



交通运行管理丛书 | 过秀成 主编

高速公路交通运行状态 分析方法及应用

Highway Traffic Operation Analysis:
Methods and Applications

过秀成 著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

高速公路交通运行状态分析 方法及应用

过秀成 王 卫 张小辉 著
王 谷 巩建国



东南大学出版社
• 南京 •

图书在版编目(CIP)数据

高速公路交通运行状态分析方法及应用/过秀成等著. —南京:东南大学出版社, 2012. 12
ISBN 978-7-5641-3969-8

I. ①高… II. ①过… III. ①高速公路—交通运输管理—研究 IV. ①U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 295719 号

高速公路交通运行状态分析方法及应用

出版发行: 东南大学出版社
社 址: 南京市四牌楼 2 号 邮编: 210096
出 版 人: 江建中
网 址: <http://www.seupress.com>
电子邮箱: press@seupress.com
经 销: 全国各地新华书店
印 刷: 江苏兴化印刷有限公司
开 本: 700 mm×1 000 mm 1/16
印 张: 23.75
字 数: 455 千字
版 次: 2012 年 12 月第 1 版
印 次: 2012 年 12 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-5641-3969-8
定 价: 49.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025-83791830

前 言

随着高速公路路网密度、管理模式、信息化应用程度等的变化,研究高速公路交通运行状态估计及事件检测、交通组织、事件管理、交通流控制和管理对充分发挥路网整体运行效率、提升路网服务水平具有重要作用。

本书系统总结了“江苏省高速公路路网运行状况分析方法与应用”(第二届江苏省优秀软科学成果奖)、“干线公路通行能力计算机模拟”(2007年安徽省科学技术奖三等奖)、“沪宁高速公路容量分析及交通管制措施”、“高速公路施工区交通控制”等多项科研成果,形成了高速公路交通运行特性分析、高速公路交通信息采集、高速公路运行状态估计、施工区交通组织、交通事件管理以及交通通畅保障策略、应急救援及资源调度、运行效率分析等方面的分析方法及应用技术。本书可供高年级本科生及研究生作为教材使用,也可供高速公路交通运行管理技术人员及科研人员参考。

全书共分10章:第1章绪论,第2章高速公路交通运行特性分析,第3章高速公路交通运行信息采集及处理,第4章高速公路交通运行状态估计及评价,第5章基于GPS浮动车高速公路行程车速动态估计,第6章高速公路交通事件自动检测,第7章高速公路施工区交通组织,第8章高速公路事件管理及交通运行畅通保障技术,第9章高速公路紧急救援及资源调度方法,第10章高速公路运行效率分析。

全书由过秀成教授主编,各章的编写分工是第1、3、7、8、9章过秀成;第2章过秀成、巩建国;第4章过秀成、王卫;第5章王卫;第6章张小辉;第10章王谷。感谢博士生孔德文、硕士生王恺、硕士生马巧英、博士生顾海燕、博士生杨洁、博士生侯佳在专著资料整理研讨及编排过程中所做的工作。

本书在撰写过程中参阅了国内外大量文献与著作,由于条件所限未能与原著者一一取得联系,引用及理解不当之处敬请见谅,在此谨向这些资料的原作者表达崇高的敬意和由衷的感谢!

限于作者的时间和水平所限,书中难免有错漏之处,恳请读者批评指正。

电子信箱:seuguo@163.com。

著 者

于东南大学

2012年9月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 高速公路交通运行的发展历程	2
1.3 高速公路交通运行管理需求分析	7
1.4 国内外既有研究综述	11
1.5 高速公路交通运行分析体系	17
1.6 本章小结	19
第 2 章 高速公路交通运行特性分析	21
2.1 高速公路构成要素及运行管理	21
2.2 高速公路基本路段交通特性	25
2.3 高速公路分流区交通特性	31
2.4 高速公路出口匝道交通特性	48
2.5 高速公路出口匝道段通行能力分析	52
2.6 本章小结	74
第 3 章 高速公路交通运行信息采集及处理	75
3.1 高速公路采集信息供需分析	75
3.2 采集点分级布设方法	82
3.3 多检测器数据融合	99
3.4 采集数据异常处理	107
3.5 本章小结	109
第 4 章 高速公路交通运行状态估计及评价	110
4.1 短时交通流预测	110
4.2 基于收费数据挖掘的高速公路行程车速估计	124
4.3 路段运行状况评价	143
4.4 本章小结	159

