

影响北京大气污染物变化的 地面天气形势分析^①

孟燕军 程丛兰

(北京市气象科学研究所,北京 100089)

提 要

首先对影响北京地区大气污染物扩散的地面天气形势进行了分类,然后结合1998~2000年北京南郊观象台的地面、高空资料,重点分析了在各类地面天气形势控制下北京地区局地低空、地面的气象条件特征。发现当低压类地面天气形势控制时,容易引起污染物在北京地区的汇聚和累积。比较各类地面天气形势对二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、可吸入颗粒物(PM₁₀)、一氧化碳(CO)浓度的影响,说明同一种天气形势对不同污染物的影响程度不同,进一步证实了在低压类地面天气形势控制时,容易出现重污染。

关键词: 大气污染 地面天气形势 影响

前 言

众所周知,对一个地区而言,在污染源变化相对稳定的情况下,污染物浓度的高低主要取决于大气的扩散能力,特别与地面天气形势密切相关。地面天气形势是高低空大气扩散能力和稳定程度的综合反映,对地面天气形势及高低空气象要素特征进行综合分析,有利于了解大气污染形成的外部条件,为空气污染预报奠定基础。

80年代高书然等人^[1]曾就冬季影响二氧化硫(SO₂)的地面天气形势进行研究,近几年随着空气污染预报研究在北京市的开展,所需预报的污染物种类增加为4种,即二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、可吸入颗粒物(PM₁₀)、一氧化碳(CO)。北京市气象科学研究所以往研究的基础上,对影响污染物扩散的地面天气形势重新分类,根据北京地区的特点划分为18种天气形势。

本文使用北京地区1998~2001年北京地区气象资料和部分大气污染物环境监测资料对影响北京地区的地面天气形势进行综合分析,以了解影响北京大气污染变化的地面天气形势的高低空气象要素特点及其对不同污染物的影响程度。

1 地面天气形势的分类

北京地处华北大平原西北部,系蒙古高原、黄土高原和华北大平原的接界处。西部和北部是连绵不绝的群山。在没有大的天气系统过境的情况下,北京特有的地形条件直接影响控制北京地区的地面天气形势。因此我们在华北北部35~45°N、110~120°E范围内,将影响北京地区的地面天气形势分为2大类18种,具体分类见表1。

1.1 有利于污染物扩散类

该类地面天气形势包括冷高压前部、冷

^① 本研究得到国家科技部“北京市大气污染控制对策研究”项目的资助。

锋后部、河套低压前部、高压、回流。华北地区常是我国冷锋南下所经之地,每当有冷锋经过之时,锋后 12~24 小时之内常产生偏北大风;冬半年当冷锋离开北京 24 小时以上或冷锋主体离开北京 1000km 以远,北京处于强冷高压前部时,常出现偏北大风;河套低压、山西高原有闭合低压东移发展,北京处于其前部,常出现较大偏南风;当冷空气活动偏东时,北京地区相应出现“回流”形势,在这种形势下地面天气形势表现为北高南低,地面冷湿的偏东气流插入北京地区,加上地形的抬升作用,在北京地区容易造成较大降水天气,由于降水的冲刷作用,使空气质量改善。

表 1 北京地面天气形势分类

有利于污染物扩散类	不利于污染物扩散类		
	高压类	均压类	低压类
冷高压前部	高压后部	均压场	低压带
冷锋后部	高压底部	鞍形场	冷锋前部
高压前部	弱高压		两高间
河套低压前部			华北地形槽
高压			华北小低压
回流			华北小倒槽
			华北倒槽

1.2 不利于污染物扩散类

不利于污染物扩散类地面天气形势可分为 3 类即高压类、低压类、均压类。低压类中的华北倒槽、华北小低压、华北小倒槽和华北地形槽是受北京地区地形影响形成的具有北京特点的地面天气形势。

高压类中的高压后部是指当高压主体移出北京后,北京处于其后部,气压场呈现东高西低或东南高西北低的状况。当高压主体位于北京北部、北京盛行偏东风,北京即处于高压底部。冷锋过境后,影响北京的冷气团变性,高压减弱,高压中心或北京上游方向 3 小时负变压明显,北京与呼和浩特的气压差小于 7.5hPa,即表明北京处于弱高压控制之中。

均压类地面天气形势包括均压场和鞍型场两种,顾名思义均压场即气压场分布较均

匀,以北京为中心 300km 半径内,气压梯度 $\Delta P \leq 0.5 \text{hPa}/100 \text{km}$ 。当控制北京的高压主体分裂,北京处于对称的两个高压、两个低压间的均压场内,即为鞍型场。

