



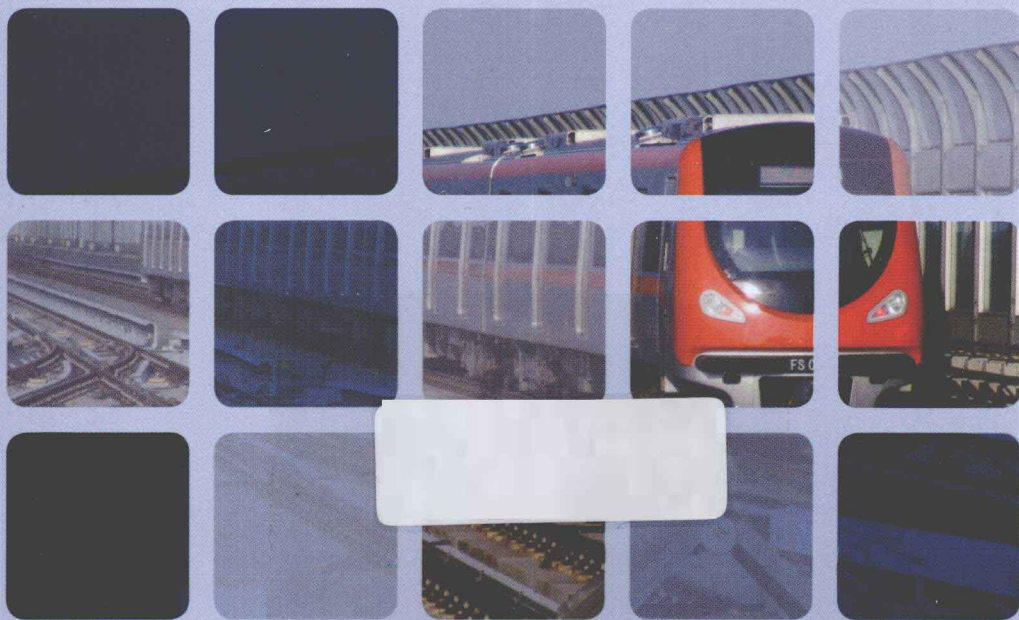
普通高等教育规划教材

*Urban Rail Transit*

# 城市轨道交通

主 编 | 彭 华

副主编 | 白 雁 蔡小培



人民交通出版社

China Communications Press



普通高等教育规划教材

*Urban Rail Transit*  
**城市轨道交通**

主 编 | 彭 华  
副主编 | 白 雁 蔡小培



人民交通出版社  
China Communications Press

## 内 容 提 要

本书从城市轨道交通线网规划与客流预测、线路设计、轨道结构与路基、车站建筑设计、地下结构设计、高架结构设计、城市轨道交通车辆、交通信号系统、供电系统、空调通风防灾系统和轨道交通工程环境评价等方面较为系统地对城市轨道交通进行了分析介绍,并在最后一章通过工程实例探讨了有关邻接穿越城市轨道交通工程的风险管理。

本书可供高等院校相关专业师生使用,亦可作为从事城市轨道交通及相关行业的设计、施工、监测、监理、运营等技术和管理人员参考之用。

### 图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通 / 彭华主编. —北京:人民交通出版社, 2013. 8

ISBN 978-7-114-10875-4

I. ①城… II. ①彭… III. ①城市铁路 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 208783 号

书 名:城市轨道交通

著 作 者:彭 华

责任编辑:温鹏飞

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:17.5

字 数:422千

版 次:2013年8月 第1版

印 次:2013年8月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10875-4

定 价:40.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 前言 Preface

城市轨道交通在中国国家标准《城市公共交通常用名词术语》中被定义为“通常以电能为动力,采取轮轨运输方式的快速大运量公共交通的总称”。城市轨道交通具有运量大、速度快、安全、准点、保护环境、节约能源和用地等特点。世界各国普遍认识到,解决城市交通问题的根本出路在于优先发展以轨道交通为骨干的城市公共交通系统。

自世界上第一条地下铁道于1863年1月10日在伦敦建成以来,城市轨道交通发展至今已有150年的历史,有近50个国家的330余座城市修建了城市轨道交通,总长度达到数万公里。地铁、轻轨、市域快线、市郊铁路等多种城市轨道交通系统形式都得到了很好的发展,在城市交通中扮演着重要角色,为城市客运交通和城市经济发展做出了重要贡献。

城市轨道交通是集多专业、多工种于一身的复杂系统,通常由轨道线路、车站、车辆、供变电、通信信号、指挥控制中心等组成。城市轨道交通的运输组织、功能实现和安全保证均应遵循有轨道交通的客观规律。在运输组织上要实行集中调度、统一指挥、按运行图组织行车。在功能实现方面,各有关专业如线路、车站、隧道、车辆、供电、通信、信号、机电设备及消防系统均应保证状态良好,运行正常。在安全方面,主要依靠行车组织和设备正常运行,来保证必要的行车间隔和正确的行车线路。

为了让读者能够更系统地了解城市轨道交通系统,本书从城市轨道交通线网规划与客流预测、线路设计、轨道结构与路基、车站建筑设计、地下结构设计、高架结构设计、城市轨道交通车辆、交通信号系统、供电系统、空调通风防灾系统和轨道交通工程环境评价等几个方面较为系统地对城市轨道交通进行了分析和探讨,并在最后一章通过工程实例探讨了有关邻接穿越城市轨道交通工程的风险管理。

