



HENGSHI DAOLU LUDUAN JIASHIREN YU GUOJIE XINGREN XINGWEI TEZHENG JI ANQUAN BAOZHANG

城市道路路段驾驶人 与过街行人 行为特征及安全保障

程国柱 刘博航 池利兵◎著

- 第一章 绪论
- 第二章 驾驶人过街行人决策行为试验与博弈关系
- 第三章 驾驶人过街行人决策行为与风险概率及收益函数
- 第四章 驾驶人过街行人决策行为博弈模型
- 第五章 城市道路行人过街信号与立体过街设施设置
- 第六章 驾驶人夜间过街行人的视觉试验
- 第七章 驾驶人夜间视觉距离与车速的关系
- 第八章 驾驶人夜间视觉距离与光照强度的关系
- 第九章 城市道路行人横过处夜间车速限制与照明设计指标

参考文献



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位



SHI DAO LU LU DUAN JIA SHI REN YU GUO JIE XING REN XING WEI TE ZHENG JI AN QUAN BAO ZHA

城市道路路段驾驶人 与过街行人 行为特征及安全保障

程国柱 刘博航 池利兵◎著

第1章 绪论

第2章 驾驶人行为特征及影响因素

第3章 驾驶人行为特征及影响因素

第4章 驾驶人行为特征及影响因素

第5章 驾驶人行为特征及影响因素

第6章 驾驶人行为特征及影响因素

第7章 驾驶人行为特征及影响因素

第8章 驾驶人行为特征及影响因素

第9章 驾驶人行为特征及影响因素

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

城市道路路段驾驶人 与 过街行人 行为特征及安全保障 /
程国柱, 刘博航, 池利兵 著. —北京: 知识产权出版社,
2016. 8

ISBN 978-7-5130-4439-4

I. ①城… II. ①程… ②刘… ③池… III. ①城市道
路—交通运输安全—研究 IV. ①U492. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 207239 号

责任编辑: 刘 爽 责任校对: 谷 洋
封面设计: 刘 伟 责任出版: 孙婷婷

城市道路路段驾驶人 与 过街行人 行为特征及安全保障
程国柱 刘博航 池利兵 著

出版发行: 知识产权出版社 有限责任公司	网 址: http://www.ipph.cn
社 址: 北京市海淀区西外太平庄 55 号	邮 编: 100081
责编电话: 010-82000860 转 8125	责编邮箱: 39919393@qq.com
发行电话: 010-82000860 转 8101/8102	发行传真: 010-82000893/82005070/82000270
印 刷: 北京中献拓方科技发展有限公司	经 销: 各大网上书店、新华书店及相关专业书店
开 本: 787mm×1092mm 1/16	印 张: 9.25
版 次: 2016 年 8 月第 1 版	印 次: 2016 年 8 月第 1 次印刷
字 数: 235 千字	定 价: 39.00 元

ISBN 978-7-5130-4439-4

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

我国城市道路交通系统运行的特征表现为严重的人车混行,在现有的行人过街设施中,未设置行人过街信号的人行横道占绝大部分,在通过这种过街设施时,驾驶人往往会以自我为中心,没有考虑交通弱者的优先通行,这就导致车辆与过街行人的交通冲突可能性加大。因此,机动车与行人冲突成为道路交通安全研究领域的热点之一。如何对驾驶人和过街行人的决策行为进行精确的数学描述,进而提出有效的控制策略成为研究难点。将博弈模型引入至驾驶人与行人决策行为研究中,可丰富道路交通安全研究领域的理论成果,为开展其他具有类似特征交通行为的研究提供借鉴与参考。

此外,夜间道路能见度降低,虽然城市内大部分道路均布设有照明设施,但灯光的照射角度及范围都受到很大的限制,在这种环境下驾驶人视认特征会有所改变,不易发现前方障碍物或突然出现的过街行人。当夜间行车速度过快时,如果驾驶人未能及时视认出过街行人,来不及采取减速或制动措施,就容易发生交通事故。为了降低交通事故率,提高夜间行车安全性,我国《道路交通安全法》要求在夜间或危险的路段行驶的车辆尽量降低速度以避免事故的发生,但其并未给出相应的夜间安全行车速度推荐值。应用驾驶人视认距离-车速-光照强度关系模型确定不同照明条件下人行横道处安全车速建议值及合理的照明设计指标,可为交通安全管理部门、城市交通规划与设计部门提供参考,进而提高过街行人的安全水平。

