

北京城区冬季空气污染物垂直分布与 气象状况的观测分析*

王晓云 潘莉卿 吕伟林 轩春怡 高燕虎

(北京市气象局,北京 100089)

提 要

在北京城区布点实测了冬季(2000年1月26日~2月2日)主要空气污染物(SO_2 、 NO_x)浓度的垂直分布以及边界层气象要素的分布,并对该时间段内气象条件和污染物浓度分布之间的关系做了初步分析。结果表明:在不利于扩散的气象条件下,污染物浓度剧增;随着气象状况的交替变化,污染物浓度也呈交替变化的规律;在同一建筑物的不同高度,污染物浓度分布存在差别;在同一建筑物不同朝向处,污染物浓度也存在差异,特别是在不利扩散的气象条件下,空气质量差异可达一个级别。此外,城南和城北处的污染物浓度也有显著的差异。

关键词:北京城区 污染物浓度 垂直分布 气象条件

引 言

随着城市化的发展,无疑会带来一系列新的问题,城市空气污染就是其中重要而突出的问题之一。如今,城市空气污染已不再是一个局地问题,而成为区域性、全球性问题,它关系着城市经济、社会发展和人民健康。人们已认识到空气污染是当今世界上所有城市尤其是大都市的一种灾难^[1]。

由于城市下垫面具有特殊的性质,使城区空气湍流增强,对温度、湿度、风向、风速等都产生很大影响,再加上一些特殊天气条件(如大雾、逆温、静风等)使污染物浓度的分布状况甚为复杂。2000年冬季,在北京城区布点实测了空气污染物(SO_2 、 NO_x)浓度的垂直分布,并结合同步的气象条件,分析了污染物的分布特点,为了解城市污染与气象条件的关系、城市规划布局的研究和进一步开展城市空气污染的预报和防治工作打下基础^[2,3]。

1 测点布置与观测仪器

通常大气污染物监测只在地面上进行,涉及地面以上十几至几十米的监测很少。但随着现代化城市的发展,高层建筑物越来越多,大气污染物在近地层的变化状况已成为人

* 由科技部国家重点科技项目(攻关)计划 96-920-34-07 和国家重点基础研究发展规划项目 G1 999045700 共同资助。

2000-04-03 收到,2000-08-15 收到修改稿。

们关心的问题。

选取位于城东南的方庄(50 m)和城北健翔桥(80 m)处的二个高层楼房背向交通干道处设立监测点,于2000年1月26日至2月2日进行了污染物(SO_2 、 NO_x)的垂直采样观测,采样高度和污染物种类参见表1。污染物观测仪器的基本性能参见表2。另外,在中国科学院大气物理研究所的325 m铁塔对该时间段里的气象条件进行了同步观测。

表1 采样高度和污染物种类

	高度(m)	污染物种类	
		NO_x	SO_2
方庄	5	有	有
	15	有	有
	50	有	有
	50(面向交通干道)	无	有
健翔桥	5	无	有
	50	有	有
	80	无	有

表2 观测仪器的基本性能

	ML9850 二氧化硫分析器	ML9841 A型氮氧化物分析器
量程	$0 \sim 20 \times 10^{-6}$	同左
最低检测限	$< 0.05 \times 10^{-9}$	同左
零漂	$< 1.0 \times 10^{-9} / 30\text{d}$	同左
跨漂	$\pm 0.5 \% / 30\text{d}$	$\pm 1 \% / 30\text{d}$
响应时间	20 ~ 120 s	< 30 s
操作温度	5 ~ 40 $^{\circ}\text{C}$	同左

2 监测结果与初步分析

2.1 气象条件的观测结果与分析

在观测期间,重点分析了与28日较重污染相联系的1月27~28日的逆温层生消情况以及逆温层厚度和强度的时间变化。由图1温度廓线,可以看出27日18:00(北京时,下同)贴地逆温层开始形成。随着时间的推移,到28日06:00,已形成厚达300 m的逆温层。日出以后,逆温层开始破坏,到10:00,逆温层进一步抬高并趋于消散。

