

水利工程施工中的风险管理与应对策略

潘王军

瑞安市水利局 浙江 温州 325000

摘要：随着社会经济的快速发展和人民生活水平的不断提高，水利工程的建设在确保水资源合理利用和防治水灾害中发挥着越来越重要的作用。然而，水利工程施工是一个复杂且充满挑战的过程，涉及多个方面的风险，如技术风险、环境风险、管理风险和财务风险等。如何有效识别、评估和管理这些风险，成为确保水利工程成功实施的关键。

关键词：水利工程；风险管理；应对策略

提出了风险管理的最佳实践和策略，包括风险管理的组织和文化建设、风险管理工具和技术的应用、人员培训和能力建设，以及如何通过持续学习和改进来提高风险管理的效能。

1 水利工程施工风险管理

1.1 水利工程施工风险定义。水利工程施工风险是指在水利水电工程建设过程中，可能导致人员伤亡、健康损害、财产损失、环境破坏或这些情况组合的不确定因素及其潜在后果的综合状态。具体包括以下核心要素：核心定义，风险根源，指施工过程中存在的危险源，即可能引发事故的根源或状态，例如：地质缺陷部位的高边坡开挖（ > 30 米）或隧洞施工（埋深 > 500 米）；爆破作业（地下装药量 $\geq 50\text{kg}$ ）、危化品存储区泄漏等。风险构成，风险由发生概率（频率）和损失程度共同决定：概率：不利事件发生的可能性（如超标准洪水导致淹溺）；损失：涵盖人员伤亡、经济损失、工期延误、环境影响、社会影响等多维度后果。风险管理内涵，通过系统性的风险识别→分析→评价→控制流程，以最小化事故损失：识别：排查施工区域内的能量或物质释放危险源；控制：采取支护监测（如围堰变形监控）、通风防爆等技术与管理措施；目标：保障工程安全推进，实现资源优化配置。关键区别：风险：强调概率与损失的组合（事前预防范畴）；风险事件：已发生的偶发不利事故（事后处置范畴）。

1.2 水利工程施工风险管理重要性。水利工程施工风险管理是保障工程建设安全、质量与效益的核心环节，其重要性主要体现在以下方面：保障生命财产安全，预防重大事故，通过系统识别高边坡（ > 30 米）、深基坑（ > 5 米）、隧洞（埋深 > 500 米）等重大危险源，采取支护监测、通风防爆等措施，显著降低坍塌、淹溺、中毒等事故发生率。减少伤亡损失，建立应急响应机制（如

停工撤离、专家排险、医疗救援联动），可最大限度减少事故造成的人员伤亡与财产损失。确保工程顺利推进，规避工期延误风险，动态防控超标准洪水、围堰失稳等环境风险，通过预留缺口过水、调洪计算等技术措施，保障度汛安全与施工连续性。控制成本超支，规范安全生产费用提取（费率 $\geq 2.5\%$ ），杜绝资金挪用，确保支护设备、监测系统安全投入足额到位，避免因事故导致的返工或赔偿损失，履行法定责任与社会义务，落实质量终身责任制，依据《水利工程建设安全生产管理规定》，项目法人承担首要责任，施工单位承担主体责任，风险管理失职将依法追责。保护生态环境，防控危化品泄漏、施工粉尘超标等环境风险，减少水土污染与生态破坏，履行可持续发展责任。提升综合效益，优化资源配置，风险分级管控（重大/较大/一般/低风险）明确监理、项目法人、政府部门的监督职责，实现管理资源精准投放。推动技术创新，应用智能监测技术（如 0.1mm 精度沉降传感器、 95% 覆盖率视频监控），提升风险预警效率，促进行业技术进步。

1.3 水利工程施工风险识别与评估。风险识别方法，现场勘查法，重点区域排查：针对深基坑（ > 5 米）、高边坡（ > 30 米）、地下隧洞（埋深 > 500 米）等区域，实地检查地质缺陷、支护结构稳定性及渗漏点。动态监测：通过变形传感器（精度 0.1mm ）实时监测围堰、边坡位移，超阈值自动预警。专家评估法，组织地质、结构、安全多领域专家，结合历史事故数据（如坍塌、涌水案例）辨识危险源。运用初始清单法预列爆破作业（装药量 $\geq 50\text{kg}$ ）、危化品存储等高频风险点。数据分析法，统计施工日志中的设备故障率、环境异常事件（如粉尘超标、氧含量 $< 19.5\%$ ），构建风险数据库。风险评估模型，定性方法，直接评定法：对重大危险源（如超标准洪水、围堰失稳）直接判定为重大风险（红

