

# 城市轨道交通概论

主 编 何安琪 胡 翔 李海英  
副主编 谢 勇 刘 莉 文 豪

西南交通大学出版社  
· 成 都 ·



随着国民经济的高速发展，我国各大城市的规模不断扩张，在城市发展的过程中慢慢出现了交通拥堵、用地紧张和环境污染等一系列“城市病”。具有运量大、用地少与污染小等特点的城市轨道交通系统得到了广泛关注并不断发展，已成为大型城市公共客运交通体系中的骨干力量，是市民日常出行的主要选择。与其他常规交通方式相比，现代城市轨道交通具有无可比拟的优势，主要体现在运输能力大、运行速度快、能耗低、环境污染少、安全可靠性强、舒适性好和占地面积少等方面。

相较于欧美发达国家以及邻国日本，我国的城市轨道交通发展虽起步较晚，但发展迅速。北京于 1969 年开始试运营第一条地铁，之后天津于 1980 年建成长 7.4 km 的地铁线路。20 世纪 80 年代以后，以上海地铁 1 号线、北京地铁复八线、北京地铁 1 号线改造、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。截至 2019 年年底，我国已有 40 座城市的轨道交通系统投入运营，运营线路 208 条，运营线路总长度 6 736.2 km。其中，地铁运营线路 5 180.6 km，占比 76.9%；其他制式城轨交通运营线路 1 555.6 km，占比 23.1%，当年新增运营线路长度 974.8 km，部分城市的地铁已成网络运营。尽管取得了骄人的成绩，但我国的轨道交通事业仍存在诸多问题亟待完善，如我国的城市轨道交通以地铁为主，少部分

有轻轨、单轨以及磁悬浮等其他制式，制式与运营模式较单一。

为满足城市轨道交通建设、发展、运营和维护等工作对高层次、高技能人才培养的需求，同时满足对城市轨道交通有兴趣人士的需要，我们组织了一批具有城市轨道交通现场工作经验和丰富教学经验的“双师型”教师团队编写了此书。

本书聚焦城市轨道交通的发展，系统地介绍了城市轨道交通设备的基本组成、基本原理和城市轨道交通运输组织工作，主要包括城市轨道交通线路、站场、车辆、供电、信号、通信、机电设备及运输组织工作。本书可作为城市轨道交通专业职业教育用书，还可作为从事城市轨道交通技术人员的学习资料。职业教育学生通过学习本书，可以对城市轨道交通形成宏观概念，为后面专业核心课程的学习打下坚实的基础。

本书最大的创新点在于融入了实际工作现场案例，在许多重要的项目中，例如车辆，在进行教材编写时，针对所讲的内容，配套实际运营中出现的相关故障进行更深层次地阐述，让读者能将所学内容与实际遇到的问题进行对应，加深读者的印象，方便学习和理解。本书作为铁道机车国家专业教学资源库立项课程的配套教材，具有完整的动画和视频教学资源，便于读者学习。

本书由武汉铁路职业技术学院何安琪、胡翔、李海英担任主编，武汉铁路职业技术学院谢勇、刘莉、文豪担任副主编。

各项目编写分工如下：项目一、二由李海英编写，项目三、四由谢勇编写，项目五由胡翔编写，项目六由刘莉编写，项目七由文豪编写，项目八、九由何安琪编写。全书由何安琪统稿。

由于编者水平有限，且编写时间仓促，书中难免存在疏漏、不妥之处，诚恳希望各院师生及读者提出批评及改进意见。

编者

2022年11月

## 数字资源列表

序号	项目	二维码名称	资源类型	页码
1	项目一	城市轨道交通发展简介	视频	1
2		地铁线路图	视频	15
3		城市轨道交通规划	视频	21
4		城市轨道交通的组成	视频	27
5	项目二	线路	视频	31
6	项目三	车站与停车场	视频	53
7	项目四	车辆编组及运行	视频	72
8		车辆的类型和特点	视频	74
9		车辆机械的相关知识	视频	78
10		车辆机械	视频	85
11		车辆电气系统	视频	100
12	项目五	供电系统的组成	视频	120
13		供电系统的基本要求	视频	121
14		供电方式	视频	122
15		城市轨道交通供配电系统的组成	视频	124
16		牵引供电系统	视频	125
17		动力照明系统	视频	125
18		主变电所	视频	127
19		牵引变电所	视频	128
20		降压变电所	视频	129
21		供电专业机构设置	视频	130
22		电力监控系统的组成	视频	132

续表

序号	项目	二维码名称	资源类型	页码
23	项目五	电力监控系统的基本任务及特点	视频	134
24		电力监控系统的功能	视频	135
25		电力监控系统信息的传送方式	视频	138
26		接触网的结构形式及特点	视频	139
27		接触网供电方式与分段	视频	141
28		迷流及其防护	视频	142
29	项目六	城市轨道交通信号系统概述	视频	145
30		城轨信号机认知	视频	147
31		信号机显示意义	视频	149
32		信号继电器认知	视频	151
33		道岔转换设备	视频	154
34		轨道电路设备	视频	156
35		计轴器设备	视频	158
36		区间闭塞的概念及方法	视频	160
37		区间闭塞技术的演变	视频	161
38		固定闭塞认知	视频	162
39		准移动闭塞认知	视频	163
40		移动闭塞认知	视频	164
41		进路的基本知识	视频	166
42		联锁的概念及内容	视频	167
43		联锁设备的基本功能和要求	视频	168
44		联锁具体设备认知	视频	169
45		城轨联锁系统控制特点	视频	171
46		城轨列车运行控制系统的概念及作用	视频	173
47		查询应答器	视频	173
48		列车测速装置	视频	175
49		列车定位技术	视频	178

续表

序号	项目	二维码名称	资源类型	页码
50	项目六	车地无线通信技术	视频	179
51		速度控制方式	视频	180
52		ATC 系统功能组成及设备分布	视频	183
53		ATS 的概念及功能	视频	184
54		ATP 的概念及功能	视频	186
55		ATO 的概念及功能	视频	187
56		基于点式 ATC 的列车运行控制系统	视频	188
57		基于 CBTC 的列车运行控制系统	视频	189
58		项目七	通信系统的定义及作用	视频
59	通信系统的分类		视频	192
60	通信系统网络架构		视频	193
61	通信电源系统		视频	196
62	传输系统		视频	196
63	OTN 技术		视频	197
64	ATM 技术		视频	198
65	MSTP 技术		视频	198
66	数字集群系统		视频	199
67	集中告警系统		视频	205
68	公务电话子系统		视频	209
69	调度电话子系统		视频	211
70	站内电话子系统		视频	213
71	站间和轨旁电话子系统		视频	214
72	电话录音系统		视频	214
73	时钟系统		视频	215
74	闭路电视系统		视频	219
75	广播系统		视频	223
76	乘客信息系统		视频	223
77	无线集群通信系统		视频	229



续表

序号	项目	二维码名称	资源类型	页码
78	项目八	车站给排水系统	视频	237
79		消防报警系统	视频	240
80		环境控制系统	视频	244
81		屏蔽门系统	视频	246
82		通风空调系统	视频	248
83		自动售检票系统	视频	248
84		车站低压配电系统	视频	248
85		火灾的危害	视频	248
86	项目九	全日行车计划	视频	249
87		车辆运用分类	视频	250
88		车辆运用计划的含义	视频	251
89		列车交路方案	视频	252
90		列车停站方案	视频	252
91		列车时刻表及晚点	视频	253
92		列车运行图	视频	253
93		安全生产方针与事故处理原则	视频	254
94		运营事故的分类	视频	255
95		运营事故的抢险指挥	视频	257
96		地铁运营事故分析	视频	258
97		事故预防对策	视频	259
98		事故应急预案	视频	260
99		乘务组织	视频	261
100	城市轨道交通经济评价	视频	261	

## 目 录

<b>项目一</b>	<b>城市轨道交通概述</b> .....	001
任务一	城市轨道交通发展简介 .....	001
任务二	城市轨道交通发展概况 .....	010
任务三	城市轨道交通规划 .....	021
任务四	城市轨道交通的组成及对人才的需求 .....	027
	思考与练习 .....	030
<b>项目二</b>	<b>城市轨道交通线路</b> .....	031
任务一	城市轨道交通线路基础知识 .....	031
任务二	路基和线路设备 .....	038
任务三	城市轨道交通工程建设 .....	048
	思考与练习 .....	052
<b>项目三</b>	<b>城市轨道交通站场</b> .....	053
任务一	站场基础知识 .....	053
任务二	城市轨道交通车站 .....	060

任务三 车辆基地 .....	066
思考与练习 .....	071
<b>项目四 城市轨道交通车辆 .....</b>	<b>072</b>
任务一 城市轨道交通车辆基础知识 .....	072
任务二 车 体 .....	078
任务三 转向架 .....	085
任务四 车钩缓冲装置 .....	091
任务五 电气系统 .....	100
任务六 制动系统 .....	108
任务七 空调通风系统 .....	117
思考与练习 .....	119
<b>项目五 轨道交通供电系统 .....</b>	<b>120</b>
任务一 供电系统的组成及作用 .....	120
任务二 变配电系统 .....	122
任务三 电力监控系统 .....	132
任务四 接触网 .....	139
思考与练习 .....	144
<b>项目六 城市轨道交通信号系统 .....</b>	<b>145</b>

任务一	城市轨道交通信号系统概述 .....	145
任务二	信号基础设施认知 .....	147
任务三	区间闭塞技术 .....	160
任务四	城市轨道交通联锁基础 .....	166
任务五	城市轨道交通列车运行控制系统 .....	172
	思考与练习 .....	191
<b>项目七</b>	<b>城市轨道交通通信系统 .....</b>	<b>192</b>
任务一	城市轨道交通通信系统概述 .....	192
任务二	传输系统 .....	201
任务三	电话系统 .....	208
任务四	时钟系统 .....	215
任务五	闭路电视系统 .....	219
任务六	广播系统 .....	223
任务七	无线集群调度系统 .....	229
	思考与练习 .....	236
<b>项目八</b>	<b>城市轨道交通其他设备 .....</b>	<b>237</b>
任务一	车站给排水系统 .....	237
任务二	火灾自动报警系统 .....	240

