

我国大雾的时空分布特征及其发生的环流形势

林建 杨贵名 毛冬艳

国家气象中心, 北京 100081

摘要 根据1971~2005年35年来714站大雾资料,统计了我国大雾的时空分布特征和环流形势。结果表明:年平均大雾最多的地区主要集中在四川盆地、重庆、云南南部、湖南和江南东部;雾日有明显的季节和月际变化,春、夏季雾的范围较小,秋、冬季雾的范围较大,内陆雾主要为(秋)冬季正态分布型,东北的雾夏季偏多,沿海雾春、夏季较多。雾通常开始于晚上20时(北京时间,下同)至次日早晨8时(以6~7时为最多),结束于8~12时,持续时间大多在1~10 h,持续3 h的雾出现的频数最高。近35年雾日的线性趋势表明:江南、华南的雾日变化不明显,其余大部分地区的雾日都呈递减趋势,不同能见度的雾日在1985年前后基本上都呈相反的变化趋势,并且能见度越低的雾日变化越明显。主要考虑地面天气形势我国大范围大雾发生的环流形势可分为均压型和锋前型两大类型。

关键词 大雾 时空分布 环流类型

文章编号 1006-9585 (2008) 01-0171-11 **中图分类号** P426 **文献标识码** A

Spatial and Temporal Characteristics of Fog in China and Associated Circulation Patterns

LIN Jian, YANG Gui-Ming, and MAO Dong-Yan

National Meteorological Center, Beijing 100081

Abstract In terms of 1971—2005 observed fog data from 714 stations in China, the spatial and temporal characteristics of fog in China and associated circulation patterns were demonstrated. Results show that annual mean fog days were concentrated over Sichuan basin, Chongqing, the south of Yunnan, Hunan and the east of South of the Yangtze River. Fog days in China are of obvious seasonal and inter-monthly variation with confined areas in spring and summer and wide areas in autumn and winter. Inland fog days mainly indicate normal distribution in autumn and winter, with more fog days of Northeast China in summer and coastal fog days were concentrated in spring and summer. Fog usually began at 2000—0800 LST (maximum at 0600—0700 LST) and ended at 0800—1200 LST, with duration 1 to 10 h and maximum 3 h. Linear trend of fog days during 1971—2005 shows that inter-annual variation of fog days over South of the Yangtze River and South China was not obvious and fog days of other regions descended linearly. Different visibility fog days show a contrary trend before and since 1985 and less visibility, more evident variation of fog days. Based on the surface circulation, the corresponding patterns (uniform pressure and front pattern) of the wide scope fog are put forward for the reference of forecast.

Key words fog, spatial and temporal characteristics, circulation pattern

收稿日期 2007-01-24 收到, 2007-12-01 收到修定稿

资助项目 科技部科研院所社会公益研究专项 2004DIB3J100

作者简介 林建, 女, 1973年出生, 硕士, 高级工程师, 主要从事短期天气预报及相关研究。E-mail: linjianchs@yahoo.com

1 引言

大雾是指大量微小的水滴悬浮于空中, 水平能见度小于 1 km 的天气现象。大雾是一种比较常见的气象灾害, 对交通、航运和环境等都有严重的影响。早在 20 世纪 90 年代初, 孙奕敏^[1]较详细地给出了灾害性浓雾的定义、形成过程、时空变化和预报方法。近年来随着高速公路的迅速发展, 大雾的影响尤为突出。了解大雾的气候特点, 对于防止因大雾引起的灾害意义重大。王丽萍等^[2]利用 1961~2000 年地面大雾天气现象观测资料分析了我国雾的地理分布和不同区域雾的月年变化特征。刘小宁等^[3]从一些典型代表站分析了 1950 年以来雾的时空分布特征。李子华等^[4]讨论了西南地区 and 长江中下游雾的时空分布。还有许多学者对一些持续稳定性大雾的典型个例进行了诊断分析和数值模拟^[5~10], 但几乎没有人对全国性大雾发生的环流形势进行归类分型。本文用 1971~2005 年 35 年来能见度 ≤ 1 km 的 714 站大雾资料, 统计分析我国大雾的时空变化, 并根据我国大范围大雾发生的环流形势总结出大雾发生的几种环流类型配置。

2 资料及说明

本文所用资料为国家气象信息中心提供的 1971~2005 年 714 站 6 h 地面观测资料(包括能见度和大雾的起止时间)以及 NCEP 逐日再分析资料(包括地面、500 hPa 高度场和 850 hPa 风场)。当某站 6 h 地面观测中有一次能见度 ≤ 1 km, 则记为一个雾日。文中“大范围”大雾是指按全国基本站计算, 区域性(相邻的区域)有 20 站及以上出现大雾天气, 但由于新疆地区站点分布稀疏, 相应的标准较低, 相邻的区域 8 站及以上出现大雾, 则认为是大范围大雾。

3 雾的地理分布和变化

由于我国东南部广大地区河流纵横, 海岸线较长, 水汽充沛, 所以出现雾的频率很大。如我国成山头是海雾雾日最多的港口。我国西南山区

谷地是多雾区, 尤其是四川盆地, 一年四季皆有雾出现, 如重庆是我国著名的“雾都”。我国西部高原和沙漠等地区的雾极少, 如西宁、拉萨全年几乎无一个雾日。

3.1 雾日的年平均分布

如图 1 所示, 根据 1971~2005 年全国 714 个台站的观测资料统计, 大雾集中的区域主要在我国四川盆地、贵州东北部、云南西南部、汉水流域、华北中南部、江淮和江南大部, 其次是新疆天山以北、内蒙古东北部和黑龙江西北部及辽宁和吉林东部。而四川盆地、云南南部、湖南和江南东部是出现大雾最多的地区。另外, 由于地形和局地条件的影响, 大雾的分布很不均匀, 譬如四川的峨眉山、福建的九仙山年平均大雾日在 270 d 以上, 安徽的黄山、湖南的南岳恒山年平均大雾日在 200 d 以上, 重庆金佛山、湖北绿葱坡、福建天目山和括苍山年平均大雾日在 150 d 以上, 山西五台山、甘肃华家岭、山东泰山、湖南雪峰山和江西庐山等站年平均大雾日也都在 100 d 以上(表略), 其中 80% 以上的雾日能见度都低于 200 m。沿海地区成山头和大陈岛的海雾, 年平均大雾日为 67 和 69 d, 大多数雾日能见度也都不足 200 m。云南的澜沧和勐腊以及成都和重庆年雾日平均为 81、101、46 和 36 d, 但能见度低于 200 m 的雾日不足一半, 特别是勐腊能见度低于 200 m 的雾日不足总雾日的 1/4。不难看出, 大雾集中的区域基本上都分布在河谷盆地、沿海或高山站, 这些地区容易满足大雾形成的风、温、湿条件^[11]。