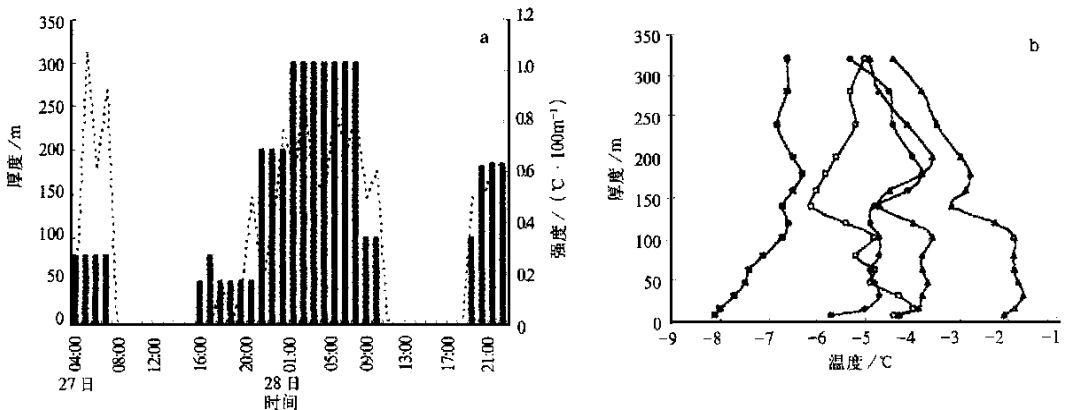


图1 大气物理研究所铁塔近地层1月27~28日的逆温层厚度、强度(a)(—厚度, ...强度)和温度廓线(b) (□=27日18:00, ▲=27日22:00, △=28日01:00, ●=28日06:00, ○=28日10:00)时间变化

从1月27日~28日的逆温层厚度和强度的时间变化曲线可看出,27日,逆温层厚度小于200 m,且大部分时间在100 m以下,强度也较小;到28日日出前,逆温层厚达300 m,并且高强度持续时间比27日长。这种高强度、厚度的逆温层犹如一个巨大的锅盖,阻

止污染物的垂直扩散,使污染物长时间滞留在近地层。

2.2 污染物浓度的监测结果与分析

(1) 污染物浓度的时间变化

图 2 为方庄、健翔桥不同高度上 SO_2 、 NO_x 浓度的连续 24 h 变化,由图可见,不但同一污染物浓度在不同高度上的变化趋势是一致的,而且不同污染物浓度变化趋势也是一致的,即都在 1 月 28 日凌晨至 29 日凌晨出现浓度峰值,在 2 月 2 日又出现次高峰,而在 1

