

城市运营服务与管理系列教材

城市轨道交通系统

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG XITONG

主编◎彭 燕 副主编◎招晓菊 鹿国庆

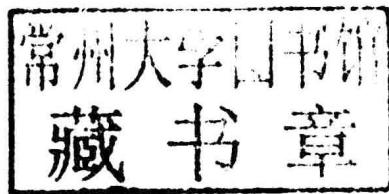


中国物资出版社

城市运营服务与管理系列教材

城市轨道交通系统

主 编 彭 燕
副主编 招晓菊 鹿国庆



中国物资出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城市轨道交通系统/彭燕主编. —北京: 中国物资出版社, 2012. 2

(城市运营服务与管理系列教材)

ISBN 978-7-5047-4106-6

I. ①城… II. ①彭… III. ①城市铁路—高等教育—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 266627 号

策划编辑 寇俊玲

责任编辑 王可

责任印制 何崇杭

责任校对 孙会香 饶莉莉

出版发行 中国物资出版社

社 址 北京市丰台区南四环西路 188 号 5 区 20 楼

电 话 010-52227568 (发行部)

010-68589540 (读者服务部)

网 址 <http://www.clph.cn>

经 销 新华书店

印 刷 中国农业出版社印刷厂

书 号 ISBN 978-7-5047-4106-6/U·0078

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 13.5

字 数 320 千字

邮政编码 100070

010-52227588 转 307 (总编室)

010-52227588 转 305 (质检部)

版 次 2012 年 2 月第 1 版

印 次 2012 年 2 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

版权所有·侵权必究·印装差错·负责调换

前 言

目前,我国的城市轨道交通事业正处于井喷式发展时期,城市轨道交通专业人才需求缺口巨大,学校、企业和社会面临着大量的城市轨道交通专业从业人员的培养和教育。一套好的适用教材无疑是给专业培养锦上添花,城市运营服务与管理系列教材就是在此契机下组织编写的,《城市轨道交通系统》是其中之一。

本书在理论的基础上,建立了以实践为主、理论与实践相统一的教材体系,根据轨道交通系统流程安排教学内容,打破了原来以面带点的模式,改用轨道交通系统流程一条主线将内容连贯起来。本书在内容选取上,加深了对轨道交通系统流程改造、轨道交通系统运营事故处理等重点内容,以培养学生理论联系实践和解决生产实际问题的能力。

本书用相对独立又相互联系的五章组成了从理论到实践的城市轨道交通系统教学体系,第一章要求学生了解我国和世界城市轨道交通系统的发展历史和现状,熟知城市轨道交通系统的含义及不同的分类标准,能够初步为城市轨道交通系统的选型及合理发展提供理念分析依据;第二章要求学生能熟记线路的正线、辅助线、车场线等知识,熟知单开道岔的构造、轨道结构的组成及特点,了解城市轨道交通线路规划设计的基本内容,对城市轨道交通线路平纵断面设计的基本内容有较明确的认识;第三章要求学生掌握轨道交通车站的分类、布局及特点,了解城市轨道交通车辆的分类及其基本组成,对城市轨道交通车站组成设计的基本内容有较明确的认识;第四章要求学生理解轨道交通电力索引的优缺点,了解电流制与电压制的分类,掌握供电系统的组成及集中供电工作原理、变电所的种类及特点;第五章要求学生了解城市轨道交通运营组织的特点和管理模式,理解城市轨道交通运营的客流组织,掌握城市轨道交通运营票务管理和站务管理的相关作业内容,掌握城市轨道交通突发事件的处理与预防办法。

本课程建议总学时为64学时,其中课堂教学48学时,实训教学16学时。

本书由彭燕担任主编,招晓菊和鹿国庆担任副主编,由正、副主编负责本书的结构设计、统筹和审稿。具体编写分工如下:深圳信息职业技术学院招晓菊编写第一章和第二章,深圳信息职业技术学院鹿国庆编写第三章,广西交通职业技术学院李冰编写第四章,广西交通职业技术学院彭燕编写第五章。

