

文章编号: 1004-4574(2008) 04-0053-06

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

许秀红^{1,2}, 闫敏慧², 于震宇², 王建一², 王承伟², 矫玲玲²

(1. 兰州大学, 大气科学学院 甘肃 兰州 730000 2 黑龙江省气象台, 黑龙江 哈尔滨 1500301)

摘要: 利用黑龙江省 2003-2005年的交通事故资料, 分析了事故的日、月、季变化特点, 指出过渡季节的 3-4月和 10-11月为事故的多发期, 雨、雪天气为事故多发的最不利的交通环境。在此基础上, 研制了评定通安全的气象环境指数及安全等级。

关键词: 交通事故; 气象条件; 安全等级

中图分类号: P42 U492 8⁺ 4 文献标识码: A

Meteorological condition analysis of road traffic accidents and safety grade standard a case study of Heilongjiang Province

XU Xi-hong^{1,2}, YAN Min-hui², YU Zhen-yu², WANG Jian-yi²,
WANG Cheng-wei², JIAO Ling-ling²

(1. College of Atmospheric Sciences Lanzhou University, Lanzhou 730000, China 2 Meteorological Observatory of Heilongjiang Province, Harbin 150030, China)

Abstract The daily, monthly and yearly change characters of traffic accident were analyzed by using data of traffic accident in Heilongjiang Province during the year 2003-2005. The result shows that the transient seasons i.e. March-April and October-November are the accident frequent stages and rainy and snowy days are least favourable environment for traffic safety. Based on the result, the meteorological environment index and safety grade are developed and drawn up for assessment of traffic safety.

Key words traffic accident; meteorological condition; safety grade

随着黑龙江省国民经济的不断发展, 全省公路交通事业也有了飞速发展。截止 2006年底, 全省公路总里程为 139 335 186 km, 公路路网密度为 30.69 km/100 km², 一级公路 1 325 km, 二级公路 7 279 km, 三级公路 33 611 km, 四级公路 40 373 km, 等外公路 55 789 km。基本形成了以省会哈尔滨市为中心, 区域中心城市为枢纽主骨架四通八达的公路网, 彻底改变了公路交通制约地方经济发展的状况。为全省经济建设的腾飞和投资环境的改善创造了良好的条件。

由于公路交通事业的发展, 公路运输量及周转量成倍增加, 随之而来的交通事故的发展也不断增加。据统计在全国各种安全事故中除了矿业事故外, 交通事故位于第二位, 而且大有增长趋势。交通事故中死亡人员 2003年 3-10月占 34.9%, 2004年同期占 40.9%; 因交通事故受伤人员占有所有安全事故中受伤人员的比例最大, 占 5% 以上, 尤其冬季运动季受伤人员所占比例竟高达 67.6%。黑龙江省在 2003-2005年发生交通

收稿日期: 2007-09-15 修订日期: 2008-05-21

基金项目: 黑龙江省科技攻关项目 (编号: GC06C10302) 资助

作者简介: 许秀红 (1970-), 女, 高级工程师, 主要从事环境专业专项气象预报研究, E-mail: xhx01k@yahoo.com.cn

事故 25336起, 直接经济损失 12118.3万元。另外, 交通事故还带来运输中断、滞留、交通阻塞等。可见交通事故的多发率已经成为黑龙江省甚至是全国道路安全“瓶颈”问题, 由交通事故所造成的经济损失直接影响了国民经济的发展, 也造成了较大的社会影响, 不仅危及人民的生命安全, 重要的是影响公共安全、环境安全等。因此研究交通安全对国民经济发展, 保护人民生命安全具有重大意义。

