

城市轨道交通职业教育系列教材

城市轨道交通概论

CHENGSHI
GUIDAO JIAOTONG
GAILUN

(第2版)

张凡 钱传贤 © 编



城市轨

列教材

城市轨道交通概论

(第2版)

张 凡 钱传贤 编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

城市轨道交通概论 / 张凡, 钱传贤编. —2 版. —
成都: 西南交通大学出版社, 2011.8 (2013.8 重印)
城市轨道交通职业教育系列教材
ISBN 978-7-5643-1346-3

I. ①城… II. ①张…②钱… III. ①城市铁路—概
论 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 169019 号

城市轨道交通职业教育系列教材

城市轨道交通概论

(第 2 版)

张 凡 钱传贤 编

*

责任编辑 万 方

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

成都市二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×230 mm 印张: 12.25

字数: 267 千字

2011 年 8 月第 2 版 2013 年 8 月第 9 次印刷

ISBN 978-7-5643-1346-3

定价: 24.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

第 2 版 前 言

城市轨道交通诞生于 19 世纪中叶的英国伦敦，经历了近 150 多年的发展历史。它技术成熟、安全可靠、形式多样、用途广泛，以其大载客量、快捷、准时、环保而成为解决日益严重的城市交通堵塞的最有效手段。

改革开放以来，随着经济的发展，我国内地城市化进程加快，城市交通问题成为制约城市发展的重要因素。为此，国家确立了优先发展城市公共交通的城市发展战略。建立以大容量快速轨道交通为骨干、以公共交通为主体的综合交通体系，解决城市交通拥挤问题，从而实现可持续发展的治本之策。

未来 10 年，我国内地将新建城市轨道交通线路 60 多条，新建线路里程近 1 700 km；北京、上海、广州更是以每年新增线路 30~50 km 的速度在发展。

城市轨道交通迎来了最好的发展时机，抓住这一历史机遇，内地许多城市纷纷开始轨道交通的规划和建设。

城市轨道交通的发展，急需大量德才兼备的各类人才。为了满足对人才特别是高、中级技能型人才培养的迫切需要，武汉铁路司机学校组织编写了适合高、中等职业学校城市轨道交通类专业的系列教学用书。

本教材在第 1 版的基础上，根据近几年城市轨道交通的发展，将最新的技术资料收入其中；同时紧扣职业教育的特点，在讲述基本专业知识的基础上，突出了实际操作技能的培养。内容简洁明了，文字通俗易懂。为配合教学的需要，每章配有适量的复习思考题。

本书由钱传贤（第一、二、三章）、张凡（第四、五、六、七章）编写。在编写过程中参阅了大量专业书籍和报刊、杂志上的专题文章。书末列出了参考文献目录，在此我们对其作者表示衷心的感谢。

需要说明的是，由于城市轨道交通线路一般是永久性的结构，建成后几乎无调整的可能性，故各城市在线路开建前都会反复比较和修改方案。书中有关城市轨道交通的规划与建设资料和数据，可能与实际有出入，仅供参考。

本书编成后，虽经反复修改和校对，但由于编者水平和时间有限，不足甚至是错漏之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

2011 年 6 月

目 录

第一章 城市轨道交通概述	1
第一节 城市轨道交通的由来与发展.....	1
第二节 城市轨道交通的类型.....	17
第三节 我国城市轨道交通的发展.....	27
第四节 城市轨道交通的规划与建设.....	34
复习思考题.....	51
第二章 城市轨道交通车辆	52
第一节 车辆的基本组成及重要技术参数.....	52
第二节 车体及走行装置.....	62
第三节 车辆的连接装置和制动系统.....	67
第四节 车辆的电力传动与控制.....	70
第五节 车辆基地.....	72
复习思考题.....	75
第三章 城市轨道交通供电系统	77
第一节 概 述.....	77
第二节 牵引供电系统.....	80
第三节 远动监控及地下迷流.....	88
复习思考题.....	91
第四章 城市轨道交通线路与车站	92
第一节 城市轨道交通线路.....	92
第二节 城市轨道交通车站.....	110
复习思考题.....	116
第五章 城市轨道交通信号与通信系统	118
第一节 城市轨道交通信号.....	118
第二节 联锁设备.....	125
第三节 闭塞设备.....	129
第四节 城市轨道交通通信系统.....	142
复习思考题.....	148

