

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2024.03.008

# 城市轨道交通安检系统 智能判图模式研究与设计

熊晓锋<sup>1</sup>, 金兆远<sup>1</sup>, 张峥嵘<sup>2</sup>

(1. 广州地铁设计研究院股份有限公司, 广州 510010; 2. 广州地铁集团有限公司, 广州 510010)

**摘要:** 为提升城市轨道交通安检系统判图效率及准确率, 设计一种新颖的判图模式, 将 AI(人工智能)图像识别技术与人工集中判图技术有效结合。首先针对逢液必检现状引入液体检测算法, 避免对安全液体的开包查验, 其次按安检品风险等级进行分类处理, 最后结合 AI 置信度判断、人工抽检或必检判图对安检品进行判定。本判图模式可根据不同阶段下 AI 图像识别准确度和判图需求灵活调节 AI 介入深度, 随着 AI 图像识别准确度的不断提升, 逐渐从 AI 为辅、人工为主判图模式向 AI 为主、人工为辅的判图模式平滑渐进迭代, 最终实现完全智能判图模式。通过案例分析可知, 在不降低城市轨道交通车站安检水平的前提下, 本判图模式可以进一步达到前端过检增速、后端降本增效的目的。

**关键词:** 城市轨道交通; 安检; 判图模式; 人工智能

中图分类号: U231 文献标志码: A 文章编号: 1672-6073(2024)03-0064-05

## Research and Design of an Intelligent Judgment Mode for Urban Rail Transit Security Inspection System

XIONG Xiaofeng<sup>1</sup>, JIN Zhaoyuan<sup>1</sup>, ZHANG Zhengrong<sup>2</sup>

(1. Guangzhou Metro Design &amp; Research Institute Co., Ltd., Guangzhou 510010;

2. Guangzhou Metro Group Co., Ltd., Guangzhou 510010)

**Abstract:** To improve the efficiency and accuracy of urban rail-transit security inspection systems, this paper designs a novel pattern-recognition mode to effectively combine artificial intelligence (AI) image recognition technology with manual centralized pattern recognition. First, based on the current liquid inspection, a liquid detection algorithm is introduced to avoid the open inspection of safe liquids. Second, security products are classified according to their risk levels. Finally, AI confidence judgment, manual sampling, or necessary inspection charts are combined to determine the pattern recognition mode, which can flexibly adjust the depth of the AI intervention according to the accuracy of the AI image recognition and the requirements for pattern recognition at different stages. With the continuous improvement in the accuracy of AI image recognition, it gradually changes from an AI-assisted manual-based pattern recognition mode to an AI-based manual-assisted pattern recognition mode and finally achieves a fully intelligent pattern recognition mode. A case analysis reveals that the judgment graph model can further achieve rapid security inspection, cost reduction, and efficiency increase without reducing the safety inspection level of urban rail transit stations.

**Keywords:** urban rail transit; security inspection; judge graphical model; AI

收稿日期: 2023-11-02 修回日期: 2024-03-10

第一作者: 熊晓锋, 男, 学士, 高级工程师, 从事轨道交通自动化研究, xiongxiaofeng@dtsjy.com

引用格式: 熊晓锋, 金兆远, 张峥嵘. 城市轨道交通安检系统智能判图模式研究与设计[J]. 都市轨道交通, 2024, 37(3): 64-68.

XIONG Xiaofeng, JIN Zhaoyuan, ZHANG Zhengrong. Research and design of an intelligent judgment mode for urban rail transit security inspection system[J]. Urban rapid rail transit, 2024, 37(3): 64-68.

近年来, AI(artificial intelligence, 人工智能)、大数据、物联网等技术日益成熟, 为城市轨道交通智慧安检建设提供了强力的技术支撑, 国内主要大型城市均相继开展安检系统的网络化、智能化研究或实践<sup>[1-2]</sup>。智慧安检模式下如何更好地提升乘客过检体验以及运营单位降本增效成为各城市迫切需要解决的问题。

一方面, 通过 AI 图像识别技术直接对安检图片进行物品识别并标注相关信息以辅助安检人员进行判图作业, 提高安检人员判图效率, 同时通过 AI 图像识别技术可减少判图工作的人为因素影响, 以提高对安检品的识别精度, 从而提升乘客的过检速度<sup>[3-4]</sup>; 另一方面, 通过基于网络化的集中判图模式提高安检人员判图作业饱满度实现判图工作量的“削峰平谷”, 从而减少判图员的数量, 最终达到运营单位降本增效的目标<sup>[5-6]</sup>。

