

Optimization Method of Public Transportation System
in the Initial Operation of Urban Rail Transit

轨道交通运营初期 公共交通系统优化方法

过秀成 李家斌 等著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

轨道交通运营初期 公共交通系统优化法

Optimization Method of Public Transportation System
in the Initial Operation of Urban Rail Transit

过秀成 李家斌 等著

东南大学出版社
· 南京 ·

内 容 简 介

轨道交通运营初期公共交通系统优化方法研究实现各方式合理分工、协同合作,便捷高效的多模式协同的公共交通系统,对支持新型城镇化发展具有重要意义。

本书主要研究了轨道交通运营初期公共交通系统特征、公共交通与土地利用协调发展策略、轨道交通运营初期公共交通客流需求分析、轨道交通与地面公交网络衔接规划方法、轨道交通站点交通接驳设施规划方法、轨道交通与地面公交运行协调技术、轨道交通运营初期公共交通运营管理策略与技术,并结合工程案例进行了应用研究。

本书可供交通运输工程领域的教学、科研、管理人员使用,亦可供城市规划、交通工程、土木工程等相关工程技术人员,尤其是从事轨道交通、地面公交的规划、设计、管理工作参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

轨道交通运营初期公共交通系统优化方法/过秀成,李家斌等著. —南京:东南大学出版社,2015.7

ISBN 978-7-5641-5736-4

I. ①轨… II. ①过…②李… III. ①城市铁路—交通运输管理 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 102919 号

轨道交通运营初期公共交通系统优化方法

出版发行 东南大学出版社
社 址 南京市四牌楼 2 号
网 址 <http://www.seupress.com>
出 版 人 江建中
责任编辑 姜晓乐(joy_supe@126.com)

经 销 全国各地新华书店
印 刷 江苏凤凰数码印务有限公司
开 本 700 mm×1000 mm 1/16
印 张 19.5 彩插:4
字 数 380 千
版 印 次 2015 年 7 月第 1 版 2015 年 7 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5641-5736-4
定 价 59.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025-83791830

前 言

我国正处于快速新型城镇化建设阶段,轨道交通建设对特大城市、大城市提升公共交通服务水平、促进城市空间集约化发展、实现节能减排等具有重要作用。在较长的网络建设起步期内,轨道交通在中心城区承担服务客流走廊需求的功能,在外围地区承担引导空间拓展的功能。处理好土地利用与公共交通协调发展关系,调整公共交通线网功能与结构布局,融合轨道交通与地面公交网络,完善换乘设施配置,协调运行组织,优化运营管理,是该时期内实现公共交通可持续优先发展的关键问题。

东南大学 Bluesky 团队近期与无锡市交通产业集团、无锡市城市规划编制研究中心、苏州规划设计研究院等企、事业单位共同开展了轨道交通运营初期公共交通客流需求分析、线网调整、轨道交通站点接驳设施规划和站点综合开发策划等研究,取得了轨道交通运营初期公共交通系统优化方法等系列成果。

本书共分为 11 章,第 1 章绪论;第 2 章轨道交通运营初期公共交通系统特征分析;第 3 章公共交通与土地利用协调发展策略;第 4 章轨道交通运营初期公共交通客流需求分析;第 5 章轨道交通与地面公交网络衔接规划方法;第 6 章轨道交通站点交通接驳设施规划方法;第 7 章轨道交通与地面公交运行协调技术;第 8 章轨道交通运营初期公共交通运营管理策略与技术;第 9 章无锡市轨道交通开通后地面公交线网调整规划;第 10 章无锡市轨道交通 1、2 号线交通接驳规划;第 11 章苏州市轨道交通 2 号线换乘枢纽单体规划与设计。

全书由过秀成教授统稿,各章的编写分工如下:第 1 章过秀成;第 2、6 章过秀成、李家斌;第 3、5 章李家斌;第 4 章过秀成、张宁;第 7 章过秀成、胡婷婷;第 8 章李家斌、陶涛;第 9 章王国新、黄炯耀、赵欢欢(无锡市交通产业集团);第 10 章卞大伟、张政(无锡市城市规划编制研究中心);第 11 章施进华、樊钧、徐媛媛、韩兵(苏州规划设计研究院)。

特别感谢交通运输部规划研究院何明博士和孔哲博士、郑州大学严亚丹博士、南京林业大学姜晓红博士、江苏省城市规划设计研究院张小辉博士、南京市城市与交通规划设计研究院刘超平硕士、杭州市城市规划设计研究院祝伟硕士、苏州规划设计研究院王恺硕士等在项目研究、学术研讨和资料分享中给予的支持及贡献的智慧。

本书在撰写过程中参阅了国内外大量文献与著作,由于条件所限未能与原著者一一取得联系,引用及理解不当之处敬请见谅,在此谨向原著作者表示崇高的敬意和由衷的感谢!

