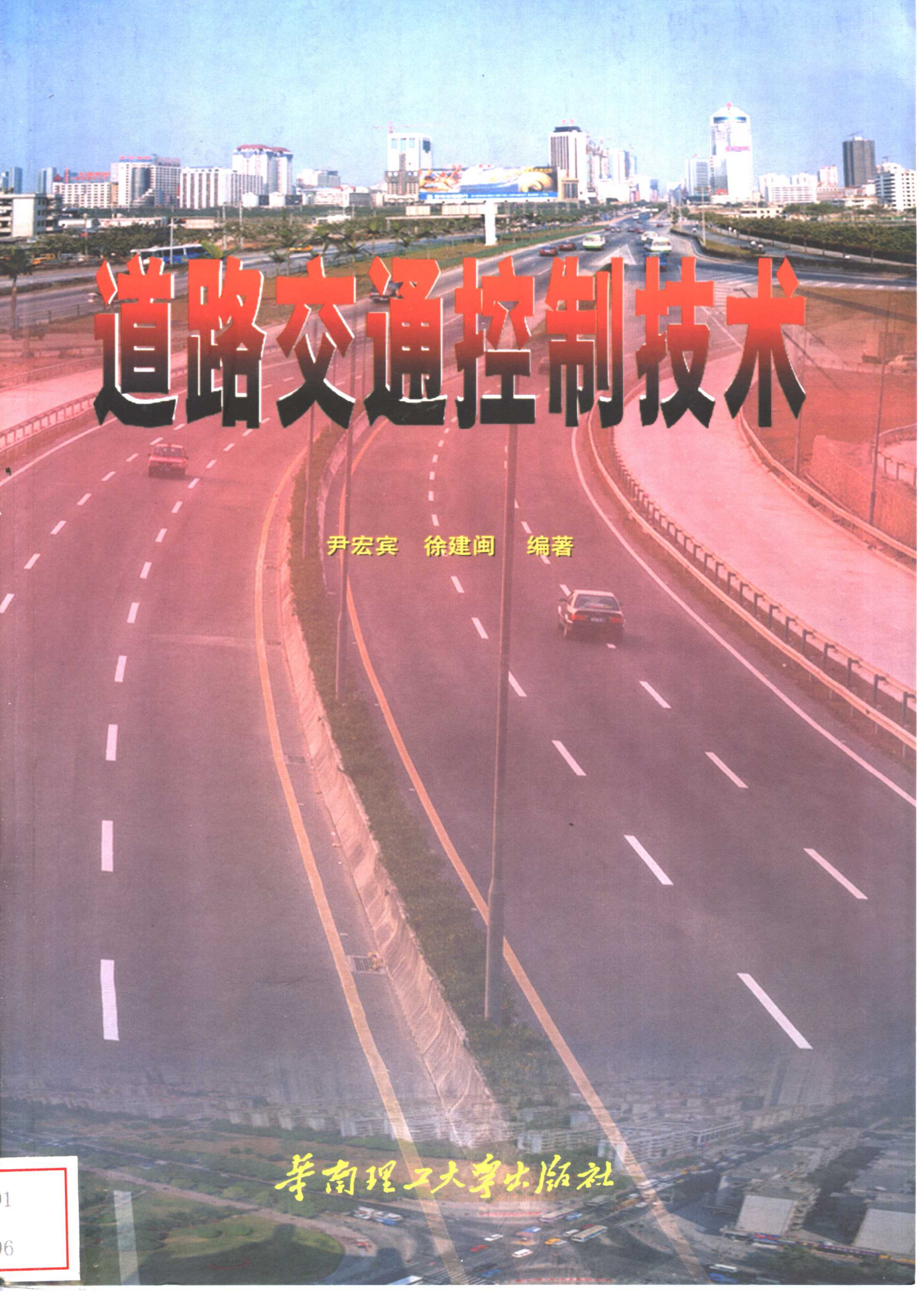




道路交通控制技术

尹宏宾 徐建闽 编著

华南理工大学出版社

道路交通控制技术

尹宏宾 徐建闽 编著

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

交通是国民经济的“动脉”,要保证这一“动脉”的畅通无阻,必须建立现代化的交通控制与管理体系。近年来,随着城市道路和高速公路拥挤、堵塞现象的不断出现,智能交通系统的研究正日益引起全世界的关注。

本书介绍道路交通控制和管理技术,并探讨了这一领域的进展情况。全书共9章,主要分为以下5个部分:道路交叉口的管理技术;孤立信号交叉口的点控、感应式控制;城市干道的线控;区域交通协调控制和高速公路控制等。

本书可以作为理工科大学生的教材,也可供科技工作者学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

道路交通控制技术/尹宏宾,徐建闽编著. —广州:华南理工大学出版社,2000.4
ISBN 7-5623-1522-1

I. 道…

II. ①尹…②徐…

III. 交通控制

IV. TN 965.6

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编 510640)

责任编辑 孙 莉

各地新华书店经销

中山市新华印刷厂印装

* * * * *

2000年4月第1版 2000年4月第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:10.125 字数 230 千

