

地铁建筑工程领域技术管理驱动下的工程风险管理新途径

刘洋

中铁华铁工程设计集团有限公司广州分公司，广东 广州 510000

DOI:10.61369/ADA.2024050006

摘 要： 地铁工程风险特征独特，技术管理对其风险防控意义重大。通过 BIM、监测预警等技术，构建智能感知体系、量化评估模型等进行风险识别与评估；在设计、施工阶段实施参数化防险、动态调适等；构建数字化映射模型、智能推演算法等实现高效协同与风险防控，经实践验证效果良好，应深化技术管理应用。

关 键 词： 地铁工程；技术管理；风险管理

A New Approach to Engineering Risk Management Driven by Technical Management in the Field of Subway Construction Engineering

Liu Yang

China Railway Huatie Engineering Design Group Co., Ltd. Guangzhou Branch, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： The risk characteristics of subway engineering are unique, and technical management is of great significance for its risk prevention and control. By using BIM, monitoring and early warning technologies, an intelligent perception system and quantitative evaluation models are constructed for risk identification and assessment; Implement parameterized risk prevention and dynamic adjustment during the design and construction phases; Constructing digital mapping models, intelligent deduction algorithms, and other methods to achieve efficient collaboration and risk prevention has been proven to be effective in practice, and the application of technology management should be deepened.

Keywords： subway engineering; technical management; risk management

引言

随着《城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法》于2010年颁布，对地铁工程风险管理提出了更高要求。地铁工程因地质复杂、处于城市环境且风险来源多维复合，风险管理难度大。在此背景下，技术管理对风险演化、识别评估、施工及管理等方面均有关键作用，从 BIM、监测预警等技术手段，到多源异构数据采集、基于机器学习的评估模型，再到施工动态调适、数字化映射模型等一系列措施，共同构成技术管理驱动的风险管理新模式，对提升地铁工程风险管理效能意义重大。

一、地铁工程风险管理现状与技术管理的驱动关联

（一）地铁工程风险特征的再认识

地铁工程具有独特的风险特征。在地下施工环境中，地质条件的复杂性是一大关键风险因素，不同区域的土质、地下水位等差异，可能导致诸如坍塌、涌水等事故^[1]。而且，由于其处于城市环境中，周边既有建筑物、地下管线等会受施工影响，稍有不慎就可能引发结构损坏、管线破裂等问题，影响城市正常运转。此外，地铁工程风险来源呈现多维复合特性，它不仅涉及工程技术层面的设计、施工工艺等因素，还与管理流程、人员操作规范等紧密相关。技术层面的失误可能与管理不善叠加，共同引发风险事件。这种多维复合性加大了风险管理的难度，要求在技术管

理驱动下，对地铁工程风险特征进行更深入、全面的再认识，以探寻更有效的风险管理新途径。

（二）技术管理对风险演化的干预机理

在地铁建筑工程领域，技术管理对风险演化有着重要的干预机理。以 BIM 技术为例，它通过建立数字化模型，能直观呈现工程各部分的关联，提前发现潜在风险点，从而改变风险传导路径，有效阻止风险的进一步演化。监测预警技术则可实时收集工程相关数据，通过对如结构变形、地下水位等参数的分析，精准判断风险的发展态势。一旦发现异常，及时发出预警，使得管理人员能够迅速采取措施，对风险演化进行干预。这些现代工程管理手段，就像杠杆一样，以技术要素为支点，调控风险传导路径，在风险防范中发挥关键作用，极大降低地铁工程风险失控的

可能性，确保工程顺利推进^[2]。

二、技术管理驱动下的风险识别与评估革新

（一）多源异构数据的智能感知体系构建

在地铁建筑工程领域，构建多源异构数据的智能感知体系至关重要。研究地质雷达、结构健康监测等技术在风险信息采集中的应用，是实现这一体系的关键环节。地质雷达可有效探测地下地质结构，获取与地质相关的风险数据^[3]。结构健康监测技术则能实时监测地铁建筑结构的运行状况，捕捉结构变形、应力变化等风险信息。通过这些技术，采集到的多源异构数据被整合起来，为动态风险数据库系统的构建奠定基础。该智能感知体系不仅能精准识别各类风险，还能及时更新风险信息，为后续的风险评估提供全面、准确的数据支持，实现技术管理驱动下风险识别与评估的革新。

（二）基于机器学习的风险量化评估模型

在地铁建筑工程领域，基于机器学习的风险量化评估模型为工程风险管理带来新途径。深度学习算法可有效应用于围岩变形预测。通过对大量历史工程数据及实时监测数据的学习，模型能够精准捕捉围岩变形的规律。在此基础上，融合各类工程参数，如地质条件、施工工艺等，构建风险概率计算矩阵^[4]。该矩阵可将复杂的工程风险因素进行量化分析，清晰呈现不同风险发生的概率，为风险评估提供直观且准确的数据支持。此模型的应用，革新了传统风险量化评估方式，提升了地铁建筑工程风险识别与评估的科学性和有效性，助力工程管理人员及时制定针对性的风险应对策略，保障工程顺利进行。

