

北京地区大雾形成的分析和预报*

吴 洪 柳崇健 邵 洁 王晓明

(北京气象学院, 北京 100081)

(首都机场气象台, 北京 100621)

提 要

根据1958~1994年首都机场大雾观测记录, 统计分析北京地区大雾生成的气候概况, 计算分析大雾形成前各种物理量场的分布和观测数据, 提出预报北京地区大雾的方法, 并于1998年7~11月进行了预报检验.

关键词: 大雾预报 逐级指导 北京地区

引 言

大雾(能见度低于1000m的一种较特殊的灾害性天气)不仅比其它常见的灾害性天气更具有局地性, 且发生的几率非常小. 随着北京地区经济的发展, 多条高速公路的建成通车, 首都机场旅客日吞吐量的增加, 大雾天气造成的经济损失、人员伤亡也在不断上升. 1995年秋一次连续3天的大雾过程, 迫使机场关闭, 数以万计的旅客滞留, 造成巨大经济损失. 弓学忠、方玉玲^[1]曾分析北京地区秋雾的形成条件, 并提出秋雾的一种预报方法, 在1990年亚运会期间作预报, 取得较好的效果. 但此方法的不足之处, 一是只作秋雾预报, 二是只考虑了辐射的作用. 为了能够找出北京地区任一季节的大雾预报方法, 本文分析近40年内北京地区出现大雾的天气学原因, 找出相应的预报方法, 对预报方法作试报检验, 在此基础之上提出大雾预报的逐级指导方法.

1 北京地区大雾的气候概况

根据首都机场1958~1994年近40年的大雾观测记录统计, 北京地区一天中各时段有雾存在(包括雾形成)的分布如表1所示. 由表1可知, 北京地区大雾形成与维持的时段主要集中于夜间, 白天形成的雾极少, 夜间的辐射降温在雾形成与维持方面作用非常明显, 日出后随着日照增强, 大雾于10:00前后逐渐消散.

就全年大雾形成的次数, 11~12月以及2月发生的次数最多, 其次是7、10月, 最少

* 本文得到中国气象局“中国短期天气预报逐级指导系统研究”课题资助.
1998-12-18收到, 1999-04-21收到修改稿.

表 1 1958~1994 年北京地区大雾存在时间统计

时段	次数	百分比 (%)	时段	次数	百分比 (%)	时段	次数	百分比 (%)
00: 00~ 01: 00	194	5.1	08: 00~ 09: 00	260	6.8	16: 00~ 17: 00	56	1.5
01: 00~ 02: 00	215	5.6	09: 00~ 10: 00	185	4.8	17: 00~ 18: 00	57	1.5
02: 00~ 03: 00	227	5.9	10: 00~ 11: 00	104	2.7	18: 00~ 19: 00	52	1.3
03: 00~ 04: 00	263	6.9	11: 00~ 12: 00	76	2.0	19: 00~ 20: 00	67	1.8
04: 00~ 05: 00	329	8.6	12: 00~ 13: 00	55	1.4	20: 00~ 21: 00	75	2.0
05: 00~ 06: 00	374	9.8	13: 00~ 14: 00	43	1.1	21: 00~ 22: 00	93	2.4
06: 00~ 07: 00	368	9.6	14: 00~ 15: 00	41	1.0	22: 00~ 23: 00	137	3.6
07: 00~ 08: 00	332	8.7	15: 00~ 16: 00	53	1.4	23: 00~ 24: 00	159	4.2

在 3~6 月(表 2). 北京地区春季较干燥, 冷空气活动频繁, 故 3~6 月大雾频数最低; 而秋季地面主要受变性冷高压控制, 有利于夜间出现较强的辐射降温, 一旦近地面有充沛的水汽, 就可形成大雾, 所以秋季大雾频数最高. 1958~1994 年, 每年大雾形成的次数变化非常大, 形成次数最多的出现在 1990 年, 为 33 次; 而最少的在 1982 年, 只有 5 次, 平均每年约 15~16 次; 1990 年以前, 除个别年份之外, 一年中的大雾日均在 20 天以下, 1990~1994 年则连续 5 年出现 20 天以上的大雾日, 虽然大雾的形成与大气环流条件的关系非常紧密, 但城市的发展也对大雾形成有一定的影响, 随着大量的工业废气、汽车尾气的排放, 这些气体积聚在近地面层, 不仅造成大气污染, 也因烟尘等原因而降低能见度, 当近地面层有水汽汇集时, 易形成大雾天气.

