



河北省科学技术厅科普专项资助

王硕禾 薛 强 蔡承才 常宇健 刘玉芝 编著

# 漫话城市轨道交通

## MANHUA CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG

# 交通



城市轨道交通的前世今生

城市轨道交通的施工与建造

城市轨道交通基础设施

京津冀一体化背景下的城市轨道交通

轨道交通安全与文明乘车



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



河北省科学技术厅 2016 年科普专项资助  
(项目编号:16K50801D)

# 漫话城市轨道交通

王硕禾 薛 强 蔡承才 常宇健 刘玉芝 编著

中国铁道出版社

2017年·北京

图书在版编目(CIP)数据

漫话城市轨道交通/王硕禾等编著. —北京:  
中国铁道出版社, 2017. 3  
ISBN 978-7-113-22862-0

I. ①漫… II. ①王… III. ①城市铁路—轨道  
交通—普及读物 IV. ①U239.5—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 032583 号

书 名: 漫话城市轨道交通

作 者: 王硕禾 薛 强 蔡承才 常宇健 刘玉芝 编著

策划编辑: 李小军 许士杰

责任编辑: 许士杰 李小军 编辑部电话: (010)51873204 电子信箱: syxu99@163.com

编辑助理: 曹丽莉

版式设计: 田冰霞

封面设计: 崔丽芳

责任校对: 苗 丹

责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 中煤(北京)印务有限公司

版 次: 2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

开 本: 720 mm×1 000 mm 1/16 印张: 12.25 字数: 209 千

书 号: ISBN 978-7-113-22862-0

定 价: 49.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社读者服务部联系调换。电话: (010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010)51873659, 路电(021)73659, 传真(010)63549480

# 前言

历史的车轮跨入 21 世纪,城市中密集而汹涌的车流与人海已经成为一种常态,这既带来经济发展的机遇和挑战,也带来了各个城市交通的拥挤和堵塞,行路难、交通难成为制约城市发展急需破解的瓶颈难题。以地铁、轻轨和有轨电车为代表的城市轨道交通成为破解这一难题的有力武器。轨道交通作为现代化城市中快速、清洁、高效的交通工具,不仅体现了国家综合国力和城市经济实力,而且也成为城市建设现代化水平的标志,与广大市民的生活环境和条件息息相关。

城市轨道交通在国外已有 100 多年的发展历史,世界主要大城市大多有比较成熟与完整的轨道交通系统,有些城市轨道交通运量占城市公交运量的 50% 以上,有的甚至达 70% 以上。与西方发达国家相比,我国城市轨道交通的建设起步较晚,近年来,中国城市轨道交通正在进入一个快速发展的新阶段。特大城市与大城市的人口规模将持续增长;城市群和城镇聚集区也会逐渐增多增强;城市居民对交通出行的质量将有更高的要求。因此,在特大城市、大城市、以及城市群中,将会出现更多的适合大容量快速轨道交通建设的交通走廊。

随着城市轨道交通建设的快速发展,民众对地铁、轻轨、有轨电车这些新型的交通工具从陌生到熟悉。在此过程中发生了许许多多的趣事甚至是事故,都是由于民众对轨道交通的建设、运营缺乏一定的常识和了解而造成的。乘客面对突发情况时措手不及,不能

听从服务人员的指挥并积极配合,往往使小的事故变成大的事故。因此,很有必要全方位向大众宣传城轨基本知识、乘坐规范及安全应急措施等。

本书将城轨知识以科普读物的形式介绍给读者,内容包含三方面:首先讲述城轨交通的科学知识,如发展历史、规划和建设知识、运营机理、最新科技成就和发展动态等;其次,介绍列车运营过程中的主要设备构成、基本操作注意事项及乘客乘车所要遵守的规则、紧急状态下应采取的措施等;第三是结合国家环渤海经济区和京津冀一体化建设的大方向,介绍了轨道交通在这一经济大潮下的发展规划和脉络。图书面向大众,目的是使民众认识城轨、用好城轨。其内容除了基础知识以外,还着重讲述乘坐城轨时所要遵守的基本规则,以及紧急状态下应该如何避险,如何正确使用相关设备开展救援等,以帮助居民用好城轨。作为科普读物,将为我国城市轨道交通的发展及有关轨道交通方面的全民教育提供素材,为城市轨道交通的安全运营带来帮助。

