



高等轨道交通
系列教材

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG
XUQIU GUANLI

城市轨道交通 需求分析

朱广宇 / 主 编
王根成 张 彭 / 副主编



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

高等教育城市轨道交通系列教材

城市轨道交通需求分析

朱广宇 主 编
王根成 张 彭 副主编

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书由长期从事交通规划与轨道交通教学、科研工作的一线人员编写而成,内容安排上力求系统全面,讲解方式上力求通俗易懂,写作原则上强调理论与实践并重,安排较多的实例、例题及课后思考题。

本书共分为11章,主要内容包括:城市轨道交通与土地利用的相互影响,以及常见的土地利用影响模型;城市轨道交通客流调查与数据分析;城市轨道交通客流特征分析,以及客流影响分布因素;城市轨道交通客流预测的相关理论与分析方法,主要是常用的“四阶段法”;城市轨道交通预测后评价分析与展望。

本书可作为高等学校城市轨道交通相关专业本科生教材,也可作为远程与继续教育、高等职业教育及其他各类教育和培训教材,并可作为城市轨道交通行业工程技术人员的学习资料。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通需求分析/朱广宇主编. —北京:北京交通大学出版社,2012.10

(高等教育城市轨道交通系列教材)

ISBN 978-7-5121-1189-9

I. ①城… II. ①朱… III. ①城市轨道交通-客流-运输需求-高等学校-教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第213027号

责任编辑:陈跃琴 特邀编辑:宋英杰

出版发行:北京交通大学出版社 电话:010-51686414

地 址: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:18.25 字数:456千字

版 次:2012年6月第1版 2012年6月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-1189-9/U·114

印 数:1~2500册 定价:35.00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：朱广宇

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、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,文字简洁明了。本着“理论部分通俗易懂,实操部分图文并茂”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。

本系列教材的出版受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》、《城市轨道交通需求分析》、《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》、《城市轨道交通信号与通信概论》、《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》、《城市轨道交通运营安全管理方法与技术》、《城市轨道交通运营统计分析》、《城市轨道交通客流分析》、《城市轨道交通服务质量管理》、《城市轨道交通客运管理》。

希望该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在土地利用、能源消耗、空气质量、景观质量、客运质量等方面的优势，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年底，我国已有13个城市拥有49条运营线路，总里程达1425.5 km。另有16个城市，总计96条、2000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10000 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。

从目前的情况来看，在今后几年城市轨道交通人才的培养应该是各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，这套教材的作者是由国内该领域的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发展提供支撑！

中国工程院院士

2011年5月

前 言

在现代社会，经济发展与人口增长导致城市空间扩展和经济区域布局发生变化，增强了大城市的聚集和辐射效应，使城市流动人口大大增加，居民出行更为频繁，交通矛盾尤为突出。同时，随着现代化进程的加快，人们的工作节奏越来越快，时间观念也越来越强，因此需要准时、安全、快捷的交通方式来满足人们的出行需要，中国城市轨道交通项目的蓬勃发展正适应了这种时代的需求。

在当今世界的大城市和特大城市中，轨道交通系统已在公共交通系统中处于骨干（又称主动脉）地位。随着城市轨道交通建设规模的不断扩大，其需求分析的技术越来越引起规划、设计者的重视。轨道交通需求分析是研究基于轨道交通方式出行需求量，以及与用地布局、时空分布的关系的一门实用型技术方法，建立在轨道交通运营和现代运筹技术发展的基础之上，为轨道交通规划及运营提供重要的辅助信息。城市轨道交通需求分析技术应用的主要目标是发现轨道交通乘客出行规律，及其与土地利用等外部因素的关系，从而为后期的规划、运营设计提供决策依据，其核心是城市轨道交通客流预测。

本书力求通俗易懂，在内容安排上，考虑到城市轨道交通需求分析的数据来源为城市轨道交通调查，因此把城市轨道交通调查加入本书中，安排较多例题与课后复习思考题，以加深对理论知识的理解；部分重要章节给出了实例，以便于理论联系实际。

本书由长期从事交通规划与轨道交通相关工作的教学和科学研究的一线人员编写而成。本书共分为11章。主要内容包括：城市轨道交通与土地利用的相互影响及常见土地利用影响模型、城市轨道交通客流调查与数据分析、城市轨道交通客流特征分析，以及客流影响分布因素、城市轨道交通客流预测的相关理论与分析方法，主要是常用的“四阶段法”，城市轨道交通预测后评价分析与展望。

