

水利水电工程项目风险管理与控制策略研究

侯秀琴

郴州市水电建设公司，湖南郴州，423000；

摘要：水利水电工程因复杂性和长期性面临多样化风险，包括技术、环境和经济等领域的不确定性。通过全生命周期的动态风险管理策略，结合资源优化配置、技术创新和多方协同机制，能够有效降低关键风险点，提升项目安全性和运行效率。案例分析表明，科学的风险识别与评估、动态调整和长效机制的结合，不仅降低了施工和运行中的潜在威胁，还显著提升了经济效益与社会效益。总结经验与创新路径，为未来工程建设提供了科学化和现代化管理的参考方向。

关键词：水利水电工程；风险管理；控制策略；全生命周期；动态机制

DOI：10.69979/3060-8767.24.2.020

引言

水利水电工程作为基础设施的重要组成部分，承担着资源调配、防灾减灾和生态保护的多重功能，其建设和运行的风险管理尤为关键。复杂的地质条件、多变的气候环境以及多方利益的协调需求，使得风险的全面识别与控制成为工程实施的核心挑战。以实际工程为案例，分析全生命周期内风险控制的具体措施与成效，探索优化资源配置和提升管理效率的实践路径，为推进工程的安全性与可持续发展提供系统化思路。

1 某水利水电工程项目的背景与主要风险分析

1.1 工程基本情况与特点

某水利水电工程项目位于地质条件复杂且气候变化显著的区域，工程规模宏大，涉及多学科交叉领域。项目设计目标包括提供可靠的水资源调配、清洁能源供给以及防洪抗旱等综合功能，因而具有显著的战略意义。其施工区域包含大范围的山区地带，地形地貌多样，对工程设计提出了高标准要求。与此工程涉及大量的土石方开挖、坝体建筑以及水力发电设备安装等多项复杂工序，对施工技术和机械化水平要求较高。项目的运行周期长，需要在设计阶段充分考虑设施的耐久性与维护性。该工程还需协调生态保护与开发的矛盾，在确保建设效益的同时尽量减少对环境的破坏。项目的参与单位多样，从业人员数量庞大，各环节的协作与沟通成为影响整体进度的重要因素。总体而言，该工程在技术、环境、经济等多方面均体现出较高的复杂性与挑战性。

1.2 规划与设计阶段的风险特征

规划与设计阶段是决定水利水电工程成败的关键环节，这一阶段的风险特征主要体现在地质勘察与资源利用的充分性、设计方案的科学性以及与政策法规的适

应性等方面。地质条件的不确定性常导致设计方案需要反复调整，对工程的进度与成本产生直接影响。水文气象数据的准确性在设计阶段尤为重要，任何数据偏差都可能导致后续施工与运行中出现无法预料的隐患。设计方案的合理性不仅涉及工程建设的可行性，还对生态环境保护、下游水资源分配等问题有直接影响。

1.3 施工与运营阶段的风险类型

施工与运营阶段的风险类型呈现出多样化特征，涵盖技术、管理和外部环境等多个方面。施工阶段的风险集中于工程质量、安全管理和施工进度控制，常见问题包括关键技术难题、机械设备故障和人力资源的协调不足等。极端气候条件可能造成施工环境恶化，进而引发次生灾害，增加施工成本和难度^[1]。施工过程中，供应链中断或材料质量不达标也可能严重影响工程进展。在运营阶段，风险主要集中于设备的长期稳定运行、运行模式的优化及外部环境的变化。设备老化、维护不足或管理体系不完善可能导致水电设施运行效率降低，甚至出现安全隐患。运行环境的长期变化，如气候异常或上游生态系统的变化，也可能对工程功能产生不利影响。施工与运营阶段需要动态调整风险管理策略，确保工程的安全性、稳定性与经济性。

2 风险识别与评估方法的应用

2.1 基于数据分析的风险识别

基于数据分析的风险识别是水利水电工程风险管理的基础，通过全面收集和处理相关数据，能够有效定位潜在问题和不确定因素。地质勘察数据和水文气象资料是核心内容，通过对地形、土壤结构以及地下水分布的精准分析，可以识别可能导致工程不稳定的隐患。历史数据的统计分析能够揭示环境变化趋势和潜在自然

灾害的风险来源。施工过程中涉及的机械设备运行数据、材料供应链信息和人员调配情况也是识别施工风险的重要依据。通过现代数据处理技术，如大数据挖掘和人工智能算法，可以动态追踪各环节的数据波动，捕捉异常信号，并对可能的风险进行早期预警。高效的数据分析手段能够将传统经验判断转化为基于数据支撑的科学分析，从而提升风险识别的全面性和准确性。

