

纽约地铁快慢线并行模式 对带状城市轨道交通线路布置的启示

陈睿玮 彭其渊

西南交通大学，交通运输与物流学院，成都 610031

摘要：纽约城市居住区与核心区分布明显，通勤客流具有明显的潮汐特征，因此，其城市轨道交通线路布置呈现出联接居住区和城市核心区的带状分布特点。同时，为了适应早晚高峰的突增客流，部分通道内采用了快慢线并行的线路设置方案来提高运能。我国带状城市的功能区分布和城市形态与纽约的城市形态有类似之处，带状城市的地铁线路有能力过饱和、服务质量下降等问题，但一味增长主干地铁长度会带来相应的弊端。本文结合纽约地铁快慢线并行的线路设置模式，提出我国带状城市可以借鉴纽约地铁快慢线的设置方法，在客流量较大的通道上运用快慢线并行的线路布置方案，以解决带状城市轨道交通超长线带来的问题。

关键词：城市轨道交通；纽约地铁；快慢线并行；带状城市；城市功能区

中图分类号：U293.6；U212.33 文献标识码：A 文章编号：1672-4747(2013)02-0070-07

Enlightenments from the Parallel Local/Express Lines of New York Subway for Urban Rail Network of the Ribbon-form Cities

CHEN Rui-wei PENG Qi-yuan

School of Transportation and Logistics,

Southwest Jiaotong University, 610031 Chengdu, China

Abstract: With concerning the distributions in urban functional areas and population of New York City (NYC), the characteristics of the parallel local/express lines of New York subway were analyzed. The features of ribbon-form city in China are similar to NYC's and there are some similar problems of the subway lines in these cities. Therefore, based on

收稿日期：2012-07-06.

作者简介：陈睿玮（1990-），女，汉族，湖南株洲人，西南交通大学交通运输学院硕士研究生，主要研究方向为交通运输规划与管理。

the experience of NYC subway, the possibilities and practical implements of the parallel local/express lines for urban rail network in the ribbon-form cities were discussed in order to solve the problems of overlong lines in these cities of China.

Key words : Urban rail transit, New York subway, ribbon-form city, parallel local/express lines, urban functional area

0 引言

纽约地铁是最成熟的城市轨道交通系统之一,其线网共有地铁线路 24 条,线网总长度达 350 km,日平均客流量超过 520 万人,年平均客流量超过 16 亿人。纽约地铁有诸多特点:24 小时不间断营业、地铁网络一票制系统、多轨式快慢线并行等等,承担着纽约市民 60% 以上的出行分担率。纽约地铁线路的布置呈现出由中央商务区向东面、南面、北面带状发展的特点,中央商务区的地铁多线并行,延伸到周边呈放射状,而这样的线路特点与纽约市功能区的分布有很大的关系。我国自“十一五”规划以来,很多城市都开始大量修建地铁,而地铁系统已经相对成熟的城市,很多线路客流量已经达到饱和,早晚高峰时段拥挤现象严重,特别是像深圳这样的带状城市,通勤客流具有很强的时段特征和空间方向特征,早晚高峰时段通道客流量很大,这样的客流特点与纽约市的相似。因此,结合纽约地铁线路设置特点,讨论带状城市的轨道交通系统快慢线共线布置的可行性对于解决现有单条线路的车厢内拥堵、列车晚点等问题具有积极作用。

1 纽约地铁快慢线设置特点以及纽约市带状功能区分布

1.1 纽约的人口及其城市功能区的分布

纽约的城区分为五个区,分别是布曼哈顿区、布朗克斯区、布鲁克林区、皇后区和斯塔滕岛区。曼哈顿地区是世界有名的经济和商业中心,聚集着高端服务业及其从业人员,是纽约城市的中央商务区(CBD)。从第一次世界大战以来,该区域的人口经历了增长、负增长、趋于稳定三个状态,而其他四个区

域的人口一直呈增长态势^[1]。如今,在曼哈顿地区常住人口不及其他四个区,却聚集纽约绝大多数工作岗位,每天市民的通勤都呈现很明显的方向性,早高峰从其他四个地区涌向中央商务区,晚高峰通勤人员从曼哈顿区向四周扩散。图 1 描述了纽约人口分布示意图。

