

北京城区秋冬季节气溶胶浓度分布规律 及其与天气类型的关系

周明煜 朱翠娟 叶卓佳

(中国科学院大气物理研究所)

苏维瀚 张秋彭 路洪荣

(中国科学院环境化学研究所)

提 要

本文讨论了秋冬季节北京地区气溶胶浓度的分布规律。气溶胶平均浓度的分布呈椭圆形,长轴方向为西北—东南向。气溶胶高浓度中心在东郊发电厂,其平均浓度值为 0.98 毫克/米³,它比怀柔地区高一个量级。

气溶胶浓度分布与天气条件有密切关系,当北京处于晴朗、小风天气,局地环流占控制地位时,气溶胶污染最为严重。连续性降水过程使气溶胶污染得到明显净化。

一、前 言

随着城市人口的增加和工业的发展,北京地区的大气污染问题日益受到人们的重视。气溶胶是大气主要污染物之一。大气中气溶胶含量增多不仅会影响大气辐射过程和能见度,而且气溶胶中所含某些成份和元素还有致癌作用。近几年来对北京地区不同类型气溶胶的化学成分曾有过一些研究工作^[1,2],但对其浓度分布情况了解较少,本文主要利用1981年10月21日至11月1日以及1981年11月23日至12月4日在北京城区为主进行的两次大气污染扩散综合野外试验资料,分析和讨论了该地区气溶胶浓度分布规律及其与天气类型的关系。

二、观测点的设置和采样方法

北京地区大气污染扩散综合野外试验的观测点有:东单、和平门实验小学、东郊电厂(实际观测点设在电厂附近的针织厂)、日坛公园、龙潭湖公园、中关村、马甸(大气物理所铁塔)、通县、南苑、香山植物园、怀柔、廊坊。上述观测点,除香山植物园和日坛公园外,都有气溶胶采样,采样是用KB-120型大气采样器进行的。采样器的流量都进行过统一

校正。各观测点采样高度略有不同,决定于各点的条件,一般在7—8米。每天采样4次,每次2小时,采样时间为07—09时,11—13时,15—17时,18—20时,23—01时。此外,在马甸320米气象塔上有4层气溶胶采样,这些层次为8米、47米、140米和320米。1981年10月21日至11月1日野外试验期间在铁塔上每天采样3次,采样时间为07—09时,11—13时,23—01时。1981年11月23日至12月4日野外试验期间在铁塔上每天采样2次,采样时间为10—15时,17—22时。

在马甸气象塔测点上,除了常规地面气象观测以外,铁塔上有15层风速、风向和温度等气象要素的连续观测,香山植物园和日坛公园有释放式低空探空仪的探测,每2小时探测一次。

三、气溶胶浓度的水平分布

图1是两次野外试验得到的气溶胶的浓度分布。从图1可以看到,在城区,电厂附近是最严重的污染区,其气溶胶浓度为0.98毫克/米³,它比怀柔要大一个量级。显然,电厂是城区最主要的污染源。但是气溶胶高浓度的范围很小,只局限在2—3公里的范围内,在与电厂相距5—6公里的闹市区东单,气溶胶浓度只是电厂浓度的一半。城区的气溶胶浓度值一般为 5×10^{-1} 毫克/米³。城郊西北部中关村地区的气溶胶浓度值较高,和市区浓度相近,这可能与中关村地区人口高度集中有关。气溶胶平均浓度分布的另一个特点是,远郊区的廊坊浓度值比相应的远郊区怀柔明显要高,比近郊区的通县还要高,与南苑的浓度值相当。因此,整个北京地区的气溶胶浓度分布呈椭圆形,其长轴为西北—东南向,即

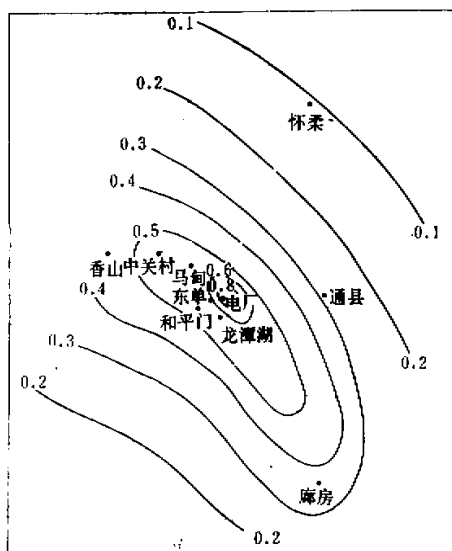


图1 两次观测期间,气溶胶平均浓度分布
(单位:毫克/米³)

