

刘晓娟 张雁鹏 汤自安 编

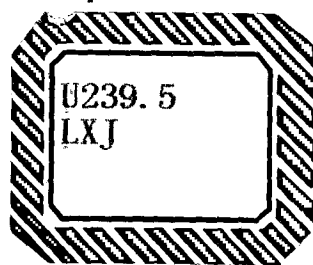
城市轨道交通智能控制系统

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG
ZHINENG KONGZHI XITONG

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

城市轨道交通智能控制系统

刘晓娟 张雁鹏 汤自安 编



中国铁道出版社

2008年·北京

内 容 简 介

以列车运行自动控制系统为核心的城市轨道交通智能控制系统是保障列车运行安全、提高运输效率、为旅客提供最佳服务的重要技术装备。本书较全面地阐述了城市轨道交通智能控制系统的基本概念和工作原理;着重介绍了城市轨道交通运行控制系统及其应用。主要内容有:城市轨道交通的发展及现状;城市轨道交通运行控制系统概述、技术基础、基础设备;列车运行自动控制系统;磁悬浮技术及应用;旅客信息服务系统以及城市轨道交通智能交通系统。

本书可作为高等院校交通信息工程及控制、轨道交通与控制等专业本科生及研究生的教材或教学参考书,也可作为从事轨道交通系统工程的技术人员、运营管理人员的技术培训用书和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通智能控制系统/刘晓娟,张雁鹏,汤自安编:
—北京:中国铁道出版社,2008.5
ISBN 978-7-113-08728-9

I. 城… II. ①刘…②张…③汤… III. 城市铁路—智能
控制—控制系统 IV. U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 045842 号

书 名:城市轨道交通智能控制系统

作 者:刘晓娟 张雁鹏 汤自安 编

责任编辑:刘红梅 电话:010-51873134 电子信箱:mm2005@tom.com
封面设计:薛小卉
责任校对:孙 玫
责任印制:金洪泽 陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(地址:北京市宣武区右安门西街8号 邮政编码:100054)
印 刷:中国铁道出版社印刷厂
版 次:2008年5月第1版 2008年5月第1次印刷
开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:13.25 字数:317千
书 号:ISBN 978-7-113-08728-9/TP·2762
定 价:26.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170 路电(021)73170(发行部)
打击盗版举报电话:市电(010)63549504 路电(021)73187

前 言

随着城市与城市交通的快速发展,城市轨道交通近年来发展迅速。城市轨道交通以其运量大、速度快、安全可靠、污染少等特点而成为世界各国解决城市交通问题的首选方案。改善城市交通紧张状况最行之有效的方法就是发展高层次、立体化、大运量的快速轨道交通系统,充分发挥公共交通的优势,促进城市交通与经济、社会、环境的协调发展。

进入 21 世纪以来,我国城市轨道交通发展迅猛,全国 48 个百万人口以上的城市中已有 30 多个城市开展了城市轨道交通的前期工作。目前,北京、上海、广州等 12 个城市有 36 条城市轨道交通线路正在建设,重庆、南京、杭州、苏州、武汉、成都、哈尔滨、长春、沈阳、西安等多个城市的城市轨道交通建设规划已得到批复。我国的城市轨道交通建设日新月异,发展前景十分广阔。

城市轨道交通系统是一个庞大而复杂的系统,技术专业门类涵盖土木工程、建筑、机械、电机电器、牵引供电、自动控制、计算机、通信等领域。随着科学技术的发展,特别是微电子技术、计算机、通信技术的突飞猛进以及控制系统向智能化的发展,城市轨道交通控制技术也朝着智能化、一体化方向发展,已经成为改善运营管理、提高服务水平、保证列车运行安全的重要手段。

本书以城市轨道交通运行控制系统为主线,重点突出基本原理和实现方法,力求反映当今城市轨道交通控制技术的现状和最新发展,以更好地适应城市轨道交通对现代化建设人才的需求。

全书共分 8 章进行介绍。

第 1 章 城市轨道交通及其发展,介绍城市轨道交通的特点、分类以及国内外城市轨道交通的发展及现状。

第 2 章 城市轨道交通运行控制系统,介绍了城市轨道交通运行控制系统涵盖的范围和作用,城市轨道交通信号、通信系统以及城市轨道交通运行控制系统的发展和前景。

第 3 章 城市轨道交通运行控制系统技术基础,包括测速原理及技术、速度控制模式及控制曲线、闭塞技术及应用、数码调制技术基础、列车定位技术、无线传输技术等。

第 4 章 基础设备,主要有数字音频轨道电路、微机计轴设备、查询应答器、直线电机系统和地铁屏蔽门系统等。

第 5 章 列车自动控制系统(ATC),着重介绍了 ATC 系统的分类及选用原则、欧洲列车控制系统 ETCS、列车自动防护(ATP)系统、列车自动驾驶(ATO)系统、列车自动监控(ATS)系统及 ATC 系统举例。本章还介绍了基于漏泄波导通信的列车控制系统。

