

国家双高“铁道机车专业群”系列 活页工作手册式立体化教材
——城市轨道交通应用技术专业

城市轨道交通车辆

主 编 ◎ 杨培义 王若飞 曹治超

副主编 ◎ 刘峻峰 张明康 韩增盛

主 审 ◎ 吴帅杰

西南交通大学出版社

· 成 都 ·



城市交通系统是城市最为重要的基础设施之一，城市内人员的流动、物资的运输都依靠城市交通来完成，城市交通体系是城市面貌与活力的直接展示，体现了城市的承载能力，关系着城市的环境，进而影响着城市的可持续发展；而城市公共交通是城市交通系统的重要组成部分，绝大多数居民的出行依靠公共交通，城市公共交通是维持城市居民工作、学习和生活正常秩序的重要保障。

随着我国经济的快速发展，大量人口涌入城市，而城市的道路交通建设长期跟不上城市经济发展和人口增长的需要，制约了城市经济发展和居民的正常活动，成为困扰我国城市发展的一个难题。如何解决城市公共交通的这一难题呢？国外已有成功的经验，就是以轨道交通作为骨干，以其他交通方式为辅佐，形成一个包括地上、地面和地下多种交通模式相结合的可持续发展的现代化公共交通网络，这也是我国城市交通发展的必由之路，具有积极的战略意义。

近年来，城市轨道交通发展非常迅速。截至 2022 年 11 月，全国 31 个省（自治区、直辖市）和新疆生产建设兵团共有 52 个城市开通运营城市轨道交通线路 285 条，运营里程 9357 千米。国内城市轨道交通建设将进一步提速，未来发展空间大，前景十分广阔。

城市轨道交通车辆是城市轨道交通体系中最重要，也是最关键的设备，它是集多专业先进技术于一体的综合性产品，涉及机械、电气及控制、材料等领域。本教材取材于上海、广州、郑州等地铁的城市轨道交通车辆，主要介绍了具有代表性的结构、原理，既有原装进口车辆，也有国产化车辆，体现了现今城市轨道交通车辆的技术水平。

教材结合职业院校技能型人才培养的特点、职业技能等级证书相关标准、全国职业技能大赛相关技术规程，介绍了城市轨道交通车辆专业学生必须掌握的专业基础知识以及运用和检修的重点，内容简洁、图文并茂、易于理解。

本教材的编写定位于高职高专学生未来工作环境和能力、岗位需求，采用项目化教学，典型任务分解，既让学生掌握城轨车辆机械部结构名称和作用原理，又能贴近车辆生产现场实际应用。

本书为校企合作的新形态教材，由郑州铁路职业技术学院、郑州地铁集团有限公司联合编写，配套有数字资源。郑州铁路职业技术学院杨培义、王若飞，郑州地铁集团有限公司运营分公司曹治超任主编，郑州铁路职业技术学院刘峻峰、张明康、韩增盛任副主编。其中理论部分项目四和项目六由杨培义编写，项目二和项目五由王若飞编写，项目一和附录 B 由张明康编写，项目七和附录 A 由刘峻峰编写，项目三由韩增盛编写，项目八由曹治超编写。实训部分包括四个任务，全部由杨培义编写。郑州地铁集团有限公司运营分公司车辆中心主任吴帅杰主审。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2022 年 10 月



| 序号 | 资源名称 | 资源类型 | 页码 | 资源位置 |
|----|---------------------------|------|-----|--------|
| 1 | 城市轨道交通的发展 | 微课视频 | 003 | 项目一任务一 |
| 2 | 城市轨道交通的类型 | 微课视频 | 009 | 项目一任务二 |
| 3 | 新型城市轨道交通 | 微课视频 | 015 | 项目一任务三 |
| 4 | 城轨车辆的组成 | 微课视频 | 023 | 项目二任务一 |
| 5 | 城市轨道交通车辆技术参数 | 微课视频 | 025 | 项目二任务三 |
| 6 | 限界 | 微课视频 | 027 | 项目二任务四 |
| 7 | 转向架总体认知 | 微课视频 | 054 | 项目四任务一 |
| 8 | 轮对轴箱装置——轮对 | 微课视频 | 059 | 项目四任务三 |
| 9 | 轴承轴箱装置 | 微课视频 | 061 | 项目四任务三 |
| 10 | 弹簧减振装置 | 微课视频 | 066 | 项目四任务四 |
| 11 | 空气弹簧 | 微课视频 | 069 | 项目四任务四 |
| 12 | 牵引连接装置 | 微课视频 | 075 | 项目四任务五 |
| 13 | 客室车门常见类型 | 微课视频 | 096 | 项目五任务一 |
| 14 | 其他类型车门 | 微课视频 | 098 | 项目五任务一 |
| 15 | 车钩缓冲装置概述 | 微课视频 | 112 | 项目六任务一 |
| 16 | 车钩 | 微课视频 | 114 | 项目六任务二 |
| 17 | 车辆设备及其布置 | 微课视频 | 134 | 项目七任务二 |
| 18 | 1+X城市轨道交通乘务职业技能等级标准及其考核内容 | 微课视频 | 227 | 附录 A |



上篇 理论篇

| | |
|-------------------------------|----|
| 项目一 城市轨道交通概要 | 3 |
| 任务一 城市轨道交通的发展 | 3 |
| 任务二 城市轨道交通的类型 | 9 |
| 任务三 新型城市轨道交通系统 | 15 |
| 项目二 城市轨道交通车辆基本知识 | 22 |
| 任务一 城市轨道交通车辆的类型、组成 | 22 |
| 任务二 城市轨道交通车辆的编组及标识 | 24 |
| 任务三 城市轨道交通车辆技术参数 | 25 |
| 任务四 地铁、轻轨车辆限界 | 26 |
| 项目三 城市轨道交通车辆车体 | 33 |
| 任务一 车体概述 | 33 |
| 任务二 铝合金车体 | 37 |
| 任务三 不锈钢车体 | 42 |
| 任务四 车体的模块化结构 | 45 |
| 任务五 车体试验及材料 | 47 |
| 项目四 城市轨道交通车辆转向架 | 54 |
| 任务一 转向架总体认知 | 54 |
| 任务二 构架 | 57 |
| 任务三 轮对轴箱装置 | 58 |
| 任务四 弹簧减振装置 | 66 |
| 任务五 牵引连接装置 | 75 |
| 任务六 驱动和传动装置 | 78 |

