

人工智能在高铁安全监控系统中的应用前景分析

王树成

呼和浩特铁路局呼和浩特站 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要: 本文聚焦于高铁火车站客运安全及应急响应领域,深入剖析人工智能(AI)技术在此场景下的核心价值与应用潜力。文章首先梳理了当前高铁客运安全监控体系面临的痛点,包括海量异构数据处理能力不足、风险识别滞后、应急响应效率低下等问题;随后,系统性地阐述了计算机视觉、自然语言处理、大数据分析、数字孪生等AI核心技术如何赋能安检优化、客流疏导、异常行为预警、智能应急指挥等关键环节;最后,本文构建了一个面向未来的“AI+高铁”智慧安全生态框架,并对技术融合、数据治理、伦理法规等挑战进行了前瞻性探讨。研究表明, AI技术的深度融入将从根本上重塑高铁安全范式,从被动响应转向主动预防,从经验驱动转向数据智能驱动,从而为旅客提供一个更安全、更便捷、更人性化的出行环境,显著提升国民出行获得感与幸福感。

关键词: 工智能; 高铁安全; 客运监控; 应急响应; 智慧车站

引言

截至2025年底,中国高铁营业里程突破4.8万公里,年发送旅客超20亿人次,成为国人中长途出行首选。然而,庞大路网与激增客流对安全保障提出极致要求。火车站作为高铁运输核心节点,人员密集、信息交互频繁、风险集中,任何安全疏漏或应急处置不当都可能引发重大公共安全事件。传统高铁安全监控依赖视频监控、人工巡检、固定阈值报警及预案应急流程,面对复杂运营环境,局限性明显:海量视频数据难有效利用,仅作事后追溯;风险感知滞后,事件发生后才介入;应急响应依赖人的经验与临场判断,效率与协同性不足。在数字化、智能化浪潮下,人工智能技术凭借强大感知、认知、决策与学习能力,为破解难题提供新思路。本文将系统探讨人工智能在高铁火车站客运安全及应急响应领域的应用前景,分析其如何推动安全保障从“人防”“物防”向“技防”“智防”转变,为旅客构筑“智慧安全屏障”,提升出行安全感、便捷度与体验。

1 当前高铁客运安全监控体系的痛点与挑战

1.1 海量异构数据的“信息过载”与“价值沉睡”

现代化高铁站部署了多种高清摄像头、传感器(如温湿度、烟雾、客流计数器)、安检设备(X光机、毫米波人体安检仪)以及票务、广播、信息发布等信息系统。这些系统每天产生PB级别的多模态数据流。然而,这些数据大多处于“孤岛”状态,缺乏有效的融合与关联分析。安保人员面对的是无数个分割的屏幕和告警信息,难以形成对车站整体安全态势的全局性、动态性认知。大量蕴含着潜在风险信号的数据被淹没在信息洪流中,处于“沉睡”状态,无法转化为有效的安全洞察。

1.2 风险识别的被动性与滞后性

传统监控系统主要依赖预设规则进行报警,例如,当某区域人数超过阈值、或探测到金属物品时触发警报。这种方式对于已知的、模式化的风险有效,但对于新型的、复合的、或由一系列微小异常累积而成的风险则束手无策。例如,一个情绪激动、徘徊不定的旅客,其行为本身可能不违反任何单一规则,但却是潜在冲突或突发事件的前兆^[1]。现有的系统无法对此类“软性”风险进行早期识别和预警,导致安全管理始终处于“亡羊补牢”的被动局面。

1.3 安检效率与体验的矛盾

安检是保障客运安全的第一道关口,但也是旅客抱怨最多的环节之一。高峰期排长队、开包检查耗时长、对违禁品的误判(如将普通电子设备误认为危险品)等问题,严重影响了旅客的出行体验。同时,人工安检员长时间工作容易疲劳,注意力下降,存在漏检风险。如何在确保万无一失的安全标准下,大幅提升安检的通行效率和精准度,是亟待解决的难题。

1.4 应急响应的协同性与时效性不足

一旦发生火灾、踩踏、恐怖袭击等突发事件,高效的应急响应是减少损失的关键。然而,目前的应急指挥往往依赖于对讲机、电话等传统通信手段,信息传递链条长、易失真。不同部门(公安、消防、医疗、车站管理)之间缺乏统一的数字化指挥平台,难以实现资源的快速调度和行动的无缝协同。从事件发生到指令下达、再到现场处置,存在明显的时间延迟,而这“黄金几分钟”往往是决定事态走向的关键。

