

高等学校交通运输类核心课程教材

城市轨道交通 运营管理

主编 张星臣



高等教育出版社

高等学校交通运输类核心课程教

城市轨道交通 运营管理

主编 张星臣



高等教育出版社·北京

内容提要

城市轨道交通系统作为城市发展的重要基础设施,其运营与管理工作与城市的正常运行、市民的日常生活及区域经济社会的稳定发展都息息相关。本书是以北京交通大学“城市轨道交通运营管理”课程方向的多年教学科研为基础,充分考虑了我国城市轨道交通行业快速发展实际而编写的。

本书在全面介绍城市轨道交通各种形式(如轻轨系统、地铁系统、自动导向系统、单轨系统、磁浮系统和市域快轨系统等)技术经济特征的基础上,以地铁系统为主要对象,从理论、技术、管理和政策四个维度全面阐述了城市轨道交通系统运营相关概念、服务设计原理、运营计划编制、运输能力理论、运营调度指挥、列车运行控制、运营维修、运营安全、网络化运营、客运组织、票务系统、运营模式及行业政策等方面内容。

本书可作为高等学校城市轨道交通专业及相关专业的本科生、研究生教材,亦可供城市轨道交通运营管理领域的科研人员、工程技术人员等参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通运营管理/张星臣主编.--北京:
高等教育出版社,2017.1

ISBN 978-7-04-046807-6

I. ①城… II. ①张… III. ①城市铁路-交通运输管
理-高等学校-教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第281512号

策划编辑 葛心

责任编辑 葛心

封面设计 王琰

版式设计 徐艳妮

插图绘制 杜晓丹

责任校对 刘颖

责任印制 赵义民

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

印刷 北京七色印务有限公司

开本 850mm×1168mm 1/16

印张 27

字数 540千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>

<http://www.hepmall.com>

<http://www.hepmall.cn>

版 次 2017年1月第1版

印 次 2017年1月第1次印刷

定 价 49.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 46807-00

与本书配套的数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站，请登录网站后开始课程学习。

一、网站登录

1. 访问<http://abook.hep.com.cn/1252531>，单击“注册”。在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”界面。

2. 课程充值：登录后单击右上方“充值”图标，正确输入教材封底标签上的明码和密码，单击“确定”按钮完成课程充值。

3. 在“我的课程”列表中选择已充值的数字课程，单击“进入课程”即可开始课程学习。

账号自登录之日起一年内有效，过期作废。

使用本账号如有任何问题，请发邮件至：ecourse@pub.hep.cn

二、配套资源

本书配套有思维导图、视频、图片及相关课程设计等数字化资源，极大地丰富了知识的呈现形式，拓展了教材内容，在提升课程教学效果同时，为学生学习提供思维与探索的空间。学习者可登录网站学习，也可以随时随地使用移动通信设备观看，提高认识，加深理解。

账号自登录之日起一年内有效，过期作废。

使用本账号如有任何问题，请发邮件至：ecourse@pub.hep.cn

前言

近年来，城市轨道交通在城市公共交通中的骨干地位已经成为人们的共识，越来越多的城市把发展城市轨道交通作为缓解交通拥堵的重要手段之一。城市轨道交通作用的发挥离不开合理高效的运营管理，在各地陆续出现的城市轨道交通建设热潮背后，如何运营好、管理好城市轨道交通系统，培养一批城市轨道交通领域懂运营、会管理的专业技术人才，便成为一个需要深入思考和亟待解决的问题。

城市轨道交通运营管理涉及面广，头绪多，相互间关系也较为复杂。从宏观上讲，涉及政策、体制和模式，从微观上讲，可以从“车”、“客”和“管”三个角度来展开。政府的宏观政策、资源配置机制及城市管理者对轨道交通系统的管理体制和模式，直接影响企业运营的持续发展，同时城市轨道交通企业的运营管理也必须适应政府的宏观政策和管理者的要求。

