

Avishai Ceder 著

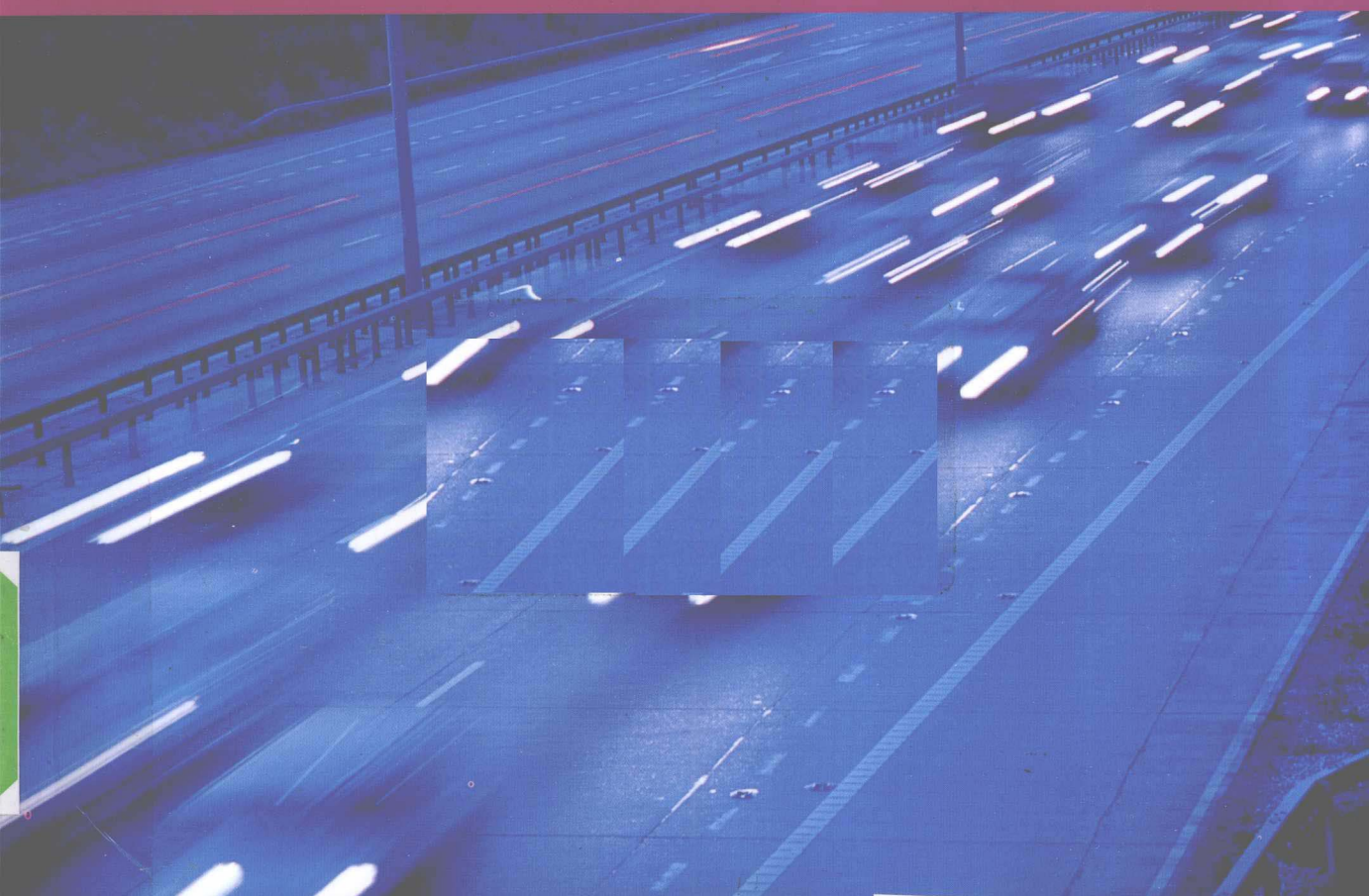
关伟 等 译

公共交通规划与运营

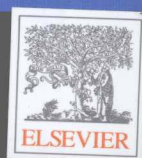
—— 理论、建模及应用

Public Transit Planning and Operation

Theory, Modelling and Practice



清华大学出版社



Avishai Ceder 著

关伟 等 译

公共交通规划与运营

——理论、建模及应用

Public Transit Planning and Operation
Theory, Modelling and Practice

清华大学出版社
北京

Public Transit Planning and Operation: Theory, Modelling and Practice, 1st ed.

