

项目一 城市轨道交通的产生和发展

项目导读

城市轨道交通从诞生起就扮演着重要的角色,让我们通过本项目先来了解一下城市轨道交通的“前世今生”。

知识目标

- (1)了解城市轨道交通发展的历史。
- (2)了解城市轨道交通的形式和特点。
- (3)清楚城市轨道交通的作用与意义。
- (4)掌握城市轨道交通系统的组成及运营参数的概念。

能力目标

- (1)能够辨别各种形式的城市轨道交通工具。
- (2)能够用运营参数来衡量各种城市轨道交通系统的性能。
- (3)清楚自己所在城市的轨道交通发展状况。

任务 1.1 城市轨道交通发展的历史

历史上最早的城市公共交通可以追溯到罗马时代,那时建立了第一个地区性的车辆出租系统,这种两轮或四轮车在每隔 5~6 mile (1 mile=1 609.344 m)就有间旅馆停站,在当时很有名。欧洲在 16 世纪就出现了两座城镇间定期开行的车辆,17 世纪引入了马车,但当时道路差,费用高,速度慢,舒适度差。例如,从伦敦到约克的马车每周一、三、五发车,282 km 的路程要走 4 天。最早能单独在城市道路上行驶的公共交通形式是 1625 年左右在伦敦和巴黎出现的出租马车(Hackney Carriage),即出租车的前身。到 1700 年,伦敦大概有 600 辆这样的马车。不过,这些马车主要是为贵族阶层服务的。到 19 世纪初,大多数人仍依靠步行上班,故城市结构是密集而紧凑的,城市半径在步行距离以内。有钱人住在城区边缘,乘马车上班。

众所周知,蒸汽铁路是 19 世纪发明的。第一条城市间铁路服务是 1830 年在英国利物浦至曼彻斯特之间开始的,它使铁路主导着城市间运输达 1 个世纪之久。从那以后人们每

天乘火车上班,铁路成为通勤运输的主要工具。1838年,伦敦开放了第一条严格的市郊运输线路,大量市郊线网的建设则是在1840—1875年之间完成的,有些现在仍在使用。

地铁的产生源于将蒸汽列车引入市中心的构想。世界上最早的地铁是1863年1月10日在伦敦开通的6 km长的线路。列车由蒸汽机车驱动,需要专门的力量来点火扇动,通风也成问题,这条线路被人们称为“地沟”铁路。不过它运营几年后就被电气化了。

更进一步的想法是将蒸汽列车放到高架的街道上行驶。1868年,查尔斯·T.哈维在纽约城的格林尼治街建造了一条由电缆牵引的高架线,但这项投资在经济上并不成功。1871年,新管理者将它改造为由一台小的、被称为“傻瓜”的蒸汽机车牵引。1892年芝加哥开放第一条高架线时,列车仍由蒸汽机牵引。这种设计并不令人满意,人们难以容忍这种乌黑、冒烟、噪声又很大的交通工具在大街上“横行”,该线路不久就被拆除了。美国第一条地下铁路是1870年由阿尔福莱德·阿里·比奇在纽约城建设开放的线路,作为试验,该线仅长95.1 m,由气压驱动,运营到1874年。

世界上第一条(由第三轨)电力驱动的地铁是1890年在伦敦开通的。1896年5月,布达佩斯的第一条地下线路开始运行。同年12月,格拉斯哥开通了一条10.6 km的地下环线,它由电缆驱动,但不久便改造为电力驱动。

世界上第一条电力高架线是芝加哥的都市西部高架线,1895年5月6日投入运营,它用1台带有电机的机车,可牵引1~2台无动力的拖车。

美国第一个拥有电驱动地下铁道系统的城市是波士顿。1897年9月1日,特利蒙特街上一条街道电车线路投入运营。该线路1901年6月被改造为第三轨驱动,其中包括一段高架线路,它运行了7年。第二条电驱动地下铁道是在华盛顿修建的,其与高架线和街道电车相连。华盛顿街的隧道一直用到1987年才被另一条新的线路取代。历史悠久的特利蒙特街隧道则还在使用。波士顿1904年修建了连接东波士顿的隧道,穿过查尔斯河、连接剑桥的一条新线也在1912年投入运营,它就是现在的红线(Red)。

1897年,芝加哥南部当局决定将高架铁路电气化,并与当时的工程技术专家斯卜拉格签订了合同。斯卜拉格做出的一个重要贡献就是发明了多单元动车系统。这种系统中,每辆车均有电机,但全部由第一辆车的驾驶员操纵。斯卜拉格在纽约的通用电气试验线路上致力于这项工作。1897年7月,他在南部官员和工程师面前示范了由6辆车编组的列车。为证明列车操纵的容易性,他让10岁的儿子来驾驶列车。1898年8月,南部线淘汰了所有的蒸汽机车。

多单元列车的重要性体现为可以在不减少列车牵引力的条件下增大列车编组,因为每辆车均有动力。牵引力是重量与驱动轮数量的函数,在多单元系统,整个列车(而不是机车)的重量都施加于驱动轮对,故对每辆车来说,它可以有更大的加速度,从而可以增加列车平均速度,减少运营费用。

动车组的出现对于城市铁路的发展具有非凡的意义,目前世界上几乎所有的地铁均采用这种驱动系统。

任务 1.2 城市轨道交通的形式及特点

一、城市轨道交通的分类

随着城市轨道交通技术的不断进步和发展,出现了许多新的城市轨道交通形式,一般可以分为市郊铁路、地铁、轻轨、独轨、自动导向系统(新交通系统)、有轨电车、磁悬浮等形式。通常也可根据以下不同的标准对城市轨道交通基本类型进行分类。

1. 按交通运能分类

交通运能即交通容量,也就是线路输送客流的最大能力,指单向每小时的断面最大的乘客通过量。按照不同的交通运能,轨道交通可以分为高运量、中运量和低运量三个系统。

高运量系统指高峰小时单向运输能力达到3万人以上,属于该种类型的轨道交通系统主要有市郊铁路、重型地铁和轻型地铁等;中运量轨道交通系统指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、高技术标准的轻轨和独轨;低运量轨道交通系统指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、自动导向交通系统和有轨电车。

2. 按敷设方式分类

交通系统可分为地下(隧道)、高架和地面三种形式。大运量轨道交通在交通较为繁忙的地区多采用隧道和高架形式,在市郊可采用全封闭的地面形式;中运量轨道交通可兼有三种敷设形式,且通常不与机动车混行;低运量轨道交通系统一般采用地面形式,可与机动车混行,运行效率较低。

3. 按路权分类

路权是指轨道交通系统运行线路与其他交通的兼容程度。轨道交通系统可分为独立路权、半独立路权和共有路权三种基本类型。它们与按线路隔离程度分类的全隔离(全封闭)、半隔离(半封闭)和不隔离(不封闭)三种系统相对应。

独立路权的轨道交通系统属于全封闭系统,与其他交通完全隔离,不受平交道路与人车的干扰,一般用于高运量及1.6万人次/小时以上的中等运量轨道交通系统。

半独立路权的轨道交通系统属于半封闭系统,沿行车路线采用缘石、隔离栅、高差等措施与其他交通实体隔离,但在交叉路口仍与横向的人车平交混行,受信号系统控制,一般用于1.6万人次/小时以下的中等运量轨道交通系统。

共有路权的轨道交通系统属于开放式系统,代表地面混合交通,不具有实体分割,轨道交通与其他交通混合出行,在路口按照规定驾停,也可享有一定的优先权,诸如用道路标线或特殊信号等保留车道。有轨电车通常采用这种形式。

4. 按导向方式分类

根据不同的导向方式,轨道交通系统可分为轮轨导向及导向轮导向。钢轮钢轨系统(地铁、轻轨、有轨电车)属轮轨导向类型,由钢轮轨缘和钢轨之间的作用力来提供导向力,启动较快;独轨(单轨)及新交通系统等胶轮车辆属导向轮导向类型。

5. 按轮轨支撑形式分类

轮轨支撑形式,即车辆与转移车道表面之间的垂直接触方式与运行方式。从这一标准出发,轨道交通系统可分为钢轮钢轨系统、胶轮混凝土轨系统以及特殊系统。钢轮钢轨系统包括市郊铁路、地铁、轻轨、有轨电车;胶轮混凝土轨系统主要是指单轨及自动导向系统;而特殊系统则包括支撑面置于车辆之上的悬挂式单轨系统、磁悬浮式轨道交通系统等。按轮轨数不同又可分为双轨系统和单轨系统。

二、城市轨道交通的形式及特点



1. 市郊铁路

(1) 概述。

市郊铁路是指把城市市区与郊区,尤其是远郊区、卫星城镇连接起来的城市轨道交通系统。一般和干线铁路设有联络线,但设备与干线铁路相同。线路大多建在地面上,其运行特点接近干线铁路,只是服务对象不同。用其他交通工具要花费很长时间才能到达的地区,利用铁路可以形成快速、准时的运输网络,满足市民通勤或出行的需要。市郊铁路的运行速度远远大于其他交通工具,一般可达到 100 km/h,法国市郊铁路的列车时速甚至可以高达 120 km/h,乘客只用 0.5 h 就可以从远郊到达市中心,如此快捷的运送速度吸引了大量的客流。

市郊铁路主要为通勤者提供运输服务,有时也称为通勤铁路(Commuter Rail)或地区铁路(Regional Rail)。伦敦、巴黎也都有较大规模的市郊铁路运输网络。在加拿大、澳大利亚、亚洲一些国家和欧洲一些国家也都有市郊运输铁路。

市郊铁路分为两种类型:一种是市中心区连接城市边缘和距离在 20 km 左右的居民区(近郊区);另一种是连接市中心与卫星城市,距离可达 40 km 以上。

(2) 市郊铁路的特点。

①市郊铁路运行速度虽比干线铁路低,但启动、制动加速度远高于干线列车,反略低于地铁列车。

②线路长,站间距大。线路一般在 40~80 km,市区内站间距在 1.5~3 km,郊区在 3~5 km。

③运营速度快,可达到 80 km/h 以上。

④运营效率、能源消耗、投资费用以及土地利用等指标明显优于其他交通形式。市郊铁路的运送能力单向每小时高达 6 万人次~8 万人次(通常在 1.5 万人次~4 万人次),属于城市轨道交通中的高运量系统;每一单位运输的能源消耗是汽车的 1/7 左右;投资额是地铁的

