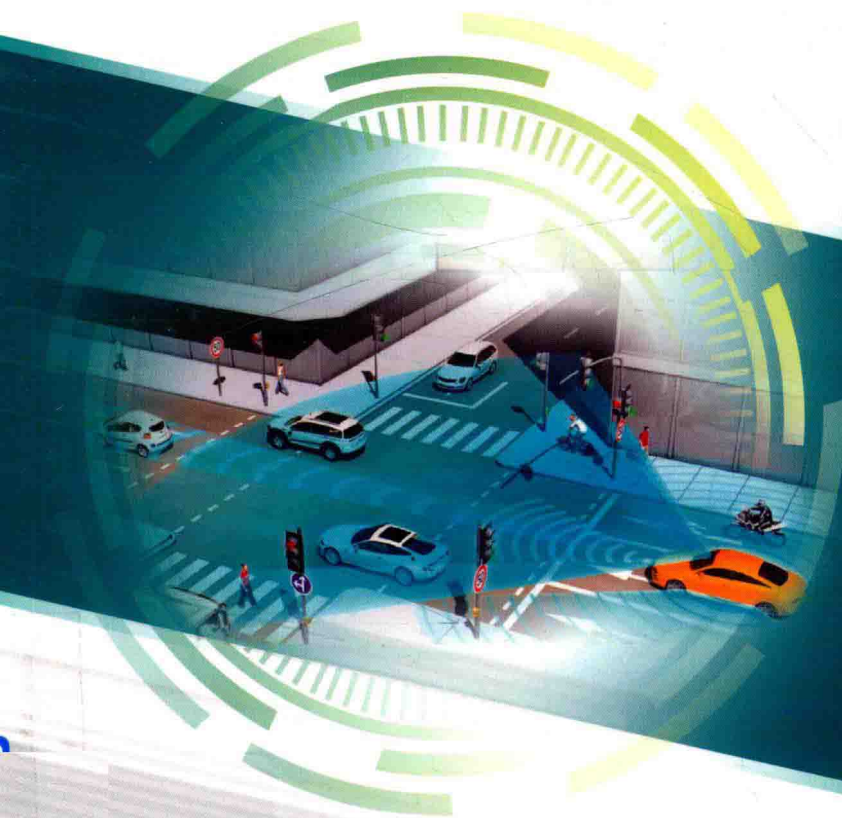


基于车载数据的

城市道路交通控制

姚佼 赵靖 韩印◎编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

基于车载数据的 城市道路交通控制

姚 佼 赵 靖 韩 印 编著

中国铁道出版社

2018年·北京

图书在版编目(CIP)数据

基于车载数据的城市道路交通控制/姚佼,赵靖,韩印
编著. —北京:中国铁道出版社,2018. 12

ISBN 978-7-113-25191-8

I. ①基… II. ①姚…②赵…③韩… III. ①城市交通-
交通控制-研究 IV. ①U12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 271611 号

书 名: 基于车载数据的城市道路交通控制

作 者: 姚佼 赵靖 韩印 编著

责任编辑: 牛泽平

版式设计: 田冰霞

封面设计: 崔丽芳

责任校对: 王 杰

责任印制: 赵星辰

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 中煤(北京)印务有限公司

版 次: 2018年12月第1版 2018年12月第1次印刷

开 本: 720 mm×1 000 mm 1/16 印张: 12.5 字数: 211 千

书 号: ISBN 978-7-113-25191-8

定 价: 55.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

城市交通控制是调控交通流,改善交通拥堵,提高安全性乃至节能减排的极为重要的措施之一,其进步和发展始终与信息、通信、计算机技术以及系统工程同步。由于以往交通信息采集、处理和提供技术等方面的局限,交通控制无法真正实现高效、稳定地对交通流及其状态变化的实时响应与控制,导致城市道路交叉口高峰时段排队溢出、绿灯信号得不到充分利用、交通安全隐患重重。

