

Urban Subway and Light Track

# 城市地铁与轻轨工程

主编 高峰 梁波



人民交通出版社  
China Communications Press

高等学校规划教材

Urban Subway and Light Track  
**城市地铁与轻轨工程**

高峰 梁波 主编

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书是土木工程专业大中专学生系列教材之一。本书较全面地讲解了城市地铁与轻轨工程的相关内容,全书共分12章,其主要内容包括:城市轨道交通路网的规划;城市轨道交通线路与轨道工程;地铁与轻轨车站的建筑设计;地下车站结构工程;区间隧道工程;地铁结构的计算;高架结构工程;地下铁道的施工技术;地铁防水设计;城市轨道交通环境与灾害控制;信息化施工监测。本书信息全面,涉及知识面广,具有较强的实用性和系统性,便于教师课堂授课和读者自学。

本书可供城市轨道交通、隧道与地下工程、市政建设工程等相关专业的大中专生及研究生学习使用,也可以供城市与轨道交通的规划、设计、施工和运营管理等相关技术人员参考和学习。

### 图书在版编目(CIP)数据

城市地铁与轻轨工程 / 高峰等主编. — 北京:人民交通出版社, 2012. 2  
ISBN 978-7-114-09606-8

I. ①城… II. ①高… III. ①城市铁路-铁路工程  
IV. ①U239.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第016663号

书 名: 城市地铁与轻轨工程

著 者: 高 峰 梁 波

责任编辑: 高 培

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.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 22.5

字 数: 512千

版 次: 2012年2月 第1版

印 次: 2012年2月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-09606-8

定 价: 42.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 前 言

随着我国国民经济的飞速发展,城市化进程的进一步加快,我国众多城市的轨道交通迎来了新的机遇和挑战。由于城市地铁和轻轨在改善交通状况、节省城市用地、减少环境污染等诸多方面具有明显优势,国内众多大中型城市纷纷开始大兴城市轨道交通工程,一些大专院校土木工程及交通工程专业也都开设了相关的课程。本书作为给相关专业提供的专业教材,具有信息丰富、资料全面、内容新颖的特点,保证了理论体系的科学性和专业的针对性,突出了以培养人才为目的的指导思想,用学生容易接受的文字分章阐述,条理清楚,书中各章节能够很好地串联成一个整体,大中专生在阅读本书后可掌握该领域的基本知识,同时本书也可作为从事城市轨道交通建设的科研人员、管理人员、规划人员的工具书和参考书。

本书内容涵盖城市轨道交通路网的规划,城市轨道交通线路设计,地铁与轻轨车站、区间隧道及高架结构工程的设计、计算及施工工艺的建筑设计,城市轨道交通环境与灾害控制。教材共分12章,第1章为绪论部分,总体介绍目前城市轨道交通发展概况及前景。第2章介绍城市轨道交通路网的基本结构及路网规划的设计原则、方法及步骤。第3章介绍城市轨道交通路线总体设计方法及轨道工程结构设计和轨道交通限界相关内容。第4章介绍地铁与轻轨车站的特征及建筑设计原则。第5章分别针对地下车站的不同施工工艺、适用条件及结构设计做了详细介绍。第6章介绍区间隧道工程的结构类型及其设计方法。第7章为本书的一个重点章节,介绍了地下铁道工程的主要计算模型及作用荷载,并详细介绍了地铁车站及区间隧道的静力计算过程及抗震分析过程。第8章介绍了高架结构工程(包括高架区间桥梁结构、高架车站结构及高架结构墩与基础)的结构形式、设计计算方法与过程及其施工技术。并对重庆轨道交通中首先采用的单轨交通做了单独的介绍。第9章介绍了地下铁道的各种施工技术。第10章详细介绍了不同形式的地下铁道工程的防水设计。第11章介绍城市轨道交通环境控制措施与防灾设计。第12章介绍信息化施工监测的内容、方法及作用。

本书共12章,由重庆交通大学高峰教授统稿。其中第1章、第6章和第7章由高峰教授编写;第2章和第3章由梁波教授编写;第4章由张学富教授编写;第5章由黄明奎教授编写;第8章由王成教授编写;第9章由王先义副教授编写;第10章由李明副教授编写;第11章由付钢副教授编写;第12章由涂忠仁副教授编写。关宝树教授对全书进行了审阅,提出了很多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有欠妥之处,敬请专家和读者批评指正,不胜感谢。

