

# 水利工程施工中的风险管理与应对策略

徐俊燕 张兆庆

青田县水利局 浙江 丽水 323900

**摘要:** 水利工程施工具有投资规模大、建设周期长、技术复杂、环境敏感、安全风险高等显著特征, 风险因素交织叠加, 管理难度远超一般建筑工程。传统风险管理模式以事后处置为主, 缺乏系统性、前瞻性与动态性, 难以有效应对复杂多变的施工风险。研究表明, 建立系统化、动态化的风险管理体系, 综合运用风险规避、减轻、转移、接受等差异化策略, 强化风险预警与应急响应机制, 是保障水利工程施工安全与顺利推进的关键路径。研究成果可为水利工程施工风险管理提供理论参考与实践指导。

**关键词:** 水利工程; 施工风险; 风险管理; 应对策略

引言: 水利工程作为国家基础设施的重要组成部分, 承担防洪、水资源调配等多重功能, 对经济社会发展意义重大。但其施工面临水文气象多变、地质复杂、场地分散等难题, 风险因素交织, 事故后果严重。随着建设规模扩大与技术难度提升, 传统事后处置的风险管理模式已难以适应需求。因此, 构建适应水利工程施工特点的风险管理体系, 系统识别、评估风险, 制定针对性策略并建立动态监控机制, 对保障工程安全、控制成本及确保进度具有重要现实意义。

## 1 水利工程施工风险概述

### 1.1 水利工程特点与风险诱因

水利工程施工具有区别于一般建筑工程的显著特点, 这些特点构成了施工风险的内在诱因。投资规模巨大, 动辄数十亿甚至上百亿资金投入, 工期长达数年甚至十余年, 资金链断裂风险、工期延误风险突出。水文气象条件多变, 施工期可能遭遇超标洪水、暴雨、台风等极端天气, 围堰溃决、基坑淹没风险高企。地质条件复杂, 软弱地基、断层破碎带、岩溶发育等不良地质条件普遍存在, 边坡失稳、隧洞塌方、基础渗漏风险难以完全规避。施工场地分散, 库区、坝址、渠线等施工区域分布广泛, 管理跨度大, 现场管控难度高。临时工程繁多, 围堰、导流隧洞、施工便桥等临时设施承载重大安全责任, 一旦失事后果严重。技术要求高, 大体积混凝土温控、高边坡稳定、深基坑支护、隧洞开挖等关键技术环节, 稍有不慎即可酿成质量安全事故。

### 1.2 施工风险分类与特征

水利工程施工风险可按来源划分为五大类型。自然风险包括洪水、暴雨、台风、地震、滑坡等不可抗力因素, 具有突发性强、破坏性大、难以预测的特征。技术风险涵盖勘察设计缺陷、施工工艺不当、材料质量不达

标、设备故障等, 具有隐蔽性强、累积性发展的特征。管理风险涉及组织架构缺陷、人员素质不足、计划安排不合理、合同条款不完善等, 具有系统性、关联性的特征。安全风险包括高处坠落、起重伤害、隧洞坍塌、爆破事故等, 具有高发性、致命性的特征。环境风险涵盖水土流失、水污染、生态破坏、移民安置等, 具有长期性、社会影响广的特征<sup>[1]</sup>。各类风险相互交织、相互传导, 单一风险事件可能引发连锁反应, 放大风险后果。风险在施工不同阶段呈现不同特征, 施工准备期以勘察设计风险为主, 主体施工期以技术与安全风险为主, 收尾期以验收蓄水风险为主。理解风险演化规律, 是实现精准管控的前提。

## 2 水利工程施工风险识别与评估

### 2.1 风险识别方法

风险识别是风险管理的基础环节, 旨在全面、系统地发现可能影响施工目标实现的各类风险因素。专家调查法是常用方法, 通过德尔菲法组织多轮匿名征询, 汇聚专家智慧, 收敛意见形成共识; 头脑风暴法组织集体讨论, 激发创意, 广泛收集风险因素。检查表法基于历史项目经验, 编制风险因素清单, 逐项对照检查, 确保识别过程系统全面。工作分解结构法将施工活动逐层分解, 针对各工作包识别风险, 做到风险与具体工序挂钩。情景分析法针对极端工况进行情景推演, 发现潜在风险源。多种方法综合运用, 相互印证, 可有效提升风险识别的全面性与准确性。对于大型水利工程, 宜建立风险因素数据库, 积累历史项目风险数据, 为后续项目提供参考依据。风险识别应贯穿施工全过程, 定期更新风险清单, 动态捕捉新增风险因素。

