

水利工程中堤防加固工程设计策略研究

刘亮亮

河南省水务规划设计研究有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 本文聚焦堤防加固工程设计, 阐述其核心原则, 强调基于实际工况, 兼顾科学、经济、安全与因地制宜。介绍前期勘察核心内容, 识别常见病害类型并分析成因。详细论述堤身、防渗、护坡加固的设计策略, 针对不同病害与工况选择适配技术。提出设计优化措施, 包括优化设计参数、衔接设计环节、全面开展设计验算。通过科学合理的设计与优化, 提升堤防加固工程的质量与效果, 保障堤防安全稳定运行, 为防洪减灾提供有力支撑。

关键词: 水利工程; 堤防加固; 工程设计; 加固策略

引言: 堤防作为防洪体系的关键组成部分, 其安全稳定关乎人民生命财产与区域发展。然而, 受自然因素与人为活动影响, 现有堤防存在诸多病害, 威胁防洪安全。堤防加固工程设计是解决病害、提升稳定性的关键环节。科学合理的设计需遵循特定原则, 基于全面勘察与精准分析, 选择适配加固技术与参数。深入研究堤防加固工程设计, 对提高堤防抗洪能力、保障社会稳定发展具有重要意义。

1 堤防加固工程设计的核心原则

堤防加固工程设计需立足现有堤防的实际工况, 以解决病害、提升稳定性为核心目标, 遵循科学合理、经济可行、安全可靠、因地制宜的核心原则, 确保加固设计方案能够适配堤防的实际需求, 同时兼顾施工便捷性与后期运维便利性。(1) 科学性原则要求加固设计需基于对现有堤防结构的全面勘察, 明确病害类型、成因及严重程度, 结合地质、水文等自然条件, 选择适配的加固技术与设计参数, 避免盲目设计导致加固效果不佳。经济可行性原则强调在满足加固质量与安全要求的前提下, 优化设计方案, 合理控制工程成本, 优先选择性价比高、施工难度适中的加固技术, 避免过度设计造成的资源浪费。(2) 安全可靠原则是堤防加固设计的首要原则, 设计方案需确保加固后的堤防能够抵御设计洪水、水流冲刷等各类不利因素, 有效遏制病害发展, 保障堤防结构的长期稳定性, 杜绝加固后出现新的安全隐患。因地制宜原则要求结合堤防所在区域的地质条件、水文特征、现有结构形式, 灵活调整设计方案, 避免照搬统一设计模式, 确保设计方案与实际工况高度适配^[1]。

2 堤防加固工程设计的前期勘察与病害分析

2.1 前期勘察核心内容

堤防加固设计的前期勘察需聚焦现有堤防的结构参数、地质条件、水文特征三大核心内容, 为设计提供精

准的数据支撑。结构参数勘察主要针对现有堤防的堤身高度、顶宽、坡比、堤身材料、防渗设施、护坡结构等进行全面检测, 明确堤防现有结构的完整性与合理性, 排查结构缺陷; 地质条件勘察重点分析堤防所在区域的土层分布、土壤性质、地下水位、岩层状况等, 明确地质条件对堤防结构稳定性的影响, 判断是否存在软弱土层、透水层等不利地质因素, 为加固技术选择与设计参数确定提供依据。水文特征勘察主要监测区域内设计洪水流量、水位、流速等参数, 分析水流对堤身、堤脚的冲刷强度, 预判洪水对加固后堤防的作用效果, 确保设计方案能够抵御相应的水文荷载。

2.2 常见堤防病害类型识别

结合堤防长期运行规律, 常见的堤防病害主要分为渗漏病害、裂缝病害、沉降病害、滑坡病害四大类, 不同病害的表现形式与危害程度存在差异, 需在勘察过程中精准识别。渗漏病害主要表现为堤身渗水、堤脚冒水、堤后沼泽化等, 多由堤身材料渗透性强、防渗设施不完善、地质透水性影响导致, 长期渗漏会削弱堤身土体强度, 引发管涌等次生隐患; 裂缝病害分为纵向裂缝、横向裂缝与斜向裂缝, 多由堤身不均匀沉降、温度变化、土体干缩等因素引发, 裂缝会破坏堤身完整性, 成为雨水、洪水渗透的通道, 加剧堤防损坏。沉降病害主要表现为堤身下沉、堤顶高程不足, 多由堤身填土压实度不够、软弱地基承载力不足等导致, 沉降过量会降低堤防的防洪标准, 影响堤防正常功能发挥。滑坡病害主要发生在堤坡部位, 表现为堤坡土体滑动、坍塌, 多由坡比过大、水流冲刷、土体含水量过高导致, 滑坡会直接威胁堤防结构安全, 严重时可能引发堤防溃决^[2]。