我们知道道路交通事故的发生不外乎与路况、环境(气象)、车辆、驾驶员等主客观原因。路况则通过各项设施的配套不断完善改进可以得到解决; 车辆则可以通过定期检查、维护、保养, 严禁超期服役、超载, 一旦出现故障及时排除; 对驾驶员要加强交通安全意识教育, 普及有关交通法规, 严格禁止酒后驾车和疲劳行驶等。以上三点预防事故措施通过各项硬件建设完全可以达到或安全可以做到。但气象环境条件对交通事故发生的客观影响却很难避免, 尤其是一此重特大交通事故往往是与恶劣的气象条件发生关系很大, 所造成的损失也最大^[1]。因此近些年来也引起人们的关注和重视, 开展了交通事故与气象条件关系的研究工作。孙吉^[2], 研究了风吹雪对道路影响危害及防治; 潘娅英等人^[3]研究了与交通事故有显著相关的气象要素有日照、雨量、最高气温、能见度、相对湿度等; 周石桥等人^[4], 研究了黑龙江省公路雪冰基本特征灾害防治对策, 指出在寒冷强风条件下, 容易产生吹雪, 使某些地点形成较深的积雪, 阻塞交通。国外学者 20世纪 80年代就开始了交通与气象方面的研究探讨, Hold等研究认为, 当发生一段干燥的天气之后, 降水天气引发交通事故的危险更大^[5], Daniel^[6]分析了 1975-2000年发生在美国的交通事故和降水之间的关系, 指出每月降水量和每月重大交通事故之间显示出负相关显著性特征关系, Julia等^[7]研究认为, 大雾天气对交通事故的影响比率和地理环境有明显联系, 大风对交通事故的影响还未有定论, 丹麦的 Sass^[8]研制出用于公路滑溜状况预测的数值预报系统, 模式主要考虑了感热和潜热通量的计算, 地面热通量计算, 建立了公路积冰(水)的结冰或融化预报方程, 方案系统具有潜在优势。至于建立包括气象条件在内的公路环境气象指数和安全等级标准划分的研究还刚刚在起步。

本文针对黑龙江省特殊的地理环境, 冬季寒冷而且漫长, 温差变幅大, 气象条件对道路交通事故影响很大, 分析各种气象要素对交通事故影响程度, 从中建立气象要素与事故发生可能的各种指数关系方程、图表, 最后确定公路安全等级。

本文气象资料、交通事故资料, 均来自黑龙江省气象台和省交通警察总队。

1 公路交通事故及季节变化特征

1.1 交通事故日变化特征

对 2003年 1月至 2005年 12月 31日交通事故逐日各时次进行统计, 结果表明: 全省平均每日发生交通事故 23次, 其中重、特大交通事故 6次。每天发生事故特点, 早 5时后事故量逐时上升, 21时后逐时下降。事故的高发主要集中在 14-21时, 其中 14-15时、15-16时、16-17时、19-20时和 20-21时, 为主要集中段, 发生的比例在 6.5% ~ 6.7%, 除此之外, 17-18时、18-19时为发生次高段, 发生比例为 6% ~ 6.3% (图略)。这一变化特征规律一方面反映车流量, 另一方面则反映事故与气象要素日变化有关。

1.2 交通事故的月际变化特征

图 1给出了各月事故占全年事故量的百分比。可以看出: 1月份至 12月份各月占全年总事故数的比例数在 (5.9~9.7)% 之间变化, 其中盛夏的 7, 8月份和秋末冬初的 10月、11月这 4个月是全年中占事故比例最高的, 均为 9.6% 和 9.7%, 而春末秋初的 5, 6月份和秋季的 9月份是全年中的次峰值月, 出事故比例为 (8.7~8.9)%。一年中以隆冬时节的 12月、1月、2月这 3个月出事故的比例最低。

交通事故的月际变化证明在季节转换时节, 如秋末冬初的 10月、11月由于雨雪交替和人们对季节转换的适应性等原因, 事故往往高发, 另外, 盛夏季节由于降雨等剧烈变化的天气增多, 事故量也相应较多。

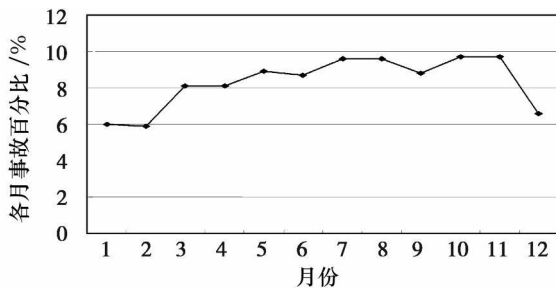


图 1 各月事故量占全年事故量的百分比
Fig. 1 Proportion of monthly accidents to yearly one

2 各类交通事故与天气、气象要素之间的关系

2.1 各类天气对交通事故的影响

对交通事故发生时的气象条件进行统计, 得到各种天气发生交通事故的百分比为: 晴天占 88%, 阴天和雨天各占 4.6%, 雪天占 2.1%, 雾天占 0.6%, 大风和沙尘天气占 0.3%。其中发生重、特大交通事故的百分比分别为: 晴天占 85%, 阴天占 5.8%, 雨天占 5%, 雪天占 2%, 雾天占 0.9%, 大风和沙尘天气占 0.5%, 同比之下见表 1。从表中可见, 虽然晴天仍占事故比例的绝大多数, 但晴天之外, 其它不良天气下重特大事故的发生比例均比同一天气条件下所有事故的发生比例有所上升。

