

高职城市轨道交通工程技术专业规划教材

城市轨道交通工程概论

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GONGCHENG GAILUN

主编 / 张立
主审 / 张庆贺



人民交通出版社
China Communications Press

城市轨道交通工程概论

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GONGCHENG GAILUN

主编 / 张立

主审 / 张庆贺



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书在简要叙述城市轨道交通系统的基础上,重点对城市轨道交通土建工程内容进行了介绍。重点内容包括:城市轨道交通系统的组成、城市轨道交通规划与设计、轨道结构、地下铁道结构设计及施工、高架铁道结构与施工、城市轨道交通的维护及管理以及城市轨道交通工程环境保护与控制。

本书可供高职城市轨道交通工程技术专业及相关工程类专业学生选作教材使用,也可供相关工程技术从业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通工程概论/张立主编. —北京:人民交通出版社,2011. 8

ISBN 978-7-114-09060-8

I. ①城… II. ①张… III. ①城市铁路—铁路工程—
高等职业教育—教材 IV. ①U239. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 135466 号

书 名:城市轨道交通工程概论

著 者:张 立

责任编辑:杜 琛

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) 59757969, 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:720×960 1/16

印 张:14.5

字 数:259千

版 次:2011年8月第1版

印 次:2011年8月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-09060-8

定 价:32.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言 Preface

随着我国城市现代化进程的不断发 展,城市人口越来越多,交通拥挤、出行困难的矛盾越来越突出,发展城市轨道交通已成为大城市交通发展的必然趋势。目前,我国各主要城市都在进行城市轨道交通建设,预计城市轨道交通将成为我国城市交通的主要方式之一。

本书顺应行业发展态势,在概括介绍城市轨道交通系统的基础上重点讲述城市轨道交通工程建设的设计、施工及维护方法。

教材包括以下内容:绪论,城市轨道交通系统的组成,城市轨道规划与设计,轨道结构,城市地下铁道结构与施工,城市高架铁道结构与施工,城市轨道的维护及管理,城市轨道交通工程环境保护与控制等。本书可作为城市轨道交通专业学生学习的教材,也可供轨道相关专业学生学习城市轨道交通工程知识之用,还可供从事轨道工程施工及维修养护工作的人员自学或参考之用。

本书由天津铁道职业技术学院张立主编并负责统稿,具体编写分工如下:天津铁道职业技术学院张立(第四章、第五章、第六章),天津铁道职业技术学院李丽敏(第一章、第二章、第三章),四川教育学院王娟(第七章、第八章)。

本书由同济大学张庆贺教授进行审阅,并提出了宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢。

由于编者的水平有限,难免存在不足和错误之处,敬请读者和有关专家批评指正。

编 者
2011年7月

目录 Contents

第一章 绪论	1
第一节 城市轨道交通的特点及在城市交通体系中的地位	1
第二节 城市轨道交通的发展	8
复习思考题	13

第二章 城市轨道交通系统的组成	14
第一节 城市轨道交通线路与站场设备	14
第二节 城市轨道交通车辆和牵引供电设备	29
第三节 城市轨道交通信号与通信设备	42
第四节 城市轨道交通其他设备	58
复习思考题	64

第三章 城市轨道交通规划与设计	66
第一节 城市轨道路网规划	66
第二节 城市轨道交通线路设计	74
第三节 城市轨道交通车站分布	83
复习思考题	86

第四章 轨道结构	87
第一节 钢轨	87

第二节	轨枕	92
第三节	联结零件	95
第四节	轨下基础	108
第五节	直线轨道的几何形位	115
第六节	曲线轨道	119
第七节	道岔	127
第八节	无缝线路	140
	复习思考题	147
<hr/>		
第五章	城市地下铁道结构设计与施工	149
第一节	城市地下铁道车站建筑设计	149
第二节	城市地下铁道车站结构选型与施工	154
第三节	城市轨道交通区间隧道结构与构造	167
第四节	城市轨道交通区间隧道施工	173
	复习思考题	185
<hr/>		
第六章	城市高架铁道结构与施工	186
第一节	城市轨道交通区间高架桥结构设计与施工	186
第二节	城市轨道交通高架车站设计	194
	复习思考题	199
<hr/>		
第七章	城市轨道的维护及管理	200
第一节	概述	200
第二节	城市轨道交通设备检查	201
第三节	城市轨道交通线路维修工作内容	204
第四节	城市轨道交通线路维修与验收评定	205
第五节	城市轨道交通线路设备大修与管理	210

