

水利工程中的河道生态护坡施工技术研究

元孝国¹ 宫振健² 张 超³

1. 内蒙古辽河工程局股份有限公司 内蒙古 通辽 028000

2. 内蒙古辽河工程局股份有限公司 内蒙古 赤峰 024000

3. 内蒙古拓森水利水电工程有限公司 内蒙古 赤峰 024000

摘 要：传统硬质河道护坡存在生态破坏、景观单一等诸多弊端，难以适配新时代水生态治理需求。本文聚焦水利工程河道生态护坡施工技术，界定其核心内涵与施工原则，对比传统护坡与生态护坡的差异，梳理主流生态护坡技术类型与核心施工工艺。针对施工坡面处理、植被培育、结构防护等常见问题，分析质量管控短板，提出标准化施工、材料优化、精细化运维等优化对策，助力实现河道工程安全与生态修复的协同发展。

关键词：水利工程；河道生态护坡；施工技术

引言：随着我国水生态文明建设持续推进，河道治理不再局限于防洪固坡的基础工程功能，生态修复与景观提升成为核心发展目标。传统混凝土、浆砌石护坡模式易阻断水土交换、破坏水生物栖息地，造成河道生态退化。为破解传统护坡技术弊端，生态护坡技术逐步普及。本文系统研究各类河道生态护坡施工技术，梳理施工流程与管控要点，剖析现存问题并制定优化方案，为河道生态治理工程高质量实施提供技术参考。

1 河道生态护坡相关理论与技术类型

1.1 生态护坡核心内涵与施工原则

（1）核心内涵：生态护坡是相较于传统硬质护坡的新型河道防护技术，以水土保持为核心基础，有机结合乡土植被、新型土工材料、生态构筑物等多元要素，摒弃传统护坡单一的防护功能，构建复合型河道防护体系，可同步实现河道固坡护岸、防洪排涝、生态修复等功能，达成工程防护与自然生态的协调统一。（2）施工原则：主要包含四大核心原则。安全性原则，保障边坡结构稳定，抵御水流冲刷，满足河道防洪基础需求；生态性原则，保护河道水土交换通道，留存生物栖息空间，维系水生态循环；因地制宜原则，结合河道坡度、土质、水流条件及区域气候，适配对应护坡方案；经济实用性原则，兼顾施工成本、运维难度与使用年限，实现综合效益最大化。

1.2 传统护坡与生态护坡对比分析

（1）传统硬质护坡优缺点：传统混凝土、浆砌石等硬质护坡，核心优势为结构稳定性强、抗冲刷能力突出，防洪防护效果可靠，能快速适配高强度防洪工程

需求。但弊端十分明显，硬质面层完全隔绝水土物质交换，阻断河道生态循环，破坏水生动植物栖息地，生物多样性锐减，同时人工痕迹过重，河道自然景观观赏性极差。（2）生态护坡核心优势：可有效修复受损河道生态系统，恢复水土交换功能，提升水体自净能力，改善河道水质。同时贴合自然河道形态走势，避免人工固化改造的生硬感，在保障防洪固坡工程效益的基础上，优化河道景观环境，实现工程安全、生态修复与景观美化的多重效益统一。

1.3 主流河道生态护坡技术分类

（1）植被类生态护坡：以植物固土为核心，包含喷播植草、三维网植草、灌木混植等技术，施工简便、生态性优，适用于坡度平缓、土质肥沃、水流冲刷力度小的中小型河道边坡。（2）土工复合护坡：依托土工格室、生态毯、土工布等复合材料加固边坡，可有效遏制水土流失、强化边坡稳定性，适配土质松散、水土流失问题突出、边坡稳定性较弱的河道区域。（3）结构型生态护坡：采用生态混凝土、预制生态块、卵石堆砌等生态结构，兼具高强度防护与生态功能，抗水流冲击能力强，主要应用于水流速度快、防洪压力大的城市主干道及通航河道^[1]。

2 水利工程中的河道生态护坡关键施工工艺与流程

2.1 施工前期准备工作

（1）现场勘察与方案设计：现场勘察是保障生态护坡施工质量的基础，需全面开展实地调研。工作人员检测边坡土质、含水率、土层稳定性，摸排河道水流速度、水位变化、汛期工况等水文条件，精准测量边坡

坡度、坡长及周边地形。结合现场工况、河道防洪等级及生态修复目标,选配适配的生态护坡技术,确定施工坡度、铺设范围、材料规格等核心参数,编制安全、生态、经济的专项施工方案,为后续施工提供技术支撑。(2)原材料检测与设备筹备:严格落实原材料进场检测制度,核验生态混凝土、土工格室等工程材料的强度、耐久性、抗腐蚀性,确保符合水利规范;检测植被种子纯度与发芽率,筛选适配本地环境、高存活率的品种。提前调试喷播、夯实、浇筑等施工机具,排查设备故障、配齐备用配件,保障施工设备稳定运行。(3)坡面预处理:彻底清理边坡表层杂草、碎石、淤泥等杂物,清除松散土体。按设计标准平整、修整坡面,消除凸起、凹陷问题,规整坡面形态。同步做好排水防渗预处理,布设简易排水沟槽,避免积水浸泡引发土体松软、边坡坍塌,为后续施工夯实基础。

