

欧洲城市轨道交通及 对中国的借鉴意义

王振海

摘要:本文是在 2002 年施仲衡院士率领的城市轨道交通代表团赴欧洲三国考察全体专家工作成果的基础上整理出来的,文章最后谈了几点对我国地铁建设的启示,供大家参考。

关键词:城市轨道交通 地铁 巴黎地铁

1 引言

2002 年 6 月 24 日~7 月 8 日,笔者随施仲衡院士一行赴法国、奥地利、德国等地对城市轨道交通的技术装备、规划与设计理念以及土建工程技术等方面对考察与调研,并先后考察了巴黎地铁 14 号线、维也纳 SGP 地铁车辆制造厂和维也纳地铁车辆段、柏林交通协会、德国西门子信号研究中心(Braunschweig)、西门子车辆试验中心(Wildenrath),以及科隆、法兰克福等城市的轨道交通,并顺访了位于 Emsland 的德国磁悬浮铁路试验研究中心。

在考察中,代表团根据专家成员的专业技术专长,分成线网规划、土建、信号、车辆、通风与环控 5 个技术小组,针对不同的技术领域进行了有重点的考察分工;同时,代表团还利用考察中的休息时间进行及时地分析和总结,交换考察见闻、剖析考察中所遇到和了解到的技术问题和参数;回国后又进行了较为系统和全面的分析与总结,吸收消化考察成果,编写了《赴欧洲考察城市轨道交通技术报告》和“考察(简要)报告”。通过这次考察与调研活动,代表团较为系统地了解了欧洲城市轨道交通系统各专业的最新技术发展,对我国地铁建设的健康发展具有重要的参考价值。

2 欧洲的城市轨道交通

2.1 巴黎地铁 14 号线

巴黎地铁 14 号线是本次考察的重点对象之一。14 号线又称为巴黎“Meteor Line”,是一条无人驾驶的全自动化地铁线路。该线计划从 Port de

Gennevilliers 至 Maison Blanche,由西北至东南贯穿巴黎市区,全长 20 km,设 18 个车站。其中 13 个车站在巴黎大区内,8 个车站可以和巴黎的 11 条老地铁线换乘,有 5 个车站可以与 4 号快车线和 Eole 快车线换乘,还可与法国铁路的两个车站(Gare de Lyon 站和 Saint-Lazare 站)相连。14 号线的一期工程从 Tolbiac Massena 站至 Madeleine 站,全长 7.7 km,全部为地下线,共设 8 个车站,其中有两个为换乘站(Gare de Lyon 站和 Chatelet-Les Halles 站),站台基本上都是侧式站台,长 120 m,只有 Gare de Lyon 站为岛式站台。目前该线列车编组为 6 节编组(远期 8 节编组),全长 90 m,共备有 19 列车,旅行速度 40 km/h,最高运行速度达 80 km/h,行车间隔 105 s,高峰时 85 s,两端折返实际用时仅为 60 s,每小时运送旅客 25 000 人。列车的车辆由于采用了胶轮,因此列车的制动、加速性能有一定提高,乘坐中加速及制动时无不适感觉。该线特点是编组小、密度高,这种小编组高密度的行车方式值得我们参考。

巴黎 14 号线的列车运行控制系统(Meteor System)是当今世界上最先进的城市轨道交通列车运行控制系统之一。该系统在综合运用多项先进技术的基础上,实现了城市轨道交通列车驾驶、运行控制、调度指挥的高度自动化,大大提高了系统效率,节省了人力。其信号控制系统具有如下主要特点:

(1)采用了无人驾驶系统及屏蔽门系统。在每节车及每个屏蔽门的适当位置都安装了电视摄像头,通过传输电缆将监控信号传送到运行控制中心(OCC)。控制中心通过可切换的 8 个显示屏随时了解列车运行及站台情况;同时每节车辆上都安装了

LIGHT
RAIL

内部通信(Intercoms)系统,乘客可以在需要时随时与控制中心的调度员通话,在紧急情况下,内部通信系统可以自动地开机,使 OCC 调度员可以听到运行中列车内部的情况。

(2)采用了基于虚拟闭塞(Virtual Block System)的准移动闭塞系统。所谓虚拟闭塞就是线路的分区划分仍同传统的固定闭塞一样是固定的。所不同的是,分区划分不再是沿线路明显指示,而是固定存储于固定的轨旁设备及车载设备。运行的列车实时确定列车位置,并将所占用的分区实时地通知地面轨旁设备。轨旁设备将此信息送给后续追踪列车,后续列车确定距前方占用分区的距离,监控列车运行。事实上,这种虚拟闭塞是介于固定闭塞和移动闭塞之间的闭塞方式。

