

水利水电工程施工阶段质量控制研究

任永生

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 050000

摘要: 随着水利水电工程建设规模的不断扩大与技术的日益复杂,施工阶段的质量控制成为保障工程安全、提升效益的关键环节。本文聚焦水利水电工程施工阶段,深入剖析影响工程质量的诸多因素,涵盖原材料选用、施工工艺执行、现场管理协调等方面。通过研究有效的质量控制方法与策略,如建立严格的质量检验体系、强化人员培训等,旨在为提升水利水电工程施工质量提供理论支持与实践指导,推动行业健康发展。

关键词: 水利水电工程; 施工阶段; 质量控制

引言: 水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,其施工质量直接关系到工程的安全运行、效益发挥及社会影响。在施工阶段,由于工程规模庞大、技术复杂、环境多变,质量控制面临诸多挑战。有效的质量控制不仅能确保工程满足设计要求,还能延长使用寿命、降低维护成本。因此,深入研究水利水电工程施工阶段的质量控制,探索科学、系统的管理方法,对于提升工程质量、保障人民生命财产安全具有重要意义。

1 水利水电工程施工阶段质量控制理论基础

1.1 质量控制相关概念

(1) 质量的定义与内涵: 水利水电工程质量核心是满足设计标准与使用需求,包含符合性与适用性两大维度。符合性质量指施工成果严格契合设计规范、技术标准及合同约定;适用性质量侧重工程建成后,能有效发挥防洪、发电、灌溉等核心功能,兼顾长期使用的可靠性与经济性,二者共同构成工程质量的核​​心要求。(2) 施工阶段质量控制的特征: 主要体现为动态性、系统性、复杂性。动态性指施工过程受多种因素影响,质量状态不断变化,需全程动态监测调整;系统性要求统筹施工、技术、管理等多环节,形成完整管控体系;复杂性源于工程工序繁多、协同难度大,需平衡质量与进度、成本的关系^[1]。

1.2 质量控制理论模型

(1) PDCA循环理论: 分为计划、执行、检查、处理四个闭环环节,计划环节明确质量目标与实施方案;执行环节严格落实工序要求;检查环节对照标准排查隐患;处理环节总结经验、整改问题,推动质量持续提升。(2) 全面质量管理(TQM)理论: 核心是全员参与、全过程控制、全要素管理,将质量管控贯穿施工全流程,覆盖人员、材料、设备等所有影响因素,注重事前预防、事中控制、事后改进。(3) ISO9000质量管理体系标准: 提

供标准化质量管控框架,明确质量职责、管理流程与评价准则,指导工程建立规范的质量管理制度,通过标准化作业减少质量波动,保障质量稳定性。

1.3 水利水电工程质量控制特殊性

(1) 自然环境影响显著: 工程多修建在江河周边,水文、地质条件复杂多变,暴雨、洪水及不良地质等自然因素,易干扰施工进度、影响施工质量,增加管控难度。(2) 工程规模与复杂性高: 多为大型基础设施,包含大坝、隧洞、溢洪道等核心构筑物,各构筑物施工工艺不同、技术要求高,工序衔接复杂,对管控精度要求高。(3) 长期运行与安全性要求高: 工程建成后需长期承受水压力、地质应力作用,直接关系人民生命财产安全,对工程耐久性、抗灾能力等指标的要求,远高于普通工程。

2 水利水电工程施工阶段质量影响因素分析

2.1 人员因素

(1) 管理人员素质与责任心: 作为质量控制的统筹者,其专业管理能力、规范意识和责任担当直接影响质量管理制度的落地成效,若责任心缺失、决策不当,易导致工序衔接混乱、质量管控缺位,无法及时排查施工中的潜在隐患,间接引发质量问题。(2) 技术人员素质与责任心: 负责施工技术指导、方案优化和现场管控,需熟练掌握水利水电工程专业技术规范、施工工艺要点,若技术水平不足,无法精准把控导流、混凝土浇筑等关键工艺,或责任心不足、违规指导,会直接导致施工工序不规范,影响工程实体质量。(3) 施工人员素质与责任心: 作为工序的直接执行者,其操作规范性、专业技能水平至关重要,若技能不熟练、操作不标准,且缺乏责任意识,易出现钢筋绑扎偏差、混凝土浇筑不密实、模板支护不牢固等问题,直接影响工程结构强度与稳定性。

