



高等院校交通运输类“十二五”规划教材

城市轨道交通概论

GAODENGYUANXIAO JIAOTONGYUNSHULEI SHIERWU GUIHUA JIAOCAI

CHENGSHIGUIDAOJIAOTONGGAILUN

◎ 主编 陈 坚 副主编 霍娅敏 杨 林



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

城市轨道交通概论

主 编 陈 坚
副主编 霍娅敏 杨 林
参 编 陈聪聪 黎茂盛 胡 勇
王 超 任小聪



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通概论/陈坚主编. —长沙:中南大学出版社,2014. 10
ISBN 978-7-5487-1189-6

I. 城... II. 陈... III. 城市铁路-概论
IV. U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 220137 号

城市轨道交通概论

陈 坚 主编

☐责任编辑 刘颖维

☐责任印制 易红卫

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙利君漾印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 14.5 ☐字数 367 千字

☐版 次 2014 年 10 月第 1 版 ☐2014 年 10 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-1189-6

☐定 价 35.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

高等院校交通运输类“十二五”规划教材

编审委员会

主 任：田红旗

副主任：王 炜

委 员(按姓氏笔画排序)：

丁柏群	马庆禄	王 燕	方晓平	巴兴强	邓红星
邓连波	叶峻青	史 峰	冯芬玲	朱晓立	刘 迪
杨 林	杨 岳	李明华	肖龙文	张云丽	陆百川
陈 坚	罗意平	郑国华	胡郁葱	姚加林	秦 进
夏伟怀	夏学苗	徐玉萍	高广军	黄细燕	黄 玲
曹瑾新	阎春利	温惠英	雷定猷	漆 昕	黎茂盛
潘迪夫	魏堂建				

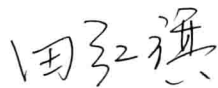
总序

交通运输业是国民经济体系的重要组成部分，也是促进国民经济发展的重要基础产业和推动社会发展的先决条件。在最近的30年里，我国交通运输业整体上取得飞速发展，交通基础设施、现代化运输装备、客货运量总量和规模等都迅猛扩展，大量的新技术、新设备在铁路等交通运输方式中被投入应用。同时，通过大量的交通基础设施建设，特别是近年来我国高速铁路的不断投入使用，使我国的交通供需矛盾得到一定的缓解，我国交通运输网络的结构也得到了明显改善，颇具规模的现代化综合型交通运输网络已经初步形成。

我国交通运输业日新月异的发展，不仅对专业人才提出了迫切的需求，更使其教材建设成为专业建设的重点和难点之一。为解决当前国内高校交通运输类专业教材内容落后于专业与学科科技发展实际的难题，由中南大学出版社组织国内交通运输领域内的一批专家学者，协同编写了这套交通运输类“十二五”规划教材。参与规划和编写这套教材的人员都是长期从事交通运输专业的科研、教学和管理实践的一线专家学者，他们不仅拥有丰富的教学和科研经验，同时还对我国交通运输相关科学技术的发展和变革也有深入的了解和掌握。这套教材比较全面、系统地介绍了目前国内交通运输领域尤其是高速铁路的客货运输管理、运营技术、车站设计、载运工具、交通信息与控制、道路与铁道工程等方面的内容，在编写时也注意吸收了国内外业界最新的实践和理论成果，突出了实用性和操作性，适合高等院校交通运输类以及相关专业的培养目标和教学需求，是较为系统和完整的交通运输类系列教材。该套教材不仅可以作为普通高校交通运输专业课程的教材，同时还可以作为各类、各层次学历教育和短期培训的首选教材，也比较适合作为广大学交通运输从业人员的学习参考用书。

由于我们的水平和经验所限，这套教材的编写也有不尽如人意的地方，敬请读者朋友不吝赐教。编者在一定时期之后会根据读者意见以及学科发展和教学等的实际需要，再对教材进行认真的修订，以期保持这套教材的时代性和实用性。

最后衷心感谢参加这套教材编写的全体同仁，正是由于他们的辛勤劳动，编写工作才得以顺利完成。我们还应该真诚感谢中南大学出版社的领导和同志们，正是由于他们的大力支持和认真督促，这套教材才能够如期与读者见面。



