

doi:10.3969/j. issn. 1672 - 6073. 2012. 06. 030

设计卓越、出行便捷的马德里地铁

郑宣传 李得伟

(北京交通大学交通运输学院 北京 100044)

摘要 通过介绍马德里地铁的线路、车站特色,详细阐述其在车站站台及枢纽设计、运营、票价、节能及安全方面的理念及措施;重点介绍马德里地铁车站设计的独特性和换乘的便捷性,对比分析国内地铁现状,为未来我国地铁的建设及运营提供建议。

关键词 马德里;地铁;设计;运营;票价

中图分类号 F531.1 **文献标志码** A

文章编号 1672 - 6073(2012)06 - 0112 - 05

1 马德里地铁概况

马德里是西班牙的首都及最大都市,市区面积 607 km²,整个都市区面积约为 1 020 km²,其 2010 年市区人口约 340 万,都市区人口则约 627.1 万,均占西班牙首位。西班牙首都马德里的地下铁路系统,于 1919 年 10 月 17 日由当时的国王阿方索十三世揭幕。直到现在,共有 281 个车站,其中 27 个为两线转乘站,12 个为三线转乘站,1 个四线转乘站(Avenida de América)。全地铁网络包括 12 条主线及 1 条支线,用不同的颜色来区分,合计长度为 281.78 km。有 3 个车站提供同站台换乘,21 个车站提供与马德里近郊线的转乘。此外,马德里地铁旗下还包括 3 条轻轨线(Metro Liger, ML),总长为 27.78 km,共设 38 个车站。地铁和轻轨共设 319 个车站,总长度为 309.544 km。按运营里程,马德里地铁位居全球前 10 名。

目前,马德里地铁网络的辐射范围极为广泛,其线路里程的 1/3 超出了市区的范围,大大方便了市区与周边城镇间的出行,此外,地铁网络连接火车站、马德里国际机场等主要对外交通节点,方便乘客换乘出行(见图 1)。

收稿日期: 2011 - 12 - 30

作者简介: 郑宣传,男,硕士研究生,从事交通运输组织现代化研究, 11121033@bjtu.edu.cn

李得伟,男,副教授,博士,从事交通运输组织现代化及系统仿真研究, lidw@bjtu.edu.cn



图 1 马德里市地铁网络

马德里地铁主要由马德里地铁公司(Metro de Madrid)负责运营管理,其中仅有 9 号线的部分路段(长为 19.0 km)由控股 45% 的马德里铁路公司负责运营管理。

2 马德里地铁设计特点

2.1 车站设计

2.1.1 外观设计

马德里地铁站的建造历史悠久,其外观设计特征蕴含着浓郁的时代气息。地铁修建初期,在狭窄的线路上,旧车站排列紧凑,通道狭窄,车站装饰简单,瓷砖色调单一,设备原始简陋,功能单一,主要满足乘客的出行



图 2 狭窄的车站

需求(见图2)。

而20世纪70年代末至90年代初修建的车站较为宽敞,以奶白色为主色调,给人以简洁明快的视觉效果。近年来,基于心灵空间的理论基础,设计和建造地铁站。在车站内采用清新明亮的仿自然光的独特采光设计,以及空旷的立柱式设计,给予乘客宽敞愉悦的视觉感官体验,现代化的扶梯和垂直电梯设备,以及金碧辉煌的墙壁装潢,让乘客宛若置身于殿堂之中,因此,马德里现代化的地铁站被誉为全球地铁设计中的不朽佳作(见图3)。



图3 现代化的车站

2.1.2 站台设计

马德里地铁站的站台按长度分为短站台(60 m ~ 90 m)及长站台(115 m),按外形可分为岛式、侧式及岛式-侧式站台。其中岛式-侧式站台指在两个侧式站台的基础上,再设置一个中央岛式站台(见图4),该设计方案也称作“西班牙式解决方案”(Spanish Solution),最初用于巴塞罗那的地铁系统中。马德里地铁美洲大道站(Avenida de América)的7号线站台也采用该设计方案(见图5)。

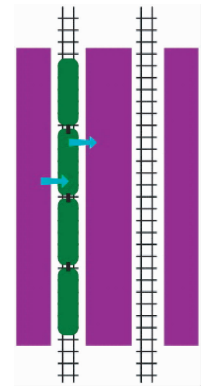


图4 岛式-侧式站台

这种站台的工作原理为:乘客从两侧站台上车,从中央岛式站台下车,从而疏导上下车客流,可减少高峰期车门处上下车客流的相互干扰,从而减少列车的停站时间,此外还能避免站台处进出站客流的流线交叉,提高乘客的出行效率。在马德里地铁4号线至10

