

水利工程围堤加固工程设计及施工技术探讨

王蕊¹ 刘艳华²

1. 河南省濮阳水文水资源测报分中心 河南 濮阳 457000

2. 平顶山天安煤业股份有限公司二矿 河南 平顶山 467002

摘要: 水利工程围堤加固工程是提升防洪能力、保障民众生命财产安全的关键措施。本文探讨了围堤加固工程设计的原则包括安全第一、经济合理、技术可行和环保,分析了地质勘察与评估、防渗体系设计及堤身加固设计等设计要点,阐述了围堤加固工程的施工技术包括防渗墙施工、劈裂灌浆及滑坡治理等,而且还针对施工质量控制进行了分析。旨在通过科学设计与精心施工,确保围堤加固工程达到预期效果,提升水利工程整体防洪能力。

关键词: 水利工程;围堤加固;工程设计;施工技术

引言

围堤作为水利工程的重要组成部分,其稳固性直接关系到防洪体系的效能。随着气候变化和极端天气频发,围堤加固工程显得尤为重要。本文旨在探讨围堤加固工程的设计原则、设计要点、施工技术及施工质量控制,以为水利工程围堤加固工程提供科学指导和技术支持,提升防洪能力,保障民众生命财产安全。

1 围堤加固工程设计原则

在围堤加固工程的设计中,一是安全第一,这源于围堤作为防洪体系基石的重要地位,其加固后的稳固性和强度直接决定了防洪效能的提升,所以设计过程中必须全面考量极端天气下的防洪需求,确保加固后的围堤能经受住洪水冲击,有效预防溃堤风险,这不仅是对民众生命财产安全的庄严承诺,也是对整个水利工程防洪体系的坚实支撑。二是经济合理原则,要求在确保安全的基础上,通过优化设计方案、精选高性价比材料和技术,合理控制工程造价,实现资金效益最大化,为工程实施奠定坚实基础,并促进工程的经济可行性与可实施性。三是技术可行,应优先采纳经过实践验证的成熟、可靠加固技术和施工方法,确保加固效果并降低施工风险。四是环保优先原则,要求在加固过程中尽量减少对环境的负面影响,通过科学规划与合理施工,保护土壤、水源等自然资源,促进水利工程与生态环境的和谐共存,这不仅是对可持续发展的积极践行,更是对未来世代的深切关怀。

2 围堤加固工程设计要点

2.1 地质勘察与评估

在水利工程领域,围堤加固工程的设计与施工直接关系到堤防的安全稳固。其中,设计环节尤为关键,而地质勘察与评估则是设计工作的基石与前提。通过深入

细致的地质勘察,我们能够全面且精确地掌握围堤所处的地质环境,这涵盖了土壤条件、地下水动态以及地质构造等诸多方面。土壤性质方面,地质勘察能揭示围堤土壤的承载力、抗剪强度等核心指标,这些指标是衡量土壤稳定性的关键,也是设计加固方案时必须细致考量的因素。只有对土壤性质有深入地了解,才能设计出既满足稳定性要求,又契合土壤特性的加固措施。同时地下水位的动态变化对围堤的稳定性有着重要影响,地质勘察中需密切关注其变化规律,以评估地下水对围堤的潜在风险,并在设计加固方案时采取相应的防水与排水措施,确保围堤的长久稳定。地质构造直接关系到围堤的抗震性能与整体稳定性。通过地质勘察,能了解围堤所在区域是否存在断层、滑坡等地质隐患,进而评估地震等自然灾害对围堤可能造成的破坏程度,为制定针对性的加固措施提供坚实的科学依据。

2.2 防渗体系设计

第一,防渗墙的设计需依据具体地质特征和土壤类型,精心挑选适宜的防渗墙材料和结构形式,如采用防渗性能优越且适应性强的塑性混凝土作为主要材料,或在特定条件下选择高效防渗且施工便捷的高压喷射注浆体。第二,防渗墙的设计还需兼顾结构的稳定性和耐久性,确保其在长期水利环境中持续有效,针对围堤中可能存在的裂缝或孔隙,灌浆技术作为一种有效的加固手段,其材料选择需根据围堤土壤性质和裂缝具体情况进行科学决策,以充分填充裂缝并增强围堤整体强度和防渗能力。第三,排水体系的设计同样不可或缺,需结合围堤地形地貌、土壤类型及水文条件进行合理规划,确保排水设施布局合理、功能完善,使围堤内积水能够及时顺畅排出,从而有效降低水压力对围堤的潜在威胁,防止因积水积聚导致围堤破坏,为围堤的长期安全运行

