

# Research on Quality Control and Safety Management in the Construction Process of Water Conservancy Projects

Sheng Bi<sup>1</sup> Xiaohua Zhang<sup>2</sup>

1. Construction Management and Quality Safety Center of the Ministry of Water Resources, Beijing, 100038, China

2. China South-North Water Transfer Group New Energy Investment Co., Ltd., Beijing, 100073, China

## Abstract

As an important part of national infrastructure, water conservancy projects have an impact on the quality and safety of social and economic development, as well as the safety of people's lives and property. With the progress of the economy and society, the scale and complexity of water conservancy engineering construction have expanded, but quality problems and safety accidents have occurred frequently. This study explores the current status of quality control and safety management during the construction process, analyzes the main problems and their influencing factors, and proposes improvement measures. Through domestic and international research results, field research data, and case analysis, we aim to identify the reasons from dimensions such as natural environment, technological level, and personnel quality. Quality management needs to standardize material inspection, optimize construction processes, and strengthen supervision; Security management needs to strengthen training, develop emergency plans, and implement risk assessments. By utilizing digital monitoring systems and intelligent devices, we aim to enhance management capabilities, promote healthy industry development, and facilitate high-quality development of the water conservancy industry.

## Keywords

water conservancy engineering; Construction process; Quality Control; security management

# 水利工程施工过程中的质量控制与安全管理研究

毕生<sup>1</sup> 张晓华<sup>2</sup>

1. 水利部建设管理与质量安全中心, 中国·北京 100038

2. 中国南水北调集团新能源投资有限公司, 中国·北京 100073

## 摘要

水利工程作为国家基础设施的重要部分, 其质量和安全影响社会经济发展和人民生命财产安全。随着经济和社会进步, 水利工程建设规模扩大且复杂性增加, 但质量问题和安全事故频发。本研究探讨施工过程中的质量控制与安全管理现状, 分析主要问题及其影响因素, 并提出改进措施。通过国内外研究成果、实地调研数据及案例分析, 从自然环境、技术水平及人员素质等维度寻找原因。质量管理需规范材料检验、优化施工工艺并强化监督; 安全管理需加强培训、制定应急预案并实施风险评估。借助数字化监控系统和智能化设备提升管理水平, 推动行业健康发展, 促进水利事业高质量发展。

## 关键词

水利工程; 施工过程; 质量控制; 安全管理

## 1 引言

水利工程在国家基础设施建设中至关重要, 不仅有效调配水资源, 还在防洪减灾方面发挥关键作用。例如南水北调工程缓解了北方用水紧张, 三峡大坝成功抵御洪水并提供电力。然而, 施工过程中面临诸多挑战, 如恶劣环境和高技术要求。雅鲁藏布江水电站因高海拔、低气温导致设备运转困难, 建筑材料运输成本增加; 混凝土裂缝问题影响水库安全与寿命。因此, 质量控制与安全管理是核心环节。优质工程确保功能实现, 减少后期维修成本; 而早期工程因质量控

制不严需大量资金维护。施工现场存在高空作业、深基坑开挖等危险因素, 安全管理不到位易引发事故。加强质量控制与安全管理对水利工程施工意义重大。

## 2 施工现状分析

### 2.1 质量标准介绍

水利工程施工需严格遵循质量标准以确保安全与质量, 依据《水利水电工程施工质量检验与评定规程》(SL 176-2007)。混凝土浇筑要求原材料控制和强度等级 C30 以上, 定期测试抗压强度。钢筋绑扎、模板安装等环节也有具体要求。某大型水库项目通过第三方检测机构抽检关键节点。不同类型的工程有不同的标准, 如堤坝加固土方压实度需达 95% 以上, 需采用合适机械并按规定施工记录。严格的施

【作者简介】毕生 (1979-), 男, 中国河南洛阳人, 本科, 高级工程师, 从事水利工程质量管理研究。

工质量控制不仅能提高工程质量，还能减少后期维护成本，延长使用寿命。

## 2.2 安全管理概况

水利工程施工现场安全管理至关重要，依据《水利水电工程施工安全管理规定》（SL 721-2015），需建立健全安全生产责任制，明确各级管理人员职责，项目经理全面负责。施工单位制定详细的安全管理制度和操作规程，涵盖从入场教育到日常巡检各环节。例如，某水电站项目开工前进行一周安全培训。施工现场配备防护栏杆、安全网等设施，降低事故风险。近年来，随着安全管理措施完善，事故率逐年下降。实际施工中，还需定期排查隐患，及时整改，确保施工现场安全可控，为工程建设提供坚实保障。

## 3 存在问题探讨

### 3.1 工程质量问题

水利工程施工中，工程质量问题常困扰项目推进，材料方面，施工单位为节省成本选用劣质建材，如水泥标号不达标、钢筋强度不够等，导致整体质量下降和安全隐患，劣质材料引发的返工占30%。施工工艺上，未严格按设计要求操作，混凝土振捣不密实、模板安装不牢固等问题频发，降低建筑物承载力并增加后期维护成本。环境因素如多雨地区排水不当引发边坡失稳，地下水位变化致地基承载力下降，造成沉降变形，严重影响工程安全性和使用寿命。

