

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

俞展猷 李照星

0 前言

经过100多年城市化的发展,世界主要大城市大多有比较成熟与完整的轨道交通系统,轨道交通较为发达的城市已基本已形成一定规模轨道交通网络,并延伸到城市的各个方向。四通八达的城市轨道交通网络系统和与之配套不同规模的综合换乘枢纽,已成为现代化大都市的重要骨干交通,这不仅缓解了城市交通的拥堵状况,而且绿色环保,在城市的社会活动、经济活动中发挥着不可替代的重要作用。这些城市的轨道交通运量占到了城市公交运量的50%以上,有的甚至达70%以上。巴黎1000多万人口,轨道交通承担70%的公交运量,这一比例在东京是86%,在莫斯科和香港是55%。

1 世界5个特大城市轨道交通网络化建设

1.1 纽约

1.1.1 纽约地铁

纽约地铁是世界上最庞大的地铁系统之一,已形成了四通八达、准点守时的网络,连接着曼哈顿(Manhattan)、布朗克斯区(Bronx)、布鲁克林区(Brooklyn)

及皇后区(Queens)。目前,拥有总长1 056 km的轨道交通庞大网络。地铁是纽约人出行的首选交通工具。纽约中央车站每天有500班次列车,客流量50多万人次,是世界上最有效率的地铁系统之一。

1.1.2 纽约快线建设

为了使地铁既能提供快速服务,又覆盖更为宽广的区域,在同一运行区间设置了快慢线。快速线设在双向流量较均衡的市中心区,纽约地铁线路设有4条主干线,2条供快车行驶、2条供慢车行驶,如图1所示。采用4轨模式,一是运量大,在早晚高峰时间运送大量客流;二是不同需求的乘客可根据自己的时间紧迫程度选择不同列车;三是夜间行车和施工可同时进行,可实现地铁不间断运营。



图1 纽约4轨模式站台布置

纽约快线的另一种模式是服务于早晚高峰客流的3轨,如图2所示,主要用于连接曼哈顿与其周边的布鲁克林区、皇后区和布朗克斯区,均采用高架轨道形式。这种快线在高峰期间为客流主方向同时提供快慢线服务。



图2 纽约3轨模式站台布置

1.1.3 纽约快线特征

(1) 纽约地铁系统中的快线与慢线为同向不共线,共同服务于同一个区间,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。

(2) 快速线运行是通过减少停靠站实现的。如纽约第7大街地铁线,普通线的平均站间距为0.63 km,旅行速度为22 km/h,快速线的平均站间距为1.9 km,旅行速度为33 km/h。

(3) 纽约地铁系统站台设在快慢线的中间,快慢线之间可以同站台换乘。当乘客在慢车站上车,也可到快车站换乘快车。

(4) 曼哈顿区和邻近3个区的中长距离出行中,早高峰近70%的客流量进入曼哈顿,而在出曼哈顿的方向上,仅有30%的客流,快线可以使乘客尽快到达中心城。纽约地铁列车编组,一般为8~11辆车,24 h运行,最短运行间隔为2 min。

1.1.4 纽约地铁的运营管理

(1) 纽约地铁全部线路由MTA公司负责统一管理,线路的运营管理高度集中。这样,使设备千差万别的

俞展猷:中国铁道科学研究院,研究员,北京100081

国外城轨

纽约地铁,在统一调度下,运营指挥准确、连贯、高效。

(2) 在曼哈顿设置了严密安全检查措施的全纽约地铁网络行车指挥监控中心。整个监控大厅面积比足球场还大,进门的一面是复式应急指挥室,其余三面墙上则布置了监视各条线路列车运行状态的ATS大屏幕以及监视车站动态的CCTV显示屏。大厅中央区域,则是业务整合工作区,对运营一线传送过来的信息进行处理,提供决策支持,通过指令发送到现场相关部门。

(3) 纽约地铁设备维护工作做到了标准化、程序化、规范化。在检修基地内,作业场地整洁、有序,工作人员按统一规范着装,根据既定的工作计划,按标准作业流程进行操作;纽约地铁设有一个电子板集中检修部门,对所有的信号、车辆、售检票、供电设施中的电子集成线路板进行检测和维修,做到人力、物力的资源共享;纽约地铁所有的设备都按一定规范进行编码,并输入物流管理系统。现场物料的需求及消耗等都由物流管理系统实行信息化管理,物资调配效率高,库存成本压力小。

