

水利工程规划设计优化分析

高超

山东省水利勘测设计院有限公司 山东 济南 250000

摘要: 水利工程规划设计对保障水资源合理利用意义重大。本文先阐述水利工程规划设计的基本原则,包括整体性、可持续性、科学性与经济性原则。接着介绍主要规划内容,涵盖水资源、工程布局、建筑物及施工组织设计。随后探讨优化方法,涉及多目标决策、系统分析及优化算法。最后分析自然、社会经济、技术等影响因素,为提升水利工程规划设计水平提供全面参考。

关键词: 水利工程; 规划设计; 优化分析; 影响因素; 多目标决策

引言: 水利工程作为基础设施建设的关键部分,对保障水资源合理利用、促进经济社会可持续发展发挥着不可替代的作用。科学合理的规划设计是水利工程顺利实施与高效运行的前提。随着社会经济的快速发展以及生态环保意识的增强,水利工程规划设计面临着更高的要求与挑战。在此背景下,深入探讨水利工程规划设计优化,对于提升规划质量、实现水资源综合效益最大化具有重要的现实意义。

1 水利工程规划设计的基本原则

1.1 整体性原则

水利工程规划设计须立足流域或区域系统视角,将工程置于自然-社会复合生态系统中统筹考量。规划过程中需突破行政边界与专业壁垒,系统分析上下游水文情势演变规律,精准识别左右岸生态要素关联特征^[1]。通过构建多维耦合模型,量化评估水资源开发利用对防洪安全格局、水生态完整性及区域经济社会发展的复合影响。强调工程措施与非工程措施的协同配置,注重梯级水库群调度与河道生态需水的动态平衡,实现水资源综合利用效益在时空维度上的优化配置。

1.2 可持续性原则

可持续发展理念应贯穿水利工程全生命周期。规划设计阶段需建立水资源承载力动态评估体系,科学确定开发强度阈值。通过生态流量保障机制设计,维持河流纵向连通性与横向物质交换功能。采用环境友好型工程结构与生态修复技术,最大限度减少对水生生物栖息地的干扰。构建基于气候变化的适应性规划框架,预留工程功能调整空间,确保水利设施在长期运行中保持服务效能。注重工程遗产价值保护,为未来技术升级与功能拓展创造条件。

1.3 科学性原则

科学决策是水利工程规划设计的基石。需建立多源

数据融合分析平台,集成遥感、地理信息与地面监测数据,精准刻画流域水文循环特征。运用分布式水文模型与三维地质建模技术,揭示复杂地形条件下产汇流机制与地质构造演化规律。通过数值模拟与物理模型试验相结合,验证工程结构水力学特性与泥沙运动规律。建立基于机器学习的方案比选系统,实现多目标优化决策的智能化支持。强化不确定性分析,提升规划方案对极端事件的抵御能力。

1.4 经济性原则

经济合理性评判应贯穿工程全要素配置过程。通过价值工程理论优化工程布局,采用功能分析方法确定最优建设规模。建立全生命周期成本模型,统筹考虑建设期投资与运行期维护费用。运用边际效益分析工具,精准识别关键控制性工程。推广标准化设计理念,提高构件通用化程度以降低制造成本。构建市场化的资源配置机制,通过水权交易与生态补偿实现经济效益与生态效益的有机统一。强化风险成本预估,提升工程应对市场波动的弹性能力。

2 水利工程规划设计的主要内容

2.1 水资源规划

水资源调查与评价需构建多维数据采集体系,通过遥感解译与地面监测相结合的方式,系统获取降水、径流、蒸发等水文要素时空分布特征。水质评价应涵盖物理、化学及生物指标,建立基于生态流量的水质基准体系。水资源承载能力分析需引入系统动力学模型,量化人口增长与经济发展对水资源的压力阈值。可持续利用能力评估应融合水足迹理论与虚拟水贸易分析,揭示区域水资源利用效率的时空差异。水资源配置方案制定需遵循公平与效率兼顾原则,采用多目标优化算法协调生活、生产与生态用水需求。区域间配置应建立水量分配协商机制,考虑流域上中下游用水权益的动态平衡^[2]。行

业间配置需构建用水定额动态调整模型,结合产业结构优化方向确定农业、工业及服务业的用水比例。用户间配置应推广分级水价制度,通过经济杠杆引导节约用水行为。水资源保护措施实施需建立“源头-过程-末端”全链条防控体系。水源地保护应划定三级保护区,实施生态隔离带建设与面源污染拦截工程。水污染防治需构建“厂-网-河”一体化治理模式,强化工业废水达标排放监管与城镇污水处理提质增效。生态修复应采用基于自然的解决方案,通过湿地重建与河湖连通工程恢复水生生态系统服务功能。

