

# 北京市大气细粒子质量浓度与能见度定量关系初探<sup>\*</sup>

王京丽<sup>1</sup> 刘旭林<sup>2</sup>

1 中国气象局北京城市气象研究所, 北京, 100089

2 北京市气象信息网络中心, 北京, 100089

## 摘 要

北京近年的监测结果表明,大气中通过消光作用使大气能见度下降的气溶胶细粒子的污染水平呈现上升趋势。中国气象局北京城市气象研究所与北京大学合作于 2001 年春季(3 月)、夏季(6 月)、秋季(9 月)和冬季(12 月)开展了大气细粒子与气象能见度的同步综合观测,旨在探求细粒子的物理化学特征及其与大气能见度的关系。监测结果表明,能见度与 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度在春季呈乘幂关系;夏季除高相对湿度外,呈指数关系;秋季呈对数关系;冬季呈指数关系。为了便于比较,将两者间的关系全部用指数关系表示。北京市大气能见度与细粒子质量浓度呈现很好的负相关性,无疑细粒子污染是造成大气能见度下降的主要原因,它已成为目前中国大气污染研究的重要内容之一。

**关键词:** 细粒子(PM<sub>2.5</sub>),能见度,定量关系。

## 1 引 言

大气气溶胶是当今国际上大气化学研究的前沿领域<sup>[1]</sup>,气溶胶的物理、化学特征的研究一直是大气环境研究的重要而普遍的问题。特别是 PM<sub>2.5</sub> 细粒子不仅能通过消光作用造成大气能见度下降,而且还是聚集大量有毒有害物质的复杂污染物,对人体的健康危害极大<sup>[2-3]</sup>,已引起了民众的极大关注<sup>[4]</sup>。20 世纪 90 年代中后期,欧美一些发达国家相继开展了对细粒子的采样和监测。美国是率先制定 PM<sub>2.5</sub> 细粒子国家环境标准的国家,并投入巨资在全国设立了若干超级观测站(Supersite)进行 PM<sub>2.5</sub> 的物理化学特性及影响因素的观测。

近年来,中国对大气城市气溶胶细粒子的研究已经展开,许多研究机构对细粒子相继进行了一系列的实验和监测<sup>[5]</sup>,并得出了中国 PM<sub>2.5</sub> 污染有相对加剧趋势的重要研究结论。开展对细粒子的监测、分析细粒子的污染特征,已成为目前中国大气污染研究的重要内容之一。由于细粒子监测仪器十分

昂贵,采样分析过程繁琐,目前在中国还无法实现对细粒子的长期和区域性日常监测,只能开展有限的、用于科研的实验性监测和研究。

基于大气能见度和 PM<sub>2.5</sub> 细粒子浓度之间的本质联系,开展准确、稳定、可靠的细粒子、大气能见度及其气象条件的同步观测,探求不同季节、不同气象条件下,通过观测大气能见度值来推算 PM<sub>2.5</sub> 浓度的技术方法迫在眉睫。该方法的实现,将使对细粒子的长期和区域性监测成为可能。同时对于减少细粒子危害、改善大气能见度以及将来中国 PM<sub>2.5</sub> 标准的制定,必将起到推动作用。

## 2 实 验

中国气象局北京城市气象研究所与北京大学合作于 2001 年春季(3 月)、夏季(6 月)、秋季(9 月)和冬季(12 月)开展了大气细粒子与气象能见度的同步综合观测,旨在探求细粒子的物理化学特征及其与大气能见度的关系。

2001 年北京降水量偏少,气温偏高。冬季多

<sup>\*</sup> 初稿时间:2005 年 6 月 15 日,修改稿时间:2005 年 12 月 6 日。

资助课题:北京市自然科学基金项目:用能见度推算 2.5 μm 细粒子浓度方法的研究(项目合同号:8012009)。

作者简介:王京丽,女,正研级高级工程师,长期从事细粒子与能见度关系方面的研究;68400746-608,68430025-608, E-mail: wjing-li123@163.com or jlwang@ium.cn

