

水利设计方案需要注意的问题

杨新爱

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 河北 石家庄 050085

摘要：水利设计方案的科学性与合理性直接决定水利工程的功能实现和安全运行。本文围绕水利设计的基本原则与目标，深入剖析设计过程中在水文地质分析、工程结构选型、施工运维衔接等方面易出现的问题，并针对性提出优化策略，旨在为提升水利设计质量、保障工程长期稳定运行提供实践参考。

关键词：水利设计；设计方案；基本原则；常见问题；优化策略

引言

水利工程是国家基础设施建设的命脉，在防洪、供水、灌溉等领域承担着关键作用。从守护城市安全的防洪堤坝，到滋养万亩良田的灌溉渠道，科学的设计方案是水利工程发挥效益的基石。然而，复杂多变的自然条件、有限的技术认知，使得设计中常出现水文数据偏差、结构选型失当等问题。本文聚焦水利设计核心环节，剖析现存问题并提出优化路径，为提升水利工程设计质量提供参考。

1 水利设计的基本原则与目标

水利设计作为水利工程建设的基础，始终以安全性、经济性、适用性和生态环保为四大核心原则。安全性是工程的根本保障，要求设计充分考量洪水、地震等自然灾害，通过严谨的结构设计与参数取值，确保工程全生命周期内结构稳固。经济性原则注重成本控制与效益提升，通过优化设计方案、合理选型材料设备，在满足功能需求的同时实现投资效益最大化。适用性强调设计需精准贴合实际，如灌溉工程依农田需水量设计，防洪工程对标防护标准。生态环保原则致力于将工程建设对自然生态的影响降至最低，通过保障生态流量、保护栖息地等措施，维护水体生态平衡。四大原则相互协同，共同推动水利设计实现工程功能、经济效益与生态效益的有机融合，为区域可持续发展筑牢水利根基^[1]。

2 水利设计方案需要注意的问题

2.1 水文与地质条件分析不充分

水文地质条件是水利工程设计的核心依据，其分析偏差将直接导致设计参数失准。在水文数据方面，部分中小流域因缺乏长期水文监测站点，难以建立完整的径流、水位变化序列，导致洪水频率计算偏差。以某山区水库为例，由于水文站数据仅覆盖近15年，设计时采用的洪水重现期显著低于实际发生概率，致使水库建成后遭遇超标准洪水时，泄洪能力不足，威胁下游安全。

地质勘察中，单一采用钻探或物探手段存在局限性。钻探虽能获取岩芯样本，但难以定位隐伏构造；物探方法（如电法勘探）虽可大面积扫描，但对复杂地质体的分辨率不足。二者未有效结合时，极易遗漏断层、岩溶洞穴等不良地质现象，引发坝基渗漏、滑坡等灾害。此外，气候变化加剧了极端水文事件的不确定性，而多数设计仍依赖历史数据进行概率推算，未充分考虑全球变暖导致的降水格局变化；同时，对地下水动态变化、河床冲淤演变等长期过程缺乏量化分析，导致工程抗风险能力不足。

2.2 工程结构选型与设计不合理

工程结构选型需综合平衡功能需求、地质条件与施工技术。在坝型选择中，重力坝对地基承载力要求较高，若在软土地基上盲目采用，易因基础沉降不均引发裂缝；而拱坝对坝肩岩体完整性要求严苛，若未充分评估山体稳定性，可能造成坝肩失稳。建筑物尺寸设计方面，河道整治工程中护岸结构若未考虑弯道环流的顶冲作用，将加速岸坡淘刷；水闸底板高程若未结合泥沙冲淤规律确定，会导致过流能力快速衰减。材料与设备选型同样关键，低强度混凝土在冻融循环环境下易发生剥蚀，沿海工程若未采用抗氯离子侵蚀的钢筋，将显著缩短结构寿命；泵站设计中水泵选型若未匹配实际扬程与流量需求，会造成运行效率低下、能耗激增。此外，部分设计未充分考虑结构耐久性，未预留伸缩缝、止水带等构造措施，导致混凝土结构因温度应力或地基变形开裂。

2.3 施工可行性与运维便利性欠缺

设计脱离施工实际是导致工程延期、成本失控的主要原因之一。复杂的空间结构设计（如大跨度渡槽、地下洞室群）对施工机械与工艺要求极高，若未结合当地施工能力优化方案，易导致工期延误。某山区隧洞工程因设计断面尺寸过小，无法满足大型掘进设备作业需求，被迫采用人工开挖，致使工期延长40%。施工组织

