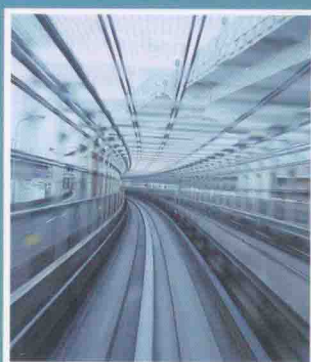




交通版高等学校交通工程专业规划教材

JIAOTONGBANGAODENGXUEXIAOJIAOTONGGONGCHENGZHUYANYEGUIHUAJIAOCAI

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GAILUN



城市轨道交通概论

蒋阳升 主 编
陈彦如 副主编
蒲 云 主 审



人民交通出版社
China Communications Press

 交通版高等学校交通工程专业规划教材

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GAILUN

城市轨道交通概论

蒋阳升 主 编

陈彦如 副主编

蒲 云 主 审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要介绍城市轨道交通系统的基本概念、基本知识和基本原理等,内容丰富全面,图文并茂,可为读者开展城市轨道交通领域的深入学习奠定基础。全书共13章,除绪论外,主要内容既涵盖城市轨道交通系统线路、车站、车辆、信号与控制系统、牵引与供电系统、信息服务系统、自动售检票系统、安全防护系统等实体组成部分,也包括城市轨道交通系统运营管理、线网规划、通行能力与服务水平、外部影响分析与评价等虚体组成部分。

本书适合作为高等院校城市轨道交通相关专业师生的教材或教学参考书籍,也可作为从事轨道交通工程技术人员参考资料和培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通概论/蒋阳升主编. —北京:人民
交通出版社,2014.3

ISBN 978-7-114-11264-5

I. ①城… II. ①蒋… 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(2014)第045401号

交通版高等学校交通工程专业规划教材

书 名:城市轨道交通概论

著 者:蒋阳升

责任编辑:郭红蕊

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.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:14.5

字 数:335千

版 次:2014年3月 第1版

印 次:2014年3月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11264-5

印 数:0001-3000册

定 价:39.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

交通版高等学校交通工程专业规划教材

编审委员会

- 主任委员:** 徐建闽(华南理工大学)
- 副主任委员:** 马健霄(南京林业大学)
- 王明生(石家庄铁道大学)
- 吴 芳(兰州交通大学)
- 张卫华(合肥工业大学)
- 陈 峻(东南大学)
- 委 员:** 王卫杰(南京工业大学)
- 王建军(长安大学)
- 龙科军(长沙理工大学)
- 朱成明(河南理工大学)
- 刘廷新(山东交通学院)
- 杜胜品(武汉科技大学)
- 李淑庆(重庆交通大学)
- 郑长江(河海大学)
- 胡启洲(南京理工大学)
- 常玉林(江苏大学)
- 蒋阳升(西南交通大学)
- 蒋惠园(武汉理工大学)
- 韩宝睿(南京林业大学)
- 靳 露(山东科技大学)
- 秘 书 长:** 张征宇(人民交通出版社)
- (按姓氏笔画排序)



目前,世界人口已超过 65 亿,随着发展中国家城镇化进程加快,城市人口越来越多,城市的规模也越来越大,全世界百万以上人口城市的数量已经超过 400 个,这给城市的发展带来了交通拥挤、环境污染与能源危机等一系列问题。

解决城市交通问题并没有一个万全之策,但发达国家、发达城市有效解决交通问题的一些共性技术和关键措施却是非常值得借鉴和参考的。大力发展城市公共交通系统,在有条件的特大和大城市优先发展大容量的轨道交通系统正是这些共性技术和关键措施之一,获得了世界范围内的共识,并在实践中不断取得成功。我国政府也已经将优先发展公共交通系统上升到国家战略层面,并正在指导实施。截至 2013 年 12 月,我国共有轨道交通运营城市 19 个,总计轨道交通运营线路达 87 条,运营长度总里程 2 539km;截至 2013 年底,我国获得国家批准建设轨道交通的城市达 37 个,高居世界第一。

