

雾天高速公路交通事故的特征及与能见度的关系

冯蕾¹, 邓毅萍^{2*}, 李蔼恂¹, 李艳², 宋建洋¹

1. 中国气象局公共气象服务中心, 北京 100081

2. 公安部交通管理科学研究所, 无锡 214151

摘要 从全国雾天交通事故多发的10条高速公路路段中选取交通气象观测条件较好的4条路段作为研究对象, 主要研究了雾天交通事故的特征, 并通过雾天交通事故与能见度的关系分析, 定量研究了交通事故在不同能见度区间的分布规律。与晴天交通事故相比, 雾天交通事故后果更为严重, 伤亡率明显增加。事故类型以撞固定物和刮擦为主。雾天事故中, 肇事车辆为重型货车、中型货车和大型客车的比例比晴天增加。雾天事故的原因主要有在同车道行驶未按规定与前车保持安全距离、操作不当、低能见度下未按规定行驶。统计表明, 雾天交通事故主要发生在秋冬季节的凌晨至早上时段, 事故高峰期为早上7:00左右, 这与大雾日数的时间分布具有较高的一致性。70%~90%的雾天交通事故发生在能见度低于1 km的情况下, 其中能见度低于100 m的区间内比例最高, 为25%~50%。能见度低于1 km时, 交通事故发生的概率密度随能见度增加而减小, 尤其当能见度低于300 m时, 交通事故发生的概率出现突发性增长, 当能见度低于100 m, 交通事故发生的概率密度增长到30%左右。根据交通事故在不同能见度区间的分布, 将能见度对交通安全的影响划分为4个等级, 实现了气象能见度到交通安全等级的转化, 可为交管部门制定雾天交通事故防范对策, 以及气象部门开展交通气象服务提供科学依据。

关键词 高速公路; 交通事故; 低能见度; 交通安全等级

雾是造成高速公路交通事故中最严重的灾害性天气之一。统计表明, 在德国的道路交通事故

中, 由雾引起的交通事故占总事故的比例达44%; 在美国加州公路(双车道), 行车视距小于800 m与

收稿日期: 2018-03-28; 修回日期: 2019-10-24

基金项目: 道路交通安全公安部重点实验室开放课题(2017ZDSYSKFKT07); 中国气象局国家级青年英才项目; 中国气象局风云四号科研试验专业气象服务应用示范系统建设项目; 河北省科技计划项目(17275405D)

作者简介: 冯蕾, 高级工程师, 研究方向为专业气象服务, 电子信箱: fenglei21cn@163.com; 邓毅萍(通信作者), 副研究员, 研究方向为交通安全管理科学, 电子信箱: 56614593@qq.com

引用格式: 冯蕾, 邓毅萍, 李蔼恂, 等. 雾天高速公路交通事故的特征及与能见度的关系[J]. 科技导报, 2020, 38(11): 160-168; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.11.018

行车视距大于 2500 m 的地段相比,前者的交通事故是后者的 2.2 倍^[1]。雾主要通过以下两个方面对公路交通安全产生影响。首先,由于雾能吸收光线发生散射,致使高速行驶中的驾驶员视物度下降,难以识别交通标志、路面设施,也难以准确判断行车速度及前后车距,导致驾驶员对路况的预判能力降低,发生交通事故的风险增大。雾天空气湿度大而引起的玻璃透视率下降和后视镜效果变差等现象,也会影响驾驶员的判断力。其次,空气中的水滴与近地灰尘以及路面上的灰尘混合,附着于轮胎与路面,造成轮胎与路面的附着系数减小,导致轮胎和路面不能产生足够的摩擦力而发生交通事故^[2]。因此,研究雾天高速公路交通事故特征及分布规律,有助于交通管理部门制定有针对性的防范措施,最大程度减少因雾造成的交通事故,从而有效地保证雾天环境下高速公路的行车安全。

目前专门针对雾天环境对公路交通安全影响的研究较少,特别是对于雾天交通事故的主要特征,以及不同程度的雾天环境下交通事故的分布规律缺乏定量的研究^[3-5]。国外大多数研究侧重降雨、降雪等单一气象因子对交通事故的影响^[6-7]。国内大多数研究将交通事故总体与所有气象要素进行分析,并建立交通事故的气象综合预测模型^[8-12]。本研究在全国雾天高速公路交通事故高发路段统计的基础上,选取交通气象数据观测条件较好的路段为对象,研究雾天交通事故特征及与能见度之间的关系。

1 数据与方法

1.1 试验路段的选取

根据公安部交通管理科学研究所统计出的全国近 5 年(2012—2016 年)雾天交通事故多发的 10 条高速公路路段,统计各路段交通气象站布设情况以及交通气象监测数据情况,选取其中交通气象观测站布设密度较高、数据质量较好的 4 条高速公路路段作为研究对象,即大广高速(G45)河北南段、宁洛高速(G36)安徽段、京台高速(G3)安徽段、京沪高速(G2)江苏段。各试验路段分布如图 1 所示。

