

河道堤防建设中的关键技术应用与质量保障措施研究

李运泰

茂名市茂南区水利工程建设中心 广东 茂名 525000

【摘要】：河道堤防是水利工程的重要组成部分，承担着防洪抗灾、维护岸线稳定、保持水生态环境的重任，随着极端气候灾害的增多和城市化进程的加快，运用传统堤防建设技术已无法有效解决现有水利工程面临的挑战。本研究以河道堤防建设中涉及的先进技术为研究对象，以新型护岸工艺、堤身填筑技术、防渗流技术、生态修复技术为研究重点，结合工程实践，提出切实可行的质量保证措施，为堤防工程安全性增加、使用寿命延长、生态适应性提高提供理论支撑和实用方案。

【关键词】：河道堤防；关键技术；质量保障；生态修复；防渗流

DOI:10.12417/2811-0536.26.08.036

引言

2021年河南郑州特大暴雨造成部分堤防因渗流破坏而溃决，造成巨大经济损失，也凸显出提高堤防工程质量的紧迫性。运用技术创新、科学管理增强堤防韧性成为水利领域研究热点，从关键技术应用、质量保障措施两方面进行探究，结合工程实例及数据分析，勾画出河道堤防建设的现代化发展图景，为行业提供可借鉴、可推广的技术、管理方式。

1 河道堤防建设关键技术分析

1.1 新型护岸技术

传统抛石、坡式护岸在易损环境方面及视觉上均有缺陷，新型护岸以材料、结构的创新，达到防冲刷与生态效益兼顾的目的^[1]。

1.1.1 生态护岸技术

生态护岸以植被为核心，结合土木工程措施，构建“植物-土壤-微生物”复合生态系统。其技术要点包括：（1）植被选择：河道生态护岸建设中，植被选择应结合本地气候、土壤条件，选择根系发达、抗冲刷性强的本土植物，如芦苇、香蒲，它们可深入土壤，形成强大的根系，固定岸坡土壤，如长江中下游地区，香蒲根系可深入土壤1.5米，增强堤岸稳定性。（2）结构形式：结合柔性结构材料如三维植被网、生态袋，增强护岸整体抗变形能力；有工程实例表明，采用生态袋护岸后，岸坡稳定性增加40%，植被覆盖率可达90%以上。（3）生态功能：生态护岸建设还可显著改善水体水质，借助植物吸收、微生物降解作用，提高河道自净能力，有监测数据显示，实施生态护岸的河

段，氨氮去除率比传统硬质护岸提高25%，水环境得到持续改善。

1.1.2 水泥土桩护岸技术

水泥土桩护岸通过高压喷射水泥浆与土体混合，形成连续桩体结构，适用于中小河道治理。其优势包括：（1）施工简便：该方案施工速度快，日进尺达200米采用机械化作业，单日施工长度可达200米。

（2）抗冲性强：抗冲性能好，桩体强度达到5MPa以上时，可抵抗5m/s的流速。（3）成本可控：成本效益明显，单位造价比混凝土挡墙节省30%。

表1 新型护岸技术对比

技术类型	适用场景	抗冲刷能力	生态适应性	施工周期
生态护岸	缓流河道	中等	优	长
水泥土桩护岸	中小河道	强	中等	短
传统抛石护岸	宽浅河道、基础稳定区	中等	差	中等

1.2 堤身填筑技术

堤身填筑是堤防工程的核心环节，其质量直接影响堤防稳定性。关键技术包括：

1.2.1 土料选择与处理

（1）土料分类：为满足防渗要求，土料的选用十分重要，应根据工程具体情况，如堤后填筑多用渗透系数不小于 $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 的砂性土，均质堤则宜用含水量在15%-20%之间的亚黏土^[2]。（2）杂质清理：在填筑前还应将土料中树根、石块等杂物清除干净，以免

形成渗流通道，防止因杂物遗留造成渗流量大幅度增加，曾有工程因疏忽此点，致使渗流量增加高达 50%，最后只好返工处理，才能恢复正常。

1.2.2 分层填筑与压实

(1) 铺料厚度：为保证工程质量，铺料厚度每层应控制在 20~30 cm，并采用“先低后高、分段施工”的铺料方法，以减少接缝处渗漏的可能性。(2) 压实工艺压实时，根据土质的不同选用振动碾或羊足碾等压实机械，压实遍数根据试验确定，一般黏性土碾压 6~8 遍，砂性土约碾压 4~6 遍。(3) 质量检测：用灌砂法检测干密度，合格率必须达到 95%以上，否则后果严重，如某工程由于压实不到位，堤身沉降量超标 30%，最后只好进行昂贵的加固处理。

