

生态护坡技术在河道水利工程施工中的应用实践

刘兆坤 周海明

邳州市水利建筑安装工程有限公司 江苏 邳州 221300

【摘要】：生态护坡技术综合考虑了岸坡稳定、防洪安全和生态修复等多方面因素，在河道水利工程绿色建设中占据重要地位。本文结合河道水文地质条件，对植物型、工程材料和植被复合、生态混凝土和生态砌块几种护坡形式进行了分析，并着重对施工区域调查、方案设计、坡面整理和基础施工进行了研究，并总结了植被配置与质量控制的重点，总结了其在结构稳定、防洪能力、水土保持、生态恢复与运行维护中的应用效果。认为生态护坡要坚持因地制宜、分区设防以及工程措施和生物措施相互配合的原则，构建全过程质量控制及长效养护机制，以期促进河岸防护体系安全性、适应性及生态价值的实现。

【关键词】：生态护坡技术；河道水利工程；岸坡稳定；生态修复

DOI:10.12417/2811-0528.26.20.065

引言

河道护坡对行洪安全、岸线稳定、沿岸生态环境质量等有着直接的影响。传统浆砌石和混凝土护坡结构强度高，但是大范围硬化容易减弱土体与水体间的物质交换，同时对植物生长、生物栖息不利。生态护坡利用植物根系、柔性材料及透水结构等多种因素的综合作用，既能控制冲刷，又能稳定坡体，从而为岸带预留生态空间。工程实践证明，其运用效果受到水位变幅、流速、岸坡土质、坡比以及后期维护条件等因素的影响，不应单纯用绿化来代替工程防护。文章重点对生态护坡在河道条件下的适配关系、主要技术类型、建设实施重点以及应用优化措施等方面进行了研究，以期对河道水利工程建设以及运行管理起到一定借鉴作用。

1 生态护坡技术与河道水利工程的适配关系

1.1 生态护坡技术的基本原理与功能特征

生态护坡技术是在保持岸坡稳定的基础上，实现工程结构、植物群落与土壤环境的协同配置，并通过植物根系加筋和土体固结来实现坡面覆盖及雨水缓释等功能，增强了河岸抗冲刷、滑塌及水土流失能力^[1]。相对于传统浆砌石、硬质混凝土护坡，这种技术并不是简单地追求坡面的封闭，而更多的是在保证防洪安全以及结构稳定的前提下，预留了水体交换、植被生长和生物栖息所需的场所。其作用是全面的，不仅可以分散水流冲击、减少坡面径流速度，还可以改善河岸景观及当地生态环境。

1.2 河道水利工程施工对护坡技术的现实需求

目前河道水利工程建设已经从单一的防洪排涝为主逐渐向安全、生态与景观兼顾转变，而传统硬质护坡所暴露出来的岸线围堵、生态连通性降低等问题，以及景观生硬和后期恢复难度大的特点，促进了生态护坡技术的广泛运用^[2]。在实际建

设过程中，河岸要经受水流冲刷、水位涨落、降雨入渗及人为扰动等因素的作用，如果护坡结构适应性不强，易发生坡脚淘刷、表层剥落、局部沉陷及植被退化等问题。特别是城市河道、中小河流的整治以及乡村水系的改造，项目既要确保行洪断面及岸坡的稳定性，又要考虑滨水空间的利用及生态修复。生态护坡可以通过柔性结构来吸收部分形变，减小大范围硬化给河岸环境带来的影响和降低局部修复难度。

1.3 生态护坡技术应用的水文地质条件

选择生态护坡技术，必须以水文、地质、岸坡稳定等方面的分析为依据。河道常水位、设计洪水位、水位变幅、流速、流向以及冲刷深度等因素，直接决定了护坡结构的保护级别，而坡脚区域一般受到水流影响最大，为设计与施工中控制的关键^[3]。对水位变化较频繁河段，应选用耐淹、耐旱、根系发达乡土植物和可经受干湿循环护坡基材。岸坡土质对技术适配性的影响也是如此，黏性土边坡在降雨入渗作用下容易出现滑坡现象，砂性土与填筑土可能会出现颗粒流失现象，需采用反滤层、排水层以及加筋结构等措施来增加稳定性。地下水位高或坡体有渗流，若仅强调表面绿化，则易引起鼓胀、坍塌等现象，故要设置泄水、导排等措施。

2 河道水利工程中生态护坡技术的主要类型

2.1 植物型生态护坡技术

植物型生态护坡多采用草本、灌木和一些耐水湿乔木根系固土，提高坡面土体抗冲刷能力的护坡方式，适合在流速相对平缓、岸坡相对平稳并有植物生长条件河段进行^[4]。在施工中通常通过播种、喷播、铺设草皮、种植灌木及建立植物带等措施，在地表形成连续覆盖层，以降低降雨对裸露土壤造成的直接影响。在植物选择上，应以乡土物种为主体，注重耐淹性、耐旱性、根系深度及群落稳定性等因素，切忌单一草种塑造景

