

信号交叉口混合交通微观 仿真理论与方法

The Theories and Methods of Mixed Traffic
Micro-simulation at Signaled Intersection

钱大琳 魏丽英 朱 茵 等著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

国家自然科学基金资助项目(70540004)

北京交通大学“十五”专项科技基金资助项目(2005SM086)

信号交叉口混合交通 微观仿真理论与方法

钱大琳 魏丽英 朱茵 等著

中 国 铁 道 出 版 社
北 京

内 容 简 介

本书是国家自然科学基金项目(70540004)和北京交通大学“十五”专项科技基金资助项目(2005SM086)的研究成果。本书以系统的思想和系统工程的方法为指导,并借鉴成熟的交通理论、交通工程方法,开展了信号交叉口混合交通微观仿真理论与方法研究。全书共分8章,主要内容包括:绪论、信号交叉口混合交通仿真的有关基础、混合交通调查与处理方法、信号交叉口自行车骑行行为模型研究、信号交叉口机非相互穿越微观模型研究、机非干扰计算方法及其影响因素研究、基于混合交通的交叉口信号控制方案设计模型、信号交叉口混合交通微观仿真系统分析。

本书适合作为交通工作者的参考书,也适合作为高等院校交通工程、城市交通规划专业的高年级本科生和研究生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

信号交叉口混合交通微观仿真理论与方法/钱大琳, 魏丽英, 朱茵著. —北京: 中国铁道出版社, 2006. 6

ISBN 7-113-07264-X

I. 信... II. ①钱... ②魏... ③朱... III. 信号管理
交叉口-混合交通-仿真系统-研究 IV. U491.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 077427 号

书 名: 信号交叉口混合交通微观仿真理论与方法

作 者: 钱大琳 魏丽英 朱茵 等著

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市宣武区右安门西街8号)

策 划 编 辑: 李小军

责 任 编 辑: 李小军

编辑部电话: 010-83550579

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 880×1230 1/32 印张: 6.625 字数: 202 千

版 本: 2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 1~1000 册

书 号: ISBN 7-113-07264-X/TU·847

定 价: 15.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

联系电话: 010-63549466

网址: <http://www.tdpress.com>

前言

城市交通拥堵问题是当今世界上许多大城市所面临的重要问题之一,我国尤其严重。目前,全国 113 个城市普遍陷入交通困境。据统计,2002 年上海市中心区(内环线以内)高峰小时主干道饱和度已经达到 92%。交通拥堵严重影响了社会生活秩序,引发事故率上升,加剧了环境污染,并由此引发了巨大的直接和间接经济损失。据一位经济学家估算,北京市道路交通拥堵,每年造成的经济损失高达 60 亿元人民币。交通问题已经阻碍了我国城市社会、经济与环境的健康发展,成为社会和公众关注的热点问题。当前解决交通拥堵的措施主要有两类:一类是从长远发展着手,进行城市交通规划;一类是从日常的交通管理、控制、组织出发,合理而科学地引导、组织交通流,充分发挥既有交通资源的利用率。而交通仿真当前进行交通规划、实现日常交通科学管理和组织的重要工具和手段,为此国内外学者和专家投入了大量的精力来研究交通仿真模型,开发交通仿真软件。美、日、欧等国家已经开发了一些成熟的交通流仿真软件,并商品化。但是,这些软件是基于单一的机动车流的,不适应中国的具有机动车、非机动车、行人的混合交通流,因此,我国有必要大力开展混合交通微观仿真理论和方法研究,建立适应我国混合交通特点的仿真系统。在此背景下,几位作者结合以往在城市道路混合交通微观仿真模型的基本理论、方法方面的探索和研究的成果,收集、整理、分析了大量的国内外有关资料,开展了本书的编写工作。

本书以系统的思想和系统工程的方法为指导,并借鉴成熟的交通理论、交通工程方法,开展了信号交叉口混合交通微观仿真理论与方法研究。书中重点探讨了信号交叉口自行车、自行车与机动车相互作用的微观行为,在大量调查的交通数据基础之上,提出了自行车、自行车与机动车相互作用的微观仿真模型,利用实际数据检验和验证了建立的模型。本书是国内第一本比较系统地介绍有关信号交叉口混合交通方面的著作,书中提出的观点、研究的成果对于建立具有我国特色的混合交通理论