由于作者的时间和水平所限,书中难免有疏漏之处,恳请读者批评指正。

电子信箱:seuguo@163.com。

著 者
于东南大学
2015 年 7 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 背景与意义	1
1.2 既有研究综述与实践现状	3
1.3 研究内容	14
1.4 本章小结	16
第 2 章 轨道交通运营初期公共交通系统特征分析	17
2.1 多模式公交系统构成及供给特性	17
2.2 轨道交通运营初期公交系统调查技术	21
2.3 轨道交通运营初期公交客流需求特征	30
2.4 本章小结	50
第 3 章 公共交通与土地利用协调发展策略	51
3.1 轨道交通对城市用地与空间布局的影响	51
3.2 轨道交通沿线用地开发策略	54
3.3 公共交通综合体开发策略	59
3.4 本章小结	68
第 4 章 轨道交通运营初期公共交通客流需求分析	69
4.1 客流需求影响因素分析	69
4.2 客流需求预测方法	71
4.3 客流需求指标分析	90
4.4 本章小结	94
第 5 章 轨道交通与地面公交网络衔接规划方法	96
5.1 公共交通系统线网功能与布局调整技术	96
5.2 轨道交通与地面公交网络衔接技术	102
5.3 走廊上地面公交线路调整技术	108
5.4 轨道交通接运公交线路生成方法	123
5.5 本章小结	139
第 6 章 轨道交通站点交通接驳设施规划方法	141
6.1 站点交通接驳系统配置	141
6.2 站点交通接驳设施规模测算	149
6.3 站点交通接驳设施布局	162

6.4 本章小结	173
第7章 轨道交通与地面公交运行协调技术	174
7.1 轨道交通与地面公交运行协调策略	174
7.2 轨道交通与地面公交时刻表协同设计	177
7.3 地面公交实时调度优化	188
7.4 本章小结	209
第8章 轨道交通运营初期公共交通运营管理策略与技术	210
8.1 公共交通运营管理的目标与内容	210
8.2 公共交通票价制定与票制优化	211
8.3 公共交通信息服务系统建设	221
8.4 本章小结	230
第9章 无锡市轨道交通开通后地面公交线网调整规划	231
9.1 公共交通发展现状	231
9.2 轨道交通沿线用地与地面公交现状	233
9.3 公交线网总体规划	236
9.4 公交线路调整	238
9.5 线路运营组织调整	243
9.6 调整方案评价分析	244
9.7 方案实施	247
9.8 本章小结	249
第10章 无锡市轨道交通1、2号线交通接驳规划	250
10.1 轨道交通沿线用地与地面交通现状	250
10.2 客流需求分析	254
10.3 站点交通接驳系统配置	257
10.4 站点交通接驳设施规模测算	259
10.5 站点交通接驳设施总体布局规划	261
10.6 典型站点交通接驳设施布局规划	266
10.7 本章小结	272
第11章 苏州市轨道交通2号线换乘枢纽单体规划与设计	274
11.1 轨道交通沿线地面交通现状	274
11.2 换乘枢纽发展目标与策略	277
11.3 典型站点规划与设计	277
11.4 本章小结	298
参考文献	299

第 1 章 绪 论

1.1 背景与意义

轨道交通作为大城市实现公交优先战略的重要举措,在城市人口和经济快速增长以及公共政策措施的强力推动下,正处于一个快速发展的阶段。2003~2009 年我国城市轨道交通年新增运营里程维持在 70~150 km,年均 106.6 km。自 2010 年起年新增里程迅速增长。2010~2014 年共新增运营里程 1 351 km,年均增长 337.75 km,年增运营里程数约为 2003~2009 年的 3 倍。2010 年新增运营里程最高,为 454.1 km,如图 1-1 所示。

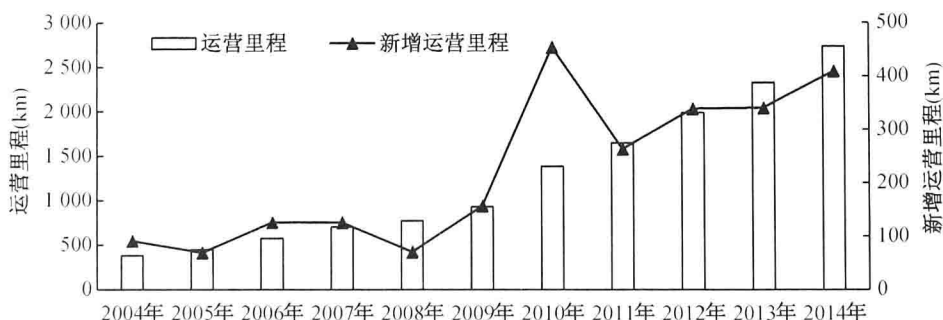


图 1-1 2004~2014 年中国城市轨道交通运营里程发展情况

截至 2014 年底,已有北京、上海、广州、深圳、天津、南京、重庆、杭州等 22 个城市运营着总里程达 2 735 km 的城市轨道交通系统。石家庄、太原、兰州、贵阳等 40 个城市的轨道交通系统正在建设中,涉及里程 3 892 km。

