

多网融合下轨道交通一体化客运模型关键技术

曹志杰

北京市地铁运营有限公司运营二分公司, 中国·北京 100043

摘要: 为了加快轨道交通一体化客运模型构建的步伐, 推动城市轨道交通发展进步, 此次研究从多网融合角度出发, 对轨道交通一体化客运模型关键技术进行了研究, 运用理论分析与文献研究法, 整理出轨道交通一体化客运模型关键技术科学应用的方案, 以期多网融合下轨道交通一体化客运模型关键技术价值发挥与轨道交通体系完善探索提供参考。

关键词: 多网融合; 轨道交通; 聚集效应; 交通需求融合; 预测模型

Key Technologies of Integrated Passenger Transport Model for Rail Transit under Multi Network Integration

Zhijie Cao

Beijing Subway Operation Co., Ltd. Operation Second Branch, Beijing, 100043, China

Abstract: In order to accelerate the construction of integrated passenger transport models for rail transit and promote the development and progress of urban rail transit, this study starts from the perspective of multi network integration and studies the key technologies of integrated passenger transport models for rail transit. Using theoretical analysis and literature research methods, a scientific application plan for the key technologies of integrated passenger transport models for rail transit is compiled, in order to provide reference for the value of key technologies in integrated passenger transport models for rail transit under multi network integration and the exploration of the improvement of rail transit systems.

Keywords: multi network integration; rail transit; aggregation effect; integration of transportation demand; prediction model

0 前言

多网融合下轨道交通一体化客运模式关键技术研究, 是城市现代化发展, 城市交通拥堵问题改善与安全通行的重要内容。尤其是近些年, 城乡一体化建设持续深化, 轨道交通覆盖面积增加, 轨道交通面临更多挑战。基于此, 轨道交通建设拓展与创新研究中, 积极利用多网融合优势, 打造轨道交通一体化客运模型, 以一体化理念, 完善轨道交通运行体系, 提升轨道交通服务水平。多网融合下的轨道交通一体化建设, 更注重人性化与信息化服务, 为轨道交通客运动、高效创造了有利条件。

1 多网融合下轨道交通一体化客运模型构建背景分析

1.1 轨道交通网络持续升级

信息化时代的到来, 城市轨道交通不断升级, 积极应用信息技术, 打造更完善的轨道交通体系。目前, 轨道交通网络正处于“干线连通”转型阶段, 逐渐向“多网融合”靠拢。根据对中国部分区域轨道交通发展调研, 发现近 20 年内, 中国的轨道交通网络里程持续增加, 目前已经 $\geq 3944\text{km}$, 并且网络密度已经达到 $10.74\text{km}/\text{km}^2$ 。中国当前的轨道交通网络密度已经远超德国、日本等国家。

特别是近些年, 科学技术迅速发展, 信息技术覆盖范围扩大, 城市之间的交通需求增加, 加上跨市商务越来越频繁, 轨道交通目前正处于“通行频次高、通行中短距”的阶段^[1]。但是轨道交通实际通行中, 存在结构性短板的问题, 并且轨道交通中间层次网络不完善, 因此对完全满足高频商务与通行便捷等方面还存在距离。正因为如此, 需加快多网融合构建力度, 不断完善轨道交通体系, 在此基础上, 为城市间的有效互动与要素流动等创造更有利的轨道交通条件。

1.2 轨道交通枢纽发展迅速

随着城市轨道交通规划的升级, 加上轨道交通网络技术创新, 近些年现代化轨道交通枢纽不断增加, 轨道交通一体化成为研究的热点, 既能够满足交通综合体的需求, 又可以以为“多元城市功能”强化提供助力^[2]。由此可见, 轨道交通一体化客运模式的建设, 是城市可持续发展、低效空间向高效空间过渡的重要动力, 能够有效提升城市的客流集聚性优势, 为轨道交通的单站辐射传统模式转变为大范围、多站辐射做好准备。在轨道交通枢纽迅速发展基础上, 一定要持续深入地对一体化客运模型关键技术进行研究, 不断挖掘多网融合下一体化客运模型在轨道交通中的价值。

1.3 轨道交通集聚效应不到位

轨道交通作为城市建设中的重要组成, 在城市发展中能够发挥集聚效应, 同时扩大城市的经济辐射范围, 提高经

济发展水平。虽然近些年轨道交通枢纽建设力度加大,而且轨道交通沿线增加,但是不同城市的跨度空间不同,加上客流稳定性等会受到诸多因素影响出现变化,所以轨道交通的集聚效应发挥不完全,导致轨道交通的经济辐射带动作用下降^[5]。面对这种情况,以多网融合视角下,打造轨道交通一体化客运模型,提升轨道交通网络运行的时效性,对枢纽地区、客流频次多地区等进行多层次引导,有效激发轨道交通的集聚作用,为城市运行提供更有利的人流、信息流等交通条件,积极对枢纽辐射作用进行阶域延伸。

