



21世纪职业教育立体化精品教材
新时代课程思政建设配套教材

城市轨道交通 信号基础

主 编 隋秀梅 南 洋
副主编 彭 晶 谭丽娜
参 编 王冬梅 张桂源 李泽健
李聪冲 赵晓风 岳文蕾

江苏凤凰教育出版社 凤凰职教

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通信号基础/隋秀梅, 南洋主编. —南京: 江苏凤凰教育出版社, 2022. 3

ISBN 978-7-5499-9732-9

I. ①城… II. ①隋… ②南… III. ①城市轨道交通信号—职业教育—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 002925 号

书 名 城市轨道交通信号基础

主 编 隋秀梅 南 洋
责任编辑 汪立亮
出版发行 江苏凤凰教育出版社
地 址 南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009
出 品 江苏凤凰职业教育图书有限公司
网 址 <http://www.fhmooc.com>
印 刷 天津市蓟县宏图印务有限公司
厂 址 天津市蓟县天津专用汽车产业园福山大道 14 号
电 话 022-29140509
开 本 787 毫米×1 092 毫米 1/16
印 张 17
版次印次 2022 年 3 月第 1 版 2022 年 3 月第 1 次印刷
标准书号 ISBN 978-7-5499-9732-9
定 价 56.00 元
批发电话 025-83658831
盗版举报 025-83658873

图书若有印装错误可向当地经销商申请调换
提供盗版线索者给予重奖

前言

随着我国经济的不断发展,为解决城市交通拥堵问题,我国各大城市纷纷积极建设城市轨道交通系统。中华人民共和国交通运输部发布的数据显示,截至2020年12月31日,我国(不含港澳台)共有44个城市开通运营城市轨道交通线路233条,运营里程7 545.5 km,车站4 660座。城市轨道交通行业的发展,带动了对城市轨道交通人才的需求,尤其是合格的、高素质的、具备“工匠精神”的技术技能人才。为了满足城市轨道交通职业教育的需要,特组织有关学校和企业共同编写了本书。

城市轨道交通信号系统是城市轨道交通系统的主要技术装备,担负着列车运行指挥、行车安全保障及运行效率提高的重要责任。其作为城市轨道交通调度指挥和运营管理的“中枢神经系统”,与其他系统有着紧密的联系。随着科技的不断进步,基于通信的列车自动控制(CBTC)系统已成为更多城市轨道交通建设的选择,而全自动驾驶系统、LTE(长期演进)技术、5G(第五代移动通信)技术的应用,为信号系统的发展又提出了新的方向。

本书紧密结合职业院校教学特点,以城市轨道交通信号段岗位职业能力需求为依据,对城市轨道交通信号系统进行了较为全面、系统的叙述。本书遵循层次化、递进化原则,知识体系架构由浅入深,分为城市轨道交通、城市轨道交通信号系统设备及技术、城市轨道交通列车自动控制(ATC)系统三个层次。本书内容包括城市轨道交通概述、城市轨道交通信号系统概述、城市轨道交通信号系统与其他系统的联动、城市轨道交通信号系统基础设施、信号与行车组织、联锁系统及ATC系统7个项目,涵盖城市轨道交通信号系统各个组成部分的基础知识、工作原理、维护内容、故障处理及典型应用实例等。本书旨在突出职业教育以能力为本位的特点,设计了相应的技能训练环节,力求突出对学生职业技能的培养,



从而实现“学中做”与“做中学”携手并进，加深学生的认识。另外，本书融合“课程思政”理念，设计了“育人目标”“思政园地”等模块，旨在坚定学生理想信念、厚植爱国主义情怀、加强品德修养、增长知识见识、培养奋斗精神，提升学生综合素质。

本书由长春职业技术学院具有多年一线教学工作经验的教师编写，隋秀梅、南洋任主编，彭晶、谭丽娜任副主编，王冬梅、张桂源、李聪冲、赵晓风(长春市轨道交通集团有限公司)、岳文蕾(大连地铁运营有限公司)参与编写。具体编写分工如下：南洋编写项目四和项目七，彭晶编写项目六，谭丽娜编写项目一和项目五，王冬梅、李聪冲编写项目二，张桂源、李泽健编写项目三，南洋、李聪冲编写教材思政教育内容；隋秀梅、南洋负责数字化教学资源的总体开发工作，南洋负责全书二维动画制作，张桂源、李泽健负责移动端应用制作，赵晓风、岳文蕾为本书编写提供了相关的行业数据和参考资料；全书由南洋负责统稿。

本书在编写过程中得到了长春市轨道交通集团有限公司、广州地铁集团有限公司、武汉地铁集团有限公司、北京市地铁运营有限公司、沈阳地铁集团有限公司、兰州市轨道交通有限公司、杭州市地铁集团有限责任公司、中车长春轨道客车股份有限公司等的大力支持，还参考、引用了许多国内外专家发表的有关城市轨道交通的文献，在此谨向有关部门及专家致以衷心的感谢。

本书可作为职业院校城市轨道交通信号系统专业教材和城市轨道交通类其他专业基础性课程学习教材，也可作为城市轨道交通企业的培训参考用书或其他行业企业的技术参考用书。

鉴于编写人员技术水平及实践经验的局限性，书中难免存在不足之处，我们真诚期待广大读者多提宝贵意见，以便今后修订和完善。

编者

目录

项目一 城市轨道交通概述



- 课题一 城市轨道交通基础知识 2
- 课题二 城市轨道交通发展概况 8

项目二 城市轨道交通信号系统概述



- 课题一 城市轨道交通信号系统 22
- 课题二 城市轨道交通信号系统发展及应用 31
- 课题三 城市轨道交通信号技术原则 38
- 课题四 城市轨道交通信号工程设计 43