2.2 各类生态护坡核心施工工艺

(1)液压喷播植草护坡施工工艺:该工艺适用于平缓土质边坡。先结合河道土质配比种植土、有机肥、保水剂、草种等基材并充分搅拌均匀,采用高压喷播设备将混合料均匀喷射至坡面,严格控制喷射厚度与平整度。喷播完成后覆盖无纺布保湿防护,减少水分蒸发和雨水冲刷。后期定期洒水养护、适时补播,管控坡面温湿度,促进植被生根成活,形成稳固的植被防护层。(2)生态混凝土护坡施工工艺:该工艺适配高防洪压力河道,兼顾防护与生态性。施工先对坡面基底分层夯实,提升整体密实度与稳定性;按设计安装固定模板,保证平整牢固、接缝密实;分层浇筑生态混凝土并充分振捣,杜绝空鼓缝隙;成型后做好孔隙养护,保留通透孔隙,最后在孔隙内栽植适配植被,实现硬质防护与生态绿化有机融合^[2]。(3)土工格室复合护坡施工工艺:多用于水土流失严重的边坡。将土工格室平整铺设于坡面,采用锚钉按标准间距固定,杜绝松动悬空;向格室内填充改良营养土并分层夯实,确保填充饱满;表层搭配栽植草本、灌木植被,形成复合防护结构,最后整体修整加固边坡,提升土体稳定性,兼顾固土护坡与生态修复效果。

2.3 施工关键控制点

(1)参数控制:施工全过程需严格把控各项核心技术参数,严格按照设计标准控制边坡坡度、坡面平整度,杜绝坡度偏差超标;精准管控土工材料、混凝土铺设厚度,保证防护层均匀规整;规范锚钉布设间距、埋深深度,确保固定强度达标;把控混凝土振捣力度与时间,避免出现振捣不实、过振离析等问题,保障整体施

工精度与结构稳定性。(2)工序衔接控制:生态护坡施工工序关联性极强,需严格把控工序衔接节奏。坡面预处理、材料铺设、植被种植、后期养护等工序需有序推进,上道工序验收合格后方可开展下道施工。合理规划施工流程,缩短工序间隔时间,避免坡面裸露过久引发水土流失、材料受潮变质等问题,保障施工连续性,整体提升工程施工质量。(3)季节性施工控制:结合不同季节气候特点制定差异化施工方案。雨季施工需提前做好排水防护,避开暴雨时段施工,及时做好坡面防护,防范雨水冲刷边坡、冲毁未成型护坡结构;旱季重点做好洒水保湿养护,防止植被缺水枯死、土体干裂;冬季严控低温施工条件,采取防冻保温措施,规避混凝土冻胀、土体冻结松动等质量问题^[3]。

2.4 施工质量验收标准

(1)结构质量验收:结构验收为核心硬性指标,需全面检查边坡整体稳定性,确保无坍塌、沉降、开裂等病害;核查各类护坡材料贴合度、固定牢固度,无松动、脱落、空鼓现象;通过专业检测核验护坡结构抗压、抗冲刷、抗侵蚀性能,各项指标均需符合水利工程施工质量规范,满足河道防洪固坡的工程要求。(2)生态效果验收:生态验收聚焦修复成效,重点核查坡面植被覆盖率、植被生长状态与物种存活率,确保植被长势均匀、无大面积枯死;检测边坡水土保持效果,验证护坡可有效抵御水土流失、改善水土交换条件;综合评估河道生态修复成效,保障施工完成后河道生态环境、水体自净能力达到设计修复标准。

3 水利工程中的河道生态护坡施工常见问题与优化对策

3.1 施工阶段常见技术问题

(1)坡面施工问题:在生态护坡施工过程中,坡面处理不规范是普遍存在的基础问题。施工中坡面平整度把控不到位、土体清理不彻底、基底分层夯实密度不足,导致坡面土体密实度不均匀。工程投入运行后,受水流冲刷、土体自重沉降影响,极易出现护坡结构错位、基层空洞、护坡材料松动脱落等病害,直接影响整体护坡结构的稳定性与使用寿命。(2)植被生长问题:植被生态体系构建质量参差不齐,主要源于植被配比设计不合理与后期养护缺失。部分工程未结合区域水土条件选配植被品种,草灌搭配单一,同时施工后保湿、养护管控不到位,易出现植被大面积枯萎、生长稀疏等问题,最终导致坡面植被覆盖率不达标,无法形成完整的生态防护体系,水土保持与生态修复效果大幅下降。(3)结构防护问题:结构型生态护坡施工易出现现