1/10~1/5。

⑤市郊铁路编组灵活,可适应通勤出行时间的集中性和方向性,并根据客流量大小,调整编组数及发车间隔,有较高的加减性能和较好的运行秩序,能实现高效运输。在高峰期,市郊铁路可按 10~12 辆编组。

⑥市郊铁路的建设对城市形态合理发展也具有良好的作用。一方面,市郊铁路运量大、运距长、准点率高,可有效缓解目前城区向外扩展过程中新开发区与市中心区的道路交通拥挤,解决卫星城居民的通勤通学问题,提高新开发居住区、工业区的吸引力,刺激市郊进一步被开发,有利于卫星城的形成;另一方面,市郊铁路的建设加快了城市中心区向新建城区和郊区的扩展,减少市中心区人口,为旧城改造减少拆迁工作量,有利于中心区的改建。

研究市郊铁路服务于城市的重点在于建立一体化的快速旅客运输系统,保证市内出行旅客能迅速抵达目的地。可从以下几种方案进行市郊铁路建设。

①利用原有货运铁路线。对于铁路建设已经发达的美国、英国、法国和日本等国家,都有足够能力的货运线路,在过去只能运行货运列车的既有旧线上开展新的服务已成为发展的需要。这样,由于主要的支出只是机车车辆和部分车站,开展这类市郊运输业务所需的投资相当小。因此,将通勤旅客吸引到铁路的可行性就更大。由于市郊铁路地域位置的特殊性,决定了它的客流特征是上下班高峰时段客流量大而集中,其余时间段小,如果仅为解决市郊客流问题而建设市郊铁路是不符合运输经济效益原则的。因此,在客运高峰时段增加客运列车发送数量减少货运列车,而在其余时间增开货运列车减少客运列车,可以达到客货运密度的相对平衡。

②利用和改造城际铁路经过的市郊乡镇车站,增开市郊列车来缓解市郊客流。这个方案最节省。但在国内目前城际铁路的运能已趋于饱和,再增开市郊短途客运列车的运行空间很小。

③新建市郊铁路。这个方案虽然看起来不错,但线路及市郊换乘车站的建设都需要大量的资金投入。目前,城市的市政建设经费承担市内轨道交通建设已经不堪重负,更难以承担巨大的市郊铁路的建设。

④将市内轨道交通延伸到市郊。这个方案基建费用相对较小,而且可以分阶段陆续建设。从经济角度来看,比较可行。例如,上海市地铁的 4 条市域快速线路(R1、R2、R3、R4),主要在全市范围提供快速的交通服务,连接郊区新城、中心镇等重要地区,连接重要的对外交通枢纽(空港、海港和铁路客站等),构成全市范围的快速交通骨架。然后,又通过环形地铁线路以及轨道交通网络的换乘点形成全市畅通的轨道交通体系。

2. 有轨电车

(1) 概述。

有轨电车是一个由电力牵引、轮轨导向、单车或 2 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。有轨电车与地铁、轻轨的区别比较大,其最主要的区别是不享有独立的路权,钢轨面与地面持平,与地面其他车辆共同使用同样的道路,与横向道路也是平面交叉(非高低相错)。因此,除了在轨道上行驶这一特点外,有轨电车更类似于一般的公共交通工具。

(2)有轨电车的特点。

有轨电车与其他轨道交通工具相比,其主要的特点如下。

①造价低,建设容易。

②运量低。由于有轨电车多与汽车和行人共用路权,故其所受干扰多、速度慢、通行能力低。

③极易与地面道路车辆发生冲突而引起道路交通堵塞,其隔离程度和安全程度都较低。

④噪声大。有轨电车采用钢轮钢轨系统,又没有隔声措施,所以引起的噪声较大。

(3)发展历程。

有轨电车是城市轨道交通工具有着悠久历史的轨道交通形式。世界上第一辆有轨电车于1881年诞生在柏林,这辆原始的有轨电车只能载24名乘客,车厢是敞开的,在设有轨道的道路上行驶,轨顶面和路面相平,不享有独立的路权,速度不到19 km/h,电动机的功率仅有4.5马力(约3.3 kW),电流是通过轨道输送到电动机的,2条轨道形成电流的回路。到1883年,人们开始采用架空线来输送电流,再通过轨道形成电流回路,对车辆也做了许多改进。有轨电车作为公共交通工具,逐渐为大众所接受,很快得到广泛应用,并在20世纪初期成为城市公共交通的主要方式。在汽车尚未统治路面交通的时候,有轨电车迅速在各城市中蔓延。以美国为例,1912年美国拥有2.5万人口以上的376个城市中,有370个城市采用有轨电车作为城市公共交通工具,有轨电车的数量最多时达到8万多辆,线路总长度达到25 000 km。

有轨电车诞生不久,很快便传到中国。1906年,天津第一条有轨电车线路运营,成为我国第一个拥有有轨电车的城市。1908年3月5日,上海第一条有轨电车路线正式通车运营,线路长6 km,使上海成为国内第二个拥有有轨电车的城市。同年,大连第一条有轨电车线路竣工运营。1924年12月17日,从北京前门至西直门的有轨电车线路开通,北京是继天津、上海、大连之后,我国第四座修建有轨电车的城市。随后,沈阳、哈尔滨、长春和香港等城市也相继修建了有轨电车线路。到1959年,上海的有轨电车已多达360辆,线路总长度为72.4 km。

到20世纪50年代,随着汽车工业的蓬勃发展,城市公共交通开始向汽车转化。一方面,越来越多的人拥有私人汽车,使私人交通的占比不断增加,公共交通的占比相应下降,由于有轨电车和其他路面交通工具共有路权,当交通日益繁忙,有轨电车就失去了它的优越性;另一方面,有轨电车的噪声太大、舒适性差、技术落后,许多城市的有轨电车遭到废弃。世界上很多城市都拆除了有轨电车线路。伦敦、纽约等大城市先后在20世纪50年代和60年代完全取消了有轨电车。

然而,有轨电车在另一些国家仍受到重视。苏联和东欧国家的有轨电车客运比例虽有所下降,但绝对数量仍有所增加。西欧的一些国家如德国、瑞士等,有轨电车在城市公共交通中仍保持着一定的地位。我国一些城市的有轨电车大多来自国外,这些电车因不能满足形势的要求,受国外潮流的影响,随之萎缩。1975年,上海拆除了最后一条有轨电车路线。

但是,我国东北几个城市(如长春、大连)仍保留着有轨电车,香港的有轨电车仍然担任着交通职责,但在城市公共交通中所占的比例则已降到了很低的水平。

有轨电车在街道上消失以后,不久人们便发现,这些腾出来的道路空间很快被汽车挤占。私人汽车的迅猛发展,造成城市道路交通日趋阻塞,城市的空气污染日益严重,给城市的生活质量和经济发展带来了极其严重的不良后果,促使人们不得不重新研究城市的交通政策。人们重新认识到,轨道交通的运能大而占用道路面积小,是解决交通拥堵问题的有效手段,由于采用电力驱动而不排放有害气体,特别有利于改善城市的大气环境。那些保留有轨电车的城市(如大连),积极采用先进技术来改造老式的有轨电车,以适应现代城市的要求。利用现代先进技术进行的有轨电车建设又得到了重视,被纳入新的城市轨道交通范畴,如已经运营的上海张江有轨电车,在苏州新区也建有一条新的有轨电车线路。

上海市首条现代化有轨电车线路——张江有轨电车一期工程在 2009 年建成并通车。一期线路全长约 10 km,起点与地铁 2 号线张江高科站“零换乘”,线路位于张江功能区的核心区域——高科技园区范围内,总投资 6 亿元,张江有轨电车沿线覆盖张江工业园区内主要的产业基地、科研院所、医院和生活区域。全线共设 15 个站点,平均站距为 600 m 左右。

与传统的双轨电车“铛铛车”相比较,张江有轨电车采用单轨导向技术,不像传统有轨电车或地铁有 2 根钢轨。其选用目前世界上先进的法国劳尔有轨电车系统,为低地板、轨道导向、胶轮承重和驱动方式,3 节车厢编组,总载客量约 167 人/列,最高时速可达 70 km/h,如图 1-1 所示。法国劳尔电车流线型的车身非常时尚,双开拉门方便乘客携带行李乘车,地板面高仅为 26 cm。车厢内上、中、下区都设置了扶手,让包括儿童在内的乘客都能拉住扶手站稳,辅助扶手牢固地安装在车体结构上,紧急制动时也可承受乘客的拉力。在入门处,电车还设计了轮椅预留区,方便残疾人、老人搭乘。劳尔电车系统可靠安全,车辆采用“橡胶轮胎车辆+导向轨道”技术,电车的挡风玻璃和侧向玻璃都由 3 层安全玻璃组成,绝对抗压。劳尔电车系统噪声低,据测量,距车辆 7.5 m 处的噪声为 71 dB,低于普通公交车 80 dB 的声控要求。



图 1-1 张江有轨电车

3. 地铁

(1) 概述。

地铁是地下铁道的简称,“地铁”并非专指在地下隧道中运行的技术制式,而是泛指高峰小时单向运输能力在3万人次~8万人次,地下、高架、地面线路三者结合的大容量快速轨道交通。通常在市中心为地下隧道线,市区以外为高架或地面线。早期的地铁线路大部分都设在地下,这也是地铁专有名词的由来。然而,地铁不但可以在地下行驶,而且可以在地面或高架上行驶,它采用全封闭线路,享有独立路权。

