

中小运能轨道交通系统的国际应用对上海虹桥国际中央商务区轨道交通规划的启示

胡建忠¹ 邢 星² 马世伟²

(1. 上海申虹投资发展有限公司, 201106, 上海;

2. 北京城建设计发展集团股份有限公司, 100037, 北京//第一作者, 高级工程师)

摘 要 目前上海虹桥国际中央商务区(以下简称“虹桥商务区”)轨道交通布局不尽合理、站点覆盖率低,既有道路公交系统不能完全覆盖该区域,且二者之间的运力相差太大,缺少了中间层次的公交供给制式,应借鉴国际中小运能轨道交通系统的应用案例,在区域内引入中小运能轨道交通系统。在充分收集虹桥商务区既有交通现状资料的基础上,对该区域内轨道交通系统存在的主要问题进行了分析,提出了完善虹桥商务区轨道交通网的需求和目标;以迈阿密市CBD(中央商务区)内的APM(自动旅客运输)系统及东京临海副都心地区AGT(自动导轨交通)系统为案例,分析了中小运能轨道交通系统的成功应用经验;选取了5种交通系统制式,在对这5种制式在虹桥商务区应用的适应性进行初步筛选后,重点对自导向轨道系统制式和导轨式胶轮系统制式进行比选,提出了虹桥商务区轨道交通系统线网布局、交通衔接与一体化设计等解决方案,并对虹桥商务区内中小运能轨道交通系统实施的预期效果进行了分析。建议虹桥商务区中小运能轨道交通系统采用导轨式胶轮系统制式。

关键词 上海虹桥国际中央商务区;城市轨道交通;中小运能系统;导轨式胶轮系统

中图分类号 U212.1;U239.9

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.05.030

Enlightenment of Medium-low Capacity Rail Transit System Application on Shanghai Hongqiao International CBD Rail Transit Planning

HU Jianzhong, XING Xing, MA Shiwei

Abstract At present, the layout of rail transit system in Shanghai Hongqiao International Central Business District (Hongqiao CBD) is not reasonable, such as the low track station coverage, the imperfect coverage area by the existing road public transport system, and the lack of intermediate level public transit mode in terms of large capacity gap between the two. Reference should be drawn from the international applications of medium-low capacity rail transit system to introduce it in

this area. Based on an abundant collection of information on current Hongqiao CBD traffic situation, the main issues existing in the rail transit system of this area are analyzed, the research needs and objectives for improving the rail transit network in Hongqiao CBD are proposed. The APM (automated people mover) system in Miami CBD and the AGT (automated guideway transit) system in Tokyo Waterfront City area are taken as study cases to analyze the successful applications of medium-low capacity rail transit systems. Five types of transportation modes are selected, and after preliminary screening of their adaptability in Hongqiao CBD, the APM/AGT system and guideway rubber-tyred system are selected for comparison. Solutions such as line network layout, traffic connection and integrated design of Hongqiao CBD rail transit system are proposed, and the expected effects of implementing medium-low capacity rail transit system in Hongqiao CBD are elaborated. It is recommended that the medium-low capacity Hongqiao CBD rail transit system adopt guideway rubber-tyred system.

Key words Shanghai Hongqiao International Central Business District; urban rail transit; medium-low capacity rail transit system; guideway rubber-tyred system

First-author's address Shanghai Rainbow Investment Corporation, 201106, Shanghai, China

2023年1月发布的《上海虹桥国际中央商务区国土空间中近期规划》中,明确了上海虹桥国际中央商务区(以下简称“虹桥商务区”)的战略定位为联通世界的亚太流量枢纽港、全国统一大市场的关键节点、长三角一体化发展的新引擎、上海强劲活跃增长的动力源。“大交通”“大会展”“大商务”和“大科创”是虹桥商务区的四大核心功能,为此,虹桥商务区的轨道交通系统规划及建设备受关注。本文重点对虹桥商务区轨道交通系统的功能定位、系统制式及敷设方式等方面进行研究。

