

基于地铁的结合式客货共运系统研究

张玉凤

重庆交通大学交通运输学院 重庆 400074

摘要: 为解决近年来地面物流带来的交通拥堵和环境问题,提出了地铁结合式客货共运系统,分析总结了地铁客货共运模式的国内外研究现状,分析了地铁结合式客货共运系统在运输、功能方面的需求性和约束性,确定依托地铁运输的城市地下物流系统采用客货共线且地铁外挂物流车厢的运营方式,并从运输网络、列车运营、站点装卸、管控系统四方面对地铁结合式客货共运系统进行设计优化。

关键词: 地铁; 客货共运; 系统设计

Research on combined passenger and freight transportation system based on subway

Yufeng Zhang

School of Transportation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074

Abstract: In order to solve the traffic congestion and environmental problems caused by ground logistics in recent years, this paper puts forward the subway combined passenger and freight co-transportation system, analyzes and summarizes the research status of the subway combined passenger and freight co-transportation mode at home and abroad, and analyzes the demand and constraint of the subway combined passenger and freight co-transportation system in terms of transportation and function. It is determined that the urban underground logistics system relying on subway transportation adopts the operation mode of passenger and freight co-line and subway external logistics cars, and the design optimization of subway integrated passenger and freight co-transportation system is carried out from the four aspects of transportation network, train operation, station loading and unloading, and control system.

Keywords: Subway; Co-transportation of passenger and freight; The system design

引言:

随着国民经济水平的快速发展,城市交通规模不断扩大,交通拥堵问题日益严重。缓解货物运输对城市交通的负担是解决交通拥堵的有效方法。而地铁是一种在地下运行为主的城市轨道交通系统,具有服务范围广、运输效率高、安全性好等特点。在这样的背景下,王都指出货物运输路线沿线大多开通了地铁,因此可以在客流量不大,地铁有冗余运力时对货物进行运输,将配送中心、地铁中转点和客户连接起来,结合时间窗对物流配送路径进行优化。Motraghi等^[1]通过对纽卡斯尔利用地铁运输货物的案例研究,发现地铁运输货物是可能的;2018年,陈梓毓^[2]结合南京地铁线网,从流通要素和技术层面阐述了地铁开展城市配运的可行性;一些研究则具体针对北京^[3]、重庆、上海等城市,分析了地铁运输货物的可行性。

对于地铁客货共运的形式,陈一村^[4]提出了地铁客货协同运输的三种可行方式,即客货共线中的地铁外挂物流车厢和单独物流列车组两种运营方式和客货分线运输方式。He等^[5]提出将货运车厢整体分离或通过单条传送带运送标准箱体来完成货运,该系统需要对地铁站体进行大面积改造并配合相应的机械结构。王小林等^[6]提出适用于地铁物流的分离式与结合式两种综合地铁站,并分析了地铁物流在施工技术、运营管理、经济建设等方面的可行性。

综合以上考虑,地下地铁运输存在着诸多优势,在货物运输方面,运送速度快、准时、安全,快天递运转即时性强,货物安全性高,而且对恶劣天气的适应性强,同时便于地铁通勤人员取件,降低了快递“最后一公里”运输压力^[7]。因此本文研究的地铁的客货共运,指的是不改变地铁的内部空间,在地铁末尾外挂货运车厢,在地铁

站设置转运仓库, 配备装卸设施与工具, 同时实现客运与货运的目的。从运输网络、列车运营、站点结构和装卸模式、管控系统对地铁结合式客货共运系统进行设计。

一、需求分析

1. 运输需求分析

地铁的线路和站点主要服务于商圈、社区等人口密集区, 主要是缓解城市通勤压力。而人口密集的地区对货物运输的需求。通过设计调查问卷发现, 企业对地铁货运的需求主要在补货需求和仓储需求两方面, 因为目前很多商户经常发生缺货, 35%的商户补货时间超过10小时, 因此借助地铁的运输准时性可以弥补缺货损失。而居民对地铁货运的需求主要是快递方面, 很多居民认为快递配送时间会和上班时有冲突, 这会导致收取快递不方便。所以当地铁可以进行货物输送时, 不仅可以利用地铁的时效性, 根据列车时刻表有计划收货, 还可以在站点设置快递服务窗口, 灵活收寄快递。

2. 功能需求分析

(1) 投资经济性

构建新的交通运输体系前必然要先考虑投资成本。地铁结合式客货共运系统依附于地铁网络, 投资项目主要集中在地铁站规划扩建、基础设施的增设、信息系统的升级等方面, 无需开通新的线路, 所以前期投资较小。并且地铁具有较高的自动化水平, 从而节省了人力成本和配送成本, 具有较高的经济效益。