自20世纪70年代以来,地铁吸收了轻轨的一些技术优点,为了减少造价,只在市区建筑物密集的地段设在地下。根据资料分析,地铁系统中地面和高架线路所占的比例越来越大。地铁线路沿主要交通干道布线,在商业、文化、政治中心和交通枢纽附近布置地下车站,在城乡接合部和郊区等建筑场地,当环境允许的情况下,线路和车站均建在地面和高架上。在世界范围内,地铁地下部分约占70%,地面和高架部分约占30%,甚至有的城市地铁系统全部采用高架形式,只有部分城市地铁系统是完全设在地下的。例如,首尔在1978年至1984年建造的地铁2、3、4号线,总长105.8 km,其中地下线路长为83.5 km,高架部分长22.3 km。

国外专家的研究表明:人口超过100万的特大城市,建设地铁是比较合适的,但如果在特定线路上,由于城市的特殊交通需求,人口在50万~100万的城市也可考虑建设地铁;有关文献也指出,如果设计线路日客流量大于15万人次或单向高峰每小时客流量为2万人次~3万人次,修建地铁也是比较合适的。当然,随着科学技术的发展,地铁车辆日益小型化、轻型化,建设费用不断降低,地铁的适应范围会不断扩展,为更多的城市所接受。

(2) 地铁的特点。

地铁之所以在世界范围内得到广泛的发展,一个很重要的原因就在于它具备城市道路交通不可比拟的优势。

①运量大。地铁是一种大容量的城市轨道交通系统,单向每小时运送能力可以达3万人次~8万人次,因而,在客流密集的城市中心地带建设地铁可以明显疏散公交客流,分担绝大部分城市公共交通流量。

②速度快,可靠性强。地铁运行速度快,一般为35~40 km/h,而最大车速可达80 km/h,典型的发车时间间隔为2 min。地铁线有可信赖的准时性和速达性,地铁线路与道路交通隔绝,有自己的专用线路,不受气候、时间和其他交通工具的干扰,不会出现交通阻塞而延误时间的情况,因而,其在保证准时到达目的地方面具有独特的优越性,对居民出行具有很大的吸引力。

③安全性高。地铁具有专用车道,因而与其他交通方式无相互干扰,安全性高。

④污染少,噪声小,舒适性强。由于地铁的动力主要是电能,因而无废气排放;地铁采用了新的轨道板技术,降低了噪声;车站及车厢内的环境好,具有很强的舒适性。

⑤占地面积少。在城市发展空间日益狭小的今天,地铁充分利用了地下空间,节约地面宝贵的土地资源,这在一定程度上也刺激了地铁的发展。

⑥上下车方便。车站都是沿线设置,车站的站台高度与车厢地板相当,乘客可以直接跨入车厢。

但地铁也有一些不足。

①建设成本高,建设周期长。虽然地铁具有很多其他交通方式并不具备的优势,但其缺点也相当突出,主要是建设成本高,制约着地铁的进一步发展。地铁的绝大部分线路和设备处于地下,而由于城市地下各种管线纵横交错,极大地增加了施工工程量,而且在建设中还涉及隧道开挖、线路施工、供电、通信信号、水质、通风照明、振动、噪声等一系列技术问题,以及防灾、救灾系统的设置等问题,这都需要大量的资金投入,因此,地铁的建设费用相当高。我国大城市中心区每千米地铁造价达5亿~8亿元人民币。即使对于工业发达的国家来说,大量建设地铁所需的建设费用也是难以承担的。同时,由于施工工程量大,使得建设周期长。

②紧急人员疏散能力差。地铁的致命弱点在于,一旦发生火灾或其他自然灾害,乘客疏散比较困难,容易造成人员伤亡和财产损失,对社会造成不良影响。因此,要做好安全防范措施及紧急人员疏散预案。

4. 轻轨

(1) 概述。

轻轨是轻型轨道交通系统的简称,相对于地铁车辆(轴重为14 t和16 t)来讲,因其车辆轴重较轻(在11 t以内)和对轨道施加的载荷较轻而得名。我国《城市轨道交通工程项目建设标准》指出,轻轨泛指高峰时单向每小时客运量在1万人次~3万人次的中等运量轨道交通系统,包括准地铁(运量略小于地铁)和现代有轨电车。而且轻轨的走行形式可以是钢轮钢轨也可以是胶轮独轨。欧洲所说的轻轨(Light Rail Transit, LRT),特指现代有轨电车。

轻轨的道床、轨道结构、运行车辆和运行管理系统与地铁基本相同,而且也有独立的路权,也可以在地下、地面或高架上行驶。轻轨与地铁相比,列车编组车辆少、运营线路短、行驶速度慢、行车间隔略长,管理模式有所不同。因此,轻轨与地铁的最根本区别是运量不同。

目前,蓬勃发展的轻轨交通集各种先进技术于一身,无论是轨道、车辆,还是通信信号、供电、环控系统,都采用了现代化程度较高的技术设备,因而,可以快速、安全、便捷地完成中等客运量的乘客运输任务。

典型的轻轨系统一般可运行到离市中心20 km处,每小时客流量在2万人次,可用于中等城市或交通状况较好的大城市内高密度地区的交通出行或特大城市市区外围卫星城、旅游景区、经济开发区等与市区联系的交通干线,采用电气牵引方式,填补了轨道交通单向每小时运送能力1万人次~3万人次的空缺,整体上完善了轨道交通系统。由于其造价低、无污染、乘坐舒适、建设周期短而被许多国家的大、中城市所接受,近年来得到不断发展和推广。

(2) 轻轨的特点。

轻轨除了具有轨道交通的共同特点外,还具有以下特点。

①造价低,建设周期短。一般而言,行驶于专用车道的轻轨系统拥有地铁90%以上的速

度和可靠度,却只需要地铁 1/3 以下的建设成本和运营成本,且施工容易、工期较短。

②适应性强。轻轨既可作为中小城市轨道交通网络的主干线,如新加坡的 VIRT、马来西亚吉隆坡的轻轨以及我国苏州轨道交通,也可作为大城市或特大城市轨道交通网络的补充,如巴黎地铁系统中的轻轨交通、上海轨道交通中的 3 号线(明珠线),其填补了轨道交通中等运量的空缺,从整体上完善了轨道交通系统。

③车辆较新颖。轻轨车辆有单节四轴车、双节单铰接六轴车和三节双铰接八轴车之分。采用铰接车辆使车辆间贯通,既有利于乘客均匀分布,又增加了载客量。每组车可以单行,也可联挂编列,并能通过小半径曲线($R=25\text{ m}$)和大坡度($6\%\sim 7\%$)地段,因而,适应能力强。

④一般车站设施比较简单。在地面车站上的主要建筑就是装有风雨棚的站台。站台高度与车厢地板相当,有利于乘客上下,减少了停站时间。

5. 独轨

(1) 概述。

独轨系统从运输能力角度讲,同属中运量的轻轨系统,但由于其走行方式和结构形式比较特殊,近来人们更倾向于将它单列出来,以区别于一般以轮对(双轨)为支承和导向的轨道交通系统。

独轨交通又称为单轨交通(Monorail Transit),是指车辆在一根轨道上运行的城市轨道交通系统。按车辆跨坐于其上或悬挂于其下行驶分为跨座式独轨(Straddle Monorail)和悬挂式独轨(Suspended Monorail)两种类型。跨座式独轨系统是指车辆骑行于轨道梁的上方,车辆除底部的走行轮外,在车体的两侧下垂部分尚有水平安装的导向轮和稳定轮,夹行于轨道梁的两侧,保证车辆沿轨道安全平稳地行驶。悬挂式独轨交通指车辆悬挂于轨道梁下方行驶,轨道梁为下部开口的箱形钢梁,车辆走行轮与导向轮均置于箱形梁内,沿梁内设置的轨道行驶。

①跨座式独轨。独轨列车通常由 4 节或 6 节车厢固定编组而成,分先头车及中间车两种。先头车具有驾驶室,配置在列车的首尾。跨座式独轨车厢分为“标准型”及“大型”两种,主要的区别在于车厢容量。随车厢种类的不同,轨道梁断面亦相应不同。例如,采用大型车厢时,其轨道梁则需采用 $850\text{ mm}\times 1\ 500\text{ mm}$ 的断面。标准型车厢的尺寸为 $13\text{ m}\times 2.98\text{ m}\times 3.61\text{ m}$ 。

车体采用轻量设计,由铝合金制成,无易燃性。车厢内部座位的配备大致与地铁车厢的标准相同。每节车厢每侧有 2 个车门,先头车端部另有 1 个逃生门,各车厢之间为直接相通。各项电路控制及零件与一般铁路车厢一样,安装在车厢地板下面。每节车厢具有 2 个双轴转向架,每个车架包含 10 个橡皮轮胎(4 个驱动轮、4 个导向轮、2 个稳定轮),除行驶轮内充氮气外,其余各轮均充入一般空气。为了防患爆胎,另备有辅助胎。

②悬挂式独轨。悬挂式独轨车辆分为大型和中型两种。列车通常由 4 节或 6 节车厢固定编组而成。与跨座型一样,分先头车和中间车两类车厢,大型先头车(附有驾驶室)尺寸为 $16.8\text{ m}\times 2.66\text{ m}\times 2.95\text{ m}$ 。中型先头车的尺寸则为 $13.3\text{ m}\times 2.51\text{ m}\times 2.95\text{ m}$ 。

车体亦采用轻量设计,以铝合金焊接而成。车内配置大致与地铁车厢相同,唯一不同的是电气设备均安装在车顶。车体悬吊系统由被覆在轨道内的两轴转向架吊撑,转向架包含驱动轮与导轮,均为橡皮轮胎,同时另有辅助轮以防爆胎。

独轨交通是与轻轨交通共同发展起来的另一种轨道交通方式,虽然它们的起步相同、发展史相同,但独轨铁路远远没有像轻轨交通那样受到人们的青睐。只是在日本的一部分城市进入了实用阶段。因此,独轨交通一般用于市区内的客流运送或作为市区通往机场、码头等大型对外交通枢纽以及用于娱乐场所的客运交通干线。

