

水利工程施工中的风险管理与应对策略

柴易辰¹ 柴润水²

1. 水利部海委海河下游管理局独流减河进洪闸管理处 天津 300300

2. 天津市大清河管理中心 天津 300300

摘要: 水利工程施工风险多样且后果严重,涵盖自然、技术、管理、经济与社会等多方面。有效管理与应对至关重要。本文通过专家调查、故障树分析等方法识别风险,构建定量与定性评估模型划分风险等级。针对不同风险,采取规避(优化设计、调整计划)、减轻(技术与管理措施)、转移(保险与合同条款)、接受与应急管理(储备资源、演练与响应)等策略,保障工程顺利推进与安全实施。

关键词: 水利工程施工; 风险管理; 应对策略

引言: 水利工程是关乎国计民生的重要基础设施,在保障水资源合理利用、防灾减灾等方面意义重大。但水利工程施工周期长、涉及面广、环境复杂,会遭遇自然、技术、管理、经济等多重风险,任何一个环节出现问题都可能引发严重后果,影响工程进度、质量和安全。因此,系统开展水利工程施工风险管理,制定切实可行的应对策略,对确保工程顺利实施至关重要。

1 水利工程施工风险概述

1.1 水利工程定义与分类

水利工程是为控制、调配和利用自然界的地表水和地下水,以达到除害兴利目的而修建的工程设施,是保障水资源合理利用、防灾减灾的重要基础设施。(1)按功能分类:主要包括防洪工程(如堤坝、分洪闸等,用于抵御洪水侵袭)、灌溉工程(如渠道、泵站等,保障农业生产用水)、供水工程(含城市饮用水、工业用水输送设施)、发电工程(如水电站、水利枢纽发电系统),此外还有航运、水土保持、生态修复等功能型工程。(2)按工程规模分类:依据库容、灌溉面积、供水能力等指标,分为大型水利工程(如大型水库、跨流域调水工程)、中型水利工程(中等规模灌区、区域供水枢纽)、小型水利工程(小型塘坝、乡村灌溉渠道等)。

1.2 水利工程施工风险特征

复杂性: 工程多涉及水下作业、高空作业等复杂场景,受地形地貌、水文条件影响大,施工环节交织; **动态性:** 施工过程中水文、气象等环境因素实时变化,风险因素随施工进度动态演变; **系统性:** 风险并非孤立存在,某一环节的风险可能引发连锁反应,影响整个工程体系; **后果严重性:** 一旦发生风险事故,可能导致工程损毁、人员伤亡,还可能引发流域内洪水、生态破坏等次生灾害,经济损失与社会影响深远。

1.3 施工风险分类

(1) 自然风险: 地质灾害如滑坡、泥石流、断层活动等,易导致施工场地损毁、设备掩埋; 气象灾害如暴雨、台风、高温、严寒等,可能引发洪水、停工或人员中暑、冻伤。(2) 技术风险: 设计缺陷如结构受力计算错误、尺寸偏差等,可能导致工程质量不达标; 施工工艺不当如混凝土振捣不充分、防渗处理不到位等,易引发结构裂缝、渗漏等问题。(3) 管理风险: 人员操作失误如机械操作人员违规作业、高空作业未系安全带等,可能引发机械事故、坠落事故; 部门间协调不足如设计、施工、监理沟通不畅,可能导致施工与设计脱节,延误工期。(4) 经济风险: 资金短缺可能导致材料采购中断、工人工资拖欠,影响施工进度; 原材料价格上涨、人工成本增加等,可能导致项目成本超支,影响工程盈利。(5) 社会风险: 政策变动如环保标准提高、税收政策调整等,可能增加工程合规成本; 征地纠纷如当地居民对补偿不满、阻挠施工,可能导致工程停工^[1]。

2 水利工程施工风险识别与评估

2.1 风险识别方法

(1) 专家调查法: 通过组建多领域专家团队(如地质、水利、工程管理专家),以匿名问卷形式收集专家对施工风险的判断,经多轮反馈与汇总,逐步达成共识。该方法适用于缺乏历史数据、风险因素复杂的场景,能充分发挥专家经验,有效识别如地质灾害、技术工艺缺陷等潜在风险。(2) 故障树分析法: 以可能发生的风险事故(如坝体坍塌、隧洞突水)为顶事件,自上而下分解导致事故的直接原因与间接原因,构建逻辑树状图。通过分析各因素间的因果关系,明确风险触发路径,常用于识别机械故障、施工流程漏洞等引发的风险,便于针对性制定防控措施。(3) 层次分析法: 将复杂的风险

