

王丹,高红燕,白庆梅,等. 西安咸阳国际机场专用高速公路雾的特征及影响因子[J]. 陕西气象,2018(2):16-20.

文章编号:1006-4354(2018)02-0016-05

西安咸阳国际机场专用高速公路 雾的特征及影响因子

王丹¹,高红燕¹,白庆梅²,马磊¹

(1. 陕西省气象服务中心,西安 710014;2. 西安市气象局,西安 710016)

摘要:利用西安咸阳国际机场专用高速公路(以下简称西咸机场高速公路)段交通气象站及其10 km范围内区(县)气象站的观测资料,以及MICAPS高空和地面资料,研究了西咸机场高速公路雾的变化特征、典型环流形势和气象影响因子。结果表明:雾主要发生在夜间至清晨,能见度越小的雾生成的时间越集中,2月、4月和10—12月出现的雾可持续较长的时间;典型雾日,500 hPa陕西关中地区为一致的西北或偏西气流,850 hPa陕西关中及其以南地区受弱暖脊控制且处于反气旋环流的底部,西咸机场高速公路及其周边地区近地面层有逆温形成,且风速小,湿度大;有利于雾发生的气象条件包括相对湿度 $\geq 80\%$ 、地面风速 ≤ 3 m/s和地表温度与气温之差 ≥ -3 °C等,14时相对湿度、14时气温与未来时刻气温的差都与相应时刻能见度密切相关。

关键词:西安咸阳国际机场;专用高速公路;雾;环流形势;影响因子

中图分类号:P426.4

文献标识码:A

近年来,我国高速公路交通气象监测站的布设进入高速发展阶段,气象工作者在高速公路低能见度浓雾的监测、预警和临近预报方面已取得了一些有益成果^[1-4],其中江苏省交通气象工作已经由初始阶段步入推广发展阶段^[5],但是除江苏、北京和海南的测站分布较为密集外,大部分省份的高速公路沿线交通气象监测空白或者刚刚起步^[6],其交通气象工作还处于初始阶段。2013年7月,陕西省气象局在西安—汉中高速公路和西安咸阳国际机场专用高速公路(以下简称西咸机场高速公路)各建成3个交通气象监测站,填补了陕西省高速公路专业交通气象监测的空白。王丹等^[7-8]对新建交通气象监测站的数据质量进行了评估,并在此基础上对影响西咸机场高速公路运营安全的灾害性天气进行分析。西咸机场高速公

路承担了约80%的机场陆侧交通,能见度较低时,不仅容易发生交通事故,而且直接对机场的旅客能否按时到达机场乘机,以及飞机的起降等产生影响。本文以西咸机场高速公路3个交通气象站资料为基础,相邻区(县)气象站资料为补充,对该高速公路段雾的特征和影响因子进行分析,以期为提高机场交通运营的科学管理和降低道路交通事故提供参考。

1 资料和方法

1.1 资料

所用资料包括:(1)2013年7月2日—2016年4月28日西咸机场高速公路段3个交通气象站及其10 km范围内区(县)气象站2000年1月1日—2015年12月31日的逐时或者一日4次观测资料(观测时间为北京时间02、08、14和20

收稿日期:2017-10-24

作者简介:王丹(1986—),女,陕西渭南人,硕士,工程师,从事数值天气预报应用研究和气象服务。

基金项目:陕西省气象局2015年预报员专项(2015Y-9);陕西省气象局重点建设项目“陕西省山洪地质灾害精细化气象格点预报业务平台建设”;中国气象局气象预报业务关键技术发展专项“秦岭及周边地区格点预报关键技术项目”(YBGJXM(2017)03-13)

时),3个交通气象站指汉城收费站、渭河大桥北桥头站和咸阳机场收费站,区(县)气象站包括西安站、咸阳站和泾河站,观测要素包括气温、地表温度、降水、风速、相对湿度和能见度等;(2)2013年7月2日—2016年4月28日MICAPS高空和地面资料。3个交通气象站资料在使用前先进行质量控制,该套资料完整性较好,错误和可疑数据少^[7],将错误和可疑数据记为缺测数据,再进行相关研究工作。

