

第一章 绪 论

第一节 城市轨道交通的概念与特点

城市轨道交通是在不同型式轨道上运行的大、中运量城市公共交通工具，是当代城市中地铁、轻轨、单轨、自动导向、磁浮等轨道交通的总称，主要服务于城市公共客运服务，是一种在城市公共客运交通中起骨干作用的现代化交通系统。城市轨道交通车辆在固定导轨上运行，有别于道路交通；服务于城市公共客运，也有别于城际铁路。在中国国家标准《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之总称”。在《城市轨道交通技术规范》(GB 50490—2009)中，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”。

相比城市道路交通，城市轨道交通具有明显的优势：运能大；运行准时、快速；安全性高；能耗低，无污染，利于环境保护；用地省，能实现大运量的要求，具有明显且良好的社会效益。

1. 容量大

地铁单向每小时运送能力超过 3 万人次，轻轨交通在 1 万到 3 万人次之间，而公共汽车仅为 8 000 人次，在客流密集的城市建设轨道交通可极大疏散客流。

2. 运行准时、快速

城市轨道交通是一种独立的有轨交通系统，有专用线路，基本不受道路交通状况的影响，也极少受到其他交通工具或气候的干扰，一般不会出现类似道路交通阻塞而延误运行时间的问题，可保证旅客准时、迅速抵达目的地。由于轨道交通系统有良好的线路条件与自动控制体系，兼有可靠的安全保障措施，一般城市轨道交通旅行速度为 35 ~ 40 km/h，而道路公交的旅行速度通常只有 15 ~ 20 km/h。

3. 安全性高

城市轨道交通建于地下或高架，与其他交通工具无相互干扰，且自身有可靠的安全保障措施，在没有突发灾害或事故的情况下，运行安全能够得到充分的保障。

4. 能耗低

由于城市轨道交通是大运量集约化的客运系统，按每运送一位乘客的能耗评价，是其他任何一种交通方式所无法比拟的，节约大量能源。在同样运量的前提下，小轿车的能耗

是轨道交通的 6~13 倍，公共汽车是轨道交通的 1.8 倍。

5. 无污染

城市轨道交通采用电力牵引，对环境几乎没有污染，有利于环境和生态保护，能对现代都市的可持续发展带来较大长远利益。从环境污染量来看，氮氧化合物、硫氧化合物的排放量等指标也远低于小轿车及公共汽车。

6. 用地省

城市轨道交通多建于地下或高架，充分利用城市空间，节省日益宝贵的城市土地资源。从土地占用量来看，在同等运能下，道路公交是轨道交通用地的 8~10 倍，小轿车则要求更高。

尽管轨道交通有上述种种优势，但其局限性亦不容忽视。首先，城市轨道交通建设投资巨大，施工要求高且难度大，且运营成本高昂，经济效益有限，如果没有足够强的整体经济实力，则无法承受此等巨额投资。其次，城市轨道交通系统建设周期长，一条线路的建设短则几年，长则可达十余年之久，甚者数十年，对于周边的影响不言而喻。最后，建成后的线路调整难度大，线路和车站均为永久性结构，一旦建成后基本没有调整的可能性。因此，是否建设城市轨道交通需要谨慎细致的前期研究，切不可盲从跟风。

第二节 轨道交通的发展历史

人类古代文明的发源都与河流有关，如两河流域文明、恒河流域文明与黄河流域文明等，其中一个重要原因在于史前人类无法解决如何在地面上克服摩擦力来运送重物，因而只能采用水运。因此，早在公元前一万年，世界各地的人们就开始进行水上交通运输。直到公元前 3 500 年，轮子的出现才改进了人类的陆上交通工具。而近代文明前的陆上重物运输往往借助于轨道，人们在不平整的地面上铺设了由原木或打磨过的石灰石组成的轨道，借助人力或畜力推拉安放在轨道上的重物。人类使用轨道的最早记载是在公元前 6 世纪，在希腊有一条 6 km 长的轨道，称作 Diolkos (Δίολκος)，用于将船只从地中海的萨罗尼科斯湾 (Σαρωνικός) 拖至科林西亚湾 (Κόρινθος)。奴隶拉着载着船只的架子沿轨道将其搬运至目的地。如图 1.1 所示。

马拉轨道车辆出现在希腊、马耳他和罗马帝国，至少在 2000 年后才出现使用加工过的石材作为轨道，轨道有凹槽或挡肩，限制车轮只能沿轨道行走。直至 18 世纪中叶，因铁质车轮对木质轨道的严重损坏，才发明了铁制轨道，但轨道强度不足，容易发生变形，此后又出现类似现代钢轨的轨道形式，铁质车轮内侧高出轮踏面形成轮缘，卡在铁轨间以提供车辆的导向力以保证车辆沿轨道行驶。到 19 世纪中叶，蒸汽牵引已占据主导地位，铁轨逐渐占据主导地位。而在 19 世纪二三十年代，在伦敦和纽约就已经出现了公共马拉或驴拉轨道车辆用于城市客运。1860 年前后，公共马拉或驴拉车辆更是风靡北美各大城市。



