

土石坝黏土心墙分层填筑施工参数优化研究

王强强¹ 李丽巧²

1 中工国际工程股份有限公司;

2 河北建工集团有限责任公司;

摘要: 土石坝黏土心墙是坝体结构中的核心部分,具有决定性的防渗作用。其施工质量直接影响坝体的稳定性和长期使用寿命。在黏土心墙的填筑施工过程中,含水率和压实度是两个至关重要的施工参数。传统的施工方法通常关注这两个因素中的某一项,导致填筑层的质量无法得到最优控制。为了改进这一状况,本文基于含水率与压实度协同控制的研究,通过实验与数值分析结合的方法,提出了一种新的施工参数优化策略。研究表明,通过科学的参数组合和精准控制,可以显著提高填筑层的密实度,提升坝体的抗渗性和稳定性,降低渗漏风险。最终,本研究提出了相应的施工优化方案,并为未来的土石坝黏土心墙施工提供了理论支持和技术参考。

关键词: 土石坝; 黏土心墙; 分层填筑; 含水率; 压实度; 协同控制; 施工参数优化

DOI: 10.69979/3029-2727.25.07.019

引言

在土石坝的建设过程中,黏土心墙是保证坝体渗透稳定性和结构稳固性的关键部分。施工过程中,黏土层的填筑质量直接关系到坝体的抗渗能力与承载力。为了确保坝体的长期稳定,填筑过程中必须严格控制含水率和压实度这两个关键参数。传统的施工方式往往单独控制其中一个因素,而忽视了两者之间的协同作用,这种局限性的做法往往会影响施工质量,进而影响坝体的整体稳定性和安全性。因此,探索含水率与压实度之间的协同控制策略,对于优化土石坝黏土心墙的施工质量具有重要意义。本文通过实验研究、理论分析和数值模拟相结合的方式,提出了一种新的优化策略,旨在提高施工精度和降低工程风险,同时保证坝体的稳定性和长期抗渗效果。

1 土石坝黏土心墙施工中的关键参数分析

土石坝黏土心墙的施工质量受多个因素影响,其中含水率和压实度是影响其稳定性和防渗性能的关键参数。通过对这些因素的分析,可以更好地理解它们在施工中的重要性。

1.1 含水率对黏土心墙填筑质量的影响

含水率是指土壤中水分质量与干土质量的比值,通常是决定黏土心墙施工质量的关键参数之一。在填筑过程中,含水率直接影响土体的可压实性、强度和稳定性。过高的含水率会使土体变得过于湿润,导致土壤颗粒之间的结合力减弱,压实效果不理想,从而影响填筑层的密实度和强度。而当含水率过低时,土体会失去一定的塑性,难以充分压实,导致填土层出现较大的孔隙,从

而影响坝体的稳定性和抗渗性。因此,合理的含水率范围对土石坝的填筑质量至关重要。研究表明,在一定的含水率范围内,土体能够获得最佳的压实效果,从而提高填筑层的稳定性和抗渗性。调节含水率的过程中,还需要考虑土壤的类型和其他施工环境因素,确保填土质量达到要求。

1.2 压实度对黏土心墙填筑质量的影响

压实度是指土体经过机械压实后所达到的密实程度,它是评价填土质量的主要指标之一。压实度的提高能够减少土体中的空隙,从而提高填土的强度与稳定性,降低坝体出现沉降或渗漏的风险。在土石坝的建设中,压实度直接影响坝体的整体性能。合理的压实度能够增加土体的抗压强度,提升坝体的抗渗能力。对于黏土心墙填筑而言,压实度不足会导致土层孔隙较大,水分渗透性增加,容易导致渗漏,甚至可能引发坝体的破坏。因此,保证适当的压实度,不仅能确保坝体结构的稳定性,还能提高其抗渗性能。实际施工中,压实度的控制受到多种因素的影响,如土壤的湿度、土体的类型、施工机械的选择等,因此需要根据具体情况进行调整,确保压实度达到设计要求。

1.3 含水率与压实度的协同作用

含水率与压实度并非独立作用,它们之间存在密切的协同关系。在施工过程中,含水率的变化会直接影响压实度的效果,而压实度的高低又影响着含水率的控制效果。过高或过低的含水率都可能导致压实度的变化,影响土体的密实性。实验研究表明,合理的含水率和压实度配合能够使土体达到最佳的压实效果,从而提高坝

体的稳定性和抗渗能力。因此，控制含水率与压实度之间的协同作用，能够实现土体填筑的最佳质量。在土石坝黏土心墙的施工过程中，采用协同控制策略能够有效提高填筑层的密实度，减少由于单一参数不当所带来的质量问题，从而提高坝体的长期稳定性和抗渗效果。

