

铁路工程风险管理体系的构建与优化

黄雄

身份证号: 511321198706215456

DOI:10.61369/ERA.2025090024

摘 要： 铁路工程风险管理涵盖全生命周期，面临复杂地质、大规模施工协同等带来的风险。现存监测技术滞后、责任主体模糊等问题。应构建实时监测网络、数字孪生模型等，明确责任矩阵，开发应急响应系统等优化体系，同时要完善人才培养等机制。

关 键 词： 铁路工程；风险管理；体系优化

Construction and Optimization of Railway Engineering Risk Management System

Hung Xiong

ID: 511321198706215456

Abstract： Railway engineering risk management covers the entire lifecycle, facing risks brought about by complex geology and large-scale construction coordination. Existing monitoring technologies lag behind, and the responsibility is unclear. It is necessary to establish real-time monitoring networks, digital twin models, clarify the responsibility matrix, develop emergency response systems, and other optimization mechanisms, while also improving talent cultivation mechanisms.

Keywords： railway engineering; risk management; system optimization

引言

铁路工程风险管理至关重要，涵盖工程全生命周期及多方面风险。2020年发布的《关于进一步加强铁路建设项目管理的若干意见》强调了保障铁路工程安全高效运行的重要性，为风险管理提供政策支撑。铁路工程具有复杂特点，导致特有风险，如复杂地质条件、大规模施工协同和高精度技术要求带来的风险。同时，技术管理存在监测技术滞后、BIM应用不足和预警系统智能化低等问题，组织管理也面临责任主体模糊、协同困难和应急预案操作性不足等矛盾。因此，构建和优化铁路工程风险管理体系迫在眉睫。

一、铁路工程风险管理理论基础

（一）风险管理基本概念

铁路工程风险管理是指在铁路工程建设过程中，通过对风险的识别、评估和应对，以最小的成本实现最大安全保障的一种管理活动。它涵盖了从项目规划到运营的全生命周期，包括工程质量、进度、成本、安全等多个方面的风险。风险管理的核心在于对不确定性的管理，通过科学的方法和工具，对可能影响项目目标实现的风险因素进行分析和预测，从而采取有效的措施加以控制。全生命周期风险管理理论在基础设施建设中具有重要的应用价值，它强调从项目的整个生命周期出发，全面考虑各种风险因素，有助于提高项目的成功率和可持续性，保障铁路工程的安全、高效运行^[1]。

（二）行业特殊风险特征

铁路工程具有复杂地质条件、大规模施工协同、高精度技术

要求等特点，这些特点导致了特有风险的形成。复杂地质条件可能引发诸如山体滑坡、地层塌陷等地质灾害风险，影响工程的稳定性和安全性^[2]。大规模施工协同涉及多个施工单位和众多施工环节，容易出现沟通不畅、施工进度不一致等问题，增加了工程延误和质量问题的风险。高精度技术要求则对工程测量、施工工艺等提出了严格标准，任何微小的偏差都可能导致严重的后果，如轨道不平顺影响列车运行安全。这些行业特殊风险特征相互交织，增加了铁路工程风险管理的复杂性和挑战性。

二、铁路工程风险管理现状分析

（一）技术管理现存问题

当前，铁路工程技术管理在风险管控中仍存在诸多突出问题。首先，监测技术相对滞后，传统的监测手段无法实现对工程关键数据的实时采集与分析，导致信息获取不及时、不准确，严

重影响对潜在风险的判断与科学决策^[3]。其次，BIM（建筑信息模型）技术在铁路工程中的应用尚处于初级阶段，尚未实现其在设计、施工及运营维护全生命周期中的深度协同应用，难以充分发挥其在可视化、模拟性及信息集成方面的优势，限制了对复杂风险因素的有效识别与动态管理。此外，现有的风险预警系统智能化程度较低，缺乏对多源异构数据的融合处理能力和智能分析功能，难以应对铁路工程中复杂多变的风险环境，无法满足风险管理的实时性、准确性与前瞻性要求。上述技术瓶颈不仅削弱了风险管理的整体效能，也制约了铁路工程安全管理水平的提升，亟需通过技术创新与系统升级加以突破与完善。

（二）组织管理主要矛盾

铁路工程风险管理在组织管理方面存在诸多主要矛盾。风险责任主体模糊是一大问题，这使得在风险发生时，各部门之间可能相互推诿责任，无法及时有效地进行风险应对^[4]。多专业协同困难也较为突出，铁路工程涉及多个专业领域，不同专业之间在风险管理上缺乏有效的沟通与协作机制，导致信息不畅通，影响风险管理的整体效果。此外，应急预案操作性不足也是不容忽视的问题，部分应急预案在制定时缺乏对实际情况的充分考虑，在实施过程中难以有效执行，无法真正发挥其应有的作用，从而降低了铁路工程应对风险的能力。