复习思考题	211
<hr/>	
第八章 城市轨道交通工程环境保护与控制	213
第一节 城市轨道交通振动与噪声	213
第二节 城市高架轨道交通电磁辐射	217
第三节 城市轨道交通环境控制系统	219
复习思考题	223
<hr/>	
参考文献	224

第一章 绪 论

由于城市化步伐日益加快,大中型城市普遍出现人口密集、住房紧缺、交通阻塞、环境污染、能源匮乏等所谓“城市病”。城市发展、人口分布与交通设施有着密切的关系,交通结构的合理布局往往会影响城市整体发展。地铁和轻轨属于城市快速轨道交通的重要组成部分,因其运量大、快速、正点、低能耗、少污染、乘坐舒适方便等优点,常被称为“绿色交通”。经验表明,地铁和轻轨是解决大中城市公共交通运输的根本途径,对于 21 世纪实现城市持续发展有非常重要的意义。

第一节 城市轨道交通的特点及在城市交通体系中的地位

城市轨道交通的定义和分类

(一)城市轨道交通的定义

作为城市公共交通系统的一个重要组成部分,在中国国家标准《城市公共交通常用名词术语》中,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之总称”。目前国际城市轨道交通有地铁、轻轨、市郊铁路、有轨电车以及磁悬浮列车等多种类型,号称“城市交通的主动脉”。

一般地,城市轨道交通是指城市中使用车辆在固定导轨上运行,且主要用于城市客运的交通系统。目前在我国的城市轨道交通系统中,主要包括地铁和轻轨。

(二)城市轨道交通的分类

城市轨道交通有很多种类型,依据不同的指标有不同的分类。

1. 按交通容量分类

交通容量即运送能力,指交通断面上单方向每小时的乘客通过量。按照交通

容量的大小,城市轨道交通可分为特大、大、中、小容量四种系统,如表 1-1 所示。

按交通容量划分的城市轨道交通类型

表 1-1

分类	特大	大	中	小
交通客流量(万人/h)	>5	3~7	1~4	<0.5
交通形式	市郊铁路	地铁	轻轨、单轨、小型地铁、新交通系统	有轨电车

特大容量系统一般指市郊铁路,其单向小时客流量可达到 5 万~8 万人次;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、小型地铁和新交通系统;小容量轨道交通系统则多指有轨电车。

2. 按线路敷设方式分类

按线路敷设方式,城市轨道交通可分为地下(包括山岭、水下)、高架和地面三种形式。特大、大容量城市轨道交通,在交通较为繁忙的地区多采用地下隧道和高架形式,在市郊则可采用全封闭的地面形式;中容量可兼有三种敷设形式,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. 按车辆导向方式分类

按车辆导向方式,城市轨道交通可分为轮轨导向和导向轮导向,一般钢轨钢轮系统(地铁、轻轨、有轨电车)属前一类型,单轨及新交通系统等胶轮车辆属后一种类型。

单轨交通系统(Monorail System)是一种跨坐或悬挂在高架的钢或混凝土轨道上行驶的交通系统,由于车辆摇晃、轮轨磨损大、舒适性差等不足,一直未得到发展,直到 20 世纪 50 年代,从技术上解决了行驶稳定问题后才得以发展。单轨交通是一种小容量的交通系统,适用于每小时单向客流量为 0.5 万~2.0 万人次的地方。它具有占地少、爬坡能力大(可达 10%)、噪声小(用橡胶轮胎)等优点,所以在机场、博览会、游乐场、旅游线等中小客流量的线路上常被采用。重庆轻轨较新线一期工程为国内首次采用的跨坐式胶轮单轨系统,全长 14.25 km,大部分为高架线路。

目前,新交通系统还没有统一的概念,较公认的新交通系统取自于日本的分类标准,特指全自动控制的中等运量的轨道快速客运系统,包括导轨交通、自导向交通、磁悬浮交通等,以导轨交通为主要特征。

4. 按轮轨支承形式分类

按轮轨支承形式,城市轨道交通可分为钢轮钢轨系统、胶轮混凝土轨系统以及特殊系统。钢轮钢轨系统是目前地铁与轻轨的主流形式,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、磁悬浮式轨道系统等。

