

# 水利水电工程中的水闸设计问题及其优化措施

徐乐意<sup>1</sup> 李茂兵<sup>1</sup> 付浩雁<sup>2</sup>

1. 华设设计集团股份有限公司 江苏南京 210000

2. 南京市水利规划设计院股份有限公司 江苏南京 210000

**摘要:** 水闸作为水利水电工程中的重要组成部分,承担着调节水流、控制水位、保证水源供应等功能。水闸设计问题涉及到液压特性优化、通行能力优化、自动化与智能化优化等方面。通过对水闸设计的优化,可以提高其稳定性、安全性和运行效率,进而满足工程需求。基于此,本文章对水利水电工程中的水闸设计问题及其优化措施进行探讨,以供参考。

**关键词:** 水利水电工程; 水闸设计; 问题; 优化措施

## Sluice design problems and optimization measures in water conservancy and hydropower projects

Leyi Xu<sup>1</sup>, Maobing Li<sup>1</sup>, Haoyan Fu<sup>2</sup>

1. Huashi Design Group Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000

2. Nanjing Water Conservancy Planning and Design Institute Co., Ltd. Nanjing, Jiangsu, 210000

**Abstract:** As an integral component of hydraulic and hydroelectric engineering, water gates play a vital role in regulating water flow, controlling water levels, and ensuring a stable water supply. Designing water gates involves optimizing hydraulic characteristics, enhancing navigational capacity, and implementing automation and intelligence improvements. By optimizing the design of water gates, their stability, safety, and operational efficiency can be improved to meet the requirements of the engineering projects. In light of this, this article explores the design issues of water gates in hydraulic and hydroelectric engineering and discusses optimization measures for reference.

**Keywords:** Water Conservancy and Hydropower Engineering; Sluice Design; Problem; Optimization Measures

### 引言:

水利水电工程中水闸设计的必要性体现在流量控制、结构稳定性、动力学、通行能力以及自动化与智能化等方面。合理的水闸设计能够保障工程安全运行,满足工程需求,实现水资源的有效利用,减少环境和生态系统的影响。因此,在水利水电工程中进行水闸设计是非常必要的。

### 一、水利水电工程中水闸设计的重要性

#### 1. 控制流量

水闸作为水利工程中的重要组成部分,主要负责对水流进行调节和控制。通过合理设计水闸结构和闸门开启方式,可以实现精确地调控水流,满足各类工程对水量的需求。水闸的正确设计能够保证正常的供水、排水、灌溉等功能,有效利用水资源,提高水利工程效益。

#### 2. 保障结构稳定

水闸所处的环境条件复杂且多变,如河流水流状况、本体基础土质条件等,因此必须进行结构稳定性的合理设计。通过考虑水流对水闸的冲刷和水压对结构的影响,合理选择适用的结构形式,并设置合适的护坡、护岸等防止冲刷的措施,确保水闸结构的安全可靠。

#### 3. 解决动力学问题

水闸开关时会产生液压冲击和水锤力,这些力对水闸结构和附近设施造成威胁。合理的水闸设计可以通过缓冲装置、消能设施等方法,减小液压冲击和水锤力的影响,保证工程的正常运行,同时提高水闸开关的精确度和效率。

#### 4. 保证通行能力

水闸作为船舶通行的重要通道,需要具备一定的通

行能力。合理设计水闸的闸门尺寸和数量,以满足船舶通行的需求,并避免因通行能力不足而引起的堵塞和拥挤现象。保障水闸通行能力的同时,还应注意尽量减小通行时的水头损失,提高通航效率。

#### 5. 自动化与智能化管理

随着科技的进步,自动化与智能化已经成为水利水电工程发展的趋势。适当集成先进的传感器、监测系统和控制算法,实现水闸的自动化运行和智能管理,能够大幅提高水闸运行效率和安全性,降低人工操作的误差风险,并为灾害预警、故障检测和维护管理提供便利。

### 二、水利水电工程中水闸设计的原则

#### 1. 流量控制原则

根据工程需求确定水闸的流量控制范围,确保水闸能够灵活地调整流量。采用合适的流量控制方式,如开启闸门、调节机构等,实现精确的流量控制。考虑到工程变化和突发情况,预留一定的流量调节余度,以应对不同工况下的流量控制需求。

#### 2. 结构稳定性原则

虑水流对水闸底部的冲刷,采取适当的防冲刷措施,如设置护坡或坡道等。在设计水闸的各个部位,如闸门、闸墩等,充分考虑水压对其产生的力学影响,确保结构稳定性。针对可能的局部荷载或地震等外部因素,进行合理的结构计算和设计,保证水闸能够承受相应力学作用。

