

水利水电工程中的水库水闸设计研究

王 涛

中国水利水电第九工程局有限公司 贵州 贵阳 550000

摘 要：水利水电工程作为国民经济的重要基础设施，对于水资源调控、防洪治沙、水力发电及农业灌溉等方面发挥着至关重要的作用。其中，水库水闸作为水利工程的关键组成部分，其设计水平直接影响到工程的安全性和运行效率。本文旨在探讨水利水电工程中水库水闸的设计原则、关键技术及优化策略，以为工程实践提供理论支持和技术指导。

关键词：水利水电工程；水库；水闸；设计

引言

随着全球气候变化的加剧和水资源短缺问题的日益凸显，水利水电工程的重要性愈发凸显。水库水闸作为调节水流、控制水位的重要设施，其合理设计对于提高水资源利用效率、保障工程安全具有重要意义。因此，深入研究水库水闸的设计原理与技术，对于推动水利水电工程的高质量发展具有重要意义。本文聚焦于水利水电工程中水库水闸的设计环节，重点探讨水闸的选址、结构设计、地基处理、消能防冲设计及运行管理等方面的内容。通过系统分析水闸设计的关键技术，提出优化策略，以为工程实践提供参考。

1 水库水闸设计的基本原则

1.1 安全性原则

水库水闸作为水利工程的重要组成部分，其设计必须遵循安全性原则。这包括结构安全、地基稳定、防冲防漏等方面，确保水闸在各种工况下均能安全运行。

1.2 经济性原则

在保证安全性的前提下，水闸设计应尽可能降低工程造价，提高经济效益。这包括合理选择建筑材料、优化结构设计、减少施工难度等方面。

1.3 环保性原则

随着环境保护意识的增强，水闸设计应充分考虑其对环境的影响。通过合理布局、减少施工扰动、加强生态修复等措施，实现水利工程建设与环境保护的和谐统一。

2 水库水闸设计的关键要点

2.1 选址设计

水闸选址作为水库水闸设计的首要环节，其重要性不言而喻。这一过程需要综合考虑多种因素，以确保选址的合理性和科学性。地形地貌是水闸选址的基础考量。设计师需详细分析选址区域的地形起伏、地貌特征，优先选择地势相对平坦、开阔的河段。这样的地形

条件有利于水闸的稳定建设，也能减少施工难度和成本。地质条件是水闸选址的关键因素。地质构造、岩性、土层分布等都会影响水闸的稳定性和安全性。因此，设计师需要对选址区域进行详尽的地质勘探，获取准确的地质资料。优先选择地质条件良好、岩层稳定、无重大地质灾害隐患的河段，以确保水闸的基底稳固。水文特征也是水闸选址不可忽视的重要因素。设计师需要分析选址区域的水流速度、流量、水位变化等水文数据，优先选择水流平稳、水位变化较小的河段。这样的水文条件有利于水闸的正常运行，也能减少水流对水闸的冲刷和破坏。在综合考虑地形地貌、地质条件、水文特征等因素的基础上，设计师还需要进行多方案比选和优化。通过对比分析不同选址方案的优缺点，选择最优方案作为水闸的选址^[1]。同时，设计师还需要考虑水闸与周边环境的协调性，确保水闸的建设不会破坏周边的生态平衡和景观风貌。为避免选择在地质灾害易发区或水流湍急的区域，设计师需要进行深入的地质灾害评估和水流模拟分析。通过评估地质灾害的发生概率和可能造成的破坏程度，排除存在重大地质灾害隐患的选址方案。同时，通过水流模拟分析，预测水闸在不同水流条件下的运行状态和可能存在的问题，确保选址的合理性。

2.2 结构设计

水闸结构设计是水闸建设中的关键环节，它涵盖了闸室、翼墙、底板、闸门及启闭机等多个部分，每一部分的设计都需精细考量以满足特定的工程要求。闸室作为水闸的主体结构，其设计需确保抗滑稳定和抗倾覆。这通常要求闸室的基础稳固，能够有效抵抗水流的冲刷和地基的滑动。同时，闸室的墙体和顶板也需具备足够的强度和刚度，以承受水压力和土压力的作用，防止结构发生倾覆。翼墙作为闸室两侧的延伸结构，其设计需特别考虑侧向土压力的影响。在土压力的作用下，翼墙

