



高等轨道交通
系列教材

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GAILUN

城市轨道交通概论

吴命利 温伟刚 李春青 / 主 编



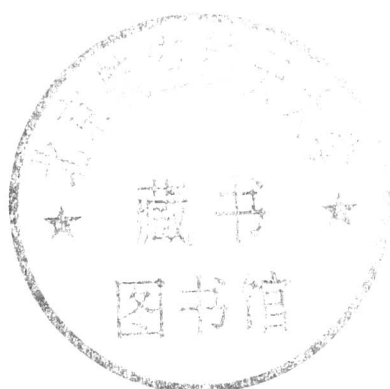
北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

· 013031459

高等教育城市轨道交通系列教材

城市轨道交通概论

吴命利 温伟刚 李春青 主 编



北京交通大学出版社

· 北京 ·



北航

C1639961

00110810

内 容 简 介

本教材是面向城市轨道交通专业的高职高专教材,全书共8章,内容主要包括:绪论、城市轨道交通系统规划与设计、城市轨道交通线路与车站、城市轨道交通客运组织、城市轨道交通车辆、城市轨道交通通信信号系统、城市轨道交通供电系统、城市轨道交通信息化。每一章都是一个独立的教学单元,附有教学和学习指导信息,以提高课堂教学和学生自学的效果。

本教材是城市轨道交通专业核心教材,可供高职、中职院校选用,也可供从事城市轨道交通专业工作的工程技术人员参考和使用。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通概论/吴命利,温伟刚,李春青主编. —北京:北京交通大学出版社, 2013.2

(高等教育城市轨道交通系列教材)

ISBN 978-7-5121-1362-6

I. ①城… II. ①吴… III. ①城市铁路-轨道交通-高等学校-教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第016522号

责任编辑:陈跃琴

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010-51686414

北京市海淀区高粱桥斜街44号

邮编:100044

印刷者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:13.5 字数:337千字

版 次:2013年2月第1版 2013年2月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-1362-6/U·131

印 数:1~3 000册 定价:29.50元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

《高等教育城市轨道交通系列教材》

编 委 会

顾 问：施仲衡

主 任：陈 庚

副 主 任：朱晓宁 司银涛 章梓茂

委 员：郑光信 毛保华 韩宝明

赵晓波 贾慧娟 李 菊

本书主编：吴命利 温伟刚 李春青

本书副主编：于存涛 李良玉

出版说明

为促进城市轨道交通专业教材体系的建设,满足目前城市轨道交通专业人才培养的需要,北京交通大学交通运输学院、远程与继续教育学院和北京交通大学出版社组织以北京交通大学从事轨道交通研究教学的一线老师为主体、联合其他交通院校教师,并在北京地铁公司、广州市地下铁道总公司、南京地下铁道有限责任公司、广州市地下铁道总公司北京市轨道交通建设管理有限公司、香港地铁公司等单位有关领导和专家的大力支持下,编写了本套“高等教育城市轨道交通系列教材”。

教材编写突出实用性。本着“理论部分通俗易懂,实操部分图文并茂”的原则,侧重实际工作岗位操作技能的培养。为方便读者,本系列教材采用“立体化”教学资源建设方式,配套有教学课件、习题库、自学指导书,并将陆续配备教学光盘。本系列教材可供相关专业的全日制或在职学习的本专科学生使用,也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

本系列教材的出版得到施仲衡院士的关注和首肯,多年从事城市轨道交通研究的毛保华教授和朱晓宁教授对本系列教材的编写给予具体指导,《都市快轨交通》杂志社主办和协办单位专家也给予本教材多方面的帮助和支持,在此一并致谢。

