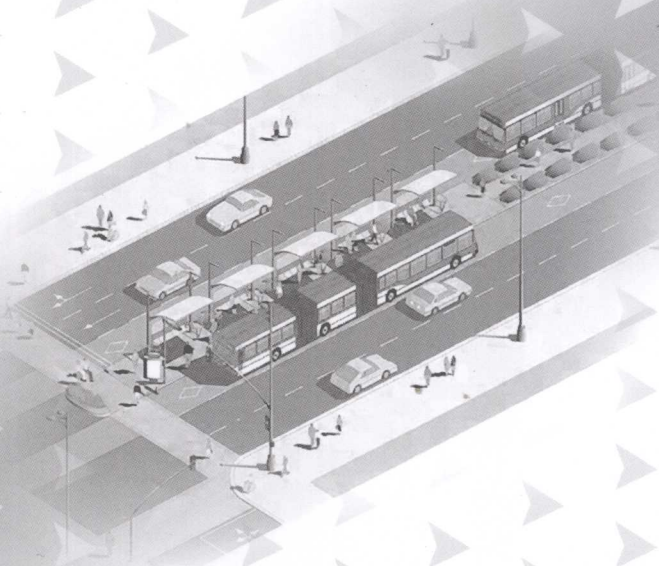


快速公交系统规划

理论与方法

宋 瑞 ◎ 著



科学出版社

www.sciencep.com

快速公交系统规划 理论与方法

宋 瑞 著

国家高技术研究发展计划(“863”计划)
专题课题资助(2006AA11Z203)

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书介绍了快速公交系统规划理论与方法的研究成果,着重讨论快速公交先进的理论、模型及算法。主要内容包括:快速公交系统的研究背景、国内外研究现状以及规划程序与体系框架,国内外快速公交系统的应用实践,城市客运交通系统的影响因素及模式选择,快速公交系统规划的需求分析方法,快速公交系统的网络规划优化方法,快速公交系统的枢纽规划优化方法,快速公交系统的设计方法,快速公交系统的运营技术,快速公交系统的评价技术,快速公交系统规划设计软件。针对涉及领域理论性强、抽象等特点,本书力求通过简洁、易懂、连贯的内容,给读者一个清晰的快速公交系统规划理论和方法的全貌,便于读者系统地学习。

本书可作为从事交通运输领域的教学、科研、规划、管理等工作人员的参考用书,也可作为交通运输、交通工程、土木工程、城市规划专业高年级本科生、研究生的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

快速公交系统规划理论与方法 / 宋瑞著. —北京:科学出版社,2009
ISBN 978-7-03-025585-3

I. 快… II. 宋… III. 公共汽车-快速定线客运-交通运输规划
IV. U492.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 164522 号

责任编辑:周 炜 王志欣 王向珍 / 责任校对:朱光光
责任印制:赵 博 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 9 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)
2009 年 9 月第一次印刷 印张: 18 1/2
印数: 1—2 000 字数: 360 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

随着我国城市化和机动车化推进速度的加快,城市交通拥堵、环境污染等问题与日俱增。如何改善城市交通,实现城市的可持续发展,是摆在交通工作者面前的一项极具挑战性的课题。

城市交通基础设施建设的核心思想是提高居民生活质量和保护环境。发展建设一种高品质、高效率、低能耗、低污染、低成本的公共交通形式,便可以满足以上两点要求。快速公交系统正是这样一种新的交通方式,它充分体现了以人为本、构建和谐社会发展理念,凭借先进公交车辆和高品质服务设施,通过专用道路空间为出行者提供快捷、准时、舒适和安全的服务。高效、可靠的快速公交系统可以大容量地集散乘客,节省乘客出行时间,改善混合交通情况,减少小汽车的使用率,平衡城市交通方式的发展,提升现代化都市的形象;同时,由于车辆污染物排放的减少以及能耗的降低,还可以保护环境,节省自然资源,促进城市可持续发展。

