

吴彬贵,解以扬,吴丹朱,等. 京津塘高速公路秋冬雾气象要素与环流特征[J]. 气象,2010,36(6):21-28.

京津塘高速公路秋冬雾气象要素与环流特征^{*1}

吴彬贵^{1,2} 解以扬² 吴丹朱² 王亚男² 汪东升³

1 北京大学物理学院大气科学系,北京 100871

2 天津市气象局,天津 300074

3 天津市市政公路管理局,天津 300074

提 要: 利用京津塘高速公路 2007 年 10—12 月沿路自动气象站风、温、湿及能见度连续观测资料,结合气象台站地面观测及 NCEP 再分析资料,分析了雾过程中的大尺度环流背景及气象要素分布特征。分析表明局地路段类型雾天气主要出现在上层为下沉气流同时地面为弱气压场的环流条件下;全路段类型雾过程主要出现在对流层低层弱西风槽前的暖平流区、地面冷锋前弱气压场中。2007 年 10—12 月各月雾发生时近地面温度范围分别为 9~13 °C,4~7 °C 和 -6~1 °C;近地面相对湿度一般大于 90%。相对湿度为 85%~90%时,也有 500~1000 m 低能见度天气发生。雾发生时近地面风向不定,风速一般小于 2 m·s⁻¹;当风速大于 5 m·s⁻¹时,雾存在的概率极低。文中还给出了各路段雾生消时间、持续时段及雾天气出现次序的一般特征。

关键词: 雾,低能见度,高速公路,气象要素

Characteristics of Meteorological Elements and Circulation in Fog Events Along Beijing-Tianjin-Tanggu Expressway

WU Bingui^{1,2} XIE Yiyang² WU Danzhu² WANG Yanan² WANG Dongsheng³

1 The Department of Atmospheric Sciences, Physical School, Peking University, Beijing 100871

2 Tianjin Meteorological Bureau, Tianjin 300074

3 Tianjin Municipal Road Administration, Tianjin 300074

Abstract: The characteristics of large-scale circulation background and meteorological elements in fog events are studied, based on the continuous observations (wind, temperature, relative humidity and visibility) at automatic weather stations along the Beijing-Tianjin-Tanggu expressway from October to December in 2007 and the NCEP re-analysis data. It is found that the typical situation of local fog exists in the circulation of downdrafts in upper air and the weak pressure field on the ground; while the systematic fog exists in the region of thermal advection in the lower troposphere and weak pressure field in front of the cold front on the ground. The air temperatures are 9—13 °C, 4—7 °C and -6—1 °C in October, November and December respectively, during fog events. And humidity is mainly over 90% but partly between 85% and 90% for the visibility of 500—1000 m, with wind direction changefully and wind speed mainly less than 2 m·s⁻¹. The huge differences of the formation and dissipation, duration and the sequence, occurring frequency for fogs at each section of the Beijing-Tianjin-Tanggu expressway are also obtained.

Key words: fog, low visibility, expressway, meteorological elements

* 国家自然科学基金(40775013)、天津市自然科学基金(08JCYBJC10300)、“十一五”国家科技支撑计划重点项目(2008BAC37B01、2008BAC37B05)和北京区域气象中心科技创新基金(BRMCCJ200705)资助

2009年2月20日收稿; 2009年9月22日收修定稿

第一作者: 吴彬贵,主要从事天气分析、大气湍流与环境研究. Email: tjwbg@yahoo.com.cn

引言

雾是大气边界层中发生的现象之一,由于空气中悬浮的大量微小水滴或冰晶使水平能见度低于 1 km 时称为雾,小于 500 m 时称为浓雾,小于 50 m 时称为强浓雾^[1]。在常规天气预报业务中,由于雾天气难以准确预测,预报员们常常比较注重总结预报经验^[2-4,15-16],研制专项雾天气业务预报系统以提高预报准确率^[3]。随着我国高速公路的不断发展,人们在享受便利、快捷的交通工具的同时,也深切感受到了恶劣的雾天气导致的交通拥堵、封路,乃至车祸造成的经济损失及人身伤害,因而高速公路低能见度雾天气日益引起人们的重视。针对高速公路天气预报服务越来越强烈的需求,近年来,高速公路雾天气的分析研究也逐渐提上日程,如:沪宁高速开发了实时监测及预警系统^[4];京珠高速公路在南岭主脉大瑶山多雾地段开展了多年的实验研究,建立了雾预报系统^[5];济青高速公路开展了雾天气气候特征及其影响的研究^[6];陕西省高等级公路开展了雾的预报方法研究^[7]。

