

内 容 提 要

本书系统介绍了城市动态交通流分配理论与方法方面的国内外前沿课题与最新研究成果,集成了包括作者近期成果在内的先进模型和求解算法。本书力求用定量分析的方法建立相关数学模型和设计求解算法,以便为智能交通系统中的交通诱导提供必要的、可靠的理论基础。本书系统地介绍了动态交通流分配的理论及各种不同的研究方法,重点介绍了道路交通流模型与网络交通流理论相结合的动态交通流方法和模型,并设计了有效的求解算法。其主要内容是运用变分不等式这一新的数学工具来描述城市动态交通流最优分配问题,并通过设计合理的求解算法以用来解决实际交通问题。

本书可作为大专院校交通运输规划与管理、交通信息工程及控制、智能交通、城市交通工程等专业的研究生教材和高年级本科生选修教材,也可供政府的交通管理部门、智能交通系统研究与开发部门的技术人员参考。

内 容 提 要

书 名:城市动态交通流分配模型与算法

著 者:高自友 任华玲

责任编辑:蔡培荣

出版发行:

地 址:(100029)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 猿号

网 址:<http://www.ces.com.cn>

销售电话:(010) 64410650, 64410651, 64410652

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销 处:各地新华书店

印 刷:

开 本:小 16 开

印 张: 8

字 数: 200 千字

版 次: 2005 年 1 月第 1 版

印 次: 2005 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-301-05111-1

印 数: 1000 册

定 价: 20.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

城市交通系统是承载人类活动的基本构件之一,是城市繁荣、有序和高速发展的主要支撑条件。然而,现代城市在快速发展过程中遇到了日益严重的交通问题,不但严重影响了城市的经济建设和运行效率,也给人们的生活和工作带来了种种不便与损害,已经成为制约城市可持续发展的主要瓶颈。交通拥堵及其伴生的交通环境污染、交通安全和交通能耗等问题已引起社会各界的广泛关注。

智能交通系统(简称ITS)或智能车辆道路系统(简称IVHS),将先进的检测、通信、控制、计算机技术、交通科学和交通工程学综合应用于汽车和道路系统,形成一个令人、车、路及交通环境都“聪明”起来的系统,能最大限度地发挥现有交通基础设施的潜力,缓解拥堵、保护环境、改进安全、降低能耗、提高效率,被认为是本世纪解决交通问题最重要的措施之一。对城市来说,将空中的卫星、地面的总控中心、路口的检测设备、车内的计算机及道路上的控制系统等,连接起来形成一个立体的全方位交通系统,出行者只要在车载计算机上输入起终点,就可以实时地得到最佳行驶路线等等。欧美日等国家和地区为此投入了大量的人力、物力和财力,研制出的初级系统或子系统在应用上已经显示出非常卓越的品质。

美国交通部(DOT) 1991年启动的 IVHS 包含 7 个方面,即先进的交通管理系统、先进的出行信息系统、先进的车辆控制系统、商用车辆运作、先进的公交系统、先进的乡村交通系统。围绕发展 IVHS 美国已形成相应的产业,以发表 IVHS 相关研究成果为主的国际刊物也已经有多种。

ITS 涉及许多技术领域,但其理论体系的核心之一是动态交通分配模型及算法。实现向车辆提供实时、最优的交通信息,并诱导交通流,取决于该模型的正确设计和运行,因此在国际上受到了空前的重视。自 20 世纪 80 年代以来,各国学者纷纷对这一热点问题进行了研究,在理论与应用方面已取得了不少有效的研究成果。到目前为止,借助于计算机模拟方法、数学规划方法、最优控制理论方法以及变分不等式、互补问题和不动点理论等方法已建立了多种城市交通的动态交通流分配模型。国际上最为著名的管理、运筹以及交通运输等方面的各种学术权威刊物上都不

员

断有探讨动态交通流分配理论与方法的好文章发表,如《[清华大学学报](#)》、《[北京交通大学学报](#)》、《[北京理工大学学报](#)》和《[北京航空航天大学学报](#)》等。为推动动态交通配流方面的科学研究,有关学者和专家还纷纷撰写书籍,如 [袁和](#) 和 [月](#) 的《[北京交通规划与建设](#)》、[袁](#) 的《[北京交通规划与建设](#)》(袁),以及 [悦](#) 的《[北京交通规划与建设](#)》(袁)等。

城市动态交通分配模型要考虑时变的 [需求](#)、时变的交通条件下的交通行为,这样的模型显然是极其复杂的,但由于其对 [中的](#) 动态路径诱导的直接作用,相关研究具有非常重要的意义。

