



城市轨道交通系列教材

城市轨道交通线路规划与设计

CHENGSHI GUIDAOJIAOTONG
XIANLU GUIHUA YU SHEJI

易思蓉 编著



科学出版社

城市轨道交通系列教材

城市轨道交通线路规划与设计

易思蓉 编著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要阐述了城市轨道交通系统线路规划与设计的基本理论和方法,系统介绍了城市轨道交通系统分类及特点、城市轨道交通系统设计基础、城市轨道交通需求预测方法、城市轨道交通线网规划与设计的原理和方法、轨道交通综合选线及线路平面设计理论和方法、线路纵断面设计理论和方法、限界与横断面设计理论与方法、城市轨道交通车站设计原理和方法,及城市轨道交通轨道结构设计的基本知识。本书以培养21世纪高级专门人才为宗旨,尽可能收纳了城市轨道交通线路规划与设计中的基本理论和方法,注重内容体系的科学性和合理性。

本书可作为高等院校土木工程、铁道与城市轨道交通工程、交通土建等专业的本科教材,也可作为相关专业大专课程的选用教材,并可供城市轨道交通领域的工程技术人员学习、参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通线路规划与设计 / 易思蓉编著. —北京:
科学出版社, 2013
ISBN 978-7-03-037472-1

I. ①城… II. ①易… III. ①城市铁路-轨道交通-铁路
线路-规划②城市铁路-轨道交通-铁路线路-设计
IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 097570 号

责任编辑: 杨 岭 于 楠 / 封面设计: 墨创文化
责任校对: 陈 靖 华宗琪 / 责任印制: 邝志强

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号
邮政编码: 100717
<http://www.sciencep.com>

成都创新包装印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年8月第一版 开本: 787×1092 1/16

2013年8月第一次印刷 印张: 24 1/4

字数: 640千字

定价: 39.80元

“城市轨道交通系列教材”编委会

主 编	蒋葛夫	翟婉明		
副 主 编	阎开印			
编 委	张卫华	高 波	高仕斌	
	彭其渊	董大伟	潘 炜	
	郭 进	易思蓉	张 锦	
	金炜东			

前 言

城市轨道交通系统包括地铁、轻轨、磁浮交通系统和城际快速轨道交通等多种形式。随着我国社会经济发展和城市化进程的加快，城市轨道交通系统在 21 世纪面临着巨大的发展机遇。城市轨道交通工程也成为土木类专业毕业生就业的重要领域之一。

“城市轨道交通工程”是土木工程专业为适应我国城市轨道交通发展而新增加的重点专业方向之一。“城市轨道交通线路规划与设计”是该专业方向的主干课程之一。为满足该课程教学的需要，急需一本系统介绍城市轨道交通线路规划和设计基本概念、基本原理、基本方法的书。

国外尚无专门系统介绍城市轨道交通线路规划与设计的书。国内的相似教材有同济大学叶霞飞著《城市轨道交通规划与设计》、北京交通大学毛保华著《城市轨道交通规划与设计》。这两种书主要针对交通运输专业的教学内容，着重介绍系统规划的内容，而对有关线路设计的知识，仅是概略介绍，并不适合“城市轨道交通线路规划与设计”课程使用。

笔者作为我国首届城市轨道交通中青年专家之一，于 2000 年就为土木工程专业开设了“城市轨道交通线路规划与设计”课程，并根据多年从事城市轨道交通系统线路规划与设计科学研究、教学和工程咨询中所积累的知识和经验，在参考大量书籍和资料的基础上编写了同名讲义。经过 10 余年的试用，讲义不断得以完善，城市轨道交通工程线路与车站设计的部分内容已纳入《铁路选线设计（第二版）》和《铁路选线设计（第三版）》。《铁路选线设计》被相关院校广泛使用，受到使用者一致好评，并获 2007 年“四川出版奖—图书奖”一等奖，2011 年被评为普通高等教育国家级精品教材。

本书以标准轨距轮轨城市轨道交通系统线路规划与设计的基本理论和方法的阐述为重点，兼顾轻轨系统、磁浮交通和城际铁路等其他城市轨道交通系统线路规划与设计的理论和方法的介绍。

