

基于冲突的公路平面交叉口 驾驶行为研究

葛 兴 项乔君 陆健

东南大学，交通学院，南京 210096

摘 要: 考虑每种驾驶行为对交叉口安全产生的影响不同,采用数据统计的方法赋予每种驾驶行为不同的权重。依据实际调查数据,统计分析交叉口各种驾驶行为的分布,提出驾驶行为特征值的分析方法和模型,并以驾驶行为特征值为自变量,建立了驾驶行为与冲突的关系模型,模型表明冲突率和驾驶行为特征值能够较好的符合线性关系。

关键词: 公路平交口; 回归分析; 驾驶行为; 交通冲突

中图分类号: U491.2⁵⁴; U412.35¹ **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-4747(2009)03-0039-05

Research of Driving Behavior Based on Traffic Conflict at Highway Intersection

GE Xing XIANG Qiao-jun LU Jian

School of Transportation, Southeast University,

Nanjing 210096, China

Abstract: Each kind of driving behavior has different degree's influence on traffic safety, so, driving behavior needs to be weighted by statistical method. Statistic distribution of each kind of driving behavior at highway intersections was analyzed according to the survey data, and the analysis method and model of the characteristic value on driving behavior were presented. Finally, a relation model between driving behavior and conflict was established. The model indicated that the correlation relation coincides with the linear relationship between characteristic value of the driving behavior and conflict rate.

收稿日期: 2008-10-08.

基金项目: 国家自然科学基金项目(50522207)。

作者简介: 葛 兴(1980-), 女, 汉族, 河南驻马店人, 东南大学交通学院博士研究生, 研究方向: 交通安全、交通规划。

Key words: Highway intersections, regression analysis, driving behavior, traffic conflicts

0 引言

交通安全涉及人、车、道路及环境等诸多因素，然而研究表明，大约 94%~95% 的事故与人有关，驾驶员应负直接责任的事故占 81% 左右。驾驶员的因素是交通事故的主要影响因素，而驾驶员的主要表现形式就是驾驶行为^{[1],[2]}。公路平面交叉口是交通冲突的多发区域，驾驶员需要考虑车辆间的距离、速度以及车辆性能等多种因素，才能决定什么时候完成需要的操作避开冲突，在交叉口的驾驶行为的变化更加复杂^[3]，研究交叉口的驾驶行为以及与安全的关系有着重要的意义。

交通冲突技术 (traffic conflict technology, 简称 TCT) 起源于 20 世纪 60 年代，已经成为交通安全评价与分析的重要工具。交通冲突分析方法不仅能快速地对交通安全进行有效评价，对交通事故进行有效预测，同时还可以为道路和交通管理者进行安全诊断、解决交通问题提供依据，因此，在世界各国已得到了广泛的应用^{[4],[5]}。国外已有研究学者将驾驶行为作为一种测量标准，预测交叉口的冲突率及事故发生的可能性，对交叉口的交通安全进行分析^{[6],[7]}。而国内对于这方面的研究较少。国外的研究大多采用车辆经过交叉口时选择可接受间隙的行为作为分析的指标，用来描述交叉口的车辆运行状况并不充分，尤其在我国很多无信号交叉口并没明显的主次路之分，车辆并不会严格遵守行驶规则。基于此，本文基于冲突针对公路平交口的驾驶行为进行了研究。

论文从阐述公路平面交叉口冲突产生过程着手，详细分析了公路交叉口的驾驶行为特征。根据调查数据，分析驾驶行为与冲突、安全的关系，并提出驾驶行为特征值的概念，建立驾驶行为与冲突的关系模型。

1 交通冲突产生过程

交通冲突的实质是交通行为不安全因素的表现，

其发展可能导致交通事故发生，也可能因采取避险行为为得当而避免交通事故发生^[5]。交通冲突与交通事故的发生都是道路使用者 (驾驶员、骑自行车人、行人) 相互作用的过程，与交通事故不同的是交通冲突可以从现场观测得到，且交通冲突的分析可以更加直观。交通冲突产生的原因同样可归结为人、车、交通流特性、几何设计、交通管制、道路环境几个方面。

人的因素包括机动车驾驶员的因素、非机动车驾驶人因素、行人的因素，其中驾驶员是核心的因素，在冲突发生过程中起着重要的作用。驾驶员行为特性不仅与自身的年龄、饮酒、性格、能力、情绪等多种生理和心理因素有关，还与所处的道路交通环境因素有关^[8]。在多种因素的共同作用下形成了驾驶员特定的心理、生理状态，并最终形成特定环境下的驾驶行为。因此，驾驶员驾驶车辆通过冲突区域的行为受环境等各种因素的影响，同时他们的行为也在不断地改变着交通环境。交通流特性、几何设计、交通管制方式以及道路状况同样影响着车辆的运行特性，它们之间可能相互作用，与驾驶行为共同影响交通冲突的产生。交通冲突产生的过程如图 1 所示。