不利于污染物扩散类地面天气形势主要特点是地面气压场较弱,地面和低空风速较小,甚至有时地面出现静风,常伴有较强的辐射逆温或低空逆温,逆温厚度大,强度强,不易被破坏,低层大气层结稳定,不利于空气中污染物的扩散和稀释,常造成较高的空气污染浓度。

2 各类地面天气形势控制下北京地区局地的气象条件分析

利用 1998~2000 年 08 时北京南郊观象台的地面和高空探空资料,及从 08 时地面天气图上读取的地面气压场,分析各类地面天气形势的气象要素的特征。

我们将 4 类地面天气形势控制下,地面、高空各气象要素平均值绘制成图 1、图 2,从中可归纳为以下几点:

2.1 有利于污染物扩散类与不利于污染物扩散类地面天气形势的比较

(1)有利扩散类地面风向以 NW-NNW、NE-NNE 出现频率高,不利扩散类地面以 NE 风为主(见图 1)。

(2)由图 2a 可见,从地面、300m 到 850hPa(约 1500m),有利扩散类平均风速分别为 $3.3、8.0、10.8 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,均大于不利扩散类平均风速 ($1.59、4.6、7.4 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),表明有利于污染物扩散类地面天气形势控制时,从地面到高空大气的水平扩散能力较强。

(3)有利于扩散类控制时的地面平均相对湿度(47.6%)明显小于不利于扩散类的平均相对湿度 70.5%(见图 2b),并且在不利扩散类中,都有大湿度($f \geq 90\%$)出现,容易造成污染物特别是颗粒物在近地面层的累积。

(4)从高空温度场来看(见图 2c),有利扩散类 24 小时平均变温为负值,表明此类

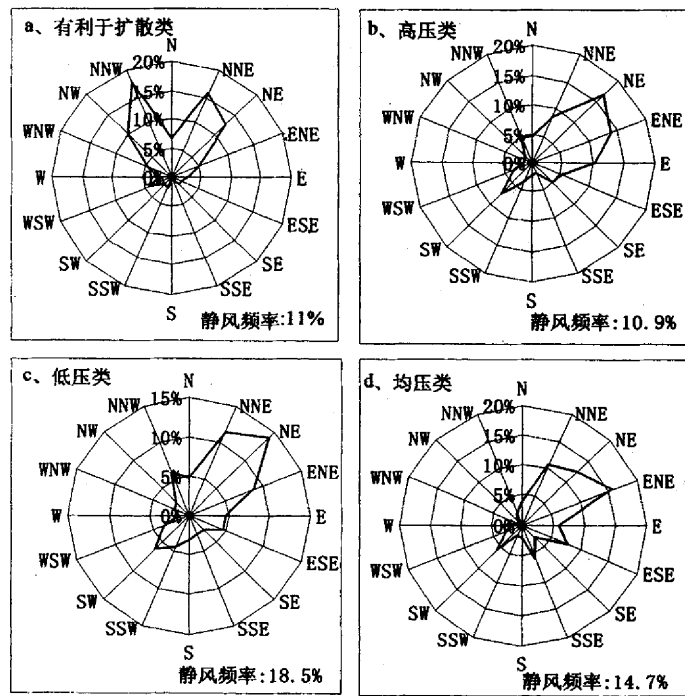


图1 各类地面天气形势下地面风向频率

天气形势控制下,高空受冷平流控制,冷空气下沉,地面水平辐散较强。不利扩散类中高压类为弱负变温(-0.29℃),其余两类24小时平均变温为正值,地面为水平辐合,易使北京周边地区污染物向北京聚集。

(5)从图2d可见,有利扩散类低空逆温的平均底高在700m以上,且低空和辐射逆温的强度、厚度均小于不利扩散类的平均逆温强度、厚度。平均的最大、最小混合层高度也大于不利扩散类平均值(见图2e)。这说明在有利扩散类控制时,早晨逆温强度小,低空逆温高度高,随着日照增温,逆温容易被破坏;混合层高度高,表明大气的垂直扩散能力强,污染物在湍流的作用下,在垂直方向充分混合。

2.2 三类不利于污染物扩散类地面天气形势之间的比较

(1)三类不利扩散类中,均压类从地面-

300m-850hPa(约1500m)的平均风速都最小(见图2a),平均相对湿度最大(见图3b),表明此类天气形势控制下,大气水平运动较弱,污染物水平扩散或向北京地区聚集的可能性小。

(2)高压类天气形势控制时,850hPa的24小时平均变温为-0.29℃,地面有弱的辐散,水平扩散能力不强。低压类和均压类控制时24小时变温均为正值,其中低压类正变温为1.29℃,地面辐合较强,容易造成北京周边地区的大气污染物向中心的聚积,加重北京地区的污染。

