

水利工程施工中的风险管理与应对策略

包银华

扎鲁特旗水务局 内蒙古通辽 029100

摘要: 水利工程施工中的风险管理与应对策略需从风险识别、评估到分级防控全流程入手，核心是提前预判、科学管理、精准处置。水利工程建设在保证水资源的合理利用和预防水害方面发挥着越来越重要的作用。然而，水利工程建设是一个复杂而富有挑战性的过程，涉及诸多风险，如技术风险、环境风险、管理风险和财务风险。如何有效地识别、评估和管理这些风险，已成为确保水利工程顺利实施的关键。

关键词: 水利工程；风险管理；应对策略

水利工程施工中的风险管理与应对需从风险识别、分类、评估到制定针对性防控措施的系统性闭环管理。

一、水利工程施工的风险分类

1. 技术风险

技术风险是施工阶段的核心挑战，地质水文风险，复杂地层（如岩溶、断层、软弱夹层）易引发基坑塌方、支护失效，水文条件突变（如汛期洪水、地下水位骤升）可能导致导流系统失效、基坑管涌等问题。施工工艺风险，混凝土浇筑温控不当引发裂缝，防渗墙成槽偏差导致渗漏，土石方开挖边坡坡率失控引发滑坡，盾构掘进参数设置不合理可能造成地面沉降或塌陷。材料与设备风险，建材性能不达标（如钢筋锈蚀、混凝土强度不足）会埋下质量隐患，特种设备（如盾构机、混凝土泵车）故障停机将中断施工节奏，冬季低温易导致润滑油凝固、制动系统失灵，增加机械故障概率。环境与气候风险，极端天气（暴雨、冰冻、高温）影响施工安全与进度，冬季施工面临道路结冰、高空坠落、电气火灾等多重隐患，强风干扰高空吊装作业，增加安全风险。风险应对建议，前期勘察设计阶段，采用“地质雷达+钻探+物探”组合技术建立三维地质模型，运用BIM模拟优化施工方案^[1]。施工过程管控，实施智能监测（如边坡位移计、混凝土温度传感器），动态调整工艺参数。应急管理，制定“一图三案”（风险分布图、抢险案、撤离案、物资调配案），储备应急物资，开展无脚本演练。

2. 环境风险

水利工程施工中的环境风险主要涉及自然环境与作业环境两方面，核心是因环境因素引发或加剧的安全隐患。根据《水利水电工程危险源辨识与风险评价导则》

及相关规范，环境风险在施工阶段主要归为“作业环境类”危险源，不良地质地段，如滑坡体、断层、溶洞等，易引发坍塌、涌水等地质灾害。潜在滑坡区与高边坡区域，开挖扰动后稳定性下降，雨季更易失稳。超标准洪水与汛期水文变化，可能冲毁围堰、淹没基坑，威胁人员和设备安全。极端天气影响，低温、雨雪、冰冻可导致道路结冰、机械故障、高空作业风险上升。有害环境因素，如粉尘、有毒有害气体（尤其在隧洞施工中）、化学品泄漏风险等。生态敏感区施工，可能破坏植被、引发水土流失，甚至诱发局部地质灾害。这些环境风险往往与其他风险（如技术、管理、施工安全）交织，形成连锁反应。例如，暴雨不仅直接威胁施工，还可能因排水不畅导致基坑坍塌或触电事故。

3. 财务风险

地质条件风险，水利工程常位于地质复杂区域，如软土地基易引发不均匀沉降，岩溶地貌可能导致地基塌陷或渗漏，地震带施工则增加结构破坏与工期延误风险。气象条件风险，暴雨、洪水可能引发山体滑坡、冲毁围堰，大风危及设备安全，极端温度影响混凝土浇筑质量，直接威胁工程进度与安全。水文条件风险，河流水位涨落、流量变化影响围堰稳定性，汛期高水位可能淹没施工区，水质污染还可能降低混凝土耐久性。财务风险，勘察设计阶段风险，勘察资金不足导致设计深度不够，施工中频繁变更线路，引发工程增量与成本超支，设计思路落后还可能造成后期水资源浪费与维护费用上升。征迁补偿风险，补偿标准不统一、一线执行偏差、财务审核不严，易导致补偿费支付偏高，村委会主导发放时可能出现重复领取、更名发放等问题，造成资金流失。

招投标与合同风险，招标代理缺乏独立性可能引发权力寻租；合同签订中存在不平衡报价、工程量清单漏项等问题，中标方借机签订补充协议，增加业主方支出风险。资金管理风险，包括资金监管不力、账户管理混乱、成本核算不准、变更未及时更新等，均可能导致资金失控或挪用。