项目三 城市轨道交通信号系统与其他系统的联动



- 课题一 信号系统与运营管理 52
- 课题二 信号系统与通信系统 60
- 课题三 信号系统与供电系统 65
- 课题四 信号系统与城市轨道交通车辆 68

项目四 城市轨道交通信号系统基础设备



- 课题一 继电器 80
- 课题二 信号机 98
- 课题三 转辙机 108

课题四	轨道电路	120
课题五	计轴设备	130
课题六	应答器	139

项目五 信号与行车组织



课题一	城市轨道交通行车组织	156
课题二	传统闭塞技术	160
课题三	ATC 系统闭塞技术	164

项目六 联锁系统



课题一	联锁	178
课题二	电气集中联锁系统	186
课题三	计算机联锁系统	190
课题四	城市轨道交通的联锁系统	198

项目七 ATC 系统



课题一	ATC 系统概述	210
课题二	ATP 系统	217
课题三	ATO 系统	230
课题四	ATS 系统	238
课题五	常用 ATC 系统	249

参考文献



项目一

城市轨道交通概述

知识目标

1. 了解城市和交通的定义。
2. 掌握城市轨道交通的定义及设备组成。
3. 熟悉城市轨道交通的主要类型及特点。
4. 熟悉国内外城市轨道交通的发展过程。
5. 了解国内外主要城市轨道交通系统。

育人目标

1. 激发学生爱国情、强国志，增强学生对于“大国制造”的荣誉感和使命感，激励学生积极投身城市轨道交通建设发展事业。
2. 了解我国和国外城市轨道交通发展历程，拓展学生国际视野，确立正确的人生职业理想。

重点难点

1. 城市及交通的定义。
2. 城市轨道交通的定义。
3. 城市轨道交通的主要类型。
4. 国内外城市轨道交通的发展。



案例引入

案例叙述：

2020年10月22日，交通运输部科学研究院及社会科学文献出版社共同在京发布了《城市轨道交通蓝皮书：中国城市轨道交通运营发展报告(2019—2020)》。蓝皮书指出，2019年是中国地铁运营50周年，过去半个多世纪以来，中国地铁从无到有，实现了地铁、轻轨、单轨等多制式城市轨道交通建设的重大突破，装备制造技术和运营管理能力日趋成熟。目前，中国城市轨道交通的建设、运营和规划规模已居世界前列，且仍处于快速发展阶段。

案例分析：

近年来，中国城市轨道交通持续高速发展，越来越多的城市迈入网络化运营阶段，客运量、客运强度等指标位居世界前列，行业监管不断加强，企业管理与技术创新能力不断提升。与此同时，城市轨道交通行业管理逐步完善，标准化进程不断推进，智能运维、智慧城轨等新技术、新热点不断涌现，共同推动我国城市轨道交通运营健康、可持续发展。

课题一 城市轨道交通基础知识

一、城市轨道交通的概念

1. 城市的定义

城市是在人类社会的发展过程中，由于人们在政治、经济、科学、文化、生活等方面的需要而形成的活动中心，是人类文明和社会进步的标志。

城市是指地处交通方便的环境、覆盖有一定面积的人群和建筑物的密集结合体。城市具有区域中心的功能，是从事第二、第三产业人群的集中居住地。城市形态发展的最终趋势是，形成了人口高度集中的超级大城市，或向多中心组团式城市或大都市圈发展，或向多个城市组合而成的城市群、城市带发展。

2. 交通的定义

交通是行人、车船、货物在空间上的移动、传递和输送的总称。交通流是指行人、车船、货物的流动。交通流有速度、密度和流量 3 个参数。车船交通流包括道路（公路、城市道路）交通流、有轨运输（铁路、地铁等）交通流、水路运输交通流、航空运输交通流和专用道路交通流。

3. 城市交通的定义

城市交通是指城市（包括市区和郊区）道路（地面、地下、高架、水道、索道等）系统间的公众出行和客货输送。城市基础设施和运载工具构成了城市交通系统。城市居民是城市活动的主体，城市交通的主要功能是实现人和物在空间上的移动。城市交通系统是整个城市正常运转不可缺少的重要组成部分，具有公共交通和私人交通二元结构，为出行者提供服务。

4. 城市轨道交通的定义

城市交通肩负着市民日常生活必需的“行”的任务，是城市服务最重要的基础设施之一。

城市轨道交通为采用轨道结构进行承重和导向的车辆运输系统，依据城市交通总体规划的要求，设置全封闭或部分封闭的专用轨道线路，以列车或单车形式，运送相当规模客流量的公共交通方式。

我国《城市轨道交通技术规范》(GB 50490—2009)将城市轨道交通定义为“采用专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”。

二、城市轨道交通的基础设备

城市轨道交通的基础设备主要包括线路、站场、车辆、供电系统、信号系统、通信系统及其他机电设备。通过上述设施设备协同工作，才能保证城市轨道交通系统安全、有效地运营。

1. 线路、站场

城市轨道交通线路是城市轨道交通车辆运行的基础。其上部建筑沿用传统铁路方式，由钢轨、轨枕、连接零件等组成；下部基础由路基、道床等组成，多采用整体道床结构。不同位置和方向敷设的轨道可以通过道岔连接起来。

站场是城市轨道交通的重要组成部分，是集散客流的基本设施。

2. 车辆

城市轨道交通车辆是城市轨道交通工程的最重要的设备，也是技术含量较高的机电设备。在城市轨道交通中，车辆型号及技术参数是其线路技术标准的基础，是确定运营模式和维修方式的条件，也是设备选型和设备规模的依据。

3. 供电系统

城市轨道交通供电系统是最重要的基础能源设施，为各种用电设备提供动力电源，以确保城市轨道交通列车和通信系统、信号系统、其他机电设备的正常运行。供电系统由地区变电所与轨道交通主变电站之间的输电线路、轨道交通供电系统内部牵引降压输配电网络、直流牵引供电网和车站低压配电网、电力监控系统、防雷设施和接地系统等组成。

4. 信号系统

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通过能力，它是城市轨道交通的主要技术装备。信号系统的结构和性能直接关系到投资、系统运量、运行能耗以及系统运行与维修成本。