二 城市轨道交通的特点及地铁与轻轨的比较

(一)城市轨道交通的特点

如前所述,地铁和轻轨同属于城市快速轨道交通的一部分,是具有快速、安全、舒适、能耗低、污染少等优点的绿色交通方式。

我国自 20 世纪 80 年代以来,随着国民经济的高速发展和城市规模扩大,城市交通堵塞、交通事故、空气污染等问题日益严重。近年来,尤其是百万人以上的大城市,道路每年以 3%~4% 的速度增加,但机动车每年以 15%~20% 或更高速增长,因此交通拥挤现象十分普遍。轨道交通在 20 世纪之所以备受青睐,是因为与道路交通相比,轨道交通具有运量大、速度快、时间准、污染少、安全舒适,且与城市道路无平面交叉等无可比拟的优势。

(1)运量大。一辆公共汽车的载客量只有 40~80 人次,轻轨一节车厢载客量为 60~150 人次,地铁一节车厢载客量为 150~200 人次;轻轨一般 2~6 辆编为一组,地铁为 4~10 辆一组;每小时单向输送能力公共汽车为 2000~5000 人次,轻轨为 10000~40000 人次,地铁达 30000~70000 人次。轨道交通输送能力是公共汽车的 5~14 倍。

(2)速度快。一般情况下,公共汽车时速为 10~20km/h,轻轨时速为 20~40km/h,地铁时速为 40~50km/h(最高达 70~80km/h)。轻轨和地铁的速度是公共汽车速度的 2~4 倍。

(3)污染少。轨道交通以电力作为动力,是一种清洁、绿色的运输方式。

(4)能耗少。轨道交通每公里能耗为道路交通的 10%~40%。

(5)占地省。按每小时输送 5 万人计算所需道路宽度:小汽车 180m,公共汽车 9m,轨道交通综合占地仅为道路交通方式的 1/3 左右,而地铁和高架式轻轨几乎不占土地。

(6)安全与环保。轨道交通工具的事故率大大低于道路交通工具,噪声和空气污染等环境保护方面也优于道路交通。所以,城市轨道交通是在满足城市居民交通需求的条件下全社会总付出最少的方式,也是满足人文和城市可持续发展要求的最佳方式。

(二)地铁与轻轨的比较

“地铁”与“轻轨”的称谓主要来自于其交通容量的划分。一般认为,地铁为大容量交通体系(3 万~6 万人/h),轻轨为中容量交通体系(1 万~4 万人/h)。由此

会对地铁与轻轨的工程设计标准如钢轨类型、线路坡度、曲线半径、车辆编组、牵引动力等带来差异。

轻轨线以高架线和地面线路为主，不得已时也可采用地下线，以浅埋区间段为宜，一般不设地下车站。轻轨线主要沿街道布线，时而转弯，时而高架或入地，线路的曲率半径小，坡度大。根据我国城市的特点和车辆的技术条件，建议正线运行速度不大于 35km/h，平曲线最小曲率半径为 100m，特殊地段可以采用半径 50m，最大坡度值为 6%。

早期的地铁线路大部分设在地下，自 20 世纪 70 年代以来，地铁吸收了轻轨的一些技术优点，并且为了减少造价，只是在市区建筑物密集的地段设在地下，在城乡接合部和郊区等建筑场地和环境允许的情况下，线路和车站均建在地面或高架路、桥上。地铁线路沿主要交通干道布线，在商业、文化、政治中心和交通枢纽附近布置地下车站。由于地铁速度快、运量大，为了减少轮轨的磨耗，一般情况下地下铁道正线最小曲率半径为 300~600m，特殊地段为 250~300m。我国地铁设计规范规定，正线最大坡度采用 3%，困难地段为 3.5%，一般重车的最大坡度值为 4%~4.5%，隧道线路要满足纵向排水要求，最小坡度一般不宜小于 0.3%。

线路设置方式对直接投资影响很大。同样规模的线路，地面、高架、地下三种不同的线路设置方式其直接投资比例一般为 1:3:9。但若考虑对城市交通、环境、景观等的综合影响，则地铁不一定全部在地下，轻轨不一定全部在地上。地铁和轻轨互相渗透发展，其差别越来越小，有些系统也很难说它是地铁还是轻轨。例如，上海市轨道明珠线是高架、大容量系统，既不能完全称为地铁，也不能确切地叫它轻轨。又如，南京地铁 2 号线，南京站至三山街站之间区段经过城市中心地带，必须采用地下铁道的形式，而南京站以北和三山街站以南则采用高架线路的形式。

