



GAOSU DAOLU CHESU XIANZHI LILUN YU FANGFA

高速道路车速限制 理论与方法

徐 亮 程国柱◎著

第1章 绪论

第2章 高速道路最高车速限制

第3章 高速道路最低车速限制

第4章 不良天气条件下高速道路车速限制

第5章 高速道路车速限制实施方法

第6章 夜间环境下高速公路驾驶人视觉与车速感知特征

第7章 夜间环境下高速公路最高车速限制

第8章 夜间环境下驾驶人对过街行人的视觉特征

第9章 夜间环境下城市道路人行横道处最高车速限制

参考文献



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位



GAOSU DAOLU CHESU XIANZHI LILUN YU FANGFA

高速道路车速限制 理论与方法

徐亮 程国柱◎著

- 第1章 绪论
 - 第2章 高速道路最低车速限制
 - 第3章 高速道路最低车速限制
 - 第4章 不同天气条件下高速道路车速限制
 - 第5章 高速道路车速限制实施方法
 - 第6章 夜间环境下高速道路最低车速限制
 - 第7章 夜间环境下高速道路最低车速限制
 - 第8章 夜间环境下驾驶员与行人的识别特征
 - 第9章 夜间环境下城市道路最低车速限制
- 参考文献



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

高速道路车速限制理论与方法 / 徐亮, 程国柱著. —北京: 知识产权出版社, 2016.9
ISBN 978-7-5130-4451-6

I. ①高… II. ①徐… ②程… III. ①高速公路—高速行车—交通限制—研究 IV. ①U491.2
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 220018 号

责任编辑: 刘 爽
封面设计: 刘 伟

责任校对: 谷 洋
责任出版: 卢运霞

高速道路车速限制理论与方法

徐亮 程国柱 著

出版发行: 知识产权出版社 有限责任公司
社 址: 北京市海淀区西外太平庄 55 号
责编电话: 010-82000860 转 8125
发行电话: 010-82000860 转 8101/8102
印 刷: 北京中献拓方科技发展有限公司
开 本: 787mm×1092mm 1/16
版 次: 2016 年 9 月第 1 版
字 数: 235 千字

网 址: <http://www.ipph.cn>
邮 编: 100081
责编邮箱: 39919393@qq.com
发行传真: 010-82000893/82005070/82000270
经 销: 各大网络书店、新华书店及相关专业书店
印 张: 9.25
印 次: 2016 年 9 月第 1 次印刷
定 价: 39.00 元

ISBN 978-7-5130-4451-6

出版权专有 侵权必究
如有印装质量问题, 本社负责调换。

前 言

超速行驶现象在道路尤其是高速道路（包括高速公路与城市快速路）交通运行过程中极为普遍，为道路交通事故的发生埋下了隐患。根据美国公路交通安全机构统计，全美年均道路死亡事故中近 1/3 与超速行驶有关；我国每年因机动车违章超速行驶造成的交通事故均在 3 万起以上，占全年交通事故总数的 8% 以上，因超速行驶死亡的人数高达 9000 余人，占全年事故死亡人数的 11% 以上，是导致致死事故发生的最主要原因。

世界上绝大多数国家对车辆在道路上行驶都有车速限制，《中华人民共和国道路交通安全法》规定高速公路限速标志标明的最高限速不超过 120km/h，而交通管理部门在确定最高车速限制值时，多以设计速度作为依据。显然，由于道路线形、路面条件和交通情况等的不同，以上规定与做法并不合理。即使是在同一条道路上，不同路段的线形指标不同，其限速值也应不同。此外，昼夜不同的光照环境会使驾驶人的视认特征及驾驶行为等产生一定的差异。高速公路由于没有照明设施，夜间人体视觉机能下降，驾驶人的有效视距较白天大大下降，而我国对于高速公路夜间限速却执行与白天相同的标准，显然并不合适。

目前限速的合理性问题受到社会各界的普遍关注，急需理论支撑。鉴于上述背景，本书拟从高速道路车速特征规律及影响因素分析入手，研究高速道路车速限制的理论模型与实施方法及夜间环境下高速公路车速限制值的确定方法，为提高高速道路运营的高效性、安全性、经济性、舒适性及决策管理的科学性提供理论支撑与参考。