这种社会的需求,已经折射到高校对城市轨道交通系统规划、建设、运营与管理人才的理念、知识和技能的培养上。近年来,不少高校开设了城市轨道交通专业或者专业方向,各类城市轨道交通系统的专业书籍不断出版,这是一件可喜可贺的好事。但与同类书籍相比,本教材在读者对象、定位、内容侧重上体现出以下几个方面不同。

本教材的主要使用对象是高等院校交通工程专业的本科学生。这一对象具有三个方面的需求特性:一是,前期并没有系统接触过城市轨道交通系统的相关基础知识,后续也基本没有城市轨道交通系统的专业课程设置,因此,本书内容上力求能够全面充分;二是,交通工程专业的学生需要掌握的是整个城市交通问题分析和解决方法,对城市轨道交通系统知识和技能的掌握应服务这一基本目标,因此本书内容取舍上坚持系统性原则,对城市轨道交通系统知识的介绍,应置于城市客运交通大系统的背景下,相关知识有所侧重;三是,交通工程专业的学生以后在城市轨道交通系统就业,主要涉及的还是需求分析、系统规划、运输组织、车站运营等工作,对具体的线路、车辆、供电、牵引等硬件设施和技术更多是原理性的了解,因此,本书对各部分内容有所侧重。

全书除第 1 章外,都是按照城市轨道交通系统的各主要子系统和要素展开,期望能够使读者对城市轨道交通系统的结构与功能、各子系统主要设备的技术及其工作原理、城市轨道交通系统规划与运营以及通行能力与服务水平、系统影响分析与评价等内容有一个整体性的认识,为进一步的学习打下入门的基础。

本教材由西南交通大学教材编写组完成,蒋阳升担任主编,陈彦如担任副主编,蒲云教授担任主审。研究生管娜娜、林曦、吴婷、王鹏程、韩世凡、朱娟秀、胡路、孙继东、蒋若曦、徐

婵枝、罗楠欣、陈巍、云亮、谢寒在资料收集、初稿撰写、文稿整理、插图处理等方面做了大量的工作,在此对他们的辛勤工作和贡献表示真诚的感谢。本书编写过程中,得到了编者所在单位西南交通大学交通运输与物流学院以及成都地铁运营公司等单位的大力支持,在此也表示诚挚的感谢。教材的编写过程中参考了国内外大量的书籍、文献,谨向文献作者表示崇高的敬意和衷心的感谢。

限于水平,书中一定存在错误和疏漏之处,敬请广大读者给予批评指正和意见反馈。

编 者
2014 年 1 月 10 日



第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 城市轨道交通系统概念	2
1.3 城市轨道交通系统的分类标准与类型	2
1.4 城市轨道交通系统特征	6
1.5 城市轨道交通系统的产生与发展	7
1.6 城市轨道交通系统的效益与作用	10
1.7 城市轨道交通系统的建设条件	11
1.8 城市轨道交通系统组成	11
本章小结	14
习题及思考题	14
第2章 城市轨道交通线路	15
2.1 概述	15
2.2 城市轨道交通线路选择与设计	16
2.3 轨道与路基	21
2.4 桥梁与隧道	28
2.5 线路施工与维护	31
本章小结	35
习题及思考题	36
第3章 城市轨道交通车站	37
3.1 概述	37
3.2 车站客流服务设施	39
3.3 车站行车服务设施	43
3.4 其他服务设施	46
本章小结	52
习题及思考题	53

