

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, 2013, 31(4): 825-830, doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0825

银川市路面温度预报与爆胎指数预报方法研究

马筛艳¹, 马金仁², 孙卫武³, 纪晓玲², 缙晓辉¹

(1. 宁夏气象服务中心, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏气象台, 宁夏 银川 750002;

3. 宁夏石嘴山市气象台, 宁夏 石嘴山 750002)

摘 要:利用7月份银川市沥青、水泥2种路面温度实测资料,研究了银川市水泥、沥青城市道路路面温度特征及其与气温、相对湿度、风等气象要素的关系,采用统计回归方法,建立了路面温度统计预报模型。在此模型基础上,分析了气温、车速和路面温度之间的关系,继而建立了爆胎指数分级预报方法和标准。结果表明:导致汽车爆胎的因素有很多,但当气温低于25℃时,即使是高速行驶的汽车,也不易因路面温度导致爆胎;而当气温高于35℃时,路面温度可高达70℃以上,此时车速在66 km/h以上就有可能爆胎,车速超过82 km/h时,爆胎的可能性非常大。通过对路面温度预报模型的检验表明,尽管建立的模型比较简单,也不能完全反应气象要素和路面温度之间更深层的关系,但是该模型的求解过程简单易懂,输入参数少且易于获得,可操作性强,预测精准度已满足业务需要,值得在业务中使用,在以后的业务中,通过不断的改进和完善,预报效果将得到进一步提升。

关键词:路面温度;预报模型;胎内温度;爆胎指数

文章编号:1006-7639(2013)-04-0825-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0825

中图分类号:V416.2

文献标识码:A

引 言

随着经济社会的快速发展和交通需求的不断增加,现代交通日新月异,交通基础设施总量迅速扩大,公路、铁路、航空、管道运输里程不断延伸,交通运输能力和效率不断提高,有效地促进了社会经济的发展,人类的出行和货物运输变得更加快捷、高效。公路交通安全不仅与路段的质量、地形等有关,也与公路沿线的气象条件密切相关,雾、雨、雪等灾害性天气往往是引发交通事故的主要原因,各类不利天气对交通的影响日趋明显,强降水引发山体滑坡、道路塌陷、路基冲毁,交通中断;强风和风切变导致车辆吹翻;沙尘暴造成视程障碍等。据统计,道路交通事故中约有40%与气象条件有关,恶劣的天气条件是诱发交通事故的主要因素之一。宁夏各地每年发生各种交通事故上万起,经济损失数千万元,死、伤人员上千人,其中每年发生一次死伤10人以上的重大交通事故数起,交通事故已成为全社会普遍关注的问题。

由于气象与交通的密切关系,近年来交通气象引起许多学者的关注和重视,也开展了相关研究^[1-11],路面温度预报的研究是其中的一项重要内容。田华等利用仙人山和梅村2个交通气象站的路面温度资料分析了沪宁高速公路路面温度的变化特征并建立了统计模型^[1];朱承瑛等提出一种用于预报高速公路路面温度极值的数值模型,并利用沪宁高速公路梅村站和仙人山站2006年7月8日至12月31日的逐分钟的各要素实测数据对模型的有效性进行检验^[2];曲晓黎等利用多元回归方法建立了京石高速冬夏季路面最高温度和路面最低温度的预报模型^[3];吴晟等利用京珠高速公路粤境北段岩雾区路段自动气象站的路面温度资料,研究了南岭山地高速公路路面温度特征及其与气温、地温、风速等气象条件的关系等^[6]。高速公路交通事故中有70%是爆胎引起的,其中因为路面温度过高引起爆胎的例子屡见不鲜,罗小青等分析发现夏季公路路面温度较高,常常可以达到70℃以上,长时间在温度较高的路面行驶的汽车,胎压很容易上升,一旦胎

