

生态理念下水利河道堤防治理工程护坡设计及施工组织研究

杨杰¹ 陈闯¹ 张良² 袁鹏¹ 黄瑶³

1 宿迁市水务勘测设计研究院有限公司, 江苏省宿迁市, 223800;

2 宿迁市水利局, 江苏省宿迁市, 223800;

3 江苏省鸿源招标代理股份有限公司, 江苏省宿迁市, 223800;

摘要: 在生态理念不断深化的背景下, 水利河道堤防治理工程不再仅以防洪安全为唯一目标, 而是向生态修复、景观提升与综合效益强化方向发展。护坡作为堤防工程的关键结构, 其设计、施工与后期管理直接关系治理成效与河道系统的长期稳定性。本文以典型河道治理工程为研究对象, 通过分析堤线地质条件、河道水动力特征及现状风险, 开展护坡型式比选与优化设计, 并对浆砌石、现浇砼、格宾石笼及预制砼块连锁式等多种护坡施工方法进行系统论述。研究表明, 生态理念下的护坡设计需在结构安全与生态功能之间找到平衡点, 通过刚柔结合的结构体系和科学的施工组织方案, 可显著提升堤坡稳定性并促进河岸生态恢复。同时, 持续监测、植被修复与综合管理体系的建设是保障工程长期效益的重要保障。本研究为类似河道治理工程提供可借鉴的设计与管理思路。

关键词: 河道堤防治理; 生态护坡; 型式比选; 施工组织

DOI: 10.69979/3029-2727.26.01.042

引言

在当前流域综合治理与生态文明建设深入推进的背景下, 水利工程建设与管理模式正经历深刻变革。传统河道堤防治理多强调工程强度与防洪标准, 而忽视生态系统的整体性与自然过程的作用, 导致部分河段出现景观退化、生境破碎和堤坡失稳等问题。随着生态理念的持续强化, 河道护坡设计逐渐由单纯的工程防护向兼顾安全、生态与景观的综合治理转变。在这一背景下, 探索适应地质条件、水动力环境与生态需求的护坡结构, 已成为提高堤防运行安全、改善河道生态质量的重要方向^[1]。本文选取典型河段作为研究对象, 分析其堤线地质、河道现状与治理需求, 并在此基础上对不同护坡型式进行比选与优化, 旨在为生态导向下的堤防治理提供科学依据和工程参考。

1 生态理念下水利河道堤防治理工程护坡设计案例

1.1 案例概况

本案例河道堤防治理工程治理范围覆盖河道长约11.2 km, 主要任务包括修复老旧堤防、完善防洪体系及提升整体生态景观质量。由于区域堤防建设年代久远, 部分结构经洪水长期冲刷已出现面板破裂、基础外露及滑塌等多种险情, 同时部分河段缺乏必要的工程防护措施, 导致雨季时常发生岸坡冲刷与耕地流失, 严重威胁

沿岸居民生命财产安全。此外, 河道内垃圾堆积、杂草丛生, 河面景观破碎, 生态功能显著退化, 与城市景观风貌提升要求存在明显矛盾。

项目建设内容涵盖新建与加固堤防、设置生态护岸及优化行洪断面等, 通过构建“工程措施+生态措施”双重体系, 使治理目标不仅满足二十年一遇防洪标准, 还实现水环境质量改善、岸线景观重塑与生态连续性恢复, 对推进区域水利现代化具有典型示范意义。

1.2 护坡型式比选及方案优化

1.2.1 防洪堤堤线地质条件及评价

治理河段位于一级阶地范围, 地质结构具有明显二元特征, 上部粉质壤土松散且厚度变化较大, 下部沙砾卵石层分选性差但力学性能稳定, 可作为堤基的主要承载层。地下水埋深在不同河段差异显著, 部分区域水位较浅, 在汛期条件下可能对堤基稳定产生不利影响, 因此设计中需充分考虑渗流条件。现场勘察表明, 既有堤身经历长期冲刷与降雨侵蚀, 局部基础出露, 边坡稳定性下降明显。河漫滩地带地下水较浅, 易在高水位条件下形成渗透压力集中区, 若护坡结构与排水系统处理不当, 可能诱发表层滑移和坡面塌落^[2]。地基评价表明, 该区地质条件适合采取刚柔结合的护坡形式, 通过提高坡脚防护强度与优化坡面结构来确保在高流速与高含沙洪水条件下提供可靠的防洪安全保障。