本书第一章介绍了城市轨道交通系统分类及特点、城市轨道交通的地位与作用、城市轨道交通发展概况和我国城市轨道交通系统基本建设程序；第二章概略介绍了城市轨道交通系统设计基础所涉及的车辆、信号与列车控制、供电系统、城市轨道交通列车开行计划、旅客输送能力和城市轨道交通车辆牵引计算等基础性知识；第三章介绍了城市轨道交通需求预测中的资料采集与交通调查方法、四阶段交通需求预测方法、出行生成的预测、分布交通量的预测、交通方式划分、轨道交通量分配等基本原理和方法；第四章介绍了线网规划设计原则与规划内容、轨道交通线网合理规模、城市轨道交通线网结

构、城市轨道交通线网设计、轻轨交通线网规划、轨道交通线网方案评价等城市轨道交通线网规划与设计的基本原理和方法；第五章介绍了线路走向、线路平面位置与敷设方式选择、车站与主要换乘点分布、车辆段及基地选址、联络线分布等轨道交通综合选线知识，并结合工程实际，介绍了轨道交通综合选线实例分析；第六章系统介绍了轨道交通线路平面线形、直线、圆曲线、缓和曲线，平面设计计算、区间正线线间距、第二线平面计算设计等线路平面设计理论和方法；第七章介绍了线路坡度设计、坡段连接、坡段长度、坡段设计对行车费用的影响、线路纵断面设计方法等轨道交通线路纵断面设计理论和方法；第八章介绍了轨道交通限界的种类、区间直线地段的限界、限界设计方法、横断面设计等城市轨道交通限界与横断面设计理论与方法；第九章从车站分类、中间站设计、换乘站设计、车辆段与停车场、城市轨道交通枢纽规划与设计等方面系统介绍了城市轨道交通车站设计的原理和方法；最后第十章，介绍了城市轨道交通轨道结构设计的基本知识。

本书第十章由张家岭参与编写。在本书的编写过程中，笔者参阅了国内外大量优秀教材和学术论著，在此，谨向书中提到的和参考文献中列出的诸位学者表示衷心的感谢。

感谢科学出版社对本书编辑出版过程的热心支持和许多建设性的建议。

由于编写这方面的教材还是初次尝试，书中内容不尽完善，热忱希望同行专家及使用本书的读者提出宝贵意见，并将其函告西南交通大学土木工程学院道路与铁道工程系（邮政编码 610031），以便修订时参考。

编著者

2013年1月

于成都西南交通大学

目 录

前言	
第一章 绪论	1
第一节 城市轨道交通系统分类及特点	1
第二节 城市轨道交通的地位与作用	6
第三节 城市轨道交通发展概况	11
第四节 我国城市轨道交通系统基本建设程序	29
第二章 城市轨道交通系统设计基础	34
第一节 车辆	34
第二节 信号与列车控制	42
第三节 供电系统	45
第四节 城市轨道交通列车开行计划	49
第五节 旅客输送能力	56
第六节 城市轨道交通车辆牵引计算	60
第三章 城市轨道交通需求预测	78
第一节 概述	78
第二节 资料采集与交通调查	80
第三节 四阶段交通需求预测方法	96
第四节 出行生成的预测	98
第五节 分布交通量的预测	101
第六节 交通方式划分	107
第七节 轨道交通量分配	114
第八节 轨道交通线网初客流量预测	115
第九节 我国轨道交通客流量预测现状	117
第四章 轨道交通线网规划	119
第一节 轨道交通线网规划概述	119
第二节 轨道交通线网规划的原则与内容	120
第三节 轨道交通线网合理规模	128

第四节	城市轨道交通线网结构	137
第五节	城市轨道交通线网设计	143
第六节	轨道交通线网方案评价	155
第五章	轨道交通综合选线	169
第一节	概述	169
第二节	线路走向与路由	169
第三节	线路平面位置与敷设方式选择	176
第四节	车站与主要换乘点分布	181
第五节	车辆段及基地选址	192
第六节	联络线分布	196
第七节	轨道交通选线实例分析	204
第六章	线路平面设计	210
第一节	概述	210
第二节	直线	212
第三节	圆曲线	215
第四节	缓和曲线	224
第五节	平面设计计算	231
第六节	区间正线线间距	233
第七节	第二线平面计算	239
第八节	线路平面图	249
第七章	线路纵断面设计	254
第一节	概述	254
第二节	线路坡度设计	254
第三节	坡段连接	260
第四节	坡段长度	265
第五节	坡段设计对行车费用的影响	268
第六节	线路纵断面设计方法	270
第八章	限界与横断面	275
第一节	概述	275
第二节	限界的种类	275
第九章	城市轨道交通车站设计	293
第一节	车站分类	293
第二节	中间站设计	294
第三节	换乘站设计	303
第四节	车辆段与停车场	320

