

张宏芳,梁佳,沈姣姣,等.西安市气象条件对交通事故的影响分析[J].陕西气象,2021(6):47-54.

文章编号:1006-4354(2021)06-0047-08

西安市气象条件对交通事故的影响分析

张宏芳^{1,2},梁佳¹,沈姣姣¹,张曦¹

(1. 陕西省气象服务中心,西安 710014;

2. 陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室,西安 710016)

摘要:利用2011—2015年西安市11360起交通事故存档数据以及西安市逐小时自动气象站观测资料,研究不同气象条件对小型客车、货车、中大型客车等不同类型车辆发生交通事故的影响及程度,探索交通事故增长的临界气象指标。结果表明:西安交通事故具有明显的日变化和月变化特征。07—21时为交通事故的集中期,该时段的交通事故占比为81%,峰值出现在18—19时,2h交通事故占比为14%;交通事故的集中月份为4月和6月。与交通事故相关性最高的三种气象要素分别为大风、降雨和高温,尤其以大风影响最大,较多年日均交通事故增加45%;日降雨量在(0,1)mm区间时,交通事故达到高峰,相比多年日均交通事故增加了18%;交通事故随着最高气温升高而增多,当最高气温超过33℃时,交通事故较多年日均交通事故增加22%以上,在38℃时达到最高峰。分类统计显示,对于中、大型客车及货车而言,高温触发交通事故的概率最大,而在大风气象条件下,小型客车和其它车型出现交通事故的概率高,同时降雨天气对小型客车和货车也有较大影响。

关键词:交通事故;气象条件;车辆类型;西安市

中图分类号:P49;U492.8

文献标识码:A

交通运输是城市经济生产和社会生活的命脉,而气象条件是影响城市交通安全的重要因素之一^[1-4]。虽然引起交通事故的原因包括人员、流量、道路、环境等多种因素,但这些都直接或间接地受到当时气象条件的影响,尤其是重特大交通事故,往往与恶劣的气象条件关系很大,所造成的损失也最大。因此深入发掘交通安全与各种气象条件的关系,研究不同等级的气象条件对公路交通安全的影响,提升交通气象预报和服务能力,既是我国气象部门专业化气象预报业务的发展方向,也是交通部门发展到一定阶段的必然要求^[5-7]。

交通事故与气象条件的关系研究一直是气象

工作者关注的重点^[8-10],前期研究主要集中在两方面。一方面侧重于恶劣天气对高速公路交通安全的影响^[11-15],分析发现高速公路事故伤亡人数和发生时间与气象要素密切相关,其中以雾、低温冰雪、降水、高温等天气影响最为显著。譬如曲晓黎等^[11]分析了河北灾害天气对高速公路的影响,表明高速公路通行受阻有38.3%是气象因素造成的,其中以雾居多,冰雪次之。白永清等^[12]研究表明,汉宜高速公路交通事故频率主要受中到大雨和夏季高温天气的影响,事故灾害严重程度主要受强降水和冬季低温天气的影响。另一方面侧重于城市交通事故与气象条件的关系研究^[16-17]。相对高速公路,车辆在市区行驶时路况

收稿日期:2021-03-12

作者简介:张宏芳(1981—),女,陕西平利人,硕士,正高级工程师,从事气象服务与应用气象研究工作。

通信作者:梁佳(1984—),男,陕西洛川人,硕士,工程师,从事气象服务与应用气象研究工作。

基金项目:中国气象局公共气象服务中心创新基金项目(M2020034);陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室开放基金课题(2020G-9)

更加复杂,车流量和行人更多,城市交通安全依然受气象条件影响较大。贺芳芳等^[16]研究了上海气象条件对交通事故的影响,表明初雨日比晴天、阴天更容易发生交通事故,冬季雾对交通影响较大。夏敏洁等^[17]指出南京地区交通事故与低能见度、降水及低温等气象条件相关较大,特别是中雨以下的降水,而大的降水、极端气温、低能见度与发生交通事故的相关性反而减小。这些研究工作都对提高专业气象服务技术提供了重要支撑,但目前涉及不同气象条件对不同类型车辆发生交通事故的影响的研究并不多见,不同气象条件对不同类型车辆的影响不同,预报指标也有较大差异。因此,通过分析不同气象条件对不同类型车辆交通事故的影响,从而建立高影响天气预报指标,是提升城市精细化交通预报服务能力的重要基础。西安作为我国西北连接中原、西南、华北和华东的重要交通枢纽,具有连接南北、承东启西的重要战略地位^[18]。本文通过利用2011—2015年西安市交通事故及气象资料,分析不同类型车辆日均交通事故与气象条件的关系,研究不同等级的气象条件对交通事故增长的影响及相应的临界气象指标,为保障城市道路畅通和预防减少交通事故提供技术支撑。

