

# 水利水电工程中的水闸设计问题及其优化措施

李迪<sup>1</sup> 鲍军<sup>2</sup>

1 吉林省水利水电勘测设计研究院 2 水利部建设管理与质量安全中心

DOI:10.12238/hwr.v7i10.5033

**[摘要]** 水利水电工程作为一项重要的民生工程,在我国的经济建设以及社会建设中发挥着较大的作用和价值。为满足实际发展需求,越来越多的水利水电工程开始设计建设,而水闸设计作为其中的关键环节,对水利水电工程建成后的功能发挥具有巨大影响。水闸作为重要的水利设施,在水资源调控和洪涝灾害防治等方面扮演着关键的角色。然而,由于自然环境和人类活动的影响,水闸设计面临着许多问题。本文旨在探讨水利水电工程中水闸设计中存在的问题,并提出一些优化措施,以提高水闸的性能和效益,提升水利水电工程的整体质量。

**[关键词]** 水利水电; 水闸设计; 优化措施

**中图分类号:** TV66 **文献标识码:** A

## Sluice Design in Water Conservancy and Hydropower Projects and Its Optimization Measures

Di Li<sup>1</sup> Jun Bao<sup>2</sup>

1 Jilin Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute

2 Construction Management and Quality and Safety Center of Ministry of Water Resources

**[Abstract]** As an important livelihood project, water conservancy and hydropower projects play a great role and value in China's economic development and social construction. In order to meet the actual development needs, more and more water conservancy and hydropower projects are designed and constructed, and sluice design, as a key link, has a great influence on the function of the project after completion. As an important water conservancy facility, sluice plays a key role in water resources regulation and flood disaster prevention. However, due to the influence of natural environment and human activities, sluice design is facing many problems. The purpose of this paper is to discuss the problems existing in sluice design in water conservancy and hydropower projects, and put forward some optimization measures to improve the performance and benefit of sluice and improve the overall quality of water conservancy and hydropower projects.

**[Key words]** water conservancy and hydropower; sluice design; optimization measures

## 引言

水利水电工程中的水闸设计是确保水资源合理调配和工程安全运行的关键环节。水闸作为水利工程的重要组成部分,不仅要满足基本的调洪、蓄水、引水等功能,还需要兼顾安全性、效率性和可持续性等多重要求。同时,水利水电作为可再生能源,也是可持续发展的重要内容之一,合理配置水资源、科学应用水利水电相关设施对于推动与实现可持续发展至关重要,而水闸质量作为水利水电工程质量的重要影响因素,必须认真对待,水闸的设计水准直接决定整个水电工程的质量与后期使用效果。因此,水闸设计必须结合实际情况,综合考虑环境因素、社会因素等影响,确保设计工作具备科学性,设计方案具有可行性。

## 1 水闸工程的主要作用

水闸工程主要由上游连接段、闸室和下游连接段三部分组成,其可以有效调节水位,也能控制水的流量。其中水闸工程的上游连接段作用主要是将水流引入闸室,避免其外流,对两岸及河床也起到了保护作用,防止其被冲刷,同时还与闸室一起起到了防渗作用;闸室在水闸中处于主要地位,它的主要作用是对水位和流量起到了一定的控制作用,并且防渗防冲,它的设计包括底板、闸门、闸墩、护栏和工作桥等;下游连接段主要用来消除过闸水流的剩余能量,从而起到对流速的减缓作用,避免对下游的冲刷。

## 2 水利水电工程中水闸设计的常见问题

### 2.1 流量计算不准确

流量计算不准确是水闸设计中可能存在的一个问题。流量计算是水闸设计的基础,准确的流量计算对于保证水闸的正常

运行至关重要。然而,在实际操作中,流量计算往往存在一定的误差。这是因为流量计算涉及到许多复杂的因素,如水位、流速、闸门开度、闸门形状等,对这些因素的准确测量和计算存在一定的困难。如果流量计算不准确,可能导致水闸设计中的流量过大或过小,从而影响到水闸的正常运行。例如,如果流量计算过小,可能导致水闸的泄流不畅,产生积水和涝灾;如果流量计算过大,可能导致水闸无法承受过大的流量,导致闸门受力过大甚至损坏。

### 2.2 结构设计不合理

水闸作为一个复杂的工程结构,需要满足一定的强度和稳定性要求。然而,在一些设计中,可能存在结构设计不合理的情况,如强度不足、稳定性差等问题。这可能导致水闸在使用过程中出现安全隐患。例如,如果水闸的强度不足,可能导致闸门在受力时发生变形甚至坍塌,造成人员伤亡和财产损失;如果水闸的稳定性差,可能导致闸门在运行过程中出现震荡和倾覆的情况,无法正常开关。

