

巍巍交大 百年书香
www.jiaodapress.com.cn
bookinfo@sjtu.edu.cn



策划编辑 刘建
责任编辑 胡思佳
封面设计 刘文东

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GAILUN

城市轨道交通概论



免费提供

★★★ 精品教学资料包

服务热线: 400-615-1233
www.huatengzy.com



扫描二维码
关注上海交通大学出版社
官方微信

ISBN 978-7-313-18365-1



定价: 42.00元

城市轨道交通系列精品教材

城市轨道交通概论

主编◎卫小伟 史富强



上海交通大学出版社

城市轨道交通系列精品教材
城市轨道交通人才培养教材



CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GAILUN

城市轨道交通概论

主 编◎卫小伟 史富强



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

城市轨道交通系列精品教材
城市轨道交通人才培养教材



CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GAILUN

城市轨道交通概论

主 编◎卫小伟 史富强

副主编◎钱伟强



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

全书共分9个模块，内容包括城市轨道交通概述、城市轨道交通系统的类型、城市轨道交通规划与线路设计、城市轨道交通车站与线路、城市轨道交通车辆与车辆基地、城市轨道交通供电系统、城市轨道交通信号与通信设备、城市轨道交通车站机电系统、城市轨道交通运营管理等。

本书可作为职业教育城市轨道交通相关专业的教材，也可供相关人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通概论/卫小伟，史富强主编. —上海：
上海交通大学出版社，2017（2024 重印）
ISBN 978-7-313-18365-1

I. ①城… II. ①卫… ②史… III. ①城市铁路—轨
道交通—高等职业教育—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 271016 号

城市轨道交通概论

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GAILUN

主 编：卫小伟 史富强

出版发行：上海交通大学出版社

邮政编码：200030

印 制：三河市龙大印装有限公司

开 本：787 mm×1 092 mm 1/16

字 数：308 千字

版 次：2017 年 11 月第 1 版

书 号：ISBN 978-7-313-18365-1

定 价：42.00 元

地 址：上海市番禺路 951 号

电 话：021-64071208

经 销：全国新华书店

印 张：14.25

印 次：2024 年 7 月第 6 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者：如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话：0316-3655788



前言

PREFACE

近年来,随着我国经济建设的发展,城市规模不断扩大,城市人口呈现规模性增长,导致城市交通问题日益凸显。为了解决这一紧迫问题,我国各大城市在大力发展地面交通的同时,也将城市轨道交通(地铁)建设提上了日程。

截至 2023 年年底,中国内地共有 59 个城市开通城市轨道交通运营,运营线路总长度达到 11 224.54 km。

城市轨道交通的迅速发展将带动交通专业人才的大量需求,由于历史原因,目前该专业人才比较缺乏,尤其缺乏在生产一线从事施工、维修养护、运营管理、监理等作业的中、高级应用型人才。所以,培养生产一线的高级应用型人才是职业教育的目标,因此,我们组织编写了本书,以满足城市轨道交通专业人才培养的需要。

“城市轨道交通概论”是城市轨道交通相关专业的一门专业基础课程。学生通过本书的学习,应初步了解城市轨道交通系统的整体概念、系统的结构特点,掌握城市轨道交通的基本知识框架,熟悉各框架的构成及功能,了解各框架的相互关系,为以后专业课程的学习奠定基础。

本书严格按照国家相关标准和技术规范进行编写,并结合国内各大城市轨道交通建设运营实际情况,以模块化的形式编写。

本书由陕西交通职业技术学院卫小伟、史富强任主编,陕西交通职业技术学院钱伟强任副主编。编写分工如下:模块 1~3 由卫小伟编写,模块 4~5 由钱伟强编写,模块 6~9 及附录由史富强编写。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不足之处,敬请广大读者批评指正!

编 者

目录

CONTENTS

模块 1	城市轨道交通概述	1
学习目标		1
1.1	城市轨道交通的特点与分类	1
1.1.1	城市轨道交通的特点	1
1.1.2	城市轨道交通的分类	3
1.2	城市轨道交通的组成、地位与作用	8
1.2.1	城市轨道交通的组成	8
1.2.2	城市轨道交通的地位与作用	11
1.3	城市轨道交通的发展历程	11
1.3.1	城市轨道交通的起源	11
1.3.2	世界城市轨道交通的发展	12
1.4	我国城市轨道交通的发展状况	14
1.4.1	早期有轨电车交通时代	14
1.4.2	现代城市轨道交通时代	15
1.4.3	我国城市轨道交通发展的不足与展望	19
思考与练习		23
模块 2	城市轨道交通系统的类型	24
学习目标		24
2.1	有轨电车系统	24
2.1.1	有轨电车系统的概念	24
2.1.2	有轨电车的发展历史	24
2.1.3	新型有轨电车	25
2.2	地下铁道系统	26

2.2.1 地下铁道系统概述	26
2.2.2 地下铁道系统的构成	27
2.2.3 地下铁道系统的适用范围	29
2.3 轻轨系统	31
2.3.1 轻轨系统概述	31
2.3.2 轻轨的发展模式	32
2.3.3 轻轨的主要类型	32
2.3.4 国外城市轻轨交通概况	33
2.3.5 轻轨系统的主要技术指标	33
2.3.6 我国轻轨交通发展前景展望	35
2.4 城市铁路系统	36
2.4.1 城市铁路的分类	37
2.4.2 城市铁路的发展历史	37
2.4.3 市郊铁路的形式	38
2.5 独轨系统	39
2.5.1 独轨系统的概念	39
2.5.2 独轨交通系统的发展历史	40
2.5.3 独轨交通系统的优缺点	40
2.5.4 独轨交通系统的适用范围	41
思考与练习	41
模块3 城市轨道交通规划与线路设计	42
学习目标	42
3.1 城市轨道交通规划与设计的主要内容及原则	42
3.1.1 城市轨道交通规划的意义	42
3.1.2 城市轨道交通系统规划与设计的主要内容	44
3.1.3 城市轨道交通规划的原则	45
3.2 城市轨道交通线网规划与线路设计	46
3.2.1 城市轨道交通线网规划	46
3.2.2 城市轨道交通线路设计	52
思考与练习	55
模块4 城市轨道交通车站与线路	56
学习目标	56
4.1 城市轨道交通车站	56
4.1.1 城市轨道交通车站的组成	56

4.1.2 城市轨道交通车站的分类	58
4.1.3 城市轨道交通车站的设计原则	59
4.1.4 城市轨道交通车站规模的确定	60
4.2 城市轨道交通线路	61
4.2.1 城市轨道交通线路的特点	61
4.2.2 城市轨道交通线路的分类	62
思考与练习	71
模块5 城市轨道交通车辆与车辆基地	72
学习目标	72
5.1 城市轨道交通车辆基本知识	72
5.1.1 城市轨道交通车辆的特点	72
5.1.2 城市轨道交通车辆的分类	73
5.1.3 城市轨道交通车辆编组	74
5.2 城市轨道交通车辆组成	74
5.2.1 车体及内部设备	75
5.2.2 转向架	79
5.2.3 车钩缓冲装置	83
5.2.4 制动装置	87
5.2.5 空调通风系统	91
5.2.6 车辆电气牵引系统	92
5.2.7 辅助供电系统	94
5.2.8 列车控制及诊断系统	95
5.3 城市轨道交通车辆基地	95
5.3.1 车辆基地的组成	95
5.3.2 车辆基地的主要线路	96
5.3.3 车辆运用、检修库房和车间及其主要设备	98
5.3.4 综合维修基地	102
思考与练习	103
模块6 城市轨道交通供电系统	104
学习目标	104
6.1 城市轨道交通供电系统的功能和要求	104
6.1.1 城市轨道交通供电系统的功能	104
6.1.2 城市轨道交通供电系统的基本要求	106
6.2 城市轨道交通供电系统的供电原理与方式	107

