

# Truck Proportion in Safety Analysis at Rural two-way Highway in Mountain Area

ZHANG Tie-jun TANG Chengcheng KANG Yun-xia

(1. Research Institute of Highway, Ministry of Communications, Beijing 100088 China; 2. Mentougou Branch of Beijing Roadway Administration bureau, Beijing 102300 China)

**Abstract:** While it is generally agreed that truck proportion have an important effect on traffic safety, this study collected many data about traffic accident, traffic composition, highway and roadside. This study investigated the truck proportion distribution character, the relationship between truck proportion and whole safety. Negative Binomial regressions were applied to fit the total crashes with only truck proportion, with truck proportion and other factors. The work about different types of accident were also done. It was found that the truck accident was higher in urban segment and there were more accidents between truck and car. With the increase of truck proportion, total accidents, rear-ended accidents, collision accidents were all increased. The prediction model has a better result with many factors than with only truck proportion. Overall, the truck proportion is the most significant factor for predicting accident, especially for rear-ended accident. The accident reduce factors were also done basing the model results.

**Keywords:** Truck proportion, Accident prediction model, Accident reduce factors

## 山区双车道公路交通组成中货车比例对安全影响研究

张铁军<sup>1</sup> 唐璋璋<sup>1</sup> 康云霞<sup>2</sup>

(1. 交通部公路科学研究所 交通部公路交通安全工程研究中心 北京 100088; 2. 北京市路政局门头沟公路分局 北京 102300)

**摘要:** 针对山区双车道公路交通组成中的货车比例对交通安全有重要影响的情况, 本文进行了大量的交通事故、交通组成、道路和路侧等信息的数据采集工作, 对货车比例分布特性, 货车事故的整体分布特性进行了分析, 并借用负二项模型事故预测和相关检验理论对货车比例单个因素, 综合其它因素, 以及按不同事故形态进行了安全影响分析。分析结果表明村庄路段货车事故相对比例较高, 货车与客车发生事故的比例最高, 货车比例对全部事故、追尾事故、碰撞事故皆为正影响关系。多因素模型分析结果要优于只包括货车比例一个因素的分析结果, 在多因素模型分析中货车比例为最主要的安全影响因素。在追尾事故预测模型中, 货车比例的安全影响作用更为突出, 追尾事故预测模型的可信度最高。最后根据建模结果计算了货车比例事故减少因子。

**关键词:** 货车比例 事故预测模型 事故减少因子

### 1 概述

我国山区公路中, 双车道公路占有很大比例, 其安全问题也比较突出, 其中货车事故占了较大的比例, 并对交通流特性有很大影响; 在山区双车道公路上, 由于其较差的平纵线形条件, 货车对安全影响尤为严重。某山区双车道国道 90 多公里长路段, 2002 年到 2004 年 3 年发生的 545 起事故中, 有货车参与的交通事故占到了 34.12%; 其中伤害程度较大的一般以上事故中, 有货车参与的占到了 40.19%, 且唯一的一起特大交通事故也于货车有关。关于货车比例在交通组成中的重要特性, 已经得到了交通管理者及相关管理人员的认识, 一般情况下认为载重货车占的比例越大事故率就越高。本文在对国内外货车比例相关研究进行归纳和总结基础上, 在山区双车道公路上, 对货车相关事故的特性进行了分析, 并针对货车比例对事故率的影响规律进行了分析和研究, 研究内容包括货车比例对全部事故, 以及碰撞、追尾、路侧等不同形态事故影响特性的分析和研究。

### 2 国内外相关研究成果

国内外关于交通流对安全影响特性有大量研究。在国外的研究成果中有很多关于交通流量特性与安全的研究成果, 大多数成果表明在一定范围内随着交通流量的增加, 事故率呈非线性增加的趋势<sup>[1]</sup>; HAUER 对 1981 年至 1998 年间关于货车安全的文献进行了综述, 重点研究了货车的尺寸问题, 同时还有一些关于货车情况和坡度等道路线形的综合研究等<sup>[2]</sup>; 在美国联邦公路局的交互式公路安全设计研究的事故预测模型中, 把货车比例作为一个安全影响因素, 研究其对模型的贡献作用<sup>[3]</sup>。