本书由北京交通大学朱广宇、北京交通发展研究中心王根成、张彭统筹大纲、组织编写并审核全书。在编写过程中，研究生魏婧、孙如龙、朱若华、顾超然、杜长飞、储槩等参与完成了大量的资料整理、录入和图表制作等工作。本书的出版得到了北京交通大学交通运输学院朱晓宁教授、远程与继续教育学院徐健老师和交大出版社贾慧娟老师、北京交通发展研究中心赵晖的大力支持与帮助，交通运输学院雷黎副教授、土建学院毛军副教授对本书的编写提出宝贵意见，在此一并深深感谢。

编者

2012年5月于北京

目 录

第1章 绪论

- 1.1 城市轨道交通需求分析技术及其应用背景 2
- 1.2 城市轨道交通的分类、构成及特征 2
 - 1.2.1 城市轨道交通的分类和构成 3
 - 1.2.2 城市轨道交通的特征 7
- 1.3 城市轨道交通需求分析的主要内容及流程 10
 - 1.3.1 城市轨道交通需求分析的主要内容 10
 - 1.3.2 城市轨道交通需求分析主要流程 12

第2章 城市轨道交通与土地利用

- 2.1 概述 15
 - 2.1.1 城市交通与土地利用研究概况 ... 15
 - 2.1.2 城市土地利用分类 18
- 2.2 城市交通与土地利用的关系 20
 - 2.2.1 城市交通与城市形态 20
 - 2.2.2 城市交通对城市土地利用的影响 21
- 2.3 城市发展对城市轨道交通的需求影响 27
- 2.4 土地利用对城市轨道交通需求的影响 32
 - 2.4.1 沿线土地用地类型与轨道交通客流需求的关系 32
 - 2.4.2 两类城市轨道交通线路与其客流需求量关系 33
 - 2.4.3 潮汐式客流与沿线土地利用的关系 34
- 2.5 城市轨道交通对土地利用的影响 36

- 2.5.1 城市轨道交通对城市布局的影响 ... 36
- 2.5.2 城市轨道交通对土地利用模式的影响 37
- 2.5.3 城市轨道交通对城市空间结构布局的影响 39
- 2.6 常见土地利用模型 42
 - 2.6.1 汉森模型 43
 - 2.6.2 劳瑞模型 43
 - 2.6.3 最优化模型 44

第3章 城市轨道交通需求分析概述

- 3.1 城市轨道交通需求的产生原因 47
- 3.2 城市轨道交通的需求特性 48
 - 3.2.1 城市轨道交通需求分析的内容 ... 49
 - 3.2.2 城市轨道交通需求分析的作用 ... 53
 - 3.2.3 城市轨道交通需求分析的过程 ... 54

第4章 城市轨道交通调查

- 4.1 概述 57
 - 4.1.1 交通调查的定义和发展概况 57
 - 4.1.2 交通调查的目的和作用 58
 - 4.1.3 城市轨道交通调查的种类 58
- 4.2 城市轨道交通调查内容 59
 - 4.2.1 城市轨道交通运输调查 59
 - 4.2.2 社会经济及土地利用基础资料调查 60
 - 4.2.3 相关政策与法规调查 61
 - 4.2.4 建设资金调查 61
 - 4.2.5 轨道交通客流影响调查 61
- 4.3 RP与SP调查法 62
 - 4.3.1 RP调查法 62
 - 4.3.2 SP调查法 62
 - 4.3.3 RP调查与SP调查的特点比较 ... 65