本书由河北省交通安全与控制重点实验室开放课题“城市道路路段驾驶人与过街行人行为特征及安全保障”(JTKY2015002)、吉林省自然科学基金项目“基于非合作动态博弈论的驾驶员与过街行人决策行为规律研究”(201215176)、吉林省科技发展计划项目“夜间环境下城市道路冲突区安全保障研究”(20140204026SF)资助出版。全书分为九章,依次为绪论、驾驶人与过街行人决策行为试验与博弈关系、驾驶人与过街行人决策风险概率及收益函数、驾驶人与过街行人决策行为博弈模型、城市道路路段行人过街信号设置、驾驶人夜间对过街行人的视认试验、驾驶人夜间视认距离与车速的关系、驾驶人夜间视认距离与光照强度的关系、城市道路人行横道处夜间车速限制与照明设计指标。本书写作分工如下:哈尔滨工业大学程国柱撰写第1~4章、第6~8章,石家庄铁道大学刘博航撰写第2、3章,中国城市规划设计研究院池利兵撰写第5章,长春工程学院徐亮撰写第9章。全书由程国柱统稿,哈尔滨工业大学研究生刘博通、莫宣艳、李德欢参与了数据分析与模型构建,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 驾驶人与过街行人决策行为试验与博弈关系	13
2.1 影响因素分析	15
2.2 试验假设与试验样本量	17
2.3 试验方案设计	18
2.4 驾驶人与过街行人的基本博弈关系	21
第3章 驾驶人与过街行人决策风险概率及收益函数	25
3.1 决策行为分析	27
3.2 碰撞风险概率模型	31
3.3 收益函数构建	33
第4章 驾驶人与过街行人决策行为博弈模型	41
4.1 驾驶人与过街行人决策集	43
4.2 驾驶人与过街行人收益矩阵	45
4.3 驾驶人与过街行人博弈模型构建	46
4.4 博弈模型均衡解分析与应用	49
第5章 城市道路路段行人过街信号设置	53
5.1 调查方案设计与参数分析	55
5.2 模型构建及参数标定	58
5.3 路段行人过街信号设置条件	62
第6章 驾驶人夜间对过街行人的视认试验	67
6.1 试验条件界定	69
6.2 夜间行人特征分析	73
6.3 试验方案设计	79
第7章 驾驶人夜间视认距离与车速的关系	83
7.1 驾驶人昼夜视认环境及视认距离对比	85
7.2 不同照明条件下视认距离随车速变化的规律	91
7.3 不同光照强度下的视认距离与车速的关系模型	98
第8章 驾驶人夜间视认距离与光照强度的关系	105
8.1 夜间车速等级划分	107

8.2	不同车速等级下视认距离随光照强度的变化规律	108
8.3	不同车速等级下的视认距离与照度关系模型	114
第9章	城市道路人行横道处夜间车速限制与照明设计指标	121
9.1	视认距离-车速-光照强度关系模型	123
9.2	城市道路人行横道处夜间车速限制	125
9.3	城市道路人行横道处照明设计指标	131
参考文献		138

第 1 章

绪 论

本章主要介绍研究背景、国内外研究现状以及本书主要的研究内容,包括驾驶人人与过街行人决策行为试验与博弈关系、驾驶人人与过街行人决策行为风险概率及收益函数、驾驶人人与过街行人决策行为博弈模型、城市道路行人过街信号设置、驾驶人夜间对过街行人的视认试验、驾驶人夜间视认距离与车速的关系、驾驶人夜间视认距离与光照强度的关系、城市道路人行横道处夜间车速限制与照明设计指标等。

1.1 研究背景与研究意义

1.1.1 研究背景

随着城市化进程的加速及人民生活水平的不断提高,我国机动车保有量呈现出几何增长趋势。而我国又是人口大国,城市道路交通系统运行的特征表现为严重的人车混行。在现有的行人过街设施中,未设置行人过街信号的人行横道占绝大部分,在通过这种过街设施时,驾驶人往往会以自我为中心,没有考虑交通弱者的优先通行,这就导致车辆与过街行人的交通冲突可能性加大。因此,机动车与行人冲突成为道路交通安全研究领域的热点之一。如何对驾驶人和过街行人的决策行为进行精确的数学描述,进而提出有效的控制策略成为研究难点。

