

水利工程中大坝、隧洞、溢洪道的协同设计

雷洋

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i4.6266

[摘要] 水利工程是确保水资源合理利用和防洪安全的重要手段,其中大坝、隧洞和溢洪道的设计对于整个工程的成功至关重要。大坝设计需关注大坝类型、功能设计和施工技术,以实现水资源的储存和调节。隧洞设计需要考虑位置选择、结构设计和施工方法,以确保其稳定性和功能性。溢洪道设计则侧重于其位置、功能和施工,以确保在洪水期间的安全泄洪。大坝、隧洞、溢洪道的协同设计需要综合考虑工程整体性、运行维护以及经济效益与社会效益,以实现水资源的可持续管理和防洪减灾的目标。

[关键词] 水利工程; 大坝设计; 隧洞设计; 溢洪道设计; 协同设计

中图分类号: TV42+1.1 文献标识码: A

Collaborative Design of Dams, Tunnels and Spillways in Water Conservancy Projects

Yang Lei

Xinjiang Production and Construction Corps Survey and Design Institute Group Co., Ltd.

[Abstract] Water conservancy projects are an important means to ensure the rational use of water resources and flood control safety. The design of dams, tunnels and spillways is crucial to the success of the entire project. Dam design needs to focus on dam type, functional design and construction technology to achieve the storage and regulation of water resources. Tunnel design needs to consider location selection, structural design and construction methods to ensure its stability and functionality. Spillway design focuses on its location, function and construction to ensure safe flood discharge during floods. The coordinated design of dams, tunnels and spillways needs to comprehensively consider the integrity of the project, operation and maintenance, as well as economic and social benefits, in order to achieve the goal of sustainable management of water resources and flood control and disaster reduction.

[Key words] hydraulic engineering; dam design; tunnel design; spillway design; collaborative design

引言

随着全球气候变化和人口增长,水资源的合理利用和防洪安全问题日益凸显。水利工程作为解决这些问题的关键手段,其设计的科学性和合理性直接影响到工程的成败和效益。隧洞、大坝和溢洪道作为水利工程的重要组成部分,其设计不仅要满足技术要求,还要考虑到工程的整体性、运行维护的便捷性以及经济效益和社会效益的最大化。

1 水利工程中大坝、隧洞、溢洪道设计的意义

在水利工程的设计中,大坝、隧洞和溢洪道扮演着至关重要的角色。这些结构不仅是水资源管理的核心组成部分,更是保障水利工程安全、提高其使用效率的关键因素。首先,隧洞的设计使得水流的调控与输送变得更加高效,能够有效减小水流的阻力并降低能量损失,从而实现水的快速转移。此外,合理的溢洪道布局可以优化水库的蓄水与放水,增强工程的灵活性和适应性。大坝作为水库的主体结构,承载着极大的水压力,其设计的

合理性直接关系到水库的安全性与稳定性。

2 水利工程中的大坝设计分析

2.1 大坝类型

水利工程中的大坝类型主要包括土石坝、重力坝、拱坝等,其中以土石坝和重力坝的应用最为广泛。土石坝以土、石料为主要建筑材料,通过分层填筑与碾压形成坝体,具有结构简单、适应地基能力强、施工技术成熟、成本较低等优势,约占全球坝工总量的70%以上,尤其适用于中低水头、地质条件复杂的流域(如黄河小浪底大坝)。重力坝依靠坝体自重维持稳定,采用混凝土或浆砌石浇筑,结构刚性强、抗冲刷能力突出,可适应高水头(如三峡大坝最大坝高181米),但工程量大、对地基承载力要求高。拱坝则利用拱结构将水压力传递至两岸岩体,具有体积小、材料省的特点,适合V型峡谷地形(如溪洛渡拱坝坝高285.5米),但对地质条件和施工精度要求严苛。土石坝因经济性和环境友好性成为中小工程首选,重力坝凭借安全性在大型枢纽中占据主导,

拱坝则在高烈度峡谷区展现独特优势。三类坝型占全球已建大坝的90%以上,共同构成水利工程的核心屏障,其选型需通过技术经济比选、数值模拟及长期监测确保工程安全与可持续性。

2.2 大坝功能设计

大坝的主要功能包括蓄水、发电、防洪、灌溉等,每项功能都需要在设计阶段进行详细考虑。首先,蓄水功能是大坝设计的核心,通过合理的水位控制和泄洪设计,确保水库在不同季节和气候条件下的水量稳定。其次,防洪设计同样不可忽视,合理的溢洪道和泄洪设施能够有效防止洪水对下游的威胁,保证周边居民的安全。