## 1 判图模式发展探讨

现阶段, AI 辅助判图与人工集中判图在城市轨道交通领域已得到广泛应用。北京地铁开展研究智能化精准检物子系统, 利用禁限带品智能识别及自学习等技术, 在安检机上增加图像识别、实时提示报警功能, 以减少值机员个人能力和状态对安检质量的影响, 从而提高了物品安检的效率和可靠性<sup>[4]</sup>; 成都地铁搭建线网智慧乘客服务平台, 打造智慧安检, 在全线网线路应用集中判图系统, 实现了实时判图、远程判图、集中判图、AI 智能辅助判图等功能, 有效提升了安检工作效率和智能化水平<sup>[6]</sup>; 重庆轨道交通 3 号线基于网络化集中判图系统, 实现了实时判图、远程判图、AI 辅助集中判图等功能, 有效提高了安检人员的工作饱满度, 达到了降本增效的目标<sup>[7]</sup>; 南宁轨道交通 5 号线一期开展安检智能集中判图系统的应用研究, 分别以车站、集中站、线路为单元分析实现安检集中判图的功能情况, 并结合智能算法对安检图像进行辅助判别<sup>[8]</sup>。

以上各城市轨道交通安检系统判图模式均是基于 AI 为辅的人工集中判图, 并已取得初步成效。可以预见, 随着 AI 技术的不断提升, 研究 AI 判图与集中判图进一步结合的判图模式来减少判图员数量、提升判图效率以及精准识别安检物品从而减少前端开包复检工作等将成为必然趋势。笔者分析各阶段判图模式运作情况如表 1 所示。

表 1 各阶段判图模式运作情况分析表

Table 1 Analysis of operation of each stage drawing mode

模式	人工判图模式	AI 为辅集中判图模式	AI 为主集中判图模式
判图时间	耗时较长, 取决于熟练度	AI 辅助, 缩短人工判图时间	AI 为主, 智能判图速度大幅提升
座席变化	与安检机一一对应	一个座席可支撑多个安检机	座席灵活调节
前端配合	无	安检机改造, 可提升履带速度	安检机改造, 进一步提升履带速度
判图工作量	饱满度参差不齐	均较为饱满	人工介入少, 可灵活调整
乘客体验	各安检点体验不一致	安检效率、通行体验提升	准确、高效, 乘客体验好
经济效益	成本最高	减少部分人力, 成本较高	减少大部分人力, 成本最低

## 2 智能判图模式逻辑流程设计

智能判图研究的重点是图像识别和目标检测。2022 年杨栋等对安检物品识别检测算法和跟踪算法进行了深入研究, 经车站试点测试, 对禁限物品报警准确率达 92%, 漏报率为 3.5%, 满足车站使用需求<sup>[9]</sup>。2023 年, 韩萍等提出一种区域增强和多特征融合模型, 可消除颜色差异的影响并增强违禁品区域信息, 对于单类违禁品, 在枪支和钳子类违禁品上的平均识别精度分别为 94.25%和 90.89%<sup>[10]</sup>。此外, 针对安检机安检图像的液体检测识别研究, 李纯等提出一种 X 光安检图像中的容器检测方法, 为后续容器内液体识别提供了重点嫌疑区域<sup>[11]</sup>; 胡紫薇等提出了一种理想状态下基于双能 X 射线安检机的液体识别方法, 解决了难以提取有效原子序数实现液体分类识别的问题, 并通过仿真和试验验证算法的可用性<sup>[12]</sup>; 湖南苏科智能科技有限公司在 2023 互联网岳麓峰会展出的智慧安检设备现场检出液体总数 1 540 件, 基本实现不开包即可甄别水和汽油、酒精等易燃易爆液体细类<sup>[13]</sup>。

如上文所述, 当下图像识别技术发展迅速且日益成熟, 但大多仅用于物品识别及标注, 辅助人工进行判图, 而未能充分利用其对安检品进行筛选判别以进一步提高人工判图效率甚至替代人工判图。

