

水利工程施工中堤防及护岸工程技术的研究

郭 鑫

菏泽天源水务发展有限公司 山东 菏泽 274000

摘 要：本论文围绕水利工程施工中堤防及护岸工程技术展开系统研究。阐述了其在防洪减灾、生态保护、经济发展及社会稳定等方面的重要性；深入剖析传统与新型堤防技术、硬质与生态护岸技术的原理及应用；详细探讨基础处理、主体结构施工的关键工艺与质量控制要点。研究表明，传统技术与新型技术互补，工艺与质量管控协同，能够有效提升工程安全性能与生态效益，为水利工程建设提供了技术支撑与实践指导。

关键词：水利工程施工；堤防工程技术；护岸工程技术

引言：水利工程作为国家基础设施建设的关键领域，其堤防及护岸工程的技术水平直接关系到防洪安全、生态平衡和社会经济发展。随着极端气候事件频发和生态保护需求提升，传统工程技术面临挑战，新型技术亟待创新应用。但现有研究多聚焦单一技术层面，缺乏系统性整合。本文基于此背景，全面梳理堤防及护岸工程的技术体系，旨在为优化工程设计、提升施工质量、推动水利工程可持续发展提供理论与实践依据。

1 水利工程施工中堤防及护岸工程的重要性

在水利工程体系中，堤防及护岸工程守护着人民生命财产安全与生态环境稳定，其重要性体现在以下多个关键领域。（1）防洪减灾。江河洪水具有强大的破坏力，易引发城市内涝、农田淹没等灾害。堤防工程通过拦截、疏导洪水，划定安全行洪区域，有效抵御洪水侵袭。例如，长江流域的荆江大堤，在多次洪水灾害中成功拦截洪峰，保护了江汉平原数百万人口和广袤农田。护岸工程则通过加固河岸，防止水流冲刷导致岸坡坍塌，维持河道稳定，避免因河道改道引发更大范围的洪水灾害。（2）维持水域生态平衡。传统硬质护岸逐渐向生态护岸转型，通过种植水生植物、设置生态护坡，为鱼类、鸟类等生物提供栖息繁衍场所，促进生物多样性。生态护岸的植被和多孔结构有助于过滤污染物，净化水质，改善水域生态环境。如太湖流域的生态护岸工程，通过植被缓冲带吸收面源污染，有效提升了湖泊水体质量。（3）为区域经济建设筑牢安全屏障。稳定的河岸和安全的防洪体系保障了交通、能源等基础设施安全，降低洪水灾害对工业、农业生产的威胁。（4）提升经济和社会效益。良好的生态护岸景观还能带动旅游等第三产业发展，创造经济效益。社会稳定方面，堤防及护岸工程增强了民众的安全感和幸福感^[1]。其有效降低洪水风险，减少居民因灾搬迁、财产损失，保障了社会秩

序稳定，为人民安居乐业提供坚实保障。

2 水利工程施工中堤防工程关键技术

2.1 传统堤防技术

2.1.1 土堤、石堤的结构形式与施工工艺

土堤是历史最悠久、应用最广泛的堤防形式，主要利用就地取材的黏性土、砂性土填筑而成。其结构设计以稳定边坡为核心，根据土质条件调整坡度，一般迎水坡为1:2-1:3，背水坡为1:2.5-1:3.5；堤顶宽度则依据防洪标准与交通需求设定，通常在4-8米。施工工艺遵循“分层填筑、分层压实”原则，每层铺土厚度控制在0.3-0.5米，通过羊足碾、振动碾等设备压实，确保土体密实度达到设计要求。石堤以块石或条石为主要材料，凭借自重抵御水流冲刷与土体滑动，适用于石料丰富、水流湍急的区域。其结构形式包括干砌石堤、浆砌石堤和石笼堤。干砌石堤依靠石块间的咬合作用维持稳定，施工简便但整体性较弱；浆砌石堤通过水泥砂浆砌筑，增强了结构强度与防渗性能；石笼堤则将石块装入金属或合成纤维网笼，形成柔性结构，适应地基变形能力强。

2.1.2 混凝土堤防的截面设计与防渗处理

混凝土堤防以高强度、耐久性和抗冲刷能力，广泛应用于城市防洪与河道整治工程。其截面形式主要有重力式、悬臂式和扶壁式。重力式混凝土堤防依靠自身重量维持稳定，适用于墙高较低（<6米）的场景，设计时需验算抗滑、抗倾覆稳定性；悬臂式和扶壁式则通过钢筋混凝土结构优化受力，可适应更高的堤身高度。

防渗处理是混凝土堤防的关键环节。常见措施包括设置混凝土防渗墙、帷幕灌浆和土工膜防渗。混凝土防渗墙通过在堤基中浇筑连续墙体截断渗水通道；帷幕灌浆则利用高压注浆在地基中形成防渗帷幕；土工膜防渗技术凭借高效的防渗性能和便捷的施工，逐渐成为主流方案。

