

# 秦皇岛地区雾天气气候特征及预报

陈连友<sup>1,2</sup> 李月英<sup>1,3</sup> 曹秀芝<sup>1,2</sup> 张宝贵<sup>2</sup> 曹建新<sup>2</sup> 齐义君<sup>2</sup>

(1. 河北省生态环境重点实验室, 石家庄 050021; 2. 秦皇岛市气象局; 3. 衡水市气象局)

**提 要:** 随着交通线路的快速发展, 雾对交通运输的影响越来越大, 浓雾天气常常引发交通事故, 给人民的生命财产造成严重损失, 危害性极大。应用秦皇岛 1957—2006 年“气表-1”资料, 统计分析秦皇岛内陆、沿海地区雾天气时空分布特征, 返查 1981—2000 年历史天气图, 得出本地区出现雾的主要天气类型, 筛选出影响雾的主要天气要素, 建立 MOS 预报方程, 为雾预报及临近预警信号的发布、解除提供有利依据, 达到监测、预报之目的。

**关键词:** 雾 气候特征 天气模型 预报方程

## The Weather and Climatic Characteristics of Dense Fog and Its Forecast in Qinhuangdao Area

Chen Lianyou<sup>1,2</sup> Li Yueying<sup>1,3</sup> Cao Xiuzhi<sup>1,2</sup>  
Zhang Baogui<sup>2</sup> Cao Jianxin<sup>2</sup> Qi Yijun<sup>2</sup>

(1. The Ecological Environment Key Laboratory of Hebei Province, Shijiazhuang 050021;  
2. Qinhuangdao Meteorological Bureau of Hebei Province; 3. Hengshui Meteorological Bureau of Hebei Province)

**Abstract:** With the rapid development of highway communication, the influences of the dense fog on the transportation system are becoming more and more serious. The dense fog often leads to the traffic accident, and gives rise to tremendous loss to the lives and the property of people, thus it is very harmful. By using the meteorological data from 1957 to 2006, the characteristics of the temporal and spatial distributions on the dense fog in its inland and the coastal area of Qinhuangdao City are analyzed, and by means of the historic synoptic charts from 1981 to 2000, the synoptic patterns of the dense fog are also obtained. The major meteorological elements influencing the dense fog are selected from many factors, and thereby the equation of the MOS forecast about the dense fog is set up. That will offer a strong support to the forecast of the dense fog, the issuance of early warning signal and its annulment. Therefrom, the purpose of monitoring and forecasting the dense fog will be achieved.

**Key Words:** fog climatic characteristics synoptic pattern forecast equation

基金项目: 2007 年度河北省气象局科研开发与技术推广项目 (06KY17)

收稿日期: 2008 年 9 月 27 日; 修定稿日期: 2009 年 7 月 5 日

## 引 言

秦皇岛是华北地区人口较密集的城市。公路、铁路、航空线路贯通其中,为华北和东北的交通大动脉。秦皇岛港又是世界能源输出第一大港。几乎每年都出现因浓雾所导致交通事故,给人民生命财产、企业经济利益造成巨大损失。大雾天气已经引起社会各界的广泛关注。对此,许多气象学者也从不同角度不同范围开展了对大雾的广泛研究,如:毛冬艳、孙涵、陈林等<sup>[1-3]</sup>分别从天气、气候的角度对大雾的气候特征、发生的气象条件、卫星图像上的光谱特征等进行了分析研究,吴兑、周学鸣、徐怀刚等<sup>[4-6]</sup>从大气气溶胶污染、城市的热岛效应及利用大气边界层探测资料对大雾的识别、变化和对大气的污染等问题进行了探讨和研究;郭立平、王丽荣等<sup>[7-8]</sup>对冀中平原雾的形成特征及变化进行了分析。赵玉广等<sup>[9]</sup>分析了河北省雾的气候特征,认为秦皇岛在河北省是相对少雾的地区,只给出了河北省中南部地区雾的预报流程,对山区雾、沿海雾没有进行分析。另外陈云蔚等<sup>[10]</sup>,从气候规律角度分析了杭州市的雾、霾天气特点;崔晶等<sup>[11]</sup>总结了威海市沿海大雾的特点及预报,这些对秦皇岛雾的预报都有借鉴意义。

