

基于AI的站台门间隙异物识别与报警

孙明明¹ 王伟祥²

1. 杭铁运营管理(德清)有限公司 浙江湖州 313200

2. 杭州地铁运营有限公司 浙江杭州 312030

摘要: 站台门间隙异物滞留易诱发列车延误、设备故障乃至安全意外,传统人工巡检与传感器监测手段常面临响应迟缓、误报频发的问题,难以满足高效监测需求,将AI技术引入站台门间隙异物识别与报警体系可针对性改善这一现状,构建深度学习驱动的图像识别模型能对站台门间隙区域实时采集的视频信息开展特征提炼与异物甄别,搭配边缘计算技术可同步强化异物检测的即时性与精准度,经过实际场景验证该体系可有效弥补传统监测方式的缺陷,为城市轨道交通运营安全筑牢技术保障基础。

关键词: AI技术; 站台门间隙; 异物识别; 报警系统; 深度学习

引言

随着地铁运营规模的不断拓展以及客流量的持续攀升,地铁运营安全问题愈发受到社会各界的高度关注。在诸多安全隐患中,站台门与列车门之间的隙夹人夹物事件时有发生,不仅给乘客的生命财产安全带来严重威胁,还导致列车延误,对整个地铁运营系统的正常秩序造成极大干扰。当前普遍采用的人工巡检方式依靠工作人员定时排查,难以覆盖全天运营时段,且容易受人为因素影响出现漏检;传统传感器监测对透明、小型异物的识别效果较差,经常产生误报或漏报情况。为填补现有监测手段的不足,迫切需要一种高效、精准的异物识别与报警方案,为后续深入研究相关技术应用打下基础,助力城市轨道交通运营安全保障体系升级。

一、站台门间隙异物识别与报警的现状问题分析

(一) 传统监测方式的应用局限阐述

当前站台门间隙异物监测领域中,人工巡检属于较为基础的手段,工作人员需依照固定频次沿站台开展巡视工作,逐一对门体间隙是否存在异物进行检查,但城市轨道交通运营时长较长,高峰时段客流密度大,人工巡检很难在不干扰乘客通行的前提下达成全方位覆盖,且夜间巡检容易因光线条件不足引发漏检问题,针对硬币、纸屑这类细小异物的识别能力也相对薄弱,人工巡

检的效率还会受到工作人员经验、精力状态的显著影响,存在较为明显的时间滞后性,往往要等到异物滞留一段时间后才能被发现,无法及时遏制安全风险的进一步扩大。

(二) 现有技术方案的性能局限分析

传统传感器监测技术应用于站台门间隙异物识别工作时,同样暴露出不少性能短板,红外传感器主要借助检测物体遮挡来实现异物识别,可若异物属于塑料薄膜这类透明材质^[1]。红外信号就容易穿透异物进而导致漏报情况,超声波传感器则会受到环境噪音的较大影响,站台内人群嘈杂声、列车运行产生的轰鸣声等都会对传感器信号造成干扰,引发误报问题,这些传感器多数仅能判断是否存在异物,没办法对异物类型加以区分,难以依据异物危险程度采取具有差异化的应对措施,使得工作人员处理时缺乏明确针对性,进一步对问题解决效率产生不良影响。

二、AI异物识别与报警系统的总体设计框架

(一) 系统硬件组成的选型与功能

AI异物识别与报警系统的硬件组件需契合实时数据采集与高效运算的核心需求,核心硬件包含高清工业相机、边缘计算终端、报警装置及数据传输模块,高清工业相机选取具备宽动态范围与低照度拍摄性能的型号,安装在站台门顶部与侧面位置,确保全面覆盖间隙区域,每秒可采集25帧高清图像,为后续图像识别工作提供清晰的数据支撑,边缘计算终端配备高性能处理器,支持深度学习模型的实时运转,能够快速处理相机传输的图像数据,规避数据上传云端产生的延迟问题,报警装置

作者简介: 孙明明(1982年3月15日-),男,汉,籍贯:山东海阳,职称:中级工程师,学历:本科,研究方向:基于AI的站台门间隙异物识别和报警。

分为本地声光报警与远程信号报警两类^[2]。本地报警可及时提示站台工作人员，远程报警则将信号传送至运营控制中心，实现多端协同联动，数据传输模块采用5G与有线网络双重备份机制，保障数据传输过程中的稳定性与安全性。

