

局域级城市轨道交通系统内涵与规划导引研究

Research on System Connotation and Plan Guidance of Local Urban Rail Transit

刘涛 郎益顺 张安锋 金昱 LIU Tao, LANG Yishun, ZHANG Anfeng, JIN Yu

摘要 当前我国城市轨道交通发展总体上仍以服务于中心城区的地铁为主,功能层次较为单一,作为市域级、市区级下一层次的局域级轨道交通,尚处在起步阶段,发展经验相对不足。立足多模式轨道交通与多层次城市空间互动发展的内在规律,借鉴国内外城市发展实践,从空间、系统等多维度分析总结局域级轨道交通的系统内涵,并基于已有实践和不同公共交通模式横向比较研究,提出局域级轨道交通主要规划技术标准。最后,结合线路服务功能细分,提出不同类型线路的规划布局导引。

Abstract At present, the development of urban rail transit in China is still mainly based on the metro in the central urban area, and the functional level is relatively single. Based on the internal law of interactive development between multi-mode rail transit and multi-level urban space, this paper analyzes and summarizes the system connotation of local level rail transit from the perspective of space, system and other dimensions, and puts forward the main planning technical standards of local rail transit based on the existing practice and the horizontal comparative study of different public transport modes. According to the service function subdivision, the planning and layout guidance of different lines are proposed.

关键词 局域级轨道交通;系统内涵;规划导引

Key words local rail transit; systematic connotation; planning guidance

文章编号 1673-8985 (2022) 02-0114-05 中图分类号 TU981 文献标志码 A

DOI 10.11982/j.supr.20220217

作者简介

刘涛

上海市城市规划设计研究院
工程师, 硕士, liutao@supdri.com

郎益顺

上海市城市规划设计研究院
综合交通分院院长, 正高级工程师

张安锋

上海市上规院城市规划设计有限公司
副总经理, 正高级工程师

金昱

上海市城市规划设计研究院
高级工程师, 硕士

0 引言

“城市轨道交通在我国发展近四十年来,极大地促进了公交优先发展战略,尤其是近十年来,轨道交通的规划建设进入飞速发展时期,大部分城市已经迈入了网络化运营时代。”截至2020年12月31日,中国内地累计有45个城市的轨道交通系统投入运营,包含市域快轨、地铁、轻轨和有轨电车等多种制式。总体来看,目前我国各大城市轨道交通系统功能层次相对单一,以地铁和轻轨系统为主,占比近76%;同时,轨道交通的建设重心仍然聚焦于交通供需矛盾最为突出的中心城区,对郊区城镇组团的发展支撑相对不足。

从东京、巴黎等国际大都市轨道交通发

展历程来看,发展局域级轨道交通系统,不断丰富轨道交通功能层次,是完善城市轨道交通系统的必由之路。与市域级、市区级轨道交通系统相比,以中运量公交为主要制式的局域级轨道交通系统建设成本较低、建设形式灵活、建设周期较短,对于中等长度、中等运量的客流走廊具有更好的适应性。近年来,以北京、上海为代表的国内部分超大城市在轨道交通进入网络化阶段后,已经逐步开始了局域级轨道交通线路的建设实践,典型案例有上海轨道交通浦江线、上海松江现代有轨电车、广州珠江新城APM和北京地铁28号线等,为我国局域级轨道交通的发展积累了一定经验。但整体来看,有关局域级轨道交通的研究尚处在起步阶

段,发展经验相对不足,认识定位有待统一,全局性和系统性研究有待加强,理论体系与规划标准需要进一步完善。

1 基于空间体系的轨道交通功能层次划分

根据城市的空间尺度、布局形态、交通需求的差异性,可以将城市轨道交通网络划分为若干层级。从全世界范围来看,城市轨道交通系统最为常见的分类方法是按照制式进行分类,一般可以分为市域快速轨道交通、地铁、轻轨、单轨、有轨电车、磁悬浮和自动导向轨道系统等。例如,北美地区轨道交通系统一般分为重轨、轻轨以及通勤铁路等;大巴黎地区轨道交通系统一般分为城市地铁、市郊铁路、区域快速铁路(RER)和现代有轨电车等。

