

水利工程中堤防加固工程设计策略研究

秦国鹏

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：本文聚焦水利工程堤防加固工程。先分析堤防常见渗透、沉降、裂缝类病害及成因，阐述加固设计需遵循安全性、针对性、经济性原则。接着介绍核心设计内容，包括前期勘察与病害评估、加固方案选型、结构参数设计。最后探讨关键设计策略，针对不同病害提出防渗墙、帷幕灌浆等渗透类加固策略，堤身压实、换填等沉降类加固策略，以及灌浆封闭、贴坡、碳纤维加固等裂缝类加固策略。旨在为堤防加固设计提供全面、科学的指导，提升堤防安全性与稳定性。

关键词：水利工程；堤防加固；工程设计；策略

引言：在水利工程领域，堤防作为重要的挡水建筑物，承担着抵御洪水、保护周边地区安全的关键使命。然而，受自然环境、复杂水文条件以及自身结构特性等多重因素影响，堤防在长期运行过程中极易出现渗透、沉降、裂缝等多种病害。这些病害不仅会削弱堤防的挡水能力，还可能引发严重的安全事故，对人民生命财产安全和社会经济稳定构成威胁。因此，科学开展堤防加固设计工作，准确识别病害类型、剖析成因，并遵循合理的设计原则，制定有效的加固策略，具有重要的现实意义。

1 堤防常见病害类型及成因分析

在水利工程领域，堤防作为重要的挡水建筑物，在长期运行过程中，受自然环境、复杂水文条件以及自身结构特性等多重因素的综合影响，极易产生多种不同类型的病害。准确识别堤防病害类型并深入剖析其成因，是科学开展堤防加固设计工作的必要前提与坚实基础。

（1）堤防常见病害主要可划分为渗透类、沉降类、裂缝类这三大类别。渗透类病害在堤防运行中较为突出，其典型表现形式包括堤身渗漏、堤基管涌以及流土等。这类病害产生的核心原因在于堤防土体本身具有较强的渗透性，同时堤基存在软弱夹层或者透水层。在水流的渗透压作用下，水流会逐渐渗透穿过堤身或者堤基，进而致使土体颗粒不断流失，严重破坏堤防结构的完整性，降低其挡水能力。（2）沉降类病害主要表现为堤顶沉降以及堤身不均匀沉降。该类病害大多是由于堤身填料压实度不足，使得填料之间存在空隙，在长期受力作用下容易发生沉降；堤基承载力不均匀，不同部位对上部荷载的承受能力存在差异；以及土体自重压实等因素共同作用导致的。当沉降量过大时，极易造成堤身开裂、防护结构损坏等严重后果。（3）裂缝类病害可分为纵向裂

缝、横向裂缝以及龟纹裂缝。其主要成因包括温度变化引起土体热胀冷缩，产生应力从而导致裂缝产生；堤身不均匀沉降使得堤身各部分受力不均；填料不均匀或者施工质量存在缺陷等。裂缝的存在会进一步加剧渗透病害，使水流更容易侵入堤防内部，从而进一步削弱堤防的稳定性^[1]。

2 堤防加固工程设计基本原则

2.1 安全性原则

在水利工程堤防加固工程的设计环节，安全性原则是重中之重，具有不可替代的首要地位。堤防作为抵御洪水侵袭、守护周边地区安全的关键防线，其安全状况与人民生命财产安全以及社会经济的平稳运行紧密相连。

堤防加固设计的安全性核心在于运用科学且合理的加固措施，将堤防现存的所有病害彻底消除。从提升堤防综合抵御灾害能力的层面考虑，要重点强化其抗渗透、抗沉降以及抗冲刷等关键性能。在设计过程中，需秉持严谨、负责的态度，全面且深入地考量各类可能出现的极端不利因素，像遭遇罕见的暴雨洪水、复杂的地质构造变动等情况。通过运用专业的分析方法和评估手段，对这些因素进行精准剖析与评估，确保加固后的堤防结构具备足够的强度和稳定性，在各种恶劣的工况下都能保持稳固，各项性能指标均严格符合防护标准，为堤防的长期安全稳定运行筑牢坚实基础^[2]。

2.2 针对性原则

在水利工程堤防加固设计工作中，针对性原则是保障加固工程取得实效的核心准则。不同堤防在漫长使用过程中，受地理位置、地质构造、水文特征以及建造年代和工艺等诸多因素的综合影响，其病害表现千差万别。病害类型可能涵盖渗透、沉降、裂缝等多种情况，成因也复杂多样，既有自然因素如雨水冲刷、地质变

