

职业教育城市轨道交通类培训教材

城市轨道交通运营 与管理综合应用

李 力 编

CHENGSHIGUIDAO JIAOTONGYUNYING YU GUANLI ZONGHEYINGYONG



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

职业教育城市轨道交通类培训教材

城市轨道交通运营 与管理综合应用

李 力 编
王毓吉 主审

CHENGSHIGUIDAO JIAOTONGYUNYING YU GUANLI ZONGHEYINGYONG



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为城市轨道交通专业教材。全书共六章，主要包括城市轨道交通概述、城市轨道交通系统的构成、运输计划、城市轨道交通行车组织、城市轨道交通客运管理、安全管理等。本书以培养岗位技能为出发点，理论联系实际，书中采用了大量的实物图片，图文并茂，通俗易懂，形象直观，便于阅读，并在每一章后配有习题，供参考选用。

本书可作为中职、高职院校相关专业教材，也可作为职工培训及相关技术人员和管理人员参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

城市轨道交通运营与管理综合应用/李力编. —北京：中国电力出版社，2008

职业教育城市轨道交通类培训教材

ISBN 978-7-5083-6670-8

I. 城… II. 李… III. 城市铁路—交通运输管理—职业教育—教材 IV. U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 011020 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 3 月第一版 2008 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.25 印张 318 千字

定价 35.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

在我国,城市轨道交通正处于快速发展的初始阶段。轨道交通系统的建设和运营,急需大量的既具有较高素质,又具有专业技术知识的人才。因此,为满足城市轨道交通发展中对服务与运营管理人员的需求而编写此书。

本书以培养学生的创新精神和实践能力为重点,以培养在服务和管理第一线的高素质服务者和管理人员为目标。通过对本书的学习,培养学生的综合职业能力和继续学习深造的能力。

本书主要介绍了城市轨道交通系统的发展、构成、行车组织、客运组织和安全管理等方面的基本知识,以及运营中的服务、组织方法和相关的管理规定等内容。本书以培养岗位技能为出发点,理论联系实际。书中采用了大量的实物图片,图文并茂,通俗易懂,形象直观,便于阅读。同时,在每一章后均配有习题,供参考选用。

由于作者水平有限,不足之处在所难免,恳请读者与专家指正。

本书由天津市市政教育中心地铁教研室李力编写,天津地铁总公司王毓吉主审。在编写过程中得到了天津地铁总公司有关专家及学校有关老师的大力帮助和支持,在此一并深表感谢。

本书可作为中职、高职院校相关专业教材,也可作为职工培训和相关技术人员及管理人员参考用书。

编者

2007年6月



前言

第一章 城市轨道交通概述	1
第一节 城市轨道交通的由来与发展	1
第二节 城市轨道交通类型	16
第三节 城市轨道交通的技术发展	27
思考题	33
第二章 城市轨道交通系统的构成	34
第一节 线路	34
第二节 车辆与车辆段	38
第三节 限界	55
第四节 轨道	57
第五节 供电系统	61
第六节 通信系统	67
第七节 信号系统	72
第八节 自动售检票系统 (AFC)	76
第九节 屏蔽门系统	89
第十节 导向和预报系统	91
第十一节 车站机电设备	93
思考题	95
第三章 运输计划	96
第一节 客流计划	96
第二节 全日行车计划	98
第三节 车辆配备计划	101
第四节 列车交路计划	103
思考题	107
第四章 城市轨道交通行车组织	108
第一节 列车运行图	108
第二节 行车调度工作	117
第三节 列车运行组织	127



第四节 行车规章	132
思考题	135
■ 第五章 城市轨道交通客运管理	137
第一节 车站设备设施	137
第二节 客流组织	156
第三节 客运服务	162
思考题	169
■ 第六章 安全管理	171
思考题	180
■ 附录	181
附录一 电话闭塞的办理程序	181
附录二 手信号的显示	182
附录三 调车手信号的显示	183
附录四 汽笛信号鸣示方式	183
附录五 服务礼仪标准	184
附录六 服务语言动作标准	186
附录七 天津市轨道交通管理规定	188
附录八 国家处置城市地铁事故灾难应急预案	193
参考文献	203





第一章

城市轨道交通概述

第一节 城市轨道交通的由来与发展

城市轨道交通的发展至今已有百余年的历史。目前城市轨道交通以其快速、正点、低能耗、少污染以及安全舒适等优点,逐渐成为世界上各大中城市客运交通的主力。城市轨道交通已经成为城市生活中不可缺少的一部分,同时也鲜明地标志着这个城市已进入了现代化的行列。