国内城市轨道交通系统早期多根据线路运量等级分类,一般可划分为地铁(高运量、大运量)、轻轨/单轨(中运量)和现代有轨电车(低运量)等类型。近年来,为了进一步突出不同层次轨道交通线路之间服务的差异性,根据最新颁布的《城市轨道交通线网规划标准》(GB/T50546-2018),城市轨道交通线路可以分为快线和普线两大类(见表1),其中快线主要服务于市域和空间范围较大的中心城区;普线主要服务于中心城区^[1]。该分类方法直接突出了轨道交通线路的速度、运量特征,也间接反映了线路布局地区的空间特性,具有普遍适应性。

实践表明,城市轨道交通除了快线和普线外,在一些能级较高、空间尺度较大的外围集中城镇化组团地区或者中心城区局部大运量轨道交通服务不足的地区,还需要适当发展中运量系统为主、具有特定线网功能的局域级轨道交通系统。例如日本东京,在外围私铁以及区部地铁网络建设基本完成后,又在港湾及区部周边地区建设了百合海鸥线、日暮里—舍人线等胶轮路轨系统,以有效补充既有大运量轨道交通网络^[2];欧洲城市巴黎也在20世纪末期,聚焦核心区边缘地区,大力发展路面电车(现代有轨电车)系统,以进一步优化轨道交

通线网结构、支撑拉德芳斯副中心等近郊城市重点地区发展。

基于此,针对空间尺度较大的超大或特大城市,在轨道交通网络规划中,应进一步突出多模式轨道交通对于多层次城镇空间发展的适应性。借鉴上海市新一轮轨道交通线网功能层次划分方法,按照轨道交通线路服务空间层次的差异性,可以将其划分为市域级、市区级和局域级3个功能层次^[3]。该分类方法更直观地反映不同轨道交通线路所服务空间层次的差异性,对促进超大或特大城市轨道交通网络分层级发展具有积极意义(见图1)。

2 局域级轨道交通系统内涵

2.1 功能定位

总体上来看,作为市域级、市区级轨道交通下一层次的轨道交通系统,局域级轨道交通主要服务外围较大规模的城镇组团以及中心城区的局部轨道交通服务不足的地区,以现代有轨电车、地面轻轨等中低运量轨道交通制式为主,也可根据客流需求选用全封闭式胶轮路轨、线性电机等中运量轨道制式,统筹考虑具有相同功能定位和技术标准的非轨道制式的中运量公交制式,如BRT、智轨等。结合局域级轨道交通在城市综合交通系统中的总体发展定位,可以从以下3个方面对该类线路的具体功能进一步细化^[4]。

(1) 客流走廊提升功能

客流走廊是城市公共交通网络规划布局的基础。有别于市域级、市区级轨道交通服务的主要客流走廊,局域级轨道交通主要功能在于整合成熟地面中等运量公共交通客流走廊,以提升走廊服务效率,并以此促进地面常规公交转型升级。

(2) 局部网络补充功能

在轨道交通网络较为成熟的中心城区范围内,局域级轨道交通可以作为补充局部地区市域级或市区级轨道交通网络服务不足的最有效方式。通常体现在两个方面,其一为针对特定地区轨道交通站点覆盖率不足的补充;其二为重点地区轨道交通服务方向性不足的补充。

表1 轨道交通线网功能层次划分

Tab.1 Functional level division of rail transit network

轨道交通线网层次	层次细分	分级标准
快线	快线 A	旅行速度 > 60 km/h
	快线 B	旅行速度 45—60 km/h
普线	大运量	单向运能 ≥ 2.5 万人次/h
	中运量	单向运能 1 万—3 万人次/h