车路协同系统的出现,使得单车实时行驶数据的获得成为可能,交通信息真正实现了从时间维的线采集到时间、空间两个维度上的全天候、全方位无缝覆盖的全时空采集,可以很大程度上克服传统交通控制的弊端,真正意义上实现城市道路交叉口的自适应控制。资深学者 Michael G. H. Bell 在发表于 Transport Research Part A 的文章《Future Directions in Traffic Signal Control》中指出,仅仅依靠交通信号本身已经不能够解决日益严重的交通拥堵问题,与实时车载数据的集成及整合将是交通控制发展的必然趋势。作为车路协同环境下交通控制研究的第一步,研究基于车载数据的城市道路交通控制机理,对拓展交通信号控制新领域具有十分重要的理论意义,同时对于进一步提高交叉口运行的安全性和效率性,以及预防与快速排解交通拥堵等也具有重要的理论应用价值。

本书首先综述了城市交通控制理论研究的现实需求背景和理论研究背景,并在归纳国内外现有相关研究成果的基础上,总结了在车路协同环境下城市交通控制未来发展的方向。进一步通过用户需求分析,提出了车路协调环境下的城市道路交叉口控制研究发展的基本框架体系,总结提炼出了其发展过程中可能面临的一些基础理论和关键技术,并对其发展的先后顺序步骤以及相关的保障支持措施进行了一定的探讨。

然后从车载数据的分析入手,通过建立交叉口车路协同实验平台,获取实际的车辆运行数据,从准确性、时间特性和空间特性三个角度进行分析,并提炼出车载数据生成频率和车载设备市场普及率分别作为车载数据时间和空间

特性的关键因素。其次,通过对城市交通控制机理的解析,分析了车载数据对其的内在影响,提出了利用指数加权平均控制的方法对车辆在交叉口处的转向和变道行为进行识别,在此过程中通过扩展卡尔曼滤波法消除车载设备导致的绝对误差,通过线性规划模型消除车辆转向的地图匹配相对误差。

在车载数据分析的基础上,以城市道路单个交叉口位研究对象,其离线交通控制方面,对存档历史车载数据的分析,挖掘出传统离线控制的输入,通过层次聚类分析的方法,确定交叉口离线 TOD(Time Of Day)控制的最优方案数以及最佳时间切换点,进一步利用分类回归树法及时发现控制方案的老化,对其进行及时更新;在线控制方面,分场景给出了不同的自适应控制策略,在非饱和条件下,从相位切换顺序、车队聚类、相位切换判断三个角度给出了交叉口实时自适应控制的逻辑算法;在过饱和条件下,提出了绿灯提前切断、绿灯延迟开启、相交道路协调三种控制逻辑及这三者的五种组合算法,并通过案例分析给出了推荐的逻辑算法。在控制策略的制定中,考虑到车载数据生成频率、车载设备普及率这两个关键因素对控制策略效果的影响,对其进行了敏感度分析,给出了满足交叉口前述两种控制策略性能要求的车载数据生成频率和车载设备最小市场普及率的建议值。

本书以城市道路交叉口位研究对象,通过对车载数据特性挖掘利用与分析,制定相关的交叉口离线 TOD 和在线实时自适应控制策略,旨在提高交叉口交通的安全与效率,提高交通管理与控制的主动性,为发展车路协同环境下的下一代道路交通控制系统提供坚实的基础,研究成果对于研究车路协同系统环境下交通网络协调控制与诱导管理整合等问题亦具有广泛的借鉴作用。受实际客观条件所限,本书提出的观点尚有一定缺陷和不足,如车载设备不同的市场普及率阶段下不同车载数据生成频率对于控制策略的共同作用结果,基于车载数据的交叉口交通控制策略实时评价等都将是后续待研究的内容。