动,也有人因为因素如施工缺陷、管理不善等,而且病害的严重程度和堤防的实际运行工况也各不相同。

倘若不遵循针对性原则,随意开展设计,简单照抄照搬其他堤防的加固方案,不仅难以有效解决当前堤防存在的实际问题,还可能因方案与实际情况脱节,产生新的安全隐患。所以,必须对堤防展开全面、深入的勘察,借助专业的检测设备和技术,精确判定病害类型、分布范围及具体成因。再结合堤防周边环境、施工条件等实际情况,科学审慎地选择加固技术和方案,确保加固措施精准有效,切实提升堤防的安全性和稳定性。

2.3 经济性原则

在水利工程堤防加固设计工作中,经济性原则是必须着重考量的关键要素。在保障加固工程能够切实达成预期成效、全方位确保堤防安全性的前提下,经济性应贯穿于设计决策的每一个环节。

设计人员需依据堤防的实际状况,如病害类型、严重程度、地质条件等,以及具体的加固需求,审慎且合理地挑选加固技术与材料。要避免盲目追求高端、昂贵的材料与技术,防止造成不必要的成本增加。同时,要对设计方案展开深度优化,通过科学合理的规划与布局,精简不必要的工程量和施工环节,提高工程效率。在设计过程中,要全面、细致地对比不同加固方案在造价、施工难度、工期以及后期维护成本等方面的差异,综合权衡各项因素。在完全满足设计要求、保障堤防安全稳定运行的基础上,挑选出性价比最优的方案,实现工程效益的最大化,避免资源的浪费,确保工程建设经济合理性。

3 堤防加固工程核心设计内容

3.1 前期勘察与病害评估设计

在水利工程堤防加固工程的核心设计内容里,前期勘察与病害评估设计是至关重要的起始环节,为整个加固工程奠定坚实基础。其核心目标在于全方位、精准地掌握堤防的现状、所处的地质条件、独特的水文特征以及存在的病害情况^[3]。

勘察工作涵盖多个关键方面,需详细了解堤身填料的性质,包括其颗粒组成、密实度等;查明堤基地质结构,判断是否存在软弱夹层等不利地质因素;明确地下水位分布,分析其对堤防稳定性的影响;掌握水流冲刷情况,评估其对堤身的侵蚀程度。通过现场取样、专业检测分析等科学手段,获取准确可靠的堤防相关参数。基于这些勘察结果,对堤防病害展开全面且细致的评估,清晰界定病害类型、严重程度、分布范围及成因,并合理划分病害等级,为后续科学合理的加固方案选型

和结构设计提供有力的数据支撑。

3.2 加固方案选型设计

在水利工程堤防加固工程核心设计内容中,加固方案选型设计是关键环节,其决策科学与否直接影响加固工程成效。选型时,要紧密结合堤防病害评估结果,明确病害类型、程度及分布;充分考虑堤防运行需求,如抵御洪水标准、日常使用功能等;严格遵循安全性、针对性、经济性等设计原则。

依据堤防常见病害,加固方案主要分为渗透加固、沉降加固、裂缝加固三大类。实际设计时,鉴于堤防病害往往复杂多样,可能多种病害并存,需根据具体病害组合情况,灵活采用单一加固方案或组合加固方案。在方案选型过程中,要全面考量施工可行性,确保方案在现有技术、设备和工期条件下能够顺利实施;评估加固效果,保证能有效解决病害问题;权衡经济性,控制工程成本。通过综合对比分析不同方案,确定最优加固方案。

3.3 结构参数设计

在水利工程堤防加固工程的核心设计内容中,结构参数设计意义重大,是确保加固工程成效与质量的关键环节。

结构参数设计必须紧密围绕选定的加固方案来推进。要精准确定加固结构的一系列关键参数,这包括加固材料的性能指标,像材料的抗压强度、抗拉强度以及耐久性等,这些指标直接关系到加固结构能否长期稳定发挥作用;结构尺寸方面,如防渗墙的宽度、深度,护坡的坡度、厚度等,合理的尺寸设计是保障结构功能实现的基础;施工工艺参数也不容忽视,例如混凝土浇筑时的振捣频率、分层厚度,灌浆施工时的压力、速度等,它们影响着施工质量和加固效果。具体到不同类型的加固,渗透加固要科学设计防渗体厚度、渗透系数等;沉降加固需合理规划压实度、填料配比;裂缝加固则要精确设定灌浆材料配比、灌浆压力等,以此保障加固结构具备足够的稳定性和可靠性,满足堤防加固的实际需求。