第4章 城市轨道交通车辆	54
4.1 概述	54
4.2 车辆机械系统	55
4.3 车辆电气牵引与控制系统	64
4.4 车辆类型特点及编组运行	70
本章小结	73
习题及思考题	73
第5章 城市轨道交通信号与控制系统	74
5.1 概述	74
5.2 城市轨道交通信号基础设备	75
5.3 城市轨道交通列车控制系统	82
本章小结	93
习题及思考题	93
第6章 城市轨道交通牵引与供电系统	94
6.1 概述	94
6.2 电力牵引系统	94
6.3 供电系统	96
6.4 城市轨道交通系统牵引计算基础	98
6.5 变配电系统	101
6.6 电力监控系统	102
6.7 接触网	104
本章小结	108
习题及思考题	108
第7章 城市轨道交通信息服务系统	109
7.1 概述	109
7.2 信息传输系统	111
7.3 电话服务系统	114
7.4 闭路电视监控系统	118
7.5 广播系统	122
7.6 时钟系统	124
7.7 乘客导乘信息系统	127
7.8 其他信息服务系统	131
本章小结	133
习题及思考题	133

第 8 章 城市轨道交通自动售检票系统	134
8.1 概述	134
8.2 车站终端设备	138
8.3 清分系统	142
本章小结	147
习题及思考题	147
第 9 章 城市轨道交通安全防护系统	148
9.1 概述	148
9.2 环境与设备监控系统	148
9.3 入侵报警系统	151
9.4 出入口控制系统	152
9.5 消防报警系统	155
9.6 其他安防系统	157
本章小结	158
习题及思考题	158
第 10 章 城市轨道交通系统运营管理	159
10.1 概述	159
10.2 行车组织	159
10.3 站点客运组织	163
10.4 接驳与换乘组织	164
10.5 应急管理 with 组织	173
10.6 运营评价分析	175
本章小结	178
习题及思考题	178
第 11 章 城市轨道交通线网规划	179
11.1 概述	179
11.2 线网规划	180
11.3 规划编制流程与方法	183
11.4 客流分析与预测	185
11.5 线网规模与站点规划	191
本章小结	194
习题及思考题	194
第 12 章 城市轨道交通系统通行能力与服务水平	195
12.1 概述	195

12.2 通行能力	195
12.3 服务水平	202
本章小结	208
习题及思考题	208
第 13 章 城市轨道交通系统外部影响分析与评价	209
13.1 概述	209
13.2 城市轨道交通系统外部影响分析	209
13.3 综合影响后评价指标体系及评价方法	216
本章小结	218
习题及思考题	219
参考文献	220



第1章 绪 论

● 1.1 概述

城市是人类社会发展的伟大产物和文明创造,著名的《雅典宪章》明确了城市的四大功能:工作、居住、交通、游憩。马克思也曾说:“没有现代的交通,就没有城市的繁荣。”可见,交通在城市发展中具有举足轻重的地位和作用。纵观人类的文明进步,特别是包括科技、产业、通信、交通、教育等现代文明,都是诞生在城市这个特定的环境,城市本身也成为推动社会不断进步的巨大动力,同时人类的文明进化史也是一部人类交通工具的进化史,几乎在历史的每一个重大的变革环节都刻上了交通工具升级换代的烙印。

到今天,人类城市的发展遵循了“自由村落—中心村—镇—小城市—大城市—特大城市—超级大都市—城市带—城市群”的规律,在历史的长河中,虽然许多城市消失了,但更多更大的城市在不断地涌现。目前,世界人口已超过 65 亿,随着发展中国家城镇化进程加快,城市人口越来越多,城市的规模也越来越大,全世界百万以上人口城市的数量已经超过 400 个,这种发展趋势虽然在很大程度上增强了城市的吸引力,人口的集中带来了信息流通的加快、效率的提高、产业分工与专业化水平的提高,但同时也给城市发展带来了交通拥挤、居住条件差、社会问题多、环境污染严重与能源危机等系列问题。尤其是大城市的交通问题,已经成为一项世界性的难题。