5. 通信系统

城市轨道交通是多种专业有机结合的统一体，而通信系统是城市轨道交通的主要技术装备。它担负着为乘客提供必要的信息服务，为运营管理和设备维修提供通信条件、传送各种调度命令信息的重要任务，是保证列车安全、快速、高效运行的一种不可缺少的信息化、自动化、智能化的综合系统。

6. 其他机电设备

城市轨道交通其他机电设备包括供电、信号、通信系统以外的通风、空调、采暖设

备, 给水排水及消防设备, 火灾自动报警系统, 自动售检票系统, 环境与设备监控系统, 自动扶梯和电梯, 屏蔽门, 以及门禁系统。这些系统集成成为综合监控系统。

三、城市轨道交通的特点

1. 城市轨道交通有别于城市道路交通的特点

(1) 城市轨道交通的优势

①运量大。地铁单向每小时运送能力可达 30 000~70 000 人次, 轻轨交通为 10 000~30 000 人次, 而公共汽车、电车仅为 8 000 人次。城市轨道交通可极大程度地疏散公交客流。

②运行准时、速达。城市轨道交通有其专用线路, 不受地面道路情况的影响, 不受其他交通工具和气候的干扰, 不会出现因交通阻塞而延误运行时间的情况, 运营有序, 可保证乘客准时、迅速到达目的地。

③安全。城市轨道交通与道路交通相隔离, 对运行安全有充分的保障。城市轨道交通列车运行控制系统安全性极高, 信号系统设计符合“故障—安全”原则。

④能耗低。在运送同样的人·千米运输工作量的前提下, 小汽车的能耗是城市轨道交通的 6~13 倍, 公共汽车是城市轨道交通的 1.8 倍。

⑤环保。城市轨道交通以电力为动力来源, 不像内燃机那样有废油及废气产生, 对环境污染较小; 并且城市轨道交通线路大多深埋地下, 列车运行时产生的噪声对外界的干扰也比较小。

⑥用地省。从土地占用量来看, 在同样的运能下, 道路交通用地是轨道交通用地的 8~10 倍。

(2) 城市轨道交通的局限性

当然, 城市轨道交通也存在一定的局限性: 建设投资巨大, 建设周期长, 建成后不易调整, 运营成本高, 存在发生火灾时疏散困难等安全隐患, 经济效益有限等。

2. 城市轨道交通有别于铁路的特点

(1) 运营范围不同

城市轨道交通的运营范围是城市的市区及郊区, 其运营里程短, 一般只有几十千米; 铁路纵横数千米, 而且连接城乡。

(2) 运行速度不同

城市轨道交通列车运行速度通常不超过 80 km/h; 而普通铁路列车最高运行速度在 120 km/h 以上, 高速铁路列车最高运行速度可达 350 km/h。

(3) 服务对象不同

城市轨道交通的服务对象单一, 只有市内客运服务, 没有货运及行包服务, 而且列车不分等级; 铁路客货混运, 而且列车等级众多。

(4) 线路与轨道不同

城市轨道交通大部分线路在地下或高架, 较少在地面上, 均为双线, 几乎没有单

线；线路允许的设计坡度较大，列车质量较小，不受车辆牵引力的限制。而在铁路系统中，线路通常在地面上，只有少部分采用高架或隧道线路，且运营线路中有单线铁路；线路允许的设计坡度较小，列车质量较大。

(5) 车站形式不同

城市轨道交通正线车站一般无配线，多数车站也没有道岔，站台长度较短；铁路车站有数量不等的道岔及股道，有较复杂的咽喉区。

(6) 车辆段作业不同

不同于铁路的车辆段只有车辆检修的功能，城市轨道交通的车辆段类似于铁路的区段站，要进行车辆检修、停放以外的大量列车编解、接发和调车作业。

(7) 牵引供电方式不同

城市轨道交通均为电力牵引，铁路多为电气化牵引供电。

(8) 信号设备组成不同

城市轨道交通信号系统某些技术含量高于铁路系统，系统集成度高，设备数量普遍少于铁路系统。例如，信号机的数量和类型少于铁路系统。

(9) 运营管理复杂程度不同

城市轨道交通运营条件十分单纯，除了进出段和折返外，没有越行及交会，正线上没有调车作业，运输组织和运营管理远不如铁路系统复杂。

四、城市轨道交通的社会功能和经济效益

1. 城市轨道交通的社会功能

- ① 带动装备制造业的发展。
- ② 缓解交通拥堵，完善城市空间布局。
- ③ 带动房地产市场的升温。
- ④ 促进商贸业的繁荣。
- ⑤ 其他功能，如军事防御等。

2. 城市轨道交通的经济效益

城市轨道交通是资本密集和技术密集的行业，其建设要求高，施工难度大，设备技术标准高，不仅建设成本高，运营成本也高，无法按运营成本核收票价。因此，除个别城市轨道交通客流量大、产业开发经营较佳而达到略有盈余外，全世界的城市轨道交通绝大多数处于亏损状态。城市轨道交通的经济效益无从谈起，其盈利模式是世界性难题。

五、城市轨道交通的主要类型

1. 地铁

根据《城市轨道交通工程基本术语标准》(GB/T 50833—2012)的规定，地铁是指在全封闭线路上运行的大运量或高运量城市轨道交通方式，如图 1-1 所示。其线路通常设于地

下结构内，也可延伸至地面或高架桥上。地铁的单向客运能力在3万人次/h以上，适用于出行距离较长、客运量需求较大的城市中心区域。



图 1-1 地铁

2. 轻轨交通

轻轨交通是指在全封闭或部分封闭线路上运行的中运量城市轨道交通方式，如图 1-2 所示。其线路通常设于地面或高架桥上，也可延伸至地下结构内。轻轨的单向客运能力为1.5万~3.0万人次/h。其车辆轴重较轻，施加在轨道上的荷载相对于地铁的荷载来说比较轻，因而称为轻轨。



图 1-2 轻轨交通

3. 单轨交通(独轨交通)