中南大学副校长、教授

前 言

随着交通基础设施建设、维护和运营技术的发展,在信息化、智能化、低能耗、安全运营的大背景下,交通运输部提出了新时期以“四个交通”为核心内涵的行业战略发展方向。城市轨道交通具有运能大、污染小、用地少、效率高等显著优势,是“四个交通”的重要组成部分,也是引领城市用地布局及城市发展的重要手段,我国城市轨道已经进入了快速发展的新时期。

本书作为城市轨道交通的入门教材,以“专题模块、前沿热点、专业规范、全面系统、新颖实用”为编写的核心思想,由国内交通运输领域多所高校共同完成。本书可作为高等院校城市轨道交通、交通运输、交通工程、车辆工程等相关专业本科教学用书,也可作为相关专业技术人员培训及自学参考使用。

本教材按照专题模块的思路进行教材编写,每个模块设有引例、核心内容、扩展阅读、思考与练习等部分。本教材重新梳理了城市轨道交通大系统的构成,并依据土建、机电、通信、运营等大类设置了工程设施、机电设施、通信信号设施、运营管理等四个基础模块,安全应急、经济效益评估、发展前沿等三个前沿模块。内容紧密结合我国城市轨道交通行业发展最新动态、最新政策,以拓展学生的视野。在城市轨道交通发展前沿模块中设有行业热点问题、真空管道超高速地面轨道交通、中低速磁浮交通等前沿内容。并在每个模块设置了拓展阅读环节,提供大量的与本模块相关的案例、法规等资料供学生课外查阅。通过每个模块的引例激发学生的兴趣,注重教材的实用性,将大量城市轨道交通工程资料、项目研究报告、国内外文献等作为本书的编写参考资料,提高教材的实用性。

本书共分九个模块,全书由陈坚主编。各模块的编写分工为:模块一和模块七由陈聪聪编写;模块二和模块五由霍娅敏、王超编写;模块三由胡勇编写;模块四由杨林编写;模块六由黎茂盛编写;模块八和模块九由陈坚、胡勇、任小聪编写。全书各章节由陈坚进行统稿与校对。

由于编者时间和水平有限,书中若有不当或错误之处,敬请同行专家和读者批评指正。可通过邮箱 chenjian@cqjtu.edu.cn 进行联系与交流。

编者

2014 年 7 月

目 录

模块一 发展概况	(1)
【引 例】	(1)
1.1 城市轨道交通概述	(1)
1.2 城市轨道交通发展历程	(8)
1.3 我国城市轨道交通发展概况	(12)
1.4 世界典型城市轨道交通发展	(14)
1.5 城市轨道交通相关规范总结	(19)
【拓展阅读】	(22)
【思考与练习】	(25)
模块二 城市轨道交通规划与建设	(26)
【引 例】	(26)
2.1 城市轨道交通系统	(27)
2.2 城市轨道交通基本建设程序	(30)
2.3 城市轨道交通建设运营模式	(33)
【拓展阅读】	(39)
【思考与练习】	(40)
模块三 城市轨道交通工程设施	(41)
【引 例】	(41)
3.1 轨道	(41)
3.2 线路	(46)
3.3 车站	(61)
3.4 车辆段	(71)
【拓展阅读】	(73)
【思考与练习】	(73)
模块四 城市轨道交通机电设施	(74)
【引 例】	(74)
4.1 车辆	(75)
4.2 车站机电设备	(84)
4.3 供配电系统	(95)
【拓展阅读】	(104)
【思考与练习】	(106)
模块五 城市轨道交通通信与信号设施	(107)
【引 例】	(107)

