浅谈城市轨道交通建设期安全与应急体系的信息化管理

刘一贵
中交第二公路工程局有限公司 陕西 西安 710000

摘 要 城市轨道交通建设过程存在高风险、高复杂性以及高社会影响性。传统管理模式已经难以满足工程的现代化建设需求，信息化与智能化转型已经成为工程建设的必然发展趋势。本文系统分析信息技术在轨道交通建设期安全与应急管理中的应用，首先分析了工程建设面临的难题，其次基于双重预防机制与安全应急管理构建了多维度的信息化管理体系，并结合当下应用的新技术讲解了具体实现路径，最后对未来面临的挑战和可发展方向进行了研究。希望本文的探讨内容能够为当下城市轨道交通建设提供安全有效的参考方案，实现安全与应急管理从被动响应到主动防御的转变。

关键词 城市轨道交通；建设安全；应急管理；信息化；双重预防机制；智慧工地

A Brief Discussion on the Information Management of Safety and Emergency Response Systems During Urban Rail Transit Construction

Liu Yi-gui
CCCC Second Highway Engineering Bureau Co., Ltd., Xi'an 710000, Shaanxi Province, China

Abstract The construction of urban rail transit involves high risks, high complexity, and significant societal impact. Traditional management models can no longer meet the demands of modern engineering construction, making the transformation towards informatization and intelligence an inevitable development trend. This paper systematically analyzes the application of information technology in safety and emergency management during urban rail transit construction. First, it examines the challenges faced during construction. Second, based on the dual prevention mechanism and safety emergency management, it constructs a multi-dimensional information management system. Combined with currently applied new technologies, specific implementation pathways are explained. Finally, the challenges and potential future development directions are explored. It is hoped that the discussions in this paper can provide safe and effective reference solutions for current urban rail transit construction, facilitating the transition of safety and emergency management from passive response to active defense.

Key words Urban Rail Transit; Construction Safety; Emergency Management; Informatization; Dual Prevention Mechanism; Smart Construction Site

城市轨道交通建设多位于城区中心，环境复杂、施工环节多、空间受限且周边敏感，导致安全风险较高。传统安全管理模式已难以适应当前挑战。在新一代信息技术推动下，构建数字化、网络化、自动化的安全与应急管理体系已成为行业发展的迫切需求[1]。本文旨在探索建设期安全与应急体系的信息化构建与实施路径，以全面提升工程安全水平，防范重大事故发生。

1 轨道交通建设期的安全风险特征与信息化管理内涵

1.1 建设期的安全风险特点

轨道交通工程建设是一个动态连续的复杂系统，其建设期的安全风险有以下特点。第一，阶段性动态演变。工程风险会随着选址规划、工程施工、联调联试等诸多阶段不断变化，例如，选址规划阶段注重线路选址的环境风险。施工阶段注重基坑坍塌、地下管线、机械伤害、起重吊装及火灾等直接的作业风险。联调联试阶段注重行车风险、电气设备调试高压电风险等，每一阶段的风险都有所变化，侧重点都不同。第二，空间分布集中且隐蔽。工程的高风险多集中在隧道、深基坑、高支模、大型机械设备等作业面，而且由于地下风险隐蔽性较强，传统的监测手段难以全面及时准确地发现风险。第三，多因素耦合联动。城市轨道交通建设期内并不是单一的风险单独出现，会出现多风险融合的情况。各个风险互相交织，耦合放

大，会引发连锁性的反应。第四，应急响应挑战难度大，由于地下空间封闭疏散通道有限，如果发生危险事故，现场救援工作会十分困难。第五，城市轨道交通多规划在城市中心，新闻传播媒介多，险情及事故传播速度快，社会维稳及舆情管理风险大。

1.2 安全与应急体系信息化管理的内涵

建设期安全与应急体系的信息化管理，在国家大应急救援体系的架构下，联动地方城市智能化应急救援指挥中心，利用互联网大数据人工智能、BIM技术、GIS技术等来构建系统性的管理体系，有效实现对人员、设备、原料、环境全要素的安全管理和应急预防，做好施工全过程的数字化自动感知，有效利用信息智能监测技术对现场进行实时的监测与可视化管控。

其根本的目标是有效实现4个转变。第一个转变是，从被动应对事故向主动预防风险转变。第二个转变是，从离散式经验式管理向一体化数据化方向转变。第三个转变是，从部门分割独立向多方协同合作转变。第四个转变是，从一个项目独立的应急资源向地方城市综合性应急资源融合转变，以此最终构建一个全面、及时、智能、高效的现代化安全治理与应急救援体系。

