

隋东,梁红,安昕,等.沈阳爆胎气象条件指数预报方法研究[J].干旱气象,2017,35(5):893-898, [SUI Dong, LIANG Hong, AN Xin, et al. Tire Burst Meteorological Condition Index Forecast Method in Shengyang[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(5):893-898], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-05-0893

沈阳爆胎气象条件指数预报方法研究

隋东¹,梁红¹,安昕¹,张郁¹,
张思瑶¹,韦涛¹,王炳川¹,赵凤²

(1.辽宁省沈阳市气象局,辽宁 沈阳 110168;2.辽宁省沈阳市苏家屯区气象局,辽宁 沈阳 110179)

摘要:通过对沈阳观象台气温、相对湿度、云量、风速和降水等140个观测因子与日地面最高温度进行相关分析,发现日地面最高温度与气温相关关系最好,正相关系数在0.7以上,相对湿度也是影响地面最高温度变化的主要因子之一,负相关系数绝对值大于0.6。路面抗滑能力主要受降水影响,一般来说,降水强度越强、降水量越大,对路况和车辆行驶的影响越大,但小雨较中雨时的爆胎事故发生概率更高,这主要是因为小雨车速较快,而且路面潮湿或有少量积水,路面摩擦系数降低,容易引起交通爆胎事故。基于选择的相关因子,建立日地面最高温度与相关因子间的二元线性回归方程,得出沈阳爆胎气象条件指数预报方法,爆胎气象条件指数共分为4个等级。经过对2015年7月爆胎气象条件指数计算检验,沈阳市区内2次爆胎事故,爆胎气象条件指数均达到3级。

关键词:沈阳;夏季;地面最高温度;爆胎气象条件指数;预报方法

文章编号:1006-7639(2017)05-0893-06 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-05-0893

中图分类号:P

文献标志码:A

引言

随着我国机动化社会进程的不断加快,公路交通安全问题日益受到社会各界的关注。据世界卫生组织统计,进入21世纪全世界每年死于道路交通事故的人数高达120万人,受伤者多达500万人^[1]。交通安全问题是世界上所有国家共同面临的难题,我国是世界上发生交通事故最多的国家之一,道路交通安全问题已经成为比较严重的社会问题,而气象条件是导致交通事故的主要原因之一。

公路交通气象研究首先从解决不利天气条件下的交通安全问题开始,研究有关雨、雪、雾等恶劣天气对公路交通事故影响,而关于温度对公路交通事故影响的研究,近几年来也取得了一定进展^[2-16],如陈超等^[2]采用气候统计方法研究1961—2010年阿拉善左旗气温和各层地温的年代和季节变化趋势、地气温差变化、气候突变和异常年份以及气温和地温关系;谢庄等^[3]、张中琼等^[4]、张菁等^[5]对不同下垫面温度进行对比观测,分析出不同路面温度的

差异;马筛艳等^[6]不仅对比了7月银川市沥青、水泥路面温度,而且进一步采用统计回归方法,建立了爆胎指数分级预报方法和标准;孟春雷等^[7]基于通用陆面模式(CoLM)研究出可以预报路面温度的精细化路面参数数值预报模型(BJ-ROME);冯涛等^[8]、朱承瑛等^[9]则应用地表热量平衡方程,分别建立了路面温度和路面温度极值的预报模型;马宁等^[10]分析了夏季路面最高温度与日最高气温的关系,建立路面最高温度与对应气象站日最高气温的一元回归预报模型;武辉芹等^[11]、曲晓黎等^[12]、田华等^[13]基于多元回归方法建立了不同季节路面温度极值预报模型;马淑红等^[14]采用天气学、空气动力学、等概率论与数理统计相结合的方法,分析新疆高速公路夏季高温分布特征和变化趋势,并进一步对路面最高温度预测模型进行了修订,采用等概率分级原则确定夏季高温爆胎阈值。

