

水利堤防工程施工技术探讨

张先配

泗洪县水利工程有限公司 江苏 宿迁 223900

摘要：水利堤防工程施工技术涵盖前期勘察、堤基处理、堤身填筑、护坡护岸、排水反滤等多个关键环节。施工过程中需结合地质条件优化方案，合理配置资源，强化材料质量与施工过程控制。随着新材料和智能化技术的发展，堤防工程在提升安全性、耐久性及环保性能方面取得进展。通过科学组织与技术创新，可有效提高工程质量与施工效率，增强防洪能力，为保障区域水安全提供坚实基础。

关键词：堤防工程；堤身填筑；护坡技术；排水反滤；智能化施工

引言：堤防工程是防洪体系中的重要组成部分，其施工质量直接关系到防洪安全与社会稳定。随着极端气候频发，传统堤防施工技术面临新的挑战与要求。如何在复杂地质条件下确保施工质量，提升工程的稳定性与耐久性，成为行业关注的重点。当前，堤防工程不仅需要完善的基础处理与结构设计，还需融合新型材料、智能监测与绿色施工理念，推动工程建设向高效、环保、可持续方向发展，以适应新时代水利建设的需求。

1 水利堤防工程施工前的技术准备

1.1 地质勘察与环境评估

地质条件分析需全面掌握土层结构分布规律，不同土层的承载力差异会影响堤基处理方式。地下水位过高可能导致施工期间地基泥泞，增加土方作业难度。软弱夹层的存在会降低堤基整体稳定性，需在施工前明确其分布范围和厚度^[1]。水文气象研究要结合区域水文特征，洪水频率决定堤防的抗洪等级设计。水流冲刷特性影响堤岸防护结构的选择，季节性水位变化则关系到施工时段的安排。生态与周边环境评估需关注施工区域植被类型，避免破坏原生植被引发水土流失。水生生物的栖息环境可能因施工受到干扰，需提前规划保护措施。施工占地对周边土地利用的影响应纳入评估，确保工程建设与周边生产生活协调。

1.2 施工方案设计优化

断面形式选择需结合当地材料供应和地质条件，均质土堤适用于土料充足且地质简单的区域。斜墙式堤能有效阻挡渗水，适合地基透水性较强的地段。心墙式堤通过中间防渗体阻断水流，在多沙河流域应用广泛。材料性能匹配要考虑土料的压实特性，黏粒含量过高会影响堤身排水，过低则可能导致防渗性能不足。石料需具备足够的抗风化能力，以承受长期水流冲击。混凝土的强度和耐久性应与堤防所处环境相适应，避免因冻融

循环或化学侵蚀影响使用寿命。排水与反滤设计需保证堤身内部积水能及时排出，排水系统的走向应与堤线平行，确保排水通畅。反滤层材料需满足透水性要求，既能阻止土颗粒流失，又能顺利排出渗水，保护堤身结构稳定。

1.3 施工组织规划

分段施工策略应根据堤线长度和地形变化合理划分段落，地势平坦区域可采用连续分段，地形复杂地段则需缩小段落长度以适应施工条件。段落划分需考虑材料运输路线，减少交叉作业干扰。机械设备的配置要依据施工强度选择合适型号，挖掘机的挖掘半径应与推土机的推土范围相配合，压实机的吨位需与土料压实要求匹配。设备之间的作业衔接应顺畅，避免因设备能力不匹配导致施工中断。工期与资源调度需避开主汛期高强度施工，雨季施工时要准备防雨设施，确保土方填筑质量。汛期来临前需完成关键部位施工，制定应急预案应对突发洪水。资源调度应根据施工进度动态调整，保证材料供应与施工需求同步，避免因资源短缺影响工期。

2 水利堤防工程核心施工技术

2.1 堤基处理技术

清基与表层处理需彻底清除堤基范围内的杂物、树根及杂草，避免这些物质腐烂后形成空洞影响堤基稳定。对于表层软弱土层，应根据其厚度采取相应处理措施，薄层软弱土可直接挖除，较厚土层则需采用适当方法改良^[2]。处理后的基底应保持平整，坡度符合设计要求，为后续施工创造条件。地基加固方法中，换填法适用于浅层软弱地基，将软弱土挖除后换填强度较高的砂石或灰土，分层压实至规定密度。强夯法通过重锤反复夯击地基，利用冲击力提高地基承载力，适合处理碎石土、砂土等渗透性较好的土层。排水固结法通过设置排水通道，加速地基土排水固结，减少后期沉降，多用于