表 2 1958~1994 年北京地区大雾形成次数的年际分布

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
次数	46	74	34	28	16	27	60	44	45	56	77	74
几率(%)	8	13	6	5	3	4	10	7	8	9	13	12

统计大雾形成与地面气温之间的关系发现, 当温度在 $-5^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ 时最易发生大雾, 当气温高于 30°C 或低于 -10°C 时, 大雾发生的频率则非常低(表 3)

表 3 1958~1994 年北京地区大雾形成与地面气温的统计关系

	低于 -10°C	$-10 \sim -5^{\circ}\text{C}$	$-5 \sim 0^{\circ}\text{C}$	$0 \sim 5^{\circ}\text{C}$	$5 \sim 10^{\circ}\text{C}$
大雾频数(%)	0	8	17	19	10
	$10 \sim 15^{\circ}\text{C}$	$15 \sim 20^{\circ}\text{C}$	$20 \sim 25^{\circ}\text{C}$	$25 \sim 30^{\circ}\text{C}$	高于 30°C
大雾频数(%)	10	11	14	7	3

对比首都机场与北京市气象台 1958~1994 年近 40 年的大雾观测记录, 有时只有首都机场有大雾存在而北京市气象台无大雾记录, 这就是我们在调研北京地区大雾这一小概率天气过程时以首都机场作为重点的原因之一.

2 北京地区大雾形成的环流形势及其形成条件分析和预报

综合分析表明,北京地区(1958~1994年)大雾形成前的地面控制或影响系统有:高压(32%)、弱冷锋(23%)、低压(20%)、均匀气压场(10%),锋面气旋(8%)、其它类气压场(6%);高空500 hPa中纬度地区(60°~140°E)的环流形势有:多波动型(43%)、二槽一脊(18%)、平直西风气流(15%)、二脊一槽(15%)、一脊一槽(6%)、一槽一脊(2%);影响系统是:低压槽前(32%)、高压脊前(23%)、槽过境(20%)、平直西风气流(17%)、脊过境(8%)。可见,北京地区的大雾可在不同的地面和高空影响系统下发生,大雾预报成为一个较难的问题。

雾是由多种因素共同作用而形成的,人们常根据天气学条件将雾分为辐射雾、平流雾、平流辐射雾、锋面雾等几种类型。就北京地区的大雾而言,主要是辐射雾和平流辐射雾,白天形成的大雾一般是平流雾,但较辐射雾和平流辐射雾发生的几率更小,一旦形成,却持续较长时间^[1],7~9月白天无大雾形成,而夜间生成的大雾则是辐射雾。由于北京地区大雾分布的不均匀性,选定的首都机场和市气象台两处均有大雾观测记录,且在白天形成持续3h及以上,或者于夜间生成并维持到次日09:00后的大雾作为一次过程。

为了对大雾形成条件有较客观的了解,以便找到合适的预报方法,我们选择一计算区域:32°~45°N、105°~125°E,格距为150km,采用低通滤波的方法,选择1979~1994年的大雾过程,利用现有的常规观测资料,进行雾发生前一日20:00(夜间雾)或当日08:00(日间雾)的客观分析,在此基础上计算一些物理量场。分析得到,本市出现大雾前,本市及上游地区500 hPa以下整层为弱辐散,利于辐射降温而近地面的水汽不至于扩散流出;或者本市及上游地区的近地面层为弱辐合上升,700~500 hPa辐合下沉,使得水汽在近地面汇合成雾,若地面辐合较强或整层辐合,则水汽抬升成云而非雾,这与文献[1]相似。此外,本市有时会出现毛毛雨或小雪与雾共生的天气(本文暂称为共生雾),此时本市及上游地区地面至500 hPa为弱辐合,而850~500 hPa却是较强的负涡度平流,抑制了上升运动的发展,由于地面水汽蒸发和降水物在边界层内蒸发,结果本市出现共生雾天气。

通过对大量雾个例的客观定量分析,结合雾发生的市气象台前一日20:00(夜间雾)或当日08:00(日间雾)的地面和探空观测数据,进行综合分析得出:北京地区有大雾生成,须在前期(前一日20:00或当日08:00)满足以下条件:(1)北京地区大气层结稳定;(2)850 hPa以下存在逆温层或等温层,850 hPa及以上较干燥($T - T_d \geq 8^\circ\text{C}$);(3)地面较湿:相对湿度 $f \geq 70\%$,水汽压 $e \geq 2.5$ hPa;(4)地面风速 < 4 m/s;(5)北京及上游地区(37°~42°N,111°~117°E,下同)850 hPa至地面平均为弱辐散。

若地面为偏东风,非常有利于北京地区形成大雾。此外,对于不同类型的大雾,其形成尚需一些其它条件:

(1)辐射雾 ①低云、中云的云量少于4;②地面相对湿度 $f \geq 80\%$,水汽压 $e \geq 3.0$ hPa;③北京及上游地区500 hPa至地面为弱冷平流(地面: $\leq 2 \times 10^{-6}$,850 hPa及以上: $\leq 10^{-5}$);④北京及上游地区500 hPa至地面为弱干平流(地面: $\leq 10^{-6}$,850 hPa及以上: $\leq 10^{-5}$)(7~9月),10月至次年6月则只需地面为弱干平流;⑤北京及上游地区

