

高等学校“十二五”规划教材

城市轨道交通概论

付晓凤 主编 王肇飞 牛世峰 何宏宇 副主编

CHENGSHI GUIDAO
JIAOTONG GAILUN



化学工业出版社

高等学校“十二五”规划教材

城市轨道交通概论

付晓凤 主编

王肇飞 牛世峰 何宏宇 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以城市轨道交通系统构成及各部分功能为主线,结合国内外城市轨道交通的最新发展理论、技术和实际情况,论述了城市交通的发展趋势和模式,阐述了城市轨道交通的常见方式和最新形式;系统介绍了城市轨道交通的线路、车站、车辆、牵引供电系统、列车控制和综合监控系统设备及其最新发展状况;理论结合实际,论述了城市轨道交通网络规划理论和方法,以城市轨道交通为骨干的城市交通一体化理论及协调方法;最后论述了城市轨道交通系统的技术分析和运营、国民经济评价方法及其应用。

本书可作为交通运输规划与管理及轨道交通各相关专业的专业本科生、专科生教材,也可作为轨道交通运营现场的培训教材及相关专业科研、教学参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通概论/付晓凤主编. —北京:化学工业出版社, 2013. 7
高等学校“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-17620-2

I. ①城… II. ①付… 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 127414 号

责任编辑:陶艳玲
责任校对:宋 玮

装帧设计:关 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷:北京云浩印刷有限责任公司
装 订:三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 18 $\frac{1}{4}$ 字数 457 千字 2013 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:38.00 元

版权所有 违者必究

《城市轨道交通概论》编审人员

主 编 付晓凤

副 主 编 王肇飞 牛世峰 何宏宇

参编人员 陈聪聪 李晓伟 马 兰 张 娟

主 审 刘浩学 彭 辉

前言

从世界各大城市的交通发展趋势来看，城市轨道交通以其绿色、环保、节能、快速、大容量等特点，和公共交通一道，逐渐成为未来城市交通发展的骨架和主要形式。随着中国经济的快速发展，迅速增长的交通量使得城市交通的问题日益严重。城市轨道交通对城市影响的作用被越来越多的国家和城市所重视，近年来，中国大城市轨道交通进入了快速发展的阶段，预计到“十二五”规划末期，中国内地城市轨道交通运营里程将增长至3000km左右，成为世界上轨道交通发展最快、规模最大的国家。

城市轨道交通的建设和发展，是一个涉及面广、技术含量高、投资巨大、综合性很强的复杂系统工程。城市轨道交通系统是轨道交通方式、技术、运营管理的集成，发展城市轨道交通有赖于城市的发展和经济的支持。只有形成一定规模的轨道交通网络，建设完善的安全保障系统、设备检测和维护系统、牵引供电系统、运营指挥管理系统、换乘等综合支持系统，才能更好地发挥其效能，成为城市交通的支撑。

为了满足我国城市轨道交通建设、快速发展及管理的迫切需要，满足教学和科研的需要，基于大量教学资料和长期从事科研工作，本书的编者通过深入细致的调查研究，将有关资料归纳汇总，上升到理论高度，并结合城市轨道交通发展的最新技术和发展动向，完成了本书的编写工作。

教材在编写过程中力求凸显特色，内容丰富多样。结合城轨发展的实际、科研和学习的需要，注重激发学生学习兴趣与探索精神。教材内容上呈现知识的整体性、统一协调性，体现知识的新颖性和连贯性，有利于发挥学生的能动性，有利于教师进行创造性教学。全书涵盖知识面广，又不失简明扼要，资料数据和实例丰富翔实，可作为交通运输规划与管理及轨道交通各相关专业的专业基础课必修教材，也可作为轨道交通运营现场的培训教材及相关专业科研或教学参考书。

本书共九章，具体编写分工如下。第一章、第六章由西安建筑科技大学付晓凤执笔，第二章由山东交通学院何宏宇执笔，第三章由西安建筑科技大学李晓伟执笔，第四章由山东交通学院陈聪聪执笔，第五章由西安建筑科技大学王肇飞执笔，第七章、第八章由长安大学牛世峰执笔，第九章由西安建筑科技大学付晓凤、张娟、马兰执笔完成。全书由付晓凤、王肇飞统筹定稿，长安大学刘浩学、彭辉教授审稿。

本书在编写过程中还得到了西安地铁公司的大力帮助，兰州交通大学的广小平教授、郭宝林，西安铁路局刘生荣等的悉心指导和帮助，在此表示衷心感谢！

由于城市轨道交通技术的快速发展，我国城市轨道交通系统管理模式不一，设备上缺乏统一的标准，教材虽经反复斟酌、校对，但由于编者水平有限，疏忽和纰漏之处在所难免，恳请各位同仁及读者批评、指正。

