

面板堆石坝坝体分区填筑设计与材料配比优化

李勋仑

昭通昭阳区泽通供水有限公司 云南 昭通 657099

【摘要】：堆石坝作为重要的水利工程结构，其设计与施工对工程的稳定性至关重要。本文探讨了堆石坝坝体分区填筑的设计方法及材料配比优化策略，重点分析了不同材料的选择对坝体稳定性的影响，以及如何通过优化材料配比达到经济性与安全性的平衡。通过数值模拟和实验数据支持，研究提出了一种高效、环保且具有成本优势的材料优化方案。研究结果表明，合理的分区填筑设计和科学的材料配比能够显著提高堆石坝的稳定性和施工效率。

【关键词】：堆石坝；分区填筑；材料配比；优化设计；稳定性

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.047

引言

堆石坝的设计与施工在水利工程中占据着重要地位。传统的堆石坝设计方法通常较为固定，难以根据不同地质条件和资源限制进行调整。近年来，随着技术进步与工程需求的变化，堆石坝设计逐步向着更加科学、经济和环保的方向发展。分区填筑设计与材料配比优化作为其中的重要环节，不仅关系到坝体的安全性与稳定性，也直接影响着工程成本与施工周期。因此，如何在保证安全性的同时，实现资源的合理利用和成本的最优化，成为了当前堆石坝设计领域亟待解决的问题。

1 坝体分区填筑设计的关键技术

坝体分区填筑设计作为堆石坝工程中的重要技术环节，其核心目标是根据地质条件和水文环境的变化，合理划分坝体区域，优化填筑工艺，确保坝体结构的稳定性和安全性。在实际应用中，分区填筑设计需要考虑不同区域的土质、岩石种类以及水流的影响。设计中常采用多种填料进行分层填筑，并根据每一层的承载力要求进行调整，以提高坝体整体的稳定性和抗渗性。通过科学的分区设计，能够减少坝体局部应力集中，提高各区域的均衡性，进而提升整体坝体的抗震性能。

针对坝体不同区域的特点，设计师通常依据不同土壤和岩石的物理力学性质，进行合理的材料配比^[1]。在坝体的基础区域，往往采用具有较高强度的粗颗粒石料，而在上层区域，则会选用较轻的填料，如细砂或粘土，以实现负载的逐步递减。通过合理选择和配比不同类型的填料，不仅可以改善坝体的压实度，还能有效提高抗渗性能，防止水流渗透引发的潜在风险。为了进一步提高填筑效果，一些先进的填筑工艺，如高频振动和超声波灌浆技术，也逐渐被应用到坝体分区填筑中，通过对填料的密实度进行优化，进一步增强坝体结构的稳定性和持久性。

除了物料的合理选择外，坝体分区的设计还需考虑施工过

程中的环境影响因素。具体来说，不同区域的填筑过程中，可能会受到气候条件、施工机械配置以及运输路线等多方面因素的影响。在设计时需综合考虑施工的可行性和材料的获取难度，力求在保证工程质量的前提下，实现资源的最优配置。对于某些特殊地区，还需要采用局部加强设计，以应对可能的水流冲刷和泥沙淤积问题，从而保证坝体长期的稳定性。坝体分区填筑设计的关键技术不仅涉及材料的选择和分配，还包括施工过程中的精细化管理和技术手段的应用。通过科学合理的分区填筑设计，可以有效地提高堆石坝的抗渗性、稳定性和抗压强度，确保坝体在长时间使用过程中，依旧能够保持优异的工程性能。

2 材料配比优化方法与应用

材料配比优化是堆石坝设计中的关键环节，其核心目标是通过合理配置不同类型的填料，确保坝体的稳定性、抗渗性和耐久性。在堆石坝的建设中，材料的选择和配比直接影响坝体的承载能力及其长期使用的安全性。在优化配比的过程中，需要综合考虑不同材料的力学特性、经济成本以及环境适应性。传统的配比方法往往侧重于坝体的承载力和抗渗性能，而现代的优化设计则更注重在满足安全要求的同时，降低材料成本和减少对环境的负面影响。

