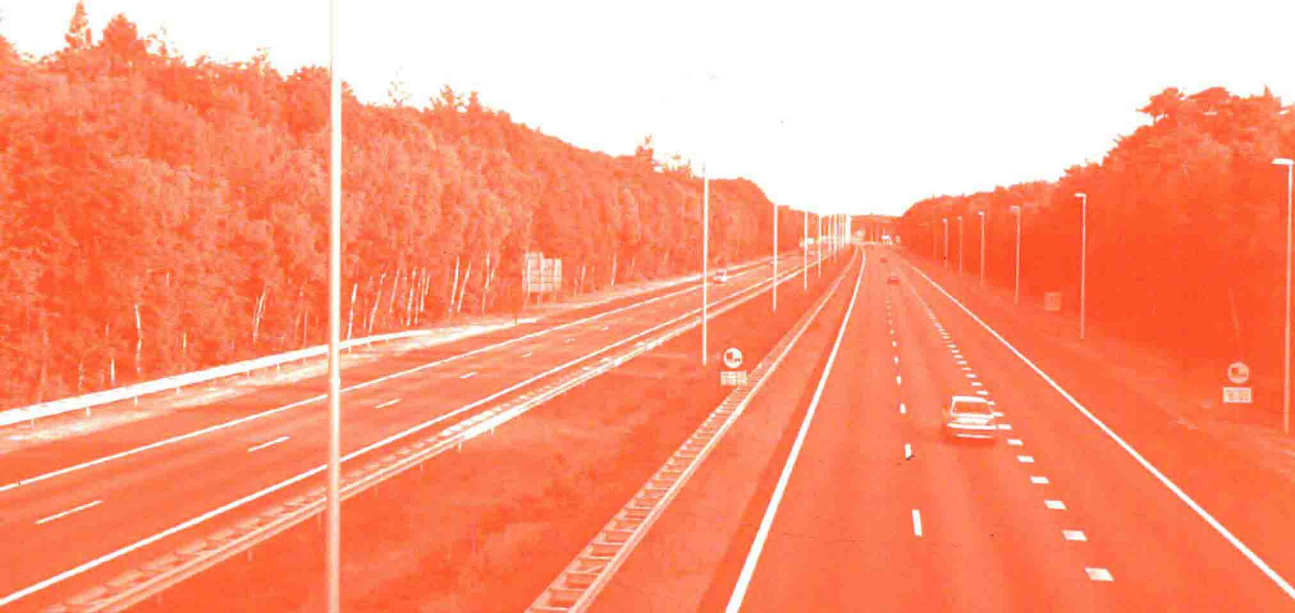




HUANGCHEDAO GONGLU XIANXING ANQUAN YU FUJIA CHEDAO SHEJI FANGF

双车道公路线形安全与 附加车道设计方法

程国柱 吴立新◎著

- 第1章 绪论
 - 第2章 双车道公路线形与交通特征
 - 第3章 双车道公路线形要素与行车安全
 - 第4章 双车道公路线形连续性与行车安全
 - 第5章 双车道公路超车行为安全评价
 - 第6章 双车道公路附加车道设置条件
 - 第7章 双车道公路附加车道效益评估与设置范围
 - 第8章 双车道公路附加车道几何设计指标
- 参考文献



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位



ANGCHEDAO GONGLU XIANXING ANQUAN YU FUJIA CHEDAO SHEJI FANG

双车道公路线形安全与 附加车道设计方法

程国柱 吴立新◎著

第1章 绪论
第2章 双车道公路线形安全与附加车道设计
第3章 双车道公路线形安全与附加车道设计
第4章 双车道公路线形安全与附加车道设计
第5章 双车道公路线形安全与附加车道设计
第6章 双车道公路线形安全与附加车道设计
第7章 双车道公路线形安全与附加车道设计
第8章 双车道公路线形安全与附加车道设计
第9章 双车道公路线形安全与附加车道设计
第10章 双车道公路线形安全与附加车道设计



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

双车道公路线形安全与附加车道设计方法 / 程国柱,
吴立新著. —北京: 知识产权出版社, 2016. 9
ISBN 978-7-5130-4450-9

I. ①双… II. ①程… ②吴… III. ①公路—安全
设计 IV. ①U412.36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 218474 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

