

基于全寿命周期理论的工程项目风险管理探讨

——以某中小型河道治理工程为例

廖瑜欣

无锡市环保集团有限公司, 江苏 无锡

收稿日期: 2025年8月26日; 录用日期: 2025年9月23日; 发布日期: 2025年10月11日

摘要

无锡市为典型的平原河网城市, 其水系联通之发达可比作人体中的“毛细血管”。近年来, 在“绿水青山就是金山银山”的理念指导下, 平原河网地区的中小型河道治理需求也日益迫切。本文以某中小型河道治理工程为例, 采用单一描述性案例研究方法, 基于全寿命周期理论, 结合现场经验, 就中小型河道治理工程项目风险管理展开讨论, 并进行反思总结。

关键词

中小型河道治理工程, 全寿命周期理论, 工程项目风险管理, 单一描述性案例研究

A Discussion on Project Risk Management Based on the Life Cycle Theory

—A Case Study of a Small- and Medium-Sized River Management Project

Yuxin Liao

Wuxi Environmental Protection Group Co., Ltd., Wuxi Jiangsu

Received: August 26, 2025; accepted: September 23, 2025; published: October 11, 2025

Abstract

Wuxi is a typical city with a network of plain rivers. Its well-developed water system can be compared to the capillaries in the human body. In recent years, guided by the concept of “lucid waters and lush mountains are invaluable assets”, the need for small- and medium-sized river management in plain river networks has become increasingly urgent. This paper uses a single descriptive case

study approach, drawing on the life cycle theory and field experience, to discuss and reflect on the project risk management of small- and medium-sized river management projects.

Keywords

Small- and Medium-Sized River Management Project, Life Cycle Theory, Project Risk Management, Single Descriptive Case Study

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 研究背景及意义

1.1. 中小型河道治理工程在长三角地区的重要意义

绿水青山就是金山银山。近年来，人们逐渐意识到，过去以牺牲环境为代价换来的社会经济高速发展，不符合可持续发展原则的基本要求。无锡地处长三角地区，地势低平，河网密布，拥有众多中小型河道。因此，在长三角地区，中小型河道治理工程，对恢复流域内水生态系统具有重要意义。

1.2. 风险管理理论研究意义

在基础设施风险管理领域，ISO 31000: 2018 提出的“识别 - 评估 - 处置”框架已成为国际通用范式(Purdy, 2010) [1]，但其在长周期工程中的动态适应性仍存不足。相关研究[2] [3]提出基于全生命周期的风险管理动态模型，可以从根源上寻求风险应对策略，并实时监控风险，实现全面、动态的管理过程。

1.3. 全生命周期理论在工程项目管理中的作用

全生命周期，即产品从摇篮到坟墓，进行物质转化的整个生命周期。全生命周期理论在工程项目管理中的应用，即工程项目全生命周期管理(Project Life-Cycle Management)，它是一种新的项目管理理念和管理模式，包括项目决策阶段的项目管理(DM, Development Management)、项目实施阶段的项目管理(PM, Project Management)和项目使用阶段的项目管理(FM, Facility Management)。在工程项目全生命周期管理中，项目管理单位能够对其管理理念的全面落实，更好实现进度、成本和质量等工程项目目标。

尽管现有研究多聚焦大型水利枢纽[4]，但对中小河道治理这类“微基建”的全周期风险研究仍显薄弱[5]-[7]。国内研究中，通过对海绵城市工程[8] [9]实证分析，验证了LCC(全生命周期成本)模型在雨洪管理优化中的有效性，但对中小河道治理工程的适配性尚未深入探讨。本文拟基于某中小型河道治理工程案例，研究讨论全生命周期理论在工程项目管理中的作用。

2. 研究方法 with 案例选择

本文采用单一描述性案例研究方法，通过对某一具体中小型河道治理工程的详细描述和分析，深入探讨工程项目风险管理中的关键问题。该工程具有典型性，能反映平原河网地区中小型河道治理工程的共性问题，如工作面受限、多方协调等。另外，该工程在实施过程中遇到了多种风险，且风险管理过程较为完整，可为研究提供丰富的素材，有助于深入剖析全生命周期理论在风险管理中的应用。