第五节 城市轨道交通枢纽规划与设计	332
第十章 轨道结构	343
第一节 钢轨	343
第二节 扣件	346
第三节 轨枕	355
第四节 道床	356
第五节 道岔	362
第六节 轨距加宽	366
第七节 无缝线路	367
参考文献	377

第一章 绪 论

第一节 城市轨道交通系统分类及特点

一、城市轨道交通系统分类

城市中使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系统。城市轨道交通系统是依据城市交通总体规划的要求，设置全封闭或部分封闭的专用轨道线路，以列车或单车形式，运送相当规模客流量的公共交通方式。

目前，世界上已有 40 多个国家的 140 多个城市拥有或正在规划建设城市轨道交通系统。城市轨道交通可按构筑物形态、运营方式、适用车辆类型及运输能力等进行分类。

按构筑物的形态或轨道相对于地面的位置划分，城市轨道交通可分为以下三类。

- (1) 地下铁道：位于地下隧道内的铁路称为地下铁道；
- (2) 地面铁路：位于地面的铁路称为地面铁路；
- (3) 高架铁路：位于地面高架桥上的铁路称为高架铁路。

按运营方式划分，城市轨道交通可分为以下三类。

(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 1 km 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，包含地面线路或高架线路。

(3) 市郊铁路：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城市的政府，而属于铁路部门，主要运送城市郊区与市区间的乘客，故也称为通勤铁路。这种铁路通常在郊区采用平交道口形式，在市区为高架或地下铁路。其站间距长，运营组织方式与城市间铁路相近，可开行不停靠全部或部分中间站的直达列车。

按车辆类型及运输能力划分，城市轨道交通可分为地下铁道、轻轨交通、单轨交通、有轨电车、自动导向轨道交通、磁悬浮轨道交通、直线电机轨道交通和市域快速轨道交通等类型。常用的是前面 5 种。

(1) 地下铁道。简称地铁，是一种大运量的轨道运输系统，采用钢轮钢轨体系，标准轨距为 1435 mm，主要在大城市地下空间修筑的隧道中运行，当条件允许时，也可穿出地面，在地面或高架桥上运行。按照选用车型的不同，又可分为常规地铁和小断面地铁，根据线路客运规模的不同，又可分为高运量地铁和大运量地铁。国际隧道协会将地铁定义为轴重相对较重，单方向输送能力在 3 万人次/h 以上的城市轨道交通系统。一般线路

全封闭,在市中心区全部或大部分位于地下隧道内,因而可实现信号控制的自动化,具有容量大、速度快、安全、准时、舒适、运输成本低、不占城市用地,但建设成本高等特点,适用于出行距离较长、客运量需求大的城市中心区域。一般认为人口超过百万的大城市就应考虑修建地铁。地铁系统常用车型有 A 型车、B 型车和 Lb 型车(直线电机)。

(2)轻轨交通。在有轨电车的基础上发展起来的城市轨道交通系统,是一种中运量的轨道运输系统,采用钢轮钢轨体系,标准轨距为 1435 mm,主要在城市地面或高架桥上运行,线路采用地面专用轨道或高架轨道,若遇繁华街区,也可进入地下或与地铁接轨。输送能力为 1.5 万~3.0 万人次/h。它的车辆轴重较轻,施加在轨道上的荷载相对于城市铁路和地铁的荷载来说比较轻,因而称为轻轨。站台标准有高低之分,路权形式也有多种。它具有运量较大、速度快、乘坐舒适、安全、运行经济、建设成本低等特点。其基本车型有 C 型车和 Lb 型直线电机车辆。

