

# 水利水电工程中水工设计分析

胥朝辉

河南省水务规划设计研究有限公司成都分公司 四川 成都 610051

**摘要：**水利水电工程水工设计是工程项目的灵魂，关乎安全、稳定与效益。其内容包括坝体、引水系统、厂房设计等多方面。然而，设计面临自然条件复杂、多目标需求协调难、设计技术局限等挑战。为优化设计，需加强前期勘察，运用系统工程方法协调多功能，推动设计技术创新。通过产学研合作、技术培训与国际交流，提升水工设计的科学性和前瞻性。

**关键词：**水利水电工程；水工设计；分析

引言：水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，其水工设计环节至关重要。水工设计不仅关乎工程的安全稳定与长效运行，还深刻影响水资源的合理配置与高效利用。面对自然条件的复杂性、多目标需求的协调难度以及设计技术的局限性，水工设计需不断优化策略。本文将从水工设计的重要性、主要内容、面临的问题及优化策略等方面进行深入探讨，旨在为水利水电工程的水工设计提供理论参考和实践指导，推动水工设计水平的持续提升。

## 1 水利水电工程水工设计的重要性

水利水电工程水工设计的重要性不言而喻，它是整个工程项目的灵魂与基石，不仅关乎工程的安全、稳定与长效运行，还深刻影响着水资源的合理配置与高效利用，以及工程的经济效益与社会效益的最大化实现。

(1) 从工程布局与结构形式的角度来看，水工设计是水利水电工程规划的蓝图。设计师需综合考虑地形、地质、水文、气象等多方面的自然条件，以及工程的具体需求与目标，来确定坝址选择、枢纽布置、建筑物类型及结构尺寸等关键要素。一个合理的水工设计方案，能够充分利用天然地形地势，减少土方开挖和填筑量，降低施工难度，同时确保建筑物与周围环境的和谐共生，达到既经济又美观的效果。(2) 科学的水工设计更是保障工程安全运行的生命线。水利水电工程往往面临着洪水、地震等自然灾害的严峻考验，设计时必须充分考虑这些极端情况下的工程安全性。通过合理的结构与设计与计算，确保工程在遭遇设计标准内的灾害时能够安然无恙，有效抵御外部力的冲击，保护下游人民生命财产的安全。同时，良好的水工设计还能延长工程的使用寿命，减少因设计缺陷或施工质量问题导致的早期损坏和维修频率，从而降低全生命周期的成本。(3) 在经济性方面，水工设计的优劣直接影响着工程建设成本与后

期运营维护成本。一个优化的设计方案，能够在保证工程质量和安全的前提下，通过合理的材料选择、结构优化和施工方法，有效降低初始投资。同时，考虑到水利水电工程的长期运营需求，设计时还应充分考虑节能降耗、自动化管理等因素，以减少运行过程中的能耗和人力成本，提高工程的经济效率和可持续性。(4) 水工设计还承载着促进区域经济发展和改善民生的重任。水利水电工程不仅是水资源调配和利用的重要手段，也是推动地区经济发展、改善人民生活条件的基础设施。一个科学合理的水工设计方案，能够充分考虑工程对周边环境的影响，实现水资源的优化配置，促进农业灌溉、工业供水、发电、航运等多方面的综合利用，为区域经济社会发展提供有力支撑<sup>[1]</sup>。

## 2 水利水电工程水工设计的主要内容

### 2.1 坝体设计

坝体作为水利水电工程中的关键挡水建筑物，其设计的重要性不言而喻。坝体设计是一个综合考虑地形、地质、水文等多因素的复杂过程，旨在确保坝体的稳定性、安全性和耐久性。(1) 确定坝体的类型是坝体设计的首要任务。重力坝、拱坝、土石坝等不同类型的坝体各有其独特的力学性能和适用条件。重力坝依靠自身重量维持稳定，适用于地基条件较好的河段；拱坝则利用拱形结构将水平水压力转化为拱端支座的垂直反力，适用于峡谷地段；土石坝则由土料、石料或混合料堆筑而成，适用于地基条件较差但材料来源丰富的地区。设计时需根据坝址的具体条件选择最合适的坝型。(2) 进行坝体的尺寸设计。坝高、坝顶宽度、坝底宽度等尺寸参数需经过精确计算确定，以确保坝体具备足够的稳定性和承载能力。坝高需考虑水库的蓄水位、洪水位以及波浪爬高等因素；坝顶宽度则需满足交通、检修和防汛等要求；坝底宽度则需根据坝体材料、地基条件以及稳定

