

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2010.03.025

华盛顿地铁考察及 对我国地铁建设的借鉴

李得伟

(北京交通大学 北京 100044)

摘要 通过对华盛顿地铁的实地考察,详细介绍华盛顿地铁的线路、车站的特点,阐述其在设计、运营、服务、节能等方面的主要理念以及实际措施,分析主要优缺点,并且对我国未来地铁的建设和运营提供建议。

关键词 华盛顿 地铁 设计 运营 考察

中图分类号 F531.3 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2010)03-0110-04

1 华盛顿地铁概况

2010 年 1 月,笔者赴美参加 TRB(美国运输研究协会)年会,利用此次机会,亲自对华盛顿地区的地铁设计和运营情况作了较全面深入的考察。

华盛顿地铁开通运营于 1976 年,是除纽约地铁外美国第二大繁忙的地铁线路,由华盛顿都会区交通管理局全权负责规划、建设和运营。目前,华盛顿地铁共有 5 条线路,各自用颜色命名,分别是红线(RD)、黄线(YL)、绿线(GR)、橙线(OR)、蓝线(BL),见图 1。线路总长 171 km,共有车站 86 个、换乘站 8 个,其中两线换乘车站 4 个、三线换乘车站 3 个、四线换乘车站 1 个。地铁不仅完全覆盖整个华盛顿地区的绝大多数办公区、景点和购物场所,连通联合火车站、华盛顿国际机场等对外交通节点,而且将华盛顿特区与弗吉尼亚州、马里兰州等相连接。2009 年,地铁在公共交通中的分担率达到 42%,是华盛顿地区比较重要的交通方式之一。

与美国其他地区不同,华盛顿地铁是在高速公路比较发达、私家车发展较为成熟的条件下建设的,因此其设计中引入了许多新的理念以吸引乘客乘坐。综合华盛顿地铁的设计和运营等多方面的情况,通过实际

调研考察,发现其具有许多鲜明的特点。下面分别从设计、运营和服务 3 个方面,系统地阐述华盛顿地铁的特点,最后提出对我国地铁建设和运营的启示。



图 1 华盛顿地铁线网

2 华盛顿地铁的设计特点

2.1 线路设计

2.1.1 大跨度深隧道设计

华盛顿地铁的绝大多数线路是大跨度隧道设计,采用暗挖法施工,多条线路共用一个大半径隧道,两列车在隧道内会车。华盛顿地铁线路和车站的埋深较我国深许多,导致乘客进出站需克服较大的高差(见图 2)。为减少这方面对乘客带来的影响,华盛顿地铁站内均不设步行楼梯,一般进出站口都设置 3 部以上的扶梯。例如:红线的 Wheaton 站的出站扶梯长度达 70 m,乘扶梯出站需要 2 min 45 s。全网最深的地铁车站 Forest Glen 深度达 60 m,这使得地铁站不得不取消扶梯,用 6 部升降机代替。



图 2 深隧道

2.1.2 部分区段共轨运行

除红线相对独立外,黄线和绿线在 Fort Totten 站及 L'Enfant Plaza 站间共享线路,橙线和蓝线在 Stadium-Armory 站及 Rosslyn 站间共享线路,黄线和蓝线在 Pentagon 站及 King Street 站间共享线路(见图 1)。共享线

收稿日期: 2010-01-26 修回日期: 2010-03-02

作者简介: 李得伟,男,讲师,博士,从事城市轨道交通研究, lidewe@jyts.bjtu.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金项目(60674012)

路的两端车站都是换乘站,由于换乘站一般规模较大,在列车上下线时可以充分利用有限的地下空间资源。另外,由于两条线共线运行,所以三线换乘和四线换乘转化成两线换乘,给统一整个地铁系统的换乘方式、减少线间高差、缩短乘客换乘距离带来了便利。但是,多条线路共轨运行也带来了一些问题,如共线运行的列车经常在隧道内载客停车以保证行车安全,使列车的速度受到限制,间接导致服务水平下降等。

2.2 车站设计

2.2.1 长站台设计

华盛顿地铁的车站采用大跨度拱形无柱车站设计,使乘客视野更加广阔,且所有车站都是长站台设计,地铁站台长度 600英尺(1英尺 $\approx$ 0.3m)。由于列车长度比站台短(通常只有 450英尺),因此给乘客候车和乘车带来一定不便,但却为增加编组、提高运能创造了良好的条件,并且有利于换乘站设计。



