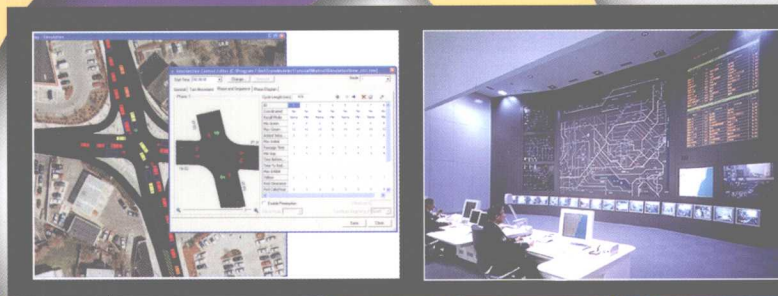


# ITS

智能交通系统(ITS)系列丛书

## 新一代智能化交通控制系统关键技术及其应用

■ 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

内容简介

# 新一代智能化交通控制系统关键技术及其应用

■ 杨兆升 著



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

新一代智能化交通控制系统关键技术及其应用/杨兆升著. —北京:中国铁道出版社,2008.12  
(智能交通系统(ITS)系统丛书)  
ISBN 978-7-113-09525-3

I. 新… II. 杨… III. 交通运输管理-自动化系统-研究 IV. U495

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 201864 号

智能交通系统(ITS)系列丛书  
书 名: 新一代智能化交通控制系统关键技术及其应用  
作 者: 杨兆升

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

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司  
版 次:2008年12月第1版 2008年12月第1次印刷  
开 本:787mm×960mm 1/16 印张:27.75 字数:568千  
印 数:1~3 000册  
书 号:ISBN 978-7-113-09525-3/U·2410  
定 价:50.00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



## 丛书编委会成员名单

(按汉语拼音排序)

名誉主编：蔡文沁 杨 钧

主 编：范耀祖 王笑京

副主编：蔡庆华 段里仁 贺国光 黄 卫

李江平 刘小明 陆化普 马 林

全永燊 史其信 王富章 王 炜

王英杰 徐建闽 杨 浩 杨晓光

杨兆升 于春全 袁宝军 张殿业

## 内 容 简 介

新一代智能化交通控制系统(Novel Intelligent Traffic Control System,简称NITCS)是智能运输系统(ITS)的核心研究领域,其理论也是智能运输系统的基础理论。NITCS主要实现对机动车流动态分配、实时控制、科学管理等功能,从而达到提高城市道路服务水平目的。

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、模型及方法是智能运输系统理论研究的最新成果。该书主要内容包括:交通控制系统的产生、发展以及我国新一代智能化交通控制系统结构框架及其主要研究内容;大范围战略交通控制系统框架结构、多源交通决策信息融合与交通状态判别技术、大范围战略交通控制模型和算法;控制子区动态划分与合并技术及混合交通智能控制策略及实施技术;多目标智能控制技术及其在新一代智能化交通控制系统中的应用;完成了大范围战略交通控制系统软件及区域交通协调控制系统软件的需求分析、系统设计和集成测试,并进行了新一代智能化交通控制系统工程应用。

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

... 2003年... 科技部... 智能交通系统... 专家... 科技部... 智能交通系统... 专家... 科技部... 智能交通系统... 专家...

# 前 言

智能交通系统(Intelligent Transportation Systems,简称 ITS)是目前国内外公认的有效解决城市交通问题,特别是交通拥挤、交通阻塞、交通事故和交通污染等交通问题的最佳途径。自20世纪70年代末以来,发达国家投入了大量人力、物力和财力对ITS的诸多领域进行了广泛的研究与应用,取得了显著的阶段性成果。受国情、国力的限制,我国采用分层次、有重点地对ITS的核心内容进行了研究。交通控制系统作为智能交通系统领域的核心之一,本著作从学术意义和实用价值并重的角度出发,论述了新一代智能化交通控制系统关键技术,并构筑了适合我国国情的新一代智能化交通控制系统。

新一代智能化交通控制系统(Novel Intelligent Traffic Control System,简称NITCS)突破了国内外传统交通控制系统的功能和控制模式,采用大系统智能控制与分层动态递阶协调的思想,以大范围战略协调控制级作为中央协调优化中心,从而突破了传统交通控制系统控制节点有限(路网节点数 $<100$ )的限制,实现大范围的宽稳态协调控制,能够满足特大城市(路网节点数 $>2000$ )对城市路网控制节点实施统一协调优化控制的需求,有效缓解大范围路网区域内和区域间的交通拥挤问题。

