

高速公路大、小车速度差与事故率的关系

钟连德, 孙小端, 陈永胜, 张杰, 张国巍

(北京工业大学 北京市交通工程重点实验室, 北京 100022)

摘要: 回顾国外有关车速与事故之间的研究成果可以发现, 事故预测模型一般只考虑了平均车速、速度的方差和速度梯度等指标, 而对大、小车速度差与事故之间的关系研究并未涉及. 基于中国高速公路上大车比例较大, 且大车速度与小车速度差较大的特点, 以一条高速公路连续3a的事故数据为基础, 利用统计回归的方法研究了大、小车速度差与事故率之间的关系, 建立了相应的回归模型. 结果表明, 大、小车的速度差是引起交通事故的重要原因之一, 速度差和事故率之间呈正相关关系, 即随着平均速度差的增大, 事故率增大.

关键词: 高速公路; 道路安全; 速度; 事故; 回归分析

中图分类号: U 491

文献标识码: A

文章编号: 0254-0037(2007)02-0185-04

国内外的统计表明, 在所有的交通事故中与车速相关的事故约占事故总数的1/3, 在所有事故致因中排第2, 仅次于驾驶员人为因素. 人、车、路和环境对交通安全都有影响, 无论哪方面的影响都会反映在车辆或车流的速度上; 我国的道路安全研究起步较晚, 目前道路安全研究多从人和道路条件2方面着手, 涉及交通特性与事故之间的研究并不多, 因此, 从车速入手, 建立其与交通事故的一般联系, 从多方面反映道路交通安全的特性, 是非常必要的, 这也是建立高速公路事故预测模型最重要的一步. 应用模型可以定量分析和估计已有道路或者规划中道路的安全性能, 为交通事故的预防提供指标, 为道路改扩建提供参照.

关于车速与事故的直观感觉是, 速度越高, 相应的事故数就越多. 但很早就有研究表明2者之间并不是简单的线性关系. 很多研究表明, 车辆的速度相对于平均速度的离散越大, 车辆越可能发生事故, 通常认为2者之间的关系可以用U形曲线来描述^[1-4]. 然而, Fildes通过对司机的调查发现, 速度与事故之间不是U形关系, 高速运行的车辆比低速运行的车辆更容易发生交通事故^[5]. 得出类似结论的还有Kloeden等人, 他们利用澳大利亚Adelaide市限速 ≥ 80 km/h乡村道路数据进行研究, 结果表明, 降低平均速度比降低速度梯度更有助于降低事故危险^[6].

Garber和Gadiraju研究表明, 事故率随着速度方差增大而增大, 但是利用道路类别集计(aggregate)后的数据研究事故率和平均速度之间的关系, 则发现2者之间没有必然联系^[7]. 与此同时, 法国的Lassarre通过研究发现, 速度相对于平均速度的变化, 对安全仅有较小的影响^[8]. Lave研究发现, 道路事故死亡率受车辆间速度方差的影响比受平均速度的影响要大^[9]. Baruya和Finch研究分析了人身伤害事故与平均速度、速度梯度之间的关系, 得出结论: 平均速度和速度梯度2者对事故都有影响, 当平均速度增加时, 事故数也增加, 但尽管平均速度增加, 如果此时速度梯度减小, 事故数也会降低^[10].

可以发现, 以往研究结果并不完全一致, 但是绝大部分研究表明, 事故率与平均速度、速度梯度、速度方差存在着一定的相关关系. 由于各国高速公路的行车环境、车辆组成、驾驶员的驾驶习惯以及事故统计方法等均有较大不同, 尤其在车辆性能方面我国与发达国家有很大的差异; 我国大车在高速公路上的运行速度远远低于小车的速度, 再加上大车超载, 司机疲劳驾驶等因素更加重了我国高速公路安全的不利形势. 因此, 有必要分析我国的高速公路事故数据, 得出反映我国的高速公路速度与事故率关系的模型. 为达到这一目标, 作者首先研究了事故的分布和大、小车速度特征值等一系列指标和规律, 并在此基础上建立了速度差与事故率2者之间的关系模型.

收稿日期: 2006-03-31.

基金项目: 交通部科技项目(2005353H02010, 200431822333-01); 北京市科学技术委员会博士生论文资助专项(ZZ0626).

作者简介: 钟连德(1978-), 男, 辽宁辽阳人, 博士生.

1 数据收集和描述

研究的高速公路路段全长 38 km, 交通量较大, 有明显的早晚高峰, 车辆组成随小时变化明显, 事故率较高. 交通数据是从高速公路公司监控中心的数据库中获取的线圈检测的数据, 交通流数据是以 1 min 为统计间隔, 包括平均车辆数、平均速度和车辆占有率等. 在研究分析大、小车平均速度差与事故率之间的关系时将这些数据转换为小时平均值. 车辆被分为 2 大类, 小车对应的是文献[11]中的小客车, 大车指的是文献[11]的中型车、大型车和拖挂车. 事故数据来自交管局事故处连续 3 a 发生的事故(共计 1 985 起), 其中 2 个方向发生的事故数不同: 一个方向是 719 起, 另一个方向为 1 244 起, 无方向记录的有 11 起.