第 6 章 磁悬浮技术及应用,介绍磁悬浮原理、磁悬浮技术的应用、磁悬浮列车及发展。

第 7 章 旅客信息服务系统,重点介绍了乘客信息系统(PIS)和自动售检票系统(AFC)及旅客信息服务系统的发展趋势。

第 8 章 城市轨道智能交通系统,介绍了智能交通系统(ITS)的概念及体系结构,城市轨

道智能交通系统 ITS - UMT 中常用子系统,系统集成技术,并以新加坡地铁东北线和北京地铁十号线为例加以说明。

本书最后附有名词术语英中文对照表,读者在阅读中遇到英文缩写不理解时,可查阅此表。

本书由刘晓娟、张雁鹏和汤自安共同编写,全书由刘晓娟统稿。其中第1章、第2章、第5章的5.1~5.5节由刘晓娟编写,第3章、第4章,第5章的5.6节由张雁鹏编写,第6章、第7章和第8章由汤自安编写。

本书在写作过程中参考了大量相关资料,在此作者对参考文献中所列专著、教材和高水平论文的 authors 表示最诚挚的谢意。正是他们的优秀作品为作者提供了丰富的营养,使得作者能够在自己科研和教学实践的基础上,汲取各家之长,形成一本具有自己特色的书籍。

由于作者水平有限,难免有疏漏和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2008年2月

于兰州交通大学

目 录

1 城市轨道交通及其发展	1
1.1 概 述	1
1.2 世界城市轨道交通的发展及现状	4
1.3 国内城市轨道交通的发展及现状	13
2 城市轨道交通运行控制系统	23
2.1 概 述	23
2.2 城市轨道交通信号系统	24
2.3 城市轨道交通通信系统	28
2.4 城市轨道交通运行控制系统发展及前景	30
3 城市轨道交通运行控制系统技术基础	37
3.1 测速原理及技术	37
3.2 速度控制模式	38
3.3 闭塞技术及其应用	41
3.4 数码调制技术基础	44
3.5 列车定位技术	46
3.6 无线信息传输技术	49
3.7 漏泄电缆与漏泄波导通信方式	53
4 基础设备	58
4.1 数字轨道电路	58
4.2 微机计轴设备	63
4.3 查询应答器	67
4.4 直线电机系统	72
4.5 站台屏蔽门系统	77
5 列车运行自动控制(ATC) 系统	81
5.1 概 述	81
5.2 列车自动防护(ATP) 子系统	84
5.3 列车自动驾驶(ATO) 子系统	98
5.4 列车自动监控(ATS) 子系统	105

5.5	ATC 系统举例	118
5.6	基于漏泄波导通信的列车运行控制系统	125
6	磁悬浮技术及应用	133
6.1	“磁性悬浮”原理	133
6.2	磁悬浮技术的应用	136
6.3	磁悬浮列车及其发展	146
7	旅客信息服务系统	150
7.1	旅客信息服务系统概述	150
7.2	乘客信息系统(PIS)	156
7.3	自动售检票系统(AFC)	165
8	城市轨道交通智能交通系统	171
8.1	智能交通系统(ITS)概述	171
8.2	城市轨道智能交通系统中的常用子系统	176
8.3	系统集成技术	183
8.4	城市轨道智能交通系统的应用	191
附录	名词术语英中文对照	198
参考文献		202

1 城市轨道交通及其发展

现代城市的发展表明城市交通在城市发展与城市化进程中起到了极其重要的作用。根据国内外的发展经验,改善城市交通紧张状况最行之有效的方法就是发展高层次、立体化、大运量的快速轨道交通系统,充分发挥公共交通的优势,促进城市交通与经济、社会、环境的协调发展。

1.1 概 述

作为城市公共交通系统的一个重要组成部分,在中国国家标准《城市公共交通常用名词术语》中,城市轨道交通定义为“通常以电能为动力,采取轮轨运转方式的快速大运量公共交通之总称”。目前国际轨道交通已经形成市郊铁路、地铁、轻轨、单轨以及磁悬浮列车等多种类型并存与发展的状态。

1.1.1 城市轨道交通的特点

随着城市与城市交通的快速发展,城市轨道交通近年来发展迅速。目前建设与发展城市轨道交通系统已成为世界各国解决城市交通问题的首选方案,其关键在于城市轨道交通具有传统的地面常规交通方式没有的优势。具体表现在以下几个方面:

(1)运量大:由于采用现代化的轨道交通运行方式,从理论上讲运量可以较大幅度地提高(依据列车编组、车辆载客量、发车间隔时间等要素确定)。地铁单向每小时最大运送能力可达30 000~70 000人次,轻轨交通在6 000~30 000人次之间,而公共电车、汽车仅为8 000人次。

