

水利工程中堤防护岸工程施工技术分析

郇 珂

河北天和监理有限公司 河北 石家庄 050000

摘要：堤防护岸工程是水系统治理的核心环节，融合防洪安全与生态保护功能。其技术体系涵盖基础处理、岸坡防护、防渗及生态护岸等关键技术，通过新型材料与工艺实现结构稳定与生态修复的协同。当前，智能化施工、绿色技术、新型结构材料及生态景观融合成为发展趋势，数字孪生、低碳建材、自适应结构等创新应用，推动工程向精准化、可持续方向演进，实现防洪、生态与景观的多维统一。

关键词：水利工程；堤防护岸工程；施工技术

引言

随着水生态文明建设推进，堤防护岸工程需突破传统技术边界，在保障防洪标准的同时，兼顾生态系统完整性。当前，水文条件复杂多变与生态需求提升，对施工技术提出更高要求。本文聚焦堤防护岸工程施工技术，解析基础处理、岸坡防护等关键技术的应用逻辑，探讨智能化、绿色化等发展趋势，为构建安全韧性与生态友好的防护体系提供技术参考，推动工程从单一防护向复合生态系统的治理转型。

1 堤防护岸工程概述

堤防护岸工程作为水系统治理的关键环节，承担着抵御水流侵蚀、调控洪峰流量、维护岸线稳定的多重功能，其设计逻辑始终围绕水文动力特性与地质条件的动态平衡展开。现代工程体系已突破传统单一防洪的局限，通过整合生态护砌技术、透水结构设计，在满足防洪标准的同时，构建起水体与岸线生态系统的物质交换通道，形成兼具安全性与生态韧性的复合型防护屏障。这类工程的技术内核体现在对水流边界层效应的精准把控上，借助护面材料的抗冲性能优化、提身结构的渗透稳定计算，以及岸坡形态的水力糙率调整，实现对水流能量的分级消纳，减少岸线侵蚀速率。新型材料的应用进一步拓展了工程的适应性，比如高分子复合材料护垫通过柔性变形适应岸坡沉降，生态混凝土则利用孔隙结构培育水生植被，在硬化防护与自然修复之间建立起协同机制。随着水文监测技术的进步，堤防护岸工程正逐步向智慧化方向演进，分布式光纤传感系统实时捕捉提身应力应变数据，结合水文模型的动态模拟，可提前预警潜在的管涌、滑坡风险，使维护模式从被动抢险转向主动防控。这种技术迭代不仅提升了工程的服役寿命，更推动防护理念从对抗自然向顺应自然转变，在河道蜿蜒恢复、深泓线优化等设计中，充分尊重河流的自然

演进规律，让工程设施成为水生态系统自我调节的有机组成部分。堤防护岸工程的空间布局需兼顾流域尺度的水文连通性与局部河段的地形特征，通过数值模拟技术推演不同洪水频率下的水流轨迹，优化提线走向与提顶高程，在保障防护效能的前提下，最大限度保留岸线的自然形态，为滨水生物提供多样化的栖息环境，最终实现防洪安全、生态保护与景观营造的多维统一。

2 堤防护岸工程关键施工技术

2.1 基础处理技术

在堤防护岸工程中，基础处理的成效直接关乎整体结构的稳定性。针对不同地质条件，各类创新技术应运而生。在软土地基处理方面，深层搅拌桩技术得到了更为广泛的应用。该技术通过特制的深层搅拌机械，将水泥、石灰等固化剂与软土强制搅拌，使软土硬结，形成具有整体性、水稳定性和一定强度的柱状加固体，进而提高地基承载力，减少沉降。例如，在某沿海地区的堤防护岸工程中，因软土地基厚度大、压缩性高，采用深层搅拌桩技术，按照一定间距和深度进行施工，有效增强了地基的承载能力，保障了堤防护岸工程在后续施工及使用过程中的稳定性。高压旋喷桩技术也展现出独特优势。其利用高压喷射设备，将水泥浆液喷射到地基土中，与土体混合形成圆柱状的加固体。此技术能灵活适应不同地层条件，对于砂性土、粘性土等都能发挥良好效果，且施工时对周围土体扰动小，在城市周边或对环境要求较高区域的堤防护岸基础处理中应用前景广阔。在一些特殊地质，如含有较多孤石或卵石的地层，冲击成孔灌注桩技术则能大显身手，通过冲击钻将地层冲碎成孔，然后灌注混凝土形成桩基础，为堤防护岸提供稳固支撑^[1]。