据统计数据显示,中国高速公路上由于爆胎引发的交通事故比例高达70%^[17]。王宝书等^[18]利用1999年1月至2002年7月的气象、交通资料,对长

收稿日期:2016-11-23;改回日期:2017-06-05

基金项目:沈阳市科技局项目“沈阳乡镇精细化气象预报预警技术攻关”(F15-109-3-00)资助

作者简介:隋东(1969—),女,硕士,高级工程师,主要从事公众气象服务工作。E-mail:470080537@qq.com。

春市 1 310 d 的 5 万多起交通事故进行统计分析,晴天日平均事故发生次数为 38.69 次,比雨夹雪天气事故发生次数还多 5.04 次。2016 年 7 月 1 日晚,一辆从河北邢台驶往辽宁沈阳的长途卧铺客车,途经津蓟高速宝坻区尔王庄镇小高庄段时,疑因爆胎后坠入高速路桥下的河中,该车载 30 人,造成 26 人死亡。据初步统计,自 2010 年以来,沈阳汽车爆胎事件至少有 35 起,由此可见,平均每年至少有 5 起因爆胎而引起的交通事故,几乎每次事故中都有人员伤亡。因此,研究沈阳地区爆胎指数预报方法是非常有必要的。

1 数据来源

利用沈阳气象台 2004—2013 年夏季(7—8 月) 0 cm 地面最高温度(以下简称地面最高温度)与气温、云量、风速及降水量等进行相关分析。气温选取的是整点气温观测数据和日平均、日最高、日最低气温等 27 个因子;相对湿度 26 个因子;日平均总云量、日平均低云量及整点总云量和低云量 10 个因子;风速选取的是整点 2 min、10 min 平均风速观测数据及最大、极大风速 50 个因子;整点雨量数据及前一日 20:00 至当日 20:00 24 h 累计雨量、08:00—20:00 12 h 累计雨量及前一日 20:00 至当日 08:00 12 h 累计雨量共 27 个因子;所选因子合计 140 个。

2 结果分析

2.1 气温

爆胎的主要原因是轮胎温度过高,使轮胎材料的机械性能下降。轮胎在滚动过程中快速反复变形,材料内部摩擦生热,使轮胎急骤升温。轮胎温度与轮胎的负荷和车速成正比,车速越快,负荷越大,温度升高越快。轮胎温度与外胎的厚度也有关,外胎越厚,轮胎的热量就越难以散发,温度上升越快。轮胎温度还与外界温度和轮胎气压有关,环境温度越高,轮胎温度上升越快;轮胎气压过低,轮胎径向变形大,滚动阻力增加,轮胎温度升高加快。气温太高,司机注意力不易集中,长时间行驶易造成爆胎引发交通事故,这就是酷暑行车事故发生率比平常气温下行车事故发生率高 50%~80% 的一个重要原因。

图 1 为沈阳夏季 7—8 月气温和地面温度平均日变化,可以看出地面温度在 06:00—18:00(北京时间,下同)变化幅度较气温高,19:00 至次日 05:00 两者变化幅度基本一致。地面温度最高值出现在每天的 13:00 前后,为 38.2 °C,最低值出现在

04:00—05:00,为 20.2 °C,日较差为 18.0 °C;而气温最高值出现在 14:00 前后,为 27.9 °C,最低值出现在 05:00 前后,为 20.3 °C,日较差为 7.6 °C。气温升幅最快的时间段在 07:00—08:00,升幅为 1.3 °C;其次为 06:00—07:00、08:00—09:00,升幅为 1.2 °C,09:00—10:00 升幅也可以达到 1.1 °C;气温每天升温主要集中在 06:00—10:00,升温幅度可达 4.8 °C,平均升幅为 1.2 °C·h⁻¹。地温从 05:00 开始上升,08:00—09:00 升幅最大,达 3.4 °C,且到 12:00 之前,每小时升幅均大于 1 °C,05:00—12:00 7 h 升温幅度达 17.4 °C,平均升幅为 2.5 °C·h⁻¹。

05:00 之后,随着太阳辐射的增强,地面温度上升速度比气温快,这是大气受热过程和保温作用的结果:由于大气层中的水汽、尘埃和二氧化碳对太阳的短波辐射吸收能力较弱,因此大部分太阳辐射能直接到达地表。地表在吸收太阳短波辐射后,不断增温的同时释放长波辐射。近地面大气对地面的长波辐射具有很强的吸收能力,近地面大气增温后释放的长波辐射大部分以大气逆辐射的形式射向地面。大气逆辐射的存在使得近地面大气层始终保持一定的温度。