就运营管理的微观技术层面来讲，与“车”相关的问题，指的是如何有效运用现有技术装备组织生产、提供高质量的运营服务。列车是城市轨道交通系统的载运工具，城市轨道交通系统的运营服务是通过列车运行来实现的。城市轨道交通系统与我国传统的铁路系统虽然在技术上具有很强的相似性，但是在服务对象上却存在明显的不同。短途通勤出行的乘客与中长途城际间出行的旅客具有完全不同的出行规律，对服务水平的要求也有较大的差异。如何制定合理的列车运行方案，设计有效的城市轨道交通服务，既满足乘客出行需求又尽量减少运力的浪费便是运营管理工作需要解决的首要问题。与“客”相关的问题，指的是配合列车运行，如何组织乘客安全高效乘降，将运营服务最终落实。车站作为乘客与列车交互的场所，承担了聚集和疏散乘客的工作。与传统铁路车站“候车式”的客运组织模式不同，城市轨道交通系统高频率、公交化的发车特点形成了车站“通过式”的客运组织模式。乘客流线不仅仅需要解决“通达”的问题，更需要解决大客流下的“通畅”问题。大都市通勤客流所表现出的严重的时空不均衡性成为当前一段时期城市轨道交通运营管理中的一个

新的热点问题。与“管”相关的问题，指的是企业和行业管理。城市轨道交通所提供的服务，既具有商品的特点，又表现出较强的公益性，这决定了在城市轨道交通行业管理中，既要尊重市场规律，也不能排斥政府的管理。例如，合理的票价票制体系、适度的竞争机制、高效的运营管理架构等，解决这些问题，是为了理顺行业管理机制，保证城市轨道交通运营的财务可持续性。大量乘客在城市轨道交通系统的聚散同时也带来了特殊的外部性，如何充分利用这种外部性，实现外部收益的内部化，也是管理者需要考虑的问题。

编者在多年教学工作和行业研究工作的积累上，对其中的若干问题进行了总结和提炼，形成本书。全书分为16章，参加编写的教师分工为第1章（张星臣）、第2章（张星臣、徐彬）、第3章（杜鹃）、第4章（杜鹃）、第5章（杜鹃）、第6章（张星臣、王志美）、第7章（张星臣、陈军华）、第8章（陈军华）、第9章（彭宏勤）、第10章（张星臣、王伶俐、刘智丽）、第11章（杜鹃）、第12章（张星臣、王伶俐、刘智丽）、第13章（张星臣、丁勇、许奇）、第14章（肖贵平）、第15章（许红）、第16章（张星臣、王志美）。全书由张星臣制定框架并统稿。根据教学计划的要求，使用本书推荐教学时间为64学时。

在本书编写过程中，得到了北京交通大学毛保华教授的大力支持和帮助，城市轨道交通系的许多老师也为本书的完成提供了资料和便利，北京地铁研究所蒋玉琨教授审阅了本书稿，并提出了很多建设性意见。研究生马孟祺、殷瑞琴、胡汪源等参加了本书的资料整理工作。本书还引用了大量国内外作者发表的有关城市轨道交通运营管理的文献及国内部分城市轨道交通运营机构的资料，在此谨向有关专家及单位致以衷心感谢。

限于编者水平有限，书中难免存在不足和缺陷，恳请广大读者不吝批评指正。

张星臣

2016年10月于北京交通大学

目 录

第1章 绪论	1
1.1 概述	2
1.2 国外城市轨道交通发展历程	3
1.3 国内城市轨道交通发展现状	4
1.4 城市轨道交通系统特点	6
1.5 运营管理主要工作内容	7
思考题	10
第2章 城市轨道交通系统技术经济特征	11
2.1 城市轨道交通系统的分类	12
2.2 城市轨道交通系统及技术经济特征	15
2.3 城市轨道交通系统的运输组织特性	39
思考题	44
第3章 列车运行和乘客出行的基本概念	45
3.1 运营基本要素	46
3.2 运营服务水平	53
3.3 运力和运输效率	55
3.4 车辆速度和线路速度	58
3.5 列车运营里程、时间和速度	60
3.6 乘客出行距离、时间和速度	63
思考题	66

第4章 客流特性分析和设计原理	67
4.1 客流特性分析	68
4.2 运营服务设计原理	73
4.3 乘客出行特性	78
思考题	82
第5章 运营计划编制技术	83
5.1 运营计划组成和编制流程	84
5.2 列车开行计划的编制	86
5.3 列车运行图的编制	94
5.4 乘务计划的制定	102
5.5 特殊线路运营计划的编制特点	111
思考题	114
第6章 城市轨道交通系统运输能力理论及计算	115
6.1 城市轨道交通系统运输能力概念	116
6.2 系统通过能力计算及影响因素分析	119
6.3 系统输送能力计算及影响因素分析	136
6.4 城市轨道交通系统能力综合计算举例	140
思考题	142
第7章 能力加强技术与运营速度提高模式	143
7.1 运能运量适应性分析	144
7.2 运输能力加强措施	145
7.3 城市轨道交通提速运营模式	151
思考题	159
第8章 城市轨道交通系统运营调度指挥技术	161
8.1 城市轨道交通调度概况	162