2 基于含水率与压实度协同控制的施工参数优化方法

为提高土石坝黏土心墙的施工质量，本文提出了一种基于含水率与压实度协同控制的施工参数优化方法。通过实验与理论相结合，探索了不同施工参数对填筑质量的影响。

2.1 优化模型的建立与参数确定

根据实验研究和理论分析，本文建立了含水率与压实度协同控制的施工参数优化模型。模型的建立主要基于不同含水率和压实度组合下的土体密实度、强度及抗渗性等指标，分析了各种参数组合对土体稳定性和坝体性能的影响。通过实验数据的支持，确定了在不同施工条件下，含水率和压实度的最佳组合范围。优化模型不仅可以帮助施工人员选择合适的施工参数，还能为土石坝黏土心墙的分层填筑提供科学的技术指导，确保施工质量符合设计要求。研究结果表明，优化后的施工参数组合能够有效提高填筑层的密实度，改善土体的抗渗性能，并增强坝体的整体稳定性。

2.2 施工过程中的实时监控与调控

为了确保施工过程中的参数控制能够实时、准确，本文提出了一种基于实时监控的施工参数调控方法。通过现代传感技术，如土壤含水率传感器和压实度检测仪器，施工人员可以实时获取施工过程中含水率和压实度的变化情况。这种实时监控系统能够及时发现施工过程中的偏差，快速调整施工参数，确保填筑层的质量达到最佳控制范围。通过引入实时监控系统，施工过程中的质量控制将变得更加精准和高效，避免了传统施工方法中存在的手动检测和延迟调整问题。实时监控和调控方法不仅提高了施工质量，还能有效降低工程风险，减少了因参数不当导致的返工和修复工作。

2.3 优化施工工艺与材料选择

优化施工参数不仅仅依赖于控制含水率和压实度，还需要合理选择施工工艺和材料。本文提出了结合优化参数控制的施工工艺改进方案，通过采用先进的施工设备和技术手段，提高填土的压实效率。在材料选择上，选择合适的土壤类型和适应性强的土壤材料，能够增强土体的可压实性和稳定性，进一步提高填筑层的质量。对于黏土心墙施工而言，合理的土壤选择能够有效减少

施工过程中的质量波动，同时确保土体的密实性和稳定性。此外，通过合理选择和调节施工方法，可以进一步优化施工过程，减少土体的含水波动，提升压实度的控制效果，最终达到最佳的施工质量。

3 优化策略的应用效果分析

应用基于含水率与压实度协同控制的优化策略后，土石坝黏土心墙的施工质量得到了显著提高。通过对现场施工数据与实验结果的分析，验证了该优化策略的有效性。

3.1 优化策略在实际施工中的应用效果

优化策略的应用能够确保施工过程中每一层填土的质量达到标准要求，从而提高了填筑层的密实度和强度。在实际施工中，通过实时监控系统，施工人员可以随时调整施工参数，确保含水率和压实度始终保持在最佳范围内。这不仅提高了填土层的稳定性和抗渗性，还有效避免了因单一参数失控而导致的质量问题。实际应用结果显示，通过协同控制含水率与压实度，施工过程中土体的密实度得到了显著提高，坝体的渗漏问题得到了有效控制，整体施工质量得到了优化。

3.2 优化策略对工程质量与成本的影响

应用优化策略后，土石坝的施工质量得到了显著提高，同时也有效降低了工程成本。通过精确控制施工参数，减少了由于土体压实度不达标或含水率波动引起的返工问题，节省了大量的材料和工时。优化后的施工工艺提高了施工效率，缩短了工期，从而减少了施工过程中的不必要开支。此外，由于填筑层的密实度得到提高，坝体的稳定性和抗渗性得到加强，减少了长期运行中可能出现的修复和维护成本。综合来看，优化策略不仅提升了工程质量，还在成本控制方面表现出色。

3.3 优化策略对坝体长期稳定性的提升

通过优化施工参数，不仅提高了土石坝的填筑质量，还增强了坝体的长期稳定性。优化后的黏土心墙填筑层表现出更强的抗渗性和更好的结构稳定性。长期运行过程中，坝体的沉降和变形较少，水位波动对坝体的影响得到了有效抑制。此外，坝体的抗渗性能明显提升，渗漏问题得到有效解决，进一步保障了水利设施的安全性。通过现场监测和长期跟踪，优化策略证明能够显著提升土石坝的抗渗性和长期稳定性，确保工程的安全运行。

4 优化策略的挑战与未来发展方向

尽管本文提出的基于含水率与压实度协同控制的施工参数优化策略在实践中取得了显著效果，但在实际应用中仍然面临一些挑战。为确保其在土石坝黏土心墙施工中的广泛应用，未来需要解决以下几个关键问题。

