

水利工程堤防护岸工程施工技术

秦孟標

江苏省水利建设工程有限公司 江苏 扬州 225000

摘要：水利工程堤防护岸工程是防洪抗灾、生态保护与经济发展的关键环节。其施工技术涵盖堤防与护岸两大体系：堤防工程涉及土料选择、堤基清理、填筑、铺料、压实及防渗等技术；护岸工程包括坡式、坝式、墙式及生物护岸等类型。当前，该领域施工技术正朝着智能化与信息化、绿色化与生态化、机械化与自动化、标准化与规范化的方向发展。文章系统阐述了堤防护岸工程的技术要点与未来趋势，为工程实践提供参考。

关键词：水利工程；堤防护岸；工程施工；技术

引言：水利工程作为保障国家水安全的基础设施，其堤防护岸工程直接关系到江河湖泊的防洪安全、生态平衡及沿岸经济发展。在全球气候变化与城市化进程加快的背景下，洪水灾害风险加剧，生态环境修复需求迫切，对堤防护岸工程的安全性、耐久性与生态性提出了更高要求。科学应用施工技术不仅能提升堤防抗洪能力，还能通过生态护岸技术维系河道生态系统。基于工程实践，梳理堤防护岸工程的施工技术体系，分析其技术要点，并展望未来发展趋势，为推动水利工程高质量建设提供理论与实践依据。

1 水利工程堤防护岸工程的重要性

1.1 防洪抗灾

在自然灾害频发的当下，水利工程堤防护岸工程是抵御洪水侵袭的坚实屏障。通过科学设计与施工，堤防可有效约束河流水位，避免洪水漫溢，减少对沿岸居民生命财产的威胁。例如，长江中下游的防洪堤体系，在多次特大洪水中成功拦截洪水，保障了江汉平原等人口密集区的安全。同时，护岸工程加固河岸坡体，防止水流冲刷导致坍塌，维持河道稳定，进一步提升防洪体系的可靠性，成为守护城市与乡村安全的“生命线”。

1.2 保护生态环境

堤防护岸工程不仅是防洪设施，更是生态保护的重要载体。生态护岸技术通过种植水生植物、投放鱼类栖息材料等方式，重建河道生态系统。例如，采用植被护坡、石笼网箱等结构，既能稳固河岸，又能为水生生物提供栖息地，促进生物多样性恢复。此外，堤防工程可调控水流，改善水质，减少水土流失，对维持河流生态平衡、保护湿地资源发挥关键作用，助力构建人与自然和谐共生的生态环境。

1.3 促进经济发展

完善的堤防护岸工程为区域经济发展筑牢根基。稳

定的防洪体系保障了农业生产、工业建设和商业活动的安全开展，减少洪水灾害造成的经济损失。例如，珠江三角洲地区通过加固堤防护岸，吸引了大量投资，推动了港口、制造业等产业发展。同时，生态护岸工程与滨水景观建设相结合，衍生出旅游、休闲等新业态，带动周边服务业发展，促进区域经济多元化，成为推动经济可持续发展的重要引擎^[1]。

2 堤防工程施工技术

2.1 土料选择技术

土料质量直接影响堤防工程的稳定性与耐久性。选择土料时，需综合考量土质类型、物理力学指标及工程需求。根据《堤防工程施工规范》，优先选用黏性土、粉质黏土等防渗性能良好的材料，避免使用淤泥、腐殖土等压缩性高、抗剪强度低的劣质土料。同时，需对土料的含水量、塑性指数、颗粒级配等指标进行严格检测，含水量过高易导致填筑体沉降，过低则难以压实。例如，在长江干堤加固工程中，通过现场取样与实验室分析，筛选出符合设计要求的黏土，其含水量控制在最优含水率 $\pm 2\%$ 范围内，确保填筑后堤身具有良好的密实度与防渗性，从源头上保障堤防工程质量。

2.2 堤基清理技术

堤基清理是堤防工程施工的基础环节，直接关系到堤身与地基的结合稳固性。施工前，需彻底清除堤基范围内的杂草、树根、淤泥、杂物及表层不合格土，对腐殖土、泥炭土等软弱土层进行换填处理。对于岩石地基，要凿除表面风化层与松动岩石，确保基础面平整坚实。同时，需对清理后的堤基进行压实处理，使其达到设计要求的密实度，一般要求压实度不低于90%。以黄河大堤整治工程为例，通过机械开挖与人工清理相结合的方式，清除堤基表层30厘米的杂填土，并分层压实，有效消除了地基沉降隐患，增强了堤身与地基的整体性，