| | | |
|------------------------------|------------------------------------------|------------|
| 任务七 | 基础制动装置 | 83 |
| 任务八 | 地铁车辆转向架 | 86 |
| 项目五 | 城市轨道交通车辆车门 | 95 |
| 任务一 | 车门概述 | 95 |
| 任务二 | 客室车门控制 | 100 |
| 任务三 | 车门故障的检测及处理 | 107 |
| 项目六 | 车辆连接装置 | 112 |
| 任务一 | 车钩缓冲装置概述 | 112 |
| 任务二 | 车 钩 | 114 |
| 任务三 | 缓冲装置 | 120 |
| 任务四 | 附属装置 | 125 |
| 任务五 | 贯通道及渡板 | 127 |
| 项目七 | 车辆设备及其布置 | 132 |
| 任务一 | 概 述 | 132 |
| 任务二 | 车顶设备 | 134 |
| 任务三 | 车底设备 | 146 |
| 任务四 | 车内设备 | 152 |
| 项目八 | 噪声及其防护 | 160 |
| 任务一 | 概 述 | 160 |
| 任务二 | 噪声的评价指标 | 164 |
| 任务三 | 控制与降低噪声的措施 | 166 |
| 下 篇 实 训 篇 | | |
| 任务一 | 受电弓外观检查 | 173 |
| 任务二 | 客室车门整体外观检查 | 184 |
| 任务三 | 转向架部件外观检查、测量 | 196 |
| 任务四 | 整车车侧、车内设备检查 | 207 |
| 附录 A | 1+X 城市轨道交通乘务职业技能等级标准 | 227 |
| 附录 B | 1+X 城市轨道交通车辆维护与保养和轨道交通车辆 机械维护职业技能等级标准 | 268 |
| 参考文献 | | 288 |

上

篇



理论篇

项目一 城市轨道交通概要 ▶▶▶

项目概述

现代城市客运交通的主要任务是为城市居民提供高效、优质的客运服务。城市客运交通包括公共交通和非公共交通两大部分。城市公共交通是城市客运交通的主体，包括城市中提供给公众使用的各种交通工具，如公共汽车、电车、轮渡、地铁、轻轨、出租汽车以及缆车、索道等，非公共交通主要包括自行车、私人汽车、社会团体汽车、公务车和其他私人交通工具，它是城市客运交通的一种辅助方式。随着我国城市化进程的稳步推进，城市轨道交通（简称城轨）在公共交通系统中的地位与作用越来越重要，逐步成为城市公共交通的骨干。

关于城市轨道交通的概念并无统一标准，其表述也在不断变化。《城市公共交通分类标准》（CJJ/T114—2007）将城市轨道交通定义为：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，设置全封闭或半封闭的专业轨道线路，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。

《城市轨道交通技术规范》和《城市轨道交通运营管理规范》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、自导向轨道系统和市域快速轨道系统等。

能力目标

- （1）了解国内外城市轨道交通的发展历程。
- （2）掌握城市轨道交通的类型及各种类型的特点。

任务一 城市轨道交通的发展



微课：城市轨道交通的发展

任务介绍

通过本任务的学习，掌握国内外城市轨道交通的发展历程。

问题引导

- （1）你知道世界上第一条地铁是什么时候修建的吗？
- （2）你知道我国最早修建地铁的是哪个城市吗？

一、全球城市轨道交通的发展

1. 初步发展阶段（1863—1924）

1860年，英国伦敦开始修建地铁，三年后建成通车，线路长6.4 km，世界第一条地下铁路诞生，用蒸汽机车牵引（见图1-1）。1874年英国伦敦首次采用盾构法施工，1890年首次采用电力机车牵引，大大改善了地下铁道的运行环境。自此以后，英国伦敦和格拉斯哥、美国纽约和波士顿、匈牙利布达佩斯、奥地利维也纳及法国巴黎等城市先后建成地铁，城市轨道交通进入了连续发展时期。这一阶段，欧美的城市轨道交通发展较快。

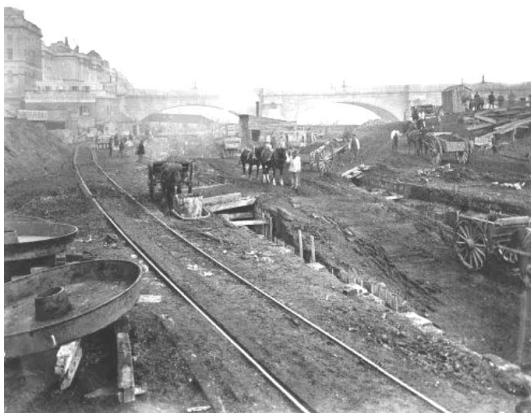


图 1-1 伦敦地铁开工建设

2. 停滞萎缩阶段（1924—1949）

这一阶段由于战争以及汽车工业的发展，造成城市轨道交通发展陷入停滞萎缩阶段。汽车驾驶的灵活、便捷，使汽车工业得到了快速发展。城市轨道交通因投资大、建设周期长和运营成本高，曾一度处于停滞状态。这一阶段世界上只有5个国家发展了城市地铁，有轨电车的发展也停滞不前，部分线路还被拆除。

3. 再发展阶段（1949—1969）

这一阶段世界各国经济开始进入飞速发展时期，汽车工业发展迅速，汽车的过度增加使城市道路异常堵塞，行车速度下降，严重时还会造成交通瘫痪。另外，不断增大的石油资源消耗造成空气污染。人们又开始意识到，缓解城市客运交通问题必须依靠占地少、污染少、运力大的城市轨道交通。这一阶段很多国家的城市修建了地铁，范围也从欧洲国家扩展到亚洲国家。我们国家的第一条地铁线路——北京地铁1号线也是在这一阶段修建的。

4. 高速发展阶段（1969至今）

随着各国城市化进程的不断加快，人口高度集中、客流量不断攀升、道路交通压力增大，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。这一阶段，城市轨道交通的发展遍及世界各地，从欧洲、美洲、亚洲扩展到澳洲，从发达国家扩展到发展中国家。此外，还出现了多种其他形式的城市轨道交通，如自动导向交通系统、磁悬浮列车等。

二、国内轨道交通的发展

1969年10月，北京地铁1号线试运行，成为国内第一条地铁线路。发展至今，国内城市轨道交通（不含港澳台地区，下同）大致分为5个阶段：

1. 战备目的为主的起步阶段（1949—1978）

这一阶段，城市轨道交通的建设主要以战备目的为主，由中央政府主导建设。1953年，北京市委首次提出修建地铁。1965年，北京地铁一期建设正式开工（见图1-2）。1969年10月1日，北京地铁一期建成通车。



图 1-2 北京地铁 1 号线开工典礼

在起步阶段，除建设了北京地铁一期工程外，还有天津地铁一期工程在开工建设。1970年6月5日，天津地铁正式破土动工。1976年1月，天津轨道交通1号线新华路至海光寺段3.6 km 试通车，成为继北京之后第二条建成的地铁。由于国家当时实行停缓建政策以及唐山大地震的影响，工程被迫停建（后于1981年工程重新启动）。

2. 曲折发展阶段（1978—2003）

这一阶段从改革开放开始实行到2003年国务院办公厅《关于加强城市快速轨道交通建设管理的通知》（国办发〔2003〕81号）发布。随着改革开放的逐步深入和城市化进程加快，大城市交通需求剧增，导致城市道路交通功能能力严重不足，供需矛盾突出，制约了城市经济社会的发展。为满足城市发展需要，缓解道路交通紧张状况，政府加大了城市交通技术设施建设投入力度，强调轨道交通对解决城市交通问题和引导城市发展的重要性。1993年，上海地铁1号线运营，上海市成为我国第三个开通地铁运营的城市（见图1-3）。