(2)速度快:由于采用先进的电动车组动力牵引方式,并且具有良好的线路条件、自动控制体系以及可靠的安全保障措施,因此城市轨道交通系统列车运行速度都比较高。目前,地铁列车的最高运行速度一般都达到80 km/h以上,有的甚至能达到120 km/h,旅行速度基本可达30~45 km/h,在城市交通各种运输方式中是最快的。

(3)能耗低:由于是大运量集团化客运系统,且采用了多项高新技术,按每运送一位乘客的能源消耗评价,是其他任何一种城市交通运输方式所无法比拟的,并且对能源的适应性也相当强。

(4)污染少:城市轨道交通一般采用电牵引动力方式,又是大运量高速度集约化列车运行方式,因此每运送一位乘客所产生的污染微乎其微,堪称“绿色交通”。这点对于现代都市可持续发展最关键的环境保护而言,带来了极大的长远利益。

(5)可靠性高:由于城市轨道交通线路一般都是在地下或高架,即使在地面也与其他交通工具相隔离,互不干扰。如果是建在地下隧道内的线路,则受气候影响的程度微乎其微。因此,城市轨道交通是城市客运交通方式中可靠性最高的一种。尤其在上下班高峰时段,地面交通拥挤不堪时,对于时间观念极强的现代城市交通行为者而言,其优势是明显的。

(6) 舒适性佳:城市公共客运交通方式的舒适性主要表现在环境质量和拥挤度两个方面。在城市轨道交通系统中,环境质量较佳,不论是车站的候车环境,还是车厢内的乘车环境,均有现代化的环境控制措施来保障;拥挤度则因轨道交通运行的准点和较短的间隔时间,可望得到较佳的调整。

(7) 占地面积少:城市轨道交通充分利用了城市空间,节省了宝贵的土地资源,每位乘客完成交通行为所占的道路面积是最少的。

城市轨道交通也带来了新产业的发展,比如沿线土地开发等。同时,还具有城市布局合理,市民生活便利,增添现代都市景观等附加效应。因此,无论是在经济发达的国家与地区,还是在发展中国家和地区,城市轨道交通均成为改善和发展城市交通的主要手段。

城市轨道交通也存在一定的局限性,如建设费用高、建设周期长、建设难度大、技术含量高、运营成本高、经济效益有限等。城市轨道交通系统线路一般是永久性结构(比如地下隧道、高架桥结构等),建成以后线路走向及路网结构不易调整,因此对于城市轨道交通线路的选择及路网规划要求更高,难度更大。

1.1.2 城市轨道交通的分类

城市轨道交通因发展迅速且各国选择的技术政策不一,目前尚没有完全统一的分类标准。根据城市轨道交通基本技术特征的不同,主要有市郊铁路、地铁、轻轨、单轨、自动导向交通系统和磁悬浮系统等类型。

1. 市郊铁路(Urban Railway)

市郊铁路也称通勤铁路(Commuter Rail),是连接城市市区与郊区、城市核心区与周围几十千米甚至更大范围的卫星城镇的铁路,主要服务于人口密度相对较低的郊区。市郊铁路一般与干线铁路相接,故通常采用干线铁路的技术标准,但其功能与干线铁路不同。

市郊铁路通常由电气或内燃机车牵引,轮轨导向,线路长度一般在40 km以上,站间距离较大,旅行速度较高。市郊铁路运行速度比干线铁路低,但其启动和制动加速度远高于干线列车,略低于地铁列车。市郊铁路站间距离约1~3 km。一般地,市郊铁路线路的列车平均运行速度可达40 km/h以上,最高运行速度可达100 km/h以上,个别城市可达250 km/h以上。

市郊铁路最显著的特点是可提供高质量的运输服务。在铁路运输发达的国家和地区,市郊铁路是旅客运输的主要组成部分。在东京、伦敦、巴黎等世界著名城市都建有较大规模的市郊铁路运输网络。

2. 地铁(Metro, Underground or Subway)

地铁是各国繁荣大城市市区公共交通系统的最佳选择,最近30年以来发展迅速,成为城市活动的命脉。有些城市地铁的客流量在客流高峰时,占了全市客流量的40%以上,如果地铁停运,整个城市几乎陷于瘫痪。

地铁是由电气牵引、轮轨导向、车辆编组,运行在全封闭的地下隧道内,或根据城市的地形特征和具体条件,部分区段运行在地面或高架线路上的大容量快速轨道交通系统。地铁未必都在地下,有的地铁地下线路仅占一部分,大部分是地面和高架线路,有的全高架线路也称为“地铁”。

地铁具有运量大、速度快、安全、准时、舒适等特点,是较为普遍的城市轨道交通形式。

3. 轻轨(Light Rail Transit, LRT)