鉴于以上这些优点,快速公交系统规划研究成为当前运输科学研究的热点与前沿,许多大城市也把规划和建设快速公交系统作为贯彻国家公交优先战略的重要措施。然而,目前我国城市公交系统发展滞后,公交出行率远低于发达国家同类城市,城市公共交通在与个体交通的竞争中并没有显示出足够的竞争力,其服务水平、准点性、舒适性、快捷性、方便程度等难以满足人们日益增长的出行需求。目前,城市快速公交线网布局存在的主要问题有以下几点:线网功能层次不够清晰,等级单一,不能适应城市不同客流等级的出行需求;公交运力在时间和空间分布上存在不均衡性,线路重复性较高,快速公交线网的覆盖骨架不够完善;车站分布不够合理,站点功能等级不清晰,快速公交线网的布设也没有充分发挥换乘枢纽的作用,换乘枢纽的功能未充分发挥;快速公交线网与道路系统缺少协调功能机制,没有充分利用已有的快速道路和城市干线;公交专用道不足;快速公交线网与轨道交通的功能定位不够明确、协调性和衔接性有待改进、辅助功能不足等,这些都与缺乏系统的理论指导和规划工具有关。因此,迫切需要在对快速公交系统的规划理论及关键技术进行系统、全面、深入研究的基础上,将近年来最新的研究成果整理出版,以推动该领域的研究与应用。

快速公交系统规划是一项复杂的系统工程,除了涉及交通规划理论并需综合应用运筹学等其他学科的理论、技术和方法外,还与城市规划、土地利用、环境保护、社会人文、交通运输可持续发展战略等相关。本书以国家“863”计划项目“大城市快捷客运交通系统设计关键技术的研究”(2006AA11Z203)和北京市自然科学基金项目“首都城市快速公交网与枢纽规划关键技术的研究”(8063031)的研究成

果为主要内容,对快速公交系统规划的理论 and 关键技术展开分析,使其具有更好的理论和应用价值,用于帮助和指导城市快速公交系统规划的实际工作,这对于建立适合城市的快速公交系统规划体系,完善与深化交通运输规划的基础理论,提高规划质量,减少不合理投资和成本,改进公交系统服务水平,增强公交吸引力,增加运输收益,建立宜居城市与和谐社会,实现公交可持续发展都具有重要的理论和现实意义。

本书结合近年来的研究成果,对上述问题展开分析讨论,内容安排如下:第1章介绍了快速公交系统的研究背景、国内外研究现状以及规划程序与体系构架,第2章回顾了国内外快速公交系统的应用实践,第3章描述了城市客运交通系统的影响因素及模式选择,第4章给出了快速公交系统规划的需求分析方法,第5章分析了快速公交系统的网络规划优化方法,第6章阐述了快速公交系统的枢纽规划优化方法,第7章论述了快速公交系统的设计方法,第8章阐明了快速公交系统的运营技术,第9章提出了快速公交系统的评价技术,第10章说明了快速公交系统规划软件的设计原理及其主要功能。

本书完整地介绍了快速公交系统规划程序中涉及的基本理论方法:需求预测方法、网络优化方法、枢纽规划方法、线路设计方法、运营方法、评价方法、软件设计方法等。在宏观上介绍了城市规划对客运交通结构的影响以及快速公交系统的发展模式;在中观上对需求分析、网络优化、枢纽规划从供需两个方面展开论述,以求达到快速公交系统在“点-线-网”上的协调统一;在微观上对快速公交系统的设计、运营组织进行介绍和综合评价,充分体现了快速公交系统规划的全过程以及各步骤的内在联系,最后通过快速公交规划软件的设计将理论和实际应用借助计算机有机地结合在一起,并以北京为例进行实证分析说明,使理论与实际应用能够得到较紧密的联系。其中,网络优化设计内容是本书提出的新的理论体系中的重要组成部分。本书对各方法内容都用了较多的笔墨,一改现有书籍大都只注重快速公交系统基本知识的介绍,它不仅对快速公交系统规划理论进行了系统性介绍,同时还对快速公交系统规划的理论前沿进行了必要的探索,内容由浅入深,在组织和构建内容体系时力求做到结构清晰、系统全面、脉络清晰。本书重点阐述相关问题的数学模型以及算法,注重分析理论上的来龙去脉,并较好地实现原理方法介绍、城市案例运用以及最新技术进展的结合。

本书撰写过程中得到了北京交通大学交通运输学院何世伟教授的诸多帮助,美国宾夕法尼亚大学著名公交专家 Vuchic 教授在北京交通大学访问期间曾专门与国家“863”计划项目课题组就相关问题展开了交流,中国城市规划研究院、北京公共交通控股(集团)有限公司、北京城建设计研究总院有限责任公司诸多专家提供了大量实际数据,特别是国家“863”计划项目课题组的赵航、许旺土、孙杨、郑锂、白惠涛、安健、李明、郭钰、张琳琪、何必胜、刘杰、张薇、刘环宇、刘军、李宇航、韩璧璘、刘江涛等博士、硕士研究生为本书的完成做了大量实际工作,在此一并表示感谢!