本系列教材从2011年8月起陆续推出,首批包括:《城市轨道交通概论》、《城市轨道交通设备》、《列车运行计算与设计》、《城市轨道交通系统运营管理》、《城市规划》、《轨道交通需求分析》、《交通政策法规》、《城市轨道交通规划与设计》、《企业发展战略》、《城市轨道交通土建工程》、《城市轨道交通车辆概论》、《城市轨道交通牵引电气化概论》、《城市轨道交通通信信号概论》、《城市轨道交通列车运行控制》、《城市轨道交通信息技术》、《城市轨道交通运营统计分析》、《城市轨道交通安全管理》、《交通运营统计分析》、《城市轨道交通客流分析》、《城市轨道交通服务质量管理》、《轨道交通客运管理》。

希望本套教材的出版对城市轨道交通的发展、对城市轨道交通专业人才的培养有所贡献。

教材编写委员会
2011年6月

总 序

近年来,中国经济飞速发展,城市化进程逐步加快。在大城市中,地面建筑越来越密集,人口越来越多,交通量越来越大,交通拥堵对社会效益和经济效益都带来了很大影响。据统计,国内每年由于交通拥堵造成的损失将近一千多亿元。

解决交通拥堵,有各种各样的方法,其中城市轨道交通由于其在土地利用、能源消耗、空气质量、景观质量、客运质量等方面具有一定优势,正逐步成为许多大城市交通发展战略中的骨干,并形成以地铁、城市快速铁路、高架轻轨等为主的多元化发展趋势。

我国城市轨道交通从20世纪50年代开始筹划。1965年7月,北京市开始兴建中国第一条地下铁道。经过近50年,特别是近十年的发展,截至2010年年底,我国已有13个城市拥有49条运营线路,总里程达1 425.5 km。另有16个城市,总计96条、2 000余 km的线路正在建设中。目前已发展和规划发展城市轨道交通的城市总数已经接近50个,全部规划线路超过300条,总里程超过10 000 km。

随着城市轨道交通在全国范围的迅猛发展,各地区均急需轨道交通建设、运营管理的大批技术人员和应用型人才。目前全国有近百所高等院校和高等职业院校已开设或准备开设城市轨道交通及相关专业。全国几十家相关企业也都设立自己的培训中心或培训部门。

从目前的情况看,在今后几年,城市轨道交通人才的培养应该处于大专院校的学历教育与企业、社会的能力培训相结合的状态。但现实情况是相关的教材,特别是培养应用型人才的优质教材、教学指导书的建设和出版严重不足,落后于城市轨道交通发展的需要。

2011年年初,北京交通大学远程与继续教育学院、交通运输学院、北京交通大学出版社共同筹划出版了“高等教育城市轨道交通系列教材”。这套教材的出版,恰逢其时。首先,这套教材由国内该领域学术界和企业界的知名专家执笔。他们的参与,既保证了对中国轨道交通探索与实践的传承,同时也突出了本套教材的实用性。其次,它丰富、实用的内容和多样性的课程设置,为行业内“城市轨道交通”各类人才的培养,提供了专业的、实用的教材。

祝愿中国轨道交通事业蓬勃发展,也祝愿北京交通大学出版社这套“高等教育城市轨道交通系列教材”能够为促进我国城市轨道交通又好又快的发展提供支撑!

中国工程院院士

施仲衡

2011年5月

前 言

随着我国国民经济的飞速发展，城市化进程的快速推进，城市人口迅速增加，城市交通压力越来越大，城市道路交通拥堵和道路交通带来的环境污染越来越严重。为解决日益严重的城市交通问题，我国许多城市已经开展城市轨道交通的规划建设，目前已有 30 多座城市建成了或正在新建和拟建城市轨道交通系统，城市轨道交通正逐步成为许多大城市交通发展战略中的骨干，呈现出十分宽广的发展前景。

随着城市轨道交通的建设和发展，各地区均急需大批的懂得城市轨道交通建设、运营、管理和操作的技术人员和应用型人才。为了适应城市轨道交通人才需求的发展形势，我们编写了本教材。本教材突出职业教育的特点，教材编写本着“教学服务于实践”的原则，紧密围绕职业能力的培养组织教材内容，突出实用性，文字简洁明了，理论部分通俗易懂，实操部分图文并茂，侧重实际工作岗位操作技能的培养。