Avishai Ceder

ISBN: 9780750661669

Copyright © 2007 by Elsevier. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. Press and Tsinghua University Press.

ISBN: 9789812725622

Copyright © 2010 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. Press and Tsinghua University Press. All rights reserved.

Published in China by Tsinghua University Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd.. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 授予清华大学出版社在中国大陆地区(不包括香港、澳门特别行政区以及台湾地区)出版与发行。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受法律之制裁。

本书贴有 Elsevier 防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121938

图书在版编目(CIP)数据

公共交通运输规划与运营:理论、建模及应用/(以)赛德尔(Ceder, A.)著;关伟等译. --北京:清华大学出版社, 2010.5

ISBN 978-7-302-22456-3

I. ①公… II. ①赛… ②关… III. ①城市运输:公共运输—交通规划 ②城市运输:公共运输—交通运输管理 IV. ①U491.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 066981 号

责任编辑:冯 昕

责任校对:刘玉霞

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:31.75

字 数:767 千字

版 次:2010 年 5 月第 1 版

印 次:2010 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:58.00 元

产品编号:035568-01

中文版序

这部书能翻译成中文并出版发行,我感到非常荣幸,希望它能对公交领域的广大专业人员、实践人员和学生起到一定的帮助和指导作用。中国有句谚语:“授人以鱼,不如授人以渔”,也就是说,如果专家针对现存的公交运营规划问题提出了某个具体解决方案,实践人员还是无法解决其他类似的问题,除非他们能彻底理解问题的本质。例如,如果某公交车总是晚点,提出的一个解决方案是延长其计划运营时间,然而这并不能解决其他与服务可靠性相关的问题,因为这些问题通常需要通过改进控制策略才能得以解决。

中国近 30 年来经济的快速增长,以及城市化进程的加速和庞大的人口数量,势必会对公共交通服务产生迫切的需求,否则交通拥堵现象将会不断加剧。在过去的几年里,中国的交通需求显著增长,因此大力和优先发展公交服务成为必然的选择。

根据北京市统计局资料,北京市的人口在 60 年里(1949—2008)从 2 090 000 增加到 16 950 000。北京市 2000 年出行调查报告显示,2000 年人均每天出行 2.81 次,而 1986 年仅为 1.61 次。北京市交管部门的统计资料显示,机动车数量历经 48 年之后才达到第 1 个一百万辆;在 2003 年 8 月和 2007 年 5 月,分别达到了第 2 个(6 年半之后)和第 3 个(3 年 9 个月之后)一百万辆。截至 2009 年底,仅用了两年半的时间就达到了第 4 个一百万辆。与此同时,公交系统承担的乘客数量增长则相对平缓,这导致了北京日渐严重的交通拥堵现象。

本书列举了很多示例和习题,目的是:①帮助读者理解公交设计问题的根源以及如何改善公交服务;②提供解决公交问题的方案;③提供自学的工具。因此,本书可以为公交实践人员、研究人员、学生和决策制定者提供一定的帮助。

最后,我非常感谢北京交通大学的关伟教授及其带领的团队完成了本书的翻译工作。同样还要感谢他们仔细校对书中的文字、公式、符号,纠正了其中的笔误。中文版中对错误的更正和对模糊之处的注解,使本书内容更加清晰易懂。

最后,我以诺贝尔奖得主阿尔贝·加缪的一句话作为结束语:“学者们的著作是我们获得知识的来源,真正的大学是对这些书籍的典藏。”