新型城镇化的发展形成了新的城镇空间形态,如城市群(带)、城镇聚集区等。随着人们生活水平的提高,城市居民对交通出行的快速性、灵活性、舒适性和安全性也有了更高的要求。在国家土地、环境以及节能减排政策的引导下,城市土地开发利用将朝高密度、集约化的方向发展。在特大城市、大城市以及城市群中,将需要更多的轨道交通系统,以引导城市空间结构的发展。

2014 年底,上海(643 km, 17 条)的线网规模排名第一,北京(604 km, 19 条)

第二,广州/佛山(239 km, 9 条)第三,重庆(202 km, 4 条)、深圳(179 km, 5 条)、南京(176 km, 6 条)分别列第四、五、六位,如图 1-2 所示。而绝大部分城市轨道交通拥有 1~3 条线路,规模在 100 km 以下,处于网络建设的起步期,是公共交通系统的骨干,线路以客流支撑功能为主,部分覆盖了主要客流走廊,以客流引导功能为辅,引导城市空间合理扩张。上海、北京、广州三个城市的轨道交通网络发展历程显示,轨道交通的发展速度具有由慢到快的特征,致使形成了一个长时间的网

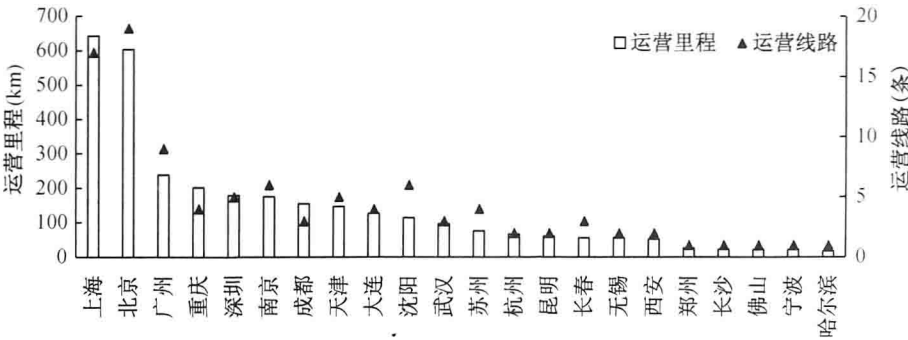


图 1-2 2014 年中国内地城市轨道交通运营里程以及线路情况

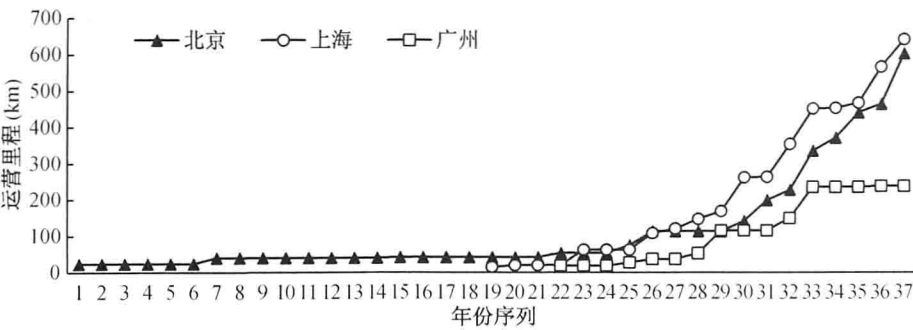


图 1-3 上海、北京、广州轨道交通网络发展历程

将轨道交通引入到特大城市、大城市的公共交通系统中,起到了缓解交通拥堵、带动就业、促进社会发展、支持城镇化发展等作用,但由于轨道交通与地面公交在规划、建设、运营、管理上缺乏统一的体制及必要的协商机制,在轨道交通运营初期,两者在线网衔接、换乘设施配置、运营组织协调等方面有待优化。

1. 线网衔接

大城市地面公交覆盖率高,线路在城市主要的客流走廊上,并与之共生共长。

而轨道交通线路也同样选择城市最主要的客流走廊进行布设,两网的直接叠加将产生线网衔接不畅的现象,线路功能定位与分工需要加以明确,且线网布局有待优化。客流走廊上,地面公交与轨道交通线路长距离共线,存在明显的竞争态势;在轨道交通线路的终端缺乏地面公交线路的紧密衔接,有可能导致违法运营的黑车、摩的出现。