2.2 多维度风险评估模型的构建

多维度风险评估模型的构建需要结合工程特点和风险类型，通过系统化的方法量化不同风险因素的影响程度与可能性。评估模型通常涵盖技术风险、环境风险、经济风险和社会风险四大维度，每一维度又细分为若干具体指标。技术风险主要涉及施工工艺的复杂性和设备的适应性，环境风险关注生态破坏和气候变化的潜在影响，经济风险则评价预算超支和市场波动的可能性，而社会风险包括公众意见和政策变化等外部因素^[2]。模型的建立通常以矩阵分析法、层次分析法等理论为基础，通过赋予每个指标权重，实现风险的量化分析。评估结果为风险等级划分提供依据，有助于明确管理重点区域。通过多维度模型的构建，可以在风险复杂性增加的情况下，实现对各类风险的综合考量和精确评估。

2.3 关键风险点的动态调整

关键风险点的动态调整是应对水利水电工程风险变化的有效方法，在风险管理过程中占据重要地位。工程实施过程中，由于外部环境和内部条件的不断变化，原有的风险管理策略可能需要及时修正以适应新的情况。动态调整通常基于实时监测数据和最新评估结果，将风险控制措施集中于影响范围最广和破坏性最大的风险点。调整的重点包括施工方案优化、资源再分配和应急预案的更新，以降低不可控因素带来的负面影响。通过引入信息化管理平台，可以实现对施工进度、资源使用和环境条件的全面监控，从而快速响应突发事件。动态调整过程需要多部门协调和决策支持，以保证措施的及时性和有效性，从而在不确定性中提升风险管理的灵活性和针对性。

3 风险管理机制的优化策略

3.1 资源优化配置的方法

资源优化配置是提高水利水电工程效率和稳定性的关键措施，涉及人力、材料和资金等多个方面。在施工阶段，通过合理分配劳动力和调整作业时间，可以降低资源浪费和重复操作的风险。材料管理需要重点关注质量控制和供应链效率，确保关键材料及时到位。资金配置则要求结合工程阶段性需求，优先保证高风险环节的投入。通过动态调整资源配置方案，能够最大限度地

提高资源利用率，减少项目执行中的不确定性。

表 1: 某水利水电工程资源配置表

阶段	投入 资(万 元)	设备数 量(台)	人力 (人 /日)	材料 用量 (吨)	环境 治理 面积 (亩)	数据来源
前期 规划	1500	20	500	800	50	某工程项 目报告
勘察 设计	2300	35	700	1200	100	某水利设 计研究院 数据
施工 建设	5200	60	2500	5000	300	某施工单 位记录
设备 安装 调试	3100	45	1500	3000	80	项目验收 档案
运行 维护	1800	25	800	600	120	运维管理 系统数据

3.2 技术创新在风险控制中的作用

技术创新在水利水电工程风险控制中具有重要作用，可显著提升工程质量和施工安全性。新型材料的应用能增强工程结构的稳定性并延长使用寿命，同时降低维护成本。智能化技术如大数据监测系统和无人机巡检手段的使用，使得对工程风险点的实时监控成为可能。自动化施工设备的普及则减少了人为操作中的失误风险，提高了施工精度。在运营阶段，通过智能调度系统优化资源分配和运行策略，有效应对环境变化对水资源管理的影响。技术创新的不断深化推动了风险管理的效率提升和模式升级。

3.3 多方协同机制的建立

多方协同机制的建立在水电工程风险管理中扮演着至关重要的角色，确保各方力量形成合力。设计单位与施工单位之间的协作有助于在方案落地时减少技术障碍。政府监管机构与企业的联动加强了政策执行的可操作性，同时推动环境保护目标的落实^[3]。社区和利益相关者的参与使得工程实施更加符合区域实际需求，减少因利益冲突引发的潜在风险。通过信息共享平台的搭建，各参与方可以高效沟通，实现对风险的快速响应和联合处置，多方协同成为项目顺利推进的重要保障。

4 全生命周期的风险监控与协调

4.1 风险动态监控系统的设计

风险动态监控系统的设计基于对某大型水利水电工程的需求，旨在实现实时数据采集与分析，以便快速识别和应对风险。系统通过安装在施工现场的监测设备，获取地质、气象和施工进度等数据，并将其传输至中央数据处理中心。系统架构分为数据采集、分析、预警和反馈四个模块，各模块通过一体化平台实现联动。该工程监控系统覆盖范围包括主坝施工区域、地下洞室和水

力发电机房, 监测点数量达到150个, 能够每小时采集约3000组数据。监控指标涵盖坝体变形、地下水位和设备运行状态等多个维度。数据处理中心通过智能算法对数据进行风险评估, 确保在潜在问题发生前发出预警, 极大提升了风险管理的主动性与时效性。