本书的研究内容得到了高等学校博士学科点专项科研基金“基于多目标动态优化的高速公路车速限制取值方法研究”（新教师基金课题，200802131013）、吉林省教育厅“十一五”科学技术研究项目“高等级公路车速限制合理取值及实施措施研究”（2009158）、吉林省教育厅“十二五”科学技术研究项目“基于驾驶员特性的高速公路夜间车速限制研究”（2012196）的资助。全书分为九章，主要内容包括绪论、高速道路车速特征调查与分析、高速道路最高车速限制方法与基准值计算、高速道路最高车速限制基准值的修正、高速道路最低车速限制与限速实施方法、高速道路不良天气条件下的车速限制、高速公路驾驶人昼夜识别距离特征、高速公路驾驶人昼夜感知速度特征、夜间环境下高速公路最高车速限制等。本书写作分工为：哈尔滨工业大学程国柱撰写第 1~4、7~9 章，长春工程学院徐亮撰写第 5、6 章。全书由程国柱、徐亮统稿，哈尔滨工业大学研究生韩娟参与了数据分析与模型构建，吉林省高等级公路建设局薛长龙为高速公路驾驶人识别距离与感知速度特征试验提供了帮助，知识产权出版社刘爽编辑为本书的出版提供了大力支持，在此一并表示感谢。

本书写作过程中参考了有关标准、规范和论著，在此谨向有关作者表示衷心的感谢。由于作者水平有限，书中难免有不足之处，敬请读者批评指正。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 研究背景与研究意义	3
1.2 国内外研究现状	4
1.3 本书的主要内容	8
第2章 高速道路车速特征调查与分析	13
2.1 高速道路交通数据采集与处理	15
2.2 不同线形条件下的车速特征	19
2.3 不同交通条件下的车速特征	26
2.4 不良天气条件下的车速特征	29
第3章 高速道路最高车速限制方法与基准值计算	31
3.1 高速道路最高车速限制的基本思想	33
3.2 目标函数与约束条件	34
3.3 基本路段最高车速限制基准值计算	40
3.4 高速道路匝道出口处主线车速限制	44
第4章 高速道路最高车速限制基准值的修正	47
4.1 最高车速限制基准值修正系数	49
4.2 道路线形条件影响的修正	50
4.3 交通条件影响的修正	58
4.4 路面条件影响的修正	62
第5章 高速道路最低车速限制与限速实施方法	65
5.1 最低车速限制方法的提出	67
5.2 基于安全性的约束条件	68
5.3 最低车速限制值的确定	70
5.4 车速限制实施方法	73
第6章 高速道路不良天气条件下的车速限制	79
6.1 不良天气对交通安全的影响机理	81
6.2 不良天气条件下相关车速限制标准	82
6.3 不良天气条件下车速限制标准建议	84
第7章 高速公路驾驶人昼夜识别距离特征	89

7.1	驾驶人识别距离试验方案	91
7.2	驾驶人昼夜识别距离对比	95
7.3	驾驶人昼夜识别距离变化规律	98
7.4	驾驶人昼夜识别距离模型	104
第8章	高速公路驾驶人昼夜感知速度特征	109
8.1	驾驶人感知速度试验方案	111
8.2	驾驶人昼夜感知速度分析	112
8.3	驾驶人昼夜感知速度变化规律	115
8.4	驾驶人昼夜感知速度模型	120
第9章	夜间环境下高速公路最高车速限制	125
9.1	理论模型构建	127
9.2	基于感知速度的夜间修正限速值	130
9.3	基于行车连续性的夜间限速设置	133
参考文献		139

第 1 章

绪 论

本章主要介绍高速道路车速限制理论与方法的研究背景、国内外研究现状,以及本书主要的研究内容,包括高速道路车速特征调查与分析、高速道路最高车速限制方法与基准值计算、高速道路最高车速限制基准值的修正、高速道路最低车速限制与限速实施方法、高速道路不良天气条件下的车速限制、高速公路驾驶人昼夜间识别距离特征、高速公路驾驶人昼夜感知速度特征、夜间环境下高速公路最高车速限制。