京津塘高速公路西起北京,东至塘沽西,全长 142.7 km,是连接北京、天津和塘沽的交通动脉。因沿路地区多地上、地下河道,加之道路两侧地面多挖掘工程,地表水体较多,低层水汽充足,容易在秋冬季形成雾天气。曾有学者对此条高速公路的雾做过气候分析,如:田华等^[8]利用 1954—2002 年的北京、天津和塘沽三个气象站的气象观测资料为代表,对京津塘高速公路沿线雾的气候特征以及气象条件进行了分析,得到沿线多年平均雾日为 15~19 天,地面温度为 $-5\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、风速为 $0\sim 4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 及相对湿度大于 90% 条件下雾极易发生。周慧等^[9]以北京、武清、北辰、东丽和塘沽 5 个气象站为代表站,利用 1971—2006 年的地面观测统计了京津塘高速公路沿线雾天气气候特征及其对交通的影响,得到近 36 年该高速公路沿线的雾日呈微弱下降趋势,秋冬季是雾多发期的结论。以上研究所用分析资料均来自高速公路附近气象台站的资料,由于雾的区域特征非常强,常规台站资料难以真正代表各路段雾的真实情况,其次,气象台站一天 3~8 次定时观测的气象资料从时间精度上难以表征出雾生消发展的客观规律。本文利用京津塘高速公路沿路配套布置的自动气象站风、温、湿和能见度资料,分析 2007 年

10—12 月份各路段雾的分布特征及成因。

1 高速公路各路段的雾天气分布特征

1.1 路段布点及采集资料简介

为了对各路段自动气象站所处位置有一个直观的了解,图 1 给出京津塘高速公路及文中提及的沿路配套布置的自动气象站示意图,图中曲线是京津塘高速公路示意图,左上角为北京方向。马驹桥路段布置的自动气象站位于出京下行 10 km 左右,泗村店自动气象站位于下行 55.65 km,杨村路段自动气象站位于下行 71.337 km,天津机场自动站位于下行 109.9 km,塘沽西气象站位于下行 134 km 处。自动气象站和能见度仪每 6 秒钟左右自动记录一次风向、风速、气温、相对湿度及雨量和能见度资料。

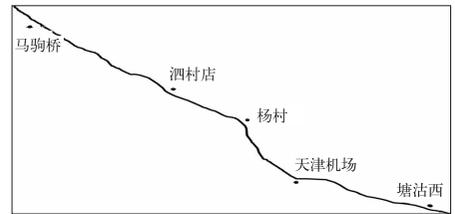


图 1 京津塘高速公路及沿路配套布置的自动气象站分布示意图

Fig.1 Distribution of automatic weather stations along the Beijing-Tianjin-Tanggu expressway

1.2 各路段雾天气出现的特征

本文所述各级雾天气出现的机会是用某一级别的低能见度事件记录次数(剔除了雨雪及沙尘天气的影响)与全部资料记录次数之比值得到的。因能见度资料为 6 分钟记录一次,故某一级别雾(或者湿霾,本文不区分雾和湿霾,下同)出现的比值基本反映了此级别雾出现时间占总观测时间的比例。由各路段小于 1 km 的雾天气出现比值看(图 2 右坐标轴),公路两端靠近市区出现雾的机会小,远离市区的中间路段发生雾的机会高。从北京市下行,马驹桥路段发生雾的机会最低,为 1%;随下行沿线,各路段出现低能见度雾天气的比值逐渐增大,天津机场路段出现雾天气的比值最高,为 17.7%;其次是泗村店和杨村路段,分别达到 8.4% 和 7.5%;进入天津市塘沽西路段后,再次减少为 3.6%,可见京津塘高速公路各路段雾天气出现机会的区域特征较强。

从行车安全的角度看,因为各级能见度条件下

采取的交通管制对策不同^[10],因此有必要进一步观察各级能见度雾事件的出现状况。从图2左坐标中可以看到,天津机场出现500~1000 m(指大于或等于500 m且小于1000 m,以下同)能见度的比值最大,为10.1%,其次是杨村和泗村店路段,分别为3.5%和3.3%。200~500 m间的低能见度天气,对交通有显著影响,仍以天津机场路段最多。50~200 m的能见度,对交通有极其严重的影响,需对车辆进行严格限速的天气,除马驹桥路段出现机会较小外,其他路段出现比例均为3%左右;其中100~200 m浓雾天气出现比例为1.8%左右,50~100 m浓雾天气出现比例为0.6%左右;小于50 m的强浓雾天气出现机会大幅减少,天津机场和泗村店路段出现机会仅为0.5%左右,其他路段出现机会均极低。

