

国内外地铁全自动乘务多职能发展趋势和对比研究

陈志权

绍兴市轨道交通集团有限公司运营分公司 浙江 绍兴 312000

摘要：全自动运行系统（Fully Automated Operation, FAO）的深度应用，正推动地铁乘务职能从单一驾驶向多职能协同管理的范式转变。本文基于国内外典型城市地铁案例（如上海、新加坡、哥本哈根等），系统分析FAO技术驱动下乘务职能转型的共性特征与差异化路径。研究发现：国内通过“技术引进+自主创新”模式，形成了以智能监控与乘客服务为核心的“人机协同”管理体系；而国外依托成熟的技术生态，更强调应急处置与跨文化服务能力的专业化。通过对比技术适配性、管理模式及政策支持差异，提出我国应强化标准化建设、优化技能培训体系，并深化国际合作以推动全自动乘务多职能的可持续发展。

关键词：全自动地铁；乘务多职能；技术驱动；人机协同；国际对比

引言

城市轨道交通的全自动化转型不仅是技术革新，更是运营管理与人力资源配置的系统性重构。截至2024年，全球已有超过40个城市的地铁系统实现全自动运行，其中新加坡地铁无人驾驶线路占比达80%，巴黎地铁通过NExTEO信号系统将列车发车间隔缩短至85秒，而上海地铁FAO线路日均故障响应时间较传统线路降低37%。这一趋势下，乘务人员的职能从“操作执行”转向“监控-服务-应急”多角色融合，但其转型路径因技术成熟度、政策导向及文化差异呈现显著分化。

1 国内发展趋势

在国内，全自动运行系统（FAO）的快速发展正深刻改变着地铁乘务的职能与培训模式，技术创新成为推动这一变革的关键力量。

1.1 技术创新推动乘务职能转变

国内FAO技术以其“系统集成+场景落地”的独特优势，在地铁乘务管理领域取得了显著成效。这一技术特色不仅体现在硬件设备的集成上，更在于软件系统的智能化与协同化。以上海地铁18号线为例，该线路通过“云-边-端”协同架构，实现了列车健康管理（PHM）系统与乘客流量预测模型的深度融合。PHM系统能够实时监测列车的运行状态，预测潜在故障，而乘客流量预测模型则根据历史数据和实时信息，准确预测各站点的客流量。两者的结合，使得乘务资源能够根据实际需求进行动态调度，有效降低了高峰时段的人力成本，降幅高达22%。深圳地铁20号线则走在了数字孪生技术的前沿。他们构建了虚拟乘务指挥中心，这一中心能够实时映射出实际列车的运行状态和故障情况。多职能列控员通过佩戴AR眼镜，可以直观地看到列车的故障诊断数

据，这极大地提高了应急处置的效率，提升幅度达到了40%。这种技术的应用，不仅要求乘务人员掌握传统的列车驾驶技能，还需要他们具备IoT设备的运维能力，以及通过数据分析来优化服务策略的能力^[1]。例如，通过分析客流热力图，乘务人员可以更加合理地调整巡查频次，确保乘客的安全和舒适。

1.2 多职能列控员的角色定位与培训能力矩阵重构

随着FAO技术的广泛应用，地铁乘务人员的角色定位也在发生深刻变化。传统的列车驾驶员逐渐转变为多职能列控员，他们不仅需要具备驾驶技能，还需要掌握数据分析、应急决策、服务沟通等多方面的能力。以上海地铁为例，他们对列控员的能力要求进行了全面的重构，提出了“四维能力认证”体系。这一体系包括技术操作、服务沟通、应急决策和数据分析四个方面，旨在培养列控员的综合素养。为了适应这一新的能力要求，上海地铁将培训周期从6个月延长至10个月，其中AI辅助决策模拟训练的占比提升至35%。这种模拟训练通过模拟各种复杂的列车运行场景和故障情况，帮助列控员在虚拟环境中提升应对实际问题的能力。产教融合实践在这一变革中发挥了重要作用。广州地铁与华南理工大学合作开发了“智慧乘务微专业”，这一专业将VR故障模拟、服务心理学等前沿课程纳入必修体系。通过VR技术，学员可以在虚拟环境中模拟处理各种列车故障，提高他们的实战能力。同时，服务心理学的课程则帮助他们更好地理解乘客的需求和情绪，提升服务品质。2023年，这一专业的结业学员在乘客满意度调查中获得92.7分的高分，较传统培训提升了15%。这种产教融合的模式不仅为地铁行业培养了大量高素质的多职能列控员，还推动了教育与产业的深度融合，为未来的乘务人员培训