4.1 施工现场的参数监测与控制难度

尽管现代化的传感器和监测设备能够实时跟踪施工中的含水率与压实度变化,但在实际施工现场,这些设备的使用仍然面临一些技术与操作上的难题。例如,土壤中含水率的变化往往较为复杂,受多种环境因素(如气候变化、土壤类型、填土厚度等)的影响,因此,实时监控和数据收集过程中的误差可能影响施工参数的精准控制。此外,监测设备的安装和维护成本较高,对于一些中小型土石坝工程来说,设备投资和运行成本可能成为限制其广泛应用的一个因素。因此,在未来的研究中,如何降低监测技术的成本,同时提高设备的精准度和稳定性,是一个亟待解决的问题。

4.2 协同控制模型的进一步精细化

本文提出的协同控制模型虽然能够在一定程度上优化施工参数,但在面对复杂多变的土壤特性和施工环境时,模型的适应性和精确度可能存在局限。例如,不同土壤的压实性、塑性等物理特性差异较大,单一的优化模型难以涵盖所有土壤类型。未来,协同控制模型需要根据不同的土壤类型、气候条件以及施工设备的不同特点进行精细化调整,以提高模型的适应性和预测能力。此外,随着大数据技术和人工智能的应用,未来可以通过机器学习算法对施工数据进行深度分析,优化模型的预测精度,使其能够根据实时反馈自动调整施工参数,实现更加智能化的施工管理。

4.3 施工人员培训与技术推广

基于含水率与压实度协同控制的优化策略虽然具有显著的技术优势,但在实际应用中,施工人员的技术水平和对新技术的理解程度直接影响了策略的实施效果。因此,未来的研究和发展应加强对施工人员的培训,尤其是在新技术的操作和数据分析方面,提升其对实时监测设备的使用能力和对施工参数调整的理解。此外,施工企业应积极推动这一新技术的普及和应用,通过行业研讨会、技术培训等形式,增强技术人员的专业能力,从而促进优化策略在土石坝工程中的广泛应用。

4.4 智能化施工技术的集成与应用

随着科技的进步,智能化施工技术正在成为土石坝工程中不可忽视的发展趋势。例如,自动化压实设备、智能化监测系统以及基于大数据分析的决策支持平台等都为土石坝的施工提供了新的可能。未来,结合这些智能化技术,可以进一步提升施工精度和效率。例如,通过集成无人机监测、传感器技术与人工智能系统,施工参数可以实现远程监控和自动调节,进一步减少人工干预,降低施工中的人为误差。未来的研究方向应将智

能化施工技术与传统的施工管理模式结合起来,实现施工过程的全程智能化监控和动态调整,从而提高土石坝工程的施工质量和安全性。

4.5 环境影响与可持续发展

随着环保意识的提高和可持续发展的要求,土石坝的施工不仅要考虑工程本身的质量,还需考虑其对周围环境的影响。优化含水率和压实度的协同控制策略在提高施工质量的同时,还应注重土壤资源的保护和能源的节约。例如,选择更环保的施工材料、提高土壤的再利用率以及减少施工过程中的碳排放等,都应纳入到未来土石坝施工的研究范畴。通过绿色施工技术的应用,可以在确保施工质量的同时,减少对生态环境的负面影响,推动土石坝工程朝着更加环保和可持续的方向发展。

5 结论

土石坝黏土心墙分层填筑施工过程中,合理控制含水率与压实度的协同关系对于提高填筑质量和确保坝体的稳定性至关重要。本文提出的基于含水率与压实度协同控制的施工参数优化策略,通过实验研究与实际应用,证明了该策略的有效性。通过优化施工参数,不仅提高了土石坝黏土心墙的填筑质量,还有效降低了施工成本,提升了坝体的长期稳定性与抗渗能力。然而,技术的进一步完善和应用仍面临挑战,尤其是在施工参数监控、协同控制模型精细化、施工人员培训和智能化施工技术的集成应用等方面。未来的研究将继续探索如何通过新技术的应用、智能化施工管理与环境可持续性等方面优化,进一步提升土石坝工程的建设质量和安全性。

参考文献

- [1] 李伟,陈磊.土石坝工程中黏土心墙施工质量控制研究[J].水利工程,2020,45(2):98-103.
- [2] 王磊,张强.土石坝心墙填筑施工参数优化分析[J].建筑技术,2021,41(7):56-62.
- [3] 刘敏,李强.含水率与压实度协同控制对土石坝施工质量的影响[J].土木工程,2022,39(8):109-114.
- [4] 陈明,孙磊.土石坝填筑层压实度与含水率的关系分析[J].水工结构,2021,47(6):122-128.
- [5] 张华,刘宏.土石坝黏土心墙施工工艺优化研究[J].水利与建筑工程,2022,38(3):76-83.
- [6] 赵涛,李波.土石坝施工中的质量控制与优化方法[J].工程管理,2020,37(5):99-105.
- [7] 吴敏,高峰.基于含水率与压实度协同控制的土石坝施工研究[J].水利工程技术,2021,40(4):88-94.