3. 中小型河道治理工程的一些潜在风险

中小型河道治理工程是在复杂的自然和社会环境中进行的，具有工作面长、工期紧、技术要求高等特点。在项目实施过程中，有多方参与，存在大量不确定因素，且不断变化。本文基于调研，对中小型河道治理工程特点进行简单梳理，提出中小型河道治理工程中可能存在的一些潜在风险(见图 1)。

3.1. 工作面特点带来的潜在风险

在平原河网地区，大部分中小型河道呈狭长、弯折状分布[10][11]，且河道周边有各种建筑物、构筑物及管线分布，使其工程施工工作面受限，潜在风险包括施工技术风险、进度风险、成本风险等。

3.2. 不确定因素带来的潜在风险

河道受周边环境的影响大[12]，天气状况、联通水系、两岸土地利用情况，均会对河道本身和施工过程带来影响，且大部分为不断变化的不确定因素，给工程项目开展带来许多不可预知的风险。

3.3. 涉及多方协调带来的潜在风险

从河道自然特点来看，河道治理可能涉及水利、市政、交通、建设等多个行政主管部门，从工程项目管理来看，可能涉及建设、设计、监理、勘察等多个相关单位。因此，中小型河道治理工程项目管理需要涉及多方协调，由此可能会带来各种类型的潜在风险等。

上述风险往往对工程项目管理目标的实现产生一定的影响，包括项目管理的成本目标、进度目标和质量目标等。

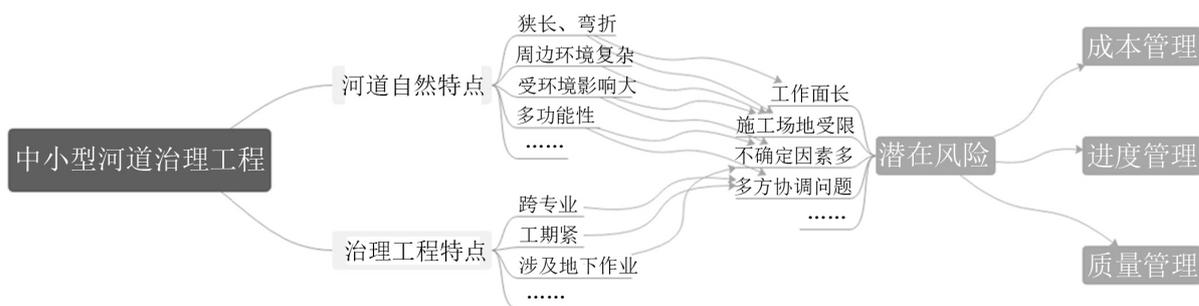


Figure 1. Characteristics and potential risk analysis of small and medium-sized river regulation projects
图 1. 中小型河道治理工程特点及潜在风险分析

4. 案例分析

4.1. 案例概述

河道治理工程是保障城市水生态安全、提升水资源利用效率的关键举措。在这一宏观工程体系中，雨水调蓄池作为微观层面的重要设施，虽规模较小却承担着关键的调蓄功能。然而，其面临的诸如经济成本、水质污染及极端事件应对等风险，在河道治理工程中具有代表性。本文以某中小型河道治理工程中的某重大分部分项工程为例展开分析讨论。该分部分项工程为雨水调蓄池建设，其作用为收集污染相对较大的初期雨水，待池中雨水收集量达到设计值后，通过管道，排入市政管网，最终达到减轻入河污染负荷的效果。

本案例中，雨水调蓄池池体设计为钢筋混凝土结构，位于工程河段上游。池体原设计规模为 450 立方米(长 25 米、宽 9 米、深 2 米)，池体建设需开挖 5 米深基坑，设计采用钢板桩和 H 型钢作为深基坑支

护结构。施工期间，出现混凝土涨价引起施工成本增加的情况。

4.2. 选取案例风险代表性

在平原河网地区的中小型河道治理工程中，雨水调蓄池作为末端截污的关键设施，其风险特征实质上是宏观治理目标在微观实施层面的集中映射。一方面，其设计容量(如本案例原 450 m³ 的调蓄能力)直接关联河道水质改善的宏观目标；另一方面，其施工与运维风险(如基坑坍塌、材料涨价、管线破坏等)会通过“风险链”传导至整个治理系统。