1 资料来源

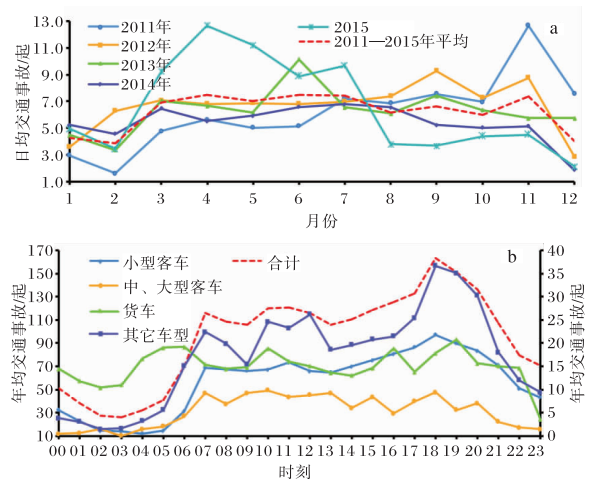
采用的交通事故资料来自于西安市交警大队,时间为2011年1月1日—2015年12月31日,包括西安市区不同类型车辆发生交通事故的日期和路段等,共计11360起。气象数据为同期西安市泾河气象观测站的逐小时降水量、气温、平均风速、能见度、相对湿度及逐日最高气温、最低气温、最小能见度、最大风速、天气现象等资料。气象要素的月、季、年数据均通过自动站逐时资料计算得出。

2 结果分析

2.1 交通事故统计

2011—2015年西安市发生交通事故11360起,平均每天6.1起交通事故。其中,2011年2256起,2012年2433起,2013年2306起,2014年1973起,2015年2392起。从逐年发生的交通事故来看,没有明显的年际变化。小型客车交

通事故占总数的60%,中、大型客车占6%,货车占16%,其它车型占18%。图1a给出了西安市日均交通事故的月变化。总体来看,3、4、5、6、7、9、11月的日均交通事故都较多年日均交通事故多,其中4、6月最多,日均交通事故为7.5起;1、2、12月的日均交通事故较少,其中2月最少,为3.9起,比4月和6月少近一半。一年中,春季发生的交通事故占全年总数的29%,夏季占28%,秋季占27%,冬季占16%,春、夏、秋三个季节发生交通事故的概率相差不大,但冬季明显偏少。从一天中不同时次发生的交通事故来看(图1b),07—21时为交通事故相对集中的时段,18—19时为交通事故的高发时段,两个时段发生交通事故的概率分别为81%和14%。不同类型车辆发生交通事故的高发时段各不相同,其中16—20时为小型客车交通事故高发时段,18时最高,交通事故发生概率为7%;对于中、大型客车07、09、10、13、18时这几个时段为交通事故的高发时段,其中10时最高,发生的概率为9%;货车容易发生交通事故的时段为05—06时、19时,两个时段所占概率分别为10%和6%;其它车型18—20时为明显的交通事故高发时段。可以看出,不管是哪种类型车辆,18—19时均为交通事故高发时段,这主要是由于这个时间为下班高峰时间,相对的人流量和车流量较大;加之此时为黄昏,受视线影



b 中小型客车的年均交通事故对应主纵坐标轴;中、大型客车,货车,其它车型对应次纵坐标轴。

图1 2011—2015年西安市交通事故月(a)和日(b)变化

响,更加容易发生交通事故。但值得注意的是,中、大型客车在10时容易出现交通事故;而05—06时也是货车交通事故高发时间,分析原因是因为该时段是司机的疲劳时间,也是西安大雾和路面结冰的多发时段,易导致交通事故。