从城市的交通功能发挥来看,不同城市的交通问题表现不同,原因各异,可采取的解决途径和手段也有所不同,因此,解决城市交通问题并没有一个万全之策。但发达国家、发达城市有效解决交通问题的一些关键共性技术和措施是非常值得借鉴和参考的。既然有桥可走,又何必非要摸着石头过河呢?大力发展城市公共交通系统,在有条件的特大和大城市优先发展大容量的轨道交通系统正是这些共性的技术和关键策略之一。

城市轨道交通系统经过 150 多年的发展,技术成熟、安全可靠、形式多样、用途广泛,载客量大、快捷、准时、环保,获得了世界范围内的青睐,并在实践中不断取得成功,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。我国政府也已经将优先发展公共交通系统上升到国家战略层面,并正在指导实施。截至 2013 年 12 月,我国共有轨道交通运营城市 19 个,总计轨道交通运营线路达 87 条,比上年 56 条增加 31 条;运营长度总里程 2 539km,比上年 1 677km 增长 51.4%;截至 2013 年底,获得国家批准建设轨道交通的城市

达 37 个,高居世界第一。未来 3 年,至少还有 10 个城市将获得批准建设轨道交通。

那么,城市轨道交通系统是什么?它是如何发展起来的?有哪些分类?有哪些特征和作用以体现其优越性?不同的城市如何选择城市轨道交通系统?本章作为本书的开篇,将为读者解答上述问题。本书余下章节,则将按照构成城市轨道交通系统的各主要子系统和要素展开介绍,期望全书能够使读者对城市轨道交通系统的构成、各子系统主要设备的技术及其工作原理、城市轨道交通系统规划与运营以及通行能力与服务水平、系统影响分析与评价等内容有一个整体性的认识,为城市轨道交通领域的专门知识和技能的学习提供入门基础。

● 1.2 城市轨道交通系统概念

在我国国家标准《城市公共交通常用名词术语》(GB 5655—1985)中,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《城市轨道交通技术规范》(GB 50490—2009)中,城市轨道交通定义为“采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统,包括地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车系统、磁浮交通系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统”。简而言之,城市轨道交通系统是具有固定轨道,配备专有车辆和服务设施,采用高密度运行方式,主要为城市提供交通服务的现代化城市客运骨干系统的统称。这一概念可从三个方面进行解读:一是城市轨道交通系统在交通功能上属于城市快速交通系统的组成部分,系统的规划与设计等均应以城市及周边服务区域的交通需求、城市布局以及用地规划等为主要依据;二是城市轨道交通系统在技术特征上又是铁路的衍生物,系统的运行、管理与控制、设备的维护等需要借鉴铁路运输的方式进行;三是经过 150 年的发展,城市轨道交通系统已经呈现出如地铁、轻轨、有轨电车等多种形式。

● 1.3 城市轨道交通系统的分类标准与类型

从不同的视角,人们对城市轨道交通有不同的认识和分类结果,因此,城市轨道交通系统的分类需要首先明确其分类标准。总结起来,城市轨道交通系统的分类标准主要有以下几个方面。

1) 按交通容量分类

交通容量即运送能力,指单方向每小时的断面乘客通过量。按照不同的交通容量范围,轨道交通可分为特大、大、中、小容量 4 种系统,如表 1-1 所示。其中,特大容量系统一般指市郊铁路,其单向小时断面流量可达到 6 万~8 万人;大容量轨道交通通常指常规地铁;中容量轨道交通包括轻轨、单轨、线性电机车系统、新交通系统和磁浮系统;小容量轨道交通则多指有轨电车系统。

按交通容量的城市轨道交通系统分类

表 1-1

交通容量(万人/小时)	5	2~5	0.5~2	<0.5
类别	特大	大	中	小

2) 按敷设方式分类

根据不同的敷设方式,轨道交通系统可分为隧道(包括地下、水下)、高架和地面3种形式。特大、大容量轨道交通在交通较为繁忙的地区多采用隧道和高架形式,在市郊则可采用全封闭的地面形式;中容量也可兼有3种敷设形式,且通常不与机动车混行;小容量轨道交通系统一般采用地面形式,可与机动车混行,运输效率较低,相对于普通公交优势并不明显。