本书是石家庄铁道大学承担的河北省科技厅 2016 年科普专项资助计划(项目编号:16K50801D)的研究成果。在编写过程中得到了石家庄地铁公司等兄弟单位的大力支持,硕士研究生巩方超、马天琪、崔云晓、李家驹、王亚萍、张焕东及王宁、马丹旎等同学付出了大量辛勤劳动,司大鹏同志为本书绘制了插图。感谢为本书付出辛勤劳动的所有参与同志!除文中所列出的参考文献外,部分资料来源于网络。

由于作者学识和水平有限,书中难免有疏漏和错误之处,敬请读者指正。

编著者

2017 年 1 月

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1 城市轨道交通的前世今生 .....            | 1  |
| 1.1 轨道交通发展史 .....              | 1  |
| 1.1.1 非机械时代 .....              | 1  |
| 1.1.2 蒸汽时代 .....               | 3  |
| 1.1.3 电力时代 .....               | 8  |
| 1.2 轨道交通名城录 .....              | 11 |
| 1.2.1 国外轨道交通 .....             | 11 |
| 1.2.2 国内轨道交通 .....             | 20 |
| 1.3 城市轨道交通的分类 .....            | 33 |
| 1.3.1 地 铁 .....                | 34 |
| 1.3.2 有轨电车 .....               | 40 |
| 1.3.3 轻 轨 .....                | 42 |
| 1.3.4 市郊铁路 .....               | 44 |
| 1.3.5 单轨交通 .....               | 45 |
| 1.3.6 自动导轨交通 .....             | 47 |
| 1.3.7 磁悬浮交通 .....              | 50 |
| 2 城市轨道交通的施工与建造 .....           | 53 |
| 2.1 城市轨道交通线路的选址和规划 .....       | 53 |
| 2.1.1 为什么要对城市轨道交通进行选址和规划 ..... | 53 |
| 2.1.2 轨道交通选址规划建造的原则 .....      | 55 |
| 2.1.3 网路选址规划的形式 .....          | 59 |
| 2.1.4 石家庄地铁的规划 .....           | 64 |



