



高等职业教育教材

# 城市轨道交通 系统概论

崔志宇 主编

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG  
XITONG GAILUN

中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等职业教育教材

# 城市轨道交通系统概论

崔志宇 主 编  
石 瑛 主 审



中国铁道出版社

2014年·北京

## 内 容 简 介

本书为城市轨道交通运营管理专业教材。全书共分为十章:绪论,城市轨道交通运输计划,城市轨道交通车站及客运组织工作,城市轨道交通车站票务组织与管理,城市轨道交通客运市场营销,城市轨道交通车辆运用,城市轨道交通信号系统,城市轨道交通通信系统,城市轨道交通安全管理基础,城市轨道交通系统运营经济效果分析。本书以培养岗位技能为出发点,理论联系实际,图文并茂,通俗易懂,便于阅读,并在每一章后配有习题,供参考选用。

本书可作为高职院校、职业技术学校城市轨道交通专业及相关专业的教材和教学参考书,也可作为从事城市轨道交通建设和运营管理工作的专业技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通系统概论 / 崔志宇主编. —北京:  
中国铁道出版社, 2014. 9  
高等职业教育教材  
ISBN 978-7-113-19161-0

I. ①城… II. ①崔… III. ①城市铁路—高等职业教  
育—教材 IV. ①U239. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 200404 号

书 名:城市轨道交通系统概论  
作 者:崔志宇 主编

策 划:金 锋  
责任编辑:悦 彩 编辑部电话:010-63589185-3093 电子信箱:yuecai@tqbooks.net  
封面设计:王镜夷  
责任校对:龚长江  
责任印制:李 佳

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)  
网 址:<http://www.51eds.com>  
印 刷:化学工业出版社印刷厂  
版 次:2014年9月第1版 2014年9月第1次印刷  
开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:18 字数:460 千  
印 数:1~3 000 册  
书 号:ISBN 978-7-113-19161-0  
定 价:39.00 元

### 版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010) 51873174(发行部)  
打击盗版举报电话:市电(010) 51873659,路电(021) 73659,传真(010) 63549480

# 前 言

城市轨道交通是我国城市有史以来最大的公益性交通基础设施,也是城市的百年大计建设项目。城市轨道交通对改善现代城市交通困扰局面、调整和优化城市区域布局、促进国民经济发展所发挥的作用,已是不容置疑的客观现实。本书在借鉴国内外同行业的先进经验的基础上,结合自身多年的教学积累,对城市轨道交通客运组织工作进行了全面分析,将有关的资料归纳汇总上升到理论层面,希望能在城市轨道交通客运组织管理领域起到抛砖引玉的作用。

本书为城市轨道交通运营管理专业教材。全书共分为十章,分别为:绪论、城市轨道交通运输计划、城市轨道交通车站及客运组织工作、城市轨道交通车站票务组织与管理、城市轨道交通客运市场营销、城市轨道交通车辆运用、城市轨道交通信号系统、城市轨道交通通信系统、城市轨道交通安全管理基础、城市轨道交通系统运营经济效果分析。本书以培养岗位技能为出发点,理论联系实际,图文并茂,通俗易懂,便于阅读,并在每一章后配有习题,供参考选用。本书可作为高职院校、职业技术学校城市轨道交通专业及相关专业的教材和教学参考书,也可作为从事城市轨道交通建设和运营管理的专业技术人员参考用书。

本教材由黑龙江交通职业技术学院崔志宇副教授担任主编,石瑛教授担任主审。具体分工如下:第一、二章由黑龙江交通职业技术学院郑学良执笔,第三、四、七、八、九章由崔志宇执笔,第五、十章由黑龙江交通职业技术学院魏新平执笔,第六章由黑龙江交通职业技术学院李红卫执笔。

本教材在编写过程中,得到了黑龙江交通职业技术学院有关领导的大力支持和关心,并得到了深圳市地铁集团有限公司领导和专家的支持和帮助,在此一并致谢!鉴于编写人员技术水平及实践经验的局限,错误与不足之处在所难免,期待广大读者和同行多提宝贵意见。

编 者

2014年5月

# 目 录

第一章 绪 论	1
第一节 国内外城市轨道交通系统的发展	2
第二节 城市轨道交通系统的类型	11
第三节 城市轨道交通系统的运营特性	17
练习与思考	21
第二章 城市轨道交通运输计划	24
第一节 客流计划	24
第二节 全日行车计划	26
第三节 车辆配备计划	27
第四节 列车交路计划	29
练习与思考	32
第三章 城市轨道交通车站及客运组织工作	34
第一节 车站的构造和主要设备	36
第二节 客运组织工作的基本要求	42
第三节 车站客流组织方法	45
第四节 城市轨道交通客运服务	55
第五节 车站各岗位职责与作业流程	63
第六节 城市轨道交通车站的应急处理	75
练习与思考	98
第四章 城市轨道交通车站票务组织与管理	101
第一节 城市轨道交通车站票务系统	102
第二节 自动售检票系统与票务设备的管理	110
第三节 车票使用与管理	127
第四节 现金使用与管理	134
第五节 票务差错及违章管理	139
练习与思考	145
第五章 城市轨道交通客运市场营销	148
第一节 基本概念	149
第二节 城市客运市场细分	154
第三节 营销组合	157
练习与思考	163

