

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^{*}

丁德平, 李 迅, 张德山, 张庆林, 甘 璐, 杨树林

(北京市气象局, 北京 100089)

摘 要: 通过整理 G2 京津塘高速公路 3 年(2007 年 3 月至 2010 年 2 月)逐日逐时万辆车流的交通事故灾害和交通流量及气象要素资料, 并将万辆车流的交通事故灾害(交通事故灾害与交通流量之商)与同步气象综合指数进行日变化相关分析; 结果表明: 平均万辆车流的交通事故灾害的日变化最高峰出现在 05 时, 年平均高峰值高达 $2.34 \text{ 起} \cdot \text{辆}^{-1} \cdot 10^{-4}$; 年度、春季、夏季、秋季和冬季的平均万辆车流的交通事故灾害与同步气象综合指数均呈正抛物线的偏右侧相关, 即万辆车流的交通事故灾害随气象综合指数的加大而增多; 统计学检验($R > R_{\alpha=0.01}$ 和 $F > F_{\alpha=0.01}$)效果很好。四个季节的万辆车流的交通事故灾害与气象综合指数相关的系数高达 $0.7781 \sim 0.8537$ 。为了更好地将自动气象监测信息服务于高速公路交通安全, 在分析成果的基础上设计出了高速公路万辆车流的交通事故灾害的气象综合指数风险等级指标, 以期在高速公路交通安全提供客观的科学依据。

关键词: 交通工程; 气象综合指数; 相关分析; 京津塘高速公路; 交通事故灾害

中图分类号: P49; x43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2012)03-0107-04

0 引言

随着我国社会经济的快速发展, 高速公路对国民经济建设和国家安全的影响日益重要。G2 京津塘高速公路横跨一省两市, 是京、津、冀重要交通枢纽之一, 它在京、津的经济发展格局和提高人们生活质量方面发挥着不可估量的重要作用。引发高速公路交通安全事故的原因也呈现多元化^[1-2]。恶劣气象条件对交通运输质量和安全的影响也受到全社会的广泛关注^[3-6]。尤其是因雾、强降水等引起的低能见度天气对交通的影响更大^[7-11]。罗慧等^[12]以西安地区为例考虑气象要素在不同时段的不同影响, 并建立合理有效的公路气象预警模型, 其研究指出影响西安地区公路交通事故灾害相关因素依次为: 能见度、相对湿度和降水; 而在秋冬半年(10 月至次年 3 月), 依次为温度、能见度、降水。张青珍等^[13]利用代表濮阳市公路交通状况的南乐县、范县、濮阳县公路交通事故灾害资料和气象资料, 分析了濮阳市公路交通事故灾害发生的一般规律及其与气象条件的关系, 以及几种主要气象要素对公路交通的影响。杨谨菲等^[14]研究了太阳黑子的周期性活动和交通事故的相关性, 指出太阳活动通过作用于天气和人体生理的作用来间接影响交通事故的发生。尽管很多学者从气候方面进行了大量的交通事故灾害与气象

因子的统计分析, 但从事高速公路万辆车流的交通事故灾害与气象综合指数的日变化分析目前尚未发现。本文通过研究 G2 京津塘高速公路万辆车流的交通事故灾害的日变化与气象综合指数的相关性, 客观、科学地设计出万辆车流的交通事故灾害的气象综合指数风险等级指标, 对及时提醒在高速公路行驶的司机朋友降低万辆车流的交通事故灾害出现概率将起到重要的科学指导意义。

1 研究对象

1.1 万辆车流的交通事故灾害和气象观测资料

整理了 2007 年 3 月 1 日至 2010 年 2 月 28 日期间的交通事故灾害和交通流量及气象观测资料, 连续样本数均为 $1\,096 \text{ d} \times 24 \text{ h} = 26\,304$ 个。其中 G2 京津塘高速公路(北京、天津、河北 3 段全程 142.69 km)逐时出现的交通事故灾害次数, 资料完整; G2 京津塘高速公路三个桩号的交通流量数据“Vd01(k1+500)距北京四环路东南角十八里店 1.50 km、Vd27(k55+660)距北京四环路东南角十八里店 55.66 km、Vd24(k134+130)距北京四环路东南角十八里店 134.13 km”, 实际每个桩号平均缺少 336 h 的数据; 北京市气象台、廊坊市气象台、塘沽市气象台逐日自动气象要素: 即逐日逐时的气温、相对湿度、露点温度、本站大气压、平均风速、和降水量, 三个站的气象要素的资料