1.2 方法

主要研究相对湿度 $\geq 80\%$,能见度 $V < 1\ 000$ m时的雾,由于资料限制,无法识别哪些低能见度天气(能见度 $< 1\ 000$ m)是由霾引起的,因此,研究对象包括相对湿度介于 $80\% \sim 95\%$ 时由于雾霾混合作用形成的低能见度^[9]。根据2012年3月1日我国开始实施的《雾的预报等级》,分为大雾($500\text{ m} \leq V < 1\ 000\text{ m}$)、浓雾($200\text{ m} \leq V < 500\text{ m}$)、强浓雾($50\text{ m} \leq V < 200\text{ m}$)和特强浓雾($V < 50\text{ m}$)等4个等级。利用3个交通气象站的能见度资料对西咸机场高速公路雾的特征进行统计,统计规则为:1)任何一站在某一时刻的能见度达到雾的标准时定义为该时刻出现雾1次,两站均达到某一级别标准定义为该时刻出现雾2次,达到不同的级别标准则分别计算。2)雾的持续时

间为雾从开始到结束的实际出现时间,中间允许有1 h的间隔,等级定义为该持续时间内的最低能见度达到的级别标准。另外,由于3个交通气象站建站时间短,可用于研究的数据样本少,因此将交通气象站10 km范围内的区(县)气象站资料作为补充,以增加雾的影响因子分析样本。

2 雾的特征

图1是根据雾的分级统计规则得出的结果,从各级雾发生频率的日变化(图1a)来看,一日中,雾主要发生在夜间至清晨,能见度越小的雾生成的时间越集中。各级雾发生频率较高的时段在01—09时,其中06—08时是大雾、浓雾和强浓雾发生的高峰时段,与王雯燕等^[10]和邓小丽等^[11]研究的西安城区大雾的日变化特征相近。特强浓雾生成有两个高峰时段,分别是07—09时和01时前后。从各级雾最长持续时间的逐月变化来看(图1b),2月、4月和10—12月出现的雾可持续较长的时间,特别是冬季出现的雾持续时间最长,特强浓雾、强浓雾、浓雾和大雾的最长持续时间分别达为37、26、60、46 h。比较而言,一日中,渭河大桥北桥头站雾出现频次高于其它2站,特别是在夜间段的表现较为明显,这可能与夜间时段渭河大桥北桥头站的相对湿度高于其它2站有关(图2)。

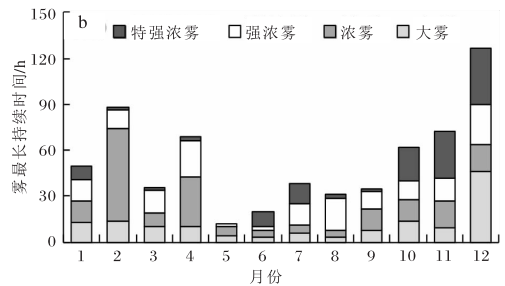
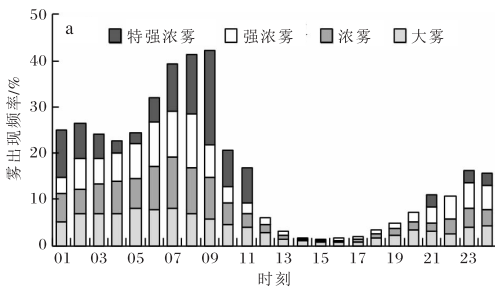


图1 西咸机场高速公路雾出现频率的日变化(a)和最长持续时间的逐月变化(b)