6.2.1 城市轨道交通供电系统的供电原理	107
6.2.2 牵引网供电制式	108
6.3 城市轨道交通供电系统的构成	108
6.3.1 外部电源	109
6.3.2 主变电所或电源开闭所	110
6.3.3 牵引供电系统	110
6.3.4 动力照明供电系统	120
6.3.5 电力监控系统	121
6.3.6 杂散电流腐蚀防护系统	123
思考与练习	124

模块7 城市轨道交通信号与通信设备

学习目标	126
7.1 城市轨道交通信号的基础设备	126
7.1.1 信号机	126
7.1.2 继电器	129
7.1.3 轨道电路	130
7.1.4 转辙机	131
7.1.5 计轴设备	131
7.1.6 应答器	132
7.2 城市轨道交通的联锁及联锁设备	133
7.2.1 联锁	133
7.2.2 联锁设备	135
7.3 城市轨道交通的闭塞设备	136
7.3.1 闭塞的有关概念	136
7.3.2 城市轨道交通系统的闭塞制式	136
7.4 城市轨道交通的通信设备	143
7.4.1 城市轨道交通系统对通信的要求	143
7.4.2 城市轨道交通通信系统的组成	144
7.4.3 城市轨道交通各通信子系统的功能	144
7.4.4 传输子系统	145
7.4.5 程控交换网	146
7.4.6 广播子系统	147
7.4.7 闭路电视监控子系统	149
7.4.8 时钟子系统	150
7.4.9 无线通信系统	151

思考与练习	152
模块 8 城市轨道交通车站机电系统	153
学习目标	153
8.1 自动售检票系统	153
8.1.1 自动售检票系统的组成及功能	153
8.1.2 自动售检票系统的运行管理	161
8.2 车站电梯系统和屏蔽门系统	164
8.2.1 车站电梯系统	164
8.2.2 屏蔽门系统	167
8.3 其他机电系统	169
8.3.1 环境控制系统	169
8.3.2 消防系统	170
8.3.3 给排水系统	172
8.3.4 车站低压配电及照明系统	174
8.3.5 站内客运设备	177
8.3.6 环境与设备监控系统	178
8.3.7 其他设备	183
思考与练习	183
模块 9 城市轨道交通运营管理	184
学习目标	184
9.1 城市轨道交通客运组织工作	184
9.1.1 车站客运工作概述	184
9.1.2 公司级客运部门的工作内容	185
9.1.3 站务工作	185
9.1.4 票务工作	186
9.2 城市轨道交通行车组织工作	187
9.2.1 列车开行计划	188
9.2.2 列车运行图	189
9.2.3 城市轨道交通列车运行调度工作	192
9.2.4 城市轨道交通的车站与车辆基地的行车组织工作	194
9.3 城市轨道交通的安全管理	194
9.3.1 运输安全的重要性	194
9.3.2 运输安全的影响因素	195
9.3.3 运输安全的保障措施	196

9.3.4 运输安全的规章制度	197
思考与练习	201
附录	202
附录 A 城市轨道交通运营管理规定	202
附录 B 城市轨道交通行车组织名词、术语解释	209
附录 C 城市轨道交通信号常见名词术语英文缩略语	213
参考文献	218



模块1 城市轨道交通概述

学习目标

- (1) 了解城市轨道交通的特点与分类。
- (2) 熟悉城市轨道交通的组成、地位与作用。
- (3) 了解城市轨道交通的发展历程。
- (4) 熟悉我国城市轨道交通的发展状况。

1.1 城市轨道交通的特点与分类

“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,在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)公共客运服务的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。

《城市公共交通常用名词术语》(GB 5655—1985)将城市轨道交通定义为“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”。城市轨道交通是城市公共交通的一个重要组成部分,随着城市的高速发展,人口的不断增多,城市轨道交通逐渐成为城市中最主要的公共客运交通工具。

1.1.1 城市轨道交通的特点

随着城市与城市交通的快速发展,城市轨道交通近年来发展迅速。目前建设与发展城市轨道交通系统已成为世界各国解决城市交通问题的首选方案,究其原因,关键在于城市轨

道交通具有传统的地面常规交通方式没有的特点,具体表现在以下几个方面。

1. 具有较大的运输能力

由于城市轨道交通高密度运转,列车行车时间间隔短,行车速度快,列车编组辆数多,因此它具有较强的运输能力。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);地铁可达到3万~6万人次,甚至可达到8万人次;轻轨可达到1万~3万人次;有轨电车可达到1万人次,可见城市轨道交通的运输能力远远超过公共汽车。根据有关资料,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。城市轨道交通也能在短时间内输送较大的客流。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. 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(地下或高架),因此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,尤其是在上下班高峰时段,地面交通拥挤不堪时,列车能按运行图运行,具有可信赖的准时性。

3. 具有较高的速达性

由于城市轨道交通采用先进的电动车组动力牵引方式,在专用的行车轨道上运行,具有先进的自动控制系统及可靠的安全保障措施,因此车辆有较高的运行速度和较高的启、制动加速度;同时多数车站采用高站台,列车停站时间短,上下车迅速方便,而且方便换乘,从而使乘客较快地到达目的地,缩短了出行时间。目前地铁列车的最高运行速度一般都在80 km/h以上,有的甚至能达到120 km/h,旅行速度基本可达30~45 km/h。

4. 具有较高的舒适性

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,因此城市轨道交通车辆具有较好的运行特性。同时,其车辆、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,使城市轨道交通具有较好的乘车条件,且舒适性优于公共电车和公共汽车。

5. 具有较高的安全性

城市轨道交通由于没有平交道口,不受其他交通工具干扰,并且有先进的通信信号设备,因此极少发生交通事故。

6. 占地少、不破坏地面景观

大城市地面拥挤、土地费用昂贵,而城市轨道交通由于充分利用了对地下和地上空间的开发,不占用地面街道,因此能有效缓解由于汽车大量发展而造成的道路拥挤、堵塞现象,有利于城市空间的合理利用,特别是有利于缓解大城市中心区过于拥挤的状态,进而提高了土地利用价值,并能改善城市景观。

7. 低污染

城市轨道交通采用电气牵引,又是大运量高速度集约化列车运行方式,与公共汽车相比

它不会产生废气污染,可以称为“绿色交通”。随着城市轨道交通的发展,公共汽车的数量还会减少,这将进一步减少了汽车的废气污染。这点非常符合现代都市提倡的低碳生活。同时,由于线路和车辆上采用了各种降噪措施,因此一般不会对城市环境产生严重的噪声污染。

8. 低能耗

由于城市轨道交通是大运量集团化客运系统,且采用了多项高新技术,按每运送一位乘客的能源消耗进行评价,这是其他任何一种城市交通运输方式所无法比拟的,并且其对能源的适应性也相当强。

但是城市轨道交通也存在一定的局限性,如建设费用高、建设难度大、建设周期长、技术含量高、运营成本高、经济效益有限等。城市轨道交通是一个庞大的系统工程,它涉及土建(装修)、机械、电子、供电、通信、信号等多种技术,具有设备多,点多面广,技术要求、技术含量高,系统性、严密性、联动性要求高等特点。城市轨道交通土建工程大面多,建设的周期长,涉及的资金投入一般是每千米4亿~6亿元。且土建工程一般是永久性结构(地下隧道、高架桥等),建成以后线路走向及路网结构不宜调整,因此对城市轨道交通线路的选择及路网规划要求较高,难度较大。

1.1.2 城市轨道交通的分类

由于城市轨道交通发展迅速,地区、国家、城市的发展有所不同,服务对象的相同,城市轨道交通发展呈现多种类型,且技术指标差异较大。目前,世界各国评价标准不一,尚无十分统一的分类标准。按照不同的标准,城市轨道交通可以划分为以下几种不同的类型。