4.4 居民出行调查	65	确定	115
4.4.1 居民出行调查概述	65	5.5.4 城市轨道交通与其他交通方式	
4.4.2 居民出行调查的目的及意义	66	衔接实例	119
4.4.3 居民出行调查的内容与方法	66		
4.4.4 居民出行调查流程	67		
4.4.5 居民出行调查分析	71		
4.5 城市轨道交通调查的抽样	71		
4.5.1 抽样调查	71		
4.5.2 城市轨道交通调查抽样的方法	73		
4.5.3 城市轨道交通调查抽样与调查			
精度	75		
4.5.4 抽样调查结果的拓展	76		
第5章 城市轨道交通客流特征分析		第6章 城市轨道交通客流预测	
5.1 城市轨道交通客流概述	78	6.1 城市轨道交通客流预测的目标及	
5.1.1 我国城市轨道交通客流现状	78	作用	126
5.1.2 城市轨道交通客流形成机理	79	6.2 城市轨道交通客流预测的原则	127
5.1.3 客流分析对城市轨道交通的		6.2.1 城市轨道交通客流预测的一般性	
重要性	80	原则	127
5.2 城市轨道交通客流分布	80	6.2.2 针对不同城市的具体性原则	128
5.2.1 城市轨道交通时间分布	80	6.3 城市轨道交通客流预测的内容、步骤	
5.2.2 城市轨道交通空间分布	83	及阶段	129
5.2.3 大客流及其组织方法	84	6.3.1 城市轨道交通客流预测的内容	129
5.3 城市轨道交通客流影响因素分析	86	6.3.2 城市轨道交通客流预测的步骤	130
5.3.1 影响城市轨道交通客流的外部		6.3.3 城市轨道交通客流预测的阶段	131
因素	86	6.4 城市轨道交通客流预测的理论及	
5.3.2 影响城市轨道交通客流的内部		方法体系	132
因素	88	6.4.1 城市轨道交通客流预测的	
5.3.3 城市轨道交通客流的合理规模	92	理论体系	132
5.4 城市轨道交通的内部换乘	94	6.4.2 城市轨道交通客流预测的	
5.4.1 概述	94	方法体系	132
5.4.2 城市轨道交通换乘站内部客流		6.4.3 城市轨道交通客流预测的	
分析	100	参数体系	138
5.4.3 北京市轨道交通换乘站分析	108	6.5 城市轨道交通客流预测的复杂性及	
5.5 城市轨道交通与其他交通方式		评价标准	149
衔接的分析	110	6.5.1 城市轨道交通客流预测的	
5.5.1 城市轨道交通系统与其他交通		复杂性	149
方式的衔接	111	6.5.2 城市轨道交通客流预测的	
5.5.2 影响城市轨道交通衔接方式		评价标准	150
选择的因素	114		
5.5.3 城市轨道交通客流合理区的			
		第7章 城市轨道交通出行生成	
		7.1 影响居民出行生成的因素分析	152
		7.1.1 土地利用对居民出行生成的	
		影响分析	152
		7.1.2 居民的性别、年龄、职业对出行	
		生成的影响	153
		7.1.3 网络信息对城市居民出行特征	
		变化的影响分析	154
		7.1.4 其他	155
		7.2 常用的出行生成预测方法概述	156

10.6.4	线路的性能函数	242	11.2.3	数量型指标的评价方法	251
10.6.5	广义费用函数	243	11.2.4	分布型指标的评价	254
10.6.6	用户均衡模型	243	11.3	客流敏感性分析	257
第 11 章 城市轨道交通预测后评价分析			11.3.1	客流影响因素分析	257
11.1	概述	246	11.3.2	客流预测敏感性因素后评价	263
11.1.1	预测后评价的意义	246	11.3.3	客流敏感性分析流程及注意 事项	266
11.1.2	预测后评价的要素	246	11.3.4	基于敏感性因素的客流补偿 及引导措施	268
11.1.3	预测结果存在偏差的主要原因	248	附录 A 模拟试题 (一)	272	
11.2	客流预测后评价指标	249	附录 B 模拟试题 (二)	275	
11.2.1	客流预测统计指标的分类	249	参考文献	278	
11.2.2	数量型指标的选取	250			

1

第1章 绪论

课程内容

城市轨道交通需求分析是轨道交通规划的基础而又十分关键的工作，因而城市轨道交通需求分析变得尤为重要。本章主要介绍了轨道交通需求分析技术和应用背景，对轨道交通进行了分类并进行了构成特性分析，最后阐述城市轨道交通需求分析的主要内容，以需求分析的内涵流程为基础对全书各章做了简介。

内容要求

- (1) 了解轨道交通需求分析技术和应用背景，并能对轨道交通进行分类，进行构成特性分析。
- (2) 了解城市轨道交通需求分析的主要内容。

1.1

城市轨道交通需求分析技术及其应用背景

未来的世界被认为是一个城市的世界。随着城市化进程的加快，轨道交通以其大容量、速度快的优点，有效吸引出行量，成为城市公共交通的骨干方式之一。这有助于提高城市经济发展速度，因此轨道交通在城市交通发展中占有重要地位，特别是在不断凸现的高密集、网络化的特大城市地区。

