

张金满, 谭桂容, 武辉芹, 等. 灾害性天气交通事故特征及雾天公路通行预警指标体系[J]. 干旱气象, 2016, 34(2): 370-375, [ZHANG Jinman, TAN Guirong, WU Huiqin, et al. Characteristics on Highway Traffic Accidents Caused by the Disastrous Weather in Hebei and the Early-warning Indexes System of Highway Traffic Under Foggy Weather Condition[J]. Journal of Arid Meteorology, 2016, 34(2): 370-375], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2016)-02-0370

灾害性天气交通事故特征及雾天 公路通行预警指标体系

张金满^{1,2}, 谭桂容¹, 武辉芹², 张彦恒², 张 娣²

(1. 南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 气象灾害教育部重点实验室,
江苏 南京 210044; 2. 河北省气象服务中心, 河北 石家庄 050021)

摘 要: 利用 2008~2012 年河北省高速公路交通事故资料和交通气象自动站、气象站观测资料, 统计分析了高速交通事故的日、月及年变化特征及其与雨、雪、雾等灾害性天气的关系。在此基础上, 基于气象、路网、交通和地形等因素, 采用专家评分法和指标权重法, 构建河北省雾天高速公路通行预警指标体系, 并结合 2013~2014 年京沪、黄石高速河北段案例, 对预警指标体系进行检验。结果表明: 河北省高速公路交通事故年发生频次变化较大, 总体呈下降趋势; 每日 00~05 时为高速交通事故高发时段, 12 时、16 时为次高峰; 夏季是高速交通事故多发季节 (30.2%), 冬季最少 (20.2%)。其中, 7 月交通事故最多, 5 月、6 月、8 月次之。5~9 月、9 月至翌年 3 月、12 月至翌年 2 月, 分别是河北雨、雾、雪等灾害性天气高速交通事故多发期, 每日 06~08 时是雾天高速交通事故高发时段。2013~2014 年试预报检验京沪、黄石高速通行预警级别准确率分别为 84%、75.9%, 精度较高, 该指标体系可为河北省交通气象服务及防灾减灾提供一定参考。

关键词: 灾害性天气; 交通事故; 预警指标; 气象服务

文章编号: 1006-7639(2016)-02-0370-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2016)-02-0370

中图分类号: U491.31

文献标识码: A

引 言

随着社会经济的迅猛发展, 交通运输在我国社会经济发展中的角色越来越重。高速公路因其运速快、效率高, 在运输业中起到举足轻重的作用。然而, 高速公路安全运营受气象环境的影响, 低能见度、暴雨、高温、冰雪等灾害性天气及其衍生灾害的日益增多, 经常导致一些重特大交通事故。近年来, 我国高速公路交通事故死亡人数平均每年约 12 万人, 其中近 70% 是由灾害性天气造成的。因此, 分析灾害性天气引发的高速交通事故成因, 提高交通气象服务质量对保障高速公路运输系统的安全、效率以及经济效益有重要意义。

灾害性天气条件下公路交通事故频发, 单位时间内灾害性天气引发的交通事故次数是晴天的好几

倍甚至几十倍, 且多为重大和恶性事故^[1]。气候变化引发的极端天气给交通行业带来较大的负面影响^[2-4], 为了应对灾害性天气对交通运输的不良影响, 许多学者开展了相关研究^[5-12], 大多集中在暴雨、暴雪、冰冻、高温、雾霾等灾害性天气对公路交通安全影响研究, 相应地提出了不同灾害性天气下公路安全运行的预报预警指标、方法及应对措施。由于灾害性天气受地形影响明显, 并具有突发性, 因此在交通气象预报服务中, 灾害性天气预报预警一直是难点, 尤其是大雾的生成时间及其浓度、暴雨(雪)的定量和定点预报等。

河北省东临渤海、内环京津, 其地理位置的特殊性对全国交通信息化发展意义重大。受地理位置和地形地貌影响, 河北省天气复杂, 夏季多雷雨、暴雨、高温等天气, 秋季多雾天气, 因灾害性天气引发的交