秦皇岛北依燕山,南临渤海,中部为平原,受我国东南沿海季风环流和环渤海巨大水体的热源效应的影响,同时由于地形的变化秦皇岛内陆、沿海地区雾出现频率、时段、性质均有较大不同。对不同下垫面情况下出现雾进行分析,做好雾的预报服务,意义十分重要。

## 1 资料选取

本文所使用的资料为秦皇岛市、青龙满

族自治县、抚宁县、卢龙县和昌黎县 5 个站 1957—2006 年“气表-1”资料(能见度小于 1000m)。秦皇岛位于燕山山脉东段,境内地貌类型多样(见图 1),北高南低呈阶梯状,垂直地带差异性比较明显。境内北部是山地,遍布抚宁县、卢龙县北部及青龙满族自治县全境,占全市总面积的 58%,海拔一般在 200~1500m 之间;境内中部是海拔 50~100m 的丘陵。秦皇岛市区、昌黎县和抚宁县南部是平原,海拔 0~20m。考虑沿海地区气候变化与内陆有较大的不同,选择南部沿海地区代表站为:北戴河气象站(即秦皇岛市气象站),内陆地区代表站为:青龙满族自治县气象站。



图 1 秦皇岛市地形图

## 2 统计分析

### 2.1 年变化

沿海地区 50 年间共出现雾日 395 次,平均每年 7.9 次。最多年份 21 次(1990 年)。1997 年没有出现雾日。北部内陆地区,50 年出现雾 435 次,平均每年 8.7 次。最多年份 21 次(1990 年)。最少年份 2 次分别出现在 1970、1982 年(见图 2)。由此可见,年平均雾日的地理分布很不均匀,由平原向丘陵、山地

递增。南部平原地区紧邻渤海受海洋水体调节作用,昼夜温差相对比较小,同时受海陆风环流影响空气容易扩散,不利雾形成。而北

部山区青龙县气象站四面环山,又依偎在青龙河畔,昼夜温差大,风力小,多山涧、溪流输送水汽,利于雾形成。

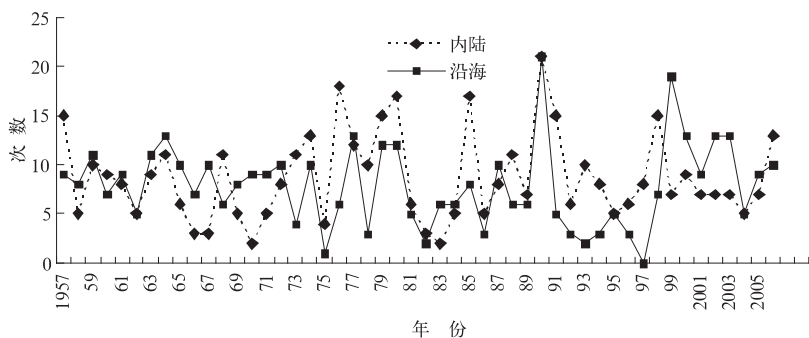


图 2 历年内陆、沿海出现雾次数

## 2.2 各月出现频率

沿海地区雾常见于春、夏两季(见图 3),出现频率几乎相当,11 月还是相对多雾的月份。1、9、10、12 月四个月出现次数较少。进入春季以后,环流以冬季的北风或西北风为主转为以南风或东南风为主,这种风向有利于暖湿气流从海上吹向陆地,同时春季随着气温回升,海面的蒸发量开始增大,沿海空气湿度随之增大,在合适的流场下,冷空气与暖湿空气结合,容易在沿海形成平流雾。9 月副热带高压南退,大陆高压控制,空气湿度小,秋高气爽,很少出现雾。