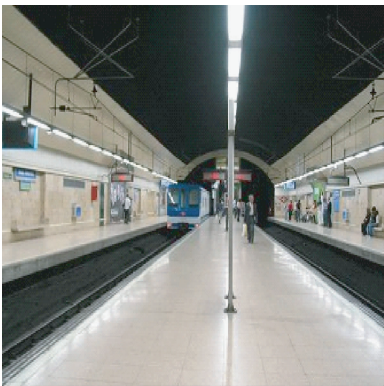


图5 美洲大道站

号线的一些车站就采用这种站台。

对于我国而言,也有一些地铁车站站台采用此种设计方案,尤其是一些地铁线路的终点站,如北京地铁5号线的宋家庄站、北京地铁13号线的西直门站(见图6)。对于13号线西直门站而言,列车到站时,乘客从两边的侧式站台下车出站或换乘,乘客下车完毕后,等候乘车的乘客从中间站台上车。采取此种设计方案,极大地提高了乘客上下车效率,可缓解高峰期站台的客流疏散压力,保证轨道交通的乘客乘降安全。



图6 西直门13号线地铁站

2.1.3 换乘枢纽设计

由于马德里地铁表现为放射-网状结构,存在较多的三线换乘站和一个四线换乘站,不同线路之间的换乘较为方便,此外,还设有地铁与国家铁路(Cercanías Renfe)、市内公交(EMT)和机场等的综合换乘枢纽。

1) 地铁换乘站。一般的地铁换乘站,主要实现乘客在不同线路之间的换乘,其功能结构比较简单。

2) 综合换乘枢纽。综合换乘枢纽考虑了地铁线路的乘客与公共交通线路、城际巴士线及国家铁路线路之间的方便衔接,同时也充分利用了枢纽的有效空间。

例如,马德里的美洲大道站,是连接地铁、市内公交、城际巴士的综合换乘枢纽,其衔接4条地铁线路、18条EMT(市内巴士)线,14条城际巴士线及19条长途巴士线路,每天服务人次超过16万。乘客的换乘过程主要采用地下通道的方式完成,既减少了对地面道路交通的干扰,也提高了乘客的换乘效率。该站采用480 m的长换乘巴士通道,便于乘客的直接出入。该站分为4层,地下1层为购物区及长途巴士停靠站;地面1层具有为城际巴士或城市内部巴士的停靠站,共有19个停车港;地下3层分为地铁乘坐区域、购物区域及社会车辆的临时停车区域;地下4层为预留区域,有396个停车位的固定停车场。具体分布见图7~图8。

此外,还有连接地铁、通勤铁路及AVE高速铁路的综合换乘枢纽,如马德里普埃塔-阿托查(Madrid Puerta de Atocha)综合换乘枢纽。该枢纽由阿托查火

