

基于功能分类的城市轨道交通系统需求

魏 运^{1,2} 许双牛¹ 任 静¹ 杨 珂¹

(1. 北京城建设计研究总院有限责任公司 北京 100037;

2. 东南大学 ITS 研究中心 南京 210096)

摘 要 分析我国城市轨道交通系统发展及其类别,结合城市对轨道交通的需求,提出运量和速度两个维度的城市轨道交通需求矩阵;针对城市轨道交通的特征及适应性,从满足城市交通功能角度出发,提出我国城市轨道交通系统的发展方向及建议,期望能为我国城市轨道交通技术发展提供理论指导。

关键词 城市轨道交通;功能需求;系统分类

中图分类号 U231 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2013)01-004-04

1 我国城市轨道交通系统现状

自1965年修建北京地铁一期工程以来,我国城市轨道交通已有近50年的发展历程,取得了举世瞩目的成就^[1]。截至2012年4月,我国大陆地区已有北京、上海、天津、广州、长春、大连、重庆、武汉、深圳、南京等15个城市57条线(包括广佛线)投入运营,正线线路总长1 768 km。根据国务院已批复的近期轨道交通建设规划(规划年度一般约为6~9年),全国已有29个城市获得批复建设,在建总里程超过1 600 km,至2020年线路规划总里程将达6 100 km。

经过多年的发展,我国的城市轨道交通系统制式也已呈现多样化的特点,除传统的地铁和轻轨外,还有直线电机、跨座式单轨、中低速磁悬浮、有轨电车等多种车辆制式,世界轨道交通的主要形式和系统在我国基本已采用^[2]。总结过去1 700 km的发展经验,我国城市轨道交通在系统制式多样和技术不断更新发展的

同时,也暴露出一些突出问题。在轨道交通系统选型以及如何发展适合我国交通需求的城市轨道交通方面遇到了困难。城市的发展是多样性的,不同区域、不同走廊所需要的交通系统是不同的。城市轨道交通系统的发展及选型应该以城市交通需求来决定车辆类型的发展,而不应局限于现有车辆制式对城市所提供的服务。因此,有必要基于对城市功能的分析,进一步梳理我国城市轨道交通系统的发展需求,建立完善的系统等级体系,并研发相应的成套技术,为不同层次的轨道交通体系提供完善可靠的技术支撑。本文旨在通过对城市轨道交通功能的适应性分析,从功能需求角度寻求适应我国城市轨道交通系统制式发展的方向,为我国城市轨道交通系统的健康可持续发展提供理论参考。

2 基于功能分类的系统需求研究

2.1 功能适应性区划

城市轨道交通的发展应该服从于城市对交通的需求,不同城市及城市的不同交通走廊所具有的交通特性是不同的,故而对交通模式的需求也是不同的。分析国外发达城市轨道交通的发展发现,轨道交通与城市的协调发展是保持交通可持续发展的关键。不同层次的轨道交通线路提供不同区域的交通服务,下面从城市的不同功能区划来分析城市轨道交通系统的发展需求。

2.1.1 都市区

随着特大城市的发展和城镇化率的不断提高,在特大城市外围的特定范围内,与城市临近的城镇之间已经逐步呈现出同城化的经济地带,并已突破行政区划概念的限制,在一定的区域范围形成都市圈层。在该圈层,随

收稿日期: 2012-01-06 修回日期: 2012-03-06

作者简介: 魏运,男,博士研究生,主要研究方向为城市轨道交通规划、交通信息工程与控制, luckyboy0309@163.com

基金项目: 北京市科委科技重点项目(D101100049610000)

着同城化、区域一体化趋势的增强,为解决该圈层交通拥堵、环境、城乡一体化及能源等问题,需要发展用于长距离、快速的客运交通服务系统(如东京市郊铁路),最高速度在 120 ~ 160 km/h,旅行速度一般为 60 ~ 80 km/h,运量大,站间距大,可以解决 100 km 半径圈内的快速交通出行,以转变汽车驱动的“摊大饼”式的城市发展模式,促进交通的可持续发展。我国长三角区域、珠三角区域及京津塘区域均有发展该交通系统的需求。

2.1.2 市域

城市的快速扩大,给城市外围带来的是卫星城市的大量建设,城市进一步向远端组团式发展。这种市域范围内的组团间的交通需求逐步加强,该范围属于冯杜能圈层理论的中圈层以内地区。在该功能区内,由于面积大、居民出行距离长,且人口密度远远高于郊区(外圈层),因此应该发展中长距离、快速的城市客运交通系统(如巴黎的 RER 系统),最高速度在 120 ~ 160 km/h,旅行速度一般为 40 ~ 60 km/h,运量大,发车密度高,可以解决 50 km 半径圈内的快速交通出行。我国的直辖市以及部分省会城市具有这种需求。