新一代智能化交通控制系统是智能交通系统的核心研究领域,本著作重点论述了新一代智能化交通控制系统的基础理论及关键技术。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)介绍了交通控制系统产生与发展,阐述我国新一代智能化交通控制系统结构框架,分析了新一代智能化交通控制系统所涉及的关键技术;(2)对国内外交通控制系统研究现状进行了综合分析,分析对比传统交通控制系统与新一代智能化交通控制系统的优缺点;(3)对大范围战略交通控制系统框架结构、多源交通决策信息融合与交通状态判别技术、大范围战略交通控制模型和算法等方面进行了深入研究;(4)以战略检测器与战术检测器的优化配置为基础,根据实时动态交通参数的变化,开发了控制子区动态划分与合并技术及混合交通智能控制策略及实施技术,保证了区域混合交通流交通控制策略和算法的实施;(5)将交通控制多目标的确定及其指标体系与度量方法的开发引入新一代智能化交通控制系统中,重点研究基于进化算法的智能交通控制技术和智能交通控制融合技术,对新一代智能化交通控制系统智能控制方法与技术进行了较为深入的理论探

讨;(6)完成了大范围战略交通控制系统、区域交通协调控制系统及智能化交通信号控制器软硬件的需求分析、系统设计和集成测试;(7)鉴于对新一代智能化交通控制系统实施效果评价的必要性,借助计算机模拟的方法对其实施后的效果进行了模评价,并将新一代智能化交通控制系统进行工程应用。

本著作根据作者本人主持完成的国家高技术研究计划(863 计划)《新一代智能化交通控制系统关键技术开发》、《基于多源实时交通数据的城市道路交通状态预测技术开发》及国家自然科学基金项目项目《城市交通流系统协同理论与控制方法研究》等研究成果综合整理而成。承蒙课题组全体成员,特别是杨庆芳教授、姜桂艳教授、胡建萌高工、于德新老师、王薇老师、郑黎黎老师、王媛博士、林赐云博士、管青博士等人参加编写。于德新老师协助杨兆升教授作了统稿工作,在此一并表示衷心感谢!

我国新一代智能化交通控制系统的研究还刚刚起步,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

# 目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 交通控制系统概述	1
1.2 新一代智能化交通控制系统研究综述	6
1.3 本章小结	16
第 2 章 大范围战略交通控制技术	17
2.1 大范围战略交通控制系统框架结构	17
2.2 多源交通决策信息融合及判别技术	34
2.3 大范围协调控制通信技术及应用协议	76
2.4 大范围战略交通控制策略、模型和算法	86
2.5 大范围交通信号控制和交通诱导协调控制技术	176
2.6 本章小结	210
第 3 章 区域混合交通控制策略和算法	211
3.1 交通信号控制参数	211
3.2 战略检测器和战术检测器的优化配置	212
3.3 控制子区动态划分与合并技术	228
3.4 混合交通配时参数优化技术	240
3.5 混合交通智能控制策略及实施技术	275
3.6 本章小结	304
第 4 章 新一代智能化交通信号控制器开发	305
4.1 概 述	305
4.2 新一代智能化交通控制器的设计与开发	310
4.3 新一代智能化交通控制器关键技术开发	316
4.4 本章小结	324
第 5 章 多目标智能交通控制技术	325
5.1 多目标智能交通控制技术的作用	325

## 2 目 录

5.2	交通控制多目标的确定及其指标体系与度量方法 .....	326
5.3	智能交通控制技术 .....	334
5.4	本章小结 .....	382
<b>第6章 大范围战略交通控制系统软件及区域交通协调控制系统软件开发与应用</b> .....		<b>383</b>
6.1	大范围战略交通控制系统软件开发 .....	383
6.2	区域交通协调控制系统软件开发 .....	395
6.3	新一代智能化交通控制系统应用实例 .....	418
6.4	本章小结 .....	423
<b>参考文献</b> .....		<b>424</b>
1	.....	1.1
11	.....	1.2
17	.....	1.3
68	.....	1.4
671	.....	1.5
618	.....	1.6
112	.....	1.7
112	.....	1.8
218	.....	1.9
228	.....	1.10
310	.....	1.11
272	.....	1.12
108	.....	1.13
302	.....	1.14
202	.....	1.15
310	.....	1.16
218	.....	1.17
122	.....	1.18
222	.....	1.19
222	.....	1.20

# 第1章 绪论

## 1.1 交通控制系统概述

进入20世纪80年代,整个世界处于和平与发展时期,世界各国经济都处于经济发展阶段,新技术、新材料的不断涌现促进制造业的迅猛发展,其中,汽车工业表现尤为突出。与此同时,社会、经济的快速发展以及人民生活水平的提高,汽车保有量的急剧增长,引发了一系列城市交通问题。交通控制系统应运而生。