- (1)按线路架设方式划分,可分为地下铁道、地面铁道和高架铁道。
- (2)按导向方式划分,可分为轮轨导向和导向轨导向。
- (3)按轨道形式划分,可分为重轨铁路、轻轨铁路和独轨铁路。
- (4)按小时单向运能划分,可分为大运量系统(高峰时单向运输能力达到每小时3万人次以上)、中运量系统(高峰时单向运输能力达到每小时1.5万~3万人次)和小运量系统(高峰时单向运输能力达到每小时0.5万~1.5万人次)。
- (5)按路权专用程度划分,可分为线路全封闭型、线路半封闭型和线路不封闭型。
- (6)按服务区域划分,可分为市郊铁路、市内铁路和城际快速铁路。
- (7)按运能范围、车辆类型及主要技术特征划分,可分为有轨电车、地下铁道、轻轨、独轨、城市(市郊)铁路、磁悬浮、新交通系统等。目前,人们习惯上是按照这种分类方法来划分的。

①有轨电车(tram/streetcar)。有轨电车是使用电力牵引、轮轨导向、1~3辆编组运行在城市路面线路上的低运量轨道交通系统,如图1-1所示。



(a)



(b)

图 1-1 有轨电车

(a)大连老式有轨电车；(b)上海新型现代有轨电车

有轨电车是最早发展的城市轨道交通之一，一般设在城市中心穿街走巷运行，具有上下车方便、造价低、建设容易的优点。有轨电车一般采用直流电动机驱动，多与汽车和行人共用街道路权，受路口红绿灯的控制，因此有轨电车受干扰多、速度慢、正点率低、噪声大、安全程度低，极易与地面道路车辆冲突而引起道路交通堵塞，故很多城市的有轨电车被取消或改良为轻轨。

②地下铁道(metro/subway/underground railway)。地下铁道简称地铁，泛指轴重相对较重(轴重 60 kg/m 以上)、高峰时单向客运量在每小时 3 万~7 万人次的大容量轨道交通系统，如图 1-2 所示。



图 1-2 地下铁道

地铁是城市快速轨道交通的先驱，是由电力牵引、轮轨导向、轴重相对较重、具有一定规模运量、按运行图行车、车辆编组运行在地下隧道内，或根据城市的具体条件，运行在地面或高架线路上的快速轨道交通系统。地铁最高速度可达 120 km/h，旅行速度可达 40 km/h 以上，可 4~10 节编组，车辆运行最小间隔时间可低于 1.5 min。地铁的驱动方式有直流电机、交流电机、直线电机等。地铁运量大、速度快、安全、准时、节省能源、不污染环境、节省城市用地，但其建设成本高，建设周期长，适用于出行距离较长、客运量需求较大的城市中心区域。一般认为，人口超过百万的大城市应该考虑修建地铁。地铁的主要技术参数如表 1-1 所示。

表 1-1 地铁的主要技术参数

序 号	项 目	技术参数	序 号	项 目	技术参数
1	高峰小时单向 运送能力/人	30 000~70 000	9	安全性和可靠性	较好
2	列车编组	4~8 节,最多 11 节	10	最小曲线半径/m	300
3	列车容量/人	3 000	11	最小竖曲线半 径/m	3 000
4	车辆构造速 度/km·h ⁻¹	80~100	12	舒适性	较好
5	平均运行速 度/km·h ⁻¹	30~40	13	城市景观	无大影响
6	车站平均间 距/m	600~2 000	14	空气污染、噪声 污染	小
7	最大通过能 力/对·h ⁻¹	30	15	站台高度	一般为高站台, 乘降方便
8	与地面交通隔 离率	100%			

③轻轨(light rail transit,LRT)。轻轨是在有轨电车的基础上改造发展起来的城市轨道交通,如图 1-3 所示。轻轨是反应在轨道上,相对于铁路和地铁的荷载较轻的一种交通系统。轻轨是个比较广泛的概念,公共交通国际联合会关于轻轨运营系统的解释文件中提到: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。

轻轨原来的定义是指采用轻型轨道的城市交通系统。轻轨最早使用的是轻型钢轨,现在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的大小来区分地铁和轻轨。轻轨是指运量或车辆轴重(60 kg/m 以下)稍小于地铁的快速轨道交通。在我国《城市轨道交通工程项目建设标准》(建标 104—2008)中,把每小时单向客流量为 1 万~3 万人次的轨道交通定义为中运量轨道交通,即轻轨。



(a)



(b)

图 1-3 轻轨

(a)武汉轻轨;(b)国外现代化的轻轨

④独轨(monorail)。独轨交通又称为单轨交通,是指通过单一轨道梁支撑车厢并提供导引作用而运行的轨道交通系统,它与传统的钢轮钢轨运输系统完全不同,其最大特点是车体比承载轨道要宽。中国应用独轨的城市有重庆、上海等。

独轨是采用一条大断面轨道并全部为高架线路的轨道交通。通常分为跨座式独轨和悬挂式独轨两种类型,如图 1-4 和图 1-5 所示。跨座式独轨是车辆跨坐在轨道梁上行驶,其轨道梁通常用预应力混凝土做成,车辆运行时走行轮在轨道上平面滚动,导向轮在轨道侧面滚动导向;悬挂式独轨是车辆悬挂在轨道梁下方行驶,其轨道梁通常用钢材做成,车辆运行时走行轮沿轨道走形面滚动,导向轮沿轨道导向面滚动导向。



图 1-4 跨座式独轨



图 1-5 悬挂式独轨

独轨的车辆采用橡胶轮,由电气牵引,最高速度可达 80 km/h,旅行速度为 30~35 km/h,列车可 4~6 节编组,单向运送能力为每小时 1 万~2.5 万人次。

⑤城市铁路(urban railway)。城市铁路是指建在城市内部或内外结合部,线路设施与干线铁路基本相同,服务对象以城市公共交通客流,即短途、通勤旅客为主的轨道交通系统。城市铁路通常分为城市快速铁路和市郊铁路两部分。

a. 城市快速铁路。城市快速铁路是指运营在城市中心,包括近郊城市地区的轨道系统,其线路采用电气化,与地面交通大多立体交叉。

b. 市郊铁路。市郊铁路是指建在城市郊区,把市区与郊区,尤其是与远郊联系起来的铁路。市郊铁路一般和干线铁路设有联络线,设施与干线铁路相同,线路大多建在地面,部分建在地下或高架。其运行特点接近于干线铁路,只是服务对象不同。

市郊铁路是城市铁路的主要形式。市郊铁路是伴随着城市规模的扩大、卫星城的建设而发展起来的,通常使用电力牵引,列车编组多为 4~10 节,最高速度可达 100~120 km/h。市郊铁路运能与地铁运能相同,但由于站距较地铁长,运行速度超过地铁,可达 80 km/h 以上,目前重庆市规划建设东环线和西环线市郊铁路,此线路将串联重庆 1 小时经济圈。

城市铁路的概念范围在不断扩大,包括了城际间直达的高速铁路,如北京至天津的“京津快轨”,如图 1-6 所示。



图 1-6 京津快轨

⑥磁悬浮交通(magnetic levitation for transportation)。磁悬浮交通是一种在高速运行时为非轮轨黏着、用直线电机驱动列车运行的、悬浮于地面的新型轨道交通系统。它克服了传统列车机械噪声和磨损等问题,不受轮轨黏着速度理论极限的限制,速度可达每小时 500 多千米。当磁悬浮列车低速运行时,车轮会放下来,以车轮行驶,因此磁悬浮保留了轨道、道岔和车辆转向架及悬挂等许多传统机车车辆的特点。磁悬浮列车从悬浮机理上可分为常导吸型和超导斥型,利用常导磁铁或超导磁铁产生的吸力或斥力使车辆浮起,用以上的复合技术产生导向力,用直线电机产生牵引动力,使其成为高速、安全、舒适、节能、环保、维护简单、占地少的新一代交通运输工具,上海磁悬浮列车、磁悬浮列车结构分别如图 1-7 和图 1-8 所示。



