

水工建筑物抗冲磨蚀性能提升对策分析

董小雪

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300220

摘要:近年来,水工建筑的建设步伐不断加快,在一定程度上有效缓解了能源资源短缺的问题。然而,由于河流的多沙性特点和环境破坏引起的水土流失,对其抗冲磨蚀性能的要求也越来越高。本文深入探讨了水工建筑物抗冲磨蚀性能的提升对策,从材料选择与改进、施工工艺优化等方面进行了详细分析。通过采用高性能混凝土、优化混凝土拌合与浇筑工艺、设计流线型体型与结构布置、以及引入智能监测技术,旨在增强水工建筑物的耐久性和稳定性,有效抵御水流冲刷与磨蚀破坏,保障其长期安全运行。

关键词:水工建筑物;抗冲磨蚀性能;提升对策

引言:随着水利工程的不断发展,水工建筑物面临着日益严峻的水流冲刷与磨蚀问题,这对建筑物的耐久性和安全性构成了重大挑战。因此,提升水工建筑物的抗冲磨蚀性能成为亟待解决的关键问题。通过分析并探讨一系列有效的提升对策,以此为水工建筑物的抗冲磨蚀性能提升提供科学依据和实践指导。

1 水工建筑物抗冲磨蚀性能提升的重要性

水工建筑物,作为水利工程体系中的核心组成部分,承担着防洪、灌溉、发电、供水及航运等多重功能,其安全与稳定直接关系到国民经济的命脉和社会民生的福祉。在这些建筑物长期运行过程中,水流中的泥沙、硬质颗粒以及高速水流本身,都会对其表面产生强烈的冲刷与磨蚀作用,尤其是位于河流、水库及水电站等水流动力条件复杂区域的水工建筑物,其抗冲磨蚀性能的重要性更是不言而喻。第一,提升水工建筑物的抗冲磨蚀性能是保障工程安全运行的基础。随着水流携带的泥沙不断撞击和磨损建筑物表面,若材料不具备足够的抗冲磨蚀能力,将加速结构的老龄化、损坏,甚至引发局部坍塌,严重威胁工程的安全性和使用寿命。因此,增强建筑物的抗冲磨蚀能力,是防止结构破坏、延长工程使用寿命的关键措施。第二,提高抗冲磨蚀性能有助于减少维修成本和维护工作量^[1]。频繁的维修不仅耗费大量的人力、物力和财力,还会对工程的正常运行造成干扰。通过采用高性能的防护材料和先进的施工技术,提升建筑物的抗冲磨蚀性能,可以有效降低维修频率和成本,提高工程的经济效益。第三,随着全球气候变化的加剧,极端天气事件频发,河流径流和泥沙含量等水文条件变得更加复杂多变,这对水工建筑物的抗冲磨蚀性能提出了更高要求。因此,加强水工建筑物抗冲磨蚀性能的研究与提升,不仅是应对当前挑战的迫切需求,也

是适应未来气候变化、保障水利工程可持续发展的必然选择。

2 水工建筑物冲磨蚀破坏特点

2.1 冲磨破坏的广泛性与连续性

水工建筑物的冲磨蚀破坏,尤其是冲磨破坏,展现出显著的广泛性与连续性特点,这些特点深刻影响着建筑物的结构与性能,必须予以高度重视。冲磨破坏的广泛性主要体现在其影响范围之广。水工建筑物,如泄洪洞、水垫塘、冲砂底孔等,其过流表面长期受到高速含沙水流的冲刷,这种冲刷作用不仅局限于某一局部区域,而是遍布整个过流面。从建筑物的进口到出口,从底部到顶部,冲磨破坏几乎无处不在。此外,冲磨破坏还不仅仅局限于混凝土表面,它可能逐渐深入,影响到内部钢筋的锈蚀与保护层的剥落,进一步加剧结构的劣化。另外,冲磨破坏的连续性则是指这种破坏作用在时间上的不间断性。水流对建筑物的冲刷是一个持续的过程,只要水流存在,冲磨破坏就会持续进行。尤其是在洪水季节或水流含沙量较高时,冲磨破坏的速率会显著加快^[2]。这种连续的破坏作用不仅加剧了建筑物的磨损程度,还可能导致结构性能的逐渐丧失。例如,冲磨破坏会在混凝土表面形成剥蚀坑和线性沟槽,这些损伤会不断累积,最终导致结构的局部破坏甚至整体失效。

2.2 空蚀破坏的局部性与深度性

水工建筑物冲磨蚀破坏中的空蚀破坏,具有显著的局部性与深度性特点,这些特点对于建筑物的结构安全和使用寿命具有重要影响。空蚀破坏的局部性主要体现在其发生位置和范围的特定性。空蚀现象多发生在水流速度变化剧烈、流态复杂的区域,如泄水建筑物的突体、棱角、闸门门槽等部位。这些区域由于水流形态的改变,容易产生空泡和微射流,进而对壁面产生强烈的