2.2 工程布局规划

枢纽工程布局需开展三维地质建模与水力过渡过程模拟,综合分析地形坡度、地质构造及洪水特性等控制因素。坝址选择应通过地质雷达探测与数值模拟验证,确保坝基抗滑稳定性满足规范要求。建筑物组成需根据功能需求进行模块化组合,优化泄洪、发电及供水等系统的空间配置关系。渠道系统规划应建立数字孪生模型,通过水流数值模拟确定最优线路走向。断面设计需考虑流量变化与泥沙淤积影响,采用变坡段与跌水构造适应地形起伏。防渗处理应推广新型复合衬砌材料,结合土壤固化技术提高输水效率。衬砌结构需进行抗冻胀设计,预留伸缩缝以适应温度变形。排水系统规划需构建地表-地下联合排水模型,根据土壤渗透系数与降雨历时确定排水模数。沟渠布局应遵循自流排水原则,通过地形高程分析确定排水方向。盐碱地改良需配套冲洗排水设施,结合暗管排盐技术降低地下水位。排水标准制定应考虑气候变化影响,预留应对极端降雨的工程余量。

2.3 建筑物设计

挡水建筑物设计需开展材料力学性能试验,确定混凝土动态弹性模量与土石料压实参数。重力坝设计应进行应力应变分析,优化断面形状以降低扬压力影响。拱坝设计需建立三维有限元模型,验证拱座稳定性与梁向应力分布。土石坝设计应进行渗流计算,合理布置防渗体与排水棱体。泄水建筑物设计需开展水工模型试验,验证消能工体型与水流流态。溢洪道设计应考虑高速水流空化影响,采用掺气坎等防护措施。泄洪洞设计需进行水锤压力计算,配置事故闸门与通气设施。消能防冲设计应结合下游河床地质条件,选择底流、面流或挑流等消能方式。输水建筑物设计需建立水力过渡过程模型,计算管道水锤压力与渠道水力坡降。渠道设计应进行糙率系数率定,优化边坡系数与底宽比例。管道设计需考虑温度应力影响,配置伸缩节与镇墩结构。隧洞设计应进行围岩分类,确定支护参数与衬砌类型。

2.4 施工组织设计

施工总体布置应建立BIM协同平台,实现场地优化与交通组织动态模拟。施工工厂选址需考虑物料运输距离与环保要求,合理配置混凝土生产、钢筋加工等设施。施工道路规划应进行运量分析,确定道路等级与路面结构。临时设施布置需考虑防洪标准,预留应急避险通道。施工进度计划编制应采用网络计划技术,通过关键路径分析确定工期控制节点。资源需求计划需建立动态调整模型,根据施工强度变化优化机械配置。进度控制应引入挣值分析方法,实时监测成本与进度偏差。季节性施工需制定专项方案,确保雨季防洪与冬季保温措施落实。施工方法选择应开展工艺工法比选,通过技术经济分析确定最优方案。土石方开挖应采用分层分段施工,结合爆破振动监测控制开挖强度。混凝土浇筑需进行温控设计,采用预冷骨料与通水冷却等措施防止裂缝产生。金属结构安装应进行三维坐标测量,确保安装精度满足设计要求。

3 水利工程规划设计优化的方法

3.1 多目标决策分析方法

水利工程规划设计常面临多个目标相互冲突的状况。防洪、灌溉、发电与生态保护等目标,在资源分配与工程实施上难以完全协调一致^[1]。多目标决策分析方法为解决此类问题提供了有效途径。该方法以综合权衡各目标为出发点,通过对不同目标间关系的剖析,寻求整体最优的规划设计方案。层次分析法是常用方法之一。它将复杂问题拆解为多个层次,经两两比较确定各层次元素相对重要性,进而算出各方案综合得分,依此排序选择。模糊综合评价法考虑到水利工程诸多因素存在模糊性,借助模糊数学理论量化各因素,综合评判方案优劣。数据包络分析法从投入产出视角,比较各方案相对效率,完成评估筛选。这些方法各有优势,应用时需依据问题特性合理选用。在水利工程规划设计中运用多目标决策分析方法,需先明确各目标重要程度与优先级,收集相关数据构建评价模型。量化分析不同方案在各目标上的表现,得出综合评价结果,为决策者提供科学依据,实现方案综合评价与优化选择。

3.2 系统分析方法

系统分析把研究对象视为整体系统,通过剖析系统组成、结构与功能,探寻最优解。一般步骤涵盖问题定义、目标确定、系统建模、方案评价与选择。常用系统建模方法有数学模型、物理模型、概念模型等。在水利工程规划设计中,数学模型可精准描述系统内各要素数量关系;物理模型能直观呈现系统物理特性;概念模型