图 1-3 上海地铁 1 号线开通运营

受当时经济发展水平和国家财力状况影响，为了避免全国出现地铁建设一哄而上的局面，1995 年 12 月，国务院办公厅发布《关于暂停审批城市地下快速轨道交通项目的通知》（国办发〔1995〕60 号），提出必须严格控制城市快速轨道交通的发展，除北京、广州和上海外，其余城市暂停建设。2002 年 10 月，国务院冻结了各城市地铁立项，国内城市轨道交通的发展经历了一段曲折过程。这一阶段，北京、上海、广州、大连、长春等城市轨道交通相继建成，但基本以单线为主。

3. 规范发展阶段（2003—2008）

这一阶段从 2003 年国办发 81 号文件发布到 2008 年全球金融危机。根据 2003 年 9 月国务院办公厅通知要求，对城市轨道交通的建设进行严格控制，人口规模、交通需求和经济水平成为衡量一个城市能否建设轨道交通的三大基本要素，缺一不可，确立了“量力而行、规范管理、稳步发展”的建设方针，明确提出项目申报要报国务院批准。在此阶段，北京、上海、天津相继开辟了城市轨道交通新线运营，深圳、武汉、南京、重庆等城市轨道交通相继首次开通。

4. 快速发展阶段（2008—2018）

该阶段是我国城市轨道交通发展的黄金时期，我国城市轨道交通进入快速发展的新时期，城市轨道交通运营规模、客运量、在建线路长度均创历史新高，城市轨道交通系统制式结构更加多元化。这一阶段，除已开通轨道交通运营城市继续开辟新线外，许多城市首次开通轨道交通运营，如沈阳、成都、佛山、西安、苏州、杭州、昆明、哈尔滨、郑州、长沙、宁波、无锡、青岛、兰州、南昌、福州、东莞、南宁、合肥、石家庄、珠海、贵阳、厦门、乌鲁木齐等。

5. 有序发展阶段（2018 至今）

2018 年 6 月，国务院发布《关于进一步加强城市轨道交通规划建设管理的意见》（国办发〔2018〕52 号），强调要坚持“量力而行，有序推进；因地制宜，经济适用；衔接协调；集约高效；严控风险，持续发展”的原则，标志着国内城市轨道交通行业步入有序发展阶段。

截至 2021 年底，我国大陆地区（不含港澳台）共有 50 个城市开通运营城市轨道交通线路 283 条，运营里程共计 9206.8 km，其中上海、北京、广州、成都、武汉、杭州等城市轨道交通运营线路里程位居前列（见表 1-1）。

表 1-1 国内城市轨道交通运营线路规模统计汇总（截至 2021 年年底）

| 城市 | 运营线路 长度/km | 各系统制式线路长度/km | | | | | | | | |
|-----|---------------|--------------|-------|------|----------|----------|----------|-------------|--------------|-------------|
| | | 地铁 | 轻轨 | 单轨 | 市域 快轨 | 有轨 电车 | 磁浮 交通 | 自导向轨 道系统 | 电子导向 胶轮系统 | 导轨式胶 轮系统 |
| 北京 | 856.2 | 709.9 | — | — | 115.3 | 20.8 | 10.2 | — | — | — |
| 上海 | 936.2 | 795.4 | — | — | 56.0 | 49.4 | 29.1 | 6.3 | — | — |
| 天津 | 271.9 | 211.8 | 52.2 | — | — | 7.9 | — | — | — | — |
| 重庆 | 384.9 | 271.0 | — | 98.5 | — | — | — | — | — | 15.4 |
| 广州 | 589.9 | 505.7 | — | — | 58.3 | 22.0 | — | 3.9 | — | — |
| 深圳 | 431.0 | 419.3 | — | — | — | 11.7 | — | — | — | — |
| 武汉 | 484.4 | 435.3 | — | — | — | 49.1 | — | — | — | — |
| 南京 | 443.3 | 182.2 | — | — | 244.4 | 16.7 | — | — | — | — |
| 沈阳 | 216.7 | 114.1 | — | — | — | 102.6 | — | — | — | — |
| 长春 | 124.2 | 43.0 | 63.7 | — | — | 17.5 | — | — | — | — |
| 大连 | 224.4 | 54.1 | 103.8 | — | — | 23.4 | — | — | — | — |
| 成都 | 652.0 | 518.5 | — | — | 94.2 | 39.3 | — | — | — | — |
| 西安 | 252.6 | 252.6 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 哈尔滨 | 78.1 | 78.1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 苏州 | 254.2 | 210.0 | — | — | — | 44.2 | — | — | — | — |
| 郑州 | 248.9 | 205.9 | — | — | 43 | — | — | — | — | — |
| 昆明 | 139.4 | 139.4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 杭州 | 342.0 | 342.0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 佛山 | 69.9 | 53.9 | — | — | — | 16.0 | — | — | — | — |
| 长沙 | 161.6 | 143.0 | — | — | — | — | 18.6 | — | — | — |
| 宁波 | 182.3 | 160.8 | — | — | 21.5 | — | — | — | — | — |
| 无锡 | 110.8 | 110.8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 南昌 | 128.5 | 128.5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 兰州 | 86.5 | 25.5 | — | — | 61.0 | — | — | — | — | — |
| 青岛 | 293.1 | 110.0 | — | — | 174.3 | 8.8 | — | — | — | — |
| 淮安 | 20.1 | — | — | — | — | 20.1 | — | — | — | — |
| 福州 | 58.4 | 58.4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 东莞 | 37.8 | 37.8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 南宁 | 128.2 | 128.2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 合肥 | 153.6 | 153.6 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 石家庄 | 74.3 | 74.3 | — | — | — | — | — | — | — | — |

续表

| 城市 | 运营线路长度/km | 各系统制式线路长度/km | | | | | | | | |
|------|-----------|--------------|-------|-------|--------|-------|------|---------|----------|---------|
| | | 地铁 | 轻轨 | 单轨 | 市域快轨 | 有轨电车 | 磁浮交通 | 自导向轨道系统 | 电子导向胶轮系统 | 导轨式胶轮系统 |
| 贵阳 | 74.4 | 74.4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 厦门 | 98.4 | 98.4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 珠海 | 8.8 | — | — | — | — | 8.8 | — | — | — | — |
| 乌鲁木齐 | 26.8 | 26.8 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 温州 | 53.5 | — | — | — | 53.5 | — | — | — | — | — |
| 济南 | 84.1 | 84.1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 常州 | 54.0 | 54.0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 徐州 | 64.1 | 64.1 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 呼和浩特 | 49.0 | 49.0 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 天水 | 12.9 | — | — | — | — | 12.9 | — | — | — | — |
| 三亚 | 8.4 | — | — | — | — | 8.4 | — | — | — | — |
| 太原 | 23.3 | 23.3 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 株洲 | 17.0 | — | — | — | — | — | — | — | 17.0 | — |
| 宜宾 | 17.7 | — | — | — | — | — | — | — | 17.7 | — |
| 洛阳 | 42.5 | 42.5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 嘉兴 | 56.9 | — | — | — | 46.3 | 10.6 | — | — | — | — |
| 绍兴 | 20.3 | 20.3 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 文山州 | 13.4 | — | — | — | — | — | 13.4 | — | — | — |
| 芜湖 | 46.2 | — | — | 46.2 | — | — | — | — | — | — |
| 合计 | 9206.8 | 7209.7 | 219.7 | 144.6 | 1011.0 | 503.6 | 57.9 | 10.2 | 34.7 | 15.4 |

