

河道堤防加固设计浅析

孙 瀚 张 玥 张艳霞

江苏省水利勘测设计研究院有限公司 江苏 扬州 225000

摘 要：河道堤防作为防洪减灾的关键工程设施，其安全稳定直接关系到沿岸人民生命财产安全与社会经济发展。本文围绕河道堤防加固设计展开研究，分析了堤防现状与问题，包括地形地质、水文特征及堤防病害等方面；阐述了加固设计需遵循的安全优先、生态协调等原则；随后从堤身加固、堤基处理、防渗排水系统及结构材料选择四个维度，探讨了设计要点。研究旨在为河道堤防加固工程提供系统的设计思路与技术参考，以提升堤防的安全性、耐久性与生态适应性，保障河道防洪体系的稳定运行。

关键词：河道堤防；加固设计；要点

引言：当前部分河道堤防因地形地质复杂、水文条件多变及自身病害等问题，防洪能力不足。国内外虽在加固技术上有一定研究，但仍需结合实际情况优化设计方案。本文通过分析堤防现状与问题，明确设计原则，细化设计要点，为堤防加固工程提供科学指导，助力构建更可靠的防洪屏障。

1 河道堤防现状与问题

河道堤防的现状与问题分析是加固设计的基础，需从以下地形地质、水文特征及堤防自身病害等多维度展开。（1）地形地质条件。多数河道流经区域地形复杂，存在高低起伏的地貌特征，堤防沿线可能穿越冲积平原、丘陵山地等不同地形单元，导致堤身基础受力不均。地质构造方面，部分堤防堤基分布着软土层、砂层等不良地质体，软土层承载力低、压缩性高，易引发堤身沉降或不均匀变形；砂层透水性强，在水头差作用下可能产生管涌、流土等渗透破坏。地下水分布不均也是突出问题，地下水位较高的区域，堤基长期受地下水浸泡，会降低土体抗剪强度，加剧堤防失稳风险。（2）河道水文特征的复杂性增。受气候与流域汇流条件影响，河道流量与水位变幅较大，汛期洪峰流量大、水位高，对堤身产生强烈的冲击与淘刷作用；枯水期水位骤降，堤身易因渗透压力释放不平衡出现裂缝。水流流速分布不均同样不容忽视，弯道处横向环流明显，凹岸堤防受冲刷严重，凸岸则易淤积，导致堤防受力状态失衡。部分河道存在潮汐影响，水位周期性涨落使堤防反复经历干湿交替，加速了堤身材料的老化与劣化。（3）现有堤防普遍存在多种病害，直接威胁工程安全。渗透破坏是常见问题，表现为堤身或堤基出现渗水、管涌等现象，多因防渗设施不完善或材料抗渗性能不足所致，若不及时处理，可能发展为溃堤险情。滑坡病害在堤坡较陡或

堤基软弱的区段频发，主要由于堤身土体抗剪强度不足，在自重与水压力作用下沿滑动面失稳。堤身裂缝也较为普遍，包括纵向裂缝、横向裂缝等，成因涉及温度变化、地基不均匀沉降、施工质量缺陷等，裂缝会加剧雨水渗入与土体风化，降低堤防整体性^[1]。

2 河道堤防加固设计原则

河道堤防加固设计需遵循科学系统的原则，以实现工程安全、生态协调与可持续发展的多重目标，具体可分为以下六大原则：（1）安全优先原则。设计需以抵御设计洪水为核心，通过精准计算堤身抗滑稳定、渗透系数等关键指标，确保堤防在设计洪水位、校核洪水位及各类不利工况下不发生滑坡、溃决等险情。需兼顾堤基处理的安全性，对软土地基采用排水固结、复合地基等技术，对透水地基强化防渗帷幕设计，从根本上消除渗透破坏隐患。（2）生态协调性原则。设计中避免过度硬化，优先采用生态护坡（如植被混凝土、格宾石笼）替代传统浆砌石结构，保留河道水体与地下水的自然交换通道。需保护堤防周边湿地、滩涂等生态敏感区，通过预留生物迁徙通道、营造滨水植被带等措施，维持河道生态系统的完整性与生物多样性。（3）经济性原则。设计阶段需通过多方案比选，优化堤线布置与结构形式，例如在地形平缓区域采用土堤结合防渗膜的经济型方案，在城镇段结合景观需求采用复合堤型以降低综合成本。需考虑全生命周期成本，避免因短期节约投资导致后期维护费用激增。（4）可持续发展原则。设计需预留未来升级空间，例如在堤顶宽度、结构强度等参数上适当超前，以应对气候变化引发的洪水频率上升趋势。此外，应优先选用可再生材料（如工业固废再生骨料），并通过雨水收集、太阳能监测等技术融入，提升工程的低碳属性。（5）因地制宜原则。针对山区河道，需强化