一般地,轻轨是指列车或车辆对轨道施加的载荷相对于市郊铁路或地铁较轻的城市轨道交通系统。它是从旧式有轨电车系统发展演变过来的,早期的轻轨系统一般都是直接对旧式有轨电车系统改建而成,20 世纪 70 年代后期一些国家开始修建全新的现代轻轨系统。

世界各国轻轨系统存在多种技术标准并存发展的情况,技术标准较高的轻轨接近于轻型地铁,技术标准相对低的轻轨则接近于有轨电车。轻轨一般要求有一定比例的线路与其他交通方式完全隔离,这也是它不同于有轨电车之处;线路设计比较灵活,因地制宜,既可修建在市区街道上,也可修建在地下隧道或高架桥上。

现代轻轨系统具有行车速度快、乘坐舒适、噪声低等优点。在欧美的一些城市,轻轨已经成为了最常见的轨道交通形式。

4. 单轨(Monorail)

单轨又称为独轨,是列车或车辆在单一轨道梁上运行的城市轨道交通系统。它与传统的钢轮钢轨运输系统完全不同,是一种采用特制的车辆与专用的轨道组合而成的交通工具。

单轨系统通常有两种类型。一种是跨座式车辆系统,其轨道梁通常用预应力混凝土做成;另一种是悬挂式车辆系统,其轨道梁通常用钢材制成。两种形式的单轨车辆都是采用橡胶轮胎来承载的,而且要配置相应的橡胶轮系,实现车辆的平衡和稳定。因此,车辆的转向架结构较为复杂,一个跨座式车辆的双轴转向架,在很小的空间内就要配置 10 个橡胶轮胎。

单轨系统属于中低客运量的交通工具,尤其是悬挂式单轨车辆,客运能力很低。单轨系统单向每小时最大运送能力为 5 000 ~ 20 000 人次,运输能力和灵活性都不及地面轻轨系统,而造价远高于地面轻轨系统,除日本外,大多数国家均将它用作游览观光。但对于经济实力强大,城市土地资源贫乏的城市,也不失为一种可以考虑采纳的方案。

5. 自动导向交通(Automatic Guideway Transit, AGT)系统

自动导向交通系统是一种狭义的新交通系统。通常把由电气牵引,具有特殊导向,计算机控制,自动驾驶的胶轮车辆单车或数量编组,运行在专用轨道梁上的中运量运输系统,称为新交通系统。

自动导向交通系统与其他交通方式形成立体交叉,故对其他交通方式不产生影响,有特殊的专用车道,采用橡胶轮、混凝土道床,电力牵引,特殊的车下侧受电方式,无人自动驾驶,其运行速度一般在 30 km/h 左右。

自动导向交通系统具有工程造价低,运行噪声小,占地面积少,旅客乘坐舒适,能适应陡坡急弯等特点。

6. 直线电机驱动车辆系统(Linear Motor Car System)

直线电机(又称为线性电机)驱动车辆系统是 20 世纪 80 年代由加拿大研制开发而成,它是利用直线电机原理,安装在车辆上作为驱动装置的一种新型交通系统。

由于车辆底部转向架上不再安装传统的牵引电机,因而可减小车轮直径、降低车辆高度,车辆自重也大大减轻。直线电机列车占用的隧道建筑断面小、爬坡能力强。直线电机驱动车辆系统仍为钢轮钢轨系统,列车编组与行车密度可根据城市容量来确定。其单向高峰客运最大能力目前可达到每小时 40 000 人次。

加拿大的温哥华、多伦多,日本的大阪、东京、福冈都修建了直线电机驱动车辆系统。2007 年 9 月我国首都国际机场线首列直线电机车辆下线,车辆最大宽度 3.2 m,最高运行速度为 110 km/h。该车辆由控制中心通过无线传输系统全自动控制,无人驾驶,停车精度可达到

250mm 以内。

7. 磁悬浮系统 (Maglev System)

磁悬浮系统是一种利用电磁悬浮原理将列车悬浮在导轨上,直线电机驱动列车运行的轨道交通运输方式。它是一种新型的采用无接触的电磁悬浮、导向和驱动的轨道交通系统,从根本上克服了传统列车轮轨黏着限制、机械噪声和磨损等问题,具有爬坡能力强、运行噪声小、安全舒适、能耗低、污染少等特点。

磁悬浮技术一般分为常导和超导两种制式。目前,在磁悬浮列车技术的研究领域中,德国和日本占领先地位。2003 年 12 月,我国引进德国常导磁悬浮技术的上海磁悬浮正式开通运营,它是世界上目前唯一一条投入商业运营的磁悬浮线路。

1.2 世界城市轨道交通的发展及现状

城市轨道交通的诞生和发展已有 100 多年历史。自 1863 年世界第一条地铁在英国伦敦建成通车到 1899 年,有英国的伦敦和格拉斯哥、美国的纽约和波士顿、匈牙利的布达佩斯、奥地利的维也纳以及法国的巴黎等 5 个国家共计 7 座城市率先建成了地铁。