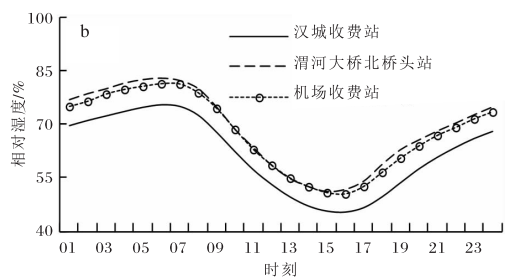
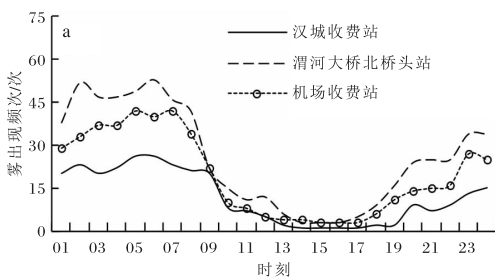


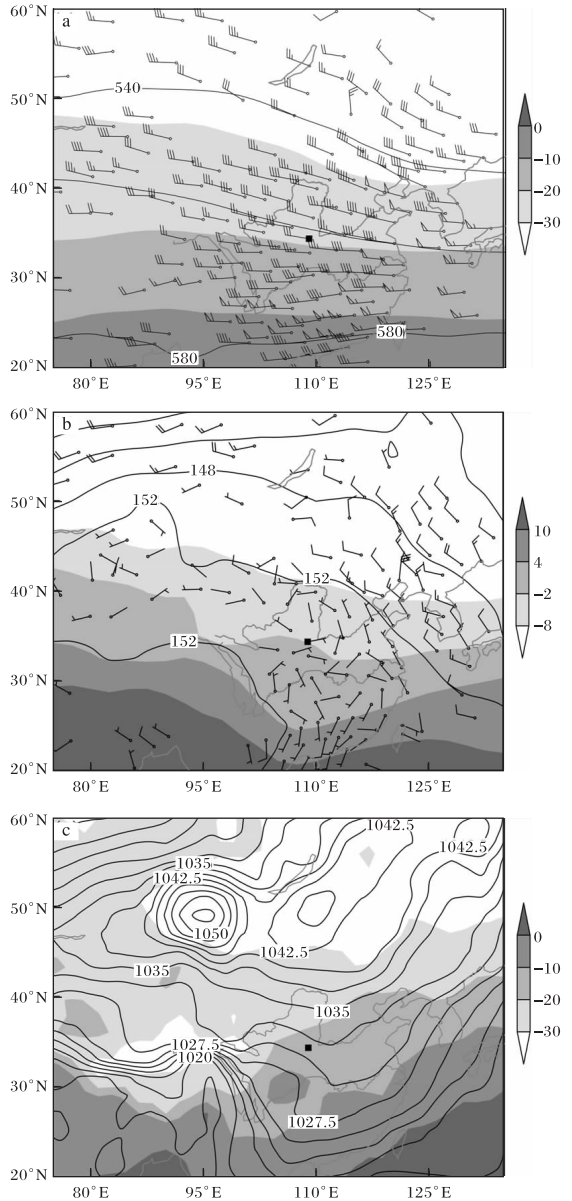
图2 西咸机场高速公路3个交通气象站雾出现频次(a)和相对湿度(b)的日变化

3 典型雾日的天气形势和地面要素特征

将交通气象站和区(县)气象站连续 3 d 有 3 站以上出现雾时定义为典型雾日。2013 年 7 月以来,西咸机场高速公路段的典型雾日都发生在冬季,分别为 2013 年 12 月 17—23 日、2014 年 2 月 15—18 日和 2015 年 11 月 28 日—12 月 1 日。通过对典型雾日的高、低空平均环流形势和地面要素平均场的分析,初步给出了西咸机场高速公路段出现典型雾日时的天气形势和地面要素特征。

从 08 时典型雾日的平均环流形势来看(图 3),500 hPa 陕西关中地区受一致的西北或偏西气流控制,有利于大气层结稳定;850 hPa 陕西关中及其以南地区受弱暖脊控制,且处于反气旋环流的底部,有利于产生弱的辐合上升气流;地面图上,我国以北的 50°N 附近有两个稳定的冷性高压系统,陕西关中地区处于高压底部的均压场中,四川和重庆地区的暖性倒槽(该倒槽水汽充沛)向东北方向伸展,顶端到达陕西关中地区。

