

平原地区高速公路交通运行特征及事故预防措施研究

赵 阳¹, 孙战丽², 靳亚格^{3*}, 崔玉亮²

¹长安大学, 陕西 西安

²河南省交通运输发展集团有限公司航空港分公司, 河南 郑州

³长安大学汽车学院, 陕西 西安

Email: *2981154397@qq.com

收稿日期: 2021年5月11日; 录用日期: 2021年7月7日; 发布日期: 2021年7月14日

摘 要

随着社会经济水平的提高和机动车保有量的不断增长, 高速公路网交通流量逐年递增。为了降低典型高速公路路段交通压力, 减少高速公路交通事故, 本文分析平原地区高速公路交通安全影响因素, 以河南省平原地区典型高速公路安罗高速安罗段和京港澳高速新乡至郑州段为例, 通过现场调研和资料调研相结合的方法, 分别在高速公路上的基本路段、匝道出入口路段、收费站互道路段和桥梁等特殊路段等路段采集相关数据, 分别对路段状况、交通量特征、运行速度特征和事故特征进行分析, 掌握平原地区高速公路安全运营状况及存在问题, 并提出有针对性的事故预防与安全保障措施。研究成果的应用和推广将会减少平原地区高速公路交通安全隐患, 提升高速交通安全水平和高速公路的运营管理服务水平, 具有重要的理论意义和实用价值。

关键词

高速公路, 交通运行, 事故预防措施

Research on Traffic Operation Characteristics and Accident Prevention Measures of Expressway in Plain Area

Yang Zhao¹, Zhanli Sun², Yage Jin^{3*}, Yuliang Cui²

¹Chang'an University, Xi'an Shaanxi

²Airport Branch of Henan Toll Repayment Highway Management Co., Ltd., Zhengzhou Henan

³Automobile College, Chang'an University, Xi'an Shaanxi

*通讯作者。

Abstract

With the improvement of the socio-economic level and the continuous increase in the number of motor vehicles, the traffic flow of the highway network is increasing year by year. In order to reduce the traffic pressure of typical highway sections and reduce highway traffic accidents, this paper analyzes the influencing factors of highway traffic safety in plain areas. Taking Anluo section of typical Expressway in plain area of Henan Province and Xinxiang Zhengzhou section of Beijing Hong Kong Macao expressway as examples, relevant data are collected in basic section, ramp entrance and exit section, interchange section of toll station, bridge and other special sections of expressway by means of field investigation and data investigation. This paper analyzes the road condition, traffic volume characteristics, operation speed characteristics and accident characteristics, grasps the safe operation status and existing problems of expressway in plain area, and puts forward targeted accident prevention and safety guarantee measures. The application and promotion of the research results will reduce the hidden dangers of highway traffic safety in plain areas, improve the level of highway traffic safety and highway transportation quality, which has important theoretical and practical significance.

Keywords

Highway, Traffic Operation, Accident Prevention Measures

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

作为现代综合交通运输网络的重要组成部分,高速公路发展已经成为衡量国家公路运输水平的重要标志。随着我国高速公路快速发展,交通安全问题也不容忽视。近年来有大量关于高速公路运行安全的研究,其中大多是关于山区高速公路的运行安全的研究,且多结合使用仿真软件分析。如有研究以山区断面交通流数据为基础研究山区高速公路隧道路段的运行特性,构建并验证山区隧道运行速度预测模型[1];也有研究采用VISSIM仿真方法研究多车道高速公路不同组织方式的交通流微观运行特征[2]。就目前我国高速公路的运行状况来看,出现了许多亟待解决的新问题,如高速公路系统的管理缺乏科学性,监控系统存在监而不控的现象;各种不同类型的车辆以不同运行速度混合行驶导致车流不稳定及通行能力下降;交通量大的一些高速公路个别路段出现交通拥挤,而其它路段通行能力尚有较大余地等。因此,深入分析高速公路交通运行特性和事故影响因素是进行高速公路安全改善的基础。

本文对平原地区高速公路交通交安安全影响因素进行分析,以平原地区河南省安罗高速(安阳至罗山)安罗段和京港澳高速新乡至郑州段高速公路为例,通过现场调研和资料调研相结合的方法,分别在高速公路上的基本路段、匝道出入口路段、收费站互通路段和桥梁等特殊路段等路段采集相关因素数据,掌握平原地区高速公路安全运营状况及存在问题,并提出有针对性的事故预防与安全保障措施。研究成果