图 1.1 希腊 Diolkos (Δίοικος) 轨道 (图中黑圈内部) 示意图

蒸汽机问世后，人们逐渐开始设想将其运用到驱动车辆运动上来。1769 年，法国工程师居纽造出了第一辆蒸汽驱动的三轮汽车。1801 年，英国也出现了蒸汽汽车，但由于传统运输业的压力，这类车辆只允许在专用轨道上行驶。随后在 1803 年，英国人特里维西克制成第一台实用铁路蒸汽机车，最高时速可达 5 km/h。1823 年，斯蒂文森主持修建英格兰北部煤矿城市斯托克顿与沿河城市克林顿之间的首条商用铁路，正式将火车推向实用。1825 年 9 月 27 日，斯蒂文森亲自驾驶其亲自设计制造的“旅行号”机车在铁路上试车，取得了空前的成功。该机车牵引 6 节煤车、20 节满载的旅客的客车，载重达到 90 t，时速 15 km/h。1830 年，利物浦—曼彻斯特铁路贯通，斯蒂文森驾驶的“火箭号”时速达到 29 km/h，完全使用蒸汽牵引，全程未出现故障，宣告了“铁路时代”的到来。

此后，西方诸国大力推进铁路建设，修建铁路热情高涨。从 1840 年到 1913 年，世界铁路运营里程从 8000 千米猛增至 110 万千米。几乎所有西方国家都不遗余力地加入这一行列，将大笔资金及大部分的钢材都投入到铁路建设中去，其中又以美国最甚，仅 1881—1890 十年间，年均修建 1 万千米铁路，每年钢产量的 70% 都用于轧制钢轨。铁路的快速及超前发展，奠定了西方资本主义国家工业化的坚实基础。第一次世界大战前，铁路已经垄断了陆上交通运输。在美国，98% 的城市间旅客周转量由铁路承担，在其他资本主义国家，运输量的 80% 以上也由铁路承担。铁路在 1940 年达到鼎盛时期，全球铁路运营里程已达到 135.6 万千米。

第二次世界大战后，铁路的发展大受打击，其原因主要由于汽车与航空运输的崛起。一方面，汽车制造业以及高速公路网的跨越式发展夺取了铁路在中短途运输中的份额，而汽车的自由程度则更是铁路所不可比拟的，这严重削弱了铁路的发展。另一方面，现代航空业以及喷气式飞机的发展则抢占了长途运输的份额。尽管乘坐飞机费用高昂，但其时间成本却比当时的铁路降低不少，这进一步打压了铁路的发展。除了其他交通方式的竞争因素外，铁路公司内部的恶性竞争与不思进取，加之新技术未能被及时采用，最终导致轨道交通每况愈下，陷入了“夕阳产业”的窘境。但在 1973 年第一次石油危机后，铁路的发展再一次得到人们的重视。与此同时，集装箱货运的发展也带动了铁路的复苏，尤其是 1964

年日本东海道新干线的通车让人们再一次发现了铁路运输的巨大潜力。此后，铁路的发展迎来第二春。西欧诸国在日本之后也开始了高速铁路的研制，其中又以法国的 TGV (Train à grande vitesse) 和德国的 ICE (Intercity Express) 最具代表性。2007 年起，中国也加入高速铁路快速发展的行列。截至 2016 年年底，中国高速铁路通车里程已达到 1.9 万千米，居全球首位。除中国、日本、法国、德国外，全球还有韩国、西班牙等国已建成高速铁路并投入运营。

在铁路发展与城市交通日趋拥挤的背景下，城市轨道交通应运而生。1863 年 1 月 10 日，由英国律师查尔斯·皮尔逊在伦敦发起投资修建的“大都会铁路”(Metropolitan Railway) 正式通车运行，此即世界上第一条地铁。它的诞生，为人口密集的大都市如何发展公共交通提供了一个解决方案。此后，包括英国的格拉斯哥、美国的纽约等大城市相继建成地铁，特别是 1879 年电力机车研制成功，极大改善了地下客运环境和服务条件。1900—1924 年，法国巴黎、德国柏林、美国费城等大城市相继建成地铁。此后经历第二次世界大战，城市轨道交通建设处于低潮，但仍有日本的东京、大阪等少数城市修建了地铁。由于汽车产业和快速路的迅猛发展，城市轨道交通发展陷入停滞。1973 年第一次石油危机以及城市里日益严重的交通问题让人们重新认识到城市轨道交通的优越性，促使人们重新向市中心聚集。此后数十年间，城市轨道交通取得长足发展。在 1975—1995 年 20 年间，世界上有三十余座城市建成或正在修建地铁，包括华盛顿、温哥华、香港、上海等。进入 21 世纪，由于世界经济的进一步发展，不仅是发达国家，发展中国家的许多城市也在大力发展城市轨道交通，且制式渐趋多样化，一度被拆除的有轨电车也在部分国家和地区以全新的面貌出现在世人面前。

第三节 世界城市轨道交通的发展

本节主要介绍国外比较有代表性的城市的轨道交通系统，包括伦敦、巴黎、东京、纽约和莫斯科等。

一、伦敦

伦敦城市轨道交通系统规模庞大，历史悠久。其地铁系统 (Underground 或 The tube) 是欧洲最大、世界最早的，首条线路于 1863 年 1 月 10 日建成通车。除久负盛名的地铁外，伦敦的城市轨道交通系统还包括坞地轻轨 (Docklands Light Railway, DLR)、横贯铁路 (Crossrail) 及地上铁 Overground、有轨电车线 Tramlink，以及国家铁路运营的市郊铁路。截至 2016 年年底，总共有 11 条地铁线路投入运营，坞地轻轨 DLR 有 7 条路线，Overground 共有 9 条线路，横贯铁路目前只开通 1 条线路，连接大伦敦地区及邻近的埃塞克斯 (Essex)，预计将于 2019 年全线通车。有轨电车 Tramlink 共有 4 条线路。交通线网见图 1.2，站台见图 1.3 和 1.4。