资料来源:《城市轨道交通线网规划标准》(GB/T50546-2018)。

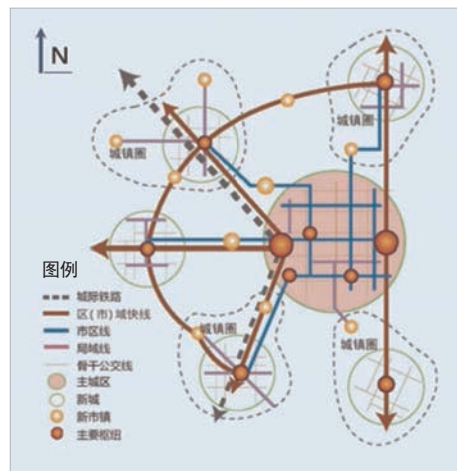


图1 多模式轨道交通与多层次城镇空间关系模式图
Fig.1 Multi-mode rail transit and multi-level urban spatial relationship model

资料来源:《上海市城市总体规划(2017—2035年)》。

(3) 组团网络骨干功能

对于外围新城等空间规模较大、发展能级较高的城镇组团,局域级轨道交通作为地区公共交通系统的主要骨架,与常规公交共同构成地区公共交通网络,以提升外围城镇组团公共交通的整体服务水平。

2.2 核心特征

与市域级、市区级轨道交通相比,局域级轨道交通在服务时效、系统运力以及运行可靠性上的要求均相对较低。因此,适宜采用以地面敷设方式为主的半封闭式轨道交通系统,以追求服务效率与经济性的平衡^[5]。进一步可以从通道、车站、车辆和运营等构成要素出发,分析局域级轨道交通的主要技术特征。

(1) 通道层面

由于局域级轨道交通主要服务于中等运量客流走廊,具备采用半封闭式通道建设的客

流基础。通常情况下,局域级轨道交通通道在路段上与其他交通方式隔离,采用路权专用模式;但在部分交叉口,可与其他机动车、非机动车等交通方式混行。非必要情况下,应严格限制局域级轨道交通采用全封闭高架或地下建设方式。

(2) 车站层面

局域级轨道交通车站设施规模应与线路设计运量相适应,通常设置独立站台,并配套相应人行过街设施,如人行天桥、人行地道、人行横道等。但与市域线或市区线车站设施相比,局域级轨道交通系统车站设施相对简易,一般情况下不需要设置站厅。车站具体建设形式可根据线路实际客流强度,灵活采用封闭式车站站台售票或开放式车站车站内售票。

(3) 车辆层面

考虑到局域级轨道交通服务的客流走廊量级主要为中客流走廊,建议线路选用设计速度、载客量较为适中的车辆,需要具有灵活编组运行的可能性,以适应通道客流的弹性变化。

(4) 运营层面

通常采用智能化辅助调度系统实现高频率或时刻表运行,具有较高的保障度和可靠性,提供高品质服务。

从局域级轨道交通4大系统构成要素的关系来看,具有一定保障水平的通道是发展局域级轨道交通的基本要求,高效的车站和高性能的车辆是必要保障,高频可靠的运营调度系统是系统提供高水平服务的核心(见表2)。

2.3 主要技术标准

技术标准能保障线路服务功能的实现,以指导局域级轨道交通网络规划编制为出发点,结合相关规划编制的技术要求,本文选取旅行速度、设计运能、线路长度和平均站距作为局域级轨道交通规划编制的主要技术指标。

旅行速度即运送速度,是乘客从起点到终点所需时间的直接反映,体现了线路的服务效率,是设计速度、平均站距和运营组织的综合体现,也是乘客选择交通出行方式时最为关心的指标;设计运能是线路建成后客流效益的必

要保障,也是确定系统制式和敷设方式的关键因素;线路长度、平均站距反映了某种特定功能类型线路的基本特征,需要综合线路功能和各类相关要素确定。

(1) 旅行速度:建议不低于20 km/h

局域级轨道交通旅行速度应满足乘客对公共交通服务便捷性的要求。对大运量轨道交通而言,根据地铁类设计规范和发 展实践,全封闭的地铁系统运送速度一般在35—40 km/h,全封闭的轻轨地下运送速度一般在25—35 km/h,而存在平交道口的轻轨系统,运送速度为20—30 km/h^[6]。对常规公交而言,从目前各地常规公交运营情况来看,除公交快线外,常规公交的运送速度一般约为15 km/h。在设置专用道的情况下,运送速度一般不超过20 km/h(上海延安路中运量公交运送速度约为18 km/h)。对于快速公交系统方面,世界上25个城市32个快速公交系统旅行速度在20—30 km/h^[7];我国行业设计规范提出快速公交可以划分为三级,一级与二级快速公交系统运送速度不应低于25 km/h,三级快速公交系统运送速度不应低于20 km/h^[8](见表3)。

