

城市交通冲突 技术理论 与应用

成 卫◎著



科学出版社

www.sciencep.com

云南省中青年学术与技术带头人后备人才培养
经费资助出版

城市交通冲突技术 理论与应用

成 卫 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据作者近年来的科研成果和实践经验,对城市交通冲突技术的理论和应用方法进行了阐述与总结。主要内容有:建立了适合我国交通特性的交通冲突测量、判定标准以及调查方法,尤其是详尽地描述了符合国情的各种交通冲突类型,并充分考虑了自行车在交通冲突中的影响;从我国交通安全基础数据收集整理不充分、难度大的实际出发,提出了用于交通冲突预测的灰色模型和自适应神经模糊系统预测模型,建立了交通冲突安全评价的灰色聚类模型和模糊均值聚类模型,设计了发展中国家的道路交通安全评价程序,以提高交通冲突技术在我国适用性和有效性;最后,提出了基于交通冲突技术的道路安全改善方法,针对典型问题建立了路段车辆左转弯运行方式的交通冲突安全评价方法以及信号相位控制的安全等级标准。

本书可供交通管理人员、高等院校相关专业的师生及科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市交通冲突技术理论与应用/成卫著. —北京:科学出版社,2006
ISBN 7-03-017452-6

I. 城… II. 成… III. 市区交通-交通控制-研究-中国 N.U491.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第065315号

责任编辑:何舒民 胡超 王超/责任校对:耿耘
责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年6月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2006年7月第一次印刷 印张:9 1/2

印数:1—3 000 字数:136 000

定价:30.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

销售部电话 010-62136131

编辑部电话 010-62137026(BA03)

序

随着道路交通事故的不断增长,道路交通伤害已成为一个重要但又易被忽视的公共安全问题,人们必须协同努力开展持续有效的预防工作。在人们每天所面对的各种问题中,道路交通伤害是最复杂也是最危险的。据估计,全世界每年约有120万人死于道路交通伤害,受伤者多达5000万人。如果不采取强有力的预防措施,今后20年中道路交通伤害的死亡和受伤人数将增加65%左右。总之,道路交通安全问题构成了对全球公共安全的一个重大挑战,我国也是如此。2005年全国公安交通管理部门共受理一般以上道路交通事故450 254起,这些事故导致98 738人死亡、469 911人受伤以及18.8亿元经济损失,交通安全形势严峻。为减少伤亡、保护财产和促进可持续发展,各级政府都做出了巨大努力,但效果还是不十分明显,可见我国的道路交通安全工作还任重道远。这就需要各级政府、产业界和非政府组织对这一问题有更深刻的认识,并做出明智的决策,以便那些已被证明是科学而且有效的预防道路交通伤害的策略得以实施。面对着减少道路交通伤亡的挑战,任何有效的应对措施的落实,都需要有关方面做出巨大努力。高等学校,作为培养高层次人才和科技发展的重要基地,肩负着科技强国的神圣使命。昆明理工大学作为国内重点工科大学之一,为适应交通运输的飞速发展,正在建立和发展交通运输学科,积极参与到道路交通安全工作中,帮助政府献言献策,实事求是地对道路安全进行研究和开发,以实现降低道路交通事故和交通伤害的目标。该书就是在这样的背景下,为总结和交流昆明理工大学交通运输工程的科研成果而出版的道路交通安全工程方面的学术专著。该书作者结合近年来道路交通安全的研究成果和实践经验,针对交通安全工程研究重要内容之一的交通冲突技术进行了颇有见地的分析论述,并提出了一些新观点。该书的出版,从一个

侧面反映了我校青年科技人员的学术成果和教学经验，为交通安全的研究增添了新的花朵，愿其在众人的精心栽培下茁壮成长。

昆明理工大学校长

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of two main characters that appear to be '元' (Yuan) and '寿' (Shou), written in a cursive, flowing style.