^{*} 收稿日期: 2011-11-09 修回日期: 2012-01-04

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划课题“国家高速公路安全和服务技术开发与工程应用示范”(2009BAG13A03); 交通运输高影响天气预警技术研究(GYHY200906027); 道路天气预警服务、对策与气象服务效益评估(201006033)

作者简介: 丁德平(1963-), 女, 北京人, 教授级高级工程师, 从事专业气象服务。E-mail: zytdp@vip.sina.com

完整; G2 京津塘高速公路的大羊坊北桥、京津塘 23 km、京津塘 41 km 道面自动气象站的逐时气温、降水量、积雪深度、相对湿度、能见度和风向风速气象要素, 每个道面气象站平均缺少 480 h 的数据。

1.2 万辆车流的交通事故灾害的定义

在高速公路上行驶的机动车辆, 因为路况、天气、车辆机械、驾驶员身体等种种因素出现的轻微事故、一般事故、重大事故、特大事故统称为交通事故灾害。通过设置在高速公路上桩号, 读取断面交通量双向日报统计数据(大车流量加小车流量)称为交通流量。交通事故灾害 ÷ 交通流量 × 10 000 = 壹万辆车流量所发生的交通事故灾害起数(因为逐时交通流量最大可超过万辆, 而逐时交通事故灾害最多十几起, 两者之商数字很小, 故采用乘以 10 000 来计算), 简称为万辆车流的交通事故灾害(单位为: 起 · 辆⁻¹ · 10⁻⁴)。

1.3 万辆车流的交通事故灾害和气象要素的统计方法

为了探讨万辆车流的交通事故灾害的日变化特点与气象要素日变化的关系, 本文分别用式(1)和式(2)来统计 3 年的逐时万辆车流的交通事故灾害和气象要素的平均数值。

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{ij}, \quad (1)$$

式中: \bar{Y}_i 为万辆车流的交通事故灾害的逐时平均数值; y_{ij} 为某日某时的万辆车流的交通事故灾害数值; $i = 1, 2, 3, \dots, 24$ (i 为每日的时间序列数); $j = 1, 2, 3, \dots, n$ (n 分别为 3 个年度、春季、夏季、秋季、冬季的总数日数; 遇到某时缺少交通流量的数据, 自动减少样本计算)。

$$\bar{X}_{ip} = \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{n} \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ipjk}, \quad (2)$$

式中: \bar{X}_{ip} 为各气象要素的逐时平均数值; i, j 与式(1)相同, $p = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ (选择气象要素的数量); $k = 1, 2, 3$ ($m = 3$, 观象台和气象台的个数)。

由式(1)统计出 G2 京津塘高速公路全程的年度、春季、夏季、秋季、冬季的逐时平均万辆车流的交通事故灾害数值; 由式(2)统计出北京市观象台、廊坊市气象台、塘沽市气象台的年度、春季、夏季、秋季、冬季各气象要素的逐时平均数值, 即: 统计各气象要素的 3 个气象台的平均数值代表 G2 京津塘高速公路全程平均气象要素(同理, 大羊坊北桥、京津塘 23 km、京津塘 41 km 道面自动气象站气象要素的四季和年度平均值, 当遇到某时缺测数据, 仍按自动减少样本计算)。

2 万辆车流的交通事故灾害的日变化分析

2.1 万辆车流的交通事故灾害的日变化

万辆车流的交通事故灾害的日变化是否具有

一定的特征可循? 通过年度、春、夏、秋、冬的平均万辆车流的交通事故灾害的日变化曲线便可一目了然, 见图 1。

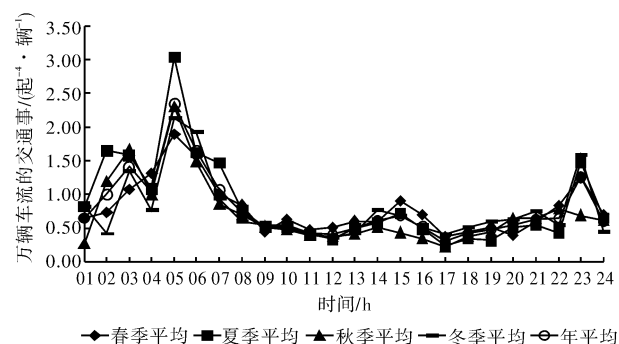


图 1 年度、春、夏、秋、冬的平均万辆车流的交通事故灾害的日变化曲线图

从图 1 可以直观的看出, 年度、春、夏、秋、冬的平均万辆车流的交通事故灾害的日变化最高峰值出现在 05 时, 次峰值分别出现在 02 - 03 时和 23 时。夏季平均万辆车流的交通事故灾害的峰值最大, 高达 3.04 起 · 辆⁻¹ · 10⁻⁴, 春季平均万辆车流的交通事故灾害的峰值最小, 为 1.90 起 · 辆⁻¹ · 10⁻⁴; 在 05 - 12 时的时间段内, 各季节的平均万辆车流的交通事故灾害随时间迅速递减, 平均递减量为 0.255 9 起 · 辆⁻¹ · 10⁻⁴ · h⁻¹。这种特征对于提高高速公路管理水平将有重要的参考价值。