印数:1—2000 册

定价: 20.00 元

前 言

自 20 世纪初期交通信号灯投入使用以来,道路交通控制与管理技术就开始成为道路交通中不可缺少的组成部分。随着计算机、通信和自动化技术在道路交通控制与管理中的广泛应用,人们已经逐渐意识到:要迎接未来的挑战就必须建立适应现代化发展需要的道路交通控制与管理系统,这就是目前为全世界所关注的智能交通系统(Intelligent Transportation System)。

我国是个发展中国家,城市道路交通方面的种种矛盾和问题十分突出,这主要表现在:道路容量不足,汽车增长速度快,交通控制与管理水平低,道路基础设施建设不完善,缺乏合理性,缺乏整体性、战略性的交通发展规划,道路交通对环境(尤其是城市环境)破坏严重,对交通发展的基础研究不够等。由于这些原因,自 20 世纪 80 年代以来,我国某些城市的道路交通对于经济的发展产生了一定的制约作用,妨碍了经济的进一步发展。要保证我国经济持续、稳定的发展,城市交通建设必须适应现代化发展的需要,建立高效的道路交通控制与管理体制。

本书拟作为大学理工科教材,重点介绍道路交通控制和管理技术。由于道路交通控制与管理涉及面非常广泛,内容十分丰富,科研新成果也不断涌现,因此本书力求以少而精的原则来介绍道路交通控制与管理的概念和方法。本书的编者是从事道路交通控制与管理研究的,并一直为本科生讲授道路交通控制方面的课程。本书是在编者编写的《道路交通控制工程》讲义的基础上,经修改和增补重新编写而成的。

本书共分 9 章。第 1 章是绪论,介绍道路交通控制的发展历程;第 2 章介绍道路交通管理与交通信号以及通行能力方面的基本概念;第 3 章介绍孤立信号交叉口配时设计技术;第 4 章阐述车辆感应式控制的分类、原理和方法;第 5 章给出目前常用的交通检测器的原理和使用情况以及交通检测器的发展方向;第 6 章概要介绍干道交通协调控制的思想方法;第 7 章介绍区域交通控制技术,包括 TRANSYT、SCAT、SCOOT 的控制原理,并结合实际介绍广州内环路道路监控情况;第 8 章概括介绍高速公路监控技术;第 9 章介绍智能交通系统的发展情况,包括日本的研究情况以及我国开展这方面的研究应注意的问题。

本书在编著过程中,广泛参考了有关的文献,特向文献作者致谢。

由于编者学识和水平所限,加之道路交通控制技术的发展日益深入,本书不当之处在所难免,欢迎读者指正。

本书的编写得到了广东省自然科学基金和国家自然科学基金的资助,在此表示感谢。

编 者

2000 年 1 月

目 录

第一章 绪 论	(1)
§ 1-1 道路交通自动控制的目的是任务	(2)
§ 1-2 交通信号控制系统发展简史	(4)
§ 1-3 交通信号控制的范围及系统类型	(5)
§ 1-4 国内外城市主要采用的信号控制系统	(6)
§ 1-5 我国城市道路交通控制面临的问题	(8)
§ 1-6 交通控制的一种行政手段:拥挤收费	(10)
第二章 交通管理与信号的基本概念	(12)
§ 2-1 城市道路交叉口及其导流措施	(13)
§ 2-2 交叉口控制方式	(19)
§ 2-3 交通规则	(20)
§ 2-4 交叉口交通冲突	(27)
§ 2-5 我国城市道路交叉口存在的交通问题	(28)
§ 2-6 交通信号	(30)
§ 2-7 饱和流量	(35)
§ 2-8 通行能力	(37)
§ 2-9 服务水平	(38)
§ 2-10 信号相位设计	(39)
§ 2-11 交通信号控制建立的基本条件	(42)
§ 2-12 人行信号灯及人行道	(44)
第三章 孤立信号交叉口的配时设计	(46)
§ 3-1 车辆在信号交叉口的运行过程	(46)
§ 3-2 定时控制配时设计	(48)
§ 3-3 美国的信号灯配时设计方法	(54)
§ 3-4 交通信号的早断与滞后	(58)
§ 3-5 信号交叉口进口道的最佳尺寸	(61)
§ 3-6 交通流与信号配时的动态关系	(62)
第四章 车辆感应式控制	(65)
§ 4-1 车辆感应式控制的发展	(66)

§ 4-2	半感应式控制	(66)
§ 4-3	全感应式控制	(70)
§ 4-4	全感应式控制和定时控制适用的条件	(71)
第五章	交通检测器	(73)
§ 5-1	检测器的技术发展	(73)
§ 5-2	环形检测线圈	(74)
§ 5-3	其它类型车辆检测器	(77)
第六章	干道交通的信号协调控制	(83)
§ 6-1	干道交通协调控制时-距图	(85)
§ 6-2	干道交通协调控制的信号配时	(86)
第七章	区域交通协调控制系统	(90)
§ 7-1	TRANSYT 系统	(92)
§ 7-2	SCATS 自适应区域控制系统	(95)
§ 7-3	SCOOT 自适应区域控制系统	(102)
§ 7-4	德国的 VRS 2100 型计算机交通控制系统	(106)
§ 7-5	广州市内环路交通监控	(108)
第八章	高速公路交通控制	(117)
§ 8-1	高速公路交通控制的主要内容	(119)
§ 8-2	高速公路控制管理系统	(120)
§ 8-3	高速公路匝道通行能力	(120)
§ 8-4	入口匝道控制	(122)
§ 8-5	一种高速公路车流空间平均运行速度的计算方法	(125)
第九章	智能交通系统	(129)
§ 9-1	ITS 的发展背景	(129)
§ 9-2	建立智能交通系统的目的	(130)
§ 9-3	智能交通系统的基本内容	(131)
§ 9-4	日本通用交通控制计划中的动态线路引导系统	(133)
§ 9-5	发展我国智能交通系统要解决的问题	(135)
参考文献		(138)

