

水利工程设计中的常见问题及对策

王 亨¹ 梁 晓²

1. 乌兰察布市集宁区农牧水利事业发展中心 内蒙古 乌兰察布 012000

2. 乌兰察布市集宁区湿地保护中心 内蒙古 乌兰察布 012000

摘 要：水利工程设计关乎工程效益与安全，常见问题有地质勘察不细致致基础不稳、设计标准与实际需求脱节、生态环保考量不足等。为应对这些问题，需加强地质勘察的精度与深度，确保数据准确；依据实际合理确定设计标准；融入生态理念，采用生态友好型设计。同时，强化设计团队专业能力，完善审核机制，多举措保障水利工程设计科学合理，推动水利事业可持续发展。

关键词：水利工程设计；常见问题；优化对策

引言：水利工程建设作为国家基础设施的关键构成，在防洪、灌溉、供水及发电等方面意义重大。而设计作为水利工程的先导环节，其质量直接影响工程整体成效。当前，受地质条件复杂、设计标准更新滞后、生态保护要求提升等因素影响，水利工程设计面临诸多挑战，出现了一些常见问题。深入剖析这些问题并探寻有效对策，对提升水利工程设计水平、保障工程安全与效益具有紧迫性和必要性。

1 水利工程设计常见问题分类与分析

1.1 地质与水文条件问题

(1) 地质勘察不充分导致的地基隐患。部分水利工程设计阶段，地质勘察范围过窄、深度不足，未能全面探明软土、岩溶、断层等不良地质条件。软土地基易引发工程沉降变形，岩溶区可能出现渗漏塌陷，断层活动则直接威胁工程结构稳定性，给工程安全埋下重大隐患。(2) 水文数据误差引发的洪水设计标准偏差。水文数据是洪水设计标准制定的核心依据，若数据监测周期过短、监测站点布局不合理，易导致数据代表性不足。由此制定的设计标准过高会造成投资浪费，过低则无法抵御极端洪水，可能引发工程溃决等严重灾害。

1.2 结构安全性与耐久性问题

(1) 结构计算模型简化导致的强度不足。设计中若过度简化结构计算模型，忽略抗震、抗冲刷等关键受力工况，会使结构强度设计存在缺陷。在强震、高速水流冲刷等极端条件下，易出现结构开裂、位移甚至坍塌，无法保障工程正常运行。(2) 材料选型不当引发的耐久性风险。水利工程长期处于潮湿、多介质侵蚀环境，若混凝土强度等级偏低、钢筋防腐处理不到位，易出现混凝土裂缝、钢筋锈蚀等问题。这些问题会逐步削弱结构承载能力，缩短工程使用寿命，增加后期维护成本^[1]。

1.3 生态环保与可持续性问题

(1) 工程对河流生态系统的阻断。部分水利工程设计忽视生态保护，大坝、水闸等设施未预留鱼类洄游通道，导致河流生态廊道断裂。这会破坏鱼类繁殖栖息环境，造成生物多样性下降，打破河流生态平衡。(2) 水土流失与局部气候影响。大型水利工程建设会改变周边地形地貌，若未配套完善的水土保持措施，易引发水土流失。同时，库区蓄水会形成“库区小气候”，可能导致局部降水分布变化、气温调节异常，影响周边农业生产和居民生活。

1.4 经济性与施工可行性问题

(1) 设计方案成本超支或维护成本过高。部分设计方案未进行充分的经济性论证，采用的技术方案过于复杂或材料价格昂贵，易导致工程建设成本超支。同时，若设计未考虑后期运维便捷性，会使长期维护成本居高不下，降低工程投资效益。(2) 施工条件限制导致的工期延误。设计阶段若未充分勘察施工区域地形、交通、供水等条件，制定的施工方案与实际条件脱节，会出现施工材料运输困难、施工用水短缺等问题，进而导致工期延误，增加工程额外成本。

1.5 信息化与智能化不足问题

(1) 传统设计方法对BIM、GIS等技术的集成应用滞后。当前部分设计仍依赖传统二维绘图方法，对BIM三维建模、GIS地理信息分析等先进技术集成应用不足，无法实现设计方案的可视化模拟与协同优化，影响设计效率和质量。(2) 缺乏动态监测与智能预警系统设计。设计中未配套建设完善的动态监测与智能预警系统，无法实时掌握工程结构变形、渗流、周边环境变化等情况，难以提前预判风险并及时处置，降低了工程安全管控的主动性和有效性。