从西北部中关村地区向东南方向伸展直至廊坊地区为一条气溶胶高浓度带。北部、东北部郊区如怀柔等地的气溶胶浓度较低,比北京城南郊区区的空气洁净得多。

四、气溶胶浓度与取暖季节的关系

1981年10月21日至11月1日的第一次野外试验是在北京取暖期以前,而1981年11月23日至12月4日(第二次)野外试验已处在取暖期间。在取暖期北京的燃料消耗量增加许多,但气溶胶的观测结果表明,在取暖期的观测期间,气溶胶的平均浓度并不比取暖前的浓度显著增高,相反,在相当多的测点上其浓度值还要略低一些。图2是两次观测期间几个测站上气溶胶浓度的平均值,实线为第一次观测时的平均值,点划线是第二次

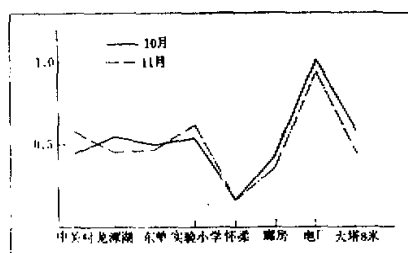


图2 两次观测期间各测站气溶胶浓度之平均值
(单位:毫克/米³)

观测时的平均值。从图2可以看到,10月间的气溶胶平均浓度不论在城区或郊区均比11月的高。只有实验小学和中关村两测点的气溶胶浓度值11月稍高于10月。第一次观测期间,大部日子为晴朗小风的平稳天气,只在观测开始的头二天(即10月22、23日)受锋后冷空气影响出现5—6级西北风外,其余几天均为高压控制的小风或静风天气^[3]。在这种大尺度天气背景下,京、津平原受地形影响出现了典型的局地环流,即白天是弱偏南风,晚上是弱偏北山风,山风所能到达的前沿一般在平原的中部,香河—廊坊—保定一线。在这种局地环流控制下,城市辐合作用也表现得更为明显。例如,10月26日和27日的气象背景就属这种情况,我们根据城区和近郊的风场观测资料计算了北京城区由于城市环流引起的辐合量,其量级达 5×10^{-4} 秒⁻¹,这相当于一个中尺度系统所产生的辐合量。这种环流结构对北京城区大气污染物的扩散输送是极为不利的。这时可能出现极为严重的污染状况。如10月26日及27日城区多数测点的气溶胶浓度值都比较高。27日东郊电厂的日平均气溶胶浓度值高达1.80毫克/米³,比其它日期的气溶胶浓度高一个量级。而第二次观测期间的天气条件有明显不同,这时已进入冬季,冷空气活动要比第一次观测期的强,每次锋面过境均伴有较强西北风,大风维持时间也较长,而且二次锋面过境均伴有小雪,这对净化空气又起重要作用,因此,在第二次观测期间,虽然已进入取暖期,但其污染状况没有出现明显变化。由此可见,取暖期大量燃煤固然能加剧底层空气污染,但环流和天气的作用产生的影响更明显。

五、气溶胶浓度的垂直分布

气溶胶浓度随高度的分布与大气层结有一定关系,当大气温度随高度递减时,浓度随高度迅速下降。当低层大气呈逆温层结时,则整个逆温层厚度内气溶胶浓度的垂直分布都将保持较高。表 1 中给出了一些气溶胶浓度垂直分布的例子,其中的减率是指该高度

表 1 气溶胶浓度及气象要素的垂直分布

	A. 10 月 24 日 07—09 时				B. 10 月 25 日 07—09 时				C. 10 月 26 日 23—01 时				D. 10 月 27 日 07—09 时			
高度 (米)	浓度 (毫克/ 米 ³)	减率 (%)	风速 (米/ 秒)	温差 (度)	浓度 (毫克/ 米 ³)	减率 (%)	风速 (米/ 秒)	温差 (度)	浓度 (毫克/ 米 ³)	减率 (%)	风速 (米/ 秒)	温差 (度)	浓度 (毫克/ 米 ³)	减率 (%)	风速 (米/ 秒)	温差 (度)
8	0.082		2.0	-0.5	0.393		0.5	-0.3	0.975		0.5	1.9	1.128		2.0	0.1
47	0.049	0.46	5.0	-0.2	0.228	0.40	0.5	-0.3	0.982	0.01	0.2	1.0	1.074	0.05	6.0	0.1
140	0.042	0.50	6.0	-0.2	0.174	0.60	0.5	-0.1	0.943	0.03	0.8	-0.2	0.576	0.50	12.0	0.0
320	0.029	0.65	9.0	-0.1	0.084	0.80	2.5	-0.1	0.956	0.02	5.0	0.2	0.486	0.60	12.0	-0.1