淤泥质土地基处理。防渗墙施工时,混凝土防渗墙需先进行成槽作业,确保槽壁稳定,成槽后清底换浆,再浇筑混凝土形成连续墙体。塑性混凝土墙则通过调整配合比,降低混凝土弹性模量,增强墙体适应变形能力,成槽与浇筑工艺与普通混凝土防渗墙类似,但需严格控制材料配比。

2.2 堤身填筑技术

土料选择与控制需根据堤身部位确定,黏性土适合作为防渗体,其含水量应控制在最优范围,过高需晾晒,过低则需洒水调整。砂砾土透水性好,可用于堤身填筑,需控制粒径级配,避免过大颗粒集中造成压实不均。分层填筑工艺要求每层填筑厚度均匀,符合压实机械作业要求,厚度过大会导致压实不充分,过小则影响施工效率。压实遍数根据压实机械类型和土料特性确定,确保每层土料达到规定压实度。压实度检测应在每层填筑完成后进行,不合格区域需重新压实。边坡修整与保护需在堤身填筑至一定高度后进行,机械粗修可快速调整边坡轮廓,人工细修则处理边角部位,保证边坡平整度。边坡防护结构施工应与填筑进度相协调,避免边坡长时间暴露受雨水冲刷。

2.3 护坡与护岸技术

刚性护坡中,混凝土预制块护坡需先铺设垫层,再按设计图案摆放预制块,块体间用砂浆勾缝确保整体性。现浇混凝土护坡需支设模板,浇筑时振捣密实,初凝后及时养护,防止出现裂缝。柔性护坡的雷诺护垫由金属网箱装入石块构成,铺设时需固定网箱位置,确保连接牢固,避免被水流冲移。土工格室展开后铺设在坡面上,填充土料并压实,利用格室约束作用增强边坡稳定性。生态护坡的植物护坡应选择适合当地气候的乡土植物,播种或栽植后加强养护,确保成活率。生态袋内装入土壤和植物种子,层层叠放固定在边坡上,袋体间相互连接形成整体,既起到防护作用又能恢复生态。

2.4 排水与反滤设施施工

堤身排水系统中,水平排水褥垫铺设在堤身底部,与垂直排水井相连,将堤身内部渗水汇集排出。垂直排水井按一定间距布置,井管需穿透堤身至透水层,确保排水通畅。反滤层施工中,砂石反滤层需分层铺设,每层材料粒径符合设计要求,铺设时避免颗粒混杂。土工布反滤层铺设应保持平整,搭接宽度满足要求,防止渗水从搭接处带走土颗粒。减压井施工时,井管安装需垂直,滤料填充在井管周围,确保透水性良好。排水沟开挖应顺直,沟底坡度符合排水要求,沟壁采用适当防护措施防止坍塌,出口处设置防冲刷设施,避免水流对周

边土体的侵蚀。

3 水利堤防工程施工中的质量控制要点

3.1 材料质量管控

土料检测需通过实验室检验确定各项指标,含水量过高会导致土料黏结性过强,难以压实,过低则易出现松散现象影响整体性^[3]。塑性指数反映土料可塑性,指数不适会导致填筑后变形过大。有机质含量过高会使土料在长期使用中发生腐烂,破坏堤身结构,需通过检验筛选合格土料。石料与混凝土质量管控中,石料强度需满足受力要求,强度不足会在水流冲击下破碎,影响护坡稳定性。混凝土配合比需根据使用部位调整,不同部位对强度和耐久性要求不同,配合比不当会导致混凝土性能不达标。抗压强度测试需在标准养护条件下进行,确保混凝土达到设计强度。土工合成材料需验证物理性能,土工布的抗拉强度和延伸率需符合铺设要求,避免施工中撕裂。土工膜的厚度和耐穿刺性需达标,防止因局部破损影响防渗效果。耐久性验证需考虑材料在自然环境中的老化速度,确保长期发挥作用。

3.2 施工过程监控

压实度实时检测中,环刀法通过取样测定土料密度,操作简便适合黏性土检测。核子密度仪可快速获取压实度数据,适用于大面积检测,但需与环刀法结果对比校准。检测需覆盖每个填筑段落,确保无压实死角。填筑厚度控制需结合不同压实机械确定,厚度过大易造成底部土料压实不足,过小则增加施工成本。标尺法在填筑区域设置明显标记,直观控制每层厚度。水准仪测量可精确控制高程,确保每层填筑厚度均匀,为后续压实创造条件。边坡稳定性监测需定期跟踪变形情况,坡度仪用于检查边坡坡度是否符合设计,避免坡度偏差过大影响稳定性。全站仪可测量边坡不同部位的位移,及时发现微小变形,为调整施工参数提供依据。监测频率需随施工进度增加,确保变形隐患早发现。