Avishai (Avi) Ceder

于新西兰奥克兰
2010 年 1 月

◆ 译者序 ◆

Avishai Ceder 教授从 1981 年起作为访问教授在美国麻省理工学院等高校讲授“公共交通运营规划”等课程,是公共交通领域国际著名的学者,现任新西兰奥克兰大学交通研究中心主任。自 2007 年起,Avishai Ceder 教授多次到北京交通大学交通运输学院访问讲学,并介绍了凝聚他三十多年研究成果的最新出版专著 *Public Transit Planning and Operation: Theory, Modelling and Practice* (公共交通规划与运营——理论、建模及应用)。本书英文版由 Elsevier 公司于 2007 年出版,并被国外多所大学选做教材或教学参考书。正如作者在前言中所说,本书与同类教材相比具有鲜明的特色,是一本既有理论深度又与实践紧密结合,广泛适用于研究人员、教师、本科生、研究生以及公交实践人员的优秀教材或教学参考书。2008 年,Avishai Ceder 教授在北京交通大学交通运输学院访问讲学期间,委托我们进行该书的中文版翻译工作。经过一年多的努力,《公共交通规划与运营——理论、建模及应用》的中文版翻译工作终于完成,希望本书能对我国公共交通规划与运营领域教学活动中的课程体系建设和教学内容改革发挥积极作用,同时也能对公共交通规划与运营的实践活动给予一定的帮助和指导。

本书由关伟负责全书的统译统校工作,参加翻译工作的教师包括:宋丽英(前言及第 16~18 章)、徐猛(第 1 章和第 9 章)、黄爱玲(第 2 章、第 13~14 章)、马继辉(第 3~5 章)、李宝文(第 6、10 和 15 章)、王海星(第 7~8 章)和任华玲(第 11~12 章)。此外参加翻译工作的同学还包括:李桂萍、付鹏威、陈石、肖倩、舒国辉、牛虎、林磊、靳莉和黄阿琼等。

北京交通大学交通运输学院的高自友教授参与了书中部分章节的校对工作,本书的出版得到了教育部“新世纪优秀人才计划”项目(编号:NCET-08-0718)、国家自然科学基金课题(编号:60874078)、国家重点基础研究发展计划(“973”计划)项目(编号:2006CB7055)和国家科技支撑计划课题(编号:2006BAG01A01-2)的支持,在此表示衷心感谢。

