

水利水电工程中水工结构的设计方法研究

● 吴光波



[摘要] 随着全球气候变化、产业增长以及人们的生活标准提高,我国对水资源的需求持续增长。因此,保证水资源的持续、稳定输出成为一项重要研究课题。水利水电工程作为我国基础设施的重要组成部分,其在保证能源安全供应和防洪减灾方面的作用愈发凸显。而水工结构设计不仅关系到工程的使用寿命和运行安全,还直接影响到工程的经济效益和社会效益。因而,确定科学合理的水工结构设计方法显得尤为重要。基于此,笔者结合多年工作经验,深入研究水工结构设计的方法,希望能为我国水利水电工程的健康发展提供借鉴与参考。

[关键词] 水利水电;水工结构;结构设计;基础设施

当

前全球经济稳步发展的背景下,人们生活标准的提高与工业化的推进,其对水资源的需求日益增长。水利水电工程作为调节水资源、提供清洁能源的关键途径,对推动社会经济发展有着重要意义,也是我国发展的重要支撑。水工结构作为水利水电工程的关键组成部分,其创新设计方法在建设高质量水利水电工程上具有重要地位。例如,三峡大坝作为全球规模最大的水电站,其设计与建设过程中所采纳的创新技术,显著提高了工程的安全性与实用性,并且在经济性与环保性方面也作出了卓越贡献,成为水工结构设计领域的标杆。

Q 水工结构设计概述

(一)定义

水工结构设计是指为满足人们对水资源合理利用与保护的需求,依托科学计算与工程实践,对水利工程建筑物进行合理布局与结构构造的过程。水工结构设计作为水利水电工程建设的关键环节,其承载着对水工建筑物进行科学规划、精准分析与精心构造的重任,确保在各类水文地质条件下均能保持安全、高效的运行状态。同时,在设计实践中,需全面考量水力学、结构力学、材料科学及环境影响等诸多要素。例如,本文以三峡大坝水工结构设计为借鉴,其设计不仅需要能抵御极端洪水事件的冲击,还能兼顾长期结构的稳定性和耐久性。

(二)分类

水工结构设计作为水利水电工程建设的关键环节,其承载着确保工程安全、实用、经济、环保的重要作用,同时也

对工程长期运行效率和可持续发展具有深远影响。在分类上,水工结构设计涵盖多种类型,如堤坝设计、闸门设计、水电站设计等。以三峡堤坝设计为借鉴,可根据功能与结构特性,细分为重力坝、拱坝、土石坝等不同类别。每种坝型均拥有特定的设计要求与施工技术。例如,重力坝设计需确保结构能有效抵御水平与垂直方向的力,而拱坝则通过独特的拱形结构,将水压力转化为基础的推力。因此在设计实践中,需运用多种分析模型,比如,有限元分析模型,模拟和预测结构在不同工况下的性能表现。

Q 水工结构设计特征

(1)安全性。在水利水电工程建设中,水工结构设计的安全性是整个工程的坚实基础。其安全性不仅关乎工程的稳定性和耐久性,更直接关联到公众生命财产的安全。因此,大坝的设计必须能抵御极端天气事件带来的压力,如洪水和地震。在设计过程中应采用先进的分析模型,如有限元分析,来模拟各种极端情况下的结构响应,确保大坝在极端条件下的安全性能。此外,设计中还应充分考虑环境因素,如气候变化对水工结构长期安全性的影响。

(2)实用性。在水利水电工程建设中,水工结构设计的实用性是确保工程长期稳定运行的核心要素。以三峡堤坝设计为例,该设计不仅要满足防洪、蓄水的基本功能,更要结合地形、地质条件以及当地气候特征,确保结构的稳固性和耐久性。在闸门设计方面,实用性体现在操作的便捷性与维护的简易性上。例如,三峡大坝的多级船闸设计,不仅提高了航运效率,还通过科学的水力学分析模型,确保了

闸门在不同水位条件下的安全运行。而水电站水工结构设计则需综合考虑发电效率、环境影响和成本控制。巴西伊泰普水电站通过采用先进的水轮机设计和优化的水库调度策略,实现了年发电量超过100亿千瓦时的高效能源输出,同时还一定程度上减少了对生态系统的负面影响。