2006年5月2日

前 言

自从发现以事故统计为基础的交通安全评价效果并非如期望的那样成功时,研究另一种交通安全评价方式就显得十分重要了。交通安全管理的首要问题是建立一个有效而可靠的安全评价方式,以获得数据作为人们制订政策的依据。而传统的安全评价是以事故数据为基础的,通常存在以下缺陷:事故原因的复杂性使得很难从事故数据中找出单一原因;事故的稀有性导致安全评价周期延长;事故的随机性致使评价结果预期过高;事故统计的不完全性致使评价结果欠真实;事故的不可逆性使事故原因分析困难。正是基于上述原因,交通界一直在寻求新的替代方法进行交通安全的研究,交通冲突技术便是其中最有代表性的一种安全评价方法,其主要原理是以研究“类似事故”的交通冲突来代替传统的研究交通事故。这一技术理论不但可以有效地分析评价交通事故形成的全过程及肇事原因,还可以用于评价交通安全状况、交通流控制及交通工程设施等。虽然对交通冲突技术作为传统安全评价的替代方法还有一些学术上的争论,但是其所具有的良好有效性、可靠性、可行性及低费用等特性已得到世界相当部分国家的认可和证实,因此该项技术被称为 20 世纪交通安全领域内的一场革命。

研究表明,这一新兴的技术理论尤其适用于我国这样一个发展中国家。通过运用交通冲突技术,可以将有限的资金投入到了交通安全改善工作中,做到安全管理工作的有的放矢。目前,我国交通冲突技术的研究尚处于起步阶段,现有研究程式均参照发达国家的经验,与我国实际交通特点结合不够,因此有必要研究开发适合中国交通特性的混合交通条件下的交通冲突技术。为此,本书在系统分析国内外交通冲突技术研究现状的基础上,建立了适合我国交通特色的交通冲突测量和判定标准以及调查方法,尤其是详尽描述了符合国情的各种冲突类型,充分考虑自行车在交通冲突中的影响;从我国交通安全基础数据收集整理不充分、难度大的实际出发,提出了用于交通冲突预测的灰色模型和自

适应神经模糊系统预测模型；建立了交通冲突安全评价的灰色聚类模型和模糊均值聚类模型，设计了发展中国家的道路交通安全评价程序，以提高交通冲突技术在我国适用性和有效性；最后，提出基于交通冲突技术的道路安全改善方法，针对典型问题建立了路段车辆左转运行方式的安全评价方法以及信号相位控制的安全等级标准。这些理论及方法，本着适用于我国交通特性的原则，可以广泛应用于交通安全现状诊断、事故成因研究、安全改善措施评价等方面。

交通安全是一个十分广阔的研究领域，作者期望通过本书，能引发更多的学者来关心我国的交通安全事业的发展，创造出更先进的交通管理理论与方法。

本书由云南省中青年学术与技术带头人后备人才培养经费资助出版。

本书在撰写过程中得到许多人士的大力支持，在此特别感谢昆明理工大学邹毅老师的悉心指导和刘小兰老师的热情帮助。硕士研究生郭旷、陈月明、张文峰参与了图表制作及校稿工作，昆明市交通警察支队李学敏处长、陈淑翔副处长在数据整理与分析中提供了巨大帮助，在此一并表示感谢！

由于本人水平有限，书中的错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 交通冲突技术的发展过程	2
1.2.1 简介	2
1.2.2 交通冲突研究中的问题	3
1.3 交通冲突研究框架	12
1.3.1 交通冲突的量化定义	13
1.3.2 可测量的观测资料	13
1.3.3 恰当的运用	14
1.3.4 可靠性和有效性	15
1.4 交通冲突技术基本原理	16
1.4.1 交通冲突的定义	16
1.4.2 交通冲突的发生	17
1.4.3 交通冲突的过程	18
1.4.4 交通冲突与交通事故的关系	18
1.4.5 交通冲突的基本测定	19
1.5 交通冲突技术理论的应用	20
1.6 来自微观模拟的替代方法	21
第 2 章 交通冲突的测量与判定	22
2.1 交通冲突的识别	22
2.2 交通冲突测量参数	23
2.3 交通冲突测量标准的建立与判别	25
2.3.1 交叉口交通冲突程度的判别	25
2.3.2 路段交通冲突程度的判别	27
2.3.3 路段严重冲突的分级	29