第六章 城市轨道交通运营管理	150
第一节 城市轨道交通运营组织基础知识	150
第二节 城市轨道交通列车运行调度工作	154
第三节 城市轨道交通行车组织工作	156
第四节 城市轨道交通客运组织工作	158
复习思考题	164
第七章 环保、防灾与安全系统	165
第一节 通风与空调系统	165
第二节 给排水系统	172
第三节 防灾系统	176
第四节 城市轨道交通安全管理	181
复习思考题	186
附录 轨道交通常用缩略语英汉对照	188
参考文献	190

第一章 城市轨道交通概述

第一节 城市轨道交通的由来与发展

一、城市化进程与城市交通

(一) 城市发展城市化进程

1. 城市的概念

在历史的长河中，几十亿年的天地造化，诞生了最优秀的作品——人类；又是几万年、几十万年的苦难磨砺，人类创造了自己最优秀的作品——城市。

城市是人类社会发展的产物，是仅次于语言的人类第二大文明创造。城市的出现使人们在同自然进行斗争时获得庇护和能量，从而进行更伟大的创造。古今中外城市文明比较发达的国家，在军事、经济、技术、政治等方面都显示出强大、昌盛、文明和先进。我们今天衡量一个国家发达与否，最重要的标准之一仍然是看那个国家城市化的程度和城市文明的水平。北美、西欧、东亚的一些发达国家，都把发展城市作为重要的国策，所以它们的城市化水平明显高于其他地区的国家。

纵观人类的文明进步，特别是现代文明，包括科技、产业、通讯、交通、教育、娱乐等各个方面，都是诞生在城市这个特定的环境之中，城市本身也成为推动整个社会不断前进的巨大动力。故城市随着人类社会的发展而发展，城市是人类社会发展过程和发展水平的主要表现之一，是人类文明的标志。

对城市的定义，从常识上来讲，是一个既容易又很难回答的问题。因为即使是没有受过教育的人，包括儿童在内，也能描绘出城市与农村的不同之处，也能准确无误地告诉别人哪儿是城市，哪儿是乡村。但从理论上给城市下一个确切的定义却相当困难。国内外许多百科全书都对城市下过定义，历史名人也都有精辟的见解，可到现在还没有一条非常细致、非常严格的界线或标准可以告诉人们：这就是城市。所以说，城市是一种很难确切定义的实际存在，不仅有其外观的表现，还有在不同文化背景下的不同理解。

对于城市的定义，世界各国的学者有种种不同的理解和看法。有的偏重于城市的地理形态概念，有的偏重于城市功能与职能内涵。德国地理学家克里斯塔勒的见解：“城市在空间上

的结构是人类社会经济活动在空间的投影”更具影响。

综合各方面的见解，现代城市大致可包含以下主要特征：

- (1) 在一定的土地面积上聚集着相当数量的主要从事第二、第三产业的非农业人口；
- (2) 地理位置往往处于交通便利的地方，是一个国家或一个地区的经济、政治、军事、文化、社会、科技、交通中心；
- (3) 人与自然协调发展的空间体现与时间过程；
- (4) 节奏快、容量大、因素多的动态平衡体系；
- (5) 人类生产力与生产关系、经济基础与上层建筑激烈碰撞运动的表现空间，从而推动人类社会前进的最活跃社会形态；
- (6) 不以人的意志为转移，是社会发展的自然过程，遵循人类文明发展的必然规律。

2. 城市的发展

迄今为止，城市已经有了 5 000 年以上的历史。最早的城市雏形是随着私有制的产生，即剩余产品的产生，从而形成了商品交易的地方——“市”，以及因为两极分化带来的战争需要的防御工事——“城”。在此之前，人类在原始社会漫长的岁月中，只有依附自然条件的穴居、巢居形式。