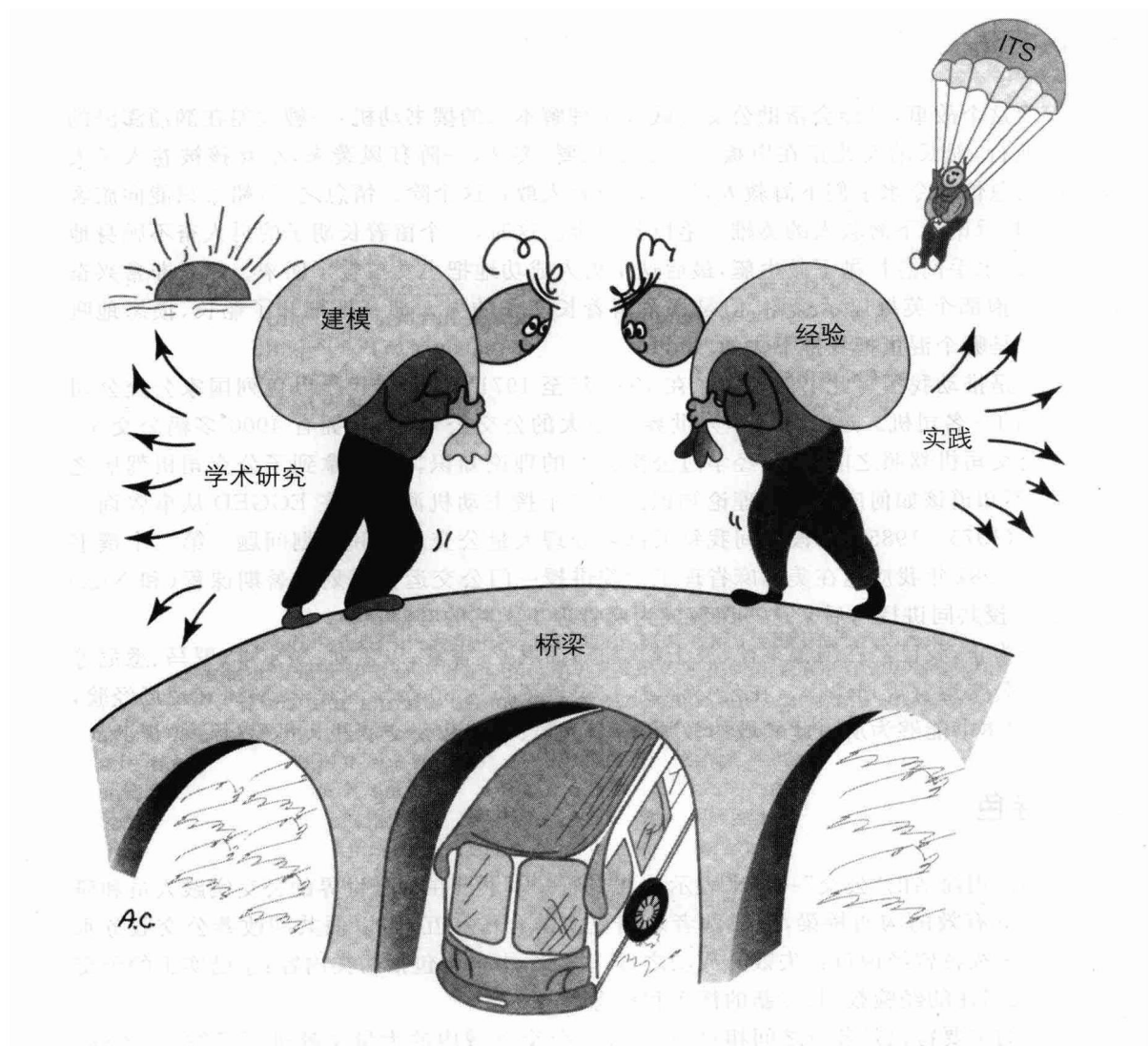
由于译者水平所限,书中翻译内容不准确甚至错误之处在所难免,恳请专家学者和读者斧正。

关 伟

于北京交通大学
2010 年 4 月

谨以此书献给我的父亲 Samuel,他在一个大型公交企业作为司机和财务人员干了 30 多年;献给我的母亲 Anna,祝愿她健康长寿;同时也献给我的三个爱子: Roy, Ohad 和 Dror。

◆ 前 言 ◆



本章提纲

撰书动机
本书特色
本书结构
相关网址
致谢

撰书动机

下面这个故事,可能会帮助公交实践人员理解本书的撰书动机:一艘大船在汹涌澎湃的海面上航行,船长的女儿正在甲板上开心地玩耍,突然,一阵狂风袭来,小女孩被卷入了大海。船长急忙命令水手们下海救人,但是却没有一个人敢冒这个险。情急之下,船长只能向旅客们求助,并承诺给下海救人的英雄一笔巨额赏金。这时,一个留着长胡子的男人奋不顾身地跳了下去,水手们急忙抛下救生艇,最后这个男人成功地把小女孩救了回来。船长非常兴奋地上前拥抱那个英雄以示感谢,但是那个留着长胡子的男人却一把推开了船长,愤怒地吼道:“刚才是哪个混蛋把我推下去的?”

以下是推动我撰写此书的动力。在1967年至1971年之间,我是以色列国家公交公司EGGED的一名司机。这家公司作为世界上最大的公交公司之一,拥有4000多辆公交车。在取得公交司机驾照之前,我曾经学过公交方面的理论知识。但是拿到了公交司机驾照之后,我却不知道该如何应用这些理论知识。第二个撰书动机源于我在EGGED从事咨询工作的经历(1975—1985),那段时间我每天都要处理大量公交运营和规划问题。第三个撰书动机源于1981年我应邀在美国麻省理工学院讲授一门公交运营规划的暑期课程(和Nigel Wilson教授共同讲授),后来这一课程成为麻省理工学院的必修课。