全书由北京交通大学土木建筑工程学院彭华副教授主持编写,白雁副教授、蔡小培副教授、高亮教授、肖宏副教授参加编写,北京市重大项目指挥部办公室杨广武总工程师、北京市地铁运营有限公司周继波总工程师对全书进行了认真审阅。本书在编写过程中,得到了北京市交通委员会路政局、北京铁路局、北京市基础建设投资有限公司、北京市地铁运营有限公司、北京京港地铁有限公司、北京市轨道交通建设管理有限公司、北京城建设计研究总院有限责任公

司、北京城建勘测设计研究院有限责任公司以及相关设计、施工和监理等单位的支持,在此一并表示衷心感谢。

本书所参考的主要文献资料在书后列出,但难免有所遗漏,在此对所有参考文献的原作者表示感谢。

感谢轨道交通北京市重点实验室对本书出版的支持。感谢北京交通大学土木建筑工程学院及道路与铁道工程系对本书编写工作的大力支持。

感谢肖骁骐、魏嘉翀、王世明、马文辉、唐树贺、董志勇、刘云亮、石建泽等硕士为本书付出的辛勤劳动。

由于时间和编者水平所限,书中纰漏在所难免,恳切希望广大读者批评指正,以便再版时修正。

编者  
2013年7月

# 目录 Contents

<b>第1章 绪论</b> .....	1
1.1 城市轨道交通概述 .....	1
1.2 国内外城市轨道交通发展概况 .....	5
1.3 我国城市轨道交通建设发展前景 .....	13
<b>第2章 城市轨道交通线网规划、客流调查及客流预测</b> .....	17
2.1 城市轨道交通线网规划 .....	17
2.2 城市轨道交通客流调查 .....	28
2.3 城市轨道交通客流预测 .....	33
<b>第3章 城市轨道交通线路设计</b> .....	40
3.1 选线设计 .....	40
3.2 城市轨道交通线路 .....	43
3.3 线路平面设计 .....	45
3.4 线路纵断面设计 .....	53
3.5 限界 .....	57
<b>第4章 轨道结构与路基</b> .....	65
4.1 轨道结构 .....	65
4.2 无缝线路 .....	81
4.3 路基 .....	87
4.4 城市轨道的维护及管理 .....	92
<b>第5章 城市轨道交通车站建筑设计</b> .....	101
5.1 地铁车站的位置与类型 .....	101
5.2 地铁车站建筑设计 .....	104
5.3 城市轨道交通景观设计 .....	113
<b>第6章 城市轨道交通地下结构设计及施工</b> .....	119
6.1 地下车站的结构设计 .....	119
6.2 区间隧道结构设计 .....	125
6.3 荷载内力计算方法 .....	128
6.4 车站、区间隧道的施工 .....	131
<b>第7章 城市轨道交通高架结构设计</b> .....	141
7.1 高架结构设计原则 .....	141

7.2	高架结构设计材料与荷载	141
7.3	高架区间结构设计	143
7.4	高架车站结构设计	147
<b>第8章</b>	<b>城市轨道交通车辆</b>	<b>151</b>
8.1	地铁车辆的发展	151
8.2	地铁车辆组成及分类	154
8.3	地铁车组的组成	156
8.4	地铁车辆的材质	157
8.5	直线电机车辆与轻轨车辆	162
<b>第9章</b>	<b>城市轨道交通信号系统</b>	<b>166</b>
9.1	城市轨道交通信号系统概述	166
9.2	城市轨道交通信号系统的基础设备	169
9.3	城市轨道交通信号系统分类	172
<b>第10章</b>	<b>城市轨道交通供电系统</b>	<b>185</b>
10.1	供电系统概况	185
10.2	供电电源方案	185
10.3	主变电所	188
10.4	牵引供电系统	191
10.5	动力照明系统	194
10.6	电力监控系统	195
<b>第11章</b>	<b>城市轨道交通环控及防灾系统</b>	<b>198</b>
11.1	环控系统	198
11.2	防灾系统	206
<b>第12章</b>	<b>城市轨道交通环境评价</b>	<b>213</b>
12.1	城市轨道交通的振动与噪声	213
12.2	城市轨道交通的电磁辐射	222
<b>第13章</b>	<b>邻接穿越城市轨道交通工程的风险管理</b>	<b>226</b>
13.1	基坑开挖工程邻近北京地铁10号线	226
13.2	北京地铁4号线与1号线西单站南北换乘通道连接	237
13.3	新建北京地铁14号线穿越既有地铁5号线	241
13.4	盾构隧道下穿既有国铁天津站	255
	<b>参考文献</b>	<b>271</b>

# 第1章 绪论

## 1.1 城市轨道交通概述

城市轨道交通具有节能高效、低污染的特点,它的发展有利于减少其他高污染交通工具的使用,有利于环境的保护。城市轨道交通的建设,能够有效地节约出行者的交通成本和出行时间,从而促进周边地产项目价值的提升;能够改变土地利用性质,促进城市经济的繁荣,带来显著的经济效益。

