

北京地铁环线客流特征分析

吴照章 张 铮 陈丽莎

(中国城市规划设计研究院, 100044, 北京 // 第一作者, 高级工程师)

摘 要 现在国内外已有 30 多个城市修建或规划了不同类型的城市轨道交通环线。重点分析了北京地铁环线的换乘客流比例大、换乘站上下客流量大, 以环线为端点的出行比例高、平均远距相对较短、断面客流的不均衡系数小等客流特征, 解析环线的适宜建设条件, 研究结果可供城市轨道交通的环线规划和建设作参考。

关键词 北京地铁; 环线; 客流特征

中图分类号 TU984. 191

DOI:10. 16037/j. 1007 - 869x. 2021. 05. 021

Analysis of Passenger Flow Characteristics of Beijing Metro Loop Line

WU Zhaozhang, ZHANG Zheng, CHEN Lisha

Abstract At present, more than 30 cities, domestic and abroad, have planned or built different types of urban rail transit loop lines. The passenger flow characteristics of Beijing Metro Loop Line is analyzed with emphasis, such as large proportion of interchange passenger flow, large volume at interchange stations, high percentage of using loop line as trip end, average far distance is relatively shorter, low unbalanced coefficient of section passenger flow. Suitable construction conditions for loop line are analyzed, providing reference for the planning and construction of urban rail transit loop line.

Key words Beijing metro; loop line; passenger flow characteristics

Author's address China Academy of Urban Planning & Design, 100044, Beijing, China

截至 2018 年 12 月 31 日, 中国内地已累计有 37 个城市建成并运营城市轨道交通线路, 运营里程共计 5 500 多 km, 其中, 北京、上海、成都、重庆等城市已开通轨道交通环线(重庆市轨道交通环线仅东北段开通运营), 广州、武汉、郑州等城市已规划或在建城市轨道交通环线。就世界范围而言, 已经开通运营的城市轨道交通环线共有 30 余条, 分布在全球 20 多个城市中; 大部分城市仅有 1 条环线, 但部分城市拥有 2 条或更多环线, 如北京就有 2 条轨道交

通环线。

城市轨道交通环线(简称环线)指的是线路构成一个环形, 列车在其上环形运行的轨道交通线路。一般而言, 在环线上的任一点可以不通过换乘到达环线上的其他任一点。世界范围内比较著名的环线有日本东京的山手线、莫斯科的中央环线等。环线在功能以及客流特征上具有一定的特殊性, 因此, 环线的建设并不适合所有的城市。本文主要针对北京地铁环线 2 号线和 10 号线客流特征进行了描述分析, 旨在为国内城市轨道交通规划过程中关于环线的规划提供一定的借鉴作用。

1 环线的分类及其功能

1.1 环线的分类

从环线在城市中的空间位置来看, 环线可以分为中心区环线、多中心环线、非结构性环线^[1-2]。中心区环线是指整个环线都处于城市的中心区, 并与网络中的多条放射线相交。一般中心区环线规模较小, 长 20 km 左右, 直径在 5 km 左右, 例如莫斯科中央环线(长 19.4 km)、大阪中央环线(长 21.7 km)、伦敦中央环线(长 22.5 km)。北京地铁 2 号线也属于中心区环线, 但规模略大, 长 28 km。多中心环线并不处于城市的中心区, 一般串联多个城市副中心或组团中心。由于多中心环线串联了多个城市副中心或外围组团, 因此规模要大一些, 也会与全网中的多条放射线相交, 例如日本东京的山手线(长 34.5 km)、北京地铁 10 号线(长 57.1 km)。这两种环线的形成与城市的空间结构密切相关, 在整个交通线网中也处于相对重要的位置。另外, 还有一种非结构性环线, 这种环线一般处于城市边缘位置, 通常作为某条线路的一部分存在, 具有特殊的服务功能, 对整个轨道交通线网不产生决定性影响, 且很少与轨道网络中的其他线路相交(例如美国杰夫肯尼迪机场环线等)。非结构性环线不是本文的分析对象。

