

水利工程施工安全风险预测方法与管控策略

常飞飞 武翔

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

【摘要】：水利工程施工环境复杂、工艺多样，安全风险往往隐蔽性强、危害程度高，做好安全管理直接关系到工程能否顺利推进。基于水利工程施工实际，本文梳理了施工安全风险的核心特征，明确了风险识别的基本原则、操作流程与主要类型，详细介绍了常用定性与定量风险预测方法的原理及其应用，并针对不同工程类型提出预测优化建议。在此基础上，构建了分阶段、分类型、智能化与应急管理相结合的全方位管控体系，以期水利工程施工安全管理提供实用参考，切实降低安全事故发生率。

【关键词】：水利工程；施工安全；风险预测；风险管控；施工工艺

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.048

引言

近年来，我国水利工程建设规模持续扩大，水库扩建、灌区改造、河道治理等项目全面推进，在水资源调配、防洪减灾、灌溉供水等方面发挥着重要作用。水利工程施工通常面临高空、水下、露天等复杂作业环境，涉及基坑开挖、混凝土浇筑、闸门安装等多种工艺，且易受地质条件、天气变化等自然因素影响。从实际情况看，部分工程仍存在安全管理缺位、风险预判不足等问题，导致坍塌、溺水、触电等事故时有发生，不仅造成人员伤亡与经济损失，也制约了施工进度。因此，深入研究风险预测方法、制定科学的管控策略，对于提升水利施工安全管理水平、保障工程有序推进至关重要。

1 水利工程施工安全风险的特点

水利工程施工环境特殊，安全风险也因此呈现出一些突出特点。水下、地下作业较多，风险隐患不容易被发现，可能形成长期的安全威胁。各施工工序之间衔接紧密，某一环节出现问题，往往会产生连锁反应，影响其他工序的正常推进。施工过程中，天气和地质条件变化带来的影响十分显著，暴雨、台风、高温、严寒以及滑坡、泥石流等灾害，都有可能突然发生，引发安全事故^[1]。此外，水利施工多为大型作业，涉及的人员和设备数量较多，一旦发生事故，极易造成群死群伤和重大经济损失，危害程度远超一般工程。

2 水利工程施工安全风险识别

2.1 风险识别原则与流程

风险识别是风险预测与管控的基础，需遵循四项核心原则。全面性要求覆盖施工全流程，不遗漏任何潜在风险；针对性需结合工程类型、环境特点，聚焦高风险工序；动态性要求随施工进度、环境变化更新识别结果；科学性强调采用合理方法，保证识别结果

准确。识别流程需规范有序，先收集地质勘察报告、施工设计方案等资料，全面掌握工程情况；再开展现场调研，实地查看场地、设备、人员操作状况；随后分类梳理风险，明确来源与表现；建立风险清单后，对风险进行初步评估、划分等级，为后续预测奠定基础^[2]。

2.2 核心风险类型及具体表现

结合水利施工实际，核心安全风险主要分为五类，各类风险具体表现差异明显，详细情况如表1所示。

表1 水利工程施工安全核心风险类型及具体表现

风险类型	具体表现
人员风险	操作人员安全意识薄弱、专业技能不足，存在违规操作行为。 管理人员安全监管缺位，对违规操作未及时制止纠正。
设备风险	施工设备老化严重，日常维护不及时。特种设备未按期检测，存在安全隐患。设备安装不规范，不符合施工安全要求。
环境风险	施工区域易发生滑坡、泥石流等地质灾害，受恶劣天气影响大。 施工场地狭窄，作业空间受限，周边环境复杂。
工艺与管 理风险	施工工艺不合理，安全管理制度不健全，应急预案不完善。安 全培训流于形式，未能切实提升人员安全素养。
其他风险	临时用电线路铺设不规范，存在触电隐患。消防安全设施不足， 火灾防控能力薄弱。水下作业防护不到位，易引发溺水事故。

各类风险之间相互关联，实际施工中应重点关注高风险类型，结合具体工程情况开展针对性识别，为风险预测和管控工作明确方向。

3 水利工程施工安全风险预测方法

3.1 风险预测方法分类与适用场景

水利工程施工安全风险预测方法主要包括定性预测、定量预测以及综合预测三类。定性预测主要依靠

经验判断,操作起来较为简便,适用于施工初期的风险识别和初步预测,能够较快排查出核心风险。定量预测则通过量化分析实现较为精准的预测,适合在复杂工程中开展多因素风险评估,为后续管控提供数据支撑。综合预测结合了前两者的优势,能够适配不同施工场景,提升预测结果的准确性。