|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 2.2 轨道交通施工                 | 65  |
| 2.2.1 轨道施工方法               | 65  |
| 2.2.2 高架结构施工               | 68  |
| 2.2.3 施工安全与质量              | 69  |
| 2.2.4 施工暂时路狭,只为长久畅通        | 70  |
| <b>3 城市轨道交通基础设施</b>        | 72  |
| 3.1 城市轨道交通供电系统             | 72  |
| 3.1.1 城市轨道交通供电系统组成         | 72  |
| 3.1.2 列车的动力来源——牵引网系统       | 75  |
| 3.2 通信与信号                  | 77  |
| 3.2.1 列车在区间运行的安全保障——区间闭塞系统 | 77  |
| 3.2.2 列车速度的遥控者——列车自动控制系统   | 80  |
| 3.2.3 列车在车站运行的总指挥——车站联锁系统  | 82  |
| 3.3 地铁中的其他关键设备             | 84  |
| 3.3.1 车与人的安全屏障——屏蔽门        | 84  |
| 3.3.2 自动售检票系统——AFC         | 85  |
| 3.3.3 火灾报警系统——FAS          | 87  |
| 3.3.4 机电设备监控系统             | 90  |
| 3.3.5 通风空调系统               | 91  |
| 3.3.6 给排水系统                | 91  |
| <b>4 京津冀一体化背景下的城市轨道交通</b>  | 93  |
| 4.1 环渤海经济圈的崛起              | 94  |
| 4.1.1 什么是环渤海经济圈            | 94  |
| 4.1.2 为什么提出环渤海经济圈          | 94  |
| 4.1.3 环渤海经济圈下的立体化轨道交通      | 98  |
| 4.2 异军突起——京津冀一体化的提出        | 102 |
| 4.2.1 京津冀一体化的定位            | 102 |
| 4.2.2 京津冀一体化及其发展历程         | 103 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 4.2.3 京津冀一体化与我们的生活 .....       | 104        |
| 4.2.4 京津冀轨道交通一体化 .....         | 106        |
| 4.2.5 如何下好“轨道上的京津冀”这一盘棋 .....  | 108        |
| 4.2.6 面对挑战采取对策:京津冀城市轨道交通 ..... | 112        |
| 4.2.7 京津冀各大城市之间的互联互通 .....     | 120        |
| 4.3 河北省的地铁建设 .....             | 123        |
| 4.3.1 石家庄地铁基本介绍 .....          | 123        |
| 4.3.2 石家庄地铁的特点 .....           | 125        |
| 4.3.3 “国际庄”地铁的换乘方案 .....       | 127        |
| <b>5 轨道交通安全与文明乘车 .....</b>     | <b>131</b> |
| 5.1 地铁安检 .....                 | 132        |
| 5.1.1 乘坐地铁时需要安检 .....          | 132        |
| 5.1.2 违禁物品 .....               | 135        |
| 5.1.3 进站安检方法 .....             | 139        |
| 5.1.4 喝醉酒的人最好不要乘坐地铁 .....      | 140        |
| 5.2 乘坐扶梯 .....                 | 142        |
| 5.2.1 安全文明乘坐扶梯的注意事项 .....      | 142        |
| 5.2.2 乘坐手扶梯时的安全应急措施 .....      | 144        |
| 5.3 乘坐垂直电梯 .....               | 146        |
| 5.3.1 地铁站设置垂直电梯 .....          | 146        |
| 5.3.2 乘坐垂直电梯时的注意事项 .....       | 146        |
| 5.3.3 被困电梯时自救方法 .....          | 147        |
| 5.4 售票系统 .....                 | 149        |
| 5.5 闸机的使用 .....                | 150        |
| 5.5.1 闸机的作用 .....              | 150        |
| 5.5.2 闸机使用注意事项 .....           | 150        |
| 5.6 屏蔽门的使用 .....               | 152        |
| 5.6.1 提供安全的屏蔽门 .....           | 152        |
| 5.6.2 屏蔽门夹人的自救措施 .....         | 154        |



|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 5.7 乘客安全文明常识 .....          | 155 |
| 5.7.1 文明候车 .....            | 155 |
| 5.7.2 文明车厢 .....            | 157 |
| 5.7.3 安全文明上下车 .....         | 161 |
| 5.8 事故时的安全应急措施 .....        | 164 |
| 5.8.1 列车上偶遇突发事件 .....       | 164 |
| 5.8.2 屏蔽门夹人 .....           | 166 |
| 5.8.3 遭遇停电 .....            | 169 |
| 5.8.4 遭遇追尾 .....            | 171 |
| 5.8.5 遭遇火灾 .....            | 172 |
| 5.8.6 有毒物质泄漏 .....          | 177 |
| 5.8.7 在区间隧道内发生事故的处理办法 ..... | 177 |
| 5.8.8 紧急制动闸的使用 .....        | 178 |
| 5.8.9 沉着冷静是关键 .....         | 180 |
| 5.9 客    控 .....            | 181 |
| 6 结 束 语 .....               | 183 |
| 参考文献 .....                  | 185 |

# 城市轨道交通的前世今生

## 1.1 轨道交通发展史

世界轨道交通自诞生之日起已有近 200 年的历史,它的发展大致经历了非机械时代(初始阶段)、蒸汽时代(成长阶段)、电力时代(成熟阶段)三个阶段。截至今日,世界上已有上百个国家的城市修建了轨道交通,并且还有许许多多城市的轨道交通正在筹建当中,线路总里程达数万公里,为客运交通和城市的经济发展做出了重要贡献。国外城市轨道交通的发展始于伦敦,之后快速影响了欧美国家乃至亚洲和全世界。城市轨道交通在缓解地面交通压力、疏散城市中心区人口、改善城市环境等方面发挥着极其重要的作用。

