

水利工程中新型生态护坡施工工艺及效果评估

冯宪勇 刘兆坤

邳州市水利建筑安装工程有限公司 江苏 邳州 223100

【摘要】：水利工程护坡建设既关系岸坡的稳定和防洪的安全，又直接影响河湖生态系统的恢复效果。新的生态护坡施工工艺是以传统的工程防护为依托，将生态基材、植物群落构建、柔性结构防护以及后期的养护管理有机结合，能达到边坡加固、水土保持、植被恢复及景观提升等综合目的。文章重点对水利工程新型生态护坡的技术体系、施工工艺以及效果评估等方面进行了分析，并对前期勘测、方案优化、基材配置以及结构构建等方面进行了论述、对植物配置与质量控制的关键环节进行了分析，提出了稳定性、抗冲刷性能、生态恢复效果、经济性与维护效果的评价设想，以期对水利工程的生态化建设及护坡技术的优化有所借鉴。

【关键词】：水利工程；新型生态护坡；施工工艺；效果评估

DOI:10.12417/2811-0536.26.09.039

随着生态文明建设的深入以及绿色水利理念的提出，水利工程建设已经不局限于传统的防洪、排涝以及岸坡加固的作用，而更强调工程安全以及生态环境的和谐发展。传统刚性护坡虽防护能力强，但易导致岸坡硬化、生境破坏及景观单一，很难适应现代水利工程生态修复的需要^[1]。新型生态护坡以工程措施为主，植物措施为辅，恢复岸坡生态功能的同时确保边坡稳定，已经成为河道治理、水库岸坡防护及堤防建设等领域的一个重要的技术发展方向。所以对它的施工工艺和效果评估的研究是有实际意义的。

1 新型生态护坡技术体系及工程应用需求分析

1.1 传统水利工程护坡方式的局限性及生态化转型需求

传统水利工程护坡大多采用浆砌石、混凝土、块石等刚性结构并通过增加坡体强度来达到边坡防护的目的，虽能在一段时间内达到抗冲刷、防塌的目的，但是存在着生态功能缺失、景观协调性不强、雨水渗透能力不强，易对原有生境造成破坏，对河湖生态系统自然修复能力造成影响^[2]。伴随着绿色水利与生态文明建设的持续发展，水利工程的目标已经从单纯的保障安全逐渐过渡到生态保护、资源节约与环境协调，传统护坡模式已经很难适应现代工程建设的需要，促进护坡技术朝着生态化、绿色化和可持续方向提升已经成为水利工程优质发展的关键需求。

1.2 新型生态护坡技术的类型特征与作用机制

新型生态护坡以满足边坡稳定与防洪安全为前提，集生态工程、生物工程与新型材料技术于一体的综合防护体系，主要形式有植被护坡、生态袋护坡、三维植被网护坡、格宾石笼护坡和生态混凝土护坡^[3]。不同的技术依据工程地质、水文条件和生态修复的需要合理搭配，利用植物根系强化土体，利用生态材料

提高结构稳定、孔隙空间增强了水土交换，同时微生境的恢复也促进了植被的生长，达到了工程防护功能和生态修复功能的协同作用，使得护坡结构同时具有稳定性，生态性及景观性的特点，增加了项目的整体综合效益^[4]。

1.3 水利工程中新型生态护坡施工的应用价值与发展趋势

随着流域综合治理、河湖生态修复和海绵城市建设的持续开展，新型生态护坡施工在河道整治和水库岸坡等工程中得到了广泛的应用、在堤防工程与城市水系建设中，它不但能有效地减少水流冲刷与边坡失稳的危险，而且能恢复植被覆盖，改善水体环境、加强生物多样性的同时，提高工程景观的质量，达到工程建设和自然生态的和谐统一^[5]。在今后的发展过程中，新型生态护坡会进一步结合数字化监测、智能施工、新型环保材料以及低碳建造理念等，并通过对整个过程的精细化设计、智能化施工管理与动态运行维护不断提高护坡工程安全性能，生态效益与长期运行的稳定性，促进现代水利工程不断朝着绿色、智慧生态的方向发展。

2 水利工程中新型生态护坡施工工艺与关键技术分析

2.1 生态护坡施工前期勘察与方案优化设计技术

生态护坡施工前的勘测是确保工程方案科学性、施工适应性等的基本环节。要着重对工程区域内地形地貌、边坡坡度、土体结构、水位变化、流速流向、洪水冲刷强度以及岸坡现有损伤等进行勘察，并对边坡失稳诱因以及生态退化程度做出准确评判。同时需要综合考虑区域气候条件、植被类型、水土保持需求以及周围景观环境等因素，全面分析护坡工程安全与生态目标，为下文结构形式的选取及施工参数的设置