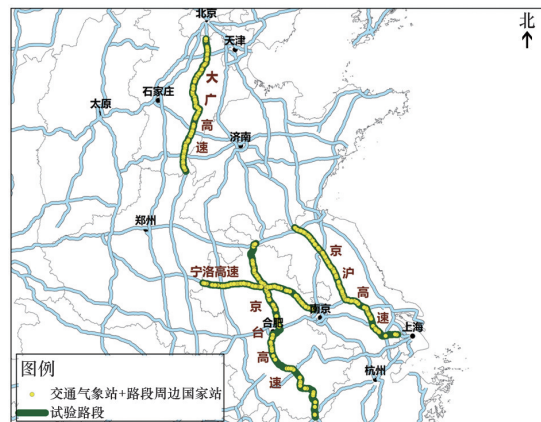


图1 4条试验高速公路路段及沿线气象观测站分布

1.2 雾天交通事故信息与能见度监测数据的匹配

1.2.1 数据说明

1) 交通事故数据。

4 条典型路段近 5 年交通事故记录,包括事故发生的具体时间(精确到分钟)和事故地点(桩号)。事故类型有简易事故和一般事故。简易事故是指适用于简易程序处理的轻微事故,没有人员伤亡或者仅轻微伤、当事人对事故责任没有争议的情况。一般事故是有人员受伤或死亡的事故。简易事故采集 30 项左右的基本事故信息,一般事故采集 76 项事故信息^[13]。本研究中雾天交通事故根据道路交通事故信息调查表中天气信息(包括晴、阴、雨、雪、雾、大风、沙尘、冰雹等)记录筛选出来。

2) 能见度监测数据。

使用的能见度监测数据由国家气象信息中心提供,监测信息来自公路沿线交通气象观测站(以下简称交通站)和公路周边国家气象观测站(以下简称国家站),站点位置如图 1 所示。其中,国家站观测数据经过严格的质量控制,能见度监测的频率均为逐小时。由于各省交通气象站观测数据从 2013 年 3 月以后才开始陆续向中国气象局上传,2014 年基本趋于稳定,因此本文中能见度与雾天交通事故之间的关系分析主要基于 2014 年 1 月 1 日至 2016 年 12 月 31 日连续 3 年的数据。

1.2.2 雾天交通事故信息与能见度数据的匹配

利用 ArcGIS 空间分析技术,实现以桩号记录的交通事故数据在地图中的地理坐标定位。利用

ArcGIS 分析工具功能(analysis tools)中的“近邻分析(near analysis)”工具,对雾天交通事故发生位置与气象观测站(交通站、国家站)进行匹配,并找出距事故发生点最近的交通站和国家站。交通站信息更能反映道路上的实际状况,但由于交通站数据质量没有经过考核,因此本文关于交通事故与能见度之间的关系研究中做以下规定:如果两套站点观测的能见度在同一等级范围内或处在相邻等级,则以交通站气象观测为准,如果交通站与国家站观测等级差别较大(大于1个等级),则以国家站观测为准。经统计,各路段交通事故位置与能见度观测站之间的平均距离不到 10 km,最近距离低于 500 m,有的甚至低于 100 m(表1)。

表1 典型高速公路路段交通事故位置及能见度观测站之间的距离统计

高速名称	最近距离/ km	最远距离/ km	平均距离/ km
大广高速(G45)河 北南段	0.02	21.5	8.6
京台高速(G3)安 徽段	0.1	25.7	9.0
宁洛高速(G36)安 徽段	0.2	34.1	5.9
京沪高速(G2)江 苏段	0.4	22.5	9.0

2 雾天高速公路交通事故特征

2.1 雾天事故区别于晴天事故的特征

为了研究雾天事故显著区别于晴天事故的特征,以比值比作为评价指标,其定义为:

$$\text{比值比} = \frac{F_i/F_1}{S_i/S_1}$$

式中, F_i 为第 i 类事故雾天发生起数, F_1 为雾天事故总数, S_i 为 i 类事故晴天发生起数, S_1 为晴天事故总数。

比值比大于 1 表明相比于晴天,雾天发生该类事故的概率会增大。

2.1.1 事故形态及严重程度

按事故形态、事故严重程度分别计算雾天事故与晴天事故的比值比,比值比大于 1 的特征如图 2 所示。死亡事故、伤人事故的比值比分别为 21.09、9.61,远大于 1,表明相比于晴天,雾天发生事故往往后果更严重,受伤、死亡的概率更高。雾天刮擦事故、撞击固定物事故也相对多发,与晴天事故的比值比分别为 5.25、1.61。