双车道公路线形安全与附加车道设计方法

程国柱 吴立新 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: 210 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: 各大网上书店、新华书店及相关专业书店
印 张: 8.5
印 次: 2016 年 9 月第 1 次印刷
定 价: 39.00 元

ISBN 978-7-5130-4450-9

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

截至2014年年底,全国公路总里程达到446.4万千米,其中二、三级公路里程比例达17.1%,而二、三级公路2013年交通事故数量、死亡人数和受伤人数所占比例却分别达到了52.1%、50.8%和52.0%。因此,二、三级公路是交通事故的重点防范对象,其交通安全问题研究意义重大。按照《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)中对公路等级的划分,二级公路、三级公路均属于双车道公路,四级公路作为支线公路,交通量较小,双车道公路所占比例也较少,故本书中以双车道公路(仅包括二级公路和三级公路)线形安全问题为研究对象。

由于没有可利用的同侧超车道,双车道公路驾驶人需要根据对向车道交通流的情况,判断是否出现可接受的间隙,进而决策是否利用对向车道超车。而驾驶人的视认、感知、判断与决策受到道路、交通、环境等诸多因素的影响,势必存在失误风险。因此,驾驶人在双车道公路上的超车行为直接影响着行车安全,如何对其安全性进行定量评价成为道路交通安全研究领域的研究热点与难点之一。此外,为满足高速车辆超越低速车辆的需求,若交通流中始终没有可供驾驶人超车的间隙,需要考虑在合适位置设置超车道,以避免驾驶人冒险超车、导致交通冲突。双车道公路附加车道(超车道)的设置在美国已较为成熟,但是由于中外驾驶人驾驶行为及公路交通的差异,其成果并不能直接应用于我国;而我国现行的《公路工程技术标准》与《公路路线设计规范》中对于附加车道设置的相关规定尚属空白,急需对其设置条件及几何设计指标开展研究。本书对于填补我国《公路工程技术标准》及《公路路线设计规范》中的双车道公路附加车道设计空白,降低我国双车道公路交通事故数量及事故伤亡人数,以及提高我国双车道公路交通运行效率具有重要意义。

本书受教育部留学回国人员科研启动基金“双车道公路自由超车道设置与几何设计研究”、吉林省科技发展规划(国际科技合作)项目“双车道公路超车安全评价与自由超车道设置研究”(20140413011GH)资助,全书分为八章,依次为绪论、双车道公路线形与交通特征、双车道公路线形要素与行车安全、双车道公路线形连续性与行车安全、双车道公路超车行为安全评价、双车道公路附加车道设置条件、双车道公路附加车道效益评估与设置间距、双车道公路附加车道几何设计指标。本书分工为哈尔滨工业大学程国柱(第1、2、5、6、7、8章),吉林建筑大学吴立新(第3、4章),全书由程国柱、吴立新负责统稿,哈尔滨工业大学研究生王玉霞、李德欢参与了数据调查与理论分析,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!

本书参考了有关标准、规范和论著,在此谨向有关编著者表示衷心的感谢!由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 研究背景	3
1.2 国内外研究现状	4
1.3 本书的主要内容	9
第2章 双车道公路线形与交通特征	13
2.1 双车道公路线形特征	15
2.2 双车道公路通行能力	20
2.3 双车道公路交通运行特征	23
2.4 双车道公路事故特征	26
第3章 双车道公路线形要素与行车安全	31
3.1 平面线形要素	33
3.2 纵断面线形要素	39
3.3 平纵线形组合	41
3.4 横断面设计要素	45
第4章 双车道公路线形连续性与行车安全	47
4.1 设计速度与运行速度	49
4.2 线形连续性评价标准	50
4.3 运行速度计算方法及实例分析	52
第5章 双车道公路超车行为安全评价	65
5.1 交通冲突与模糊评价	67
5.2 试验方案与数据分析	68
5.3 超车安全评价方法	73
第6章 双车道公路附加车道设置条件	77
6.1 附加车道设置的交通量条件	79
6.2 附加车道设置的横断面条件	85
6.3 附加车道设置的平面线形条件	87
6.4 附加车道设置的纵断面线形条件	91
第7章 双车道公路附加车道效益评估与设置间距	97
7.1 基础资料调查	99
7.2 附加车道设置的交通安全改善效益计算方法	102
7.3 附加车道设置的运行效率提升效益计算方法	105
7.4 附加车道设置的净效益计算方法与模型参数标定	107
7.5 附加车道设置间距	112