500 hPa至地面为负涡度平流(7~9月),10月至次年6月上游地区500~850 hPa和北京700~850 hPa为负涡度平流。

(2)平流辐射雾 ①低云、中云的云量少于4;②地面相对湿度 $f \geq 70\%$,水汽压 $e \geq 4.0$ hPa;③本市地面为暖平流,上游地区($37^\circ \sim 41^\circ \text{N}$, $111^\circ \sim 117^\circ \text{E}$,下同)500 hPa至地面为暖平流;④本市地面为湿平流,上游地区500 hPa至地面为湿平流;⑤本市700~850 hPa为负涡度平流,上游地区700~850 hPa为正涡度平流。

(3)平流雾 ①白天形成的平流雾:低云、中云的云量少于4;地面相对湿度 $f \geq 80\%$,水汽压 $e \geq 3.0$ hPa;地面为弱冷平流,700~850 hPa为暖平流;本市地面为弱干平流,上游地区700~850 hPa为湿平流;地面为负涡度平流,500~850 hPa为正涡度平流;北京及上游地区的地面为弱辐合,850 hPa为辐散,且大于地面辐合;地面为偏东风。②夜间形成的平流雾:低云、中云的云量大于7;地面相对湿度 $f \geq 85\%$,水汽压 $e \geq 3.0$ hPa;本市地面为暖平流,上游地区地面为暖平流;本市地面为湿平流,上游地区地面为湿平流;本市700~850 hPa为正涡度平流,上游地区500~850 hPa为正涡度平流;北京及上游地区的地面为弱辐合,850 hPa为辐散,且大于地面辐合。

(4)共生雾 ①低、中云的云量大于7;②地面相对湿度 $f \geq 90\%$,水汽压 $e \geq 3.0$ hPa;③本市850~700 hPa的 $T - T_d \leq 4^\circ \text{C}$;④北京及上游地区的地面至500 hPa为暖湿平流;⑤北京及上游地区的地面至500 hPa为弱辐合;⑥北京及上游地区的地面至500 hPa为负涡度平流。

以上条件即构成北京地区大雾预报的一种方法。为检验此方法的准确率,在1998年7月1日~11月30日,用每天08:00和20:00的地面观测与高空探测资料作日间(08:00~20:00)和夜间(20:00~次日08:00)的大雾预报,各为153次。日间预报153次无大雾,实况无大雾,但这不说明作日间大雾预报的方法非常准确,因为白天形成大雾的几率非常小。夜间大雾预报,试报结果统计分为两个阶段:7月1日~9月30日和10月1日~11月30日(如表4所示)总的空报率为2%,漏报率为2%,可见此预报方法可在业务工作中使用。

表4 1998年7月1日~11月30日大雾次数预报与实况对比

	7月1日~9月30日				10月1日~11月30日			
	预报	实况	空报	漏报	预报	实况	空报	漏报
有雾	8	5	3		5	5		
无雾	84	82		2	56	55		1
合计	92	87	3	2	61	60		1

3 大雾预报的逐级指导思路

雾是一种地方性很强且只在近地面出现的天气现象,发生几率很低,可形成于任一种地面和高空环流系统中。因此作大雾预报时,既要考虑周围和上游地区的物理量场分布是否有利于本地形成大雾,也须结合本地的温、湿、风层结稳定度等要素条件。为此,我们

初步设计了一种大雾预报逐级指导的思路: 当收到国家气象中心发布的 24h 或 36h 或 48h 有/无雾预报(上级指导预报)后, 利用高分辨有限区域数值模式(如 HLAFS)的产品, 在所选定的区域内计算物理量, 分析本地及上游地区是否存在有利大雾形成的条件, 再作本地未来相应时段雾的短期预报(初步预报), 最后根据本地 08: 00 或 20: 00 的观测数据作未来 12h 的雾短时预报(订正预报)。

致谢: 本文得到首都机场气象台的大力支持, 在此向他们表示衷心的感谢!

参 考 文 献

- 1 弓学忠, 方玉玲. 北京城近郊秋雾的分析及预报. 北京气象, 1998, (2): 11~ 15.

ANALYSIS AND FORECAST ON FOG FORMATION IN BEIJING AREA

W u H ong L i u C h o n g j i a n
(*Beijing Institute of Meteorology, Beijing 100081*)

S h a o J i e W a n g X i a o m i n g
(*Meteorological Service of Capital Airport, Beijing 100621*)

Abstract

According to the records of fog in the Capital Airport during the period of 1958 to 1994, the statistical climate characteristics of fog occurring in Beijing area are analyzed. The observing data and the physical fields before fog are calculated and analyzed, and a method for short-range forecasting fog is provided. The method is verified during July 1 - Nov. 30, 1998 with high accurate rate of forecasting. The route of step-predicting guideline on fog is suggested.

Key words: Fog forecast Step-predicting guideline Beijing area