#### 3. 动力学原则

考虑水闸开关时产生的液压冲击和水锤力对水闸结构和附近设施的影响,采取消能措施,如设置消能装置、缓冲装置等。设计合适的水闸开关方式,控制开关速度和流量变化率,减小动力学冲击。考虑水闸周边环境因素,如波浪、船只过往等,通过设计合理的警戒带或航道来减少对水闸的干扰。

#### 4. 通行能力原则

根据工程需求和水域条件,确定水闸的通行能力要求,保证其能够满足不同用途的需求,如泄洪、引水、船只通行等。采用合适的闸门数量和尺寸,使得水闸可以快速通行,并尽可能减小通行时的水头损失。

#### 5. 自动化与智能化原则

应用先进的传感器、监测系统以及自动控制技术,实现水闸的自动化运行和智能管理,提高水闸的效率和安全性。考虑使用远程监控技术,及时获取水闸的工作状态,进行监测、调整和维护。

### 三、水利水电工程中水闸设计的问题

#### 1. 通行能力不足

通行能力是水闸的一个重要指标,影响着水流通过

水闸的顺畅程度。在设计水闸时,如果没有充分考虑到流量变化、河道形态等因素,可能导致水闸通行能力不足。这将导致水流堵塞、水头浪涌、溃坝等问题,严重影响水闸的正常运行和灌溉、供水等功能的实现。

#### 2. 液压特性不佳

水闸的液压特性主要包括开启度对应的流量关系、泄流能力和消能能力等。如果在设计中未充分考虑水闸液压特性的优化,就可能造成流量控制不准确、能量损失大、水位波动等问题。这不仅会影响水闸的稳定性和安全性,还会造成不必要的水资源浪费。

#### 3. 结构合理性不足

水闸结构的合理性对水闸的安全性和耐久性有着重要影响。如果在设计中未充分考虑到材料选择、应力分析、结构刚度等因素,可能导致水闸出现渗漏、裂缝、变形等问题,增加了维护和修复的成本,甚至影响到水闸的正常运行。

#### 4. 自动化与智能化应用不足

随着科技的发展,自动化与智能化技术在水闸设计中有着广泛的应用前景。然而,目前在一些水利水电工程中,这些先进的技术并没有得到充分的应用。这就使得水闸的操作效率和自适应能力受到限制,无法满足灵活响应和远程控制的需求。

### 四、水利水电工程中水闸设计问题的优化措施

#### 1. 流量控制优化

流量控制优化涉及到确保水闸能够准确、稳定地控制水流量。这对于水利工程的正常运行至关重要。合适的闸门类型和数量的选择,以及它们在水闸中的合理布置,都会直接影响流量控制的准确性。根据具体的水流特征和工程需求,选择适当的闸门类型(如滑动闸门、提升闸门、旋转闸门等)以及其尺寸和数量,可以有效提高流量控制的准确性。现代水闸通常配备自动控制系统,通过传感器和执行机构实现对流量的精确控制。这样的系统可以实时感知水位变化和需求,从而自动调整闸门开度,以达到所期望的流量控制效果。因此,优化控制系统的设计和性能,可以提高流量控制的准确性和响应速度。在水闸设计中使用数值模拟和实验研究的方法,可以帮助工程师更好地理解水流行为和闸门操作对流量控制的影响。通过对不同情境下的水流模拟和实验研究,可以优化水闸的设计参数,确保流量控制的准确性。

#### 2. 结构稳定性优化

结构稳定性优化是指确保水闸结构在各种外部力和内部水压力的作用下能够保持稳定的能力。在水闸设计过程中,进行强度分析是必要的,以确定结构元件在各个工作状态下的承载能力。这样可以确保水闸在正常运

行以及可能出现异常情况（如洪水、地震等）下的结构稳定性。选择合适的材料和材料性能，以满足水闸结构的强度和稳定性的要求。不同部位的水闸结构可能需要使用不同类型的材料，例如混凝土、钢等，根据所要承受的力学压力和环境条件进行选择。设计适当的结构连接和支撑方式，以确保整个水闸结构能够有效地传递力和保持稳定。合理的结构连接和支撑设计可以提高水闸结构的整体强度和刚度，有助于提高其稳定性。