1 虹桥商务区轨道交通现状分析

1.1 主要存在问题

虹桥商务区既有轨道交通规划如图 1 所示。该区域内既有轨道交通系统存在的问题主要包括:①轨道交通布局^[1]不尽合理,通车线路皆为东西走向,缺乏南北走向线路,同时各线间缺乏衔接;②轨道交通站点 500 m 覆盖率(以下简称“站点覆盖率”)较低,目前区域内的站点覆盖率仅有 12.0%,考虑规划线路后的站点覆盖率也仅有 23.9%,这跟文献[2]中虹桥商务区站点覆盖率目标值(40.0%)相比仍有较大差距;③交通枢纽布局不合理,客流分布不均衡;④受制于 48 m 的航空限高,区域内规划开发建设体量较小,道路资源紧张,土地开发强度仅 1.2 左右;⑤区域内因受铁路和河流分隔,在一定程度上影响了轨道交通的发展。

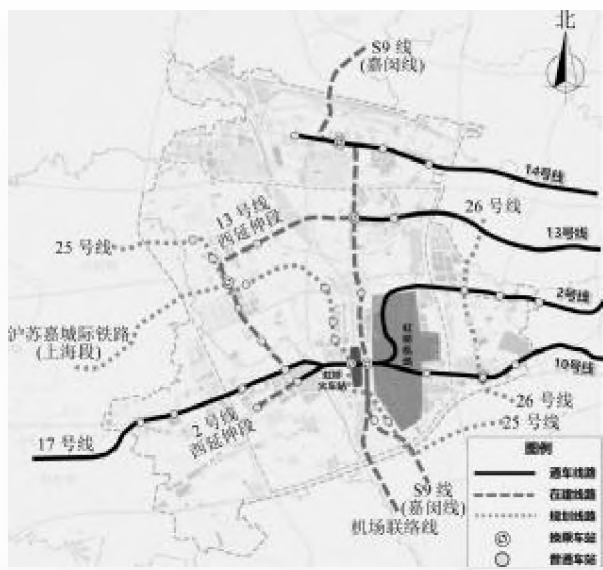


图 1 虹桥商务区既有轨道交通规划示意图

Fig. 1 Diagram of Hongqiao CBD current rail transit network planning

1.2 区域内轨道交通发展需求分析

虹桥商务区土地开发强度较低、道路资源较为紧张,既有道路公交系统不能完全覆盖该区域,也难以进一步改善区域内的出行服务水平。目前区域内拥有大运能轨道交通系统和小运能地面道路公交系统,但二者之间的运力相差太大,缺少了中间层次的公交供给制式。因此,虹桥商务区应借鉴国际中小运能轨道交通系统的应用案例,在区域引入中小运能轨道交通系统。中小运能轨道交通系统可作为既有大运能轨道系统的补充,承担组织补既

有轨网、增强公交覆盖率和提高区域内出行服务水平等功能。中小运能轨道交通系统在国外已有成熟的运作经验,具有布设灵活、经济合理及建设周期短等优势,可为虹桥商务区轨道交通的多元化和层次化发展提供支持。

2 中小运能轨道交通系统的国际案例

美国迈阿密市 CBD(中央商务区)和日本东京市临海副都心地区也曾遭遇了与虹桥商务区类似发展的困境,如道路与土地资源紧张、大运能轨道交通系统覆盖面与服务匹配性差等,因此本文以这两个区域为案例,重点对区域内的中小运能轨道交通系统进行研究分析,以期通过分析、总结及吸收既有经验,为虹桥商务区的轨道交通系统规划建设提供参考。

2.1 迈阿密 CBD 的 APM(自动旅客运输)系统

迈阿密 CBD 是迈阿密都市圈的核心,也是迈阿密都市圈金融、旅游、国际贸易、行政和商业的中心。从 20 世纪 80 年代起,随着迈阿密 CBD 的发展,地面交通资源趋于紧张,当地政府决定引入新的交通方式,以缓解地面交通拥堵,并引导 CBD 用地开发^[3]。为此,当地政府提出了加密地面道路公交网、延伸既有地铁线路及新建中小运能轨道交通系统 3 种解决方案,其方案比选如表 1 所示。