随着计算机技术和自动控制技术的发展,以及交通流理论的不完善,城市交通控制系统的规模逐渐从点控、线控向面控发展,协调方式也从固定式协调配时向自适应协调配时发展,更重要的是控制方式从离线周期控制发展到了在线实时控制,并且在线实时控制方式适应交通流变化能力不断增强,控制效果不断提高。这种在线实时控制的自适应控制系统被认为是未来交通控制系统的发展方向之一。

### 1.1.1 城市道路交通存在的主要问题

随着经济以及科学技术的发展,机动车的保有量迅速增加,从而导致交通问题日益严重,其主要表现如下:

(1) 交通事故频发,对人类生命安全造成极大威胁

统计研究表明:世界总人口中,每年有将近19/100 000的人死于交通事故,这个数字可与战争中的死亡人数相比。据统计,20世纪因交通事故全世界共死亡2 585万人,该数字比第一次世界大战中死亡的人数还多。在侵略战争10年中美军死亡5万人,这个数字只相当于20世纪70年代美国1年的交通事故死亡人数。

(2) 交通拥堵严重,导致出行时间增加,能源消耗加大

20世纪70年代,统计研究表明: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;在东京,通过268个主要平面交叉口的低效率交通流运行的年经济损失约为2亿美元;在巴黎,每天由于交通拥挤引起的损失时间相当于一个拥有10万人口的城市的工作时间。据测算,如果一辆小汽车在7 km/h至88 km/h的速度之间加减速1 000次,则比匀速行驶时多消耗燃油60 L,如果是卡车则多消耗144 L。

(3) 空气污染和噪声污染程度日益加深

汽车的尾气排放,噪声是当今世界最严重的环境污染源之一。发达国家的调查表明:汽车排出的污染物占大气污染物总量的60%以上;交通噪声占城市环境噪声的70%以上。这种污染在车辆制动和起动过程中更为严重。实验表明,车辆在起、制动时排出的废气量是匀速行驶时的7倍以上,产生的噪声也比正常行驶时高出7倍。

交通问题还间接造成城市有限的土地资源和能源被无效地使用,公共运输系统的吸引力降低,运行效率下降,严重影响了人类生活的质量,给环境、经济和社会带来了严重的后果。

目前,解决上述问题的办法通常有两种:一是通过行政手段改变交通的运行规律,如采用公交优先措施、限制私人小汽车的超速发展、交错安排各单位的上下班时间和工休日等;二是采用结合先进的科学技术,引进智能交通运输系统(Intelligent Transportation System),统筹规划,合理安排,提高现有基础设施的利用效率。

### 1.1.2 交通控制的目的

交通控制的目的既是要在确定的行政规定约束下,采用合理的运作方法来确保公共和私人运输方式具有最佳的交通条件。具体表现在以下几个方面:

▶ 减少交通事故,增加交通安全

对交通实施控制可以把发生冲突的车流和行人从时间和空间上分离,从而减少交通事故的发生。

▶ 缓和交通拥挤,提高交通效益

合理进行交通控制可以对交通流进行有效的引导和调度,使交通流保持在一种平稳的运行状态,从而避免或缓和交通拥挤状况,大大提高交通运输的运行效率。

▶ 提高公交效率,减少交通负荷

在交通控制中,可以采用公交优化的方式,减少公交车的旅行时间,提高运行效率,从而可以提高公共运输系统对公众的吸引力,减少私家车、单位班车的使用,有效减少交通负荷。

▶ 降低污染程度,节省能源消耗

实施交通控制可以减少汽车的停车次数,并使车辆在较佳的运行状态下运行,从而可以减少尾气污染和能源消耗。

▶ 节省建设投资,提高通行能力

通过主动控制(交通流诱导)和被动控制(交通信号控制)相结合,在时间上和空间上合理优化、引导路网交通流,均衡路网负荷,提高路网通行能力,从而避免因缓解交通拥堵进行新建、扩建道路的投资。

▶ 优化资源配置,合理利用设施

通过主动控制与被动控制相结合,提高交通基础设施的有效使用率,合理优化各

种交通基础设施的配置。

### 1.1.3 交通控制的任務

交通控制的主要对象是车辆及各种交通参与者,因此交通控制的任务是对道路上的交通流进行合理的引导和控制,以缓和或防止交通拥挤的发生、减少尾气排放和噪声污染以及能源消耗,并及时为交通参与者提供实时的路况交通信息,以增进交通安全、防止交通拥挤的扩散。