纽约地铁配有运营车辆6 200辆左右,车辆检修人员达到5 000人,几乎所有有关车辆的维修都由地铁公司自身完成。列车的编组方式有4辆、5辆、8辆、10辆,可实现两列4辆编组或两列5辆编组的列车连挂。

1.2 伦敦

1.2.1 概况

伦敦轨道交通线路呈放射状布置,地铁共有12条线,总长415 km,市郊铁路共有3 000 km,日客流量300万人次,2007年总客流量达

10.14亿人次,占伦敦公交总运送人数的48%。伦敦地铁建设因地制宜,在郊区地段,地铁上地面,在城区某些繁华地段,就变成高架。地铁与轻轨线、开往英国各地的42个火车站和汽车长途站连接、换乘。

1.2.2 特点

(1) 公交网络覆盖全城。伦敦地铁是城市公共交通的核心,运送速度比地面交通速度快一倍以上。伦敦城市以环形划分区域,从市中心1区(伦敦老城区)向外围放射至6区,政府、议会、王室、金融城、商业街和主要旅游景点都集中在1区。地铁和轻轨线路平均每小时开出的列车达90班次,车次间隔最密时仅2 min。在市中心区,一般步行10 min之内至少会有一个地铁站。此外,市郊铁路与地铁一样具有高速、准时的特点,主要集中在泰晤士河南岸地铁较少的地区,与地铁共同构成整座城市的骨干公交网络,在高峰时段,近80%进入市中心的出行是通过轨道交通实现的。

(2) 换乘方便。每条地铁线路与多条线路交叉,其中,地铁与火车也有46个交叉站,在6区之内,买一张日票,地铁、火车可通用。伦敦有5个机场,都有地铁或快速直达列车及长途汽车站相连。

(3) 完善的交通信息服务。袖珍版的地铁线路图在每个地铁站都可取到,一图在手,所有地铁线路一目了然。在一些复杂的地铁出口处,在每个公共汽车站,不仅有干线汽车的行驶路线和各站时间表,还有车站所在区域的地图。

1.2.3 发展过程与延续

伦敦完善的轨道公交网络也是在城市发展史上几次大的交通危机

后促成的。

第一次是在19世纪中叶,由于人口增长和伦敦市区的逐渐扩张,城市交通一度处于极度拥堵状态。为缓解危机,伦敦采取了将客运铁路引入市内的做法;第二次是在19世纪末,由于经济的发展和伦敦市区的不断外延,再次导致了市中心交通拥堵。伦敦的应对措施是大量修建地铁;至20世纪初,伦敦具备了较为完善的内城地铁系统。进入21世纪,市中心交通拥堵问题再次突出,2003年2月,伦敦开始对非公交车辆征收入城费,并鼓励使用公交。

将近一个半世纪前修筑的伦敦地铁至今完好如初,正常运转,不仅说明当年设计者的聪明智慧和前瞻性,还显示出后人的精心维护、技术更新和现代管理水平。当然,伦敦地铁也有老态和陈旧的一面。站台一般只有3 m宽,通道狭窄,站台长度也不够,有的站台弧度大,车门离站台距离宽,有的达30 cm。

1.3 巴黎

1.3.1 概况

19世纪末,在工业加速发展的推动下,巴黎地区的城市建设开始大规模增长,工业企业在近郊自发聚集;独立式住宅无序扩张,1965年巴黎的《城市规划和地区整治战略规划》提出在距市区25~30 km外,并于20世纪70年代开始建设5个新镇,人口规模控制在15万~20万人。为了满足不断向外扩张的需要,同时为规划新镇提供发展条件,20世纪60年代,巴黎在地铁网状结构的基础上,修建了放射状结构的市郊铁路和贯穿市中心的市域快速线(RER),在郊区,RER与市郊铁路互为补充,形成了巴黎庞大的市

郊运输系统。

巴黎的轨道交通工具包括地铁、轻轨铁路和高速列车，轨道交通承担巴黎公共交通70%的客流量。巴黎地铁分为两部分：运行范围在巴黎二环之内的，称为Metro线，共14条；运行范围超出二环的，称为市域快速线，这是以原国铁资源为基础修建的，共5条，即A、B、C、D、E线，穿越巴黎各大区。地铁总里程达215 km，共有384座车站，2006年总客运量达14.09亿人次，承担了70%的公交运量。快速线的运营线路总长约363 km，其中，114 km与地铁共线运营，249 km为城市快速线。巴黎的地铁车站应该说是最多的，而且巴黎地铁站和站之间的距离非常短，有的间隔只有几百米，巴黎地铁运行间隔约2~3 min，此外，巴黎地铁运行准点，换乘方便，为缓解市内地面交通发挥了重要作用。