(3)经济性。在水利水电工程建设中,水工结构设计经济性是衡量项目成功与否的关键指标之一。设计经济性不仅体现在初期建设成本的控制上,还包括长期运行维护成本的优化。通过采用先进的计算模型和模拟技术,可以在设计阶段预测结构在不同工况下的表现,从而选择成本效益最高的设计方案。以三峡大坝为例,其通过优化闸门设计,不仅减少了材料使用量,还缩短了施工周期,显著提升了整个项目的投资回报率。此外,设计时还应考虑结构的耐久性和可靠性,以减少未来可能发生的维修和更新成本。因此,在水工结构设计中,经济性原则还需不断进行创新,以实现资源的最优配置和长期经济效益的最大化。

(4)环保性。在水利水电工程建设中,水工结构设计的环保性是工程可持续发展的重要组成部分。其不仅要求设计者在规划和建设阶段充分考虑对自然环境的影响,还需要在结构的整个生命周期内最大限度地减少对生态系统的干扰。在设计堤坝时,应采用生态流量计算模型,确保下游河流的生态需水量得到满足,避免对水生生物栖息地造成破坏。而闸门设计则需考虑对水流模式的影响,避免改变河流的自然状态,从而保护河流生态系统的完整性。因此,在进行水电站水工结构设计时,应采用环境影响评估(EIA)进行预测,以此来减轻对周边环境的潜在影响。

水利水电工程中水工结构的设计要点

(一)堤坝设计

在水利水电工程建设中,堤坝设计是确保工程安全、有效控制水流和防洪减灾的核心环节。因此设计过程中,需全面考量地质条件、水文特性、环境影响以及工程成本等多重要素,可以采用先进的三维地质模型分析技术,通过模拟不同工况下的应力分布和变形情况,确保坝体结构的稳定性和安全性。同时,运用环境影响评估模型,全面评估大坝建设对周边生态系统可能产生的影响,并采取相应的生态补偿措施。堤坝设计的创新不仅体现在技术应用上,还体现在设计理念的更新上。在设计实践中,应探索将新材料、新技术融入传统设计,如采用高强度混凝土和预应力技术,提高坝体的耐久性和抗裂性。通过引入智能监测系统,实现对堤坝运行状态的实时监控,为堤坝的安全运行提供数据支持。在堤坝设计的经济性考量方面,设计者需在确保安全的前提下,通过优化设计来降低工程成本。可以采用分层填筑和压实技术,以有效减少坝体材料的使用量,从而节

约成本。同时,设计中还应考虑坝体的长期维护费用,以确保整个工程的经济性。一些工程通过引入生命周期成本分析方法,对堤坝设计的经济性进行全面评估,为决策提供科学依据。环保性是现代堤坝设计中不可忽视的重要原则。设计者需在满足工程功能的同时,最大限度地减少对自然环境的破坏。此外,设计者还应考虑施工期间的水土流失和污染,可以采用环保材料,以实现工程建设与环境保护的和谐共存。

(二)闸门设计

在水利水电工程建设中,闸门设计是确保水工结构安全及其高效运行的核心环节。闸门不仅是实现控制水流、调节水位的基本功能,更是在极端天气和水文条件下展现其稳定性和可靠性的关键。以三峡大坝闸门设计为例,工程师运用先进的计算流体力学(CFD)模型,模拟各种工况下的水流状态,确保闸门在设计流量和洪水频率下的安全运行。同时,闸门设计亦需兼顾材料耐久性,应选用高强度不锈钢或特殊合金材料,以抵御长期水下腐蚀和磨损。此外,闸门设计必须充分考虑操作的便捷性与灵活性。因此,在设计过程中,应采用集成自动化控制系统,实现远程监控与操作,从而提升闸门运行的效率与安全性。自动化控制系统可依据水位变化自动调节闸门开度,优化水流控制,减少人工干预,降低运行成本。在闸门设计过程中,设计者应评估闸门运行对周边生态环境的潜在影响,并采取相应措施以减轻环境影响。例如,可设计鱼道或生态闸门,保障鱼类及其他水生生物在闸门上下游自由迁移,减少对生物多样性的破坏。

(三)水电站设计

在水利水电工程建设中,水电站设计是水工结构设计的基础且关键环节,其不仅关乎水电站运行的效能与安全,更对工程的经济效益与环保效益产生深远影响。以三峡水电站为例,它作为世界顶级水电站之一,其设计采纳了尖端的水轮发电机组与防洪体系,显著提升了发电效能的同时,还实施了洪水调控,有效保障了下游区域的安全。在设计过程中,必须恪守安全性、实用性、经济性与环保性的基本原则,确保水电站设计的科学合理。水电站设计创新主要体现在新材料、新结构与新工艺的应用,旨在提升结构的稳定性和耐久性。例如,通过应用高强度混凝土与预应力技术,可大幅降低结构尺寸,减轻自重,增强抗裂能力。同时,设计中还需兼顾环境因素,可采纳生态流量设计,以确保河流生态系统的健康稳定。因此,将环保理念融入水电站设计,是实现可持续发展的核心所在。而在水电站设计实践中,设计者需运用多种分析模型与计算方法,如流体力学模型、结构力学分析及水力发电系统仿真等,以确保设计的精确性与可靠性。例如,通过三维流体动力学模拟,可

