

水利工程河道堤防护岸施工技术分析

沈一帆 周宇轩

平湖市水利工程有限公司 浙江 嘉兴 314200

摘要：河道堤防护岸是水利防洪体系的重要组成部分，承担防洪挡水、防冲固岸和生态保护等重要作用。本文简述堤防护岸工程的功能分类与施工原则，分析自然、技术及现场管控等影响因素，系统介绍基础处理、硬质护岸、生态护岸及堤身加固等核心施工工艺。针对施工中常见的渗漏、结构破损、精度偏差等质量问题剖析成因，提出全过程质量管控优化措施，并总结生态化、智能化、标准化的行业发展趋势，为同类工程施工提供参考。

关键词：水利工程；河道堤防护岸；施工技术

引言：河道堤防护岸工程直接关系流域防洪安全与岸坡稳定，是区域水利治理的重点内容。在水利工程提质增效与水生态修复的发展背景下，传统施工模式易出现质量隐患且生态适配性不足。为有效提升堤防结构稳定性与河道防护效果，本文结合工程实际，全面梳理堤防护岸关键施工技术，排查施工薄弱环节，优化质量控制策略，助力提升河道堤防护岸工程施工质量、安全性能与生态综合效益。

1 河道堤防护岸工程基础概述

1.1 堤防护岸工程核心功能与分类

（1）核心功能。堤防护岸工程首要功能为防洪挡水，通过构筑连续封闭的挡水屏障，提升河道行洪能力，保障沿岸城镇与农田防洪安全。其次为防冲固岸，通过护坡护脚结构削弱水流对岸坡的直接冲刷，防止坍岸、崩岸发生，稳固河势与堤身。同时兼顾生态景观与土地保护功能，维系河道自然形态，为水生生物提供栖息空间，并防止沿岸土壤流失、基础设施受损^[1]。（2）工程分类。按结构形式划分为刚性护岸（混凝土、浆砌石等硬质材料）、柔性护岸（格宾网、干砌石等适应变形结构）及生态护岸（植被型、生态砌块、三维植生网等兼具防护与绿化的复合型结构）。按施工类型划分为堤防加固工程（对既有堤身加高培厚、防渗处理）、新建护岸工程（沿无防护河段新建护岸系统）及破损堤岸修复工程（对滑塌、掏空、开裂等损坏部位实施专项修复）。

1.2 河道堤防护岸施工基本原则

（1）安全优先原则。严格依据流域防洪标准及水利工程规范组织施工，确保堤身结构具备足够的抗滑稳定性、抗渗安全性及抗冲耐磨能力，全面满足防洪减灾要求。（2）因地制宜原则。深入勘察河道水文泥沙特性、岸坡地质地形条件及区域气候规律，针对不同河段特征选取适配的护岸型式与施工工艺，避免“一刀切”式标准化设计

造成资源浪费与防护效果不足。（3）生态协调原则。在确保工程安全的前提下，优先采用多孔透水结构、本地植被护坡等措施，保护原有湿地、浅滩等生态敏感区域，维持河道水生态系统的连通性与生物多样性。

1.3 施工影响核心因素分析

（1）自然环境因素。河道流速、水位变幅、汛期时间分布、地基承载能力及极端降雨频率等自然条件，直接决定施工窗口期、围堰布置方式及水下作业难度，是影响工期与工艺选择的首要变量。（2）工程技术因素。施工工艺的成熟度、机械设备的性能参数、操作人员的专业素质及工序衔接的规范性，共同构成质量控制的内在约束，关乎护岸密实度、平整度及整体结构耐久性。（3）现场管控因素。施工组织设计合理性、质量检测与验收标准执行力、安全监测预警系统完备性及进度动态调控能力，从管理层面影响工程实施的连贯性与最终成型效果。

2 水利工程河道堤防护岸核心施工技术要点

2.1 基础处理施工技术

（1）场地清理与平整。施工前需对堤基范围内的植被、杂草、树根进行彻底清除，并挖除表层淤泥、腐殖土及建筑垃圾等软弱松散土层，对局部凹陷或软弱部位进行换填处理。随后依照设计高程和轴线进行场地平整，采用推土机粗平配合人工精平，确保基面坡度、平整度满足规范要求，为后续防渗层铺筑和碾压作业提供坚实、均匀的承载面^[2]。（2）堤基防渗处理。针对透水性较强的砂卵石层或存在裂隙的岩基，可采用黏土铺盖法在堤基上游侧铺设一定厚度和宽度的黏土层以延长渗径；或采用高压旋喷注浆、劈裂灌浆工艺构筑防渗帷幕，使浆液充填孔隙并胶结固化，形成连续致密的阻水屏障。施工中需严格控制注浆压力、浆液配比及提升速度，并通过检查孔压水试验验证防渗效果，有效防治管