第3章 交通冲突调查	32
3.1 概述.....	32
3.2 交通冲突的描述	32
3.2.1 交叉口冲突描述.....	32
3.2.2 运行描述.....	33
3.2.3 认识交叉口交通冲突.....	48
3.2.4 路段交通冲突的描述.....	53
3.3 交通冲突调查与训练.....	54
3.3.1 交通冲突调查的训练.....	55
3.3.2 交通冲突调查.....	58
第4章 交通冲突数的预测	66
4.1 概述.....	66
4.2 交通冲突数的灰色预测	66
4.2.1 灰色预测的必要性.....	66
4.2.2 灰色预测方法的建立.....	67
4.2.3 应用示例.....	69
4.3 交通冲突数的模糊神经网络预测	71
4.3.1 自适应神经网络模糊系统的描述.....	71
4.3.2 基于自适应神经网络模糊推理系统的交叉口交通冲突数预测.....	72
4.3.3 应用示例.....	73
第5章 交通冲突安全评价	75
5.1 概述.....	75
5.2 交叉口交通冲突安全评价	77
5.2.1 交通冲突模糊聚类安全评价.....	77
5.2.2 交叉口灰色聚类安全评价.....	82
5.3 比较分析	86
5.4 路段交通冲突安全评价	86
5.4.1 事故危险点严重冲突的概率分布.....	86
5.4.2 路段事故危险点交通冲突判定模型.....	88
5.4.3 应用示例.....	89
5.5 发展中国家的城市道路交通安全评价程序	89

5.5.1	简介	89
5.5.2	交通安全的复杂性	90
5.5.3	交通冲突技术评价工具的应用	91
5.5.4	减少交通冲突的安全措施	94
5.5.5	应用示例	94
5.5.6	结论	100
第6章	交通冲突技术的应用	101
6.1	基于交通冲突技术的安全改善	101
6.1.1	交通冲突分析	101
6.1.2	交通冲突的影响因素	103
6.1.3	解决交通冲突的实际应用	104
6.2	典型问题的研究	107
6.2.1	两种车道左转方式的安全评价	107
6.2.2	交叉口信号相位的安全评价与设计	118
第7章	交通冲突技术的展望	129
附录1	路端交通冲突类型冲突量统计表	131
附录2	现场观测报告	132
附录3	交通流量计数表	134
	参考文献	135

第 1 章 绪 论

1.1 概 述

道路安全的传统研究一直依赖于事故例如危险点的识别、安全程序的评价和驾驶员违规行为的纠正等的统计。由于事故的发生是交通系统中不协调问题的征兆,因此通过检查这些征兆,也就能找到问题的答案。长期以来,我国和世界大多数国家均采用交通事故统计的方法进行交通安全评价,其优点主要体现如下。

(1) 评价指标具有逻辑上的合理性

交通事故是显著因素,以事故统计为基础的安全评价指标直观,且具有较强的说服力。

(2) 评价精度较高

利用经过相当长时间收集到的足够多的事故数据和其他影响因素的详细数据建立的模型,在系统稳定情况下,进行中、短期事故结果预测一般比较精确,用于安全评价时也能得到较高的精度。

然而实际应用中发现以事故统计为基础的安全评价指标,尤其是小区域地点安全评价的效度与信度水平等,结果常常不很理想。总而言之,在事故统计的运用中存在着一些严重缺陷,其主要原因如下。

(1) 事故原因的复杂性

在多数情况下,事故的发生并不能归咎于单一原因,它涉及驾驶员、车辆和道路环境,以及它们之间相互作用。因此有时很难单一地从事故数据中找出事故主要原因。

(2) 事故的稀有性导致安全评价周期延长

事故的发生是稀有的,资料表明,我国城市主要交叉口事故年平均数仅 1.5~5 起,因而导致安全评价往往需要较长的事故统计时间才能保证其可信度。

(3) 事故的随机性致使评价结果预期过高

事故的发生是偶然的,研究表明,由于统计上的回归影响,在大多数

情况下,实际事故发生数大于事故回归数,这意味着在安全改善措施的前后研究中,过高地估计了措施的改善效果。

(4) 事故统计的不完全性致使评价结果欠真实

由于事故定义和事故统计规定的限制,以及事故统计管理的部分缺陷,事故统计过程中存在一定的统计盲区,即在事故的发生、立案、统计到公布过程中要漏掉或筛掉许多事故。在瑞典,警方统计公布的事故数仅为实际发生数的 20%,我国约为 30%,而且在我国的这一统计比例中未含未立案事故。