在奴隶社会向封建社会进化的过程中，城市形态渐趋成熟，有了完整的城墙以区分城市与乡村；有了较清晰的功能分区，如政治、居住、商业、手工业、殡葬等。尤为重要的是具有较完善的交通，交通的主体——道路既供行人与车辆通行，又起到隔离功能区的作用。城市的布局有明显的功能区分，特别是有了完善的道路交通体系，是城市发展的重大转折。在这一时期，由于中国的封建社会形成早于欧洲及其他大陆地区，因此，当时中国的城市发展已成较大规模。

18 世纪 60 年代，蒸汽机在欧洲发明并导致第一次工业革命，大量破产农民涌进城市，刺激了城市工业发展与城市形态扩展，带来了资本主义社会阶段的城市快速发展，从而使欧洲大陆城市发展超越了中国城市发展。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，城市发展进入有规划、功能全、条件好、效率高的“社会经济聚核体”。从而出现了诸如科学城、港口城、商业城、旅游城、赌城等专业分工明显的专门化城市，也出现了众多的综合性多功能中心城市，更多的则是大量涌现的、规模不一的、特征各异的各种城市，更重要的是形成了世界城市化趋势。

一般而言，城市规模发展遵循“自由村落—中心村—镇—小城市—中等城市—大城市—特大城市—超级大都市—城市带—城市圈—城市群”的规律。在此过程中，遵循“优胜劣汰”规律，兴衰迥异。

3. 城市化进程

在城市发展的过程中，随着城市个数的不断增加，城市人口的急剧增加，出现了一个人类社会发展的的大趋势——城市化。所谓城市化是指人口由分散的农村向城市集中的社会进步过程。

由于城市（尤其是大城市）具有极强的吸引力和多种优势（主要表现为聚集效应优势）：人口集中带来了信息流通快，时间节省，费用降低，距离缩短，效率提高，竞争加剧；产业分工明确带来专业化水平提高，高新技术发展，生产成本降低，经济效益提高。因此，虽然城市同时具有环境污染严重，交通拥挤，居住条件差，社会问题多等弊端，但仍然挡不住人口向城市流动的大势，无法阻挡乡镇向城市发展的趋势。城市发展的高级阶段——城市化也就成为必然。

目前，世界范围内人口向城市集中，城市化步伐加快。在世界城市化的进程中，有三个特征比较明显：

(1) 城市人口增长速度超过总人口增长速度，这是城市化趋势的主要基础条件与特征；

(2) 城市化水平与该地区经济发展水平相关，表明城市化发展是人类社会经济发展的产物；

(3) 发展中国家的城市化发展基础差，但发展速度高于发达国家。发达国家城市化水平已达到较高指数值（如城市人口占总人口比例已达 70% 以上），因此，发展速度相对趋于平缓，而发展中国家城市化进程迅速，但其中的问题较多。

中国的城市化发展经历了一个曲折反复的过程，从封建社会时期世界领先水平，到殖民地、半殖民地时期落后于资本主义国家。在新中国成立后的很长时间内，也因种种主客观因素经历了“正常发展—逆城市化—快速发展”的过程。进入 21 世纪，随着社会经济建设的发展，中国城市发展迅速，城市数量猛增，城市化水平不断提高，并形成了以经济为纽带的若干城市群。据中国社会科学院 2009 年 6 月发布的《城市蓝皮书》介绍：截至 2008 年末，中国城镇化率达到 45.7%，拥有 6.07 亿城镇人口，形成建制城市 655 座，其中百万人以上特大城市 118 座，超大城市 39 座。又据《中国城市发展问题调查》，2010 年中国百万人口以上的城市将达到 125 个左右，其中 200 万人口以上的特大城市达到 50 个左右，并形成一批与综合国力相匹配的国际性大都市。2009 年 12 月 7 日闭幕的中央经济工作会议提出：“把统筹城乡区域协调发展与推进城镇化结合起来，大力拓展发展空间。”城镇化已成为我国经济持续发展的极为重要的动力。据中国社会科学院 2011 年底发布的社会蓝皮书显示，2011 年中国城镇人口占总人口的比重将超过 50%，意味着中国城市化水平首次超过 50%。

