

第一章 绪 论

第一节 城市轨道交通概述

一、城市轨道交通的概念

(一) 城市轨道交通的定义

城市轨道交通通常是指具有固定线路，铺设固定轨道，配备运输车辆及服务设施等的公共交通设施。在国家标准《城市公共交通常用名词术语》中，将城市轨道交通定义为“通常以电能为动力，采取轮轨运转方式的快速大运量公共交通的总称”，但城市轨道交通是一个包含范围较大的概念，在国际上没有统一的定义。

一般而言，广义的城市轨道交通是指以轨道运输方式为主要技术特征的城市公共客运交通系统中具有中等以上运量的轨道交通系统（有别于道路交通），主要为城市内（有别于城际铁路，但可涵盖郊区及城市圈范围）公共客运服务，是一种在城市公共客运交通中起骨干作用的现代化立体交通系统。城市轨道交通（Rail Transit）具有运量大、速度快、安全、准点、保护环境、节约能源和用地等特点。目前，世界各国普遍认识到解决城市的交通问题的根本出路在于优先发展以轨道交通为骨干的城市公共交通系统。

(二) 城市轨道交通在城市公共交通的地位与作用

(1) 城市轨道交通是城市公共交通的主干线、客流运送的大动脉，是城市的生命线工程。建成运营后，将直接关系到城市居民的出行、工作、购物和生活。

(2) 城市轨道交通是世界公认的低能耗、少污染的绿色交通，是解决“城市病”的一把“金钥匙”，对于实现城市的可持续发展具有非常重要的意义。

(3) 城市轨道交通是城市建设史上最大的公益性基础设施，对城市的全局和发展模式将产生深远的影响。城市轨道交通的建设可以缓解城市中心人口密集、住房紧张、绿化面积小、空气污染严重等城市通病。

(4) 城市轨道交通的建设与发展有利于提高市民出行的效率，节省时间，改善生活质量。

二、城市轨道交通的类型

城市轨道交通种类繁多，技术指标差异较大，世界各国评价标准不一，并无严格的分类。城市轨道交通在世界范围内发展较快，由于国家、城市、地区的不同，服务对象的不同等，使城市轨道交通发展成为多种类型，尚无十分统一的分类标准。不同的分类方法可以分出不同的结果：

(1) 若按容量（运送能力）分类，可分为大容量、大容量、中容量和小容量；

(2) 若按导向方式分类，可分为轮轨导向和导向轨导向；

(3) 若按线路架设方式分类，可分为地下、高架和地面；

(4) 若按线路隔离程度分类，可分为全隔离、半隔离和不隔离；

(5) 若按轨道材料分类，可分为钢轮钢轨系统和橡胶轮混凝土轨道梁系统；

(6) 若按牵引方式不同，可分为旋转式直流、交流电机牵引和直线电机牵引；

(7) 若按运营组织不同，可分为传统城市轨道交通、区域快速轨道交通和城市（市郊）铁路。

城市轨道交通按运能范围、车辆类型及主要技术特征可分为有轨电车、地下铁道、轻轨交通、市郊铁路、单轨道交通、新交通系统、磁悬浮交通七类，现分述如下。

（一）有轨电车

有轨电车（Tram 或 Streetcar）是采用电力驱动并在轨道上行驶的轻型小编组轨道交通车辆，是使用电车牵引、轻轨导向、1~3 辆编组运行在城市路面线路上的低运量轨道交通系统，

图 1-1 所示为沈阳有轨电车。



图 1-1 沈阳有轨电车

有轨电车是最早发展的城市轨道交通之一，一般设在城市中心穿街走巷运行，具有上下车方便的特点。

改造后的现代有轨电车与性能较差的轻轨交通已很接近，只是车辆尺寸稍小一些，运

营速度接近 20 km/h，单向运能可达 2 万人次/h。

优点：

(1) 对于中型城市来说，路面电车是适宜的选择。1 km 路面电车线所需的投资只是 1 km 地下铁道的 1/3。

(2) 无需在地下挖掘隧道。

(3) 相较其他路面交通工具，路面电车能更有效地减少交通意外的比例。

(4) 路面电车以电力推动，车辆不会排放废气，是一种无污染的环保交通工具。

缺点：

(1) 成本不及公共汽车低，对小型城市来说财政负担颇重。

(2) 效率比地下铁道低。

(3) 路面电车的速度一般较地下铁路慢，除非路面电车行驶的大部分路段是专用的（主要行驶专用路段的路面电车一般称为轻便铁路）。

(4) 路面电车每小时可载客约 7 000 人，地下铁道每小时载客可达 12 000 人。

(5) 路面电车路轨占用路面，路面交通要为路面电车改道，并让出行车线。

(6) 需要设置架空电缆。

(二) 地下铁道

地下铁道简称地铁（Metro 或 Underground Railway 或 Subway 或 Tube），是由电力牵引、轮轨导向、轴重相对较重、具有一定规模运量、按运行图行车、车辆编组运行在地下隧道内，或根据城市的具体条件，运行在地面或高架线路上的快速轨道交通系统。图 1-2 所示为无人驾