收稿日期:2012-02-16;改回日期:2013-08-02

基金项目:宁夏气象局项目“宁夏交通气象预报服务系统建设”资助

作者简介:马筛艳(1977-),女,陕西咸阳人,天气气候工程师,主要从事专业预报技术方法研究和专业气象服务。E-mail:nxmsy@163.com

压过高,容易加速轮胎磨损,有损伤或存在薄弱处的轮胎很容易因胎压过高导致爆胎^[9]。

宁夏区内目前尚没有建立起交通气象观测网,交通气象业务尚不完善,在路面温度、爆胎指数等专业专项的交通气象预报方法的研究也只处于探索和起步阶段,本文通过开展路面温度观测,结合气温、湿度、风等气象要素,探索城市道路路面温度预报方法及夏季高温爆胎预报方法,以期通过此项研究,提升宁夏交通气象预报服务水平。

1 资料和方法

7月是宁夏一年中气温最高的时段,连续的高温天气多出现在7月中下旬,而气温的高低势必影响路面温度的高低,而过高的路面温度对行驶的汽车轮胎有不利的影响,还有可能在接近路面的地方形成热浪,影响驾驶员的视线和判断,那么是否7月份也是一年中路面温度最高的时期?路面温度与气温及其他气象要素之间到底有什么样的客观联系?为了验证、分析和解决这些疑问,设计了此次观测,旨在通过对7月份路面温度的观测来验证高温时期路面温度的变化及其与气象要素间的关系。所以在2011年7月7~28日期间,对银川市几条交通干线:北京路、黄河路、新昌西路进行了人工定点观测,获得每日08~20时(个别资料的观测时段为09~

19时)逐时路面温度和最高路面温度人工观测资料,分析了银川市城市道路路面温度的变化特征,并用统计回归方法建立了路面温度与气温、相对湿度、风等气象要素的关系,分别建立了最高路面温度和逐时路面温度的统计预报模型,在此基础上,建立了高温爆胎指数分级预报方法。

2 路面温度变化特征

2.1 不同天空状况路面温度日变化

路面温度与气温差异的日变化与天气条件密切相关,不同天空状况下的路面温度差异也会较大。这里按照日照时数来区分天空状况,可分为晴到多云天和阴雨天2种。当日照时数 ≥ 3 h为晴到多云天;当日照时数 < 3 h为阴天,并参考定时观测的云量、云状和天气现象资料,同时将降水天气也列为这一类。通过对观测资料的对比分析发现,晴到多云天,无论是水泥路面还是沥青路面,路面温度曲线变化剧烈,而且路面温度均明显高于气温(图1a),这种特征在中午前后表现的最为明显,即早晚路面温度与气温的差值明显小于中午前后,最大的差值可超过 30°C ;阴雨天时(图1b),路面温度也高于气温,但2种路面温度和气温曲线都比较平缓,变幅不像晴天那样剧烈,比较稳定,与气温的差值也明显小于晴到多云天,最大温差只有 8.3°C 。

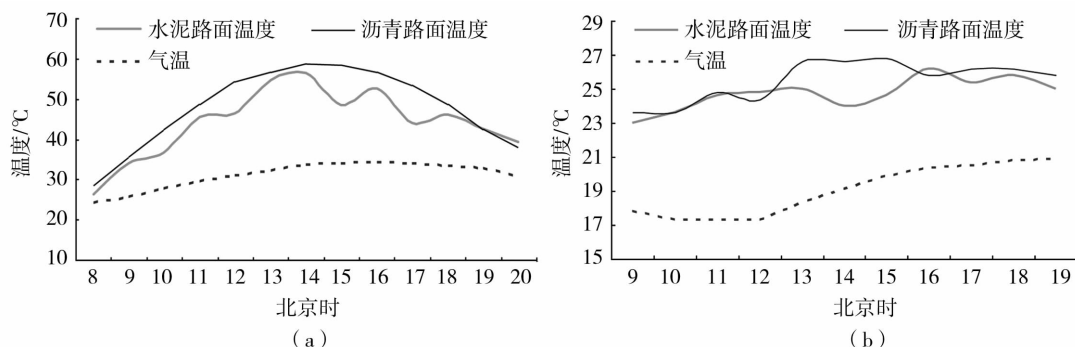


图1 水泥和沥青路面多日平均路面温度与气温对比
(a)晴到多云天;(b)阴雨天

Fig. 1 Comparison between mean pavement temperature for different materials and air temperature on clear or cloudy days (a) and raining days (b)