城市群的出现是在进入 21 世纪后，是我国区域经济发展的重要特点。所谓城市群是在特定的区域范围内云集相当数量的不同性质、不同类型和等级规模的城市，以一个或两个特大城市为中心，依托一定自然的环境和交通条件，城市之间的内在联系不断加强，共同构成一个相对完整的城市“集合体”。国家“十一五”规划纲要明确提出要把城市群作为推进城镇化的主题形态。未来我国将在已形成城市群发展格局的京津冀、长江三角洲、珠江三角洲基础上，发展以武汉为中心的长江中游城市群，以济南、青岛为中心的山东半岛城市群，以沈阳、大连为中心的辽中南城市群，以郑州、洛阳为中心的中原城市群，以福州、厦门为中心的海峡西岸城市群，以成都、重庆为中心的川渝城市群，以西安为中心的关中城市群，共形成十大城市群。据了解，目前世界公认的大型城市群有五个，它们是：美国波士顿—纽约—华盛顿城市群、北

美五大湖城市群、日本北海道城市群、法国巴黎城市群、英国伦敦城市群。有学者认为，长江三角洲将成为世界第六大城市群。再过若干年，全世界十大城市群，有五个可能在中国。

历史证明，城市是人类活动的中心和社会进步的重要标志，随着经济的发展和科技的进步，世界范围内的城市化进程及城市群的出现是必然的趋势。

（二）城市交通

1. 城市交通在城市发展中的地位及作用

城市交通是城市形成与发展的产物，是为城市服务的最重要的基础设施。城市内人员的流动、物质的运输是依靠城市交通来完成的。城市交通肩负着市民日常生活必需的衣食住行中“行”的任务，直接展示了城市的面貌和活力，体现着城市的承载能力。城市交通作为城市社会经济发展的纽带和命脉，与城市的形成、发展和兴衰紧密相连。考察城市化发展历程，不难发现，一方面，城市社会经济的发展产生不断增长的交通需要，诱发城市交通便捷程度的提高；另一方面，城市交通的发展吸引更多的客流量向城市集中，进一步促进了城市社会经济的发展。这两者具有一种明显的相互作用关系。从现代城市的发展趋势看，交通对城市尤其是对大城市的发展具有极其重要的作用。其主要理由如下：

（1）城市交通是城市生存与发展的必要条件，是城市正常运转的“供血系统”，相适应则城市兴，不适应则城市衰。

（2）城市交通是城市内外联系的通道，是城市的主要组成部分。

（3）城市交通是城市生活的主要组成部分，市民交通出行的时间、内容、影响均占全部生活的重要部分。

（4）城市交通是城市布局的框架，交通既保证城市布局优化合理的可能，又是科学合理完善城市布局的主要构架依据。

（5）城市交通是城市运转的润滑剂，高效畅通的交通将使城市的运转高速顺畅。

（6）城市交通是城市现代化水平的标志之一，交通系统的水平直接表现了城市现代化水平。

（7）城市交通是城市化组合的纽带，现代化的交通系统是城市带、城市圈、城市群等城市组合的主要形成及发展条件。

总之，城市交通在城市发展的进程中始终是一个最活跃的因素，其发达的水平不仅对城市化水平具有质的含义，而且也是许多城市形成发展的动力。既有因依靠它发展起来的城市，也有因失去它而衰落的城市。城市交通能给城市带来动力，是城市开发的工具。正如马克思所言：“没有现代的交通，就没有城市的繁荣”。