5.1 通信系统	(107)
5.2 信号系统	(111)
5.3 列车运行自动控制系统	(116)
【拓展阅读】	(123)
【思考与练习】	(125)
模块六 城市轨道交通运营管理	(126)
【引 例】	(126)
6.1 运营管理内容框架	(126)
6.2 运营计划	(127)
6.3 列车运行图与运输能力	(135)
6.4 列车运行组织	(138)
6.5 客运管理	(140)
【拓展阅读】	(146)
【思考与练习】	(147)
模块七 城市轨道交通安全应急	(148)
【引 例】	(148)
7.1 安全应急基本概念	(148)
7.2 安全事故类型	(153)
7.3 城市轨道交通安全评估	(158)
7.4 应急预案	(166)
【拓展阅读】	(169)
【思考与练习】	(169)
模块八 城市轨道交通经济效益评估	(170)
【引 例】	(170)
8.1 经济效益评估概述	(172)
8.2 投融资模式	(175)
8.3 成本分析	(182)
8.4 收益分析	(185)
8.5 绩效评估	(190)
【拓展阅读】	(196)
【思考与练习】	(196)
模块九 发展前沿	(197)
【引 例】	(197)
9.1 城市轨道交通发展趋势	(197)
9.2 城市轨道交通前沿热点问题	(210)
【拓展阅读】	(219)
【思考与练习】	(222)
参考文献	(223)

模块一

发展概况

【引 例】

► 天行者

2014年6月以色列特拉维夫市官员表示,期望已久的“天行者”空中汽车将于2015年投入使用,“天行者”空中汽车系统使用一系列高架磁轨道,是一种两人乘坐的交通工具,能够悬浮运行。人们可以通过智能手机呼叫“天行者”空中汽车,这种荚状交通工具将运载人们抵达指定站点,期间不会在高架磁轨道沿途任何站点停泊。“天行者”空中汽车如图1-1所示。



图1-1 “天行者”空中汽车

“天行者”空中汽车最初有一个500 m环形轨道,建造在以色列航太公司内部,运行速度达到70 km/h。城市规划专家乔伊·迪格南称,特拉维夫空中汽车计划代表新一代交通运输方式的诞生,这是一种比建造列车轨道成本更低的交通运输方式,也是城市的一道美丽风景线。

目前全球其他城市也在规划“天行者”空中汽车方案,其中包括:法国图卢兹市、印度喀拉拉邦市和美国加州旧金山市。

1.1 城市轨道交通概述

随着城市化的不断发展,机动化给城市带来了空前的交通问题,人类正花费巨大的代价寻求解决城市交通问题的出路。目前,比较一致的看法是发展公共交通是基本的策略。

城市轨道交通作为城市公共交通的主要组成部分,因其运量大、快速、正点、低能耗、少污染、乘坐舒适方便等优点,已成为解决特大城市、大城市交通问题的技术政策。

城市轨道交通经过百余年的发展,机车车辆、自动控制、通信和信号等技术方面有了很大的进步,很多方面代表和体现了当今高新科学技术发展的水平。与此同时,发达国家的经验表明,城市轨道交通是解决大城市交通问题的根本途径,发展城市轨道交通对于我国大城市可持续发展具有非常重要的意义。

1.1.1 城市轨道交通的概念

1. 基本概念

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。在我国国家标准《城市公共交通常用名词术语》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”。

城市轨道交通是指具有固定线路、铺设固定轨道、配备运输车辆及服务设施等的公共交通设施。城市轨道交通是一个包含范围较大的概念,在国际上没有统一的定义。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的轨道交通系统(有别于道路交通),主要为城市内(有别于城际铁路,但可涵盖郊区及城市圈范围)公共客运服务,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。城市客运系统分类如图1-2所示。

