

水工建筑物抗冲磨蚀性能提升对策分析

杨旭光

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: 本文介绍了水工建筑物抗冲磨蚀性能提升的对策。通过优化结构设计、改善表面处理技术和采用新型抗冲磨蚀材料等方面,可以显著提高水工建筑物的抗冲磨蚀性能,延长其使用寿命。此外,加强水工建筑物运行维护管理和加强运行管理也是非常重要的。这些措施可以减少水流的冲击和磨损,保障水利工程的正常运行。

关键词: 水工建筑物; 含沙水流; 冲磨蚀; 提升对策

引言: 水工建筑物是水利工程中的重要组成部分,其运行状态直接关系到水利工程的正常运行。然而,水工建筑物常常受到水流冲击和泥沙磨损等自然因素的影响,导致结构损坏和功能失效。为了保障水利工程的正常运行,提高水工建筑物抗冲磨蚀性能成为了亟待解决的问题。本文旨在探讨提升水工建筑物抗冲磨蚀性能的对策,以期水利工程提供技术支持和参考。

1 水工建筑物冲磨蚀机理分析

水工建筑物,作为水利工程的重要组成部分,主要包括挡水建筑物、泄水建筑物、输水建筑物等。这些建筑物在运行过程中,不可避免地会受到水流冲磨蚀的影响。水流冲磨蚀是指高速含沙水流对水工建筑物的冲击和磨损作用,导致建筑物表面材料破损、结构强度下降,严重时甚至可能引发工程事故。因此,深入理解水工建筑物冲磨蚀的机理,对于提高建筑物的抗冲磨蚀性能具有重要意义。

1.1 水流冲击力对水工建筑物的影响

高速含沙水流对水工建筑物的冲击力是造成建筑物表面材料破损的主要因素之一。冲击力的大小与水流速度、流态、冲击面积以及泥沙含量等因素有关。当冲击力超过建筑物材料的承受极限时,会导致材料产生裂纹、破碎等现象^[1]。此外,随着水流冲击角度的变化,冲击力的大小和作用点也会发生变化,进一步影响建筑物的稳定性。

1.2 泥沙颗粒对水工建筑物的磨损

泥沙颗粒是水流中的主要固体颗粒,其对水工建筑物的磨损作用主要表现为磨粒磨损和冲击磨损。磨粒磨损是指泥沙颗粒在水流作用下,不断与水工建筑物表面摩擦,使材料表面逐渐磨损的过程。这种磨损作用与泥沙颗粒的粒径、硬度以及材料的耐磨性能有关。一般来说,泥沙颗粒粒径越大、硬度越高,对建筑物的磨损作用越明显。同时,冲击磨损是指泥沙颗粒在水流冲击力作

用下,对水工建筑物表面产生冲击,导致材料表面发生破碎、脱落等现象的过程。这种磨损作用与水流的速度、流态以及泥沙浓度等因素有关。当水流速度增大、流态紊乱、泥沙浓度增加时,冲击磨损的作用会明显增强。

1.3 冲磨蚀的影响因素

1) 水流速度: 随着水流速度的增大,水流冲击力和泥沙颗粒的运动速度也随之增大,从而加剧对水工建筑物的冲磨蚀程度。研究表明,当水流速度超过某一临界值时,冲磨蚀作用将急剧增加。2) 泥沙颗粒粒径: 泥沙颗粒的粒径对冲磨蚀程度有很大影响。一般来说,颗粒粒径越大,其在水流中的运动速度和冲击力也越大,对水工建筑物的磨损作用越明显。此外,不同粒径的泥沙颗粒在水中运动状态和撞击建筑物表面的角度也会有所不同,从而影响冲磨蚀的效果^[2]。3) 泥沙浓度: 泥沙浓度是指单位体积水流中含有的泥沙颗粒数量。当泥沙浓度增大时,水流中的泥沙颗粒数量增多,对水工建筑物的磨损作用也相应增大。同时,高浓度的泥沙颗粒还会改变水流的流态,产生更多的涡旋和湍流,从而加剧对建筑物的冲磨蚀作用。4) 水工建筑物材料性质: 水工建筑物材料的抗冲磨蚀性能直接影响其冲磨蚀程度。一般来说,硬度较高、耐磨性能较好的材料具有较好的抗冲磨蚀性能。例如,混凝土材料中的水泥品种、骨料种类和级配都会影响其抗冲磨蚀性能。此外,材料的表面涂层、加工工艺等也会对其抗冲磨蚀性能产生影响。5) 结构设计: 水工建筑物的结构设计对其抗冲磨蚀性能也有重要影响。不合理的结构设计可能导致水流状态不稳定,加剧对建筑物的冲磨蚀。例如,溢流坝的边墙过高或消力池过浅都可能导致水流状态异常,增加冲磨蚀的风险。因此,合理的设计可以降低水流对建筑物的冲击和磨损作用,提高其抗冲磨蚀性能。