<b>第六章 城市轨道交通车辆运用</b> .....	166
第一节 城市轨道交通车辆.....	166
第二节 车辆段及停车场.....	169
第三节 车辆运用流程.....	170
第四节 乘务管理.....	175
练习与思考.....	179
<b>第七章 城市轨道交通信号系统</b> .....	183
第一节 城市轨道交通信号系统概述.....	184
第二节 城市轨道交通信号系统的组成.....	186
第三节 城市轨道交通信号系统的设备分布.....	188
第四节 我国城市轨道交通信号技术的发展.....	193
练习与思考.....	197
<b>第八章 城市轨道交通通信系统</b> .....	200
第一节 城市轨道交通通信系统概述.....	202
第二节 城市轨道交通通信系统的组成.....	205
第三节 光纤传输系统.....	208
第四节 公务电话系统.....	211
第五节 闭路电视系统.....	215
第六节 有线广播系统.....	223
第七节 时钟系统.....	225
练习与思考.....	229
<b>第九章 城市轨道交通安全管理基础</b> .....	231
第一节 城市轨道交通安全管理基础知识.....	233
第二节 城市轨道交通运营安全影响因素分析.....	242
第三节 城市轨道交通系统事故分析.....	245
第四节 常见行车事故分析.....	247
第五节 安全色与安全标志.....	251
练习与思考.....	255
<b>第十章 城市轨道交通系统运营经济效果分析</b> .....	259
第一节 运营指标体系.....	260
第二节 运营成本概述.....	263
第三节 国内外城市轨道交通系统运营经济状况分析.....	266
练习与思考.....	274
<b>参考文献</b> .....	277
<b>附录一 练习与思考部分参考答案</b> .....	278
<b>附录二 城市轨道交通常用术语中英文对照表</b> .....	281

# 第一章 绪 论

## 知识目标

- 了解国内外城市轨道交通的发展历史。
- 熟悉我国各大城市交通现状。
- 重点掌握我国城市轨道交通发展需要解决的问题。
- 了解城市轨道交通系统的类型及其基本技术经济特性。
- 掌握城市轨道交通系统的运营特性。

## 能力目标

- 能够利用所了解的发达国家城市轨道交通建设的经验,初步具备分析我国城市轨道交通发展前景及途径的能力。
- 能够判断城市轨道交通系统的各种形式所具有的优缺点。

## 引导案例

### 基本概况:

东京地铁是世界上最繁忙的地铁系统之一,每天运载超过 770 万人次的客流。第二次世界大战后日本经济发展迅速,城市规模急剧扩张,城市公共交通客运量也节节攀升。从 20 世纪 50 年代到 21 世纪初,东京地区轨道交通的客运量增长了约 17 倍。在东京的交通出行总量中,地铁系统出行量占据 86%(远远高于纽约的 54%、巴黎的 37%和伦敦的 35%),小轿车出行占交通总量的 11%,另外公交巴士、摩托车及其他(自行车、步行)分别各占 1%。

1927 年,东京就修建了从浅草至上野的第一条地铁。1954 年起,开始大规模建设地铁和轻轨。东京都内主要地铁和轻轨线路 320 多千米,有分属“东京地下铁”公司以及“都营地下铁”公司管理的 13 条地铁路线,共 285 个车站。归属“东日本旅客铁道”(JR-EAST)的轻轨“山手线”绕城中心一周。这些主要线路之间,还另外穿插着 15 条私营地铁线路,进而形成一个几乎涵盖整个东京的轨道交通网络。轨道交通构成了城市公共交通的骨架体系,在连接市区与郊区及远郊区的放射线方向上,更是占据主导地位。轨道交通系统在东京的城市公共客运中发挥着越来越重要的作用。

### 分 析:

#### 1. 交通类型多样化

目前,国际上技术比较成熟、已经运营的城市轨道交通有地铁、市郊铁路、轻轨、单轨、导轮、线性电机牵引的轨道交通及有轨电车七种。其中市郊铁路、地铁、轻轨和有轨电车应用最

广泛,线性电机牵引系统最有发展前途。

### 2. 交通布局网络化

纽约、伦敦、巴黎、莫斯科、东京等是城市轨道交通较为发达的城市,基本已形成一定的城市轨道交通规模和网络,可以延伸到城市的各个方向。呈辐射状分布的城市轨道交通系统,已成为这些现代化大都市的重要干线交通,不仅缓解了城市交通的拥挤状况,而且利于环保,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。

## 第一节 国内外城市轨道交通系统的发展

在中国国家标准《城市轨道交通技术规范》(GB 50490—2009)中,城市轨道交通的定义是指采用轨道导向运行的城市公共客运交通系统,包括地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车系统、磁悬浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统。

社会与经济的发展,使世界城市化水平不断提高,城市规模不断扩大。据联合国统计,20世纪50年代,全球人口只有25.2亿,城市人口为6.7亿;2000年底,世界人口达到60.6亿,城市人口达到21.8亿;预计2030年世界人口可达到81.1亿,而城市人口将达到40.8亿,其中发展中国家城市人口为38.8亿。目前,世界人口每年增长7500万人左右,其中城市人口年增长量达6050.375万人(每周逾100万人)。在我国,百万以上人口的大城市在20世纪80年代末时只有28个,到2004年达到37个,300万以上人口的特大城市达到15个。以北京市为例,从1982年至2004年的22年时间里,全市常住人口由900万增长到1492.7万,城市流动人口则由原来的43万猛增到303.9万。其他大城市也存在着类似的现象,城市化进程使城市交通受到很大的冲击。