由于受出入口的影响, 高速公路上各区段的交通量和交通组成均发生一定的变化, 因此考虑立交和检测线圈的位置, 将该高速公路分为 4 段, 并将上行和下行分开, 事故数据和交通流特征等数据均按 24 h 来统计计算, 所以共有 192 组数据(2 个方向×4 段×24 h)用来分析大小车速度差和事故率之间的关系.

把 1 min 为间隔统计的交通流数据转换成 1 h 为间隔的数据. 相应的, 事故数据也按照 24 h 进行了统计. 事故率用的是百万车公里小时事故率, 计算公式为

$$C_R = \frac{N_i \times 10^6}{365 \times V_i \times L} \quad (1)$$

式中, N_i 是 3 a 内研究路段第 i 小时内发生的事故数(起); L 为路段长度(km); V_i 是对应于事故发生第 i 小时的交通量(辆); $i = 1, 2, \dots, 24$.

2 数据分析

2.1 车速分布

大车和轿车的速度分布有很大的差异(如图 1), 这主要是由大、轿车的动力性能不同所导致的. 大车小时平均速度为 70.7 km/h, 轿车小时平均速度为 88.9 km/h, 而小时速度的平均差值为 18.2 km/h, 其中最大差值为 26.9 km/h. 通常在自由流状态下, 轿车的速度都在 120 km/h 左右; 而大车由于自身动力性能的影响, 速度一般为 70~90 km/h, 这也是它能达到的最大行驶速度. 高速公路上大、轿车平均速度差如此之大, 是其他国家不多见的, 而这种交通运行特征对安全的影响是未知的, 因此有必要对此进行深入研究, 这比研究速度总体特征对安全的影响更有意义.

2.2 事故分布

从图 2 事故数的小时分布情况可以看出, 总的事故数有 2 个明显高峰, 而死亡事故则多发生在夜间. 把一天按时间分成 2 段: 白天(08:00—20:00)和晚上(20:00—08:00), 统计结果表明, 晚间的事故总数、受伤人数和死亡人数分别占总事故数、受伤人数和死亡人数的 27.3%、40.6%、和 77.5%.

从图 2 可以看出, 总的事故数的小时分布形式与交通量的小时分布大致是一致的. 在白天, 尤其是高峰时间, 交通量很大, 车辆之间相互干扰严重, 变换车

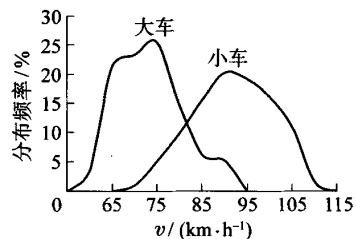


图 1 大、小车小时平均速度分布
Fig. 1 Hourly average speed distributions of cars and large vehicles

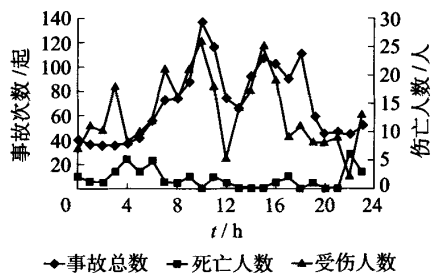


图 2 事故数按小时分布
Fig. 2 Hourly distributions of accidents

道以满足超车需求的车辆比例增加, 所以事故频率很高, 此时的事故多为刮蹭、追尾等轻微事故。在夜间, 受到光线影响视野差, 车辆主要是大车, 而大车机械性能较差, 再加上超载和司机疲劳驾驶等原因, 很容易发生事故, 而且一旦发生事故, 后果均很严重, 这也是为什么夜间死亡事故多发的原因。

2.3 事故率与速度差的关系

从事故发生的机理来说, 车辆间的速度差最容易导致侧向事故和追尾的。统计发现这 2 种事故加起来占事故总数的 71.7%, 这种高比例在我国其他高速公路上也是存在的。对大、小车的平均速度差和 C_R 进行相关分析, 得出随着大、小车之间平均速度差的增大, C_R 也逐渐增大的结论, 如图 3 所示。