(5) 事故的不可逆性使事故原因分析困难

交通事故属不可逆事件,事故处理机关一般只是对已发生的肇事现场进行勘查记录,要实现事故过程的完全真实再现几乎是不可能的,因而很少能够准确地分析其成因。

为克服上述缺陷,许多运用非事故数据的方法出现了,其中最具有代表性的非事故信息形式就是交通冲突,它是不产生碰撞的临界事故。

1.2 交通冲突技术的发展过程

1.2.1 简介

交通冲突的理念用于危险点的鉴别已有很长时间了,然而,直到 Perkins 和 Harris 于 20 世纪 60 年代进行了大量的工作以后,才最终确定了交通冲突的概念。在他们的标志性论文中,Perkins 和 Harris 建立了一整套观测程序用以测试装有 General 发动机的汽车,并与装有其他产品发动机的汽车相比,比较在不安全状况下谁的状况差。这种方法,称之为交通冲突技术,就是观测和计量车辆采取避让行为以消除碰撞发生的试验。这种预示临界状态出现的行动,通过驾驶员做出的可观测行为来实施判别,例如突然的车道变换或刹车灯显示的紧急制动。

这项新技术的运用立即引起了道路安全研究人员的广泛关注,他们试图考虑将这种方法作为以事故资料为依据的传统安全评价方法的替代方式。它与事故数据相比,最显著的特点就是能在短时间内获取冲突数据。这样一来,任何安全评价程序在短时间内就可以实施。

认识到此项技术的潜在性,许多研究人员一直致力于将冲突作为事

故替代的方法。交通冲突研究的初期(例如 Paddock 和 Baker 的研究是交通冲突这项技术的实用性),人们相信冲突与事故相关,能够用于预测事故的发生。

然而,更多的研究者致力于从细节上检查交通冲突的概念,发现交通冲突技术的缺点。随着异议的增多,对与交通冲突观测和分析有关的问题也开始产生争议。一些研究者怀疑这种方法^[1~3],而许多其他的研究人员则很乐观地进行交通冲突试验的设计和建立交通冲突测量和分析的程序。尽管目前对交通冲突技术研究的广度继续扩展,兴趣不断浓厚,然而仍有一些问题有待于解决和理解。

1.2.2 交通冲突研究中的问题

从本质上看,与交通冲突技术相关的大多数问题源自三个根本和相互关联的问题:

- 1) 交通冲突定义的一致性。
- 2) 交通冲突技术的有效性。
- 3) 交通冲突测量的可靠性。

从早期的交通冲突试验开始,多数的研究工作已经直接或间接地谈及这些问题中的一些概念。在所提出的解释交通冲突原因的清晰理论中,许多研究者一直探寻通过更好的方法来定义交通冲突或者寻找更严密的方法来证明交通冲突技术的有效性以及改进获取可靠测量方法的程序。

1. 交通冲突定义的一致性

在最初的交通冲突研究中,交通冲突是根据驾驶员采用避让行为来定义的。为了容易地识别它们,这些避让行为必须易于观测到。这样一来,交通冲突一直是和刹车灯的显现或车道的突然变换相联系的。许多后续的交通冲突研究一直遵循相同的方法,仅只是采用更详细的避让行为分类法而已。根据避让行为已经对交通冲突形成了多种定义、说明和判别的方法。

首先,为了使现场观测者能清楚地理解如何观测,必须设计一份详尽的与交通冲突研究相关的避让行为表。太多的避让行为分类可能加重现场观测者的工作负担,使其更容易在交通冲突调查中发生错误。此

外,并不是所有规定的驾驶行为都是避让行为。例如,驾驶员有意地运用刹车来避免碰撞,这不作为避让行为,而是一种预防性的减少风险的行为。有时,把预防性行为同真实的避让行为区分开来可能是件很困难的事情,尤其是迅速地评估出来。

当认为交通冲突能代替事故的时候,将避让行为与交通冲突等同起来也可能引发一些逻辑问题。交通冲突先于事故的论点表明,根据避让行为确立的交通冲突必须先于事故的发生,这种假设一直以来受到质疑^[4~6]。由于驾驶员在第一阶段没能采取避让措施,许多事故和近似过错不断剧增,因此,如果交通冲突是根据观测到的避让行为来定义,而避让行为有时在危急情形没有发生,一些记录的“避让”行为是真正的预防性行为,那么在交通事故和交通冲突之间可能就没有相关性。