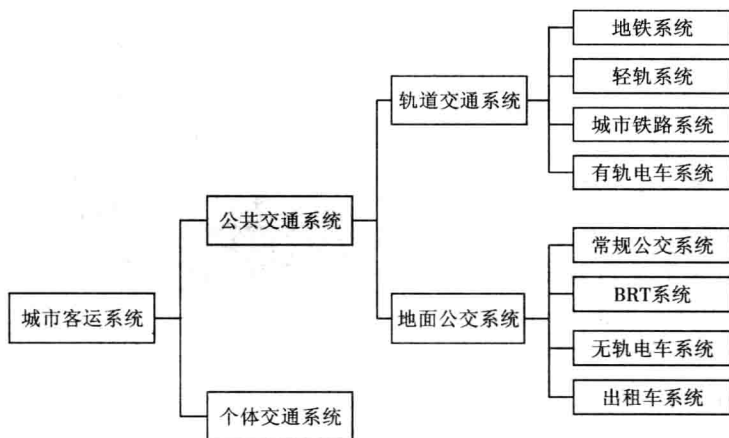


图 1-2 城市客运系统分类

2. 城市轨道交通在城市公共交通中的作用与地位

(1)城市轨道交通是城市公共交通的主干线,客流运送的大动脉,是城市的生命线工程。建成运营后,将直接关系到城市居民的出行、工作、购物和生活。

(2)城市轨道交通是世界公认的低能耗、少污染的绿色交通。是解决城市通病的一把“金钥匙”。

(3)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。为了建设生态城市,应把摊大饼式的城市发展模式改变为伸开的手掌形模式,而手掌形城市发展的骨架就是城市轨道交通。城市轨道交通的建设可以带动沿轨道交通廊道经济的发展,促进城市繁荣,形成郊区卫星城和多个副中心,从而缓解城市中心人口密集、住房紧张、绿化面积小、空气污染严重等城市通病。

(4)城市轨道交通的建设与发展有利于提高市民出行的效率、节省时间、改善生活质量。国际著名的大都市由于轨道交通事业十分发达方便,人们出行很少使用私人车辆,主要依靠地铁轻轨等轨道交通,故城市交通秩序井然,市民出行方便省时。

1.1.2 城市轨道交通的分类

城市和区域轨道交通的系统制式可按运能、线路敷设方式、路权等多个方面进行划分,从目前国内外轨道交通的发展现状及趋势来看,城市和区域轨道交通的发展模式主要有地铁、轻轨、单轨系统、区域快速铁路、有轨电车以及新交通系统等几种。

1. 地铁

地铁(subway, 又统称 metro)是大容量的快速客运系统。单向运量每小时为3万~6万人次,平均旅速为30~40 km/h,最高速度可达80 km/h。地铁适用于人口密集的城区,主要承担城市中心区主要交通走廊中居民的出行。线路一般埋于地下,也可在地面或高架运行,但在市区仍以地下线居多,属于全封闭系统。地铁造价较高,地下线一般在每千米5亿元以上。作为最主要的一种轨道交通制式,地铁在世界范围内很多城市都有发展,图1-3所示为德国柏林地铁和英国伦敦地铁。



(a) 德国柏林地铁



(b) 英国伦敦地铁

图1-3 国外地铁实例

2. 轻轨

轻轨(light rail transit, 简称 LRT)是在有轨电车的基础上发展起来的中容量的中速客运系统。单向运量为1.5万~3万人次/h,平均旅速为25~35 km/h,最高速度可达60~80 km/h。轻轨线路有地面、高架和地下线三种,以地面和高架为主,属于全封闭、半封闭系统。与地铁相比,轻轨的线路半径、坡度等限制相对宽松,因此适用性较强,同时其建设工期较短,造价也较低,一般地面线为每千米1.5亿元左右。由于轻轨所具有的这些优势,使其在国内外很多城市也有很大的发展,图1-4所示为美国波特兰轻轨和我国上海轻轨。

3. 单轨系统

单轨系统(monorail system)是指以单一轨道梁支撑车厢并提供引导作用而运行的轨道交通系统,依据支撑方式的不同,可以分为跨座式与悬挂式两种。单向运量为0.5万~2万人次/h,平均旅速为30~45 km/h,最高速度为75~80 km/h。单轨系统适用于中运量以及短途、低运量的城市客运交通。大多采用高架方式,景观性较好,属于全封闭系统。其爬坡能力强、转弯半径小,适用于地形较为复杂的城市。单轨系统建设工期短,跨座式造价为每千米2亿~2.5亿元,