单轨交通是指采用电力牵引列车在一条轨道梁上运行的中低运量城市轨道交通系统，如图 1-3 所示。根据车辆与轨道梁之间的位置关系，单轨交通分为跨座式单轨交通和悬挂式单轨交通两种类型。单轨交通一般使用在道路上部的空间，需要的专用空间较少，可以适应急弯及大坡度，其投资小于地铁系统。



图 1-3 单轨交通

4. 有轨电车

有轨电车是指与道路上其他交通方式共享路权的低运量城市轨道交通方式。有轨电车通常采用地面线路，有时也有隔离的专用路基和轨道，隧道或高架区间仅在交通拥堵的区域被采用。目前，有轨电车已进入现代化时代，其技术特性已得到大幅提高。如图 1-4 所示为现代化有轨电车。



图 1-4 现代化有轨电车

5. 磁浮交通

磁浮交通是指通过磁力实现列车与轨道的非接触支承、导向和驱动的轨道交通。磁浮交通有常导式和超导式两种类型。常导式磁浮线路能使车辆浮起 10~15 mm 的高度，运行速度较低，用感应线性电机驱动。超导式磁浮线路能使车辆浮起 100 mm 以上，运行速度较高，用同步线性电机驱动，技术难度较大。我国上海浦东建成的磁浮交通，最高运行速度可达 430 km/h，如图 1-5 所示。



图 1-5 上海浦东磁浮交通

6. 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，采用橡胶轮胎，并通过导向装置，自动导引车辆运行方向的轨道交通系统。其列车运行自动控制，可实现无人驾驶，自动化程度较高。

7. 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。其主要服务于城市与郊区、中心城市与卫星城、重点城镇间等，服务范围一般在 100 km 以内。

课题二 城市轨道交通发展概况

一、我国城市轨道交通的发展

1. 我国城市轨道交通的发展契机

城市轨道交通的发展与城市化水平紧密相关，城市化的进程大大推动了城市轨道交通的发展，反之城市轨道交通的发展又促进了城市的发展。

改革开放以后，国内外政治经济形势发生了重大变化，国民经济和社会的发展加速了城市化进程，我国大城市的数量增长很快，城市化率由 1979 年的 17.9% 提高到 2017 年的 58.52%。大城市人口的不断增加、规模的不断扩大，使城市交通需求迅速增长。尽管城市道路及公共车辆拥有量都有了大幅度的提高，但机动车数量增加迅猛，交通问题依然日益突出，表现为交通阻塞、车速降低、车祸频繁、停车困难、废气噪声危害严重等。通过总结国内外城市交通发展的经验教训，发现缓解城市交通拥堵的根本出路是发展轨道交通，大城市必须建立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。

因此，我国开始大力发展城市轨道交通系统，基本形成了布局合理、功能完善、干支衔接、技术装备优良的城市轨道交通网，并且实现了城市轨道交通与城际客运专线的有机衔接，方便乘客换乘，更好地为人民群众服务。

2. 我国城市轨道交通的发展概况

从 1971 年北京开始运营第一条地铁线路至今，我国城市轨道交通经历了起步建设阶段、调整整顿阶段、蓬勃发展阶段 3 个阶段。

(1) 起步建设阶段(20 世纪 80 年代末至 20 世纪 90 年代中期)

这个阶段之前，北京于 1971 年开始运营第一条地铁线路，其后天津于 1984 年建成 7.4 km 的地铁线路。20 世纪 80 年代以前地铁的规划与建设，除了实现城市客运的功能外，更重要的是考虑战备的要求。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。

(2) 调整整顿阶段(1995—1998 年)

在这期间，城市轨道交通建设积极性空前高涨，许多地方不考虑经济的承受能力和社会发展的需要，带有很大的盲目性。由于担心全国地铁建设出现“一哄而上”的局面，1995 年国务院办公厅 60 号文《国务院办公厅关于暂停审批城市地下快速轨道交通项目的通知》宣布，“除北京、广州两个在建地铁项目和上海地铁二号线项目外，今后一段时间内暂停审批城市地下快速轨道项目”，并要求做好城市轨道交通发展规划和国产化工作。这期间

近3年国家没有审批城市轨道交通项目。随后只有深圳、广州、上海的部分地铁线路获得了国家的审批，其他项目冻结立项。

(3) 蓬勃发展阶段(2005年至今)

这一阶段我国城市轨道交通蓬勃发展的原因有两点：一是随着国家积极财政政策的实施，国家从建设资金上给予了有力支持；二是通过技术引进及国际先进制造企业同国内企业合作，我国实现了城市轨道交通车辆、设备本土化，城市轨道交通建设造价大大降低。国家先后批准了深圳、上海、广州、重庆、武汉、南京、杭州、成都、长春、哈尔滨等10多个城市的轨道交通项目开工建设，并投入了40亿元国债资金予以支持，我国城市轨道交通建设进入高速发展期。

中华人民共和国交通运输部发布的数据显示，截至2020年12月31日，我国(不含港澳台)共有44个城市开通运营城市轨道交通线路233条，运营里程7545.5 km，车站4660座。2020年，新增城市轨道交通线路39条，新增运营里程1240.3 km，较2019年增长20.1%；新增天水、三亚、太原3个城市首次开通运营城市轨道交通。

3. 我国主要城市的轨道交通系统

(1) 北京地铁

北京地铁是服务于我国北京市的城市轨道交通系统，其第一条线路于1971年1月15日正式开通运营，使北京成为我国第一个开通地铁的城市。截至2020年12月31日，北京地铁运营线路达24条，总里程达727 km，共有车站428座(包括换乘站64座)；运营里程居中国第二。2020年，北京地铁总客运量达22.9亿人次。

北京地铁标志如图1-6所示。北京地铁标志的外形采用圆形，以字母“G”构成，表示公司；中间字母“D”为“地铁”拼音的首字母；“D”的中间是字母“B”，表示北京，3个字母构成“北京地铁公司”的缩写。

