

城市轨道交通轨道物流组织模式的探索^{*}雷晓瑜¹ 覃 晴¹ 孙西敬²

(1. 深圳市地铁集团有限公司, 518026, 深圳; 2. 中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430063, 武汉)

摘 要 [目的] 为充分利用城市轨道交通富余运力, 发展物流服务, 以深圳地铁为例, 基于城市配送市场与城市轨道交通的匹配性, 研究适合轨道物流的应用模式。[方法] 结合供需时空匹配关系及城市轨道交通特点, 提出可广泛适用的应用场景, 基于不同载运方式, 重点对城市轨道交通多种物流组织模式进行研究。本次轨道物流组织模式基于快递场景进行探索研究, 从具体实践及运输组织研究分析了城市轨道交通接驳同城物流、航空物流、高铁物流、干线陆运物流的组织模式、部分问题及解决思路, 针对不同接驳模式下的不同运输组织形式进行优劣分析, 通过实践测试验证了同城接力模式的时效性及可行性, 提出大型枢纽的物流组织模式等研究探索经验。[结果及结论] 通过研究实践得到: 一是城市轨道交通在一定场景下承担同城快递接力服务具有时效性高的优势, 且证明了整体物流组织的可行性; 二是在高铁枢纽设计中应充分考虑物流功能的互联互通设计以实现货物的“干支配”接驳换乘条件; 三是快递二级分拨中心与城市轨道交通轨道场段融合设置可高效实现干线陆运接驳, 优化解决部分“最后一公里问题”。

关键词 城市轨道交通; 轨道物流; 运输模式; 物流接驳

中图分类号 F532.8; U231

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2024.10.026

Exploration of Urban Rail Transit Logistics Organization Models

LEI Xiaoyu¹, QIN Qing¹, SUN Xijing²

(1. Shenzhen Metro Group Co., Ltd., 518026, Shenzhen, China; 2. China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China)

Abstract [Objective] In order to make full use of the surplus capacity of urban rail transit and develop logistics services, with Shenzhen Metro as an example and based on the compatibility between urban distribution market and urban rail transit, the application models suitable for rail logistics are studied. [Method] Combined with the spatio-temporal matching relationship between supply and demand and the characteristics of urban rail transit, application scenarios that can be widely applied are proposed. Based on different modes of

transportation, a study focusing on multiple logistics organization modes of urban rail transit is conducted. The rail logistics organization modes are explored and studied based on the express delivery scenarios. From the perspective of specific practice and transportation organization research, the organization modes, some problems and solutions of urban rail transit connecting with intra-city logistics, air logistics, high-speed rail logistics, and trunk land logistics are analyzed. The advantages and disadvantages of different transportation organization forms under different connection modes are analyzed. The timeliness and feasibility of the intra-city relay mode are verified through practical testing, and exploration experiences such as the logistics organization models for large hubs are proposed. [Result & Conclusion] Through research and practice, it has been found that: firstly, urban rail transit has the advantage of high timeliness in undertaking intra-city express delivery relay services in certain scenarios, and it proves the feasibility of the overall logistics organization. Secondly, in the design of high-speed urban rail transit hubs, the interconnection and interoperability of logistics functions should be fully considered, in order to achieve the trunk-to-node connection and transfer conditions for goods. Thirdly, the integration of the secondary express distribution center and the track yard can efficiently realize trunk land transportation connection, optimize and solve the last mile issues.

Key words urban rail transit; rail logistics; transportation mode; logistics connection

1 发展轨道物流的必要性

随着城市轨道交通网络密度的增加, 城市客运的高峰性及潮汐性客流特点决定了城市轨道交通在客运非高峰时期的高空置率。客运强度排名全国前列的深圳地铁, 非高峰期平均断面满载率也仅为 22%, 还有较大富余运能待利用。

从国际视角来看, 瑞士采用轨道交通系统来收

^{*} 国家铁路局科研项目 (KF2022-31)

集和运输垃圾;德国则研发了货运有轨地下物流系统;日本札幌利用地铁轨道进行快递服务;荷兰阿姆斯特丹则借助废弃的轨道来运输啤酒、服装和废纸等物品。同样地,我国各大城市也在积极探索将城市轨道交通应用于物流服务之中。