体系具有一定的探索性和创新性。

全书共分8章,第1章由钱大琳完成;第2章由魏丽英完成;第3章由钱大琳、朱茵完成;第4章第1、3、5节由钱大琳完成,第2节由黄迪、钱大琳完成,第4节由魏丽英完成;第5章由黄迪、钱大琳完成;第6章由钱大琳完成;第7章由朱茵完成;第8章由钱大琳完成,黄迪参加了第7节的研究工作;赵春龙分别参加了第4章第3节的研究工作和第5章第4节的编写工作;司徒炳强分别参加了第4章第1节研究工作和第6章第5节的编写工作;杨露平参加了第1章第1节的研究和编写工作。

在本书的出版之际,对大力支持开展城市道路混合交通领域研究的国家自然科学基金委员会管理学部的陈晓田副主任、冯芷艳处长,多年来一直给予鼓励的国务院参事石定寰教授、国家发改委交通司王庆云司长、北京交通大学张国伍教授,积极支持本书出版的北京交通大学交通运输学院孙全欣教授和申金升教授,以及参与了混合交通研究工作的张秀媛副教授、蒋海峰博士一并表示衷心的感谢!

混合交通的研究涉及内容极其广泛、复杂,由于作者水平有限,有些研究结果还需要进一步修改、完善,真诚希望读者提出宝贵意见。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 中国城市道路混合交通发展趋势分析	1
1.2 信号交叉口混合交通微观仿真概念	10
1.3 信号交叉口混合交通微观仿真意义与作用	13
1.4 交叉口微观交通仿真技术发展及展望	15
1.5 本书主要的研究内容	22
第 2 章 信号交叉口混合交通微观仿真基础	25
2.1 模型与建模	25
2.2 计算机仿真的建模方法	27
2.3 微观仿真的策略	30
2.4 微观交通仿真的基本方法	36
2.5 专用仿真语言及交通仿真软件	39
第 3 章 信号交叉口混合交通调查和分析	46
3.1 混合交通数据特点分析	46
3.2 交通调查系统工程	47
3.3 调查内容分析	49
3.4 交通调查方案设计	51
3.5 数据分析方法	58
第 4 章 信号交叉口自行车骑行行为模型研究	66
4.1 自行车生成模型	66
4.2 自行车群模型	73
4.3 自行车行驶速度分析	85
4.4 自行车跟驰模型研究	88
4.5 自行车换道模型研究	95

第5章	信号交叉口机非相互穿越微观模型研究	109
5.1	国内外研究综述	109
5.2	机非相互穿越活动分析	112
5.3	机动车穿越决策模型研究	114
5.4	自行车穿越决策模型研究	122
5.5	不穿越减速停车模型研究	126
第6章	机非干扰计算方法及其影响因素研究	130
6.1	非机动车干扰的类型、特性分析	130
6.2	国内外研究概述	132
6.3	干扰对信号交叉口混合交通流特性的影响分析	135
6.4	干扰测算指标的选择	140
6.5	干扰预测模型研究	141
第7章	基于混合交通的交叉口信号控制方案设计模型	149
7.1	国内外研究概述	149
7.2	既有交通信号配时模型概述	153
7.3	混合交通环境下公交优先的信号控制方案设计相关理论	156
7.4	混合交通环境下公交优先的信号控制方案设计模型	162
第8章	信号交叉口混合交通微观仿真系统分析	173
8.1	混合交通系统特点分析	173
8.2	混合交通微观仿真的步骤	175
8.3	混合交通微观仿真的实体分析	177
8.4	自行车、机动车微观行为分析	182
8.5	混合交通微观仿真机制分析	188
8.6	混合交通微观仿真的模型及其结构	191
8.7	应用案例	199

第1章 绪论

城市道路混合交通流是指道路上机动车、非机动车、行人混合行驶的交通流。我国城市道路的混合交通中,非机动车交通量已达到了交通总量的25%~55%,且非机动车中以自行车为主,由此本书中的“机非”主要指机动车和自行车。信号交叉口混合交通微观仿真理论与方法,主要是研究信号交叉口范围内混合交通中机动车和自行车交通的微观仿真模型,探讨建立交通微观仿真系统的基本方法。当前,交通微观仿真技术越来越多地应用到交通流理论研究和交通运输工程中,前者是用于支持交通流理论模型的建立;后者是用来描述和分析交通工程的某些过程和现象,旨在能科学地进行交通基础设施的设计和优化、交通控制和管理等。

