

与可靠性,在重要工程中采用该方法能够有效降低后期返工风险,具有良好的长期效益。高应变法设备成本相对较低,操作简便,检测速度快,单次检测成本较低,适合开展大范围普查和初步检测。但其结果精度有限,在重要工程中通常需与其他方法配合使用,综合成本需结合具体工程情况进行评估。

3.5 环境影响对比

静载试验法对环境影响较小,仅在测试点产生局部扰动,噪声与振动水平较低,适用于环境敏感区域检测。高应变法由于重锤冲击会产生一定的噪声与振动,可能对周边环境造成影响,在居民区或精密设备附近使用时需采取降噪减振措施。

4 建筑地基基础工程承载力检测优化建议

4.1 构建“场景-方法”适配体系

基于地质条件、地基类型、工程阶段与精度需求,建立科学的方法选择匹配矩阵。对于重要工程的桩基或深层地基,优先采用静载试验法验证承载力,辅以高应变法评估大范围均匀性。对于一般民用建筑的天然地基或复合地基,可采用高应变法进行初步检测,关键区域再用静载试验法验证。对于软土、淤泥质土地基,应优先考虑静载试验法或其他适配方法,避免过度依赖高应变法。在具体实施过程中,应结合工程特点制定个性化检测方案,充分发挥两种方法的优势,实现优势互补。通过科学匹配检测场景与方法类型,不仅能够保证检测结果的可靠性,还能有效降低检测成本,提高工程建设效率。

4.2 推动检测流程标准化

制定涵盖设备校准、场地准备、操作规范、数据记录的完整标准流程。明确静载试验与高应变法仪器的校准周期与标准。规范检测点清理、平整、排水要求;细化静载试验加载速率与稳定时间,高应变法锤击重量与贯入深度等关键参数。建立统一的数据表格,确保信息完整可追溯。此外,还应加强检测人员培训,提高操作规范性和数据处理能力,从人员层面保障检测质量。标准化的流程不仅是确保检测结果准确性的基础,也是推动检测行业健康发展的重要保障。

4.3 推行多方法协同验证

对于复杂地质条件的工程,建议采用“主方法+辅方法”的协同验证模式。以静载试验法获取关键区域高精度数据,以高应变法快速评估大范围地基均匀性,通过两种方法数据的相互印证,提高检测结果可靠性。在协同检测过程中,应合理选择检测点,确保各方法测试结果具有可比性。统一数据处理标准,避免因方法间差异导致结果偏差;建立综合评价体系,从多个维度评估地基承载力状况。多方法协同不仅能够减少单一方法的局限性,还能形成全方位的质量保障

体系。

4.4 加强质量控制与风险管理

建立全过程质量控制体系,从检测方案制定、设备选型、现场操作到数据处理和报告编制,每个环节都应明确质量要求和检查标准。同时,开展风险评估,识别检测过程中可能出现的技术风险和安全风险,制定相应的防范措施。例如,在软土地基检测中,应密切关注加载过程中的地基变形情况,防止发生安全事故。在高应变法检测中,应确保重锤提升和落下的安全性,避免设备损坏或人员受伤,严格的质量把关与风险防控是检测工作顺利开展的重要基础。

4.5 推动检测与设计施工一体化

强化检测机构与设计单位、施工单位的协同联动,建立检测结果实时反馈机制,实现检测、设计、施工的深度融合与动态优化。在工程前期阶段,检测机构参与设计方案论证,提供地质条件与承载力基础数据,为设计参数取值提供依据。施工过程中,检测机构及时将承载力检测结果反馈至施工单位,若发现地基承载力不足或桩基质量问题,立即协同设计单位调整方案,如优化基础尺寸、增加桩基数量或采取加固措施。工程验收阶段,检测机构提供全面的检测报告,为工程质量评定提供核心依据。这种一体化模式能够打破检测、设计、施工之间的信息壁垒,实现数据实时共享与决策快速响应,有效减少因信息滞后导致的工程返工,降低工程隐患,提升工程整体质量水平。通过检测、设计、施工的无缝衔接,可为建筑工程的安全运行与长期耐久性筑牢更坚实的技术保障。

5 结语

科学选择与应用静载试验法、高应变法是保障建筑地基基础工程安全的关键技术环节。其中,静载试验法凭借高精度优势,适用于重要工程的承载力最终验证;高应变法依托效率优势,适配初步勘察与大范围检测场景。通过构建“场景-方法”适配体系、推动检测流程标准化、引入智能化技术、推行多方法协同验证等优化措施,可显著提升地基基础承载力检测的可靠性与效率。随着人工智能、大数据与物联网技术的持续发展,地基基础承载力检测领域将逐步实现智能化、实时化、可视化转型。未来可构建基于深度学习的多源数据融合分析平台,实现不同检测方法数据的智能关联与误差修正,为建筑工程行业的高质量发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 熊智健.房屋建筑工程的桩基承载力检测及完整性分析[J].北方建筑,2025,10(05):149-153.
- [2] 王学广.建筑基桩无损检测结果可靠性的影响因素及提升路径[J].质量与认证,2025,(10):116-118.
- [3] 袁梓淇.基于多类方法的混凝土灌注桩联合检测分析[J].中国新技术新产品,2025,(16):115-117+135.