第 5 章 基于 GPS 浮动车高速公路行程车速动态估计	160
5.1 GPS 浮动车地图匹配模型	160
5.2 高速公路行程车速动态估计	176
5.3 行程车速数据评价方法	190
5.4 本章小结	198
第 6 章 高速公路交通事件自动检测	199
6.1 常用检测算法及性能分析	199
6.2 算法的适用条件及应用	205
6.3 基于视频识别的高速公路交通事件检测	211
6.4 本章小结	219
第 7 章 高速公路施工区交通组织	220
7.1 高速公路施工区交通特性分析	220
7.2 高速公路施工区通行能力研究	229
7.3 高速公路施工区交通组织设计	239
7.4 高速公路施工区设置方式	249
7.5 本章小结	267
第 8 章 高速公路事件管理及交通运行畅通保障技术	268
8.1 高速公路事件管理	268
8.2 高速公路事件管理评价	272
8.3 高速公路事件管理主要部门职能	276
8.4 交通拥挤疏散策略	278
8.5 常发性拥挤条件下的交通管理	285
8.6 恶劣天气条件下的交通管理	295
8.7 紧急突发事件下的交通管理	300
8.8 高速公路交通诱导	302
8.9 本章小结	305
第 9 章 高速公路紧急救援及资源调度方法	307
9.1 高速公路紧急救援联动机制	307
9.2 高速公路救援资源调度方法的适用性分析	323
9.3 高速公路交通救援资源调度决策模型	327

9.4 本章小结	334
第 10 章 高速公路运行效率分析	335
10.1 交通运行效率	335
10.2 基本分析模型	337
10.3 截面静态数据分析——效率诊断	343
10.4 时序动态数据分析——过程控制	349
10.5 面板混合数据分析——连续优化	355
10.6 本章小结	362
参考文献	363
后记	370

第 1 章

绪 论

高速公路交通运行分析是通过视频、线圈等信息采集设备获取高速公路基本路段、出入口匝道等组成部分的相关信息,实时监控高速公路交通运行状况,提取交通分析参数,判断交织区及路段交通运行特征,检测交通事件发生情况,针对正常运行状态和交通拥挤、交通事故、恶劣天气等非正常运行状况下采取交通控制与诱导、事件管理、紧急救援与资源调度等策略措施,保障高速公路交通高效、安全的运行。

1.1 研究背景及意义

高速公路具有通行能力大、行程速度快、运输效率高的特点,对促进社会经济发展具有支撑和引导作用,是加强区域间客货快速联系和交流的重要途径。随着我国社会经济的快速发展,高速公路运营里程从 1988 年的 18.5 km 增长到 2011 年底的 8.5 万 km,路网密度不断提升,交通流量持续增加,部分地区已基本形成网络化格局和出现饱和流运行状态。在此背景下,高速公路交通运行分析已成为行业发展面临的主要问题,其相关技术研究及应用显得尤为迫切。

(1) 交通安全

高速公路事故通常为恶性事故,其发生会造成重大的人员伤亡和经济损失。在高速公路交通量增加的条件下,常发性拥挤现象日趋严重,车辆之间冲突概率增大,成为交通事故发生的潜在原因。同时,多车道高速公路沿线出入口增多,车道数增加且采用分车道运行,标志标线设立标准发生变化,车辆出入及换车道情况频繁发生,交织、合流、分流等行为增多,也引发了大量的侧碰、刮擦等交通事故。在我国高速公路交通流中车型较多、车辆性能差异大及驾驶员违章驾驶行为居高不下,大货车对车流运行干扰程度加大,高速公路交通安全问题更加严峻。

