

# 轨道交通线路异物侵限风险及其防控措施研究

蔡 健

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 401120

**【摘要】**：轨道交通线路异物侵限是威胁运营安全的关键隐患，可能引发列车紧急制动、脱轨等严重事故。明确异物侵限风险的类型与特征，构建科学有效的防控体系，对保障轨道交通运营秩序与乘客安全至关重要。梳理异物侵限风险的形成机制，剖析防控工作中的薄弱环节，提出针对性防控措施，可显著提升轨道交通线路安全防护能力，为运营安全提供坚实保障。

**【关键词】**：轨道交通；异物侵限；风险防控；运营安全

DOI:10.12417/2811-0536.26.04.047

## 引言

轨道交通凭借高效快捷、运力充足的优势，成为城市公共交通的骨干力量，其运营安全直接关系到公共安全与社会稳定。异物侵限作为轨道交通运营中的高频风险隐患，涵盖自然杂物、人为丢弃物、设施脱落部件等多种类型，易对列车运行产生直接干扰，甚至引发重大安全事故。深入探究异物侵限风险的产生根源与表现形式，完善防控措施，是提升轨道交通运营水平的核心需求。通过系统梳理相关风险要素，精准施策构建全方位防控体系，能够有效化解潜在安全威胁，衔接风险分析与防控实践的核心内容，为后续深入探讨奠定基础。

## 1 轨道交通线路异物侵限风险的核心特征与危害表现

(1) 轨道交通线路异物侵限的主要类型与分布特征：轨道交通线路异物侵限的类型划分可依据来源与属性形成清晰体系，自然类异物包括大风天气携带的树枝、落叶、沙尘，极端天气引发的山体滑坡碎石、路面塌陷土体等；人为类异物涵盖乘客或沿线居民丢弃的生活垃圾、建筑垃圾，以及违规进入线路区域遗留的工具、物品等；设施类异物则涉及线路沿线设备老化脱落的零部件、接触网松动部件等。从分布特征来看，异物侵限多集中在桥梁段、隧道出入口、沿线居民区附近及施工路段，这些区域或因自然环境复杂，或因人为活动频繁，或因设施扰动较大，成为异物侵限的高发区域，不同区域的异物类型也呈现出相应的差异化特征。

(2) 轨道交通线路异物侵限风险的动态演化规律：轨道交通线路异物侵限风险的演化过程具备明显的动态性，受环境、时间、人为活动等多重因素影响呈现特定规律。风险萌发阶段多与外部诱因相关，如恶劣天气的出现、沿线施工的开展或设施设备的自然损耗，此时异物处于形成或待侵入状态，风险具有潜

在性与隐蔽性<sup>[1]</sup>。随着诱因持续作用，异物逐渐接近或侵入线路限界，风险进入发展阶段，此阶段异物对列车运行的干扰概率逐步提升，若未及时干预，易快速升级至风险爆发阶段。风险爆发后，将直接作用于列车运行系统，引发制动、停车甚至脱轨等事故，且事故影响范围会随运营时段、列车密度的不同而变化，高峰时段的风险危害程度显著高于平峰时段。

(3) 轨道交通线路异物侵限对运营安全的多维危害：异物侵限对轨道交通运营安全的危害体现在多个维度，直接危害聚焦于列车运行安全，异物与列车发生碰撞可能造成车辆车身损坏、车窗破裂，若异物侵入转向架、轮轨等关键部位，极易引发列车脱轨、颠覆等恶性事故，直接威胁驾乘人员生命安全。间接危害则涉及运营秩序与社会影响，列车因异物侵限紧急制动或停车，会导致线路运营中断，引发后续列车大面积晚点，影响大量乘客出行计划。同时，此类安全事件还会降低公众对轨道交通运营安全的信任度，产生负面社会影响，此外，事故处置过程中产生的设备维修费用、运营损失等经济成本也不容忽视，形成连锁式的危害效应。

## 2 轨道交通线路异物侵限风险的形成根源剖析

(1) 自然环境因素引发的异物侵限风险成因：自然环境的不确定性是异物侵限风险形成的重要根源，极端气象条件易直接催生各类异物。强风天气可将沿线树木的枝干、广告牌、塑料薄膜等轻质物品吹入线路限界，尤其是在空旷区域或高架桥段，风力不受遮挡，异物被卷入的概率大幅提升；暴雨、山洪可能引发山体滑坡、泥石流，大量土石、杂物随水流冲入线路，堵塞轨道或损毁设施；冰雪天气中，线路沿线的积冰、积雪脱落，或因温度变化导致设施表面结冰掉落，形成潜在的异物侵限隐患。此外，季节更替带来的落叶、枯枝堆积，若未及时清理，也可能在特定条件下侵入限界，影响列车运行。

