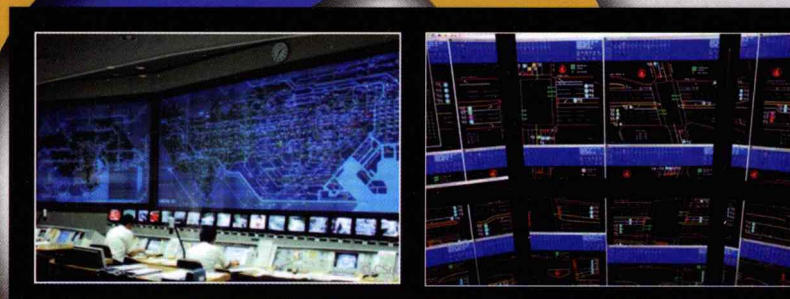


ITS

智能交通系统(ITS)系列丛书

城市道路交通系统智能 协同理论与实施方法

■ 杨兆升 著



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

智能交通系统(ITS)系列丛书

城市道路交通系统智能 协同理论与实施方法

■ 杨兆升 著



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

城市道路交通系统智能协同理论与实施方法/杨兆升著. —北京:中国铁道出版社,2009.1
(智能交通系统(ITS)系统丛书)
ISBN 978-7-113-09731-8

I. 城… II. 杨… III. 城市道路-交通运输管理-自动化系统 IV. U491.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 025146 号

智能交通系统(ITS)系列丛书
书 名: 城市道路交通系统智能协同理论与实施方法
作 者: 杨兆升

策划编辑:殷小燕
责任编辑:殷小燕 电话:010-51873147
封面设计:陈东山
责任校对:张玉华
责任印制:李 佳

印 刷:北京市彩桥印刷有限责任公司
版 次:2009年1月第1版 2009年1月第1次印刷
开 本:787 mm×960 mm 1/16 印张:12.75 字数:235千
印 数:1~3 000册
书 号:ISBN 978-7-113-09731-8/U·2448
定 价:25.00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,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170 路电(021)73170(发行部)
打击盗版举报电话:市电(010)63549504 路电(021)73187

内 容 简 介

城市道路交通系统智能协同理论与实施方法是智能交通系统(ITS)的核心研究领域,其理论也是智能运输系统的基础理论。城市道路交通系统智能协同理论主要通过城市交通控制系统(UTCS)、城市交通流诱导系统(UTFGS)等主要序参量协调和整合各种交通资源,通过良好的协作健全和完善整个交通系统,保证城市道路交通系统的运行效率。

本著作总结了作者近年来的科学研究成果,书中所提出的许多理论、模型及方法是智能交通系统理论研究的最新成果。该书主要包括:基于协同学理论的 UTCS 与 UTFGS 协同框架; UTCS 与 UTFGS 协同的信息分析与处理; UTCS 与 UTFGS 的协同模型研究; UTCS 与 UTFGS 的协同实施方法;突发事件下 UTCS 与 UTFGS 的协同管理; UTCS 与 UTFGS 的协同评价方法等。

本著作可作为交通运输工程类本科生和交通信息工程及控制、交通运输规划与管理、载运工具运用工程专业的硕士生、博士生及培训班参考用书。也可供从事智能运输系统、交通信息工程及控制、交通运输规划与管理等领域工作的科学研究人员和技术人员参考。

序

随着经济发展和技术进步，交通运输已经成为人们经济生活中不可缺少的重要组成部分。它对保证社会经济体系及日常生活的正常运转发挥着越来越大的作用。

近 20 年来，世界各国先后建立了四通八达的交通运输网络，但交通工具的增长速度远远高于道路和其他交通设施的增长，因此随之引起交通拥堵、环境污染、交通事故等一系列交通问题，也造成了巨大的物质与经济损失。这些情况表明，单纯依靠修建道路与交通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，而且其缓解交通拥堵、提高交通运输效果也是十分有限的。