此外,随着居民夜间出行活动的日益增长,夜间交通安全也越来越受到人们的重视。相关文献表明,夜间发生交通事故的概率是昼间的5~10倍,而且其危害性远远高于白天发生的交通事故。经统计分析,行人交通事故伤亡人数约占道路交通事故伤亡总人数的20%,而过街行人伤亡人数却占行人伤亡总数的一半以上,这足以说明过街行人安全问题的严峻。究其根本原因,是昼夜不同的光照环境使驾驶人的视认特征及驾驶行为等产生一定的差异,导致对过街行人的视认不足。与昼间相比较,夜间城市道路车流量明显降低,车辆行驶速度有了很大的提高。而与此同时,夜间道路能见度也降低,虽然城市内大部分道路均布设有照明设施,但灯光的照射角度及范围都受到很大的限制,在这种环境下驾驶人视认特征会有所改变,使不易发现前方障碍物或突然出现的过街行人。当夜间行车速度过快时,如果驾驶人未能及时视认出过街行人,来不及采取减速或制动措施,就容易发生交通事故。

为了降低交通事故率,提高夜间行车安全性,我国《道路交通安全法》要求在夜间或危险的路段行驶的车辆尽量降低速度以避免交通事故的发生,但其并未给出相应的夜间安全行车速度推荐值。鉴于城市夜间过街行人交通安全事故频发,损失惨重,对设有人行横道的路段机动车夜间限速值进行研究有十分重要的现实意义。

1.1.2 研究意义

基于上述背景,本书力图在理论上实现交通参与者行为的博弈模型描述,分析构建夜间驾驶人视认距离-车速-光照强度的关系模型,在实际应用方面实现行人事故数量及严重性的大幅降低。研究的意义体现为:

1) 开展驾驶人人与过街行人的行为特性调查与分析,为开展人-车冲突行为研究提供完备的数据支撑与理论储备。

2) 将博弈模型引入至驾驶人人与行人决策行为研究中,丰富道路交通安全研究领域的理论成果,为开展其他具有类似特征交通行为的研究提供借鉴与参考。

3) 基于理论模型的支撑,开展驾驶人行车速度控制策略、过街行人决策行为控制策略和机动车-行人分离控制策略研究,对交通管理部门制订对策、保障交通参与者出行效率与安全具有重要的现实意义。

4) 对昼夜驾驶人视认环境差异进行分析;应用驾驶人视认距离-车速-光照强度关系模型确定不同照明条件下人行横道处安全车速建议值及合理的照明设计指标,为交通安全管理部门、城市交通规划与设计部门提供参考。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

1. 人车碰撞风险研究

Davis 通过研究认为,冲突碰撞的可能性可以作为评价交通安全措施的手段,并且机动车和行人的碰撞概率与机动车的速度分布有关;Ashton 的研究表明,行人和车辆之间发生碰撞时的速度分布可以用来评价发生冲突的严重程度,并且指出通过合理调整机动车前部结构,可以大大降低车速在 40km/h 以下时人车发生碰撞对行人造成的损伤。

Pasanen 与 Salmivaara 进一步研究了瞬时速度和行人死亡风险的关系,根据他所提出的数学模型,碰撞时如果车速达到 50km/h,其造成的行人死亡风险要远远高于车速为 30km/h 时的值;Ma Xiaoliang 和 Andreasson Ingmar 利用早期的人车碰撞仿真模型,估计碰撞风险和死亡概率两个参数,最后应用蒙特卡洛法迭代计算安全参数,从而定性地评价了交通流中不同的 ISA(智能速度适配)百分率如何影响行人的安全,并得出死亡概率的下降要比碰撞概率下降更为显著的结论。

2. 行人过街行为特征研究

Simpson 等通过计算机模拟环境对年轻人和儿童过马路的行为进行了调查,并对其穿越道路的拒绝空挡和接受空挡进行研究,得出不同车速与年龄对行人接受空挡的影响;Tarawneh 研究了不同类型的行人穿越道路的速度,发现行人在穿越宽的街道时要比穿越窄的街道步速快,行人单独行走要比结队行走快,并进一步得出行人穿越道路的平均速度 and 设计速度;Keegan 研究认为行人一次性穿越道路时,将同时受到双向机动车流的影响,当路段上机动车流量较大、道路路幅较宽时,行人可以穿越的空挡将较少,等待时间将增加,容易造成行人冒险穿越,从而增加交通事故发生的概率,干扰道路上车辆的运行;英国的 Diaz 等通过研究交叉口处行人等待延误及其冒险过街行为,得出研究所在地过街行人可容忍的等待时间一般为 45~60s。