国内大多数研究表明由于交通组成中各种车辆的车速、动力性能, 外形尺寸、负载程度等存在的差别, 对行车安全生产产生较大影响。在交通流特征方面, 不同车辆类型间速度差别越大, 则交通事故率随混合交通率增大而增加。冯雨芹等对于城市道路上货车比例安全影响进行了研究, 研究表明, 大型车辆混杂率超过 50% 的路段交通事故率较高<sup>[4]</sup>。严世同等的研究表明在所有载重货车相关交通事故中, 占据首位的是载重货车之间的事故, 而不是载重货车与其他车型之间的事故, 其中超载对于安全影响突出。这主要是大、小车的动力性能不同所导致的<sup>[5]</sup>。周荣贵、钟连德等人的相关研究中, 针对大小车速度差进行了研究, 表明不同车型间过大的车速差是造成载重汽车与其他车型车辆事故的主要原因<sup>[6]</sup>。类似于美国的研究, 交通

部公路科学研究院也把货车比例作为一个影响因素进行了事故预测模型的研究,并发现在研究范围内货车比例越高则事故率越高<sup>[7]</sup>。

国内外相关研究中尚缺少的货车比例对具体事故形态安全影响特性的具体分析,是本文要重点分析的问题之一。

### 3 研究数据描述

在本研究中,为了达到研究目的,进行了大量的调研和数据采集工作,调研区域为某地区的24条山区双车道公路,进行现场调研和数据采集的双车道公路里程合计388.9公里,采集的交通事故数据时间跨度为3年,有桩号里程的事故记录2080起,直接与货车相关的事故比例接近了39%。为深入分析货车比例情况对事故影响规律,对具体形态的事故特性也进行了分析在本文的研究中根据原有的事故数据形态划分情况,对类似的形态进行了归类处理,将冲入沟中和冲出路外、撞路侧固定物等归为路侧事故;正面碰撞和对向刮擦、侧碰、二次碰撞等归为碰撞事故;尾追和同向刮擦归为追尾事故;碾压、翻车、侧滑、撞静止车辆等归为其它事故。研究区域中事故按形态分布情况如图1,可知正面相撞事故为最主要的事故形态,接近50%,其次为追尾和路侧事故。

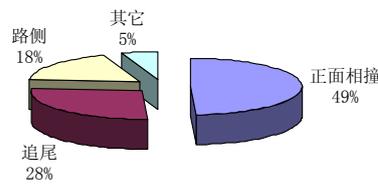


图1 研究区域事故按形态构成分布图

分析时按路段特性,把分析对象分成1964个对象单元,具体变量含义和变量分布情况如表1。研究单元中货车比例的构成情况如图2,该分布表明研究区域大部分货车比例都在50%左右,进一步表明货车构成在山区双车道公路交通安全体系中的重要作用。

表1 用于研究的变量含义及变量分布表

变量	含义	均值 Mean	标准差 Std. Dev.	最小值 Min	最大值 Max
qs	全部事故	1.150204	4.399711	0	74
zw	追尾事故	0.4246436	2.254316	0	47
pz	碰撞事故	0.4541752	1.67947	0	27
hc	货车比例	46.30354	8.690091	17.21293	62.79714
crk	接入口密度	1.798371	2.252768	0	16
h	平曲线曲率	5.761097	6.374907	0.06	56.1
v	竖曲线曲率	0.2758339	0.1790599	0.022	1.557143