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
第一节 城市轨道交通的概况.....	1
第二节 城市地铁和轻轨建设的条件.....	4
第三节 城市轨道交通的发展现状及前景.....	6
思考题.....	9
<b>第二章 城市轨道交通路网的规划</b> .....	10
第一节 路网规划设计原则 .....	11
第二节 路网基本结构 .....	13
第三节 轨道交通客流量预测 .....	20
第四节 路网方案设计的基本方法 .....	31
第五节 路网方案设计步骤 .....	37
思考题 .....	39
<b>第三章 城市轨道交通线路与轨道工程</b> .....	40
第一节 线路设计 .....	40
第二节 轨道工程设计 .....	54
第三节 轨道交通限界 .....	63
思考题 .....	70
<b>第四章 地铁与轻轨车站的建筑设计</b> .....	71
第一节 概述 .....	71
第二节 地铁车站建筑设计 .....	72
第三节 轻轨车站建筑设计 .....	95
思考题.....	102
<b>第五章 地下车站结构工程</b> .....	103
第一节 地下车站明挖结构.....	103
第二节 地下车站暗挖结构(矿山法).....	107
第三节 地下车站暗挖结构(盾构法).....	112
思考题.....	117
<b>第六章 区间隧道工程</b> .....	118
第一节 区间隧道的结构类型.....	118

第二节 区间隧道的结构设计方法	124
思考题	125
<b>第七章 地铁结构的计算</b>	126
第一节 地铁结构的计算方法	126
第二节 结构荷载计算	128
第三节 区间隧道衬砌结构静力计算	144
第四节 车站结构静力计算	156
第五节 暗挖车站结构计算原则	161
第六节 地下铁道结构抗震分析	162
本章小结	166
思考题	166
<b>第八章 高架结构工程</b>	167
第一节 概述	167
第二节 高架区间桥梁结构	167
第三节 高架车站结构	175
第四节 高架结构墩与基础	177
第五节 高架结构设计计算	179
第六节 桥上附属结构	183
第七节 轨道高架桥梁施工技术	186
第八节 单轨交通的高架结构	193
思考题	198
<b>第九章 地下铁道的施工技术</b>	199
第一节 明(盖)挖法施工	199
第二节 浅埋暗挖法施工	222
第三节 盾构法施工	228
第四节 沉管法施工	242
第五节 冻结法施工	249
思考题	255
<b>第十章 地铁防水设计</b>	257
第一节 地铁防水概述	257
第二节 地铁防水等级标准	263
第三节 结构主体防水设计	265
第四节 地下车站防水设计	268
第五节 明挖区间隧道防水设计	271
第六节 矿山法(新奥法)区间隧道防水设计	273
第七节 盾构法区间隧道防水设计	277
第八节 沉管法区间隧道防水设计	282



第九节	车站与区间隧道防水衔接·····	285
思考题	·····	288
<b>第十一章</b>	<b>城市轨道交通环境与灾害控制</b> ·····	<b>289</b>
第一节	城市轨道交通的通风与空调·····	289
第二节	给水与排水及消防系统·····	298
第三节	供电系统·····	304
第四节	地铁防灾设计·····	314
第五节	城市轨道交通运营管理设备·····	317
思考题	·····	330
<b>第十二章</b>	<b>信息化施工监测</b> ·····	<b>331</b>
第一节	信息化施工监测的设计原理·····	331
第二节	浅埋暗挖法施工监测·····	332
第三节	盾构法施工监测·····	339
第四节	明挖法施工监测·····	341
思考题	·····	350
<b>参考文献</b>	·····	<b>351</b>

# 第一章

## 绪 论

城市轨道交通是城市公共交通系统的一个重要组成部分,在国家标准《城市公共交通常用名词术语》中,将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的总称”,它包括地铁、轻轨、市郊铁路、有轨电车以及磁悬浮列车等多种类型。

当今世界范围内人口向城市集中,城市化步伐加快,大中型城市普遍出现人口密集、住房紧缺、交通阻塞、环境污染严重、能源匮乏等所谓的“城市病”,城市道路交通已经难以满足城市交通的需求,城市轨道交通以其用地省、运能大(轨道线路的输送能力是公路交通输送能力近10倍)成为城市公共客运交通中起骨干作用的现代化立体交通系统,城市轨道交通已被称为“城市交通的主动脉”。

### 第一节 城市轨道交通的概况

城市轨道交通是指以轨道交通运输方式为主要技术特征,在城市公共客运交通系统中具有中等以上运量的轮轨交通系统(有别于道路交通),主要为城市公共客运服务,是一种在城市公共客运交通中起骨干作用的现代化立体交通系统。城市轨道交通主要包括以下几类:有轨电车(Tramway)、地下铁道(Metro)或称为快速轨道交通(Rapid Rail Transit, RRT)、轻轨交通(Light rail Transit)、独轨交通(Monorail)、自动化导向交通(Automated Guideway)、磁浮交通系统(Maglev System)、缆索轨道交通(Cable railway)等。几种主要的城市轨道交通的主要技术指标见表1-1。