以广州地铁某条线路运营数据安检物品情况为例进行说明: 其中约 71.54%为安全物品可直接放行处理, 对于此部分物品, AI 判别精准度高, 可考虑替代人工判图的可能。其余 28.46%安检物品需要人工复检核验, 其中 24.42%为液体容器, 需遵守地铁安检“逢液必检”原则, 但根据开检结果显示液体容器中真正的危险液体占比极小, 对于此部分物品, 可考虑调用液体检测

算法进行判别，以减少人工判图及前端开包查验工作量；剩下 4.04% 的物品可能属于禁带品也需开包查验，但根据开检结果显示多为各式工具、刀具、打火机等，实际违禁带品占比极小，对于此部分物品可考虑使用 AI 图像识别技术先进行筛选分类，再结合 AI 置信度判断、人工判图对分类物品判别，可有效减少人工判图工作量。根据以上情况分析，本文智能判图模式逻辑流程如图 1 所示。

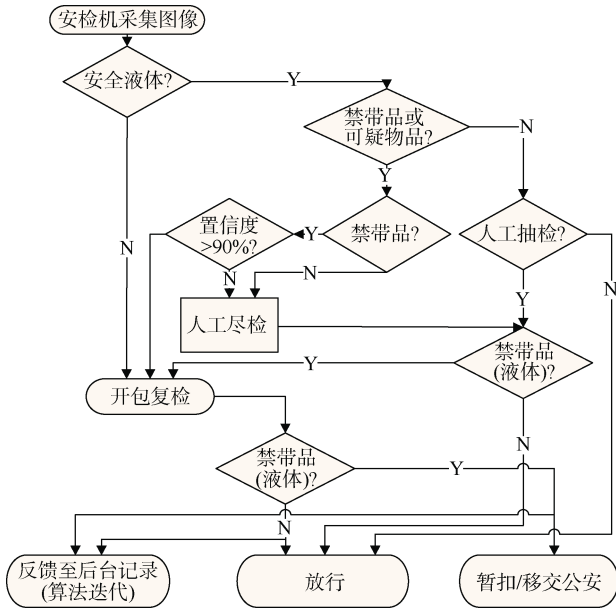


图 1 智能判图逻辑流程

Figure 1 Intelligent diagram logic flow chart

1) 信息采集。安检机采集信息并上传至后台。

2) 安全液体判断。调用液体检测算法判别被检品是否含有危险液体，若含有则直接推送至前端开包复检，省去人工判图流程，否则继续判断是否有其他违禁品或可疑物品，若无则可视情况人工抽检判图或直接放行，此处若按 24.42% 液体容器占比可至少节约 20% 以上人工判图工作量以及前端开包复核工作量。

3) 禁带品或可疑物品判断。若被检品不含有禁带品或可疑物品则可视情况人工抽检判图或直接放行，同时前期为降低 AI 漏报率可适当设置人工判图进行抽检，设置抽检判图座席数量与 AI 判图准确度成反比关系，随着 AI 判图准确度不断提升可逐渐降低抽检比例直至取消。此处若按 71.54% 安全物品占比理想状态可节约 70% 以上的人工判图工作量。

4) 禁带品判断。当被检品为禁带品但同时为减少前端开检工作量则设置置信度判断环节，如设定 AI 置

信度判断阈值为 90%，则当禁带品 AI 识别置信度  $\leq 90\%$  时推送人工判图确认，此处随着 AI 判图准确度不断提升可认为更加信任 AI 判图结果，则可不断降低置信度阈值，从而在保障安检质量的同时降低人工判图工作量。

5) 可疑物品判断。当被检品属于“禁带品或可疑物品”但不属于“禁带品”判断时，可默认属于可疑物品(如该物品不在 AI 数据库内为首次识别)，为保障安全，此部分被检品均需进行人工判图处理，其所需人工判图座席数量与 AI 判图准确度成反比关系，随着 AI 判图准确度不断提升可逐渐降低此部分必检判图座席数量直至取消。

6) 人工判图禁带品判断。当需要按情况人工抽检、禁带品置信度未达到阈值或 AI 识别为可疑物品需要人工尽检时，以人工判图结果为准。若为禁带品，则推送至前端开包复检，否则直接放行。