第一章 绪 论

进入 20 世纪 80 年代以来,整个世界处于和平与发展时期,世界各国经济都处于迅速发展阶段,新技术、新材料的不断涌现促进了制造业的迅猛发展。随着计算机、通信和自动控制技术的飞速发展,不断地推动着其他行业发生日新月异的变化。其中,汽车工业表现得较为突出。

自 20 世纪初,汽车成为一种公路交通工具以来,整个世界的发展都与之紧密相连,密不可分。几十年来,全球汽车工业以惊人的速度发展,这要归功于经济发展所带来的汽车需求量的不断增加。汽车已经成为人类生活中不可缺少的交通运输工具,汽车拥有量的多少也已成为衡量一个城市,一个地区甚至一个国家发达程度的标志之一。但是,近十几年来,环顾全球各大、中城市,汽车在道路上运行却都面临着类似的问题:城市道路建设难以跟上车辆发展的速度,车辆堵塞严重,车辆运行速度低,燃油消耗大等等。特别是许多发展中的国家和地区,由于车辆道路交通问题严重,不仅使经济发展受到影响,而且严重地危害了城市环境,给人们的生活带来了不便,同时还威胁着人们的生命安全与健康。这种局面的出现在一定程度上来说是不可避免的,因为任何城市可利用的土地空间都是有限的,道路增长速度缓慢,而车辆增长速度却呈现出一种高速增长的势头(见表 1-1)。这种道路与车辆间的矛盾致使全球各大、中城市均出现了不同程度的交通问题。从目前情况看,道路交通要达到既安全便捷,又舒适低费用,难度比较大。为此,就要求对城市有限的道路空间资源的使用进行协调,这就涉及到有关道路交通自动控制的问题。

表 1-1 道路与车辆的对比特性

道 路	车 辆
一般为国家或地方政府统一投资,投资单位单一化,受投资单位和国家财力限制,道路建设投资额不可能很大	个人或企业单位投资,投资单位多元化,不好限制,有可能大量投资
论证、审查、批准非常严格,周期长	购买手续简单,周期短
道路建设受土地利用、原材料、施工力量和经济力量的制约	购买车辆受货源和经济力量的限制
道路施工时间长	车辆批量生产,买来即可使用

本章首先从分析道路交通存在的问题和解决办法入手,提出道路交通自动控制的目的和任务,然后介绍交通信号控制发展简史以及交通信号控制的基本类型,最后介绍国内外城市主要采用的信号控制系统。

§ 1-1 道路交通自动控制的目的和任务

一、城市交通的主要问题

道路交通自动控制是车辆发展、自动控制技术和通信电子技术发展的产物。在本世纪初期,汽车数量较少,城市道路完全能满足需求,交通问题也比较少。但是,自第二次世界大战以来,世界经济迅速发展,城市车辆飞速增加,导致城市交通问题日益严重,主要表现在:

- (1) 交通事故频繁,对人类生命财产安全造成了极大的威胁;
- (2) 交通拥挤,堵塞严重,影响了车辆运输效率,限制了城市经济的进一步发展;
- (3) 公共运输系统吸引力降低,运行效率下降;
- (4) 空气污染严重,对城市环境破坏力较大。

这些问题,影响了人类生活质量,给我们生存的环境、经济和社会造成了日益严重的不良后果。

随着科学技术的发展,特别是电子、计算机等技术的突飞猛进,人们开始深入探讨采用道路交通自动控制等新技术来解决城市交通问题。道路交通自动控制出现的标志是交通信号灯,早期的交通信号灯对于安全地疏导交通起到了良好的作用,引起了人们的关注,许多专家学者开始从事这方面的研究。同时,交通部门也成立了与交通信号应用和研究有关的部门。一般来讲,道路交通自动控制主要是指交通信号控制。

二、道路交通控制的目的

根据第 17 届国际道路会议精神,可以对道路交通控制的目的下这样一个定义:道路交通控制的目的,就是要在确定的行政规定约束下,采用合适的营运方法来确保公共和私人运输方式具有最佳的交通条件。道路交通自动控制的目的主要体现在下述几个方面:

(1) 减少交通事故,增加交通安全

自第一辆装有内燃机的汽车问世以来,全世界已经有 2 000 万人死于交通事故,目前,全世界每年有 40 万~50 万人死于交通事故,因此,提高行车安全刻不容缓。实践表明,现代科学技术在道路交通中的应用可以有效地减少交通事故的发生。根据统计,日本的交通事故有 50% 发生在平面交叉口,这其中又有 60% 是发生在城市平面交叉口。美国的交通事故有一半以上也是发生在平面交叉口。日本在采用道路交通自动控制技术后,事故数和死亡人数分别下降了 7.3% 和 10.8%。根据我国的统计数字,在城市交叉口安装交通信号控制机后,交通事故也有所降低。