Himanen 和 Kulmalat 通过建立离散选择模型,对周边环境、驾驶人行为和过街行人行为之间的关系进行了分析,在此基础上得出,每组过街行人数量、与行人发生冲突的机动车速度、机动车流长度和行人距离道路边缘的长度是影响过街行人决策行为的关键因素。

Geetam Tiwari 等应用统计分析中的生存分析法,对过街行人的行为进行了评估,得出行人在过街时处于等待情形下的 Kaplan-Meier 生存曲线,并分析得到男性的容忍等待时间比女性短的结论;而当交叉口存在机动车流时,随着过街等待时间的不断变化,过街行人选择穿越的概率也在变化,当等待时间增加时,过街行人会出现烦躁不安的现象,并可能忽视信号灯规则冒险穿越交叉口;Sisiopiku 等通过对交叉口行人的行为进行问卷调查并进行实地观测,得出的结

论表明,过街行人更倾向于选择不设置信号控制的路段过街人行横道;Hamed 等采用生存分析法研究了行人过街等待时间和过街尝试次数的分布规律,并得出了不同年龄和不同数目的过街行人所面临的风险概率。

Tiwari 等人采用了乘积限模型对行人过街的等待时间与冒险行为进行了分析;Dhillon 等人研究了不同情况下行人过街的相对危险性,认为无人行横道标线也无交通信号时危险程度为 1.0,有人行横道标线无管理规则时危险程度为 0.89,有人行横道标线有信号控制时危险程度为 0.53,有人行横道标线有交通信号控制且有安全岛时危险程度为 0.36;Dan Nemrodov 等人研究了宗教信仰不同的区域的行人过街违章行为,研究结果表明宗教信仰及意识形态的不同是造成不同地区行人过街违章行为不同的原因之一;Ki Beum 等人研究了交叉口处右转车辆与过街行人的冲突特点,并对两者之间的相互影响关系进行了探索;Murphy 等人研究了手机对过街行人行为的影响,研究表明,当行人使用手机过街时,其步伐缓慢,容易忽视周围的交通运行状况,感知能力下降,并提出行人在过街时应避免使用手机。

3. 夜间驾驶人视觉特性研究

Curry David G. 研究了在夜间条件下驾驶人对路侧停靠的车辆车体表面的觉察范围。Konstantopoulos Panos 等对昼间、夜间、雨天三种行车环境进行了模拟,并对三种行车环境下的驾驶教练与驾驶初学者的眼部运动数据进行了分析,研究表明驾驶教练比驾驶初学者的处理时间更短、视野更广;在低能见度条件下(夜间及雨天),驾驶人的视觉搜索能力会有所降低。

Lim Ji Hyoun 等构建了驾驶人在夜视系统帮助下检测行人的行为特性计算模型,应用该模型为远红外传感与近红外传感两种夜视系统制订了各自的眼部运动策略。Wood Joanne M. 等人定量分析了驾驶人夜间对行人的感知能力,对结果进行分析,说明行人衣着颜色、灯光类型及眩光是影响驾驶人感知行人特性的显著因素;另外,驾驶人自身年龄对此也有一定的影响;驾驶人在近光灯、行人着黑色衣服及眩光共同作用下仅能识别 5% 的行人,而在无眩光条件下可以识别 100% 的着定向反光衣物的行人;在无眩光条件下,驾驶人的平均视认距离分布在 0 (老年驾驶人、近光灯、行人着黑色衣服)~220m (青年驾驶人、远光灯、行人着定性反光衣物)。

Blanco Myra 研究了夜间良好天气与夜间不利天气条件下的驾驶人视认距离,构建了夜间行车时在配备夜视系统情况下的描述驾驶人特征与其危险感知、视觉特性的关系模型。Donofrio Robert L. 采用模拟的方法研究了眩光对驾驶人视觉反应时间的影响。Wood Joanne M. 选择 24 名测试者,按照年龄分为青年组(平均年龄 21.5 岁)、中年组(平均年龄 46.6 岁)和老年组(平均年龄 71.9 岁)三组,试验地点为一条 1.8km 长的封闭的环形道路,照明条件分为五个等级,试验结果表明,所有年龄组驾驶人的视认能力在夜间低照度条件下都会降低,其中老年驾驶人表现更为显著。