3.3 隐蔽工程验收

防渗墙质量检查中,钻孔取芯可直接观察墙体完整性,判断混凝土浇筑质量。声波透射法通过声波传播速度检测墙体内部缺陷,适合大面积快速检测。两种方法结合使用,可全面评估防渗墙质量,避免渗漏隐患。反滤层完整性验证需结合开挖检查和渗透系数测试,开挖检查可观察反滤层分层是否清晰,有无颗粒混杂。渗透系数测试通过测定渗水速度,确认反滤层透水性是否符合设计,确保既能排水又能保护堤身土料。排水系统通畅性试验中,注水试验通过向排水设施注水,观察水位下降速度判断通畅性。通水试验则模拟实际排水情况,

检查管道接口是否渗漏,排水路径是否顺畅。试验需覆盖所有排水节点,确保系统在汛期能有效发挥作用。

4 水利堤防工程施工技术创新与发展方向

4.1 新型材料的应用

高性能土工材料的推广改变传统施工模式,高强土工格室具有出色的侧向约束能力,铺设于堤身可增强土体整体性,减少变形。其耐酸碱性能适应不同土壤环境,延长使用寿命。耐腐蚀土工膜采用新型配方,抗老化能力显著提升,铺设后可有效阻隔渗水路径,相比传统材料更能适应复杂水文条件^[4]。此类材料还具备良好的柔韧性,能随堤身微小变形而不破损,保持长期防渗效果。生态友好型材料的研发注重环境协调性,可降解植物纤维制成的网垫铺设于边坡,既能临时防护又能在自然环境中逐步降解,避免二次污染。生物基护坡材料以天然原料为基础,添加微生物菌群促进土壤改良,为植物生长创造有利条件,实现工程防护与生态修复的结合。这类材料在降解过程中还能释放养分,进一步助力植被生长,形成良性生态循环。

4.2 智能化施工技术

无人机巡查凭借灵活移动优势,可快速覆盖堤身全线,通过高清影像识别填筑区域的压实不均部位,及时发现边坡微小滑塌迹象。其搭载的传感设备能收集地形数据,为施工调整提供依据,减少人工巡查的盲区。夜间作业时,无人机配备的红外成像功能可监测堤身温度异常区域,排查潜在渗漏点。BIM技术应用贯穿施工全过程,通过三维建模模拟堤基处理、堤身填筑等工序,提前发现各环节的空间冲突,优化施工顺序。基于模型的资源配置分析可合理调配机械与人力,避免闲置浪费,提升施工效率。施工过程中,模型可与实际进度实时对比,及时预警进度偏差,确保工程按计划推进。物联网传感器的埋设在堤体内形成监测网络,应力传感器实时捕捉土料受力变化,应变传感器记录堤身变形数据。这些信息通过无线传输至管理平台,形成动态监测图谱,为判断工程安全性提供数据支持,便于及时采取加固措

施。传感器还能感知环境温湿度变化,为评估材料老化速度提供参考。

4.3 绿色施工理念

施工废弃物循环利用体现资源节约原则,开挖产生的土方经筛选后可用于堤身填筑,减少外购土料的运输成本。废弃石料经破碎处理,可重新作为护坡垫层材料,降低对天然石材的依赖,实现材料的循环流转。施工中产生的泥浆经沉淀处理后,清水可循环用于洒水降尘,沉淀的泥渣则与土料混合后重新利用。生态修复技术关注施工后的环境恢复,植被恢复选用本土物种,采用混播方式构建多样化植物群落,增强生态系统稳定性。水生生物栖息地重建通过营造深浅不一的水域环境,设置人工鱼巢等设施,为鱼类等生物提供繁殖与索饵场所,促进水利工程与自然生态的和谐共生。修复区域还可设置生态监测点,持续跟踪生态系统恢复状况,为后续优化修复方案提供依据。

结束语

水利堤防工程施工是一项系统性强、技术要求高的工程实践,必须从前期准备到施工全过程严格把控。面对不断变化的自然环境和技术需求,应持续优化施工工艺,加强质量控制,推动新技术、新材料的应用。同时注重生态保护与资源循环利用,实现工程建设与环境协调发展的目标。只有不断提升技术水平与管理能力,才能确保堤防工程在防洪减灾中发挥长期稳定的作用。

参考文献

- [1]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.
- [2]高长柏.防渗加固技术在水利堤防工程中的具体应用[J].文渊(中学版),2022(1):154-156.
- [3]李明,张伟.水利工程堤防防渗施工技术研究[J].水利建设与管理,2022,42(3):78-82.
- [4]张华,刘燕.水利工程堤防防渗处理技术研究[J].科技创新与应用,2021,(25):147-149.