2.2 建立影响万辆车流的交通事故灾害的气象综合指数

万辆车流的交通事故灾害的日变化特征与气象要素是否有关联? 应用式(1)和式(2)的统计结果, 分别将四季和年平均的逐时万辆车流的交通事故灾害与同步的各气象要素进行相关分析, 发现诸气象要素与万辆车流的交通事故灾害均存在着比较密切的关系, 其中尤以水平能见度、降水量、相对湿度与万辆车流的交通事故灾害的关系最为密切。其中相对湿度和降水量与万辆车流的交通事故灾害呈正相关, 能见度与万辆车流的交通事故灾害呈反相关。为了精简论述气象要素与万辆车流的交通事故灾害的关系(分别论述图文内容繁多); 为此, 建立经验公式^[14], 建立相对湿度、降水量和能见度的气象综合指数:

$$MCI = \frac{100HR}{N}. \quad (3)$$

式中: MCI 为气象综合指数; H 为四季和年度的逐时平均相对湿度; R 为四季和年度的逐时平均降水量; N 为四季和年度的逐时平均能见度。由此, MCI 的日变化趋势与万辆车流的交通事故灾害的日变化趋势一致, 为深入分析万辆车流的交通事故灾害日变化与同步气象要素日变化的关系开阔了思路。

3 万辆车流交通事故灾害的日变化与气象综合指数的相关分析

应用统计学的方法^[15]量化年度、春季、夏季、秋季和冬季的万辆车流的交通事故灾害与同步气象综合指数的日变化的相关程度是简便易行的。现以年度为例,进行万辆车流的交通事故灾害与同步气象综合指数的日变化的相关程度的分析。

3.1 年度万辆车流交通事故灾害与气象要素的相关分析

年度逐时平均万辆车流的交通事故灾害与同步气象综合指数的日变化的相关程度(图2)。

图2中反映了年平均逐时万辆车流的交通事故灾害与同步气象综合指数呈抛物线相关。当气象综合指数为 $0.17 \text{ mm} \cdot \% \cdot \text{km}^{-1}$ 时,近似为抛物线的底部,由该点开始,万辆车流的交通事故灾害随气象综合指数的加大呈二次方程曲线趋势增长;其相关系数为 0.871 4。春夏秋冬四个季度的平均逐时万辆车流的交通事故灾害与同步气象综合指数均呈抛物线相关(春季、夏季、秋季和冬季的分析图略),只是相关程度略有差异。这种现象说明了相对湿度、降水量和能见度的日变化对高速公路驾驶员安全行车的影响是明显的。

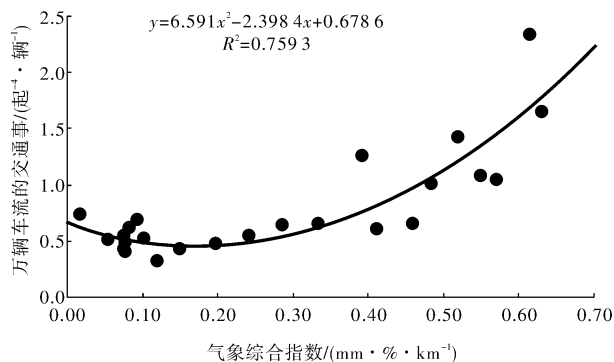


图2 年度万辆车流的交通事故灾害与同步气象综合指数散点图

3.2 万辆车流交通事故灾害与同步气象要素相关分析的显著性检验

在 G2 京津塘高速公路 3 年的年度、春、夏、秋、冬平均万辆车流的交通事故灾害与同步气象综合指数相关分析基础上,应用统计学检验方法得出的相关系数(R)和 F 检验结果^[15]见表 1。据表 1 中的 R 和 F 统计值分析表明:春季、夏季、秋季和冬季的万辆车流的交通事故灾害与同步气象综合指数的日变化的相关程度均很显著,即 $R > R_{\alpha} = 0.01$ 和 $F > F_{\alpha} = 0.01$;即使冬季相关系数较低, F 值检验还大于 $F_{\alpha} = 0.018$ 倍之多。