2.1.3 主城区

主城区是整个城市核心功能与职能的载体,其地价远高于中圈层和外圈层,成为居民经济、文化、商业等活动的主要集聚地,交通拥堵严重,需要发展大运量、密间距、占地少的轨道交通系统。大运量、中速的轨道交通系统(如地铁及轻轨系统)是解决该类交通的最佳选择,最高速度为 80 ~ 100 km/h,旅行速度一般在 30 ~ 40 km/h 之间,运量大,发车密度高,基本为地下全封闭系统,能解决 20 km 半径圈内的通勤出行。目前,我国已运营的 15 个城市 57 条线路,里程近 1 800 km 基本为该类系统,并且未来这种系统的建设需求仍然巨大。

2.1.4 组团内

在大城市的新城组团内部或中小城市的主要交通走廊也有发展大运量城市轨道交通的需求,但相比其他区域,其高峰断面客流不大,还未达到地铁级的运量。为了适应这种层次的交通需求,并实现与高一等级运量系统间的衔接,发展中低运量、环境友好的轻轨或有轨电车系统的需求巨大。这种系统旅行速度一般小于 30 km/h,高峰断面不大于 2 万人次/h,主要解决组团内部或次要走廊的交通出行,实现组团与主干交通网的合理配合。在欧洲发达城市,新型有轨电车已成为城市交通的一种潮流,成为各国城市建设的一项重

要基础设施。目前,我国的北京、天津、沈阳、大连等城市同样开始重视有轨电车的发展。今后一段时期,大力发展现代有轨电车、APM 等小运量轨道交通制式的绿色交通体系将成为趋势。

2.1.5 功能适应性区划分析

按照圈层理论,在城市的不同功能区形成了对轨道交通不同的需求,在城市主城区,主要由大中运量的轨道交通系统提供服务(如地铁、轻轨);在市域范围,主要由中长距离的大高运量快速轨道交通系统提供服务(如市域快线等);在远郊区(都市圈),主要由长距离大中运量快速轨道交通系统提供服务(如市郊铁路、城际铁路等),具体需求如图 1 所示。

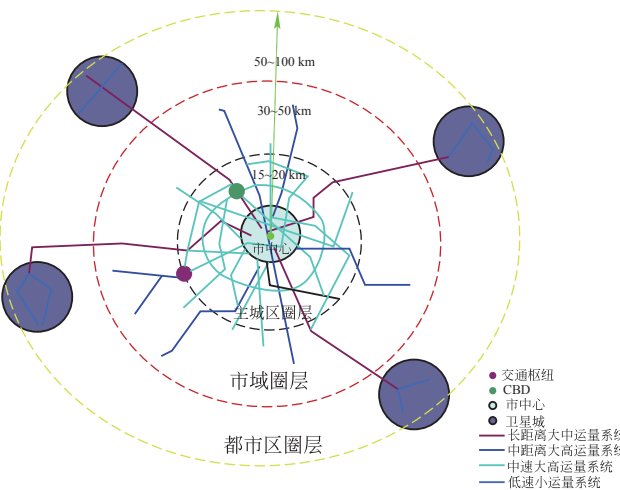


图 1 不同功能区域的轨道交通需求

2.2 系统发展需求矩阵

《城市轨道交通工程项目建设标准》按运量等级把我国城市轨道交通系统划分为 3 个类别:高运量、大运量及中运量,具体系统技术指标见表 1^[3]。

表 1 《城市轨道交通工程项目建设标准》中的系统分类

线路运能分类	I	II	III	IV
	高运量	大运量	中运量	
	(钢轮钢轨)		钢轮钢轨/单轨	
线路形式	全封闭型			部分平交道
列车最大长度/m	185	140	100	60
单向运能/(万人次/h)	4.5 ~ 7	2.5 ~ 5	1.5 ~ 3	1 ~ 2
适用车型	A	B 或 L _b	B、C、L _b 及单轨	C 或 D
最高速度/(km/h)	80 ~ 100			60 ~ 80
平均站间距/km	1.2 ~ 2			0.8 ~ 1.5
旅行速度/(km/h)	35 ~ 40			20 ~ 30
适用城市城区人口规模/万人	≥300		≥150	

该分类对3类系统的主要目标和技术标准进行了描述,对确定城市轨道交通的系统规模、系统配置水平、投资以及制定发展政策具有重要的指导意义。该标准解决的主要是主城区范围内城市轨道交通的相关标准问题。随着城市轨道交通的发展,许多系统按照城市的实际交通需求和技术所确定的主要系统目标(如旅行速度、线路长度等)可能超出了该标准的涵盖范围,并且该分类方法的粒度偏大,不好掌握分类标准,具有进一步细化的必要。