1.1 研究背景与研究意义

1.1.1 研究背景

本书所研究的高速道路包括高速公路和城市快速路,是指“设有中央分隔带,具有四条以上机动车道,全部采用立体交叉与控制出入,专供汽车以较高速度行驶的道路”。

高速道路通过改善道路条件和交通环境,以大容量、高速度的交通功能,满足日益增长的城际及过境交通需求,有效地缓解了交通压力,为人们出行提供了快速、高效的运行环境,具有良好的社会效益和经济效益。但是高速道路也有其负面影响,即因超速行驶而导致的高事故率和高死亡率。超速行驶现象在道路尤其是高速道路交通运行过程中极为普遍,为道路交通事故的发生埋下了隐患。根据美国公路交通安全机构统计,全美年均道路死亡事故中近 1/3 与超速行驶有关。我国每年机动车违章超速行驶造成的交通事故均在 3 万起以上,占全年交通事故总数的 8%;因超速行驶事故死亡的人数占全年事故死亡人数的 11% 以上,是致死事故发生的最主要原因。澳大利亚和美国的研究表明,当车速大于 60km/h 时,车速每增加 5km/h,事故率约为原来的两倍,事故的严重程度也将呈指数形式增长。

高速道路的车速限制是指“为保证高速道路行车的快速、安全、经济与舒适,结合道路、交通、环境等条件,合理确定车辆在道路上行驶时的最高和最低车速值,控制车辆实际运行车速的过程”。世界上绝大多数国家对车辆在道路上行驶都有车速限制,如意大利最高限速为 140km/h,法国、奥地利和瑞士为 130km/h,西班牙、葡萄牙、芬兰、比利时、保加利亚和卢森堡为 120km/h,俄罗斯、英国、瑞典、波兰、捷克和斯洛伐克为 110km/h,日本、匈牙利、希腊、丹麦、荷兰和摩洛哥为 100km/h,罗马尼亚、土耳其和挪威为 90km/h,美国为 88km/h。我国于 2004 年 5 月 1 日实施的《中华人民共和国道路交通安全法》规定高速公路限速标志标明的最高限速不超过 120km/h。显然,由于各条道路自身条件和交通情况等的不同,以上规定只能作为一种指导性的标准。即使是在同一条道路上,不同路段所采用的线形指标、交通状况等也可能有较大的不同,其限速值也应不同。

此外,与设置了路灯的城市快速路相比,高速公路由于未设置夜间照明装置,其夜间比白天更容易发生交通事故。我国交通事故率夜间比白天高 1~1.5 倍。根据 PHILIP 公司统计,美国的交通事故死亡中有一半发生在夜间,按照公里加权计算,夜间交通事故死亡率是白天的 2.5 倍。这是因为高速公路驾驶人夜间视觉机能与有效视距大大下降,受人体睡眠节律影响,夜间人体生理节律处于低潮,觉醒程度下降,导致反应判断时间延长,操作失误的概率增加;而夜间交通量下降导致驾驶人连续行驶一段时间后,对速度的感知迟钝,超速行驶导致交通事故多发。高速公路夜间行车限速是个复杂的系统问题,需要从夜间行车的安全性出发,综合客观因素和主观因素,理论分析结合实地试验,选取合适的驾驶人特征指标,研究提出高速公路夜间

行车合理限速值。

1.1.2 研究意义

鉴于上述背景,本书拟从高速公路车速特征规律及影响因素分析入手,研究高速公路车速限制的理论模型与设置方法,目的在于提高高速公路运营的高效性、安全性、经济性、舒适性及决策管理的科学性。研究的理论与实际意义如下。

(1) 形成一套完整的高速公路车速限制理论与方法

在描述交通流特征的众多参数中,车速是影响交通流状态的重要参数之一,是道路设计、交通规划、交通管理与控制、交通设计及道路质量评价中的基础数据。本书以高速公路为研究对象,对其车速特征规律进行分析,并就运行车速与道路、交通及天气条件的关系开展研究,探讨高速公路车速限制方法,建立相应的理论模型;通过实地试验定量把握驾驶人的识别距离,研究驾驶人的昼夜识别距离和感知速度随线形、速度的变化规律;基于识别距离计算出夜间平纵组合线形下的理论限速值,基于驾驶人感知速度对理论限速值进行修正,从而形成一套完整的高速公路车速限制理论方法,填补相关研究领域的空白。

(2) 为高速公路的安全管理提供依据

车速限制是高速公路安全管理的重要内容之一。在我国,受资金、技术、体制和观念等的制约,高速公路的安全管理水平总体上还比较落后,车速限制值多依据主观经验或采用设计速度,有关高速公路车速限制的方法尚缺乏系统的理论研究。本书将对高速公路车速的各种影响因素进行系统分析,基于高速公路运行效率、安全性、经济性与舒适性,研究体现高速公路系统动态特征的车速限制设置方法,以及夜间环境下基于驾驶人特征的行车速度限制方法,为高速公路的安全管理提供依据。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