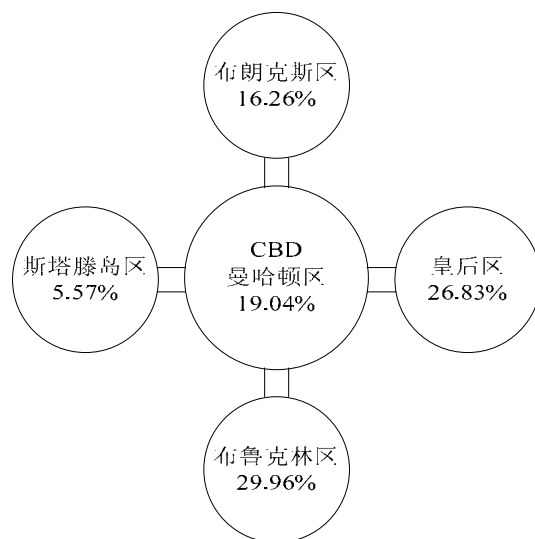


图 1 纽约市人口和城市功能区域的分布示意 (2005 年)

Fig.1 Population and city functional area distribution of New York City (2005)

根据这样的功能区分布特点,纽约市的轨道交通也呈现出明显的带状分布的特点,大多数线路由一个区域经过曼哈顿区再到达另一区域,并且穿越曼哈顿区的线路大多并线且共同停靠大型地铁站以方便市民换乘,这样的线路布置方式如表 1 所示。

同时,从图 2 的纽约地铁线网图,我们可以看出,地铁线路的带状分布特点比较明显,特别是在南北通道上,存在多线并行的情况,并且,在某些大客流站或者枢纽站可以实现多条线路的站内换乘,为市民提供极大程度的便利。

表 1 纽约地铁的快慢线设置

Ta.1 Settlement of New York subway express and lines

地铁线路连接的区域	地铁快线	地铁慢线
布朗克斯区—曼哈顿 —布鲁克林区	2,4,5 号线,D 线	-
布鲁克林区—曼哈顿 —皇后区	A, B, N, Q, Z 线	F, J, M, R, S 线
布朗克斯—曼哈顿	6 号快线	6 号慢线, 1 号线
布鲁克林区—曼哈顿	3 号线	C, L 线
皇后区—曼哈顿	7 号快线, E 线	7 号慢线
皇后区—布鲁克林区	-	G 线

注：阿拉伯数字和大写字母是纽约地铁的线路标识。

纽约地铁图 2010.6.28 版



图 2 纽约地铁线网图 (2010.6.28)

Fig.2 New York City subway map (2010.6.28)

(图像来源: <http://www.mta.info/nyct/maps/submap.htm>

纽约地铁官方网站)

1.2 纽约地铁快慢线的设置特点

与其他城市的市域快线(如巴黎的 RER 市域快线)有所不同,纽约地铁的快线(express)与慢线(local)是分线并行的,不会造成能力上的损失。快线较慢线而言速度相同,但停靠站较少。慢线站站停,而快线是只停靠较大的换乘站,或者采用分段停站方案。在站台的布置方面,快慢线的轨道设置有两种方式^[2~4]。第一种(如图 3(a))是在双向流量较均衡

的市中心,纽约地铁线路设有四条主干线并行,两条供快车行驶、两条供慢车行驶。这样的 4 轨模式,可以在早晚高峰运送大量客流,以便于不同需求的乘客根据自己的时间紧迫程度选择不同列车,并且夜间行车和施工可同时进行,以满足 24 小时不间断运营的要求。第二种是服务于早晚高峰客流的 3 轨式(如图 3(b)),这种快线在高峰时期为客流主方向同时提供快慢线服务。皇后区到曼哈顿区的 7 号快线就是这种模式,6:20 到 12:30 之间,快线由布朗克斯区或者皇后区向曼哈顿开行,而在 13:00 到 20:45,快线开行方向由曼哈顿区返回。这样纽约的这种快慢线多线并行,共同服务于同一个区间的线路模式,既满足了不同层面乘客的需求,又提高了轨道系统的效率和运能,特别是能够满足高峰时段的大运能需求。设在快慢线中间的站台,还能满足乘客同台换乘两类不同列车的需要。