除上述之外，地铁和轻轨的异同主要表现在如下几点。

1. 轮轨系统

地铁和轻轨都是利用轨道作为车辆导向，以钢轮和钢轨（胶轮和钢筋混凝土凹槽）为走行系统的交通方式。

轻轨车辆轴载较轻，如我国轻轨样车的轴载只有 100kN，但为了保证客车车辆运行的质量，使钢轨有较长的使用寿命以及适应无缝线路的需要，在正线上宜采用 50kg/m 的钢轨，在车场支线内可采用 43kg/m 的钢轨。目前我国地铁钢轨均采用 60kg/m 的重型钢轨，只有车场空车运行、速度低的区段，才选用 50kg/m 和 43kg/m 的轻型钢轨。

城市高架轨道交通不宜采用有砟轨下基础，多采用弹性支承轨道结构和无砟式整体道床。轨枕式整体道床和浮置板式整体道床在地铁工程中广泛应用，因

为重量大,会加大桥梁的荷载,增加工程造价,故不宜用在高架轻轨线上。

2. 运输量

地铁是大容量的公共交通工具,轻轨为中容量的交通运输工具。地铁单向高峰每小时载运 30000~70000 人次,轻轨单向高峰平均每小时客运量为 10000~40000 人次。

3. 车辆及其编组

轻轨车辆较地铁车辆新颖,有单节四轴车、双节单铰六轴车、三节双铰八轴车。车辆间采用铰接,可使车辆节间贯通,有利于乘客均匀分布及增加载客量,每组车可以单行,也可以联挂编列,可以通过小的曲率半径($R=25\text{m}$)和大坡度($6\%\sim 7\%$)地段,适应能力强。

4. 土建工程

轻轨线区间线路和车站常建在高架桥上,高架桥多采用上承式 T 形梁和箱梁预应力结构,也有采用建筑高度较小的槽形梁、下承式脊梁以及超低高度的板式结构的。轻轨高架桥的墩台常用的有倒 T 形桥墩、T 形桥墩、双柱式桥墩和 Y 形桥墩。

轻轨车站设施较简单,地面车站主要建筑是装有风雨篷的站台,其高度与车厢地板面相当,有利于乘客上下,减少停顿时间。

设置在地下的地铁车站和区间隧道,结构复杂,施工困难。软土层中浅埋地铁车站多为两层三跨框架结构,大多采用明挖法,市区为减少施工干扰也有采用盖挖法和逆作法的;岩石地层中修建的地铁车站,一般采用钻爆法或者新奥法施工,结构形式多为拱形、搭拱形和多跨拱形。

区间隧道施工方法视地质条件的不同而异,软土地区多采用盾构法施工。

5. 振动和噪声控制

地面和高架线上运营的轻轨列车,需有消声和减振的措施。地铁车站和线路深埋于地下,振动噪声对于外界的干扰较少,只要做好车厢内的减振和减噪即可。

6. 正点率和速度

地铁和轻轨线通常实行全隔离式或大部分隔离的措施,列车运营受外界干扰少,正点率高。国内地铁列车最高行驶速度为 120km/h ,运营速度为 $30\sim 40\text{km/h}$ 。轻轨线路受坡度、转弯半径等限制,最大行驶速度 45km/h ,运营速度 $25\sim 30\text{km/h}$ 。

7. 通风、空调和采暖

轻轨交通的地面、高架线路和车站不需要专门的通风设备。北方寒冷地区需

考虑高架车站和运营车厢的采暖。南方炎热地区,则要采用空调设备来保持车站和车厢内有适宜的温度和湿度。

地铁在运营中将产生大量的热量和废气,客流集中疏散也要消耗新鲜空气,排出 CO₂;地铁的车站和区间线路均被岩土介质严密地包裹,热量散发不出去,地面新鲜空气和内部空气无法交换,为了保证乘客旅行的舒适度,区间隧道利用列车行驶的活塞风不能满足空气对流交换的需要时,还要增加机械排风。车站和车厢内采用空调,以保证站内和车厢内一定的空气温湿度。

8. 信号

大部分轻轨系统可以在没有信号装置的情况下安全行驶,但在道口、曲线地段、隧道内或瞭望距离受到限制的地段,应设置信号,以保证行车安全。如果行车的速度快,密度大,就应设置自动闭塞信号系统。