2. 城市交通系统的主要构成

城市交通系统的主要构成框架如图 1.1 所示。

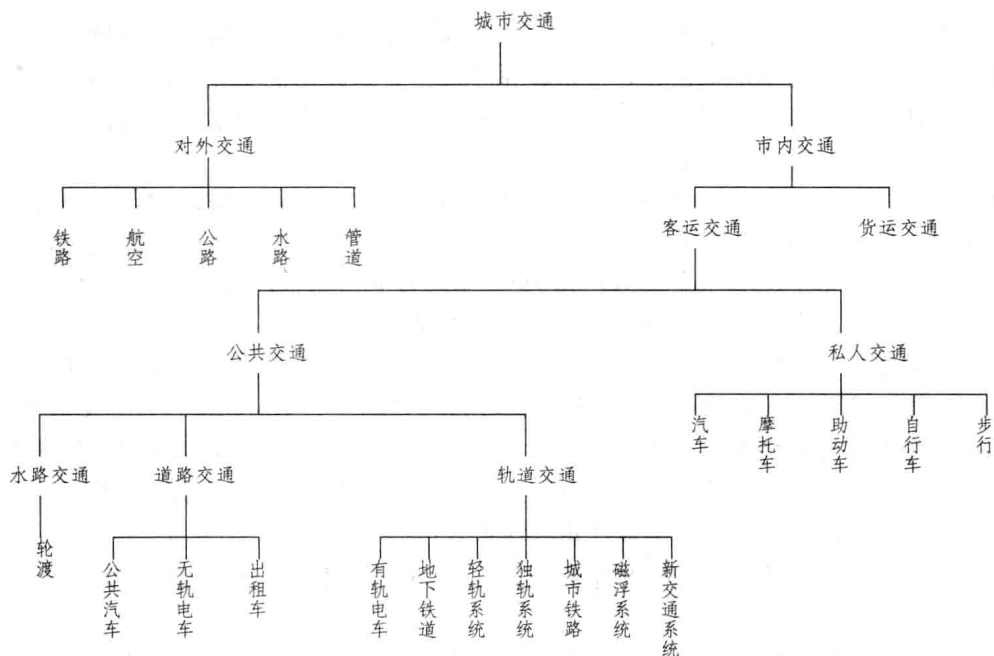


图 1.1 城市交通系统的主要构成框架

3. 传统城市交通存在的问题

随着世界各国城市化的发展和我国城市化进程的不断加快，先在国外，后在我国，出现了城市人口密集、交通拥堵、环境（空气）污染严重、能源匮乏、居民出行的时间长、出行难等所谓“城市病”。城市交通问题成为困扰城市发展的难题之一，是城市肌体难以治愈的“顽症”。之所以城市交通问题成为困扰城市发展的主要问题，其根本原因是传统城市交通的发展方式存在着严重的弊端，具有不可持续性。尤其是第二次世界大战以后，发达国家城市交通发展进程几乎就是一个不断满足机动化（尤其是小汽车）发展要求的过程，机动车拥有水平几乎成了所有战略性和实施性决策的基本前提；而在发展中国家，机动化也成为城市决策者追求的目标，成为“现代化”衡量的标准。为了提高机动性，必须不断增加道路设施的供给。但“亚当斯定律”却告诉我们：新的道路建设降低了出行时耗，但同时引发新的出行需求，经过一段时间后将最终恢复原来的拥挤水平，并由此提出了交通需求总大于交通供给的著名论断。而且从普遍意义上说，道路的“生产”速度始终跟不上汽车的生产速度，因为汽车可以通过流水线生产，道路却不能；汽车可以进口，道路却不能。城市土地资源是有限而且宝贵的，不可能完全用以修建道路。因此，这种立足于供给的思维形成了一个供给与需求之间的恶性循环，即道路拥挤—公众要求增加运输能力—能力增加—旅行容易—刺激城市延伸—平均旅程增加—旅行量增加—进一步拥挤，由此导致城市交通失衡，堵塞严重和环境污染，给城市经济、社会、环境和文化发展造成巨大副作用。

在我国,虽然城市交通事业的发展,有效地保障了城市经济发展和社会进步,但城市交通建设滞后;城市交通用地被挤占;交通体系不健全,道路功能不完善,路网结构、客运结构不合理;城市交通管理体制不顺,管理水平较低等问题严重影响了城市的社会经济发展。我国很多大中城市的交通现状是:

(1) 交通阻塞,行车速度缓慢,就连新兴城市深圳也不例外。交通拥堵造成公交服务水平日益下降,客运效益越来越差,以至造成大量自行车重新涌上街头,出租汽车、私人轿车不断增加,有限的城市道路不堪重负。在2007年3月21日召开的深圳市第四届人大三次会议分组审议会上,深圳市长呼吁市民放慢买车步伐实属无奈之举。