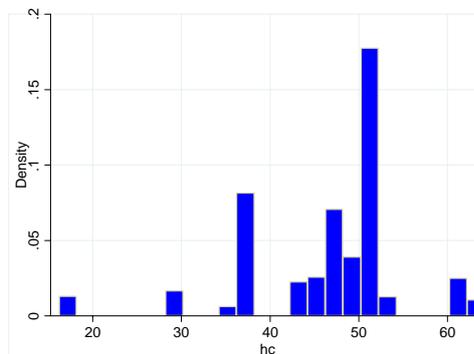


图2 货车比例分布构成图

### 4 货车事故整体分布情况

基于获取的货车相关交通事故数据信息,选择典型的可反映货车事故整体分布情况的因素进行了分析,其中包括货车相

关事故的地点分布特性和货车事故车型构成态等。

(1) 地点分布特性

根据道路特征，把道路分成了普通路段，村庄路段和路口，事故构成情况如图 3，分析结果表明，货车事故绝大多数发生在普通路段，但考虑相对性（分析区域内普通路段长度约为村庄长度的 6.15 倍），村庄路段事故相对比例要比普通路段高得多。

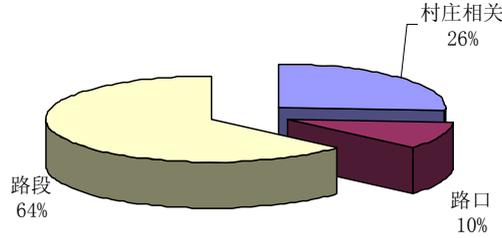


图 3 货车事故地点特征分布图

(2) 货车事故车型构成

货车相关事故的车型构成也呈现一定的规律性，分析结果如图 4。其中货车与客车发生事故的比例最高，达到一半以上，货车与货车事故比例最低，主要原因还在于货车与客车的行驶速度差别较大，交通行驶特性的差别易于导致事故的发生，与农用车事故原因类似；单独货车事故比例也比较高，在于山区双车道公路道路条件相对较差，尤其在一些急弯、陡坡路段，车辆易于失控。

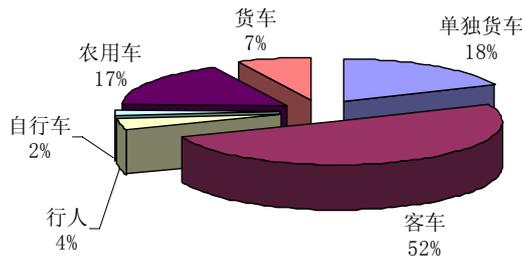


图 4 货车事故中车型构成分析图

## 5 货车比例安全影响重要性分析

对于货车比例安全影响研究，既可以进行单因素的研究，也可以放到整个交通安全影响系统中进行影响性分析，分析其影响重要度情况。

### 5.1 分析方法

(1) 模型基础

在研究单位时间内道路交通环境对发生的交通事故次数的影响关系时，经常应用泊松分布、负二项分布等随机模型。应用泊松分布主要是从交通事故是离散、随机和独立的时间等方面考虑的，并假设研究对象在某一道路环境下发生交通事故的概率相等，即事故的发生不存在聚集性；而事实上交通事故的发生存在聚集性，由此可应用负二项分布来描述超方差事件；还存在 0 堆积的泊松分布模型，0 堆积的负二项模型，还有广义负二项模型等改进模型。在本研究中，应用负二项模型来研究变量对事故的影响关系。基础为 Hauer.Ng 和 Lovell 在 1988 年对泊松分布模型进行了改进得到的负二项分布的形式，其参数估计如式 1<sup>[9]</sup>：

$$P(Y = y) = \frac{\Gamma(k + y)}{\Gamma(k) y!} \left( \frac{k}{k + \mu} \right)^k \left( \frac{\mu}{k + \mu} \right)^y \quad (1)$$

式中：Y ——给定地点和给定时间段内发生交通事故的随机变量；

$y$  ——预测给定地点和给定时间段内发生的交通事故起数;

$\mu$  ——给定地点和给定时间段内预测发生的平均事故起数。

$k$  ——离散系数,  $k$  值越大, 离散性越大, 该分布越接近于泊松分布, 当  $k \rightarrow \infty$  时, 负二项分布退化为泊松分布。