三、技术管理驱动的风险防控协同机制

（一）全生命周期风险管控技术集成

1. 设计阶段的参数化防险技术策划

在地铁建筑工程设计阶段，参数化防险技术策划至关重要。实施基于 BIM 的参数化设计验证，借助 BIM 技术强大的可视化与参数关联特性，对地铁建筑的各类设计参数进行精准把控^[5]。通过建立参数化模型，能够直观呈现设计细节，快速分析不同参数调整对整体工程的影响。例如，在车站布局设计中，参数化模型可实时展示空间尺寸、通道宽度等参数变化所带来的乘客流线及疏散效果改变。同时，在施工图阶段预埋风险控制节点，依据参数化设计分析结果，准确标记可能出现风险的部位，如结构连接薄弱点、防水易渗漏处等，提前制定针对性防控措施，为后续施工及运营阶段的风险管控奠定坚实基础，从源头上降低工程风险。

2. 施工动态调适的实时反馈机制

在地铁建筑工程施工中，施工动态调适的实时反馈机制至关重要。借助构建基于 5G 的盾构施工数字孪生系统，该系统能实时采集盾构施工过程中的各类关键参数，如推进速度、土压力、扭矩等^[6]。当这些参数出现偏离正常范围的情况时，数字孪生系统可迅速捕捉，并通过 5G 网络将异常信息即时反馈给施工管理人员

与技术人员。接收到反馈后，相关人员能依据系统提供的详细数据及模拟分析，快速制定并实施修正策略，对施工参数进行精准调整，确保盾构施工始终处于正常状态，有效降低因参数异常引发的施工风险，实现施工动态调适的高效管理，提升地铁建筑工程施工的安全性及稳定性。

（二）多专业协同的风险响应平台

1. 工程管理要素的数字化映射模型

在地铁建筑工程领域，工程管理要素的数字化映射模型至关重要。该模型将工程中的各类管理要素，如进度、成本、质量等，通过数字化手段进行精准映射^[7]。借助先进的信息技术，将实际工程中的复杂要素转化为可量化、可分析的数据模型。例如，把进度计划以数字化形式呈现，精确到每个施工环节的时间节点；对成本要素进行细化分解，从材料采购到人力投入等都能清晰展示。通过这种数字化映射，不同专业人员基于统一的数据模型，更便捷地协同工作。同时，该模型能实时反映工程状态，一旦某个管理要素出现偏差，系统迅速发出预警，以便各专业人员及时响应，共同制定风险应对策略，实现技术管理驱动下的高效风险防控与协同管理。

2. 应急决策支持系统的智能推演算法

应急决策支持系统的智能推演算法至关重要。此算法依托多专业协同的风险响应平台，结合地铁建筑工程领域的特点进行构建。它能够对各类风险事件进行智能处置推演，通过对工程中可能出现的风险情景进行模拟，依据技术管理所涉及的各项参数及规范，运用科学的算法模型，对风险事件的发展态势、可能造成的影响等进行精确推演。该算法整合多专业知识，例如结构、电气、通风等专业知识，从不同维度分析风险，实现全方位的风险推演。借助智能推演算法，在面对风险事件时，能够快速生成科学合理的应对策略，辅助决策者做出精准判断，为地铁建筑工程的风险管理提供有力技术支撑，实现技术管理驱动下的高效风险防控^[8]。

四、技术管理驱动的新模式工程实践

（一）智慧工地体系下的风险管理重构

1. 物联感知网络的泛在化部署方案

在地铁建筑工程领域技术管理驱动的新模式工程实践中，智慧工地体系下风险管理重构的物联感知网络泛在化部署方案极为关键。制定包含 300 + 监测点位的智能传感器布设策略是实现施工状态全域感知的重要举措。通过科学规划传感器的位置与类型，如在关键结构部位、地质复杂区域等精准布设，能够全方位捕捉施工过程中的各类数据，涵盖位移、应力、沉降等关键参数^[9]。这种泛在化部署，可实时反馈施工状态，让管理人员及时察觉潜在风险，提前预警并采取应对措施，有效降低风险发生概率与影响程度，实现对工程风险的精细化、动态化管理，为地铁建筑工程的顺利推进提供有力保障。

2. 人机协同的预警响应流程再造

在智慧工地体系下，人机协同的预警响应流程再造是实现工程风险管理新途径的关键环节。借助技术管理驱动，通过建立分

级报警阈值体系，能够依据风险的严重程度、影响范围等因素，精准设定不同等级的报警阈值，使得预警更加科学合理。同时，优化预警信息的多级联动响应机制，打破各部门、各层级之间的信息壁垒，实现信息的快速传递与共享。当预警触发时，不同层级的管理人员和相关作业人员能及时收到准确信息，依据既定流程迅速采取行动，如调整施工计划、加强现场监管等。这一过程充分发挥了人工智能对风险数据的快速分析能力与人的决策、执行优势，实现人机高效协同，有效降低地铁建筑工程风险，保障工程顺利推进^[10]。