2.2 不同材质道路的路面温度特征

从图1可以看出,晴到多云时,随着气温升高或降低,沥青路面温度比较有规律的上升或下降,呈半弧形分布,在观测时段内,最高路面温度可达 60°C 左右,而水泥路面温度随气温升高呈波状起伏上升,但路面温度总体低于沥青路面温度,只在傍晚前后略高于沥青路面温度。说明在同一高温下,水泥

路面温度要略低于沥青路面,在同一低气温下,水泥路面温度要略高于沥青路面,或者说更接近与气温。阴雨天时,沥青和水泥路面温度均为波状起伏变化,且变化幅度不大,与气温的相关性小于晴到多云天,沥青和水泥曲线互有高低和交点,表明阴雨天时,沥青和水泥路面温度比较接近并与气温保持相对较为固定的差值。这种分布特点可能与路面不同材质的

热属性有关。

太阳发出的短波辐射被地面吸收后,地面再通过辐射、传导和对流向空气中发出长波辐射,将热量传给空气,加热了空气,使空气温度升高,这是空气中热量的主要来源。在城市中,大量人工构筑物如铺装地面、各种建筑墙面等,改变了下垫面的热属性,使得城市地表对太阳光的吸收率较自然地表高,能吸收更多的太阳辐射,进而使空气得到的热量也更多,温度升高更快,所以路面温度的高低能一定程度上体现气温的高低,同时,空气温度升高后,也能通过长波辐射对路面温度进行反馈,正是由于气温和路面温度这种密不可分的相互作用,使得用气温来预报路面温度成为一种可能。

3 路面温度统计模型的建立

3.1 逐时路面温度预报模型

考虑到逐时气温的预报方法和技术相对比较成

熟,以及模型建立后的可预报性与预报效果,因此,利用不同材质路面温度逐时观测资料,计算了逐时路面温度与逐时气温之间的相关关系(表1和图2),分类建立了4种逐时路面温度回归模型:

晴到多云天气水泥路面温度预报模型:

$$T_{\text{路面温度}} = -1.851 + 1.571 \times T_{\text{气温}} \quad (1)$$

阴雨天水泥路面温度预报模型:

$$T_{\text{路面温度}} = 1.185 + 1.245 \times T_{\text{气温}} \quad (2)$$

晴到多云天气沥青路面温度预报模型:

$$T_{\text{路面温度}} = -12.090 + 1.970 \times T_{\text{气温}} \quad (3)$$

阴雨天沥青路面温度预报模型:

$$T_{\text{路面温度}} = 1.575 + 1.2666 \times T_{\text{气温}} \quad (4)$$

表1 不同天空状况下不同材质路面温度与气温的相关统计

Tab. 1 The correlation statistics of temperature of pavement for different materials and air temperature

项目	样本数/ <i>n</i>	与气温的相关系数/ <i>R</i>	方差/ δ
阴雨天沥青路面温度	31	0.951	17.688
阴雨天水泥路面温度	31	0.956	16.917
晴到多云天气沥青路面温度	103	0.802	92.458
晴到多云天气水泥路面温度	50	0.843	62.921