迄今为止,我已经在阿德莱德、波士顿、加利福尼亚、香港、以色列、墨尔本、罗马、悉尼等地讲授过公交运营规划课程。在公交领域,我积累了长达30余年的教学、科研和现场经验,因此,希望本书能够为从事此领域的教师、研究人员、学生和公交实践人员提供一些帮助。

本书特色

本书使用简洁的“公交”一词来表示公共交通。本书旨在为全世界的公交实践人员 and 研究人员建立有效的沟通桥梁,促成两者之间更多的合作和互动,以便共同改善公交服务水平。亨利·福特曾经说过:“失败乃成功之母。”因此,本书将包括两类内容:①已实施的公交服务,以及以往的经验教训;②新的概念和理念。

本书的主要特色是各章之间相对独立,并对公交领域内的大量文献进行了综述,此外,各章还提供了参考文献以供读者进一步阅读。部分含有数学模型的章节,对于公交实践人员来讲,可能不易理解。同时,研究人员可能会发现某些内容过于冗赘,然而,这些冗赘对于公交实践人员和本科学生是很必要的。因此,本书撰写的宗旨是:①问路两次胜过迷路一次;②内容要清晰、明确。

本书结构

每章的开头是“学习指导”，旨在为公交实践人员提供一些实用信息。“学习指导”建议公交实践人员可以忽略各章中理论性较强的部分，因此可以帮助他们更好地掌握各章重点。

本书结构在第1章中有所描述。总的来说，本书讨论了以下5个主题：

- (1) 公交规划概述和数据采集的必要性(第1,2章)；
- (2) 公交时刻表的设计与优化、车辆行车计划和司售人员排班(第3~10章)；
- (3) 乘客需求和客流分析(第11,12章)；
- (4) 公交服务、公交路网和线路设计(第13~16章)；
- (5) 公交服务可靠性，公交运营规划的发展趋势(第17,18章)。

以上含有定量分析的章节，都在各章结尾提供了习题以便帮助读者理解和掌握各章内容(除第1,2和18章之外)，书后附有习题答案。各章的最后是文献综述(除第1,8章外)。这样排序的目的是将核心内容放在每章的前面，只是在结尾为部分感兴趣的读者提供参考文献以便进一步阅读。

相关网址

一本专著的成功之处在于引入新的理念和方法。除了帮助读者掌握书中的内容以外，还要激发他们进一步思考的动力。这一指导思想将贯穿本书始终。实际上，作者在撰写本书的过程中，还指导开发了一种人机互动式的专业软件(www.altdoit.com)。该软件采用了图形化技术，用户可以进行一些情景假设，软件可以快速模拟出在不同场景下的车辆调度问题。此软件在第7~9章，第12~15章中有详细描述。同时，软件还可以帮助读者理解和掌握各章的习题。

本书使用了诙谐幽默的写作手法，正如英国著名剧作家萧伯纳所说：“当一件事看起来滑稽可笑时，就需要用心发现它背后隐藏的真相。”很多人都建议我撰写专著的时候要尽可能采用幽默诙谐的写作手法。在各章的“学习指导”中，我采纳了他们的建议。

致谢^①

在撰写此书的过程中，很多人都提出了建设性的建议和意见。在此特别感谢麻省理工学院的 Nigel Wilson 教授对公交规划、服务和运营的重要性提出的宝贵建议，我们在麻省理工学院有着22年的暑期课程班共同执教经历。

此外，还要特别感谢香港科技大学的杨海教授提供了他的课程讲义，包括在公交需求建模方面的习题(见第11章习题)；感谢以色列理工大学的 Yoram Shiftan 和 Shlomo Bekhor 教授对需求建模和交通方式分配等内容提供了参考意见；感谢我的博士生 Yechezkel Israeli 对公交路径选择建模提出了宝贵意见，本书第14章和第12章的部分内容基于他的

^① 译者注：此部分内容原书作者进行了修改。

博士论文;感谢利兹大学的博士生 Yaron Hollander 为本书提供了文献综述;感谢 Moshe Flame 和我的博士生 Yuval Hadas 为本书第 18 章所做的贡献;感谢我的硕士生 Shirin Azzam, Gali Israel 和 Shai Jerby 分别对第 9, 13 和 16 章提出了宝贵意见;感谢我的本科生 Yana Shnirman 对第 10 章提出了参考意见;感谢 Patricia Tolentino 对本书所有图例的宝贵意见;感谢 Asher Goldstein 做了大量的编辑工作。