8.2 轨道交通运营的日常调度指挥	170
8.3 救援列车与工程车的行车组织	182
思考题	186

第9章 列车运行控制技术 187

9.1 列车自动控制系统	188
9.2 列车自动防护系统	192
9.3 列车自动运行系统	197
9.4 列车自动监控系统	201
思考题	207

第10章 车站管理与客流组织技术 209

10.1 车站管理的基本内容及组织模式	210
10.2 车站综合监控系统	214
10.3 车站导向标志系统	214
10.4 车站日常客流组织工作	228
10.5 大客流组织	233
10.6 突发事件客流组织	238
思考题	243

第11章 城市轨道交通系统网络化运营组织技术 245

11.1 换乘概述	246
11.2 换乘方向数和换乘时间	246
11.3 网络化运营下的客流指标	253
11.4 线路几何形状分析	255
11.5 共线运营	261
思考题	265

第 12 章 城市轨道交通票务管理	267
12.1 票制、票价和票种	268
12.2 票价的制定	271
12.3 城市轨道交通票务系统	279
12.4 票务清分理论与方法	288
思考题	293
第 13 章 城市轨道交通运营设备维修管理	295
13.1 维修理论与方法	296
13.2 城市轨道交通固定设备维修管理	307
13.3 城市轨道交通车辆设备维修管理	314
思考题	321
第 14 章 城市轨道交通运营安全管理	323
14.1 运营安全管理定义与法规依据	324
14.2 城市轨道交通运营事件定义与分级标准	327
14.3 城市轨道交通运营安全风险管埋	330
14.4 城市轨道交通消防安全管埋	335
14.5 城市轨道交通突发事件应急处置	339
思考题	343
第 15 章 城市轨道交通企业运营组织机构与管理模式	345
15.1 现代企业制度	346
15.2 城市轨道交通企业运营组织机构和管理模式	348
15.3 城市轨道交通企业运营管理工作主要内容	359
15.4 城市轨道交通企业运营组织机构与管理模式实例	373
思考题	383

第 16 章 城市轨道交通政策和经营模式	385
16.1 城市轨道交通政策概述	386
16.2 相关理论基础	388
16.3 城市轨道交通产业特性分析	401
16.4 城市轨道交通行业政策分析	405
16.5 城市轨道交通经营管理模式分类	415
16.6 不同运营管理模式的适用性	418
思考题	419

第 1 章

绪 论

- 1.1 概述
- 1.2 国外城市轨道交通发展历程
- 1.3 国内城市轨道交通发展现状
- 1.4 城市轨道交通系统特点
- 1.5 运营管理主要工作内容

1.1 概述

社会与经济的发展,使世界城市化水平不断提高,城市规模不断扩大。据联合国统计,20世纪50年代,全球人口只有25.2亿,城市人口为6.7亿;到2000年底,世界人口达到60.6亿,其中城市人口达到21.8亿;预计到2030年世界人口可达81.1亿,而城市人口将达到40.8亿人,其中发展中国家城市人口为38.8亿。目前,世界人口每年增长7500万人左右,其中城市人口年增长量达6050万人(每周逾100万人)。在我国,百万以上人口的大城市在20世纪80年代末时只有28座,2014年达到142座,其中1000万以上人口的城市有6座,(500~1000)万人口的城市有10座。在我国城市化过程中,城市结构及区域经济布局的变化主要体现在空间的更充分利用和平面的不均衡扩展上。同时,流动人口增长迅速,居民出行更为频繁,城市交通日趋紧张。

交通的突出变化体现在城市交通的结构方面,尤其是公共交通的发展。以伦敦为例,20世纪40年代伦敦地面公共交通处于全盛期时,年人均乘坐巴士与电车达470次,这个数字在20世纪末降到了175次,其原因是私人轿车的发展与公交效率的降低。数字表明,伦敦地面巴士平均速度为19 km/h(运距3.5 km),而私家车为30 km/h(运距7.2 km),出租车为22 km/h(运距5.6 km),地铁为32 km/h(运距7.8 km),步行5 km/h(距离1.1 km)。世界银行专家(Gerhard Menckhoff, 2001)声称,包括汉城、上海、曼谷、马尼拉、墨西哥、吉隆坡、圣保罗等在内的城市闹市区平日交通速度已经低至15 km/h以下,布加勒斯特、雅加达、金沙萨、拉多斯、马尼拉等城市的平均工作出行时间超过了75 min。