第 8 章 双车道公路附加车道几何设计指标	115
8.1 附加车道长度	117
8.2 附加车道宽度	119
8.3 附加车道最大上坡坡度	122
参考文献	127

第 1 章

绪 论

本章主要介绍双车道公路线形安全与附加车道设计方法的研究背景、国内外研究现状,以及本书的主要研究内容,包括双车道公路特性分析,双车道公路线形要素与行车安全,双车道公路线形连续性与行车安全,双车道公路超车行为安全评价,双车道公路附加车道设置条件,双车道公路附加车道效益评估与设置间距,以及双车道公路附加车道几何设计指标。

1.1 研究背景

在“人-车-路-环境”组成的动态交通系统中,“人”是中心,“路”为基础,两者在交通系统中的作用都是至关重要的。交通事故的发生,往往是人、车、路与交通环境组成的系统中一个或多个因素失调所致。但是在交通事故分析中往往将事故原因归于“人为造成”,因此在事故预防时把主要精力都放在了对“人”的研究上,而忽视了“路”在交通事故中的作用,客观上减少了道路条件对交通安全影响方面的研究,尤其是道路线形条件的影响。

国外的一些研究表明,良好的道路条件在很大程度上可以减少事故的发生,不良的道路条件则可以促使事故的发生。苏联学者通过对境内公路 13 000 余起道路交通事故进行分析,在仔细考虑了事故发生地道路的特征后,得出这样的结论:不良道路条件的影响是 70% 交通事故发生的直接或间接原因。欧洲联合经济委员会在关于预防道路不幸事件问题的研究中也同样指出,70% 的事故是由于道路的缺陷所致。由郭忠印、方守恩编著的《道路安全工程》一书中提到,与道路因素有关的事故占事故总数的 28%~34%,即使是由人的因素导致的事故,许多时候也是受到道路与交通环境的影响。同时,大量事故多发地点的存在,同样证明了道路因素在事故的发生中起到相当重要的作用。

受我国国民经济条件、交通需求、地形地貌等多方面的限制,双车道公路作为一般干线公路,是我国公路网中的重要组成部分。行驶于双车道公路的车辆不仅会受到同向交通流之间的干扰,也会受到对向来车的影响。一般情况下,车辆只在本向车道内运行,受汽车动力性能好坏、驾驶人期望速度等因素影响,车辆在运行速度上具有一定的差异,使得速度较快的车辆经常被迫跟驰于慢速车辆,只有在对向交通出现合理的间隙和足够的视距且本车道满足一定的回车条件时,驾驶人才会借用对向车道以超越慢速车辆。双车道公路的交通运行效率与安全性也主要取决于上述交通特点。数据表明,在我国公路通车总里程数中,双车道公路占总里程数的比例小于 30%,然而发生在双车道公路上的交通事故以及死亡人数却超过半数,双车道公路已成为“事故之路”。通过对多条双车道公路事故调查分析发现,凡是道路线形比较复杂的路段往往就是事故多发地点。因此,道路线形设计是否合理,不仅关系到行车速度和道路通行能力,而且严重影响行车安全。长期以来,我国评判道路设计的优劣往往以工程量的大小、造价的高低作为衡量标准,在道路设计规范中,更多地是关心力学方面的要求,比如设计规范中平曲线极限半径、纵断面坡度值的规定、路面的超高设置等,同时还过多考虑的是工程技术的难易性。比如,规范中要求道路线形要尽量依附于地形,避开施工难度大的地点。这样的设计结果,虽然能满足汽车行驶的力学要求,但往往不能符合驾驶人的心理需要,大大降低道路的安全水平,形成大量的事故多发点。尽管公路工程技术标准已经开始考虑驾驶人的驾驶需求,但目前我国仍然以设计速度作为道路几何线形的设计依据,以运行速度作为评价指标。深入细致地分析道路因素与事故的关系,尤其是占公路网比重较大的双车道公路线形对行车安全的影响,对于预防和减少交通事故意义重大。

从交通安全的角度来看,超车时驾驶人将进行加速、刹车、借道、回车等一系列操作,这些操作均有一定的失误风险,对超车机会的判断、道路环境的感知也存在一定的偏差,这些因素均增加了超车的风险性和失误率。特别是,在临时占用对向来车车道超越本车道慢速车辆时,与对向来车碰撞引起的事故往往比其他类型的事故更严重,威胁国民的人身和财产安全。同时,双车道公路上的慢速车辆(载重量较大的货车或汽车性能较差的小汽车)对跟随其后的快速车辆具有一定的“拦截”作用,使快速车辆无法按其期望速度顺利通行,因同向车道及对向车道交通条件而无法顺利超车的快速车辆而延长了其在途时间,降低了交通运行效率。

