

# 分析水利水电工程施工技术质量控制

李业帆 李 瑀

江苏科兴项目管理有限公司 江苏 南京 210000

**摘要:** 水利水电工程施工技术质量控制是保障工程安全、耐久及功能性的核心环节。其核心在于通过“4M1E”要素(人员、材料、机械、方法、环境)的协同管理,结合施工准备阶段的图纸会审、材料检验及施工过程的技术交底与实时监控,构建三级质检体系。同时,引入BIM模型、无损检测及信息化管理平台提升管控精度。针对复杂环境,需强化特殊工况下的动态监管机制,完善质量责任追溯制度,通过智能化技术实现质量风险预控,确保工程全生命周期质量达标。

**关键词:** 水利水电工程; 施工技术; 质量控制

引言: 水利水电工程作为国家基础设施建设的关键部分,对经济发展、区域联通及生态保护意义重大。其工程规模庞大、施工周期长、受自然条件影响显著,且涉及多专业交叉作业,技术复杂性与质量管控难度极高。当前,在新型材料与工艺不断涌现、施工环境日益复杂的背景下,传统质量控制模式面临挑战。因此,深入剖析水利水电工程施工技术质量控制要点,构建科学、高效的质量管理体系,不仅是保障工程安全与耐久性的必然要求,也是推动行业高质量发展的重要举措。

## 1 水利水电工程施工技术质量控制的理论基础

### 1.1 质量控制基本概念

工程质量指工程满足相关标准规定与合同约定的特性总和,涵盖安全性、耐久性、适用性等核心维度。其影响因素可归纳为“4M1E”,即人员(施工人员技能水平、质量意识,管理人员管控能力)、材料(原材料性能、预制构件质量,如混凝土骨料级配、钢材强度)、机械(施工设备精度、运行稳定性,如盾构机、疏浚船)、方法(施工工艺合理性、技术方案科学性)及环境(自然环境如气候、地质,管理环境如质量体系完善度),各因素相互作用,共同决定工程最终质量。

### 1.2 水利水电工程特点

(1) 工程规模大、施工周期长、受自然条件影响显著。此类工程多涉及跨流域调水、深水港口建设等,单体项目投资大、占地面积广,施工周期常达数年;且多露天作业,易受暴雨、台风、汛期等自然因素干扰,如航道疏浚遇台风可能导致设备损坏、工期延误,增加质量管控难度。(2) 多专业交叉(土建、机电、航道等)。工程需整合土建施工(如堤坝浇筑)、机电安装(如闸门控制系统)、航道工程(如疏浚与护岸)等多领域技术,各专业衔接紧密,若协调不当易出现工艺冲突,如金属

结构安装与混凝土浇筑工序衔接偏差,可能影响工程整体质量。

### 1.3 相关标准与规范

(1) 国内以《水利水电工程施工质量检验与评定规程》(SL176)为核心,明确工程质量检验方法、评定标准,规定单元工程、分部工程等质量等级划分,强调“三级检验”制度,同时配套《水运工程质量检验标准》(JTS257)等,覆盖水运工程全流程质量要求。(2) 国际标准以FIDIC条款为代表,注重合同双方权责划分,强调过程管控与风险分担,如要求施工方提交详细质量计划,监理方拥有独立检测与否决权;与国内标准相比,FIDIC更侧重市场化约束,国内标准则更突出行政监管与统一技术要求,二者在质量责任追溯、检测频率等方面存在差异,实际应用中需结合项目性质灵活适配。

## 2 水利水电工程施工技术质量控制的关键环节

### 2.1 施工准备阶段质量控制

(1) 设计文件审核与图纸会审需组建专业审核团队,重点核查设计方案是否契合工程地质条件、是否满足防洪、通航等核心功能需求,同时排查图纸中可能存在的尺寸矛盾、工艺冲突等问题。会审时需组织设计、施工、监理等多方参与,针对复杂节点(如船闸与航道衔接处)提出优化建议,形成书面纪要并作为施工依据。(2) 施工组织设计优化要结合工程特点与工期要求,合理规划施工流程与资源配置。例如深水港口建设需明确沉箱浮运、安装的专项方案,跨河桥梁施工需制定水上作业安全与质量保障措施,同时通过模拟分析优化施工顺序,避免交叉作业干扰,提升整体施工效率。(3) 材料与设备进场检验需执行“双检制”,原材料方面,砂石需检测级配、含泥量,水泥需核查强度等级与安定性,预制构件需进行外观检测与荷载试验;设备方面,盾构机、疏浚船等大型机械

