

# 水利水电工程设计中的常见问题及对策探析

殷雪原

新疆新安顺达水利水电工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830011

**[摘要]**水利水电工程是国家基础设施建设的重要组成部分, 而其设计水平直接影响着工程的安全性、经济效益以及生态环境的可持续发展, 本文对水利水电工程的设计中存在的主要四个问题进行了总结归纳, 即前期勘查及基础信息缺失不足、水文计算及参数选择不当、结构设计的安全性和经济性的不平衡、缺乏生态环境方面的考虑, 在此基础上从技术角度、管理机制方面、工作人员素质以及外部因素等方面分析出这些问题的原因所在并有针对性地提出了相应的解决措施, 同时指出了应该重视进行方案的选择比较和 BIM 信息技术的应用等。研究成果可为水利水电工程设计实践提供参考。

**[关键词]**水电工程; 设计问题; 结构安全

DOI: 10.64635/ja.2026.1306

中图分类号: TV222

文献标识码: A

## Analysis of Common Problems and Countermeasures in Water Conservancy and Hydropower Engineering Design

Yin Xueyuan

Xinjiang Xin'an Shunda Water Conservancy and Hydropower Engineering Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang 830011, China

**Abstract:** Water conservancy and hydropower projects are an important component of national infrastructure construction, and their design quality directly affects project safety, economic benefits, and the sustainable development of the ecological environment. This paper summarizes four major problems commonly found in the design of water conservancy and hydropower projects: insufficient preliminary investigation and basic information, improper hydrological calculation and parameter selection, imbalance between structural safety and economic efficiency, and inadequate consideration of the ecological environment. On this basis, the causes of these problems are analyzed from the perspectives of technology, management mechanisms, personnel competence, and external factors, and corresponding targeted solutions are proposed. The paper also points out the importance of scheme comparison and selection as well as the application of BIM information technology. The research findings can provide references for the design practice of water conservancy and hydropower projects.

**Keywords:** water conservancy and hydropower project; design problem; structural safety

### 引言

水利水电工程项目投资庞大、工期漫长、技术水平要求高、影响范围广的特点明显, 其设计是整个项目建设的领头羊, 关系到工程的功能发挥、安全可靠及经济效益。但是目前对于水利水电工程设计方案的质量控制还存在不少漏洞, 如果这些漏洞不能够被及时发现并进行有效的修正, 在后续的施工以及使用过程中就会产生一系列连锁效应, 进而导致项目延期竣工、超支严重甚至发生事故。近年来我国水利水电工程项目逐渐向高山地区、国外扩展, 项目环境愈发严峻复杂, 设计过程中不确定性因素愈加突出, 如何应对恶劣环境下维持优质的设计水平成为了

业界的一大难题。本论文针对水利水电工程设计中常见的问题展开讨论, 在剖析这些问题产生原因的基础上寻找相应的改进措施, 希望能够给类似项目带来一定的参考价值。

### 1 水利水电工程设计概述

水利水电工程的设计是在规划设计阶段的基础上对开发的任务及规模进行技术经济分析后选择出具体的工程项目的过程。就是指: 建立在水文学、地质学及水力学和结构力学基础上, 应用技术措施把自然界的水资源转换成可以利用的可控的水资源或水电力供应的能力。这个过程贯穿整个水利工程的始终, 可以分为四个不同的阶段即: 预可行性研究阶段、可行性研究阶段、招标设计阶段

以及施工详图设计阶段。各个阶段的任务逐级深入,前一阶段主要进行方案的选择及可行性研究,而后一阶段则着重于细节的设计及其对施工的便利性。设计工作应遵循的基本原则可以总结为:安全第一、经济合理、技术先进、生态友好,其中安全是最基本的要求,经济是最实际的限制,技术是最有力的支持,生态保护是最新的需求,在设计中都要相互协调考虑。