从运营线路制式上看,截至 2021 年年底全国城市轨道交通运营线路包含 9 种制式。其中,地铁 7209.7 km,占比 78.31%;轻轨 219.7 km,占比 2.39%;跨座式单轨 144.6 km,占比 1.57%;市域快轨 1011 km,占比 10.98%;有轨电车 503.6 km,占比 5.47%;磁浮交通 57.9 km,占比 0.63%;自导向轨道系统 10.2 km,占比 0.11%;电子导向胶轮系统 34.7 km,占比 0.38%;导轨式胶轮系统 15.4 km,占比 0.16%,无悬挂式单轨。各城市城轨交通制式结构情况如图 1-4 所示。

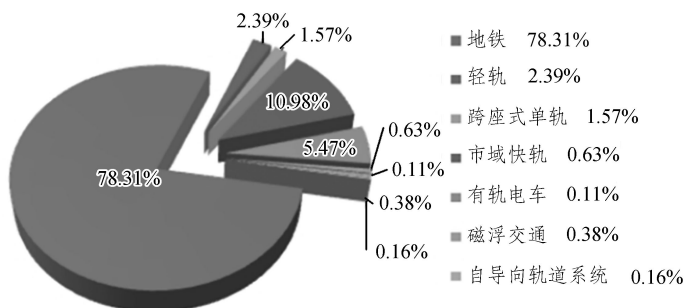


图 1-4 2021 年城市轨道交通运营线路制式结构

任务二 城市轨道交通的类型



微课：城市轨道交通的类型

任务介绍

通过本任务的学习，掌握城市轨道交通的类型及各种类型具备的特点。

问题引导

- (1) 说出我国城市轨道交通目前主要有哪几种制式。
- (2) 结合案例分析城市在选择轨道交通类型时主要考虑哪些因素。

知识素材

依据《城市公共交通分类标准》(CJJ/T 114—2007)，城市轨道交通主要有地铁系统、轻轨系统、有轨电车、单轨系统、磁浮系统、自动导向轨道系统和市域快速轨道系统 7 种制式。城市轨道交通的不同制式具有各自的特点和适用性，制式的选择要与功能定位和环境条件相适应。本小节主要介绍常见的几种城市轨道交通形式。

一、地铁系统

“地铁系统”是“地下铁道交通系统”的简称 (Metro、underground railway 或 subway)，指在城市中修建的快速、大运量、以电力牵引、采用钢轮钢轨的轨道交通系统。它的线路通常设在地下隧道内 (见图 1-5)，也有的在城市中心以外地区从地下转到地面或高架桥上。城市地铁一般采用双线运行，正线最大坡度一般为 3‰，最小曲线半径一般为 300~400 m，轨道较多采用焊接长钢轨，混凝土整体道床。



图 1-5 北京地铁

地铁有以下特征：

(1) 全部或大部分线路建于地面以下。国外许多城市的地铁在市中心区时车站和区间线路均设于地下，当线路延伸到近郊时，常采用高架或路堤，以节约线路建设的投资。

(2) 建设费用大、周期长、成本回收慢。新建地铁线路投资一般在每千米 3000 ~ 10 000 万美元以上；一般建造一条地铁线路需 10 ~ 15 年，成本回收需 20 ~ 30 年。

(3) 行车密度大、速度高。由于线路全隔离全封闭，可以实现行车调度、信号控制的自动化，行车间隔最短达 2 min 甚至 1.5 min，车辆最高运行速度达 80 km/h 以上，旅行速度不低于 35 km/h。

(4) 客运量大。单向每小时最大客运量可达 3 万 ~ 8 万人次，这对于大城市中心区高峰期乘客的疏通十分有效。

(5) 地铁列车的编组数取决于客运量和站台的长度，一般为 4 ~ 8 辆。站台长度一般为 100 ~ 200 m，站间距一般为 0.5 ~ 1.5 km。车辆按有、无动力装置可分为动车与拖车，一般列车采用动车与拖车混合编组的动车组，并为电力驱动。

(6) 地铁车辆的基本类型为 A 型车、B 型车、C 型车三种，每种车型的车辆宽度、长度、轴重都不一样，不同地铁车型的主要技术参数见表 1-2。

(7) 地铁车辆对消音减振和防火均有严格要求，既安全又舒适。

(8) 受电的制式主要有直流 750 V 第三轨受电或直流 1500 V 架空线受电弓受电。对于发车频率高、列车取用电流大的线路，受电额定电压一般采用 1500 V，以利于减少线路电压降和电能损失，加大牵引变电站的距离，提高列车再生制动的电能回收率。

地铁具有运量大、速度快、正点率高、安全舒适等特点，适用于客流密集、大中城市中心区域的骨干线路。

表 1-2 不同地铁车型的主要技术参数

| 技术参数 | 主要技术参数 | | |
|--------------|------------------------------|-----------|-----------|
| | A 型车 | B 型车 | C 型车 |
| 车辆基本宽度/m | 3.0 | 2.8 | 2.6 |
| 车辆基本长度/m | 21 ~ 24 | 19 ~ 21 | 16 ~ 19 |
| 车辆轴重/kN | 160 | 140 | 130 |
| 列车编组 | 4 ~ 8 | | |
| 列车长度/m | 100 ~ 190 | 80 ~ 160 | 70 ~ 140 |
| 线路类型 | 地下隧道、高架及地面，全封闭 | | |
| 最小运行半径/m | ≥300 | ≥250 | ≥100 |
| 客运能力/(万人次/h) | 4.5 ~ 7.0 | 2.5 ~ 5.0 | 2.5 ~ 4.0 |
| 受电制式 | DC 1500 V/750 V 接触网或第三轨受流 | | |
| 运行速度/(km/h) | 最大运行速度：≥90 平均运行速度：≥35 | | |

二、轻轨系统

轻轨系统是一种中运量的轨道交通系统，采用钢轮钢轨体系，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或与地铁接轨，如图 1-6 所示。



