

# 水利工程水闸除险加固设计分析

翁明皓

淮安市水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 淮安 223001

[摘要] 水利工程为防洪、灌溉、供水等提供基础。然而, 由于自然因素和长期运行引起的损耗, 水利工程往往需要进行定期维护和加固, 以确保其安全、稳定地运行。文中聚焦于水利工程中的除险加固设计, 旨在通过对结构材料、强度、抗洪能力等关键要素的综合分析, 为工程的安全性和可持续性发展提供科学而可行的设计方案。

[关键词] 水利工程; 水闸; 除险加固

DOI: 10.33142/hst.v7i1.11199

中图分类号: TV66

文献标识码: A

## Design Analysis of Hazard Removal and Reinforcement for Water Gates in Hydraulic Engineering

WENG Minghao

Huai'an Water Resources Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu, 223001, China

**Abstract:** Water conservancy engineering provides a foundation for flood control, irrigation, water supply, etc. However, due to natural factors and losses caused by long-term operation, water conservancy projects often require regular maintenance and reinforcement to ensure their safe and stable operation. The article focuses on the design of hazard removal and reinforcement in hydraulic engineering, aiming to provide scientific and feasible design solutions for the safety and sustainable development of the project through comprehensive analysis of key elements such as structural materials, strength, and flood resistance.

**Keywords:** water conservancy engineering; water gates; hazard removal and reinforcement

### 引言

水利工程的除险加固设计是应对日益复杂的水文环境和工程老化问题重要手段。随着气候变化、水资源管理的日益重要以及工程长期运行的挑战, 传统的水闸、堤坝等设施不仅需要应对自然灾害带来的挑战, 还需在维护和改进工程性能的同时, 尽减少对环境和社会的不良影响。基于此, 除险加固设计成为维护水利工程可靠性和适应性的重要手段, 也为水域管理和资源利用提供了更高水平的技术支持。

### 1 水闸结构及性能分析

#### 1.1 水闸结构及其组成部分

水闸是水利工程中的关键设施, 对控制水流、防范洪水具有至关重要的作用。水闸的主要结构包括闸门、闸槽、闸墩等几个重要组成部分。闸门: 是水闸最显著的部分, 负责调控水流。闸门通常由高强度的材料制成, 如钢铁或混凝土, 以确保其在各种环境条件下都能保持稳固。闸槽: 位于闸门下游, 起到导流和承受水压的关键作用。闸槽的结构需要具备足够的强度, 以承受水流的冲击力, 并确保水流在开启闸门时能够顺畅地通过, 防止水流对周边土地或建筑物造成不利影响。闸墩: 位于两个闸门之间, 是支撑整个水闸结构的支柱。闸墩需要具备良好的抗水流冲击和承受重力的能力, 通常采用混凝土建造以确保结构的稳定性和耐久性。

#### 1.2 水闸运行性能分析

水闸的运行性能是确保其在各种工况下有效运行的

关键因素, 直接关系到水利工程的安全和效益。在运行性能的分析中, 主要包括开启与关闭速度、水位调节能力以及能耗等多个关键参数。①开启与关闭速度: 水闸在应对不同水情时, 对于闸门的快速响应至关重要。开启与关闭速度的分析旨在确保水闸在面对紧急情况, 如洪水来袭时, 能够迅速有效地打开或关闭, 以减轻洪水对周边地区的影响。②水位调节能力: 水闸需要能够灵活调整水位, 以适应不同的需求, 如农田灌溉、城市供水等。对水位调节能力的评估需要考虑水流的平稳调控和对水域生态环境的最小干扰, 确保水位的变化对周边生态系统的影响最小化<sup>[1]</sup>。③能耗分析: 对于液压或机械设备, 其运行所需的能量消耗直接关系到水闸的经济性和可持续性。能耗分析旨在找到一种平衡, 即在确保高效运行的前提下, 最大限度地减少能源的消耗, 以降低运行成本并减轻对环境的影响。通过全面的运行性能分析, 可以更好地理解水闸在不同工况下的行为, 为制定合理的运维策略和未来的改进工程提供基础, 有助于确保水闸的持续、安全、高效运行, 更好地服务于水域管理和社会需求。