### 1.1.1 非机械时代

城市形成之前,人们居无定所,其交通工具多以人力、畜力为主,如人的肩挑手提、骑马、牛车马车等。我国在商代造车技术就已经相当成熟,到了秦汉时期,其工艺更是获得进一步发展,从秦皇陵出土的车马可以看出当时车辆的制作工艺已经十分完善,车辆和配件的制作十分精美。据史书记载我国在秦代就已经有四通八达的驰道,驰道开始兴建于公元前 222 年,比古代波斯修建的御道早了 200 多年。相当于今天的“高速公路”。驰道以当时的国都咸阳为中心,是秦朝的国道,主要目的有三个:皇帝出巡、军队行军和货物运输。现在在陕西、河南、河北等省仍然可以看到当时驰道的遗迹。但及至工业革命以前的城市,由于受制于技术这种交通模式没有获得根本性改变,人们对交通的追求也大多是在对车体舒适度上进行改进。



秦始皇陵彩绘铜质车马



井陉秦皇古驿道遗迹

与中国不同,早期西方工业技术的发展情况较好,19世纪30年代前后,巴黎出现了一种马拉轨道车,铺设了专门的轨道,车轮行驶在轨道上,这种有轨马车有效降低了阻力,提升了乘坐舒适度和速度,其载货量双倍于普通马车,是对传统轮式交通工具的一次重大变革,也是有轨交通的最初形式。1832年,约翰·斯蒂芬森在美国纽约第四大街建立了第一条市区有轨马车的线路,并运营达3年之久。这也是世界上第一条公共轨道交通。第一个提出将马车轨道嵌入路面的是法国南特人埃米尔·卢巴,根据这项发明,他于1852年负责修建了纽约6号街的马车轨道,这辆有轨马车为两驾马车,开有前后车门供乘客上下。这种有轨马车很快在美国发展了起来,1853年,纽约市有轨马车的总运量达到700万人次,1860年又猛增到3600万人次,平均每天约10万人次。1858年1月,在费城的第5和第6大道之间也出现了有轨马车,两年后就发展到12条线路。在1855~1860年间,有轨马车线在美国得到了飞速

发展。到 19 世纪 80 年代中期,美国共有 415 个马拉街车公司,线路里程总长达到 6 000 英里,每年客运总量达 1.8 亿人次。当时一位人士指出“当代有轨马车是大都市发展最为不可或缺的条件之一”,这一时期,在美国的 300 多个城市中,共有 525 条有轨马车交通线路投入运营。美国城市地理学家戴维·沃得(David Ward)指出,在 1850~1890 年,“有轨马车是美国城市中最重要地方交通工具”。



观光用有轨马车

从本质上来看,受制于当时的技术条件,人们仅对车轮做出了改变,但这一简单的变化,对后来的轨道交通发展起到了不可估量的引导作用,成为后期公共交通的一种重要形式,促使城市交通进入了一个全新的发展阶段。随着工业革命的到来,城市轨道交通技术也迎来了一个快速发展的新时期。

### 1.1.2 蒸汽时代

自工业革命开始以后,城市内部交通变得越来越重要,逐渐开始成为维持城市经济社会活动和人们正常生活运转的必要前提。人们在关注各城市间交通的同时,也开始关注城市内部的交通。工业生产的发展,促进了交通运输事业的革新,提高货物、乘客单次运量和提高运输速度成为当时城市内部交通亟待解决的问题,因此人们一直在积极地改造交通工具。单次运量的提高、速度的提升,需要从车体、行走面和牵引物等多个方面来解决。在采用轨道方式作



为行走面后,行走面已基本达到了当时的技术极限,而对更强大“马力”的牵引物的研究,则在18世纪70年代获得了突破性进展。1785年,瓦特制成的改良型蒸汽机的投入使用,提供了更加便利的动力,蒸汽机作为动力的交通工具得到迅速推广,大大推动了轨道交通的普及和发展。人类社会由此进入了“蒸汽时代”。