1.2 环线的功能

一般认为,环线最主要的功能是截流并分散换乘客流,减少进入市中心的客流,缓解环线内的换乘压力。同时,环线可以将城市的不同组团或功能中心紧密联系在一起,减少在功能中心之间出行的换乘次数,并带动沿线均衡发展。

1)换乘功能。环线一般会与网络中的多条放射线相交,换乘站较多,全线的换乘站比例普遍较高(例如,北京地铁2号线的18个车站中有10个换乘站,换乘站比例高达56%;北京地铁10号线的45个车站中有16个换乘站,换乘站比例也达到36%),可以使放射线上的乘客通过1次换乘即可到达位于环线上目的地;也提供了乘客利用环线换乘到其他放射线上的机会,使乘客不必全部到环线内部进行换乘;同时,将城市外围去往不同方向的乘客的换乘客流在环线上进行截流,并分散到环线各站,以减少进入城市中心的客流,减轻城市中心、环线内部的换乘压力。

2)调整城市空间结构。国内外多个城市发展的经验已经反复证明了轨道交通与城市空间的互动发展关系。典型案例有:瑞典斯德哥尔摩手指状城市空间布局与其轨道线网结构基本吻合;莫斯科的城市空间结构也与“环+放射”的轨道网络非常契合;日本东京山手线的建设更是诱导城市沿环线形成了上野-浅草、新宿、池袋、涩谷等多个城市副中心,并带动了山手线沿线商业的快速发展^[3],在山手线沿线及山手线环内集中了大量的就业岗位。因此,当城市各片区发展存在差异或城市中心区内部发展不平衡时,可以考虑设置环线,以带动沿线的均衡发展,实现沿线功能互补、功能发展,并达到优化城市空间结构的目的。

2 北京环线的客流特征

北京的2条地铁环线是2条不同的环线:1条是中心区环线,整个环线位于城市的核心区,且线路规模较小,全长28 km;1条是多中心环线,位于城市外围,规模较大,全长57 km。2条环线的客流特征既有相同之处,又存在差别。本文通过对客流数据的整理归纳,总结北京地铁环线的客流特征主要有如下几个特点。

2.1 换乘客流比例大

由于环线的换乘站比例大,因此环线整体的换乘客流比例较大。以北京2条环线为例,工作日全

日换乘客流的比​​例高达80%以上,也就是说环线上80%以上的客流是通过放射线换乘到环线上或要从环线上换乘到其他放射线上,如表1所示。

表1 北京地铁环线工作日全日换乘比例及换乘系数 ^[4]		
线路名称	换乘比例/%	换乘系数
北京地铁2号线	86.5	1.86
北京地铁10号线	89.6	1.89