#### 1.3 现有水闸存在的问题

现有水闸在长期运行和自然因素的影响下, 存在诸多问题包括: ①老化与磨损: 长时间的运行导致水闸各部件出现老化和磨损, 闸门表面出现裂缝和腐蚀, 降低了结构的整体强度和稳定性。②结构不稳定性: 水流冲击和外界环境因素导致水闸整体结构的不稳定, 闸墩和闸槽等部分出现位移或变形, 增加了运行中的不确定性。③设备故障:

液压或机械设备存在潜在的故障风险,例如液压系统泄漏、电控系统故障等,会导致水闸操作异常,影响其正常运行。④效能下降:部分水闸因为设计不合理或长时间使用而导致效能下降,开启关闭速度减缓、水位调节不灵活等问题,影响了其应对紧急情况的能力。⑤环境适应性不足:随着气候变化和水文条件的变化,部分水闸的设计无法充分适应新的环境变化,导致运行性能逐渐不足以满足当下的需求。

## 2 除险加固设计原则

### 2.1 安全性原则

安全性是确保水闸在各种情况下能够稳定、可靠地运行,最大限度地减小灾害风险。安全性原则要求对闸门的设计和制造进行精准而可靠的工程计算,确保其在正常运行和极端水情下的强度足够,能够抵御外部水压、洪水冲击等作用力。此外,对闸门的开启和关闭速度也需要谨慎考虑,以确保在紧急情况下能够迅速而平稳地响应,减小因操作不当导致的风险。闸槽需要具备足够的强度和稳定性,以承受水流冲击和水压变化,防止因为闸槽的破损导致水流失控。闸墩则需要具备抗水流冲击和承受自身重力的能力,确保其在洪水冲击下不发生倾斜或破坏,从而保持整个水闸结构的稳定性。机械设备需要通过严格的质量控制,确保其运行可靠性和耐久性。安全性原则强调整体系统的安全性,不仅是狭隘意义上的结构安全,还包括操作安全<sup>[2]</sup>。运行人员应当接受专业培训,熟悉水闸的各项操作规程,能够迅速而正确地响应各类突发事件,确保水闸能够在最安全的状态下运行。

### 2.2 结构稳定性原则

结构稳定性原则确保水闸在加固后能够承受各种外部力的作用,防止结构发生不稳定或破坏。对于闸门的设计,结构稳定性原则要求对其承受水压、水流冲击等力的强度进行精确计算。闸门的形状、材料选择以及连接方式都需要综合考虑,以确保在各种工况下都能够稳固地承受外部力的作用,防止因结构失稳导致的安全隐患。闸槽需要具备足够的强度和稳定性,以抵御水流的冲击力,并保持其结构的完整性。闸墩作为支持整个水闸结构的支柱,需要具备抗水流冲击和承受自身重力的能力,以确保整个水闸在运行中不发生倾斜或结构破坏。结构稳定性原则还要求综合考虑不同部件之间的协调性,以确保整个水闸结构在加固后仍能形成一个稳定而协调的整体。在设计中应当避免因为某一部分加固导致其他部分的不平衡,从而影响整个水闸结构的稳定性。还需要考虑水流对结构的长期作用,例如水流的侵蚀和冲刷。

### 2.3 经济性原则

在水利工程的除险加固设计中,经济性原则核心在于在确保安全性和稳定性的前提下,最大限度地降低加固成本,实现整体工程的经济效益。选择合适的材料,不仅要考虑其强度和耐久性,还需考虑成本效益。在确保安全性的前提下,应尽采用成本相对较低但性能合格的材料,以

降低整体工程的投资。结构设计应当注重施工的便捷性和效率,以减少加固工程的人工和时间成本。在整体运行中,经济性原则还要求设计合理的维护计划,以延长设施的使用寿命,降低运维成本,包括定期检查、维护和修复计划的制定,以及对设备和结构的长期性能监测,早期发现问题并采取预防性措施。对于一些的技术改进和新技术的引入,需要通过投资回报率的评估,确保其引入是经济可行的,能够在未来的运行中带来实际的经济效益。

