



第一篇

绪论

第一章

城市轨道交通概要

第二章

城市轨道交通车辆基础知识

第一章

城市轨道交通概要

第一章 城市轨道交通概要

通过学习国内外城轨交通的发展及现状，熟悉地铁、轻轨铁路、独轨铁路、新交通系统、磁悬浮列车及城市铁路等各种类型的城轨交通的建设情况，并通过分析各类城轨交通的特征，增进对城轨交通的认识，且关注随着科技的进步而出现的无人驾驶、线性电机车辆和磁悬浮列车等新的交通形式。

教学目标

能力目标

- 能识别城市轨道交通类型
- 会分析现代轨道交通的优劣性
- 能分析线性电机车辆的基本原理
- 能分析磁悬浮列车的基本原理

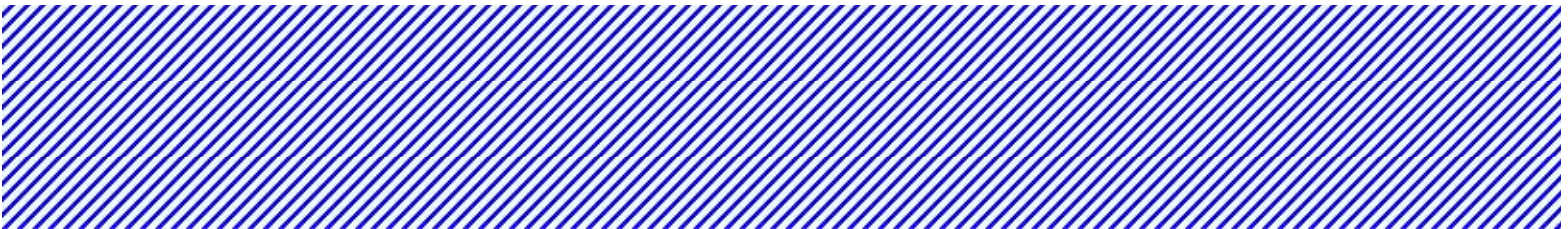
知识目标

- 了解国内外城市轨道交通的发展现状
- 熟悉城市轨道交通的类型及特征
- 掌握线性电机车辆的基本工作原理

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。城市公共交通是城市基本功能的重要组成部分，对促进城市的经济发展和保证人们工作、学习与生活正常起着相当重要的作用；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，是城市客运交通的一种辅助方式。随着经济的发展，城市人口不断增多，生活质量逐步提高，人们对客运交通服务的要求越来越高，大运量的地铁、轻轨等轨道交通运输方式以其快捷、准时、舒适、安全等特点而备受人们青睐，它可以解决大城市日益增长的客运需求，为城市进一步发展提供良好的条件。世界各国城市交通发展的经验表明：以轨道交通为主，各种交通工具协调发展，逐步形成多层次、立体化的综合交通体系，是解决现代大城市交通的唯一途径。

第一节 城市轨道交通的发展

城市轨道交通（Urban Rail Transit mass System 或 Transit System）简称城轨交通，包括地铁、轻轨铁路、独轨铁路、新交通系统、磁悬浮列车及城市铁路等。城轨交通是近代高科技的产物，大多采用全封闭道路、立体交叉、自动信号控制调度系统和轻型快速电动车组等高科技产品和手段，其行车密度大，旅行速度高，载客能力大，其疏通客流的能力与传统的道路公共交通工具相比，具有无与伦比的优越性。又因为城轨交通多数采用性能优良的电动车组模式，无污染、低噪声，被人们誉以“绿色交通”的美称。

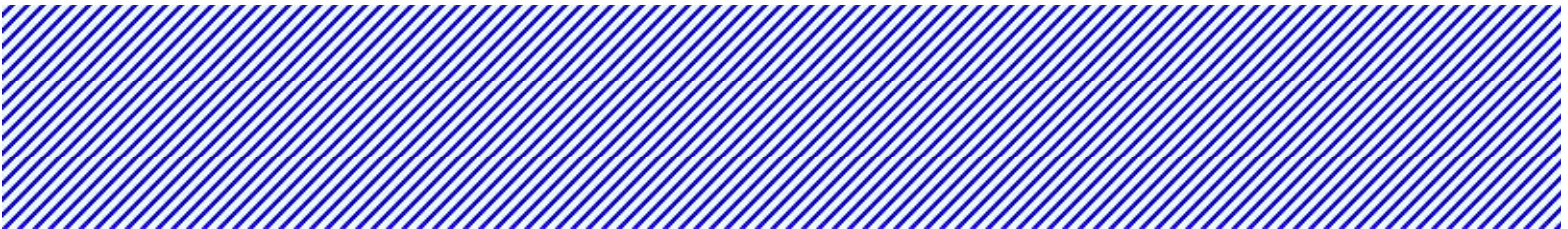


目前城轨交通主要有地铁、轻轨铁路、独轨铁路等形式。

一、地 铁

“地铁”是“地下铁道交通”的简称，它是一种在城市中修建的快速、大运量的轨道交通，通常以电力牵引，其单向高峰小时客运能力可达 60 000 人次左右，它的线路通常设在地下隧道内，也有的在市中心以外地区从地下转到地面或高架桥上。地铁车辆的概念不仅是指在地下隧道内运行的车辆，在地面封闭线路或高架桥上运行的规格类似的电动车辆，都可称为地铁车辆。