本书是城市轨道交通各专业的核心课程教材，对城市轨道交通的规划设计、建设、线路、车站、车辆、供电、通信、信号、客运组织和管理等方面都作了讲述，还对城市轨道交通的发展趋势作了介绍，能够使学生对城市轨道交通有一个全面的认识 and 了解，为后续专业课程的学习打下坚实的基础。

本书分 8 章：绪论、城市轨道交通系统规划与设计、城市轨道交通线路与车站、城市轨道交通客运组织、城市轨道交通车辆、城市轨道交通通信信号系统、城市轨道交通供电系统、城市轨道交通信息化。每一章为一个独立的教学单元，每一章都有教学目的、重点与难点、建议学时等教学提示信息。为进一步提高学生的学习兴趣和学习效果，每一章中还穿插了知识拓展、案例拓展、小问题、小提示等内容，章后提供复习参考题。

由于编者水平有限，时间仓促，书中不足之处，敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论

1.1 城市轨道交通的概念	1
1.1.1 城市轨道交通的基本概念	2
1.1.2 城市轨道交通体系构成	5
1.2 城市轨道交通的类型	6
1.2.1 地铁	7
1.2.2 轻轨系统	8
1.2.3 单轨交通	8
1.2.4 有轨电车	10
1.2.5 磁悬浮交通	11
1.2.6 自动导向轨道系统	12
1.2.7 市域快速轨道系统	13
1.3 城市轨道交通的发展历史	13
1.3.1 城市与城市交通	13
1.3.2 城市轨道交通的出现	15
1.3.3 城市轨道交通的发展及现状	17
1.4 城市轨道交通系统发展展望	20
1.4.1 世界城市轨道交通发展趋势	20
1.4.2 我国城市轨道交通的发展目标	22
复习思考题	23

第 2 章 城市轨道交通系统规划与设计

2.1 城市轨道交通系统规划与设计概述	24
2.1.1 规划与设计的主要内容	25
2.1.2 规划与设计意义	26
2.1.3 规划与设计的目标	27
2.2 城市轨道交通系统规划与设计基本理论	28
2.2.1 基本理论	28
2.2.2 规划的理念	33
2.2.3 设计的理念	36
2.2.4 我国城市轨道交通系统规划的问题	38
2.3 城市轨道交通系统规划设计过程	39
2.3.1 线网方案设计	39
2.3.2 交通系统选择	40
2.3.3 确定规划的层次性	40

2.4 城市轨道交通线网规划	41
2.4.1 线网规划的特征	41
2.4.2 线网规划的基本思路	42
2.4.3 线网规划的主要内容	42
思考复习题	43

第3章 城市轨道交通线路与车站

3.1 线路	45
3.1.1 线路的类型	45
3.1.2 线路的组成	50
3.1.3 线路的设计	53
3.2 车站	57
3.2.1 车站的分类	57
3.2.2 车站的组成	59
3.2.3 车站的线路	60
3.2.4 车站的设计原则	61
3.2.5 车站的规模等级	61
3.2.6 车站的设计形式	62
3.3 换乘站	64
3.3.1 换乘站设计原则	64
3.3.2 换乘方式	64
3.3.3 换乘站形式	68
3.3.4 换乘站设计应考虑的问题	70
3.4 车站的机电设备	71
3.4.1 通风空调系统	71
3.4.2 给排水系统	72
3.4.3 屏蔽门系统	73
3.4.4 电梯系统	75
3.4.5 自动售检票系统	76
思考复习题	78

第4章 城市轨道交通运营组织与管理

4.1 运营组织与管理概述	79
4.1.1 城市轨道交通运营功能	80
4.1.2 城市轨道交通运营组织的特性	80
4.2 车站客运组织	81
4.2.1 车站功能分区	81
4.2.2 车站管理	83
4.2.3 站台作业	83
4.2.4 车站日常客运组织	86
4.3 票务管理	89
4.3.1 轨道交通票务系统	89
4.3.2 轨道交通自动售检票系统	91
4.4 运输计划和能力	94
4.4.1 客流计划	94

