

# 2006年冬半年我国霾天气特征分析

周宁芳 李 峰 饶晓琴 杨克明

(国家气象中心,北京 100081)

**提 要:** 利用常规气象观测资料和 NCEP 再分析资料,对 2006 年 10 月至 2007 年 2 月我国霾天气的时空分布、环流形势特征和霾天气过程中气象要素的变化特征进行了统计和天气学分析。结果表明:2006 年 10 月、12 月、1 月和 2 月是我国霾频发时期,11—14 时发生的范围最大。霾主要发生在中阻塞、南支槽和纬向型三种不同的环流形势下。霾天气发生时的气象要素分布存在南北区域性差异,其中湿度的差别最为显著。14 时华南地区相对湿度最大值为 80% 左右,长江中下游地区为 70%,而华北地区只有 60%。24 小时气压减弱有利霾的发生。华北地区 24 小时负变温,而长江以南地区正变温时,霾更容易发生。能见度最小值的分布表明,广东、黄淮等部分地区发生霾时能见度较其他区域更小,只有 2km 左右。这些对于了解霾的发生规律和预报具有重要意义。

**关键词:** 霾 时空分布 环流形势 气象要素

## Study on Haze Weather in China during Winter-time of 2006

Zhou Ningfang Li Feng Rao Xiaoqin Yang Keming

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

**Abstract:** The spatial-temporal characteristics, the background of atmospheric circulations and the relevant physical elements of the haze weather are statistically analyzed based on the observational data and NCEP/NCAR reanalysis data during the period from October 2006 to February of the next year. The results show that higher frequency of the haze occurs in October, December, January and February, and a high incidence of haze mainly occurs at about 11:00—14:00. The main synoptic situations of haze are partitioned into three types, namely the blocking high over middle latitude pattern, southern branch trough pattern and zonal circulation pattern. The physical elements exhibit variations from north to south, especially obvious in humidity. During haze occurrence at 14pm, relative humidity is less than 80% in Huanan Region, 70% in the middle-low

valley of the Yangtze River, less than 60% in Huabei Region. The visibility is relatively low in parts of Guangdong Province and Huanghuai Region. Above results are valuable to understand the forming mechanism and to establish forecast system of haze.

**Key Words:** haze spatial-temporal characteristics circulation pattern meteorological element

## 引 言

随着我国城市化和工业化进程的快速发展,空气质量日趋恶化导致了许多新的气象问题,在空气污染地区霾天气频繁发生即为其中之一。霾又称大气棕色云,是悬浮在大气中的大量细微的尘粒、烟粒或盐粒使空气混浊,水平能见度降低到 10km 以下的一种天气现象<sup>[1]</sup>。霾不仅能使能见度降低,导致交通事故发生,而且还能诱发呼吸道等多种疾病,危害人类的身心健康,同时对气候以及生态环境均会造成较大危害<sup>[2]</sup>。如 1997 年东南亚地区就发生了世界污染事件中最严重的霾天气,为此,批准了区域性的霾行动计划(ASEAN 2001)<sup>[3]</sup>。目前我国很多大城市霾天气明显增多,并且开始影响和危及到人们的生活和健康。因此,提高对霾天气的认识,探讨其成因,从而做好它的预报和服务,这对于减轻城市的空气污染,保护人类赖以生存的环境具有重要的现实意义。

早在我国古代就有霾的记载,但是鉴于观测和认识能力的局限性,至今国内外对霾的研究尚不多<sup>[4]</sup>。形成霾天气的大气气溶胶主要源于自然排放和人类活动排放,大气气溶胶的组成粒子粒径很小( $\leq 0.5\mu\text{m}$ ),对于它的形态和形成机理的研究具有很大难度,但是在一定时间内气溶胶粒子总量大致上是稳定的,因此霾天气能否出现,强度如何则与气象条件密切相关。因此,霾天气的研究主要注重于类似天气现象的差别、监测结果以及其形成的气象条件等方面。当前霾与轻雾、浮尘和烟尘较难辨别,在实测中往往会引