由表 1 可知:延伸既有地铁线路建设成本高,站间距过大,客流匹配性差;加密地面道路网后道路公交的旅行速度低,且会加剧道路拥堵,由此产生的人力成本高。因此,当地政府决策者决定采用新建中小运能轨道交通系统方案,建造具有独立路权、全高架敷设、造价经济、全自动运行的 APM 线路。

2.1.1 线站位布局合理、出行时效性高

迈阿密 CBD 的 APM 系统由首开环线段和南北延伸段两个部分组成(见图 2),其线站位布局合理。该 APM 系统开通后,该线覆盖区域内的轨道交通线网密度从 0.5 km/km^2 增至约 2.5 km/km^2 ,站点覆盖率从 10% 增至 40%。出行时效性方面,该 APM 系统在 CBD 区域内以政府中心站为核心形成了 20 min 出行圈,可以满足通勤、商务、文化旅游等类型乘客快速、便捷及舒适的出行要求^[4]。

表1 迈阿密 CBD 缓解交通拥堵的解决方案对比

Tab. 1 Comparison of traffic congestion alleviation solutions in Miami CBD

方案	平均旅行速度/ (km/h)	公交覆盖率 增加效果	投资成本及 工程规模	运营人 力成本	土地征用难度	公交 灵活性	建成后对道路 交通的影响
加密地面道路公交网	10~15	一般	最小	最大	最小	较好	较大
延伸既有地铁线路	25~35	较差	最大	较小	最大	较差	较小
新建中小运能轨道交通系统	15~25	较好	较小	最小	较小	较好	较小



注：图中时间指分区内利用 APM 系统从最远站点到达政府中心站的时间。

图2 迈阿密 CBD 内 APM 线站位示意图

Fig. 2 Position diagram of stations along APM line in Miami CBD

2.1.2 利用 APM 实现一体化开发

为打造轨道交通站点与周边空间一体化的开发理念,该 APM 系统与沿线周边的地块和建筑紧密结合,图 3 为该 APM 系统某站点与建筑一体化开发示意图。该 APM 系统建成通车后,实现了区域内资源的集约化利用,并将区域内具有公共功能的重点设施快速串联起来,实现了“门到门”运输。

2.2 东京临海副都新地区 AGT(自动导轨交通)线

1982 年 12 月,日本东京都政府公布了《东京都长期规划》,提出要对东京港的港湾地区进行再度开发,立足于首都圈及国家级战略定位,打造极具



图3 迈阿密 CBD 内 APM 站点与建筑一体化开发示意图

Fig. 3 Diagram of station-building integrated development of APM stations in Miami CBD

未来感、复合型的临海副都心地区,并主打海景观光、先端产业、会展、体育及宜居住宅等理念^[5]。当地政府决定在东京市的临海副都心地区采用 AGT 制式建设 1 条中小运能轨道系统线路——临海新交通百合鸥线(以下简称“百合鸥线”)。采用 AGT 制式的原因如下:①采用新颖的轨道交通制式,以助力打造临海副都心城市名片;②AGT 线路采用高架敷设,比大运能地铁线路更经济,且工程难度更低;③线路沿线地形与道路线形复杂,对车辆的转弯与爬坡性能要求高,AGT 制式可以满足要求。

2.2.1 织补既有轨道交通线网

百合鸥线于 1989 年 3 月开工建设,并于 1995 年 11 月正式开通运营^[6]。运营期间,该线作为临海副都心的骨干线路,为区域内乘客出行提供服务。该线串联区域内的多个商业设施、信息办公楼、高层公寓、会议设施及休闲娱乐设施,并对既有轨道交通线网起到织补和引流作用。百合鸥线开通后,临海副都心地区的出行时效性及出行服务水平得以显著提升。

2.2.2 系统适应性强

与大运能地铁线路相比,采用 AGT 制式的百合鸥线建设体量小,车站占地面积少,站点设计更为灵活。百合鸥线的新桥站所处的道路红线宽度仅约 23 m,采用 AGT 制式后该站点的设计能满足要求,并能与既有枢纽车站紧密衔接。此外,受地理条件制约,部分区段的线路条件与工况比较复杂,例如:新桥站附近区段的最小曲线半径仅为 45 m;芝浦码头站南