上的气溶胶浓度值比第一层(8 米)高度上浓度值所减小之百分率。表 1 中的 A 和 B 是当温度随高度递减时的气溶胶浓度分布。虽然这两个例子中风随高度的变化差别较大,在 A 中,风随高度增加较快,而在 B 中,整个塔层内风速变化较小,但两者的气溶胶浓度随高度的变化趋势很是相近,即在 50 米高度附近的浓度比近地面层浓度降低 40%,在 150 米高度附近,浓度值比地面层降低 50—60%,在 320 米附近,浓度比近地面层降低 70—80%。表中的 C 和 D 是在逆温层结下,气溶胶浓度值比 A 和 B 状态下高一个量级,甚至 2 个量级,但 C 和 D 之间也还有所不同。在 C 中,塔层内存在两个逆温层,第一层在 47 米附近,第二层在 320 米附近,因此气溶胶浓度值在整个塔层内均较高,直至塔顶附近几乎没有衰减。在 D 中,从 47 至 140 米高度间,风速由 6 米/秒增加为 12 米/秒,逆温只维持在 47 米高度内,气溶胶浓度值在 47 米以下很高,但在 47 米之上迅速减小,140 米高度上的浓度值只是低层的 50%,由此看来,逆温层结对污染物的垂直分布有相当影响。

六、各种天气条件下气溶胶浓度之分布

在两次观测期间,我们观测到了多种天气条件下的浓度分布资料,从而可以得到各种天气对污染物的影响程度及其大致的量级,这将为其它学科或某种任务的需要提供依据。下面我们分析几种主要的天气型与气溶胶浓度之间的关系:

晴朗小风的平稳天气 这种天气常出现在锋后高压中,京津平原为具有明显日变化的局地环流所控制,小风天气本身对污染物的扩散不利,又有辐合环流作用更使污染物积聚,表 2 给出了各类天气型下城区东单观测点气溶胶浓度分布的例子,其中的 10 月 27 日即为这类天气型下典型的气溶胶浓度分布,浓度值达 1 毫克/米³以上,尤其是早晨 07—09 时,当大气为逆温层结时,其值更高,达 1.586 毫克/米³。这个过程中,流场的特点

表 2 各类天气条件下气溶胶浓度分布(东单)

日 期	天 气	气溶胶浓度(毫克/米 ³)						比 值
		07—09 时	11—13 时	15—17 时	18—20 时	23—01 时	日平均	
12月1日	大 风	0.539	0.472	0.260	0.258	0.128	0.331	0.28
10月27日	小 风	1.586	1.107	1.312	1.169	0.962	1.23	1.0
11月25日	雪 后	0.729	0.299	0.170	—	0.151	0.33	0.268
10月21日	雨 后	—	0.073	0.126	0.105	0.043	0.08	0.065
10月29日	晨 雾	1.623	0.514	0.854	0.482	0.632	0.82	0.666
11月28日	强热岛	1.006	0.553	0.836	0.826	0.514	0.75	0.609

是: 10月26日夜間, 渤海上空有弱高压加强, 华北平原处在高压后部的偏南气流中, 偏南风一直伸展到北京地区, 它与夜间偏北山风相遇, 在平原的西北部地区形成辐合, 北京正处在这个辐合流场控制下, 污染物在这一带集聚, 很难向下游输送。27日白天, 受日变化局地环流的影响, 山麓附近的谷地平原出现弱偏南风, 它与山区盛行的偏北风形成辐合, 北京地区仍在辐合环流的控制下, 由于这种环流形势的控制, 气溶胶浓度值甚高, 日平均值达 1.23 毫克/米³。