2.2 新型堤防技术

2.2.1 生态堤防技术

生态堤防以“工程-生态”融合为理念，通过新材料与结构创新，实现防洪功能与生态效益的统一。植被混凝土堤防将水泥、骨料与植物种子、保水剂等混合，形成具有一定强度且透水透气的多孔结构，既能抵御水流冲刷，又为植物生长提供基质。其孔隙率一般控制在15%-25%，植被覆盖率可达80%以上，有效减少水土流失、净化水质。加筋土堤通过在填土中分层铺设土工格栅、土工格室等加筋材料，增强土体整体性与抗滑稳定性。加筋材料与土体的摩擦咬合作用，可减小堤身断面尺寸，降低工程成本。

2.2.2 智能化堤防（监测系统集成）的应用

智能化堤防依托物联网、大数据与人工智能技术，实现工程状态的实时监测与风险预警。监测系统集成主要包括三大模块：一是位移监测，通过北斗卫星定位、光纤传感技术，实现毫米级堤身变形监测；二是渗流监测，利用分布式光纤测温、孔隙水压力计，实时掌握渗流异常；三是视频监控，结合无人机巡检与AI图像识别，自动识别裂缝、管涌等隐患。智能化堤防技术的发展，推动了工程管理从“经验驱动”向“数据驱动”的转变，显著提升了防洪减灾能力^[2]。

3 水利工程施工中护岸工程关键技术

3.1 硬质护岸技术

3.1.1 浆砌石护坡、混凝土挡墙的结构设计

浆砌石护坡和混凝土挡墙是硬质护岸工程中最常见的结构形式，适用于冲刷强烈、地质条件复杂的河段。浆砌石护坡通常采用块石或条石，以水泥砂浆砌筑，通过自身重力抵抗水流冲刷与土体滑动。其结构设计需重点考虑护坡厚度、坡度及排水系统：护坡厚度一般在0.3-0.5米，坡度根据土质条件调整为1:1.5-1:2；排水孔间距2-3米，内置反滤层防止土体流失。

混凝土挡墙则凭借高强度和耐久性，广泛应用于城市河道与港口护岸。其结构类型包括重力式、悬臂式和扶壁式。重力式挡墙依靠自身重量维持稳定，适用于墙高较低（<5米）的场景；悬臂式和扶壁式通过钢筋混凝土结构优化受力，可适应更高的岸坡高度。设计时需结合土压力、水压力及波浪力进行稳定性验算，确保墙体抗滑、抗倾覆安全系数达标。

3.1.2 铰接式护坡块体的抗冲刷性能分析

铰接式护坡块体是近年来发展的新型硬质护岸构件，通过预制混凝土块间的铰接连接，形成柔性防护面，适应地基变形并分散水流冲击力。其抗冲刷性能主

要依赖三个机制：一是块体间的铰接结构使整体受力均匀，避免局部破坏；二是异形块体（如四脚空心方块、扭王字块）独特的几何形状可扰乱水流，削弱冲刷力；三是块体间孔隙可滞留泥沙，促进植被生长，增强防护耐久性。实验研究表明，铰接式护坡块体在流速3-5m/s的水流中，抗冲刷能力较传统混凝土板提升40%以上。在黄河下游某段护岸工程中，采用四脚空心方块铰接护坡，配合土工布反滤层，有效控制了河岸冲刷，年均冲刷深度减少至0.2米以下，远低于未防护区域的1.5米冲刷深度。

3.2 生态护岸技术

3.2.1 植物护岸（灌木、水生植物带）的生态效应

植物护岸通过种植灌木、草本及水生植物，利用根系固土、枝叶消能的特性实现防护功能，同时兼具显著的生态效益。灌木（如紫穗槐、杞柳）根系发达，可深入土层1-2米，增强土体抗剪强度；水生植物（如芦苇、菖蒲）则通过茎叶阻挡水流，减缓流速达30%-50%，降低冲刷风险。从生态角度看，植物护岸可形成多样化的生境，为鱼类、鸟类提供栖息场所，促进生物多样性恢复。同时，植物根系分泌物与微生物协同作用，可降解污染物，提升水体自净能力。植物护岸还能调节局部气候，缓解热岛效应，兼具景观美化价值。

3.2.2 生物网格护岸（石笼、生态袋）的施工要点

生物网格护岸以石笼网、生态袋等材料为载体，结合植物种植实现工程防护与生态修复的结合。石笼网通常采用镀锌钢丝或聚酯长丝编织，内填块石或卵石，形成透水、柔性结构。施工时需注意：一是基础处理，石笼底部应嵌入原状土0.5-1米，防止淘刷；二是网箱连接，采用专用连接件确保整体性；三是植物种植，可在石笼间隙填充营养土并播种草籽，促进植被生长。

生态袋则由聚丙烯纤维制成，内装改良土与草种，具有透水不透土的特性。其施工关键在于：袋体错缝堆叠，层间用连接扣固定；坡面坡度控制在1:1-1:1.2，确保稳定性；顶部设置压顶结构，防止袋体滑落。在某山区溪流整治工程中，生态袋护岸配合乔灌草复合种植，3个月内植被覆盖率达85%，有效控制了水土流失，同时形成自然美观的生态景观^[3]。