有可能发生变形或破坏,因此其设计需确保足够的稳定性和承载能力。通常,翼墙会采用钢筋混凝土或浆砌石等坚固材料,并设置适当的排水设施,以降低土压力对结构的影响。底板设计则主要关注防渗防漏。底板是水闸与地基接触的部分,也是水流通过的主要通道。因此,其设计需确保底板与地基之间的紧密贴合,防止水流渗透导致地基破坏或水闸漏水^[2]。为实现这一目标,底板通常采用混凝土浇筑,并设置止水带等防渗设施。闸门及启闭机是水闸的重要组成部分,其设计需满足启闭灵活、安全可靠的要求。闸门需具备足够的强度和密封性,以承受水压和防止漏水。同时,其开启和关闭也需灵活顺畅,以确保水闸的正常运行。启闭机则负责驱动闸门的开启和关闭,其设计需考虑动力来源、传动方式、控制系统等多个方面,以确保其运行的稳定性和可靠性。

2.3 地基处理

地基处理作为水闸设计的核心环节,其重要性不言而喻,它直接关系到水闸的稳定性和安全性。鉴于地质条件的多样性和复杂性,地基处理需采取多种方法,以确保水闸的稳固基础。预压法是一种常用的地基处理方法,它利用预先加载的方式,使地基土在荷载作用下进行排水固结,从而提高地基的承载力和稳定性。这种方法特别适用于地基土为软土或黏土的情况。换土垫层法则是将地基中不符合要求的土层挖除,然后换填以符合要求的砂、碎石等材料,并分层夯实,以形成坚实的地基。这种方法适用于地基土为杂填土、软土等不良土质的情况。桩基处理则是一种更为复杂但效果显著的地基处理方法。它通过在地基中打入钢筋混凝土桩或预应力混凝土桩,将荷载传递到更深的土层,从而提高地基的承载力和稳定性。这种方法适用于地基土为软土、淤泥、砂土等土层较厚或承载力较低的情况。在地基处理过程中,施工质量的控制至关重要。必须严格按照设计要求进行施工,确保地基处理的效果达到预期。例如,在预压法中,需严格控制加载的荷载大小和加载时间;在换土垫层法中,需确保换填材料的质量和分层夯实的密实度;在桩基处理中,则需控制桩的打入深度和垂直度等。

2.4 消能防冲设计

消能防冲设计是水闸设计中一个至关重要的环节,其核心目的在于有效减缓水流对水闸结构及其下游河道的冲刷作用,从而确保工程的长期安全与稳定。为实现这一目标,消力池、防冲槽、护坦等一系列结构形式被广泛应用于消能防冲设计中。消力池作为一种常见的消

能设施,其设计关键在于合理确定池深、池长及池底坡度等参数,以便有效引导并分散水流能量,降低水流对下游河床的冲刷力度。同时,消力池的材料选择与施工质量控制也至关重要,需确保其具备良好的耐久性和抗冲刷性能。防冲槽则通常设置在水闸下游,用于进一步分散和减缓水流能量,防止水流直接冲击下游河道。其设计需充分考虑水流的流态特性,以及下游河道的地形地貌,确保防冲槽能够有效发挥作用,保护下游河道免受冲刷。护坦作为水闸下游的保护层,其主要功能是抵御水流的冲刷和侵蚀,保护水闸基础及下游河道的稳定。护坦的设计需根据水流速度、流量等水力参数进行合理计算,并选择适当的材料进行施工,以确保其具备足够的强度和稳定性。在消能防冲设计的过程中,还需充分考虑水流特性、地形地貌以及地质条件等多重因素^[3]。例如,需分析水流的流速、流量、流态等特性,以便准确计算水流对水闸及下游河道的冲刷力度;同时,还需结合地形地貌和地质条件,合理选择消能防冲设施的位置和形式,确保其能够有效发挥作用。

3 水库水闸设计的优化策略

3.1 采用新技术新材料

在水利工程建设的不断演进中,科技的进步和材料科学的发展为水库水闸设计带来了前所未有的机遇。为了提升工程质量和经济效益,水闸设计应积极拥抱并应用这些新技术新材料。新技术的引入为水闸设计注入了新的活力。例如,利用先进的计算机模拟技术,可以对水流、土压力等复杂物理过程进行精确模拟,从而优化水闸的结构设计,减少材料使用,降低成本。同时,现代监测技术的发展也使得水闸的运行状态可以得到实时、准确的监控,及时发现并处理潜在问题,确保工程安全。新材料的应用同样为水闸设计带来了显著的优势。高性能混凝土、新型防水材料、高强度钢材等新型材料的出现,使得水闸的耐久性、抗渗性、承载能力等方面得到了显著提升。这些新材料不仅提高了水闸的使用寿命,还降低了维护成本,为水利工程的长期稳定运行提供了有力保障。在具体实践中,设计师应密切关注科技和材料科学的最新动态,积极尝试将这些新技术新材料应用于水闸设计中。例如,可以尝试使用新型复合材料来替代传统的钢筋混凝土结构,以提高水闸的整体性能;或者利用先进的3D打印技术来制造复杂的水闸部件,以提高制造精度和效率。