在学术研究层面,文献[1]针对中心城区的地铁换乘站,在综合考虑运输费用、中转费用、固定运营费用、管理费用及投资费用等因素后,建立了选址模型以优化中转节点的位置。文献[2]提出了在客流低谷期,快递公司与地铁站点进行协同配送的策略,构建了一个由“快递集散中心-地铁站点-客户需求点”组成的三级配送网络。文献[3]深入研究了基于城市轨道交通的物流配送系统、配送模式及其关键节点。然而,文献[4]的研究指出,在当前条件下,开展地铁货运业务仍面临诸多瓶颈,其开行条件尚不成熟。虽然国内外在这一领域的研究和应用颇多,但迄今为止,尚没有轨道物流网络化运营的成功案例可供借鉴。地铁具有独立路权、高覆盖、正点率高等优势,通过充分挖掘其运能及空间条件发展轨道物流,参与城市共同配送等共享模式,一方面可提升轨道交通可持续发展能力,另一方面也可减少大货车在城市穿行,助力交通减碳。由此可见,地铁在一定条件下兼顾货运是有可能的。

2 轨道物流应用场景及货物载运方式

结合轨道交通特点,轨道物流可适应 4 种应用场景:①为快递商贸企业提供市内运输接驳服务;②为轨道沿线货主提供同城配送业务;③承担交通枢纽节点间的特定物流转运服务;④承担应急情境下物资运输保障功能。

利用轨道物流富余运力组织物流运输,可采用捎带、专厢、专列等 3 种载运方式。捎带模式选择固定空间装载货物;专厢模式,可将首或尾车厢设置为货运专用车厢,与载客车厢采用软或硬隔离,在车厢对应的站台区域也设置相应的弹性装卸货区及输送通道;专列模式,满足大批量货物运输,该模式适用于地铁车辆基地到站或基地到基地的运输需求。

3 轨道物流组织模式的探索

物流供应链干线运输主要依靠航空、铁路、公路等,轨道物流可承担供应链环节中接力或部分替代城市端现有的公路集货、流转、配送,轨道物流的

发展将在物流运输模式重构“航空+轨道”、“铁路+轨道”、“公路+轨道”等新型干支配快捷物流链。研究提出轨道物流的应用主要有同城物流接力、航空物流接驳、铁路物流接驳及干线公路物流接驳 4 种模式。本文对轨道物流运输模式基于快递运输场景进行探索研究。

3.1 同城物流接力模式

同城物流的主要服务对象为同城配送、即时配送市场,映射至轨道组织模式主要有站对站、枢纽对站、基地对站等 3 种模式,经过研究及运营现场测试,全轨道网均具有同城物流的理论服务可行性。

深圳地铁与快递企业联合制定了站对站模式测试方案,选取深圳地铁 1 号线、3 号线、6 号线、11 号线(深圳地铁 1 号线后续简称为 M1,以此类推)4 条线路的 26 个站点分别沿本线测试,日均 3 000 张乘车票。经测试,原快递企业公路配送时效 18:00 达成率为 20%,利用轨道物流同城模式后,配送时效 18:00 达成率提高至 62%。

测试结果显示快递时效大大提升,但快递入轨道网的量级较难突破,主要受限原因为:①货物从站台垂直提升至地面的能力受限;②货物从快递网点短驳至地铁站点的成本高;③地铁站出入口运输接驳条件不佳。建议从以下几方面考虑提升轨道物流业务服务能力:①推动快递网点与地铁站点融合设置;②重视多线换乘枢纽站的物流功能预留,侧重于分拣区、快速换乘条件预留等;③重点考虑通达地面的垂直货运设备、暂存处理区、地面货场停靠区的设置等。

3.2 航空物流接驳模式

与航空物流接驳主要是对接可衔接机场的站点、基地,研究接驳及运输方案。结合深圳地铁的轨道网络条件,研究了基地到基地专列、站到站经停两种模式。

3.2.1 专列模式

接驳航空件基地到基地服务的主要形式有跨线专列、本线专列两种。

1) 跨线专列模式,研究提出从 M11 的机场北停车场至 M9 的侨城东车辆段,利用两条线路的联络线实现跨线运输。经分析,M9、M11 信号制式不同,列车运行模式需人工限速驾驶,存在行车安全风险,正常运营期间无法实现跨线专列运输。而夜间非运营期由于地铁运营正常的检修等计划性作业影响,仅能间隔性开展夜间跨线专列,难以契合