本书在编写过程中,参考了大量的书籍、文献及论文等,编者已尽可能在参考文献中详细列出。在此,对这些专家和学者表示深深的谢意。如有引证材料因疏漏而没有列出,在这里深表歉意。本书在编写过程中得到各方的大力支持,在此对参与和支持本书出版的所有同志表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有纰漏和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者
2011年9月

目 录

第一章 走进城市轨道交通系统	(1)
第一节 世界城市轨道交通的发展简史	(1)
第二节 我国城市轨道交通的现状与发展	(3)
第三节 城市轨道交通系统的概念、类型及选型	(6)
第二章 城市轨道交通线路	(29)
第一节 城市轨道交通线路的类型	(30)
第二节 城市轨道交通线路的组成	(39)
第三节 城市轨道交通线路设计	(55)
第三章 城市轨道交通车站与车辆	(66)
第一节 城市轨道交通车站	(66)
第二节 城市轨道交通车辆	(89)
第四章 城市轨道交通供电、信号、通信和环控	(107)
第一节 城市轨道交通供电系统	(107)
第二节 城市轨道交通信号系统	(120)
第三节 城市轨道交通通信系统	(125)
第四节 城市轨道交通环控系统	(130)
第五章 城市轨道交通运营组织	(156)
第一节 城市轨道交通运营组织概述	(156)
第二节 城市轨道交通票务管理系统	(159)
第三节 城市轨道交通站务管理	(177)
第四节 城市轨道交通安全管理	(191)
练习题答案	(201)
参考文献	(206)



第一章 走进城市轨道交通系统



学习目标

1. 了解世界城市轨道交通系统的发展历史和现状。
2. 了解我国城市轨道交通系统的发展历程、现状和趋势。
3. 熟知城市轨道交通系统的含义及不同的分类标准，对城市轨道交通系统有一个清晰的认识。
4. 能够初步根据不同城市轨道交通系统的特点以及城市的实际情况，为城市轨道交通系统的选型及其合理发展提供理论分析依据。



案例导入

亚特兰大的教训

1996年，美国亚特兰大举办奥运会。对于拥有280万人口的亚特兰大来说，原有约80km长的城市轨道交通线路在平时绰绰有余，但在奥运会期间，当排山倒海的人群涌入时，如果维持原有的轨道交通状况，则将不堪重负。为成功举办奥运会，亚特兰大市政府动用巨资为巴士系统增辟道路，新建车站，购买新车，努力建设和完善巴士运输系统，认为采取这些措施足够胜任奥运的运输任务。但是没想到，经过加强的巴士运输系统，废气污染严重，运量小，速度慢，经不起密集人群的轮番冲击，拥挤和混乱现象不断发生，由交通不畅所引起的种种问题成为那届奥运会的败笔之一。

请你想一想，如果当初亚特兰大市政府重视城市轨道交通的建设和完善，充分发挥其交通优势，1996年亚特兰大奥运会的交通情况将会是怎样的呢？

第一节 世界城市轨道交通的发展简史

一、世界城市轨道交通的产生和发展

自1863年世界上第一条地铁线路在英国伦敦建成投入运营以来，城市轨道交通的诞生和发展已有100多年的历史，但重视和大规模修建城市轨道交通系统则是在第二次世界



大战结束以后。回顾城市轨道交通的历史发展过程，大致可以分为以下 4 个阶段。

（一）初步发展阶段（1863—1924 年）

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的发展。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，加速性能低，乘客舒适度差，但在当时仍然是公共交通的骨干。

（二）停滞萎缩阶段（1925—1949 年）

一方面，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。汽车成为城市交通的宠儿，得到飞速的发展。另一方面，因投资大，建设周期长，城市轨道交通的发展出现停滞和萎缩。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 个城市建有有轨电车。到了 1970 年，只剩下 8 个城市保留了有轨电车。

