

水利水电工程施工质量控制关键技术研究

刘 慧

(四川省交通建设集团有限责任公司, 四川 成都 610036)

摘 要 水利水电工程是民生基建的核心载体, 其施工质量直接关乎工程运行安全。当前, 我国水利水电建设力度持续加大, 工程规模不断扩大, 施工环境愈发复杂。基于此, 本文结合行业施工规范, 系统梳理了全过程闭环管控、标准先行合规施工及安全质量协同管控的三大核心原则, 然后重点剖析了五大关键技术, 旨在解决施工质量管控难点, 推动工程施工向精细化升级, 为同类水利水电项目质量管控提供参考。

关键词 水利水电工程; 质量溯源管控技术; 密实度精准控制技术; 温控防裂; 无损检测核检技术

中图分类号: TV523

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.17.014

0 引言

现阶段, 水利水电工程不断复杂, 施工环节涉及多专业交叉作业, 质量管控难度持续攀升。部分项目因管控原则缺失、技术应用不到位, 易出现原材料不合格等质量问题, 埋下工程安全隐患。为破解这类难题, 施工人员要明确质量管控核心原则, 深挖关键技术应用细节, 构建全流程质量管控体系, 全力保障工程建设质量达标。

1 水利水电工程施工质量控制原则

1.1 全过程闭环管控原则

施工人员开展水利水电工程质量管控工作, 需立足于工程全周期推进闭环管理, 打破单一环节管控的局限性。水利水电工程涉及前期筹备、中期施工、后期验收等多个阶段, 各阶段环环相扣, 任何一处管控疏漏都会引发连锁质量问题。施工人员要将质量管控思维贯穿始终, 从施工图纸会审、场地勘测等环节便介入管控, 细化各工序交接节点的质量核查标准, 杜绝工序跳转带来的质量隐患。进入现场施工阶段, 施工人员需紧盯每一道作业流程的质量状态, 针对土方开挖、结构浇筑、设备安装等核心工序, 落实定岗定责的管控机制。针对隐蔽工程这类易被忽视的环节, 施工人员更要强化过程盯控, 做好实时记录与数据留存, 确保施工行为全程可追溯^[1]。工程收尾阶段, 施工人员需对照前期管控目标开展全面复盘, 排查质量偏差问题并制定整改方案, 形成前期预判、中期管控、后期复盘的完整闭环, 让质量管控覆盖工程建设的每一个角落。

1.2 标准先行合规施工原则

行业现行的水利水电施工规范、技术规程以及工程专项设计文件, 是指导现场作业的核心准则。施工人员需提前掌握各项标准要求, 细化各工序的施工参数、操作规范与验收准则, 杜绝凭经验随意施工的行为。施工前期, 施工人员要组织专项技术交底, 将标准要求拆解到具体施工环节, 让一线作业人员明晰操作边界与质量目标。针对特殊工艺、高危作业环节, 施工人员需单独制定标准化作业方案, 明确质量管控要点, 确保每一项施工动作都贴合规范要求。在施工过程中, 施工人员要对照标准开展常态化核查, 对施工工艺、参数控制、成品质量等进行逐一核验, 发现偏离标准的行为立即叫停整改, 保障施工流程始终处于合规状态。面对工程变更、工艺优化等特殊情况, 施工人员需严格履行审批流程, 在获得设计单位、监理单位确认后再调整施工方案, 严禁擅自更改标准、简化流程。施工人员还要建立标准执行台账, 记录各环节标准落实情况, 为后续验收、追责提供依据。坚持标准先行的管控原则, 既能规范施工人员的作业行为, 也能保障工程结构安全、功能达标, 契合水利水电工程长期服役的质量需求。

1.3 安全质量协同管控原则

施工人员需树立安全与质量协同管控的理念, 认清二者相辅相成的内在联系, 摒弃重质量轻安全或重安全轻质量的片面思维。水利水电工程多涉及高空作业、深基坑施工、大型设备运转等高危场景, 安全管控不到位会直接影响施工进度与成品质量, 而质量缺