本章首先通过分析城市道路交通的一般发展规律,研究中国城市道路交通发展中的共性和个性,探讨中国城市道路混合交通流存在的原因,进而展望中国城市道路混合交通的发展趋势;在此基础上,结合当前我国城市道路交通的状况,阐述开展信号交叉口混合交通微观仿真理论与方法研究的意义和作用;接着归纳、总结了国内外在信号交叉口微观仿真方面的研究工作,并展望了其未来发展方向;最后介绍了本书的主要研究内容。

1.1 中国城市道路混合交通发展趋势分析

1.1.1 城市道路交通发展分析

1. 城市道路交通发展规律分析

城市道路交通的发展可以通过城市道路交通量和交通结构的变化来

反映。

曹钟勇在《城市交通论》一书中,将城市道路交通运量的变化划分为初级、中级、高级三个演变阶段,各个阶段所处的时期参见图 1-1。初级阶段,城市内部的人与物空间运动规律发展一直处于低水平增长状态;进入中级阶段后,出现一个高速增长状态,同时人与物的空间运动规模也会迅速扩大;而到达高级阶段后,发展水平的增长速度又会趋于减缓。

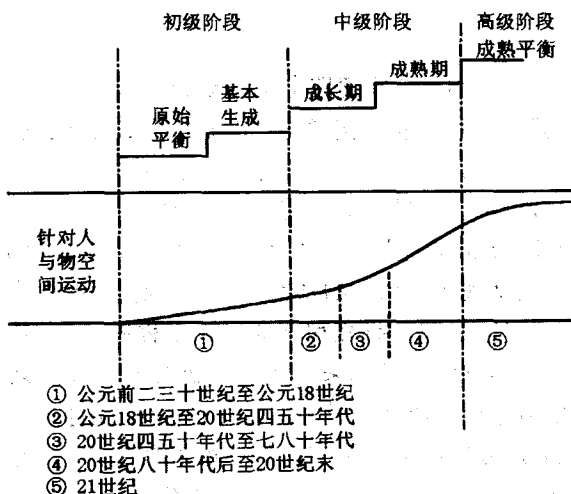


图 1-1 各阶段的时期图

资料来源:曹钟勇,《城市交通论》,中国铁道出版社,1996。

发达国家城市客运交通工具经历了从人力、畜力化朝着机动化的变化,与此同时交通结构也产生了相应的改变。若以结构变化的质变期为临界点的话,可将其分成四个阶段:

第一阶段是公元前二三十世纪至 19 世纪末,以人力、畜力交通工具为主;

第二阶段发生于 20 世纪初至 20 世纪 30 年代初,以公共电汽车为主,但是在西欧一些国家自行车拥有率也普遍较高;

第三阶段是从 20 世纪 30 年代中至 60 年代,以轨道交通为主,在城市交通中发挥极大的作用;

第四阶段发生于 20 世纪 80 年代至 20 世纪末,除了轨道交通外,私

人小汽车也成为城市内部客运交通的主要工具之一。

根据客运交通结构演变阶段的划分,可以看出客运交通结构演变的前二阶段位于运量发展的中级阶段的成长期,后一时期位于其成熟期。表 1-1 显示了几个大城市在不同历史阶段的客运交通结构。

表 1-1 世界大城市运量结构的变化(%)