施工准备阶段风险单一,可采用定性预测法^[3];施工阶段风险复杂,建议采用综合预测法;收尾阶段需排查遗留风险,可结合定性定量方法。

3.2 常用定性预测方法及应用

专家调查法是一种比较常用的定性方法,主要是邀请水利施工安全方面的专家,通过问卷、座谈等方式对风险发生的可能性和危害程度进行评估。这种方法不需要复杂的设备和大量计算,成本不高、效率较高,能够较快识别出核心风险,适合在施工初期用于初步预测,为后续更精准的预测打下基础。故障树分析法则是以某一重大安全事故作为顶事件,梳理出导致该事故发生的中间事件和基本事件,构建故障树,进而分析各因素对事故的影响程度。其逻辑清晰,能精准定位单一重大风险根源,适合基坑坍塌、溺水等专项事故预测^[4]。

3.3 常用定量预测方法及应用

层次分析法的基本思路是将风险因素划分为目标层、准则层和指标层,通过两两比较的方式确定各因素的权重,再结合评分标准对风险等级进行量化。该方法逻辑严谨,能够实现风险的量化分析,适合在多因素综合风险评估中使用,有助于明确管控的优先级。模糊综合评价法考虑到水利施工风险具有一定模糊性,通过建立模糊评价矩阵,结合权重计算得出综合评价结果。其适配复杂多因素预测场景,能解决风险评估中的模糊问题,是本文重点应用的方法。BP神经网络法基于大数据训练,构建模型建立风险因素与事故概率的映射关系,预测精度高,适合大型复杂工程长期预测,但需大量数据,操作难度和成本较高。

3.4 预测方法优化建议

在实际应用中,应根据水利工程的规模和复杂程度,有针对性地选择或优化预测方法。对于小型工程,工艺相对简单、风险类型较少,可以采用专家调查法结合故障树分析法,兼顾预测效率与针对性。对于大型复杂工程,风险种类多、各因素之间关联性强,建议采用层次分析法结合模糊综合评价法,以提升预测精度。如果工程具备较好的数据采集条件,还可以引入BP神经网络法,结合施工过程中的实时数据进行

模型训练,实现风险的智能化精准预测,提前对高风险环节作出预警^[5]。

4 水利工程施工安全风险管控策略

4.1 分阶段管控策略

(1) 施工准备阶段管控:施工准备阶段是防范安全风险的关键环节,需做好全方位管控工作。严格审核地质勘察报告、施工设计方案,重点核查安全技术措施的可行性,对不符合安全要求的内容及时提出修改意见,确保施工方案安全合规。开展全面的安全培训与考核,针对操作人员开展专业技能和安全操作培训,针对管理人员开展安全监管能力培训,考核合格后方可上岗作业。对所有施工设备进行全面检查、调试与标定,特种设备必须按规定按期检测,合格后方可投入使用,同时建立完善的设备维护台账,明确维护责任和周期^[6]。清理施工场地,排查周边环境风险,合理划分作业区域,设置明显的安全警示标志,完善临时用电、消防设施,确保施工场地安全有序。

(2) 施工过程阶段管控:施工过程阶段风险隐患最多,需强化全过程管控。加强现场巡查力度,安排专人负责日常巡查,及时发现和制止违规操作行为,定期开展安全交底和应急演练,提升人员安全意识和应急处置能力。安排专人负责设备日常维护,定期检查设备运行状态,及时处理设备故障,避免设备老化、故障引发安全事故。严格按照施工方案执行作业,重点管控基坑开挖、水下作业、高空作业等高危工序,做好过程监测,及时发现和处理施工中的安全隐患。建立天气、地质监测预警机制,安排专人关注天气变化和地质状况,暴雨、台风等恶劣天气立即暂停施工,组织人员排查地质灾害隐患,确保施工安全。定期检查脚手架、模板、临时用电线路等临时设施,及时整改不符合安全规范的问题,防范临时设施坍塌、触电等安全风险。