雪,气温正常;春季降水少,气温高,多大风、沙尘天气;夏季降水少,气温明显偏高;秋季降水接近常年,气温偏高。

6台 Anderson 的 RAAS-400 四通道 PM<sub>2.5</sub> 膜采样器,用于包括硫酸根、硝酸根、痕量元素、地壳元素、元素碳和有机碳等化学组分的监测。它们分别安装在 6 个不同的监测站对 PM<sub>2.5</sub> 进行同步膜采样。4 个采样通道的采样流量均为 16.7 L/min。采样器使

用 3 种滤膜,分别为两张孔径为 2  $\mu\text{m}$  聚四氟乙烯 (Teflon) 薄膜滤膜,一张孔径为 1  $\mu\text{m}$  的尼龙薄膜滤膜和一张孔径为 1  $\mu\text{m}$  石英纤维滤膜。6 个监测站的站点信息见表 1。在选定的 4 个代表月,每隔 6 d 采样一次,每一张膜的采样时间为 24 h。遇沙尘天气则加密观测。粒子中的元素含量、水溶性离子、有机碳和元素碳采用等离子光谱法 (ICP)、X 射线荧光 (XRF) 法和热/光反射 (TOR) 法进行分析。

表 1 6 个监测站点的设置

Table 1 The information of the six stations

站名	观测站地理位置	观测站地理特点	仪器安装位置	仪器距地面距离(m)
中国气象局大气探测基地观测站	北京东南方向	地势较低、雾日较多、能见度明显偏低	探测基地观测场的地面上	0
北京大学观测站	北京西北方向		校园内一座 6 层实验楼的楼顶上	20
东四观测站	北京市中心	北京市商业和交通的繁华地段	监测站的 3 层楼顶上	10
首都机场观测站	北京的东北方向		机场附近办公楼的 2 层楼顶上	7
永乐店观测站	北京东南方向	平原地带	永乐店附近办公楼的 3 层楼顶上	10
明陵观测站	北京北部山区	山区	定陵监测站的房顶上	4

一台 CAMMS PM<sub>2.5</sub> 在线实时采样器,安装在中国气象局大气探测基地 (AEBCMA) 观测场的地面上,对 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度进行在线实时监测<sup>[6]</sup>。

一台 DPVS 数字摄像能见度自动监测仪安装在中国气象局大气探测基地观测场平房的房顶上,距地面约 3 m,对大气能见度进行在线实时监测。

其他相关的气象资料来自中国气象局大气探测基地的常规气象观测。风速资料为每日逐时风速,湿度资料为每日 4 个时次 (02, 08, 14, 20 时,北京时) 相对湿度,降雨量采用一天两个时段的观测数据 (20—8 时, 8—20 时)。

### 3 细粒子质量浓度与大气能见度的定量关系

利用 2001 年中国气象局大气探测基地四季大气能见度和 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度在线实时采样资料,结合同期观象台的常规气象资料,对不同季节不同气象条件下大气能见度和 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度的关系进行了系统的统计分析。大气能见度的观测分辨率为每 5 min 一次,PM<sub>2.5</sub> 质量浓度的观测分辨率为每 2 min 一次,以下分析所用大气能见度和 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度的观测数据均为该时次之前 1 h 平均值。

为了便于对 2001 年不同季节不同气象条件下

能见度与 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度间的相关关系进行比较,本文将春、夏、秋、冬 4 个季节,在不同天气特征下,能见度与 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度之间的相关关系、相关系数等汇总于表 2。

#### 3.1 春季

北京的春季干旱多风,有利于污染物的扩散。2001 年春季降水明显偏少,气温偏高,而且大风和沙尘天气日达 17 d,比常年明显偏多。

统计资料显示:大风日能见度与细粒子的相关性较差,而在风速为 1, 2 级时,两者的相关性较好。这个结论是与小风条件下细粒子污染相对稳定的现实相吻合的。根据不同风速等级,对能见度与细粒子质量浓度间的相关性进行分析,均呈乘幂关系。图 1 是 2001 年春季风速小于 2 级和大于等于 2 级条件下能见度与 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度对比的散点分布 (两者的相关关系式见表 2)。从图中可以看到:当风速小于 2 级时,细粒子浓度较高,大气能见度较低;而当风速大于等于 2 级时,细粒子浓度较低,大气能见度较高。说明在风速小于 2 级的条件下,细粒子容易聚集,污染较严重,能见度较差;而风速大于等于 2 级时,聚集起来的细粒子被风驱散,污染状况得到改善,因而大气能见度变好。