我国 [的现实市场](#) 已初现端倪,潜在市场蕴含丰富,北京市已经建立了比较完善的综合信息网络系统、交通指挥调度系统、交通执法系统和办公自动化系统。广州市的公交信息主平台、公交车定位调度管理和停车诱导等项目也正在紧锣密鼓地筹建或建设之中。与此同时,上海、重庆、济南、深圳、青岛等城市也都在发展有自己城市特点的 [项目](#)。

近年来,虽然我国在 [的应用](#) 方面发展迅速,但是“重技术、轻科学”和“重硬件、轻软件”的现象仍然普遍存在。交通科学的研究大大滞后于交通工程的进展,科学性预研的投入在交通建设中的比例微乎其微,造成的后果是交通理论成果难以指导交通实践。虽然目前我国在 [的应用](#) 实施上投入了大量的资金和力量,但城市的交通拥堵现象却仍不时发生,交通安全、交通污染与交通能耗等问题还是没能得到有效的缓解。一些投资巨大的技术设备并没能发挥其应有的作用。如北京市从 [年](#) 开始在二环和三环路上安装了 [台](#) 远程交通微波传感器([简称](#) [云](#)),用于采集交通实时数据,每 [分钟](#) 一个采样周期, [云](#) 实时向交通指挥中心传输检测断面的流量、速度和占有率数据,使得北京市交通管理部门每天能够实时获取海量的交通数据。然而由于交管部门缺乏对动态交通流数据进行实时处理和进行数据挖掘的有效手段,导致目前北京市城市道路中的可变信息显示系统([简称](#) [云](#))一般只能提供静态交通信息,还不能提供城市动态交通的预测信息,更无法实现科学的交通诱导,使投资巨大的 [云](#) 和 [云](#) 的作用没能得到有效的充分利用。究其原因,当然是多方面的,但从理论与方法上看,主要是因为对动态实时交通流的预测和估计方面的理论与方法缺乏深入的研究。因此深入开展城市动态交通配流理论与方法的研究,不但可以从科学角度加深人们对交通网络复杂系统运行机理的了解,而且又可以从实践角度为交通预测和诱导提供理论支持,

在理论和实践两方面都有重要的意义和价值。

以上的内部与外部环境共同决定了研究和发展城市动态交通流分配系统的重要性和必要性,同时提高我国的发展和效率也迫切需要一大批精通各种现代交通流理论与方法,深谙现代交通系统特性和运行规律的人才。然而,目前我国还没有一本系统讲述城市动态交通流分配问题的理论和方法方面的书籍,所以亟需一本全面系统地介绍城市动态交通配流理论和方法方面的参考书籍,以便能为指导交通实践在理论上提供决策参考。

本书在介绍数学规划方法、最优控制理论以及变分不等式等问题的基础上,主要阐述了用变分不等式这一新的数学工具来描述动态出行选择问题的各种城市交通流分配模型及其应用。相比国内外同类书籍而言,本书的主要特点是:系统地介绍了动态交通流分配的理论及各种不同的研究方法,重点介绍了道路交通流模型与网络交通配流理论相结合的动态交通配流方法和模型,并设计了有效的求解算法。

本书的结构如下:第1章讲述了动态交通系统的定义、特征以及城市动态交通系统的发展现状和未来研究趋势等;第2章介绍了本书所用到的最优化理论、最优控制理论和变分不等式问题等;第3章列举了城市动态交通配流模型所涉及的基本概念和所要考虑的各种约束,以及动态交通配流的几种原则;第4章介绍了现有的城市动态交通配流的数学规划模型及求解算法;第5章介绍了三种常见的城市动态交通配流的最优控制模型及求解算法;第6章给出了最基本的城市动态交通用户最优配流的变分不等式模型及求解算法;第7章是第6章的推广,分别考虑有路段能力限制和出发时间选择的情况,并给出了相应的城市动态交通配流模型和求解算法;第8章是城市动态交通配流模型在公交网络市场占有率问题和公交网络设计方面的应用,分别建立了双层规划模型并设计了基于混沌优化的求解算法;第9章介绍了用道路宏观仿真模型估计交通网络上的阻抗的方法,在此基础上,分别介绍了基于元胞传输模型(CTM)的变分不等式模型和弹性需求条件下的基于CTM模型的变分不等式模型;第10章借助于排队论模型和排队延误原理,设计了适用于动态交通配流的显式动态路段出行阻抗函数表达式,建立了基于排队论模型的一密关系模型的变分不等式模型;第11章介绍了城市动态交通配流模型发展和应用的若干问题,包括相关的数据要求和应用实施问题等。