1. 车速限制方法研究

车速限制在国外尤其是美国已经有相当长的一段历史,早期的目的是保证行人安全。1995年,美国交通研究委员会(Transportation Research Board)调查了各州车速限制的标准,并给出了各种类型道路车速限制设置的建议性指南,其中指出,目前美国车速限制的方法包括两种,即法令限速和区间车速限制。20世纪70年代,受能源危机影响,为减少汽油消耗,美国以法令的形式规定最高车速限制,这项规定一直延续到1995年。此后,美国政府又将制定最高车速限制的权力下放给各州。而即使在同一个州,各条道路的自身条件也显著不同,因此针对那些与法定最高车速限制不一致的区段,当地政府被授权予以调整,其依据是实地的调查数据,目的是通过设置合理车速限制来保证某一特定路段的安全性。

美国交通工程学会车速限制区间指导技术委员会推荐:车速限制应在工程研究的基础上制定,其数值最好比85%位车速高5mile/h^①左右。同时,还建议将几何线形、路侧设施、路面条

① 非法定单位,1mile=1.609km,下同。

件、行人与自行车、相邻路段的车速限制、交通事故等作为制定车速限制的依据。澳大利亚道路研究委员会 (ARRB) 开发了道路安全应用软件 XLIMITES, 该软件包括复杂的决策支持方法, 道路管理者可以应用该软件计算得出车速限制的推荐值。该软件考虑了现有车速限制、土地利用、道路特征、历史事故等影响因素。

Parker 为了确认对车速限制影响显著的因素, 在美国及其地方政府交通管理部门展开调查, 认为各影响因素根据影响的显著程度大小排序依次为: 85% 位车速、交通事故、车速众数、路侧设施的种类及数量。Parker 认为上述四种因素是可以量化的, 它们被部分州的交通管理部门作为调整车速限制的依据。Garber 与 Gradiraju 研究得出以下结论: 高速行驶与设计速度高有很大关系, 而与现有的车速限制无关, 并认为车速限制若低于设计速度 10 mile/h, 车速差异将维持在较小的范围内。Lave 和 Elias 的研究发现: 车速的离散性越小, 其发生事故的可能性就越小, 因此车速限制的设置应立足于降低车速的离散性。

基于 85% 位车速的车速限制方法是迄今为止被广泛采用的方法。Agent 等人对肯塔基州的车速限制方法进行了研究, 认为 85% 位车速应作为车速限制的基础, 同时, 他还推荐对小型车和大型卡车分别限速, 并建议将限速标志作为交通控制设施的一种补充。Fitzpatrick 等人推荐所有道路的车速限制都应基于车速研究来确定, 认为即使在设计速度低于运行车速的路段, 85% 位车速也是最为合适的车速限制值, 新建或改建公路应该满足运行车速与最高期望限速的一致性要求。Fitzpatrick 通过对 128 个车速限制区间进行调查, 发现在城市和郊区的集散道路及地方街道上, 23%~52% 的道路 85% 位车速与车速限制值相等, 而在乡村公路上这一比例则达到了 72%, 从而得出结论: 85% 位车速只应作为车速限制的基准, 实际的车速限制应比 85% 位车速低 8~12 mile/h。

Park Jaehyun 以佛罗里达州的主干路作为研究对象, 选择了 104 个低事故率、85% 位车速与车速限制值接近且交通流均匀的调查地点, 收集的数据包括交通、道路几何线形以及路侧信息, 建立了车速限制值与这些变量的关系模型, 该模型与仅仅将 85% 位车速作为车速限制值相比更为客观可行, 同时消除了调整运行车速时的主观因素。

在运行车速与影响因素关系方面, 国外学者在过去的几十年中开展了大量的研究并建了相应模型。Ottesen 与 Kramme 对平曲线运行车速推算模型进行了归纳总结, 模型变量为曲率, 模型形式包括线性模型、指数模型及幂函数模型。加拿大交通协会推荐了一种由 Krammers 等人建立的速度断面图模型, 该模型通过引进“直线临界长度”的概念, 对平面线形中的平直段进行了分类, 该值与平直段的运行车速、相邻曲线的运行车速及车辆的加(减)速度有关。上述模型中的加(减)速度被假定为 0.85m/s^2 , 该值最初由 Lamm 等人给出并用于速度断面图模型。而 Easa 则提出建议, 认为加速度应为 0.54m/s^2 , 而减速度为 1m/s^2 。

