

水利水电工程施工中质量控制的优化策略分析

赵首全

天津石油职业技术学院，天津市静海区团泊洼，300000；

摘要：水利水电工程作为国家基础设施的重要组成部分，其施工质量直接影响工程的安全性与可持续运行。当前工程质量控制中仍存在标准执行不严、过程监管不足与技术手段滞后等问题，限制了工程整体水平的提升。本文从施工质量控制的重要性出发，梳理施工过程中的关键控制难点，并结合智能化手段与管理优化路径，提出多维度协同提升质量管理水平的策略建议，以期为工程质量保障提供可行参考。

关键词：水利水电工程；施工质量；控制难点；智能化管理；优化策略

DOI：10.69979/3060-8767.25.08.069

引言

水利水电工程施工周期长、结构复杂，质量控制贯穿于勘测、设计、施工与运行等多个阶段。高质量施工不仅关乎工程运行安全，还直接影响生态保护、能源利用与民生效益。目前在施工管理过程中仍存在人员素质参差、工艺不规范与监管手段滞后的问题，亟须系统化梳理质量控制的重点与难点，建立科学、标准、智能并重的质量管控体系。本文将结合典型问题，探讨提升质量管理效能的路径与策略。

1 水利水电工程施工质量控制的必要性与现状

1.1 施工质量对工程安全与功能的直接影响

水利水电工程通常包含大坝、引水隧洞、泄洪建筑物与电站厂房等多个关键结构，其施工质量直接关系到整个系统的运行安全与设计功能是否能够实现。从大坝结构的稳定性到水工隧洞的防渗处理，每一道工序的质量水平都会影响整体工程在汛期应对、蓄水调度与电力输送等方面的性能表现^[1]。若施工阶段存在疏漏，如钢筋布置不到位、混凝土浇筑不密实或结构接缝处理不严密，均可能在运行阶段引发结构病害甚至安全事故，导致巨大的经济与社会损失。

质量控制在施工阶段起着关键的基础性作用，是贯穿整个项目生命周期的核心管理任务。相较于运行期的维修维护与技术改造，施工阶段的质量把控具有一次成型、成本最低、效果最直接的特点。通过合理设置质量标准、细化施工工序、加强过程控制，不仅可有效减少后期病害发生率，还能提升工程整体使用寿命。良好的施工质量还能后续工程管理提供更稳定的结构基础与数据支撑，是工程长效运行不可替代的重要保障。尤其在极端天气频发、生态红线收紧的大背景下，高标准的质量控制更是实现绿色、安全水利目标的前提条件。

1.2 当前质量管理存在的主要问题

尽管近年来国家对水利水电工程的质量监管不断加强，但实际施工管理仍存在不少问题。一方面，部分项目施工企业存在重进度、轻质量的倾向，在赶工期压力下容易弱化细节管控，对模板加固、混凝土养护等关键环节执行不到位。一旦质量问题埋藏于工程结构内部，往往在完工后难以察觉，直至运行中才显露风险，增加了后期治理的复杂度与成本。

另一方面，质量控制的专业化程度仍有待提升。一些中小型施工单位在项目承接中缺乏高素质技术人才，对新材料、新工艺掌握不深，施工技术方案的科学性和针对性不足。在质量管理制度落实上，部分单位缺乏全过程质量跟踪机制，质量责任不清晰，施工资料归档不完整，给工程验收与运行交接带来障碍^[2]。同时，施工现场技术手段更新滞后，传统监测方式无法满足高精度、高频率的信息需求，进一步削弱了施工质量的实时控制能力。缺乏制度协同与监管闭环也是阻碍质量提升的关键因素之一，使得部分问题即便发现也难以及时纠正和有效处理。

2 水利水电工程质量控制的关键影响因素

2.1 设计阶段的质量影响与控制预设

水利水电工程作为系统性极强的基础设施，其设计环节不仅关系到结构安全，更决定了后续施工工艺、质量标准与运行维护难度。因此，设计阶段的合理性与严谨性，直接构成质量保障的首要基础。优质设计不仅依赖设计单位的专业能力，也依赖前期调查与数据采集的全面性^[3]。在现有项目中，一些问题多因前期地勘不充分，导致地基处理不到位、水工结构选型不匹配，引发后期沉降、开裂、渗漏等隐患。

为保障质量目标，设计单位需在方案设计中体现可

施工性与全过程质量控制理念。例如,大体积混凝土结构应在设计中预设冷却系统与后浇带处理方案,地下结构则应考虑防水分区与可替换止水构造。同时,针对不同工艺路线的施工组织需求,设计阶段应进行多方案比选,避免设计脱离实际能力。在审图环节应引入第三方工程顾问或资深监理机构进行复核,特别对高差大、岩土复杂、工期紧的项目段加强风险评估,及时提出设计优化建议。