3.2 雾日的季节平均分布

如图 2 所示, 春季大雾主要集中分布在四川盆地中南部、重庆、贵州东部、云南东南部、长江中下游以南及东部沿海地区; 夏季大雾主要集中在分布在四川盆地南部、重庆、贵州东部、湖南大部、陕西中部、长江下游沿线及以南地区、山东半岛东部沿海地区、内蒙古东北部、黑龙江西北部及东南部、辽宁和吉林东部; 秋季大雾主要集中在分布在四川盆地、云南西部和南部、汉水流域、江淮地区、长江中下游以南地区、华北南部、辽宁和吉林东部、内蒙古东北部和黑龙江西北部及东部的部分地区; 冬季大雾主要集中在分布在四川盆地、云南南部、汉水流域、华北南部、江淮、

长江中下游以南及新疆天山以北等地。

由此看来，春季雾的范围较小，集中在长江

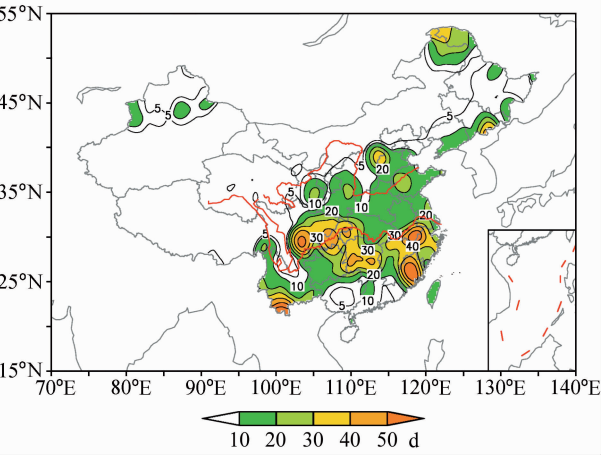


图 1 1971~2005 年我国雾日的年平均分布

Fig. 1 The annual mean distribution of fog days during 1971—2005 in China

以南，夏季除江南外，北方的雾分布相对比较分散，秋冬季雾的范围较大。东北地区（辽宁和吉林东部、内蒙古东北部和黑龙江西北部及东部的部分地区）雾主要出现在夏季，其次是秋季，能见度在 200~1 000 m。华北南部的雾主要出现在秋冬季，冬季能见度大约为 200~1 000 m，秋季大约为 500~1 000 m。汉水流域的雾也主要出现在秋冬季，能见度大约为 200~1 000 m，其中陕西中南部秋季雾以能见度 200~500 m 居多，而冬季则以 500~1 000 m 为主。新疆北部的雾主要出现在冬季，并且能见度大都在 500~1 000 m。四川盆地、重庆、云南南部及长江以南终年有雾，但秋冬季雾较多。我国大陆发生的雾主要为辐射雾，由于夜间地面辐射冷却使空气达到饱和而形成大雾，所以在秋冬季大雾发生的范围较大，这与毛冬艳等^[11]关于雾形成的温度条件的结论是一致的。

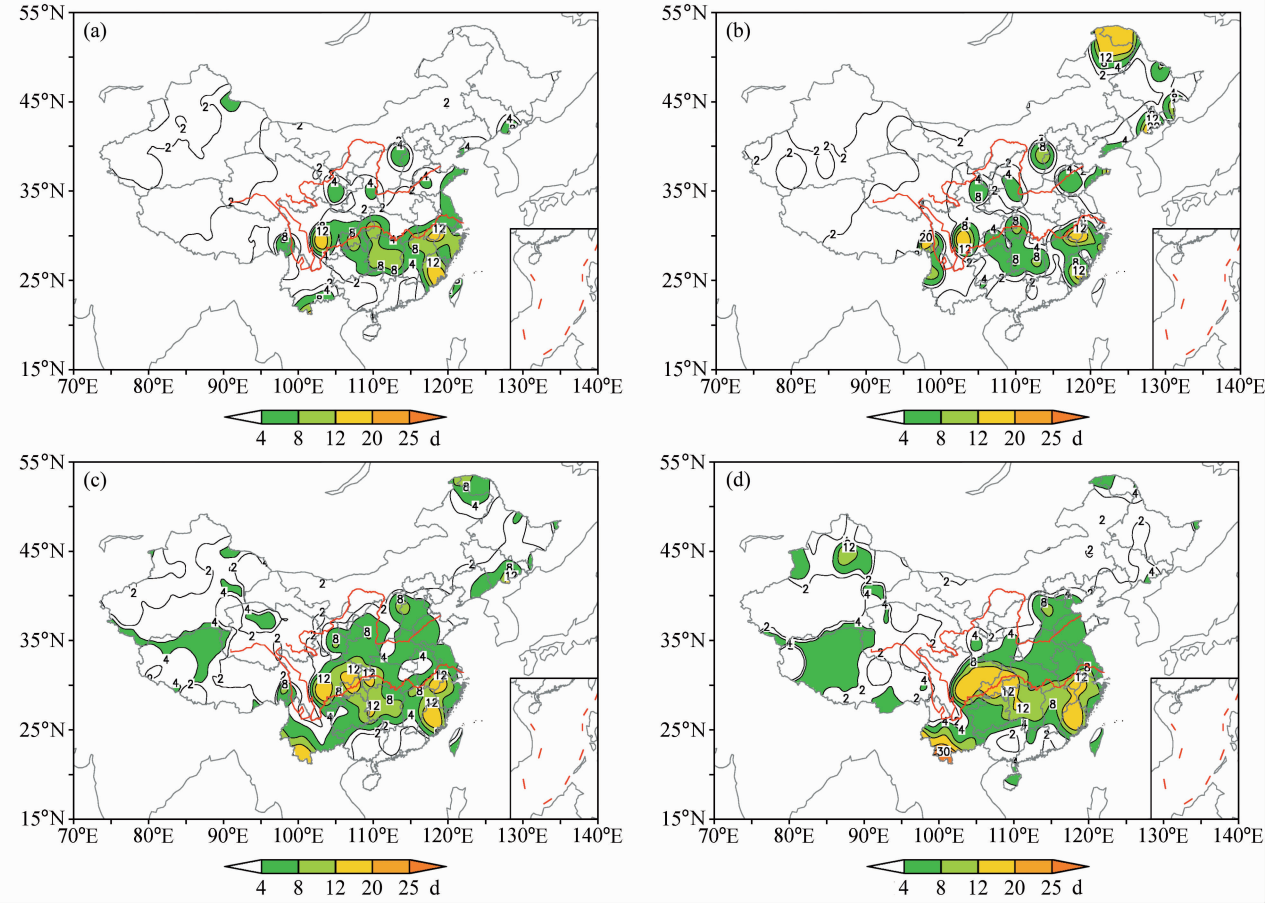


图 2 我国雾日的季节分布：(a) 春季；(b) 夏季；(c) 秋季；(d) 冬季

Fig. 2 The seasonal distributions of fog days in China: (a) spring; (b) summer; (c) autumn; (d) winter