还要感谢我的三个儿子和儿媳, Roy 和 Roni, Ohad 和 Liat, 以及 Dror 和 Valerie, 我的妈妈 Anna, 我的兄弟 Tuli 和 Hagai 以及他们的家庭。他们一起帮我度过了撰写本书最困难的时期。最后, 我想对我的妻子 Selina(史兰)表达我发自内心的谢意, 感谢她在本书翻译成中文期间对我的鼓励、爱和理解。

欢迎读者对本书提出意见。

Avishai (Avi) Ceder

Civil and Environmental Faculty, Transportation Research Institute, Technion-Israel
Institute of Technology, Haifa, Israel

Department of Civil and Environmental Engineering, Transportation Research
Centre, University of Auckland, Auckland, New Zealand

目 录

第 1 章 公交服务规划介绍	1
1.1 撰书动机	2
1.2 实际规划步骤分解	4
1.3 服务、评价标准及相关问题	7
1.4 公交服务的可行性分析	12
1.5 其他章节概述	13
参考文献	15
第 2 章 数据需求和采集	17
2.1 引言	18
2.2 数据采集技术	19
2.3 数据需求	21
2.4 基本统计工具	24
2.5 文献综述与延伸阅读	29
参考文献	31
第 3 章 发车频率与发车间隔的确定	35
3.1 引言	37
3.2 最大客流(站点调查)方法	38
3.3 断面客流(跟车调查)方法	40
3.4 选择站点调查或跟车调查的准则	44
3.5 结论(两个示例)	47
3.6 文献综述与延伸阅读	56
习题	57
参考文献	58
第 4 章 时刻表的编制	61
4.1 引言	63
4.2 目标、可选时刻表和比较指标	64
4.3 平滑过渡的均匀发车间隔	68

4.4	平均载客量均衡的发车间隔	71
4.5	自动化、测试和结论	75
4.6	文献综述与延伸阅读	83
	习题	85
	参考文献	86
第5章	先进的时刻表 I：最大载客量	89
5.1	引言	90
5.2	单个车辆的均衡最大载客量	91
5.3	最优化、运筹学和计算复杂性	96
5.4	固定车队规模的最小乘客拥挤度时刻表	98
	习题	103
	参考文献	104
第6章	先进的时刻表 II：最大协同	105
6.1	引言	106
6.2	以协同最大化为目标的运筹学模型	107
6.3	Synchro-1 过程	109
6.4	Synchro-2 过程	111
6.5	示例	112
6.6	文献综述与延伸阅读	117
	习题	121
	参考文献	122
第7章	车辆行车计划编制 I：固定行车计划	125
7.1	引言	126
7.2	确定单线路的车队规模	128
7.3	多线路车辆调度问题精确求解实例	130
7.4	求解固定行车计划的车辆调度的最大流法	132
7.5	插入空驶车次的逆差函数模型	135
7.6	有场站约束的车辆行车计划编制	146
7.7	文献综述与延伸阅读	149
	习题	151
	参考文献	153
	附录 7. A 最大流问题	154
第8章	车辆行车计划编制 II：可变行车计划	161
8.1	引言	162
8.2	固定行车计划条件下车队规模下限的确定	163