	伦敦	纽约	巴黎	东京	莫斯科
公元前二世纪至19世纪	步行 64 马车 14 铁道 9 其他 13 (1854年)	步行 马车 有轨电车 渡船	马车(除步行之外) 60 (约 5000 万人/年, 1850 年运量)	步行 马车 人力车	步行 马车 有轨电车
20 世纪初至 20 世纪 30 年代初	步行 马车 自行车 公共汽车 有轨电车 铁路、地铁 城市半径: 12 km	步行 马车 公共电汽车 有轨电车 地铁 私人汽车 } 85	步行 马车 自行车 公共汽车 铁路 地铁等	步行 马车 自行车 有轨电车 公共汽车 铁路、地铁	步行 马车 公共汽车 有轨电车 铁路 地铁
20 世纪 30 年代中至 60 年代		步行 4.7 公汽 9.3 铁路 4.0 私车 7.1 地铁 70.2 其他 4.7 (1963 年数据)	私车 30	公汽 16.1 铁路 48.1 地铁 11.1 私汽 19.4 其他 5.2 (158.8 亿人次/年, 1975 年数据)	公电汽车 59 铁路 11 地铁 24.6 其他 5.9 (58.6 亿人次/年, 1970 年)
	城市半径:				
20 世纪七八十年代至 20 世纪末	自行车 3 公汽 9 铁路 35 地铁 36 私车 17 轻轨(1984 年开通) 11.58 亿人次/年 城市半径: 22.4 km	公汽 24 铁路 6.5 地铁 44 私车 24 其他 1.5 轻轨(1986 年开通) 30.3 亿人次/年 城市半径: 27.53 km	公汽 1.5 铁路 17 地铁 25 私车 41 其他 2.5 (46 亿人次/年, 1986 年) 城市半径: 25.98 km	公汽 12.6 铁路 46.5 地铁 12.1 私车 23.6 轻轨等 5.2 (175.65 亿人次/年, 1982 年交通图) 城市半径: 26 km	公电、汽车 55 铁路 11 地铁 24.6 其他 5.9 (58.6 亿人次/年, 1970 年) 城市半径: 17.79 km

资料来源:北京城市规划设计院课题组,《世界大城市交通研究》,北京科技出版社,1991。

《世界大城市规划与建设》,同济大学出版社,1989。

高佩义,《中外城市化比较研究》,南开大学出版社,2004。

2. 城市道路交通与工业化、城市化以及城市经济的发展关系分析

曹钟勇在《城市交通论》一书中,通过分析城市的发展规律、城市交通的发展过程,定性证明了城市交通的发展具有明显的时期和阶段性,且与城市化的发展过程密切相关。下面通过城市客运交通与工业、城市规模和城市经济三方面分析相互间关系。

(1) 城市客运交通结构的演变以工业发展为基础

工业的发展一方面提出巨大的运输需求,另一方面又为变革传统交通方式及工具的需求提供前提和物质保障,并及时地生产出一代又一代足够数量、新型的运输工具,以满足工业化产生的需求,进而直接影响到交通流结构的改变。如西方一些国家的小汽车是在相关工业基础和科技发展一定程度后加快发展速度的,表 1-2 显示了钢铁、电力等与小汽车发展相关产业的大发展时间,以及小汽车的大发展时间。随着汽车工业的大力发展,私人汽车出行量在城市交通中的比例也相应地增大,并逐渐占据了一定的份额,成为交通流中不可忽视的组成部分。从一些大城市的情况看,到 20 世纪 80 年代,私人小汽车出行基本上都占据了客运出行的 20% 以上,改变了原有的客运结构,参见表 1-1。

表 1-2 钢铁、电力、汽车等产业作为支柱产业的时间表

	钢铁	电力	汽车
英国	1870~1929	1900~1959	1920~1969
美国	1870~1929	1900~1959	1910~1959
法国	1870~1959	1900~1969	1950~
日本	1900~1969	1920~1959	1965~

资料来源:韩彪,《交通运输发展理论》,大连海事大学出版社,1994。

荣朝和,《论交通化》,北京交大博士论文。

(2) 城市道路客运交通结构与城市规模相适应

随着城市化进程的深入、城市规模的扩大,城市居民的居住活动逐渐向外迁移,金融、商业、行政活动则进一步向城市中心聚集,人们的出行距离逐渐增大。曹钟勇在《城市交通论》一书中,曾就出行距离与城市面积间的关系开展过研究,认为城市居民的绝大部分出行距离为城市半径 R ; 而一个时期的主要交通工具应该是与居民的出行距离相适应的,因此可以认为一个时期的交通结构是与城市规模相适宜的。

(3) 城市交通发展与城市经济发展相协调

城市交通的发展意味着在交通基础设施建设上的巨大投入。如果没有相应的资金、物力和人力投入作保障,城市交通就不可能有什么实质性的改变,特别是轨道交通每米造价在千万元以上。所以,大部分国家都在经济发展到一定程度以后,才开始大力修建地铁,发展轨道交通。表 1-3 显示了几个特大城市大规模修建地铁、大力发展汽车工业时间和该时期人均国民收入,表中数据更进一步说明交通发展以经济发展为后盾。

表 1-3 轨道交通、小汽车发展时期的 GDP

国别	地铁	GDP(\$/人年)	小汽车	GDP(\$/人年)
英国	1890~1970	3 041~36 628	1920~1969	3 455~79 908
法国	1900~1938	2 203~3 851	1945~1950	3 079~4 109
美国	1904~1940	2 763~4 746	1910~1959	3 554~7 380
日本	20 世纪 60 年代	2 595	1965	4 549

