

城市轨道交通货运模式探索

宣晶^{1,2}, 张哲宁³, 李继荣¹, 陈楠^{1,2}, 卢霄霄³, 初众甫³, 邢松龄^{1,2}

(1. 北京市基础设施投资有限公司, 北京 100101; 2. 北京协同创新轨道交通研究院有限公司, 北京 100101;
3. 北京交通发展研究院, 北京 100053)

摘要: 针对城市物流需求激增与道路货运效率低下、环境压力大等问题, 在剖析国内外典型案例的基础上, 系统归纳捎带运输、客货混编及货运专列三类既有城市轨道交通货运模式, 分析其在客货运营协同、设施兼容适配、货运需求匹配及安全管理 4 方面的核心问题, 提出系统性的解决策略: 构建“峰谷差异化”的时空资源配置机制以化解客货冲突, 推行设施柔性化改造以提升兼容性, 并依托智能调度与标准化载具优化运输组织, 同时升级全链条安全管控体系。基于上述策略, 进一步创新性地设计 3 种适配性运输组织方案: 适用于轻小件的非高峰动态捎带模式、服务于枢纽间批量运输的弹性客货混编模式以及面向大宗货物的夜间专用货运廊道模式。研究为破解城市轨交货运发展瓶颈提供理论支撑, 对提升物流效率、缓解交通拥堵、落实“双碳”目标具有重要实践意义。

关键词: 城市轨道交通; 货运系统; 多式联运; 绿色配送

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2026)01-0054-06

Exploration of Freight Models in Urban Rail Transit

XUAN Jing^{1,2}, ZHANG Zhening³, LI Jirong¹, CHEN Nan^{1,2}, LU Xiaoxiao³, CHU Zhongfu³, XING Songling^{1,2}

(1. Beijing Infrastructure Investment Co., Ltd., Beijing 100101; 2. Beijing Collaborative Innovation Institute of Rail Transit Co., Ltd., Beijing 100101; 3. Beijing Transport Institute, Beijing 100053)

Abstract: Addressing the challenges of surging urban logistics demand, low efficiency of road freight, and environmental concerns, this study analyzes typical cases and summarizes three urban rail freight modes: incidental transport, mixed passenger-freight operations, and dedicated freight trains. It identifies key challenges in operational coordination, facility compatibility, demand matching, and safety management. To resolve these, we propose a “peak-valley” spatiotemporal resource allocation mechanism, flexible facility retrofitting, intelligent scheduling with standardized loading units, and an enhanced safety management system. Furthermore, three tailored operational schemes are designed: an off-peak dynamic incidental transport mode for small parcels, a flexible mixed mode for hub-to-hub batch transport, and a nighttime dedicated freight corridor mode for bulk cargo. This research offers theoretical and practical insights for improving logistics efficiency, reducing traffic congestion, and supporting carbon reduction goals.

Keywords: urban rail transit; freight transport system; multimodal transport; green distribution

随着城市化进程的加速和物流需求的增长, 我国大型城市的货运系统正面临着交通拥堵、环境污染和效率低下等严峻挑战, 城市货运已成为制约城市可持续发展的关键因素之一。因此, 需优化现有的城市货

运模式, 进一步探索“公转铁”及地下货运解决方案。

近年来, 国家陆续发布了多项政策文件支持和鼓励城市轨道交通在货运领域的创新应用。2019年9月, 中共中央、国务院印发了《交通强国建设纲要》, 提出

收稿日期: 2025-05-22 修回日期: 2025-08-13

第一作者: 宣晶, 女, 硕士, 高级工程师, 从事城市轨道交通电务及管理工作, xuanjing@bii.com.cn

通信作者: 陈楠, 女, 硕士, 正高级工程师, 从事城市轨道交通设备系统及科研管理工作, chennan@bii.com.cn

基金项目: 北京市科技计划(Z231100003823004)

引用格式: 宣晶, 张哲宁, 李继荣, 等. 城市轨道交通货运模式探索[J]. 都市轨道交通, 2026, 39(1): 54-59.

XUAN Jing, ZHANG Zhening, LI Jirong, et al. Exploration of freight models in urban rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2026, 39(1): 54-59.

