

# 基于聚类分析的重型载货车辆长大下坡路段交通事故分析

李浩然<sup>1,2</sup>, 彭理群<sup>1,2</sup>, 吴超仲<sup>1,2</sup>, 褚端峰<sup>1,2</sup>

1. 武汉理工大学智能交通系统研究中心, 武汉 430063

2. 武汉理工大学水路公路交通安全控制与装备教育部工程研究中心, 武汉 430063

**摘要** 长大下坡路段是重型载货车多发事故区域。当前针对重型载货车发生事故的研究大都集中在车辆超速方面, 忽略了车型、天气、驾驶人特性等因素。本文通过分析云南罗富高速公路某长大下坡路段在2012年内的重型载货车事故数据, 研究车型、天气、驾驶人特性等因素对重型载货车事故的影响。统计分析了不同因素影响下重型货车在长大下坡路段发生事故数的分布规律; 然后利用K均值聚类算法, 依据不同因素造成的事故严重程度(事故量、受伤人数、死亡人数), 将所有的因素分为3类。研究结果显示, 外地车辆、六轴车和在00:00—07:59时段发生交通事故的严重程度最重, 而有雾、有雨和低温对事故的影响很小。

**关键词** 交通事故; 重型载货车; 长大下坡; 聚类分析

随着中国货车保有量的逐年增长, 重型载货车辆交通事故易发、多发的现象和相对滞后的安全管理措施之间的矛盾日益凸显。根据中国2009—2013年道路交通事故统计年报数据<sup>[1]</sup>, 对重型载货车辆道路交通事故起数、死亡人数、受伤人数进行统计分析, 如图1所示。2009—2013年间, 重型载货车事故总起数逐年增长, 死亡人数和受伤人数在2011年后开始略有下降, 但是伤亡水平总体较大; 在占总数的比例方面, 重型载货车辆事故起数、死亡人数、受伤人数占比逐年递

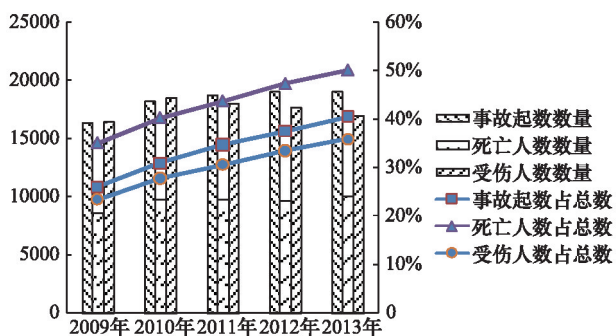


图1 2009—2013年中国重型载货车辆道路交通事故情况

Fig. 1 Heavy-duty truck accidents from 2009 to 2013 in China

增, 2013年间, 占比分别达到了40.57%、50.10%和35.93%。统计结果表明, 中国重型载货车事故量及导致的人员伤亡水平较高, 相对于其他类型车辆的道路交通事故, 重型载货车辆道路交通事故对道路交通人员伤亡水平的影响更大。重型车辆在连续长大下坡路段上行驶过程中会长时间使用行车制动, 进而会导致制动器温度急剧上升以及制动“热衰退”现象的突出, 严重时车辆制动能力完全丧失, 以致重大事故经常发生<sup>[2]</sup>。2013年, 公安部通报的“十大危险路段”中, 有3条都是长大下坡路段, 而且这些路段容易产生事故的车辆都是载货车辆。综上, 长大下坡路段重型载货车的交通安全问题亟待解决。

针对重型载货车事故分析和行驶安全国内外学者做了大量的研究。研究发现, 在长大下坡路段超速是最主要的交通违规行为, 同时也是造成大量交通事故的主要原因之一<sup>[3-7]</sup>。另外一些研究发现在长大下坡路段, 重型载货车会进行频繁的制动减速, 导致制动器温度上升, 制动性能下降, 这是造成重型载货车事故的另外一个主要原因<sup>[8,9]</sup>。还有针对驾驶人的特性进行研究, 研究结果显示, 驾驶人的性别、年龄、安全意识与重型载货车事故量有较为显著的相关性<sup>[10]</sup>。

然而以上这些研究均不全面, 只对重型载货车事故致因的单一方面进行研究。本文选取云南罗富高速公路长大下

收稿日期: 2015-08-17; 修回日期: 2016-01-07

基金项目: 国家科技支撑计划(2014BAG01B03); 国家自然科学基金项目(51105286); 中央高校基本科研业务费专项(2014-IV-137); 北京市重点实验室开放基金项目(KFJJ-201401); 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室开放基金项目(K201301); 交通运输部科技计划项目(2014364223150)

