

# 水利工程施工中的风险管理与应对策略

陈 斌

鄄城县水库管理处 山东 菏泽 274000

**摘 要:** 水利工程因施工环境复杂、技术要求高、社会影响广泛,面临自然、技术、管理、环境及社会等多重风险。其风险管理需通过科学识别与评估,制定针对性策略:利用地质雷达、物联网等技术实时监测自然环境;采用BIM模拟优化设计方案,强化材料与工艺控制;完善项目管理体系,明确责任分工;建立应急预案,定期演练;加强法律合规审查,投保工程险转移风险。通过动态监控与持续改进,确保工程安全、质量和进度。

**关键词:** 水利工程施工; 风险管理; 应对策略

引言: 水利工程作为国家基础设施建设的重中之重,施工环境复杂多变,既面临江河湖海沿线恶劣自然条件的挑战,又需应对大规模技术集成与多主体协同管理的难题。一旦风险管理失当,极易引发工期延误、质量缺陷甚至安全事故,对民生保障与生态安全造成深远影响。因此,系统梳理水利工程施工风险特征,构建覆盖全生命周期的风险管控体系,通过科学识别、精准评估与动态应对,已成为提升工程韧性、保障建设目标顺利实现的关键路径。

## 1 水利工程施工风险概述

### 1.1 水利工程特点与风险特殊性

(1) 自然环境复杂: 水利工程多选址于江河湖海沿线,地质条件常涉及软土地基、岩溶地貌等不良情况,易引发地基塌陷等问题。水文方面受汛期水位暴涨、流量突变影响,可能冲毁围堰导致施工中断;气候上暴雨、高温、低温等极端天气,既会引发泥石流灾害,又会影响混凝土浇筑质量与强度。(2) 工程规模大、周期长、技术要求高: 项目往往需投入巨额人力物力,施工周期常达数年,跨越多季节与水文周期。技术上涵盖土方工程、混凝土浇筑、金属结构安装等多专业领域,对工艺精度要求严苛,如大坝碾压遍数需 $\geq 8$ 次,混凝土振捣半径需 $\leq 40\text{cm}$ ,任何环节疏漏都可能引发质量风险。(3) 社会影响广泛: 工程建设常涉及大规模移民安置,征地补偿标准若引发争议易激化矛盾。同时,施工过程中的植被破坏、水体污染等问题,直接关系生态保护成效,易引发公众舆论关注,对工程推进形成社会压力。

### 1.2 施工风险分类

(1) 自然风险: 包括洪水冲毁施工设施、地震破坏工程结构、泥石流掩埋作业现场等。此外,岩溶塌陷、边坡滑坡等地质灾害,以及高温导致的混凝土开裂、低温造成的材料受冻等,均属于典型自然风险。(2) 技术

风险: 设计缺陷多因前期勘察不足,导致现场条件与设计不符需频繁变更;施工工艺不当如灌浆不密实、土方填筑压实度不足等会埋下质量隐患;设备故障如混凝土泵管堵塞,可能导致浇筑中断形成冷缝。(3) 管理风险: 合同纠纷常源于各方权责界定不清;多参建单位间组织协调不畅易引发施工秩序混乱;人员素质不足表现为特种作业人员无证上岗、安全意识淡薄,违规操作易导致安全事故。(4) 经济风险: 资金短缺会直接导致材料供应中断与工期延误;建材价格波动可能大幅增加建设成本;环保、征地等政策调整,需追加投资以符合新要求。(5) 社会风险: 征地补偿标准争议易引发群体性事件;施工造成的生态破坏会触发环保投诉;公众对工程质量与安全的担忧,可能通过舆论发酵形成社会压力,影响工程正常施工秩序<sup>[1]</sup>。

## 2 水利工程中的风险识别与评估

### 2.1 风险识别方法

(1) 专家调查法(德尔菲法): 核心通过多轮匿名咨询凝聚共识,适用于复杂地质等信息模糊场景。需遴选水文、地质、施工等领域专家,首轮开放式征集风险点,如喀斯特地貌区的溶洞涌水风险;后续通过统计反馈逐步收敛意见,最终形成关键风险清单,可有效弥补单一视角的认知盲区。(2) 故障树分析法(FTA): 以具体事故为顶事件反向溯源,通过逻辑门构建风险关联图谱。例如以“隧洞坍塌”为顶事件,可拆解出“支护强度不足”“围岩失稳”等中间事件,进一步追溯至“锚杆质量缺陷”“勘察疏漏”等基本事件,清晰呈现风险链条,为靶向防控提供依据<sup>[2]</sup>。(3) 检查表法与工作分解结构(WBS-RBS): 将项目拆解为“子流程”与“风险类型”交叉分析。先按WBS拆分施工环节,如“导流明渠开挖→坝基处理→混凝土浇筑”;再结合RBS梳理技术、自然等风险类型,制定检查表逐项排查,如坝基处理阶段

