

AR 技术在重庆轨道交通 2 号线较新段大修和更新改造工程中的应用与探索

曹伟

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 400051

【摘要】：随着 AR 技术的成熟及城市轨道交通技术更新改造的契机，如何引入 AR 技术应用于轨道交通行业以提高运营安全与效率成为将来的一个重要方向。本文以重庆轨道交通 2 号线大修和更新改造中试点 AR 实景视频监视系统的应用为切入，探索 AR 技术在城市轨道交通未来的应用场景。

【关键词】：AR 技术；轨道交通；大修和更新改造；应用

DOI:10.12417/2705-0998.26.06.078

引言

伴随 AR 技术的快速发展、更新和成熟，逐渐广泛应于与社会的千行百业，使得行业安全与效率得到显著提升。作为城市现代重要标志和组成部分的轨道交通，在快速城市化进程和城市扩容过程中，有效缓解了大城市和超大城市人口也不断增加导致的交通压力，提高市民通勤效率和体验，助推了我国城市发展。截至 2024 年 12 月 31 日，中国内地累计有 58 个城市投运城轨交通线路 362 条，线路长度累计 12168.77 公里。由于早期轨道交通基于安全、建设成本等因素主要采用成熟度高的技术，因此导致现在技术落后，功能单一，信息化、自动化、智能化程度和运营效率都非常低。因此，如何提高轨道交通的信息化、自动化、智能化和管理的效率，确保运营安全，成为轨道交通大修和更新改造过程中亟待解决的难题。

1 2 号线大修 AR 技术概述

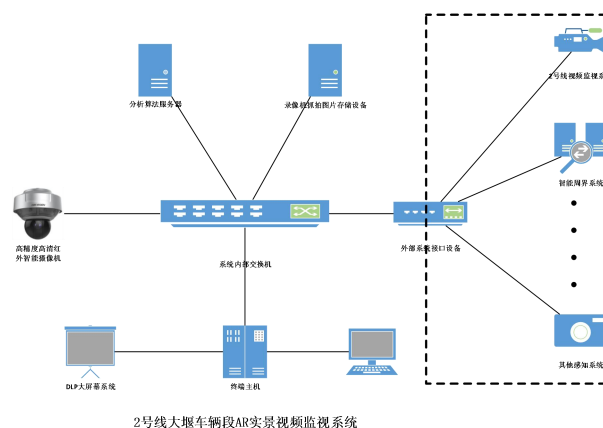
AR 技术借助显示技术、交互技术、传感器技术等将计算机生成的虚拟环境与现实环境融为一体，从感官效果上确信虚拟环境是其周围真实环境的组成部分 [1]，以其独特的、良好的可视化和交互性来增强用户对现实环境的感知和认知。AR 增强现实技术广泛应用于医疗、教育、工业、交通等行业。AR 技术为轨道交通大修和更新改造中解决既有老旧线路的现代化改造提供了新的解决方案，通过轨道交通大修和更新改造中应用 AR 技术，可以在安全性、效率和体验等多个方面实现显著提升。

重庆轨道交通 2 号线位于重庆市渝中区较场口至巴南区鱼洞，较新段于 2005 年 6 月 18 日开通运行，是重庆市首条开通运营的城市轨道交通线路，也是国内首条开通运营的跨座式单轨线路。2 号线运营里程为 31.36 千米，全线共设车站 25 座，其中高架站 22 座、地下站 3 座，设 2 处车辆段及综合维修基地，列车采用的是 6/8 编组跨座式单轨列车。在 2020 年开始进行 2 号线较新段车辆、信号等设备大修和更新改造中，我们积极探索利用新技术来提升信息化、自动化水平，提升运营安全

和效率。为此，在 2 号线较新段通信专业大修中积极探索并引入 AR 视频监视技术，在大堰车辆段中进行应用试点。

2 号线大堰车辆段 AR 实景视频监视系统由星光级 180°全景一体式网络高清红外智能摄像机、后台运算存储服务器设备及系统运算软件等构成。系统全景视频结合 AR 技术，实现宏观 180°全景全局掌握与微观特写细节画面精准捕捉，通过先进的视频分析算法和多目标跟踪算法，可实现自动或手动对全景区域内的多个目标进行轨行区入侵/侵限、越界、进入轨行区、离开轨行区以及道岔区等行为检测并输出报警信号，并联动云台跟踪及录像功能，从而提高车辆段运营安全；通过虚拟标签管理实现实景地图上的视频监视系统摄像机、智能周界、环境监控设备等指挥调度功能，实现多种标签的叠加，如报警信息、周界信息、桥隧监测、人员数据、视频数据等，从而提高运营效率，保障运营安全。