(3)从大气的垂直扩散能力看,低压类控制时,逆温出现频率最高,达82.7%,逆温强度最大,早晨逆温最易生成,且最不易被破坏,平均的最大、最小混合层高度在三类不利扩散中都最低。说明低压类中大气垂直扩散能力最弱。

3 各类地面天气形势对不同污染物浓度的影响分析

为进一步说明各种地面天气形势对不同污染物浓度的影响程度,我们利用2000年8月30日至2001年3月14日北京市环境保护监测中心提供的二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、可吸入颗粒物(PM₁₀)、一氧化碳(CO)每6小时(15~20时、21~02时、03~08时、09~14时)的平均浓度资料,配合同期每6小时前一时次(即14、20、02、08时)的天气形势,分析天气形势与各种污染物的关系。

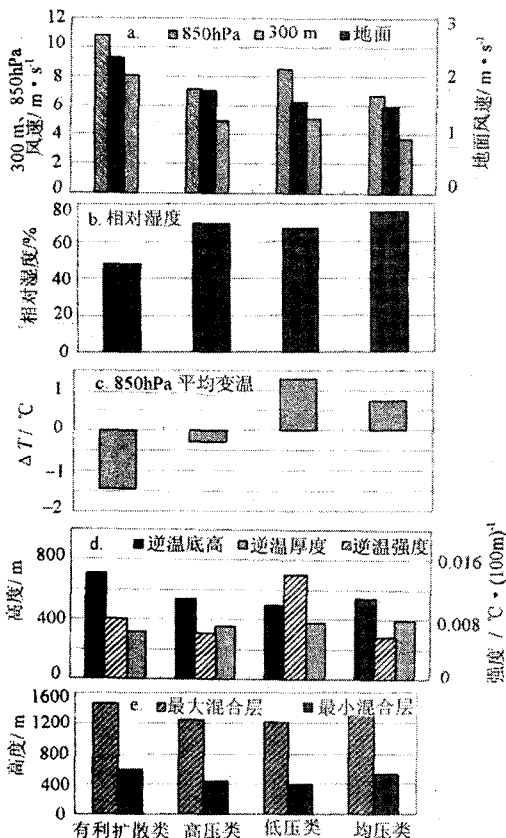


图2 各类地面天气形势下地面、300m、850hPa平均风速(a)、地面平均相对湿度(b)、850hPa 24小时平均变温(c)、08时逆温要素平均分布状况(d)和平均日最大、最小混合层高度(e)

3.1 二氧化硫与地面天气形势的关系

图3给出了4类地面天气形势下4种污

染物平均浓度。如图3a所示,鞍形场所对应的二氧化硫平均浓度最高,其次是华北地形槽、华北倒槽和东北小低压。这些地面天气形势下,二氧化硫的平均浓度都超过二级,可能导致二氧化硫的污染。冷锋后部、高压前部、冷高压前部和高压所对应的二氧化硫的平均浓度为一级或二级,这些天气形势下,空气中二氧化硫的平均浓度低,造成二氧化硫重污染的可能性很小。

3.2 一氧化碳与地面天气形势的关系

从图3b中可以看出,华北地形槽所对应的一氧化碳平均浓度最高,其次是华北倒槽、冷锋前部、华北小低压和鞍形场,这些地面天气形势下,一氧化碳的平均浓度都超过二级,容易造成一氧化碳的重污染。冷锋后部、高压前部、冷高压前部和高压所对应的一氧化碳的平均浓度为二级以下(含二级),这些天气形势下,空气中一氧化碳的平均浓度低,不会导致一氧化碳的污染。

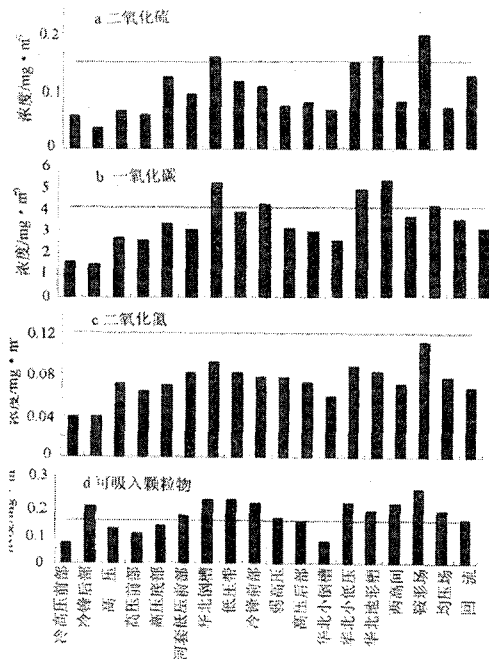


图3 各种地面天气形势下各种污染物的平均浓度

3.3 二氧化氮与地面天气形势的关系

从图 3c 中可以看出,各类地面天气形势控制时,二氧化氮均能达到二级标准,但污染程度不同。鞍形场所对应的二氧化氮平均浓度最高,其次是华北倒槽、低压带、河套低压前部、华北小低压和华北地形槽,在这些天气形势控制下二氧化氮有形成重污染的可能。冷锋后部、冷高压前部所对应的二氧化氮的平均浓度均较低。