几种城市轨道交通方式的主要技术指标

表 1-1

指 标		单位	地下铁道	轻轨交通	独轨交通	有轨电车
平均站间距离	市区	m	500~800	800~1 000	700~1 500	600~1 200
	市郊	m	1 000 以上	1 000 以上	2 000 以上	—
最高行车速度		km/h	90	80	80	60
旅行速度		km/h	30~45	25~35	18~43	16~20
行车最小间隔		s	50~90	90	90	90
每辆车容量		人	150~310	190~336	80~180	110
列车编组		辆	4~10	2~6	2~6	1~3
单向运输能力		万人次/h	3~8	2~4	1~2	1~1.4



下面将目前国内外城市通常采用的主要轨道交通系统简单介绍如下。

### 1. 地下铁道

地下铁道,简称地铁,主要指在大城市的地下修建车站和隧道,并在其中铺设轨道,以电动快速列车运送大量乘客的城市铁路系统或捷运系统,但是在城市郊区以及人员车辆较少的地方,地铁线路可延伸至地面或高架桥上。地铁运输几乎不占用街道面积,也不干扰地面交通。

地铁交通车辆大部分采用动力分布式(即动车组),而不采用动力集中式。另外,部分较为先进的系统已开始引入列车自动操作系统,如伦敦、巴黎、新加坡和我国的台湾、香港地区等地车辆通常都不需控制列车。更先进的轨道交通系统正在向无人操控的全自动方向发展,例如,世界上最长的自动化LRT(Light Rapid Transit)系统——温哥华 Skytrain,整个LRT系统所有的车站及列车均实现了“无人管理”。

在交通拥挤、行人密集、道路又难以扩建的街区,以地铁代替地面交通工具,具有许多优点,其主要表现在以下几个方面:

(1)地铁交通具有安全、快捷、方便、准时的特点,可为乘客赢得效益,乘坐地铁通常要比利用地面交通工具节省 $1/2\sim 2/3$ 的时间。它以车组方式运行,载客量大、准点率高、安全舒适。对于多条地下铁道立体交叉的情况,在交叉节点处设有楼梯、自动扶梯或垂直电梯,换乘极为方便。同时,由于地铁的行驶路线不与其他运输系统(如地面道路)重叠、交叉,因此行车受到的交通干扰较少,可节省大量通勤时间。

(2)修建地铁可以改造地面环境。一方面地铁建于地下,可以减小对地面的噪声;另一方面,地铁列车是以电力驱动,相对于以石油为能源的汽车,地铁交通没有废气的排放,大大降低了地面生活环境的影响。

(3)地铁可节省地面空间。通过地铁建设建立起城市立体交通系统,能保护城市中心区域有限的地面资源,完善城市的交通服务功能。

(4)地铁修建可以带动周边经济发展。地铁建设及开通会带动沿线地产、商业的增值,加速人口的流动,乃至拉动区域、城市的发展。从这点上来说,建设地铁可以为城市在其他方面带来长期丰厚的回报。

(5)城市地铁具有一定的防御战争和抵御地震破坏的能力。由于地铁位于地下,比较隐蔽,所以在战争状态下一般不易成为轰炸的目标,且地铁在修建时已经充分考虑了人防要求。另外,由于地铁隧道在地下围岩的约束下随围岩变形协调,所以在地震作用下能够很好地抵御地震的灾害作用。从近些年来的地震情况来看,地铁所遭受的破坏程度相对桥梁等地上建筑来说比较轻。

因此,对于大城市,尤其是对国际化特大城市来说,建设地铁是非常必要的。从目前已建成地铁的城市来看,一般认为,当城市人口超过100万时就有考虑修建地铁的必要性。

同时,城市地铁建设和运营中还面临着很多问题,主要表现在以下几个方面:

(1)地下铁道的建造和运营成本高。由于地下工程的复杂性和不确定性,地下建造成本要远高于地面建设。一般来说,地铁工程的每千米造价在4亿~7亿元之间,且车辆每辆的造价动辄就高达数千万元。此外,地铁的运营维护成本也很高,即使搭乘人流再大,所收票额也仅供日常运营开销,地铁修建所投入的高昂成本很难通过售票等措施的收入收回。目前,世界上除香港、新加坡等少数城市的地铁系统能够实现真正意义上的盈利外,其他地铁没有一个不是

