

水利项目施工过程中的风险管理研究

兰祥荣

中国水利水电第七工程局有限公司 四川成都 610000

DOI:10.12238/ems.v7i12.16373

[摘要] 水利工程是我国基础设施建设的主要组成部分,本身具备一系列战略功能,其施工质量对于区域经济发展有着直接的影响。本文主要分析了水利项目施工中存在的各项风险,提出了风险控制策略。

[关键词] 水利项目; 施工过程; 风险管理

近年来,我国水利建设投资规模持续扩大,然而,水利项目施工具有一定的复杂性与特殊性,其面临着严峻的挑战。基于此,有效开展水利项目施工过程风险管理研究,构建风险管控体系,可以降低事故发生率、保障工程效益、推动水利行业安全运行。

1、水利项目施工过程中的风险识别

1.1 自然环境风险

水利项目多位于江河湖库周边,施工过程受自然条件影响显著。据气象部门数据显示,我国南方水利施工区域年均暴雨日数达 15~25 天,暴雨引发的边坡坍塌事故占施工安全事故总数的 38%,西北干旱地区夏季极端高温天数年均 8~12 天,导致混凝土浇筑质量缺陷率提升 15%~20%。

1.2 技术风险

技术风险源于施工方案不合理、技术工艺落后、设备故障等因素,直接影响工程质量与施工安全。在混凝土施工环节,水利项目因浇筑体量庞大,单次浇筑量常超 1000m³、温控要求严格,内外温差需≤25℃,当温控措施不到位,易产生温度裂缝,此类裂缝在水利项目混凝土结构中的发生率约 22%,其中施工阶段引发的裂缝占比超 60%。此外,大型设备如盾构机、启闭机故障风险不容忽视,据行业统计,水利项目施工中大型设备平均故障率为 8.5%,单次故障修复时间约 3~7 天,导致施工效率下降 30%~40%,某跨流域调水项目因盾构机刀盘磨损故障,造成隧道施工停工 12 天,额外投入维修成本 860 万元。

1.3 管理风险

管理风险涉及人员管理、进度管理、合同管理等方面,

是水利项目施工中最易被忽视却影响深远的风险类型。人员管理方面,施工人员违规操作是引发安全事故的主要原因,某省水利工程安全事故调查显示,65%的事故与人员违规操作相关,其中未持证上岗人员的违规率是持证人员的 3.2 倍。进度管理方面,水利项目因施工周期长、受季节影响大,进度延误风险突出^[1]。据调研数据,近五年我国水利项目平均工期延误率为 18%,其中因施工计划不合理、参建单位协调不畅导致的延误占比达 55%。合同管理方面,因设计变更、材料价格波动引发的合同纠纷发生率约 15%,某灌区改造项目因设计变更未及时签订补充协议,导致施工单位与业主方产生造价争议,纠纷解决耗时 3 个月,影响项目整体推进。

1.4 经济风险

经济风险主要表现为材料价格波动、资金短缺、成本超支等,直接威胁项目财务稳定性。水利项目施工中,钢材、水泥、砂石等主要建材占总成本的 40%~50%,近年来建材价格波动幅度显著,2022~2023 年全国水泥平均价格波动幅度达 18%,砂石价格最大涨幅超 30%,导致某水利枢纽项目材料成本超支 1.2 亿元,占预算总成本的 12%。资金短缺风险同样严峻,据统计,中小型水利项目因资金拨付延迟导致的停工率约 12%,平均停工时间 15~20 天,不仅增加施工成本,还可能引发农民工工资拖欠等社会问题。

2、水利项目施工过程中的风险评估

2.1 模糊综合评价法的应用

模糊综合评价法针对风险因素的模糊性,结合 AHP 计算的权重,得出综合风险等级。设定风险等级集 V={高风险 (V1)、中风险 (V2)、低风险 (V3) },邀请专家对指标层风

险因素的发生概率与影响程度进行模糊打分。

以管理风险下的人员违规操作指标为例, 专家打分结果显示: 30%认为发生概率高, 50%认为中, 20%认为低。影响程度方面, 40%认为高, 45%认为中, 15%认为低, 则该指标的隶属度向量为 $R1 = [(0.3, 0.5, 0.2), (0.4, 0.45, 0.15)]$ 。