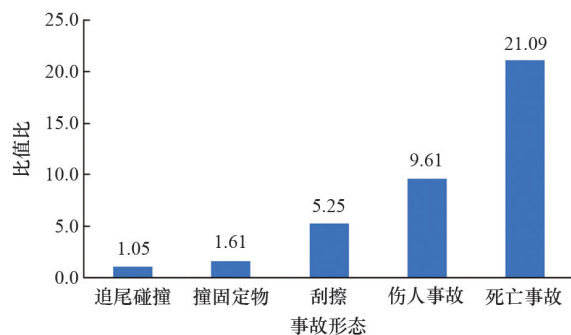


图2 雾天与晴天事故特征的比值比分布
(比值比大于1的)

2.1.2 肇事车辆类型

高速公路雾天事故肇事车型分布及各车型的比值比如图 3 所示。从肇事车型看,重型货车雾天肇事多发,占 46.2%;其次是小型客车,占 24.4%。从雾天事故与晴天事故的比值比看,雾天重型货车肇事突出,比值比为 14.83,远大于 1;其次是中型货车与大型客车,比值比分别为 7.64、6.1;小型客车的比值比仅为 0.27,表明相对晴天,雾天小型客车肇事相对少的多。

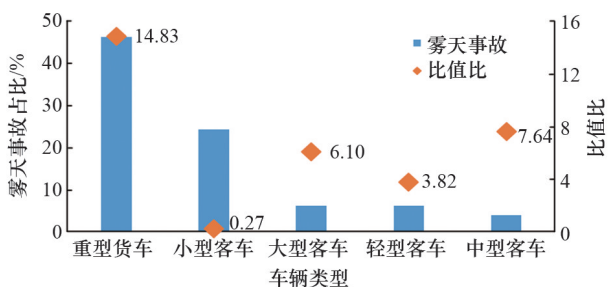


图3 高速公路雾天事故肇事车型分布

2.1.3 事故原因

高速公路雾天事故认定原因分布如图4所示。在同车道行驶未按规定与前车保持安全距离、操作不当、低能见度下未按规定行驶肇事多发,分别占24%、17.1%、11.5%。其中,低能见度下未按规定行驶包括未按规定使用灯光、未按规定速度行驶等。

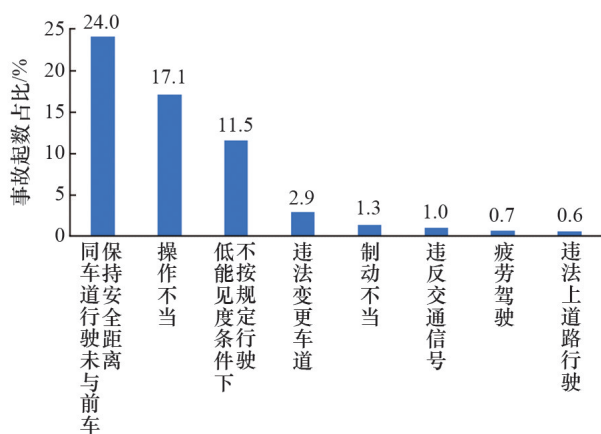
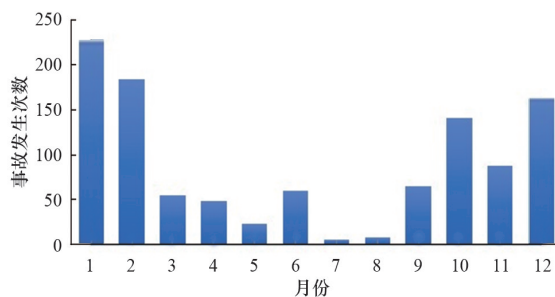


图4 高速公路雾天主要事故原因分布

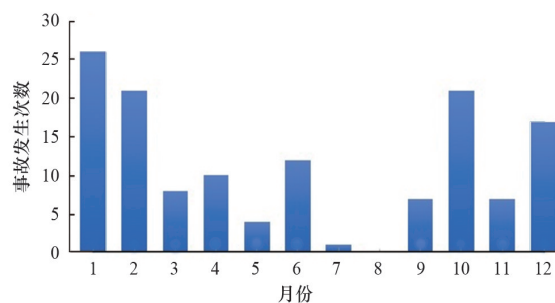
2.2 时间分布特征

根据交通事故时间记录,统计出2012—2016年累计的4条高速公路路段雾天事故发生总次数的逐月分布(图5)。从图5可以看出,雾天无论简易事故还是一般事故,均表现出冬半年发生次数多,夏半年发生次数少的特点。从9月份开始交通事故数量开始增加,1月份到达最高值,之后逐渐减少,到夏季的7、8月份,由雾引起的交通事故数量最少。不同路段交通事故的逐月变化特征基本相似。其中,简易事故数量远大于一般事故数量。2012—2016年4条路段累计发生简易事故1066次,一般事故134次。