(3)采用了基于感应环线的车地信息通信系统,实现了车地安全信息的双向通信。但感应环线仅作为运行控制信息通信,不提供列车定位信息。列车定位信息采用独立的信标系统(Beacon)。

(4)列车定位测速采用了测速传感器+地面信标(Beacon)方式。巴黎 14 号线信标系统安装了两种类型的信标。一种是平均 20 cm 长的短信标,当列车通过该信标时向列车发送安全方式编码的公里标信息。另一种为平均 1.6 m 长的长信标。它向运行列车和停止列车发送公里标信息。由此看来,短信标可能用于区间,而长信标则用于车站。

(5)设计行车间隔为 85 s,折返时间 75 s。在运行高峰时还采用预先在折返处“埋车”方式,即预先在折返处停放一列车,等到达列车停站后,先发预先在折返处停放的列车,然后再让列车进入折返处。这样,行车间隔小于 90 s 时,“折返时间”就不再成为难以解决的“瓶颈”。

巴黎地铁 14 号线的车站在设计理念让乘客在地下享受更大的空间,更自然的色彩和照明,同时强调“舒适和安全”。如车站的水平联络通道,一般为拱形回廊,但照明和色彩沿纵向不断变化;垂直联络通道,实际上是个大竖井,可以联络不同水平高度的地铁车站,竖井中设有自动扶梯和垂直电梯;为了保护乘客人身安全,沿车站纵向站台上布设了屏蔽门,屏蔽门仅在列车到达后,允许开门时才与列车车门同步开启,列车仅在确认屏蔽门关闭后才能发车。由于巴黎地铁不设空调系统,所以屏蔽门顶部是敞开的。

巴黎地铁 14 号线车站采用两种施工方法:竖井

部分采用明挖顺作法,以地下连续墙作为围护结构,内部采用钢支撑;车站主体为单拱结构,采用悬臂式掘进机暗挖施工,单拱衬砌采用无螺栓联接的矩形砌块拼装而成。而区间隧道绝大部分是采用双线盾构法施工,上、下行线路间无中间隔墙。

2.2 维也纳 SGP 车辆制造厂及维也纳地铁车辆段

2002 年 6 月 26 日,代表团从巴黎飞抵维也纳,参观考察了维也纳 SGP 车辆制造厂及维也纳地铁车辆段。

(1)维也纳 SGP 车辆制造厂

维也纳 SGP 车辆制造厂是一个车体制造及车辆组装厂。代表团在厂方技术人员的带领下,主要参观考察了该厂的车体制造部分,包括型材下料、焊接(机器焊、手工焊)、机加工(加工中心)及下线准备(切割及打印线号)等工序;同时还参观了总装、调试、油漆、烘干等车间。总的印象是,无论是型材下料、加工焊接,还是组装调试均十分规范,特别是长大型材的焊接夹具非常有特色。据了解,我国已有单位对此作了专门考察并有合作项目。另一特色是各种电线的下线准备,先是按长度要求分别切割,然后再印上线号,这一点维也纳 SGP 工厂是走在前面的,这对今后的维修工作十分方便。在 SGP 工厂还有机会看到了低重心的城市有轨电车,但由于时间太短,未能仔细了解。

(2)维也纳地铁车辆段

所参观的维也纳地铁车辆段是负责维也纳地铁 2 号线和 3 号线车辆的维修和运行工作的一个车辆段。在该段考察的最大收获是看到了维也纳地铁列车的编组可以调节,6 节编组可以快速解编为 4 节编组。

维也纳 2 号线列车为 6 节编组,但可根据需要解编为 4 节。该列车为 4 动 2 拖。两端的 1 号车和 6 号车为拖车,不设动力装置,但设列车操纵台(控制室),2 号到 5 号车均为动力车。2 号车与 3 号车之间、4 号车与 5 号车之间用车钩连接,其余为固定连接。6 节编组的列车连接方式为:

1—2-----3—4-----5—6(4 动 2 拖)

解编时,2 号车与 3 号车摘钩、4 号车与 5 号车摘钩,甩去 3 号车和 4 号车,2 号车与 5 号车挂钩连接,成为 4 节编组,即改编为:

1—2-----5—6(2 动 2 拖)

