

水利工程项目风险管理研究

洪波

麻城市水利事业发展中心

DOI:10.32629/bd.v9i6.4494

[摘要] 水利工程项目普遍具有投资规模大、建设周期长、技术复杂、环境敏感性强等特点,使其在规划、设计、施工及运营全生命周期中面临诸多不确定性与风险因素。若缺乏科学有效的风险管理机制,极易导致项目延期、成本超支、质量缺陷甚至安全事故,严重制约工程效益的实现。本文系统梳理了水利工程项目风险管理的基本理论,深入分析了其主要风险类型及成因,并在此基础上构建了覆盖项目全生命周期的风险管理框架。通过引入现代风险管理工具与方法,提出了针对性的风险识别、评估、应对与监控策略。研究表明,建立系统化、动态化、全员参与的风险管理体系,是提升水利工程抗风险能力、保障项目顺利实施和可持续运行的关键路径。本文的研究成果可为水利工程建设单位、设计咨询机构及政府监管部门提供理论支持与实践指导。

[关键词] 水利工程; 风险管理; 全生命周期; 风险识别; 风险评估; 风险应对

中图分类号: TV512 **文献标识码:** A

Research on Risk Management of Water Conservancy Engineering Projects

Bo Hong

Macheng Water Conservancy Development Center

[Abstract] Water conservancy engineering projects generally have characteristics such as large investment scale, long construction period, complex technology, and strong environmental sensitivity, exposing them to many uncertainties and risk factors throughout the entire lifecycle of planning, design, construction, and operation. Without a scientific and effective risk management mechanism, problems such as project delay, cost overrun, quality defects, and even safety accidents are likely to occur, seriously constraining the realization of project benefits. This paper systematically reviews the basic theories of risk management for water conservancy engineering projects, deeply analyzes the main risk types and their causes, and constructs a risk management framework covering the entire project lifecycle. By introducing modern risk management tools and methods, targeted strategies for risk identification, assessment, response, and monitoring are proposed. The research results show that establishing a systematic, dynamic, and fully participatory risk management system is the key path to improving the risk resistance capacity of water conservancy projects and ensuring their smooth implementation and sustainable operation. The research results can provide theoretical support and practical guidance for water conservancy engineering construction units, design consulting institutions, and government regulatory departments.

[Key words] water conservancy engineering; risk management; lifecycle; risk identification; risk assessment; risk response

引言

全球气候变化加剧、极端天气频发,经济社会对水资源需求持续增长,水利工程建设愈发重要。我国大力推进“国家水网”建设,实施南水北调等战略性工程,对保障水安全、促进区域协调发展意义深远。但水利工程项目复杂,面临诸多风险挑战,如2020年长江流域特大洪水冲击在建工程、部分大型水库坝基处

理不当引发渗漏、一些项目移民安置政策执行不到位引发社会矛盾等,凸显风险管理核心地位。有效风险管理能预防减轻损失、优化资源配置、提升决策质量、增强项目韧性。所以,系统研究水利工程项目风险管理,构建科学实用的风险管控体系,对保障重大水利基础设施安全高效运行、实现“工程优质、干部优秀”目标,有重要理论与现实意义。

1 水利工程项目风险的主要特征

水利工程项目风险复杂显著。工程涉及多学科交叉,且各类风险因素耦合反馈效应强烈,如超标准暴雨可引发施工围堰失稳等多种连锁反应。其建设周期长,跨越十余年甚至数十年,风险暴露期久,后期运营的老化等问题常因前期重视不够埋下隐患。工程对外部环境依赖度高,易受自然条件突变和政策调整影响。重大事故后果灾难性强,会造成经济损失、危及生命、破坏生态^[1]。而且,风险状态动态变化,前期主要是规划与设计风险,中期聚焦施工安全与质量,后期转向运行维护与适应性管理。这种动态性要求风险管理具备前瞻性与灵活性,以有效应对各类风险,保障工程安全。

2 水利工程项目主要风险类型及成因分析

2.1 自然风险

自然风险是水利工程面临的首要外部威胁,主要表现为水文气象异常与地质灾害。设计阶段所依据的历史水文资料可能因气候变化而失效,导致实际遭遇的洪水远超设计标准,进而威胁工程安全。干旱则可能使供水工程无法发挥预期效益,影响区域经济社会稳定。地质方面,活动断层、岩溶发育区、高边坡不稳定体等隐蔽地质问题若在勘察阶段未能充分揭示,将在施工或运行期引发坝基沉降、隧洞塌方甚至整体失稳。此外,工程建设不可避免地改变原有水系格局与生态环境,可能造成湿地萎缩、鱼类洄游通道中断、水体富营养化等生态风险。这些风险的深层成因在于全球气候系统的不稳定性加剧、前期地质勘察深度与精度不足,以及生态影响评价制度执行不到位,未能将生态保护真正纳入工程决策的核心考量。

