

水工建筑工程中的风险评估与管理

谭金敏¹ 甘志文²

1. 广西珠委南宁勘测设计院有限公司 广西 南宁 530000

2. 珠江水利委员会西江局西江水利综合技术中心 广西 南宁 530000

摘要: 水工建筑工程作为国家基础设施建设的关键领域,在调节水资源、防洪减灾、发电供电等方面意义重大。然而,其建设与运行面临诸多复杂且不确定的风险因素。本文从水工建筑工程风险评估与管理的现状出发,深入剖析现存问题,详细阐述风险评估流程、方法及信息技术应用,探讨风险管理策略的制定与实施,旨在构建全面、科学、有效的水工建筑工程风险评估与管理体系,保障工程安全、提升质量、控制成本与进度,推动行业可持续发展。

关键词: 水工建筑工程; 风险评估; 风险管理; 信息技术

1 引言

水工建筑工程,涵盖大型水库、水电站、堤防工程等众多类型,是国家经济社会发展的重要支撑。以三峡水电站为例,它不仅具备强大的发电能力,还在防洪、航运等方面发挥着不可替代的作用。然而,这类工程通常规模宏大,如三峡工程坝顶高程达185米,坝体总混凝土量为1610万立方米;技术复杂,涉及水工结构、电气、机械等多个专业领域;建设周期长,往往需要数年甚至数十年才能完成;且受自然环境影响显著,如洪水、地震、泥石流等自然灾害都可能对工程造成严重影响。因此,在项目实施过程中,面临诸多风险。有效的风险评估与管理能够提前识别风险、分析风险成因和影响程度,并采取针对性的措施进行应对,从而降低风险带来的损失,确保工程顺利进行和长期稳定运行。所以,深入研究水工建筑工程中的风险评估与管理具有重要的现实意义。

2 水工建筑工程风险评估与管理的现状及问题

当前我国水工建筑工程领域对风险评估与管理日益重视,在南水北调等大型项目中,通过组织专家评估潜在风险并制定应对措施,应用概率风险评估、模糊综合评价等先进方法,并尝试利用信息化手段辅助风险管理。然而,仍面临诸多问题:首先,部分单位和个人风险意识淡薄,过于注重进度和成本而忽视潜在风险,导致安全事故频发;其次,现有评估方法依赖主观判断且对复杂因素考虑不足,难以准确评估风险大小及其影响;再者,数据积累不足,历史和实时数据缺失或不准确,限制了评估准确性;最后,管理机制不健全,部门间职责不清、沟通不畅,缺乏有效的风险监控预警机制及应急预案演练,导致风险管理效果不佳。这些问题的存在提示我们需要进一步加强风险意识教育、完善评估方法、强化数据管理和优化管理机制。

3 水工建筑工程风险评估流程与方法

3.1 风险评估流程



图1 水工建筑工程风险评估流程图

3.2 风险评估方法

3.2.1 层次分析法(AHP)

层次分析法将复杂的风险问题分解为多个层次和因素,通过两两比较确定各因素的相对重要性,进而计算出各风险因素的权重。该方法能够将定性和定量分析相

结合,适用于多目标、多准则的风险评估问题。在水工建筑工程中,可以用于评估不同风险因素对工程整体风险的影响程度。例如,在评估某水电站工程的风险时,可以将风险因素分为自然风险、技术风险、经济风险、管理风险和社会风险五个一级指标,每个一级指标下又

包含若干二级指标。然后,组织专家对各指标之间的相对重要性进行打分,构建判断矩阵^[1]。通过计算判断矩阵的最大特征值和对应的特征向量,对判断矩阵进行一致性检验,若检验通过,则特征向量即为各指标的权重。最后,根据各风险因素的发生概率和损失程度,结合权重,计算出工程的综合风险值,从而确定风险等级。

3.2.2 蒙特卡罗模拟法

蒙特卡罗模拟法基于概率统计理论,通过随机抽样模拟风险因素的变化情况,计算风险事件发生的概率和可能的结果分布。该方法适用于处理具有不确定性和随机性的风险问题,能够直观地展示风险的可能影响范围。例如,在评估水工建筑工程成本风险时,工程成本受到原材料价格、人工成本、设备租赁费用等多种因素的影响,且这些因素具有不确定性。可以通过蒙特卡罗模拟法,根据历史数据和专家判断,确定各风险因素的概率分布函数,如原材料价格可能服从正态分布,人工成本可能服从均匀分布等。然后,利用计算机进行大量的随机抽样,模拟不同风险因素组合下的工程成本,计算出工程成本的概率分布。通过分析概率分布,可以了解工程成本的可能取值范围、最大值、最小值以及不同成本区间发生的概率,为成本控制提供决策依据。