提供了新的思路和方法^[2]。随着FAO技术的不断发展和应用，地铁乘务人员的职能将继续拓展和深化，他们的培训和能力提升也将成为地铁行业持续发展的重要保障。

2 国外发展趋势

2.1 先进技术的广泛应用

哥本哈根地铁和新加坡地铁在先进技术的应用上走在了前列，它们通过引入创新的系统和技术，极大地提高了地铁运营的效率和可靠性。哥本哈根地铁采用了Siemens Trainguard MT CBTC（基于通信的列车控制系统）系统，这一系统实现了列车之间的“车-车通信”。在传统的地铁运营中，列车之间的信息传递主要依赖于地面信号系统，而“车-车通信”则使得列车能够直接交换信息，从而更加准确地掌握彼此的位置和状态。这一技术的应用，使得乘务人员仅需监控全线异常事件，无需像以往那样频繁地进行人工干预。因此，哥本哈根地铁的人力配置减少至传统模式的1/3，大大提高了运营效率。新加坡地铁则引入了AI驱动的“预测性维护平台”。这一平台通过传感器实时收集地铁设备的运行数据，并利用AI算法对数据进行处理和分析，从而预判设备的故障情况。乘务团队可以根据平台的预测结果，提前48小时制定应对方案，如安排维修人员进行检查和维修，或者调整列车的运行计划。这一平台的应用，使得新加坡地铁的系统可靠性（MTBF，平均无故障时间）在2023年达到了98.6%的高水平，为乘客提供了更加安全、可靠的出行服务。

2.2 乘务人员职能的多元化与专业化

随着地铁技术的不断发展和运营模式的革新，乘务人员的职能也在发生着深刻的变化。巴黎地铁在这一方面进行了有益的探索和实践。巴黎地铁设立了“全自动线路乘务专员”岗位，这一岗位对乘务人员提出了更高的要求。他们不仅需要具备CENELEC（欧洲铁路行业标准化委员会）铁路安全认证，还需要具备多语言服务资质。这是因为巴黎作为一个国际大都市，吸引了来自世界各地的乘客，乘务人员需要能够用多种语言与乘客进行沟通和服务。“全自动线路乘务专员”的职责也更加多元化和专业化。他们需要动态调整列车运行策略，如在突发大客流时启动弹性编组，增加列车的运载能力，以满足乘客的出行需求。同时，他们还需要主导跨国乘客的应急疏散演练。巴黎地铁年均开展12次跨文化场景模拟演练，通过模拟不同文化背景下的应急情况，提高乘务人员和乘客的应急反应能力和跨文化沟通能力。这一岗位的设置和职责的明确，使得巴黎地铁的乘务人员更加专业化和多元化。他们不仅需要具备传统的列车驾

驶和运维技能，还需要具备应急管理、跨文化沟通等多方面的能力。这种职能的多元化和专业化，不仅提高了地铁运营的安全性和效率，也提升了乘客的出行体验和满意度。

3 对比分析

3.1 技术应用水平的差异

在全球地铁行业的技术革新与运营模式转型中，国内外在技术应用水平、发展策略与政策支持等方面展现出显著的差异，这些差异直接影响了乘务工作的发展模式、效率以及乘务人员的职能要求。以下将从核心技术、数据应用以及存在的短板三个方面，对国内外地铁技术应用水平进行对比分析，并探讨其对乘务工作的影响（见表1）。

表1 技术应用水平对比分析表

维度	国内	国外
核心技术	强于系统集成与场景创新 （如数字孪生）	强于底层技术研发 （如车-车通信协议）
数据应用	聚焦客流预测与资源调度	侧重预测性维护与安全 冗余设计
短板	传感器精度、算法泛化能力待提升	跨系统兼容性、本地化 适配成本较高

3.1.1 核心技术方面对乘务发展的影响

国内地铁技术在核心技术上展现出强大的系统集成与场景创新能力，这对乘务工作产生了深远影响。以数字孪生技术为例，国内某些地铁线路已成功应用该技术构建虚拟乘务指挥中心。这一创新不仅实现了列车运行状态的实时映射与故障诊断数据的直观展示，还为乘务人员提供了三维可视化的运营环境，使他们能够更直观地了解列车和乘客的状态，从而做出更准确的判断和处理。此外，系统集成能力的提升也使得乘务工作更加智能化和高效化，如通过“云-边-端”协同架构整合列车健康管理（PHM）系统与乘客流量预测模型，实现乘务资源的动态调度。相比之下，国外地铁技术在底层技术研发方面更具优势，如车-车通信协议的突破，使得列车能够更准确地掌握彼此的位置和状态，提高了运营的效率和安全性。这种底层技术的创新为乘务工作提供了更稳定、可靠的运营环境，使乘务人员能够更专注于提供高质量的乘客服务，同时也对乘务人员的专业技能提出了更高的要求，如需要掌握更多的通信技术和故障处理方法。