在城市化过程中,城市结构及区域经济布局的变化主要体现在空间的更充分利用和平面的不均衡扩展上,同时,流动人口增长迅速,居民出行更为频繁,城市交通日趋紧张。交通的突出变化体现在城市交通结构方面,尤其是公共交通的发展。以伦敦为例,20世纪40年代伦敦地面公共交通处于全盛期时,年人均乘坐巴士与电车达470次,这个数字在20世纪末降低到了175次,其原因是私人轿车的发展与公交效率的降低。数字表明:伦敦地面巴士平均速度为19 km/h(运距3.5 km),而私家车为30 km/h(运距7.2 km),出租车为22 km/h(运距5.6 km),地铁为32 km/h(运距7.8 km),步行5 km/h(距离1.1 km)。世界银行专家杰哈德·曼科霍夫(Gerhard Menckhoff)称,包括首尔、上海、曼谷、马尼拉、墨西哥、吉隆坡、圣保罗等在内的城市闹市区平日交通速度已经低至15 km/h以下,布加勒斯特、雅加达、金沙萨、拉多斯、马尼拉等城市的平均工作出行时间超过了75 min。

从资源利用角度看,不同运输方式每米宽度可通过的乘客数量为:小客车200人/h,自行车75人/h,巴士1500人/h,行人3600人/h,城市轨道交通9000人/h。北京城市轨道交通运营里程占公共交通总运营里程约1%,其客运量约占公交运量的11%;上海轨道系统运营里程占公共交通总运营里程的0.7%,客运量占公交客运量的15%。欧洲经济合作与发展组织(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)与美国德克萨斯交通运输协会(Texas Transportation Institute, TTI)的研究表明:城市居民在交通拥挤中花费的时间是20年前的2~3倍。据公共交通国际联合会(International Union of Public Transport, UITP)估计,全世界每年因交通拥挤导致的损失达5000亿美元,其中伦敦为35亿美元,巴黎为60



亿美元。

我国多数城市的公共交通方式主要还是公共汽车和无轨电车。由于城市基础设施建设滞后于交通流量的增长速度,造成城市地区交通堵塞,公共交通服务质量下降,吸引力降低,公交份额没有达到相应水平。例如,北京市公交份额为 23%,上海市公交份额为 16%,沈阳市公交份额为 12.7%,宁波市公交份额为 15.6%,重庆市公交份额为 27%,佛山市公交份额仅为 4.8%。交通高峰期间,不少公交车上乘客密度高达 10~12 人/m<sup>2</sup>,加上道路上各种车辆混行,使公共汽车车辆的运行速度从 20 世纪 80 年代的 25~35 km/h 下降到 9~15 km/h,公交系统服务质量难以满足居民要求。这种状况间接促进了个人交通工具的发展,主要体现在大中城市私家车,中小城市自行车、助动车的发展,改变了城市交通的结构,使城市公共交通发展处境维艰,严重影响了城市居民的生活质量和经济发展的活力。

1863 年 1 月 10 日,世界上第一条用明挖法施工的地铁在伦敦建成通车,列车用蒸汽机车牵引,线路全长约 6.4 km。1892 年 6 月 6 日,芝加哥建成世界上第二条蒸汽驱动地铁,1895 年 5 月 6 日建成世界上第二条电气化地铁;1896 年 5 月 8 日,布达佩斯建成世界上第三条、欧洲大陆第一条电气化地铁;1897 年 9 月 1 日,波士顿建成世界上第四条电气化地铁;1898 年 5 月 9 日,维也纳也建成世界上第五条蒸汽驱动地铁;1900 年 7 月 9 日,巴黎建成世界上第六条、欧洲第二条电气化地铁;1901 年 12 月 10 日,纽约建成世界上第七条蒸汽驱动地铁,该条地铁直到 1904 年 10 月 27 日才实现电气化;1902 年 2 月 18 日,柏林建成世界上第八条、欧洲大陆第三条电气化地铁;20 世纪上半叶,东京、莫斯科等几座城市相继修建了地铁。截至 1963 年,世界上建有地铁的城市共有 26 个。据 1994 年 7 月德国出版的《地铁世界》一书统计资料,到 1990 年,世界上有 98 个城市约 5 300 km 城市轨道交通线路投入运营,另有 29 个城市,94 条线,约 1 000 km 即将投入运营。

## 一、城市轨道交通的不同发展阶段

### (一)初步发展阶段(1863~1924 年)

世界第一条地下铁道的诞生,为人口密集的大都市如何发展公共交通提供了宝贵的经验。特别是到 1879 年电力驱动机车的研究成功,大大改善了地下铁道的环境,免除了污染环境的顾虑。事实上,城市轨道交通由此步入了连续发展时期。在这一阶段,欧美的城市轨道交通发展较快。

### (二)停滞萎缩阶段(1924~1949 年)

这个阶段发生的战争以及汽车工业的发展,造成了城市轨道交通的停滞和萎缩。驾驶汽车的灵活、便捷,使汽车工业得到飞速发展。城市轨道交通因投资大,建设周期长,一度失宠。这一阶段只有 5 个城市发展了城市地铁,有轨电车则停滞不前,有些线路被拆除。西方国家 1912 年已有 370 个城市建有有轨电车,受拆除风的影响,到了 1970 年只剩下 8 个城市保留有轨电车。