表 2 2001 年不同季节不同气象条件下能见度与 PM2.5 质量浓度间的相关关系

Table 2 Correlation between visibility and PM2.5's concentrations at various meteorological conditions under different seasons in 2001

季节	季节性气象要素	样本数(个)	相关关系	关系式	相关系数
春季(3月)	风速<2(级)	13	指数	$y=662.61e^{-0.0003x}$	0.755
	风速≥2(级)	74	指数	$y=51.572e^{-8 \times 10^{-5}x}$	0.355
夏季(6月)	无降水总样本	186	指数	$y=143.78e^{-0.0003x}$	0.669
	有降水总样本	163	指数	$y=117.48e^{-0.0003x}$	0.693
	无降水相对湿度<70%	123	指数	$y=194.56e^{-0.0004x}$	0.852
	无降水相对湿度≥70%	63	指数	$y=59.083e^{-0.0001x}$	0.269
	降水相对湿度<90%	150	指数	$y=120.67e^{-0.0003x}$	0.689
	降水相对湿度≥90%	13	指数	$y=104.63e^{-0.0004x}$	0.86
	雾日总样本,相对湿度 72.64%	201	指数	$y=109.09e^{-0.0003x}$	0.625
	雾霾日总样本,相对湿度 67.08%	69	乘幂	$y=210871x^{-1.0402}$	0.474
	霾日总样本,相对湿度 55.00%	22	乘幂	$y=97822x^{-0.9024}$	0.907
	秋季(9月)	轻雾	51	指数	$y=47.796e^{-5 \times 10^{-5}x}$
无雾		20	指数	$y=66.99e^{-0.0001x}$	0.739
冬季(12月)	北风	40	指数	$y=2182.4e^{-0.0003x}$	0.692
	南风	25	指数	$y=705e^{-0.0002x}$	0.523
	相对湿度≤30%	48	指数	$y=2267.1e^{-0.0003x}$	0.645
	30%<相对湿度≤70%	23	指数	$y=793.34e^{-0.0002x}$	0.535
	相对湿度>70%	8	指数	$y=2047.5e^{-0.0004x}$	0.812

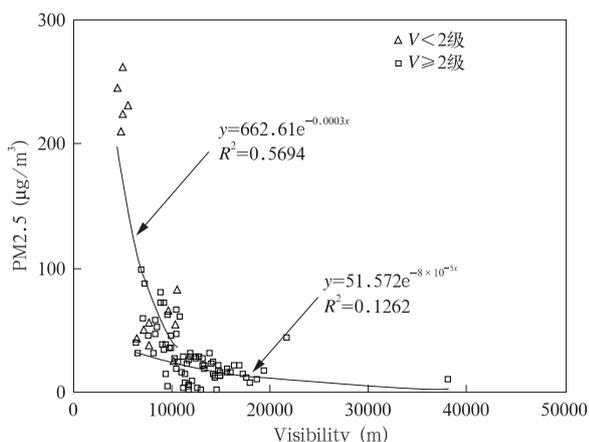


图 1 2001 年春季不同风速等级北京观象台能见度与 PM2.5 质量浓度数据散点分布

Fig. 1 Discrete chart between visibility and PM2.5 concentrations under different wind speed level at AEBCMA in spring of 2001

### 3.2 夏季

2001 年夏季北京高温多雾,特别是 6 月份雾日达 22 d,占全月的 73%。相对湿度较大(月平均 63%),能见度较低(月平均值 4716.21 m),气温正常(月平均值 24.7 °C)。

#### 3.2.1 总样本

在夏季,影响细粒子质量浓度的主要因素是相

对湿度和降水量,因此根据这两个要素对能见度与 PM2.5 质量浓度间的相关性进行分析。2001 年夏季在无降水和有降水两种条件下能见度与 PM2.5 质量浓度资料散点分布(图 2)表明:夏季无降雨和有降雨条件下,两者的相关性非常接近。差别在于无降雨比有降雨时,细粒子浓度稍高一些,而能见度略低一些。说明降雨对细粒子有一定的冲刷作用,