设计不合理也会加剧现场管理难度,如未合理规划材料运输通道、弃渣场地,将导致施工效率下降。在运维方面,设计阶段常忽视设备检修、部件更换的空间需求,部分泵站水泵安装位置距墙面过近,导致维护时难以拆卸;部分水闸未设置自动化监测设备预留接口,后期无法实现信息化管理。此外,结构形式过于复杂(如异形水工建筑物)会增加维护难度与成本,降低工程全生命周期效益^[2]。

2.4 生态环境影响评估不足

水利工程建设对生态系统具有显著扰动性,若设计阶段缺乏系统性生态评估,将引发不可逆的环境问题。大坝建设阻断河流连续性,导致鱼类洄游通道丧失,破坏上下游生态连通性,如长江葛洲坝建成后,中华鲟的产卵场面积减少约80%。河道整治工程中硬质化护岸替代天然岸坡,削弱了水陆生态交互功能,导致生物栖息地破碎化;大规模疏浚清淤作业会扰动底泥,释放污染物引发水体富营养化。此外,调水工程若未充分考虑受水区生态需水,可能造成湿地萎缩、土壤盐碱化等次生灾害。部分设计仅关注工程主体功能,忽视生态修复配套措施,如未设置生态基流泄放设施、未预留鱼类增殖放流场地,导致工程生态效益与社会争议并存。

3 水利设计方案的优化策略

3.1 强化水文地质勘察与分析

(1) 水文地质勘察是水利设计的基础工作,其数据的完整性与准确性直接影响设计方案的科学性。在水文数据采集方面,应建立“历史资料收集+现场监测+区域类比”的多维数据获取体系。对于缺乏长期监测数据的流域,可通过收集地方志、历史洪水调查资料,结合临近水文站数据,运用水文比拟法、参数移植法等技术手段,补充径流、水位等关键数据。同时,根据工程需求合理增设监测站点,采用自动监测设备实时采集流量、泥沙含量等数据,构建覆盖全流域的水文监测网络。例如,在山区小流域治理工程中,可在关键断面设置超声波流量计与雷达水位计,结合卫星遥感数据,实现对流域水文过程的动态监测。(2) 地质勘察需采用“物探先行、钻探验证”的综合勘察方法。物探手段方面,利用高密度电法探测地下含水构造,通过地质雷达扫描浅层地层结构,采用地震波法探测深部隐伏断层,快速识别不良地质体的分布范围。在此基础上,通过钻探获取岩芯样本,进行岩土力学试验,确定土体抗剪强度、岩石抗压强度等物理力学参数。针对岩溶地区,需结合钻孔电视成像技术,直观判断溶洞发育情况,为防渗设计提供依据。此外,应建立水文地质动态分析模型,运用

有限元软件模拟地下水渗流场变化,预测水库蓄水后地下水位的抬升趋势;采用一维河工模型计算河道冲淤演变,为护岸结构设计提供参数支持^[3]。

3.2 科学优化工程结构与选型

(1) 工程结构选型需遵循“功能适配、安全可靠、经济合理”的原则,通过多方案比选确定最优方案。在坝型选择时,应综合考虑地形地质条件、工程规模与施工能力。对于峡谷地形且岩基完整的区域,优先选用拱坝,利用拱结构将水压力传递至两岸山体,减少坝体工程量;在平原软土地基上,可采用轻型坝型如均质土坝,并通过设置防渗墙、排水减压设施提高坝体稳定性。建筑物尺寸设计需结合水力学计算,利用明渠均匀流公式确定渠道断面尺寸,通过水工模型试验验证消能工的消能效果。例如,在溢洪道设计中,采用挑流消能时需根据泄洪流量、下游河床地质条件确定挑坎高程与挑射角度,避免产生严重的冲刷破坏。(2) 材料与设备选型应充分考虑工程运行环境与耐久性要求。在混凝土材料选择上,对于北方寒冷地区的水工建筑物,需采用抗冻标号F200以上的混凝土,并掺加引气剂提高抗冻性能;沿海工程应选用抗硫酸盐水泥,配置钢筋阻锈剂,防止海水侵蚀。设备选型方面,泵站水泵应根据设计扬程与流量,结合N-Q曲线选择高效区运行的型号;水闸启闭机需考虑启门力、闭门力及操作条件,优先选用液压启闭机以提高自动化程度。同时,应对关键设备进行原型试验,如在大型水轮机设计中,通过模型试验验证水力效率与空蚀性能,确保设备长期稳定运行。