涌、流土及堤身浸润线过高问题。(3)堤基压实处理。回填土料应控制最优含水率,采用分层摊铺、逐层碾压方式施工,每层铺土厚度控制在30cm以内,使用振动碾或羊足碾进行进退错距碾压,碾压遍数不少于6~8遍。碾压后采用环刀法或灌砂法逐层检测压实度,确保不低于设计标准(通常要求 $\geq 92\%$),以提升地基承载力与抗剪强度,避免运行期因不均匀沉降导致护岸结构开裂或变形。

2.2 传统硬质护岸施工技术

(1)浆砌石护岸施工。石料应选用质地坚硬、无风化的新鲜岩石,强度不低于MU30,厚度不小于15cm。砌筑砂浆采用M7.5或M10水泥砂浆,随拌随用。砌筑时采用座浆法分层错缝砌筑,严禁出现通缝、对缝,每层厚度控制在30~40cm,石块间缝隙用砂浆灌满并插捣密实。砌筑完成12h后开始洒水养护,养护期不少于7天,同时及时进行勾缝处理,确保砌体整体性、平整度与抗冲刷能力。(2)混凝土护岸施工。混凝土浇筑前需完成模板安装与钢筋绑扎验收,模板应具有足够刚度且接缝严密;钢筋绑扎间距、保护层厚度应符合设计图纸。混凝土按试验配合比精确计量拌制,运输过程中防止离析,入仓后采用插入式振捣器分层振捣,振捣间距不超过有效半径1.5倍,以表面泛浆、无气泡逸出为准。浇筑完成后及时覆盖土工布保湿养护,养护龄期不少于14天,同步布设伸缩缝防止温度收缩裂缝^[3]。(3)预制块护岸施工。预制块在工厂集中预制,混凝土强度等级不低于C20,尺寸偏差控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内。现场铺设前先施作碎石垫层并整平夯实,铺设时采用挂线控制平整度,相邻块体高差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内,块间预留10~15mm缝隙用于填充砂浆或碎石。铺设完成后进行勾缝固定,确保块体咬合紧密、整体稳固,有效抵御水流淘刷。

2.3 新型生态护岸施工技术

(1)格宾石笼护岸施工。格宾网选用经镀锌覆塑处理的六角形双绞合钢丝网,网孔尺寸一般为 $8\text{cm}\times 10\text{cm}$ 。石料填充粒径宜为网孔尺寸的1.5~2倍,强度不低于MU30。施工时将网箱组装成型后按设计位置摆放,相邻网箱采用绑扎丝紧密连接,分层填充石料并逐层夯实,每层填高不超过50cm,面层石料人工码砌平整。该技术具有良好的柔韧性、透水性和抗冲刷能力,能适应河床变形且利于植被生长。(2)植被生态护岸施工。依据河道水位变化和岸坡土壤条件,合理搭配深根性灌木与浅根性草本植物。施工时先铺设土工格栅或生态袋进行辅助固土,再按设计株行距开挖种植穴,栽植后覆土压实并浇透定根水。草本多采用喷播或撒播方式,播种深度

1~2cm,播后覆盖无纺布保湿。后期需定期进行补植、追肥及病虫害防治,确保植被覆盖率达到设计要求,形成坡面绿色防护层^[4]。(3)复合型生态护岸施工。采用“下部硬质防冲+上部生态固土”组合结构:常水位以下采用格宾石笼或浆砌石脚墙抵御水流冲刷,常水位以上采用生态袋、三维植生网或活体柳桩结合本土植物护坡。施工时先完成下部刚性结构施工并验收合格,再实施上部生态防护层,确保两者衔接紧密、过渡自然,同时兼顾工程耐久性与生态景观效益。

2.4 堤身加固与收尾施工技术

(1)堤身加高培厚。按设计断面分层填筑,新老堤身结合面需开挖台阶,每级台阶宽度不小于1m,以利咬合。填筑土料含水率控制在最优含水率 $\pm 2\%$ 范围内,分层厚度不大于30cm,采用重型碾压设备进退错距碾压。每层填筑完成后检测压实度,合格后方可进行下一层铺填,确保堤顶高程、堤身坡度、宽度偏差均在允许误差范围内,满足防洪设计标准。(2)坡面防护施工。对裸露土质边坡采用液压喷播植草或三维植被网护坡技术,在坡面固定网垫后喷播混合草籽,覆盖无纺布保湿养护。对局部易冲刷部位辅以浆砌石截水沟、排水孔等排水系统,引导坡面径流有序排出,防止雨水集中冲刷造成坡面冲沟与浅层滑坡^[5]。(3)现场清理与竣工验收。施工结束后全面拆除临时设施,及时清运建筑废料,按环保要求对施工迹地进行土地整治与生态恢复。随后对照设计文件和质量评定标准,逐段开展护岸断面尺寸、压实度、强度、平整度等指标检测,委托第三方进行探地雷达或地质雷达隐患排查,确认无误后整理竣工资料,报请监理及业主单位组织联合验收,完成工程交付。