我国第一条独轨交通于2000年在重庆开始修建。根据重庆市山城丘陵的地理特点,选择噪声低、爬坡能力强、转弯半径小的跨座式独轨交通系统。东起重庆市区商业中心较场口,西至大搜口区钢铁基地新山村,全线长17.54 km,共设17座车站,于2004年1月完成。全线建成后的客运能力可达到高峰每小时运送3万人次。重庆轻轨交通线是我国自行设计、施工的第一条跨座式单轨交通线,分左右线双向行驶,高架轨道桥梁贯穿全线,占总长的83.2%。

(2) 独轨交通的特点。

与普通轨道交通相比,跨座式和悬挂式独轨交通具有以下一些钢轮钢轨系统无法替代的特点,特别适合于地形复杂、高低起伏较大、对防振降噪要求较高的场合。其综合特点如下。

① 占用土地少。独轨铁路一般利用城市道路中央隔离带设置结构墩柱,柱径一般在1.0~1.5 m,占地面积不大。由于采用单一轨梁,相对于城市轻轨轨道所占的空间更小。区间双线轨道结构宽,跨座式独轨约为5 m,悬挂式独轨约为7 m,而地铁和轻轨则分别为8.5~9.0 m及8.0~8.5 m。

② 行驶速度快,运量较大。独轨系统是立体型交通,不会受到其他交通工具及行人的干扰,因此可以快速行驶,最高速度可达到80 km/h,平均运送速度一般在30~40 km/h,略低于地铁及轻轨的速度。国外独轨列车一般由4~6辆组成,列车运输能力为0.5万人次/小时~2万人次/小时,东京羽田机场线采用大车型、重型轨道结构,也可达到4万人次/小时的运量。

③ 转弯半径小,爬坡能力强,能适应复杂地形的要求。独轨交通的车辆使用橡胶轮胎,具有较强的爬坡能力,最大坡度可达10%,线路容许采用的弯道半径为30~50 m,属于小半径曲线,这是其他轨道交通所无法办到的(实际应用中采用6%纵坡,100 m最小曲线半径)。因此,独轨交通在大坡道和小半径曲线的区段能发挥它的优势,可以适应复杂地形的要求,适宜在狭窄街道的上空穿行。

④ 建设工期短,造价低。独轨系统作为由高架类型发展而来的快速轨道交通,减少拆迁,土方工程量不大,建设成本较低,造价远低于地铁。一条独轨铁路的造价一般仅相当于地铁造价的1/3。另外,独轨交通轨道结构比较简单,标准轨道梁可在工厂预制,现场拼装,既保证了精度,又便于施工,从而可缩短建设工期。

⑤ 维修保养容易,运营管理费用低。独轨交通的车辆和轨道容易检查与维修保养,轨道

使用寿命长,运营管理费用相对也较低。

⑥能确保运输安全。由于车辆与轨道的特殊结构,跨座式独轨的车辆在轨道梁两侧有起稳定作用的导向轮,而悬挂式独轨车辆走行于箱形梁内,均没有脱轨的危险,能确保运行安全。

⑦乘坐舒适。由于橡胶车轮和空气弹簧转向架的采用,列车运行平稳、噪声低,再加上空调等现代化设备的装设,乘客乘坐环境舒适,视野开阔,眺望条件好,在城市中运行可兼有游览观光的作用。

⑧对日照及城市景观影响小。由于高架独轨占用空间小,沿线不会投下很大的遮光阴影,而且对城市景观还能起到一定的点缀作用。

⑨对居民正常生活干扰小。独轨交通系统在遮挡阳光、电磁波、夜间头灯强光、噪声等方面给沿线居民的生活造成的干扰较小。

当然,独轨系统也有许多缺点。

①事故救援较困难。列车在空中行驶,在区间万一发生故障,虽然可将事故列车采用其他动力牵引至邻近车站,或采用本线或相邻线路列车将乘客接走等方式解救乘客,但救援工作毕竟复杂,而且乘客只能被动等待救援。不过由于当代技术可靠性高,安全保障系统一般都很可靠,正常状态下事故发生的概率是极小的。日本独轨系统已运行 40 年,从未发生过重大安全事故;德国乌伯塔市的悬挂式独轨已运营 100 多年,也未发生过重大事故,2002 年乌伯塔市隆重纪念悬挂式独轨安全运营 100 周年。

②道岔构造比较复杂。跨座式独轨道岔形体比较笨重,转换一次道岔的时间一般都需要 10 s 以上,而且列车还须减速通过道岔,降低了列车平均运速和延长了折返时间,使行车密度的增加受到了制约。独轨系统的行车间隔时间难以低于 2.5 min,因此,增加运量只能靠加大列车编组。比较而言,悬挂式独轨的道岔转换要比跨座式独轨简单。

③能耗大,胶轮寿命短且承载受限。独轨交通由于采用橡胶轮胎在混凝土梁上行驶,其滚动摩擦阻力为钢轮钢轨的 5~8 倍,故能耗相对较高。同时,胶轮耐磨性差,使用寿命比钢轮短。另外,独轨系统受轮胎承载力的限制,每一橡胶车轮的承载力不超过 5.5 t,其载客量和车辆长度均受到一定的限制。

④有粉尘污染。胶轮行驶磨损下的橡胶粉尘及集电器与导电轨滑行摩擦产生的金属粉尘,对大气也会产生微量的污染。

6. 磁悬浮

(1) 概述。

在钢轮钢轨的轨道交通中,由于钢轨与钢轮间具有黏着力(或摩擦力),借由列车动力车头加速产生的向前牵引力克服摩擦阻力而前进;列车的速度越快,车轮与钢轨间的黏着力越小,列车加速度所能造成的牵引力也越小,同时速度越快,空气阻力越大。当列车速度超过牵引力而等于阻力时,列车的车轮便呈现空转现象,速度便无法再提高。根据前述空气阻力与附着摩擦力相互影响的物理特性,铁路工程界以数学模式推算的结果认为,传统的钢轮钢轨铁路列车的极限时速很难超过 375 km/h。(实际上,这个临界速度已经被法国高速铁路

试验所打破。2007年4月10日,法国阿尔斯通公司研制的V150超高速列车,以574.8 km/h的速度打破了1990年5月18日创造的515.3 km/h的世界纪录。)因此,要使列车速度再提高,不外乎减小列车前进的阻力,或不采用黏着力来驱动列车前进,亦即列车不与轨道或地面接触而放弃使用车轮。而磁悬浮列车正好是可以克服传统轮轨结构摩擦的新型轨道交通系统。

磁悬浮列车是利用电磁铁产生的电磁力浮起列车以及采用电磁力推动列车前进的现代交通工具。电磁铁在通电时产生磁性,当两块电磁铁的磁性相同时,它们之间产生斥力;当磁性相异时,则产生吸力。这种电磁力就是磁悬浮列车得以浮起的原动力。由于它运行时悬浮于轨道之上,因而,轮轨之间没有摩擦,这就能突破轮轨黏着极限速度的限制,填补了火车和飞机之间的速度空白,有望创造出地面交通的最高速度。磁悬浮列车主要由悬浮系统、推进系统和导向系统三大部分组成。尽管可以使用与磁力无关的推进系统,但在目前的绝大部分设计中,这三部分的功能均由电磁力来完成。

交通工具的速度是乘客考虑的关键因素之一,由于各种交通工具的速度排列往往是不连续的,有些存在断档,有些存在交叠,而交叠的部分就呈现相互竞争的态势。磁悬浮作为陆地上最高速的运输工具,其主要功能是与飞机竞争。以日本为例,东京一大阪间的新干线铁路票价为飞机的93%,而铁路与飞机占有的乘客比例却为84%和16%。日本民众认为,旅行时间如果在3 h内,铁路运输相对其他运输方式就有充分的竞争力,所以3 h内能够行驶的路程越长,这个距离带中铁路运输市场的占有率就会越高。而以磁悬浮系统的速度来看,3 h能够行驶上千千米,而这恰恰是飞机的适应距离。

(2) 磁悬浮交通的特点。

磁悬浮交通的主要特点如下。

- ①速度快,占地少,使用电能,对环境好,这些优势与高速铁路类似。
- ②由于列车悬浮在轨道上,所以对轨道的冲击小、振动小、噪声低,也比高速铁路更节能。
- ③列车爬坡能力强。
- ④从安全性角度来看,相关研究表明,德国磁悬浮系统的安全性大约是飞机的20倍,是传统铁路的250倍和汽车的700倍。
- ⑤由于不存在黏着极限速度,从长远看,可代替飞机,以避免空中线路过于繁忙,并节省汽油。
- ⑥磁悬浮技术的不足之处主要是当前造价偏高。以日本为例,东京一大阪超导磁悬浮线路每千米造价预计约合人民币1亿元,东部丘陵线每千米造价约合人民币9.4亿元,而新干线高速铁路每千米造价约合人民币5亿元。在日本,磁悬浮线路的造价大约是高速铁路的2倍。

(3) 磁悬浮技术的发明和研究。

磁悬浮技术的研究源于德国。1922年,工程师开普尔(H. Kemper)提出了磁悬浮原理,并于1934年获得了“没有车轮的磁悬浮车辆”的专利。由于战争,这一发明被拖延,进入

20 世纪 70 年代,日本、德国开始研究开发磁悬浮列车技术。

日本于 1972 年成功进行了 22 t 重的超导磁悬浮列车试验,时速达到 50 km/h。1977 年 12 月,在宫崎磁悬浮试验线上,列车最高时速达到了 204 km/h; 1979 年 12 月,又进一步提高到 517 km/h;1982 年 1 月,磁悬浮列车的载人试验获得成功。1995 年,载人磁悬浮列车试验的最高时速达到 411 km/h。为了进行东京至大阪间修建磁悬浮线路的可行性研究,1990 年日本着手建设山梨磁悬浮试验线,首期 18.4 km 长的试验线已于 1996 年全部建设完成。2003 年 12 月,日本铁道公司在山梨试验线上创造了时速 581 km/h 的陆上列车速度的世界纪录。

1984 年,德国在埃姆斯兰德建成一条全长 31.5 km 的常导磁悬浮列车试验线,至今磁悬浮列车已更新了三代。近几年研制成功的 TR-08 型磁悬浮列车,其最高速度可达 450 km/h。