借鉴国内外实践经验,为保障局域级轨道交通的服务效率,综合考虑相关规范标准和国内发展实际,建议局域级轨道交通旅行速度应

介于常规公交与全封闭轨道交通系统之间,一般情况下不宜低于20 km/h。

(2) 设计运能:建议通道高峰断面客流介于0.5万—1.5万人次/h

设计运能与系统制式选择密切相关,常规公交的最大运能为0.5万人次/h,局域级轨道交通的设计运能原则上要大于常规公交。因此,其下限取0.5万人次/h,与快速公交设计规范中确定的三级系统运能一致^[8];关于局域级轨道交通设计运能上限,快速公交最大可达到1.5万人次/h,现代有轨电车最大可达到1.2万人次/h,胶轮系统最大可达到1.8万人次/h^[9]。

综合考虑主要中运量公共交通制式的运能适应性以及国内外主要中运量公共交通客流水平,笔者建议局域级轨道交通线路的设计高峰断面客流介于0.5万—1.5万人次/h(见表4)。

(3) 运营线路长度与平均站距:综合线路功能与各类因素确定

运营线路长度与平均站距与线路功能密切相关,需要结合系统客流预测、运营组织模式等因素综合确定。具体规划标准将结合下文不同类型线路规划布局引导作进一步详细论述。

运营线路长度方面,应充分考虑局域级轨道交通服务地区的空间特性,并满足全程运行

表2 不同功能层次系统要素特性比较

Tab.2 Comparison of characteristics of system elements at different functional levels

功能层次	通道	车站	车辆	运营
市域级轨道	全封闭,高架或地下	封闭式	设计速度高,长编组	固定频率或时刻表运营,准点可靠
市区级轨道	全封闭,以地下为主	封闭式	载客能力大,长编组	高频率运营,准点可靠
局域级轨道	以地面半封闭为主	封闭式或开放式	设计速度、载客量适中,短编组	高频率或时刻表运营,相对准点可靠

资料来源:笔者自制。

表3 相关系统旅行速度指标

Tab.3 Travel speed index of related systems

借鉴类型	具体内容	旅行速度
国际经验	世界25个城市32个快速公交系统旅行速度	20—30 km/h
相关规范	《快速公共汽车交通系统设计规范》中各级系统运送速度	不低于20 km/h
	《城市轨道交通工程项目建设标准》中有平交道口轻轨系统旅行速度	20—30 km/h
国内实践	上海延安路中运量公交现状旅行速度	约18 km/h
	常规公交(畅通状态)	约15 km/h

资料来源:国际经验资料来源于《公共交通通行能力和服务质量手册》,其余资料来源于相关设计规范和国内实践。

时间不超过1 h的一般性要求,建议线路长度取值为15—25 km。

平均站间距方面,应充分考虑车外候车时间和车内乘坐时间的协调性,不同类型的局域线平均站距差异性较大,一般取值以600—800 m为宜。

3 规划布局导引

不同类型的局域级轨道交通,有着不同的规划布局侧重点。为科学引导局域级轨道交通线路在城市中合理布局,从线路自身出发,结合其在城市发展中的3大主要功能,形成局域级轨道交通线路的3大典型应用场景以及核心布局策略。

3.1 场景一:整合提升中心城区或近郊次级地面公交走廊,形成市区级轨道交通线路的轴向补充或末端延伸

针对中心城区或近郊高峰小时客流断面在0.5万—1.0万人次/h,中等长度的公交客流走廊,其客流强度和通道长度均难以支撑建设市区级轨道交通线路时,适宜通过规划布局中运量局域级轨道交通线路整合提升公交廊道效率^[10]。典型实践有东京的日暮里—舍人线和首尔BRT放射线。