冲击作用,导致局部区域发生空蚀破坏。空蚀破坏的发生位置相对集中,往往局限于这些特定区域,而不会像冲磨破坏那样广泛分布于整个过流面。另外,空蚀破坏的深度性则是指其破坏作用在垂直方向上的显著性。空蚀过程中,空泡溃灭时产生的瞬时高压强和微射流的冲击作用,能够直接作用于混凝土等材料的表面,并逐渐深入内部。随着空蚀破坏的持续发展,破坏深度会不断增加,严重时可达数米甚至更深。这种深度破坏不仅削弱了建筑物的结构强度,还可能导致内部钢筋的锈蚀和保护层的剥落,进一步加剧结构的劣化。

2.3 冲磨与空蚀的相互作用与促进

水工建筑物冲磨蚀破坏中,冲磨与空蚀之间存在着密切的相互作用与促进关系,这种复杂的交互作用进一步加剧了建筑物的损坏程度。

2.3.1 相互促进的破坏机制

冲磨与空蚀并非孤立的现象,而是相互关联、相互促进的。冲磨破坏主要是由水流中携带的泥沙、硬质颗粒等对建筑物表面进行冲刷和磨损,造成表面材料的逐渐剥离。而空蚀则是在水流速度变化剧烈、压力降低至汽化压力以下时,产生的空泡在溃灭时释放出巨大的能量,对混凝土等材料表面形成强烈的冲击破坏。这两种破坏机制在时间上往往交替进行,空间上则可能相互重叠,共同作用于建筑物的同一区域,从而加速破坏过程。

2.3.2 破坏形态的相互影响

冲磨破坏形成的凹凸不平的表面,为空蚀的发生提供了有利条件。凹陷区域由于水流速度的增加和流态的复杂化,更容易产生空泡并引发空蚀破坏。同时,空蚀破坏形成的剥蚀坑和裂纹,也会进一步加剧冲磨破坏的效果,因为水流在通过这些区域时会产生涡流和分离流,增加对壁面的冲刷力。这种相互作用使得破坏形态更加复杂多样,难以预测和控制。

2.3.3 结构强度的削弱

冲磨与空蚀的共同作用会不断削弱建筑物的结构强度。冲磨破坏导致表面材料的剥离和内部钢筋的暴露,而空蚀破坏则进一步加深破坏深度,甚至可能穿透保护层直接作用于钢筋上。这种破坏不仅降低了建筑物的承载能力,还可能引发钢筋的锈蚀和断裂,从而对整个结构的稳定性造成威胁。

2.3.4 维修难度的增加

由于冲磨与空蚀的破坏作用具有广泛性和深度性,且相互交织、难以区分,这使得对受损部位的维修和加固变得更加困难。传统的修复方法往往难以达到理想的效果,而且需要耗费大量的人力、物力和财力。

3 水工建筑物抗冲磨蚀性能提升对策

3.1 材料选择与改进

在提升水工建筑物抗冲磨蚀性能的对策中,材料选择与改进是至关重要的一环。(1)选用高性能混凝土。HF混凝土是一种通过添加特定外加剂(如HF外加剂)来激发粉煤灰等掺合料活性的高性能混凝土。这种混凝土不仅具有更高的强度和耐磨性,还能在保持混凝土工作性的同时,显著提高混凝土的抗冲磨蚀性能。通过优化HF外加剂的掺量和使用方法,可以进一步提升混凝土的抗冲磨强度。硅粉作为一种细度极高的矿物掺合料,能够显著提高混凝土的密实度和耐磨性。将适量的硅粉掺入混凝土中,可以填充混凝土内部的微小孔隙,形成更加致密的结构,从而增强混凝土的抗冲磨蚀能力。然而,需要注意的是,硅粉的掺入可能会影响混凝土的施工性能,如收光抹面效果等,因此在实际应用中需要综合考虑。(2)引入新型耐磨材料^[3]。环氧砂浆是一种具有优异粘结强度和耐磨性的新型材料。它能够在混凝土表面形成一层坚硬的保护层,有效隔绝水流与混凝土的直接接触,从而减轻冲磨蚀破坏。此外,环氧砂浆还具有良好的抗化学侵蚀性能,能够抵御水中化学物质的侵蚀作用。然而,环氧砂浆的使用需要一定的温度和湿度条件,且施工工艺较为复杂,因此在实际应用中需要严格控制施工环境和工艺参数。聚脲弹性体是一种高性能的有机材料,具有优异的耐磨性、耐腐蚀性和附着力。它可以在混凝土表面形成一层弹性保护层,有效吸收和分散水流对混凝土的冲击能量,从而减轻冲磨蚀破坏。

(3)改进混凝土配合比。在混凝土配合比设计中,应充分考虑水胶比、粗骨料级配和砂率等因素对抗冲磨蚀性能的影响。通过降低水胶比、选择密实度较大的粗骨料级配和最佳砂率等措施,可以优化混凝土的内部结构,提高混凝土的密实度和耐磨性。同时,还应根据工程实际情况和试验数据,合理确定混凝土的强度等级和抗冲磨强度要求,以确保混凝土满足设计要求。