资料来源:韩彪,《交通运输发展理论》,大连海事大学出版社,1994。

荣朝和,《论交通化》,中国社会科学出版社,1993。

1.1.2 中国城市混合交通流发展及其存在原因分析

1. 中国城市道路交通发展规律及其特性分析

中国城市道路交通的发展与世界上其他国家的一样,遵循着交通发展的一般规律,在经历了漫长的交通发展初级阶段之后,于 20 世纪初进入了交通发展的中级阶段,并表现出中级阶段的交通特征。

在城市道路交通客运量方面,运量迅速增长,特别是 1995 年以后,平均年增长速度在 10% 以上。图 1-2 显示了 1953 年以来城市客运量增长。

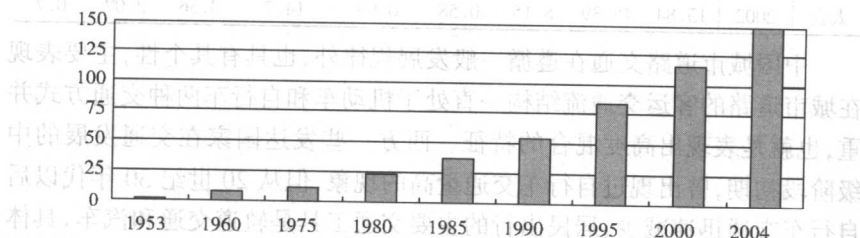


图 1-2 1953~2004 年客运量变化图(亿人次)

资料来源:《中国城市统计年鉴》,中国统计出版社,1994~2004

在城市道路交通结构方面,呈现出多样性特点:人力、小汽车、公共汽车、轨道交通等多种交通方式同时并存。只是不同城市交通的发展程度不同:特大城市交通结构已经经历了由人力、机动并重的时期,并正在向以机动化为主的方向发展,表 1-4 是中国特大城市道路交通出行结构;一些大城市则是以步行、自行车和地面公共交通为主导,城市交通发展还处于人力、机动并重的阶段;而中小城市交通发展水平较低,主导的交通方式是步行、自行车和摩托车,具体参见表 1-5。

表 1-4 中国特大城市道路交通出行结构(%)

出行方式	北京				天津				上海			
	1986	1993	2000	2005	1986	1993	2000	2005	1986	1993	2000	2005
自行车	49.27	45.52	38	31.7	44.60	60.48	51	47.6	34.00			
公交(含轨道)	36.08	32.58	26.5	28.1	10.36	1.08	6.4	15.2	30.00	24.03		
出租	0.84	8.10	8.8	7.4	0.30	2.40	1.7	2.5	6.00	3.86		
小汽车			23.2	29.3			2.3	3.1				
其他	13.80	13.80	3.0	3.5	42.60	28.01	34.7	24.7	30.00	38.21		

资料来源:钱大琳,《中国特大城市混合交通流研究》,北方交通大学学报,1999。

www.tongji.edu.cn。

表 1-5 部分中小城市交通方式结构(%)

城市	统计年份	交通方式								
		步行	自行车	助力车	公交车	出租汽车	轻骑摩托	私家车	单位车	其他
巢湖	2004	40.32	27.81	2.68	11.58	2.79	7.02	1.18	4.46	2.15
常熟	2004	20.92	32.70	9.82	6.53	0.68	21.76	4.50	2.19	—
蚌埠	2002	37.71	30.87	0.66	23.68	0.94	2.19	0.36	3.11	0.49
铜陵	2004	58.95	10.76	2.72	10.75	3.68	3.65	0.62	8.18	0.69
太仓	2002	13.84	45.39	8.15	0.58	0.99	14.7	3.56	2.07	0.7

中国城市道路交通在遵循一般发展规律外,也具有其个性,主要表现在城市道路的客运交通流结构一直处于机动车和自行车两种交通方式并重,也就是表现出高度混合的特征。西方一些发达国家在交通发展的中级阶段初期,曾出现过自行车交通量高的现象,但从 20 世纪 30 年代以后自行车交通迅速减少,居民出行的主要交通工具是轨道交通和汽车,具体参见表 1-1;而我国进入中级阶段已经一个多世纪,但无论是在经济现代化、城市化和机动化都同时步入高速发展的特大城市,还是正在大力发展