奠定了基础。

在进行方案优化设计时，需要针对不同河段、水库岸坡或者堤防工程功能要求，对生态袋、格宾石笼和三维植被网等进行合理的选型、生态混凝土和其他护坡形式以及强调工程防护和生态修复协同作用。对水流冲刷强烈的地区要加强坡脚防护及结构稳定设计；在生态恢复需求较为迫切的地区应当努力提升植被的覆盖范围和基础材料的透水特性。采用分区设计、因地制宜以及多技术结合应用等措施可以增强生态护坡方案适用性、经济性以及长期稳定性。

2.2 生态基材配置与护坡结构构建施工技术

生态基材配置作为新型生态护坡施工的重点内容，生态基材配置的好坏直接关系到植物生长、坡面稳定以及生态恢复效果等。在建设应根据土壤肥力，酸碱度，含水能力和植物生长需求等因素合理调配种植土、有机质、保水剂、缓释肥、微生物菌剂和改良材料等，形成透气性好、保水性强、抗冲刷能力强的生态基材。对土质贫瘠或者坡面裸露比较严重的地区，可以通过客土喷播和生态毯覆盖来改善植物的生长环境和增加植被的成活率。

护坡结构构建要综合考虑工程强度与生态空间营造两方面的因素，在施工时需要坡面清理、坡体整形、基础处理、锚固连接以及分层铺设过程严格控制。生态袋护坡要确保袋体码放紧凑、错缝搭接牢固；格宾石笼护坡要保证网箱的稳固连接，填石级配合理；三维植被网要与坡面贴合且固定牢固。通过结构层、基材层与植被层协同建设，可以形成一个稳定的复合防护体系以增强坡体抵抗冲刷与生态修复的能力。

2.3 植物配置与生态系统恢复施工技术

植物配置对于生态护坡有别于传统护坡具有重要意义，要综合考虑工程地区的气候、水文条件、土壤环境以及边坡稳定需求等因素，优先考虑乡土植物、耐水湿植物、耐旱植物以及根系发达植物。不同坡位宜采用差异化配置，坡脚区域应选用耐淹，抗冲刷能力好的植物，坡面区域应选用固土能力好的草本与灌木，在坡顶区域可以选择具有良好景观性和适应性的植物群落，这样可以形成层次清晰、功能互补的植被系统。

生态系统恢复施工不只注重植物栽植自身，更应注重植被群落持续演替与生态功能重建。在建设时可以采用撒播、喷播、扦插、移栽的方法来提高植被建植的效率，同时辅以浇水养护、病虫害防治、补播补植以及防护围挡来确保前期成活率。随着植物根系的

逐渐发展，坡面土体会进一步强化，水土流失也会得到治理，微生物，昆虫和小型动物的栖息环境也会逐渐得到恢复，最后达到护坡结构稳定和生态系统恢复良性循环。

2.4 施工过程质量控制与综合管理技术

新型生态护坡施工涵盖土建施工、生态修复、材料配置以及后期维护等诸多环节，需要构建全过程的质量控制体系。施工前应对生态材料、网垫、生态袋、石笼网、种子及苗木质量进行严格把关，以保证它们达到设计要求；施工中应着重控制坡面平整度、结构稳定性、基材厚度、锚固强度、种植密度及施工顺序等，以避免基材流失、结构松散及植被分布不均匀的现象发生。经工序验收及现场检测可以提高施工质量稳定性。

综合管理技术作为确保生态护坡建设成效的重要依托，要把进度管理、安全管理、环保管理以及养护管理等整体融入到整个建设过程中。在施工过程中，要合理安排作业时间以避免强降雨、高水位及洪水期的影响，以减少施工扰动及对水体的污染；同时强化机械作业、安全防护以及现场排水管理措施，以减少边坡滑塌与人员安全的危害。项目建成后还需要建立定期巡查与动态维护相结合的机制，及时恢复冲刷破损、植被退化与结构变形，以保证生态护坡的综合效益得到长远的发挥。

3 新型生态护坡施工效果评估及优化提升路径

3.1 生态护坡工程稳定性与抗冲刷性能评价

生态护坡工程效果评价首先要重视坡体的稳定性和抗冲刷性能问题，这也是评判坡体是否能达到水利工程安全运行标准的核心标准。在评估中可以从坡面完整性、坡脚防护强度、结构层连接稳定性、土体含水变化、表层冲刷深度入手，全面分析常水位、洪水水位和水位骤降情况下护坡结构受力表现。以河道弯道迎水坡段为例，可以通过观察格宾石笼的变形、生态袋的位移以及植被根系的固土效果来判断护坡有无持续抗冲的能力。

实际项目中单一的生态措施通常很难处理复杂的水流冲击问题，所以要根据不同河段的特点进行分区评价。对流量大的主河槽岸坡可以着重探测坡脚淘刷，网笼沉降及基础外露等；对缓流岸坡则可以着重观测坡面侵蚀沟，基材流失及植被覆盖的稳定性等。以某城市的河道治理为例，采用了“格宾石笼护脚加三维植被网护坡等”的组合方式，这不仅增强了坡脚的抗冲刷能力，还通过坡面植被来减缓雨水的冲刷，从而