任务三 环境控制系统 .....	244
任务四 屏蔽门系统 .....	246
思考与练习 .....	248
<b>项目九 城市轨道交通行车组织</b> .....	<b>249</b>
任务一 列车运行计划 .....	249
任务二 运营事故处理规则 .....	254
任务三 事故处理预案及预防 .....	257
思考与练习 .....	261
<b>参考文献</b> .....	<b>262</b>



# 项目一

# 城市轨道交通概述

随着国民经济的高速发展，我国各大城市的规模不断扩张，在城市发展的过程中不同程度地出现了交通拥堵、用地紧张和环境污染等一系列“城市病”。因此，具有运量大、用地少与污染小等特点的城市轨道交通系统得到了广泛关注并不断发展，已成为大型城市公共客运交通体系的首选，是市民日常出行的主要选择。通过本项目的学习，可以了解发展城市轨道交通的必要性，掌握城市轨道交通系统的定义与组成，掌握城市轨道交通系统的特点与基本类型，熟悉国内外城市轨道交通系统的发展历程与发展趋势。

## 任务一 城市轨道交通发展简介

### 一、城市轨道交通概述

#### (一) 城市轨道交通的定义

城市轨道交通是一个包含范围较大的概念，一般而言，广义的城市轨道交通是采用轨道进行承重和导向的车辆运输系统，设置全封闭或部分封闭的专用轨道线路，具有车辆、线路、信号、车站、供电、控制中心和服务等设施，车辆以列车或单车形式，运送相当规模客流量的城市公共交通方式。而狭义的城市轨道交通则特指地铁、轻轨和单轨（独轨）。



城市轨道交通发展简介

随着现代轨道交通技术的不断发展，城市轨道交通以其载客量大、快速、准时、安全、环保等优势，成为解决城市交通拥堵问题的最有效手段，也是一个城市现代化程度的重要标志之一。

## （二）城市轨道交通的主要类型

城市轨道交通发展不但呈现速度快、数量多的特点，而且呈现类型多样化、设施更先进、管理经验更科学、整体效益更佳的趋势。随着城市发展与城市化进程的加快，城市轨道交通的地位与作用正被重新估量。

城市轨道交通种类繁多，技术经济指标差异较大，世界各国评价标准不一，并无严格的基本分类。例如，城市轨道交通根据敷设方式可分为地下、地面、高架等类型。按照国家标准《城市轨道交通技术规范》(GB 50490—2009)的定义，城市轨道交通是“采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统”，一般包括地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、市域快速轨道系统、自动导向轨道系统七种制式。因此，根据不同的分类标准与方法，可获得不同的结果。

### 1. 按照运量规模分类

#### 1) 大运量轨道交通系统

大运量轨道交通系统的高峰小时单向运输能力为 3 万人以上。属于该种类型的轨道交通系统主要有重型地铁和轻型地铁。

#### 2) 中运量轨道交通系统

中运量轨道交通系统的高峰小时单向运输能力为 1.5 万 ~ 3 万人。属于该种类型的轨道交



通系统主要有微型地铁以及高技术标准的轻轨、单轨。

### 3) 小运量轨道交通系统

小运量轨道交通系统的高峰小时单向运输能力为 0.5 万 ~ 1.5 万人。属于该种类型的轨道交通系统主要有低技术标准的轻轨和自动导向交通。

## 2. 按照基本技术特征分类

### 1) 地铁系统

地铁即地下铁道的简称，是指轴重相对较重，单方向高峰输送能力在 3 万人次/h 以上的城市轨道交通系统。随着地下铁道的发展，地铁线路的敷设已不仅仅局限于地下隧道中，而是根据实际需要也可以布置在地面或采用高架的方式修建，但城区多以地下线路为主。一般情况下，地铁线路实行全封闭，可实现信号控制的自动化，适用于客运量较大的城市中心区域。

世界各地地下铁道所采用的技术标准不同，可分为重型地铁、轻型地铁与微型地铁三种类型。目前，地铁的服务范围主要集中在市区，也可延伸到市郊，具有站间距较密，电力驱动，线路全封闭，信号自动化控制，运量大、速度快、安全、准时、舒适、节约城市土地资源等特征。

1863 年，世界上首条地下铁路系统在伦敦开通，主要是为了解决当时伦敦的交通堵塞问题而建。当时电力尚未普及，所以即使是地下铁路也只能用蒸汽机车。由于机车释放出的废气污染环境且对人体有害，所以当时的隧道每隔一段距离便要有与地面打通的通风槽。1870 年，伦敦开办了第一条客运的钻挖式地铁，在伦敦塔附近越过泰晤士河。但这条铁路并不算成功，运营数月后便关闭。现存最早的钻挖式地下铁路则在 1890 年开通，亦位于伦敦，连接

市中心与南部地区。铁路的建造者最初计划使用类似缆车的推动方法，但最后采用了电力机车，使其成为第一条电动地铁。

我国第一条地铁线路始建于 1965 年 7 月 1 日，于 1969 年 10 月 1 日建成通车，北京也因此成为中国第一个拥有地铁的城市。截至 2021 年年底，我国地铁运营线路累计达 7 209.7 km。

图 1-1 为武汉地铁 7 号线。



图 1-1 武汉地铁 7 号线

## 2) 轻轨系统

轻轨 (Light Rail Transit, LRT) 即轻轨铁路的简称。因轻轨交通车辆轴重较轻，施加在轨道上的荷载相对于市郊铁路或地铁的荷载来说比较轻，故称轻轨，如图 1-2 所示。轻轨是在有轨电车的基础上发展起来的，由电气牵引，轮轨导向，列车或车辆编组运行在专用行车道上，是一种中运量城市轨道交通系统，输送能力介于地铁和有轨列车之间，为 1.5 万~3 万人/h，旅行速度可达 30 km/h。由于轻轨系统使用的钢轨比重型地铁所使用的钢轨轻，其整体技术标准也低于地铁，运输能力也远小于地铁。早期的轻轨系统一般为旧式有轨电车系统直

接改建而成，20 世纪 70 年代后期，一些国家开始修建全新的轻轨系统，其行车速度、乘坐舒适度及运行噪声得到了很大程度的改善。由于轻轨既免除了地铁的昂贵投资，又具有中运量的特点，在我国具有较大的发展前景。



图 1-2 轻轨列车

轻轨系统主要在城市地面或高架桥上运行，线路采用地面专用轨道或高架轨道，遇繁华街区，也可进入地下与地铁接轨。轻轨的服务范围主要连接市区与郊区，用于构建市区与重点郊区的大运能通道。

轻轨可分为两类：车型和轨道结构类似地铁，运量较地铁略小的轻轨交通，称之为准地铁；另一类为运量比公共汽车略大，在地面行驶，路权可以共用的新型有轨电车。

轻轨与地铁的不同之处在于轻轨运量较小，采用较小的车辆，线路曲率半径较小以及“最大坡度”较大等。它们的线路大体上是相同的，供电设备、信号设备、通信设备、机电设备以及运营管理是完全相同的。但是不能简单地认为位于地面和高架的线路是轻轨，而地铁必须位于地下隧道内。例如，上海轨道交通 3 号线全部采用高架线路，许多人称之为轻轨，这是不正确的。因为 3 号线完全是按地铁标准设计的。而 6 号线和 8 号线，大部分位于地下隧道

内，却是按轻轨标准设计的。也不能认为轻轨的轨道较轻。虽然轻轨的轴重较轻，但是为了保证列车运行的平稳，仍然采用与地铁一样的钢轨。

### 3) 单轨系统

单轨系统是指车辆或列车在单一轨道梁上运行的城市客运交通系统，如图 1-3 所示。单轨系统一般采用高架结构形式，其基础结构是架空的 T 形或 I 形轨道梁，这种轨道梁起承载、导向和稳定的作用，占用空间小，可以适应急弯及大坡度，其投资小于地铁系统。车辆则大多采用橡胶轮胎。根据构造形式不同，单轨系统还可以分为跨座式单轨与悬挂式单轨两类：车辆由若干节车厢组成，在轨道梁上部行驶的称为跨座式单轨交通；在轨道梁下部行驶的称为悬挂式单轨交通。单轨系统道岔转换时间较长，制约着线路的通过能力，单向小时最大运输能力为 0.5 万~2 万人次，但其运行噪声较小，具有很好的爬坡性能，适宜于在地面起伏较大的城市修建。



图 1-3 单轨列车

单轨系统是一种中运量的轨道运输系统，因其占地面积很少，与其他交通方式完全隔离，

运行安全可靠，建设适应性较强。

#### 4) 有轨电车

有轨电车也称路面电车，简称电车，属轻轨的一种（以电力推动的列车，也称为电车），如图 1-4 所示。有轨电车是一种由电力牵引、轮轨导向、单车或两辆铰接运行在城市路面线路上的低运量城市轨道交通系统。有轨电车通常采用地面线，有时也设置有隔离设施的专用路基或轨道，在交通拥挤区会采用隧道或高架形式。有轨电车系统具有建设投资小、缓堵见效快等优点，并且由于电车以电力推动，车辆不会排放废气，因此是一种无污染的环保交通工具，但其运输能力相对较低。



图 1-4 有轨电车

20 世纪初，欧洲、美洲、大洋洲和亚洲的一些城市出现了路面电车。之后随着私家汽车、公共汽车及其他路面交通工具开始普及，不少路面电车系统于 20 世纪中叶陆续拆除。

我国最早的有轨电车出现于北京，1899 年由德国西门子公司修建，连接郊区的马家堡火车站与永定门。1904 年，香港开通有轨电车。此后，设有租界或成为通商口岸的各个城市相继开通有轨电车。

由于有轨电车的轨道主要铺设在城市道路路面上，车辆与其他地面交通混合运行，因此运行速度较慢，一般为 10~20 km/h。根据街道条件，有轨电车的轨道又可分为以下三种情况：即混合车道、半封闭专用车道（在道路平交道口处，采用优先通行信号）、全封闭专用车道（在道路平交道口处，采用立体交叉方式通过）。