编者

2013年5月

目 录

第一章 导论	1
第一节 城市交通系统模式.....	1
第二节 城市轨道交通系统.....	7
第三节 城市新型轨道交通系统	10
本章小结	24
思考题	24
第二章 城市轨道交通设备系统	25
第一节 车辆	25
第二节 线路及轨道工程	31
第三节 桥隧工程	43
第四节 列车牵引与供电系统	49
第五节 列车控制与通信系统	55
第六节 环控系统	70
本章小结	73
思考题	73
第三章 城市轨道交通网络规划	74
第一节 城市轨道交通网络规划概述	74
第二节 城市轨道交通网络规划的方法体系	76
第三节 城市轨道交通系统客流预测	78
第四节 城市轨道交通线网规模	83
第五节 线网构架类型及规划方案形成	86
第六节 网络规划方案的评价	93
本章小结.....	102
思考题.....	102
第四章 线路设计	103
第一节 线路规划与选线.....	103
第二节 线路设计.....	110
第三节 线路设计实例分析.....	128
本章小结.....	133
思考题.....	133
第五章 车站及车场设计	134
第一节 车站选址.....	134
第二节 车站平面设计.....	145
第三节 城市轨道交通车场设计.....	165

本章小结·····	172
思考题·····	172
第六章 城市轨道交通运营管理·····	173
第一节 城市轨道交通系统运营管理概述·····	173
第二节 客运管理·····	174
第三节 运输计划·····	181
第四节 城市轨道交通运输能力的提高·····	190
第五节 城市轨道交通运输市场营销·····	195
第六节 城市轨道交通运营管理的发展趋势·····	202
本章小结·····	208
思考题·····	208
第七章 安全保障系统及设计·····	209
第一节 城市轨道交通安全保障系统·····	209
第二节 城市轨道交通安全防护及设计·····	216
第三节 我国城市轨道交通安全保障系统的发展方向·····	225
本章小结·····	229
思考题·····	230
第八章 以轨道交通为骨干的城市交通一体化·····	231
第一节 概述·····	231
第二节 以轨道交通为骨干的城市交通枢纽规划与设计·····	232
第三节 轨道交通与其他交通的一体化换乘衔接·····	244
本章小结·····	257
思考题·····	257
第九章 城市轨道交通系统分析评价·····	258
第一节 城市轨道交通系统技术分析·····	258
第二节 运营经济效果分析·····	265
第三节 城市轨道交通项目国民经济评价·····	275
第四节 城市轨道交通系统运营效益改善的措施·····	281
本章小结·····	284
思考题·····	284
参考文献·····	285

第一章 导 论

空前的城镇化和机动化，给城市交通带来巨大的挑战。城市交通拥堵，空气、噪声污染，能源紧缺，温室气体排放加剧，城市交通用地紧张，交通事故频发等问题日益严峻，交通需求快速增长与资源环境约束矛盾突出，严重制约了城市交通的“畅通、高效、安全、绿色”发展。发展公共交通成为城市可持续发展的前提和基础，大容量、绿色、环保、低污染的轨道交通成为大城市交通发展的必由之路。从 1863 年伦敦出现第一条地下铁道，已进入快速发展的阶段，成为大城市客运交通的主体。表 1-1 是四个城市市区的全日交通方式构成情况。

表 1-1 四大国际都市中心区全日交通方式构成 单位：%

城市	伦敦	纽约	巴黎	东京
交通方式				
小汽车	64	51	65	27
地铁及地域铁道	19	29	26	58
公共汽车	13	15	9	6
其他	4	5	0	9

高峰时期，城市轨道交通起绝对关键作用，在东京，城市轨道交通承担城市 90% 以上的交通出行量。四大城市都心部交通构成，见表 1-2。

表 1-2 都心部高峰小时交通方式构成

城市	伦敦	纽约	巴黎	东京
交通方式				
小汽车	14	16	17	6
地铁	76	75	75	91
公共汽车	8	9	6	1
摩托	2	0	2	2

第一节 城市交通系统模式

一、城市交通系统

城市交通系统是城市基础设施的重要组成部分，是城市的“供血系统”，是城市社会经济活动的纽带，城市内外联系的通道，城市规划与布局的框架，是城市现代化水平的标志。

城市交通系统的主要构成框架见图 1-1。

城市内部的地铁、轻轨、公共汽车、小汽车、摩托车、自行车、步行等构成了现代城市综合交通系统。不同交通方式有各自的特征，见表 1-3，不同的适用条件和相对服务范围，如图 1-2 所示。为此，规划设计时既要充分发挥各种交通的优势特点，又要相互补充、协调配合，合理分工协作，以发挥系统整体的效益，取得整体的社会、经济、环境效益，更好满足城市居民出行，带动城市总体发展。