### (三)再发展阶段(1949~1969 年)

汽车过度增加,使城市道路异常堵塞,行车速度下降,严重时还会导致交通瘫痪,加之空气污染,噪声严重,大量耗费石油资源,市区汽车有时甚至难以找到停车之处。人们重新认识到,解决城市客运交通必须依靠电力驱动的城市轨道交通。这期间,城市轨道交通从欧美扩展到日本、中国、韩国、巴西、伊朗、埃及等国家,共有 17 个城市新建了地铁。

#### (四) 高速发展阶段(1970 年至今)

世界各国城市化的趋势,导致人口高度集中,要求城市轨道交通高速发展以适应日益增加的客流运输,科学技术的进步也为城市轨道交通奠定了良好的发展基础。很多国家都确立了发展城市轨道交通的方针,立法解决建设城市轨道交通的资金来源。城市轨道交通从欧、美、亚洲又扩展到大洋洲的澳大利亚,从发达国家扩展到发展中国家。这一阶段,全世界每年平均有 1.4 个城市在修建地铁。

统计表明,目前世界上已有 40 多个国家和地区的 127 座城市建成了地下铁路,线路总长度超过了 7 000 km,年客运总量约为 230 亿人次;同时产生了其他多种形式的城市轨道交通,如新交通系统(Automated Guideway Transit)、磁悬浮列车等。当今世界的大城市和特大城市中,城市轨道交通已在公共交通系统中处于骨干(又称主动脉)地位。

## 二、世界各国地铁的情况分析

莫斯科地铁是世界上最豪华的地铁,有欧洲“地下宫殿”之称。市区 9 条地铁线路纵横交错,充分体现了俄罗斯城市交通规划和建筑业的一流水平。纽约是当今世界运行线路最长的城市,其线路 37 条,全长 432.4 km,车站多达 498 个,设施较为陈旧。巴黎地铁是世界上最方便的地铁,每天发出 4 960 列车。在主要车站的出入口,均设电脑显示应乘的线路、换乘的地点等,一目了然。巴黎地铁也是世界上层次最多的地铁,包括地面大厅共有 6 层(其他城市地铁一般为 2~3 层)。法国里尔地铁是当今世界最先进的地铁,全部由计算机控制,无人驾驶、轻便、省钱、省电,车辆行驶中噪声、振动都很小,高峰时每小时通过 60 列车,为世界上行车间隔最短的全自动化地铁。

伦敦城市轨道交通系统拥有车辆数约 4 000 辆,列车编组为 4~8 辆。1999~2000 年度完成客流量 9.27 亿人次,客运周转量 71.71 亿人·km,平均运距 7.4 km。

墨西哥城在短短的 10 年间修建了 150 km 地铁,到 2000 年开通 21 条地铁线路,全长 400 km,承担全城客运量的 58%。首尔地铁 1971 年开始建设,目前已有 19 条线,总长 975 km。墨西哥城与首尔是世界上地铁发展最快的城市,表 1-1 列出了世界一些国家地铁系统的情况。

表 1-1 世界各国地铁系统情况

城市(国家)	开始 通车 年代	当时 人口 (万人)	线路 条数	线路长度 (km)		车站 数目	轨距 (mm)	牵引供电	
				全长	地下			方式	电压 (V)
费城(美国)	1905	170	4	62	76		1 435	第三轨	600 700
汉堡(德国)	1912	160	3	92.7	34.3	82	1 435	第三轨	750
布宜诺斯艾利斯(阿根廷)	1913	290	5	39	36	63	1 435	架空线	600 1 100
马德里(西班牙)	1919	320	10	112.5	107	154	1 445	架空线	600

续上表

城市(国家)	开始 通车 年代	当时 人口 (万人)	线路 条数	线路长度 (km)		车站 数目	轨距 (mm)	牵引供电	
				全长	地下			方式	电压 (V)
巴塞罗那(西班牙)	1924	170	6	115.8	68.7	129	1 674 1 435	第三轨 架空线	1 200 1 500
雅典(希腊)	1925	300	1	28.8	3	23	1 435	第三轨	1 500
东京(日本)	1927	1 190	10	219	182	207	1 067 1 372	第三轨 架空线	600 1 500
大阪(日本)	1933	260	6	99.1	88.6	79	1 435	第三轨 架空线	750 1 500
莫斯科(俄罗斯)	1935	880	9	246	200	143	1 524	第三轨	825
克利夫兰(美国)	1954	57.3	1	30.6	8	18	1 435	架空线	600
圣彼得堡(俄罗斯)	1955	320	4	92		51	1 624	第三轨	825
罗马(意大利)	1955	280	2	25.5	14.5	33	1 435	架空线	1 500
名古屋(日本)	1957	210	5	66.5	1 258	66	1 067 1 435	第三轨 架空线	600 1 500
里斯本(葡萄牙)	1959	90	3	16	12	24	1 435	第三轨	750
基辅(乌克兰)	1960	210	3	32.7	29		1 524	第三轨	825
米兰(意大利)	1964	150	2	56	36	66	1 435	第三轨 架空线	750 1 500
奥斯陆(挪威)	1966	45	8	100	15	110	1 435	第三轨 架空线	750 600
蒙特利尔(加拿大)	1966	190	4	65	53	65	1 435	第三轨	750
第比利斯(格鲁吉亚)	1966	110	2	23	16.4	20	1 524	第三轨	825
巴库(阿塞拜疆)	1967	150	2	29		17	1 524	第三轨	825
法兰克福(德国)	1968	62	7	57	12	77	1 435	架空线	600
鹿特丹(荷兰)	1968	56.7	2	42	11.5	39	1 435	第三轨	750
北京(中国)	1969	600	2	40	40	29	1 435	第三轨	750
墨西哥城(墨西哥)	1969	2 000	8	141	71	125	1 435	第三轨	750
慕尼黑(德国)	1971	130	6	56.5	43	63	1 435	第三轨	750
札幌(日本)	1971	160	3	39.7	28.6	33	2150 2180	第三轨 架空线	750 1 500
横滨(日本)	1972	320	2	22.1	22.1	20	1 435	第三轨	750
旧金山(美国)	1972	71.5	4	115	37.4	36	1 676	第三轨	1 000
纽伦堡(德国)	1972	47.5	2	21.4	15.9	29	1 435	第三轨	750
平壤(朝鲜)	1973	183	2	22.5		15	1 435	第三轨	825

