

# 城市轨道交通 客运组织

主编 杨舟 李雯

中国建材工业出版社

# 城市轨道交通客运组织

主 编 杨 舟 李 雯

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通客运组织 / 杨舟, 李雯主编. —北京:  
中国建材工业出版社, 2016.9  
ISBN 978-7-5160-1641-1

I. ①城… II. ①杨… ②李… III. ①城市铁路—铁路  
运输—旅客运输—行车组织—高等学校—教材 IV.  
①U239.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第205001号

城市轨道交通客运组织

杨舟 李雯 主编

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路1号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 廊坊市旭日源印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 16.75

字 数: 360千字

版 次: 2016年9月第1版

印 次: 2016年9月第1次

定 价: 58.00元

---

本社网址: [www.jccbs.com.cn](http://www.jccbs.com.cn)

本书如出现印装质量问题, 由我社市场营销部负责调换。电话: (010)88386906  
对本书内容有任何疑问及建议, 请与本书责编联系。邮箱: [ztxcgs@126.com](mailto:ztxcgs@126.com)



## 前言

城市轨道交通是中国城市最大的公益性交通基础设施，也是城市的重要建设项目。城市轨道交通对改善现代城市交通困扰局面、调整和优化城市区域布局、促进国民经济发展发挥着重要作用，这是不容置疑的。编者在借鉴国内外同行先进经验的基础上，结合多年积累的教学经验，对城市轨道交通客运组织工作进行全面分析，将有关资料归纳、汇总，上升到理论层面，希望本书能为城市轨道交通运营管理的教学起到抛砖引玉的作用。

本书为城市轨道交通运营管理专业教材。全书共分为8个项目，分别为：城市轨道交通概述、城市轨道交通客流预测与分析、城市轨道交通运输计划、城市轨道交通车站和客运组织工作、城市轨道交通车站票务组织与管理、城市轨道交通车辆运用及乘务管理、城市轨道交通客运市场营销、城市轨道交通系统运营经济效果分析。

本书以培养岗位技能为出发点，理论联系实际，图文并茂，通俗易懂，便于阅读，并在每个项目后配有习题，供参考选用。本书可作为高等院校城市轨道交通专业及相关专业的教材和教学参考书，也可作为从事城市轨道交通建设和运营管理的专业技术人员的参考用书。

鉴于编写人员水平及实践经验的局限，不足之处在所难免，期待广大读者和同行多提宝贵意见。

编者



# 目录

## 项目一 城市轨道交通概述 001

任务一 国内外城市轨道交通系统的发展 002

任务二 城市轨道交通系统的类型 008

任务三 城市轨道交通系统的运营特性 014

## 项目二 城市轨道交通客流预测与分析 022

任务一 城市轨道交通需求的基本特征 023

任务二 客流预测 025

任务三 客流调查 033

## 项目三 城市轨道交通运输计划 040

任务一 客流计划 041

任务二 全日行车计划 042

任务三 车辆配备计划 044

任务四 列车交路计划 046

## 项目四 城市轨道交通车站和客运组织工作 051

任务一 车站的构造和主要设备 053

任务二 客运组织工作的基本要求 059

任务三 车站客流组织方法 062

任务四 城市轨道交通客运服务 073

任务五 车站各岗位职责与作业流程 083

任务六 城市轨道交通车站的应急处理 098

### 项目五 城市轨道交通车站票务组织与管理 124

任务一 城市轨道交通车站票务系统 125

任务二 自动售检票系统与票务设备的管理 134

任务三 车票使用与管理 151

任务四 现金使用与管理 165

任务五 票务差错及违章管理 170

### 项目六 城市轨道交通车辆运用及乘务管理 181

任务一 城市轨道交通车辆 182

任务二 车辆段及停车场 184

任务三 车辆运用流程 186

任务四 乘务管理 191

### 项目七 城市轨道交通客运市场营销 199

任务一 基本概念 201

任务二 城市客运市场细分 204

任务三 营销组合 206

### 项目八 城市轨道交通系统运营经济效果分析 217

任务一 运营指标体系 218

任务二 运营成本分析 222

任务三 国内外城市轨道交通系统运营经济状况分析 225

### 附录一 思考与练习部分参考答案 239

### 附录二 城市轨道交通常用术语中英文对照表 242

### 参考文献 244



# 项目一 城市轨道交通概述



## 知识目标

- 了解国内外城市轨道交通的发展历史。
- 熟悉中国各大城市轨道交通现状。
- 重点掌握中国城市轨道交通发展需要解决的问题。
- 了解城市轨道交通系统的类型及其基本技术经济特性。
- 掌握城市轨道交通系统的运营特性。



