

对上海城市轨道交通网络规划中环线和快线的思考^{*}

王忠强¹ 陈必壮¹ 沈云樟¹ 吕正昱² 李英² 龙力¹

(1. 上海市城乡建设和交通发展研究院, 200040, 上海; 2. 上海市隧道工程轨道交通设计研究院, 200235, 上海)

摘要 [目的]《上海市城市总体规划(2017—2035年)》实施以来,随着上海五个新城(嘉定、青浦、松江、奉贤、南汇)发展和长三角一体化上升为国家战略,上海城市轨道交通规划网络也在进一步调整中,其中快线和环线是重点讨论的内容,需研究环线和快线的功能规划、客流特征及规划原则。[方法]利用既有的城市轨道交通线路客流数据,分析环线和快线的客流特征和功能;对照环线和快线以往的研究结论和运营现状实际,总结环线和快线规划的经验。基于新时期城市发展规划的要求,分析既有规划中环线和快线的不足,提出新一轮规划调整中环线、快线的功能要求和规划原则。[结果及结论]环线承担的客流分为沿线服务、过境客流和本线到发客流三个类别,相应的环线可发挥此三种功能。在既有上海轨道交通4号线作为环线之外,可规划第二环线以满足沿线客流集散的需求。建议第二环线位置可利用规划中的上海轨道交通26号线,在中外环道路之间,尽可能靠近中环线的区域较为适宜。应进一步加强郊区到中心城区的快线规划,快线进入中心城区线网有直通入网和枢纽入网两种形式,枢纽入网要求该枢纽车站进入中心城区线网的便捷性高,直通入网造价较高。快线乘行时间视新城和中心城区联系紧密程度,来选择相应的指标计算方法。

关键词 城市轨道交通;网络规划;环线;快线

中图分类号 U212.1

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.12.003

Reflection on the Circle Line and Express Line in Shanghai Urban Rail Transit Network Planning

WANG Zhongqiang¹, CHEN Bizhuang¹, SHEN Yunzhang¹, LYU Zhengyu², LI Ying², LONG Li¹

(1. Shanghai Urban-Rural Construction and Transportation Development Research Institute, 200040, Shanghai, China; 2. Shanghai Tunnel Engineering & Rail Transit Design and Research Institute, 200235, Shanghai, China)

Abstract [Objective] Since the implementation of the Shanghai Master Plan (2017-2035), with the development of five new Shanghai towns (Jiading, Qingpu, Songjiang, Fengxian, and Nanhui) and the Yangtze River Delta integra-

tion ascending to national strategies, Shanghai urban rail transit planning network is also undergoing further adjustments. Among them, circle lines and express lines (shorten as circle/express lines) are the focus of discussion, and it is necessary to study the functional planning, passenger flow characteristics and planning principles of circle/express lines. [Method] Using the passenger flow data of existing urban rail transit lines, the characteristics and functions of circle/express lines passenger flow are analyzed; by comparing the previous research conclusions and actual operation status of circle/express lines, the planning experience of circle/express lines is summarized. Based on the urban development plan requirements in the new era, the shortcomings of circle/express lines in the existing plan are analyzed, and the functional requirements and planning principles of them in the new round of plan adjustments are proposed. [Result & Conclusion] The passenger flow carried by the circle line is divided into three categories: passenger flow along line service range, transit passenger flow and arrival/departure passenger flow of the line. The corresponding circle line can play service functions for the above three scenarios. In addition to the existing circle line—Shanghai Rail Transit Line 4, the second circle line can be planned to meet the needs of passenger flow distribution along the line. It is recommended that the second circle line can be located between the middle and outer ring roads, making use of the planned Shanghai Rail Transit Line 26, and better closer to the middle ring line. The planning of express lines from suburbs to central urban area should be further strengthened. There are direct access and hub access two forms of express lines entering the central urban area network. Hub access requires highly convenient hub station for this purpose, while direct access to the network features relatively high cost. The corresponding indicator calculation method of express line travel time may be selected based on the connection closeness degree between new towns and the central urban area.