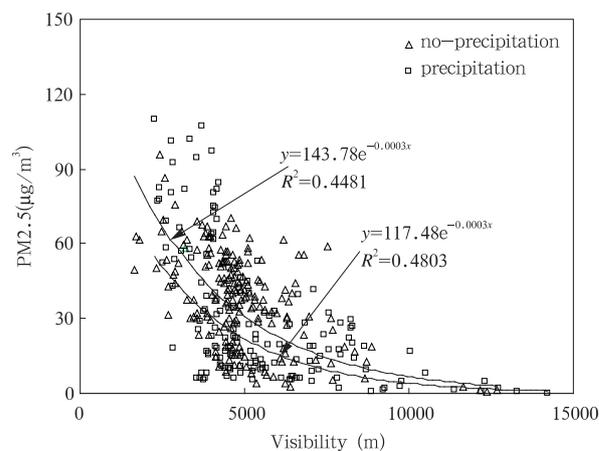


图 2 2001 年夏季降水日、无降水日能见度与 PM2.5 质量浓度数据散点分布

Fig. 2 Discrete chart of visibility and PM2.5's mass concentrations data under the condition of precipitation or no-precipitation in June in 2001

它起到了净化空气、降低细粒子浓度的效果。

### 3.2.2 无降水样本分析

在无降水情况下,相对湿度不同,能见度与PM2.5质量浓度间的相关性也不同。当相对湿度小于70%时,两者间的相关系数较大;而当相对湿度大于等于70%时,两者间的相关系数较小。导致这种结果的主要原因在于:夏季无降水日,气温较高,大气中的光化学反应异常活跃,生成了更多的二次气溶胶(以细粒子为主)<sup>[7]</sup>。在影响大气能见度的粒子中,二次粒子占有重要的地位<sup>[8]</sup>。而且,二次粒子的消光作用与大气的相对湿度密切相关。二次粒子在水滴的作用下能相互凝结成粒径较大的粒子(0.3—1.5 μm),从而对可见光(波长为0.4—0.7 μm)的散射作用增强。在大气相对湿度大于70%时,二次粒子散射率增加的现象就更为明显。因此,当相对湿度大于70%时,细粒子浓度分布无规律,能见度值不高,两者的相关性较差。无降水日不同相对湿度下,能见度与PM2.5质量浓度间的散点分布如图3所示。

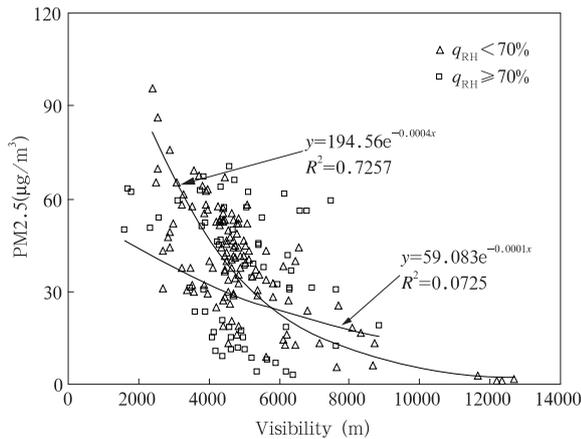


图3 2001年夏季无降水日能见度与PM2.5质量浓度散点分布

Fig. 3 Visibility and PM2.5's mass concentrations discrete chart in no precipitation days in summer of 2001

### 3.2.3 有降水样本分析

在出现降水的情况下,能见度与PM2.5质量浓度间具有好的相关性(图4)。当相对湿度小于90%时,两者间的相关系数为0.69;而当相对湿度大于等于90%时,相关系数高达0.86。与相对湿度小于90%相比,在相对湿度大于等于90%时,细粒子浓度略低一些,能见度也略低一些。说明降雨量越大,