（二）系统软件架构的层级与作用

系统软件架构采用分层设计模式，划分为数据采集层、预处理层、识别层和应用层，数据采集层承担控制高清相机按设定频率采集图像数据的任务，同时对数据开展初步筛选工作，剔除因相机故障或光线突变形成的无效图像，预处理层针对采集到的有效图像实施降噪、图像增强与尺寸归一化处理，通过高斯滤波消除环境噪音干扰。借助直方图均衡化提升图像对比度，确保异物特征更为清晰，同时将图像统一调整为固定分辨率，适配后续识别模型的输入标准，识别层是软件架构的核心环节，搭载基于YOLOv8的深度学习模型，该模型经过大量站台门间隙异物样本训练，可自动提取图像中的异物特征，像形状、颜色、纹理等，实现对金属、塑料、织物等不同类型异物的分类识别，应用层则依据识别结果触发相应操作，若检测到异物，立即启动报警装置，并记录异物出现的时间、位置、类型等信息，生成检测报告存储至数据库，方便后续追溯与分析工作开展。

三、AI异物识别模型的构建与训练

（一）异物图像数据集的创建与优化

构建高质量异物图像数据集是训练AI识别模型的核心基础，数据集采集需覆盖不同运营时段、不同天气条件下的站台门间隙场景，通过在多个城市轨道交通站点部署采集设备，获取包含金属制品、塑料瓶、纸巾、衣物碎片等多种常见异物的图像，同时纳入无异物的正常场景图像作为负样本，保障数据集具备充足多样性，对采集到的原始图像开展标注工作，运用LabelImg工具手动框选异物区域并标注异物类别，形成标准VOC格式数据集。为避免模型出现过拟合问题，对数据集实施数据增强处理，涵盖随机旋转、翻转、缩放、亮度与对比度调整及添加高斯噪声等操作，同时按特定比例将数据集划分为训练集、验证集与测试集，为模型训练与性能评估提供扎实的数据支撑。

（二）深度学习模型的选择与参数调优

人工智能技术，尤其是深度学习算法，将进一步提升检测系统的智能水平。通过对大量不同场景、不同类型异物的图像和数据进行深度学习，检测系统能够更精准地识别各种异物，甚至能够对异物的潜在风险进行评

估。在深度学习模型选择阶段，对比主流目标检测模型如Faster R-CNN、SSD与YOLO系列，结合站台门间隙异物识别对实时性的需求，最终确定选用YOLOv8模型，该模型采用anchor-free检测方式简化检测流程，同时引入C2f模块与SPPFCSPC模块，强化特征提取能力与运算效率，更适配边缘计算终端的运行环境，模型训练过程中，以COCO数据集预训练权重作为初始参数，设置相应批次大小与初始学习率，采用余弦退火学习率调整策略，随训练轮次增加逐步降低学习率，避免模型陷入局部最优，训练期间通过验证集实时监测模型性能^[3]。当验证集准确率连续多轮未提升时停止训练以防止过拟合，针对不同类型异物识别效果差异对模型进行参数调优，如增加小型异物权重系数、优化损失函数，提升小型异物识别准确率，最终实现各类异物识别准确率均稳定在较高水平。

四、AI异物识别与报警系统的测试与优化

（一）实际场景下的系统功能测试实施

为验证AI异物识别与报警系统的实际应用效果，选取不同规模的城市轨道交通站点开展测试，覆盖早高峰、晚高峰、平峰与夜间运营时段，测试前在站台门间隙布置不同类型、不同大小的异物，包括手机、饮料瓶、钥匙、纸巾等，模拟真实运营中的异物滞留场景，系统启动后实时采集站台门间隙图像并进行识别，记录每次异物的识别结果、报警响应时间与报警类型，测试过程中分别统计不同时段、不同异物类型的识别准确率与报警成功率，同时观察系统在客流量大、光线变化（如白天强光、夜间灯光）、列车进出站震动等复杂环境下的运行稳定性，通过持续测试获取大量真实场景下的测试数据，为后续评估系统实际应用价值与优化方向提供依据。

（二）系统运行中的问题排查与优化

站台门间隙视频探测系统满足地铁站台门间隙环境对于夹人夹物检测的场景使用需求，但值得注意的是，在正常运营场景下，视频探测系统也会出现“误报警”。对比常用的间隙探测手段，视频探测系统成本目前还相对较高，尤其是每道滑动门设置摄像头的方案，价格与门体数量有关^[4]。因此在具体实施方案的选择上，可以考虑采用组合方案的形式，在曲线站局部门体单独加装摄像头的方案有助于降低建设成本和进行技术推广。依据实际场景测试数据，对系统运行过程中出现的问题开展逐一排查与优化工作，测试过程中发现，在强光直射的场景下，部分透明塑料异物会因反光现象影响识别效果，导致系统对这类异物的判断精准度有所下降。针对

