

智能化手段赋能轨道交通司机乘务安全管理的实践与优化

谢飞 孙志远

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 400000

【摘要】：重庆轨道交通网络化运营的核心保障是司机乘务安全，智能化技术为山城轨道高落差、多隧道、复杂线路的乘务安全管控提供特色路径。重庆轨道交通已在司机生理状态监测、作业行为智能识别、安全风险预警干预等场景落地应用，仍存在智能设备覆盖适配不足、数据融合深度欠缺、人机协同机制阻滞、落地保障体系残缺等问题。结合重庆山地轨道运营特点，完善全场景感知体系、搭建一体化数据平台、优化人机协同模式、健全属地化保障制度，可推动司机乘务安全管理向精准化、主动化、闭环化升级，为山地城市轨道交通乘务安全管控提供实践参考。

【关键词】：重庆轨道交通；司机乘务安全；智能化手段；山地轨道；安全预警；人机协同

DOI:10.12417/2811-0528.26.15.098

引言

重庆轨道交通线路高差大、隧道占比高、弯坡道多、昼夜运营负荷不均，司机乘务作业需保持高专注度，承受高应激与高疲劳风险。传统人工盯控、抽查式管理难以适配复杂工况安全管控，易出现监管盲区、风险响应滞后。多模态感知、机器视觉、AI大数据为核心的智能化手段，已深度应用于司机岗前准入、值乘监护、风险预警、应急处置等环节。立足重庆轨道交通运营实践，梳理智能化手段在司机乘务安全管理中的应用场景、现存短板与优化路径，助力安全管理从被动处置转向主动预防，筑牢运营安全底线。

1 智能化手段在重庆轨道交通司机乘务安全管理中的应用场景

1.1 司机生理状态智能监测

多模态感知技术支撑下，可构建岗前一值乘一退勤全周期生理监测闭环，适配重庆司机昼夜交替、长区间值乘特点^[1]。岗前准入监测，乘务段部署一体化智能检测终端，集成酒精、血压/心率监测及面部疲劳识别，搭配智能手环采集HRV、血氧指标，依据生物节律与疲劳阈值判定上岗资质，杜绝疲劳、带病上岗。值乘中，车载非接触式监测模块通过面部定位、眼动分析识别困倦涣散，联动传感器捕捉情绪波动，异常数据上传平台，形成动态画像，突破人工抽查局限。

1.2 司机作业行为智能识别

以机器视觉与深度学习为依托，可实现驾驶舱作业行为无干扰、全时段、高精度监管。车载高清摄像头结合骨骼特征与行为分析模型，自动识别离岗、接打手机等不安全行为，触发声光预警并留存轨迹。融合相关算法区分正常与危险操作，即时干预违规风险，替代人工盯控减少疏漏，将行为数据接入乘务考核体系，为行为矫正、绩效评定提供量化支撑。

1.3 安全风险智能预警与闭环干预

重庆轨道交通搭建AI安全管控平台，形成“感知—研判—预警—干预—复盘”全流程闭环，适配多线路、多车型、复杂环境运营需求。多源数据融合整合司机生理、行为及列车状态、线路环境等数据，依托风险算法模型超前预警疲劳驾驶、违规操作与设备隐患^[2]。列车故障时，智能辅助系统推送处置流程，引导司机操作降低失误。建立报警信息闭环管理，联动多部门实现预警处置全流程可追溯，推动安全管理向事前预防、事中干预转变。

2 重庆轨道交通智能化乘务安全管理现存问题

2.1 智能监测设备覆盖与适配不足

智能监测设备覆盖与工况适配不足，车载监测多集中于正线驾驶，停车场调车、试车、出入场线、多线路交路等环节感知缺失，与司机全流程作业不匹配。重庆隧道弱光、高振动、温湿度波动大的环境，易降低面部识别与生理监测精度；部分老旧车型设备安装空间有限，一体化部署难度较大。不同厂家设备接口不统一，穿戴式、车载式、地面式设备数据无法互通，难以形成全域监测网络（见图1）。

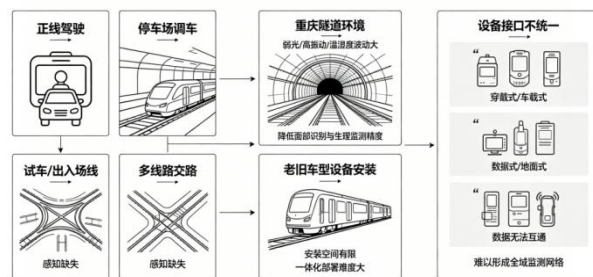


图1 智能监测设备覆盖与适配不足

2.2 数据融合与智能分析能力薄弱

数据融合与智能分析能力薄弱,各系统数据孤岛现象明显,生理、行为、作业、设备、环境数据分散在不同系统,缺乏统一标准与融合机制,无法支撑全域风险研判。现有预警多依赖简单阈值报警,未结合司机个体差异、线路坡度弯度特征、昼夜运营强度构建个性化模型,误报率偏高。数据挖掘不够深入,未能有效关联历史违章、事故案例与实时状态,对隐性疲劳、习惯性违章等深层风险识别不足,难以提供有力决策支撑。