的应用和推广将会减少平原地区高速公路交通安全隐患与潜在的交通事故，提升高速交通安全水平，进而还可为高速公路管理做出良好决策提供支撑，提高高速公路的运营管理服务水平和运行质量，具有重要的理论和现实意义。

2. 平原地区高速公路交通安全影响因素分析

2.1. 交通安全设施特性因素

平原高速公路多以直线段为主，直线是道路平面线形中最常用的元素[3]。近年来，由于道路交通建设及安全设施特技术的逐步完善，道路线形对平原高速公路安全运行的影响因素逐渐减小[4]。一套完善的道路交安设施条件可以一定程度上避免以上状况发生时对高速公路交通安全的影响。高速公路交安设施主要包括交通标志、标线、隔离设施、信号灯等，通过完善交安设施，可以保障过往车辆的安全，降低交通事故的发生，提高道路出行的安全[5]。

2.2. 交通流因素

1) 交通量

交通量是影响高速公路行车安全的极为重要的因素，和事故率有着直接的关系，特别对于平原地区的高速公路更重要，且研究与事故率的关系是较容易实现。一般情况下，交通量的增大，车辆间距变小，相互之间干扰增大，使交通环境更复杂，易导致驾驶员心理紧张，造成疲劳及操作失误等，造成交通事故。高速公路交通量与路段通行能力的比值，即 V/C 与事故率的关系如图 1。

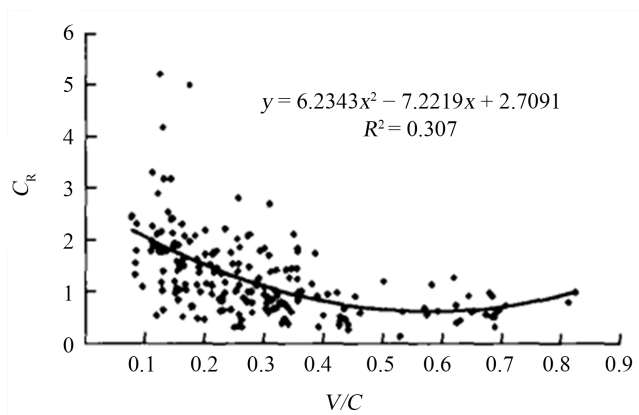


Figure 1. The relationship between v/c and accident rate [6]

图 1. V/C 与事故率的关系[6]

2) 车速

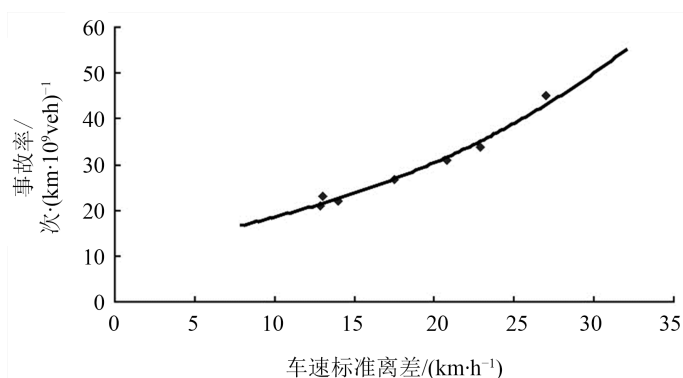
高速公路运行车速越高，发生事故的可能性就越大，但是事故率并不与车速呈线性关系。相关研究对车速与危险性的关系研究表明，交通事故危险性随着车速的增加而增加，当车速越高，每增加相同数值的车速，危险性的增加幅度也变大(如表 1 所示)。所以，在车速较高时，车速的微小变化给交通安全带来的影响是巨大的。

3) 车速差

车速差与事故率的关系更为密切。相关研究对国内典型高速公路运行状况调查发现了速度标准差和事故率之间的关系(如图 2 所示)，即：速度标准差和事故率拟合的曲线呈指数关系，随着车速离散程度的增加，事故率以指数增长率增加。

Table 1. Relationship between vehicle speed and accident risk [7]**表 1.** 车速与事故危险性的关系[7]