精确预测水电站运行时水流的分布与压力变化,进而优化水轮机与发电机设计。此外,设计者亦须考量极端天气与地质条件对水电站的潜在影响,确保设计能够应对未来可能出现的各种挑战。

(四)水库调度

水库调度作为水工结构发挥设计经济效益的关键环节,承载着水资源合理配置与综合利用的重任,同时统筹兼顾防洪、灌溉、供水及发电等多重功能。因此,科学合理的水库调度,能够实现水资源在不同季节、不同需求间的均衡分配,并最大限度地降低洪水灾害风险。例如,构建动态水库水位预测模型,可以实时调整水库蓄放水计划,以应对气候变化带来的不确定性挑战。在设计水库调度策略时,必须全面考量水文周期、流域特性、下游用水需求及潜在极端天气事件,从而拟定出既安全又经济的水库调度方案。通过运用多目标优化模型,既可满足当前用水需求,又能维护和恢复河流生态系统,确保水资源的长期稳定供应。同时,调度策略需兼顾社会经济因素,如农业灌溉、城市供水及工业用水需求,以实现水资源的公正分配。实践中,诸多大型水库已采用智能调度系统,其通过实时监测与数据分析,自动优化水库运行状态,以追求调度效果的最优化。设计者应确保调度策略不会对下游生态系统产生影响,如防止过度放水导致的河流干涸和生态退化。因此,实施生态流量管理,旨在满足公众用水需求的同时,也需维护河流生态系统的健康与生物多样性,从而达成人与自然和谐共生的美好愿景。

(五)水工结构的监测与维护

水工结构的监测与维护工作,是确保长期安全运行的关键环节。通过定期的监测和检查,可以及时发现结构的潜在问题和损伤,从而采取必要的维护措施。例如,采用先进的传感器技术,可以对大坝、闸门和水电站等关键结构进行实时监控,包括裂缝监测、位移监测和渗流监测等,对评估结构的健康状况和预测可能的故障具有重要意义。维护工作不仅包括对结构损伤的修复,还包括对结构性能的持续优化。通过定期的维护和升级,可以提高水工结构的耐久

性和抗灾害能力。在实践中,部分工程采用了基于风险的维护策略,其根据结构的损伤程度和潜在风险,制定出合理的维护计划和优先级。此外,维护工作还应考虑环境因素,如在维护过程中减少对周围环境的干扰和污染。随着技术的发展,水工结构监测与维护的方法也在不断创新。此外,大数据和人工智能技术的应用,还可以对收集到的监测数据进行深入分析,预测结构的未来表现,进而为维护决策提供科学依据。

Q 结束语

在水利水电工程建设领域,水工结构设计的创新不仅关系到工程技术的持续进步,更关系到现代社会的可持续发展。随着全球气候变化和极端天气事件的增多,水工结构设计正面临着前所未有的挑战。因此,在确保安全的基础上,如何延长水利水电设施的使用寿命,已成为设计者必须正视并解决的重大课题。基于此,本文对水工结构设计的方法进行了深入的研究,以此作为参考为我国水利水电工程的可持续发展提供坚实的数据支持。

参考文献

- [1]王文文.某水利程大结构设计及运行监测研究策略[J].工程设计与设计,2019(17):111-113.
- [2]言雷.水利水电工程水工设计方案的分析与研究[J].工程设计与设计,2019(13):102-103,106.
- [3]刘晓海,黄强,代晓亮.水利水电工程水工设计方案对比研究[J].科技创新导报,2019,16(01):40-41.
- [4]孙卫东.水利工程施工管理特点及质量控制策略分析[J].农业科技与信息,2021,41(05):120-121.
- [5]王金奇.水利工程项目施工管理探析[J].农业开发与装备,2021(02):114-115.

作者简介:

吴光波(1993—),男,仫佬族,广西河池人,本科,工程师,广西壮族自治区河池水利电力勘测设计研究院,研究方向:水利水电工程。