为此早在 30 多年前人们就提出了智能交通系统的概念，但对智能交通系统或智能运输系统（ITS）进行系统的研究则始于 20 世纪 80 年代。ITS 是将驾驶员、交通工具和道路、环境三位一体来考虑。广义上 ITS 应包括交通系统的规划、设计、实施与运营的管理实现智能化；而狭义上 ITS 则主要是指交通运输管理和组织的智能化。其实质就是采用现代高新技术对传统的交通运输系统进行改造而形成一种新型现代交通系统。也即是说，ITS 就是将先进的信息技术、传感技术、数据通信技术、自动控制技术、运筹学、图像分析技术、计算机网络以及人工智能等有效地综合运用整个交通管理系统。在系统工程综合集成的总体思想指导下，建立起一种在大范围内全方位发挥作用的实时、准确、高效的运输综合体系。ITS 智能化的特征体现在：原理上是基于知识系统；系统功能上应至少具有判断能力、推理能力和学习能力，并应有辅助决策的作用；结构上应由机器感知、机器学习、机器识别及知识库等部分组成。

当然，ITS 并不意味着交通系统完全智能化。在组织或控制交通系统时，只是希望系统运行秩序化，即尽可能达到高度组织化的程度，利用计算机和其他设备部分地替代交通主体——人，完成部分预测、处理和决策。在交通系统管理中，更重要的还是人的参与。

ITS 的发展将推动交通运输进入信息时代，是 21 世纪现代化交通运输系统的发展方向。只有将“人和物的运载和运输”和“信息的运载和运输”融为一体，充分利用信息技术的最新成果，挖掘信息资源的最大潜力，才能大幅度提高运输效率和服务质量，满足日益增多的社会需要。


中国是当今世界交通基础设施建设发展最快的国家，但仍满足不了经济的快速发展和人民生活水平提高的要求，而且这一供需矛盾也日益突出。为此近十年来，我国也加速了 ITS 的研究，特别是国家在“九五”期间，原国家科委与十几个部委成立了全国智能运输系统协调指导小组及办公室，将全球定位系统 GPS（Global Positioning

System)、地理信息系统 GIS (Geographic Information System) 以及管理信息系统 MIS (Management Information System) 简称“3S” (GPS、GIS、MIS) 作为重点项目予以支持, 并初步启动了 ITS 体系框架和标准体系的研究; “十五”期间, 随着各项技术成熟与发展, ITS 应用已经成为社会的共识, 为此科学技术部将“智能交通系统关键技术开发和示范工程”列入“十五”国家科技攻关计划的重大项目。目前该项目已经全面启动, 首批确定了北京、上海、天津、重庆、广州、济南、青岛、杭州、深圳和中山 10 个城市作为智能交通试点示范城市。

我们相信, 随着现代高科技的飞速发展, ITS 必将在我国有着良好的发展前景与非常广泛的应用领域。它的成功定会对未来的生活起着不可估量的重要作用。

本丛书的作者都是长期从事 ITS 研究的第一线工作人员。我们期望本丛书的出版将有助于推动我国 ITS 事业的积极探索与健康发展。

中国科学院院士
中国工程院院士



2002 年 10 月 20 日

丛书前言

随着经济全球化与科学技术日新月异的发展，人类社会文明进入了一个快速发展的新时期。知识经济的兴起，信息时代的到来，使很多传统领域都面临着革命性的变革。交通运输作为社会经济生活的一个重要方面，对保证社会经济体系的正常运转发挥着越来越大的作用。改革开放以来，我国经济和社会得到了快速的发展，高效、快捷的交通系统已成为社会经济发展的有力保障。在深入学习贯彻党的十六大精神、全面建设小康社会、走新型工业化道路的新时期，如何实现信息化带动工业化，如何利用信息技术改造与提升传统的交通运输业成为一个必须面对的问题。我国政府在“十五”国民经济发展纲要中明确指出：“交通建设要统筹规划，合理安排，扩大网络，优化结构，完善系统，推进改革，建立健全畅通、安全、便捷的现代综合运输体系。”特别是要以“信息化、网络化为基础，加快智能型交通的发展”。

智能交通与运输系统是将计算机、通信等众多高新技术与传统交通运输融合的集成和应用，是集高新技术的研究开发、系统集成、产业化和推广应用为一体的系统工程，它涉及到国家和地方的诸多相关部门，其内容与广大人民群众切身利益直接相关。智能交通与运输系统技术的发展符合未来交通运输发展的方向，也将为我国高新技术产业的发展提供一个巨大的市场。因此在我国开展智能交通与运输系统的开发和应用，将对促进国民经济和社会的快速发展，增强国际竞争力有十分重要的意义。

