

# 水工建筑物结构设计关键问题探讨

李飞凡

河南省江淮水利勘测设计有限公司 河南 郑州 450000

**摘要:** 水工建筑物结构设计涉及多类荷载、材料性能及环境适配等核心基础问题。本文聚焦主体结构中的挡水、泄水、输水结构设计,辅助结构中的基础处理、防渗、抗滑抗倾覆结构设计等关键问题,分析设计要点与注意事项。同时,从结构合理性、设计与施工协同、结构耐久性三方面提出优化路径,为提升水工建筑物结构设计质量,保障工程安全稳定运行,降低后期维护成本提供参考。

**关键词:** 水工建筑物; 结构设计; 关键问题; 优化路径

引言: 水工建筑物作为水利工程的重要组成部分,承担着挡水、泄水、输水等关键功能,其结构设计质量直接关系到工程的整体安全性、稳定性与耐久性。水工建筑物所处环境复杂,不仅面临水压力、土压力、风荷载、温度荷载等多种荷载作用,还需适应不同的地质、水流、气候等环境条件。随着水利事业的发展,对水工建筑物的功能要求日益提高,结构设计面临更多挑战。因此,深入探讨水工建筑物结构设计的关键问题,并提出有效的优化路径,具有重要的现实意义。

## 1 水工建筑物结构设计的核心基础

### 1.1 结构设计的核心荷载类型与作用方式

在水工建筑物结构设计中,荷载是引发结构内力与变形的主要因素,准确把握核心荷载类型及其作用方式至关重要<sup>[1]</sup>。永久荷载是长期作用在结构上的恒定力,结构自重便是典型代表,不同材料与结构形式自重差异显著,精确计算自重对结构基础设计与整体稳定性评估意义重大。水压力作为可变荷载的关键部分,静水压力依据水深呈线性分布,作用于结构迎水面,而动水压力因水流速度、流向变化产生,对结构产生冲击与拖曳力,影响结构动力响应。土压力同样不可忽视,主动土压力使结构有向外移动趋势,被动土压力则阻碍结构位移,静止土压力处于两者之间,准确判断土压力类型与大小是挡土结构设计的基础。风荷载在露天水工建筑物中作用明显,风速、风向变化导致风压分布不均,对结构产生水平力与扭矩,影响结构抗风稳定性。温度荷载源于环境温度变化与结构内部温度梯度,混凝土结构因温度升降产生膨胀与收缩,引发温度应力,若应力超过材料抗拉强度,将导致结构开裂,影响耐久性与安全性。

### 1.2 结构设计的材料性能要求

材料性能是水工建筑物结构设计的重要支撑,不同材料特性决定其在结构中的应用范围与设计方法。混凝土

作为常用结构材料,需具备足够强度以满足结构承载要求,包括抗压、抗拉与抗剪强度。良好塑性使混凝土在受力时产生一定变形而不破坏,提高结构延性。韧性则保证混凝土在动力荷载作用下吸收能量,避免脆性破坏。同时,混凝土耐久性至关重要,抗渗性防止水分与有害物质侵入,抗冻性避免冻融循环破坏,抗侵蚀性抵御化学物质侵蚀,确保结构长期使用性能。钢材具有高强度与良好塑性,能承受较大拉力与压力,在预应力结构与钢结构中广泛应用。钢材疲劳性能影响结构在反复荷载作用下的使用寿命,需通过合理设计与施工控制疲劳应力幅。此外,钢材防腐措施必不可少,涂层防护、电化学保护等方法可延长钢材使用寿命,保障结构安全。

### 1.3 结构设计的环境适配要求

水工建筑物所处环境复杂多样,结构设计需充分考虑环境因素影响,实现与环境良好适配。地质条件对结构基础设计影响深远,软弱地基需进行加固处理,提高承载能力与稳定性,避免结构不均匀沉降。不同地质条件下的加固方法各有特点,设计人员要深入了解地质勘察资料,结合工程实际情况,选择最合适的加固方案,确保基础能够承受上部结构传来的荷载。水流条件决定结构形式与尺寸,高速水流区域需优化结构外形,减少水头损失与空蚀破坏,确保水流顺畅通过。气候条件同样不可忽视,寒冷地区需考虑结构抗冻设计,采取保温措施减少冻胀影响;多雨地区要加强结构排水设计,防止积水导致结构损坏。生态环境要求结构设计遵循可持续发展原则,减少对周边环境破坏,实现水利工程与生态和谐共生。