湿沉降作用越强,同时空气中的水汽使能见度有所降低。

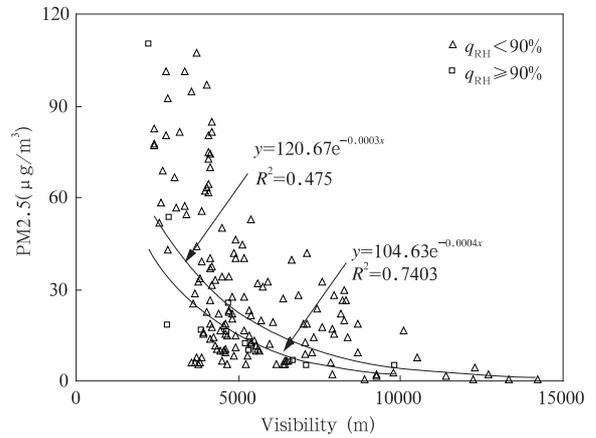


图4 2001年夏季降水日能见度与PM2.5质量浓度散点分布

Fig. 4 Visibility and PM2.5's mass concentrations discrete chart in precipitation days in summer of 2001

### 3.3 秋季

北京的秋季秋高气爽,2001年9月份观象台的相对湿度平均为62.4%。比常年平均偏低10%。在对秋季大气能见度与PM2.5质量浓度的关系进行统计分析时,发现轻雾日和无雾日,能见度与PM2.5质量浓度的相关关系非常接近,且均具有很好的负相关性(图5)。两者的差别在于,轻雾日细粒子浓度较无雾日高,而能见度较无雾日低。说明

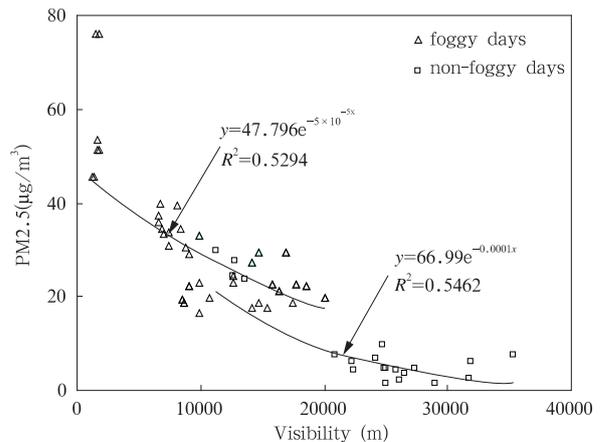


图5 2001年秋季轻雾和无雾条件下能见度与PM2.5质量浓度散点分布

Fig. 5 Discrete chart of visibility and PM2.5's mass concentrations in foggy days and non-foggy days in autumn of 2001

在轻雾日,细粒子污染较严重,导致能见度相对较低。

### 3.4 冬季

北京的冬季由于采暖燃煤,使得细粒子排放量增加,机动车的排放属于低层污染源,冬季逆温使它们不容易扩散出去。冬季辐射逆温形成早,消失晚,也是细粒子很容易长时间得到富集的重要原因。此外大尺度的冷空气在冬季频繁南下,给北京带来大风干燥的天气,冬季辐射逆温很容易被破坏,对污染物的扩散十分有利,因此冬季污染水平波动较大。进一步的统计分析表明,能见度与 PM2.5 质量浓度的相关性不仅与风向有关,还与相对湿度有着密切的关系。

#### 3.4.1 不同风向

根据偏北和偏南风向,分别对能见度与 PM2.5 质量浓度的相关性进行了讨论。不同风向能见度与 PM2.5 质量浓度相关关系散点分布(图 6)显示:偏北风时,两者呈较好的负相关性;而偏南风时,两者的相关性略差一些。这与北京西北面环山、西高东低的地形条件有关。

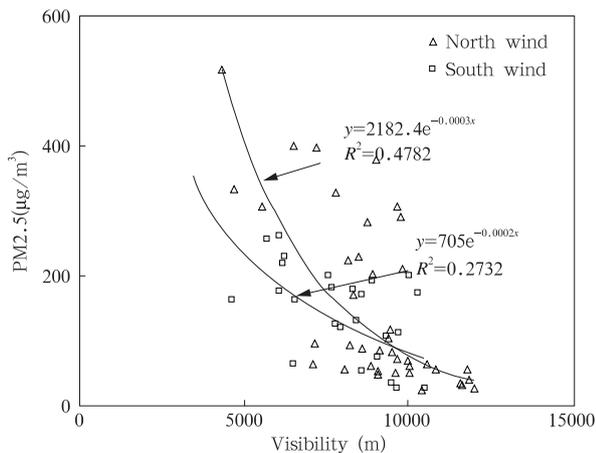


图 6 2001 年冬季不同风向北京观象台能见度与 PM2.5 质量浓度数据散点分布

Fig. 6 Discrete chart of visibility and PM2.5's mass concentrations at AEBCEMA under different wind direction in winter of Beijing in 2001