2 多网融合下轨道交通一体化客运模型关键技术分析

2.1 轨道交通一体化客运模型体系设计

多网融合下的轨道交通建设,关系着城市交通发展与轨道通行规划等,多网融合下为轨道交通一体化客运模型构建创造了有利条件,打破传统“单一轨道运输”局限,增强城市轨道交通的枢纽功能。基于此,以多网融合条件为背景,对轨道交通一体化客运模型进行全方面设计。一体化客运模型中,涉及轨道交通的多个阶段,如设计阶段、建设阶段、运用阶段等,因此一体化客运模型构建必须做好组织分工,保证各个环节衔接到位,对轨道交通资源科学配置与共享。对此,轨道交通一体化客运模型,必须遵循“以人为本”的原则,一体化客运体系设计不能脱离客运轨道交通整体,并且在城市交通规划范畴内进行。

2.2 轨道交通一体化客运模型关键技术

多网融合下轨道交通一体化客运模型的构建,虽然具有信息化优势,但是实际建设中依然面临诸多挑战。轨道交通一体化客运模型设计中,模型架构主要涉及大数据平台、交通方式网络体系以及轨道交通运行需求预测等,对此需着重解决以下技术。

2.2.1 多层次轨道交通设施融合技术

轨道交通一体化客运模型构建中,多层次轨道交通设施融合技术为关键技术之一,以相互联通的设计原则,在同一平台上设计融合多层次网络,支撑轨道交通不同维度的信息互联,打造轨道交通一张网模式^[4]。该技术在应用中,关键在于打破轨道交通一体化建设中的阻抗,升级客运基础设施,完善轨道交通网络体系,实现轨道交通一体化客运模式下交通的实时分布与线路灵活规划等。

2.2.2 多维度轨道交通需求融合技术

多维度轨道交通需求融合技术,在轨道交通一体化客运模型构建中,协助一体化客运模型实现不同距离下的轨道交通运行,有效协调长距离、短距离交通需求颗粒度的平衡。该技术在应用中,核心在于对轨道交通不同运行条件下的需求精准计算,保证轨道交通一体化客运模型的基础分配信息准确、有效^[5]。

2.2.3 轨道交通多方式博弈技术

轨道交通一体化客运模型构建,并非局限于单一的交通模型,而是属于综合性、多样化的运输模型,围绕四大运输体系进行延伸,其一为公路运输体系;其二为铁路运输体系;其三为航空运输体系;其四为水运运输体系。正因为一体化客运模型具有综合性特点,所以需要依靠轨道交通多方式博弈与竞合相关技术,保持不同交通运输体系的合理竞争与有效互联。轨道交通一体化客运模型中,不断寻求不同交通模式下的互通合作,同时还要对轨道交通运行空间展开阶域拓展,方便一体化客运模型对所有交通运输行为精准溯源。

2.3 轨道交通一体化客运模型关键技术的具体应用

2.3.1 多层次轨道交通设施融合关键技术的应用

该技术在应用中,需根据轨道交通一体化客运模型建设要求,提前整理出模型构建的基本要素,这样才能保证多层次轨道交通设施融合技术应用价值的正常发挥^[6]。轨道交通一体化客运模型的构建,需要以轨道交通网络为支撑,多层次轨道交通设施融合技术是轨道交通网络的关键技术,具体构建应用中涉及3个要素。第一为物联网要素,如城市轨道交通、城际铁路等,轨道交通一体化客运模型构建中,会根据交通线的划分与交通枢纽的设置等对物联网进行融合。第二为轨道系统,包括多种系统形式,如地铁系统、地铁+市域系统、市域+城际系统、城际+铁路系统等,轨道系统将不同系统的收费、信息管理、联网互通等进行一体化管理。第三为线路,以轨道交通一体化客运需求,提前规划好线路走向,在此基础上,从法定线路、跨线运营线路两方面定义轨道行车的组织。

2.3.2 多维度轨道交通需求融合技术的应用

轨道交通一体化客运模型构建,多维度轨道交通需求融合技术是适应多网融合条件,满足一体化客运精细化管理的关键技术。基于多网融合探索现状,需改变交通运行需求预测中常用的四阶段法手段,以多维度对交通一体化需求进行针对性预测,既可以提高一体化客运模型的运行效率,又可以有效控制轨道交通运行密度。多维度轨道交通需求融合技术在应用中,需根据一体化客运模型实况,构建不同维度的预测模型。

①市域需求方面的预测模型。

市域需求预测模型的构建,以城市内部交通为出发点进行预测,预测中分别建设人口、收入、用车三个分析模型,分析方法延续传统预测中的四阶段法。透过不同维度模型的预测,得到轨道交通一体化客运的需求,分时段设计交通管理方案。

②都市圈需求方面的预测模型。

轨道交通一体化客运模型构建中,多维度轨道交通需求融合技术还体现在都市圈需求方面的预测。该维度预测模

型的构建以重点团组为对象,利用大数据技术与数据统计分析技术,在模型中进行稳态出行模拟,同时融入偶然因素,呈现出动态活动的变化模型。如此实时了解都市圈中的职住分布与人口空间等,同时还可以随时对生成链进行计算,根据模型结果获取都市圈轨道交通需求。