近年来，随着改革开放政策的贯彻执行以及经济建设世纪目标的实现，我国的国民经济得到了蓬勃发展，城市化进程逐步加快。然而，城市化进程的加快在使社会经济得到不断发展的同时，也引起了众多城市问题，其中城市交通一直是最严重的问题之一。城市人口急剧增加，大量流动人口涌进城市，人员出行和物资交流频繁，城市交通面临着严峻的局势。全国大中城市普遍存在着道路拥挤、车辆堵塞、交通秩序混乱的现象，已日益成为影响城市功能正常发挥和可持续发展的一个全局性问题。有限的城市空间限制了交通用地的规模，交通供给的增长速度落后于交通需求的增长速度，交通供求矛盾突出。城市混合交通的状况导致了路面交通拥挤加剧，车辆行驶速度较低。城市中大量的小汽车出行造成能源消耗增加、大量的废气排放以及噪声污染。同时，城市中不断增长的交通需求造成了城市用地的短缺，某些城市中心地带的停车用地已经占据了一半以上的城市空间。如何解决城市交通问题已成为全社会关注的焦点。

世界各主要大城市大多采用“公交优先”的城市交通发展模式，其中作为公共交通重要组成部分的城市轨道交通，不仅为解决城市交通的拥堵问题创造和提供了坚实的基础，而且可以引导城市的可持续发展。

轨道交通所具有的大容量和快速度的优点，辅助以良好的输送和换乘，可替代大量私人小汽车的运输效能，提高城市运输水平，有效地吸引出行量，提高公共交通的分担率，是遏制城市小汽车快速增长的有效手段。发展以轨道交通为骨干的公共交通，可有效减少对小汽车的需求，我国城市人口密度高，土地开发强度高，建筑容积率高，这种高密度的环境，先天有利于大运量运输，适合使用大容量的公共交通运输方式，可以高效利用城市道路，节约有限的土地资源和能源，维护城市生活环境。

轨道交通需求分析是研究基于轨道交通方式出行需求量，以及与用地布局、时空分布关系的一门实用型技术方法，建立在轨道交通运营和现代运筹技术发展的基础之上，为轨道交通规划，以及运营提供重要的辅助信息。

1.2

城市轨道交通的分类、构成及特征

《城市公共交通常用名词术语》(GB/T 5655—1985)中对轨道交通的定义为：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。

一般来说，城市轨道交通（Urban Rapid Rail Transit or Urban Rail Rapid Transit, URRT）是一种快捷高效、安全舒适、节能环保的城市公共客运交通方式。URRT 是城市地下铁路（地铁）、轻型轨道（轻轨）、单轨交通、有轨电车、新交通、高速磁浮列车和市郊（郊区）列车（通勤列车）等交通的统称。

由于认识问题的角度、观点和研究方法的不同，对轨道交通的定义有很多种提法，目前尚无统一的定义。

第一种定义：采用不同导向的设备、按照在一定方向的轨道上行驶的列车或车辆，统称为轨道交通。目前正在研究发展中的城市轨道交通类型很多，但经验比较成熟、应用比较普遍、适合加以推广的主要有：地铁、轻轨和市郊铁路三种类型，它们通常被统称为城市快速轨道交通或大中运量轨道交通。

另一种简洁的定义：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。

1.2.1 城市轨道交通的分类和构成

1. 按照列车运营组织方式划分

城市轨道交通可以分为以下几类。

① 传统的城市轨道交通：服务范围以中心城区为主的城市轨道交通，通常站间距在1km 以内。

② 区域快速铁路：服务范围包括城市郊区的轨道交通系统，通常站间距较大，含有地面线路和高架线路。

③ 市郊铁路：是指位于城市范围内部分或全部服务于城市客运的那些城市间铁路。通常其所有权不属于所在的城市政府，而是铁路部门经营。

2. 按照运能范围及车辆类型划分

城市轨道交通可以分为市郊铁路、地下铁路（简称地铁）、轻轨交通、单轨交通、新交通系统、有轨电车、客运自动轨行车、自动导向交通、微型地铁、胶轮地铁、索道等类型，其中前面4种类型比较常用。表1-1 对各类轨道交通系统的主要技术参数进行了比较。

表 1-1 各类轨道交通系统的主要技术参数

类 型	平均运行速度 / (km/h)	最小行车间隔 /min	编组数/辆	线 路 形 式	平均站距/m	运输能力/ (万人/h)
市郊铁路	35~40	2	4~10	全封闭	1 000~3 000	5~8
地铁	25~40	1.5	4~10	全封闭	800~1 000	4~6
轻轨交通	25~35	2	2~3	专用道	500~800	1~4
单轨交通	25~30	1	4~6	高架	500~1 000	1~1.5
新交通系统	20~30	2	4~6	高架	500~1 000	0.8~1.5
有轨电车	12~20	1	1~2	混合交通	400~800	0.8~1