7) 开包复检。前端安检员根据后台推送结果对被检品进行开包复检处理。

8) 开包复检禁带品(液体)判断。若复检结果为非禁带品(液体)，则直接放行并反馈后台记录用于 AI 深度学习迭代，否则根据禁带品(液体)情况进行暂扣或移交公安处理并反馈后台记录用于 AI 深度学习迭代。

9) 前端处理。根据后台反馈及现场开包复检结果进行反馈后台记录、放行、暂扣/移交公安等操作处理。

### 3 智能判图模式效果分析

#### 3.1 判图座席数量优化及经济效益分析

##### 3.1.1 判图座席数量优化分析

本文判图模式人工判图座席数量与 AI 判图准确度成负相关，判图算法可根据不同阶段下 AI 判图准确度和判图需求，灵活调节 AI 判图介入深度。随着 AI 判图准确度不断提高，实现 AI 为辅、人工为主判图模式向 AI 为主、人工为辅判图模式的平滑渐进迭代，以逐渐减少人工判图座席数量。

以国内某城市轨道交通线网为例对本文判图模式所需判图人员数量的递减效果进行说明。该线网安检点为 1 400 个，15 min 最大客流预测 25 万人次，带包率为 80%，则换算为 900 s 内有 20 万个包裹需要进行判图。

AI 为辅集中判图模式下，单座席对包裹判定速度按经验设定为 2 s/个，则由公式(1)可计算出判图座席数量为 445 个。

$$\text{集中判图座席(个)} = \frac{\text{时间间隔内客流(人次)} \times \text{带包率}(\%)}{\frac{\text{时间间隔(s)}}{\text{单座席判图速度(s/个)}}} \quad (1)$$

本文判图模式下,同样设定单座席判图速度为 2 s/个,假定前文 24.42%的液体中有 5%为禁带液体,71.54%中有 10%为可疑物品,4.04%的禁带品中置信度 >90%的有 2%,则通过图 1 智能判图逻辑流程分析有:

1) 初期不信任 AI 判图准确度,为保障安全,则 AI 判别的 5%的禁带液体与 2%的禁带品直接推送至前端复检,其余 93%的被检品均需进行人工判图(即抽检比例为 100%),此时判图座席数量由公式(1)计算可得为 413 个。

2) 中期 AI 通过不断深度学习升级迭代,其图像识别准确度已基本无误,则此时液体可由 AI 直接判定,非禁带品也无须进行抽检,仅剩下 10%的可疑物品及 2%的低置信度禁带品需要人工尽检,此时判图座席数量由公式(1)计算可得 54 个。

3) 后期随着 AI 物品库及判图准确度不断提升,会使得可疑物品占比不断下降以及对禁带品识别准确率越来越高,可以进一步缩减甚至取消人工判图座席,最终达到全 AI 判图模式。此时人工判图座席数量为 0 或可根据实际需求进行灵活配置。

### 3.1.2 经济效益分析

同前文设定一致,900 s 内有 20 万个包裹需要进行判图,则所需 AI 判图算力分析如下:

1) 服务器配置分析。单台服务器配置 2 颗处理器,单颗 24 个物理核心,主频为 2.1 GHz,总内存为 256 G,配置 8 张性能相当 NVIDIA Tesla T4 的 GPU 卡。由实验室测算知 1 张 NVIDIA Tesla T4 的 GPU 卡每 60~70 ms 可处理 1 张 1 000×1 000 像素图片,此处按 70 ms 计算则 1 s 内可处理图片约 14 张,则单台服务器 1 s 内可处理图片 112 张。

2) 安检图片分析。以国内某主流品牌双源双视角安检机为例,每个包裹生成 2 张安检图片,包裹按 600 mm×650 mm(宽×长)计算,每张图片约为 960×1 040 像素点。

3) 服务器数量分析。900 s 内有 20 万个包裹需要进行判图,则 1 s 内需处理 445 张图片,按上文 1),服务器配置计算只需要 4 台服务器。

4) 经济效益分析。AI 为主、人工为辅判图模式下,参考国内相关设备市场价格,所需 4 台服务器总价估

算为 90 万元;AI 为辅集中判图模式下,由前文计算结果知,需要判图员 445 人,人均工资按 6 万/年,并考虑 5%的增幅,按系统设备全生命周期 10 年计算,需要人力运营成本约 3.36 亿元。