长期以来,我国多数城市的公共交通方式主要还是公共汽车和无轨电车。由于城市基础设施建设的速度滞后于交通流量的增长速度,市区频发的交通堵塞也影响了公共交通的服务质量。这种状况间接促进了个人交通工具的发展,主要体现在大中城市私家车保有量的不断攀升,公交份额进一步下降,公共交通发展处境维艰,严重影响了城市居民的生活质量和经济发展活力。在这种情

况下,大力发展城市轨道交通,已经成为解决大都市交通出行问题的共识。在修建城市轨道交通线路的同时,运营管理问题也日益引起大家的重视。良好的运营管理能够最大限度地发挥城市轨道交通系统的作用,而平庸的运营管理则会浪费运力、降低城市轨道交通的吸引力。本书致力于介绍和探讨城市轨道交通系统运营管理领域的基本理论、概念和方法,希望能够为城市轨道交通系统运营管理方面的实践和研究工作提供有益的借鉴。

1.2 国外城市轨道交通发展历程

1863年1月10日,用明挖法施工的世界上第一条地铁在伦敦建成通车,列车用蒸汽机车牵引,线路全长约6.4 km;1890年12月8日伦敦首次用盾构法施工,建成了世界上第一条电气化地铁。继伦敦之后,芝加哥、布达佩斯、波士顿、维也纳等城市在1900年前相继建成了蒸汽驱动或电气化地铁。从1900年至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;从1925年至1949年,受第二次世界大战的影响,城市轨道建设速度放慢,仅莫斯科第一条地铁于1935年建成通车;从1950年至今,地铁建设在世界范围内发展开来。城市轨道交通的发展是一个曲折的过程,大致分为以下几个阶段。

初步发展阶段 (1863—1924年): 世界第一条地下铁道的诞生,为人口密集的大都市如何发展公共交通取得了宝贵的经验。特别是1879年电力驱动机车的研究成功,大大改善了地下铁道的环境,免除了蒸汽机车污染环境的顾虑。事实上,城市轨道交通由此步入了连续发展时期。在这一阶段,欧美的城市轨道交通发展较快。

停滞萎缩阶段 (1924—1949年): 这个阶段发生的战争以及汽车工业的发展,造成了城市轨道交通的停滞和萎缩。汽车的灵活、便捷及可达性,使其得到了飞速的发展。轨道交通因投资大,建设周期长,一度失宠。这一阶段只有5个城市发展了城市地铁,有轨电车则停滞不前,有些线路被拆除。美国1912年已有370个城市建有有轨电车,到1970年受拆除风的影响,只剩下8个城市

保留有轨电车。

由于地下空间对于战火的特殊防护作用，部分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年建成通车后，二战期间建设速度反而更快了。

再发展阶段（1949—1969年）：汽车过度增加，使城市道路异常堵塞，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，大量耗费石油资源，市区汽车有时甚至难以找到停车之处。人们重新认识到，解决城市客运交通必须依靠电力驱动的轨道交通。这期间，轨道交通从欧美扩展到亚洲的日本、中国、韩国、巴西、伊朗、埃及等国家，这期间有17个城市新建了地铁，平均每年有0.85个城市新建地铁。

高速发展阶段（1970年至今）：世界各国城市化的趋势，导致人口高度集中，要求轨道交通高速发展以适应日益增加的客流运输，科学技术的进步也为轨道交通奠定了良好的发展基础。很多国家都确立了发展轨道交通的方针，立法解决建设轨道交通的资金来源。轨道交通从欧、美、亚洲又扩展到了大洋洲的澳大利亚，从发达国家扩展到了快速发展中国家。这一阶段，地铁建设以每年1.4个城市的速度增长。

1999年的统计表明，世界上已有115座城市建成了地下铁路，线路总长度超过了7000 km；同时，产生了其他多种形式的轨道交通，如新交通系统（简称AGT）、磁悬浮列车等。当今世界的大城市和特大城市中，轨道交通已在公共交通系统中处于骨干（又称主动脉）的地位。