分析结果确定。(3)设计坝体的防参与排水系统也是坝体设计的重要环节。防渗系统通常采用防渗帷幕、防渗墙等措施,以防止坝体渗漏;排水系统则通过设置排水孔、排水廊道等设施,降低扬压力,保障坝体安全。这些系统的设计需充分考虑坝体的材料特性、水文地质条件以及运行管理要求。

## 2.2 引水系统设计

引水系统负责将水引入水电站厂房,其设计直接影响水电站的发电效率和运行稳定性。引水系统的设计包括进水口设计、输水管道或隧洞设计以及调压室设计等多个方面。(1)进水口设计需保证进水顺畅、水质良好,并防止杂物进入。进水口的位置、形状和尺寸需根据水流条件、水位变化以及防汛要求确定。同时,还需设置拦污栅、清污机等设备,以确保进水口的清洁和畅通。(2)输水管道或隧洞设计则需根据地形、地质条件选择合适的输水方式与管材。输水管道或隧洞的直径、坡度等参数需经过水力计算确定,以减少水头损失,提高输水效率。在设计过程中,还需考虑管道的支撑结构、防渗措施以及检修通道等要求。(3)调压室设计在长引水系统中尤为重要。调压室可以调节水流压力,防止水锤现象对设备造成损坏。调压室的位置、容积和形状需根据水电站的运行方式、水头变化以及水锤计算结果确定。同时,还需考虑调压室的通风、照明以及检修等条件。

## 2.3 水电站厂房设计

水电站厂房是安装水轮发电机组等设备的场所,其设计需满足设备安装、运行与维护的要求。厂房设计包括结构形式选择、内部布置设计以及抗震与防洪措施等多个方面。(1)确定厂房的结构形式是厂房设计的关键。地面厂房适用于地基条件较好、施工方便的地区;地下厂房则适用于地形险峻、地基条件较差但开挖工程量较小的地区。设计时需根据地形、地质及施工条件选择最合适的厂房结构形式。(2)进行厂房内部的布置设计。机组、电气设备、辅助设备等的位置需合理安排,以保证运行操作方便、通风散热良好。同时,还需考虑厂房的照明、消防、通讯等设施的布置和要求。(3)设计厂房的抗震与防洪措施也是厂房设计的重要环节。厂房需按照抗震设计规范进行设计和施工,以提高其抗震能力;同时,还需设置防洪墙、排水沟等设施,以防止洪水对厂房造成破坏。这些措施的设计需充分考虑厂房的重要性、地震烈度以及洪水频率等因素<sup>[2]</sup>。

## 3 水利水电工程水工设计面临的问题

### 3.1 自然条件的复杂性

水利水电工程往往选址于河流峡谷等自然环境复杂的区域,这些地区地形起伏大、地质条件多变,给水工设计带来了前所未有的挑战。地形条件的复杂性不仅增加了工程设计的难度,还对施工技术和方法提出了更高要求。设计师需要在确保工程安全稳定的前提下,充分利用地形条件,优化工程布局,减少土方开挖和填筑量,降低施工成本。更为棘手的是地质条件的多变性。复杂的地质构造可能导致坝基稳定性问题,如断层、裂隙等地质缺陷的存在,可能使得坝基承载力不足,威胁工程安全。此外,不良地质现象如滑坡、泥石流等也是水利水电工程设计中必须考虑的因素。这些自然灾害的发生具有突发性和不确定性,给工程设计带来了极大的风险。设计师需要在设计过程中充分考虑这些潜在威胁,采取有效的工程措施来预防和减轻其影响。

### 3.2 多目标需求的协调难度

水利水电工程具有防洪、发电、灌溉、航运等多种功能,这些功能之间既相互依存又相互制约,存在一定的矛盾与冲突。在水工设计中,如何协调好不同目标之间的关系,使工程效益最大化,是设计师面临的一大难题。防洪功能要求工程在遭遇洪水时能够迅速泄洪,确保下游地区的安全;发电功能则要求工程能够充分利用水能资源,提高发电效率;灌溉功能需要工程能够提供稳定的水源,满足农田灌溉的需求;航运功能则要求工程能够保持河道的通航能力,促进区域经济的发展。然而,这些功能的实现往往相互冲突,如防洪和发电之间就存在明显的矛盾。设计师需要在满足各功能基本需求的前提下,通过优化工程布局、调整运行方式等手段,寻求效益最大化的平衡点。