2. 驾驶人夜间识别距离研究

对于驾驶人夜间识别距离, 国外进行了相当广泛的研究。不少学者认为是由光照降低引起的视觉受限, 识别距离发生变化。Konstantopoulos 等人通过记录机动车驾驶教练员和学员白天、夜间、雨天在驾驶模拟器中的眼球运动轨迹, 对比分析发现能见度较低会减少驾驶人视觉搜索的有效性。Said M. Easa 等人研究了夜间增加光照是否对驾驶人产生影响, 结果表明: 在直线段上, 光照强度的增加有助于提高驾驶人对标志的视认能力, 然而在曲线段, 由于过于信赖光照环境的改善, 视认性变差, 甚至产生反面作用。在排除夜间和白天共性因素的情况下, Plainis S. 和 Murray I. J. 对夜间驾驶人的反应时间进行了研究, 建立了反应距离和光照强度的关系, 得到夜间光照条件合理和不合理状态下的制动距离。

也有一些学者基于夜间识别距离的减弱, 提倡采取设计或管理措施来改善行车环境。Wen Hua 等人构建了夜间两车道农村公路驾驶人的加减速模型, 将曲线方向、曲率、曲线长度等作为加速、减速模型的变量, 以期将此成果应用到道路设计中。Horberry 等人通过模拟夜间潮湿路面情况, 对比尺寸加大的道路标志与常用标志的相对效益, 发现参与者在标志尺寸加大的情况下会更好地保持行车位置和行驶速度, 有利于提高安全性能。

3. 驾驶人夜间感知速度研究

诸多学者对驾驶人感知速度偏差原因进行了分析。Haglund 和 Aberg 对瑞典 533 位驾驶人行驶速度进行调查发现, 有 47%~58% 的驾驶人有超速行为, 自我报告速度低于实际记录的平均速度。Suh 等人研究发现夜间驾驶人的视觉刺激是从道路标线与道路照明中集中获取的, 夜间有限的照明条件会使驾驶人产生车辆行驶速度不快的错觉, 导致驾驶人提高速度甚至超速行驶, 发生事故, 酿成悲剧。Henriette 等人通过对瑞典 219 名和土耳其 252 名驾驶人进行基于计划行为理论的调查问卷, 研究文化差异对驾驶人速度选择的影响, 发现道路交通死亡人数较少的国家与道路交通死亡人数多的国家相比, 前者对限速持更积极的态度。Campbell 等人总结了影响驾驶人感知速度的因素。

关于感知速度偏差的定量分析, Walton 等人先后在新西兰做了 3 次试验, 调查数据包括驾驶人自我报告的速度、感知其他车辆的平均速度和车辆实际速度, 并将这三类速度划分为 6 组进行比较, 1998 年调查中 85%~90% 的驾驶人自我感知速度低于驾驶人平均速度, 1999 年这一比例为 80%, 2001 年则下降到了 52% 左右。Manser 和 Hancock 的研究指出: 驾驶人在隧道行驶与夜间行驶有其相似之处, 隧道壁纹理会降低行驶速度, 这为交通安全工程师提供了改善隧道驾驶的依据。

4. 夜间限速研究

夜间交通量与白天相比小很多, 但是事故率远高于白天。国外的夜间行车限速常常从事故入手进行分析, Ward 等人研究发现在傍晚和夜间 22:00 到次晨 2:00 的事故率最高; Bergdahl 调查分析了不同性别的驾驶人, 发现有 16.2% 的男性很少甚至不遵守夜间限速值, 而女性中这一比例则为 10.7%, 从而造成夜间交通事故频发。因此, 有学者开始指出夜间行车需要限速。Baker 分析发现夜间有限的行车照明会使驾驶人提高行驶速度并对速度的估计不足, 光线的离散超出了视网膜的范围, 因此需要对夜间行驶的车辆进行限速。德国 Daimler-Benz 公司对交通事故的研究结果表明: 驾驶人反应时间若能提早 1s 并采取措施, 则大多数事故可以避免; 在车速一定的情况下, 夜间的视认距离变短, 增加了行车难度和危险性, 夜间行车从速度上需要进行严格控制。