## 2 水利水电工程设计中的常见问题

### 2.1 前期勘察与基础资料不充分

前期勘察及基础资料是设计工作的基础,但是目前在设计过程中普遍存在资料收集不到位,勘察精度低的现象,在高原山区以及国外工程更为严重,基础数据收集困难、花费巨大。具体体现在:勘察钻孔间距过大,不能有效的体现软弱夹层、断层破碎带等地质缺陷的空间位置;径流系列资料时间较短,不能很好的体现出水文情况的变化过程;水库淹没影响范围调查粗略,移民安置计划无可靠依据。资料不足直接影响到设计图纸同实际情况不符,后期反复调整设计,拖延了施工进度和增加了投资。

### 2.2 水文计算与参数选取不合理

水文计算是决定工程大小的根本基础,而计算准确与否对整个工程的安全性和经济合理性都有极大的影响,现有的水文计算有以下三点不足之处:频率曲线不同区段拟合误差不一样、利用矩法计算非连续系列的假设有待商榷、特大洪峰与其他洪峰之间划分无定论。有些设计者对参数选择具有盲目性,汇流参数及径流系数等重要参数没有根据流域的地表特征来进行充分计算而直接使用了邻近流域参数或者经验值。再者,在实测资料较少的情况下所估算出的设计洪水结果准确性较低,使得工程大小难以把控。

### 2.3 结构设计安全性与经济性失衡

结构设计中安全性和经济性的矛盾存在于整个设计过程之中。一方面由于安全追究制度的存在使得一些设计者会采取较为保守的设计方案来满足安全要求,加大安全储备从而使得混凝土配量、钢筋的配置比率大大超出必要的范围,造成工程造价提高;另一方面在投资控制的要求之下,有些项目为了减少建设成本而故意降低结构的安全度,在某些荷载组合的情况下就会出现结构安全的风险。所以对于安全性的保障与经济性的控制并不是对立的关系而是可以通过合理的计算和选择来达到二者之间的平衡。从杨房沟水电站入手,采取多目标优化策略,对安全性、稳定性、经济性三个方面进行全面的定量及定性的综合性评估,在发挥好坝基岩石结构优势的基础上尽量降低

拱坝受到的水平推力,达到经济效益与安全性的兼顾。

### 2.4 生态环境保护考虑不足

传统的水利水电工程建设一直存在着“重功能而忽视生态保护”的现象,在一些大型的水利工程建设中由于其建设过程中会导致对当地地区的生态环境产生极大的破坏不利于水利工程建设长远发展。主要存在的问题有:水库淹没造成陆域动物栖息地消失、拦河大坝阻断河道破坏了河流间的纵向联系影响鱼类的洄游、下泄冷水对下游农作物灌溉产生负面影响、工程建设期间水土流失严重等等,物种多样性的失去,水质恶化以及社会经济损失加大就是水利工程带给环境的主要问题,究其原因还是因为设计理念过时,生态因素一直以来都是处于次要地位。

## 3 问题成因分析

### 3.1 技术因素

从技术角度来说,根本原因就在于设计所依托的基本理论及方法有缺陷。水文频率分析受到实际观测资料少、历史洪灾查证难等诸多客观条件制约,而参数估算方法又有其自身固有的理论前提与现实状况之间的差距。工程地质勘察受限于探地手段对隐蔽地质构造认识不足,而结构分析模型对于材料非线性以及接触非线性等问题的模拟精确度不高,设计的安全系数如何选取也没有足够的理论支撑。另外像 BIM 等信息化手段在前期的设计中还不是很常用,在各专业间的信息交流还是采用传统的模式,互相协作不够紧密。

### 3.2 管理体制与机制因素

当前的设计管理模式存在着诸多弊端:设计时间不合理地缩短了,勘察设计工作不能按部就班开展下去,现场勘查、方案比较、检查验收等工作都进行了简化;设计监理制度没有得到很好的落实,缺乏对勘察设计质量的有效监督,在设计过程中质量把关走过场;设计变更无序,随意性大,变更手续不健全,原因不明晰,责任不清;同时设计与施工相脱离,设计人员不懂施工,编制的施工组织设计不可行,致使施工过程中一再进行变更。