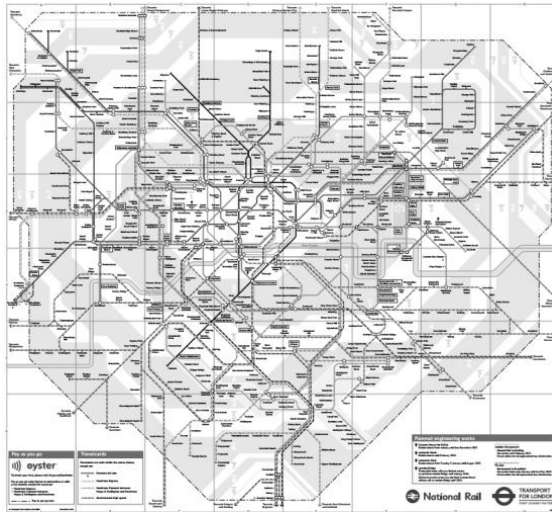


图 1.2 大伦敦地区轨道交通线网图



图 1.3 伦敦地铁北线（Northern Line）国王十字-圣潘克拉斯站（King's Cross.St. Pancras）站台



图 1.4 坵地轻轨格林威治站（Greenwich）站台

伦敦地铁服务于大伦敦地区及临近各郡，是世界上最早建成的地铁。为应对人口快速增长所导致的严重交通问题，早在 1830 年代，律师查尔斯·皮尔森就提出了修建地下铁路穿城而过的想法，但由于资金等问题，线路直到 1860 年才开始修建。线路均采用明挖法修建，并被称为“大都会铁路”（Metropolitan Railway），从帕丁顿（Paddington）到法灵顿街（Farrington Street），全长 6 km。如今这段线路是环线（Circle）、汉默史密斯及城区线（Hammersmith & City）以及大都会线（Metropolitan）的一部分。线路在 1863 年 1 月 10 日正式通车运行，借用大北方铁路公司（Great Northern Railway, GNR）的蒸汽机车和车辆。尽管常有乘客被浓烟熏得晕过去，但通车首年即运送 950 万人次，翌年更跃升至 1200 万人次，足见其成功。此后，线路埋深加大，修建时隧道截面被挖成近似的圆形，“tube”的绰号由此而来。在 1890 年前后，蒸汽机车逐步被替换为电力机车。尽管被称为“Underground”，但事实上只有 45% 的线路真正位于地下，其他大部分线路（尤其是在伦敦外围区域）均位于地面以上。早期的地铁线路由多家私营铁路企业运营，后来才统一由伦敦交通局（Transport for London, TfL）下辖的伦敦地铁有限公司（London Underground Limited）运营。现今伦敦地铁线路概况见表 1-1。

表 1-1 伦敦地铁线路概况表

线路名称	启用时间	里程/km	起讫站		车站数	使用车型
贝克卢线	1906	23.2	哈罗威尔斯顿	象堡	25	1972 Stock
中央线	1900	74.0	西瑞斯丽普/伊灵道	海恩诺特/伍德福德/埃平	49	1992 Stock
环线	1871	27.2	汉默史密斯	艾威道	36	S7 Stock
区域线	1868	64	伊灵道/肯辛顿.奥运/ 里士满/温布尔顿	艾威道/上敏斯特	60	D78 Stock S7 Stock
汉默史密斯及 城区线	1864	25.5	汉默史密斯	巴金	29	S7 Stock
朱比利线	1979	36.2	斯坦莫尔	斯特拉福德	27	1996 Stock
大都会线	1863	66.7	贝克街/奥德门	阿默舍姆/切舍姆/阿克斯桥/ 华特福德	34	S8 Stock
北线	1890	58.0	肯宁顿/莫登	艾威/上巴奈特/东米尔山	50	1995 Stock
皮卡迪利线	1906	71.0	卡克福斯特斯	希斯罗机场 2、3 号客运大楼 /4 号客运大楼/5 号客运大楼/ 雷纳道/阿克斯桥	53	1973 Stock
维多利亚线	1968	21	布里克斯顿	沃尔瑟姆斯通中心	16	2009 Stock
滑铁卢及城区线	1898	2.5	银行纪念碑	滑铁卢	2	1992 Stock

伦敦地铁运营方式独具一格，最特别的一点便是共线运营，其共轨方式与规模特点都比较突出。在共轨的线路规模上，共轨区段里程约 68 km，涉及的共轨线路有 6 条，共轨车站约 70 座，约占车站总数的 26%。在共轨的组合方式上，不仅地铁线路与市郊铁路或地上铁共轨，而且地铁线路与有轨电车线路间也存在共轨运行区段。这样设计的优点，从乘客的角度来看，减少了换乘走行距离和时间，提高了换乘效率，极大地满足了不同方向的换乘需求；从地铁运营者的角度来看，缓解了换乘车站的换乘压力。伦敦地铁高水平的线路共轨运行运营组织，将对运输计划编制水平、列车运行安全保障技术以及轨道列车信号等的升级改造提出更高的要求。