1.2.2 堤身及护坡设计主要依据

堤身与护坡设计依据河道水文、地形、地质及现状工程条件开展。本工程河道平均比降较大,洪水能量高且冲刷能力强,输沙量显著,堤防结构长期承受复杂水动力作用。既有堤防建设时间久远,在多次汛情和人为影响下出现面板破裂、基础出露及局部损毁,部分河段甚至缺乏有效防护,使得耕地与居民区在高水位期易受直接冲刷。设计需首先进行纵向与横向稳定分析,核定治理后的河宽范围,在保持原有堤距的前提下确保行洪能力。堤线布置遵循藏头裹尾原则,与既有桥梁、山崖及已建堤段顺接,从而形成封闭连续的防洪体系。进一步通过计算洪水水面线、堤顶高程与冲刷深度确定堤高及结构尺寸,使其能够承受设计洪水条件下的冲刷与渗流影响。设计依据还涵盖交通要求、排水系统设置及生态修复要求。

1.2.3 护坡型式比选

在治理河段坡脚冲刷严重且局部塌岸问题突出的背景下,需对常用护坡型式进行系统比选。浆砌石护坡具有良好的整体稳定性,适用于石料资源丰富、坡面需快速形成整体结构的河段,但其生态性不足且在施工质量控制方面需投入较高精度管理。现浇砼护坡具备强度高、耐久性强、抗冻融与抗冲刷能力突出的优势,特别适用于高流速、高含沙河段,然而其自重大且对基础承载力要求较高^[3]。格宾石笼护坡因其网笼结构具备柔韧性和透水性,能有效消散水流能量并促进植被自然恢复,在生态治理中优势显著,但对外力涂层磨损较敏感。预制砼块联锁式护坡通过环扣结构增强整体性,并预留孔洞用于植被生长,能兼顾结构稳定与景观效果,但工程造价偏高。综合考虑材料来源、地质条件、水动力环境、生态目标与生命周期成本,可采用分段适配的组合配置,使各类型护坡在不同河段发挥其最优效能,从而达到安全、经济与生态并重的治理效果。

1.3 护坡施工组织优化

1.3.1 浆砌石护坡施工组织优化

在作业前需对施工材料进行严格筛选,保证石料尺寸适中、表面洁净并满足设计强度要求。现场拌制砂浆时应结合温度和湿度条件进行试验调整,从而使砂浆具备良好的粘结性和和易性。坡面整理是保证砌筑质量的重要工序,需要对松散浮土、残渣和植被根系进行彻底清理,使坡面平整顺直并具备足够承载力。砌筑时应采取自下而上的施工方式,控制石块错缝排列,避免出现

顺直通缝,外露面需保持均匀一致并保持良好观感。浆体铺设必须饱满均匀,砌体接缝需在短时间内完成处理,以减少干缩开裂的风险。在砌筑区域进入下一道工序前需实施洒水养护,使砌体在适宜湿度下完成强度增长。施工组织还需根据水位情况适当配置围堰或临时导流措施,以确保砌筑不被冲刷。

1.3.2 砼护坡施工组织优化

砼护坡多采用现浇方式,低温季节应选用加热拌水和骨料预热方式,使混凝土入模温度维持在合理范围,浇筑后及时覆盖保温材料,避免因昼夜温差导致的早期裂缝。高温季节则需对骨料采取遮阳措施,并适当缩短运输和浇筑时间,使砼在初凝前获得良好密实度。在浇筑过程中必须确保振捣均匀并避免漏振或过振,边角区域需采用人工辅助振捣方式,以保证结构边缘密实。模板支设应牢固可靠,严格按照设计坡比进行线形控制,浇筑完成后应及时进行表面抹光,使护坡在整体观感和排水性能上达到预期效果。由于河道治理通常采用现场临时拌和站与移动拌和机联合供料,施工组织应提前规划运输路线,减少堵塞或运输等待造成的冷缝风险。养护阶段需根据风速和湿度及时补水,以保持砼表面湿润并促进强度均匀增长。

1.3.3 格宾石笼护坡施工组织优化

格宾石笼护坡施工强调坡面整平、测量控制和网笼安装精度,其施工组织应以提高结构整体性与耐久性为核心。在施工准备阶段,需通过全站仪与经纬仪对护坡轴线、坡度和高程进行细致测量,并在现场布设明显标识,以确保网笼安装与设计保持一致。坡面清理需全面细致,清除浮土和杂物后采用夯实或压实方式提高承载力,使网笼能够紧贴坡面布设。基础垫层施工需严格控制厚度和强度,转角和接缝处还需采取加固措施,以防止结构在水流冲击下产生变形。网笼组装应在平整场地进行,安装时需保持网格不开裂、不扭曲,连接环须牢固可靠,避免后期因受力不均造成松动。填石作业需选用粒径适中的块石并逐层布置,通过人工摆放与轻度振实使填料紧密结合。铺设完成后的网笼需沿坡面依次展开,接缝部位进行绑扎加强,使整体结构连续稳定。填筑背托土时应分层压实,避免对网笼造成位移。