图 1-7 上海磁悬浮列车

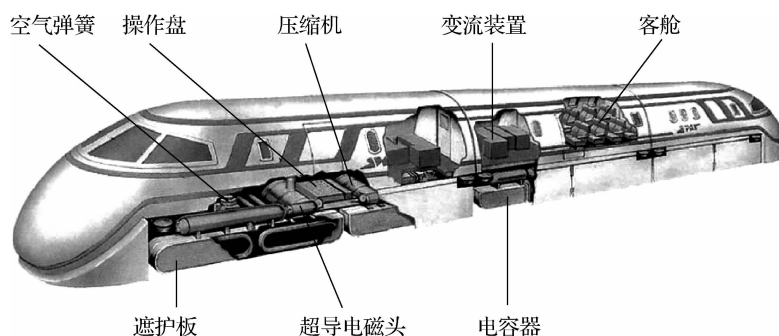


图 1-8 磁悬浮列车结构

⑦新交通系统(new transport system, NTS)。新交通系统是一个模糊的概念,不同国家和城市对此都有不同的理解,还没有统一和严格的定义。广义上认为,NTS 是那些所有现代化新型公共交通方式的总称。狭义上的新交通系统则定义为由电气牵引,具有特殊导向、操作和转向方式胶轮车辆,单车或数节编组运行在专用轨道梁上的中小运量轨道运输系统。

在新交通系统中,车辆在线路上可无人驾驶自动运行,车站无人管理,完全由中央控制室的计算机集中控制,自动化水平高。新交通系统与独轨交通系统有许多相同之处,最大的区别在于该系统除有走行轨外,还设有导向轨,故新交通系统也称为自动导向轨道交通,如图 1-9 所示。新交通系统的导向系统可分为中央导向方式和侧面导向方式,每种方式又可分为单用型和两用型两种。单用型是指车辆只能在导轨上运行;两用型则指车辆既可在导轨上运行,又可以在一般道路上行驶。



图 1-9 日本新交通系统

1.2 城市轨道交通的组成、地位与作用

1.2.1 城市轨道交通的组成

城市轨道交通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、实时性极强的复杂系统。

城市轨道交通系统包括线路、车辆、供电、通信、运营调度、自动售检票、客运服务、安全保障等诸多专业,各专业中又分别包含机械、电气、控制、自动化、计算机等多项工种。所有这些专业和工种必须有效联动,才能确保城市轨道系统的正常运营。而各专业在城市轨道交通中,又发挥着不可替代的作用。例如,列车是运送乘客的载具,但必须在已铺设完成的轨道线路上才能行驶;列车行驶依靠的是供电专业提供的电源;为保证列车行驶安全,必须有畅通及时的通信系统和准确无误的信号系统作为保障;乘客进出站、购票、上下列车都需

要客运人员提供车站服务等。

由此可见,只有城市轨道交通系统涉及的专业都能确保各自工作正常,才能使城市轨道交通发挥作用。按照城市轨道交通工作目标和对象的不同,可以将城市轨道交通涉及的专业分为设备保障和运营管理两大类。

1. 设备保障类

设备保障类的最大特点是为运营管理提供设备和技术保障,一般不直接与乘客见面。各专业利用技术先进、性能可靠、操作简便的专业设备,为城市轨道交通实现安全运送乘客的既定目标提供可靠的物质保障。设备保障主要包括以下内容。

(1)线路工程。城市轨道交通采用的是电力驱动的轮轨系统,所以线路既是列车运行的支撑;同时也是电动列车驱动电路的组成部分,所以线路专业可以称为整个客运送系统的基础。在城市轨道交通系统中,一般将隧道、桥梁、车站建筑、监护等纳入线路工程的子系统。

(2)车辆。作为运送乘客的载具,车辆的性能直接决定了运送乘客目标的实现质量。在乘坐城市轨道交通时,乘客除了在车站就是在列车上,乘客在途中的安全有赖于列车的安全运行;列车行进速度则直接决定了乘客到达的快捷和准点;车厢载客量、车厢硬件设备则决定了乘客出行过程的舒适度。

(3)通信系统。通信系统的任务是建立一个能实现系统内指挥调度及公务业务联系的通道。例如,为乘客提供运营信息,为公安部门提供视频和无线资源,为消防管理部门提供无线资源等。有线通信和无线通信是通信系统的两个子系统。

(4)信号系统。信号是信息的表现形式,信息是信号的具体内容,可以认为信号是信息传递的一种手段,城市轨道交通通过信号实现行车指挥和列车运行现代化,保证列车运行的安全,提高运输效率。此外,信号系统还需要利用信号将运营信息告知乘客,实现客流组织和完成运送乘客的任务。

(5)供电系统。电力是城市轨道交通正常运行的能源,由国家电网供电。供电系统不仅为城市轨道交通电动列车提供牵引用电,还为照明、通风、空调、电梯、防灾报警、通信、信号等运营服务设施提供电能。安全可靠又经济合理的供电系统是城市轨道交通正常运营的重要保障和前提,因此必须保证城市轨道交通供电系统正常运行,以免危及相关人员生命安全或造成重大财产损失。

(6)车站机电设备。车站机电设备包括车站自身的硬件设备系统和为乘客服务的设备系统两大类。属于前者的有车站火灾自动报警系统(fire alarm system, FAS)、车站环境与设备监控系统(building automation system, BAS)、车站给排水系统、车站低压配电及照明系统等;属于后者的有车站通风系统、车站空调系统、自动售检票系统(automatic fare collection, AFC)、自动扶梯系统、站台屏蔽门(platform screen door, PSD)系统等。车站机电设备的完好率将直接决定车站的安全和乘客所直接感受到的舒适、方便、安全程度,因此,车站机电设备系统虽然不直接决定城市轨道交通的运营质量,但能充分体现城市轨道交通的服务质量,应给予充分重视。

2. 运营管理类

运营管理类的工作目标是为乘客提供安全、快捷、准点、方便和尽可能舒适的出行工具，所以，凡是直接涉及乘客出行的专业和工种，均应纳入运营管理范围。

(1)行车管理。行车管理主要负责对系统内所有列车的运行管理。城市轨道交通列车的运行是按运行图进行调度的，所以编制运行图、下达行车命令、突发事件时的行车调整、有关行车组织的即时命令发布等均是行车管理系统的工作职责。

①主要工种。主要工种包括运营调度、设备调度、车站值班员、电动列车驾驶员等。

②主要工种的岗位和主要职责。

a. 运营调度、设备调度一般集中在线路调度中心，负责全线的行车指挥。

b. 车站值班员岗位在车站，负责按运行图或调度命令，对途经车站的列车进行正常行车操作或调整，对车站客流进行组织或疏导。

c. 电动列车驾驶员岗位在列车上，除了负责驾驶列车运送乘客外，还要通过列车广播、车厢显示屏等平台为乘客提供服务。当列车突发故障时，电动列车驾驶员更要承担安全疏导乘客的任务。

(2)客运管理。客运管理是对“乘客运送全过程的管理”，是直接面向乘客的重要服务系统。系统服务对象是广大的乘客群，专业宗旨是为乘客提供优质服务，专业评价标准是“乘客满意度”。

客运管理又包含两个重要子系统，即客流组织和客运服务。前者主要是组织乘客有序流动，后者是为乘客提供优质服务，车站服务员(简称站务员)是服务提供者，其岗位在车站。

理论上，车站服务员是乘客出行过程中唯一能接触到的城市轨道交通工作人员，因此乘客通过服务人员的言行举止对轨道交通运营企业的工作质量进行评判。随着城市轨道交通各系统自动化技术的不断提高，目前已实现了乘客“自助式出行”的目标，也就是乘客可以依靠车站提供的各类信息指示，在“无人服务”的情况下自主完成出行。

(3)乘务管理。城市轨道交通列车乘务员指的是电动列车驾驶员，其处于城市轨道交通运营的第一线，肩负着行车安全的主要责任。因此，如何合理安排乘务员作息时间、制定值乘方案、分配人员、教育培训及安全监督显得尤为重要。这些管理制度和措施的制定不仅要与实际运营相结合，而且要有一定的科学依据作保障，做到在人员精简高效的同时还要确保运营的安全。

(4)票务管理。制定票价等运营政策，对车票制作、车票出售、入站检票、出站检票、补票、罚款等营运信息进行有效的管理是票务管理的主要内容。只有通过安全、可靠和完备的自动售检票系统才能有效地实施票务的清分和结算，所以票务管理也是票务收入和结算的基础。