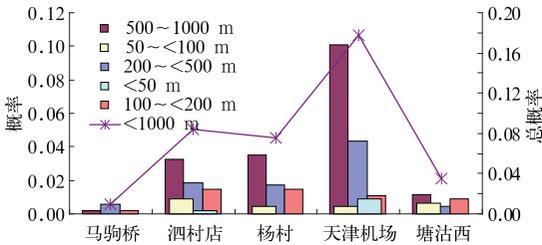


图2 2007年10—12月各级低能见度事件分布情况

Fig. 2 Probability of visibility in fogs at various levels from October to December in 2007

2 雾天气的成因

2.1 雾过程的大尺度环流背景

雾是在特定的大尺度天气形势下发生的,根据以往对华北雾天气的环流背景分析^[11],我们知道,华北地区的雾可在高压、弱冷锋、低压、均匀气压场、锋面气旋等不同的地面气压系统下发生,但归结起来,华北雾天气主要发生在均压型和锋前型两大类气压形势下^[12]。通过逐日分析2007年10—12月高速公路雾发生的环流背景可看到,局地雾和全区大面积雾发生在两种不同的高低空环流形势下,以下分别举例说明。

2.1.1 局地雾类型

局地路段雾经常出现在第一种环流形势下,即:高空为高压脊控制,上空盛行西北气流,地面为弱气压场或均压场。以下就2007年10月11日的辐射雾过程为例来简要分析其高低空环流形势。从图3a可看到,雾日早上08时,850 hPa层所在高度

为东亚大槽后部西北气流,地面气压场为蒙古高压控制,华北地区处高压系统中的弱气压场中,近地面盛行弱西风(图3b)。在夜间强烈辐射降温作用下,低层易形成强辐射逆温层结,早上日出后,地表温度首先回升,地气间的水汽输送加强,加上露水等地表水分蒸发,在近地层稳定辐射逆温层结下聚集,形成雾天气。大部分路段的雾于8:13开始形成,维持短至半小时长至1小时的低能见度天气。一般来讲,这种辐射雾天气于日出前后形成,突发性较强,从生成时间和生成地域上非常难以预测,但在高速公路各路段上统计规律较明显,即这种局地雾多在天津机场、杨村与泗村店路段发生。经调查,发现这几个路段周围多裸露水体,低层水汽条件较好,在层结稳定和风速较小条件下,这几个路段在辐射降温后易达到饱和条件,导致了辐射雾的形成,雾生成时间一般于日出前后,消散时间均在上午10时左右。

2.1.2 大面积全路段性雾类型

大面积雾天气经常出现在第二种环流形势下,即锋前型。根据2007年10—12月出现的5次全路段大面积雾过程的地面环流形势看(表1),这几次雾天气过程均伴随地面冷锋,或发生在冷锋尚未侵入的暖平流区域中,或发生在弱冷空气从东路渗透到前期由暖平流控制的地区。以2007年10月24—26日雾过程为例,可看到,雾过程中,500 hPa环流较平直(图略),低层850 hPa处西风槽前暖区中;雾过程中有时高低空均处在浅西风槽前暖区中(图3c)。地面气压场上,锋面位于内蒙古边境,华北地区为锋前弱高压系统控制(图3d)。综合几次全路段雾过程看,地面气压系统有弱高压、弱低压或均压场,但对流层低层均有暖性西风槽系统的影响,可以说,近地面的弱气压系统配合有西风槽的活动是这类全路段性雾的基本环流形势。

2.2 各路段雾形成的次序

在同一种大尺度环流背景条件下,各路段的雾生消时间差异较大,这主要与各路段的局地环境及下垫面条件息息相关。在一定时段内,某地下垫面条件基本可看成是固定不变的,即对每一次雾过程均会有相似的影响,因此,通过统计每一次雾生成时间的先后顺序可以比较各路段下垫面条件是否更有利于雾的生成。2007年10—12月5次全路段性雾过程中,雾的形成均与锋面有关,尽管地面气压场有倒槽、均压场和东北高压等多种系统,从南风到北风