苏联曾研制出一辆 18 t 的磁悬浮列车,并在一条 6 km 长的线路上进行运行试验。

中国于 1991 年开始对磁悬浮列车进行有计划的研究,目标是中低速列车。由国防科技大学、西南交通大学、铁道科学研究院、中国科学院电工所等单位独立或合作研制出了小型试验样车。

(4)磁悬浮技术的分类。

磁悬浮技术按是否利用超导电磁铁分为超导和常导两类,二者的结构差异如图 1-2 所示。超导以日本的 MLX 型为代表,常导以德国的 TR 型和日本的 HSST 型为代表。日本的中低速磁悬浮 HSST 型是利用常规电磁材料所构成的两大电磁铁之间的吸引力使列车浮起的,所以被称为“常导”磁悬浮技术,此系统由车上的支持磁铁(定子)及轨道上的转子组成。这种悬浮方式具有自动恢复车辆悬浮高度的功能,不用控制就可以稳定悬浮。超导按温度不同又可以分为两种,日本研究的 MLX 型是低温超导($-269\text{ }^{\circ}\text{C}$,液氮冷却),利用浸入低温槽内的超导材料制成电磁线圈,由于此时电阻为零,可产生更强磁场,然后依靠两大电磁铁之间的斥力使列车浮起,所以称为“超导”磁悬浮技术。欧美地区有专家正在研究相对高温超导的新技术(液氮冷却),这种超导磁悬浮技术有望在 10 年后进入实用化阶段。

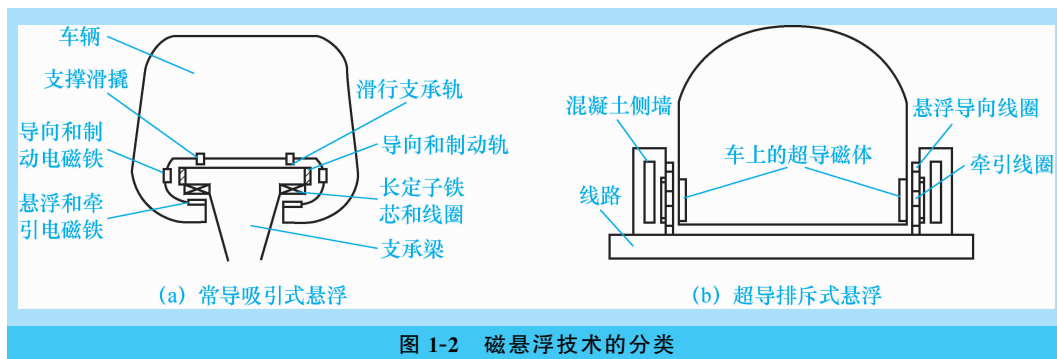


图 1-2 磁悬浮技术的分类

磁悬浮技术按速度可分为高速磁悬浮(时速约 500 km/h)和中低速磁悬浮(时速约 100 km/h)两类,前者用于干线交通与地区交通,后者用于城市交通。由于超导磁悬浮列车只有当时速超过 150 km/h 才能浮起,所以超导都是高速磁悬浮。常导磁悬浮包括高速和中

低速两种类型,上海浦东磁悬浮线采用的是常导高速磁悬浮技术,最高运行速度为 430 km/h。日本名古屋东部丘陵线采用的是常导中低速磁悬浮技术,最高运行速度为 100 km/h。超导磁悬浮列车的悬浮高度约 100 mm,常导磁悬浮列车只有 10 mm,超导对轨道的精度要求低于常导,但低温超导应用难度大,常导容易实现。超导磁辐射对人体有害,需进行磁屏蔽,常导不需要磁屏蔽。

(5)磁悬浮技术的应用。

世界上正式投入运营的磁悬浮线有 3 条,即英国伯明翰线、日本名古屋东部丘陵线和上海浦东线。前两条是中低速磁悬浮线,上海磁悬浮线是世界上第一条投入商业运营的高速磁悬浮线。

①英国伯明翰线。英国进行过时速为 50 km 的低速磁悬浮列车试验,并建设了一条从伯明翰火车站至国家展览中心的 6 km 长的运营线路。该系统于 1981 年初开工,1984 年 5 月竣工,列车最高时速 54 km/h,最大运量每天 5.1 万人次。但因故障率高、维修成本高等原因,于 1996 年停止使用。

②日本名古屋东部丘陵线。东部丘陵线是日本第一条商业运营的磁悬浮交通线,建在爱知县名古屋市。东部丘陵线采用常导吸引式磁悬浮系统,设计最高时速为 100 km/h,线路全长 8.9 km,设 9 座车站,除一个区间为地下和地面过渡段外,其余线路和车站均采用高架形式。东部丘陵线噪声和振动较小,乘坐舒适,车体采用大开度的车窗立面,通透感强,景观效果较好。车辆采用 HSST 100L 型,由 3 辆车固定编组,悬浮高度为 8 mm。每辆列车额定载客 244 人,实际载客约 360 人,其中坐席 104 人,设计最小行车间隔时间为 5 min,每小时单向额定运能约 3 000 人。目前高峰时期行车间隔时间为 6 min,非高峰时期行车间隔时间为 10 min,每小时单向额定运能约 2 400 人。虽然全线车站多为高架形式,但都采用了全封闭式的屏蔽门,提高了安全性,也改善了候车环境。

③上海浦东线。上海浦东线从浦东机场至地铁 2 号线龙阳路站,全长 30 km,总投资 100 亿元人民币。它于 2004 年 5 月正式投入商业试运营。最高运行时速 430 km/h,全程单向运行时间为 7 分 20 秒。由于磁悬浮列车的电气、电子部件和轨道长定子都位于列车环抱的封闭空间内,强大的磁力线处于自封闭的环境中,即处于悬浮导向间隙内,因此磁场对外界环境的影响极小。由测试数据可知,磁悬浮列车乘客受到的磁场影响甚至小于电视。国家环境保护总局 2005 年 8 月的验收结果认为:磁悬浮列车车厢、车站站台、轨道梁下、沿线环境敏感点、变电站,其工频磁感应水平分量和垂直分量、工频电场强度、综合电场强度均符合国家有关标准要求。

截至 2006 年 3 月底,上海浦东线累计安全运行里程已超过 240 万千米,运送乘客 623 万人次,并经历了积雪、大风等恶劣气候的考验。2006 年 4 月 26 日,上海浦东线正式通过国家竣工验收。

7. 自动导轨(向)交通系统

(1)概述。

自动导轨(向)交通(Automated Guideway Transit, AGT)系统是指利用导轨导向、完全

自动控制沿着具有专用权的固定轨道载人运行的新型轨道交通系统。一般指小范围、小区域、沿一定轨迹、单一方向的运输。固定轨道可采用地下或高架方式,也可以敷设于地面,但必须与街道中的车辆及行人完全隔离。这种交通系统从列车发出开车信号到列车启动、加速运行,以及到站前的减速停车等,这一切均由计算机进行控制,一般情况下不要驾驶人员介入。因此,车辆可以实现无人驾驶和较小的运行间隔。

这种交通模式最早出现在美国,初为一种穿梭式往返运送乘客的短距离交通工具,故曾被称为水平电梯(Horizontal Elevators),因轨道线路一般采用高架形式,也称为空中巴士(Sky Bus)或快速交通(Transit Expressway)。在其逐渐发展成为一种城市客运交通工具后,便统称为客运系统(People Mover System, PMS)。法国与日本将 AGT 技术进一步发展并应用于城市地区中运量的大众运输,在法国称 VAL (Vehicule Automatique Leger),日本则以新交通系统统称 AGT 技术类型的中运量运输系统。

(2) 自动导轨(向)交通系统的分类。

当前,作为客运交通工具的自动导轨(向)交通系统在不同的国家被分为多个类别。

① 美国的客运系统。

穿梭/环形短途运输系统(Shuttle/Loop Transit, SLT)。这是 AGT 系统中最简单的一种,分穿梭与环形运输两种。穿梭式系统使用较大型车厢(容量约为 100 人),通常具有站位,沿固定路线行驶;从甲地驶到乙地,再从乙地驶回甲地,如此来回输运,其作用如同高楼中的自动电梯,故又称水平电梯。除可做两点间直接输运外,中途亦可设站。环路式则沿环状路径绕圈行驶,中途设站停留。

团组快速交通系统(Group Rapid Transit, GRT)。这种系统的主要服务对象为具有相同出发地点与目的地的团组型乘客,通常使用载运量为 12~70 人的中型车厢,故可视为一种自动行驶的公共汽车(Automated Bus)。它与 SLT 的不同之处是:因容量较小,除可有较密的班次外,还可设置分岔路线,以便选择性地绕行主线,收集支线的乘客。运行班次间隔 3~60 s,服务方式可分定时排列班次和途中不停留的区间快速运输。1974 年 1 月启用的美国德州达拉斯机场的 PMS,1975 年通车的西弗杰尼亚大学摩根镇(Morgan town)运人系统均属于 GRT 的应用例子。

个人快速交通系统(Personal Rapid Transit, PRT)。从技术层次及载运形态而言,这种系统才是真正的运人系统(True Personal Rapid Transit)。其主要特色为在精密计算机自动化控制系统的管制下,使用 2~6 人容量的小型车厢,在复杂的路网中运载乘客,并经由岔道(Switch)转出或进入主干线。

通过以上分析可知,穿梭/环形短途运输系统虽然在技术应用层面上较简单,但它可提供机场或都市特定区内的往复或环流交通功能,也可以在各种活动中心(如购物中心、运输中心、娱乐园区等)做串联式的联络服务,因此其运载容量不但高于团组快速交通与个人快速交通,且可以通过联挂成列车的方式来适应中运量的运输需求。

② 日本的新交通系统。自动导轨运输系统在日本被称为“新交通系统”,主要取意于这种系统是最近几十年间研发的成果,凭借高度自动化的新颖科学技术,所以有别于传统的运

输技术。20世纪60年代后期,当美国极力发展AGT技术时,日本也已开始注意这种新技术的研究。1968年,首先由东京大学着手进行一个类似美国PRT的“CVS”计划(Computer-controlled Vehicle System),即“计算机控制的车辆系统”计划。