本书系统地论述了城市动态交通流分配模型的建立及其求解算法,不仅

猿

在理论研究上具有重要价值,而且可以为实际城市交通问题的解决提供有力的理论支持,可以作为大专院校交通运输规划与管理、交通信息工程及控制、智能交通、城市交通工程等专业的研究生教材和高年级本科生选修教材,也可供政府的交通管理部门、科研研究与开发部门的技术人员参考。

本书的内容一部分取自当前已较为成熟以及最新的研究成果,作者对这些成果进行了系统总结,更多的内容主要取自作者近年来的研究成果。在撰写本书时,作者亦查阅了大量的国内外相关文献,力求做到内容新颖,取材丰富。

本书中有关科研工作的完成得益于国家杰出青年科学基金项目(9406000)、国家自然科学基金项目(9474000)、北京市自然科学基金项目(9406000)及高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划项目(9406000年)的大力资助。本书的出版得益于交通部对普通高校交通类学科(专业)学术著作出版的资助,谨此致谢。

本书的完成还得益于与国内外同行专家的广泛学术交流与探讨,特别得到了北京航空航天大学黄海军教授、香港科技大学杨海(再霖早匀)教授和罗康锦(蕴霖匀运)博士、香港理工大学林兴强(蕴霖匀运)教授及香港大学黄仕进(宰燥早杂悦)博士的大力支持与帮助,写作过程中还得到了北京交通大学张国伍教授、孙全欣教授、刘军教授和毛保华教授的大力支持,在此表示诚挚的感谢。北京交通大学系统科学研究所的连爱萍博士和任伟硕士对本书的部分内容做了大量有益的工作,在此一并表示感谢。

作 者

圆年 月于北京

目 录

MULU

第 1 章 绪论	1
1.1 智能交通系统的概念与研究背景	1
1.2 城市交通配流模型的意义与特征	15
1.3 城市动态交通配流理论的发展现状与趋势	18
1.4 城市动态交通分析的展望	20
1.5 本书的结构	21
1.6 小结	22
第 2 章 最优化与最优控制问题	23
2.1 最优化基本概念	23
2.2 线性规划	27
2.3 非线性规划	32
2.4 双层规划	35
2.5 变分法的基本概念	39
2.6 最优控制基本理论	42
2.7 连续最优控制问题	47
2.8 离散最优控制问题	52
2.9 最优控制问题的求解	55
2.10 小结	58
第 3 章 变分不等式问题	60
3.1 变分不等式及其相关的数学问题	60
3.2 变分不等式问题解的存在性和唯一性	65
3.3 求解算法介绍	68
3.4 小结	72
第 4 章 动态交通网络约束条件及配流原则	75
4.1 符号与定义	75
4.2 阻抗的概念	79
4.3 基本约束	80
4.4 非负约束	83
4.5 流量守恒约束	85
4.6 先进先出问题	88

第 1 章 流量传播约束	1
第 2 章 路段能力限制约束问题	15
第 3 章 动态交通网络配流原则	25
第 4 章 小结	35
第 5 章 动态路径选择的数学规划模型	45
第 5.1 节 介绍	45
第 5.2 节 模型的推导	55
第 5.3 节 最优性条件	65
第 5.4 节 模型的求解情况	75
第 5.5 节 本章附录	85
第 5.6 节 小结	95
第 6 章 动态路径选择的最优控制模型	105
第 6.1 节 动态交通网络约束	105
第 6.2 节 动态交通系统最优控制模型	115
第 6.3 节 动态交通用户最优控制模型	125
第 6.4 节 随机动态交通用户最优控制模型	135
第 6.5 节 小结	145
第 7 章 动态路径选择的变分不等式模型	155
第 7.1 节 概述	155
第 7.2 节 瞬时网络状态的定义	165
第 7.3 节 动态交通网络约束条件	175
第 7.4 节 基于瞬时路径阻抗的模型	185
第 7.5 节 基于瞬时路段阻抗的模型	195
第 7.6 节 求解算法设计	205
第 7.7 节 数值实验	215
第 7.8 节 小结	225
第 8 章 带有路段能力限制的网络的配流模型	235
第 8.1 节 概述	235
第 8.2 节 路段能力限制的约束	245
第 8.3 节 带有路段能力限制的动态路径选择模型	255
第 8.4 节 求解算法	265
第 8.5 节 数值算例	275
第 8.6 节 路段能力限制模型的进一步推广应用	285
第 8.7 节 小结	295