Zwahlen Helmut T. 对夜间驾驶人对进入匝道前设置的悬臂式标志的眼部搜索行为进行了研究,选择了 6 处高速公路与普通公路的立体交叉作为试验地点,测试对象为 6 名不熟悉路况的驾驶人,年龄分布在 22~42 岁,结果表明,调查得到的平均观看次数与观看持续时间数据暗示驾驶人从标志中获得了正常合理的信息。Lowden Arne 等人研究了青年驾驶人与老年驾驶人在夜间行车时的清醒水平,采用驾驶模拟器对 10 名年轻驾驶人(18~24 岁)、10 名老年驾驶人(55~64 岁)进行了测试,持续记录了驾驶人的脑电信息,研究结果表明青年驾驶人在夜间的嗜睡程度高于老年驾驶人。相关研究表明,在夜间男驾驶人比女驾驶人更具冒险性,不利于安全行车。Horberry 等人发现在夜间加大的交通标志比正常标志对驾驶人的作用效果好,驾驶人视

认大标志后能够较好地理解并采取相应措施。

4. 夜间行车安全研究

Drissel Roger J. 对午夜至凌晨 5:00 的交通安全问题进行统计分析,发现与远程运输行业不同,零售业卡车驾驶人在该时段反而最为安全。美国密歇根大学交通研究所的一项研究采用夜间与白天事故数量比来评价与车辆特性相关的夜间事故变化,发现青年驾驶人在夜间的行驶里程比老年驾驶人长,其发生致死事故的风险也同比例增长,同时,青年驾驶人所驾驶车辆的价格也比中年和老年驾驶人所驾驶车辆的价格更为低廉;随着驾驶人年龄的增长,所驾驶车辆的档次也会随之提高。Keall Michael D. 等研究了酒精、驾驶人年龄和乘客数量对夜间行车驾驶人死伤率的影响,采用 Logistic 模型对 1995~2000 年的事故数据进行拟合,估测的事故风险随着驾驶人血液酒精含量的增加而显著提高,驾驶人血液酒精含量小于 200 mg/dl 时呈指数曲线关系;而且数据对 20 岁以下及 20~29 岁驾驶人比 30 岁以上驾驶人的统计显著性更高;在驾驶人年龄与血液酒精含量相同的条件下,与驾驶人单独驾车和载运有 2 名及以上乘客的情况相比,车中只有 1 名乘客的驾驶人发生死伤事故占总数的约 50%。

Khalied Hyari 等研究了高速公路夜间照明需求,并提出了一个切实可行的理论框架,即“建筑视觉要求”,该理论用于考虑和评价不同视觉和建设任务下的不同照明需求,为制定高速公路夜间安全保证措施提供了参考依据。Suh 等人通过调查研究,认为夜间道路照明及交通标志标线是驾驶人获取前方道路信息的重要保障和来源。S. Plainis 等人通过对驾驶人昼夜环境进行简单对比,评价了夜间不同光照对驾驶人反应距离的影响。Said M. Easa 等人研究发现夜间在平直道路上增加光照强度有利于驾驶人对交通标志的识别,这与曲线路段上的结果恰好相反。Preston 和 Rasmussen 研究发现在夜间城市道路发生交通事故的概率比乡间道路要小。

1.2.2 国内研究现状

1. 机动车与过街行人冲突研究

王俊骅、方守恩等利用交通冲突理论,通过记录人车冲突过程中车速和车辆轨迹的变化及过街行人的避险行为,建立了人车冲突严重程度的判别指标,对人车冲突中行人及车辆的避险特征进行了总结与分析。其研究结果显示,大多数机动车与过街行人发生冲突时,在距离冲突点 28 m 以内时,行人才开始采取避险行为;当过街行人流量在 120~140 人/h 或者机动车平均车头间距在 85~100 m 时,行人通常采取聚群寻找可穿越间隙的方式过街。

王俊骅、方守恩等还以路段车流量、过街行人流量和平均车速为指标,建立了饱和流率不超过 0.7 时的人车一般冲突频数预测模型及严重冲突频数预测模型,研究结果表明,人车冲突服从负二项分布,并建立了行人-车辆冲突概率模型,计量了我国发达城市人车冲突风险控制效益及成本,运用风险经济分析方法提出了行人-车辆冲突控制的方法。