(2) 运行效率

随着高速公路的发展,其交通运行状态也发生了相应的变化。一方面,高速公

路交通量的增加导致了交通拥挤程度加重,服务水平下降,车辆运行愈加困难。2010年,沪宁高速苏州段日均交通量达7.7万辆,部分路段单日交通量超过10万辆,无锡段日均交通量也达到5.7万辆左右。另一方面,高速公路沿线出入口增多、分车道运行、车辆性能差异大等因素使得多车道高速公路基本路段、分合流区、收费广场等地点车流运行组织愈加复杂,运行效率显著下降。沪宁高速全长274 km,建成之初仅有20个互通立交,平均间距为13.7 km。随着交通量的增加,2006年改扩建为8车道运行,互通立交数为36个,平均间距减为7.6 km。立交间距减少,出入交通频繁,高速公路连续流运行条件改变,主线车辆运行受到较多的干扰。

(3) 突发事件

高速公路在突发事件发生后通常会引发高速公路局部或大范围的交通堵塞,甚至交通中断导致省际、地区间的车流、物流的延误,高速公路紧急救援难度加大,特别是面对危化品事故、紧急救援通道保障、通信保障等救援关键问题,紧急救援现场及周边区域的交通组织、隔离设施的设置、救援通道的保留、信息共享等都需要提出应对策略和方法。

(4) 运行管理

高速公路管理主体涉及运营公司、交通路政部门、公安交警部门,部门之间的协调机制是高速公路运行管理的研究和具体实践一直在探索的问题。在正常运行条件下,高速公路运行管理的目标为提高运行效率,车辆分车道运行、分合流现象增多等影响运行效率的特征变化对高速公路交通管理设施、管理方式提出了新的要求。而在非正常(紧急事件)条件下,高速公路运行管理的目标为如何快速响应事件进行紧急救援,尽可能降低事件的危害程度,此时高速公路管理主体的协调机制、组织机构、联动技术、业务流程、人员配置、物资配置及调度等成为关注的重点,对综合管理的机制和措施的要求日益凸显。

基于上述背景,面向高速公路运行管理和交通运行特性出发,分析高速公路交通运行管理需求,研究高速公路信息采集和运行状态识别方法,剖析高速公路交通拥挤形成机理及疏散策略、突发事件下紧急救援及协调机制等运行管理问题,提出相应管理策略和保障机制,不仅具有一定的理论研究意义,同时可产生较强的社会和经济效益。

1.2 高速公路交通运行的发展历程

1.2.1 高速公路交通运行发展阶段

纵观高速公路发展历程,由于不同时期社会经济发展水平及路网设施供给的

差异,高速公路交通运行特征及所面临的管理需求具有明显的阶段性特点。

1. 起步建设阶段

早期建设的高速公路多为双向4车道,以实现大城市间的快速连通功能为主,出行的机动性较强。此阶段高速公路发展主要侧重于投融资、规划、设计、建设、管理全过程的经验积累方面。高速公路总体规模及车流量偏小,供需矛盾相对不突出,交通运行特征多为自由流和稳定流状态。信息采集方面以地理式线圈的应用较为普遍,用于交通流量数据的获取。信息发布方式较为传统,采用指示标牌以及广播、电视等被动式接收途径。管理体制方面,各高速公路建立专门的路公司进行管理,业务重点以收费还贷为主。

2. 成网建设过程中

在高速公路成网建设过程中,基础设施建设得到快速发展。此阶段高速公路管理仍以建设还贷功能为主。管理体制上,对区域内多条高速公路开始实现联网管理,主要以收费、设施建设标准、路网调度、信息发布为主。同时,高速公路硬件设施变化较大,路网连通性、可达性不断增强,规模效应逐步得到发挥。与此同时,交通需求量逐步增加,部分路段饱和度不断提高,交通运行趋于饱和状态后,开始实施改扩建工程。高速公路建设已向双向6车道、8车道、10车道方向发展。随着高速公路网密度的提高,互通立交平均间距不断缩小,沿线出入口匝道的分合流区、交织区不断增多。

在成网建设阶段,高速公路交通需求以及交通设施供给水平日益增长,高速公路主要服务功能和交通流运行特性也逐步发生变化。服务功能方面,由早期的以实现区域快速连通为主开始向以满足交通流量通行为主转变,更加注重运行效率的提升。交通流运行特性方面,由相对自由流向欠饱和、饱和流状态演变,由稳定流向非稳定流演变。此阶段高速公路的交通运行特性和管理需求发生较大变化,呈现出一些新的特点。