本著作得到了教育部人文社会科学研究青年基金项目(17YJC2H225)——“大数据环境下面向紧急救援的城市交通多目标管理控制模型”的资助,作者表示感谢。

1 绪 论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 现实需求背景	2
1.1.2 理论研究背景	3
1.1.3 相关技术背景	4
1.2 研究问题的提出	4
1.3 研究的理论实用价值和意义	6
1.3.1 研究意义	6
1.3.2 理论与实用价值	7
1.4 研究对象、内容与方法	7
1.4.1 研究对象界定	7
1.4.2 研究目标	10
1.4.3 技术路线	10
1.4.4 研究内容与结构安排	10
1.5 本章小结	12
2 研究综述	13
2.1 概 述	13
2.2 车路协同系统的发展背景	14
2.2.1 世界各国车路协同系统的发展	14
2.2.2 车路协同在交通系统中的潜在应用效益分析	17
2.2.3 车路协同系统框架体系	18
2.3 城市道路交叉口交通流运行特征	28
2.4 城市道路交叉口自适应交通控制策略	29
2.4.1 SCOOT 交叉口自适应控制	29
2.4.2 OPAC 自适应控制策略	30
2.4.3 RHODES 交叉口自适应控制策略	33

2.4.4	传统自适应控制的效益评价	34
2.4.5	传统自适应控制的弊端分析	34
2.5	车路协同环境下基于车载数据的交通控制发展现状	35
2.5.1	车路协同环境下基于车载数据的交通控制的机遇	35
2.5.2	车路协同环境下基于车载数据的交通控制特点	38
2.5.3	车路协同环境下基于车载数据的交通控制作用、地位 和发展方向	39
2.5.4	车路协同环境下基于车载数据的交通控制研究现状	42
2.6	综合评述	43
2.6.1	主要成果与研究趋势分析	43
2.6.2	主要的研究缺陷与待解决问题	44
2.7	本研究切入点	45
2.8	本章小结	46
3	车路协同环境下的城市道路交叉口控制框架体系	47
3.1	框架体系的基本定位	47
3.2	车路协同环境下交叉口交通控制结构和框架	47
3.2.1	结构体系	47
3.2.2	系统的用户需求	48
3.2.3	系统的逻辑框架	52
3.2.4	系统的物理框架	55
3.2.5	制定框架体系中需要注意的问题和思考	58
3.3	实施计划和研究流程	59
3.4	支撑保障体系	62
3.4.1	核心支撑体系	63
3.4.2	外在保障体系	65
3.5	本章小结	66
4	车载数据特性及其在交叉口交通控制中的应用分析	67
4.1	交叉口交通控制与交通状态信息	67
4.2	车载数据	68
4.2.1	车载数据	69
4.2.2	交叉口道路交通运行及控制评价指标	69
4.2.3	外部应用程序的提示信息的车载显示	70

4.3	车路协同系统实验平台设计与实现	71
4.3.1	平台的系统功能和框架设计	71
4.3.2	平台的物理实现	73
4.3.3	平台误差测试与校正	78
4.4	车载数据的准确性分析	79
4.4.1	位置定位精度	79
4.4.2	速度定位精度	81
4.5	车载行驶数据时空特性分析	85
4.5.1	车载数据的生成策略	85
4.5.2	车载数据的时间粒度——车载数据生成频率	88
4.5.3	车载数据的空间粒度——车载设备市场普及率	94
4.6	车载数据对交叉口交通控制机制的影响分析	95
4.6.1	基于车载数据的车辆交叉口行为辨识	96
4.6.2	交通控制信息对驾驶员行为影响分析研究	108
4.7	交叉口交通控制对车载数据的需求分析	113
4.8	本章小结	114
5	基于车载数据的交叉口离线 TOD 控制	115
5.1	离线 TOD 控制的目标和任务	115
5.2	离线 TOD 控制策略生成的总体逻辑	116
5.3	基于车载数据的离线 TOD 控制策略输入模型	116
5.3.1	传统信号配时优化软件输入参数的确定	116
5.3.2	车载数据格式和内容	118
5.3.3	基于车辆数据的流量统计模型	119
5.3.4	案例分析	122
5.4	车载数据特性对离线交通控制输入的影响分析	125
5.4.1	车载数据生成策略对离线交通控制输入的影响分析	125
5.4.2	车载设备市场普及率对离线交通控制输入的影响分析	128
5.5	离线 TOD 控制方案的聚类分析	131
5.5.1	数据预处理	133
5.5.2	层次聚类算法——Ward 最小方差法	134
5.5.3	最优离线 TOD 控制方案数的确定——改进的立方群 准则	135