中的大中小城市,自行车出行方式都占有相当大比例,如2005年统计天津市自行车仍占47.6%,北京市则占31.7%。

2. 中国城市道路混合交通存在原因分析

上文研究表明城市道路交通的发展是与工业、城市化、经济发展有密切关系的。下面通过分析中国在工业、城市和经济发展中特性,进而探讨中国混合交通存在原因。

(1) 以往工业结构失衡对混合交通的影响分析

我国是一个农业大国,工业发展相对比较落后。建国以来,我国经济建设虽然取得了重大的成就,但是工业内部结构失衡的问题仍然突出。一些投资回报率低、周期长、资金需求量大的基础产业发展缓慢,而利润高、周期短的加工工业却快速发展。交通运输设备制造业属于综合性强的产业,建立在许多基础性工业(如能源、化工、原材料等)之上,因此,我国交通运输制造业仍然比较落后,存在基础薄弱、科技含量不高、规模不大等问题。从而推迟了轨道交通的发展,放慢了城市居民出行距离的增长速度(如北京2000年平均出行距离为6 km,2005年为8 km,增长幅度不大),无法影响交通结构实质性的改变。

(2) 城市发展方式以及土地利用模式对混合交通的影响分析

城市发展方式和土地利用模式决定了城市交通结构。

我国由于资金短缺,因而以往城市的发展都是以同心圆向外扩张方式增加用地面积,但是城市的功能高度集中在中心城区;加上以往计划经济体制下尚未形成土地市场,造成住宅与工厂、政府机关“配套”建设模式,形成了住宅与其他设施混合建设的特点,就业岗位与居住高度混杂。这些因素使得城市居民的出行距离较短,对机动化的依赖程度在50%以下。目前,虽然一些大城市虽然开始了走边缘集团与卫星城镇发展的道路,但由于这些地区服务功能不完善,而且交通基础设施建设滞后于城市的发展,难以满足城市空间结构和功能布局优化调整的需要,因此,人口与产业在市区聚集的状况并未发生根本改变(参见表1-6),城市居民出行距离也未出现大的增长,短距离出行仍占相当大的比例。所以说居民以自行车和步行作为主要出行方式,是与短距离的出行相适应的。

因此,城市发展和土地利用模式是中国城市道路混合交通一直存在的主要原因之一。

表 1-6 北京地区户籍人口在远郊地区和市区分布变化

	1992 年	2001 年
郊区	42%	40%
市区	58%	60%

(3) 城市经济发展对混合交通的影响分析

上个世纪,由于我国城市经济发展较晚,因而对城市基础设施建设投资严重不足,如在 20 世纪 80 年代初全国城市交通建设投资仅为 4.86 亿元人民币,还不到纽约一个市在 80 年代初用于交通投资的一半(5.9 亿美元)。到 80 年代中期,国家才加大了对城市内部交通的投资,投资额度有大幅度的上升,1996 年达到 228.9 亿元,占城市基础设施投资比例的 32.7%,占国民生产总值的比重为 0.31%,仍低于城市道路交通应占国民生产总值 1% 的要求。虽然“十五”期间加大了城市基础设施的投资力度,但是城市交通基础设施总量规模依然不足,公共交通(特别是轨道交通)底子薄,服务水平不高。而随着城市化、机动化进程的加快、经济的发展刺激交通需求急剧增长。交通供需矛盾依然存在,从而导致中国各个大城市交通拥堵现象日趋严重。因此,经济、快捷、便利的自行车仍然是人们短途出行的优选交通工具,这也是高度混合的交通在中国众多城市存在的原因之一。

1.1.3 我国混合交通未来发展趋势分析

随着社会和经济技术的快速发展,城市人口出行需求总量将持续增长,需求构成将多样性和复杂性,未来我国城市道路混合交通结构将呈现下述发展态势:

1. 公共交通将得到优先发展

建设部《关于优先发展城市公共交通的意见》之后,国务院总理温家宝等中央领导分别做出重要批示,要求优先发展城市公共交通。其后,国务院办公厅于 2005 年正式颁布《国务院办公厅转发建设部等部门关于优先发展城市公共交通意见的通知》(国办发 46 号),它进一步明确了“公交优先”的基本国策,正如温家宝总理所批示的“优先发展城市公共交通是符合中国实际的城市发展和交通发展的正确战略思想”。