(2) 我国城市传统的混合用地模式,即步行、自行车、低运输量的公共交通工具为主的出行方式,限制了城市客流的疏散。各种车辆混行在道路上,交通秩序混乱,交通事故频增。

(3) 一些大城市环境形势日益严峻,大气污染日益加剧。机动车排放的尾气是造成大气污染的元凶。全国500多座城市,大气质量达到一级标准的不足1%,北京、沈阳、西安、上海、广州均列入世界十大空气污染最严重的城市。

引起城市交通阻塞的主要原因是道路面积少,人口密集、客流量大,缺乏科学的现代化交通管理。

传统城市交通发展模式已很难从根本上摆脱拥挤—缓和—一再拥挤的恶性循环。重新认识城市交通发展规律,寻求城市交通的可持续发展道路,就成为世界所有城市开始关注的问题。发展以公共交通为主的城市交通体系,优化城市交通结构,研发耗能少,有利于环保的交通工具,走可持续发展之路,是解决城市交通的有效和根本途径,现已成为广泛共识,并将是21世纪世界城市交通发展的必然趋势。

二、城市轨道交通

轨道交通很早就作为公共交通在城市中出现。随着科学技术和城市化发展,大运量的轨道交通在现代大城市中起着越来越重要的作用。经济发达国家城市的交通发展历史告诉我们,只有采用大客运量的城市轨道交通(地铁和轻轨)系统,才是从根本上改善城市公共交通状况的有效途径。

(一) 城市轨道交通的基本概念

1. 城市轨道交通的定义

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力公共交通的总称”。

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。

城市轨道交通以其大载客量、快捷、准时、安全、环保而成为解决交通拥挤的最有效手段。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。城市轨道交通经历了自 1863 年以来近一个半世纪的发展，它技术成熟、安全可靠、形式多样、用途广泛，正成为城市交通的骨干。

2. 城市轨道交通在城市公共交通中的地位与作用

(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形模式，而手掌状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廊道的发展，促进城市繁荣，形成郊区卫星城和多个副部中心，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十分发达且方便，人们出行很少驾驶私人车辆，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。

（二）城市轨道交通的主要技术特性

1. 城市轨道交通有较大的运输能力

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（市郊铁路），地铁达到 4 万~6 万人次，轻轨 1 万~4 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，地下铁道每公里线路年客运量可达 100 万人次以上，最高达到 1 200 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 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. 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,城市轨道交通由于运行在专用行车道上,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,城市轨道交通由于运行在不受其他交通工具干扰的线路上,城市轨道交通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、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,并且有先进的通讯信号设备,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发展而造成道路拥挤、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、汽车相比节省能源,在早期从节能的角度来看其运营费用较低。

8. 城市轨道交通对环境低污染

城市轨道交通由于采用电气牵引,与公共电、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。

(三) 城市轨道交通的技术等级

城市轨道交通技术等级如表 1.1 所示。

表 1.1 城市轨道交通技术等级表

项 目 \ 等 级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
系统类型	高运量地铁	大运量地铁	中运量轻轨	次中量轻轨	低运量轻轨
使用车辆类型	A 型车	B 型车	C-I, C-III 型车	C-II 型车	现代有轨电车
最大客运量 (单向万人次/h)	4.5~7.5	3.0~5.5	1.0~3.0	0.8~2.5	0.6~1.0

续表 1.1

等 级		I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
项 目						
线 路	线路形态	隧道为主	隧道为主	地面或高架	地面为主	地面
	路用情况	专用	专用	专用	隔离或 少量混用	混用为主
车 站	平均站距 (m)	800~1 500	800~1 200	600~1 000	600~1 000	600~800
	站台长度 (m)	200	200	120	<100	<60
	站台高低	高	高	高	低(高)	低
车 辆	车辆宽度 (m)	3.0	2.8	2.6	2.6	2.6
	车辆定员 (人)*	310	240	320	220	104~202
	最大轴重 (t)	16	14	11	10	9
	最大时速 (km/h)	80~100	80	80	70	45~60
	平均运行速度 (km/h)	34~40	32~40	30~40	25~35	15~25
	轨距 (mm)	1 435	1 435	1 435	1 435	1 435
供 电	额定电压 (V)	DC 1 500	DC 750	DC 750	DC 750 (600)	DC 750 (600)
	受电方式	架空线	第三轨	架空线/第三轨	架空线	架空线
信 号	列车自动保护	有	有	有	有/无	无
	列车运行方式	ATO/司机驾驶	ATO/司机驾驶	ATO/司机驾驶	司机驾驶	司机驾驶
	行车控制技术	ATC	ATC	ATP/ATS	ATP/ATS	ATS/CTC
运 营	列车最大车辆编组	6~8	6~8	4~6	2~4	2
	列车最小行车间隔 (s)	120	120	120	150	300