另外，城市轨道交通系统中安全运营始终是第一要务。广大乘客的生命安全、设备的安全运行、突发事件时的人员疏散和事故处理，以及反恐、防恐的措施制定和实施都属于安全管理的工作范畴。从工作性质分，安全管理分为乘客和员工的人身安全管理、运行和服务设备设施的安全管理和突发事件时的应急处置三方面内容。

1.2.2 城市轨道交通的地位与作用

城市轨道交通在城市公共交通中占有重要的地位,并发挥着重要的作用,具体表现如下。

(1)城市轨道交通是城市公共交通的主干线,是客流运送的大动脉,是城市的生命线工程。城市轨道交通建成运营后,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“城市病”的一把金钥匙,对于实现城市的可持续发展具有非常重要的意义。

(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”型模式,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城市沿轨道交通廓道的发展,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。国际知名的大都市由于轨道交通事业十分发达方便,人们出行很少乘私人车辆,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。

城市轨道交通经历了自 1863 年以来的发展,由于其技术成熟、安全可靠、形式多样、用途广泛,正在成为城市交通的骨干。

综上所述,城市轨道交通系统因其封闭、独立和自成体系的运营方式使安全、准点、快捷地运送乘客的目标得以实现;多专业、多工种的联动和新设备、新技术的应用是城市轨道交通系统的最大技术特点。

1.3 城市轨道交通的发展历程

1.3.1 城市轨道交通的起源

法国人巴斯卡(B. Pascal)于 1662 年在巴黎首创无轨公共马车,它有固定的路线和班次,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、不舒服,且容易造成街道上车辆拥挤及阻塞。

把马车放在钢轨上行驶,可以提高其速度及平稳性,还可以利用由多匹马组成的马队来提高牵引力,增大车辆规模,降低运输成本及票价。从 1855 年开始有轨马车大规模地替代公共马车,在欧美迅速扩展,至 1890 年,总的轨道里程达到 9 900 km。

虽然有轨马车比公共马车有了很大的改进,但随着城市人口及车辆的增加,在平交道口出现了交通的阻塞,这种情况在较大的城市非常严重。交通的拥堵使人们想到了将交

通线路往地下发展,以便很好地解决客流膨胀与土地紧张的问题。19 世纪中叶的英国伦敦交通十分拥堵,1843 年,有“地铁之父”之称的英国律师查尔斯·皮尔逊(Charles Wilson)建议修建地铁。经过 20 年的酝酿和建设,世界上第一条快速轨道交通地下线(地铁)于 1863 年 1 月 10 日在伦敦正式运营。它标志着城市轨道交通在世界上诞生了。用明挖法施工的伦敦地铁,通车时采用蒸汽机车牵引,线路全长 6.5 km。尽管列车在地下隧道内运行,隧道里烟雾熏人,但当时的伦敦市民甚至皇亲显贵们仍乐于乘坐这种地下列车,因为在拥挤不堪的伦敦地面街道上乘坐有轨马车,其条件和速度还不如地铁列车。

世界上第一条地下铁道的诞生为人口密集的大都市如何发展公共交通提供了宝贵的经验。特别是伦敦地铁,线路全长仅 6.5 km,第一年就运载了 950 万乘客,为解决城市交通的拥堵树立了成功的典范。尤其是 1879 年电力机车的研制成功,使得地下运输环境和服务条件得到了极大的改善,世界上一些著名的大城市开始先后修建地下铁道。从 1863 年到 1900 年,修建地下铁道的就有 5 个国家的 7 座城市,它们是英国的伦敦、格拉斯哥,美国的纽约、波士顿,匈牙利的布达佩斯,奥地利的维也纳及法国的巴黎。在 20 世纪初期的欧美地区,包括德国的柏林和汉堡、美国的费城、西班牙的马德里等 9 座大城市又都相继修建了地下铁道。从此,城市交通进入了轨道交通时代。

1.3.2 世界城市轨道交通的发展

自 1863 年伦敦开通世界上第一条地铁以来,至 2014 年,世界城市轨道交通的发展已有 151 年的历史。截至 2014 年末,共有五十多个国家或地区修建了轨道交通,近两百条地铁系统投入运营,线路总长度达数万公里,其中,开通运行里程数位居前三位的分别是上海地铁(643 km)、北京地铁(604 km)及伦敦地铁(408 km)。各大城市的地铁、轻轨、城市铁路、新型城市轨道交通都得到了很好的发展,为城市的客运交通和经济发展做出了重要的贡献。

世界城市轨道交通的发展经历了一个曲折的过程,大致可分为以下几个阶段:

1. 初步发展阶段

1863—1924 年为初步发展阶段。在这一阶段,欧美的城市轨道交通发展较快,其间 13 个城市建成了地铁,还有许多城市建设了有轨电车。20 世纪 20 年代,美国、日本、印度和中国的有轨电车有了很大发展。这种旧式的有轨电车行驶在城市的道路中间,运行速度慢,正点率很低,而且噪声大,加速性能差,乘客舒适度差,但在当时仍然是公共交通的骨干。

2. 停滞萎缩阶段

1925—1949 年为停滞萎缩阶段。第二次世界大战的爆发和汽车工业的发展,导致了城市轨道交通的停滞和萎缩。汽车的灵活、便捷及可达性,使其一度成为城市交通的宠儿,得到飞速发展。而轨道交通因投资大、建设周期长,一度失宠。这一阶段只有 5 个城市发展了城市地铁,有轨电车则停滞不前,有些线路被拆除。1912 年,美国已有 370 个城市拥有有轨电车,但到了 1970 年,只剩下 8 个城市保留了有轨电车。

3. 再发展阶段

1950—1969 年为再发展阶段。汽车过度增加,使城市道路异常堵塞。行车速度下降,严重时还会导致交通瘫痪,加之空气污染,噪声严重,大量耗费石油资源,市区汽车有时甚至难以找到停车位,于是人们又重新认识到,解决城市客运交通必须依靠电力驱动的轨道交通。轨道交通因此重新得到了重视,而且逐步扩展到日本、中国、韩国、巴西、伊朗、埃及等国家。

4. 高速发展阶段

1970 年至今为高速发展阶段。世界上的很多国家都确立了优先发展轨道交通的方针,立法解决城市轨道交通的资金来源。世界各国城市化的趋势,导致人口高度集中,要求轨道交通高速发展以适应日益增加的客流运输,各种技术的发展也为轨道交通的发展奠定了良好的基础。



拓展知识

世界上主要城市地铁简介

1. 纽约地铁

纽约是当今世界地铁运行线路最长的城市,其线路有 29 条,全长 443 km,车站多达 498 个,设施较为陈旧。

2. 莫斯科地铁

莫斯科地铁是世界上最豪华的地铁,有欧洲地下宫殿之称。天然的料石、欧洲的传统灯饰与莫斯科气势恢宏的各类博物馆交相辉映,简直是一座艺术的博物馆。市区 9 条地铁线路纵横交错,充分体现了苏联城市交通规划和建筑业的一流水平。

3. 巴黎地铁和里尔地铁

巴黎地铁是世界上最方便的地铁,每天发出 4 960 辆列车,在主要车站的出入口均设有计算机显示应乘的线路、换乘的地点等,一目了然。巴黎地铁也是世界上层次最多的地铁,包括地面大厅共有 6 层(一般为 2~3 层)。法国里尔地铁是当今世界最先进的地铁,全部由计算机控制,无人驾驶,轻便、省钱、省电,车辆在行驶过程中发出的噪声、震动都很小,高峰时每小时通过 60 辆列车,为世界上行车间隔最短的全自动化地铁。

4. 香港地铁

世界各国地铁均靠政府补贴,唯独我国香港地铁既解决了市区出行问题,同时又可盈利。2012 年香港地铁全年盈利 97 亿港元。

5. 新加坡地铁

新加坡的地铁车站和线路清洁明亮,一尘不染,是世界上最安全、最清洁、管理最好的地铁。新加坡地铁像莫斯科地铁一样考虑了战时的防护掩蔽,车站出入口均设置有防护门、密闭门等防护设施。