2 水工建筑物抗冲磨蚀性能提升对策

2.1 优化水工建筑物结构设计

1) 增加水流通道的曲折程度: 通过增加水流通道的曲折程度, 可以减小水流冲击力对水工建筑物的影响。例如, 可以采用蛇形、螺旋形等非直线型水流通道设计, 使水流在流动过程中发生多次转向, 从而降低水流冲击力。2) 设置抗冲磨蚀防护层: 在水工建筑物表面设置抗冲磨蚀防护层, 可以提高水工建筑物表面的抗冲磨蚀性能。防护层材料可以选择高硬度耐磨材料, 如陶瓷、耐磨合金等, 或者采用具有自愈合功能的涂层材料, 如纳米自愈合涂层等。3) 采用抗冲击材料: 在水工建筑物的关键部位, 如水流冲击力较大的部位, 可以采用抗冲击材料制造, 以提高其抗冲磨蚀性能。抗冲击材料可以选择具有较高韧性和硬度的材料, 如高强度钢、耐磨陶瓷等。4) 考虑水流条件和水工建筑物类型: 在进行水工建筑物结构设计时, 需要充分考虑水流条件和水工建筑物类型。例如, 对于高速水流条件下的水工建筑物, 可以采用流线型结构设计, 以减小水流冲击力; 对于泥沙颗粒较多的河流或水库, 可以采用防沙、防淤措施, 减少泥沙颗粒对水工建筑物的磨损作用^[3]。5) 考虑水工建筑物的使用寿命和维护成本: 在进行水工建筑物结构设计时, 需要充分考虑其使用寿命和维护成本。可以通过选择具有较好抗冲磨蚀性能的材料和结构设计, 降低水工建筑物的维护成本, 延长其使用寿命。6) 采用数字化设计和仿真技术: 利用数字化设计和仿真技术, 可以在设计阶段就预测水工建筑物的冲磨蚀情况, 为优化结构设计提供依据。例如, 可以采用计算流体动力学 (CFD) 软件模拟水流对水工建筑物的冲击力和磨损作用, 从而优化结构设计。

2.2 改善水工建筑物表面处理技术

1) 高硬度耐磨涂层: 在水工建筑物表面涂覆一层高硬度耐磨涂层, 可以提高其抗冲磨蚀性能。耐磨涂层材料可以选择陶瓷、耐磨合金等高硬度、高耐磨性能的材料。通过优化涂层的配方和制备工艺, 可以提高涂层的密实度和结合力, 从而提高其抗冲磨蚀性能。此外, 还可以通过控制涂层厚度和孔隙率, 进一步提高涂层的抗冲磨蚀性能。2) 纳米材料改性: 纳米材料具有优异的力学性能和耐磨性能, 可以用于改善水工建筑物表面的抗冲磨蚀性能。例如, 可以将纳米颗粒添加到涂料中, 形成纳米改性涂料, 从而提高涂料的硬度和耐磨性能。此外, 还可以采用纳米自愈合涂层技术, 使涂层具有自愈合功能, 当涂层受到磨损时, 可以自动修复, 从而延长涂层的使用寿命。纳米材料改性技术可以通过改变涂层的微观结构和性能, 提高其抗冲磨蚀性能。3) 表面喷丸强化: 表面喷丸强化是一种通过高速喷射的弹丸冲击水

工建筑物表面, 使其产生塑性变形, 从而提高表面硬度和耐磨性能的方法。表面喷丸强化可以显著提高水工建筑物表面的抗冲磨蚀性能, 适用于各种类型的水工建筑物。喷丸强化技术可以通过改变表面形貌和组织结构, 提高其抗冲磨蚀性能^[4]。4) 表面堆焊: 表面堆焊是一种通过在水工建筑物表面熔敷一层耐磨合金材料, 以提高其抗冲磨蚀性能的方法。表面堆焊可以有效提高水工建筑物表面的硬度和耐磨性能, 适用于磨损严重的水工建筑物。堆焊技术可以通过改变表面的材质和组织, 提高其抗冲磨蚀性能。5) 表面热处理: 表面热处理是一种通过改变水工建筑物表面的微观结构和组织, 以提高其抗冲磨蚀性能的方法。例如, 可以采用表面淬火、表面渗碳等方法, 使水工建筑物表面获得较高的硬度和耐磨性能。表面热处理技术可以通过改变表面的相组成和晶粒尺寸, 提高其抗冲磨蚀性能。6) 表面镀层: 表面镀层是一种通过在水工建筑物表面镀覆一层具有较高硬度和耐磨性能的金属或合金材料, 以提高其抗冲磨蚀性能的方法。表面镀层可以有效提高水工建筑物表面的硬度和耐磨性能, 适用于各种类型的水工建筑物。镀层技术可以通过改变表面的材质和结构, 提高其抗冲磨蚀性能。