③法国的VAL系统。“VAL”系法文“Vehicule Automatique Leger”的缩写,英文字译为“Light Automated Vehicle”,意即“轻型自动化运行车辆”。

虽然AGT系统比其他城市轨道交通系统的输送能力小,但建设费用也较低,并且由于使用了橡胶轮胎,噪声小。因此,在日本AGT系统已成为深受欢迎的新型交通系统,填补了铁路与公共交通之间的运量空隙。新交通系统的运输能力为2000~20000人次/小时,车速最高可达50~60 km/h,额定速度在30~40 km/h,每辆车厢定员在60~70人,以4辆~6辆为一编组运行,运行间隔可通过计算机控制,根据需求的变动进行调整。此外,建于道路上的AGT,其道路路幅在一般线路部分需有2.5~3.0 m的宽度,车站部分需有3.0~3.5 m的宽度。

(3)AGT系统的特点。

自动导轨(向)交通系统具有全自动化运作,车辆体型相对短小、重量轻和其构造简单的特点,因此,其有许多一般中运量轨道交通难以相比的优点。计算机控制的自动导轨(向)交通,可以使车间隔时间缩小至1 min,实现高密度、小编组、安全快速运行,克服了常规地面交通运行密度高但速度不快,地铁等轨道交通速度快但难以达到高密度运行的缺点,可使乘客快速、准点、安全地到达目的地,并且可以缩短乘客候车时间,舒适乘行,从而进一步提高了客运服务质量。从功能角度分析,自动导轨交通还具有以下优点。

①自动化驾驶可以准确地按运行指令运作,反应快速,准确度很高,可以避免人工驾驶因长时间操作引起的疲劳和思维迟钝,从而造成驾驶失准和失误现象;而且自动控制有一系列安全保障配置,可以防超速、防追尾等,安全性高。

②自动化运行可以使行车安排和调度具有很强的科学性和灵活性,能够恰当、经济地满足运营需求。特别是对客流变化幅度很大的线路,如沿线有突发性客流的场所,像剧院、展览会等,此系统可以迅速补添车次或改变列车编组,以满足和适应及时运送乘客的需要。

③在行车指挥、车站管理、电力调度、防灾报警、售检票及数据统计等方面广泛采用了计算机系统,不仅极大地提高了功效,而且由于列车无驾驶人员,车站及许多设备无人或只需要很少人员值守,大大节省了人力,这对于人力占成本比例很高的经济发达国家具有更重要的意义。

④基于应用高水平自动化技术,列车可以采用高密度、小编组运行。由于列车节数少,所需站台长度短,因此可以减少车站建设费用,对于地下车站还可以减少通风、空调、照明等设备的数量及能源消耗。

自动导轨(向)交通不仅车辆体型小,而且车体材料采用轻质金属,因此重量也很轻,可采用较小的隧道断面和较窄的高架桥体,由于减轻了高架结构的负荷,因此可以较大幅度地降低土建工程造价,而且车体的重量轻还能节省牵引动力的能耗。

⑤列车采用电力牵引,不会产生废气污染;同时,又因采用橡胶车轮,对车内和周围环境

产生的噪声和振动影响都非常小,噪声值一般不超过 75 dB,在线路附近往往感觉不到列车通过,因此采用这种交通方式有利于保护环境。从景观看,由于车辆体型不大,地面工程结构体量相对也较小,外观造型设计得当,因此,易融入周围环境,产生较好的景观效果。

⑥车辆采用橡胶车轮,车轮与轨面的黏着性能好,与钢轮钢轨相比能产生较大的摩擦力,可缩短加减速度时间,增大爬坡能力,使车辆最大爬坡能力高达 7%,无乘客的情况下甚至可达 10%。

⑦列车最小平面曲线半径仅为 30 m,又具有较大的爬坡能力,因此可以适应较为复杂的地形。在城市内易于避开现有的建筑物,减少拆迁工程量,降低建设成本,保护了有价值的历史文化建筑。

⑧自动轨交行车密度调节范围大,并能以极高的密度运行,车体大小和列车编组又可以在一定范围内改变和调整,所以使用范围较大。除可作为城市中运量轨道交通外,还可用于运行距离短、行车密度高、客运量较大的接驳运输,如用于机场、博览会和游乐园等场合的内部交通等。

自动轨交(向)系统这种交通制式也存在一些缺点,由于采用橡胶车轮在表面粗糙的板式轨道上行驶,磨损较大,不如一般轨道交通采用的钢轮钢轨那样经久耐用,车轮使用寿命相对较短,同时运行能耗也相应较大。此外,该系统采用充气橡胶车轮,还需要有预防爆裂和发生爆裂后的安全措施和装置。露天的线路,在雨雪天行车时易打滑。自动轨交采用的充气橡胶车轮,其载客能力相对较低,使这种交通制式扩大载运量也受到了一定限制。

任务 1.3 城市轨道交通的作用与意义

一、城市轨道交通的意义

在现代城市化发展的过程中,随着城市的经济发展,必然会使城市的人口增加。而城市的人口增加,又会使城市的交通问题、环境问题、资源问题以及住房问题突显而出。这些问题现在一直在困扰着市政当局,这些问题解决不好,会严重制约城市的经济发展,进而制约城市化的发展。搞好城市的规划和建设,解决城市化进程的交通、环境等问题,是现代城市发展的一个重要问题。

改革开放以来,我国的经济得以高速增长,城市的建设也日新月异,城市化的进程在不断加快。现在,越来越多的城市,尤其是百万人以上的大城市,都遇到了城市交通问题。虽然我国城市交通基础设施建设已取得了巨大的成就,但仍然不能满足人们对城市交通的巨大需求。城市道路面积增长的速度,远远赶不上城市机动车的增长速度。交通堵塞、交通事故、空气污染、噪声污染日趋恶化。因此,优先发展城市公共轨道交通作为解决交通问题的有效途径,已成为全世界的共识。

由于城市轨道交通不仅能改善和缓解城市人们出行的交通压力,还能减少城市资源的

浪费,保护环境,引领城市规划。因此,在城市中建设轨道交通是一种明智的选择。纵观世界城市轨道交通 150 多年的历史发展,城市建设轨道交通一般出于以下目的。

- (1)解决城市面临的交通现状。
- (2)引领城市规划,以适应城市的可持续发展。
- (3)保护环境,满足人们出行的舒适要求。
- (4)节约资源,减少能源消耗。
- (5)拉动城市其他产业的发展。
- (6)作为战备防空、突发事件的避难场所。

二、城市轨道交通的地位及作用

1. 城市轨道交通的地位

大力发展城市的轨道交通事业是从根本上改善和解决城市的交通现状,保持城市可持续性发展的重要措施。城市轨道交通的规划、建设和运营,带动了城市向郊外地区扩展,从而使城市原有的规模得到扩大;而且,在轨道交通的作用下,城市的各种设施会向线路两侧集中,导致城市沿轨道交通线路轴向发展,进而导致城市中心的变迁和原有格局的改变。所以轨道交通与城市的发展是紧密相关的,对城市发展具有巨大的引导作用,城市结构也会随着轨道交通的发展而不断发展变化。现代化的大都市以发展道路交通来完全满足客运需求是不现实的,城市不可能提供足够的土地来增加道路。因此,大容量、无污染、高效率,对改善环境有益的城市轨道交通日益成为城市交通发展的首选模式。城市规划的实质是交通规划和用地规划,因此,在规划轨道交通时应结合城市的定位、地理结构、人文景观、人口规模、用地规模等,使其适合城市未来的发展。

改革开放以来,随着我国经济的迅速发展和城市化进程的加快,客运交通量急剧增加,原有的城市交通系统在数量和质量上都不能满足城市发展的需求,发展快速便捷的城市轨道交通系统已逐渐得到各级政府和广大群众的重视。进入 20 世纪 90 年代以来,城市轨道交通系统的研究进一步深入展开,使城市轨道交通建设进入了一个新的阶段。许多城市意识到轨道交通不但可以解决城市交通问题,更重要的是可以促进城市的可持续发展,进而推动城市经济建设。

2. 城市轨道交通的作用

- (1)解决城市交通现状。

当前,我国大中城市普遍存在着道路拥挤、车辆堵塞、交通秩序混乱的现象,这已成为城市发展的“瓶颈”问题。随着我国城市规模和经济建设飞速的发展,城市化进程在逐步加快,城市人口在急剧增加,大量流动人口涌进城市,人们出行和物资交流频繁,交通需求急剧增长,城市道路交通供需矛盾日趋紧张。发展以轨道交通为骨干,以常规公交为主体的公共交通体系,为城市居民提供安全、快速、舒适的交通环境,引导城市居民使用公共交通系统是国外大城市解决城市交通问题的成功经验,也是我国大城市解决交通问题的唯一途径。城市

结构改变的一个重要因素就是人口的疏散。但是我国城市以传统的步行、自行车为主的交通方式,限制了城市人口的有机疏散。城市轨道交通具有快捷、安全、大容量等特点,不仅能及时疏散大量密集人群,而且由于其对沿线区域的可达性的大大提高,对居民产生巨大的吸引力,诱导人们远离市中心居住,从而促进城市结构的改变。

(2) 环境保护。

城市环境与交通有着极为密切的联系。城市环境恶化的一个重要原因在于汽车的尾气排放和城市道路的噪声。以汽车为主的城市道路交通对城市发展有着极为不利的影 响,它带来了大气污染、交通事故增加和其他一系列社会问题。而轨道交通具有低能耗、无污染、安全等特点,对于改善城市环境、增加城市环境容量有着极为重要的作用,对于建立新型生态城市结构具有重要的现实意义。

(3) 节约资源、减少能源消耗。

以地铁为主的城市轨道交通,一般修建在城市的地下,不仅用地比城市道路交通的汽车要少得多,而且由于其强大的运输能力以及快速、安全等特点,更能促进城市人口密集在轨道两侧,促进城市用地集约化与居住环境改善的统一,促进城市形态和土地使用格局相应的调整,促进城市人口外延性的发展,也即人口分布于更宽广的地域。另外,地铁的能源是电力,与地面交通所消耗的能源相比是很少的。