在我国土地资源日益紧张的条件下,城市交通的发展已经不能单纯地用拓宽道路的方法来解决。与道路交通方式相比,城市轨道交通在完成相同运量情况下,占用土地面积仅为道路交通的 $1/8 \sim 1/3$ ,而且采用电能驱动的地铁或轻轨可以完全不占用地上空间。

### 1.1.1 城市轨道交通系统在城市公共交通体系中的地位

城市是人口居住集中和流动频繁的地方,因此航空、铁路、水路和公路客运交通的终端及其枢纽绝大部分是在城市,城市的对外交通和市内的客运交通网,基本上是靠城市公共交通体系来实现的,而城市轨道交通又是城市公共交通体系的重要组成部分。

城市轨道交通是整个城市交通系统的骨干,大城市的交通必须向以轨道交通为主体的多层次综合客运体系发展。

城市轨道交通是解决城市交通拥挤、促进城市交通协调发展的必要途径。在我国,随着城市经济的发展,城市化进程的加快,城市交通拥堵不可避免。城市人流、物流的疏散,都通过道路来解决,这不符合人流优先的要求。当今时代,人的流动要求高效率,轨道交通恰好在这方面效果显著,同时,发展轨道交通也是城市均衡、可持续发展的要求。

选择城市轨道交通来解决城市交通拥挤问题,是由轨道交通的技术、经济特性所决定的。轨道交通有较大的运输能力,单向高峰、小时高峰,轻轨每小时1万~3万人次,地铁每小时3万~8万人次,市郊铁路每小时6万~8万人次;有较高的准时性、安全性、舒适性、速达性;能有效节省土地、保护环境;具有较低的社会成本;符合可持续发展战略的要求,最大限度节省能源,尤其在我国当前能源短缺问题日益显现的情况下,选择以电能作为动力资源的城市轨道交通取代以石油作为动力资源的公共汽车、小汽车,是为明智之选。

只有发展城轨才能解决城市交通拥挤状况,这是有目共睹的。北京的道路里程和私家车数量全国第一,北京的道路拥堵严重也是全国闻名的,所以北京规划了全国最长的城轨交通网,长达1000km;上海采取了限制私人小汽车发展的方式,转而大力发展城轨交通,规划城轨交通网络800km。从国外发达国家大城市的交通情况来看,也是把城轨交通作为城市





公共交通的骨干来对待的,轨道交通占公交比重都很大,如莫斯科为 56%,巴黎为 71%,伦敦为 57%,东京(市中心区)为 86%,纽约为 70%。

从公共资源的公平性角度看,城轨交通最能体现各阶层市民公平占有社会资源,体现社会公平。小轿车方便、舒适、快捷,但费用高,普通市民消费不起,若选择廉价的地面公交,则时间上耗费加大,只有城轨交通,能满足各阶层市民的需求,舒适、快捷体现了使用社会资源的平等性。

城轨以其高效、节能、环保,运量大、速度快,占用城市路面少的特点,充分发挥了城市轨道交通系统骨干的作用,为广大市民提供了良好的出行条件,在解决城市交通拥挤方面发挥了巨大的作用。

### 1.1.2 城市轨道交通的概念及特点

城市轨道交通(Rail Transit)是城市中使用车辆在固定轨道上运行,并用于客运的交通系统。

我国地铁设计规范对城市轨道交通的定义为:在不同形式轨道上运行的大、中运量城市公共交通工具,是当代城市中地铁、轻轨、单轨、自动导向、磁浮等轨道交通的总称。目前在我国的城市轨道交通系统中,主要包括地铁和轻轨。

现代化城市中的轨道交通是含有地下、地面、高架三种方式架设、运行组成的快速铁道车辆运输线的总称,通常分成地下铁道(地铁)、有轨电车和轻轨。

城市轨道交通具有以下优点:速度快、运量大、能耗低、污染小、占地省,是缓解现代城市车多、人多带来的污染严重、交通拥挤两大难题的重要途径,但也具有投资大、周期长、回报慢、赢利低等缺点,是一个城市最大的公益性基础设施。

资金问题是发展轨道交通的一大难题,另一个难题就是世界各大城市的轨道交通运营普遍亏损。全世界的轨道交通(除香港地铁外,但这只是个特例,因为香港寸土寸金,商业氛围浓厚),几乎没有一个轨道交通系统在财政上是成功的,投资成本和营运用费用总是超过期望值,地方政府每年不得不为此承担沉重的财政负担。

如北京市政府的地铁运营亏损补贴已由每年 5 亿元增至 20 亿元;日本东京地铁每年补助 280 亿英镑。除少数经济发达国家的特大城市之外,大多数国家的城市难以承受如此沉重的财务负担。

但这并不是说城市轨道交通就要不得。城市轨道交通既然是一种公益性设施,就允许它在经济效益上出现合理亏损。政府投资为公众提供公共产品,原本就不为盈利。政府热衷于投资轨道交通,还因为它有巨大的社会效益,如:大城市普遍存在级差地租,快速城市轨道交通工具,可缩短不同级差土地间的距离,造成房地产价格上涨;快速轨道交通还给沿线带来商机,刺激商业发展。但城市发展轨道交通要注意经济和社会效益的统一。