图 1-6 大连轻轨

城市轻轨交通有以下特征：

(1) 它是以钢轮和钢轨为车辆提供走行的一种交通方式，车辆以电力提供牵引动力，可以采用直流、交流或线性电机驱动。

(2) 轻轨的建设费用要比地铁少得多，通常每千米线路造价仅为地铁的 1/5 ~ 1/2。

(3) 轻轨交通的每小时单向运输能力一般为 2 万 ~ 4 万人次，它介于地铁和公共汽车（每小时 4 千 ~ 8 千人次）之间，属于中等运能的一种公共交通形式。

(4) 轻轨线路可以为地面、地下和高架混合型，一般与地面道路完全隔离，采用半封闭或全封闭专用车道。在通过交叉路口处，采用立体交叉形式，保证车辆以较高速度运行。

(5) 轻轨车辆有单节 4 轴车、双节单铰 6 轴车和 3 节双铰 8 轴车等，如图 1-7 所示。每组车可以单节运行，也可以连挂编列。车辆能够通过小半径曲线（ $R = 50 \text{ m}$ ）和大坡度（60‰ ~ 70‰）地段。

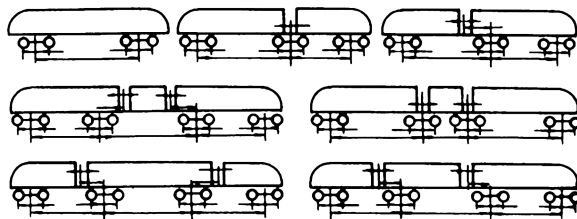


图 1-7 几种基本的轻轨牵引单元组成形式

(6) 轻轨交通对车辆和线路的消音和减振有较高要求。采用弹性车轮、空气弹簧、自导向和迫导向径向转向架等措施，以减轻列车运行和通过曲线的噪声。采用无缝长钢轨线路，弹性钢轨扣件和路基弹性层，达到减少噪声和振动的传递。必要时在轨道两侧设置隔音挡板。国外对轻轨车辆的噪声控制范围：车内噪声范围为 67 ~ 75 dB，车速达到 50 km/h 时，距离车辆 7.5 m 处噪声应为 76 ~ 80 dB。

(7) 电压制式以直流 750 V、架空线（或第三轨）供电为主，也有部分采用直流 1500 V 和直流 600 V 供电。

(8) 轻轨车站分为地面、高架和地下三种形式，需根据线路位置、地形条件、行车组织

要求和乘客流量来决定车站的形式和规模。车站的站台长度应按列车长度和停车误差 ($\pm 2\text{ m}$) 而定, 站台长度应不小于远期设计列车长度加 4 m , 一般为 $60\sim 100\text{ m}$ 。

轻轨系统既免除了地铁的昂贵投资, 又具有中运量、速度快、准时等特点, 从我国国情来看, 选择轻轨作为中等城市公共交通的主要发展对象是适当的和势在必行的。截至 2019 年年底, 国内仅有天津、武汉、大连、长春 4 个城市的轻轨系统开通运营, 轻轨系统具有广阔的发展前景。

三、有轨电车

有轨电车是由电力牵引、轮轨导向、单车或两辆铰接或多辆铰接运行在城市道路路面上, 车辆与其他地面交通混合运行的低运量的城市轨道交通系统, 如图 1-8 所示。



图 1-8 大连有轨电车

有轨电车有以下特征:

- (1) 有轨电车与地面其他交通混合运行, 遵守地面交通信号灯。
- (2) 小运量。单方向高峰每小时客运量在 1 万人次以内的低运量轨道交通系统。
- (3) 速度慢、通行能力低。由于路权混用, 易与地面交通工具发生冲突而引起交通堵塞, 隔离程度和安全性较差, 准时性较差。

(4) 车辆多为低地板车辆, 地板面高度小于或等于 350 mm , 单线运行为主, 运行速度低。

有轨电车不享有专用路权, 适用于低运量、中小城市的线路。1899 年, 中国第一条有轨电车在北京建成通车, 随后上海、沈阳、哈尔滨、长春、大连等城市相继修建了有轨电车, 到 20 世纪 50 年代末, 国内很多大中城市纷纷拆除有轨电车, 仅剩长春、大连等没有完全拆除。目前, 国内很多大中城市除考虑修建地下线路外, 也有部分城市重新把注意力转移到地面轨道交通, 截至 2019 年年底, 国内有北京、天津、上海、广州、大连、长春等 10 多个城市的有轨电车正常运营。

四、单轨系统

单轨系统是以单一轨道来支撑或悬挂车厢并提供导向作用而运行的轨道交通系统, 又称为独轨系统。单轨系统是一种车辆与特制轨道梁组合成一体运行的中运量轨道运输系统, 轨道梁不仅是车辆的承重结构, 同时是车辆运行的导向轨道。

单轨系统采用高架轨道结构，按结构形式主要分为两种：一种是走行装置（转向架）跨骑在轨道梁上运行的方式，其车体重心处于走行轨道的上方，称为跨座式单轨系统（见图 1-9）；另一种是车体悬挂在可在轨道梁上行走的走行装置（转向架）下，其车辆中心位于轨道的下方，称为悬挂式单轨系统（见图 1-10）。



图 1-9 跨座式单轨



图 1-10 悬挂式单轨

单轨系统有以下特征：

(1) 占地面积少、空间利用率高。单轨铁路线路占地小，线路支柱占地宽度仅 1~1.5 m，因此可充分利用城市空间，适宜于在大城市的繁华中心区建线，对城市的景观及日照影响较小。

(2) 建设成本低。由于单轨线路构造较简单，建设费用较低，仅为地铁的 1/3 左右。

(3) 能适应复杂地形要求。能够实现大坡度（60‰）和小曲线半径（50 m）运行，可绕行城市的建筑物。

(4) 为降低线路和站台的建设费用，一般采用轻型车辆，列车编组为 4~6 辆。

(5) 单轨铁路车辆的走行装置采用空气弹簧和橡胶轮结构，并采用电力驱动，故运行噪声低，无废气，乘坐舒适。

(6) 单轨铁路架于空中，视野宽广，具有交通和旅游观光的双重作用。

(7) 运能较小。一般每小时单向最大客运量为 1 万~2 万人次。

(8) 道岔结构复杂、笨重、转换时间较长，从而延长了列车折返时间，且单轨线路不能与常规的地铁、轻轨等接轨，一旦发生事故救援比较困难。

20 世纪英国建造运营了第一列由蒸汽机车牵引的独轨旅客列车。1880 年，法国 Charle Larligue 设计了用于旅客运输的跨座式独轨铁路，采用蒸汽机车，最高速度为 43 km/h。德国在 1903 年修建了 13 km 长的悬挂式独轨铁路，至今仍在继续使用。20 世纪 50 年代后期，单轨铁路在许多国家得到较大的发展，日本、美国、瑞典、意大利等国都建造了单轨铁路，一般线路长度约 10 km，主要用于城市繁忙地段和游览观光。特别是日本，自 1955 年以来，一直将单轨铁路作为发展城市公共交通的有力手段，先后在多个城市展开建设，其第一条单轨铁路在 1964 年建成通车，自东京的中心区滨松町至羽田机场，总长 13 km，设 6 个车站。之后，日本在近 30 年的时间里开发了多种单轨铁路，在世界城轨交通中独树一帜。