作者简介: 刘慧(1987-), 男, 本科, 研究方向: 公路工程和水利水电工程技术管理。

陷也会埋下长期安全隐患, 施工人员需同步推进两项管控工作。施工人员在制定质量管控方案时, 需同步融入安全管控要素, 针对高风险施工环节, 兼顾质量达标与安全防护要求。例如: 开展混凝土浇筑作业时, 既要把控浇筑密实度、平整度等质量指标, 也要落实模板支撑、高空防护等安全措施, 避免安全事故中断施工流程、破坏已完工程质量。在施工过程中, 施工人员要同步开展安全巡查与质量核查, 及时消除安全风险与质量隐患, 保障施工环节平稳推进。施工人员还要优化管控资源配置, 组建兼具安全与质量管控能力的专项团队, 提升协同管控效率^[2]。针对施工中出现的安全与质量冲突问题, 秉持统筹兼顾的原则制定处置方案, 在保障安全的前提下夯实质量基础, 在严控质量的同时筑牢安全防线。

2 水利水电工程施工质量控制关键技术

2.1 原材料性能检测: 质量溯源管控技术

工程所用的水泥、砂石、钢筋、外加剂等原材料, 性能优劣直接决定工程结构强度与耐久性, 施工人员需建立严格的进场检测机制, 杜绝不合格材料流入施工环节。材料进场前, 施工人员要核对供应商资质、出厂合格证明等文件, 确认材料来源合规后再开展现场性能检测。针对不同类型的原材料, 施工人员可以采用适配的检测方法, 精准核验各项性能指标。检测水泥时, 重点核查强度、凝结时间、安定性等核心指标, 确保 3 天抗压强度不低于 15 MPa、28 天抗压强度完全达标设计值, 初凝时间控制在 45 分钟以上; 检测砂石骨料时, 聚焦级配、含泥量、压碎值等参数, 严控粗骨料含泥量低于 1%、细骨料含泥量低于 3%, 压碎值控制在 18% 以内; 检测钢筋时, 核验抗拉强度、屈服强度、延伸率等性能, 保证屈服强度误差控制在设计值的 5% 以内, 外观无裂纹、锈蚀问题。完成性能检测后, 施工人员要推进质量溯源管控, 建立全链条材料追溯体系。对每一批次进场材料, 标注专属溯源编码, 记录进场时间、检测结果、使用部位、领用人员等信息, 实现材料从进场到使用的全程追踪。施工人员要定期梳理溯源台账, 核对材料使用与检测数据的一致性, 一旦发现质量问题, 快速定位问题材料批次与使用范围, 及时采取返工、替换等处置措施。依托这项技术, 施工人员能够精准把控原材料质量, 从源头规避因材料缺陷引发的工程质量问题。施工人员还要强化检测环节的监督管理, 安排专人负责检测工作, 确保检测结果真实有效。针对关键原材料, 适当增加检测频次与抽检比例, 提升管控力度^[3]。