需校验性能参数,确保满足施工技术要求<sup>[1]</sup>。

## 2.2 施工过程技术控制

(1)土石方工程中,开挖需按分层开挖原则进行,避免超挖,同时做好边坡支护;填筑需控制填料含水率与压实度,采用压路机分层碾压,每层压实度需达到设计标准;压实工艺需根据填料类型调整,黏性土需注重含水率控制,砂性土需加强碾压次数。(2)混凝土工程需精准设计配合比,根据工程部位(如大坝、船闸)调整强度等级与抗渗等级;浇筑时需采用分层浇筑、振捣密实,避免出现蜂窝、麻面等缺陷,同时控制浇筑速度,防止温度裂缝;养护需保证足够湿度与养护时间,采用洒水、覆盖保温等方式,确保混凝土强度正常发展。(3)金属结构安装前需检查构件尺寸偏差,焊接时需选择匹配的焊条与焊接工艺,进行无损检测(如超声波探伤),确保焊缝质量;防腐处理需先除锈,再涂刷防腐涂料或采用阴极保护法,保证防腐效果;安装精度需通过全站仪等设备监测,控制构件轴线与高程偏差在允许范围内。(4)航道疏浚需采用GPS定位系统控制疏浚深度与范围,避免欠挖或超挖,同时做好疏浚土处理,防止污染环境;护岸工程需确保基础承载力,采用浆砌石或混凝土浇筑时,控制砌筑或浇筑质量,做好防渗处理,保障护岸稳定性与耐久性。

## 2.3 特殊环境施工控制

汛期施工需提前制定防汛预案,加固边坡与排水系统,储备防汛物资(如沙袋、水泵),实时监测水位变化,遇暴雨或洪水时及时停工避险;冻土区施工需避开严寒期,采用预热法或掺入防冻剂改善混凝土性能,基础施工需待冻土融化稳定后进行,防止冻胀导致结构变形;软土地基施工需采用换填、CFG桩复合地基等处理技术,提高地基承载力,施工过程中监测地基沉降,根据沉降数据调整施工参数,确保工程结构安全稳定。

## 3 水利水电工程施工技术质量控制的体系与方法

### 3.1 质量管理体系构建

(1)ISO9001质量管理体系在水利工程中的应用需结合行业特性优化实施。从质量目标设定来看,需将工程防洪标准、航道通航等级等核心指标纳入体系,明确各部门质量职责,如技术部负责施工方案审核、质检部负责过程检测。同时,通过体系文件规范关键流程,例如原材料采购需执行“合格供应商名录”制度,施工工序需遵循“作业指导书”要求,定期开展内部审核与管理评审,及时整改体系运行中的漏洞,确保质量管理标准化、规范化。(2)三级质检制度是质量管控的核心防线。班组自检需在每道工序完成后开展,由班组长带领技术

骨干核查工序质量,如土石方填筑后检测压实度,自检合格后方可提交;项目部复检由质检部门组织,采用随机抽样方式扩大检测范围,例如混凝土浇筑后抽取试块检测强度,复检不合格需下达整改通知书;监理终检为最终把关环节,监理工程师需对关键部位(如大坝防渗墙、船闸闸门)进行全检,结合第三方检测报告综合判定质量,合格后签署验收文件,避免不合格工序进入下一阶段。

### 3.2 质量控制技术手段

(1)现代化检测技术大幅提升质量管控精度。无损检测技术可在不破坏结构的前提下排查隐患,如采用超声波检测金属结构焊缝内部缺陷,用地质雷达探测堤坝内部空洞;BIM模型应用则实现全流程可视化管控,通过构建三维模型模拟施工过程,提前发现管线碰撞、结构尺寸偏差等问题,施工中结合现场数据更新模型,实时对比实际施工与设计的偏差,确保工程按标准推进。(2)信息化管理平台实现质量数据高效管控。平台整合施工过程中的质量检测数据,如原材料检验报告、工序检测记录等,支持数据实时上传与查询,管理人员可通过手机端随时查看工程质量动态;同时具备追溯功能,一旦发现质量问题,可通过平台快速定位问题环节、责任人员及关联数据,为问题分析与整改提供依据,避免数据丢失或造假,提升质量管理透明度<sup>[2]</sup>。