（三）再发展阶段（1950—1969 年）

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的地方，于是人们又开始重新认识到，解决城市客运交通必须依靠占地少、污染小、运力大的城市轨道交通。轨道交通因此又重新得到了重视。

（四）高速发展阶段（1970 年至今）

世界各国政府纷纷确立了优先发展轨道交通的方针，同时通过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奠定了良好的基础。

二、世界主要城市的轨道交通现状

地铁运营线路较长的城市为纽约、伦敦、巴黎、莫斯科、东京、芝加哥、墨西哥城、柏林、波士顿、圣彼得堡。截至 2009 年年底，上述城市地铁线路总长超过 2300km，占世界轨道交通的 43%。

（一）伦敦地铁

伦敦地铁是世界上历史最悠久的地铁，目前拥有线路 12 条，加上高峰时间和星期日增开的 3 条线路一共 15 条线路，总长度约达 490km，其中 160km 在地下，而其余部分都在地面上。从地铁可换乘开往英国各地的火车和飞机，而且全在建筑物内换乘，不怕刮风下雨。2004—2005 年，伦敦地铁年运送量为 9.76 亿人次。伦敦地铁被认为是最具电影缘的地铁之一，曾经有 100 多部电影和电视剧在这里取景。

（二）纽约地铁

纽约地铁创建于 1868 年，是美国的第一条地铁线，比伦敦地铁晚 5 年建成，纽约是世界上第二座最早建成地铁的城市。目前有 30 条地铁线路，总长 432.4km，车站 504 座，走完纽约地铁全程需乘行 20 多个小时，年客流量超过 15 亿人次，占市公共交通系统运量



的70%以上。

(三) 巴黎地铁

巴黎地铁1号线于1900年建成,比英国要晚37年,现有线路14条,总长度为212.1km,共有297座车站,年客运量12亿人次。巴黎另有轻轨线路1条,长9.1km,设有21座车站,于1992年开通。巴黎地铁覆盖率高,非常便利,每天发出4960趟列车。在主要车站的出入口均设有电脑,显示应乘的线路和换乘的地点等,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)。

(四) 莫斯科地铁

莫斯科地铁从20世纪30年代就被公认为是世界上最漂亮的地铁。莫斯科地铁是一个不曾停过工的工程,是一个不断进行的市政建设。截至2009年,莫斯科共拥有地铁线路11条,200多个站,总长度为300多km。莫斯科地铁的客运量居世界首位,达每年26亿人次。

(五) 东京地铁

1925年,东京开始动工兴建第一条地铁线路,长2.2km,于1927年建成通车,是亚洲第一条地铁线路。目前,东京地铁有13条,总运营里程达286.2km,每天平均运载旅客700多万人次,其客流量仅次于莫斯科地铁。

(六) 首尔地铁

韩国首尔地铁于1971年开始建设,到2000年建成8条线路,总长285km,是世界上地铁发展较快的城市。首都圈电气化铁道以首尔的9条地下铁路为主,并辅以国铁的盆唐线、仁川地铁1号线、中央线及机场地铁共13条路线形成。韩国首都圈电铁是世界前五大载客量最高的铁路系统之一,一天载客量可达800万人次。

第二节 我国城市轨道交通的现状与发展

一、我国城市轨道交通的发展历程

目前,作为解决城市交通拥挤问题的首选措施,我国正在加大发展城市轨道交通建设。就我国城市轨道交通的发展而言,也可以分为以下几个阶段。

(一) 起步阶段

20世纪50年代至70年代初期,我国轨道交通的发展战略是以防战兼顾交通,其指导思想是“平战结合,即平时用于交通,战时用于战争”,属于“绝密工程”。根据当时的发展战略和指导思想,以修建人防设施为主的地铁应运而生。此阶段以1965年开始兴建、1969年10月1日建成通车的北京地铁(北京站—苹果园站)(全长23.6km)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5.2km)为代表。



