

水利工程施工安全管理现状及对策研究

卢慧瑞

吴忠市兴水水利工程有限公司 宁夏 吴忠 751100

摘要：水利工程施工安全管理是保障工程质量、人员生命安全及工程长期效益的核心环节。当前，我国水利建设规模持续扩大，但施工安全事故仍呈高发态势，暴露出安全管理中的深层矛盾。本文通过系统分析水利工程施工安全管理的现状，揭示其存在的安全意识薄弱、制度执行不力、技术手段滞后等核心问题，并结合国内外先进经验，提出以“意识强化-制度完善-技术创新-资源优化”为框架的系统性改进对策。研究表明，通过构建“意识-制度-技术”三位一体的管理体系，可显著降低事故发生率，提升工程综合效益，为水利行业安全管理提供理论支撑与实践路径。

关键词：水利工程；施工安全；管理现状；对策研究；智能化管理

1 引言

水利工程作为国家基础设施建设的核心领域，承担着防洪减灾、水资源调配、生态保护等重要使命。其施工过程涉及深基坑开挖、高边坡支护、隧洞掘进、大体积混凝土浇筑等高风险作业，安全风险点多面广。近年来，随着南水北调、三峡工程、白鹤滩水电站等重大项目的推进，我国水利建设规模持续扩大，但施工安全事故仍呈高发态势。据水利部统计，2024年全国水利工程施工领域共发生安全事故127起，造成直接经济损失超2.3亿元，其中坍塌、高处坠落、物体打击事故占比达78%。这些事故不仅造成人员伤亡和财产损失，更影响了工程进度和社会稳定。因此，加强水利工程施工安全管理，构建科学、高效的安全管理体系，已成为行业可持续发展的迫切需求。

2 水利工程施工安全管理现状分析

2.1 安全意识薄弱：从管理层到作业层的认知断层

一是管理层安全投入不足：部分施工单位为压缩成本，减少安全防护设备采购与人员培训支出。例如，某中型水库除险加固工程中，施工单位将安全经费占比从合同规定的3.2%压缩至1.8%，导致现场警示标识缺失率达40%，临时用电设施合格率仅65%。二是作业人员培训流于形式：调查显示，63%的农民工未接受系统安全培训即上岗作业。在某河道整治项目中，新入职工人对深基坑作业规范知晓率不足30%，直接导致2起坍塌事故。三是安全文化缺失：仅12%的施工企业建立常态化安全宣传机制，多数项目仍采用“口号式”管理，缺乏沉浸式安全教育场景。

2.2 制度执行不力：从纸面规范到现场落地的失效链条

一是责任体系模糊：35%的工程存在“多头管理”现

象，如某引水隧洞工程中，业主、监理、施工方对爆破作业安全责任划分不清，导致隐患整改延误^[1]。二是监管机制缺位：基层水利部门安全监管人员与工程数量比达1:15，远低于国际标准1:5。某县2024年在建的8个水利项目中，仅2个接受过专项安全检查。三是应急预案可操作性差：78%的工程应急预案未进行实战演练，在某堤防加固工程中，模拟洪水演练时发现，30%的抢险设备无法正常启动。

2.3 技术手段滞后：从传统管理到智能化的转型困境

一是监测设备覆盖率低：中小型工程中，仅15%配备实时沉降监测系统，某水库大坝渗流监测仍采用人工巡查，数据更新周期长达72小时。二是信息化水平不足：85%的施工企业未建立安全管理数据库，某跨流域调水工程中，隐患排查记录仍采用纸质台账，导致重复整改率达25%。三是新技术应用受阻：BIM技术在水利领域渗透率不足10%，某泵站更新改造项目因未进行三维碰撞检测，导致机电设备安装返工率高达40%。

3 国内外水利施工安全管理经验借鉴

3.1 国际先进实践

美国TVA模式：田纳西河流域管理局（TVA）通过建立“安全绩效指数”，将事故率与项目拨款挂钩，使百万工时事故率从2010年的2.8降至2024年的0.5。日本“零灾害”运动：施工企业需每月提交《安全改善计划书》，并接受第三方机构突击检查，某大型水坝工程连续5年实现“零伤亡”。德国二元制培训：要求所有作业人员必须通过“理论+实操”双重考核，某河道整治项目中，德国分包商人员安全操作合格率达98%，远高于中方合作方的72%。