快递市场服务频次的需求。综上,现阶段由于无法实现互联互通,导致跨线专列的效率、频次均不满足物流运输需求,建议在新建线路中考虑各线路实现互联互通,既有线路如有改造按照互联互通考虑。

2) 本线专列模式,研究利用 M11 的福新停车场到机场北停车场开行专列运输。快件通过网点短驳至福新停车场,装车后发往机场北停车场,然后再短驳至 HUB(顺丰航空物流中心)或黄田中转场,运输路由如图 1 所示。该方案在机场北停车场拟选定装卸线进行物流装卸,但该装卸线没有供电设施(共性问题),无法实现运营列车直接到达该区域,建议在装卸线增加移动接触网,可兼顾装卸作业与物流作业。



图 1 利用 M11 专列运输的物流路由

Fig. 1 Logistics route using M11 dedicated train transportation

3.2.2 站到站模式

站到站模式主要发挥轨道稳定多频的组织优势与网络化优势,利用邻近机场的轨道站点进行集货、散货。以 M11 为例,M11 可覆盖顺丰 28 个网点,研究遴选出岗厦北站、福田站、车公庙站、后海站、前海湾站、碧海湾站、机场北站 7 个站点作为轨道物流收发点(见图 2)。以 M11 集货至航空端为例,快递网点将发往航空的快件短驳至遴选的轨道物流收发点,通过城市轨道交通运输至机场北站,然后再通过货车短驳至航空物流中心。该模式类似同城的点对点运输模式,实践验证可行。

3.3 铁路物流接驳模式

以深圳地铁西丽枢纽物流方案为例,西丽枢纽总规模 13 个台 25 条线,共引入赣深(赣州—深



图 2 利用 M11 站到站运输的选点

Fig. 2 Selected stations using M11 station-to-station transportation

圳)、深茂(深圳—茂名)、深汕(深圳—汕头)、深珠(深圳—珠海)4 条铁路,衔接深惠城际、深莞增城际,13、15、27、29 号线 4 条地铁。西丽枢纽物流方案设计了高铁、城际铁路和地铁之间的货物互联互通,包括物流作业功能条件及站外物流接驳能力。物流功能设计主要包括集货、集中分拣、二次分拣、接驳、暂存、拆建包、处理、轨道物流配送等,设置垂直提升及分拣中心、水平传输设备。如图 3 所示,以高铁转轨道的货物流线为例,高铁到达的货物经垂直提升设备至 2F 层的国家铁路(以下简称“GT”)

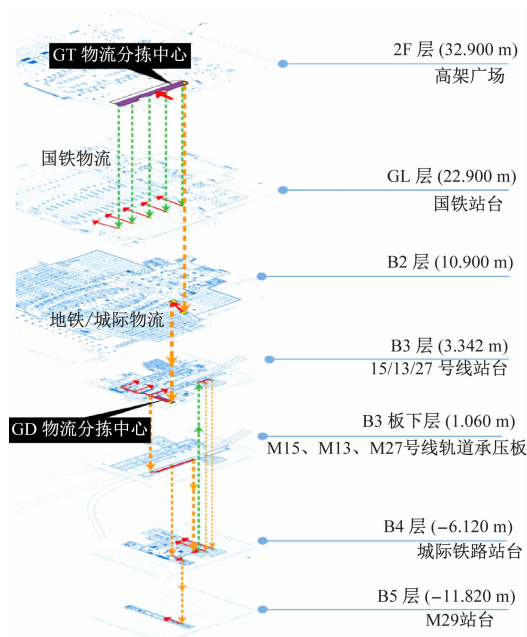


图 3 铁路+轨道运输流线示意图

Fig. 3 Flow chart of railway + rail transportation

物流分拣中心,分拣建包后经垂直提升设备至城市轨道交通(以下简称“GD”)物流分拣中心,再经水平传输转移及垂直提升设备分送至应转运的地铁或城际线路站台装车。该模式下可实现高铁、城际铁路、地铁间的换乘与接驳,可为大型枢纽发展物流运输设计提供参考。