### 1.1.3 城市轨道交通的类型

轨道交通的名称有的是沿用习惯名称或者是采用简称,往往不能准确地表达其功能和性质。例如,轻轨交通并不指所使用的是轻质钢轨,有轨电车并不代表在轨道上运行的电气交通,地下铁道也并不一定完全建造在地下。

轨道交通的分类应按照其作为公共交通的运行方式和服务水平加以界定,其中最为重



要的是运送能力和运送速度两项指标。运送能力是指在高峰时间一条线路能满足的最大客流量,用单方向断面每小时通过的最大乘客人数来表示,运送能力主要取决于列车的行车密度和载客数;运送速度指车辆从起点站到达终点站的平均速度,一方面取决于车辆的性能,另一方面取决于运行条件。依据这两项指标可将城市轨道交通分为以下几类(各种轨道交通类型运送能力和运行速度见表 1-1):

各种轨道交通类型运送能力和运行速度

表 1-1

类 型	运送能力(人/h)	运行速度(km/h)
有轨电车	2000 ~ 5000	15 ~ 20
地铁	30000 ~ 60000	32 ~ 40
轻轨交通	10000 ~ 40000	25 ~ 35
独轨交通	5000 ~ 20000	30 ~ 40
自动化导向系统	4000 ~ 16000	30 ~ 35
磁悬浮交通系统	20000 ~ 30000	100 ~ 500
市郊铁路	60000 ~ 80000	80 ~ 120

城市轨道交通也可按交通容量来进行分类。交通容量即运送能力,指单方向每小时的交通断面上乘客通过量。按不同的交通容量大小可分为特大、大、中、小容量四种系统。(见表 1-2)。

轨道交通按交通容量分类

表 1-2

分类	特大	大	中	小
交通容量(万人/h)	6 ~ 8	3 ~ 6	1 ~ 4	<0.5
交通形式	市郊铁路	地铁	轻轨、单轨、小型地铁、新交通系统	有轨电车

### 1) 有轨电车(Tram)

有轨电车(见图 1-1)指电力驱动的车辆在敷设于市区街道中的轨道上行驶的轨道交通系统。其特点是与其他交通方式混合行驶。但有轨电车还有运能偏小(运能很难超过 1 万人次/h)速度太慢等缺点。另外,有轨电车是在地面行驶,需占用有限的地面交通空间,在交通密度达到一定水平时,很难保证准点行驶,即运行质量难以保证。

### 2) 地铁(Metro 或 Subway)

地铁(见图 1-2)是一种载客量大、快捷准时、舒适安全的轨道交通系统。市区内大部分在地下隧道内行驶,车站也设在地下,根据实际情况,可以由高架和地面区段,但必须是封闭的。地铁列车的编组根据客流的要求,最多为 6 ~ 8 辆。

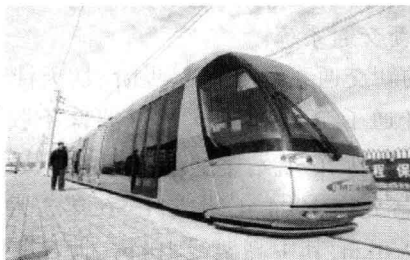


图 1-1 有轨电车



图 1-2 地下铁道



地铁作为现代化的交通方式,还有区别于其他轨道交通方式的优点:

①干扰小,在地下运行不受气候、地面行人和车辆的干扰。

②可保证安全,地铁本身不但具有很高的安全率,而且使地面的交通拥挤现象减缓,使其他交通工具和行人安全率增大。专家曾就巴黎交通工具死亡事故的安全率进行比较,如市内公共汽车、无轨车和有轨电车的安全率各为8%,小汽车为2%,自行车为1.7%,摩托车为0.5%,而地铁的安全率为100%。

③保存了有限的地面空间,可更合理地利用地面作为商业区和工业区。

### 3) 轻轨交通(Light Rail Transit,简称LRT)

轻轨指承担中等客运量(介于有轨电车与地铁之间)、灵活性大、车辆轴重较轻的轨道交通系统。

经过100多年的发展,轻轨已形成3种主要类型:钢轮钢轨系统、线性电机牵引系统和橡胶轮轻轨系统。

钢轮钢轨系统即新型有轨电车,是应用地铁先进技术对老式有轨电车进行改造的成果。

线性电机牵引系统(Linear Motor Car)是采用曲线性电机牵引、轮轨导向、车辆编组运行在小断面隧道及地面和高架专用线路上的中运量轨道交通系统。20世纪80年代,加拿大成功地开发了线性电机驱动的新型轨道交通车辆,它采用线性电机牵引、径向转向架和自动控制等高新技术,综合造价节约近20%。它与轮轨系统兼容,便于维护救援,具有较大的爬坡能力。线性电机列车在中国的广州和北京也有应用。线性电机列车具有车身矮、重量轻、噪声低、通过小半径曲线和爬坡能力强等优点,可以轻便地钻入地下,爬上高架,是地下与高架接轨的理想车型。

橡胶轮轻轨系统采用全高架运行,不占用地面道路,具有振动小、噪声低、爬坡能力强、转弯半径小、投资较少等优点。

### 4) 独轨交通(Monorail System)

独轨交通(见图1-3)是一种全线高架的轨道交通系统,其基础结构是架空的T形或I形导轨梁,同时起到承载、导向和稳定的作用,占用的空间较小。按车辆的行驶方式分为跨坐式和悬挂式两种。这种轨道交通方式在我国重庆地铁已经应用。