Key words urban rail transit; network planning; circle line; express line

^{*} 上海申通地铁集团有限公司科研项目(JS-KY21R001-2)

2001 年版上海市轨道交通网络规划方案中,确定了上海轨道交通网络应在市域范围内统筹考虑,城市轨道交通网络由市域轨道交通快线(R 线)、市区地铁线(M 线)、市区轻轨线(L 线)构成^[1]。其中的 R 线,具有连通郊区和中心城区的功能;M4 线即现今的轨道交通 4 号线,作为网络唯一的环形线路。因为集散世博会客流、虹桥枢纽、城市大型居住社区等规划建设,城市轨道交通线路在建设阶段有了不同程度的调整,2006 年对城市轨道交通网络进行了较大规模的调整。轨道交通网络不再沿用 R 线、M 线、L 线的名称,而按照建成时序来命名。4 条 R 线分别是现今的轨道交通 1 号线、2 号线、9 号线和 11 号线。2017 年在《上海市城市总体规划(2017—2035 年)》编制中提出轨道交通线网由城际线、市区线、局域线构成。城际线由城际铁路、市域(郊)铁路和城市轨道交通快线构成,市区线由地铁和轻轨构成^[2]。随着五大新城(嘉定、青浦、松江、奉贤、南汇)发展和长三角一体化上升为国家战略,三年疫情又带来城市交通的变化,目前规划网络又在进一步调整中。在历次城市轨道交通网络规划编制过程中,快线和环线都是重点讨论的内容。本文从功能规划和客流视角对环线和快线议题开展分析和思考。

1 上海城市轨道交通网络规划环线的思考

1.1 既有环线和外围切向线的客流特征

上海轨道交通 4 号线车站闸机客流构成如表 1。根据出行起点及终点位置,区分为:①本线到本线客流,即直达客流;②本线到其他线和其他线到本线客流,即换乘到发沿线客流;③其他线到其他线,即过境客流。数据表明,该线过境客流不足 10%,2022 年上海轨道交通 18 号线通车后 4 号线

表 1 2020—2022 年上海轨道交通 4 号线全线客流构成

Tab. 1 Overall passenger flow composition of Shanghai Rail Transit Line 4 from 2020 to 2022

客流分类	各类客流占比/%		
	2020 年 (15、18 号线 均未通)	2021 年 (15 号线 开通后)	2022 年 (18 号线 开通后)
本线—本线	18	18	19
本线—其他线	35	36	38
其他线—本线	37	37	39
其他线—其他线	9	9	4

过境客流下降 5%。4 号线主体客流是服务沿线和直达,共占比 90% 以上。

将外围的上海轨道交通 3 号线、15 号线、18 号线客流按同样口径分类统计,列表如表 2。3 号线和 15 号线 98% 的客流是换乘和直达客流,18 号线过境客流达到 26%。既有运营客流统计结果表明,环线和切向线路的客流构成首先是换乘、其次是本线直达或过境客流,18 号线过境客流大于本线直达客流,而其余切向线路是直达客流大于过境客流。

表 2 上海轨道交通 3 号线、15 号线、18 号线客流构成

Tab. 2 Passenger flow composition of Shanghai Rail Transit Line 3, Line 15 and Line 18

客流分类	各类客流占比/%		
	3 号线	15 号线	18 号线
本线—本线	32	25	13
本线—其他线	67	73	61
其他线—其他线	1	2	26

1.2 上海城市轨道交通网络规划环线的研究历程

由于上海轨道交通 3 号线、4 号线西段共线能力的制约,4 号线运输能力无法提升。2010 年上海市有关部门组织的轨道交通网络规划研究中,提出规划轨道交通二环线^[3]。当时认为在中环线附近是比较理想的方案,若二环线位置再向外扩展,环线的规划目的和功能就会逐步减弱。规划的方案是利用规划中的上海轨道交通 15 号线、18 号线、20 号线部分区段形成第二环线;另一方案是利用原规划的 16 号线(即现规划轨道交通网的 26 号线)、18 号线、20 号线形成二环线。由于各种原因,两个方案均停留在规划研究阶段。

1.3 规划环线的思考

对环线设置的意义,文献[4]总结了环线的三大功能:强中心布局的线网联络线;线网联络、区域 OD(起终点)服务功能复合线;外围客流疏散联络线。其实由于城市发展布局不同,环线三类客流的组成有差异,上述三种功能各有其存在的合理性。

上海轨道交通 4 号西段车站是利用原铁路线位而建设的高架车站,与相交的射向线路换乘不便捷,换乘时间较长,加之能力问题,4 号线作为环线的过境功能不强。从已运营的 15 和 18 号线的客流来看,二者存在差异。4 号线浦东段较短,覆盖面较小,18 号线弥补了这一缺点,18 号线过境客流占 26%,减轻了核心线网的压力;15 号线由于和 2 号

