植被配置，组织多方会审与技术论证，优化工序衔接与质量控制点，保障方案安全可行、贴合生态需求。

(2) 原材料与构配件质量检验：混凝土、砂浆、石料、生态袋、多孔构件、锚杆及土工材料需逐批次核验出厂合格证与检测报告，现场抽样检测强度、耐久性、孔隙率、抗老化性能等关键指标，不合格材料严禁进场。植被种子与苗木核查纯度、发芽率及病虫害情况，优先选用乡土品种，从源头筑牢结构安全与生态效果的基础防线（见图1）。



图1 原材料与构配件质量检验

(3) 坡面清理与地基处理质量控制：清除坡面浮石、杂草、垃圾及软弱土层，按设计坡比精细整平，坑洼处分层回填夯实，确保压实度符合设计标准。软基段采用碎石换填、加筋垫层处理，提升地基承载力与均匀性，避免后期不均匀沉降引发结构开裂。坡脚基础开挖至设计标高，核验基底土质，验收合格后转入后续施工工序。

(4) 施工技术交底与人员管控：编制针对性技术交底文件，明确工艺流程、操作要点、质量标准及安全注意事项，覆盖所有作业班组。开展岗前培训与实操考核，强化喷射、砌筑、堆叠、种植等关键工序技能，落实岗位责任制与旁站监督制度，确保作业人员持证上岗、操作规范，降低人为操作偏差。

参考文献：

- [1] 王小旭.水利工程中的河道生态护坡施工技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(23):203-205.
- [2] 黄文超,白金玲,林煌.水利工程中河道生态护坡施工技术探讨[J].现代盐化工,2025,52(04):94-96.
- [3] 罗川炼.水利工程防洪堤施工中生态护坡技术的应用[J].工程建设与设计,2025,(14):105-107.

3 生态护坡施工过程与成品质量控制

(1) 施工工序质量管控要点：混凝土喷锚严控分层厚度、喷射角度与养护时长，确保锚杆锚固力达标。植物护坡保证播种均匀、覆土厚度适中，避免露种或深埋问题。浆砌石与自嵌式结构把控砌筑平整度、错缝间距及密实度，杜绝通缝、空洞隐患。多孔结构与生态袋需定位精准、搭接牢固，袋体与孔隙填充饱满，每道工序完工后及时验收，合格方可进入下一道施工。

(2) 排水系统设置质量控制：统筹布设坡顶截水沟、坡面泄水槽、坡脚排水沟及墙后反滤层、盲管，把控纵坡坡度、断面尺寸与衔接流畅度，防范积水渗压损毁防护结构。排水设施选用抗冲刷材料，密封接缝保证排水通畅，定期清理疏通避免堵塞^[1]。山东沂沭河生态护坡配套完善排水体系，有效规避冻胀与淘刷风险，保障防护结构长期稳定。

(3) 植被种植与养护质量控制：按季适地选择植物品种，乔灌木搭配科学合理，种植后立即浇透定根水，覆盖保湿材料促进出苗。生长期做好浇水、施肥、除草、病虫害防治及修剪工作，保障根系发育与坡面全覆盖。上海苏州河建立专业化养护机制，定期监测植被长势与土壤肥力，植被成活率与覆盖率始终保持较高水平。

(4) 成品防护与验收质量控制：施工中做好成品保护，规避机械碰撞、堆载扰动及人为损坏。完工后检测结构尺寸、强度、稳定性、排水效果与植被长势，对照设计标准和行业规范逐项验收，合格后移交管护。建立长效巡查维护机制，定期监测位移、沉降、渗漏及植被健康状况，及时处理各类隐患，保障生态护坡长期安全运行。

4 结语

水利工程生态护坡施工是一项系统性工程，需兼顾结构安全与生态效益，合理选用施工工艺并严格把控质量。本文总结的六种常用生态护坡工艺，适配不同地质、水文条件，各有优势；施工前期、过程及成品的全流程质量控制，是保障护坡工程长期稳定运行的关键。实践证明，科学的工艺选型、严格的质量管控与长效的后期管护相结合，能有效提升生态护坡的抗冲性、稳定性与生态性，实现岸坡防护与生态修复的协同发展。