2. 设施配置

轨道交通与其他交通方式的换乘设施配置往往迁就现状,站点周围地面公交场站、机动车与非机动车停车设施的规模与布局无法适应轨道交通客流集散与转换的要求,如轨道交通建设引起地面公交站点的迁移,造成出入口与站点之间的换乘距离过长。

3. 运营组织

轨道交通运营后,地面公交线路的运营组织没有及时调整。晚班运营结束后或者早班运营之前无地面公交衔接。大客流集散,使得部分地面公交线路满载率过高,车厢拥挤。

大部分城市轨道交通与地面公交在票制票价上相互独立,乘客在两者之间的换乘得不到优惠,“短驳公交+地铁”的出行模式没有得到鼓励。公交出行信息服务,尤其是轨道交通与地面公交换乘信息有待整合完善。

为适应公共交通可持续优先发展要求,针对目前城市轨道交通系统长时间处于网络建设起步期阶段、轨道交通与地面公交系统衔接问题日益突出的情况,协调土地利用与公共交通发展,衔接公交网络,完善换乘设施配置,协调运行组织,优化运营管理,对于实现各方式合理分工、协同合作,便捷高效的多模式协同的公共交通系统,支持新型城镇化发展具有重要的现实意义。

1.2 既有研究综述与实践现状

1.2.1 既有研究综述

1. 轨道走廊上地面公交线路调整相关研究

国外相关的研究集中在对两者进行综合优化,属于多模式公交网络设计问题(Multi-modal Transit Network Design Problem, MTNDP)。Bruno等(1998)建立了行人网络、小汽车交通网络、公交网络、两方式网络(行人-公交),以建设成本与出行成本最小为目标,提出新的双边标准数学规划模型用于估算快速公交线路的吸引力,进行多方式网络设计,运用K最短路算法计算非劣解。Wan等(2002)利用两阶段方法在多模式网络中进行公交线网设计,第一阶段建立状态增广多模

式网络,使用随机用户均衡进行公交客流分配,第二阶段运用混合整数规划方法,以运营成本最小为目标函数建立线路设计模型。之后其(2009)考虑拥挤效应与方式换乘,在上述多模式状态增广网络中,对线路间及方式间的换乘行为进行建模。Van 等(2004)研究多方式出行对公交网络设计的影响,进行包括线路密度、站点密度和服务频率在内的策略设计。Uchida 等(2007)构建包括轨道交通、巴士、小汽车、步行在内的多模式交通网络,运用 Probit 随机用户均衡建模出行路径选择,运用敏感性分析定义 Probit 随机用户均衡客流与设计参数之间的线性近似方程,作为约束条件,运用隐式编程算法求解多方式公交网络设计问题。Li 等(2012)所设计的包括小汽车出行、公交出行、小汽车和公交出行的多方式出行计划系统中,采用 Dijkstra 算法选择在出行起、终点附近的公交站点或停车场。

国内有很多文献都对轨道交通开通后地面公交线网的调整进行了论述,基本从定性的角度给出了地面公交网络优化方案的确定方法。如范海雁等(2005)从公交站点、线路及线网 3 个层面研究了以轨道交通为核心的地面公交线网的调整问题,提出了由点到线到面的常规公交线路的调整方法。莫海波(2006)对轨道交通建成后,其影响区内地面公交线网调整的必要性、目标、原则进行分析,提出地面公交线网的调整原理与方法。赵路敏等(2007)以北京地铁 13 号线望京西站为例,基于地面公交与轨道交通的衔接原则,结合公交客流分配,提出线路优化方案。周昌标等(2008)提出了地面公交与轨道交通同步发展、地面公交支持轨道交通发展、地面公交与轨道交通分区 3 种服务模式下地面公交线路的调整原则,并从线路功能结构、客流变化幅度、可替代性 3 个方面对广州地铁 5 号线运营后的相关线路进行了调整。梁丽娟(2009)对轨道交通形成期的地面公交线路进行聚类分析,提出了地面公交线路分类及诊断方法,在地面公交线路调整原则的基础上,以各线路的诊断结果为依据提出各条线路具体调整方案。李橘云(2009)从走廊上居民出行时耗、费用、OD 分布 3 方面分析,认为轨道交通与地面公交竞争的客流主要为出行 O、D 点至少有一个在轨道交通直接辐射范围内且出行距离为 4~9.7 km 的客流,并以此为基础提出了基于轨道交通的地面公交线路调整对策。孔繁钮等(2010)利用轨道交通与地面公交重合的站点数,结合轨道走廊分区,提出了各分区的“重合度”,并针对不同的“重合度”提出不同的调整策略。周韬等(2011)从公交出行需求和走廊运输能力、道路运行状况、公交服务质量以及换乘枢纽的位置等方面分析线路调整的影响因素,以上海公交为例,给出了每种影响因素下的具体调整方法。王振报(2011)从客流均衡性、设施供给平衡性、线路几何合理性、线路之间协调性对单条线路调整方案进行评价。陈素平等(2013)以企业利益、公交服务水平和公交网络运载效率三方均衡发展为优化目标,构建公交线网优化评价指标体系,采用目标要素分析方法,抽离各评价指标的关键要素,并基于此对公交线网优化的比选方案进行进一步分析,并选取最终