坞地轻轨线是 1987 年开通的一条全自动化轨道交通线路，最早是为了振兴因货运量锐减而衰败的码头区，即坞地（Docklands）。该线路部分利用了原有的一条货运铁路，迄今全长 39 km，共计 45 座车站投入运营，其中有 6 条线路（支线）。由于客运量小，该线路采用两节编组列车运行。

大伦敦地区的市域快轨系统主要包括地上铁、横贯铁路（Crossrail）以及由 19 家私营运营公司运营的部分国家铁路线路。其中地上铁是 2007 年启用的通勤铁路系统，它为大伦敦地区以及邻近的哈特福德郡（Hertfordshire）提供通勤服务。线路全长 167 km，共计 9 条线、112 座车站。该系统的部分线路属国家铁路网的一个部分，但由 TfL 授权控制管理。自 2016 年起，该线网由 Arriva 公司获得授权进行管理。另一条通勤铁路是横贯铁路。这是一条连接伯克郡（Berkshire）、白金汉郡（Buckinghamshire）及埃塞克斯郡的一条铁路线，但目前只有从利物浦街车站（Liverpool Street Railway Station）到申菲尔德（Shenfield）区间

通车运营，并暂时命名为 TfL Rail，剩余部分预计将在 2019 年通车。除地上铁和横贯铁路外，大伦敦地区的市域快速轨道系统还包括国家铁路网授权 19 家私营企业运营的线路，其里程超过 3 000 km，超过 70% 的线路位于伦敦中心城区以外的地区，线网密度颇高，并且在不同的交通圈形成不同的站点密度及站间距。在伦敦中心区内部，市域快速轨道交通站点密集，站间距较短；离中心区越远，则站间距越大，适应了大都市不同交通圈的不同交通特征，以及出行的多样化需求。在伦敦中心区内部，市域快速轨道交通线路总长达到 788 km，车站数高达 321 座，平均站距为 2.5 km；近郊区（50 km 交通圈）市域快速轨道交通总长 923 km，车站 254 座，平均站距约 3.5 km；远郊区（100 km 交通圈）线路总长高达 1 360 km，但仅有 173 座车站，平均站距达到 7.5 km。

有轨电车线“Tramlink”是服务于伦敦南部克罗伊登（Croydon）地区的一个有轨电车系统，在 2000 年投入运营。和大多数西方国家大城市相似，伦敦的有轨电车也曾占据公共交通出行的半壁江山。但在 1935 年，由于其便利性远不及柴油驱动的公共汽车与私家车，有轨电车发展遭遇困境，并在 1952 年被全部拆除。直至 1994 年，议会才批准修建克罗伊登有轨电车。“Tramlink”使用低地板车辆，并利用部分既有的国家铁路线路，在城市道路上，“Tramlink”与道路交通共有路权。与下述的法国法兰西岛大区（Région d’Île de France）有轨电车多条线路独立运营不同，“Tramlink”有 4 条路线，但在部分路段共轨运营。

二、巴黎

本节提及的巴黎城市轨道交通系统，指的是巴黎市区及其所属的法兰西岛大区的城市轨道交通系统，包括在巴黎市区及近郊运行的地铁（Métro）、近郊省份的有轨电车以及连接巴黎市中心和法兰西岛大区的区域快线（RER，Réseau Express Régional）和远郊铁路 Transilien（部分线路运行范围延伸至周边大区的临近市镇）。截至 2016 年年底，总共有 16 条地铁线路、5 条 RER 线路、9 条有轨电车线路，以及 8 条 Transilien 远郊铁路，运营商为巴黎独立公交公司（RATP，Régie autonome des transports parisiens）以及法国国家铁路公司（SNCF，Société nationale des chemins de fer français），其中巴黎地铁、RER A、B 线部分区段以及除有轨电车 4 号线以外的有轨电车线均由 RATP 运营，其余线路由 SNCF 运营^①。线路见图 1.5。

① 在 SNCF 运营区段上的所有轨道交通线统称为 Transilien，但为便于区别，Transilien 常指从巴黎市区内各大火车站始发的远郊铁路，并与区域快线及有轨电车 T4 相区别。



图 1.5 法兰西岛大区轨道交通线路图

1. 地铁

早在 1865 年，巴黎市政府即与西部铁路公司（Chemins de fer de l'Ouest）签订了关于修建内环线铁路的协议，但修建城市地铁线路的计划却一波三折。由于 1900 年万国博览会及第二届夏季奥运会的临近，1895 年，政府最终同意修建一条地铁线路，这便是后来的巴黎地铁 1 号线。该线路于 1898 年 11 月动工，在 1900 年 7 月 19 日下午 1:00 正式投入运营。受到客流持续攀升的鼓舞，巴黎市政府加快了地铁修建的步伐，并在 1910 年实现了早期地铁网的通车运营，比原定计划提前了一年多。到 1935 年，共有十余条线路投入运营，巴黎市区地铁网初步成型。此后数十年内并没有再新建地铁线路，直到 1988 年，由于 1977 年通车的 RER A 线已不堪重负，RATP 遂向政府提议在塞纳河右岸修建一条与 RER A、D 线平行的全自动的新地铁线即新 14 号线^②。该线首期从玛德莱娜（Madeleine）到弗朗索瓦·密特朗图书馆（Bibliothèque.François Mitterrand），于 1992 年动工，1997 年 6 月开始试运营，1997 年 10 月 15 日正式通车。此后线路在两端分别延长至圣拉扎尔车站（Saint-Lazare）和奥运站（Olympiades）。