该类线路一般以中长型线路为主,建议线路长度以10—15 km为宜,平均站距不低于现状骨干公交站距,建议以700余米为宜;系统制式以地面中低运量公交制式为主,可灵活采用现代有轨电车或者快速公交等系统(见表5)。

走廊提升型线路多是以中央商务区为核心的放射形线路。该类线路在规划布局上除了要提升线路与客流走廊的契合度外,应充分借鉴地铁线路规划建设经验,关注线路进入中央商务区的深度以及与轨道交通网络衔接的广度,以使网络效益最大化。借鉴放射形地铁线路上海轨道交通13号线,在二期工程西段(长寿路—世博大道站)未开通前,由于线路刚刚过内环线,未深度深入核心区,导致全线客流强度长期处于较低水平,二期工程西段开通后第一年,全线客流强度就实现了从0.74万乘次/km至

1.51万乘次/km的倍增。

3.2 场景二:聚焦中心城区轨道服务存在短板的局部重点地区,补强地区轨道交通服务

针对周边市区级轨道交通网络基本建成的中心城局部重点地区,如成片的城市更新地区或滨水地区,在难以通过加密或改造周边市区级大运量轨道交通线路服务地区发展时,适宜结合地区城市更新规划发展局域级轨道交通系统,强化与周边轨道交通线网的高效衔接,有效扩大地区周边大运量市区级轨道交通服务范围。典型实践有广州珠江新城旅客自动运输系统(APM)、深圳龙华有轨电车等。

该类线路以中短线为主,线路长度一般以5—10 km为宜,平均站距与接驳型公交线路接近,建议以500余米为宜;系统制式优先考虑现代有轨电车等线路特征辨识度高、与城市空间结合度好的高品质中运量轨道交通制式,经论证确有必要的,可结合城市地下空间开发,采用旅客自动运输系统(APM)、短编组轻轨等封闭式中运量轨道交通系统(见表5)。

重点地区补充型线路重在衔接周边轨道交通

网络,通过换乘其他线路完成出行,本线客流比例一般都非常低。因此,该类线路在规划布局上需要特别强化与周边轨道交通站点的高效、无缝衔接。以上海张江有轨电车为例,全线可与轨道交通2号线两座车站进行换乘,但是两座车站的换乘均十分不便,换乘距离长、缺乏有效标识,严重影响了线路功能的发挥。

3.3 场景三:以空间上有组团发展要求的外围新城等成规模城镇组团为重点,构建地区公共交通骨架网络

针对超大或特大城市,其市域城镇空间布局往往呈现“多中心、组团式”,郊区规划建设有新城、新市镇等成规模的城镇空间。在该类地区,局域级轨道交通线路通常是作为地区公共交通网络的骨架,与常规公交共同编织成网,提供高品质公共交通服务^[11]。典型实践有上海市松江新城有轨电车网络、香港屯门—元朗轻铁系统,以及伦敦克罗伊登有轨电车系统。

该类线路长度一般与组团空间尺度相协调,考虑到线路的服务效率,单条线路长度一般不超过25 km;平均站距应与地区骨干公交线路接近,建议不小于600 m;系统制式上优先

表4 主要制式的运能适应性分析

Tab.4 Transport capacity adaptability analysis of the main systems

主要制式		运能适应性
快速公交系统	常规公交	最大不超过0.5万人次/h
	一级	≥ 1.5万人次/h(专用路)
	二级	1.0万—1.5万人次/h(路中式专用道+港湾停车)
现代有轨电车	三级	0.5万—1.0万人次/h
	胶轮路轨	0.5万—1.2万人次/h
非全封闭型轻轨系统		一般不超过1.8万人次/h
		≤ 1.5万人次/h

资料来源:《城市公共交通分类标准》(CJJ/T 114-2007)、《快速公共汽车交通系统设计规范》(CJJ136-2010)。

表5 典型线路长度及平均站距

Tab.5 Typical line length and average station distance

城市	线路名称	线路长度/km	平均站距/m
东京	日暮里—舍人线	9.7	808
	Dobong-Miara	15.8	650
首尔	Gangnamdaero	12.8	670
	Gonghangno	10.3	710
广州	珠江新城 APM	3.9	500
深圳	龙华有轨电车	9.0	565
上海	松江有轨电车 T1 线	15.53	706
	松江有轨电车 T2 线	24.31	694