车速(km/h)	相对事故危险性
60	1.00 (基数)
65	2.00
70	4.16
75	10.60
80	31.81
85	56.55

**Figure 2.** Relationship between speed difference and accident rate [8]**图 2.** 速度差与事故率的关系[8]

3) 交通方式 - 车型分布

车型比例和事故率的关系类似抛物线，当大型车比例小于 20% 或大于 80% 时，车型分布较为单一，此时交通流较稳定，因此事故率较低。当大型车比例大于 20% 小于 80% 时，此时车型分布较为复杂，车辆速度的离散程度较大，事故率也较大。以大型车比例为指标，在一定范围内，随着大型车比例的增加，交通事故的概率也随之增加(如表 2)。

Table 2. Relation between ratio of large vehicles and accident rate [9]**表 2.** 大型车比例与事故率的关系[9]

小型车(辆)	大型车(辆)	大型车比例(%)	亿车交通事故率(件)
3390	630	14.0	47
4537	1144	20.5	72
703	225	24.3	118
2340	1105	32.5	195
4415	3420	44.5	260

2.3. 驾驶员因素

由于高速公路系统封闭性的特点，人在高速公路系统中起着主导的作用，是影响平原地区高速公路安全的一个主要因素。上世纪八十年代，为了探究驾驶员对于道路交通事故的影响，国际驾驶员行为研究协会专门做了一项针对驾驶员调查(见表 3)，结果显示参与调查的 8 个国家认为平均有 70.8% 的道路交通事故是由于驾驶员过失造成。造成高速公路事故与驾驶员相关的主要行为包括：换道超车行为、超速行驶、违章操作、疲劳驾驶及无证驾驶等。

Table 3. Proportion of relevant factors in traffic accidents in various countries [10]**表 3.** 各国交通事故中相关因素所占比例[10]

国家	英国	法国	瑞典	西班牙	前苏联	前南斯拉夫	南美洲	日本	平均
驾驶员的过失	56.1	85.5	81.1	92	52.7	69.7	85.7	44	70.8
道路条件	6.7	10.8	6.1	6.5	20.6	20.4	4.1	17.3	11.6

3. 典型路段分析

以河南省平原地区京港澳高速公路与安罗高速公路为例, 收集整理两条高速公路近三年的交通事故资料, 采用合理的技术方法统计事故发生的规律和特征, 结合外业调研, 踏勘事故多发点调查事故多发地点的道路和交通特征, 系统进行交通事故的致因分析, 深入了解高速公路运行状况和交通安全设施主要存在的问题与交通事故的关系。

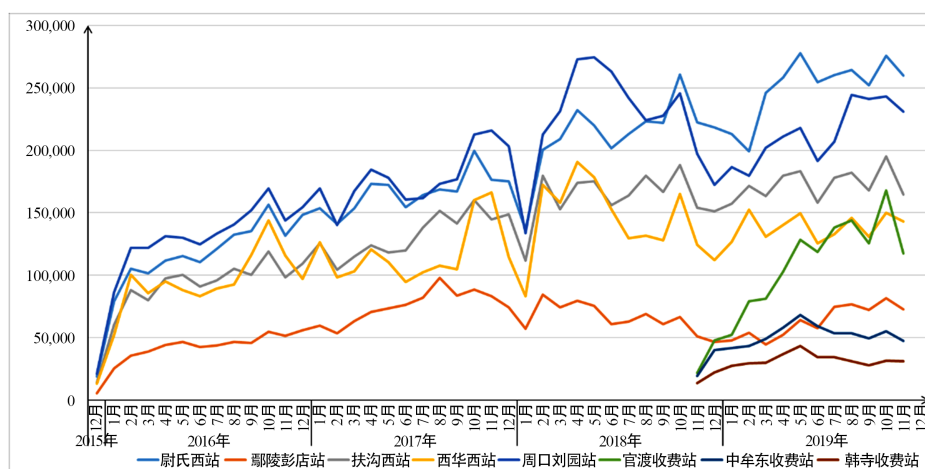
3.1. 交通交安设施分析

在保障行车安全、减少事故损失、提高驾驶舒适度方面发挥着不可替代的作用。以安罗高速公路与京港澳高速公路新乡至郑州段全线为例, 两条高速公路都分车型限速, 小客车限速 120 km/h, 大客车和货车限速 90 km/h, 限速差为 30 km/h。全线诱导类标志标线设置基本齐全, 特别是团雾多发路段设置有雾灯诱导设施, 但是护栏上的附着轮廓标夜间视认性还存在一定程度的不良情况。此外, 标志信息起着给驾驶员提供安全信息的重要作用。安罗高速公路与京港澳高速公路新乡至郑州段全线护栏设置情况总体良好, 但部分路段存在护栏有损坏的情况。在京港澳高速公路新乡至郑州段沿途防护栏中, 其中 75.25% 为波形梁护栏, 24.75% 为混凝土护栏。