3.2 加强多学科交叉融合

水闸设计是一个复杂而综合的任务,它横跨水力学、结构工程、地质工程等多个学科领域。为了提高水

闸设计的科学性和合理性, 必须加强多学科之间的交叉融合, 综合运用各学科的知识和技术手段。在水闸设计中, 水力学提供了水流特性、水压力分布等关键信息, 这对于确定水闸的尺寸、形状和布局至关重要。结构工程则关注水闸的稳定性和承载能力, 确保其在各种工况下都能安全运行。而地质工程则负责评估地基条件, 为水闸设计提供地质依据, 确保地基的稳定性和承载能力。为了实现多学科的有效融合, 需要建立一个跨学科的设计团队。这个团队应包括水力学专家、结构工程师、地质工程师等, 他们共同协作, 从各自的专业角度对水闸设计进行深入研究和分析。通过团队合作, 可以综合考虑水流特性、地质条件、结构稳定性等多个因素, 制定出更加科学、合理的设计方案。在具体实践中, 多学科交叉融合可以体现在多个方面。例如, 在水闸的选址阶段, 需要综合考虑地形地貌、地质条件和水文特征, 这就需要地质工程师和水文学家的紧密合作。在设计水闸的结构时, 需要确保它既能满足抗滑稳定、抗倾覆等要求, 又能有效防渗防漏, 这就需要结构工程师和水力学家的共同研究。加强多学科交叉融合是提高水闸设计科学性和合理性的关键途径。通过综合运用各学科的知识和技术手段, 可以制定出更加全面、细致的设计方案, 确保水闸在各种工况下都能安全运行。因此, 在未来的水闸设计中, 应更加注重多学科交叉融合的应用和推广。

3.3 注重生态环境保护

在水闸设计过程中, 充分考虑生态环境保护的需求是至关重要的。水利工程的建设往往会对周边的生态环境造成一定的影响, 因此, 必须在设计之初就将生态环境保护的理念融入其中, 通过合理布局、减少施工扰动、加强生态修复等措施, 实现水利工程建设与生态环境保护的和谐统一。为了实现这一目标, 首先需要对水闸周边的生态环境进行详细的调查和分析, 了解生物多样性、水文特征、土壤条件等关键信息。在此基础上, 进行水闸的合理布局, 尽量避免对生态环境造成破坏。例如, 可以选择在生态敏感度较低的区域进行建设, 或

者通过调整水闸的尺寸和形状来减少对水流和生态系统的干扰。在施工过程中, 也需要采取一系列措施来减少施工扰动。例如, 可以优化施工方案, 减少土地开挖和回填的量, 降低对土壤的破坏; 同时, 还可以采用环保的施工材料和技术, 减少施工过程中的噪音、粉尘等污染物的排放^[4]。在水闸建设完成后, 还需要加强生态修复工作。这包括对受损的岸线进行恢复, 种植适宜的水生植物和陆生植物, 以重建生态系统; 同时, 还可以采取人工增殖放流等措施, 促进水生生物的恢复和繁衍。注重生态环境保护是水闸设计过程中不可或缺的一环。通过合理布局、减少施工扰动、加强生态修复等措施, 可以实现水利工程建设与生态环境保护的和谐统一。这不仅有助于保护周边的生态环境, 还可以提高水闸的长期运行效益, 实现可持续发展。因此, 在未来的水闸设计中, 应更加注重生态环境保护的需求, 将环保理念贯穿于设计的全过程。

结语

水库水闸作为水利水电工程的重要组成部分, 其设计水平直接关系到工程的安全性和运行效率。本文系统分析了水库水闸设计的基本原则、关键技术及优化策略, 为工程实践提供了理论支持和技术指导。未来随着科技的进步和社会的发展, 水库水闸设计将面临更多新的挑战 and 机遇。应继续加强研究力度, 不断创新设计理念和手段, 推动水利水电工程向更高水平发展。同时, 应更加注重生态环境保护和社会经济效益的协调统一, 实现水利工程的可持续发展。

参考文献

- [1]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.
- [2]张宇,黄芸菲.浅析水利水电工程中的水库水闸设计[J].建材与装饰,2019,(33):291-292.
- [3]张惠军.金泽水库取水闸基础设计及优化[J].东北水利水电,2019,37(04):1-2+70-71.
- [4]黄琪.联和水库排洪分水闸重建工程设计分析[J].水利科学与寒区工程,2022,5(02):72-74.