(2) 缓和交通拥挤、堵塞,提高运输效率

由于城市道路空间有限,而车辆保有量增长迅速,目前全世界许多国家的城市随处都可以见到交通拥挤和堵塞现象。20 世纪 70 年代,英国道路研究实验室的研究表明:在英国一个大约具有 100 个交叉口的城市内,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 个主要交叉口的低效交通流引起的年经济损失约为 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 万人口的城市的日工作时间。广州市政

府近几年根据调查发现,交通拥挤和堵塞已经成为制约广州市国民经济发展的一个重要因素之一。而根据美国、日本、德国、英国等国家的统计,采用交通自动控制系统可以减少车辆运行延误时间 15%~40%,并使道路通行能力提高 20%左右。因此,要通过科学手段,引导交通合理运行,提高运输效率。

(3) 节约能源消耗,降低车辆对环境的污染

研究调查表明,车辆的每一次加减速运动,都将使燃油消耗增加。根据测算,如果一辆小汽车在 7 km/h 的速度间加减速 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燃油 144L。另外,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。汽车排出的废气包括一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物和光化学产物等污染物。从这里可以看出,交通的好坏不仅影响运输效率,而且也直接影响到我们赖以生存的环境。自 1950 年美国洛杉矶发生光化学烟雾污染事件以来,汽车排放污染物已经成为世界性城市的一大灾难,造成城市生态环境的严重破坏,影响了城市居民的身心健康。从国内情况看,国内大、中城市的汽车排放污染物问题已经相当严重,如个别城市的交叉口民警在值勤中中毒昏倒;杭州的调查显示该市儿童头发含铅量为正常值的 4 倍。

(4) 提高公共运输系统的吸引力和效率

目前,国内外专家学者几乎一致同意要大力发展公共交通,其主要原因是公共交通运输工具如公共电汽车、地铁等具有载客量大、占用道路少的特点。当城市居民大量采用公共交通方式出行时,则可以大大地减少小汽车的使用,节省道路空间,减少车辆拥挤与堵塞。如果以相同的乘客量作对比,公共交通与小汽车比较,土地资源节约 3/4,建筑材料节省 4/5,投资节省 5/6,空气污染减少 9/10,车祸减少 99%。城市交通在经过“阵痛”发展后,目前几乎所有的国家在优先发展公共交通方面已经达成了共识。从我国现有情况看,我国公共交通发展中还存在很多问题:如公共汽车底盘长期没有专门的设计,而是采用卡车底盘代替;公共汽车动力偏低;公共交通的服务质量比较低,不能满足人民的生活需要;公交换乘问题没有很好解决等。因此对于城市交通管理和控制来讲,如何有效地提高公共交通的效率是个关键问题,同时包括实行公共交通优先的各种措施和方法。

三、道路交通控制的任务

交通控制针对的主要是车辆及其各种人员,所以道路交通自动控制的任务主要是对道路上的交通运行进行合理的引导和控制,缓解交通拥挤,并及时为车辆上的有关人员及行人提供交通情况信息,增进交通运输安全。如图 1-1 所示,交通控制涉及到行人、车辆、道路等因素,而且这些因素中,行人和车辆的运行规律随机性很强,十分容易互相影响和受其它因素影响。这些决定了交通控制不同于我们通常所讲的工业控制,交通控制是复杂的、巨型的、开放型系统的控制。

道路交通自动控制的核心就是交通信号控制,本书大部分章节内容均围绕这个核心展开。

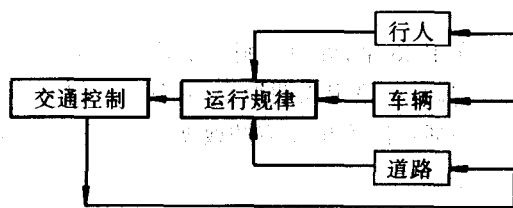


图 1-1 道路交通控制系统涉及因素

§ 1-2 交通信号控制系统发展简史

交通信号是用于对交通进行限制或警告的电动信号显示,一般包括交叉口控制显示、闪光信号、车道方向信号、匝道计数信号、行人信号和铁路交叉道口信号等。本书主要介绍交叉口信号控制。交通信号灯诞生于19世纪,根据英国学者韦伯斯特(F. V. Webster)和柯布(B. M. Cobbe)的著作记述,在1868年,伦敦威斯敏斯特街口安装了交通信号灯,当然这种信号灯与我们现在所见到的街口信号灯有很大的不同,它是一种红绿两色的臂板式信号灯,从这之后的近50年间,没有再出现过类似的信号灯。直到1918年,纽约的街口才安装了一种手动操纵的三色信号灯,这种信号灯才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。

信号灯可以安全疏导交叉路口的车辆,通过有序控制车辆运行,解决行人、非机动车间的冲突,图1-2给出了车辆在道路上行驶要关注的周围条件。但是,随着社会、经济的不断发展,车辆保有量以惊人的速度增长,人们发现传统的交通信号灯已不能满足愈来愈复杂的交通控制任务的要求,由此,引起了交通控制的迅速发展。为了解决信号交通控制问题,交通工程师们开始借助于其它工程领域的技术。



图 1-2 车辆在道路上行驶周围条件

在1926年,英国人制作了结构简单的交通信号机,这种信号机是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。但它奠定了城市交通自动控制的基础。