因此,基于双车道公路上的交通特点,考虑如何采取措施提高其超车安全性,减少双车道公路上的交通拥堵,进而提高其通行能力成为道路交通领域的研究难点和热点之一。考虑到双车道公路上述问题的根本原因在于快速车辆借用对向车道超车的可行性与安全性,在双车道公路同侧设置附加车道,使慢速车辆在对应位置驶入其中,既为快速车辆顺利超车提供条件,又避免车借道超车的风险。附加车道作为一种新形的技术措施,在我国《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)与《公路路线设计规范》(JTG D20—2006)中尚无相关规定。

鉴于上述背景,本书从分析双车道公路车辆的运行特性及其道路线形对交通安全的影响入手,开展双车道公路附加车道设置的交通条件和道路条件、双车道附加车道效益评估、适用性分析和设计要素研究,并以此为依据在道路规划设计中尽可能地为驾驶人提供安全宽松的驾驶环境,对已建道路找出线形不连续、对行车安全影响较大的路段加以改善,研究成果预期可为我国公路规划、设计、建设与管理等部门提供依据与参考,最终达到提高双车道公路的安全性的目的,这将对改善我国的道路交通安全状况,遏制我国的交通事故增长趋势产生深远意义。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

1. 双车道公路线形安全研究

随着对道路交通安全问题重视程度的不断提高,美国等发达国家对道路线形、速度与安全的关系进行了广泛深入的研究,积累许多宝贵的经验,并应用于道路的实际建设中,取得了较好效果。

美国拥有乡村公路 300 多万千米,占公路总里程的一半。乡村公路的道路条件和交通状况以及发挥的作用与我国的双车道公路情况比较相似。早在 20 世纪 30 年代,美国就开始了双车道乡村公路基于设计速度概念的速度一致性研究,这种设计理念一直被多个国家所采用。但近年来美国等国家发现基于运行速度的设计方法更能够保证道路线形的连续性,国外学者开展了大量的关于运行车速与道路线形影响因素关系的研究,并建立了相应模型。

Lamm 与 Choueirig 根据纽约双车道乡村公路 261 个调查断面的数据,建立了运行速度与曲线偏角、车道宽度、路肩宽度及年平均日交通量之间的关系模型。在上述研究基础上,Lamm 等人构建了双车道公路运行车速与平曲线半径的关系模型。

Ottesen 与 Krammes 对平曲线运行车速测算回归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。

Al-Masaeid 等人研究了直线段与相邻曲线段之间运行车速的降低值 (Δv) 问题, 分析了 Δv 与曲率、路面条件、纵坡以及竖曲线长度的关系, 并给出了相应模型。

Fitzpatrick 等人在综合考虑平纵线形影响的基础上, 开发了双车道乡村公路不同纵坡条件以及平纵曲线组合情况下, 运行车速与曲线半径的关系模型, 其纵坡的范围为 $-9\% \sim -4\%$ 、 $-4\% \sim 0$ 、 $0 \sim 4\%$ 、 $4\% \sim 9\%$ 。

加拿大交通协会推荐了一种由 Krammers 等人开发的速度断面图模型, 该模型通过描述道路的速度变化, 引进了“直线临界长度”的概念, 对平面线形中的直线段进行了分类, 被视为计算双车道公路直线段运行车速的一种有效方法。直线临界长度的值, 与直线段的运行速度、相邻曲线的运行速度及车辆的加(减)速度有关。

由美国联邦公路局主持开发的道路安全核查与安全设计软件——“交互式道路安全设计模型”(Interactive Highway Safety Design Model) 是目前国际上发布的唯一的专门而又系统化的道路安全设计计算机应用系统, 可用于双车道公路的安全设计。

2. 双车道公路超车行为研究

双车道公路驾驶人的超车行为是最为复杂与危险的驾驶行为之一, 由于超车而导致交通事故的伤亡严重性与其他事故相比往往更为严重。鉴于其重要性, 国外已对超车行为开展了较为广泛的研究。