表1 逐时平均万辆车流的交通事故灾害的同步气象综合指数的显著性检验参数一览表

气象综合指数	相关系数	计算的 F 值	非线性相关表达式
年度(1)	0.871 4	72.55	$Y_1 = 6.591x_1^2 - 2.3984x_1 + 0.6786$
春季(2)	0.853 7	61.82	$Y_2 = 6.6716x_2^2 + 0.2147x_2 + 0.5832$
夏季(3)	0.832 2	54.13	$Y_3 = 0.1437x_3^2 + 0.0381x_3 + 0.4622$
秋季(4)	0.786 4	49.99	$Y_4 = 3.7288x_4^2 - 1.9768x_4 + 0.6306$
冬季(5)	0.778 1	35.31	$Y_5 = 3.0286x_5^2 - 89.021x_5 + 1.0803$
相关检验阈值: $r_{\alpha=0.01} = 0.496$			F 检验的阈值: $F_{\alpha=0.01} = 4.26$

3.3 万辆车流交通事故灾害的气象风险等级指标

既然万辆车流的交通事故灾害与气象综合指数存在较为密切的关系,应用气象综合指数的日变化指导高速公路的交通安全势在必行。图2中的分析表明:能否从3年平均的气象综合指数的日变化特征及时地提醒司机朋友呢?在此,根据春、夏、秋、冬四个季节的逐时万辆车流的交通事故灾害的平均数值的多少,定义万辆车流的交通事故灾害的气象风险等级。应用经验概率密度分级方法,将万辆车流的交通事故灾害的气象风险划分为3个等级,即:出现万辆车流的交通事故灾害

高风险的概率密度为15%(平均万辆车流的交通事故灾害数值偏大)、出现万辆车流的交通事故灾害有风险的概率密度为30%(平均万辆车流的交通事故灾害数值略大)、出现万辆车流的交通事故灾害低风险的概率密度为55%(平均万辆车流的交通事故灾害数值较小)(表2)。如果分别以Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ表示3种万辆车流的交通事故灾害风险等级的符号,把平均万辆车流的交通事故灾害的概率密度的区间数值分别代入表1中相对应的数学表达式的 Y 值,计算出相应的万辆车流的交通事故灾害气象风险等级所对应的气象综合指标(x 值)(表2)。

表2 G2 京津塘高速公路的四季万辆车流的交通事故灾害的气象风险等级一览表

季节	万辆车流交通事故灾害的概率密度的区间			气象综合指数的风险等级		
	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
春季	≥ 1.24	$0.74 \sim 1.23$	≤ 0.73	≥ 0.30	$0.13 \sim 0.29$	≤ 0.12
夏季	≥ 1.59	$0.77 \sim 1.58$	≤ 0.76	≥ 2.68	$1.27 \sim 2.67$	≤ 1.28
秋季	≥ 1.29	$0.66 \sim 1.28$	≤ 0.65	≥ 0.76	$0.55 \sim 0.75$	≤ 0.54
冬季	≥ 1.32	$0.72 \sim 1.31$	≤ 0.71	≥ 0.030	$0.023 \sim 0.029$	≤ 0.022

应用表 2 中的气象综合指数的风险等级的数据, 可以通过高速公路沿线道面自动气象站监测的能见度、降水量和相对湿度计算出气象综合指数, 预测高速公路的万辆车流的交通事故灾害量, 为高速公路安全运营提供气象警示参考。

4 结语

本文分析了 G2 京津塘高速公路的年度、春季、夏季、秋季和冬季万辆车流的交通事故灾害与同步气象要素之间的关系, 并给出了交通事故灾害风险等级与气象综合指数的概率密度表, 主要结论如下。

(1) 万辆车流的平均交通事故灾害的日变化主峰出现在 05 时, 次峰分别出现在 02 - 03 时和 23 时; 其中夏季平均万辆车流的交通事故灾害的峰值最大, 高达 $3.04 \text{ 起} \cdot \text{辆}^{-1} \cdot 10^{-4}$, 春季平均万辆车流的交通事故灾害的峰值最小, 为 $1.90 \text{ 起} \cdot \text{辆}^{-1} \cdot 10^{-4}$; 在 05 - 12 时的时间段内, 各季节的平均万辆车流的交通事故灾害随时间迅速递减, 平均递减量为 $0.2559 \text{ 起} \cdot \text{辆}^{-1} \cdot 10^{-4} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