## 能力目标

- 能够利用所了解的发达国家城市轨道交通建设的经验，初步具备分析中国城市轨道交通发展前景及途径的能力。
- 判断城市轨道交通系统的各种不同形式所具有的优缺点能力。



## 情景导入

### 基本情况:

东京地铁是世界上最繁忙的地铁系统之一，每天运载超过770万人次的

客流。第二次世界大战后日本经济发展迅速，城市规模急剧扩张，城市公共交通客运量也节节攀升。从20世纪50年代到21世纪初，东京地区轨道交通的客运量增长了约17倍。据东京都市整备局统计，目前东京的交通出行总量中，地铁系统出行量占据86%，远远高于纽约的54%、巴黎的37%和伦敦的35%；小轿车出行量占交通总量的11%，另外公交巴士、摩托车及其他（自行车、步行）分别占1%。

1927年，东京修建了从浅草至上野的第一条地铁。从1954年起，东京开始大规模建设地铁和轻轨。目前，东京市内主要地铁和轻轨线路有320多公里，有分属“东京地下铁”公司以及“都营地下铁”公司管理的13条地铁路线，共285个车站。归属“东日本旅客铁路公司”（JR-EAST）的轻轨“山手线”绕城中心一周。这些主要线路之间还穿插着15条私营地铁路线，进而形成一个几乎涵盖整个东京的轨道交通网络。轨道交通构成了东京城市公共交通的骨架体系，在连接市区与郊区及远郊区的放射线方向上更占据主导地位。轨道交通系统在东京的城市公共客运中发

挥着越来越重要的作用。

### 分析:

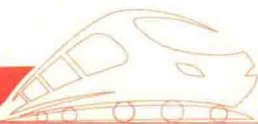
#### 1. 交通类型多样化

目前,国际上技术比较成熟、已经运营的城市轨道交通有地铁、市郊铁路、轻轨、单轨、导轨、线性电机牵引的轨道交通及有轨电车7种。其中市郊铁路、地铁、轻轨和有轨电车应用最广泛,线性电机牵引系统最有发展前途。

#### 2. 交通布局网络化

纽约、伦敦、巴黎、莫斯科、东京等轨道交通较为发达的城市,基本已形成一定的轨道交通规模和网络,它们可以延伸到城市的各个方向。呈辐射状分布的城市轨道交通系统,已成为这些现代化大都市的重要干线交通,不仅缓解了城市交通的拥挤状况,而且利于环保,在城市的社会活动、经济活动中起着不可替代的作用。

## 任务一



# 国内外城市轨道交通系统的发展



## 一、城市轨道交通的不同发展阶段

### (一) 初步发展阶段(1863~1924)

世界上第一条地下铁道的诞生,为人口密集的大都市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究成功,大大改善了地下铁道的运营环境,使人们免除了污染环境的顾虑。事实上,城市轨道交通由此步入了连续发展时期。在这一阶段,欧美的城市轨道交通发展较快。

### (二) 停滞萎缩阶段(1924~1949)

这一阶段发生的战争以及汽车工业的发展,造成了城市轨道交通的停滞和萎缩。汽车驾驶的灵活、便捷,使汽车工业得到快速发展。城市轨道交通因投资大,建设周期长,曾一度失宠。这一阶段世界上只有5个城市发展了城市地铁,有轨电车的发展则停滞不前,有些线路被拆除了。美国1912年已有370个城市建成有轨电车,到了1970年受“拆除风”的影响,只剩下8个城市保留了有轨电车。

由于地下空间对于战火的特殊防护作用,部分处于战争状态中的国家反而加速进行地铁的建设,如日本的东京、大阪和前苏联的莫斯科等。特别是莫斯科,第一条地铁于1935年建成通车,第二次世界大战期间建设速度反而更快了。