(4) 拉动相关产业的发展。

城市的轨道交通是一个系统工程,涉及行业较多,如房地产、制造、建筑、媒体以及服务行业等。建设城市轨道交通,相关行业就要进行配合、配套。这样就给其他行业提供了发展的机会,同样也提高了城市人口的就业率,从而推动了城市的经济发展。

(5) 战备防空。

城市轨道交通在和平年代是城市的交通设施,是用于城市居民出行的交通工具。在战争时期(或非常时期)轨道交通设施还能作为城市居民的防空掩体(避难场所)。如第二次世界大战期间,德国法西斯大举入侵苏联时,莫斯科地铁为卫国战争的胜利做出了巨大贡献。为躲避敌机的频繁空袭,地铁成为天然可靠的安全防空地。又如当德国法西斯频繁空袭伦敦时,伦敦地铁就有 79 个地铁车站被用于防空掩体场所,并有一段 8 km 的地铁线被用作装配厂,还有很多珍贵文物、精密仪器、急救药品也贮藏在地铁里。第一、二次世界大战结束后,欧洲许多国家城市开始新建地铁的目的就是为了备战。

世界各国轨道交通的发展说明,轨道交通的发展无不和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,更应重视城市规划作用,保持城市经济增长,保持城市的可持续发展。因此,在正确的战略指导下,研究制定城市轨道交通的建设发展具有重大的现实意义。

任务 1.4 城市轨道交通系统的组成及运营参数

一、城市轨道交通运营的设备系统

城市轨道交通由许多设备系统所组成,不同的设备系统完成着轨道交通的不同功能。以地铁为例,一般分为车辆(RST)及车辆段设备(WSH),供电设备—交流高中压(HMV)、牵引供电(TPS)、接触网(OCS)、电力监控(SCA),线路(轨道),通信(TEL),信号(SIG),车站设备监控(BAS),防灾报警(FAS),气体灭火系统(GFS),环控系统(ECS),电扶梯(ESC),屏蔽门(PSD),自动售检票系统(AFC)等。

二、城市轨道交通运营的参数

城市轨道交通建成以后,其运营管理是相当重要的。政府投入巨资建设城市轨道交通,就是要求轨道交通成为城市的骨干交通工具,要求轨道交通引领城市的规划和发展,要求轨道交通能够带动城市其他行业的发展。要保持城市轨道交通在城市中的地位,必须管理好、经营好它,让轨道交通的投入保值增值,让政府放心,让市民满意。一般城市轨道交通的运营的参数如下。

1. 日均载客量

日均载客量即每天乘坐城市轨道交通人数的总和。

2. 行车间隔

行车间隔即每一列车发车的时间间隔。一般以分钟为单位,精确到秒,分高峰期、中峰期和低峰期。

3. 运行车辆

运行车辆即运营时刻在线路上行驶的列车数量。

4. 停站时间

停站时间即列车在车站停站的时间,一般以秒为单位。

5. 速度

速度即列车在区间(车站与车站之间的距离)行驶的平均速度。

6. 交路周期

交路周期即列车在线路上行驶一个往返所需要的时间(包括停站时间和折返时间)。

7. 票价

乘客乘坐轨道交通需要买票付费。票价的多少可根据乘客乘坐列车行驶距离多少而定,一般以乘坐的车站为单位。

任务 1.5 国内、外城市轨道交通的简介

1863年,英国伦敦建成世界上第一条地铁线,迄今已有150多年历史。100多年来,轨道交通的发展是非常迅速的,至今全世界共有45个国家和地区,140多座城市拥有城市轨道交通。19世纪,有伦敦、纽约、伊斯坦布尔、芝加哥、布达佩斯、维也纳、格来斯哥、波士顿、巴黎9座城市的居民能够乘坐地铁列车。20世纪上半叶,又有柏林、费城、汉堡、布宜诺斯艾利斯、马德里等13座城市相继有了地铁。第二次世界大战期间,有些城市因为拥有了地铁,发挥了其防空掩体的作用,避免遭受飞机的轰炸,保护了许多人的生命。第二次世界大战结束以后,发展地铁已受到各国的重视,纷纷效仿伦敦,兴建地铁的城市如雨后春笋般地飞速发展起来。近50年又有100多座城市建成了地铁。如今,城市轨道交通已成为现代化城市的标志。

我国城市轨道交通的发展起步较晚、建设速度较慢。1965年开始,在我国北京率先建设了第一条地铁线路;几十年时间过去了,也只有北京、天津、香港3座城市拥有几条有限的地铁线路。改革开放后,我国的经济高速发展,综合国力进一步增强,人们的精神和物质生活得到很大的改善,城市化的进程在快速推进,我们的城市轨道交通得以迅速发展;特别是20世纪90年代后,上海、广州、武汉、深圳、重庆、南京等许多城市都相继开始建设城市轨道交通。

综合世界城市轨道交通的发展历史,一般将其分为三个阶段。

第一阶段:以战备防空为主,兼顾城市交通。

第二阶段:为改善和解决城市交通压力。

第三阶段:为引领城市规划,改善城市交通,以适应城市的可持续发展。

国内、外部分城市地铁简介如下。

1. 伦敦地铁

大伦敦由伦敦市、内伦敦和外伦敦构成,总面积为 $1\,579\text{ km}^2$,人口为751万,密度为 $4\,758\text{ 人}/\text{km}^2$ 。伦敦市位于大伦敦地区正中央,面积为 2.9 km^2 ,人口约1万人,密度 $3\,966\text{ 人}/\text{km}^2$;位于大伦敦中央的12个区构成了内伦敦,面积为 319 km^2 ,人口299万;此区域外的其他20个区构成了外伦敦,面积为 $1\,254\text{ km}^2$,人口454万。此外,伦敦大都市区是指包括大伦敦在内的英格兰东南地区,总面积为 $27\,224\text{ km}^2$,人口有1805万。其中,近郊区处于大伦敦外围,面积为 $8\,807\text{ km}^2$,人口约480万;远郊区是受大伦敦影响的英国东南地区的其他区域,面积为 $16\,839\text{ km}^2$,人口约600万。

在轨道交通方面,伦敦地铁建设最早,网络形成比较早,是世界上网络规模最大的地铁系统。目前,伦敦轨道交通呈放射状布置,轨道线路总长 $1\,225\text{ km}$,其中,国铁 788 km ,地铁 408 km ,轻轨 29 km 。伦敦地铁全长 408 km ,共有275个站,平均每天运送旅客约300万人次。伦敦公共汽车线网也是全世界覆盖面积最大、最复杂的城市交通系统。平均每星期有

6 800 辆公共汽车在 700 多条不同线路上承载大约 600 万的乘客。

2. 巴黎地铁

巴黎市是法国的首都和最大的城市,也是法国的政治文化中心。巴黎同时也是法国的第 75 省,属于法兰西岛大区。截至 2007 年 1 月,巴黎市内人口为 219 万人,都会区的人口则超过 1 183 万人,为欧洲最大的都会区之一。巴黎位于法国北部,狭义的巴黎市只包括原巴黎城墙内的 20 个区,面积为 105 km²。大巴黎地区包括分布在巴黎城墙周围,由同巴黎连成一片的市区组成的上塞纳省、瓦勒德马恩省和塞纳—圣但尼省。

巴黎地铁于 1900 年起运行至今。目前巴黎地铁总长度为 214 km,居世界第十一位(位列上海、伦敦、纽约、北京、首尔、东京、莫斯科、马德里、广州和香港之后),年客流量达 13.88 亿(2007 年),居世界第七位(位列东京、莫斯科、首尔、纽约、墨西哥城和北京之后)。巴黎地铁有 14 条主线和 2 条支线,合计 300 个车站(384 个站厅)和 62 个交汇站。

如今,巴黎地铁路网的扩展放缓了脚步。公众资金的短缺限制了对其相关项目的投资,固有线路的速度低、载客容量不足使得巴黎地铁无力再向郊外做更多的延伸。

3. 柏林地铁

柏林是德国的首都,于 1897 年开始兴建地铁,1902 年第一条地铁线路建成通车。目前柏林的地铁共有 10 条,总长 165.5 km。此外柏林还有 325 km 的市郊铁路、176 km 的有轨电车。世界上第一条有轨电车线路就是在柏林诞生的。

4. 莫斯科地铁

莫斯科于 1930 年开始兴建第一条地铁线路,全长 11.6 km,于 1935 年建成通车。第二次世界大战期间,一号线发挥巨大作用,故地铁自 1930 年建设后,70 年以来,地铁新线的建设从未停止过。如今莫斯科地铁有 10 条线路,总长度 255 km。莫斯科地铁车站的内部艺术装饰十分考究,素有“地下宫殿”的美称。

5. 纽约地铁

纽约是美国最大城市及第一大港,位于美国大西洋海岸的东北部。该市由曼哈顿、皇后、布鲁克林、布朗克斯和斯塔滕岛五个区组成。纽约市总面积为 1 214.4 km²,其中土地面积为 789.4 km²,水面积为 428.8 km²,2009 年估计约有 839 万人。纽约都会区是全美最大的都会区,也是全世界最大的都会区之一,整个纽约都会区由 23 个郡组成,总面积为 17 405 km²,2009 年估计人口约有 1 907 万人。美国行政管理和预算局将纽约都会区定义为纽约—新泽西北—长岛、纽约州—新泽西州—宾夕法尼亚州都会统计区,纽约都会统计区又分为 4 个都会区分区。

根据上下班通勤方式,美国行政管理和预算局还定义了一个范围更广的、由纽约都市区和邻近 5 个都市区组成的区域,也称为纽约—纽瓦克—布里奇波特、纽约州—新泽西州—康涅狄格州—宾夕法尼亚州联合统计区,也常被提及为纽约、新泽西州和康涅狄格州三角区,这个区域的总面积为 30 671 km²,其 2009 年的估计总人口约为 2 223 万人。

