

地铁站台门智能化发展对站务工作模式的影响与转型研究

李守山 朱 磊 杨瑞升

郑州交通发展投资集团有限公司 河南 郑州 450000

摘要：随着城市轨道交通网络的快速扩张和乘客出行需求的持续增长，地铁运营的安全性、效率与服务质量成为核心关注点。作为保障乘客安全的关键设施，站台安全门（Platform Screen Doors, PSD）系统正经历从机械联动到高度智能化的深刻变革。本文聚焦于站台门智能化发展的技术演进路径，系统分析其对传统站务工作模式带来的结构性冲击，并深入探讨由此引发的岗位职责重构、技能需求升级、组织流程优化及人机协同机制重塑等关键转型议题。研究表明，智能化站台门不仅显著提升了安全冗余与应急响应能力，更推动站务人员角色由“被动值守”向“主动服务与智能监控”转变。文章最后提出面向未来的站务工作模式转型策略，包括构建复合型人才培养体系、优化人机协作流程、完善数据驱动决策机制等，以期为城市轨道交通运营管理的高质量发展提供理论参考与实践指导。

关键词：地铁；站台安全门；智能化；站务工作；人机协同；运营转型

引言

城市轨道交通是现代都市公共交通骨干，保障安全、提升体验、优化效率是核心命题。站台安全门系统自引入地铁后成为新建线路标配，能隔离轨道与站台区，降低事故风险。但传统系统多采用“车-门联动”模式，功能单一，缺乏感知、预警与决策能力。近年来，物联网等新一代信息技术发展，站台门系统向智能化等方向演进。智能站台门集成多种技术，能实时感知、分析与主动干预多维信息。这深刻影响站务工作模式，既替代大量人工操作与巡检，又对站务人员技术素养与综合能力提出更高要求。系统研究站台门智能化发展对站务工作模式的影响机制与转型路径，有重要理论价值与迫切现实意义。本文将从技术演进、影响分析、转型挑战与应对策略四个维度深入探讨。

1 站台安全门智能化发展的技术演进路径

1.1 第一阶段：机械联动与基础自动化（20世纪80年代-21世纪初）

此阶段的PSD系统主要依赖硬线连接与继电器逻辑控制，实现与列车车门的基本同步开关。系统功能单一，仅能完成“开”与“关”两个状态切换，缺乏状态反馈与故障诊断能力。一旦发生夹人夹物或门体故障，需依赖站务员现场目视发现并手动干预，响应滞后且存在安全隐患。

1.2 第二阶段：信号集成与状态监控（21世纪初-2010年代中期）

随着CBTC（基于通信的列车控制）系统的广泛应用，PSD（站台安全门）被纳入信号系统统一管理。通过与ATS（列车自动监控系统）和联锁系统的深度集成，实现

了更精确的开门时机控制与状态信息上传。中央控制室可远程监控各站台门的开关状态、故障代码等基础信息，初步具备了集中监控能力。但此阶段的系统仍以“被动响应”为主，智能化水平有限。

1.3 第三阶段：全面感知与智能决策（2010年代后期至今）

当前智能站台门系统步入3.0时代，以“全面感知、边缘智能、云端协同”为核心特征。多模态感知融合方面，在门体关键位置部署多种传感器，实时采集乘客及设备等多维数据；边缘智能处理上，在站台本地部署边缘计算节点，使用轻量化AI模型实时分析数据，实现夹人夹物识别等功能，降低对中心算力依赖与网络延迟；自适应控制策略能基于感知结果动态调整开关门参数；预测性维护通过长期监测运行参数并建模，提前预测故障点，变“事后维修”为“事前预防”；数字孪生与远程运维构建数字孪生体，运维人员可远程故障诊断与模拟操作培训，提升运维效率与安全性。

这一系列技术突破，使得站台门从一个被动的“安全屏障”转变为一个主动的“智能服务节点”，为其对站务工作模式的深刻影响奠定了技术基础。

2 智能化站台门对站务工作模式的多维影响

2.1 岗位职责的结构性重构

(1) 例行巡检任务大幅减少：传统模式下，检修人员需定时对站台门进行“听、看、摸”式的人工巡检，检查门体是否异响、玻璃是否破损、指示灯是否正常等。智能系统通过传感器网络与远程监控平台，可7×24小时不间断地自动完成这些任务，并将异常信息精准推送至移动端APP，使检修人员得以从繁重的体力劳动中解放。(2)