### （三）再发展阶段（1949~1969）

汽车的过度增加，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，汽车在市区有时甚至难以找到停车之处。人们重新认识到，解决城市客运交通问题必须依靠电力驱动的城市轨道交通。其间，城市轨道交通从欧美扩展到日本、中国、韩国、巴西、伊朗、埃及等国家，并有17个城市新建了地铁。

### （四）高速发展阶段（1970~今）

世界各国城市化的趋势，导致人口高度集中，这就要求城市轨道交通高速发展以适应日益增加的客流运输需求，同时科学技术的进步也为城市轨道交通的发展奠定了良好基础。很多国家都确立了发展城市轨道交通的方针，立法解决建设城市轨道交通的资金来源。城市轨道交通从欧洲、美洲、亚洲又扩展到澳洲，并从发达国家扩展到发展中国家。这一阶段，全世界每年平均有1.4个城市在修建地铁。

1999年的统计表明，世界上已有115个城市建成了地下铁路，线路总长度超过了7 000千米；同时产生了其他多种形式的城市轨道交通，如自动导向交通系统（Automatic Guideway Transit, AGT）、磁悬浮列车等。当今世界的大城市和特大城市中，城市轨道交通已在公共交通系统中处于骨干（又称“主动脉”）地位。



## 二、世界各国地铁的情况简介

莫斯科地铁是世界上最豪华的地铁，有欧洲“地下宫殿”之称。市区12条地铁线路纵横交错，充分体现了前苏联时期城市交通规划和建筑业的一流水平。纽约是当今世界地铁运行线路最长的城市，其线路37条，全长432.4千米，车站多达498个，设施则较为陈旧。巴黎地铁是世界上最方便的地铁，每天发出4 960趟列车；在主要车站的出入口均设电脑以显示应乘的线路、换乘的地点等，让乘客一目了然。巴黎地铁也是世界上层次最多的地铁，包括地面大厅共6层（其他城市地铁一般为2~3层）。法国里尔地铁是当今世界最先进的地铁，全部由微机控制，无人驾驶，轻便、省钱、省电，车辆行驶中噪声、振动都很小，高峰时每小时可通过60辆列车，为世界上行车间隔最短的全自动化地铁。

目前，伦敦城市轨道交通系统拥有车辆约4 000辆，列车编组为4~8辆。1999~2000年度完成客流量9.27亿人次，客运周转量71.71亿人千米，平均运距7.4千米。

墨西哥城在短短的10年间修建了150千米地铁，到2000年开通21条地铁线路，全长400千米，承担全城客运量的58%。首尔地铁于1971年开始建设，目前已有7条线路，总长217千米。墨西哥城与首尔是世界上地铁发展最快的城市。

21世纪的城市轨道交通，以高速、正点、低能耗、少污染、安全、舒适的特点吸引了大中城市客运交通80%以上的客流。美国、日本、德国、法国等经济发达国家不断加大地铁的科技投入，许多新材料、新技术、新工艺被运用在地铁工程中。新一代城市轨道交通已经可以采用可调式转向架，使

列车在运行时能适应不同轨距的变化。例如，开发地铁轻轨智能交通系统（Intelligent Transport System, ITS），可满足各种乘客的旅行需要，自动获取乘客需求、个人信息，并可实现单个地点识别、公共运输和私人运输信息的交换。建设扶助伤残、老人、儿童的系统和智能列车控制系统。研制新的橡胶减振轨道系统，可减少噪声、振动，降低能耗。另外，改进车体设计，可保证在时速350千米/小时的情况下，噪声控制在75分贝以下。



### 三、发达国家城市轨道交通建设的经验

我们将发达国家城市轨道交通建设的经验总结为如下几方面：

(1) 支持大运输量公共交通系统发展，控制小汽车的过度发展。轨道交通是大都市交通运输的骨干，纽约、莫斯科、东京、巴黎、中国香港等城市已形成地铁网络，居民出行一般步行5~10分钟就可乘坐轨道交通，非常方便。号称“汽车王国”的美国，2015年1月26日，中国列车所属的列车（美国）公司已经与美国马萨诸塞州海湾交通管理局订了出口美国波士顿红橙线地铁项目合同，总金额约为人民币41.18亿元，用以发展城市轨道交通系统。