锋后大风 在两次观测过程中, 共有五次锋面过境, 每次锋面过境后均伴有较强西北风, 尤其是在第二阶段的观测中, 锋后可持续 2—3 天的大风天气, 这种情况下, 气溶胶浓度的量级常常是 $3—4 \times 10^{-1}$ 毫克/米³。表 2 给出了 12 月 1 日的气溶胶浓度资料, 其日平均量为 0.331 毫克/米³。我们以平稳小风条件下的气溶胶浓度值为基点, 将各类天气型下的浓度值与之相比, 来量度各类天气条件下污染的程度(表中最后一栏), 可以看到, 大风条件下污染程度约为平稳天气条件时的 28%。

雪后 第二阶段的观测中, 遇到了两次下雪过程。表 2 给出了 11 月 25 日的浓度分布, 这一天的降雪是上午 11 时开始的, 傍晚 6—7 时雪停, 从表 2 中这一天的浓度分布, 可以看到在 11 时后气溶胶浓度值一直是很低的, 平均浓度是平稳天气时的 27%。11 月 27 日夜間为小雪天气, 次日为大风, 因此 11 月 30 日至 12 月 1 日間, 气溶胶浓度值均较低, 约 $3—4 \times 10^{-1}$ 毫克/米³。

雨后 第一期观测开始时, 正遇连续三天的中小雨天气, 即从 10 月 19 日晨开始, 直到 10 月 21 日, 这是锋前暖区降水, 锋面是在 21 日中午 13 时前后过北京, 锋面过境后雨停, 并转为 5—6 级偏北风, 这是一次较长的降水过程, 对大气污染物的净化起了明显作用, 表 2 中给出了 10 月 21 日的气溶胶浓度值, 其日平均值为 0.08 毫克/米³, 与平稳天气条件下相比, 约为 7%, 相对来说, 这是十分洁净的大气环境。

晨雾及强热岛环流 观测期间, 我们也遇到了早晨有轻雾的天气, 轻雾在日出以后消失。另外也观测到有较强城市辐合的热岛环流。一般这种环流是在早晨前后较为明显, 因此, 在晨雾和强热岛环流下气溶胶浓度分布的特点是清晨很高, 均可达 1 毫克/米³以上, 中午以后很快降低, 其下降率可达 50% 左右。

七、小 结

以上分析表明, 北京城区大气污染状况有如下几个特点:

1. 秋冬季节北京城区气溶胶浓度分布呈椭圆形, 长轴方向为西北—东南向。
2. 城区中, 气溶胶浓度高值中心在东郊发电厂附近, 其高浓度水平范围约为 2—3 公里, 看来东郊发电厂是城区的主要污染源。
3. 中关村地区的气溶胶浓度分布较高, 其值与闹市区(东单、实验小学)相当, 甚至更高, 这与这个地区人口密度高度集中有关, 而且这种现象近年内仍在继续发展, 这在城市规划上应引起重视。
4. 城市东南郊直至廊坊地区气溶胶浓度较高, 这与当地盛行风以及局地环流演变有关, 因此这个区域应视为大气环境较为不利的区域。
5. 气溶胶浓度分布规律强烈地依赖于环流和天气条件。当本地处在局地环流控制下, 晴朗、小风的平稳天气中, 又有城市辐合环流相迭加的时候, 污染最为严重。连续性降水过程可使大气气溶胶污染得到明显净化。

参 考 文 献

- [1] 周明煜等, 北京地区一次尘暴过程的气溶胶特征, 环境科学学报, 第 1 卷, 第 3 期, 307—319, 1981。
[2] 杨绍晋等, 北京西北部气溶胶的物理化学特征, 科学通报, (待发表)。

THE DISTRIBUTION RULE OF AEROSOL CONCENTRATION AND ITS RELATION WITH THE SYNOPTIC PATTERN OVER BEIJING CITY IN LATE AUTUMN

Zhou Mingyu Zhu Cuijuan Ye Zhuojia

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

Su Weiha Zhang Qiupeng Lu Hongrong

(Institute of Environmental Chemistry, Academia Sinica)

Abstract

In this paper the distribution rule of aerosol concentration over Beijing in late Autumn is studied. The distribution of average aerosol concentration has an elliptic form and the direction of its major axis is NW-SE. The center of high concentration with average value 0.98 mg/m^3 is near the Dongjiao power plant. This concentration value is an order higher than that in Huairou area.

There is a close relationship between aerosol concentration distributions and synoptic conditions. The aerosol pollution is very severe while a fine and breeze weather appears and a local circulation dominates over Beijing area. On the other hand, the aerosol pollution is purified by continuous precipitation.