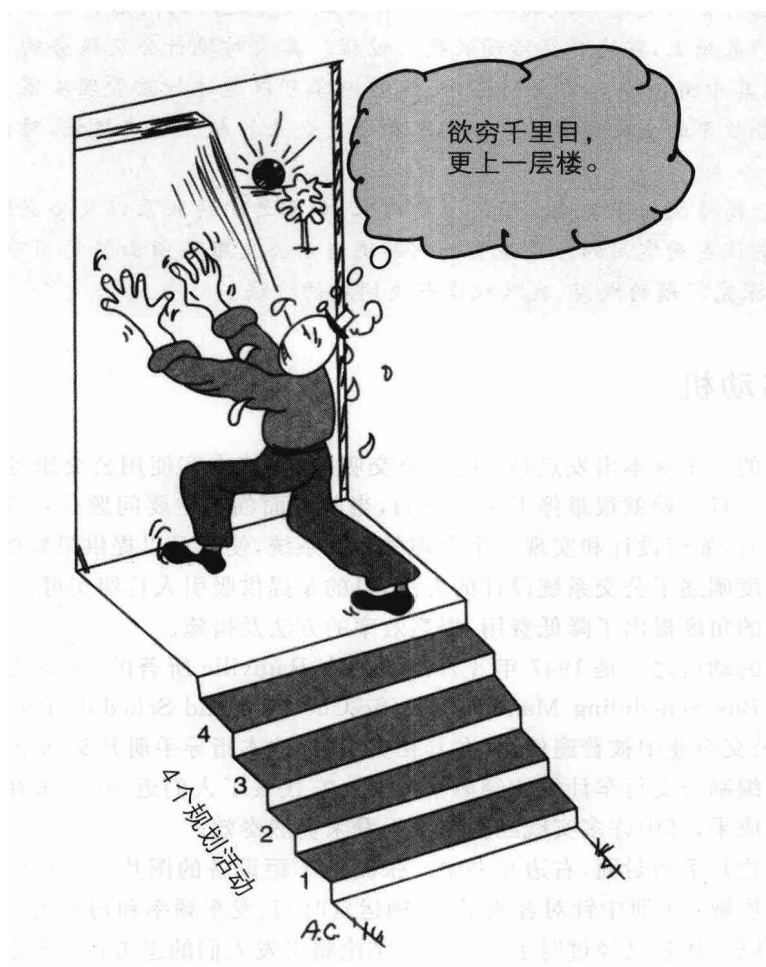
8.3 可变车次发车时间	167
8.4 可变行车计划条件下车队规模下限的确定	173
8.5 缩减车队规模的过程	176
8.6 车辆行车计划编制实践	182
8.7 均衡载客量时刻表的检验和思考	183
习题	187
参考文献	189
附录 8. A 逆差函数软件	190
第 9 章 行车计划中的车辆类型和大小	195
9.1 引言	196
9.2 优化架构	197
9.3 基于车辆类型的行车计划编制过程	198
9.4 示例	202
9.5 车辆类型选择	208
9.6 最优公交车辆大小: 文献综述	209
习题	215
参考文献	217
第 10 章 司售人员排班	219
10.1 引言	220
10.2 基于人员成本最小方法建立车次链	221
10.3 数学求解方法	228
10.4 案例分析: 新泽西通勤铁路	232
10.5 人员轮班	236
10.6 文献综述与延伸阅读	241
习题	244
参考文献	246
附录 10. A 最短路径问题	248
第 11 章 乘客需求	253
11.1 引言	255
11.2 公交需求、影响因素和需求弹性	255
11.3 需求预测方法及过程示例	261
11.4 多项式 logit 模型(MNL)	266
11.5 文献综述与延伸阅读(O-D 估计)	268
习题	270
参考文献	270

第 12 章 路径选择与客流分配	273
12.1 引言	275
12.2 基于等待时间策略的路径选择	275
12.3 线路乘客分配比例	278
12.4 有规律到达车辆的乘客比例	280
12.5 基于路径选择的客流分配	282
12.6 文献综述与延伸阅读	284
习题	287
参考文献	288
第 13 章 公交服务设计与衔接性	291
13.1 引言	292
13.2 公交服务设计要素	294
13.3 基于车辆行车计划编制的停车泊位冲突解决方案	298
13.4 最佳站点设置——理论探讨	304
13.5 衔接性指标及分析	310
13.6 文献综述与延伸阅读	318
习题	320
参考文献	322
第 14 章 线网(线路)设计	325
14.1 引言	326
14.2 目标函数	328
14.3 方法和案例	335
14.4 完整路径集的构建	341
14.5 多目标技术	348
14.6 文献综述与延伸阅读	353
习题	356
参考文献	358
第 15 章 区间车设计	361
15.1 引言	363
15.2 主要方法	363
15.3 候选区间点的确定	364
15.4 删减发车车次的方法	366
15.5 最大化延伸区间车车次	372
15.6 文献综述与延伸阅读	377
习题	379
参考文献	380