(2) 万辆车流的平均交通事故灾害随气象综合指数的相关系数为 0.871 4, 两者呈二次方程曲线趋势增长; 其中春夏秋冬四个季度的平均逐时万辆车流的交通事故灾害与同步气象综合指数均呈抛物线相关, 并且春夏季节的气象综合指数与平均万辆车流的交通事故灾害的相关系数高于秋冬季节。

(3) 通过分析万辆车流的平均交通事故灾害的概率密度的区间, 推导出了万辆车流的交通事故灾害的气象风险等级指数, 应用高速公路自动气象监测数据可以客观地服务交通安全管理, 为高速公路安全运营提供气象警示参考。

气象综合指数的日变化与万辆车流的交通事故灾害之间存在很好的相关性, 通过对气象综合指数的预测可以量化出四季平均万辆车流的交通事故灾害, 给相关部门提供参考。对于交通事故灾害的气象综合指数风险等级指标还需在收集和

积累更长时间序列的资料, 并利用新资料对本文得出的结论进行验证和修正, 也是将来需进一步研究的问题。

参考文献:

- [1] 郑安文. 我国高速公路万辆车流的交通事故灾害的基本特点与预防对策[J]. 公路交通科技, 2002, 19(4): 109 - 113.
- [2] 钟勇, 范淼海, 王永辉. 高速公路事故的诱因及预防对策[J]. 公路交通科技, 2000, 17(6): 67 - 69.
- [3] 徐永杰. 高速公路特殊气象环境的管理[J]. 高速公路运营技术与管理, 2005, 22(10): 60 - 62.
- [4] 陈林, 沙爱敏. 高速公路雾天行车安全研究[J]. 交通标准化, 2007, 172(12): 31 - 35.
- [5] 谢静芳, 吕得宝. 气象条件对高速公路路面抗滑性能影响的试验[J]. 气象科技, 2006, 34(6): 788 - 791.
- [6] 卢辉忠, 陈新华, 邓明君. 低能见度条件下高速公路应急指挥系统的建立及功能[J]. 公路交通技术, 2007(6): 110 - 113.
- [7] Hassan Y, Barker DJ. The impact of unseasonable or extreme weather on traffic activity within Lothian region, Scotland[J]. Journal of Transport Geography, 1999, 7(3): 209 - 213.
- [8] Andrey J. Long-term trends in weather-related crash risks[J]. Journal of Transport Geography, 2010, 18(2): 247 - 258.
- [9] Maze TH, Agarwai M, Burchett G. Whether weather matters to traffic demand, traffic safety, and traffic operations and flow[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2006, 1948(1): 170 - 176.
- [10] Milton JC, Shankar VN, Mannering FL. Highway accident severities and the mixed logit model: An exploratory empirical analysis[J]. Accident Analysis & Prevention, 2008, 40(1): 260 - 266.
- [11] Qiu L, Nixon W. Effects of adverse weather on traffic crashes: Systematic review and meta-analysis[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2008, 2055(1): 139 - 146.
- [12] 罗慧, 李良序, 胡胜, 等. 公路万辆车流的交通事故灾害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.
- [13] 张青珍, 王慧芳, 张明捷, 等. 濮阳市公路万辆车流的交通事故灾害气象条件分析[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(s1): 78 - 80.
- [14] 杨谨平, 延军平, 柴莎莎. 中国交通事故与太阳黑子周期关系浅析[J]. 灾害学, 2010, 25(2): 108 - 111.
- [15] 陶澍. 应用数理统计方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994: 160 - 161, 292 - 365.

The Traffic Accidents of Huabei Freeway and its Relation to the Meteorological Composite Index

Ding Deping, Li Xun, Zhang Deshan, Zhang Qinglin, Gan Lu and Yang Shulin
(Beijing Meteorological Service, Beijing 100089, China)

Abstract: Based on investigation of traffic accidents, traffic flow and meteorological factors data of Huabei Freeway from Mar. 2007 to Feb. 2010, the diurnal variation of traffic accidents is presented at 5 am, and the peak of annul average could reach to 2.34 times. The correlation between the traffic accidents among one million of traffic flow and the same period of the meteorological composite index during annul, spring, summer, autumn and winter present parabola, and the correlation coefficients account for 0.778 1 to 0.853 7, satisfy statistics verifying ($R > R_{\alpha=0.05}$ and $F > F_{\alpha=0.05}$). In order to better use the meteorological monitoring information and to improve the safety of freeway, the meteorological composite risk level index is designed for supplying scientific grounds.

Key words: traffic engineering; meteorological composite index; Correlation Analysis; Jing-Jin-Tang Freeway; traffic accidents