

1961~2005 年中国大雾天气气候特征

曹治强¹ 吴兑² 吴晓京¹

(1 国家卫星气象中心, 北京 100081; 2 广州热带海洋气象研究所, 广州 510080)

摘要 利用 1961~2005 年中国 541 个地面台站观测的能见度和相对湿度资料, 分析了中国大雾时空分布特征和趋势变化特征。结果表明: 中国大部分地区冬半年大雾日数明显偏多, 夏半年明显偏少。其中 11 月最多, 6 月最少。在空间分布上, 中国东部降水量较多的平原和丘陵年均大雾日数较多, 而内蒙古大部和中国西部大部分地区年均大雾日数较少, 多在 1 天以下。长江中下游和黄淮地区一些省市, 是大雾天气多发的地区, 并且具有明显正变化趋势, 年大雾天气日数呈波动增多的趋势, 波动的周期大约为 1.5 年。1982、1987、1989~2000 年和 2002 年是大雾日数较多的年份, 而 1967 年则是大雾日数明显偏少的年份。

关键词 大雾 时空分布 变化趋势 EOF 分析

引言

大雾作为一种重要的天气现象, 对空气质量和交通运输有着重要的影响。随着现代社会的发展, 大雾对人们生产和生活的影响日益彰显, 因而对大雾的研究越来越多。在大雾的天气学诊断分析研究方面, 康志明^[1]对 2004 年冬季华北平原上一次持续大雾天气进了天气动力学诊断, 分析了这次大雾天气的形成过程和维持的原因。何立富等^[2]也在天气学方面对大雾天气的形成作过深入的研究。在大雾的微物理特征研究方面, 中国自 1958 年以来就一直重视雾的物理学研究和人工消雾试验^[3]。李子华^[4,5]对重庆雾的滴谱分布特征、宏微观结构和物理成因进行了非常细致的研究, 吴兑^[6]等对南岭大瑶山高速公路浓雾的宏微观结构也进行了细致的研究。但在大雾天气的气候特征研究方面的工作较少, 刘婉莉等^[7]利用运城市 1971~2000 年的大雾资料, 分析得出运城年雾日数呈上升趋势, 并具有显著的长期趋势变化特征和 3.6 年的振荡周期。周自江^[8,9]等分别对发生于 1954~2005 年长江三角洲和四川盆地的浓雾事件进行了统计, 指出上述地区 20 世纪 60 年代, 浓雾事件少而弱; 80~90 年代浓雾事件频次多, 强度大。但对于中国大范围的大雾天气的研究, 目前还比较欠缺。本文试图利用 1961~

2005 年中国多个地面台站的常规观测资料, 对中国大雾的空间分布和时间变化特征进行一些分析和探讨。

1 数据和数据处理方法

从国家气象信息中心提供的 746 个台站资料里, 选择了无缺测资料(天气现象、能见度和相对湿度)的台站共 541 个。选择出来的台站分布如图 1 所示。可以看到中国东部台站较密集, 西部台站较为稀疏, 这与中国的地域区划和经济状况有一定的关系, 这些台站有关雾的观测记录基本上可以反映中国大雾的分布情况。

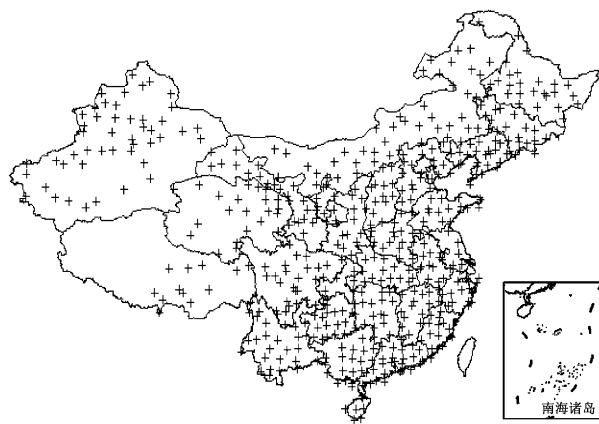


图 1 选择站点分布图

采用能见度小于等于 1 km 和相对湿度大于等于 90%作为大雾的判识标准。如果 08:00 某站点的能见度和相对湿度同时满足上述两个条件,即认为当日该站点出现了大雾天气。

为了研究大雾天气日数的年变化趋势,采用气候趋势系数对其进行判定,趋势系数定义为 n 个时刻(年)的要素序列 x_i 与自然数 $1,2,3,\cdots,n$ 的相关系数^[10]。

$$R_{xt} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{i})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (i - \bar{i})^2}}$$