3.2.3 故障模式与影响分析法(FMEA)

故障模式与影响分析法分析系统或设备可能出现的各种故障模式,以及每种故障模式对系统性能和功能的影响,并确定故障模式的严重度、发生频度和检测难度,进而计算出风险优先数(RPN),以确定需要优先处理的风险。在水工建筑工程中,可用于对工程设备和结构进行风险评估,提前发现潜在的故障隐患。例如,在水轮发电机组的风险评估中,可以列出机组可能出现的故障模式,如轴承过热、叶片断裂、电气故障等。然后,分析每种故障模式对机组运行的影响程度,确定严重度评分;根据历史数据和经验,评估故障模式发生的频度,确定发生频度评分;同时,考虑检测故障模式的难易程度,确定检测难度评分。最后,计算风险优先数($RPN = \text{严重度评分} \times \text{发生频度评分} \times \text{检测难度评分}$),根据RPN值的大小对故障模式进行排序,优先处理RPN值较高的故障模式,采取相应的预防和改进措施,降低机组故障风险。

4 水工建筑工程风险管理策略的制定与实施

4.1 风险管理策略制定

4.1.1 风险规避策略

对于一些无法承受且发生概率较高的风险,如严重的地质灾害风险,可以通过调整工程选址、改变工程设计方案等方式进行规避。例如,在选址时避开地震断裂

带、滑坡体等危险区域。如果原计划在某地质不稳定区域建设水库,经过详细的地质勘察和风险评估后,发现该区域发生滑坡和泥石流的可能性极大,且一旦发生将对工程造成毁灭性破坏,那么可以考虑重新选址,选择地质条件稳定、风险较低的区域进行建设。在设计方案中避免采用过于复杂或风险较高的结构形式^[2]。例如,对于一些大型水工建筑物,如果采用新型的、尚未经过充分实践检验的结构形式,可能存在较大的技术风险。此时,可以考虑采用成熟的、经过长期实践验证的结构形式,以降低工程风险。

4.1.2 风险降低策略

采取一系列措施降低风险发生的可能性或减轻风险造成的损失程度。在技术方面,加强工程设计审查,确保设计方案的合理性和安全性。组织多领域的专家对设计方案进行全面审查,从结构力学、水力学、地质条件等多个角度进行分析,发现设计中可能存在的问题并及时进行修改。例如,在审查大坝设计方案时,重点关注坝体的稳定性、防渗性能等关键指标,确保设计符合相关规范和标准。优化施工工艺,提高施工质量和效率。采用先进的施工技术和设备,如自动化混凝土浇筑设备、高精度测量仪器等,减少人为因素对施工质量的影响。同时,加强对施工过程的监控和管理,严格按照施工规范进行操作,及时发现和解决施工中出现的問題。在管理方面,建立健全安全管理制度,加强员工培训,提高员工的安全意识和操作技能。制定详细的安全操作规程,对施工人员进行定期的安全培训和教育,使其熟悉安全规定和应急处理方法。加强对工程材料和设备的质量检测,确保其符合标准要求。建立严格的质量检测流程,对进场的材料和设备进行逐批检验,不合格的产品坚决不允许使用。

4.1.3 风险转移策略

通过合同、保险等方式将部分风险转移给其他主体。例如,与施工单位签订合同,明确双方在风险事件中的责任和义务,将部分施工风险转移给施工单位。在合同中可以约定,对于因施工单位原因导致的工程质量问题、安全事故等风险,由施工单位承担相应的责任和损失。购买工程保险,如建筑工程一切险、安装工程一切险等,将自然灾害、意外事故等风险转移给保险公司^[3]。在购买保险时,要根据工程的特点和风险状况,选择合适的保险产品和保险金额,确保在风险发生时能够得到足够的赔偿。

4.1.4 风险自留策略

对于一些发生概率较低、损失程度较小的风险,企

业可以选择自行承担。在做出风险自留决策时,需要确保企业有足够的资金和资源来应对可能发生的风险损失。例如,对于一些小型的设备故障、局部的施工质量问题等风险,企业可以通过自身的维修力量和资金储备来解决。同时,可以建立风险准备金制度,提前储备一定的资金用于风险应对。风险准备金的金额可以根据企业的风险承受能力和历史风险损失情况进行确定,定期对风险准备金进行评估和调整,确保其能够满足风险应对的需要。