续上表

城市(国家)	开始 通车 年代	当时 人口 (万人)	线路 条数	线路长度 (km)		车站 数目	轨距 (mm)	牵引供电	
				全长	地下			方式	电压 (V)
圣保罗(巴西)	1974	1 060	2	40.3	18.4	38	1 600	第三轨	750
首尔(韩国)	1974	1 020	4	116.5	93	102	1 435	架空线	1 500
布拉格(捷克)	1974	120	3	35	19	36	1 435	第三轨	750
圣地亚哥(智利)	1975	430	2	27.3	21.9	37	1435	第三轨	750
哈尔科夫(乌克兰)	1975	64	2	22.9		19	1 524	第三轨	825
里昂(法国)	1978	120	3	16.5	14	22	1 435	第三轨	750
里约热内卢(巴西)	1979	580	3	21.6	13	19	1 600	第三轨	750
亚特兰太(美国)	1979	120	2	52.3	7	29	1 435	第三轨	750
香港(中国)	1979	550	3	43.2	34.4	38	1 435	架空线	1500
布加勒斯特(罗马尼亚)	1979	220	2	46.2	37	30	1 432	第三轨	750
新堡(英国)	1980	28.1	4	55.6	6.4	46	1 435	架空线	1 500
福冈(日本)	1981	120	2	18	17	19	1 067	架空线	1 500
埃里温(亚美尼亚)	1981	100	1	8.4	8.4	9	1 524	第三轨	825
京都(日本)	1981	150	1	9.9	9.9	12	1 435	第三轨	1 500
赫尔辛基(芬兰)	1982	49	1	15.9	4	11	1 524	第三轨	750
加拉加斯(委内瑞拉)	1983	350	2	40		35	1 435	第三轨	750
巴尔的摩(美国)	1983	80	1	22.4	12.8	12	1 435	第三轨	700
里尔(法国)	1983	110	2	25.3	9	34	2 060	第三轨	750
迈阿密(美国)	1984	170	1	34.5		20	1 435	第三轨	750
明斯克(白俄罗斯)	1984	130	1	9.5		9	1 524	第三轨	825
加尔各答(印度)	1984	730	1	16.4	15.1	17	1674	第三轨	750
累西腓(巴西)	1985	120	2	20.5		17	1 600	架空线	3 000
高尔基城(俄罗斯)	1985	140	1	9.8		8	1 524	第三轨	825
贝洛奥里藏特(巴西)	1985	220		12.5		7	1 600	架空线	3 000
新西伯利亚(俄罗斯)	1985	130	2	12.9	12.9	10	1 524	第三轨	825
阿雷格里港(巴西)	1985	130	1	27.5		15	1 600	架空线	3 000
釜山(韩国)	1985	130	1	21.3	15	20	1 435	架空线	1500
温哥华(加拿大)	1986	120		21.4	1.6	15	1 435	第三轨	600
古比雪夫(俄罗斯)	1986	100	1	12.5		9	1 524	第三轨	825
仙台(日本)	1987	90	1	14.4	11.8	16	1 067	架空线	1 500
新加坡(新加坡)	1987	260	2	67	18.9	42	1 435	第三轨	750
开罗(埃及)	1987	830	1	5	4.5	6	1 435	架空线	1 500

续上表

城市(国家)	开始 通车 年代	当时 人口 (万人)	线路 条数	线路长度 (km)		车站 数目	轨距 (mm)	牵引供电	
				全长	地下			方式	电压 (V)
第聂伯罗彼得 罗夫斯克(乌克兰)	1988	110	1	11.2			1 524	第三轨	825
里昂(法国)	1978	120	3	16.5	14	22	1 435	第三轨	750
里约热内卢(巴西)	1979	580	3	21.6	13	19	1 600	第三轨	750