世界上部分国家修建地下铁道的情况如表 1-2 所示。

表 1-2 世界上部分国家修建地下铁道的情况

城市 (所属国家)	开始通 车年份	当时人 口/万人	线路 条数	线路长度/km		车站数目	轨距/mm	牵引供电	
				全长	地下			方式	电压/V
伦敦(英国)	1863	670	9	408	167	273	1 435	第三轨	630
纽约(美国)	1867	730	29	443	280	504	1 435	第三轨	660、 650
芝加哥(美国)	1892	370	6	174	18	143	1 435	第三轨	600
布达佩斯 (匈牙利)	1896	210	3	27.1	23	30	1 435	第三轨	750
格拉斯哥(英国)	1897	75.1	1	10.4	10.4	15	1 435	第三轨	600
波士顿(美国)	1898	150	3	34.4	19	39	1 220	第三轨	600
维也纳(奥地利)	1898	150	3	34.4	19	39	1 435	第三轨	750
巴黎(法国)	1900	210	15	199	175	367	1 440	第三轨	750
柏林(德国)	1902	320	10	134	106	132	1 435	第三轨	750
费城(美国)	1905	170	4	62	62		1 435	第三轨	600、 700
汉堡(德国)	1912	160	3	92.7	92.7	82	1 435	第三轨	750
布宜诺斯艾利斯 (阿根廷)	1913	290	5	39	39	63	1 435	架空线	600、 1 100

1.4 我国城市轨道交通的发展状况

我国城市轨道交通的发展可以划分为早期有轨电车交通时代和现代城市轨道交通时代。

1.4.1 早期有轨电车交通时代

我国的有轨电车起源于 20 世纪初,至 20 世纪 50 年代,我国有轨电车交通达到了高峰。上海、大连、北京、天津、哈尔滨、长春等诸多城市都建成了多条有轨电车线路。有轨电车在我国城市交通中发挥了历史性的作用。

由于有轨电车与城市发展之间存在诸多矛盾,我国的有轨电车同国外一样,从 20 世纪 50 年代逐步拆除。

1.4.2 现代城市轨道交通时代

我国现代城市轨道交通是以 1965 年 7 月 1 日开工建设的北京地铁为开端,发展至今,大致经历了以下 5 个阶段。

1. 起始阶段

起始阶段是以 1965 年开始建设、1969 年 10 月 1 日建成通车的北京地铁(复兴门站—苹果园站,全长 23.6 km)和 1970 年开始兴建、1976 年建成通车的天津地铁(新华路站—西南角站,全长 5.2 km)为代表。

这一阶段地铁的规划与建设,除了实现城市的客运功能之外,更重要的是考虑满足人防战备的需要。

2. 开始建设阶段

开始建设阶段以北京地铁 1 号线完全建成(复八线建设和 1 号线改造)、上海地铁 1 号线(上海火车站—莘庄)、广州地铁 1 号线(西朗站—广州东站)的建成为标志。在这一阶段随着改革开放和经济体制改革的逐步深入,城市交通需求剧增,导致道路交通供给能力严重不足,交通供需矛盾十分突出,这也成为城市社会经济发展的一个重要制约因素。为适应城市发展的需要、缓解城市交通的紧张状况,从 20 世纪 90 年代开始,我国政府加大了对城市交通基础设施的投入,强调轨道交通对解决城市交通问题和引导城市发展的作用。从此,发展大容量轨道交通方式的理念开始显现,我国开始了城市轨道交通的建设阶段。在这一阶段除地铁建设外,以上海明珠线一期工程为代表的轻轨交通也开始建设。

3. 建设高潮阶段

随着我国经济的发展和城市化进程的加快,我国城市的规模和人口在不断扩大,城市交通问题日益突出。城市交通问题的解决必须依赖公共交通的发展,大城市及特大城市还必须建设一个以轨道交通系统为骨干,以公共交通为主体,多种交通方式相互协调的综合交通系统。同时,经济的快速发展也为城市轨道交通的发展奠定了雄厚的物质基础。自 20 世纪末至 21 世纪初,我国城市轨道交通进入了快速发展的建设高潮阶段。

在这一阶段,城市轨道交通的建设具有以下特点。

(1)兴建城市轨道交通的城市迅速增多。截至 2005 年,全国已开通城市轨道交通的城市有北京、上海、天津、广州、长春、大连、重庆、武汉、深圳、南京共 10 个城市,总计 20 条线路,运营线路总长 444 km。全国 48 个百万人以上的大城市中已有 20 多个城市开展了城市轨道交通建设的前期工作,初步统计规划建设 55 条线路,总长约 1 700 km,总投资近 6 000 亿元。此阶段,除上述 10 个开通了轨道交通的城市外,已开工建设的还有沈阳、成都、西安、杭州、哈尔滨、苏州、青岛等城市。此时,我国总计有 33 个城市正在建设和筹建轨道交通,我国的城市轨道交通处于良好的快速发展阶段。

(2)城市轨道交通的网络化。目前,我国部分城市的轨道交通建设出现了网络化的发展。北京、上海、天津、广州等城市均在建和筹建多条城市轨道交通线路,形成纵横交错、相互沟通连接的网络交通体系。

(3)城市轨道交通类型的多元化。目前,我国的城市轨道交通已不再是单一的地铁交通。北京建成了市郊城市铁路交通;天津建成了滨海快速轨道交通;大连、长春、武汉建成了轻轨交通;重庆建设了跨座式单轨交通;上海开通了常导高速磁悬浮交通列车;广州出现了直线电机驱动的列车。城市轨道交通供电系统不仅有第三轨供电,还有架空线接触网供电的形式,轨道交通类型呈多元化发展。

(4)城市轨道交通的现代化。随着城市轨道交通的发展,以车辆为代表的技术体系也实现了现代化。通过国际技术交流与合作,引进先进技术,实现设计制造技术的现代化。在提升技术水平的同时,也促进了国产化的进程。

4. 建设调整阶段

在我国城市轨道交通的发展过程中,值得指出的是,从1995年到1998年,由于地铁建设发展迅猛,有部分城市不顾地方经济实力,盲目上马建设轨道交通项目,速度过快、过猛;还有的城市盲目追求高标准,忽视了是否适合本城市的实际情况等问题,使城市轨道交通建设带有很大的盲目性。针对工程造价高、车辆全部引进、大部分设备大量引进等问题,1995年国务院办公厅60号文通知,除上海地铁2号线项目外,所有地铁建设项目一律暂停审批,并要求做好发展规划和国产化工作。从1995年到1998年,近3年时间国家没有审批任何城市轨道项目,2002年10月中旬国务院冻结了近20个城市的地铁立项,委托中国国际工程咨询公司对国内的地铁项目做全面的调查分析,准备出台一系列有关地铁项目审批的新政策,加大地铁项目的宏观调控力度。轨道交通的建设与发展经历了一段曲折的历程。

5. 蓬勃发展阶段

我国的城市轨道交通建设在经历了早期建设、高速发展、建设调整等曲折过程后,正步入稳步、持续、有序的蓬勃发展阶段。

《国家中长期科学和技术发展规划纲要》(2006—2020年)明确提出构建以城市轨道交通为骨架的城市公共综合交通体系,我国城市轨道交通建设在“十二五”期间迎来新一轮的建设高潮。

国家“十二五”规划提出轨道交通应“超前规划、适时建设”。有条件的大城市 and 城市群地区要把轨道交通作为优先发展领域。截至2014年,我国获批轨道交通建设规划的城市已达36个,全国城市轨道交通投资达2200亿元,比2013年增加400亿元。至2015年前后,规划建设96条轨道交通线路,总投资超过1万亿元。表1-3、表1-4分别列出了我国截至2013年末已建和2013年新建的轨道交通线路里程等相关数据。