第 4 章 摇出发时间和路径选择的组合问题的配流模型	45
4.1 摇概述	45
4.2 摇新增的变量和约束	46
4.3 摇出发时间与动态路径选择的双层问题模型	48
4.4 摇求解算法	49
4.5 摇小结	50
第 5 章 摇城市动态交通系统中市场占有率问题	51
5.1 摇系统介绍及研究背景	51
5.2 摇假设条件及相关约束	52
5.3 摇下层问题	53
5.4 摇上层问题	54
5.5 摇双层规划模型	55
5.6 摇求解算法	56
5.7 摇小结	57
第 6 章 摇城市动态公交网络设计问题	58
6.1 摇概述	58
6.2 摇城市公交网络描述	59
6.3 摇相关符号及约束	60
6.4 摇城市动态公交网络设计的双层规划模型	61
6.5 摇求解算法设计	62
6.6 摇数值实验	63
6.7 摇基于时刻表的动态公交配流方法的其他应用	64
6.8 摇小结	65
第 7 章 摇基于排队模型的配流问题	66
7.1 摇概述	66
7.2 摇符号及定义	67
7.3 摇元胞传输模型	68
7.4 摇动态用户最优的问题	69
7.5 摇实际路径阻抗的计算	70
7.6 摇先进先出条件	71
7.7 摇基于交替方向法的求解算法	72
7.8 摇算例分析	73
7.9 摇模型的展望	74
7.10 摇小结	75

第 1 章 基于 M/M/1 模型的弹性需求条件下的网络配流问题	1
1.1 概述	1
1.2 符号及定义	2
1.3 弹性需求条件下的出发时间和路径选择的网络模型	3
1.4 解的存在性和唯一性	4
1.5 先进先出条件	4
1.6 基于投影算法的求解算法	5
1.7 数值算例	6
1.8 小结	6
第 2 章 基于 M/M/1 模型与速度-密度关系模型的网络配流问题	7
2.1 概述	7
2.2 动态交通网络约束	8
2.3 基于 M/M/1 模型与速度-密度关系模型的路段阻抗计算	9
2.4 基于瞬时路段阻抗的网络配流模型	10
2.5 求解算法设计	10
2.6 小结	10
第 3 章 数据要求及应用实施问题	11
3.1 数据要求	11
3.2 应用实施问题	12
3.3 将来的研究工作	12
3.4 小结	12
附录 A 数学基础知识	13
A.1 变量和矩阵	13
A.2 矩阵运算和范数定义	14
A.3 函数的基本性质	15
A.4 凸集、凸函数及函数的单调性	16
A.5 小结	16
附录 B 道路交通流理论模型	17
B.1 道路交通流理论模型的研究进展概述	17
B.2 道路交通流的基本特征	18
B.3 现有道路交通流理论模型简介与评述	19
B.4 道路交通流理论模型的发展趋势	20
B.5 小结	20
参考文献	21



第 1 章 绪论

1.1 智能交通系统的概念与研究背景

1.1.1 智能交通系统的研究背景

随着社会经济的发展,交通拥堵、交通事故、环境污染和能源短缺等交通相关问题已成为世界各国面临的共同问题,无论是发达国家,还是发展中国家,都毫无例外地承受着不断加剧的交通问题的困扰,交通问题已成为世界各地城市,尤其是大城市的首要问题之一。尽管各国政府在道路建设上均投入了大量资金,城市及其周围修建了大量的交通设施,但是交通拥堵状况在全世界许多国家仍然十分严重,已经成为非常突出的世界性难题。美国得克萨斯运输研究所对美国 10 个主要城市的研究表明,美国道路堵塞问题十分严重,一年平均每人堵塞在公路上的时间高达 100 小时(以 1990 年计)。交通堵塞不但使出行者浪费时间,而且造成交通事故、增加燃油浪费和环境污染等。如果折合货币单位,那么美国每年因交通堵塞而造成的经济损失将以千亿美元计。

在日本,交通拥堵现象日趋严重。仅东京圈严重拥堵地点就达 100 处,在东京高速道路拥堵严重的路段,其拥堵时间长达 1 小时,拥挤长度达 10 公里。东京每年因交通拥挤造成的交通时间损失价值约为 1000 亿日元。日本东京都的专业运输成本 1995 年和 1994 年相比,年度成本增加 100 亿日元,这主要是由于交通拥堵的加剧、货车每日行驶距离缩短、成本上升造成的。