三、风险管理体系构建路径

（一）技术管理体系优化

1. 智能监测技术集成

构建基于物联网的实时监测网络，开发 AI 驱动的风险预警模型是智能监测技术集成的关键。通过物联网技术，可实现对铁路工程各关键部位及设备的实时数据采集^[5]。这些数据涵盖结构应力、环境参数等多方面。利用 AI 算法对采集的数据进行分析处理，挖掘潜在风险特征。例如，基于深度学习的神经网络可识别复杂模式下的异常数据波动，提前预警风险。同时，将监测网络与工程管理系统集成，确保风险信息能及时反馈给相关人员，以便采取有效的防控措施，优化铁路工程风险管理体系。

2. BIM 技术深度应用

建立全要素数字孪生模型，整合工程建设过程中的各类数据信息，包括地质结构、施工工艺、设备参数等^[6]。通过 BIM 技术强大的可视化功能，对这些数据进行处理和分析，构建出虚拟的工程模型。在此基础上，模拟不同施工阶段可能出现的风险情况，如地质灾害、施工安全事故等。同时，利用该模型对风险应对方案进行验证，评估方案的可行性和有效性。通过这种方式，实现风险的可视化管理，提前发现潜在风险，优化风险应对策略，提高铁路工程风险管理的科学性和准确性。

（二）组织管理机制创新

1. 风险责任矩阵构建

构建覆盖铁路工程参建各方的风险责任矩阵，是建立健全风险管理体系的关键环节。在复杂的铁路工程建设过程中，涉及众多参与方，包括业主、设计单位、施工单位、监理单位等，各方

在风险管理中的权责必须清晰明确，才能有效降低风险发生的可能性和影响程度。因此，需要系统梳理风险管理工作流程，从风险识别、评估到应对与监控，逐一界定各参与方的具体职责，并制定详细的权责清单，确保每个环节都有明确的责任主体。^[7]同时，为了推动责任落实，还需建立相应的考核机制，通过量化指标对各方的风险管理绩效进行评估，形成有效的激励约束机制。这不仅有助于提升各方履职的积极性，也能增强协同配合的效率。在责任矩阵的设计过程中，应充分结合铁路工程的技术特点和项目管理实际，兼顾多参与方协作的复杂性，避免出现权责交叉或遗漏的情况，从而为工程顺利实施提供有力保障。

2. 应急预案动态管理

开发基于情景模拟的应急响应系统是提升风险管理能力的关键举措。通过构建逼真的情景模拟环境，能够对应急人员进行有效的培训和演练，使其更好地熟悉应急流程和自身职责，提高应急响应的效率和准确性^[8]。同时，建立预案动态更新机制至关重要。随着内外部环境的变化以及应急实践经验的积累，原有的应急预案可能存在不足。动态更新机制能够及时根据新情况、新问题对应急预案进行调整和完善，确保预案的科学性和有效性，使其更好地适应铁路工程风险管理的实际需求。

四、体系优化实施策略

（一）技术创新驱动策略

1. 智能预警系统开发

融合边缘计算与深度学习技术构建智能预警系统。边缘计算可在靠近数据源处进行数据处理，减少数据传输延迟，提高系统实时性^[9]。深度学习具有强大的特征学习和模式识别能力，能有效挖掘风险数据中的潜在规律。通过将两者结合，可对铁路工程中的风险因素进行实时监测和分析。利用边缘计算设备在施工现场采集数据，如传感器获取的结构应力、环境参数等，然后在本地进行初步处理。接着，将处理后的数据传输至深度学习模型进行进一步分析，以准确识别风险类别和等级，及时发出预警，为铁路工程风险管理提供有力支持。

2. 风险数据库建设

构建覆盖全国铁路项目的风险案例库与知识图谱是风险数据库建设的重要内容。通过收集大量铁路项目的风险案例，包括工程建设中的地质风险、施工技术风险、管理风险等各类风险情况^[10]。对这些案例进行详细分析，提取关键信息，如风险发生的原因、影响因素、应对措施等。利用知识图谱技术，将这些风险案例中的实体和关系进行结构化表示，形成一个全面的、关联紧密的知识网络。这不仅有助于更好地理解风险的本质和规律，还能为后续的风险识别、评估和应对提供有力的支持，提高铁路工程风险管理的效率和准确性。