2.3 大坝施工

大坝的科学合理设计,有助于指导其施工的顺利开展。大坝的施工过程是一个复杂而系统的工程,涉及多方面的技术和管理。施工前期,需进行详细的地质勘探和环境评估,以确保施工方案的安全和可行。依据设计要求,施工分为多个阶段,通常包括基础开挖、坝体填筑和附属设施建设。在基础开挖阶段,需确保挖掘深度和稳定性,以为后续的坝体建设提供坚实的基础。坝体的填筑通常采用分层填筑的方式,以确保每层的压实度和密实性,这对坝体的稳定性至关重要。在施工过程中,监测系统的安装和数据的实时反馈也是必不可少的,能够及时发现潜在问题并采取相应措施。施工中还需重视水土保持和生态环境的保护,避免对周围环境造成负面影响。大坝施工完成后,必须进行严格的质量检测,确保各项技术指标达到设计要求。

3 水利工程中的隧洞设计分析

3.1 隧洞位置

在水利工程的设计阶段,隧洞的位置选择至关重要。其合理性不仅影响工程的功能,还决定了安全性与经济性。选址需要深入分析流域的水文特征,考虑水流方向和地形的起伏,以确保隧洞能够有效引导水流,满足设计要求。地质条件同样不可忽视,调查土壤和岩层的性质,避免在不稳定的地层中进行施工,以降低潜在的风险。此外,周边环境的保护也是一个重要因素,隧洞的建设必须尽量减少对生态系统的干扰,确保生物多样性保护。在城市或人类活动密集的地区,特别需要关注地下管线及其他基础设施,避免施工对已有设施造成损坏。施工的可达性、交通便利性及后期维护的方便性也是选址时需要考虑的实际问题,确保隧洞在使用过程中不影响周边环境。

3.2 隧洞结构设计

隧洞的结构设计是水利工程实施中的核心环节,其科学性和合理性直接影响工程的安全性与耐用性。在设计过程中,工程师必须综合考虑隧洞的功能需求、地质条件及水文特征。常见的设计截面形状包括圆形和马蹄形,前者在承受水压方面展现出优越的力学特性,而后者则适合用于特定的流量需求。材料的选择也是设计中不可或缺的一部分,混凝土、钢材或复合材料的搭配需根据隧洞的使用环境和施工条件进行合理安排,以确保结构的长期稳定性和耐久性。设计阶段还需考虑排水系统的合理布置,防止隧洞内出现积水而导致的渗漏和腐蚀问题。此外,

隧洞内部的通风和安全设施设计也十分重要,合理的通风系统可以保障工作人员的安全,降低施工和维护过程中的风险。在结构设计的过程中,工程师利用数值模拟和模型试验等手段,验证设计方案的科学性与实用性,以确保隧洞在实际运营中的高效和安全。

3.3 施工方法

隧洞的科学合理设计,对于其顺利施工非常关键。常用的隧洞施工方法包括明挖法和暗挖法。明挖法适合在地表条件良好的区域,能够快速完成土方开挖,且施工过程中的监测与控制相对简单;暗挖法则适合在复杂地质条件下使用,能够有效减小对地表环境的影响。无论采用何种施工方式,安全措施始终是不可忽视的重点,施工现场需要明确安全标识并确保工人遵守操作规程。施工期间,周围环境的实时监测至关重要,以避免对邻近建筑和生态造成负面影响。现代化的施工设备,如盾构机与采掘机的应用,能够提高施工效率,降低人工成本。工程完成后,必须对隧洞的质量进行检验,确保其结构符合设计标准,附属设施如排水系统和通风设施也应在此阶段进行全面检查。在隧洞施工完成后,验收工作不可忽视,涉及对隧道整体结构的详细评估,包括对衬砌质量、渗漏情况以及支护体系的检查。

4 水利工程中溢洪道设计施工

4.1 溢洪道位置

溢洪道通常设置于大坝的上游或坝体侧面,以便于有效引导多余的水流,防止大坝因蓄水过多而产生的安全隐患。在选址时,工程师需要综合考虑地形、地质条件以及水流的特性。地形的起伏和地质的稳定性会影响溢洪道的设计和施工,确保水流能够顺畅排出而不对坝体造成冲刷或破坏。一般而言,溢洪道应位于水库的最宽处,以增强其排水能力,同时避免在下游形成较大的水流冲击。溢洪道的入口高度也要合理设置,以确保在不同水位情况下都能顺利排水。

4.2 溢洪道功能设计

溢洪道的功能设计是保障大坝安全和水库正常运行的重要组成部分。其主要功能是控制水库水位,确保在洪水来临时,能够迅速排出多余的水量,防止水位超过设计标准而引发溃坝等严重事故。溢洪道不仅仅是一个排水通道,还须具备一定的调节能力,能够在水位快速变化时,动态响应,保持水库的稳定。这一设计要求确保在极端气候条件下,溢洪道能够承受大量的水流而不发生堵塞或失效。同时,溢洪道还须具备良好的抗冲刷性能,以避免水流在排出过程中对坝体及周边环境造成损害。除了防洪功能,溢洪道还可以用于水资源的合理调度,依据实际需求调整水位,为灌溉或发电提供支持。通过合理的功能设计,溢洪道能够在保障安全的同时,提升水库的综合利用效率,实现经济与环境的双重效益。