起一些争议<sup>[5-8]</sup>。为了减小人为因素影响,必须确定一些量化指标来鉴别。我国地域宽广,天气气候复杂,霾形成的气象条件也存在着显著的地域差异,而过去关于我国霾的研究多侧重于一些城市或局部地区<sup>[9-11]</sup>,对于全国霾天气气候特征的研究工作甚少。观测结果表明,霾主要在 10 月至次年 2 月的秋冬季节频繁发生,因此,我们对 2006 年 10 月至 2007 年 2 月我国出现的霾天气过程进行统计,分析其时空分布、环流形势特征和天气要素场的差异,探讨霾天气形成的天气学条件,从而提高对我国霾天气的认识,为进一步研究霾的形成机理及寻求预报线索提供一些科学依据。

## 1 霾的天气气候特征

利用 2006 年 10 月至 2007 年 2 月的常规气象观测资料和 NCAR/NCEP 提供的再分析资料( $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ),进行霾天气气候特征统计分析。其中地面观测资料为 3 小时一次,高空观测资料为 12 小时一次,NCAR/NCEP 再分析资料为一日 4 次。

霾在一天中的任何时候都可出现,但查阅资料发现 11 时和 14 时霾分布范围最广,强度最强。据此,技术规定在 11 时和 14 时,我国有 20 个或以上的台站出现霾天气,且其中至少有 5 个及以上台站相邻成片,则定为一次霾天气日。按照此标准,2006 年 10 月至 2007 年 2 月共 5 个月中我国出现了 63 天霾天气,其中,2006 年 10 月发生 17 天,11 月 6 天,12 月 12 天,2007 年 1 月和 2 月分别为 18 天和 12 天。由此可见,该冬半年的 10

月、12 月、1 月和 2 月是霾天气频发的月份。

### 1.1 霾月际分布

图 1 给出 2006 年 10 月至 2007 年 2 月逐日 14 时出现霾的台站数量。由图 1 可见, 10 月至次年 2 月霾出现的台站呈增多趋势。2006 年 10 月、11 月中旬出现霾天气的台站相对较多, 12 月下旬至次年 2 月中旬, 尤其是 1 月 10 日之后至 2 月 15 日之间是霾天气高发时段, 其中, 1 月 18 日在江淮与江南东部就有 82 个台站出现霾, 为该冬半年霾发生范围最大, 影响最严重的一天。

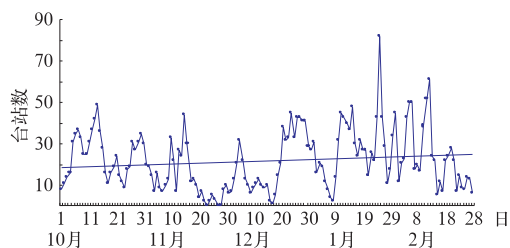


图 1 2006 年 10 月至 2007 年 2 月 14 时发生霾的台站数量的逐日变化曲线

### 1.2 霾的日变化

普查每次霾天气的日变化发现, 在霾大范围出现之前, 国内多先出现大范围的雾天气, 08 时之后, 雾开始逐渐转变为霾, 到了上午 11 时和 14 时出现霾的站点达最多, 此后便逐渐减少。图 2 是 2006 年 10 月至次年 2