表 1-3 2013 年末中国城市轨道交通运营线路、里程及车站统计

序号	城市	总里程 /km	运营 线路 /条	制式及运营里程/km						2013 年 新增 里程 /km	2012 年 末运营 里程 /km	备 注
				地铁	轻轨	单轨	现代 有轨 电车	磁浮 交通	市域 快轨			
1	北京	465	17	465.0						23.0	442	
2	上海	577	16	538.4			9.0	29.9		99.3	477.9	
3	天津	139	5	78.6	52.3		7.9			1.7	137	
4	重庆	170	4	94.6		75.3				38.8	131.1	
5	广州	246	9	246.4						24.5	221.8	
6	深圳	178	5	178.3						0.0	178.3	
7	武汉	73	3	44.2	28.5					16.5	56.2	
8	南京	82	3	81.6						0.0	81.6	
9	沈阳	115	6	55.1			60.0			65.3	49.8	
10	长春	48	2		48.3					0.0	48.3	
11	大连	87	4		63.2		23.4			0.0	86.6	
12	成都	115	3	48.2					67.0	8.7	39.5	市域快轨 成灌线 67 公 里属于调增
13	西安	46	2	45.9						25.3	20.6	
14	哈尔滨	17	1	17.5						17.5	0	首条线路 投入运营
15	苏州	51	2	51.3						26.1	25.2	
16	郑州	26	1	26.2						26.2	0	首条线路 投入运营
17	昆明	40	2	40.1						22.1	18	
18	杭州	48	1	48.0						0.0	48	
19	佛山	15	1	14.8						0.0	14.8	
合计		2 539	87	2 074	192	75	100	30	67	395	2 077	

表 1-4 2013 年中国各城市轨道交通新增运营线路统计

序号	城市	线路名称	起讫点	里程 /km	车站 /座	运营时间
1	北京	14 号首通段	张郭庄—西局	12.4	7	2013.05
		10 号线剩余段	西局—首经贸	2.4	3	2013.05
		8 号线二期工程南段	鼓楼大街—南锣鼓巷	1.78	2	2013.12
		昌平线与 8 号线联络线	朱辛庄—回龙观东大街	6.3	3	2013.12
2	天津	3 号线南延	工业区—天津南站	4.1	3	2013.12
3	上海	11 号线二期	江苏路—罗山路	21	12	2013.08
		11 号线花桥段	安亭—花桥	6	3	2013.10
		16 号线	罗山路—滴水湖	52.85	11	2013.12
		12 线东段	天潼路—金海路	19	15	2013.12
4	苏州	2 号线	苏州高速—迎春南路	26.6	22	2013.12
5	广州	6 号线一期	浔峰岗—长湴	24.3	22	2013.12
6	武汉	4 号线一期	武昌火车站—武汉火车站	16.5	15	2013.12
7	郑州	1 号线一期	西流湖—市体育中心	25.41	20	2013.12
8	西安	1 号线一期	后卫寨—纺织城	25.4	19	2013.9
9	重庆	6 号线支线一期	礼嘉—悦来段	12.1	5	2013.05
		6 号线二期北段	金山寺—北碚	23.8	8	2013.12
10	成都	2 号线二期西延线	犀浦—迎宾大道	8.84	6	2013.06
11	昆明	首期工程南段	晓东村—大学城南	22.7	12	2013.05
12	沈阳	浑南现代有轨电车项目 一期(1、2、5)号线	奥体中心—会展中心 奥体中心—桃仙机场 奥体中心—沈抚新城	48.2	58	2013.08
		2 号线北延线	医学院—航空航天大学	10.6	3	2013.12
13	哈尔滨	1 号线一期、二期	哈尔滨东站—哈尔滨南站	17.73	18	2013.09
14	大连	202 路轨道延伸线	河口—旅顺新港	40.38	8	2013.12
合计	14 座	22 条		428.39	275	

注 1:数据仅包含中国大陆地区,不含港澳台地区。

注 2:分段建设分段开通运营的线路均合并为一条线路,运营时间指最后开通的时间。

注 3:如非特别注明,线路形式均为地铁。

1.4.3 我国城市轨道交通发展的不足与展望

随着我国经济社会的不断进步和发展,我国的城市轨道交通建设将会快速发展。在肯定我国轨道交通建设长足发展的同时,我们也应清醒地看到,轨道交通的发展目前仍存在一些问题。这些问题主要表现在四个方面:一是城市轨道交通规模小,经济效益差,对经济社会发展的“瓶颈”制约仍然较严重,高峰期运输紧张的问题比较突出,路网规模总量、结构仍然有待提高和改善;二是在城市交通问题日益突出,大城市交通拥堵,路网结构不够合理的状况下,大城市快速大容量的轨道交通方式发展仍较缓慢;三是城市群快速发展,城际旅游流量不断增加,城际间的交通运输能力越来越不适应发展的要求,城际间大容量、高效率、低污染和省资源的轨道交通建设滞后;四是国产化率偏低,有待进一步提高。

为了实现我国轨道交通的可持续发展,2015年1月12日,国家发展和改革委员会发布了《国家发展改革委关于加强城市轨道交通规划建设管理的通知》(发改基础〔2015〕49号),要求坚持“量力而行、有序发展”的方针,按照统筹衔接、经济适用、便捷高效和安全可靠的原则,科学编制规划,有序发展地铁,鼓励发展轻轨、有轨电车等高架或地面敷设的轨道交通制式。把握好建设节奏,确保建设规模和速度与城市交通需求、政府财力及建设管理能力相适应。加强规划管理、建设管理、安全管理,促进我国轨道交通建设的可持续发展。

为了保证城市轨道交通建设的稳步发展,目前迫切需要整合全国资源,构建国家级技术标准,建立国家级技术标准体系。展望未来,轨道交通作为一种与我国国情和资源禀赋相适应的交通运输方式,发展前景十分广阔。



拓展知识

城市轨道交通建设的必要性和充分性

1. 城市轨道交通建设的必要性

(1)城市公共客运交通运量需求的必要性。由于城市客运交通运量大,时间性强,牵制因素多,影响面广,调整弹性差,因此,相对而言,客运交通比货运交通的地位更加特殊,更难协调供需矛盾,对城市生活与发展影响更大,尤其是对现代化大都市更为突出。

在城市客运交通中,公共交通所占比例较大,是城市客运交通的主要方式和最佳的发展方向。无论是从人均占地面积(城市空间)、所耗能源、所产生的污染、发生的交通事故,还是从市民出行的时间、费用、舒适度、可靠性等交通服务水平来考察,公共交通比私人交通(其代表是小汽车、摩托车、电动车、自行车)具有更强的优势与可持续发展的特征。

在城市公共客运交通中普遍采用的是地面公共电(汽)车交通,这是一类一次性投资较低、可调整性较强、适应面较广、技术要求相对较低的公共客运交通方式,但也具有不可避免

的局限性。

①运量有限。在限定舒适度的条件下(主要指拥挤度指标),如在车厢内每平方米站立乘客7~11人的“极拥挤”程度下,一条公共电(汽)车路线单向高峰小时的最大运量为5 000~8 000人次。如果要再提高运量,那么必然会形成两个后果:一是车辆内拥挤度提高,如达到每平方米站立12~14人的“极其拥挤”程度;二是线路上车辆连发频率过高,形成首尾相接的“列车”运行现象。

②道路拥塞。由于公共电(汽)车在城市道路上行驶时很少有专用车道。因此,交通高峰时期正是道路最拥挤的时段,这是造成道路拥塞的原因之一。即使有公交专用车道,也会形成“列车”运行现象,造成速度下降、秩序混乱、效果不佳的后果。

因此,地面公共电(汽)车交通方式仅能满足一定运量的城市客运交通需求,无法适应大城市主要交通方向大运量交通的要求。例如,大型居民区的通勤出行交通,市中心区的吸引交通,大型文体场馆、车站、机场、码头产生的密集到发客流,均需具有运量大、速度快、可靠性强的城市轨道交通系统来承担。

一般认为,城市公共客运交通运量需求的必要性主要表现在以下几方面:

①满足单一方向的极大客运量需求,即在某一客运交通方向上,当单向高峰小时客流量大于8 000人次时,就有必要建设城市轨道交通系统;否则,该方向地面常规公交线路服务水平必然下降,表现为车内拥挤不堪、车速极低、延误严重等。

②满足城市交通整体客运量的需求。城市地面道路拥挤(尤其是高峰时段的市中心区及主要干道)是一个世界性的城市通病,地面道路不可能无限地拓宽增加。即使拓宽增加,也难以跟上因城市人口增加及经济发展而引发的车辆增加与交通量增加的速度。因此,建设运载量大、人均占道路面积少的轨道交通(地下或高架系统占地更少或接近于零)是有效减少地面交通车辆,缓减地面道路拥挤的最佳办法。

对一个城市而言,具有一个功能完善、布局合理的轨道交通网,就可以构筑层次清晰、结构合理、高效低耗、对城市发展起到积极牵动作用的城市客运交通体系。

(2)城市客运交通运距需求的必要性。随着城市范围的扩展,布局进一步调整,功能区日益清晰且分布合理,城市客运交通的运输距离有增长的趋势。尤其是大都市圈、群、带等城市化形式的出现,市民出行的距离拉长,在途时间增加,旅途疲劳度凸显了地面公共交通方式难以满足交通运距变大引起的服务方面的需求,唯有轨道交通系统恰好能发挥其优势。

城市交通的主要集散点之间,尤其是城市中心区与边缘功能区(如工业区、居民区、游览区)之间,或各功能区之间;以及大都市中心区与副中心区、卫星城,新城区互相之间,轨道交通是唯一一种既能以合适的“时间距离”缩短过大的空间距离,又能避免种种交通发展负效应的现代交通方式。

如果城市布局因地理条件限制而出现条形结构,那么轨道交通将是最佳的交通发展轴。

一般而言,市民一次出行的合理在途时间应视交通工具的便利性、舒适性而定,有一个可容忍限度。苏联城市交通专家的研究结果表明,一次出行在途时间以不超 40 min 为限(包括步行到车站、乘车、换车及到站后步行等各种耗时),并认为每超过 10 min,出行者的工作效率将下降 5%。按此标准,如果一个城市中心区的地面公交车辆平均运行速度为 10~15 km/h,该中心区的居民一次出行的距离仅为 6~10 km(需扣除步行、候车耗时)。换言之,该城市的市民活动半径为 6~10 km,城市区的面积也仅为 120~300 km²。

因此,一个占地面积扩展至几千平方千米,乃至上万平方千米的特大城市,维系城市各功能区有效紧密联系的交通方式只能依靠轨道交通。假设某轨道交通系统的平均旅行速度为 35~40 km/h,该城市中心区范围可望扩展到 19~22 km 吸引半径(已扣除步行到站、候车换乘等时间),近 1 600 km² 面积。

城市轨道交通决定的城市中心区吸引范围的计算公式为:

$$R=V_{\text{旅}}(T-t)$$

式中, $V_{\text{旅}}$ 为轨道交通系统列车运行的平均旅行速度(km/h); T 为城市居民出行一次的最大在途时间(h); t 为城市居民出行一次步行到轨道交通系统车站及候车的时间(h)。

因此,城市轨道交通系统是城市中心区扩展、城市布局合理扩散、城市范围得以扩大的基本保证。无论是对于单一中心的多环同心圆结构,还是适度扩散的多中心组团式结构,一个现代化大都市或形成大都市圈的城市的发展都不能缺少城市轨道交通的支撑。

(3)城市现代化发展技术需求的必要性。城市发展过程是综合经济实力与科技水平的集中表现,城市交通是现代化发展的重要标志之一。很难设想一个极具现代化水平的经济发达城市,只有单一的地面公共交通工具为城市庞大的高标准的客运交通服务。尤其是在人口密度高、土地面积并不大的城市,采用盲目拓宽道路或发展高架道路和私人小汽车的城市交通发展战略,无疑是一种短期策略表现,而非可持续发展的战略抉择。

城市轨道交通的建设在某种意义上反映了城市的综合实力,反映了城市交通的科技含量与发展水平,也为城市产业发展与产业结构调整带来了新的增长点。

(4)城市可持续发展长远需求的必要性。最新的城市发展观念,是以环境保护与资源利用两项可持续发展重点指标作为主要评价标准的。对城市环境保护与资源利用具有破坏作用的重要原因之一,就是无限制地发展汽车交通,由此带来的大量侵占城市用地(道路面积率不断扩大,个别城市已达 30% 以上),大量排放废气污染物,大面积形成道路堵塞,大规模消耗能源(如个体交通、大排量汽车),大幅度造成伤亡事故(造成大规模的人力、物力、财产损耗),大量耗费管理管制人力、物力,已成为城市可持续发展的主要制约因素。

因此,从城市可持续发展的角度来看,公共交通优于私人交通,在公共交通的范畴中轨道交通优于公共电(汽)车。

此外,城市环境改善和资源利用的重要环节是产业结构的调整与功能区的布局调整。一方面创造良好的环境条件(如增加绿地面积,压缩高能耗、高污染、高成本、低效益产业,降

低建筑密度与人口密度,提高空气、水、居住等生活质量);另一方面构筑科学合理的城市布局,促进城市资源(如土地资源、水资源、能源资源、人力资源、物资等)的优化配置,使城市发展具有潜力与后劲。要实现上述目标,在客运交通方面切不可盲目发展私人汽车,而是要建设轨道交通体系。

2. 城市轨道交通建设的充分性

城市轨道交通建设需要巨额投资(目前国内地下铁道建设投资已高达5亿元人民币/千米以上),建筑施工技术要求高,难度大,设备技术含量高,运营管理要求高,经营风险大。因此,即使在急需建设轨道交通系统的城市,也可能因为种种主客观原因(主要有观念认识偏差、经济实力基础薄弱、技术储备基础差等)而难以及时建设。

对于经济并不发达的国家或地区的城市来说,轨道交通系统的建设更是处于两难境地:一方面城市人口密集,客运交通急需轨道交通早日建成,即必要性十分迫切;另一方面,因经济实力有限,资金难以筹措,而无法及时有效地完成轨道交通的规划与建设,即城市轨道交通建设除了必要性之外,更重要的还有其充分性。

(1)充分认识城市轨道交通建设的必要性与重要性。城市轨道交通建设的重要性与必要性,近年来经过激烈争论和实践验证,已在学术界达成基本共识,关键在于政府的管理层和决策层是否有充分认识。唯有被充分认识,才有城市轨道交通建设在筹资立项程序上的充分可能性。

(2)充分具备城市轨道交通建设的经济基础。一方面城市发展的综合实力在整体上为城市轨道交通建设带来经济基础和交通需求;另一方面,城市轨道交通建设的项目投资需要雄厚的经济实力,包括融资还贷保本盈利能力,经营管理生产持续能力等。

城市轨道交通路线一般不可能很短(平均长度在15 km左右,较长线路则更能显示轨道交通的优势)。因此,即使建设单一轨道交通线路,一次性投资也十分可观,更何况大城市轨道交通系统都是连线成网,具有相当规模的。

(3)充分具备城市轨道交通建设的科学技术基础。城市轨道交通系统既有高科技特征,又有持续发展不易调整的特征,因此,从规划开始,到建设、运营、发展、改进,不论是网络规划、设备制造,还是运营管理、设备维护等,均需有现代高新技术的支持。

城市轨道交通建设的科技领域涉及面较广,如土木、通信、电子、计算机、车辆、供电、环控、防灾、机电等,没有相当程度的科技储备,就难以完成城市轨道交通系统的科学规划,高质高效的建设和运营,即使依赖国际先进技术的支持,也难以持续发展,难以安全可靠、高效低耗地运营。

由此可见,城市轨道交通建设的充分性表现在认识到位、经济实力与科技水平均达到一定标准三方面,缺一不可。

思考与练习

- (1) 简述城市轨道交通的定义。
- (2) 简述城市轨道交通的特点。
- (3) 简述城市轨道交通的类型。
- (4) 列表比较各种轨道交通的特点。