此外,随着数字化技术发展,越来越多水利工程采用 BIM 与 CIM 平台进行辅助设计与施工模拟。其一方面提升图纸精度与立体感,另一方面也能模拟施工顺序、空间干涉与临时结构布置,为设计与施工之间形成协同机制。设计过程中的“前置质量控制”理念正逐步落实,即通过模拟运行状态、维护周期与应急模式,使设计本身具备质量风险的识别与规避功能,为后续施工提供更科学的依据。

2.2 材料与设备质量对施工成效的影响

材料与设备作为施工过程的核心输入,其质量水准直接决定施工质量的上限。水利工程中普遍采用的混凝土、钢筋、土工膜、防渗材料与管道系统均有严格的技术规范,一旦采购或使用环节疏忽,极易埋下质量隐患^[4]。部分工程在早期为了压缩成本,选择非标材料或低价供应商,结果在运行初期便出现裂缝扩展、防渗失效、接口松脱等问题,返修代价远高于节省的费用。

规范材料管理首先应从源头把控供应链,明确原材料供货资质、试验批次与入场检测程序。钢筋必须标明产地、炉号与力学性能,混凝土应在拌合站全过程视频监控、自动配比与 GPS 运输轨迹记录,确保每一方混凝土来源可追溯。在使用前进行实物抽检,材料合格证、检测报告与实测结果三者必须一致,任何不合格批次严禁用于结构实体中。

设备方面,尤其如大型泵站安装、启闭机调试、水轮机与发电机组运行,均对精度与协调性有较高要求。施工单位应建立设备进场验收标准,除技术参数核查外,还应现场进行试运行,检测噪音、电流、振动与安全控制逻辑。同时对安装人员开展专项培训,严控螺栓扭矩、防腐喷涂厚度与传感装置布设精度。近年来部分项目已开始尝试引入 RFID 标签对关键设备与材料全过程跟踪管理,在结构内嵌入传感芯片,方便后期质量追踪与维护判断,提升运维效率。

材料与设备质量不仅关乎施工阶段,更决定了工程的耐久性与长期经济性。任何采购与选型上的疏忽都将成为运行期的负担,因此全过程的材料设备管控应成为

质量管理的重要支点,贯穿采购、使用与维护的每一个环节。

2.3 施工过程管理中的质量控制要点

施工阶段是工程质量问题最容易暴露、最容易积累隐患的环节,也是质量控制的核心节点。为实现施工质量目标,需从组织、人员、技术与管理制度的四个维度同时发力,确保每道工序都能在标准化与可控范围内推进。尤其在基础开挖、结构浇筑、设备安装等关键节点,应通过工序交底、样板引路与多级验收机制强化过程控制^[5]。对隐蔽工程如止水带埋设、底板钢筋布设等,应安排专人旁站监控并实时留档,避免后期无法追溯问题根源。

技术控制方面,应注重工艺参数的实时管控与作业数据的全记录。施工单位应设立质检员与技术员联动小组,对温度、坍落度、砂率、水胶比等指标进行现场抽样,并对模板支设、钢筋间距、成型质量进行同步检查。关键施工数据应同步上传至项目管理平台,供上级管理单位查阅与比对。遇到超差项应立即启动技术核查与整改流程,并形成书面闭环处理记录。在特殊施工段,如冬季施工、高温施工或水下作业,应提前制定专项施工方案,并通过专家评审,确保措施有效可行。

施工过程还需关注对不良气候、突发事件与人员流动的应对机制。暴雨、寒潮等突发天气极易对基础结构施工、边坡稳定与混凝土强度发展造成不良影响,应通过应急预案设立缓冲工序与替代作业路径,减少停工期间质量波动。在农忙季节或节假日,施工人员流动性增强,也易导致操作不规范,应安排交替作业人员培训、加派质检力量弥补短板,防止关键工序失控。

全过程施工质量控制的有效性,不仅依赖技术与制度建设,也取决于执行力与现场管理能力。只有将制度落实到人、标准贯穿于工、技术服务于管,才能在复杂多变的施工现场中构建起稳定可靠的质量保障体系,为工程最终交付打下坚实基础。

3 提升施工质量的优化控制策略

3.1 完善施工阶段的技术准备与风险预控机制

提升水利水电工程施工质量,基础在于前期技术准备的系统性与科学性。项目初期必须以详实的地质勘察为基础,建立多源数据支撑的设计模型,对软弱层、断裂带、水文变化等敏感区域进行重点标记与分区方案设计,避免后期施工中盲目推进与无计划应对。通过构建风险识别清单,对关键工序如深基坑开挖、大体积混凝土浇筑等环节制定预警阈值、处置预案及应急操作指引,形成覆盖全阶段的前置管理机制。近年来,一些项目尝