#### 5) 磁浮系统

磁浮系统起源于人们对速度的追求，轮轨极限速度一般认为是 300~380 km/h，要想超越这一速度运行，必须采取不依赖于轮轨的新式运输系统。1922 年，德国人提出了电磁悬浮原理，并于 1934 年申请了磁浮列车的专利——“通过磁场达到悬浮并沿铁路轨道行驶的无轮车辆组成的悬浮列车”。磁浮系统依靠电磁吸力或电动斥力使列车悬浮于空中并进行导向，实现列车与地面轨道间无机械接触，再利用线性电动机驱动列车运行，如图 1-5 所示。因此，磁浮系统从根本上解决了传统列车的轮轨黏着限制、机械噪声和磨损等问题，具有速度快、爬坡能力强、能耗低、安全舒适等优点。磁浮系统是一种中等运量的轨道运输系统，适用于单向高峰小时最大断面客流量在 1.5 万~3 万人次的交通走廊。磁浮系统列车主要在高架桥上运行，特殊地段也可在地面或地下隧道中运行。

目前，磁浮系统主要有两种基本类型：一种是高速磁浮系统，其最高行车速度可达 500 km/h；另一种是中低速磁浮系统，其最高行车速度为 100 km/h。高速磁浮系统由于行车速度很高，通常适用于站间距离不小于 30 km 的城市之间远程线路客运交通。中低速磁浮系统由于行车速度相对较低，对城市区域内站间距大于 1 km 的中、短程客运交通线路较为适宜。

2001 年 3 月开工建设的上海磁浮列车示范线是我国乃至世界上第一条高速磁浮商业运行

线。该线路西起上海轨道交通龙阳路站，东至浦东国际机场，线路总长为 31.17 km，设计速度为 505 km/h，运行速度为 430 km/h。2014 年 5 月开工建设的长沙中低速磁浮工程是我国第一条自主设计、自主制造、自主施工、自主管理的中低速磁浮线路，连接高铁长沙南站与长沙黄花国际机场，线路总长为 18.54 km，设计速度为 100 km/h。



图 1-5 磁悬浮列车

#### 6) 市域快速轨道系统

市域快速轨道系统是指服务范围覆盖城市市域范围内的城市轨道交通系统，如图 1-6 所示。它是一种大运量的客运系统，客运量可达 20 万~45 万人次/日，一般适用于城市区域内重大经济区之间中长距离的客运交通，主要在地面或高架桥上运行，必要时也可采用隧道。由于市域快速轨道系统线路长、站间距大，可选用运行速度在 120 km/h 以上的快速专用列车。北京、上海、南京、成都、郑州、兰州、青岛等城市开通了市域快速轨道系统。





图 1-6 市域快速轨道系统

北京市郊铁路 S2 线开通于 2008 年 8 月 6 日，是在京包铁路和康延支线上开行的通勤列车。该线路由北京昌平区黄土店站至延庆区延庆站、沙城站，是北京第一条快速通勤铁路运输系统。

#### 7) 自动导向轨道系统

自动导向轨道系统是指在混凝土轨道上运行，车辆采用橡胶轮胎，并通过导向装置自动导引车辆运行的轨道交通系统，如图 1-7 所示。自动导向轨道系统的车辆运行和车站管理采用计算机控制，可实现全自动化和无人驾驶，通常在繁华市区线路可采用地下线路，市区边缘或郊外宜采用高架线路，适用于城市机场专用线或城市客流相对集中的点对点运营线路，必要时中间可设少量停靠站，是一种中运量轨道运输系统。日本较早采用自动导向轨道系统，1981 年开通的两条线路，一是神户新交通公司开通的三宫—中公园线路，全长 6.4 km；二是大阪市住之江公园—中埠头间的 6.6 km 线路。上海轨道交通浦江线（全自动旅客捷运系统）于 2018 年 3 月试运营，线路全长 6.644 km，采用胶轮 4 节编组列车。





图 1-7 自动导向轨道系统

城市的形成和发展与交通工具的演变发展有关，新技术在城市交通中的应用首先表现在交通工具的发展上。新型交通工具如果符合城市发展要求、满足居民出行需求，就可能成为城市发展中的主导交通工具。

国家打造“轨道上的都市圈”，推动“四网融合”以及几大都市圈城市群多层次交通规划政策的出台，助推了市域（郊）轨道交通系统的发展，市域快轨系统制式在建规模的占比也在稳步上升。根据中国城市轨道交通协会发布的《城市轨道交通 2021 年度统计和分析报告》来看，地铁、轻轨、市域快轨等 6 种轨道交通制式在建结构如图 1-8 所示，其中以地铁为主，市域快轨占比有所增加。

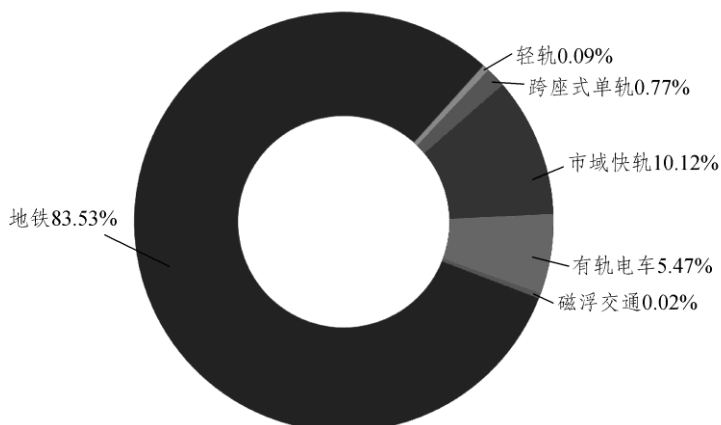


图 1-8 2021 年城轨交通在建线路制式结构

应当指出，对城市轨道交通系统的分类并不是绝对的。事实上，在某些类型的轨道交通系统之间并没有明确的、清晰的界限，因此不同的技术文献资料中有时会存在将同一轨道交通系统归入不同轨道交通类型的情况。此外，决定轨道交通系统高峰小时单向运输能力的基本参数是列车间隔时间、车辆定员和列车编组数等，通常是根据这些参数的常用取值来决定某个轨道交通系统应纳入何种运能类型。但由于这些参数的取值并不是唯一的，因此上述提出的按运能分类也是有条件的。

## 二、城市轨道交通的特点

### （一）城市轨道交通的优势

与其他常规交通方式相比，现代城市轨道交通具有无可比拟的优势，主要体现在运输能力大、运行速度快、能源消耗低、环境污染小、安全可靠、舒适性好和占地面积少等方面。

#### 1. 运输能力大

由于先进科学技术的运用，现代化的轨道交通系统具备行车间隔小、行车速度快、列车编组多等特点，从而具有较大的运输能力，能够充分满足现代化城市大客流的需要。目前，

大型地下铁道系统的高峰小时单向运能可达 6 万~7 万人次。根据实际运营情况,世界各大城市的轨道交通系统已成为城市公共客运交通体系的骨干力量,每天承担着大量的乘客运输任务。

## 2. 运行速度快

由于现代城市轨道交通系统采用先进的电动车组动力牵引方式,又具有良好的线路条件和自动控制系统体系,不受其他交通工具的干扰,使得列车的快速安全运行得到保障。另外,城市轨道交通系统多采用高站台形式,列车停站时间短,乘客乘降迅速,换乘方便,因而也大大缩短了出行时间。因此,现代城市轨道交通系统的列车运行速度比过去有了明显的提高。目前,地下铁道列车的最高运行速度能达到 100 km/h,旅行速度基本可达到 35~45 km/h,这在各种城市交通方式中是最快的。

## 3. 能源消耗低

由于城市轨道交通系统多为大运量规模化客运系统,且采用了多种高新技术,在客流得到保证的前提下,每位乘客的平均能源消耗远远低于其他任何一种常规城市公共交通方式。

## 4. 环境污染小

城市轨道交通系统大多采用电力牵引方式,列车在运行过程中以电为能源产生动力,较之以燃油为动力的交通工具而言,它几乎不产生废气污染,即使以内燃机为动力的列车,也因其大运量集团化的运输方式,使得每位乘客所均摊的污染微乎其微。因此,城市轨道交通的快速发展能有效减少公共汽车的数量,进而降低废气排放量。另外,城市轨道交通在线路和车辆上均采用了各类降噪措施,使得噪声污染对城市环境的影响降到最低。因此,城市轨道交通有“绿色交通”之称,这正是现代都市可持续发展最为关注的问题——环境保护问题。

#### 5. 安全可靠

城市轨道交通线路多采用地下或高架形式，与地面其他交通方式完全隔离，不受地面交通干扰。同时，现代城市轨道交通采用先进的信号安全系统来保障列车的安全运行，受气候条件影响较小，其准时性比其他交通方式难以比拟的。因此，城市轨道交通是城市客运交通方式中可靠性最高的一种，尤其是在上下班高峰时段、气候条件恶劣之时，对于时间观念极强的现代城市交通行为者而言，这个优势是至关重要的。

#### 6. 舒适性好

与常规公共交通相比，城市轨道交通由于运行在专业行车道上，不受外界干扰，并且车辆具备良好的运行特性，车辆与车站装配有空调、导向标志、自动售检票系统等现代化服务设施。因此，对城市轨道交通系统而言，不论是车站的环境，还是车厢内的乘车环境，均因有现代化的环控设施保障而环境质量较佳；拥挤度则因轨道交通的快速性、准时性和列车间隔时间小所带来的乘客候车时间短而得到较佳地调整。

#### 7. 占地面积少

目前，各城市用地紧张，土地费用高昂，但城市轨道交通系统能够充分利用地上与地下空间，不占用地面道路，大大减少了城市土地的占用，能够有效缓解城市道路拥堵情况，解决大城市中心城区过于拥挤的问题，有利于城市空间的科学合理利用，提高了土地利用价值，并能改善城市景观。另一方面，又因采用大运量集团化运输方式，使乘客的交通行为人均所占的道路面积进一步减少。