线、10 号线都需站外换乘,削弱了换乘优势,影响过境功能的发挥。为了分流核心区线网换乘压力,要求环线或切向线,不能离核心区线网太远。在目前线网基础上,期望规划环线分流 4 号线内核心区线网的换乘量已经较难实现。虽然分流 4 号线内换乘量的功能难以做到,但服务沿线的功能却可以考虑,只要沿线有比较强的客流发生点和吸引点。上海城市发展总体上还是圈层式发展,在圈层中还存在发展的核心。上海中心区人口向中心城外围地区、新城转移的态势仍会不断演进,城市空间的框架继续拉大,交通出行距离仍会增长。在 15、18、20 号线之外考虑设置环线仍有规划价值,可满足沿线客流到发,规划中的 26 号线是仅剩的环线西段线位。具体采用什么形式的环线,需要根据客流需求分析论证。

环线的虚实。由两条“U 型”线组成的扣环(组合环),在特定的用地布局和交通需求下具备环线的部分功能;由若干条切向线交叉构筑的“虚环”无法发挥环线的功能。环线的设置及构造形式还是应该基于线网构架和城市发展来进行总体判断。

环线的规模从国内外城市案例来看,大都市城市轨道交通环线长度大多在 30 ~ 60 km,规模比较大的环线如韩国首尔 2 号线长 50 km,北京地铁 10 号线长 57.1 km,东京武藏野线长 100.6 km(该线原是疏散首都内货运而建设,因货运量较小,改造为客运使用,带有郊区线路特点,并不承担城市交通环线的主要功能)。上海新一轮规划中建议的环线不宜过大,可利用规划中的 26 号线,并在道路中外环线之间尽可能靠近中环线的区域较为适宜。

2 上海城市轨道交通网络规划快线的思考

2.1 既有城郊联系的分析

目前市、郊的轨道交通联系主要采用城市轨道交通线。利用闸机数据,可以得到郊区新城到中心城区轨道交通乘客的平均乘行距离和时间消耗,乘行时长在 54 ~ 77 min,如表 3 所示。如果再加上两端的接驳时间,郊区新城到中心城市的轨道交通乘行时间普遍在 1 h 以上,南汇新城则在 1.5 h 以上。城郊联系的轨道交通线路在临近中心城的一些人口聚集地区上客量较大,拥挤度较高。由于上述这些因素,既有市、郊轨道交通的乘行时间较长,乘行体验差^[5]。

表 3 新城到中心城区的轨道交通客流平均乘行距离和时耗
Tab.3 Average travel distance and time consumption of rail transit passengers from new towns to Shanghai central urban areas

新城名称	新城到中心城区的轨道交通客流	
	乘行距离/km	乘行时长/min
嘉定新城	31.2	57.5
青浦新城	35.7	54.6
松江新城	36.9	66.0
奉贤新城	38.4	76.8
南汇新城	63.4	75.6

上海市委领导调研新城规划建设情况时说,新城是中心城区功能的互补、延伸和配套,中心城区是新城建设的重要依托,并提出推动新城与中心城区快速连接,加快轨道交通快线建设。

2.2 上海城市轨道交通网络规划快线的研究历程

在 2001 版上海城市轨道交通线网规划中,规划 R 线即为轨道快线,满足市、郊联系。但为配合地区发展,规划 R 线在实施中增设车站较多,失去了快线的功能。规划 M 线为满足城市近郊地区的发展,基本都不断延伸,但本身仍是城区线的特点。2012 年编制完成的《上海市城市综合交通规划(2010—2020)》基于对 2001 年线网的实施评估,提出了东西向快速轨道交通线、南北向快速轨道交通线,意图为通过快线建设,拉近城市发展的时空距离,支持郊区新城的发展。

2017 年在上海 2035 年城市总体规划编制中,各新城的城市轨道交通线配置如表 4。按最新调整的规划实施后,新城核心区的轨道交通站点到 4 号线站点的最短乘行时间计算如表 5。仅有青浦和奉贤新城核心到 4 号线的时间有缩短,其余基本与现状持平。根据预测,新城规模形成后,新城到中心城区出行量将达到 35 ~ 40 万人次^[6]。为促进新城加快发展,有必要进一步加强新城到中心城区的轨道交通快线配置,以减少到中心城区的乘行时耗。

2.3 规划轨道交通快线的思考

对新城到中心城区的轨道交通出行时间,目前有以新城范围内所有站点的平均出行时间为计算的,如表 3 所示;有以新城核心站点为计算点,如表 4 所示。到中心城区的计算点,有的以进入外环线第一站即算作进入中心城区;有的以到 4 号线环线为计算点,这是进入了中心区;有的以到人民广

表 4 既有规划中新城核心和中心城区的轨道交通可达性比较

Tab. 4 Rail transit accessibility comparison between new town cores and central urban area in the existing plan

