

水利工程运行管理的安全风险评估

张义祝

连云港市市区水工程管理处 江苏 连云港 222000

摘要：水利工程作为国家基础设施的重要组成部分，在防洪、供水、灌溉等领域发挥关键作用，其运行管理安全关乎国计民生。本文聚焦水利工程运行管理安全风险评估，系统阐述评估原则，剖析了自然、人为、环境三类风险因素，介绍定性、定量及综合评估方法，并提出风险规避、降低、转移、接受四类应对策略。研究旨在构建全面的水利工程安全风险评估与应对体系，提升工程运行管理安全性与可靠性，为水利工程安全保障提供理论与实践参考，助力水利行业稳定发展。

关键词：水利工程；运行管理；安全风险评估方法；策略

引言：水利工程运行中自然环境变化、人为因素干扰及环境问题加剧，使水利工程面临诸多安全风险。科学有效的安全风险评估，能精准识别风险、合理评估风险等级并制定应对策略，对保障工程安全运行意义重大。目前相关研究虽有成果，但仍需进一步完善评估体系与应对策略，本文旨在填补部分空白，为水利工程安全管理提供有力支撑。

1 水利工程运行管理安全风险评估的原则

水利工程运行管理安全风险评估的科学性与有效性，依赖于以下一系列基本原则的遵循：

（1）科学性原则。评估过程需以科学理论和方法为依据，运用水利工程学、风险管理学等多学科知识，结合工程实际情况，合理选择评估指标和方法。采用层次分析法确定风险指标权重，利用模糊综合评价法对风险等级进行量化，确保评估结果准确反映工程安全状况。

（2）系统性原则。水利工程运行管理是复杂系统，安全风险评估需全面考虑工程全生命周期各环节及内外部影响因素。涵盖工程设计、施工、运行维护，以及自然环境、社会经济等因素，构建完整评估体系，避免以偏概全。

（3）动态性原则。水利工程运行环境和条件不断变化，风险状况也随之改变。评估需定期或在特定事件后进行动态更新，及时捕捉风险变化趋势。如在洪水期、地震后，及时调整评估重点和方法，更新风险评估结果，为管理决策提供最新依据。

（4）可操作性原则。评估指标和方法应简便易行，便于水利工程管理人员实际操作和理解。选取的数据易于获取和分析，评估流程简洁明了，确保评估工作在实际工程中高效开展，降低实施成本。

（5）预防性原则。安全风险评估目的在于预防事故

发生，需将预防理念贯穿评估全程。通过风险识别和分析，提前发现潜在风险，制定针对性预防措施，降低事故发生概率和危害程度。

（6）公众参与原则。水利工程与周边居民生活和利益密切相关，评估过程应鼓励公众参与。通过公众意见收集，了解工程运行对其生产生活影响，获取潜在风险信息，增强评估结果客观性和全面性，提高公众对水利工程的认可度和支持度^[1]。

2 水利工程运行管理中的风险因素

2.1 自然风险因素

自然风险是水利工程运行管理中不可抗拒的威胁，具体如下：

（1）洪水风险。强降雨、冰雪融化等引发的洪水，会对堤坝、水闸等水工建筑物造成巨大冲击力，一旦超过工程设计标准，就可能引发溃坝、漫溢等灾难性事故。

（2）地震风险。地震产生的强烈震动会导致工程结构出现裂缝、基础松动，甚至整体垮塌。

（3）泥石流、山体滑坡等地质灾害。这些灾害会堵塞河道、损毁渠道，影响水利工程正常运行；极端天气如暴雨、台风、冰冻等，也会对水利设施造成直接破坏，影响其功能发挥。

2.2 人为风险因素

人为因素是水利工程运行管理风险的重要来源，在工程设计阶段，若设计标准偏低、方案不合理，如对水文条件预估不足、结构设计存在缺陷等，会导致工程先天不足，埋下安全隐患。施工质量问题的至关重要，施工过程中偷工减料、不按规范操作、施工工艺不达标等，都会造成工程质量缺陷，影响工程使用寿命和安全性能。运行管理阶段的问题同样突出，管理人员专业水平不足、操作不规范、日常维护检修不及时，以及安全