5.5.4	交叉口离线 TOD 控制方案老化判断——分类 与回归树法	137
5.5.5	案例分析	139
5.6	本章小结	144
6	基于车载数据的交叉口实时自适应控制策略	146
6.1	车路协同环境下实时自适应控制的任务和目标	146
6.1.1	基于车载数据的实时自适应控制基本任务	146
6.1.2	基于车载数据的实时自适应控制目标	147
6.2	在线实时自适应控制的基本考虑	147
6.2.1	与离线 TOD 方案的关系	147
6.2.2	交叉口安全目标的约束	147
6.2.3	不同交通需求的影响分析	147
6.2.4	车路协同系统环境的影响	148
6.2.5	实时自适应控制优化策略的总体逻辑	148
6.3	基于 VISSIM 的二次开发的车路协同仿真实验平台	148
6.4	实时自适应优化控制模型与算法	150
6.4.1	车载数据结构和内容	150
6.4.2	实时自适应控制优化模型整体流程	150
6.4.3	非饱和条件下的交叉口信号自适应控制算法	151
6.4.4	过饱和条件下的交叉口信号控制算法	162
6.4.5	车载数据生成策略对实时自适应控制策略的影响	166
6.4.6	车载设备的市场普及率对实时自适应控制策略的影响	170
6.5	本章小结	175
7	结论与展望	177
7.1	主要研究成果	177
7.2	研究展望	178
	附 录	180
	参考文献	184

1 绪 论

1.1 研究背景

在城市中心区交通压力与日剧增,交通安全、交通堵塞及环境污染日益严峻的背景下,发展信息化、智能化、社会化的智能交通系统,发挥交通基础设施最大效能已成为世界很多城市的共识^[1]。车路协同系统和网联汽车通过运用一系列先进的技术获取全时空的交通系统状态数据,并可以实现道路车辆与周围辅助设施的直接通信连接,使道路交通运输系统更加安全、高效和便捷^[2,3],作为智能交通运输(Intelligent Transportation System,ITS)的重要子系统和发展方向,其萌芽起初源于1991年美国的冰茶法案(ISTEA, Intermodal Surface Transportation Efficiency Act),并于1998年在美国加利福尼亚州连接圣迭戈和洛杉矶的15号州际高速公路上得到初步实施^[4,5]。近年来,随着无线通信技术的成熟和车路协同系统的逐渐推广应用,车载实时数据的获取成为可能,车路协同系统可以获得全时空的车载数据,并通过车车、车路的频繁交互将人、车、路、环境有机结合,能够显著提高交通系统的安全与效率,是智能交通系统发展的主流趋势之一,它丰富和完善了城市交通系统基础信息的采集方式和内容,为城市交通管理控制的发展提供了新的思路——由传统的检测响应式的被动控制逐步向更为主动的信息服务和诱导自适应控制过渡;由传统的采集与控制割裂的开环控制逐步向车路交互式的闭环反馈控制过渡^[6,7]。

本书基于“从简单到复杂”的原理,在解析车路协同环境下车载数据特性的基础上,阐述交叉口交通控制与车辆行驶之间的相互影响,进一步探索新型城市道路交叉口交通控制机制。通过研究基于车载数据的交叉口交通控制机制,探索适用于我国的车路协同系统环境下交叉口交通控制模型和算法,对提高道路交叉口交通运行安全与效率性,发展智能交通运输系统关键技术具有非常重要的理论意义和广泛的实用价值。具体而言,基于对城市道路交叉口交通控制机理研究成果的分析和总结,通过建立车路协同实

验平台获取相关的实时车载数据,深入分析其特性及对交通控制的影响,并以此为基础,从新的角度对城市道路交叉口交通控制理论进行探索,以期解决实际城市道路中传统交通控制难以解决的一些问题,推动交通控制领域不断向前发展。