其中 $\bar{x}$ 为要素的平均值, $\bar{i}$ 为自然数序列的平均值,由于自然数序列是增加的,所以当 $R_{xt} > 0$, 趋势是增加的;当 $R_{xt} < 0$, 趋势是减少的。在此基础上,为了判别这种趋势是否有意义还是随机振动,需对趋势系数进行 t 检验。

2 大雾的时空分布特征

2.1 大雾的时间分布特征

由于雾的形成主要是空气中的水汽达到饱和或接近饱和,在凝结核上凝结而成。所以大雾天气的出现需要有一定的温湿条件。对于某一站点来说,由于不同的季节和月份具有不同的温湿特征和大气环流形势,所以大雾天气日数在不同的季节和月份也有所不同。统计表明,大部分站点都是冬半年大雾日数明显偏多,夏半年明显偏少。图 2 是对所有站点的 45 年来的月平均大雾日数百分比进行站点平均所得到的折线图,它基本上反映了中国月平均大雾日数的变化状况。可以看到,10、11 和 12 月是中国出现大雾天气较多的 3 个月,其中 11 月最多,占全年大雾日数的 12.8%;5、6 和 7 月是中国出现大雾天气较少的 3 个月,其中 6 月最少,占全年大雾日数的 2.9%。其主要原因是中国冬半年昼夜温差较大,当低层大气含有充分的水汽并有稳定的天气形势配合时极易出现大雾天气。例如在长江中下游一带,在秋冬季节的降雨之后,近地面层空气变得比较湿润,提供了充分的水汽条件;再加上低层为弱高压控制,近地面层风速相对较小,就经常出现大雾天气。

2.2 大雾的空间分布特征

大雾天气的出现有区域性特征,有的地方容易

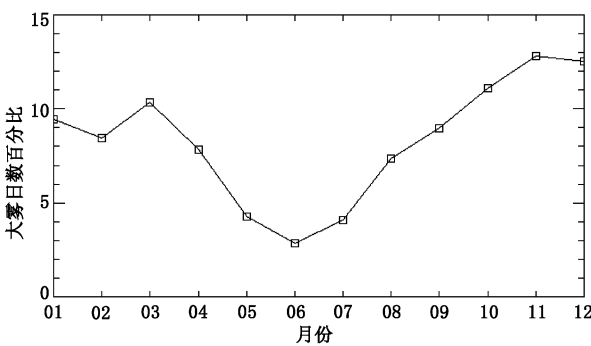


图 2 所有站点的月平均大雾日数百分比

出现大雾天气,有的地方则很少出现。45 年来各个站点数对应的年平均出现大雾日数的统计表明(图 3a):年平均大雾日数小于 2 天的站点有 168 个,其中小于 1 天的占 118 个;年平均大雾日数在 2~20 天的站点有 311 个,占总站点的一半以上;年平均大雾日数在 20~40 天的站点有 36 个;大于等于 40 天的站点有 26 个。其中个别站点年均大雾日数极多,如福建的九仙山,年均大雾日数 191.5 天,四川峨眉山年均大雾日数 168.2 天,湖南南岳年均大雾日数 152.6 天,是年均大雾天气日数最多的 3 个站点。还有一些站点年均大雾日极少,多数在中国的西部

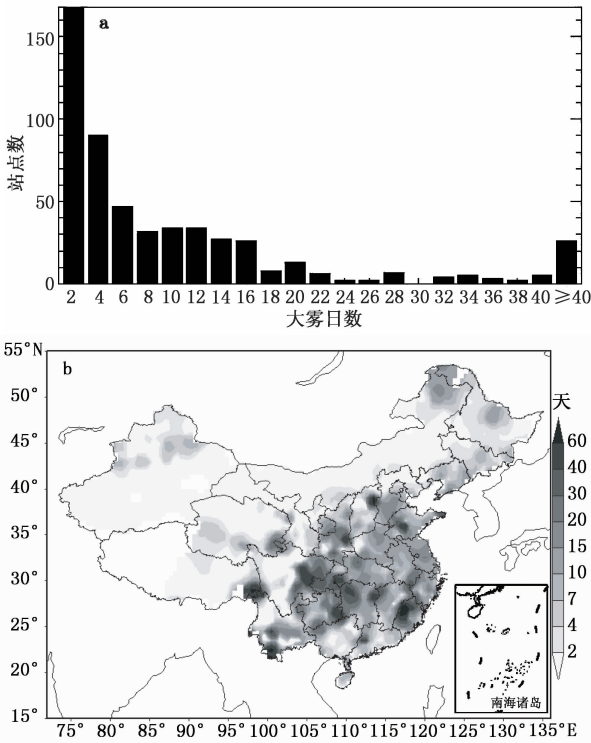


图 3 各站点数对应的年平均大雾日数(a)及年平均大雾日数区域分布(b)