这一问题，通过优化图像预处理层的光线补偿算法，动态调整图像曝光参数，减少强光对异物特征提取造成的干扰，从而有效改善透明异物的识别效果，提升判断精准度；系统在列车进站产生强烈震动时，部分相机会出现短暂的数据传输中断情况。针对该现象通过加固相机安装支架，同时优化数据传输模块的抗干扰能力，成功

解决数据传输中断问题，确保图像数据能够连续稳定传输。针对报警系统在高峰时段易被环境噪音掩盖的情况，对本地声光报警装置的音量与灯光闪烁频率进行调整，增强报警信号的穿透力，确保工作人员能够及时察觉报警信息，进一步提升系统的实用性与可靠性，保障运营过程中的安全监测需求。见表1：

表1 城市轨道交通站台门间隙检测系统现场测试数据表

测试站点	所在城市	站点规模 (站台门数量)	峰值客流量 (人次/小时)	光照强度范围 (lx)	环境噪声平均值 (dB)	数据来源
A站	北京市地铁6号线呼家楼站	24	18, 500	320-1, 200	82	北京地铁运营公司技术部, 2024
B站	上海轨道交通9号线世纪大道站	18	14, 200	280-980	79	上海申通地铁集团运行管理中心, 2024
C站	深圳地铁3号线龙岗站	12	11, 600	250-850	76	深圳地铁集团技术监测中心, 2024

五、AI技术在站台门安全保障中的应用价值与推广

(一) 系统应用对运营安全的提升作用

基于AI的站台门间隙异物识别与报警系统投入应用后，对城市轨道交通运营安全的提升作用较为突出，从安全风险防控角度来看，系统能够实现对站台门间隙异物的实时监测与快速报警。相较于传统人工巡检的响应时间，系统的报警响应速度大幅缩短风险处置时间，有效避免因异物滞留引发的站台门故障与列车延误；从运营效率角度分析，系统可替代部分人工巡检工作，减少工作人员的重复劳动，使人力能够更多投入到乘客服务与应急处置等关键环节，同时降低因人工漏检导致的安全隐患，为城市轨道交通运营安全提供坚实的技术保障，进一步筑牢运营安全防线，缓解运营过程中的安全监测压力。

(二) 技术推广的适配性与实施建议

该AI识别与报警技术在不同城市轨道交通线路中具备良好的适配性，其硬件设备可兼容现有主流站台门型号，软件系统支持根据不同站点的站台结构、运营环境进行参数调整，无需对现有站台门设备进行大规模改造，降低技术推广过程中的成本与难度^[5]。在实施过程中，建议先选取客流量较大、异物问题较突出的站点进行试点应用，积累实际运行经验后逐步扩大推广范围，同时加强工作人员的技术培训，帮助其掌握系统的操作方法与故障排查技能，确保系统稳定运行，此外可结合城市轨道交通数字化转型规划，将该系统与运营控制中心的综合监控平台对接，实现数据共享与协同调度，进一步拓展AI技术在轨道交通安全保障领域的应用场景。

结语

本文围绕基于AI的站台门间隙异物识别与报警开展研究，针对传统监测方式的欠缺，构建起集硬件与软件于一体的AI识别与报警系统，依托深度学习模型实现异物的精准识别与快速报警。经实际测试与优化，系统在识别准确率、响应速度及稳定性方面均展现出优异性能，有效破解站台门间隙异物监测难题，该研究成果不仅为城市轨道交通站台门安全保障提供全新技术方案，也为AI技术在轨道交通领域的深度应用积累实践经验，未来可进一步探索多模态融合识别技术，结合红外、超声波等数据提升系统对复杂场景的适应能力，持续完善城市轨道交通运营安全保障体系。

参考文献

- [1]张冲.城市轨道交通站台门系统技术特点与发展趋势[J].时代汽车, 2025, (18): 175-177.
- [2]姜驰.地铁站台门异物自动检测技术分析[J].人民公交, 2025, (06): 145-147.
- [3]李福川, 魏倩楠, 陈轩.基于多传感器融合技术的地铁站台门间隙异常检测系统[J].自动化应用, 2025, 66(04): 214-216.
- [4]李帅, 王志飞, 方晟浩, 等.基于贝叶斯神经网络模型的站台门故障识别技术研究[J].铁路计算机应用, 2025, 34(01): 22-26.
- [5]石锦, 莫非.站台门控制系统技改技术路线及优化[J].城市建设理论研究(电子版), 2024, (19): 173-175.