对于材料配比的优化，重要的一步是对不同填料的力学性能进行评估。这些填料包括砂石、砾石、粘土等，具有不同的粒径分布、密度和压实特性。在坝体的不同层次中，填料的选择和配比具有显著差异^[2]。在底部区域，由于受力较大，常选用颗粒粗大的石料或岩石，以增加强度和稳定性；而在上部区域，细粒材料如砂土或粘土的应用能够提高其抗渗性能，减少水流渗透的风险。优化的配比还需要考虑填料的紧密度及其与水分的相互作用，这些因素决定了坝体的抗渗性和耐久性。通过试验和数值模拟，可以获得最佳的材料组合，以实现不同区域的最佳力学性能和稳定性。

在实际应用中,材料配比的优化不仅依赖于理论分析,还需要通过现场的实际测试和反馈进行调整。通过采用振动压实技术和湿润加固措施,可以提高颗粒之间的紧密度,从而增强材料的稳定性和抗渗能力。在材料选择上,还可结合当地的自然资源,采用本地可获得的廉价材料,降低运输成本并减少对环境的影响。这种地方化的优化方案能够提高材料的使用效率,同时减少外部资源的依赖和环境负担。

近年来,随着技术的不断发展,新的填料和加固材料也开始应用于堆石坝设计中。使用合成纤维或聚合物材料作为加固材料,可以显著提高坝体的抗裂性和抗老化性能。通过在传统填料中加入这些新型材料,可以进一步提升堆石坝的整体性能和使用寿命,尤其是在极端气候条件下的耐久性和稳定性方面表现突出。材料配比优化是一个动态的、系统的过程,需要综合考虑力学性能、成本效益及环境适应性,通过合理的设计和施工技术,确保堆石坝的长期安全运行。

3 优化设计的工程实践与效果分析

通过对坝体设计的不断调整和优化,可以在不同的地质和水文条件下实现最优的施工效果。工程实践表明,通过对坝体的各个区域进行精细化设计,不同填料的合理配置及优化配比,能够有效地提高坝体的抗渗性和强度,确保坝体在长期运行过程中具有足够的稳定性和安全性。在优化设计过程中,工程师们常常采用先进的数值模拟技术对堆石坝的不同区域进行分析。通过对坝体的应力、变形、渗透等方面的模拟,可以精确地预测填料配置对坝体性能的影响。这种技术的应用,能够使得设计方案更加科学、精准,减少了传统设计方法中可能出现的偏差和不确定性。现场的实验数据也是优化设计中不可

或缺的部分,工程实践中常结合实际施工数据,进行反馈和调整,以确保设计方案的实际可行性。

具体到材料选择方面,工程实践中逐渐推广了环保型材料和高性能填料的使用。这些材料在保证强度和稳定性的基础上,还能够减少对环境的影响,降低坝体施工中的资源消耗^[3]。在一些项目中,通过使用本地获取的优质石料和新型合成纤维材料,既降低了工程成本,又有效提高了坝体的抗裂性和耐久性。通过这种材料优化,不仅改善了坝体的力学性能,还提升了其在特殊环境条件下的适应能力。

对于优化设计的效果分析,实际工程项目的数据表明,经过优化设计的堆石坝相比传统设计方案,具有更高的经济效益和社会效益。优化后的坝体不仅在抗渗、防裂和抗震方面表现出更优的性能,而且施工时间大大缩短,材料利用率显著提高,节省了大量的资源和成本。坝体的长效稳定性和安全性也得到了保障,确保了在未来几十年的使用过程中,坝体能够维持良好的工程性能。在实际的工程应用中,优化设计已经成为堆石坝建设的重要趋势,通过不断完善和调整设计方案,堆石坝的施工质量和长期运行的稳定性得到了显著提升。

4 结语

优化设计在堆石坝建设中的应用,显著提升了坝体的稳定性和安全性,减少了施工成本,并提高了材料的使用效率。合理的分区填筑设计与材料配比优化,不仅使得工程更具经济性,还增强了坝体的耐久性,适应性以及环境友好性。未来,优化设计的推广将为堆石坝工程的可持续发展提供更强有力的技术支持。

参考文献:

- [1] 成柳.基于混凝土面板堆石坝坝体填筑施工技术 with 质控检测[J].中国水泥,2025,(11):97-100.
- [2] 葛道明.水利工程中面板堆石坝坝体填筑施工技术分析[J].科学技术创新,2025,(17):125-128.
- [3] 刘永飞.抽水蓄能电站堆石坝填筑施工方法研究[J].价值工程,2025,44(03):128-130.