2.2 岸坡防护施工技术

岸坡防护施工技术致力于抵御水流冲刷和波浪侵

蚀，保障岸坡的稳定性。新型混凝土联锁块护坡技术近年来备受青睐。这种联锁块由高强度混凝土制成，具有独特的形状设计，块与块之间通过特定的联锁结构紧密连接，形成一个整体的防护层。其优势在于能有效分散水流冲击力，即便局部受到破坏，也不易引发大面积坍塌。在某河流的堤防护岸工程中，采用该技术铺设护坡，经过多次洪水考验，仍保持良好的防护效果。生态混凝土护坡技术也逐渐兴起，它在普通混凝土中添加特定的添加剂和骨料，形成具有孔隙结构的混凝土。这些孔隙不仅能为水生植物和微生物提供栖息空间，促进生态系统的恢复与发展，还能通过植被根系的固土作用，增强岸坡的稳定性。在一些流速较大的区域，钢丝石笼护坡技术发挥着重要作用。将石块装入高强度钢丝编织的石笼内，然后将石笼相互堆叠形成护坡。钢丝石笼具有良好的柔韧性和抗冲刷能力，能适应一定程度的地基变形，且石块间的缝隙有利于水流交换，对生态环境影响较小。

2.3 防渗施工技术

防渗施工技术对于防止堤防护岸工程出现渗漏，保障工程安全运行意义重大。土工合成材料防渗技术凭借其卓越性能得到广泛应用。土工膜作为核心材料，具有极低的渗透系数，能有效阻挡水分渗透。在施工时，将土工膜铺设在提身或提基表面，通过专业的焊接或粘接技术，确保膜与膜之间的连接紧密，形成连续、完整的防渗层。例如，在某大型水库的堤防护岸工程中，大面积铺设土工膜，并在关键部位如提身与岸坡的连接处、涵闸进出口等，采用加强型土工膜和特殊的锚固措施，极大地降低了渗漏风险。水泥土搅拌防渗墙技术也是常用手段之一，利用搅拌设备将水泥与土体充分搅拌混合，形成具有防渗性能的墙体。该技术施工工艺相对简单，成本较低，适用于多种地质条件。在一些小型堤防护岸工程或地质条件较为单一的区域，应用效果良好。近年来发展的垂直铺塑防渗技术，通过专用设备在提基中垂直铺设塑料薄膜，形成防渗帷幕，其施工速度快、防渗效果显著，在一些新建或加固的堤防护岸工程中得到推广应用^[2]。

2.4 生态护岸施工技术

生态护岸施工技术注重在防护岸坡的同时，促进生态系统的平衡与恢复。植物护岸技术是其中的重要组成部分，通过在岸坡种植各类植物，利用植物根系的固土作用和地上部分对水流的消能作用，实现防护与生态的双重目标。例如，在一些缓坡岸段，种植狗牙根、百喜草等根系发达、适应性强的草本植物，既能有效防止

土壤侵蚀，又能为小动物提供栖息地。结合柳树、水杉等耐水乔木的种植，构建多层次的植被群落，增强生态系统的多样性。生态袋护岸技术也颇具特色，生态袋由可降解的土工织物制成，内装适宜植物生长的基质和种子。将生态袋堆叠在岸坡上，随着时间推移，种子发芽生长，植物根系穿透生态袋，与周围土体相互交织，形成稳固且具有生态功能的护岸结构。在一些生态修复要求较高的区域，还会采用鱼巢砖护岸技术，鱼巢砖具有特殊的孔洞设计，为水生生物提供栖息、繁殖场所，促进水体生态系统的良性循环，实现堤防护岸工程与自然生态的和谐共生。

3 堤防护岸工程施工技术发展趋势

3.1 智能化施工技术应用

(1) 基于数字孪生技术构建的堤防护岸工程施工场景，可实时映射现场机械作业轨迹、材料消耗状态与结构成型精度，通过三维建模与传感器数据融合，动态校准深搅桩垂直度、防渗膜焊接温度等关键参数，使施工误差控制在毫米级，同时借助机器学习算法优化混凝土浇筑顺序，避免因水化热积累产生温度裂缝。(2) 无人集群施工系统在堤岸基础处理中展现出独特优势，多台自动驾驶压实机械紧密配合，它们依据北斗定位与毫米波雷达进行高效协同作业。在行进过程中，能精准自主规避障碍物，严格保持碾压轨迹重合度。配合无人机航测生成的三维地形模型，可实时分析，实现提身填土分层厚度的自适应调整，显著提升地基压实度的均匀性。

(3) 智能监测终端与施工设备的联动机制正在重塑质量管控模式，分布式光纤传感器嵌入提身结构后，可同步捕捉应力应变与渗透压力变化，数据实时传输至中控平台并触发预警，自动调控防渗墙浇筑速度或调整护坡联锁块铺设角度，使施工过程始终处于动态优化状态。

