

水利工程设计中堤防工程的稳定性与安全性

郑宇龙

四川今越工程咨询有限公司成都分公司 四川 成都 610000

摘要: 本文旨在探讨水利工程设计中堤防工程的稳定性与安全性问题,通过分析影响堤防稳定与安全的关键因素,提出相应的设计策略与加固措施。堤防作为水利工程的重要组成部分,其稳定性与安全性直接关系到防洪安全及人民生命财产的安全。本文将从理论基础、设计原则、关键技术与挑战等方面展开论述,以期对堤防工程设计提供理论参考和技术支持。

关键词: 水利工程设计; 堤防工程; 稳定性; 安全性; 设计策略

引言

堤防工程是抵御洪水侵袭、保护沿岸居民生命财产安全的重要设施。随着气候变化和极端天气事件的频发,堤防工程的稳定性与安全性面临着前所未有的挑战。因此,深入研究堤防工程的设计与加固技术,提高其抵御自然灾害的能力,具有重要的现实意义和长远的战略价值。

1 堤防工程稳定性与安全性的理论基础

1.1 堤防稳定性分析

堤防稳定性是一个多学科交叉的复杂问题,它主要涉及土力学、水力学、结构工程学等多个领域的知识。堤防的稳定性主要包括抗滑稳定、渗透稳定以及整体稳定等多个关键方面,这些方面都对堤防工程的长期稳定运行起着至关重要的作用。在抗滑稳定分析中,需要全面考虑多种因素,包括堤身材料的特性(如土壤类型、颗粒大小、含水量等)、地基条件(如地基土的承载力、变形特性等)以及水位变化(包括正常水位、设计洪水水位以及校核洪水水位等)。为了准确评估堤防的抗滑稳定性,通常采用极限平衡法或有限元法等计算方法。这些方法能够基于堤防的实际工况和参数,进行精确地计算和分析,从而预测和评估堤防在各种情况下的稳定性能。渗透稳定也是堤防稳定性分析中的重要方面。在渗流作用下,土体的稳定性可能会受到严重影响,甚至可能发生管涌、流土等渗透破坏现象^[1]。因此,在堤防工程的设计和施工阶段,必须对渗透稳定进行深入分析和研究。这包括了解土体的渗透特性、渗流场分布以及渗流对堤防稳定性的影响等。通过采取有效的防渗措施,可以确保堤防工程在长期运行过程中不受渗透破坏的威胁。

1.2 安全性评估体系

为了全面保障堤防工程的安全性,需要建立一套基于风险评估的安全管理体系。这一体系应综合考虑多种

因素,包括自然因素、人为因素以及环境因素等。自然因素主要指的是洪水频率、强度等水文气象条件,它们对堤防的安全性具有直接的影响。人为因素则包括维护状况、管理水平等,这些因素反映了人类对堤防工程的干预和管理程度。环境因素则涵盖了地质构造、生态影响等更广泛的内容,它们对堤防工程的安全性也产生着重要的影响。在安全性评估过程中,应采用定量与定性相结合的方法对堤防的安全性进行综合评价。定量评估主要依赖于各种监测数据和计算结果,如水位、流量、土压力等实测数据以及通过计算得到的稳定性指标等。这些数据能够为评估提供客观、准确的依据。而定性评估则更注重对堤防工程整体状况、历史表现以及潜在风险的综合判断。这包括对堤防的结构形式、材料质量、运行环境等方面的评估以及对可能存在的安全隐患和风险进行识别和分析等。通过定量与定性评估的有机结合,能够更全面、更准确地评估堤防工程的安全性,为后续的维护和管理提供有力的依据和支持。

2 堤防工程设计原则

2.1 遵循“安全第一,预防为主”的原则

在堤防工程设计中,首要原则是确保工程在各种工况下的稳定性,这体现了“安全第一”的核心思想。设计过程中,需要对可能影响堤防稳定性的各种因素进行全面考虑和深入分析,包括但不限于地质条件、水文状况、气候条件等。通过采用科学的设计方法和计算手段,确保堤防工程在遭遇设计洪水、地震等极端情况时仍能保持稳定,从而有效保护沿岸人民的生命财产安全。同时,“预防为主”也是堤防工程设计的重要原则。这意味着在设计阶段就要充分考虑如何预防可能出现的各种问题和隐患,如渗透破坏、滑坡等。为此,需要采取一系列预防措施,如设置合理的防渗体系、加强堤身和堤基的稳定性等,以确保堤防工程在长期运行过