在 20 世纪早期, Forbes 和 Maston 就已经对超车模型开始研究, 他们根据超车开始和结束的特点, 把超车分为快速超车、变速超车及强制超车等类型。

从 1938 年开始, Normann 相继在马里兰、加利福尼亚州、得克萨斯州等 8 个地区搜集超车数据, 数据多达两万组, Normann 并在第二年提出了“单个超车”的定义。

Prisk 从搜集的数据中选出了约 3500 份“单个超车”数据, 并进行了定性分析, 他把超车行为划分为了 A、B、C、D 四类: A 类即由于对向车道有来车迅速靠近导致超车暂时延迟; B 类即超车车辆已经在对向车道, 但是由于前方来车迅速靠近而加速超车, 迅速驶回本车道; C 类即 A 类和 B 类的结合, 既有超车延迟又有超车加速驶回; D 类即在完整的超车过程中, 对向车道没有车辆经过, 超车过程完全不受影响。

已有的理论模型均是以被超车车辆、超车车辆及对向车辆的运动特性为基础建立的, 模型的诸多参数对环境的变化都较为灵敏, 而且需要通过现场实测数据进行标定, 但是, 并不能对现象给出精确的解释。近年来, 针对超车行为国外也开展了多项试验研究。

Polus、Llorca 和 Garcia 等人采用视频观测手段对超车过程中的行为及描述行为的各项参数进行了分析; Carlson、Llorca 则应用试验车观测超车行为数据, 进一步增加了试验内容。

Farah、Jenkins 和 Rilett 等人应用模拟器进行评价驾驶人的因素对超车行为的影响, 但是其有效性并未经过实测数据的验证。

上述研究分别从理论和试验两方面分析了道路条件或驾驶人行为对超车的影响, 另外还有研究考虑了天气条件及夜间条件对超车的影响。

3. 双车道公路超车道设置效益研究

双车道公路上有限的视距与受限制的超车机会导致驾驶人不能随心所欲地超车, 而当驾驶人长时间跟驰行驶后, 容易变得暴躁, 进而选择冒险超车, 导致交通事故频发, 尤其是与对向车辆的正面碰撞居多。这种情况可以通过设置超车道得到改善, Newman 的研究表明, 超车车道的设置会对其下游 5~13 km 交通运行产生影响, 而这种影响具有十分明显的安全改善效益。

美国最终技术报告 TNW2008—04 在对双车道公路上的事故调查表明,在事故率较高的双车道公路上,相比于限速和增加路肩宽度等降低道路事故发生率的措施,超车道的设置可同时降低追尾事故和总事故率。而在适当位置设置超车道更被认为是提供更多的超车机会,降低延误和提高道路通行能力的最有效手段之一。

在美国 HCM2000 中采用 PTSF 和 ATS 两个参数对超车道的设置效益进行评估,分析认为超车道设置路段的 PTSF 为其上游路段的 58%~62%,影响长度为超车道开始点到下游的 5.5~20 km;超车道路段的 ATS 为其上游段的 1.08~1.11 倍,影响长度为 2.7 km。

美国公路合作研究组织 Report500 中给出超车道公路可使设置路段的总事故率降低 25%,并对其设置下游 5~13 km 交通运行情况具有明显的改善作用;并且认为超车道对安全效益与交通改善作用成功的关键在于正确选择设置地点,在 Washington、Pennsylvania 和 Michigan 等地均采用超车道以改善双车道公路上的交通运行。

Ahmed 和 Zachary 在 Montana 州分别对两种不同布置形式的超车道的上下游进行了现场试验,并使用跟驰百分率,跟驰密度和平均运行速度与自由流速度的比值作为研究参数,得出前两个参数对超车道效益评估更为灵敏,超车道的设置使实测两处上下游跟驰密度百分率降低 33%~43% (US-287) 和 7%~19% (US-191)。

Potts, I. 与 D. W. Harwood 的研究发现,设置超车道的双车道公路年英里事故率比普通双车公路低 12%~24%。

在德国与加拿大的一项关于超车道和加宽道路的对比分析表明,相比于因环境和建设费用而被否定的四车道公路而言,设置超车道的双车道公路是一个性价比较高的方案;相比于标准双车道公路,设置超车道的双车道公路其设计小时交通量增加 530 辆/小时(加拿大)和 200 辆/小时(德国);超车道使得 Trans-Canada 公路在车流量为 540 辆/小时,使某 16 km 段内延误时间减少 7%,超车次数增加 30%,某 30 km 段内延误时间减少 6%,超车次数增加 72%。