4.4.2	全日行车计划	96
4.4.3	列车交路计划	97
4.4.4	日常运输计划调整	98
4.4.5	列车运行图	99
4.4.6	运输能力	102
4.5	行车调度组织	103
4.5.1	行车调度	103
4.5.2	行车组织	105
4.5.3	车站安全故障条件下行车组织	106
	复习思考题	107

第5章 城市轨道交通车辆

5.1	城市轨道交通车辆概述	108
5.1.1	车辆的特点	109
5.1.2	车辆的分类	109
5.1.3	车辆选型的基本原则	112
5.1.4	列车的编组与标识	112
5.1.5	车辆技术参数	114
5.2	城市轨道交通车辆的基本组成	116
5.2.1	车体	116
5.2.2	转向架	117
5.2.3	制动系统	117
5.2.4	风源系统	118
5.2.5	电气传动控制系统	118
5.2.6	辅助电源	119
5.2.7	通风、采暖及空调	120
5.2.8	内部装饰及设备	120
5.2.9	车辆连接装置	121
5.2.10	受流装置	122
5.2.11	照明	123
5.2.12	列车综合管理系统	123
5.3	车辆基地及车辆检修	124
5.3.1	车辆段	124
5.3.2	停车场(库)	125
5.3.3	列检库	125
5.3.4	车辆检修制式	126
5.3.5	车辆修程	127
5.3.6	检修内容	127
5.4	新型车辆实例	129
5.4.1	加拿大 UTDC 的轻轨车辆	129
5.4.2	日本福冈机场线车辆	130
	复习思考题	131

第6章 城市轨道交通通信信号系统

6.1	城市轨道交通通信信号系统概述	132
-----	----------------	-----

6.1.1 城市轨道交通对通信信号系统的要求	133
6.1.2 城市轨道交通通信系统	134
6.1.3 城市轨道交通信号系统	134
6.1.4 我国城市轨道交通通信信号系统的发展	136
6.2 城市轨道交通信号设备	137
6.2.1 各种信号及显示设备	137
6.2.2 动力转辙机	138
6.2.3 轨道电路	140
6.2.4 计轴器	141
6.2.5 查询应答器	141
6.2.6 联锁系统	143
6.3 列车运行控制系统	144
6.3.1 国外列车运行控制系统的发展	144
6.3.2 国内列车运行控制系统的发展	145
6.3.3 列车运行控制系统的发展方向	145
6.3.4 列车自动控制 (ATC) 系统	146
6.3.5 列车自动防护 (ATP) 系统	148
6.3.6 列车自动驾驶 (ATO) 系统	152
6.3.7 列车自动监控 (ATS) 系统	153
6.4 城市轨道交通通信系统	155
6.4.1 通信传输系统	155
6.4.2 无线调度通信系统	156
6.4.3 广播系统	158
6.4.4 时钟系统	159
复习思考题	160

第7章 城市轨道交通供电系统

7.1 供电系统概述	161
7.1.1 供电系统功能	162
7.1.2 供电系统构成	162
7.1.3 供电系统技术要求	165
7.2 变电所	165
7.2.1 变电所概述	165
7.2.2 主变电所	167
7.2.3 牵引变电所	168
7.2.4 降压变电所	169
7.3 接触网	170
7.3.1 接触网概述	170
7.3.2 架空式接触网	172
7.3.3 接触轨式接触网	174
7.4 杂散电流	176
7.4.1 杂散电流的形成	176
7.4.2 杂散电流的危害	176
7.4.3 杂散电流的防护	177
复习思考题	180