（二）管理机制完善策略

1. 协同管理平台搭建

为构建铁路工程风险管理体系的协同管理平台，需整合跨部门、跨专业的风险信息。应建立统一的数据标准和接口规范，确

保各部门、各专业的数据能够准确、高效地传输和共享。通过大数据分析技术,对海量风险信息进行挖掘和分析,为决策提供有力支持。同时,设置合理的权限管理机制,保障信息的安全性和保密性。在此基础上,开发友好的用户界面,方便不同层级的管理人员和专业人员操作使用。还应建立实时监控和预警功能,对风险动态进行及时掌握和反馈,以便快速做出响应和决策。

2. 绩效考核体系重构

为优化铁路工程风险管理体系,需从多方面完善管理机制与重构绩效考核体系。设计量化风险管控指标是关键,指标应涵盖工程进度、质量等多维度,以便准确衡量风险。建立与工程进度、质量联动的考核机制,将风险管控效果与相关责任人的绩效挂钩。在工程进度方面,考核指标可包括关键节点的按时完成率等;对于质量,可设定如工程质量合格率等指标。通过这种联动考核机制,激励各参与方积极主动地进行风险管控,确保工程顺利推进,提高铁路工程风险管理的有效性和科学性。

(三) 人才队伍培养策略

1. 专业资质认证体系

为构建与优化铁路工程风险管理体系,需建立专业资质认证体系。制定铁路风险工程师认证标准,明确其应具备的专业知识、技能和经验。涵盖铁路工程技术、风险评估方法、安全法规等多方面内容。同时,完善职业发展通道,激励人员不断提升自身能力。设置不同等级的认证,从初级到高级,对应不同的职责和权限。为人才提供清晰的职业晋升路径,吸引更多优秀人才投身铁路工程风险管理领域。通过这样的专业资质认证体系,

确保人才队伍的专业性和稳定性,提高整个铁路工程风险管理的水平。

2. 继续教育机制创新

为优化铁路工程风险管理体系的人才队伍培养及继续教育机制,可开发虚拟仿真培训系统。该系统能模拟真实的铁路工程风险场景,让人员在虚拟环境中进行实践操作,提升应对风险的能力。同时建立常态化技能更新制度,定期组织培训课程,确保人员及时掌握最新的风险管理知识和技术。还可鼓励人员参加行业研讨会和学术交流活动,拓宽视野,了解前沿动态。此外,与高校和科研机构合作,开展联合培养项目,为人才队伍注入新的活力,不断提升整体素质,以更好地适应铁路工程风险管理的需求。

五、总结

铁路工程风险管理体系的构建涉及多方面关键要素,包括风险识别、评估、应对策略制定等,同时需明确实施路径,以确保体系有效运行。然而,当前研究存在一定局限,在极端工况应对上缺乏足够的针对性措施,全产业链协同方面也存在不足,影响了风险管理的全面性和有效性。展望未来,数字孪生技术可通过构建虚拟模型实现对铁路工程的实时监测和精准预测,为风险管控提供更有力的支持;区块链技术则有助于提高信息的透明度和可信度,增强产业链各环节之间的协同性,从而优化铁路工程风险管理体系,提升风险管理的效率和质量。

参考文献

- [1] 郑杨. 铁路工程项目社会稳定风险评估的问题与对策研究 [D]. 江西: 南昌大学, 2020.
- [2] 孙长胜. BL 高速铁路项目工程风险管理研究 [D]. 辽宁: 沈阳建筑大学, 2021.
- [3] 苏晓莹. 复杂铁路工程物资储备体系与库存策略研究 [J]. 铁道工程学报, 2023, 40(11): 112-117.
- [4] 李宏伟. 铁路工程项目施工进度风险研究 [D]. 江西理工大学, 2015.
- [5] 崔丽红. 铁路工程建设项目风险管理的研究 [D]. 北方交通大学, 2002.
- [6] 陈华明. 如何优化全面风险管理体系 [J]. 企业管理, 2016(4): 96-97.
- [7] 孙长胜. BL 高速铁路项目工程风险管理研究 [D]. 辽宁: 沈阳建筑大学, 2021.
- [8] 刘佳欢. 铁路工程项目施工阶段风险管理 [J]. 建筑工程技术与设计, 2018(30): 2767.
- [9] 徐同伟. 铁路工程总承包项目的风险管理 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2016(10): 3461-3461.
- [10] 韩伟. 铁路工程总承包项目的风险管理探析 [J]. 中国科技纵横, 2017(23): 71, 73.