

水利水电工程中水库水闸设计的实践探究

徐小明

南昌市水利规划设计院有限公司, 江西 南昌 330038

[摘要] 在水利水电工程中, 水库作为重要的组成部分, 其设计关系到水利水电工程的整体质量。而水闸作为水库的重点与关键, 主要起到了抗洪排涝灌溉以及通航等作用。做好水库水闸设计, 有利于水利水电工程充分发挥其作用, 更好地促进社会经济发展。此文分析了水库水闸设计, 并对其中的注意事项进行分析, 力求完善水闸设计, 提高水利水电工程的社会经济效益。

[关键词] 水利水电工程; 水库水闸设计; 设计实践

DOI: 10.33142/hst.v7i11.14304

中图分类号: TV66

文献标识码: A

Practical Exploration on Reservoir Sluice Design in Water Conservancy and Hydropower Engineering

XU Xiaoming

Nanchang Water Resources Planning and Design Institute Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330038, China

Abstract: In water conservancy and hydropower engineering, reservoirs are an important component, and their design is related to the overall quality of water conservancy and hydropower engineering. As the key and focal point of reservoirs, water gates mainly play a role in flood control, drainage, irrigation, and navigation. Designing reservoir gates well is beneficial for water conservancy and hydropower projects to fully play their role and better promote social and economic development. This article analyzes the design of reservoir gates and the precautions to be taken in order to improve the gate design and enhance the social and economic benefits of water conservancy and hydropower projects.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; reservoir sluice design; design practice

引言

水利水电工程作为我国基础设施建设的关键组成部分, 其中水库水闸作为核心设施之一, 承担着调控水流、调节水位、保障水库安全运行及防洪减灾等重要功能。随着水资源需求的不断增长以及气候变化带来的种种挑战, 水库水闸的设计与施工面临着更为严格的技术要求与安全保障压力。水闸设计的科学性与合理性, 不仅直接影响水库的正常运行, 还对下游的防洪安全、生态环境保护及社会经济效益产生深远的影响。在复杂的地质、水文及气候条件下, 如何设计出既满足功能需求又能够保证较高安全性与经济性的水闸, 已成为水利水电工程设计中的一项重大课题。本文旨在深入探讨水库水闸设计的实践, 分析设计过程中遇到的关键技术难题、常见问题及解决方案。通过研究, 意图揭示水闸设计中的技术瓶颈, 探索如何通过优化设计与技术创新来提升水闸的稳定性、安全性及经济性。期望本研究能够为水库水闸未来的设计与施工提供有效参考, 推动水利水电工程领域技术的进步, 提升其在应对水资源短缺、洪水防控等方面的综合能力。

1 水利水电工程水库水闸的重要类型

在水利水电工程中, 水库水闸作为关键的水控结构, 种类繁多, 且各自承担着不同的功能与应用。常见的水库水闸类型包括进水闸、节制闸、放水闸、溢洪道及溢流闸等。进水闸的主要功能是调节水流进入水库或水电站的流

量, 从而保持下游水流的稳定性。通常, 固定闸门或升降闸门形式被用于进水闸, 以便于水流的精确控制。节制闸则用于维持库区水位的稳定, 防止水位波动对周围环境造成不利影响。配备闸门与启闭机等设备, 节制闸调控水流的流量与流速。放水闸主要用于在水库蓄水过多时启动, 迅速排放多余水量, 以防止溢洪或坝体安全风险。具备强大排水能力的这种水闸能够有效疏导水库内的超量水流。溢洪道与溢流闸则主要用于应对极端天气或突发暴雨等自然灾害带来的排水需求。水库水位一旦超出设计洪水位, 溢洪道与溢流闸便会自动开启, 将多余水量排放至下游或指定区域, 从而避免水库溢洪及坝体损坏。不同类型的水闸应根据水库的功能需求、地理特征以及气候条件等多方面因素, 合理选择与设计。如此, 才能实现水资源的有效管理, 确保水库的安全运行, 并维持下游生态系统的稳定。

2 水利水电工程中水库水闸的施工要点

2.1 地基开挖的施工要点

在水利水电工程中, 水库水闸的地基开挖作为关键施工环节, 其质量对水闸的稳定性与长期使用性能具有直接影响。开挖前, 必须进行详尽的地质勘察, 以获取土壤类型、地下水位、地质构造等重要信息。这些信息对于确保开挖深度与范围符合设计要求, 并为后续施工提供准确依据, 至关重要。开挖作业中, 周围环境的保护尤为重要, 特别是水库附近的土壤、植被及水资源管理, 避免施工扰