(1) 交通流量的迅速增加

在社会经济高速发展的背景下,高速公路沿线城镇逐渐形成城市带、城市群,加之机动化进程的不断加速,高速公路交通流量增长迅速。部分高速公路路段交通流量增长超过预期,提前达到设计年度通行能力。由于交通量的快速增加,部分路段交通运行状态趋于拥挤,易形成路网瓶颈,路况进入饱和交通流运行状态。

(2) 运行的不稳定性增强

在交通流量持续增加以及整体路网尚未健全阶段,交通流运行不稳定性增强。一方面由于刚建成路段接入高速公路网,促使区域内路网上的交通流量、流向发生一定变化。另一方面,沿线出入口匝道、互通立交数增多,分流、合流行为增多,易引发大量侧碰、刮擦等交通事故,加之车辆拥挤情况的发生,对正常的连续交通流

运行状态造成一定干扰。运行的不稳定现象对交通运行管理需求不断增强,以提升路网整体交通运行效率和安全性。

(3) 施工区交通运行的干扰

高速公路实现规模化后,已建成路段的改扩建及养护施工需求逐渐显现。施工区对本路段及上游、下游地区交通流运行状况造成一定干扰,导致车速降低、路况不佳等问题,并带来潜在安全隐患。特殊情况下,因施工要求需对路段采取局部封闭措施,造成整个路段的交通流中断,严重影响了驾乘人员的正常出行。

(4) 指路系统的复杂化

高速公路成网过程中,路网密度不断增加,网络连通性和拓扑结构趋于复杂化。高速公路覆盖地区、出行起点和终点(出入口匝道)数量持续提升,指路系统标识的类型、内容等趋于多元化,路网上的信息容量急剧扩大。在信息指引的针对性不强的情况下,容易造成驾乘人员无法顺利到达目的地。同时,指路系统的复杂化还易引起交通安全事故,因此应做好深入的研究和论证,给出行者提供清晰的指引标识。

3. 网络化建设完成后

在高速公路网络化建设相对成熟后,交通运行管理的重点开始转向面向用户的需求管理,更加注重驾乘人员多样化的服务需求,且以信息技术为代表的相关辅助设施设备应用程度更高。管理体制方面,届时部分完成收费还贷的道路其运营管理模式面临重组和变动,建立面向区域路网一体化协同管理的格局。

网络化建设完成后,交通供给能力趋于稳定,同时交通需求也维持在一定幅度的水平下。此阶段运行管理成为高速公路主管部门的重点工作,其核心内容是研究在一定的设施供给条件下,如何提高高速公路交通服务水平和综合效益。因此,信息技术的应用是网络化阶段提升管理水平的重要途径和方法。

(1) 信息技术的集成应用

高速公路系统本身涵盖道路设施、机电设备、配套服务设施等,其中信息化设备在高速公路收费、通信、监控、数据采集、联网调度、事件处理和决策支持等方面均有应用,可提高相应的业务管理水平。多条高速公路的信息设备面临系统整合和集成应用,在管理体制机制重组的基础上,实现区域网络化的运行管理。

(2) 交通需求管理

在设施供给趋于稳定的阶段,为平衡交通供需关系,应采取相应的交通需求管理策略。以匝道控制、主线控制和通道控制为主,对交通流进行诱导、调节,以实现较为均匀、稳定的交通流。

(3) 个性化信息需求的满足

信息是实现人、车、路协同管理和相互反馈的载体。满足个性化的信息需求成为用户服务导向下高速公路运行管理的重要内容。不同类型驾乘人员在高速公路

服务系统中所需获取的路况信息、指路信息等需求不尽相同。只有在充分获取有效信息的基础上,驾乘人员才能做出正确的判断。同时,交通管理部门发布的路况信息、预警信息、分流诱导信息等也需及时有效地传递至相应的驾乘人员。

(4) 事件信息的及时获取及处置

高速公路交通事件处置能力是衡量交通运行管理的重要标志。针对交通事件和事故的发生情况,相关部门需及时到场开展清理、救援工作。交通事件预防、信息获取、现场处置等方面的相关技术应用和预案制定是重点关注的方向。