各方向风向均有出现,然而,从表 1 中统计数据看,

每次雾过程均以天津机场路段最先出现雾,塘沽西、

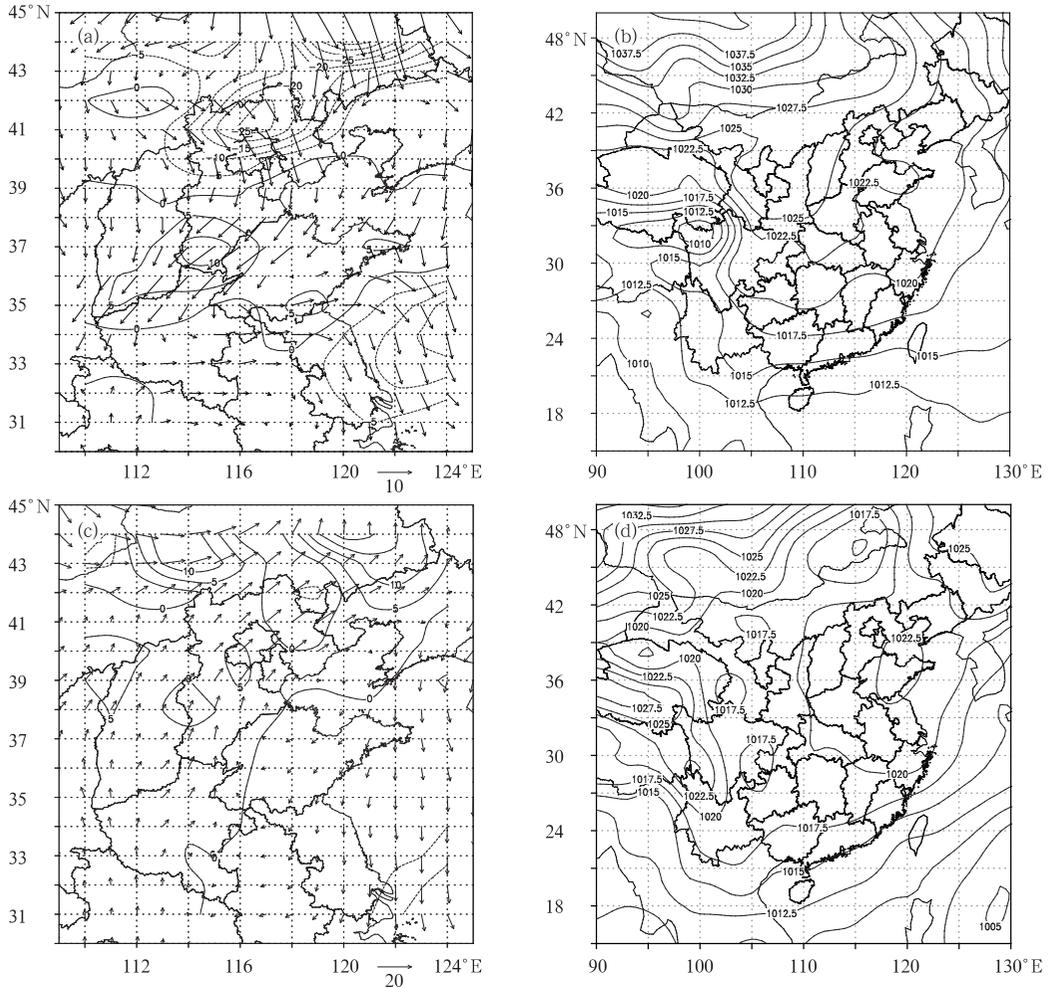


图 3 2007 年 10 月 11 日 08 时和 10 月 26 日 08 时大尺度天气形势(a,c): 850 hPa 流场(箭头,单位: $m \cdot s^{-1}$)和温度平流(等值线,单位: $^{\circ}C \cdot s^{-1}$); (b,d): 地面气压场(单位:hPa)

Fig. 3 Large-scale weather situation (a) and (c) flow field (arrow, unit: $m \cdot s^{-1}$) and thermal advection (isoline, unit: $^{\circ}C \cdot s^{-1}$) at 850 hPa; (b) and (d) surface pressure (unit: hPa) at 0800 BT 11 and 26 October 2007

表 1 2007 年 10—12 月全路段雾过程出现时间顺序及高低空环流形势

Table 1 Time sequencing and upper and low level circulations during fog events of all sections during the period of October to December 2007