地下铁道内信号系统应尽量选用列车自动控制系统——现代信号系统。由于条件限制或初期运量不足等原因,也可采用由信号、联锁、闭塞、机车信号、自动停车、调度集中等设备组成的中等水平的传统信号系统。

9. 给排水系统

地铁和轻轨给水水源应优先选用城市自来水,排水方式优先利用城市排水系统,地面和高架轻轨排水设施类似于地面铁路工程。

地下铁道宜采用生产、生活和消防共用的给水系统,这样不仅可以节省给水管道,降低工程造价,而且使用管理也比较方便,如北京地铁、天津地铁、青岛和南京地铁。根据经济比较,也可采用生产、生活与消防用水分开的给水系统。

10. 灾害防护

地铁和轻轨在施工和运营期间都可能受到火灾、洪水、台风、地震、滑坡、泥石流、雷击、严寒、大雪等自然灾害的影响,也可能受到战争、人为工程事故危害。地下铁道对于战时空袭有得天独厚的防护条件,有的国家也结合人防工程要求设计地铁车站和隧道。地震灾害只有在地震等级高、震源离地铁工程较近时,才对地铁车站和隧道产生损害。

地震对轻轨高架桥墩台剪切破坏严重,因此高架轻轨必须考虑抗震设防,采取相应构造措施。

11. 造价

同样规模的线路,建设在地面与高架上的轻轨交通和地铁,其投资相差较多,其比值一般为 1:3:9。每公里地铁造价高达 6 亿~8 亿元人民币,每公里轻轨 1.5 亿~3.5 亿元人民币。

城市轨道交通在城市交通体系中的地位

城市是一个国家或地区的经济、政治和文化中心。城市客运交通是城市赖以生存和发展的基础,世界发达国家在发展经济的同时,始终重视大城市客运交通的建设。国内外一些发达国家的大城市在解决客运交通方面已取得了成功的经验,它们最突出的共同特点就是:在注重发展多种运输方式、不断加强和完善综合运输网络的同时,积极发展地下铁道或轻轨交通系统为骨干的城市公共交通体系,并使之成为城市客运的主体承担者。目前,现代大城市中的地下铁道和轻轨交通在城市的社会、经济活动中正发挥着不可替代的作用。如东京虽拥有 600 万辆小汽车,但居民上下班、上下学绝大部分乘坐地铁,很少有人乘私人汽车;巴黎地铁在运输中也发挥了重要作用,在 7:00~9:00 客运高峰时间,从市区到郊区的客流中,利用私人交通工具的仅占 19%,利用公共交通工具的占 81%,而在公共交通中地铁占 40%;莫斯科由于乘坐地铁非常舒适、方便、票价低廉,所以大量乘坐小汽车上下班的居民纷纷改乘地铁。

20 世纪 60 年代以来,世界经济水平的迅速提高促进了城市的快速发展。随着城市现代化进程的加快,城市规模日益扩大、城市人口不断增长。在不同的城市发展策略实施的同时,城市的住宅结构和工业结构发生了很大的变化,对旅客运输需求也产生了很大的影响。世界发达国家的城市交通自 20 世纪 60 年代先后进入了汽车时代,私人小汽车一度成为城市交通中的“宠儿”,是人们出行的主要交通工具。但随着时间的推移,小汽车数量猛增,有限的城市空间无法容纳小汽车的无限增长,使城市交通拥挤不堪、事故频繁,汽车在城市中的运行速度大大降低,不能发挥其应有的功效;同时,汽车产生的大量尾气、噪声、振动等污染,使城市环境进一步恶化,极大地影响了城市政治、经济等各方面的有序发展,汽车的发展已不能满足城市客运的需求。地铁和轻轨交通具有载客量大、运载效率高、节约能源、污染少、使用寿命长、占地少、不干扰市内道路交通等优越性,是解决时间集中、客流量特别大的大城市交通问题的最有效和最理想的运输方式,适合城市旅客交通运输的特点以及城市可持续发展的需要,因此很快成为现代大城市重要的公共交通方式。

地铁的运输能力特别大,其单向运送能力在 3 万~7 万人次/h。由于地铁工程造价昂贵,运输成本高,客运量太小会造成严重亏损,所以当网线远期单向最大预测客流量超过 4 万人次/h 时,选用地铁交通系统较为合理。轻轨交通的单向运输能力为 0.8 万~3 万人次/h,是介于地铁运输和公共汽车运输之间的中运量运输系统,所以当网线近期单向最大预测客流量超过 0.8 万人次/h,而远期预测客流量不超过 4 万人次/h,且有条件设较多地上线时,一般选择轻轨交通系统较为