3.4 可吸入颗粒物与地面天气形势的关系

从图 3d 中可以看出,鞍形场所对应的可吸入颗粒物平均浓度最高,其次是华北倒槽、低压带、冷锋前部、华北小低压和华北地形槽,这些地面天气形势下,可吸入颗粒物的平均浓度都超过二级,造成可吸入颗粒物重污染的可能性较大。高压前部、冷高压前部和高压所对应的可吸入颗粒物的平均浓度均小于或等于二级,造成可吸入颗粒物污染的几率较小。

总之,同一种天气形势对不同污染物的影响程度不同,当地面受鞍形场控制时,二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物浓度都最高,华北地形槽、华北倒槽、华北小低压控制时,各种污染物浓度也较高,这些天气形势特点是:地面气压场弱,风向通常是偏南风,风力较小或静风。而且这三种地面天气形势均属低压类,进一步证实了北京地区地面气压场主要受地形条件的影响时,容易出现重污染。高压前部、冷高压前部和高压形势下,各种污染物浓度均较低,这些天气形势特点是:地面气压场强,风向通常是西北风,风力较大。冷锋后部大多数污染物浓度较低,但可吸入颗粒物却有所不同,这是由于锋后常有大风天气,引起地面扬尘或随冷空气到来携带上游地区的沙尘,致使可吸入颗粒物浓度偏高。

4 结论

(1)有利于污染物扩散类天气形势控制时地面偏北风为主,不利于污染物扩散类天气形势以 NE-ENE 为主。

(2)有利于污染物扩散类地面天气形势与不利于污染物扩散类相比,有利于污染物扩散类大气水平扩散能力强,受高空下沉气流影响,地面水平辐散较强,早晨逆温强度较小,低空逆温高度高,随着日照的加强,容易被破坏,混合层高度较高,污染物易在垂直方向充分混合。

(3)在三类不利扩散天气形势中,均压类地面天气形势的特点是:大气水平运动较弱,空气湿度大,易造成本地污染物的累积。

(4)低压类地面天气形势控制时,受高空暖平流的影响,地面水平辐合较强,容易造成周边地区大气污染物向北京地区的聚积,同时早晨逆温强度较大,低空逆温高度低,逆温不易被破坏,日最大混合层高度低,大气垂直扩散条件差,易于本地污染物的累积,两者的共同作用使北京地区出现重污染的可能性加大。

(5)同一种天气形势对不同污染物的影响程度不同,鞍型场控制下,二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物浓度都最高,属于低压类的华北地形槽、华北倒槽、华北小低压控制时,各种污染物也较高;高压前部、冷高压前部和高压形势下,各种污染物均较低,冷锋后部大多数污染物浓度较低,但可吸入颗粒物较高。

(6)低压类地面天气形势出现频率高,该类天气形势的特点是:大气垂直扩散能力差,地面辐合强,各种污染物平均浓度均较高,在空气污染预报中应引起重视。

以上仅是对不同空气污染物平均浓度的气象成因进行分析,由于北京大气污染成因的复杂性,气象因素只是影响空气质量的外部条件,特别是本文所用的气象资料只是某一个时次的瞬间气象观测资料,并未涉及天气形势动态演变和地面气象因子的日变化,因此,本文的结果只是概括的定性结果。

致谢: 本文得到吴正华研究员的指导,特在此表示感谢。

参考文献

象,1982,8(1):33~35.

- 1 高书然,李郁竹. 空气污染的天气形势分析和预报. 气

Impact of Surface Synoptic Situations on Air Pollution in Beijing Area

Meng Yanjun Cheng Conglan

(Beijing Research Institute of Meteorological Science, Beijing 100089)

Abstract

The surface synoptic situations which affect the air pollution in Beijing area are classified. Using the data of surface observation and upper air sounding from 1998 to 2000 in the southern suburbs of Beijing, the meteorological features of the surface and lower layer in Beijing area that is controlled by the various surface synoptic situations are analyzed. It is found that air pollutants are easily confluent and accumulated when the weather in Beijing is controlled by the low-pressure type at surface. Comparing the influences of the various surface synoptic situations on sulfur dioxide, nitrogen dioxide, PM_{10} , carbon monoxide, respectively, it is shown that the influence of the same surface synoptic situation on various air pollutants is different, It further approves that the low-pressure weather would easily cause the severe pollution in Beijing.

Key words: air pollution the surface synoptic situations influence