需核查“软土地基沉降”风险，兼具系统性与实操性。

## 2.2 风险评估模型构建

(1) 定性评估：风险矩阵法：通过“发生概率-影响程度”二维交叉划分等级。概率划分为高、中、低三级，影响程度按损失大小分为重大、较大、一般，形成风险矩阵。例如“政策调整导致审批延期”概率为中、影响为严重，判定为高风险，可快速确定管控优先级，适用于信息不足的初期阶段。(2) 定量评估：蒙特卡洛模拟、模糊综合评价法：蒙特卡洛模拟通过万次随机抽样量化风险概率，如针对供应链中断，模拟计算“停工30天以上”的概率及损失金额；模糊综合评价法可处理“施工质量隐患”等模糊指标，通过隶属度函数转化为量化值，二者均能为精准决策提供数据支撑。

## 3 水利工程施工中的风险应对策略

### 3.1 风险规避策略

(1) 优化设计方案：核心通过前期精准勘察规避高风险区域，从源头消除隐患。在地质勘察阶段采用无人机航测与地质雷达联合探测，对岩溶发育区、活动断裂带等地质灾害高发区域进行精准定位，设计方案优先选择地形稳定、地质条件良好的路线。例如某水库大坝设计中，通过调整坝轴线避开3处溶洞密集区，将基础处理风险降低90%以上。对深基坑、高边坡等高危结构，采用数值模拟技术优化支护参数，避免因设计缺陷引发坍塌风险<sup>[3]</sup>。(2) 调整施工计划：以气象水文数据为依据，科学规划施工时序。建立与气象部门的实时联动机制，获取未来15天精准气象预报，将混凝土浇筑、土方填筑等关键工序安排在降水少、气温适宜的时段。如高桥镇高标准农田建设中，汛期前完成排水沟开挖与边坡加固，汛期暂停室外作业，将雨季施工中风险降至最低。对跨年度项目，制定分阶段施工计划，避开凌汛期、台风季等极端天气集中期，同时预留20%的工期缓冲量应对突发天气影响。

### 3.2 风险减轻策略

(1) 技术措施：材料选用上优先采用高强度、耐候性材料，如新疆大石峡水利枢纽坝体使用9000多节高强度抗震钢筋，配合土木格栅增强结构稳定性，将地震破坏风险降低60%。智能化监测系统实现风险实时预警，青岛官路水库部署的智慧建造系统，通过碾压传感器、含水率检测仪等设备，8秒内即可识别碾压超速等异常情况，同步推送预警信息至移动端，将质量隐患消除在萌芽状态。此外，创新应用“附加质量法”等检测技术，替代60%的传统人工坑检，提升坝体密度监测效率与精度。(2) 管理措施：建立分层级安全培训体系，对全员开展岗前

三级安全教育，特种作业人员需通过理论考核与实操演练双重认证方可上岗，每年组织不少于4次应急技能培训。完善应急预案体系，针对洪水、坍塌等不同风险类型制定专项预案，明确抢险流程与责任分工。如高桥镇项目成立防汛抗洪领导小组，组建抢险突击队，汛期前开展排水设施检查与防雷装置检测，暴雨来临时立即停止危险作业、切断电源，实现风险快速处置。同时建立“日巡查、周排查、月督查”制度，对发现的隐患实行“清单化+销号制”管理。

### 3.3 风险转移策略

(1) 工程保险：根据项目风险特点组合投保险种，建筑工程一切险覆盖自然灾害、意外事故导致的工程主体损坏，如洪水冲毁围堰、设备倾覆等损失；第三方责任险保障施工过程中对周边设施、人员造成的损害赔偿。投保前联合保险公司开展风险评估，明确保险责任范围与免赔额度，对高风险工序如深孔灌浆、高空吊装等追加保费提升保障力度。索赔环节建立资料留存机制，对施工日志、影像资料等进行区块链存证，确保事故发生后48小时内完成理赔材料提交。(2) 工程分包与合同条款设计：将专业度要求高的工序分包给具备相应资质的企业，如金属结构安装分包给拥有特种设备安装许可证的单位，明确分包商的安全质量责任。合同条款中设置风险分担条款，对物价波动采用“基准价+浮动调价”机制，约定钢材、水泥等主材价格波动超过5%时启动调价程序；对工期延误明确责任界定，因分包商施工失误导致的延误，扣除相应履约保证金。同时引入履约保函制度，要求参建单位提交合同总额10%的保函，降低违约风险<sup>[4]</sup>。