的实施方案。孙杨(2014)首先提出地面公交候选线路的生成算法,并以公交网络有效服务及轨道交通客运量最大、乘客平均公交成本最小、运营成本最低、车辆需求最少为目标,构建常规公交网络优化调整的多目标规划模型。

2. 轨道接运公交线路生成相关研究

在对轨道接运公交线路生成的研究中,一般是在轨道交通线路既定的条件下,研究接运公交网络设计问题(Feeder Bus Network Design Problem, FBNDP),可分为分析模型与网络模型。国外早期的研究以分析模型为主。Kuah 等(1988)认为轨道站点周围接运道路间相互平行,且交通需求均匀分布在各交通小区中,通过分析模型计算接运公交的线距、站距和发车频率。Chien 等(2000)在此基础上以公交企业和乘客的出行总成本最小为目标构建模型求解接运公交线路走向及发车频率。分析模型依赖于简单的路网结构和研究区域内出行生成率。实际上城市的路网往往是不规则的,而网络模型则更加符合实际情况,且认为需求集中于交通节点上。Kuah 等(1989)将此问题分为“多对一”(各公交站点只连接一个轨道站点且只经过一条公交线路)和“多对多”(各公交站点连接多个轨道站点且经过多条公交线路)两种类型,并分类建立以乘客出行总时间最小为目标函数的非线性规划模型,利用启发式算法进行求解。Lúcio 等(1998)研究了“多对一”需求模式下的此问题,目标函数为乘客出行总成本和公交运营最小成本。Shrivastav 等(2011)首先确定线路首末站,以“最大需求-偏离最短线路时间”和“线路运行时间”为标准,设计了启发式算法,通过逐个插入车站的方式设计接运公交线路。Verma 等(2005)在研究接运公交服务范围的基础上,提出了两阶段方法:利用线路长度约束,应用 K 最短路算法求解候选线路,后应用遗传算法选择候选线路以组成接运公交网络。Kuan 等(2006)第一次将蚁群算法应用于此问题的研究,通过 20 个测试算例说明了其相比于遗传算法,可在更短的时间内求解到较优的解。Shrivastava 等(2009)结合遗传算法与启发式算法,设计了求解此问题的混合算法,并与先前研究结果进行比较,证明了其有效性。与普通的常规公交不同,国外也将响应式公交模式作为轨道交通集散客流的公共交通模式。Chien 等(2001)在随机需求下,比较了普通接运公交模式与响应式公交模式在企业运营和乘客出行方面的成本,结果表明在高峰采用普通接运公交系统、平峰采用响应式公交模式可以有效地降低成本。Quadrifoglio 等(2009)在以上研究基础上应用连续近似法,求得两种公交服务模式所适应的需求转换点。Li 等(2010)认为接运公交设置应该以服务质量最大化为目标(乘客的乘车时间、等车时间、步行时间),也研究了需求转换点,认为响应式公交模式更适用于晚高峰的运营。Mohaymany 等(2010)以乘客成本、运营成本、社会成本最小化为目标建立模型,研究了多种公交模式的轨道接运系统。Alshalalfah 等(2012)以多伦多轨道交通的 3 条接运公交线路为例

研究了在近郊区选用响应式公交模式代替固定线路公交模式的可能性与收益情况。

国内蒋冰蕾等(1998)和李诗灵等(2010)以可能为轨道交通接运的最大周转量选取接运轨道站点,以接运效率(接运线路周转量与长度的比值)最大为目标,分别开发启发式算法和粒子群算法进行逐条搜索。曹玫等(2005)以运营者和乘客出行成本之和最小为目标建立模型,并介绍了利用遗传算法搜索最优路线的计算步骤。许旺土等(2009)和宋瑞等(2011)建立最少线路数和最大接运客流量的多目标规划模型,并分别给出了改进的遗传算法和启发式算法,以北京地铁宋家庄站和刘家窑站为例进行了实例分析。孙杨等(2011)引入 Logit 模型分析乘客对接运交通方式的选择,以接运公交乘客量最大化、乘客成本最小化、运营成本最小化为目标建立模型,并选用遗传算法求解。邓连波等(2012)相比于先前的研究,将换乘费用加入到乘客出行费用中,以乘客出行成本和公交运营成本最小化为目标,分别建立客流“多对一”和“多对多”两种情形下的模型,开发遗传算法求解,并对两者情形下的接运公交线网结构进行了比较。郭本峰等(2012)和张杰林等(2013)考虑了土地性质、出行需求和公交运营成本等因素,建立公交运营效益最大的接驳范围单变量非线性规划模型,在此基础上考虑站点覆盖率、非直线系数、运营成本,以公交系统运输效率最大为目标,使用启发式算法布设新增公交接驳线路。熊杰等(2013)定义了路段的需求潜力指标,以路径需求潜力最大为目标,并兼顾路径旅行时间及圈点线路约束建模,利用遗传算法进行求解。