2 人工智能赋能高铁客运安全的核心技术路径

2.1 全面感知：构建无死角、全天候的智能视觉网络

计算机视觉（CV）是AI在安全监控领域的基石。通过在车站关键区域（出入口、安检区、候车大厅、站台、通道、卫生间等）部署搭载边缘计算能力的智能摄像头，可以实现对物理世界的实时、精准、结构化感知。智能视频分析（IVA）利用深度学习算法（如YOLO,FasterR-CNN等目标检测模型），系统能够自动识别人、车、物，并对其属性标注（如性别、年龄、衣着颜色、是否携带行李、行李大小等）。这使得视频数据从非结构化的“像素流”转变为可查询、可分析的结构化数据库。人脸识别与轨迹追踪：在授权和合规的前提下，AI可以实现对重点人员（如在逃人员、走失儿童、需要特殊关照的老人）的快速识别与跨摄像头的连续轨迹追踪。这不仅提升了安保效率，也为寻人、寻物等便民服务提供了强大支持^[2]。环境状态感知：AI还能分析视频画面中的环境信息，如地面是否有积水、烟雾、明火，照明是否正常，设备设施（如电梯、扶梯）是否运行异常等，将视觉感知能力延伸至物理环境的方方面面。

2.2 深度认知：从数据到洞察的风险预测与预警

有了全面的感知数据，AI的下一步是进行深度认知，即理解数据背后的含义，预测潜在风险。异常行为智能识别：这是AI在客运安全中最核心的应用之一。通过训练时空图卷积网络（ST-GCN）或Transformer等先进模型，系统能够学习正常人群的流动模式和行为基线。一旦检测到偏离基线的异常行为——如长时间滞留、逆行行走、突然奔跑、肢体冲突、跌倒、攀爬、遗留/拿取可疑物品等——系统会立即发出分级预警。这种预警不再是简单的规则触发，而是基于对“情境”的深刻理解，大大降低了误报率和漏报率。客流态势精准预测与疏导：AI结合历史客流数据、列车时刻表、天气、节假日、大型活动等多元信息，可以构建高精度的客流预测模型。在高峰时段，系统不仅能预测未来15-30分钟内各区域的客流密度，还能模拟不同疏导策略（如开放备用闸机、调整广播引导、增派工作人员）的效果。管理人员可以根据AI的“沙盘推演”结果，提前进行干预，有效预防拥堵和踩踏风险。例如，当预测到某候车区即将超负荷时，系统可自动联动信息发布屏和广播，引导部分旅客前往相邻空闲区域候车。多模态数据融合分析：AI的强大之处在于其融合能力。将视频数据与安检机图像、Wi-Fi/蓝牙探针的匿名位置数据、票务系统的乘车信息、甚至社交媒体上的舆情信息进行融合分析，可以构建一个维度更丰富、洞察更深刻的“旅客画像”和“车站健康画像”。例如，一个在安检口反复徘徊、且其购票信息显示目的地

为敏感地区的旅客，其风险等级会被系统自动上调，从而触发更细致的关注。

2.3 智能决策：打造高效协同的应急指挥中枢

当风险升级为突发事件时，AI的角色从预警者转变为决策支持者和指挥协调者。智能应急指挥平台：基于数字孪生（DigitalTwin）技术，构建一个与物理车站完全同步的虚拟三维模型。一旦发生紧急事件，AI会立即将事件位置、类型、影响范围、周边资源（最近的安保人员、消防栓、AED设备、疏散通道）等信息在数字孪生体上直观呈现。指挥中心可以在此平台上进行“上帝视角”的全局调度^[3]。自动化应急预案生成与推演：AI内置了海量的应急预案知识库。根据事件的具体特征（如火灾发生在餐饮区还是候车区），AI能在秒级内自动生成最优的处置方案，包括：应启动哪些警报、疏散哪几条路线、需要调集多少警力和医疗资源、如何通过广播和APP向受影响旅客推送个性化指引等。系统甚至可以对方案进行实时仿真推演，评估其效果，并根据现场反馈动态调整。多部门协同作战：该平台打破信息壁垒，公安、消防、医疗、车站等各方力量可以在同一张“作战地图”上共享信息、接收指令、汇报进展。AI作为智能“参谋”，负责信息的整合、分发和任务的分解，确保整个应急响应体系像一台精密的机器一样高效运转。