作者简介: 李浩然, 博士研究生, 研究方向为事故数据分析、驾驶行为, 电子邮箱: haoranli@whut.edu.cn

引用格式: 李浩然, 彭理群, 吴超仲, 等. 基于聚类分析的重型载货车辆长大下坡路段交通事故分析[J]. 科技导报, 2016, 34(2): 71-75; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2016.2.010

坡路段上行和下行重型载货车辆事故数据,综合考虑车型、天气、驾驶人特点等因素对重型载货车事故的影响,利用统计学方法找出这些因素中最主要的因素。

### 1 长大坡路段重型载货车辆事故统计分析

为了详细研究中国重型载货车辆交通事故形态特征,项目组选取云南罗富高速公路某长大下坡路段进行实地调研,收集该路段2012年的重型载货车事故数据,研究该路段重型载货车辆的道路交通形态特征。

通过调研发现,罗富高速公路共有5个自救匝道,其中上行车道有匝道1个(匝道5),而下行车道有4个匝道(匝道1、匝道2、匝道3、匝道4),该路段上发生重型载货车事故量如表1所示。在该路段上行车道中,匝道处共发生重型载货车事故14起,非匝道处共发生重型载货车事故11起;在该路段下行车道中,匝道处共发生重型载货车事故74起,非匝道处发现重型载货车事故22起。因此,无论在上行还是下行路段,匝道处事故量都高于非匝道处。在上行车道中,匝道5的事故量最大,在下行车道中,匝道3事故量最大,并且,下行路段事故量明显多于上行路段。

表1 研究路段各匝道位置的事故数量

Table 1 Accident numbers in ramps of selected road segments

车道	匝道1	匝道2	匝道3	匝道4	匝道5	其他
上行车道	—	—	—	—	14	11
下行车道	14	4	53	3	—	22

注:—表示没有该匝道。

选取事故量最大的匝道5(上行)、匝道3(下行),研究车型、时间、天气、所载货物等因素对重型载货车辆道路交通事故的影响。

不同车型的事故统计结果如图2(a)所示,在匝道5和匝道3处,六轴重型载货车辆的事故量都为最大,其他车型的事故量与六轴车相比都较少。

外地重型载货车辆与本地重型载货车辆的事故统计结果如图2(b)所示。在匝道5处,外地重型载货车的事故量与本地车的事故量相差不大,而在匝道3处,外地重型载货车的事故量显著超过本地车的事故量。

雾天与无雾天气条件下重型载货车辆的事故统计结果如图2(c)所示。由统计数据可知,相比于有雾情况下,无雾环境下重型载货车辆的事故量较大。但是,通常情况下,在一年内非雾天气比雾天所占的天数要多,因此这不能说明雾对事故量有影响。

有明显降雨与无明显降雨条件下,重型载货车辆的事故统计结果如图2(d)所示(此处的有明显降雨指降雨量大于0.1 mm)。由图2(d)可知,无明显降雨条件下,重型载货车辆

的事故量要大于有明显降雨条件下的事故量。统计当地的天气情况,在2012年1年内,一共有193 d有雨,其中118 d都是间歇性降雨,雨量较小,则在一年内,非雨天所占的时间明显比雨天要长,因此不能说明雨对事故量有影响。

所载不同类型的货物的重型载货车的事故统计结果如图2(e)所示。在匝道5处,载生鲜货物的重型载货车的事故量与载危险品车辆的事故量都较少;在匝道3处,载生鲜货物的重型载货车的事故量明显大于载危险品车辆的事故量。

不同温度下,重型载货车的事故统计结果如图2(f)所示。据医学研究证明,当 $>20^{\circ}\text{C}$ 时,人体的反应速度开始受到一定的影响,因此选取 $20^{\circ}\text{C}$ 作为分界点。由图2(f)可知,在匝道5处 $20^{\circ}\text{C}$ 左右事故量的差距不大,在匝道3处 $20^{\circ}\text{C}$ 以上事故量多于 $20^{\circ}$ 以下的事故量,即温度较低时,事故量减少。依据当地历史气候数据可知,在2012年全年的平均气温为 $22.1^{\circ}\text{C}$ ,且 $>20^{\circ}\text{C}$ 的天数为201 d,则全年 $>20^{\circ}\text{C}$ 的时间比 $<20^{\circ}\text{C}$ 时间长,因此无法说明低温对事故量有影响。