市域快速线采用标准制式和接触网电力牵引，所以，在快速线运行的列车也能在现有的地铁线路上运行。市域快速线在设计时考虑了与市区地铁线的同站换乘，缩短了换乘时间，方便了旅客；在某些车站的换乘是平行式的，旅客只需横跨站台便可完成换乘；还有的换乘车站是立体式的，旅客可上下电梯实现换乘。

1.3.2 以人为本，服务周到

一是布局合理。在市区，每平方公里至少有3座地铁站，不论你住在哪个街区，在方圆500 m之内必有地铁站，步行10 min左右就可以抵达站内。二是考虑了与铁路的联运。在巴黎市内的6个火车站内都设有地铁站，旅客不必出站便可从地下换乘地铁，抵达市区的每个角落。三

是票制多样。有日票、周票、月票和年票，一票游遍巴黎地下，一张地铁票，只要不出站，不论换乘多少次，都不必另外再买票，而且地铁票与公共汽车票通用。四是运营时间长，车次密集。每天早上5:30至午夜1:15川流不息，高峰时段，车次增加，每3 min一趟，而夜间则减少。五是服务周到。每个地铁站都可以免费索取巴黎地铁、公交图，每个站台上都张贴交通图，便于乘客查询，有的地铁站里还有电子路线图。六是文化气息浓厚。车站装饰既有世界名人、名地，也有历史传说、名花名物。

1.3.3 今后发展

巴黎地铁的发展重点将放在加强城区与近郊区的联系上，在现有的架构基础上不断地更新与伸展。13号线将向北继续延长，14号线向南挺进，4号、8号、12号线将向郊区延伸，以免除乘客下了地铁再换乘公共汽车之苦。巴黎地区议会还出台了地铁两条便民措施，一是将周五、周六和周日班车的时间推后1 h，以适应民众在夜间活动的需要，减缓夜间堵车；二是将一张车票的乘车时间改为2 h，在此时间内可以随意换乘地铁、公共汽车。

1.4 莫斯科

1.4.1 概况

莫斯科是全俄最大的交通运输枢纽，莫斯科有5个机场与79个国家的首都和大城市通航，连接俄罗斯国内200多个城市。莫斯科有9个客运火车站、11条电气化铁路、500多km的大环行铁路和13条公路。

1935年5月15日莫斯科第一条全长11.6 km、共13座车站的地下铁道建成通车。经过70多年的扩建和整修，已拥有12条线路、176座

车站（大部分位于地下，地上车站只有15座），总长为292 km，呈辐射状和环状遍布全市，构成四通八达的地下交通网络，共有地铁列车4 000列。在地铁线路交叉点，地铁车站大厅分为2层或3层，大多采用“T”形或“平行”换乘方式，换乘距离不超过100 m，乘客可通过地下通道或天桥十分便捷地任意换车。每天平均开行8 500多次列车，每列车的编组为6~8辆，平均每天运送乘客900万人次，轨道交通承担了55%的城市公交运量，到2007年，地铁线路总长超过300 km。运行时间从早5:00到次日凌晨1:00，平均旅行速度为40~45 km/h。每座车站都有与地面公共汽车、无轨电车和有轨电车的换乘指示牌，为乘客导向。

1.4.2 特点

(1) 客流量大。解决或者说减缓了莫斯科城市交通的拥堵。只有地铁能做到“准时无误”，而且乘车便宜。

(2) 车站装修豪华。莫斯科地铁以其宏大的建筑规模和华美的地铁风貌闻名于世。整个地铁系统100多座车站，经过建筑师和艺术家的精心设计，从屋顶到地面，从绘画到雕塑，作品构思新颖，制作精细，而且风格各异，好似艺术宫殿，并且各个车站都不重复。

(3) 地铁低票价定位。莫斯科地铁采取低票价政策，源于追求地铁运输的社会效益，鼓励、引导市民乘坐地铁，同时政府对地铁公司保持一定比例的补贴，确保地铁公司的正常运营。

(4) 确保地铁线路的客流源。在政府的政策引导和宏观调控下，加强不同公共交通系统的协调规划，莫斯科地铁是主要的公共交通工具，

国外城轨

地面公交起辅助作用。莫斯科大街上公交车很少,与地铁长距离平行运行的地面公交车就更少了,公交车仅承担短距离运输,不与地铁争夺客流。

(5) 地铁网络系统完善。莫斯科地铁有完善的网络系统和便捷的换乘设施,吸引了城市的大批客流。地铁线路几乎遍布莫斯科近1 000 km²土地的每个角落,构成四通八达的地下交通网络。