应急处置重心转移：过去，处理夹人夹物是站务员最常见也最紧急的工作之一。智能系统通过高精度感知与快速响应机制，能在事件发生的瞬间自动暂停关门动作并发出警报，甚至尝试微调门体释放被夹物体^[1]。这使得站务员的角色从“第一响应者”转变为“最终确认者”与“复杂情况处理者”，工作压力与安全风险显著降低。（3）服务导向职能强化：随着自动化程度的提高，站务员有更多精力投入到乘客咨询、特殊人群帮扶、文明乘车引导、票务协助等高附加值服务中。其角色正从“安全守卫者”向“出行体验设计师”转变。

2.2 技能需求的根本性升级

智能化对站务员的知识结构与能力模型提出了全新要求：（1）技术理解力：需掌握基本的智能设备原理、数据看板解读、简单故障代码识别能力，以便与系统高效协同。（2）数据分析意识：能够利用系统提供的客流热力图、设备健康报告等数据，优化站台引导策略或提出改进建议。（3）人机交互能力：熟练操作各类智能终端（如手持PAD、AR眼镜），并在系统报警时能快速、准确地执行标准作业流程（SOP）。（4）复合型服务能力：在自动化处理常规事务的同时，需具备更强的沟通协调、应急决策与人文关怀能力，以应对系统无法覆盖的复杂场景。

2.3 组织流程的系统性优化

（1） workflow再造：传统“人盯人、人盯设备”的线性工作流，正被“系统监控+人工复核+重点干预”的网状协同流程所取代。例如，系统自动识别出某扇门频繁故障，会直接生成工单并通知维修班组，同时提醒当班站务员加强该区域关注，形成闭环管理。（2）排班模式弹性化：由于部分固定值守岗位被智能系统替代，车站可根据实时客流数据与系统预警信息，动态调整站务员在站内的布岗与流动路线，实现人力资源的精准投放。（3）跨部门协同增强：站务、调度、维保、客服等部门通过统一的数据平台共享信息，打破了信息孤岛。例如，站务员发现某时段某站台客流异常聚集，可即时反馈至调度中心，后者据此调整列车班次，形成高效的运营联动。

2.4 人机协同关系的深度重塑

智能化并非完全取代人力，而是构建一种新型的“人机共生”关系：（1）互补性：机器擅长重复、高速、精确的感知与执行；人类则在模糊判断、情感交流、创造性解决问题方面具有不可替代的优势^[2]。（2）互信性：建立车站人员对智能系统的信任是协同高效的前提。这需要通过透明的算法逻辑、可靠的性能表现与充分的培训来实现。（3）互促性：人类的操作反馈与经验总结可反哺系统优化（如标注误报案例用于模型再训练），形成持

续改进的良性循环。

3 转型过程中的挑战与风险

尽管智能化带来了诸多积极变革，但其转型过程亦面临不容忽视的挑战：

3.1 技术可靠性与安全冗余问题

任何智能系统都存在失效可能。若过度依赖自动化而弱化人工干预能力，一旦系统出现大规模故障或被恶意攻击，可能导致严重后果。因此，必须保留可靠的手动旁路机制与清晰的降级运行预案，并确保车站人员熟练掌握。

3.2 人员技能断层与心理适应障碍

部分资深站务员可能存在“技术恐惧”或学习能力不足的问题，难以适应新工作模式。同时，角色转变可能带来职业认同感下降或工作价值感模糊，需通过有效的心理疏导与职业发展规划予以解决。

3.3 数据隐私与伦理边界

智能站台门采集的乘客行为数据涉及个人隐私。如何在保障安全与服务的同时，严格遵守数据最小化、匿名化原则，并明确数据使用的伦理边界，是亟待规范的法律与社会议题。

3.4 初期投入成本与投资回报周期

智能站台门系统的改造与部署成本高昂，尤其对于既有线路而言。如何平衡短期投入与长期效益（如人力节省、事故减少、服务提升），需要科学的成本效益分析与分阶段实施策略。

4 面向未来的站务工作模式转型策略

为有效应对上述挑战，推动站务工作模式平稳、高效转型，建议采取以下策略。

4.1 构建“技术+服务”双轨制人才培养体系

人才培养是转型成功的基石。应当摒弃过去单一技能培训的模式，转而构建一个兼顾技术素养与服务能力的双轨制培养体系。针对不同年龄层次和经验背景的站务员，设计由浅入深、阶梯递进的培训课程，内容涵盖智能设备的基本原理、数据看板的解读方法、简单故障的识别技巧等技术模块，同时也强化沟通艺术、应急心理疏导、特殊人群服务等软技能训练。应大力推广基于虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术的沉浸式实训，让员工在高度仿真的环境中反复演练各类复杂场景，从而将理论知识内化为肌肉记忆^[3]。更为关键的是，要建立一套与新工作模式相匹配的内部认证与激励机制，将员工掌握智能系统操作和数据分析应用的能力，明确纳入岗位晋升通道和绩效考核指标，从根本上激发其主动学习与自我提升的内生动力。