一、城市轨道交通发展历程

城市轨道交通的雏形是轨道公共马车。19 世纪初期,欧美一些城市开始出现这种公共交通方式,其特点是以畜力牵引,在街道上有专用的轨道线路。1830 年,英国的利物浦和曼彻斯特之间开通了第一条城市间铁路线路,从此铁路在城市间运输起着主导作用。地铁的产生源于将蒸汽列车引入市中心的构想。

1863 年 1 月 10 日,世界第一条地下铁道在英国伦敦建成通车,见图 1-1-1,列车由蒸汽机车牵引,线路全长 6.4km,采用明挖法施工。由于其较当时地面交通快速的特点,尽管隧道内烟雾弥漫,仍然受到了市民的热烈欢迎,从此城市交通进入轨道交通时代。



图 1-1-1 伦敦地铁

1879 年电力驱动的列车研制成功,大大改善了地下铁道的环境,不仅使乘客和工作人员免受烟熏之苦,也开了轨道交通使用无大气污染的二次能源之先河。1890 年 12 月 8 日,伦敦首次采用盾构法施工,建成由第三轨供电、电力机车牵引的另外一条线路,城市轨道交通从此步入了持续发展时期,见图 1-1-2。



图 1-1-2 伦敦地铁

1892 年,芝加哥建成世界上第二条蒸汽列车地铁,1895 年建成一条电气化地铁线路,1896 年布达佩斯建成欧洲大陆第一条电气化地铁,此后,波士顿、维也纳、巴黎、纽约等城市的地铁线路也相继建成通车。1897 年,动车组出现,即每辆车均有电机驱动,但可以全部由第一辆车的驾驶员操纵。它的重要性体现在不减少列车牵引力的条件下,可增大列车编组。

20 世纪上半叶,东京、莫斯科等几座城市相继修建了地铁。据 1994 年 7 月德国出版的《地铁世界》一书统计资料,到 1990 年世界上有 98 个城市约 5300km 轨道交通投入运营,另有 29 个城市、94 条线约 1000km 在建。

总结城市轨道交通的发展过程,大致可以分为以下几个阶段:

1. 初步发展阶段 (1863~1924 年)

在这一阶段,欧美的城市轨道交通发展较快,其间 13 个城市建成了地铁,还有许多城市建设了有轨电车。20 世纪 20 年代,美国、日本、印度和中国的有轨电车有了很大发展。这种旧式的有轨电车行驶在城市的道路中间,运行速度慢,正点率很低,而且噪声大,加速性能低,乘客舒适度差,但在当时却是公共交通的骨干,见图 1-1-3。

2. 停滞萎缩阶段 (1924~1949 年)

二次世界大战的爆发和汽车工业的发展,导致了城市轨道交通的停滞和萎缩。汽车的灵活、便捷及可达性使之一度成为城市交通的宠儿,得到飞速发展。而轨道交通因投资大、建设周期长,许多城市停止了投资建设。但由于地下空间对于战火的特殊保护作用,有的处于战争状态中的国家反而加速进行地铁的建设,如日本的东京、大阪和前苏联的莫斯科等。特别是莫斯科,第一条地铁于 1935 年建成通车,二战期间建设速度反而加快,见图 1-1-4。目前地铁运营网络达 251 公里。据悉二战期间斯大林曾经在地铁车站站台开过大型军事会议。别据有关报道,在运营线路下方 20m 深还有长达 280 余千米的军用地铁网络。在这一阶段,只有 5 座城市发展了城市地铁,有轨电车也被纷纷拆除。美国 1912 年已有 370 座城市建有有轨电车,到了 1970 年只剩下 8 座城市保留有轨电车。



图 1-1-3 有轨电车



图 1-1-4 莫斯科路网

3. 再发展阶段 (1949~1969 年)

汽车的过度增长造成城市道路堵塞、行车速度下降,严重时还会导致交通瘫痪,加之空气污染、噪声严重、石油资源匮乏、缺少停车场地等原因,人们开始寻找解决城市交通问题的根本出路。依靠电力驱动的城市轨道交通又重新发展起来,并且从欧美扩展到亚洲的日本、中国、韩国、伊朗及非洲的埃及等国家,这期间世界上共有 17 座城市新建了地铁,见图 1-1-5。



图 1-1-5 东京地铁

4. 高速发展阶段（1970 年至今）

世界上很多国家都确立了优先发展轨道交通的方针，立法解决城市轨道交通的资金来源。世界各国城市化的趋势，导致人口高度集中，要求大力发展城市轨道交通以适应日益增长的客流运输，各种技术的发展也为轨道交通的发展奠定了良好的基础。