在欧洲,交通环境也在不断恶化。英国实施了鼓励民间进行道路建



设和经营的政策。伦敦确立了红色路线(通过禁止路边停车等交通规则来缓解交通拥堵)等。此外,在法国则采取了建设完善巴黎的环状线,改善公共交通等对策。德国也在采取强化高速道路网等措施。但这些仍无法缓解社会经济发展对交通运输系统的需求(陆化普 1994)。

随着我国国民经济的高速发展和城市化进程的加快,城市机动车拥有量及各种交通需求量急剧增加,大城市交通负荷不断增长。1982年,北京市区干道交通负荷平均年递增1.5%,1985年,市区干道负荷递增猛升到1.5%。市区交通干道饱和程度达1.5%的水平。交通拥堵造成高峰时期机动车辆行驶速度普遍降低,车速十分缓慢。高峰时间段的公共汽车运行时速,1985年中国城市一般仅有1.5公里。据1985年10月调查表明,北京市区1.5条主要干道的机动车时速已降至1.5公里,其中东单北大街时速只有1.5公里。交通拥堵导致交通运输效率持续下降,浪费了大量运力,增加了能耗。上海1985年公交营运里程损失达1.5万公里,日均损失里程比1984年增加1.5%。1985年全国因交通拥堵导致的经济损失约为1.5亿元,约占国民生产总值的1.5%。

我国城市环境污染中汽车排放的污染明显高于发达国家,这主要有以下三个原因。一是国产车设计水平起点较低,如一氧化碳和碳氢化合物等排放量设计标准比美国生产的高1.5多倍;二是交通拥堵,增加了能耗和污染物排放量。研究表明,当汽车的时速从1.5公里降到1.5公里时,燃料消耗量增加1.5倍,环境负荷增加1.5-1.5倍;三是汽车尾气排放标准低、监管不力等。我国对运行轿车的废气允许排放标准低,如排放一氧化碳较美国多1.5倍,碳氢化合物多1.5倍,氮氧化物多1.5倍(李捷萍 1994)。

城市交通中另一重大问题是交通安全问题。在城市尤其是大城市机动车数量急剧增加,快速以及不受轨道束缚的自由度导致发生大量的交通事故。仅1985年我国就有交通事故报告1.5万起,造成1.5万人死亡,1.5万人受伤,直接经济损失高达1.5亿元。

以上所有交通问题的现状说明,现代的交通状况已经对人类生命、财产和生存环境构成了威胁,交通问题成为世界各国城市面临的极其严重的“城市病”之一,已成为城市可持续发展的主要瓶颈。解决城市交通问题的传统办法是修建道路,但无论是哪个国家的大城市,可供修建道路的空间都越来越小。国内外多年来的实践也证明,单纯靠改善交通设施来解决城市交通问题,不仅成本昂贵,而且效果有限。我国在这方面表现得尤为突出,上海市1985年的实测资料表明,在交通高峰期,市中心的平均

车速仅为 5 公里/小时,最低车速为 3 公里/小时,即低于正常步行速度。虽然近 20 年来大规模的交通建设使情况有所改变,但由于缺乏先进的交通科学理论为指导,仍不时出现“交通工程的遗憾”,交通拥堵依旧严重,作为快速干道的高架路常常成为“高架停车场”。由于缺乏科学的规划和管理,现有的一些交通资源又未获充分利用。例如,北京四环路设计通行能力为每车道 1.5 万辆/小时机动车,而实际通行的车辆仅为 1 万辆/小时!即使如此,仍经常发生交通拥堵。除了修建必要的道路网以外,人们还尝试了很多新的方法来解决,例如,改进道路信号控制,采用道路可变信号,在交通高峰期通过道路改线增加进出车道,而在大城市则成立交通控制中心来监控与显示公路网络的全部交通情况,这在一定程度上缓解了交通拥堵状况。可是在许多地方,这些方法实施的规划是针对预先建立的日常重复的交通模式而制定的,并不能对交通拥堵实际状况做出动态反应,也不能根据具体情况迅速改变交通处理准则。

