

水利工程设计与施工质量控制研究

郭肇东

内蒙古自治区红山水库管理中心（内蒙古自治区东部水事服务中心） 内蒙古 赤峰 024000

摘 要：水利工程作为国家基础设施的核心组成部分，其设计与施工质量控制直接关系到工程的安全性、耐久性 & 社会经济效益。本文聚焦水利工程设计阶段与施工阶段的质量控制机制，系统梳理了水利工程设计 & 施工质量控制的关系、关键影响因素以及水利工程设计 & 施工质量控制的方法与策略，旨在为优化水利工程质量 & 管理路径提供理论支持，助力行业实现高质量可持续发展目标。

关键词：水利工程；设计；施工；质量控制

引言

水利工程是防洪、灌溉、供水及发电等民生领域的重要支撑，其建设质量直接关乎国家水安全 & 经济社会稳定。随着全球气候变化加剧 & 城市化进程加速，水利工程面临地质条件复杂化、施工环境极端化等新挑战，传统质量控制模式已难以满足现代工程建设需求。同时，当前水利工程建设中仍存在设计与施工衔接不畅、质量责任落实不到位、新技术应用滞后等问题，导致质量缺陷频发。因此，系统研究设计与施工阶段的质量控制策略，构建全链条质量管理体系，成为提升水利工程综合效益的关键路径。

1 水利工程设计 & 施工质量控制的关系

水利工程设计 & 施工质量控制是贯穿项目全生命周期的有机整体，二者通过技术衔接、管理协同 & 目标统一形成动态互动关系，共同决定工程的最终质量。其中，设计阶段是质量控制的源头，其核心在于通过科学规划 & 精准计算，为施工提供具备可操作性的技术方案。这一过程需综合考虑水文地质条件、结构安全性、生态环保要求 & 经济合理性，任何设计缺陷或参数偏差都会在施工过程中放大，形成难以弥补的质量隐患^[1]。例如，坝体结构设计不合理可能导致应力集中，泄洪设施布局失误可能引发消能不足，生态流量设计缺失可能破坏河流生态系统，这些问题的根源均在于设计阶段的质量把控不严。因此，设计质量直接决定了施工质量的上限，其前瞻性、系统性与精细化程度是后续施工能否顺利开展的基础。另外，施工阶段是将设计意图转化为实体工程的关键环节，其质量控制需严格遵循设计文件 & 技术规范，通过工艺控制、材料检验 & 过程监控确保设计要求落地。施工过程中需动态应对设计未充分考虑的复杂因素，如地质条件突变、气候干扰或材料性能波动，此时需通过技术调整 & 方案优化维持质量稳定，但

这种调整必须以不违背设计原则为前提。若设计阶段预留的冗余度不足或施工方案与设计逻辑脱节，即使施工过程再精细也难以弥补先天缺陷。

2 水利工程设计 & 施工质量控制的关键影响因素

2.1 设计阶段影响因素

（1）设计方案合理性是首要考量，需综合水文地质条件、工程功能需求 & 环境约束进行系统性论证。坝型选择需权衡地形适应性、结构稳定性 & 施工便利性，重力坝依赖岩基承载力，拱坝需峡谷地形支撑，土石坝则受填筑材料制约，不同坝型对地质条件、材料供应 & 施工技术的要求差异显著，选择失误将导致结构风险或成本失控。泄洪能力计算需统筹洪水频率、河道形态 & 消能需求，过流能力不足可能引发漫坝事故，消能设计缺陷则会造成下游冲刷破坏，需通过水力学模型验证确保设计安全裕度。（2）设计参数准确性是质量控制的另一关键维度，材料强度取值需基于规范要求 & 工程实际，混凝土抗压强度、钢筋抗拉强度等参数直接影响结构承载能力，参数偏低会导致结构失稳，偏高则可能造成材料浪费或施工难度增加。荷载计算需全面覆盖永久荷载、可变荷载 & 偶然荷载，水压力、土压力、地震力等作用效应需通过理论计算 & 经验修正确定，荷载漏算或低估将埋下安全隐患，高估则可能推高工程造价。（3）设计变更管理流程是保障设计质量动态优化的重要机制，工程建设中地质条件突变、相关标准更新或功能需求调整均可能触发设计变更，需建立标准化审查程序确保变更合理性。

2.2 施工阶段影响因素

（1）材料质量是工程实体质量的物质基础，混凝土抗渗性直接影响结构耐久性，若原材料配比失控或养护条件不足，易导致内部孔隙率超标，在长期水压力作用下引发渗漏甚至破坏；钢筋力学性能关乎结构承载能