2.2 交通事故与不同气象条件的关系

2.2.1 主要气象条件的综合分析

综合分析影响西安交通安全的主要气象条件有:雾或霾、降雪(积雪)、降雨、大风、高温。雾或霾影响驾驶人员视野;降雨、降雪(积雪)影响车辆制动性能,造成打滑、侧翻等严重交通事故;大风容易导致车辆侧翻,且大风可能引起扬沙、落叶等造成能见度降低;高温易使车辆爆胎、自燃,驾驶人员疲劳甚至中暑。不同季节天气差异较大,影响交通安全的气象条件也各不相同,这里首先统计了2011—2015年各季节主要气象条件的特征(表1)。西安市能见度 <10 km的雾、霾年均日数为173 d,其中 <1 km的低能见度天气年均日数为21 d,主要由雾、轻雾和雨共同影响产生不良能见度的天气,另外5 a内还有一次沙尘暴天气造成了能见度降低,这和王雯燕等的研究基本一致^[19]。秋、冬季雾、霾日数最多,分别占了全年的16%,是一年中的高发时段。降雪(积雪)主要出现在冬季,平均11 d/a。年平均降雨日数为95.4 d,夏季和秋季最多,分别占了33%和64%;冬季最少,年均5 d左右。 ≥ 17.2 m/s的大风日数则较少,5 a大风日数仅6 d,且主要发生在春季和夏季。年均 ≥ 35 °C的高温日数为21.6 d,其中95%都是出现在夏季。

统计各季节和全年主要气象条件下日均交通事故(表1)可以看到,春季,雾、霾和大风气象条

件下交通事故明显偏高,其中,大风天气下日均交通事故为9.7起,较春季多年日均交通事故7.1起增加了2.6起;其次是雾、霾天气,日均交通事故较春季多年日均交通事故增加了1.4起。夏季对交通事故影响最大的气象条件是高温,其次是大风,两者均会使交通事故增加7%~8%。秋季影响交通事故安全的主要气象条件是降雨,使交通事故增加3%。在冬季,降雨也是增加交通事故的首要原因,有雨日的交通事故较冬季多年日平均交通事故增加了50%。冬季气温低,有降雨发生时,路面容易形成结冰,冰水混杂,容易引发交通事故。从全年总体来看,降雨、大风、高温气象条件均会使交通事故增加,尤以大风影响最大,虽然全年大风日数不多,但大风天气里交通安全性最差。其次高温是交通事故增加的另一重要诱因。降雨在春、秋、冬季均会使交通事故增加,夏季降雨天气的交通事故反而减少。另外降雪(积雪)和大雾天气里,交通事故却略有降低,这可能与这些天气下车流量减少及驾驶员高度警惕有很大关系。总体来看,春、夏季交通事故明显高于秋、冬。计算不同季节里,日均交通事故与主要气象要素的相关系数,结果如表2。可见春季最小能见度与交通事故呈显著负相关,低能见度是导致春季交通事故的主要原因;夏季具有显著相关的气象要素有相对湿度、平均气温、最高气温,气温是夏季影响交通事故的首要因素;秋、冬季最小能见度与交通事故相关性较高,秋、冬季低能见度天气,交通事故较少,这与车流量减少,主观警惕性增强有很大关系;而冬季与交通事故相关性较高的气象要素则为平均气温和最低气温。

表1 2011—2015年西安市各季和全年主要气象条件下日均交通事故统计 单位:起

时间段	雾、霾	降雪(积雪)	降雨	大风	高温	平均
春季	8.5	—	7.1	9.7	—	7.1
夏季	6.7	—	6.6	7.5	7.6	7.0
秋季	6.1	—	6.8	—	—	6.6
冬季	3.7	3.0	6.0	—	—	4.0
全年	5.8	3.1	6.8	9.0	7.5	6.2

注:大风指最大风速 ≥ 17.2 m/s,高温指日最高气温 ≥ 35 °C,降雨指日雨量 ≥ 0.1 mm。

表 2 2011—2015 年西安市各季主要气象要素与日均交通事故的相关性分析

季节	最小能见度	降水量	平均相对湿度	平均风速	平均气温	最高气温	最低气温
春季	-0.25*	-0.01	0.02	-0.04	-0.01	0.01	0.01
夏季	0.09	-0.07	-0.15*	0.04	0.11*	0.11*	0.06
秋季	0.26*	-0.06	-0.02	-0.02	-0.06	-0.02	-0.03
冬季	0.22*	0.01	0.01	0.07	0.10*	0.05	0.12*