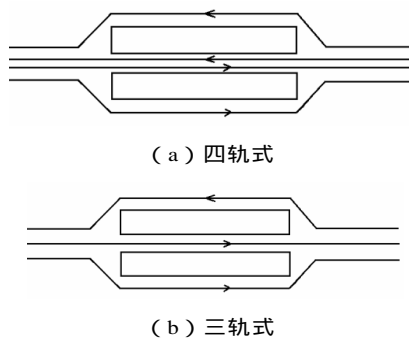


图 3 纽约地铁快慢线站台及线路铺设方式

Fig.3 Platform and track laying methods of the local/express lines of NYC subway

2 带状城市布局特点与城市轨道交通超长线的弊端

带状城市的主要特点是城市平面布局呈狭长带状发展。我国因为地理环境等原因,出现了很多带状城市,比如深圳、青岛、兰州、镇江等,很多关于城市形态的研究表明,带状城市不可能无限延伸,纵向交通通道也不可能无限度地增长^[5]。一般说来,最早建设的城市骨干道路周边地段往往成为现在的核心

区或者 CBD, 这些区域的交通压力超过城市其他地段。随着人口的增加和城市的发展, 加上地理环境或用地规划的限制, 城市形态向两端延伸。图 4 描述了带状城市功能区与主干道路分布特点。

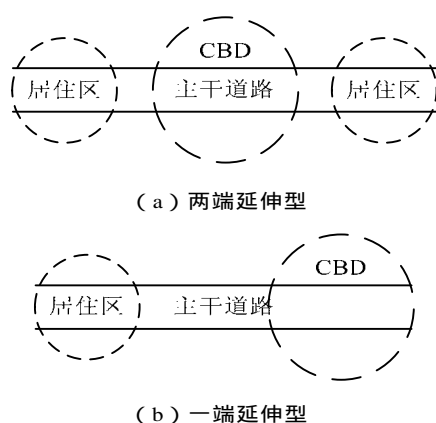


图 4 带状城市功能区分布示意

Fig.4 Functional area distributions of the ribbon-form cities

由于地形的限制, 一些带状城市无法横向扩展, 为了满足人们的出行需要, 只有延长城市主干道的长度。对于拥有城市轨道交通的城市, 例如深圳这样的带状城市, 则可能会采取增长主干地铁线路的长度, 缩短发车频率等方法应对高峰时期的突增客流。即使如此, 还是不能够缓解客流量大、高峰小时车厢拥挤的问题, 因为, 单条地铁线路过长会带来诸多的问题。根据相关规定, 城市轨道交通一条线路的长度不应该超过 35 km, 旅行速度不能低于 35 km/h, 若存在超长线路, 则应控制最长交路运行时间在 1h 以内^[6-7], 超过了这个标准值, 就可能带来以下几个弊端。

第一, 单向乘客过多, 旅客乘车舒适度遭到破坏, 若发生紧急情况, 过度拥挤的旅客将不容易尽快安全地疏散; 第二, 在成网条件下, 高峰时期长主干线在枢纽站产生的换乘客流太大, 车站负荷量过大, 换乘通道或者扶梯处容易造成拥挤, 易造成安全隐患; 第三, 高峰时期为了满足客运需求, 运营部门往往会提高发车频率, 但由于线路过长, 发车间隔缓冲时间不够, 反而容易造成地铁列车的晚点, 并且, 根据晚点传播理论, 往往造成列车实际到达频率比发车频率更

大这样的结果, 增加了乘客的等待时间, 从而造成了车站内更多的乘客积压, 影响地铁运营服务质量^[8]。

针对带状城市, 地铁超长线带来的问题将更加突出。因为城市形态的发展方向受到限制, 城市继续沿着带状延伸, 相应的轨道交通也只能随着城市的延伸发展而增加长度, 容易产生超长线路和出现上述问题。若重新增加线路来接续原有干线, 换乘客流则会相应换乘车站造成客流压力。对于解决超长线带来的问题, 现有解决方案大多集中在优化运营组织管理上, 例如增加列车编组、增加发车频率、合理设置缓冲时间在运行图里的分布、增加车站容量等等^[8], 但是, 许多城市轨道交通超长线内高峰小时客流量仍然远远超过客流预测水平。

由图 4 和图 1 进行比较可以发现, 带状城市布局与纽约城市南北向或东西方向的功能区布局有相似之处, 市民通勤方向都具有明显的潮汐特征。高峰时期客流量大, 客流方向性强, 可以综合考虑我国带状城市的特点, 借鉴纽约地铁快慢线并行的布线方案, 以减缓高峰期的客流压力, 提升地铁服务水平, 在一定程度上缓解超长地铁干线带来的问题。