(2) 人为活动干扰导致的异物侵限风险成因：人为活动的不规范操作与管理疏漏是异物侵限风险的主要人为成因。沿线居民、行人的不文明行为较为常见，随意丢弃生活垃圾、建筑垃圾，或在线路附近燃放烟花爆竹、抛掷杂物，这些物品一旦进入限界便会形成安全隐患<sup>[2]</sup>。轨道交通线路施工、维修作业过程中，若现场管理不到位，易导致工具、材料、零部件等遗留在线路内，成为侵限异物；沿线工程施工若防护措施不足，可能产生扬尘、碎石等杂物，或因施工机械操作不当导致物体坠落侵入线路。此外，少数人员违规进入线路区域，其携带的物品或遗留物也可能引发异物侵限风险。

(3) 设施设备缺陷诱发的异物侵限风险成因：轨道交通线路及沿线设施设备的设计缺陷、老化损耗与维护不当，易诱发异物侵限风险。设施设计阶段，若防护栅栏、隔离网等防护设施的高度、密度不足，或存在设计漏洞，无法有效阻挡外部异物侵入；接触网、供电设备、信号设备等线路关键设备，若材质选择不当或结构设计不合理，长期使用中易出现部件松动、脱落现象。设备运行过程中，受环境侵蚀、列车振动等因素影响，部件会逐渐老化、磨损，若维护保养不及时，未定期开展全面检查与更换，易导致零部件脱落侵入限界。此外，沿线的广告牌、指示牌、声屏障等附属设施若安装不牢固，或未进行定期加固维护，也可能因外力作用掉落形成侵限异物。

### 3 轨道交通线路异物侵限风险的前端排查与识别机制

(1) 全线路常态化巡查排查模式构建：全线路常态化巡查排查是及时发现异物侵限隐患的基础手段，需构建覆盖全时段、全区域的巡查体系。巡查范围应涵盖轨道线路、防护设施、沿线附属设施及周边环境，明确巡查频次与重点区域，针对高发区域适当提高巡查频率。巡查方式可采用人工巡查与机械巡查相结合，人工巡查重点关注线路细节部位、防护设施破损情况及不易察觉的小型异物；机械巡查则借助轨道巡检车、无人机等设备，实现大范围、高效率的巡查覆盖，尤其适用于高架、隧道等人工巡查难度较大的区域。巡查过程中需对发现的隐患进行详细记录，确保隐患信息可追溯，为后续处置提供依据。

(2) 重点区域异物侵限风险精准识别方法：重点区域的精准识别需结合异物侵限的分布特征与风险等级，建立涵盖侵限频次、危害程度、环境敏感性等维度的科学识别指标体系。通过对历史异物侵限事件的系统梳理分析，精准划分桥梁段、隧道出入口、居民区沿线、施工路段等重点区域的风险等级，针对高、

中、低不同等级制定差异化识别策略。在高风险区域全域布设高清视频监控系统实现实时监测，借助智能图像识别技术完成异物自动识别与分级预警，大幅提升识别效率与精准度；对山体滑坡、泥石流等地质灾害高发区域，针对性布设位移传感器、雨量计等地质监测设备，实时捕捉地质变化数据以预判异物侵限风险发生趋势<sup>[3]</sup>。同时，紧密结合季节更替规律与气象部门预警信息，对不同时段高风险区域开展针对性专项识别，提前排查潜在隐患。

(3) 风险识别结果的分级分类管理：风险识别结果的分级分类管理是提升防控效率的关键，需根据异物类型、侵限概率、危害程度等指标，将识别结果划分为不同等级与类别。按照风险等级可分为重大风险、较大风险、一般风险与低风险，针对不同等级制定相应的处置优先级，重大风险需立即启动处置程序，较大风险需在规定的时限内完成处置，一般风险与低风险则进行常态化管控。按照异物类别可分为自然类、人为类、设施类，针对不同类别的异物制定差异化的管控措施，自然类异物侧重预警与清理，人为类异物侧重管控与宣传，设施类异物侧重维修与加固。通过分级分类管理，实现资源的精准配置与风险的高效管控。

### 4 轨道交通线路异物侵限风险的多元防控措施构建

(1) 物理隔离防护设施的优化与完善：物理隔离防护设施是阻挡异物侵入线路的第一道防线，其优化与完善需从设计、材质、施工等多方面入手。针对不同路段的环境特征与风险等级，优化防护栅栏、隔离网的设计参数，提高设施的高度、密度与抗冲击能力，填补设计漏洞，确保设施全封闭、无死角。选用高强度、耐腐蚀、抗老化的优质材质，提升设施的使用寿命与稳定性，适应不同气候环境的考验。对现有防护设施进行全面排查与升级改造，修复破损、松动部位，对存在安全隐患的设施进行更换；在重点区域增设防护缓冲装置，降低异物碰撞对列车与设施的损害，进一步强化物理隔离防护效果。