城市轨道交通的形式是多样化的。几乎在地下铁道发展的同一时期，在电力驱动的列车问世后，1881 年，德国展示了一列 3 辆编组的小功率有轨电车。在它的启示下，1888 年，美国里士满市出现了世界上第一列商业运行的城市道路有轨电车。此后有轨电车飞速发展，美国、欧洲、亚洲的许多城市相继开通了有轨电车，见图 1-1-6。虽然它行驶在共用的城市道路上，又受路上红绿灯的限制，运行速度很低，但在当时也曾城市交通中发挥了骨干作用。1906 年，在天津市建成第一条有轨电车线路，全长 5.2km。此后上海、大连、北京、沈阳、哈尔滨、长春、鞍山等城市的有轨电车线路也相继开通。



图 1-1-6 20 世纪初城市有轨电车



随着汽车工业的迅速发展,西方国家的私人小汽车数量急剧增长,大量的汽车拥上街头,城市道路面积明显不够用,于是导致世界上各大城市都纷纷拆除有轨电车线路。这也波及到我国有轨电车的发展。到20世纪50年代末,我国仅剩长春、大连和鞍山3座城市的有轨电车没有拆光,并一直保留至今,继续承担着正常的公共客运任务。

当汽车的发展使人们普遍感到方便而大量使用时,许多城市曾经拆除有轨电车。后来道路的拥塞和尾气的污染迫使城市的管理层寻找新的途径。轨道交通以其快速、安全、准点、大运量、无污染的优越性被世界范围内广大有识之士所认同。因此在地下铁道发展的基础上,造价相对较低的地面新型有轨电车在欧美一些城市道路有条件的情况下重新发展起来。据不完全统计,目前已有270余座城市包括一些大城市(如柏林等)均有较大的发展见图1-1-7。



图1-1-7 旧金山有轨电车

世界各国的地铁也各具特色。莫斯科地铁是世界上最豪华的地铁,有欧洲“地下宫殿”之称,见图1-1-8。天然的料石、欧洲传统的灯饰与莫斯科气势恢宏的各类博物馆交相辉映,简直是一座艺术的博物馆。市内9条地铁线路纵横交错,充分体现了前苏联城市交通规划和建筑业的一流水平。

纽约是当今世界地铁运行线路最长的城市,有线路37条,全长432.4km,车站多达498个,但设施较为陈旧,见图1-1-9。巴黎地铁是世界上最方便的地铁,每天发出4960列车,在主要车站的出入口,均设电脑显示应乘的线路、换乘的地点等,一目了然。巴黎地铁也是世界上层次最多的地铁,包括地面大厅最多有6层(一般为2~3层)。

法国里昂地铁是当今世界上最先进的地铁,全部由微机控制,无人行驶,轻便、省钱、省电,车辆行驶中噪声和振动都很小,高峰小时可通过60列车,为世界上行车间隔最短的全自动化地铁。香港地铁1994年总收入51.3亿港元,扣除经营开发、折旧、利息和财务开支后,当年利润为10.38亿港元。世界各国地铁均靠政府补贴,唯独香港地铁既解决市区出行,同时又可创利。新加坡地铁的车站和线路清洁明亮,一尘不染,是世界上最安全、最清洁、管理最好的地铁。新加坡地铁也像莫斯科一样考虑了战时的防护掩蔽,车站出入口设置了防护门、密闭门等防护设施。墨西哥城在10年间修建了150km地铁,到2000年开通21条地铁线路,全长400km,承担全城客运量的58%。汉城地铁1971年开始建设,目前已有9条线,总长280多千米,这两个城市是世界上地铁发展最快的城市。



(a)



(b)

图 1-1-8 莫斯科地铁

二、国内城市轨道交通简况

1. 北京

我国建设城市轨道交通始于北京地铁 1 号线。20 世纪 60 年代中期开工, 1969 年 10 月, 北京地铁 1 号线正式投入运营, 当时全部采用国产设备, 借鉴前苏联技术标准设计, 见图 1-1-10。

北京市老规划网络 286km, 是 1950 年构思的, 20 世纪 80 年代成文。1992 年进行了修订。包括 12 条干线、3 条支线, 总长 380km。1998 年又进行了修订, 包括 13 条干线, 2 条支线, 408.2km, 见图 1-1-11。北京地铁 1 号线东起北京火车站, 沿前门大街转复兴门外大街西行直到终点站——苹果园站, 全长 23.6km, 1969 年通车。1984 年第二条地铁即北京环线全长 19.9km 建成通车。两条线共长 43.5km、车站 29 座, 日客运量 146 万人次, 占公交客运量的 15%。2000 年 6 月, 第三线复兴门至八王坟的地铁建成通车, 全长 13.5km。