地铁在英美被称为 Metro 或 Underground Railway 或 Subway，在德国称为 U-Bahn。1863 年，英国伦敦建成了一条用蒸汽机车牵引的地铁线路，开创了世界地铁建设的先河。1879 年电力机车研制成功，使地下铁道的客运环境和服务条件得到空前的改善。国外许多著名的特大城市，如纽约、伦敦、巴黎、莫斯科、东京等，均已形成一定的城轨交通规模和网络，且以地铁为主干，可以延伸到城市的各个方向。以莫斯科为例，该市自 1935 年建成第一条地铁以来，已拥有一个遍及全市的立体交叉地铁网，总长达 243 km，140 多个车站，由一条环线和 8 条辐射线组成。每天运营时间为 20 h，高峰时列车间隔仅为 75 s，速度为 41 km/h，日客运量高达 800 多万人次，居世界之首。其客运密度为每千米 1 400 多万人，高于伦敦和巴黎。同时地铁环线的不少车站与东西南北各个方向的市郊铁路相衔接，乘客换乘方便，可抵达莫斯科的各个城镇。此外，地铁车站还与航空港、港湾站、铁路干线始发站相连接，出门远行也极为便利。总的看来，经过一百多年的发展，全球已建成地铁线路总里程约 5 000 多千米，但主要集中于日本、欧洲和北美等一些工业发达国家的主要城市，图 1.1 所示是巴



黎戴高乐机场高速地铁。

近年来，许多发展中国家的大城市都在规划、新建地铁，以缓解其日趋沉重的交通压力，如北京、上海、香港、里约热内卢、加尔各答等都已建成地铁。



图 1.1 巴黎戴高乐机场高速地铁

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 3 000 万 ~ 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 1.5 ~ 2 min，车辆最高速度达 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散十分有效。

(5) 地铁列车的编组数取决于客运量和站台的长度，一般为 2 ~ 8 辆。站台长一般 100 ~ 200 m，站间距一般在 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。

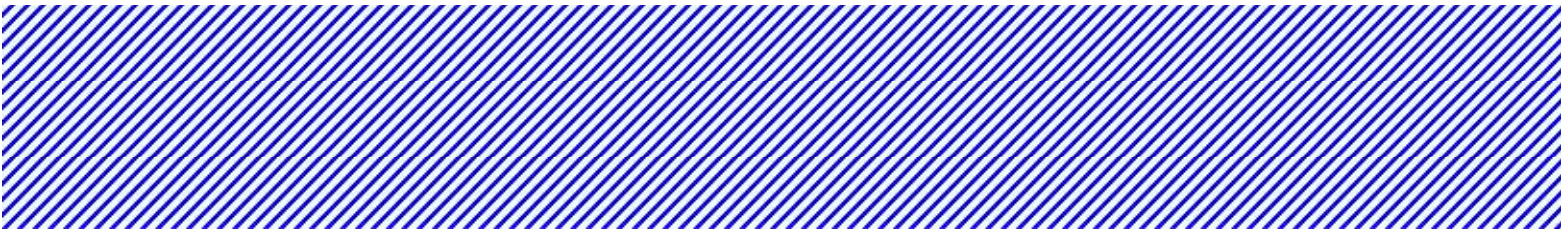
(6) 地铁车辆的消声减振和防火均有严格要求，既安全，又舒适。

(7) 受电的制式主要有直流 600 V、750 V 第三轨受电或直流 1 500 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 1 500 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。

二、轻轨交通

现代城市轻轨交通是一种集多专业先进技术于一体的系统工程，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。

城市轻轨交通是在老式的地面有轨电车的基础上发展起来的。1881 年有轨电车诞生在德国，1888 年首次在美国弗吉尼亚州的里茨门德市投入商业运营，在 19 世纪末和 20 世纪初发展较快，美欧、日本、印度及我国许多城市都相继建立了有轨电车系统，有轨电车在当时的公共交通中起到了骨干作用。由于旧式有轨电车行驶在市区道路中间，与其他车辆共用路面，运行速度很低，正点率低，加速性能差，而且噪声大，乘坐的舒适性差。又由于汽车工业的发展和居民生活水平的提高，小汽车迅速发展，并被一些国家列为城市交通的发展方向，因而在 20 世纪 30、40 年代国外有轨电车纷纷被拆除。有轨电车也有其优点，如可以在路面直