观规整却缺乏抗逆性的坡面。业内实践证明,植物型护坡施工费用比较可控,生态恢复的效果比较理想,但是早期防护能力受到限制,植被在成坪前易受到暴雨及水流的危害。

2.2 工程材料与植被复合护坡技术

工程材料及植被复合护坡,以生态袋、土工格室、三维植被网、格宾网为主要结构材料对坡体进行稳定,采用植物根系及土壤基质进行长期生态恢复,是目前河道治理采用较多的一种形式^[5]。这一技术可在建设初期靠工程材料来提供抗冲刷、抗变形等功能,当植被生长完成时,形成结构防护、生物防护为一体的稳定系统。生态袋适用于填筑边坡与局部修复,土工格室对表层土体具有约束作用,三维植被网利于种植土的固定,格宾结构多用于坡脚与水流冲击强烈的地方。施工质量主要由基础整平、锚固强度、材料搭接及反滤排水处理等因素决定,如果衔接不牢固或填料不实,则容易发生局部空鼓、下沉及冲刷等现象。

2.3 生态混凝土与生态砌块护坡技术

生态混凝土及生态砌块护坡在确保一定结构强度前提下,采用多孔构造,留设种植槽或者透水缝隙等措施为植物生长及水体交换创造了条件,适合流速大,岸坡防护级别高的江段使用。生态混凝土内有连通孔隙可以充填种植基质及配置耐贫瘠的植物,生态砌块在预留一定透水及绿化空间的前提下靠规则拼装构成稳定坡面。相对于一般现浇混凝土,该类技术可以缓解岸线的彻底硬化问题,增强河道景观的协调性。施工中应重点控制基础承载力、砌块咬合、孔隙连通和坡脚防冲措施,防止因基础沉降造成开裂或整体位移。必须指出生态混凝土与自然岸坡并不相同,其孔隙容易被泥沙阻塞,植物生长还受到基质厚度及水位变化的制约。

3 生态护坡技术在河道水利工程施工中的实施要点

3.1 施工区域调查与护坡方案设计

生态护坡建设前,应当完成河道断面、水位变化、岸坡土质、地下水、流速流向以及现状植被调查等工作,设计图上应当注明常水位、洪水位以及坡脚冲刷的范围。方案设计时,应按不同岸段受力情况划分区域,缓流直线段可用植物护坡,并在弯道迎水面、桥涵上、下游和排水口周围适当设置石笼、生态砌块或者柔性护脚,避免了整个河道使用单一的结构。植物选择应综合考虑淹水时间、土壤含水率及当地气候等因素。浙江马金溪在整治时,针对山区河流岸线的不同,结合生态护坡、梯级挡墙、石笼、松木笼及三维植被网等措施,实现了防洪结构与自然岸线的和谐。施工图设计可以借鉴这一理念,在材料类型、坡比、锚固方式以及植物群落的配置等方面贯彻地质调查结果,以确保方案能对现场放样及施工起到直接的指导作

用。

3.2 坡面整理及基础结构施工

坡面施工要按清理杂填土、修整坡形、夯实松散土层、健全排水系统等顺序进行。清坡时,应保留稳定原生土体和有固土作用的乡土植物等,在局部薄弱处可以换填级配砂石或者布设土工格栅等,并在坡顶同步进行截水沟建设,以防地表径流集中冲刷。坡脚基础要挖到稳定的土层中,在铺完反滤层之后设置格宾笼、生态砌块或者木桩护脚等,同时确保上下层结构的可靠连接。宁夏固原渝河整治以河道疏浚为依托,修建生态护坡的同时铺设溢流堰、柳谷坊土堰及蓄滞净化池等工程,实现了岸坡防护、河床稳固与水流调节同步进行。施工时可以根据这一实践,待坡脚隐蔽工程验收合格后进行生态袋或者三维植被网的布设,并通过锚杆对物料搭接处进行固定和填土的分层压实,从而对后续的植物生长提供一个稳定的基底。

3.3 植被配置与施工质量控制

植被配置应以乡土物种为主,并按水位梯度构成水生、湿生及耐旱植物的过渡带。常水位下可以种植耐淹植物,如香蒲、水葱;在水位涨落带适宜配置根系发达、耐冲刷草本及灌木;在坡顶选择耐旱草灌木,以促进群落适应性。播种或者种植结束后,要及时用无纺布或者植物纤维毯盖好,安排灌溉、补苗、清理杂草等工作。质量控制既要考察苗木的成活率,又要核验锚固间距、种植土的厚度、坡面的平整度及排水的畅通。盐城蟒蛇河在生态修复中保留了原生动植物的基础,沿河流采取生态护坡和栽植多样化水生植被的方式,同时将支流列入长效管护的范畴。施工单位可以借鉴他们的做法,设立分段验收台账,对坡脚位移、植被覆盖等情况进行第一个汛期之前的排查,并在汛后进行及时的补植工作,实现工程结构验收、生态恢复验收同步进行。