由于有了解编的方案,因此列车上的配置均采

用对称方式即 1—2—3 与 4—5—6 对称。同时考虑到解编后 3—4 摘走,剩下的 1—2—5—6 要完成独立运作功能,以及解编后列车功率的下降,即由 4 动 2 拖改为 2 动 2 拖,于是在设计时就首先考虑了列车的功率储备,也可采用 3 动 3 拖方案,这样对功率使用没有什么影响。另据了解,解编作业并不复杂,解编中摘挂钩工作仅需要 5 min,其他连接工作(电、气等通道)及甩车调车等加在一起也只要 1 h。说明 6 节编组的列车可以灵活改编为 4 节编组。地铁列车能否实现灵活编组,应在事先订货时就明确提出,工厂按要求进行设计制造。灵活编组列车在动力设备及其他装备配置上有严格的要求,较固定编组要复杂;但通过改变列车编组,再加上调节行车密度是可以适应不同时期和不同时段客流量变化上的要求,是提高地铁运行效率达有效途经。维也纳地铁车辆段的其他设备与我国的基本相似。

2.3 德国的城市轨道交通

(1) 柏林的城市轨道交通

柏林市面积为 891 km²,总人口为 350 万人,柏林市以外整个布兰登堡州人口为 260 万人。其中 90 万人口住在柏林市中心 20 km 范围之内,该区域人口密度为 3 900 人/km²。柏林地铁线全长 152 km,共有 170 个车站,站间距一般为 800 m,车辆总数为 1 403 辆;全市年客流总量约为 9 亿人次,其中地铁客流量为 4 亿人次。柏林的轨道交通发展已有 100 多年的历史,目前,主要交通工具具有区域快速火车(Regional Express)、S-Bahn、U-Bahn、有轨电车、城际间高速铁路(ICE)、公共汽车、船为一体的综合交通系统,火车基本上覆盖了布兰登堡州 2/3 的居民,是主要的交通工具。

柏林发达的轨道交通网络是历史发展的结果。最初柏林作为首都,修建了通往全国各地的铁路,每条铁路在柏林都有自己的始发站(例如 Potsdam、Anhalt、Dresden 等)。为了方便各个方向的乘客,在第一次世界大战前就修建了联结这些车站的铁路线,并将这些线路也向市民开放,成为一种市内交通工具,这就是德国最早的 S-Bahn。为了组织协调不同形式的轨道交通之间,尤其与公共汽车之间的关系,实现综合交通总体规划与运营管理,柏林市成立了柏林交通协会(BVG),并在此基础上成立了柏林和勃兰登堡州交通协会(VBB)。

为满足客流需求,柏林市交通规划有两个思路:一个是修建城市联络环线,用于联络各郊区副中心和分担市中心的客流,目前 S-Bahn 环线已经开通;另外一个为修建东西向和南北向穿过柏林市的两条轴线主干铁路,用于承担市内主要交通量。柏林市内东西向的铁路线已较完善,目前正在修建南北向的铁路。在东西线南北线的交会处,正在修建柏林最大的 Lehrter 火车站。

Lehrter 火车站将成为柏林的轨道交通枢纽,东西向的轨道交通系统和新的地下线将在这里汇合。根据估算,其年客运量将达到约 5 000 万人次/年。下层供南北向的火车使用,位于地下 18 m 深度;上层供东西向通过城市的长途、区域和郊区铁路使用,东西向 S-Bahn 线路位于地下 7 m。整个车站建筑采用玻璃构筑,显得气势磅礴。

据介绍,在柏林大区内不久将实现:70 km 范围内的乘客可以在 1 h 内到达柏林市中心,发车间隔 1 h;在 150 km 范围内,2 h 内到达,发车间隔 2 h。柏林在解决交通问题时,首先抓的是综合交通,从规划开始到运营管理,把多种形式的交通工具系统地统一起来;同时,充分改造和利用旧有交通系统,使新旧系统、设备都能发挥作用,而不是不停地拆旧建新。在柏林还能看到 100 年前的轨道交通设施仍在使用。其次,在交通规划中,柏林的做法是首先确定总体目标:在多大范围内,保证乘车时间不超过多少,保证发车间隔在多少时间之内。由此制定实现总体目标的交通方式选择,线路位置设计,运营组织方案等等。这种规划方法思路清晰,目标明确,方法科学。