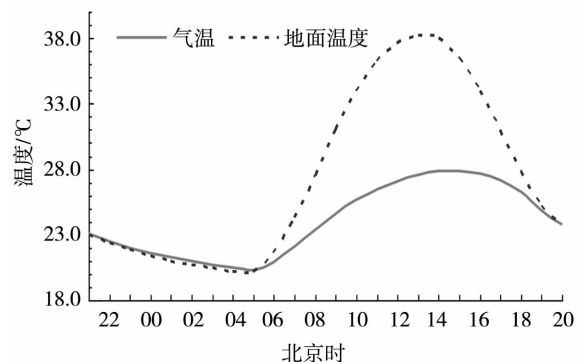


图 1 2004—2013 年沈阳夏季 7 月 1 日至 8 月 31 日气温和地面温度平均日变化

Fig. 1 The mean diurnal variation of air temperature and surface temperature in Shenyang from July 1 to August 31 during 2004 - 2013

图 2 为日地面最高温度与日最高气温在各时次的频率分布,可以看出日地面最高温度在 13:00—14:00 出现频率最高,达到 32.5%,其次是 12:00—13:00 出现频率为 29.7%;日地面最高温度主要出现在每天的 12:00—14:00,出现频率为 62.2%,50 °C 以上的日地面最高温度几乎都出现在这个时段。而日最高气温 15:00—16:00 出现频率最高,占 27.4%,其次 14:00—15:00,出现频率 24.7%;日最高气温大部分集中在 14:00—16:00,出现频率为 52.1%。

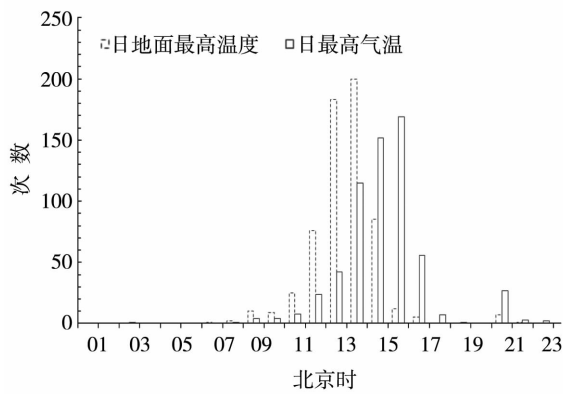


图 2 2004—2013 年沈阳夏季 7 月 1 日至 8 月 31 日地面最高温度和最高气温各时次出现频率分布
Fig. 2 The frequency of maximum surface temperature and air temperature occurring at different time in Shenyang from July 1 to August 31 during 2004 - 2013

2004—2013 年 140 个因子分别与日地面最高温度进行相关分析,分析结果表明气温与日地面最高温度相关关系最好。00:00—06:00 气温与日地面最高温度呈负相关关系,也就是在凌晨至清晨这段时间气温越高,日地面最高温度越低。07:00—24:00 气温与日地面最高温度呈正相关,也就是说清晨至前半夜气温越高,地面最高温度越高。与地面最高温度相关关系最好的因子是 14:00 气温 (T_{14}),相关系数为 0.736,通过了 0.001 的显著性水平(表 1),日最高气温 (T_{max}) 与日地面最高温度相关系数为 0.732,位列第二。

2.2 相对湿度

表 2 列出了相对湿度与日地面最高温度的相关系数,可以看出,大部分时段相对湿度与日地面最高温度呈负相关,即相对湿度越小,越有利于地面升温。

表 1 气温与日地面最高温度相关关系

Tab. 1 The correlation coefficients between air temperature at different time and maximum surface temperature

因子	相关系数	因子	相关系数	因子	相关系数	因子	相关系数
T_{21}	0.121 **	T_{04}	-0.139 ***	T_{11}	0.670 ***	T_{18}	0.622 ***
T_{22}	0.061	T_{05}	-0.148 ***	T_{12}	0.708 ***	T_{19}	0.522 ***
T_{23}	0.012	T_{06}	-0.071 *	T_{13}	0.728 ***	T_{20}	0.415 ***
T_{00}	-0.024	T_{07}	0.108 **	T_{14}	0.736 ***	T_{ave}	0.406 ***
T_{01}	-0.058	T_{08}	0.317 ***	T_{15}	0.715 ***	T_{max}	0.732 ***
T_{02}	-0.087 *	T_{09}	0.471 ***	T_{16}	0.683 ***	T_{min}	-0.078
T_{03}	-0.113 **	T_{10}	0.587 ***	T_{17}	0.663 ***		

注: *、**、*** 分别表示通过 0.1、0.01、0.001 的显著性水平; T_{00} 表示 00:00 气温,依次类推

表 2 相对湿度与地面最高温度相关系数

Tab. 2 The correlation coefficients between relative humidity at different time and maximum surface temperature