不同湿度下,重型载货车的事故统计结果如图2(g)所示,其中,高湿度指相对湿度 $>80\%$ 的环境,正常湿度是指相对湿度 $20\%\sim 80\%$ ,低湿度指 $<20\%$ 。由图2(g)可知,无论是上行车道还是下行车道,高湿度环境下重型载货车辆事故量明显高于其他两类环境。

不同时刻下,重型载货车事故统计结果如图2(h)所示。依据人体不同时段下的精神状态以及疲劳程度,把全天分为3个时段 $0:00\sim 07:59$ 、 $08:00\sim 15:59$ 、 $16:00\sim 24:00$ 。在下行车道中, $08:00\sim 15:59$ 、 $16:00\sim 24:00$ 这2个时段事故量基本一样,而 $0:00\sim 07:59$ 时段事故量多于另外2个时段。

在描述性统计分析中,匝道5处由于事故量较小,因此各个因素的特征不明显,而在匝道3处在不同因素重型载货车事故量的差距较大,因此主要对匝道3处的描述统计结果进行分析。据当地交管部门的信息,在所研究的高速路段,全年行驶的重型载货车辆中本地和非本地司机数量基本一致,且运输生鲜货物和危险货物重型载货车的数量也相差不大,则由匝道3处的数据可知,六轴车辆和载生鲜货物的车辆的事故量较大,比较容易发生事故。据当地的历史天气记录可知,在研究路段,全年中非雨、非雾、 $>20^{\circ}\text{C}$ 的时间明显长于雨天、雾天和 $<20^{\circ}\text{C}$ 的时间,因此雨、雾、低温这3个因素与重型载货车在长大下坡路段事故量的关系无法确定。由于没有所研究路段的相对湿度数据,因此不能确定3个湿度等级的时间分布情况,但是高湿度环境下重型载货车在匝道3处的事故量远远大于其他湿度水平,且以往的研究表明高湿度会显著的降低载货车的制动能力。本文所研究的路段是长大下坡路段,车辆的制动性能至关重要,因此,高湿度环境下更容易发生事故。不同时段下,匝道3处 $0:00\sim 07:59$ 时段事故量大于其他时段。综上所述,得到了以下结论:

- 1) 相对于其他种类的车辆,六轴重型载货车的事故量最多;
- 2) 外地驾驶人重型载货车的事故量较本地司机较多;