2 水利工程设计问题的成因分析

2.1 技术层面

(1) 勘察设计标准不完善或执行不到位。当前部分水利工程勘察设计标准存在滞后性,对复杂地质条件、极端水文事件等特殊场景的覆盖不足,难以给设计工作提供全面精准的技术指引。更关键的是,部分设计单位为压缩成本、加快进度,存在弱化标准执行的情况,未严格按照标准开展勘察取样、数据校验和结构验算,直接导致设计成果存在技术漏洞。(2) 多学科协同设计机制缺失。水利工程设计需水文、地质、生态、结构等多学科深度融合,但实际工作中常存在专业割裂问题。各专业多独立开展设计,缺乏前置沟通与实时协同,例如地质专业未及时反馈不良地质信息,可能导致结构设计存在安全隐患;生态专业参与滞后,易造成工程忽视生态保护要求,最终引发系统性设计问题。

2.2 管理层面

(1) 设计周期压缩导致的质量隐患。受项目建设进度要求倒逼,部分水利工程设计周期被大幅压缩,勘察、方案设计、施工图设计等关键环节的工作时间被严重挤压。设计人员为赶工期,无法充分开展现场调研、多方案比选和细节论证,对潜在问题的研判不充分,进而导致设计成果粗糙,埋下质量与安全隐患^[2]。(2) 业主单位需求变更频繁影响设计连续性。业主单位作为项目发起方,若前期需求调研不充分,在设计过程中频繁变更功能定位、建设规模等核心需求,会打破设计工作的连续性。设计单位需反复调整设计方案,不仅增加工作量、延长周期,还可能导致各阶段设计成果衔接不畅,出现设计矛盾与疏漏。

2.3 政策与法规层面

(1) 生态保护红线与工程效益的平衡难题。随着生态保护力度不断加大,水利工程建设需严格遵守生态保护红线要求,但部分项目在规划阶段未能统筹协调生态保护与工程经济效益、社会效益的关系。在政策执行中,若过度侧重生态保护可能增加工程建设难度与成本,若偏重工程效益则可能触碰生态红线,给设计工作带来两难困境。(2) 行业标准更新滞后于技术发展。近年来,水利工程领域的BIM、智能监测等新技术快速发展,但相关行业标准、规范的更新速度未能跟上技术迭代步伐。现有标准对新技术的应用要求、技术参数等缺乏明确界定,设计人员在采用新技术时缺乏依据,既限制了新技术的推广应用,也可能因技术应用不规范引发设计问题。

3 水利工程设计优化对策与建议

3.1 强化前期勘察与数据精准化

(1) 推广无人机、三维激光扫描等新技术提升地质勘察精度。针对传统地质勘察精度不足、效率偏低的问题,积极推广无人机航测、三维激光扫描等先进技术应用。通过无人机搭载高分辨率传感器实现大范围地质地貌普查,结合三维激光扫描精准捕捉地形细节与不良地质体边界,生成高精度三维地质模型,为设计提供全面、直观的地质数据支撑,有效规避地基隐患。同时,建立勘察数据质量校验机制,确保数据真实可靠^[3]。

(2) 建立多源水文数据融合模型。整合遥感卫星、地面监测站、水文站等多渠道数据资源,构建多源水文数据融合模型。利用遥感技术实现大范围水文情势动态监测,结合地面监测站精准采集降水、径流、水位等核心数据,通过大数据分析技术消除数据误差,提升水文数据的代表性与时效性。基于融合数据科学制定洪水设计标准,兼顾工程安全与投资效益,避免因水文数据偏差导致的设计风险。

3.2 推进结构安全与耐久性设计创新

(1) 引入性能化设计理念。突破传统经验化设计模式,引入性能化设计理念,以工程结构的实际使用性能为核心目标,开展基于可靠度的抗震、抗冲刷等专项设计。根据工程所处地域的地震烈度、水流条件等实际情况,明确结构在不同灾害场景下的性能要求,通过精细化计算模型优化结构参数,提升结构抵御极端工况的能力,保障工程长期安全稳定运行。(2) 开发新型生态友好型材料。针对水利工程材料耐久性不足的问题,加大新型生态友好型材料的研发与应用力度。推广自修复混凝土技术,利用微生物或化学制剂实现混凝土裂缝的自主修复,降低渗漏与腐蚀风险;采用纤维增强土等环保材料替代传统建材,提升地基承载能力与抗冲刷性能,同时减少建材生产过程中的环境破坏,实现结构安全与生态保护的协同。