4 生态护坡技术应用效果与优化措施

4.1 护坡结构稳定性与河道防洪能力评价

生态护坡完成后,要围绕岸坡位移、坡脚冲刷、结构沉降、排水状态及洪水过流等方面进行综合评估。一是布设固定的监测断面,对坡顶、坡面及坡脚高程进行定期实测,以掌握岸坡的变化情况;二是汛前检查与汛后复核相结合,查看格宾、生态砌块、锚固件与反滤层的运行状况;三是应根据设计洪水位对河道行洪断面进行核验,并对影响过流量的倒伏植物及漂浮物进行清理。宁夏渝河整治采用河道疏浚与生态护坡相结合、溢流堰与蓄滞净化池配合施工等措施,在稳定岸线的同时,又提高了河道的调蓄能力。在工程管理上,可以把护坡划分为常水位段、涨落带及坡顶段进行单独记载,并按年度形成监测成果图,及时填补局部沉降,在坡脚空隙处适时添加块石或者格

宾护脚等措施,使得生态护坡能够长期维持设计断面并具有防洪功能。

4.2 水土保持与河岸生态修复效果分析

生态护坡的效果可以通过土壤保持、植被恢复、水体净化、生境改善等方面来评价。一是对裸露坡面的占比及雨后泥沙流失状况进行调查,以评判坡面覆盖及根系固土的作用;二是记录植物覆盖度、成活率以及群落层次等指标,不断对草本、灌木以及水生植物的配比进行优化;三是采用水质监测与生物调查相结合的方法,观测岸带植物在减少悬浮物、降低氮磷含量以及改善水生生物栖息环境等方面的改良效果。盐城蟒蛇河的生态修复项目沿途实施了生态护坡和多元化的水生植被覆盖,累计修复面积高达764公顷,种植了超过130万株的各种树木,同时沿岸的绿化覆盖率也超过了90%。在具体实施过程中,可以在春季、夏季、秋季进行样方调查工作,对典型岸段进行照片监测点的布设,对植被覆盖情况、水土流失情况以及岸边鸟类情况进行调查,鱼类活动情况被列入年度评估,项目效果从外观绿化向生态功能持续验证过渡。

4.3 施工维护机制与技术优化路径

生态护坡的维护要贯穿于整个项目运行的始终,并通过制度化巡查及适应性管理来维护结构和植被的稳定。一是明确水利管理单位、施工养护单位及属地河长职责,制定日常巡查、

汛期加密检查及年度评价制度;二是根据季节进行补植、剪枝、灌溉、清淤以及漂浮物的清理等工作,对于松动的砌块、断裂的生态袋以及裸露的锚杆等,要及时进行修补;三是采用无人机影像、固定监测点及数字河道平台等手段记录岸线的变化情况,从而为材料调整及植物更新奠定基础。浙江马金溪通过搭建智慧防汛、水环境管理等应用情景,组织民间护河队介入河流管护工作,将工程监管、公众巡河相结合。具体实施时,可以对每一个护坡单元设置二维码档案,输入结构形式、植物类型、建设时间以及维修记录等信息,并通过每年比对确定补植范围与护脚加固部位,逐渐形成可追溯且可调的长期养护体系。

5 结论

生态护坡技术可以在确保河道岸坡稳定、行洪安全,改善水土保持条件,恢复河岸植被,增强滨水空间生态功能等前提下应用。在工程应用时,应在水文地质调查与岸坡稳定分析的基础上,针对直线段、弯道迎水面、坡脚冲刷区与水位涨落带等不同情况选择合适的构造,形成以植物防护为主、柔性材料与刚性护脚为辅的分区体系。施工阶段要强化基础处理、反滤排水、材料锚固、植物配置及分段验收等环节。运行阶段要实施汛前检查、汛后复核、补植修复及动态监测等环节。生态护坡经设计、施工、验收及维护等环节协同管理后,其防护效益及生态效益能够不断得到发挥。

参考文献:

- [1] 姜同华.生态护坡技术在水利工程河道施工中的创新应用[J].全面腐蚀控制,2026,40(6):185-187.
- [2] 姚小刚.水利工程河道生态护坡施工关键技术[J].当代农机,2026,(6):71-72.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 钟祥.水利工程设计与施工中的河道生态护坡技术[J].城市建设理论研究(电子版),2026,(14):213-215.