(6) 行车小间隔、高效率。莫斯科地铁设计高峰小时最大通过能力为44对/h,考虑到运营过程中的各种不利因素后,定为35~40对/h,运营标准定为38对/h(最小行车间隔为95 s)。莫斯科地铁与我国大城市已开通地铁相比,其设备讲求实用,不一味追求所谓“先进”,但通过对旧线的改造和规范的运营管理措施,使莫斯科地铁实现了行车小间隔、高密度运行。

1.4.3 今后发展

(1) 为了缩短行车间隔,需要开展对相关技术条件的专题研究,如车辆性能(车辆的起动加速度和制动减速度)、车辆编组(动拖比)、提高列车过岔速度和折返能力等。

(2) 不断加强地铁职工素质,提高运营管理水平以及车辆和设备性能等综合性指标。

(3) 加强地铁运营常识和管理法规宣传,提高市民自觉适应能力,在车站停站时间为20 s的情况下,保证乘客都能做到“先下后上”,这是地铁列车“准时无误”、安全正点的重要条件之一。

1.5 东京

1.5.1 概况

东京在19世纪末就建成了与其

他城市间的干线铁路,为解决这些干线铁路之间的联系,先后建立了联络线或贯穿城市地区的高架轨道;1946年东京的复兴都市规划,提出了由5条线路组成的轨道交通网络方案,这些线路向山手线以外的郊区延伸,与郊区铁路相互联通,形成了所谓的“相互直通运转”;20世纪20年代,东京建成了连接郊外住宅区和城市中心区的私营铁路、国铁郊区线、城市铁路等,使东京市域面积扩大为原来的6倍;20世纪50年代末到60年代初,在距东京市中心25~60 km的郊区建成了千叶、神奈川、埼玉、茨城、群马、栃木、山梨等7座新城;1984年5月,日本公布了《首都改造基本设想》,其基本方针是改变城市过度集中,将城市分散成多个独立的卫星城,通过轨道交通网络将东京市中心和独立的卫星城联系起来,形成了总面积约12 000 km²,居住人口为3 200万人,通勤通学人员为2 100万人的东京圈。现在,东京圈的城市轨道交通主要由城市铁路、地铁、单轨与新交通系统等四大部分构成。轨道交通系统每天运送旅客3 000多万人次。

(1) 城市铁路。城市铁路中,JR东日本旅客铁道株式会社所属的线路20多条,全长887.2 km。私铁由13家公司所属,总计33条线路,全长963.1 km。东京都内最主要的JR山手线是一条环状铁路。为了缓解了山手线的紧张状况又修建了一条中央线。JR各公司的列车,都有各自的标志色。

私营铁路公司为了发展运营,在没有任何政府辅助资金的情况下,在铁路沿线建成了大规模居民区,

东京的私营铁路大部分以山手线车站为起点,向近郊或邻近地区辐射。其中京王线全长37.9 km,高峰时运行间隔4 min;西武线全长76.8 km。

(2) 地铁。东京都内,地铁线路纵横交错,遍布于城市各个地区。目前,在东京都内运行着的是东京地铁公司的9条线路和东京交通局(都营交通)的4条线路,共计13条,路线总长304 km,共有285座车站,每日平均运量将近800万人次。每条路线都与JR山手线上的车站交会,其中包括几个JR、私营铁路与地铁共同汇集的大型换乘站。许多路线与部分JR线及其他私营铁路线相互直通运转,整体服务范围涵盖东京都、神奈川县、埼玉县与千叶县等。

东京直线电机地铁主要有都营地下铁大江户线,被称为“地下山手线”,由环形线(27.8 km)和放射线(12.9 km)组成,其中,环形线与其他铁道的交叉点约有40处以上,能够融入东京城市铁路和地铁线网。由于直线电机地铁环形线的建成,从东京都中心以放射形展开的地下铁网,成为促进首都东京构筑多中心型城市结构的交通工具。

(3) 单轨。东京圈单轨交通主要有跨座式的羽田线,全长16.9 km,9座车站和多摩都市单轨线,全长16.2 km,19座车;还有悬挂式的千叶都市单轨线,全长13.5 km,15座车站。羽田线于1964年开业,已运营了44年,列车6辆编组,平均每天运送乘客14万人。在浜松町站可以换乘JR山手线,融入东京城市铁路和地铁线网。