侧的彩虹大桥区段线路最大坡度达 50‰^[7],如图 4 所示。为了打破因既有地理条件引起的阻隔效应,百合鸥线采用了胶轮车辆,该型车辆具备转弯半径小、爬坡能力强等特点,对各类线路条件的适应性更强,可以满足沿线地形地貌与道路线形的要求。



图 4 百合鸥线最小半径区段与最大坡度区段实景图

Fig. 4 Actual view of the minimum curve radius segment and the maximum slope segment of Yurikamome Line

2.3 案例线路特点分析

通过对迈阿密 CBD 和东京临海副都心区域内中小运能轨道交通系统进行分析,对比两个案例的技术特征,其结果如表 2 所示。

表 2 迈阿密 CBD 内 APM 系统与东京临海副都心区域内 AGT 系统的技术特征对比

Tab. 2 Comparison of technical characteristics of Miami CBD APM system and Tokyo Waterfront Sub-center area AGT system

项目	迈阿密 CBD 内 APM 系统	东京临海副都心区域内 AGT 系统
运能定位	中小运能	中小运能
轮轨形式	胶轮路轨	胶轮路轨
导向方式	中央导向	侧导向
路权形式	独立	独立
敷设方式	全高架	全高架
最小过弯半径/m	30	30
最大爬坡能力/%	6~10	6~10
线路长度/km	7.1	14.7
平均站间距/m	350	980
平均旅行速度/(km/h)	16.4	28.4
日均客运量/(万人次/d)	3.640	13.294
高峰小时单向运能/(万人次/h)	0.42	0.60
列车编组数/节	1 或 2	6
列车定员/人	105~210	352
最小发车间隔/min	3.0	3.5
是否灵活解编	是	否

由表 2 可归纳得到中小运量轨道交通系统具有如下特点:

1) 功能定位——主要作为 CBD 及城市副中心区域的骨干线路,并对区域内既有大运能轨道交通线网起到增强覆盖、织补和引流作用;

2) 路权与敷设方式——主要采用高架敷设、独

立路权形式,以疏解道路资源、提升乘客的出行时效性与客运服务水平;

3) 系统制式——主要采用胶轮导轨系统,胶轮导轨系统具备转弯半径小、爬坡能力大及车辆性能好等特点,与道路线形的契合性更强,并能够打破因既有地理条件引起的阻隔效应;

4) 工程规模——车站建设体量小,可利用该特点实现区域一体化开发及门到门运输。

3 虹桥商务区轨道交通系统规划方案

3.1 功能定位及线路布设

通过建设中小运能轨道交通系统线网来解决虹桥商务区既有轨道交通线网现状难点问题。虹桥商务区中小运能轨道交通系统的功能定位主要包括:①加强区域内各处与虹桥综合交通枢纽(以下简称“虹桥枢纽”)的快速连通;②与既有大运能轨道交通线网衔接,提高与上海市区之间的交通便捷性;③作为区域内大运量轨道交通线网的有效补充,共同形成区域内的骨干公交系统;④强化区域内部的交通服务,把重要功能节点串联起来;⑤与虹桥枢纽内各交通体系构建协同关系,疏解虹桥枢纽非航空与非高铁客流的出行需求。