Ahmed 和 Zachary 通过对 Montana 上两处附加车道设置点上游及下游的交通实测表明,附加车道下游 10.5 km 处的跟驰比例相比上游区仍降低 30%,并认为超车道的的影响长度可达 16 km。

4. 双车道公路超车道设计要素研究

Woolridge 等首先对 Kansas 和 Minnesota 的双车道公路进行现场试验,然后利用模型 TWOPAS 进行仿真分析,得出延误时间百分比随超车道长度的增加而下降,得出超车道的设置长度为 1.3~3.2 km,设置间距为 5.5~17.5 km。

在加拿大,根据不同省份对超车道设置的规定不同,其规定的超车道长度在 1000~2000 m,最小值为 800 m,设置间距为 10~25 km,并且对合流区、分流区、车道宽度等进行相应的规定。

在韩国的关于双车道公路超车道合理长度的研究中,首先利用在双车道公路禁止超车段的实测数据对跟驰时间百分比和车流量进行回归分析,利用回归关系得出在 TWOPAS 仿真分析中的输入参数,对无附加车道与不同长度的附加车道模型进行分析,得出在交通量较大时,超车道长度至少需要 2 km,且其不同流量下的跟驰时间百分比降低了 23%,对交通流的运行有较好的提升效益。

此外, Mutabazi 和 Russel 等利用现场实测和计算机仿真对超车道的不同布置形式进行分析,表明两侧对接和两侧并列为最优的设置形式。

1.2.2 国内研究现状

1. 双车道公路线形安全研究

我国的交通运输业起步比发达国家要晚一些,随着我国道路交通安全形势的日益严峻,国内不少学者也先后开始研究双车道公路公路线形条件对交通安全的影响。

周荣贵对山区公路连续下坡路段的平均纵坡和坡长限制要求进行了研究。

张剑飞和范振宇等学者给出了二级公路直线路段(含大半径曲线)标准条件下小客车和大货车的运行车速值,建立了小半径曲线运行车速与半径的关系模型,并根据外业调查数据标定了模型参数,同时对运行车速应用于我国道路设计的设计方法进行了初步探讨。

朱敏清和张晓禾利用美国 NCHRP 的研究成果,分析了公路平曲线车速和横向加速度的关系,并结合道路线形连续性的观点,提出了适合我国的用曲线车速和横向加速度来控制曲线设计的方法。

高建平与郭忠印通过对车辆运行特征的实地观察和运行车速的现场观测,标定了车辆运行车速和加速度与公路线形之间的关系模型。

道路安全审计是许多国家在进行道路安全研究时必须的程序,它是对现有道路、规划道路、交通工程或与道路使用者有关的任何工程的一个正式的检查,为道路使用者以及受道路工程影响的其他人识别道路潜在的事故问题,以确保所采取的措施能根除或减少交通事故。澳大利亚、美国、加拿大等多个国家都在进行安全审计研究。冯桂炎主编的《公路设计交通安全审查手册》,详细列出了公路建设的规划、预开工、开工阶段、初步设计阶段、详细设计及施工图设计阶段各环节中需要检查的安全问题及鉴别、检查和处理这些问题的方式、方法和具体步骤,同时对公路设计交通安全审计的实施也做了详细介绍。

2. 双车道公路超车行为研究

周泽民、马超通过对双车公路的超车事故分析发现,当交通量较大时,如果驾驶人几次尝试超车失败后,情绪容易变得暴躁、冲动,使得他们在超车视距不良时也会选择冒险超车,从而造成交通事故。

张慧丽等人模拟了在超车视距不同的情况下双车道公路上的超车行为,获取了超车完成时刻该超车车辆与对向车道来车头车之间的“时间距离”,并以此作为超车行为危险性的评价指标,基于此他们提出了6个危险等级,用来衡量设计速度不同的双车道公路在不同超车视距情况下的危险程度。

单晓峰等人对双车道公路上的超车行为进行了分析研究,提出了在双车道公路上进行超车时存在“两难区域”,通过运动学分析,他们提出了“两难区域范围”的概念,并分别建立了“两难区域范围”和超车视距与双车道公路设计速度、下游车队的速度及下游车队的规模的关系模型,得出当下游车队车辆数超过5辆或设计速度达到80 km/h时则不建议进行超车的结论,并基于建立的关系模型提出了安全条件下对应不同的下游车队情况的安全车速和安全视距。