4 雾日的年际和月际变化

4.1 不同能见度雾日的年际变化

图 3 给出了全国 714 站不同能见度雾日在

1985 年前后及 1971~2005 年 35 年的线性趋势变化,可以看出,1971~1985 年期间,能见度 $\leq 1\,000\text{ m}$ 的大雾日在西藏东部、四川西南部和华北东南部呈明显的增加趋势(图 3a1),而 1985 年后出现明显的转折,除江南、华南外,全国大部分

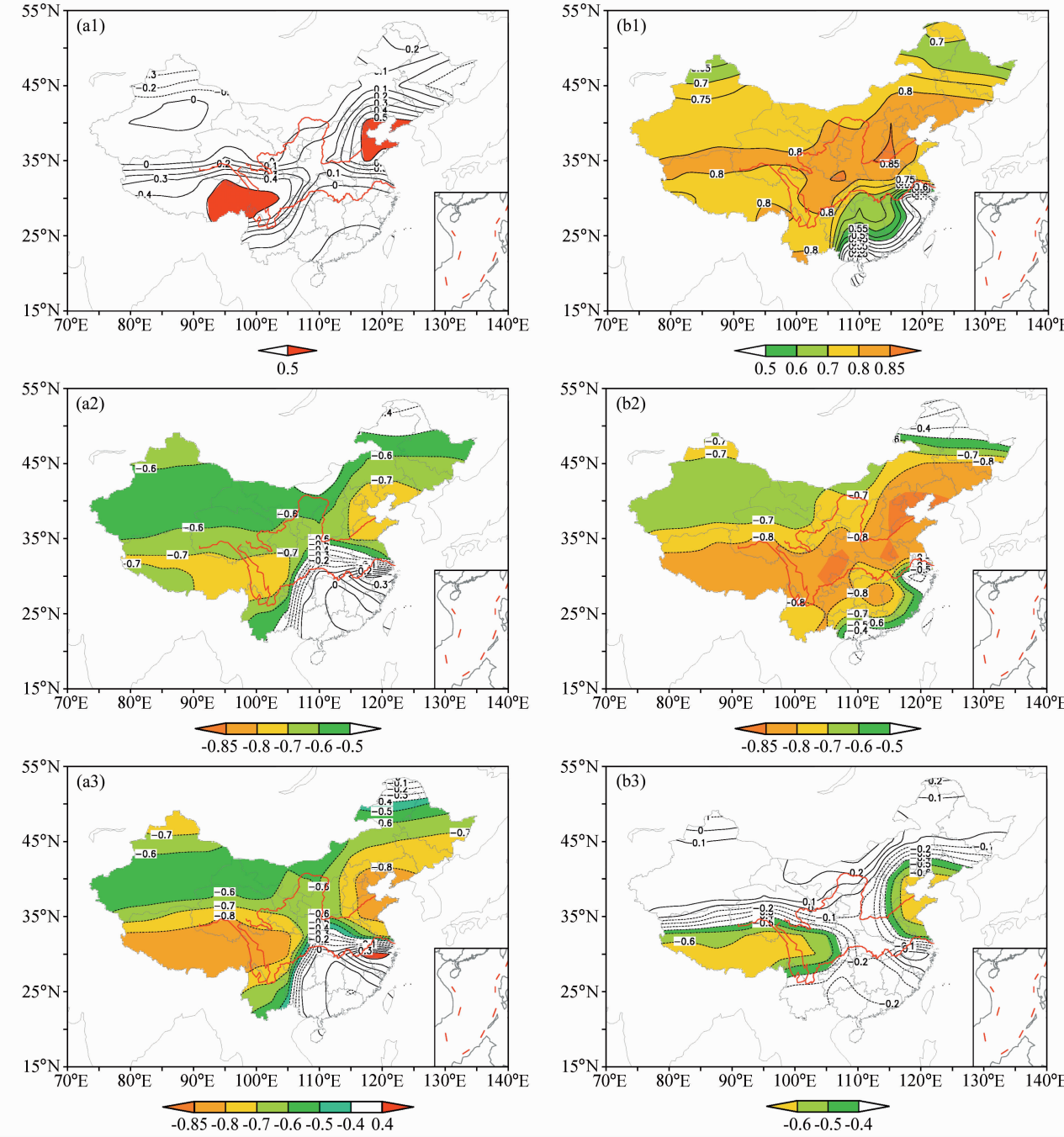


图 3 我国不同能见度雾日在不同年代的趋势系数分布: (a) 能见度 $\leq 1\,000\text{ m}$; (b) 能见度 $\leq 200\text{ m}$. 1 表示 1971~1985 年, 2 表示 1986~2005 年, 3 表示 1971~2005 年, 阴影区通过 0.05 信度检验
Fig. 3 The tendency correlation coefficient distributions of different visibility in fog days in China: (a) visibility $\leq 1\,000\text{ m}$; (b) visibility $\leq 200\text{ m}$. 1 denotes 1971—1985, 2 denotes 1986—2005, 3 denotes 1971—2005, shaded area denotes significance at 95% level

地区能见度 $\leq 1\ 000$ m的大雾日处于下降趋势。其中,西南地区东部、汉水流域、江淮和黄淮西部、内蒙古中部和东北部以及黑龙江西北部下降趋势不明显(没有超过检验信度),其余地区趋势系数绝对值都大于0.5,西藏大部、四川中西部、华北东部和东北西南部趋势系数绝对值在0.7以上,远远超过检验信度(图3a2);1971~2005年35年的趋势与1985年后的趋势基本上是一致的,西藏东部、青海、四川、华北中东部及东北中南部雾日的下降趋势更为明显(图3a3)。值得注意的是,雾日分布集中的四川盆地、华北中东部1985年前后趋势是相反的,而江南除东北部地区呈增加趋势外,大部分地区变化不明显。

能见度 ≤ 500 m的雾日在1985年前,云南和四川及其以西地区、淮河以北除新疆北部和黑龙江东部以外大部地区都呈明显增加趋势,而在青藏高原和华北中东部更为清楚,趋势系数在0.7以上(图略),比能见度小于1 000 m的雾日增加趋势要明显得多。而新疆中南部、西北地区、华北中西部和北部雾日增加趋势一直持续到1990年,尤其是内蒙古中部偏西地区在1985~1990年增加更明显(图略)。1985年后除江南东北部有弱的增加趋势,全国大部分地区雾日都是减少的,负趋势系数大值区仍然分布在云南四川以西、淮河以北的大部地区(图略)。从35年的趋势来看,主要是在青藏高原大部、云南、四川、重庆、西北地区东部、黄淮及华北大部、东北南部雾日呈减少趋势(图略)。