从地面要素场来看(图略),西咸机场高速公路及其周边地区的相对湿度较大;温度露点差小于 3℃;风力较小,平均风速在 1 m/s 左右,其中咸阳段高速公路以东北风为主,西安段高速公路以东南风为主。多数雾是在对流层低层层结稳定、水汽充沛的条件下产生的,基于气象探空资料绘制的温度和露点的垂直廓线图可以用来判定大气层结稳定性和湿度条件。由于西咸机场高速公路附近仅泾河站有探空资料,以泾河站作为代表站对出现雾时的大气层结稳定性进行分析。2015 年 11 月 28 日—12 月 1 日泾河站连续出现雾日,从 08 时泾河站温度和露点的垂直廓线来看(图 4),当近地面层有逆温形成,且温度廓线和露点廓线接近,相对湿度较大时,有利于雾的形成。



■表示西咸机场高速公路所在位置,阴影区为温度(单位:℃);
实线在 500 hPa 和 850 hPa 图上为位势高度(单位:dagpm),
在地面图上为海平面气压(单位:hPa)

图 3 08 时典型雾日的 500 hPa(a)、
850 hPa(b)和地面(c)的平均环流形势

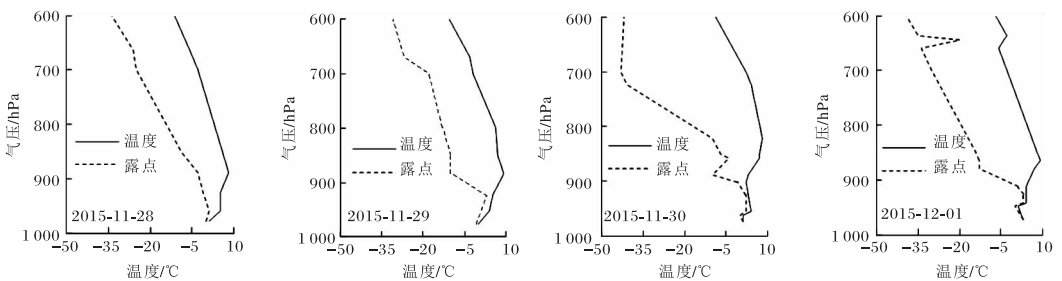


图 4 2015 年 11 月 28 日—12 月 1 日 08 时泾河站温度和露点的垂直廓线

4 雾的影响因子

4.1 水汽条件

相对湿度是表征空气中水汽含量的因子,空气中的水汽含量越高,越有利于雾的形成。利用227 215组能见度与同时刻相对湿度的有效观测数据进行统计,二者的相关系数为-0.52,通过了99%的置信度检验,可见,相对湿度越大越有利于较小能见度的发生。进一步统计发现,能见度越小,对相对湿度的要求越高,特强浓雾、强浓雾、浓雾和大雾等发生在相对湿度大于95%的湿度条件下的频率分别为97%、93%、76%和58%。

降水会使得近地面层相对湿度迅速增加,有利于雾的形成。将雾发生时前24 h内观测有效降水的2 047组数据作为样本,统计发现,28%的雾发生时前24 h内有降水。将雾发生时同时刻降水量 > 0 mm的391组数据作为样本,统计发现,16%的雾发生时有降水;在这16%的数据样本中,89%的雾发生在1 h降水量 ≤ 3 mm的条件下。另外,有降水时没有出现特强浓雾。以上分析表明,前期降水有利于雾的形成,当雾与降水相伴发生时,雾多发生在1 h降水量 ≤ 3 mm时,但是降水发生时不利于特强浓雾的形成。