加油站

北京地铁始建于1965年7月1日。1969年10月1日，北京地铁1号线建成，北京成为中国第一个拥有地铁的城市。由于最初北京地铁的建造目的是战备工程，所以北京地铁在通车后很长时间内不对公众开放，需凭介绍信参观及乘坐。直至1981年9月15日，北京地铁才正式对外运营。

(二) 开始建设阶段

20世纪80年代末至90年代初期，以上海地铁1号线、北京地铁复八线和一线改造、广州地铁1号线建设为标志，我国真正以交通为目的的地铁项目开始建设。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，交通供需矛盾突出，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，我国政府加大了对城市交通基础设施的投入，强调轨道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。



加油站

上海地铁建设始于1990年年初，地铁1号线徐家汇—锦江乐园区间于1993年5月28日开通试运营。上海是继北京、天津后中国内地第三个有城市轨道交通的城市。1995年4月10日上海地铁1号线火车站—徐家汇正式运营。到2000年，上海建成通车的3条线路总长65km。到2007年年底，上海市已通车的共有8条轨道交通线，日均客运量380万人次，线路总长突破230km，位居全国首位。

(三) 建设高潮开始阶段

随着我国经济的发展和城市化进程的加快，城市的规模和人口在不断扩大，城市交通问题更加突出。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，这已成为共识。同时，经济的快速发展也为发展城市轨道交通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快速发展的建设高潮阶段。在此阶段，兴建城市轨道交通的城市迅速增多，部分城市的轨道交通建设呈现网络化，并且城市轨道交通的类型朝着多元化、现代化的方向发展。

(四) 调整阶段

由于地铁建设发展迅猛，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（每公里地铁造价接近7亿



元人民币)、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号文件通知,除上海地铁2号线项目外,所有地铁项目一律暂停审批,并要求做好发展规划和国产化工作。1995—1998年的近3年时间,国家没有审批城市轨道项目,轨道交通的建设与发展经历了一段曲折的历程。1997年年底,国家计委开始研究城市轨道交通设备国产化实施问题,并于1998年把深圳地铁1号线、上海轨道交通3号线、广州地铁2号线作为国产化依托项目进行了立项,轨道交通建设项目又开始启动。



加油站

深圳地铁一期工程于2004年12月28日通车试运营,2006年7月1日正式运营,深圳市成为中国内地第5个有地铁的城市。深圳地铁一期工程线路总长21.866km,投资115.53亿元,分别是地铁1号线,全长(17.387km),罗湖站—世界之窗共15个车站;地铁4号线南段,全长4.479km,福田口岸站—少年宫站,其中,会展中心站是1、4号线换乘站。深圳轨道二期工程包括1号线续建工程、2号线、3号线、4号线续建工程和5号线,共5条线路,建成后深圳地铁总长度为178km,于2011年6月全部建成通车,迎接2011年8月12日—8月23日的第26届大学生运动会。2011—2020年,深圳市规划建设8条轨道线路,分别为4号线北延段,6、7、8、9、10、11、12号线,计划总长215km,车站144座。

(五) 建设高潮阶段

随着实施积极的财政政策以及进一步扩大内需,国家于1999年开始陆续批准一批城市轨道交通项目开工建设。1999年以后,国家先后审批了深圳、上海、广州、重庆、武汉等10个城市的轨道交通项目开工建设,并投入40亿元国债资金予以支持。目前,我国大城市、特大城市已把建设大容量的快速轨道交通作为解决城市交通问题最主要的技术政策。包括北京、上海、广州在内,全国有已建和在建轨道交通项目的城市共10个,建设速度大大超过前30年。毋庸置疑,21世纪,我国的城市轨道交通系统将会有较快的发展。



加油站

2005年5月15日,南京地铁1号线试运行,全长21.72km、总投资85亿元,9月3日正式投入运营。根据规划,2006年年底,地铁1号线南延线将开工建设,计划于2009年12月建成通车试运营。南京成为继北京、天津、上海、广州、深圳之后,中国内地第6个拥有地铁的城市。