适宜。

总之,在现代化技术背景下,能满足现代大城市公共交通需求的无疑是地铁和轻轨交通。

第二节 城市轨道交通的发展

一 国外城市轨道交通的发展

1843年英国人C·皮尔逊提出在英国修建地铁的建议。1860年英国伦敦开始修建世界上第一条地铁,采用明挖法施工,为单拱砖砌结构。1863年1月10日地铁建成通车,线路长6.4km,用蒸汽机车牵引。

世界第一条地铁的诞生,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;特别是到1879年电力驱动机车的研制成功,使地下客运环境和服务条件得到了空前的改善,地铁建设显示出强大的生命力。从此以后,世界上一些著名的大都市相继建造了地铁。

1863~1899年,英国的伦敦和格拉斯哥、美国的纽约和波士顿、匈牙利的布达佩斯、奥地利的维也纳以及法国的巴黎共5个国家的7座城市率先建成了地铁。

伦敦自1863年创建世界上第一条地铁以来,历经140多年的发展,通过不断提高技术水平,其地铁系统已成为当今世界上的先进技术范例之一;尤其是地铁实现了电气化后,伦敦的地铁几乎每年都有新进展。目前,伦敦地铁线路总长度约410km(地下隧道171km),共设置车站275座,地铁车辆保有量总数约4139辆,年客运总量已突破8亿人次。

受伦敦成功建设地铁的影响,美国纽约也于1867年建成了第一条地铁。随着纽约城市规模的扩大,城市人口不断增加,到1900年市区人口已有185万人,同时地铁建设也在不间断地发展。现在纽约已发展成为世界上地铁线路最多、里程最长的一座城市。目前,纽约地铁线路总长度约421km,其中地下隧道258km,共设置车站476座,地铁车辆保有总数约6561辆,年客运总量已突破10亿人次。

法国巴黎也是较早修建地铁的城市之一,但比英国要晚37年。为举办“凡尔赛展览会”而修建的巴黎第一条地铁从巴士底通往马约门,全长约10km,它为巴黎地铁网络的不断发展和完善打下了基础。时至今日,巴黎市区已拥有地铁线路15条,其中2条为环线,有4条地铁采用橡胶轮体系的VAI车辆。地铁线路总长度约201.4km,地下隧道约占175km,共设置车站370座,车辆保有总数约3472辆,年客运量总数也已突破12亿人次。巴黎的地区快速地铁(RER)非常发达,运营线路共有363km,其中114km与地铁共线,249km为城市快速铁路SNCF。RER的



年客运量约 4 亿人次。

在进入 20 世纪的最初 24 年里(1900~1924 年),在欧洲和美洲又有德国的柏林、汉堡和美国的费城以及西班牙的马德里等 9 座大城市相继修建了地铁。

柏林的第一条地铁开通于 1902 年,发展至今,市区地铁已四通八达,有的线路已采用自动化运行技术。目前,柏林已有 9 条地铁线路,线路总长度约 142km(其中地下隧道约 104km),共设置车站 166 座,车辆保有量约 2410 辆,年客运总量约 6.6 亿人次。

西班牙也是欧洲较早修建地铁的国家之一。1919 年,马德里的第一条地铁线路开始运行,现在已发展到 10 条地铁线路,线路总长度约 115km,共设车站 158 座,车辆保有总数约 1012 辆,年客运总量约 4 亿人次。

1925~1949 年间经历了第二次世界大战,各国都着眼于自身的安危,地铁建设处于低潮,但仍有日本的东京、大阪,前苏联的莫斯科等少数城市在此期间修建了地铁。

日本东京的第一条地铁线路于 1927 年建成通车。虽然日本的地铁也是效法欧洲技术建设而成,但他们在修建地铁的同时,着重开发主要车站及其邻近的公众聚集场所。这些场所能促进地下商业中心的建设,而且与地下车站连成一片,使地铁这一公益性基础设施获得了新的活力,取得了较好的经济效益和社会效益。

1996 年,东京已拥有 12 条地铁线路,线路总长度约 237km,共设置车站 196 座,车辆保有总数约 2450 辆,年客运总量已突破 25 亿人次,是当今世界上地铁客运量较大的城市之一。