(2) 城市轨道交通促进城市社会、经济、资源和环境的协调发展，使城市走向可持续发展的道路。轨道交通发展使城市沿轨道交通廊道轴向发展，市区密集人口可以疏散到郊区卫星城。有了运输量大、高速、正点的地铁和轻轨，人们白天到市中心上班，享受城市文明，晚上可远离喧闹的市中心，在环境优美的郊区休息；同时轨道交通又是世界上公认的“绿色交通”方式，与其他交通方式相比，污染明显较少。

(3) 规划要有科学性、可行性、经济性、前瞻性。例如，在巴黎市城市建设从单中心向多中心转变的过程中，巴黎的交通部门预见到可能由此带来的巨大客流潜力，及时规划和建设市区地铁和郊区轨道交通，先建成4条巴黎地区快速铁路网，线路总长近300千米，共166个站；同时又规划修建了28条辐射市郊的快速轨道线，与巴黎地区快速铁路网连接成一个功能完善的市郊铁路网，运送大量的通勤乘客。据统计，每天巴黎市郊客运量中，市郊铁路占74%，高峰时间内市郊铁路承担总运输量的87%。巴黎市快速轨道交通在转轨期成功疏散了大量客流。交通的便捷，反过来又促进市中心区的经济发展，从而使城市交通步入良性循环轨道。

(4) 重视多种渠道筹集资金，加快地铁和轻轨交通的发展。世界各国地铁和轻轨建设都靠国家、州和市政府财政补贴。有的国家规定将城市税收的一定比例用于地铁和轻轨建设，还鼓励大的企业、财团参与地铁和轻轨的建设和管理。发展中国家应积极利用世界银行贷款和发达国家的低息贷款发展城市轨道交通。

(5) 长远规划与近期实际相结合。依据经济技术发展水平及实际需求，分期、分批、分段开工建设城市轨道交通，分段调试运营，尽快取得社会效益，滚动发展，逐步实现城市轨道交通的长远规划目标。



### （一）中国城市轨道交通的发展情况

#### 1. 北京市

北京地铁规划始于1953年，工程始建于1965年，最早的路线竣工于1969年，1971年开始运营，是中国的第一个地铁系统。

截至2015年12月26日，北京地铁共有18条运营线路（包括17条地铁线路和1条机场轨道），组成覆盖北京市11个市辖区，拥有334座运营车站（换乘车站重复计算，不重复计算换乘车站则为278座车站）、总长554千米运营线路的轨道交通系统。

2014年，北京地铁工作日日均客运量达到1 008.76万人次。2015年，北京地铁年乘客量达到32.5亿人次。2016年4月29日，北京地铁创下单日客运量最高值，达到1 303.86万人次。

根据2015年9月国家发改委批复的《北京市城市轨道交通第二期建设规划（2015—2021年）》，北京将再建设12条地铁线路。到2021年，北京将建成27条路线、998千米的轨道交通网络，届时北京市公共交通占机动化出行量比例将达到60%，轨道交通占公共交通出行量比例将达到62%。

#### 2. 上海市

上海轨道交通，又称上海地铁，其第一条线路上海轨道交通1号线于1993年5月28日正式运营，是继北京地铁、天津地铁建成通车后中国大陆投入运营的第三个城市轨道交通系统。上海轨道交通由上海申通地铁集团有限公司负责运营，按照上海市物价主管部门批复的轨道交通网络票价体系计价，有多种票价优惠情况和车票种类。上海轨道交通的标徽由字母S和字母M变形组合，吉祥物是来自未来的小机器人畅畅。

截至2015年12月，上海轨道交通共开通线路14条（1~13号线、16号线），全网运营线路总长617公里，车站366座（不含上海磁浮示范运营线，3/4号线共线段9个车站的运营路程不重复计算，多线换乘车站的车站数分别计数），并有5条线路延伸规划、4条线路新建计划。

依据《上海市轨道交通近期建设计划》，截至2025年上海将新增规划再建设9条轨道交通线路。据悉，到2025年为止，上海将拥有包括地铁、城际铁路、机场快线、磁浮线等多种模式的轨交线路，共计39条，总长约1 050公里。