雾过程	各路段雾按时间先后排序	高空气压场	地面气压场、风场	雾成因
10 月 24—26 日	天津机场、塘沽西、泗村店、马驹桥、杨村	对流层中层环流平直, 低层处高空暖槽前	开始为地面蒙古冷锋前东北低气压底部, 后转南支倒槽前部, 风向由偏西风转偏东风	锋前平流雾
11 月 6—8 日	天津机场、泗村店、杨村、塘沽西、马驹桥	对流层中层由弱暖槽转为弱冷脊	蒙古冷锋前均压场, 偏南风转偏西风	锋前辐射雾
11 月 25 日	天津机场、塘沽西、泗村店、马驹桥、杨村	西风暖槽前	入海高压东移出后, 受东北低气压底部影响, 偏南风转偏西风	锋前平流雾
12 月 19—20 日	天津机场、泗村店、杨村、塘沽西、马驹桥	对流层中层, 前期为弱暖槽, 雾中转为弱冷脊	东北冷锋缓慢东移南下, 处东北高压底部偏东风	锋面雾
12 月 26 日	天津机场、杨村、塘沽西、泗村店、马驹桥	对流层中层高压脊, 低层处暖槽前	均压场, 以弱北风和南风为主	锋前平流雾

泗村店和杨村稍后于机场路段出现,马驹桥路段的雾一般晚于其他路段出现。表明在同样的大尺度环流背景条件下,天津机场路段下垫面因素最有利于雾的生成,相反马驹桥路段下垫面却不利于雾生成。

2.3 高速公路各路段雾的生消时间

表2中统计了2007年10—12月各路段雾的生消时间。从表2中看到,各路段的雾在夜间或日出前后出现机会居多,其中,马驹桥、杨村和泗村路段夜间成雾的机会达到86%以上,塘沽西路段也达到83%,天津机场路段略低一些,为77%。雾消散时间以日出后居多,仅马驹桥路段除外,这可能因为马驹桥路段几次雾天气过程均为锋前平流雾,雾一般随锋面过境而消散的原因。各路段消散时间的分布规律有所不同:泗村店路段雾于日出前消散的机会为50%,日出后上午消散的机会为14%,持续到下午消散的占36%;杨村、天津机场和塘沽西三个路段雾消散的规律相似,约不到40%的雾于日出前消散,上午消散的机会占50%左右,维持到下午消散的机会仅占15%左右。总之,从雾生消的时间看,尽管各路段雾形成的时间大多在夜间或日出前后2小时内,但各路段雾消散的时间差别较大,同样也体现出了各路段雾的消散时间区域特征非常显著。

表2 雾生消的时间

Table 2 The time period of fog formation and dissipation

路段	雾形成的时间		雾消散时间		
	夜间或日出前后2小时内	白天	日出前	上午	下午
马驹桥	100%	0%	86%	14%	0%
泗村店	86%	14%	50%	14%	36%
杨村	90%	10%	40%	50%	10%
天津机场	77%	23%	40%	43%	17%
塘沽西	83%	17%	33%	50%	17%

2.4 各路段雾、浓雾及强浓雾的持续时间

根据连续的能见度观测资料,以记录值达到某一标准值和不再满足某一标准值为一个记录时段。如:统计能见度小于200 m的浓雾时段时,以观测值小于200 m时开始统计,当能见度不再小于200 m时,为一个低于200 m的浓雾时段结束。因在一次雾过程中,可能有多次间断的浓雾时段,故会出现浓雾的时段比小于1000 m雾时段次数多的现象,如2007年10月25—27日天津机场路段连续3天共计80小时左右的雾过程中,共出现11个低于200 m的浓雾时段,10个低于50 m的强浓雾时段。从表3中看到,不同路段,各级强度雾出现的时段和持续时间均有很大差别,小于1000 m的雾持续时间最短不到6秒,最长至45小时51分,以天津机场出现次数最多,为55次,达到马驹桥路段的5倍,其次是杨村路段,为20次;小于200 m的浓雾事件,短至瞬间(即存在时间短于6分钟左右的记录时间间隔),长至15小时之多,天津机场、泗村店和杨村路段出现时段数相当;小于50 m的强浓雾时段,仍以天津机场出现次数最多,最长持续了10个小时之久,而马驹桥和塘沽西路段没有出现。可见,天津机场、泗村店和杨村路段雾中能见度的变化多端给行车安全带来了极大的隐患。

2.5 雾天气过程中温度分布

华北平原地区属于温带季风气候,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥,温、湿气象要素的季节变化和月际变化均很显著。图4以泗村店路段为例,给出10—12月雾天气中对应的温度。尽管10—12月出现的气温从-6℃变化到26℃,气温振荡幅度较宽,但从图4中可以看到,雾中的气温实况,存在着