注:表中*表示显著性检验达到 0.05 显著水平。

进一步分析不同车型在不同气象条件的日均交通事故相对多年日均交通事故的变化率(表 3)。结果表明:降雨、大风、高温对小型客车的交通事故率均是正贡献,其中大风对小型客车影响最大,相比多年日均交通事故增加了 68%;和小型客车类似,降雨、大风、高温也会使货车交通事故有不同程度的增加,但不同的是,高温对货车的影响最大,高温天气下货车交通事故增加 40%;而中、大型客车仅对高温天气敏感,相比多年日均交通事故增加了 33%;对其它车型有重要影响的天气主要为大风和高温。综合来看,对于中、大型客车及货车,高温影响时出现交通事故的概率最大;而大风天气下小型客车和其它车型出现交通事故的概率最大,同时小型客车和货车还要需注意降雨天气的影响。

表 3 2011—2015 年西安市不同车型在不同气象条件日均交通事故较多年日均交通事故的变化率 %

车型	雾霾	降雪(积雪)	降雨	大风	高温
小型客车	0	-46	14	68	31
中、大型客车	0	0	0	-100	33
货车	-20	-60	10	30	40
其它车型	-17	-67	0	25	17
合计	-6	-50	10	45	21

2.2.2 能见度对交通事故的影响 图 2a 给出了日最小能见度低于不同临界值的低能见度日和低能见度雨日的日均交通事故变化曲线。由图可见,当能见度 <500 m 后,随着能见度降低,交通事故先是缓慢增加,当能见度 <100 m 时,交通事故达到高点;然后交通事故开始减少,当能见度 <50 m 时,交通事故下降到低谷,仅为每日 4 起。这是因

为驾驶员高度警惕等主观因素所致。当低能见度天气又出现降雨时,交通事故相对低能见度日有所上升。图 2b 为不同车型日最小能见度低于不同临界值的日均交通事故变化,对于小型客车和其它车型,能见度在 <200 m 和 <100 m 时容易引发交通事故,特别是其它车型在能见度 <200 m 时,交通事故明显增加,这个情况值得注意。

2.2.3 降雨对交通事故的影响 降雨对交通事故的影响是十分显著的,而不同降雨强度对交通事故的影响程度也不尽相同。将日降雨量 ≥ 0.1 mm 称雨日,其余为无雨日。研究降雨对交通事故的影响时把日降雨量分为 9 个区间:(0,1)、[1,5)、[5,10)、[10,15)、[15,20)、[20,25)、[25,30)、[30,35)、[35, $+\infty$) mm。由图 3a 分析发现,2011—2015 年西安市无雨日的交通事故较多年日均交通事故少 2%。当出现降雨时,交通事故突然升高,日降雨量在(0,1) mm 区间时影响最为显著,日均交通事故为 7.1 起,相比多年日均交通事故增加了 18%。可能是由于降雨刚出现时,雨量较小不足以引起司机重视,而地面由于干燥变潮湿,摩擦力减小,大大增加了交通事故的发生概率。虽然随着降雨量增大,交通事故开始下降,但日降雨量在 20 mm 以下时,日均交通事故仍均高于多年日均交通事故。当日降雨量增大到 30 mm 时,交通事故快速下降,在 35 mm 时达到低谷,之后又开始增加。当日降雨量达到 35 mm 以上,强降雨不仅使摩擦力降低,还使能见度明显变差,对交通事故的影响又变得显著了。由图 3b 可见,不同量级的降雨对不同车型车辆的影响也较为不同。对于小型客车,降雨量在 35 mm 以下时,交通事故较多年日均交通事故增加 11%~19%,其中日雨量在(0,1)、[10,15)、[20,25)、[25,30)等 4 个区