提供坚实保障^[1]。

2.3 堤身加固设计

堤身加固设计是提升围堤稳定性的核心策略，通过科学规划与实施一系列加固措施，显著增强围堤的抗滑与抗渗能力，保障其在极端水利条件下的安全稳固。

(1) 对于高度不足的围堤，通过严谨的地质勘察和土壤承载力、变形特性的深入分析，精确计算并确定合理的加高高度和培厚宽度，采用加高培厚方法直接提升稳定性，同时避免对地基造成不利影响。(2) 护坡设计，充分考虑水流速度、土壤性质及冲刷力等因素，合理选择护坡材料，如在高流速区域采用混凝土或石块等坚固耐用材料，并注重生态友好性，采用与自然环境相协调的材料和构造方式，以减少对生态环境的影响。(3)，针对存在滑坡风险的围堤，需根据具体滑坡机理、地质条件及施工可行性等因素，综合运用抗滑桩、排水固结等滑坡治理技术，为围堤提供额外的抗滑支撑，改善土壤排水条件，加速土壤固结过程，提高土壤强度和稳定性，从而有效遏制滑坡发生，降低滑坡风险。

3 围堤加固工程施工技术

3.1 防渗墙施工技术

围堤加固工程施工技术中的防渗墙施工技术涵盖了高压喷射注浆法、垂直铺塑防渗技术以及混凝土防渗墙技术。高压喷射注浆法以其高效、灵活的特点，利用高压射流将水泥浆等注浆材料注入围堤土壤中，形成高强度和良好防渗性能的注浆体，适用于各种地质条件下的围堤加固，施工过程中需根据土壤性质和地质条件选择喷射方式和注浆材料，并严格控制注浆压力和速度以确保质量。垂直铺塑防渗技术则通过专用设备在围堤土壤中垂直铺设塑料薄膜或土工合成材料，形成连续、完整的防渗屏障，具有施工成本低、防渗效果好的优点，尤其适用于低水头围堤加固，施工中需严格控制铺设深度和宽度，并选用高质量材料以提升防渗效果和使用寿命。混凝土防渗墙作为常用防渗结构，通过挖掘连续槽孔并浇筑混凝土形成，具有强度高、防渗性能稳定的特点，适用于复杂地质条件，施工过程中需根据地质条件和土壤性质选择槽孔形式和挖掘方法，并严格控制混凝土浇筑质量和养护条件以确保防渗墙的强度和防渗性能，这些防渗墙施工技术各具优势，共同构成了围堤加固工程中的重要技术支撑。

3.2 劈裂灌浆施工技术

劈裂灌浆施工技术作为一种高效的堤身加固手段，在土质类围堤加固工程中扮演着至关重要的角色。该技术基于灌浆压力原理，通过施加恰当的灌浆压力，将围

堤土壤劈裂产生裂缝，并随后注入具备良好流动性和固化性能的灌浆材料以填充并固化这些裂缝，从而大幅提升围堤的抗滑与抗渗能力。劈裂灌浆技术的显著优势在于其施工流程相对简便且加固效果突出，能够有效增强围堤的整体稳定性和防洪性能。在施工过程中，需紧密结合围堤的土壤性质和地质条件，精心选择适宜的灌浆压力和材料，确保既能形成有效的裂缝又不致对围堤结构造成过度损害。灌浆速度和灌浆量的严格控制同样至关重要，灌浆速度不宜过快以避免过大的灌浆压力引发围堤失稳，而灌浆量则需根据裂缝的实际宽度和深度进行合理分配，以保障灌浆材料的均匀分布和充分固化。施工过程中还需持续监测围堤的变形情况，并根据实时监测数据及时调整灌浆参数，以确保加固效果和围堤的安全性。在注重加固效果的同时，劈裂灌浆施工还需高度重视环境保护和生态平衡，尽量采用环保型材料和工艺，减少施工对周围环境的污染和破坏，并在施工完成后对围堤周边环境进行恢复和治理，力求实现加固工程与自然环境的和谐共生^[2]。

3.3 滑坡治理施工技术

抗滑桩是通过在滑坡体前缘或侧缘精准打入经过精确计算和设计的抗滑桩，利用桩体的强大抗滑力有效阻止滑坡体的滑动。桩型、桩径和桩长的选择需严格依据滑坡体的规模和性质，同时桩体的打入深度和倾斜角度也需严格控制，以确保桩体稳固嵌入滑坡体中，提供充足的抗滑力。施工完毕后，还需通过专业手段进行必要的检测和监测，以科学评估加固效果和滑坡体的稳定性。而排水固结则是一种更为经济实用的滑坡治理方法，其通过合理设置排水系统，有效排出滑坡体内的积水，降低土壤含水量和孔隙水压力，从而提升土壤的抗剪强度和整体稳定性。该方法尤其适用于浅层滑坡和土壤含水量较高的滑坡治理，施工过程中需根据滑坡体实际情况选择最佳的排水系统形式和布置方式，并严格控制施工质量，确保排水系统长期稳定运行，而且还需实时监测滑坡体的变形情况，灵活调整排水参数和施工方法，以保障加固效果和滑坡体的安全。