(3)单轨交通。又称为独轨交通,是一种车辆与特制轨道梁组合成一体运行的中运量轨道运输系统,轨道梁不仅是车辆的承重结构,同时也是车辆运行的导向系统。单轨系统可分为跨座式和悬挂式两种,前者跨在一根走行轨道上行走,其重心位于走行轨道上方;后者车辆悬挂于可在轨道梁上行走的走行装置的下面,其重心处于轨道梁的下方。因其轨道梁比较窄,仅为 85 cm,故具有对城市的景观及日照影响较小、通过小半径曲线能力和爬坡能力强等优点。但是,独轨车有运能小、速度低、能耗大、粉尘污染等缺点。由于橡胶粉尘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大约 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,疏散和救援工作都比较困难。该系统适宜于在市区较窄的街道上建造高架线路。其占地面积少,建设适应性较强,主要适用于:城市道路高差较大、道路半径小及线路地形条件较差的地区;旧城改造已基本完成且改造后的城市道路比较狭窄的地区;市郊与城区之间的联络线;旅游区或景点的观光线路。目前,单轨交通多用于运动会、体育场、机场和大型展览会等场所与市区的短途联系。

(4)有轨电车。通常采用地面线,有时有隔离的专用路基和轨道。隧道或高架区间仅在交通拥挤的地带才采用有轨电车。旧式的有轨电车由于与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。现代有轨电车与性能较差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 20 km/h,单向运能可达 2 万人次/h。在有轨电车的基础上发展起来的城市轨道交通系统,输送能力为 1.5 万~3.0 万人次/h。它的车辆轴重较轻,施加在轨道上的荷载相对于城市铁路和地铁的荷载来说比较轻,因而称为轻轨。站台标准有高低之分,路权形式也有多种。它具有运量较大、速度快、乘坐舒适、安全、运行经济、建设成本低等特点。

(5)自动导向轨道交通。是一种车辆采用橡胶轮胎在专用轨道上运行的中运量旅客运输系统。其列车沿着特制的导向装置行驶,车辆运行和车站管理采用计算机控制,可实现全自动化和无人驾驶,通常在繁华市区线路可采用地下隧道,市区边缘或郊区宜采用高架结构(如巴黎 14 号线、日本海鸥线)。系统适用于机场专线或城市中客流相对集中的

点到点运营线路。

(6)磁悬浮轨道交通。在常温条件下,利用电导磁力悬浮技术使列车上浮,从而克服阻力,因此,车厢不需要车轮、车轴、齿轮传动机构和架空电线网,列车运行方式为悬浮状态,采用直线电机驱动行驶,主要在高架桥上运行,特殊地段也可在地面或地下隧道中运行。目前用于城市客运交通系统的基本车型有高速磁悬浮列车(最高速度为400~500 km/h)和中、低速磁悬浮列车(最高速度为100 km/h)。

(7)直线电机轨道交通。是在传统旋转电机的基础上发展起来的,具有完全不同的驱动特点。车辆与轨道之间实现了无接触的牵引和制动特性。将旋转电机转变为扁平的直线感应电机后,使得车厢底板高度降低、车辆断面小、轴重轻、动力性能好,相比旋转电机轨道交通有许多优势。实践证明,直线电机轨道交通具有爬坡能力强、曲线半径小、噪声低、维修工作量小、安全性能好等优点,适合在城市地形复杂、地面建筑物密集、地下空间资源紧张的大中城市中采用。在城市内,直线电机轨道交通建在地下,可充分发挥选线灵活的特点,可穿越已有地铁、河流;在郊区,采用高架线可充分发挥车辆轴重轻,横断面小和振动、噪声较小的特点,与周边环境能很好地结合,具有良好的景观效果。然而,由于直线电机定子与感应板之间存在一定的间隙(8~12 mm),直线电机车辆的牵引耗能在一定程度上高于旋转电机车辆。

(8)市域快速轨道交通。是一种大运量的轨道运输系统,客流量可达到20万~45万人次/d(一般不采用高峰小时客运量的概念)。市域快速轨道交通适用于城市区域内重大经济区之间中长距离的客运交通。由于其设站较为稀疏,站间距普遍较大,因此,可选用车速较高(120~160 km/h)的车型。

各种城市轨道交通系统的主要特点如表1-1、表1-2所示。

表 1-1 几种城市轨道交通系统的主要指标

指标		地铁	轻轨交通	独轨交通	有轨电车	直线电机
平均站间距离/m	市区	500~800	800~1000	600~1200	700~1500	1000左右
	市郊	1000以上	1000以上	—	2000以上	2000左右
最高行车速度/km		90	80	80	60	80~110
旅行速度/(km·h ⁻¹)		30~45	25~35	18~43	16~20	30~40
行车最小间隔/s		50~90	90	90	90	120
每辆车容量/人		150~310	190~336	80~180	110	97~205
列车编组/辆		4~10	2~6	2~6	1~3	1~4
单向运输能力/(万人次·h ⁻¹)		3~8	2~4	1~3	1~1.4	1.3~3.3