2 2 号线大堰车辆段 AR 实景视频监视系统构成



2 号线大堰车辆段 AR 实景视频监视系统主要由硬件、软件和算法三部分构成。

硬件主要包括星光级 180°全景一体式网络高清红外智能摄像机、AR 实景视频监视终端主机、实景视频监视录像及抓拍图片存储服务器、分析算法服务器、外部系统接口设备、交

换机等。其中星光级 180°全景一体式网络高清红外智能摄像机由全景摄像机和细节跟踪摄像机组成，全景摄像机有 4 个传感器拼接而成，从而实现直径 300 米 180°范围内 30 个动态目标的全景监视。细节跟踪摄像机实现 150 米内水平 360°、垂直-15°—90°星光级低照度、宽动态监视。

软件主要包括实时监视画面、监视画面录制与回放、细节跟踪与抓拍、巡航扫描、目标过滤、报警与联动、信息推送等功能的 AR 实景视频监视系统软件。

智能分析和算法主要包括监视画面图像降噪与增强算法、人员密度热力图算法、基于人员行为准则的监视画面分析算法、基于特定事件的智能算法、多目标动态跟踪与过滤算法以及智能联动与标签管理算法等。

3.2 号线大堰车辆段 AR 实景视频监视系统主要功能

本系统主要借助高精度高清网络智能摄像机，结合先进视频分析和多目标跟踪算法，实现自动/手动的智能事件侦测，如人员密度，轨行区行为检测、报警、联动、跟踪、录像和信息推送等功能，对违规违章行为进行及时发现、提醒、报警和事后分析、调查取证提供准确可靠手段，提升了运营安全和效率。

(1) 人员密度侦测和报警功能。AR 实景视频监视系统通过实时监视大堰车辆段内的人流量，生成人流热力图，直观展示人员密集区域的精确位置和事故风险等级。这有助于提前采取安全保障措施，确保人员安全与秩序顺畅。此功能在大客流车站和换乘站将发挥更大的效能。

(2) Smart 侦测与报警功能。AR 实景视频监视系统通过设置 Smart 智能事件，由细节跟踪摄像机对人脸抓拍、区域入侵侦测、越界侦测、进入区域侦测、离开区域侦测、徘徊侦测、人员聚集侦测、快速移动侦测、停车侦测、物品遗留侦测、物品拿取侦测，并对涉及运营和施工作业安全的行为进行侦测、判断，并对违规、危险行为同步报警。此功能能可及时发现、提醒，以便及时阻止违规和危险行为，防止事态恶化和持续扩大。

(3) 事件抓图功能。本功能主要通过细节跟踪摄像机对特定事件进行跟踪并抓拍相关图片，并实时启动录像，为事后问题事件和故障的调查、分析提供准确可靠的依据。

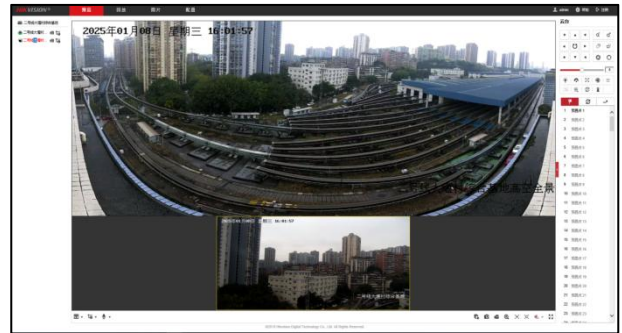


(4) 目标过滤功能。区域入侵侦测、越界侦测、进入区域侦测、离开区域侦测事件支持人、车分类过滤。通过该功能能够快速过滤、筛选来查找所需的抓拍画面和录像，可以有效提高效率。

(5) 侦测和报警画面、视频录像与回放功能，及支持点击联动功能。通过在客户端或者框选全景摄像机画面任意位置，细节跟踪摄像机可自动通过云台调整与变焦，将该区域置于画面中心。

(6) Smart 跟踪功能。该功能可以采用手动，也可以通过设置智能事件规则，对设定区域内触发事件的运动目标在设定的跟踪时间内进行持续自动全景跟踪与多场景巡航跟踪。该功能与 Smart 侦测与报警功能一起实现全景范围内检测直径 300 米 180° 半圆形范围内 30 个目标运动目标（人员、车辆等）进行侦测、跟踪，根据 Smart 事件规则触发报警，并进行人员或车辆的抓拍、录像等。

(7) 定时任务、一键守望、一键巡航功能。该功能时通过设置预置守望任务和定时任务，满足任务触发条件后自动执行预置守望任务和定时任务，也可以通过一键实现守望任务执行。如设置预置点、各类扫描（花样/巡航/自动/垂直/随机/帧/全景）、球机重启与校验、辅助输出等。该功能可以有效提高工作效率。