与早期的地铁系统相似，巴黎地铁的站距普遍较短，最短仅有 465 m，平均站距也仅为 548 m，一方面方便了乘客的出行，但另一方面也增加了列车运行时间，同时也对列车的启动和制动性能提出了更高要求，因而早在 1950 年即已着手对部分既有线路改造为胶轮地铁，已改造的线路有 1、4、6、11 号线。站台见图 1.6 和图 1.7。巴黎地铁线路概况见表 1-2。

^② 在现有的 14 号线之前，上世纪 30 年代曾有一条从荣军院（Invalides）到旺午门（Porte de Vanves）的地铁，当时称为 14 号线，后在 60 年代并入 13 号线。



图 1.6 巴黎地铁 2 号线民族广场 (Nation) 终点站



图 1.7 巴黎地铁 14 号线里昂车站 (Gare de Lyon)

表 1-2 巴黎地铁线路概况

线路	起讫站	开通年份	长度/km (地面线长度)	车站数	车型	每列车辆数	轨道形式
1	德方斯↔万塞讷城堡	1900	16.6 (0.6)	25	MP 05	6	橡胶轮胎 钢轨
2	王妃门↔民族广场	1900	12.3 (2.2)	25	MF 01	5	钢轮钢轨
3	勒瓦卢瓦—贝孔桥↔加列尼	1904	11.7	25	MF 67	5	

续表

线路	起讫站	开通年份	长度/km (地面线长度)	车站数	车型	每列车辆数	轨道形式
3bis	冈贝塔↔丁香门	1921	1.3	4	MF 67	3	
4	克利尼昂古门↔红山镇	1908	12.1	27	MP 89CC	6	橡胶轮胎 钢轨
5	波比尼—帕博罗·毕加索↔意大利广场	1906	14.6	22	MF 01	5	钢轮钢轨
6	夏尔·戴高乐—星形广场↔民族广场	1907	13.7 (6.1)	28	MP 73	5	橡胶轮胎 钢轨
7	新廷—欧洲胜利日↔犹太城—路易·阿拉贡/ 伊芙希镇	1910	22.5	38	MF 77	5	钢轮钢轨
7bis	路易·布朗↔佩—圣热尔韦	1911	3.1	8	MF 88	3	
8	巴拉德↔湖之角	1913	23.4 (4.1)	38	MF 77	5	
9	塞弗尔桥↔蒙特勒伊镇	1922	19.6	37	MF 01	5	
10	布洛涅—圣克卢桥↔奥斯特里茨车站	1913	11.7	23	MF 67	5	
11	夏特莱↔丁香门	1935	6.3	13	MP 59 MP 73	4	橡胶轮胎 钢轨
12	人民阵线↔伊希镇	1910	15.3	29	MF 67	5	钢轮钢轨
13	阿涅尔—热讷维利埃—库尔蒂伊/圣德尼—	1911	24.3 (2.4)	32	MF 77	5	

	大学↔夏蒂永—红山						
14	圣拉扎尔↔奥运	1998	9.2	9	MP 89 CA MP 05	6	橡胶轮胎 钢轨

2. 区域快线 RER 及远郊铁路 Transilien

巴黎区域快线及远郊铁路的前身是法国各大铁路公司在 19 世纪巴黎城门外修建的铁路，包括小环线（La Petite Ceinture）、国玺线（Ligne de Sceaux）等线路。为应对郊区面积不断扩大的局面，早在 20 世纪 20 年代，相关部门就已着手拟定区域地铁的实验性计划，但直到 1961 年才开始修建巴黎西北的德方斯（La Défense）与民族广场之间的连接线，这段地下连接线与既有的万塞讷线及西部的线路连接组成现在看到的 RER A 线。万塞讷（Vincennes）以东的线路早在 1969 年就以“区域地铁”（Métro régional）的名称投入运营，而完整的 A 线在 1977 年年底才对公众开放。在 A 线取得巨大成功后，B、C、D 线也逐步以完整的线路投入运营。B 线的拉普拉斯站见图 1.8，A 线的阿谢尔城站见图 1.9，C 线的热纳维利埃车站的老式列车信息板见图 1.10。



图 1.8 RER B 线拉普拉斯（Laplace）站

A 线的成功在另一个角度来看无疑加大了其本身的负担。因此除上文所述修建地铁新 14 号线缓解巴黎市区客流压力外，E 线的修建也同时提上了议程。由于施工进度缓慢，原本预计于 1998 年通车的线路押后至 1999 年通车。该线通车时始于巴黎市区的奥斯曼·圣拉扎尔车站（Haussmann-Saint-Lazare），终于东部的舍勒·顾尔奈（Chelles-Gournay）及马恩河畔维利耶·普莱西特列韦斯（Villiers-sur-Marne-Le Plessis-Trévisé），后于 2003 年年底延长至图尔南（Tournan）。由于种种原因，原本将 E 线向西延长的计划遭到拖延。由法国国家铁路公司运营的远郊铁路的历程与 RER 相仿，其线路大多由 SNCF 的既有线路一脉相承，并一直以郊区线路的名称运营，以巴黎市内六大火车站及巴黎西北的德方斯（La Défense）为始发站。