接换乘，可以小单元频繁发车，节约能源，而且无污染，造价特别低廉，所以东欧和苏联许多城市以及我国少数城市仍在继续使用。后来，随着汽车数量的大幅增加，城市交通又出现了新问题，如交通堵塞，行车速度下降，空气和噪声污染严重，停车位、停车场严重不足，特别是在繁华市区较难找到合适的地方停车。所以，20世纪70年代以后，一些国家又重新考虑使用有轨电车，图1.2所示就是奥格斯堡的7节低地板现代有轨电车。还有一些更为先进的有轨电车，采用了线路隔离、自动化信号调度系统和高新技术的车辆等改造措施，从而形成了所谓的轻轨交通LRT（Light Rail Transit）和轻轨车辆LRV（Light Rail Vehicle）。



图 1.2 奥格斯堡的 7 节低地板现代有轨电车

轻轨交通与一般的铁路相比，其轨道为轻型轨，车辆轴重较小，其运输系统相对也比较简单，比较适宜于中等运量的城市客运交通。

1. 轻轨类型

国外开发的城市轻轨交通系统主要有 3 种类型：



(1) 旧车改进型。将老式有轨电车分阶段地加以改进，使其车辆逐步实现高性能化，轨道线路专用化或地下化，并实现计算机调度控制。德国、比利时、瑞士、意大利等国家修建的轻轨铁路即属于这种类型。

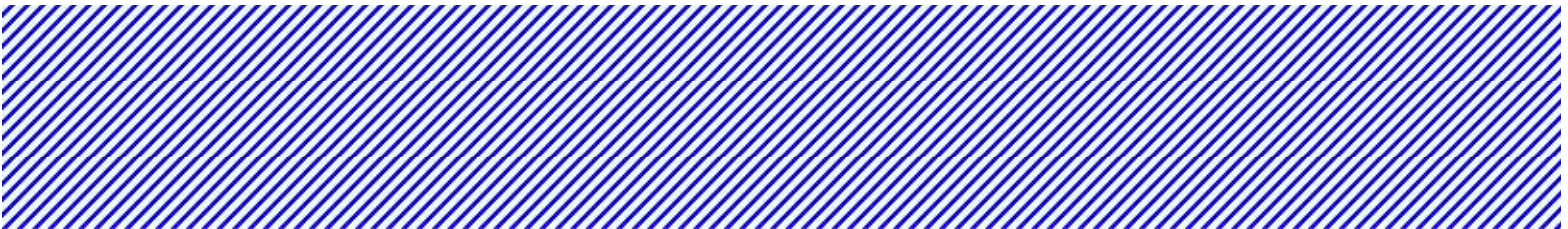
(2) 新线建设型。英、法和北美等国家从 1970 年开始对比较经济的城市轻轨系统进行了探讨，部分利用废弃的旧线修建新线，如法国巴黎的 RER 系统 (Regional Express Railway, 即大都市交通圈快速铁道) 即属此例。

(3) 新交通系统型。它比新线建设型更进一步，是作为一个独立系统开发的轻轨交通系统。加拿大温哥华建成的全自动的线性电机驱动的轻轨交通系统和英国伦敦船坞地 (Docklands) 的轻轨系统相当于这种类型。加拿大研制的线性电机轻轨车辆已在多伦多、温哥华和美国的底特律等城市使用。

德国是轻轨交通发展较早并且使用较普遍的国家，目前已投入运营的线路超过 1 000 km，集中于柏林、慕尼黑和鲁尔地区。1968 年开行的第一条法兰克福的 LRT 线路，使用 U2 型 6 轴双向运行的关节式电动车组，随之在欧洲其他国家和北美先后发展了 LRT。目前，世界上轻轨车辆 (LRV) 生产的大户是德国的 SIEMENS、法国的 ALSTHOM、加拿大的 BOMBARDIER 和捷克的 Tatra 等公司，其他还有日本、意大利、瑞士等国家的车辆及电气公司。

目前，发展中国的轨道交通主要集中在 200 万人口以上的城市，但一般只在特大城市发展地铁，更多的则是发展轻轨交通。

2. 轻轨特征



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 $1/5 \sim 1/2$ 。

(3) 轻轨交通的每小时单向运输能力一般为 2 万 ~ 4 万人次，介于地铁和公共汽车（每小时 4 000 ~ 8 000 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。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（ $R = 20 \text{ m}$ ）和大坡度（ $60\% \sim 70\%$ ）地段。

(6) 轻轨交通对车辆和线路的消声和减振有较高要求。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目的。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：车内噪声在 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、1 500 V 架空接触网（或第三轨）供电为主，也有部分采用直流 600 V 供电。

(8) 轻轨车站分为地面、高架和地下 3 种形式，应根据线路位置、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 $60\sim 100\text{ m}$ 。

由于轻轨交通具有投资省、建设周期短、灵活性强、运行成本低的特点，在关键地段和市中心区可以采用高架或地下线路，使之具备专用车道，再配合信号调度控制系统的自动化，使之能适应运量大、速度快、安全、准点的要求。所以近几年来世界各国城市的轻轨交通得到迅速发展，欧洲、北美和发展中国家有百余座城市正在规划或建造 LRT 交通，其中就包括我国的一些城市。