(5) 管理机制体制亟须协同

由于工作性质和分工不同,高速公路管理体制呈现多头管理的格局,具体业务由高速公路经营管理公司、路政部门以及交警部门三方共同实施。首先是高速公路经营管理公司在区域路网内的重组,完成从经营性管理单位向非盈利性办事机构的转变。同时,针对交通拥挤、恶劣天气、养护施工、突发事件的紧急救援等业务协作管理需求,建立多方协作的工作模式和组织机制。

高速公路交通运行管理不同时期面临的主要问题和任务重点有所差异。在设施网络化和交通需求不断增长的发展趋势下,交通运行出现的问题越来越难以应对和解决。因此,研究现代化的交通运行管理技术和方法是面向未来高速公路发展的必由之路,应注重信息化、智能化高速公路的建设以及管理体制机制方面的完善。

1.2.2 高速公路交通运行管理模式

1. 运行管理的阶段性特征

高速公路交通运行管理大致经历单线人工管理、单线综合管理和网络化综合管理三个阶段。人工管理即高速公路交通管理与控制、交通事故处理、道路安全巡查等均主要依靠人工完成。综合管理则是指交通运行管理中信息采集、交通管控等主要依靠技术设备、计算机辅助决策系统等完成。

(1) 单线人工管理

在高速公路发展初期,路网总体建设规模偏小,管理技术水平相对落后,主要针对单一线路进行运行管理,管理方式以借鉴国外先进高速公路管理经验为主,缺乏相对完善的技术设备的应用。高速公路运行管理主要以人工管理为主,如信息采集、收费管理等工作均由一线人工完成,交通管理、事故处理、紧急救援等多由管理者凭借个人经验和判断进行决策。

(2) 单线综合管理

随着高速公路持续快速的发展,建设规模逐步扩大,网络化程度不断加强,技术应用更加广泛。高速公路监控、通讯、事件检测、不停车收费、信息发布、紧急调

度等技术开始投入应用,人工与智能技术相互结合,呈现综合管理态势。受限于高速公路投资、建设、运营管理的管理体制,大部分高速公路以单线管理为主,不同高速公路间管理的协调性有待加强。交通管理、路政管理、收费管理分属不同的部门,需建立更为高效的协同联动机制。

(3) 网络化综合管理

在高速公路成网运营后,信息技术、通信技术、智能交通技术、管理决策技术等为高速公路网络化运行管理提供技术支撑。将一定区域范围内的高速公路进行联网管理,甚至与区域内相关的国省干线公路纳为一体,实时监测整个区域路网的交通运行状况。根据交通拥挤、交通事故等突发事件的严重程度,制定基于点、线、面的协同交通管控策略和分级响应机制。在网络化综合管理阶段,技术应用是提高高速公路管理水平的关键因素。

2. 运营管理模式

高速公路是区域公路网络的骨架设施,其运营管理方式有别于一般道路。典型管理模式分为三种类型:省交通主管部门统一领导、省交通运输厅另设直属高速公路管理机构、委托企业集团管理。

(1) 省交通部门统一领导。由省级交通主管部门统一管理全省高速公路,各地方设置高速公路管理支队。此种模式是一种相对集中的垂直化管理,便于全省路网的统一协调,但增加对接属地管理诉求以及协同处置事件的难度。高速公路路公司、交通管理、路产路权维护均由交通主管部门统一领导。

(2) 省交通部门下设高速公路直属管理机构。此种模式下省交通运输厅下设公路局。公路局负责全省高速公路的收费、经营、养护、路政的综合管理。结合路段设置高速公路管理处,负责具体经营管理和行政执法工作。

(3) 委托企业单位管理。此种模式分为两种情况,一类是交通控股集团公司归省国有资产管理委员会管理,直属省人民政府领导。控股集团公司主要负责全省高速公路的国有资产管理、市场融资、收费经营等。省级交通主管部门负责行业管理和路政执法派驻。另一类是集团公司直属省交通主管部门。由省交通主管部门独资或控股成立经营公司,履行出资人职能,实行产权管理与行业管理,享有资产收益、重大决策和选择经营管理者等权利。