3. 轨道交通站点与其他方式衔接换乘相关研究

国内外学者对轨道交通站点与其他方式衔接换乘进行了接驳方式比例、接驳设施配置以及换乘效率评级及改善等方面的研究。Meyer 等(2001)认为在中心城区,轨道交通、地面公交、小汽车等多种交通方式必须相互衔接才能满足居民的出行需求,并利用两阶段优化方法得出一体化的换乘枢纽比普通换乘枢纽可以减少 30% 的换乘时间。Joffr(2001)提出了选择和生成概率的广义离散选择模型来确定接驳交通方式分担率。Hall(2003)以欧洲大城市接驳换乘设施为对象,分析了换乘影响因素,并对设施位置提出了建议。Sara(2010)研究了轻轨与其他交通方式的换乘效率、可达性及接驳距离,提出了评价换乘效率的指标体系。Nabil(2010)对地铁客流特性进行了研究,建立了客流服务水平评价模型,并对现有的站点客流组织效果进行了实例分析,提出了改善建议。

国内周立新等(2001)研究了枢纽站换乘形式的适应性,并以出行时间为自变量,提出了轨道交通换乘时间与旅行时间关系的计算方法,并就改善轨道交通换乘系统的途径提出了建议。王学尽(2004)研究了不同等级轨道交通站点接驳公交的配置规模,并运用数据包络法对换乘效率进行了评价。殷远飞(2005)从出行者的

角度建立 Logit 模型,分析了轨道交通接驳方式选择的影响因素。胡思涛(2007)结合客流集散量研究了轨道交通站点换乘设施的规模和布局,并利用熵值法和广义效用函数,对换乘系统进行了评价。过文魁(2007)对轨道交通站点的换乘模式和布局及适用性进行了研究,并针对不同 TOD 模式,提出了轨道交通站点接驳设施的布局原则。王文红等(2008)建立了双层 Logit 模型,研究了轨道交通站点接驳交通方式结构。秦观明(2010)以哈尔滨地铁 1 号线为例,运用聚类分析法对站点进行了分类,并针对不同类型站点,建立了上层为接驳方式、下层为出行方式的双层 Logit 模型,对接驳方式选择进行了研究,后基于广义费用相同的假设建立了客流吸引范围模型。王宇萍(2010)根据接驳方式及客流特征把轨道交通站点服务范围分为 3 类,建立了广义出行时间模型,以此为基础建立了各类接驳方式吸引范围模型。宗传苓等(2011)基于粗糙集理论,利用灰色聚类法对市域快线与城际轨道的接驳模式进行了评价。秦焕姜等(2012)基于随机平衡理论认为轨道交通乘客停车换乘需求在一定范围内具有极限值,超过一定范围后随着接驳距离的增加而减少。

4. 轨道交通与地面公交协调运行相关研究

国外关于轨道交通与地面公交协调运行的研究主要集中在两大领域:计划调度和实时调度,其中计划调度着重于协调调度计划制定方法的研究;国内关于协调调度计划的研究还处于初步探索阶段,定量化模型基本是按照国外学者的思路和方法建立。

Lee 等(1994)提出了优化协调调度公交运营计划两步骤法,以优化待协调线路集的发车间隔和离站松弛时间。Chien 等(1997)对轨道交通接运公交运行组织问题进行了研究,假定每个站点仅有一条接运公交线路等,建立模型对接运公交的站间距、发车频率进行了计算。Maged 等(1999)面向换乘枢纽,基于不同的运营条件建立了 8 种实时调度策略并进行了仿真评估。Chowdhury 等(2001)针对换乘枢纽站点一条轨道交通线与多条接运公交线运营协调的情况进行了研究,其模型建立主要考虑了行车时刻表和发车间隔;在后续研究中(2002),将 Lee 的研究进一步拓展到轨道交通与其接驳公交的协调调度。Cevallos 等(2006)利用已有时刻表和站点客流数据,考虑车辆到达的随机性,采用遗传算法优化公交系统换乘时间,即调整公交到发时间,以达到与轨道交通同步的目的。Chung 等(2007)提出了通过对乘客等待时间的预测,决定车辆是否需要滞留以保证乘客等待时间在可接受范围内,并分析了滞站效果。