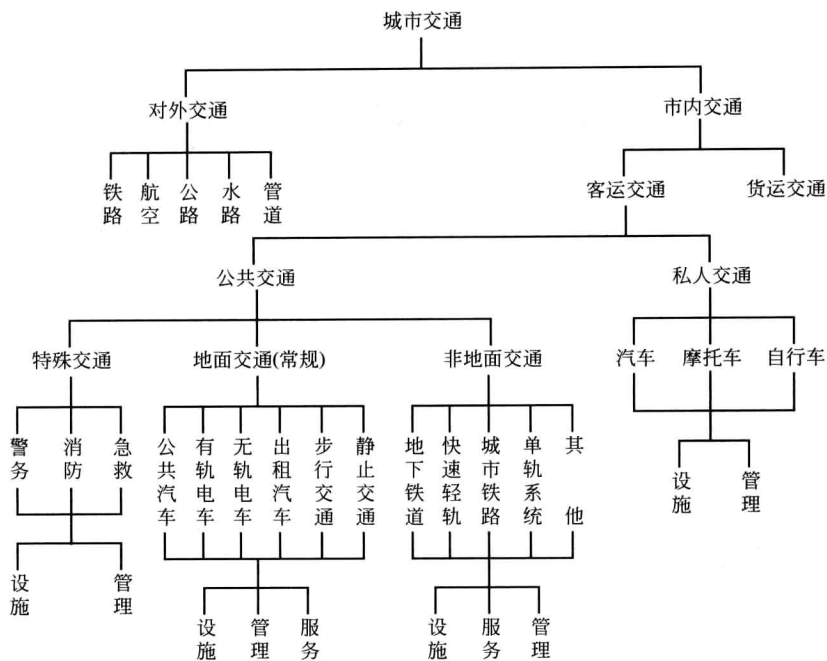


图 1-1 城市交通系统结构框架

表 1-3 城市各种客运方式的技术经济特征

交通方式	运量 /(人次/h)	占用道路 面积/m ² ·人	运行速度 /km·h ⁻¹	适用范围 /km	能耗/(千卡 /人·km)	造价 /(亿元/km)	单位投资 /(元/km)
自行车	2000	6~10	10~15	2.5	15.2		
小汽车	3000	10~20	20~50	较广	680		
常规公交	6000~9000	1~2	20~50	12~20	170		
有轨电车	10000~15000	1.2	20~30	12~18	70	0.8~1.0	1~1.25
轻轨	10000~30000	0.25~0.5	25~35	18~23	100	1~1.5	0.8~1.1
地铁	30000~80000	0	30~40	23~35	80	4~6	1.5~1.7
城市铁路	30000~50000	0.5	40~80	40~80	40	1.0~1.5	0.5~0.7

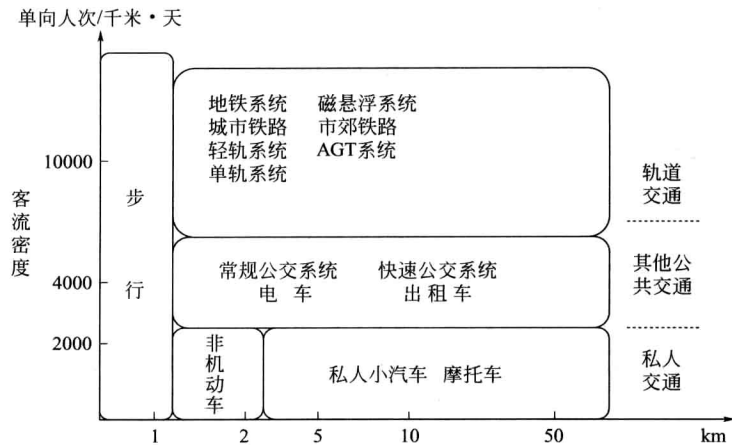


图 1-2 城市各种交通方式的适用范围

综上所述，城市各种客运交通的综合特性比较见表 1-4，用 A、B、C 分别表示优、良、一般、差。

表 1-4 城市各种客运交通的综合特性比较

交通方式	容量性	迅速性	舒适性	机动性	经济性	安全性	建设性	环保性
轨道交通	A	B	C	C	A	A	C	A
公共汽车	B	C	C	B	A	B	A	B
小汽车	C	A	A	A	C	B	C	C
自行车	C	B	C	A	A	C	A	A
步行	B	C	C	B	A	B	A	A

其中，经济性指单位运量的费用，环保性包括运输能耗，污染排放等，建设性包括投资的难易程度、建设周期、成本等。各种交通方式之间是相互影响的，如在机非混行的条件下，机动车的快速性，会降低自行车的安全性，轨道交通容量性的充分发挥，有赖于其他交通方式的良好接驳。

城市综合交通系统具有多层次的立体结构。第一层次（高架或地下全隔离系统）——轨道交通、快速干道（汽车交通）；第二层次（地面部分隔离）——轨道交通或公交干线、城市干道（汽车交通）；第三层次（延伸至居民区及其他功能区）——公交线路、城市道路（小汽车交通等）。显然，第一层次是骨架与主干（大动脉），第二层次是辅助与补充（一般血管），第三层次是集疏与延伸（毛细血管）。城市交通应建立以轨道交通为骨干、常规公交为主体、各种交通方式相互协调的城市综合交通体系。图 1-3 为城市立体化交通示意图。