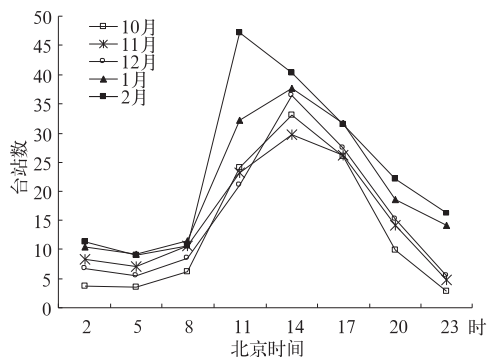


图 2 2006 年 10 月至 2007 年 2 月各月霾过程台站数的平均日变化

月 5 个月出现霾站点数的日变化。由图可见, 每天 11—17 时霾出现站数明显多于其他时次, 到了晚上霾发生几率较小。除 2 月外, 其他月份均在 14 时出现霾的站数最多。1 月和 2 月霾站数在各时刻均多于其他月份, 尤其是在 1 月 11 时。

以 2006 年 10 月至 2007 年 2 月霾天气平均的能见度的日变化来表示霾天气强度的日变化特征(图 3)。如图 3 所示, 由于多数台站的霾天气都是由雾转变而来, 故逐时能见度都不太大, 均在 8.2km 以下。10 月和 11 月在 08 时能见度最小, 其中 10 月平均只有 4.5km, 此后随着气温升高, 空气越来越干燥, 能见度明显增大。在霾频发的冬季 3 个月中, 11 时的能见度较 08 时能见度改善不明显, 其中 1 月和 2 月在 11 时能见度较 08 时还有所减小。由此可见, 霾强度的日变化因季节变化而有所不同。此外, 从图 3 中还可看出, 霾主要发生在 11—14 时, 在该时段各月的平均能见度较其他时刻差别并不明显, 这也说明了霾在主要发生时段强度差异并不大。

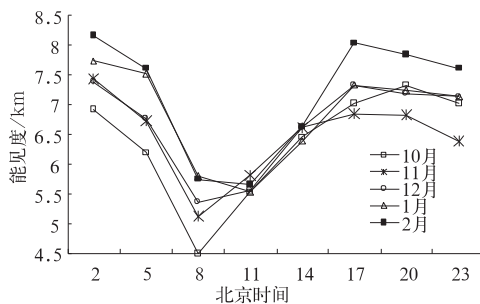


图 3 2006 年 10 月—2007 年 2 月各月霾过程能见度的平均日变化

### 1.3 霾区域分布

从 2006 年 10 月至 2007 年 2 月 5 个月和平均 14 时出现霾天气日数的区域分布中(图 4)可以看到, 10—12 月我国霾主要出现在西北地区东部、华北西南部、黄淮西部、江