表 1 各类天气发生所有事故与重特大事故百分比对比

Table 1 Comparison between percentage of serious accidents and that of accidents occurring under all weather condition

天气状态	晴	阴	雨	雪	大风及沙尘	%
所有事故发生百分比	88	4.6	4.6	2.1	0.6	0.3
发生特大事故发生百分比	85	5.8	5	2	0.9	0.5

在各种天气条件下重特大事故发生数占同一天气条件下所有事故发生数的百分比中, 晴天重特大事故发生数占有所有事故数的 29%, 而在其它天气状况下, 除雪天为 23%, 与晴天接近之外, 雨、阴、雾和大风、沙尘天气均在 30% 以上, 表明, 在不利天气条件下, 发生重、特大交通事故的数量与一般事故相比要有所上升。

2.2 天气对路面的影响

对所有交通事故资料以路面进行检索, 并将与气象有关的路面状况和相应发生的交通事故次数列表。由表 2 可见, 由气象原因导致的不良路况中, 冰雪路面占了绝大多数, 这是由于黑龙江省冬季漫长, 降雪、积雪时间长的原因; 其它几种不良路面包括潮湿、积水、漫水、泥泞和翻浆, 均由降雨引起。

表 2 各种与气象有关的不良路况下发生的交通事故数量

Table 2 Numbers of traffic accidents occurring under bad road condition related to meteorology

路面状态	冰雪	潮湿	积水	漫水	泥泞	翻浆	次
事故次数	1968	553	228	30	61	10	

2.3 气象因素对交通事故的影响

将不良天气条件下发生事故的个例进行归类见表 3 从表中可见, 不良天气发生的当日, 日事故量均超过三年日平均事故量 (23 次), 重特大事故量也均超过三年日平均量 (6 次)。其中雪日占重特大事故中最多 46 次, 其次为雨天 39 次, 最少大风仅占 25 次。

表 3 各类不良天气条件下日事故量个例

Table 3 Example of number of daily accidents occurring under bad weather condition

不良天气 (出现日期)	阴 (2004-11-10)	雨 (2004-05-02)	雪 (2003-11-05)	雾 (2003-12-11)	大风 (2005-10-16)	次
日事故次数	28	39	46	37	25	
重特大事故	9	13	12	9	13	

3 公路交通环境气象指数的限值及安全等级划分标准

由上所见影响交通事故主要发生在秋末冬初, 冬末春初的过度季节, 表现在路面有凝冰和融冻的湿滑现象。而在天气现象表现有阴雨雪天气, 能见度较差, 湿度高等特点。因此, 在制定公路环境气象指数限值标准时, 对气象要素影响程度大小予以不同考虑。参考各行业的气象指数制作方法, 同样将公路环境分为 5 级标准, 具体见表 4。

表 4 路况环境安全等级标准

Table 4 Safety grades standard for environment of road condition

等级	路况环境评价	建议
1	极好 (安全)	正常行驶
2	好 (安全)	正常行驶
3	一般 (不太安全)	中—低速行驶
4	差 (不安全)	低—缓慢行驶
5	极差 (极不安全)	缓慢行驶—停驶

根据路况环境安全等级,将各季节气象要素对交通事故影响程度大小编制成 1~ 100的公路环境气象指数限值见表 5

表 5 冬季路况环境指数限值及对应安全等级

Table 5 Limited values of environment indices for road condition in winter and corresponding safety grades

等级	1	2	3	4	5
指数	1~ 10	11~ 20	21~ 40	41~ 60	61~ 100
降水量 /mm	0~ 0.1	0.2~ 1.0	1.1~ 2.5	2.6~ 5.0	5.1~ 10.0
湿度 /%	≤20	21~ 30	31~ 50	51~ 60	61~ 100
最低气温 /℃	> 5.0	5.0~ 0.0	- 0.1~ - 10.0	- 10.1~ - 20.0	- 20.1~ - 30.0
最高气温 /℃	> 15.0	15.1~ 10.0	9.9~ 0.0	- 0.1~ - 10.0	无
风力 /($m \cdot s^{-1}$)	0~ 3	4~ 7	8~ 11	12~ 17	> 17
能见度 /km	> 30	29~ 10	9~ 1	0.9~ 0.1	< 0.1