2.2 技术与工程风险

技术与工程风险贯穿于水利项目的物理实现全过程。设计环节若对关键参数(如渗透系数、地震动峰值加速度)取值保守不足,或对新工艺、新材料的应用缺乏充分验证,极易埋下结构性隐患。施工阶段则是风险集中爆发期,高填深挖、大体积混凝土浇筑、水下作业等高危工序若组织不当或监管缺位,极易引发坍塌、渗漏、裂缝等质量与安全事故。同时,工程材料与设备的质量直接决定工程寿命,劣质钢筋、不合格止水带或关键机电设备选型错误,都可能导致功能失效甚至灾难性后果。此类风险的根本原因在于技术标准更新滞后于工程实践发展、施工企业质量管理体系不健全、监理单位履职不到位,以及部分承包商为压缩成本而牺牲工程质量。

2.3 管理与组织风险

即便技术方案完善,若管理与组织层面存在缺陷,项目仍可能陷入困境。项目管理风险体现在进度计划脱离实际、成本控制流于形式、跨部门沟通协调机制缺失,导致信息不对称与决策延误。合同管理不规范则易引发索赔争议,尤其是在EPC或PPP模式下,责任边界模糊常成为纠纷导火索。政策法规的突然调整(如环保标准提高、用地审批收紧)也会打乱原有部署^[2]。人力资源方面,关键技术人员流失、一线工人技能不足或安全培训走过场,都会削弱现场执行力。这些问题的根源在于项目法人责任

制落实不到位、现代项目管理理念未深入人心、激励约束机制失衡,以及对软性管理要素的长期忽视。

2.4 经济与财务风险

水利工程投资动辄数十亿甚至上百亿元,经济与财务风险不容小觑。投资估算若过于乐观,未充分考虑物价波动、征地拆迁难度及不可预见地质条件,极易导致后期成本失控。融资方面,依赖财政拨款的项目可能因预算调整而资金断链,市场化融资项目则面临利率、汇率波动及资本市场信心变化带来的不确定性。更为棘手的是效益风险——工程建成后,实际供水保证率、发电量或灌溉面积可能因水源变化、用户需求萎缩等原因低于可研预测,导致运营收入无法覆盖成本,陷入财务困境。这些风险反映出前期经济评价模型过于简化、市场调研不充分,以及对宏观经济周期性波动缺乏足够预判。

2.5 社会与政治风险

水利工程的社会属性决定了其必然面临复杂的社会政治环境。大规模移民安置是典型难题,若补偿标准不合理、生计恢复措施乏力或文化适应支持不足,极易引发群体性事件,拖延工期甚至迫使项目停摆。公众对工程可能带来的水质污染、景观破坏或生物多样性丧失的担忧,也可能通过环保组织抗议或舆论发酵形成强大阻力。此外,地方政府换届、区域发展战略调整或上级政策导向变化,都可能影响项目优先级与资源投入。这类风险的本质在于利益相关方诉求多元化与协调机制缺位,传统“自上而下”的决策模式难以有效吸纳民意,导致社会信任基础薄弱。

3 水利工程项目全生命周期风险管理框架构建

3.1 规划阶段风险管理

此阶段应超越传统的工程技术视角,开展多维度综合评估。首先,需对区域水文地质条件进行系统性再认识,尤其关注气候变化对极端事件频率与强度的影响,避免沿用过时的设计参数。其次,必须严格避让生态红线与敏感保护区,将生态完整性作为项目可行性的前置条件。再次,社会稳定风险评估应成为强制性程序,重点研判移民规模、安置可行性及潜在社会冲突点,并据此优化选址与规模方案。最后,通过多方案比选,不仅比较工程经济指标,更要权衡各方案的风险暴露水平与应对难度,选择风险—效益最优解,为后续阶段奠定稳健基础。

3.2 设计阶段风险管理

设计师应摒弃“刚性安全”思维,转而采用冗余设计、柔性结构等韧性理念,提升工程对不确定性的适应能力。例如,在高地震区选用混凝土面板堆石坝而非重力坝,可更好吸收地震能量。同时,应充分利用数值模拟技术(如FLAC3D、MIKE系列软件)对关键部位进行精细化分析,提前发现潜在薄弱点。应急预案也需同步设计,如制定超标洪水条件下的非常规调度规则。此外,推广BIM协同设计平台,可有效减少专业间“错、漏、碰、缺”,从源头降低施工返工风险,实现设计即风控。

3.3 施工阶段风险管理

施工阶段风险具有高度动态性与现场性,管理重心在于实

时响应与过程控制。项目部应建立动态更新的风险登记册,明确每项风险的责任人、监控指标与应对预案。对高边坡开挖、深基坑支护、大型吊装等危险作业,必须实施旁站监理与第三方监测,确保施工参数严格受控。物联网技术的应用极大提升了监控效率,如通过GNSS实时监测大坝变形、渗压计自动采集渗流数据,一旦指标超限立即触发预警。同时,定期组织应急演练与隐患排查,不仅能检验预案有效性,更能强化全员风险意识,将“被动抢险”转变为“主动防控”。