收稿日期: 2015-04-29; 改回日期: 2015-05-14

基金项目: 河北省科技厅项目“灾害性天气条件下高速公路通行管理技术研究”(12275405)和河北省科研项目“恶劣天气行业气象服务信息库及服务规范研究”(12ky21)共同资助

作者简介: 张金满(1977-), 男, 工程师, 主要从事专业气象服务研究。E-mail: zzzjm2046@126.com

通拥堵和安全事故是困扰河北省公安、交通等部门的主要问题之一。据统计,河北中南部平原地区的高速公路大范围雾日年平均为 32 d,持续性雾日最长可达 13 d,而团雾是诱发该省交通事故最多的灾害性天气。因此,分析该省交通事故发生规律,探寻影响公路交通气象的主要灾害类型与交通事故的关系,保障交通安全运营意义重大。

1 资 料

气象数据采用河北省气象部门 2008 年 1 月至 2012 年 12 月逐分钟交通气象观测站、气象站观测的能见度资料和气象台发布的预警信息,以及由河北省高速交警总队提供的同期高速公路交通事故(是指出现人员伤亡的高速交通事故)资料。

2 结果与分析

2.1 高速公路交通事故的时间变化特征

经统计,2008~2012 年,河北省高速公路共发生伤亡交通事故 1 627 次,死亡 1 353 人,受伤 2 351 人,经济损失共 9 620 万元。其中,由灾害性天气引发的交通事故 251 次,死亡 208 人,受伤 400 人,经济损失 1 712 万元。

图 1 是 2008~2012 年河北省高速公路交通事故占总交通事故百分比的日、月、年变化,由图 1a 可以看出,每日各时次都有事故发生,且事故发生量日变化明显,白天少、夜间多。其中夜间 20 时以后事故量逐渐上升,早晨 05 时后明显下降,事故高发时段为 00~05 时,12 时、16 时为次高峰。

由图 1b 可知,河北高速公路交通事故一年各月均有发生,7 月事故发生量最多,5 月、6 月、8 月次之,12 月最少。就季节而言,春季(3~5 月)交通事故占全年总数的 26.9%,夏季(6~8 月)占 30.2%,秋季(9~11 月)占 22.6%,冬季(12 月至次年 2 月)占 20.2%。可见夏季是高速交通事故发生最多的季节,冬季最少。夏季大气运动活跃,易出现突发性灾害性天气,而冬季大气运动较稳定,突发性灾害性天气较少。

由图 1c 可见,2008~2012 年河北省高速公路交通事故的年际变化较大,总体呈下降趋势,2009 年交通事故比 2008 年略微上升了 0.8%,而 2009~2011 持续快速下降,2012 年略有回升。