1900 年至 1924 年,在欧洲和美洲又有 9 座大城市相继修建了地铁,例如西班牙的马德里,德国的柏林、汉堡以及美国的费城等。

1925 年至 1949 年,期间经历了第二次世界大战,地铁建设处于低潮,但仍有日本的东京、大阪,前苏联的莫斯科等少数城市修建了地铁。

第二次世界大战以后,1950 年至 1974 年的 24 年间,世界地铁建设蓬勃发展,在此期间,意大利的罗马、米兰,加拿大的多伦多、蒙特利尔,日本的名古屋、横滨,韩国的首尔(旧称“汉城”)以及中国的北京等约 30 座城市相继建成地铁。

1975 年至 1995 年的 20 年时间,地铁建设在原有基础上取得了长足的进展。世界上有 30 多座城市在此期间建成了地铁,美洲有华盛顿、温哥华等 9 座城市,欧洲有里昂、华沙等 9 座城市,亚洲则更多,有香港、上海、天津、神户等 16 座城市。具有一定代表性的项目有美国的华盛顿地铁、香港地铁、上海地铁等。

从上述世界地铁建设发展概况可以看出,在 20 世纪 50 年代至 90 年代期间,世界范围内的城市地铁有了迅速的发展。其主要原因之一是在战后和平发展为主流的年代里,亚洲、拉丁美洲、东欧的城市化进程加快,数百万人口的城市不断增加;二是发达国家中的小汽车剧增与城市街道有限通过能力之间的矛盾日益突出,导致空气严重污染,使这些城市面临着如何在较长的距离内,以最有效而快速的方式来输送大量乘客的问题。图 1-1 描述了世界地铁系统数量随时间增长情况。

目前,世界上建成城市轨道交通系统的城市已经多达 100 多个,并从过去单一的地铁发展到市郊铁路、轻轨、单轨、直线电机驱动的轨道交通及磁悬浮等多种类型。其中以市郊铁路、地铁、轻轨的应用最为广泛,以直线电机驱动系统的应用最有发展潜力。表 1-1 为世界上轨道交通发达的部分城市的地铁情况统计表(数据截至日期为 2007 年 12 月)。

世界上很多大城市的地下都已构筑起一个上下数层、四通八达的轨道交通网络。车站建筑构思新颖,富有艺术特色,并且融合现代化的商业设施和娱乐场所,构成一个和谐的整体。城市轨道交通的现代化水平,已成为城市交通现代化的重要标志之一。

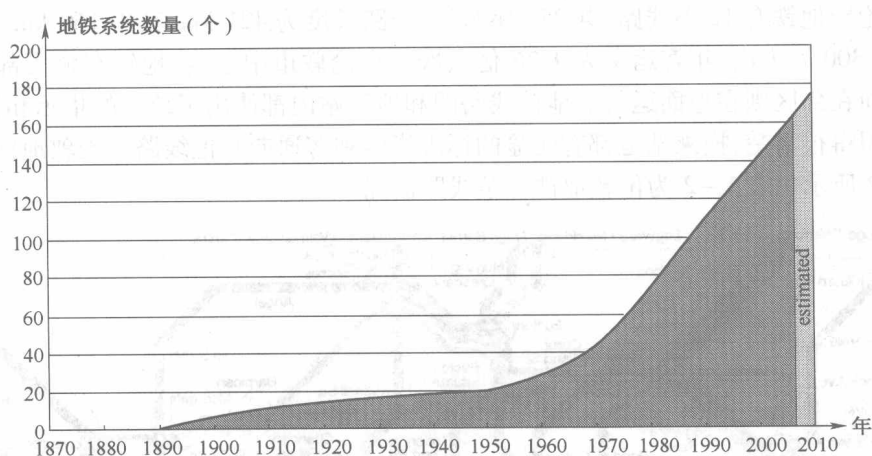


图 1-1 世界地铁系统数量随时间增长情况

表 1-1 世界部分主要城市地铁概况

城 市	始运日期	线路长度(km)	车站数量(座)	线路数量(条)	年客运量(亿人次)
纽 约	1904. 10. 27	443. 2	468	27	15. 0
芝加哥	1892. 06. 06	166	151	8	0. 79
华盛顿	1976. 03. 27	171. 2	90	5	1. 49
墨西哥	1969. 09. 05	201. 7	175	11	16. 46
伦 敦	1863. 01. 10	421	275	12	9. 76
巴 黎	1900. 07. 19	381	297	16	15. 4
里 昂	1978. 04. 28	29. 5	42	4	0. 99
柏 林	1902. 02. 18	144. 1	192	9	4. 0
慕尼黑	1971. 10. 19	90. 4	98	6	2. 6
马德里	1902. 10. 17	265	269	13	3. 91
巴塞罗那	1924. 12. 30	104. 8	145	9	2. 7
斯德哥尔摩	1950. 10. 01	105. 7	104	3	2. 5
罗 马	1955. 02. 10	37. 4	49	2	2. 0
米 兰	1964. 11. 01	73. 8	88	3	3. 6
圣保罗	1974. 09. 14	58. 4	57	4	6. 1
莫斯科	1935. 05. 15	281. 4	173	12	32. 0
圣彼得堡	1955. 11. 15	105. 5	60	4	8. 21
东 京	1927. 12. 30	292. 2	274	13	27. 1
大 阪	1933. 05. 20	137. 8	133	9	9. 48
首 尔	1974. 08. 15	286. 9	348	10	16. 0
新加坡	1987. 11. 07	109. 0	69	3	4. 1