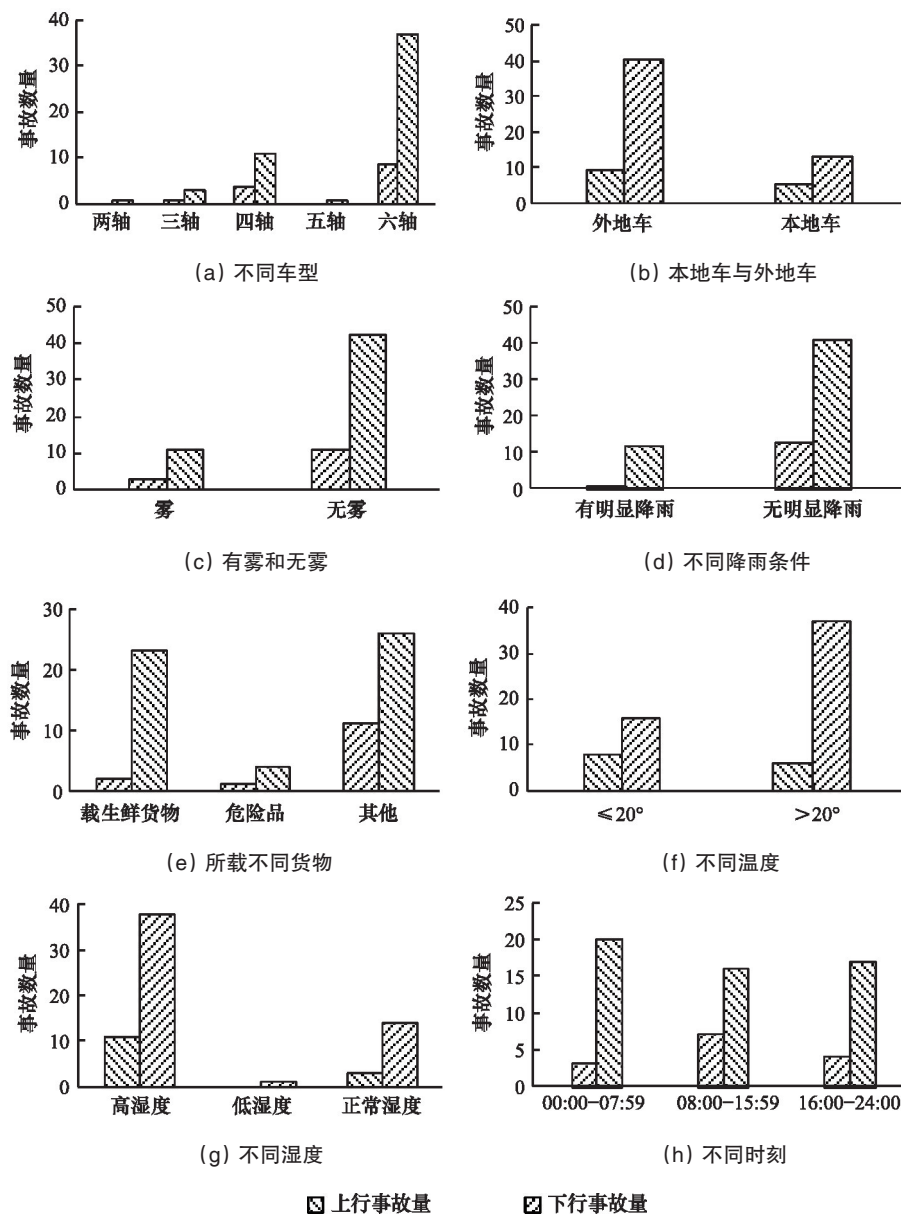


图2 不同因素下匝道事故统计结果

Fig. 2 Descriptive statistical analysis results of accidents in ramps under influences of different factors

- 3) 0:00—07:59时段相对于其他时段的事故量较多;
- 4) 高湿度环境下重型载货车更容易发生事故。

## 2 基于K均值聚类的长大坡路段重型载货车事故分析

为了进一步验证在长大下坡路段各个因素对重型载货车事故的影响情况,利用聚类方法对其进行进一步研究。由于匝道5处事故量较少,不能得到显著的聚类结果,因此,只分析匝道3处事故数据。

### 2.1 K均值算法

K均值聚类的基本原理为:首先随机从样本数据中选取若干个作为初始聚类中心,然后计算各个样本到聚类中心的欧式距离(式1),把每个样本数据划分到距离它最近的那

个聚类中心所在的类,并通过计算重新形成新的聚类中心,按照这种方式不断优化聚类中心,直到相邻2次的聚类中心没有任何变化,则聚类中心的调整结束,聚类完毕。

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}|^2} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

K均值聚类具体步骤为:

- 1) 选择若干个观测点作为聚类中心。根据实际情况用来确定分类数和迭代次数;
- 2) 通过分配每个观测点到聚类中心最近的类来形成临时分类。每次对一个观测点进行归类,聚类中心更新为这一类当前的均值;
- 3) 所有观测点分配完成之后,这些类的聚类中心用临时的均值来代替。直到聚类中心的改变很小,或达到所规定

的限制条件为止;

4) 最终的分类由每一个观测点和其对应的聚类中心而形成。

## 2.2 基于K均值聚类算法的事故分析

统计匝道3处重型载货车在不同事故致因下的事故量、受伤人数以及死亡人数,如表2所示。

表2 匝道3处各个因素的事故统计

Table 2 Descriptive analysis results of accidents in ramp 3 under influences of different factors

因素	受伤人数	死亡人数	事故数
六轴车	13	2	39
外地车	14	2	41
雾天	1	0	11
有明显降雨	1	0	12
00:00—07:59	6	0	20
载生鲜货物	8	1	19
低温	1	0	16
湿度高	8	1	38

利用K均值聚类法对数据进行聚类分析,选取类别数为3时,类别2和类别3均有3个致因因素,而类别1有2个致因因素,事故致因因素在各类中的分布比较均匀,因此此时的聚类结果较为合理。表3为得到的聚类结果:类别1有湿度高、载有生鲜货物因素,类别2有外地车、六轴车、00:00—07:59因素,类别3有雾天、有明显降雨、低温因素。