本书尽管对快速公交系统规划理论与方法的总结力求系统全面,但由于作者水平有限,书中难免会有疏漏与不足,敬请广大读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 快速公交系统概述	1
1.2 国内外研究现状	4
1.2.1 国外研究现状	4
1.2.2 国内研究现状	5
1.3 快速公交系统规划程序与体系构架	7
1.3.1 快速公交系统规划的概念	7
1.3.2 快速公交系统规划的研究范畴	7
1.3.3 快速公交系统规划的步骤	8
1.3.4 快速公交系统规划的体系构架	9
1.4 快速公交系统规划的经济和工程可行性原则	10
第 2 章 国内外快速公交系统的应用实践	11
2.1 国外快速公交的应用实践	11
2.1.1 巴西库里提巴快速公交	11
2.1.2 哥伦比亚波哥大快速公交	15
2.1.3 昆士兰布里斯班快速公交	17
2.1.4 厄瓜多尔基多快速公交	20
2.1.5 美国各城市快速公交	21
2.2 国内快速公交的应用实践	23
2.2.1 北京快速公交	24
2.2.2 杭州快速公交	28
2.2.3 昆明快速公交	35
2.2.4 香港快速公交	37
2.3 我国快速公交发展面临的主要问题	38
第 3 章 城市客运交通系统的影响因素及模式选择	40
3.1 土地利用和城市形态的关系	41
3.2 土地利用对城市客运系统结构的影响	42
3.2.1 城市土地利用模式的类型	42
3.2.2 城市土地利用对交通结构的影响	42

3.3	城市形态对城市客运系统的影响	43
3.3.1	城市形态要素对城市客运交通结构的影响	43
3.3.2	城市形态与城市客运交通方式结构的关系	51
3.4	社会经济发展对城市客运交通系统的影响	52
3.4.1	国家经济发展对客运交通结构的影响	52
3.4.2	交通基础设施对客运交通结构的影响	53
3.4.3	大城市的特性	54
3.4.4	城市定位	54
3.5	城市环境对城市客运交通系统结构的影响	55
3.5.1	自然环境	55
3.5.2	资源环境	55
3.5.3	社会环境	56
3.5.4	文化和景观	56
3.6	我国城市快速公交系统的发展模式	56
3.6.1	快速公交的应用模式及其适用性	56
3.6.2	我国城市快速公交模式选择	58
第4章	快速公交系统规划的需求分析方法	60
4.1	相关概念	60
4.2	城市快速公交系统的出行流程分析	62
4.3	影响乘客选择快速公交系统出行的因素分析	64
4.3.1	有效性影响因素的分析	64
4.3.2	舒适便捷性影响因素的分析	68
4.4	乘客出行选择的广义费用模型的构建及分析	71
4.4.1	城市快速公交系统网络的建立	71
4.4.2	广义费用模型的建立	75
4.4.3	出行票价费用的计算	75
4.4.4	出行时间费用的计算	77
4.4.5	出行拥挤费用的计算	80
4.4.6	出行可靠性费用的计算	81
4.4.7	影响因素的量纲转化	82
4.4.8	影响因素权重的确定	85
4.5	城市快速公交系统出行路径选择模型	86
4.5.1	出行路径选择模型的理论基础	86
4.5.2	出行路径选择模型的构建	90
4.6	公交线网配流技术研究	99