Analysis of Public Safety Risks and Management Strategies in Urban Rail Transit

Ruidong Li¹ Zhibin Du² Shaozhi Zhou² Hanlin Cui²

1. Zhengzhou Transportation Development Investment Group Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450008, China

2. Hangzhou Metro Operation Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310020, China

Abstract

As critical public safety facilities, urban rail transit stations face multiple risk factors and complex management challenges. This paper systematically categorizes and summarizes safety risk factors in urban rail transit, while analyzing corresponding management strategies. Through literature review and inductive synthesis, the study provides a comprehensive overview of safety risk classifications, implementation methods, management experiences, and advanced technologies in urban rail transit systems. The findings offer valuable references and practical insights for risk classification and management strategies in urban rail transit public safety.

Keywords

urban rail transit; public safety; safety risk; safety management

城市轨道交通的公共安全风险及管理对策分析

李瑞东¹ 杜志斌² 周绍智² 崔瀚林²

1. 郑州交通发展投资集团有限公司, 中国·河南 郑州 450008,

2. 杭州地铁运营有限公司, 中国·浙江 杭州 310020

摘要

城市轨道交通车站作为公共安全尤为重要的场所, 风险因素多, 管理难度大, 本文对城市轨道交通的安全风险因素分类与总结, 并对安全管理的对策进行分析。主要通过文献回顾法和归纳总结法, 较为详尽总结出城市轨道交通安全风险分类、城市轨道交通公共安全相应对策和方法、城市轨道交通安全管理经验以及先进的现代化技术等, 在城市轨道交通公共安全的风 险分类及管理对策的研究方面起到积极的参考和借鉴意义。

关键词

城市轨道交通; 公共安全; 安全风险; 安全管理

1 引言

近年来, 我国城市轨道交通迅猛发展, 全国运营总里程已达到 9316.12 公里, 仅郑州地铁运营总里程已达 235.11 公里, 日均客流量近百万人次^[1]。随着城市轨道交通的不断发展, 只要发生安全事件等相关问题, 就可能对公众及相关人员带来巨大的影响, 因此, 城市轨道交通单位肩负着守护市民公共安全的使命, 城市轨道交通的防范和管理需求首当其冲, 其重要性不容忽视。对城市轨道交通风险梳理及管理方法和技术的分析研究, 是坚持轨道交通系统安全管理方针“安全第一, 预防为主”的体现, 也是对“人民至上, 生命至上”发展思想的弘扬, 同时对轨道交通行业在防范化解重大风险、建立公共安全及相关理念、安全管理现代化等

方面有积极的借鉴意义。

2 研究背景及方法

为深入学习习近平总书记在党的二十大报告中提出的“建立大安全大应急框架”, 响应省委省政府关于应急管理工作的决策部署, 现对城市轨道交通的公共安全风险因素进行梳理、对相应对策进行分析并对先进现代化技术做出总结。

3 城市轨道交通安全风险因素分类

本部分首先对多个分析模型中对城市轨道交通中安全风险因素分类相关文献进行整理, 并对文献进行归纳总结, 最终总结出较为全面的城市轨道交通安全风险因素分类。

通过分析李政道^[2], 周勇^[3], 李晋^[4], 李娜^[5], 武晓炜等在文章^[6]中的观点, 进行分类总结: 城市轨道交通安全风险因素分类主要围绕“人-机-环-管”四方面, 城市轨道交通安全风险因素分类详见表 1。

【作者简介】李瑞东(1995-), 男, 中国河南南阳人, 本科, 助理工程师, 从事城市轨道交通运维研究。

表 1 城市轨道交通安全风险因素分类总结

分类	风险因素	分析方法或模型
人员因素	员工业务素质和能力、安全意识和自救意识、安全教育及培训、敬业精神、人为误指挥及误操作、公共安全宣传、乘客不安全行为、公共安全意识、大客流聚集	ISM 法 AHP-Fuzzy 法 DEMATEL-AISM 模型 模糊综合评价模型
设备因素	各细分专业的设备性能、设备保障、设备老化、设备维护维修、设备稳定性	
环境因素	自然环境、车站内部环境、车站外部环境	
管理因素	运营组织能力、安全信息能力、安全技术规范、规章制度制定、应急预案制定、运营安全投入、安全预防和保障、员工培训、人员配备、安全责任制、安全检查	