图 3 长站台

2.2.2 十字换乘设计

华盛顿地铁在方便乘客换乘方面做了精心设计,几乎所有换乘站都是“岛侧十字换乘”,即在 2条(3条或 4条)参与换乘的线路中,有一条线的车站为岛式站台,另一条线路(或两条共轨线路)的车站为侧式站台,两个站台再换乘站呈十字形布置,站台间设置一视野宽阔的换乘平台(能够在换乘平台看见任何一个方向的线路),并用自动扶梯相连。以岛式、侧式站台的相互位置不同为例,其换乘型式如图 4所示。例如:在 Gallery Pl-Chinatown 站,红线在上方属侧式车站,绿黄线在下方属岛式车站;在 Metro Center站,红线侧式在上方,蓝橙线在下方属岛式车站;在 L'Enfant Plaza站,黄绿线在上方属侧式站台,红蓝线在上方属岛式站台等。这种方式带来的一个问题是:在同一线路上,列车经常需要变换开门的方向。

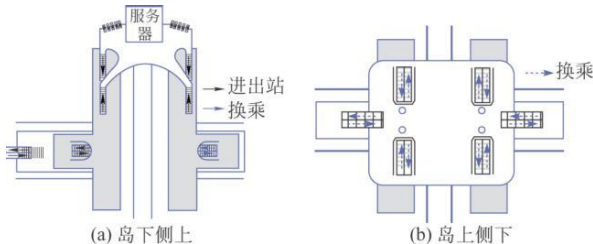


图 4 岛侧十字换乘设计

2.2.3 进出站标准化设计

华盛顿所有地铁的进出站都做到了标准化设计。

除换乘站外,所有的出入口均只靠近站台一端,乘客不会迷失方向。岛式车站的进出站扶梯集中布置在一端,侧式车站的进出站扶梯长短错落设计(见图 4)。这种布置方法使得进站乘客第一眼看到的是进站扶梯,出站乘客第一眼看到的则是出站扶梯,给旅客的信息非常明确。因为大多数乘客在下车后出现盲从效应,而这种设计使得不熟悉车站的乘客也能够进出站时不易走错。由于进站扶梯在站台远端,出站扶梯在站台近段,站台上的乘客出站优先,能够在一定程度上防止站台拥堵。同时,进出站的检票闸机与扶梯相互配合,使乘客方便快捷地进出。

2.3 节能设计

华盛顿地铁的照明设计采取了地下向上照明,通过屋顶反射,使站内得到均匀的采光。尽管地铁站内并不明亮,但柔和的灯光使乘客很容易看到列车的信息(地铁列车的线路名和颜色在列车头部用 LED灯显示)。由于隧道侧部位和顶部位几乎没有任何电缆,减小了车站维护难度和费用。

在地铁的排风和换气上,华盛顿地铁采取直接通向地面的方式,街道两旁的人行横道通过网状结构栅栏直接通向地铁,对减少排风能耗有一定帮助,但在一定程度造成了地面上的空气和噪声污染。

3 华盛顿地铁的运营特点

3.1 客流

华盛顿地铁日均客流量在 72万人左右,周末和节假日客流较高。2009年 1月 20日的总统就职典礼,客流达到历史峰值的 112万人。在工作日高峰和平峰,客流量也有很大不同,但总体并不拥挤。客流在断面和方向上具有较大的不均衡性,以红线为例,绝大多数客流在 Metro Center进行换乘,因此在该站之前的区段列车满员率较高,之后则较低。由于地铁与联邦政府之间的合作,地铁穿越了华盛顿的主要办公区,因此客流成分中政府雇员占很大比例。据统计,在高峰时期,地铁客流中有近 50%为联邦政府雇员。

3.2 列车

华盛顿地铁有 5种列车运行,分别来自 Breda、Rodr CAF、Alstom 4个制造厂商,每节车厢长 75英尺,宽 10英尺。列车最高运营速度约为 95 km/h,平均旅行速度约为 53 km/h。列车编组一般为 6节,在高峰时期,红、绿、橙线增加编组到 6~8节,黄、蓝线保持 6节编组。平峰时期各线发车间隔 12 min,高峰时期缩短到 5~6 min,夜间增加到 15~20 min。因此,在共线运

行区段,列车服务频率在高峰期缩减到 3 m in。红线技术等级较高,在城区的大客流区段高峰期列车服务频率为 2.5 m in。

3.3 运行计划

华盛顿地铁运营时间比较灵活:在平日的周一~周五,上午 5 时车站开始运营,在周六、周日,上午 7 时开始运营;在新年、节假日及一些纪念日,地铁通常开站较晚。由于当地的夜生活较丰富,其关站时间很晚,周日~周四通常到午夜 12 时,而周五和周六地铁一直运营到凌晨 3 时。无论是独立运行的红线还是共轨运行的其他线路,无论是平峰时期还是高峰时期,地铁列车运行计划均实现了节拍式方案,便于乘客记忆并方便列车运行调整。地铁列车在每站每小时的到站时间具有规律性,在一些车站固定为“1、3、5、7、9 分”,另一些车站固定为“0、2、4、6、8 分”。例如,在蓝黄共线运行的 Cheverly 站,列车在工作日到站时间为每个小时的 0、12、24、36 和 48 分。