#### 3.4.2 不同湿度

根据 3 个不同的湿度等级,分别对能见度与 PM2.5 质量浓度的相关性进行了分析。统计结果显示:PM2.5 与能见度关系在不同的湿度等级下,其相关性有所不同。当相对湿度大于 70% 时,能见度与 PM2.5 质量浓度的相关系数较高;当相对湿度

小于等于 30% 时,其相关系数次之;而当相对湿度小于等于 70%,同时大于 30% 时,其相关性最差。说明在冬季,PM2.5 与能见度关系随相对湿度的变化,还没有明确的规律可寻。不同湿度等级能见度与 PM2.5 质量浓度的相关散点分布见图 7。

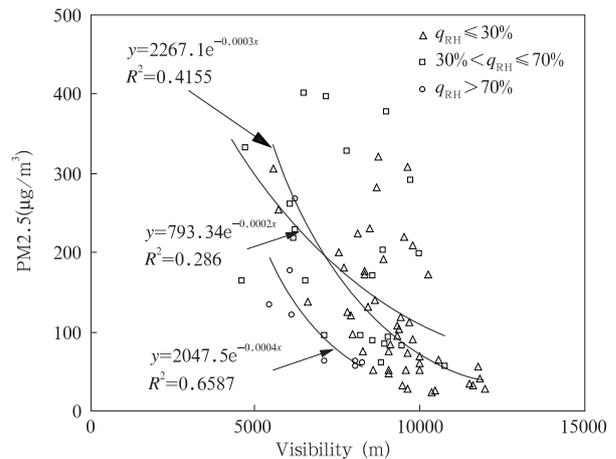


图 7 2001 年冬季不同相对湿度下能见度与 PM2.5 质量浓度数据散点分布

Fig. 7 Discrete chart of visibility and PM2.5's mass concentrations in different RH level in December of 2001

## 4 雾和霾样本分析

北京的夏季和秋季多雾。2001 年 6 月份,不仅雾多,霾也多,特别是在无降水的日子里。目前分辨雾、霾的标准在国内尚未统一。中国气象影视信息网的天气咨询中对雾和霾定义为:雾是悬浮于近地面气层中的大量微小水滴(或冰晶),是水平能见度小于 1 km 的现象。它的形成是由贴近地面气层中的水汽达到饱和、在凝结核上凝结而成。霾主要是由悬浮在大气中的大量微小尘粒、烟粒或盐粒等颗粒物在低层大气的稳定层下部累积所形成的集合体。雾和霾都能导致大气浑浊,造成大气能见度下降,但两者发生的条件和化学组成不完全相同,因而导致能见度下降的程度自然也会有所不同。这里根据雾和霾分别对能见度与 PM2.5 质量浓度的关系展开讨论。

图 8 显示 2001 年夏季总雾日、雾霾日、霾日能见度与 PM2.5 质量浓度关系散点分布,表 3 给出了 2001 年 6 月份雾日、雾霾日、霾日条件下,能见度与 PM2.5 质量浓度、相对湿度平均值的关系。统计结果显示:无论气象条件如何,霾日相对湿度较雾日低,