“积极发展无人机(车)物流递送、城市地下物流配送等”。2021年2月,中共中央、国务院印发了《国家综合立体交通网规划纲要》,提出“构建空中、水上、地面与地下融合协同的多式联运网络”。2021年8月,交通运输部、科技部联合印发的《关于科技创新驱动加快建设交通强国的意见》提出“推动运输服务业创新发展,探索开展城市地下物流配送、多栖化运输系统的工程化应用”。2022年1月,国家发展改革委关于印发《“十四五”现代流通体系建设规划》的通知提出“在具备条件的地区研究推进城市地下货运系统建设”。2022年3月,交通运输部、科技部联合制定的《“十四五”交通领域科技创新规划》提出“开展城市地下智慧物流配送系统前期研究”。

过往学者对轨道货运模式的研究,主要集中在相关经验梳理、物流体系概念提出、系统规划设计、客货共运条件分析、选址模型构建与算法优化等方面。在相关经验梳理方面:冯佳等^[1]归纳客货混运和客货混跑两种运输组织方式的特点;王月丽等^[2]基于战略、战术和运营层次,归纳了地铁货运系统的研究成果;王晓平等^[3]梳理地铁物流文献,凝练出有关地铁货运系统规划实施的重点议题。在物流体系概念提出方面:户佐安等^[4]结合铁路和地铁运输特征,提出构建“轨道+”绿色物流体系的概念;郭东军等^[5]指出地铁货运系统实施瓶颈与未来研究方向,但未给出具体的解决框架与方案。在系统规划设计层面:曾海兵^[6]以雄安新区轨道物流系统规划项目为依托,研究轨道物流系统规划的可行性;吕信宏^[7]结合济南市物流现状及地铁发展状况,对地铁余力下的城市共配系统进行规划设计。在客货共运条件研究方面,陈晶晶等^[8]从需求侧、供给侧及经济性等方面分析了城市轨道交通客货共运条件。在模型算法方面:聂闻聪等^[9]构建了依托地铁网络的城市配送系统选址模型,提出创新模式与优化算法;张涛^[10]基于城市地上、地下物流网络的协同配送,优化了转运中心选址算法并提出车辆调度评价指标体系。综合来看,现有研究在城市轨道交通货运模式的全面对比、发展策略的细化落地、不同货运场景下的针对性方案以及多模式融合的系统性研究等方面存在不足,缺乏对包含发展策略、方案设计以及实施路径的完整体系研究。

北京市自2023年3月启动轨道交通快递运输专项研究,先后在9号一房山—燕房线、4号线、大兴机场线进行试点,在全国范围内起到了很好的示范带头作用。但是,前期试点示范尚未形成对规模化组织管

理、设备设施改造等方面的指导意见。因此,本文在充分借鉴国内外研究成果和相关案例的基础上,依托北京市轨道交通特点,面向全行业分析现有各类轨道交通货运模式存在的问题,提出系统性解决策略,并以此为基础提出优化运输组织方案设计思路,为城市轨道交通货运模式的实施提供理论支持和技术指导,促进高效、绿色的城市物流体系的构建。

1 国内外案例及分析

国外利用城市轨道交通网络开展客货混运已有悠久的历史,但是国内城市轨道交通系统在设计之初主要服务于城市客运需求,有关货运的研究及示范刚刚起步。通过分析国内外的相关实践案例,将城市轨道交通货运模式总结为捎带运输、客货混编和货运专列三种类型,并结合实践案例分析讨论目前存在的问题与不足。

1.1 捎带运输模式:深圳地铁行李驿站

捎带运输模式是指在客运车厢内划出特定区域以容纳货物,从而在同一车厢内同时完成乘客运送和货物配送的任务。该模式操作简便,可通过小程度结构调整实现,但对货物的尺寸、质量限制严格,单次货运量较小,适用于小规模、轻质物品运输。

2021年,深圳地铁系统推出了一项名为“地铁行李驿站”的服务。该服务允许乘坐飞机的旅客在完成值机手续之后,通过事先预订的方式享受行李寄存及转运服务。具体流程是由专业人员上门收取已登记用户的行李,并将其安全存放至指定地铁站内的专用储物区,即“行李驿站”,随后利用非高峰时段地铁额外线路容量资源,为旅客提供从出发地到目的地之间的行李直接配送服务。该项目覆盖了共计10个不同位置的站点,并且选择在每日10:00—15:00、20:00—23:00执行行李转运作业。