(2) 科隆的城市轨道交通

考察科隆地铁留下深刻印象的是:地铁埋深较浅,车站简易,通常从街角下去就是;换乘方便,在同一个站台上可以换乘去许多不同方向的其他线路,而不用上下爬越,或者长距离通过通道换乘。在德国的其他的城市也是一样的,这种同一站台上进行换乘多条线路的方式很普遍。另外,地铁的票制是多样化的,有单人的、小组的;有按区的、按时的;有一次的、多次的……。售票方式也是多样化的,可以预先买,可以在车站买,可以在车上买,可以自动售,也可以在售货亭代售……。

另一个现象就是在科隆可以乘地铁去波恩,即相邻城市之间也实现了轨道交通联系,这种把城市

内的轨道交通和城际间的轨道交通结合起来的做法,在城市密集的地区有很大的意义。德国在鲁尔工业区(包括多特蒙德、波鸿、埃森、杜伊斯堡等城市)就建设了完善的轨道交通网络。

(3)法兰克福的城市轨道交通

乘坐法兰克福地铁,不仅再次看到多条线路在同一站台上实现换乘,而且在站台上发现有长、中、短列车标识。这是同一线路在不同时间根据客流情况,可以有长列(9节)、中列(6节)、短列(3节)不同长度的列车运行,既满足乘客需求,也保证了一定的车辆利用率。

2.4 欧洲城市轨道交通特点

欧洲的城市轨道交通体现了“以人为本”的建设宗旨。设计者在努力保障乘客的乘坐方便、安全、舒适、快捷的同时,尽可能地缩短车站长度,减小车站规模,以降低工程造价。这值得我们学习。

欧洲的车站在总体布置上,站间距一般为800 m左右,早期建设的工程以地面轻轨为主,20世纪70年代后大部分转入地下。地面线路位于道路中间,或道路一侧。车站只有简单的候车棚,埋深较小时采用半地下车站;当线路位于地下时,线路及车站基本位于路中,出入口位于街道两侧或十字路口的四角,布置较为简单。当与其他线路或地面火车站有换乘时,一般设有大厅作为交换层,如巴黎的里昂站、科隆的大教堂站等。

大多数车站都有站厅层,站厅层面积比上海、广州地铁站的面积小,站厅层一般只有售票亭、问事处、自动售票机等,管理用房很少。少数车站没有站厅层,乘客可以从站台直接到地面。

站台层的站台长度一般在100 m左右,最小的只有40 m。巴黎及科隆地铁以侧式站台为主,柏林、维也纳以岛式站台为主。岛式站台宽度早期有5 m、6 m、8 m或10 m,新线有的大换乘站达18 m。侧式

站台早期宽度中部大多数为3 m,两端因出入站厅要求加宽到5~6 m。早期车站站台较短,站厅小、站台窄,至今仍能满足客运要求,主要是行车密度加大,运力提高的缘故。在考察中看到有的行车间距达到了75 s,停车时间少于20 s,巴黎14号线折返总时间也达到了85 s。这种运行机制展示了“小编组、高密度”行车的样板。目前广州、上海的车站长度都超过了200 m,使地铁建设投资增大。采用小编组、高密度行车方案,可以减少车站长度20~40 m,这意味着每座车站将减少建设投资400~1 000万元。

出入口的位置因地制宜在路边设置,既方便乘客又不妨碍行人,同时也不影响环境和景观。目前北京、上海、广州等城市出入口差不多都要求进红线,这样既增加了出入口的长度,增加工程造价,又使乘客很不方便,值得改进。

欧洲城市轨道交通另一个显著特点是多线共用站台。柏林、科隆、法兰克福、维也纳等地经常采用多条线路共用一条轨道,车站也是多线共用,这既充分挖掘了线路的运能,又方便了顾客的换乘。如柏林Bellevue站有S5、S15、S3、S9共4条线通过,这4条线有不同的起点和终点,在中间Wekreuz至Dstkrenz站为4条线共用,铁路运输潜力得到充分利用;科隆某站为2岛2侧4线车站,有8条线路通过,在A、B站台间有U15、U17、U19线车辆通过,B、C站台间上行有U5、U12、U16、U18共4条线的车辆通过,下行有U6、U12、U18这3条线通过,C、D站台间有U5、U15、U16、U17、U19共5条线通过,站前站后都有岔线,列车行车间隔最小只有1 min,各条线路列车长度不一样,如U5只有2辆一列,每辆由2节车组成(6轴),长度40 m左右;有的为3辆一列,每辆3节组成(6轴,中间一辆有转向架),长度90 m左右……,这给我们一个重要的启示,即多条线路混合运行是安全可靠的,列车编组长度不一