(2) 智能监测预警系统的研发与应用：智能监测预警系统的研发与应用是提升防控智能化水平的核心举措，需整合多种技术构建全方位的监测预警网络。依托物联网、大数据、人工智能等技术，研发具备实时监测、自动识别、智能预警功能的系统，实现对异物侵限风险的早发现、早预警<sup>[4]</sup>。在全线路布设高清摄像头、红外传感器、激光雷达等监测设备，实时采集线路环境数据，通过数据传输网络将信息汇总至控制中心。系统借助人工智能算法对监测数据进行分析处理，自动识别侵入限界的异物，根据异物类型与危

害程度发出不同等级的预警信号，并推送至相关处置人员，为快速响应提供支撑。

(3) 应急处置流程的规范与优化：应急处置流程的规范与优化是降低异物侵限事故损失的关键，需建立科学、高效、有序的处置机制。明确应急处置的责任主体、处置流程与操作规范，确保处置工作有章可循。制定差异化的应急处置方案，针对不同类型、不同等级的异物侵限事件，明确相应的处置措施、人员配置与设备需求，如小型轻质异物可通过远程操控设备清理，大型重物或危险异物则需启动专项处置方案，组织专业人员现场处置。加强应急处置演练，提升处置人员的应急响应能力与协同配合能力，确保在事故发生时能够快速、精准地开展处置工作，最大限度缩短运营中断时间，降低事故危害。

### 5 轨道交通线路异物侵限防控体系的协同运行与效能提升

(1) 防控责任体系的细化与落实：防控责任体系的细化与落实是保障防控工作有效推进的基础，需构建层级清晰、责任明确的责任网络。明确轨道交通运营单位、施工单位、养护单位、沿线管理部门等相关主体的防控责任，将责任细化到具体岗位与个人，形成全员参与、全域管控的责任体系。建立健全责任追究机制，对责任落实不到位、防控工作存在疏漏导致异物侵限事故发生的主体，依法依规追究相关责任，倒逼责任落实。通过签订责任承诺书、开展责任培训等方式，强化相关主体的责任意识，确保防控工作各项举措能够切实落地执行，形成责任闭环管理。

(2) 跨部门防控协同机制的建立与完善：跨部门防控协同机制的建立与完善是提升防控整体效能的关

键，需打破部门壁垒，实现资源共享与协同联动。建立由轨道交通管理部门牵头，公安、城管、应急管理、气象、林业等多部门参与的协同工作机制，明确各部门的职责分工与协同流程<sup>[5]</sup>。搭建跨部门信息共享平台，实现气象预警、地质监测、施工信息、治安管理等相关数据的实时共享，为风险预判与防控决策提供支撑。定期开展跨部门联合巡查、联合执法与应急演练等活动，强化部门间的沟通协作，形成防控合力，共同应对异物侵限风险。

(3) 防控体系的动态评估与持续优化：防控体系的动态评估与持续优化是确保防控工作适应性与有效性的重要保障，需建立常态化的评估机制。结合异物侵限风险的变化趋势、防控措施的实施效果以及运营环境的调整，制定科学的评估指标体系，从防控效率、防控成本、安全效益等多维度对防控体系进行全面评估。通过评估及时发现防控体系中存在的不足与薄弱环节，分析问题产生的原因，针对性地提出优化改进措施。根据评估结果与优化建议，对防控设施、监测系统、处置流程、责任体系等进行调整完善，推动防控体系持续升级，提升应对各类异物侵限风险的能力。

### 6 结语

本文围绕轨道交通线路异物侵限风险及其防控措施展开深入探讨，明确了异物侵限风险的特征、危害与形成根源，构建了涵盖前端排查、多元防控、协同运行的完整防控体系。研究成果为化解轨道交通线路异物侵限隐患、保障运营安全提供了系统性思路与实践方向。异物侵限防控是一项长期持续性工作，需依托技术创新与管理优化不断提升防控效能，为轨道交通行业的安全稳定发展筑牢基础。

### 参考文献：

[1] 巫红波,朱栋升,李贤杰.城市轨道交通工程车异物入侵识别系统研究与应用[J].现代城市轨道交通,2025,(10):79-85.  
 [2] 谭飞刚.轨道交通轨行区异物自动检测技术研究综述[J].深圳信息职业技术学院学报,2025,23(04):64-69.  
 [3] 刘培文.轨道交通巡检中异物侵限视觉检测算法的研究[D].广西科技大学,2025.  
 [4] 黄嘉文.面向轨道交通安全的智能异物入侵检测算法研究[D].赣南师范大学,2024.  
 [5] 乔彦涵.基于深度学习的轨道交通异物辨识系统研究与开发[D].上海应用技术大学,2024.