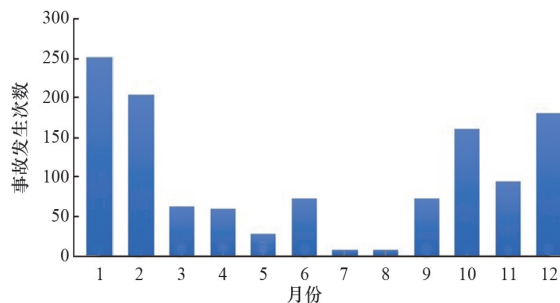
图6给出4条试验高速公路路段2012—2016年平均的交通事故日变化。图6(a)和(b)的对比表明,简易事故和一般事故高峰时段均出现在早上5:00—9:00,7:00左右达到最高峰。不同的是,简易事故数量日变化呈现明显的单峰特征,而一般事故除了7:00的高峰外,夜间21:00及凌晨2:00点左右分别有一个次高峰,但事故数量较7:00左右明显偏少,约为7:00左右交通事故量的1/3。



(a) 简易事故



(b) 一般事故



(c) 总事故

图5 4条试验高速路段雾天交通事故发生次数的逐月分布

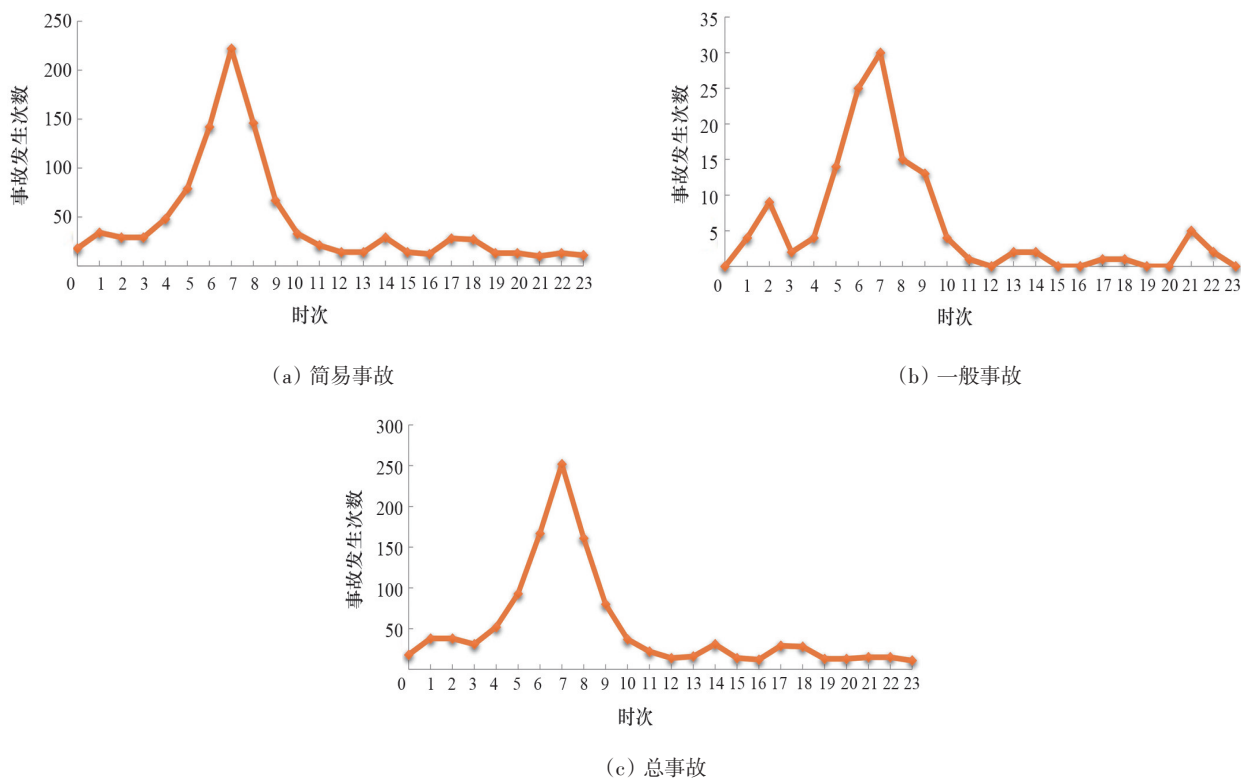


图6 4条试验高速公路路段雾天交通事故发生次数的逐小时分布

3 雾天交通事故与能见度之间关系

使用4条试验高速公路路段沿线2014—2016年交通站和国家站逐小时能见度监测资料,分别统计了4条路段平均的低能见度(≤ 1 km)日数的逐月(图7(a))及逐小时(图7(b))分布特征。与交通事故的季节分布类似,低能见度日数也表现出秋冬季节多,夏季较少的分布特征。其中,1月份低能见度日数最多,平均低能见度日数约4.5 d。7、8月低能见度日数最少。从逐小时出现的低能见度频次