识别问题分层(目标层、准则层、因素层),通过两两比较确定各风险因素的相对重要性,量化权重。适用于多因素、多目标的风险识别,可清晰梳理出影响工程的关键风险,如在水库施工中,能区分地质风险、资金风险的优先级。(4)案例分析法:收集国内外类似水利工程的事例(如某水库溃坝、某隧洞坍塌事件),分析事故原因、过程与后果,对照当前工程的施工环境、技术方案,识别相似风险。该方法直观易懂,能快速发现共性风险,为风险防控提供实际参考。

2.2 风险评估模型构建

(1)定量评估:蒙特卡洛模拟通过设定风险因素(如降雨量、材料强度)的概率分布,多次随机抽样模拟施工过程,计算风险发生概率与损失程度的统计结果,适用于参数不确定性高的风险评估(如汛期施工洪水风险);模糊综合评价针对难以精确量化的风险因素(如施工人员安全意识、管理水平),通过建立模糊隶属度函数,将定性描述转化为定量指标,综合评判风险等级,常用于多因素耦合的复杂风险评估^[2]。(2)定性评估:风险矩阵法以风险发生概率(高、中、低)为横坐标,风险影响程度(严重、较大、一般、轻微)为纵坐标,构建矩阵表格,根据风险因素在矩阵中的位置确定风险等级,操作简便,适合施工前期快速风险评估;LEC法通过计算暴露于风险环境的频繁程度(L)、事故发生可能性(E)、事故后果严重程度(C)的乘积(风险值 $D=L \times E \times C$),划分风险等级,多用于施工人员安全风险(如高空作业、机械操作)的定性评估。

2.3 风险等级划分与优先级排序

(1)低风险、中风险、高风险、极高风险:低风险指风险发生概率低且影响程度轻微,对工程无显著影响(如小型材料损耗),无需专项管控;中风险指风险可能发生且影响局部施工(如短期工期延误),需制定常规防控措施;高风险指风险发生概率较高且影响工程质量或安全(如结构局部损坏),需专项监督与实时监测;极高风险指风险极易发生且可能引发重大事故(如坝体溃决、人员伤亡),需停工整改并制定应急方案。(2)基于风险值(RV)的排序方法:风险值(RV)通常通过“风险发生概率(P)×风险影响程度(I)”计算得出(部分模型引入风险可控性修正)。根据各风险因素的RV大小进行降序排列,RV越高的风险因素优先级越高,优先配置管控资源。例如,某水利工程中“坝基渗漏”的 $RV=0.8$ ($P=0.8, I=1.0$),“施工机械故障”的 $RV=0.3$ ($P=0.5, I=0.6$),则“坝基渗漏”需优先开展管控工作。

3 水利工程施工风险应对策略

3.1 风险规避策略

(1)优化设计方案:在工程设计阶段,通过详细的地质勘察,明确施工区域的地质条件,对存在滑坡、泥石流、断层破碎带等地质脆弱区的区域,优先调整工程线路或选址,从根本上规避地质灾害风险。例如,在水库大坝设计中,若勘察发现原选址区域存在深层软弱夹层,可能导致坝基失稳,设计单位需重新选址,选择地质结构稳定、承载力强的区域;对于引水隧洞工程,若原设计线路需穿越溶洞发育区,可优化隧洞走向,避开溶洞密集段,避免施工中出现洞室坍塌、突水突泥等事故。同时,设计方案还需结合水文条件优化结构设计,如提高堤坝防洪标准、优化溢洪道尺寸,规避洪水漫顶风险。(2)调整施工计划:根据施工区域的气象规律,合理规划施工时序,避开不利气候条件引发的风险。对于涉及土方开挖、基础施工的环节,若施工区域雨季降水集中,易引发基坑积水、边坡坍塌,需将此类作业调整至降水较少的旱季进行;在高温地区,夏季高温可能导致施工人员中暑、混凝土水化热过高引发裂缝,需调整施工时间(如采用“早出晚归”避开正午高温),或暂停高风险作业,待气温降低后再恢复施工。此外,针对汛期风险,需提前完成防洪度汛工程(如围堰加固、排水系统建设),在汛期来临前暂停水上作业,避免洪水对施工设备、人员造成威胁^[3]。