1.1.1 现实需求背景

交通拥堵已经成为越来越多城市的不堪承受之苦,发达国家与发展中国家的情形都是如此。交通拥堵带来的损失也是巨大的,据测算,由于交通堵塞,整个英国每年在时间和燃料上的损失相当于国内生产总值的 2% 到 4%^[8];高度依赖小汽车的美国,每年因此导致的损失达 2 370 亿美元,约占世界 5% 的人口消耗了 26% 的石油,且 45% 的贸易赤字来自于汽车和石油的进口^[9,10];我国百万人以上的大城市每年由于交通拥堵造成的直接间接经济损失约合 1 600 亿元,相当于国内生产总值的 3.2%,据测算,2002 年北京市一天的拥挤成本为 4177.1 万元,全年的拥挤成本达到 10 013 亿元,占当年北京市 GDP 的 3.13%^[11]。更为严重的是近年来我国许多城市,特别是特大城市的交通状况有由“半身不遂”向“全身瘫痪”发展的趋势。

交通控制作为最直观明显地调控交通流,改善其阻塞、提高其安全性乃至节能减排的极为重要的技术措施之一,受制于传统的交通状态信息采集方式,无法真正实现高效、稳定地对交通流及其状态变化的实时响应与自适应优化控制,城市道路交叉口高峰时段排队溢出、绿灯空放、车辆刮擦等现象严重,交叉口运行效率低下、秩序混乱、存在诸多安全隐患,如图 1—1 所示。现状交通模式下的交通控制理论与方法已经成为城市交通发展木桶理论的“短板”,构筑一个高效、稳定的交通控制系统已经成为一个世界性的难题^[12]。



图 1—1

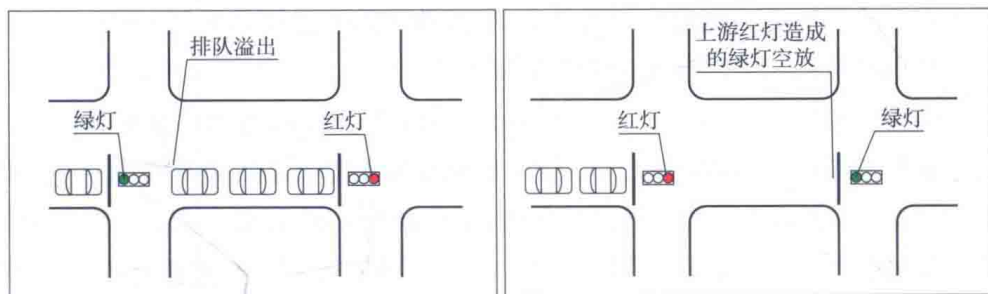


图 1—1 现状城市道路交叉口交通状况

1.1.2 理论研究背景

以 Webster 法和 ARRB 法^[13]为代表的传统固定配时信号控制是根据历史性交通资料,事先经过脱机计算建立起来的,适应于交通需求稳定、交通流运行状态变化不大的情况,不能适应路网上的交通状况的实时改变,如流量的大小、分布以及流向的变化,存在控制方案容易老化、效益低下且不能适应道路网络的扩展变化等弊端,因而饱受批判^[14];始于 1928 年美国巴尔的摩的感应信号控制方法^[13]固然能适应各条进口车道上车辆随机到达的情况,但它仅适用于交通流量不大、随机性却较强的交通状况,当交叉口各个进口方向交通流均趋于饱和程度时,只能按某种固定比例分配各方向绿灯时间,无异于“单点定周期”控制^[15];自适应控制根据采集到的交通状态数据,优化控制模型,在线实时地自动调整信号控制参数,理论上能够建立最优的信号配时,能够适应交通流状态的连续变化,是实用性最强、最先进的一种控制方式^[16,17],但是其之所以无法在实际城市道路交通控制中得到广泛应用主要原因主要有:①其所需检测器数量剧大,前期投资较大,后续维护成本昂贵;②传统信息采集方式能采集到的交通信息量有限(仅限于流量、占有率等),无法准确获得转向流量比例、路段行程时间、路段产生和吸引交通流量(主要是停车库、单位出入口)等关键信息,因此也就无法及时准确预测交叉口车辆到达需求,同时对于由驾驶员行为、交通事故等引起交通流的波动响应也严重滞后,其检测—预测的本质非精确性^[13]导致相应的控制策略响应的是假设条件而非真实条件下的交通流状况,其控制的效果也自然大打折扣^[18];③控制策略的切换过于频繁,对交通流扰动带来的损失远大于自适应控制本身带来的效益^[16,19~21];④虽然采用了可变周期,但每个周期的相位顺序是事先确定的,而非对真实交通流的响应,是强加在优化上的假设条件,本质上它并非优化的输出结果,因