动引起地下水流失或水库水位波动。在开挖过程中,严格按照设计图纸执行是必须的,确保开挖断面与深度的精确度,从而保证地基的均匀性与稳定性。面对复杂地质条件(如软土层或岩石层),开挖方式应根据现场实际情况灵活调整,并采取必要的支护措施,诸如支撑架或喷射混凝土等,以防止边坡坍塌或塌陷。若在含水层较多的区域进行开挖,渗水现象可能发生,此时应通过排水或降水措施降低地下水位,确保施工安全与质量^[1]。在水闸基础部位开挖时,基础底面平整度的严格控制显得尤为重要,基础的不均匀可能导致水闸不稳定,从而影响整体结构的安全性与使用功能。

2.2 灌浆施工的要点

在水利水电工程中,水库水闸的灌浆施工对确保结构的稳固性、防渗性及长期耐久性至关重要。灌浆的主要目的是填补水闸基础、地基及闸体中的裂缝与空隙,从而增强基础的承载力,防止水流通过基础引起渗漏现象,并提高水闸的安全性及长期稳定性。灌浆前,必须进行充分的勘察与评估,明确灌浆区域、孔位以及所用材料的种类与配比。灌浆材料的选择通常取决于基础土质、裂缝大小、渗透性及施工环境等因素,常用的材料包括水泥浆、化学浆及高强度灌浆材料。灌浆孔位的布置应遵循科学原则,通常通过钻孔或开挖的方式进行,以确保灌浆能够有效覆盖所有空隙与裂缝。在施工过程中,灌浆压力的控制至关重要;过高的压力可能导致灌浆材料渗入不必要的部位,损害结构的完整性,而过低的压力则可能导致灌浆不均匀,影响防渗效果。为了保证灌浆质量,施工时应分阶段进行,并实时监控浆液的流动性与渗透性,确保每次灌浆都能完全填充目标区域,达到设计要求。此外,灌浆孔的清理与维护也十分重要,杂物若影响灌浆质量,将会导致严重的后果。灌浆完毕后,应对灌浆区域进行密实性检测与强度测试,以确保灌浆层的密实性与均匀性,防止因灌浆不当引发的渗漏或结构不稳定问题。

2.3 施工导流的要点

在水利水电工程中,水库水闸的施工导流是关键环节,尤其在大规模水库或水闸建设过程中,其重要性尤为突出。施工导流的核心目标是在不干扰现有水体正常运行的前提下,将施工区域的水流引导至其他区域,从而确保施工区域的干燥,便于操作,同时不对水库的正常功能产生不利影响。导流工程的设计与实施需综合考虑水流量、流速、流态及施工进度等多个因素,以确保导流方案的安全性、稳定性与可控性。在设计阶段,应考虑水库水位变化、季节性降水及流域水文条件等因素,进行全面评估并选择最适合的导流方式。常见的导流方法包括开挖导流渠道、设置临时排水系统或安装临时泵站等。导流渠道的设计必须确保流速处于安全范围内,以避免过大的水流冲刷、滑坡或结构损坏。此外,导流设施的布置需紧密配合水库水闸施工进度,合理安排施工区域与导流区域的交替,从而使施工区域保持干燥或低水位状态,避免水流干扰施工进度。实际施工过程中,导流设施的稳定性至关重要,水流变化应实时监控,导流渠道的畅通性需定期检查,防止积水或

杂物阻塞,确保导流顺畅,避免施工进度与安全受到影响。尤其在洪水期或大流量情况下,导流措施的应急能力必须足够强大,以应对突发水流变化,防止意外发生。此外,施工导流期间产生的废水或污染物应有效处理,避免对水源及生态环境造成污染。导流工程完成后,还应应对导流设施进行全面检查与清理,确保水流恢复正常,并保证施工区域符合设计要求,从而确保工程的顺利进行。