力,其屈服强度、伸长率等指标需严格符合设计要求,劣质钢筋或加工损伤会削弱结构抗弯抗剪能力,威胁工程安全^[2]。水泥、骨料等基础材料的稳定性同样重要,含泥量过高或碱骨料反应可能引发混凝土开裂,外加剂与水泥的相容性差会导致凝结时间异常,这些均需通过源头把控与进场检验双重保障材料质量。(2)工艺工法是施工质量控制的核心手段,其科学性直接决定工程实体质量。大体积混凝土温控需综合采用分层浇筑、预埋冷却水管、控制入模温度等措施,若温控措施不到位,水泥水化热集中释放会导致内外温差过大,引发贯穿性裂缝,影响结构整体性与防渗性能;地基处理技术需根据地质条件选择适宜方案,软土地基需通过换填、强夯或桩基加固提高承载力,岩溶地基需进行注浆或跨盖处理消除隐患,技术选择失误或施工参数偏差会导致地基沉降不均,造成上部结构开裂或倾斜。(3)人员与设备是施工质量控制的关键要素,操作人员技能水平与设备性能状态直接影响工艺执行效果。焊工资质需与焊接工艺匹配,低资质人员操作高强度钢材易产生未熔合、气孔等缺陷,降低焊缝承载能力;挖掘机等土方设备精度不足会导致开挖边坡超欠挖,影响结构尺寸或边坡稳定性,需定期校准设备参数并由熟练工人操作。而施工设备选型需与工程规模匹配,大型设备性能不足会延长工期,小型设备频繁作业则可能因疲劳导致精度下降,需根据施工组织设计合理配置设备资源。

2.3 外部环境影响因素

(1)地质条件突变是首要挑战,地下岩土层分布的复杂性可能导致实际开挖与勘察资料存在偏差,软土层厚度超预期会削弱地基承载力,需通过增加桩基深度或扩大基础面积弥补;断层带发育区域可能因岩体破碎引发边坡失稳,需调整支护方案或优化开挖顺序以控制变形。此类地质问题需通过加密勘察、动态监测与应急预案相结合的方式降低风险,确保施工活动与地质环境适应性匹配。(2)气候极端事件对施工质量的扰动具有季节性与突发性特征,暴雨天气会导致基坑积水、边坡冲刷,若排水系统不畅,积水浸泡会降低土体抗剪强度,引发边坡滑移或基础沉降。持续降雨还会影响混凝土浇筑质量,雨水冲刷表面导致水泥浆流失,形成蜂窝麻面缺陷,需通过调整施工时段或覆盖防护措施保障养护条件。(3)相关标准更新是外部环境中的制度性变量,其导向性调整可能对材料选用、工艺方法产生强制性约束。碳中和目标下,传统高耗能材料如普通硅酸盐水泥的使用受到限制,需替换为低碳胶凝材料或增加工业废渣掺量,材料性能变化可能影响混凝土工作性与耐久

性,需重新验证配合比与施工参数^[3]。环保政策对施工废水排放、扬尘控制的要求趋严,需升级污水处理设备与喷淋降尘系统,避免因环保不达标导致停工整改。标准规范修订会提高质量验收门槛,如抗震设防等级提升需强化结构延性设计,防洪标准提高需扩大泄洪断面尺寸,施工单位需及时更新技术文件与操作规程,确保工程符合最新合规性要求。

3 水利工程设计与施工质量控制的方法与策略

3.1 设计阶段的质量控制方法

(1)引入先进设计理念与技术是提升设计质量的核心驱动力,需结合工程特点融合生态设计、智能化设计等前沿思维,突破传统设计模式的局限性。生态设计强调工程与环境的和谐共生,通过模拟自然水文过程、优化结构形态减少对生态系统的干扰。智能化设计则依托BIM技术、数值模拟等工具实现设计参数的精准优化,通过三维建模提前发现空间冲突,利用流场模拟验证泄洪能力,借助结构分析校核安全储备,将设计误差控制在萌芽阶段。先进技术的引入需配套建立技术评估机制,对新方法、新材料的适用性进行充分论证,避免因技术不成熟引发质量风险。(2)加强设计审查与验证是保障设计质量的关键环节,需构建多层次、多维度的审查体系确保设计成果的合规性与合理性。初步设计阶段应重点审查工程等级、结构形式与总体布局是否符合规范要求,通过专家论证评估技术方案的可行性。技术设计阶段需对关键参数进行专项验证,如通过水工模型试验验证泄洪消能效果,利用地质勘察复核边坡稳定性,确保设计依据充分。施工图设计阶段应强化细节审查,核对钢筋配置、预埋件位置等构造要求是否满足施工需求,避免因设计疏漏导致返工或质量缺陷。(3)建立设计变更管理机制是应对设计不确定性的重要保障,需通过标准化流程控制变更的合理性与可控性。变更提出需附技术经济分析报告,明确变更原因、影响范围及替代方案,避免因随意变更引发质量波动;变更审批应组织多专业联合会审,重大变更需重新进行安全评估与环境影响评价,确保变更后设计仍满足功能需求与规范标准;变更实施需制定专项施工方案与质量保证措施,对已完工部分进行保护或拆除,确保新旧结构衔接可靠。