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,即运行线路的专用程度。以此为依据,轨道交通系统可分为“A、B、C”3种基本类型。A类为全封闭系统,与其他交通完全隔离,不受平交道口和人、车的干扰,因此这种系统的车辆具有较高的运行速度,可以保持较高的准时性和安全性;B类为半封闭系统,沿行车方向采用缘石、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;C类为开放式系统,代表地面混合交通,不具有实体分隔,轨道交通或其他交通混合出行,在路口按照信号规定驶停,同时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。

4) 按导向方式分类

导向方式是轨道交通重要的特性之一,影响着系统的结构、运行和建设费用。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。市郊快速铁道、地铁、轻轨、线性电机车系统和有轨电车等均属于轮轨导向方式,单轨及新交通系统等采用胶轮车辆,属后一类型。

5) 按轮轨支承形式分类

轮轨支承形式,即车辆与转移车重的行驶表面之间的垂直接触与运行方式。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、有轨电车等,胶轮混凝土轨系统主要指单轨及新交通系统,而特殊系统则包括支承面置于车辆之上的悬挂式单轨系统、磁浮式轨道系统等。

6) 按牵引方式分类

牵引动力是城市轨道交通完成运输的基本原动力,其技术水平的高低、能耗和运价的大小,在轨道交通的发展中占主导地位,影响着轨道交通运输成本、运行安全和其发展。最早的地铁采用的是蒸汽机车牵引;随着科技的发展,大功率电力电子器件和电子计算机的出现,很快出现了电气牵引的地铁。当前地铁和其他城市轨道交通普遍采用直流牵引的馈电方式,只在客流较少的非电气化市郊铁道线路上为节省投资费用而采用内燃动车组,此外还有利用磁浮原理驱动的新型轨道交通车辆。

7) 按车辆的编组形式分类

车辆编组形式影响到轨道交通系统的规模、设备容量、车辆检修用地面积及建设费用,是轨道交通系统的重要特性之一。车辆编组形式通常有全动车编组、动拖车混合编组和单元车组3种方式。全动车编组形式要求每节车厢都有独立的牵引控制系统,可灵活调整车辆编组辆数,轴重力分布均匀。动拖车混合编组由动车和拖车组成,可以根据具体情况,适当地增加动车和拖车,但由于车辆种类增加,全列车重力分配不均匀。单元车组是将几



辆动车和拖车通过半永久式车钩固定连接成为一个车组,根据客流量确定列车单元个数的多少。

在上述7种分类标准中,我们提及了很多类型的轨道交通系统,诸如地铁、轻轨、新交通系统等。这是由于城市轨道交通系统发展较早,至今已有150年的历史,在发展的过程中,受到需求和技术水平的限制和变动影响,因此出现了许多不同的类型。这些类型很难用上述单一的分类标准进行描述,它往往是多种分类标准的组合物,但这并不影响大家对这些类型的城市轨道交通系统的整体认识。迄今,大家都比较认同的类型包括以下几种:

1) 地铁

地铁(用 Metro, Underground Railway, Subway 等表示)是由电气牵引、轮轨导向、车辆编组运行在全封闭的地下隧道内,或根据城市具体条件,运行在地面或高架线路上的大容量快速轨道交通系统。地铁的运能,单向在3万人次/小时,最高可达6万~8万人次/小时。最高速度可达90km/h,旅行速度可达40km/h,可采用4~10辆列车编组,车辆运行最小间隔可低于1.5min。地铁每公里造价在3亿~6亿元人民币。根据城市环境条件的情况,通常地铁列车主要在城市地下空间修筑的隧道中运行,当条件允许的时候,也可以穿出地面,在地面或者高架桥上铺轨运行。为了降低工程费用,目前地铁系统中地面和高架线路所占的比重越来越大。一般认为,人口超过百万的城市就应该考虑修建地铁。