3.2 施工工艺优化

(1)精确控制混凝土拌合与浇筑。在混凝土拌合过程中,应严格控制原材料的质量与配比,确保拌合物的均匀性和稳定性。采用高效的拌合设备,优化拌合时间,避免拌合物出现离析、泌水等现象。同时,加强对拌合物性能的检测,确保其满足设计要求。在混凝土浇筑过程中,应采用合理的浇筑方法和振捣技术。分层浇筑时,应控制每层浇筑的厚度和间隔时间,确保混凝土能够充分密实。采用高频振捣器进行振捣,确保混凝土内部的气泡和多余水分被有效排出,提高混凝土的密实

度和强度。(2)真空吸水与二次振捣技术。在混凝土浇筑后,及时进行真空吸水处理。利用真空设备在混凝土表面形成负压,吸走多余的水分和气泡,减少混凝土的孔隙率,提高混凝土的密实度和抗渗性能。同时,真空吸水还能加速混凝土的硬化过程,提高混凝土的早期强度。在混凝土初凝前进行二次振捣处理。通过二次振捣破坏混凝土表面的膜层,使未水化的内核接触溶液,加快水化反应速度,提高混凝土的强度和耐磨性。(3)精细化养护与保护。混凝土浇筑完成后,应及时采取有效的养护措施。根据气候条件和混凝土性能选择合适的养护方法,如洒水养护、覆盖养护等。保持混凝土表面湿润,避免水分过快蒸发导致干裂^[4]。同时,控制养护期间的温度和湿度变化,减少混凝土内部应力集中和裂缝产生的风险。在混凝土表面涂覆抗冲磨涂层或粘贴耐磨板材等保护措施。这些措施能够形成一层坚硬的保护层,隔绝水流与混凝土的直接接触,减轻冲磨蚀破坏。同时,还能提高混凝土表面的平整度和光洁度,改善水流流态,减少空蚀破坏的发生。通过优化施工工艺中的混凝土拌合与浇筑、真空吸水与二次振捣技术以及精细化养护与保护等措施,可以显著提升水工建筑物的抗冲磨蚀性能。这些措施不仅提高了混凝土的密实度和强度,还增强了其耐久性和稳定性,为水工建筑物的长期安全运行提供了有力保障。

3.3 工程设计优化

在设计过程中,应充分考虑水流特性和冲磨蚀破坏机理,通过数值模拟和物理模型试验等手段,优化建筑物的体型设计。采用流线型或低阻力体型,减少水流对建筑物的冲击和磨损。同时,合理设置挑流鼻坎、消力池等结构,引导水流方向,降低流速,减轻冲磨蚀破坏。优化水工建筑物的结构布置,减少过流部分的长度和复杂程度。通过合理布置泄水孔、排水孔等结构,及时排除水流中的泥沙和杂质,降低水流对建筑物的磨损。此外,还应考虑建筑物的整体稳定性和安全性,确保在极端工况下仍能保持良好的抗冲磨蚀性能。接着,

在设计中应选用高性能、耐磨损的材料,如高性能混凝土、耐磨钢材等。通过添加适量的掺合料和外加剂,提高材料的密实度和抗冲磨蚀性能,还应考虑材料的耐腐蚀性、抗冻融性等综合性能,确保建筑物在恶劣环境下仍能保持稳定运行。在设计中应充分考虑建筑物的使用寿命和耐久性要求。通过增加结构厚度、设置防护层等措施,提高建筑物的抗冲磨蚀能力,还应考虑建筑物的维护和检修需求,设计合理的检修通道和平台等设施,便于日后的维护和检修工作^[5]。最后,在工程设计中引入智能监测与预警系统,实时监测建筑物的运行状态和水流特性。通过数据分析和模型预测等手段,及时发现并预警潜在的冲磨蚀破坏风险。同时,结合远程监控和自动化控制技术,实现对建筑物的远程监控和自动化控制,提高运行效率和安全性。

结语

总之,提升水工建筑物的抗冲磨蚀性能是一个系统工程,需要从材料、工艺、设计等多个方面综合施策。通过采用高性能材料、优化施工工艺、科学设计体型与结构,并引入智能监测与预警系统,可以有效增强水工建筑物的耐久性和稳定性,为水利工程的长期安全运行提供坚实保障。未来,随着科技的不断进步和工程实践的不断深入,相信会有更多创新对策涌现,推动水工建筑物抗冲磨蚀性能的持续提升。

参考文献

- [1]刘瑞琳.水电工程中钢纤维混凝土抗冲磨性能研究[J].水利技术监督,2020(5):123-125+222.
- [2]胡宏峡.黄河上游水电站抗冲磨混凝土试验研究[J].人民黄河,2020,42(10):142-147.
- [3]赵毅.高水头泄水建筑物抗冲磨修补技术及应用[J].西北水电,2020(5):56-60.
- [4]李光伟.纤维素纤维在水工抗冲磨高性能混凝土中的应用[J].水利水电技术,2019,42(10):124-127.
- [5]马强,贾新聪.高强自密实混凝土研究及其在工程中的应用[J].住宅与房地产,2020(30):84-85.