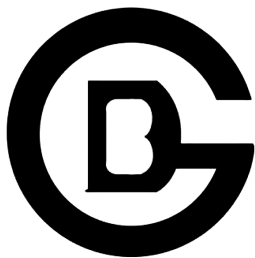


图 1-6 北京地铁标志

(2) 上海地铁

上海地铁是服务于我国上海市和上海大都市圈的城市轨道交通系统，是世界范围内线路总长度最长的城市轨道交通系统，其第一条线路上海地铁1号线于1993年5月28日正式运营，使上海成为我国内地第三个开通地铁的城市。截至2020年12月31日，上海地铁运营线路共18条(含磁浮线)，共设车站354座(含磁浮线2座)，运营里程共729.2 km(含磁浮线29.1 km)。2020年，上海地铁总客运量达28.3亿人次。

上海地铁标志如图1-7所示。上海地铁圆形的标志由英文字母“S”和“M”组成，其中

“S”代表上海，“M”表示地铁；网弧状形似地铁的圆形区间隧道；“M”又像在隧道内相向行驶的两辆地铁列车。

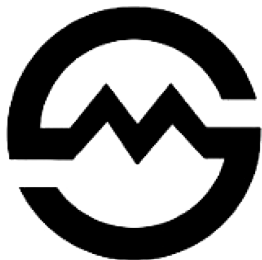


图 1-7 上海地铁标志

(3) 广州地铁

广州地铁是服务于我国广东省广州市和珠江三角洲的城市轨道交通系统，其第一条线路广州地铁 1 号线于 1997 年 6 月 28 日正式开通运营，使广州成为我国内地第四个、广东省首个开通地铁的城市。截至 2020 年 12 月 31 日，广州地铁运营线路共 16 条，共设车站 312 座，运营里程为 553.2 km；运营里程居中国第四。

广州地铁标志如图 1-8 所示。广州地铁标志通过两根铁轨组成一个简洁明快的造型，反映了广州现代化交通企业属性；铁轨的造型也像一只羊角的形状，源于广州著名别称“羊城”；另外，两条铁轨延展成张开的一双手，象征广州地铁具有现代感，勇于接纳新鲜事物，真诚服务的理念。



图 1-8 广州地铁标志

(4) 南京地铁

南京地铁是服务于南京市及南京都市圈各地区的城市轨道交通系统，其前身可追溯到 1907 年建造的京市铁路。其首条线路于 2005 年 5 月 15 日正式通车，使南京成为我国内地第六个开通地铁的城市。截至 2020 年 12 月 31 日，南京地铁运营里程达 394.7 km，居中国第七；南京地铁共 12 条线路、300 座车站，构成覆盖南京全市 11 个市辖区的地铁网络。南京是我国第一个区县全部开通地铁的城市。

南京地铁标志如图 1-9 所示。南京地铁标志以一朵梅花为主题元素，中间饰以变形的“M”作为“花蕊”点缀梅花，使其更加形象生动，“M”出头一点又意喻着汉字“市”的变体，意思是地铁是南京市的市内交通，用以纪念 20 世纪 30 年代风靡南京的南京第一条轨道交通“京市铁路”。



图 1-9 南京地铁标志

二、国外城市轨道交通的发展

1. 国外城市轨道交通的发展概况

1863年，世界上第一条城市轨道交通线路在英国伦敦建成通车，线路位于地下隧道内，用蒸汽机车牵引，称为地下铁道（简称地铁）。这为人口密集的大都市如何采用铁路技术发展公共交通提供了宝贵的经验。1879年电力牵引的研制成功，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，国外一些著名的大都市相继开始建造地铁。

自1863年至19世纪末，除伦敦外，英国的格拉斯哥、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等城市率先建成了地铁。

1900—1924年，德国的柏林和汉堡、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。

其后至第二次世界大战期间，各国都着眼于自身的安危，地铁建设处于低潮期，但仍有日本的东京和大阪、苏联的莫斯科等少数城市修建了地铁。

第二次世界大战以后，随着汽车工业的蓬勃发展，发达国家城市经济活动向乡村转移，城市客流需求下降，加上城市快速道路的大量建设，一度使得城市轨道交通的发展步伐减缓。20世纪60年代末期，狂热的政治气候及经济气候又使得各国下决心发展城市轨道交通。1950—1974年，国外地铁建设蓬勃发展。在此期间，加拿大的多伦多和蒙特利尔、意大利的罗马和米兰、美国的旧金山、苏联的列宁格勒（今圣彼得堡）和基辅（今乌克兰首都）、日本的名古屋和横滨、韩国的汉城（今首尔）等约30座城市相继建成了地铁。

1974年，汽油短缺及价格上涨，促使人们重新向市中心聚集，刺激了公共交通需求的增长。1975—1995年，地铁建设在原有基础上取得了长足的进展，世界上30多座城市在此期间建成了地铁或正在修建地铁，如美洲的华盛顿、温哥华等9座城市，欧洲的布鲁塞尔、里昂、华沙等9座城市，以及亚洲的神户、加尔各答等16座城市。

进入21世纪，随着世界经济的进一步发展、城市化进程的加快，不仅发达国家，而且发展中国家的许多城市都大力发展城市轨道交通。《都市快轨交通》发布的数据显示，截至2020年底，全球共有77个国家和地区的538座城市开通城市轨道交通，总运营里程达33 346.37 km。全球各大洲城市轨道交通运营里程如下：欧洲为16 302.33 km，占比

48.9%；亚洲为 13 126.06 km，占比 39.4%；北美洲为 2 434.31 km，占比 7.3%；南美洲为 779.80 km，占比 2.3%；非洲为 416.37 km，占比 1.2%；大洋洲为 287.50 km，占比 0.9%。

2. 国外主要城市地铁概况

(1) 伦敦地铁

伦敦地铁是世界上最古老的地铁系统，如图 1-10 所示。伦敦地铁于 1856 年开始修建，1863 年 1 月 10 日正式投入运营，当时以蒸汽机车牵引列车。1890 年，伦敦又建成了世界上第一条电气化地铁。现在伦敦地铁列车通过第三轨供直流电，电压为 600 V。