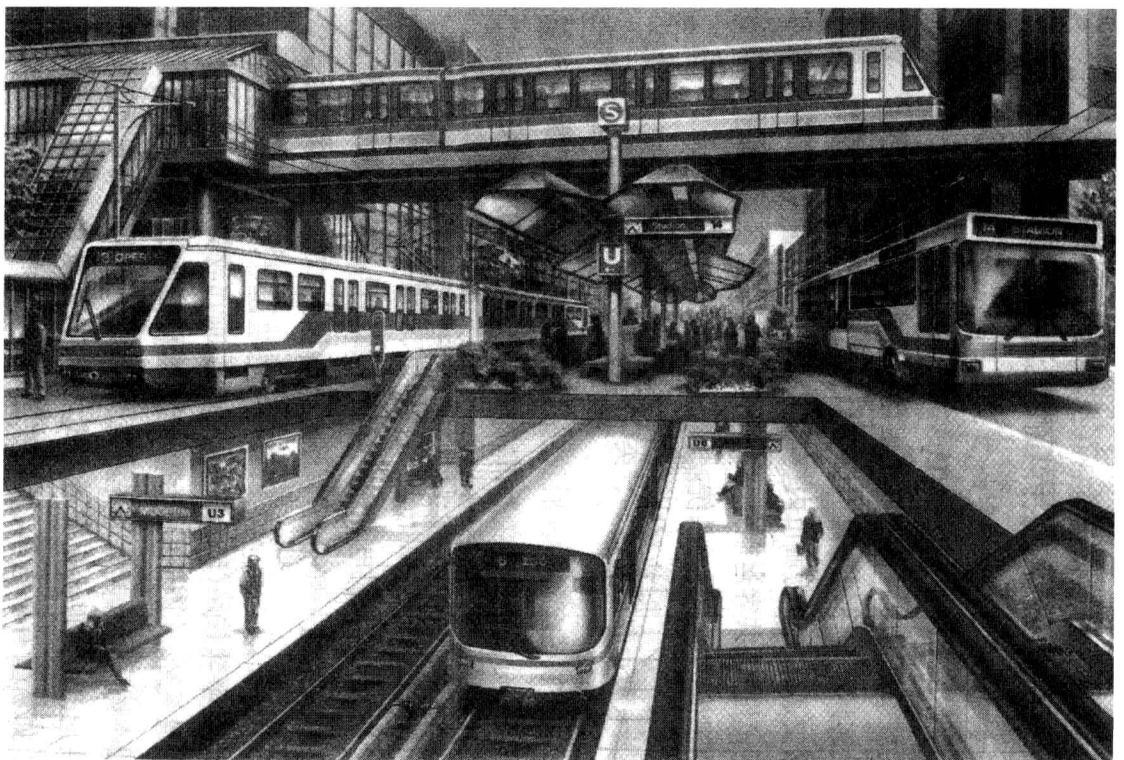


图 1-3 城市立体化交通示意图

城市交通的理想状态是：在规划上具有科学性、超前性、合理性、可调整性；在法律上具有权威性、连续性；在建设方面具有资金保障、技术先进、时机恰当的特点；在管理方面具有现代化、高效率、低成本、应变强的特点。

从发展方向上看，逐步消除混合交通，发展公共交通，完善立体交通，均衡分配交通流，增强交通对城市的正面影响，减轻交通带来的负面效应，是各个国家城市发展中面临的共同问题。

二、可持续性发展的城市交通系统

什么是可持续发展？按照世界环境和发展委员会在《我们共同的未来》中的表述，即“既满足当代人的需要，又对后代人满足其需要的能力不构成危害的发展”。《中国 21 世纪议程》认为，主要是在保持经济快速增长的同时，依靠科技进步和提高劳动者素质，不断改善发展质量，提倡适度消费和清洁生产，控制环境污染，改善生态环境，保持可持续发展的资源基础，建立“低消耗、高收益、低污染、高效益”的良性循环发展模式。

以轨道交通为基础的公共交通系统具有较大技术优势：较大的运量、有效的土地利用、每人千米较低的能量消耗和环境污染，是城市可持续发展的基础。

1. 城市交通模式

交通模式是在用地布局、人口密度、经济水平以及社会环境等特定条件下形成的交通方式结构，即各种交通方式承担出行量的比例分配。交通模式反映了城市交通的发展战略，是在战略指导下交通建设、运行、管理以及其他要素的总和。

受城市社会经济发展、布局形态、交通发展政策、居民行为等影响，没有一个城市交通系统结构完全相同。但仍可根据城市居民出行的主要交通方式，将世界交通结构模式进行归为两类基本形式：一是以发达国家和地区为代表的机动化模式，二是以不发达国家和地区为代表非机动化交通结构模式，见图 1-4。