3 纽约地铁快慢线并行在带状城市的具体借鉴方法

3.1 纽约地铁快慢线并行方案对带状城市轨道交通通道内线路数量和方向设置的启示

对于功能区分明显的带状城市, 客流量的大小在时间和空间上的特征也尤其明显, 如果城市轨道交通采用多线并行模式, 其通道内必须有足够大的客流来满足新建线路的客流需要。一般说来, 高峰小时单向最大断面客流量超过 1.5 万人可以增建一条轻轨线路, 超过 3 万人可以建设一条地铁线路^[9]。结合以上的城市轨道交通多线并行的分析, 通道内高峰期单向客流预测若超过 4.5 万人, 则可考虑采用快慢线并行的方案来缓解客流压力。

同时, 如果带状城市的轨道交通客流特征呈现出明显的时间和空间上的方向性, 可以根据具体的客流

特征来设置地铁快线。例如图4(a)中的带状城市,通勤客流的分布多会呈现出早高峰由两端向中间集中,晚高峰客流由核心区向两边分散的特点。这样的客流方向与纽约市客流方向性类似,可以借鉴采用四轨制快慢线并行。对于图4(b)的带状城市,其客流呈现出早晚高峰大客流方向相反的特点,这样则可以考虑借鉴纽约地铁6号和7号线的快慢线并行的三轨式方法,既可以快慢线分线运行,不会产生列车的待避及越行,杜绝追尾事故,也可以降低建设成本。

3.2 纽约地铁快慢线并行停站方案对带状城市轨道交通停站设置的启示

快慢线并行的布线方式需要合理安排不同线路的停站方式。一般情况下,慢线采用站站停,快线只经停大站,例如客流量大的车站,大型换乘站,大型枢纽站等等。图5是纽约地铁E、F、M、R四条线共线运行的示意图,其中M线和R线是慢线,E线和F线是快线。快慢线共同停靠的三个大站:Forest(森林站),Roosevelt Av(罗斯福大道站)和 Queens Plaza

(皇后广场),而在中间的站点M和R慢线采用站站停方案,E和F线不停靠。图6中深色条形块对应的车站是快慢线共同停靠的车站。从图6可以看出,快线与慢线共同停靠且的车站日均乘车人数较多,因此,设置快慢线停站方案时,需要与客流预测相结合,如果相应区域的乘车人数达到一定的人数,可以考虑快慢线共同停靠且设计成相互可以换乘的站台形式。

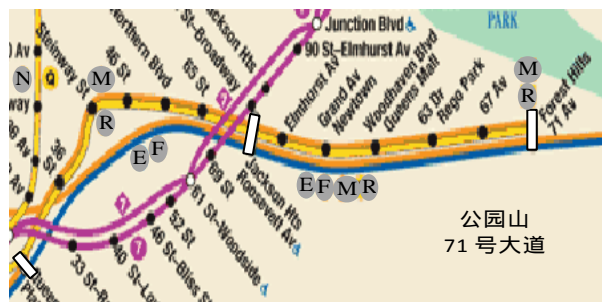


图5 纽约地铁E、F、M、R四线并行的停站设计 (从布鲁克林区到曼哈顿区)

Fig.5 Stopping methods of line E, F, M, R of NYC subway (from Brooklyn to Manhattan)

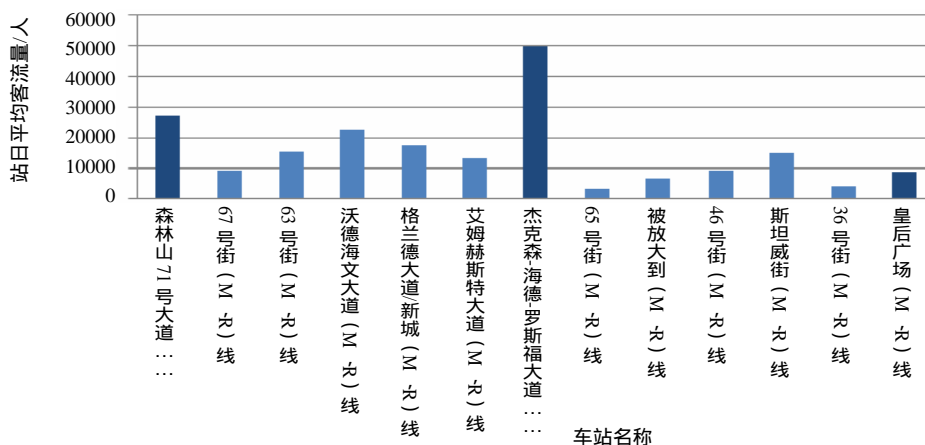


图6 纽约地铁E、F、M、R四线并行区段的车站日均乘车人数(2011)