试在设计阶段引入AI地质分析工具,自动识别钻孔数据中的异常分布点,有效提高了前期风险识别精度。

施工组织设计文件的落地性直接影响现场执行效果。技术交底应细化至施工人员与班组层级,强化对工艺流程、技术参数及常见故障的理解掌握。关键岗位必须实行持证上岗与责任到人制度,对特种作业、隐蔽工程与重要节点施工推行双重验收与签字留痕。对于重要区域如基础开挖、围堰填筑、止水结构等,技术交底应辅以现场示教与分阶段图解说明,提升操作准确性。为实现技术统一与标准化落地,还可推行“样板引路”制度,在关键节点建立实体样板工程作为参照,既有助于工人理解工艺要求,也便于监理单位对照检查,提升管控效率。

3.2 推进信息化管理与施工质量实时监测

将信息化手段引入水利施工现场,是实现质量闭环管理的重要路径。通过部署项目级施工管理平台,可实现施工进度、设备运转、材料进出与施工日志的可视化集成,构建从计划制定到现场执行的动态反馈通道。利用BIM技术对复杂结构进行空间定位与工序模拟,有助于精准识别施工冲突点并提前调整节点计划,减少返工概率,提升质量的一致性与施工效率。结合GIS系统还可进行区域资源分布与地形演化的综合分析,为大型线性水工项目提供空间决策支撑。多个试点工程已实现从二维图纸向三维模型的全过程替代,大幅提高了现场组织与调度的清晰度。

现场施工过程应同步建立实时监测机制。在基坑边坡、坝体基础等关键区域布设位移计、渗压计与应变计,结合自动化采集系统,形成连续数据流,便于及时识别结构变形、应力集中与隐性风险。对于大体积混凝土,应设置温度感应节点与裂缝预警传感器,实时监控水化热演化过程与结构胀缩情况,提前识别热裂缝风险。信息化监测系统还应与调度系统互通,确保现场问题可迅速传达至技术决策层,并实现调度响应的精准匹配。更进一步,可将AI算法引入监测数据分析,自动识别数据波动趋势与风险因子,实现早期预警与快速定位,大幅度缩短人工巡查响应时间,提升结构安全管理效率。

3.3 强化全过程质量考核与专业队伍能力建设

推动施工质量提升还需在管理制度与人力资源层面形成长效机制。建设单位应牵头制定明确的质量目标体系,将各类工程质量要求转化为可量化、可考核的指标,明确到分部工程、施工班组与具体工序,实施按月

评估与考核反馈机制。通过与合同支付、奖惩挂钩,增强各参建单位质量自觉性,推动质量意识由外部监督向内部驱动转变。优质施工单位与班组可纳入优先招标名录,建立“质量信誉档案”,推动良币驱逐劣币。同时,在施工全周期中增加质量巡查频率,并建立问题跟踪与复核制度,确保每次检查成果可追溯、可整改。

在质量监督机制方面,应设立专职质量检查小组,对关键环节实施不定期巡检与重点抽查。通过现场核查、资料比对与第三方检测联动,实现对结构实体质量、工艺执行规范与技术参数的全覆盖管控。在项目后期,应组织专项质量评估与隐患排查,对已完工结构进行耐久性、与隐蔽性检测,形成闭环整改流程,避免问题积压流入运行期。质量管控体系的持续完善还需依托专业技术人才的梯队建设,推动施工企业建立工程师继续教育制度与绩效激励机制,确保技术能力与工程需求同步提升。推动成立“项目质量责任师制度”,对重点工程设立责任工程师岗位,承担技术解释、工艺审查与整改验收任务,从人到责实现精细化管理。同时,推动施工经验在内部沉淀,形成标准操作手册,保障技术连续性。

4 结语

水利水电工程作为关系国计民生的重要基础设施,其施工质量控制工作具有高度复杂性与系统性。本文围绕影响因素、关键环节与优化策略进行分析,指出质量问题多源于设计脱节、材料失控与过程管理薄弱等方面。为提升工程整体品质,需建立覆盖设计、采购、施工到运维全生命周期的质量控制体系,推动技术、管理与信息手段深度融合。未来质量控制的发展应注重标准化与数字化协同,提升监测预警能力与执行落地效率,切实保障水利水电工程的安全、耐久与可持续运行。

参考文献

- [1] 赵金龙. 水利水电工程施工质量控制分析[J]. 水上安全, 2023, (13): 134-136.
- [2] 张亚鹏. 水利水电工程施工质量控制的要点分析[J]. 工程与建设, 2022, 36(06): 1744-1746.
- [3] 王络. 水利水电工程施工质量控制策略研究[J]. 居舍, 2022, (04): 130-132.
- [4] 李少华, 王沂. 水利水电工程施工质量控制要点分析[J]. 运输经理世界, 2021, (31): 143-145.
- [5] 肖同霞. 水利水电工程施工中的质量控制方法和技术创新[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (20): 202-204.