能见度 ≤ 200 m的雾日在1985年前除江南东部、华南中南部增加不明显外,其余大部增加趋势都远远超过了检验信度,在西北地区东部、四川东北部、华北大部趋势系数超过了0.8(图3b1)。而1985年后上述地区都呈减少趋势,在西藏大部、西北地区东部、四川、贵州北部、华北大部负趋势系数超过了一0.8(图3b2)。因而纵观35年趋势,西藏、四川中西部和华北中东部、黄淮东部能见度 ≤ 200 m的雾日减少很明显(图3b3)。

综上所述,从全国714站不同能见度雾日近35年的线性趋势变化可以清楚地看到,除长江以南及华南地区的雾日变化趋势不明显外,其余各地的雾日都呈递减趋势。不同能见度的雾日在

1985年前后基本上都呈相反的变化趋势。西藏东部、四川西南部、华北东部不同能见度雾日变化都较明显,四川中东部、重庆、云南、陕西、华北中西部和北部、黄淮及东北中南部能见度 ≤ 500 m的雾日变化明显,而江南西部、贵州、汉水和江淮流域只有能见度 ≤ 200 m的浓雾在1985年前后变化是较明显的。因此,就全国来看,能见度小的雾日变化相对明显一些;而就雾日分布较集中的地区来看,四川盆地、华北中东部和东北中南部较其他雾日集中区域变化明显一些。

因此,根据全国雾日线性趋势变化分布大致可以将雾日的年际变化分为先升后降型、波动型、上升型和下降型四大类。

(1) 先升后降型:除江南、华南、汉水和江淮流域外,全国大部分地区的雾日都属于该类型,汉水、江淮和江南西部地区能见度 ≤ 200 m的雾日变化也属于该类,其特点是在1985年前雾日呈上升趋势,之后呈下降趋势。其中,西藏、四川、重庆、云南、华北中东部、东北中南部及黄淮东部1985年之后迅速下降的趋势远大于之前的上升趋势,所以总的下降趋势特别明显。

(2) 波动型:此类型雾日年际变化幅度不大,呈波动状态,譬如华南、江南中西部能见度 ≥ 500 m的雾日变化属于该类型。

(3) 上升型:江南东北部的雾日属于该类型,其雾日变化在1985年前略呈下降趋势,之后上升,总趋势是上升的。

(4) 下降型:新疆北部雾日属于该类型,其特点是雾日在1985年前后一直呈下降趋势。

总的说来,全国雾日的年际变化在1985年前后截然相反,这可能与1980~1990年全国城市化的发展和森林覆盖率的减少在很大程度上导致温度升高,湿度下降,从而大雾日减少^[12,13]有关;而江南、华南处于我国东部相对发达的地区,城市化的发展及森林覆盖率减少在这些地方表现不是很明显,所以尽管江南是雾日相对集中的地方,但它的雾日年际变化却并不是很明显。新疆雾日1985年后明显的下降趋势可能还与西北地区气候向暖湿转变有关^[14],因此,由于雾日变化是受当地气候条件和局地环境条件共同制约的,尤其是辐射雾具有很强的地域性,对局地环境条件的变化十分敏感。所以就某一个站来说,它的年际变

化也许并非如此,对具体地方雾日的年际变化还需结合当地具体的气候环境条件及其变化作深入细致的分析。

4.2 各地雾日的月际分布

由于各地区的地理条件、气象条件和工业发展状况的不同,各月雾日数也存在差别。按照各地雾日各月中的相同点,分别进行分析,发现有以下几种类型(图4)。

(1)(秋)冬季正态分布型(图4a):我国大部分雾日分布较集中的地区,如西南地区、汉水流域、华北中南部、江淮东部、江南、华南北部的雾都属于这种类型,雾日集中在秋末、冬季和初春,10~12月和1~2月的雾日数占全年雾日天数的70%以上,雾日峰值在12月、1月或11月。

(2)冬季集中型(图4b):该类型雾日集中在冬半年11月至次年3月,其余各月几乎没有。乌鲁木齐和伊宁的雾日属于该类型。乌鲁木齐历年平均雾日26天,冬季(11月至次年2月)每月出现的雾日有5天,冬半年占全年雾日的86%;伊宁冬半年占全年雾日的90%。

(3)春季偏正态分布型(图4c):该类型出现在我国东部沿海,如嵊泗、玉环、平潭、崇武,

厦门、福州、漳州和涠洲岛等地的特点是3~6月为全年雾日天数的67%以上;雾日峰值在4月和5月。

(4)夏季偏正态分布型(图4d):山东半岛、东北地区东南部、内蒙古东北部和黑龙江西北部在夏季雾日较多,譬如成山头、石岛和大连的雾日数在各月的分布均属于此类型。其主要特点是峰值在6~7月,7月以后突然下降,雾日几乎都出现在夏半年,3~8月出现的雾日占全年雾日数的比例为:成山头、石岛93%,大连82%。漠河、大兴安岭、伊春、长白等地的雾日峰值在7~9月,5~9月出现的雾日占全年雾日数的83%以上。

(5)均匀型(图略):大多高山站全年雾日很多,平均每年有100~270个雾日不等,平均分布在各月。五台山、天池、绿葱坡和黄山在7、8月有一峰值,金佛山、雪峰山、天目山、庐山、括苍山、七仙山、九仙山、峨眉山和恒山等在7月有一不明显的谷值。