二、我国城市轨道交通规划与建设现状

我国城市轨道交通建设速度迅猛,1995—2008年,我国建有轨道交通的城市从2个增



加到 10 个，投资以每年 100 多亿元的速度推进。迄今为止，中国已经开通运行轨道交通的城市有 12 个（含香港和台湾地区），其中内地已有 10 个城市开通了 31 条城市轨道交通线，运营里程达到 835.5km。据悉，目前国务院已经批复了 22 个城市的地铁建设规划，总投资 8820.03 亿元。中国各城市轨道交通发展规划图显示，到 2016 年，我国将新建轨道交通线路 89 条，总建设里程为 2500km，投资规模达 9937.3 亿元，中国已成为世界上最大的城市轨道交通建设市场。

2009 年，中国地铁建设规划获批及开工的城市有 22 个，分别是北京、天津、上海、广州、深圳、南京、重庆、武汉、沈阳、长春、成都、哈尔滨、杭州、青岛、福州、昆明、西安、宁波、郑州、长沙、无锡、苏州。

当前，中国城市圈交通建设已进入城际轨道交通时代。2005 年 3 月，国家已经批复《环渤海京津冀地区城际轨道交通网规划（2005—2020 年）》、《长江三角洲地区城际轨道交通网规划（2005—2020 年）》、《珠江三角洲地区城际轨道交通网规划（2005—2020 年）》；2008 年 6 月 3 日，铁道部会同国家发改委评审通过了《成渝经济区城际铁路网规划》；2009 年 9 月，国家又批复了《武汉城市圈城际轨道交通网规划（2009—2020 年）》、《长株潭城市群城际轨道交通网规划（2009—2020 年）》。截至 2009 年 11 月，我国规划了全国 11 个区域的城际铁路，主要包括环渤海地区、长三角地区、珠三角地区、江汉平原（武汉）城镇群、湘东（长株潭）城镇群、成渝城镇群、中原地区（郑州）城镇群、关中（西安）城镇群、辽中南城镇群、鲁中北（济南）城镇群—山东半岛城镇群、海峡西岸（闽东南）城镇群。

第三节 城市轨道交通系统的概念、类型及选型

一、城市轨道交通系统的概念和分类标准

（一）城市轨道交通系统的概念

城市轨道交通系统（urban mass transit system），简称城轨系统（urban rail system），是指主要服务于城市客运交通，通常以电力为动力，以轮轨运行方式为特征的车辆与轨道（导轨）等各种相关设施的总和。一般来说，城市轨道交通系统的定义包括以下几层含义：一是大众运输系统；二是位于城市之内；三是以电力驱动；四是行驶于轨道之上；五是班次必须密集。如图 1-1 所示为上海的城市轨道交通系统。



图 1-1 上海的城市轨道交通系统

作为城市公共交通网络的重要组成部分，在中国国家标准《城市公共交通常用名词术语》(GB 5655—1999)中，城市轨道交通的定义为“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之总称”。

“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。一般来说，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），它主要为城市内（有别于城际铁路，但可涵盖郊区及城市圈范围）的公共客运服务，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。

随着磁悬浮等技术的发展，城市轨道交通的定义发生了变化。在中国国家标准《城市轨道交通技术规范》(GB 50490—2009)中，“城市轨道交通”的定义是指采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、磁浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统。如图 1-2 所示为北京八达岭磁悬浮观光车。