综上可知,实施 AI 为主、人工为辅判图模式,通过不断缩减甚至取消判图员,可达到明显的经济效益。

## 3.2 前端安检通行效率优化分析

不同判图模式下,由于判图时间不同以及现场复检员需要一定的反应截停时间,所以对安检机尺寸设置及履带转速有相应匹配要求,存在乘客滞留安检机处等候包裹的情况,大客流下尤为严重,从而影响乘客通行效率和过检体验。

### 3.2.1 AI 为辅集中判图模式下前端安检通行分析

AI 为辅集中判图模式下,即使有 AI 识别标注辅助作业,判图员仍需一定决策时间,并且复检员在手持复检作业的同时需要实时兼顾判图信息,必然导致需要一定反应截停时间。故为了使乘客不在复检员反应截停前离开安检区域,需对安检机履带进行加长并加装龙门架等防止乘客提前取包离开,并且为了不降低乘客过检通行速率,安检机履带转速需要进行提速处理<sup>[5]</sup>。以国内某主流品牌安检机为例,履带速度在 0.2~0.4 m/s 可调节,实际应用中常规设置为 0.3 m/s,同时包裹长度一般在 0.7 m 内,则 AI 为辅集中判图模式下前端安检通行情况分析如图 2 所示。

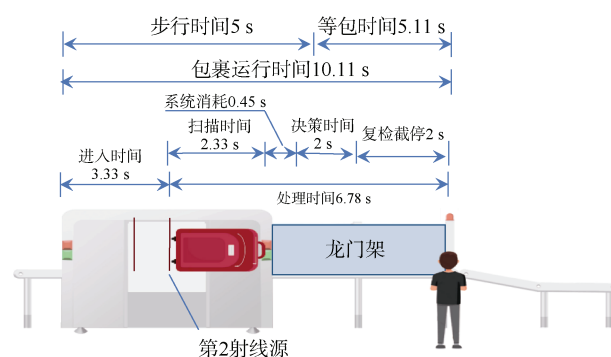


图 2 AI 为辅集中判图模式下安检通行示意

Figure 2 Security pass schematic under the AI-assisted centralized judgment diagram mode

1) 以包裹首次接触安检机前箱帘开始计时至包裹首次接触第 2 射线源为止,为包裹进入时间。此时间受限于安检机自有尺寸,此处按市场主流安检机型号设定为 1 m,则用时约为 3.33 s。

2) 以包裹首次接触第 2 射线源开始计时至完全离开第 2 射线源为止,为包裹扫描时间。此时间受限

于包裹自有尺寸, 则用时约为 2.33 s。

3) 集中判图模式下, X 光图片需传送至后台远程判图并将判图结果返回至前端安检点, 为系统消耗时间。此时间主要受限于网络传输时延, 实测得知约为 0.45 s。

4) 后台集中判图座席从接收到判图任务开始至返回判图结果为决策时间。此时间主要受限于判图员的判图效率, 按经验设定为 2 s。

5) 从判图结果返回终端开始至复检员反应接受此开包信息为复检截停时间。此时间主要受限于复检员的反应操作速度, 按经验设定为 2 s。

经计算可知, 包裹总运行时长为 10.11 s, 总运行距离为 3.03 m, 根据经验乘客过检步行速度约为 0.6 m/s, 则步行用时约为 5 s, 乘客等候取包裹时间为 5.11 s。若总运行距离保持 3.03 m 不变, 设定履带速度为 0.4 m/s, 同理计算出决策时间和复检截停时间共约 2.88 s, 无法满足人员操作能力, 此时需要加长安检机尺寸并增大安检区域占地面积。

### 3.2.2 AI 为主集中判图模式下前端安检通行分析

AI 为主集中判图模式下, 大多数情况由 AI 直接判定可省去人工决策时间。

同样设定履带速度为 0.3 m/s, 且其余条件同上文 AI 为辅集中判图模式一致, 则计算出复检截停时间达 4 s, 可留给现场安检人员充足的反应时间。若维持复检截停时间 2 s, 可进一步减少履带长度 0.6 m, 减小安检区域占地面积, 并同步减少乘客等包时长 2 s, 从而优化乘客过检体验。