资料来源:维基百科。

考虑易于网络化组织和运营的现代有轨电车系统（见表5）。

组团骨干型线路在规划布局上应同时关注网络架构以及实施路径。网络架构方面，应以“中心—放射”为基本形态，强化核心通道的集约化和复合化利用，以有限换乘为原则组织网络，提高网络的直达性，并合理控制网络整体规模。实施路径方面，应聚焦城市中心，依托成熟客流走廊建成线网骨架，快速形成网络化效益，避免因超前建设、无网络效益等因素导致初期网络无客流的发展困境。

4 结语

发展局域级轨道交通系统，对于超大或特大城市构建多层次轨道交通网络、促进“网络化、多中心”城市空间格局形成具有重要意义。随着新型城镇化的持续推进和轨道交通的高速发展，各大主要城市都将陆续面临如何发展局域级轨道交通的现实问题。本文通过对不同层次轨道交通的横向比较和国内外发展实践经验的总结，深入剖析局域级轨道交通的系统内涵和功能定位，形成了局域级轨道交通3类典型规划布局场景。在此基础上，还需要进一步研究相关政策机制，稳步开展项目实施试点，以促进局域级轨道交通系统科学、有序发展。■

参考文献 References

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市轨道交通线网规划标准GB/T50546-2018[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standard for urban rail transit network planning GB/T50546-2018[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2018.
- [2] 刘龙胜, 杜建华, 张道海. 轨道上的世界——东京都市圈城市和交通研究[M]. 北京: 人民交通出版社, 2013.
LIU Longsheng, DU Jianhua, ZHANG Daohai. City of rail: urban and transport research on Tokyo Metropolitan Area[M]. Beijing: China Communications Press, 2013.
- [3] 高岳, 周翔, 蔡颖, 等. 公交优先导向下超大城市的综合交通规划研究——“上海2040”交通发展思考[J]. 城市规划学刊, 2017(7): 82-93.
GAO Yue, ZHOU Xiang, CAI Ying, et al. Research on comprehensive transportation planning of megacities under the priority of public transportation: thinking about the transportation development of "Shanghai 2040"[J]. Urban Planning Forum, 2017(7): 82-93.
- [4] 上海市城市规划设计研究院. 上海市轨道交通线网规划(2017—2035)[R]. 2017.
Shanghai Urban Planning and Design Research Institute. Shanghai rail transit network planning (2017-2035)[R]. 2017.
- [5] 上海市城市规划设计研究院. 上海市轨道交通局域线专题研究[R]. 2019.
Shanghai Urban Planning and Design Research Institute. Study on Shanghai local rail transit line[R]. 2019.
- [6] 中华人民共和国建设部. 城市轨道交通工程项目建设标准JB 104-2008[S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.
Ministry of Construction of the People's Republic of China. Standard for urban rail transit project construction JB 104-2008[S]. Beijing: China Planning Press, 2008.
- [7] 美国交通运输研究委员会. 公共交通通行能力和服务质量手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
American Transportation Research Council. Handbook of public transport capacity and service quality[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 快速公共汽车交通系统设计规范CJJ 136-2010[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for design of bus rapid transit system CJJ 136-2010[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010.
- [9] 中华人民共和国建设部. 城市公共交通分类标准CJJ/T 114-2007[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
Ministry of Construction of the People's Republic of China. Standard for classification of urban public transportation CJJ/T 114-2007[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2007.
- [10] 刘涛. 上海市中心城中运量公交系统规划的若干思考[J]. 都市快轨交通, 2016(4): 48-51.
LIU Tao. Thinking on the medium public transit planning in central district of Shanghai[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2016(4): 48-51.
- [11] 张安锋, 李东屹, 马士江. 上海市有轨电车系统布局规划研究[J]. 上海城市规划, 2014(2): 19-26.
ZHANG Anfeng, LI Dongyi, MA Shijiang. Research on Shanghai railroad car system distribution planning[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2014(2): 19-26.