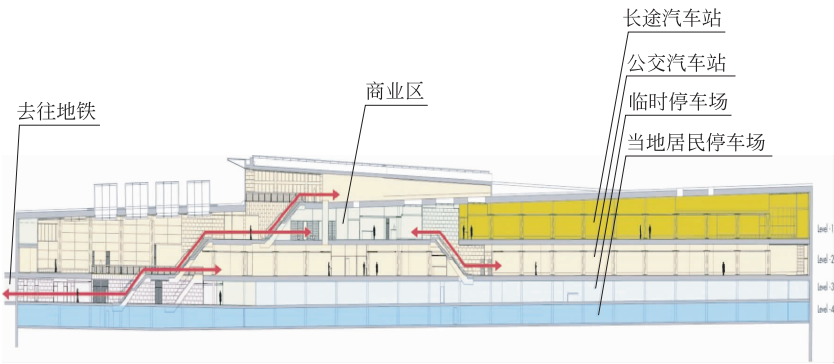


图7 马德里的美洲大道综合换乘枢纽剖面图

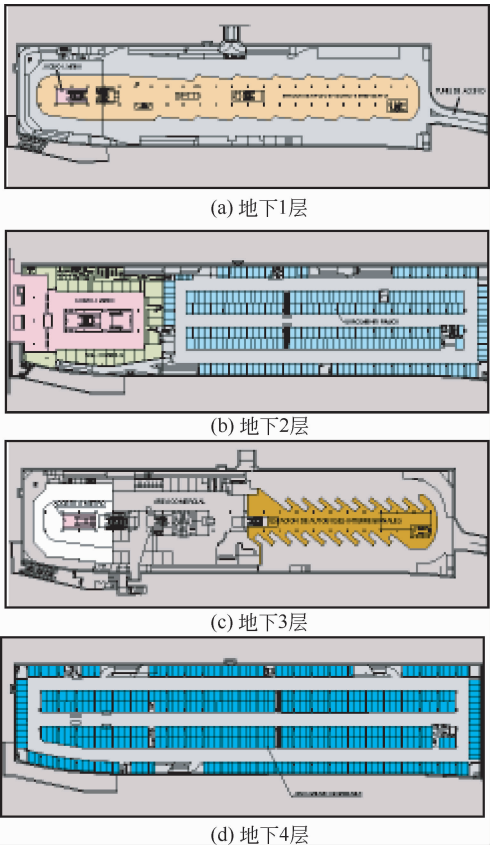


图8 美洲大道站平面图

车站及阿托查地铁站构成,分别由西班牙国家铁路公司及马德里地铁公司负责运营管理,其铁路系统包括衔接马德里市郊的通勤列车(Cercanías),衔接马德里南部城市的城际列车以及去往巴塞罗那等西班牙主要城市的AVE高速列车;其地铁站位于地铁1号线上,对于乘坐AVE高速铁路或城际铁路的旅客可以通过地铁网络方便到达。

2.2 节能设计

到2011年为止,马德里的地铁站更新了281部自动扶梯,而这些自动扶梯具有以下优点:当无人使用

时,能够自动放慢运行速度;当有行人占用时,又能自动恢复正常速度。此外,地铁车厢的车门并非自动开启,而是当乘客上下车时,需手动按压按钮打开车门。这些看似不起眼的设计,每年可为地铁公司节省60万欧元的支出,同时也节省了大量的电力能源。

3 马德里地铁运营特征

3.1 高密度客流出行

2009年,马德里地铁线路的总客流量达到6.5亿人次,每月的客流平均为5420万人次。从月客流分布(见图9)可以看出,其客流季节波动较为明显,3月和10月为出行需求旺季,8月为出行淡季,其每日客流出行量的最大值为249.4万人次,出行量的最小值为57.3万人次,平均日出行人数约为180万人次。

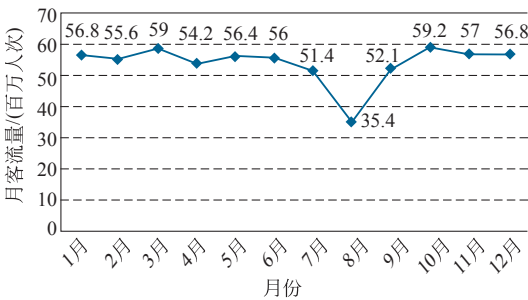


图9 马德里地铁线路的月客流分布^[2]

3.2 列车类型

马德里地铁目前使用的列车主要分为两种:一是地铁线路使用的列车,二是轻轨(Metro Ligero)线路运用的列车。

1) 地铁列车。目前,马德里地铁运用最为广泛的列车是由西班牙铁路设备制造商 Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF)公司提供的CAF 2000至CAF 8000型号的列车,此外还有意大利铁路设备制造商 AnsaldoBreda公司提供的 AnsaldoBreda 7000系列及 AnsaldoBreda 9000系列列车。除了少数线路列车(2号线、4号线、8号线及R支线)采用4节编组外,大多数线路列车采用6节编组的形式。

2) 轻轨列车。马德里轻轨线采用法国阿尔斯通(Alstom)公司提供的 Alstom Citadis 302 列车,采用6节编组的形式。

3.3 运营方案

目前,马德里地铁公司拥有3套运营方案:工作

日、周六及周日,地铁运营时间为早 6:00—次日 1:30。为了方便乘客通勤的需要,在工作日的早高峰(7:00—9:00)及晚高峰(17:00—19:00)期间,发车间隔较小,最小为 2 min,列车全天的发车间隔差异较大。而在周六或周日,其发车间隔比较均匀。此外,不同线路之间的发车频率差异较大,穿越市区的线路,其发车间隔一般要比连接城镇与市区的线路小。

此外,由于马德里地铁采用分区域收费,在不同区域之间乘客需要换乘不同线路的车辆,即使在同一线路上,在不同计价区间出行时,也需要换乘不同的列车。因此,在马德里地铁网络中开行大量的短途折返列车,可满足旅客出行的需求。