### 3.4 风险接受策略

(1) 预留风险准备金：按照项目总投资的5%-8%计提专项准备金，实行专款专用管理。准备金分为质量准备金、安全准备金与应急准备金三类，其中质量准备金用于后期缺陷修复，安全准备金保障应急抢险物资采购，应急准备金应对突发资金需求。建立准备金动态调整机制，根据风险评估结果，对高风险项目适当提高计提比例，如地震烈度8度以上区域项目，准备金比例提升至10%。实行季度核销制度，确保资金使用合规透明，避免挪用挤占。(2) 制定应急响应机制：构建“监测-预警-处置-恢复”全链条响应体系。监测环节布设360度无死角监控与上千个传感器，实现数据实时回传；预警分为蓝色、黄色、红色三级，对应启动不同响应措施，如红色预警时立即停工撤离人员。处置阶段组建专业抢险队伍，配备抽水泵、救生衣、应急发电设备等物资，如汛期突发洪水时，1小时内完成围堰加固与排水作业。恢复

阶段制定灾后重建方案,结合保险理赔快速补充物资设备,将工期延误控制在7天以内。同时每半年开展一次应急演练,提升团队协同处置能力。

#### 4 水利工程施工中的风险监控与动态管理

##### 4.1 风险监控体系构建

(1) 实时监测技术:依托物联网技术构建“感知神经末梢”网络,在坝体、边坡等关键部位部署碾压传感器、含水率检测仪等设备,实时采集压实度、浇筑温度等参数。如青岛官路水库通过传感器8秒内即可识别碾压机超速等异常,同步定位问题位置。无人机巡查则实现全域覆盖,搭配高清摄像头与红外热成像仪,每周2次排查边坡裂缝、渗漏点等隐患,数据传输效率提升60%。(2) 动态评估与预警机制:建立“数据采集-算法分析-分级预警”闭环,将监测数据与预设阈值对比,通过风险矩阵动态评估等级。预警分为蓝色(关注)、黄色(警示)、红色(紧急)三级,红色预警触发时,系统1分钟内推送信息至参建各方移动端,同步启动应急响应流程。例如某水库监测到坝体位移日增3mm,系统立即判定为红色预警,施工单位2小时内完成临时加固<sup>[5]</sup>。

##### 4.2 信息化管理平台应用

(1) BIM技术在风险管理中的集成应用:构建三维可视化模型,整合地质勘察、施工计划等数据,实现“数字孪生”管控。通过BIM与物联网联动,将实时监测数据映射至模型构件,如混凝土浇筑时,模型同步显示温度、振捣情况,异常区域自动标红。在深基坑施工中,借助BIM模拟边坡稳定性,提前调整开挖顺序,规避坍塌风险。各参建方通过模型共享信息,减少沟通成本40%。(2) 大数据分析 with 风险预测模型:平台集成历史项目数据与实时监测信息,运用机器学习算法预测风险。例如分析5年汛期数据,精准预测洪水发生概率与影响范围,指导提前加固围堰。针对设备故障,通过分析运行参数预测故障时点,将维修响应时间缩短至2小时内,设备故障率下降35%。

##### 4.3 持续改进机制

(1) PDCA循环在风险管理中的实践:计划阶段(P)制定风险管控方案,明确责任人;执行阶段(D)落实监测与应对措施,记录实施情况;检查阶段(C)每周复盘措施有效性,分析偏差原因;处理阶段(A)优化流程,将有效措施标准化。如某项目通过PDCA循环,发现灌浆监测频次不足问题,随即调整为每小时1次检测,隐患消除率提升50%。(2) 经验反馈与知识库建设:建立线上知识库,分类归档风险案例、应对方案等资料,附BIM模型、监测数据等附件。项目收尾后30日内完成经验总结,如将“汛期围堰加固技术”录入库中,标注适用工况与效果参数。通过权限管理实现知识共享,新员工可快速查询同类风险处置方法,培训周期缩短40%。每季度更新知识库,纳入新技术、新案例,形成动态优化的知识体系。

#### 结束语

水利工程施工风险管理是保障工程安全、质量与效益的核心环节。面对自然环境的不确定性、技术工艺的复杂性及社会影响的敏感性,唯有通过系统化的风险识别、科学化的评估模型与动态化的监控机制,结合规避、减轻、转移、接受等多元化应对策略,才能实现风险的有效管控。未来,需进一步融合物联网、BIM等新技术,强化数据驱动的智能决策,推动风险管理向精细化、前瞻性方向发展,为水利建设高质量发展筑牢安全屏障。

#### 参考文献

- [1]熊友利.水利工程施工管理策略[J].新材料·新装饰,2021,3(05):189-190.
- [2]王玉颖.水利工程施工管理策略探究[J].科技创新与应用,2020,(27):185-186.
- [3]陆立德.浅析水利工程施工管理中存在的安全风险及对策[J].百科论坛电子杂志,2020,(14):17-19.
- [4]刘雪山.水利工程施工风险及防范对策研究[J].工程建设与设计,2021(1):220-221.
- [5]包鹃莉.水利工程施工风险及防范对策研究[J].砖瓦世界,2021(10):236.