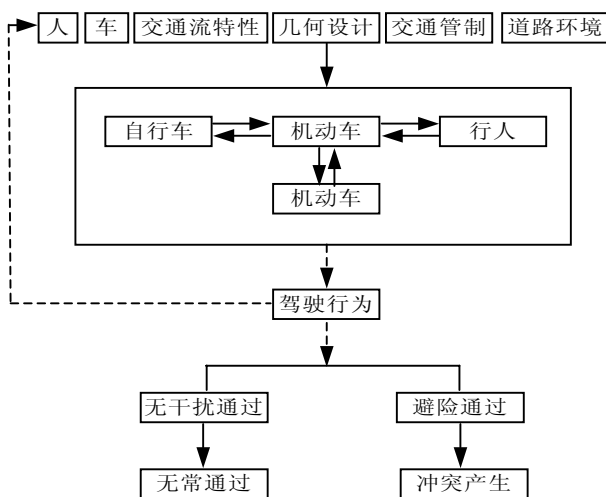


图 1 冲突产生过程

Fig. 1 The process of traffic conflict happening

如图 1 所示，当车辆几乎不受干扰通过时，则表

示车辆正常通过；当车辆需要采取转向、减速等避险行为才能通过时，则表示车辆发生了冲突。将交叉口看作一个系统，该系统中任何一个要素的行为或者性质对系统的整体都会产生影响，都可能产生交通冲突，当系统内的冲突数与冲突强度增加时，系统也就存在了事故隐患。

2 驾驶行为特征分析

从以上分析可以看到，驾驶员的驾驶行为受道路类型及各种因素的影响，同时也是各种因素影响的结果。由于驾驶员的特性与气质的差异，以及驾驶车辆所处的环境不同，就使得通过交叉口时表现出不同的行为特性。具体表现为对同一事物表现出的不同认知性，如交叉口主路交通流量较大时，次路车辆是选择谨慎停车、等待通过，还是不停车而不断向前挤占慢行，迫使主路车辆减速或停车。

为便于进一步的分析和研究，通过对平面交叉口驾驶行为的现场观测和录像观测，将驾驶行为分为单独通过、跟随通过、等待通过、挤占通过。

各种驾驶行为的定义如下：

(1) 单独通过：车辆单独无阻碍地通过冲突区域，基本不受其他车辆干扰。此类驾驶行为冲突的几率较小。

(2) 跟随通过：车辆跟随其他车辆无阻碍地通过冲突区域，产生冲突的几率也较小，主要是同向车流间的冲突。

(3) 等待通过：车辆通过冲突区域有等待行为，行车受到阻滞，分为两种情况：

① 等待通过 1：在无控制交叉口，当车流间隙小于临界间隙时，驾驶员出于安全考虑，停车等待、观望，直到当相交车流有足够大的间隙时才穿越通过，一般在相交道路等级、流量差别较大次路车辆中发生。在停、让、信号有控制交叉口，多数驾驶员会遵守交通规则，会停车等待，直到相交车流有足够大的间隙出现；在其他情况下也有可能出现这种驾驶行为情况，比如在视距不良的交叉口，驾驶员出于安全考

虑，通常会减速等待。等待通过 1 车辆已完全停车，多为主动等待通过，等待时间较长。

② 等待通过 2：在无控制交叉口，当车辆间时间间隙大于临界间隙，但车辆间时间间隙并不足够大时，驾驶员面临事故风险和停车延误之间的选择，此时通过交叉口就可能会出现短暂的减速等待避让行为。在停、让、信号控制交叉口，一些驾驶员不太遵守交通规则，通过交叉口易与其他车辆发生冲突，通常为避免相撞而必须减速等待；在其他一些情况下，由于驾驶员鲁莽、车速过快、受其他因素的干扰，在与其他车辆相遇时，为避免相撞，也会出现极短时的停车行为。等待通过 2 车辆并不一定完全停车，多为被迫等待通过，等待时间短暂，通常伴随冲突的发生。

(4) 挤占通过：车辆在通过交叉口的过程中受到阻滞，有挤占行为发生，皆为挤占通过。

从以上几种驾驶行为的定义可以知道，每种驾驶行为对冲突产生的影响不同，而每一种驾驶行为都有可能发生冲突，每一种都反映了交叉口内车辆不同的运行状态。实际上，各种行为通常会交替出现。