2.3 病害成因核心分析

堤防病害是自然与人为因素交织作用所致, 其核心成因主要涵盖三个方面。材料因素是堤防病害产生的基础性

原因。堤身填土若颗粒大小分布不均、级配不合理,且压实度未达设计要求,会使堤身土体结构松散、孔隙率大,整体稳定性欠佳。护坡材料若强度不足、抗冲刷性能差,在长期水流及雨水作用下,易出现磨损、剥落,无法有效保护堤坡土体。这些材料缺陷使堤防结构存在薄弱环节,经长期运行后易引发渗漏、裂缝等病害;自然因素对堤防的破坏具有持续性。区域内集中降雨、洪水冲刷会直接侵蚀堤防;地下水位上升会增加堤身浸润线,降低土体抗剪强度;温度变化导致土体干缩湿胀,产生裂缝。这些自然条件不断作用,加速土体老化、结构破损,诱发各类病害;设计与施工遗留因素使堤防先天存在隐患。设计时参数不合理、结构不完善,施工时工艺不规范、质量把控不严,都会导致堤防在建成初期就存在缺陷,长期运行后隐患逐渐显现,引发病害。

3 堤防加固工程核心设计与策略

3.1 堤身加固设计策略

堤身加固的核心目标是提升堤身土体强度、增强堤身完整性,解决堤身裂缝、沉降、渗漏等基础病害,常用的加固技术包括堤身培厚、堤身压实、换填加固三种,设计过程中需结合病害严重程度选择适配技术。(1)堤身培厚设计主要适用于堤身单薄、顶宽不足或沉降过量的堤防,设计过程中需明确培厚宽度、高度与坡度,培厚材料需与原有堤身材料匹配,优先选择渗透性弱、压实性能好的土壤,同时确保培厚部分与原有堤身结合紧密,避免出现分层、脱空现象,培厚坡度需结合地质条件与水流情况合理确定,兼顾稳定性与经济性。(2)堤身压实加固适用于堤身填土压实度不足、土体松散导致的渗漏、裂缝病害,设计过程中需明确压实标准、压实范围与压实工艺,根据原有堤身土体性质,确定合理的压实机械与压实参数,对松散部位进行分层压实,确保压实后堤身土体压实度达到设计要求,提升堤身整体强度与抗渗能力。(3)换填加固适用于堤身存在软弱土层、劣质土层的情况,设计过程中需明确换填范围、深度与换填材料,换填材料需选择强度高、渗透性弱、稳定性好的材料,换填深度需根据软弱土层厚度与承载力要求确定,换填过程中需分层铺设、分层压实,确保换填部分与原有堤身、地基结合紧密,提升堤身承载能力,杜绝沉降、滑坡隐患^[3]。

3.2 防渗加固设计策略

防渗加固的核心目标是减少堤身、堤基渗漏量,阻断渗漏通道,防止管涌、流土等次生病害发生,常用的防渗技术包括防渗墙、帷幕灌浆、铺设防渗膜三种,设计过程中需结合渗漏类型与地质条件合理选择。(1)防

渗墙设计适用于堤基透水层较厚、渗漏严重的堤防,设计过程中需明确防渗墙的厚度、深度、材料与施工工艺,防渗墙厚度需根据防渗要求与施工难度确定,深度需穿透透水层,嵌入不透水层一定深度,确保防渗效果,防渗墙材料需选择抗渗性强、耐久性好、与地基结合紧密的材料,同时合理设置防渗墙的连接方式,避免出现防渗薄弱环节。(2)帷幕灌浆设计适用于堤基岩层透水、裂隙发育导致的渗漏病害,设计过程中需明确灌浆范围、灌浆孔布置、灌浆材料与灌浆参数,灌浆孔布置需结合裂隙分布规律,采用梅花形或矩形布置,灌浆材料需选择流动性好、胶结强度高、抗渗性强的浆液,灌浆压力与灌浆量需根据岩层裂隙情况合理控制,确保浆液能够充分填充裂隙,形成完整的防渗帷幕。(3)铺设防渗膜设计适用于堤身渗漏较轻、地质条件简单的堤防,设计过程中需明确防渗膜的材质、厚度、铺设范围与铺设工艺,防渗膜需选择抗老化、抗撕裂、抗渗性强的材质,厚度需根据防渗要求确定,铺设过程中需确保防渗膜平整、无破损,接头部位采用热熔焊接等方式密封紧密,同时在防渗膜上下铺设保护层,防止施工与运行过程中损坏防渗膜,确保防渗效果。