以本工程为例，调蓄池因作业面不足导致的设计变更(宽 9 m→6 m)，虽解决了微观施工安全问题，却可能削弱初期雨水截留效率，进而影响河道污染负荷削减的宏观绩效。这种“微观设施失效-宏观目标偏离”的关联机制具有普遍性：类似研究显示[13]，在太湖流域 79 个已建调蓄池的跟踪评估中，设计容量利用率不足 70% 的设施占比达 41.2%，其所在河段水质达标率较设计值平均降低 22.7 个百分点。因此，雨水调蓄池的风险管理不仅是局部技术问题，更是保障流域治理系统韧性的关键控制节点。

4.3. 全寿命周期理论对本案例风险管理的应用指导

基于全寿命周期理论，对本文所述案例的风险管理工作进行了梳理总结，分为施工决策、项目施工和项目使用三个阶段展开(见图 2)。



Figure 2. Application of life cycle theory in this case study

图 2. 全寿命周期理论在本案例中的应用指导

4.3.1. 施工决策阶段

施工决策阶段即施工前准备阶段。该分部分项工程施工前，项目部组织现场踏勘，进行风险源前期排查，发现以下潜在风险：

(1) 施工作业面不足

根据现场测量，雨水调蓄池建设处河面宽度为 10 米，原设计池体宽度为 9 米，池体离河岸过近，无法满足施工所需作业面要求，存在安全隐患。

另外，河道南岸民房距离河道距离较近，不足 2 米，有建筑物开裂、塌陷的风险。

(2) 施工地下情况不明

建设单位未提供河道地质勘查报告，对施工区域地下土体质量不明。

另外，建设单位未交待河道周边管线情况。经现场踏勘发现，地面上存在燃气管、电缆线布设，周围有电缆井和污水井，推测河道驳岸下存在相应管线。施工前周边管线情况不明，存在安全风险。

(3) 危险性较大的分部分项工程

本分部分项工程中包含深基坑工程，基坑深 5 米，属于危险性较大的分部分项工程。

现场情况图 3、图 4 所示。

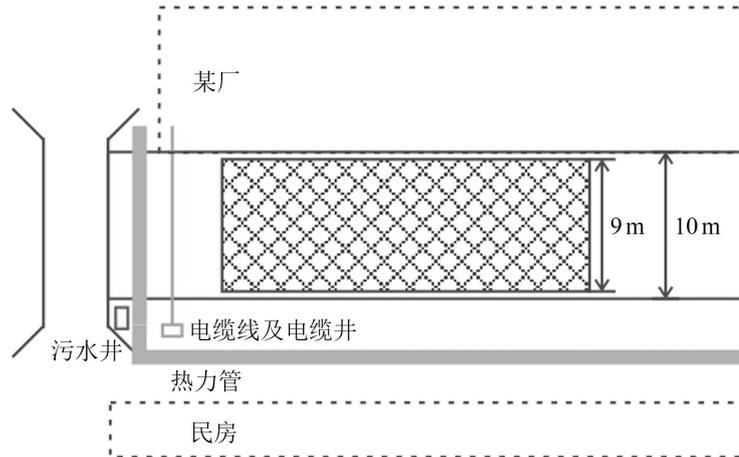


Figure 3. Schematic diagram of the site before construction of the rainwater storage tank
图 3. 雨水调蓄池建设前现场情况示意图



Figure 4. Site view of the rainwater storage tank
图 4. 雨水调蓄池现场情况

针对上述风险，项目部采取如下风险应对措施。

(1) 施工交底

项目部在施工交底过程中，提请建设单位提供地质勘查报告，补充说明施工区域周边管线情况。随后，建设单位组织进行地质勘察工作，并请相关职能部门人员至现场交接管线情况。措施完成后，项目部制定了可行的施工作业面和机械进场路线方案(见图 5)。