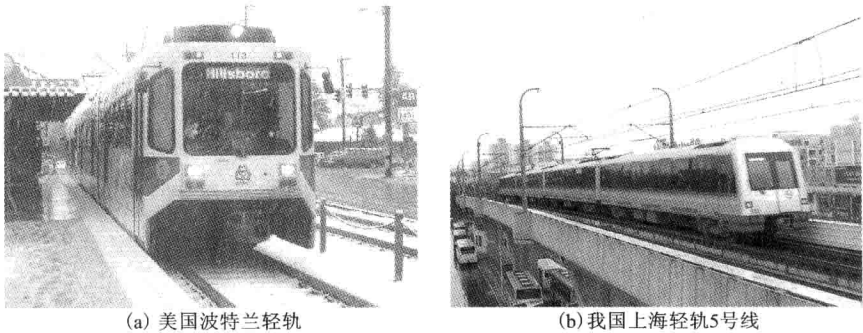


图 1-4 国内外轻轨实例

悬挂式为 3 亿元左右。目前世界上单轨系统在日本、德国应用较多，我国重庆的轻轨 2 号线、3 号线也采用了单轨系统。图 1-5 所示为德国伍珀塔尔悬挂式单轨实例和我国重庆单轨 2 号线实例。

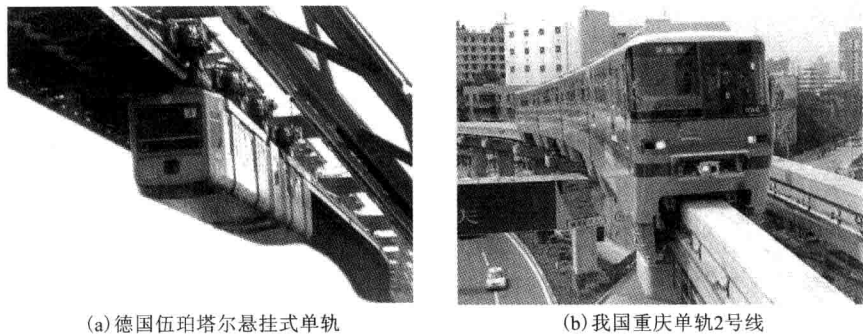


图 1-5 国内外单轨实例

4. 区域快速铁路

区域快速铁路(区域快线)(area rapid transit 或 regional express railway)是在市郊铁路基础上发展起来的大容量快速客运系统，某些国家和地区仍称作市郊铁路或通勤铁路(commuter rail)。单向运量可达 4 万 ~ 7 万人次/h，平均旅速一般不低于 60 km/h，最高速度可达 120 km/h 以上。区域快线主要承担城市市区与市郊以及卫星城之间居民的中长距离出行。其线路有地面、高架和地下线三种，以地面和高架为主，属于全封闭系统。区域快线的主要特点是高速度和大站距，站间距一般都超过 2 km，个别地段可超过 5 km。由于线路长度和全程运营的时间较长，需要较高的座位率和舒适度，因此很多区域快线都采用横排式座位。目前世界上较为典型的区域快线系统有法国巴黎的 RER 系统、日本东京的 JR 铁路(见图 1-6)、美国旧金山的 BART(见图 1-7)系统以及香港的新机场快速铁路。



图 1-6 日本东京 JR 铁路



图 1-7 美国旧金山 BART 快速铁路

5. 有轨电车

有轨电车(tramcar)实际上是轻轨的最早形式,它也是最便宜的轨道交通运输工具。单向运量为 0.2 万~1 万人次/h,平均旅速为 10~20 km/h,最高为 50~70 km/h。有轨电车适用于城市居民的短距离出行,一般在混行车道上运行,属于开放式系统。世界范围内很多城市的有轨电车已经被拆除,在我国也只在大连等极少数城市还保留了有轨电车,但最近欧洲出现了一种新型有轨电车系统,如巴黎 2006 年底开通的 T3 线(见图 1-8),其技术特性已基本和轻轨无异。



图 1-8 法国巴黎 T3 线有轨电车

6. 新交通系统

目前世界上还开发了自动导轨运输系统(automated guideway transit, 简称 AGT)、直线电机轨道交通(linear metro)等新型轨道交通系统制式,统称为新交通系统(new transport system)。