分布看,2:00—8:00时间段出现低能见度的日数较多,大于10天/年,其中,早上6:00左右低能见度日数最多,达到18天/年,比交通事故出现峰值时间早1 h左右。中午时段低能见度日数最少,约为4天/年,到了夜间开始逐渐增加。

以上从2012—2016年交通事故和低能见度日数平均逐月分布状况和日变化特征进行统计分析,发现两者具有较好的对应关系,秋冬季节的凌晨至早上时段,大雾天气多发,交通事故也频发。这与前人关于其他省份其他路段的分析较为一

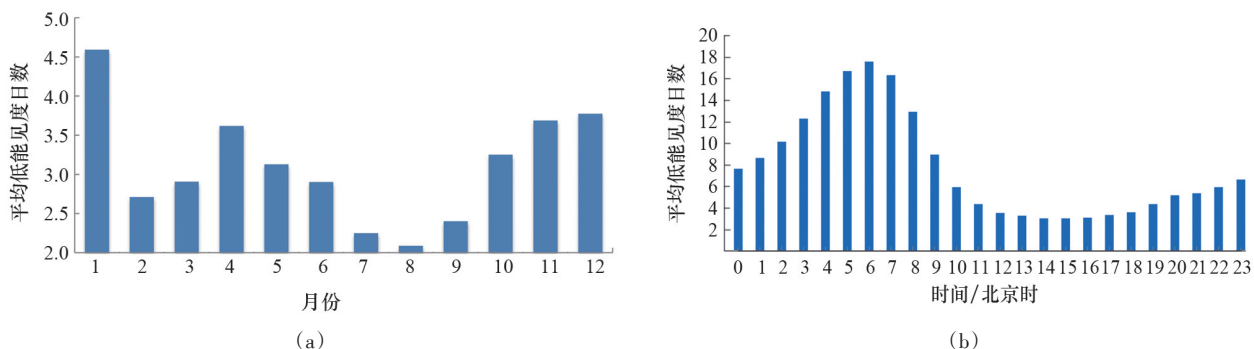


图7 4条试验高速公路路段平均低能见度日数的逐月(a)及逐小时(b)变化特征

致^[10-11,14],说明这种规律对于全国的高速公路具有普遍性。除了低能见度引起的视程障碍外,路面温度较低引起的路面摩擦系数较低也是引起交通事故的一个重要原因。试验表明,路面摩擦系数在路面温度低于10℃时显著偏低^[15-16]。由于秋冬季节的早晨时段是一天中路面温度最低的时段,路面温度一般低于10℃,同样的行驶速度在路面摩擦系数较低的情况下刹车距离更长,极易造成交通事故。

根据1.2.2中的方法提取每次交通事故(包括简易事故和一般事故)发生时刻的能见度,并分析不同能见度区间交通事故发生的频次(图8)。按照公安部有关规定,雾天能见度小于50 m时,公安机关可采取局部或全路段封闭高速公路的交通管制措施,因此,能见度50 m以下的交通事故数量受到较大程度人为干预,本文不单独分析低于50 m的能见度区间。从图8可以看出,江苏境内京沪高速和安徽境内宁洛高速交通事故发生频次随能见度的变化具有相似的特征。50%左右的交通事故均发生在能见度低于100 m的情况下,90%左右的

交通事故发生在能见度低于1 km的情况下,仅10%左右的交通事故发生在能见度大于1 km的情况下。100 m至1 km的能见度区间内,两条高速路段交通事故发生率的分布略有不同,江苏境内京沪高速交通事故在200~500 m的能见度范围内较多(20%左右),安徽境内宁洛高速交通事故在100~200 m的能见度范围内较多(20%左右)。安徽境内京台高速和河北境内大广高速交通事故发生率随能见度的变化具有相似的特征。5个能见度区间中,虽然能见度大于1 km的情况下交通事故发生的频次最高,占交通事故总量的30%~35%,但大多数交通事故(70%左右)仍集中在能见度低于1 km的情况下。其中,能见度低于100 m的区间内交通事故发生频次均达到25%左右,仅次于能见度大于1 km的情况。100 m至1 km的能见度范围内,安徽京台高速交通事故在500 m至1 km的能见度范围内较多(20%左右),河北大广高速交通事故在100~200 m的能见度范围内较多(20%左右)。