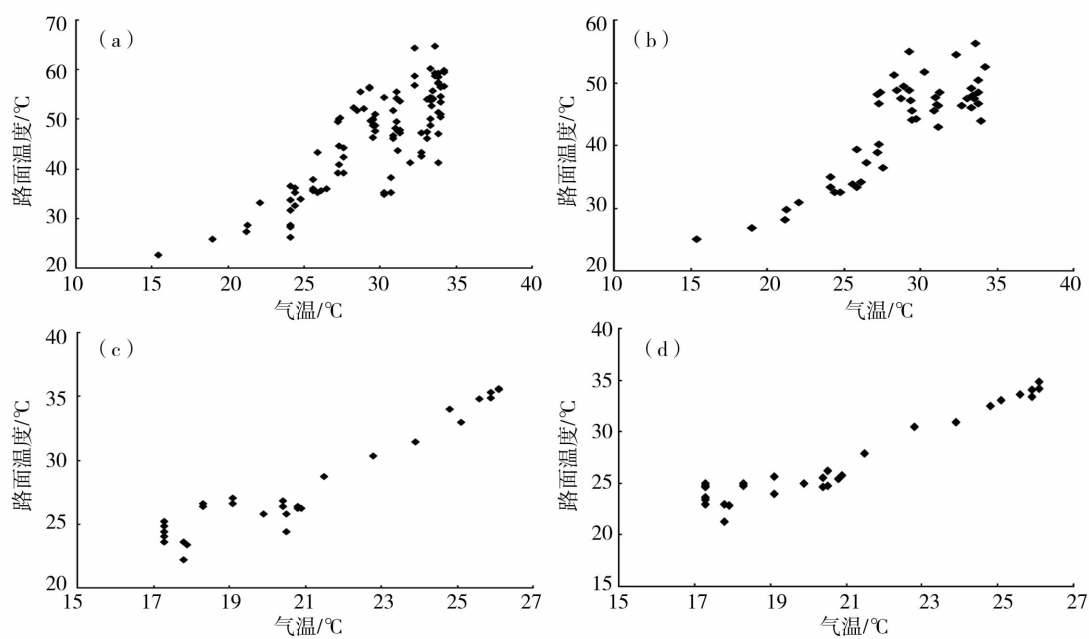


图2 气温与路面温度散点分布图(a、b、c、d分别为晴到多云天气沥青路面、晴到多云天气水泥路面、阴雨天沥青路面、阴雨天水泥路面)

Fig. 2 The scatter plots of air temperature and pavement temperature

(a) the asphalt pavement on sunny or cloudy days; (b) the cement pavement on sunny or cloudy days; (c) the asphalt pavement on raining days; (d) the cement pavement on raining days

3.2 最高路面温度预报模型

考虑到最高路面温度对汽车轮胎的影响更大,而天空状况、气压、气温、风速、相对湿度等要素对路面温度均有影响,因此,利用人工观测的最高路面温度样本资料,与可预报的最高气温、最低气温、最大相对湿度、最小相对湿度以及风速等因子建立相关关系,由于雨天和晴天在最低气温、最高气温、最大相对湿度、最小相对湿度等方面已有反应,在方程里面已有体现,故不再区分雨天和晴天模式,只区分水泥和沥青路面,得到 2 个预报方程:

沥青路面最高气温预报模型:

$$T_{\text{道面最高}} = -4.930 - 2.081 \times V_f - 0.682 \times R_{\text{最大}} + 0.883 \times R_{\text{最小}} + 3.862 \times T_{\text{最高}} - 0.020 \times T_{\text{最低}} \quad (5)$$

水泥路面最高气温预报模型:

$$T_{\text{道面最高}} = 14.044 - 2.421 \times V_f - 0.698 \times R_{\text{最大}} + 0.856 \times R_{\text{最小}} + 3.150 \times T_{\text{最高}} - 1.885 \times T_{\text{最低}} \quad (6)$$

其中, $T_{\text{道面最高}}$ 为要预报的最高路面温度, 第一项

为常数, V_f 为预报的平均风速, $R_{\text{最大}}$ 为预报的最大相对湿度, $R_{\text{最小}}$ 为预报的最小相对湿度, $T_{\text{最高}}$ 为预报的最高气温, $T_{\text{最低}}$ 为预报的最低气温。

4 路面温度模型模拟效果检验

模型建立后, 由于没有大量的实测数据, 对模型的检验也只能依靠人工观测数据, 由于人工观测数据的样本长度有限, 本文只选取了 2011 年 10 月 23 日 08 ~ 20 时的观测资料, 与预报模型输出的路面温度进行了检验, 结果如表 2。