#### 3. 天津市

天津地铁始建于1970年4月7日，但由于中国当时实行的停缓建政策以及资金限制，被迫停建。1981年天津地铁工程重新启动，于1984年12月28日建成通车（最初一段于1976年开通）。2001年10月9日停止运营，进行既有线路改造。改造工程于2002年11月21日正式开工，并于2005年12月28日完成通车。

到2010年6月，天津地铁已经开通1号线及9号线（部分）两条线路。其中1号线全长26.188千米，设22座运营车站；9号线（津滨轻轨）始建于2001年1月18日，

一期工程东段于2003年9月30日建成通车，2004年3月28日开始试运营，共设14座车站，全长45.409千米，其中高架线39.915千米，地面线5.494千米。

2016年天津地铁在建和即将开工建设的线路达7条，线路里程达到186公里，车站163座。

天津市轨道交通规划（2005~2020）确定中心城区轨道交通线网规划方案为开放式结构，由9条线组成，其中有5条放射线、2条内环半环线（组成一条封闭的环线）、2条外围半环线，线网总长度为235千米，线网密度0.54千米/平方千米。

#### 4. 广州市

广州地铁是中国第三大城市广州市的城市轨道交通系统，于1997年6月28日开通，是中国大陆第四个开通并运营地铁的城市。截至2015年6月20日，广州地铁共有9条营运路线（1号线~6号线、8号线、广佛线及APM线），总长为260.5千米，共164座车站（换乘站重复计算）。线网日均客运量超过650万人次，客运强度为2.5万人次/（日，公里），客运效率位居全国前列。

同时有11条（段）、303公里线路在建。其中广佛线西朗至沥滘段、六号线二期、七号线一期、九号线一期、八号线北延段、十三号线首期、十四号线一期、知识城线、二十一号线、四号线南延段等10条（段）已开工建设。十一号线（环线，43.2公里）最近已全面启动征地拆迁工作。在建线路全部建成后，广州市城市轨道交通累计运营里程将达到564公里。

#### 5. 深圳市

深圳地铁始建于1999年，于2004年12月28日正式通车。这标志着深圳成为中国继北京、香港、天津、上海、广州及台北之后的第七个拥有地铁系统的城市。

2015年12月30日，中国首座，亚洲最大，全世界通过速度最快的全地下式交通枢纽——深圳福田站通车运营。这里不但可以兼容7种车型的高铁列车通过，5条地铁线路也将交汇于此，并设有33条公交连接线路。“十三五”期间，深圳地铁将重视加强与东莞、惠州两市的轨道衔接。主要推动规划中的跨境衔接东莞的6号线支线、11号线、13号线、20号线等线路，以及14号线与惠州市的跨境衔接工作。

预计到2025年，深圳地铁通车里程将是现在的5倍，不仅可以形成一个辐射全深圳的密集轨道骨干网，还将促使周边城市之间的联系更加紧密。从远期规划发展来看，深圳市轨道交通网络将结合城市更新发展、区域一体化发展等战略布局，还有新一轮修编，预计轨道交通总里程可达1 000公里。

#### 6. 中国香港

香港地铁是由政府的地铁公司经营的，自第一条线路于1977年建成通车以来，截至2007年地铁和九铁正式合并，综合铁路系统全长168.1千米，由9条市区线共80个车站组成。香港地铁也是世界上赢利状况最好的城市地铁之一。

#### 7. 中国台北

中国台湾省台北市快速轨道系统（台湾习惯称之为“捷运系统”）初期路网共

6条路线，全长86.8千米，设有79个站，服务于台北市12个行政区及台北县的16个市镇，服务范围以台北车站为中心，半径约15千米，面积达837平方千米。这6条路线依其完工时间排序分别是木栅线、淡水线、中和线、新店线、南港线及板桥线。木栅线是中运量系统，除有一处穿越山区采用新奥法施工外，其余线段均采用高架方式构筑；其他5条线路都是高运量系统。在全长86.8千米的6条路线中，地面段有9.5千米，高架段21千米，地下段45.7千米。