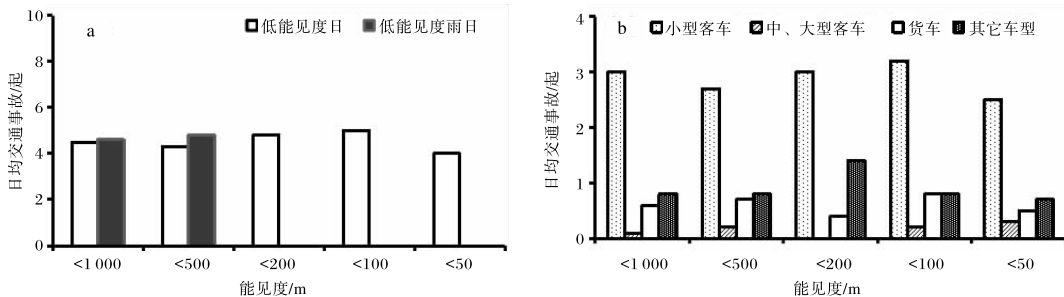


图2 2011—2015年西安市日最小能见度低于不同临界值的日均交通事故
(a 所有车型, b 不同车型)

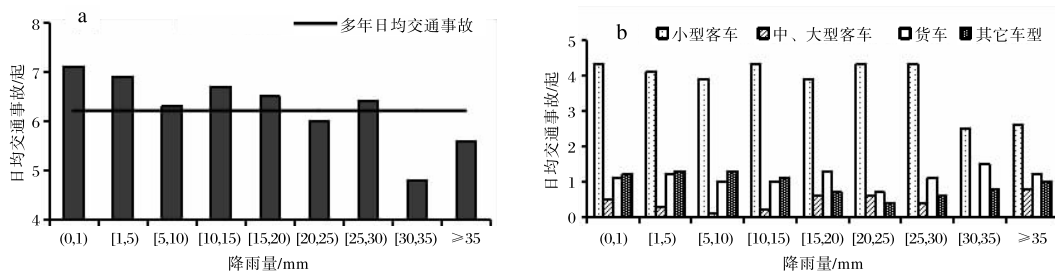


图3 2011—2015年西安市不同日降雨量区间范围的日均交通事故(a 所有车型, b 不同车型)

间范围时,日均交通事故达到最多,均为4.3起,相比多年日均交通事故增加了19%。中、大型客车日均交通事故在日降雨量 ≥ 35 mm的强降水时达到高峰;其次是日降雨量为 $[10, 15)$ mm、 $[20, 25)$ mm时影响较大。对货车影响最大的日降雨量为 $[30, 35)$ mm的大雨,相比多年日均交通事故增加50%。而日降雨量为 $[1, 5)$ mm、 $[5, 10)$ mm时,其它车型最容易出现交通事故。由上述分析可以看出,小雨天气时,小型客车和其它车型更容易受降雨天气影响出现交通事故;大雨以上天气时,中、大型客车和货车更容易受降雨影响出现交通事故。

2.2.4 气温对交通事故的影响 夏季的高温天气和冬季的低温天气对交通安全都会产生影响。图4给出了2011—2015年西安市日最高气温大

于临界值的日均交通事故变化曲线,可以看出,高温天气容易引发交通事故,当日最高气温 > 30 $^{\circ}\text{C}$ 时日均交通事故明显高于多年日均交通事故。随着气温的升高交通事故逐渐增多,当日最高气温 > 33 $^{\circ}\text{C}$ 时,日均交通事故在7.5起以上,相比多年日均交通事故增加22%以上;在 38 $^{\circ}\text{C}$ 时达到高峰,日均交通事故为9.8起。高温气象条件,不仅对车辆、路面状况有影响,还干扰司机精神状态,司机应给予重视。由图4b可见高温天气对不同车型的影响。不管对于哪种车型,高温气象条件下的交通事故均较多年日均交通事故多,且随着气温升高,交通事故整体呈增多趋势。不同的是小型客车交通事故高峰出现在 39 $^{\circ}\text{C}$ 以上的天气里,而中、大型客车、其它车型在日最高气温处于 $35\sim 38$ $^{\circ}\text{C}$ 的天气里发生的交通事故更多。