2000年由科学技术部牵头成立了全国智能交通系统（ITS）协调指导小组及办公室。在国务院各有关部门的大力协同和配合下，地方政府及科研单位、院校、企业积极参与，经过不懈努力，取得了许多令人可喜的研究和建设成果，其中包括建立了国家级的智能交通系统工程技术研究中心，制定了中国智能交通发展战略和中国智能交通系统体系框架，一些城市编制了地方智能交通系统发展规划和体系框架，开发了各种智能交通应用系统，在某些关键技术和产品开发及产业化等方面也取得了令人瞩目的成绩。“十五”期间，科学技术部在国家科技攻关计划中设立了“智能交通系统关键技术开发和示范工程”项目，以及北京、上海、天津、重庆、广州、深圳、济南、青岛、杭州、中山等10个城市进行的试点示范工程等项目正在顺利实施。这些成绩得到了社会的广泛关注和认可，社会各界对通过智能交通系统建设、解决或缓解日益严重的交通问题寄予了厚望。

为了加快我国ITS的人才培养，提高ITS从业人员的专业素质，更好地促进我国ITS事业的快速、健康发展，在国内ITS领域有关专家的努力下将于2003年撰写智能交通系列丛书。

本套丛书涉及到与智能交通系统建设相关的体系框架原理与应用、标准体系原理与方法、评价技术、控制技术以及车辆定位、地理信息及智能交通系统研究文集等，是各位专家及作者努力攻关、积极思考和辛勤劳动的成果。在此，我谨代表科学技术部全国智能交通系统协调指导小组向参与丛书撰写的各位专家、学者表示衷心的感谢，希望大家的共同努力下，使中国 ITS 的研究和应用为国民经济和社会发展发挥更大的作用。

科学技术部秘书长



2002 年 12 月

前 言

城市交通信号控制系统 (Urban Traffic Control System, 简称 UTCS) 与城市交通流诱导系统 (Urban traffic Flow Guidance System, 简称 UTFGS) 是智能交通系统 (Intelligent Transportation Systems, 简称 ITS) 的核心研究内容, 是解决城市交通问题的两种主要有效手段。城市交通流的复杂性和 ITS 子系统的关联性决定了孤立的 UTCS 和 UTFGS 将很难有所作为, 独立的 UTCS 和 UTFGS 对交通流进行管理更为困难。本著作从学术意义和实用价值并重的角度出发, 论述了城市交通流诱导系统与交通信号控制系统协同理论与模型, 并构筑了适合我国国情的 UTCS 与 UTFGS 协同实施方法。

UTCS 与 UTFGS 作为役使城市交通流有序化的序参量, 受到城市交通流自组织性的制约。根据现代城市交通流的特征和 UTCS 与 UTFGS 的关联关系, 本书作者从 ITS 子系统功能整合与互补的思路出发, 构建 UTCS 与 UTFGS 协同的体系结构和并确定了两者协同的主要研究内容。

UTCS 与 UTFGS 作为是智能交通系统的核心研究领域, 本著作主要论述了 UTCS 与 UTFGS 协同的框架、信息分析与处理、模型及实施方法。不仅在学术上进行深入研究, 而且还特别注重方法的实用性。其主要内容如下: (1) 从 UTCS 和 UTFGS 系统运行机理出发, 分析了 UTCS 与 UTFGS 协同的理论基础与两者之间的关联; (2) 对城市交通流系统特征进行分析, 构建了 UTCS 与 UTFGS 协同的模式与体系结构; (3) 从 UTCS 与 UTFGS 信息分析着手, 采用交通流有序度分析法建立城市交通流系统的序参量方程; (4) 在 UTCS 与 UTFGS 的协同模型研究方面, 建立了准系统最优协同模型、双目标标准均衡分配模型等 4 类模型; (5) 将 Multi-Agent 引入 UTCS 与 UTFGS 协同实施方法中, 采用“递阶集散”构建了 UTCS 与 UTFGS 协同实施框架; (6) 针对突发事件, 建立了突发事件下特种救援车最佳路径诱导与信号优先控制策略; (7) 通过多种评价方法对比分析, 建立了 UTCS 与 UTFGS 协同模糊综合评价模型。

本著作根据作者本人主持的国家 863 课题《基于多源实时交通数据的城市道路交通状态预测技术研发》、国家自然科学基金项目《城市交通流系统协同理论与控制方法研究》、教育部 973 预研项目《城市交通系统智能协同理论、模型及其实现》