2) 轻轨

公共交通国际联合会(UITP)关于轻轨运输系统(Light Rail Transit,简称LRT)的解释文件中提到:轻轨是一种使用电力牵引,介于标准有轨电车和快运交通系统(包括地铁和城市铁路),用于城市旅客运输的轨道交通系统。轻轨是从新式有轨电车逐步发展到路权专用、自动化程度较高及车辆在地下或高架轨道上运行的城市轨道交通形式。轻轨是一种技术标准涵盖范围较宽的城市轨道交通形式,低技术标准的轻轨接近于现代有轨电车,而高技术标准的轻轨则接近于轻型地铁。在我国《城市轨道交通工程项目建设标准》(试行本)中,把每小时单向运输能力在0.6万~3万人次的轨道交通定义为轻轨。轻轨一般采用地面和高架相结合的方法建设,采用3~6辆列车编组。由于轻轨交通采用线路隔离、自动化信号、调度指挥系统和高新技术车辆等措施,最高速度可达到60km/h。轻轨交通每公里的造价大概在0.6亿~1.8亿元人民币。

3) 单轨

单轨系统(Monorail)是指通过单一轨道梁支承车厢并提供导引作用而运行的轨道交通系统,其最大特点是车体宽度比承载轨道宽。依支承方式的不同,单轨一般包括跨座式和悬挂式两种类型。由于单轨系统的单方向小时运量为5000~20000人次,故单轨常常被认为是轻轨系统的一种。但实际上,单轨车辆的轮轨支承形式以及走行方式与轻轨列车有很大的不同。从严格意义上来说,单轨应该独立列为一种城市轨道交通形式。单轨系统大多数情况下采用高架方式,其景观性较好。根据需要,单轨列车也可在地面或地下运行。单轨交通最高速度可达80km/h,旅行速度可达30~35km/h,可采用4~6辆列车编组,单向运输能力为1万~2.5万人次/小时。我国首座单轨交通系统是2005年在山城重庆修建的2号线。

4) 有轨电车

有轨电车(Tram 或 Street Car)是使用电力牵引,轮轨导向,单辆或两辆编组运行在城市路面线路上的低运量轨道交通系统。有轨电车的历史比较久远,其前身是19世纪初期的有轨马车,由于科技的不断进步,到了19世纪末又逐渐由蒸汽驱动过渡到电力驱动,形成了近代有轨电车的雏形。有轨电车一般设在城市中心穿街走巷运行,具有上下车方便的特点,但在街道路面上与其他交通混合行驶,其安全性和准时性较差。有轨电车运量小,一般单向运输能力在1万人次/小时以下,运行速度一般在10~20km/h之间。现代有轨电车已经在很多方面得到了改造,单向运输能力可以达到1万人次/小时。

5) 城市铁路

城市铁路(Urban Railway)是由电气或内燃机牵引,轮轨导向,车辆编组运行在市区、市郊以及卫星城之间,以地面专用线路为主的大运量快速轨道交通系统。

城市铁路实际是从干线铁路发展而来,只是城市铁路更多地具有通勤和公交性质的运营特征。按照城市铁路运行区域的不同,可以分为市区铁路、市郊铁路和机场联络铁路等。城市铁路一般采用4~10辆列车编组,最高速度可达100~120km/h;市郊铁路运能与地铁基本相当。

6) 磁浮系统

磁浮系统(Maglev System)是一种运用“同性相斥、异性相吸”的电磁原理,依靠电磁力来使列车悬浮并走行的轨道运输方式。它是一种新型的没有车轮、采用无接触行进的轨道交通系统。磁浮交通系统是20世纪一项伟大的技术发明,相对于其他形式的轨道交通来说,它投入实际使用的历史并不长。上海磁浮试运营线是我国目前唯一投入商业运营的线路。目前世界上许多国家都在对磁浮技术进行积极的研究,其中德国和日本的技术较为成熟。

