

水利工程安全风险管理与控制策略研究

马晓燕¹ 姚 琨²

1. 郑州黄河工程有限公司 河南 郑州 450000

2. 郑州黄河河务局荥阳黄河河务局 河南 荥阳 450100

摘 要：本文聚焦水利工程安全风险管理与控制策略研究，阐述安全风险定义、特点及对水利工程的影响，剖析风险识别方法与评估模型，提出构建风险管理框架、运用多种风险控制策略，并强调技术与管理结合。详细说明风险管理与控制策略的实施步骤、效果评估反馈机制及持续改进创新方向。旨在为水利工程安全风险提供系统理论与实践指导，提升工程安全性与综合效益，保障水利工程长期稳定运行。

关键词：水利工程；安全风险；风险管理；控制策略

1 水利工程安全风险概述

1.1 安全风险的定义

安全风险是指在特定环境与时间段内，由于各种不确定性因素的存在，可能导致人员伤亡、财产损失、环境破坏或工程功能失效等不良后果的潜在威胁。从风险理论角度看，安全风险是风险事件发生的可能性与事件发生后造成后果严重程度的综合体现^[1]。在水利工程领域，安全风险涵盖了工程建设、运行维护等全生命周期过程中，因自然条件、技术缺陷、管理疏漏等因素引发的各类潜在危险。这些风险因素相互交织、相互影响，共同构成了水利工程安全风险的复杂体系。理解安全风险的定义，是开展水利工程安全风险管理工作的基础，有助于准确把握风险本质，为后续的风险识别、评估与控制提供理论依据。

1.2 水利工程安全风险的特点

水利工程安全风险具有显著特点。其一，复杂性突出，水利工程涉及水文、地质、气象等自然条件，以及规划、设计、施工、管理等多个环节，每个环节都可能存在风险因素，且各因素间相互关联、相互作用，使得风险形成机理复杂。其二，隐蔽性较强，部分风险如地基缺陷、内部裂缝等，在工程建设或运行初期不易被发现，往往在特定条件触发下才显现，增加了风险防控难度。其三，危害性大，一旦发生安全事故，不仅会造成重大人员伤亡和财产损失，还可能引发洪水泛滥、生态破坏等严重次生灾害，对区域经济社会发展和生态环境造成长期负面影响。其四，动态性显著，随着工程建设推进、运行时间增长以及外部环境变化，风险因素会不断演变，安全风险也随之动态变化。

1.3 安全风险对水利工程的影响

安全风险对水利工程的影响广泛而深远。在工程建

设阶段，安全风险可能导致施工进度延误，增加建设成本，甚至造成工程质量不达标。例如，恶劣天气引发的洪水、泥石流等灾害，可能冲毁施工设施，中断施工进度，迫使工程停工整改。在工程运行阶段，安全风险威胁工程正常运行，降低工程效益。大坝渗漏、堤防溃决等风险事件一旦发生，将直接影响防洪、灌溉、供水等功能的发挥，损害下游地区人民群众的生命财产安全和生产生活秩序。另外，安全风险还会对生态环境造成破坏，如水库溃坝可能引发河道生态系统失衡，影响水生生物生存；工程建设过程中的水土流失，会破坏周边植被，导致生态退化。安全风险带来的负面影响，严重制约着水利工程综合效益的实现和可持续发展。

2 水利工程安全风险识别与评估

2.1 安全风险识别方法

水利工程安全风险识别是风险管理的首要环节，常用方法丰富多样。专家调查法通过组织水利领域专家，凭借其专业知识和实践经验，对工程可能存在的风险进行识别和分析，能够快速获取具有针对性的风险信息，但主观性较强。现场勘查法通过对工程现场进行实地检查，直观发现工程实体存在的缺陷和隐患，如建筑物裂缝、设备老化等，为风险识别提供可靠依据^[2]。故障树分析法以工程系统故障为顶事件，自上而下逐层分析导致故障发生的各种原因事件，通过构建逻辑树状图，清晰展示风险因素间的因果关系，有助于全面识别潜在风险。此外，历史资料分析法通过收集类似工程的事故案例和风险信息，总结规律，推测当前工程可能面临的危险，为风险识别提供参考。这些方法各有优劣，实际应用中通常综合运用多种方法，以提高风险识别的准确性和全面性。