除此以外，中国还有南京、重庆、武汉、大连、杭州、长春、西安、成都、青岛、哈尔滨和苏州等多个城市正在进行地铁建设，共有40多个城市地铁在建或规划筹建中。

在寸土寸金的大都市里，地铁已经成为占用土地和空间最少、运输量最大、运行速度最快、环境污染最小、最安全舒适的理想交通方式，因此被越来越多的国际大都市所选用。50多年来，中国的地铁建设取得了相当不错的成绩，在缓解城市交通压力方面发挥了巨大的作用。中国将进一步扩大地铁建设规模，地铁建设将迎来黄金时代。

## （二）中国城市轨道交通发展需要解决的问题

从目前情况看，中国城市轨道交通发展需要解决的问题表现在以下几个方面：

（1）各种交通系统间的衔接问题。城市轨道交通企业归城市地方政府管理，与城市间铁路运输、地面巴士交通、机场专线等系统的管理缺乏协调运营机制。城市轨道交通系统快速、准时的用户效益没有得到充分发挥，多数系统运输量低于预测水平，影响了客流吸引效果。

（2）运营管理问题。各城市对于城市轨道交通系统成网后如何运营仍处于探索阶段，对城市轨道交通系统的投资、建设、运营和监督机制如何协调缺乏研究，城市政府对于如何建立城市轨道交通系统的自我发展机制、加强城市轨道交通企业自身的经营活力、制定科学合理的补贴机制等方面还需要研究。

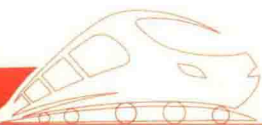
（3）经营管理问题。城市轨道交通系统技术上需要借鉴铁路运输方式，但经营管理上需要高度重视其城市运输特征。对于高峰期与平峰期的运营组织、大型枢纽内地区乘客换乘组织、乘客综合信息服务体制等问题，均需要充分研究。

（4）安全应急系统建立问题。城市轨道客运系统庞大，但线路的灵活性差，应急能力有限。城市轨道交通企业应充分研究系统在节假日、重要活动期间，在意外事件出现状态下的运营组织问题。

（5）客运营销问题。城市轨道交通系统投资大，其成网运营需要一个漫长过程。在这期间，如何从票价、时刻表、线路组合等方面与地面交通配合，构筑快速出行体系，需要开展进一步研究。

（6）人才培养问题。目前城市轨道交通系统的专业人才多数来自铁路运输部门。这些人才在城市客运运营管理领域经验不足，所以，相关部门需要加强对相关人员的技术培训，以适应城市轨道交通系统的长期发展需要。

## 任务二



# 城市轨道交通系统的类型

目前,各国对城市轨道交通系统的分类存在一些概念上的差异,这些差异是由于对城市轨道交通系统的技术经济特性认识不同而造成的。下面将分别介绍主要城市常用的轨道交通系统类型及相应的技术经济特性。



## 一、城市地铁

城市地铁通常采用专用线路,没有平面交叉。线路主要修建在地下隧道之中,还有部分修建在地面或高架桥上。城市地铁一般采用双线,个别城市也有四线情况。正线最大坡度一般为3%,最小曲线半径一般为300~400米。轨道较多采用焊接长钢轨,混凝土整体道床。

城市地铁车站按其运营功能划分为终点站、中间站和换乘站。它通常由出入口、站厅、通道、楼梯、自动扶梯、站台、售票房、行车作业用房和机电设备用房等组成。车站设备的通过能力根据远期高峰客流量以及留有余地的考虑进行确定。车站的站台设计为高站台,有侧式、岛式和混合式等形式。早期地铁多为侧式站台,现在较多选择的是岛式站台,但高架中间站的站台宜采用侧式站台。站台长度应能满足远期列车编组长度的需要。

城市地铁交通车辆宽度为2.8~3米。车辆设计除具有大容量的特点外,在牵引控制、调速制动以及故障诊断等方面广泛采用了各种先进技术,具有自动化程度较高的特点。车辆坐席有纵向和横向两种布置。车辆定员为200~320人。车辆的最高速度可达80~100千米/小时,运营速度约为35~40千米/小时。单向小时最大运输能力为30 000~60 000人。

城市地铁列车在控制中心的统一组织指挥下,由列车自动控制系统控制运行。列车自动控制(Automatic Train Control, ATC)系统由列车自动防护(Automatic Train Protection, ATP)、列车自动运行(Automatic Train Operation, ATO)和列车自动监控(Automatic Train Supervision, ATS)3个子系统组成。列车编组辆数通常为4~8辆,但也有10~12辆编组的情况。列车运行的最小间隔时间可达到75秒。