城市轨道交通还使得沿线土地得到有效利用和开发，使得城市的布局更加合理，更方便市民的出行，同时也增添了现代都市的景观效应。因此，城市轨道交通的发展近年来在世界

各地呈现出蓬勃向上之势，无论是在经济发达的国家与地区，还是在发展中国家和地区，城市轨道交通均成为发展城市交通的重要手段。

## （二）城市轨道交通的局限性

尽管城市轨道交通拥有诸多优点，但在其具体的发展过程中存在的局限性仍不容忽视。

首先城市轨道交通建设投资巨大，施工要求高且难度大，运营成本高昂，经济效益有限，如果没有足够强的整体经济实力，是无法承受此等巨额投资的。其次，城市轨道交通系统建设周期长，一条线路的建设短则几年，长则可达十余年，甚者数十年之久，对周边的影响不言而喻。最后，建成后的线路调整难度大，线路和车站均为永久性结构，一旦建成改造的成本巨大。因此，决定是否建设城市轨道交通前需要谨慎细致地开展前期研究，切不可盲从跟风。

### 1. 建设投入大

为了使城市轨道交通的优势得到充分体现，城市轨道交通线路的修建往往需要采用立体交叉等形式，并且形成网络。而城市轨道交通系统建设要求高，施工难度大，设备技术标准高，使得每千米线路的修建需要上亿元资金的投入，特别是地下铁道线路每千米造价可达4亿元。因此，城市轨道交通线路建设一次性的工程投资巨大，一个国家或地区的城市若没有相当强的整体经济实力，则无法承担如此巨额的投资负担。

## 2. 线路建成后不易调整

城市轨道交通一般采用永久性结构，如地下隧道、高架桥梁等，建成后几乎没有调整的可能性。因此，城市轨道交通线路的选线及路网规划应严格按照城市发展规划方案进行，否则将会造成巨大的工程投资浪费。

## 3. 运营成本高

由于城市轨道交通系统采用科技含量较高的各类设备设施，为了使各个子系统处于良好的工作状态，必须加强日常维修与养护工作，因此设备投资成本、运营管理成本、设备维护和保养成本、能源消耗成本等费用就很高；并且城市轨道交通系统需要大量素质较高的从业人员，必须定期对员工进行技术、安全培训，培训教育经费及员工工资成本也较高。除此之外，由于城市轨道交通运营系统的特殊性，站间距小、车站服务项目多等，其需要员工人数也较多。这些因素均会导致城市轨道交通系统运营成本居高不下。

此外，城市轨道交通系统带有较强的公益性特征，注重社会整体效益，无法按运输成本核收票价，因此极易导致运营亏损。虽然已有少数城市轨道交通系统因客流量巨大、产业开发经营模式较好而略有盈余，但还是有众多城市轨道交通系统处于“亏本经营、入不敷出”的状态，需依赖国家与地方政府、社会机构补贴。

## 任务二 城市轨道交通发展概况

### 一、世界城市轨道交通的发展历史

蒸汽机车问世后，人们逐渐开始设想将其运用到驱动车辆运动上来的可能性。英国人特里维西克于 1803 年制成第一台铁路蒸汽机车。1823 年，斯蒂芬森主持修建了英国北部煤矿城

市斯托克顿与沿河城市克林顿之间的第一条商用铁路，正式将火车推向实用。随着西方各国修建铁路的热情高涨，这大力推进了铁路的建设和发展。铁路的快速发展奠定了西方工业化的坚实基础。在第二次世界大战后，随着汽车运输与航空运输的崛起，铁路的发展受到较为严重的打击，直至 1973 年发生了第一次石油危机后，铁路的发展才再次受到人们的重视。

随着铁路和城市的不断发展，在城市交通日趋拥挤的背景下，城市轨道交通应运而生。1863 年 1 月 10 日，英国伦敦的“大都会铁路”（Metropolitan Railway）正式通车运行，这就是世界上第一条地铁。它的诞生，为人口密集的大都市如何发展公共交通提供了一个切实可行的解决方案。

自 1863 年伦敦开通世界上首条地铁以来，城市轨道交通的发展已有 160 年的历史。世界上有 70 多个国家的 500 多座城市开通了城市轨道交通，线路总长超过 3 万千米，各大城市的地铁、轻轨、新型轨道交通等均得到了良好的发展，为城市的公共客运交通和经济发展做出了重要贡献。世界城市轨道交通的发展，大致可分为以下几个阶段：

#### （一）初始发展阶段（1863—1924 年）

在这一阶段，欧美的城市轨道交通发展较快，其间有伦敦、芝加哥、费城、波士顿、巴黎、柏林、汉堡、纽约、马德里等 13 座城市建成了地铁，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。这种旧式有轨电车运行速度慢，正点率很低，而且噪声大，加速性能不佳，乘客舒适度差，但在当时仍是公共交通系统的骨干力量。

#### （二）停滞萎缩阶段（1924—1949 年）

第二次世界大战的爆发与汽车工业的发展，使得城市轨道交通的发展进入停滞与萎缩阶段。汽车因自身的灵活、便捷及良好的可达性，一度成为城市交通的宠儿，得到了飞速发展。反之，因投资巨大、建设周期长等，城市轨道交通系统一度失宠。这一阶段只有东京、莫斯科、大阪等 5 座城市发展了地铁，有轨电车则停滞不前，甚至有些线路被拆除。

### （三）重新发展阶段（1949—1969 年）

汽车的过度增加，使城市道路交通异常拥堵，行车速度下降，加之空气污染，汽车噪声很大，大量耗费石油资源，在市区行驶的汽车有时甚至难以找到停车位置。因此，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。城市轨道交通因此重新得到重视，而且从欧美扩展到亚洲的日本、中国、韩国、伊朗等国家，这期间有名古屋、北京、蒙特利尔等 17 座城市新建了地铁系统。

### （四）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。各种技术的发展也为轨道交通的发展奠定了良好的基础。这一阶段，城市轨道交通的发展遍及世界范围，有几十座城市修建了地铁、轻轨或其他制式的城市轨道交通系统。

## 二、世界主要城市的轨道交通

### （一）伦敦地铁

伦敦城市轨道交通系统历史悠久，规模庞大。19 世纪初期，英国伦敦人口从不足 100 万人增长到 175 万人，城区房屋林立，街道窄小，高峰时期出租公共马车易形成交通拥堵，这



成为制约伦敦城市发展的一大难题。

1856年，伦敦开始修建地铁并于1863年1月10日正式投入运营，这也是世界上第一条地下铁路，被称为“大都会铁路”（Metropolitan Railway），它标志着城市快速轨道交通在世界上的诞生。该线路均采用明挖法修建，从帕丁顿到法灵顿街，全长约6.4 km，隧道横断面高5.18 m、宽8.69 m，为单拱形砖砌结构，以蒸汽机车牵引列车，是全世界历史最悠久的地铁线路。1890年，伦敦又建成一条地下铁道，全长约5.2 km，隧道为圆形，铸铁管片衬砌，以电力机车牵引列车，这也是世界上第一条电气化地铁线路。1971年，伦敦地铁开始在维多利亚线区应用遥控与计算机技术操纵列车。

作为世界上第一个修建地铁的城市，地铁是伦敦中心区的主要交通形式，伦敦拥有较为完善的地铁网络系统，拥有线路12条、车站275座、运营里程439 km，其中160 km线路位于地下，全网日均载客量约300万人次。

## （二）纽约地铁

纽约地铁（New York City Subway, NYCS）诞生于1904年。纽约地铁不仅是历史最悠久的地铁系统之一，还是国际地铁联盟（CoMET）成员之一。目前，纽约已发展成为由29条线路组成的地铁网络，地铁线路四通八达，其线网运营里程已达443 km，拥有504个车站，站间平均距离0.8 km，全网日均客流量约490万人次。纽约地铁运量占纽约市全部公共交通系统运量的70%左右，也是全球唯一昼夜24 h运营的地铁系统，上下班高峰期很拥挤，是世界上使用效率最高的地铁系统。

## （三）东京地铁

日本东京早在 1927 年 12 月便建成并开通了银座至浅草寺的地铁线路，是亚洲最早运营地铁的城市。

1955 年以后，由于日本都市化迅猛发展，为解决城市人口的出行需求，轨道交通便成为首要选择，地铁系统也由此发展起来。东京地铁线网由东南海滨的城市中心向北、向西扇形发展，呈放射式布局，并与市郊铁路衔接联运。

目前，东京轨道交通系统包括 JR 线、地铁和私营铁路。JR 线主要的服务范围东京站周边 50 km 半径的都市圈。东京地铁系统有两家运营公司组成，一家是东京地铁公司，另一家是都营地铁公司，共拥有运营路线 13 条，车站 220 多座，线路总长约 312.6 km。由于东京城市人口密度大，公路交通明显不能满足庞大的客流需求，故其轨道交通出行量占公共交通出行量的比重高达 86%，高峰期甚至超过 90%。东京地铁的日均客流量约为 1 100 万人次，是世界上客流量最大的地铁系统。

#### （四）巴黎地铁

巴黎城市轨道交通系统最早于 1900 年起开始运行，随后，1900 年至 1920 年间，地铁建设以巴黎核心路网为主，而 1930 年至 1950 年间，线网扩展至巴黎近郊，1960 年至 1980 年间，以建设区域快铁（RER）路网为主，整体路网于 1990 年完工。巴黎每个地铁站设计独特，内部装饰各异，成为展示法国文化艺术的窗口。巴黎地铁带给人们的不仅仅是快速便捷，更是一种艺术的享受。

巴黎城市轨道交通承担着近 70% 的客运量，地铁、市域快速轨道系统、有轨电车以及大巴的市郊铁路构成了整个巴黎的主要交通工具。巴黎地铁线网包括 14 条主线与 2 条支线，