2.4 防渗墙施工的要点

在水利水电工程中,水库水闸的防渗墙施工是确保水库稳定运行及水闸结构安全的关键环节,其主要任务是防止水体渗透坝体或闸体,从而有效避免水流对土体的侵蚀及渗透破坏,确保水库水位的稳定性。防渗墙的建设质量直接关系到水库的安全性,施工要点涉及设计、材料选用、施工工艺及质量控制等多个方面。防渗墙的设计应基于详尽的地质勘察报告,并结合水库的实际情况及周围环境,确保设计能够满足防渗需求^[2]。常用的防渗材料包括黏土、膨润土及混凝土等,这些材料具有较好的隔水性能,且能在特定荷载条件下保持稳定。在施工阶段,防渗墙的开挖深度及宽度必须严格遵循设计规范,且施工过程中应尽量减少对周围土体的扰动,确保开挖面的平整性与稳定性。特别是在使用注浆技术时,浆液必须准确地注入开挖后的裂缝与空隙中,以通过化学反应增强防渗层的密实性。浆液的配比、注入压力及注入量应精确控制,确保防渗效果达到设计要求。在防渗墙铺设过程中,每一层材料必须均匀铺设,经过充分夯实,确保其密实度,从而避免空隙或裂缝的形成,影响防渗性能。此外,施工过程中还应考虑天气条件的影响,极端天气可能对材料质量产生不利影响,必要时可采取遮盖、降温等保护措施。实时监测被认为是保障施工质量的重要手段,通过浸水试验等方式检测防渗墙的防水效果,确保每个施工环节均达到设计要求,从而提高水闸的安全性及长期使用性。

3 水利水电工程中水库水闸的设计

3.1 重视闸室的安全计算

在水利水电工程中,水库水闸的设计至关重要,尤其是闸室的安全计算,这一环节是确保水闸长期稳定与安全运行的关键。作为水库水闸的核心组成部分,闸室需要承受水流、土壤、机械设备等多重外部压力,其设计的安全性直接关系到水闸整体结构的稳定性及使用寿命。因此,闸室安全计算的重视变得尤为重要,合理考虑外部荷载、内部压力以及水流的动态影响必须得到充分体现。闸室安全计算应当综合考虑多个因素,包括水压力、土压力、渗透压力及地震荷载等。在设计时,水库水位的波动、风浪的影响以及闸门启闭操作引起的瞬时负荷,必须精确计算,以确保闸室在不同工况下能够承受必要的荷载,避免结构变形或破坏。

此外,土壤的稳定性、基础的承载力以及施工过程中可能出现的沉降现象,也应被纳入计算范围。为了有效评估结构的安全性,有限元分析法通常被用来进行应力和变形的精确分析,确保结构的各部分应力能够均匀分布,从

而防止局部应力集中导致的失稳。在计算过程中,特别需要关注水流对闸室产生的冲击力及摩擦力,尤其是在极端天气或洪水事件发生时,闸室可能面临超常水流的冲击,进而可能导致水闸过载。除了静态荷载计算外,动态荷载分析同样是不可忽视的,考虑设备启动、操作误差及水流突变等可能引发的动态效应,必须融入设计考虑之中。闸室结构的耐久性与抗渗性亦是安全计算的重要内容,通过合理的结构设计,避免渗水、腐蚀或长期使用中的磨损,能够有效减缓这些因素对闸室稳定性产生的不良影响。

3.2 进水闸类型与尺寸的设计

在水利水电工程中,进水闸的设计对水库水闸的正常运行至关重要。作为控制水流进入水库及调节水位的关键设施,进水闸的类型与尺寸直接影响水库的水资源调配能力,以及水闸的安全性与稳定性。进水闸类型的选择,需根据水库的规模、地理条件、流域特点以及实际需求进行综合评估。常见的类型包括固定式、升降式及浮动式进水闸。固定式进水闸,适用于水流较为稳定、流速较低的区域;升降式进水闸,则常用于水流变化较大或水位较高的地区,具备较强的调节功能;浮动式进水闸则多用于潮汐变化大或流域条件复杂的水域。进水闸的尺寸设计,需考虑多种因素。首先,水库的设计水位与流量是关键依据。根据流量大小,闸门的开度与尺寸需相应调整^[3]。在流量较大的区域,尺寸较大的进水闸应予以选择,以确保水流的顺畅进出,避免过大水流阻力,减少对闸门的冲击与磨损。其次,设计时还需考虑水库的水压与流速,以确保进水闸的结构能够承受水流冲击力及静水压力,防止水流过大而造成闸门的变形或损坏。

此外,闸门的操作便捷性与安全性也需在设计中予以重点关注。特别是在洪水或极端天气条件下,闸门的启闭必须具备足够的灵活性与应急能力,以确保水库水位的有效调控。具体设计过程中,闸门与闸室的协调性同样重要。设计应避免水流过于集中或直接冲击闸门,以免影响水库的正常运作。