4.6.1	不考虑容量限制的公交系统分配	99
4.6.2	考虑容量限制的公交系统平衡分配模型	101
4.6.3	公交系统分配方法的特点及其应用范围	101
4.7	快速公交需求预测技术研究	102
4.7.1	各交通小区客流发生量和吸引量预测模型	102
4.7.2	客流分布预测模型	105
4.7.3	交通出行方式分担率预测模型	106
4.7.4	快速公交车站进出站客流量预测模型	107
4.7.5	求解步骤	108
第5章	快速公交系统的网络规划优化方法	110
5.1	规划目标及原则	110
5.1.1	乘客吸引	110
5.1.2	网络运营效率	112
5.2	快速公交线路的几何要素	113
5.2.1	平行线路间距	114
5.2.2	线路长度	115
5.2.3	线路布局	116
5.2.4	独立线路与整合线路	117
5.3	快速公交线网的类型及特点	119
5.3.1	公交线路的类型及特点	119
5.3.2	公交网络的类型及特点	124
5.3.3	不同类型的公交网络整合	126
5.4	快速公交网络中的换乘	127
5.4.1	根据车辆间隔对换乘进行分类	127
5.4.2	根据线路类型对换乘进行分类	129
5.4.3	换乘的重要性	131
5.5	快速公交网络类型总结	131
5.6	快速公交线网设计技术	134
5.6.1	快速公交线网优化设计思路	135
5.6.2	快速公交线网优化设计双层规划模型	137
5.6.3	快速公交线网优化设计上层模型	139
5.6.4	模型通用约束	141
5.6.5	混合优化算法在快速公交线网优化设计模型求解中的应用	143
5.7	快速线网规划与运营调度一体化优化技术	147
5.7.1	快速公交车辆运行的时空网络结构	147

5.7.2	公交运营设计随机机会约束规划模型	149
5.7.3	公交运营设计随机机会约束规划模型的求解	152
第6章	快速公交系统的枢纽规划优化方法	156
6.1	快速公交枢纽规划与设计的基本原则	156
6.1.1	传统公交枢纽规划的不足	156
6.1.2	快速公交枢纽规划与设计的基本原则	157
6.2	快速公交枢纽一体化衔接的组织原则和措施	158
6.2.1	公交枢纽一体化衔接的内涵	158
6.2.2	快速公交枢纽一体化衔接的组织原则	158
6.2.3	快速公交枢纽一体化衔接组织措施	159
6.3	枢纽内部乘客出行行为和换乘特性研究	160
6.3.1	基本假设和符号定义	160
6.3.2	广义费用模型	161
6.3.3	随机平衡分配模型	164
6.4	快速公交线网与枢纽选址一体化布局优化模型及算法	165
6.4.1	枢纽选址模型	165
6.4.2	交通配流法	166
6.4.3	平衡配流	166
6.4.4	枢纽选址与公交网络设计一体化优化	166
第7章	快速公交系统的设计方法	168
7.1	快速公交系统的构成	168
7.2	快速公交的车站设计	170
7.2.1	快速公交车站选型分类	170
7.2.2	车站选型的优缺点分析	173
7.2.3	快速公交车站选型设计方法	177
7.2.4	快速公交车站主要设施设计	178
7.3	快速公交的车辆设计	197
7.3.1	基本准则	199
7.3.2	车辆尺寸	200
7.3.3	内部设计	201
7.3.4	车门设计	203
7.3.5	过道宽度	205
7.3.6	地板高度	206
7.3.7	动力系统	209
7.3.8	导向系统	211

7.3.9 车辆外观	215
7.4 快速公交信号优先设置方法	216
7.4.1 基于预信号控制快速公交车辆优先通行进口道设置方法	216
7.4.2 主信号相位、相序及其与预信号配时的相互协调分析	219
7.4.3 基于预信号控制的十字路口快速公交车辆优先通行权的设置办法	221
第8章 快速公交系统的运营技术	223
8.1 快速公交的时刻表	223
8.1.1 快速公交时刻表编制过程	223
8.1.2 服务需求确定	224
8.1.3 发车时刻表程序	228
8.1.4 运营时刻表的图形表示	230
8.1.5 人员调度	235
8.2 快速公交的特定运营模式	237
8.2.1 跨站运营模式	238
8.2.2 区域运营模式	240
8.2.3 快车/慢车运营模式	241
第9章 快速公交系统的评价技术	242
9.1 快速公交系统规划效果评价指标体系	242
9.1.1 评价指标体系的建立	242
9.1.2 各评价指标的意义	242
9.1.3 评价指标的等级划分	246
9.2 评价方法概述	247
9.3 灰色聚类评价方法	247
9.3.1 指标和参数的意义	248
9.3.2 灰色聚类分析法的评价步骤	248
第10章 快速公交系统规划设计软件	251
10.1 规划软件设计概况	251
10.1.1 软件设计思想	251
10.1.2 软件设计目标	251
10.1.3 软件设计体系结构	252
10.1.4 软件主要功能模块	252
10.1.5 简单实例分析	253
10.2 软件基础功能	258
10.2.1 创建、删除功能	258
10.2.2 修改、查找功能	263