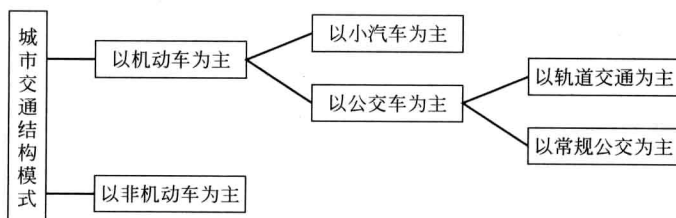


图 1-4 城市交通结构模式

进入机动化时代后，以小汽车为主的发展模式主要以欧美等发达国家为代表，占出行率的 40% 以上，如美国部分城市，见表 1-5。这种模式还需有大量基础设施建设的配合，美国城市内交通基础设施用地占市区的 30%~40%，郊区占 20% 左右，而且人口与就业各位高度分离。

表 1-5 美国部分城市居民上下班交通方式结构

城市	汽车拥有率/(辆/户)	小汽车/%	公共交通/%	其他/%
旧金山	1.1	50	33.5	16.5
芝加哥	1.1	60.8	29.7	9.5
休斯顿	1.5	87.2	6.5	6.3

以公交车为主的模式在一些人口密度较大的城市和地区加以体现。如日本、新加坡、韩

国（表 1-6）、中国香港等，美国纽约市上下班高峰期公交占 53.4%，小汽车为 32.5%。

表 1-6 韩国部分大城市客运结构

单位：%

交通方式	地铁	公共汽车	出租车	小汽车	其他
汉城	28.3	38	9.7	14.3	9.7
仁川	4.0	48.3	14.0	16.2	17.5
光州	—	53.0	22.6	12.4	12.0

由于轨道交通作为一种运量较大的交通方式，运营建设需要较大投资，在交通发达的城市，往往是轨道交通与常规公交、小汽车共同分担。

自行车为主的交通模式在一些经济欠发达的城市及中小城市中较多。如我国部分城市，另外在一些重视绿色交通发展的国家如 1986 年荷兰的代夫特（人口 8.6 万），自行车占 40%，小汽车及步行各占 25%，公交占 10%。随着居民经济水平的提高，社交范围逐渐增加，生活节奏越来越高，自行车会被摩托车、小汽车等逐渐取代。

我国交通模式的决策应本着“资源节约，效率优先，环境友好，社会公平”的原则。我国拥有占世界 20% 的 13 亿人口，石油资源仅占 2%，耕地逐步减少，快速增长的人口与自然资源短缺互为制约。应首先考虑节约能耗和合理利用资源，还要在考虑环保的情况下，适应城市的快速发展。按照可持续发展的思路，不能以环境污染为代价，来发展以机动车为主的交通模式，通过减少交通拥堵提高交通出行效率。由于我国的城市发展仍处于欠发达状态，有一部分人不能承担高成本的交通出行，从社会公平的角度来讲，应为他们提供经济合适的交通方式和环境。

不同城市由于规模大小、人口数量、居民收入情况的不同，交通需求及出行特征也不同，应采取不同的交通模式。

2. 可持续发展的中国城市交通模式

与国外城市相比，中国城市具有人口基数大、人口密度高、低收入群体多、老龄化趋势明显等特点。城市交通需求总量大、需求层次多，对公共交通的需求十分迫切。

根据中国城市状况，应充分考虑交通的“综合性与多样性”并存，并根据不同的城市规模，灵活采用。使各种交通优势互补，协调发展，采用公共交通为主的模式，这主要是由于城市人口的高密度和土地等资源短缺性决定的。

（1）大城市以公共交通为主，在不同区域采取差别化发展的交通模式。大城市经济发展水平相对较高，生活节奏快，出行强度大，必须以公交为主，优先发展公共交通。与此同时，城市中心商务区不仅人口密度大，社会活动交往比较活跃，而郊区热人口分布稀少，社会活动较少，应采取有差别的交通结构模式，表 1-7 为伦敦市的区域差异化交通模式，值得借鉴。为此一方面要控制和引导交通基础设施的建设，如市中心大力发展轨道交通，外围则提供良好的道路系统；另一方面要通过积极的交通政策引导个体交通出行行为，如对进入市中心的小汽车征收交通拥堵费，外围提供免费的停车换乘泊位，鼓励市区采取公共交通方式，限制小汽车发展，鼓励绿色环保的自行车交通。

表 1-7 伦敦市不同区域的交通模式

交通方式	轨道交通	公共汽车	小汽车	其他
市中心	50	17	20	13
伦敦西端	18	17	37	28
郊区	5	9	62	24

(2) 中等城市鼓励公共交通发展,引导小汽车发展,为自行车提供良好的交通环境。这种模式可以通过发展常规公共汽车、无轨电车、有轨电车、快速公交(BRT)等来实现。我国城区人口50万~100万的城市比较适应发展这种模式。

(3) 小城市则要引导鼓励自行车发展,引导助力车、摩托车的发展。人口在50万以下城市,适宜采用自行车、摩托车、步行等慢行交通方式。鼓励这些城市建设自行车交通网络,发展环保交通。

但大多数国家是根据客运需求,对各种轨道交通交通性能进行比较后,选择适合本城市的类型。欧洲大多数发达国家修建轻轨,并不是因为道路交通拥堵,而更侧重于环境保护的需要,鼓励市民多利用城轨公交系统,少用私家车。还有一些是为了观光游览或特殊目的,建设一些颇具特点的城市轨道交通系统。