第 8 章 城市轨道交通信息化

8.1 城市轨道交通信息化概述	182
8.1.1 我国城市轨道交通信息化现状	183
8.1.2 我国轨道交通信息化建设的必要性	183
8.1.3 我国城市轨道交通信息化的关键问题	184
8.2 城市轨道交通信息化技术	185
8.2.1 传感技术	185
8.2.2 通信技术	185
8.2.3 信息处理技术	187
8.2.4 安全监控技术	187
8.2.5 安全预警技术	188
8.3 城市轨道交通供电系统信息化	188
8.3.1 SCADA 系统	188
8.3.2 BAS 系统	191
8.3.3 PSMIS 系统	193
8.4 城市轨道交通客运服务信息化	194
8.4.1 PIS 系统	194
8.4.2 AFC 系统	197
8.5 城市轨道交通安全保障信息化	198
8.5.1 FAS 系统	198
8.5.2 应急救援系统	200
复习思考题	201

1

第 1 章 绪 论

教学目的

1. 掌握城市轨道交通的基本定义；
2. 掌握城市轨道交通的技术经济特性；
3. 理解城市轨道交通体系构成；
4. 了解城市轨道交通的各种类型；
5. 了解城市轨道交通的发展历史；
6. 了解城市轨道交通系统发展趋势。

重点与难点

1. 城市轨道交通的基本定义；
2. 城市轨道交通的技术经济特性；
3. 城市轨道交通体系构成。

建议学时

2 学时

1.1

城市轨道交通的概念

城市轨道交通是一种在城市中利用轨道列车进行人员运输的方式，它具有运量大、速度快、安全、准点、保护环境、节约能源和节约用地等特点。随着科学技术进步和城市化发展，大运量的轨道交通在现代大城市中起着越来越重要的作用。

1.1.1 城市轨道交通的基本概念

1. 城市轨道交通的定义

我国国家标准《城市公共经常用名词术语》将城市轨道交通定义为“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”。在城市中使用车辆在固定导轨上运行并主要用于城市客运的交通系统称为城市轨道交通。图 1.1 是运营中的城市轨道交通系统的照片。

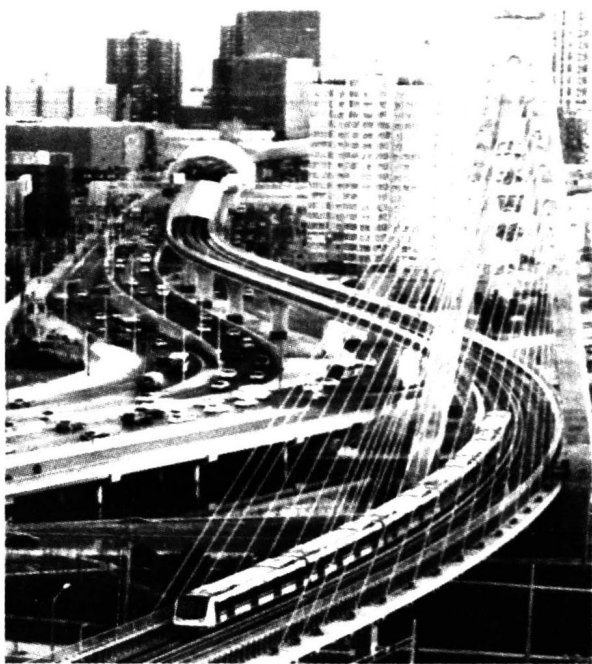
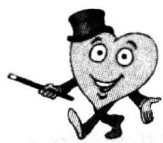


图 1.1 城市轨道交通运营现场

“城市轨道交通”是一个包含范围较大的概念，一般而言，广义的城市轨道交通是指以轨道运输方式为主要技术特征，是城市公共客运交通系统中具有中等以上运量、专门为城市内公共客运服务的轨道交通系统。随着轨道交通技术的发展，城市轨道交通成为了城市公共交通的主干线和客流运送的大动脉，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。城市轨道交通是城市建设史上最大的公益性基础设施，对城市的全局和发展模式将产生深远的影响。