3.4 票价管理——分区收费

- 马德里地铁网络分为 6 个收费区域,见图 10。
- 1) 马德里市区地铁(MetroMadrid),收费区 A;
 - 2) 马德里地铁南支线(MetroSur),收费区 B1、B2;
 - 3) 马德里地铁东支线(MetroEste),收费区 B1;
 - 4) 马德里地铁北支线(MetroNorte),收费区 B1;
 - 5) 马德里轻铁西支线(Metro Ligero Oeste),收费区 B1、B2;
 - 6) 马德里地铁 TFM 支线(Transportes Ferroviarios de Madrid,TFM,西班牙文指马德里铁路交通),收费区 B1、B2、B3。

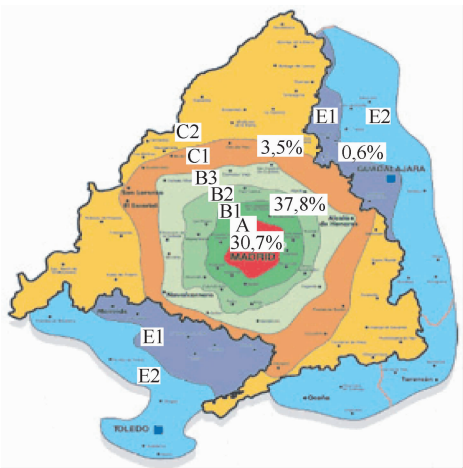


图 10 马德里地铁收费区的划分

地铁车票按票种可分为单区域单程票、跨区域单程票、单区域 10 次单程票、跨区域 10 次单程票及机场线车票,如表 1 所示。按照季节票种可分普通月票、儿童月票、年票、老年月票及老年年票,如表 2 所示。此外,还推出旅行车票,如表 3 所示。由于马德里地铁实行分区域收费,其单个区域票价比较便宜,而跨区域的

票价往往是单区域票价的 2 倍。为了鼓励市民地铁出行,还推出 10 次优惠票价。另外,马德里地铁为了鼓励青少年乘坐地铁出行,提供了特价的青少年月票,还为老年人提供了优惠的老年人月票及年票。

表 1 2009 年马德里普通地铁票^[2] 欧元

票种	票价
单区域单程票	1.00
跨区域单程票	2.00
10 次单区域单程票	7.40
10 次跨区域单程票	14.50
机场线单程票	2.00

表 2 季节票票价^[2] 欧元

票种 区域		普通	儿童(<11)
区域 A	1 天	5.2	2.6
	2 天	8.8	4.4
	3 天	11.6	5.8
	5 天	17.6	8.8
	7 天	23.6	11.8
区域 T	1 天	10.4	5.2
	2 天	17.6	8.8
	3 天	23.2	11.6
	5 天	35.2	17.6
	7 天	47.2	23.6

表 3 旅行票票价^[2] 欧元

票种 区域	普通 月票	青少年 月票	年票	老年 月票	老年 年票
A	46	29.5	506	10.9	119.9
B1	53.7	33.5	590.7		
B2	60.6	38	660.6		
B3	69	43.4	759		
C1	75.3	47.4	828.3		
C2	83.5	52.1	918.5		
B1 - B2	40.4	25.6	—		
B2 - B3					
B3 - C1					
C1 - C2					
E1	93	65.9	—	—	—
E2	111	82.1	—	—	—

为了适应市场的需求及变化,马德里地铁公司不断调整不同票种的票价,以获取更多的票款收入。马德里地铁公司的票价政策,对于我国大中城市在制定城市轨道交通的票价时,具有较高的参考价值。例如,重庆市轨道交通线路,采用的是按里程的计价方式,并非国内常用的地铁“一票制”;北京地铁的机场快线采用的是单独计价收费方式,与其他的地铁线路分离出来。目前,虽然国内的轨道交通系统主要采用政府财政补贴的形式,但是为了轨道交通行业的健康稳步发展,还是要制定合理的票价政策。综上所述,马德里地铁是一个极佳的可借鉴的典范。