③区域需求方面的预测模型。

区域需求方面的预测模型,主要围绕城市间轨道交通运行展开,以城市引力模型为基础,整合城市经济、人口、交通基础设施等参数,搭配引力模型获取交通现状数据,根据交通现状数据对城市轨道交通区域需求进行预测。预测模型运行中,还需要明确价格、线路规划、便利性因子等条件,分别从多个方面预测与划分。

三种多维度轨道交通需求预测模型的构建,因为交通需求颗粒度存在明显差异,所以为增加预测的准确性,在预测模型中还需要应用加权分步法,根据交通需求颗粒度具体条件对预测需求进行拆分,筛选出同一类型的交通需求颗粒度,并在迅速展开交通分配。具体如下:

$$b_{ij} = a_{ij} \frac{W_i^{(1)} W_j^{(2)}}{\sum_{l \in \text{Index}(I)} \sum_{k \in \text{Index}(J)} W_i^{(1)} W_j^{(2)}}$$

式中, b_{ij} 为多维度轨道交通需求预测模型中的输出矩阵,包括 $i \times j$ 小区; a_{ij} 为模型中的输入矩阵,包括 $I \times J$ 大区; $W_i^{(1)}$ 为多维度轨道交通需求预测中小区权重因子; $W_j^{(2)}$ 为多维度轨道交通需求预测中大区权重因子。Index(I) 与 Index(J) 为小区、大区数值索引。根据加权分步法,详细分析不同层次轨道交通旅客的出行需求,包括出行时间、出行距离、出行方式选择等。结合大数据分析不同维度的拆分、重叠等处理,挖掘旅客出行规律和潜在需求,为客运模型的优化提供依据。不仅如此,多维度轨道交通需求预测模型的构建,还能够优化列车开行方案,调整发车间隔、停站设置等,以满足不同旅客的出行需求,通过客运模型模拟轨道交通与其他交通方式的竞争与合作,提高轨道交通的整体吸引力。

2.3.3 轨道交通多方式博弈技术的应用

轨道交通多方式博弈技术在轨道交通一体化客运模型构建中的应用,主要是从竞争关系与合作机制两方面展开。多网融合下的轨道交通,因为多维交通模式的互联互通,所以必然会存在交通需求竞争。这期间就需要巧妙地运用轨道

交通多方式博弈技术,协调不同交通模式下的竞合关系。分析轨道交通与其他交通方式(如公交、出租车、私家车等)之间的竞争关系,找出各自的优势和劣势。通过客运模型模拟不同交通方式之间的竞争态势,客观梳理不同交通方式下的竞争优势,尤其是多层次轨道交通体系完善基础上,打破传统模式喜爱的服务信息获取不及时、信息分析不全面等局限,利用综合运输网,为制定科学合理的轨道交通政策提供参考。再者,构建轨道交通枢纽接驳与客流溯源模型,借助枢纽客流溯源技术,详细模拟轨道交通客流的来源和分布,为轨道交通系统的运能分配和资源配置提供精准指导。实现轨道交通出行全流程追溯,包括购票、进站、乘车、换乘、出站等各个环节,为旅客提供全方位、便捷化的信息服务,提高旅客出行满意度。建立完善的轨道交通互联互通合作机制,如一体化客运模型中的票务互认、换乘优惠等,实现轨道交通与其他交通方式的高效衔接,促进综合交通体系的发展。

3 结语

综上所述,通过对多网融合下的轨道交通一体化客运模型关键技术研究,对多网融合发展现状与轨道交通面临的挑战有了更准确的认识,同时积极抓住多网融合为轨道交通发展提供的发展机遇,构建更全面与系统的一体化客运模型,针对多层次轨道交通设施融合、多维度轨道交通需求融合、轨道交通多方式博弈等关键技术进行深层次研究,明确关键技术的应用方向,为轨道交通一体化客运模型的构建奠定基础。

参考文献:

- [1] 胡康琼.基于长三角一体化的上海轨道交通融合发展策略[J].城市轨道交通研究,2024,27(1):6-1016.
- [2] 张子佳,王立锋,钟璧楠.基于轨道交通站点的三网融合发展策略研究——以杭州市为例[J].城市公共交通,2023(12):54-59.
- [3] 李依娜,孟学雷,秦永胜,等.多网融合条件下市域列车开行方案编制方法[J].交通信息与安全,2023,41(2):129-138.
- [4] 吕文龙,韩臻,麻吉泉.轨道交通“三网融合”跨线运行的方案分析[J].自动化仪表,2022,43(7):61-66.
- [5] 张福景,张立斌,刘佳.以太网络拓扑在轨道交通车辆中的应用分析[J].铁道机车车辆,2021,41(2):77-80.
- [6] 李崇旦.杭州市轨道交通TOD(交通引导发展)模式的探索与实践[J].城市轨道交通研究,2021,24(9):1-413.