二、风险评估方法

1. 定性评估

定性评估方法在水利工程施工风险评估中主要包括专家打分法和层次分析法（AHP），适用于初步筛查和多种因素综合判断，具有操作简便、实用性强的特点。专家打分法，通过组织水文地质、施工技术、安全管理等领域的专家，对风险的“发生可能性”和“影响程度”进行分级打分，发生可能性，分为极低、低、中、高、极高，影响程度，分为可忽略、轻微、中等、严重、灾难性，通过加权计算（如：可能性×影响程度）得出风险等级，通常≥15分判定为高风险。例，在临时围堰施工中，若专家评估洪水漫顶的可能性为“高”（4分），后果为“严重”（4分），则风险值为16，属于高风险，需重点防控。层次分析法（AHP），将复杂风险问题结构化，分解为多个层级进行两两比较，确定各风险的相对权重，目标层，总体施工风险，准则层，地质、水文、技术、管理等因素，方案层，具体风险事件（如基坑坍塌、隧洞涌水等），通过构建判断矩阵，计算各风险的综合排序，明确优先管控对象。应用场景，在跨江水利枢纽工程中，AHP可帮助识别“航道通航干扰”与“桩基岩溶发育”哪个风险更需优先投入资源管控。

2. 定量评估

水利工程施工风险的定量评估方法主要包括蒙特卡洛模拟法、模糊综合评价法和贝叶斯网络法。蒙特卡洛模拟法，针对地质参数（如土层承载力、岩石完整性系数）、水文参数（如洪峰流量、降水强度）等具有随机性的变量，设定其概率分布（如正态分布、对数正态分布），通过计算机进行上万次迭代模拟，生成风险事件的发生概率与损失程度的统计分布曲线。例如，在混凝土坝施工中，可模拟不同温湿度组合下的裂缝发生概率及经济损失，实现风险量化。模糊综合评价法，适用于“地质条件复杂”“施工难度大”等难以精确界定的模糊性风险。该方法建立评价因素集（如地质、水文、管理）、评语集（如低/中/高风险），利用模糊数学中的关系矩阵与权重向量进行合成运算，得出综合风险等级。

特别适合多因素耦合的复杂工程场景，如国际河流项目中的政治与生态风险评估。贝叶斯网络法，结合工程前期的“先验概率”（如同类工程滑坡发生率）与施工过程中的实时监测数据（如边坡位移速率、地下水位变化），运用贝叶斯公式动态更新“后验概率”，实现风险的动态演化评估。例如，在高边坡施工中，可根据监测数据不断修正滑坡风险概率，为支护方案调整提供科学依据。这些方法能有效提升风险评估的科学性与精准度，支持从被动应对向主动防控转变。

3. 工具辅助

风险评估软件工具：利用现代计算机技术实现自动化评估与预警，提升效率与准确性。风险监测与预警系统，集成传感器与数据分析平台，持续监控边坡位移、地下水位等关键指标，及时发出警报。BIM+GIS集成平台，结合建筑信息模型与地理信息系统，实现三维可视化风险模拟与空间分析，广泛应用于大型水利项目。人工智能与大数据，AI算法可自动识别风险模式，大数据整合历史工程数据，提高预测可靠性。

三、水利工程施工中的风险关键应对策略

1. 风险预防，源头控制

利工程施工中的风险关键应对策略，核心在于“源头控制”与“全过程动态防控”相结合。通过强化前期规划、技术审查和风险分级管理，从根源上降低事故发生概率。风险预防，从源头控制，杜绝隐患萌芽，源头控制是水利工程施工风险管理的第一道防线，重点在于前置风险识别与制度约束，确保问题不发生。严格技术审查与设计把关，工程选址、洪水标准、抗震设计、结构安全等关键环节必须经过多轮专家论证和技术审查，避免因设计缺陷导致后期返工或安全事故^[2]。同时落实安全设施“三同时”制度（同时设计、同时施工、同时投入使用），确保安全投入到位。强化人员资质与市场秩序监管，施工单位的主要负责人、项目负责人及专职安全员须通过安全生产考核；特种作业人员必须持证上岗，杜绝无证操作。严厉打击转包、违法分包和挂靠资质行为，规范建设市场秩序，从管理源头遏制风险。推行安全生产责任保险，鼓励项目投保安全生产责任险，利用市场化机制倒逼企业提升安全管理水平，实现风险共担与经济补偿双重保障。