1) 市郊铁路

市郊铁路系统是沟通城市边缘与郊区的方式，它与城市间的长距离铁路相同，由于市郊铁路服务于人口密度相对稀疏的郊区，站间距较大，列车的运行速度可以很高，目前城市间高速铁路的商业速度已达到 250 km/h 以上。

市郊铁路一般与干线铁路相接，故采用干线铁路的技术标准，但其功能与干线铁路不同，主要承担城市功能的扩展。其最高运行速度比干线铁路低，一般在 120 km/h，但启动和制动的加速度要远高于干线列车，略低于地下铁道列车，站间距离约 1 000 ~ 3 000 m，平均运行速度可达 40 km/h。市郊铁路分两种类型：一种是市中心连接城市边缘和 20 km 左右的居民区，站间距离小（1 000 ~ 1 500 m）；另一种是连接市中心和卫星城市，距离可达 40 ~ 50 km，其站间距离较大（3 000 ~ 4 000 m）。市郊铁路是合理分布居民区、建立卫星城市、调整产业结构的重要手段。图 1-1 是英国的市郊铁路。



图 1-1 英国的市郊铁路

2) 地铁

20 世纪上半叶，世界上被广泛采用的轨道交通基本上只有地铁和有轨电车，地铁开始时的确都建设在地下，但是随着技术的变化和线路的延长，后来出现了地面和高架线路。现在全世界的地铁系统中，53% 是地面线，12.5% 是高架线，其余 34.5% 是地下线，但无论是地面线还是高架线，都是采用全隔离系统。

地铁又简称重型地铁，采用标准轨距 1 435 mm；最高时速 80 ~ 100 km，平均时速 30 ~ 40 km；受电方式 DC 1 500 V 或 750 V，采用架空线或第三轨受电；行车间隔 90 ~ 120 s，行车密度高；断面客流 4 ~ 8 万人/h。地铁线路形态以隧道为主。施工方式：一是浅埋式，当轨面距地面的高度差小于 20 m 时，采用明挖法，施工机械及人员出入方便，但施工时须注意对其他管线建筑的影响；二是深埋式，轨面距地面的高度差一般大于 20 m，采用暗挖法，对管线、建筑影响较小。

地铁建设需要大量用户来证明隧道开挖的可行性。因此，50 万人口以下的城市很少能修建地铁，地铁通常要与其他轨道交通完全隔离，站间距在 0.5 ~ 1.0 km 之间，在郊区可达 2 km 左右。单向通过能力在 3 万人次/h 左右，一般可延伸到离市中心约 24 km。

目前,全世界大约有90个地铁公司在运营,各国地铁系统的建设标准也不尽相同。地铁中还有一种线性地铁,即小断面地铁。它的特点是断面较一般地铁要小,可降低建设成本。此外,它可以采用较小的曲线半径和较大的坡道,也可高架,较易维护。日本东京都12号线就是小断面地铁,可实现的小时输送能力达29000人次。该线路最小曲线半径为正线100m、侧线80m,最大坡度5.5%,采用机车多相位信号,综合了列车自动控制(ATC)、列车自动操纵(ATO)和调度集中(CTC)系统,车厢长度16.5m,定员90~100人,每列车编组6节,远期8节,直流1500V供电,钢体吊架方式,列车最高速度可达70km/h。图1-2为地铁实物图片。



图1-2 地铁实物图片

3) 轻轨交通

轻轨交通(Light Rail Transit 或 Light Rapid Transit, LRT)是一个范围较宽的概念,一般的,轻轨要求有至少40%的轨道与道路完全隔离,以避免拥挤,这也是它不同于有轨电车之处。电气化的轻轨系统有许多优于地铁和郊区铁路的地方。因为线路工程量小,车辆轻,轻轨列车可以在更大的坡道上、更小的曲线上行驶。典型的轻轨系统一般可运行到离市中心20km,小时流量在2万人次左右,通常建于拥有10万~100万人口的市中心。