结合 AHP 计算的指标层权重向量 $W1$, 采用模糊合成运算, 可得综合评价结果 $B = W1 \times R$ 。若某项目计算得出 $B = [0.32, 0.48, 0.20]$, 则根据最大隶属度原则, 该项目施工综合风险等级为中风险, 需制定针对性应对措施^[2]。

2.2 蒙特卡洛模拟法的概率性评估

对于大型水利项目, 评估风险事件的概率分布与极端损失, 蒙特卡洛模拟法通过随机抽样模拟风险变量的不确定性, 输出风险指标的概率分布。以水利项目“混凝土浇筑成本超支风险”为例, 设定成本超支率 X 受建材价格波动 (A)、施工效率 (B)、管理费用 (C) 三个随机变量影响, 其中 A 服从正态分布 $N(10\%, 5\%)$, B 服从均匀分布 $U(5\%, 15\%)$, C 服从三角分布 $Tri(3\%, 8\%, 12\%)$, 成本超支率公式为:

$$X = 0.4A + 0.35B + 0.25C \quad (1)$$

式 (1) 中, 0.4、0.35、0.25 分别为 A、B、C 的权重, 通过蒙特卡洛模拟软件进行 10000 次随机抽样, 得到成本超支率 X 的概率分布, $X > 15\%$ 的概率为 12.5%, X 在 10%–15% 之间的概率为 68.3%, $X < 10\%$ 的概率为 19.2%, 据此可判断该项目成本超支风险处于中等水平, 需重点控制建材价格波动与施工效率。

3、水利项目施工过程中的风险应对策略

3.1 自然环境风险的应对

(1) 暴雨与边坡坍塌风险。采用“主动防护和实时监测”策略, 在边坡开挖前搭建装配式挡水棚, 同时布设边坡位移监测点, 每 50m 设 1 个, 监测频率 1 次/2 小时, 当位移量超 5mm/天触发预警。某流域治理项目应用该策略后, 边坡坍塌事故发生率从 28% 降至 5%, 暴雨导致的停工时间缩短 40% 以上。

(2) 地质突水风险。施工前开展详细地质勘察, 钻孔密度 ≥ 1 个/1000m², 采用超前地质预报技术如地质雷达、超前钻探, 对岩溶发育区域实施帷幕灌浆处理, 灌浆压力

2.0–2.5MPa, 灌浆孔间距 1.5–2.0m。某水库项目通过帷幕灌浆, 将地基渗漏量从 0.5L/s 降至 0.05L/s 以下, 成功规避突水风险^[3]。

(3) 极端高温风险。优化混凝土浇筑时间, 采用预冷骨料, 将骨料温度降至 15°C 以下、加冰拌合冰掺量 10%–15% 等温控措施, 同时在混凝土表面覆盖保温被, 导热系数 $\leq 0.04W/(m \cdot K)$, 某渡槽项目应用该措施后, 混凝土内外温差控制在 20°C 以内, 温度裂缝发生率从 22% 降至 7%。

3.2 技术风险的应对

(1) 混凝土裂缝风险。推行全过程温控体系, 在配合比设计阶段掺入粉煤灰掺量 20%–30% 与聚丙烯纤维掺量 0.9kg/m³, 提升混凝土抗裂性能。浇筑过程中采用分层浇筑, 分层厚度 $\leq 30cm$ 、振捣密实振捣时间 20–30s/点, 养护阶段延长洒水养护时间, 不少于 14 天, 采用智能温控系统实时监测混凝土内部温度, 自动调节养护水温。某水利枢纽项目应用该体系后, 混凝土裂缝修复成本降低 65%, 结构耐久性提升 15 年以上。

(2) 大型设备故障风险。建立预防性维护和备用设备机制, 制定设备维护计划, 盾构机每掘进 1000m 进行一次全面检修, 储备关键零部件如刀盘、轴承, 储备量满足 3 天更换需求, 同时与设备厂家签订应急维修协议。某隧道施工项目通过该机制, 设备故障率从 8.5% 降至 3.2%, 故障修复时间缩短至 1–2 天。

(3) 施工方案风险。推行方案论证和动态优化模式, 施工前组织专家对方案进行多轮论证, 论证专家不少于 5 人, 含 2 名外部专家, 施工过程中根据现场条件动态调整方案。某溢洪道项目因地质条件变化, 及时将明挖施工调整为暗挖和支护方案, 避免了边坡坍塌事故, 节约成本 800 万元。