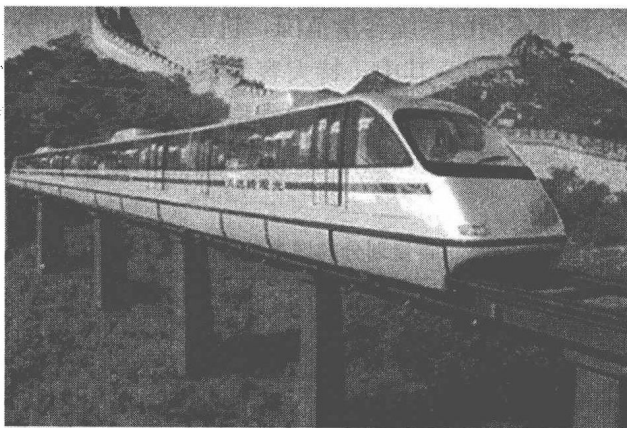


图 1-2 北京八达岭磁悬浮观光车



加油站

有轨电车由于与其他交通工具共同使用道路路面，因此，通常不被算在城市轨道交通系统的范围之内。但是，随着现代公共交通技术的发展，也有越来越多的城市采用有轨电车和轻轨混合的方式，在腹地宽广的地方单独架轨，在腹地狭窄的地方则采公用道路路面，根据具体情况灵活设站，两者的分界也越来越模糊。

(二) 城市轨道交通的基本技术经济指标

城市轨道交通的基本技术经济指标主要有以下几个。

- (1) 最小运行时间间隔：前一列车发车时刻与后一列车发车时刻之间的时间间隔（单位：min）。
- (2) 每节车厢的容量：每节车厢能够容纳的设计人数。
- (3) 每列车编组车厢节数：列车的每个编组中的车厢数量。
- (4) 每小时单向最大运送能力：每小时通过单个方向横截面的最大人数（单位：人/h）。
- (5) 设计时速：列车的设计速度（单位：km/h）。
- (6) 建设投资（含车辆）：轨道交通建设所涉及的所有投资费用，包括工程前期准备费、土建工程、设备购置及安装等费用。
- (7) 每年运营费：轨道交通每年平均每公里的运营费用。
- (8) 最低经济运输量：轨道交通每天每公里运输旅客的最少人数 [单位：人/（km·日）]。

(三) 城市轨道交通系统的分类标准

目前，世界上有 48 个国家共 140 多个城市拥有城市轨道交通系统，形式多样。我国对于城市轨道交通形式的分类方法和标准还没统一，总体上可以依据以下不同的标准对城市轨道交通的基本类型进行分类。

1. 按系统容量分类

系统容量即系统运送能力，也即线路一定时间内的单向输送能力，一般指单方向每小时的断面乘客通过量。按照不同的系统容量范围，轨道交通系统可分为特大、大、中、小容量等 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。

表 1-1 按系统容量划分的城市轨道交通类型

系统容量 (万人/h)	>5	3~5	1~3	<1
类别	特大	大	中	小
交通形式	市郊铁路	地铁	轻轨、单轨、线性电机车系统、新交通系统和磁浮系统	有轨电车

2. 按敷设方式分类



根据不同的敷设方式，城市轨道交通系统可分为地下（包括水下）、地面和高架三种形式。

(1) 地下形式。高线路置于地下隧道中，其优点是与地面交通完全分离，并且不占城市地面与空间，基本不受气候影响。其不足之处在于需要较大的投资，较高的施工技术，较先进的管理，完善的环控、防灾措施与设备。建设过程仍会影响地面交通，运营成本较高，改造调整与线路维护均较困难。

(2) 地面形式。线路布设于地面，其优点是造价最低，施工简便，运营成本低，线路调整与维护较易。其不足之处是运营速度难以提高（有部分信号控制的平面交叉点），占地面积较多，破坏城市道路路面，使城市道路交叉口复杂化，容易受气候影响（如雨水、雾、台风等），乘车环境难改善，有一定的污染负效应（如噪声、景观等）。

(3) 高架形式。线路设在高架工程结构物上，其优点是与地面交通无干扰，造价介于地下与地面之间，施工、维护、管理、环控及防灾诸方面都较地下线路方便。其不足之处是要占用一定的城市用地，并且有光照、景观、噪声等负效应，也受气候变化的影响。

在同一条轨道交通路线上，可根据客运量及地理等条件采用上述三种不同的空间布置方式。特大、大容量轨道交通在交通较为繁忙的地区多采用地下和高架形式，在市郊则可采用全封闭的地面形式；中容量也可兼有三种敷设形式，并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，相对于普通公交车的优势并不明显。如图 1-3 所示为深圳地铁 3 号线部分线位图，包括地下、地面、高架线路。