### 2.2 风险评估模型构建

风险评估是对识别出的风险因素进行量化分析, 确

定其发生概率与可能造成的损失程度,为风险应对提供决策依据。定性评估采用风险矩阵法,以发生概率和影响程度为二维坐标,将风险划分为高、中、低三个等级,绘制风险图谱,直观呈现风险分布格局。定量评估运用层次分析法确定各风险因素的权重,综合专家打分结果,计算风险综合指数。蒙特卡洛模拟基于风险因素的概率分布,通过大量随机抽样,模拟不同情境下风险损失的可能取值区间,为风险准备金计提提供量化依据。故障树分析法从顶事件出发,逐层分解底事件,定量计算系统失效概率,适用于分析重大风险事件。事件树分析法从初始事件出发,推演各种可能的后果序列,评估风险演化路径。综合运用多种评估方法,形成风险因素综合排序,识别出关键风险因素,明确管控重点。风险评估结果应随施工进展动态更新,反映风险状态的变化<sup>[2]</sup>。

### 2.3 关键风险指标确定

关键风险指标是表征风险状态的可量化参数,通过监测指标变化,可及时发现风险征兆,为预警提供依据。水文气象类指标包括上游水位、入库流量、降雨强度、台风路径等,用于监测洪水、暴雨等自然风险。地质安全类指标涵盖边坡位移速率、隧洞收敛变形、渗流量变化、孔隙水压力等,用于监测地质风险演变。施工质量类指标包括混凝土温度、压实度、强度检测值、焊缝质量等,用于监控技术风险。安全管理类指标涵盖隐患整改率、违章作业频次、安全培训覆盖率、特种设备检测合格率等,用于评估安全风险管控效果。进度成本类指标包括关键线路工期偏差率、成本超支率、资源投入匹配度等,用于监控管理风险。关键风险指标的设定需遵循敏感性、时效性、可测性原则,指标变化能够灵敏反映风险状态,数据采集及时可靠,具备可操作性的监测手段。建立指标阈值体系,设定预警界限,当指标超出阈值时触发预警响应。

## 3 水利工程施工风险应对策略

### 3.1 风险规避策略

风险规避是通过改变施工计划、调整技术方案、放弃高风险活动等方式,从源头上消除风险或避免风险发生。对于重大自然灾害风险,可在施工组织设计中避开汛期高风险时段,调整关键工序的施工窗口期,减少洪水、暴雨等对施工的冲击。对于地质条件极端恶劣的区域,可调整坝址或线路走向,规避不良地质段,从源头降低边坡失稳、隧洞塌方风险。对于技术尚未成熟的新工艺、新材料,可选择成熟可靠的替代方案,避免因技术不确定性带来的质量安全风险。对于风险过高、代价过大的施工方案,可重新论证优化,选择风险可控的方

案。风险规避是最彻底的风险应对方式,但需权衡规避措施带来的成本增加与工期影响,避免因过度规避而推高工程投资、延误工程进度。规避决策应建立在充分技术经济论证基础上,确保方案调整后整体风险可控、综合效益最优。

### 3.2 风险减轻策略

风险减轻是通过采取预防性措施,降低风险发生概率或减轻风险发生后的损失程度,是施工风险管理中最常用、最核心的应对策略。预防性措施包括强化地质勘察、深化设计方案、优化施工工艺、加强人员培训、完善安全防护等,旨在从源头控制风险因素,降低风险发生概率。工程措施包括边坡支护、地基处理、防渗设施、临时排涝等,通过工程手段增强结构抗风险能力。管理措施涵盖健全规章制度、完善操作规程、强化过程检查、落实责任考核等,通过精细化管控降低人为失误引发的风险。应急措施包括编制应急预案、储备应急物资、组建应急队伍、开展应急演练等,确保风险事件发生时能够快速响应、有效处置,最大限度减轻损失。风险减轻需要投入相应资源,应权衡投入成本与风险降低收益,做到精准投入、有效防控。对于重大风险源,应制定专项管控方案,明确管控目标、责任主体、技术措施与资源配置。

### 3.3 风险转移策略

风险转移是通过合同约定或保险机制,将风险责任转移给其他方承担,减少施工企业自身风险暴露。工程保险是风险转移的主要方式,包括建筑工程一切险、安装工程一切险、第三方责任险、施工人员意外伤害险等,将自然灾害、意外事故等不可控风险转移给保险公司。通过投保,可在风险事件发生后获得经济补偿,减轻企业损失。合同转移是将部分风险通过合同条款转移给分包单位或供应商,在分包合同中明确安全责任、质量责任、工期责任,由分包单位承担其责任范围内的风险。但合同转移需注意,施工企业作为总承包单位仍承担最终责任,对分包单位的管控不可放松。专业担保机制包括履约担保、预付款担保等,由担保机构为合同履行提供担保,降低因对方违约造成的损失风险<sup>[3]</sup>。风险转移并非风险消除,施工企业仍需履行安全管理主体责任,不能因转移而放松管控。