2005 年，重庆轨道交通 2 号线（跨座式单轨）建成通车，成为国内首个开通单轨运营的城市。发展至今，国内只有重庆（重庆轨道交通 2、3 号线）、芜湖（见图 1-11）拥有单轨系统，可见单轨系统应用范围有限。



图 1-11 芜湖单轨系统

五、市域快轨系统

市域快速轨道系统是一种主要服务于城市郊区和周边新城、城镇与中心城区联系，并具有通勤客运服务功能的中、长距离的大运量城市轨道交通系统，简称市域快轨（见图 1-12）。市域快轨兼具城际、城市轨道交通双重属性，服务范围一般为大城市、特大城市、超大城市中心城区及其周边新城、城镇等与中心城区经济、人口交流紧密的地区，以及与城市联系密切的各城镇地区。



图 1-12 市域快轨系统

市域快轨系统有以下特点：

- (1) 市域快轨列车主要在地面或高架桥上运行，必要时也可采用隧道。
- (2) 运量大。市域快轨系统是一种大运量的轨道交通系统，一般不采用高峰小时客运量的概念，每日最大客运能力可达 50 万 ~ 80 万人次。

(3) 适用于城市群、城际之间的中长距离的客运交通，线路较长，站间距较大，一般选用最高运行速度在 120 km/h 以上的快速专用车辆。

(4) 牵引动力因地制宜，可选用电气化铁路 AC 25 kV 或城市轨道交通 DC 1500 V 的供电方式。

从当前适用情况看，国内市域快速轨道交通系统有的属于国家铁路范畴，列车采用铁路动车组；有的属于城市轨道交通，如广州地铁、上海轨道交通 16 号线等。截至 2021 年年底，国内有北京、上海、广州、南京、成都、郑州、兰州、青岛等城市的市域快轨系统开通运营。

城市轨道交通的不同制式具有各自的特点和适用性，制式的选择应与功能定位、城市环境相适应。



微课：新型城市轨道交通

任务三 新型城市轨道交通系统

任务介绍

通过本任务的学习，掌握新型城市轨道交通系统的种类及各自特点。

问题引导

- (1) 自动导向轨道系统与单轨系统相比有什么异同？
- (2) 磁浮系统与传统轨道交通系统相比有哪些技术特点？

知识素材

一、自动导向轨道系统

自动导向轨道系统是一种车辆采用橡胶轮胎在专用轨道上运行的中运量运输系统。列车沿着特制的导向装置行驶，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。线路形态在繁华市区采用地下隧道，市区边缘或郊外采用高架，适用于城市机场专用线或城市中客流相对集中的点对点运营线路。

自动导向轨道系统适用于大坡道和小曲线半径线路，采用橡胶车轮，噪声低、安全性好、占地面积小、建设费用比地铁低，是一种既节省人力，也节省费用的有轨快速客运系统。

自动导向轨道系统的车辆外形类似于公共汽车，采用电力驱动、橡胶轮走行，并设有专用的导向轨导向。车辆的导向有两种方式。一种是导向轮导向（见图 1-13），根据导向轮的安装位置又可分为中央导向和侧面导向：中央导向是在线路的中央设导向轨条，对应于车辆底架下部伸出的导向轮，在车辆走行时，导向轮紧贴导向轨滚动而实现车辆的导向，这种方式的导向轨凸出在线路的中央沿着线路向前延伸；侧面导向是在车辆走行装置的外侧装设水平的导向轮，在走行道两侧矮墙上装设导向轨滚道，当车辆走行时，车辆前后两侧的导向轮沿着导向轨滚动，从而实现车辆的自动导向，日本东京 1995 年 12 月新开通的临海线新交通系

统就是采用侧面导向方式。另一种是虚拟轨道导向（见图 1-14），通过在地面上设置好导向标线，通过车载光学仪器识别地面导向标线，实现和铺设轨道一样的固定行驶线路，2019 年 12 月正式投运的四川宜宾智轨就是采用这种虚拟轨道导向。



图 1-13 上海 APM 线列车



图 1-14 宜宾智轨

自动导向轨道系统一般采用全自动列车运行控制技术，无人驾驶，通过电子计算机进行运行调度控制管理。列车自动控制装置（ATC）、车—地间的信号交换是通过设于轨道的环线轨道电路和设于列车前部及后部的天线进行的。由 ATC 系统向列车提供限制速度信息，列车上的计算机算出略低于限制速度的目标速度，使列车始终保持该速度运行。站内空位停车环线提供车站定位停车信息，由线路获得的信息和车辆自身的信息进行逻辑运算，向列车运行控制、制动装置发出相应指令。全自动列车运行控制系统还同时控制运行中车门的开闭、报站广播、运行方向的转换等。

自动导向轨道系统与独轨铁路有许多相同之处，如采用高架专用轨道，适用于大坡道和小曲线半径线路，建设费用比地铁低，车辆大都采用橡胶轮胎，噪声低、安全性好。它们既可用于博览游乐场、机场的内部运输，也可用于一般公共交通。自动导向轨道系统一般每小时单向运能约 5000 ~ 10 000 人次，列车编组为 2 ~ 6 辆，属中低运量的城轨交通方式。

自动导向轨道系统有下列特征：

- (1) 自动导向轨道系统的车辆一般较小，车长大部分为 5 ~ 12 m，列车编组辆数也少，因此其运能比独轨铁路略低。
- (2) 从日照、景观、建设成本等方面作比较，独轨铁路比新交通系统更为有利。
- (3) 自动导向轨道系统自动化程度更高，可实现无人自动运转。
- (4) 自动导向轨道系统导向机构简单，靠导向轮引导列车运行，维修简单方便。

二、线性电机车辆

线性电机车辆采用直线电机作为牵引动力，属于非黏着驱动方式地铁车辆。直线电机为线性异步感应电动机的简称，它将传统电机旋转运动方式变为直线运动方式，其工作原理与一般的旋转式感应电动机类似，可看成是将旋转电机沿半径方向剖开展平，定子部分在用硅钢片叠压成扁平形状的铁心上，放入两层叠绕的三相线圈构成，沿纵向固定安装于车辆底架

下部或转向架构架下部。而转子部分亦展平变为一条感应轨，铺设在两走行轨之间，一般由铝板或铝合金制成的外壳和铁心组成，如图 1-15 所示。定子与转子感应轨之间应保持 8 ~ 10 mm 间隙，当通过交流电流时，由于磁场的相互作用产生推力，轨道车辆采用直线电机就是利用该力驱动车辆运行或使车辆制动，从而突破了长期以来依靠轮轨黏着作用传递牵引力的传统技术。