2.2 高速交通事故与灾害性天气的关系

经统计(表 1),2008~2012 年河北高速公路由气象原因造成的交通事故占总事故的 25.7%,其中雾、雨和雪是造成交通事故的主要气象因子,分别占

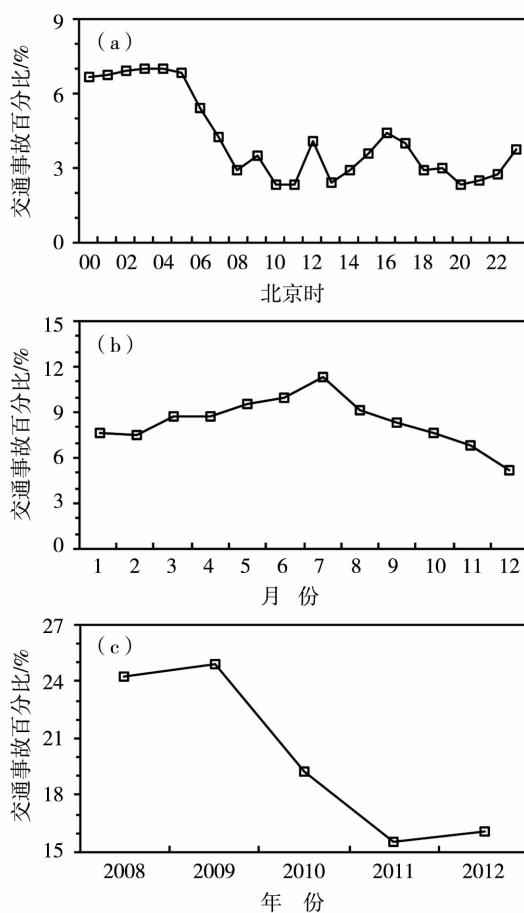


图 1 2008~2012 年河北省高速公路交通事故百分比的日(a)、月(b)、年(c)变化

Fig. 1 The daily (a), monthly (b) and annual (c) changes of traffic accident ratio in highway of Hebei Province during 2008-2012

表 1 2008~2012 年河北省高速公路不同天气条件下的交通事故百分比

Tab. 1 The percentages of highway traffic accidents under different weather conditions during 2008-2012 in Hebei

	事故次数 /%	死亡人数 /%	受伤人数 /%	财产损失 /%
雾	8.2	8.2	8.7	10.8
雨	5.3	5.4	6.2	5.6
雪	1.9	1.8	2.1	1.4
阴	10.3	10.4	10.3	9.8
晴	74.3	74.2	72.7	72.4

总交通事故的 8.2%、5.3%、1.9%,三者占气象因子所致交通事故的 60%。

2.2.1 大雾对交通事故的影响

雾天能见度下降,妨碍驾驶员的视觉^[13]。特别

是团雾天气,驾驶员的视力下降更多、更突然,严重影响其观察和判断力,更易引发交通事故。由表 1 可见,雾天交通事故发生的频次最高。为弄清大雾对河北高速公路交通事故的影响,对其发生时间进行较为细致的统计。从图 2a 可看出,9 月至翌年 3 月是河北高速公路大雾交通事故多发月,占全年的 76.3%,是河北省大雾交通气象服务关键期,其中 10 月大雾交通事故比例最高为 18.4%,11 月次之,为 13.0%。从图 2b 中可看到,雾天每日各时次均有

交通事故发生,事故发生率呈现明显的“单峰型”日变化特征,凌晨 04 时后事故发生率快速上升,至 06 时达到最大,而后缓慢下降,至 08 时后快速下降。其中 06~08 时占雾天交通事故的 61.0%,远高于其他时次,是雾天交通事故高发时段,这与河北省高速公路总交通事故高发时段 00~05 时不同,可能原因主要是河北省大雾天气一般出现在后半夜,早晨得到加强,太阳升起后,随着气温的升高,大雾消散。雾天交通事故的高发时段与大雾演变规律相一致。

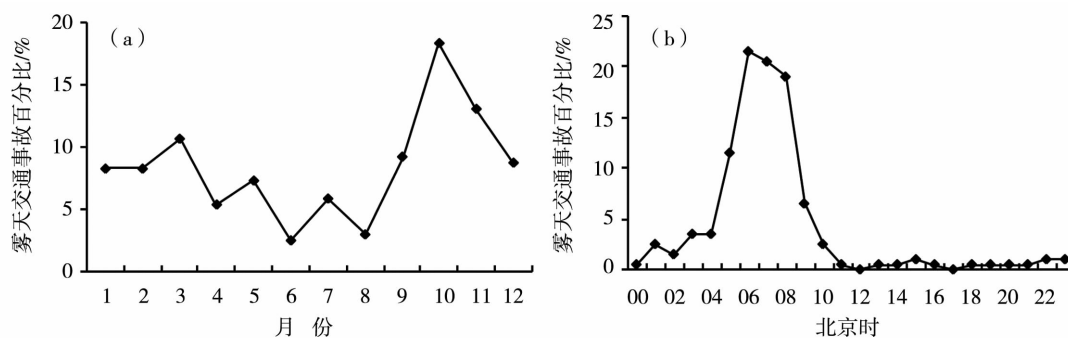


图 2 2018~2012 年河北省高速公路雾天发生交通事故比例的月(a)及日(b)变化

Fig. 2 Monthly (a) and daily (b) change of highway traffic accident percentages under the fog weather condition in Hebei during 2008-2012