3.2. 交通运行特性分析

1) 时间分布特性分析

掌握交通量的时间规律, 就可以在不同的时段内采用不同的管理、教育、工程措施, 减少交通事故的发生[11]。根据交通量数据, 经过整理分析, 以安罗高速 2015 年 12 月至 2019 年 12 月的车流量为例, 将路段上各收费站交通流量以月份为计量单位进行分析, 可知从安罗高速通车以来, 道路的交通流量逐年增加, 且均在 5 月、10 月份等法定节假日所在月份时达到车流量顶峰, 如图 3 所示。

**Figure 3.** Anluo highway traffic flow**图 3.** 安罗高速车流量

京港澳高速公路新乡至郑州段(K597+526~K690+400)近几年的年观测断面上行当量交通量(AADT)、变化及比例,如图4为京港澳高速公路断面年度上行当量交通量。

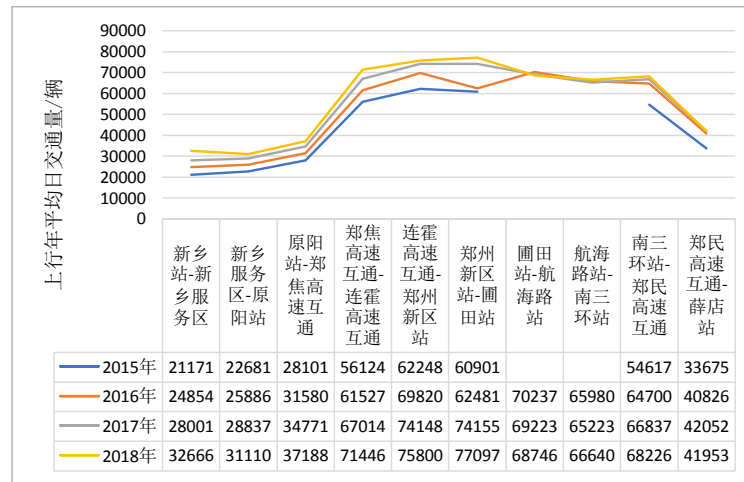


Figure 4. Line chart of annual upward equivalent traffic volume of section
图4. 断面年度上行当量交通量折线图

2) 空间分布特性分析

以安罗高速公路为例,结合路段总体的车流量统计,发现周口刘园站的车流量最为密集,其各月份的车流量在安罗高速路段中均处于首位,其次为尉氏西收费站。官渡收费站、韩寺收费站和中牟收费站为二期路段中的收费站,二期开通时间较短,车流量相对较少。

3) 交通方式分布特性分析

根据交通量基础数据,将车型划分为客、货车,并将自然交通量换算为当量交通量。实地调研阶段在安罗高速和京港澳高速路段分别各自选取了三处基本路段和三个匝道入口处进行10 min的车辆类型分布采集,对采集结果进行统计,结果如图5所示,图中①、②、③表示随机选取的不同观测点。由于京港澳高速地理位置及通车时间因素,其车流量明显高于安罗高速的车流量,且京港澳高速的大型车流量比例较高,这与其所过境地区的工业产业结构和经济导向有关。安罗高速的车辆分布类型中,小型车辆的比例较大,且各测量点的车辆类型分布较为一致。