2.4 安检革命：AI驱动的“无感”高效安检

AI正在彻底改变传统安检模式，使其变得更加智能、高效和人性化。智能判图：AI算法经过海量违禁品图像训练，其对X光安检机图像的判读准确率和速度远超人类。它能瞬间识别出刀具、枪支、爆炸物、液体等各类危险品，并自动框选标记，将安检员从繁重的盯屏工作中解放出来，专注于复核AI标记的可疑物品和处理突发情况。这不仅提升了安检的准确性和效率，也减轻了安检员的工作负荷。毫米波人体安检AI辅助：对于毫米波人体安检仪生成的三维图像，AI可以自动分析并识别人体表面的异常凸起（可能隐藏的危险品），同时通过先进的隐私保护算法，将图像自动处理成标准化的卡通人形，只高亮显示可疑部位，有效解决了旅客对隐私泄露的担忧。信用安检与差异化服务：结合旅客的常旅客信息、历史安检记录、信用评分等数据，AI可以建立旅客风险评估模型。对于低风险、高信用的旅客，可以开通“绿色通道”，采用更快速的非侵入式安检方式，实现“无感通行”；而对于系统评估为高风险的旅客，则自动引导至重点检查通道。这种差异化的安检策略，在保障安全底线的同时，极大地优化了绝大多数旅客的通行体验。

3 构建“AI+高铁”智慧安全生态：提升旅客出行体验

3.1 从“安全感”到“安心感”

旅客的安全感不仅来源于物理上的无虞，更来源于心理上的踏实。一个能够主动预警、快速响应、透明沟通的智慧安全系统，会让旅客真切地感受到“被保护”。例如，当系统检测到某区域有轻微拥堵趋势时，便通过APP推送一条温和的提醒：“前方B12检票口人流稍多，建议您可选择B10-B14任一检票口，预计等候时间少于2分钟。”这种前瞻性的、个性化的信息服务，能有效缓解旅客的焦虑情绪，营造一种无形的“安心感”。

3.2 大幅提升通行效率与便捷度

“无感安检”、“智能导航”、“一键求助”等功能，将旅客在车站内的非乘车时间压缩到最低。旅客不再需要在迷宫般的车站里寻找检票口，不再需要在漫长的安检队伍中焦灼等待。AI就像一位无声的向导和助手，让整个进站、候车、乘车的过程变得丝滑顺畅^[4]。对于携带大件行李、行动不便的老人、带小孩的家庭等特殊群体，AI系统可以主动识别并提供优先通道、轮椅预约、母婴室引导等定制化服务，体现人文关怀。

3.3 打造个性化、全旅程的服务闭环

安全系统产生的数据，经过脱敏和授权后，可以反哺于旅客服务。例如，系统了解到某位旅客经常乘坐G1次列车，且偏好靠窗座位，下次购票时便可智能推荐相似车次和座位。在旅途中，若系统通过可穿戴设备（如智能手环）监测到旅客心率异常，可自动触发关怀机制，通知乘务员进行询问。这种以安全数据为基石，延伸出的个性化、预见性服务，将高铁出行体验提升到一个新的高度。

4 面临的挑战与建议

技术融合与系统集成：如何将来自不同厂商、不同协议的硬件设备和软件系统无缝集成到一个统一的AI平台，是工程落地的巨大挑战。需要建立开放、标准的接口规范和数据格式。**数据安全与隐私保护：**车站是敏感

的公共场所，涉及大量个人生物特征和行为数据。必须建立严格的数据全生命周期治理体系，遵循“最小必要”原则，并采用联邦学习、差分隐私等前沿技术，在发挥数据价值的同时，坚决捍卫旅客隐私权。算法偏见与伦理困境：AI模型的训练数据可能存在偏见，导致对某些群体的误判。此外，在极端情况下（如疏散时的路线选择），AI的决策也可能面临伦理拷问。这需要建立完善的算法审计、人工干预和伦理审查机制。**法规与标准滞后：**目前针对AI在公共安全领域的应用，尚缺乏完善的法律法规和行业标准。亟需政府、企业、学界共同推动相关立法和标准制定，为产业发展提供清晰的指引和边界。

5 结语

人工智能正以前所未有的深度和广度，重塑高铁安全监控的内涵与外延。通过对客运安全及应急响应环节的系统性赋能，AI技术能够有效解决当前体系面临的痛点，实现从被动防御到主动预防、从碎片化管理到一体化协同的根本性转变。这不仅将极大提升高铁系统的本质安全水平，更能为亿万旅客带来革命性的出行体验升级。面对技术、伦理、法规等多重挑战，唯有坚持“以人为本、安全至上、创新驱动、协同共治”的原则，才能真正释放AI的巨大潜能，构建一个更安全、更高效、更美好的智慧出行新时代。

参考文献

- [1]邱实,葛含章,卢睿,等.人工智能赋能高铁复杂系统管理:研究进展及未来展望[J].计算,2025,1(6):56-67.
- [2]王同军,李平,代明睿,等.智能高铁大模型技术应用架构及典型场景设计[J].铁路计算机应用,2025,34(11):1-7.
- [3]陈丽雅.基于人工智能的铁路综合交通枢纽智慧管理系统研究与应用[J].人民公交,2025(18):93-95.
- [4]马建军,李平,李文浩,等.铁路人工智能大模型关键技术研究及创新应用[J].铁路技术创新,2025(3):1-13.