交通冲突的标准定义是在第一次国际交通冲突大会上提出的。交通冲突是一种可观测的情形,其间两个或多个道路用户彼此间相互在时间上和空间上接近到一定程度,如果它们的运动仍维持不变,将有碰撞的风险。当它不取决于避让行为时,由于冲突和非冲突状态的区别在实践中不明晰,所以此定义仍然具有局限性。此定义提供认识和处置交通冲突的基本原理,但也留有很大的解释余地。

许多研究者还对这种一般性的交通冲突定义加入了严格的规定,一些研究者从理解产生碰撞过程的角度对交通冲突进行调查。交通冲突是潜在性的碰撞这一直观概念表明,可以假设交通冲突和交通事故之间是统一连续的,一直有许多不同的模型用来描述这种关系,其中的一种关系模型如图 1.1 所示。它揭示了一个普遍规律,事故是严重冲突的子

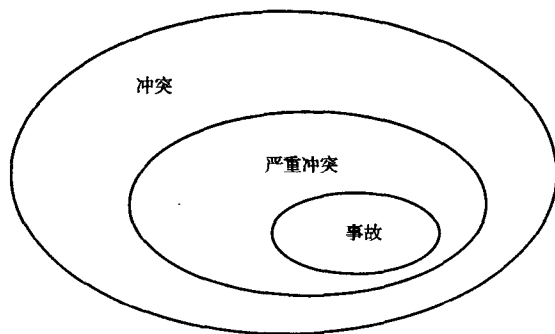


图 1.1 交通冲突表述图

集,而严重冲突又是轻微严重冲突的子集。这种描述源自于冲突先于事故的理念,因此产生了一种理论争论,即碰撞数是否应该排除在冲突数之外,因为它们已经占在优先于事故发生的冲突之中。

另一种描述形式是冲突的依次顺序由轻微冲突到非常严重的冲突进行变化的。理论上,这个范围在一端能够扩展到包括非冲突现象,另一端能包括非常严重的碰撞。而在实际中,因为非冲突数与大多数的分析无关,而碰撞在冲突研究中不大可能被观测到,所以很少考虑这两种极端的分类。

关于交通冲突的严重性有两种认识上的变化。一种是 Glauz 和 Migletz 根据近似碰撞性创立的分布函数理论,如图 1.2 所示;另一种是 Hyden 于 1987 年提出的安全金字塔理论^[7],如图 1.3 所示。两种理论均表明,构成遭遇形式主体的非冲突现象随着严重性的增加,发生的频率逐步降低。

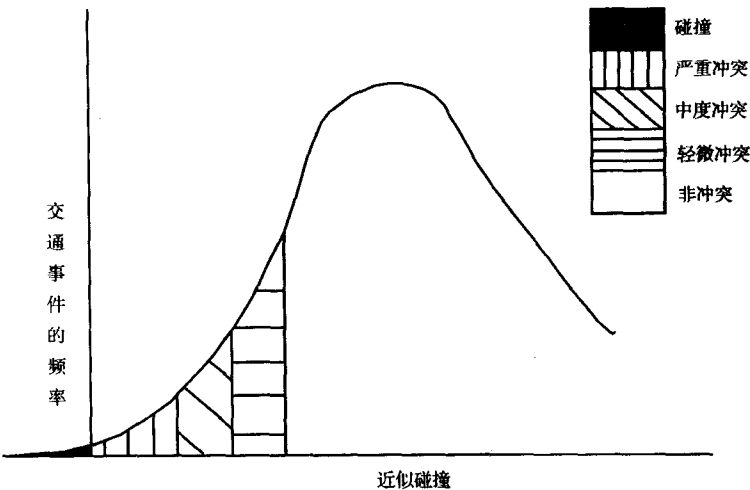


图 1.2 依据近似碰撞理论而定的冲突描述

虽然交通遭遇形式的不同描述能够精确地揭示交通冲突的概念,但由于不能清楚地区分不同种类的交通冲突,矛盾性问题仍然存在。尽管许多学者试图通过运用更加详细的规范来达到名词解释的一致性,但实际上很难证明在不同类型的交通冲突中定义上的一致性。这样的结论在许多对比研究中能够见到^[8~11],不同组的观测者是根据他们自己描