为后续填筑施工奠定可靠基础。

2.3 堤身填筑技术

堤身填筑是堤防工程施工的核心工序，需严格遵循分层填筑、分层压实的原则。施工时，应根据土料特性与压实设备性能，合理控制铺土厚度与压实遍数，一般每层铺土厚度不超过30厘米，采用振动碾等设备进行压实，确保每层压实度达到设计标准。同时，要注意填筑面的平整度与坡度控制，避免出现积水与坡面冲刷问题。在分段填筑时，应预留台阶状接茬，确保接缝处的压实质量。例如，在淮河流域堤防加固工程中，采用“进占法”分层填筑，每层填筑后及时检测压实度，发现不合格区域立即返工处理，通过严格的过程控制，使堤身填筑质量满足设计要求，有效提升了堤防的抗滑与防渗能力。

2.4 铺料施工技术

铺料施工是确保堤身填筑质量的重要环节，需严格控制铺料的均匀性与厚度。施工时，通常采用进占法或后退法卸料，根据土料特性与压实设备确定铺土厚度，一般不超过30厘米。为保证铺料均匀，需使用推土机或平地机进行平整作业，避免出现局部过厚或过薄现象，影响后续压实效果。同时，铺料过程中要注意控制土料的含水量，若含水量偏低，需洒水湿润；若含水量过高，则需翻晒处理。例如，在松花江流域堤防工程中，通过精确控制铺料厚度与含水量，配合推土机平整作业，使铺料面平整度误差控制在±5厘米以内，为压实工序创造良好条件，保障堤身填筑的整体质量。

2.5 压实施工技术

压实施工直接决定堤身的密实度与强度，是堤防工程施工的关键工序。施工中，需根据土料类型、铺土厚度选择合适的压实机械与参数。对于黏性土，多采用羊角碾、振动碾进行碾压；非黏性土则适宜用平碾或气胎碾压。压实过程需遵循“先轻后重、先慢后快、先静后振”的原则，控制碾压速度与遍数，一般碾压4-6遍，确保压实度达到设计要求。同时，需注意相邻碾压带的搭接宽度，避免出现漏压或欠压区域。以汉江堤防加固工程为例，通过选用重型振动碾，严格控制碾压速度在2-3km/h，搭接宽度不小于0.5米，使堤身压实度均达到93%以上，显著提升了堤防的抗渗与抗剪性能。

2.6 防渗施工技术

2.6.1 水平防渗技术

水平防渗技术通过在堤基或堤身表面铺设防渗材料，延长渗流路径，降低渗透压力。常用方法包括黏土铺盖、土工膜铺设及透水盖重等。黏土铺盖利用黏土的

低渗透性，在堤前或堤后铺设一定厚度的黏土垫层，形成防渗屏障；土工膜具有防渗性能好、施工便捷的特点，可直接铺设于堤基或堤身表面，与周边土体密封连接。例如，在珠江三角洲堤防工程中，采用复合土工膜铺设于堤身迎水面，膜材厚度达1.5mm，配合黏土压载层，有效阻断了水流渗透。同时，通过设置排水沟与反滤层，及时排除渗水，防止渗透破坏，保障了堤防的防渗安全。

2.6.2 垂直防渗技术

垂直防渗技术通过在堤基或堤身内构筑连续的防渗体，截断地下水渗流通道，是处理强透水地层的有效手段。常见方法有混凝土防渗墙、高压喷射灌浆防渗墙、水泥土搅拌桩防渗墙等。混凝土防渗墙采用槽孔式施工，浇筑混凝土形成连续墙体；高压喷射灌浆则通过高压喷射水泥浆液，与土体混合形成防渗凝结体。例如，在黄河下游堤防加固工程中，针对砂卵石地层，采用振动沉模技术建造混凝土防渗墙，墙厚0.3-0.5米，深度达15-20米，有效截断了堤基渗漏通道，使堤基渗透系数降低至 1×10^{-7} cm/s以下，大幅提升了堤防的防渗能力与稳定性^[2]。

3 护岸工程施工技术

3.1 坡式护岸施工技术

坡式护岸通过修整岸坡并覆盖防护材料，实现对河岸的保护，适用于水流流速较缓、岸坡较缓的河段。施工时，先对原有岸坡进行削坡整形，清除杂物与不稳定土体，使坡度符合设计要求。随后，采用抛石、铺设混凝土联锁块或土工格室等方式加固坡面，其中抛石护岸需选择质地坚硬、粒径适宜的石料，分层抛填并整平，形成稳定的抗冲刷层。例如，在长江支流的护岸工程中，采用抛石与植被相结合的坡式护岸，石料有效抵御水流冲刷，坡面种植的狗牙根等草本植物进一步稳固土体，兼顾防洪与生态功能。