在靠政府的补贴下修建和维持运营的。

(2)地下铁道的建设周期长。地铁建设过程包括挖掘地下洞室、铺设铁轨、安装设备以及进行各种调试工作,地铁从开始动工到投入运营需要很长的时间。

(3)前期准备时间长。由于需要规划和政府审批,甚至还需要试验,建设地铁的前期准备时间较长。从开始酝酿到付诸行动破土动工需要非常长的时间,短则几年,长则十几年都是有可能的。

(4)运营中的安全性有待提高。虽然地铁对于雪灾和冰雹的抵御能力较强,但是对水灾、火灾和恐怖活动等抵御能力很弱。考虑到地铁的构造,极易导致因为这些因素而发生悲剧。

①水灾:由于地铁内的系统所处高程低于地平线,而导致地上的雨水容易灌入地铁内。因此,地铁在设计时不得不规划充分的防水排水设施,即使如此,依然有可能发生地铁站淹水事件。为此,在发生暴雨之时,地铁车站入口的防潮板和线路上的防水闸门都要关闭。一个知名的例子是台北捷运在纳莉台风侵袭时曾经发生淹水事件。

②火灾:以前,人们不太重视地铁站内的防火设施,而车站内一旦发生火灾,瞬间就会充满烟雾,从而引发严重的灾祸。1987年11月18日,英国伦敦地铁 King's Cross 站发生火灾,导致31人死亡。产生火灾的原因之一是伦敦地铁内采用了大量木质建筑。因此,日本地铁部门规定在地铁站内禁烟来避免火灾。

2003年2月28日,韩国大邱广域市的地铁车站因为人为纵火而产生火灾,12辆车厢被烧毁,192人死亡,148人受伤。这次火灾产生如此严重死伤的原因除了车厢内部装潢采用可燃材料之外,车站区域内排烟设施不完善也是重要因素,加上车辆材质燃烧时产生了大量的一氧化碳等有害物质,而导致不少人中毒死亡。

③恐怖活动:由于地铁的空间狭小、人流量大、单位空间内人员密度大,发生灾难引起的伤亡大且救援困难,且引起的社会反响较大,所以地铁往往也容易成为恐怖分子袭击的目标。其中,比较典型的当属莫斯科地铁。2004年2月6日,俄罗斯莫斯科一列地铁列车在运行中发生爆炸,造成近50人死亡,130多人受伤。2004年8月31日,莫斯科里加地铁站附近发生恐怖爆炸事件,造成10人死亡,51人受伤。2010年3月29日早晨7点50分左右,莫斯科市卢比扬卡地铁站内一节车厢发生爆炸;其后,莫斯科地铁文化公园站发生爆炸;随后又发生第三起爆炸事故,地点位于和平大街地铁站。此次事件被称为莫斯科地铁连环爆炸案。

自地铁出现以来,工程师们就不断持续研究如何提高地铁的安全性。

## 2. 轻轨交通

轻轨交通是在有轨电车的基础上发展起来的以电力驱动车辆与列车在特定保护下,但不一定与城市道路立体交叉的轻型、便捷的城市客运方式。其输送能力为1.5万~3.0万人次/h。它的车辆轴重较地铁轴重轻,因此,施加在轨道上的荷载相对于城市铁路和地铁的荷载来说要小一些,因而称之为轻轨。

轻轨交通是城市轨道交通的一种,是目前缓解城市交通压力的主要形式之一,因为它具有诸多优点,而越来越被人们所认可,成为当今世界上发展最为迅猛的轨道交通形式。它的主要优点有:

(1)相对于普通的城市公共交通而言,它具有运量大,噪声小、污染小、速度快、安全性高以及正点运行的优点。

(2)对于地铁等其他城市轨道交通来说,它的灵活性更高,而且投入的成本要小很多。一般情况下,地铁的平面曲线半径不小于300m,而轻轨一般在100~200m之间,转弯能力和与其他建筑的协调能力比地铁要灵活得多。

### 3. 独轨交通

独轨交通又称单轨交通,是指车辆在一根轨道上运行的轨道交通系统,通常区分为跨座式和悬挂式两种:跨座式是指车辆跨坐在轨道梁上行驶;悬挂式是指车辆悬挂在轨道梁下方行驶,其重心处于轨道梁的下方。因其轨道梁比较窄,仅为85cm,故对城市的景观及日照影响较小。