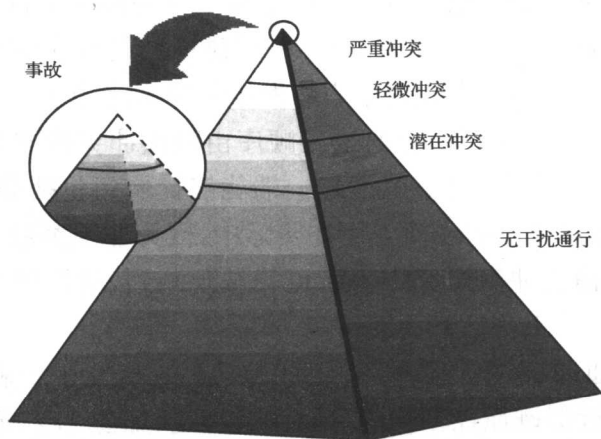


图 1.3 交通事件的金字塔描述

述的定义来对相同的数据集进行交通冲突记录的。结果发现,即使在交通冲突的严重性排序方面达成共识,不同组别之间调查的数据也有相当大的差异,这说明用严重性定义的交通冲突几乎没有一致性。此外,对于轻微严重冲突的情形,总数上的差异也是较大的,这表明定义轻微严重冲突更困难。

克服交通冲突定义自身问题的一个方法就是统一使用更加严格的交通冲突案例来分析。虽然如此,非严重冲突与严重冲突之间的差别仍不清晰。在大多数研究中,这两种交通冲突已经作了定性区分,虽然, Guttinger 和 Hyden 已经使用时间和距离阈值区分这两种类型的交通冲突,但这些阈值是主观性的描述。

控制严重性遭遇情形的交通冲突数据意味着不必考虑来自于由轻度和中度交通冲突构成的数据库的大量资料,这似乎和交通冲突技术的运用意图背道而驰,因为其意图就是利用交通冲突中更加广泛的可用数据来代替有限的交通事故数据。

2. 交通冲突技术的有效性

通过观测的交通冲突数和交通事故记录之间的相关性能充分证明交通冲突技术的有效性。由于长期以来,安全评价一直依赖于事故资料,当许多冲突研究不能有效地表征交通冲突与事故之间的统计关系到

达一个可接受的水平时,交通冲突的有效性问题的有效性问题变成了一个热点问题。有效性论点和问题产生的部分原因是由于交通事故本身的不精确、不可靠和低记录所致。

一些研究人员,例如 Glennon 和 Williams 已经严肃地对交通冲突技术的有效性提出质疑,并要求重新评估交通冲突的整个概念。然而,没有反对该技术的其他研究人员也已推荐了一种更为严格的技术运用标准到事故数很低的案例中。另一方面,许多研究人员如 Oppe^[12]等,一直寻求通过重新定义冲突技术来改善相关性或解释交通冲突与交通事故之间的不良相关性的方法。像 Grayson 和 Hakkert^[13]这些学者则选择致力于有效性的根本性研究,而不是仅仅寻求一种交通事故与交通冲突之间的良好的统计相关性。

在交通冲突与交通事故之间确立一种相关性而导致部分问题产生的原因在于交通冲突和交通事故数据的本质,两者都受统计变量和一些不可靠测量法的影响。Hauer 明确指出“这个长期困扰着交通冲突有效性问题研究的根源来自于疏忽了什么是不安全的定义”。因而,即使在交通事故与冲突之间存在确定的相关性,那也将是期望的,并不是观测到的相互关联的交通事故率与交通冲突率。

Oppe 进一步的阐述认为有必要根据交通行为类型和核查相关性的严重程度来划分交通冲突与交通事故,这点能够从一项研究结果^[14]中得到证明。这项研究表明,在研究地点,当把自行车-行人的冲突数排除在外时,冲突与事故之间的相关性将得到改善,原因就在于本来就没有自行车-行人事故的记录。然而,把交通事故和交通冲突割裂开来将降低样本数量并使两变量之间的对比变得更困难。

由于没有考虑交通事故和交通冲突数据性质上的不确定性以及许多影响因素,为了坚持在交通事故和交通冲突之间建立一种可接受的统计学关系以验证交通冲突技术的运用,这可能是无用和不必要的做法。的确,如果交通冲突研究用来预测交通事故的发生,那么这种关系似乎是唯一可行的。预测交通事故的想法受到 Hauer 的反对,他主张在安全研究中最重要的是预防事故而不是预测事故。因此,交通冲突技术应主要用作诊断和评价工具而不是作为一种预测方法,这意味着基于预测能力而使此项技术发生效用可能没有必要。