由表 5所设计的各项气象要素分指数的限值具体计算公式如下:

降水分指数 I_p

$$I_p = \begin{cases} 5 & x = 0 \\ 10 & x = 0.1 \\ 11.3x + 8.7 & 0.2 \leq x \leq 1.0 \\ 13.6x + 6 & 1.1 \leq x \leq 2.5 \\ 7.9x + 20.5 & 2.6 \leq x \leq 5.0 \\ 10x + 11 & 5.1 \leq x \leq 10.0 \end{cases}$$

湿度分指数 I_H

$$I_H = \begin{cases} x/2 & x \leq 10 \\ x - 10 & 11 \leq x \leq 40 \\ 2.1x - 66 & 41 \leq x \leq 60 \\ x & x \geq 61 \end{cases}$$

最低气温分指数 I_{Tmj}

$$I_{Tmj} = \begin{cases} 10 & x > 5.1 \\ - 1.8x + 20 & 0 < x \leq 5.0 \\ - 1.9x + 20.8 & - 0.1 \geq x \geq - 10.0 \\ - 1.9x + 22 & - 10.1 \geq x \geq - 20.0 \\ - 3.9x - 17 & - 20.1 \geq x \geq - 30 \\ 100 & x < - 31 \end{cases}$$

最高气温分指数 I_{Tma}

$$I_{Tma} = \begin{cases} 5 & x \geq 15.2 \\ - 1.8x + 38 & 10.0 \leq x \leq 15.1 \\ - 1.9x + 40 & 0 \leq x \leq 9.9 \\ 1.9x + 40.8 & - 10.0 \leq x \leq - 0.1 \\ \text{不考虑} & x > - 10.0 \end{cases}$$

风速分项指数 I_w

$$I_w = \begin{cases} 3x + 1 & 0 \leq x \leq 3 \\ 3x - 1 & 4 \leq x \leq 7 \\ 2.7x + 10 & 8 \leq x \leq 11 \\ 3.8x - 4.6 & 12 \leq x \leq 17 \\ 80 & x > 17 \end{cases}$$

能见度分项指数 I_V

$$I_V = \begin{cases} 5 & x > 30 \\ -0.47x + 24.7 & 10 \leq x \leq 29 \\ -2.4x + 42.4 & 1 \leq x \leq 9 \\ -23.8x - 62.4 & 0.1 \leq x \leq 0.9 \\ 80 & x \leq 0.1 \end{cases}$$

式中, x 为气象要素的量值。

综上, 冬季路况环境指数表达式为:

$$I_{AE冬} = (I_P + I_H + I_{Tmj} + I_{Tma} + I_W + I_V) / N_i \quad (1)$$

式中 N_i 表示参加计算的气象要素的项数, 表 5 中 $N_i = 6$ (在最高气温 $-10 < 0 < x$ 时, I_{Tma} 指数不考虑, $N_i = 5$)。

一点修正说明: 考虑到过渡季节 11 月、3 月凝冰路面湿滑事故多发情况下, 规定凡是有降水, 最高气温在 $-0.4^\circ\text{C} \leq x$, 夜间最低气温在 $-1^\circ\text{C} > x$ 时, 则 $I_{AE} + 10$ 。将 I_{AE} 指数计算结果值为分别进行安全等级的 5 个级别的指数范围限值进行比较, 落入哪个级别的指数内即为哪级。

举例, 2003 年 11 月 5 日, 全省发生交通事故 46 次, 其中重特大事故 12 次, 哈尔滨则发生 7 次, 死亡 5 人。这天哈尔滨市天气特征, 阴天有小雪, 能见度较低, 湿度大, 风力为 2 级。其路况环境指数: I_P (降雪 0.8mm) = 18, I_H (湿度 88%) = 88, I_{Tmj} (最低气温 -4.9°C) = 30, I_{Tma} (最高气温 -0.3°C) = 41, I_W (风速 4m/s) = 13, I_V (能见度 7km) = 25。则 $I_{AE} = (18 + 88 + 30 + 41 + 13 + 25) / 6 = 36$ 。考虑到季节修正, 这样 $I_{AE} = 36 + 10 = 46$ 。结果路况安全等级标准为 4 级, 属不安全级。