(3) 施工收尾阶段管控:施工进入收尾阶段后,各项收尾工作要落实到位,重点防范可能遗留的安全风险。施工设备应逐一清理、保养,按要求存放至指定位置,同时做好设备退场记录,为后续使用安全提供保障。施工废料要及时清理,尽量恢复场地原貌,对施工区域内可能存在的遗留安全隐患进行排查,尚未整改到位的要抓紧完成整改,确保不留安全死角。对工程收尾部位进行全面安全验收,组织专业人员开展验收工作,重点检查施工质量和安全隐患,验收合格后方可移交,确保工程交付后无安全风险。

4.2 分风险类型管控策略

针对不同类型的安全风险，需制定针对性的管控措施。人员风险管控需建立分层培训体系，新员工开展全面的岗前培训，老员工定期开展复训，强化安全意识教育，提升专业技能和安全操作水平。完善绩效考核机制，将安全操作情况纳入考核范围，落实岗位安全责任制，明确各岗位人员的安全职责，提升人员工作责任心。配备齐全的个人防护用品，明确使用要求，强制要求操作人员佩戴使用，防范人员安全风险。设备风险管控需建立设备全生命周期管理体系，定期开展设备维护、检测与标定，及时淘汰老化、不合格设备，选用符合安全标准的特种设备。加强设备操作人员培训，规范设备操作流程，严禁违规操作设备，确保设备安全运行。环境与工艺风险管控需建立环境监测预警系统，实时监测天气、地质变化，及时发布预警信息，采取针对性防护措施。优化施工工艺，针对高危工序制定专项安全方案，加强现场监测，及时发现并处理基坑沉降、边坡滑坡等隐患，确保施工工艺安全合规。

4.3 智能化管控手段应用

把智能化技术引入风险管控，正逐步成为水利工程施工安全管理的重要方向。通过无人机巡查、视频监控、传感器监测等智能设备的应用，可以对施工过程进行实时监控，帮助及时发现现场存在的安全隐患，减少人工巡查中容易出现的盲区和误差。在此基础上搭建安全管理信息化平台，将风险预测数据、隐患排查记录、设备运行信息等整合起来，实现对风险的动态掌握，方便管理人员随时了解施工安全状况，有针对性地制定管控措施。同时，利用大数据分析技术，对施工过程中的各类数据进行分析，挖掘风险变化规

律，提前预警高风险环节，提升风险管控的前瞻性和针对性，有效降低事故发生率。

4.4 应急管控策略

完善的应急管控体系，对于有效应对突发安全事故、减少事故损失具有重要意义。首先，应急预案要制定得细致可行，针对坍塌、溺水、触电等典型安全事故，明确应急组织机构、响应流程以及物资储备等内容，确保预案真正能用得上、可操作。其次，定期组织应急演练，模拟不同类型的突发事故场景，以此检验和提升应急组织机构的协调配合能力，以及现场人员的应急处置能力，确保一旦发生事故能够快速响应、科学处置。此外，应急物资也要配备充足，包括急救设备、抢险器材、应急照明等，定期检查应急物资的储备情况，及时补充和更新，确保事故发生后应急物资能正常使用，最大限度减少人员伤亡和经济损失。

5 结语

水利工程施工安全风险预测与管控是保障工程建设安全、高效推进的核心工作。水利工程施工风险具有隐蔽性、关联性、不确定性和高危害性的特点，需通过科学的风险识别方法，明确风险类型和具体表现，结合工程实际选择适配的风险预测方法，实现风险的精准预判。同时，从分阶段、分类型、智能化、应急管理四个维度构建完善的管控体系，落实各项管控措施，强化全过程安全管理，才能有效防范安全风险，降低事故发生率。未来，需结合智能建造、大数据等技术的发展，持续优化风险预测模型和管控策略，提升水利工程施工安全管理水平，为我国水利工程建设高质量发展提供安全保障。

参考文献：

- [1] 王文喜.导流施工技术在水利工程施工中的运用要点探研[J].水上安全,2024,(08):179-181.
- [2] 李健.信息技术在农田水利工程施工管理中的应用分析[J].农业工程技术,2024,44(11):53-54.
- [3] 钟兵.水利工程管理中存在的安全问题及改进策略[J].水上安全,2023,(16):178-180.
- [4] 邹忠严.水利工程质量监督中的问题识别与风险防范研究[J].水上安全,2023,(13):131-133.
- [5] 张可,张政,金伟.数据-知识融合的水利工程建设安全风险灰色因子分解机预测模型[J].水利水电技术(中英文),2024,55(01):134-143.
- [6] 周诗杰.大型工程施工安全隐患数据挖掘与危险源风险评价研究[D].天津大学,2023.