1804年,英国人理查德·特雷维塞克设计制造的蒸汽机车“新城堡号”,是世界第一条成功行驶的蒸汽机车。

19世纪,英国是世界上最发达的国家。19世纪中期,蒸汽机车已经在英国普遍使用,各大城市间的铁路基本铺好。作为国际知名大都市,从全国各地通向伦敦的火车轨道一直铺到了城市的边缘,伦敦人可以轻松地到达英国各地,同时大量移民疯狂涌入伦敦。1800年,伦敦人口仅为100万,而1831年,伦敦人口上升到175万,短短的30年间,人口几乎翻了一番。伦敦市区建满了大大小小的房屋,导致市区街道狭小杂乱不堪。但当时伦敦市内的主要交通工具还是马车,出租马车价格非常昂贵,城市交通的压力日增。

迫于市区环境恶化及交通堵塞严重,一部分相对富裕的居民搬迁到郊区居住,而白天再回市区工作,作为当时主要交通工具的马车,盛极一时。但伦敦周边郊区却没有直接通向市中心的便捷道路,造成了高峰时间出租马车拥堵的现象,而马匹粪便也进一步恶化了伦敦的生活环境。因此,市民交通出行成了当时伦敦的面临的一大难题。为此,伦敦市政府组织了交通委员会向伦敦所有人征集交通问题解决方案。有两个方案获得认可,一个是一位名叫查尔斯·皮尔森的律师提出了修建“伦敦中央火车站”的设想;另外一个是一群承包商提出的在地下修建一条轨道线路提案。不久,这两个提案被结合起来,形成了我们今天所熟悉的地铁的概念:在地下通行的火车。有意思的是,让火车入地的设想,最初却是人们受老鼠打洞的启发而产生的。无论如何,这是世界上第一次提出地下铁路的构想,没有人知道建成后效果到底如何,人们当时对此充满期待与困惑。

如此庞大规模的地下工程,也无先例可供参考,一切都是在尝试中探索,也正是这次成功的探索,为后来的地铁施工指明了发展方向,现今地铁的施工方式基本上都是在此基础上发展而来。而受制于技术水平的限制,当时的施工采用了“刨坑回填”的修筑方式。施工时,按照规划的线路,将线路所穿越地区及周边相邻的道路及地面建筑拆掉,然后从地面挖掘出一条足够宽、足够深

(宽约 10 米,深约 4 米)的大壕沟,再用黄砖对沟壁进行加固,然后搭成拱形的砖顶,建成坚固的地下隧道后,将土回填,在地面上重建拆毁的道路和房屋。这种施工方式逐渐发展为现今地铁施工所采用的“明挖”施工方法。

同样由于当时电力尚未普及,地铁建成后,所有地下铁路也都只能采用蒸汽机车。蒸汽机车必然会产生大量粉尘、有毒烟气,该类物质对人体健康非常不利,为此隧道建好后,还需要在隧道顶部钻出通风孔与地面连通,以方便废气的排放和新鲜空气的引入。该条地铁线路所采用的近乎原始的修筑方法,给伦敦的不少街区造成极大破坏。



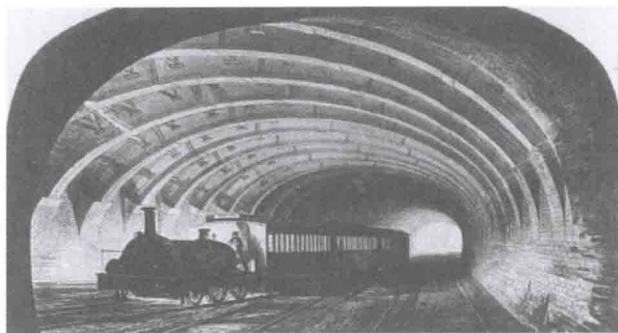
世界上第一条地铁——伦敦“大都会”线施工

由于是第一次探索,人们尽管进行了大量的准备工作,但地铁在挖掘过程中还是遇到了不少麻烦。1862 年,当地铁挖到一条小河的岸边时,河岸发生了坍塌,工地灌进了两米多深的河水,脚手架横七竖八地泡在水里。幸好从那以后,地铁的修建工作并没有再出现大的纰漏。在如此简陋的施工条件下,1862 年,4.8 公里长、7 个停靠站的地下铁道基本完工了,这就是人类历史上第一条地铁——“大都会”铁路(Metropolitan Railway)。