3.3 构建生态友好型设计体系

(1) 生态流量保障与仿生结构设计。将生态保护理念贯穿设计全过程,严格保障河流生态流量,通过设置生态泄水闸、生态流量监测装置等,确保下游河道基本生态用水需求。在大坝、水闸等工程设计中,同步规划建设鱼道、仿自然产卵场等仿生结构,保障鱼类洄游通道畅通;采用生态护坡替代传统硬质护坡,选用本土水生植物固坡,提升河道生态廊道功能,维护河流生态平衡。(2) 结合海绵城市理念的雨水资源化利用方案。在水利工程设计中融入海绵城市理念,针对城市周边水利设施,设计雨水调蓄池、下凹式绿地、透水铺装等设施,实现雨水的收集、渗透与回用。通过构建“蓄、

滞、渗、净、用、排”的雨水系统，提升区域防洪排涝能力，同时将收集的雨水用于灌溉、景观补水等，提高水资源利用效率，缓解水资源短缺压力。

3.4 提升经济性与施工可行性

(1) 推行全生命周期成本分析(LCCA)优化设计方案。改变传统仅关注建设成本的设计思路，推行全生命周期成本分析(LCCA)，综合考量工程建设、运营维护、拆除重建等全阶段成本。通过多方案比选，优化材料选型、结构形式与施工工艺，在保障工程质量的前提下，降低全生命周期成本。例如，选用耐久性强的材料减少后期维护投入，优化施工方案降低施工难度与成本。(2) 应用模块化设计与装配式施工技术缩短工期。采用模块化设计理念，将水利工程拆分为标准化模块进行工厂预制，现场进行组装拼接，减少现场浇筑作业量。推广装配式施工技术，提升施工效率与工程质量，降低复杂地形对施工的影响。同时，通过三维建模技术进行施工模拟，优化施工流程，提前规避施工冲突，有效缩短工期，降低工期延误带来的额外成本。

3.5 加速信息化与智能化转型

(1) BIM+GIS技术在设计阶段的应用。全面推进BIM与GIS技术的深度融合应用，构建覆盖设计全流程的数字化平台。利用BIM技术进行三维建模与碰撞检测，提前发现设计中的管线冲突、结构矛盾等问题，提升设计精度；结合GIS技术整合地形、地质、水文等空间信息，实现设计方案的可视化展示与协同优化。通过可视化交底提升设计与施工、运维单位的沟通效率，保障设计意图精准落地^[4]。(2) 嵌入物联网的智能监测系统设计。在设计阶段同步规划建设嵌入物联网技术的智能监测系统，针对大坝、水闸等关键结构，布设位移、渗流、应力等传感器，实现工程运行状态的实时监测。通过物联网传输数据，结合大数据与人工智能算法进行风险研判，构建实时预警机制，一旦发现异常情况立即发出预警并提供处置建议，提升工程安全管控的智能化水平，实现风险的早发现、早处置。

3.6 完善政策与标准体系

(1) 制定生态水利工程评价标准与激励机制。加快完善生态水利工程相关政策法规，制定科学合理的生态水利工程评价标准，明确生态保护、水资源利用、社会效益等方面的评价指标。建立生态水利工程激励机制，对采用先进生态设计理念、实现生态效益与经济效益双赢的项目，给予资金补贴、评优加分等政策支持，引导设计单位主动践行生态保护要求。(2) 加强设计单位资质管理与动态考核。强化设计单位资质审批与动态监管，严格审查设计单位的技术能力、人员配备与过往业绩，淘汰技术水平低、质量管控薄弱的单位。建立设计单位动态考核机制，将设计质量、安全责任履行、新技术应用等纳入考核指标，考核结果与资质等级、项目承揽资格直接挂钩。同时，加强设计人员执业资格管理与继续教育，提升设计人员的专业素养与责任意识，从源头保障设计质量。

结束语

水利工程设计是保障工程顺利实施与长效运行的基础，针对设计中常见的问题，如地质勘查不精准、设计标准不完善、生态环保融入不足等，需采取针对性对策加以解决。通过强化前期勘查、优化设计标准、注重生态设计理念等举措，能有效提升设计质量。未来，还应持续探索创新，适应不断变化的需求与环境，推动水利工程设计迈向更高水平。

参考文献

- [1]王邢玉.水利工程设计中的常见问题及解决对策[J].科学技术创新,2021,(8):108-109.
- [2]陈海媚.浅谈目前小型水利工程设计中存在的问题及对策[J].建筑与装饰,2021(10):31-33.
- [3]王春霞.目前小型水利工程设计中存在的问题及对策[J].农业科技与信息,2020(22):91-92.
- [4]聂娥.水利工程设计中存在的问题及对策研究[J].中国房地产业,2020(11):227-229.