3.4 干线公路物流接驳模式

与干线公路物流接驳,针对快递行业探索研究了联程、融合两种模式。联程模式采用地铁站与快递公司二级中转场接驳;融合模式采用地铁段场与快递公司二级中转场融合设置。下面以顺丰快递为例分别探讨两种模式。

3.4.1 联程模式

在联程模式下,顺丰从陆路或航空一级分拨中心分别利用公路将快件运送至4个二级中转场,经分拣后将适配轨道物流的快件运送至邻近的轨道站点,通过轨道运输配送至末端网点。如图4所示,以顺丰黄田中转场为例,快件到达黄田中转场后,根据快件目的地匹配M11、M1、M12线路,分别运

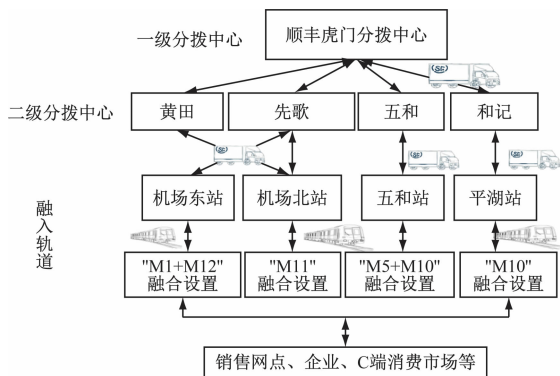


图 4 联程运输模式

Fig. 4 Joint-trip transportation mode

送至机场北站、机场东站,通过 M11、M1、M12 运送至线路各站点,由快递员在地铁站点取件进行配送。在该模式下,无须对顺丰的一、二级分拨中心进行调整,推动实施相对容易,但需要二级中转场再短驳至轨道站点,运输效率会有所降低。

3.4.2 融合模式

融合模式如图 5 所示,选择城市外围的段场与顺丰二级分拨中心融合,探索形成覆盖深圳“东-中-西”五纵结构的快速物流配送通道。该模式在地铁段场中配置装卸、仓储、分拣、包装、集散、转运等一体化组织功能,快递运输在原有运输模式基础上新增“二级分拨中心→地铁站→客户”的运输路径。不适用地铁运输的快件仍通过公路运输实现集散,可地铁运输的快件在段场内直接通过地铁运输实现集散。



图 5 融合模式布局示意图

Fig. 5 Schematic diagram of the integration mode layout

以深圳地铁某车辆段实施方案为例说明具体的融合方式。如图 6 所示,结合空间利用,选择最优路径,物资库(B 区)融合物流空间,设置货车停靠位等设施;选择利用车辆段内邻近的待修竣修线,新增物流装卸平台实现轨道侧物流装卸。该实例

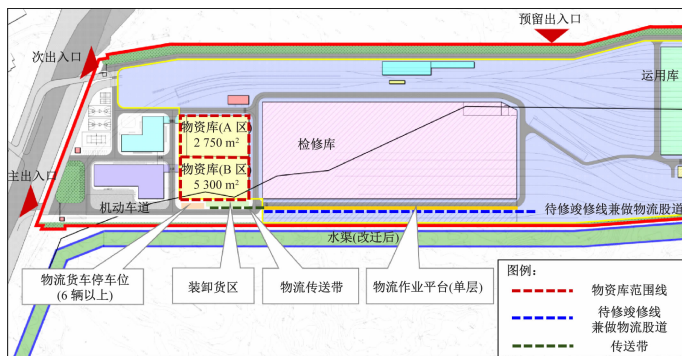


图6 融合设置模式设计方案

Fig. 6 Design scheme of the integration model

(下转第 164 页)

4 结语

考虑到综合交通枢纽的规划建设通常需要经过选址、综合规划、城市设计、建筑设计、工程设计等多个阶段,本文依托机场东枢纽的规划实践,主要基于城市设计及设计前阶段面临的关键问题和规划策略进行总结,明确了空铁枢纽的总体空间布局 and 交通组织模式,但难以涵盖枢纽规划建设全过程的经验,枢纽的详细布局方案有待在后续建筑设计、工程设计等阶段结合可实施性、多专业协调等因素进行深化研究。