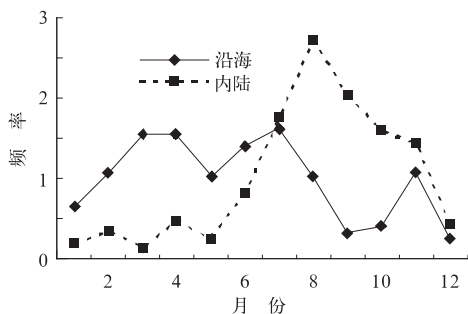


图 3 各月出现雾频率

内陆地区的雾主要出现在夏、秋季,春、

冬季则很少出现。由于地形不同,春季山区气温回升快,沿海受水体影响气温低,对比青龙和秦皇岛同日最高气温春季相差最多达  $10^{\circ}\text{C}$ ,而其他季节南北温差在  $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ ,所以春季山区白天气温升温迅速,风大,湿度小,不利于雾形成。夏、秋季内陆盛行偏南气流,北部山区水汽条件好,由于山地阻挡作用地面风力较小,当弱冷空气影响时有利水汽凝结,生成雾的几率相对沿海较高。

11 月份,秦皇市高空环流较为平直,地面为变性冷高压,低层有弱温度脊,天气晴朗,微风的夜间就有利于辐射雾形成,是一个相对多雾的月份。冬季气温低,大部分时段气温在  $0^{\circ}\text{C}$  以下,水汽含量小,很少出现雾。

## 2.3 四季各时刻出现雾的分析

沿海地区春、夏季出现雾的最多时刻在 6—7 时,秋季最多在 7—8 时,冬季最多在 8—9 时(图 4),随着季节的转换,日出时间逐渐后移,出现雾的时间向后推移 1 个小时左右。春季在 13—15 时很少出现雾,夏季气温高、日照充足 12—17 时很少出现雾,秋季空气湿度小 12—16 时很少出现雾,冬季气温低只有 13—14 时很少出现雾。

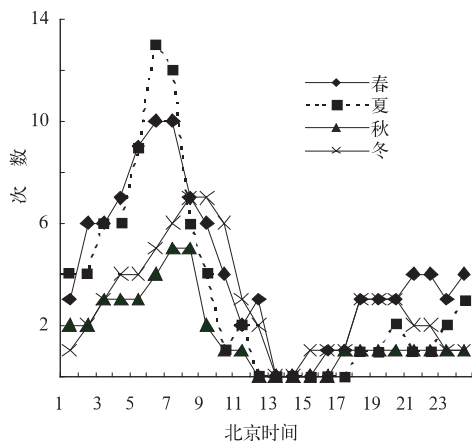


图 4 沿海四季各时刻出现雾次数

内陆地区出现雾的时间和沿海有明显的不同,春季出现雾的最多时刻在 7—8 时,夏季最多在 6—7 时,秋季最多在 6—8 时,冬季最多在 8—10 时(图 5)。春季 10 时以后就很少出现雾了,夏季气温高,9 时以后很少出现雾,秋季空气干燥 10 时以后很少出现雾。冬季气温低,出现雾的次数少,多出现在日出之前,随着太阳升起,雾开始消散,11 时后很少出现雾。

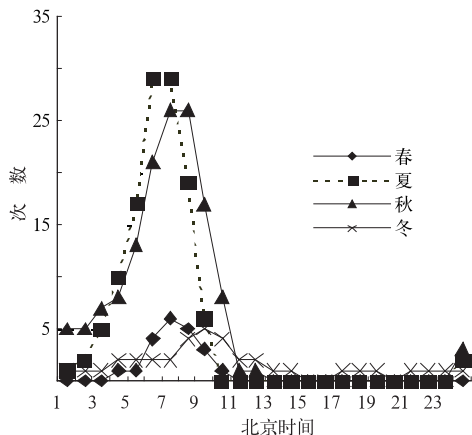


图 5 内陆四季各时刻出现雾次数

## 2.4 出现雾时对应温度分析

当近地面气温下降接近露点温度时,水汽呈饱和状态凝结成小水滴出现雾。秦皇岛沿海、内陆地区出现雾时对应的气温均呈双

峰型(见图 6)。气温低于  $-9^{\circ}\text{C}$ , 高于  $26^{\circ}\text{C}$  没有雾发生。 $6\sim 9^{\circ}\text{C}$  是雾发生较少的温度段。