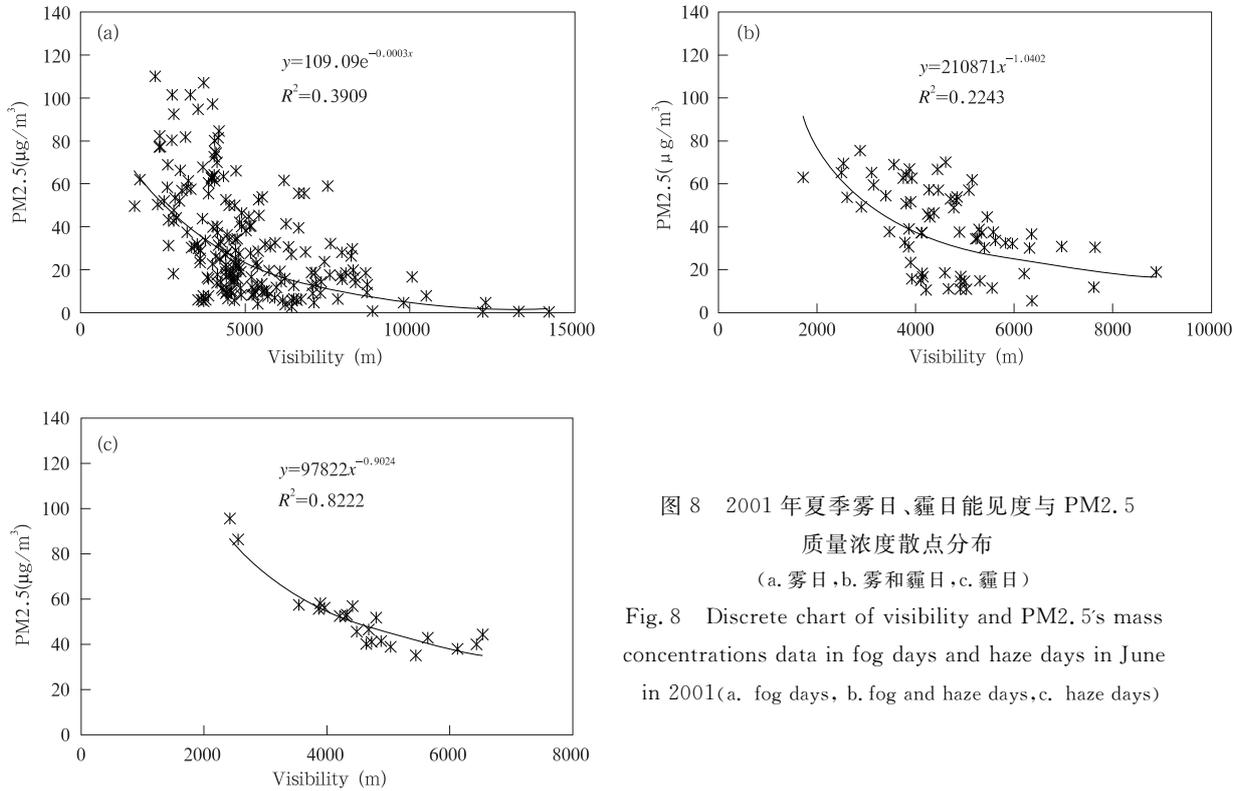


图 8 2001 年夏季雾日、霾日能见度与 PM2.5 质量浓度散点分布  
(a. 雾日, b. 雾和霾日, c. 霾日)

Fig. 8 Discrete chart of visibility and PM2.5's mass concentrations data in fog days and haze days in June in 2001 (a. fog days, b. fog and haze days, c. haze days)

表 3 2001 年 6 月雾日、雾霾日、霾日北京观象台能见度与 PM2.5 质量浓度、相对湿度的关系

Table 3 The correlation between visibility and PM2.5's mass concentrations in fog days and haze days in June in 2001

	样本数(个)	相关关系	相关系数	能见度平均(m)	PM2.5 质量浓度平均(µg/m³)	相对湿度平均(%)
总样本雾日	201	指数	0.625	5096.61	33.79	72.64
总样本雾霾日	69	乘幂	0.474	4641.87	39.99	67.08
总样本霾日	22	乘幂	0.907	4590.73	51.39	55.00
无降水雾日	62	乘幂	0.425	4802.81	33.27	68.33
无降水雾霾日	57	乘幂	0.480	4656.28	42.81	65.30
无降水霾日	22	乘幂	0.907	4590.73	51.39	55.00
降水雾日	139	指数	0.661	5316.99	31.81	75.75
降水雾霾日	12	乘幂	0.897	4573.42	22.81	76.00