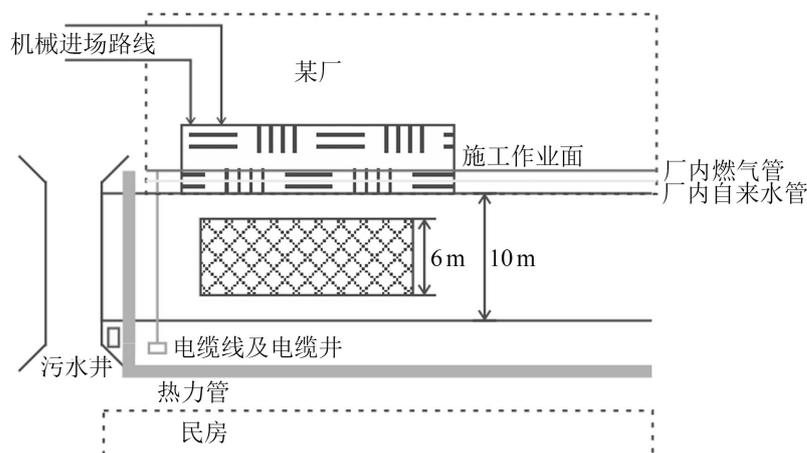


Figure 5. Schematic diagram of the on-site situation during the risk management process
图 5. 风险管理过程中现场情况示意图

(2) 设计变更

由于原设计雨水调蓄池宽度过大, 存在一定施工难度和安全风险。因此, 项目部向建设单位、监理单位、设计单位提请进行设计变更(见图 5), 将原设计规模 450 立方米(长 25 米、宽 9 米、深 2 米)变更为 360 立方米(长 30 米、宽 6 米、深 2 米), 在施工技术要求的同时, 一定程度上规避安全风险。

(3) 编制雨水调蓄池和钢板桩专项施工方案

本案例所述的雨水调蓄池建设和钢板桩工程属于危险性较大的分项工程, 在施工前, 项目部组织技术人员编制雨水调蓄池和钢板桩专项施工方案, 并进行内部论证, 通过技术手段, 降低风险事件发生的概率。

4.3.2. 项目实施阶段

本案例项目实施阶段的风险管理, 分为动态风险、进度风险、成本风险和质量风险四部分展开讨论。

1、动态管理

在项目实施阶段, 出现了两次安全风险事件。

(1) 在钢板桩施打过程中, 工程河段北岸地面开裂, 地下自来水管线出现渗漏, 并有燃气管裸露在外(见图 4)。上述管线位于某厂区内, 在施工交底阶段未交代完整, 属于施工前未知风险。

对此, 项目部在出现地面开裂情况时, 立即停工, 检查事故原因, 原因为施工区域土质结构较差。随后, 对渗漏的自来水管进行修复, 保障厂内生产经营用水正常, 并对地下燃气管线进行排查和加固。待全部风险应急措施完成后, 恢复施工。

(2) 在钢板桩拔除过程中, 工程河段南岸出现地面塌陷, 由于南岸距离民房较近, 存在倒塌风险。出现情况后立刻停工, 对南岸利用杉木桩和回填土紧急加固护坡。随后, 项目部立即调整钢板桩拔除方案, 并委派专人对该段岸坡和建筑物进行监控, 定时向相关单位汇报情况。待所有措施完成后, 恢复施工。

2、进度管理

(1) 设计变更

项目部于施工前提请设计变更, 因地质勘查和设计变更工作耗时, 在一定程度上影响了工程的整体进度。

(2) 建设单位新增项目

在项目开展过程中, 建设单位要求增设驳岸项目, 因技术需要, 待驳岸项目完成后, 才能开展本分

部分项工程，拖延了项目的整体进度。

以上情况对工程项目的进度管理产生进度拖延风险，在实际施工过程中，造成工期拖延 1 个月。由于工期拖延不属于施工方原因，施工方及时与建设单位、监理单位沟通，并做好纸质文件记录，规避可能产生的工期索赔风险。

3、成本管理

(1) 主要材料涨价

因进度拖延，工期延长，本案例受到市场价格波动影响(因无锡“双十”高架桥倒塌事件，限制材料运输总量，引起材料涨价)，池体建设主要原材料 C25 混凝土价格，由 410 元/吨上涨至 490 元/吨，增加了施工成本。

(2) 窝工情况

因客观情况，本工程在停工期间，出现了窝工情况，一定程度上增加了工程成本。

以上两个风险均因进度拖延产生，属于施工前未知风险。在风险管理过程中，项目部计划拟采取的应对措施为通过工程签证，以弥补一定的成本损失。

4、质量管理

质量管理方面，分为钢板桩工程质量风险管理和池体钢筋混凝土建设工程质量风险管理。为规避风险，项目部严格按照施工前编制的施工专项方案以及监理指令，并根据实际情况，进行动态调整。