此也非必然能够提高交通控制的效益;⑤优化算法本身所需时间过长,无法同时满足全局最优与实时优化这两者的要求^[16]。

车路协同系统(VII, Vehicle Infrastructure Integration)中:①系统的交通信息采集方式逐步由粗放型的政府大规模基础设施投资(检测线圈、监控设备、标志标线埋设)转为更为集约型的基于车载单元的分布式交通信息采集,交通数据信息采集系统建设和维护成本大大降低,有利于大规模的推广与实施;②通过车路通信可以采集到准确的车载数据(车辆位置、速度、转向、加减速等),能够及时准确预测交叉口的交通需求及各种突发情况,使信号配时的自适应控制的真正实现成为可能;③通过车车、车路通信使交通参与者、交通工具、交通设施与交通环境之间能有机结合,通过车车通信加强车辆间联系,能够缩短驾驶员反应时间,减少了车辆间距,在能给出车载信息提示(两难区、闯红灯、左转非控、主路让行、机动车右转等提示)、改善交通安全的同时,缩短了绿灯损失时间,有效提高信号控制的效率;④系统数据采集粒度、精度的大大提高,使交通信号控制与车辆控制、交通诱导的整合亦成为可能(广义交通控制),资深学者 Michael G. H. Bell 在发表于《Transport Research Part A》的文章《Future directions in traffic signal control》^[22]中指出,仅仅依靠交通信号本身已经不能够解决日益严重的交通拥堵问题,与车辆行驶信息的集成及整合将是交通控制发展的必然趋势。

1.1.3 相关技术背景

交通控制的进步和发展始终伴随着信息技术、通信技术、计算机技术以及系统工程科学的进步与发展。近十来车载无线通信技术的发展,特别是车载专用短程通信协议 DSRC(Dedicated Short Range Communication),车车间通信协议规格 WAVE(Wireless Accessin Vehicle Environment)等技术的成熟,交通信号控制相关设备功能的提升、智能化的加速,为车载数据与交通控制的整合提供了强有力的技术保障,更进一步丰富和完善了交通基础信息的采集方式和内容,为实现真正意义上的自适应信号控制,乃至改善整个城市交通状况提供了技术保障。

1.2 研究问题的提出

传统的交叉口交通控制理论与方法的缺陷。传统意义上的交叉口交通控

制主要聚焦在交通流理论和交通控制模型与算法上,在进行一些假设的基础上,对交叉口交通流的到达和驶离进行数理解析和预测,进而制定相应控制策略。这种研究思路虽然能在一定程度上描述了现实世界交通流的运行规律,能够满足一般控制的需求,但对于精确的实时控制要求而言,一方面大量的前提假设与实际情况不符(如经典的延误模型中假设所有车辆在停车线垂直叠加,而非现实意义上的排队),另一方面由于无法获得转向流量、路段产生和吸引流量等关键信息,预测的交叉口车辆到达需求与实际相差甚远,甚至出现背离的情况,交通控制无法实现真正高效、稳定地对交通流及其状态变化的实时响应与优化,导致道路交叉口高峰时段排队溢出、绿灯信号得不到充分利用、交通安全隐患频频。

传统的割裂交通系统各个要素来应对交通问题的方式已显局限,迫切需要探寻高度信息化环境下交通系统要素的相互关系及系统运行规律,车路协同环境下全时空车辆运行数据的获得,使实现交通信息的采集和控制联系更为紧密,系统内部组成要素(包括人/物、交通工具、交通设施、交通环境和交通规则等)的一体化协调发展成为可能。