1.3.4 预制砼块联锁式护坡施工组织优化

预制砼块联锁式护坡施工组织需围绕构件生产、坡面准备和铺装精度展开。对于工程量较大的河段,可在拌和站附近设置临时预制场,通过集中化生产提高构件的尺寸一致性和强度稳定性。坡面处理需在设计坡比范

围内进行细致整修,并铺设垫层以提高承载力和铺装平整度。随后铺设土工布和土工网,搭接长度需满足设计要求,并采取锚固措施防止铺设材料在施工过程中滑移。砼块铺设应遵循由下至上的顺序,从坡脚稳定部位开始沿水平方向逐行铺装,通过控制第一排位置确保整体线形准确。铺设时需使砼块之间的联锁结构自然嵌合,并及时调整局部高差,使坡面保持连续平顺。坡脚与坡顶过渡部位需采用素混凝土加固,以提高结构一体性。铺装完成后需在孔洞中覆土并进行适宜植物栽植,从而提升坡面的生态功能。

2 后续完善措施

2.1 坡面监测与维护机制的完善

坡面监测机制的建立与完善是保障护坡工程长期稳定的重要基础。针对不同护坡类型,应制定差异化的检测项目与监测频次。对于浆砌石和预制砼块护坡,可通过表面位移、裂缝宽度和接缝变化的定期检测评价结构状况。对于现浇砼护坡,应结合超声检测和回弹测试了解混凝土强度衰减情况以及受温度影响产生的微裂缝变化。对于格宾石笼,则需重点关注网笼腐蚀、镀层磨损和填石松脱情况,并结合水下检测技术对坡脚埋深及基础稳定性开展复核。监测数据应实现可视化与数字化管理,通过建立河段结构健康档案及时更新护坡状态,为后续加固和养护提供依据。在维护方面,应依照监测结果制定针对性措施,包括填补冲刷坑、修复松动砌体、加固结构接缝和补植植被等,以实现坡面防护能力的持续恢复。通过将监测系统与维护机制紧密结合,可有效延缓结构老化过程并提升堤防运行安全水平。

2.2 生态护坡后期修复与植被养护

生态护坡在提升河道景观与恢复自然功能方面具有重要意义,其后期修复与植物养护直接决定生态功能能否实现。植被根系可在一定程度上增强表层土体抗剪强度,同时改善坡面微生境,因此应在工程完成后尽快开展植被恢复工作。为提高成活率,可根据光照条件、水分供给与土壤性质选择适宜的多年生草本与灌木,并采用混播与分段种植相结合的方式提高覆盖度。在植物生长初期,应加强灌溉、防风和防冲刷措施,以避免局部雨水形成径流冲击裸露区域。对于存在坡面干裂或局部土体疏松的河段,可通过覆土与生物毯铺设改善土层

结构,促进植物根系深入土体。植被成长期需定期修剪枯枝、补植空缺并防治病虫害,使坡面保持稳定而连续的绿化效果。在洪水过后,应及时检查植被受损情况进行修复,使生态系统在最短时间内恢复并继续发挥固土护坡的功能。

2.3 护坡与河道综合管理体系的完善

护坡工程的长期稳定不仅依赖结构本体,还依赖完整的河道综合管理体系,因此需在后续阶段进一步强化管理制度建设。首先需建立多部门协同机制,使水利、自然资源、城市管理及生态环保等职能单位能够共享信息并形成合力,确保河道管理范围内的建设活动符合堤防安全要求。与此同时还需通过宣传教育增强当地群众的防洪意识,减少在堤坡上的不当活动对护坡结构造成的影响。通过形成制度化、规范化的管理体系,可使护坡工程在自然演变与人为干扰背景下保持安全和可持续运行。

3 结束语

河道堤防治理工程在防洪安全与生态修复中的作用十分关键,而护坡作为核心结构,其设计、施工与后期管理决定了工程能否实现长期稳定运行。在前期设计阶段通过科学选型与合理布设,可使护坡结构充分适应当地地质与水动力条件。在施工过程中,通过严格控制材料质量、工序衔接与现场管理,可确保结构整体性与耐久性。在运行阶段,还需依托监测、维护与生态修复等措施建立完善的后续管理体系,使护坡工程在不断变化的河道环境中保持安全可靠。未来的河道治理实践应更加注重生态理念与工程技术的协同应用,通过柔性 with 刚性结构的组合、自然过程与人工措施的融合以及工程管理与信息技术的结合,使堤防治理工程在防洪效益、生态效益和社会效益方面形成长期而稳定的综合成果,为区域水安全与可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1] 姜燕,刘玉兰. 水利工程施工中堤防及护岸工程施工技术研究[J]. 水上安全, 2025, (06): 97-99.
- [2] 李金妹. 河道堤防施工技术在水利工程中的应用分析与探讨[J]. 水上安全, 2025, (01): 157-159.
- [3] 王艳芳. 河道堤防护岸施工技术与优化措施[J]. 水科学与工程, 2023, (05): 70-72.