21 世纪的城市轨道交通,以高速、正点、低能耗、少污染、安全、舒适的特点吸引了大中城市客运交通 80% 以上的客流。美国、日本、德国、法国等经济发达国家不断加大地铁的科技投入,许多新材料、新技术、新工艺运用在地铁工程中。新一代城市轨道交通要采用可调式转向架,使列车在运行时适应不同轨距的变化。例如,开发地铁轻轨智能运输系统(Intelligent Transport System, ITS),满足各种乘客的旅行需要,自动获取乘客要求、个人信息,实现单个地点识别、公共运输和私人运输信息的交换。建设扶助伤残、老人、儿童的系统和智能列车控制系统。研制新的橡胶减振轨道系统,减少噪声、振动,降低能耗,改进车体设计,保证时速 350 km 情况下,噪声控制在 75 dB 以下。

### 三、发达国家城市轨道交通建设的经验

发达国家城市轨道交通建设的经验可总结为如下几个方面:

(1) 支持大运输量公共交通系统发展,控制小汽车的盲目发展。轨道交通是大都市交通运输的骨干,纽约、莫斯科、东京、巴黎等已形成地铁网络的城市,居民出行一般步行 5~10 min 就可乘坐轨道交通,非常方便。号称“汽车王国”的美国,仅 1997 年就有 13 个城市订购上千辆地铁和市郊轻轨列车,用以发展城市轨道交通系统。

(2) 城市轨道交通促进城市社会、经济、资源和环境的协调发展,使城市走向可持续发展的道路。轨道交通发展使城市沿轨道交通廊道轴向发展,市区密集人口可以疏散到郊区卫星城。有了大运输量、高速正点的地铁和轻轨,人们白天到市中心上班,享受城市文明,晚上可远离喧闹的市中心,住进环境优美的郊区,同时轨道交通又是世界上公认的“绿色交通”,与其他交通方式相比,污染明显减少。

(3) 规划要有科学性、可行性、经济性、前瞻性。在巴黎从单中心向多中心转变过程中,巴黎的交通部门预见到由此带来巨大客流的潜力,及时规划和建设市区地铁和郊区轨道交通。先建成 4 条快速铁路网,线路总长近 300 km,共 166 个站;同时又规划修建了 28 条辐射市郊的快速轨道线,与快速铁路网交通系统(RER)连接成一个功能完善的市郊铁路网,运送大量的通勤乘客。据统计,每天市郊客运量中,市郊铁路占 74%,高峰时间内市郊铁路承担总运输量的 87%。巴黎市快速轨道交通,在转轨期成功疏散了大量客流。交通联系的便捷,反过来又促进各市中心区的经济发展,从而步入良性循环轨道。

(4) 重视多种渠道筹集资金,加快地铁和轻轨交通的发展。世界各国地铁和轻轨建设都靠国家、州和市政府财政补贴。有的国家规定城市税收的一定比例用于地铁建设,还鼓励大的企

业、财团参与地铁轻轨建设和管理。发展中国家应积极利用世界银行贷款和发达国家的低息贷款发展城市轨道交通。

(5) 长远规划与近期实际相结合。依据经济技术的能力及实际需求,分期、分批、分段开工,分段调试运营,尽快取得社会效益,滚动发展,逐步实现长远规划目标。

(6) 地铁和轻轨建设实行改革开放政策,吸取世界各国的先进技术。地铁是一门包括土木、机械、自动化、计算机、新材料、通信信号、环控、防灾等专业的系统工程,很多方面体现了当今世界最新科技。一些发达国家已积累了大量的成功经验和先进技术,只有随时吸收这些先进的技术和设备,坚持走国产化道路,不断创新,才能少走弯路。

(7) 引进竞争机制,建立健全的轨道交通运营管理体系,充分发挥现有设施的功能,创造更大的社会效益。

#### 四、我国城市轨道交通系统的发展

##### (一) 我国城市轨道交通的发展情况

###### 1. 北京市

北京地铁始建于1965年7月1日,1969年10月1日,第一条地铁线路建成通车,使北京成为我国第一个拥有地铁的城市。

截至2010年6月,正在运营的线路有:1号线、2号线、4号线(京港地铁运营)、5号线、8号线一期(奥运支线)、10号线一期、13号线、八通线和机场快速轨道交通(Airport Express),运营线路总长度228 km。

根据2002年6月修订的《北京市城市轨道交通线网调整规划》,北京城市轨道交通线网将由中心城区轨道交通、市区城市轨道交通和市郊轨道交通三部分组成,北京市轨道交通规划线路总里程将由原408 km增加到1 053 km,五环路以内任意两点间出行距离不超过20 min,第二市区轨道交通环线以内任意地点出发5 min内能找到一个地铁站。

2012年底前,北京建成了6号线一期、7号线、8号线二期、9号线、10号线二期、14号线、15号线一期、亦庄线,累计运营里程419 km,基本实现中心城区轨道交通近期规划。

2015年底,北京将建成“三环、四横、五纵、七放射”的19条线路、总长561 km的轨道交通网络,标志着北京轨道交通近期建设规划(2004—2015)完成。

根据北京交通发展的远期目标,北京轨道交通线网将于2050年前全部完成,届时线路总长将达到1 053 km。

###### 2. 上海市

早在1958年,上海市就开始地铁建设的前期准备,当时俄罗斯专家断言上海是软土地层,含水量多,因此不宜建设隧道工程。1989年5月,中德双方正式签署了4.6亿马克的地铁专款贷款协议书,1990年3月7日国务院正式同意,上海地下铁道工程新龙华站(今上海南站)至上海新客站(今上海火车站)开工兴建。经过地铁工程建设者不懈的努力,上海轨道交通1号线终于在1995年4月10日全线(上海火车站—锦江乐园站)建成通车。