负二项模型参数估计一般应用最大似然函数法求解 (MLE), 似然函数形势如下:

$$l(\underline{\beta}) = \ln L(\underline{\beta}) = \sum_{i=1}^n \{y_i \ln \pi(x_i) + (1 - y_i) \ln [1 - \pi(x_i)]\}$$

(2) 模型评定方法

回归结果的评估, 有多种方法, 如  $\rho^2$  评定法和 AIC 评定法等, 目前关于具体那种方法最好尚无定论。对于  $\rho^2$  评定法, 其值越大说明模型拟合越好; AIC 评定法, 其值越小模型拟合越好[10]。

$$\rho^2 = 1 - \frac{\ln L}{\ln L_0} = \frac{\ln L_0 - \ln L}{\ln L_0}$$

其中  $\ln L_0$  为似然函数起始值,  $\ln L$  为似然函数收敛值

对数似然被用来计算 Akaike 信息标准 (AIC)。

$$AIC = -2\text{Log}L + 2k \tag{2}$$

- 式 2 中:  $\text{Log} L$  是对数似然;
- $k$  是估计参数的个数;
- $n$  是观测数。

AIC 的值越小, 模型越好。在基于 AIC 选择模型时, 随着样本规模的扩大, 选择复杂模型的趋势有所增加。

### 5.2 初始分析

针对货车比例对全部事故率和追尾、碰撞事故影响进行了初步分析, 分析内容为线性相关性分析, 分析结果如表 2, 分析结果表明, 货车比例对全部事故、追尾事故、碰撞事故皆为正影响关系, 线性形影响程度大体一致。由于本分析为针对截面数据的分析, 大于 0.2 的线性系数已经能够说明问题。货车比例相对于全部事故、追尾事故和碰撞事故的分布图如图 5, 该图也反映了前述分析结果。

表2 货车比例对各种事故安全影响分析表

	qs	zw	pz	hc
qs	1.0000			
zw	0.9507	1.0000		
pz	0.9384	0.8221	1.0000	
hc	0.2358	0.2088	0.2269	1.0000

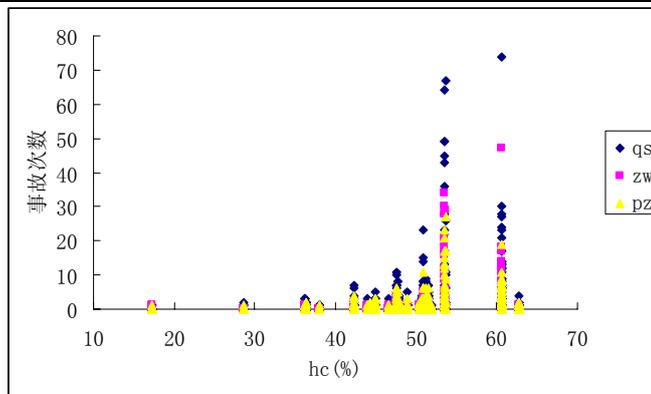


图 5 货车比例相对事故分布构成图

### 5.3 全部事故模型分析

在交通安全影响系统中, 货车比例仅为一安全影响因素, 线形、接入口等因素都对安全有一定的影响。为分析货车比例

在交通安全系统中的安全影响作用，建模分析进行了只包括货车比例因素，和包含多因素影响模型的分析，基于负二项分布模型的分析结果如表 3。在只包含货车比例的模型中，货车比例为一有效因素，其系数为正，表明随着货车比例的增加，对交通事故的发生有增加的影响作用。综合包含货车比例及其它因素的分析中，货车比例、接入口和平曲线曲率为有效影响的因素，而竖曲线曲率不显著，而且上述三个因素对事故影响程度从大到小，皆为增加作用，且货车比例影响最大。对比只包括货车比例的模型和包括多因素模型分析结果，不论是从 Pseudo R2 值，还是 AIC 信息检验结果，都表明包括多因素模型分析结果要优于只包括货车比例一个因素的分析结果，也表明在反映交通环境对安全影响特性分析中，多因素综合考虑总会优于单因素个别考虑。