2.2.2 降雨对交通事故的影响

降雨是影响公路路况最频繁的气象因素,降水不仅引起路面附着系数降低,易发生车辆侧滑和控制失灵,还会使能见度降低,引起司机视线模糊,导致车祸^[14]。图 3 给出河北省高速公路雨天、雪天交通事故比例的月变化。可以看出,雨天交通事故比例的月变化特征明显,8 月是雨天交通事故多发月,5~7 月和 9 月次之,占全年的 76.0%,故 5~9 月可作为河北省降雨高速交通气象服务关键期。就季节

而言,春季雨天交通事故占全年雨天交通事故总数的 27.8%,夏季占 48.9%,秋季占 18.9%,冬季比例最少,仅占 4.6%。可见,夏季是降雨引发交通事故最多的季节。这与河北气候特点密切相关,即夏季降雨量偏多,占年降水量的 65%~75%,冬季降水量偏少,仅占全年的 2%左右,且降水多以降雪为主。

2.2.3 降雪对交通事故的影响

降雪不仅使能见度降低,同时冰雪附着的路面易引发车轮侧滑、尾部失控,从而导致事故发生。另外,在雪后的晴天,积雪引起的雪盲现象还会使驾驶员视力下降,成为安全行车的潜在危险^[15]。冬季降雪天气中,50%以上的交通事故直接或间接与降雪天气有关^[16]。由图 3 可知,河北雪天交通事故主要集中在冬季,占全年雪天交通事故总数的 71.5%,春季 3 月占全年总数的 12.2%,秋季 10~11 月占 16.3%。从事故月份分布来看,1 月、2 月降雪交通事故最多,是河北降雪高速交通气象服务关键期。据河北省气候特点,张家口、承德北部坝上地区 10 月开始出现降雪,而中南部平原地区一般在 11 月出现降雪,到翌年 3 月伴随气温升高,降雪结束。交通事故高发时段与降雪出现时段一致。

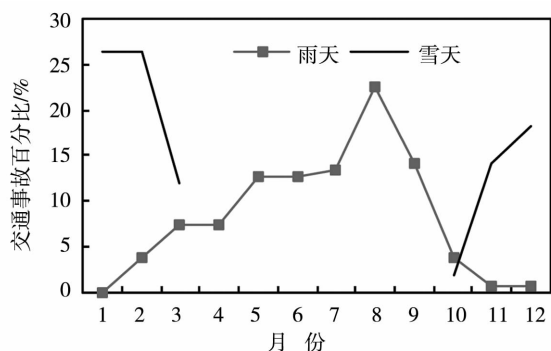


图 3 2008~2012 年河北高速公路雨、雪天交通事故比例的月变化

Fig. 3 Monthly change of highway traffic accident percentages caused by the rain or snow weathers in Hebei during 2008-2012

2.3 雾天高速公路通行预警指标

2.3.1 预警指标建立

雾天交通事故发生的频次最高,故而以雾

天为例,开展雾天高速公路通行预警的研究。一次大雾天气过程对高速公路通行的影响与大雾的强度及范围、公路交通流量、公路地形等要素有关,同等强度的大雾天气过程对车流量密集路段的影响明显高于车流量稀疏路段。因

此,本文参考雪灾预警等级指数标准^[17]和高速公路效果评价体系^[18],建立基于气象、路网、交通和地形等因素的河北省雾天高速公路通行预警指标体系。

雾天高速公路通行预警指标 V 定义为:

$$V = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 (a_i A_{ij} + b_i B_{ij}) + \sum_{j=1}^3 c_j C_{1j} + \sum_{j=1}^2 d_j D_{1j} \quad (1)$$

其中:

(1) V 为雾天高速公路通行条件预警综合指标;

(2) A_{ij} 为雾情描述,依据可能或已出现雾的预警级别或能见度大小判断取值,分为 A_{11} 、 A_{12} 、 A_{13} 3 类,分别对应大雾红色、橙色和黄色预警信号或者能见度 $>50\text{ m}$ 、 $200\text{ m} > \text{能见度} \geq 50\text{ m}$ 和 $500\text{ m} > \text{能见度} \geq 200\text{ m}$; A_{2j} 为影响范围,依据大雾同时影响高速公路经过的县市数量判断取值,分为 A_{21} 、 A_{22} 、 A_{23} 3 类,分别以影响县市总数的 $3/4$ 、 $1/2$ 为界取值;