独轨交通具有噪声低、振动小、对城市的景观及日照等影响小、通过小半径曲线能力和爬坡能力强等优点。另外,跨座式独轨系统尤其适合复杂多变的地形。我国第一条独轨运输系统是重庆市较新线跨座式独轨运输系统,整个工程的一期工程于2004年底建成通车,线路共18个车站,全长18.878km。

但是,独轨交通也有运能小、速度低、能耗大、粉尘污染等缺点。此外,由于橡胶轮与混凝土轨面的滚动摩擦阻力比钢轨大,所以,其能耗要比普通钢轮钢轨的轨道交通约大40%;橡胶轮与轨道间的摩擦会形成橡胶粉尘,对环境有轻度污染;列车运行在区间发生事故时,面积狭小的轨道梁难以安设救援设施,造成疏散和救援工作都比较困难。因此,尽管独轨交通已经经历了一个多世纪的发展历程,但它在世界范围内却并没有得到广泛的应用。

### 4. 有轨电车

有轨电车是一种公共交通工具,简称电车,通常采用地面线,有时具有隔离的专用路基和轨道,列车只有单节,最多亦不过3节。旧式的有轨电车由于与其他公共汽车及行人共用街道路权,且平交道口多,因而其运行所受的干扰多、速度慢、通行能力低,单向运输能力一般在1万人次/h以下。现代有轨电车与运量较低的轻轨交通已很接近,只是车辆尺寸稍小一些,运营速度接近20km/h,单向运能可达2万人次/h。

有轨电车自1879年在柏林博览会上首次尝试使用以来,已有100多年的历史。它在城市交通体系中具有自己的优点,主要包括:对于中型城市来说,路面电车是实用廉宜的选择;无须在地下挖掘隧道;相较其他路面交通工具,路面电车能更有效地减少交通意外发生的概率;路面电车以电力驱动,车辆不会排放废气,是一种无污染的环保交通工具。

### 5. 磁浮交通系统

磁浮列车不同于一般轮轨黏着式铁路,它是一种利用电磁感应作用使车轮浮在轨道上行驶的客运交通系统,其驱动方式是靠磁力推进,其运行速度可达300km/h以上。目前,使磁浮列车走向实用化的技术开发已基本完成,不过,作为整个系统需要解决的问题,还要经过耐久性和可靠性的研究,因此现在应用还不多。

## 第二节 城市地铁和轻轨建设的条件

近年来,城市轨道交通在我国得到较快发展,部分特大城市相继建成了一批项目,使城市交通状况得到了明显改善,同时,城市轨道交通的发展使大批房屋建到郊区,这不仅有利于建

设生态城市,还能大幅度降低房价,使更多的居民买得起住房,从而推动房地产市场以及整个产业链的发展,为促进经济和社会发展起到了重要作用。

城市轨道交通的一个重要弊端就是造价太高,而我国的建设投资模式单一,资金不足,限制着我国城市轨道交通的发展,甚至在一些地方引起因盲目建设城轨交通,导致债务负担沉重,运营后亏损严重的状况。因此,城市轨道交通项目应坚持量力而行、有序发展的方针,必须确保城市轨道交通建设与城市经济发展水平相适应。对经济条件较好、交通拥堵问题比较严重的特大城市,其城市轨道交通项目可予以优先支持。

城市地下铁道经过一个多世纪的发展,线路完全在地下的只占少数,包括我国的北京和天津,多数城市的地铁线路,都在不同程度上包括地面段和高架段,只有在通过中心城区时才进入地下段。香港的二期地铁线总长仅 10.5km,却有 1.2km 在地面,1.9km 为高架,地下段只有 7.4km。据统计,全世界 96 个城市地铁当中,地下线占统计总全线长的 35.4%,地面线占 51%,高架线占 13.6%;而全世界 26 个城市轻轨当中,地下线仅占 15.9%,地面线占 79.3%,高架线占 4.8%。因此,城市轨道交通的建设应使地下、地面和高架合理布局,以尽量降低工程建设的造价。

综上所述,城市地铁与轻轨工程建设的必要前提条件,大体应该从以下几点考虑。

(1)一般认为人口超过 100 万的城市就可以考虑建设地铁与轻轨的可能性,但这只是宏观的和笼统的推测,不能以此作为建设地铁的决定性依据。

(2)评估一个城市是否修建地铁与轻轨的重要因素,还要考虑主要交通干线上单位时间客流量的大小,即现状和可以预测出的未来单向客流量是否超过 3 万人次/h,且在采取增加地面公共电汽车车辆、完善城市现有的公共道路交通系统以及拓宽城市地面道路等措施后,仍无法满足客流量的增长时,才有必要考虑建设地铁与轻轨。

