

# 水利工程施工安全风险识别与防控机制研究

冯世迁

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

**摘要:** 水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,其施工过程具有周期长、环境复杂、作业面广、技术难度高等特点,安全风险因素交织叠加,极易引发安全事故。本文基于系统安全理论和风险管理原理,深入剖析水利工程施工过程中存在的主要安全风险类型及其成因,构建“全过程、全要素、全员参与”的安全风险识别体系,并在此基础上提出以“风险分级管控”和“隐患排查治理”双重预防机制为核心的综合防控策略。通过引入BIM、物联网、大数据等智能技术,探索构建数字化、智能化的安全风险动态监控与预警平台,旨在提升水利工程施工安全管理水平,保障人员生命财产安全与工程顺利实施。研究结果对完善我国水利工程施工安全管理体系、推动行业高质量发展具有重要的理论价值与实践意义。

**关键词:** 水利工程; 施工安全; 风险识别; 风险防控; 双重预防机制; 智能监控

## 引言

水利工程建设是保障国家水安全、支撑经济社会可持续发展的基石。近年来,随着南水北调、重大水库枢纽、大型灌区改造等一大批重点水利工程相继上马,我国水利建设投资规模持续扩大,施工强度显著增强。然而,由于水利工程多位于偏远山区、河谷地带或地质条件复杂的区域,施工环境恶劣,加之高边坡开挖、深基坑支护、大型隧洞掘进、高坝浇筑等高危作业频繁,导致安全风险高度集中。据统计,近五年全国水利行业年均发生较大及以上生产安全事故十余起,造成重大人员伤亡和经济损失,暴露出当前水利工程施工安全管理仍存在诸多短板。传统的安全管理模式多侧重于事后处理和经验判断,缺乏系统性、前瞻性的风险识别与主动防控能力。在新时代高质量发展要求下,亟需构建一套科学、高效、可操作的安全风险识别与防控机制。

## 1 水利工程施工安全风险特征与类型分析

### 1.1 水利工程施工安全风险的主要特征

水利工程施工安全风险相较于一般土木工程,呈现出以下显著特征:一是环境依赖性强:工程受地形、地质、水文、气象等自然条件影响极大。如暴雨、洪水、泥石流、地震等地质灾害可直接诱发安全事故<sup>[1]</sup>。二是作业空间立体交叉:施工常涉及高空(如大坝廊道、塔吊)、地下(如隧洞、竖井)、水下(如围堰、导流)等多维空间,且各工序交叉作业频繁,风险相互叠加。三是大型设备与特种作业密集:广泛使用大型起重机械、压力容器、爆破器材等,特种作业(如焊接、爆破、高处作业)比例高,管理难度大。四是施工周期长、人员流动性大:项目周期动辄数年,施工队伍更

频繁,安全教育培训难以持续有效,人的不安全行为成为主要风险源。

### 1.2 主要安全风险类型识别

水利工程施工安全风险可划分为多种类型。自然环境风险突出,复杂地质构造易引发滑坡等灾害,高山峡谷地区高边坡开挖等施工时风险更甚;水文气象条件威胁大,超标洪水等可能造成灾难性后果。工程技术与施工工艺有风险,高边坡失稳坍塌、深基坑垮塌等是典型技术性风险,大体积混凝土浇筑温度应力控制不当会削弱结构长期安全性能。机械设备与临时设施风险也不容小觑,大型起重机械倾覆、施工用电触电等,多由物的不安全状态引发。但归根结底,人的不安全行为与管理缺陷是事故深层根源。管理层抢工期违章指挥、作业人员冒险作业、安全投入被压缩、应急预案形同虚设、总包单位对分包队伍“以包代管”等,共同构成系统性管理漏洞,给水利工程施工安全带来极大隐患。

## 2 水利工程施工安全风险识别体系构建

### 2.1 “全过程”覆盖

有效的风险识别必须打破阶段壁垒,实现对工程全生命周期的无缝覆盖。在前期策划阶段,应通过可行性研究与初步设计,对项目选址的地质灾害易发性、区域水文特征及拟采用施工方案的内在安全风险进行宏观预判,将安全考量前置化。进入施工准备阶段,则需开展详尽的现场踏勘,精准识别场地内部及周边环境的具体风险点,并严格审查施工组织设计及各类专项施工方案中所制定的安全技术措施是否充分、可行。施工实施阶段无疑是风险识别的核心战场,必须建立起常态化的动态识别机制,将风险辨识融入每日班前安全交底、每周