地区,如四川的小金、青海的贵德和冷湖年均大雾日数为零,表明 45 年来无大雾天气发生。

图 3b 反映了大雾年平均大雾日数的地理分布特征。可以看出,大雾日数较多的区域主要位于中国东部的一些省市,其中四川东部、重庆、湖南、江西北部、安徽南部、福建等地的年均大雾日数较多,东北地区东部的年均大雾日数较少,而中国西部大部分地区以及内蒙古大部分地区年平均大雾日数都在 2 日以下。由于大雾天气的出现是水汽冷却凝结所致,所以一定的湿度条件和使湿度达到饱和的天气条件是大雾天气形成必要因素,而一个地方的年降水总量直接影响着当地的干湿状况。从中国的气候特征看,中国全年降水总量东多西少,400 mm 等雨量线从大兴安岭一直走向西南,终止于雅鲁藏布江河谷^[11]。此线东部,气候湿润或比较湿润,此线西部,气候干燥,多草原和沙漠。其中新疆北部有从大西洋和北冰洋输入的水汽,是中国西部降雨量偏多的地区。与此对应,新疆北部的部分地区年均大雾日数达到 4~8 日。从地形上看,中国西高东低,大雾的这种分布形态和中国的地形状况基本吻合,即大雾主要出现在海拔较低平原和丘陵地带,而西部海拔较高的高原年均大雾日数较为稀少。

3 大雾的趋势变化特征

为了进一步研究 45 年来年均大雾日数的变化趋势,计算了所有站点的趋势系数,其中趋势系数为正的站点有 285,为负的有 252 个,为 0 的 4 个。但并不是趋势系数为正(负)的站点的趋势变化都是增加(减少)的,需要满足一定的显著水平,才认为它具有一定的意义。因此,取双边显著水平为 0.05,对所有站点的趋势系是进行了 t 检验,通过检验的正

趋势系数站点数为 131 个,负的为 92 个,它们的分布如图 4 所示。可以看到,具有正变化趋势的站点主要分布在长江中下游和黄淮地区一些省市,这些地区也是中国大雾天气相对较多的地区(图 3)。由于这些地方的地势一般较为平坦,可以认为这些站点的趋势变化能代表整个面区域的趋势变化。由图 4b 可以看到,具有负变化趋势的站点主要分布在广东、福建、黑龙江、吉林以及中国中西部的一些省市。由于中国中西部大部分地区的年均大雾日数多在 2 天以下(图 3),其中在 1 天以下的站点数超过 70%,因而这些地方的趋势变化并不具有明显的统计意义,具有明显负变化趋势的有统计意义的区域仅广东、福建、黑龙江、吉林 4 省。

造成这种趋势变化的主要原因跟近年来中国的气候条件的变化有关。在冬半年,中国大陆大部分为冷性的蒙古高压所控制,天气形势十分稳定。自 1976 年以来,蒙古高压有减弱趋势,亚洲冬季风和冬季风经向环流都趋于减弱,同时使得冬季进入中国的冷空气偏弱^[12]。而大雾天气又多在冬半年出现,这种趋向减弱的高压环流形势有利于大雾天气的发生。同时,自 70 年代中后期以来,冬季海平面气压场上的阿留申低压增强并发生了明显东移,中国东北地区位于阿留申低压西部,阿留申低压的大幅度东移,使得其西侧的暖湿气流对中国的影响减弱,不利于大雾天气的出现,因而大雾天气呈下降趋势。另外,大气凝结核在大雾天气的形成过程中也起着重要的作用。近年来,随着中国经济粗放式快速发展,全国主要大气污染物的排放量逐年增加,这些大气污染物多为悬浮颗粒物,在雾的形成过程中充当凝结核,更有利于大雾天气的形成。