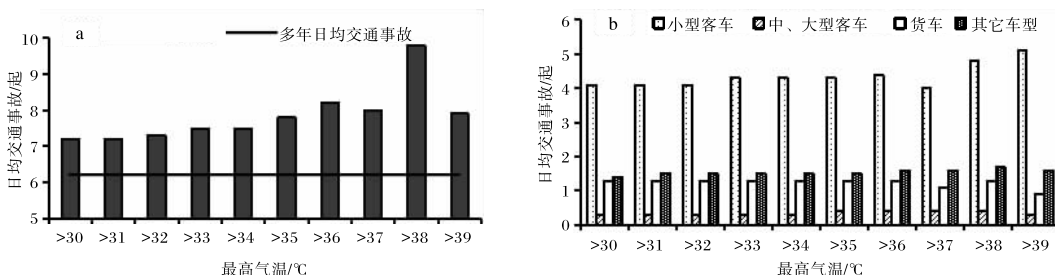


图4 2011—2015年西安市日最高气温大于临界值的日均交通事故(a 所有车型, b 不同车型)

在冷季,降雪、结冰、积雪等是影响公路交通安全最主要的天气现象,常常对城市交通运行及人民生命财产和工作生活造成严重危害。调查显示,驾驶员认为道路结冰在影响交通安全的恶劣天气中排第一。将日最低气温分为 $<4^{\circ}\text{C}$ 、 $<3^{\circ}\text{C}$ 、 $<2^{\circ}\text{C}$ 、 $<1^{\circ}\text{C}$ 、 $<0^{\circ}\text{C}$ 、 $<-1^{\circ}\text{C}$ 、 $<-2^{\circ}\text{C}$ 、 $<-3^{\circ}\text{C}$ 、 $<-4^{\circ}\text{C}$ 等进行分析,且分为低温日(日最低气温低于 4°C)和低温雨雪日(日最低气温低于 4°C 且同时有雨或雪天气出现)两种情况考虑。由图5可见:交通事故随着日最低气温的降低而减少,当日最低气温 $<3^{\circ}\text{C}$ 后,低温雨雪日的交通事故比低温日下降的更为迅速。从低温日及低温雨雪日对不同车型的影响来看(图5b、图5c),小型客车、货车、其它车型的交通事故均随着日最低气温降低减少,当日最低气温 $<1^{\circ}\text{C}$ 和 $<-2^{\circ}\text{C}$,交通事故减少较快。而中大型客车在日最低气温 $<-2^{\circ}\text{C}$ 时,交通事故反而增加13%。当日最低气温 $<4^{\circ}\text{C}$,同时有雨雪天气出现时,不管是何种车型,

交通事故均随着气温降低而呈减少趋势。不同的是小型客车的日均交通事故在日最低气温 $<2^{\circ}\text{C}$ 时,突发减少20%,之后稳定维持。中、大型客车在日最低气温 $<-4^{\circ}\text{C}$,货车在日最低气温 $<0^{\circ}\text{C}$,其它车型在日最低气温 $<-2^{\circ}\text{C}$,交通事故开始明显减少。气温越低,交通事故越少,且有降水时的交通事故反而较低。可能原因是天气状况影响人们户外活动的多少,从而决定了交通事故总量。当有雨雪天气时,人们户外活动变少,车流量相应也小,发生交通事故的次数减少。特别是当日最低气温 $<2^{\circ}\text{C}$,且有雨雪天气时,驾驶员警惕性更高,交通事故反而较少发生。

3 交通气象条件指数预报模型

通过上述分析发现,不同等级的降雨、低能见度、高温、大风、降雪等气象条件是影响城市交通事故的主要因素。综合考虑这些气象条件对交通安全的影响,交通气象条件指数 A 就可以通过以下预报模型来实现。

$$A = \sum_{i=1}^5 A_i, \quad (1)$$

式中 A_i 表示影响交通安全的主要气象条件的分指数,其中 A_1 为能见度影响分指数, A_2 为降雪或积雪影响分指数, A_3 为降雨影响分指数, A_4 为大风影响分指数, A_5 为高温影响分指数。各气象条件分指数根据影响交通安全的程度大小,并参照《公路交通行车气象指数》中的赋值方法进行取值,具体如表4。交通气象条件指数 A 最终由各分指数综合计算得出。