堤身抗冲刷设计,采用加糙护面、挑流墩等措施抵御急流冲击;针对平原河道,重点优化堤基排水系统,预防管涌风险。需结合流域规划,使堤防加固与防洪体系、水资源调度等整体布局相匹配。(6)协同性原则。设计需协调防洪功能与生态景观、交通休闲等附加功能,例如在堤顶设置慢行系统时,需保证堤身荷载不超限;在兼顾灌溉取水需求时,需优化涵闸位置以避免削弱堤防整体性^[2]。通过多专业协同设计,实现工程功能的最大化。

3 河道堤防加固设计要点

3.1 堤身加固设计要点

堤身加固设计需以提升整体稳定性为核心,综合考虑堤身结构现状与受力特征,具体要点如下:(1)明确堤身断面优化标准,根据防洪等级确定合理的堤顶高程、堤身坡度及顶宽。堤顶高程应满足设计洪水位加安全超高要求,安全超高值需依据堤防级别、堤型及周边环境确定;堤身坡度需结合堤身材料抗剪强度计算,黏性土堤身可采用较缓坡度,砂性土堤身则需适当加陡并配合护坡措施;堤顶宽度需兼顾防汛交通与管理需求,同时预留后期维护空间。(2)堤身填筑质量控制。对于堤身存在的空洞、裂缝等缺陷,需采用灌浆填充技术处理,灌浆材料选择需匹配堤身土料性质,确保浆液扩散均匀且与原堤身结合紧密。填筑土料的物理力学指标需严格把控,黏粒含量、压实度等参数应符合设计标准,填筑过程中需分层碾压,控制每层厚度与碾压遍数,避免出现分层剪切面。针对新旧堤身结合部位,需设置台阶式接坡,坡比不陡于1:3,并对结合面进行刨毛处理,必要时铺设土工合成材料增强整体性。(3)堤身抗滑稳定设计需结合边坡形态与受力条件。通过计算不同工况下的边坡稳定系数,确定是否需要增设抗滑结构。当稳定系数不满足要求时,可采用放缓边坡、增设戗台或抗滑桩等措施。戗台设置需考虑堤身高度与坡度,通常布置在堤身中下部,宽度根据稳定计算结果确定;抗滑桩设计需明确桩长、桩径及间距,桩体材料强度需匹配受力要求,桩顶可通过冠梁连接形成整体抗滑体系。(4)堤身防护设计需针对水流冲刷与风化侵蚀问题。迎水坡防护需根据流速大小选择合适的结构形式,流速较低区域可采用植被防护,流速较高区域则需采用刚性护坡,如混凝土预制块、浆砌石等,防护结构底部需设置反滤层防止堤身土料流失。背水坡防护以防止雨水冲刷为主,可采用草皮或网格植生带,同时设置坡面排水槽,槽底需做防渗处理,避免雨水渗入堤身。

3.2 堤基处理设计要点

堤基处理设计需以消除地基隐患、提高承载能力为

目标,根据地质条件差异采取以下针对性措施。明确堤基勘察重点,查明地基土层分布、厚度、物理力学性质及地下水埋深,重点关注软土层、砂层等不良地质体的空间分布特征,为处理方案选择提供依据。(1)软土地基处理需注重变形控制与强度提升。根据软土厚度与性质,可采用置换法、排水固结法或复合地基法。置换法适用于浅层软土,置换材料选用级配良好的砂石或灰土,置换深度需穿透软土层,底部设置反滤层;排水固结法通过设置塑料排水板或砂井,加速地基排水固结,同时配合堆载预压或真空预压,预压荷载需分级施加,避免地基失稳;复合地基法采用水泥土搅拌桩、高压喷射注浆桩等形成桩体,桩间距与桩长根据地基承载力要求确定,桩顶设置褥垫层实现应力均匀传递。(2)透水地基处理需强化防渗与抗冲刷能力。对于浅层透水地基,可采用截渗沟或防渗铺盖,截渗沟深度需穿透透水层,沟内填充防渗材料并分层压实;防渗铺盖长度根据渗透比降计算确定,材料可选用黏土、土工膜或沥青混凝土,与堤身防渗体紧密连接形成封闭系统。对于深层透水地基,需采用防渗墙技术,墙型选择需结合地质条件与施工条件,混凝土防渗墙适用于各类地层,塑性混凝土防渗墙则适用于变形较大的地基,墙底需嵌入相对不透水层一定深度,确保防渗效果。(3)地基不均匀沉降控制是堤基处理的重要内容。通过计算地基附加应力分布,预测沉降量与差异沉降值,当沉降量超过允许值时,需采取调整堤身荷载分布、设置沉降缝等措施。沉降缝间距需根据地基条件与堤身结构确定,缝宽满足变形要求,缝内设置止水结构,防止渗水对地基的侵蚀^[3]。