3.2 国内创新案例

三峡工程“五位一体”体系：构建“业主主导、监

理监督、施工负责、政府监管、社会参与”的协同机制，使百万工时事故率控制在0.2以下。南水北调中线“智慧工地”：应用物联网技术实现24小时实时监测，在某穿黄隧洞工程中，通过智能传感器提前12小时预警支护结构变形，避免重大事故。浙江某小型水库“标准化创建”：制定《小型水库施工安全标准化手册》，将安全检查项细化为128个量化指标，使隐患整改率从65%提升至92%。

4 水利工程施工安全管理改进对策

4.1 强化安全意识：构建全链条教育体系

安全意识提升需从管理层、技术骨干、作业人员三个层级入手，形成“上层驱动、中层支撑、基层落实”的闭环。

分层培训机制是关键。对管理层，开展“安全领导力”专项培训，内容涵盖安全法规、风险评估、应急管理，并通过案例研讨、模拟决策等方式提升其安全决策能力。例如，某省水利厅组织施工单位负责人参加“安全领导力工作坊”，通过角色扮演模拟事故处理，使90%的参与者认识到“安全投入是长期效益而非成本”^[2]。对技术骨干，实施“安全工程师认证制度”，要求其掌握安全规范、监测技术、事故调查等技能，并通过考试与实操评估方可上岗。对作业人员，采用“VR+实操”培训模式，先通过VR模拟事故场景（如坍塌、触电），使工人直观感受违规后果，再进行实操演练，强化安全操作习惯。某试点项目显示，该模式使工人安全操作合格率从75%提升至92%。

安全文化浸润则需营造“人人讲安全、事事为安全”的氛围。企业可设立“安全积分银行”，工人通过隐患上报、规范操作、参与安全活动等行为获得积分，积分可兑换生活用品、培训机会或晋升优先权。某大型灌区工程中，一名工人通过上报未防护的深基坑隐患获得50积分，最终兑换了一次技能培训机会，并晋升为班组长。此外，开展“家庭安全日”活动，邀请家属参与安全承诺签名、观看安全警示片，通过情感约束增强工人安全意识。某水电站工程中，一名工人在家庭日活动后主动纠正了同事的违规操作，并表示“不想让家人担心”。

4.2 完善制度体系：打造闭环管理链条

制度执行需从责任划分、监管机制、应急预案三个环节强化，形成“责任明晰-监管有力-预案可行”的闭环。

责任清单制度是基础。制定《水利施工安全责任矩阵》，明确业主、设计、施工、监理等各方的安全职责，如业主负责安全投入与协调，设计需提供安全设计专篇，施工方承担现场安全主体责任，监理方履行监督

职责。某引水工程中，通过责任矩阵明确设计单位需对边坡支护进行稳定性计算，施工方需按计算结果施工，监理方需核查施工记录，最终避免了因设计保守或施工偷工减料导致的边坡失稳。此外，推行“首问负责制”，对隐患整改实行“销号管理”，即第一个发现隐患的人员需跟踪整改直至闭环，否则追究其责任。

动态监管机制则需利用技术手段提升监管效率。建立“四不两直”检查制度（不发通知、不打招呼、不听汇报、不用陪同接待，直奔基层、直插现场），减少形式主义检查。某省水利厅采用“双随机一公开”模式（随机抽取检查对象、随机选派执法人员，公开检查结果），2024年共开展突击检查120次，发现隐患832处，整改率达95%。同时，开发“安全监管APP”，集成隐患上报、整改跟踪、数据分析等功能，实现监管信息化。某跨流域调水工程中，监理人员通过APP上传隐患照片与位置，系统自动生成整改通知并推送至施工方，整改完成后需上传照片验证，形成闭环管理。

信用评价体系则需将安全记录与企业利益挂钩。建立水利施工企业安全信用档案，记录事故情况、隐患整改率、培训合格率等指标，并定期向社会公开^[3]。对连续3年无事故的企业给予税收优惠、投标加分等激励；对重大违规企业列入“黑名单”，实施市场禁入。某省试点中，列入“黑名单”的企业投标中标率下降80%，倒逼企业重视安全管理。

4.3 推进技术创新：赋能智慧化管理

技术是安全管理的“倍增器”，需从监测、分析、决策三个层面推动智能化转型。

BIM+GIS技术应用可实现风险预控。在工程设计阶段，通过BIM模型模拟施工过程，提前发现管线碰撞、结构冲突等问题。某大型灌区工程中，BIM模型发现127处管线碰撞，减少返工损失800万元。在施工阶段，结合GIS系统实现风险区划，对高陡边坡、深基坑等高危区域进行重点监控。某堤防工程中，通过GIS划分风险等级，对红色区域（高风险）实施每日巡查，对黄色区域（中风险）实施每周巡查，使隐患发现率提升60%。