10.2.3 显示操作功能	265
10.3 道路规划功能	265
10.3.1 最短路搜索	265
10.3.2 交通流分配	266
10.3.3 交通流量查询显示	269
10.4 公交规划功能	270
10.4.1 多种公交方式的路径搜索	270
10.4.2 多种公交方式的交通流分配	271
10.5 大规模快速公交网络分析	275
参考文献	282

第 1 章 绪 论

1.1 快速公交系统概述

随着世界各国城市化进程的不断推进和城市机动车保有量的迅速增加,城市交通拥挤加剧,交通事故增多,能源消耗上升,城市环境恶化,交通已成为制约大中型城市经济发展的重要因素。

以北京为例,截至 2007 年底,北京城市道路总里程达 4460km,形成了“环路加放射线”的道路网络系统,道路基础设施建设已经进入补充完善阶段,道路网络的供给能力和网络主体结构已经基本稳定。与此同时,全市机动车保有量飞速增长,截至 2008 年 12 月 31 日,北京的机动车保有量已经突破 350 万辆。运输需求日渐趋近道路网的供给能力,二者之间的平衡状态日渐脆弱,矛盾日益尖锐。如何在有限的道路资源上充分挖掘城市交通网络的潜在服务能力,使其不仅能在短期内缓解现有矛盾,也能从长远的角度出发适应和引导客运需求,这是当前大城市交通规划亟待解决的问题。优化交通结构、提高现有道路利用率、强化交通管理是缓解大城市日益严峻的交通形势的根本出路。高度密集的城市居住人口和有限的道路空间资源决定了大城市必须优先发展“人均占用道路空间资源较少、能耗和污染较低”的公共交通系统。

目前,我国大中型城市的公交系统发展相对滞后,特别是常规公交系统,其服务水平、准点性、舒适性、快捷性、方便性等难以满足人们出行的需求,而城市轨道交通网络覆盖率低,各种公交方式的衔接和配合不够完善,导致公交出行率远低于发达国家同类城市,公共交通在与个体交通的竞争中并没有显示出应有的竞争力。我国大中型城市公交系统的运营现状,存在以下几个主要问题:

(1) 城市人口不断增加,出行量飞速上升。随着城市用地高度密集化和房产价格的飙升,居住人口逐渐外迁,呈现出郊区化的发展趋势,通勤出行仍然占很大比重,客流集中在城市外围地区到城市中心的客运走廊上,而客运走廊上的客运通道仍然以常规公交为主,其运量小,行程时间长、可靠性差,舒适度低,额外增加了出行的心理负担和旅行疲劳,不仅造成了公交出行分担比率的流失,也在一定程度上阻碍了城市郊区化发展的进程。

(2) 城市轨道交通运量大、速度快、行程时间短且可靠性强、不占用道路资源,是大城市中心区理想的交通工具,但其投资大(每千米造价需数亿元),建设周期长(正常建设速度为 5km/a 左右,形成完整的城市轨道交通网通常需几十年的时

间),且覆盖率较低。就目前北京等大城市的情况来看,人口和出行在空间分布上的无序性和在时间分布上的不均衡性给轨道交通网络规划增加了难度。

(3) 城市公交网络层次性差,各种公交方式的功能定位以及服务水平、服务范围定位不够明确;骨干公交网络布局不够合理,骨干系统与接运系统分工不够细致、接驳效率低;各种交通方式各自为战,缺少整体规划,导致整个快速公交系统的内部运作效率不高;运力资源分布不均衡,阻碍城市土地利用布局和功能组团分布的合理发展。

发展公共交通是解决我国城市交通问题的重要途径之一。随着城市的发展,居民出行量大大增加,乘客对公交服务提出了高速、高效、舒适性好的新要求,常规公交已逐渐不能满足乘客质和量的需求。在城市公共交通中,轨道交通被认为是效率最高的公共交通方式之一,具有运量大、车速高、与其他车辆相互干扰小等优点,是一种较为理想的公共客流运输方式。但轨道交通建设具有耗资巨大、建设周期长、无法在短期内形成完善的运输网络等缺点,并且有些地方由于受到地理条件的限制,不适合发展轨道交通。针对以上情况,有必要寻找一种新型的交通方式来解决城市交通的燃眉之急。快速公交(bus rapid transit, BRT)凭借其简单的运营方式、相对较短的建造周期、较低的建设成本,以及大运量、快速、高效、环保等特点而成为首选。