若设定履带速度为 0.4 m/s, 且其余条件同上文 AI 为辅集中判图模式一致, 则此判图模式下前端安检通行情况分析如图 3 所示。

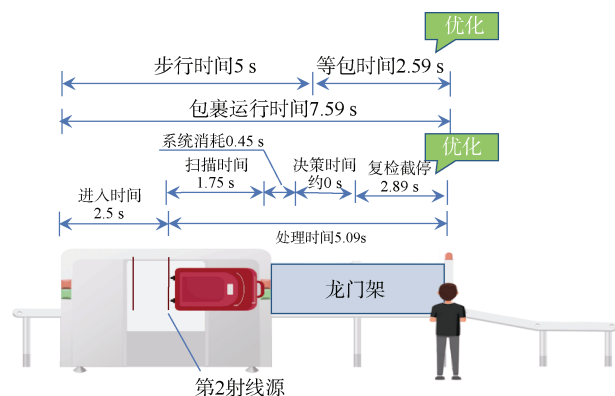


图 3 AI 为主集中判图模式下安检通行示意

Figure 3 Schematic of security inspection under AI-based centralized mapping mode

经计算可知, 一方面, 现场复检员复检截停时间将优化为 2.89 s, 大于原截停时间 2 s, 进一步增加复检员接受开包信息的反应截停时间, 给予其更多的反应时间; 另一方面, 乘客等候包裹时间优化为 2.59 s, 与原等包时间 5.11 s 相比减少 2.52 s, 可进一步增加乘客通行速率, 缓解因等候包裹而滞留安检机处造成过检区域堵塞的情况, 提升乘客过检体验。

## 4 结语

针对国内城市轨道交通安检系统判图模式现状, 本文在 AI 辅助集中判图模式基础上研究升级, 提出一种 AI 为主、人工为辅的智能判图模式。通过创新判图算法将 AI 图像识别技术与集中判图技术有效结合, 可根据不同阶段下 AI 图像识别准确度和判图需求来灵活调节 AI 判图介入深度。随着 AI 图像识别准确度的不断提升, 实现 AI 为辅人工为主判图模式逐渐向 AI 为主、人工为辅判图模式平滑渐进迭代, 最终实现完全智能判图模式, 从而在不降低安检水平的前提下, 进一步达到安检前端过检提速、后端降本增效的效果。

### 参考文献

- [1] 刘伯德, 张森. 基于网络化大数据的城市轨道交通安检系统[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(6): 182-186.  
LIU Bode, ZHANG Sen. Security check system in urban rail transit based on internet-driven big data[J]. Urban mass transit, 2019, 22(6): 182-186.
- [2] 陈士维, 张瑞. 基于人工智能技术的轨道交通智慧安检系统研究[C]//智慧城市与轨道交通 2022. 2022: 270-282.
- [3] 陈燕蝶. 人工智能在安检工作的应用研究[J]. 电大理工, 2022(2): 65-71.  
CHEN Yandie. Research on the application of artificial intelligence in security inspection[J]. Study of science and engineering at RTVU, 2022(2): 65-71.
- [4] 赫楠, 张在龙, 马卫东, 等. 城市轨道交通智慧安检系统的构建[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(4): 214-216.  
HE Nan, ZHANG Zailong, MA Weidong, et al. Construction of smart safety inspection system in urban rail transit[J]. Urban mass transit, 2022, 25(4): 214-216.
- [5] 张森, 于敏. 基于网络化集中判图的城市轨道交通新安检系统设计[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(7): 174-177.  
ZHANG Sen, YU Min. Design of new security inspection system for urban rail transit based on network centralized map judgment[J]. Urban mass transit, 2021, 24(7): 174-177.