马兰、王肇飞等借鉴交通冲突分析理论,分析了影响行人过街安全的冲突,并提出了基于过街交通冲突率的交叉口行人过街安全可靠度计算方法。朱芳芳等通过录像对无信控交叉口进行调查,分析了行人-车辆冲突特性,并利用统计数据建立了行人过街间隙选择行为概率与安全间隙之间的数学关系模型。

2. 行人过街行为特征研究

杨晓芳、韩印等人提出了无信控路段上过街行人安全过街的延误模型。模型指出,在路宽、行人流量一定的条件下,判定标准为行人极限忍耐时间,得出行人采用二次过街时的机动车流

量范围,并制定了不同机动车、行人流量下,双向四车道、六车道路段的行人过街控制策略,包括无信号一、二次过街和有信号一次、二次过街。

杨晓光等人建立了无信号控制路段行人过街延误模型,通过对不同道路宽度、行人流量条件下的一次、二次过街的行人延误进行分析和比较,考虑行人过街的安全、便捷、机动车效率和道路条件,给出了双向两车道、四车道上两种过街方式的适用范围。

刘光新、李克平等人在分析了行人过街行为过程及其心理特征后,总结了过街等待时间、可接受间隙、过街违章行为、穿越速度特性以及道路交通环境等对过街行人的行为和心理的影响,并对行人的违章心理进行了分析,提出了减少行人违章的控制措施。

袁进霞等人利用无信号控制方式下过街人行横道、机动车道通行能力理论,提出了信号控制下人行横道通行能力的计算模型;基于概率论以及可穿插间隙理论,分析了人行横道处采用无信号控制方式以及信号控制方式的临界设置条件;在此基础上,以机动车道和过街人行横道通行能力为控制条件,分析了路段行人过街设施采用平面方式以及立体方式的临界设置条件。

郭宏伟、高自友等人利用行人过街实测数据,建立了基于风险的行人过街持续等待模型,并分别以非参数和参数为基准风险函数模型框架,分析了行人过街行为的影响因素以及行人违章过街的影响因素。其研究结果显示,非参数形式模型对行人过街等待行为描述更为准确,行人的过街行为呈现明显的时间相关性,违章倾向随等待时间的增加而增加。

裴玉龙、冯树民以交通冲突理论为基础,分析了行人过街过程,以车辆制动时间及距离作为冲突严重程度的判别标准,定义了行人过街的危险度,并最终给出了行人自由过街、无控制人行横道、信号控制无干扰人行横道、信号控制有干扰人行横道等条件下行人过街危险度的计算方法。

卢守峰等人借助生存分析法,分析了行人过街等待过程,并进行了数学建模,在对路段行人过街等待时间调查分析后,分别绘制出了老年、中年、青年、少年4类人群的过街等待时间生存曲线,同时给出了不考虑年龄影响的整个人群过街等待时间的生存曲线,并针对所研究的路段提出了行人过街最大容忍等待时间为40~50s。此外,任炜、袁振州、吴建平等也对我国一些城市的行人特征进行了深入研究。

3. 夜间驾驶人视认规律研究

赵炜华等在国家自然科学基金资助下对动态环境下的驾驶人空间辨识规律进行研究并取得较多成果:运用BP神经网络对昼间和夜间条件下驾驶人的动态空间距离判识规律进行了研究;对驾驶人夜间动态环境下的空间距离判识变化规律进行了研究;探索了夜间驾驶人对红绿障碍物空间距离判识差异。方鼎采用眼动仪对驾驶人在动态环境中对不同大小的标志的视认规律进行了分析,得到相应的规律。富宏对夜间发生的交通事故形态进行分析,并与驾驶人夜间视认特征及对标志的视认距离等进行测试,分析了夜间驾驶人对发光物体的敏感性,并提出预防夜间交通事故的措施。赵炳强对驾驶人动态视力与目标物体颜色及照度的关系进行了探讨。姜明以驾驶人视认的基本特性为基础构建了交通标志前置距离计算模型,并给出了标志前置距离参照表。潘晓东等对夜间逆光条件下的驾驶人对道路标志的视认特性进行了研究,发现顺光条件下视认性较好。姜军等采用眼动仪和GPS等试验设备进行了驾驶人夜间标志视认实验,通过对试验数据的分析构建了指路标志位置计算模型。