3.5 安全管理

自从2004年3月14日发生马德里地铁恐怖袭击以来,地铁安全管理一直是公众及运营管理部门十分关注的问题。针对这一问题,马德里地铁运营部门主要采取了以下几种措施。

- 1) 完善站内安全疏散通道及引导设施的设置,配备充足的消防灭火设备,保证乘客安全疏散的需求。
- 2) 加大安检力度,同时为方便旅客的安检过程,利用警犬来配合包裹安检的过程。
- 3) 构建站内状态监视系统,实现车站各区域状态的实时监控,保证站内旅客出行安全。
- 4) 采用先进基于通信的列车控制系统(CBTC),实现列车运行过程的监视及控制,将列车的发车间隔缩短至2 min以内,大大提高了线路的通行能力,又可保证列车的行车安全。
- 5) 成立新的运营指挥中心(COMMIT),及早发现事故并快速处理,恢复地铁运营,实现事件远程控制及管理。

4 结语

本文对马德里地铁的介绍及分析,可为我国大城市地铁的建设及维护管理提供参考。

- 1) 借鉴马德里地铁站的站台设计特点,可以适当采用岛式-侧式站台的设计模式,以提高高峰期乘客上下车的效率,从而减少停站时间,缩短高峰期的发车间隔。
- 2) 构建综合换乘枢纽,实现交通系统一体化设计,实现地铁、铁路、航空、公交等交通方式间的便捷衔接,满足乘客的出行需求,同时增加地铁的广告及租金

收入,减少当地政府的负担。

3) 以市场需求为导向,完善票务体系,实行优惠票价制度,改善服务水平,逐渐向商业化运作转变,增加企业的竞争力。

4) 更新淘汰旧的设施设备,总结以往事故的经验教训,构建完善的地铁安全管理及事故处理机制,保证乘客出行安全,可提高地铁系统的安全性和稳定性。

参考文献

[1] 马祖琦. 马德里的轨道交通[J]. 世界轨道交通, 2008 (11): 56-58.
[2] 马德里地铁公司. 马德里地铁公司 2009 年年度总结报告[R]. 2010.
[3] http://en.wikipedia.org/wiki/Madrid_Metro.

(编辑:郝京红)

Madrid Metro: Excellent Design, Convenient Riding

Zheng Xuanchuan Li Dewei

(Beijing Jiaotong University, Beijing 100044)

Abstract: Based on the features of lines and stations of Madrid metro, the ideas and measures about the station platform and hub design, operation, pricing, energy-saving and safety of it are elaborated in this article. The unique station design and convenient interchange of Madrid metro are highlighted. Comparison between domestic and foreign metros helps to present suggestions to the future construction and operation of domestic metro system.

Key words: Madrid; metro; design; operation; pricing

纽约百年地铁多处浸水

10月29日,飓风“桑迪”给纽约带来强风暴雨,7条地铁线路以及多个公交总站被淹,这是纽约地铁108年历史上所遭遇的最严重灾难。“桑迪”过后,即使积水排净,地铁能否立即恢复运营仍是一个大问题。

从法拉盛到市中心曼哈顿,最主要的交通工具就是地铁7号线,这条线路的中断意味着法拉盛与市中心之间的一个主要交通方式被切断。在地铁修复期间,将大量增加公交车班次,并计划在道路上开辟或增设公交专用车道,以方便市民出行。

摘编自 www.chinametro.net 2012-10-31

不明信号逼停深圳地铁

11月1日8:15-9:30,深圳地铁蛇口线连续数次出现列车暂停运行的现象,涉及多趟列车。这些故障虽然每次都只有一两分钟,但连续发生后导致大量乘客被迫多次上下车换乘。由于时值早高峰,大量乘客滞留在

各站站台上。当日下午,深圳地铁初步确认,发生故障的原因是有不明信号干扰了列车的CBTC信号系统。在信号系统出现故障的情况下,为了确保行车安全,列车的车载系统会启动自动防护功能,使列车无法高速行驶。

摘编自 www.chinametro.net 2012-11-06

广州地铁列车受电弓瞬间接地短路飙烟

据广州地铁公司通报,11月21日19:19,地铁8号线列车在从鹭江站开往客村站途中,列车受电弓系统发生瞬间接地短路,产生烟雾及声响,列车临时停在隧道距车站200 m处,乘客自行解锁车门进入隧道。地铁公司紧急安排工作人员进入隧道疏散乘客,启动地铁电视、车站广播,同时中断区间行车和启用公交接驳。20:05,隧道内的乘客疏散完毕,该列车启动。随后,8号线全线运营恢复正常。事件导致4名乘客身体不适入院检查,但均无大碍。地铁公司对此深表歉意,同时提醒乘客在紧急情况下不要慌乱,听从工作人员的安排。

摘编自 www.chinametro.net 2012-11-21