(2) 运输安全性

首先, 地铁结合式客货共运系统能够在运输起点到运输终点过程中最大程度保证货物的质量和数量不会发生改变。对于货运车厢的连接形式而言, 因为参考我国已经存在的用于客运的8节车厢地铁, 所以在6节车厢后面拖挂两节车厢, 运营的安全性也可以保障。另外, 地铁结合式客货共运系统在遇到暴雨、台风等自然灾害或新冠肺炎等公共卫生事件后, 调整效率极高, 能够快速修复, 然后稳定运行。

(3) 运输效率性

地铁以人为主要的考虑因素, 连接了商业、社区等人口密度较大的地区, 而人口密度大对商品的需求也大, 所以地铁结合式客货共运系统保证了客流、物流的大致方向一致, 也为最大效率利用地铁运能创造了条件, 保证货物装卸的时间和乘客上下车的停留时间保持一致, 使服务效率最大化。并通过AGV小车在最短时间内完成货物的装卸, 结合统筹调度, 减少货物的装卸、分拣、运输、配送等作业的时间, 使货运过程具有时效性。

(4) 建设可行性

结合式客货共运系统能充分利用地铁站的空间, 不需要进行大规模的重建和改造工程, 因此相较于其他模

式而言在前期工程建设上具有明显优势。并且在改建地铁站的过程中, 有实际改建工程可以参考, 比如天津地铁1号线既有线改建工二纬路站等, 这些工程的施工技术也比较先进和成熟, 极具参考价值。

(5) 环保性

相较于传统货物公路运输的高燃油高消耗, 地铁运输方式使用清洁能源, 污染小, 绿色环保, 节省能源, 有利于推动新型综合交通体系的发展。并且据统计, 地面上60%的车辆从事货物运输, 地铁结合式客货共运系统能够分担地面交通的物流部分, 缓解货物对城市交通的负担, 有利于解决交通拥堵, 减少安全事故的发生。

二、客货共运系统约束

(1) 地铁结合式客货共运系统没有普适性。一是地铁结合式客货共运系统只能够在建设有地铁网络的城市可以投入使用。二是地铁线路连接的是商业区、住宅区、办公区, 而郊区的一些工业区、农业区的货物运输需求可能得不到满足。轨道运输与地面交通运输相比, 缺乏末端配送的灵活性, 不能够实现送货上门的配送服务。因此它只能作为现有配送方式的补充, 结合传统地面运输, 提供配送服务。

(2) 地铁客货共运模式对客运和货运的协调难度较大。轨道交通是公共资源, 主要服务于乘客, 若同时进行货物配送, 在业务系统和资源的使用上都会构成竞争。并且对地铁系统的智能化、服务人员的专业化、设备的机械化要求更高。在原有客运区域增设货运通道、中转仓等设施也会降低乘客乘车的满意度。

(3) 构建地铁结合式客货共运系统的投入成本主要是增设货运车厢、专用货运通道、货运电梯、专业货运工作人员和配套的转运仓库等设施, 尤其是如果需要改建地铁站台, 也要投资巨大的改建费用, 成本方面的消耗较大。

(4) 地铁作为客运工具, 安全问题应该处于首要位置, 因此对运输货物的要求更加严格, 一些易燃易爆、有腐蚀性的化工品等危险品都无法通过地铁运输。

三、地铁结合式客货共运系统

1. 运输网络

地铁结合式客货共运系统运输网络是依托城市地铁线路的网络, 连接地铁运输线路中临近的物流园区、场站等配送中心和人口密集的居民区或办公楼等配送终点, 完成货物的初级发货, 实现城市郊区到市中心的客货双向运输。

2. 列车运营

国内建设有不同车型的地铁, 其车厢数量也有差别。车编组一般包括8节车厢、6节车厢和4节车厢三种类型。有很多建设完成的6节货运系统中, 站台层设计的也是

以8节车厢的标准完成的,所以有很多富裕空间可利用。这里在6节车厢后附加两节货物车厢,形成“6+2”结合式客货同运地铁列车。地铁列车几乎全部采用A型列车(长22.8m,宽3米,高3.8米),本文以此为标准,货车车厢内不再设置座椅,二是设计8个2.2m*2.8m*2.5m规格的货物存储单元格用来存储货物。