节质量缺陷。生态混凝土施工过程中易出现骨料堆积、泥浆封堵孔隙的情况,造成透水透气孔隙堵塞,丧失生态交换功能;预制生态块铺设时拼接缝隙过大、排布不规整、固定不牢固,大幅降低护坡整体抗冲刷能力,无法满足河道汛期防洪防护需求。

3.2 施工质量管控现存短板

(1) 施工标准化程度低:目前河道生态护坡尚无完全统一的精细化施工标准,多数施工沿用传统护坡作业模式。施工人员专业素养参差不齐,对生态护坡施工工艺、技术要点掌握不足,施工操作随意性较强,工序落实不规范,极易引发各类施工质量问题。(2) 质量监测体系不完善:现阶段工程普遍存在“重施工、轻监测”的问题,施工过程多侧重外观结构验收,忽视生态指标、边坡稳定性、孔隙通透度等核心指标的动态监测,缺乏全过程跟踪监测机制,隐蔽性质量隐患无法及时发现,影响工程长效运行质量^[4]。(3) 地域适配性不足:部分工程施工存在照搬通用方案的问题,未结合项目区域的河道水文特征、土质条件、气候环境优化施工工艺与材料配比,施工方案针对性不足,导致护坡结构稳定性、植被适配性较差,难以适配本地河道长期运行需求。

3.3 施工技术优化对策

(1) 规范标准化施工流程:针对各类生态护坡工艺制定标准化施工工序,细化坡面处理、材料铺设、结构浇筑、植被种植等各环节操作标准,明确施工参数与质量阈值。同时定期开展施工人员专项技术培训,重点讲解生态护坡施工要点、常见问题及防控措施,统一操作规范,杜绝不规范施工行为,从源头提升施工质量。(2) 优化材料与配比设计:坚持因地制宜原则,根据河道水流速度、边坡土质、气候条件精准适配护坡材料。优化植被搭配体系,采用草灌混植模式,优选本土耐涝、耐旱、固土能力强的植被品种;科学改良种植土、基材配比,合理添加保水剂、有机肥,优化生态混凝土配合比,保障结构强度的同时保留通透孔隙,兼顾工程防护与生态功能。(3) 创新精细化施工工艺:推行精细化、智能化施工模式,采用分层夯实、分段施工工艺,保障坡面基底密实均匀;落实精准锚固技术,统一

锚钉埋深与布设间距,提升结构固定强度;引入智能喷播设备,精准控制基材喷射厚度与均匀度,有效规避孔隙堵塞、材料脱落、植被分布不均等施工隐患,全面提升护坡施工精度^[5]。

3.4 后期养护与长效运维优化

(1) 短期养护:工程施工完成后,落实阶段性专项养护工作,定期对坡面植被进行洒水保湿,根据生长状态及时补植枯萎植被,清理坡面杂物与淤积泥沙。做好坡面防护管控,避免外力踩踏、雨水集中冲刷,保障植被稳步生根发育,助力护坡结构稳定成型,快速形成完整的生态防护体系。(2) 长期运维:建立常态化、长效化监测运维机制,定期对护坡结构、植被状态、河道水土情况进行全面排查。重点监测护坡破损、块体位移、孔隙堵塞、植被退化等问题,针对发现的隐患及时开展修复、加固与补植工作,持续保障生态护坡的防护性能与生态功能,实现河道护坡长效稳定运行。

结束语

综上,生态护坡是兼顾水利工程安全与水生态保护的关键技术,可有效弥补传统护坡的生态缺陷。本文全面阐述了生态护坡的理论类型、施工工艺、管控要点,总结了现阶段施工与运维中的各类问题,并从施工标准化、工艺精细化、长效运维等方面提出优化策略。未来需持续结合地域水文与土质特征,创新施工技术与养护模式,不断提升河道护坡的工程效益与生态效益,推动河道生态系统长效稳定发展。

参考文献

- [1] 杨韬. 河道治理工作中生态护坡的实践应用 [J]. 水利技术监督, 2024, 26(3): 282-284.
- [2] 赵佳作. 水利工程中的河道生态护坡施工技术研究 [J]. 云南水力发电, 2024, 40(2): 126-129.
- [3] 朱传庆, 张丽娟. 水利工程河道生态护坡施工要点 [J]. 水上安全, 2024, 14(1): 70-72.
- [4] 邓志荣. 水利工程中铰接式河道生态护坡技术的应用 [J]. 水利技术监督, 2024, 33(10): 255-258.
- [5] 施黎泉. 水利工程中的河道生态护坡施工技术探讨 [J]. 珠江水运, 2024, 11(19): 73-75.