因此,车路协同下的交通控制,一方面是由于车路协同的重大应用需求及其技术环境的不断趋于实用化,使得以往的交通控制环境及概念不断地发生变化;另一方面,交通控制的新要求,诸如应对突发事件、特殊交通控制要求,以及被控制体与其影响要素间的协调等,形成对新一代交通控制的需求;再一方面,以实现主动安全为初衷的车路协同系统^[23],其状态希望是可控的。作为其先导性研究,车路协同下基于车载数据的交通控制问题的提出便水到渠成。从交通系统功能和目标来看,安全与效率是交通系统两个主要目标,需要有相应机制来协调它们之间的矛盾;从交通系统服务对象来看,满足特殊交通(消防车、救护车、公交车、VIP车辆等)服务需求必然会影响整个系统的效益;从交通系统服务范围来看,随着交通状态信息获取范围的扩大和粒度的细化、信息受众的增加以及控制理念的转变,面向主动交通安全需求并涉及整个交叉口的下一代交通信号控制的研究已提上议事日程;从交通系统信息资源采集和利用来看,信息资源在车载单元和路侧单元的合理分配和协调,以及利用车路系统完备的信息服务协调交通供需平衡也是未来发展的方向。

尽管车路协同系统提供了丰富的全时空车载实时数据资源,可以一定程度上克服传统交通控制的弊端,使真正意义上的城市道路自适应控制成为可能,但随着相关研究深入,研究人员也逐渐发现,作为一个新生事物,一系列基

础性的理论问题仍需要我们一开始就对其从本质上加以认识和理解:

1. 车载数据的基本特性。作为车路协同系统的基本数据采集单元,其究竟应该包含哪些内容,其生成策略应该包含哪些参数,其准确性应该如何保证,其时间和空间特性对控制策略的影响如何,这是本研究需要回答的第一个问题。

2. 车载数据与交叉口交通控制的关系。车载数据的获取,对传统的交叉口交通控制带来冲击和影响怎样,相反的新一代的交叉口交通控制对车载数据又有哪些需求,这是本研究需要回答的第二个问题。

3. 交叉口交通控制机制。车路协同系统的发展,为交通控制提供了丰富的实时车载数据,这些数据对传统交通控制理论的冲击甚至变革如何?如何利用好这些资源,使之为交通控制所用,大幅度提供交通系统的整体效益,而不至于出现数据灾难,带来系统崩溃?这是本研究需要回答的第三个问题。

总而言之,随着车路协同系统的逐步构建完善,对丰富车载数据环境下交通运行规律的认识不足,缺乏相关的基础交通理论支撑,将成为制约其进一步发展、充分发挥其经济和社会效益的一个主要瓶颈。在这样的背景下,课题“基于车载数据的交叉口交通控制机制研究”被提出,具有一定的紧迫性,更具有一定的前瞻性。研究基于车载数据的交通控制相关基础理论,解决上述基础问题,将成为车路协同系统环境下交通控制研究的先导,进而为车路协同系统的应用与推广奠定坚实的基础,也代表了智能交通系统未来研究的一个主要方向。

1.3 研究的理论实用价值和意义

1.3.1 研究意义

“车路协同”系统通过无线通信技术将交通参与者、交通工具、交通设施与交通环境有机结合,能够显著提高交通系统的安全、通畅、便捷、环保和效率,已经正在为改善交通乃至带来交通科技产业的革命发挥着广泛而显著的作用。车路协同系统带来的丰富车辆行驶实时数据为我们克服传统交通控制的缺陷提供了千载难逢的机遇,如何利用好这些数据,将是车路协同环境下城市交通控制的一大挑战,车载数据与交通控制整合条件下的道路交叉口交通信号控制机制已成为亟待研究的新课题。

本研究旨在解析车路协同系统的车载数据的特性,并研究建立在其基础

之上的城市道路交叉口交通控制机制,初步探索信息环境下的交通控制相关理论,为车路系统的未来大范围推广和应用提供坚实的理论储备。

1.3.2 理论与实用价值

车路协同系统已成为智能交通运输系统的重要子系统和发展方向,研究此环境下道路交叉口的交通运行特征,解析车载数据,进一步探求基于安全和效率的交叉口优化控制机理,对于拓展交通控制新领域具有十分重要的理论意义;对于通过交通控制进一步提高交叉口交通运行的连续性和自适应性,以及预防与快速排解交通拥堵等具有重要的理论应用价值。