第 16 章 机动班车和支线服务	383
16.1 引言	385
16.2 单条圈点班车线路所需的最小车队规模	386
16.3 路径选择策略	388
16.4 仿真模拟	390
16.5 案例分析	394
16.6 乘客调查问卷	398
16.7 最优路径设计: 基本网络	400
16.8 最优路径设计: 算法	404
16.9 实施策略	407
16.10 文献综述与延伸阅读	409
习题	412
参考文献	413
第 17 章 服务可靠性与控制	415
17.1 引言	417
17.2 可靠性指标和不可靠服务的来源	419
17.3 可靠性变量建模	424
17.4 站点乘客等待时间	428
17.5 先进的数据采集技术和控制	432
17.6 解决可靠性问题的技术	435
17.7 文献综述与延伸阅读	442
习题	449
参考文献	450
第 18 章 公共交通系统运营前景展望	453
18.1 引言	454
18.2 多智能体公共交通系统(MATS)	457
18.3 路段上的车辆交会	460
18.4 自动化公共交通系统的发展	464
18.5 文献综述与延伸阅读	466
18.6 结束语	469
参考文献	470
习题解答	473
专业术语中英文对照表	483

第1章

公交服务规划介绍



本章提纲

- 1.1 撰书动机
- 1.2 实际规划步骤分解
- 1.3 服务、评价标准及相关问题
- 1.4 公交服务的可行性分析
- 1.5 其他章节概述
- 参考文献

学习指导

如前言所示,本书每章首先是内容概要以指导读者阅读。本章试图表明:优质的公交服务并非一成不变,而且都可能存在不足之处。当然,这些不足对构建新的服务体系可能不会产生严重的影响。

本书旨在为公共交通领域的研究人员和实践人员之间的沟通搭建桥梁。本章首先在联系实际的基础上,描述公交活动的规划过程。其次对现行公交服务的原则和准则进行评价,指出其中哪些内容需要研究,而哪些内容可以通过行政管理决策来实现。影响公交系统服务效率的主要因素是乘客需求和公交企业的相应解决措施,对这两方面本书均有所论述。

本章最后简要概括了其他章节的主要内容、各章之间的联系以及公交运营规划的核心内容。本书试图用实用的方法说明如何解决当前公交服务所面临的困难,正如毕加索所言:“我不深究问题的成因,我只找出解决问题的方法。”

1.1 撰书动机

撰写本书的一个基本出发点是:提高公交吸引力,使乘客使用公交服务就像让人们吃薯条一样——一旦开始就很难停下来。然而,当前所面临的主要问题是:当公交服务与私家车存在竞争时,如何设计和实现一个合理的公交系统,使其可以提供最好的服务。本书从乘客服务的角度阐述了公交系统设计的方法,目的是提供吸引人且切实可行的公交服务,并且从公交企业的角度提出了降低费用、提高效率的方法及措施。

撰写本书的动机之一是1947年8月出版的由Rainville所著的《公共交通运营计划编制指导手册》(Bus Scheduling Manual: Traffic Checking and Schedule Preparation)(1982年再版)仍在公交企业中被普遍使用(尤其在美国)。这本指导手册开头如下:“本手册当今(1982)被视为编制公交行车计划的经典参考书。它代表了人们近30年来在此领域总结实践经验得出的成果,其中许多实践经验在今天看来仍然奏效。”

图1.1左边是手册封面,右边是书中一张测量车距设备的图片。仍在使用此手册的公交企业可能会质疑:手册中针对客流量、车辆运营时间、发车频率和司售人员排班的处理方法真的“经典”吗?还是已经过时了?下面的结论将引发人们的思考:手册中对上述要素的处理方法在今天已不适用,我们应该利用现有计算机技术所提供的强大计算能力和先进的建模方法,提出更适用于当今公交系统的规划方法。但值得肯定的是,1947年手册中有关