自动导轨运输系统是一种车辆采用橡胶车轮,依靠导向轮引导方向,在两条平行的平板轨道上自动控制运行的新型快速客运交通系统。单向运量为 1 万~2 万人次/h,平均旅速为 20~30 km/h,最高为 50~60 km/h。其固定轨道可以为地下或高架方式,也可敷设于地面,但必须完全与街道中的车辆及行人交通隔离,属于全封闭系统。当前世界上新交通系统发展比较好的有日本东京临海新交通系统(见图 1-9)和法国的 VAL 系统(见图 1-10)。

直线电机轨道交通系统是由线性电机牵引,轮轨导向的中运量轨道交通系统,是利用直线电机和轨道中间安装的感应板之间的电磁效应产生的推力作为列车的牵引力或电制动力。单向运量为 3 万~5 万人次/h,平均旅速为 40~50 km/h,最高可达 90 km/h。车辆编组运行在小断面隧道、地面和高架专用线路上,属于全封闭系统。其特点是爬坡能力强、转弯半径小及噪声和振动小等。目前世界上此技术比较成熟的国家有日本和加拿大(加拿大的直线轨道交通实例见图 1-11)等,我国于 2005 年投入运营的广州地铁 4 号线(见图 1-12)以及 2007 年底全线贯通的北京机场线也选择了这种新型的轨道交通系统。



图 1-9 日本东京临海新交通系统

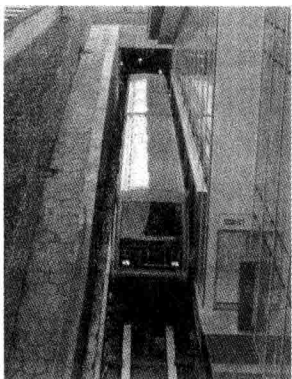


图 1-10 法国 VAL 系统



图 1-11 加拿大温哥华 Sky Train

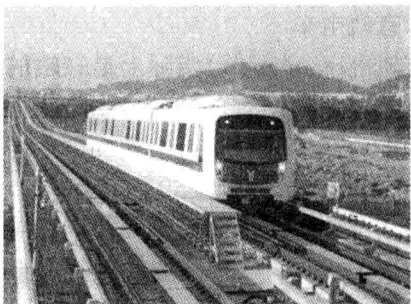


图 1-12 广州地铁 4 号线

7. 各种模式的对比

城市和区域轨道交通种类繁多，且在系统运能、敷设形式、运营组织等方面都存在不同，应用范围也不相同，因此不同的城市应根据当地情况选择与之相适应的模式。表 1-1 对不同类型轨道交通系统的技术特点进行了对比。

表 1-1 城市和区域轨道交通各种方式的技术特性对比

制式 特性	地铁	轻轨	单轨	区域快线	有轨电车	新交通 系统
系统运能 (万人次/h)	3~6	1.5~3	0.5~2	4~7	0.2~1	2~4
封闭形式	全封闭	全封闭半封闭	全封闭	全封闭	开放式	全封闭
敷设形式	地下、地面、 高架	地面、高架、 地下	高架	地下、高架、 地面	地面	地面、高架、 地下
站间距(km)	0.8~1.5	0.5~1.0	0.5~1.0	2.0~5.0	0.3~0.8	0.8~1.2
运营组织	追踪	追踪	追踪	追踪、越行	追踪	追踪
最小间隔时间(min)	1.5	2.5	2.5	2	2	2.5
最高速度(km/h)	80	60~80	75~80	≥120	50~70	50~60
平均旅速(km/h)	30~40	25~35	30~45	45~60	10~20	20~30

1.1.3 城市轨道交通技术经济特性

1. 城市轨道交通具有较大的运输能力

城市轨道交通由于高密度运转、列车行车时间间隔短、行车速度高、列车编组辆数多而具有较大的运输能力。单向高峰每小时的运输能力最大可达到6万~8万人次(市郊铁道);地铁达到3万~6万人次,甚至达到8万人次;轻轨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。据文献统计,地下铁道每千米线路年客运量可达100万人次以上,最高达到1200万人次,如莫斯科地铁、东京地铁、北京地铁等。城市轨道交通能在短时间内输送较大的客流,据统计,地铁在早高峰时1h能通过全日客流的17%~20%,3h能通过全日客流的31%。