(3) B_{ij} 为路网密度,依据每一百平方公里范围内技术等级为二级及以上高速公路的密集程度计算取值,按照 100% 、 60% 、 30% 分为 3 类,分别为 B_{11} 、 B_{12} 、 B_{13} ,其中,河北省境内张家口、承德市取 60% ,其他地市取 100% ,路网密度指标在各等级的阈值界定分别为 $B_1 \geq 11.34$ 、 $4.33 \leq B_1 < 11.34$ 和 $B_1 < 4.33$; B_{2j} 为路网影响程度,指影响区域内不同等级公路受影响的综合比例,按 $4:3:3$ 分为 3 类,分别为 B_{21} 、 B_{22} 、 B_{23} ,路网影响程度指标在各等级的阈值界定分别为 $0.6 \leq B_2 < 1$ 、 $0.3 \leq B_2 < 0.6$ 和 $0 \leq B_2 < 0.3$;

(4) C_{1j} 为拥挤度,依据路网实际交通量与适应交通量之比,根据《2009 年国家干线公路交通情况分析报告》河北省国家高速公路拥挤度 C_1 为 0.363 ,其他高速公路为 0.281 ,国道为 0.663 ,一般国道是 0.741 ;全国公路 C_1 范围为 $0 \sim 1.043$,按 $4:3:3$ 分为 3 类,分别为 C_{11} 、 C_{12} 、 C_{13} 。拥挤度指标在各等级的阈值界定分别为 $0.6 \leq C_1 < 1.043$ 、 $0.3 \leq C_1 < 0.6$ 和 $0 \leq C_1 < 0.3$;

(5) D_{1j} 为地形特征,分为山岭重丘 D_{11} 和平原微丘 D_{12} 2 类;

(6) a_i 、 b_i 、 c_i 、 d_i 为指标权重。

通过分析河北省 2010 ~ 2012 年 28 次大雾个例,采用专家评判法对雾天高速公路通行条件预警各项指标赋值、赋权重,将其均值作为河北省雾天公路通行预警指标的权重系数和指标(表 2)。同时根据大雾情况及其影响范围,结合路网、交通和地形因素,将河北省雾天高速公路通行条件预警级别按由弱到强分为 3 个等级:当 $0 < V \leq 4$ 时,为大雾黄色预警; $4 < V \leq 7$ 时,为大雾橙色预警; $7 < V \leq 10$ 时,为大雾红色预警。

表 2 河北省雾天高速公路通行预警指标的权重及指标值

Tab. 2 The value of highway early-warning indexes and their weights in Hebei Province

指标权重	a_1	0.509	a_2	0.164	b_1	0.03	b_2	0.125	c_1	0.06	d_1	0.112
	A_{11}	10	A_{21}	10	B_{11}	10	B_{21}	10	C_{11}	10	D_{11}	10
指标值	A_{12}	6	A_{22}	6	B_{12}	6	B_{22}	6	C_{12}	6	D_{12}	6
	A_{13}	3	A_{23}	3	B_{13}	3	B_{23}	3	C_{13}	3		

2.3.2 预警指标检验

为验证预警指标的预测效果,选取 2013 ~ 2014 年河北省境内的京沪、黄石高速雾天案例,代入雾天高速公路通行预警指标进行检验。以实际预警级别与预测预警级别差值 ΔL 作为判别依据,结果见表 3。可以看出,京沪高速 25 个检验样本中,雾天公路通行预警级别预测值与实际值一致的样本数有 21 个,占总样本数的 84% , $|\Delta L| = 1$ 的样本数有 3 个,占总样本数的 12% , $|\Delta L| > 1$ 的样本数有 1