3.2 施工阶段的质量控制策略

(1)实施全面质量管理是基础性策略,要求建立以项目负责人为核心的质量责任体系,将质量目标分解至各施工班组与岗位,通过质量目标考核与奖惩机制强化全员质量意识。同时推动质量管理与技术、安全、进度管理的深度融合,避免因单一目标冲突导致质量妥协,

例如在赶工时仍需严格遵循养护周期,在成本优化时不得降低材料性能标准,通过多维度平衡实现质量优先。

(2) 加强施工过程监控与检测是保障质量动态可控的关键手段,需建立“三检制”与第三方检测相结合的监控网络^[4]。施工班组自检需覆盖每道工序的即时检查,重点核查钢筋间距、混凝土坍落度等过程参数;项目部专检需对关键部位进行复核,如隐蔽工程验收前需检查止水带安装、预埋件位置等细节;监理单位抽检则通过平行检测或见证取样确保结果客观性,如对进场水泥、钢筋进行物理性能复验。(3) 推行标准化施工与作业指导书是规范施工行为的核心举措,需将设计要求转化为可操作的标准化流程。针对混凝土浇筑、土方开挖等常规工序制定作业指导书,明确设备选型、工艺参数、操作步骤及验收标准。对特殊工序如水下焊接、爆破作业编制专项施工方案,通过专家论证与现场试验验证可行性。标准化施工需配套开展技术交底与技能培训,确保操作人员掌握关键控制点,避免因操作随意性导致质量波动。(4) 建立质量事故应急处理机制是防范质量风险扩散的最后防线,需制定分级响应预案并定期组织演练。预案需明确事故报告流程、应急资源调配、现场处置措施及后续整改要求。对可能影响结构安全的重大事故,需启动隔离警戒、人员撤离等紧急程序,防止次生灾害发生。

3.3 设计与施工协同管理策略

(1) 加强设计与施工团队的沟通与协作是协同管理的基础,需建立常态化沟通机制消除信息壁垒。设计团队应提前介入施工条件分析,结合现场地形、设备能力及工艺水平优化设计方案,避免因设计脱离实际导致施工困难。施工团队需主动反馈施工可行性问题,通过双向互动确保设计可施工性。定期召开技术协调会与现场办公会可强化问题响应速度,对设计变更、工艺优化等关键事项形成共识,避免因沟通滞后引发返工或质量缺陷。(2) 实施设计与施工一体化管理是提升协同效能的关键路径,需通过组织架构创新实现管理边界融合。推

行EPC总承包模式可统一设计与施工的责任主体,由总承包方统筹资源调配与风险控制,减少因分阶段招标导致的接口矛盾^[5]。若采用平行发包模式,则需建立设计施工联合体或指定牵头方,通过合同约定强化协作责任。

(3) 建立信息共享与反馈机制是支撑协同管理的技术保障,需依托数字化平台实现设计数据与施工信息的实时流通。如通过移动终端与物联网技术,现场人员可实时上传施工影像、测量数据等过程信息,设计方可远程复核并给出技术指导,避免因信息延迟导致决策失误。反馈机制需包含问题闭环处理流程,对施工发现的图纸疑问、设计变更需求等建立快速响应通道,确保设计调整与施工调整同步推进,最终实现设计目标与施工成果的高度契合。

结语

综上所述,水利工程设计与施工质量控制是保障工程安全、提升投资效益的核心环节。设计阶段需强化标准化与经济性平衡,注重细节设计与风险预控;施工阶段应推动标准化作业与智能化监测融合,建立质量事故快速响应机制。未来,随着碳中和目标推进及智能建造技术发展,水利工程质量控制需进一步融合绿色理念与数字化工具,构建“设计-施工-运维”一体化质量管控平台,为行业高质量发展提供持久动力。

参考文献

- [1]陈超恒.关于水工建筑物结构设计中相关问题的分析[J].四川建筑,2022,42(06):50-51+53.
- [2]陈保增.水利工程混凝土建筑物的表层病害修复结构设计[J].工程技术研究,2022,7(24):161-164.
- [3]姜延宏.生态水利工程河道栅格结构规划设计及实践应用[J].科学技术创新,2022,(32):153-156.
- [4]刘东海.水利工程施工质量控制的关键因素与优化路径[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(25):36-38.
- [5]王娅茜.水利工程施工质量控制问题及应对措施分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(24):199-201.