图 1-10 伦敦地铁

(2) 纽约地铁

纽约地铁是美国纽约市的城市轨道交通系统，是全球历史最悠久的公共地铁系统之一，如图 1-11 所示。截至 2020 年底，纽约地铁总运营里程达 424.9 km。纽约地铁是纽约最方便、快捷、高效、价廉的交通方式，因此纽约地铁成为纽约市民生活的重要组成部分。纽约地铁是世界上最著名的十大地铁之一。



图 1-11 纽约地铁

(3) 东京地铁

东京地铁是服务于日本东京都区部及其周边地区的城市轨道交通系统，包括东京地下铁和都营地铁两个地铁系统的全部线路，并与多条私铁线路和 JR 线路实行直通运转，如图 1-12 所示。其首条线路东京地下铁银座线于 1927 年 12 月开通，使东京成为亚洲最早拥有地铁的城市。截至 2020 年 7 月，东京都轨道交通路网运营线路达 13 条，总里程为 304 km，共有车站 286 座。其中 9 条线路、195 km 里程、180 座车站由东京地铁株式会社

运营，称为东京地下铁；4 条线路、109 km 里程、106 座车站由东京都交通局运营，称为都营地铁。



图 1-12 东京地铁

(4) 首尔地铁

首尔地铁又称韩国首都圈电铁，始建于 1971 年，1974 年 8 月 15 日正式开通运营，是世界上单日载客量最大的城市轨道交通系统之一，如图 1-13 所示。首尔地铁官网信息显示，截至 2020 年，首尔地铁已开通运营线路共 23 条。



图 1-13 首尔地铁

(5) 巴黎地铁

巴黎地铁是法国巴黎的地下轨道交通系统，于 1900 年起运行至今，如图 1-14 所示。巴黎市区内几乎所有地区的乘客徒步 5 min 均可到达最近的地铁站，列车最小运行间隔为 50 s。因而，巴黎地铁被称为全世界最密集、最方便的城市轨道交通系统之一。每个地铁站设计独特，内部装饰各异。



图 1-14 巴黎地铁



城市轨道交通的起源

在16世纪前,城市交通的发展只表现为城市道路网的不断修建与完善,其交通形式则一直为个人行为的步行、骑马和马车出行。直到进入16世纪中期的罗马时代,建立了地区性的车辆出租系统,公共交通才开始出现。最早的城市公共交通是1625年左右在伦敦、巴黎出现的马车出租业务(这是出租车的前身),到1700年,伦敦的出租马车大约只有600辆。这一历史时期的公共交通主要服务于贵族阶层,绝大多数民众仍然依靠步行出行,故而城市结构仍然是密集而紧凑的,城市半径在步行距离之内。

现代意义上最早的城市大容量公共交通是1819年在巴黎运行的公共马车,这是一种可载多人的大型马车,在固定线路上往返运行。任何人只要交付一定的资费,就可乘坐这种公共交通,市民出行十分方便。由于公共马车的实用性,其很快就在欧美一些主要城市得到推广。1827年,美国纽约运行了第一条改良后的公共马车线路,载客人数提高到12人。

随着城市规模的逐渐扩大,对公共交通运输能力的要求也不断提高,人们为了有效地利用牵引动力,在改良马车的同时,也对道路进行不断的改造,借鉴矿山的轨道运输线路发明了有轨马车,如图1-15所示。1832年,美国纽约市的曼哈顿街道上敷设了轨道并开始运行有轨公共马车(城市轨道交通的雏形)。这种有轨马车仅用2匹马就可以拉动载有40多名乘客的车厢,比普通马车的乘客多出2倍。



图 1-15 有轨马车

1785年,英国人瓦特改良了蒸汽机,带领人类进入了“蒸汽时代”。英国人理查德·特里维西克根据蒸汽汽车的工作原理,经过多年的探索、研究与改进,终于在1804年制造了一台单气缸和大飞轮的蒸汽机车,能够牵引5节车厢以8 km/h的速度在轨道上行驶,这就是在轨道上行驶的最早的机车。1825年,英国的斯托克顿与达林顿之间开设了世界上第一条营业铁路。从此,火车就以速度快、运载能力强逐渐在世界范围内得到了广泛的应用与快速的发展。

随着牵引动力的改革,铁路发展速度逐步加快,到第一次世界大战爆发前夕,全世界就已经修建铁路达110万 km左右。

电能的利用无疑是19世纪人类最伟大的创举,它为人们带来了全新的生活方式和巨大的社会财富。1879年,德国的西门子-哈尔斯克电报机制作所研制出了第一辆有轨电车。这是一辆通过第三轨供电的车,车上装有一台2.2 kW的电动机,可拉动3节载有18人的平板车厢。至今,无论是铁路系统还是城市轨道交通系统中,运营的绝大多数车辆都是由电力牵引的。电能的清洁、可再生的特点使其仍将是城市轨道交通未来的动力能源的主要选择。

技能训练

技能训练 1 探究身边的城市轨道交通系统

1. 训练目的

- (1) 了解城市轨道交通系统的组成及基础设备。
- (2) 熟悉所在城市的轨道交通系统。
- (3) 初步建立城市轨道交通系统框架，培养分析资料的能力及总结能力。

2. 训练材料

城市轨道交通相关教材、书籍、图片、视频资料及文件等。

3. 训练内容

- (1) 以小组为单位进行所在城市的轨道交通系统分析与探究。
- (2) 通过自主查找相关资料，分析该城市轨道交通系统的线路、类型、运营里程、客流量、车辆段及基础设备等情况，并填入表 1-1 中。

表 1-1 ××市轨道交通系统分析与探究

线路	类型	运营里程	客流量	车辆段	基础设备
.....