由于城市规模及城市经济发展的需求,城市车辆保有量增长迅速,从而导致城市交通情况日趋复杂。英国根据这一情况,研制出了按早、中、晚不同时段信号周期不同的多段定周期式的交通信号机。到20世纪50年代,北美、西欧和日本等道路交通发达的国家,经过将这类信号机引进和消化改进以后,基本上实现了本国大城市交通信号的自动控制。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。1959年,加拿大多伦多市对于如何利用计算机控制交通信号灯进行了研究,并于1964年建成了世界上第一个具有计算机控制的交通信号控制系统。它是城市交通控制系统发展的里程碑。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。从这以后,世界各国都相继将计算机技术应用到交通控制中以便有效地解决日益紧张的城市交通问题。在 20 世纪 70 年代,英国有两个城市建成了试验性的区域交通控制系统。据统计,到 20 世纪 80 年代初期,世界上已有 250 个城市建立了区域性的交通控制系统。

几十年来,城市交通控制的规模不断扩大,已逐渐从单个信号交叉路口的点控和单条干道的线控,发展到整个交通网络的面控。同时控制方式也从离线定周期控制发展到在线实时控制。这种实时控制系统可分为 3 代:第 1 代是多套配时方案选择式控制,即在计算机中存贮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 2 代是配时方案产生式,与第 1 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 3 代是一周期一换的配时方案产生式,它不同于第 2 代的是每一周期信号参数均有更新。这是一种实时性非常强的控制系统。

§ 1-3 交通信号控制的范围及系统类型

一、交通信号控制的范围

交通信号控制的发展历程经历了点控、线控和面控 3 个阶段,如图 1-3 所示。

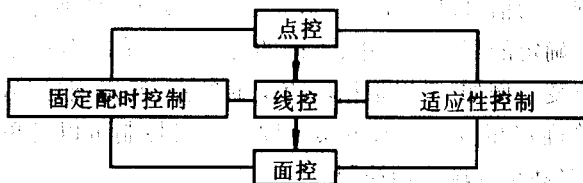


图 1-3 点控、线控、面控的发展形式

一般来讲,交通信号控制的范围可以分为以下 3 类:

(1) 点控。是指某一城市街道交叉口或高速公路出、入口的信号控制是独立进行的,与其它路口或出、入口无关。

(2) 线控。是指交通信号控制对象是含有多个交叉路口的城市干道或高速公路干道。其控制思想是协调控制而不是孤立控制。

(3) 面控。是指交通信号控制对象是城市道路网络及高速公路网络。

上面提到的城市道路及高速公路,它们是采用不同控制系统进行控制的。一般而言,在谈到城市交通的“点控”、“线控”和“面控”时,通常用城市交通控制系统,而管理控制高速公路的交通控制系统则称为高速公路监控系统。

在城市交通控制系统中,点控是最简单的一类控制,它只要在每个需要的交叉口设置一台信号机就可以了,因而其设备简单,投资少。但由于交通流具有连续运动的特点,人们逐渐发现这种单点控制的不足之处。如在某个交叉口内信号变化同其相邻的交叉口信号变化

不相关时,难免会造成车辆频繁遇到红灯而停车的情况。为了解决这个问题,人们又研制了线控和面控系统,它们的主要特点是将某些交通网络作为一个系统来考虑,研究系统内的协调控制。

较早的信号点控设计思想是由英国道路研究实验室的 Webster 提出的,他研究了车辆随机到达的特性,提出了计算车辆延误的公式。此外,他还提出了减少行车延误的最佳信号周期以及车辆排队长度的公式。他的研究为信号设计奠定了基础。此后,人们开展了广泛的研究。这些研究可以分为两类:一类是在给定相位情况下研究信号配时;另一类是在给定交通运行情况下设计信号配时。1971 年 Allsop 提出了一种目标函数法减少一个交叉口车流延误时间,他的方法不同于 Webster 的方法,因为 Webster 的方法中仅将延误作为目标。1972 年 Allsop 利用线性规划法研究如何使交叉口通行能力达到最大。1974 年 Yagar 在 Allsop 工作基础上研究了不同交通条件、不同信号相位下,如何使车辆通过交叉口延误时间最小的问题。上述研究工作均是在给定相位划分情况下进行的。1987 年, Bryson 和 Stone 提出了应用专家系统设计信号交叉口配时及相位划分。以上这些研究均是在给定交通条件下所进行的设计信号配时和相位划分。

二、交通信号灯控制系统类型

根据信号的运行方式,交通信号灯控制系统又可分为按固定配时方案运行的系统和根据实际交通情况变化而自动改变配时方案的适应性控制系统,如图 1-3 所示。

1. 固定配时方案控制

固定配时方案控制是指信号灯的配时参数是预先给定的,且不随交通情况而改变。但是,这里要注意,在预先确定的配时方案中,不同的时段可以采用不同的配时,只是在某一时段内配时参数不发生改变。例如,可以根据城市交通特点,确定交通早高峰时间、午间高峰时间以及晚高峰时间等确定相应的配时方案。固定配时控制可以是单个交叉口的独立控制,也可以是多个交叉口甚至区域协调控制。