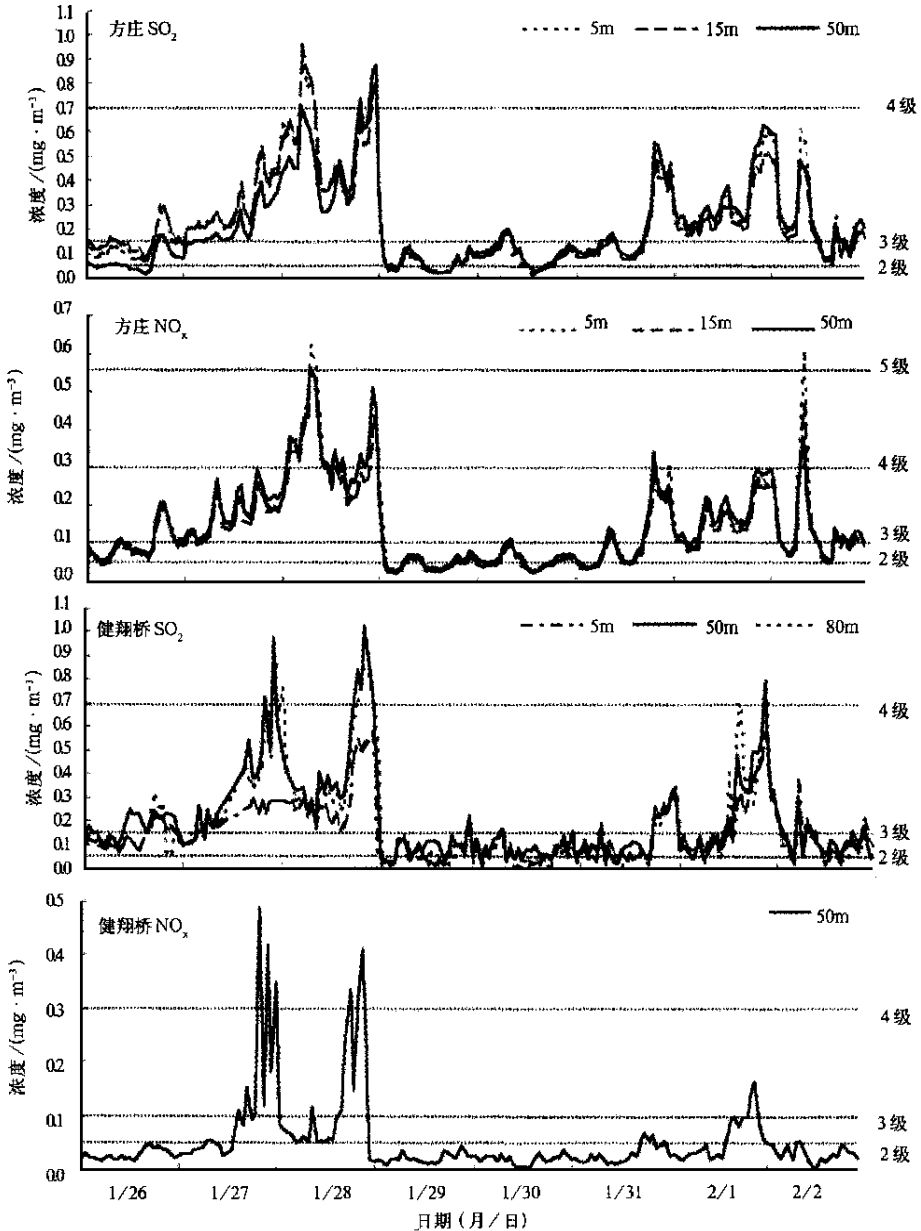


图 2 方庄、健翔桥不同高度 SO_2 、 NO_x 浓度的时间变化

月 29 日至 31 日出现浓度值的低谷。

在观测期间,1月25日受弱冷空气影响,本市出现了3~4级偏北风,至26日高空仍受偏北气流控制,地面受地形槽影响,风力减小。至28日,因高空受偏西气流影响,风速小、湿度大、能见度差,再加上较强逆温层影响,形成不利于污染物扩散的形势,因此28日污染物浓度为这几天中的最高值。29日凌晨,高空由偏西气流控制转为西北气流控制,地面转受高压前部影响,吹4~5级西北风,湿度下降,能见度好转,气象条件变得有利于扩散,污染物浓度急剧下降。由图中曲线可见,随天气形势转变(由有利于扩散转为不利于扩散,又由不利于扩散转为利于扩散),污染物浓度也存在着高低交替变化。这一变化趋势说明,方庄和健翔桥不同高度的污染物浓度的高低与气象条件关系十分密切,在污染源基本不变的情况下,气象条件将对污染物浓度产生决定性影响^[4,5]。

图3分别为方庄不同高度上SO₂、NO_x浓度的逐时变化曲线,从图中不难看出,不同高度污染物浓度日变化均存在明显的“双峰型”特征,即分别在07:00~08:00和19:00~23:00前后出现高值区。造成这种分布的原因,是由于人类活动(如上下班高峰汽车尾气排放)和逆温层的生消共同作用形成的。在早晨和傍晚时段,由于此时逆温层的存在,使得燃煤和上下班高峰期汽车尾气排放的污染物不易扩散,因此分别在此时段出现了峰值。而在10:00~18:00,由于较强的湍流交换和较高的混合层高度,使得污染物被大气湍流稀释、扩散,因而浓度值较低。