轻轨交通是一种相对而言比较年轻的电气牵引交通系统,是在20世纪六七十年代诞生并发展起来的系统。由于汽车的发展和普及,导致了有轨电车的衰落;又由于汽车的再发展,促进了有轨电车的复兴。汽车疯狂发展,造成城市交通瘫痪、大气污染、噪声严重,此时人们又开始怀念起有轨电车这种“绿色交通”。但是有轨电车又有振动、噪声及与其他交通工具混行等不足的地方,因此交通专家开始扬长避短,改造有轨电车。20世纪六七十年代新技术的发展为改造有轨电车提供了技术基础,新生后的有轨电车在速度、能耗、噪声、振动、爬坡能力、制动能力、运载能力、转弯性能、车身重量上均优于原来的有轨电车,并产生了质的变化,同时在造价、工期和灵活性方面又都优于地铁,因此有轨电车以一种崭新的姿态重新活跃在了城市交通的舞台上,在轨道交通系统中形成了一个新的分支,即轻轨交通。轻轨交通诞生后,恰好填补了轨道交通单向小时客运能力1万~4万人次的空缺,整体上完善了轨道交通系统,因此轻轨交通得到了很快的发展。

轻轨交通的原来定义是指采用轻型轨道的城市交通系统。当初确实使用的是轻型钢轨，而如今的轻轨已采用与地铁相同质量的钢轨。所以，目前国内外都以客运量或车辆轴重（每根轮轴传给轨道的压力）的大小来区分地铁和轻轨。轻轨现在指的是运量或车辆轴重稍小于地铁的轻型快速轨道交通。

在我国《城市轨道交通工程项目建设标准》中把每小时单向客流量为 0.6 万~3 万人次的轨道交通定义为中运量轨道交通，即轻轨。轻轨的造价约为地铁的 1/2，且施工简便，建设工期较短。加之轻轨的单向高峰小时客运量为 1 万~3 万人次，足以大大缓解城市交通状况；轻轨交通建设标准也低于地铁，因而其国产化进程容易推进。轻轨是适合我国大、中城市，特别是中等城市的轨道交通方式。图 1-3 是轻轨交通实物图。

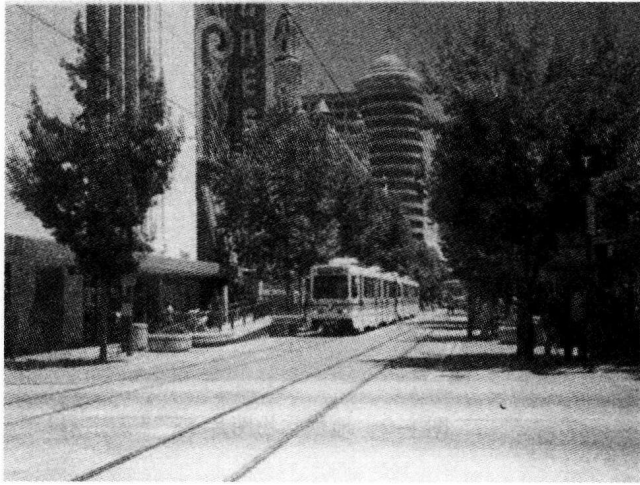


图 1-3 轻轨交通实物图

4) 单轨交通

单轨交通是一种跨骑或悬挂在高架的钢轨或混凝土轨道上行驶的交通系统，最早的运营线产生于 1888 年，但是由于该系统存在车辆摇晃、轮轨磨损大、舒适性差等缺陷，一直没有得到发展，直到 20 世纪 50 年代，从技术上解决了行驶不稳定问题后才得到了更多发展。单轨交通是一种中、小容量的轨道交通系统，每小时单向断面客流量可达 0.5 万~2.0 万人次。它具有占地少、爬坡能力大（可达 10%）、噪声小（采用橡胶轮胎）等优点，所以在机场、博览会、游乐场、旅游线等中、小容量的线路上常常被采用。

单轨交通一般使用道路上部空间，占地较少，大多数单轨系统采用橡胶轮胎，可以适应急弯及大坡度，对复杂地形有较好的适应性，从而减少拆迁量。同时，单轨系统建设工期较短，投资也小于地铁系统。单轨系统的不足是运营费用偏高，而且目前已投产的单轨系统的运量很少达到设计运能。单轨运输能力为每小时 0.5 万~2 万人次，一般采用跨座式。轨道梁、转辙机和转向架是单轨系统的关键技术。由于采用橡胶轮胎，因而车体结构必须轻量化，轨道梁和支座材料的耐潮湿、耐酸性要求也较高。图 1-4 是单轨交通实物照片。

5) 新交通系统

新交通系统是一种单车或数辆胶轮车编组在专用轨道（钢筋混凝土）上导向运行的轨道交通系统，单车定员在 20~80 人左右。这种交通方式的载客量与单轨系统相仿，是一种