3.2 坝式护岸施工技术

坝式护岸通过在河岸修建丁坝、顺坝等坝体，调整水流方向，减少对岸坡的冲刷，常用于河道主流线易摆动的河段。施工中，需根据河道水文条件与地质状况确定坝体位置、尺寸与结构形式。丁坝垂直于水流方向布置，将主流挑离河岸；顺坝则与水流方向平行，引导水流。坝体材料多采用混凝土、浆砌石或土石混合结构，施工时需确保基础埋深满足抗冲刷要求，并做好坝头、坝根的加固处理。如黄河部分河段利用丁坝群调整流态，有效遏制了河岸崩塌，保障了河道稳定。

3.3 墙式护岸施工技术

墙式护岸以刚性墙体抵御水流冲击,适用于城区河道或受地形限制、岸坡较陡的区域。常见形式包括重力式挡土墙、悬臂式挡土墙等。施工时,先进行基础开挖,确保地基承载力满足设计要求,若遇软弱地基需进行换填或加固处理。墙体多采用混凝土或浆砌石砌筑,施工中需控制墙体垂直度、平整度及沉降缝设置,保证墙体整体性与稳定性。例如,在城市内河整治工程中,采用钢筋混凝土重力式挡墙,既满足防洪要求,又为沿河景观建设提供了基础。

3.4 生物护岸施工技术

生物护岸通过植物与工程措施结合,实现生态保护与岸坡稳定的双重目标。施工时,先对岸坡进行修整,根据水位变化区与岸坡高度选择合适的植物种类,如挺水植物菖蒲、沉水植物黑藻用于水位变动区,耐水灌木紫穗槐用于坡顶。同时,可辅以木桩、石笼网等工程措施加固岸坡。例如,在太湖生态修复工程中,采用“植物+生态袋”的生物护岸技术,生态袋内填充种植土与草籽,既稳固边坡,又为植物生长提供载体,植被覆盖率达90%以上,有效改善了河道生态环境^[3]。

4 水利工程堤防护岸工程施工技术的发展趋势

4.1 智能化与信息化

智能化与信息化技术加速融入堤防护岸工程施工。通过物联网、大数据与BIM技术,实现施工全过程实时监测与精准管控。例如,利用传感器实时采集堤身沉降、渗流数据,结合AI算法预测安全风险;BIM技术可进行施工模拟,优化工序与资源配置,减少人为误差。无人机与遥感技术也广泛应用于地形测绘与施工进度监控,提升工程管理效率。

4.2 绿色化与生态化

绿色化与生态化成为施工技术发展的核心方向。为减少对生态环境的影响,新型生态材料与施工工艺不断涌现。例如,采用可降解土工材料、透水混凝土等替代传统硬质材料,降低对河道生态的干扰;推广生物护岸与生态修复技术,构建动植物栖息地,恢复河道生态功能。同时,施工过程注重节能减排,通过优化施工方案

减少能源消耗与废弃物排放,契合“双碳”目标,实现水利工程与生态环境的协调发展。

4.3 机械化与自动化

机械化与自动化设备的普及大幅提升施工效率与质量。智能压实机械、自动化混凝土浇筑设备等广泛应用,通过GPS定位与自动控制系统,精准控制施工参数,减少人工操作误差。例如,无人驾驶振动碾可按预设路线与参数自动完成碾压作业,提高压实均匀性;自动化混凝土搅拌站实现物料配比、搅拌与运输的全流程自动化。未来,随着5G与机器人技术的发展,施工机械将向无人化、协同化方向迈进,降低人力成本与安全风险。

4.4 标准化与规范化

标准化与规范化是保障工程质量与安全的关键。行业主管部门持续完善施工技术标准与规范,细化各环节操作流程与质量验收标准。例如,对堤身填筑压实度、防渗墙厚度等指标制定统一量化要求,推动施工工艺标准化。同时,通过建立质量追溯体系与标准化管理流程,实现从材料采购到竣工验收的全过程监管。标准化施工不仅提升工程建设效率,还便于不同区域工程的技术交流与经验推广,促进水利行业高质量发展^[1]。

结束语

综上所述,水利工程堤防护岸工程施工技术作为防洪减灾、生态保护与经济发展的重要保障,在不断革新中持续进步。从传统施工工艺到智能化、绿色化的技术转型,从单一功能防护到生态与工程的协同发展,每一次突破都彰显了行业对安全、高效与可持续发展的追求。

参考文献

- [1]赵小芳.关于水利工程中堤防护岸工程施工技术分析[J].价值工程,2021,38(35):243-244.
- [2]梁进宏.探析水利工程中河道堤防护岸工程施工技术[J].农业科技与信息,2021(15):108-109.
- [3]安开浪.水利水电工程中堤防护岸工程施工技术分析[J].智能城市,2021,4(21):186-187.
- [4]曾泓舸.试论堤防护岸工程施工技术在水利工程中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2021(18):167