### 3.2 安全隐患分析

水利工程施工现场存在高处坠落、触电和机械伤害等安全隐患，威胁施工人员生命安全和项目进展。高处坠落常见于大坝建设中的高空作业，脚手架不牢固或防护缺失易引发事故，某大型工程一个月内发生三起脚手架倒塌致五人受伤事件。触电事故因电气设备老化、漏电保护失效或违规接线引发，如某小型水电站老旧搅拌机漏电致一名电工身亡。机械伤害则由挖掘机、推土机等设备操作不当或缺乏检修引起，调查显示某些工地每年因机械故障或操作失误造成的伤亡占总伤亡人数的20%左右。

### 3.3 管理制度缺陷

水利工程管理制度缺陷制约项目质量和安全管理。部分施工单位部门职责不清，协调沟通困难，信息传递不畅，导致工作效率低下。如某水库建设项目中，技术与安全部门缺乏沟通，增加事故风险。奖惩制度不完善，优秀员工奖励不足，违规行为处罚力度不够，难以激发工作积极性和自觉性。监督管理体系存在漏洞，监督人员责任心不强、专业知识欠缺，检查流于形式，无法及时发现并整改施工现场的质量问题和安全隐患，给工程带来巨大风险<sup>[1]</sup>。

## 4 影响因素解析

### 4.1 自然环境影响

水利工程受自然环境影响复杂多样，气候、地质、风力和水文条件尤为关键。南方水库大坝建设中，雨季频繁降雨导致积水增加基坑排水难度，影响施工进度，长江流域部

分项目每年因暴雨停工20-30天。山区小型水电站地下溶洞密布，多次塌方需调整方案，增加成本延长工期。沿海防潮闸建造时，强风威胁设备安全及高空作业人员生命，塔吊等设备须停止工作。黄河上游河道治理工程中，洪水期水量巨大水流湍急，原有围堰被冲毁，工程中断数月直至重建更坚固围堰才继续施工。

### 4.2 技术水平限制

技术水平影响水利工程施工质量和效率。传统技术在现代大规模水利工程中暴露出不足，如混凝土浇筑模板支撑体系稳定性差，导致坝体裂缝。新技术虽能提高质量，但面临技术难题，如盾构技术在复杂地质条件下掘进困难，地质勘探不充分会导致刀盘磨损严重，影响进度。测量技术精度同样关键，传统方法在偏远山区或水域面积大的工程中难以满足要求，如湖泊堤坝加高加固时水准仪受干扰误差大。GPS-RTK技术虽逐渐应用，但在特殊环境下信号不稳定，仍无法提供可靠测量结果。

### 4.3 人员素质差异

人员素质差异对水利工程施工影响显著。管理人员专业能力参差，部分中小型项目为降低成本聘用经验不足者，导致现场混乱、效率低下，如某饮水工程因项目经理经验不足致停工。技术人员技能水平差异明显，经验丰富的工人能按规范操作，新手易出质量问题，低素质技术人员施工部位问题发生率高30%-40%。普通工人安全意识和操作技能不足，文化程度低、培训效果差，违规操作频发，如高边坡作业未按规定佩戴防护装备，混凝土振捣不密实等问题直接影响施工质量与安全<sup>[2]</sup>。

## 5 质量控制措施

### 5.1 材料检验规范

水利工程施工中，材料质量关乎工程成败，严格执行检验规范至关重要。进场材料需附出厂合格证和质量保证书。以混凝土施工为例，水泥的强度等级、凝结时间等需严格检测，每批次抽取不少于20公斤进行测试。砂石骨料的重点检测项目包括颗粒级配、含泥量及有害物质含量，砂子细度模数应在2.3至3.0之间，粗骨料最大粒径不超过结构截面最小尺寸的四分之一。钢材尤其是钢筋，其屈服强度、抗拉强度和伸长率必须符合设计要求。发现不合格材料坚决退场，并做好记录以便追溯。

### 5.2 施工工艺优化

为提高水利工程质量，优化施工工艺至关重要。土方开挖中，采用GPS定位与激光测距仪结合，提高了开挖精度，减少人工干预和成本。混凝土浇筑环节推广泵送混凝土技术，提升效率并避免离析问题。模板工程中，传统木模板被新型塑料或铝合金模板取代，减轻重量、增加强度、缩短工期。大体积混凝土施工时，设置冷却水管系统控制内部温度应力，防止裂缝。砌体施工方面，推广薄灰缝砌筑法，节约砂浆并增强墙体整体性。通过这些措施，有效提升了水利工程的施工质量和效率。

### 5.3 过程监督强化

加强过程监督是确保水利工程质量的关键，需建立完善的质量管理体系，明确职责并严格执行操作规程。定期开展每月全面检查和每周专项检查，及时发现问题并解决。隐蔽工程施工实行旁站监理制度，确保验收合格后进入下道工序。利用现代信息技术如摄像头、传感器和手机 APP 实现施工现场实时监控，管理人员可迅速反应。大数据分析工具挖掘历史数据找出潜在风险，针对基础沉降问题增加观测点密度、延长观测周期等措施，有效提升施工质量<sup>[1]</sup>。