### 2.3 操作机制不完善

水闸的正常运行需要操作人员进行控制和调节,但是在一些设计中,操作机制可能不够完善。例如,操作系统不灵活、操作过程复杂等问题,这可能导致操作困难,影响到水闸的正常使用。操作机制不完善还可能导致操作人员的误操作,进一步影响水闸的运行安全。例如,如果操作系统设计不合理,可能存在动作过程中的误操作,导致闸门的异常关闭或开启,从而对水闸及其周围环境造成不良影响。

### 2.4 环境影响

水闸的建设和运行对周围环境会产生一定的影响,因此设计中需要充分考虑环境影响。然而,在一些设计中,环境影响因素可能没有得到充分考虑,导致水闸建设和运行对环境产生负面影响。例如,水闸的建设可能破坏了当地的生态环境,影响到水生态系统的平衡;水闸的运行可能产生噪音和振动,并对周围土地和水质造成污染。如果环境影响不考虑,可能会引发环境保护方面的抗议和纠纷,甚至对水闸的正常运行产生影响。

### 2.5 维护保养不到位

水闸作为一个机械设备,需要进行定期的维护保养,以保证其正常运行。然而,必要的维护保养工作可能没有得到充分考虑,导致水闸的故障率较高。这可能导致水闸在运行过程中频繁出现故障,影响到水闸的正常使用。而且,水闸故障可能会引发一系列连锁反应,如堵塞、漏水等问题,从而进一步影响到水闸的性能和安全性。另外,维护保养不到位还可能导致水闸设备的老化和损坏加速,提前报废的风险增大,同时也加大了维护和修复的成本。

## 3 水利水电工程中的水闸设计原则

水利水电工程中的水闸设计原则是为了保证水闸的安全运行和高效性能,合理利用水资源,防洪抗旱,调节水位和水流以及配合其他水工项目的需要。

### 3.1 安全可靠原则

水闸设计中的首要原则是确保水闸的安全可靠性。这包括结构的稳定性、耐久性、抗震性和抗洪能力等方面的考虑。水闸的各部分和零部件都应具有足够的强度和稳定性,以承受外力和水压的作用,防止倒塌、变形或损坏。此外,还需要考虑水闸的抗震能力,以防止地震引发的破坏。对于防洪水闸,还要确保其能够承受大范围的洪水冲击,保护周边区域的安全。在安全可靠的前提下,水闸的设计应考虑到运维操作的便利性和灵活性。包括简化设备操作系统、合理安排闸门的开闭方式、优化闸门结构等方面的考虑,以提高水闸的运行效率和操作人员的工作效率。此外,还要考虑到水闸在各种运行状态下的性能和稳定性,确保在不同的水位变化和流量需求下都能正常工作。

### 3.2 流量控制与调节性原则

水闸作为水利工程中的调节设施,其设计应能实现对流量的控制和调节。设计时需要根据项目要求和实际需求,确定合适的闸门形式、开启方式、尺寸和数量等。流量的控制需要考虑到闸门的开度和坡度与流量之间的关系,并进行合理的计算和调整。另外,可根据不同的水位变化和流量需求,设计闸门的多级开启系统,以实现不同程度的调节。

### 3.3 经济效益原则

水闸的设计应具备一定的经济效益。在设计中需要合理利用和配置资源,控制工程成本,并确保工程的正常运行和维护保养的可行性。如通过合理设置闸门的数量、尺寸和材料,以及优化土建结构等方式,减少工程建设和维护成本。同时,在设计过程中要综合考虑水闸的投资回报和效益,如灌溉、发电、水运等方面的收益。

## 4 水利水电工程中的水闸设计优化措施

### 4.1 对流量进行调节与优化

对水闸进行流量调节优化有利于实现对水资源的精确调节,提高水资源利用效率。合理调节流量不仅可以满足农业灌溉、工业用水和城市供水的需求,还可以减少因过度供水或不足供水而带来的负面影响。水利水电工程中的水闸可以采用多级开启系统以实现更精确地控制流量,根据不同的水位和流量需求选择开启闸门的数量和高度,以满足具体的流量调节要求。这种方式能够提高水位控制精度,减少过流段的能量损失。还可以通过可调节闸门来控制水闸的流量,根据需要随时调整闸门开启度,实现对流量的更细致调节。可调节闸门通常具有较大的调节范围和精度。例如,采用带有螺旋升降装置的闸门,可以手动或自动地控制其高度,从而实现对流量的精确调节。除了可调节闸门之外,变形闸门可以通过改变闸门形状来控制流量,通常采用可伸缩、可旋转或可调节曲率的闸门结构。例如,采用液压或电动控制系统,可以实现闸门的自动变形调节,根据需要改变流道的形状,从而实现对流量的准确控制。这种形式的闸门适用于大流量和复杂流态的水闸。