2 基于双重预防机制的信息化安全管理体系构建

风险分级管控与隐患的及时排查，双重预防机制是工程建设安全生产的重要抓手，各信息手段为此抓手的落实提供了重要的技术支撑和决策依据[2]。

2.1 全生命周期风险智能感知与动态管控

信息化平台通过集成规范文件、历史事故、地质数据等构建结构化风险数据库，并运用知识图谱揭示风险因子间的动态关联，为风险预判提供支持。结合BIM与GIS技术，融合物联网传感器网络实时采集数据（如基坑水位监测），实现风险三维可视化与空间精准定位。基于机器学习算法对时序数据进行分析，可超前预警异常风险，例如依据盾构参数与土体变形预测沉降。济南轨道交通智慧平台即借助神经网络模型，实现多源数据与安全事故的关联挖掘与智能预测。

2.2 隐患排查治理的智能闭环管理

信息化的建设，使得隐患排查工作的效率得到提升，整体流程得到完善。首先，借助AI视觉智能识别在工地全区域覆盖AI算法智能摄像头。系统可以24 h自动识别安全风险。例如，人员未佩戴安全帽、未穿戴反光衣或者闯入危险区域等摄像头能够进行实时的抓拍报警。此技术能够有效降低人工巡查的遗漏率，保证工程建设安全。其次，利用移动终端App将隐患排查任务、标准清单等推送至具体的负责人，检查人员进入现场拍照录入系统会自动生成整改措施，相应负责人实现实时的跟踪，有效实现从发现推送整改到最后验证的全流程管控，有效缩短了处理周期。最后，利用AR辅助技术和数字孪生核查。检测人员能够在设备内直接检查虚拟模型历史维修记录和操作流程全面提升复杂设备的隐患排查准确率和效率，而且借助数字孪生技术能够对重大隐患进行模拟检验，经过验证之后再实施修复，能够避免决策失误。例如，成都轨道建设安全风险智慧管理系统，充分发挥了隐患排查治理、重大作业事项实时盯控、应急资源整合与信息实时联动等功能。有效保证了成都轨道交通同时在建施工459 km的新高，创下了成都地铁五线齐发的全国记录[3]。

3 智能化应急管理体系的信息化实现路径

智能化应急管理系统进行信息化建设的主要目标是提升应急响应的速度与各方协同处理的效率，全面实现快速反应、紧急响应、高效救治。

3.1 应急预案数字化与情景模拟

信息化管理将静态的文本转化为动态结构化的数字化方案。这一过程可通过语义理解引擎和知识图谱技术，快速精准地分解方案，精准地抽取组织体系、应急流程、负责人资源以及各方的联系方式等重要因素，并将其转化为计算机可精确快速识别、灵活调度的数据对象。这一方法使静态的方案转化为灵活的知识库，能够更加准确及时地响应应急情况。

在此基础之上，管理者可针对诸多事故，在特殊的环境中进行桌面演示或VR演练。系统能模拟事故发展过程（如涌水涌沙），并基于空间数据和实时信息（如人员定位），自动分析影响、规划最优疏散路径、动态评估救援方案。通过全流程优化的系统又能够持续迭代，实现了虚拟演变到实战演练的质变。

3.2 智能监测预警与一键触发

在复杂动态的轨道交通建设现场，要缩短风险预警到应急启动的响应时间，信息化体系通过构建智能感知网络与自动化执行体系，推动应急响应从人为判断到机器响应的转变。当物联网传感器监测到关键指标超出安全范围，或者AI视觉识别到危险情况时，系统会在毫秒内完成精准的分析和确认，并自动向管理平台发出响应通知相关负责人，并且采取快速的响应方案防控风险，进一步将风险的危害降到最低[4]。

在这一系列处理的过程中，一键触发是重点。以某项目演练为例，热成像摄像机在1 s内识别火情并定位后，系统立即自动执行一系列协同指令：启动消防设施、切换应急照明广播、

解锁疏散通道，并向预设责任人同步推送含位置与初步指令的报警信息。过去这一流程仅依赖人工上报，整个过程耗时较长。当下通过信息化系统实现了预警与处理的快速无缝响应，有效为后续救援赢得了宝贵的时间，全面提升了整体应急响应的效率和可靠性。