## 6 安全管理策略

### 6.1 安全培训加强

在水利工程施工中，安全培训是提升安全管理的重要环节。通过系统化的培训，施工人员能掌握安全规章制度和操作技能。例如，某大型水利工程引入专门培训机构，为不同工种制定详细计划，高空作业人员需学习防护知识并熟练使用安全设备，使事故率降低约 30%。定期培训也不可或缺，每月组织全员参与课程，内容包括最新标准、案例分析等，采用讲座、演示、视频等形式提高效果。某水利枢纽项目播放安全事故视频，增强员工的安全意识。此外，针对复杂自然环境如洪水、泥石流等，施工人员需学习搭建避难场所、疏散人员和保护设备的知识，并进行实际演练，确保紧急情况下迅速反应。

### 6.2 应急预案制定

应急预案是水利工程安全管理的关键部分，提供应对突发状况的行动指南。完善的预案需识别和评估潜在风险，并制定相应处置措施。例如，地震多发区的大坝建设项目需明确人员疏散路线、避难地点及重要设施保护等措施。此外，预案还需明确各部门职责分工，如工程管理部门指挥疏散、后勤保障部门提供物资支持、医疗救护部门救治伤员。为确保预案有效性，定期演练不可或缺，通过模拟洪水溃坝、设备故障等情况发现不足并改进。例如，某水库加固项目每季度进行一次全面演练，结束后总结分析，调整疏散路线、增加应急物资储备，使预案更贴近实际，提升突发事件应对能力。

### 6.3 风险评估实施

风险评估在水利工程施工安全管理中至关重要，需全面识别内外部因素如地质、气象和周边环境。山区水库建设发现滑坡隐患，暴雨可能引发洪水、泥石流，需分析降雨数据预测极端情况。施工中的高风险作业如爆破需详细评估炸药种类、爆破参数及安全距离。某水电站隧洞开挖时，技术人员不仅评估爆破安全性，还关注震动对围岩稳定性的影响，并采取优化措施避免事故。风险评估结果应转化为具体防范措施，根据风险等级制定相应安全措施。高风险区域需加大安全投入，如设置警示标志、配备监测设备。跨河桥梁建设中，桥墩施工位置水流湍急且地质复杂，施工单位增设实时水位和流速监测仪，加宽栈桥、增加救生设备，提高了

施工安全性。

## 7 先进技术应用

### 7.1 数字化监控系统

数字化监控系统在水利工程施工中广泛应用，集成多种传感器和数据采集设备，实时监测环境与结构变化。高精度位移传感器测量坝体微小位移，系统监控温度、湿度、风速等气象条件。某大型水利工程通过该平台实现 24 小时数据采集与分析，帮助管理人员迅速决策，优化进度和防护措施。视频监控记录施工过程，无人机获取全景图优化规划。物联网技术自动识别异常并发送警报，大数据分析预测极端天气，提前防范，提升施工安全性和质量控制水平，推动行业技术水平提升。

### 7.2 智能化施工设备

智能化施工设备在现代水利工程建设中发挥重要作用，如自动化挖掘机、智能混凝土搅拌机、3D 打印技术和智能起重机。自动化挖掘机配备定位和控制系统，可无人操作连续工作，提高效率并缩短工期约 20%。智能混凝土搅拌机通过 GPS 和远程监控优化运输路线，确保混凝土质量。3D 打印技术用于制造复杂形状的护坡砖块，减少材料浪费。智能起重机集成多种传感器，精确吊装桥梁构件，克服高空作业挑战。这些设备的应用加快了工程进度，提高了工程质量，为水利工程建设提供了强有力的技术支持。

## 8 结语

通过对水利工程施工中的质量控制与安全管理的深入研究，取得了一系列成果。在施工质量方面，明确了材料检验、工艺优化和过程监督的重要性，并通过第三方检测制度提升工程质量，减少后期维护成本。在安全管理上，加强安全培训和应急预案，提高了应对突发事件的能力，如山区水电站成功应对泥石流事件。引入数字化监控和智能设备，提升了施工效率，如无人机测量和智能传感器的应用。展望未来，水利工程施工将向智能化、精细化发展，借助物联网和大数据构建智慧工地管理体系，同时推广绿色施工理念，注重环保与资源节约。解决专业人才短缺和跨部门协作问题，需改革教育体系，建立职业资格认证制度，并搭建信息共享平台。国际合作也将成为趋势，共同应对气候变化和跨境水资源开发挑战，实现互利共赢。

### 参考文献

- [1] 苗得伟.水利工程施工中的安全管理和质量控制[J].水上安全, 2024,(23):118-120.
- [2] 刘寿辉.探析水利工程施工中的安全管理和质量控制[J].水上安全,2023,(13):158-160.
- [3] 马占友,白磊,张济邦.水利工程施工中的安全管理和质量控制[C]//《施工技术》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司.2022年全国土木工程施工技术交流会论文集(下册).云南建投第一水利水电建设有限公司,2022:3.