3.3 节制闸基本形式与尺寸的确定

在水利水电工程中,节制闸的设计是确保水库水位控制、洪水调度及水资源合理利用的关键环节。节制闸的形式与尺寸的确定,需综合考虑水库的设计水位、流量要求、区域气候条件及工程安全性等因素。常见的节制闸类型包括浮式、升降式及固定式节制闸。应依据水库的地理位置及其运行需求,评估并选择适合的节制闸类型。浮式节制闸,适用于水位变化较大的地区,能够灵活适应水位波动;升降式节制闸则常用于流量调节频繁的区域,通过调节闸门的开度实现流量控制;而固定式节制闸,通常用于水流稳定、变化不大的区域,适合长期稳定运行。在节制闸尺寸的设计中,首要考虑的因素是流量需求。节制闸的设计,必须满足最大流量及日常流量调节的需求。具体来说,节制闸的宽度、闸门高度及结构形式应根据水库的流量情况来决定,确保在不同流量条件下,节制闸能够有效调节水流,避免水位过高或过低。设计时,水流的冲击力及节制闸的承载能力,也需予以充分考虑,防止因尺寸不当导致水

流控制不稳定,从而影响水库的正常运行安全。节制闸的设计还必须符合水库的防洪要求。特别是在极端天气或洪水期间,节制闸应具备足够的调节能力,确保水流能够安全、有效地调节,防止水位过高而引发溃坝等潜在安全风险。

3.4 闸门梁系的设计

在水利水电工程中,闸门梁系的设计,对于确保水库水闸的安全性与稳定性至关重要。闸门梁系的主要功能,支撑闸门的重量、承受水流冲击力,并承担在启闭过程中产生的各种力。设计过程中,必须充分考虑闸门的尺寸、启闭方式以及水位波动等因素,合理选择梁体的材料及截面尺寸。常用的材料,通常为高强度钢材或钢筋混凝土,这些材料具备承受较大水流压力及外力冲击的能力。梁系的结构形式,应力求简洁且稳固,避免过多复杂的连接部件,以减少应力集中并防止不必要的结构复杂性^[4]。支撑与连接方式的选择,至关重要,必须确保梁系具备足够的抗震及抗冲击能力。通常,通过焊接或高强度螺栓连接,保证各部件的紧密配合与安全性。此外,设计时,应充分考虑启闭设备的空间需求,以确保启闭系统能够高效、顺畅地运行。在长时间的使用过程中,梁系的耐腐蚀性与易维护性,也是重要的考量因素。设计方案,必须保证能够确保梁系在长期运行中的稳定性与安全性。

4 结语

水库水闸,作为水利水电工程中的核心设施,其设计,不仅需满足基本的功能要求,还必须确保结构的安全性、经济性及可持续性。在实际设计过程中,水文、地质与环境等多方面因素,必须充分考虑,且设计方案应科学合理地选择。尤其是在节制闸、进水闸以及闸门梁系的设计方面,技术手段,需持续优化,以确保水库能够安全稳定地运行。随着工程技术的不断进步与创新,水库水闸的设计理念,亦在不断发展。新型材料的应用与智能化技术的引入,为水闸设计带来了更广阔的可能性。在面对水资源短缺及极端天气等挑战时,水库水闸,将发挥更加关键的作用。为此,进一步加强水库水闸的设计研究与技术探索,不仅对推动水利水电工程的可持续发展至关重要,也对提升我国水利基础设施建设的整体水平,具有深远的战略意义。

[参考文献]

- [1]董冠驿. 水利水电工程中水库水闸设计的实践探究[J]. 水上安全, 2024(20): 160-162.
 - [2]姚崇武. 浅析水利水电工程中的水库水闸设计[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(23): 214-216.
 - [3]汤金跃, 闭文德. 水利水电工程中的水库水闸设计[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2017(11): 170.
 - [4]范文仁, 代兴勇. 浅谈水利水电工程中水库水闸设计分析及其存在的问题[J]. 智能城市, 2018, 4(3): 159-160.
- 作者简介: 徐小明(1990.8—), 男, 毕业于南昌大学, 本科学历, 所学专业: 水利水电工程, 从事水利工程设计工作, 水利工程助理工程师, 已参加水利工程设计工作10年。