(8) 基于 AR 标签的全景管理功能。通过 AR 标签，实现视频资源统一管理，视频点位智能联动，移动标签，提升管理指挥效率。



4 AR 技术在城市轨道交通中的其他应用探索

随着 AR 技术的不断成熟与应用推广，除了本项目中 AR

技术应用于2号线大堰车辆段实景视频监控系统应用试点探索外,还可以应用以下场景:

(1) 实时信息可视化提示和智能巡检。AR技术可以通过实时客流量、天气、设备位置与状态可视化信息提示功能,帮助运营客服与巡检人员及时组织客运疏导,安排设备设施检修维护,有效防止突发大客流和设备因未及时维护而引发的故障,确保设备的安全运行,降低潜在风险。

(2) 终端AR眼镜配合语音助手实现数据自动采集。轻量化AR眼镜加上语音控制助手,运营人员可以通过常用的语音指令进行拍照、记录或状态信息查询,无需手动操控,尤其适合在设备检修维护时双手正在操作的场景,大大提高了操作的灵活性。

(3) 提升乘客体验。在轨道车站内,AR技术可以提供通过立体化空间感知的3D地图导航,帮助乘客快速定位和规划购票、候车与乘车路径并引导乘客到达站外附近景点和商铺等。AR导航功能则可以通过高精度的室内地图和图像识别技术将车站内虚拟导向路线叠加在手机摄像头实景画面上,提供沉浸式的导航服务,为乘客提供直观、便捷的导航服务,帮助乘客在复杂的地铁站环境中快速精准地到达目的地,减少乘客在站内寻找目的地的时间和困扰。

(4) 人流热力图在大客流车站的应用。随着轨道交通在交通出行分担率的持续提升,线网大客流车站和换乘车站客流的持续增长,AR技术在大客流车站和换乘站通过实时监控地铁站内的人流量及实时变化,生成人流热力图,直观展示高流量区域的精确位置和预测事故风险等级便于提前采取客流疏导、分流、限流及相应安全保障措施,确保乘客和运营安全与秩序顺畅。

(5) 应用于运营事故现场处理与分析

在轨道交通运营事故发生后,可以借助AR技术辅助事故处理和现场分析,事故调查人员使用AR设备重构事故现场,叠加各类传感器数据,如车辆速度、刹车痕迹、桥隧监测、周界、监视画面等,全面还原事故现场与发生的经过,从而更全面地分析事故原因。这不仅有助于事故的调查与分析,提高调查分析效率,同时也后续事故预防、预警及风险提示提供支持,最终达到避免类似事故的发生,确保运营安全。

5 AR技术在轨道交通应用中的挑战与展望

5.1 AR技术在轨道交通应用中的挑战

目前,AR技术已广泛应用于各行各业且前景美好,在城

市轨道交通中的应用试点也不断开展和升入。根据目前试点情况来看,在实际应用中仍面临一些挑战:

(1) 技术成熟度和应用场景匹配度不高,建设成本居高不下

AR技术经过多年发展,虽然产品日趋成熟,但总体来看仍处于不断发展阶段,相关设备和软件的成熟度与应用场景的匹配并不算高,稳定性和准确性也需要进一步提升,其效能和作用尚未得到充分发挥,而且建设成本较高,可能导致建设单位难以承担高昂的初始投资。

(2) 数据隐私与安全问题

AR系统是通过要收集大量的实时数据,包括乘客位置、设备设施状态、车站高精度地图等。同时需要进行用户数据和设备设施状态信息交互,这可能引发乘客隐私数据和设备设施数据泄露等安全问题。因此,在应用AR技术时,必须先制定相应的数据保护政策,确保用户的信息和运营设备设施数据的安全。

5.2 未来展望

未来,AR技术在城市轨道交通中的应用将更加广泛和深入。随着技术的不断进步和设备的成熟,以及应用场景的泛化和积累,AR设备将变得更加便携和易用,相关应用也将更加智能化和个性化。

(1) 智能化轨道交通AR平台的建立

未来的交通管理将可能以AR技术为核心,构建一个智能化的交通管理平台。通过整合交通流量、天气、事故等多方面的信息,提供全面的交通管理解决方案。

(2) 与人工智能的结合

将来AR技术与人工智能(AI)的结合将提升轨道交通运营管理的智能水平。例如,AI可以分析历史交通数据,预测客流量变化,AR则能够在关键时刻为管理者提供即时信息,辅助决策。

6 结语

AR技术在城市轨道交通中的应用,既提高了轨道交通运营安全和效率,又为轨道交通可持续、智能化发展奠定了基础。尽管面临一些挑战,但随着技术的不断发展和应用场景的不断拓展,AR将在未来城市轨道交通中发挥更加重要的作用。通过不断探索和实践,我们有理由相信,AR技术将在城市轨道交通领域得到更全面、更广泛的应用,开创出轨道交通更加安全、智能和高效的未来。

参考文献:

[1] 王涌天,陈靖,程德文.增强现实技术导论[M].北京:科学出版社,2015.