表 1-2 各种城市轨道交通系统特性比较表

中类	地铁			轻轨交通				有轨电车	磁悬浮交通		自动导向轨道交通	市域快速轨道交通
	A型车	B型车	直线电机B型车	C型车	直线电机C型车	跨座式单轨	悬挂式单轨		D型车	中低速		
线路形式	全封闭			全封闭或半封闭		全封闭		半封闭或混行	全封闭		全封闭	全封闭或半封闭
运量等级	大	大	大	中	中	中	低	低	中	中	中	中

续表

中类	地铁			轻轨交通				有轨 电车	磁悬浮交通		自动导向 轨道交通	市域快速 轨道交通
	运能 (万人次·h ⁻¹)	3~5	3~4	2~4	3~4	1~3	0.8~ 1.25		0.6~1	2~3		
最高速度 (km·h ⁻¹)	≥80			≥80	≥80	≥70	≥100 ≤150	≥400	—	≥80 ≤160		
速度/(km·h ⁻¹)	≥35	≥35	≥35	25~35	25~35	30~35	≥20	15~25	—	—	≥20	—
编组辆数/辆	4~8	1~3	2~6	4~6	—	1~2	3~8	5~8	2~6	—		
列车最大长度/m	100~ 190	80~ 160	70~140	60~90	35~100	60~85	—	25	40~ 150	130~ 260	17~52	—
适用范围	地下、地面 或高架			高架、地面 或地下		高架		地面	高架或地面		高架 或地下	市域中、 长距离客 运交通

二、城市轨道交通系统特点

城市轨道交通系统与道路交通系统都属于城市公共交通系统，但城市轨道交通系统有着道路系统无法比拟的优点。

(1)运营速度快、运载能力大。运营速度是指全程运行时间(包括停靠时间)内的平均速度。道路系统交叉点多，区间段短，各种交通流相互交织，交通组织比较复杂，目前我国大城市的常规道路公共交通运营速度平均仅为12~18 km/h。城市轨道交通系统则不受其他交通系统的干扰，运营速度较高，市区线速度为40~50 km/h，市域线一般在60 km/h左右，最高可达120~160 km/h。因此城市轨道交通系统的准点率也较高。普通公共汽车每车平均约载80人，若每分钟发车一次，在忽略其他影响因素的情况下，大容量公共汽车每小时允许客运量约为1万人次；而轻轨每车可载250人，每小时可发车30次，以其挂接车辆数为4计，则每小时可载3万人次；地铁由于在地下运行，不占城市地面资源，编组数更多，可达8~10辆，其小时客运输送能力可达6万人次以上。

(2)能源消耗低，对环境的影响小。由表1-3可知，轨道交通每位乘客的每千米必需能耗是209 kJ，私人汽车的能耗是轨道交通的12倍，公共汽车是轨道交通的3倍多一些。

表 1-3 不同运输方式的能量消耗

运输方式	能量消耗/[kJ·(人·km) ⁻¹]	比率
私人汽车	2480	11.9
公共汽车	670	2.31
轨道交通	209	1.0

城市交通系统对环境的影响可粗略地用市容、大气污染、噪声三个指标来衡量。地铁系统大多建在地面以下，对城市原有的风貌和地面建筑没有影响，也不会增加地面交通的拥挤和噪声、废气等污染。轻轨交通系统的地面线路部分对城市的市容风貌也几乎

没有不利影响,甚至还可给城市增加部分景观。质量良好的轻轨车辆运行时噪声一般可控制在 75 dB(A)以下(距轨道 15 m 处测量值),在高架线路上运行的轻轨车辆采取适当的消噪措施后,也可将噪声控制在 80 dB(A)以下,均比公共汽车的噪声[85 dB(A)]低。而且,以电传动的轨道车辆不会产生任何燃烧废气,与以内燃机驱动的汽车相比具有绝对的环保优势。总而言之,从对城市环境的影响程度来看,轻轨、地铁远优于汽车。表 1-4 给出了轨道交通和汽车产生的有害气体的比较。其中需要特别注意的是,给全球气候带来严重危害的 CO_2 , 汽车的单位释放量是轨道交通的 26.70 倍。