表3 各级低能见度雾的时段特征

Table 3 The duration of fogs at various levels

路段	时段/个	<1000 m		时段/个	<200 m		时段/个	<50 m	
		最短持续	最长持续		最短持续	最长持续		最短持续	最长持续
		时间	时间		时间	时间		时间	时间
		/hh:mm	/hh:mm		/hh:mm	/hh:mm		/hh:mm	/hh:mm
马驹桥	7	1:15	9:48	8	0:00	03:31	0	/	/
泗村店	14	1:16	35:09	48	0:00	15:05	14	0:00	2:10
杨村	20	0:09	45:51	41	0:00	07:55	3	0:03	0:20
天津机场	35	0:04	39:04	50	0:00	13:44	23	0:00	10:09
塘沽西	12	0:45	16:03	19	0:00	14:20	0	/	/

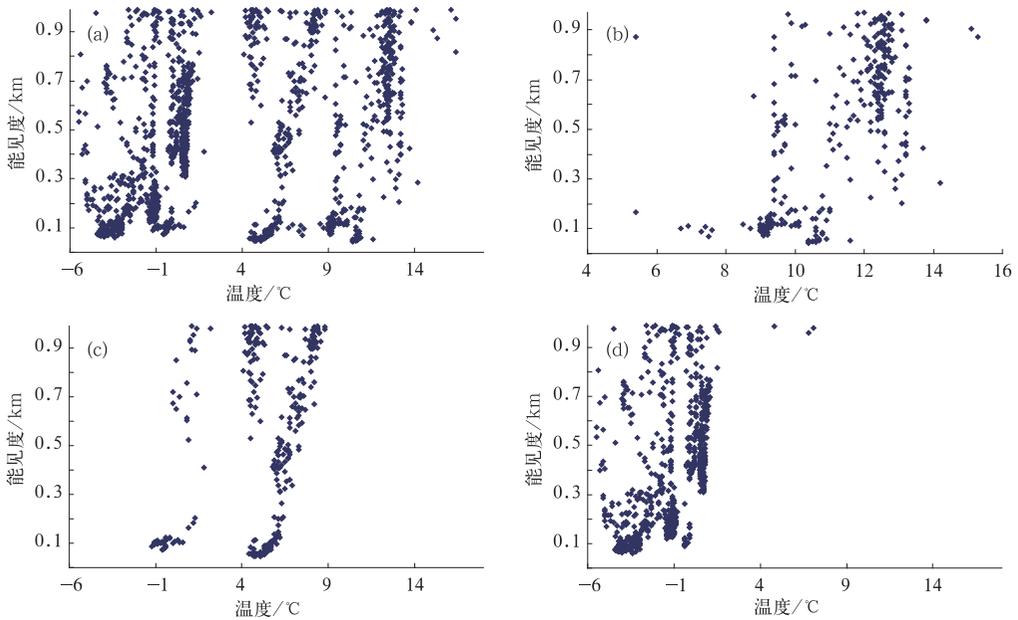


图 4 10—12月(a), 10月(b), 11月(c), 12月(d)雾持续期间对应的温度
Fig. 4 The corresponding temperature in fog duration from October to December (a), October (b), November (c), December (d)

3个明显的温度区间(图 4a),说明雾只是出现在一定的温度区域下。从图 4b~4d 中进一步看到,这三个成雾的温度区间分别为:10月对应 9~13 °C,11月对应 4~7 °C,12月对应 -6~1 °C。各月成雾的温度区间有交叉现象,即:10月有部分雾天气对应的温度落在11月雾天气对应的温度区间内,同样,11月有部分雾天气对应的温度落在12月雾天气对应的温度区间内,这恰恰说明了只是适宜的温度条件下才能形成雾。这个温度域值不会完全根据自然月为界划分,如10月下旬的气温与11月上旬的气温可能差别就不大。从华北平原 20 时的低层气温与雾发生的关系看到^[13],12月,雾多发生在 925 hPa 层气温为 0~6 °C 区间和 1000 hPa 层气温为 3~9 °C 区间内,而本文统计 12 月雾时近地面 2 m 的

气温为 -6~1 °C,可以推论,即便考虑夜间的降温幅度,从近地面到 1000 hPa 甚至到 925 hPa 的逆温差还是较大的。

2.6 雾过程中的湿度分布

水汽达到饱和是雾天气形成的必要条件之一(在有吸湿性气溶胶粒子存在时,近饱和条件下也可成雾)。由于饱和比湿随温度降低而减小,夜间降温时容易达到饱和凝结,这是雾一般在夜间形成的原因之一。图 5a 给出 10—12 月高速公路的雾天气下能见度与相对湿度对应的点聚图。可看到,雾天气出现时,相对湿度一般在 90%~100% 之间,但在 85%~90% 之间时,也存在有能见度为 500~1000 m 的雾天气,表明京津塘高速公路上,相对湿度小于