3.2 绿色环保技术推广

(1) 低碳型建材生产技术的革新正在改变传统施工模式，利用工业固废制备的再生骨料混凝土，通过颗粒级配优化与活性激发技术，其抗冲性能与耐久性达到原生材料标准，同时将碳排放强度降低近三成，而生物固化剂替代水泥用于软基处理，可减少硅酸盐类材料生产过程中的能源消耗，且固化后的地基土具有更好的生态相容性。(2) 施工废水与泥浆的闭环处理系统已实现规模化应用，该系统利用离心分离，让高浓度废水中大颗粒杂质迅速沉降；借助膜过滤，精准拦截微小悬浮物；再经生物降解，去除有机污染物。经此组合工艺，废水转化为可循环的拌合用水，泥渣脱水固化后成提岸回填材料，整个过程无废液外排，同时降低天然砂石料

的开采需求。（3）植被恢复与施工同步的技术路径有效缩短了生态修复周期，采用预制型生态模块进行护坡施工时，模块内置的先锋植物种子在混凝土初凝阶段即可萌发，其根系随提岸结构成型同步生长，避免传统施工中先硬化后绿化导致的植被成活率低下问题，使岸线生态系统在工程竣工时已具备初步自我调节能力^[3]。

3.3 新型结构与材料创新

（1）自适应变形结构体系为提岸应对复杂地质运动提供了新思路，由高弹性合金构件与高分子缓冲层组成的柔性连接节点，可在地震或地基沉降时产生可控位移，通过能量耗散机制抵消冲击荷载，同时保持提身整体防渗性，这种结构在软土与岩石交界地段的应用中，成功解决了刚性连接易开裂的难题。（2）多功能复合材料的研发突破了单一性能局限，纳米改性聚酯纤维编织的土工格栅，在抗拉性能上远超传统产品，展现出卓越的力学特性。其表面独特的仿生涂层，能吸引微生物附着并形成生物膜，有效降解水中有害物质，助力滨水环境改善。气凝胶复合护面材料，凭借极低的导热系数，减少冻融循环对北方提岸的破坏，延长结构服役寿命。

（3）模块化预制技术推动施工效率与质量的双重提升，采用工厂预制的联锁式生态框体，通过榫卯结构实现现场快速拼装，框体内部预留的植被生长腔与水流交换孔，既保证护坡结构整体性，又为小型水生生物提供迁移通道，这种标准化构件可适应不同坡度岸线的施工需求，大幅缩短现场作业周期。

3.4 生态与景观融合技术发展

（1）动态滨岸带设计理念正在打破工程与自然的界限，它以自然河道为蓝本，精心模拟深潭与浅滩交替的形态，在提岸内侧巧妙构建阶梯式水位消落区。透水铺装与植生槽依地势错落分布，相得益彰。丰水期，水流欢快漫溢，孕育出充满生机的季节性湿地；枯水期，硬质景观骨架有序呈现，别具一番景致，既满足防洪要求

又营造出随水文节律变化的动态景观。（2）生物友好型结构细节的创新提升了生态景观的功能性，护岸挡墙采用蜂窝状多孔设计时，孔洞内填充不同粒径的卵石与腐殖质，形成从水生到陆生的梯度生境，而提顶步道边缘的弧形导流槽则将地表径流引入植被缓冲带，经植物根系过滤后缓慢渗入地下，既解决雨水冲刷问题又构建起可见的水文循环景观。（3）景观元素与工程功能的有机耦合拓展了滨水空间价值，采用透光混凝土砌筑的提岸挡墙，既保留结构强度又能让自然光穿透墙体照亮水下区域，配合埋入式LED灯带模拟生物发光效果，吸引鱼类聚集形成独特的夜间景观，同时挡墙顶部的折线型设计兼顾了防汛巡查通道功能与游人观景视角，使堤防护岸成为连接城市与自然的生态廊道^[4]。

结语

综上所述，堤防护岸工程施工技术正经历从传统经验型向智慧生态型的深刻变革。关键技术的创新应用，实现了结构稳定与生态修复的协同；智能化与绿色技术的融合，重构了工程建设模式。未来，需进一步强化数字孪生与生态模拟的深度耦合，推动新型材料的性能突破，使工程在适应自然规律中提升防护效能，成为水生态系统健康循环的支撑载体，为流域综合治理提供更具韧性的技术方案。

参考文献

- [1]皮华峰.水利工程中堤防护岸工程施工技术分析[J].建筑工程技术与设计,2020(2):2340.
- [2]傅美龄.水利工程河道堤防护岸施工技术分析[J].水上安全,2023(12):193-195.
- [3]韦谢华.水利工程中堤防护岸工程施工技术研究[J].大科技,2022(19):43-45.
- [4]常瑞.浅析水利工程施工中堤防及护岸工程施工技术[J].数字化用户,2024(36):99-100.