表1 中欧城市轨道交通建设状况比较表

序号	比较项目	德国做法	中国做法	改进途径
1	车站长度	站台长100 m	120~180 m	采用小编组方案,减少车站长度
2	岛式站台宽度	5 m、6 m、10 m	最小10 m	列车密度增加,车站滞流人员减少,宽度可减少
	侧式站台宽度	3 m、4 m	3 m、5 m、8 m	
3	行车密度	60 s、85 s	120 s	实行85~90 s有可能
4	顶板最小埋深	1 m或更小	3 m以上	因地制宜,可适当抬高
5	出入口	在路边,有的直通站台,可以敞口	在红线内,通道较长	可考虑灵活设置,与周围环境协调一致
6	车站装修	简单	较豪华	可适当降低标准
7	设备服务用房	自动化程度高,用房少	服务用房多	采用西门子的无人驾驶技术,可减少用房面积
8	换乘方式	多线同一站台换乘、少数节点换乘	节点集中换乘、通道换乘岛、侧站台换乘	利用岛、侧交叉换乘,提高使用功能

是可以接受的,这种运行方式对疏解大客流段紧张状况和方便偏远地区乘客有重要意义。

3 对我国地铁建设的启示

将欧洲几个城市的轨道交通特点与国内地铁建设的现状加以对比,从中不难找出提高服务质量、降低工程造价的途径(见表1)。

地铁造价居高不下是阻碍我国城市轨道交通发展的主要障碍之一,此次考察对研究降低地铁造价课题具有重要的参考意义。通过这次欧洲城市轨道交通的专题考察,我们从中得到几点启示。

(1) 转变观念很重要

随着我国国民经济的快速发展,城市轨道交通建设的高潮即将来临。而目前我国城市轨道交通建设仍然存在着一些误区,如列车的灵活编组问题、高密度行车问题、移动闭塞与准移动闭塞问题、车站建设规模问题、换乘与多线共用站台问题等等。这些问题的解决,对降低地铁造价、提高运营效率具有重要的意义。这些问题的解决在国外已经有成熟的技术,而我们国内的观念显得过于陈旧和保守。因此,解放思想、转变观念显得十分重要。

(2) 依靠科技进步和技术创新是关键

先进的技术和产品依靠的是科技进步和技术创

新,巴黎地铁14号线的高效运营是众多科技成果的结晶。在我国地铁建设造价的构成中,设备费用,特别是车辆和信号系统的费用占很大比重,原因是这些产品主要依赖于进口,而且后期运营和维护费用也十分昂贵。因此,要从根本上解决降低地铁造价问题,必须依靠科技进步和技术创新,研制和开发具有自主知识产权的、先进的设备和信号系统。

(3) 坚持设备国产化战略是重要手段

目前地铁车辆和机电设备主要依靠国外进口,致使地铁造价大幅上升,严重制约了地铁建设的发展,而且今后运营将长期受制于人,这种状况实在令人担忧。因此加快实施地铁车辆和机电设备国产化,不但可以降低地铁的造价与运营、维护成本,而且对推动我国机电工业、钢铁工业和制造业的发展、拉动内需等均具有重大意义。目前我国地铁的掘进、供电、通信、环控等设备已基本能自行生产,但要提高质量,成龙配套,车辆和信号等设备还需组织力量,消化吸收国外先进技术,逐步达到基本国产化。

鸣 谢

感谢西门子公司交通技术集团的邀请和对考察活动所做的周密安排,感谢考察团各位专家出色的工作。

LIGHT
RAIL

信息

INFORMATION

2010 年建成 12 条轨道线, 45 min 内穿梭中心市区

到2010年,上海将有12条轨道交通线建成通车,组成长达311 km的轨道交通线路,比现有的65 km翻两番。预计届时每天有800万人借助轨道交通出行,中心城区内任意两点间的通达时间可以控制在45 min内。这是记者昨天从上海城市交通规划部门获得的信息。

与“45 min”目标相适应,现有部分公交线路及站点将根据情况进行适当调整或重新设置,尽

量便捷公交与轨道交通之间的乘客换乘。

根据远景规划,上海整个轨道交通网络总共有17条线路(2010年建成12条),共设车站430座。今后这些车站中的186座可以与1条或2条以上线路换乘,其中由轨道交通3号、4号线(明珠线1期、2期)组成的城市环线上,市民可以分别在17个换乘车站转乘14条放射线。

(摘自上海《新闻晨报》2003年9月3日)