

关于堤防工程施工技术在水利工程建设中的应用研究

李朝琳

河北省水利工程局集团有限公司 河北 石家庄 050000

摘要：堤防工程作为水利防洪体系的核心组成，承担着挡水防洪、护岸固坡等关键功能，其施工质量直接关系到水利工程安全与生态保护成效。本文阐述堤防工程核心概念、施工要求及影响因素，重点分析堤基处理、堤身填筑、防渗防护等核心施工技术的应用要点，结合工程实例探讨技术应用过程与质量控制措施，总结应用成效与现存问题，提出优化方向，为水利工程中堤防施工技术的规范应用、质量提升提供理论参考与实践借鉴。

关键词：堤防工程；施工技术；水利工程建设；应用

引言：水利工程是保障水资源合理利用、抵御洪涝灾害的重要基础设施，堤防工程作为其中关键组成部分，在保护沿岸居民生命财产安全、稳定水域生态环境中发挥着不可替代的作用。随着水利建设提质增效需求提升，传统堤防施工技术已难以满足高标准防洪与生态保护要求。基于此，本文围绕堤防工程施工技术在水利工程建设中的应用展开研究，破解施工难点、优化技术应用，对推动水利工程高质量发展具有重要现实意义。

1 堤防工程施工相关理论基础

1.1 堤防工程核心概念与分类

（1）堤防工程的定义与核心功能：堤防工程是指为抵御洪水、保护周边居民生命财产安全和生态环境，在江河、湖泊、海岸等水域周边修建的挡水建筑物，是水利防洪体系的核心组成部分。其核心功能包括挡水防洪，拦截洪水、防止漫溢；输水导流，辅助调节水流、保障航运安全；护岸固坡，防止岸坡冲刷、稳定水域边界，同时兼顾生态保护与土地利用等辅助功能。（2）堤防工程的常见分类及适用场景：按修建位置可分为江河堤防、湖泊堤防、海岸堤防，江河堤防适用于内陆江河防洪，湖泊堤防用于控制湖泊水位、保护湖滨区域，海岸堤防抵御海浪、潮汐侵蚀。按结构形式可分为土堤、石堤、混凝土堤防，土堤取材便捷、造价较低，适用于土质较好、洪水压力较小的区域；石堤抗冲刷能力强，适用于水流湍急、岸坡易冲刷地段；混凝土堤防强度高、耐久性好，适用于防洪标准高、人口密集的重要区域。

1.2 水利工程中堤防施工的核心要求

（1）防洪标准要求：需严格遵循国家相关规范，根据堤防保护区域的人口、经济规模、重要程度，确定对应的防洪标准，确保堤防在设计洪水流量、水位作用下不溃决、不漫溢，满足长期防洪安全需求。（2）稳定性与耐久性要求：施工需保证堤防整体稳定性，防止出现

滑坡、沉降、渗透破坏等问题；同时提升结构耐久性，抵抗水流冲刷、冻融循环、腐蚀等自然因素影响，延长堤防使用寿命。（3）生态兼容性要求：施工过程中减少对周边生态环境的破坏，合理规划施工区域，保护植被、水生生物栖息地，采用生态友好型材料和工艺，实现防洪安全与生态保护协同发展^[1]。

1.3 堤防工程施工的核心影响因素

（1）地质水文因素：地质条件直接影响堤防地基稳定性，软土地基易导致沉降，岩石地基需做好锚固处理；水文条件（水位、流量、流速）决定施工工艺选择，高水位、大流速区域需加强抗冲刷措施。（2）材料与设备因素：筑堤材料的质量（如土料、石料、混凝土强度）直接决定堤防强度和耐久性；施工设备的性能（如压实机械、运输设备）影响施工效率和施工质量，设备故障易导致施工延误。（3）施工工艺与管理因素：科学的施工工艺（如分层压实、防渗处理）是保证堤防质量的关键；完善的施工管理（进度控制、质量监管、安全管理）可避免施工漏洞，确保施工有序推进，减少质量隐患。

2 水利工程建设中堤防工程核心施工技术应用

2.1 堤基处理施工技术

（1）堤基清理与平整技术：施工前需彻底清理堤基范围内的杂草、树根、腐殖土及建筑垃圾，清理深度不小于30cm，确保堤基土体纯净，避免杂质影响地基承载力。清理完成后，采用平地机进行堤基平整，平整误差控制在±5cm以内，同时修整堤基边坡，使其符合设计坡度，为后续施工奠定坚实基础，平整后需对堤基进行初步碾压，压实度不低于90%。（2）软弱堤基加固技术：针对软土、淤泥等软弱堤基，常用换填法和桩基处理法。换填法选用级配砂石、灰土等优质材料，替换原有软弱土层，分层填筑碾压，每层厚度20-30cm，压实度达