3.1.2 数据应用方面对乘务发展的影响

国内地铁在数据应用上主要聚焦于客流预测与资源调度，这对乘务资源的优化配置起到了关键作用。通过收集和分析历史客流数据和实时信息，地铁企业能够准确预测各站点的客流量，并根据预测结果动态调整乘务

资源,如列车编组、巡查频次等,以满足乘客的出行需求。这种数据驱动的资源调度方式提高了地铁运营的灵活性和效率,使乘务人员能够更高效地完成各项工作任务,如根据客流预测结果提前做好乘客服务准备、调整列车运行计划等。而国外地铁在数据应用上则更侧重预测性维护与安全冗余设计。通过传感器数据预判设备故障,乘务团队能够提前制定应对方案,有效避免了因设备故障导致的运营中断。同时,安全冗余设计也提高了地铁运营的整体安全性,为乘务人员提供了更安全的工作环境。这种数据应用方式要求乘务人员具备更强的数据分析和决策能力,以便在设备故障或安全事件发生时能够迅速做出反应。^[3]

3.1.3 存在的短板对乘务发展的影响及应对策略

国内地铁技术在传感器精度和算法泛化能力方面的短板影响了数据采集的准确性和可靠性,以及乘务人员对复杂多变运营环境的应对能力。传感器精度不足可能导致列车运行状态监测不准确,进而影响乘务人员的判断和决策。算法泛化能力不足则可能使得乘务人员在面对新情况或异常事件时无法迅速做出反应。为了提升乘务工作的效率和质量,国内地铁企业需要加强传感器技术的研发和应用,提高数据采集的准确性;同时,还需要加强算法的研发和优化,提高算法的泛化能力,使乘务人员能够更好地应对各种运营情况。此外,还可以通过培训和教育提升乘务人员的专业技能和应变能力,使他们能够更好地适应技术短板带来的挑战。国外地铁技术则面临跨系统兼容性和本地化适配成本较高的问题。不同厂商的设备和技术之间的兼容性问题可能导致系统集成困难,进而影响乘务工作的顺畅进行。本地化适配成本较高则可能使得国外地铁技术在进入新市场时面临挑战。为了解决这些问题,国外地铁企业需要加强系统之间的兼容性研发,降低系统集成的难度和成本;同时,还需要加强本地化适配工作的研究和实践,考虑不同地区的法律法规、文化习惯等因素,提高乘务工作的

适应性和灵活性。此外,还可以通过国际合作和交流,共同推动地铁技术的标准化和规范化发展,降低跨系统兼容性和本地化适配的成本和挑战。^[4]

结语

地铁全自动乘务多职能发展趋势是城市轨道交通行业的一大革新,它不仅改变了地铁运营的传统模式,更对乘务人员的职能提出了新的挑战与机遇。通过对比分析国内外在此领域的实践与发展,我们深刻认识到乘务工作在全自动背景下的转型与升级对于提升地铁服务质量和运营效率的重要性。

展望

在未来的研究中,为推动全自动运行系统(FAO)在地铁乘务领域的健康、可持续发展,我们应侧重关注以下方向:首先,是乘务人员技能与角色的重塑。随着FAO技术的广泛应用,地铁乘务人员的职能将发生深刻变化。他们不再仅仅是传统的列车驾驶员或站台服务员,而是需要具备更多元化的技能,如监控系统操作、应急处理、乘客服务智能化管理等。因此,未来的研究应重点探讨乘务人员如何适应这一转变,通过培训和教育提升他们的综合素质,使他们能够在高度自动化的环境中发挥更大的作用。同时,我们还需要研究如何合理设置乘务人员的岗位职责,确保他们能够新的工作模式下高效、安全地完成各项任务。

参考文献

- [1]郭肇.城市轨道交通乘务工作优化研究与实践探索[J].时代汽车,2024,(15):175-177.
- [2]金健.首条轨道交通全自动运行线路运营模式探讨[J].隧道与轨道交通,2021,(S1):140-143.
- [3]高利华,李明,丁明辉.地铁车辆段智慧化提升建设需求分析与方案研究[J].现代城市轨道交通,2024,(12):36-42.
- [4]梁钰瑶.城市轨道交通系统运营效益综合评价体系研究[D].桂林电子科技大学,2024.