2.3 人机协同管理机制不健全

人机协同管理机制不健全,权责边界模糊,存在过度依赖系统预警、人工确认滞后的问题,部分司机对智能监管存在抵触情绪,预警响应与干预落实不到位。管理流程仍沿用传统模式,系统预警与调度处置、考核奖惩衔接不畅,未能形成高效闭环。全自动运行线路中,司机角色转为监护,人机切换、故障降级、应急处置流程不清晰,易造成响应滞后。

2.4 智能化应用落地保障体系缺失

智能化应用落地保障体系缺失,制度标准滞后,缺乏适配重庆山地轨道的智能化监测、数据使用、安全责任界定等统一规范。运维能力不足,设备故障维修响应迟缓,算法模型长期未迭代,监测精度持续衰减^[3]。复合型人才短缺,管理人员不懂技术、技术人员不熟悉乘务安全业务,系统应用仅停留在基础层面。资金投入与持续迭代机制不健全,重建设、轻运维,制约安全管理效能提升。

3 重庆轨道交通智能化乘务安全管理优化路径

3.1 完善全场景智能感知监测体系

完善适配山地轨道的全场景智能感知体系,需构建“岗前一值乘一调车一退勤”全场景感知网络,延伸覆盖停车场、出入场线、换乘换乘等薄弱环节。针对隧道弱光、高振动、温湿度波动等特点,优化设备抗干扰、抗振动、低光照识别性能,保障复杂工况下稳定运行。规范设备接口与数据协议,推进车载、地面、穿戴式设备互联互通,实现司机安全数据全域采集、统一接入。

3.2 构建一体化安全数据智能平台

构建一体化安全数据智能平台,需搭建跨系统融合平台,

参考文献:

- [1] 崔庭琼,杨一步,张欣萍,等.轨道交通行车安全监测系统的模块化设计[J].中国信息化,2025,(11):99-100.
- [2] 金碧筠.城市轨道交通工程车智能安全监控系统研制及应用[J].电力机车与城轨车辆,2025,48(06):131-136.
- [3] 苏铭.城市轨道交通乘务计划优化研究[D].兰州交通大学,2022.

制定统一数据标准,整合生理、行为、作业、设备、环境数据,建立司机安全数字档案。引入 AI 大模型与深度学习技术,结合重庆线路特征构建个性化风险评估模型,实现隐性风险精准识别与动态预警。深化数据应用,挖掘历史违章与事故规律,生成司机安全画像及趋势分析,为选拔、培训、考核、轮岗提供数据支撑,推动管理从经验驱动转向数据驱动。

3.3 优化人机协同安全管理模式

优化适配重庆运营特点的人机协同模式,需明晰人机权责边界,建立“系统预警—人工确认—分级干预—闭环反馈”机制,明确系统承担监测预警、司机负责操作决策、管理人员统筹管控的分工。优化人机交互界面,简化预警提示与操作引导,减轻司机操作负担,提升对智能监管的接受度与响应效率。将智能化监测数据与考核、培训、晋升挂钩,强化正向激励,引导司机主动配合智能管控。完善全自动运行场景人机协同流程,明确故障切换、应急处置分工,提升复杂工况下的协同效能。

3.4 健全智能化运维与制度保障体系

健全属地化落地保障体系,需制定适配重庆轨道交通的智能化安全管理规范,明确数据使用、责任界定、运维要求等核心内容。组建专业化运维队伍,实现设备快速检修、算法定期迭代,维持系统精度与稳定性。开展管理与技术融合培训,培育既懂乘务安全、又懂智能技术的复合型人才。完善资金投入与运营维护机制,推动智能化系统持续迭代升级,充分释放安全管控效能。

4 结语

智能化手段是破解重庆山地轨道交通司机乘务安全管理痛点、提升管控效能的关键支撑。全周期生理监测、全时段行为识别、全流程风险预警,有效弥补传统管理短板,适配重庆线路复杂、运营负荷高的特点。当前仍面临设备适配、数据融合、人机协同、保障机制等方面的挑战,需以全场景感知、一体化数据、高效人机协同、健全保障体系为抓手,持续深化技术与乘务安全业务融合,推动司机乘务安全管理向数据驱动、智能预警、闭环管控升级,为山地城市轨道交通运营安全筑牢根基。