捎带运输模式虽提升了旅客的整体出行感受,但存在以下3方面问题:①流程冗长与效率瓶颈,行李需提前交付并经过“上门收取—驿站存储—列车运输—目的地提取”多环节,整体运输链条长,依赖人工衔接,时效性受限,难以满足紧急或高频次货运需求;②安检标准与货物兼容性低,货物仅针对航空托运行李,需符合严格的航空安检要求,而普通快递或电商货物可能因尺寸、品类(如锂电池、液体)不符合安检标准而被排除,适用范围狭窄;③存在空间冲突等干扰客运的情况,尽管利用非高峰时段,但货运区域与乘客区域共用车厢,可能导致行李存放占用乘客站立空间,或因货物搬运引发车厢内秩序混乱,影响客运体验。

1.2 客货混编模式：香港机场快线行李运输

客货混编模式是在同一列车编组中同时设置客运车厢和货运车厢，通过专用货运车厢实现客货分离运输，具有运输能力较强、乘客干扰较小的特点，但需增加站停时间用于货物装卸。

2024年初，深圳地铁公司与顺丰速运签署战略合作协议，并在深圳地铁11号线启动了“客货混载”的地铁货运示范工程。该项目实际自2023年10月开始在11号线进行试点，利用非客运时段的列车车厢，在福田站与碧海湾站之间运输货物。其核心组织模式为“独立客车车厢，客货混编”，即利用指定车厢专门运货，实现与乘客的物理隔离。在职责划分上，深圳地铁公司主要负责提供列车承运服务、必要的电梯改造（如在碧海湾站增设了2部专用货梯）以及场地租赁；而顺丰速运则承担了包括安检、货物打包、装卸作业、车内押运及目的地接驳等全流程操作。列车调度集中在每日晚间的低谷时段（20:23—23:30），共使用49个班次，具体哪些班次执行货运任务由顺丰人工选择。运营数据显示，截至2025年5月，项目日均处理约1.7万票货物，单日峰值可达2万票；顺丰使用特制笼车装载货物，日均需运输约213笼。

深圳地铁11号线客货混编示范工程，主要存在以下3方面问题：①站台装卸效率低，地铁客车货运虽可以通过调整列车运营时间，但依然不具备单次较大运量货物的装卸条件，装载效率低，人工成本高；②缺乏地面接驳中转空间，由于地铁站地面不具备货物缓冲空间，无法让快递员停靠接驳，无法开展地铁沿线散派业务；③装载工具不统一，深圳地铁项目使用笼车中转，快递员无法直接使用笼车接驳。

1.3 货运专列模式：伦敦地下邮政铁路系统

货运专列模式是在轨道交通非运营时段或平峰时段，利用富余运力开行货物专列，适合大规模、定时定点运输，但对装卸设施和运输组织要求较高。

伦敦作为城市轨道交通货物运输的早期实践者之一，在1927年建立了世界上第一条地下邮政铁路系统^[1]。该系统利用了专门建造的隧道和站点，主要用于运输邮件、包裹以及一些散装货物如煤炭等。地下邮政铁路系统有效地缓解了地面道路的交通压力，并且提高了货物运输的效率。然而，随着时间的推移，由于客运服务的需求不断增长，以及煤炭等大宗货物需求的减少，客货混跑开始对正常的客运服务产生负面影响，导致服务中断的情况时有发生。基于上述原因以及其他更有效的运输手段的出现，地下邮政铁路

系统在20世纪70年代逐步退出了历史舞台。

伦敦地下邮政铁路系统的停运，暴露出以下3方面问题：①客货运营冲突加剧，初期客货运输时段分离，但随着城市客运需求增长，货运专列与客运列车共用隧道资源，高峰期频繁出现线路调度冲突，导致客运服务中断或延误，最终因“客货争道”矛盾被迫停运；②设施专用化与需求不匹配，系统依赖专用隧道和站点，运输货物类型单一（如煤炭、邮件），当大宗货物需求下降（如煤炭）或快递包裹小型化后，专用设施难以灵活调整功能，转型成本极高；③运营灵活性不足，货运专列需在非运营时段或平峰时段开行，与现代城市“全天候、高频次”的物流配送需求不匹配，且货物装卸依赖专用站台和设备，若两端站点缺乏高效装卸能力，易导致列车滞留，浪费运力资源。