对于环线上的换乘站而言,换乘客流比例较高,如图1和图2所示。

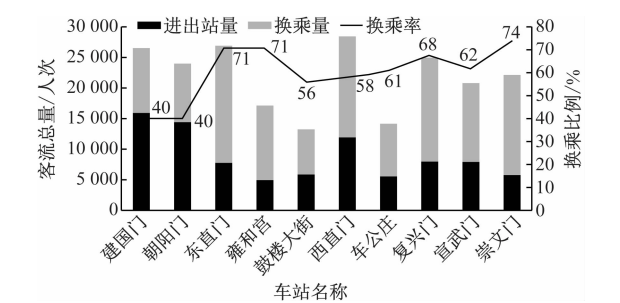


图1 北京地铁2号线工作日早高峰换乘站换乘比例

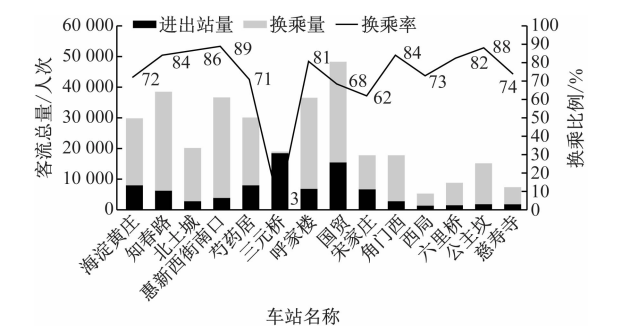


图2 北京地铁10号线工作日早高峰换乘站换乘比例

在2号线的各换乘站中,即使是换乘客流比例最低的建国门站和朝阳门站,换乘客量比例也达到了40%;换乘比例最高的车站是2号线和5号线的换乘站崇文门站,换乘客流比例达到了74%。在10号线的各换乘站中,除三元桥站外(三元桥站是10号线与机场线的换乘站,因此换乘客流比例较低),其余各换乘站的换乘比例均在60%以上,其中,10号线惠新西街南口站(北京地铁5号线和10号线的换乘站),换乘比例已经接近90%。

2.2 换乘站上下客量大

对于一条轨道线路的各车站来说,换乘站本身有2条或以上地铁线路经过,站点的可达性高,因此换乘站周边的开发强度一般高于非换乘站,换乘站的进出乘客较多。同时,换乘站的上下客流除了在本站进出的客流之外,还有其他线路的换乘客流进出本线。因此,环线上换乘站的上下客量一般会高

运距占线路总长度的比例一般低于放射性线路。

2.5 断面客流的不均衡系数小

由于环线一般位于城市中心,或串联多个城市副中心,因此其双向的客流不像放射性线路会呈现出明显的潮汐性,也没有明显的向心客流,在高峰小时环线双向的客流不均衡系数相对较小,如图6和图7所示。

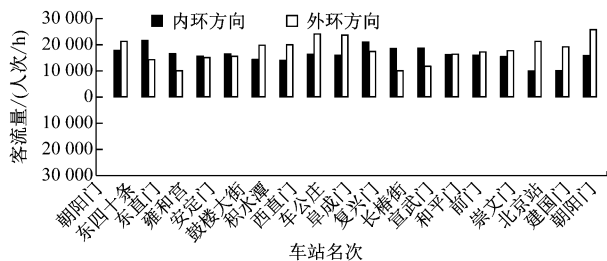


图6 北京地铁2号线工作日早高峰双向断面客流

在早高峰期间,2号线个别区间上下行双向断面客流差别较大,但上下行总体客流差别并不

大,双向的客流不均衡系数仅为1.08。因为2号线是中心区环线,全线均位于城市中心,沿线均高强度开发,各站点的出行需求差别较小,且没有明显的始发和终到站。因此,2号线不仅上下行双向的客流相对均衡,单一方向上全段客流波动也相对较小,单向最大断面客流与最小断面客流之间的比值约为2.8(上行或下行方向的比值取最大值,下同)。

北京地铁10号线上下行双向的不均衡系数也较小,仅有1.23。但值得注意的是,由于10号线属于多中心环线,且跨越空间尺度过大,全线长57 km,沿线土地开发强度十分不均衡,单一方向的全线客流波动较大,东北半环站点周边的开发强度显著强于西南半环,东北半环与西南半环的上客量之比为2.4,单一方向最大断面客流和最小断面客流的比值高达27.8。