3.2 风险减轻策略

(1)技术措施:针对地质风险,在土方开挖、隧洞施工中,采用锚喷支护、钢支撑、锚索加固等方式,增强边坡或洞室围岩稳定性,降低坍塌风险;对于地基处理,通过换填垫层、强夯、高压喷射注浆等技术,改善地基承载力,避免基础沉降。针对渗漏风险,在坝体、渠道施工中,采用混凝土防渗墙、土工膜铺设、灌浆处理等工艺,增强工程防渗性能,减少渗漏量,防止因渗漏导致的结构损坏。同时,在混凝土施工中,采用温控措施(如通水冷却、掺加外加剂),降低水化热,减轻混凝土裂缝风险,保障工程质量。(2)管理措施:从人员管理角度,定期组织施工人员开展安全培训,涵盖高空作业、机械操作、触电防护等专项内容,通过案例教学、实操演练提升人员安全意识与应急技能,减少因操作失误引发的风险;建立“三级安全教育”制度,确保新进场人员全面掌握岗位风险与防控要点。从制度管理角度,完善应急预案体系,针对洪水、滑坡、触电、机械伤害等常见风险,制定专项应急预案,明确应急组织机构、响应流程、处置措施;加强施工现场安全巡查,建立风险隐患排查台账,对发现的问题及时整改,形成“排查-

整改-复查”的闭环管理,降低风险发生概率。

3.3 风险转移策略

(1) 保险机制:建设单位或施工单位需根据工程规模与风险特点,投保针对性保险。工程一切险可覆盖施工期间因自然灾害(如洪水、地震)、意外事故(如火灾、爆炸)导致的工程实体损坏、材料设备损失,以及为修复损失产生的费用;第三方责任险则保障施工过程中因意外事故对第三方人员伤亡、财产损失依法应承担的赔偿责任,如施工机械误伤周边居民、损坏公共设施等。通过投保,将部分经济风险转移给保险公司,减轻工程事故带来的财务压力,保障项目顺利推进。(2) 合同条款:在工程分包合同中,明确分包单位的风险责任,如将特定施工环节(如爆破作业、特种设备安装)的安全风险、质量风险通过合同约定转移给具备专业资质的分包单位,要求分包单位承担因自身原因引发的事故损失;在与材料供应商、设备租赁方的合同中,设置免责条款,如因供应商提供的材料质量不合格、设备故障导致的工程延误或事故,明确责任由供应商承担,自身不承担或减轻相关责任。通过合同条款的规范,清晰划分各方风险边界,将部分风险转移给合作方,降低自身风险暴露^[4]。

3.4 风险接受与应急管理

(1) 应急资源储备:建立应急物资储备库,储备防汛抢险物资(如沙袋、土工布、救生衣)、医疗救援物资(如急救药品、担架)、工程抢修物资(如钢材、水泥、水泵),并定期检查物资保质期、完好度,确保随时可用;储备应急设备,如应急发电机、抽水机、挖掘机、通信设备(对讲机、卫星电话),保障断电、断网等极端情况下的作业与通信需求;组建专业应急队伍,由施工技术人员、安全管理人员、医疗人员组成,或与当地应急救援部门、消防部门建立联动机制,确保风险发生时能快速调集人员开展救援。(2) 应急演练与响应机制:定期组织应急演

练,针对不同风险场景(如汛期洪水漫堤、边坡滑坡、人员落水)制定演练方案,明确演练流程、人员分工,通过实战化演练检验应急预案的可行性,提升应急队伍的协同处置能力,例如每年汛期前开展防汛抢险演练,模拟洪水来袭时的人员转移、堤坝加固、排水作业等环节。建立分级应急响应机制,根据风险事故的严重程度划分响应等级(如IV级、III级、II级、I级),明确不同等级下的启动条件、响应措施、指挥权限,如发生小型边坡滑塌时启动IV级响应,由项目应急小组组织抢修;发生大规模洪水时启动I级响应,上报当地政府及行业主管部门,联动多方力量开展救援,确保风险发生后能有序、高效处置,最大程度减少人员伤亡与财产损失。

结束语

在水利工程施工领域,风险管理是保障工程顺利推进的坚固盾牌。通过全面且细致的风险识别、精准的风险评估,我们为工程安全奠定了坚实基础。而多样化的应对策略,如合理规避、有效减轻、妥善转移风险,以及完备的应急预案,为施工筑起了多重防护网。展望未来,我们仍需紧跟时代步伐,不断革新风险管理方法与技术,以更从容的姿态应对新挑战,铸就更多优质水利精品工程。

参考文献

- [1]周秀芳.水利工程施工管理影响因素及应对策略[J].农业科技与信息,2022,(02):88-90.
- [2]刘良雄.试论水利工程监理的安全管理风险及应对策略[J].中国厨卫,2023,(04):90-92.
- [3]施江峰,黄桂平,姚斌,等.水利工程泵站建设中施工管理措施研究[J].水上安全,2024,(22):145-147.
- [4]陈丹丹,李海雷.水利工程安全风险管理与控制策略研究[J].治淮,2025,(03):94-96.