为了解决“交通难”问题,发达国家投入巨资,吸引了大批力学、物理学、非线性科学和系统科学等领域的科学家进行交通科学的基础研究,采用了高科技投入与多学科领域专家合作研究相结合的办法,研制、构建与其国情相适应的科学的交通系统。例如美国在 20 世纪 70 年代后研究的智能交通系统(Advanced Traffic Management System,简称 ATIS),德国启用的高级运输信息与管理系统等。其中,现代交通流科学的研究发挥了重大作用。我国近年来增强了对交通研究的投入,但始终存在着“重技术,轻科学”、“重硬件,轻软件”的倾向,交通科学的研究严重滞后于交通工程的进展,科学性预研的投入在交通建设中的比例微乎其微。我国正在实施经济大发展,因此建设现代化交通运输系统和交通信息管理系统已成为当务之急。

总而言之,城市交通系统是一个复杂的大系统,单独从车辆方面考虑或单独从道路方面考虑,都很难完美解决城市交通问题。在此背景下,把交通参与者、车辆和道路系统综合起来研究,并应用各种高新技术来系统地解决城市交通问题的思想就应运而生了,这就是智能交通系统产生的动机。同样,对于智能交通系统的研究也就伴随着社会经济发展对交通运输系统的要求而全面展开了。

4.1 智能交通系统的概念与特征

交通运输系统是否现代化、交通管理手段是否先进,是衡量一个国家猿



现代化程度的重要标志之一。例如，~~19~~世纪~~80~~年代，美国和德国每年在交通和通信上的耗费已经分别占国民生产总值的~~1.5%~~和~~1.7%~~。就一个城市来说，交通是否保持畅通，对其经济繁荣、市民生活水平甚至国际声誉都有着至关重要的影响。仅以奥运会为例，~~1996~~年奥运会举办城市——亚特兰大市正是因为交通堵塞频繁出现的状况，形象大损；与之相反，~~1992~~年悉尼奥运会的成功举办，前奥运会主席萨马兰奇指出交通通畅是其成功的重要因素。北京的交通情况比悉尼复杂得多，~~1990~~年北京奥运会要成功举办，交通问题是必须考虑和关注的热点问题之一。

交通问题与全球关注的环境问题密切相关。目前世界十大污染最严重的城市中，我国就占七个。大气污染主要有悬浮颗粒物、~~氮~~、~~臭氧~~等气体。城市交通工具是这些污染物的主要排放源之一，其排放量在有的城市已超过了工业排放对大气的污染。由于交通拥堵，汽车怠车状态所释放的废气是行车时的~~几~~倍以上，更加剧了这种污染。由于机动车排污是低空排放，对人体健康的危害更大。因此，美国已经提出，交通部门制定计划时，必须受“清洁空气法案”和“地面允许运输及效率法案”的严格限制。

交通系统具有复杂性、动态性和随机性等特点。由于各国国情不同，交通系统的特点也不尽相同。多年来，国内外的实践证明，如果缺乏先进的理论指导，单纯依靠修建道路设施和采用传统的管理方式来解决交通问题，不仅成本昂贵，环境污染严重，且缓解交通拥堵等问题的效果也有限。我国在这方面的表现尤为突出，近几年来城市内部交通建设使情况有所改善，但交通仍不时发生堵塞，而且现有的一些交通资源又未获得充分利用。为了实现公路和城市交通的畅通，发达国家分别采用了高科技投入与多学科领域专家合作研究相结合的办法，设计建造与其国情相适应的科学的交通系统。例如美国在~~20~~世纪~~80~~年代后研究的智能交通系统，德国启用的先进的出行者信息系统与先进的交通管理系统（~~智能交通系统~~，简称~~ITS~~）等。我国已成为~~ITS~~的正式成员，正面临经济大发展，改善运输系统和建立先进的交通信息管理系统的任务迫在眉睫（唐孝威等，~~1998~~）。

智能交通系统或智能车辆道路系统（~~智能交通系统~~，简称~~ITS~~）是将先进的检测、通信、控制和计算机、系统集成技术和交通科学与工程等多学科技术有效地综合应用于车辆和道路系统，形成一个令人、车和路都聪明起来的系统，能最大限度地发挥现有交通基础设施的潜力，提高运输源

效率 改进交通安全 缓解拥堵 节约能源 保护环境 使社会能够高效地使用现有交通设施 从而获得巨大的社会效益 因此被认为是本世纪解决交通问题最重要的措施之一。对城市来说 将空中的卫星、地面的总控中心、路口的检测设备、车内的计算机 连接起来形成一个立体的全方位交通系统 出行者只要在车载计算机上输入起终点 就可以实时地得到最佳行驶路线。欧美日等国家和地区为此投入了大量的人力、物力和财力 研制出的初级系统或子系统在应用上已经显示出非常优越的品质。建立智能交通系统是交通运输系统实现现代化的一项重要举措 它能够促进社会经济环境的进一步优化 它是高科技发展的必然结果 也是信息化社会发展和世界经济必然要求 (黄海军等 1999)。