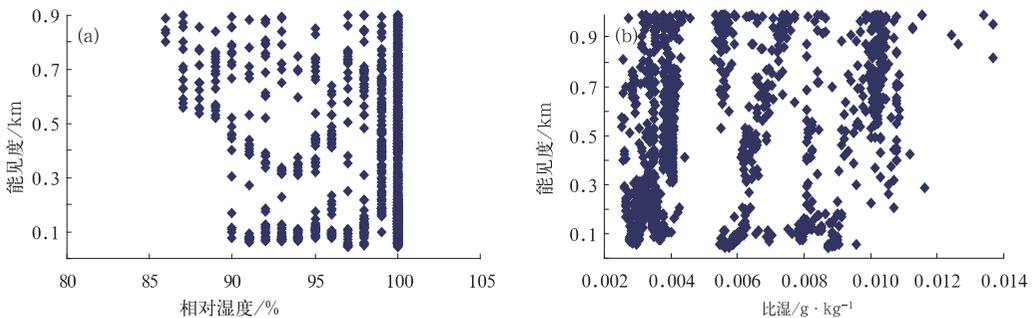


图 5 10—12月高速公路雾天气下能见度与相对湿度(a)及比湿(b)的点聚图
Fig. 5 The scatter diagram of humidity and visibility in fog events

90%时,是有可能出现雾天气的,但在此湿度区间内,对应的能见度还不至于对行车安全造成很大影响,小于500 m的浓雾天气,对应的相对湿度则全部在大于90%以上区间内。

相对湿度随温度的日变化比较剧烈,而比湿这个物理量在气团内部出现相变前,并不随温度而变化,所以比较方便用于衡量局地气团湿度大小。对应于某一温度域值,必然有一个对应的比湿值,使空气湿度达到近饱和程度,雾才能形成。因自动站没有气压的观测,为了直观地了解这个比湿域值,本文设定本站气压均为一个标准大气压值,利用温度和相对湿度观测值计算出相应的比湿值,将能见度与比湿点聚于图5b,可以看到,对应于图4中的三个温度区间,三个对应的比湿区间分别为 $0.003 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.006 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.01 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右。具体而言,10月、11月和12月易于雾形成的比湿分别是 $0.01 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.006 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.003 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右。如果白天大气比湿值达到以上区域,在假设水汽不变的条件下,通过降温率可估算夜间各时刻的温度,从而可近似计算出对应温度下的相对湿度值,判断饱和与否,给高速公路雾的预报提供一定的依

据。

2.7 雾与风场的关系

微风的条件有利于辐射雾的生成和发展,因风速过大,容易导致乱流较强,不利于水汽在低层积聚;而平流雾的形成,一般需要有适当的风速,既有利于水汽输送,又不至于使上下层交换强烈,从而有利于雾产生。图6给出2007年10—12月京津塘高速公路雾事件中的风向(图6a)、风速(图6b)的统计结果。可看到,雾过程中,各方位风向均有出现,且出现机会几乎相同。风速一般小于 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,大于 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 仍有雾的情况极少,且当风速大于 $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,500 m以下低能见度出现的机会已经非常低,500~1000 m能见度的雾事件出现机会也极低;风速大于 $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 后,1000 m以下低能见度天气几乎没有出现。与天津近海沿岸雾过程中,风速出现 $5 \sim 7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的概率仍为10%^[14]比较而言,京津塘高速公路各路段上有利雾形成的风速主要集中在 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下,只有极少部分雾中风速达到 $3 \sim 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。就风向而言,与毛冬艳^[13]的统计结果一样,高速公路上雾事件中风向不定,表明雾的发生与否,只

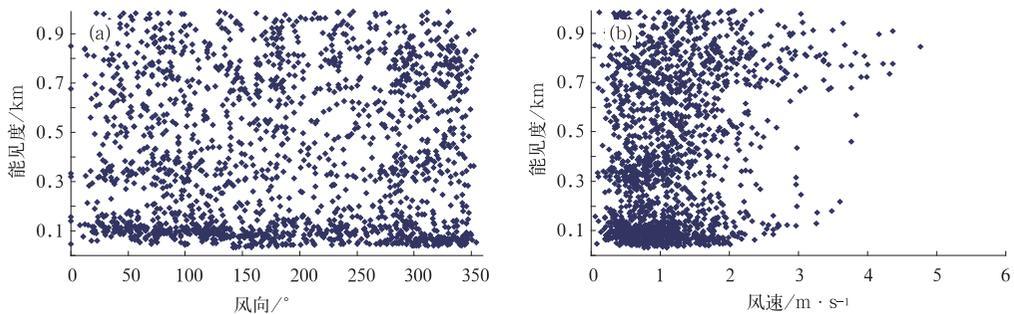


图6 10—12月低能见度雾中风向(a)和风速(b)分布

Fig. 6 Visibility and wind direction (a) and velocity (b) in fog events during October to December