邵长桥等人对双车道公路的超车过程进行了研究,通过开展超车试验搜集了相关数据,建立了超车时驾驶人可以接受的同向交通流间隙的分布规律模型,并认为其符合二项 Logit 模型,通过对不同速度下的两种临界间隙(临界车头间距和临界车头时距)的计算分析,发现驾驶人对距离的敏感程度比对时间的敏感程度强。

朱秀娟利用 KMRTS 道路交通模拟系统进行了驾驶人超车行为模拟实验, 得出了驾驶人得分与超车开始时刻超车车辆与被超车车辆之间的距离、超车结束时刻超车车辆与被超越车辆之间的距离以及超车结束时刻超车车辆与对向车辆之间的距离这三个影响因子之间的关系模型, 并结合主观问卷调查提出了超车行为改善意见。

沈建武和严宝杰运用概率论等相关理论知识, 建立了双车道公路“超车可能性”模型, 即根据对向车道交通量的大小及视距条件确定双车道公路上可以进行超车的车辆数量和允许被超车的车辆数量。

3. 双车道公路设计要素研究

王润琪等人运用数学解析方法, 提出了超车视距的计算公式, 选择不同设计速度和行车速度, 计算了小汽车和货车在双车道公路的超车视距, 认为当被超车辆和对向车辆的速度小于超车速度一半时, 通过理论计算得到的超车视距数值才和规定的数值相近, 从安全角度来看, 中国双车道公路超车视距规定值偏小。

刘江通过开展双车道公路驾驶人超车行为试验, 得出了自己定义的“可回车车头时距”和“可超车车头时距”的临界间隙分别在 2.8 s 和 8 s 左右的结论。

潘晓东、吕明等分析了山区公路上坡路段交通事故的主要类型及形成原因, 认为设置爬坡车道是减少上坡路段交通事故的有效途径, 然后通过分析国内外爬坡车道设置相关方面的资料, 提出了我国设置爬坡车道条件的相关建议。

关于超车道设计方法的研究, 国内只是在较早的一篇文献中介绍了日本超车道的设计理念, 并简要分析了超车道的设置最小长度与效益。

1.2.3 国内研究现状评述

在双车道公路线形安全研究方面, 国内学者大都是在国外研究的基础上开展适合中国实际情况的研究。但由于受获取数据资料的局限性、分析结果的可靠性和实用性等原因的影响, 我国在双车道公路线形和交通安全关系方面的研究与发达国家还存在一定差距。

国外关于双车道公路超车行为的研究成果具有借鉴价值, 但是, 由于我国驾驶人的驾驶行为特性与国外存在显著差别, 所以并不能直接应用。而且, 对于双车道公路超车行为的安全性如何进行定量评价国外也缺少相应研究。其次, 关于双车道公路超车道设置的研究充分说明了设置超车道对保障行车安全的作用, 而本书所要研究的附加车道与国外研究的超车道十分相似, 只是附加车道供慢速车辆使用, 而快速车辆则通过原车道进行超车, 所以, 附加车道的作用与超车道相同, 可见附加车道设置的安全效益与超车道一样。但是国外的研究仅限于设置超车道的安全效益, 并未对其设置条件展开深入研究。而对于我国的双车道公路在何种情况下设置附加车道, 更迫切需要开展基础理论研究。

目前针对我国的双车道公路附加车道设置的研究还处于空白, 本书通过对我国双车道公路驾驶人超车行为进行安全性评价, 研究我国双车道公路附加车道的设置条件, 在效益评估的基础上开展双车道公路附加车道设置间距与几何设计指标研究, 为公路规划、设计、建设与管理提供规划设计依据与决策参考, 以降低双车道公路超车的危险性, 提高其行驶安全性。