快速公交系统是一种以常规公交为基础,以地面道路网为支撑,结合现代巴士技术,汲取轨道交通优点,并获得一定时空优先权(包括开设公交专用道和设置公交信号优先)和政策优先支持的一种新型城市公交系统,它既保持了常规公交的灵活性、经济性和便利性,又具有城市轨道交通容量大、速度快的特点,已成为现代城市改善交通状况的重要战略举措之一。快速公交自20世纪70年代在巴西的库里提巴出现以来,已有近40年的历史,而直到20世纪90年代,世界各国才开始意识到其优越性,并着手规划建设快速公交系统。目前,南美洲、北美洲、欧洲、亚洲共五十多个城市发展了快速公交系统。我国自步入新世纪以来,经济发展迅速,城市机动化水平日益提高,道路交通压力增大,在常规公交服务水平相对较低、轨道交通建设缓慢的情况下,部分城市已经开始规划和建设快速公交系统,以有效配合既有公交服务网络,提高公交出行比率,缓解城市交通拥挤。其中北京、杭州的快速公交示范线已经正式投入运营,天津、成都、昆明等大城市也在规划各自的快速公交线网。可以预料,我国会有越来越多的城市加入快速公交系统建设的行列。

因此,在常规公交、城市轨道交通等既有服务网络布局的基础上,从整个城市公交系统的角度出发,开展对快速公交线网规划的研究具有较高的理论价值和广泛的应用前景,建立城市快速公交系统规划体系,完善与深化交通运输规划的基础理论,对提高规划的质量,减少不合理投资和节省成本,改进公交系统服务水平,增强公交吸引力,建立宜居城市与和谐社会,实现公交可持续发展均具有重要的理论和现实意义^[1]。

公交系统主要存在的问题是,常规公交服务水平低,线网功能层次不清晰,等级单一,公交发展外部环境差,大运量公共交通发展滞后等,针对这些问题有效地规划快速公交系统具有以下意义:

(1) 缓解城市客运走廊压力,为出行者提供快速出行。随着城市用地功能的调整,居住人口逐渐向外迁移。通勤通学产生的交通量较大,易形成外围地区到市中心的客运走廊,且客运走廊上的客流强度从外围向中心逐渐增大。为缓解客运走廊的压力,需要发展大容量的快速运输工具。除轨道交通外,快速公交的速度能达到 $20\sim 35\text{km/h}$,高于常规公交的速度,能较好地满足出行者出行时间的需要。在研究城市客运走廊分布的基础上进行快速公交线网规划,科学合理地布设快速公交线路,可以缓解客运走廊的交通压力,为出行者提供快速出行方式,满足人们快捷、舒适的出行需求。

(2) 弥补轨道交通建设的不足,对轨道网络进行补充。轨道交通运量大,速度快,而且可以走地下,不占用有限的道路资源,是大城市中心区理想的交通工具。但轨道交通投资很大,每千米造价需数亿元,且运营后大都需要政府进行财政补贴,这对城市的经济实力提出了很高要求。轨道交通的建设周期也长,一个城市形成完整的轨道交通网络需花费几十年的时间,这是目前形势所不容许的。快速公交的造价通常为每千米 2000 万~5000 万元,只占地铁成本的 $5\%\sim 10\%$,因此建设 1km 的地铁所需资金可以建成 $10\sim 20\text{km}$ 的快速公交线路,而一个完善的快速公交网络对整个城市公交系统所起的作用往往要大于一条轨道交通走廊。快速公交还可以在走廊的道路设施及辅助设施完全建成前提前运营,分步实施,而轨道交通必须在所有设施全部建成后才能运营。快速公交所具有的这些优点使它成为很多大城市近期大力发展的公共交通方式。另外,由于轨道交通造价高昂,使得其网络密度不大,相邻轨道线路间通常有几千米。快速公交作为大容量的公共交通运输方式,其线路可以对轨道线网进行补充,两者共同成为城市公交网络中的骨干线路。因此,快速公交线网规划与轨道线网规划具有同等重要性。

(3) 短期内迅速提高公交出行比例,保证城市客运交通可持续发展。城市中出行机动车化趋势明显,城市客运交通模式必定会转向以机动车方式出行为主,小汽车大规模进入家庭的高潮已到来,而小汽车的快速增长会导致道路拥挤,常规公交的车速降低,对公交乘客吸引力降低,如此恶性循环,最终可能导致城市客运交通瘫痪。为增强公共交通对小汽车交通方式的竞争力,大城市已开始规划和建设轨道交通线网,并在轨道网络的基础上进行快速公交线网建设。建立快速公交线网作为短期内迅速提高公交出行比例的措施,使得公共交通在城市客运交通方式结构中占据主体地位,将有力保证城市客运交通的可持续发展。