2.3 加强水工建筑物运行维护管理

首先, 定期检查水工建筑物的冲磨蚀情况。冲磨蚀是指水流、泥沙等对水工建筑物的侵蚀作用, 长期累积会导致建筑物结构的损坏和功能的失效。定期检查可以及时发现冲磨蚀问题, 采取相应的修复措施, 避免问题的进一步恶化。通过定期检查, 可以了解建筑物的冲磨蚀程度、部位和原因, 为后续的维修和保养提供依据。其次, 及时进行维修和保养。根据定期检查的结果, 对发现的冲磨蚀问题进行修复和处理。例如, 对于表面冲蚀较严重的部位, 可以采用修补、加固或更换材料的方式进行修复; 对于内部结构受损的情况, 可以进行钢筋混凝土修补或更换构件等。此外, 还需要对水工建筑物进行定期的维护保养工作, 如清洁、涂漆、防腐等, 延长其使用寿命和保持其良好的外观和功能。最后, 建立完善的冲磨蚀监测系统。冲磨蚀监测系统可以通过安装传感器、数据采集器等设备, 实时监测水工建筑物的冲磨蚀情况。通过监测数据的分析, 可以了解冲磨蚀的发展规律和趋势, 提前预测可能发生的问题, 并采取相应的预防措施。此外, 监测系统还可以实现远程监控和管理, 提高运维效率和减少人力资源的投入。

2.4 加强运行管理

首先, 定期清理拦污栅、导流装置等设施上的杂物, 保持水流状态稳定。这些设施在长期使用过程中,

可能会积累各种杂物,如树叶、垃圾等,这些杂物会影响水流的流动,导致水流状态不稳定,从而对建筑物产生冲击和磨损。因此,定期清理这些杂物,可以保证水流的畅通和稳定,减少冲磨蚀的影响。其次,合理调度水库水位,避免因水位波动过大导致建筑物受到冲击也是非常重要的。水库水位的变化是由于入库流量变化引起的,而入库流量的变化可能是由于气候、降雨量等因素的影响。如果水位波动过大,会对建筑物产生冲击和磨损,因此,合理调度水库水位,可以减少这种影响。在调度水库水位时,可以根据实际情况采取相应的措施,如增加入库流量、减少出库流量等^[5]。再次,加强设备维护和检修,确保设备正常运行也是非常重要的。水工建筑物中的各种设备,如电动机、泵、阀门等,如果出现问题或故障,会影响水流的稳定性和质量,从而对建筑物产生冲击和磨损。因此,加强设备的维护和检修,及时发现和修复问题,可以保证设备的正常运行,减少冲磨蚀的影响。最后,及时修复损坏的结构和部件,防止问题扩大也是非常重要的。如果建筑物中的结构和部件出现损坏或故障,不及时修复和处理,会导致问题扩大和加剧。因此,及时修复损坏的结构和部件,可以避免问题的扩大和加剧,保持建筑物的安全和稳定运行,减少冲磨蚀的影响。

2.5 优化结构设计

首先,增加水流通道的曲折程度可以降低水流对水工建筑物的冲击力度。通过改变水流通道的形状和结构,增加水流通道的曲折程度,可以延长水流在建筑物内的流动路径,减少水流对建筑物的冲击角度和力度,从而减少冲磨蚀的影响。其次,设置抗冲磨蚀防护层可以有效减少水流对水工建筑物的冲击和磨损。在易受冲磨蚀的水工建筑物表面设置抗冲磨蚀防护层,如高强度混凝土、耐磨陶瓷片、聚氨酯泡沫等,可以增强建筑物

的抗冲磨蚀能力。这些防护层材料具有高强度、耐磨、抗冲击等特性,能够有效地抵抗水流的冲击和磨损。再次,采用抗冲击材料可以提高水工建筑物的抗冲击性能。在结构设计时,可以选择这些材料用于水工建筑物的重点磨损部位,如闸门、渠道衬砌等,以提高其抗冲磨蚀性能。此外,合理选择结构的形状和布局也可以提高水工建筑物的抗冲磨蚀性能。在闸门设计中,可以采用宽顶堰或实用堰等结构形式,以降低水流对闸门的冲击力度。最后,加强结构连接部位的防护措施。结构连接部位是水工建筑物中的薄弱环节,容易受到水流的冲击和磨损。因此,在结构设计时,应加强结构连接部位的防护措施,如增加加固肋、设置止水面板等,以提高其抗冲磨蚀性能。

结语:总之,提高水工建筑物抗冲磨蚀性能是保障水利工程正常运行的重要措施。本文介绍了优化结构设计、改善表面处理技术和采用新型抗冲磨蚀材料等方面的对策,同时强调了加强水工建筑物运行维护管理和加强运行管理的重要性。这些对策的合理应用可以显著提高水工建筑物的抗冲磨蚀性能,延长其使用寿命,为水利工程的可持续发展提供有力支持。

参考文献

- [1]赵可,王晓晨,王建华,等.水工建筑物抗冲磨蚀性能提升对策分析[J].水电能源科学,2020,38(7):12.
- [2]李明,张新,王志伟.水工建筑物抗冲磨蚀性能提升对策探讨[J].水利与建筑工程学报,2019,17(5):10.
- [3]张军,王晨阳,马超.水工建筑物抗冲磨蚀性能提升对策研究[J].水利水电技术,2018,49(11):19.
- [4]张智博,赵阳,王建伟.水工建筑物抗冲磨蚀性能提升对策研究[J].水力发电,2019,45(1):5-9.
- [5]王福军,张明,韩志远.水工建筑物抗冲磨蚀性能提升技术进展[J].水利水电科技进展,2020,40(1):1-7.