及高校博士学科点基金项目《城市混合交通控制系统和交通流诱导系统协同运作机理方法研究》等研究成果综合整理而成。承蒙课题组全体成员，特别是于德新副教授、保丽霞博士、卢守峰博士、陈昕博士、于悦博士、李善梅硕士和刘新杰硕士等人参加编写。于德新副教授、龚博文博士协助杨兆升教授作了统稿工作，在此一并表示衷心感谢！

我国城市道路交通系统智能协同理论与实施方法的研究还刚刚起步，尽管本著作所阐述的理论、模型和方法有所突破，但还有待进一步深入研究。由于作者水平有限，难免有疏漏之处，敬请读者批评指正。

杨兆升

2008年于吉林大学



第 1 章 绪 论	1
1.1 UTCS 与 UTFGS 协同的研究背景	1
1.2 UTCS 和 UTFGS 系统运行机理	3
1.3 UTCS 与 UTFGS 协同的理论基础与关联分析	6
1.4 国内外 UTCS 与 UTFGS 协同理论研究综述	11
1.5 实现协同存在的主要问题及本书结构.....	18
1.6 本章小结.....	20
第 2 章 基于协同学理论的 UTCS 与 UTFGS 协同框架	21
2.1 协同学理论概述	21
2.2 城市交通流的自组织性及交通管理的作用.....	25
2.3 UTCS 与 UTFGS 协同的模式与体系结构.....	32
2.4 本章小结.....	35
第 3 章 UTCS 与 UTFGS 协同的信息分析与处理	36
3.1 UTCS 与 UTFGS 信息分析.....	36
3.2 动态交通信息采集与处理.....	38
3.3 交通状态判别算法.....	48
3.4 交通流有序度分析法.....	51
3.5 本章小结.....	62
第 4 章 UTCS 与 UTFGS 的协同模型研究	63
4.1 UTCS 与 UTFGS 的准系统最优协同模型研究	63
4.2 UTCS 与 UTFGS 的双目标均衡分配模型研究	79
4.3 信号控制与 VMS 路径诱导的协同模型研究	89
4.4 信号控制与车载路径诱导的协同模型研究	105
4.5 本章小结	126

第 5 章 UTCS 与 UTFGS 的协同实施方法	127
5.1 Multi-Agent 系统及其优势	127
5.2 “递阶集散”协同实施模式	129
5.3 交通子区动态划分	131
5.4 UTCS 与 UTFGS 的协同实施	137
5.5 本章小结	141
第 6 章 突发事件下 UTCS 与 UTFGS 的协同管理	142
6.1 突发事件下交通流诱导与控制协同管理预案	142
6.2 城市道路交通突发事件融合检测系统	143
6.3 突发事件下特种救援车最佳路径诱导	149
6.4 特种救援车信号优先控制策略	151
6.5 本章小结	159
第 7 章 UTCS 与 UTFGS 协同评价	160
7.1 UTCS 与 UTFGS 协同评价指标体系的建立	160
7.2 UTCS 与 UTFGS 协同的评价方法研究	169
7.3 实例分析	180
7.4 本章小结	183
参考文献	184

第 1 章 绪 论

1.1 UTCS 与 UTFGS 协同的研究背景

近几十年来,无论是发达国家还是发展中国家,都不同程度地受到交通问题的困扰。20 世纪 90 年代中,美国和德国每年在运输与通信上的耗费分别占国民生产总值的 14.8%和 13.7%。据估计,到 2010 年,美国由于交通拥挤而浪费的行驶时间将上升 57%,每年因交通拥挤造成的额外燃料消耗将高达 90 亿美元。到 2020 年,美国因交通问题而造成的损失每年将超过 1 500 亿美元。在英国,一个大约具有 100 个平面交叉口的城市内,每年由于车辆延误造成的经济损失就达 400 万英镑。我国正处于经济的高速增长时期,随着我国国民经济的持续稳定发展,交通需求发生了前所未有的快速增长,城市化进程的加快及车辆的急剧增加给我国的城市交通带来了巨大的压力,尽管城市交通基础设施在逐年建设发展,但其增长速度仍难以满足日益增长的交通需求,在我国,百万人以上的大城市每年由于交通拥挤造成的直接和间接经济损失估计达 1 600 亿元人民币,相当于我国国内生产总值的 3.2%。对于我国大多数城市而言,车多路少的供需矛盾已经显现,并且不断激化,饱和交通已经成为不争的事实。