贵阳、昆明和沈阳等站全年雾日很少,平均每年只有5~11个雾日,并且雾日集中在10~12

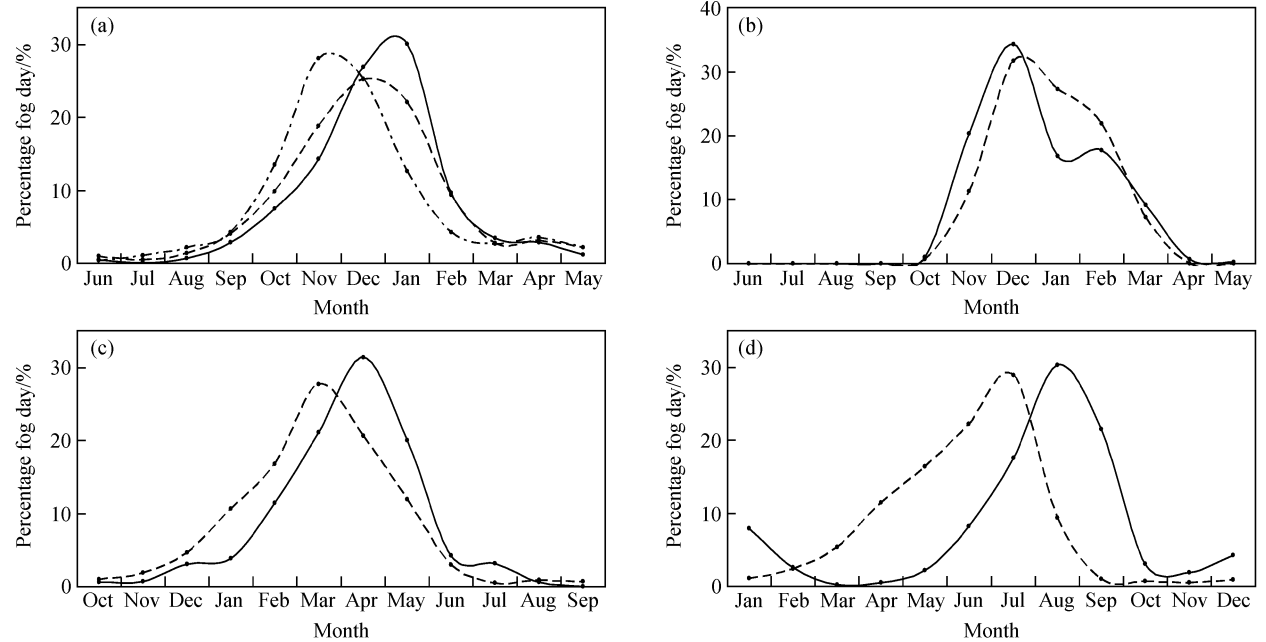


图4 我国各地雾日的月际变化:(a)(秋)冬季正态分布型;(b)冬季集中型;(c)春季偏正态分布型;(d)夏季偏正态分布型
Fig. 4 The monthly variation of fog days in China: (a) normal distribution in (autumn and) winter; (b) concentrated in winter; (c) normal distribution in spring; (d) normal distribution in summer

月和 1 月，所以有的月份无雾日。西宁、拉萨、大理和三亚等地各月几乎无一次雾出现。

综上所述，各地雾日的月际变化很大，主要视地理条件而定。内陆的雾以秋冬两季最多，内陆城市雾主要出现在冬季；而沿海城市则以春夏季最多，另外，东北地区东部和内蒙东北部、黑龙江西北部的雾日峰值也基本上出现在夏季。内陆由于局地环境差别较大，雾的月际变化规律不明显，但对于沿海城市，雾日峰值由春到夏随着季节向北推进，如厦门雾日峰值出现在 3 月，崇武峰值在 4 月，成山头的峰值在 7 月。

4.3 大雾发生的时段

雾的日变化也很明显，尤其是辐射雾，它们大多数在夜间开始发展，清晨最强，有时在日出后 1 h 之内，雾中温度还继续下降，再加上地面

蒸发及微弱的湍流交换，雾反而更浓，然后才逐渐消散或者抬变成碎层云。平流雾、平流辐射雾和锋面雾，在一天内的任何时间都可以出现，而辐射因子则可使这些雾在夜间和清晨变得更浓。

对我国 714 个测站 1971~2005 年能见度小于 200、500 和 1 000 m 的雾，就开始时间、持续时间和结束时间进行了统计，结果如图 5 所示，雾大多数开始于晚上 20 时（北京时间，下同）至次日早晨 8 时的 12 h 内，年均站日数（即 714 个测站发生在某时刻的所有雾日数的年平均值，下同）占总数（即 24 h 内的站日数，下同）的 94% 左右，其中开始于 4~7 时 4 h 内的年均站日数占总数的 50%~55%，尤其以 6~7 时为最多（图 5a）。自 20 时起，起雾的年均站日数逐渐增加，到 5 时以后开始急剧增加。白天（8~19 时）起雾

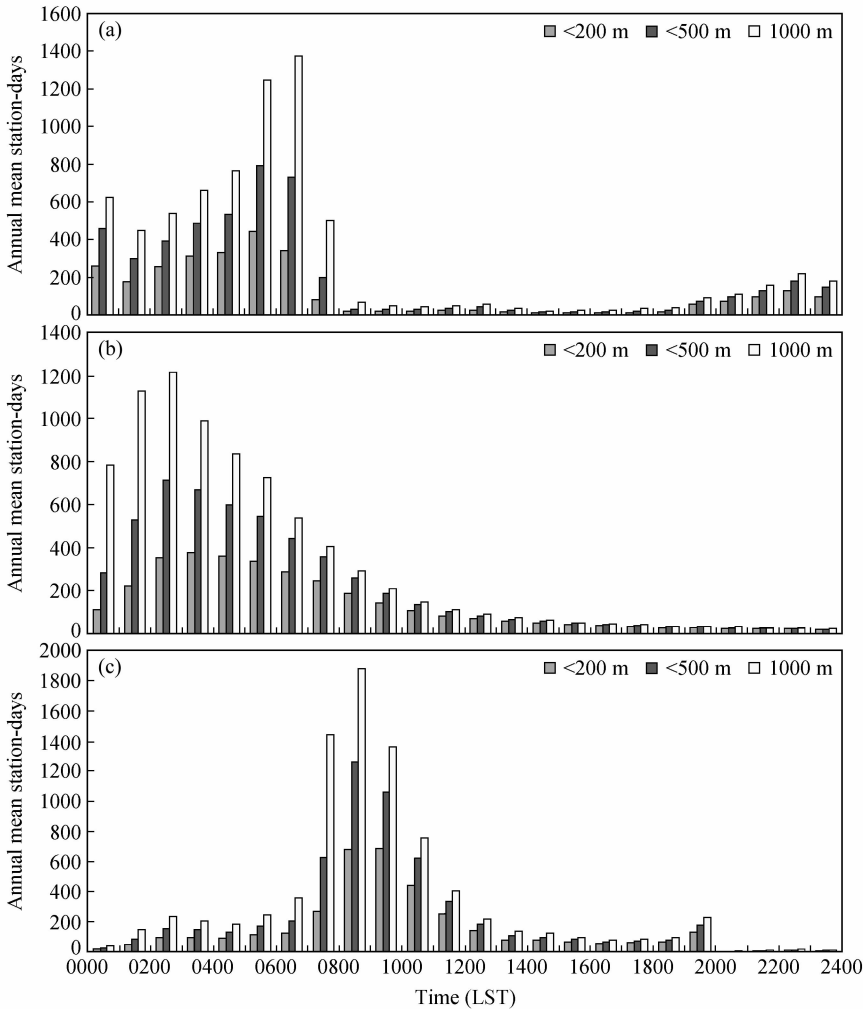


图 5 大雾 (a) 开始时间、(b) 持续时间和 (c) 结束时间的年均站日数的日变化
Fig. 5 The diurnal variation of annual mean station-days for the (a) start time, (b) duration and (c) end time of fog in China