- (3) 以小组为单位总结研究结果，并形成书面报告，同时完成汇报 PPT。
- (4) 通过 PPT 或其他多媒体形式对研究结果进行汇报。

4. 注意事项

- (1) 本次训练以认知为主，可了解设备的一般功能。
- (2) 注意各系统类型及设备组成之间的区别与联系。

技能训练 2 各类城市轨道交通系统的比较

1. 训练目的

- (1) 熟悉不同类型城市轨道交通系统的技术特征及优缺点。
- (2) 了解不同类型城市轨道交通系统的实际应用情况。
- (3) 培养信息收集能力及竞争意识。

2. 训练材料

城市轨道交通相关教材、书籍、图片、视频资料及文件等。

3. 训练内容

- (1) 通过抽签分组，选定某一类城市轨道交通系统，以小组为单位进行各类城市轨道

交通系统的比较工作。

(2)通过自主查找相关资料，分析不同类型城市轨道交通系统的技术特征、适用线路类型、优缺点、应用情况等，并填入表 1-2 中。

表 1-2 不同类型城市轨道交通系统的比较

类型	技术特征	适用线路类型	优点	缺点	应用情况
.....

(3)以小组为单位总结研究结果，并形成书面报告，同时完成汇报 PPT。

(4)通过 PPT 或其他多媒体形式对研究结果进行汇报及展示。

4. 注意事项

(1)本次训练以认知为主，可了解不同系统类型的一般功能。

(2)注意各系统类型及设备组成之间的区别与联系。

项目小结

随着经济的不断发展和科技的不断进步，世界各国纷纷开始采用立体化的快速轨道交通来解决日益恶化的城市交通问题。经过 150 多年的发展，目前大城市逐步形成了以地铁为主体，多种城市轨道交通类型并存的现代城市轨道交通新格局。

本项目对城市及城市轨道交通进行了定义，对城市轨道交通的基础设备及特点进行了介绍。通过从国内和国外两个角度进行分析，阐述了城市轨道交通的发展历程，并针对典型城市进行了举例，以便于读者了解。

思考与练习

1. 什么是城市？什么是交通？
2. 简述城市轨道交通的定义。
3. 简述城市轨道交通的基础设备。
4. 城市轨道交通的特点有哪些？
5. 城市轨道交通与铁路交通有什么不同？
6. 城市轨道交通系统有哪些类型？

7. 简述轻轨与地铁的区别之处。
8. 我国城市轨道交通的发展分为哪几个阶段?
9. 简述国外城市轨道交通的发展过程。
10. 列举 3 个喜欢的城市, 并说明其城市轨道交通运营情况。

思政园地

交通强国建设试点批复, 城市轨道交通建设迎来又一挑战

交通运输是国民经济中基础性、先导性、战略性产业和重要的服务性行业, 是构建新发展格局的战略支撑, 是提升区域竞争力的重要途径。

建设交通强国是以习近平同志为核心的党中央立足国情、着眼全局、面向未来做出的重大战略决策, 是建设现代化经济体系的先行领域, 是全面建成社会主义现代化强国的重要支撑, 是新时代做好交通工作的总抓手。自《交通运输部关于开展交通强国建设试点工作的通知》印发以来, 交通运输部已批准三批共 67 家单位组织开展相关试点工作。

一、北京市开展京津冀轨道交通基础设施建设——城市轨道交通运营模式创新发展

1. 试点内容

完善城市轨道交通全网络运行图, 提升运载能力、运营效率和服务质量。优化城市轨道线路跨线、跨公司运营模式, 健全规划建设和管理协调机制。完善城市轨道交通分类分级安检, 推行“信用+”大客流快速安检新模式, 提高乘客进出站效率。研究推动既有轨道交通线路复线化改造, 提高运能。推动智慧城市轨道交通发展, 搭建多维度乘客服务平台, 实现“北斗+5G+空间数字化”等技术突破并推广应用。提升城市轨道交通安全运营能力, 健全轨道交通防汛应急处置机制, 完善应急处置预案, 研究轨道交通不同区域在不同汛情下采取相关措施的标准及操作规范。

2. 预期成果

通过 1~2 年时间, 城市轨道交通运营组织模式创新发展取得显著成效, 运能显著提升, 线路跨线运营模式取得突破, 一号线与八通线实现贯通运营。智慧轨道交通前期技术研发形成阶段性成果, 列车通信列控系统、环境主动感知系统与车内环境控制系统研发基本完成。

通过 3~5 年时间, 轨道路网行车组织模式更加成熟, 轨道交通运行效率、服务质量和经济效益明显提升。分级分类安检试行应用取得实效并逐步推广。轨道交通线路复线化改造工程研究有序推进, 基本完成东北环线黄土店至南口段复线化前期研究工作。轨道交通智慧化水平明显提升, 北斗、5G 等关键技术研发和装备应用取得显著成效, 智慧列车应用取得明显实施效果并逐步推广。在提升轨道运输服务、

优化轨道线路运营模式、实现分类分级安检、完善防汛应急处置机制、轨道交通安全运营、建设智慧轨道交通等方面取得一批可复制、可推广的先进经验和典型成果。

二、青岛市承接国家战略，提升城市能级——构建轨道交通全产业链发展格局

1. 青岛市轨道交通产业

轨道交通装备已成为我国高端制造领域自主创新程度最高、国际创新竞争力最强、产业带动效应最明显的产业之一，成为举世瞩目的“大国重器”和“国家名片”。

青岛轨道交通产业集群是国内最主要的高速列车生产基地之一，也是中国唯一集高铁地铁、整车生产、核心系统研发制造、国家创新平台于一体的产业集聚区。目前拥有包括中车四方股份、中车四方有限、四方庞巴迪等三大主机企业在内的产业链上下游企业 479 家，产品本地配套率超过 50%，产业带动全国各轨道交通地域经济 8 000 亿元以上。2021 年 3 月，青岛轨道交通装备产业集群成功入选工信部组织评选的全国先进制造业集群，这是对青岛轨道交通产业特色鲜明并极具发展优势的有力佐证。