### 3.4 风险接受策略

风险接受是指对于发生概率低、损失程度小、应对成本过高的风险,在充分评估后选择主动承担,不做专门应对。风险接受分为主动接受与被动接受。主动接受是有意识地承担风险,可采取计提风险准备金的方式,预

留资金应对可能发生的损失。被动接受是未能识别风险或未采取应对措施,被迫承受风险后果。风险接受策略适用于残余风险、低等级风险以及应对成本高于潜在损失的风险。采用风险接受策略需满足以下条件:风险已被充分识别与评估,风险等级处于可接受范围,风险后果在项目承受能力之内,有相应的资金储备应对损失。对于重大风险,不宜采用风险接受策略,应优先选择规避、减轻或转移。风险接受并不意味着放任不管,仍需进行必要的监测,一旦风险状态发生变化,应及时调整应对策略。

### 3.5 动态监控与反馈机制

动态监控与反馈机制是保障风险管理措施有效落实、持续优化的重要保障。建立风险监测体系,对关键风险指标进行定期采集、分析、报告,实时掌握风险状态变化。设置风险预警阈值,当监测指标接近或超过阈值时,自动触发预警,启动相应响应程序。建立风险报告制度,定期编制风险管理报告,向项目管理团队汇报风险状态、应对措施执行情况及效果评估。建立风险处置台账,记录风险事件的发生时间、原因分析、处置过程、损失情况、改进措施等,形成完整风险档案。建立经验反馈机制,定期召开风险分析会,总结风险管理经验教训,将成功做法固化形成制度,将教训转化为预防措施,持续优化风险管理体系。风险监控应贯穿施工全过程,与施工进度同步推进,确保风险管理不流于形式,真正落地见效。

## 4 风险监控与动态管理

### 4.1 风险监测体系

风险监测体系是风险管理的“眼睛”,通过持续监测及时发现风险征兆。监测指标按风险类型分类设置,自然风险监测包括水文水位、气象要素、地质位移等,技术风险监测涵盖施工质量参数、设备运行状态等,安全风险监测涉及人员行为、环境状态、设备安全等。监测手段包括自动化监测系统,在关键部位布设传感器,实时采集数据并回传监控平台;人工巡检监测,由专业人员按既定路线和频次进行现场检查,记录异常情况;第三方监测,委托专业机构对关键指标进行独立检测复核。监测数据需建立统一数据库,进行规范化管理,支撑趋势分析与预警判断。监测频次根据风险等级动态调整,高风险区域加密监测,低风险区域常规监测。监测设备需

定期校准维护,确保数据准确可靠。监测结果需及时通报相关责任方,形成监测、报告、处置的闭环管理<sup>[4]</sup>。

### 4.2 风险预警机制

风险预警机制是风险管理的“哨兵”,在风险发生前发出警示,为应急处置争取时间。预警等级通常划分为四级:蓝色预警为关注级,表示风险因素出现,风险可控,需加强监测;黄色预警为注意级,表示风险发展趋势明显,需采取预防措施;橙色预警为警告级,表示风险发生概率高,需启动应急准备;红色预警为危险级,表示风险即将发生或已发生,需立即启动应急响应。预警阈值根据关键风险指标的历史数据、设计标准、规范要求综合确定,结合专家经验进行修正。预警信息发布需明确风险类型、预警等级、影响范围、可能后果、处置要求等内容,通过监控平台、移动终端、现场声光等多种渠道及时传递至相关责任人。建立预警响应机制,明确各等级预警的响应程序、责任分工、处置措施,确保预警发出后有人响应、有效处置。预警解除需依据监测指标回归安全阈值、风险事件得到有效控制等条件,按程序发布解除信息。

### 结束语

水利工程施工风险管理关乎工程安全、成本与进度。本文构建了涵盖风险识别、评估、应对、监控的全过程管理框架。研究发现,水利施工风险具多样、复杂、动态、连锁特征,自然、技术、管理等多类风险交织,需系统管控。风险识别要综合多种方法,评估需定性与定量结合,应对要采取差异化策略并建立动态反馈机制,实现闭环管理。风险监控与预警是核心,可实现事前预防与及时处置。未来,随着新兴技术发展,水利施工风险管理将更趋智能精准,为工程安全提供更强支撑。

### 参考文献

- [1]马文进.水利工程施工中的风险管理与应对策略[J].现代工程科技,2024,3(5):125-128.
- [2]孙维全.水利工程施工与维修养护中的安全管理策略[J].水上安全,2025(3):1-3.
- [3]戴亚贤.水利工程项目管理的风险及策略[J].中国科技纵横,2025(4):106-108.
- [4]李金涛.水利工程施工存在的安全隐患及应对策略分析[J].中州建设,2025(3):123-124.