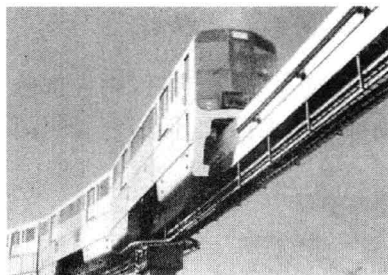


图1-3 独轨交通

### 5) 自动化导向系统(Automated Guided Transit,简称AGT)

自动化导向系统是一种无人驾驶、全自动运行的轨道交通,在专门制作的混凝土通道内行驶,其导向轨节布置在走形轨的两侧或中部。通常采用高架形式,完全与其他交通隔离,也称为新交通系统。

中国内地的新交通系统处在起步阶段,天津市于2007年在滨海新区开通了全长7.6km的亚洲首条胶轮导轨线路,北京市于2008年奥运会前开通了服务于首都机场T3航站楼的新交通系统,上海市也于2009年开通了胶轮导轨电车。中国台湾地区的台北市1994年建成,1996年3月投入运营的木栅线(中山中学至木栅动物园),线路全长10.8km,其中高架线10km、地下线0.8km,采用VAL制式,属中运量新交通系统。中国香港20世纪90年代后期建设的新机场从登机厅



到机场主楼,为接运旅客也建成了一条长约1km采用VAL制式的新交通系统。

#### 6) 磁悬浮交通系统(Maglev System)

磁悬浮交通系统突破了在轨道交通系统中使用车轮和轨道的传统技术界限,它是利用电磁力作用使列车悬浮在轨道上行驶,是第一个没有车轮的无接触轨道交通系统。要求系统必须是全封闭的,通常为高架线路。这种方式在我国上海已经应用。

#### 7) 市郊铁路

所谓市郊铁路,指的是建在城市内部或内外结合部,线路设施与干线铁路基本相同,服务对象以城市公共交通客流,即短途、通勤旅客为主。

城市铁路通常是分成城市快速铁路和市郊铁路两部分。城市快速铁路是指运营在城市中心,包括近郊城市化地区的轨道系统,其线路采用电气化,与地面交通大多采用立体交叉形式。市郊铁路是指建在城市郊区,把市区与郊区,尤其是与远郊联系起来的铁路。市郊铁路一般和干线铁路设有联络线,设备与干线铁路相同,线路大多建在地面,部分建在地下或高架。其运行特点接近于干线铁路,只是服务对象不同。

市郊铁路是城市铁路的主要形式。市郊铁路是伴随着城市规模的扩大、卫星城的建设而发展起来的,通常使用电力牵引和内燃牵引,列车编组多在4~10辆,最高速度可达100~120km/h。市郊铁路运能与地铁相同,但由于站距较地铁长,运行速度超过地铁,可达80km/h以上。

## 1.2 国内外城市轨道交通发展概况

城市是人类活动的中心,是社会进步的标志。随着经济的迅速发展和科技的进步,城市的规模不断扩大,人口不断增多,要求配置可达性强的客运交通工具,以便人们高效率地到达出行的目的地。快速轨道交通系统作为公共交通的骨干网络,在城市的发展过程中发挥了积极的作用。

### 1.2.1 国外城市轨道交通发展概况

#### 1) 城市地下铁道早期的发展

早期建设的地铁,因为客流量并不十分大,所以车辆的尺寸相对较小。随着城市化的发展趋势,城市人口日益增加,考虑客运量的需要,采用更宽、更长的车辆。

1863年世界上第一条地下铁道路线在英国伦敦建成通车,至今已经有150多年的历史,其采用蒸汽机车牵引。火车在隧道中运行,其烟雾在隧道内弥漫,尽管有通风井,但仍然难以解决,因此无法建造更长距离的隧道。

世界第一条地铁的建成为人口密集的城市如何发展公共交通提供了宝贵的经验,特别是1879年电力驱动机车的研究成功,使地下服务条件和客运环境得到了明显的改善,地铁显示出了强大的生命力。从此以后,世界上一些著名的城市相继发展了地铁交通。到1890年,伦敦才建成电力牵引的地下铁路。

在进入20世纪的最初24年里,在欧洲和美国又有9座大城市相继修建了地下铁道,如德国的柏林、汉堡,美国的费城以及西班牙的马德里等。



二战后,世界地铁建设蓬勃发展。在此期间,加拿大的蒙特利尔、多伦多,意大利的米兰、罗马,美国的旧金山,前苏联的列宁格勒,日本的横滨,韩国的汉城以及中国的北京等近 120 个城市建成或者正在建设地铁。

从世界地铁建设发展的概况可以看出,在 20 世纪 50 年代以后,世界范围内的城市地铁有了迅速的发展。其主要原因:一是二战以后,在和平发展为主流的年代里,拉丁美洲、东欧、亚洲的城市化进程加快,拥有数百万人口的城市不断增加;二是在发达国家,小汽车激增,与城市街道有限的通行能力之间的矛盾日益突出,使这些城市都面临着在较长的距离内如何以最快捷的方式输送大量乘客的问题。实践证明,只有通过建造地铁系统才能解决这一问题。