的频数很低。持续 3 h 的雾出现的频数（年均站日数）最高（图 5b），持续 1~10 h 的雾的年均站日数占总数的 81%~90%，其中持续 2~7 h 的雾的年均站日数占总数的 60%~69%。能见度 ≤ 1000 m 的雾大多持续 1~8 h，但能见度 ≤ 500 m 的雾大多持续 2~8 h， ≤ 200 m 的雾大多持续 3~7 h。高山站比普通站的雾持续时间会更长，甚至成天被雾笼罩。黄山、峨眉山和九仙山持续 6~12 h 的雾发生频率较高。大多数雾结束于 8~12 时，年均站日数占总数的 65%~74%，8~10 时雾结束的频率较高，但能见度 ≤ 500 m 的雾主要结束于 9~10 时（图 5c）。从以上的统计可以看出，发生在我国的雾大多数属于辐射雾，持续时间不超过 10 h，主要发生在夜间到清晨。雾的日变化与温度的日变化较为一致，从 20 时开始气温开始下降，到 5 时左右一般温度降到最低，日出前相对较低的气温使地面空气很容易达到饱和，从而形成辐射雾；日出以后温度逐渐升高，雾开始慢慢消散，到正午 12 时温度急剧增加，大部分雾趋于消散；能见度较低的雾相对持续时间要长一些。

5 大雾的环流背景及影响系统

大雾是在特定的天气形势下发生的，它的发生受大范围气象条件的制约。根据 1971~2005 年出现在我国大范围大雾的分布及相应地面、500 hPa 及 850 hPa 天气图的普查分析，按东部地区（包括四川盆地以东、华北及以南地区）、东北地区、新疆地区 3 个大区统计了大雾出现的环流背景及影响系统。

主要考虑地面天气形势，综合 500 hPa 及 850 hPa 环流特征，可以把我国大范围的大雾分为两大类型：均压型和锋前型。其中，均压型又分为一般均压型、高压前部均压型、低压前部均压型、高压底（后）部均压型 4 种；锋前型又分为高压前部型、高压前部低压型、高压前部低压倒槽型 3 种。发生在我国东部地区的大雾主要为均压型中的前 3 种和锋前型；东北地区大雾主要有低压前部均压型和一般均压型两种，新疆地区大雾主要有—般均压型和高压底（后）部均压型两种（图 6）。均压型大多属于辐射雾类型，而锋前型则主要跟平流雾联系在一起。从每种类型的环流特征

和典型个例出现时间（具体出现时间表略）可以看出，地面气压场均匀是大范围大雾出现的一个共同特征。每年均有 2~6 次过程，个别年份 8~12 次。在我国东部较东北和新疆地区更容易出现大范围的大雾天气，其中没有任何明显系统相伴时（一般均压型）出现大雾的几率为 37%，有高压但无锋面出现大雾的几率为 16%，与锋面相伴的大雾占 28%。可见，大范围出现的大雾也是以辐射雾为主，但与锋面相联系的平流雾占的比例也超过了 1/4。除了高压前部均压型这类辐射雾出现时高低空均盛行偏北风外，其余类型高低空有可能是偏南风，也可能是偏北风，但低层都有一定的水汽辐合。下面给出了不同类型大雾出现的环流背景和影响系统的简要描述。

5.1 均压型

（1）一般均压型

雾区处于均压场中，地面无明显的高低压系统；500 hPa 处于西北风或西南偏西气流中；850 hPa 处于均压场中盛行脊前西北气流或槽前西南风；东北地区均压型中 850 hPa 处于弱脊区或低涡底（后）部西（东）北气流中或槽前西南气流中；新疆地区均压型中 500 hPa 和 850 hPa 都盛行西南风。

（2）高压前部均压型

雾区处于高压的前端均压区内；500 hPa 通常盛行西北或偏西风；850 hPa 通常处于弱高压区中的均压场或位于脊前，盛行西（东）北风。

（3）低压前部均压型

雾区处于明显的低压系统前部的均压场中；500 hPa 盛行西北或西南偏西气流；850 hPa 处于低涡槽前或槽区，盛行西北或西南风；东北地区低压前部均压型中 850 hPa 处于低涡前部或低压倒槽前西南或偏南气流中。