4.2 动力因素

风、地表温度和气温的差值($T_s - T_a$)都是影响雾形成的动力因素^[12]。地面风速的大小反映了近地面层乱流混合状况,雾的形成需要较小的风速条件。利用2 908组雾与同时刻风速、风向的有效观测数据进行统计(表1、图5)。从表1来看,雾出现在地面风速 ≤ 3 m/s时,且风速 ≤ 1.5 m/s时各级雾的发生频率明显偏高,风速越小越有利于特强浓雾的发生,静风时雾出现频率最大。雾的形成还与风向有关,除静风外,在东北风、西北风和西南风控制下的雾出现频率明显高于其它风向控制时(图5)。

地表温度和气温的差值($T_s - T_a$)变化是反映近地面温度和湿度湍流情况的物理量。从表2来看,雾发生时,一般情况下 $T_s - T_a \geq 0$ °C,也有11%左右的雾发生时 $T_s - T_a < 0$ °C。当 0 °C $\leq T_s - T_a \leq 4$ °C时雾出现频率较高,其中,当 $T_s - T_a$ 在1 °C附近时最有利于大雾、浓雾和特强浓雾

的发生,当 $T_s - T_a$ 在2 °C附近时最有利于强浓雾的发生,当 $T_s - T_a < -3$ °C不利于雾的发生。

表1 不同风速下雾的出现频率 %

风速/(m/s)	大雾	浓雾	强浓雾	特强浓雾
[0.0,0.5)	19	21	20	31
[0.5,1.0)	34	34	31	23
[1.0,1.5)	27	26	26	25
[1.5,2.0)	11	10	12	11
[2.0,2.5)	6	7	8	7
[2.5,3.0)	2	2	3	3
合计	99	100	100	100

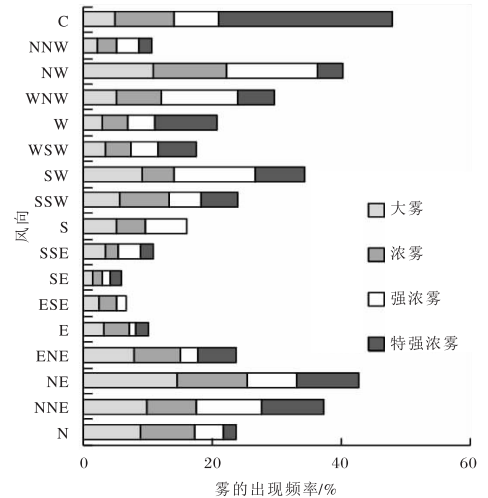


图5 不同风向下雾的出现频率

表2 不同地表温度和气温差值($T_s - T_a$)

$T_s - T_a$ /°C	相应的雾出现频率 %			
	大雾	浓雾	强浓雾	特强浓雾
[-3.0,0.0)	11.1	12.4	2.3	11.1
[0.0,1.0)	21.2	20.6	6.3	27.8
[1.0,2.0)	23.5	22.1	21.2	33.3
[2.0,3.0)	17.1	18.5	27.1	5.6
[3.0,4.0)	12.0	9.4	22.7	11.1
[4.0,10.0)	14.5	16.9	20.4	11.2
合计	99.2	100.0	100.0	100.0

4.3 冷却条件

白天空气中的水汽含量越高,夜间与白天的气温相差越大,越有利于空气中的水汽凝结,有利于低能见度的发生,以14时相对湿度和气温作为

表征白天空气中水汽含量和气温的物理量。利用 3 个交通气象站及其 10 km 范围内区(县)气象站的观测资料,统计了 14 时相对湿度、14 时气温与未来时刻(15 时—次日 14 时)气温的差($T_{14}-T$)和相应时刻的能见度之间的关系(表 3)。可以看出,当 14 时相对湿度大于 80%, $T_{14}-T \geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,雾出现频率可达 41.7%,而文献[12]研究发现北京—石家庄高速公路上 $T_{14}-T \geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时 100%会出现雾。该研究结果与本文的差异可能与这两条高速公路的地域差异有关,也可能与研究资料的观测时间密度差异有关(文献[12]为分钟级观测,而本文为定时观测)。同时文献[12]研究指出,在 14 时相对湿度一定的情况下, $T_{14}-T$ 越大,雾出现频率越高,同样在 $T_{14}-T$ 不变的情况下,14 时相对湿度越大,越有利于雾的形成,与本文的研究结果一致。