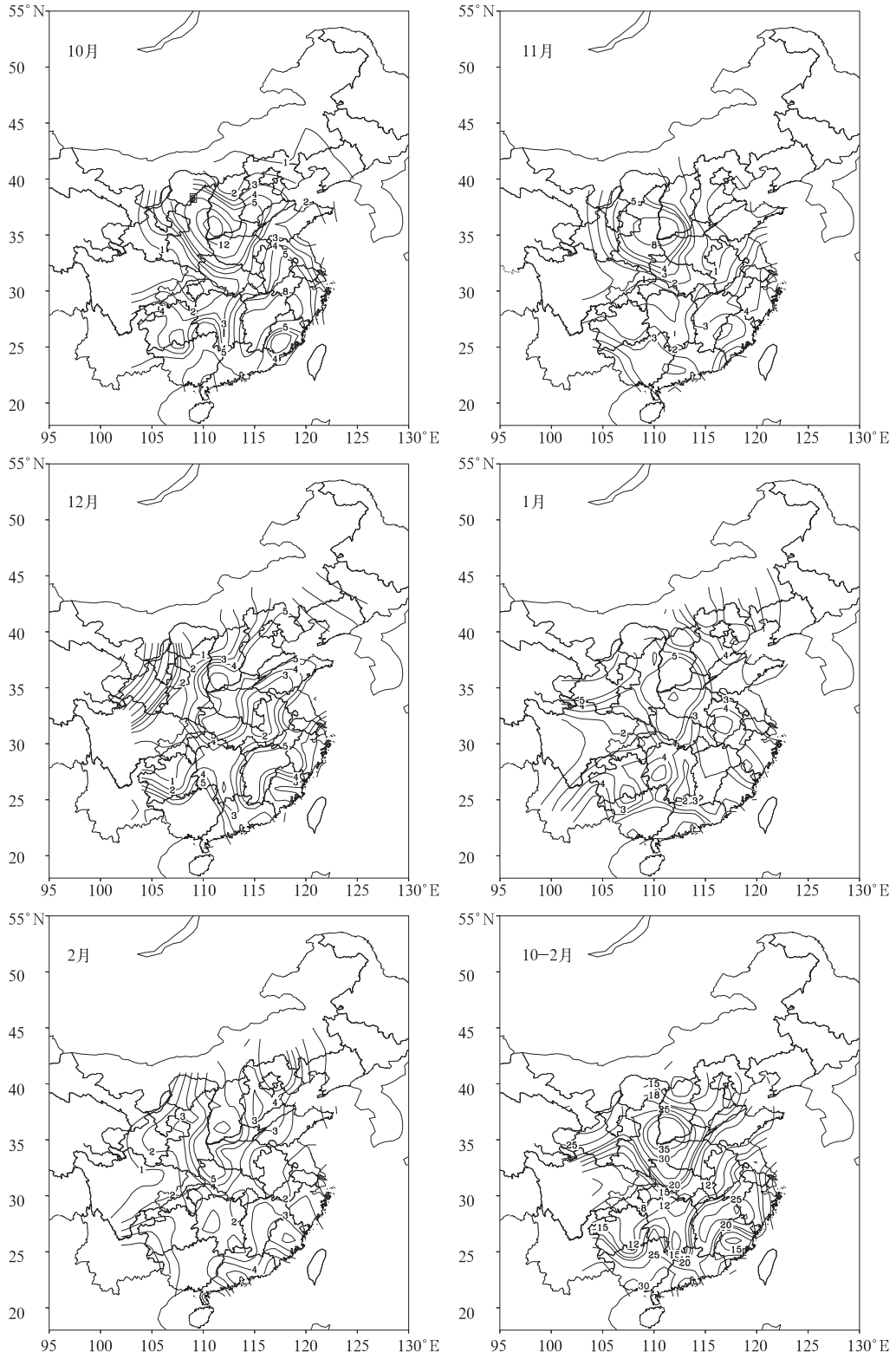


图 4 2006 年 10 月至 2007 年 2 月发生霾日数的区域分布

淮东部、江南以及华南地区。就各月而言,10月和1月相对其他3个月霾的出现日数多一些,11月相对较少。华南中西部和江南东部出现霾的日数各月有所差异,但是出现霾的范围明显多于其他区域,因此霾天气的影响更加显著。华北西南部霾天气日数虽然很多,但是主要集中在侯马、安阳和郑州等地,尤其是侯马,5个月中出现了99天霾。西北地区只有榆次等少数几个站出现霾天气。因此就2006/2007年秋冬5个月的霾天气空间分布间来看,华南中西部、江南中东部和华北西南部出现霾的天数较多,四川盆地霾的发生相对上述区域较少。

## 2 霾天气过程的环流特征

霾天气过程发生在一定的大尺度环流形势下,对其环流演变特征进行归纳,寻找霾天气过程发生时所具有的共有特征,这对霾的预报很有意义。实践经验通常是采用500hPa和地面的天气系统来分类,主要依据低槽的源地、路径和低槽、地面高压形成及分布的形势等。将2006/2007年冬半年我国63天的霾天气进行归纳,可分为中阻塞型、南支槽型和纬向型三种类型。各类过程的环流演变特征分别概述如下:

### 2.1 中阻塞型

霾天气发生前24小时开始,在500hPa上(图5a),欧亚中高纬度是两槽一脊经向环流形势,两个长波槽分别位于西西伯利亚平原到东欧和贝加尔湖到我国华北和东北以东地区,中西伯利亚到我国黄河中上游地区是阻塞高压或长波脊。高压脊底部至脊前的中高纬环流较为平直,盛行一支西风气流。同时,从贝加尔湖以东的低涡中不断分裂短波小槽沿中纬度锋区东移。较为宽阔的南支槽位于孟加拉湾,槽前弱偏南气流与中纬度长

波脊底部的偏西气流汇合。这支气流阻止了短波小槽中的冷空气南下势力,致使冷空气扩散南下,在低层有微弱的上升运动,冷锋后部的冷高压缓慢南移,与我国东部原地面高压融为一体,形成均压场,地面风速小于 $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,低层极易形成逆温层,上升运动卷起地表直径很小的污染物,污染物滞留空中,形成了霾。此型出现霾天气个例最多。

### 2.2 南支槽型

该型中,霾天气产生前24小时,在500hPa上(图5b),南支槽位于孟加拉湾或者在 $100\sim 110^{\circ}\text{E}$ 之间,南支槽前为平浅的高压脊;而在欧亚中高纬环流为一槽两脊型,通常环流经向度不大。两个长波脊分别位于西西伯利亚及以西地区和贝加尔湖以东地区,两脊之间在中西伯利亚到我国黄河中上游地区是一长波槽。该槽与南支槽逐渐同位相叠置后,同步缓慢地向东移动。长波槽前的高压脊同南支槽前高压脊也合并,逐步控制我国东部地区。对应在地面图(图略)上,我国东部地区被变性大陆高压所占据,地面风速很小,大气层结稳定并出现逆温现象。漂浮在空中的尘埃、烟粒子等不能扩散或沉降,造成严重的空气污染,出现霾天气。此型下产生的霾天气个例次多,但是霾出现范围较大,持续时间长。此外,还有一种情况,当北支槽位置偏北,与南支槽未完全叠合时,南支槽前浅脊中的江南和华南出现霾,其范围较小,霾区偏南。

### 2.3 纬向型

霾天气出现前24小时开始,在500hPa(图5c)上,欧亚高纬度为一近似东西走向的大极涡,其中心位于亚洲北部,极涡南侧地区中高纬度是两槽一脊纬向环流型。两个平浅的长波槽分别在欧洲西部和蒙古国中东部到我国黄河中下游地区;两槽之间西西伯利亚

到中西伯利亚是弱长波脊;南支槽在孟加拉湾或略偏东,南支槽前弱偏南气流与中纬度槽前偏南气流在我国东部汇集,形成东高西低的形势,我国东部地区地面为均压场,大气层结稳定,有利于霾的产生。此型个例较少。