1.4 分析与启示

通过对国内外城市轨道交通货运模式的实践分析表明，现有模式在利用既有网络资源提升运输效率的同时，也暴露出以下核心问题。

1) 客货运营协同机制存在冲突。在捎带运输与客货混编模式中，货物运输对客运服务产生直接或间接干扰。前者因客货共用车厢空间，非高峰时段仍可能出现行李存放占用乘客活动区域、搬运操作影响车厢秩序等问题；后者因货物装卸需额外站停时间，可能导致列车班次间隔延长，尤其在高峰时段对客运准点率造成压力。货运专列模式虽利用非运营时段运输，但历史案例显示，随着客运需求增长，客货共线易引发调度冲突，最终导致服务中断。

2) 设施专用化与兼容性存在局限。客货混编和货运专列模式对专用设施依赖度高，需配置定制化货运车厢、独立装卸站台或专用隧道，初期投资成本高且功能调整弹性不足。捎带运输模式受限于地铁安检标准，仅能承接符合特定安检要求的货物，普通快递因尺寸、品类限制难以接入，适用范围狭窄。此外，货物安检流程与城市轨道交通核心客运安全体系的协同机制仍需完善。

3) 货运需求适配性与流程效率待提升。捎带运输单次货运量小，且需“上门收取—驿站存储—列车运输—目的地提取”多环节人工衔接，运输链条长、时效性差。货运专列模式虽适合大宗货物运输，但面对现代物流碎片化、小型化的订单特征，易出现运力浪费或装卸低效问题。伦敦案例显示，当货物类型与运输需求发生变化，专用设施难以快速转型。

4) 安全管理与风险防控存在挑战。客货混编模式

中，货运车厢内货物运输过程中存在因列车急停、颠簸导致货物损坏或移位的风险；捎带运输的客货近距离接触，若出现违禁品漏检，可能引发公共安全隐患。此外，货运专列与客运列车共享轨道资源时，调度系统需平衡两者优先级，增加了线路冲突风险；一旦发生货物泄漏、火灾等事故，应急处理需同时兼顾乘客疏散与货物处置，对现有安全预案形成挑战。

2 发展策略及模式设计

围绕城市轨道交通货运面临的客货协同、设施适配、需求匹配、安全管理 4 方面核心问题，提出系统性解决策略，并以此为基础设计适配性货运模式，为城市轨道交通货运的可持续发展提供理论支撑。

2.1 核心问题及对策

客货冲突本质是时空资源分配失衡。时间维度上，高峰时段客运需求饱和，货运介入易引发运力竞争；空间维度上，捎带运输的客货共厢、混编模式的装卸作业与乘客动线交叉，导致服务效率下降。此外，传统“以客为主”的调度系统缺乏货运优先级动态调整机制，进一步加剧协同矛盾。因此，针对时空资源分配失衡问题，需构建“峰谷差异化+动态弹性”的客货协同资源配置体系。时间窗口分层管理，通过历史数据挖掘与需求预测划定三类时段——高峰时段禁止货运介入，平峰时段实施客货混编限额管理，夜间时段开行货运专列。同时，研发基于混合整数规划(MIP)的客货协同调度算法，实现运能的高效分配。空间布局重构，在捎带运输场景设置模块化货运隔离单元，通过定位技术实现乘客与货运区域动态隔离；在混编模式中配置垂直运输通道，实现装卸作业与乘客流线零交叉。

设施短板源于“专用化”设计思维与“灵活化”需求的矛盾。传统货运模式依赖定制化硬件，初期投资高且功能固化，难以适应电商物流“多品种、小批量”的动态需求；安检标准沿用客运体系，未建立货物分类分级安检机制，导致兼容性不足。因此，需建立“硬件预留+软件赋能”的设施适配体系。规划设计创新，新建线路预留“客货转换接口”，支持模块化货运单元快速接入；既有线路试点“虚拟编组”技术，实现客货车厢动态重组。装备智能化升级，推广轻量化快装集装箱，配套站台自动升降平台，并部署货运机器人集群，实现站内货物自主转运，提高设备复用率。

运输组织模式与物流市场特征存在三重错配。捎带运输依赖“人工接驳”作业流程，难以满足即时配送需求；混编模式采用固定车厢容量，面对订单量波

动时，易出现运能浪费或运力缺口；专列模式的“大宗运输”特性与碎片化订单存在规模不匹配问题，导致小批量运输成本高，大规模运输灵活性不足。因此，需通过构建“单元化集装+智能化调度”的运输组织体系，解决需求错配问题。应用标准化载具，设计符合地铁限界的专用集装箱容器，实现“一箱到底”运输，降低倒装损耗。开发智能调度平台，接入电商平台订单数据，运用算法进行需求预测，通过动态路径规划生成“虚拟专列”方案，提升零散订单聚合效率。再造捎带运输流程，开发“人货同程”APP 系统，实现购票与带货订单协同，利用通勤时段行李架闲置空间，到站后通过智能柜自动分拣，构建“门一站一门”一体化服务链条。