我国交通运输“十二五规划”指出:中国城市交通可持续交通发展的目标是:通过优先发展城市公共交通,实施交通需求管理,提高公共交通分担率;实现可持续发展。可持续发展的一个重要方向是建立城市低碳交通体系。

即充分发挥轨道交通和城市公交在城市交通中的骨干作用,300万人口以上的城市加快建设以轨道交通和快速公交为骨干、以城市公共汽电车为主体的服务网络;100~300万人口的城市,加快建设以城市公共汽电车为主体、轨道交通和快速公交适度发展的公共交通服务网络;100万人口以下的城市,加快建设以城市公共汽电车为主体的公共交通服务网络。

在我国,对于特大城市可采用轨道交通主导模式,城市的通勤交通、城市用地发展主要围绕轨道交通进行。城市交通体系以轨道交通为主体,其他交通方式围绕轨道交通形成补充,共同构成一体化的综合交通体系。日本,东京大都市圈有3200万人口,280条地铁线,铁路近3000km,轨道交通每天运送3000万人次,输送86%的乘客,早高峰91%乘客选择地铁,小汽车仅占6%。东京市郊铁路最小发车间隔2分钟,最大编组15辆,每小时单方向输送能力达10万人次。我国北京、上海、天津、广州等城区人口规模500万以上的超级大城市适合发展这一模式。

还可采用组合交通模式。即城市交通体系没有明显的主导方式,针对城市自身的特点,各种交通方式充分发挥自身的优势,形成有机整体,共同为城市居民出行提供服务。这种交通模式包括大容量快速轨道交通提供走廊式快速出行服务,形成城市交通的骨干,高密度的又有公共汽(电)车线网提供服务,还有自行车、小汽车等可达性较强的交通方式。我国城区人口100万~500万的特大城市比较适合发展这种交通模式。

城市轨道交通投资大,建设周期长,为了充分发挥其优势,根据国务院办公厅《关于加强城市快速轨道交通建设管理的通知》(国办发[2003]81号),现阶段申报发展地铁的城市应达到表1-8所示的基本条件。

表 1-8 中国对城市轨道交通建设的基本条件

类型	地方财政收入/元	三年平均 财政收入/元	GDP /元	城区人口 规模	线路单向 高峰小时客流
地铁	≥100 亿	≥90 亿	≥1000 亿	≥300 万	≥3 万人次
轻轨	≥60 亿	≥55 亿	≥600 亿	≥150 万	≥1 万人次

我国各大城市应根据城市的具体情况,综合考虑,选择合理的综合交通模式。

第二节 城市轨道交通系统

一、概念

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（Rail Transit）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”。是当代城市中地铁、轻轨、单轨铁路、自动导向、磁悬浮、索道等轨道交通的总称。

绝大多数的城市轨道交通系统都是用来运载市内出行的乘客，而在很多场合下城市轨道交通系统都会被当成城市交通的骨干，用来解决城市交通拥堵等问题。

城市轨道交通系统是一个技术复杂、涉及面广的庞大的系统工程。由轨道交通方式、轨道交通技术、轨道交通运营管理系统集成。无外乎由软件和硬件系统构成，见图 1-5。

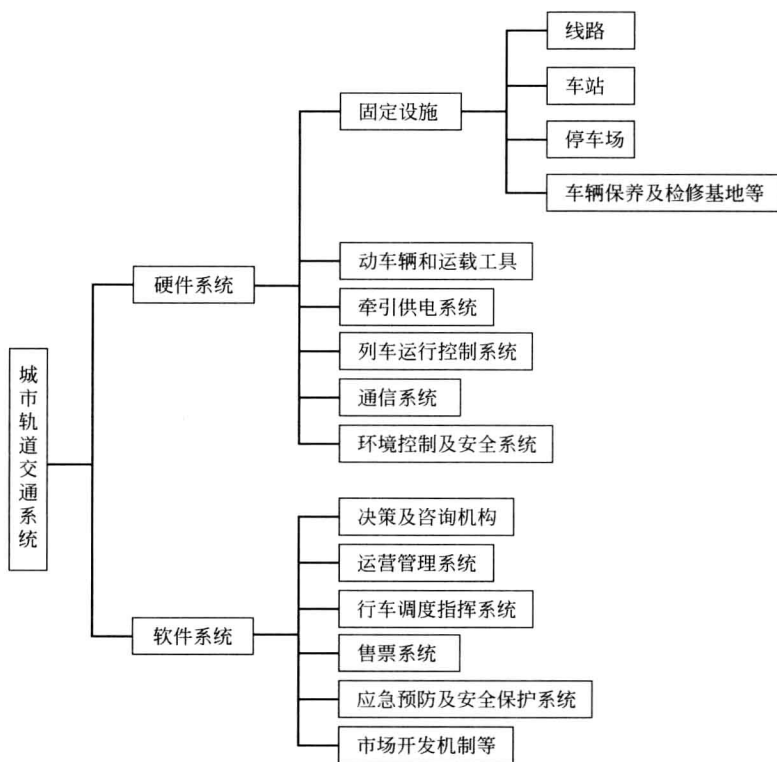


图 1-5 城市轨道交通系统构成

通常由轨道线路、车站、车辆、维护检修基地、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、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，各有关系统如线路、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。在安全保证方面，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。