注：*指按每平方米站 6 人计算。

(四) 城市轨道交通体系构成

城市轨道交通是属于集多专业、多工种于一身的复杂系统，通常由线路、车辆、通信信号、供变电、车站、维护检修基地、指挥控制中心等组成。城市轨道交通的运输组织、功能实现、安全保证均应遵循有轨交通的客观规律。在运输组织上要实行集中调度、统一指挥、按运行图组织行车。在功能实现方面，各有关于专业如线路、车站、隧道、车辆、供电、通信、信号、机电设备及消防系统均应保证状态良好，运行正常。在安全保证方面，主要依靠

行车组织和设备正常运行, 来保证必要的行车间隔和正确的行车线路。

为了保证列车运行安全、正点, 在集中调度、统一指挥的原则下, 行车组织、设备、车辆检修、设备运行管理、安全保证等均由一系列规章制度来规范。列车运行是一个多专业、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、时效性极强的系统。

轨道交通系统中, 采用了以电子计算机处理技术为核心的各种自动化设备, 从而代替人工的、机械的、电气的行车组织、设备运行和安全保证系统。如 ATC (列车自动控制) 系统可以实现列车自动驾驶、自动跟踪、自动调度; SCADA (供电系统管理自动化) 系统可以实现主变电所、牵引变电所、降压变电所设备系统的遥控、遥信、遥测、遥调和遥视; BAS (环境监控系统) 和 FAS (火灾报警系统) 可以实现车站环境控制的自动化和消防、报警系统的自动化; AFC (自动售检票系统) 可以实现自动售票、检票、分类等功能。这些系统全线各自形成网络, 均在 OCC (控制中心) 设中心计算机, 实现统一指挥, 分级控制。

城市轨道交通各系统的功能和结构, 将在后面有关章节中详细叙述。

三、世界城市轨道交通的发展

(一) 城市轨道交通的起源

法国人巴斯卡于 1662 年在巴黎首创无轨公共马车, 它有固定路线和班次, 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, 且容易造成街道的车辆拥挤及阻塞。

把马车放在钢轨上行驶, 可以提高速度及平稳性, 还可以利用有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。1827 年, 世界上第一条有轨马车出现在纽约百老汇大街上, 1832 年马拉的城市街道铁路 (有轨马车) 在美国纽约的第 4 大街正式运营。从 1855 年开始有轨马车大规模地替代公共马车, 在美国及欧洲迅速扩展, 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。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。由于列车在地下隧道内运行, 尽管隧道里烟雾熏人, 但当时的伦敦市民甚至皇亲显贵们都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公共马车, 其条件和速度还不如地铁列车。

世界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取得了宝贵的经

验。特别是伦敦地铁，线路仅 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。1879 年，电力驱动的机车研制成功，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。世界上知名大都市和其他城市纷纷仿效伦敦修建地铁。从此，城市交通进入了轨道交通时代。

（二）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 2010 年，世界城市轨道交通的发展已有 147 年历史。已有近 50 个国家的 330 余座城市修建了轨道交通，线路总长度有数万公里。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）

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，加速性能低，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（1924—1949 年）

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，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。这一阶段只有五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。美国 1912 年已有 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。

3. 再发展阶段（1949—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地方，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，这期间有 17 个城市新建了地铁。

4. 高速发展阶段（1970 年至今）

世界上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奠定了良好的基础。近几年又有四十几个城市修建了地铁、轻轨或其他轨道交通。

世界各国的地铁各具特色。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弘的各类雕塑交相辉映，简直是一座艺术