4 围堤加固工程施工质量控制

4.1 施工参数控制

在水利工程围堤加固工程的设计与施工过程中，施工质量控制直接关系到加固效果和围堤的长期安全性与稳定性，所以施工前必须精心制定详尽的施工方案设计，并进行深入的技术交底，明确灌浆压力、灌浆速度、灌浆量、挖掘深度以及混凝土浇筑质量等各项关键施工参数和施工工艺的具体要求。灌浆压力需依据围堤

土壤性质和地质条件精确计算,确保既能有效劈裂土壤又不致过度破坏围堤结构;灌浆速度和灌浆量则需根据裂缝宽度和深度合理分配,以防过快或过慢导致灌浆材料分布不均或固化不良,挖掘深度的精确控制对加固工程深度和范围至关重要,需依据设计要求和现场情况适时调整。混凝土浇筑质量也不容忽视,需严格控制混凝土的配合比、浇筑速度和振捣强度,确保混凝土充分填充裂缝并形成优质固化体,且需重视混凝土养护工作,提升其强度和耐久性。施工过程中,应持续监测和调整施工参数,及时发现并纠正偏差和问题,并建立完善的质量管理体系,全面监控和管理施工过程,确保所有施工活动严格遵循设计要求,保障加固工程的整体质量和围堤的长期稳定性。

4.2 施工工艺控制

在水利工程围堤加固工程的实施过程中,施工工艺的控制是确保加固效果达到预期目标的核心要素,其规范性和准确性对加固工程的整体质量和围堤的长期稳定性具有决定性影响。所以必须严格按照既定的施工工艺要求执行各项施工操作,从防渗墙的挖掘深度、槽孔形状和尺寸的精确控制,到灌浆过程中灌浆压力、灌浆速度和灌浆量的合理选择与控制,再到滑坡治理中排水系统的合理布置与维护管理,每一环节都需精心操作,以确保防渗墙的深度、连续性和完整性满足设计要求,灌浆材料能充分渗透并均匀固化,滑坡体内的积水得到有效排出,土壤抗剪强度和稳定性得以提升。施工过程中还需加强对施工工艺的监督和检查,通过实时监测和分析施工参数的变化,及时发现并处理施工中的问题,并建立质量管理体系,对施工过程进行全面监控和管理,确保各项施工活动严格按照设计要求进行,最终达到预期加固效果^[3]。

4.3 施工检测和监测

为确保施工质量的全面掌控和围堤结构变化的准确监测,需采用科学、系统的检测与监测手段,这包括钻孔取芯检测,它能直观有效地获取围堤内部材料的物

理力学性质,如强度、密实度等,为评估加固效果及材料性能提供坚实的数据支撑;无损检测,利用超声波、雷达等先进技术,在不破坏围堤结构的前提下,对围堤进行细致扫描和检测,精准发现潜在的裂缝、空洞等缺陷,为施工质量的持续优化和改进提供重要参考;以及变形监测,通过实时监测围堤结构的位移、沉降等变形量,敏锐捕捉结构变形趋势和异常情况,为施工过程中的安全预警和应急响应提供科学依据。施工人员还需根据工程实际情况和具体需求,精心选择适宜的检测和监测方法,并严格遵循相关标准和规范进行操作,这要求他们具备深厚的专业知识和丰富的实践经验,能够精准理解和执行检测与监测工作的各项要求。还要加强对检测和监测结果的分析评估,运用科学的数据处理和分析方法,深入挖掘检测结果背后的深层信息,及时发现并妥善处理潜在的问题和风险,评估加固效果是否达标;重点关注无损检测结果中缺陷的位置、大小和数量,为后续修复和加固工作提供精准指导;还要密切关注变形监测中变形量的变化趋势和异常情况,及时采取应对措施,确保围堤结构的安全稳定。

结语

综上所述,水利工程围堤加固工程的设计与施工是一项系统工程,需综合考虑地质条件、防洪需求、经济成本及环保要求。通过科学设计、精心施工及严格质量控制,可以显著提升围堤的稳固性和防洪能力,随着技术的不断进步和创新,围堤加固工程将更加高效、环保,为水利事业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]陈飞.水利工程围堤加固工程设计与施工研究[J].现代工程科技,2025,4(1):25-28.
- [2]杜观果.水利工程围堤加固工程设计及施工技术探讨[J].水上安全,2024(20):196-198.
- [3]李浩.围堤防渗施工的高压旋喷止水技术运用[J].中国水运(下半月),2020,20(4):131-132.