2.2 材料与设备因素

(1) 原材料质量: 水利水电工程对原材料的质量要求极为严苛, 核心原材料包括混凝土、钢筋、土工材料、防渗材料等, 若混凝土配合比不合理、强度等级不达标, 钢筋抗拉强度、锈蚀程度超标, 土工材料的防渗、抗剪性能不符合设计要求, 都会直接导致工程结构强度不足、防渗失效、耐久性下降等质量隐患, 严重时可能引发安全事故。(2) 施工机械性能与维护: 施工机械是高效推进施工、保障施工精度的重要支撑, 其性能好坏、维护到位与否直接影响施工效率与质量, 如混凝土搅拌设备性能不稳定会导致搅拌不均匀, 起重机械维护不当会影响吊装精度, 碾压设备故障会导致坝体压实度不足, 进而埋下质量隐患, 同时也可能影响施工进度^[2]。

2.3 方法与工艺因素

(1) 施工方案合理性: 水利水电工程施工环境复杂、工序繁多, 导流方案、混凝土浇筑工艺、边坡支护方案、软基处理方案等的合理性直接影响施工质量, 如导流方案不合理会导致基坑积水、边坡失稳, 混凝土浇筑工艺不当会出现裂缝、蜂窝麻面等缺陷, 边坡支护方案不完善会引发滑坡隐患, 影响工程耐久性与安全性。(2) 技术创新与应用: 随着水利水电行业的转型升级, 智能监测、信息化施工等先进技术的应用愈发重要, 如智能监测技术能实时掌握工程结构变形、应力变化, 及时排查质量隐患, BIM技术可实现施工全过程可视化管控, 若技术创新不足、先进技术应用不到位, 会影响质量控制的精准度与效率, 难以适应复杂大型水利水电工程的质量管控需求。

2.4 环境因素

(1) 地质条件: 工程施工多涉及地下、边坡作业, 地质条件的复杂性直接影响施工质量, 若软基处理不到位, 会导致地基沉降、结构失稳, 边坡稳定性不足易引发滑坡、坍塌等事故, 断层、岩溶、地下暗河等复杂地质条件也会增加施工难度, 影响质量控制效果。(2) 气候条件: 水利水电工程施工周期长, 受气候因素影响较大, 雨季施工易出现雨水冲刷边坡、浸泡基坑、混凝土强度增长缓慢等问题, 高温天气会导致混凝土收缩开裂, 严寒天气会影响混凝土浇筑、养护质量, 温度控制不当还会导致混凝土产生温度裂缝, 大幅降低工程耐久性。

2.5 管理因素

(1) 质量管理制度: 健全的质量管理制度、明确的责任分工、规范的验收流程是质量控制的基础, 若责任分工不明确、验收流程不规范, 会出现推诿扯皮、违规验收等问题, 导致质量隐患无法及时发现和整改, 形成质量闭环管理漏洞。(2) 信息化管理水平: BIM、物联

网、大数据等信息化技术在质量控制中应用广泛, 可实现原材料溯源、施工工序实时监测、质量隐患精准排查, 若信息化管理水平不足, 无法充分发挥技术优势, 会导致质量管控效率低下、管控范围不全面, 难以满足大型水利水电工程全方位、全过程的质量管控需求。

3 水利水电工程施工阶段质量控制方法与策略

3.1 质量控制原则

(1) 预防为主原则: 打破传统“事后整改、被动补救”的管控模式, 将质量管控重心前移, 聚焦事前预防与事中管控, 提前排查人员、材料、设备、环境、工艺等各类潜在质量隐患, 优化施工方案、规范操作流程、强化全员质量意识, 从源头规避质量问题的发生, 减少事后整改的成本与工期损耗, 保障施工质量的稳定性与可控性。(2) 过程控制原则: 贯穿施工全流程、覆盖所有施工工序, 重点把控施工前准备、施工过程实施、施工后验收的每一个细节, 细化工序管控标准, 规范各岗位操作流程, 严格执行质量管控要求, 确保每一道工序、每一个环节都符合设计标准与行业技术规范, 避免因单一工序失控引发整体工程质量隐患^[3]。(3) 动态管理原则: 针对水利水电工程施工环境多变、地质条件复杂、工序衔接繁琐的特点, 实时监测施工过程中的质量状态, 根据地质条件、气候变化、施工进度等实际情况, 及时调整质量控制方案与管控重点, 动态排查隐患、闭环整改问题, 确保质量控制始终适配施工实际需求, 实现全程动态可控。

3.2 质量控制流程设计

(1) 施工前准备阶段: 核心是做好质量管控的前期铺垫, 为后续施工质量奠定坚实基础, 重点开展图纸审核与技术交底两项关键工作, 组织专业技术人员、管理人员联合审核施工图纸, 细致排查图纸中的设计漏洞、尺寸偏差、工艺矛盾等问题, 及时与设计单位沟通整改, 确保图纸符合工程实际与行业规范要求; 同时, 向管理人员、技术人员、施工人员全面交底施工方案、技术要点、质量标准、安全注意事项, 明确各岗位质量职责, 开展岗前培训与技能考核, 确保全员熟练掌握质量控制要求。(2) 施工过程控制阶段: 是质量控制的核心关键环节, 重点落实工序验收与隐蔽工程检查, 严格执行“三检制”(自检、互检、专检), 每一道工序完成后, 施工班组先自检、班组间互检, 合格后报专职质检员专检, 验收合格并签字确认后方可进入下一道工序; 对于大坝基础、隧洞衬砌、防渗层铺设等隐蔽工程, 检查合格后需及时做好记录、签字确认, 严禁未经检查擅自覆盖, 杜绝隐蔽性质量隐患留存。(3) 施工后验收阶段: 是质