3 驾驶行为与冲突关系模型

为探讨驾驶行为与冲突、安全之间的关系，课题组采用录像调查的方法，对江苏省省道 123 与镇方西路交叉口和省道 123 与省道 340 交叉口分别进行了观测，观测时间为 8:00-12:00 和 14:00-18:00 共 8 个小时，获得了交通冲突以及驾驶行为的相关数据。

3.1 交叉口驾驶行为分布

无信号交叉口没有实行任何控制措施，交叉口交通较为混乱，省道 123 为干线公路，镇方西路为集散型公路，通常情况下镇方西路车辆避让省道通行。信号控制交叉口相交道路均为干线公路，交叉口流量不是很大，同时由于信号灯的控制作用，交叉口的冲突较少。各种驾驶行为所占比例如图 2 所示。

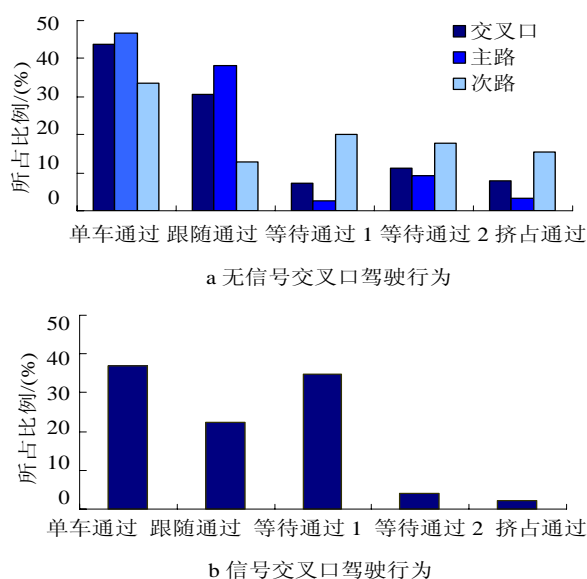


图 2 驾驶行为所占比例

Fig. 2 Ratio of driving behavior

统计得到的无信号交叉口的各种驾驶行为所占比例分别为 44%、30%、7%、11%、8%，其中，至少有大约 26%（等待通过、挤占通过）的车辆通过交叉口受到阻滞。在镇方西路上等待通过、挤占通过驾驶所占比例（53%）远大于省道 123 上的比例（15.5%）。次路车辆通行受干扰程度要大于主路车辆。从录像观测也可以看到，次路车辆发生冲突的几率远大于主路车辆，短暂等待和挤占行为的车辆越多，交叉口越混乱，也就越不安全。与无信号交叉口相比，信号交叉口驾驶员行为比例有很大区别，单车通过、跟随通过、等待通过 1、等待通过 2、挤占通过所占比例分别为 36%、23%、35%、4%、2%，等待通过 2、挤占通过驾驶行为较低，而等待通过 1 驾驶行为比例较高，这主要是由于信号控制的作用，使得交叉道路的车辆在时空上进行分离，减少了车流之间的交织。同时由于信号灯的作用，致使红灯期间的车辆在交叉口必须停车等待，导致等待的车辆增多。

3.2 模型建立

从前面的分析可以看到，车辆经过交叉口有多种驾驶行为，不同驾驶行为的所占比例反映了交叉口的

交通状况与安全状况。研究驾驶行为与冲突及交叉口安全程度的关系，需要考虑多种驾驶的相互作用，综合反映交叉口驾驶行为的特征，因此，这里提出驾驶行为特征值的概念。驾驶行为特征值是驾驶行为综合值（统计时间段内各种驾驶行为数与相应权重乘积之和）与车辆数之比，它是基于冲突的各种驾驶行为所占的比重。特征值的大小反映了整个交叉口车辆的运行状况，计算如下：

$$C_V = \frac{\sum_{i=1}^k w_i n_i}{N} \quad (i = 1, 2, \dots, 5; k = 5) \quad (1)$$