### 3.3 设计技术的局限性

随着水利水电工程向高坝、大库、长隧洞等方向发展,对水工设计技术提出了更高要求。然而,目前部分设计技术在应对复杂工程问题时仍存在一定局限性。例如,在高坝大库的抗震分析方面,由于坝体高度和库容的增加,地震作用对坝体的影响更加显著,传统的抗震设计方法可能无法准确评估坝体的抗震性能。因此,需要研究更加精确、可靠的抗震分析方法,以确保高坝大库在地震作用下的安全性。另外,在超长输水隧洞的施工技术方面也存在诸多挑战。长隧洞的开挖和支护技术难度大,施工风险高,且对隧洞的稳定性和安全性要求较高。目前,虽然已有一些成熟的隧洞施工技术和方法,但在应对超长、深埋、复杂地质条件下的隧洞施工时,仍需进一步研究和创新。设计师需要不断探索新的施工技术和方法,提高隧洞施工的效率和质量,确保工

程的顺利进行<sup>[3]</sup>。

#### 4 水利水电工程水工设计的优化策略

##### 4.1 加强前期勘察工作

前期勘察是水利水电工程水工设计的基础和前提。只有深入、全面地了解工程区域的地形、地质、水文等自然条件,才能为设计提供准确、可靠的数据支持,减少设计过程中的不确定性。因此,加强前期勘察工作是优化水工设计的关键。(1)在勘察过程中,应充分运用先进的勘察技术与手段,如地质雷达、卫星遥感、无人机航拍等。这些技术具有高效、准确、非接触等优点,能够快速获取工程区域的大量信息。通过地质雷达可以探测地下岩层的分布、裂隙、断层等地质缺陷;卫星遥感和无人机航拍则可以提供工程区域的地形地貌、植被覆盖、水系分布等宏观信息。这些信息的获取为水工设计提供了全面、详实的数据基础。(2)前期勘察还应注意实地调查和现场勘探。设计人员应深入工程现场,对地形、地质、水文等条件进行实地观察和测量,获取第一手资料。通过实地调查和现场勘探,可以更加直观地了解工程区域的自然条件,发现潜在的问题和风险,为设计提供更加准确、可靠的依据。

##### 4.2 运用系统工程方法

水利水电工程具有防洪、发电、灌溉、航运等多种功能,这些功能之间既相互依存又相互制约。在设计过程中,如何协调好不同功能之间的关系,使工程效益最大化,是水工设计面临的一大挑战。运用系统工程方法,可以对水利水电工程的多种功能进行综合分析 with 优化,寻求最优解决方案。(1)系统工程方法强调整体性和综合性,注重系统各组成部分之间的相互关系和相互影响。在水工设计中,可以建立数学模型,将防洪、发电、灌溉等多目标转化为数学表达式,通过优化算法求解最优解。例如,可以运用线性规划、非线性规划、动态规划等优化算法,对工程的布局、尺寸、运行方式等进行优化,提高工程的整体效益。(2)系统工程方法还强调信息反馈和动态调整。在设计过程中,应不断收集、分析工程运行的数据和信息,及时反馈给设计人员,对设计方案进行动态调整和优化。通过信息反馈和

动态调整,可以确保设计方案与工程实际相符合,提高设计的科学性和实用性。

##### 4.3 推动设计技术创新

设计技术创新是水利水电工程水工设计不断优化的重要驱动力。随着科技的进步和发展,新的设计理念、技术和方法不断涌现,为水工设计提供了更多的可能性和选择。因此,推动设计技术创新是优化水工设计的必要途径。(1)应加大对水工设计技术研发的投入,鼓励科研机构与高校开展相关研究。通过产学研合作,可以加快新技术的研发和应用进程,提高水工设计的科学性和精准性。同时,还应积极引进国内外先进技术,如数值模拟技术、新材料应用技术等,将其融入水工设计中,提高设计的创新性和前瞻性。(2)还应加强对设计人员的技术培训。通过定期举办培训班、研讨会等活动,可以提高设计人员的专业素养和创新能力,使其能够熟练掌握和运用新技术、新方法进行水工设计。同时,还应鼓励设计人员积极参与国际交流和合作,拓宽视野和思路,为水工设计注入新的活力和动力<sup>[4]</sup>。

#### 结束语

水利水电工程水工设计作为工程建设的核心,其重要性不言而喻。面对自然条件的复杂性、多目标需求的协调难度以及设计技术的局限性,我们必须不断优化设计策略。通过加强前期勘察工作,确保设计数据的准确性;运用系统工程方法,实现多目标的最优解;推动设计技术创新,提升设计的科学性和前瞻性。未来,我们将继续探索和实践,不断提升水工设计水平,为水利水电工程的安全、稳定、高效运行提供有力保障。

#### 参考文献

- [1]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(1):40-41.
- [2]孙卫东.水利水电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(5):120-121.
- [3]王金奇.水利水电工程项目施工管理探析[J].农业开发与装备,2021,27(2):114-115.
- [4]刘同旭.水利水电工程施工现场危险源安全管理措施[J].黑龙江水利科技,2021,49(2):230-233.