### 2.4 环境友好性原则

环境友好性原则核心理念是确保加固工程对周边自然环境的最大干扰,并通过可持续性的设计和实践减少对生态系统的负面影响。选择具备较低环境影响的可再生材料,以及对环境影响较小的制造和处理过程,有助于降低工程对资源的依赖,减缓对环境的压力。避免对当地植被、水生生态和野生动物造成破坏,通过科学合理地规划和施工过程,最小程度地改变自然环境的格局。在施工阶段,环境友好性原则要求采取措施来减少施工对空气、水、土壤等环境要素的污染。合理管理水流,以减少对下游生态环境的不良影响。环境友好性原则的贯彻执行需要与社区和当地居民进行充分沟通,考虑到他们的关切和需求,通过社会参与,可以更好地了解 and 解决对周边环境产生的负面影响,实现水利工程与当地生态系统的共生发展。

## 3 水闸除险加固设计方法

### 3.1 结构材料选择与性能要求

在进行材料选择时,需要充分考虑水闸所处环境、工程用途、结构要求等多方面因素,以确保所选材料能够满足工程的性能要求。对于水闸的闸门,钢铁具有优异的强度和耐腐蚀性,适用于大型水闸的制造,能够承受较大水压和洪水冲击。混凝土主要用于小型水闸或次要结构,其优势在于抗水腐蚀、稳定性好、施工相对简便。在具体选择时,需根据水域环境、工程预算等因素进行综合权衡。对于闸槽和闸墩等支持结构,通常采用混凝土作为主要材料。混凝土具有良好的抗水流冲击和承重能力,且具备优异的耐久性。根据具体的工程要求,还可以选择高强度混凝土或添加纤维增强等改性混凝土,以提升结构的抗压、抗拉强度,延长使用寿命。在液压系统和机械设备方面,通常采用耐腐蚀的合金钢或不锈钢作为主要构件材料。这些材料能够在水中长期运行而不受腐蚀,保证系统的稳定性和可靠性。此外,需要选择经过特殊表面处理的材料,以防止水垢和泥沙的附着,保证系统的高效运行。在材料选择中,需综合考虑结构的重量、成本、耐久性、施工难度等因素<sup>[3]</sup>。对于一些高强度、耐腐蚀性能较好的材料,虽然造价较高,但能够减轻结构自重,提高整体稳定性;对于一些规模较小、经济预算有限的工程,选择性能相对适中的材料,通过合理的设计和施工工艺也能够实现工程的可靠运行。性能要求方面,除了强度和耐久性外,还需要考虑材料的可焊性、可加工性以及与其他材料的协同性。

例如,在液压系统中,要求选用易加工且能够保证液压密封的材料,以确保系统的可靠运行。

### 3.2 结构强度分析

结构强度分析是确保水闸在各种水文条件和外部压力作用下,能够稳定、可靠地运行,防止结构破坏和灾害发生。对于水闸的闸门,强度分析需要考虑其在水位、开启程度和洪水情况下承受的水压力和水流冲击力。通过结构力学的方法,进行静力和动力分析,确定闸门所受各个方向的受力情况,以及受力点的位置和大小。对于闸槽和闸墩等支持结构,强度分析需要关注其在水流冲击和水压变化下的受力情况。考虑到水流的冲击力,需要分析结构在动态水压力下的响应,以防止由于水流冲击引起的结构振动和损伤。在水位变化情况下,通过强度分析确定结构对于不同水位的承载能力,保证其在水位变化时不发生倾斜或破坏。在进行结构强度分析时,还需要综合考虑材料的应力-应变特性,确保所选用的结构材料在各个受力点都具备足够的强度和延展性,包括对材料的静态强度、疲劳强度和冲击强度等方面的全面评估,以保证结构在长期运行中不会因为疲劳或冲击而发生裂纹或破坏。随着计算机技术的发展,通过建立水闸结构的数学模型,考虑不同工况下的边界条件和受力情况,进行结构的强度、刚度和稳定性等方面的详细分析,不仅能够提高分析的精度,还能够模拟各种复杂工况下的结构响应,为实际工程提供更为准确的设计依据。结构强度分析的结果将直接指导工程中的结构设计和材料选择,为水利工程的安全运行提供坚实的技术基础,通过科学合理的强度分析,水利工程除险加固设计能够更好地适应各种水文条件和自然压力,确保结构在服务期内保持良好的强度和稳定性。