表3 聚类结果

Table 3 Result of clustering analysis

类别	事故致因
1	湿度高、载有生鲜货物
2	外地车、六轴车、00:00—07:59
3	雾天、有明显降雨、低温

由表4聚类中心的结果可知,类别2的受伤人数、死亡人数、事故数大于其他两类,类别3的受伤人数、死亡人数、事故数小于其他两类。因此,类别2的事故严重程度大于类别1,而类别1的事故严重程度大于类别3。

表4 聚类中心

Table 4 Clustering center

聚类中心	受伤人数	死亡人数	事故数
1	8	1	37.7
2	13.5	2	40
3	3	0	15

类别1中的因素为高湿度和载生鲜货物。由聚类结果可知在这2个因素下重型载货车在长大下坡路段的事故结果比类别2轻,但是比类别3重。在描述统计分析中,高湿度环境下重型载货车的事故量大于其他的湿度环境,载生鲜货物的重型载货车的事故量大于载危险品车的事故量。可见,高湿度和载生鲜货物在一定程度上增大了事故的严重程度(事故数、死亡数、受伤数)。在高湿度的环境下,重型载货车的制动性能会有一定程度的下降,因此,会增大事故的严重程度。载有生鲜货物的车辆由于必须在指定时间内到达目的地,驾驶人容易超速驾驶,因此,会增大事故的严重程度。

类别2中的因素为非本地车、六轴车和00:00—07:59。聚类结果显示,这3个因素下重型载货车长大下坡路段的事故严重程度最重。在描述性统计中,非本地车的事故量大于本地车的事故量,六轴车的事故量大于其他车型的事故量,00:00—07:59时刻的事故量大于其他时刻的事故量。可见,非本地车、六轴车和00:00—07:59这3个因素极大地加重了重型载货车长大下坡路段的事故严重程度。在长大下坡路段,车辆车速较快,而且研究区域有匝道的干扰,对于不熟悉道路情况的非本地驾驶人很容易发生事故。而对于六轴重型载货车,车的质量大,制动、减速、转向困难,因此在有匝道的长大下坡路段也极易发生事故。而00:00—07:59时段,是驾驶人最为疲劳的时候,因此也很容易发生事故。

类别3中的因素为下雨、低温和有雾。聚类结果显示,在这3个因素下事故的严重程度最轻。且在描述性统计分析中,这3个因素对重型载货车长大下坡路段事故量的影响无法确定。可见,下雨、低温和有雾这3个因素对重型载货车在长大下坡路段事故的影响远没有其它因素的大,甚至没有影响。

由上述结论可知,在低温、雨、雾对长大下坡路段重型载货车事故并没有明显的影响,但是国外学者研究显示,在山区道路情况下,低温对车辆的事故严重程度有显著的影响<sup>[11]</sup>;恶劣天气条件下,道路事故量有明显提升<sup>[12]</sup>,以上研究结果与本文研究结果相差很大。本文研究长大下坡路段重型载货车事故,因此研究的道路情况和车辆类型单一,而以上的研究均是选取很大范围内的事故数据进行分析研究,没有限定车型和道路情况,因此结论与本文有较大的差距。

## 3 结论

长大下坡路段是重型载货车事故多发区域。本文基于云南罗富高速公路某长大下坡路段的重型载货车事故数据,利用描述性统计和聚类分析方法,研究各因素与事故严重程度的关系。

1) 在长大下坡路段,外地车、六轴车和00:00—07:59时段这3个因素会极大增加重型载货车事故的严重程度(事故量、死亡数、受伤数)。

2) 高湿度和载生鲜货物会一定程度的增大重型载货车事故的严重程度,但是其影响程度没有外地车辆、六轴、00:

00—07:59时段大。

3) 雾天、雨天、低温对事故严重程度的影响程度最低,甚至没有影响。

4) 在不同的道路情况下,对不同车型的事故进行分析研究,所得到的事故致因结论可能相差很大。

#### 参考文献(References)

- [1] 公安部交通管理局. 中华人民共和国道路交通事故统计年报(2009—2013年度)[R]. 北京: 公安部交通管理局, 2014: 51—57.  
Traffic Management Bureau of Public Security Ministry. The Traffic Accident Statistics Report of People's Republic of China (2009—2013) [R]. Beijing: Traffic Management Bureau of Public Security Ministry, 2014: 51—57.
- [2] 杨志刚, 张艳, 姚红云, 等. 基于车路耦合的山区道路交通安全度模型[J]. 交通信息与安全, 2011, 29(1): 51—54.  
Yang Zhigang, Zhang Yan, Yao Hongyun, et al. Safety model based on vehicle—road coordination for mountainous highways[J]. Journal of Transport Information and Safety, 2011, 29(1): 51—54.
- [3] 张建军. 连续长大下坡路段避险车道设置原则研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2005.  
Zhang Jianjun. Study on the principle of setting up emergency escape ramps for continuous long and steep downgrades[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2005.
- [4] Zhang T, Tang C, Song N. Influence analysis of vehicle operation characters at a downgrade followed by a blind bend highway section of HSEP[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24(1): 130—133.
- [5] 杨宏志, 胡庆谊, 许金良. 高速公路长大下坡路段安全设计与评价方法[J]. 交通运输工程学报, 2010, 10(3): 10—16.  
Yang Hongzhi, Hu Qingyi, Xu Jinliang. Safety design and evaluation method of long—steep downgrade sections for expressway[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2010, 10(3): 10—16.
- [6] Joonho K, Randall G, Michael H. Exploring the relationship between roadway characteristics and speed variation[J]. Transportation Research Record, 2009, doi: 10.3141/2092—01.
- [7] 蒋锐, 郭忠印, 孔令旗. 高密度交通流状态下行车安全性分析[J]. 交通信息与安全, 2009, 27(4): 84—87.  
Jiang Rui, Guo Zhongyin, Kong Lingqi. Operation safety analysis in high—density traffic flow[J]. Journal of Transport Information and Safety, 2009, 27(4): 84—87.
- [8] 靳恩勇, 杜博英. 长大下坡货车制动器温度模型[J]. 公路交通科技, 2011, 28(2): 133—136.  
Jin Enyong, Du Boying. Prediction model of brake temperature of truck on long and steep downgrade[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2011, 28(2): 133—136.
- [9] 苏波, 方守恩, 王俊骅. 基于大货车制动性能的山区高速公路坡度坡长限制研究[J]. 重庆交通大学学报: 自然科学版, 2009, 28(2): 287—289.  
Su Bo, Fang Shouen, Wang Junhua. Research on longitudinal slope and slope length limit of mountain—expressway based on heavy vehicles' braking ability[J]. Journal of Chongqing Jiaotong University: Natural Sciences Edition, 2009, 28(2): 287—289.
- [10] 刘柏秀, 李刚, 肖殿良, 等. 高速公路货车事故成因及货车专用道分析[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(4): 157—168.  
Liu Baixiu, Li Gang, Xiao Dianliang, et al. Analysis on causes for truck accidents on highway and special lane for trucks[J]. China Safety Science Journal, 2008, 18(4): 157—168.
- [11] Yu R, Abdel—Aty M. Analyzing crash injury severity for a mountainous freeway incorporating real—time traffic and weather data[J]. Safety Science, 2014, 63(4): 50—56.
- [12] Huang H, Chin H C, Haque M. Severity of driver injury and vehicle damage in traffic crashes at intersections: A Bayesian hierarchical analysis[J]. Accident Analysis and Prevention, 2008, 40(1): 45—54.

## Analysis of contributing factors on heavy—duty truck accidents in long downgrade road sections

LI Haoran<sup>1,2</sup>, PENG Liquan<sup>1,2</sup>, WU Chaozhong<sup>1,2</sup>, CHU Duanfeng<sup>1,2</sup>

1. Intelligent Transport Systems Research Center, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China

2. Engineering Research Center of Transportation Safety, Ministry of Education; Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China

**Abstract** Long downgrade road sections are dangerous parts for heavy—duty truck accidents. Most of current researches on heavy—duty truck accidents are focused on the speeding of truck, which ignore other factors (weather, vehicle types, driver attribute, etc.). Through analysis of accident data in long downgrade sections of Luofu Freeway in Yunnan Province, the effects of weather, vehicle types, driver attribute, etc. on heavy—duty truck accidents are studied in this paper. First, descriptive statistical analysis method is used to study the accident distribution of different factors. Then using *K*—mean clustering method, the factors are divided into three clusters based on their effects on accident severity (accident number, occupant injuries, and deaths). The study results show that non—local trucks, 6—axle trucks and 00:00—07:59 are the most important factors on accident severity in long downgrade road sections; fog, rain and low temperature have little effects on accidents in long downgrade road sections. The study results may be used as a reference basis to improve heavy—duty truck transportation safety in long downgrade road sections.

**Keywords** traffic accident; heavy—duty truck; long downgrade; clustering analysis

(责任编辑 吴晓丽)