智能交通系统是由港、站、道路(包括铁路、公路、水路、航空线等)、运载工具(包括火车、汽车、轮船、飞机等)和运营管理等组成的一个复杂而庞大的系统 它是运用高科技手段解决当今交通运输问题(包括运输能力、运输效率、运输安全以及运输服务等)的新技术 是人工智能技术在交通运输系统中的应用。

一般来说 智能交通系统具有以下的基本特征(张国伍 1999) :

①智能交通系统的形成源于知识工程 通过知识工程进行科学、技术和方法论的综合 解决知识的获取、形式化和计算机实现。

②智能交通系统的功能至少应具有判断能力、推理能力和学习能力, 并应具有辅助决策的作用。

③智能交通系统的结构上应有机器感知、机器学习、机器识别和知识库、模型库等部分组成。

上述三点可以帮助判断一个交通运输系统是否符合智能交通系统中的“智能”要求, 一个智能交通系统应具有上述的基本特征。而仅具有管理信息系统(配控再算其他数据复杂编定, 简称配算)的特征, 或仅在运输组织管理环节上实现自动化, 如车辆自动收费系统等 还不能称其为智能交通系统。应该说 这些技术和组织措施实际上仅仅是进行信息采集、传输、统计、加工等作业 是管理信息系统 它是发展智能交通系统的基础 而不能称为智能交通系统。

摇摇摇摇智能交通系统研究的历史和现状

早在 20 世纪 50 年代 美国就开始进行 配算的先驱性研究 即电子路缘



径诱导系统(简称诱导系统),简称诱导系统的研究,这可以说是诱导系统的最早起源。在诱导系统研究的早期工作中,美国主要开展了车路系统的智能化研究,并将其称之为智能车辆道路系统(简称智能车辆道路系统);1980年,美国运输部成立了诱导系统组织;1985年,诱导系统更名为智能车辆道路系统。根据智能车辆道路系统发布的消息,1985年10月开始的美国国家诱导系统发展战略计划(简称诱导系统发展战略计划)已经完成,该计划是美国运输部与智能车辆道路系统合作的成果,代表了美国更新其诱导系统发展战略的第一步。目前美国已经在诱导系统的整体组织和规划,以及研究、开发、运作实验方面进行了大量的投资、部署,在电子收费、商业车辆运营等一些诱导系统的实际应用方面处于国际领先地位(陆化普,1994)。

欧洲从1985年开始涉足诱导系统的研究(杨兆升,1994)。由欧洲主要汽车公司发起的欧洲高效安全道路交通计划(简称欧洲高效安全道路交通计划)旨在以汽车为主体,利用先进的信息、通信与自动化技术等来改善运输系统,解决交通问题;由欧洲社团委员会(简称欧洲社团委员会)发起的欧洲汽车安全专用道路设施计划(简称欧洲汽车安全专用道路设施计划)主要涉及公路和交通控制技术的研究。在1985年末成立的欧洲道路运输通信信息实施协调组织(简称欧洲道路运输通信信息实施协调组织)作为民办的公共组织,负责监督和协调欧洲的诱导系统研究和实施。欧洲诱导系统研究的特点是:①在广泛的诱导系统交通领域都进行着研究与开发;②诱导系统发起组织的诱导系统研究着重技术的部署与评价,具有高度的研究连贯性,但是与实际的应用部署尚存在差距;③欧洲在公路上广泛部署了车辆专用电台,可以向用户提供声音或编码信息(由多种语言广播,可接收实时交通状况报告);④将公共交通视为重要的研究内容,公交优先和公交乘客信息系统已投入使用;⑤无论哪个国家或企业提出的交通信息系统方案,都可以在环境不同的10个国家分别进行现场实验。因此,必然具有可适应各种环境的技术及发展新技术的可能性。

20世纪80年代是日本研究诱导系统的初级阶段,日本最初正式投入的汽车综合控制系统(简称诱导系统)在20世纪80年代后半期,推动了以建设省为主导的路、车间通信系统诱导系统