3.4 运营维护阶段风险管理

进入运营期,风险管理目标从“保建设”转向“保长效”。此时应建立覆盖工程全要素的健康监测系统,对大坝、闸门、输水管道等关键设施进行长期性能跟踪。定期开展安全鉴定,依据鉴定结果及时安排除险加固,防止小隐患演变为大事故。应急预案需根据运行经验不断修订,并通过实战化演练保持响应能力^[3]。尤为重要的是,应前瞻性评估气候变化对工程长期服役性能的影响,如未来降雨格局改变对水库调度规则的挑战,提前制定适应性管理策略,确保工程在百年尺度上持续安全可靠。

4 风险管理核心环节实施策略

4.1 风险识别

实践中应综合运用多种方法:通过组织多专业专家开展头脑风暴,激发对潜在风险的集体认知;基于历史项目数据库编制标准化检查表,避免遗漏常见风险项;针对争议性问题采用德尔菲法,匿名征询权威专家意见以达成共识;对于极端但合理的情景(如“千年一遇洪水叠加7级地震”),则通过情景分析法推演其可能路径与后果。长远来看,行业应推动建立国家级“水利工程典型风险数据库”,实现风险知识的系统沉淀、共享与迭代,为新建项目提供宝贵参考。

4.2 风险评估

风险评估旨在量化风险的严重程度与发生可能性,为资源分配提供依据。定性评估通常采用风险矩阵法,将风险按发生概率与影响后果划分为高、中、低等级,便于快速聚焦关键风险。对于重大或复杂风险,则需借助定量工具深入分析。蒙特卡洛模拟可通过随机抽样数千次,精确估算工期延误或成本超支的概率分布;故障树分析(FTA)能系统追溯溃坝等顶事件的所有底层致因组合,揭示薄弱环节;层次分析法(AHP)则适用于处理包含安全、经济、生态等多维度的综合风险评价问题。评估结果应形成清晰的风险排序清单,指导后续应对策略的制定。

4.3 风险应对策略

风险应对需遵循“分级分类、精准施策”原则。对于发生概率高且后果严重的风险,应优先考虑规避,如重新选址避开活动断层带。当风险难以完全消除时,可考虑转移策略,例如购买

工程一切险将部分财产损失转嫁给保险公司,或采用EPC总承包模式将施工技术风险转移给经验丰富的承包商。对于大多数中低风险,则以减轻为主,通过加强监测、优化工艺、增设备用系统等措施降低其发生概率或影响程度。对于极低概率微小影响的风险,可选择接受,但需制定简明应急计划以防万一^[4]。无论采取何种策略,都应在项目预算与进度计划中预留合理的风险储备(如不可预见费、时间缓冲),为不确定性留出弹性空间。

4.4 风险监控与反馈

风险管理绝非一次性活动,而是一个持续循环的过程。项目应建立动态风险登记册,由专人负责实时更新风险状态、应对措施执行情况及新识别风险。设定明确的风险阈值(如位移速率超过2mm/天),一旦监测数据触及阈值即自动触发预警与升级响应机制。数字孪生技术的发展为此提供了强大支撑——通过构建与物理工程同步演化的虚拟模型,可实时模拟不同风险情景下的系统响应,辅助决策。最后,风险管理绩效纳入项目后评价体系,通过审计与复盘总结经验教训,形成“实践—反思—改进”的闭环,不断提升组织风险管理成熟度。

5 结语

本文对水利工程项目风险管理展开系统研究,得出核心结论:水利工程风险复杂、暴露久且具潜在灾难性,需树立全生命周期风险观;有效风险管理体系含五大环节且闭环运作,风险识别全面与评估科学是基础,动态监控与持续改进是保障;现代信息技术变革风险管理模式;成功风险管理依赖健全组织保障等软实力。展望未来,水利工程风险管理将向更智能、韧性、绿色、包容方向演进,如人工智能助力风险识别预测,韧性理念提升抗扰动能力,绿色化纳入新兴议题,社会化构建多元共治格局。为此,建议主管部门出台风险管理导则推动标准化,鼓励产学研开发评估软件,高校强化风险管理课程,培养复合型人才,筑牢国家水安全屏障。

[参考文献]

- [1]宋悦豪,朱倚麟,姚豫.水利工程项目管理中的风险识别与控制策略研究[J].水上安全,2025,(04):10-12.
- [2]陈远根.水利工程施工项目风险管理的实践探讨[C]//广西大学广西县域经济发展研究院.2025年第三届工程技术数智赋能县域经济城乡融合发展学术交流论文集.禹顺生态建设有限公司,2025:22-23.
- [3]刘凡将.水利工程项目管理中的风险评估与应对策略研究[J].水上安全,2024,(14):154-156.
- [4]朱代华.水利工程项目的风险管理与控制策略研究[J].水上安全,2023,(13):19-21.