新城名称	快线			慢线		
	线路名	可达性		线路名	可达性	
		新城核心	4 号线内		新城核心	4 号线内
嘉定新城	嘉闵线	无法直达	无法直达	11 号线,14 号线	直达	直达
青浦新城	示范区线	直达	无法直达	17 号线	直达	无法直达
松江新城	东西联络线	直达	无法直达	9 号线	直达	直达
奉贤新城	奉贤线	直达	无法直达	5 号线,15 号线	直达	无法直达
南汇新城	两港快线	直达	无法直达	16 号线	直达	无法直达

表 5 新城中心到 4 号线最近站点的轨道交通乘行时间

Tab. 5 Rail transit travel time from new town centers to the nearest stations of Line 4

轨道交通站名	新城中心到 4 号线最近站点的乘行时间/min		
	现状	规划	规划减少时间
嘉定新城站	31	31	0
青浦新城站	49	43	6
松江新城站	42	42	0
奉贤新城(望园路)站	64	49	15
南汇新城(滴水湖)站	70	70	

场为计算点,这是到了上海的核心。建设新城到中心城区的城市轨道交通快线的意义在于缩短新城到中心城区的时间,减少时空消耗,系为中心城部分功能的延伸、互补、外溢创造条件。从规划目标来说,新城范围内所有轨道交通站点的乘客平均出行时间更有意义,其次是新城核心站点的乘客平均出行时间。至于到中心城区的计算点,显然选人民广场站是没有意义的,2 号线、9 号线、10 号线沿线的静安寺、陆家嘴、北外滩、肇嘉浜路等沿线地区都是新城到市中心城区的主要目的地^[7]。4 号线内的区域基本可以涵盖市郊出行的主要目的地。

新城到中心城区的轨道交通乘行时间计算有三种选择:第一种是新城范围内所有站点到中心城区的乘客平均时间,可全面反映快线的服务情况;第二种是新城范围内所有站点到 4 号线的乘客平均时间,认为到 4 号线即到达中心城区;第三种就是新城中心区轨道交通站点到 4 号线的乘行时间。2009 年到 2019 年上海经调查得出轨道交通平均出行时间在 60 min 左右。按照新城轨道交通车站接驳时间 10~15 min,中心城区轨道交通车站接驳时间 10 min 考虑,新城站点到中心城区乘行时间宜在 35~40 min 之内。可以视新城和中心城区联系的紧密程度,选择相应的指标计算方法,计算结果可为线

路规划站点和路由做参考。

新城到中心城区线路终点站的选择有两种模式:一种是通过枢纽入网,例如青浦新城通过 17 号线在虹桥枢纽站进入城市轨道交通网,南汇新城通过 16 号线在龙阳路站进入城市轨道交通线网;第二种是直通入网,例如松江新城通过 9 号线直接通达中心城区,嘉定新城通过 11 号线通达中心城区。这两种模式对规划新城到中心城市的轨道交通快线都具有指导意义。直通入网的优点是减少换乘,直接送达中心城区,但实施难度较大。

对通过枢纽入网的选择,从既有运营客流来看,17 号线虹桥站有 72% 的客流换乘到 2 号和 10 号线进入城区,5 号线莘庄站有 86% 的客流换乘进入城区,16 号线龙阳路站有 89% 的客流换乘进入城区。既有枢纽客流的构成说明,枢纽入网的要求是该枢纽进入中心区网络的便捷性要高,从网络布局来看,4 号线及以内地区的轨道交通车站网络便捷性均较高,是较好的选择。此外,从线网构成来看,9 号线的浦东核心区段、11 号线的东方体育中心,以及 14 号线的浦东核心区段车站也可纳入选择。但对远离中心城区的枢纽入网的新城快线客流仍需较长的乘行时间才能到达中心城区,容易降低快线功能,需要谨慎判别。

枢纽入网和直通入网并不相互对立,在城市发展过程中,先行建设可选择枢纽入网,当枢纽间直通客流需求上升,可以将枢纽联通,形成直通入网,例如伦敦伊丽莎白线、巴黎 RER 线的建设。快线入城的城区段,还需处理过境客流和地方客流的关系,应相互协调,综合客流和工程设计,选择适宜的方案。对于备选线网方案,可以采用前述的新城到中心城区的轨道交通乘客平均出行时间进行比较评价。

3 结语

城市轨道交通环线和快线是线网规划中两种重要的结构性线路。环线以服务沿线客流及本线到发客流为主体,其次是过境客流,环线位置靠近中心城区,分流效果差;远离中心城区的径向客流没有必要过境环线。环线需要对三类客流做好协调组织,才能得到一个理想的环线效果。快线应视新城和中心城区联系紧密程度,选择合理的车内乘行时间计算标准。快线入城有直通入网和枢纽入网两种形式,入网枢纽应选择到中心城区便捷的枢纽车站。方案选择需要在入网形式、枢纽选择、城区设站之间相互协调,综合客流和工程设计选择适宜的方案。