地铁可以利用白天运营期间的非高峰时段以及晚上的停运时段。但夜间地铁都进行日常维保作业,列车的安全检修必不可少,可在维保作业完成后进行货物运输。在这个时间段内没有客运影响,货物运输效率较高,能够完成货运量的70%左右。白天进行货运的时间段影视早晚高峰间隙和晚高峰过后。早高峰中间时段(9:00-17:00)需要协调客流与物流,是白天货运的主要时段,能够承担日常货运量的25%左右;晚高峰过后至停运前,出行的乘客数量变少,无法及时完成货到人的分配,这一时段可以运输加急货物,这一时段的货物量占日常货物量的5%左右。

根据客流量变化灵活改变客货车厢。客货高峰期可将部分货运车厢换为客运车厢,来增强地铁的客运能力。客流低谷期时可以将部分客运车厢换为货运车厢,来提高地铁的货运能力。但是地铁的主要功能仍是进行客运,在提高货运能力的同时,要充分保障这个时间段内的客运活动正常进行。同时在夜间可以考虑增设专用地铁列车作为物流专用车。

3. 站点装卸

很多地铁站都有预留空间利用,可直接划分为临时中转仓区域,如果没有预留空间,需要对地铁站进行规划改造。并在原有客运区旁边设置小面积AGV通道,在列车车厢即将到站时,货运车厢将信息传递给控制中心,控制中心指派AGV小车到达指定位置,在货运车厢到达后与其进行接驳装卸货物。然后通过货运电梯将货物转运到站厅层的临时中转仓区域内。临时中转仓区域包括卸货区和装货区,通过运输机构与地面配送中心连接。

此外,可以考虑在地铁站进行物流的多式联运。首先在地铁站站厅层建设配送中心,配备大型升降机等基础设施,当面向各物流企业的物流车辆到达后,通过升降机将或者运至地铁站台层,衔接地铁货运车厢,直接进行货物的装卸作业,这样就大大减少了装卸时间,有利于提高物流“最后一公里配送”效率。站台层还可以设置等待区域和服务窗口,便于物流车辆过多时进行集中安排等待。

4. 管控系统

因为地铁要同时实现客运和货运,所以对地铁的整个系统有更高的管控要求。需要完善原有的地铁客运系统并增设货运控制系统,以实现信息的实时反馈、设备

的协调控制和列车的准确调度等。

新增货运信息的实时反馈。地铁设有监控中心对列车进行实时监督,在增加货运业务后,每个智能物流箱也配备RFID电子标签,并在每个地铁站点安装阅读器,每个阅读器在读取物流箱上的信息后传递给监控中心的计算机,监控中心便能获取完成信息的监控和数据的存档。

实现突发事件下的准确调度。每趟列车出发时,监控中心都会通过调度算法规划出运输路线,将运输信息输送到物流箱的RFID标签内,并控制着各站点的设备。当货物运输过程中设备出现故障或发生应急事件需要更改运输路径时,调度系统就会及时RFID标签内的原有信息,修改运输路径。

完善装卸的控制系统。在地铁即将到站时,物流调度系统的信息会通过以太网接口从通信出口发送到各个站点的控制器。控制器接收到到站信息后,派发AGV小车到指定位置,准备装卸货物。

四、总结

城市的交通拥堵问题日益严重,地铁结合式客货共运可以作为缓解交通拥堵、解决物流运输瓶颈的手段,能够极大地提高货运效率,促进城市经济可持续发展。并且通过对系统内运输网络、列车运营、站点结构和管控系统优化设计,加上现代成熟的施工技术、大数据技术等,地铁的客货协同不存在重大障碍。虽然系统运作仍会面临各种各样的问题,但对未来交通发展有着不可忽略的意义与作用。

参考文献:

- [1]Adam Motraghi and Marin Varbanov Marinov. Analysis of urban freight by rail using event based simulation[J]. Simulation Modelling Practice and Theory, 2012, 25 : 73-89.
- [2]陈梓毓.南京地铁开展城市配送的可行性研究[D].南京大学, 2017.
- [3]王都.铁路特种货物物流网络构建及运作研究[D].北京交通大学, 2008.
- [4]陈一村,董建军,尚鹏程,陈志龙,任睿.城市地铁与地下物流系统协同运输方式研究[J].地下空间与工程学报, 2020, 16(03): 637-646.
- [5]He K I, Shao J P, Liu Y B, et al. Conceptual design of rail transit based urban logistics delivery system [A]// 6th IEEE International Conference on Industrial Informatics[C]. 2008: 221-226.
- [6]陈一村,董建军,尚鹏程,陈志龙,任睿.城市地铁与地下物流系统协同运输方式研究[J].地下空间与工程学报, 2020, 16(03): 637-646.
- [7]杨立春.重庆利用轨道交通开展城市配送的研究[D].重庆:重庆工商大学, 2011.