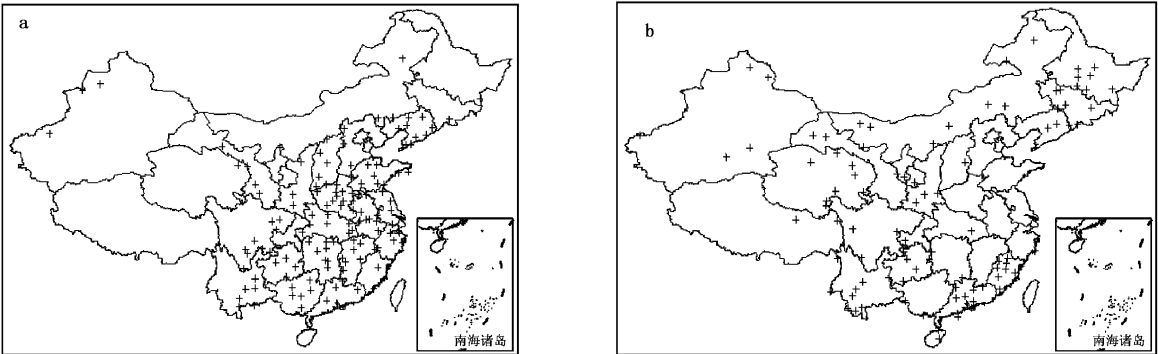


图 4 通过 t 检验的站点分布图:(a)趋势系数为正,(b)趋势系数为负

对于具有正负变化趋势的站点来说,它们的年际变化也不是单调增加或减小的,分析结果表明这种变化趋势具有一定的波动性。为了找出这些站点的共同的波动规律,即为了找出这些站点所代表的面区域的共同变化特征,用经验正交函数(EOF)分解法来研究这些站点 45 年来的大雾日数的时空分布特征。由于具有正变化趋势的站点相对比较集中,这些站点的大雾年际变化更能代表这一区域的变化,本文仅选择了图 4a 中的具有正变化趋势的站点进行了分析。

EOF 分析结果表明,第 1 特征向量的解释方差为 92.9%,前 3 个特征向量的解释方差累计量达 95.8%,可见所选择站点的大雾分布特征与第 1 特征向量表现出的特征具有高度一致性。即第 1 个主分量的分布形势可以完美地代表 45 年来所选择的 131 个站点的分布形势,而它的时间系数也可以较

好的代表这些站点的共同的年际变化特征。图 5a 给出了第 1 特征向量的空间分布,它是与 1961~2005 年中国 45 站年大雾分布图最相似的特征场。可以看到,等值线范围内的区域存在明显的正变化,江西北部、湖南、重庆和贵州的东部的特征向量较大,其中江西北部部和湖南中部存在明显的大值中心,表明这些地方也是年大雾日数较多的区域。图 5b 绘出了第 1 特征向量的时间系数,时间系数大的年份表示特征向量的权重也大,因而对应的年大雾日数也较多。可以看到所有的时间系数均为正值,而且是振荡向上增加的,振荡的周期大约为 1.5 年。另外,从图上还可以看出,1982、1987、1989~2000 年和 2002 年是年大雾日数较多的年份,2003~2005 年年大雾日数开始减少,而 1967 年则是大雾日数明显偏少的年份。

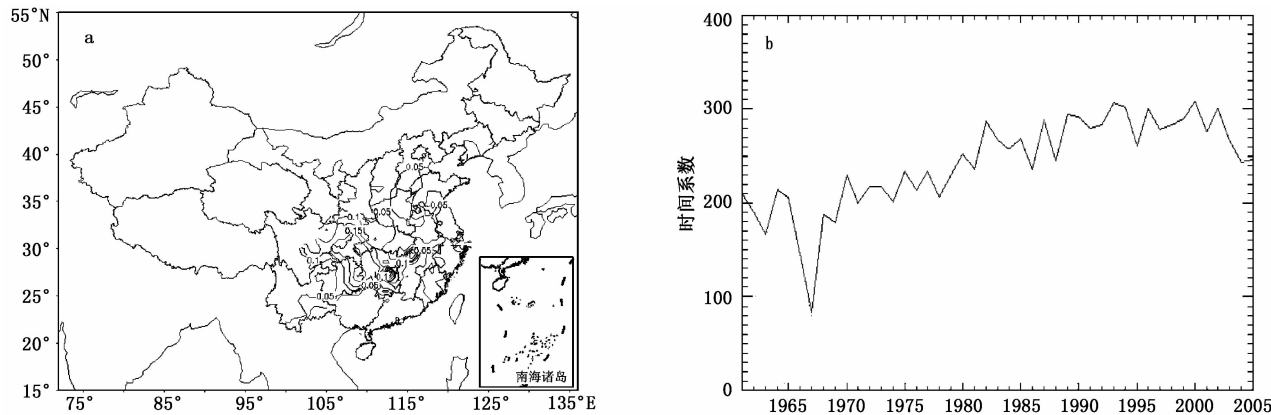


图 5 正变化趋势站点的 EOF 分解:(a)第 1 特征向量的空间分布,(b)第 1 特征向量的时间系数

4 结论

(1)中国大部分地区冬半年大雾日数明显偏多,夏半年明显偏少。10、11 和 12 月是中国出现大雾天气较多的 3 个月,其中 11 月最多,5、6、7 月是中国出现大雾天气较少的 3 个月,其中 6 月最少。