4 堤防加固工程关键设计策略

4.1 渗透类病害加固设计策略

在水利工程堤防加固工程中,针对渗透类病害,增强堤防防渗能力、阻断渗透水流并防止土体颗粒流失是关键设计目标。(1)常用的加固设计策略丰富多样。防渗墙加固是重要手段之一,设计时,要依据堤身和堤基的地质条件,如土层的颗粒组成、密实度、透水性等,精心挑选合适的防渗墙类型和材料,像混凝土防渗墙、塑性混凝土防渗墙等。同时,准确确定防渗墙的深度、

厚度及施工工艺,保证防渗墙能贯透水层,构建完整且连续的防渗屏障。(2)帷幕灌浆加固也不可或缺,需科学合理地布置灌浆孔,综合考虑病害分布、地质情况等因素。确定灌浆材料时,要考虑其流动性、凝固时间、强度等特性;合理设定灌浆压力和灌浆量,通过灌浆填充土体孔隙,有效降低土体渗透性。(3)铺设土工膜防渗同样有效,要选择抗老化、抗穿刺性能优良的土工膜材料。合理规划土工膜的铺设范围,确保覆盖所有易渗漏区域,并精心设计铺设工艺,保证土工膜铺设平整、密封严密,杜绝出现渗漏隐患,从而切实提升堤防的防渗性能^[4]。

4.2 沉降类病害加固设计策略

在水利工程堤防加固工程里,对于沉降类病害,提升堤身与堤基的承载力、降低不均匀沉降以保障堤防结构稳定是核心设计要点。(1)堤身压实加固是常用策略之一。设计时,要依据堤身土质特性,优化填料配比,比如合理搭配砂石、黏土等不同粒径的土料,提高填料的压实性能。同时,挑选适配的压实设备,如振动碾、凸块碾等,并确定科学合理的施工工艺,明确压实遍数、分层厚度等参数,保证堤身土体达到较高的密实度,有效减少后期沉降。(2)换填加固适用于堤基存在软弱夹层或承载力不足的区域。需选用强度高、渗透性小的材料,如级配良好的碎石、砂砾石等替换原有软弱土体。设计过程中,要精确计算换填深度和范围,确保换填后堤基承载力满足要求,降低不均匀沉降风险。

(3)夯实加固则通过夯实设备对堤身和堤基土体进行作业。要根据土体性质和工程要求,选择合适的夯实设备,如强夯机等,合理确定夯实能量、夯实间距等参数,增强土体密实度和承载力,抑制沉降变形,保障堤防长期稳定运行。

4.3 裂缝类病害加固设计策略

在水利工程堤防加固工程中,裂缝类病害的妥善处理至关重要。其核心设计思路聚焦于封闭裂缝,阻止雨水和渗透水流侵入,防止裂缝进一步恶化扩展,同时强化裂缝区域的结构强度,保障堤防安全稳定。(1)灌浆封闭加固是常用且有效的方法。设计时,要依据裂缝的

宽度、深度等具体参数,精准挑选合适的灌浆材料,如水泥基灌浆料、化学灌浆料等,并确定与之适配的灌浆工艺,像压力灌浆、真空灌浆等。通过将灌浆材料注入裂缝,充分填充裂缝空隙,达成裂缝封闭的目的。(2)贴坡加固也是重要策略之一。在裂缝区域合理铺设加固材料,如土工格栅、钢筋网等,能有效增强裂缝区域的抗剪强度和整体性,有效约束裂缝发展,防止其进一步扩展。(3)碳纤维加固则凭借其独特优势被广泛应用。利用碳纤维材料高强度、耐腐蚀的特性,将其通过专用胶粘剂粘贴在裂缝区域,能够显著提升裂缝区域的结构强度和抗裂能力,增强堤防的耐久性,有效延长堤防的使用寿命,确保堤防在长期运行中保持稳定可靠^[5]。

结束语

水利工程堤防加固工程是一项系统且复杂的工作,涉及病害识别、成因分析、设计原则遵循以及核心设计与关键策略制定等多个环节。通过对堤防常见病害的深入剖析,明确加固设计需遵循安全性、针对性和经济性原则,为设计工作提供了基本准则。在核心设计内容中,前期勘察与病害评估为后续工作奠定基础,加固方案选型和结构参数设计确保加固工程科学合理。针对不同病害采取的关键设计策略,如渗透类的防渗墙加固、沉降类的堤身压实加固、裂缝类的灌浆封闭加固等,能有效解决病害问题,提升堤防的稳定性和安全性。未来,需不断优化设计方法和技术,以更好地应对堤防加固工程中的各种挑战。

参考文献

- [1]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.
- [2]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.
- [3]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.
- [4]杨丽.珠江某河段堤防加固与除险工程设计实践[J].水利科学与寒区工程,2022,5(12):97-100.
- [5]张志远.番禺新造水道堤防加固工程设计和稳定性分析[J].河南水利与南水北调,2022,51(09):57-59.