4 城市轨道交通安全管理对策与方法

基于城市轨道交通运营中的风险因素分析，本部分针对城市轨道交通公共安全管理进行探讨，总结有效措施，寻找对策与方法。

在城市轨道交通公共安全的管理探讨中，方法及对策可简要总结为：建立健全安全管理体系（良好的架构体系、加强检查监督、加强培训教育、做好应急预案、人才培养及安全队伍建设等）、使用科学完善的安全管理方法（风险识别、标准统一、细分领域探索、法律法规完善等）和引入先进技术（自动化或大数据或信息化技术或改善基础设施等）。

5 城市轨道交通安全技术与管理经验

基于城市轨道交通运营中的安全风险因素分析，在对城市轨道交通公共安全管理方法及对策的探讨中，方法与对策应主要围绕城市轨道交通的安全管理体系、安全管理方法、安全先进技术三方面的探索，本部分将围绕这些方面展开探讨。

5.1 安全管理体系

陈燕申在文章中介绍了美国城市轨道交通的安全监管体系，包含了安全立法相关内容和相应技术法规，分析了美国的风险分析原则及方法建立的途径和基础，对我国的启示包括：建立城市轨道交通法律上独立的安全监管机构、采用风险管理的原则和方法制定政策法规、开展安全合规判定等。

陈燕申等在文章中介绍了英国城市轨道交通中安全法规的管理体系内容、程序和管理，对安全管理体系及其安全认证及许可、安全评估及评估准则的执行进行了细致分析。借鉴英国，提出我国的轨道交通安全认证和许可制度，并对制度应具备程序化和不断更新、落实法规执行具体化、持续安全审计等关键特点做出强调。

裴欢等在文章中，建立了基于 PDCA 的“防-治-救”安全管理体系（详见图 2），并提出建立培训教育模块，实现全员分层次且有针对性的培训，实现安全管理的全员参与、全程控制、全方位覆盖。

叶倪等在文章中提出了系统安全理论：在“安全第一”

理念的基础上，结合“法默的事故频发倾向理论”、“海因里希的安全理论”以及美国约翰逊创立的“系统安全理论”并建立的 MORT 方法体系，基于安全系统的动态特征，人的安全系统可概括为人、社会、环境、技术和经济因素组成的协调系统，作者通过以上理论作为理论基础为无锡轨道交通的安全管理研究提供了指导和借鉴。

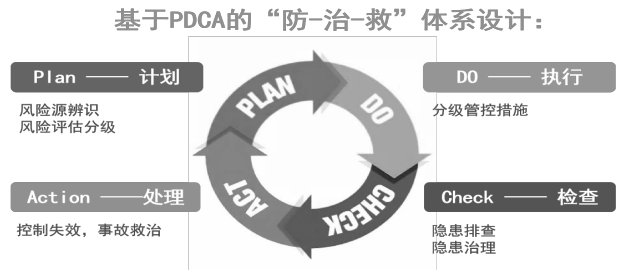


图 2 基于 PDCA 的“防-治-救”安全管理体系

5.2 安全管理方法

5.2.1 双重预防机制

双重预防机制包含轨道交通运营的安全风险分级管控和隐患排查治理。朱雅楠等在城市轨道交通运营安全双重预防机制构建要点探讨中结合苏州轨道交通运营特点介绍双重预防机制和构建要点及工作程序，双重预防机制详见图 3，构建要点及工作程序详见图 4。

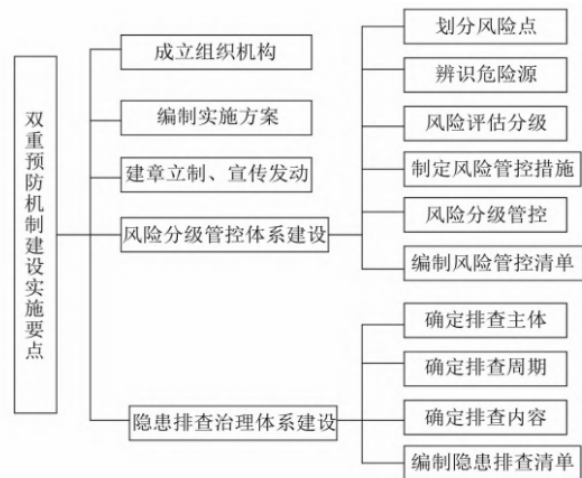


图 3 城市轨道交通运营双重预防机制建设实施要点