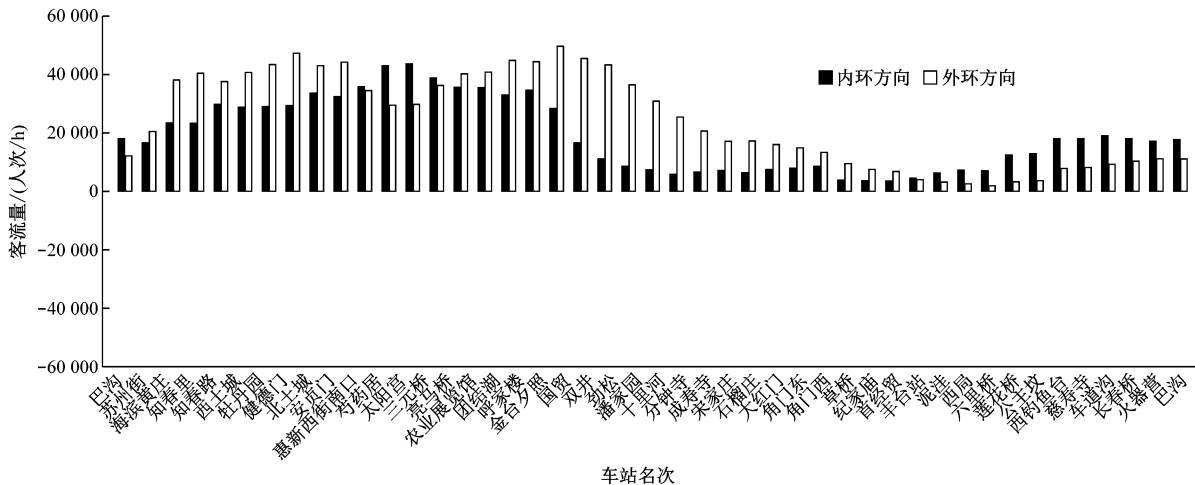


图7 北京地铁10号线工作日早高峰双向断面客流

将10号线进行分段分析(分别以巴沟站和分钟寺站作为东北和西南半环的分界点),东北段上下行之间的客流不均衡系数为1.37,而最大断面客流和最小断面客流的比值为7.56;西南段上下行之间的客流不均衡系数为1.04,而最大断面客流和最小断面客流的比值为11.3。从北京地铁10号线全线来看,尽管分段客流差异较大,但分段双向断面客流的不均衡系数和断面客流的波动都较小。

3 结语

通过上文分析可以看出,环线与众多放射状轨道线路相交,承担了大量的截流、分流和换乘功能。

北京的2条环线中:2号线建设在开发强度较强的城市核心区;10号线建设在城市外围,串联国贸、中关村等多个城市功能中心。北京地铁环线的主要客流特征有:换乘客流比例高、换乘站上下客流量大、大部分环线客流的出行端点在环线上、平均运距占线路长度的比例低、双向断面客流比较均衡。由于10号线尺度过大,沿线用地开发强度差异性较大,10号线全线各区间的客流波动较大;相反2号线全线处于城市核心区,沿线均高强度开发,2号线全线各区间客流波动很小。

从北京地铁环线的客流特征可以发现,环线的

(下转第110页)

性隔离,适用于 DC 3 000 V 的直流轨道系统。输入输出和电源之间的隔离电压、截止频率、测量误差、温度系数、失调、纹波等核心参数均优于国际知名品牌的产品,满足直流牵引供电系统保护测量的要求。该隔离变送器已通过国家电气检测中心性能及电磁兼容试验,指标均达到或超过国外同类产品,目前已在地铁线路及直流输配电工程中批量使用。应用实践表明,该设计产品适合最高 DC 3 000 V 的直流轨道系统。该产品也可应用于工业直流配电、船舶军舰推进系统直流配电等直流配电领域。

参考文献

- [1] 邵海明,梁波,林飞鹏,等.国家直流大电流计量标准研究[J].中国计量,2014(3):72.
- [2] 陈庆.基于霍尔效应和空芯线圈的电流检测新技术[D].武汉:华中科技大学,2008.
- [3] 张艳,马毅.高压直流电流测量装的应用现状与研究进展[J].电测与仪表,2014(11):32.
- [4] 常伦凯,从培建,张马龙,等.直流牵引供电系统新型传感器的研究[J].城市轨道交通研究,2018(8):53.
- [5] 杨莹冰.用分流器取代霍尔传感器进行电流测量[J].都市轨道交通,2013(2):127.
- [6] 郭旭恒,林国松.基于 FPGA 的地铁开关柜隔离放大单元设计[J].自动化信息,2016(3):69.