3.3 提升施工可行性与运维便利性

设计阶段应建立“设计-施工”协同机制,确保设计方案具有可实施性。在结构设计时,需充分考虑施工工艺与设备能力,避免复杂的空间结构与高精度施工要求。例如,对于大跨度渡槽,可采用预制拼装工艺替代现浇施工,降低高空作业难度;地下洞室设计应根据施工单位的掘进设备类型,合理确定洞径尺寸与支护参数。施工组织设计需结合现场地形、交通条件,优化施工总平面布置,合理规划材料堆放区、设备停放区与运输通道,减少二次搬运。同时,制定详细的施工进度计划,采用关键路径法(CPM)分析施工工序,确保各分项工程有序衔接。运维便利性设计需贯穿工程全生命周期,在建筑物布局上,应预留足够的检修通道与设备维护空间,如在泵站机组间设置宽度不小于1.5m的检修廊道,便于设备拆卸与更换。结构设计应便于检查与维修,例如水闸底板可设置检查孔,方便检查基础渗漏情况;混凝土结构表面应设置观测点,用于监测裂缝发

展。同时,应加强信息化设计,预留自动化监测设备安装接口,布置水位、流量、应力应变等传感器,实现工程运行状态的实时监测。通过建立运维管理平台,整合监测数据,运用大数据分析技术预测设备故障,实现预防性维护,降低运维成本。

3.4 加强生态环境保护设计

水利工程生态设计需遵循“最小干扰、生态补偿、系统修复”的原则,将生态保护理念融入设计全过程。在工程规划阶段,应开展生态敏感性分析,避让生态红线区域,优化工程布局。例如,河道整治工程应尽量维持原有河道蜿蜒形态,保留河漫滩、牛轭湖等自然湿地,为生物提供栖息地。对于大坝建设,需设置生态基流泄放设施,确保下游河道的生态需水,采用鱼道、鱼闸等过鱼设施恢复鱼类洄游通道。鱼道设计应根据目标鱼类的生物学特性,确定适宜的水流流速与水深,采用隔板式、池式等结构形式,提高过鱼效果。在水土保持设计方面,应根据工程扰动范围,采取“拦、排、固、绿”相结合的措施。在开挖边坡设置挡土墙、格构梁等支挡结构,坡面采用植被混凝土、三维土工网垫等技术进行生态护坡;弃渣场需设置截排水沟与拦渣坝,防止水土流失。水质保护设计需针对工程特点采取相应措施,对于调水工程,应在水源地设置生态缓冲带,拦截面源污染;水库工程需合理确定死水位,防止库底污染物释放导致水质恶化。此外,可通过生态调度手段,利用洪水过程冲刷河道,改善河流水质与生态环境^[4]。

3.5 建立多方案比选与动态优化机制

多方案比选是从技术、经济、生态等多个维度进行综合评价。(1)在技术层面,对比各方案的工程安全性、运行可靠性与功能实现程度,采用层次分析法(AHP)确定评价指标权重,建立综合评价模型。例如,在水库大坝设计中,可从坝体稳定性、泄洪能力、

施工难度等方面对不同坝型方案进行评分。经济评价方面,采用全生命周期成本分析法,计算工程建设投资、运行维护费用与效益,通过净现值(NPV)、内部收益率(IRR)等指标进行比选。生态评价需量化工程对生态系统的影响,如计算栖息地损失面积、生物多样性指数变化,选择生态影响最小的方案。(2)设计方案的动态优化需建立反馈调整机制。在设计过程中,随着勘察资料的不断完善、技术的发展以及需求的变化,及时对方案进行优化。例如,当发现新的地质缺陷时,需调整基础处理方案;当出现更先进的施工技术时,可优化结构形式以降低成本。工程实施阶段,根据施工过程中揭露的地质条件、设备运行情况,对设计进行动态修正。运行期通过监测数据反馈,评估设计方案的合理性,为后续工程设计积累经验。通过建立设计方案动态优化机制,确保水利工程在全生命周期内始终保持最优状态。

结语

水利设计方案的质量直接关系到水利工程的成败。通过明确设计基本原则与目标,重视水文地质分析、优化工程结构选型、提升施工运维便利性、加强生态保护设计等措施,可有效解决设计过程中存在的问题。未来,水利设计需持续总结经验,结合工程实践不断改进优化,推动水利工程建设迈向更高水平。

参考文献

- [1]梁炜杰.水利工程设计方案需要注意的问题探析[J].建筑工程技术与设计,2021(12):322.
- [2]周兴平.水利工程设计方案需注意的问题[J].建筑工程技术与设计,2020(35):2624.
- [3]龙辉.中小河流治理工程水工结构设计需要注意的几个问题[J].建筑工程技术与设计,2021(10):1450.
- [4]谷炯超.浅谈在水利工程设计中存在的问题及其发展趋势[J].居舍,2020(13):78.