关于夜间限速值的确定, Kilpeläinen 和 Summala 研究发现夜间或者恶劣天气下驾驶人会采取降低行驶速度的方法, 一般会降低 6~7km/h。Fitzpatrick 研究发现 85% 位运行速度都高于限速, 50% 位运行速度接近限速值。Margaret J. Gile 对澳大利亚西部驾驶人限速遵守情况进行了多因素分析, 认为超速是由超速驾驶的危险行为或不小心的驾驶习惯造成的。在这项研究中还提到了车辆和道路环境功能的重要性, 发现 62% 的车辆速度的变化可以用相关的道路环境和车辆变量来解释。值得注意的是, 驾驶人在实际行驶时似乎会将限速值作为车速目标而并非道路最舒适行驶速度, 决策者制定限速值时要考虑道路和限速的匹配性。

1.2.2 国内研究现状

1. 车速限制方法研究

国内研究针对我国高等级公路超速行驶严重的现象, 对影响限制车速设置的因素进行了初

步探讨,就其中的道路线形、交通量等因素与运行车速的关系进行了量化研究,并给出了限速建议。

张开冉对驾驶人在有速度限制的道路上行车时的速度选择问题进行研究,结果表明,驾驶人对自身行车速度的判断是以所在路段的速度限制为依据的,即使在限速条件下,仍有61%的驾驶者超速行车。

罗良鑫探讨了基于人的信息处理过程的道路限速设置方法,从人的信息传输速率角度推导了道路建议限速的计算公式。

孙会元等人通过对新建公路限制车速与行车安全视距值之间的关系研究,对新建公路限制车速采用的行车安全视距值与影响因素进行量化,提供了新建公路限速选用的行车安全视距范围。

高建平对高等级公路车速限制的设定、发布及实施进行了研究,提出了应根据公路、交通、气象、历史事故数据等条件动态确定车速限制值,并就高等级公路车速管理的实施进行了探讨,重点强调了道路设计和交通安全文化建设在实施车速管理中的重要性。

翟润平探讨了道路上不同交通流量、不同能见度、不同路面附着系数、不同道路线形等条件下的速度计算公式和修正系数。

2. 驾驶人夜间识别距离研究

关于驾驶人识别距离影响因素方面,潘振斌和杨荫研究了公路暗视场条件下驾驶人视觉特性,发现日落前后受环境照度变化影响,驾驶人的视力降低约50%,并且夜间视认能力随物体大小、高度增加而增大,按照白、乳白、红、绿、灰、黑的颜色顺序递减。

国内对夜间驾驶人的识别距离研究,大多数是基于速度和识别距离关系进行的。康国祥和方守恩利用实地试验的方法,得到辨识距离与车速呈二次回归关系,且当车速超过40km/h时,相关回归关系出现拐点,产生“运动效应”。黄凯和侯德藻等实车测定的结果表明:在低于120km/h速度运行时,速度对驾驶人的视认距离影响并不明显。赵炜华和刘浩学运用BP神经网络对距离判识结果进行拟合发现:相对距离判识结果和绝对距离判识结果均随速度的增加而减小,夜间判识距离大于白天,并且对相对距离判识比绝对距离判识的准确性高。潘晓东利用眼动仪进行逆光条件下交通标志的可视距离研究,发现人文交通标志的可视距离随车速的提高而降低;同一实验车速,顺光最佳,其次为夜间反光,逆光视认性最差。

3. 驾驶人夜间感知速度研究

国内对于驾驶人感知速度的研究多集中分析影响因素,如李小华等研究发现高速时距离对速度估计的影响大于低速情况,短距离大于长距离,因此对速度估计研究要以高速度、短距离为宜。

艾力·斯木吐拉和马晓松的研究指出,行驶时间的增加会使驾驶人速度估计明显偏小于标准时间,连续开车7~12h的驾驶人,速度估计时间将会小于标准时间0.6s左右,大大降低了行驶安全性。

4. 夜间限速研究

国内针对夜间限速的研究很少,多数研究仅仅将其作为研究考虑的因素之一。王清华研究了可变速度下的高速公路主线控制,考虑7个限速要素,提出了4种限速模型,仿真实验中不同车型的限速加权建模,将昼夜限速影响因素取0和1,没有单独研究昼夜可变限速。孙英杰在研究山区高速公路合理限速时指出,某些路段在白天和夜间采取的限速数值也可不同,但并未进行专门的夜间限速研究。

关于考虑行车连续性的限速设置方面,王晓楠通过梳理限速分段的影响因素,来确定限速段的最小长度,提出基于有序聚类分析法的限速段划分方法,并对该方法进行了速度差检验。徐婷在明确公路限速段和过渡段的基础上,提出利用驾驶人的安全和短期记忆来确定限速段长度,基于概率的运行速度差判别方法确定过渡段的长度,其中短期记忆时间和速度差界限分别利用室内模拟试验和 VISSIM 仿真试验得到。