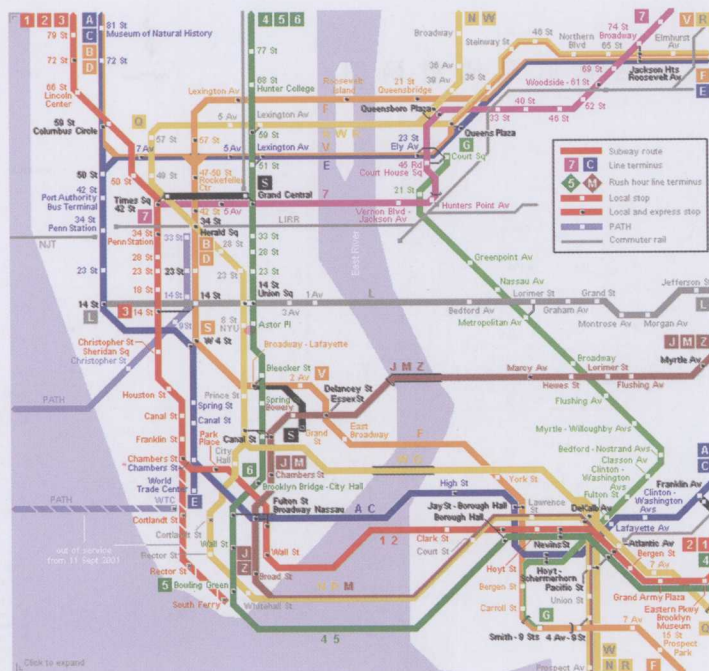


图 1-1-9 纽约路网



图 1-1-10 北京地铁

2002 年北京东直门——西直门的城市铁路建成通车，其长度为 40km。至此，北京地铁运营线路长度为 97km。除城市铁路外，北京地铁三条线均为地下线路，其钢轨现采用 60kg/m 钢轨，供电制式为 DC 750V 三轨受电，车辆为 1999 年建设部批准的“城市快速交通工程项目建设标准”中的 B 型车，耐候钢车体、凸轮变阻调速牵引（复八线以后为 VVVF 交流牵引、不锈钢车体）。信号系统原为铁路自动闭塞人工驾驶模式，后引进改造为 ATC 系统，



图 1-1-11 北京市区轨道交通线网规划

环线开始采用自行设计安装的 CTC+移频轨道电路+ATP 系统。北京地铁三条线目前仍采用人工售检票制式，采用单一票价制，并发行本月票和公交通用 IC 卡，地铁 13 号线采用自动收费系统。

北京地铁的运营和建设由北京地铁总公司统一管理。2001 年改为北京地铁集团，下设运营、建设两公司，分别进行地铁运营和地铁新线建设的管理。2003 年，为适应北京市基础设施领域不断发展的需要，原北京地铁集团转制变更成北京市基础设施投资公司，其主要职责为：承担包括城市轨道交通在内的市重大基础设施的融资还贷，并参与市重大基础设施规划。相应地，运营公司变更为北京市地铁运营有限公司，具体负责对北京地铁线路的运营管理。建设管理公司变更为北京市轨道交通建设管理有限公司，具体负责轨道交通新建线路的初步设计、施工设计、施工队伍、车辆设备的招标、评标和决标；组织轨道交通新建线路的土建结构、建筑装修和设备安装工程的实施；组织轨道交通新建线路的系统调试、开通、验收直至交付运营。

2. 上海

上海是中国第 4 个拥有地铁的城市。1985 年 3 月开始筹建地铁 1 号线，1990 年开工建设，1995 年 4 月全线通车。线路总长 16.13km，设 13 个车站，年客运量约 1 亿人次。建筑限界直径 5.2m。采用美国寇比克公司提供的自动售检票系统。上海地铁 1 号线主要利用德国政府贷款建设，车辆设备均由国外引进，其设备车辆主要采用德国标准。上海地铁 1 号线北起火车站经人民广场、淮海中路、衡山路、漕溪路到终点站虹梅路，于 1995 年 4 月通车，全长 16.1km。1997 年 7 月 1 日南延伸线通车，从火车站至莘庄，使 1 号线全长增加到 21km，全线