### 2) 轻轨交通早期的发展

轻型轨道交通是一种中等运量的城市轨道交通系统。它的客运量在公共汽车和地铁之间。轻轨可以分为两类:车型和轨道结构类似于地铁,运量较地铁略小的轻轨交通称为准地铁;另一类为运量比公共汽车略大,在地面行驶的新型有轨电车。它是在传统的有轨电车基础上发展而来的新型快速轨道交通系统。

有轨电车已有 100 多年的历史。在 1881 年德国柏林工业博览会期间,展示了一列三节电车编组的有轨电车,只能乘坐 6 人,在长 400m 的轨道上运行。这是世界上第一辆有轨电车,给后人提供了富有创意的启示。

最初的城市轨道系统车厢是木制的,后来改为钢制以减少一旦发生火灾造成的危险。从 1953 年开通的多伦多地下铁路开始,车厢开始再改良为铝制,有效减少维修成本,以后的有轨电车系统发展很快,在 20 世纪 20 年代,美国有轨电车线路总长达到 25 000km。到 30 年代,欧洲、日本、印度的有轨电车有了很大的发展。

目前大部分的城市轨道系统都是使用动车组,而不使用机车牵引客车厢。如果使用机车,经常会用推拉运作。

另外,部分较为先进的系统已开始引入自动驾驶系统。伦敦、巴黎、新加坡和香港等地列车长都无需控制列车。更先进的系统甚至做到了无人操控。

据不完全统计,世界范围内已经有 270 多座城市建有新型有轨电车系统,新型有轨电车在一些国家中发挥着重要的作用。

### 3) “城轨车”是 21 世纪城市交通骨干

21 世纪的城市轨道交通,以高速、正点、低能耗、少污染、安全舒适等优点吸引了大中城市 80% 以上的客运量。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、新工艺运用在城市轨道交通工程中。

经过 100 多年国际城建实践,城轨车已成为国际现代化大都市标志性象征,是城市市场进步和社会公益性发展的重要内容。目前,全世界已有 100 多个城市相继建设了以轨道交通为骨干、以公路交通为基础、同时发展其他交通方式的立体化交通网络。纽约、伦敦、巴黎、东京、柏林、莫斯科、汉城等城市都在 20 世纪建成了与城市人口和环境发展相匹配的城轨车网络。1200 万人口的东京地铁线达 300km,年运送能力达 21 亿人次,是分担城市交通量最大的运送方式;纽约、伦敦城轨线都在 400 多 km 以上,成为城市交通骨干。

目前,城市轨道交通已成为国际上一些发达国家和地区解决城市交通难的有效措施。



如日本的东京,人口1200多万时,汽车有800多万辆,但绝大多数上班、上学及购物的人们都选择乘坐地铁和市郊铁路,很少乘坐私人车辆,轨道交通运输承担了全部客运量的80%。巴黎轨道交通客运量占全部的66%,而香港和莫斯科的比例是55%。显然,发展城市轨道交通已成为各大城市发展的规律。

### 1.2.2 国内城市轨道交通建设概况

#### 1) 有轨电车

1906年,在天津市建成第一条有轨电车线路,全长5.2km。1908年,上海第一条有轨电车路线正式通车营业,长6km。此后不断扩展,到1959年,有轨电车共有360辆,线路总长72.4km。北京、大连、哈尔滨、沈阳、长春、鞍山等城市也建有有轨电车。20世纪50年代,随着汽车工业的发展,给城市交通带来很大的影响。一方面私人交通比重不断增加,另一方面一些政府认为有轨电车噪声大、舒适性差,技术性能已跟不上客观要求,导致有轨电车萎缩,许多城市有轨电车惨遭废弃。目前我国只有东北几个城市(大连、长春、鞍山)保留有轨电车。

#### 2) 地铁

在过去的20年里,中国城市人口迅速增长,现在有171个城市的人口已超过百万,23个城市人口在200万~400万,10个城市人口超过400万,没有任何迹象显示中国城市化的进展在停滞。在城市化的迅速扩展中,中国地铁的大规模建设史无前例。

### 1.2.3 我国目前各城市地铁概况

#### 1) 北京

1969年10月1日,北京地铁第一期工程苹果园至北京站全长23.6km竣工投入试运营;1984年9月19日,第二期16.1km环线竣工并投入试运营。为尽早实现一线、环线两条线路分开独立运行,1996年8月15日,修建了由复兴门至东延伸线的350m折返线。一线苹果园站至西单车站全长18.5km,设13个车站;环线全长23.1km,设18个车站。2012年,北京地铁运营总里程达到440km,同年5月,北京地铁的瞬时客流突破800万大关,达到近840万人次,标志着运营了42年的北京地铁在客流上已追上了开通77年、此前号称全球最繁忙的莫斯科地铁。2015年底北京将建成“三环、四横、五纵、七放射”的轨道交通网络,运营总里程将达到561km。

预计至2020年,北京将建成轨道交通线路31条,其中地铁线路28条,总长1050km,车站将近450个,形成“中心城棋盘式+新城放射式”的线网格局,线网规模达到世界领先水平。线网建成后,轨道交通将实现对中心城全面覆盖及中心城与新城的贯通连接。四环路内站点的覆盖率达到95%,线网密度为 $1.4\text{km}/\text{km}^2$ ,将超过巴黎、纽约、伦敦、东京等国际先进城市的建设水平。