3.3 防渗与排水系统设计要点

防渗系统设计需构建完整的防渗体系,阻断渗水路径,具体要点如下:(1)堤身防渗设计需根据堤身材料透水性确定方案。对于透水性较强的堤身,可采用黏土斜墙或心墙,斜墙顶宽与底宽根据防渗要求计算,与堤身结合面需设置过渡层;心墙需贯穿堤身全高,底部与地基防渗体连接,两侧设置反滤层防止土料流失。土工膜防渗适用于各类堤身,膜材选择需满足强度、耐候性要求,铺设时需保证平顺无褶皱,接缝采用热熔焊接或胶粘,焊接质量需通过检测确保无渗漏。(2)堤基防渗设计需与堤身防渗形成整体。当堤基存在强透水层时,需设置垂直防渗体,如防渗墙、高压喷射注浆帷幕等,防渗体深度需根据渗透计算确定,确保将渗透比降控制在允许范围内。对于堤岸结合部位,需强化岸坡防渗处理,采用齿墙嵌入岸坡稳定土层,齿墙深度与宽度根据岸坡地质条件确定,表面铺设防渗材料并与堤身防渗体

衔接。(3)排水系统设计需实现快速排渗、降低渗透压力的目标。堤身排水需在背水坡设置排水体,如堆石排水棱体、褥垫式排水等,排水体顶部需高于地下水位,底部设置反滤层防止堤身土料被带出。排水棱体需分层填筑,块石粒径由内向外逐渐增大,确保排水通畅;褥垫式排水铺设于堤身底部,与堤基排水系统连接,形成立体排水网络。(4)堤基排水需根据地基渗透性选择合适形式。对于浅层地基,可采用明沟排水,沟底坡度满足排水要求,沟壁采取防护措施防止坍塌;对于深层地基,可设置排水井,井间距根据排水半径计算确定,井内填充滤料并设置井管,确保排水效果。堤脚排水需在背水堤脚设置集水沟与排水井,将渗水集中排出,避免在堤脚形成积水。

3.4 结构与材料选择要点

结构选型需结合工程条件与功能需求,确保结构安全可靠,其要点如下:(1)护坡结构选择需考虑水流条件与岸坡稳定性。迎水坡护坡需具备抗冲刷能力,根据流速大小可选用浆砌石、混凝土板、格宾网等,浆砌石护坡需设置伸缩缝与排水孔,缝内填充柔性材料;混凝土板护坡采用预制块拼装,板间设置嵌缝材料,底部铺设反滤层;格宾网护坡由镀锌钢丝网箱填充块石,具有一定柔性,适用于岸坡变形较大的区域。(2)堤岸防护结构需兼顾抗滑与防冲功能。对于冲刷严重的堤岸段,可设置丁坝、顺坝等控导工程,丁坝长度需根据河道宽度与水流速度确定,坝头需强化防护以抵御水流冲击;顺坝与堤岸平行布置,坝身高度需满足设计水位要求,坝根与堤防紧密连接防止渗水。护脚结构需采用抗冲刷材料,如抛石、沉排等,抛石粒径根据冲刷深度与流速计算确定,沉排采用土工织物与块石组合,铺设时

需确保平整并锚固牢固。(3)材料选择需满足性能要求与工程适用性。土料选用需符合颗粒级配、塑性指数等指标,优先选用当地优质土料,避免使用膨胀土、分散性土等不良土料;石料需质地坚硬、无风化,抗压强度满足设计要求,用于护坡的块石需进行加工确保外形规整。(4)新型材料应用需经过技术论证,土工合成材料需满足强度、耐腐蚀性与耐久性要求,土工膜选择需考虑气候条件,寒冷地区需选用低温抗裂性好的产品;土工格栅用于加筋堤身时,需确定合适的铺设层数与间距,确保与土料协同工作。混凝土材料需根据结构功能确定强度等级与抗渗等级,暴露在水环境中的结构需添加阻锈剂、引气剂等外加剂,提高耐久性^[4]。

结束语:河道堤防加固设计需全面考量现状问题,严格遵循科学原则,精准把握各环节设计要点。通过合理的堤身加固、堤基处理、防渗排水系统构建及结构材料选择,可有效提升堤防性能。未来应持续关注生态理念与新技术的融合,不断优化设计方案,以适应复杂环境与长远发展需求,确保河道堤防在防洪减灾中持续发挥重要作用,为区域安全与生态保护提供坚实保障。

参考文献

- [1]张鹏.河道整治工程堤防加固设计探析——以淦阳新河为例[J].海河水利,2021(2):36-38,42.
- [2]陈木桂.某河道水面线推求及堤防加固设计[J].河南水利与南水北调,2023,52(11):72-73.
- [3]张海萍.河道堤防生态护坡设计及防渗加固研究[J].珠江水运,2024(24):142-144.
- [4]桑毅佳.河道整治中堤防加固工程设计探讨[J].现代工程科技,2023,2(14):47-50.