3. 高速公路交通管理模式

交通管理对高速公路交通运行分析影响较为显著,承担交通管理职能的主要有公安交警、路政、运政等执法机构。高速公路交通管理模式可分为单一执法和综合执法两类。

(1) 单一执法模式

单一执法即公安、交通部门各自设立管理执法机构,交通警察、路政稽查单一

执法。公安部门成立省高速公路交巡警总队,负责高速公路治安管理、交通安全、交通运行秩序和事故处理;路政部门成立路政总队,负责路产路权维护、道路清障、治理超载等。在单一执法模式下,各自部门主要围绕其职能范围进行执法。交警主要关注交通安全和治安管理,路政部门注重路产路权维护;路公司则关注交通运行效率。单一执法模式具有分工明确的特点,但对高速公路交通畅通、安全运行的总体目标而言,条块分割现象不利于部门协调和管理效率的提升。

(2) 综合执法模式

综合执法模式是指由单一管理主体负责高速公路各路段交通管理。此单一主体可以是由公安部门派出交警与交通部门路政组建的行政执法机构,也可以是由交通主管部门组建高速公路管理机构,负责对路政、交通安全、收费、养护、通信监控等实行统一管理。在公安交警、交通部门等多个部门联合执法模式下需加强协作配合,将多个管理主体纳入统一管理,一定程度上可提高事故处理、紧急事件反应速度和综合管理效率。

1.3 高速公路交通运行管理需求分析

1.3.1 高速公路交通运行面临的问题

1. 交通安全

交通安全是高速公路交通运行分析研究的首要任务。交通安全关系到广大人民群众的生命和财产,是实现客货运输需求、保障高速公路运行通畅的前提。高速公路基础设施建设标准高、管理设备先进,提供了车辆高速行驶的道路环境。从交通事故数量比较,万车公里事故数高速公路比普通干线公路要少。从事故严重程度比较,高速公路一旦发生交通事故其后果较普通公路更为严重,死亡率更高。

高速公路事故成因包括驾驶行为、车辆性能及故障、道路条件、安全设施和交通管制措施等。其中,车辆超速行驶是造成事故的主要原因之一。高速公路平原地区最高时速限制为 120 km/h,实际超速现象常有发生。超速行驶干扰交通流的正常运行,拉大车辆运行的速度差,增加安全隐患,易发生追尾等事故。同时,夏季路面温度过高,超速行驶易导致轮胎温度急剧升高,轮胎内空气膨胀导致爆胎进而引发交通事故。超速行驶的另一情况是速度相对过快。速度虽然没有超过交通管理部门颁布的限制速度,但由于恶劣天气等原因,超过了安全行车的速度要求。另外,疲劳驾驶也是导致高速公路交通事故发生的重要原因之一。高速公路两侧景观单一、弯道少,基本没有横向干扰,且在高速行驶状态下驾驶员长时间精神高度紧张,较易产生疲劳。

高速公路交通运行分析对交通流运行状态进行识别和估计,以实时调节交通运

行,减少交通冲突,并及时采取相应交通管理和救援措施,尽可能避免交通事故发生和降低交通事故产生后果的严重程度,对改善高速公路交通安全具有重要作用。

2. 交通拥挤

交通拥挤是指在一定的时空环境下,由于交通需求和供给矛盾产生的车辆拥挤和滞留现象。道路交通设施所能提供的交通容量不能满足交通需求,且得不到及时疏解。当实际交通需求超过道路通行能力时,平均车速降低,交通流量减少。

交通拥挤的形成原因是由交通供需关系不平衡引起的,主要分为两种类型:

①由于过大的交通需求造成道路设施负荷过大所引起的拥挤,称为常发性交通拥挤。②由于道路上交通事件的发生,如交通事故、车辆停驻、恶劣天气(雨、雪、冰、雾)、大宗货物掉落或道路设施临时维护所引起道路通行能力减小,称为偶发性交通拥挤。

在交通量偏低的情况下,若出现高速公路交通拥挤通常为偶发性拥挤。此类拥挤可通过预防措施加以防范,如发生恶劣天气,可通过监测天气变化而采取相应管制策略;也有部分突发事件难以进行监测和预估,可通过制定紧急救援预案减少事件产生的负面效应。