2. 适应性控制

适应性控制不同于固定配时方案控制的鲜明之处在于,它是通过车辆检测器将检测到的车辆信息传送到信号控制器中进行分析处理,然后根据一定的控制规律制定相应的控制方案。为此,需要在各个交叉口的入口车道处设置车辆检测器。这种控制系统比较复杂,设备投资大,但是其信号配时比较灵活,提高了信号时间的利用率。这类系统根据不同交叉口之间的联系,可以按一定算法对多达上千个交叉口进行实时协调控制。实践表明,这类系统用于控制整个区域或城市的交通时,其效果较为明显。

§ 1-4 国内外城市主要采用的信号控制系统

我国在城市交通控制领域起步较晚,在新中国成立之前,仅仅东北几座大城市在日伪期间使用了单点定周期式交通信号机。1973 年,北京市部分科研技术人员在北京前三门进行了交通干线的计算机协调控制系统(线控系统)的实验研究,当时是使用 DTS-130 电子计算

机作为主控制器。这标志着我国通过自行开发研究,在交通自动控制方面向前迈出了第一步。从此以后,我国的交通工程师们开始逐步开发简单的自动控制的交通信号机。1978年,北京、上海、广州等大城市开始使用我国自己设计的交通信号控制机,并取得了良好的效果。1979年4月,公安部在广州召开了城市交通管理工作座谈会,会议提出要逐步实现我国城市交通管理现代化,自此,在我国大中城市中掀起了研制和使用单点定周期信号控制机的热潮。1979年,北京在全国率先研制成功干道交通信号协调控制系统,并在北京前三门大街投入使用。20世纪80年代,北京、上海等国内大城市先后成功研制出了微机控制的单点定周期交通信号机和干道交通协调控制系统。

由于城市交通的迅速发展,城市道路功能增多,密度加大,因此国外从20世纪60年代便开始了自适应区域控制系统的研究。英国学者设计了区域控制系统优化程序 TRANSYT (TRAFFIC Network Study Tool),目前最新版本是 TRANSYT-7F。TRANSYT-7F是一个宏观模型,可以通过仿真来选择最优配时。其选择依据是通过性能指标 φ_i 给出:

$$\varphi_i = \sum_{i=1}^N (t_i + k_i n_i) \quad (1-1)$$

式中 N ——网络连线数;

t_i ——第 i 个连线上平均车辆延误时间;

k_i ——第 i 个连线上加权因子;

n_i ——第 i 个连线上平均停车次数。

尽管 TRANSYT 软件包为世界各国广泛用来设计信号配时和进行流量分析,但是针对各个国家或地区的交通情况的不同,在使用时仍需改进。

目前,世界上广泛使用的区域交通控制系统有两个:英国的 SCOOT (Split, Cycle and offset Optimization) 系统和澳大利亚的 SCAT (Sydney Coordinated Adaptive Traffic) 系统。这两个系统的共同特点是它们均根据交通检测器采集到的交通数据,由计算机进行实时分析处理后作出信号配时方案。因此,这些系统要求交通检测器应能正常工作,对损坏的交通检测器必须及时修理。根据世界各国的使用情况,这两种系统所带来的经济效益十分明显。

SCOOT 系统是由英国交通运输部门会同有关企业合作开发的,它是一种完全实时响应控制系统,既根据当前交通情况决定信号配时,又无需事先拟定控制方案。这种系统可以根据控制区域的交通情况,自动在线调整控制策略,无需历史数据。根据统计调查,英国的城市安装 SCOOT 系统后车辆延误比用固定配时系统减少 12% ~ 27%。

SCAT 系统是由澳大利亚新南威尔士交通部门开发研制的。这个系统是个递阶分布式控制系统,它由主中心监控级、区域中心协调级和交叉口控制器所组成的终端级构成三级分布式控制网络。这套系统一般要求所有路口均装有感应式环形线圈检测器。

目前,SCOOT 系统和 SCAT 系统均已在世界上许多城市获得广泛应用。我国的北京市使用 SCOOT 系统,上海和广州使用的是 SCAT 系统。据统计,全世界已建立了交通控制中心的城市有 300 多个。美国大约有 140 个,日本大约 78 个,我国的北京、上海、广州和深圳等城市也建有较为先进的控制中心。

总之,城市道路交通控制就是要充分利用现有道路资源,合理组织交通,在时间和空间上充分发挥道路的通行能力,对城市有限的道路空间资源的使用进行协调控制。在通信、电子、计算机和自动化等技术高速发展的今天,城市交通自动控制也在不断发展完善。特别是

目前智能交通系统(Intelligent Transportation System)的出现,使交通控制的研究发展呈现出新的局面。因为它已经突破了传统意义上的交通控制,而是一种从空中到陆地的立体控制结构,并且涉及到的领域极其宽广,如图 1-4 所示。在智能交通系统中,诸如卫星定位系统、车辆内置电子地图以及集通信联络和控制为一体的控制中心等已成为主体,交通情报和信息的传递与共享将在一个十分广泛的基础上进行。同时,在新型车辆出现后所引起的交通运行规律的变化和自动控制技术的进一步应用,将使交通控制理论更加丰富,并产生新的现代交通控制理论。现代智能交通系统的出现,是全球现代科学技术发展的结晶,它表明未来的交通控制已经不再单纯是交通部门的工作,而是需要各个不同科学技术领域的共同协作。