北京市区轨道交通及市郊铁路网规划方案见图1-4和图1-5。

#### 2) 天津

天津地铁,始建于1970年4月7日。1976年1月,天津地铁既有线先期建设了3.6km,开通了新华路站、营口道站、电报大楼站以及海光寺站4个车站试运行,是中国第二个拥有



城市轨道交通系统的城市。1984年12月28日,西北角站和西站开通,天津地铁总里程达到了7.4km。截至2012年10月1日地铁总里程达到131km。

北京市区轨道交通线网规划方案(2050年)

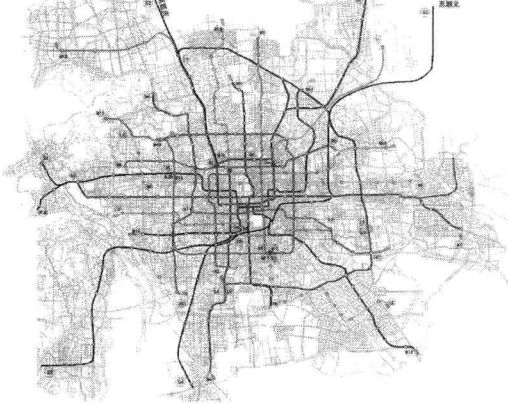


图 1-4 北京市区轨道交通线网规划方案示意图

北京地区市郊铁路网规划方案(2020年)

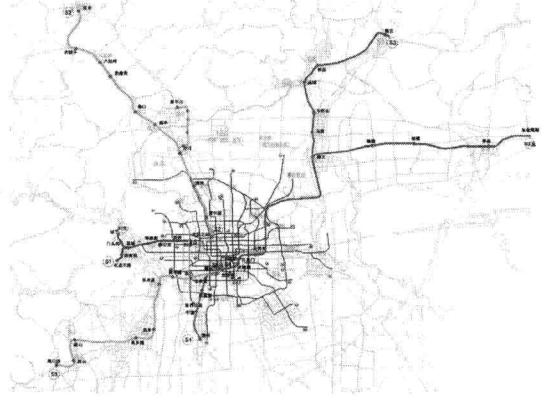


图 1-5 北京地区市郊铁路网规划方案示意图

天津快速轨道交通规划见图 1-6。

### 3) 上海

上海地铁第一条线路于1995年4月10日正式运营,是继北京地铁、天津地铁建成通车后中国内地投入运营的第三个城市轨道交通系统,也是目前中国地铁线路最长的城市轨道交通系统。截至2012年9月1日,上海轨道交通全网已开通运营11条线、287座车站,运营里程达420km(不含磁浮线),预计到2020年,上海将建成970km的城市轨道交通网络。上海轨道交通规划见图 1-7。



图 1-6 天津快速轨道交通规划示意图

### 4) 广州

广州是中国第五个拥有地铁的城市。1989年9月开始筹建地铁1号线。1993年破土动工,至1997年6月28日,1号线西朗至黄沙5.5km的一期工程竣工并投入试运营。广州地铁由广州市地下铁道总公司负责运营管理,现有1号线、2号线、3号线、4号线、5号线、8号线、广佛线及APM线,地铁运营总里程236km。

广州市新一轮轨道交通规划,在加强城市外围与中心城区联系的同时,着力提升中心城区轨道交通的服务水平,加密中心城区线网,规划线网结构由“环形线+放射线+对角线”构成,并构建由13号线与3号线形成的十字快线,支持“两轴两带”(南部产业拓展轴、北部优化发展轴,东部产业发展带、西部区域联动带)的产业发展。预计到2020年广州地铁线网总里程将达到677km。

广州地铁建设创造了多项纪录。地铁车站首次在国内地铁中采用开闭式环境控制系统,以及先进的信号系统(数字式轨道电路,准移动闭式系统),广州地铁通过的珠江隧道是国内第一条大型过江沉管隧道,国内地铁首次采用浮置板减震道床。广州地铁总结出的一



套饱和含水砂层施工经验和控制地面沉陷的成功技术,实现了我国地铁施工技术的新突破。在车辆传动系统方面,国内地铁首次采用交流变频调压的交流传动系统。地铁1号线工程和沿线物业的总拆迁面积达110万 $m^2$ ,搬迁居民和单位约2万户,涉及居民约10万户。其拆迁量,相当于搬走1座中等城市。广州地铁1号线的盾构工程中,盾构机共切割了184根桩,这在世界上是绝无仅有的。