### 3.3 质量通病与防治措施

(1)混凝土工程易出现裂缝、渗漏、结构变形等通病。裂缝多因配合比不合理、养护不及时或温度应力导致,如大体积混凝土浇筑后内外温差过大易产生温度裂缝;渗漏常源于施工缝处理不当、防渗材料失效,如堤坝防渗墙接头处未压实易形成渗漏通道;结构变形多由地基不均匀沉降、荷载超出设计值引发,如软土地基上的码头结构易因沉降出现倾斜。(2)需针对性采取预防与修复技术。预防方面,混凝土配合比设计需掺入抗裂纤维、膨胀剂,浇筑时分层振捣密实,养护期间覆盖保温材料控制温差;施工缝处需凿毛处理并铺设水泥浆,选用优质防渗材料并严格按工艺施工;地基施工前进行加固处理,如采用碎石桩提高地基承载力,控制施工荷载与进度。修复方面,裂缝可采用压力注浆填充环氧树脂浆液,渗漏部位可埋设止水带或涂刷防渗涂料,结构变形需通过千斤顶纠偏、增设支撑等方式恢复原位,修复后需加强监测,确保质量稳定<sup>[3]</sup>。

## 4 水利水电工程施工技术质量控制的挑战与对策

### 4.1 当前面临的主要问题

(1)施工环境复杂性与技术标准滞后矛盾突出,水

利水运工程常涉及深水、高海拔、复杂地质等特殊环境,如深海港口建设需应对强洋流、高水压,而现有技术标准多基于传统工况制定,对新型环境下的施工工艺、质量检测方法界定模糊,导致部分施工环节缺乏明确标准指引,增加质量管控难度。(2)参建方质量责任划分不清晰,工程涉及建设单位、施工单位、监理单位、设计单位等多方主体,部分项目存在合同条款权责界定模糊的情况,如隐蔽工程质量问题追溯时,易出现施工单位与监理单位互相推诿责任的现象,影响质量问题整改效率。(3)新型材料与工艺应用存在风险,随着工程建设对节能环保、高效施工的需求提升,新型composite材料、模块化施工工艺等逐步推广,但部分新型材料缺乏长期工程应用数据支撑,其耐久性、适应性尚未完全验证;同时,施工人员对新型工艺操作不熟练,易因操作不当引发质量问题。

#### 4.2 改进对策与建议

(1)强化全过程动态监管机制,构建“事前预警、事中管控、事后评估”的监管体系。事前结合工程环境特点制定专项质量管控方案,明确特殊工况下的技术标准;事中利用远程监控、无人机巡检等手段,实时监测施工关键环节质量;事后组织第三方机构对工程质量进行全面评估,形成监管闭环。(2)推广智能化施工与质量控制技术,引入智能压实监测系统,实时反馈土石方压实度数据,避免人工检测误差;应用混凝土智能养护系统,自动调节养护温度与湿度,保障混凝土强度发展;同时,通过数字孪生技术构建工程虚拟模型,模拟施工全过程,提前规避质量风险。(3)完善质量责任追溯与奖惩制度,细化合同条款中各参建方的质量责任,建立“一人一岗一责”的责任追溯体系,利用区块链技术记录施工全过程数据,确保质量问题可精准溯源;设立质量奖惩基金,对质量管控成效显著的单位与个人给予奖励,对

出现质量问题的责任主体严肃追责<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 未来发展趋势

(1)绿色施工与可持续发展成为核心要求,未来工程建设将更注重生态保护,如航道疏浚时采用环保型疏浚设备,减少对水生生物的影响;推广低碳建材与再生材料应用,降低工程碳排放量,同时建立工程全生命周期质量与环保评价体系,实现质量管控与生态保护协同发展。(2)人工智能与大数据在质量控制中的应用前景广阔,AI技术可通过分析历史工程质量数据,自动识别质量风险点,提前预警潜在问题;大数据平台可整合不同工程的质量检测数据,形成行业质量数据库,为技术标准更新、施工工艺优化提供数据支撑,推动水利水运工程质量控制向智能化、精准化方向发展。

#### 结束语

水利水运工程施工技术质量控制贯穿项目全周期,是保障工程安全、耐久与功能的核心所在。面对复杂多变的施工环境与日新月异的技术革新,唯有构建系统化、智能化的质量管控体系,强化全过程动态监管与责任追溯,推动绿色施工与新技术深度融合,方能有效应对质量挑战。未来,需持续以创新为驱动、以规范为准绳,不断提升质量控制水平,为水利水运工程高质量发展及国家基础设施安全提供坚实保障。

#### 参考文献

- [1]杨凡.水运工程施工阶段监理与质量控制分析[J].建筑设计及理论,2024,(03):35-36.
- [2]钱蛟.水运工程施工阶段监理与质量控制分析[J].建筑理论,2023,(12):122-124.
- [3]董忠胜.探讨水运工程施工阶段监理与质量控制[J].市政工程,2022,(04):50-51.
- [4]邹广超.水运工程施工阶段监理的事前控制与管理研究[J].工程地质学,2020,(06):77-79.