7) 线性电机车系统

线性电机车系统(Linear Motor Car System)是由线性电机牵引,轮轨导向,车辆编组运行在小断面隧道、地面或高架专用线路上的中运量轨道交通系统。将线性电机牵引的轨道交通系统列为独立的系统,是因为该系统与地下铁道、城市铁路、轻轨等有明显的区别。它是利用线性电机在磁场相互作用下直接产生牵引力,属于非黏着驱动,车轮只起到支承和导向作用。其使用在地铁中可称为小断面地铁,也可用在高架线路上。目前投入运营的线性电机车系统,主要集中在加拿大、日本和美国等国家。

8) 新交通系统

对于新交通系统(Automated Guideway Transit,简称AGT),目前还没有统一和严格的定义。从广义上来讲,是那些与现有运输模式不同的各种短距离新交通方式的总称。狭义的新交通系统则定义为:由电气牵引,具有特殊导向、操纵和转折方式的胶轮车辆,单车或数辆编组运行在专用轨道梁上的中小运量轨道运输系统。新交通系统从系统运行特征上来分析,也可以称为导轨式交通系统。各国对其有不同的称呼:日本称为新交通系统,英文为New Transportation System;法国称为Light Automated Transit System(简称VAL系统),是自动驾驶的轻型交通系统;美国称为People Mover,是指大众运输系统。目前,我国还没有新交通系统。

● 1.4 城市轨道交通系统特征

城市轨道交通的技术装备和运输组织工作,与一般的铁路运输系统有很大的相似之处,远比城市内的其他地面客运交通系统复杂。但由于其服务范围主要限于城市内部及其周边区域,服务对象相对单一,因此,其运营管理比一般的铁路运输又简单很多。城市轨道交通系统兼具城市地面交通系统和铁路运输系统的特征。

1.4.1 城市轨道交通系统区别于城市地面道路交通系统的特征

1) 城市轨道交通系统的优势

与城市地面道路交通系统相比,城市轨道交通系统最大的优势表现为:运能大、运行准时、速度快、安全、舒适、能耗低、污染小、用地省。

(1) 运能大。城市轨道交通由于高密度运转、列车行车时间间隔短、列车编组数量多,因此,具有较高的运输能力。地铁单向每小时运送能力可达 30 000 ~ 70 000 人次,轻轨在 10 000 ~ 30 000 人次之间,而公共汽车、电车为 8 000 人次。在客流密集的城市客运交通走廊上建设城市轨道交通系统可以极大地缓解城市交通的压力。据统计,地铁在早高峰时 1 小时能通过全日客流的 17% ~ 20%, 3 小时能通过全日客流的 31%。

(2) 运行准时、速度快。城市轨道交通系统是一种独立的有轨交通系统,有专有线路,与道路交通相隔离,不受道路情况的影响,不受其他交通工具、气候的干扰,列车能按照运行图运行,一般不会出现类似道路交通阻塞而延误运行时间的问题,可保证乘客准时、迅速地到达目的地。由于采用先进的电动车组,有良好的线路条件及自动控制体系和可靠的安全保障措施,一般城市轨道交通系统的旅行速度在 35 ~ 40km/h 之间,而常规公交的旅行速度通常只有 15 ~ 20km/h。同时,列车停站时间短、上下车迅速方便、换乘方便,从而可以使乘客较快地到达目的地,缩短出行时间。

(3) 安全、舒适。城市轨道交通系统或在地下或是高架,即使在地面也与道路交通系统相隔离,与其他交通工具无相互干扰,且自身有可靠的安全保障措施,运行安全有充分的保障。与常规公共交通相比,城市轨道交通由于运行在不受其他交通工具干扰的线路上,交通车辆具有较好的运行特征,车辆、车站等装有空调、引导装置和自动售票等直接为乘客服务的设备,具有较好的乘车条件,其舒适性优于公共电、汽车。