计算出交通气象条件指数 A 后,采用标准差分类法^[20],将交通气象条件指数分为4个等级:1级,2级,3级,4级,最终得出交通气象条件等级预报的判别标准。当 $10 \leq A < 20$ 时,表示气象条件对公路行车稍有影响,交通气象条件指数为1级; $20 \leq A < 50$ 时,表示气象条件对公路行车有较大影响,交通气象条件指数为2级; $50 \leq A < 100$ 时,表示气象条件对公路行车有很大影响,交通气象条件指数为3级; $A \geq 100$ 时,表示气象条件对公路行车有严重影响,交通气象条件指数为4级。

为了检验交通气象条件指数模型的预报效果,选取西安5次不同的天气过程进行检验,分别

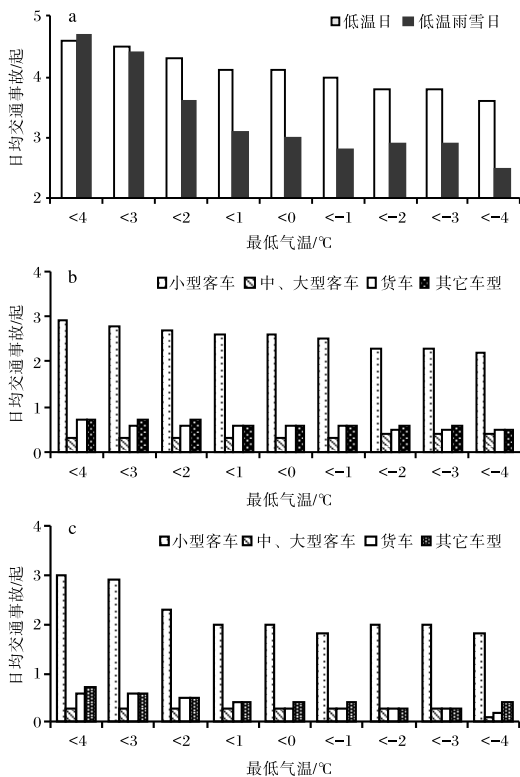


图5 2011—2015年西安市日最低气温小于临界值的日均交通事故变化(a所有车型,b不同车型在低温气象条件下,c不同车型在低温雨雪气象条件下)

表4 交通气象条件分指数取值标准

指数	能见度 L/m	降雪量 R_s/mm 或积雪 S/cm	降雨量 R/mm	风速 $F/(m/s)$	高温 $T/^\circ C$
10	$200 < L \leq 500$	$R_s < 2.5$ 或 $S < 1.0$	$0 < R \leq 10$	$8 < F \leq 13.8$	$32 < T \leq 35$
20	$100 < L \leq 200$	$2.5 \leq R_s < 5$ 或 $1.0 \leq S < 3.0$	$10 < R \leq 25$	$13.8 < F \leq 17.1$	$35 < T \leq 37$
50	$50 < L \leq 100$	$5 \leq R_s < 10$ 或 $3.0 \leq S < 5.0$	$25 < R \leq 50$	$17.1 < F \leq 20.7$	$37 < T \leq 40$
100	$L \leq 50$	$R_s \geq 10$ 或 $S \geq 5.0$	$R > 50$	$F > 20.7$	$T > 40$

是2020年1月25日大雾天气、2021年1月24日低温雨雪天气、2021年5月2日大风天气、2021年8月8日中到大雨天气、2021年7月13—15日高温天气。交通气象条件指数分别为1~2级、1~2级、1级、1~2级、2~3级,预报效果较好。运用到交通气象服务业务中,可以为公路交通安全运行提供气象保障的技术支撑。

4 结论和讨论

(1)西安交通事故具有明显的日变化和月变化。一年中4、6月交通事故最多,2月最少。一日中07—21时为交通事故相对集中时段,18—19时为交通事故高发时段。其中16—20时为小型客车交通事故高发时段;10时为中、大型客车交通事故高发时段;05—06时、19时为货车容易发生交通事故时段;18—20时为其它车型交通事故高发时段。

(2)不同季节影响交通安全的气象条件各不相同。春季雾、霾和大风气象条件下,交通事故明显偏多。夏季对交通事故影响最大的是高温,其次是大风,均会使交通事故增加7%~8%。秋、冬季影响交通安全的主要气象条件是降雨,雨日的日均交通事故分别较秋、冬季多年日均交通事故增加了3%和50%。