依照冬季制定的办法, 制做了夏季路况环境指数及安全等级标准, 见表 6。

表 6 夏季路况环境指数限值及对应安全等级

Table 6 Limited values of environment indices for road condition in summer and corresponding safety grades

等级	1	2	3	4	5
指数	1-10	11-20	21-40	41-60	61-100
降水量 /mm	0.0-1.0	1.1-10.0	10.1-25.0	25.1-50.0	> 50.0
湿度 /%	≤ 20	21-40	41-60	61-80	81-100
最高气温 / $^\circ\text{C}$	≤ 15.0	15.1-20.0	20.1-25.0	25.1-30.0	> 30.0
风力 /($\text{m} \cdot \text{s}^{-5}$)	0-3	4-7	8-11	12-17	> 17
能见度 /km	> 30	29-10	9-1	0.9-0.1	< 0.1

由表 6 所设计的各项气象要素分指数的限值具体计算公式如下:

降水分指数 I_P

$$I_P = \begin{cases} 10x & 0 \leq x \leq 1.0 \\ 10x & 1.1 \leq x \leq 10.0 \\ 1.3x + 8.1 & 10.1 \leq x \leq 25.0 \\ 0.76x + 22 & 25.1 \leq x \leq 50.0 \\ x + 11 & 50.1 \leq x \leq 100.0 \\ 100 & x > 100.0 \end{cases}$$

湿度分指数 I_H

$$I_H = \begin{cases} x - 10 & 10 \leq x \leq 20 \\ 0.47x + 1.1 & 21 \leq x \leq 40 \\ x - 20 & 41 \leq x \leq 60 \\ x - 20 & 61 \leq x \leq 80 \\ 2.1x - 100 & 81 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

最高气温分指数 I_{Tma}

$$I_{Tma} = \begin{cases} 1.8x - 17 & x \leq 15.0 \\ 18x - 16 & 15.1 \leq x \leq 20.0 \\ 3.9x - 57 & 20.1 \leq x \leq 25.0 \\ 3.9x - 57 & 25.1 \leq x \leq 30.0 \\ 2x & x > 30 \end{cases}$$

风速分指数 I_W 与能见度分指数 I_V 与冬季的 I_W 与 I_V 值相同, 计算公式可直接使用。则夏季路况环境指数表达式为

$$I_{AE夏} = (I_P + I_H + I_{Tmj} + I_{Tma} + I_W + I_V) / 5$$

计算 $I_{AE夏}$ 所得结果即可定级。至于春、秋季路况环境指数和安全等级标准的划分, 参照冬夏 AEI 指数的制定基础稍加改动就可应用, 不再赘述。

4 小结

本文较详尽的总结了黑龙江省交通事故发生原因, 指出除了路况、车辆、驾驶员原因之外, 其中主要是公路气象环境状况所决定。阴、雨、雪天气为交通事故的最大祸首, 其次为大雾大风天气。在过渡季节也就是雪-雨、雨-雪转换的 10-11月、3-4月为事故的多发月份。在分析各种气象要素对交通事故影响程度的关系基础上, 制定了道路气象环境指数 1~100 并划分了公路安全等标准 1~5 级。气象环境指数和公路安全等级标准的制定能客观反映了路况安全程度, 从中为路况环境预报提供了准确信息, 为交通运输安全提供了保障。

参考文献:

- [1] 魏德宾, 邹开其. 用神经网络方法对高速公路交通流控制模型中的参数进行辨识 [J]. 大连大学学报, 2001, 22(4): 21-25.
- [2] 孙吉. 道路风吹雪的危害及防治 [J]. 环日本海论丛, 1994, 5: 89-95.
- [3] 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): 779-782.
- [4] 周石礁, 成田英器, 小林俊一. 黑龙江省公路雪冰基本特征与灾害防治对策 [J]. 自然灾害学报, 2005, 14(3): 114-118.
- [5] Harold Brodsky, Hakkert A Shalom. Risk of a road accident in rainy weather [J]. Accident Analysis and Prevention, 1998, 20: 161-176.
- [6] Eisenberg Daniel. The mixed effects of precipitation on traffic crashes [J]. Accident Analysis and Prevention, 2004, 36: 637-647.
- [7] Edwards B Julia. The relationship between road accident severity and recorded weather [J]. Journal of Safety Research, 2002, 29: 249-262.
- [8] Sass B. H. 用于公路滑溜状况预测的数值预报系统 [J]. 气象科技, 2000, 28(3): 9-13.