为了保证列车运行安全、正点，在集中调度、统一指挥的原则下，行车组织、设备、

车辆检修、设备运行管理、安全保证等均由一系列规章制度来规范。列车运行是一个多专业、多工种配合工作，围绕安全行车这一中心而组成的有序联动、时效性极强的运营管理系统。轨道交通系统中，采用了以电子计算机处理技术为核心的各种自动化设备，从而代替人工的、机械的、电气的行车组织、设备运行和安全保证系统。如 ATC（列车自动控制）系统可以实现列车自动驾驶、自动跟踪、自动调度；SCADA（供电系统管理自动化）系统可以实现主变电所、牵引变电所、降压变电所设备系统的遥控、遥信、遥测和遥调；BAS（环境监控系统）和 FAS（火灾报警系统）可以实现车站环境控制的自动化和消防、报警系统的自动化；AFC（自动售检票系统）可以实现自动售票、检票、分类等功能。这些系统全线各自形成网络，均在 OCC（控制中心）设中心计算机，实现统一指挥，分级控制。

二、分类

城市轨道交通种类繁多，技术指标差异较大，各国评价标准不一，并无严格的分类标准如德国、奥地利等欧洲国家将城市轨道交通简单分为两大类，U-bahn：城市内的轨道交通，如地下铁道、轻轨；S-bahn：如郊区通勤铁路、铁路在城市内的延伸线等。通常可根据不同的标准对城市轨道交通基本类型进行分类。

1. 按轨道交通的技术特征分类

轨道交通按其技术特征可分为市郊铁路、地下铁道、轻轨交通、独轨交通及新交通系统等类型。如图 1-6 所示。

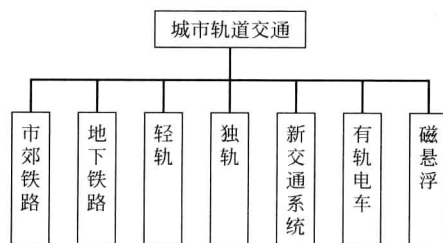


图 1-6 城市轨道交通系统类型

2. 按交通容量分类

交通容量即运送能力，指单向高峰小时的断面乘客通过量。按照不同的交通容量，轨道交通可以分为特大、大、中、小容量四个系统，如表 1-9 所示，还可如表 1-11 分得更细些。

表 1-9 按照交通容量划分的轨道交通类型

交通容量(万人/小时)	>5	2~5	1.5~3	0.5~1.5
分 类	特大	大	中	小

市郊铁路属于特大容量系统，其单向高峰小时客流量为 5 万~8 万人次，地铁属于大容量系统，其单向高峰小时客流量为 3 万~6 万人次；轻轨和独轨铁路属于中容量系统，最大断面客流量 1 万~3 万人次；低标准的轻轨和有轨电车属于小容量系统，高峰小时客流量小于 1 万人次。

3. 按路权分类

路权是指轨道交通系统运行线路与其他交通的隔离程度。以此为依据，轨道交通系统分为 A、B、C 三种基本类型。C 类即开放式系统，代表地面混合交通，不具有实体分割，

轨道交通与其他交通混合出行，在路口按照规定驾停，也可享有一定的优先权，诸如用道路标线或特殊信号等保留车道，有轨电车通常采用这种形式；B类即半封闭系统，沿行车路线采用缘石、隔离栅、高差等措施与其他交通实体隔离，但在交叉路口仍与横向的人车平交混行，受信号系统控制，一般用于1.6万人次/小时以下的小容量轨道交通系统；A类即全封闭系统，与其他交通完全隔离，不受平交道与人车的干扰，一般用于中、大容量及1.6万人次/小时以上的中等容量轨道交通系统。亦即通常所说的不隔离、半隔离、全隔离三种系统。

4. 按导向方式分类

根据不同的导向方式，轨道交通系统可分为轮轨导向及导向轮导向，钢轨钢轮系统（地铁轻轨、有轨电车）属前一类型，启动较快；单轨及新交通系统等胶轮车辆属后一类型。

5. 按轮轨支撑形式分类

轮轨支撑形式，即车辆与转移车道表面之间的垂直接触方式与运行方式。从这一标准出发，轨道交通系统可分为钢轮钢轨系统、胶轮混凝土轨系统以及特殊系统。钢轮钢轨系统包括市郊铁路、地铁、轻轨、有轨电车；胶轮混凝土轨系统主要是指单轨及新交通系统；而特殊系统则包括支撑面置于车辆之上的悬挂式单轨系统、磁悬浮式轨道交通系统等。按轮轨数又可分为双轨系统和单轨系统。