4.3.3. 项目使用阶段

目前，本案例已完成竣工验收，进入运行维护期，即项目使用阶段。本阶段风险主要是工程周边存在安全隐患。

由于河道南岸民房距离河道较近，施工扰动可能会引起该段土体松弛，从而引起建筑物开裂，甚至倒塌的风险，为此，项目部针对该风险隐患，制定了定期巡查制度，在日常维护的同时，对该段的居民建筑物状况进行检查并记录。

4.4. 案例小结

4.4.1. 未达到预期进度、成本管理目标

因设计变更和建设单位增设项目的要求，本分部分项工程停工 1 个月，较进度计划推迟 1 个月完成，因进度拖延造成的窝工和原材料涨价，增加了施工成本，进一步影响整个工程项目的进度。下表 1 为项目整体进度、成本情况及分析。

Table 1. Overall project progress and cost
表 1. 项目整体进度、成本情况

项目阶段	计划 工期(天)	实际 工期(天)	工期 偏差(天)	计划 成本(万元)	实际 成本(万元)	成本 偏差	主要原因
湿地土建施工	60	58	-2	45.2	44.8	-0.4	施工效率优化
雨水调蓄池施工	60	90	+30	78.5	92.3	+13.8	设计变更停工 30 天，变更后增设项目
驳岸及附属工程	60	60	0	36.7	37.1	+0.4	材料涨价(钢筋 +5%)
合计	180	208	+28	160.4	174.2	+13.8	停工、窝工、材料价格波动

(1) 进度延误：协调雨水调蓄池作业面问题，停工 3 天。

(2) 成本增加：雨水调蓄池实际成本超支 13.8 万元；钢板桩支护工程费税率 9% (原计划 3%)，材料

采购单价上涨 5%~10%，成本超支。

(3) 连锁影响: 1) 因设计变更调整湿地面积, 导致土方工程量增加 20%; 钢材采购时间节点遇到价格调整; 2) 停工期间仍产生人工待机费用(约 2.5 万元/月), 且复工后赶工增加机械租赁费(挖机租赁超计划 15 天); 3) 驳岸工程虽按期完成, 但成本微增 0.4 万元, 为停工导致的资源调配压力。

4.4.2. 维护期间的重大安全隐患

因该工程建设所在地土质条件较差, 且距离民房较近, 维护期间, 仍然存在房屋开裂、倒塌的安全风险, 应予以高度重视。基于本案例经验, 形成针对“平原河网地区受限空间下河道治理工程”简化的风险应对决策流程(图 6)。