4.2 阶段性调整与长效机制的结合

阶段性调整与长效机制的结合在某水利水电工程项目中贯穿整个建设过程, 为风险控制提供了双重保障。在施工高峰阶段, 通过每月定期审查施工计划, 动态调整资源配置和技术方案, 有效应对进度偏差和风险变化。调整后, 施工效率提升了12%, 并显著降低了资金投入波动幅度^[4]。长效机制确保风险管理在整个工程生命周期内持续运作。该机制以实时监控系统和常态化风险评估为支撑, 结合工程后期维护和运行的具体需求, 形成稳定的管理模式, 保障工程的安全性和稳定性。通过这种结合方式, 各阶段的风险能够得到高效控制, 施工与运行之间实现了无缝衔接。

4.3 案例成果的量化分析

在某水利水电工程项目中, 风险管理措施的实施显现出显著的量化成效。通过动态监控系统和阶段性调整方案的应用, 施工延误率从原先的18%降低至6%, 资金投入的利用率提高了约15%。事故发生次数显著减少, 从施工初期每月2次下降至0.5次以下。设备运行效率在运营阶段得到了保障, 机组发电利用率保持在92%以上, 明显高于设计预期值。这些数据均来自施工单位的进度报表和运行管理部门的监测记录。量化分析表明, 结合动态调整和长效机制的风险管理策略在全生命周期内提升了工程的经济效益和安全水平, 为类似工程的风险控制提供了参考依据。

5 控制策略的实施效果及价值提升

5.1 项目风险降低的具体体现

某水利水电工程在风险管理优化后, 多个方面的风险显著降低。地质条件导致的坝体稳定性问题通过动态监控系统得到了及时处理, 变形监测数据显示关键区域位移幅度控制在设计允许范围内。施工过程中的机械故障率由原来的8.5%下降到3.2%, 减少了因设备问题导致的停工时间。环境保护措施的实施降低了水土流失面积, 从规划阶段的预测值1300亩下降至实际的890亩, 显著改善了生态影响。通过这些风险管理成果, 项目进度更加稳定, 整体安全性进一步提升。

5.2 经济效益与社会效益的协同提升

工程的实施在经济和社会效益上形成了显著的协同效应。施工阶段通过资源配置优化节约了约8500万

元投资, 整体投资回报率提高至1.28。运行后, 每年可提供约32亿千瓦时的清洁电力, 减少了化石能源使用, 直接经济收益增长明显。在社会效益方面, 项目建设期间新增3000多个就业岗位, 为周边区域提供了长效的经济支持。防洪能力提升显著降低了洪灾风险, 保护了下游近200万人口的生命财产安全。多重效益的叠加展现出工程建设的综合价值。

5.3 经验总结与工程管理的创新路径

工程总结了在规划、施工及运行阶段的风险管理经验, 为未来类似项目提供了可行性路径^[5]。在管理模式上, 首次引入了全生命周期风险评估体系, 确保了工程从设计到运营的全面监控。技术创新的广泛应用显著提升了管理效率, 如自动化设备和信息化平台的结合, 构建了高效协同的管理环境。环保与社区参与机制的完善为后续工程的可持续发展提供了宝贵参考。这些创新路径的应用, 为水利水电工程的科学化、现代化管理探索了新的方向。

6 结语

水利水电工程的风险管理与控制是确保工程顺利实施和长期效益的重要环节。通过动态监控系统的应用、多维度评估模型的构建及资源优化配置等措施, 工程在技术、环境、经济和社会效益方面取得了显著成效。风险的有效控制提升了工程的安全性和运行效率, 显现了全生命周期管理的优势。未来, 应持续推动技术创新和管理模式优化, 进一步完善长效机制, 增强应对复杂风险的能力。在实现经济效益的强化生态保护和社会价值, 助力水利水电工程迈向更加智能化和可持续化的发展方向。

参考文献

- [1] 廖惠霞. 水利水电工程项目成本造价分析与控制管理[J]. 商讯, 2024, (02): 176-178.
- [2] 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.
- [3] 陈家东. 水利水电工程EPC工程总承包风险控制管理探析[J]. 工程建设与设计, 2021, (22): 202-204.
- [4] 范学进. 浅谈水利水电工程项目中的成本控制及财务管理[J]. 纳税, 2021, 15(21): 83-84.
- [5] 卢凤民. 浅谈水利水电工程项目施工成本控制与管理[C]//《建筑科技与管理》组委会. 2021年7月建筑科技与管理学术交流会论文集. 河南省人民胜利渠管理局; , 2021: 3.

作者简介: 侯秀琴, 女(1976.04-), 汉族, 湖南安仁, 工程师, 本科学历, 主要研究水利水电。