(2)大雾天气主要发生在中国东部降水量较多的平原和丘陵地带,而内蒙古大部和中国西部大部分地区年均大雾日数在 1 天以下。这种年均大雾日数的区域分布差异主要是由当地的干湿状况和地形

特征造成的。

(3)长江中下游和黄淮地区一些省市,是大雾天气多发的区域,并且具有明显正变化趋势。这些地方的年大雾天气日数呈波动增多的趋势,波动的周期大约为 1.5 年。其中 1982、1987、1989~2000 年和 2002 年是年大雾日数较多的年份,而 1967 年则是大雾日数明显偏少的年份。具有明显负变化趋势的区域仅广东、福建、黑龙江、吉林 4 省,这些区域的年大雾日数呈减少的趋势。

参考文献

[1] 康志明, 尤红, 郭文华, 等. 2004 年冬季华北平原持续大雾天气的诊断分析[J]. 气象, 2005, 31(12): 51-56.

[2] 何立富, 陈涛, 毛卫星. 华北平原一次持续性大雾过程的成因分析[J]. 热带气象学报, 2006, 22(4): 340-350.

[3] 李子华. 中国近 40 年来雾的研究[J]. 气象学报, 2001, 59(5): 616-624.

[4] 李子华, 张利民, 楼小凤. 重庆市区冬季雾的宏微观结构及其物理成因[J]. 南京气象学院学报, 1993, 16(1): 48-54.

[5] 李子华, 吴君. 重庆市区冬季雾滴谱特征[J]. 南京气象学院学报, 1995, 18(1): 46-51.

[6] 吴兑, 邓雪娇, 毛节奏, 等. 南岭大瑶山高速公路浓雾的宏微观结构与能见度研究[J]. 气象学报, 2007, 65(3): 406-415.

[7] 刘婉莉, 顾松山, 贾朝阳. 运城市大雾气候特征及预报[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(4): 40-46.

[8] 周自江, 朱燕君, 姚志国, 等. 四川盆地区域性浓雾序列及其年际和年代际变化[J]. 应用气象学报, 2006 17(5): 567-573.

[9] 周自江, 朱燕君, 鞠晓慧. 长江三角洲地区的浓雾事件及其气候特征[J]. 自然科学进展, 2007, 17(1): 66-71.

[10] 施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年来 4 个年代际的气候变化特征[J]. 气象学报, 1995, 53(4): 431-439.

[11] 高国栋. 气候学教程[M]. 北京: 气象出版社, 1996: 630-631.

[12] 曾红玲, 高新全, 戴新刚. 近 20 年全球冬、夏季海平面气压场和 500 hPa 高度场年代际变化特征分析[J]. 高原气象, 2002, 21(1): 66-73.

Climatic Characteristics of Heavy Fog Weather in China from 1961 to 2005

Cao Zhiqiang¹ Wu Dui² Wu Xiaojing¹

(1 National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081;

2 Institute of Tropical and Marine Meteorology, CMA, Guangzhou 510080)

Abstract: The temporal and spatial distribution characteristics and variation of heavy fog days in China are analyzed by using the data of visibility and relative humidity of 541 ground stations over China from 1961 to 2005. The results show that there is obviously more heavy fog days in the winter half year than in the summer half year, the most in November and the least June. The spatial distribution shows that the annual mean fog days are much more in the eastern China, and obviously less in the most parts of Inner Mongolia and the western China, with the annual mean number of fog days less than 1 day mostly. Heavy fogs occur frequently, and there was obvious increasing and fluctuating trends in annual fog days with a period of about 1.5 years in the middle and lower reaches of the Yangtze River and some parts of the Huanghuai region. The years of 1982, 1987, 1989 to 2000, and 2002 were more-than-normal years, and 1967 was a less-than-normal year.

Key words: heavy fog, temporal and spatial distribution, variation trend, EOF analysis