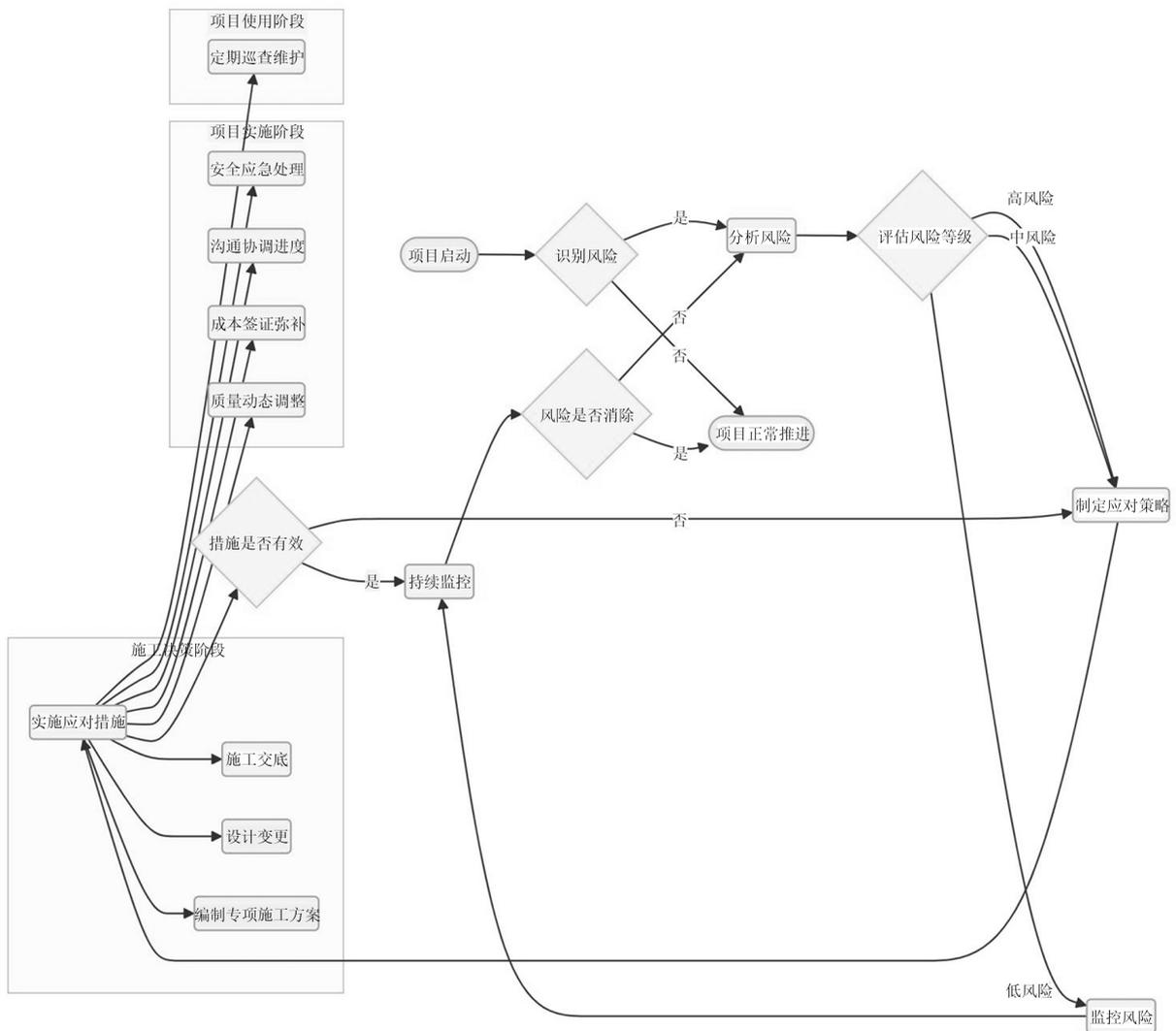


Figure 6. Risk response decision flowchart
图 6. 风险应对决策流程图

项目启动后, 首先进行风险识别。若识别到风险, 即进入风险分析和评估等级环节, 根据风险等级(高、中、低)决定是制定应对策略还是直接监控。制定策略后实施应对措施, 评估措施有效性, 有效则持续监控, 无效则重新制定策略, 直至风险消除项目正常推进。

(1) 施工决策阶段应对措施

施工交底：施工决策阶段获取地质勘查报告和管线信息等内容，通过施工交底让施工方了解施工地下情况，降低因地下情况不明带来的风险。

设计变更：如本案例中雨水调蓄池原设计规模因施工作业面不足等原因进行调整，设计变更可应对施工作业面不足等潜在风险。

编制专项施工方案：针对深基坑危险性大等问题，编制专项施工方案来保障施工安全。

(2) 项目实施阶段应对措施

安全应急处理：如本案例中，当出现钢板桩施打和拔除过程中的安全风险事件(如地面开裂、塌陷，管线渗漏，民房有倒塌风险等)，采取停工检查、修复管线、加固护坡、调整方案、监控岸坡和建筑物等应急处理措施。

沟通协调进度：由于设计变更、地质勘查耗时以及建设单位新增项目导致进度拖延，施工方与建设单位、监理单位沟通协调，做好记录以规避索赔风险。

成本签证弥补：面对主要材料涨价和窝工导致成本增加的情况，计划通过工程签证来弥补成本损失。

质量动态调整：在钢板桩工程和池体钢筋混凝土建设工程中，严格按照方案和指令进行质量的动态调整管理。

(3) 项目使用阶段应对措施

定期巡查维护：如本案例中，考虑到工程周边民房因施工扰动存在开裂、倒塌风险，制定定期巡查制度，及时发现和处理潜在问题。

5. 结论

本研究不仅契合了《住房和城乡建设部办公厅关于进一步明确海绵城市建设工作有关要求的通知》(建办城〔2022〕17号)[14]中“强化设施全周期数据追溯”这一要求，还为中小型河道项目的建设提供全面的风险管理知识和经验，增强项目的风险预防和控制能力。通过本案例研究，期望能够提升项目管理的科学性和系统性，确保项目在规划、设计、施工及运营等各个阶段的风险得到有效识别、评估和管理。以下是基于本研究对中小型河道治理工程项目风险管理的一些思考。