使整体稳定性明显优于仅使用草皮护坡的方法。

3.2 生态恢复效果与环境改善能力评价

在进行生态修复效果评价时要强调护坡工程在植被修复、生境重建、水环境改善等方面的整体功能。具体地说可以从植被覆盖率、植物成活率、群落多样性、土壤有机质含量、坡面水土的保持能力和生物栖息环境的提高程度来分析。从理论上讲生态护坡不是单纯的绿化，它是利用植物根系、土壤基质及孔隙结构等综合因素来恢复岸坡的自然交换功能的。如水库消落带护坡选择耐淹耐旱植物可以适应周期性水位的升降和增强区域生态恢复的稳定性。

环境改善能力也表现为对水体的净化，景观的改善以及对当地小气候的调节。植被护坡可截留地表径流泥沙及污染物，在增强岸线景观协调性的同时降低面源污染对河湖的影响。如某灌区渠道改造工程，在原混凝土硬质护坡的基础上，改为生态混凝土和水生植物相结合，不仅保持边坡防护强度不变，并提高渠道两侧绿化效果，将原来单调密闭的工程岸坡变成有生态缓冲作用的绿色空间。

3.3 工程运行经济性与长期维护效果分析

新型生态护坡经济性评价不应仅仅注重初期施工造价问题，还应考虑全寿命周期运行维护费用及综合效益。尽管一些生态材料、基材改良以及植物配置等方面的早期投资可能比常规简易护坡更高，但是它们的后期可以依赖植被的自我修复，根系固土以及生态系统的稳定演替来减少养护的频率。例如在中小河流的治理上，生态袋加草灌混播护坡的应用，早期需要投入基材及养护费用，而植被成坪以后可以降低水毁修补及坡面硬化的维护费用。

长期维护效果的好坏主要决定于护坡结构的耐久性、植被的适应性以及管护机制的健全。如果植物选择不合适或者维护不到位，就会发生枯死、裸露、冲刷沟的现象，从而影响工程安全及生态功能。为此要建立定期巡查、季节性补植、病虫害防控以及水毁修

复等机制。如某山区河道生态护坡汛后检查时发现当地生态袋裸露在外，治理单位及时对基材进行补填和草籽补播，有效地避免了小规模破损和扩展，阐述了持续维护对确保生态护坡长期效益至关重要。

3.4 新型生态护坡施工技术优化与推广应用策略

新型生态护坡的施工工艺优化要遵循因地制宜，分区施策以及多技术协同的原则，切忌单纯套用统一的模式。对水流冲击强烈和坡脚淘刷显着的地区，可以采取石笼和生态混凝土等有较高结构性的护脚措施；对坡面较缓且生态修复要求突出地区可以应用三维植被网、客土喷播及乡土植物群落构建等技术。例如在城市的景观河道设计中，可以采纳“生态框格加花草灌木的构型”的策略，旨在在确保防护功能的前提下，进一步提高景观的整体品质。

在推广应用过程中，要加强标准化设计、施工工法总结及效果评估体系的建设，把工程安全、生态效益、经济效益及社会效益纳入一个统一的评价框架。不同区域可以结合典型工程设置示范段，归纳出适宜当地气候、土壤及水文条件下的技术参数。如在平原河网地区可以注重缓坡植被护坡及生态缓冲带的营造，而在山区河流要加强抗冲结构和生态恢复相结合。示范引领与技术迭代可以促进生态护坡从单项工程应用扩展到流域系统治理。

4 结论

总之新型生态护坡施工技术能有效地弥补传统硬质护坡生态功能的缺失，同时促进岸坡稳定性和抗冲刷能力的提高、提高水土保持效果、修复生态环境的优势明显。它的施工成效的好坏不仅决定于护坡结构形式的选择，而且和前期的勘测、基材的配置、植物的搭配、质量的把控以及后期的养护等都有密切关系。在今后的水利工程生态护坡建设中，要遵循因地制宜、分类施策以及全过程管理的原则，并进一步健全技术标准以及效果评价体系等，以促进生态护坡技术朝着标准化、智能化以及长远可持续发展的方向不断迈进。

参考文献：

- [1] 张洋,王乐乐.河道生态护坡施工技术在水利工程中的应用[J].农机市场,2026,(6)86-88.
- [2] 高朝宏.河道生态护坡技术在水利工程施工中的应用研究[J].城市建设,2026,(15)127-129.
- [3] 曾振华.水利工程水土保持中的生态护坡设计探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(36)188-190.
- [4] 李卓天.浅谈河道生态护坡施工设备技术[J].中国设备工程,2024,(19)219-221.
- [5] 赵鹏鹏.水利工程生态护坡设计[J].河南水利与南水北调,2022,51(11)9-10.