表 1-4 不同交通工具产生的有害气体的比较

方式	CO_x	NO_x	SO_x
汽车/ $[\text{g} \cdot (\text{人} \cdot \text{km})^{-1}]$	1230	2.57	0.21
轨道交通/ $[\text{g} \cdot (\text{人} \cdot \text{km})^{-1}]$	46	1.79	0.11
汽车/轨道交通	26.70	1.40	1.90

占有土地资源方面,假如城市轨道交通为 0.2 m^2 ,则公共电(汽)车、小型汽车、摩托车、自行车占地分别是它的 4.6 倍、115 倍、100 倍和 50 倍。城市轨道交通发展到一定规模后,可以明显减少交通用地需求。从长远来看,随着城市土地不断增值,城市轨道交通节约的用地将产生十分可观的收益。除此之外,轨道交通客运量大、速度快的特点,也能对城市及其周边的土地利用产生巨大影响,有利于集约利用土地资源。

(3)安全与公平兼顾。城市轨道交通一般都设有护栏,运行在专用轨道上,没有车辆和人群的干扰,再加上轨道交通一般都安装了自动列车监控系统(automatic train supervision, ATS)、自动列车控制系统(automatic train control, ATC)和自动列车运行装置(automatic train operation, ATO),并全部由电子计算机操纵,因此很少出现交通事故。相反,汽车在行驶过程中与其他机动车、非机动车、行人等有较多路线交叉,在这种情况下,汽车运输造成的伤亡率远远超过轨道交通。两者的伤亡比较见表 1-5。从表中可以得出,汽车运输的死亡率是轨道交通的 225.8 倍,伤害率是轨道交通的 8078 倍。

表 1-5 轨道交通和汽车的伤亡比较 [单位:人·(10 亿人·km) $^{-1}$]

方式	死亡	伤害
轨道交通	0.053	0.106
汽车	11.97	856.3

以轨道交通为主体的城市交通对保障市民出行的安全十分有利,同时作为公共交通工具也使大多数市民能公平地享有高效便捷的交通设施,体现了生态城市的“安全与公平”原则。

(4)促进城市产业及经济加速发展。城市轨道交通作为一个长期性的固定资产投资项,是实现经济跨越式发展和改善城市经济结构的引擎,为城市相关产业发展、商业贸易繁荣和产业结构升级提供了持久性动力。在带动产业发展方面,城市轨道交通的发展涉及建筑、设计、监理、建材、机械制造、信息、电子、冶金、装备制造等城市产业,城市轨道交通项目的巨大投资可有效带动相关产业和城市经济的发展;在促进商业繁荣

方面，城市轨道交通网络具有强大的资源聚集和释放效应，使网内的客流、物流、资金流、信息流等资源和服务在城市各区域乃至城市间快速流通，促进房地产、商贸、旅游、娱乐等城市商业的繁荣；在改善经济结构方面，城市轨道交通发展将有效提升设计、监理、咨询、培训、保险等城市高端服务业在国民经济中的比重，同时城市轨道交通项目的固定资产投资具有强大的投资杠杆效应，可以带动电子信息、机电设备、装备制造等先进制造业的发展。

第二节 城市轨道交通的地位与作用

一、解决城市公共交通问题的途径

随着城市的发展以及人们生活水平的提高，人们的出行次数和出行距离均有增加，交通流量更有大幅度增加。根据预测，到2020年，我国20多个大城市主要干道的高峰小时单向断面客流量将高达3万~7万人次/h。如此巨大的客流量，单采用运能0.8万~0.9万人次/h的公共汽车已不能解决问题，与机动车道分离行驶的自行车只能作为短途客运的补充，而大量发展私人轿车更不符合中国国情。我国许多大城市建设用地十分有限，不能无限扩展道路。

城市轨道交通因其运量大、快速、正点、低能耗、少污染、乘坐舒适方便等优点，常被称为“绿色交通”。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、住房紧张、交通阻塞、环境污染严重、能源匮乏等所谓“城市问题”。城市轨道交通经过150多年的发展，机车车辆、自动控制、通信和信号等技术有了很大进步，很多方面代表和体现了当今高新技术发展的水平。发达国家的经验表明，城市轨道交通是解决大中城市公共交通运输的根本途径。

