

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 $\leq 25^{\circ}\text{C}$, 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 $V = \{\text{高风险}(V1)、\text{中风险}(V2)、\text{低风险}(V3)\}$, 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℃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℃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 ,穿堤建筑物改造,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 $\leq 1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$,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 with 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二过程呈中的风险管理探讨[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.