### (一) 普通地铁技术特征

各国城市轨道交通系统的建设标准并不完全一致。根据日本的统计资料,城市轨道交通系统的技术经济特征主要有:

- (1) 最小运行时间间隔:2分钟。

- (2) 每节车厢的乘客人数：280人（按0.14平方米/人计算）。
- (3) 每列车编组车厢节数：6~10节。
- (4) 每小时单向最大运送能力：50 000~80 000人。
- (5) 时刻表速度：30~60千米/小时。
- (6) 建设投资（包括车厢）：250~300亿日元/千米。
- (7) 运营费用：6.66亿日元（千米·年）。
- (8) 最低经济运输量：12 200人/（千米·天）（假定平均票价为150日元/人）。

## （二）线性地铁（小断面地铁）技术特征

城市地铁交通领域中还有一种技术称为线性地铁（小断面地铁）。根据传统的电动机原理，它将转子、定子的半径设计成无限大，转子、定子即相对平行的平面，将转子和定子平面相对安装在车辆底部和轨道中间，通电之后即可按电动机原理驱动车辆在线路上运行。与传统机动车辆相比，线性电机驱动方式具有车辆自重轻、爬坡能力强、线路曲线半径小（最小尺寸为50米）等优点。这种地铁的特点是断面较一般地铁断面小，从而降低了建设成本；它还采用了较小的曲线半径和较大的坡道，可以高架，容易维护。其主要技术经济特征（以日本地铁为例）如下：

- (1) 最小运行时间间隔：2分钟。
- (2) 每节车厢的乘客人数：142人（按0.14平方米/人计算）。
- (3) 每列车编组车厢节数：4~8节。
- (4) 每小时单向最大运送能力：17 000~34 000人。
- (5) 时刻表速度：35千米/小时。
- (6) 建设投资（包括车厢）：200~210亿日元/千米。
- (7) 运营费用：6.66亿日元（千米·年）。
- (8) 最低经济运输量：12 200人/（千米·天）（假定平均票价为150日元/人）。

日本东京都12号线就是小断面地铁，可实现小时输送能力达29 000人次。该线路的最小曲线半径为正线100米，侧线80米，最大坡度5.5%，采用机车多相位信号，综合了列车自动控制系统、列车自动驾驶系统和调度集中系统，车厢定员90~100人，每列车编组6节，直流1 500伏供电，刚体吊架方式。列车的最高速度可达70千米/小时。

地下铁道的技术经济特点还包括：安全准点，节约土地，节省能源，环境污染小，对城市景观影响小，综合造价高，修建周期长等。



## 二、轻轨系统

轻轨是从旧式有轨电车系统发展演变而来的。20世纪20年代，美国有轨电车系统总长达25 000千米。20世纪30年代，欧洲、日本、印度和中国的有轨电车有了很大发展，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个城市还保留有轨电车。20世纪70年代以来，

欧洲和北美洲的更多国家又对20世纪30年代后纷纷拆除的城市旧式有轨电车系统产生了浓厚兴趣，并对旧式有轨电车系统进行技术改造，建成了一种全新的轻轨系统。

1978年，国际公共交通联合会在比利时布鲁塞尔召开的会议上，将在有轨电车基础上发展而成的中等运量的新型有轨电车交通方式统一定名为“轻轨交通”（Light Rail Transit, LRT）。所谓轻轨交通，实际上就是利用现代科技（如交流牵引技术、计算机控制技术）对基于轮轨运行方式的城市有轨电车客运系统进行一系列相应改造，提高安全性和舒适度，并受到广大乘客的欢迎。轻轨线路的设计方案较多，没有固定的模式。线路修建往往因地制宜，既可修建在市区街道上，也可修建在地下隧道或高架桥上。