从表 2 可以看出, 逐时预报方程中, 水泥路面温度预报误差较小, 大多样本的绝对误差在 2 °C 以内, 早晨和傍晚前后误差小于中午, 沥青路面温度预报误差比水泥路面要大, 多在 2 ~ 4 °C, 也具有早晨和傍晚前后误差小于中午的特点, 在最高气温预报中水泥路面的误差为 1.9 °C, 效果较好, 沥青路面的误差高达 9.7 °C, 效果不太理想, 分析误差原因, 主要是因为缺乏大量的监测数据和有效样本, 以待以后有资料时, 对模型进行检验和不断的改进。

表 2 模式输出的路面温度预报与 10 月 23 日实测路面温度对比

Tab. 2 The comparison of the pavement temperature forecasted by the model and the actual pavement temperature on October 23, 2011

时次	水泥路面			沥青路面		
	预报/°C	实测/°C	绝对误差/°C	预报/°C	实测/°C	绝对误差/°C
8	6	5.4	-0.6	2.5	3.7	1.2
9	7.8	5.6	-2.2	4.6	3.8	-0.8
10	9.2	7.8	-1.4	6.1	5.5	-0.6
11	10.2	10	-0.2	7.3	6.3	-1
12	11	13	2	8.2	10.5	2.3
13	11.9	13.1	1.2	9.2	12.4	3.2
14	12.4	14.2	1.8	9.8	13.3	3.5
15	12.5	15	2.5	9.9	15	5.1
16	12.1	14.8	2.7	9.5	14.7	5.2
17	11.4	14.7	3.3	8.6	13	4.4
18	9.9	13.5	3.6	7	10.3	3.3
19	8.6	10.8	2.2	5.4	8.3	2.9
20	7.1	8.4	1.3	3.8	4.5	0.7
日最高路面温度/°C	13.1	15	1.9	5.3	15	9.7
平均误差/°C			1.92			3.14

5 爆胎指数分级预报方法建立

汽车行驶的过程是个很复杂的开放系统, 时刻和外界进行热交换, 影响汽车轮胎使用寿命的原因很多, 导致汽车爆胎的原因也有很多, 低速在市内行

驶的汽车, 因为路面气温高导致爆胎的可能性不大, 但是值得注意的是, 夏季公路路面温度常常在 70 °C 以上, 长时间在炎热夏天高速行驶的汽车, 有损伤或存在薄弱处的轮胎很容易因胎压过高导致爆胎。另外汽车在有加速度(包括正加速度和负加速度)时,

尤其急刹车时胎压会发生变化,此时如果路面温度过高,胎压变化太剧烈超过轮胎的弹性范围,就易发生爆胎。有关资料显示,在高速公路上发生的交通事故中,爆胎事故占70%以上。

试验得知:轮胎内部的温度与轮胎的负荷和速度成正比,速度越高,负荷越大,温度升高越快。此外,轮胎温度与外胎的厚度有关,外胎越厚,轮胎的热量难以散发,温度上升越快;还与外界温度和轮胎气压有关,环境温度越高,温度上升越快。轮胎气压过低,轮胎径向变形大,滚动阻力增大,温度随之升高。

根据罗小青^[9]的资料及研究,胎内最高温度与持续运行速度具有图3中的线性关系。关系表达式为:

$$T_{\text{胎内最高气温}} = 22.194 + 0.974 \times V \quad (7)$$

同时,根据她的研究和众多关于对汽车轮胎使用的常识等表明:胎内温度达到95℃时,已部分磨损的轮胎就会因为温度过高有爆胎的可能性,当胎内温度上升到110℃时,轮胎材料的抗拉强度迅速下降,与此同时,随着温度的升高,胎内气压上升,使帘线的应力增大,轮胎变软,轮胎的强度大幅降低,在这种情况下,如果车辆高速行驶,轮胎内部受过损伤的地方就很容易发生爆裂,造成严重的事故。以此为依据,本文将胎内温度划分为<95℃;在95~110℃之间;>110℃3个等级。