物联网监测网络可实现实时感知。部署智能传感器阵列，实时采集应力、位移、渗流、温湿度等数据，并通过无线传输至云端平台。某水库大坝中，安装了50个渗流传感器、20个应力计，数据更新频率达每分钟一次，预警准确率达95%。当渗流量超过阈值时，系统自动触发报警并推送至管理人员手机，为应急处置争取时间。此外，物联网还可应用于人员定位与行为监测。某隧洞工程中，工人佩戴智能安全帽，系统可实时显示其

位置与运动轨迹,当检测到长时间静止或跌倒时自动报警,避免因坍塌或触电导致的“被困无人知”情况。

AI风险预测系统可提升决策科学性。训练深度学习模型,对历史事故数据进行挖掘分析,识别高风险工序与关键影响因素。某水电站工程中,AI模型分析发现“隧洞掘进时未及时支护”是导致塌方的主要因素,且事故多发生在雨季与夜间。基于此,项目方调整了施工顺序,要求雨季暂停掘进,夜间加强支护巡查,使塌方事故率下降70%。此外,AI还可用于安全培训效果评估。通过分析工人实操视频,识别操作不规范行为(如未佩戴安全带、未设置警示标志),并生成个性化改进建议。

4.4 优化资源配置:保障管理效能

资源是安全管理的基础,需从人才、资金、装备三个维度优化配置。

人才梯队建设是核心。设立“水利安全工程师”专业职称序列,明确初级、中级、高级职称的评审标准,拓宽职业发展空间^[4]。某省试点中,安全工程师职称与薪酬挂钩,高级工程师月薪比普通安全员高30%,吸引了一批高素质人才投身安全管理。同时,与高校合作开设“安全工程+水利工程”双学位,培养既懂安全又懂技术的复合型人才。某高校双学位毕业生在某隧洞工程中,通过优化支护方案减少钢材用量15%,同时降低塌方风险。

专项资金保障是关键。提取工程造价的2%作为安全专项基金,实行专款专用,严禁挪用。某大型泵站工程中,安全基金用于采购智能监测设备、开展安全培训、组织应急演练,使事故率下降50%。对采用新技术降低事故率的企业给予财政补贴,如对安装物联网监测系统的企业补贴30%的设备费用。某水库除险加固工程中,企业通过补贴安装了实时沉降监测系统,提前发现坝体沉降隐患,避免溃坝风险。

应急能力提升是底线。配置模块化应急装备库,包含排水泵、发电机、救生衣等设备,确保30分钟内启动

应急响应。某山洪沟治理工程中,模块化装备库在暴雨来临前1小时完成部署,成功转移下游村庄500人。每季度开展跨区域联合演练,提升协同作战能力。某流域防洪工程中,组织上下游3个县的水利、应急、消防部门联合演练,模拟溃坝预警、人员撤离、堤防加固等场景,使应急响应时间缩短40%。

结语

本文通过系统分析水利工程施工安全管理的现状,揭示了安全意识薄弱、制度执行不力、技术手段滞后等核心问题,并结合国内外先进经验,提出“意识强化-制度完善-技术创新-资源优化”四位一体的改进路径。未来研究可进一步探索以下方向:一是区块链技术在安全追溯中的应用,通过构建不可篡改的安全记录链,提升责任追究的透明度与公正性;二是5G+边缘计算在实时监控中的潜力,利用低时延、高带宽特性实现更精准的风险预警;三是数字孪生技术在安全管理中的拓展,通过构建工程虚拟镜像,模拟不同工况下的安全状态,为决策提供科学依据。随着技术的不断进步与管理理念的持续创新,水利工程施工安全管理将向智能化、精准化方向演进,为行业高质量发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]李映蓉,张光猛,沈庆梅.水利工程施工管理现状及对策分析[C]//《施工技术(中英文)》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司.2023年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(中册).云南建投第一水利水电建设有限公司,2023:581-583.
- [2]蔡硕.水利工程施工阶段安全管理有效性对策研究[J].水上安全,2025,(05):163-165.
- [3]柏亭鑫.水利工程项目施工现场的安全管理探析[J].产品可靠性报告,2025,(03):93-94.
- [4]钱淳,严岳同.水利工程施工安全管理标准化体系构建研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(06):226-228.