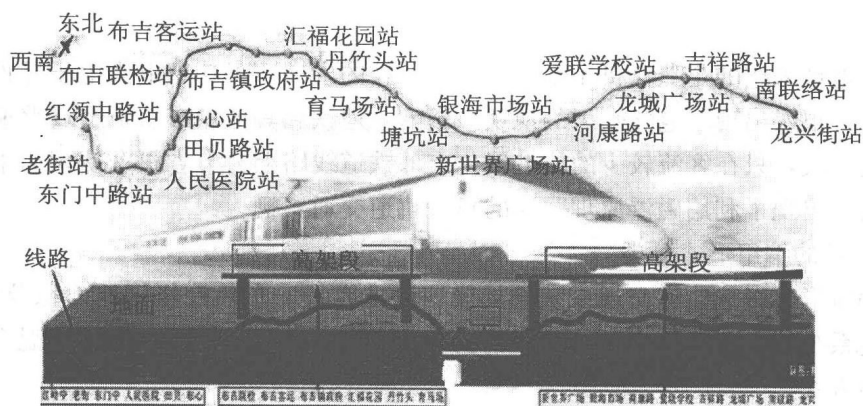


图 1-3 深圳地铁 3 号线部分线位图

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全隔离、半隔离和无隔离三种基本类型。

(1) 全隔离类，即全封闭系统，与其他交通完全隔离，不受平交道和人车的干扰，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。

(2) 半隔离类，即半封闭系统，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。

(3) 无隔离类，即开放式系统，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，也可享有一定的优先权，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的重要特性之一，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和导向轮导向。

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. 按轮轨支撑形式分类

轮轨支撑形式，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；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、能耗和运价的大小一直在轨道交通的发展中占主导地位，影响着轨道交通的运输成本、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，目前又出现了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三种方式。

全动车编组形式要求每节车厢都有独立的牵引控制系统，可灵活调整车辆的编组辆数，轴重分布均匀；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，全列车重量分配不均匀；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。

8. 按运营范围分类

(1) 市区轨道交通，即服务范围以中心城区为主的城市轨道交通系统。城市市区的地铁、轻轨属于此类。



- (2) 市域轨道交通，即服务范围覆盖城市市域的轨道交通系统。
- (3) 地区铁路交通，即服务范围覆盖城市市域及其临近地区的轨道交通系统。

二、城市轨道交通系统的类型

在纵览世界各国现有的城市轨道交通形式的基础上，基于运能范围、车辆类型及其各自不同的基本技术特征，城市轨道交通系统可分为地铁、轻轨、单轨、有轨电车、城市铁路、磁浮系统、线性电机车系统和新交通系统 8 种类型。

(一) 地铁

地下铁道，简称地铁 (metro, 或 underground railway, 或 subway, 或 tube), 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, 或根据城市的具体条件, 运行在地面或高架线路上的大容量快速轨道交通系统。因为地铁在城市中心的线路通常被敷设在地下隧道里, 因此, 称为地下铁道。

地铁系统都是封闭运行的 (完全专用车道), 其单向运输能力在 3 万人次/h 左右, 最高可达 6 万~8 万人次/h, 平均运行速度为 30~40km/h, 最高速度可达 90km/h。大多数地铁系统都采用自动控制模式, 发车间隔为 2~5min, 最小间隔可低于 1.5min, 站间距在市中心区为 1km 左右, 在郊区为 2km 左右。地铁系统高运量车与低运量车的不同在于车辆的尺寸不同。典型的低运量车为 2.3~2.9m 宽, 列车长度小于 100m (6 车编组); 高运量车宽为 3.2m, 车长最长为 180m (8 车编组)。地铁系统驱动方式有直流电机、交流电机、直线电机等。地铁系统造价昂贵, 每公里投资在 5 亿元左右。