4. 夜间行车安全研究

胡江碧等通过模拟研究发现夜间驾驶人的德尔塔脑电波能够很好地反映驾驶人的疲劳状况。

孙大志对美国德克萨斯州的驾驶人在夜间是否遵守限速规定进行跟踪调查,调查表明部分驾驶人
人不遵守限速规定,导致夜间交通事故频发。赵亮等通过试验,测出夜间车辆打开前照灯的情
况下驾驶人对颜色的认知距离及感知距离。金键通过对驾驶人的夜间视力进行对比研究,发现
夜间视力较差是发生交通事故的重要原因,并进一步提出了夜间驾驶人恢复视力的时间及夜间
安全行车速度。张殿业等通过对夜间事故组与非事故组驾驶人的暗适应水平进行调查分析发现,
事故组驾驶人的暗适应时间比较长,说明暗适应时间较长是发生交通事故的原因之一,并据此
对夜间安全行车速度给出了建议。

裴汉杰探讨了车辆行驶速度与驾驶人动态视力及环境能见度的相关性,并认为较低能见度
是黄昏时交通事故频发的主要原因之一。蔡光林通过室内试验的方法分析了光照强度的降低对
驾驶人暗适应特性的影响水平,并认为事先降低光照强度对驾驶人的暗适应现象有所帮助。

1.2.3 国内研究现状评述

由于国外行人过街方式、车辆遇到行人时的避险方式以及路权的法律保障与我国存在根本
的区别,所以这些研究成果很难在我国直接得到应用。其次,目前国外在行人车辆冲突方面的
研究多集中于人-车冲突风险以及碰撞理论,这些模型本身是在假定的交通流模型以及车辆动力
学模型的基础上发展起来的,而在实测行人与机动车冲突特性的研究方面则显得不足。国外针
对夜间行车安全问题的研究较早,在驾驶人夜间视认特性方面研究了夜间驾驶人对路侧停车、
道路障碍物及过街行人的视认能力,同时考虑了驾驶人年龄、经验及夜间环境因素的影响;从
驾驶人视认特性角度出发,对交通标志设置合理性进行了评价,分析了交通事故与驾驶人视认
特征的相关关系,并制定了相应的改善措施及策略。这些研究成果将为本项目研究提供良好的
借鉴。

国内对于行人过街行为与安全的研究均是从行人角度考虑或仅仅从交通流参数入手研究冲
突特征,而没有考虑与之冲突的机动车驾驶人,二者行为的交互作用才是导致冲突发生的原因
所在。对夜间安全车速的研究也多从驾驶人视认特性等方面着手,包括对驾驶人昼夜动态视认
规律及空间辨识距离等进行了研究,对夜间驾驶人疲劳时的脑电波变化规律、夜间视力及暗适
应与行车安全的关系进行了分析。但国内外针对过街行人的驾驶人夜间视认特性及考虑行人的
道路路段限制车速的研究却鲜有报道。

因此,本书将对城市道路路段驾驶人与过街行人的行为特征进行分析,构建二者的博弈关
系模型,给出路段人行过街信号的设置条件;从分析夜间驾驶人对过街行人的视认规律入手,
构建夜间视认距离-车速-光照强度关系模型,再根据夜间安全行车判别条件确定不同照明条件
下的路段夜间限速及不同行车速度条件下的合理照明指标建议值。