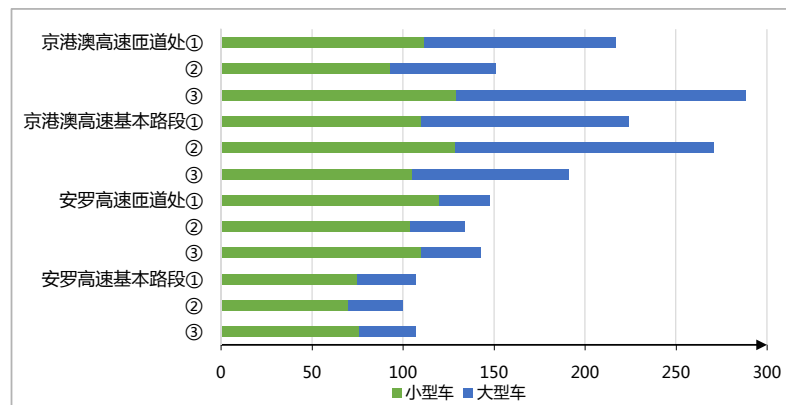


Figure 5. Vehicle type distribution of Anluo Highway
图5. 安罗高速车辆类型分布图

4) 运行速度调查分析

速度标准差分析。相关研究表明交通事故的主要诱因为车速的变化，车速分布越离散，事故率越高[7]，车辆超车的可能性和频率都会增加，发生事故的概率也会增加。离散性可以用标准差来衡量。根据实测的速度，采用统计学的原理和方法，以京港澳高速公路为例，分别计算出测点小客车和大货车速度标准差，如图6所示。由此可知小客车的运行速度明显高于大货车，小客车的车速标准差相对较大，易产生超车行为，行车危险性较大。

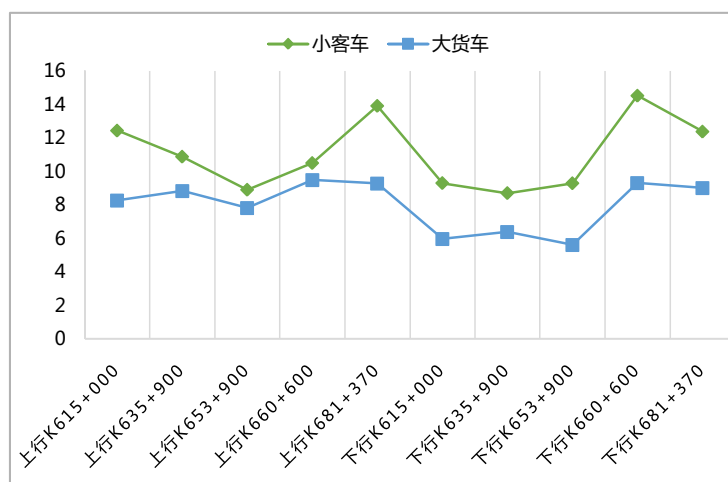


Figure 6. Standard deviation of running speed (km/h)

图6. 运行速度标准差(km/h)

实测速度与限制速度分析。调研测速点的实测速度超过限制的比例和分布如图7所示。京港澳高速公路测速点位两种车型超速比例相对较高，基本在10%以上，部分路段比例甚至超过20%，对安全行车很不利。通过运行车速分析，车辆超速比较严重，车速离散性大，小客车与大货车间车速差也大，容易引发交通事故[8]。

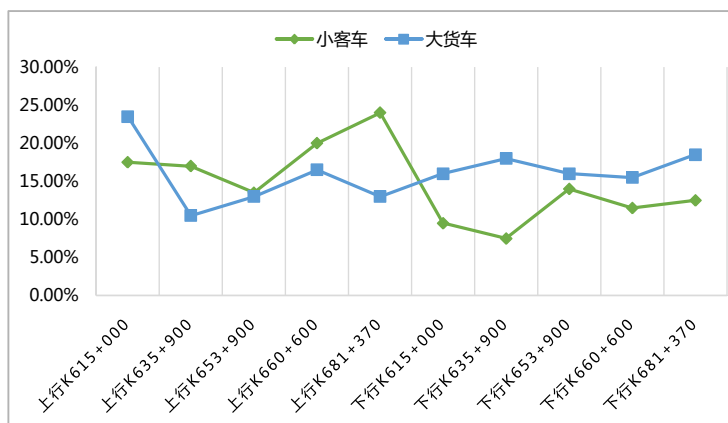


Figure 7. Over speed ratio chart

图7. 超限速比例图

车头时距特征分析。相关研究表明：车头时距与交通流和驾驶行为密切相关[9]。选取京港澳高速上下行方向共6个断面处进行交通流视频拍摄来提取运行车辆间的车间时距信息，根据统计结果可知，超