但其全长仅为 212.6 km，大多数走向与塞纳河垂直，并尽可能服务于整个中心城区，在巴黎交通换乘枢纽中实现与其他轨道交通系统的互通。

### 三、我国城市轨道交通的发展历史

相较于欧美发达国家以及邻国日本，我国的城市轨道交通发展虽起步较晚，但发展迅速。北京于 1969 年开始试运营第一条地铁，之后天津于 1980 年建成长 7.4 km 的地铁线路。20 世纪 80 年代以前，地铁在进行规划与建设时，除了考虑需具备实现城市客运的功能之外，更要考虑满足战备的要求。20 世纪 80 年代以后，以上海地铁 1 号线、北京地铁复八线、北京地铁 1 号线改造、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。2005 年至今，随着国家积极财政政策的实施，国家从建设资金上给予大力支持，并通过技术引进和国际先进制造企业同国内企业的合作，实现了城市轨道交通车辆设备本地化，使城市轨道交通建设造价大大降低。此后，国家先后批准了深圳、上海、广州、重庆、武汉、南京、杭州、成都、哈尔滨等十多个城市轨道交通项目开工建设，并投入 40 亿元国债资金予以支持，我国轨道交通建设进入高速发展期。特别是从 2009 年开始，我国的轨道交通事业发展迅猛。截至 2019 年年底，我国已有 40 座城市的轨道交通系统投入运营，运营线路 208 条，运营线路总长度 6 736.2 km。其中，地铁运营线路 5 180.6 km，占比 76.9%；其他制式城轨交通运营线路 1 555.6 km，占比 23.1%，当年新增运营线路长度 974.8 km，部分城市的地铁已成网络运营。尽管取得了骄人的成绩，但我国的轨道交通事业仍存在诸多问题亟待完善，如我国的城市轨道交通以地铁为主，少部分有轻轨、单轨以及磁悬浮等其他制式，制式与运营模式较单一，较难满足广大人民群众日益增长的出行需求，尤其与城市的发展不相匹配。

因此，总结我国现代城市轨道交通发展历史，一般是以 1965 年 7 月 1 日开工建设的北京地铁为开端。发展至今，我国城市轨道交通大致经历了以下 5 个阶段。

### （一）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。

### （二）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—广州东）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，以上海明珠线第一期工程为代表的轻轨交通也开始建设。

### （三）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。这一阶段的城市轨道交通建设具有以下特点：

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。此阶段，除了上述 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、杭州等城市。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

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

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；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方式，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。

#### （四）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交通项目，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调查分析，出台了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。

#### （五）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。据《城市轨道交通 2021 年度统计和分析报告》指出，截至 2021 年年底，共有 50 个城市开通城市轨道交通运营线路 283 条，运营线路总长度达 9 206.8 km。仅 2021 当年共计新增城

市轨道交通运营线路长度 1 237.1 km，新增运营线路 39 条，新开既有线路的延伸段、后通段 23 段，当年新增运营线路长度与上年基本持平，继续保持快速增长。

#### 四、我国城市轨道交通建设概况

随着科技和经济的快速发展，我国开始进入城市化和机动化的加速发展阶段。城市轨道交通以其大运量、高效率、低污染等优势，迅速成为许多大城市解决交通问题的首要选择，并在我国形成以地铁、城市快速铁路、高架轻轨等为主的多元化发展趋势。下面以北京、天津、上海、广州及香港等城市为例，简要介绍我国城市轨道交通的发展。

##### （一）北京城市轨道交通

1965 年 7 月 1 日，北京市开始建设我国第一条地铁线路。1969 年 10 月 1 日，该条线路建成通车，全长 23.6 km，东起北京站，西至苹果



地铁线路图

园站，使得北京成为中国第一个开通地铁的城市。随后 30 年里，北京陆续开通了 2 号线等线路。

进入 21 世纪以后，随着城市地面交通压力日益增加，北京紧锣密鼓地开始了地铁建设工作。为保障北京奥运会期间的运输任务，北京地铁 10 号线一期、机场线、8 号线一期于 2008 年 7 月 19 日同时开通试运营，北京地铁运营里程达到 200 km。2009 年 9 月 28 日，由香港地铁公司参与投资建设并负责运营的北京地铁 4 号线开通试运营。2010 年 12 月 30 日，北京地铁 15 号线一期、房山线、昌平线、亦庄线与大兴线 5 条线路同时开通试运营，一次开通线路里程达 108 km 的情形在我国轨道交通建设史上是史无前例的。

截至 2022 年 7 月，北京地铁运营线路共有 27 条，运营里程 783 km，车站 463 座（其中

换乘站 73 座), 北京城市轨道交通线网图如图 1-9 所示。根据《北京市轨道交通线网规划(2020—2035 年)》, 北京市轨道交通线网由区域快线(含市郊铁路)和城市轨道交通组成, 规划线网总规模约 2 683 km。区域快线(含市郊铁路)包含市郊铁路线路及新建区域快线, 里程约 1 058 km。城市轨道交通包含地铁普线、地铁快线、中低运量、机场专线等, 里程约 1 625 km。

### (二) 天津城市轨道交通

天津地铁老线于 1984 年建成, 2001 年停用; 津滨轻轨东段于 2003 年建成, 全长 49.051 km。新 1 号线于 2005 年开始使用, 全长 26.188 km。西段(9 号线)及 2、3、9 号线(中山门—天津站段)于 2011 年 6 月建成。截至 2021 年 12 月 28 日, 天津轨道交通开通运营线路地铁线路共有 8 条, 天津轨道交通路网通车总运营里程 265 km, 运营车站数 164 座, 换乘车站增至 19 座。天津地铁线网如图 1-10 所示。

### (三) 上海城市轨道交通

上海是继北京、天津后中国内地第三个运营地铁的城市。1956 年 8 月, 上海市人民委员会市政建设交通办公室提出《上海市地下铁道初步规划(草案)》。此后又经过多年论证和试验, 到 1993 年 5 月 28 日第一条线路上海轨道交通 1 号线南段(徐家汇—锦江乐园)开通观光试运营, 上海正式步入地铁时代。2002 年年底上海获得世博会举办权, 届时将有超大规模的参观客流, 而轨道交通则是保障庞大客流的关键, 因此大规模建设地铁被提上日程, 到 2010 年该目标顺利完成。世博会期间, 上海地铁网络客流达 10.5 亿人次。此后, 上海地铁建设伴随着城市的发展继续稳步推进。2021 年 12 月 30 日, 上海地铁 14 号线和 18 号线一期北段正式开通, 上海地铁总里程达到 831 km。上海成为中国首个地铁里程突破 800 km 的城市, 同时



也远远高于伦敦、纽约等城市的地铁里程，继续保持世界第一。其中，上海地铁首次开通 14 号线 8 节编组大容量全自动驾驶系统。至此，上海地铁已拥有 5 条全自动驾驶路线（10、14、15、18 号线及浦江线），自动驾驶里程增至 167 km，规模也是世界第一。

截至 2022 年 9 月，上海城市轨道交通运营线路达到 20 条（含磁悬浮），运营里程 831 km，运营车站 508 座，中心城轨道交通站点 600 m 半径覆盖率达到 40.9%，轨道交通网络规模领跑全球，已成为市民公共交通出行的主体方式，日客运量突破千万人次。上海地铁线网图如图 1-11 所示。



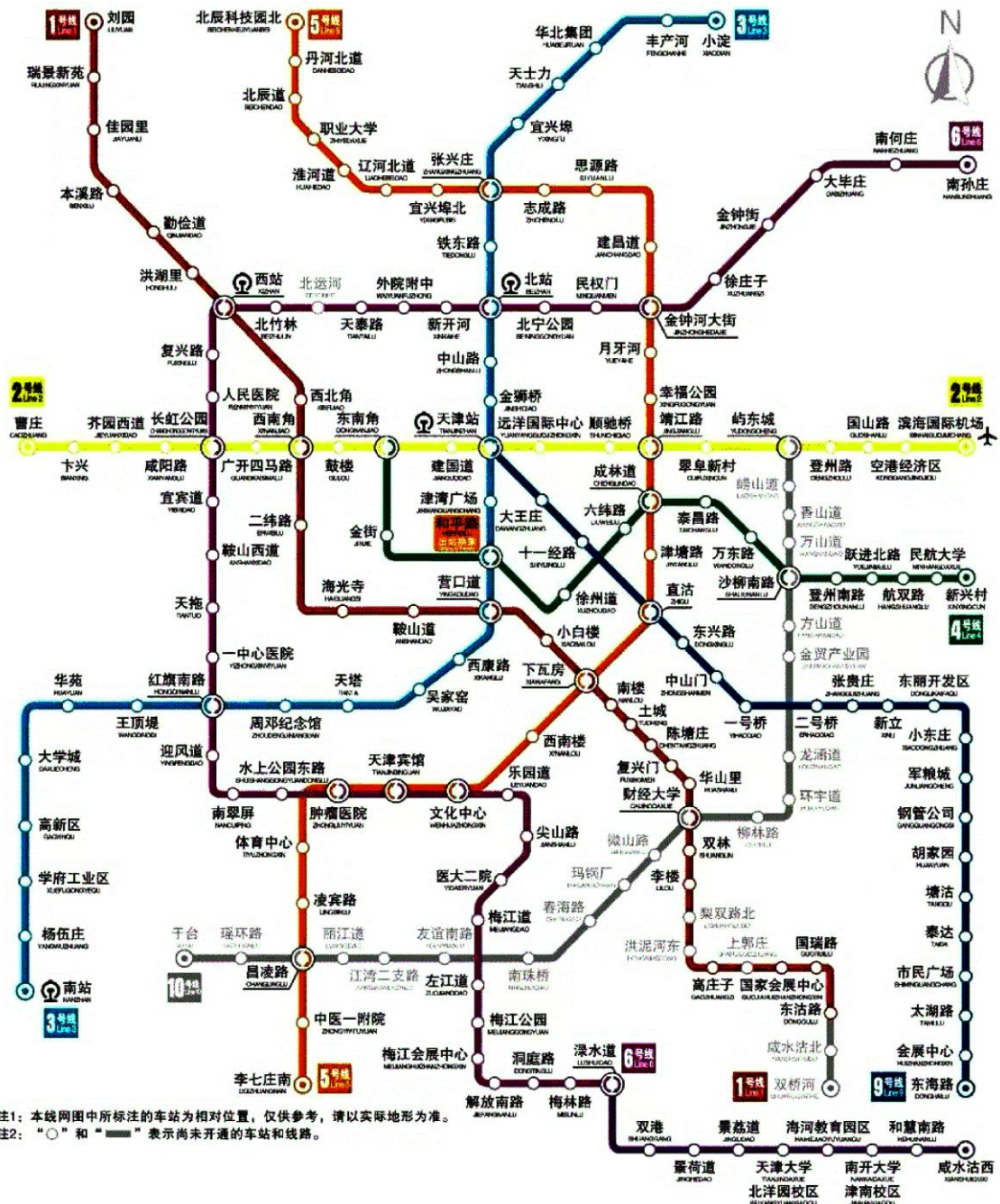


图 1-10 天津地铁线网图



图 1-11 上海地铁线网图

#### (四) 广州城市轨道交通

广州首条地铁线路于 1997 年 6 月 28 日开通,是中国内地第四个开通并运营地铁的城市。2012 年,伴随着《广州市城市轨道交通近期建设规划(2012—2018)》获批,广州地铁进入了大规模建设、大线网运用、大物业开发的“快车道”。广州地铁从单一地铁线网,发展为全制式、粤港澳大湾区全域覆盖,迈向“地铁+有轨电车+城际铁路”的全制式轨道交通发展新征程。2021 年 9 月 28 日,国内首条全地下运行速度 160 km/h 的地铁——广州地铁 18 号线正式开通,创下多个“国内首次”,已打造成为国家级市域快速轨道交通示范性线路。2022 年 3 月至 5 月,广州地铁 22 号线首通段、7 号线西延顺德段相继开通,均实现了全自动运行系统功能。截至 2022 年,广州地铁共有 16 条地铁线,线路运营里程突破 600 km。广州地铁线网图如图 1-12 所示。