6. 若按牵引方式分类

可分为旋转式直流、交流电机牵引和直线电机牵引。

7. 按敷设方式分类

分为隧道（地下、水下）、高架、地面三种形式。大容量轨道交通在交通较为繁忙的地区采用隧道（地下、水下）、高架形式；中容量三种兼有，且不与机动车混行；小容量采用地面形式，与机动车混行，效率低。

三、常见轨道交通方式的主要技术特征

诸多轨道交通方式中，运用比较普遍的是地铁、市郊铁路、轻轨、有轨电车等。全世界，地下铁道占70%，地面和高架铁道约占30%。城市轨道交通的主要类型和特点见表1-10。

表 1-10 常见城市轨道交通的主要类型和特点

类 型	特 点
有轨电车	投资少，运营费用低，运行在城市路面线路上。车辆运行速度较低，准时性及安全性较差，线路灵活性较好，线路最大坡度10%，最小曲线半径15~25m。高峰小时运量0.6万~1.2万人次
轻 轨	车辆轴重较轻，高峰小时运量1万~2万人次。具有建设周期短和投资少，运营成本低，能适应陡弯等特点，线路最大坡度8%，最小曲线半径25m。造价仅为地铁的1/5~1/3
地 铁	地铁一般线路全封闭，在市中心，绝大部分位于地下，建设成本高，投资周期长，速度较快，运量较大，高峰小时运量3万~8万人次。线路最大坡度3%~4%，最小曲线半径300m
市郊铁路	城市中心与市郊、市郊与新修城镇、卫星城市间，地面专用铁路，也可旧线利用，工程费为高架的一半，地铁的1/5，运量大，投资少，见效快。 线路长40~80km，线路最大坡度3%，最小曲线半径200m，站距长。属于大运量快速轨道交通，高峰小时运量8万人次以上。铁路部门经营，不属于市政府

综合轨道交通的不同技术特点，我国城市轨道交通的分级方法及技术指标见表1-11。

各城市应结合自己的实际，对地铁、市郊铁路、轻轨交通等进行充分细致的技术经济比较，最终选择经济、合理、高效的轨道交通方式。

表 1-11 中国城市轨道交通技术等级及指标

系统类型		I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
		高运量地铁	大运量地铁	中运量轻轨	次中运量轻轨	低运量轻轨
适用车辆类型		A 型车	B 型车	C-I、II 型车	C-II 型车	现代有轨电车
最大客运量(单向)/(万人次/h)		4.5~7.5	3.0~5.5	1.0~3.0	0.8~2.5	0.6~1.0
线路	线路状态	隧道为主	隧道为主	地面或高架	地面为主	地面
	路用情况	专用	专用	专用	隔离或少量混用	混用为主
车站	平均站距/m	800~1500	800~1200	600~1000	600~1000	600~1000
	站台长度/m	200	200	120	<100	<60
	站台高低	高	高	高	低(高)	低
车辆	车辆宽度/m	3	2.8	2.6	2.6	2.6
	车辆定员/(站 6 人/m ²)	310	240	220	220	104~202
	最大轴重/t	16	14	11	10	9
	最大时速/(km/h)	80~100	80	80	70	45~60
	平均运行速度/(km/h)	34~40	32~40	30~40	25~35	15~25
	轨距/mm	1435	1435	1435	1435	1435
供电	额定电压/V	DC1500	DC750	DC750	DC750(600)	DC750(600)
	受电方式	架空线	第三轨	架空线/第三轨	架空线	架空线
信号	列车自动保护	有	有	有	有/无	无
	列车运行方式	ATO/司机驾驶	ATO/司机驾驶	ATO/司机驾驶	司机驾驶	司机驾驶
	行车控制技术	ATC	ATC	ATP/ATS	ATP/ATS	ATP/CTC
运营	列车编组	6~8	6~8	4~6	2~4	2
	列车最小行车间隔/s	120	120	120	150	300

第三节 城市新型轨道交通系统

一、城市新型轨道交通系统

1. 独轨交通

独轨交通也称为空轨铁道,是指以单一轨梁支撑车厢并提供导引作用而运行的轨道交通系统,采用特殊导向和转折系统。通常区分为跨座式和悬挂式两种,跨座式(图 1-7)是车辆跨坐在轨道梁上行驶,悬挂式(图 1-8)是车辆悬挂在轨道梁下方行驶。一般均采用橡胶轮胎。表 1-12 为重庆独轨交通系统技术特点。

独轨交通与轻轨交通相比,突出优点如下。

(1) 占用土地少。高架独轨不需要很大空间,每根支柱直径仅为 1~1.5m,双线轨道梁的线路断面总宽度约为 5~7m,与其他高架轻轨系统相比是最窄的。

(2) 运量较大。国外独轨列车一般由 4~6 辆组成,列车运输能力每小时为 5000~20000 人次。

(3) 能适应复杂地形要求。由于使用橡胶胎轮,可以适应复杂地形的要求,适宜在狭窄