通常根据城市环境条件的情况, 地铁列车主要在城市地下空间修筑的隧道中运行。由于在地面以下修建铁道线路与地下建筑造价非常昂贵, 所以当条件允许时, 地铁列车也可以穿出地面, 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。从早期单一的地下隧道发展为地下线路、高架线路、地面线路相结合的网络系统也是当前世界地铁的发展趋势。地铁系统一方面有建设成本高、建设周期长的弊端; 另一方面又具有运量大、建设快、安全、准时、节省能源、不污染环境、节省城市用地的优点, 主要适用于出行距离较长、客运量需求大的城市中心区域。



大多数的城市轨道交通系统都建造于地底之下, 故多称为“地下铁路”, 或简称为地铁、地下铁。地铁在新加坡与中国台湾地区称为“捷运”, 而由于发展起源与使用习惯的不同, 英语用 metro, underground railway, subway 等不同的词语表示地铁。

(二) 轻轨

轻轨运输系统 (light rail transit, LRT) 是指以有轨电车为基础发展起来的电气牵引、轮轨导向、车辆编组运行在专用行车道上的中等运量城市轨道交通系统。轻轨的高峰



小时单向客流量一般为1万~3万人次，介于标准有轨电车和快运交通系统（包括地铁和城市铁路）之间，用于城市旅客运输。

轻轨原来是指采用轻型轨道的城市交通系统，甚至在一些地方把修建于地上或高架桥上的城市轨道交通系统称为“轻轨”（中国台湾称为高架捷运）。但现在轻轨已采用与地铁相同质量的钢轨，所以“轻轨”与“地铁”的区分主要是客流量或车辆轴重的不同。

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。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，因此，轻轨是一种技术标准涵盖范围较宽的城市轨道交通形式。20世纪70年代后期，一些国家开始修建全新的现代轻轨系统。现代轻轨系统由于采用了线路隔离、自动化信号、调度指挥系统和高新技术车辆等措施，与旧式有轨电车系统相比，具有行车速度快、乘坐舒适、噪声较低等优点。

轻轨系统较具灵活性，一般采用地面和高架相结合的方法建设，路线可以从市区通往近郊，可与任何类型的城市及郊区交通网络相联结。与有轨电车不同的是，轻轨系统的运行与其他交通方式是分开的，有自己的专用轨道。但当需要时，也可与路面交通混合运行。在独立的轨道上，它能以25~30 km/h的速度运行，最高速度可达60km/h，因而能够保证按运行时刻表运行。轻轨列车编组一般采用3~6辆，典型的轻轨车宽2.65m，长75m，每节车厢通常为铰接式连接。具备保护模块的轻轨车辆可以达到2.5min的发车间隔。

轻轨系统具有投资少（每公里造价为0.6亿~1.8亿元）、建设周期短、运能高、灵活等优点，因此发展很快，大致有以下三类发展模式：一是改造旧式有轨电车为现代化的轻轨；二是利用废弃铁路线路改建成轻轨路线；三是建设轻轨新线路的方式。目前，各国纷纷根据自己的国情，制定相应的轻轨发展战略和模式。



加油站

由于轨道交通在技术上比较成熟，各种形式轨道交通彼此借鉴，因而地铁和轻轨的技术特征不是特别明显，不能单纯按照轨重、站距、车型等指标来划分地铁与轻轨，但在我国《城市轨道交通工程建设标准》（试行本）中对地铁和轻轨作出了具体的定义，把每小时单向客流量为3万~8万人次的轨道交通定义为大运量轨道交通系统，即地铁；把每小时单向客流量为0.6万~3万人次的轨道交通定义为中运量轨道交通，即轻轨。这样就有可能出现同一条线路上不同的线段划分为不同类型的情况。

（三）单轨

单轨系统（monorail），又称独轨系统，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，其最大的特点是车体宽度比承载轨道宽。单轨的线路多采用高架结构，车辆则大多采用橡胶轮胎，电气牵引，最高速度可达80km/h，旅行速度为