2.2 安全风险评估模型

安全风险评估模型是量化分析水利工程安全风险的重要工具。层次分析法(AHP)通过将复杂的风险评估问题分解为多个层次,构建层次结构模型,对各层次风险因素进行两两比较,确定相对权重,进而计算出整体风险水平,能够将定性分析与定量分析相结合,有效处理多因素、多层次的风险评估问题。模糊综合评价法利用模糊数学原理,将风险因素的不确定性转化为模糊集合,通过建立模糊关系矩阵和确定权重,对风险进行综合评价,适用于处理难以精确量化的风险因素。灰色关联分析法基于灰色系统理论,通过计算各风险因素与参考序列的关联度,判断风险因素的重要程度,能够在信息不完全的情况下进行风险评估。这些评估模型为水利工程安全风险的量化分析提供了科学手段,有助于准确判断风险等级,为风险管理决策提供数据支持。

3 水利工程安全风险管理与控制策略

3.1 风险管理框架构建

构建完善的水利工程安全风险管理框架是有效开展风险管理工作的前提。该框架以组织保障为基础,明确各部门、各岗位在风险管理中的职责和权限,确保风险管理工作责任到人。以制度建设为支撑,建立健全风险管理制度、操作规程和应急预案,规范风险管理流程。以技术手段为依托,运用先进的监测设备、评估模型和管理软件,提高风险管理的科学性和效率。同时框架涵盖风险识别、评估、控制、监控等环节,形成一个闭环管理系统,通过不断循环和改进,实现对水利工程安全风险的动态化、全过程管理。风险管理框架的构建,为水利工程安全风险管理提供了系统化的管理模式,保障风险管理工作有序开展。

3.2 安全风险控制策略

3.2.1 风险规避策略

风险规避策略是通过主动放弃或改变可能导致风险发生的行动方案,从而避免风险发生的一种管理策略。在水利工程中,对于一些风险过高、无法有效控制的项目或环节,可采用风险规避策略^[3]。例如,在地质条件复杂、存在严重滑坡隐患的区域,放弃建设水利工程,选择其他合适的地点;在设计阶段,避免采用不成熟、高风险的技术方案,改用成熟可靠的技术,从源头上消除风险。风险规避策略虽然能够完全消除风险,但也可能使工程失去一些潜在的发展机会,在应用时需综合考虑工程目标、成本效益等因素,谨慎决策。

3.2.2 风险减轻策略

风险减轻策略旨在降低风险发生的可能性或减少风险发生后造成的损失。在水利工程建设中,通过加强施

工质量控制,严格按照设计规范和施工标准进行作业,可降低工程因质量问题引发安全风险的可能性;在运行阶段,定期对工程设施进行维护保养,及时修复设备故障和建筑物缺陷,能够减少事故发生的概率。制定应急预案,开展应急演练,提高应对突发事件的能力,在风险发生时可有效减轻损失。风险减轻策略是水利工程安全风险管理中常用的策略,通过采取一系列措施,将风险控制可在可接受的范围内。

3.2.3 风险转移策略

风险转移策略是将风险的后果连同对风险应对的权利和责任转移给其他方的一种策略。在水利工程中,工程保险是常见的风险转移方式,通过购买建筑工程一切险、安装工程一切险等保险产品,将工程建设和运行过程中的部分风险转移给保险公司。采用工程分包模式,将部分高风险的施工任务分包给专业的施工单位,由分包单位承担相应的风险责任,也是风险转移的一种方式。风险转移策略能够在一定程度上降低自身承担的风险,但需要支付一定的费用,如保险费、分包费用等,在实施过程中需合理选择转移方式和合作伙伴,确保风险转移的有效性。

3.2.4 风险接受策略

风险接受策略是指对一些风险较小、发生概率较低或采取控制措施成本过高的风险,主动接受其存在,不采取专门的控制措施。在水利工程中,对于一些轻微的设备磨损、局部的小范围渗漏等风险,若修复成本高且对工程整体安全影响较小,可采用风险接受策略,通过加强监测和记录,在风险发展变化时再采取相应措施。风险接受策略并非消极对待风险,而是在对风险进行充分评估的基础上,做出的理性决策,需要建立完善的风险监测和预警机制,以便及时发现风险变化,采取应对措施。

3.3 技术与管理手段的结合

将技术手段与管理手段相结合是提升水利工程安全风险管理水平的关键。在技术方面,利用物联网、大数据、人工智能等先进技术,实现对水利工程设施的实时监测和智能分析。例如,通过安装传感器,实时采集大坝位移、渗流、应力等数据,运用大数据分析技术对数据进行处理,及时发现潜在风险;利用人工智能算法对风险进行预测和预警,提高风险防控的及时性和准确性。在管理方面,建立健全安全管理制度,加强人员培训和教育,提高全员安全意识和风险管理能力。同时,将技术监测结果与管理措施相结合,根据监测数据及时调整管理策略,实现技术与管理的协同运作,形成全方