则有助于从宏观层面把握系统本质。系统分析可应用于水利工程枢纽布局优化、水资源配置方案优化等方面,通过分析系统整体特性,协调各部分关系,实现系统功能最大化。

3.3 优化算法

线性规划通过构建目标函数与约束条件的线性方程组,求解资源分配的最优解,适用于施工材料调配等线性问题。非线性规划引入高次项描述复杂关系,可处理建筑物结构应力应变等非线性约束问题。动态规划将多阶段决策问题分解为单阶段子问题,适用于施工进度安排等时序优化场景。智能优化算法模拟自然演化机制,为复杂工程问题提供新解法。遗传算法通过编码方案、选择交叉等操作实现群体进化,适用于坝体断面形状优化等组合优化问题。粒子群算法模拟鸟群觅食行为,通过个体经验与群体信息更新位置,在渠道断面设计等连续空间优化中表现优异。实际应用中需根据问题特征选择合适算法,并通过参数调试确保计算效率与解的质量。

4 水利工程规划设计优化的影响因素

4.1 自然因素

地形地貌作为水利工程规划设计的天然背景,深刻影响着工程布局与建筑物设计走向。在山区,河流多穿行于崇山峻岭之间,落差大且水流湍急,拱坝独特的弧形构造能巧妙地将水压力分散传递至两岸山体,借助山体稳固的支撑力抵御水流冲击,故而山区河流常成为拱坝建设的理想之选^[4]。而平原地区地势平坦开阔,土石坝凭借土料、石料易获取且施工简便的特点,与平原环境高度契合,成为该区域水利工程常见的坝型。地质条件是水利工程安全稳定运行的根基。地基承载能力关乎建筑物能否稳固扎根,若承载力不足,建筑物易出现不均匀沉降,引发结构损坏。断层分布等地质构造情况会增加地震等地质灾害发生概率,对建筑物基础设计提出更高要求,需采取加固等措施确保基础稳固。水文气象条件直接影响水利工程规模确定与设计标准制定。降雨量大小与洪水频率高低决定防洪工程需具备的泄洪能力,径流量多少与水位变化幅度则对灌溉工程水量调配、发电工程水头稳定提出相应设计要求。

4.2 社会经济因素

人口数量与经济发展水平共同塑造水资源需求格局。随着人口增长与经济发展,生活、生产用水需求持续攀升,水利工程规划设计需充分考虑这一变化,与当地社会经济发展节奏相协调,保障水资源合理分配与高

效利用。土地利用情况对水利工程占地与移民安置影响显著。合理规划水利工程用地,需兼顾工程建设需求与土地资源保护,尽量减少对耕地、林地等优质土地的占用,降低对生态环境的破坏。同时,妥善安置移民,保障其合法权益,促进社会和谐稳定。社会文化因素渗透于水利工程规划设计方方面面。当地居民生活习惯、宗教信仰等,对工程布局与建筑物外观设计有着独特要求。尊重并融入这些文化元素,能使水利工程更好地融入当地社会,增强居民对工程的认同感与归属感。

4.3 技术因素

设计技术水平是水利工程规划设计质量与创新性的关键支撑。提升设计人员技术水平与创新能力,需加强专业培训、鼓励技术交流,引入先进设计理念与方法,推动水利工程规划设计不断优化升级。施工技术水平制约水利工程方案选择与施工难度。依据现有施工技术水平,合理确定工程设计方案,确保施工可行性。同时,积极研发与应用新技术,降低施工难度,提高施工效率与质量^[5]。新材料与新技术为水利工程发展注入新活力。积极推广应用高性能材料与智能化技术,可提升水利工程耐久性、安全性与运行效率,推动水利工程向现代化、智能化方向迈进。

结束语

水利工程规划设计优化是一个复杂且系统的过程,需综合考量多方面因素。遵循基本原则,明确主要设计内容,合理运用优化方法,充分考虑自然、社会经济与技术等因素的影响,才能制定出科学合理的规划设计方案。这不仅有助于提高水利工程的综合效益,还能更好地适应社会经济发展与生态环境保护的需求,推动水利工程事业持续健康发展。

参考文献

- [1]田野.基于生态理念的水利工程规划与设计优化策略[J].全面腐蚀控制,2025,39(11):136-138.
- [2]宋寿宇.水利规划设计中安全生产管理问题及优化措施分析[J].水上安全,2023(3):139-141.
- [3]柴周晓.BIM技术在水利工程规划设计中的应用研究[J].水上安全,2025(4):70-72.
- [4]王云霞.基于生态水利工程的河道规划设计研究[J].建筑与装饰,2022(11):41-43.
- [5]黄月琪.基于生态水利工程的河道规划设计研究[J].陕西水利,2021(10):124-126.