## 2 水工建筑物主体结构设计关键问题

### 2.1 挡水结构的设计要点

挡水结构作为抵御水体压力、维持水位稳定的关键部分,设计时需全面考量多方面因素。结构强度与稳定

性是重中之重,要依据挡水高度、水体性质以及地质条件等,精确计算挡水结构所承受的水压力、土压力等荷载,合理选择结构形式与材料,确保结构在各种工况下都能具备足够的承载能力,不发生破坏或过度变形<sup>[2]</sup>。在计算荷载时,要考虑极端工况下的荷载组合,如洪水期、地震期等,以保证结构在最不利情况下也能安全运行。抗渗性能同样关键,水工建筑物挡水时,水会试图渗透结构,若抗渗不足,会导致结构内部钢筋锈蚀、混凝土碳化,降低结构耐久性,甚至引发渗漏险情。因此,要采取有效抗渗措施,如优化混凝土配合比、设置防水层等。此外,挡水结构还需适应地基变形,地基的不均匀沉降可能使结构产生裂缝,影响挡水效果,设计时要合理设置沉降缝、伸缩缝,允许结构在一定范围内变形,释放应力。

### 2.2 泄水结构的设计要点

泄水结构承担着排泄多余水量、调节水位的关键任务,设计时需着重关注水力特性与结构安全。水力计算是基础,要准确计算泄流能力、流速、水头损失等参数,确保泄水结构能够按照设计要求及时、顺畅地排泄水流,避免出现雍水、溢流等不利情况。消能防冲设计不可或缺,高速水流从泄水结构下泄时,具有强大能量,若不进行有效消能,会对下游河床及岸坡造成严重冲刷,威胁建筑物安全。通常采用底流消能、挑流消能、面流消能等方式,根据地形、地质及水流条件合理选择。同时要保证泄水结构自身强度与稳定性,承受水流冲击力、水压力以及可能出现的动水压力等,防止结构被冲毁或发生破坏。

### 2.3 输水结构的设计要点

输水结构负责将水从一处输送到另一处,设计时要兼顾输水效率与结构安全。输水能力需满足用水需求,根据输送水量、水头以及管道或渠道特性,合理确定输水结构尺寸与形式,确保水流在输送过程中损失较小,提高输水效率。水力过渡段设计要精细,在输水结构中,水流状态可能发生变化,如从明渠流入压力管道,或流速、流向改变等,这些过渡段易产生水锤、气蚀等现象,对结构造成破坏。需通过合理设置渐变段、通气孔等措施,改善水流条件,避免不利现象发生<sup>[3]</sup>。此外,输水结构还需具备良好的抗腐蚀性能,输送的水可能含有杂质或化学物质,对结构产生腐蚀作用,要选用耐腐蚀材料或采取防腐措施,延长结构使用寿命。

## 3 水工建筑物辅助结构设计关键问题

### 3.1 基础处理的设计要点

水工建筑物基础所处地质条件复杂多样,基础处理设计需依据具体地质状况精准施策。对于软弱地基,这

类地基承载能力低、压缩性高,若不进行处理,建筑物易产生较大沉降与不均匀沉降,影响结构安全。可采用换填法,将软弱土层挖除,换填强度较高、压缩性较低的材料,如砂石、碎石等,提高地基承载力。也可运用强夯法,通过重锤自由落下对地基进行强力夯实,增加地基密实度,增强承载能力与稳定性。在选择基础处理方法时,要综合考虑工程规模、地质条件、施工条件等因素,进行技术经济比较,选择最经济合理的方法。对于岩石地基,虽承载能力较高,但可能存在裂隙、软弱夹层等问题。需对岩石进行详细勘察,对裂隙进行灌浆处理,填充裂隙空间,提高岩石整体性;对软弱夹层进行清除或加固,防止因软弱夹层导致地基不均匀沉降。此外,基础处理还需考虑地下水影响,若地下水位较高,需采取排水措施降低地下水位,减少水对基础的浮力与冲刷作用,确保基础始终处于稳定工作状态。

### 3.2 防渗结构的设计要点

防渗结构是阻止水体渗透、保护水工建筑物安全的重要防线。在设计防渗结构时,要根据建筑物的类型、规模以及所处环境合理选择防渗方案。对于混凝土结构,可通过优化混凝土配合比,添加适量的减水剂、防水剂等,提高混凝土密实性与抗渗性能。同时,设置防水层,如在混凝土表面涂刷防水涂料、铺设防水卷材等,增强防渗效果。对于土石坝等土工建筑物,常采用黏土心墙、沥青混凝土心墙或土工膜等防渗形式。黏土心墙利用黏土的低透水性阻止水体渗透,设计时要控制黏土的含水量、压实度等参数,确保心墙质量。沥青混凝土心墙具有较好的柔性与防渗性能,能适应坝体变形。土工膜防渗则具有施工简便、防渗效果好等优点,但需做好膜与周边结构的连接与保护。此外,防渗结构还需设置排水设施,及时排除渗入结构内部的水,降低水压力,防止发生渗透破坏。