2. 风险减轻，应急响应

水利工程施工中的风险关键应对策略以“预防为主、应急为辅”为核心，其中应急响应是风险减轻的关

关键环节。面对突发情况，科学高效的应急响应能有效控制事态、减少损失，保障人员安全与工程进度。应急响应作为风险减轻的核心措施，当风险事件发生时，应急响应机制的快速启动是实现风险减轻的关键。其目标是通过组织协调、资源调配和现场处置，最大限度降低人员伤亡、经济损失和环境破坏。建立分级响应机制，根据风险等级（如低、中、高、极高）制定对应的应急响应流程。例如，高风险事件需立即启动Ⅲ级或以上应急响应，成立现场指挥部，调动专业救援力量。编制可操作的应急预案，针对洪水、地质灾害、设备故障等常见风险，制定专项预案，明确应急流程、责任人、物资储备和通信机制。预案应定期演练并动态更新。强化监测预警系统，利用遥感、GIS、水文监测等技术手段，实时监控气象、地质和工程结构变化，提前发布预警信息，为应急争取时间。保障应急资源到位，配备充足的应急设备（如救援工具、照明、防护装备），设立应急物资储备点，并组建专业应急队伍，确保突发事件时能迅速投入救援。落实现场处置与信息沟通，事故发生后，立即启动应急预案，控制危险源，组织人员撤离或救援。同时，及时向主管部门和社会公众发布准确信息，避免谣言传播。

3. 风险转移，多元共担

在水利工程施工过程中，面对地质灾害、极端天气、技术失误等不确定性风险，仅靠单一主体承担风险成本极高。因此，必须构建“保险+合同+多主体协同”的风险转移体系，保险转移，投保“建筑工程一切险”和“第三者责任险”是基础手段，可覆盖自然灾害、意外事故导致的工程损毁与人员伤亡赔偿。针对高风险环节（如隧洞开挖、大坝浇筑），还可附加“施工机具险”或“职业责任险”，将潜在经济损失转移至保险公司。合同转移，通过工程总承包（EPC）、PPP等模式，在合同中明确设计、施工、监理各方的风险责任边界。例如，将材料价格波动风险通过调价条款转移给承包方，或将征地移民风险由地方政府在协议中承诺兜底，降低项目业主的直接风险负担。多主体协同共担，推动政府、企业、社区、金融机构等多方参与风险分担。例如，建立由项目法人牵头、参建单位共同出资的“风险准备金池”，或引入社会资本参与并按收益比例分担风险，实现“利益共享、风险共担”。广东粤东供水项目通过“495网格化

责任清单”将风险管控责任落实到人，并与考核挂钩，提升了协同响应效率。

4. 冬季施工专项防控

高空坠落风险，施工面与道路结冰，人员动作迟缓，脚手架稳定性下降，易导致跌倒或坠落。应对策略，在高空作业平台、通道、脚手板设置防滑条或防滑垫；及时清理道路、坡道的积雪与结冰，检查架体是否松动或下沉，并设置“当心滑倒”警示标识。电气安全隐患，低温潮湿易致线路老化、短路，私拉电线或违规取暖可能引发火灾或触电。应对策略，电源开关与控制箱应统一布置、加锁管理，专人负责；露天设备需配备防雨防潮设施；雨雪后必须检查供电线路，确保用电安全。火灾与爆炸风险，易燃易爆材料堆放不当，或在禁火区动火作业，极易引发火灾。应对策略，易燃易爆物品须专人管理并采取防火措施，高空焊接时下方禁止堆放易燃物，存放区严禁吸烟或动火。机械与车辆故障，低温导致润滑油凝固、制动系统失灵，冰雪路面增加运输事故风险。应对策略，对施工机械和车辆进行换季保养，更换防冻剂与润滑油；冰雪路面行车须加装防滑链；出车前检查制动装置，不合格不得出车。混凝土施工质量风险，低温影响混凝土凝固，易出现裂缝或强度不足。应对策略，对原材料预热，使用防冻、早强型外加剂，加强浇筑后保温养护，根据气温动态调整方案。

总之，在当今这个不确定的时代，水利工程面临着越来越多的风险和挑战。因此，加强风险管理，提高项目团队的风险意识和管理能力，成为保证项目成功和实现可持续发展的关键因素。这不仅需要在技术和方法上不断创新，还需要在组织文化和人才培养上努力，确保风险管理的理念深入人心，风险管理的实践落到实处。

参考文献

- [1] 李春梅. 水利水电施工成本控制与核算方法[C]//《施工技术(中英文)》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2024年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(下册). 云南建投第一水利水电建设有限公司, 2024: 943-944. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.029457.
- [2] 孙刚强. 水利工程堤防管理中的风险评估与应对策略研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (27): 195-197. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202527065.