与美国其他任何一个主要城市不同的是,公共交通是纽约最受欢迎的交通模式。2005

年 54.6% 的纽约人上下班通勤乘坐的是公共交通工具。纽约的轨道交通系统分为 2 个独立的系统——地铁网和通勤铁路网。地铁网为纽约中心城服务,覆盖范围为中心城 4 个区,目前共有线路 25 条,长度为 370 km,运营车辆有 6 700 余辆,占全美地铁车辆的 2/3,地铁工作日日均客流量达 350 万乘次。通勤铁路网为纽约大都市提供通勤服务,它的铁路网络把位于纽约、新泽西州和康涅狄格州三角区区域的郊区与纽约市连接在一起。通勤铁路网络由长岛铁路,大都会北方铁路和新泽西运输铁路构成,整个系统覆盖了包括大中央车站及宾夕法尼亚车站的 254 个车站以及 20 条铁路线,总长 1 057 km,工作日平均客流量约 48 万乘次。

6. 芝加哥地铁

芝加哥是仅次于纽约的美国第二大城市。1892 年兴建地铁,到现在芝加哥地铁已有 168 km,187 个车站。

7. 墨西哥城地铁

墨西哥城是墨西哥的首都。1967 年初开始兴建地铁,于 1969 年建成了 12.5 km 的第一条地铁线路。墨西哥城市政当局非常重视地铁的建设,从 1969 年至 1994 年,25 年间,墨西哥城地铁发展到 10 条线路,总长度达 178 km,堪称世界地铁建设奇迹。

8. 伊斯坦布尔地铁

伊斯坦布尔是土耳其最大的城市和首都。1875 年建成了一段 1.8 km 的地铁后,100 多年来一直没有新的建树,被认为是世界上地铁发展最慢的城市。如今,城市发展的形势迫使市政当局重新考虑恢复建设地铁线路。但因需要时间和大量的资金,1992 年市政当局决定采用“两条腿走路”的办法:一方面,兴建具有建设速度快、投资少、运营成本低的轻轨,另一方面,继续扩建既有的地铁。目前伊斯坦布尔有 7.5 km 的地铁,23 km 的轻轨。

9. 东京地铁

东京大都市区根据行政区域与交通影响范围可分为四部分,即中心城(东京都区部)、东京都(包括区部及多摩地区)、大东京圈和首都圈。中心城即东京都区部由 23 个区组成,面积约为 622 km²,截至 2009 年人口约为 880 万人,并呈上升趋势,是东京城市化最为集中的区域。东京都是一个独立的首都行政单位,包括区部的 23 个区以及与区部相邻的 26 个卫星城,5 个町和 8 个村,面积为 2 188 km²。截至 2009 年,人口约为 1 299 万人,占日本总人口的 10%。

东京圈是指中心区周围半径 50 km 的区域,包括东京都、埼玉县、千叶东京都区部县和神奈川县大部、茨城县南部,面积 10 117 km²,人口 3 200 万;首都圈包括“一都七县”,离东京市中心半径为 100~150 km,行政区域面积为 36 879 km²,人口有 4 090 万人。

在轨道交通建设方面,按功能可将东京的轨道交通系统划分为三类:服务于中心城的地铁系统、服务于东京交通圈的私营铁路系统以及服务于首都交通圈的国际 JR 系统。东京地铁系统由都营地铁和东京 Metro 两家公司运营,其中都营地铁有 4 条线路,总长 107 km,东

京 Metro 有 9 条线路,总长 195.4 km。共计 13 条线路,总长 302.4 km,主要服务于东京中心城。私营铁路以国际 JR 山手线为起点,向外围都市圈辐射,长度接近 1 000 km;国家铁路 JR 线路主要承担东京大都市圈内市际间及市内的交通功能,总长度近 900 km。从轨道交通密度来看,东京都平均轨道密度达到了约 300 m/km^2 ,在都内的 23 区,轨道网络密度更是高达 $1\ 010 \text{ m/km}^2$,东京拥有世界上最发达的轨道交通网络。日本东京市首都圈内参与公共交通的城市快速轨道交通线路里程为 2 305 km,其中地铁 292 km、JR 线(不包括新干线) 887 km、私营铁路(包括单轨铁路)1 126 km,轨道交通网的覆盖面非常广,轨道交通构成了城市公共交通的骨架体系,特别是在连接市区与郊区及远郊区的放射线方向上,更是占据主导地位。

东京都区部每天大约有 2 825 万乘客。而为这些人移动提供条件的正是连接东京都中心和郊外的 JR、私营铁路和主要运行于东京 23 区内的都营地铁(东京地铁),还有与乘客日常生活密不可分的都营电车、都营巴士等公共交通工具。其中,都营交通(东京都交通局)担负着支撑 23 区内交通移动量的 9.7%(以上数字均为 2006 年度的统计数据)。都营交通是东京都管辖经营的地方公营企业,每天大约有 301 万乘客利用地铁、公交巴士、都电、日暮里舍人线等都营交通系统。

10. 首尔地铁

首尔地铁自 20 世纪 70 年代初开始兴建,于 1974 年建成第一条线路,长 9.5 km。为了迎接 1986 年的亚运会和 1988 年的奥运会,市政当局大力加速兴建地铁。迄今,首尔地铁共有 8 条线路,总长为 278 km。首尔也是世界上建设地铁速度最快的城市之一。

11. 香港地铁

香港是我国的特别行政区,其城市人口密度排在世界前列。港铁全称香港铁路,是香港最大的基于铁路的交通运输系统。港铁泛指以一张港铁单程票通行的九条港铁路线,广义上还包括一条连接机场及香港市中心的机场快线、一个拥有 12 条路线的轻铁系统以及一个旅游缆车系统,组成贯通港九新界、市区及多个新市镇,总计 84 个港铁车站及 68 个轻轨车站的铁路网。同时,整个系统亦包括接驳巴士、城际客运及中国铁路货运服务。

综合港铁系统由香港铁路有限公司(港铁公司)营运,于 2007 年 12 月 2 日由地铁系统及九铁系统合并而成。其中东铁线始建于 1906 年,于 1910 年通车,是连接香港及广东省的主要的铁路线;而以隧道为主的第二条路线观塘线则于 1979 年通车,成为香港铁路史上的里程碑。此后,港铁经多年不断扩展,更成为“国际都市铁路联合会”的创会会员之一。2008 年 8 月,港铁成为唯一提供“2008 年奥运会马术比赛铁路运输服务”的交通运输系统。

于 2009 年,港铁本地铁路路线过去 12 个月的累积载客量超过 12 亿人次,平均周日载客量达 350 万人次,是全球最繁忙的铁路系统之一。到现在已有 6 条地铁线路,总长近百千米。香港地铁也是世界上管理比较成功的地铁,香港地铁的客流量排在世界前几位,每年都能从票款收入中盈利。

12. 台北捷运

台湾人称地铁为捷运。台北市 1986 年提出地铁规划,地铁线网由 6 条线路组成,总长 84.7 km,共 77 个车站。目前已开通 2 条线路,总长近 40 km。

13. 北京地铁



北京地铁的规划始于 1953 年,工程始建于 1965 年,最早的线路竣工于 1969 年,1971 年开始运营,是中国大陆第一个地铁系统。

截至 2014 年 12 月 28 日,北京地铁共有 18 条运营线路(包括 17 条地铁线路和 1 条机场轨道),线路覆盖北京市 11 个市辖区,重复计算换乘车站共有 318 座运营车站,不重复计算换乘车站则为 268 座车站,总长约 527 km。

2013 年,北京地铁年客运量突破 32 亿人次,居全球第一,日均客流量过千万已成常态。2013 年 7 月日均乘客量 975.03 万人次,2014 年 3 月,工作日日均客运量在 1 000 万人次以上,并且在 2014 年 4 月 30 日创下单日客运量最高值,达到 1 155.95 万人次。

14. 上海地铁

上海轨道交通,又称上海地铁,其第一条线路地铁 1 号线于 1995 年 4 月 10 日正式运营,是继北京地铁、天津地铁建成通车后中国大陆投入运营的第三个城市轨道交通系统。上海轨道交通由上海申通地铁集团有限公司负责运营,按照上海市物价主管部门批复的轨道交通网络票价体系计价,有多种票价优惠情况和车票种类。上海轨道交通的标徽由字母“S”和字母“M”变形组合。

截至 2014 年 12 月 28 日,上海轨道交通共开通线路 14 条(1~13 号线、16 号线),全网运营线路总长 548 km,车站 337 座(不含上海磁浮示范运营线,3、4 号线共线段的 9 个车站的运营路程不重复计算,多线换乘车站的车站数分别计数)。在 2015—2020 年的规划中,有 5 条线路延伸规划、4 条线路新建计划。

15. 广州地铁



广州地铁是中国第三大城市广州市的城市轨道交通系统,于 1997 年 6 月 28 日开通,是中国大陆第四个开通并运营地铁的城市。截至 2013 年 12 月 28 日,广州地铁共有 9 条运营路线(1 号线~6 号线、8 号线、广佛线及 APM 线),总长为 260.5 km,共有 164 座车站。

广州地铁由广州市地下铁道总公司负责运营管理,并且还是广佛地铁的实际建设及运营者,并由此间接成为佛山地铁一号线(即佛山境内魁奇路至金融高新区区间)的运营商。

广州地铁已经成为广州市民最主要的交通工具之一,截至 2014 年 3 月日均客流已达 623.4 万人次,并在亚运免费期以 784.4 万人次的峰值打破全国纪录。为更好地解决地面交通堵塞的问题,广州地铁仍在进行大规模的扩建工程。经过数次修订,广州地铁的远期规划长度将达到 751 km。

项目小结

城市轨道交通(Rail Transit)是以电能为动力、采取轮轨运转方式的快速大运量公共交

通的总称,是指具有运量大、速度快、安全、准点、保护环境、节约能源和用地等特点的交通方式,简称“城轨”,包括地铁、轻轨、快轨、有轨电车等。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。

学习检测

- (1)城市轨道交通的主要形式有哪几种?
- (2)地铁、轻轨和有轨电车最主要的区别是什么?
- (3)独轨交通系统有哪些优点?
- (4)城市轨道交通有哪些优点?