3.3 应急指挥协同与资源动态调度

在应急状态下，信息化管理平台成为核心处理平台。首先，借助此平台能够实现一体化，指挥平台集成了现场视频、人员定位、设备状态、环境数据、应急预案、资源分布等重要信息，形成整体的指挥图，能够为指挥者提供详细全面的决策方案。其次，能够进行跨部门高效的协同合作。通过一体化的平台，在内设置通信系统以及精准地分派任务。指挥令可以同时下达给各个不同的单位、各个小组，再通过移动终端获取单位，并且能够实时反馈现场的情况，有效将施工现场的进度与预案进行精准的对比，从而发现问题节点，精准地发现问题，解决难题，提高施工效率[5]。

3.4 应急演练评估与事后复盘

信息化平台能够进行全过程应急演练或真实应急处理的每个细节点的记录。事后能够在此平台检测全过程，能够对检测过程进行客观准确的评价，精准地定位隐患环节并查找到相应的负责人，再结合区块链技术能够保证所有记录的数据不被篡改，能够有效追查责任，全面提升数据的可信度。信息化平台以公司为单位进行搭建，建立统一的AR、VR虚拟演练平台库，各项目建立接收终端，并按照本项目特点，制作专项的虚拟演练内容报公司审核入库。平台资源库应包含公司所能涉及的所有生产安全事故类型，以满足公司应急管理工作全链条、全方位、全覆盖开展。最终，利用信息化平台库资源动态更新、重复利用原理，缓解项目专项资金投入压力，从根本上解决“边远小散”项目和灵活用工数字化演练难的问题。

4 实施挑战与发展展望

4.1 主要实施挑战

目前，首先存在数据壁垒系统集成的难题，且各个系统数据标准不统一，所以信息孤立无法形成全链条数据贯通的系统。其次，技术成本与人才缺乏。由于此建设初期成本较高，而且市场缺乏既懂工程安全又通信息技术的复合型人才。最后，网络安全风险较高，高度集成的信息化平台。如果遭遇到网络攻击，会出现数据泄露等重大安全事故，所以当下仍然需要进一步提升网络安全防护等级[6]。

4.2 未来发展趋势

在未来，智慧工地会逐步深化工地进步融合5G边缘计算机器人等新兴技术，实现更加全面自动化的作业与无人化的监控，可构建具备自动感知、自动分析、自动决策、自动修复的新系统。而且一体化管理平台会逐步延伸。当前建设期信息化平台会与未来的运营期管理平台进行一体化的融合，全面集成数据，形成覆盖资产全生命周期的安全管理闭环体系。最后会深度与城市各个新兴的系统有效融合，轨道交通建设安全应急信息会与城市的应急管理、公共服务、交通管理等诸多平台进行深度的数据融合共享，有效实现气象预警、地面疏导、医疗救援等跨领域的合作，实现真正的城市大安全体系的建设。

5 结束语

城市轨道交通建设期的安全与应急管理正在经历信息技术驱动的深刻转型。通过构建BIM、物联网、大数据与人工智能融合的双重应急机制，实现对安全风险的动态感知、智能预警和精准管控，以及对突发事件的快速响应、协同指挥与科学复盘。这不仅推动了管理方式的升级，也带动了管理理念的革新。当前虽面临数据整合、成本控制与信息安全等挑战，但信息化与智能化转型已显著提升了工程建设的本质安全水平。未来，随着技术持续优化与跨领域深度融合，将迈向更加智慧、高效的城市轨道交通建设安全治理新阶段。

参考文献

[1]段嘉仪,徐梦瑶.城市轨道交通信息化建设与安全管理的综合研究[J].建材世界,2025,46(2):121-124.

[2]卢玉星.基于信息化平台的城市轨道交通工程建设安全管理研究[J].城市建筑,2025,22(2):209-212.

[3]张慧.城市轨道交通信息化规划建设中主数据管理平台的建设契机[J].人民公交,2024(16):87-89.

[4]张祎薇.城市轨道交通运营管理信息化建设探讨[J].中国航务周刊,2024(14):63-65.

[5]蒙国往,黄劲松,吴波,等.城市轨道交通建设工程施工安全风险管理信息化系统研究[J].城市轨道交通研究,2022,25(9):90-95,99.

[6]顾晨纯.基于信息流的城市轨道交通应急管理研究[J].市场周刊·理论版,2019(37):10.

（本文编辑　吴文博）