管理制度不健全、执行不到位等,都可能引发设备故障、运行事故。部分水利工程因缺乏定期维护,设备老化、锈蚀严重,增加了运行风险。

2.3 环境风险因素

环境变化给水利工程运行管理带来诸多风险。水质污染风险日益严峻,工业废水、生活污水的排放,以及农业面源污染,会导致水体富营养化、水质恶化,腐蚀水利设施,影响工程正常使用,同时也威胁供水安全。生态破坏风险方面,水利工程建设和运行改变了河流、湖泊的自然生态系统,导致生物多样性减少、河道生态功能退化,引发水土流失等问题,进而影响工程的稳定性和安全性。如一些水库建设改变了鱼类洄游通道,破坏了水生生物栖息地;河道整治工程可能改变河流形态,引发岸坡失稳^[2]。周边区域的土地利用变化,如城市建设、农业开发等,也可能对水利工程产生不利影响。

3 水利工程运行管理的安全风险评估方法

3.1 定性评估方法

定性评估方法主要依赖以下方法对水利工程运行管理中的安全风险进行非量化分析,虽不涉及具体数值计算,但能直观识别风险性质、来源和潜在影响,为风险管控提供方向。

(1) 故障树分析法(FTA)。它以某一不希望发生的事件(顶事件)为分析起点,如大坝溃决、水闸失效等,通过演绎推理,将顶事件分解为一系列中间事件和基本事件,构建出类似于倒置树形的逻辑因果关系图。通过对故障树的分析,能够清晰展现导致顶事件发生的各种可能路径,找出系统中的薄弱环节和潜在风险因素,从而为制定针对性的风险防范措施提供依据。

(2) 专家调查法。组织相关领域的专家,通过会议讨论、问卷调查等方式,收集专家对水利工程安全风险的看法和意见。专家凭借自身丰富的实践经验和专业知识,对风险因素的重要性、发生可能性及影响程度进行主观判断和评价。该方法能充分利用专家智慧,快速获取对风险的定性认识,但存在主观性较强、受专家个人偏好影响较大的局限性。

3.2 定量评估方法

定量评估方法通过数学模型和统计分析,将水利工程运行管理中的安全风险进行量化,以具体数值表示风险发生的概率和可能造成的损失程度,使风险评估结果更具科学性和准确性,具体方法如下:

(1) 蒙特卡洛模拟法。该方法通过设定风险变量的概率分布,利用计算机随机模拟大量样本,模拟风险变量在一定概率分布下的各种取值情况,进而计算出风险

事件发生的概率及后果。在水利工程风险评估中,可对洪水流量、地震强度、材料强度等不确定性因素进行模拟,通过多次重复计算,得到风险指标的概率分布特征,从而评估工程面临的风险水平。

(2) 层次分析法(AHP)。它将复杂的风险评估问题分解为多个层次,包括目标层、准则层和指标层,通过构建判断矩阵,对各层次因素间的相对重要性进行两两比较,确定各风险因素的权重。在水利工程安全风险评估中,运用AHP可明确不同风险因素对工程安全的影响程度,为风险评价和决策提供量化依据。

3.3 综合评估方法

由于水利工程运行管理的安全风险评估涉及多因素、多目标,单一的定性或定量方法难以全面准确地评估风险,综合评估方法应运而生,它融合定性与定量方法的优势,更符合工程实际需求,具体方法如下:

(1) 模糊综合评价法。该方法基于模糊数学理论,将定性的风险评价指标进行定量化处理。首先确定评价对象的因素集和评语集,然后构建模糊关系矩阵,结合各因素权重,通过模糊变换计算出综合评价结果。水利工程的许多风险因素具有模糊性,如工程老化程度、管理水平高低等,模糊综合评价法能够有效处理这类模糊信息,对工程安全风险进行全面、客观的评价。

(2) 灰色关联分析法。它通过确定参考序列和比较序列,计算各比较序列与参考序列的关联度,以此判断各风险因素对工程安全的影响程度。该方法对样本数量和数据分布要求不高,适用于水利工程安全风险评估中数据有限、信息不完全的情况,能够挖掘潜在风险因素与工程安全之间的关联关系,为风险防控提供有效信息^[3]。

4 水利工程运行管理安全风险应对策略

4.1 风险规避策略

风险规避策略旨在从源头上消除或避免风险的发生,通过改变工程规划、设计或运行方式,使风险不再存在或降低至可接受范围之外,具体策略如下:

(1) 在工程规划阶段。充分考虑自然环境条件,避开地震活动带、洪水高风险区等地质灾害频发区域,选择地质条件稳定、水文环境适宜的地点建设水利工程。优化工程布局,合理规划水库坝址、渠道走向,确保工程与周边自然环境相协调,降低因选址不当引发的风险。