巴黎区域快线及远郊铁路有着独特的运营模式（线路概况见表 1-3）。由于支线众多，开行的列车有复杂的长短交路之分，还有快慢车之分，SNCF 开发了一个独特的编码系统，并此后在 RATP 所属区段上也加以推广。该系统将每条线路上每个方向不同、停站不同的列车班次用四个字母组成单词予以命名，部分线路上还会在其后加注两位编号，便于拼读记忆以及辨认行车方向。



图 1.9 RER A 线阿谢尔城 (Achères-Ville) 站



图 1.10 RER C 线热讷维利埃车站 (Gennevilliers) 的老式列车信息板

表 1-3 巴黎区域快线 RER 及远郊铁路 Transilien 线路概况表^①

线路	启用年份	车站数	长度/km	运营商	使用车型
A	1969	46 (12/34) ^②	108	RATP SNCF	MI 84 MI 2N MI 09
B	1977	47 (16/31) ^②	80	RATP	MI 79
				SNCF	MI 84
C	1979	84	187	SNCF	Z 5600
					Z 8800
					Z 20500
D	1987	59 ^③	197 ^③		Z 20900
					Z 20500 ^④
E	1999	22	56		Z 22500
					Z 50000
H	1999	46	138	Z 50000	

续表

线路	启用年份	车站数	长度/km	运营商	使用车型
J	1999	52	256		BB 27300+VB 2N
					Z 50000
K	1999	10	61		Z 50000
L	1999	40	86		Z 6400
					Z 50000
N	1999	35	117		BB 7600/BB 27300+VB 2N
				Z 8800	
P	1999	40	252	BB 67400+RIB/RIO	
				Z 20500	

					B 82500
					U 25500
					Z 50000
R	1999	24	164		Z 5300
					Z 5600
					Z 20500
U	1999	10	31		Z 8800

注：① A~E 线为 RER，H~U 线为 Transilien。

② 括号内数字分子为 RATP 下辖车站数，分母为 SNCF 下辖车站数。

③ D 线线路长度不含位于法兰西岛以外线路的长度。

④ D 线在里昂车站以南的线路偶有采用 Z 5300、Z 5600 列车的情形。

3. 有轨电车

在 1930 年以前，有轨电车一直是巴黎及其近郊的一种重要的交通方式，但由于其本身的问题以及汽车快速发展所带来的竞争，迫于舆论与政治的双重压力，绝大多数的有轨电车线路在 1930 年遭到拆除。但此后道路交通的严重问题以及第一次石油危机令法国政府重新开始审视有轨电车的发展。经过多年的研究讨论，1992 年首条电车线终于在巴黎北部的塞纳-圣德尼省(Seine-Saint-Denis)动工建设，并在同年通车运营。此即有轨电车 1 号线(T1)，由 RATP 运营。1993 年，RATP 在原有的皮托至伊希平原线(Ligne de Puteaux à Issy-Plaine)基础上开始修建有轨电车 2 号线(T2)，在 1997 年开通运营，也同样大获成功。此后，有轨电车建设在法兰西岛大区逐步展开。最新开通的线路是有轨电车 11 号线(T11)，这条线路是有轨电车北部切向线(Tangentielle Nord)计划中的一部分，该线路第一期在 2017 年 7 月 1 日通车，是法兰西岛大区首条有轨电车快线，全长约 11 公里。全线设七座车站，连接巴黎北部的塞纳河畔艾比内(Épinay-sur-Seine)、维尔塔讷斯(Villetaneuse)、布尔歇(Le Bourget)等地，平均站距达到 2 150 m，由 SNCF 运营，采用与 4 号线相同的铁路—电车制式(Tram-train)。未来线路将继续向东西两端延伸，预计在 2027 年全线通车。4 号线邦迪站见图 1.11，6 号线法兰西岛站见图 1.12。



图 1.11 法兰西岛有轨电车 4 号线邦迪(Bondy)站



图 1.12 法兰西岛有轨电车 6 号线

截至 2017 年 8 月，法兰西岛有轨电车共有 10 条线路投入运营。法兰西岛有轨电车种类杂乱，采用了四种互不兼容的技术标准(见表 1.4)。尽管线路制式各不相同，但整个电

车系统还是发挥了相当大的作用。它作为地铁、RER、Transilien 网络的连接与延伸线路，极大地便利了郊区旅客的出行，同时弥补了 RER、Transilien 网络在郊区路段站距较长的缺点。未来有轨电车将再建设 4 条新线，其中 9、10 号线在 2017 年正式动工兴建，将采用目前常见的现代有轨电车线制式，预计将在 2020~2021 年间开通。12、13 号线将组成法兰西岛电车快线，利用部分既有的重型铁路线，采用和 4 号线相同的铁路—有轨电车制式，11 号线第一部分法兰西岛大区有轨电车概况见表 1-4。12、13 号线预计最快将在 2020 年部分投入使用。