根据中央的精神,全国众多城市都将建设以公共交通运输为主导的

城市交通运输体系作为城市交通发展战略的一项重要任务,并将从体制、机制、政策和运行上进行整体规划、建设、运营和管理。如北京提出了建设以公共运输为主导的综合运输体系的战略任务,公交出行将大幅提高;武汉有关人士提出了市内应该形成以快速轨道交通为骨干、常规公共交通为主体的综合交通体系。

轨道交通是一种大容量的公共交通,表 1-3 数据显示当城市居民人均 GDP 在 2 000 美元以上时,就是城市轨道交通大力发展时期。据相关资料报道,目前我国人口过百万的城市已有 30 多个,城市居民年人均 GDP 超过 2 000 美元的城市至少有 56 个。这些城市中的大多数将轨道交通列入发展规划,以解决交通拥堵问题,提升城市现代化水平。如 2006 年计划建设中的城市轨道交通的总投资将达到 5 000 亿元左右,北京、上海、广州正以每年 40km 的速度建设轨道交通。除里程增加以外,轨道交通也由地铁一种形式向轻轨、磁悬浮等多种形式发展。

2. 汽车工业迅速发展,但小汽车交通的增长将受到控制

随着居民收入水平的提高,居民对出行方便、快捷与舒适的要求也不断提高,而且在汽车工业大力发展的经济环境下,居民出行机动化趋势将继续上升。据国务院发展研究中心预测,中国汽车保有量在 2010 年达到 5 669 万辆,2020 年达到 13 103 万辆;2010 年城市居民出行结构中小汽车达到 10%~15% 左右。小汽车出行需求将受到引导,小汽车出行量在一些城市中心地区得到适当的控制。

3. 自行车出行比例逐渐降低,但仍保持一定比例

一些大城市提出了多中心的城市空间新格局,但是一些大城市的发展历史表明,实施城市空间发展转移、功能疏散和布局调整是一项十分艰巨的任务,需要相当长的时间。这意味着虽然长距离出行比例不断提高,自行车比例逐渐减小,但是短距离出行依然大量存在,自行车交通量在城市道路客运交通总量中将继续占据相当比例。如 2004 年制订的北京市交通发展纲要,提出了近期的交通发展战略方案,几个选择方案中自行车在出行中所占的比例范围为 16%~19%,说明今后一段时间自行车仍是城市居民的主要出行方式,具体参见表 1-7。

表 1-7 北京市未来几年战略方案

	2000 年	方案一	方案二	方案三
小汽车	21%	44%	23%	25%
公共交通	32%	35%	55%	50%
自行车	43%	18%	16%	19%
出租车	4%	4%	6%	6%
合计	100%	100%	100%	100%

资料来源:北京市交通发展纲要,2004。

4. 我国城市混合交通流现象将继续存在,多种交通方式协调发展

每种交通方式都有其独特的优势,有最佳适用条件。针对未来多样性和复杂性的交通需求,今后我国城市交通将实现公共客运交通、自行车交通、步行交通和小汽车交通等多种交通运输方式协调发展,形成多方式和多层次出行服务系统。

1.2 信号交叉口混合交通微观仿真概念

1.2.1 系统仿真的概念

系统仿真是近半个世纪以来发展起来的一门综合性的学科,它与各门技术学科、管理学科、经济学科以及社会学科都有紧密的联系,这正是系统仿真得到日益广泛应用的原因。

系统仿真中“系统”,是指有组织、有秩序地达到某种目的的有机结合体;而“仿真”,则根据国际标准组织(ISO)标准中《数据处理词汇》的解释,是指用另一个数据处理系统,主要是用硬件来全部或部分地模仿某一个数据处理系统,以至于模仿的系统能像被模仿的系统一样接受同样的数据,执行同样的程序,获得同样的结果。“系统”和“仿真”结合起来,就是指利用系统模型,借助计算机,对实际系统进行实验研究的方法。这里的系统模型,是系统的一种表示,是为了研究系统而开发的,是系统内在联系及它与外界关系的一种较全面的、准确的描述。

系统仿真的目的就是要对现有的系统或未来系统的行为进行再现或预测。如交叉口管理控制方案效果分析,在实际系统中进行难度较大,而运用仿真技术,则可以通过控制交通实验环境、输入不同参数,得到不同