3.4 营销及售检票

华盛顿的地铁票制比较丰富,有 farecard 和 smartrip 卡。farecard 是一种只能用于地铁的磁介质车票,除普通单程票外,分日票、周短程票、周快速票等类型。普通单程票在上午 9:30—11:30、下午 3:30—5:30 为全价,其余时间为折扣价,以稳定通勤客流对地铁的忠诚度。2009 年开始使用的 smartrip 卡是一种非接触式储值卡,该卡除可在地铁站使用外,还可以用于 metro bus 及地铁站旁的停车场缴费。

在购票方式上,由于美国的人力成本很高,在华盛顿地铁站,除服务亭有 1~3 个地铁员工解答乘客疑问外,其他地方几乎看不到地铁员工。乘客通过自动售票机买票,付款方式有刷卡和现金,整个购票过程有先付款和后付款两种。由于票制复杂,所以增加了自动售票机的使用流程,经常能够看见乘客面对自动售票机手足无措。在部分时段,乘客由于没有足够零钱而导致无法使用现金购票。

在检票方式上,采用自动检票系统(AFC),为双开式自动检票机,有一专门的宽通道供轮椅和携带大行李的乘客使用。乘客将票插进自动检票机后,机器验票,并返回车票,同时在检票机上显示票制信息。为方便使用轮椅的乘客,在宽通道检票机上,车票插入和弹出是同一个(普通检票机两个口先后布置)。

3.5 安全管理

华盛顿地铁无进站安检,在站内也很少看到检查人员。但是,在沿线隧道和地铁站内设置了危险品检测系统、火灾自动检测系统、视频监控系统、紧急呼叫

系统,地铁列车内也有供紧急使用的电话,使用该电话可直接拨打到运营相关部门。此外,地铁列车内经常有警察巡逻。在总结纽约地铁教训的基础上,华盛顿地铁列车内规定了“六禁”,即禁止吸烟、禁止车内饮食、禁止携带宠物、禁止外放声响、禁止吐痰和扔杂物、禁止携带易燃易爆品,以保证站车内安全和卫生。

4 华盛顿地铁的服务特点

4.1 标志和引导系统

首先,在出入口甚至在站外的公交车站(如 Pentagon 站)设置 LED 显示屏(见图 5),乘客通过它可以看到地铁站的列车方向、到达时间和编组信息。其次,地铁车站内的进出口按照街道编号进行指向,与地面交通达到和谐统一。在地铁站附近的商店、火车站、街道等地方,有比较明显的地铁提示标志 M,能够方便地指导乘客找到地铁。



图 5 LED 显示标志

乘客在地铁站内无需看地图,即可知道车站的出入口通向哪些街道。靠近 AFC 的服务亭内有免费的地铁线路图和其他交通图,方便乘客携带。在地铁交通图上,不仅能够看到线路和车站网络,而且能够看到哪些车站衔接火车站、公交、停车位等,还有一些景点、大学、商店和影院的信息,以及用颜色标注的经过地铁的信息,并提供了一些失物招领等的电话号码。

所有车站均有无障碍设施,站内主要标志都有盲文设置,残疾人无需站务人员指导也很容易使用地铁。

4.2 广播系统

地铁列车内广播信息非常简单,仅仅是每站出发时提醒乘客远离车门,并由列车司机呼报下一站名,到站时一般不再重复报站。站内广播不但会通知地铁的一些注意事项,还会有大量的 shuttle bus(摆渡车)方面的信息,以提示乘客换乘。

4.3 一体化交通衔接

华盛顿有专门的地铁巴士(metro bus)(见图 6),其外观与地铁列车近似,容量从 75~100 人/辆不等,非常有特色,这些巴士都经过多个地铁站,方便乘客乘坐地铁。metro bus 停车时有自动升降设施方便残疾人使用。华盛顿地铁鼓励乘客在非繁忙时段(非高峰、无重大事件等)使用自行车,为方便自行车带进地铁和巴士,在巴士车厢内专门设了自行车存放架。



图 6 地铁巴士

另外,在各景点与地铁站之间也有许多 shuttle bus 作为有益的补充。当地铁某段线路维护时,地铁公司会为乘客在这段线路上提供免费的 shuttle bus 并提供临时信息标志(见图 7)。