设车站 16 座。2000 年 6 月 1 日上海地铁 2 号线建成通车,从中山公园站至浦东张江高科园区,全长 19km,设车站 13 座。2000 年底上海地铁 3 号线(又称明珠线)建成通车,该线利用已完成历史任务的淞沪铁路及铁路内环旧址进行建设,全长 25km,设车站 19 座。至此,上海地铁三条线投入运行,运营里程达 65km,共设车站 48 座,日客流量 100 万人次。2001 年 3 月 1 日,我国在上海开始修建一条长度约 30km 的磁悬浮列车示范运营线,列车工程引进德国技术,线路起点为地铁 2 号线上的龙阴路站,终点为浦东国际机场站,设计最高速度为 430km/h,见图 1-1-12。2003 年莘庄—闵行轻轨线建成后,投运长度 17km,车站 11 座,见图 1-1-13。



图 1-1-12 上海磁悬浮



图 1-1-13 上海莘闵线

目前上海共规划了一个较大规模的地铁网络和一个轻轨网络,见图 1-1-14。地铁网络由 12 条线路组成。轻轨系统作为地铁系统的补充,线路 5 条,全长 780km。上海地铁地下、地面及高架的形式都有。1 号线南段 5 个车站及相应区间设在地面,2 号线南段一站一区间



为高架形式，其他车站线路在地下；3号线设两座地面站，其他均为高架形式。钢轨均为60kg/m耐磨轨，供电均采用DC 1500V接触网制式，车辆为“建设标准”中规定的A型车，铝合金车体，斩波调压直流（1号线）及VVVF交流牵引（2号线、3号线），信号制式均为ATC自动驾驶，1号线为模拟系统，2、3号线为数字系统。售检票为AFC自动化制式，计程票价制，单程票用磁卡，储值计程票有磁卡和IC卡两种制式，其中IC卡和公交、轮渡、出租车通用。上海地铁的运营和建设从1号线投运开始，由上海地铁总公司统一管理。2000年原上海地铁总公司进行改组，运营和建设由新组成的上海地铁运营有限公司和上海地铁建设有限公司单独管理。由于IC储值卡为地铁、公交、轮渡、出租车等交通方式所通用，因此1999年成立的上海东方卡有限公司负责发行IC储值卡，并对地铁、公交、轮渡、出租车各公司的票款按日结算。



图 1-1-14 2010 年上海市轨道交通路网示意图

上海地铁是由代表政府的投资公司出资（贷款）修建的，建成后的固定资产归投资公司所有，故地铁运营公司的经费是按运营实际和投资公司的资本摊销来结算年度费用的。

3. 天津

天津地铁既有线始建于1970年,于1984年建成通车,全长7.4km,设车站8座,技术标准在北京地铁1号线相同。日客运量约3万人次。2001年该线停止运营,进行改扩建。新建的天津地铁1号线,全长26.188km,设车站22座,其中高架站8座,地下站13座,地面站1座。地铁1号线刘园至双林是既有段的北伸和南延,刘园至西站和新华路至双林,两段为新建线路,加上西站至新华路既有段,组成完整的1号线。天津地铁发展历程见图1-1-15。天津市快速轨道系统规划共规划了9条线路,总长度约200km。确定1、2、3号线为城市快速轨道交通的基本骨架线。4号线为内部填充线,5、6号线为外围发展线的线网构架格局、轨道交通系统采用放射式的线网结构,并利用两条线路构成中心市区内不封闭的两个半环线,以加强各组团间的联系,见图1-1-16。



(a)



(b)



(c)

图 1-1-15 天津地铁发展轨迹

(a) 天津市最早的地铁车辆；(b) 引进的日产电客车（1987 年）

(c) 运营中的天津地铁 1 号线（2006 年）

天津市地下铁道总公司于 2000 年正式组建，是承担天津市轨道交通规划、融资、建设、运营以及地铁资源开发的企业，下设建设、运营、经营开发三大职能部门。建设公司是总公司全面实施地铁建设管理的职能公司，是公司生产指挥调度中心，主要任务是从参与初步设计开始，对地铁设计、工程前期拆改、设备监造、设备采购、土建与安装工程施工、工程验收等全过程进行全面管理。按照投资合理、质量满意、符合进度、确保安全等要求进行建设管理。运营公司承担地铁运营操作、运营安全、乘客服务、运营经济效益等的规划、管理和日常工作，并承担已建成线路国家验收后的设备设施的必要维护、维修和整改工作。天津地铁经营开发总部是全面负责、统一策划地铁各项综合经营业务资源开发和利用的经营管理部门，全权代表总公司行使对地铁沿线资源的经营管理权利，统一策划总公司资源的开发和利用，有效地利用总公司的各项资源，重点开发物业、广告、通信和商贸等核心资源，优化地铁综合经营业务资源，使地铁资产增值。

4. 广州

广州是中国第 5 个拥有地铁的城市，见图 1-1-17。1989 年 9 月开始筹建地铁 1 号线，