式中：

w_i ——每种驾驶行为的权重；

n_i ——统计时间段内每种驾驶行为的车辆数，辆；

N ——统计时间段内交叉口的车辆数，辆。

本文采用确定权重的统计方法，根据专家对于各种驾驶行为的评分，通过数据统计方法获得权重^[9]。结合观测的实际情况，分别选取 0.06、0.08、0.05、0.41、0.40 作为以上五种驾驶行为对应的权重，等待通过 2 的权重最高，为 0.41，主要是因为这种驾驶行为为短暂等待，通常伴随有减速、刹车等驾驶行为，发生冲突的概率最高。以下依据冲突率和驾驶行为特征值两指标，探讨驾驶行为与冲突的关系。冲突率是以观测小时的时均冲突数与时均混合当量交通量之比来确定的，它的高低反映了一定程度的安全水平。采用冲突率来评价一个交叉口的相对安全水平具有较高的效度与信度水平^[10]。

根据调查数据，采用回归分析的方法，建立了冲突率和驾驶行为特征值之间的回归方程：

① 无信号交叉口：

$$y = 0.6381x + 0.0137 \quad R^2 = 0.5969$$

② 信号交叉口：

$$y = 0.3480x - 0.0146 \quad R^2 = 0.5512$$

具体如图 3 所示。

从回归方程和图 3 可以看到，冲突率和驾驶行为特征值较好地符合线性关系，随着驾驶行为特征值的增大，交叉口的冲突率也在不断增加。驾驶行为特征

值越大表明交叉口等待、挤占车辆也多，车辆运行受阻滞越严重；根据上述关系模型，此时的冲突率也将增大，因此，交叉口的安全程度也越差。由于统计

出信号交叉口的冲突数较少以及等待通过 2、挤占通过所占比例很小，与无信号交叉口相比，冲突率和驾驶行为特征值较小，且聚集在很小的范围内。

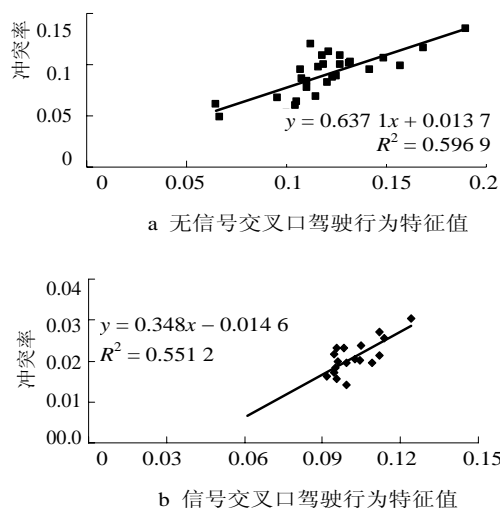


图 3 驾驶行为与冲突关系

Fig. 3 Relation between driving behavior and conflict

4 结束语

本文从研究交通冲突产生过程出发，揭示了在冲突发生过程中驾驶行为的重要作用。在此基础上，论文还总结了公路平交口的驾驶行为特征，给出了驾驶行为特征值的概念和计算模型，建立了驾驶行为与冲突的回归模型。

论文对驾驶行为和冲突的分析以及建立的相关模型不仅有助于正确认识驾驶行为与冲突之间的关系，还可以用于更深层次分析交叉口的驾驶行为、交叉口的安全状况。它又可用于公路平交口冲突率的定量预测，为交通管理者制定交叉口安全管理策略提供理论基础，为进一步的交叉口安全分析与评价提供了依据。

参考文献

- [1] 张恩亮, 肖贵平, 聂磊. 交通环境对驾驶员心理的影响分析及对策研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2006, 11: 164-165.
- [2] 刘运通. 道路交通安全指南[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004: 63-70.
- [3] Isam Kaysi, Ghassan Alam. Driving behavior and traffic stream interactions at unsignalized intersections[J]. Journal of Transportation Engineering, 2000, 126 (6): 498-506.
- [4] Dissanayake S., Lu J., Castillo. N. Safety performance evaluation of driveway left turning alternatives using traffic conflicts[J]. Advances in Transportation Studies, 2003, Section B1: 63-74.
- [5] 成卫. 城市交通冲突技术理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [6] Alexander J., Barham P., Black I. Factors influencing the probability of an incident at a junction: results from an interactive driving simulator[J]. Accident Analysis and Prevention, 2002, 34 (6): 779-792.
- [7] Spek A C E, Wieringa P A., Janssen W. H. Intersection approach speed and accident probability[J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior, 2006, 2006(9): 155-171.
- [8] 毛敏. 机动车驾驶员行为模式及危险状态研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2001: 37-39.
- [9] 杨印升, 张魁元. 应用模糊数学方法[M]. 长春: 吉林大学出版社, 2001: 70-75.
- [10] 成卫, 丁同强, 李江. 道路交叉口交通冲突灰色评价研究[J]. 公路交通科技, 2004, 21(6): 98-100.

(中文编辑: 刘娉婷)