1.3 本书的主要内容

1.3.1 驾驶人与过街行人决策行为试验与博弈关系

1. 影响因素分析

本书研究的对象为驾驶人与过街行人的博弈过程,环境为城市路段,对涉及的人、车、路
三方面因素进行分析。

2. 试验假设与试验样本量

由于影响驾驶人与过街行人博弈的因素多而复杂,为排除次要因素,简化试验,使结论更具一般性,需对本试验提出假设,并保证试验数据满足样本量要求。

3. 试验方案设计

选取合适的试验时间与路段,对试验驾驶人与记录员提出要求,给出驾驶人与过街行人决策行为试验步骤。

4. 驾驶人与过街行人的基本博弈关系

简要介绍博弈论中涉及的基本概念,初步分析驾驶人与过街行人之间的基本博弈关系。

1.3.2 驾驶人与过街行人决策风险概率及收益函数

1. 决策行为分析

结合场地试验对驾驶人与过街行人的感知风险与决策行为进行分析,并给出决策损失的定量计算方法。

2. 碰撞风险概率模型

构建人-车碰撞风险概率模型,结合试验中测得的不同速度等级下驾驶人的决策行为及机动车速度变化情况,可以计算出不同决策的风险概率。

3. 收益函数构建

在车速等级划分的基础上,构建驾驶人决策行为的收益函数;结合过街行人等待时长划分结果,给出过街行人决策行为收益函数。

1.3.3 驾驶人与过街行人决策行为博弈模型

1. 驾驶人与过街行人决策集

分为驾驶人先决策和过街行人先决策两类,运用博弈树的概念,对两种不同情况双方的决策集分别进行分析。

2. 驾驶人与过街行人收益矩阵

依据构建的驾驶人与过街行人收益函数,计算给出在一方先行动后,另一方采取行动的收益,进而形成收益矩阵。

3. 驾驶人与过街行人博弈模型构建

以驾驶人和过街行人分别作为先决策一方,在代入决策集与收益矩阵后,求得博弈均衡时两个参与者的期望收益,给出驾驶人与过街行人的非合作动态博弈模型。

4. 博弈模型均衡解分析与应用

对驾驶人先决策和过街行人先决策两类博弈模型的均衡解进行分析,应用构建的博弈模型,从路段人行过街信号和车辆限速措施两方面提出设置建议。

1.3.4 城市道路路段行人过街信号设置

1. 调查方案设计与参数分析

给出城市道路路段人行横道处交通流参数的调查方案,分析过街行人等待时间与机动车流率、过街行人数量与机动车延误、行人过街安全性与机动车车速的关系。

2. 模型构建及参数标定

运用回归分析法分别建立机动车交通量与行人等待时间、交通冲突与机动车车速、交通延误与过街行人流量关系模型,并标定模型参数。

3. 路段行人过街信号设置条件

针对现行规范存在的问题,依据构建的理论模型,对城市干路路段行人过街横道处信号设置条件进行分析,提出相应的限值和分析计算公式。

1.3.5 驾驶人夜间对过街行人的视认试验

1. 试验条件界定

从分析夜间影响路段行车安全的因素入手,界定驾驶人视认距离及试验条件。

2. 夜间行人特征分析

从过街行人数量、过街行人步行速度及过街行人衣服颜色等方面进行分析,为下一步夜间驾驶人视认距离实验方案的设计奠定基础。

3. 试验方案设计

确定试验地点为同不光照条件下的城市主干路路段人行横道,以处于静止状态且其衣服颜色均较深的过街行人为队形,制订驾驶人夜间对过街行人的视认试验方案。

1.3.6 驾驶人夜间视认距离与车速的关系

1. 驾驶人昼夜视认环境及视认距离对比

在采集到的驾驶人昼夜对过街行人视认距离数据的基础上,对比分析驾驶人昼夜视认环境及视认距离的差异。

2. 不同照明条件下视认距离随车速的变化规律

在选取照明设计指标后,对不同照明条件下的驾驶人对过街行人的视认距离随车速的变化规律进行分析。

3. 不同光照强度下的视认距离与车速关系模型

利用 SPSS 统计分析软件对不同光照条件下的驾驶人视认距离与车速度模型的参数标定,比较相关系数后选择最优模型。

1.3.7 驾驶人夜间视认距离与光照强度的关系

1. 夜间车速等级划分

为了便于研究不同行车速度下的驾驶人视认距离随平均光照强度的变化规律,进行夜间车速等级划分。

2. 不同车速等级下视认距离随光照强度的变化规律

依据车速等级划分结果,分别对不同车速等级下的驾驶人对过街行人的视认距离随照度变化的规律进行分析。

3. 不同车速等级下的视认距离与照度关系模型

采用 SPSS 软件对不同行车速度下的驾驶人视认距离与照度关系模型参数进行标定,从中选择能说明二者关系的最优模型。

1.3.8 城市道路人行横道处夜间车速限制与照明设计指标

1. 视认距离-车速-光照强度关系模型

构建夜间驾驶人视认距离-车速-光照强度三者间的关系模型，通过对关系模型的标定和检验，确定视认距离-车速-光照强度最优模型形式。

2. 城市道路人行横道处夜间车速限制

根据驾驶人夜间视认距离与汽车安全停车距离的关系，建立考虑过街行人的夜间安全行车判别条件。通过迭代计算，给出不同光照强度下的人行横道所在路段的车速限制值和限速标志前置距离计算式。

3. 城市道路人行横道处照明设计指标

依据过街行人的夜间安全行车判别条件，给出不同车速条件下人行横道处照明指标计算公式，并对路段人行横道处的光照强度及路灯布设形式给出建议。