（4）高压底（后）部均压型

这种类型主要发生在新疆地区，雾区处于冷高压底（后）部；500 hPa 盛行西北或西南风、850 hPa 为西南或东南偏东风。

5.2 锋前型

（1）高压前部型

雾区处于冷高压（冷锋）前部，但无明显的低压（倒槽）相伴；500 hPa 通常处于槽区，盛行西南偏西气流或槽后西北偏西气流；850 hPa 通常

处于弱高压（脊）中均压场中盛行西北气流或偏南风与偏东风切变处。

(2) 高压前部低压型

雾区处于冷高压（冷锋）前部，并有明显的低压相伴；500 hPa 盛行西南或西北偏西风；850

hPa 处于高压脊区均压，盛行脊前西北气流或低涡底部（槽区）西南偏西气流中。

(3) 高压前部低压倒槽型

雾区处于冷高压（冷锋）前部，并有明显的低压倒槽相伴；500 hPa 处于槽区西南或西北偏西

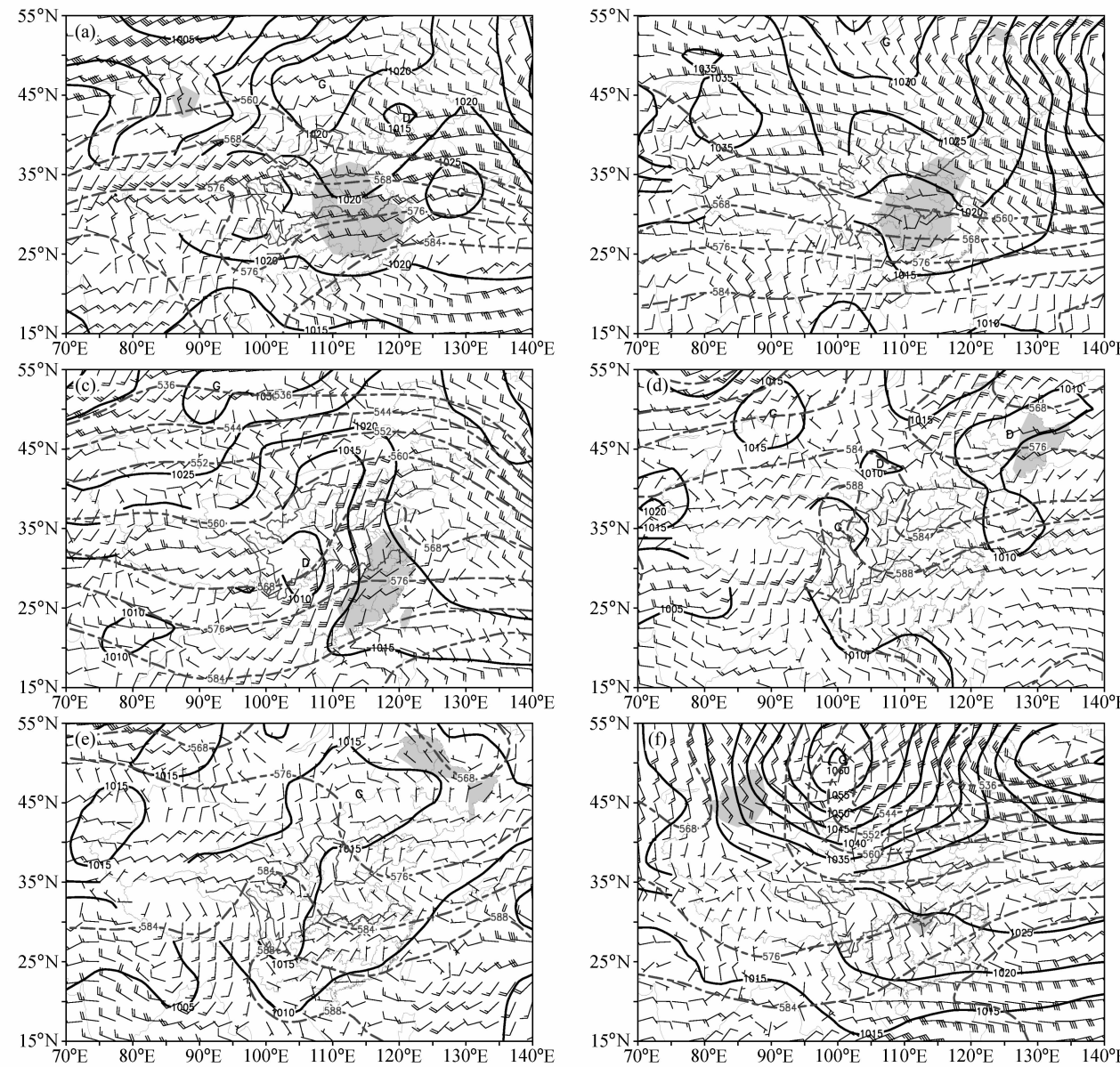


图 6 我国大范围大雾不同类型环流形势配置：(a) 一般均压型；(b) 高压前部均压型；(c) 低压前部均压型；(d) 东北低压前部均压型；(e) 东北均压型；(f) 新疆高压底（后）部型；(g) 高压前部均匀型/新疆均压型；(h) 高压前部型；(i) 高压前部低压型；(j) 高压前部低压倒槽型。实线为海平面气压场（单位：hPa），虚线为 500 hPa 高度场（单位：dagpm），风向杆为 850 hPa 风场，阴影为大雾区

Fig. 6 Different circulation patterns of great extent fog in China: (a) uniform type; (b) uniform in the front of high pressure; (c) uniform in the front of low pressure; (d) uniform in the front of low pressure over North China; (e) uniform type over North China; (f) in the back/bottom of high pressure over Xinjiang area; (g) uniform in the front of high pressure and uniform over Xinjiang area; (h) in front of high pressure; (i) low pressure in front of high pressure; (j) inverted trough in front of high pressure. Solid line is sea level pressure (units: hPa), dashed line is the geopotential height at 500 hPa (units: dagpm), the barb shows wind at 850 hPa and shading is the fog area

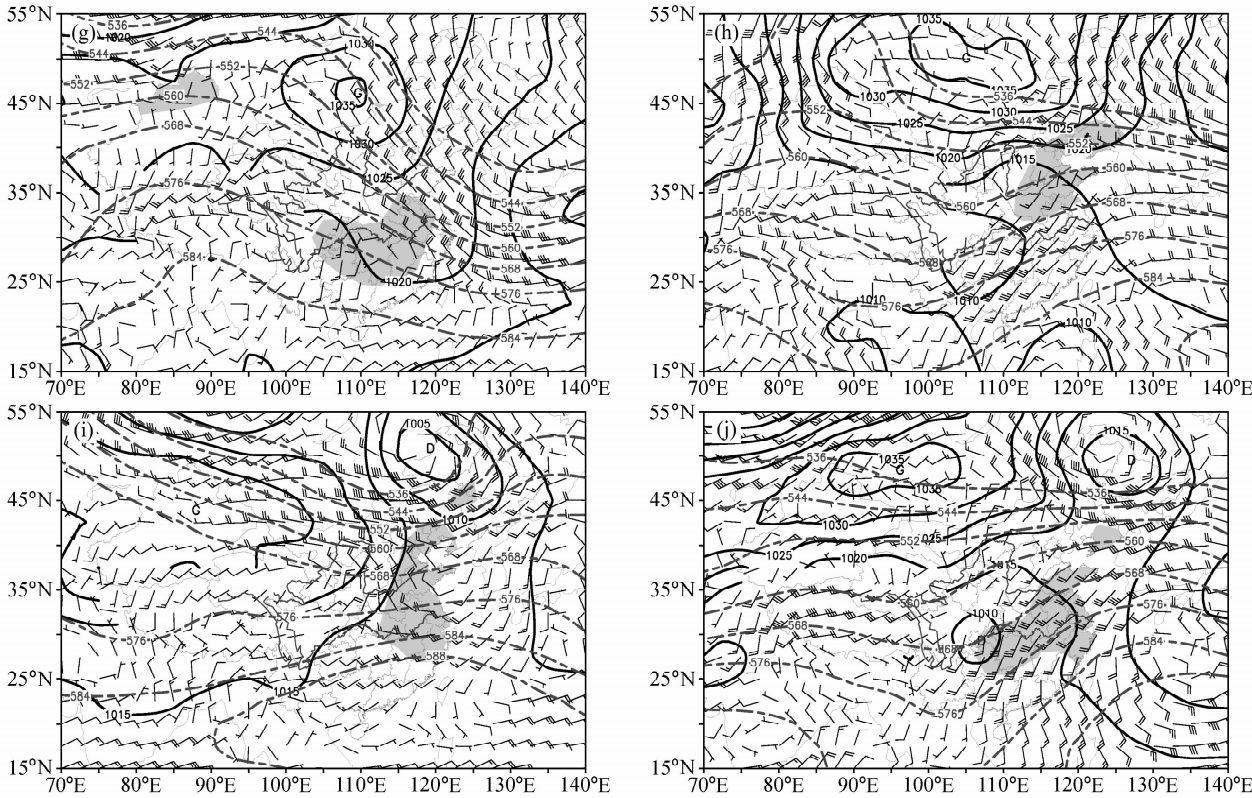


图 6 (续)
Fig. 6 (Continued)

气流中；850 hPa 位于低涡或槽前西南气流中。

6 结论

综上所述，本文通过 1971~2005 年 35 年来 714 站的大雾资料统计和分析，可以得到以下结论：

(1) 大雾年平均分布集中的区域主要在我国西南地区东部、汉水流域、华北中南部、江淮和江南大部，其次是新疆天山以北、内蒙古东部和黑龙江西北部及辽宁和吉林东部。而四川盆地、重庆、云南南部、湖南和江南东部是出现大雾最多的地区。由于地形和局地条件的影响，大雾的分布很不均匀，高山站和沿海站的年雾日数较多。

(2) 雾日有明显的季节变化，春、夏季雾的范围较小，集中在长江以南；秋、冬季雾的范围较大，大多数雾能见度在 200~1 000 m。华北南部和汉水流域的雾主要出现在秋冬季，其中华北南部冬季的雾浓度更大，而陕西中南部的雾秋季较冬季更浓。新疆北部的雾主要出现在冬季，并且能见度大都在 500~1 000 m。四川盆地东部、重