(4) 有效引导城市土地利用开发,促进城市形态结构的可持续发展。规划建设快速公交线网,可以有效引导城市发展,实现公共交通导向的土地利用开发,促进城市形态结构的良性发展。公共交通导向的土地利用开发的发展模式是围绕公

共交通站点开发社区,吸引高密度的居民聚集在大容量的公共交通线路沿线,避免城市不断地以同心圆形式向外扩展。这对于正处在城市化进程中的大城市,特别是尚未规划轨道交通的大城市来说,有着很好的借鉴作用。目前,我国城市化水平将近45%,预计2010年和21世纪中叶将分别达到50%和65%。我国许多大城市呈现以旧城为中心不断向外扩展的圈层形态,而这种城市形态结构已被证明存在诸多弊端。

我国正处于大城市快速发展、机动化出行水平大幅提高的关键时期,研究快速公交系统规划的理论与方法显得非常迫切。按照目前我国对城市规模的分类方法,50万人口以上的城市统称为大城市,百万人口以上的城市称为特大城市。以往的观点认为,百万人口以上的特大城市才需要发展快速大运量的公交方式。现在,由于快速公交的造价大幅降低,百万人口以下的大城市也可以应用快速公交,所以本书研究的内容对所有大城市均适用^[2]。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

国外的一些交通研究机构和公司曾对快速公交系统进行过综合性的研究,其中的代表是美国的交通研究委员会和德国技术合作公司^[2]。

(1) 美国的交通研究委员会于2003年发布了关于快速公交的研究报告(*Transit Cooperative Research Program Report 90*)。该报告共分两册,第一册名为*Bus Rapid Transit Volume 1: Case Studies in Bus Rapid Transit*,该分册介绍了分布在北美洲、欧洲、南美洲部分国家和澳大利亚等地的26个城市的快速公交系统,每个案例都从机构安排、系统设计、运营情况、效益费用等方面进行阐述。第二册名为*Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines*,该分册对快速公交运营所需的公交专用道、站台、交叉口优先信号、车辆、智能公交技术等进行了详细的论述,是快速公交实施的指导手册^[3,4]。

(2) 德国技术合作公司在2003年发布了《快速公共汽车运营系统》资料手册,介绍了快速公交系统规划的内容,包括规划前期分析、确定走廊线路位置、车站保养厂设计、智能公交和车辆技术、与用地规划结合以及财务计划等。2004年,该公司又发布了《快速公交规划指导》报告,对快速公交规划进行了更为详细的阐述。该报告将整个规划过程分为10个部分,分别是前期准备、资料分析、听取公众意见、运营管理、财务计划、设施建设、采用先进技术、与其他交通系统整合、项目影响分析和实施计划等^[5,6]。

除综合性的研究外,国外的专家学者对快速公交系统的效益费用、客运能力、走廊规划等方面也进行了较为详细的研究探讨。

(1) Sislak 曾对快速公交与轻轨进行造价方面的对比,得出的结论是快速公交可以比轻轨节省 40%~70% 的建设费用,而且两者的服务水平相近,因而快速公交可以作为轻轨的替代物^[7]。

(2) Baltes 论述了他对迈阿密和奥兰多两个城市的快速公交系统所作的调研,通过对调查数据的统计分析,发现乘客对快速公交的满意程度较高,快速公交服务水平大大超过了常规公交系统^[8]。

(3) Martinez 研究了快速公交作为轨道线路的延长线,两者联合运输的可能性,通过对秘鲁利马的居民进行意向调查,研究了交通模型中时间价值等参数的选取,为预测快速公交系统的客运量提供了帮助^[9]。

(4) Papandreou 对洛杉矶威尔谢大街上的快速公交项目进行了评估,得出的结论如下:实施快速公交后乘客量增加很明显,公交车速增快使得行程时间大大缩短。由于吸引了大量的公交乘客,快速公交很快会达到容量上限,因此需要考虑建设地铁的可能性^[10]。

(5) Barker 针对美国出现的快速公交建设热潮,提出联邦政府应对快速公交项目采取资助策略^[11]。

(6) Abdeighany 提出了一种动态交通分配模拟建模的框架,用以在城市交通网络中评估和规划快速公交设施。该模型中考虑了公交专用道、大站快车服务、交叉口信号优先以及站点设置等因素,对于评估快速公交运营有着较好的效果^[12]。