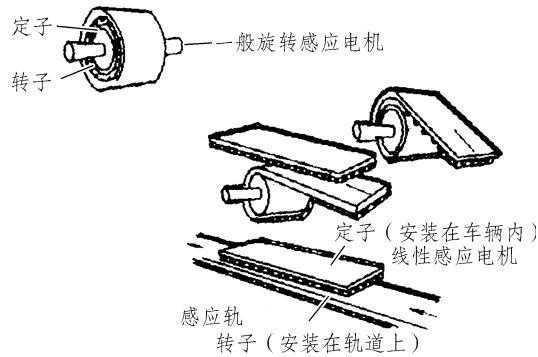


图 1-15 线性电机作用原理

线性电机车辆采用交流变频变压控制，取消了传统的旋转电机从旋转运动转换成直线运动所必不可少的一系列机械减速传动机构，既减轻了重量又使结构更加简单，特别是转向架变得很简单，可以采用小轮径的径向转向架。

线性电机车辆的优点为：

(1) 噪声低。由于结构上略去了传统的机械减速传动机构，轮轨间也不传递牵引力和制动力，而减轻了轮轨间的磨耗，减少了许多噪声源，一般车辆可降低噪声约 10 dBA。

(2) 由于装设线性电机，省去了传统转向架上的悬挂牵引电机与机械传动装置，简化了转向架结构，从而可以采用小轮径、带径向机构的转向架，提高了车辆通过小半径曲线的能力，降低了通过曲线时的轮轨磨耗和尖啸声；同时使车辆的轮廓尺寸减小，减少了隧道的土建工程量，降低造价。

(3) 车辆的加减速可靠、磨耗少、爬坡能力强。由于车辆依靠线性电机直接驱动和制动，车轮仅起导向和支承作用，牵引力或制动力直接由轨道上的转子（感应轨）作用于装在车辆底部的定子，所以牵引力或制动力不再受轮轨间的黏着力影响，可产生较高的加、减速度，不会出现车轮空转或滑行现象，还可以在 60°的坡道上正常运行或停留。

线性电机最大的缺点是效率低，约为旋转电机效率的 70%，这是由于线圈与感应轨间的工作气隙较大，导致磁损耗大，线性电机比同样功率的旋转电机耗电量大；为了保证定子线圈与感应轨间的工作气隙不变，对轮轨间的磨耗量、车辆地板面高度控制较严格，因此车辆的制造和维修成本较高；另外需铺设一条与线路等长的感应轨，工艺要求高，所以工程投资大。目前线性电机车辆已在加拿大的温哥华和多伦多、美国的底特律、日本的大阪以及我国的广州等城市的城轨车辆上获得应用，图 1-16 是广州地铁 4 号线直线电机车辆。



图 1-16 广州地铁 4 号线直线电机车辆

三、磁浮系统

磁悬浮技术源于德国，早在 1922 年 Hermann Kemper 就提出了电磁悬浮原理，并于 1934 年申请了磁浮列车的专利。进入 20 世纪 70 年代以后，随着世界工业化国家经济实力的不断增加，为提高交通运输能力以适应其经济发展的需要，德国、日本、美国、加拿大、法国、英国等发达国家相继开始筹划磁悬浮运输系统的开发。

磁浮系统是利用电磁系统产生的排斥力将车辆托起在轨道上，利用电磁力进行导向，用直线电机驱动列车运行的新型城市轨道交通系统。磁浮系统主要由悬浮系统、推进系统和导向系统三大部分组成，如图 1-17 所示。

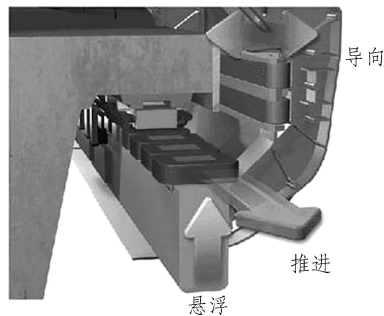


图 1-17 磁悬浮列车的悬浮、推进和导向原理

1. 悬浮系统

目前，悬浮系统的设计可以分为两个方向，分别是德国的常导型和日本的超导型，从悬浮技术上讲就是常导磁吸式（EMS）和超导磁斥式（EDS）。从图 1-18 中可以看出两种系统结构及原理之间的差别。

电磁悬浮系统（EMS）是一种吸力悬浮系统，由车辆上的电磁铁和导轨相互吸引产生悬浮。常导磁悬浮列车工作时，首先调整车辆下部的悬浮和导向电磁铁的电磁吸力，与地面轨道两侧的绕组发生磁铁反作用将列车浮起。在车辆下部的导向电磁铁与轨道磁铁的反作用下，

使车轮与轨道保持一定的侧向距离，实现轮轨在水平方向和垂直方向的无接触支撑和无接触导向。车辆与行车轨道之间的悬浮间隙为 10 mm，通过一套高精度电子调整系统得以保证。此外由于悬浮和导向与列车运行速度无关，所以即使在停车状态下列车仍然可以进入悬浮状态。

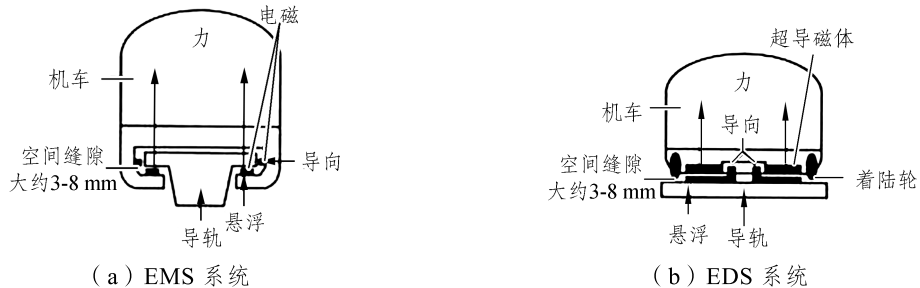


图 1-18 磁悬浮 EMS 和 EDS 原理的差别

超导磁斥式 (EDS) 是一种斥力悬浮系统，在车辆底部安装超导磁体 (放在液态氦储存槽内)，在轨道两侧铺设一系列铝环线圈。列车运行时，给车上线圈 (超导磁体) 通电流，产生强磁场，地上线圈 (铝环) 与车辆上超导磁体的磁场方向相反，两个磁场产生排斥力。当排斥力大于车辆重量时，车辆就浮起来。因此，超导磁斥式就是利用置于车辆上的超导磁体与铺设在轨道上的无源线圈之间的电磁力将车体抬起来的。由于车辆和导轨的缝隙减少时电磁斥力会增大，产生的电磁斥力提供了稳定的车辆支撑和导向。这种车辆必须安装类似车轮一样的装置对车辆的“起飞”和“着陆”进行有效支撑，这是因为 EDS 在列车速度低于 40 km/h 时无法保证悬浮。EDS 系统在低温超导技术下得到了很大的发展。