下面以世界上一些著名大城市为例,说明世界城市轨道交通的状况。

1. 伦敦地铁

1863年,世界上第一条地铁在伦敦建成通车。伦敦是地铁的发源地,也是世界上地铁系统最密集和复杂的城市之一,被誉为“建在地铁上的都市”。伦敦地铁在英语中常被昵称为The Tube(管子),名称来源于车辆在像管道一样的圆形隧道里穿行。

2. 纽约地铁

纽约地铁是世界上最大的地铁系统,错综复杂,历史悠久。目前纽约地铁已发展为 27 条线路组成的地铁网,全长为 443.2 km,一共有 468 座车站(但根据不同的计算方法,最少为 416 站,最多为 475 站),采用标准轨距 1 435 mm,24 小时运行已持续了 90 多年,日客运量高达 400 万人次,年输送旅客量达 15 亿人次。纽约地铁线路分布图如图 1-3 所示。



图 1-3 纽约地铁线路分布图

纽约地铁一大特点是在同一条线路有快车(Express Service)与慢车(Local Service)之分。同一条线路会有 3 条或 4 条轨道,最外面两条是给慢车使用,内部的一条或两条轨道则是留给快车使用。快车通常在主要中转站或是终点站停站。

纽约地铁系统有两种不同的列车种类,一种是跨区快速地铁公司(Interborough Rapid Transit Company, IRT)所属,另一种是布鲁克林-曼哈顿地铁公司和独立地铁系统(Brooklyn-Manhattan Transit Corporation / Independent Subway System, BMT/IND)所属。所有 IRT 设备都是宽 2.67 m、长 15.5 m,而所有 BMT/IND 设备都是宽 3 m、长 18.4 或 22.8 m。

3. 巴黎地铁

巴黎地铁于 1900 年通车,至今已有百多年历史。2007 年巴黎已有 16 条地铁线(包括 3 号线、7 号线复线),网络总长度是 381 km,站间的平均距离有 543 m,最长的站间距离是

2 358 m, 站台长度从 75.9 m 到 105 m 不等, 可以停靠一辆 4 到 6 节车厢的列车, 年客运量为 15.4 亿人次。巴黎地铁线路分布图如图 1-4 所示。