个,占总样本数的 4% ;黄石高速 29 个检验样本中,雾天公路通行预警级别预测值与实际值一致的样本数有 22 个,占总样本数的 75.9% , $|\Delta L| = 1$ 的样本数有 5 个,占总样本数的 17.2% , $|\Delta L| > 1$ 的样本数有 2 个,占总样本数的 6.9% 。另外分析发现,在 $|\Delta L| = 1$ 、 $|\Delta L| > 1$ 中,无论是京沪还是黄石高速都是预测值高于实际值,其中在 $|\Delta L| > 1$ 中,京沪、黄石高速的预测值比实际值高 2 级,占总样本的 5.6% ,可避免因预警级别低、

准备不充分而产生损失。经检验,京沪、黄石高速公路雾天通行预警级别预测值与实际值误差 1 以内的占 93% 以上,预测效果较好,对河北省交通行业雾天气象服务及防灾减灾有指导意义。

表 3 2013~2014 年京沪、黄石高速公路
河北段雾天通行预警指标检验

Tab. 3 The test of early - warning index for Hebei section
of Beijing - Shanghai and Huanhua - Shijiazhuang
highway in foggy days during 2013 - 2014

高速名称	样本数	$ \Delta L = 0$	$ \Delta L = 1$	$ \Delta L > 1$
京沪高速	25	21	3	1
黄石高速	29	22	5	2

3 结 论

(1)河北高速公路交通事故存在明显的日、月、年际变化。每日 00~05 时为河北高速公路交通事故高发时段,12 时、16 时为次高峰;7 月是高速公路事故多发月,6 月、5 月、8 月次之;夏季是高速公路事故多发季节(30.2%),冬季最少(20.2%);2008~2012 年高速公路事故年发生频次变化较大,总体呈下降趋势。

(2)河北省雾、雨、雪等灾害性天气下发生的高速公路交通事故占总数的 15.4%,5~9 月、9 月至翌年 3 月、12 月至翌年 2 月,分别是河北雨、雾、雪等灾害性天气高速公路事故多发期;每日 06~08 时为大雾事故的高发时段,占全天的 61.0%,可确定为大雾高速交通气象服务关键期。

(3)基于气象、路网、交通和地形因素建立了河北省雾天高速公路通行预警指标体系,其预警级别由弱到强分为 3 个等级;2013~2014 年的试预报检验京沪、黄石高速河北段预警级别准确率分别为 84%、75.9%,与实际预警级别误差在 1 以内的分别为 96%、93.1%,预测效果较好,此预警指标可用于

雾天高速交通气象业务服务。

参考文献:

- [1] 柳本民,张丽君. 不良天气环境下高速公路运营安全与管理[J]. 交通工程,2006,(1):55-59.
- [2] 钱莉,安颖颖,赵德强. 乌鞘岭高速公路路段多发交通事故的气象条件分析[J]. 干旱气象,2014,32(2):286-291.
- [3] 吴彦,陈春艳,路光辉. 沿天山高速公路冰雪灾害分析及其对交通安全的影响[J]. 沙漠与绿洲气象,2013,7(5):66-70.
- [4] 孙霞,俞海洋,孙斌,等. 河北省主要气象灾害时空变化的统计分析[J]. 干旱气象,2014,32(3):388-392.
- [5] 陈而廉,吕平,林开平,等. 广西暴雨分布特征及其对高速公路交通安全的影响[J]. 气象研究与应用,2012,33(2):63-71.
- [6] 吴建军,袁成松,周曾奎,等. 短时强降雨对能见度的影响[J]. 气象科学,2010,30(2):274-278.
- [7] 吉廷艳,胡跃文,唐延,等. 贵州高等级公路气象特征及预报[J]. 气象科学,2011,31(2):223-227.
- [8] 田华,吴昊,赵琳娜,等. 沪宁高速公路路面温度变化特征及统计模型[J]. 应用气象学报,2009,20(6):737-744.
- [9] 武辉芹,马翠平,杨荣芳,等. 河北省高速公路路面温度变化特征及预报模型[J]. 干旱气象,2014,32(4):665-670.
- [10] 何金梅,王冬梅,李晓霞,等. 甘肃省高等级公路沿线大雾天气气候特征及其预报服务[J]. 干旱气象,2006,24(1):48-52.
- [11] 周伟灿,魏伟. 基于灰色关联度法的雾灾损失评估模型研究[J]. 气象与环境学报,2010,26(1):17-20.
- [12] 王炜,卢雪翠,解以扬. 雾的标准化危险性指数计算方法及其应用[J]. 气象与环境学报,2010,26(1):13-15.
- [13] 田小毅,吴建军,严明良,等. 高速公路低能见度浓雾监测预报中的几点新进展[J]. 气象科学,2009,29(3):414-420.
- [14] 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.
- [15] 王喆. 高速公路灾害性天气研究[J]. 交通标准化,2007,1:104-108.
- [16] 王磊. 不利气象对高速公路运营安全影响及对策[J]. 科技信息,2011,(33):478.
- [17] 刘兴元,梁天刚,郭正钢,等. 北疆牧区雪灾预警与风险评估办法[J]. 应用生态学报,2008,19(1):133-138.
- [18] 支晓伶,李绪龙,李长城,等. 高速公路紧急事件管理系统实施效果评价[J]. 公路交通科技,2010,27(11):138-142.