（二）基于知识图谱的风险决策支持应用

1. 工程案例库的语义网络构建技术

在地铁建筑工程领域，构建工程案例库的语义网络是实现基于知识图谱的风险决策支持的关键技术。首先要对大量地铁工程案例进行深度剖析，提取其中如风险类型、发生场景、应对措施等关键信息。利用自然语言处理技术，对案例文本进行分词、词性标注、命名实体识别等预处理，将非结构化文本转化为可理解的结构化数据。然后依据这些结构化数据，按照语义关系，如因果关系、相似关系等，将不同的知识点连接起来，形成语义网络。该语义网络作为风险知识图谱的基础架构，可让系统更智能地理解案例内容，为后续基于知识图谱的风险决策支持应用提供有力支撑，助力地铁建筑工程领域更高效地进行风险管理。

2. 专家经验与数据分析的融合决策模型

在地铁建筑工程领域，将专家经验与数据分析相融合构建决策模型，是技术管理驱动的新模式工程实践关键一环。专家凭借其丰富的行业经验，能敏锐捕捉工程中潜在风险点，对风险发生可能性及影响程度进行定性判断。而数据分析则通过收集大量地铁工程历史数据，运用统计分析、机器学习等方法，对风险进行定量评估。把两者结合，可弥补单一方式的不足。如利用专家经验对数据进行筛选与标注，提高数据分析针对性；借助数据分析结果验证和完善专家经验，使风险决策更科学。通过这种融合决策模型，地铁建筑工程在技术管理下，能更精准识别、评估和应对风险，开创工程风险管理新途径。

（三）全过程风险动态评估的实证研究

1. 某地铁深基坑工程风险控制效果验证

针对某地铁深基坑工程展开风险控制效果验证。选取此典型

地铁深基坑项目，进行为期36个月的跟踪研究。在研究过程中，着重对比新技术应用前后的风险发生率变化。通过对基坑施工各环节，如土方开挖、支护结构搭建等的实时监测与分析，详细记录风险事件的发生情况。结果显示，在应用基于技术管理驱动的新模式后，风险发生率显著降低。这一实证研究表明，新技术应用对地铁深基坑工程风险控制效果明显，为地铁建筑工程领域技术管理驱动的工程风险管理新途径提供了有力支撑，也为其他类似工程的风险管理提供了可借鉴的实践经验。

2. 风险管理效能提升的定量化评估

在地铁建筑工程领域技术管理驱动的新模式工程实践中，风险管理效能提升的定量化评估至关重要。通过构建涵盖6个一级指标与18个二级指标的管控效能评价体系，能对风险管理效能进行全面且量化的评估。实证数据分析时，收集不同阶段地铁工程的数据，分析各指标权重及相互关系。例如，对施工技术规范执行情况、新技术应用效果等指标数据深度挖掘，考量其对风险管理效能的影响。从成本、进度、质量等多维度，利用数学模型和统计方法进行量化分析，明确技术管理在风险管理中发挥作用的程度，为优化风险管理策略、提升风险管理效能提供科学依据，进而推动地铁建筑工程在技术管理驱动下的高效、安全建设。

五、总结

地铁建筑工程领域技术管理对工程风险管理意义重大。技术管理驱动下，工程风险管理范式发生本质转变，从传统粗放模式迈向精准高效模式，借助数字技术，实现风险的实时精准监控。基于数字孪生、智能算法构建的风险防控体系，能模拟工程场景、预测风险，大大提升风险应对能力。而建筑信息模型与区块链技术深度融合，将进一步保障数据安全、透明与共享，为工程风险管理注入新活力。未来，应持续深化技术管理在工程风险管理中的应用，不断探索新的技术融合路径，强化跨学科技术协同，推动地铁建筑工程风险管理向智能化、科学化、精细化发展，为工程建设的安全与质量筑牢根基。

参考文献

- [1] 赖将杰. 基于模糊 BNs 的地铁盾构施工坍塌事故风险管理研究 [D]. 四川师范大学, 2023.
- [2] 宋维康. 北京地铁 M 线大直径隧道盾构穿越施工安全风险研究 [D]. 山东科技大学, 2022.
- [3] 何广斌. 地铁既有车站改造工程风险管理研究 [D]. 华南理工大学, 2022.
- [4] 王禹适. 地铁工程盾构法施工风险管理研究 [D]. 北京交通大学, 2021.
- [5] 贾倩. 基于 WSR 的地铁工程施工安全风险分析与管理研究 [D]. 辽宁工程技术大学, 2023.
- [6] 白丽娜. 地铁车站施工安全风险评价研究 [D]. 内蒙古科技大学, 2022.
- [7] 陈志亮. 地铁工程施工现场安全风险管理 [J]. 工程技术研究, 2020, 5(09): 182-183.
- [8] 张智渊. 风险管理在地铁工程造价控制中的应用 [J]. 企业改革与管理, 2022, (01): 15-17.
- [9] 韩旭, 王铭杰. 地铁工程建设安全风险管控研究——以南通地铁建设为例 [J]. 江苏建筑, 2022, (02): 89-93+138.
- [10] 张顺朋. 地铁施工阶段安全风险技术管理 [J]. 设备管理与维修, 2021, (08): 131-132.