驶地铁。



图 1-2 无人驾驶地铁

地铁是城市快速轨道交通的先驱。地铁的运能单向在 3 万人次/h，最高可达 6~8 万人次/h。最高速度可达 160 km/h，旅行速度可达 40 km/h 以上，可 4~10 辆编组，车辆运行最小间隔可低于 1.5 min，驱动方式有直流电机、交流电机、直线电机等。地铁系统与国家干线铁路一样，主要由线网、轨道、车站、车辆、通信信号等设备构成。

优点：

(1) 运量大、速度快。地铁的运输能力要比地面公共汽车大 7~10 倍，行驶的速度可超过 100 km/h。地铁适用于出行距离较长、客运量需求大的城市中心区域。一般认为，人口超过百万的大城市就应该考虑修建地铁。

(2) 可以节省地面空间，令地面地皮可以作其他用途。

(3) 可以减少地面的噪音。

(4) 行车受到的交通干扰较少，可节省大量通勤时间。

(5) 节约能源，减少污染。

缺点：

(1) 建造成本高。由于要钻挖地底，地下建造成本比建于地面高，每公里投资在 3~6 亿元人民币。

(2) 前期时间长。建设地铁的前期时间较长，由于需要规划和政府审批，甚至还需要试验。从开始酝酿到付诸行动破土动工需要非常长的时间。

(3) 地下铁道由于大部分线路在地下或高架通行，因此技术水平要求较高，可靠性和安全性要求也高。

(三) 轻轨交通

轻轨 (Light Rail Transit, 简称 LRT), 原来的定义是指采用轻型轨道的城市交通系统。在《城市轨道交通工程项目建设标准》中, 把每小时单向客流量为 0.6 万~3 万人次的轨道交通定义为中运量轨道交通, 即轻轨。轻轨是在有轨电车的基础上改造发展起来的城市轨道交通系统, 如图 1-3 所示。



图 1-3 轻轨

轻轨一般采用地面和高架相结合的方法建设，路线可以从市区通往近郊。列车编组采用 3~6 辆铰接式车体。由于轻轨采用了线路隔离、自动化信号、调度指挥系统和高新技术车辆等措施，最高速度可达 80 km/h，克服了有轨电车运能低、噪声大等问题。

优点：轻轨具有投资少（每公里造价在 0.6 亿~1.8 亿元人民币）、建设周期短、运能高、灵活等优点。

轻轨已形成三种主要类型：钢轮钢轨系统、线性电机牵引系统和橡胶轮轻轨系统。

(1) 钢轮钢轨系统即新型有轨电车，是应用地铁先进技术对老式有轨电车进行改造的成果。

(2) 线性电机牵引系统 (Linear Motor Car) 是曲线型电机牵引、轮轨导向、车辆编组运行在小断面隧道及地面和高架专用线路上的中运量轨道交通系统。线性电机列车具有车身矮、重量轻、噪声低、爬坡能力强和可通过小半径曲线等优点，可以轻便地钻入地下，爬上高架，是地下与高架接轨的理想车型。

(3) 橡胶轮轻轨系统采用全高架运行，不占用地面道路，具有振动小、噪声低、爬坡能力强、转弯半径小、投资较少等优点。

(四) 市郊铁路

所谓市郊铁路，指的是建在城市内部或内外结合部，线路设施与干线铁路基本相同，服务对象以城市公共交通客流，即短途、通勤旅客为主的铁路，如图 1-4 所示。



图 1-4 市郊铁路

市郊铁路一般和干线铁路设有联络线，设备与干线铁路相同，线路大多建在地面，部分建在地下或高架。其运行特点接近于干线铁路，只是服务对象不同。

市郊铁路是伴随着城市规模的扩大、卫星城的建设而发展起来的，通常使用电力牵引和内燃牵引，列车编组多在 4~10 辆，最高速度可达 100~120 km/h。市郊铁路运能与地铁相同，但由于站距较地铁长，运行速度超过地铁，可达 80 km/h 以上。

优点：与地铁相比具有站距长、旅速高、运能大，以及投资省、造价低等优点，列车编组多、车体大，大部分线路可铺设在地上（高架或地面方式），设站相对减少，车站结构较简单，建设费用较低；与干线铁路技术标准相兼容，可实现两者的功能衔接与设备共享。

（五）单轨交通

单轨也称作独轨（Monorail），是指通过单一轨道梁支撑车厢并提供导引作用而运行的轨道交通系统，其最大特点是车体比承载轨道要宽。

根据支撑方式的不同，单轨通常分为跨座式和悬挂式两种。跨座式是车辆跨座在轨道梁上行驶；悬挂式是车辆悬挂在轨道梁下方行驶。

跨座式轨道由预应力混凝土制作，车辆运行时走行轮在轨道上平面滚动，导向轮在轨道侧面滚动导向。图 1-5 所示为跨座式单轨交通。



图 1-5 跨座式单轨交通

悬挂式轨道大多由箱形断面钢梁制作，车辆运行时走行轮沿轨道走形面滚动，导向轮沿轨道导向面滚动导向，如图 1-6 所示。



图 1-6 悬挂式单轨交通

单轨的车辆采用橡胶轮，电气牵引，最高速度可达 80 km/h，旅行速度 30~35 km/h，列车可 4~6 辆编组，单向运送能力为 1 万~2.5 万人次/h。