(4) 能耗低。由于城市轨道交通系统是大运量集约化的客运系统,主要采用电气牵引,轮轨摩擦阻力较小,且采用了多项高新技术,按每运送一位乘客的能耗评价,是其他任何一种城市交通方式所无法比拟的,不仅节约了大量能源,对能源的适应性也相当强。在同样的运输条件下,小轿车的能耗是城市轨道交通系统的 6 ~ 13 倍,公共汽车是城市轨道交通系统的 1.8 倍。

(5) 污染小。城市轨道交通系统采用电力牵引,对环境几乎没有污染,噪声小,有利于保护环境,符合生态化可持续发展的要求,是一种典型的“绿色交通”,为现代城市的可持续发展带来了宽裕的空间。从环境污染量来看,如二氧化碳、氮氧化物、硫氧化物排放等指标,轨道交通要比小汽车交通及公共交通小很多,因为小汽车交通的二氧化碳排放量是轨道交通的 10 ~ 20 倍。

(6)用地省。城市轨道交通多建于地下或高架,即使在地面上占地也有限,充分利用了城市空间,节省日益宝贵的土地资源。从土地占用量来看,在同样的运能下,常规公交是轨道交通用地的8~10倍,小汽车交通的用地就更大了。

2)城市轨道交通系统的局限性

城市轨道交通系统的线路越密,形成线网的规模越大,其优势越明显。但是与城市其他地面交通系统相比较,城市轨道交通系统也具有一定的局限性,主要表现在:

(1)建设投资巨大。城市轨道交通建设要求高,施工难度大,技术含量高,因此,城市轨道交通系统建设一次性的工程投资巨大,一个国家或地区的城市没有相当强的经济实力,是无法承受如此巨大的投资负担的。

(2)建设周期长。由于城市轨道交通建设难度大,周期长,一条线路往往需要几年才能建好,对地面交通会造成一定的影响。

(3)建成后不易调整。城市轨道交通系统线路和车站一般都是永久性结构,一旦建成后就难以迁移和变动,几乎没有调整的可能性,不像地面公共交通可以机动地调整线路和设置站点,以满足乘客流量和流向变化的需要。

(4)运营成本高。城市轨道交通系统包括列车牵引、环境控制、车站机电设备及通信信号设备等日常运转的能源消耗绝对量大,防灾系统使用机会虽然不多,但其日常维护保养的成本也相当高,加上车站服务工作,运营管理的大量人员、设备的费用等,使整个轨道交通系统运营成本居高不下。

(5)存在安全隐患。虽然城市轨道交通系统有比较完善的防灾系统,但一旦遇到自然灾害尤其是火灾,乘客疏散困难,容易造成人员伤亡。

(6)经济效益有限。城市轨道交通系统带有较强的公益性,较多关注社会效益,难以按照运营成本核收票价,极易导致运营亏损。

1.4.2 城市轨道交通系统区别于铁路运输的特征

城市轨道交通虽然和铁路运输同为轨道交通,但仍存在以下几个方面的差异:

(1)运营范围。城市轨道交通系统的运行范围是城市市区及郊区,一般只有几十公里,运距短,不像常规铁路运输纵横数千公里,连接城乡。城市轨道交通系统往往单条线路运行,列车不跨线运行,而常规铁路则全路成网,必须跨线运行。

(2)运行速度。城市轨道交通因在城市及郊区运行,站间距离短,且站站停车,很少跳停,列车运行速度通常不超过80km/h,而普通铁路的运行速度一般在120km/h以上,高速铁路的最高运行速度一般是350km/h。

● 1.5 城市轨道交通系统的产生与发展

1.5.1 世界城市轨道交通系统的产生与发展

法国人巴斯卡于1662年在巴黎首创无轨公共马车,它有固定的线路和班次,由此诞生了城市公共交通。无轨马车,虽然是城市公共交通的先驱,但它缓慢颠簸,而且容易造成街