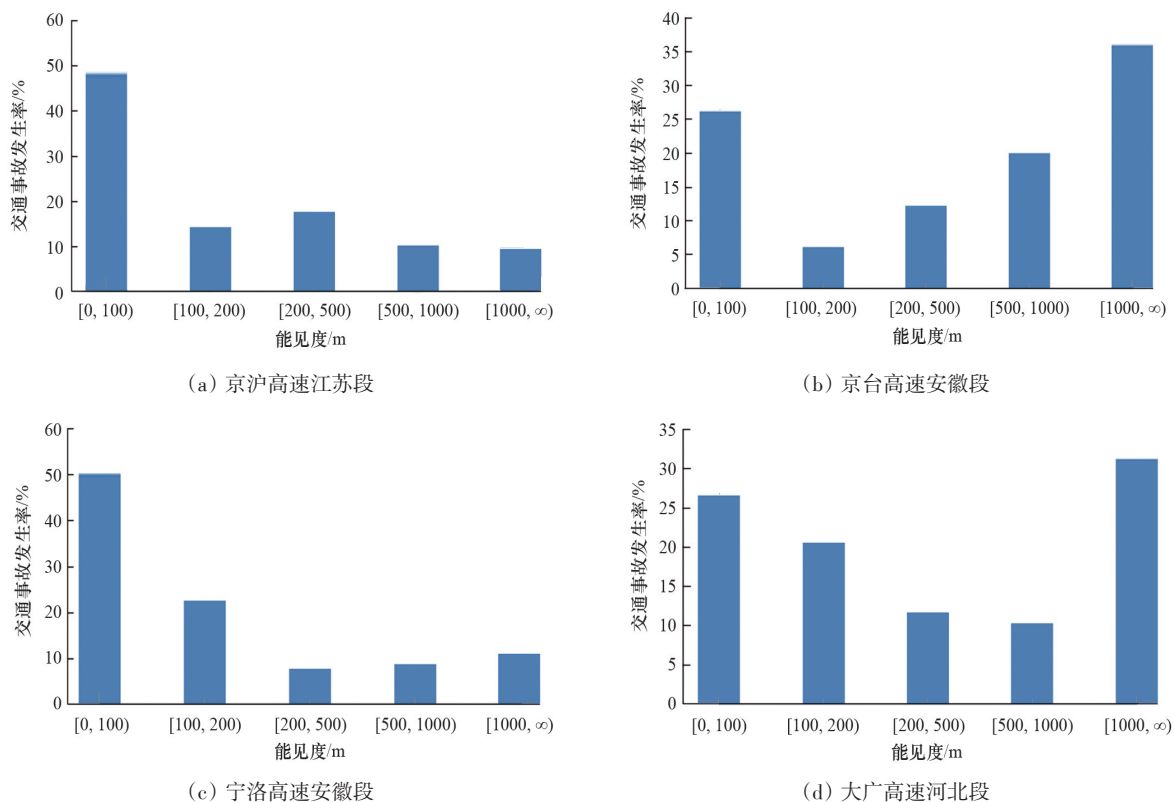


图8 4条试验高速路段雾天交通事故发生频次在不同能见度区间的分布

以上是对总事故在不同能见度区间发生频次的统计,为了进一步分析较为严重的交通事故的发生规律,给出4条试验公路路段雾天一般事故的统计。2014—2016年,大广高速河北南段发生一般交通事故共19起,京台高速安徽段发生9起,宁洛高速安徽段发生10起,京沪高速江苏段17起。其中,发生在能见度低于1 km的一般交通事故比例分别达到94.7%、66.7%、70.5%、100%。特别是大广高速河北南段和京沪高速江苏段,均有13次较严重的交通事故发生在能见度低于100 m的强浓雾环境下。

通过以上分析可知,雾天交通事故主要分布在能见度低于1 km的范围内,其中在能见度低于100 m的情况下最多,这与张振东等^[9]针对宁沪高速2008—2015年交通事故的统计结果较为一致。

因此,从交通事故在不同能见度区间的分布看,目前交通管制中对于能见度的划分区间是合理的。

4 能见度对高速公路交通安全影响的等级划分

使用4条试验路段雾天交通事故发生时刻对应的能见度值拟合交通事故的概率密度分布函数(图9),发现当能见度低于1 km时,交通事故发生的概率密度随能见度的增加而减小,能见度在300~1000 m,交通事故发生的概率密度一般不足5%,但当能见度低于300 m时,交通事故发生的概率出现突发性增长,能见度低于100 m时,交通事故发生的概率密度增长到30%左右。