4 堤防及护岸工程施工关键工艺与质量控制

4.1 基础处理关键工艺与质量控制

4.1.1 地基加固处理工艺

堤防及护岸工程基础常面临软土地基、透水地基等复杂地质条件。针对软土地基，换填法通过清除软弱土层，置换砂石、灰土等高强度材料，提升地基承载力；排水固结法利用砂井、塑料排水板加速土体排水，配合

堆载预压促进地基沉降。施工时需严格控制换填材料的粒径、级配及压实度,排水板的间距、插入深度应符合设计要求,预压荷载与时间需通过沉降监测数据动态调整。透水地基的防渗处理以截断或延长渗流路径为目标。垂直防渗采用混凝土防渗墙、高压旋喷桩等技术,需确保墙体连续性与垂直度,混凝土浇筑时控制导管埋深在2-6米,防止断桩;水平防渗通过铺设黏土铺盖或土工膜,要求搭接宽度不小于1米,膜下设置垫层避免刺破。

4.1.2 基础处理质量控制标准

地基加固后的承载力需通过平板载荷试验、动力触探等方法检测,满足设计要求后方可进行上部施工;防渗工程的渗透系数需达到设计指标,混凝土防渗墙墙体完整性采用超声波检测,缺陷部位及时修补;基础开挖面应平整、无松动土,与设计高程偏差控制在 $\pm 10\text{cm}$ 以内。

4.2 主体结构施工关键工艺与质量控制

4.2.1 堤防填筑施工工艺

堤防填筑遵循“分层填筑、分层压实”原则,每层铺土厚度控制在30-50cm,含水量需控制在最优含水量 $\pm 2\%$ 范围内。压实设备根据土料特性选择,振动碾适用于砂性土,羊角碾对黏性土压实效果更佳。铺料过程中应避免出现界沟、接头处需阶梯状搭接,搭接长度不小于3米。

4.2.2 护岸结构施工工艺

硬质护岸中的浆砌石护坡需采用坐浆法砌筑,石块应清洗干净,灰缝饱满度不低于80%,上下层错缝砌筑;混凝土挡墙施工时,模板需牢固支撑,防止涨模,混凝土浇筑采用分层振捣,每层厚度不超过50cm,避免出现蜂窝、麻面。生态护岸的石笼网箱需按设计尺寸组装,网箱间用钢丝绑扎牢固,内填石料粒径不小于8cm;生态袋堆叠时应错缝摆放,层间用连接扣固定。

4.2.3 主体结构质量控制要点

堤防压实度需达到设计标准,采用环刀法或灌砂法检测,每200m堤段至少检测3个点;混凝土强度需留置试块,按规范进行抗压、抗渗试验;浆砌石护坡的平整度误差不超过3cm,勾缝密实无脱落;生态护岸的网箱连接牢固,生态袋无破损,植物成活率需高于85%。

4.3 质量控制体系构建与实施

4.3.1 施工过程质量管控

建立“三检制”(班组自检、施工队复检、项目部终检),对每道工序进行验收,合格后方可进入下一道工序。重点工序如混凝土浇筑、防渗墙施工需实行旁站监理,实时记录施工参数。利用BIM技术进行施工模拟,提前预判质量风险点并制定应对措施。

4.3.2 材料与设备质量控制

严格执行材料进场检验制度,水泥、钢材、土工合成材料等需提供质量证明文件,并按规范抽样检测。施工设备定期维护校准,计量设备(如称量装置、压实度检测仪)需通过法定机构检定,确保施工参数准确可靠。

4.3.3 质量验收与缺陷处理

工程验收分为单元工程、分部工程及竣工验收。单元工程验收依据《水利水电工程施工质量检验与评定规程》,对主控项目和一般项目逐项检查;发现质量缺陷时,需分析原因并制定处理方案,轻微缺陷可采用表面修补,严重缺陷需返工处理,处理完成后重新验收^[1]。

结束语:本研究通过对水利工程中堤防及护岸工程技术的多维度分析,明确了其在防洪、生态、经济等领域的重要价值,揭示了传统技术与新型技术融合应用的优势。研究成果对保障工程安全、提升生态效益具有重要意义。随着新材料、智能化技术的发展,堤防及护岸工程将向更高效、绿色、智能的方向演进,亟需进一步深化技术创新与跨学科研究,以应对复杂多变的工程需求与环境挑战。

参考文献

- [1]刘纹龙.水利工程施工中堤防及护岸工程施工技术[J].水上安全,2024(9):151-153.
- [2]杨德生,赵素云.水利工程施工中堤防及护岸工程施工技术研究[J].现代工程科技,2024,3(17):1-4.
- [3]韩桂芹.浅析水利工程施工中堤防及护岸工程施工技术[J].石河子科技,2023(6):69-71.
- [4]张秋云.水利工程中堤防护岸工程施工技术的应用[J].中国科技纵横,2024(24):128-130.