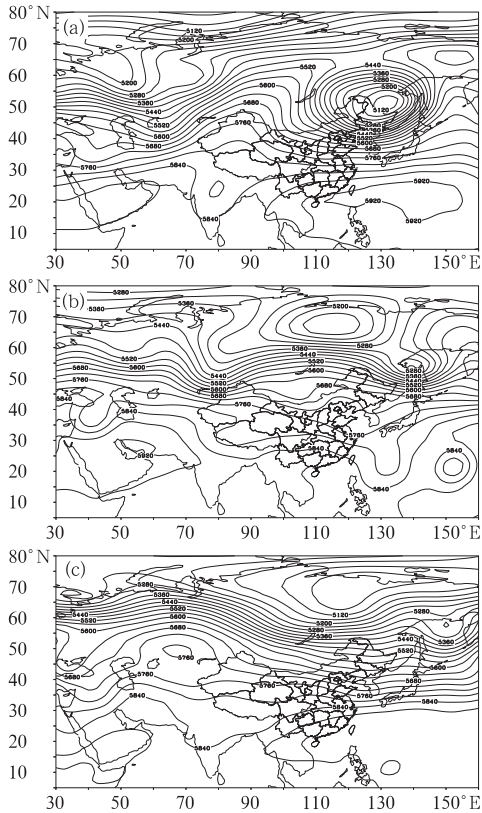


图 5 500hPa 形势图

(a) 中阻塞型; (b) 南支槽型; (c) 纬向型

### 3 霾天气的气象要素分析

#### 3.1 风场

选取出现霾最多的 10 个站作为代表站,统计这些站 14 时出现霾天气时地面风向,并给出不同风向所占的比例,结果列于表 1 中。由表 1 可见,江南的代表站风向较为相似,出现霾时各站东北风所占比例最大,其中南京为 32%,杭州 42%,衢州 57%,南昌 62%,而长江

以北的侯马、安阳和襄樊以及华南地区的南宁、梧州和深圳风向无规律可循,这可能与所选站的地理条件有关。此外,地面风速基本小于  $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,其中风速小于  $3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  的占 76%。

表 1 代表站 14 时霾天气的地面风向发生频率(%)

风向	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W
侯马	41	0	10	0	0	2	43	5
安阳	15	0	30	0	15	15	25	0
襄樊	18	0	9	9	5	32	22	5
南京	20	0	32	8	20	0	12	8
杭州	15	8	42	0	27	0	8	0
衢州	0	0	57	20	7	0	17	0
南昌	17	0	62	0	5	0	14	0
南宁	10	16	13	19	13	0	26	3
梧州	37	0	37	0	10	0	17	0
深圳	26	0	37	4	0	0	33	0

#### 3.2 气压场和温度场

霾天气的产生具有显著的区域性,为了便于分析和比较,将我国中东部地区划分为 3 个区域进行讨论,它们分别是华南地区( $20\sim 26^{\circ}\text{N}$ 、 $106\sim 117^{\circ}\text{E}$ )、长江中下游地区( $26\sim 33^{\circ}\text{N}$ 、 $114\sim 121^{\circ}\text{E}$ )和华北地区( $33\sim 38^{\circ}\text{N}$ 、 $110\sim 118^{\circ}\text{E}$ )。统计这 3 个区域出现霾天气 14 时的地面 24 小时变压( $\Delta P_{24}$ )、24 小时变温( $\Delta T_{24}$ ) (表 2)。

表 2 霾天气 14 时 24 小时变压与 24 小时变温发生概率(%)

		华南	华北	江淮
$\Delta P_{24}$	$>0$	46	29	42
	$<0$	54	71	59
$\Delta T_{24}$	$>0$	58	38	68
	$<0$	36	57	27

霾的发生与气压场密切相关,从表 2 中可以看出上述 3 个区域  $\Delta P_{24}$  小于零时,即地面气压减小时,霾的发生几率比较大,分别为 54%、59% 和 71%,这揭示了气压场的减弱有利于霾的形成,尤其是华北地区。(  $\Delta T_{24}$  存在着区域差异,华南与长江中下游地区出现正变温,华北地区出现负变温时容易产生

霾天气,这与霾出现时的地面形势有一定的关系,华北地区的霾多发生在弱冷锋后部,故多为负变温。

### 3.3 相对湿度场

目前在实际观测中,除按照地面观测规范来区分霾与轻雾之外,许多台站也使用相对湿度作为辅助判据来区分它们,而相对湿度的标准因地而异,因此对霾天气 14 时的相对湿度进行了统计(表 3),以了解相对湿度与霾的关系。统计结果表明,华南地区 14 时发生霾的相对湿度在 50%~59% 时所占几率最大,达到 38%,而相对湿度小于 30% 时,未出现霾。长江中下游地区相对湿度为 40%~49% 时,发生的霾占到 43%,同样,相

对湿度小于 30% 时无霾发生。华北地区相对湿度在 30%~39%,霾的发生几率最大,而当相对湿度小于 30% 时,霾的几率也占到 10%。以上可以反映霾的发生区域位置越偏北,相对湿度下限会相应减小。由此可知当我们用相对湿度作为判据来识别霾时,要充分了解相对湿度的区域性差别,相应制定预警标准。