线、迪士尼线等多条线路在运营。香港地铁的运营管理驰名于世，同时，香港地铁也是全世界最为繁忙的地铁线网之一，高峰时段行车间隔仅为 105 ~ 150 s。

香港地铁实现盈利主要是依靠票务收入、沿线物业开发、地铁商业以及地铁广告等其他收入，其核心的盈利模式可以总结为“地铁+地产”的组合。在政府、地铁公司、开发商三个主要市场参与者中，香港地铁公司扮演了“向上承接政府战略，向下启动市场资源”的角色，成为整合政府与市场资源的平台。

#### （六）其他城市轨道交通概况

中国城市轨道交通协会发布的《城市轨道交通 2021 年度统计和分析报告》指出，从 2021 年累计运营线网规模来看，共计 24 个城市的线网规模达到 100 km 及以上。其中，上海 936.2 km，北京 856.2 km，已逐步形成超大线网规模；成都、广州运营线路长度超过 500 km；武汉、南京、深圳超过 400 km；重庆、杭州超过 300 km；青岛、天津、苏州、西安、郑州、大连、沈阳 7 市超过 200 km；宁波、长沙、合肥、昆明、南昌、南宁、长春、无锡 8 市超过 100 km。2021 年我国主要城市城轨交通开通路线规模对比如图 1-13 所示。同时，中国大陆地区城市轨道交通线路在建规模持续增长，截至 2021 年年底，有 55 个城市在建线路总规模达 6 096.4 km（含个别 2021 年当年仍有建设进展和投资发生的已运营项目及 2021 当年新投运项目），在建线路 253 条（段），共有 29 个城市在建线路为 3 条及以上。截至 2021 年年底，共有 67 个城市的城市轨道交通线网规划获批（含地方政府批复的 23 个城市），实施获批建设规划近 7 000 km。

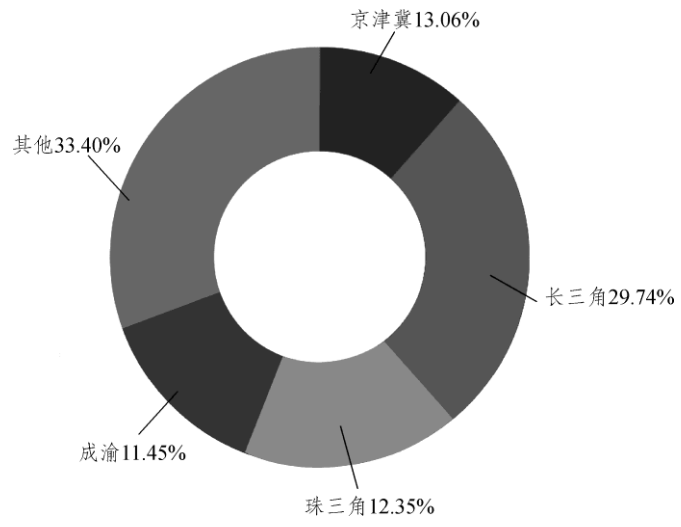


图 1-13 2021 年主要城市群城轨交通开通运营路线规模对比

## 任务三 城市轨道交通规划

随着我国经济的快速发展以及城市化进程的加快，城市轨道交通系统也已进入高速发展阶段。如何合理地解决城市发展进程中引发的交通需求与有限的城市空间资源间的矛盾，是目前我国各大



城市轨道交通规划

城市所关注的重点问题。国内外实践证明，发展以轨道交通系统为骨干、公共交通为主体、各种交通方式相结合的多层次、多功能、多类型的城市综合交通运输体系是解决城市交通问题的主要途径。作为重要的城市基础设施，城市轨道交通的建设会对城市土地利用、交通结构、经济发展和城市环境产生深远的影响，是一项投资大、建设周期长、影响深远的大工程。尤其是地下线路，一旦建成，就很难再进行改造和扩建。因此，城市轨道交通规划作为轨道交通发展的基础和先决条件，具有举足轻重的作用，是保证城市轨道交通建设科学、合理、经济、可持续发展的关键环节。

### 一、城市轨道交通发展特征

纵观世界各国轨道交通的发展历史，可以看出轨道交通的发展均与之发展相配套的技术经济政策密切相关。我国城市轨道交通现已进入快速发展阶段，在把握机遇、快速发展的同时，更应重视政策的指导作用，科学合理的城市轨道交通规划对未来的城市发展具有重要意义。其中，城市轨道交通发展具有以下几个特征：

#### （一）类型的多样性

按照适用范围，轨道交通有城市间（城际）轨道交通和城市内轨道交通；



按照运载客流量大小，轨道交通可分为大运量、中运量和小运量轨道交通；

按照采用技术，轨道交通路线可分为轮轨式和磁悬浮式；

按照构筑物的形式或轨道相对于地面的位置，轨道交通可分为地下、地面、高架轨道。

## （二）规划的科学性

在修建或调整轨道交通线路之前，首先对地区客流量和乘客需求等要素进行全面调查和科学分析，管理当局还根据新出现的交通问题筹划建设新的线路。轨道交通线网规划不仅与城市地面交通配合，还要与公路、铁路、民航等大交通协调，线路类别不同，其造价差别明显不同。

## （三）布局的合理性

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，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，而且绿色环保，在城市的社会活动、经济活动中发挥着不可替代的重要作用。

## （四）建设的环保性

轨道交通必须与城市环境融为一体，相互协调，并提升环境的品位，以促进城市可持续发展。城市轨道交通建设按构筑物的形式或轨道相对于地面的位置分为地下轨道、地面轨道、高架轨道三类。由于三种轨道敷设方式对工程的建造成本有着较大的差别，因此，在不同的周边环境及地理位置情况下，选择适当的敷设方式对节省工程投资有着积极的作用。

## （五）服务的人性化

各大城市轨道交通经营者非常重视以优质的服务满足不同乘客的需求，吸引乘客，城市

轨道交通以其迅捷、方便、舒适获得大众的广泛青睐。

## 二、城市轨道交通线网规划

城市轨道交通线网规划是指规划、决策人员对城市轨道交通系统未来各个时期（包括从无到有、从线到网的不断发展过程）进行分析、预测并提出科学合理的规划方案与实施计划的全过程。根据规划时期不同，线网规划可分为近期规划、中期规划、中远期规划与远景规划。通常情况下，城市轨道交通线路建成运营后 2~5 年为近期，建成运营后 5~10 年为中期，建成运营后 10 年以上为中远期，建成运营后 25 年以上为远景。

城市轨道交通线网规划的优劣会直接影响城市交通结构的合理性、工程项目的经济效益与社会效益。合理可行的城市轨道交通线网规划不仅能够为政府部门提供可靠的决策依据，还能够有效地提高城市地上、地下空间的利用率，引导城市可持续发展。从世界范围看来，城市轨道交通线网是逐步建设、渐进发展的，单条线路无法形成规模效益。因此，城市轨道交通线网规划在满足城市客流分布内在规律的同时，对城市的发展也有一定的导向作用，既作为一项综合的专业交通规划，又要与城市总体规划有机融为一体。

### （一）城市轨道交通线网规划原则

#### 1. 可持续原则

现代城市的可持续发展应重视城市公共交通，而轨道交通更是城市公共交通的首要之选。城市轨道交通线网规划作为未来城市轨道交通发展方向的指南针，必须符合可持续发展的原则，用最小的自然资源作为代价换取最大的社会效益。

#### 2. 协同性原则

随着经济一体化发展的进程，我国长三角、珠三角、京津冀等城市圈不断融合发展，城市间的人群流动和人员交流越发频繁。城市交通规划必须与城市社会经济发展规划相适应，城市轨道交通也不例外，应与社会经济协同发展。与此同时，城市轨道交通线网规划还应与国家的路线、方针、政策，尤其是城市发展方针、目标相一致；与城市总体规划、土地利用规划、产业布局规划相一致，并且应该结合地方特色，统筹兼顾。我国现在已有跨市、跨省的地铁线路运营，因此，城市轨道交通网络的规划，还要协同考虑相邻城市的交通发展，要保证网络能与其他城市交通方式方便联系。同时，城市轨道交通线网规划还应注重保护城市历史文物、传统风貌与自然景观等。

### 3. 整体性原则

交通规划是一个大系统，而城市轨道交通线网规划是城市交通规划的一个重要组成部分。城市轨道交通运营线路走向的不可更改和车站的不可移动，以及市民对出行目的地就近性的需要，都要求有其他的公共交通工具作为辅助，优化配置，相互衔接，方能充分发挥城市轨道交通的特点，充分发挥综合交通的优势，为市民出行提供最大限度的方便，更好地解决城市拥堵问题。所以城市轨道交通规划应与城市道路网和其他交通设施运营网络相衔接，在城市总体交通规划的基础上，结合各种交通运输方式的发展规划，进行合理配置、协调发展，最终达到满足城市居民出行的需求。因此，应将城市交通系统作为一个整体，在城市总体交通规划的基础之上，结合各种交通运输方式的发展规划，制订合理的城市轨道交通线网规划。