例行检查、每月综合排查以及针对汛期、冬季等特殊时段的专项检查之中，确保对不断变化的作业活动、设备状态及环境条件进行实时跟踪<sup>[2]</sup>。直至工程竣工验收与运维移交阶段，仍需系统梳理并识别可能遗留的安全隐患，确保完整的安全信息档案随工程一并移交，为后续运行安全奠定基础。

## 2.2 “全要素”整合

风险识别不能仅关注孤立的危险源，而应运用系统工程的整体观，将人、机、料、法、环五大生产要素有机整合，进行全面审视。人的因素涵盖作业人员的专业资质、技能熟练度、身体与心理状态，以及其日常表现出的安全行为习惯；机的因素则聚焦于各类施工设备与设施的本质安全水平、日常维护保养状况及其安全防护装置的有效性；料的因素涉及建筑材料的质量合规性，以及易燃易爆、有毒有害等危险物料的存储、运输与使用安全；法的因素指向施工所依据的工艺流程、技术方案、操作规程及各项安全管理制度本身的科学性、合规性与现场执行力；环的因素则是一个综合概念，既包括物理环境如照明、噪声、粉尘浓度，也包括化学环境如有害气体聚集，乃至更广泛的自然与社会环境。唯有将这五大要素置于一个统一的分析框架下，才能避免风险识别的碎片化，真正把握风险产生的系统性根源。

## 2.3 “全员参与”机制

改变过去将安全视为专职安全员单一职责的局限思维，关键在于建立一种自上而下的全员安全责任文化。企业最高管理层需承担起提供必要资源、设定清晰安全目标及营造积极安全文化的领导责任；工程技术人员则应在方案设计与技术交底环节，主动融入安全设计理念，从源头上消除或削减风险；作为连接管理与作业的桥梁，班组长是风险识别的第一道防线，其职责在于通过班前会等形式，向班组成员清晰告知当日作业风险，并在过程中进行有效监督；而一线作业人员作为风险的直接面对者，应被充分赋权，鼓励其通过“隐患随手拍”、安全建议箱等便捷渠道，主动报告身边观察到的任何不安全状态或行为。这种全员参与的机制，能够将风险识别的触角延伸至工程的每一个角落，形成一张无死角的安全防护网络。

## 2.4 风险识别方法应用

为提升风险识别的科学性与效率，应摒弃单一的经验主义，转而综合运用多种成熟的定性与定量分析工具。工作危害分析（JHA）通过对具体作业活动进行步骤分解，逐一审视每个环节可能潜藏的危害，适用于常规作业的风险梳理；安全检查表（SCL）则针对特定设备或

场所，依据法规标准预先制定标准化的检查项目清单，能有效防止检查过程中的遗漏；对于项目早期或战略性决策，预先危险性分析（PHA）可帮助管理者快速锁定潜在的重大危险源；当需要深入探究某一特定事故模式的所有可能成因时，故障树分析（FTA）以其严谨的逻辑演绎能力，能够逆向追溯出导致顶上事件发生的全部基本事件组合；而对于涉及多学科、高复杂度的新型或模糊风险，则可借助专家调查法（如德尔菲法），通过多轮匿名征询与反馈，凝聚专家共识，形成权威的风险研判结论。

## 3 水利工程施工安全风险综合防控机制

### 3.1 构建“双重预防机制”

“双重预防机制”——即安全风险分级管控与事故隐患排查治理，构成了现代安全管理的核心支柱。在风险分级管控方面，首先需对已识别的风险点进行科学评估，通常采用风险矩阵法（L·S法），综合考量事故发生的可能性（L）与后果的严重性（S），从而将其量化或半量化地划分为重大、较大、一般和低风险四个等级<sup>[3]</sup>。随后，依据风险等级实施差异化的管控策略：重大风险必须由企业主要负责人亲自挂帅督办，制定并落实专项管控方案，必要时采取停工整改措施；较大风险则由项目负责人或分管领导牵头，综合运用工程技术改进、管理流程优化及个体防护强化等多种手段进行控制；一般及低风险可由班组长或岗位员工负责日常监控与维护。同时，通过在现场设置风险四色分布图和岗位风险告知卡，将风险信息透明化，确保每位员工都能清晰认知自身所处环境的风险状况及应对之策。在事故隐患排查治理方面，需依据法律法规、技术标准及前述风险辨识成果，建立一份覆盖所有作业场所、设备设施及管理环节的隐患排查清单，并严格执行“排查—登记—评估—整改—验收—销号”的闭环管理流程。借助信息化平台，可实现隐患从发现、派单、整改到最终验证销号的全过程追踪，确保事事有回音、件件有着落。尤为重要的是，必须确立“重患必停”的铁律，对那些随时可能触发事故的重大隐患，必须立即停止相关区域的作业活动，迅速撤离人员，直至隐患被彻底根除，方能恢复施工。