图 5 为添加中小运能轨道交通系统后的虹桥商

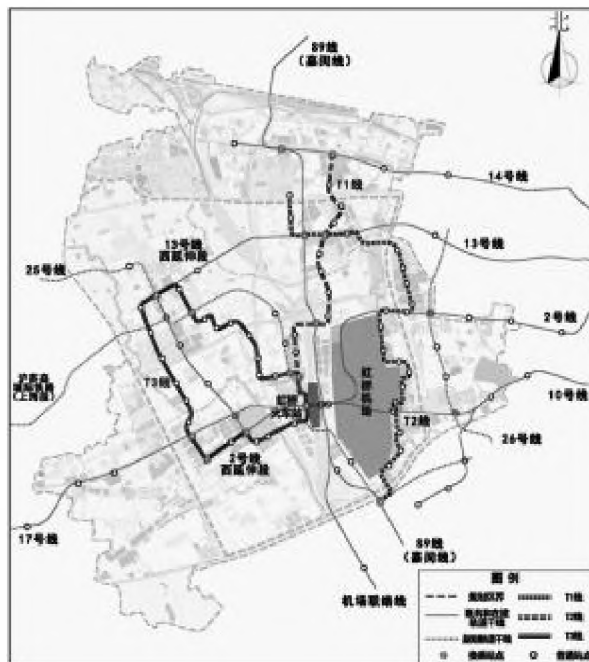


图 5 添加中小运能轨道交通系统后的虹桥商务区轨道交通线网规划图

Fig. 5 Planning diagram of Hongqiao CBD rail transit line network after adding medium-low capacity rail transit system

商务区建设中小运能轨道交通系统时,应与周边地块、重点功能区及交通枢纽更紧密衔接,以提升区域的综合发展。

虹桥商务区中小运能轨道交通系统应采用单层形式的小体量车站,以便于在设计过程中灵活设站,并避免在建设及运营过程中占用过多用地。

4 虹桥商务区中小运能轨道交通系统预期应用效果分析

1) 增加轨道覆盖率:虹桥商务区的站点覆盖率可从23.9%提升至41.8%。

2) 提升出行时效性:虹桥商务区的出行时效性得到有力提升,虹桥枢纽与各功能区/枢纽节点间的通勤时间预计均可控制在30 min之内,加强了虹桥枢纽与商务区周边各级枢纽、节点及重点功能区间间的直达联系。

3) 打破阻隔效应:虹桥商务区中小运能轨道交通系统设计时需要考虑在天山西路北侧附近与多条既有铁路线立交的问题,通过选用适宜的车辆、线路走向等措施,有力打破既有铁路等控制因素对用地的阻隔效应。

5 结语

近年来,我国各大城市主要通过采用地铁+常规道路公交的发展模式来缓解或解决城市道路拥堵问题,其效果不太显著,因此积极探索发展经济、实用的新型轨道交通系统十分必要。中小运能轨道交通系统是一种工程投资小、环境友好、用地集约的公共交通系统,能满足城市中短距离的客运需求,适用于兼顾高服务水平与合理运能配置的CBD、临空经济区等区域。中小运能轨道交通系统具有良好与广阔应用前景,可为提供多层次、多样化及高品质的轨道交通出行服务助力,可进一步提升城市公共交通的竞争力。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 上海市城市轨道交通第三期建设规划(2018—2023年)[EB/OL]. (2018-12-11)[2022-07-25]. <https://www.ndrc.gov.cn/fggz/zcssfz/zcgh/201812/W020190910670719961874.pdf>.
- [2] 上海市人民政府. 上海市城市总体规划(2017—2035年)[R/OL]. (2018-01-04)[2022-07-25]. <https://ghzyj.sh.gov.cn/cmsres/13/135d5e42e159406ab1b4d1102eea2ffa/b86b9d44cb49dba1c00b7a2ac83be28d.pdf>.
- [3] U. S. Department of Transportation (USDOT), Urban Mass Transportation Administration. Miami Metromover; final environmental impact statement[R]. Miami: USDOT, 1988.
- [4] 高京生. 迈阿密城市轨道交通工程概述及评估[J]. 现代城市轨道交通, 2014(4): 86.
- [5] 佐藤信之. 临海新交通百合鸥线工程概览[EB/OL]. (2004-12-01)[2022-07-25]. http://www.raillinks.jp/RJ_0010B.html.
- [6] 增川正久, 彭惠民. 日本7300系新型轻轨车辆[J]. 国外铁道车辆, 2018, 55(5): 10.
- [7] 落合和夫, 有安裕, 穴沢秀昭. 针对混凝土走行路面的重大翻修(东京临海新交通百合鸥线工程)[EB/OL]. (2010-09-03)[2022-07-25]. <http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00035/2010/65-06/65-06-0515.pdf>.
- [8] 中国城市轨道交通协会. 城市轨道交通分类: T/CAMET 00001—2020[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2020: 5.

(收稿日期: 2022-07-26)