- [7] 杨海英,李辉,李刚.基于现场可编程门阵列的地铁直流保护装置母线采集模块设计[J].城市轨道交通研究,2013(11):103.
- [8] THIERRY B, MARC P. Contactless power and information transmission[J]. IEEE Transaction on Industry Applications, 2002, 38(5):1266.
- [9] KURS A, KARALIS A, MOFFATT R, et al. Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances[J]. Science, 2007, 317(5834):83.
- [10] IEC. Electromagnetic compatibility (EMC) Part 6-4: generic standards; emission standard for industrial environments; IEC 61000-6-4[S]. Geneva: IEC, 2006.
- [11] IEC. Electromagnetic compatibility (EMC) Part 6-2: generic standards; immunity for industrial environments; IEC 61000-6-2[S]. Geneva: IEC, 2005.
- [12] IEC. Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-8: testing and measurement techniques; power frequency magnetic field immunity test; IEC 61000-4-8[S]. Geneva: IEC, 2016.
- [13] CENELEC. Electrical equipment for measurement, control and laboratory use; EMC requirements Part 1: general requirements; EN 61326-1[S]. Brussels: CENELEC, 2013.
- [14] CENELEC. Information technology equipment; radio disturbance characteristics; limits and methods of measurement; EN 55022[S]. Brussels: CENELEC, 2010.

(收稿日期:2019-07-24)

(上接第 104 页)

换乘车站比例高,且换乘站的换乘客流量大。因此,在进行环线的规划时应考虑到未来可能产生的换乘需求,提前做好设施的规划和预留。尽管环线的换乘客流较多,但是其出发和到达功能仍然是其作为轨道交通线路最主要的功能。因此,在进行环线的规划时应尽量使环线经过城市的功能中心,避免环线成为主要承担换乘功能的线路,增加乘客出行的换乘次数。同时,环线与城市空间发展具有互动反馈效应,也可以使环线经过规划的城市功能中心,利用环线对土地开发的引导效应才能加速城市新的功能中心的形成。

但环线的尺度不宜建设过大,即使通过引导,在大环线沿线形成了新的城市功能中心,但仍然会造成沿线开发强度差异过大,使全线的客流强度波动较大,造成资源的浪费。如果有大的环向客运需求,但环线的不同段客流差别较大,且两段之间的换乘客流较小时,可以考虑分段进行运营组织,减少资源的浪费。

国内多个城市正在规划建设城市轨道交通环线,但城市轨道交通的建设是百年大计,而城市的空间结构以及居民的出行需求特征到底是不是支持环线的建设,尚需要经过反复论证。希望本文能为国内环线的规划建设起到一定的借鉴作用。

参考文献

- [1] 郑猛,陈华,余世英.城市轨道交通环线及其应用[J].城市轨道交通研究,2008(8):1.
- [2] 孙元广,郑翔.城市轨道交通环线运营模式研究与实践[J].都市轨道交通,2015(2):33.
- [3] 王晓荣,荣朝和,盛来芳.环状铁路在大都市交通中的重要作用:以东京山手线铁路为例[J].经济地理,2013(1):54.
- [4] 中国城市规划设计研究院.成都城市轨道交通 9 号线工程可行性研究客流预测[R].2015.
- [5] 王文聪,杨东媛,李玮峰,等.东京轨道交通双环线特征分析及其对上海的启示[J].城市轨道交通,2017(2):125.
- [6] 马毅林,温慧敏,刘剑锋,等.城市轨道交通环线客流特征分析及启示[J].城市轨道交通,2013(6):49.

(收稿日期:2019-06-03)