邹迎(2002)分别以区域内各线路各车辆同时到达次数最多和总运营成本最小为目标,分别对客流和车辆建立了优化模型,对公共交通行车计划编制方法进行了研究。杨晓光(2003)、周雪梅(2004)等研究了理想状态下与轨道交通相协调的地面公交行车时刻表。滕靖(2004)从公交车辆运行和出行者行为两方面分析了公交

枢纽广义费用的构成因素,建立模型研究了在提供公共交通信息条件下,面向枢纽的公交调度优化问题。后续研究(2006)中从运营管理层面阐述了 ITS 环境下公交基础调度模式的信息流程改进情况,进而提出了面向枢纽的公交协调调度模式,并对该协调调度的基本功能和信息流程进行了设计。李萌、彭国雄(2006)以经济效益最大化为目标,建立了地面公交与轨道交通换乘系统总经济效益模型,研究了地面公交线路与城市轨道交通线路的协调换乘问题。林国鑫(2007)以运营者与乘客出行总成本最小为目标,建立了计划时刻表编制模型,研究了动态调度中行程时间与实时 OD 预测方法,并建立动态协调调度模型。张宇石(2009)基于概率论提出了 4 种不同类型的换乘形式下乘客换乘成本的确定方法,并建立了轨道交通与地面公交运营协调模型。何波(2009)考虑了现实中公交线路车辆配置的约束,将运能匹配、调度协调相结合,建立了以公交系统中运营者和公交乘客总成本最小为目标的轨道交通与地面公交非运营协调控制和运营协调控制模型。陈鹏等(2011)根据福利经济学理论,以社会福利最大化为目标,在分析轨道交通与地面公交运营协调系统的消费者剩余和生产者剩余的基础上,分别建立了非协调计划调度模型和协调计划调度模型。

1.2.2 实践现状

1. 香港公共交通发展概况

1) 管理机构

香港特别行政区运输及房屋局负责管理和统筹香港路上运输与轮渡服务,制定整体政策,其下属单位负责执行具体事务:运输署主要承担相关公共交通服务条例的执行监管工作;警务处负责执行交通法规和违规处罚等工作。行政长官交通咨询委员会和区议会下属的交通运输委员会主要就重要运输政策向政府提供咨询意见。交通审裁处根据《道路交通条例》规定设立,主席和成员全部由公众人士出任,接受市民有关交通运输方面的意见。

2) 运营机制

香港实行企业经营、政府监管的公共交通运营机制。地面公交线路通过竞标方式由多家私人企业经营,自筹资金、自负盈亏,而线路专营权、票价、利润水平、服务规范、配车数量等均需要接受政府的监管。部分基础设施的建设采用建设—经营—转让(BOT)形式,政府通过招标批准私人企业建设,并给予一定时期的经营权,期满后交还。这使得企业具有长期投资、改善经营管理、提高服务质量的动力,也提高了公共交通服务水平和乘客利益,一定程度上减少了财政支出。政府宏观调控,实施竞争与规制相结合,允许和鼓励多元经营,企业除经营公交服务外,同时经营房地产、商业、物业管理等业务以赚取利润。

地铁经营者仅为一家,为政府全资公司。企业不接受政府直接补贴,而采取“地铁+物业”联合开发策略,即地铁项目建设时,由政府批准沿线部分土地开发权,利用地铁建设带来的土地升值效应,溢价回收,弥补地铁建设和运营的资金缺口。土地开发致使人们出行方式发生改变,开发商在注重广场、商业服务等公共设施建设的同时,也很重视公共交通服务设施建设,以吸引和方便居民乘坐地铁,在一定程度上开发商代替政府进行了城市公共基础设施的建设。

3) 网络特征

香港公共交通网络呈现多样化、多层次特征,由轨道交通(地铁、轻铁、铁路)、地面公交(专营巴士、非专营巴士、小巴)、有轨电车、轮渡等方式构成。地铁和铁路是公共交通系统的骨干,串联港岛、新界、九龙、大屿山等片区,提供长距离客运服务;轻铁布设于新界西北的3个主要新市镇(屯门、元朗、天水围),服务于新市镇内部出行以及地铁接驳客流,如图1-4所示。地面公交为公共交通系统的主体,其中专营巴士即传统的地面公交,采取分区运营模式;小巴分为绿巴(固定线路、固定站点、固定价格)和红巴(非定线、自主定价),用来接驳专营巴士和轨道交通的客流,服务于低客流强度区域;非专营巴士包括社区巴士、校车、通勤车等,主要为缓解高峰期人们对专营巴士和绿巴服务的需求。有轨电车位于港岛,与地铁港岛线共走廊,站间距小,与地铁共同承担走廊客运需求,并发挥旅游观光功能。轮渡提供港岛、九龙、大屿山之间的水上客运服务。