(2) 设计环节严格遵循相关规范和标准。提高设计的科学性与合理性,采用先进的设计理念和技术,充分考虑极端工况和不确定性因素,对工程结构进行优化设计,增强工程的抗风险能力。加强设计审查,组织多领域专家对设计方案进行全面评估,及时发现并修正设计

缺陷,避免因设计不合理导致的安全隐患。

(3) 在运行管理阶段。当面临不可控的高风险情况时,如遭遇超标准洪水、严重地震灾害等,可采取暂停运行、放空水库等措施,避免工程设施承受过大压力,防止灾难性事故发生。

4.2 风险降低策略

风险降低策略通过采取以下技术和管理措施,减少风险发生的概率或降低风险发生后的损失程度,是水利工程运行管理中最常用的风险应对方式。

(1) 技术措施方面。加强工程设施的维护与检修。建立完善的设备维护制度,定期对大坝、水闸、泵站等关键设施进行检查、保养和维修,及时更换老化、损坏的设备部件,确保工程设施处于良好运行状态。采用先进的监测技术,如物联网、传感器等,对工程结构安全、水文水质等进行实时监测,及时发现潜在风险并采取相应措施。对老旧工程进行升级改造,提高工程的安全性和可靠性。

(2) 管理措施方面。强化安全管理制度建设。制定详细的操作规程和安全管理规定,规范运行管理人员的操作行为,杜绝违规操作。加强人员培训,提高管理人员的专业素质和安全意识,使其熟练掌握工程运行管理知识和应急处理技能。建立健全安全责任制度,明确各部门和人员的安全职责,确保安全管理工作落到实处。加强与气象、水文等部门的合作,及时获取准确的气象、水文信息,做好风险预警和防范工作。

4.3 风险转移策略

风险转移策略是将水利工程运行管理中的风险转移给其他主体承担,通过合理的方式将自身面临的风险损失分散或转嫁,以降低自身风险,具体策略如下:

(1) 保险转移。水利工程管理单位可根据工程特点和风险状况,选择购买财产保险、工程保险、责任保险等险种。当发生保险合同约定的风险事件时,由保险公司承担相应的经济赔偿责任,从而减轻管理单位的经济负担。购买大坝保险,在大坝因自然灾害或意外事故受损时,可获得保险赔偿用于修复工程。

(2) 合同转移。在工程建设、设备采购、运行维护等活动中,通过合同条款将部分风险转移给合作方。在

工程施工合同中明确约定施工方对工程质量和施工安全 的责任,若因施工质量问题导致工程出现安全风险,由施工方承担相应的修复和赔偿责任。在设备采购合同中,规定供应商对设备质量和售后服务的责任,确保设备出现故障能及时得到解决。

4.4 风险接受策略

风险接受策略是指在对风险进行评估后,认为风险发生的概率较低或造成的损失较小,且采取其他风险应对措施的成本过高,从而选择主动接受风险。对于风险水平较低的情况,水利工程管理单位可建立风险储备金,用于应对可能发生的风险损失。储备金的数额根据风险评估结果和工程实际情况确定,确保在风险事件发生时,有足够的资金进行修复和补偿。制定应急预案,明确风险发生后的应对流程和措施,提高应对风险的能力和效率。在风险接受过程中,持续对风险状况进行监测和评估至关重要。及时掌握风险的变化情况,若发现风险水平上升或出现新的风险因素,应重新评估风险,并调整风险应对策略,确保工程运行安全^[4]。定期对风险接受策略的实施效果进行总结和分析,不断优化风险应对措施。

结束语:本研究全面梳理水利工程运行管理安全风险 评估各环节,明确评估原则,剖析风险因素,介绍评估方法并提出应对策略。研究成果为水利工程安全管理提供系统思路与方法,有助于提升工程风险防控能力。但随着水利工程发展与环境变化,新风险不断涌现,未来需持续深化研究,完善评估技术与应对措施,加强多学科融合与技术创新,提升水利工程安全风险评估与管理水平,保障水利工程长期稳定运行。

参考文献

- [1]李忠艺.水利工程运行管理的安全风险评估[J].黄河水利职业技术学院学报,2024,36(3):21-26.
- [2]陈祥梅,王萍.水利工程运行与管理中的安全风险 评估与控制[J].水上安全,2023(14):172-174.
- [3]杜玉香.水利工程建设中的安全管理及技术分析[J].水上安全,2023(4):65-67.
- [4]邓娄雯,江涛,邹细鹿,等.水利工程施工安全风险 评估及管理研究[J].文渊(中学版),2022(12):163-165.