2.2 土石方填筑碾压: 密实度精准控制技术

土石方填筑是水利水电工程的基础施工环节, 密实度达标与否直接影响坝体、堤防等结构的稳定性, 施工人员需依托专项技术实现密实度精准控制。施工人员可以先结合工程设计与土质特性, 确定填筑分层厚度、碾压机具型号、碾压遍数、行驶速度等核心参数, 制定针对性的碾压施工方案, 为现场作业提供明确指引。填筑施工前, 施工人员要清理基底杂物、软弱土层, 对基底进行夯实处理, 提升基底承载能力, 避免基底沉降影响填筑体密实度, 要求基底压实度不低于 90%。在分层填筑过程中, 施工人员严格控制每层填料的摊铺厚度, 黏性土填料厚度控制在 20 ~ 30 cm, 砂砾石填料厚度控制在 30 ~ 50 cm, 确保厚度均匀一致, 杜绝局部超厚导致碾压不到位的问题。填料摊铺完成后, 施工人员按照既定方案开展碾压作业, 遵循先轻后重、先慢后快、先边缘后中间的原则, 选用 18 t 以上振动碾, 碾压遍数控制在 6 ~ 8 遍, 行驶速度不超过 4 km/h, 有序推进碾压施工, 保证填筑体各部位受力均匀。碾压施工结束后, 施工人员应及时开展密实度检测, 采用环刀法、灌砂法等专业方法, 精准测定填筑体密实度数值。检测点位按每 500 m² 布设 3 ~ 5 个的标准覆盖填筑面全区域, 包括边缘、转角等易遗漏部位, 确保检测结果能真实反映整体密实度状态。施工人员对照设计标准比对检测数据, 土石方填筑体密实度需达到 96% 以上, 堤防工程密实度需达到 94% 以上, 对密实度不足的区域, 标记具体位置并补充碾压 2 ~ 3 遍, 直至检测结果达标后方可开展下一层填筑施工。施工人员还要做好施工过程的动态调整, 结合天气变化、土质湿度等因素, 灵活优化碾压参数。阴雨天气后, 及时晾晒填料、检测含水率, 避免过湿土填筑引发密实度偏差。干旱天气时, 适当洒水调控填料湿度, 保障碾压效果。全程做好施工与检测记录, 留存密实度控制相关数据, 为工程验收提供支撑, 依靠精细化管控实现土石方填筑密实度的精准把控。

2.3 大体积混凝土施工: 温控防裂关键技术

混凝土拌合阶段, 施工人员要严控原材料温度, 夏季对砂石骨料进行遮阳降温处理, 冬季采用温水拌合, 把控入模温度稳定在 5 ~ 28 °C 之间。浇筑施工时, 施工人员采用分层分段浇筑方式, 控制单次浇筑厚度不超过 2 m, 浇筑速度保持匀速, 延长散热时间, 避免混凝土内部热量快速积聚。针对大面积结构, 每隔 20 ~ 30 m 合理设置施工缝与后浇带, 分散结构应力, 减少裂缝产生概率^[4]。浇筑完成后, 施工人员可以启

动全程温控监测,在混凝土内部按每 50 m^2 布设1个测温元件,实时采集内部温度、表面温度与环境温度数据,密切关注温度变化趋势。严格控制混凝土内外温差不超过 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,内部最高温度不超过 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$,一旦温差超标,立即采取针对性调控措施。夏季施工时,及时覆盖保湿材料,避免阳光直射导致表面失水开裂;冬季施工时,做好保温防护,防止低温冻害影响结构质量。养护时长不少于14天,前7天保持混凝土表面湿润状态。养护阶段,施工人员要根据混凝土硬化状态,调整养护时长与养护方式,保障混凝土充分水化,提升结构强度。定期复测混凝土内部温度与外观状态,排查细微裂缝,对发现的裂缝及时采用灌浆、封闭等工艺处置。施工人员应全程梳理温控数据,总结施工规律,优化后续浇筑与养护方案,最大限度降低温度裂缝风险,保障大体积混凝土结构的整体性与耐久性。