表 3 14 时相对湿度、 $T_{14}-T$ 与雾出现频率的关系

相对湿度/%	$T_{14}-T/^{\circ}\text{C}$	雾出现频率/%
≥ 30	[0.0,5.0)	2.3
	[5.0,10.0)	2.3
	[10.0, ∞)	2.2
≥ 60	[0.0,5.0)	3.9
	[5.0,10.0)	8.6
	[10.0, ∞)	8.7
≥ 80	[0.0,5.0)	5.3
	[5.0,10.0)	13.9
	[10.0, ∞)	41.7

注: $T_{14}-T$ 表示 14 时的气温和未来时刻(15 时—次日 14 时)气温的差值

5 结论

(1)西咸机场高速公路上,一日中,雾主要发生在夜间至清晨,能见度越小的雾生成的时间越集中;在 2 月、4 月和 10—12 月出现的雾可持续较长的时间,特别是冬季出现的雾持续时间最长,其中,渭河大桥北桥头站的雾出现频次高于其它 2 站。

(2)典型雾日,500 hPa 陕西关中地区为一致的西北或偏西气流,850 hPa 陕西关中及其以南地区受弱暖脊控制且处于反气旋环流的底部,近地面层西咸机场高速公路及其周边地区有逆温形

成,风速小,湿度大。

(3)雾发生的基本条件是相对湿度 $\geq 80\%$ 和地面风速 $\leq 3\text{ m/s}$,且在相对湿度 $\geq 95\%$ 、风速 $\leq 1.5\text{ m/s}$ 时的雾出现频率明显偏高。前期降水有利于雾的形成,当雾与降水相伴发生时,雾多发生在 1 h 降水量 $\leq 3\text{ mm}$ 时,但是降水发生时不利于特强浓雾的形成。有雾发生时,一般情况下地表温度和气温的差值 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$,当地表温度和气温的差值 $< -3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时不利于雾的发生。14 时相对湿度、14 时气温与未来时刻气温的差都与相应时刻的能见度密切相关。

参考文献:

- [1] 包云轩,丁秋冀,袁成松,等. 沪宁高速公路一次复杂性大雾过程的数值模拟试验[J]. 大气科学, 2013, 37(1):124-136.
- [2] 严明良,缪启龙,袁成松,等. 沪宁高速公路一次大雾过程的数值模拟及诊断分析[J]. 高原气象, 2011, 30(2):428-436.
- [3] 吴兑,赵博,邓雪娇,等. 南岭山地高速公路雾区恶劣能见度研究[J]. 高原气象,2007,26(3):649-654.
- [4] 张利娜,张朝林,王必正,等. 北京高速公路大气能见度演变特征及其物理分析[J]. 大气科学,2008, 32(6):1229-1240.
- [5] 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.
- [6] 李迅,尹志聪,丁德平,等. 高速公路气象监测站的宏观适用性[J]. 气象科技,2013,41(2):372-377.
- [7] 王丹,高红燕,马磊,等. 西汉和机场高速公路气象站资料质量评估[J]. 陕西气象,2015(6):18-21.
- [8] 王丹,高红燕,黄少妮,等. 西咸机场高速公路灾害性天气特征[J]. 干旱气象,2016,34(4):731-737.
- [9] 丁秋冀,包云轩,袁成松,等. 沪宁高速公路团雾发生规律及局地性分析[J]. 气象科学,2013,33(6): 634-642.
- [9] 王雯燕,张颖梅,曹红丽,等. 西安城区大雾气候特征分析[J]. 陕西气象,2014(3):20-22.
- [10] 邓小丽,林杨. 西安城区大雾天气的分析与预报. 陕西气象,2013(4):21-24.
- [11] 周须文,时青格,贾俊妹,等. 低能见度雾的分级预报方法研究[J]. 热带气象学报,2014,30(1):161-166.