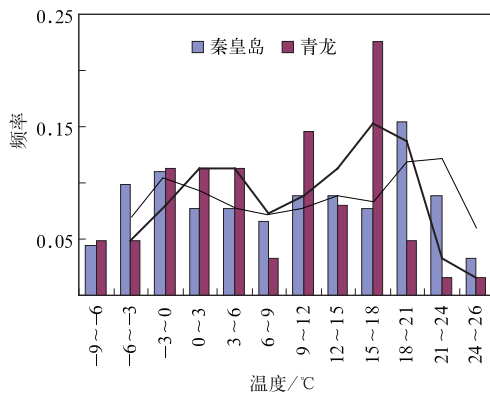


图 6 各温度段出现雾的频率

沿海地区发生雾时,气温在  $18\sim 21^{\circ}\text{C}$  最多,其次在  $-6\sim 0^{\circ}\text{C}$ 。北部山区发生雾时,气温在  $15\sim 18^{\circ}\text{C}$  最多,其次  $-3\sim 6^{\circ}\text{C}$ 。沿海地区由于水汽含量高,对应出现雾频率高的气温范围  $-6\sim 24^{\circ}\text{C}$ , 比北部山区  $-3\sim 21^{\circ}\text{C}$  偏大。

## 3 秦皇岛区域出现雾的主要天气类型

根据 1981—2000 年沿海出现雾 133 次,内陆出现雾 174 次,返查历史天气图,总结归纳出秦皇岛区域出现雾的主要天气类型有三种:

- (a) 低层暖舌,地面弱高压微风型;
- (b) 低层暖舌,地面鞍型场静风型;
- (c) 低层暖脊,地面弱低压微风型。

### 3.1 低层暖舌地面弱高压微风型

1990 年 2 月 16 日是一次比较典型的低层暖舌,地面弱高压影响出现的雾天气。在 850hPa 天气图上(见图 7),暖舌从山东半岛伸向华北地区的北部,华北上空气温明显偏高,  $\Delta T_{24}$  为正变温区,这种分布表明:华北地区的气压场均匀,容易形成低层混合逆温,阻碍了空气扩散。在地面图上(见图 8)中国大陆几乎全部被弱高压控制,华北地区及冀东地区气

压梯度不大,风力小,由于低层暖舌的长时间维持,华南北部的冀东地区出现雾、霾天气。

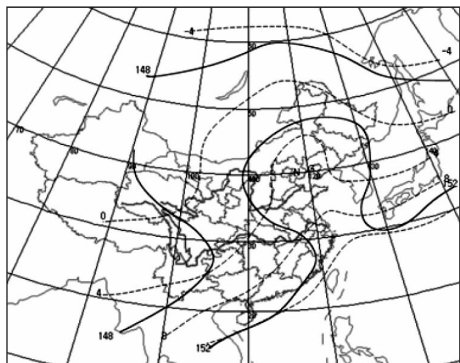


图7 850 低层暖舌天气概念模型 I

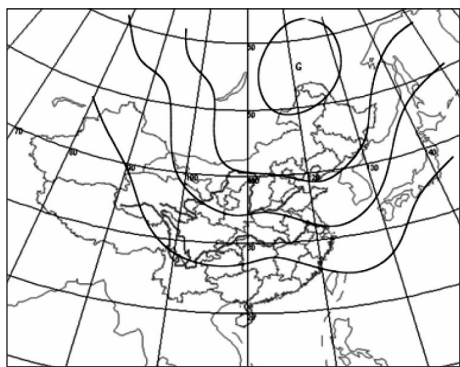


图8 地面弱高压微风型天气概念模型

### 3.2 低层暖舌地面鞍型场静风型

低层暖舌,地面鞍型场静风型,低层温度场也有非常明显的暖舌长时间维持(见图9),在850hPa天气图上,海上高压与大陆

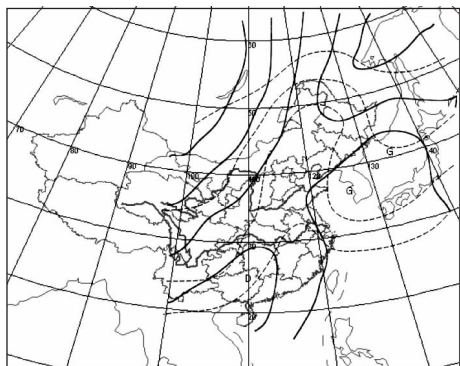


图9 850hPa 低层暖舌天气概念模型 II

蒙古高压遥相呼应,鄂霍次克海低压和南亚的低压遥相呼应;在地面图上(见图10)气压场的分布与低空高度场基本一致,这样的气压场、高度场分布使得冀东地区基本处于鞍型场的静风区内,空气扩散慢,雾区在鞍型场附近形成。