小问题

城市轨道交通和道路交通的区别在哪里？

随着中国城市的不断发展，城市公路交通拥堵问题越来越严重，城市轨道交通在城市生活中发挥着越来越重要的作用。城市轨道交通在我国经历着跨越式的发展，目前我国已经成为世界上最大的城市轨道交通建设市场，图 1.2 是上海地铁，图 1.3 是北京轻轨。

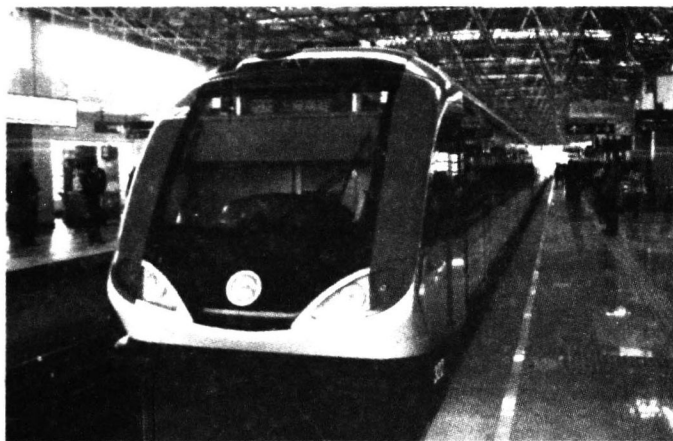


图 1.2 上海地铁



图 1.3 北京轻轨



案例拓展

据统计，2012 年，北京轨道交通运营线路总里程达 442 km，日均客运量 700 多万人次，高峰时期达到 885 万人次/天；上海轨道交通运营线路总里程达 424 km，日均客运量 620 万人次；广州轨道交通运营线路总里程达 236 km，日均客运量 500 万人次。

总之，城市轨道交通是公交铁路化的产物，城市轨道交通以其大载客量、快捷、准时、安全、环保而成为解决交通拥挤的最有效手段。城市公共交通的轨道化程度已成为一个城市现代化的重要标志之一。

2. 城市轨道交通的主要技术经济特性

1) 城市轨道交通有较大的运输能力

城市轨道交通高密度运转，列车行车时间间隔短，行车速度快，列车编组辆数多，因而具有较大的运输能力。市郊铁路运输单向高峰每小时的运输能力最大可达到 6 万~8 万人次；地铁达到 3 万~6 万人次，甚至达到 8 万人次；轻轨达到 1 万~3 万人次，有轨电车能达到 1 万人次，城市轨道交通的运输能力远远超过公共汽车等其他交通工具。



案例拓展

据文献统计, 2012 年北京公共交通日均客运量达到 2 060 万人次, 轨道交通几乎占了一半。城市轨道交通能在短时间内输送较大的客流, 地铁在早高峰时 1 h 能通过全日客流的 17% ~ 20%, 3 h 能通过全日客流的 31%。

2) 城市轨道交通具有较高的准时性

由于城市轨道交通在专用行车道上运行, 不受其他交通工具干扰, 基本不产生线路堵塞现象, 并且不受气候影响, 是全天候的交通工具, 轨道车辆能按运行图运行, 具有可信赖的准时性。

3) 城市轨道交通具有较高的速达性

与常规公共交通相比, 城市轨道交通有较高的运行速度, 有较高的启、制动加速度, 多数采用高站台, 列车停站时间短, 上下车迅速方便, 从而可以使乘客较快地到达目的地, 缩短了出行时间。

4) 城市轨道交通具有较高的舒适性

城市轨道的车辆、车站等装有空调、引导装置、自动售票系统等直接为乘客服务的设备, 城市轨道交通具有较好的乘车条件, 其舒适性优于公共汽车等其他交通工具。

5) 城市轨道交通具有较高的安全性

城市轨道交通由于运行在专用轨道上, 不受其他交通工具干扰, 并且当今城市轨道交通都采用了先进的通信信号设备, 极少发生交通事故。

6) 轨道交通具有良好的环保特征

噪声和空气污染是世界各国城市十分关注的有悖于可持续发展的主要环境问题之一, 城市中废气和噪声的主要来源是汽车。由于城市轨道交通以电力为动力源, 不像内燃机那样有废油及废气的产生, 对环境污染较小; 并且城市地铁车站和线路深埋地下, 振动时产生的噪声对于外界的干扰也比较小; 轨道交通系统载客多, 减少了汽车交通量, 使城市中汽车排放的废气和噪声降低, 有利于改善城市环境, 是一种绿色的公共交通系统。