广州轨道交通规划见图1-8。

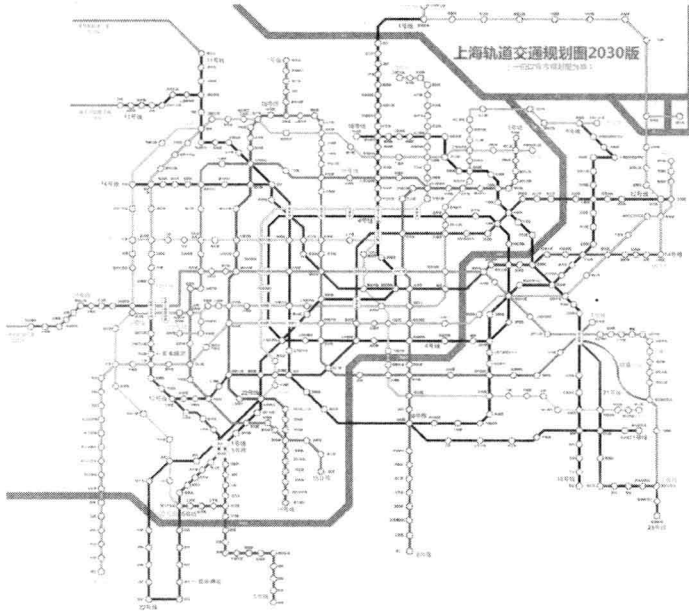


图 1-7 上海轨道交通规划示意图

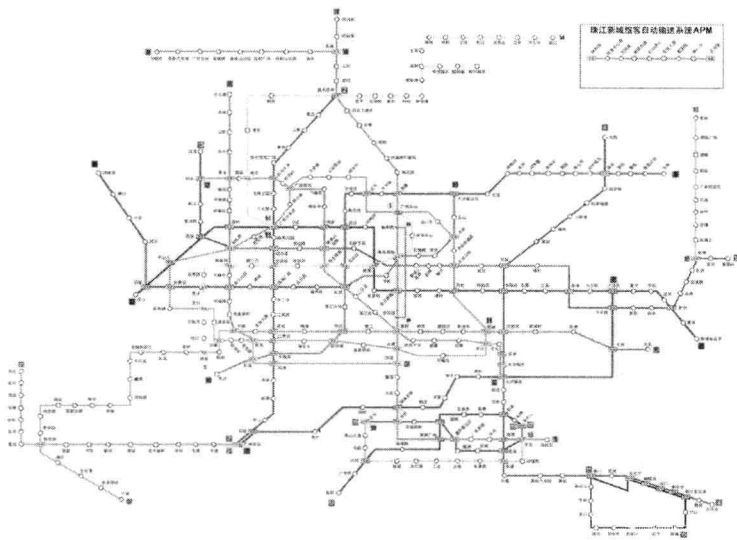


图 1-8 广州轨道交通规划示意图





### 5) 深圳

深圳地铁,始建于1999年,于2004年12月28日正式通车,成为继北京、香港、天津、上海、广州及台北后第七个拥有地铁系统的城市。截止到2011年6月,深圳地铁二期工程已全线开通,5条线路,全长共计178km。

深圳市规划局在2007年7月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年间新建总长245km的轨道交通线路,至2030年地铁线路达到16条,总长585.3km,设站357座。2012年,深圳地铁三期工程175.5km线路全部开工,预计到2015年深圳将拥有近350km轨道交通运营网络。

深圳轨道交通规划见图1-9。

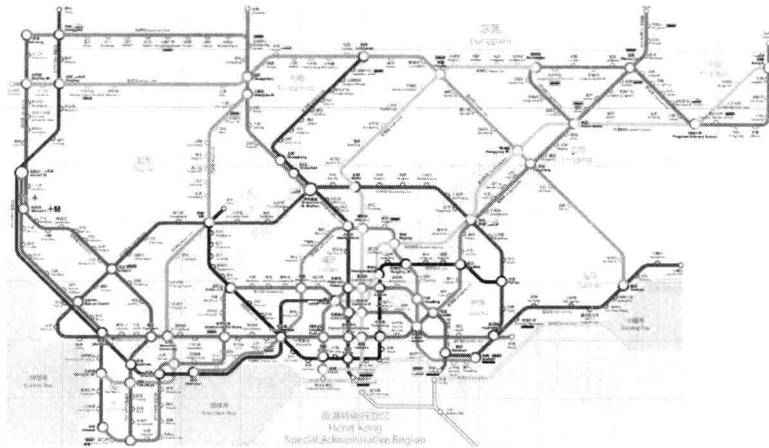


图1-9 深圳轨道交通规划示意图

### 6) 南京

南京地铁项目规划工作于1984年启动,南京轨道交通线网规划为17条线,总长度达到了617km。地铁1号线的开通,使南京成为继北京、天津、上海、广州、深圳之后,中国内地第六个拥有地铁的城市,亦是世界第136个拥有地铁的城市。2010年5月28日开始,南京地铁开通了地铁1号线、地铁1号线南延线、地铁2号线、地铁2号线东延线。2012年4月28日达到142.88万人次,创运营以来单日客流新高,地铁日均客流已从2005年的13万人次,增加到110万人次。根据南京市轨道交通规划(见图1-10),到2030年南京市的轨道交通线网将由17条轨道交通线构成共计617km的网络。

### 7) 香港

香港地铁开通于1979年10月,总长82.2km,共44个车站。地铁车站设置合理,购物、旅游和换乘均十分方便,在车站和站台的每个路口,都设置了中英文的指示标志,使乘客一目了然,不会迷失方向。为方便并加快乘客出入站,平均每个车站至少设置7、8个出入站口,最多的达14个,列车运行间隔只有2min,在繁忙时刻还可以低于2min,其每公里载客量超过10万人次,达到世界地铁的先进水平。香港地铁已成为香港市民生活中不可缺少的交通工具。香港轨道交通规划见图1-11。