(3)有降雨出现时,交通事故陡然上升,日降雨量在(0,1) mm区间时影响最为显著,相比多年日均交通事故增加了18%。日最高气温 $>30^\circ C$ 时,交通事故易发且交通事故随着气温的升高而升高,在日最高气温为 $38^\circ C$ 时,达到高峰,日均交通事故为9.8起。而能见度和气温越低,交通事故越少,且低温雨雪日的交通事故反而较低,这可能与驾驶员高度警惕有关。

(4)高温天气对中、大型客车及货车影响最大,大风天气对小型客车和其它车型影响最大,此外降雨天气对小型客车和货车也影响较大。降雨发生时,小型客车和其它车型更容易受小雨天气影响出现交通事故,中、大型客车和货车更容易受大雨以上天气影响发生交通事故。小型客车交通事故高峰出现在 $39^\circ C$ 以上的天气里,而中、大型客车及其它车型在 $35\sim 38^\circ C$ 的天气里交通事故更多。

(5)本文分析了西安市不同气象条件对交通事故的影响,发现低能见度和降雪气象条件下,交通事故反而较多年日均交通事故减少,这可能与司机高度警惕的主观因素有关。交通事故的原因包括多种因素,气象条件的影响是其中一个重要因素,下一步如何将人为原因的交通事故剥离,单纯分析气象条件对交通事故的影响或许更有意义。另外受交通事故资料的年限和范围限制,更细更精确的定量指标和对应关系,还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 李嵩恂,吴昊,柳艳香,等. 我国公路低能见度灾害风险评估与区划研究[J]. 气象,2018,44(5):676-683.
- [2] 丁国香,刘承晓,周建平,等. 气象条件对安徽高速公路运营的影响[J]. 干旱气象,2018,36(5):858-863.
- [3] FUJIMOTO A, TOKUNAGA R A, KIRIISHI M, et al. A road surface freezing model using heat, water and salt balance and its validation by field experiments[J]. Cold Regions Science and Technology, 2014,106-107:1-10.

- [4] 康延臻,王式功,杨旭,等. 高速公路交通气象监测预报服务研究进展[J]. 干旱气象,2016,34(4):591-603.
- [5] 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.
- [6] 田华,吴昊,杨静,等. 公路交通决策气象服务需求分析[J]. 气象与环境科学,2018,41(4):70-76.
- [7] 王志,韩焱红,李嵩恂. 我国公路交通气象研究与业务进展[J]. 气象科技进展,2017,7(1):85-89.
- [8] 田华,王志,戴至修,等. 公路积水阻断与降雨关系的探讨[J]. 气象,2018,44(5):684-691.
- [9] 王丹,高红燕,白庆梅,等. 西安咸阳国际机场专用高速公路雾的特征及影响因子[J]. 陕西气象,2018(2):16-20.
- [10] 牛恺泽. 简析灾害天气对交通运输业的影响及对策[J]. 陕西气象,2018(5):48-49.
- [11] 曲晓黎,孟凯,赵娜,等. 恶劣天气对河北高速公路通行影响分析[J]. 气象科技,2016,44(3):447-452.
- [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] 李迅,甘璐,丁德平,等. 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.
- [14] 林毅,李倩,张凯,等. 气象条件对辽宁省高速公路交通安全的影响研究[J]. 气象与环境学报,2018,34(3):106-111.
- [15] 潘娅英,陈武. 引发公路交通事故的气象条件分析[J]. 气象科技,2006,34(6):778-782.
- [16] 贺芳芳,房国良,吴建平,等. 上海地区不良天气条件与交通事故之关系研究[J]. 应用气象学报,2004,15(1):127-128.
- [17] 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.
- [18] 赵小强,王思颖,宋瑞涛. 基于交通适应度的西安市综合交通发展趋势分析[J]. 交通科技与经济,2017,19(3):18-30.
- [19] 王雯燕,张颖梅,曹红丽,等. 西安城区大雾气候特征分析[J]. 陕西气象,2014(3):20-22.
- [20] 张宏芳,卢珊,沈姣姣,等. 陕西道路结冰时空变化特征及其风险预警模型[J]. 干旱气象,2020,38(5):878-885.