1.2.3 国内研究现状评述

根据上述国内外研究情况的综述,国外车速限制方法的研究均通过对现场实测数据的分析,对车速限制值的影响因素进行系统研究,这些影响因素包括 85%位车速、设计速度、道路与交通条件、交通安全等,在此基础上给出合理车速限制值,并开发了相应的应用系统。由于国外的道路与交通条件与我国存在差异,而且采集的车速数据又是在已设置限速标志的条件下获取的,因此其车速限制方法的适用性尚需进一步研究。值得注意的是,国外在驾驶人夜间识别距离和感知速度分析方面,多从事故规律着手展开,而未针对不同线形条件下的夜间识别距离和感知速度开展限速研究。

国内在实施高速公路车速限制时,多以设计速度和运行车速为依据,相关研究包括基于不同线形条件的车速限制研究、不同交通流量条件下的车速限制问题、限制车速采用的行车安全视距及限速标志设置原则等方面。这些研究成果为我国在车速限制研究方面提供了一定的理论积累,但普遍存在着考虑因素过于单一的问题,没有考虑车速限制与运行效率、安全性、经济性与舒适性的综合关系,所提出的车速限制方法无法实现高速公路的综合功能。夜间驾驶人的识别距离研究集中于动态下驾驶人的识别距离研究,而线形与识别距离的关系多数从设计角度出发,提出设计中如何改善,没有对不同线形下的识别距离进行定量分析;夜间驾驶人感知速度研究都是从感知因素的影响出发,没有定量给出速度感知的偏差。尽管多数学者也提到夜间限速的必要性,但都没有进行深入研究,给出夜间行车合理限速值。

基于上述分析,本书旨在提出一套综合考虑高速公路效率、安全、经济与舒适功能实现的车速限制方法,并对不利天气条件下的车速限制问题与高速公路车速限制的实施方法进行研究;研究驾驶人夜间识别距离和感知速度规律,进而提出高速公路夜间行车合理限速值,为我国高速公路车速限制问题研究提供新的见解与思路,为道路交通管理部门合理制定车速限制标准提供理论依据。