目前,解决城市交通拥挤问题主要从供和求两方面同时入手,其根本途径有两条:一是加快交通基础设施建设,通过新建道路、立交或对现有的道路网络进行改造,以提高整个路网的交通容量。二是加强交通管理,通过对交通流进行科学合理的组织与管控,充分挖掘现有交通设施的潜力。交通拥堵问题可以通过修建更多、更宽的道路和其他交通设施来解决。但是这种选择具有很强的局限性,首先这需要大量的资金投入,回报周期长,部分地区或城市难以承受。而且在交通问题严重的市区,由于建筑格局已经比较固定,土地开发强度已经相当高,城市受到经济、地理和环境的约束,不可能无限制地增加交通网络中的道路,有限的空间和其他经济、环境问题阻止了现存交通基础设施的进一步扩展。同时,交通量持续增加,交通设施的修建又诱发了大量新的交通需求,所以尽管修建交通设施在当时对改善城市交通状况确实发挥了很大的作用,但随着时间的推移,交通问题又将日益严重起来。因而不能仅靠一味扩充道路基础设施来解决城市交通拥挤问题。

交通供需矛盾的长期性和城市空间的有限性决定了我们不但要规划建设好交通基础设施,而且还要使现有设施发挥出最大的效益。因此,在道路建设的基础上,通过

加强交通管理,提高道路通行能力是减缓我国城市交通拥挤的一个重要环节,而这正是当前我国城市交通系统中的薄弱点。我国政府已经意识到这一点,2006年2月我国政府颁布的《国家中长期发展规划纲要》中,将智能交通管理系统列为优先发展的主题。更为重要的是,城市交通流具有时空特性,道路网络并不是在全部时间和空间上都是满负荷运转的,所有的道路同时处于拥挤状态,有相当一部分道路,交通仍然畅通,还有一定的通行能力,即一些道路处于过饱和状态,一些道路处于未饱和状态。例如,从我国一些大城市道路交通情况看,虽有20%~30%道路交通饱和度超过1,但是仍有近40%~50%饱和度不超过0.7(即比较畅通)的道路。交通拥挤产生的主要原因之一是出行者缺乏城市交通流的状态信息。在出行者选择出行时间和出行路线时只能根据其经验进行决策,因而形成路网拥挤和通行能力剩余共存的局面。由于交通流分配不均衡,几个路口或十几个路口的交通发生堵塞,影响其他路口的交通,甚至影响整个区域的交通。若能够及时获得路网上的动态交通信息,准确地掌握路网的交通状态,并依此进行交通管理决策和出行计划决策,充分利用交通系统的时空资源,则可在不增加道路的情况下,通过提高道路的使用效率和安全性来满足不断增加的交通需求,能使车辆均衡地分配在道路网络上,交通拥挤和堵塞现象会得到改善。

基于上述要求,智能交通系统(Intelligent Transportation Systems, ITS)应运而生。ITS是通过对关键基础理论模型的研究,从而将先进的信息技术、数据通信技术、电子技术、控制技术、系统集成技术及计算机网络技术等协同运用于整个交通管理系统而建立的一种在大范围内、全方位发挥作用、实时、准确、高效的综合交通运输管理系统。ITS利用现有的交通基础设施,使得交通流在时空上更有效地分配。采用ITS是缓解交通堵塞、减少交通事故、防止交通污染、提高交通管理水平的最有效的方法和手段。城市交通控制系统(Urban Traffic Control System, UTCS)是利用计算机、电子、控制、通信等技术通过对路网上的交通信号灯的配时方案进行优化控制,使路网上的车辆有序流动,减少交通阻塞的发生,缩短旅行时间,它通常被包括在ATMS中。城市交通流诱导系统(Urban traffic Flow Guidance System, UTFGS)能够帮助管理者实现路网交通流优化并为出行者提供诱导信息,通过调整驾驶员的行驶路线实现路网交通流的均衡分配。UTCS与UTFGS是ITS的核心组成部分,也是城市交通管理中两种主要的有效手段。

随着经济的发展和社会的进步,人们对出行、运输等交通服务的需求不断提高,城市车辆保有量迅速增长,城市土地资源的有限性和出行大幅度增加以及路网上的交通流量增加,使交通事故增多、交通拥挤加剧、交通环境恶化,同时城市交通流系统的复杂性也随之增加,从而导致城市交通情况日趋复杂,ITS各子系统的相互依赖性不断增强。城市交通流的复杂性和ITS子系统的关联性决定了孤立的UTCS和UTFGS将很难有所作为,独立的UTCS和UTFGS对交通流进行管理更为困难。