从散点图可以看出, 随着速度差的逐渐增大, C_R 增大加快, 2 者之间并不是简单的线性关系。在研究中, 选择用混合模型、增长模型和指数模型 3 种模型来回归 2 者之间的关系, 回归的公式和结果为

$$\text{混合模型} \quad y = 0.498 \times 1.044^x \quad (2)$$

$$\text{增长模型} \quad y = e^{-0.698 + 0.043x} \quad (3)$$

$$\text{指数模型} \quad y = 0.498 \cdot e^{0.043x} \quad (4)$$

模型中, y 表示 C_R ; x 是大、小车的平均速度差。检验结果表明, 3 个模型的检验参数完全一致, 即 $R = 0.358$, $R^2 = 0.128$, $F = 27.862$; 3 条拟合曲线在图中是重叠的。

事实上, 混合模型和增长模型是一样的, 2 者可以相互转化。尽管模型的检验结果不是特别理想, 但是无论是散点图还是拟合曲线均能反映出 2 者之间的关系, 即 2 者之间存在着正相关关系, 随着平均速度差的增大, C_R 逐渐上升。

3 结束语

流量、密度、速度等交通流的特征参数对事故发生的可能性及事故的严重性都有直接的影响, 国外对此研究较多。作者利用 1 条高速公路连续 3 a 的事故数据研究了大、小车速度差和事故率之间的关系, 建模研究表明, 大、小车的速度差是引起交通事故的重要原因之一。虽然得出了初步速度差模型, 但仍需更多数据来加以充实。速度差建模从理论上量化了 C_R 与速度差的关系, 速度差成为 C_R 函数的自变量, 可使道路安全研究者从人、车、路 3 方面综合考虑道路交通安全, 而且对于道路设计和安全审核也具有一定的应用价值。

参考文献:

- [1] Federal Highway Administration. Synthesis of safety research related to speed and speed limits[R]. Washington, D C: FHWA, 1999.
- [2] CIRILLO J A. Interstate system accident research study II [J]. Public Roads, 1968, 35(3): 71-75.
- [3] WEST L B Jr, DUNN J W. Accidents, speed deviation and speed limits[J]. Traffic Engineering, 1971, 41(10): 52-55.
- [4] HARKEY D L, ROBERTSON H D, DAVIS S E. Assessment of current speed zoning criteria[J]. Transportation Research Record, 1990, 1281: 40-51.
- [5] FILDES B N, RUMBOLD G, LEENING A. Speed behavior and drivers' attitude to speeding[R]. Monash, Victoria, Australia: Monash University Accident Research Center, 1991.
- [6] KLOEDEN C N, PONTE G, MCLEAN A J. Traveling speed and the risk of crash involvement on rural roads[R]. Adelaide, Australia: Road Accident Research Unit, Adelaide University, 2003.
- [7] GARBER J J, GADIRAJU R. Factors affecting speed variance and its influence on accidents [J]. Transportation Research

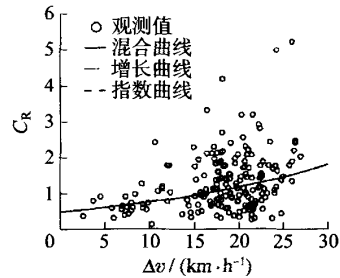


图 3 事故率与大小车平均速度差关系

Fig.3 Crash rate and average speed difference between cars and large vehicles

Record, 1989, 1213: 64-71.

- [8] LASSARRE S. The introduction of the variables traffic volume, speed, and belt-wearing into a predictive model of the severity of accidents[J]. *Accident Analysis and Prevention*, 1996, 18(2): 129-134.
- [9] LAVE C. Speeding, coordination, and the 55-mph limit[J]. *The American Economic Review*, 1985, 75(5): 1160-1164.
- [10] BARUYA A, FINCH D J. Investigation of traffic speeds and accidents on urban roads[C]//*Proceeding of PTRC European Transport Forum*. England: University of Warwick, 1994: 219-230.
- [11] 交通部公路司. 公路工程技术标准(JTG B01—2003)[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

The Relationships Between Crash Rates and Average Speed Difference Between Cars and Large Vehicles on Freeway

ZHONG Lian-de, SUN Xiao-duan, CHEN Yong-sheng, ZHANG Jie, ZHANG Guo-wei
(Key Lab of Traffic Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: Freeway should be, and has been the safest highway compared to other types of highway due to its highest design standard. Whereas these years Chinese government was forced to pay more attention to freeway safety problems due to its leading fatality rates despite its luxury infrastructure criteria. Research on crash rates and speed has been achieved by many people, but paper about the relationship between crash rates and average speed difference between cars and large vehicles on freeway kept rare. This research explored this relationship using three-year crash data and traffic flow data of one freeway of Beijing suburban section. From the result it can be concluded that speed difference and crash rates are correlative, and similar empirical functions have been obtained using compound, growth, and exponential curve to fit. The general law extracted from this paper shows that with the increasing of the average speed difference, the crash rates increase rapidly.

Key words: freeway; road safety; speed; highway accidents; regression analysis