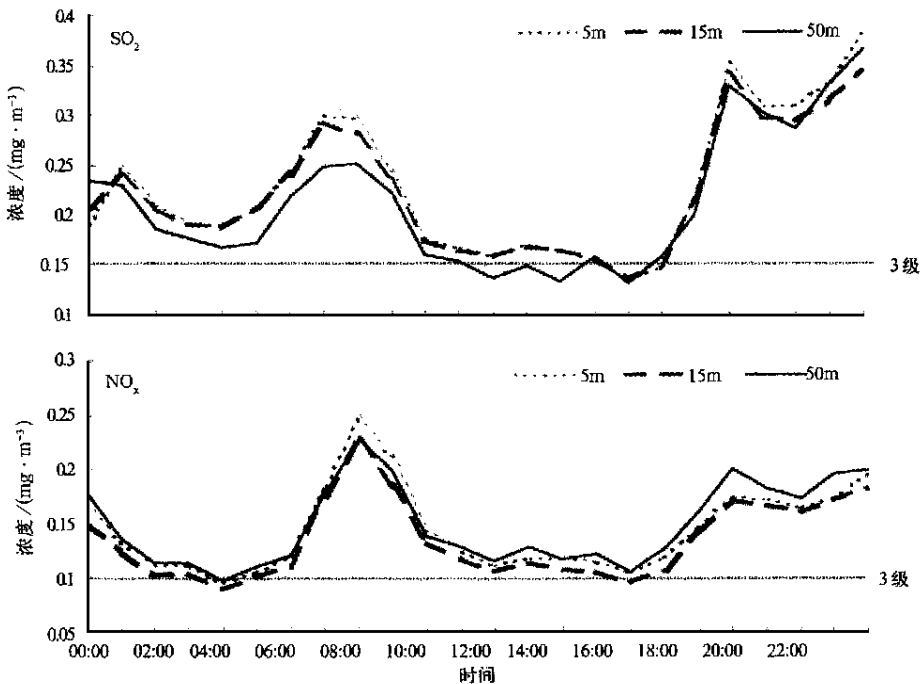


图3 方庄不同高度SO₂、NO_x逐时演变(2000年1月26日~2月2日)

(2) 污染物浓度的垂直变化

图4为不同天气条件下,不同时段NO_x浓度的垂直变化图,在观测时段内的静稳天

气条件下,除 08:00 低层 NO_x 浓度大于高层外,其他时次高层浓度均大于低层;在利于扩散的条件下,白天 5 m 处浓度较大,50 m 次之,15 m 最小;早晚时,50 m 处最大,5 m 次之,15 m 最小。