表3 全部事故安全影响建模分析结果汇总表

参数	只包含 hc 模型			包含 hc 及其它因素的模型		
	coef.	S.E	P> z	coef.	S.E	P> z
intercept	-2.660328	0.3421653	0.000	-3.53039	0.3553104	0.000
hc	0.065683	0.0066394	0.000	0.0751851	0.0065547	0.000
h				0.0604703	0.0071127	0.000
crk				0.0426318	0.0156791	0.007
v				不显著		
alpha	0.9217133	0.0902673		0.8007983	0.0815399	
整体检验						
Likelihood-ratio test of alpha=0	Prob>=chibar2 = 0.000			Prob>=chibar2 = 0.000		
Likelihood at zero	-1815.970			-1815.970		
Likelihood at covergence	-1763.3842			-1730.3646		
Pseudo R2	0.0290			0.0471		
$R^2 = 1 - LL(\beta) / LL(0)$						
6AIC=-2*ML+2*k	3532.768			3470.729		
BIC	3549.517			3498.643		

#### 5.4 按类型事故模型分析

追尾事故由于前后车辆行驶特性不一致，在突变环境下驾驶员来不及做出正确的判断和反映而发生的同向车辆交通事故；而碰撞事故的发生是在弯道半径较小或视距较差等路段进行会车或超车操作时，与对向车辆发生的交通事故。对货车比例对不同形态事故的影响分析有利于发现其深层次安全影响特性。基于负二项模型的追尾事故和碰撞事故预测模型分布结果如表 4，在追尾事故和碰撞事故预测模型分析结果中，影响显著的因素为货车比例、出入口和平曲线曲率三个因素。追尾事故模型预测模型中影响大小排序为货车比例、出入口、平曲线；碰撞事故预测模型中影响大小排序为货车比例、平曲线、出入口。综合对比分析结果，相对于全部事故预测模型，在追尾事故预测模型中，货车比例的安全影响作用更为突出，而碰撞事故预测模型的分析结果与全部事故预测模型分析结果基本一致。对比三种模型的综合建模结果，追尾事故预测模型的 Pseudo R2 值最大、AIC 值最小，表明追尾事故预测模型的可信度最高。

货车比例对追尾事故影响的重要作用主要在于在交通构成中货车运行特征与小客车的运行特征一致性差，易于打破交通运行的均衡性，导致同向车辆行驶状态突变，进而引发追尾事故。该分析结果与前述事故车辆类型构成中，货车与客车发生事故的比例最高，达到一半以上，货车与货车事故比例最低的分析结果类似。

表4分类表事故安全影响建模分析结果汇总表

追尾事故模型预测模型分析				碰撞事故预测模型分析		
参数	coef.	S.E	P> z	coef.	S.E	P> z
intercept	-9.418122	.652337	0.000	-4.354961	.4659493	0.000
hc	.1617056	.0114221	0.000	.0734657	.008481	0.000
h	.0277266	.0133639	0.038	.0675987	.0089117	0.000
v	不显著			不显著		
crk	.1036496	.0216392	0.000	.0467555	.0199072	0.019
alpha	.7890737	.1289301		.7006453	.1097814	
整体检验						
Likelihood-ratio test of alpha=0	Prob>=chibar2 = 0.000			Prob>=chibar2 = 0.000		
Likelihood at zero	-894.71938			-1158.5817		
Likelihood at coverage	-791.60258			-1104.1891		
Pseudo R2	0.1153			0.0469		
$R^2 = 1 - LL(\beta) / LL(0)$						
AIC=-2*ML+2*k	1593.205			2218.378		
BIC	1621.119			2246.292		

## 5.5 货车比例安全影响因子

通过表 3 和表 4 的建模结果统计表, 可以计算出事故减少因子, 从而分析货车比例对不同形态模型的影响意义。事故减少因子表示的含义为, 根据预测模型, 一个自变量增加一个单位, 其它自变量保持不变的情况下事故降低的百分比。负的事故减少因子表示当该自变量增加一个单元时, 事故增加。分析结果如表 5, 表明, 在综合因素影响模型中, 货车比例每增加一个单位, 则全部事故增加 7.81%, 追尾事故增加 17.55%, 碰撞事故增加 7.62%。