3 水利工程河道堤防护岸施工常见问题及质量控制优化措施

3.1 施工过程常见质量问题

(1)堤基与堤身渗漏问题。防渗层施工厚度或搭接宽度不足、注浆孔布设间距过大导致帷幕不连续,加之回填土压实度未达设计指标,致使汛期高水位运行时堤身出现散浸、管涌等渗透破坏现象,严重威胁堤防安全。(2)护岸结构破损问题。浆砌石砌体存在通缝、砂浆不饱满,砌筑后养护缺失导致空鼓脱落;混凝土浇筑振捣不密实、拆模过早或伸缩缝设置不合理引发贯穿性裂缝;预制块铺设时垫层不平整、勾缝不牢固造成错位沉降;生态护岸因植物品种选择不当或后期养护缺失导致植被枯死、固土失效。(3)施工精度偏差问题。测量放样误差较大,施工中未按设计坡度、高程、断面尺寸控制,加之各工序衔接混乱、自检环节缺失,导致堤身轴线偏移、坡度偏陡或断

面不足,整体工程质量不达标。

3.2 问题成因深度分析

(1) 施工材料管控不严。水泥、砂石料等进场未按批次进行质量复验,砂浆及混凝土配合比未根据现场骨料含水率动态调整;石料存在风化、裂纹等缺陷;生态袋、土工格栅等新型材料缺乏进场检验标准,质量参差不齐,为工程埋下质量隐患。(2) 施工工艺落实不到位。技术交底流于形式,作业人员凭经验操作,分层铺筑厚度超限、碾压遍数不足、养护周期缩短等简化工序行为时有发生,防渗注浆压力与浆液配比未按规定执行,导致工艺效果偏离设计预期。(3) 质量监管体系不完善。施工现场巡检频次不足,隐蔽工程未实现旁站监督,质量抽检覆盖率低;隐患排查流于表面,整改闭环不及时;缺乏从材料进场到工序验收的全过程动态跟踪机制,问题发现滞后。

3.3 施工质量控制优化措施

(1) 强化原材料质量管控。建立材料进场报验、见证取样、平行检测三级验收制度,水泥、外加剂按批检测,砂石料定期筛分分析;对生态护岸材料明确质量标准与进场复验项目,合格后方可使用,从源头杜绝不合格材料流入工地。(2) 规范标准化施工流程。编制各工序标准化作业指导书,逐级开展技术交底与实操培训,明确分层厚度、碾压遍数、养护时间等关键控制参数;推行首件认可制,首段施工经联合验收合格后方可大面积展开,确保核心工艺执行不走样。(3) 完善全过程质量监管。构建"事前方案审查+事中旁站巡检+事后检测验收"三位一体监管体系,实行隐蔽工程举牌验收制;配备专职质检员每日跟班巡查,利用检测仪器实时采集压实度、强度等数据,发现问题即查即改,实现质量问题闭环管理。

3.4 施工技术发展优化趋势

(1) 生态化发展。全面推广格宾石笼、植生混凝土、活体柳桩等生态护岸技术,将硬质防护与绿色修复有机融合,实现防洪安全与水生态修复协同并进。(2) 智能化发展。引入北斗定位测量系统、无人碾压机群、混凝土智能温控等设备,结合物联网传感器实时监测施工参数,提升施工精度与管理效率。(3) 标准化发展。加快完善中小型河道堤防护岸施工技术标准体系,明确各工艺环节操作细则与验收指标,推动施工向规范化、精细化、可量化方向转型。

结束语

河道堤防护岸施工环节多、技术要求高,质量管控贯穿工程建设全过程。本文详细梳理了各类堤防护岸施工核心技术,总结现场施工常见质量缺陷与形成原因,提出材料管控、工艺规范、全程监管等优化对策。未来工程建设需兼顾安全与生态,积极引入智能施工技术,规范标准化作业,持续提升堤防护岸结构耐久性与生态适配性,保障河道堤防工程长期稳定安全运行。

参考文献

- [1]王健,张磊.河道堤防工程生态护岸施工关键技术及稳定性研究[J].水利水电科技进展,2023,43(04):76-82.
- [2]李军,刘广辉.水利工程堤防护岸施工质量控制与病害防治技术[J].人民黄河,2022,44(09):132-135.
- [3]张伟,陈凯.复杂水文条件下河道堤防护岸加固施工技术优化[J].水利技术监督,2024,23(03):115-118.
- [4]赵亮.河道整治工程中生态堤防护岸施工技术应用研究[J].中国水土保持,2023,11(07):62-65.
- [5]曹连山,贺婧.水利工程建设中河道堤坝施工技术细节分析研究[J].工程技术研究,2025,10(16):89-91.