### 3.3 人员专业能力与经验因素

设计人员的整体水平影响着设计的质量。目前从事设计工作的年轻人较多,缺乏实践经验,对于复杂地形地势及特殊的水文状况分析的能力欠缺,相互间交流不多,缺乏集体主义观念的现象比较严重,在多专业的配合中水利工程与地质工程、机电设备安装、金属结构安装等部门间的工作衔接不够紧密,出现大量的设计接口冲突的情况。同时有些设计人员对规范的规定认识有误,贯彻实施过程中要

么僵化要么放纵，在一定程度上导致了设计方案不合理。

### 3.4 外部环境 with 政策因素

外界条件也会影响到设计质量的影响。投资管理体制上，项目法人对设计方案介入过多，在投资控制指标的压力下往往过分削减安全系数。审批程序繁琐复杂花费时间久，设计方案要经过很多次调整来适应各方审查单位的不同需求，加大了重复设计的工作负担。政策上的要求越来越严苛但是相应的技术和配套还没有跟得上来，在设计时缺少具体的指导。在水利水电工程的设计与规划中体现生态意识、提升生态价值，才能避免传统水利工程建设带来的环境污染问题。

## 4 设计优化对策

### 4.1 强化前期勘察与数据支撑

针对前期勘察不够充分的问题，在加大投入和完善技术上下功夫。达到设计阶段规定的要求布置相应的地质勘察工作量，在重要地方增加勘探线，保证地质模型可靠程度。针对实际勘察资料较少的情况，要结合有关的研究及实验，在此基础上进行低精度资料的有效获取以及基本整理和使用，在实际工作中要采取以下措施：充分运用遥感、物探等先进的技术手段来进行勘察；二次开发利用区域性的地质调查成果，形成区域地质资料库；借鉴相邻流域水文气象资料来进行比对分析，用多个方法互相检验等方式。早期勘察工作要有分级控制措施，根据规划阶段、可行性研究阶段、初步设计阶段不同的精度需求，层层加细勘探网距，保证每一个阶段地质模型的可信度满足规定要求；对高地震烈度区域、深厚覆盖层及岩溶发育地区等特殊地形地貌条件，应适当增设物探剖面、钻孔数目，探明不利地质状况的空间分布特征；同时，重视勘察信息数字化管理，建设包括地形、地质、水文、气象等多种数据来源的工程项目数据库，实时共享资料，作为各专业的统一基础数据源。在实测数据较少时，可以使用多种数据融合的方法，把遥感解译、物探、原地测试以及实验室试验证实的结果相互校验，增强对数据判断的准确性，在国内外远距离或者偏远地区的工程项目中，要事先做好该区域的现场踏勘与调查取证工作，利用好卫星影像图、DEM 等开放平台的基础信息来进行预先分析，为后续精密勘查做好指导。采取这样的科学方法可以很好的缓解初次勘查和资料缺乏的现象，为接下来的设计打下良好的基础。

### 4.2 提高水文分析与计算精度

水文计算精度提升既要重视方法也要重视基础数据。对于跳跃性系列频率计算的问题，可以利用模糊数学的思

想估算适线法参数初始值、以隶属函数高低划分超常洪量和普通洪量<sup>[1]</sup>。参数校正要密切联系流域的下垫情况，尽量选用本流域实际观测资料加以检验，在缺乏观测资料的地方可采取参数移植及区域综合相结合的方式，借鉴同质性的自然地理环境下的研究成果；在计算设计洪峰流量的时候比较各种方法的结果，最后选取合适的结果。

### 4.3 推进结构设计安全与经济协调发展

构造设计应该在保证安全的基础上寻求最经济的设计。最优化设计应当体现在方案设计部分及细部设计当中，结合安全、稳定、经济等方面进行定量、定性的全面分析评价<sup>[2]</sup>。具体做法有：使用多目标最优化策略来进行构造形状的选择；设立基于可靠度的构造风险评价模型，在量化的风险下选取适当的安全系数；对大型构造进行有限元参数敏感度计算以找出控制工况以及重要环节，防止一味地同等强度设计；借鉴全寿命成本的概念来统筹建设期投入和运营维护费用，达到长久的最经济的目的。