封闭空间内的安全风险呈现显著的耦合放大效应。在物理属性风险方面，锂电池等货物在封闭环境中存在较高安全隐患；监测能力上，传统乘客安全监测系统难以全面覆盖货物状态；应急体系方面，现有应急预案中针对货物类型的专项处置流程缺失，多部门联动响应效率较低，难以满足安全处置时间要求。针对安全管理问题，需构建“监测预警+应急联动”的安全保障体系。智能监测系统研发，在货运单元集成多模态传感器，结合 AI 视觉识别技术，实现货物状态实时监测与预警。应急管理体系升级，制定客货混运安全操作规范，明确货物的分级处置流程；在车辆段配置专用消防装置和泄漏处理设备，定期开展联合演练。跨部门协同机制，建立线路运营、应急管理、消防、环保等多部门数据共享平台，实现安检信息、运输路径实时互通，提高突发事件联动响应效率。

2.2 发展路径与方案设计

轨道交通客货混运是在城市轨道交通网络基础上，利用非高峰时段或富余运力进行货物运输的一种创新模式。该模式旨在保持客运服务绝对安全和稳定的前提下，最大化地利用现有轨道资源，以缓解城市地面交通压力，提高物流效率，并带来显著的环境和社会效益。其发展愿景是形成一个高度集成化、智能化的多式联运分层网络，节点层面以经济活动中心、物流园区、交通枢纽为战略节点，优先改造既有线路车站，配备自动化装卸设施(如自动搬运机器人、升降竖井)。通道层面拓展城市内部客货运输主线，连接关键节点形成骨干网络，采用峰谷差异化调度(高峰禁货、平峰客货共厢、夜间货运专列)。网络层面最终形成纵横交错的客货混运网络，通过硬件预留+动态编组技术支持全网推广(如新建线路预留客货转换接口，

既有线路应用虚拟编组)。最终实现站到站的高效货物运输,并通过与城市货运网络的多式联运解决最后一公里的货物配送问题,形成一个完整的货物运输链条。同时,该目标的实现需要通过城市轨道交通货运方案的不断优化设计逐步完成,坚持规划引领,以及注重系统融合、精准供需匹配和经济性可持续发展。具体包括以下5方面。

1) 明确发展目标。明确发展目标是确保城市轨道交通货运模式可持续发展的关键。首先,需要研究并确定城市轨道交通货运的实施策略与发展愿景,提出符合城市总体规划和综合交通运输体系规划的发展模式。其次,描绘未来城市轨道交通货运系统的蓝图,明确长期发展目标。为确保目标的实现,还需要设定短期、中期和长期的发展目标,确保每个阶段都有明确的目标和可衡量的指标。同时,建立绩效评估机制,定期评估系统的发展进度和效果,及时调整策略,确保项目按计划推进并达到预期的效果。

2) 分析供需匹配。分析供需匹配是城市轨道交通货运模式设计的基础。首先,需要详细调研城市轨道交通的基础网络现状与规划,不同类型货物的运输需求、季节性波动以及特殊需求,了解城市货运物流体系的关键节点和需求。其次,明确系统的服务对象,即哪些类型的货物适合通过城市轨道交通进行运输。通过技术可行性评估,确定不同类型货物通过轨道交通运输的技术可行性,包括货物的尺寸、质量、包装要求等。最后,进行初步的成本效益分析,评估不同货物通过轨道交通运输的经济性,确保运输方案能够满足实际需求并具有经济可行性。

3) 设计运输方案。设计运输方案是实现城市轨道交通货运模式的核心步骤。首先,基于供需匹配分析和未来发展愿景,选择合适的线路和车站。其次,分析沿线的货运需求,确保运输方案能够覆盖关键区域。最后,设计详细的运输路径和流程,包括货物装卸、转运等环节,确保运输过程的高效性和安全性。明确运输货量、频次、时间等细节参数,确保运输方案的可操作性和高效性。此外,还需要考虑与其他运输方式(如公路、铁路、航空)的多式联运,确保货物能够无缝衔接。选择适合的运输技术和设备,如自动化装卸设备、智能调度系统等,提高运输效率。同时,考虑环境保护措施,如减少噪声、振动和排放,确保运输过程的环保性。