(3)地下铁道和轻轨应成为城市快速轨道交通系统的组成部分,为了降低整个运输系统的造价,还应合理布置地下、地面和高架线路之间的相互衔接关系,尽量缩短线路在地下段的长度,以降低轨道交通的建设投资。

(4)地下铁道与轻轨的建设必须根据国民经济状况、城市经济实力、设备国产化概率和施工与运营管理技术水平等综合因素经过可行性论证才可以确定。

城市轨道交通过高的造价不仅使多数城市难以承受,盲目建设还容易造成国民经济的局部失衡,为此,国务院于 2003 年明确指出城市快速轨道交通系统的建设要坚持“量力而行,有序发展”的原则,并且规定了建设地铁和轻轨的城市应达到的基本条件。

(1)地方财政一般预算收入在 100 亿元以上。

(2)国内生产总值达到 1 000 亿元以上。

(3)城市总人口超过 700 万,城区人口在 300 万以上。

(4)规划线路的客流规模要达到单向高峰 3 万人次/h 以上。

城市轨道交通建设资金需求量大,仅靠政府单一的投资渠道建设,难以满足城市建设发展的需要,资金不足曾一度成为制约城市轨道交通建设的重要因素。对此采取的主要办法有改革建设经营管理体制,按市场经济规律办事,逐步开放城轨交通市场,实行投资渠道和投资主体多元化,鼓励社会资本和境外资本以合资、合作或委托经营等方式参与城轨交通投资、建设和经营,并采取招标的方式公开、公正地选择投资者。在融资渠道上,鼓励和支持企业采取盘



活现有资产、发行长期建设债券和股票上市等方式筹集资金。城轨交通沿线土地增值的政府收益,应主要用于城轨交通项目的建设。

同时,要改革国有城轨交通企业的经营体制,引入竞争机制,增强企业活力,提高管理水平和效益。要通过加强管理,理顺价格,开拓经营范围,提高企业自我积累、自我发展的能力,减轻城市财政压力,逐步实行自负盈亏。

借鉴西方发达国家城市轨道交通的建设经验,可以采取以下几个具体措施:

(1)城市轨道交通建设与沿线物业综合开发相结合,让沿线物业土地出让的收入投入到轨道交通工程建设。

(2)积极利用外资,加快城市轨道交通建设步伐。

(3)实行轨道交通建成线沿线单位有偿受益。

(4)设立轨道交通建设专项基金。

(5)采取合作开发的策略。

(6)建立中央政策性投、融资体系,组建国家开发银行,为轨道交通项目进行融资。

(7)通过发行轨道交通建设的国家中长期债券,筹集轨道交通建设的部分资金。

### 第三节 城市轨道交通的发展现状及前景

#### 一、世界城市地铁与轻轨的发展

1863年1月10日,用明挖法施工的世界上第一条地铁在伦敦建成通车,列车用蒸汽机车牵引,线路全长约6.4km,区间隧道断面为矩形双线断面,宽度为8.69m,高度为5.18m。1890年12月,伦敦首次用盾构法施工,建成另一条线路,由电气机车牵引,线路长约5.2km,区间隧道断面为圆形断面。虽然城市轨道交通诞生已有一百多年,但重视和大规模修建城市轨道交通系统则是在第二次世界大战结束以后。20世纪下半叶以来,伴随着世界范围内的城市化进程,大城市逐步形成了目前以地下铁道为主体,多种轨道交通类型并存的现代城市轨道交通新格局。据日本地下铁道协会统计,到1999年全世界有115个城市建成了地下铁道,线路总长度超过了7000km。

目前,地下铁道运营线路超过100km的城市已有十多个,其概况如表1-2所示。

运营线路超过100km的主要城市地下铁道概况

表 1-2

城市	城市人口 (万人)	区域人口 (万人)	路线数 (条)	线路 (km)	车站 (个)	供电 (V)	受流方式
纽约	918	1 988	31	443.2	504	DC650	三轨
伦敦	827.8	1 394.5	12	408	275	DC600	三轨
巴黎	216.8	1 206.7	16	221.6	467	DC750	三轨
莫斯科	1 047.2	1 461.2	9	301	182	DC825	三轨
东京	1 301	3 670	13	292.2	214	DC1500	三轨/架空线
芝加哥	897	1 002	8	173	143	DC750	三轨