位、多层次的安全风险管理体系^[4]。

4 水利工程安全风险管理与控制策略的实施与优化

4.1 实施步骤

水利工程安全风险管理与控制策略的落地实施，需要一套严谨且科学的步骤作为指引。首先，制定详细的实施方案是基础，方案需围绕风险管理目标，将整体任务拆解为可执行的具体子任务，明确各部门、各岗位在风险管理流程中的责任分工，并设定精确的时间节点，确保各项工作有条不紊地推进。例如，在某大型水库除险加固工程中，实施方案明确规定施工部门负责现场风险隐患排查，技术部门需在一个月内完成风险评估模型搭建。其次，开展宣传培训是关键环节，通过线上线下结合的方式，组织专题讲座、案例研讨会，邀请行业专家解读风险管理知识与控制策略，让工程建设和运行管理人员深刻理解风险管理的重要性，掌握实际操作技能。接着，严格按照实施方案组织实施，在施工过程中，通过每日安全巡检、定期质量抽检等方式加强过程监督，一旦发现施工不规范、设备隐患等问题，立即启动整改流程。最后，实施效果的总结评估不可或缺，通过复盘项目全周期，分析风险管理措施的有效性，为后续类似工程积累宝贵经验。如此规范的实施步骤，能确保风险管理与控制策略切实落地，达成预期目标。

4.2 效果评估与反馈

效果评估是检验水利工程安全风险管理与控制策略实施成效的核心环节。构建科学合理的评估指标体系，需从多维度考量，包括风险发生概率降低程度、事故造成的经济损失减少情况、工程关键安全性能指标的提升幅度等。例如，在评估大坝安全风险管理工作效果时，将坝体位移监测数据变化、渗漏量减少比例等纳入指标体系。评估方法采用定量与定性相结合，定量分析借助大数据平台，对风险监测数据进行深度挖掘，计算风险发生概率的变化趋势；定性分析则通过专家现场检查、问卷调查，收集工程人员对风险管理措施的主观评价，确保评估结果全面客观。评估结束后，及时将结果反馈给涉及的设计、施工、运维等相关部门和人员。对于像某河道整治工程中，通过优化巡查制度使安全隐患发现率显著提升这类有效的管理措施，组织经验分享会进行推广；对于部分区域防洪标准未达预期等问题，联合技术团队深入剖析原因，提出改进方案，从而不断完善风险管理工作，推动水利工程风险管理水平持续提升。

4.3 持续改进与创新

水利工程安全风险管理是一个动态发展、持续优化的过程。随着物联网、人工智能等新兴技术的不断突破，以及国内外先进管理理念的迭代更新，水利工程风险管理亟需引入新的技术和方法实现优化创新^[5]。在技术层面，积极探索应用新型监测技术，如分布式光纤传感技术，可对大坝、堤防的微小变形和渗漏进行高精度、长距离监测，极大提高风险监测的精度和范围；在管理层面，借鉴国外先进的全生命周期风险管理模式，结合我国水利工程实际，完善自身的风险管理体系。同时，鼓励工程技术人员和管理人员积极投身风险管理研究与实践，设立专项科研基金，支持针对复杂地质条件下工程风险防控、极端气候事件应对等课题的研究。例如，某水利单位通过组织内部技术攻关小组，研发出适用于本地区的洪水风险智能预警系统，有效提升了防洪减灾能力。通过持续不断的改进与创新，水利工程安全风险管理能够更好地适应气候变化、工程老化等内外部环境变化，增强风险防控能力，为水利工程安全稳定运行筑牢坚实保障。

结束语

本研究系统梳理了水利工程安全风险管理与控制策略，从理论到实践为水利工程安全管理提供了科学指导。通过明确风险特征、创新识别评估方法、构建管理体系等，有效提升了风险防控能力。然而，随着环境变化与技术发展，水利工程面临的风险也在更新。未来需持续关注新兴风险，深化技术创新与管理模式优化，进一步完善水利工程安全风险管理体系，推动水利行业高质量发展。

参考文献

- [1]梁晓雯.水利施工管理中存在的安全风险及改进措施探讨[J].技术与市场,2021,28(04):194+196.
- [2]魏贻年.水利工程建设安全生产管理对策浅析[J].农业开发与装备,2021,(03):114-115.
- [3]刘同旭.水利工程施工现场危险源安全管理措施[J].黑龙江水利科技,2021,49(02):230-233.
- [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.
- [5]庄志凤.水利工程档案信息化管理存在的风险与安全管理策略研究[J].兰台内外,2022,(03):56-58.