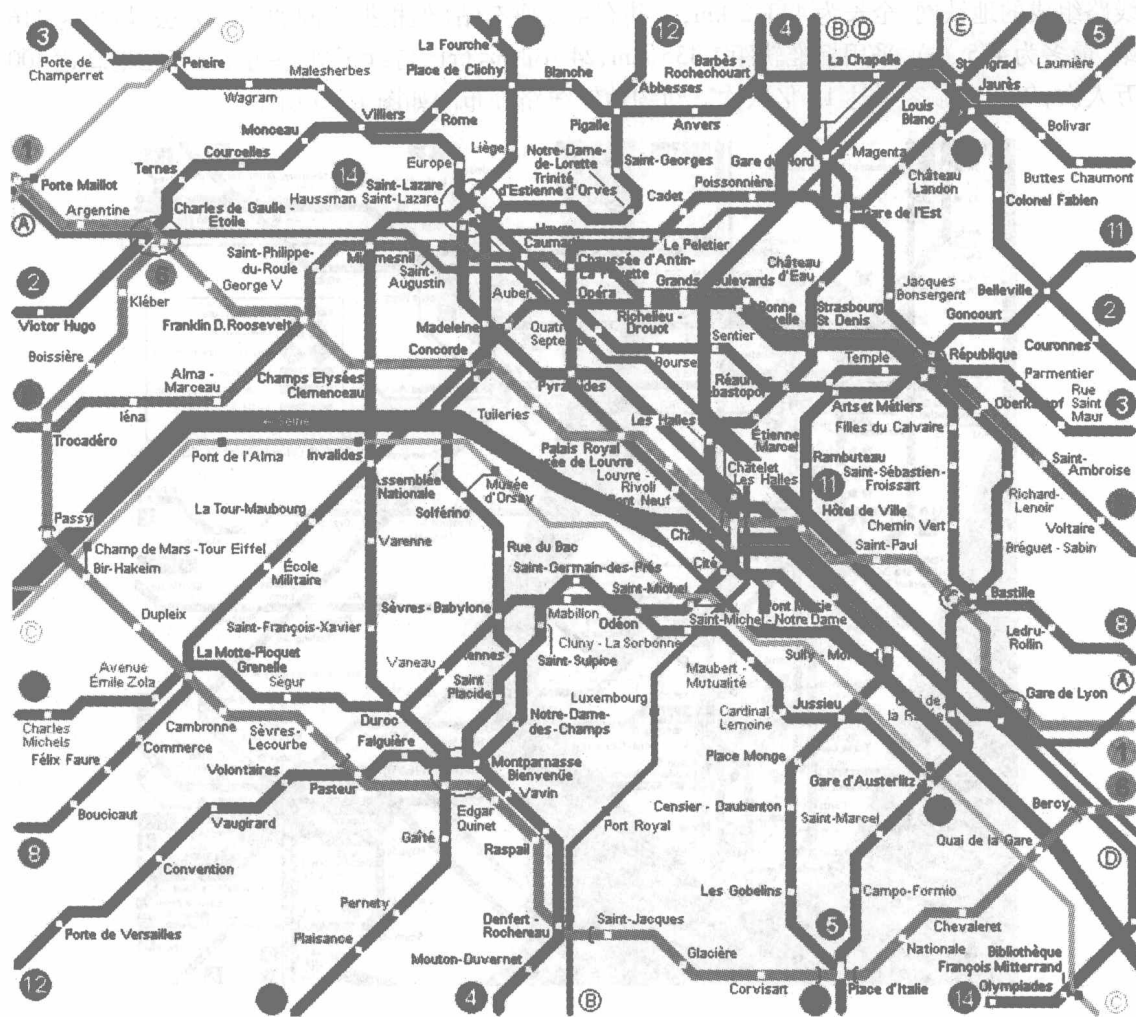


图 1-4 巴黎地铁线路分布图

1998 年 10 月建成通车的 14 号地铁线, 为全自动无人驾驶。法国政府计划在今后 20 年内, 斥资 8 亿欧元实现巴黎地铁的全面自动化。首期工程 13 号线的改造于 2003 年年底开始, 竣工后在运营高峰时段, 该线列车的发车间隔可由目前的 105 s 缩短为 90 s, 其中 40 s 为靠站时间, 10 s 为安全系数, 全线运量将因此而增加 15%。

巴黎地铁系统现代化水平很高, 技术设备极为先进。地铁站建筑设计十分精美, 被誉为“地下宫殿”, 许多地铁车站建在火车站下面, 交通非常便利。

4. 东京地铁

日本东京是世界上轨道交通最发达的城市之一。由城市市郊铁路、地铁和轻轨所组成的东京大型轨道交通网的总里程已达 2 355 km。轨道交通系统每天运送旅客达 2 000 多万人次, 占东京全部客运量的 86%。东京地铁年客运总量已突破 27 亿人次, 是当今世界上地铁客运量最大的城市之一。

东京地铁的主要特点是浅埋线路,一般浅埋在原街道的地下。地铁车站以多样化著称,有岛式、侧式、双岛式、一岛一侧式及上下式。

东京地铁线路网由东南海滨的城市中心向北、向西扇形发展,呈放射式布局,并与市郊铁路衔接联运。东京地铁系统包括:营团地铁有 8 条线路,都营地铁有 4 条线路,加上 2000 年底全线开通、采用了最新磁悬浮技术的都营大江户线,共有 13 条线路,营业总里程已超过 280 km。其中银座线是一条通过东京主要市区的线路,全长 14.3 km,设 18 座车站,运行时间 32 min,发车间隔 2~3 min。东京地铁线路分布图如图 1-5 所示。