4) 协调职责分工。协调职责分工是确保城市轨道交通货运模式顺利实施的重要环节。首先,货运方与城市轨道交通运输方需要签订运输协议,明确双方的

职责与义务。详细规定运输流程,包括货物的接收、运输、交付等环节,确保各个环节的顺畅进行。制定管理要求,确保运输过程中的安全与效率。制定应急处置预案,确保在突发情况下能够迅速响应和处理。此外,还需要确保所有利益相关者(如政府部门、物流企业、城市轨道交通运营商等)都参与到职责分工的讨论和决策中,形成共识。为相关人员提供必要的培训和教育,确保他们能够熟练操作和管理新的运输系统,提高整体运营水平。

5) 研究配套政策。研究配套政策是确保城市轨道交通货运模式合法合规和高效运行的保障。首先,制定和完善安全规章制度,确保运输过程的安全。研究并制定运营标准与规范,确保运输服务的质量。研究政府的支持与激励政策,争取必要的政策和资金支持,为项目的实施提供保障。制定应急预案,进行风险管理,确保系统在各种情况下的稳定运行。此外,还需要研究和遵守相关的法律法规,确保运输方案的合法合规。在制定规章制度和政策时,考虑公众的意见和反馈,确保方案的透明度和接受度。研究和应用最新的技术手段,如大数据、物联网、人工智能等,提高运输系统的智能化水平,进一步提升运营效率和服务质量。

2.3 城市轨道交通货运模式及适配场景

基于时空资源分配优化、设施灵活化改造及智能调度协同的逻辑框架,结合技术创新与实践需求,设计以下3类适配性货运模式。

1) 非高峰动态捎带模式。聚焦轻小件顺路配送,利用平峰时段客运车厢闲置空间,通过智能预约系统动态分配货运格口,货物与乘客空间物理隔离,到站后由智能搬运机器人转运至智能柜,实现“到站即分、分完即走”。该模式适用于商务文件、3C产品等高频次、小批量运输,依托实时运力监测系统、模块化货运隔离装置,充分利用客运车厢空间,降低设备设施改造成本。依托机器人转运智能柜,可减少客货交叉干扰,节省人力成本并能提升配送时效。

2) 弹性客货混编模式。针对各枢纽之间的批量货物运输,在高峰时段仅开行客运列车,平峰时段采用虚拟编组技术,加挂可拆卸货运车厢,采用快装货柜实现高效装卸。站台配套自动升降平台与快装货柜等智能对接设备,快速完成整箱装卸并可避免乘客干扰,通过动态重组算法实现客运高峰时段车厢分离、平峰时段加挂,适配运力波动。建立货物分类分级安检机制,与航空/铁路枢纽共享安检数据,实现“一次安检、

全程无忧”转运。该模式适用于机场行李、电商仓储调拨等场景,提升货运车厢复用率、跨系统安检效率并且降低物流企业协调成本。

3) 夜间专用货运廊道模式。服务于城市核心区与郊区物流园间的大宗货物运输,利用非运营时段开行全货运专列,两端物流园配置自动化分拣线与无人装卸机器人,实现“到站即卸、卸后即分”。该模式适用于生鲜冷链、应急物资调运等场景,依托无人驾驶技术与智能仓储管理系统,构建高效夜间接驳网络。该模式以技术创新驱动客货协同效率跃升,为城市物流提供低碳、弹性、高韧性的轨道解决方案。

3 结论

本文通过分析城市轨道交通货运的现状与挑战,提出一套综合性解决方案与适配模式,并展望未来发展路径。主要结论如下:

1) 构建了针对核心矛盾的策略框架。识别客货协同、设施适配、需求匹配与安全管控 4 大关键问题,提出“峰谷差异”时空配置、柔性设施改造、智能调度与全程安全管控相结合的系统策略。

2) 设计了场景适配的精细化组织模式。创新提出 3 种运输方案:面向轻小件的非高峰动态捎带模式、服务于枢纽间批量的弹性客货混编模式以及针对大宗货物的夜间专用货运廊道模式,提升操作性与效率。