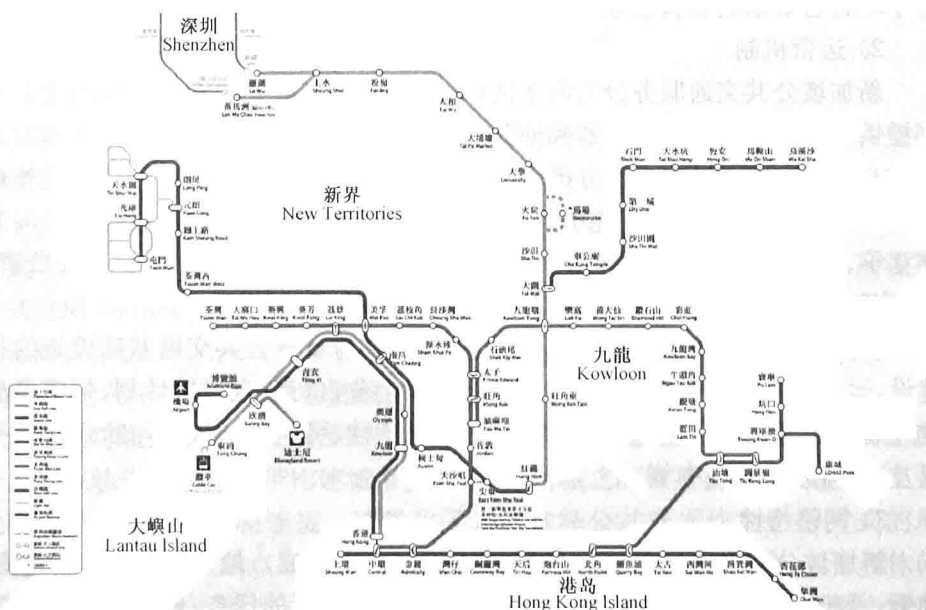


图 1-4 香港轨道交通网络图

4) 票制票价

香港公共交通具有明确的定价机制和价格体系。轨道交通票价制定需要通过立法会交通事务委员会和交通咨询委员会的咨询程序后,运营公司可以拥有自主权,如提出换乘优惠计划等。专营巴士票价由行政长官与议会确定,同一企业内部线路的盈亏,由企业内部调节。

香港地铁采用计程票制,乘客可选用八达通卡(成人、儿童、老年和学生卡4种)或单程票(成人和特惠票两种)搭乘。用成人八达通卡,12港币以上长距离出行至少优惠10%,8.5~11.9港币的中距离出行至少优惠50%;使用成人单程票同样享受中长距离出行优惠,但幅度小于前者。使用八达通卡在30 min内乘地铁在九龙塘、尖沙咀等站换乘其他线路可享受换乘优惠,最多可换乘两次;地铁乘客在1 h内换乘港铁公司经营的轻铁、港铁巴士和接驳巴士,票价优惠将于扣除接驳交通车费时回赠。港铁也推出了西铁线、机场线日票,市区全日通、落马洲周票以及东铁线、马鞍山线、西铁线月票,可供乘客在有效期限内无限次使用。

2. 新加坡公共交通发展概况

1) 管理机构

新加坡公共交通由陆路交通管理局管理,具体负责公共交通的规划、发展、实施和管理工作。公共交通委员会由来自各个阶层的公众代表组成,由交通部任命但不受其直接干预,主要负责批准线路规划、规范服务标准以及核准票价等工作,对于不符合要求的运营企业,可给予一定的处罚。

2) 运营机制

新加坡公共交通服务分为两个区域,城市轨道交通公司和新加坡巴士公司分别提供各自区域内的轨道交通和地面公交服务,专营区域之间的服务由双方共同提供。两家公司通过联合创办通联公司制定公共交通规划,报送陆路交通管理局和公共交通委员会审批,避免了两家公司之间以及轨道交通与地面公交之间的过度竞争。2008年新加坡公交服务改革后,线路规划改由陆路交通管理局负责,其把“冷”、“热”线路“捆绑”招标。

新加坡公共交通采用市场化的运营机制,政府负责公共交通基础设施的投资建设,运营成本不予补贴,由企业自行承担。企业自行制定运营计划,但需要满足政府规定的服务标准,主要包括线路布局、直达性、可达性、长度、与轨道交通衔接以及发车频率、满载率等。

3) 网络特性

新加坡公共交通网络由地铁、轻轨、地面公交组成。地铁是公共交通系统的骨干,承担了接驳主要片区间客流走廊上大部分客流的任务;轻轨是地铁系统的补充和拓展,主要用于连接地铁站与主要居住区和商业区;地面公交以服务片区