### 4.2 结构优化

在水利水电工程中,结构优化指的是通过对水闸、水坝、堤防等水利工程的结构形式、尺寸、材料等方面进行合理的设计

和改进,以提高其稳定性、安全性和经济性。结构优化的目标是最大限度地减少结构设计和运行过程中的能耗和资源消耗,同时确保工程的性能和可靠性。工程人员应当利用好空气支撑技术、对闸门形状和尺寸、闸孔的形状和布置进行优化等措施,强化水闸结构。空气支撑技术是一种可以减轻闸门自重并提高启闭速度的技术。它通过在闸门底部的气腔中注入压缩空气来产生浮力,以减轻闸门重量,从而减小启闭能耗,并提高闸门的运动灵活性。空气支撑技术适用于大型和重型水闸。通过优化闸门的形状和尺寸,可以减小闸门所受的水阻力、降低压力波浪反射和涡流损失。优化后的闸门形状可以减小流体的阻力系数和流出速度,提高流体过闸时的能量转化效率。而优化闸孔的形状和布置可以改善水流传输的效果,减小涡流的产生和能量损失。优化闸孔的形状可以提高水流的均匀性和稳定性,减少波浪反射和水流涌动。此外,合理的布置闸门和闸孔可以减小水流运行时的湍流、振动和冲刷,降低对闸门和闸库结构的损伤。

#### 4.3 善用智能化和自动化控制技术

智能化和自动化控制技术可以帮助人们实现实时的监测并调节水闸的运行状态,自动控制闸门的开启度和位置,提高水闸的运行效率。这能够减少人为误操作和人力干预,提高水闸系统的响应能力和稳定性。通过智能化和自动化控制技术,对水闸的远程遥控和监控。这意味着操作人员可以随时随地监测和调节水闸的状态,无需亲自到现场操作。这将提高工作的灵活性,减少人力资源的需求,同时降低对操作人员的身体安全风险。工程人员可以通过远程监控和控制系统,实时监测水闸的工况和运行状态,及时发现和处理问题。监测数据包括水位、流量、闸门位置、压力等,可以通过远程通信传输到远程控制中心,实现对水闸的远程监控和调节;利用传感器和自动调节装置,安装水位、流量和压力传感器等,可以实时监测水闸的实际情况。结合自动调节装置,可以根据传感器数据进行实时调节,控制闸门的开启度和位置,以实现流量精确调节。这样做可以提高水闸调节的自动化程度,减少操作人员的干预。

#### 4.4 环境保护和生态修复

环境保护和生态修复措施可以减少水闸建设和运营对环境的破坏,保护生态系统的完整性和稳定性。尤其是对于鱼类和其他水生生物,提供合适的栖息地和通行通道非常重要。可以在水闸附近建设人工湿地,可以减少由流动水带入的冲刷物和污染物,改善水质,并提供生态栖息地。人工湿地可以通过植物的吸收作用和沉淀作用,对废水中的污染物进行处理,净化水体。还

可以通过在水闸附近建设生态护岸,可以减少河流岸线的侵蚀,保护河岸生态系统。生态护岸通常由适宜的植物、草坪和堆石等组成,能够稳定岸线,提供栖息地,促进生物多样性,并修复岸边的土壤侵蚀问题。

#### 4.5 做好维护保养工作

水闸的设计应考虑到维护保养的便利性。例如,在闸门设计中合理设置闸门的拆卸和更换装置,以便方便日常维护和检修。同时,还应考虑到设备容易清洁、检修和更换的方便性,以减少维护保养的时间和成本。安排人员制定定期巡查和保养计划,并配备专业的维护人员,定期对水闸进行巡查和维护保养,及时发现和处理潜在问题。这有助于延长水闸的使用寿命和运行安全,避免因设备损坏而导致的停工和修复成本的增加。

### 5 结束语

综上所述,水利水电工程中的水闸设计问题是复杂而关键的任务,直接关系到工程的安全运行与生态环境的保护。通过本文的综述,我们从不同方面探讨了水闸设计中面临的问题,并提出了一些优化措施。然而,水闸设计是一个持续不断的过程,仍然存在许多待解决的难题与挑战。因此,未来的研究应进一步深化对水闸设计问题的理论探索,结合先进的技术手段和方法,不断完善水闸设计理论与实践,提高水闸的安全性、可靠性和可持续性。同时,积极推动国际合作与交流,分享经验与技术,共同推进水利水电工程的发展,为人类创造更加安全、可持续的水资源利用和管理环境。

#### [参考文献]

- [1]王纬一.蟠龙口水闸工程设计的关键问题分析[J].珠江水运,2021,(9):82-83.
- [2]许华勇.水利工程中水闸设计的要点及注意事项分析[J].陕西水利,2021,(3):202-203.
- [3]马晓莉.有关水利水电工程中水闸设计的探讨[J].水电站机电技术,2020,43(11):49-50.

#### 作者简介:

李迪(1986—),女,汉族,吉林长春人,硕士研究生,吉林省水利水电勘测设计研究院,高级工程师,研究方向:水利水电工程设计。

鲍军(1990—),男,汉族,浙江绍兴人,硕士研究生,水利部建设管理与质量安全中心,工程师,研究方向:水利工程建设管理与运行管理。