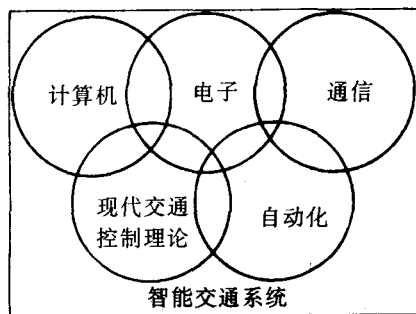


图 1-4 智能交通系统涉及的学科领域

§ 1-5 我国城市道路交通控制面临的问题

我国是个发展中国家,汽车工业尚处于发展阶段。随着人民生活水平的提高,汽车等交通工具的拥有量将会大幅度增长,城市交通中的地铁、轻轨等系统将日益完善,我国的城市交通运输系统将面临更大的挑战。因此,对现代交通控制方法和手段的研究是十分迫切的。它是保障交通这个国民经济的“大动脉”畅通、快捷的重要因素,是促进我国城市经济发展持续稳定增长的关键之一。但目前我国许多大中城市都出现了不同程度的交通拥挤和堵塞问题,严重地影响了城市正常的经济活动,并污染了环境,影响了人民的身心健康。下面介绍一下造成我国城市交通问题的主要原因。

一、国民经济高速度发展

近几年来,特别是 20 世纪 90 年代以来,随着改革开放的进一步深入,我国经济出现了高速增长的局面。自 1991 年以来,我国的经济增长速度持续超过 10%,这是自第二次世界大战以来前所未有的。高速增长的经济,缩短了我国与世界的距离。与此同时,我国城市交通呈现前所未有的发展趋势,传统的交通设施和控制管理技术已经不能适应现代社会发展的需要。

二、车辆的高速度增长

从 1978~1993 年,我国汽车产量由 14.9 万辆增加到 128 万辆,增长了 7.6 倍。与此同时,大城市的机动车辆增长速度极快,轿车、客车、面包车以至于摩托车增长幅度达到年平均 15% 以上。1994 年,全国汽车拥有量达到 941.95 万辆,城市地区约占一半。

三、道路交通设施少且不健全

我国现有城市路网密度都比较低,干道间距过大,支路短缺,功能混乱,属于低级的交通系统,难以适应现代汽车交通的需要。近几年来,我国不少城市开始修建环路,在主要的交叉路口建设立交,并在交通复杂紧张的路段建设城市高架道路。这些工程建设在一定程度和一定时期内可以部分地改善城市交通状况,但并不能使城市交通发生根本性的变化。目前这种状况产生的主要原因是我们忽视了道路交通的系统建设,不重视次、支路建设,主干工程设施不配套,路网密度提高很慢。

四、交通管理及交通安全设施极少

在西方的发达国家中,对城市的交通管理与交通安全设施极为重视,而我国在这些方面与国外的差距是比较明显的。我国城市的道路交通标志、标线、交通信号、可变交通标志、护栏、人行天桥和地下人行街道等都存在许多问题。以北京为例,北京的面积是日本东京的5.8倍,人口和东京差不多,但北京交叉路口的信号机只有东京的3%;北京和东京都有一个交通控制中心,但北京的控制中心控制的交叉路口数只有东京的3%,交通标志只有东京的7%,每公里的交通标志数只有东京的15%。

五、不重视城市交通的综合治理

在我国城市管理中,不重视交通综合治理的现象十分突出。比如,为搞活经济任意占用交通设施,造成了城市道路面积的紧张,在大城市,乱停、乱放现象十分严重;部分城市规划人员对城市交通缺乏深入了解,规划工作与交通发展不相适应;交通系统之间缺乏有效的衔接,城市客运换乘十分不便等。

总的来讲,我国城市交通问题,尤其是大城市的交通问题,已经非常突出。要解决这类问题,除了加强交通规划、建设以及加强交通管理外,还必须提高全民的交通意识,建立明确的交通法规,严格执法,并且建立完善的交通管理体制和政策。

纵观国内外道路交通控制发展的历程,并仔细考察现代城市交通问题可以看出,交通控制已经成为一个需要全社会共同关注的问题。这是因为交通的主体依然是人,全社会如果没有良好的管理水平,没有良好的交通法制,没有遵守交通规则的观念,那么,再好的控制系统也不能发挥它应有的作用。这也就是说,交通控制的效果不仅取决于交通控制系统的先进性,同时还取决于交通中的主体——“人”。因此,在提高我国城市交通控制系统的性能,引进国外先进的控制技术的同时,切勿忽视交通管理水平的提高以及对全民遵守交通规则意识的教育。

同时不能忽视的是,在我国这样的人口大国,混合交通流十分严重,许多城市的交叉口由于道路占地有限,面积较小,而机动车、非机动车和行人常常交织在一起。如果仅仅依靠交通信号控制的作用,城市交叉口的交通问题有时也是不可避免的。在这种情况下,不能忽视各种交通流的统筹安排。比如,行人和自行车在交通控制中常常被忽视,而把交通改善的重点一味地放在机动车运行的改善上。这种做法不仅导致机动车通行能力受到极大影响,而且也严重地影响了行人和自行车的通行。因此,根据实际交通情况合理地规划行人和自行车交通,合理地进行交通分离是至关重要的。