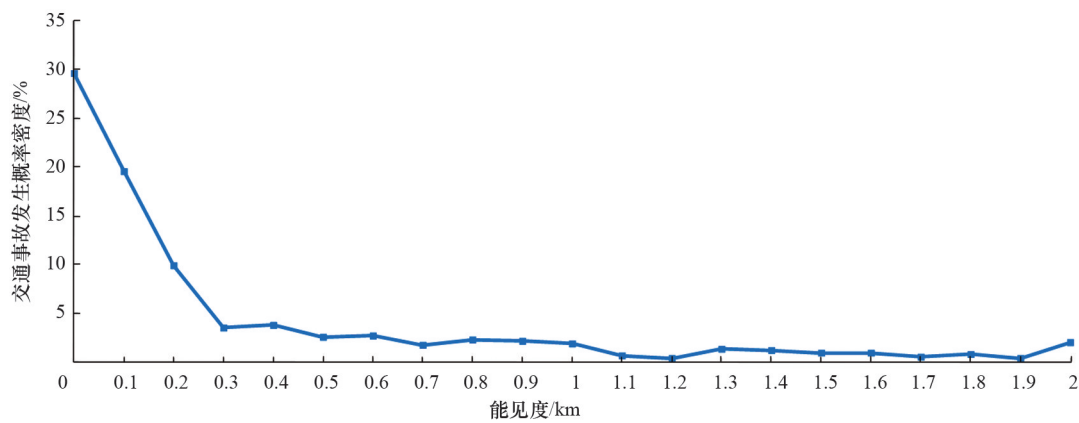


图9 不同能见度水平下雾天交通事故发生的概率密度分布函数

根据不同能见度水平下雾天交通事故发生的概率密度分布函数,结合气象能见度等级划分标准,并考虑能见度业务监测预报产品的方便使用,将能见度对高速公路交通安全的影响进行以下等级划分(表2),从而实现由气象能见度预报到交通安全等级预报的转化。

目前关于雾天环境下交通管制分级并没有统一的标准。《道路交通安全法实施条例》第八十一条以50、100和200 m为分级标准,给出了雾天行车开启灯光及限制车速的相关规定。中国气象行业标准《高速公路交通气象条件等级 QX/T 111—2010》^[17]以50、100、200和500 m为分级标准,将因

表2 能见度影响交通安全等级划分

能见度	<100 m	[100,200) m	[200,500) m	≥500 m
交通事故发生概率密度	≥20%	[10%,20%)	[2.5%,10%)	<2.5%
交通安全等级	很低	低	较低	较高

雾引起的低能见度对高速公路运行的影响划分为4级,但没有给出每个等级下低能见度对高速公路运行的具体影响以及影响程度的大小。本文以交通事故与能见度之间的统计关系分析为基础,划分了能见度影响交通安全的等级,一方面反映了现行

气象行业标准以及交管部门相关规定的合理性,另一方面从低能见度与交通事故发生概率关系的角度,给出了低能见度对高速公路交通影响的具体内容以及影响程度。

5 结论

综合使用来自公安部交管部门的交通事故信息,以及来自气象部门的能见度监测数据,选取交通事故高发、且能见度监测条件较好的4条试验路段为研究对象,重点分析了雾天交通事故的主要特征,通过研究能见度与交通事故之间的关系,确定交通事故在不同能见度区间的分布,并根据此划分了能见度对高速公路交通安全的影响等级,主要结论如下。

1) 与晴天交通事故相比,雾天交通事故后果更为严重,伤亡率明显增加。雾天交通事故类型以刮擦、撞固定物为主,肇事车辆为重型货车、中型货车和大客车的事故比晴天增加,事故的原因主要包括在同车道行驶未按规定与前车保持安全距离、操作不当、低能见度下未按规定行驶。

2) 雾天高速公路交通事故主要发生在秋冬季节的凌晨至早上时段,其中早上7:00左右为交通事故的高峰期。低能见度日数的时间分布特征与雾天交通事故具有较高的一致性,大雾多发的季节和时段,对应的交通事故也多发。

3) 4条试验路段雾天交通事故均主要发生在能见度低于1 km的情况下,发生比例在70%~90%,其中能见度低于100 m的区间内交通事故最为多发,发生比例在25%~50%。

4) 不同能见度下高速公路交通事故概率密度分布函数进一步表明,能见度低于1 km时,交通事故发生的概率密度随能见度增加而减小,尤其当能见度低于300 m时,交通事故发生的概率出现突发性增长。当能见度低于100 m,交通事故发生的概率密度增长到30%左右。

5) 根据交通事故在不同能见度区间的分布,将能见度对交通安全的影响划分为4个等级:很低、低、较低和较高,从而实现气象能见度等级的划

分到能见度对高速公路交通安全影响的转化。

参考文献(References)