上海市不断优化轨道交通投资环境,创新投融资模式,政府大力号召外资和民营企业进入轨道交通建设领域。近年来,上海市轨道交通沿线商业开发逐渐成熟,轨道交通的集聚效应诱发大量的消费需求和投资需求,轨道交通沿线房地产开发及轨道交通枢纽商业运营都成为投资热点。2012年,上海市轨道交通运营总里程达到510 km;到2020年,上海将建成970 km

的城市轨道交通网络。

### 3. 天津市

天津地铁始建于1970年4月7日,由于我国当时实行的停缓建政策,再加上资金限制,地铁工程被迫停建。1981年重新启动,于1984年12月28日建成通车(最初一段在1976年开通),2001年10月9日停止运营,进行既有有线改造,改造工程于2002年11月21日正式开工,并于2005年12月28日建成通车。

天津地铁现已开通1号线、2号线、3号线及9号线(部分)4条线路。其中1号线全长26.188 km,设22座运营车站;2号线全长22.657 km,共19座车站;3号线全长33.755 km,共26座车站;9号线(津滨轻轨),始建于2001年1月18日,一期工程东段于2003年9月30日建成通车,2004年3月28日开始试运营,共19座车站,全长52.759 km。

2013年12月24日,天津地铁日客流量首次突破百万,达102万人次,其中1、2、3号线88.5万人次,津滨轻轨9号线13.5万人次。

天津市轨道交通规划(2005—2020)确定中心城区轨道交通线网规划方案为环放射式结构,共由9条线组成,其中有5条放射线、2条半环线(组成一条封闭的环线)、2条外围半环线,线网总长度235 km,线网密度0.54 km/km<sup>2</sup>。

### 4. 广州市

广州地铁1号线于1993年12月28日正式动工,1997年6月28日起开始试运营,首段开通西朗—黄沙段,全线于1998年12月28日竣工,1999年6月28日正式通车,成为我国大陆继北京、天津及上海后,第四座建有地铁系统的城市。

广州地铁由广州市地下铁道总公司负责营运管理,截至2013年12月28日,广州地铁共有9条营运路线(1号线、2号线、3号线、4号线、5号线、6号线、8号线、广佛线及APM线),总长为260.5 km。

为更好地解决地面交通堵塞的问题,广州地铁仍在进行大规模的扩建工程,正在建设的路线包括4号线南延段、6号线二期、7号线一期、8号线北延段、9号线、广佛线后通段、13号线一期、21号线。经过数次修订,广州地铁的远期规划长度将达到751 km,共164座车站。

### 5. 深圳市

深圳地铁始建于1999年,于2004年12月28日正式通车。随着深圳地铁的开通,深圳已成为我国继北京、香港、天津、上海、广州及台北后第七个拥有地铁系统的城市。2007年申办大运会以来,深圳地铁网络快速扩展。以客运量或运营里程计算,深圳地铁是中国第四大城市轨道交通系统。

深圳市规划局在2007年7月组织编制了《深圳市轨道交通规划》,同时与深圳市发改局共同组织编制了《深圳市城市轨道交通建设规划(2011—2020)》。规划提出了深圳市轨道交通的近期建设方案及远期线网方案。在地铁部分,近期方案的重点是在一、二期工程基础上,提出2011年至2020年间的建设方案,其中包括龙华线的北延段(三期),以及8条新建的地铁线路,总长约245.4 km。预计于2016年底,深圳地铁线路将达到10条,通车里程达348 km。远期方案规划了至2030年的16条地铁线路,总长585.3 km,设站357座。其中组团快线4条、干线6条、局域线6条。

### 6. 香港

香港地铁是由政府的地铁公司经营,1979年起为乘客提供市区列车服务。2007年12月

2日,地铁与九铁的车务运作正式合并。合并后的综合铁路系统全长168.1 km,由10条市区线共80个车站组成。

香港地铁也是世界上盈利状况最好的城市地铁。

#### 7. 台北市

台湾省台北市快速轨道系统(台湾习惯称之为“捷运系统”)初期路网共6条线路,全长86.8 km,设有79个站,服务于台北市12个行政区及台北县的16个市镇,服务范围以台北车站为中心,半径约15 km,面积达837 km<sup>2</sup>。这6条线路中,依其完工时程排序分别是木栅线、淡水线、中和线、新店线、南港线及板桥线。木栅线是中运量系统,除有一处穿越山区采用新奥法施工外,其余全线采用高架方式构筑,其他5条线路都是高运量系统。在全长86.8 km的线路中,地面段有9.5 km,高架段21 km,地下段45.7 km。

至2021年,台北地铁计划建成230 km路网,平常每日运量预测可达360万人次。建设中的捷运新庄线,自台北市重庆北路三段大桥国小站西端起,到疏洪东路一段止,全长约3.2 km,包括台北桥站、菜寮站及三重站三个地下车站。

除此以外,我国还有南京、重庆、武汉、大连、杭州、长春、西安、成都、青岛、哈尔滨和苏州等多个城市正在进行地铁建设,总共有40多个城市在建或规划筹建中。2009年,已有11个城市拥有地铁,总运营里程达1 038.7 km。