(4) 新交通系统(AGT)。目前

东京圈主要有3条新交通系统线,每条线都融入东京城市铁路和地铁线网。一是东京临海线新交通系统(14.7 km,共16座车站),在新桥站可以换乘JR山手线;二是埼玉县新交通系统(全长为12.7 km),在大宫站换乘JR京滨东北线;三是东京都舍人线(全长9.7 km,13个车站),在日暮里站可以换乘JR山手线。

1.5.2 主要特点

(1) 东京地铁采用双线左侧行车的运营模式,站间距最短0.8 km,最长为2.1 km,一般站间距约1 km左右。列车运行间隔最小1 min 50 s,非高峰期最大运营时间间隔为10 min,平均运行速度从35 km/h至48 km/h不等;轨距有3种(1 435、1 372和1 067 mm)。

(2) 供电电压早期采用600 V(采用第三轨受电)外,大部分线路采用直流1 500 V,接触网受电,其中东京地铁公司所属线路采用刚性接触网,东京交通局所属线路采用普通接触网受电方式。

(3) 地铁列车编组有6辆、8辆和10辆3种。

(4) 为了实现有效的运输调度,对本来只有行车调度和电力调度的调度中心增设了对工程、行车和供电、车辆管理等提供技术支援的部门,形成一个独特组织机构的地铁综合调度中心。

(5) 在轨距相同和检票方式统一的两条不同公司所属的线路换乘点上,可以“只换司机不换车”,即“直通运行模式”,以减少在长大线路上乘客上下车的换乘次数。

(6) 东京地铁是日本最早实施自动售检票系统的地铁系统之一,

采用了计程票价,并在出口处设置了自助补票机(精算机),实现了车票服务多样化。

(7) 地铁车辆采用了人工智能ATO系统。

(8) 地铁公司拥有4个维修工厂和12个车辆检修所,承担着车辆的大修、关键部位的检修、紧急检查和车辆改造业务。对于非运营核心服务设施的维护与维修,或非主营业务,如电梯维修、车站清洁、物业管理等,东京地铁采用社会化方式,实行维修专业化。

(9) 东京地铁车站的出入口设置因地制宜,形式多样,并与周边商业开发协调和社区的衔接。

(10) 具有完备的防灾减灾措施,包括电源故障、防地震、防洪措施和防火措施等。

(11) 细节体现人性化与功能化,包括无障碍化措施、换乘方便、乘客导向系统等。

2 结束语

(1) 城市轨道交通网络化要求各种交通型式配合。除地铁外,还有城市铁路等其他型式轨道交通的配合,构成城市轨道交通的网络,并根据主要客流量的分布和集散点来确定线路的具体走向。

(2) 线路之间的方便换乘至关重要,实际上换乘点就是线路网络的节点,通过这些节点构成了城市轨道交通的网络。提高网络的覆盖密度和直达性以及方便的换乘系统,使乘客可以快速到达目的地,才是完善的城市轨道交通网络。在城市的外围区域,发展停车换乘枢纽,以减少出入城市中心区的交通压力。

(3) 运营调度的集中统一,可以实现整个线网高效、可靠的协调机制和快速反应机制。纽约地铁虽然建造于不同年代,但在线路运营调度指挥上始终坚持集中统一,这种指挥方式保证了运营一线发生状况时,能最快反馈至最高决策部门,同时,决策也能最快的传达到运营一线。此外,同一城市多个不同运营商之间,也能够做到运营调度集中统一。为此,面积达1 350 m²的北京市轨道交通指挥中心已于2008年12月26日全面投入使用,今后它不仅管理着北京198 km、123座车站的8条线路,而且也将把2009年开通的京港地铁4号线纳入指挥中心统一管理范围。

(4) 网络化的城市轨道交通与干线铁路的无缝衔接不可缺少,集中地铁、公交和出租车等各种交通方式,构成一体化的大型交通枢纽,十分重要。

(5) 通过引入完善的列车时刻表,提供列车到站时刻的预告、乘客信息的引导等完善详细的交通信息,对减少乘客等候换乘时间,提高列车的准点率和服务水平发挥非常重要作用。

(6) 城市轨道交通的网络化为实现车辆资源共享提供了重要条件,这对于降低建设和运营成本,缩短供货周期和备品备件的供货渠道,减少维修设施等方面都大有好处。

(7) 从国外发展城市公共交通的经验来看,城市铁路、市郊铁路对于疏解城市交通压力具有重要的作用。

收稿时间 2008-10-11