表 2 堤身填筑质量标准

检测项目	设计值	允许偏差	检测频率
铺料厚度	25cm	±5cm	每 100m ² 测 1 点
干密度	≥1.6g/cm ³	≥设计值 95%	每 500m ³ 测 1 组
含水量	18%	±2%	每层填筑前测

1.3 防渗流技术

渗流是导致堤防失稳的主要原因之一。防渗流技术通过阻断渗流路径，提升堤防安全性。

1.3.1 防渗墙技术

防渗墙运用塑性混凝土或水泥土作为防渗材料，用高压喷射或抓斗成槽施工，形成连续垂直的防渗屏障，其优势包括：(1) 防渗效果好：渗透系数可达 1×10⁻⁷cm/s 以下，降低水头超过 80%的优点。(2) 适应性强：可成功应用于深厚覆盖层、软土地基等复杂地质条件。(3) 耐久性高：设计使用寿命可达 50 年，大大减少后期维护费用。

1.3.2 排渗减压沟技术

与之配合的排渗减压沟技术，即在堤后铺设盲沟或排水管，降低堤身浸润线，某工程运用排渗沟后，堤身渗流量减少 60%，工程稳定性明显增强。

表 3 防渗流技术对比

技术类型	适用场景	防渗效果	施工难度	成本 (元/m)
防渗墙	深厚覆盖层、高风险区	优	高	800-1200
排渗减压沟	堤后渗透稳定区	中等	低	200-400
压土平台	浅层渗透区	差	低	100-200

1.4 生态修复技术

生态修复技术通过恢复河道生态系统，提升堤防自我修复能力。关键措施包括：(1) 植被恢复：该工程运用植被恢复(种植乔灌木及水生植物及构建多层次生态屏障。(2) 生物栖息地营造：设置人工鱼巢、鸟类栖息岛等以增加生物多样性。(3) 水质净化：应用生态浮床、人工湿地等技术降低污染物浓度。某工程生态修复技术，使河道水质由劣 V 类改善到Ⅲ类，鱼类种类增加 50%左右，生态效益明显^[3]。

2 河道堤防建设质量保障措施

2.1 质量控制的关键因素

(1) 在施工用料方面：施工用料及工艺操作上，为保证工程质量，须做好以下几点:材料方面，施工前对材料标准、性能进行准确核对，按设计文件要求选用，建立并实施全过程质量追溯制度，明确责任；为保证材料质量，建立全过程质量控制体系，采购时市场价格调查，发现异常情况及时预警，运输时制定优化方案(含特殊材料防护)，仓储时分类存储，动态管理，实行材料准入质检制度，所有进场材料都由第三方机构抽样检验，建立不合格品“零容忍”退出制度，防止劣质材料进入施工现场。

(2) 在工艺操作方面：工艺操作上，堤基质量控制，黏土材料黏土含量控制在 15%~30%之间，塑性指数(I_p) 在 15~20 之间，不得含有植物根系等杂物，若施工地点附近有优质黄土，优先使用，节约运输成本，减少环境污染，堤身防渗部分，用塑性适中的黏土作为填筑材料，颗粒含量约 25%。黏性土的压实，按河道等级，压实度不低于 0.9，以减缓水渗透对堤身的破坏作用；除险加固，质量控制，一是大堤底部打桩，并在桩后堆积碎石块，以抵御波浪侵袭，减缓淤泥侵蚀，二是用钢筋混凝土现浇技术建造防波堤，防止波浪冲刷大堤底部，避免溃堤，三是必须做好防白蚁措施，防止白蚁在堤防内打洞损坏堤防，四是严禁在大堤附近养殖泥鳅、小龙虾、螃蟹等喜欢打洞的水生动物，以保持堤防完整^[4]。