在高速公路交通量不断增长且交通负荷日趋饱和的情况下,高速公路通达性功能向通过性功能转变,增加路段通行能力成为主要研究的问题,以避免发生常发性交通拥挤。高速公路交通量增加导致高峰时期路段交通拥挤,服务水平降低。多车道条件下,高速公路实现分车道交通运行,沿线出入口不断增加等因素导致高速公路基本路段、分合流区、收费站广场处的交通运行组织愈加复杂。

在高速公路出现常发性拥挤状态后,交通运行分析显得更为迫切。亟须研究面向常发性交通拥挤的交通管理和控制技术,保持高速公路交通的高效、畅通运行。

3. 环境问题

高速公路产生的环境污染主要包括生态隔离、空气污染、噪声污染等。由于高速公路采用高路堤、全线护栏形式,造成道路两侧包括动植物在内的生态隔离。高速公路交通运行中,车辆排放的一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物及铅氧化物等气体均属有害、污染气体。在发生交通拥挤、交通事故和突发事件等情况下,车速降低、燃料燃烧不充分,所排放污染物含量更多,对空气污染性更强。车辆高速行驶所产生的噪声也是重要的环境问题,发动机噪声、轮胎与地面的摩擦、鸣笛是主要的噪声污染源。

高速公路交通运行分析通过提高高速公路交通运行效率,改善交通安全状况,尽可能避免交通事故的发生,使交通流平稳顺畅运行,从而达到降低噪音和减少污染物排放的效果。

4. 能源问题

汽车是能源消耗的重要组成部分。据统计,各工业发达国家汽车运输的能源消耗约占各种运输方式的70%~80%,占总能耗的15%~20%,占石油消耗量的40%~70%。高速公路车辆的能源消耗取决于车辆运行状态。若在匀速运动时,车辆需消耗一个单位的燃油。在交通拥挤时,车辆频繁加减速其能耗是匀速状态的两倍多。交通高峰期拥堵时这一比例可达三倍甚至更高。

另外,交通拥挤造成行程时间无法预测,除运行成本增加、事故率提升和能源浪费外,还造成严重的社会经济损失。通过降低交通拥挤发生的频率,可提高高速公路交通运行效率,保障出行者的出行时间可靠性。

交通安全、交通拥挤是高速公路交通运行分析研究中一直关注的重要议题。一方面,高速公路交通运行分析需实时观测交通拥挤状况,剖析交通拥挤形成机理,提出相应预防措施和策略,在交通拥挤即将形成之前采取措施避免其发生。另一方面,针对交通事故、恶劣天气等突发事件的发生,高速公路交通运行分析应在事件发生后及时获取事故发生信息,实现分级响应机制,提高紧急救援到场时间和处理能力,以尽快恢复正常的交通运行。

1.3.2 高速公路交通运行分析的需求

在高速公路面临交通安全、交通拥挤、环境问题和能源问题的一系列挑战下,高速公路管理部门和社会公众对高速公路交通运行的关注度持续增加。如何通过应用现代化的运行管理分析技术以提升高速公路交通运行状况的需求越来越迫切。纵观国内外高速公路交通运行分析,主要包含通过识别高速公路交通流参数,判别交通运行状态,检测交通事件发生情况,采取交通诱导分流、交通控制管理等手段干预和调节交通运行,针对养护施工、紧急突发事件等特殊情况下,建立相应的交通组织方案和紧急救援处置预案等。根据交通运行分析实施要求,其分析需求涉及:信息采集与处理、运行状态识别与检测、交通管理控制技术和保障策略、交通运行效益分析。

1. 高速公路交通信息采集与处理

高速公路交通信息采集与处理是应用检测设备获取高速公路交通运行的基础数据。经过数据过滤、去噪处理提炼有效的交通运行参数,为运行状态识别和管控策略的制定提供依据。检测器的正常工作率和数据采集的实时性、有效性为此阶段考虑的重点问题。因此信息采集设备的选取、采集点的布设、异常数据的处理是主要的研究内容。已应用于高速公路交通信息采集的设备包括感应线圈、红外线、超声波、视频、遥感、车载GPS等。但各种采集设备的数据形式和属性不同,数据间融合需进行兼容性处理。此外,交通信息采集与处理技术还包括数据传输技术、