从公式(7)可以看出,当车速 $V=0$ 时,即汽车未行驶时,测得轮胎内的温度 $T_{\text{胎内最高气温}} = 22.194$ ℃,而此时的气温约为25℃左右,而当气温升高时,可以依据此关系,得到如图3的几条平行曲线,从上到下分别对应气温 t 为40℃、35℃、30℃、25℃时胎内温度和持续运行速度的关系,分别找到每条曲线上 $T_{\text{胎内最高气温}} = 95$ ℃和110℃对应的持续运行速度,就可以得到不同气温下,较易爆胎和爆胎可能性较大对应的汽车运行的临界速度,爆胎指数分级预报得以实现。

图3中当气温 $t=40$ ℃左右时,从胎内最高气温与行驶速度关系曲线看出: $T_{\text{胎内最高气温}} = 95$ ℃时对应的速度,也就是有可能爆胎的临界车速约为60 km/h, $T_{\text{胎内最高气温}} = 110$ ℃时对应的速度,也就是爆胎可能性较大的临界车速约为76 km/h左右。而通常在市内行驶的汽车时速大约在60~75 km/h,高速上行驶的汽车时速在100 km/h甚至更高,表明气温 $t=40$ ℃左右时,市内行驶的汽车就有可能爆胎,

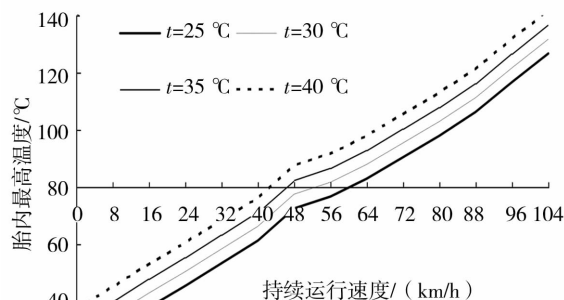


图3 不同气温下胎内最高温度和持续运行速度关系

Fig. 3 Relationship between the maximum temperature in tyres and continuous running speed for different air temperatures

如果车速超过75 km/h,爆胎可能性就较大;而高速公路上要求的最低时速为90 km/h,通常可以达到100 km/h甚至以上,此时爆胎的可能性就非常大,所以当气温为40℃,在市内行驶的汽车有可能爆胎或爆胎可能性较大(取决于车速),高速行驶的汽车,爆胎的可能性较大。

气温 $t=35$ ℃时,有可能爆胎的速度约为66 km/h左右,爆胎可能性较大的速度为82 km/h左右,也就是说在高速公路上爆胎的可能性较大,在市内不宜爆胎或有可能爆胎(取决于车速)。

至此,就在气温和爆胎指数之间建立起了对应关系,再结合项目中路面温度和气温在不同天气下的对应关系,确定路面温度和爆胎指数间的关系,建立了不同天气下的爆胎指数预报模型,得到如下分级爆胎指数:

气温在25℃,路面温度在40℃左右时,高速公路上有可能爆胎,市内不易爆胎。

气温在35℃,路面温度在60℃左右时,高速公路上爆胎可能性较大,市内有可能爆胎或不宜爆胎(取决于车速)。

气温超过35℃,路面温度可达70℃左右,市内行驶的汽车有可能爆胎或爆胎可能性较大,高速公路上行驶的汽车爆胎的可能性较大。

气温在40℃左右时,路面温度可超过70℃以上,市内行驶的汽车有可能爆胎或爆胎可能性较大,高速公路上行驶的汽车爆胎的可能性较大。

6 结 论

(1)路面温度具有明显的日变化特征,这种特征在晴到多云天时表现得尤为明显。

(2)晴空或少云时,日出和日落时段路面温度略高于气温,中午前后路面温度变幅最大,且明显高于气温,与气温差最大可达或超过 30℃;阴雨天时,路面温度略高于气温,变化相对平缓且与气温保持较好的相关性。

(3)由于水泥和沥青不同的物理特征,沥青路面对气温的反应灵敏,水泥路面反应相对迟钝,即水泥路面最高温度低于沥青路面,最低温度高于沥青路面,最低最高路面温度与气温的差均小于沥青路面。