中国首条跨座式单轨线路是在有“山城”之称的重庆修建的。跨座式单轨交通十分适合重庆市道路坡陡、弯急、路窄的地形特点，同时由于结构轻巧、简洁、易融于山城景色取得了较好的景观效果。

优点：

(1) 所占空间小。不单是所占的地面面积小，垂直空间亦较小。单轨铁路所需的宽度主要由车辆的宽度决定，与轨距无关。且单轨铁路多数以高架兴建，地面上只需很小的空间建造承托路轨的桥墩。

(2) 相比其他高架铁路，单轨所占的空间较小，亦不影响视线，能有效利用道路中央隔离带，适于建筑物密度大的狭窄街区。

(3) 单轨使用橡胶轮胎在混凝土或者在钢轨上行走，噪音污染小。

(4) 单轨铁路的爬坡能力强，拐弯半径小，一般正线最大坡度 60‰，最小曲线半径 100 m，适合复杂地形。

缺点：

(1) 跨座式单轨的道岔结构复杂，因而限制了列车的最短运行间隔。

(2) 存在橡胶轮与轨道梁摩擦产生橡胶粉尘的现象，对环境有轻度污染，且能源消耗较大。

(3) 如果出现紧急情况，单轨铁路上的乘客没有逃生的地方。车的两旁没有可站立的路轨，而且离地面很高。头尾两端的路轨亦很窄。有些单轨铁路因此在路轨的两旁建有可供人

行的紧急通道。

(4) 单轨的速度及载客量通常及不上其他系统。不过，大型跨座式单轨通过加编组、缩短间隔等方式，客流量可以与地铁不相上下。

(六) 新交通系统 AGT

新交通系统 (Automated Guideway Transit, 简称 AGT) 是一个模糊的概念，广义上的定义为，AGT 是那些所有现代化新型公共交通方式的总称。狭义上的定义为，AGT 由电气牵引，具有特殊导向、操作和转向方式胶轮车辆，单车或数辆编组运行在专用轨道梁上的中小运量轨道运输系统，如图 1-7 所示。



图 1-7 新交通系统

在新交通系统中车辆在线路上可无人驾驶自动运行，车站无人管理，完全由中央控制室的计算机集中控制，自动化水平高。新交通系统与独轨道交通有许多相同之处，最大的区别在于该系统除有走行轨外，还设有导向轨，故新交通系统也称为自动导轨道交通。

新交通系统的导向系统可分为中央导向方式和侧面导向方式，每种方式又可分为单用型

和两用型。所谓单用型是指车辆只能在导轨上运行，两用型则指车辆既可在导轨上运行，又可以在一般道路上行驶。

优点：具有高速、准点、舒适和污染小、自动化水平高，克服现有交通方式在环境和经营上的缺陷，满足现有运输方式难以适应的运输需求。

天津市在滨海新区开通了全长 7.6 km 的亚洲首条胶轮导轨线路，北京市开通了服务于首都机场 T3 航站楼的新交通系统，上海市也开通了胶轮导轨电车。

旅客捷运系统 (Automated People Mover, 简称 APM), 是一种无人自动驾驶、立体交叉的大众运输系统。这个铁路名词通常只形容在范围狭小的地区所运行的低载量铁路运输，例如机场、城市商业区或主题公园的铁路运输，但有时此名词亦能应用于自动运行但复杂的铁路运输。

旅客捷运系统并不是一种独立及特殊的铁路运输技术，它通常会应用到多种铁路运输技术，例如单轨铁路、轻轨运输或磁悬浮列车等。驱动系统方面可以采用传统的电动机、线型电动机或缆索拉动。有些复杂的旅客捷运系统采用多辆小型列车运行于多个下线站台上，为乘客提供全时间运作的服务。这种像出租车般的系统一般被称为个人捷运系统。其他复杂的旅客捷运系统则有着大型运输系统的特征，这类旅客捷运系统在定义上与自动化的大型运输系统并无明确分别。

珠江新城旅客自动输送系统是世界首条地下无人驾驶旅客自动输送系统，将解决珠江新城核心区的交通疏导问题，它将是珠江新城中央商务区 (Central Business District, 简称 CBD) 地区和天河商贸区内部的公交骨干线，同时也可加强与海珠区联系，满足其内部、珠江新城

与天河商贸区、观光塔之间客流的交通需求，以及旅游观光购物的出行需要。该系统与轨道交通线路形成快捷方便连接，促进了城市公共交通系统功能的充分发挥。珠江新城旅客自动输送系统如图 1-8 所示。



图 1-8 珠江新城旅客自动输送系统 (APM)