5.1. 引入先进的风险评估工具和技术

风险的发生往往源于其不确定性，因此，在工程项目开展全过程，应当养成问题预设的习惯，做到风险发生前，采取措施提前规避。随着科技的发展，可以利用大数据、人工智能等先进技术对工程项目的风险进行更准确地评估和预测。通过收集和分析历史数据，建立风险评估模型，可以提前识别潜在的风险因素，并制定相应的应对策略。

5.2. 加强跨学科合作，提升项目管理团队专业能力

河道治理工程涉及环境科学、土木工程、生态学等多个学科领域。加强跨学科合作，可以综合不同领域的专业知识，更全面地评估和管理项目风险。例如，环境科学家可以提供关于生态系统影响的专业意见，而土木工程师则可以确保工程结构的安全性和稳定性。项目管理团队是风险管理的关键。通过定期培训和教育，提升团队成员对风险管理的认识和处理能力，可以帮助他们在面对复杂多变的项目环境时，做出更合理的决策。同时，鼓励团队成员之间的沟通和协作，可以提高风险管理的效率。

5.3. 强化与利益相关者的沟通，建立风险管理的长效机制

河道治理工程往往涉及地方政府、社区居民、环保组织等多个利益相关者。加强与这些利益相关者

的沟通,了解他们的需求和担忧,可以帮助项目团队更好地识别和管理风险。同时,透明的沟通也有助于建立公众信任,减少因误解而产生的风险。建立长效的风险管理机制,包括定期的风险评估、风险监控和风险回顾,可以确保项目在各个阶段都能及时发现和处理风险。

参考文献

- [1] Purdy, G. (2010) ISO 31000:2009—Setting a New Standard for Risk Management. *Risk Analysis*, **30**, 881-886. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01442.x>
- [2] 刘强, 陈丽萍. 基于项目全生命周期的风险管理过程研究[J]. 中国海洋大学学报, 2017, 47(6): 124-134.
- [3] 金德民. 工程项目全寿命期风险管理系统理论及集成研究[D]: [博士学位论文]. 天津: 天津大学, 2004.
- [4] 张强. 大型水利枢纽工程设计的关键技术研究[J]. 建筑技术与创新, 2025(2): 1-2.
- [5] 韩松, 程晓陶, 王宏涛, 王帆. 我国中小河流治理现状及对策研究[Z]. 中国水利水电科学研究院防洪抗旱减灾研究中心, 2014.
- [6] 高成华. 从城市河道存在的问题谈加强管理的途径[J]. 江苏水利, 2005(7): 34-35.
- [7] 张晓晶, 李晓刚, 王晓东. 基于全寿命周期的工程项目风险管理研究[J]. 工程管理学报, 2020, 34(2): 45-50.
- [8] 王建龙, 车伍, 易红星. 低影响开发与绿色建筑的雨水控制利用[J]. 工业建筑, 2009, 39(3): 123-125.
- [9] 徐海顺, 高景. 基于全生命周期的海绵设施雨洪管理成本与效益模拟研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2022, 46(3): 12-19.
- [10] 袁雯, 杨凯, 唐敏, 等. 平原河网地区河流结构特征及其对调蓄能力的影响[J]. 地理研究, 2005, 24(5): 717-724.
- [11] 蔡柏树, 李习平, 王跃军. 平原河网地区河道治理方案探讨[J]. 湖北水利, 2014(3): 24-25, 37.
- [12] 刘伟. 基于自然进程的城市水空间整治研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2011.
- [13] 张辰, 吕永鹏, 王磊. 太湖流域雨水调蓄设施运行效能评估及优化策略[J]. 中国给水排水, 2022, 38(15): 1-8.
- [14] 中华人民共和国住房和城乡建设部办公厅. 住房和城乡建设部办公厅关于进一步明确海绵城市建设工作有关要求的通知[EB/OL]. 2022-04-18. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-04/29/content_5687999.htm, 2025-08-26.