Fig.6 Daily average ridership of the stations in lines E, F, M, R of NYC subway (2011)

(数据来源: <http://www.railwayage.com/index.php/passenger/rapid-transit/new-york-subway-ridership-continues-climbing.html> 纽约地铁官网)

与此同时,对于穿越核心区的线路,地铁快线的停站方式通常是核心区的路段站站停,特别是线路交叉很多的大型换乘枢纽,快慢线都应该停靠,以满足客流的需要,也能最大程度地疏散枢纽站的聚集客

流,而两端的非核心区的路段只停客流量大的车站。这样的停站方式可以满足居住在不同地段的市民都能够乘坐到直达自己居住地点的地铁而避免车厢内的拥挤。如图7是纽约地铁7号快线(图7中细线)

对于轨道交通网络已经初步形成或规划已完成的带状城市,对于客流量超过预测已经达到过饱和状态的线路,可以考虑结合高峰小时断面最大客流量,在原有的线路旁边增设快线,原有线路作为慢线,保持站站停方案,新建快线的停站方案可以结合纽约地铁快慢线和关于快线停站的一些研究,考虑乘客以及城市功能区位置合理布置站点,避免刻意地追求按照特定的站间距分布^[10]。以保证快慢线的站点设置能充分吸引沿线客流。

4 结束语

本文从纽约城市功能区的分布特点出发,分析了纽约地铁线路布置的特点,对比比较了纽约市城市形

态与带状城市的区别与联系,指出了城市轨道交通超长线可能带来的一些运营组织方面的问题以及存在的安全隐患,并借鉴纽约地铁快慢线并行的模式,为带状城市轨道交通的线路布置提供启示,包括怎样根据客流断面特点设计线路数目、停站方式等。值得注意的是,纽约的快慢线并行模式固然有解决高峰时段客流过饱和、运能不够的情况,但也存在着高峰时期快线车厢拥挤,发车频率高,而慢车乘坐人数甚少,线路能力浪费等弊端,如果要把纽约地铁快慢线并行模式应用于我国的带状城市,需要做好充分和准确的客流预测以及客流成长分析,并与停站方案、列车运行交路、发车频率等城市轨道交通运营组织相关的研究结合起来,以保障地铁等城市公共交通系统的效益以及带状城市结构和形态的健康发展。

参考文献

- [1] 王 灏.关于城市轨道交通快线发展的研究[J].都市快轨道交通,2006,19(3):3.
- [2] 军 荣.平安.从纽约地铁的快车设置谈起[J].交通与运输,2011,(5):69-70.
- [3] 陆 军.宋吉涛,汪文妹.世界城市的人口分布格局研究——以纽约、东京、伦敦为例[J].世界地理研究,2010,(2):28.
- [4] 俞展猷.李照星.纽约、伦敦、巴黎、莫斯科、东京五大城市轨道交通的网络化建设[J].现代城市轨道交通,2004,(1):55-59.
- [5] 倪 捷.刘志强,高亦益.带形城市的公共交通规划[J].城市问题,2009,(1):41-45.
- [6] 沈景炎.关于城市轨道交通线路合理长度的研究和讨论[J].都市快轨道交通,2008,21(4):5-9.
- [7] 雷 磊,罗 霞.关于城市轨道交通线路合理长度的讨论[J].都市快轨道交通,2008,21(4):12-15.
- [8] 江志彬,苗秋云.城轨交通列车运行延误影响及其减缓措施[J].现代城市轨道交通,2009,(5):59-62.
- [9] 毛保华.城市轨道交通规划与设计(第二版)[M].北京:人民交通出版社,2011.
- [10] 李 君,叶霞飞.城市轨道交通车站分布方法的研究[J].同济大学学报(自然科学版),2004,32(8):1009-1014.

(中文编辑:吴继屏)