2. 城市轨道交通具有较高的准时性

城市轨道交通由于在专用行车道上运行,不受其他交通工具干扰,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,列车能按运行图运行,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,城市轨道交通不受其他交通工具干扰,车辆有较高的运行速度,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,而且换乘方便,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

与常规公共交通相比,城市轨道车辆具有较好的运行特性,车辆、车站等装有空调、引导装置、自动售票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,其舒适性优于公共电车、公共汽车。

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,没有平交道口,不受其他交通工具干扰,并且有先进的通信信号设备,极少发生交通事故。

6. 城市轨道交通能充分利用地下和地上的空间

大城市地面拥挤、土地费用昂贵。城市轨道交通由于充分利用了地下和地上空间的开发,不占用地面街道,能有效缓解由于汽车大量增多而造成道路拥挤、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,提高了土地利用价值,并能改善城市景观。

7. 城市轨道交通的系统运营费用较低

城市轨道交通由于主要采用电气牵引,而且轮轨摩擦阻力较小,与公共电车、公共汽车相比节省能源,运营费用较低。

8. 城市轨道交通对环境污染小

城市轨道交通由于采用电气牵引,与公共汽车相比不产生废气污染。由于城市轨道交通的发展,还能减少公共汽车的数量,进一步减少了汽车的废气污染。由于在线路和车辆上采用了各种降噪措施,一般不会对城市环境产生严重的噪声污染。

1.2 城市轨道交通发展历程

1.2.1 城市轨道交通的由来与发展

1. 地铁的诞生

伦敦地铁是世界上第一条地下铁道。1856 年开始修建, 1863 年 1 月 10 日正式投入运营。第一天的乘客总数就达到了 4 万人次。按照当年 7 月的统计, 在地铁向公众开放的前 6 个月里, 乘客数目达到 477 万人次, 平均每天有 2.65 万人次乘坐。地下铁路成为伦敦历史上第一个多数市民可以负担和使用的公共交通工具。它长约 7.6 km, 隧道横断面高 5.18 m、宽 8.69 m, 为单拱形砖砌结构, 当时是以蒸汽机车牵引列车。1890 年又建成一条地下铁道, 长 5.2 km, 隧道为圆形, 内径 3.10 ~ 3.20 m, 铸铁管片衬砌。用电力机车牵引列车, 为世界上第一条电气化地铁。现在英国伦敦地铁列车通过第三轨供直流电, 电压为 600 V。列车运行速度约 32 km/h, 最大时速达 96 km/h。伦敦地铁于 1971 年开始在维多利亚线区应用遥控和计算机技术操纵列车。

2. 关键时间节点

地铁的产生源于将列车引入城市中心的构想。

1804 年, 第一台行驶于轨道上的蒸汽机车试制成功。

1825 年, 英国修建了世界第一条铁路, 长 21 km。

此后, 铁路快速发展, 到 1863 年第一条地铁开通之前铁路总里程超过 100000 km, 这个时期铁路只用于城市间的客货运服务, 不直接服务城市交通。

但是铁路的发展促进了城市的发展也促进了城市交通需求的发展。与此同时, 城市公共交通的改进是通过马车来实现的, 1829 年, 公共马车在巴黎推行, 随后 1831 年纽约也引入了这种车辆。公共马车行驶缓慢颠簸, 不舒适, 且随着数量的迅速增加, 容易导致交通拥挤及阻塞。

在以上两个背景下, 1832 年有轨马车诞生。有轨马车是将马车放在钢轨上行驶, 既提高了速度和平稳性, 增大了规模, 也降低了运输成本和票价。有轨马车是城市轨道交通的雏形。

随着轨道安装成本下降, 从 1855 年开始, 有轨马车在美国和欧洲得到快速扩展, 替代了公共马车。到 1890 年, 有轨马车总的轨道里程达到 9900 km。

虽然有轨马车比公共马车有了很大改进, 但相对而言速度慢、平面交叉口交通阻塞等问题仍然存在, 逐渐不能满足居民出行的需要, 在此基础上, 人们开始考虑用机车代替马车, 以提高速度。1863 年, 第一条快速轨道交通线在伦敦建成运营, 线路位于地下隧道内用蒸汽机车牵引, 成为地铁。从此, 铁路技术开始被用来解决人们在城市内的出行。