参考文献

- [1] 毕湘利. 加快建设上海轨道交通多层次线网的思考[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(8): 1.
BI Xiangli. Insight on prompting construction of Shanghai urban rail transit multi-layer line network[J]. Urban Mass Transit, 2022, 25(8): 1.
- [2] 上海市人民政府. 上海市城市总体规划(2017—2035年)报告[R]. 上海:上海市城市规划设计研究院, 2018.
Shanghai Municipal Government. Shanghai master plan (2017-2035) report[R]. Shanghai: Shanghai Urban Planning and Design Research Institute, 2018.
- [3] 上海市综合交通体系规划编制工作组. 上海市综合交通体系规划(2010—2020)规划文本[R]. 上海:上海市城市综合交通规划研究所, 2012.
Shanghai City Comprehensive Transportation Planning Working Group. Shanghai city comprehensive transportation planning (2010-2020) [R]. Shanghai: Shanghai City Comprehensive

Transportation Planning Institute, 2012.

- [4] 徐成永, 叶轩, 任兵杰, 等. 城市轨道交通环线规划研究[J]. 城市交通, 2023, 21(2): 73.
XU Chengyong, YE Xuan, REN Bingjie, et al. Research on planning urban rail transit circular line[J]. Urban Transport of China, 2023, 21(2): 73.
 - [5] 毕湘利. 上海推动五大新城高质量建设背景下的轨道交通发展策略[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(8): 1.
BI Xiangli. Rail transit development strategy in the context of Shanghai promoting high quality construction of five new towns [J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(8): 1.
 - [6] 上海市城乡建设和交通发展研究院. 新城-中心城轨道客流特征分析及延伸建议[R]. 上海:上海市城乡建设和交通发展研究院, 2023.
Shanghai Urban-Rural Construction and Transportation Development Research Institute. Passenger flow character analyses and suggestion to rail transit planning of new cities to central city[R]. Shanghai: Shanghai Urban-Rural Construction and Transportation Development Research Institute, 2023.
 - [7] 上海市城乡建设和交通发展研究院. 2021上海市综合交通发展年度报告[R]. 上海:上海市城乡建设和交通发展研究院, 2022.
Shanghai Urban-Rural Construction and Transportation Development Research Institute. 2021 Shanghai city comprehensive transportation annual report [R]. Shanghai: Shanghai Urban-Rural Construction and Transportation Development Research Institute, 2022.
- 收稿日期:2023-11-20 修回日期:2023-12-21 出版日期:2024-12-10
Received:2023-11-20 Revised:2023-12-21 Published:2024-12-10
· 第一作者:王忠强,高级工程师, wzqzw2013@163.com
通信作者:吕正昱,高级工程师, lv.zhengyu@stedi.com.cn
· ©《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12页)

- [3] 凌小静, 滕爱兵. 对推进轨道交通“四网融合”发展的思考[J]. 交通工程, 2020, 20(4): 21.
LING Xiaojing, TENG Aibing. Thoughts on promoting the development of 'four-network integration' of rail transit[J]. Journal of Transportation Engineering, 2020, 20(4): 21.
- [4] 张杰. 对“四网融合”基本问题的探讨[J]. 交通工程, 2020, 20(4): 9.
ZHANG Jie. Integration of state railway, intercity express railway, suburban railway, and urban rail transit[J]. Journal of Transportation Engineering, 2020, 20(4): 9.
- [5] 刘永欣, 崔雪梅, 唐甜甜, 等. 城际铁路建设条件基础指标研究[J]. 交通科技与经济, 2021, 23(4): 51.
LIU Yongxin, CUI Xuemei, TANG Tiantian, et al. Research on basic index of construction conditions of intercity railway [J].

Technology & Economy in Areas of Communications, 2021, 23(4): 51.

- [6] 全永攀, 刘剑锋. 区域轨道交通规划若干问题与思考[J]. 城市交通, 2017, 15(1): 12.
QUAN Yongshan, LIU Jianfeng. Issues and thoughts on regional rail transit planning [J]. Urban Transport of China, 2017, 15(1): 12.

- 收稿日期:2022-10-10 修回日期:2022-11-12 出版日期:2024-12-10
Received:2022-10-10 Revised:2022-11-12 Published:2024-12-10
· 通信作者:刘勇,工程师, 09221071@bjtu.edu.cn
· ©《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