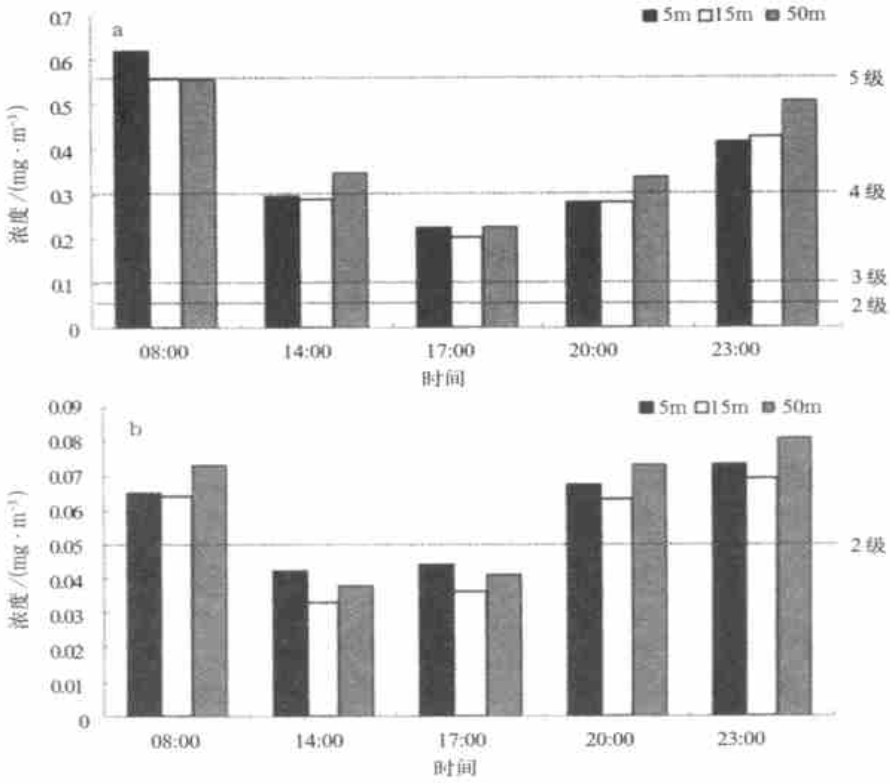


图 4 静稳天气(a)与利于扩散天气(b)条件下不同高度处 NO_x 浓度对比

(3) 同高度不同朝向污染物浓度差异

同一建筑物的不同朝向(面向交通干道和背朝交通干道)污染物浓度存在差别。为了检验同一高度不同朝向污染物浓度的差别,在方庄芳星园 50 m 高度面向和背朝南三环路

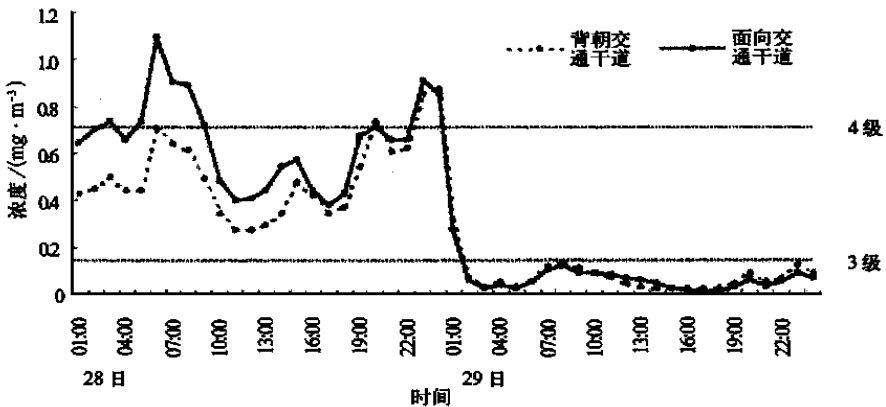


图 5 方庄 SO₂ 浓度在不同朝向上的时间变化

的两个方位各设一采样点监测 SO_2 浓度。由图 5 可见,在观测期间,同一高度不同朝向 SO_2 的浓度是不同的。特别是在静稳天气条件下,不同朝向处污染物浓度具有显著差异,面向交通干道处污染物浓度高于背朝交通干道处,特别是早晨上班高峰时两者等级甚至可达一个级别。而在利于扩散气象条件下,两处差异不大。造成这种差异的原因,是因为在静稳天气条件下,同高度不同方位观测点受其周围污染排放源影响较大,在朝南三环测点,由于受三环路以南居民区采暖燃煤和三环路较大的车流量影响,故浓度明显偏高;在大风条件下,由于有较好的扩散条件,因此两处差异不大。

(4) 不同地区污染物浓度的差异

健翔桥位于京城北面,而方庄位于京城东南方。两地的 NO_x 和 SO_2 浓度监测结果具有相似的变化趋势。在有利于扩散的条件下,污染物易被稀释、扩散,故两地的浓度值都较低,且不相上下。但在静稳条件下,污染物浓度受环境条件影响较大,由于健翔桥测点周围的居民燃煤和汽车流量状况均好于方庄,因此健翔桥的 NO_x 日平均浓度要比方庄低 60%~70%, SO_2 日平均浓度要比方庄低 50%左右。