在国内外长期的实践中,人们逐渐认识到任何单一层次、几种方法的简单组合难以解决交通拥堵问题,必须采用系统工程的思想和方法,对这些交通管理手段进行整合。研究人员开始以系统的角度与方法看待、研究整个交通系统,其中包括 UTCS 和 UTFGS 的合作、协同问题。

城市道路交通智能协同理论主要通过城市交通控制系统、城市交通流诱导系统等主要序参量协调和整合各种交通资源,通过良好的协作健全和完善整个交通系统,保证城市道路交通系统的运行效率。

本书主要以城市交通控制系统与交通流诱导系统作为序参量研究协同问题。所谓“交通控制与诱导系统协同”是指城市交通控制系统与诱导系统在对城市交通流进行管理过程中的合作、协调、同步,其目标就是使联合运用两种管理手段产生的交通管理效果优于单一管理手段的效果。

1.2 UTCS 和 UTFGS 系统运行机理

1.2.1 城市交通信号控制系统简介

城市交通控制系统(Urban Traffic Control System, UTCS)是通过路网上的交通信号灯的配时方案进行优化控制,从而对车辆的行或停进行强制性控制,使路网上的车辆有序流动,保证被控范围内道路通畅,减少交通阻塞的发生,缩短旅行时间。目前普遍采用的是交通信号控制(Traffic Signal Control, TSC)。早在 100 多年前,人们就开始研究交通信号,控制车辆出入交叉口的次序。随着人们对交通规律与运行机理的深入认识,在计算机技术、检测器技术和网络信息技术迅速发展的同时,交通控制技术也取得了显著进展。城市交通控制经过百余年的发展,已经成为城市交通基础设施的重要组成部分。

比较典型的交通控制系统有英国研究开发的 TRANSYT 系统和 SCOOT 系统、澳大利亚开发的 SCATS、美国的 RHODES 和 OPAC 系统、德国的 VRS2100 型计算机交通控制系统、日本 Kyosan 电器制作有限公司的京三交通控制系统等。下面简要介绍重要的几种。

(1) TRANSYT 系统

TRANSYT 系统是英国道路研究所(TRRL)花费近 10 年的时间研制成功的控制系统。基于 TRANSYT 开发出的系统现已被世界 400 多个城市所采用,各国对 TRANSYT 进行了不断改进,美国已经发展到了 TRANSYT-7F 型,英国也已发展到 TRANSYT-8 型,TRANSYT 系统的主要技术特征有:

- ①控制模式为静态模式。
- ②系统目标为平均延误时间、停车次数、排队长度最小。

③参数特征为绿信比、相位差,通过建立优化数学模型进行优化确定,但不对周期进行优化,然而它却可以给出一系列不同的信号周期所对应的运行指标,必要时可从中选取最优者作为路网所有交叉口(或部分交叉口)的共同周期。

④利用爬山法(交替使用大、小步距)对配时参数进行寻优确定。

(2)SCATS 系统

SCATS 系统是一种实时配时参数方案选择系统,属于响应式联机操作系统,70年代开始研究,80年代投入使用。该系统把信号周期、绿信比和相位差作为各自独立的参数分别进行优选,优选过程所使用的“算法”以饱和度和综合流量为主要依据。算法中使用的“饱和度”,是指被车流有效利用的绿灯时间与绿灯显示时间之比。它的优化过程并没有利用数学模型,而是在各种预定的方案中进行优选,方法简单但配时方案的数量有限。

(3)SCOOT 系统

SCOOT 系统是一种对路网实行实时协调控制的自适应控制系统。SCOOT 系统是在 TRANSYT 的基础上发展起来的,SCOOT 的模型及优化原理与 TRANSYT 相似。所不同的仅仅是 SCOOT 为在线运行,TRANSYT 为脱机运行。因此,SCOOT 系统无须事先准备任何备选配时方案。SCOOT 系统中包含了一个用于联机计算的实时交通预测模型,可以对交叉口停车线断面上的车流图式、车辆受阻排队情况以及交通拥挤程度做出定量的预测,并进一步计算出对应于各种配时参数组合的路网运行目标值。