- [1] 任福田, 刘小明. 论道路交通安全[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [2] 陈学浩, 季君, 江海龙. 浅析雾天高速公路事故成因及管控要点[J]. 智能交通, 2010, 20(3): 96-98.
- [3] Abdel-Aty M, Ekram A, Huang H, et al. A study on crashes related to visibility obstruction due to fog and smoke[J]. Accident Analysis & Prevention, 2011, 43: 1730-1737.
- [4] Ashley W S, Strader S, Dziubla D C, et al. Driving blind: Weather-related vision hazards and fatal motor vehicle crashes[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2015, 96: 75-778.
- [5] 张振东, 黄亮, 于庚康, 等. 宁沪高速公路雾事故特征及雾危险指数研究[J]. 灾害学, 2016, 31(4): 37-41.
- [6] Yuan L Y, Chen B Y, Lam W H K. Effects of rainfall intensity on traffic crashes in Hong Kong[J]. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport, 2014, 167(5): 343-350.
- [7] Black A W, Villarini G, Mote T L. Effects of rainfall on vehicle crashes in six US States[J]. Weather, Climate, and Society, 2017, 9: 53-70.
- [8] 许秀红, 闫敏慧, 于震宇, 等. 道路交通事故气象条件分析及安全等级标准——以黑龙江省为例[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(4): 53-58.
- [9] 丁德平, 李迅, 张德山, 等. G2 京津塘高速公路万辆车流的交通事故灾害与气象综合指数的关系[J]. 灾害学, 2012, 27(3): 107-110.
- [10] 李迅, 甘璐, 丁德平, 等. G2 京津塘高速公路交通气象安全指数的预报研究[J]. 气象, 2014, 40(4): 466-472.
- [11] 夏敏洁, 曹杰, 周文君. 气象条件与南京地区道路交通事故量的分析[J]. 气象科学, 2014, 34(3): 305-309.
- [12] 白永清, 何明琼, 刘静, 等. 高速公路交通事故与气象条件的关系研究[J]. 气象与环境科学, 2015, 38(2): 66-71.
- [13] 中华人民共和国公安部. GA/T1082—2013 中华人民共和国公共安全行业标准 道路交通事故信息调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [14] 罗慧, 李良序, 胡胜, 等. 公路交通事故与气象条件关系及其气象预警模型[J]. 应用气象学报, 2007, 18(3): 350-357.
- [15] 谢静芳, 吕德宝, 王宝书. 高速公路路面摩擦气象指数

- 预报方法[J]. 气象与环境学报, 2006, 22(6): 18-21.
- [16] 李长城, 刘小明, 荣建. 不同路面状况对路面摩擦系数影响的试验研究[J]. 公路交通科技, 2010, 27(12): 27-31.
- [17] 中国气象局. QX/T 111—2010 中华人民共和国公共安全行业标准 高速公路交通气象条件等级[M]. 北京: 气象出版社, 2010.

The characteristics of traffic accidents in expressway in fog days and their relationship with visibility

FENG Lei¹, DENG Yiping^{2*}, LI Aixun¹, LI Yan², SONG Jianyang¹

1. Public Meteorological Service Center of China Meteorological Administration, Beijing 100081, China

2. Traffic Management Research Institute of the Ministry of Public Security, Wuxi 214151, China

Abstract In this paper, 4 expressway sections under relatively good meteorological observation condition are selected as samples from the top 10 expressways in China with frequent traffic accidents in fog days. The main characteristics of traffic accidents in fog days are analyzed, and the distribution of traffic accidents in different visibility intervals is quantitatively studied. Compared with the traffic accidents in sunny days, the traffic accidents in fog days are more serious and the casualty rate is increased significantly. The main types of accidents are collision on fixture and scraping. The proportion of vehicles of heavy trucks, medium trucks and large buses is higher than that on sunny days. The main causes of traffic accidents in fog days are the driving in the same lane without keeping the safe distance from the front vehicle, improper operation, and driving not according to regulations under low visibility. Statistics show that, traffic accidents in fog days mainly occur in the early morning of fall or winter seasons, and the accident peak is around 7:00 in the morning. This is consistent with the temporal distribution of fog days. 70%–90% of traffic accidents in fog days occur when visibility is less than 1km. And the proportion (25%–50%) of traffic accidents occurring when visibility below 100m is the highest. When the visibility is less than 1 km, the probability density of traffic accidents decreases with the increase of the visibility. Especially when the visibility is less than 300m, the probability density of traffic accidents grows rapidly. When the visibility is less than 100m, the probability density of traffic accidents increases to about 30%. According to the distribution of traffic accidents in different visibility intervals, the influence of the visibility on the traffic safety is divided into 4 grades, and the meteorological visibility can be directly related with the traffic safety level.

Keywords the expressway; traffic accidents; low visibility; traffic safety grade ●



(责任编辑 傅雪)