### 4. 动态性原则

城市的发展是动态的，城市交通的发展也是动态的。纵观历史发展，城市的发展与科学

技术的进步密切相关。随着世界范围内城市化进程的加快，各种现代化交通工具伴随着社会经济的发展和科技进步应运而生，极大地拓展了城市的空间，也打开了城市交通的发展空间。动态的发展需要与动态的规划配套，跟随城市的发展、科技的进步不断地修改完善，一成不变的静态交通规划已不能适应现代化城市发展的需要。

#### 5. 客观性原则

规划必须客观，要采用科学的理论和方法指导规划工作。城市轨道交通线网规划应反映客观事实，提出未来城市交通模式与方向，从而为城市决策者提供真实可靠的决策依据。

#### 6. 可操作性原则

规划的目的是实施。城市轨道交通线网规划既要满足社会经济发展需要，同时又受到客观存在的建设能力的制约，不能超过建设能力，应在两者之间寻求一个平衡点，保证规划既有可操作性，又能满足社会经济发展需要。

#### 7. 经济性原则

城市轨道交通建设投资巨大，这在一定程度上要求国家、政府投入大量的人力、物力与财力。因此，城市轨道交通线网规划应该本着经济、节约的原则，最大限度地挖掘交通潜力，有步骤、有目的地在财力允许的基础上逐步建设城市轨道交通网络。

#### 8. 以人为本原则

城市轨道交通必须贯彻安全第一、以人为本的原则，在规划设计中必须首先确保乘客出行和行车的安全；设置相应的报警系统、安保系统，做好防火、防灾、反恐等应急处理；还要考虑老龄人和残疾人的出行需求，设置无障碍设施。

总之，城市轨道交通的网络设计、布局应与城市发展规划紧密结合，符合城市总体规划

要求；与城市主客流方向一致，满足城市主干道客流的交通需求，尽可能将大客流集散点串联起来，便于乘客直达目的地，减少途中换乘，发挥大运量、快捷和准时的客运疏散作用。轨道交通规划线路应尽量沿城市干道布置，符合城市客流集中的交通走廊的走向。线网密度适当，应与常规公交网衔接，发挥各自的优势，取得最大整体效应。各条线路上的客运负荷量要尽量均匀。选线应充分考虑地形、地貌、地质条件，保护文物古迹。

## （二）轨道交通网络形式

城市轨道交通线网的形式主要取决于城市自然地理形态、社会经济、规划用地布局与人口流向分布，主观决策因素也发挥着重要作用，因此各个城市的轨道交通线网结构各不相同，各具特色。由于城市土地利用的控制与其他因素的影响，城市轨道交通线网结构在发展演变过程中，可以体现城市交通发展的历史特征。城市轨道交通线网结构中最常见、最基本的有放射型、网格型及环放射型三种。

### 1. 放射型线网

放射型线网以城市中心区为核心，所有城市轨道线路经过城市中心区域或由这些区域放射出去的线路组成的线网，呈全方位或扇形放射发展。根据线路相交情况的不同，放射型线网还可以细分为一点集中放射型、中心地区放射型和中心放射型，如图 1-14 所示。

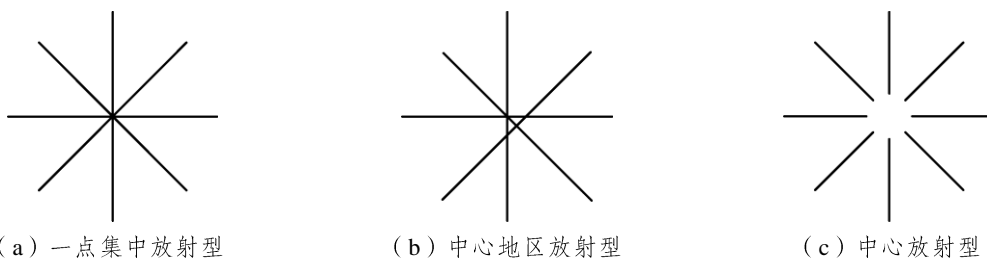


图 1-14 放射型线网示意图

总体来说，放射型线网的突出优点是线路方向可达性较高，大大缩短了城市郊区到市中心的时间，符合一般城市由中心区向边缘区土地利用强度递减的特点；任意两条线路之间都能实现直接换乘；但是放射型线网的线路换乘点都集中在城市中心区，换乘枢纽的客流量很大，市中心交通压力较大，而且市郊与市郊之间的交通联系不方便。放射型线网适用于单中心城市，且城市轨道交通线网规模不大，轨道交通线路一般不超过 3 条。

## 2. 网格型线网

网格型线网是指由两组或两组以上互相垂直的线路构成的城市轨道交通线网，适用于市区呈片状发展、街道呈棋盘式布局的城市，如图 1-15 所示。

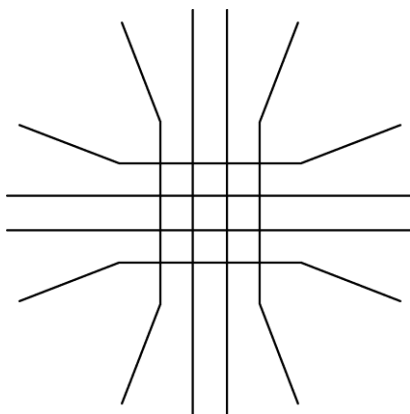


图 1-15 网格型线网示意图

网格型线网的突出优点是线路分布比较均匀，换乘节点能够分散布置，客流吸引范围比较大；轨道交通线路顺直，多为纵横两个走向，工程易于实施，乘客容易辨识方向；换乘站较多，纵横线路间的换乘方便，线网连通性好。但线路走向单一，没有通达市中心的径向放射线，郊区到市中心的出行常需换乘，线网平行线路的相互联系较差，平行线路间换乘也麻烦，一般需要换乘两次以上，整体的运输效率较低。网格型线网一般适用于规模不是很大、

开发强度较低、发展均匀的城市。

### 3. 环放射型线网

环放射型线网是在放射型线网的基础上增加环形线而形成的，其环形线一般与所有的放射线路相交叉，如图 1-16 所示。环放射型线网具有放射型线网的所有优点，而且由于环线能与所有径向线相交直接换乘，加强了中心区边缘各客流集散点的联系，整个网络的连通性更好，各线路间换乘更方便，并且环形线能有效分流郊区之间的客流，缓解市中心区域的交通压力。当城市向四周扩展，郊区成市区后，环放射型线网也便跟随城市有效地扩展。

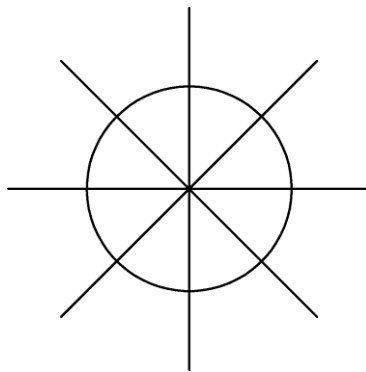


图 1-16 环放射型线网示意图

值得注意的是，城市轨道交通环线与地面道路交通环线不同，换乘会增加乘客出行时长，因此，环线对外围区之间的客流能否起到屏蔽作用仍需仔细研究。设置环线时应注意沿线人口及就业岗位数量，合理串联城市客流集散点。

## 三、城市轨道交通与城市发展

城市是人类居住、工作、教育与娱乐的聚集地，同时也是各类政治、经济、社会与文化活动的中心。早期的城市一般都是依据早期的人类自然村落形成的，而随着人类社会的进步

与发展，人们认识自然、改造自然的能力逐步提高，人类社会需要的地方就发展成为城市。城市的形成象征着人类的文明进步、经济发展，并使社会结构日趋复杂化。在城市发展的过程中，随着城市数量的不断增加和城市人口的急剧扩张，出现了“城市化”这一人类社会发展趋势。伴随着城市化进程的不断深入，城市交通涌现出了一系列的发展问题。回顾城市交通发展规律，人们逐渐意识到应重点发展以轨道交通为骨干的公共客运交通网络，城市轨道交通系统具有运量大、速度快、安全可靠、绿色环保和节约用地等优势，从现代城市的发展趋势看，其对城市尤其是大城市的发展具有极其重要的作用。积极引入具有大、中、小客运量的轨道交通方式，是解决城市交通发展问题的一项重大技术措施。

在城市的发展过程中，城市区域的功能划分产生了城市道路网，而城市发展的另一个重要标志是城市人口的大量增加。城市功能的细分和道路体系的完善，带来了手工业生产的发展和商业的繁荣，从而吸引周边人口向城市迁移，使得城市人口快速增长，城市人口的增长又导致城市地域的扩展。然而在城市的长期发展过程中，由于科学技术和交通工具的制约，城市的发展十分缓慢。18世纪，蒸汽机的发明在欧洲导致了工业革命，同时也推动了欧洲城市化的发展。19世纪中期，机械交通工具的出现与发展引发了城市交通变革，促使城市不断地朝着现代化方向发展。

今天的城市就是在不断完善的交通系统基础上发展而来的。一般来说，在从城市边缘到市中心区的旅行时间就是居民单程出行可能承受的最大旅行时间，城市的半径往往等于居民在1h内所能到达的距离。而交通工具的特性决定了居民的出行距离，它通过对居民出行活动的影响，又间接作用于城市空间形态的变迁。城市发展的不同时代都以当时的主导交通方式



为主要特征，在城市结构、土地使用、人口密度等方面呈现出各自显著的特点。

#### （一）承担城市交通重要运输任务

城市轨道交通是城市公共客运交通系统的主干线、客流运输的大动脉，是城市发展的生命线。城市轨道交通建成投入运营后，将直接影响城市居民的出行、工作、购物等方方面面。国际知名大都市的城市轨道交通系统均十分发达且便利，人们出行很少驾驶私家车，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，有利于提高市民出行的效率，节省时间，改善生活质量。