(4)中国的交通控制系统

我国 30 余个大大城市的交通控制系统全部是引进于国外,其中在北京、大连、成都、青岛投入使用的是 SCOOT 系统;在上海、广州、沈阳、宁波、杭州投入使用的是 SCATS 系统;长春和郑州引进的是西班牙的 Sanco 交通控制系统;深圳使用的是日本的京三系统。这些交通控制系统存在着不适合我国混合交通流特点、核心技术不公开、不能二次开发等缺点。我国的交通专家学者也逐渐认识到这个问题,开始研究具有自主知识产权、符合我国交通流特点的交通控制系统。

纵观城市交通控制系统的发展,可以看出:

①从控制范围来看,城市交通控制经过了单点信号控制(点控, Isolated Intersection Control)、干线信号协调控制(线控, Arterial Intersection Control)和区域信号协调控制(面控, Areawide Control)3 个阶段;

②从控制方式来看,经历了固定式信号控制(Fixed-time Control)、感应式信号控制(Vehicle-Actuated, VA)到实时自适应信号控制(Real-time Adaptive Traffic Control)的过程;

③从控制设备来看,由机械控制器、电机控制器、电子控制器发展到计算机控制系统;

④从配时方案制定的技术来看,从人工技术为主发展成为以脱机计算机技术(Off-line)和联机计算机技术(On-line)为主的新阶段。

定时控制是根据交叉口的道路条件及交叉口各方向到达的交通流量来确定信号的配时方案。普遍采用的定时信号的配时方法是 Webster 方法,该方法以交通延误作为交通效益指标,以交通延误最小为目标求解最佳周期时长和各相位的绿信比。

感应控制是通过车辆检测器测定交叉口各方向的交通需求,使信号显示时间适应测得的交通需求的一种控制方式。感应控制对车辆到达随机性大的交通情况适应性较好,可使车辆在停车线前尽可能少停车,以保证交通通畅。

自适应控制的信号控制配时的更改基于实时变化的交通流。以 SCOOT 为例,它的检测器埋设在上游交叉口出口处,通过描述车辆离散特性,预测当前下游交叉口的车辆到达图式,实时更新交通信号配时方案,以适应交通流的变化。自适应控制的关键在于控制中心根据交叉口实时检测的交通信息进行信号控制方案优化调整。

目前,形成了以 TRANSYT 系统为代表的固定式信号配时的区域协调信号控制系统;以 SCOOT 系统为代表的自适应方案生成式系统(集中控制, Centralized Control);以 SCATS 系统为代表的实时自适应方案选择式系统(分层控制, Multilevel Control)。这些系统经过几十年的发展完善,在今天仍然是主导控制系统。

自适应交通控制系统能根据实时的交通状况改变控制策略,与动态交通流诱导系统、先进公交系统在结合上具有优势,是发展交通管理系统的最佳基础。本书中与诱导协同的控制系统主要是指自适应控制系统。

目前世界上几乎所有的信号控制系统都是为非饱和交通设计的,对于解决交通饱和和造成的交通拥堵,单靠现有的信号控制系统无能为力,因为现有的信号控制系统只具备了自适应功能,而不具备自组织功能。

1.1.2 城市交通流诱导系统简介

城市交通流诱导系统(Urban Traffic Flow Guidance System, UTFGS)是以实时动态交通分配理论为核心,综合运用检测、通信、计算机、控制、卫星定位技术(Global Positioning System, GPS)和地理信息系统(Geographical Information System, GIS)等现代高新技术,根据当前路网的交通流状况及各类车辆的目的地,经优化计算为车辆提供最佳的行驶路线,动态地向驾驶员提供实时的交通信息和最优路径引导指令。交通流诱导系统的主要目标有两个:从宏观网络的角度,可以均衡路网上的交通流量,使路网的综合交通能力得到最充分地利用;从微观车辆的角度,达到缩短每辆车行驶的距离,减少行驶时间的目的。从而平衡路网车流在时空上的合理分配,提高道路网络运输效率,防止和缓解交通阻塞,减少空气污染。

从发展历史来看,对交通流诱导的研究只有 40 多年的时间,远远晚于交通信号控制的出现(1914 年在英国),交通流诱导最初是以可变信息板为主的群体诱导出现的,包含在交通控制系统当中。代表性的早期诱导系统是 20 世纪 60 年代末美国的