对于那些交通流量很大,交通冲突严重的交叉口,可以由交通警察配合完成交通指挥控制的任务。根据考察,交通警察的作用是非常明显的,尤其是在交通高峰时间。另外,交叉口往往是城市交通事故的多发地区,采用交通警察,可以在发生交通事故时及时处理,尽快解决由于事故造成的交通拥挤和堵塞。近几年来,我国虽然在交通自动控制方面发展比较迅速,但我国的实际情况表明交通警察指挥交通的作用是不能忽视的,单纯依靠城市交通控制系统并不能解决城市交通问题,必须二者合理配合。因此,我们在不断开发、引进和研究新型交通控制系统时,不能忽略现阶段我国城市交通控制的特点。只有这样,才能使我国城市交通适应现代化发展的需要,更好地为社会、经济发展作出更大的贡献。

§ 1-6 交通控制的一种行政手段:拥挤收费

一、拥挤定价

拥挤定价(Congestion pricing)是国外近年来实施的一种缓解交通拥挤的措施,它属于道路定价(Road pricing)的一部分。实施拥挤定价的最初目的是经济上的原因,涉及到道路拥挤造成的经济损失问题。当使用路网的需求增加时,由于拥挤的影响,使道路使用者的速度下降了,道路使用者的费用上升了。这一过程完成了这样一种平衡:只有出行者使用道路的费用低于他们从中获得的效益时,他们才使用道路,称为拥挤控制需求。然而,由于速度下降,每一个新增加的使用者进一步降低了速度,把费用强加于已经在道路上行驶并被迫降低速度的道路使用者身上,而驾驶者并没有感觉到这些费用,他们仍可能继续出行。通过道路定价,驾驶者面临这些费用时,就可能不再出行。拥挤定价就是收取总的边际费用和边际个人费用的差额,确保出行者是那些从出行中获得效益超过他们支出的费用的人。

拥挤定价是交通经济学发展的产物。拥挤定价实际上是运用经济杠杆来调节交通的需求和供给。通过综合考虑交通与经济问题,把城市交通放在国民经济的高度去衡量和认识。

二、拥挤定价的方式

拥挤定价在理论上被认为是具有很高的经济效益,但在具体实施上由于技术系统、政策等各方面的原因,理想的定价系统很难实现,更难以让驾驶员理解。目前的发展仅仅限于较简单的操作系统上。

在城市交通范围内,最简单的拥挤定价方法是在交通高峰时期对现有或新增的收费道路和桥梁提高收费价格。而更为常见的方法是对特定区域收费,比如城市中心商业区或城市的其它主要活动区,还可以采用出售区域通行证或提高高峰时期停车费的方法,或采取外围境界线收费。收费根据每日不同时段、移动方向、车辆类型等变化,收费界限可以是单环或蜂窝状的,这要考虑到系统的技术复杂性。在我国,制定拥挤收费措施,要考虑城市交通管理机制和公众的心理承受能力等实际情况,不能盲目采用。

三、新加坡的道路拥挤收费系统简介

新加坡是世界上第一个在城市外围境界线上实施道路拥挤收费系统的国家。它的道路拥挤收费系统于 1975 年 6 月实施,起初的目的是限制城市居民在上、下班高峰时段使用小汽车,以减缓城市道路的拥挤程度。1989 年 6 月以后,收费范围扩大到晚高峰和所有种类车辆。

经过近 20 年的运行,新加坡的道路拥挤收费系统已成为高峰时段控制拥挤的有效手段,其影响表现在以下几个方面:

(1) 对交通流量的影响。1975 年实施道路拥挤收费后,在早高峰期间进入控制区的各类机动车从 74 000 辆/日下降到 415 000 辆/日;1989 年实行晚高峰时段控制后,控制区域的交通量比控制前减少了 44.5%。

(2) 对出行速度的影响。1975 年实施道路拥挤收费后,早、晚高峰时段的速度分别是 32 km/h 和 25 km/h;1989 年实行晚高峰时段拥挤收费后,晚高峰时段车速上升到 32 km/h。

(3) 导致私人汽车出行转向公共交通方式出行。在实施道路拥挤收费后,因工作出行中乘坐公共交通的比例从 33% 增加到 69%;到 1993 年,在保持公共交通比例不变的前提下,有 11% 的公交乘客改乘大众快速轨道交通。

(4) 合乘车出行方式和免费搭乘车方式增加了。1975 年初期,新加坡道路拥挤收费的投资是 660 万新加坡元。前 10 年,每月的运行费用是 5.9 万新加坡元。1983 年又花费了 17 万新加坡元改进道路拥挤收费。由于增加了晚高峰的收费,所以每月营运费用上升到了 29.5 万新加坡元。道路拥挤收费的收入部分来自通行证费和罚款。通行证费是:出租车、小汽车、货车和不定公共汽车 3 元/次,摩托车 1 元/次,单位小汽车 6 元/次。1992 年通行证费达 3 800 万新加坡元,另收罚款 385 万元。这些收入除支付部分开支外,其余均用于道路建设和相关的设施。

道路拥挤收费正在采用一些新技术,当局已决定使其完全自动化,这一系统称之为电子道路收费系统(Electronic Road Pricing System)。该系统 1994 年已完成了试验工程,在 1997 年实施。这一系统完成后,收费过程全部自动化,由车上的装置和收费口的两个门架上的天线通过微波传送完成自动收费。

从新加坡的经验来看,拥挤收费是缓解城市中心区交通拥挤的有效措施。