程中能够抵御各种自然和人为因素的侵害。

2.2 考虑可持续发展,注重生态友好型设计

在堤防工程设计中,还需要充分考虑可持续发展的要求,注重生态友好型设计。这意味着在设计过程中要尽量减少对环境的负面影响,保护生态系统的完整性和稳定性。例如,可以选择使用环保材料,减少对水资源的污染;在设计堤线时,尽量避免对湿地、自然保护区等生态敏感区域的破坏;同时,还可以考虑在堤防工程中融入生态元素,如设置生态护坡、植被恢复区等,以促进生态系统的恢复和发展。

2.3 强化前期勘察与规划

堤防工程的设计依据必须充分、科学合理,这要求在设计之前进行深入的前期勘察与规划工作。前期勘察是获取设计所需基础数据和信息的重要环节,包括但不限于地形地貌、水文气象、地质构造等方面的调查和研究。通过前期勘察,可以全面了解工程所在地的自然条件和环境状况,为后续的设计工作提供准确可靠的依据。在规划阶段,需要根据前期勘察的结果进行科学合理地规划布局。这包括确定堤防工程的规模、等级、布局形式等,以及制定详细的设计方案和施工图纸^[2]。规划过程中还需要充分考虑各种可能的风险因素和不确定性因素,制定相应的应对措施和预案,以确保堤防工程在设计和实施过程中能够应对各种挑战和变化。

3 提高堤防工程稳定性与安全性的设计策略

3.1 结构选型与优化

在堤防工程设计中,结构选型与优化是提高稳定性和安全性的关键策略。根据地形、地质条件的不同,需要选择合适的堤型以确保工程的整体稳定。常见的堤型包括重力式、拱式、板式等,每种堤型都有其特定的适用条件和优势。重力式堤防主要依靠自身重量来维持稳定,适用于地基条件较好、材料来源丰富的地区。在设计时,需要重点关注堤身的尺寸和形状,以确保其能够有效抵抗水压力和土压力的作用。拱式堤防则利用拱形结构的力学特性来提高稳定性,适用于地基条件较差或需要跨越河流的地区。在设计拱式堤防时,需要精确计算拱圈的尺寸和形状,以确保其能够承受各种荷载并保持稳定。板式堤防则是一种较为新型的堤防结构,主要由预制混凝土板或钢板构成。这种堤型适用于地基条件复杂或需要快速施工的地区。板式堤防的设计需要重点关注板材的连接方式和防渗处理,以确保其整体性和稳定性。除了选择合适的堤型外,结构优化也是提高堤防工程稳定性的重要手段。通过采用先进的计算方法和技术,可以对堤防结构进行精细化设计和优化,以提高其

整体性能和稳定性。例如,可以利用有限元分析等方法对堤防结构进行应力分析和变形计算,以确定合理的结构尺寸和形状。同时,还可以考虑在堤防结构中设置合适的排水系统和防渗层,以进一步提高其稳定性和安全性。综上所述,通过结构选型与优化策略的应用,可以有效提高堤防工程的稳定性和安全性,为沿岸人民的生命财产安全提供更加坚实的保障。

3.2 材料选择与应用

在堤防工程设计中,材料的选择与应用对于提高工程的稳定性和安全性具有至关重要的作用。为了增强堤防的抗侵蚀能力,必须采用高性能、耐久性好的建筑材料。首先,对于堤身材料的选择,应优先考虑那些具有高强度、高稳定性和良好耐久性的材料。例如,可以使用高质量的混凝土或钢筋混凝土来构建堤身,这些材料不仅具有出色的抗压和抗剪强度,还能有效抵抗水流和波浪的冲刷。此外,对于地基条件较差的地区,还可以采用桩基或地下连续墙等结构形式,以增强堤防的整体稳定性。其次,在防渗材料的选择上,也需要注意材料的性能和耐久性。常用的防渗材料包括土工膜、防渗墙等,这些材料应具有良好的防渗性能和抗老化能力,以确保在长期运行过程中不会出现渗漏问题。同时,为了进一步提高防渗效果,还可以在防渗材料表面设置保护层,以防止其受到外界环境的破坏^[3]。除了上述材料外,还可以考虑采用一些新型的高性能材料来增强堤防的抗侵蚀能力。例如,可以使用具有自修复功能的智能材料,这种材料在受到损伤时能够自动修复,从而延长堤防的使用寿命。此外,还可以使用具有抗生物侵蚀功能的材料,以防止微生物对堤防的破坏。

3.3 防渗与排水设计

在堤防工程设计中,防渗与排水设计是保障工程稳定性和安全性的关键环节。通过合理设置防渗层与排水系统,可以有效控制渗流,防止渗透破坏,从而延长堤防的使用寿命。防渗设计方面,首先需根据堤防工程所在地的地质条件和水文特性,选择合适的防渗材料。常见的防渗材料包括土工膜、防渗墙等。土工膜具有良好的防渗性能和抗老化能力,适用于大多数堤防工程。防渗墙则适用于地基条件较差或渗流压力较大的情况,其材质多为混凝土或钢筋混凝土,具有较高的强度和耐久性。在铺设防渗层时,需确保其与堤身紧密贴合,避免出现空鼓或褶皱,影响防渗效果。排水设计方面,排水系统的合理设置对于降低堤防内部水压力、防止渗透破坏具有重要意义。排水系统通常包括排水沟、排水管、减压井等组成部分。排水沟应设置在堤身背水侧,以便