表 1-4 法兰西岛大区有轨电车概况表

线路 编号	起讫站	启用 年份	线路长 度/km	车站 数	车型	形式	车辆宽 度/m	长度 /m	定员数	模块 数
T1	阿涅尔—热讷维利 埃—库尔蒂伊↔诺 瓦西—塞克	1992	17	36	法国标准电车 TFS	部分低地板 钢轮钢轨电车	2.30	29.4	178~ 252	3
T2	贝宗桥↔凡尔赛门	1997	17.9	24	阿尔斯通 Citadis 302		2.40	32.2	213	5
T3a	加利格里阿诺桥↔ 万塞讷门	2006	12.4	25	Citadis 402	完全低地板 钢轮钢轨电车	2.65	43.4	304	7
T3b	万塞讷门↔小教堂门	2012	9.9	18	Citadis 402			43.4		
T4	欧奈丛林↔邦迪	2006	7.9	11	U 25500 (西门子 Avanto S70)	铁路、电车 部分低地板		37	242	5
T5	圣德尼墟↔加尔什 —萨尔塞勒	2013	6.6	16	Translohr STE3	完全低地板	2.20	25	127	3
T6	夏蒂永—蒙图日↔ 维霍夫莱右岸	2014	14	21	Translohr STE6	橡胶轮胎电车		46	170	6
T7	犹太城—路易·阿 拉贡↔埃松门	2013	11.2	18	阿尔斯通 Citadis 302	完全低地板 钢轮钢轨电车	2.40	32.7	200	5
T8	圣德尼·巴黎门↔维 尔塔纳斯—大学/塞 纳河畔艾比内	2014	8.5	17				32.7		
11	塞纳河畔艾比内↔ 布尔歇	2017	11	7	U 53600 (阿尔斯 通 Citadis Dualis)	铁路—电车 完全低地板	2.65	42	250	

尽管在建设过程中遭遇重重阻力，且建设周期漫长，但总体而言，法兰西岛的轨道交通系统仍然是相当成功的。它大幅减少了整个大区内汽车的使用，缓解了交通拥堵，极大地便利了通勤人员的出行，同时带动了巴黎周边省份的发展。但是，由于部分设施建设时间较早，已经出现了相当程度的老化现象，故障时有发生。同时，在社会治安环境恶化的情况下，乘车安全问题也应予以高度关注。

三、东京

本部分所述东京，实指“东京都市圈”，包括东京都以及周围的神奈川县、群马县、栃

木县、埼玉县、茨城县以及千叶县。东京的轨道交通网是东京都市圈公共交通的重要组成部分，是最主要的交通出行方式。它有高度发达的地铁系统以及市域快速轨道交通系统，主要由地铁、JR（Japan Railway）及各私铁公司经营的市域快速轨道、有轨电车、自动导向系统以及单轨组成。在整个东京都市圈内，总共有多达 882 座铁路车站，每日客流量可达 4 000 万人次，仅新宿站日客流量即达到 342 万人次。线路数量多达 121 条，由 30 家运营商共同运营。以下将就东京轨道交通系统的沿革及现状进行简要介绍。

线网图见图 1.13。

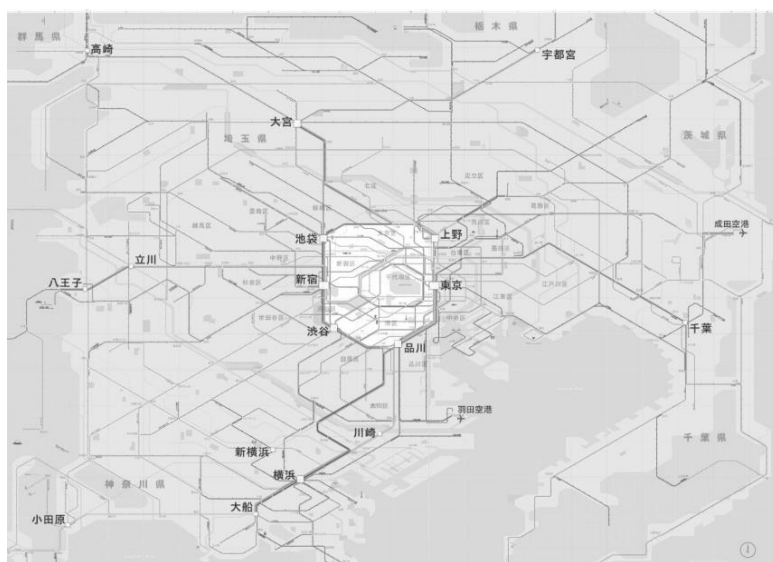


图 1.13 东京都市圈轨道交通线网图

1. 地铁

东京地铁事实上由两家运营商共同运营 13 条线路：东京地下铁道株式会社以及东京都交通局，其中由东京都交通局运营的线路又称为都营地下铁。东京地下铁 9 条，都营地下铁 4 条，所有线路总长 304.1 km。东京地铁平均每天的客流量超过 800 万人次，但是这仅是整个铁路网上日客流量的 22%。

在地铁进入东京以前，东京市区最主要的公共交通方式是在 1903 年开通的有轨电车。但由于经济的高速发展，有轨电车客运能力捉襟见肘，时常人满为患，高峰期候车时间长达一个小时甚至更多，以致有乘客被迫挂在车厢外部，极端拥挤的有轨电车因此成为人们揶揄的“东京特产”。1914 年，日本实业家早川德次赴欧洲考察，对伦敦等地的地铁系统印象深刻，遂立下大志，要在东京修筑地铁。此后经历重重困难，在早川德次主导下，东京乃至整个远东地区真正意义上的首条地铁终于在 1927 年 12 月 30 日建成通车。线路从上野站到浅草站，全长 2.2 km，当时由早川德次发起的东京地下铁道株式会社运营，而早川也被誉为东京地铁之父。随后在 1938 年，当时的另一家运营公司——东京高速铁道株式会社开通了该公司的地铁线，从青山六丁目（今表参道）至虎之门，并在 1939 年延伸至新桥站。