(3) 在施工质量方面：堤防工程建设质量控制主要以堤身填筑和外观质量作为控制重点，而堤身填筑质量以铺土碾压和修坡两项工作为重要内容;铺土碾压时，须按试验确定的逐层填筑厚度卸料推平，每层厚度约 40cm，铺筑时应超出设计边界 30cm，相邻区域应重叠压实，防止界沟出现，同时控制结合处土料含水量，保证堤身整体密实度和稳定性;堤防工程外观质量以准确的测量放线为根本，保证后续坡面修整的准

确性。

2.2 质量控制策略

2.2.1 建立健全质量管理体系

(1) 组织架构：成立由项目经理、总工程师、质检员组成的质量管理小组，明确职责分工。

制度建设：以《质量手册》、《施工操作规程》等制度文件为依托。(2) 人员培训：定期进行技术交底，质量意识教育，使施工人员掌握施工关键技术，以约束施工人员行为，提高施工质量。

2.2.2 强化施工过程控制

(1) 材料检验：为保证工程质量，所有进场土料、水泥、钢筋等原材料均进行严格抽检，抽检合格率必须达到百 100%。(2) 工序验收：施工中实行“三检制”，即自检、互检、专检，特别是隐蔽工程在监理验收合格前严禁覆盖^[5]。(3) 动态监测：运用无人机、智能传感器等先进技术对堤身沉降、渗流等参数进行实时动态监测，以便及时调整施工方案，保证工程安全、稳定。

表 4 施工过程质量控制要点

工序名称	控制要点	检测方法
土料填筑	铺料厚度、含水量、压实度	灌砂法、核子密度仪
防渗墙施工	墙体厚度、渗透系数、连续性	超声波检测、钻孔取芯
生态护岸	植被覆盖率、根系深度、土壤 紧实度	样方调查、渗透试验

2.2.3 推广新技术与新材料

(1) 智能化施工：利用 BIM 技术三维建模，优化施工组织设计，运用无人驾驶压路机精确压实。(2) 绿色材料：智能化施工，运用生态混凝土、透水砖等绿色材料，降低环境压力。(3) 数字化管理：降低环

境压力，运用建设工程质量数据库，保证数据可追溯，可动态分析，数字化管理水平提高。

2.2.4 加强后期维护与管理

(1) 定期巡查：季度性堤防全面检查，以渗流、裂缝等隐患排查为重点。(2) 应急预案：编制了洪水、地震等突发事件应急预案，储备了抢险所需物资及设备。(3) 公众参与：借助“河长制”管理，积极发动社会公众参与堤防保护与监督。

3 结论与展望

3.1 结论

河道堤防建设是保障防洪安全、促进生态可持续发展的重要工程。本文通过分析新型护岸、堤身填筑、防渗流及生态修复等关键技术，结合质量保障措施，提出以下结论：(1) 技术创新是核心驱动力：技术创新，如生态护岸、防渗墙等新工艺的应用，大大提升堤防工程的综合性能。(2) 全过程控制是质量保障的关键：全过程质量控制，从原材料检验、施工工序验收到后期维护的全过程控制，是工程质量的保证。(3) 生态与功能并重是未来方向：今后堤防建设将向生态效益与工程功能相结合的方向前进，在保证防洪安全的同时，加强生态修复与景观建设，实现人与自然的和谐共处。

3.2 展望

(1) 智能化监测技术：运用物联网、大数据技术，实现堤防安全实时预警、智能决策。(2) 新材料研发：新材料研究致力于高强度、耐腐蚀、生态环保新材料的开发，降低工程全生命周期成本。(3) 跨学科融合：运用水文学、生态学、材料科学等学科知识，形成多学科协同的堤防建设理论体系，借助不断的技术创新、科学管理，河道堤防工程更好地为国家防洪安全、生态文明建设服务，为经济社会高质量发展提供支撑。

参考文献：

- [1] 张红新,张生. 基于水利工程中的堤岸保护施工技术分析[J]. 黑龙江水利科技,2023,51(6):103-106.
- [2] 王玉芳. 水利工程河道堤防施工技术研究[J]. 工程技术研究,2024,9(4):100-102.
- [3] 刘启鑫. 关于河道堤防施工技术在水利工程中应用的分析与探讨[J]. 珠江水运,2021(23):56-57.
- [4] 卢圩煜. 水利工程中河道堤防施工技术研究[J]. 农业开发与装备,2021(7):113-114.
- [5] 包才智. 水利水电工程河道堤防施工质量控制要点[J]. 水上安全,2024(5):139-141.