### 3.3 抗洪能力分析

抗洪能力分析旨在确保水闸在面临洪水冲击时能够有效地保持稳定,防止溃堤和灾害发生。对于水闸的闸门,抗洪能力分析需要考虑其在洪水冲击下的承受水压力和水流冲击力。通过数值模拟和水力学分析,确定在不同洪水水位下闸门所受的压力分布和力的方向,以及对其结构的影响,包括考虑到洪水期间出现的突发事件,如浮冰、漂木等对闸门的额外冲击,以确保闸门在极端洪水条件下也能够稳定运行。对于闸槽和闸墩等支持结构,抗洪能力分析需要关注其在水流冲击和水压变化下的受力情况。在洪水期间,水流冲击和水压的突变导致结构受到巨大的力,因此需要通过结构动力学的方法,对结构在洪水条件下的响应进行详细分析。在抗洪能力分析中,需要综合考虑水域的地形、水文条件以及的气象因素,确保分析结果具有足够的真实性和可靠性。同时,还需对洪水的概率和的洪峰流量进行综合评估,以确定水闸的设计标准和参数设置,确保其具备足够的抗洪能力。对于液压系统和机械设备,抗洪能力分析包括对其在洪水条件下的运行稳定性的评

估。确保液压系统能够稳定供水或排水,机械设备能够正常工作,以保障水闸在洪水冲击下的灵活应对能力。

### 3.4 其他设计考虑因素

除了结构材料选择、强度分析和抗洪能力分析之外,水利工程除险加固设计还需要综合考虑其他因素,以确保工程在不同工况下能够安全、稳定、经济、环保地运行。①环境影响评估是一个重要的方面。在进行设计时,需要综合考虑工程对周边自然环境的影响,包括对水域生态系统、植被、野生动物等的潜在影响。采取措施减缓和减小对环境的破坏,确保工程的可持续性发展。②社会影响评估也是一个关键因素。水利工程除险加固设计的实施对周边居民和社区产生一定的影响,包括噪音、震动、施工期间的交通问题等。通过社会参与和沟通,了解当地居民的需求和关切,采取相应的措施减缓社会影响,确保工程实施过程中的社会和谐。③经济效益分析也是设计的重要组成部分。在保证工程质量和安全性的前提下,需要对各种设计方案进行经济性评估,包括对材料成本、施工成本、维护成本等方面的综合考虑,以选择最经济合理的设计方案。④可维护性和可操作性是设计中的关键因素。确保水利工程的除险加固设计具备易维护性,采用便于操作和维护的结构和设备,以降低工程维护成本,延长设施的使用寿命。⑤技术创新和未来发展考虑也是必要的。随着科技的不断进步,水利工程设计应考虑引入新技术、新材料,提升工程的性能和效益。在整个设计过程中,需要将多学科的综合协作,将各个因素有机地结合在一起,全面考虑结构、材料、环境、经济、社会等多方面因素,水利工程的除险加固设计能够更好地适应复杂多变的实际情况,为水域管理和防洪排涝提供更加可靠的技术支持。

## 4 结语

水利工程除险加固设计的成功实施需要全面考虑结构材料、强度、抗洪能力等关键因素,并在此基础上兼顾环境、社会、经济等多方面的影响。通过精确的分析和科学的设计,确保水闸在各种工况下安全、稳定、经济、环保地运行。在设计中注重可持续性发展,关注环境和社会的影响,采用灵活的技术手段,使工程更好地适应未来的变化,不仅是对水利工程的保障,更是对社会和自然资源的负责任态度。

### [参考文献]

- [1]陈芳兰.聚江水库除险加固设计与施工要点分析[J].水利科学与寒区工程,2022,5(8):124-126.
  - [2]张彬.水利工程水闸金属结构施工方法研究[J].珠江水运,2022(7):89-91.
  - [3]刘欢.某水闸消能加固设计优化研究[J].水利技术监督,2022(12):213-215.
- 作者简介:翁明皓(1990.12—),男,河海大学;水务工程,淮安市水利勘测设计研究院有限公司,工程师。