超导磁悬浮列车的最主要特征就是其超导元件在相当低的温度下所具有的完全导电性和完全抗磁性。超导磁铁是由超导材料制成的超导线圈构成，它不仅电阻为零，而且可以传导普通导线根本无法比拟的强大电流，这种特性使其能够制成体积小、功率强大的电磁铁。

超导磁悬浮列车的车辆上装有车载超导磁体并构成感应动力集成设备，而车辆的驱动绕组和悬浮导向绕组均安装在地面导轨两侧，车辆上的感应动力集成设备由动力集成绕组、感应动力集成超导磁铁和悬浮导向超导磁铁三部分组成。当向轨道两侧的驱动绕组提供与车辆速度相一致频率的三相交流电时，就会产生一个移动的电磁场，因而在导轨上产生磁场，这时车辆上的车载超导磁体就会受到一个与移动磁场相同步的推力，正是这种推力推动车辆前进。其原理就像冲浪运动一样，冲浪者是站在波浪的顶峰并由波浪推动他快速前进的。与冲浪者所面对的难题相同，超导磁悬浮列车要处理的也是如何才能准确地驾驭在移动电磁波的顶峰运动的问题。为此，在地面导轨上安装有探测车辆位置的高精度仪器，根据探测仪传来的信息调整三相交流电的供流方式，精确地控制电磁波形以使列车能良好地运行。

2. 推进系统

磁悬浮列车的驱动采用同步直线电动机的原理。车辆下部支撑电磁铁线圈的作用就像是同步直线电动机的励磁线圈，地面轨道内侧的三相移动磁场驱动绕组起到电枢的作用，它就像同步直线电动机的长定子绕组。从电动机的工作原理可以知道，当作为定子的电枢线圈有电时，由于电磁感应而推动电机的转子转动。同样，当沿线布置的变电所向轨道内侧的驱动绕组提供三相调频调幅电力时，由于电磁感应作用承载系统连同列车一起就像电机的“转子”

一样被推动做直线运动。从而在悬浮状态下，车辆可以完全实现非接触的牵引和制动。

推进系统分为两种：“长固定片”推进系统使用缠绕在导轨上的线性电动机作为高速磁悬浮列车的动力部分，由于高昂的导轨花费而成本昂贵；“短固定片”推进系统使用缠绕在被动的轨道上的线性感应电动机（LIM），虽然短固定片系统减少了导轨的花费，但由于 LIM 过于沉重而减少了车辆的有效负载能力，导致了比长固定片系统更高的运营成本，且采用非磁性质的能量系统，也会导致车辆质量的增加，降低运营效率。

3. 导向系统

导向系统是利用侧向力来保证悬浮的车辆能够沿着导轨的方向运动。必要的推力与悬浮力相类似，也可以分为引力和斥力。在车辆底板上的同一块电磁铁可以同时为导向系统和悬浮系统提供动力，也可以采用独立的导向系统电磁铁。

与传统机车车辆一样，磁悬浮列车属于地面有轨交通运输，具有轨道、道岔和车辆悬浮架（转向架）及悬挂系统等结构，但车辆在牵引运行时与轨道之间无机械接触，从根本上克服了传统机车车辆的轮轨黏着限制、机械噪声和磨损等问题，所以它是一种理想的陆上交通工具。

近年来，磁浮系统在国内发展迅速。2002 年，上海磁浮列车开通运营，成为全世界唯一一条投入商业运营的高速磁浮线路（见图 1-19）。2016 年 5 月，国内首条完全自主知识产权的中低速磁浮线路在长沙开通运营（见图 1-20）。2017 年 12 月，北京地铁 S1 线开通运营，北京成为国内第 3 个拥有磁浮系统的城市（见图 1-21）。2022 年 5 月，我国首条旅游观光磁浮线路在湖南凤凰开通运营。2022 年 8 月，我国首条永磁磁浮空轨“兴国号”投入使用（见图 1-22）。



图 1-19 上海磁浮



图 1-20 长沙磁浮



图 1-21 北京磁浮 S1 线



图 1-22 永磁磁浮兴国号“空轨”

项目小结

城市轨道交通系统包括：地铁、轻轨、有轨电车、单轨、市域快轨、磁浮、自动导向轨道系统等。目前，城轨交通主要有3种型式：地铁、轻轨铁路、独轨铁路。

发达国家的城轨交通普遍较发达，且以地铁为主。“地铁”是一种快速、大运量的轨道交通，单向高峰小时输送能力可达30 000人次以上，它的线路通常设在地下隧道内，也有的在城市中心以外地区从地下转到地面或高架桥。

现代的城市轻轨交通是一种集多专业先进技术于一身的系统工程，在信号自动控制和集中调度配合下，能快速而安全地完成中等运量的旅客运输任务。轻轨交通可以为地面、地下和高架混合型，一般采用半封闭或全封闭专用车道，每小时单向运输能力一般为2万~4万人次。发展中国的轨道交通主要集中在200万人口以上的城市，一般只在特大城市发展地铁，更多的则是发展轻轨交通。

有轨电车不享有专用路权，与地面其他交通混合运行，建设成本低、运量小、运行速度慢，适用于低运量、中小城市的线路。

单轨交通主要有两种形式：跨座式和悬挂式。一般采用轻型车辆，输送能力一般每小时单向运量为1万~2万人次。独轨铁路线路占地小，可充分利用城市空间，适宜于在大城市的繁华中心区建线，用于公园、博览会、游乐场等作为游览、观光及兼顾短途城市交通。

随着科技的进步，如自动导向轨道系统、线性电机车辆和磁悬浮列车等新的交通形式不断出现。自动导向轨道系统一般采用全自动列车运行控制技术，无人驾驶，通过电子计算机进行运行调度控制管理，采用高架专用轨道，适用于大坡道和小曲线半径线路，建设费用低，噪声低、安全性好；线性电机车辆的直线电机将传统电动机旋转运动改变为直线运动，突破了依靠轮轨黏着作用传递牵引力的传统技术；磁悬浮列车分为常导型和超导型两大类，运行速度快，在牵引运行时与轨道之间无机械接触，从根本上克服了传统的轮轨黏着限制、机械噪声和磨损等问题，是一种理想的陆上交通工具。

城市轨道交通系统的不同制式具有各自的特点和适用性，制式的选择应与功能定位和环境条件相适应。

我国城市交通面临的巨大压力在一定程度上影响了城市的发展和居民的生活，为此，我国部分城市开通了地铁、轻轨，还有许多城市也在规划、筹建中。根据城市经济与社会发展客观需求及国外城市交通发展的经验，在我国大中城市发展大、中客运量的轨道交通系统已是刻不容缓的举措，具有积极的战略意义。

思考题

1. 国内外城轨交通发展现状如何？
2. 各种城市轨道交通制式的优缺点分别是什么？
3. 阐述我国发展城轨交通的必要性。
4. 你认为城轨交通的未来发展趋势是什么？