### 1.1.4 交通控制系统的历史沿革

根据英国学者韦伯斯特(F. V. Webster)和柯布(B. M. Cobbe)的著作描述,早在1868年,随着交通出行不断地增加以及交叉路口交通冲突不断严重,逐渐引起了人们对交通安全以及交通拥堵的关注。英国机械工程师纳伊特在伦敦斯敏斯特街口通过在煤油灯前变换用红、绿玻璃作为信号来实现交通信号控制。但是由于一次煤气爆炸事故使这种交通信号控制几乎销声匿迹了近半个世纪。随着城市电气化的发展,1914年以及稍晚一些时候,美国俄亥俄州的克利夫兰、纽约、芝加哥才重新相继出现以电力发电的交通信号灯。这标志着道路交通控制技术发展的开始。

1918年,美国纽约市街口开始安装一种电机控制的3个信号灯,信号灯色由人工操纵。这种信号灯是真正意义上的信号灯,因为它已经成为控制交叉路口车辆行驶的工具。

1923年,Garrett Morgan 申请专利 Morgan 交通信号灯,后来卖给了通用电气公司。

1926年,英国人制作了结构简单的交通信号机,这种信号机用小电动机带动齿轮机械转动,单段定周期地交换控制红、绿灯开关。它可以不用人来控制,但由于它不能根据实际交通情况作出相应的改变,因此它并不如人工控制有效,却奠定了城市交通自动控制的基础。

1930年,美国研制成功了世界上第一台感应式信号机,这种信号机可以根据交通情况的变化,自行调整信号时间。

1964年,加拿大多伦多市建立了一套由IBM650型计算机控制的交通信号协调控制系统,它是世界上第一个采用计算机控制的城市交通信号控制系统,大大提高了控制系统的性能和水平。该控制系统采用的控制方法与以往的不同,它是通过计算机网络对城市部分区域或所有区域实行协调控制。这是城市道路交通控制技术发展的里程碑。

在此之后,世界各国都相继建立以计算机为核心的区域交通控制系统,以便有效解决日益紧张的城市交通问题。交通控制系统的发展历程大致可用表1.1表示:



表 1.1 交通控制系统的发展过程

年份	方式	国别	应用城市	系统名称	系统特征	路口数	周期	检测器
1868	点控	英国	伦敦		燃气色灯	1	定	无
1914	点控	美国	克利夫兰		电灯	1	定	无
1926	点控	美国	各城市		自动信号灯	1	定	无
1928	点控	美国	各城市		感应信号灯	1	变	气压式
1917	线控	美国	盐湖城		手控协调	6	定	
1922	线控	美国	休斯敦		电子计时	12	定	
1928	线控	美国	各城市		步近式定时	多	多	
1952	面控	美国	丹佛市		模计算机 动态控制	多	变	气压式
1963	面控	加拿大	多伦多		数字计算机 动态控制	多	变	电磁式
1968	面控	英国	哥拉斯哥	TRANSYT	静态控制	多	变	环形线圈
1975	面控	美国	华盛顿	CYRANO	动态控制	多	变	环形线圈
1980	面控	英国	哥拉斯哥	SCOOT	动态控制	多	变	环形线圈
1982	面控	澳大利亚	悉尼	SCATS	动态控制	多	变	环形线圈
1985	面控	意大利	都灵	SPOT/UTOPIA	动态控制	多	变	环形线圈
1989	面控	法国	图卢兹	PRODYN	动态控制	多	变	环形线圈
1995	面控	德国	科隆	MOTION	动态控制	多	变	环形线圈
1996	面控	美国	新泽西	OPAC	动态控制	多	变	环形线圈
1996	面控	美国	凤凰城	RHODES	动态控制	多	变	环形线圈
1997	面控	希腊	哈尼亚	TUC	动态控制	多	变	环形线圈

世界各种先后研制的交通控制系统,大体可以分为三代:

第一代是多套配时方案选择式控制,即在计算机中存储有适合各种交通情况的配时方案,计算机根据检测器送来的当时交通情况信息,从这些配时方案中选出一套控制信号灯的動作。这种控制的优点是计算机运算量小。

第二代是配时方案生成式,与第一代不同的是,这种控制的配时方案不是选择的而是实时计算出来的。这种控制系统实时性比较强,但计算机运算量比较大。

第三代是一周一换的配时方案产生式,它不同于第二代的是每一周期信号参数均有更新。

### 1.1.5 典型交通控制系统

经过几十年的发展,世界各国先后研制了多种交通控制系统,国外的交通控制系