### 4.4 加强生态环保设计理念融合

把生态保护的理念贯穿整个设计环节才是解决生态问题的根本办法。设计必须进行生态相容设计、生态补偿与植恢复措施、生态化的水流管理<sup>[3]</sup>。具体办法如下：选择合理的坝址及线位，避开生态环境敏感地区；设置鱼道、升鱼机等过鱼设施来恢复河湖之间的横向连通性；采取分层取水结构降低低温水下泄对鱼类的影响；在施工中同时做好水土保持设计与主体工程相结合，弃渣场和料场的选择要符合生态修复的要求。生态设计应该覆盖整个项目的设计直到运营过程中都做到考虑生态环境的保护问题，不能只是作为单独的环节去对待。

### 4.5 完善设计方案比选与优化机制

方案选择是设计优化的主要部分，在此基础上进行合理的选择，需要构建一个全方位的比较标准，除了包括技术上的可行性，还要有经济上的合理性和施工的便利性以及运行的安全性与对环境的影响等等。如表 1 所示是方案综合比选参考表，设计人员可以根据所设计的项目来确定对比的标准以及比重。

表 1 水利水电工程设计方案综合比选示意图表

| 比选指标      | 方案一 | 方案二 | 方案三 | 权重  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 工程总投资（万元） |     |     |     | 15% |
| 施工工期（月）   |     |     |     | 10% |
| 技术成熟度     |     |     |     | 15% |
| 结构安全度     |     |     |     | 20% |
| 运行维护便利性   |     |     |     | 10% |

| 比选指标   | 方案一 | 方案二 | 方案三 | 权重   |
|--------|-----|-----|-----|------|
| 生态环境影响 |     |     |     | 15%  |
| 征地移民难度 |     |     |     | 10%  |
| 综合得分   |     |     |     | 100% |

方案选择不能走过场，要对各备选方案进行等量齐观的技术经济分析，方案的选择要有足够的依据，在重要的方案比较中引入第三方评审机制。以保证决策的客观合理。

4.6 推动 BIM 及智能化技术应用

BIM 及信息化技术是保证设计质量的有效措施之一。基于 BIM 技术的特点可以在项目初期快速完成初步方案的三维信息设计，运用数字化的方式支撑设计施工一体化，开发水利工程智能建造平台能够大大提高设计施工一体化协同的效率，主要表现在以下几个方面：创建全专业的工程 BIM 模型，可以进行各专业的协调设计及碰撞检测；利用 BIM、GIS 以及 IOT 相结合的技术搭建数字孪生模型，从而为方案的虚拟模拟及优化提供了平台；通过参数化的建模方式来进行结构尺寸的快速调整和方案重新计算以加快设计更新的步伐；创建设计成果数字化移交机制，使设计到施工再到运行维护整个过程的信息打通。

5 结语

水利水电工程设计质量管理是一项综合性工作，要通

过工程技术、项目管理、人员素质等各个方面的共同努力来完成。文章研究发现，目前在勘察资料、水文计算、安全性与经济性、生态环境等方面的不足是现阶段设计中最主要存在的四种问题。在今后的设计过程中应当加强勘察的工作、提升计算水平、进行优化设计、注重生态环境等方面的内容并建立合理的方案比选制度，积极使用 BIM 和智能化的技术手段。只有坚持以问题为中心，进行全面系统的改进才能够使得设计工作得到更好的发展从而为水利水电工程的高质量开展提供有力保障。

[参考文献]

[1]王燕华.水利工程建设中水土保持与生态环境保护存在的问题及对策研究[J].水上安全,2024(18):23-25.  
[2]胡冰,刘艳.水利工程智能建造平台设计施工一体化应用研究[J].张江科技评论,2025(06):102-104.  
[3]徐征亚.关于生态水利工程规划设计的思考——评《城市生态水利工程规划设计与实践》[J].人民黄河,2024,46(08):164.

作者简介：殷雪原（1990.08—），毕业院校：四川农业大学，所学专业：水利水电工程，当前就职单位名称：新疆新安顺达水利水电工程有限公司，职称级别：中级职称。