3.3 管理风险的应对

(1) 人员违规操作风险。构建培训和考核以及奖惩管理体系, 对施工人员开展专项培训, 培训后进行理论与实操考核, 同时安装视频监控系统, 对违规操作行为处以 500–2000 元罚款。某省水利项目应用该体系后, 人员违规操作率从 25% 降至 8%, 安全事故发生率下降 58%。

(2) 参建单位协调风险。建立周例会和信息化平台协调

机制,每周召开参建单位协调会,业主、施工、监理、设计单位参会,同步搭建 BIM 协同管理平台,实现设计图纸、施工进度、质量检测数据的实时共享,明确各单位职责与沟通流程。某灌区改造项目通过该机制,协调效率提升 40%,因协调不畅导致的工期延误率从 55%降至 15%。

(3) 合同纠纷风险。推行精细化合同管理,在合同中明确设计变更、材料价格波动的调整条款,材料价格波动超 5%时调整合同价,建立合同变更审批流程,同时引入第三方造价咨询机构进行合同审核。某水利项目通过该管理模式,合同纠纷发生率从 15%降至 5%,纠纷解决时间缩短至 1 个月以内。

3.4 经济风险的应对

(1) 建材价格波动风险。采用长期协议和期货对冲组合策略,与建材供应商签订长期供货协议,同时利用建材期货市场进行套期保值,对冲价格上涨风险。某大型水利项目通过该策略,建材成本超支率从 12%降至 3%,节约成本 9000 万元。

(2) 资金短缺风险。构建“多渠道融资和资金计划”保障体系,除政府拨款外,引入社会资本、银行专项贷款,制定详细资金使用计划,按月分解资金需求,预留 10%的应急资金,定期开展资金使用审计。某中小型水利项目通过该体系,资金拨付延迟率从 12%降至 2%,未发生因资金短缺导致的停工。

4、案例分析

4.1 项目概况

某省长江支流治理项目总投资 15.6 亿元,施工内容包括堤防加固,总长 28km,河道清淤清淤量 120 万 m^3 ,穿堤建筑改造,施工周期 24 个月,项目区域位于长江中下游,年均暴雨日数 22 天,地质条件为第四系松散沉积物,存在边坡坍塌、汛期施工溃坝等风险。

4.2 风险管理实施过程

(1) 风险识别。通过现场调研、专家访谈,识别出 12 项主要风险因素,其中汛期堤防溃坝风险、清淤设备故障风险、人员违规操作风险为高关注风险,发生率分别为 35%、

8.5%、25%^[4]。

(2) 风险评估。采用 AHP 和模糊综合评价法,计算得出项目综合风险权重,自然环境风险、管理风险、技术风险、经济风险,综合风险等级为中高风险,需重点管控汛期与人员管理风险。

(2) 风险应对。针对汛期风险,在堤防迎水坡铺设土工膜,防渗系数 $\leq 1 \times 10^{-7} cm/s$,修建临时防洪子堤高度 1.2m。针对人员风险,开展防汛应急培训。针对设备风险,储备 2 台备用清淤船,与厂家签订 24 小时维修协议。

(4) 风险监控。布设物联网监测设备,GNSS 位移传感器 28 个、渗压计 15 个、雨量计 8 个,构建 BIM 可视化平台,实时监控堤防位移与渗流量,2023 年汛期降雨量达 200mm/3 天,平台及时预警堤防局部位移超 3mm,通过紧急加固措施避免了溃坝事故。

4.3 风险管理效果

项目通过系统化风险管理,实现零安全事故、工期提前 15 天、成本节约 8600 万元的目标,其中边坡坍塌事故发生率从 35%降至 0,人员违规操作率从 25%降至 6%,设备故障修复时间从 7 天缩短至 2 天,其风险管理模式在全省水利项目中推广应用。

5、结语

综上所述,水利项目施工过程风险管理是一项复杂且系统的工程,可以经过闭环管理,结合风险的特点,采用科学方法与数字化技术,实现风险的精准管控。

[参考文献]

- [1] 吴琼,夏坚,饶品涛.水利工程项目施工中的风险管理与应对策略[J].水利电力技术与应用,2025,7(5):109-111.
- [2] 龙秀竹.水利土建工程项目施工过程中的风险管理探讨[J].珠江水运,2025(1):68-70.
- [3] 牛加胜.水利工程项目管理中的风险评估与应对策略[J].安家,2025(1):0181-0183.
- [4] 滕建康.水利工程建设过程中的风险管理与应对措施探讨[J].2025(3):232-234.