地面轻轨线路可分为无平面交叉的专用行车线路、有平面交叉的专用行车线路和与其他机动车辆共用行车线路3种类型。轻轨线路大多是双线，但支线、短程区间或道路用地较为紧张的地段也有设计为单线的情况。线路最大坡度可达8%，最小曲线半径可达30米。轻轨铁路车站按其运营功能划分为终点站、中间站和换乘站。终点站和位于中心商业区的中间站，应具备集散较大客流的能力。车站的站台大多设计为低型，轻轨车辆定员一般在100人左右，轻轨车辆的最高速度可达60~80千米/小时。

轻轨列车的运行控制有人工视觉控制、在列车自动防护系统监控下的人工驾驶控制和列车运行自动控制系统控制3种类型。

轻轨交通（以日本为例）的主要技术经济特征如下：

- (1) 最小运行时间间隔：2分钟。
- (2) 每节车厢的乘客人数：225人（按0.14平方米/人计算）。
- (3) 每列车编组车厢节数：2~4节。
- (4) 每小时单向最大运送能力：6 000~13 000人。
- (5) 时刻表速度：20~25千米/小时。
- (6) 建设投资（包括车厢）：33亿日元/千米及以下。
- (7) 运营费用：1.13亿日元（千米·年）。
- (8) 最低经济运输量：2 100人/（千米·天）（假定平均票价为150日元/人）。

德国在轻轨交通的技术标准研究方面处于领先水平，先后颁布了《德国联邦轻轨运输系统建设和运行规范》等技术标准。德国轻轨交通系统的等级及其主要特征见表1-3。

表1-3 德国轻轨交通系统的等级及主要特征

系统等级	I	II	III	IV		
线路	地面线路	100%				
	混行线路	70%	20%			
	地下/高架线路			≤ 5%	≤ 20%	≤ 50%
	专用道比例		30%	80%	100	100
	平均站间距/米		500	600	750	1 000



续表

系统等级	I	II	III	IV	
车站	站台长度 / 米	40	60	90	120
	站台形式	低	低 / 高	高	高
车辆	驾驶室形式	单 / 双向	双向	双向	双向
	车辆宽度 / 米	2.4	2.4/2.56	2.56	2.56
	地板面高度	低	低 / 高	高	高
	6轴车定员 / (6人 / 平方米)	135	135/230	230	230
	车辆编组 / 辆	2	3/2	3	4
运营	列车最小运行间隔 / 秒	120	120	90	90
	最大单向客运量 / (人次 / 小时)	8 000	12 000	28 000	37 000
信号	信号设备	无行车信号	部分线路 设行车信号	大部分线路 设行车信号	全部线路 设行车信号
	道口信号控制	部分控制	全部控制		
速度	平均(旅行)速度 / (千米 / 小时)	20	25	32	38

轻轨铁路的技术经济特点还包括：修建周期短，工程投资少，运营成本低，运行噪声小，能适应陡坡急弯，乘客乘坐舒适等。

### 三、独轨铁路

独轨交通系统的发展有近百年历史，现存最早的独轨铁路是德国乌帕塔尔市在1901~1903年间修建的一条约13千米的悬挂式独轨铁路，牵引动力为电力驱动。该条轨道如今仍在运营中。它因当时它主要用于游乐，因鉴于其本身自身局限而发展缓慢。20世纪60年代以来，地面交通十分拥挤，一些城市将目光转向空间利用，以期改善这一交通状况。目前，日本是独轨铁路最多的国家，此外，德国、美国、意大利、澳大利亚和乌克兰等国家也建有独轨铁路。

国外已建成的城市轨道交通独轨铁路长度通常为10千米左右，单、双线均有，但以单线为主，最大坡度可达6%，最小曲线半径可达60米。

轨道由轨道梁、支柱与道岔3部分组成。轨道梁为预应力钢筋混凝土结构，起承载、运行、导向与稳定车辆的作用。跨座式独轨的轨道梁顶面是列车的运行轨道，两侧面的上、下部分分别是导向轮与稳定轮轨道。支柱的主要形式有T形、倒L形和“门”形等。道岔的基本原理是轨道梁的一部分为可活动部分，通过活动部分的移动使一条线路与其他线路连接，达到车辆过岔的目的。

车站为高架设计，常见结构由下至上，一层为道路面，二层为集散厅，三层为站台，乘客由自动扶梯和电梯上下。站台为岛式，长约100米，站台两侧安装栅栏或屏蔽门，站台顶棚与边墙连在一起。