及时排除堤身内部的积水。排水管则可根据需要埋设在堤身内部或堤脚附近,以引导渗流排出。减压井则适用于渗流压力较大的情况,通过设置减压井可有效降低堤防内部的水压力,防止渗透破坏的发生。此外,在防渗与排水设计中,还需考虑渗流场的分布情况。通过数值模拟等方法,可以预测渗流场的变化趋势,为防渗层与排水系统的设计提供科学依据。同时,还需定期对堤防进行渗流监测,及时发现并处理潜在的渗透破坏隐患,确保堤防工程的稳定运行。

3.4 监测与维护机制

为确保堤防工程的长期稳定性和安全性,建立长期的监测与维护机制是至关重要的。这一机制应涵盖全面的监测体系、定期的检查与维护流程以及应急响应策略,旨在及时发现并处理潜在的安全隐患。在监测体系方面,应利用现代化的监测技术,如遥感监测、无人机巡查、自动化监测系统等,对堤防工程进行全方位的实时监测。这些监测手段可以捕捉到堤防的微小变形、渗流变化等关键信息,为工程的安全评估提供数据支持。定期的检查与维护是监测机制的延伸。应制定详细的检查计划,包括日常巡查、年度检查和特别检查。日常巡查主要关注堤防的外观状况,如裂缝、沉陷等;年度检查则更加深入,涉及堤防的结构安全、防渗性能等方面;特别检查是在遭遇极端天气或地质事件后进行的,以评估堤防的受损情况。维护流程应包括隐患识别、风险评估、修复设计和实施等环节。一旦发现潜在的安全隐患,应立即进行风险评估,确定其严重性和紧迫性,然后制定相应的修复方案并尽快实施。此外,应急响应策略也是监测与维护机制的重要组成部分^[4]。应制定详细的应急预案,包括预警系统、应急抢险流程和灾后恢复计划。在紧急情况下,能够迅速启动应急预案,组织抢险力量,最大限度地减少损失。

4 关键技术与挑战

4.1 关键技术

高精度地质勘探技术是堤防工程设计的基础,它利用先进的勘探设备和方法,深入探测地基的土层分布、岩性特征、地下水位等关键信息,为设计提供精确的地

基数据。先进的数值模拟技术,如有限元分析、离散元分析等,能够模拟复杂工况下的堤防稳定性,通过计算分析得出科学的结论,为设计提供重要依据。新型材料与技术的应用,如土工合成材料、生态护坡技术等,不仅提升了堤防的防渗、抗滑性能,还注重了与周围环境的和谐共生,实现了技术与生态的双重提升。

4.2 面临的挑战

气候变化导致的极端天气事件频发,对堤防设计标准提出了更高的要求。为了应对这些挑战,设计师需要不断更新设计理念和办法,提高堤防的抗灾能力,确保其在极端天气条件下的稳定性。生态环境保护与堤防建设之间的矛盾也是当前面临的一大挑战。在设计中,需要寻求平衡点,既要保障堤防的功能性,又要注重生态环境的保护。这要求设计师在选材、设计等方面都要充分考虑生态环境因素。资金投入与维护管理的持续性也是堤防工程设计面临的挑战之一。为了保障堤防的长期稳定运行,需要建立长效的保障机制,确保资金的持续投入和维护管理的有效实施。

结语

堤防工程的稳定性与安全性是水利工程设计中的核心问题,涉及多学科交叉与复杂的技术挑战。通过遵循科学的设计原则,采用先进的技术策略,并应对气候变化与环境保护的双重挑战,可以有效提升堤防工程的综合防御能力。未来,随着科技的进步和理念的更新,堤防工程的设计将更加智能化、生态化,为保障人民生命财产安全和社会经济的可持续发展提供更加坚实的支撑。

参考文献

- [1]周煜程,祁诣恒,李洋.防洪堤防结构形式及稳定性研究[J].工程技术研究,2023,8(15):5-7.
- [2]邱任华.堤防工程边坡稳定性分析及应用[J].河南水利与南水北调,2020,49(01):54-56.
- [3]李隆俊.黄河堤防工程安全性评价研究[D].郑州大学,2020.
- [4]魏强,鲁宁,柴润水.堤防工程安全性评价模型研究[J].科协论坛(下半月),2022,(04):25-26.