但由于两家运营商各自为政，导致了两个新桥站之间需要出站换乘，最终经过协商，两段线路经过新桥站贯通运营。这两段地铁线现在都是银座线的一部分，而这两家运营公司数年后合并为帝都高速度交通营团，即现在的东京地下铁。由于先后发动侵华战争、太平洋战争，以及此后的战败，一直到 1954 年才开通新地铁线路——丸之内线，从池袋到御茶之水，随后相继延伸至淡路町、东京、西银座（今银座）等，最终延伸至新宿。而都营地铁也在 1955 年诞生，奠定了如今两大运营商运营地铁的格局。东京地铁的两个站台见图 1.14 和 1.15。



图 1.14 东京地下铁丸之内线新宿站站台



图 1.15 东京地铁日比谷线中目黑站

自 1960 年起的 40 年间，东京地铁迎来大建设时代。与此同时，战后的日本经济快速起飞，经历了第二次城市化时期，大量人口涌入东京都市圈，住宅也相应延伸至市区以外，通勤需求增长迅速，日本国电在 1956 年的运输量超过 20 亿人次，最拥挤的一小时拥塞度^③逼近 300%，市郊的私铁稍好一些，但拥挤度仍超过 200%，且逐年增加。此外，私铁公司始终不放弃将线路延伸至山手线内的努力，而在此之前并不允许这种做法。有鉴于此，私铁线与地铁线的贯通运营（直通運転）提上了日程。此后新建的日比谷线、浅草线、荻窪线均具备了贯通运营的技术条件，同时包括京成电铁等私铁公司也配合两家地铁公司进行改造。1960 年，都营地铁浅草线与京成线开始贯通运营，效果显著。乘客不必在换乘结点换乘，而是直接抵达市中心，缓解了山手线上各站的拥挤状况，与私铁的贯通运营也成了东京地铁的一大特色。东京地铁各线路概况见表 1-5。

③ 在日本，拥塞度超过 250% 表示“电车每次摇动时身体会随之倾斜，但即便如此手和身体都无法移动”，而 300% 则表示“已接近物理极限，会对人体造成危害”。

表 1-5 东京地铁线路概况表

线路名称	运营商	起讫站	线路长度 /km	通车 时间	贯通运营线路							
					运营商	贯通区间长度/km	线路					
浅草线	都营地下铁	西马込↔押上	18.3	1960	京成电铁	64.6	押上线					
							本线					
							成田空港线					
							东成田线					
日比谷线	东京地下铁	北千住↔中目黑	20.3	1961	京滨急行电铁 (京急)	73.4	本线					
							空港线					
							逗子线					
							久里滨线					
银座线	东京地下铁	浅草↔涩谷	14.3	1927	北总铁道	49.9	北总线					
							芝山铁道线					
							东武铁道	44.4	伊势崎线			
									日光线			
丸之内线	东京地下铁	池袋↔荻窪 中野坂上↔方南町	24.2 3.2	1954 1961	无贯通运营							
							东西线	东京地下铁	中野↔西船桥	30.8	1964	JR 东日本
												中央线 ^③
三田线	都营地下铁	目黑↔西高岛平 ^①	26.5	1968	东叶高速铁道	16.2	总武线 ^③					
							东叶高速线					
南北线	东京地下铁	目黑↔赤羽岩渊 ^①	21.3	1991	东叶高速铁道	11.9	目黑线					
							埼玉高速铁道					
					埼玉高速铁道	14.6	埼玉高速铁道线					

续表

线路名称	运营商	起讫站	线路长度 /km	通车 时间	贯通运营线路		
					运营商	贯通区间长度/km	线路
有乐町线	东京地下铁	和光市↔新木场 ^②	28.3	1974	东武铁道	40.1	东上线
					西武铁道	40.3	狭山线 池袋线 西武有乐町线
副都心线	东京地下铁	和光市↔涩谷 ^②	11.9	2008	东武铁道	40.1	东上线
					东京急行电铁(东急)	24.2	东横线
					横滨高速铁道	4.1	港未来线
千代田线	东京地下铁	绫濑↔代代木上原	21.9	1969	小田急电铁	52.5	多摩线 小田原线 ^③
					JR 东日本	29.7	常磐线 ^③
		绫濑↔北绫濑	2.1	1979	无贯通运营		
新宿线	都营地下铁	新宿↔本八幡	23.5	1978	京王电铁	67.3	高尾线 相模原线 京王线 京王新线
					东武铁道	56.9	晴空塔线—伊势崎线 日光线
					东武铁道	31.5	田园都市线
大江户线	都营地下铁	光丘↔新宿 ^④	12.9	1997	无贯通运营		
		新宿↔两国↔都厅前 ^④	27.8				

注：①三田线、南北线在目黑↔白金高轮区间共轨运营，东急目黑线有着两条线路均有贯通运营。

②有乐町线、副都心线和光市↔小竹向原区间共轨运营，东武铁道东上线、西武铁道狭山线、池袋线、西武有乐町线与这两条地铁线均有贯通运营。

③只有各站停列车方可贯通运营。

④大江户线为勺形环，新宿↔两国↔都厅前区间为环线，光丘↔新宿区间为放射线。