(下转第 102 页)

- Journal of Tongji University (natural science), 2014, 42(9): 1340-1346.
- [4] 赵提. 城市轨道交通线路高峰客流协调控制优化方法研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2016.  
ZHAO Ti. Passenger flow coordinate control optimal method research at peak hour of urban rail transit line[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2016.
- [5] 张正, 蒋熙, 贺英松. 城市轨道交通高峰时段车站协同限流安全控制研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2013, 9(10): 5-9.  
ZHANG Zheng, JIANG Xi, HE Yingsong. Study on collaborative flow-limiting safety control of urban railway station in peak hours[J]. Journal of safety science and technology, 2013, 9(10): 5-9.
- [6] 姜曼. 城市轨道交通单线多站协同客流控制研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2016.  
JIANG Man. Coordination control of passenger flow in multi stations of a single line in urban rail transit[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2016.
- [7] 谢丽平. 城市轨道交通路网多站协同客流控制研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- XIE Liping. Research on passenger flow control with multi-station coordination in subway networks[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2018.
- [8] 张晚笛. 城市轨道交通网络协同客流控制研究: 以北京地铁为例[D]. 北京: 北京交通大学, 2018.  
ZHANG Wandi. Research on collaborative inflow control for urban rail transit networks in peak periods[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2018.
- [9] 杨越迪. 城市轨道交通网络客流协同控制优化研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2021.  
YANG Yuedi. Research on optimization of passenger flow collaborative control in urban rail transit network[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2021.
- [10] 张辉, 郭建媛, 豆飞, 等. 基于深度Q网络的轨道交通客流控制[J]. 都市轨道交通, 2022, 35(3): 60-64.  
ZHANG Hui, GUO Jianyuan, DOU Fei, et al. Passenger flow control of an urban rail transit based on a deep Q-network[J]. Urban rapid rail transit, 2022, 35(3): 60-64.

(编辑: 傅依萱)

(上接第68页)

- [6] 赵文龙, 熊振兴, 严军. 基于系统融合的轨道交通智慧乘客服务平台设计及实践[J]. 城市轨道交通, 2022(5): 46-49.  
ZHAO Wenlong, XIONG Zhenxing, YAN Jun. Design and practice of smart passenger service platform for rail transit based on system integration[J]. China metros, 2022(5): 46-49.
- [7] 陈宝军, 汤旻安. 智慧安检在重庆单轨3号线上的应用[J]. 现代信息科技, 2021, 5(22): 109-113.  
CHEN Baojun, Minan. Application of intelligent security inspection in Chongqing monorail line 3[J]. Modern information technology, 2021, 5(22): 109-113.
- [8] 黄慧, 李剑剑, 甘建文. 安检智能集中判图系统在南宁城市轨道交通全自动运行线路中的应用[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(2): 146-148.  
HUANG Hui, LI Jianjian, GAN Jianwen. Application of security inspection intelligent centralized image judgment system in Nanning urban rail transit FAO line[J]. Urban mass transit, 2023, 26(2): 146-148.
- [9] 杨栋, 李超, 吴兴华, 等. 基于智能识别技术的铁路安检辅助分析装置研究[J]. 计算机测量与控制, 2022, 30(8): 25-30.  
YANG Dong, LI Chao, WU Xinghua, et al. Research on railway security inspection auxiliary analysis device based on intelligent identification technology[J]. Computer measurement & control, 2022, 30(8): 25-30.
- [10] 韩萍, 杨慧, 方澄. 区域增强和多特征融合的X光图像违禁品识别[J]. 中国图象图形学报, 2023, 28(2): 430-440.  
HAN Ping, YANG Hui, FANG Cheng. Region enhancement and multi-feature fusion for contraband recognition in X-ray images[J]. Journal of image and graphics, 2023, 28(2): 430-440.
- [11] 李纯, 张洪斌, 李嘉毅, 等. X光安检图像的容器检测方法[J]. 信息记录材料, 2023, 24(11): 73-75.  
LI Chun, ZHANG Hongbin, LI Jiayi, et al. Container detection method of X-ray security inspection image[J]. Information recording materials, 2023, 24(11): 73-75.
- [12] 胡紫薇, 项安, 陈奕杰. 基于双能X射线的液体危险品识别分类方法[J]. 无损检测, 2020, 42(9): 63-68.  
HU Ziwei, XIANG An, CHEN Yijie. Reconition of dangerous liquid based on dual energy X-ray[J]. Nondestructive testing technology, 2020, 42(9): 63-68.
- [13] 朱泽寰. “AI大脑”全力护航互联网岳麓峰会[N/OL]. 长沙晚报. [2023-6-20]. [https://www.icswb.com/h/168/20230620/819170\\_m.html](https://www.icswb.com/h/168/20230620/819170_m.html).

(编辑: 王艳菊)