量控制的收尾检验环节,分为分部工程验收与单位工程验收,分部工程验收重点检查各分项工程的质量达标情况、工序衔接情况,对不合格项下达整改通知,限期整改后重新验收;单位工程验收全面核查工程整体质量、功能实现情况、资料完整性,对照设计标准与合同约定要求,确保工程质量符合验收规范,具备投入使用的条件,验收合格后方可正式交付^[4]。

3.3 关键质量控制点识别

(1) 大坝填筑密实度:大坝作为水利水电工程的核心挡水构筑物,填筑密实度直接影响坝体稳定性、抗渗性与耐久性,若密实度不足,易引发坝体沉降、渗漏、滑坡等重大安全隐患,需严格控制填筑材料的级配、含水量,优化碾压设备与碾压参数,实时监测填筑密实度,确保每一层填筑都符合设计要求。(2) 混凝土裂缝控制:混凝土是水利水电工程应用最广泛的建筑材料,受温度变化、施工工艺、养护条件等因素影响,易产生表面裂缝与内部裂缝,裂缝会降低混凝土结构强度、抗渗性与耐久性,严重时破坏工程结构完整性,需优化混凝土配合比、掺入外加剂,加强浇筑过程中的温度控制,浇筑完成后及时开展养护工作,实时排查并处理细微裂缝,防范裂缝扩大^[5]。(3) 金属结构安装精度:闸门、启闭设备、输水管道等金属结构,是水利水电工程防洪、发电、输水等功能实现的关键,安装精度不足会影响设备运行灵活性、密封性与安全性,需严格控制安装工序,精准校准安装尺寸、水平度与垂直度,加强安装后的调试与检测,确保金属结构安装符合设计标准,保障设备长期稳定运行;此外,隧洞开挖精度、溢洪道泄洪能力、软基处理质量等也属于关键质量控制点,需同步重点管控。

3.4 质量控制技术手段

(1) 试验检测技术:是质量控制的基础手段,也是排查质量隐患的核心方法,主要包括无损检测与压力试验,无损检测技术(如超声波检测、雷达检测、回弹法检测)可在不破坏工程实体的前提下,精准排查混凝土内部缺陷、钢筋布置情况、坝体压实度等,确保工程实体质量;压力试验主要用于防渗工程、输水管道工程,通过

模拟实际运行压力,检测工程的密封性与耐压性,及时发现渗漏、抗压不足等质量隐患。(2) 信息化技术:助力质量控制向智能化、可视化升级,重点应用BIM模型质量模拟与实时监控系统,BIM模型可提前模拟施工全过程,优化施工方案,排查施工中的质量冲突与隐患,实现施工过程的可视化管控;实时监控系统可通过传感器、物联网设备,实时监测坝体沉降、混凝土温度、边坡变形、水位变化等关键数据,数据异常时及时报警,便于管理人员快速处置。(3) 风险评估与预警技术:提前规避质量风险,实现“防患于未然”,主要采用层次分析法、模糊综合评价等科学方法,结合工程实际,全面识别施工中的质量风险因素,量化评估风险等级,建立完善的风险预警机制,明确预警阈值与处置流程,一旦出现风险隐患苗头,及时发出预警并采取针对性整改措施,确保质量控制全程可控、可防。

结束语

水利水电工程施工阶段的质量控制是保障工程整体质量的核心环节。通过本文研究可知,从完善质量管理体系、强化人员素质到严格把控原材料与施工工艺,多维度综合施策至关重要。未来,应持续紧跟行业技术发展,不断优化质量控制手段,加强新技术、新方法的应用。唯有如此,才能切实提升水利水电工程施工质量,为国家水利事业发展筑牢坚实根基,实现经济与社会的可持续发展。

参考文献

- [1]唐智杰.水利工程监理施工阶段的质量控制措施探讨[J].四川建材,2023,49(10):202-203.
- [2]孟祥文.水利工程施工阶段的监理质量控制措施[J].建筑与预算,2023,(08):31-33.
- [3]王龙.水利水电工程施工质量控制中存在的问题与对策探讨[J].工程技术研究,2023,8(06):226-228.
- [4]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):174-176.
- [5]魏咏.水利水电工程管道工程施工技术与质量控制措施[J].建材发展导向,2022,20(08):139-141.