参考文献

- [1] 深圳市交通运输局. 深圳铁路枢纽总图规划修编获批将新建西丽和深圳机场高铁站[EB/OL]. (2019-05-08)[2021-09-20]. http://jtys.sz.gov.cn/zwgk/jtjx/gzdt/content/post_4298063.html.
Shenzhen Transportation Bureau. The revision of the general plan of Shen-zhen railway terminal was approved to build Xili and Shenzhen airport high-speed railway station[EB/OL]. (2019-05-08)[2021-09-20]. http://jtys.sz.gov.cn/zwgk/jtjx/gzdt/content/post_4298063.html.
- [2] 民航机场规划设计研究总院有限公司. 深圳宝安国际机场总

体规划(2020年版)[R]. 北京:民航机场规划设计研究总院有限公司,2020.

Civil Aviation Airport Planning, Design and Research Institute Co., Ltd. Master plan of Shenzhen Bao'an international airport (2020 version)[R]. Beijing: Civil Aviation Airport Planning, Design and Research Institute Co., Ltd., 2020.

- [3] 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司. 国家铁路机场东枢纽规划研究[R]. 深圳:深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司,2018.
Shenzhen Urban Transport Planning Center Co., Ltd. Study on the planning of national railway airport east hub[R]. Shenzhen: Shenzhen Urban Transport Planning Center Co., Ltd., 2018.
- [4] 何建平,谭国威,许帆. 基于站城一体化开发的深圳西丽枢纽规划探索[J]. 城市轨道交通研究,2020,23(8):108.
HE Jianping, TAN Guowei, XU Fan. Planning of Xili hub based on integrated station and city development in Shenzhen city[J]. Urban Mass Transit, 2020,23(8):108.

· 收稿日期:2022-08-14 修回日期:2022-09-18 出版日期:2024-10-10
Received:2022-08-14 Revised:2022-09-18 Published:2024-10-10
· 通信作者:刘亚龙,工程师,1182973536@qq.com
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第159页)

中,以发送快件为例,路运货车进入段场后沿机动车道行驶,停靠至货车停车位进行货物装卸,在物流空间内完成分拣、打包等作业,适配城市轨道交通发送的快件沿蓝色路径,通过传输设备运送至装卸平台,装入地铁车厢,运送至各个收货地铁站点。

4 结语

综上,探索如何将城市轨道运输嵌入物流供应链是轨道物流能够大力发展的基础也是目标。本文从具体实践及运输模式研究分析了城市轨道交通接驳同城、航空、铁路、干线路运的部分问题及解决思路,针对不同接驳模式下的不同物流组织模式进行优劣分析,实践验证同城接力模式的可行性,提出大型枢纽的物流组织模式等探索经验,相关成果可为后续轨道交通行业发展物流提供参考。

参考文献

- [1] 米雪丽. 基于地铁的城市物流配送网络规划研究[D]. 兰州:兰州交通大学,2022.
MI Xueli. Research on urban logistics distribution network plan-

ning based on subway[D]. Lanzhou: Lanzhou Jiatong University, 2022.

- [2] 李铨钰. 快递公司与地铁协同配送快件的路径优化研究[D]. 大连:大连海事大学,2020.
LI Chengyu. Research on the optimization of express delivery path for the cooperation between express company and metro[D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2020.
- [3] 李润国. 基于城市轨道交通的物流配送系统及其节点研究[D]. 兰州:兰州交通大学,2020.
LI Runguo. Logistics distribution system based on urban rail transit and its application node research[D]. Lanzhou: Lanzhou Jiatong University, 2020.
- [4] 徐行方,刘薇. 轨道交通物流运输模式及其可行性探讨[J]. 交通与运输,2021,37(1):71.
XU Xingfang, LIU Wei. Transportation modes and feasibility of rail transit logistics[J]. Traffic & Transportation, 2021, 37(1):71.

· 收稿日期:2024-02-05 修回日期:2024-04-26 出版日期:2024-10-10
Received:2024-02-05 Revised:2024-04-26 Published:2024-10-10
· 通信作者:雷晓瑜,工程师,273900566@qq.com
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license