本研究成果可以提高交叉口交通运行的安全与效率,提高交通管理与控制的主动性,为发展信息环境下交通智能化管理与控制系统提供坚实的理论支撑,特别是对于立足中国城市道路交通的复杂特征,发展自主高新交通科技意义深远。

1.4 研究对象、内容与方法

1.4.1 研究对象界定

本研究的主要对象是单个交叉口,交叉口在处理形式上分为平面交叉和立体交叉。立体交叉从空间上分离了彼此冲突的交通流,不存在交通控制的问题;平面交叉口则是各种交通矛盾的集中体现,汇集了不同方向的交通流,各种车流在此积聚、离散、变换方向,是城市道路间断交通流特征的集中体现,需要从时间上进行统筹规划,合理分配通行权。研究表明城市交通问题 50%~80%产生于交叉口及其附近,城市道路机动车有 1/3 的时间消耗在交叉口上,80%~90%的延误时间是由于交叉口信号控制造成的^[13]。由此可见,交叉口的功能与运行状态直接关系到整个路网性能,做好城市交通管理首先要管好交叉口,抓住了交叉口也就抓住了交通拥堵的关键。基于此,本文的研究对象就是城市道路平面交叉口。

1. 交叉口分类

平面交叉口按形状分为十字型、X型、Y型、环型等^[24],如图 1—2 所示。基于从简单到复杂的原理,本研究以经典十字交叉口为研究对象,着重研究其在丰富车辆运行数据条件下的控制机制。其他类型的交叉口可以参考本文的研究方法。

2. 交叉口构成要素

交叉口是城市道路网中道路环境非常复杂的部分,元素众多,互相作用交互,一般认为一个典型的城市道路交叉口主要构成元素归纳为:道路路段、交叉口、交通信号控制、其他设施等^[24]。

交叉口:

包括交叉口各向进口道及出口道等。进口道指交通管理部门在道路上靠近交叉口的区域划分的供车辆排队的车道。按功能一般分为直行、左转和右转车辆进口道或者不同转向车流的混合车道。

道路路段:

本文所定义的“道路路段”是指交叉口之间供车辆行驶的车道,可以进一步细分为道路路段上游行驶离散区域和下游排队积聚区域。在路段路面上,一般设有标线,路段路边设有各种标志等。

其他设施:

在交叉口内部或道路路段,设立了各种标志、VMS 信息提示设施等。

交通流:

交叉口的交通流需求可以分为机动车交通流和混合交通流(Mixed Traffic),机动车交通流主要是指普通小汽车、公交车、出租车、紧急救援、VIP 车辆等,混合交通流主要是指非机动车和慢行交通流。

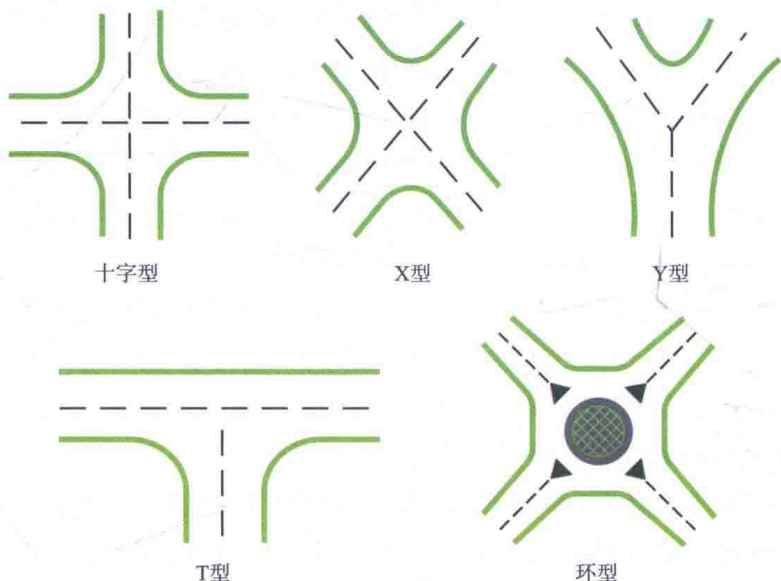


图 1—2 交叉口分类