()和以警察厅为主导的新汽车交通信息通信系统()两个项目。20世纪 80年代前半期,日本的智能交通系统走向了国际化,1985年 1月,成立了道路车辆智能化推进协会(),即现在的智能交通系统协会。日本的智能交通系统研究具有如下特点:①日本的运输咨询公司很少,大多数的智能交通系统项目均由实力雄厚的汽车、电子业的大公司或由政府机构承担;②政府和工业部门对智能交通系统研究的长期支持使得智能交通系统研究具有连贯性;③智能交通系统的研究成果直接面向市场,从而促进了诸如车辆导航系统等产品的快速开发与应用;④成立于1985年的智能交通系统是一个制定日本的智能交通系统发展策略、协调工业和公用部门、在制定智能交通系统标准方面产生国际影响的跨政府部门的组织,政府通过智能交通系统影响国内的智能交通系统研究走向;⑤目前日本在先进的交通管理系统()和先进的出行者信息系统()的实际部署方面处于国际领先地位(杨兆升,1998)。

近年来,世界性的智能交通系统年会每年举办一届,智能交通系统世界大会有力地推动了世界各国智能交通系统的研究与发展。但由于智能交通系统的研究、开发和应用的历史较短,目前的研究和开发活动仍主要集中在交通控制与管理、车辆路径诱导、道路交通信息服务、公共交通的智能化、自动收费、车辆的自动驾驶、道路交通管理的智能化以及车辆安全控制、定位等方面,同时完善道路交通基础设施,以形成科学高效地协调由人、车、路及交通环境组成的地面运输管理系统。目前智能交通系统的主要应用领域是城市道路交通和城市间的公路运输,主要目标是通过智能交通系统的研究开发,用系统的观点对待交通系统,使现在独自存在的车辆和道路设施及使用者能结合成一个整体协同作用,实现以道路交通为主的各交通运输子系统的组织管理的智能化。现阶段各国的智能交通系统研究与应用也基本上都是在各种交通方式系统内部进行的,但它终究要打破各种交通方式的界限,实现整个交通运输系统的智能化,并扩充到交通运输领域的规划、决策、建设、运营、管理和维护等整个运输过程,从而最终建立起一个智能型的综合交通运输体系。

智能交通系统是目前世界上所有国家正在大力发展和应用的现代化交通运输运作和管理系统,在我国的发展也经历了一个较长的理解和接受过程,并且现在已经进入了具体的研究和实施阶段。国家科学技术部已于1998



年 5 月批准成立了国家智能交通系统工程技术研究中心。国家交通部曾在“九五”期间提出“建立智能公路运输的工程研究中心”,国家科学技术部已经立项进行 智能的研究,国家建设与欧洲的 推进组织 联合建立了 计划,国家科学技术委员会于 年 5 月在北京举办了首届 研讨会,国家计划委员会在 年 5 月的科技立项会议中将 列为 个重点科研领域之一,并指出“ 近期的产业化重点是加快发展先进的交通管理系统(包括交通信号控制系统、交通诱导系统、交通监控系统、违章自动监测系统、城市公交自动化调度系统等)、道路交通信息及服务系统、高速公路通信监控系统及紧急事件处理和救援系统、不停车收费系统。对上述各系统,形成系统设计、设备制造、项目建设、系统运行管理的总体能力以及成套设备的规模化生产能力”(杨兆升 1996)。

在 21 世纪,我国可望成为世界的强国之一,这在很大程度上取决于自身的经济、政治和文化的发展以及人民生活水平的提高,而这种改变的一个关键的因素就是交通运输的发达和现代化交通管理的完善,拥有与经济发展和人口密度相适应的交通运输系统以及交通运输管理系统。为了顺利实现 2008 年的“科技奥运,绿色奥运”,国家科学技术部、北京市政府等联合推出的“奥运科技(2008)行动计划”,主要围绕 2 个方面进行攻关,包括奥运场馆建设、奥运安全保障、城市大气环境、水源和洁净能源、城市交通、信息通信技术以及运动科技。为了解决这些问题,确立了“北京市智能交通规划及实施研究”等 4 个重大项目进行集中实施。其中智能交通规划通过全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、管理信息系统(MIS)等高新技术的集成创新,重点开展城市智能交通系统、交通事件处理系统的规划与实施,在奥运村率先进行智能交通系统应用示范,建立北京智能化交通网络系统。所有这些都迫切要求我国要加速发展大城市的智能交通。

智能交通系统的组成

智能交通系统涉及许多技术领域,并且随着城市的发展和各种技术水平的提高,它所涉及的领域和所包含的内容还在不断地扩展。本节简单地介绍一下 的基本组成。美国交通部(1994)启动的 愿