(4)逐时路面温度预报模型模拟的结果与实况的变化趋势比较接近,多数样本的绝对误差在 2℃以内,预报效果良好,具有较好的应用价值。

(5)最高路面温度的预报效果不太理想,其原因可能是有效样本数量有限,没有考虑太阳短波辐射及地面长波辐射等因素的影响,在实际应用中需要进一步修订。

(6)在气温低于 25℃时,路面温度不易导致爆胎,即使是高速行驶的汽车;但在气温高于 35℃时,路面温度可高达 70℃以上,此时车速在 66 km/h 以上就有可能爆胎,车速超过 82 km/h 时,爆胎的可能行非常大。

(7)本文通过统计方法建立了路面温度相关模型,该方法仅能从现象上反映二者的片面联系,这是本方法的不足之处。但是,统计方法建立的模型形

式和求解过程都比较简单,输入参数少且易于获得,预测精度已能满足业务需要,可操作性强,还是值得使用。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 曲晓黎,武辉芹,张彦恒,等. 京石高速路面温度特征及预报模型[J]. 干旱气象,2010,28(3):352-357.
- [4] 何建雄. 水泥混凝土路面温度场随深度变化计算模型研究[J]. 山东建材,2006,4:116-118.
- [5] 刘惠云,吴彦,路光辉,等. 新疆南部夏季高温的公路交通响应[J]. 干旱区研究,2009,26(6):909-916.
- [6] 赵建华,金文岩,刘宏谊,等. 湍流低频贡献对半干旱区地表能量平衡的影响[J]. 干旱气象,2013,31(1):1-9.
- [7] 吴晟,吴兑,邓雪娇,等. 南岭山地高速公路路面温度变化特征分析[J]. 气象科技,2006,34(6):783-787.
- [8] 施杨. 基于地温特征值路面温度区划分析[J]. 交通科技与经济,2010,1:63-65.
- [9] 罗小青. 高速公路上的爆胎原因及预防措施[J]. 公路与气运,2010,2:17-19.
- [10] 孟春雷,刘长友. 北京地区高速公路夏季道面高温灾害预报研究[J]. 防灾科技学院学报,2009,11(3):26-29.
- [11] 谈志明,邹晓翎,刘伯莹. 路面温度场的数值解及几个关键问题探讨[J]. 同济大学学报(自然科学版),2010,38(3):374-379.

Study of Forecasting Method for Urban Road Temperature and the Index of Car Tire's Explosion

MA Shaiyan¹, MA Jinren², SUN Weiwu³, JI Xiaoling², GOU Xiaohui¹

(1. Ningxia Meteorological Service Centre, Yinchuan 750002, China; 2. Ningxia Meteorological Observatory, Yinchuan 750002, China; 3. Shizuishan Meteorological Observatory of Ningxia, Shizuishan 753002, China)

Abstract: The temporal and spatial distribution characteristics of cement concrete pavement temperature and asphalt pavement temperature in Yinchuan City were researched by using observation data of two kinds of pavement's temperature in July which is the hottest month in the whole year, and the relationships between pavement temperature and air temperature, relative humidity, wind and other meteorological factors were analyzed, finally, the pavement prediction model was built by using the statistical regression method. Corresponding relationships between pavement temperature and air temperature, vehicle speed had been constructed based on this model, and the standard as well as prediction method for the index of car tire's explosion were established. The results show that there were many factors leading to the car tire's explosion, when air temperature was below 25℃, it was not easy for the tires to get too hot and result in explosion even though it's moving at a great speed, however, when air temperature was above 35℃, the pavement temperature might reach 70℃, and the tire was likely to explode when the car speed was above 66 km/h, and the possibility of tire explosion got more serious when car speed was above 82 km/h. Due to the lack of large amount of observation data and samples, the test of the model showed that this method had some shortcomings, however, it was worth using in the operation because it's easy to understand, at the same time it needs a few of input parameters which were easy to be obtained, so that it's easy to operate. Moreover, the prediction accuracy can basically meet the needs of operation work. The prediction effects could be better if the model could be modified with the accumulation of observation data and samples in the future work.

Key words: pavement temperature; forecast model; air temperature; index of car's tire explosion