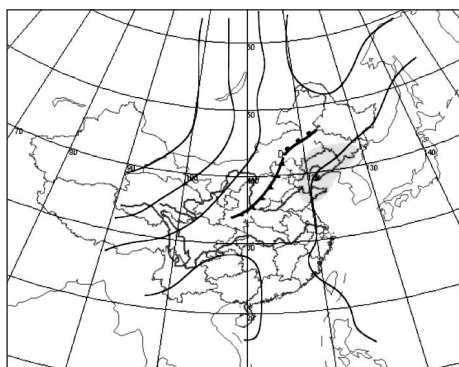


图10 地面鞍型场、静风型天气概念模型

### 3.3 低层暖脊地面弱低压微风型

低层暖脊,地面弱低压微风型天气概念模型主要表现特点如下:在850hPa天气图上(图11),低层暖脊势力比较强盛,暖中心在河套地区,冷中心偏北,高度场主要表现气旋中心偏北,在 $62^{\circ}\text{N}$ , $102^{\circ}\text{E}$ 附近,青藏高压已经建立,华北及冀东地区处于高空槽影响下;地面气压场的分布(图12)与高度场相似,低压中心在 $60^{\circ}\text{N}$ , $115^{\circ}\text{E}$ ,华北及黄河下游地区为深槽,槽底伸至西南地区,河北处于

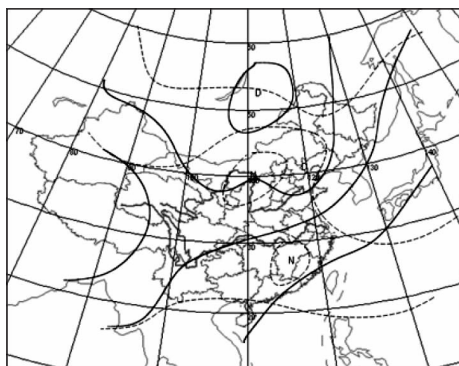


图11 850hPa 低层暖脊天气概念模型 III



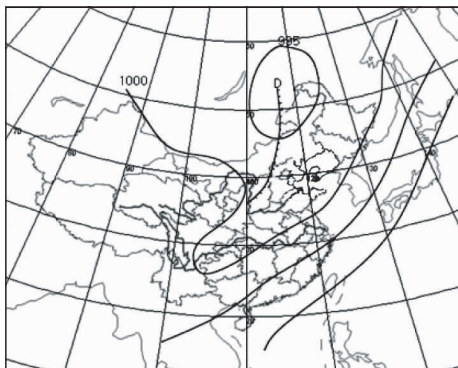


图 12 地面弱低压微风型天气概念模型

低压槽内,暖空气滞留于华北及冀东地区,区域性较长时间停留,导致低层混合逆温,阻碍了空气扩散。

#### 4 预报方程建立

雾是一种地方性很强的近地面层天气现象,作好雾的预报既要考虑雾生成的环流背景、影响系统,又要结合本地的具体情况考虑温度、湿度、风速、层结稳定度等。通过统计分析筛选出影响雾的因子。

$x_1$ :预报站点未来 24 小时中层湿度状况,取日本数值预报 JFXFE572、573,当 700hPa 的  $T - T_d \leq 10^\circ\text{C}$  时(沿海格点选  $39^\circ\text{N}$ 、 $120^\circ\text{E}$ ,北部地区格点选  $40^\circ\text{N}$ 、 $119^\circ\text{E}$ ),  $x_1 = 1$ ,否则  $x_1 = 0$ ;

$x_2$ :当大气层结静稳时,垂直混合太弱,不利大雾的形成;层结不很稳定,垂直混合太强,气流扩散强烈也不利雾的形成,只有适度的混合作用才能形成较厚的雾,垂直上升速度在  $(-1 \sim -5)\text{hPa/h}$  对雾形成非常有利。当 JFXFE572、573 数值预报站点(读取方式同上)700hPa 垂直上升速度在  $(-1 \sim -5)\text{hPa/h}$  时,  $x_2 = 1$ ,否则  $x_2 = 0$ ;