续上表

城市	城市人口 (万人)	区域人口 (万人)	路线数 (条)	线路 (km)	车站 (个)	供电 (V)	受流方式
墨西哥	823	2 000	11	201.3	175	DC750	两导向杆
柏林	370	426	10	146	173	DC780/600	三轨
首尔	1 049	2 300	9	317	293	DC1500	三轨
马德里	310	452	13	281.6	281	DC600	架空线
华盛顿	60	540	5	171	86	DC750	三轨
斯德哥尔摩	79.5	186	3	110.3	100	DC650/750	三轨
大阪	265	880	8	104	98	DC750	三轨/架空线

世界各国地铁各具特色。纽约是当今世界地铁运行线路最长的城市,其设施较为陈旧,但方便快捷且价格低廉。中国、墨西哥城与首尔(汉城)是世界上地铁发展最快的城市,墨西哥的地铁如今有拉美规模最大、最现代化的地铁网络,首尔(汉城)的地铁也是四通八达,目前,共有9条线,全长约317多公里。莫斯科地铁以其宏大的建筑规模和华美的地铁站风貌闻名于世,其整个地铁系统中早期建成的车站均有其独特风貌,都经过建筑师和艺术家的精心设计,以不同的历史事件或人物为主题,采用五颜六色的大理石、花岗石、陶瓷和彩色玻璃镶嵌出各种浮雕和壁画装饰,辅以华丽的照明灯具、富丽堂皇的大理石地面,美不胜收,故有“地下宫殿”之美誉。巴黎地铁是世界上最方便的地铁,地铁站间距非常短,班次也很多,每天发出4 960次列车。法国里尔地铁是当今世界最先进的地铁,全部由微机控制,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次列车,为世界上行车间隔最短的全自动化地铁。美国旧金山地铁是当今世界地铁列车速度之冠。新加坡地铁是世界上最安全、最清洁、管理最好的地铁。

1978年3月,国际公共交通联合会(EITP)在比利时首都布鲁塞尔会议上,确定了新型有轨电车交通的统一名称,英文为Light Rail Transit,简称轻轨交通(LRT)。20世纪八九十年代,环保、能源结构问题突出,在经济可持续发展战略方针指导下,全世界掀起了新一轮的轻轨交通系统建设高潮。

截止到2010年,世界城市轨道交通发展排名情况见表1-3。

各国(地区)城市轨道交通排名

表 1-3

排名	国家/地区	轨道交通系统总长度(km)	站台数目	轨道交通系统在该国启用年度
1	美国	1 747.3	1 037	1870
2	中国内地	1 021.1	654	1969
3	日本	803.1	722	1933
4	西班牙	642.4	555	1919
5	英国	533.1	386	1863
6	韩国	482.2	477	1974
7	俄罗斯	446.8	281	1935
8	德国	446.4	484	1902



续上表

排名	国家/地区	轨道交通系统总长度(km)	站台数目	轨道交通系统在该国启用年度
9	法国	345.9	477	1900
10	巴西	257.5	195	1974
11	墨西哥	233.4	206	1969
12	香港	218.2	171	1910
13	意大利	190.5	240	1955
14	加拿大	183.1	170	1954
15	印度	161.6	146	1984

## 二、中国地铁与轻轨的发展

中国第一条现代化城市轨道交通线路是1969年10月1日建成通车的北京地铁1号线。经过40多年的发展,中国城市轨道交通不断创新,已从单一的地铁发展为城市轻轨、市郊铁路乃至城际铁路的多样化、立体化交通系统,从蒸汽机牵引发展为电气化牵引。

我国第一批得到国家批准建设轨道交通项目的城市有北京、上海、天津、广州、南京、深圳、武汉、西安、重庆、成都、哈尔滨、长春、沈阳、杭州和苏州,共15个城市。在2007年,又有南宁、宁波、无锡、大连、东莞、昆明、郑州、长沙、福州和贵阳10个城市在制订规划或报批之中。此外,还有合肥、青岛、济南、石家庄、厦门、太原、大同和兰州等一批城市也在筹备轨道交通,筹备轨道交通的城市总计达到40多个。截至2009年底,中国投入运行的城市轨道交通线路已有34条,总长达到1037km。有25个城市正在筹备轨道交通的建设,线路总计达87条,总里程2530km,已动工建设的有76条(段),总长约1600km。预计10年内中国还将新建约5000km的城市轨道交通运营里程,到2020年,全国总里程预计将达到约6100km。据统计,目前中国已建成城市轨道交通的城市见表1-4。