1.3 本书的主要内容

1.3.1 双车道公路线形与交通特征

1. 双车道公路线形特征

介绍双车道公路等级、设计速度及平面、纵断面、横断面设计指标。

2. 双车道公路通行能力

介绍双车道公路的基本通行能力、服务水平分级及设计通行能力。

3. 双车公路交通运行特征

介绍双车道公路的交通组成特征、车辆行驶特征与交通冲突特征。

4. 双车道公路事故特征

介绍双车道公路事故形态特征、事故多发地点分布特征、事故成因特征。

1.3.2 双车道公路线形要素与行车安全

1. 平面线形要素

介绍双车道直线长度、平曲线半径、平曲线邻接段线形、曲率变化率、平曲线设置频率、平曲线转角、行车视距与行车安全的关系。

2. 纵断面线形要素

介绍双车道公路纵坡坡度、纵坡坡长、竖曲线形式与半径对行车安全的影响。

3. 平纵线形组合

介绍双车道公路平曲线与竖曲线的适宜组合、应避免的组合及易使驾驶人产生错觉的双车道公路平纵线形组合。

4. 横断面设计要素

介绍双车道公路路面与路肩宽度对行车安全的影响。

1.3.3 双车道公路线形连续性与行车安全

1. 设计速度与运行速度

对比介绍双车道公路设计速度与运行速度的差别，总结以运行速度概念为基础进行道路线形设计的优点。

2. 线形连续性评价标准

从设计速度降低值、平均客车运行速度变化值、货车的平均速度和客车的平均速度差值、曲率变化率、相邻路段运行速度差等方面，总结已有的公路线形连续性评价标准。

3. 运行速度计算方法

介绍双车道公路运行速度分析路段的划分方法、运行速度的计算模型，并进行实例分析与验证。

1.3.4 双车道公路超车行为安全评价

1. 交通冲突与模糊评价

介绍双车道公路超车过程中的交通冲突现象,明确交通冲突时间的概念,分析交通冲突严重程度程度的模糊特征。

2. 试验方案与数据分析

确定双车道公路超车试验所需采集的样本量并设计试验方案,对试验数据进行统计和分析。

3. 超车安全评价方法

基于模糊数学理论,采用指派法建立交通冲突的隶属度函数;基于德尔菲法,提出基于冲突时间的双车道公路超车安全评价方法。

1.3.5 双车道公路附加车道设置条件

1. 交通量条件

构建交通冲突时间与设计速度和交通量的关系模型,应用双车道公路超车安全评价方法,确定对应不同设计速度和不同安全等级的设置附加车道的交通量条件。

2. 横断面条件

分析双车道公路可以进行超车的单侧路面宽度,给出双车道公路不需设置附加车道的单侧道路富裕宽度临界值。

3. 平面线形条件

从圆曲线内侧设置附加车道后保证大型车舒适度的角度出发,研究给出双车道公路内侧设置附加车道的最小圆曲线半径条件。

4. 纵断面线形条件

从汽车行驶安全角度出发,研究给出双车道公路设置附加车道的最大下坡坡度条件。

1.3.6 双车道公路附加车道效益评估与设置间距

1. 基础资料调查

采用资料调研和问卷调查方法,分别获取双车道公路交通事故的实际资源损失和伤亡损失及双车道公路附加车道的建设和运营成本。

2. 交通安全改善效益计算方法

采用总产量法估算交通事故的资源损失和伤亡损失,进而构建设置附加车道的双车道公路交通安全改善效益计算模型。

3. 运行效率提升效益计算方法

对双车道公路附加车道设置前后交通运行状态进行分析,通过对双车道公路建设附加车道后节约的时间及平均挽回的货运和客运损失运算,构建了双车道公路附加车道交通运行效率提升效益计算模型。

4. 净效益计算方法与模型参数标定

在建立双车道公路建设成本和养护费用计算模型的基础上,构建设置附加车道的双车道公路净效益计算模型。

5. 附加车道设置间距计算

以净效益大于零为目标函数，通过研究双车道公路交通量、线形、地形及成本作为约束条件，运用运筹学原理研究给出对应不同交通量及地形条件的双车道公路附加车道合理设置间距计算方法。

1.3.7 双车道公路附加车道几何设计指标

1. 附加车道长度

基于交通仿真数据，建立双车道公路附加车道长度与交通量、运行车速关系模型，研究给出不同设计速度与地形条件下双车道公路附加车道长度的推荐值。

2. 附加车道宽度

基于车辆行驶安全和驾驶人舒适性考虑，给出双车道公路附加车道宽度的计算模型，并计算出不同设计速度下附加车道宽度推荐值。

3. 附加车道纵坡

基于汽车行驶特征，以汽车安全行驶为目标，建立双车道公路附加车道纵坡坡度计算模型，并给出不同设计速度下附加车道最大上坡坡度推荐值。