因此，应结合城市的总体规划，做好城市快速轨道交通规划，有计划、分期分批地建造地下铁道、城市轻轨、市郊快速铁路、市域快速轨道交通、城际快速轨道交通，并与公共汽车、出租车轮渡、铁路等交通工具有机结合，互为补充。

二、发展城市轨道交通系统，适应发展绿色城市的要求

按构筑物的形态或轨道交通相对于地面的位置划分，城市轨道交通可分为地下铁路（地铁）、地面铁路和高架铁路。

地铁由于建于地下，因此对周围环境无噪音、景观等方面的影响，占地也甚少，还有运量大、速度快、安全准时、不受其他交通干扰、能充分利用城市地下空间等优点；在城市中心区，人口密集，客流集中，而且商业发达，建筑密集，应以重点发展地下铁道为主。但是地铁建设耗资巨大，且施工周期长。据资料估算，在运送能力相同的情况下，轨道交通线区间的高架线路造价约为隧道的1/3；高架车站约为地下车站的1/9；与

地铁相比,高架铁路不仅能降低土建工程造价,而且还可节省通风、环控、排水沟、照明及防灾等机电设备的投资,同时还能大大缩短工期。因此,结合城市的道路情况和规划情况,合理地进行城市轨道交通地下、地面、高架各个段落的研究,对于节省投资、缩短建设工期、加速城市轨道交通建设的实际需求至关重要。为了节省投资,在客流达不到地铁标准的情况下,可以考虑修建高架轨道交通线路。

由于高架铁路建造在地上,所以能否在市区建造高架铁路的关键在于其带来的噪音、景观影响及其系统模式。国外经验表明,尽管在城市中心区采用地面线、高架线存在破坏城市景观、噪音大、扰民等不利方面,但只要规划设计得当,这些缺点都是能够克服的。在发达国家,城市轨道交通也绝非全在地下,甚至有的较繁华的市区也有高架线和地面线。如世界著名的旅游城市夏威夷的檀香山建了一条全封闭的高架线路,设计得比较讲究,不但不会破坏景观,而且还可以给环境增色。

目前,世界各国在高架轨道的噪音治理及高架轨道与周围环境协调的研究上已取得了一系列成果,高架铁路在国外大城市中得到了广泛应用。我国的上海、大连、沈阳等城市也都在拟建高架轨道交通系统。实践表明,线路高架化可以有效地克服城市地下水水位高、土质差等自然条件对地下线路建设和使用带来的不利因素。它也是降低造价和运营费用以及缩短工期的最有效措施。在市区采用高架铁路的最大障碍是噪音和景观问题。高架铁路的景观也与高架道路一样,可通过一些工程技术措施和美学设计,使其造型简洁、美观,与周围环境协调,富有时代气息。一般而言,高架铁路的荷载比高架道路轻,车道窄,因而高架铁路的桥梁、立柱可以做得更轻巧细小。其景观问题比高架道路更容易处理,且无废气污染。据国外资料,高架轨道的噪音比高架道路的低,只要设计合理,高架铁路的景观问题不会成为它在市区修建的障碍。在噪音污染方面,可通过优化线路平面和空间位置,合理规划轨道交通线路两侧土地用途,来克服轨道交通噪音给环境带来的不利影响。

城市轨道交通类型选择应与城市地形地理相协调。对于山城,由于城市建筑本身具有层次感,轨道交通选择高架线路,能较好地与环境景观协调一致。例如日本东京市区至机场的高架轨道交通线路,不仅没有破坏城市环境,相反成为了城市的一个景观。由于东京是一座山城,高架轨道交通线路在市区穿过,远看像一条城市的腰带,乘坐列车中的乘客不仅会有在建筑群中穿行的感觉,还可以在半山腰观看东京市景。中国的重庆也是一座山城,城市的建筑和市政设施适应地形而建设,穿过市区的轨道交通采用高架线路,容易与城市整体建设协调一致,成为城市中的景观。