4.2 水工建筑工程风险管理策略实施

水工建筑工程风险管理策略实施需从组织、制度、资源及监督四方面保障。首先,成立由高层、技术人员和风险管理机构,明确各部门职责并加强协作沟通。其次,建立健全包括风险评估、监控及应急预案在内的制度体系,确保风险管理工作的科学性和规范性。再者,提供必要的人力、物力和财力支持,配备专业人员与先进设备,并定期培训以提高业务能力,合理安排风险管理资金。最后,建立监督与评估机制,定期检查风险管理工作的执行情况和效果,及时发现并改进问题,确保风险始终可控,从而有效提升工程的安全性和成功率。通过这些措施,保障水工建筑工程的顺利进行与可持续发展。

5 信息技术在水工建筑工程风险评估与管理中的应用

5.1 地理信息系统(GIS)

GIS技术能够整合水工建筑工程所在区域的地理空间数据,如地形地貌、地质条件、水文气象等信息。通过GIS平台,可以直观地展示工程周边环境,分析自然灾害风险的空间分布特征,为风险评估和工程选址提供科学依据。例如,在绘制洪水淹没范围图时,GIS技术可以结合地形数据和水文数据,模拟不同洪水频率下的淹没情况,清晰地显示出可能被淹没的区域和淹没深度。这对于评估洪水对工程的影响程度、确定工程的防洪标准以及优化工程布局具有重要意义^[4]。同时,GIS技术还可以用于地质灾害风险评估,通过分析地质构造、岩土体性质等数据,识别出可能发生滑坡、泥石流等地质灾害的区域,为工程的防灾减灾提供支持。

5.2 建筑信息模型(BIM)

BIM技术可以将水工建筑工程的设计、施工和运行等各个阶段的信息进行集成和共享。在风险评估与管理中,BIM模型可以模拟工程施工过程,提前发现可能存在的施工风险和冲突。例如,在进行大型水利枢纽工程的施工模拟时,BIM技术可以直观地展示各个施工环节的顺序和空间关系,发现不同工种之间的施工干扰、设备碰撞等问题,从而提前调整施工方案,避免施工过程中的

风险。同时,通过对工程结构的三维可视化展示,有助于更准确地评估结构安全风险。工程师可以直观地观察结构的应力分布、变形情况等,及时发现结构设计中可能存在的安全隐患。此外,BIM技术还可以与传感器技术相结合,实时监测工程结构的变形、应力等参数,为风险监控提供数据支持。通过在工程结构中安装传感器,将监测数据实时传输到BIM模型中,与模型中的设计值进行对比分析,一旦发现异常情况,及时发出预警信号。

5.3 大数据与人工智能技术

大数据技术能够收集、存储和分析海量的水工建筑工程相关数据,包括历史风险事件数据、工程监测数据、气象水文数据等。通过对这些数据的深度挖掘和分析,可以发现风险发生的规律和趋势,为风险评估提供更准确的依据。例如,通过分析历史上多个水利工程的风险事件数据,可以发现某些特定类型的工程在特定环境条件下更容易发生风险,从而为类似工程的风险评估提供参考。人工智能技术,如机器学习算法,可以对风险评估模型进行优化和训练,提高风险评估的准确性和效率。例如,利用神经网络算法建立风险预测模型,将大量的历史数据作为训练样本,让模型学习风险因素与风险结果之间的复杂关系。然后,利用训练好的模型对新的工程风险进行预测,根据实时数据预测风险发生的可能性。同时,人工智能技术还可以用于风险预警,通过对监测数据的实时分析,自动识别风险预警信号,并及时发出警报。

结语

水工建筑工程风险评估与管理需系统化推进,当前仍存在风险意识不足、方法不完善等问题。应优化评估流程,综合运用多种分析方法,提升科学性;制定分级应对策略,强化实施保障;同时融合GIS、BIM、大数据等技术,推动风险管理向智能化、精细化发展,从而提升工程安全性与效益,促进水利建设可持续发展。

参考文献

- [1]郑泽棉.水工建筑物类水利工程项目施工风险影响因素评价与管理研究[J].水利科技与经济,2024,30(12):103-107.
- [2]刘遗平,郭鑫,林深.环境地质灾害风险评估与预警系统在水工项目中的应用[J].资源信息与工程,2025,40(02):95-98.
- [3]汪伦焰,王若腾,赵荣生.水工盾构隧道施工安全风险综合评价与判定[J].人民黄河,2021,43(05):142-148.
- [4]陈雪梅,顾春锋,李江,等.基于评价指标与权重不确定性的水工闸门安全评价风险分析方法[J/OL].南水北调与水利科技(中英文),1-10[2025-05-26].