1.3 国内城市轨道交通发展现状

自20世纪60年代北京建成第一条地铁线路以来，经过40多年的发展，中国内地城市轨道交通发展也经历了一条曲折的道路。总结发展过程，大致经历以下几个阶段。

1) 起步阶段

从20世纪50年代，我国开始筹备地铁建设，规划了北京地铁网络。

1965—1976 年建设了北京地铁一期工程 (54 km)。当时地铁建设的指导思想更注重人防功能。随后建设了天津地铁 (7.1 km, 现已拆除重建)、哈尔滨人防隧道等工程。

2) 开始建设阶段

20 世纪 80 年代末至 90 年代初, 由于城市规模限制及道路等基础设施比较薄弱, 北京、上海、广州等特大城市的交通问题非常突出。以上海轨道交通 1 号线 (21 km)、北京地铁复八线 (13.6 km) 和地铁一期工程改造、广州地铁 1 号线 (18.5 km) 等建设项目为标志, 我国内地真正以城市交通为目的的地铁项目开始建设。台湾省台北市也于 1997 年 3 月开通了第一条地铁线路。

3) 建设高潮开始阶段

进入 20 世纪 90 年代, 随着上海、广州地铁项目的建设, 一批城市包括沈阳、天津、南京、重庆、武汉、深圳、成都、青岛等开始规划建设轨道交通项目, 并进行了大量的前期工作。

4) 调整阶段

由于各大城市要求建设的地铁项目较多, 且在建地铁项目的工程造价较高, 1995 年 12 月国务院发布国办 60 号文, 暂停了地铁项目的审批, 并要求做好发展规划和国产化工作。同时, 国家计委开始研究制定城市轨道交通设备国产化政策。至 1997 年底, 提出以深圳地铁 1 号线 (19.5 km)、上海轨道交通 3 号线 (24.5 km) 和广州地铁 2 号线 (23 km) 作为国产化依托项目, 并于 1998 年批复了上述三个项目的立项, 从此城市轨道交通建设项目重新开始启动。

5) 建设高潮阶段

随着实施积极的财政政策以进一步扩大内需, 国家于 1999 年开始陆续批准一批城市轨道交通项目开工建设。1999 年以后, 国家先后审批了深圳、上海、广州、重庆、武汉等 10 个城市的轨道交通项目开工建设, 并投入 40 亿元国债资金予以支持。

截至 2015 年底, 中国内地已有 25 座城市拥有 111 条运营线路, 总里程达 3 295 km。现有 38 座城市 147 条线路 (含续建段) 正在紧张建设中, 总里程超过 3 800 km。已发展和规划发展城市轨道交通的城市数已经超过 56 个, 全部规划线路超过 480 条, 总里程超过 23 000 km。

参考文献出处:
中国城市轨道交通年度报告 2015. 北京
交通大学出版社,
2016. 7.

1.4 城市轨道交通系统特点

作为现代化都市生活中不可缺少的重要组成部分之一，城市轨道交通在都市交通系统中具有独特的优势。与常规公交和私家车相比，城市轨道交通具有以下特点：

1) 运量大

轨道交通列车往往由多节车辆编组而成，一列典型的6B列车定员为1440人，远远高于常规公交和私家车的载客量。一条城市轨道交通线路单方向断面运力能超过3万人/小时，而一条两车道的城市主干道的的基本通行能力一般只有2000车/小时，且还受到车型等诸多因素的影响。

2) 正点率高

城市轨道交通系统列车一般运行在专用车道上，具有独享路权，不受其他交通工具干扰，具有较高的正点率。在道路资源紧张的城市中心，常规公共交通和私家车往往被交通拥堵所困扰，出行时间难以保障。

3) 安全性好

城市轨道交通系统列车由于在专用车道上，系统独立，与其他交通模式没有平面交叉，且拥有先进的通信信号和控制设备，具有很高的运营安全性，极少发生交通事故。

4) 节能环保

轨道交通作为一种集约型的运输工具，单位能耗和污染物的排放远远低于普通公交和私家车。美国能源基金会的一项调查显示了轨道交通、普通公交和私家车三种交通方式实现每百万人公里的能耗分别为2.6、6.9和49.2，CO₂排放量分别为7.5、19.8和140.2（单位均为t）。

由于具有以上特点，许多人口密集的大都市都将轨道交通作为城市公共交通的骨架，轨道交通承担了居民日常出行的主要份额。然而，与常规公交所提供的服务和私家车出行相比，城市轨道交通系统也存在服务灵活性差和运营维护成本高的特点。