色标识)。安全检查表法:逐项核验支护强度、通风设备、应急通道等合规性,标注黄/蓝色一般风险。风险分级与管控,等级划分,重大风险(红):如深基坑变形超限、超标洪水冲击,需项目法人牵头处置;较大风险(橙):隧洞涌水、岩爆,由监理单位组织多方管控;一般风险(黄):脚手架搭设缺陷,施工单位自查。智能防控应用,部署视频监控系统(覆盖率 $\geq 95\%$)及AI分析平台,自动识别违规作业行为;集成北斗位移监测与调洪计算模型,动态优化度汛方案。典型案例与教训,坍塌事故:某管道工程因沟槽未放坡(深度4.3米)且无支护,致土体坍塌伤亡;物体打击:吊装作业区域未隔离,重物坠落酿成事故;处置原则:即时停工→专家勘测→制定支护加固方案→持续监测。核心要点:融合“现场勘查+智能监测+模型评估”,构建“红橙黄蓝”分级管控体系,实现风险早辨识、早干预。

2 水利工程施工风险应对策略

2.1 水利工程施工风险规避策略。水利工程施工风险规避需通过技术防控、管理优化、智能监测及应急响应等多维度协同实现,技术防控措施,分级支护与结构加固,深基坑/高边坡:深度 > 5 米的基坑需设置放坡或支护结构;高度 > 30 米的高边坡采用预应力锚索+格构梁加固,并安装 0.1mm 精度变形传感器实时监测。围堰工程:过水土石围堰采用混凝土板护面(如柘溪水电站案例),预留缺口分洪(内江40%、外江60%分水)以平衡灌溉与泄洪需求。水文风险防控,调洪计算与缺口预留:依据SL/T 631.8-2025标准,通过洪水演算确定坝体拦洪高程,汛前无法达标的工程预留缺口过水(如三峡大坝施工方案)。导流建筑物升级:对3级导流建筑物且失事后果严重的,提高设计标准至百年一遇洪水。源头控制,安全设施“三同时”:确保安全设施与主体工程同步设计、施工及投产,严查施工转包/挂靠资质行为。资金专项管理:安全生产费用提取率 $\geq 2.5\%$,专款用于支护设备、智能监测系统建设。智能监测与预警,实时风险感知,布设北斗位移监测网,对围堰变形阈值超限(如单日位移 $> 5\text{mm}$)自动触发警报。应用AI视频监控(覆盖率 $\geq 95\%$),智能识别未佩戴安全帽、吊装违规操作等行为。动态模型优化,集成调洪计算模型与气象数据,动态调整度汛方案(如市“361”模式实现支付与进度“双百”目标)。坍塌事故规避:某管道工程因沟槽未支护(深4.3米)致坍塌,后续强制要求深度 > 3 米基坑必须支护+放坡。物体打击防控:吊装区设隔离带,严格验算钢丝绳承重。融合“分级管控+智能预判+源头治理”,遵循《水利水电工程危险源辨识与风险评价导

则》(SL/T 843-2025),实现从被动处置向主动防控的转型。

2.2 水利工程施工风险减轻策略。水利工程施工风险减轻策略需通过技术防控、过程管控及应急响应协同实施,工程技术措施,地质风险防控,施工前开展详细地质勘察(如地质雷达探测、钻探取样),识别滑坡、塌方隐患区域;高风险区采用预应力锚索+格构梁加固,实时监测地表变形(单日位移阈值 $\leq 5\text{mm}$)。深基坑(> 5 米)强制放坡+钢管桩支护,土方作业分段开挖,减少暴露面。水文风险控制,建立水文监测系统,动态跟踪水位、流量数据;洪水高发期前完成导流建筑物升级(如3级导流建筑物按百年一遇标准设计)。混凝土坝施工预留缺口分洪(内江40%、外江60%分流),结合调洪计算模型动态优化泄洪方案。设备与作业安全,重型机械(吊车、挖掘机)每日检修,关键设备备用率 $\geq 20\%$;吊装区设硬隔离带,验算钢丝绳承重极限(避免超载)。高空作业强制佩戴五点式安全带,脚手架验收合格率100%。过程监管强化,落实安全设施“三同时”(同步设计/施工/投产),严查施工转包、挂靠行为。按 $\geq 2.5\%$ 费率计提安全生产费,专款用于智能监测系统(如北斗位移监测网、AI视频监控覆盖率 $\geq 95\%$)。典型场景处置,渗漏险情:临水面截渗(抛投土袋),背水面导渗(铺设反滤料)。坍塌事故:立即疏散→机械清渣→注浆补强。缺氧环境:隧道内布设氧含量传感器(阈值 $\geq 19.5\%$),自动启动通风系统。教训与改进,案例警示:某管道工程沟槽坍塌(深4.3米无支护)致伤亡,后续强制要求 > 3 米基坑必须支护+放坡;管理升级:每季度开展围堰失稳、有毒气体泄漏应急演练,检验响应时效。深度融合“分级管控-智能监测-闭环处置”,遵循《水利安全生产风险管控“六项机制”》,实现风险可控、损失最小化。