目前,我国的城市轨道交通正进入一个前所未有的蓬勃发展期,在国家4万亿拉动内需投资计划中,城市轨道交通建设占了很大比重。按照规划,未来中国城市轨道交通建设投资规模约6 000亿元。到2015年,我国城市轨道交通线路总长将达到2 400 km,总投资超过8 000亿元。

在寸土寸金的大都市里,地铁已经成为占用土地和空间最少、运输能量最大、运行速度最快、环境污染最小、乘客最安全舒适的理想交通方式,因此越来越被国际大都市所选用。50多年来,我国的地铁建设取得了相当不错的成绩,在缓解城市交通压力方面发挥了巨大的作用。“十一五”后期,为应对金融风暴,扩大内需,我国进一步扩大地铁建设规模,地铁建设的发展将迎来黄金时代。

#### (二)我国城市轨道交通发展需要解决的问题

从目前情况看,我国城市轨道交通发展需要解决的问题表现在以下几个方面:

(1)各种交通系统间的衔接问题。城市轨道交通企业隶属城市地方政府管理,与城市间铁路运输、地面巴士交通系统、机场等系统的管理缺乏协调运营机制,城市轨道交通系统快速、准时的用户效益没有得到充分发挥,多数系统运输量低于预测水平,影响了客流吸引效果。

(2)运营管理问题。各城市对于城市轨道交通系统成网后如何运营仍处于探索阶段,对城市轨道交通系统的投资、建设、运营和监督机制如何协调缺乏研究,城市政府对于如何建立城市轨道交通系统的自我发展机制、加强城市轨道交通企业自身的经营活力、制订科学合理的补贴机制等还需要研究。

(3)经营管理问题。城市轨道交通系统技术上需要借鉴铁路运输方式,但经营管理上需要高度重视其城市运输特征,包括高峰期与平峰期的运营组织、大型枢纽内地区乘客换乘组织、乘客综合信息服务体制等问题,均需要充分研究。

(4)安全应急系统建立的问题。城市轨道交通客运系统能力大,但线路的灵活性差,应急能力有限。城市轨道交通企业应充分研究系统在节假日、重要活动期间、意外事件出现状态下的运营组织问题。



(5)客运营销问题。城市轨道交通系统投资大,其成网运营需要一个漫长过程。在这期间,如何从票价、时刻表、线路组合等方面与地面交通配合,构筑快速出行体系,需要开展研究。

(6)人才培养问题。目前城市轨道交通系统的专业人才多数来自铁路运输部门,这些人才在城市客运运营管理领域经验不足,需要加强相关人员的技术培训,以适应城市轨道交通系统的长期发展需要。

## 第二节 城市轨道交通系统的类型

目前,各国对城市轨道交通系统的分类存在一些概念上的差异,这些差异是由于对城市轨道交通系统的技术经济特性认识不同所造成的。以下将分别介绍常用的一些主要城市轨道交通系统的基本技术经济特性。

### 一、城市地铁

城市地铁通常采用专用线路,没有平面交叉。线路除修建在地下隧道外,部分修建在地面或高架桥上。一般采用双线,个别城市也有四线地铁情况,正线最大坡度一般为3%,最小曲线半径一般为300 m(有的地铁为400 m)。轨道较多采用焊接长钢轨,混凝土整体道床。

城市地铁车站按其运营功能划分有终点站、中间站和换乘站。由出入口、站厅、通道、楼梯、自动扶梯、站台、售票房、行车作业用房和机电设备用房等组成。车站设备的通过能力根据远期高峰客流量以及考虑留有余地进行确定。车站的站台设计为高站台,有侧式、岛式和混合式等形式。早期地铁多为侧式站台,现在较多选择的是岛式站台,但高架中间站的站台宜采用侧式站台。站台长度应满足远期列车编组长度的需要。

城市地铁交通车辆宽度在2.8~3 m。车辆设计除具有大容量的特点外,在牵引控制、调速制动以及故障诊断等方面广泛采用了各种先进技术,具有自动化程度较高的特点。车辆座席有纵向和横向两种布置。车辆定员为200~320人。车辆的最高速度可达80~100 km/h,运营速度约为35~40 km/h。单向小时最大运输能力在30 000~60 000人。

城市地铁列车在控制中心的统一组织指挥下,由列车自动控制系统控制运行。列车自动控制系统(Automatic Train Control,ATC)由列车自动防护(Automatic Train Protection,ATP)、列车自动驾驶(Automatic Train Operation,ATO)和列车自动监控(Automatic Train Supervision,ATS)三个子系统组成。列车编组辆数通常为4~8辆,但也有10~12辆编组的情况。列车运行的最小间隔时间可达到75 s。

#### (一)普通地铁技术参数

各国城市轨道交通系统的建设标准并不完全一致。根据日本的统计资料,城市轨道交通系统的技术经济参数主要有:

- (1)最小运行时间间隔:2 min。
- (2)每节车厢的乘客人数:280人(按 $0.14\text{ m}^2/\text{人}$ 计算)。
- (3)每列车编组车厢节数:6~10节。
- (4)每小时单向最大运送能力:50 000~80 000人。
- (5)时刻表速度:30~60 km/h。
- (6)建设投资(包括车厢):250~300亿日元/km。