2.4 隐蔽工程专项施工:无损检测核验技术

隐蔽工程覆盖于工程结构内部,质量缺陷难以及时发现,施工人员可以先开展隐蔽工程专项施工,严格按照设计图纸与工艺标准推进基底处理、钢筋绑扎、管线预埋、防渗施工等作业,每完成一道工序,先开展内部自查,整改细节偏差,保障施工流程规范有序。专项施工结束后,施工人员要摒弃传统破损检测方式,采用无损检测技术开展质量核验,避免破坏已完工程结构。针对地基隐蔽工程,运用地质雷达、声波透射法检测,检测间距控制在 0.5 m 以内,精准判定地密实度、承载能力与均匀性,排查空洞、软弱夹层等隐患;针对钢筋隐蔽工程,采用钢筋扫描仪检测,钢筋间距偏差不超过 $\pm 10\text{ mm}$,保护层厚度偏差控制在 $\pm 5\text{ mm}$ 以内,确认钢筋配置符合设计要求;针对防渗、灌浆隐蔽工程,借助无损探伤技术检测,密实度达标率需达到100%,判断防渗效果是否达标。施工人员要规范无损检测操作流程,选定合理的检测点位与检测参数,保证检测数据精准可靠。对检测获取的数据进行专业分析,对比设计标准判断隐蔽工程质量状态,区分合格区域与问题区域。针对检测发现的质量缺陷,定位具体位置与缺陷程度,制定专项整改方案,组织人员返工加固,整改完成后再次开展无损检测,直至质量达标。无损检测技术无需破损工程结构,既能全面排查隐蔽工程质量问题,也能保障施工进度不受影响。施工人员要做好隐蔽工程施工与检测的全过程记录,留存施工影像、检测报告、整改记录等资料,归入工程档案。

2.5 施工现场动态监测:质量智能预警技术

施工人员可以先在施工现场布设监测设备,结构沉降监测点按每 10 m 布设1个,位移监测精度控制在

0.1 mm 以内,针对结构沉降、位移、应力、温度、含水率等关键指标,搭建全覆盖的监测网络,覆盖坝体、基坑、边坡、混凝土结构等核心管控区域。监测设备实时采集现场数据,同步传输至智能管控平台,施工人员借助平台对数据进行整合分析,掌握施工质量动态变化趋势。智能平台内置质量阈值标准,自动比对监测数据与标准数值,如基坑沉降速率超过 0.5 mm/d 、混凝土内外温差突破 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,立即触发预警机制,通过声光提示、信息推送等方式,第一时间告知现场施工人员,响应时间不超过30秒。收到预警信息后,施工人员可以快速赶赴预警区域,核查现场施工状态,分析数据异常的原因,判断是施工工艺偏差、环境影响还是设备故障导致。针对不同诱因,制定应急处置方案,及时调整施工参数、加固作业面或更换设备,遏制质量问题扩大^[5]。施工人员全程跟踪处置进度,确认数据恢复正常、隐患消除后,再关闭预警、恢复正常施工。施工人员可以定期维护监测设备,每月校准1次设备参数,保证监测数据的稳定性与精准度。

3 结束语

水利水电工程施工质量管控是一项系统性工作,需坚守核心管控原则,依托科学关键技术筑牢质量防线。本文从管控原则与关键技术两方面对工程施工质量控制进行系统研究,明确了质量管控的核心思路,同时围绕原材料检测、土石方密实度控制、大体积混凝土温控防裂、隐蔽工程无损检测及施工现场智能预警等技术展开分析,为解决实际施工中的质量痛点提供了可行路径。在未来施工中,施工人员需持续优化技术应用,将质量管控贯穿工程建设始终,打造优质的水利水电工程,实现行业高质量发展。

参考文献:

- [1] 王耀,谭敏枝,纪德金.基于BIM技术的水利工程施工质量控制系统设计与应用[J].技术与市场,2026,33(02):100-103.
- [2] 朱佳辉,张鑫伟,韩毅.水利工程项目中施工质量控制智能化方法[J].科学技术创新,2026(02):161-164.
- [3] 吴育松.水利水电工程金属结构安装施工质量控制对策探析[J].现代工程科技,2025,04(24):189-192.
- [4] 蔡清发.水利水电设备工程施工质量控制要点分析[J].中国设备工程,2025(23):258-260.
- [5] 董文昌,王瑞锋.水利工程施工中商品混凝土的质量控制方法[J].建材发展导向,2025,23(23):4-6.