通过对城市不同功能区划的分析,对比《城市轨道交通工程项目建设标准》对城市轨道交通系统的划分,笔者从运量和速度两个主要维度,同时参考客流特征(线路平均乘距)及站间距等参数,列出城市轨道交通系统的需求划分矩阵,将城市轨道交通分为4级(按旅行速度划分)4等(按线路最大断面输送能力划分),来分析我国城市轨道交通的发展需求,见表2。

表2 我国城市轨道交通系统需求划分矩阵

旅行速度等级/(km/h)	运量等级/万人次			
	高运量	大运量	中运量	低运量
	大于5.5	4.5~5.5	2.5~4.5	1.5~2.5
60~80	无	新系统1: 如市郊铁路等		无
40~60	新系统2: 如市域快线等		无	无
30~40	可选系统: 6A以上 编组	可选系统: 4A或6B 以上编组	可选系统: 4B或6C 以上编组, 磁浮、单轨、 直线电机	无
小于30	无	无	新系统3: 如有轨电车等	

1) 新系统1。该系统主要解决长距离、快速的交通出行,是旅行速度在60~80 km/h的轨道交通运输系统,可以突破城市轨道交通概念的范围。适用于特大城市1 h交通圈的骨干系统,一般以地上敷设为主,设岔线与越行站。高峰小时断面单向最大客流应在2.5万人次以上,平均乘距一般大于20 km,平均站间距大于5 km。线路主要与城市交通枢纽、副中心、卫星城和外围城镇相连,是支撑我国城市长距离轨道运输的关键系统,运量主要处于大运量、中运量之间,应研究与该运量级别相适应的载运系统及相关配套技术。

2) 新系统2。该系统主要解决中长距离、快速的

城市客运交通出行,是旅行速度为40~60 km/h的城市轨道交通运输系统。适用于大、中城市市域范围内轨道交通网络中的快线,服务于0.5 h交通圈内的高密度出行,一般是中心以地下敷设为主,外围以地上敷设为主。平均乘距一般大于15 km,平均站间距大于2 km。主要连接城市近域重要组团、主要交通枢纽、城市中心以及中心商务区。主要目的是提高次级网络的效率,适用于高速、中速、低速系统的换乘客流,线路应与中速、低速网络实现便捷的枢纽换乘。其运量等级应在高运量和大运量之间,应研究与该运量级别相适应的载运系统及相关配套技术。

3) 新系统3。该系统主要解决组团内及区域走廊的中小运量出行,旅行速度一般低于30 km/h,主要适用于我国大、中城市辅助线路以及小城市的骨干线路,如现代有轨电车系统等。目前,该层次系统在我国已有部分应用。由于该种系统的研究较晚,相应的应用系统较少,仍然需要加强该运量等级承载系统及相关配套技术的研究。据估计,我国对该种系统的需求城市超过100个,应用需求非常大。

总体来看,我国目前建设的大部分城市轨道交通线路集中于城市的主城区,30~40 km/h旅行速度的城市轨道交通系统种类齐全,如我国A型车系统、B型车系统、直线电机系统、跨座式单轨系统等,并且经过实际运营的检验,其性能稳定、安全可靠,规划、设计、建设、运营已经形成了完整的体系,已基本满足该层次的交通需求。随着城市的快速发展,也出现了一些突出的问题。首先,对城市轨道交通系统的定位较为模糊,在系统选线时未能充分考虑系统供给与交通需求的关系,多条线路为了服务郊区,在原有城区线路的基础上向外延伸,线路已超过《城市轨道交通工程项目建设标准》的规定;其次,轨道交通体系不完整,系统的运能指标差距过大,缺乏必要的中间层次的系统类型及满足郊区等需求的系统,不能很好地满足我国城市多样性发展的需求。特别对于解决长距离、大高运量的轨道交通系统,以及解决组团级、低速、中小运量系统层面,仍有较大的发展需求。