因子	相关系数	因子	相关系数	因子	相关系数	因子	相关系数
RH ₂₁	-0.254 ***	RH ₀₄	0.084 *	RH ₁₁	-0.639 ***	RH ₁₈	-0.555 ***
RH ₂₂	-0.166 ***	RH ₀₅	0.083 *	RH ₁₂	-0.659 ***	RH ₁₉	-0.532 ***
RH ₂₃	0.094 *	RH ₀₆	0.019	RH ₁₃	-0.666 ***	RH ₂₀	-0.470 ***
RH ₀₀	-0.032	RH ₀₇	-0.174 ***	RH ₁₄	-0.669 ***	RH _{min}	-0.623 ***
RH ₀₁	-0.001	RH ₀₈	-0.398 ***	RH ₁₅	-0.646 ***	RH _{ave}	-0.583 ***
RH ₀₂	0.019	RH ₀₉	-0.512 ***	RH ₁₆	-0.605 ***		
RH ₀₃	0.055 *	RH ₁₀	-0.590 ***	RH ₁₇	-0.584 ***		

注: *、**、*** 分别表示通过 0.1、0.01、0.001 的显著性水平,RH₀₀表示 00:00 相对湿度,依次类推

07:00—22:00 相关系数均通过 0.001 的显著性水平,特别是 09:00—19:00 相关系数都在 0.5 以上,11:00—16:00 相关系数达到 0.6 以上,中午到下午这个时间段相关程度最高,其中 14:00 相对湿度与

日地面最高温度相关最好,相关系数达到 -0.669。

2.3 降水

气象环境条件对于路面抗滑能力的影响主要是降水,温度对其影响较小。降水最主要影响路面的

含水状态,若路面无法快速排除积水,则留在路面上的积水将减少路面与轮胎之间的接触点,从而使得路面抗滑能力下降。

表3为沈阳2010—2015年无降水和有降水天气条件下汽车爆胎事件出现频率,在无降水的天气条件下,爆胎事件出现频率达到70.6%,晴天或少云天气出现频率最高,占爆胎事件一半以上;在有降水的天气条件下,爆胎事件仍占29.4%,其中小雨占11.8%,中雨占5.8%,大雨及以上占11.8%。一般来说,降水强度越强、降水量越大,对路况和车辆行驶的影响越大,同时,降水越强能见度越差,影响司机对前方目标物的判断,易造成交通事故。但表3中小雨比中雨时的爆胎事故发生概率更高,这主要是因为小雨时车速较快,而且路面潮湿或有少量的积水,路面摩擦系数降低,易引发爆胎事故。

表3 沈阳2010—2015年不同天气条件下爆胎事件出现频率

Tab.3 The occurring frequency of tire burst under different weather conditions in Shenyang from 2010 to 2015

天气条件	频率/%
晴天/少云	58.8
多云	11.8
小雨	11.8
中雨	5.8
大雨及以上	11.8

3 爆胎指数预报方法与检验

3.1 预报方法

综上所述,气温是影响地面最高温度变化的最重要因素之一,除了气温之外,空气中的相对湿度对

地面温度的影响也很大,它们与地面最高温度相关性都明显好于云量、风速和降水(表略)。

气温当中,选取与日地面最高温度相关最好的14:00气温,在空气相对湿度因子中选取与日地面最高温度相关最高的14:00相对湿度,这两个因子与日地面最高温度相关系数分别为0.736和-0.669,建立地面最高温度二元一次线性回归方程:

$$T_{\max_sur} = 12.511 + 1.467 \times T_{14} - 0.190 \times RH_{14} \quad (1)$$

式中: T_{\max_sur} 为日地面最高温度; T_{14} 为14:00气温; RH_{14} 为14:00相对湿度。

马淑红等^[14]在对新疆高速公路夏季高温爆胎阈值研究中发现, $T_{\max_sur} \geq 55$ °C进入爆胎轻度危险区, 62 °C $\leq T_{\max_sur} \leq 65$ °C时,进入爆胎危险区, $T_{\max_sur} > 65$ °C时,进入重度危险区。谢庄等^[3]认为,夏季沥青路面温度比土地路面温度高2 °C。因此,本文将沈阳 T_{\max_sur} 阈值定义为53 °C和60 °C,由于沈阳2004—2013年间, $T_{\max_sur} \geq 60$ °C的日数只有2 d,因此在阈值60 °C之上不设阈值。经统计,2004—2013年, 53 °C $\leq T_{\max_sur} < 60$ °C的日数有49 d,平均每年有4.9 d,出现在11:00—14:00, 50 °C $\leq T_{\max_sur} < 53$ °C的日数共有66 d,平均每年有6.6 d,出现在11:00—15:00,考虑中午时分出现爆胎的风险最高,因此,在53 °C之下再设50 °C作为阈值。