2021 年 10 月 21 日，国家“十三五”科技创新成就展在北京展览馆开展，中车四方股份公司时速 600 公里高速磁浮列车在展览会上“实车”展出，作为重大标志性科技成果精彩亮相。2021 年 7 月 20 日，世界首套设计时速达 600 公里的高速磁浮交通系统在青岛成功下线。这一轨道交通的“新速度”，对于打造我国高端装备产业新引擎，形成轨道交通领跑新优势，抢占科技竞争制高点，加快构建现代化综合立体交通网，支撑“科技强国”“交通强国”战略具有重大而深远的意义。

不仅轨道交通装备领先，青岛地铁建设同样居国内前列。自 2015 年 12 月，3 号线北段通车以来，青岛地铁建设不断提速，线网规模高速拓展。截至 2021 年 10 月，青岛地铁通车线路已达 6 条，全长 246 公里，运营里程位列全国第 10 名；在建线路 5 条，里程 118 公里。2021 年 8 月，国家发改委原则同意青岛城市轨道交通第三期建设规划，共 7 个项目，线路规模 139 公里。三期建设规划的获批，使得青岛轨道交通获批里程达 503 公里，位列全国第 9 位。

2. 试点内容

资源禀赋优渥，发展后劲十足，在国内试点“打造一流轨道交通产业”，青岛自然责无旁贷。按照意见，该项试点任务由青岛市交通运输局，青岛轨道交通产业示范区管理委员会、国家高速列车(青岛)技术创新中心、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、青岛动车小镇投资集团有限公司承担。试点内容主要包括：深化轨道交通产业发展体制机制、投融资改革，探索“管委会公司”发展模式；开展高速动车、高速磁浮、核心系统及零部件等关键核心技术攻关，打造轨道交通科技创新平台和应用场景；探索产业发展新模式，构建轨道交通全产业链发展格局；加快轨道交通产业配套设施建设，打造共生共赢产业生态。

3. 试点建设目标

通过1~2年时间，轨道交通产业发展环境不断优化，基本建成高速磁浮实验中心和高速磁浮试制中心，轨道交通车辆系统集成建设取得重大进展，基本实现5G信号覆盖和重点场景应用；完成高速磁悬浮列车样车研制；轨道交通产业规模优势凸显，全产业链产值不断提升。

三、深圳市轨道交通建设——数智化转型助“轨道上的大湾区”全速前进

深圳前海，穗莞深城际机场至前海段项目建设正加速推进。这让深圳市民对城际联通充满期待：深大城际、深惠城际、大鹏支线等4条城际预计2021年内开工，深汕、深江铁路预计2021年底前开工，赣深铁路将于2021年底前开通运营。城市地面以下，17条地铁线路正加速建设，8号线二期车站封顶，12号线、14号线、6号线支线实现“隧洞通”，高效的城市轨道交通体系助力创新要素加速流动。

1. 建设目标

瞄准世界一流标准，深圳加快建设国家综合铁路枢纽、城际线路和城市轨道交通网络。截至2020年底，深圳城市轨道交通运营里程达411公里（不含有轨电车），总里程数居全国前五，2021年深圳17条地铁线路在建，在建里程达235公里；未来五年，深圳进入城际铁路建设高峰期，到2022年，深圳都市圈开工建设的城际铁路项目将达10个。

深圳全面构建大湾区交通互联互通网络，努力实现交通出行“内湾半小时、湾区一小时”。

2. 大湾区铁路系统建设

深圳将加快推进城市轨道交通网向周边城市延伸，加快建设城际轨道交通线网，更好地支撑深圳都市圈轨道交通一体化发展。同时，线路在深圳市内将实现公交化运营，加速推动深圳形成1小时乃至半小时都市经济圈。

城际铁路作为城市对外联系的重要通道，不仅对大湾区交通互联互通具有重要意义，还对扩大有效投资，促进经济社会发展具有重要影响。

未来五年，深圳将进入铁路建设高峰期。国铁方面，赣深铁路计划年内开通运营，深江铁路计划年底前全线开工建设；深汕铁路计划年内全线启动建设；城际铁路方面，深大城际深圳机场至坪山段、深惠城际大鹏支线、穗莞深城际前海至皇岗口岸段、深惠城际前海至坪地段预计在年内启动全线建设。

同时，深圳以城市发展为导向，以打造站城一体标杆为目标，规划新建西丽、机场东综合交通枢纽，推进深圳站、光明城站、坪山站改造提升，推进前海枢纽升级。

3. 数字化城市轨道交通线路建设

到2025年，深圳城市轨道交通通车里程将达640公里。

深圳积极推动公共交通建设的技术创新。2021年以来，深圳4个地铁项目入围全国(国际)竞赛决赛，7个地铁科研项目被列入深圳市工程建设领域科技计划。“基于装备创新与大数据分析的盾构自动化掘进技术”项目入围第三届中国城市轨道交通科技创新创业大赛全国总决赛。“基于5G地铁施工主动安全智慧管控”项目入围第四届“绽放杯”5G应用大赛全国决赛。

深圳聚焦交通创新标准制定，助推智慧城市建设。2021年6月19日，“深圳市轨道交通工程全生命周期BIM技术应用综合平台”，在亚太经合组织(APEC)公共交通科技创新竞赛中获得一等奖。

2021年9月30日起，《城市轨道交通工程信息模型表达及交付标准》(SJG 101—2021)和《城市轨道交通工程信息模型分类和编码标准》(SJG 102—2021)两项标准升级为地方标准并正式生效实施。这是深圳在轨道交通领域首次发布的BIM标准。据了解，BIM标准已在深圳市轨道交通在建的24个重大项目、近400个工点、240余家参建单位中推行使用，为数字资产提供基础规范，全面支撑深圳的地铁BIM应用。

数智化转型，助力轨道交通项目高质量建设。深圳地铁以打造智慧城轨企业为愿景，推行“安全一张网”“建设一张图”“运行一张表”“服务一条线”“管理一块屏”的数字化决策管控模式。