2.3 水利工程施工风险转移策略。水利工程施工风险转移策略主要采用合同约定、保险机制及分包管理等手段,将部分风险责任转移给第三方承担,合同转移策略,履约担保转移,建设单位在招标阶段要求承包单位提供银行保函或保证金(一般为合同额的5%-10%),覆盖因违约导致的工期延误或质量缺陷风险。竣工结算时预留质量保证金(比例 $\geq 3\%$),用于后期缺陷责任期的风险兜底。责任条款约定,在施工合同中明确划分地质条件变化、不可抗力等风险的责任归属。例如,约定地质勘探数据偏差导致的额外支护费用由业主承担。通过“背靠背”条款,总包单位将业主付款风险转移至分包商(如约定“收到业主款项后支付分包工程款”)。保

险转移策略,工程险种覆盖,安全生产责任险:强制投保(费率 $\geq 1.5\%$),转移施工伤亡事故的赔偿责任,覆盖医疗救援、伤残抚恤等费用。建筑工程一切险:针对自然灾害(如洪水、地震)造成的工程损坏,按工程造价的1.2%-2.5%投保。汛期专项险:对导流建筑物、临时围堰等关键设施,投保超标准洪水灾害险,赔付标准按百年一遇洪水量级设定。技术支撑保险定价,基于调洪计算模型(SL/T 631.8-2025)确定坝体拦洪高程,作为保险费率核定依据。集成北斗位移监测数据(如单日变形 $> 5\text{mm}$ 触发预警),用于保险理赔的定损证据。分包与外包转移,专业风险分包,将高风险作业(如隧洞爆破、深基坑支护)分包给具备特种资质的专业单位,在分包合同中明确风险连带责任。案例:某大坝工程将预应力锚索施工分包给专业岩土公司,转移锚固失效风险。设计-施工联合体模式,采用EPC总承包,由联合体承担设计缺陷与施工风险的连带责任,减少业主协调成本。洪水应对:通过投保超标准洪水险,获得保险公司对临时围堰冲毁损失的快速理赔,降低重建资金压力;某水库项目:采用履约担保+专项分包,转移了75%的地质变更风险。

3 水利工程施工具体风险管理措施

3.1 风险源头防控。安全设施“三同时”制度,安全设施与主体工程同步设计、施工及投产,严查施工转包、挂靠资质等违规行为。工程选址严格审查防洪抗震设计,特种作业人员100%持证上岗。资金与技术保障,安全生产费用按 $\geq 2.5\%$ 费率计提,专用于支护设备、智能监测系统建设。深基坑($> 5\text{米}$)强制放坡+钢管桩支护,高边坡($> 30\text{米}$)采用预应力锚索加固,安装0.1mm

精度变形传感器实时监测。

3.2 过程风险控制。水文风险应对,导流建筑物按百年一遇洪水标准设计,预留缺口分洪(如内江40%、外江60%分流)。集成调洪计算模型(SL/T 631.8-2025)与气象数据,动态调整泄洪方案。施工安全强化,吊装区设硬隔离带,钢丝绳承重验算率100%;高空作业强制使用五点式安全带。布设AI视频监控(覆盖率 $\geq 95\%$),实时识别未戴安全帽、违规操作等行为。

3.3 智能监测与应急响应。实时预警系统,北斗位移监测网自动触发阈值警报(单日位移 $> 5\text{mm}$),隧道内氧含量传感器(阈值 $\geq 19.5\%$)联动通风系统。

3.4 典型案例应用。坍塌事故防控:某工程因4.3米深沟槽无支护坍塌,后续强制 $> 3\text{米}$ 基坑必须支护+放坡;围堰防洪案例:卡博拉巴萨水电站采用混凝土溢流面板+钢筋笼护面,成功抵御 $74\text{m}^3/\text{s}$ 过水流速。落实“六项机制”(风险查找、研判、预警、防范、处置、责任),构建“源头严防-过程严管-应急闭环”的全周期管控体系。

总之,加强风险管理,提升项目团队的风险意识和管理能力,已经成为确保工程成功、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,更需要在组织文化和人员培训方面下功夫,确保风险管理理念深入人心,风险管理实践落到实处。

参考文献

- [1]王鹏.水利工程建设施工成本控制的方法研究.2023.
- [2]彭宏宇.关于水利工程施工中的风险管理与应对措施探讨.2023.