在平坦地形的城市中修建高架线路,若注意轨道交通线路与环境的协调一致,也会取得良好效果。穿过城市中心区的高架线路的缺点之一是破坏城市景观,如果能将轨道交通线路设计与周围市政设施建设协调一致,不仅不会破坏景观,还可增加城市美景。如将城市轨道交通通过公园、旅游景点附近的线路设计为高架线路,并且注意选择合理的设计高程,则可使轨道交通线路成为旅游景点的一道风景,一方面乘客可乘列车观光旅游景点的风景,另一方面,轨道交通线路又点缀了景点的风景。

穿过市区的高架轨道交通线路应与城市绿化带设置协调一致,或者线路从绿化带中央穿过,或者从绿化带边缘通过,高架线路两侧种植高度适度的矮树丛,使轨道交通线

路与城市绿化带融为一体。一方面绿化带隔开轨道交通通道与建筑设施,起到空间隔音屏障的作用,另一方面轨道交通线路又点缀了城市绿化带。绿化带两侧的建筑设施的布置可按商业中心和居民居住区的用途分层次布置。离轨道交通线路较近的商业中心,本身属于嘈杂环境,商业中心内的人群对周边环境的噪音敏感度低,轨道列车通过时引起的噪音完全不会干扰商业中心内人群的正常活动。商业中心外层的居民住宅区,离轨道交通线路较远,同时通过商业中心的隔断,轨道交通线路引起的噪音也完全不会干扰居民的正常生活。通过这种在平面、空间的分层次布局,线路还可改善城市建设的景观,使轨道交通成为城市绿化走廊的一个亮点。

三、城市轨道交通系统发展与城市发展的关系

国外大城市的发展表明,大城市的规模和交通系统的发展,与交通技术水平的提高有着极大的关系。由于现代交通运输技术的进步,大容量快速轨道交通系统已成为城市公共交通的骨干。这不但解决了大城市客运问题,还为大城市进一步发展提供了条件。

东京大都市圈以东京都 23 个区为中心,向外辐射半径 80 km 的城市带,包括东京都周围的埼玉县、千叶县、神奈川县等,其中城市 26 座,总面积 13400 km²,占全国面积的 3.5%,总人口 3400 万人,占全国人口的 27%,城市化水平达到 80% 以上。东京大都市圈的主要旅客运输方式是轨道交通。2003 年都市圈各种运输方式的日均旅客发送量为:JR(日本铁路公司)铁路 1457.9 万人,私营铁路 1367.2 万人,地铁 812.6 万人,公共汽车 451.7 万人,出租车 198.2 万人,路面电车 10.9 万人。目前,轨道交通承担的客运比例已经达到 86%,在高峰时段这一比例更是高达 91%,居全球首位。东京大都市圈的轨道交通路网密度非常高,轨道交通网络总长度为 2246.4 km,密度为 222 m/km²。东京 23 区的网络长度为 584.8 km,密度高达 947.8 m/km²。东京大都市圈存在的轨道交通类型有:公交型普通铁路、地铁、微型地铁、独轨铁路、定向人群运输 GMT 和有轨电车。

伦敦是英国的首都。由内伦敦 12 个区和外伦敦 20 个区组成的伦敦中心城(即伦敦的行政区域)人口 725 万人,面积为 1578 km²。伦敦轨道交通呈放射状布置,地铁线路共有 12 条,总长 415 km,市郊铁路共有 3000 km,日客流量 300 万人次,占伦敦公交总运送人数的 48%。伦敦完善的轨道交通网络也是在城市发展史上几次大的交通危机后促成的。第一次是 19 世纪中叶,由于人口增长和伦敦市区的扩张,城市交通一度处于极度拥挤的状态,为缓解危机,伦敦采取了将客运铁路引入市内的做法;第二次是在 19 世纪末,由于经济的发展和伦敦市区的不断外延,再次导致了市中心的交通拥堵,伦敦的应对措施是大量修建地铁。至 20 世纪初,伦敦具备了较为完善的内城地铁系统。

大巴黎地区总面积 12072 km²,占全国国土面积的 2.2%,拥有 1096.5 万人口,占法国总人口的 18.9%,大约 950 万人居住在建成区,人口密度为 902 人/km²,它包括 8 个县区连同巴黎及 3 个密集城市化区,再加上 5 个新城和 1281 个自治公社管理区。这种结构形式是大巴黎地区行政区划的典型代表。巴黎城市的发展主要分为两个阶段。一是战后重建阶段,二次世界大战之后,法国同欧洲各国一样,城市规划建设工作的重点是