### 3.2 强化安全管理体系与文化建设

制度是骨架，文化是灵魂。健全的安全管理体系是防控机制落地的保障。这要求企业不断完善以安全生产责任制为核心，涵盖安全技术交底、危险作业审批、应急管理在内的全套规章制度，并通过强有力的监督确保其不流于形式。与此同时，必须保证充足的安全投入，将资金切实用于购置合格的安全防护用品、开展高

质量的安全教育培训以及储备必要的应急救援物资,杜绝任何形式的挤占挪用。在安全培训方面,应超越传统的说教模式,积极引入VR/AR等沉浸式技术,让员工在模拟的真实险境中体验违规操作的可怕后果,从而大幅提升培训的震撼力与实效性<sup>[4]</sup>。更为根本的是,要致力于培育一种深入人心的安全文化,通过组织“安全生产月”、评选“安全之星”、征集“亲情安全寄语”等多元化活动,在潜移默化中将“安全第一”的理念内化为全体员工的自觉行动,真正实现从被动的“要我安全”向主动的“我要安全、我会安全”的深刻转变。

### 3.3 融合智能技术,打造智慧安监平台

面对传统人工巡检效率低下、覆盖面有限的瓶颈,水利工程施工安全管理亟需拥抱数字化浪潮,构建以智能技术为驱动的智慧安监平台。该平台可首先依托BIM(建筑信息模型)与GIS(地理信息系统)技术,构建工程的数字孪生体。在集成地质、水文、地下管线等多维信息的BIM模型中进行4D/5D施工模拟,能够前瞻性地发现工序冲突与空间布局风险;结合GIS对区域山洪、滑坡等地质灾害进行宏观监测与预警,则可为整个工地提供外围安全屏障。其次,通过在高边坡、深基坑、大坝等关键结构部位广泛布设位移、应力、渗流等物联网传感器,可实现对工程结构健康状态的7×24小时不间断在线监测,数据异常可即时触发预警。同时,为人员、车辆及重要设备配备UWB或北斗定位标签,能实时掌握其精确位置,有效防止误入高危禁区。再次,利用部署于工地各处的高清摄像头,结合AI视频智能分析算法,可自动识别未佩戴安全帽、未系挂安全带、违规闯入限制区域乃至烟火等不安全行为与状态,并第一时间向管理人员推送告警信息。最终,所有来自BIM、物联网、视频监控、人员管理及外部气象预报等渠道的多源异构数据,

将在一个统一的大数据中心进行汇聚与融合。通过运用机器学习等先进算法,平台不仅能对当前风险进行可视化展示,更能深度挖掘风险因子间的内在关联,构建预测性模型,从而实现从被动的事后响应向主动的、基于数据的前瞻性预防的根本性转变,为管理者提供前所未有的科学决策支持。

## 4 结语

水利工程施工安全是系统工程。本文剖析其风险特征与类型,构建“全过程、全要素、全员参与”的动态风险识别体系,提出以双重预防机制为核心,融合BIM等前沿技术的综合防控策略。研究表明,先进管理理念与技术赋能结合,才能精准感知、评估、预警和处置复杂安全风险,筑牢安全防线。展望未来,随着人工智能等技术迭代成熟,水利工程施工安全管理将迈向“智慧安全”新纪元,数字孪生可构建实时交互虚拟空间进行风险仿真推演,人工智能能自主学习决策、优化防控方案。这一蓝图实现需政府、科研院校、工程企业等多方协同努力,如此才能不断接近“零事故”目标,为国家水网构建和经济社会高质量发展提供坚实安全保障。

## 参考文献

- [1]易兰,崔新军.水利工程施工安全风险控制策略研究[J].水上安全,2025,(21):191-193.
- [2]董贤强.水利工程施工管理中的安全风险识别与控制措施研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(27):40-42.
- [3]渠俊芳.水利工程施工管理中的安全风险识别与控制措施研究[C]//江西省工程师联合会.工程技术与新能源经济学术研讨会论文集.锡林郭勒盟苏尼特右旗水利事业发展中心;,2025:498-500.
- [4]李永昌.水利工程施工中的安全风险识别与控制措施研究[J].水上安全,2025,(09):107-109.