4.2 设计“人在环路”(Human-in-the-Loop)的智能协同流程

高效的协同离不开清晰的规则。必须从顶层设计出发,制定详尽的《智能站台门人机协同作业指南》,对系统全自动处理、系统建议人工确认、完全人工介入这三种典型工作模式的适用边界进行清晰界定,确保每一位车站工作人员都清楚自己在何种情境下应扮演何种角色。在此基础上,人机交互界面(HMI)的设计必须以用户体验为核心,力求信息呈现直观、操作逻辑简洁,最大限度地减少认知负荷和误操作风险。同时,绝不能因为有了智能系统就放松对人工应急能力的要求。恰恰相反,应定期组织以“系统全面瘫痪”或“网络遭受攻击”为背景的全人工应急演练,通过实战检验和巩固团队在极端条件下的危机处置能力,确保在任何情况下都能守住安全底线。

4.3 打造数据驱动的精细化运营决策机制

数据的价值在于应用。未来车站的运营管理,应建立在一体化的数据中台之上,将来自站台门、自动售检票系统(AFC)、视频监控(CCTV)、乘客信息系统(PIS)等多个源头的数据进行深度融合,为管理者构建一个全景式、动态化的数字运营视图。在此基础上,应将数据赋能的触角延伸至一线,为站长、值班站长等关键岗位提供定制化的数据看板,使其能够基于实时的客流热力分布、设备健康状态等信息,自主优化站台引导策略、灵活调配服务资源^[4]。此外,必须建立起一个自下而上的反馈闭环,鼓励身处服务最前沿的站务员积极上报系统在实际应用中暴露出的问题与优化建议,并将这些宝贵的“一线声音”制度化地纳入到系统的迭代升级流程中,从而形成一个源于实践、用于实践、不断进化的良性生态。

4.4 健全法规标准与伦理治理框架

行业的健康发展离不开健全的制度保障。相关主管部门应加快步伐,推动制定涵盖功能安全、数据接口、隐私保护等维度的智能站台门行业技术标准,为产品的研发、部署与验收提供统一规范。运营企业自身则需承担起社会责任,积极开展面向公众的沟通活动,通过宣传

册、短视频、开放日等多种形式,清晰地向乘客阐释智能系统的功能目的、数据采集范围及严格的隐私保护措施,以增进社会的理解与信任。尤其对于涉及乘客行为分析、生物特征识别等敏感领域的应用,必须设立专门的伦理审查委员会,对项目的必要性、数据使用的合规性以及潜在的社会影响进行前置性、独立性的评估,确保技术创新始终在法律与伦理的轨道上稳健前行。

5 结语

本文研究表明,智能站台门通过自动化、感知化与决策智能化,显著减轻了车站工作人员的机械性劳动负担,提升了安全防护水平与应急响应效率,并推动其角色向更高价值的服务与管理职能转型。然而,这一转型并非坦途。技术可靠性、人员适应性、数据伦理与成本效益等问题交织并存。未来的发展路径,不应是“机器替代人”的简单逻辑,而应致力于构建“人机协同、优势互补”的新型工作范式。通过系统性的顶层设计、持续的人才培养、精细的流程再造与健全的制度保障,方能真正释放智能化潜能,实现地铁运营安全、效率与人文关怀的有机统一,为乘客提供更加安心、便捷、舒适的出行体验。站务工作模式的转型,本质上是城市轨道交通从“以设备为中心”向“以乘客为中心”、从“经验驱动”向“数据智能驱动”演进的缩影。唯有主动拥抱变革、科学规划路径,才能在这场深刻的产业变革中行稳致远。

参考文献

- [1]贾建平,俞军燕,李文轩,等.地铁站台门智能感知与评价系统的应用[J].通讯世界,2020,27(06):13-14+16.
- [2]文锦.地铁站台门售后维保体系的构建与实践——以电气与机械系统为核心[C]//中国智慧工程研究会.2025工程创新与可持续发展经验交流会论文集(下).方大智源科技股份有限公司;,2025:55-57.
- [3]魏东华,李正中,李利,等.地铁车站站台门系统可靠性分析与维保策略优化[J].城市轨道交通研究,2025,28(05):259-263.
- [4]胡振亚,石杰红.全自动运行的地铁站台门系统设计探讨[J].中国安全生产科学技术,2020,16(S1):73-76.