表5 基于预测模型事故减少因子

自变量	只有货车比例		综合因素	
	全部	全部事故	追尾事故	碰撞事故
hc	-6.79	-7.81	-17.55	-7.62

## 6 结论

对交通组成中货车比例对交通安全影响情况的分析是十分重要的, 然而目前我国国家尚缺少相关的量化研究成果。在本文的研究中, 进行了大量的交通事故、交通组成、道路等信息的采集工作, 对货车比例分布特性, 和货车事故的整体分布特性进行了分析, 并借用负二项模型和相关检验理论对货车比例单个因素, 综合其它因素, 以及按不同事故形态进行了安全影响分析。经由前述分析, 有如下结论:

- (1) 双车道公路上, 交通组成中货车比例较高, 如在研究区域内大部分货车比例都在 50% 左右。
- (2) 货车事故绝大多数发生在普通路段, 村庄路段事故相对比例要比普通路段高得多。
- (3) 事故车型构成中其中货车与客车发生事故的比例最高, 达到一半以上, 货车与货车事故比例最低。
- (4) 货车比例对全部事故、追尾事故、碰撞事故皆为正影响关系。多因素模型分析结果要优于只包括货车比例一个因素的分析结果, 在多因素模型分析中货车比例为最主要的安全影响因素。
- (5) 相对于全部事故预测模型, 在追尾事故预测模型中, 货车比例的安全影响作用更为突出, 而碰撞事故预测模型的分析结果与全部事故预测模型分析结果基本一致。对比三种模型的综合建模结果, 追尾事故预测模型的可信度最高。
- (6) 基于事故减少因子的分析表明, 在综合因素影响模型中, 货车比例每增加一个单位, 则全部事故增加 7.81%, 追尾事故增加 17.55%, 碰撞事故增加 7.62%。

本文以事故预测模型技术为基础对货车比例对交通安全影响特性进行了深入的研究, 但在研究中把事故数据只考虑其空间特性, 而未考虑其时间特性, 在未来的研究中考虑从三维数据角度进行深入分析, 同时进一步加强交通数据的采集, 提高研究基础。

## 参考文献

- [1] Persaud Bhagwant, Lyon Craig, Harwood D W. , et al. SafetyAnalyst:Software Tools for Safety Management of Specific Highway Sites[R]. FHWA,2002.12
- [2] E. Hauer , Large Truck Safety - A Chronological Reading of The Literature. Draft, September 5, 2000
- [3] Vogt Andrew, Bared Joe G. Accident Models for Two-Lane Rural Roads[R]. FHWA-RD-98-133,1998.10
- [4] 冯雨芹, 于继承, 赵雨旸; 基于通行能力分析的车辆折算系数研究; 交通科技与经济, 2006 (4)
- [5] 严世同; 货车对高速公路安全的影响与对策; 重庆职业技术学院院报; 第 15 卷, 第 3 期, 2006 (5)
- [6] 钟连德, 孙小端, 陈永胜, 张杰, 张国巍; 高速公路大、小车速度差与事故率关系研究, 中国科技论文在线;  
<http://www.paper.edu.cn>
- [7] 何勇, 唐铮铮, 张铁军.2003 年西部交通安全评价报告[R].交通部公路科学研究院, 2006.
- [8] 中华人民共和国交通部, JTGB01 —2003 , 公路工程技术标准[ S] ; JTGB01 —2003 ,Technical standard of highway engineering[ S]
- [9] Shankar, V., Mannering, F., Barfield, W. 1995. Effect of roadway, geometric and environment factors on rural freeway accident frequencies. Accident Analysis and Prevention 27(30).
- [10] Xuesong Wang, Incorporating Traffic Operation Measures in Safety Analysis at, Signalized Intersections,TRB 2008 Annual Meeting CD-ROM