1.2.2 世界轨道交通的发展史

随着社会与经济的发展, 城市化已成为当今世界发展的重要趋势。在城市化的历程中, 不同规模及不同发展阶段的城市产生了不同的交通需求, 需要通过相应的交通技术水平及运输工具来加以满足。从许多国际化大都市发展的实践来看, 轨道交通以其运量大、速度快的

技术优势已成为城市交通结构中不可缺少的组成部分,它较好地解决了大、中城市交通日益增长的供需矛盾问题,并满足了城市化的要求。与城市的形成、发展及城市化进程的初级阶段、中级阶段和高级阶段相对应,城市交通的发展也分为初级、中级和高级三个阶段;相应地,作为城市交通主要组成部分的城市轨道交通的发展则经历了生成期、成长期和成熟期三个阶段。

1. 生成期的城市轨道交通

生成期在时间跨度上主要包括城市轨道交通的产生及发展的初期。大约在 2000 年前,人类社会开始了城市化历程,城市交通问题的爆发导致城市轨道交通的产生。

1) 城市轨道交通的生成与公共交通

城市化是人与物、资金、技术、信息等由乡村向城市、由小城镇向大城市、由空间上的平面向某些点聚集的历史过程。生成期城市轨道交通的变革具有时代的爆发性。城市化初期,由工业技术进步所创造的所有先进交通工具基本上是首先用于解决市际交通问题的。当城市化过程发展到一定程度,城市规模扩大到只有利用交通工具才能保证城市经济生活的正常进行时,城市内部交通系统才开始诞生,出现了相应的交通工具并逐渐有所发展。正是在这种背景之下,1828 年在巴黎出现了一种可供 14 人乘坐的单行“公共马车”,并以固定路线、固定价格、按固定站循环的方式运载乘客,这是历史上第一条公共交通线,随后又演变成马拉轨道车,从而拉开城市轨道交通发展的序幕。

自从巴黎的马拉轨道车问世后,世界上其他一些城市也纷纷仿效,城市轨道交通得到了初步发展。如 1832 年,纽约市建成了第一条马车铁道。城市轨道交通的出现,对城市化过程而言虽然是一个渐变的过程,但由于在城市发展的数千年历史中,城市内部交通问题并没有突出过,所以对整个城市发展史而言,却是一个具有爆发性的动态过程。

2) 生成期城市轨道交通的特点

在生成期,城市轨道交通刚刚起步。受历史条件和物质技术条件的限制,生成期的城市轨道交通具有以下主要特点:

(1) 轨道交通设计简单、技术装备水平低。生成期的城市轨道交通是建立在传统交通工具马车的基础上的,其动力为畜力,运行路线固定在轨道上。承载能力较传统的马车有较大提高,但与现代城市轨道交通相比,则不可同日而语。

(2) 轨道交通在城市交通中所占份额有限。在生成期,城市内部交通虽然开始爆发,但主要是通过私人交通工具来解决的。同时,由于公共交通工具收费较昂贵,普通市民往往难以承受,比如在 1850 年,巴黎、伦敦公共交通工具的乘客主要是中产阶级和上层人士,其票价相当于城市工人 1 h 的工资。

2. 成长期的城市轨道交通

1) 城市轨道交通的发展

自工业革命以后的城市规划无不把城市交通放到了极为重要的地位,同时城市交通的侧重点从城市的外部交通逐渐转移到城市内部交通特别是轨道交通上来。先进的交通工具也随即从外部交通转到内部交通中来。比如:伦敦、巴黎、纽约、东京和柏林都曾把部分市际铁路改造为市郊铁路,甚至把蒸汽牵引方式也一度引入城市内部交通之中。城市内部交通的含义中,关于城市轨道交通的成分比例也越来越大。这一过程是与城市化的步伐紧密相连的。

城市化要求城市交通系统的规模与其发展的规模相适应。随着城市化进程的加快和城市