到95%以上；桩基处理采用预制混凝土桩或水泥搅拌桩，按间距1.2-1.8m布置，桩长根据软弱土层厚度确定，确保桩基深入硬土层，提升堤基整体承载力，防止后期沉降。（3）堤基防渗处理技术：主要采用土工膜铺设、防渗铺盖及帷幕灌浆结合方式。土工膜选用高密度聚乙烯材质，铺设时拼接采用热焊法，搭接宽度不小于10cm，焊接合格率100%；防渗铺盖采用黏土或膨润土铺设，厚度0.4-0.6m，延伸至堤身两侧；深层堤基采用帷幕灌浆，灌浆孔间距2-3m，形成连续防渗屏障，杜绝堤基渗漏^[2]。

2.2 堤身填筑与压实施工技术

（1）填筑土料选择与开采技术：优先选用级配良好、渗透性小、稳定性强的砂壤土或粉质黏土作为填筑土料，严禁使用淤泥、冻土及杂质含量超标的土料。土料开采前需检测含水量，控制在16%-23%，符合碾压要求；开采采用分层开挖，避免过度扰动土体，开采后及时运输至施工区域，防止土料含水量流失或变质。（2）分层填筑施工工艺：采用分层填筑、分层碾压的原则，每层填筑厚度控制在25-30cm，填筑宽度比设计堤身宽50cm，预留边坡修整余量。填筑时从堤身两侧向中间推进，错缝搭接，搭接宽度不小于1m，避免出现纵向通缝，确保堤身整体性，填筑过程中及时平整，防止出现局部凸起或凹陷。（3）碾压压实技术与参数控制：选用重型压路机进行碾压，碾压速度控制在2-3km/h，遵循“先轻后重、先边后中、先慢后快”的原则，每层碾压6-8遍。压实参数严格把控，压实度对于堤身主体不低于96%，堤顶及边坡不低于95%，碾压后及时检测，不合格区段需重新碾压，直至符合标准。

2.3 堤防防渗与防护施工技术

（1）灌浆防渗施工技术：劈裂灌浆适用于堤身渗漏治理，灌浆压力控制在0.3-0.5MPa，灌浆孔间距2m，浆液采用水泥浆与黏土混合液，确保浆液渗透至堤身缝隙；高压喷射灌浆用于深层防渗，通过高压喷射设备将浆液喷射至土层，形成凝结体，提升防渗能力，喷射压力不低于20MPa。（2）垂直防渗技术：地下连续墙适用于深度较大的防渗工程，采用液压抓斗成槽，槽宽60-80cm，浇筑混凝土形成连续墙体，墙体渗透系数不大于 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ；防渗幕墙采用深层搅拌桩施工，桩体相互搭接，形成垂直防渗屏障，适用于堤基深层防渗。（3）堤岸防护技术：生态格宾选用镀锌钢丝格宾网，内填石块，铺设于堤岸迎水侧，兼具抗冲刷和生态保护功能；植生混凝土用于堤岸边坡防护，采用多孔混凝土材料，植入草本植物，既提升边坡稳定性，又改善生态环境，适用于坡度较缓的堤岸区段^[3]。

2.4 排水与配套设施施工技术

（1）垂直与水平排水系统施工：垂直排水采用排水井，按间距3-5m布置，深入堤基透水层，排出堤基孔隙水，降低地下水位；水平排水在堤基底部铺设排水盲沟，采用碎石填充，盲沟坡度不小于2‰，确保排水顺畅，避免堤基积水导致承载力下降。（2）堤身排水设施施工：在堤身内部设置排水盲管，沿堤身纵向布置，间距4-6m，盲管与垂直排水井连通，及时排出堤身内部渗水，防止堤身软化；堤顶设置排水沟，收集雨水，避免雨水冲刷堤身，排水沟坡度与堤顶坡度一致，确保雨水顺利排出^[4]。（3）配套防护构筑物施工：包括堤顶护栏、排水闸、护坡道等，护栏采用混凝土或钢结构，高度不低于1.2m，确保施工及运行安全；排水闸设置于堤身合适位置，控制水流进出，便于汛期排水；护坡道铺设于堤岸两侧，采用生态格宾或植草防护，增强堤岸抗冲刷能力。

3 水利工程建设中堤防工程施工技术应用实例分析与质量控制

3.1 工程实例概况

（1）工程基本信息与建设背景：本次实例为某河道堤防加固工程，位于南方湿润地区，堤防总长8.6km，设计防洪标准为50年一遇，堤顶高程18.2m，堤身顶宽6m，边坡比1:3.5。该河道为区域重要防洪排涝通道，原有堤防建成年久，存在堤身沉降、局部渗漏等问题，严重威胁沿岸村镇及农田安全，因此实施本次加固工程，核心目标是提升堤防防洪能力、增强结构稳定性，兼顾生态保护需求。（2）工程地质水文条件与施工难点：地质方面，堤基主要为软土和粉质壤土，承载力较低，易产生不均匀沉降；部分区段存在淤泥层，厚度0.8-2.3m，给堤基处理带来难度。水文方面，工程区域年降水量大，施工期间恰逢汛期，水位波动频繁，易导致施工中断，且水流流速较大，对堤岸冲刷作用明显。施工难点主要为软土地基加固、汛期施工防护及防渗体系构建，需结合现场条件优化施工技术。