### 3.3 抗滑抗倾覆结构的设计要点

水工建筑物在运行过程中会受到水压力、土压力等多种荷载作用,易产生滑动与倾覆趋势,因此抗滑抗倾覆结构设计至关重要。抗滑设计方面,要准确计算建筑物所受滑动力与抗滑力,通过增加建筑物自重、设置抗滑桩或锚索等措施提高抗滑力。增加自重可增大建筑物与地基之间的摩擦力,增强抗滑稳定性;抗滑桩深入稳定地层,通过桩身与周围土体的相互作用阻止建筑物滑动;锚索则将建筑物与稳定地层连接,提供拉力抵抗滑动力。在设置抗滑桩或锚索时,要根据地质条件和建筑物受力情况,合理确定其位置、数量和深度,确保能够发挥有效的抗滑作用。抗倾覆设计时,要合理布置建筑

物结构,降低重心位置,扩大底面积,增加抗倾覆力矩。同时,可通过设置防倾覆支撑结构,如扶壁、翼墙等,增强建筑物整体稳定性,防止发生倾覆事故。

#### 4 水工建筑物结构设计的优化路径

##### 4.1 结构设计的合理性优化方法

结构设计的合理性优化需综合考量多方面因素<sup>[4]</sup>。在结构选型上,要依据水工建筑物的功能需求、所处环境条件以及地质状况等,精准挑选适宜的结构形式。例如,对于挡水高度较大且地质条件复杂的水库大坝,重力坝凭借自身重力维持稳定,适应性强,可优先考虑;而土石坝则适用于地基条件较好、当地材料丰富的区域。在结构尺寸确定方面,需通过精确的水力计算与结构力学分析,合理确定各部分尺寸。既要保证结构具备足够的强度与稳定性,满足承载要求,又要避免尺寸过大造成材料浪费与成本增加。同时运用先进的结构分析软件进行模拟计算,对不同工况下的结构应力、变形等情况进行全面评估,依据计算结果对结构尺寸进行优化调整。此外,优化结构设计还需注重结构体系的合理性,确保各部分结构之间协同工作,形成稳定整体,有效抵御各种荷载作用。

##### 4.2 设计与施工的协同优化要点

设计与施工的协同优化是保障水工建筑物建设质量与效率的重要环节。设计阶段应充分考虑施工可行性,设计人员需深入了解施工工艺、技术水平及设备条件等,使设计方案符合施工实际要求。例如,在设计混凝土结构时,要根据施工队伍的浇筑能力与养护条件,合理确定混凝土浇筑分层分段方案,避免出现施工冷缝等质量问题。施工阶段则要及时反馈施工信息,施工人员若发现设计方案存在不合理之处或施工难度较大,应及时与设计人员沟通,共同研究解决方案。通过建立有效的沟通协调机制,加强设计与施工双方的交流与合作,实现设计与施工的紧密衔接。同时运用信息化技术搭建协同工作平台,实现设计文件与施工信息的实时共享,提高协同工作效率,确保工程建设顺利进行。

##### 4.3 结构设计的耐久性优化要点

结构耐久性优化是延长水工建筑物使用寿命、降低后期维护成本的关键。在材料选择上,要选用质量可靠、耐久性好的材料。对于混凝土材料,应控制水泥用量与水灰比,添加适量的矿物掺合料与外加剂,提高混凝土抗渗性、抗冻性与抗侵蚀性。钢材则要选择具有良好耐腐蚀性能的品种,或采取有效的防腐措施,如涂层防护、电化学保护等<sup>[5]</sup>。在结构设计方面,要合理设置构造细节,减少应力集中现象,避免结构出现裂缝等缺陷。例如,在结构转折处设置倒角,在钢筋锚固区域增加箍筋数量等。此外,加强结构防水与排水设计,防止水分渗入结构内部,降低水对结构的侵蚀作用。定期对结构进行检测与维护,及时发现并处理潜在问题,确保结构始终处于良好工作状态,提升结构整体耐久性。

#### 结束语

水工建筑物结构设计是一项复杂且系统的工作,涉及众多关键问题。从核心基础的荷载把握、材料性能要求、环境适配,到主体结构与辅助结构的设计要点,再到通过合理性、协同性、耐久性优化提升设计质量,每个环节都紧密相连、缺一不可。只有全面、深入地考虑这些因素,精准把握设计要点,积极落实优化措施,才能设计出安全可靠、经济合理、耐久性强的水工建筑物,为水利事业的持续健康发展提供坚实保障,更好地满足社会对水资源利用与保护的需求。

#### 参考文献

- [1] 卞威,王蓓,朱宇泽,等.水利工程中水工建筑物结构设计的关键问题研究[J].模型世界,2025(33):228-230.
- [2] 许睿.水工建筑物结构设计中若干关键问题的研究[J].水上安全,2024(17):181-183.
- [3] 尹辉.水工建筑物结构设计的关键问题探讨[J].建筑工程技术与设计,2021(18):674.
- [4] 李龙,孔琳琳.水利工程中水工建筑物结构设计的关键问题探讨[J].产品设计,2025(15):147-149.
- [5] 魏文文.水工建筑物结构设计中若干关键问题的研究[J].数码精品世界,2021(9):253-254.