$x_3$ :地面湿度状况:预报站点当日 14 时地面观测相对湿度。当 14 时相对湿度  $\geq 60\%$  且有上升趋势时,  $x_3 = 1$ ,否则  $x_3 = 0$ ;

$x_4$ :低空层结状况:当日北京 08 时探空 850hPa 以下出现逆温层或等温层时,14 时气温与预报的当晚最低气温之差北部山区达  $12^\circ\text{C}$  时、南部沿海地区达  $10^\circ\text{C}$  时,  $x_4 = 1$ ,否则  $x_4 = 0$ ;

$x_5$ :地面图上,预报站点处于均压场中,或受弱高压控制,或处于弱低压槽区,  $x_5 = 1$ ,否则  $x_5 = 0$ ;

建立 MOS 预报方程如下:

$$Y = 0.18x_1 + 0.24x_2 + 0.19x_3 + 0.17x_4 + 0.22x_5$$

$$Y_c = 0.61$$

实际预报中首先进行消空,满足下列条件:

(1) 预报县、区观测站当日 08 时、14 时地面无  $4\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  以上偏北风,且前一天 4 次定时观测无  $8\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  以上偏北风;

(2) 预报站点未来地面形势为弱高压区,鞍形场或均压场;

(3) 预报站点未来 850hPa 处于弱暖脊控制;

(4) 预报县、区夜间无冷锋过境,或虽有冷锋过境但锋后无  $4\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  以上的风。

进而将各因子代入预报方程,如果  $Y \geq Y_c$  预报 24 小时有雾。

在 2007 年 1 月至 2008 年 6 月的实际业务运行中,对 5 个测站出现 89 次雾进行预报,预报准确率达 71%。

#### 5 小结

本文通过对秦皇岛地区出现雾日的统计,分析了沿海、内陆雾变化的时空特征,对做好今后大雾预报及服务有较强的指导意义。

(1) 秦皇岛内陆地区和沿海地区出现雾日的季节、时刻都有较大差异,针对出现时刻不同,分别发布临近预警及解除信号。

(2) 通过统计分析,秦皇岛区域出现雾的主要天气类型有三种:

- (a) 低层暖舌,地面弱高压微风型;
- (b) 低层暖舌,地面鞍型场静风型;
- (c) 低层暖脊,地面弱低压微风型。

(3) 筛选出影响雾的主要预报因子,建立 MOS 预报方程,在一年多的业务应用中,收到很好预报服务效果。

**致谢:**本文写作过程中得到江西省气象局殷建敏老师的指导,仅致谢意!

### 参考文献

- [1] 毛冬艳,杨贵名. 华北平原大雾发生的气象条件[J]. 气象,2006,32(1):78-83.
- [2] 孙涵,孙照渤,李亚春. 大雾的气象卫星遥感光谱特征[J]. 南京气象学院学报,2004,27(3):289-301.
- [3] 陈林,牛生杰,仲凌志. MODIS 监测雾的方法及分析[J]. 南京气象学院学报,2006,29(4):448-454.
- [4] 吴兑. 关于霾与大雾的区别和灰霾天气预警的讨论[J]. 气象,2005,31(4):3-7.
- [5] 周学鸣,蔡诗树. 厦门城市能见度和大雾的特征与城市环境演变[J]. 气象,2004,30(1):41-45.
- [6] 徐怀刚,邓北胜,周小刚,等. 大雾对城市边界层和城市环境的影响[J]. 应用气象学报,2002,13(特刊):170-176.
- [7] 郭立平,张素云. 冀中滨海平原大雾的形成特征及变化[J]. 南京气象学院学报,2001,30(3):359-363.
- [8] 王丽荣,连志莺. 河北省中南部一次大雾天气过程分析[J]. 气象,2005,31(4):65-68.
- [9] 赵玉广,李江波,康锡言. 用 PP 方法做河北省雾的分县预报[J]. 气象,2004,30(6):43-47.
- [10] 陈云蔚. 杭州市大雾气候规律浅析[J]. 浙江气象,23(2):13-16.
- [11] 崔晶,栢昭利. 威海市沿海大雾的特点及预报[J]. 气象科技,2001,(4):55-57.