### 3. 动力学优化

动力学优化涉及到确保水闸对水流动态变化具有稳定的响应性能。针对水流在水闸中的流动和压力变化，优化水闸的结构以提高其液压特性。通过合理设计闸门形状、布置、开度调节等措施，减小或消除液压冲击和涡流产生的现象，从而提高水闸的稳定性和响应速度。水闸的响应速度和稳定性与控制系统的的设计密切相关。通过采用先进的控制算法和灵敏的传感器，可以实现对水闸的精确控制。此外，考虑到闸门操作的动态性，优化控制系统的参数设置和控制策略，以确保水闸能够迅速适应流量变化和需求的波动。借助数值模拟和实验研究，对水流在水闸中的动态行为进行分析和优化。通过建立准确的数学模型，可以帮助设计师更好地了解水流的运动规律、液压特性以及闸门操作对水闸响应的影响，从而优化水闸的设计参数。

### 4. 通行能力优化

通行能力优化是指提高水闸的流量通过能力以满足工程需求。通过合理设计水闸的通道净宽和深度，可以提高通行能力。适当扩大通道净宽和深度，使得水流能够顺畅地通过水闸，避免因狭窄通道造成的流量限制问题。根据水流特征和流量变化预测，优化闸门的布置和数量，以提高通行能力。合理选择闸门的开度和布置方式，可以降低水流速度并减小阻力，从而提高通过水闸的流量。引入减阻措施，如消能器、喷嘴等，可以降低水流通过水闸时的能量损失和阻力，提高通行能力。通过优化这些减阻装置的形状、数量和位置，可以降低水流所受到的阻力，从而增加水闸的通行能力。

### 5. 自动化优化

自动化的应用可以提高水闸的操作效率和减轻操作员的负担。采用自动控制系统可以实现对水闸的远程监控和自动调节。该系统通过传感器感知水位、流量等参数并与闸门控制设备相连，可以自动控制闸门的开闭和调节闸门的开度，以达到所需的流量控制效果。这样可以减少人工调节的需要，提高水闸操作的效率和准确性。通过远程监测和通信技术，监控水闸的运行情况和关键参数。操作员可以通过远程监测系统随时获取水位、闸

门开度等信息，从而及时了解水闸的状态，并迅速做出响应。这种方式不仅方便了操作员，还可以提高操作反应的及时性和准确性。利用自动化技术，可以实时采集和记录水闸运行过程中的各项数据，并进行数据分析。通过对这些数据的分析，可以评估水闸的运行状况和性能，发现问题并及时采取相应的措施，提高水闸的可靠性和维护效果。

### 6. 智能化优化

智能化的应用可以提高水闸的安全性和自适应能力。智能预警系统利用先进的传感器和算法，建立智能预警系统，可以实时监测水流、水位等参数，并判断是否存在异常情况。一旦发生异常，系统可以及时发出警报并采取相应的控制措施，以防止潜在的危险。借助人工智能和机器学习技术，开发智能决策支持系统，可以根据水流条件、水位变化等情况，自动调整闸门开度以实现最佳的流量控制效果。该系统可以实时分析和处理各种数据，并通过智能算法做出准确的决策，提高水闸的自适应能力和效率。智能化技术可以实现对水闸设备的故障诊断和预测维护。通过分析设备运行数据和历史故障数据，可以预测设备可能发生的故障，并及时采取维护措施，避免不可预见的停机时间和降低维护成本。

## 五、结束语

综上所述，水闸设计的优化是水利水电工程发展的重要内容，也是保障水资源合理利用和灾害防控的关键环节。通过动力学优化和通行能力优化，可以提高水闸的液压特性和通行能力，确保其稳定、高效地运行。而自动化与智能化优化则可以提高水闸的操作效率和安全性，实现远程监控和智能决策支持。这些优化措施的引入将推动水闸设计向更加科学、先进的方向发展，为水利水电工程的可持续发展做出贡献。在未来的水闸设计中，我们应该不断探索创新，采用先进技术，注重生态环境保护，为国家的经济发展和人民的生活提供更好的水资源保障。

### 参考文献：

- [1] 谢丽萍. 水利水电工程中的水闸设计问题及其优化措施[J]. 工程建设与设计, 2022(10): 92-94.
- [2] 程薇. 水利工程水闸除险加固设计及研究[J]. 居舍, 2021(29): 87-88.
- [3] 李钦哲. 水利水电工程中的水闸设计问题及其优化措施[J]. 工程建设与设计, 2021(19): 85-87.
- [4] 刘庆红. 水利水电工程中水闸设计优化[J]. 中国高新科技, 2021(15): 47-48.
- [5] 唐耕耘. 水利水电工程中水闸施工技术与管理[J]. 新型工业化, 2021, 11(04): 181-182.