1.3 本书的主要内容

1.3.1 高速公路车速特征调查与分析

(1) 高速公路交通数据采集与处理

介绍与车速限制相关的车速定义与分类、高速公路车速与道路线形、交通参数调查方案,以及车型划分和数据处理方法。

(2) 不同线形条件下的车速特征

分别分析高速公路与城市快速路平直路段、曲线段及坡度段的 85%位车速与 15%位车速特征。

(3) 不同交通条件下的车速特征

分别分析高速公路与城市快速路在不同交通量与交通组成条件下的85%位车速与15%位车速特征。

(4) 不良天气条件下的车速特征

对比分析雨天与晴天高速公路不同车型的85%位车速与15%位车速特征,以及雨天不同车道的分车型85%位车速与15%位车速特征。

1.3.2 高速道路最高车速限制方法与基准值计算

(1) 高速道路最高车速限制的基本思想

介绍高速道路最高车速限制应遵循的原则,确定高速道路最高车速限制的基本思路,即采用多目标优化方法,在效率、安全、经济与舒适之间寻求最优解。

(2) 目标函数与约束条件

构建基于运行效率与燃油经济性的高速道路最高车速限制目标函数,给出基于安全性与舒适性的约束条件。

(3) 基本路段最高车速限制基准值计算

构建高速道路基于汽车行驶广义费用最小的最高车速限制基准值计算模型,在对模型参数标定的基础上,给出模型求解方法,据此计算给出高速道路基本路段最高车速限制的基准值。

(4) 高速道路匝道出口处主线车速限制

研究给出高速道路匝道出口处主线安全车速的计算方法,计算确定高速道路匝道出口处主线最高车速限制建议值。

1.3.3 高速道路最高车速限制基准值的修正

(1) 最高车速限制基准值修正系数

分析影响高速道路运行车速的客观因素,给出高速道路最高车速限制基准值修正系数的定义与计算方法。

(2) 道路线形条件影响的修正

分别对高速道路平曲线半径、纵坡坡度及坡长与小型车和大型车运行车速进行回归分析,计算给出高速道路最高车速限制基准值的平纵线形修正系数及车道数与车道位置修正系数。

(3) 交通条件影响的修正

分别对高速道路平直路段的运行车速与大型车比例、交通量进行回归分析,计算给出高速道路最高车速限制基准值的交通量与交通组成影响修正系数。

(4) 路面条件影响的修正

构建乘客不舒适感量化指数与车速及路面状况指数的关系模型,给出设计速度为120km/h的高速公路对应不同路面状况的小型最高车速限制值及相应的修正系数。

1.3.4 高速道路最低车速限制与限速实施方法

(1) 最低车速限制方法

介绍高速道路最低车速限制应遵循的原则,提出基于经济车速及车速离散程度约束的高速道路最低车速限制方法。

(2) 基于安全性的约束条件

构建高速公路亿车公里事故率与车速离散度的关系模型,以一级安全水平对应的事故率上限作为容忍值,给出基于安全性的高速道路最低车速限制约束条件。

(3) 最低车速限制值的确定

构建高速公路道路油耗与车辆行驶车速的回归关系模型,给出高速公路对应不同坡度的经济车速,以及高速公路分车型最低车速限制值。

(4) 车速限制实施方法

提出不同车道数高速公路的分车型与分车道车速限制方法,给出车速限制区间的概念及划分指标与划分准则,确定车速限制区间合并的相邻路段最高车速限制值。

1.3.5 高速公路不良天气条件下的车速限制

(1) 不良天气对交通安全的影响机理

从路面附着系数与能见度角度分析雨、雪、雾等不良天气条件对道路交通安全的影响机理。

(2) 不良天气条件下相关车速限制标准

介绍国内外对不良天气条件下已有的车速限制标准,并对其进行评述。

(3) 不良天气条件下车速限制标准建议

推导不良天气条件下基于安全距离的车速限制值计算公式,据此分别给出雾天、雨天及雪天对应不同能见度、附着系数及纵坡的车速限制标准建议。

1.3.6 高速公路驾驶人昼夜间识别距离特征

(1) 驾驶人识别距离试验方案

选取合适的高速公路驾驶人识别距离试验路段,设计试验思路与试验步骤,获取高速公路驾驶人昼夜识别距离数据。

(2) 驾驶人昼夜识别距离对比

对高速公路驾驶人昼夜识别距离极限值出现条件和整体趋势进行对比,初步分析道路线形条件对其产生的影响。

(3) 驾驶人昼夜识别距离变化规律

研究高速公路驾驶人的昼夜识别距离在速度、平曲线半径、纵坡三个因素影响下的变化规律,分析其与各线形指标之间的关系。

(4) 驾驶人昼夜识别距离模型

构建驾驶人昼夜识别距离与速度、平曲线半径、纵坡值之间的多元非线性关系模型,并对模型进行对比分析。

1.3.7 高速公路驾驶人昼夜感知速度特征

(1) 驾驶人感知速度试验方案

选取与驾驶人识别距离相同的试验路段,同步设计高速公路驾驶人感知速度试验思路与试验步骤,获取高速公路驾驶人昼夜感知速度数据。

(2) 驾驶人昼夜感知速度分析

分析高速公路驾驶人感知速度的影响因素,对比分析高速公路驾驶人在不同行驶速度与线

形条件下的昼夜感知速度数据。

(3) 驾驶人昼夜感知速度变化规律

定量分析高速公路驾驶人昼夜感知速度与实际行驶速度、平曲线半径、纵坡坡度存在的相关关系,构建相关的一元关系模型。

(4) 驾驶人昼夜感知速度模型

在自变量筛选分析的基础上,构建高速公路驾驶人昼夜感知速度与实际行驶速度、平曲线半径、纵坡坡度的多元非线性关系模型。

1.3.8 夜间环境下高速公路最高车速限制

(1) 理论模型构建

根据驾驶人反应制动距离和识别距离模型关系,建立两者之间的夜间安全行驶判别条件,计算给出不同平纵组合线形条件下的高速公路夜间理论限速值。

(2) 基于感知速度的夜间修正限速值

通过对比白天和夜间驾驶人的安全感受,利用高速公路驾驶人昼夜感知速度模型对理论限速值进行修正,计算给出不同平纵组合线形条件下的修正限速值。

(3) 基于行车连续性的夜间限速设置

基于夜间行车连续性考虑,确定限速段的长度,并对限速段进行划分,给出理论限速值下的连续性设置方法,利用感知速度模型对其进行修正,并用概率统计方法给出95%置信水平下的修正限速值范围。