3 我国城市轨道交通系统发展方向建议

根据上述对我国城市轨道交通系统需求的分析,目前我国30~40 km/h的城市轨道交通系统已基本完善,其他类型的系统均需完善,具体现状及需求见表3。

表 3 我国城市轨道交通系统的发展现状与需求

系统需求	适用的系统类型	现状	具体技术发展内容
发展旅行速度 60 km/h 以上系统的技术	通勤铁路系统或新型城市轨道交通系统	不完善	1)以轮轨技术为基础,发展 120~160 km/h 的车辆系统;2)结合城市研究与该系统土建基础设施适宜的建设形式和相应标准;3)发展支持 60 km/h 旅行速度系统网络化行车组织的信号、供电技术;4)发展支持 60 km/h 旅行速度系统的规划设计技术;5)发展适应 60 km/h 以上旅行速度系统的网络化行车组织及运营管理技术
发展旅行速度 40~60 km/h 系统的技术	快线系统	不完善	1)以轮轨技术为基础,发展 120~160 km/h 的车辆系统;2)结合城市主城区的特点研究土建基础设施的适宜形式及标准;3)发展支持 40~60 km/h 系统网络化行车组织的信号、供电技术;4)发展支持 40~60 km/h 旅行速度系统的规划设计技术;5)发展适应 40~60 km/h 以上旅行速度系统的行车组织及运营管理技术
完善旅行速度 30~40 km/h 系统的技术	A 型车系统、B 型车系统、C 型车系统、跨座式单轨系统、直线电机系统	基本完善	1)以城市为单元统一系统规模 and 标准,发展线路间的系统兼容技术;2)发展支持旅行速度 30~40 km/h 系统的运能扩展的技术;3)发展支持旅行速度 30~40 km/h 系统与城市其他交通设施的一体化规划、设计、建造技术;4)发展降低地下敷设线路系统能耗及降低振动和噪声的技术,主要是降低隧道风阻、提高再生电能利用水平、降低环境保障系统能量消耗技术;5)发展提高系统建设适应能力的技术
完善旅行速度 30 km/h 以下系统的技术	现代有轨电车系统、胶轮导向系统等	不完善	1)发展低地板轻轨车辆、胶轮导轨车辆等轻轨车辆的制造技术;2)发展支持旅行速度 30 km/h 以下系统与城市其他交通设施一体化规划、设计、建造的技术;3)发展支持旅行速度 30 km/h 以下系统的供电技术和运营控制技术

4 结语

我国城市轨道交通的发展虽然起步较晚,但经过 50 多年的发展也取得了巨大的成就,除建设规模和运营里程不断增加外,城市轨道交通的制式也由原来的单一地铁制式向多样化发展,到目前已有地铁、轻轨、市域快线、有轨电车、市郊铁路等多种城市轨道交通系统,以及普通轮轨、直线电机、跨座式单轨、磁悬浮等多种系统制式,这些系统基本解决了中心城区中速系统的交通问题。随着城市对交通多样化的需求,现有的系统已不能满足我国对城市交通的需求,同时在系统的定位和分类方面也过于含糊,不能很好地指导我国城市轨道交通系统发展的方向,笔者从功能角度,结合城市对轨道交通的需求,力争寻求科学合理实现其功能的轨道交通系统类型及其发展方向。

参考文献

[1] 北京城建设计研究总院有限责任公司. 轻轨交通技术集成示范报告[R]. 北京,2011.

[2] 北京城建设计研究总院有限责任公司. 我国城市轨道交通技术发展战略研究报告[R]. 北京,2011.

[3] 建标 104—2008 城市轨道交通工程项目建设标准[S]. 北京:中国计划出版社,2008.

[4] 冯爱军,魏运. 轻轨交通系统在我国的应用前景[J]. 都市快轨交通,2011,24(6):1-5.

[5] 魏运,许双牛,冯爱军. 我国城市轨道交通规划问题与方法探讨[J]. 都市快轨交通,2010,23(6):44-48.

[6] 陆梁. 城市轨道交通的发展、分类与系统选择[J]. 城市

轨道交通研究,1999,2(1):7-10.

[7] 苗彦英. 城市轨道交通的分类及定义研究[J]. 铁道车辆,1999,37(9):11-14.

[8] 蒋雅君,杨其新. 城市轨道交通系统的分类及选型[J]. 城市轨道交通研究,2005,8(2):70-73.

[9] 龙许友,魏庆朝. 城市轨道交通系统模式与选型[J]. 综合运输,2007(11):26-29.

(编辑:曹雪明)

Demand Analysis for Urban Rail Transit Systems Based on Function Classification

Wei Yun^{1,2} Xu Shuangniu¹ Ren Jing¹ Yang Ke¹

(1. Beijing Urban Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Beijing 100037; 2. ITS Research Center, Southeast University, Nanjing 210096)

Abstract: The paper analyzed the development and categories of urban rail transit systems. Considering the urban demand for rail transport, a two dimensional matrix of urban rail traffic demand was proposed, the main parameters of the matrix being transport volume and speed. To meet the demand of urban transport functions and in view of the characteristics and adaptability of urban rail transit systems, development orientation and proposals for China's urban rail transit systems were put forward, which will serve as theoretical guidance to China's urban rail transit technology.

Key words: urban rail transit; functional requirements; system classification