(7) Holeman 提出了一种多准则的评价方法来选择适宜布设快速公交的走廊。该方法考虑了客运量、出行节约时间、与现有交通服务的冲突三个因素,在此基础上进行方案的综合评价^[13]。

(8) Yin 和 Miller 认为快速公交是一个整合了车辆、站台、专用道和智能公交等概念的系统,同时具有很大的灵活性,并研究了在建设资金、规章制度、客运走廊等外部条件约束下,如何配置各个要素以使系统效益最大化的方法,并给出了实例^[14]。

(9) Castilho 针对快速公交站点的客运能力建立了数学模型,并进行了模拟仿真研究,发现快速公交站点需求的随机性对站点的客运能力有很大程度的影响,建议在系统设计阶段要作类似的分析研究^[15]。

从以上文献可以看出,国外对快速公交系统的研究范围较广,既有对系统的整体分析,也有关于快速公交某个方面的具体研究,并且特别侧重于快速公交的运营设施、服务水平、财务计划和项目评估等方面的研究。

1.2.2 国内研究现状

国内各大城市纷纷将目光投向快速公交,很多学者和交通规划人员也对其在国内应用的可能性进行了研究。

徐康明论述了快速公交系统的要素、实施快速公交的优势、快速公交在公共交通系统中的运用形式以及在中国推广快速公交的紧迫性^[16]。

陈雪明曾对中国城市应用快速公交问题进行过探讨,认为快速公交可以作为轻轨的替代,布设在城市中心外围的地区,服务于中等客流强度的客运走廊,连接城市内主要的活动中心^[17]。

殷广涛对北京发展快速公交进行了设想,认为可以选择轨道交通没有覆盖的放射轴线以及一些主要客流集散走廊建设快速公交系统,以形成多层次的快速公共交通系统网络^[18]。

郑连勇对成都快速公交发展战略进行了研究,认为在近期实施快速公交可以改变目前公交分担率较低的状况,提出未来的快速公交线网以放射形为主、环线为辅,并采用分步建设、逐步升级的策略^[19]。

杨新苗等对在厦门发展以快速公交为核心的绿色快速公共交通系统进行了初步的探讨,提出将快速公交线路分为两类,岛内线路承担岛内各个组团之间的客流运送任务,岛外线路连通厦门岛与周边区域,以促进该市合理客运交通结构的形成^[20]。

陈钦水根据城市客运交通的需要介绍了快速公交系统的构成及其在国外城市的发展经验,提出了“分级规划,分区布线”的快速公交线网络规划方法,并对网络结构中的换乘设施规划设计进行了分析,在整个快速公交网络规划的基础上建立了一套公交线网规划的评价指标体系^[21]。

胡润州将快速公交和轨道交通的投资、效益进行对比,得到的结论是并非只有轨道交通才能作为城市公共客运交通的骨干,解决城市大运量的公共客运需求,可以在经济能力还不允许大规模建设轨道交通之前,依靠快速公交系统来承担起骨干交通的重任^[22]。

安健等根据城市公共交通线网的组成和结构特征,在常规公交线网评价指标体系研究的基础上,给出了衡量多式公共交通线网运力资源分布均衡性的新指标,以给定的公共交通出行起讫点(origin destination, OD)为前提,在考虑出行者策略选择的基础上,提出了在既有城市公共交通线网条件下对快速公交线网进行优化设计的方法^[1,23]。

刘杨等选取运行车速和准点率作为城市快速公交的运营指标,提出了实现快速公交运营指标的城市干道协调控制设计方法,并运用 Synchro 和 Matlab 软件进行了实例分析^[24]。

徐康明等在对北京、杭州、昆明三个城市地面常规公交和快速公交系统上下客用时调查的基础上,对不同公交系统车站运营模式的特征、乘客上下车速度和车辆停靠时间进行了定量对比分析,探讨了车站运营模式对乘客、公交企业和社会效益的影响^[25]。

胡兴华等在对快速公交系统进行系统分析的基础上,提出了基于运行图的快速公交运营系统的概念,通过对系统实现技术、管理等方面的改进,提高了快速公交系统的运行效率^[26]。

孙传姣等从快速公交的技术特点入手,分析了快速公交的运营与管理特点,并