3.2 实例中核心施工技术的应用过程

（1）堤基处理技术应用细节：针对软土地基，采用换填+桩基复合加固技术，先挖除表层淤泥及软弱土层，换填级配砂石，分层碾压密实，压实度控制在95%以上；再打入预制混凝土桩，桩长8-12m，间距1.5m，提升堤基承载力。堤基防渗采用铺设土工膜+防渗铺盖结合方式，土工膜拼接采用热焊法，搭接宽度不小于10cm，防渗铺盖采用黏土分层铺设，厚度0.5m，延伸至堤身两侧各3m。（2）堤身填筑与防渗技术应用要点：填筑土料选

用当地优质砂壤土,开采前经检测,含水量控制在18%-22%,符合碾压要求。采用分层填筑、分层碾压工艺,每层填筑厚度25cm,碾压采用重型压路机,遵循“先轻后重、先边后中”原则,碾压6遍后检测密实度,确保不低于96%。堤身防渗采用劈裂灌浆技术,灌浆压力控制在0.3-0.5MPa,灌浆孔间距2m,形成连续防渗帷幕,杜绝堤身渗漏。(3)施工过程中的技术调整与优化:汛期施工时,调整填筑进度,优先完成迎水侧堤身施工,增设临时防护桩和土工布防护,减少水流冲刷;针对局部软土地基沉降超标问题,增加桩基密度,调整换填材料配比,掺入5%石灰提升承载力;灌浆过程中,根据堤身土体渗透系数,实时调整灌浆压力和浆液浓度,确保防渗效果。

3.3 堤防工程施工质量控制体系

(1)施工前质量控制要点:严格审核施工方案,对施工人员进行技术交底和岗前培训;检测筑堤材料、施工设备性能,不合格材料严禁进场,设备经调试合格后方可使用;对堤基进行全面勘察,细化地质资料,针对性优化施工技术参数;建立质量管理体系,明确各岗位质量职责。(2)施工过程质量管控措施:实行“三检制”(自检、互检、专检),每道工序验收合格后方可进入下一道工序;重点管控堤基处理、填筑碾压、灌浆防渗等关键工序,实时检测压实度、含水量、灌浆效果等指标;加强汛期施工监测,定期观测堤身沉降、位移,及时发现并处理质量隐患;规范施工记录,确保资料完整可追溯^[5]。(3)施工后质量检测与验收标准:施工完成后,对堤身沉降、位移、防渗性能等进行全面检测,沉降量控制在5cm以内,渗透系数符合设计要求;采用注水试验、钻孔检测等方式,检查堤身密实度和防渗效果;对照水利工程施工规范,对堤身外观、配套设施进行验收,验收合格后方可投入使用,不合格区段需限期整改并重新检测。

3.4 实例应用效果评价

(1)技术应用效果分析:本次工程采用的复合堤基加固、劈裂灌浆等技术,有效解决了软土地基沉降和堤身渗漏问题,经检测,堤身密实度、防渗性能均符合设计标准,汛期未出现漫溢、渗漏等隐患,防洪能力达到50年一遇标准。同时,采用生态友好型施工技术,减少了对周边生态环境的破坏,实现了防洪与生态保护双赢。(2)存在的问题与改进方向:存在的问题主要为局部堤岸防护抗冲刷能力不足,汛期出现轻微冲刷痕迹;灌浆施工局部存在浆液扩散不均现象。改进方向为优化堤岸防护工艺,采用生态格宾增强抗冲刷能力;改进灌浆设备,采用精准灌浆技术,控制浆液扩散范围;建立长期监测机制,定期对堤防进行维护,延长使用寿命。

结束语

本文通过对堤防工程施工技术的系统研究,明确了核心技术应用要点与质量控制关键环节,结合工程实例验证了复合堤基加固、劈裂灌浆等技术的可行性与有效性。研究表明,科学选用施工技术、完善质量管控体系,能有效提升堤防工程稳定性与耐久性。未来需针对现存技术短板持续优化,推动生态友好型技术的创新应用,建立长期维护机制,为水利工程堤防建设提供更可靠的技术支撑。

参考文献

- [1]陈丽霞.堤防工程施工技术在水利工程建设中的应用研究[J].百科论坛电子杂志.2021,7(10).59-62.
- [2]杜泽炜.堤防工程施工技术在水利工程建设中的应用研究[J].建筑工程技术与设计.2022,20(33).187-189.
- [3]田相信.堤防工程施工技术在水利工程建设中的应用研究[J].百科论坛电子杂志.2024,16(3).177-180.
- [4]薛峰,赵盼,任泽俭.水利工程堤防质量控制与施工技术研究[J].建设监理.2022,35(12).91-93.
- [5]徐昂.堤防工程施工技术在水利工程建设中的应用研究[J].未来城市设计与运营.2023,10(1).71-73.