4.3 溢洪道施工

溢洪道的科学合理设计,有助于指导其施工的顺利实施。溢洪道的施工过程是一项复杂而精细的工程,涉及多个专业领域的协作。施工前,必须进行详尽的设计审核和地质勘探,以确保

施工方案的科学性和安全性。在施工过程中,首先要进行基础开挖,确保地基的稳定和承载能力。根据设计要求,溢洪道的结构可以采用混凝土、钢筋混凝土等材料,施工时需严格控制混合比例和施工工艺,以保证其强度和耐久性。在坝体结构施工时,施工人员需时刻关注水流的变化,确保不会因水位上升而影响施工进度。同时,溢洪道的排水设施也应同步建设,确保在施工期间能够有效排水,避免积水对施工安全的威胁。施工完成后,需要进行全面的质量检测,确保满足设计规范和 standards。此外,后期的维护与管理也十分重要,定期检查溢洪道的运行状况,及时处理潜在问题,以确保其在长期运行中的安全性和有效性。

5 水利工程中大坝、隧洞、溢洪道的协同设计的综合考量

5.1 工程整体性分析

在水利工程的设计过程中,大坝、隧洞和溢洪道之间的协同作用是其成功的关键。这三者构成了一个完整的水工结构体系,各自承担着不同的功能,但又相互依赖,形成一个有机整体。隧洞的设计与大坝的高度、形状紧密相关,确保水流能够高效地输送并调控水位。同时,溢洪道的布置必须与大坝的结构及其蓄水容量配合,目的在于在极端天气情况下及时排水,防止坝体超负荷运转。整体性分析要求在设计初期,工程师应开展跨领域的合作,充分考虑水流动力学、地质条件以及环境影响等多个因素。这不仅能够优化设计,还能提升工程的安全性与经济性。

5.2 工程运行与维护

在这方面,大坝、隧洞和溢洪道的设计应当充分考虑后期维护的便利性,以便在日常运行和突发情况下都能快速响应。定期的检查与监测是必不可少的,结构的物理状态、渗漏情况及水流动态的实时监控能够帮助工程师及时发现潜在问题并采取相应措施。大坝的维护不仅涉及坝体的强度和稳定性,还需关注溢洪道的排水能力和隧洞的通畅性。维护工作的有效性直接关系到整个水利系统的安全运行。现代技术的引入,如无人机巡检和传感器监测,大大提高了维护效率,降低了人工成本与风险。此外,科学的管理制度和应急预案的建立,有助于在突发情况下迅速恢复工程的正常功能,从而保障水资源的持续供给与利用。

5.3 经济效益与社会效益分析

水利工程的经济效益与社会效益是其综合价值的重要体现,二者在很大程度上是相辅相成的。合理设计的隧洞、大坝和溢洪道不仅提高了水资源的利用效率,还为灌溉和供水等提供了有力支持,从而直接推动当地经济的增长。例如,水库的蓄水能力提升能够扩大农业灌溉面积,进而增加粮食产量,保障食品安全。而水电站的建设则为地区提供了稳定的电力供应,促进了工业及其他经济活动的蓬勃发展。在社会层面,水利工程的实施显著改善了居民的生活条件,提高了水资源的利用率,增强了防洪能力,降低了自然灾害带来的损失。同时,良好的水利设施提升了生态环境,吸引了游客,促进了旅游业的发展。

6 结束语

总之,大坝、隧洞和溢洪道的设计是水利工程中不可或缺的环节,它们共同构成了一个复杂的系统,确保水资源的合理利用和防洪安全。隧洞的设计需要考虑位置、结构和施工方法,以确保其稳定性和功能性;大坝的设计则需关注类型、功能和施工技术,以实现水资源的储存和调节;溢洪道的设计则侧重于其位置、功能和施工,以确保在洪水期间的安全泄洪。在协同设计中,需要综合考虑工程整体性、运行维护以及经济效益与社会效益,以实现水资源的可持续管理和防洪减灾的目标。

[参考文献]

- [1]常建伟.隧洞及闸井临时支护施工技术在水利工程中的应用研究[J].水上安全,2024,(10):181-183.
- [2]沈爱锋.水利工程隧洞开挖施工技术的探讨[J].建材发展导向,2023,21(04):175-177.
- [3]骆霄.高流速溢洪道沿程消能试验研究[D].武汉大学,2021.
- [4]唐占君.台阶溢洪道消能技术在砂砾石大坝中的应用[J].四川水利,2021,42(01):61-64.

作者简介:

雷洋(1992—),男,汉族,新疆昌吉人,大学本科,工程师,研究方向:水工结构。