3) 集成关键技术并规划渐进实施路径。融合模块化载具、虚拟编组、智能调度与自动化装卸等技术,提出“需求导向、试点先行、分步推进”的发展路径,为规模化与网络化运营提供路线图。

下一步重点聚焦于关键技术标准突破与商业模式创新:攻克适应地铁环境的标准化载具设计、客货混运智能调度算法及高效装卸技术,同步建立配套的设施改造、安检及运营标准体系;探索可持续的定价机制、多方共赢商业模式及配套政策支撑体系,以保障项目的市场化运作;进一步研究轨道交通货运网络与地面物流节点、其他运输方式在多式联运中的协同标准与一体化流程,最终推动“轨道+物流”全链条的高效融合。

参考文献

- [1] 冯佳,刘剑锋,金奕,等.城市轨道交通线路提供货运服务的理论与实践案例[J].都市快轨交通,2022,35(3):155-159.
FENG Jia, LIU Jianfeng, JIN Yi, et al. Theoretical and practice study of freight service provided by urban rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2022, 35(3): 155-159.
- [2] 王月丽,杨中华,刘邹洲,等.国内外地铁货运系统的研究现状与进展[J].物流科技,2023,46(1):96-100.
WANG Yueli, YANG Zhonghua, LIU Zouzhou, et al. Metro-based underground logistics system: recent advances and future prospects[J]. Logistics sci-tech, 2023, 46(1): 96-100.
- [3] 王晓平,鲁玮,李睿麒,等.基于地下物流系统的地铁货运文献综述[J].地下空间与工程学报,2023,19(S2):534-539.
WANG Xiaoping, LU Wei, LI Ruiqi, et al. Literature Review of Metro Freight Based on Subway Transportation System[J]. Chinese journal of underground space and engineering, 2023, 19(S2): 534-539.
- [4] 户佐安,付锐意,怡智航.“轨道+”城市绿色物流体系构建研究[J].中国铁路,2023(2):52-59.
HU Zuoan, FU Ruiyi, YI Zhihang. Research on building of “rail +” urban green logistics system[J]. China railway, 2023(2): 52-59.
- [5] 郭东军,韦凌翔,赵光,等.我国基于存量地铁开展快速物流运输的前景及方向探讨[J].隧道建设(中英文),2024,44(6):1145-1153.
GUO Dongjun, WEI Lingxiang, ZHAO Guang, et al. Directions and prospect of express logistics transportation based on stock metro in China[J]. Tunnel construction, 2024, 44(6): 1145-1153.
- [6] 曾海兵.城市轨道交通物流系统规划设计研究[J].交通世界,2024(15):31-33.
ZENG Haibing. Research on the Planning and Design of Urban Rail Transit Logistics Systems[J]. TranspoWorld, 2024(15): 31-33.
- [7] 吕信宏.基于地铁余力的城市共配系统研究[D].济南:山东交通学院,2023.
LYU X H. Research on Urban Co-distribution System based on Subway Spare Capacity[D]. Jinan: Shandong Jiaotong University, 2023.
- [8] 陈晶晶,张洪铭,于文博,等.城市轨道交通客货联运条件分析[J].物流工程与管理,2023,45(12):77-81.
CHEN Jingjing, ZHANG Hongming, YU Wenbo, et al. Condition analysis of passenger and cargo co-transportation in urban rail transit[J]. Logistics engineering and management, 2023, 45(12): 77-81.
- [9] 聂闻聪,楚龙娟,向楠,等.城市轨道物流配送模式研究及节点选址优化[J].地下空间与工程学报,2023,19(增刊1):17-25.
NIE Wencong, CHU Longjuan, XIANG Nan, et al. Research on distribution mode of urban rail logistics and optimization of node location [J]. Chinese journal of underground space and engineering, 2023, 19(S1): 17-25.
- [10] 张涛.基于城市地上、地下物流网络的协同配送优化研究[D].南宁:广西大学,2022.
ZHANG Tao. Research on Collaborative Distribution Optimization Based on Urban Ground and Underground Logistics Network[D]. Nanning: Guangxi University, 2022.
- [11] 任睿,胡万杰,刘影.城市地铁—货运系统规划与运行模式设计[M].上海:同济大学出版社,2023:13-14.
REN Rui, HU Wanjie, LIU Ying. Planning and operating mode design of urban metro-based underground logistics system[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2023: 13-14.

(编辑:王艳菊)