图 7 临时信息标志

4.4 在线服务

华盛顿地铁充分利用因特网提高服务质量,在华盛顿都会区交通管理局网站上有丰富的信息和工具。从基本的地铁线网地图,到指导如何使用 smartrip 卡的视频,再到实时发布路网上各次列车到站信息,组成了一条完整的信息服务链。美国最大的无线通信公司——Verizon 公司的信号在地铁隧道内全部覆盖,大大方便了乘客。另外,对一些无法独立使用地铁的重度残疾人,华盛顿地铁通过网站等各种渠道提供专门的“门到门”服务电话,接送和辅助其出行。

综上所述,华盛顿地铁在设计和运营等方面有许多优点,使乘客尤其是常乘客非常方便地使用。但它也存在一些问题,如为了减少电能消耗,在客流平峰时期经常关闭一些扶梯作楼梯使用,致使乘客抱怨,地铁共线区段不时发生列车追尾事故等。

5 对我国地铁建设和运营的启示

地铁是百年工程,一旦建成很难再做大的改动。目前,我国正处在地铁大发展时期,吸取各国的经验教训,对提高地铁工程建设和运营管理水平有重要意义,而华盛顿地铁在许多方面对我国地铁具有借鉴作用。

1) 地铁建设应当为长远期运营做好预留。我国的大城市人口密度大,城市处在高速发展时期,地铁客流具有很大的发展潜力,加上我国的地铁设计规范中还有很多需要完善的地方,因此各种设备设施的规划和设计应当立足于长远,如大隧道、长站台等的设计。

2) 各专业协调配合设计。地铁是一个系统工程,地铁线路和车站的设计施工、各种设备的规划设计、运营组织方案的设计必须统筹考虑,忽视任何一个方面都将导致整个系统的低效率。华盛顿地铁的行车组织方式、换乘设计和客服设备之间相互配合、综合设计,为方便乘客提供了较系统的解决方案。

3) 地铁各系统标准化设计。地铁车辆的制式、线路敷设型式等多样,从满足多样化的乘客需求来说虽好,但会导致整个线网之间的资源无法共享,降低乘客的服务质量,对网络的长远发展也极为不利。华盛顿地铁的线站设计在轮廓和细节方面都实现了标准化,

不仅实现了共线运行,而且乘客熟悉一个车站或一条线路即能够熟悉全网,大大提高了地铁的服务水平。

4) 综合协调地铁系统与外部的关系。未来我国的大城市将会建立庞大的城市轨道交通体系,轨道交通将成为城市最主要的交通方式。要提高城市轨道交通网的效率,不仅需要提高其自身的服务水平,更要协调好与外部系统的衔接关系。在我国地铁和城市其他交通方式相对分离的条件下,地铁可以借鉴华盛顿地铁 metro bus、shuttle bus 等的运营经验,提高地铁网络的服务范围和服务质量。

5) 建立全方位、立体化的服务网络。城市轨道交通将是我国未来大城市公共交通最重要的组成部分,其运营不应仅仅以“运走”为目标,而应充分考虑提高客运服务水平。必须更新服务理念,重视日常的客流分析工作,在提升传统站车服务水平的基础上,充分运用手机、互联网等现代通信手段,为乘客提供全方位、无障碍、立体化的服务。

参考文献

- [1] Schrag Z M. The great society subway: A history of the Washington Metro[M]. Maryland: The Johns Hopkins University Press 2006.
- [2] Heavy rail transit ridership report[R]. Washington 2009: 1-2
- [3] Washington Metropolitan Area Transit Authority: WMATA facts[EB/OL]. (2009-07-15) [2010-01-16]. <http://www.wmata.com/about/metro/docs/metrofacts.pdf>
- [4] 潘钧. 参观华盛顿地铁有感[J]. 地下工程与隧道, 1992(2): 38-39.
- [5] 李宁, 辛有良. 华盛顿地铁系统建设的成功经验[J]. 岩土工程界, 2005, 8(7): 24-26.
- [6] 马祖琦. 华盛顿轨道交通的建设历程[J]. 都市快轨交通, 2006, 19(3): 93-95.

(编辑:郭洁)

A Field Survey on Washington D. C. Metrorail and Its Implications for the Development of China's Metro System

LiDewei

(Beijing Jiaotong University Beijing 100044)

Abstract Author of the paper introduces the characteristics of lines and stations of the Washington metrorail system and describes the main ideas and practical measures for metro design, operation, service and energy-saving after taking a survey on Washington D. C. The merits and defects involved are analyzed and some suggestions for China to develop and operate its metro system in the future are put forward.

Key words Washington D. C.; metro; design; operation; survey