1932 年莫斯科的第一条地铁开始动工,线路全长约 11.6km,共设置车站 13 座,到 1935 年 5 月建成通车运营。其建设速度之快,在当时是空前的。以后莫斯科的地铁建设就一直没有中断过,即使在第二次世界大战期间也没有停顿。发展至今,莫斯科已拥有地铁线路 9 条,线路总长度约 244km,地铁车站总数为 150 座。莫斯科地铁系统的建筑风格和客运效率是举世闻名的,每个车站都由著名的建筑师设计,并配有许多雕塑作品,艺术水平较高,使旅行者有身临宫殿之感。而所有地铁终点站都与公共汽车、无轨电车和轻轨系统相衔接,有几个车站还与铁路火车站相连接,为旅客提供了方便的换乘条件。目前,莫斯科地铁系统保有车辆总数约 3200 辆,年客运量已突破 26 亿人次。

第二次世界大战以后,1950~1974 年的 24 年间,世界上地铁建设蓬勃发展。在此期间,有加拿大的多伦多、蒙特利尔,意大利的罗马、米兰,美国的费城、旧金山,前苏联的列宁格勒、基辅,日本的名古屋、横滨,韩国的首尔以及中国的北京等约 30 座城市相继建成了地铁。具有代表性的地铁项目有:

日本的名古屋,第二条地铁线路于1957年建成通车,现有5条地铁线路,线路总长度约76.5km,共设61座车站,车辆保有总量约730辆,年客运量已突破6亿人次。

加拿大的蒙特利尔,第一条地铁线路于1966年建成通车,现在已有4条线路,线路总长度约64km,共设车站65座,车辆保有量总数约760辆,年客运总量约3.5亿人次。

蒙特利尔的地铁主要采用橡胶轮胎走行系统,以法国的VAI技术为基础,列车在表面光滑的混凝土轨道上行驶,客运效率和乘坐舒适度都很高。线路布局充分考虑了与周围环境的协调,乘客换乘其他交通工具极为方便。新建地铁车站的建筑风格各不相同,建筑雄伟、辉煌而明快,为城市开辟了良好的地下活动空间。每座车站都与周围环境融为一体,在公园中,车站与树林绿茵配合成协调优美的景观;在商业繁华区,站台的高度往往与林荫人行道的高度相同,而且可直接相通;有的车站还可直接通向办公大楼或大饭店的厅廊。这些精心设计,给人们的出行和换乘创造了极为方便的条件。

墨西哥城与首尔是世界上地铁发展非常快的两个城市。墨西哥城在短短的10年间修建了150km地铁,到2000年已开通21条地铁线路,全长400km,承担全城客运量的58%。首尔第一条地铁1971年开始建设,1974年建成通车,到2000年共建成8条地铁,线路长度达285km。

至今,全世界已有40个国家80多座城市建成地铁,全世界地铁运营线路里程已逾5000km,有16座城市的地铁运营线路长度超过了100km,其中,纽约和伦敦的地铁线路超过了400km,巴黎地铁接近300km。目前还有20多个国家的30多个城市正在建设或筹备建设地铁。

轻轨交通是在有轨电车的基础上发展起来的。1879年柏林工业展览会展出了第一辆以输电线供电的电动车。1886年美国阿拉巴马州的蒙哥马利市开始出现有轨电车系统,而世界上第一个真正投入运行的有轨电车系统是弗克尼的里兹门德有轨电车系统。此后有轨电车系统发展很快。在20世纪20年代,美国的有轨电车系统总长达25000km。到了20世纪30年代,欧洲、日本、印度和我国的有轨电车有了很大的发展。但旧式有轨电车行驶在城市道路中间,行车速度慢、噪声大、舒适度差。随着汽车的迅速发展,西方私人小汽车大量涌上街道,于是各城市又纷纷拆除有轨电车,到1970年只剩下8个城市还保留着有轨电车。但汽车数量的过度增加,使城市街道经常造成交通堵塞,行车速度下降,空气、噪声污染严重。到20世纪60年代初,西方一些人口密集的大城市,除考虑修建地铁外,又重新把注意力转移到有轨交通上来。在这个时候,欧洲一些经济发达的国家,为满足城市公共交通客运量日益增长的需求,就着手在旧式有轨电车的基础上,利用现代化技