庆、云南南部及长江以南终年有雾，但秋冬季雾较多。东北地区雾主要出现在夏季，其次是秋季。

(3) 近 35 年雾日的线性趋势变化表明：除长江以南、华南地区的雾日变化趋势不明显外，其余各地的雾日都呈递减趋势。不同能见度的雾日在 1985 年前后基本上都呈相反的变化趋势，西藏东部、四川西南部、华北东部不同能见度雾日变化都较明显，四川中东部、重庆、云南、陕西、华北中西部和北部、黄淮及东北中南部能见度 ≤ 500 m 的雾日变化明显，而江南西部、贵州、汉水和江淮流域只有能见度 ≤ 200 m 的浓雾在 1985 年前后变化是较明显的。

(4) 各站雾日的月际分布存在差别，有秋冬季正态分布型、冬季集中型、春季偏正态分布型、夏季偏正态分布型和均匀型几种。内陆的雾以秋冬两季最多，内陆城市雾主要出现在冬季；而沿海城市则以春、夏季最多，秋、冬季最少。

(5) 雾的日变化与温度的日变化较为一致，雾大多数开始于 20 时至次日 8 时的 12 h 内，占总数的 94%，其中以 6~7 时为最多。持续 3 h 的雾

出现的频数最高, 持续 1~10 h 的雾占总数的 81%~90%。高山站比普通站的雾持续时间更长, 持续 6~12 h 的雾发生频率较高。大多数雾结束于 8~12 时, 占总数的 65%~74%, 但能见度小于 500 m 的雾主要结束于 9~10 时。

(6) 主要考虑地面天气形势, 可以把我国大范围的大雾分为均压型和锋前型两大类型。其中, 均压型又分为一般均压型、高压前部均压型、低压前部均压型、高压底(后)部均压型 4 种; 锋前型又分为高压前部型、高压前部低压型、高压前部低压倒槽型 3 种。均压型大多属于辐射雾类型, 而锋前型则主要跟平流雾联系在一起。

参考文献 (References)

- [1] 孙奕敏. 灾害性浓雾. 北京: 气象出版社, 1994. 1~149
Sun Yimin. *Disastrous Fog* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 1994. 1~149
- [2] 王丽萍, 陈少勇, 董安祥. 中国雾区的分布及其季节变化. 地理学报, 2005, **60** (4): 689~697
Wang Liping, Chen Shaoyong, Dong Anxiang. The distribution and seasonal variations of fog in China. *Acta Geographica Sinica* (in Chinese), 2005, **60** (4): 689~697
- [3] 刘小宁, 张洪政, 李庆祥, 等. 我国大雾的气候特征及变化初步解释. 应用气象学报, 2005, **16** (2): 220~229
Liu Xiaoning, Zhang Hongzheng, Li Qingxiang, et al. Preliminary research on the climatic characteristics and change of fog in China. *Journal of Applied Meteorological Science* (in Chinese), 2005, **16** (2): 220~229
- [4] 李子华, 仲良喜, 俞香仁. 西南地区 and 长江下游雾的时空分布和物理结构. 地理学报, 1992, **47** (3): 242~251
Li Zihua, Zhong Liangxi, Yu Xiangren. The temporal-spatial distribution and physical structure of land fog in Southwest China and the Changjiang River basin. *Acta Geographica Sinica* (in Chinese), 1992, **47** (3): 242~251
- [5] 葛良玉, 江燕如, 梁汉明, 等. 1996 年岁末沪宁线持续五天大雾的原因初探. 气象科学, 1998, **18** (2): 181~188
Ge Liangyu, Jiang Yanru, Liang Hanming, et al. Discussion on the reason of the five day sustained fog on Hu-Ning region in the end of 1996. *Scientia Meteorologica Sinica* (in Chinese), 1998, **18** (2): 181~188
- [6] 宋润田, 王伟民, 郁亚宁. 一次持续稳定的平流雾天气. 气象, 2001, **25** (6): 19~22
Song Runtian, Wang Weimin, Yu Yaning. A constantly maintained advection fog. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 2001, **25** (6): 19~22
- [7] 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. 气象, 2005, **31** (12): 51~56
Kang Zhinming, You Hong, Guo Wenhua, et al. Diagnostic analysis of the long-drawn fog over Huabei plain in 2004. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 2005, **31** (12): 51~56
- [8] 何立富, 李峰, 李泽春. 华北平原一次持续性大雾过程的动力和热力特征. 应用气象学报, 2006, **17** (2): 160~167
He Lifu, Li Feng, Li Zechun. Dynamic and thermal features of a sustained heavy fog event in Huabei Plain. *Journal of Applied Meteorological Science* (in Chinese), 2006, **17** (2): 160~167
- [9] 李子华, 黄建平, 孙博阳, 等. 辐射雾发展的爆发性特征. 大气科学, 1999, **23** (5): 623~631
Li Zihua, Huang Jianping, Sun Boyang, et al. Burst characteristics during the development of radiation fog. *Scientia Atmospheric Sinica* (in Chinese), 1999, **23** (5): 623~631
- [10] 董剑希, 雷恒池, 胡朝霞, 等. 北京及其周边地区一次大雾的数值模拟机诊断分析. 气候与环境研究, 2006, **11** (2): 175~183
Dong Jianxi, Lei Hengchi, Hu Zhaoxia, et al. Numerical simulation and diagnosis of a dense fog in Beijing and its penumbra. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2006, **11** (2): 175~183
- [11] 毛冬艳, 杨贵名. 华北平原雾发生的气象条件. 气象, 2006, **32** (1): 78~83
Mao Dongyan, Yang Guiming. Meteorological conditions for fog formation over North China plain. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 2006, **32** (1): 78~83
- [12] 黄玉仁, 黄玉生. 生态环境变化对雾的影响. 气象科学, 2000, **20** (2): 129~135
Huang Yuren, Huang Yusheng. The influence of ecoenvironmental variation on fog. *Scientia Meteorologica Sinica* (in Chinese), 2000, **20** (2): 129~135
- [13] 黄玉仁, 沈鹰, 黄玉生, 等. 城市化对西双版纳雾的影响. 高原气象, 2001, **20** (2): 186~190
Huang Yuren, Shen Ying, Huang Yusheng, et al. Effects of urbanization on radiation fog in Xishuangbanna area. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 2001, **20** (2): 186~190
- [14] 马禹, 任宜勇, 陈春艳, 等. 40 年来新疆雾的演变特征及大雾天气过程分析. 干旱区地理, 2005, **28** (4): 474~478
Ma Yu, Ren Yiyong, Chen Chunyan, et al. Change characteristic of fog and analysis on weather process of heavy fog in Xinjiang in nearly 40 years. *Arid Land Geography* (in Chinese), 2005, **28** (4): 474~478