与风速关系密切,而与风向没有关系,这主要是因为雾多发生在风向多变、风力较小的弱地面气压场条件下的缘故。

3 小结与讨论

以上通过京津塘高速公路沿线布设的自动气象观测站和能见度观测资料,结合NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 的再分析资料和常规地面站点观测,分析了2007年10—12月各路段雾天气发生时的环流背景和近地面气象要素的统计特征,主要表现为:

(1) 局地路段的雾出现时,与对流层高压脊和地面弱气压场联系在一起,属辐射雾类型;而全路段大面积雾天气事件均与地面冷锋系统相联系,对应850 hPa有暖西风槽影响,属锋面雾类型。

(2) 京津塘各路段雾的出现机会、持续时间和生消时段均呈现很强的区域特征。天津机场路段雾和马驹桥路段出现雾的次数相差5倍;杨村路段雾最长持续时间近46小时,而马驹桥路段雾最长持续时间不到10小时;在全路段性雾过程中,天津机场雾最先形成,马驹桥雾一般最后出现。

(3) 雾中近地面相对湿度一般大于90%,湿度

为 85%~90%时,也可出现 500~1000 m 能见度的雾天气。京津塘各路段雾只发生在一定的温、湿度区间内,10 月主要对应温度为 9~13 ℃,比湿为 $0.01 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$;11 月对应温、湿度分别为 4~7 ℃和 $0.006 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$;12 月对应温、湿分别为 -6~1 ℃和 $0.003 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右。

(4) 雾发生时近地面风向不定,风速一般小于 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。当风速为 $4 \sim 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,仅有极少部分 500~1000 m 能见度的雾能够存在,当风速为大于 $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,雾存在的概率极低。

参考文献

- [1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003:21-27.
- [2] 王丽荣, 连志鸾. 河北省中南部一次大雾天气过程分析[J]. 气象, 2003, 31(4): 65-68.
- [3] 陈晓红, 方翀. 安徽省县级大雾预报业务系统[J]. 气象, 2003, 31(4): 61-64.
- [4] 陈祥辉, 冯民学. 沪宁高速公路大雾监测与预报[J]. 中国交通信息产业, 2003, 2: 100-101.
- [5] 吴兑, 邓雪娇, 游积平, 等. 南岭山地高速公路雾区能见度预报系统[J]. 热带气象学报, 2006, 22(5): 418-422.
- [6] 张飒, 冯建设. 济青高速公路大雾大气气候特征及其影响[J]. 气象, 2003, 31(2): 70-73.
- [7] 贺皓, 刘子臣, 徐虹, 等. 陕西省高等级公路大雾的预报方法研究[J]. 陕西气象, 2003, 1: 7-10.
- [8] 田华, 王亚伟. 京津塘高速公路雾气候特征与气象条件分析[J]. 气象, 2008, 34(1): 66-71.
- [9] 周慧, 解以扬, 高鹰. 京津塘高速公路大雾天气气候特征及其对交通的影响[J]. 灾害学, 2008, 23(3):48-53.
- [10] 张艳, 红欧博, 孙晓光. 大雾天气高速公路交通事故成因分析及解决措施[J]. 中国科技信息, 2008, 19:294-297.
- [11] 吴洪, 柳崇键, 邵洁, 等. 北京地区大雾形成的分析和预报[J]. 应用气象学报, 2000, 11(1): 123-127.
- [12] 林建, 杨贵名, 毛冬艳. 我国大雾的时空分布特征及其发生的环流形势[J]. 气候与环境研究, 2008, 13(2): 171-181.
- [13] 毛冬艳, 杨贵名. 华北平原雾发生的气象条件[J]. 气象, 2006, 32(1): 78-83.
- [14] 刘秀梅, 叶凤娟, 邹涛, 等. 天津近海沿岸雾的分析[J]. 天津航海, 2005, 2: 50-51.
- [15] 郑玉萍, 李景标. 乌鲁木齐近 31 年雾天气气候特征分析[J]. 气象, 2008, 34(8):22-28.
- [16] 江玉华, 王强, 王正兴, 等. 一次平流辐射雾的边界层特征及雾水离子组分研究[J]. 气象, 2009, 35(2):19-28.