铁路公司直接将地面铁路使用的蒸汽机车开进了地下,车厢是由木材制成的,客车车厢内使用煤油灯照明。开通首日,大约 40 名伦敦官员乘坐在没有顶棚的木制车厢里对地铁进行了第一次巡游。1863 年 1 月 10 日,地铁开放,当地居民争先恐后的去乘坐地铁,第一天的乘客总数就达到了 4 万人次。



按照当年7月的统计,在地铁向公众开放的前6个月里,乘客数目达到477万人次,平均每天有2.65万人次乘坐。地铁乘坐方便,价格低廉,运行快捷,因此其成为伦敦历史上第一个多数市民可以负担和使用的公共交通工具,伦敦的交通拥挤很快得到了缓解。1863年1月10日,当时的英国《每日新闻报》记者在伦敦地铁开通日发出了这样的报道:“人类历史上首次实现了位于煤气管道、自来水管,甚至墓地的地底行驶,坐在舒适的车厢里尽享出行之乐。”地铁从此登上历史舞台,也开启了城市轨道交通的历史新篇章。



1863年伦敦“大都会”地铁

1863年第一条地铁的成功,让人们对于地铁的未来更加充满期待,于是伦敦开始考虑修建第二条甚至第三条地铁了。工程师约翰福勒(John Fowler)则提出伦敦地铁建设应该从直线向环线发展,而这一提议在四年后得以实现,环线地铁(Circle Line)投入建设。吸收了第一条地铁的施工经验,该条环线地铁土木施工时,设计者采用了钻挖式的施工方法,减少了对地面建筑的破坏,随着后期技术的进步,这种钻挖法逐渐发展成为现在的地铁盾构施工法。因为地下掘进技术还不成熟,在钻洞穿越著名的泰晤士河时,第一条钻出的隧道虽然横穿了泰晤士河,但却窄小得无法修建铁路,人们只得放弃该条窄小的隧道。虽然无法运行火车,但也物尽其用,后期隧道改造成了一条收费的地下人行道,1便士可以走一次,出乎意料的是在隧道开放的头15个星期里,有100多万人付费穿行。1869年,这条地道被拓宽,再次改建成了地下铁路,成为东伦敦地铁的一部分。此后,随着施工经验的逐渐积累以及技术的不断进步,后期新建的几百公里的地铁采用了更加成熟的地下挖掘技术,环线地铁最终于1884年完工。大都会线和环线的建设与开通,构成了伦敦纵

横交错的地铁网的雏形。地铁在和平时期发挥着市内交通运输的功能,而当灾难和战争来临时,则又发挥出其它作用。两次世界大战期间,地铁隧道成为重要的“防空洞”,有效的抵御了空袭,也成为军事指挥中心、避难中心和医院。

地铁运行后,人们发现即使修建时就已经钻出了“通风孔”,但在自然通风条件下,地铁内部环境仍相当恶劣,蒸汽机燃烧的粉尘四处飘散。这是因为,蒸汽机车运行时,需要烧煤加热锅炉中的水,产生高压水蒸汽后,利用水蒸汽推动机车前进,需要持续烧煤、排放水蒸汽,地面铁路上,这些煤尘、蒸汽很容易被吹散,但是在地下隧道中,排风技术本身就比较原始,煤炭燃烧的烟雾,蒸汽机产生的水蒸气,全都聚集在隧道内,同时车辆照明采用的煤油灯也存在煤气泄漏,加之乘客呼出废气等等,造成地铁隧道内终日浓烟滚滚,气味呛人。因此,大都会线运营没过多久,居民对乘坐地铁的新鲜劲儿也就消失了,又宁愿乘坐马车了。这也促成后人从机车类型、通风方式等多方面进行技术创造与研究,进而诞生了电力机车和地铁环控系统。后期建造的地铁多吸取了该地铁的经验,不断进行改进,形成了今天的地铁系统。