由此,本文将爆胎指数分为4级(表4), $T_{\max_sur} < 50$ °C时,爆胎指数定义为1级,较不易爆胎;在 50 °C $\leq T_{\max_sur} < 53$ °C或有中雨时,爆胎指数定义为2级,有可能爆胎;在 53 °C $\leq T_{\max_sur} < 60$ °C或有小雨、大雨及以上量级,爆胎指数定义为3级,较易爆胎;在 $T_{\max_sur} \geq 60$ °C时,爆胎指数定义为4级,极易爆胎。

表4 爆胎指数等级

Tab.4 The classification of tire burst index grade

等级	含义	条件
1级	较不易爆胎	$T_{\max_sur} < 50$ °C
2级	可能爆胎	50 °C $\leq T_{\max_sur} < 53$ °C或中雨
3级	较易爆胎	53 °C $\leq T_{\max_sur} < 60$ °C或小雨、大雨及以上量级
4级	极易爆胎	$T_{\max_sur} \geq 60$ °C

由于最高气温预报综合误差检验以绝对误差 ≤ 2 °C作为预报正确的标准,14:00气温通常与预报的最高气温比较接近,因此,在选取因子时,选择最高气温作为主要因子。14:00相对湿度可以从数

值模式产品中读取,该计算方法比较容易操作。

3.2 预报结果检验

对2015年7月1—31日爆胎指数进行检验,爆胎指数为1级较不易爆胎的有24 d,2级可能爆胎

的有3 d,3级较易爆胎的有4 d,分别是7月8日和9日、7月14日和15日,见图3。

2015年7月沈阳市区共出现过两起爆胎事件,一次是7月8日公交车行驶在路上爆胎,崩伤乘客,由于天太热,车右后方内侧轮胎爆胎,经过测算,该日爆胎指数为 56.1°C ,达到3级,较易爆胎。7月15日沈阳市区出现了汽车爆胎事故,一辆大货车在蒲河路自西向东行驶时突然发生侧翻,里面的沥青混凝土倾泻而出,将左侧同向行驶的一辆教练车埋在下面。这天地面最高温度为 54.2°C ,爆胎指数为3级,较易爆胎。在该月份两起爆胎事故中,爆胎指数均显示在3级,由此可知该爆胎指数预报方法可行,具有较高的参考性。

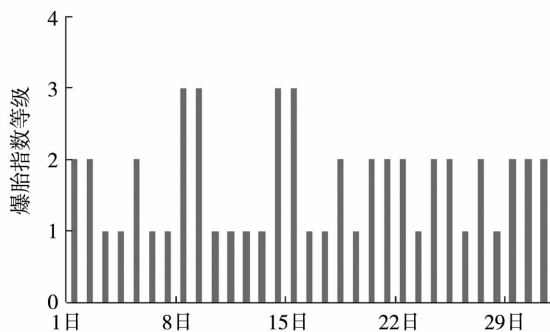


图3 沈阳2015年7月爆胎指数等级

Fig.3 The tire burst index grades in Shenyang in July 2015

4 结论

(1)气温是影响日地面最高温度变化的重要因子之一,与日地面最高温度呈显著正相关关系,10:00—19:00气温与日地面最高温度相关系数在0.5以上,11:00—18:00气温相关系数在0.6以上,12:00—15:00气温的相关系数在0.7以上。

(2)相对湿度是影响日地面最高温度变化的另一个主要因子,与日地面最高温度呈显著负相关关系,09:00—19:00相对湿度与日地面最高温度相关系数在-0.5以下,11:00—16:00相关系数在-0.6以下。

(3)对于路面抗滑能力的影响主要是降水,降水强度越强、降水量越大,对路况和车辆行驶的影响

越大,但小雨较中雨爆胎事故发生概率更高。

(4)建立日地面最高温度二元线性回归方程,从而得出沈阳爆胎气象条件指数预报方法,爆胎气象条件指数共分为4个等级。经检验,该方法预报可行并具有很强的可操作性。

参考文献:

- [1] 包左军,汤筠筠,李长城. 公路交通安全与气象影响[M]. 北京:人民交通出版社,2008:100-132.
- [2] 陈超,周广胜. 1961—2010年阿拉善左旗气温和地温的变化特征分析[J]. 自然资源学报,2014,29(1):91-103.
- [3] 谢庄,苏德斌,李德平,等. 北京地区不同下垫面温度的观测和分析[C]//中国气象学会. 2004年年会论文集:下册. 北京:气象出版社,2004:336.
- [4] 张中琼,吴青柏,温智,等. 青藏高原北麓河地区沥青路面辐射特征分析[J]. 冰川冻土,2015,37(2):408-415.
- [5] 张菁,梁红,姜晓艳,等. 沈阳市夏季不同下垫面温度特征及其在气象服务中的应用[J]. 气象科学,2008,28(5):528-532.
- [6] 马筛艳,马金仁,孙卫武,等. 银川市路面温度预报与爆胎指数预报方法研究[J]. 干旱气象,2012,31(4):825-830.
- [7] 孟春雷,张朝林. 路面气象数值预报模型及性能检验[J]. 应用气象学报,2012,23(4):451-458.
- [8] 冯涛,李迅,丁德平. 高速公路路面温度预报[J]. 公路交通科技,2012,29(5):19-24.
- [9] 朱承瑛,谢志清,严明良,等. 高速公路路面温度极值预报模型研究[J]. 气象科学,2009,29(5):645-650.
- [10] 马宁,程雅茹,武万里,等. 福银高速公路宁夏段夏季路面最高温度变化分析及预报模型建立[J]. 宁夏大学学报(自然科学版),2015,36(4):392-399.
- [11] 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):665-671.
- [12] 曲晓黎,武辉芹,张彦恒,等. 京石高速公路路面温度特征及预报模型[J]. 干旱气象,2010,28(3):352-357.
- [13] 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.
- [14] 马淑红,吴彦,赵晓风,等. 新疆高速公路夏季高温爆胎阈值研究[J]. 中国科技信息,2009(18):275-277.
- [15] 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.
- [16] 吴彦,江远安,王胜利. 冬季影响北疆高速公路行车安全的气象要素特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2010,4(2):6-11.
- [17] 孙宏伟. 汽车轮胎爆胎预警系统的研制[D]. 长春:吉林大学,2005:3.
- [18] 王宝书,谢静芳,安红善. 长春市交通事故与气象条件的关系的分析及交通预报系统[J]. 吉林气象,2004(1):26-29.

Tire Burst Meteorological Condition Index Forecast Method in Shengyang

SUI Dong¹, LIANG Hong¹, AN Xin¹, ZHANG Yu¹,

ZHANG Siyao¹, WEI Tao¹, WANG Bingchuan¹, ZHAO Feng²

(1. *Shenyang Meteorological Bureau of Liaoning Province, Shenyang 110168, China;*
2. *Sujiatun Meteorological Station of Shenyang in Liaoning Province, Shenyang 110179, China*)

Abstract: The correlation was analyzed between the daily maximum surface temperature in Shenyang and 140 observation factors such as temperature, relative humidity, cloud cover, wind direction, wind speed, precipitation, etc. The results show that the relationship between the daily maximum surface temperature and air temperature was the best with positive correlation coefficient above 0.7. The relative humidity was also one of the main factors affecting the maximum surface temperature, and the negative correlation coefficient was below -0.6 . The skid resistance of pavement was mainly affected by precipitation. Generally speaking, the greater precipitation intensity and precipitation amount, the greater impact on road conditions and vehicle driving. However, the light rain was more likely to cause a tire burst accident than a moderate rain. When the road was wet or had a small amount of water, the road surface friction coefficient decreased, which was easy to cause traffic accidents. According to the selected correlation factors, the binary linear regression equation between daily maximum surface temperature and the correlation factors was established. The prediction method of tire burst meteorological condition index in Shenyang was obtained. The tire burst meteorological condition index was divided into four grades. The tire burst meteorological condition index was calculated and tested in July 2015, there were 2 tire burst accidents in Shenyang city area, and tire burst meteorological condition index reached 3 level.

Key words: Shenyang; summer; the maximum surface temperature; tire burst meteorological condition index; forecast method