中国已建成城市轨道交通城市表

表 1-4

城市	城区人口(万人)	GDP(亿元)	线路里程(km)	线路条数
北京	1961	13777.94	289	12
天津	1293.8	9224.96	71.6	2
上海	2302	17165.98	420	11
重庆	2884.6	7890	35.65	2
广州	1018.2	10604.48	236	8
武汉	978.53	5565.93	28.87	1
南京	800.5	5086	85	2
大连	613	5158.1	63.45	2
深圳	1035.8	9510.91	178	5
长春	756	3369	80.9	2
香港	702.64	15196.31	168.1	9
合计	14346.07	102549.6	1656.57	56

### 三、城市轨道交通的发展前景

根据 20 世纪发达国家发展城市交通正反两方面经验得出的结论:优先发展以轨道交通为骨干的城市公共交通来解决城市的交通问题,已成为世界各国的共识。21 世纪将是发展中国家城市轨道交通成网的世纪。在新的世纪,随着城市轨道交通的发展,对城市轨道交通功能的认识上,将由解决城市交通拥堵的基础性功能转变为引导城市结构优化、建设生态城市的先导性功能。

随着世界人口的增加和经济的发展,地下空间的开发利用将是历史发展的必然趋势,城市轨道交通将会得到空前的发展。而为了克服地铁投资巨大的困难,各国纷纷进行投融资的体制改革,城市轨道交通建设将大量吸纳民间资本。新世纪,科技的发展也将使城市轨道交通的全自动化技术日益成熟,可以预料到,全自动运行将成为 21 世纪城市轨道交通的一大技术特征。

### 思 考 题

1. 简述地下铁道与轻轨交通的区别和特点。
2. 城市地铁与轻轨建设需满足哪些条件?
3. 结合实例,浅谈城市轨道交通的发展现状及前景。

## 第二章

# 城市轨道交通路网的规划

现代城市的健康和谐与可持续发展需要有一个与之相适应的现代化交通体系。解决城市交通究竟靠什么？是个体交通还是公共交通？这是城市交通发展的战略问题。20世纪60年代法国巴黎最先提出公共交通优先的战略，后来，几乎所有国家和地区都鲜明地选择了优先发展公共交通的政策。欧美在近40多年的实践中形成了丰富的城市公共交通体系，取得了显著成效，并成为解决城市交通堵塞的根本办法。

城市交通是一个多学科的系统工程，它牵涉人、车、路 and 环境的相互作用，关系非常复杂，要解决好城市人多地少、车多路少的交通问题，形成一个与城市发展布局相协调的综合交通路网，必须要统一规划、综合治理、分期建设。近期，应做好与城市交通量基本适应的道路网络系统，与综合交通规划有机配合，扩展空间、利用条件，重点发展以城市轨道交通为骨干的公共交通网络，逐步改变以常规公共交通为主的客运方式，引入大、中客运量的地铁和轻轨交通方式。远期，应逐步实现多层次、多平面、立体化的城市交通网络体系，在大部分地区实施机动车辆和非机动车辆分流行驶，并充分利用高新技术建设和管理城市交通工程，打造城市宜居和畅通有机结合的美好生活环境。

骨干交通运输方式又是城市交通发展的关键。大运量、高速度、独立专用轨道的城市轨道交通已经具备了作为大城市公共交通系统骨干运输方式的条件。骨干运输方式就是要承担较大比例的城市客运周转量。单一的轨道交通线一般很难达到这种“骨干”要求，主要是因为其客流吸引范围和线路走向的局限。因此，轨道交通必须要形成网络才能起到骨干作用。因此，怎样做好一个城市的轨道交通规划，及其编制原则与需求条件，以及预测的项目按规划建成后能否充分发挥城市交通与市际交通的整体效益，促进土地的有效开发利用，都是当前亟待探索和需要解决的重大问题。

我国继20世纪60年代在北京、70年代在天津、80年代在上海兴建地铁后，目前有10余个城市正在修建地铁和轻轨。由于我国城市修建轨道交通的历史还很短，且在此以前，城市总体规划中很少吸纳轨道交通网络，有些城市甚至连综合交通规划也不够完善。因此，编制轨道交通规划对于城市规划人员和建设者来说既新鲜又重要，这一规划直接影响城市的整体布局和功能定位，直接关系到我国城市的轨道交通事业能否健康有序地发展。线路网络的规划是城市轨道交通工程设计建设的主要技术依据，它的好坏直接影响城市交通结构的合理性和工程投资及工程建设经济效益和社会效益。所以，每一个城市在修建第一条轨道交通线路之前，首先应按规划设计年限认真编制好轨道交通网络规划，并有机地融入总规划之中，从而构成城市公共交通体系，在缓解城市交通压力、节约土地和道路资源、保护环境和降低社会经济运行成本起到重要作用。