表 3 霾天气 14 时相对湿度发生概率(%)

RH	华北	江淮	华南
20%~29%	10	0	0
30%~39%	38	25	17
40%~49%	48	43	25
50%~59%	5	30	38
60%~69%	0	3	17
70%~80%	0	0	4

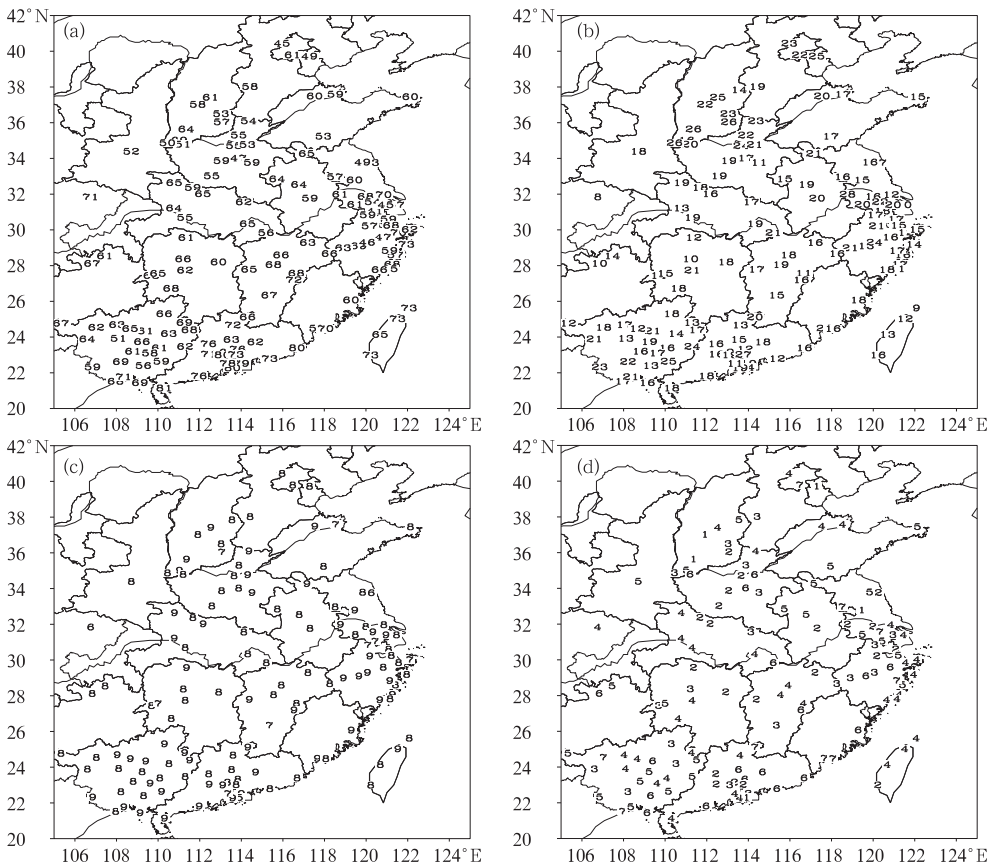


图 6 14 时霾天气气象要素的极值分布

(a) 相对湿度最大值 (b) 温度露点差最大值(单位:°C) (c) 能见度最大值(单位:km) (d) 能见度最小值(单位:km)



### 3.4 气象要素极值分析

霾的界定要综合考虑能见度、湿度、影响天气系统及其持续时间等,同时还要考虑台站的地理位置等区域特征。为了减少人为因素影响,需要确定一些量化指标来判定。图 6 给出 2006 年 10 月至次年 2 月中共 63 天霾天气 14 时的相对湿度、露点温度差以及能见度等要素的极值分布情况,以利了解这些变量的变化范围和区域分布特点以及与霾形成的关系。