#### （二）有效解决城市可持续发展问题

城市轨道交通系统采用电力驱动，是世界公认的低能耗、少污染的“绿色交通”方式，是解决城市能源消耗与空气污染的有效手段与根本途径。另外，城市轨道交通在一般情况下多采用地下隧道或高架桥梁形式，大大减少了对土地资源的占用。因此，城市轨道交通对实现城市可持续发展具有非常重要的意义。

#### （三）科学引导调整城市空间布局

城市轨道交通对城市的全域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转变为伸开的手掌形发展模式，而手掌形城市发展的骨架就是城市轨道交通。其建设可以带动城市沿轨道交通廊道的发展，促进城市繁荣，形成郊区卫星城与多个副中心，缓解中心城区人口密度大、住房紧张、绿化面积小、空气污染严重等问题。

城市轨道交通在调整城市布局与土地利用形态、优化城市交通结构、缓解交通拥堵、降低环境污染与能源消耗等方面具有决定性作用。另外，城市轨道交通系统具有建设投资巨大、

建设工期长、建成后不易更改等特点。因此，做好城市轨道交通线网规划与线路设计是建立可持续发展的交通系统的关键环节，能保证城市轨道交通建设的科学性、合理性与可靠性，具有至关重要的意义与深远的影响。

## 任务四 城市轨道交通的组成及对人才的需求

城市轨道交通系统是一个集多专业、多工种于一身的复杂而庞大的技术系统，所涵盖的专业包括土建、机械、电气、电子信息、环境控制、运输组织等各门类，是由车辆、轨道线路、车站、轨道、供电、通信、信号和环境控制等一系列相关设备设施组成的。城市轨道交通的运输组织、功能实现、安全保证等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的正常运行来保证必要的行车间隔及正确的行车线路。它们之间的协同合作保障了城市轨道交通系统为乘客提供优质的服务。



城市轨道交通的组成

### 一、城市轨道交通的组成

#### (一) 车 辆

车辆是城市轨道交通系统最重要的设备之一，也是技术含量最高的机电设备，如图 1-17 所示。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。因此，城市轨道交通车辆不仅需要具有运行安全、可靠、快速的特点，还应保证乘客乘坐的舒适度与方便性。



图 1-17 车辆

车辆作为城市轨道交通的重要组成部分，应具有先进性、可靠性和实用性，满足容量大、安全、快速、美观和节能的要求。城市轨道交通车辆有动车和拖车，带司机室车和不带司机室车等多种形式。动车又分为带有受电弓的动车和不带受电弓的动车。在运营时采用动拖结合、固定编组，形成电动车组。

车辆由车体、转向架、车钩缓冲装置、制动装置、受流装置、电气系统以及内部设备组成。车体分为有司机室车体和无司机室车体两种，现均采用整体承载的钢结构或铝合金结构，为在最轻的自重下满足强度的要求。转向架分为动力转向架和非动力转向架，分别安装在动车和拖车上。车钩缓冲装置用于连接车辆，并改善列车纵向平稳性，连接车辆之间的电气和空气的管路。制动装置使运行中的车辆按需要减速或在规定的距离内停车。受流装置从接触导线或导电轨将电流引入车辆。车辆电气系统包括车辆上的各种电气设备及其控制电路。车辆内部设备包括照明、通风、取暖、空调、座椅、拉手等服务于乘客的车体内的固定附属装置，以及蓄电池箱、主控制箱、电动空气压缩机组、总风缸、电源变压器、各种电气开关和接触器箱等服务于车辆运行的装置。

## (二) 信号

城市轨道交通信号系统的主要作用是保证行车安全和提高线路的通过能力，是城市轨道交通的主要技术装备之一。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。信号系统按运营功能不同可分为列车自动控制系统、自动闭塞系统、联锁系统、列车自动监视系统、列车自动监控系统 and 列车自动防护系统等。

其中，列车自动控制（ATC）系统是城市轨道交通信号系统的最重要的组成部分，实现行车指挥和列车运行自动化，能最大限度地保证列车运行安全，提高运输效率，减轻运营人员的劳动强度，增强城市轨道交通的通过能力。ATC 系统包括三个子系统：列车自动防护（ATP）、列车自动运行（ATO）和列车自动监控（ATS）。ATP 按地面信息的传输方式分为点式和连续式两种结构。按地-车信息传输所用的媒体分类，连续式 ATC 系统可分为有线与无线两大类，前者又可分为利用轨间电缆与利用数字编码音频轨道电路两类。采用无线传输的 CBTC（基于通信的列车自动控制系统）是新型的列车自动控制系统。按照闭塞实现的方式，城市轨道交通的闭塞可分为固定闭塞、准移动闭塞和移动闭塞。移动闭塞式 ATC 系统可以实现较大的通过能力，技术水平较高，具有广阔的发展前景。

联锁设备是重要的信号设备，用来在车站、车辆段实现联锁关系，建立进路、控制道岔的转换和信号机的开放，以及进路的锁闭和解锁，以保证行车安全。联锁设备分为正线联锁设备和车辆段联锁设备。联锁设备现均采用计算机联锁。

### (三) 通信

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。城市轨道交通必须配备专用的、完整的、独立的通信系统，来构成城市轨道交通各部门之间的有机联系，以便于集中统一指挥，保证城市轨道交通列车安全、可靠、准点运行，实现行车调度和列车运行自动化。城市轨道交通通信系统涵盖传输系统、公务电话系统、专用电话系统、无线通信系统、广播系统、时钟系统、视频监控系统（CCTV）、乘客信息系统（PIS）、电源及接地系统等。通信系统是一个自成体系、独立、完整的内部通信网，由光纤数字传输系统、数字电话交换系统、闭路电视监视系统、无线调度系统和车站广播系统组成。

### (四) 供电系统

电能是整个城市轨道交通系统必需的能源，绝大部分设施设备都需要靠电力供应。因此，安全可靠的供电系统是保障城市轨道交通系统平稳运营的重要条件之一，为各种用电设备提供动力电源，确保轨道交通列车和照明、通风、空调、给排水、通信、信号、防灾报警、安全门、自动扶梯等系统的正常运行。城市轨道交通供电系统一般由牵引供电系统、动力照明供电系统与高压供电系统组成。牵引供电系统负责为电动车辆运行提供电能，由牵引变电所与牵引网组成，主要包含城市供电局、地区变电站与轨道交通主变电所之间的输电线路、轨道交通供电系统内部输配电网络、直流牵引供电网、车站低压配电网、电力监控系统、防雷设施和接地系统等。

变电所可分为主变电所、牵引变电所、降压变电所或牵引降压混合变电所。电源及供电

系统采用集中供电方式，中压供电网络与牵引供电系统共用，电源由主变电所供给。车站及区间动力、照明负荷由车站降压变电所供给。动力照明供电系统负责为各车站和区间、车辆段、综合维修基地的所有动力、照明用电、通信信号、自动化设备以及城市轨道交通物业用电等，由降压变电所与动力照明配电线路组成。接触网是城市轨道交通的输电网。通过电动车组的受电弓和接触网的滑动接触，牵引电流由接触网进入电动车组，驱动牵引电动机使列车运行。牵引变电所向接触网供电。

城市轨道交通必须具有线路设备，作为车辆和列车运行的基础。在城市轨道交通沿线，还需设置各种类型的车站，作为办理乘客乘降作业的基地；拥有大量和质量良好的列车，作为运送乘客的工具；拥有完善的供电系统，作为列车的运行动力来源，为维持运营提供必要的动力和照明用电。同时，为了确保行车安全和提高运输效率，城市轨道交通又必须设置一套完备的、现代化的信号及通信设备，作为运输调度集中与统一指挥的工具。因此，城市轨道交通线路、车站、车辆、信号及通信设备就成为城市轨道交通运输的基本设备。城市轨道交通很多线路和车站在地下，需要大量的机电设备保证乘车环境，需要完备的监控系统保证运行安全。城市轨道交通还必须设置各种必要的检修场所，并配备相应的检修机具，以便对上述各项基本设备进行检修，使它们处于良好状态，确保运输工作顺利进行。

## 二、城市轨道交通的发展对人才的需求

城市轨道交通系统是一个庞杂的系统工程，是由多专业多工种相互配合工作、围绕安全行车这一中心而组成的有序联动、及时性极强的系统。在运输组织方面，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，隧道、线路、供电、车辆、通信、信号、

机电及消防等各专业相关系统必须保证状态良好，运行正常；在安全保障方面，依靠行车组织和设备正常运行保证必要的行车间隔和正确的行车线路。根据测算，维护每千米城市轨道交通线路的正常运营需要 50~60 人。随着全国各大城市轨道交通项目相继投入运营，特别是北京、上海、广州等特大型城市，其轨道交通系统的高速发展需要各类人才队伍的支撑。

#### （一）行车管理

行车管理是城市轨道交通系统内的重要专业之一，主要负责对系统内所有车辆的运行实施管理。由于城市轨道交通的列车是按运行图运行的，所以编制运行图、下达行车命令、突发事件的行车调整、有关行车组织的即时命令发布等，均是行车管理专业的工作职责。行车调度、客运调度、设备调度、列车驾驶员、车站行车值班员等都是专业内的重要工种。

#### （二）客运管理

客运管理专业对象是广大乘客群，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专业：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。

#### （三）安全管理

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、突发事件时的应急处置。

#### （四）行车值班员

行车值班员是设在车站的一个重要工种，隶属于行车管理专业，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。



### （五）列车驾驶员

列车驾驶员负责驾驶列车运送乘客，是行车管理专业的一个重要工种。驾驶员除了负责列车驾驶外，还要利用列车广播、车厢显示屏等手段为乘客提供服务。当列车突发故障时，更要承担安全疏导乘客的任务。

### （六）车站服务员（站务员）

车站服务员就是在车站为乘客提供服务的人员，是设置在车站的一个重要工种。仅从理论而言，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，乘客也正是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。

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。

## 思考与练习

1. 城市轨道交通的类型有哪些？
2. 分析城市轨道交通的优势和局限性。
3. 地铁系统与轻轨系统有何区别？
4. 城市轨道的发展与城市的发展有何联系？