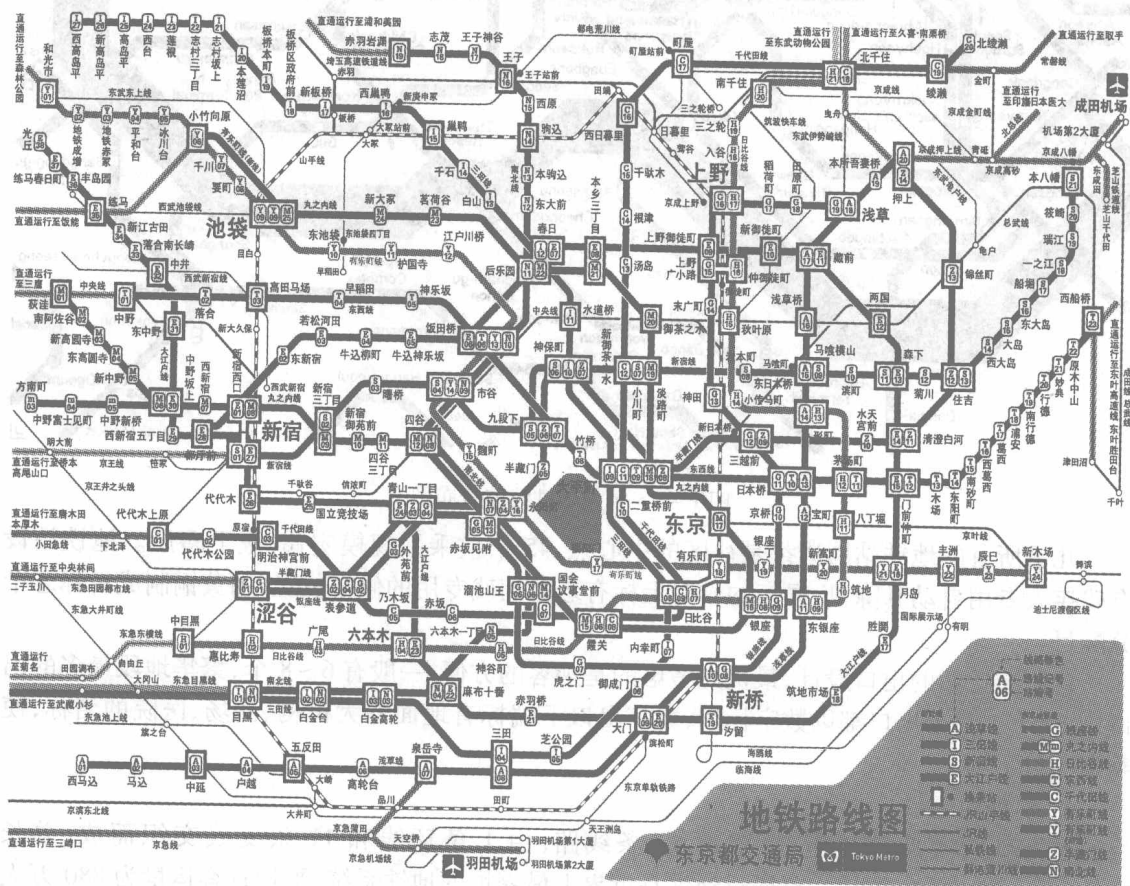


图 1-5 东京地铁线路分布图

东京的地铁线路纵横交错,线路多而复杂,每条线都有自己的车厢颜色以供乘客辨认,非常方便。商业运作渗透到了东京地铁的每个角落,餐馆、商店、银行等一应俱全,尤其是在多条线路交汇的超级大站(如涩谷、新宿等),车站内还有百货公司。东京地铁的人性化服务体现在细微处,地铁站地面上标有“女用车厢”的字样,专门设置的直梯上清楚地印有残障、妇女、儿童等图案,很多的扶手上标着盲文。

5. 首尔地铁

首尔地铁,是世界载客量最高的地铁系统之一。位于韩国的首都首尔市,每天载客量可达 400 万人次。第一条路线建于 1974 年,首尔地铁四通八达,目前共有 10 条线,全长 286.9 km,全程共有 348 座车站,服务首尔和周边京畿道的首都圈,同时也和仁川的地铁系统相连。首尔

地铁线路分布图如图 1-6 所示。



图 1-6 首尔地铁线路分布图

几乎所有的地铁站周边都是社区的中心点,45 个换乘站规模宏伟,上下多层。地铁站设有残疾人专用自动升降机;候车的站台上标有老弱病残专用的候车位置,用黄铜制成的标志十分醒目。

首尔地铁站的出口设计,最优先考虑的是乘客的方便,一般有 6~8 个,繁华地段最多的出口达 12 个。每个出口都以数字标明,数字出口下端标有地面各大机构、商场、医院的名称,使乘客一目了然。

6. 莫斯科地铁

莫斯科地铁循地势而建,现有 12 条线路,由 1 条环线和 11 条支线交织而成,总长 281.4 km,设 173 座车站。莫斯科地铁是世界上最繁忙的地铁系统,平均日客运量为 880 万人次,年输送旅客量达 32 亿人次。

莫斯科地铁采用俄罗斯标准轨距 1 524 mm,同时采用第三轨供电。站间平均距离为 1 800 m, Aleksandrovskiy Sad 站和 Arbatskaya 站站间距离最短为 585 m, Kiyevskaya 站和 Park Pobedy 站(位于地下 86 m,是世界上最深的地铁站)站间距离最长为 4 km。列车在具有较长站间距的两站之间的运行速度一般为 42 km/h。

莫斯科地铁的大部分线路和车站都是在地下的,其中 4 号线途中有 7 座车站是建立在地上的,3 号线以及 7 号线分别都有 1 站设在地上;另外,还有 3 条线路需要通过铁桥从而穿越莫斯科河,分别是 1 号线、2 号线、4 号线,其中最独特的是 1 号线的麻雀山站,因为该站就设立在莫斯科河正上方的卢日尼基铁路桥上。表 1-3 为莫斯科地铁各条线路概况。