霾较为集中分布在华南和江南,其次是华北。各气象要素对比发现,相对湿度最大值的区域差异最为显著,华南地区相对湿度最大值为 80% 左右,长江中下游地区为 70%,而华北区域只有 60%。华南与江淮地区的温度露点差最大值的差别不明显,基本都在低于 2.0℃,而华北地区温度露点差最大值基本大于 2.0℃,最大可达 2.6℃。能见度最大值在各区域基本相同,差别不明显,而最小值的分布表明在广东、黄淮等部分地区发生霾时能见度更小,只有 2km 左右。

## 4 结 论

对 2006 年 10 月至 2007 年 2 月我国霾天气特征进行了天气学分析,得到了以下一些主要结论:

(1) 2006/2007 年冬半年我国共出现 63 天大范围霾天气,其中 10 月、12 月、1 月和 2 月是霾频发时期。霾产生在中阻塞、南支槽和纬向型 3 种不同的环流形势下。

(2) 霾多由轻雾转变而来,1 天中 11—14 时达最多。霾天气能见度的日变化因季节不同而变化,10—11 月 08 时和 1—2 月 11 时能见度为最小。

(3) 选取的代表站统计结果表明,华北与华南出现霾时,地面风向有所不同,而江南地区的代表站有规律可循,霾产生时各代表

站多吹东北风。此外,风速基本都小于  $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,其中风速小于  $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  时占到 76%。

(4) 24 小时变压的减小有利霾的发生,尤其在华北地区。华北地区 24 小时负变温,而长江以南地区正变温时,霾更容易发生。

(5) 霾天气时的气象要素分布存在南北区域性差异,其中湿度的差别最为显著。14 时华南地区相对湿度最大值为 80% 左右,长江中下游地区为 70%,而华北地区只有 60%,而当相对湿度小于 30% 时,长江以南地区不会出现霾天气。华南与江淮地区的温度露点差最大值的差别不明显,基本都在低于 2.0℃,而华北地区温度露点差最大值基本大于 2.0℃,最大可达 2.6℃。能见度最小值的分布表明,广东、黄淮等部分地区发生霾时能见度较其他区域更小,只有 2km 左右。这些对于了解霾的发生规律和预报具有重要意义。

## 参考文献

- [1] 中央气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,1979:22-27.
- [2] 肖红,张保森,魏云慧. 霾天气的危害与预防途径[J]. 湖北气象,2006,(3):44.
- [3] M. Radzi, Bin Abasa, Noorsaadah A., et. al. Organic composition of aerosol particulate matter during a haze episode in Kuala Lumpur, Malaysia[J]. Atmospheric Environment. 2004, 38:4223-4241.
- [4] 张保安,钱公望. 中国灰霾历史溯源和现状分析[J]. 环境与可持续发展,2007,1: 56-58.
- [5] 杨兆明. 福建三都的霾[J]. 气象,1981,7(4):35.
- [6] 阎海庆,王新斌,吴子玉,等. 关于几种视程障碍现象的讨论[J]. 气象,1982,8(10):18-21.
- [7] 张风林. 也谈霾、烟幕、轻雾的辨认和记录[J]. 气象,1982,7(9):29.
- [8] 吴兑. 关于霾与雾的区别和灰霾天气预警的讨论[J]. 气象,2005,31(4):3-7.
- [9] W. L. Chang, Elaine. H. Koo. A Study of Visibility Trends in Hong Kong[J]. Atmospheric Environment,1986,20(10):1847-1858.
- [10] 江,曹春燕. 2003 年深圳市灰霾气候特征及其影响因素[J]. 广东气象,2004,4: 14-15.
- [11] 刘爱君,杜尧东,王惠英. 广州灰霾天气的气候体征分析[J]. 气象,2004,30(12):68-71.