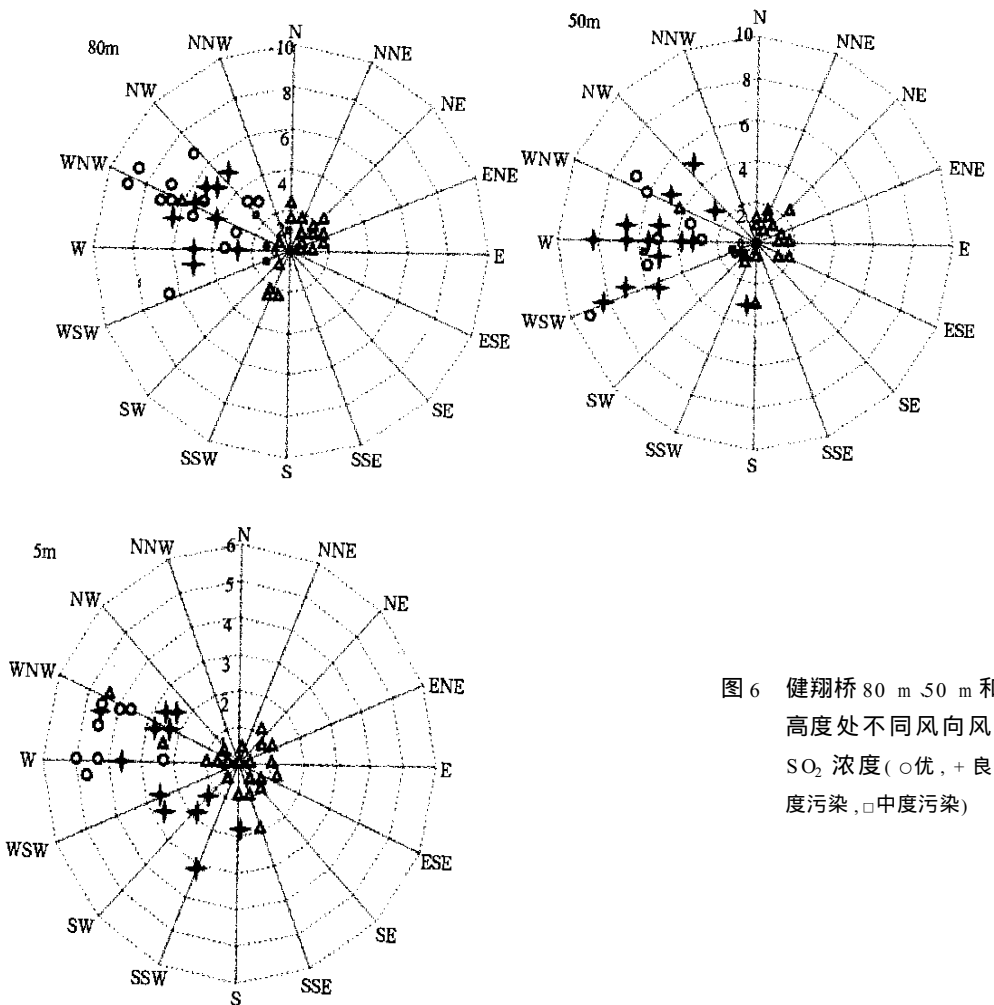


图 6 健翔桥 80 m、50 m 和 5 m 高度处不同风向风速下 SO_2 浓度(○优, + 良, △轻度污染, □中度污染)

(5) 不同稳定度条件下的污染物浓度

由图 2 可看出,在静稳气象条件下(1 月 28 日), SO_2 、 NO_x 浓度较其它时间段内浓度明显偏高,并出现整个观测时段内的峰值,全天 SO_2 浓度均在 3 级以上。早晨 05:00 ~ 09:00,出现明显峰值,空气质量已达 4 级,属中度污染。 NO_x 日平均浓度也达到了中度污染的程度。