伦敦地铁有效提升了城市内部的交通运输能力,随后世界各国竞相修建自己的地铁系统。1863~1899年,美国、英国、法国、匈牙利、奥地利等5个国家的7座城市相继修建了地铁。1900~1924年,欧洲和美洲又有9座城市修建了地铁,包括柏林、马德里、费城等。1896年,当时奥匈帝国的城市布达佩斯开通了欧洲大陆的第一条地铁,长5公里,11站,至今仍在使用。法国巴黎的巴黎地铁在1900年开通,最初的法文名字“Chemin de Fer Métropolitain”(法文直译意指“大都会铁路”)是从“Metropolitan Railway”直接译过去的,后来缩短成“métro”,所以很多城市轨道系统都称Metro。俄罗斯的地铁只是改用了西里尔字母,称为Метро。

随着技术的进步,蒸汽机车在20世纪中开始被性能更好的内燃机车所取代。到现在,蒸汽机车基本上已被淘汰,只会有一些特别偏远的地区和特别为铁路迷及游客安排的线路上才有它们的身影。我国是全球最后一个制造大型蒸汽机车的国家,大同车辆厂一直生产蒸汽机车至1988年。2005年12月9日,在内蒙古,最后一列蒸汽机车执行完任务。至此,我国蒸汽机车全部退出了干线运营,这也意味着蒸汽机车辉煌时代的终结。

### 1.1.3 电力时代

电力机车的发展也经历了一个漫长的过程。早在第一条地铁建成之前,就已经有了电力机车。1834 年最早靠蓄电池作为动力的有轨电车在美国出现。1835 年荷兰的斯特拉廷和贝克尔两人试制了以电池供电的二轴小型铁路车辆。1842 年,苏格兰人 R. 戴维森制造出第一台标准轨距电力机车,由于当时的电动机很原始,机车只能勉强工作。1879 年德国人 W. V 西门子驾驶一辆他设计的小型电力机车,拖着乘坐 18 人的三辆车,在柏林夏季展览会上进行表演。机车电源由外部 150 伏直流发电机供应,通过两轨道中间绝缘的第三轨向机车输电。这是电力机车首次成功的实验,从此揭开了电力机车大规模使用的序幕。

很多人认为,与蒸汽机车类似,应该是地面铁路率先采用电力机车,然后地铁才开始采用。事实恰恰相反,用于营业的电力机车却是首先从地下铁道开始的。1890 年英国伦敦,首次将电力机车用于一段长约 5.6 公里的地铁线路。随后,备受环境困扰的大都会地铁也改用电力机车作为牵引“车头”,蒸汽机车产生的煤烟粉尘和蒸汽消失不见,有效缓解了地铁内部的环境问题。但随之又产生了新的问题,主要还是大都会地铁的通风问题,大都会地铁未采用机械通风,仅依靠列车运行车头推动空气流动产生的活塞风与外界进行空气交换,而电力机车功率巨大,虽然不产生废气,但实际上其释放的热量比蒸汽机车更大,地铁隧道几乎成了蒸笼,加之越来越多的乘坐需求,伦敦地铁内部形成了一种难以忍受的窒息状态。后期的地铁对此进行了多次改进,才使得地铁乘坐环境得以改善,这也表明,地铁系统是需要多方面共同发展进步的一个大系统,而不能仅靠某一方面的发展。

电力机车虽然存在不少问题,但它的出现,掀开了轨道交通发展的新篇章。由大都会地铁的示范作用,随后已有的地铁系统纷纷改用电力机车牵引,新修建的线路则在设计之初就直接采用电力机车。时至今日,电力机车已经成为地铁唯一的牵引工具。

地铁的发展也并非一帆风顺。在进入 20 世纪的最初 24 年里(1900~1924 年),欧洲和美洲又有 9 座城市修建了地铁,包括德国的柏林、汉堡,西班牙的马德里,美国的费城等。随后受二战影响,在 1925~1949 年间,世界地铁建设处于低潮期。即使如此仍有很多城市在建设地铁,其中最著名的莫过于