知识拓展

城市轨道交通一般采用电力牵引和大运量、集中化运输方式, 每运送一位乘客所产生的空气污染微乎其微, 各种交通方式完成单位量的运输所排放的二氧化碳量为: 轨道交通 4.7 g、家用轿车 44.6 g、营业用轿车 89.3 g、公共汽车 19.4 g、铁路 4.7 g、海运 23.9 g、飞机 30.2 g, 私人小汽车和营业用小轿车排放分别是轨道交通的 9.5 倍和 19 倍, 公共汽车是轨道交通的 4.1 倍。

7) 城市轨道交通充分利用地下和地上空间

大城市地面拥挤，土地费用昂贵。城市轨道交通充分利用了地下和地上空间的开发，不占用地面街道，有效缓解由于汽车大量增加而造成的道路拥挤和堵塞，有利于城市空间合理利用，特别有利于缓解大城市中心区过于拥挤的状态，提高土地利用价值，改善城市景观，如图 1.4 所示。

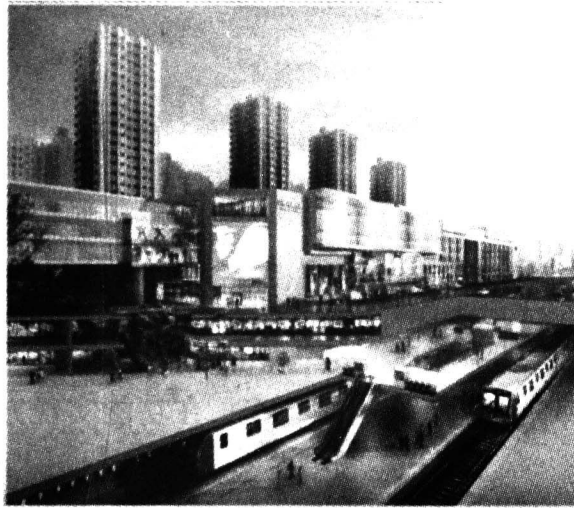


图 1.4 城市轨道交通——地铁

8) 城市轨道交通运营费用低，综合经济效益较高

城市轨道交通系统是电气牵引、轮轨导向、编组运行的封闭或半封闭系统，与常规道路交通系统的单车运行比较，能节省运营所需的人工费用，而且能源消耗低。城市轨道交通车辆的使用年限比常规公交车辆长，其维修费、折旧费均较低。轨道交通系统的建成能够促进沿线及地区经济的发展，使城市道路交通拥挤状况得到缓解，改善城市布局，减少交通事故，改进城市生活质量，减少乘车疲劳程度，提高劳动生产率。

9) 城市轨道交通具有可持续发展性

由于城市轨道交通系统快捷、准时、舒适，将吸引原先乘用轿车和自行车的乘客及步行者，极大缓解道路交通给环境所造成的压力，如噪声、废气的排放和道路用地等，提高道路安全性，在不损害人员流动的情况下有助于减少市中心的交通压力，对于提升城市结构、解决城市发展中面临的经济与社会矛盾、实现城市的可持续发展战略，具有特别重要的意义。

1.1.2 城市轨道交通体系构成

城市轨道交通是一个庞大复杂的技术系统，其专业涵盖了土建、机械、电气、电子信息、环境控制、运输组织等各个门类。从系统角度来看，城市轨道交通系统是有多个分别完成不同功能的子系统所构成的，包括线路、车辆、车站三大基础设施和电气、运行和信号控制等系统，如图 1.5 所示。