而在利于扩散气象条件下,高空转为西北气流控制,地面转受高压前部影响,风力达 4~5 级,逆温层消散。在这种气象条件下,从 29 日凌晨 01:00 起, SO_2 、 NO_x 浓度骤降,全天都在 2 级水平,浓度分布平稳,无明显的峰值。

(6) 各高度上污染物浓度与风向、风速的关系

为分析各高度上污染物浓度与风向、风速的关系,选取 1 月 28 日(不利于扩散)和 1 月 29 日(有利于扩散)两个典型天气条件下,健翔桥各观测高度上污染物浓度与大气物理研究所铁塔相应高度风向、风速资料进行分析,分别绘制 5 m、50 m 和 80 m 三个高度的 SO_2 浓度与同高度风向、风速的关系图(见图 6)。可看出在风速较小情况下,各层 SO_2 浓度与风向无关,在各种风向下,均可出现轻度(3 级)以上的污染。而当风速较大时,且风向多为西偏北方位时,空气质量多为优或良,较少出现 3 级以上的污染。造成这种现象的原因,是由于在天气静稳条件下,风向多为地方性风向(南北转换),风速较小,导致污染物浓度较高;而在利于扩散条件下,受西北气流控制,风向多为西北方向,风速较大,导致污染物浓度较低。

3 结 语

(1) 城区不同高度上污染物浓度日变化,观测期内存在明显的“双峰型”特征,峰值分别出现在 07:00 ~ 08:00 和 19:00 ~ 23:00。

(2) 在静稳气象条件下,城区污染物浓度出现峰值,并随气象条件的变化而呈现浓度高低起伏变化。

(3) 城区建筑物鳞次栉比,同一高度不同朝向(面向交通干道和背朝交通干道)污染物浓度是有差别的,特别是在静稳天气条件下,观测期内,两处空气质量等级可差一级。在有利于扩散条件下,两处浓度差异不大。

(4) 不同大气稳定度情况对污染物浓度的影响是不同的。在静稳气象条件下,污染物浓度常达高值,特别是强度大、厚度厚的贴地逆温层的形成,犹如一个厚重的锅盖,极不利于污染物扩散,使所测地区 SO_2 、 NO_x 浓度全天在 3 级以上。尤其是日出后,出现明显峰值,污染程度达中度污染(4 级),污染程度已相当严重。

影响空气污染物浓度垂直分布的因子十分复杂,本文仅就观测期得到的资料进行了初步分析,以揭示一些观测事实,而要较全面了解北京污染物垂直分布特征,还需进行深入研究。

参 考 文 献

- 2 刘耀林,刘艳芳,梁勤欧.城市环境分析.武汉:武汉测绘科技大学,1999.
- 3 杨士弘.城市环境学.北京:科学出版社,1997.
- 4 蒋维楣,曹文俊,蒋瑞宾编著.空气污染气象学教程.北京:气象出版社,1993.
- 5 刘小红,洪钟祥,李家伦,等.北京地区严重污染的气象和化学因子.气候与环境研究,1999,4(3):231~236.

RELATIONS BETWEEN PERPENDICULAR DISTRIBUTION OF AIR POLLUTANTS AND WEATHER CONDITION IN WINTER IN BEIJING URBAN DISTRICTS

Wang Xiaoyun Pan Liqing Lu Weilin Xuan Chunyi Gao Yanhu
(Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100089)

Abstract

The concentration of the main air pollutants (SO_2 , NO_x) were measured from 26 Jan. to 2 Feb. in 2000 in the Beijing urban districts. Utilizing the measured data, a preliminary research on the relation between the weather condition and air pollution is made. The results show that the concentration of air pollutants increases sharply in the condition unfavorable to air diffusion. Along with the changes of the weather condition, the concentration of air pollutants varies correspondingly. Furthermore, at the same height, different results are obtained in the rooms of different direction, which is much more obvious in the weather conditions unfavorable to air diffusion.

Key words: Beijing urban air pollution Vertical distribution Weather condition