Characteristics on Highway Traffic Accidents Caused by the Disastrous Weather in Hebei and the Early – warning Indexes System of Highway Traffic Under Foggy Weather Condition

ZHANG Jinman^{1,2}, TAN Guirong¹, WU Huiqin², ZHANG Yanheng², ZHANG Di²

(1. Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Key Laboratory of Meteorological Disasters of the Education Ministry, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2. Hebei Provincial Meteorological Service and Technology Center, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: Based on the highway traffic accidents data and the meteorological observations from the traffic automatic meteorological stations and weather stations during 2008 – 2012 in Hebei Province, the diurnal, monthly and annual variation characteristics of traffic accidents percentages and their relationship with the disastrous weather such as rainy, snowy and foggy weather were analyzed. Then considered the meteorology, road network, traffics and terrain factors, the early warning indexes system of highway traffic under foggy weather condition in Hebei Province was established by using the experts marking and index weight methods. And combined with the traffic accidents in Hebei of Beijing – Shanghai and Huanghua – Shijiazhuang highways during 2013 – 2014, the warning indexes system was tested. Results showed that the annual frequency of highway traffic accidents in Hebei Province had large change during 2008 – 2012, and it appeared a downward trend in the whole. The daily change of traffic accidents was obvious, and the frequency of traffic accidents from 00:00 to 08:00 was the most, followed by 11:00 and 16:00. The monthly frequency of traffic accidents displayed a single peak change, in July it was highest, followed by June, May and August, while in December it was lowest, therefore the traffic accidents in summer was the most, the percentage was 30.2%, and in winter it was the least, the percentage was 20.2%. The traffic accidents caused by disastrous rainy, foggy and snowy weather frequently occurred from May to September, September to the next March and December to the next February, respectively. And the traffic accidents under foggy weather condition often occurred from 06:00 to 08:00. The accuracy rates of the operational warning in Hebei section of Beijing – Shanghai and Huanghua – Shijiazhuang highways during 2013 – 2014 were respectively 84% and 75.9%, which was higher. The early warning indexes system could provide reference to traffic weather service and disaster prevention and mitigation in Hebei Province.

Key words: disastrous weather; traffic accident; warning index; weather service

关于《干旱气象》主办单位与出版单位的声明

《干旱气象》原由中国气象局主管,甘肃省气象局主办,编辑部出版发行。考虑到期刊依托科研院所主办更具优势,《干旱气象》主办单位从2003年起为中国气象局兰州干旱气象研究所、中国气象学会干旱气象学委员会,但未办理相关变更手续。2014年起《干旱气象》出版单位由“《干旱气象》编辑部”变更为“科学出版社”。因主办单位及出版单位变更的相关手续正在办理中,且考虑到期刊年检问题,本期《干旱气象》主办单位与出版单位暂改为“甘肃省气象局”与“《干旱气象》编辑部”。

特此声明