车道的车间时距数值显著小于行车道的车间时距值，且交通一致性和数据的稳定性强于行车道。上行方向的超车道车间时距的总体集中于1~3 s左右，车间时距整体较为均匀，交通一致性强。下行方向车流密度低于上行方向，超车道的车间时距与上行方向相比数值略大，集中于3.08 s附近，且数据一致性较低，超车道的车辆之间时距小，而行车道的车间时距数值分布较为分散，总体集中趋势并不明显，这与行车道的车流分布和交通流特性有关，且行车道上车速相对较低，驾驶员车道选择更为灵活。

3.3. 交通事故特征分析

相关研究表明交通事故发生的主要原因是人操作不当或存在违法行为[3]。通过对两条高速公路事故统计分析可知，主要违法行为包括未保持安全距离、变更车道影响正常车辆行驶、疲劳驾驶和其他影响安全行为。其他操作不当是导致事故发生的最主要原因，占52.7%。其次未与前车保持安全距离28.1%、变更车道时影响正常行驶的机动车14.1%。交通事故的原因分布如图8所示。由此可知，为提升交通安全，有必要对高风险路段实施控制速度、限制车辆变换车道等措施。

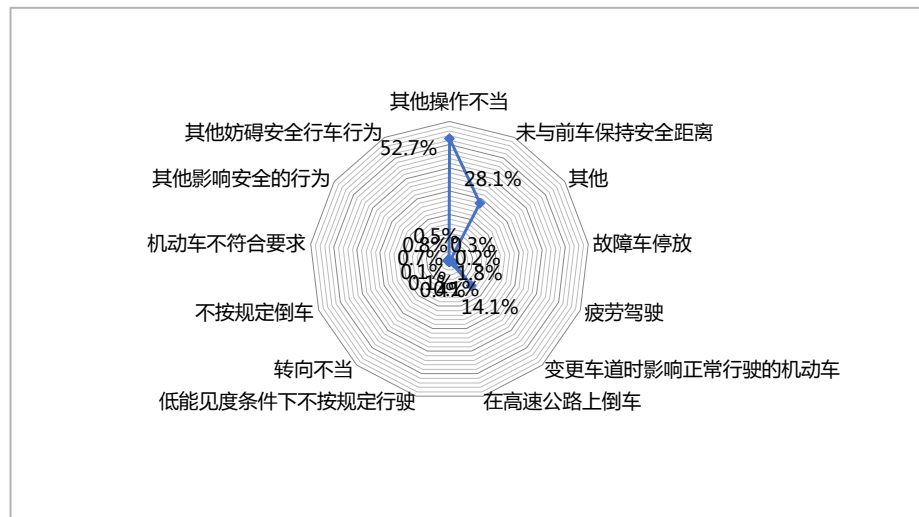


Figure 8. Major violations of traffic accidents

图8. 交通事故主要违法行为

4. 改善与建议

1) 设置合理限速值

京港澳高速平原区客货车运行速度差26~33 km/h，客货车平均速度差在22.38~31.49 km/h。因此，有必要对最低速度和最高速度进行限制，以保证整体车流的速度尽可能一致，进而降低车速离散程度。现有研究表明，科学合理的车速限制措施可有效降低车速离散程度，保证车流运行稳定性[10]。平均速度越高，速度离散程度越大，且不同车辆间的速度差异是速度离散发生的根本原因。因此加强车速管理是降低速度离散程度的有效措施。对双向四车道高速公路采用分车型限速方式，对双向六车道或八车道高速公路采用分车道、分车型限速方式。分车型限速值设置原则为最高限速值与最低限速值的差距尽量小，不同车型设置不同的限速值。

2) 降低车速标准差

据前文数据分析，上下行方向小客车车速标准差为8~16 km/h，大货车车速标准差为5~10 km/h，且同一路段上小客车与大货车之间的车速标准差最高可达6 km/h。高速公路车辆运行的车速标准差问题与

交通事故率有着紧密联系,速度标准差越大,车辆超车行为倾向越大,越容易发生事故[11],因此,在高速公路的设计规范中,可以对车辆的平均行驶速度、速度梯度、速度方差以及速度差等多种因素予以考虑,加强车辆运行安全性对路线线性、车道、安全设施设计的约束性,也可以开发并应用车车通讯设备,利用高科技手段使车辆运行速度标准差数字化、可视化,甚至可以通过强制措施降低速度标准差。