3.3 护坡加固设计策略

护坡加固的核心目标是抵御水流冲刷、雨水侵蚀,保护堤坡土体,防止堤坡滑坡、坍塌,常用的护坡技术包括块石护坡、混凝土预制块护坡、植被护坡三种,设计过程中需结合水流冲刷强度、地质条件选择适配技术。(1)块石护坡设计适用于水流流速较大、冲刷强度高的堤防堤坡,设计过程中需明确块石尺寸、铺设厚度、铺设方式与垫层设置,块石尺寸需根据水流流速确定,确保块石能够抵御水流冲刷,不被冲走,铺设厚度需满足抗冲与防护要求,铺设方式采用错缝铺设,垫层采用级配砂石,防止堤坡土体流失,同时设置排水孔,排出堤坡内部渗水,增强堤坡稳定性。(2)混凝土预制块护坡适用于水流冲刷较强、对护坡平整度要求较高的堤防,设计过程中需明确预制块的尺寸、强度、铺设方式与连接方式,预制块尺寸需结合堤坡坡度与水流情况确定,强度需满足抗冲、抗压要求,铺设过程中确保预制块排列整齐、连接紧密,同时设置垫层与排水设施,避免堤坡内部积水导致土体软化,提升护坡稳定性与耐久性。(3)植被护坡适用于水流流速较小、坡度较缓的堤防堤坡,设计过程中需选择适应当地气候与土壤条件、根系发达、抗冲刷能力强的植被品种,合理确定植被种植密度与种植方式,同时铺设表土覆盖材料,防止雨水冲刷导致土体流失,植被根系能够固定堤坡土体,提升堤坡

稳定性,同时具备生态防护效果,兼顾防护与环保需求。

4 堤防加固工程设计的优化措施

4.1 设计参数的优化确定

设计参数的合理性直接决定加固工程的实施效果,需结合前期勘察数据,对加固设计中的关键参数进行优化确定,避免参数选择不合理导致的加固效果不佳或成本浪费。针对堤身加固,优化确定培厚宽度、压实度、换填深度等参数,结合原有堤身结构与病害情况,通过试验测算合理参数范围,兼顾稳定性与经济性;针对防渗加固,优化确定防渗墙厚度、灌浆压力、防渗膜厚度等参数,结合渗漏量测算与地质条件,确保参数满足防渗要求;针对护坡加固,优化确定块石尺寸、预制块强度、植被品种等参数,结合水流冲刷强度与堤坡坡度,确保参数适配实际工况。同时,建立参数验证机制,对确定的设计参数进行试验验证,确保参数的合理性与可靠性^[4]。

4.2 设计环节的衔接优化

堤防加固工程设计涉及前期勘察、病害分析、方案设计、参数确定、施工衔接等多个环节,各环节之间的衔接合理性直接影响设计质量,需加强各环节的衔接优化,形成完整的设计体系。前期勘察环节需与病害分析环节紧密衔接,确保勘察数据能够全面支撑病害成因分析,为设计方案制定提供精准依据;病害分析环节需与方案设计环节衔接,根据病害类型与严重程度,针对性制定加固方案,避免方案与病害脱节;方案设计环节需与施工衔接,充分考虑施工工艺、施工难度与施工条件,优化设计方案,确保设计方案具备可施工性,避免设计与施工脱节导致的工程变更;同时,加强各设计环节的沟通审核,及时发现并纠正设计中的不合理之处,确保设计流程顺畅、设计内容完整。

4.3 设计验算的全面优化

设计验算是验证加固设计方案合理性、确保堤防加固后满足安全要求的核心环节,需对加固后的堤防结构

进行全面验算,优化验算内容与验算方法,杜绝安全隐患。验算内容主要包括堤身稳定性验算、防渗性能验算、抗冲刷性能验算三大类,堤身稳定性验算重点验算堤身抗滑、抗倾覆、整体稳定性,结合加固后的堤身结构参数与地质条件,采用合理的验算方法,确保稳定性满足要求;防渗性能验算重点验算渗漏量、渗透坡降,确保渗漏量控制在允许范围内,杜绝管涌、流土等隐患;抗冲刷性能验算重点验算堤坡、堤脚的抗冲刷能力,确保能够抵御设计洪水的冲刷作用。同时,优化验算方法,结合实际工况选择适配的验算模型,提升验算结果的准确性,对验算不合格的设计方案及时进行调整优化,确保加固设计方案的安全性与合理性^[5]。

结束语

堤防加固工程设计是一项复杂且系统的工程,关乎堤防安全与防洪成效。从遵循核心原则,到精准开展前期勘察与病害分析,再到制定科学合理的加固设计策略,每个环节都紧密相连、缺一不可。设计参数的优化、环节衔接的强化以及验算的全面开展,进一步保障了设计方案的合理性与可靠性。未来,随着技术发展与实际需求变化,堤防加固工程设计需不断创新与完善,持续提升设计水平,以更好地应对各种挑战,为堤防安全稳定运行筑牢坚实防线,为社会经济发展提供可靠保障。

参考文献

- [1]杨平.堤防加固仿真技术与应用研究[J].中国新技术新产品,2023,(24):121-123.
- [2]周秋露,江祖昌.水利堤防加固工程防渗墙施工技术探讨[J].工程技术研究,2023,8(21):77-79.
- [3]善小平.水利工程中堤防加固工程设计策略研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(16):202-204.
- [4]张泽.水利工程中常用堤防加固技术与质量控制措施[J].水上安全,2023,(13):173-175.
- [5]吴鸿坤.水利工程堤防加固施工治理控制问题研究[J].黑龙江水利科技,2022,50(11):199-202.