3) 车道控制

基于运行状况调研可知,运营车辆以大车为主,但不同车道均存在大、小车型混合行驶现象,且大车的超速率达到 26.5%,大车长时间占据超车道会干扰小车的正常行驶,大车与小车的速度标准差可达 16.13 km/h,表明小车跟随大车行驶时车流运行最不稳定,多会借助行车道超车,引起行车道和超车道功能的混乱。因此,需要对车道进行控制降低行车危险性。车道控制可以通过在中央分隔带一侧设置数据采集系统,来收集超车道运行车辆数据,并利用算法判断出超车道上有无大车在超车道上行驶、有无发生变道趋势的小车存在,最终结合中央分隔带上布设的广播系统进行预警诱导。

4) 完善基础设施

在京港澳高速公路新乡至郑州段沿途防护栏中,其中 75.25%为波形梁护栏,24.75%为混凝土护栏,设有中分带开口 42 处,占全路段 2.26%,多数中分带开口的活动护栏防撞能力或导向能力欠佳,部分出入口三角端防护能力不足,对于这种现象应该尽量排除出入口处和中分带开口处的各种横向干扰和纵向干扰,在提供线路诱导的基础上,完善或增加出入口三角端防护设施,如更换或增设防撞垫以提高防护能力。

5. 结论

本文以河南省平原地区典型高速公路为例,采用综合研究与重点研究相结合、理论与实践调研相结合、定性分析与定量分析相结合的研究方法,在对河南省安罗高速安罗段和京港澳高速新乡至郑州段的高速公路运行现状和事故特性深入进行调查分析基础上,得出以下主要结论:

1) 通过交通量分析,发现法定节假日所在月份车流量较高;安罗高速周口刘园站各月份的车流量在安罗高速路段中均处于首位;京港澳高速车流量明显高于安罗高速,且京港澳高速大型车车流量比例较高。

2) 通过运行速度特性分析发现小客车的运行速度明显高于大货车,且小客车的车速标准差相对较大;高速公路车辆超速较严重,车速离散性大,小客车与大货车间车速差较大。

3) 通过事故原因分析可知其他操作不当、未与前车保持安全距离、变道时影响正常行驶的车辆是引发事故的主要原因;通过事故空间特性分析可知事故高发路段主要分布于收费站互道路段、桥梁等特殊路段。

4) 在深入分析交通运行现状和事故特性分析基础上,从限速、车速标准差、车道控制和基础设施几个方面提出了针对性建议,以提高服务水平和运行质量,减少潜在的交通事故,降低事故危害性及严重程度,从而提高高速公路运营管理水平,充分发挥高速公路的效益。

基金项目

河南省交通运输厅科技计划项目“基于交通行为安全性的河南省高速公路运行控制技术”(2019G-2-11)。

参考文献

[1] 杨文臣,田毕江,胡澄宇,等.山区高速公路隧道路段运行速度分析与预测[J].中外公路,2018,38(6):308-313.

- [2] 冷雪. 多车道高速公路交通流运行特性分析[J]. 北方交通, 2020(8): 52-56.
- [3] 由冰玉. 高速公路交通事故影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 哈尔滨工业大学, 2020.
- [4] 叶妙宝. 道路线形设计对交通安全影响及改善措施[J]. 交通世界, 2020(19): 27-29.
- [5] 谷传海, 郑诗伦. 浅论道路交通安全设施对交通安全的影响[J]. 公路, 2020, 65(6): 164-166.
- [6] 钟连德, 孙小端, 陈永胜, 贺玉龙, 张杰. 高速公路 V/C 与事故率关系研究[J]. 北京工业大学学报, 2007, 33(1): 37-40.
- [7] Roads and Traffic Authority (2000) Speed Problem Definition and Countermeasure Summary. *Speed Australia*, **2000**, 102-109.
- [8] 裴玉龙, 程国柱. 高速公路车速离散性与交通事故的关系及车速管理研究[J]. 中国公路学报, 2004, 17(1): 74-78.
- [9] 刘丹丹. 基于交通流特性的高速公路交通安全综合评价研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 长沙理工大学, 2012.
- [10] 姜华平. 高速公路交通安全管理[M]. 北京: 北京人民交通出版社, 2005.
- [11] 李文权, 王炜. 交通事故的时间分布规律[J]. 中国安全科学学报, 2005, 15(4): 56-61, 113.