细粒子浓度比雾日高,造成能见度下降也比雾日严重。霾日能见度与 PM2.5 质量浓度的相关性要比雾日高。

### 5 北京市 PM2.5 的季节分布

图 9 显示的是根据 6 个监测站观测的膜采样资料得到的 2001 年北京地区四季大气细粒子浓度的季节平均和年平均。从图中可以看出:夏季浓度最大,为 115.40 µg/m³;最小是秋季,为 64.05 g/m³;春、冬季分别为 95.33 µg/m³ 和 99.49 µg/m³,年平均浓度为 93. µg/m³。鉴于目前中国尚未制定 PM2.5 的国家标准,根据 1997 年美国环保局推荐的标准,

即日均值不超过 65 µg/m³,年均值不超过 15 µg/m³<sup>[9]</sup>,说明北京的污染水平非常严重,2001 年 PM2.5 的年均

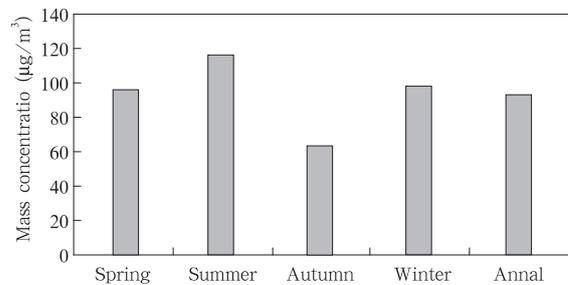


图 9 2001 年北京地区大气细粒子四季及年平均浓度分布

Fig. 9 Seasonal and annual average mass concentrations of PM2.5 in Beijing in 2001

值为美国标准的 6 倍多。

## 6 结 论

空气中的细粒子表现为动态变化过程,其污染物来源、结构非常复杂。不同季节,细粒子的化学组成特征有所不同,导致 PM<sub>2.5</sub> 浓度具有明显的季节变化特征。本文讨论的能见度与 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度之间的关系随季节变化规律如下:

(1) 春季,大风日能见度与细粒子的相关性较差,而在风速为 1,2 级时,两者的相关性较好。且随着风速的增大,相关系数逐渐变差。

(2) 夏季,影响细粒子质量浓度的主要因素是相对湿度和降水量。在无降水情况下,当相对湿度小于 70% 时,两者间的相关系数较高;而当相对湿度大于等于 70% 时,两者间的相关系数较低。在出现降水的情况下,能见度与 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度间具有好的相关性。

(3) 秋季,轻雾日和无雾日,能见度与 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度的相关关系非常接近,且均具有很好的负相关性。两者的差别在于:轻雾日细粒子浓度较无雾日高,而能见度较无雾日低。

(4) 冬季,能见度与 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度的相关性与风向有关,与相对湿度还没有明确的规律可寻。偏北风向时,两者呈较好的负相关性;而偏南风向时,两者的相关性略差一些。

(5) 夏季雾霾,无论气象条件如何,霾日相对湿度较雾日低,细粒子浓度比雾日高,造成能见度下降也比雾日严重。霾日能见度与 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度的相关性要比雾日高。

**致谢:**实验方法得到了北京大学环境学院院长、美国佐治亚理工学院教授江家驹老师的热情指导和帮助,在此表示感谢。

## 参考文献

- [1] 汪安璞. 大气气溶胶研究新动向. 环境化学, 1998, 18(1): 10-15  
Wang Anpu. Advance of the new research on aerosol. Environ Chemistry(in Chinese), 1998, 18(1): 10-15
- [2] Prospero J M. Long-range transport of mineral dust in the global atmosphere: Impact of African dust on the environment of the southeastern United States. Proc Natl Acad Sci USA, 1999, 96: 3396-3403
- [3] 安俊岭, 张仁健, 韩志伟. 北方 15 个大型城市总悬浮颗粒物的季节变化. 气候与环境研究, 2000, 5(1): 25-29  
An Junling, Zhang Renjian, Han Zhiwei. Seasonal changes of total suspended particles in the air of 15 big cities in northern parts of China. Climatic Environ Res(in Chinese), 2000, 5(1): 25-29
- [4] 张仁健, 徐永福, 韩志伟. ACE-Asia 期间北京 PM<sub>2.5</sub> 的化学特征及其来源分析. 科学通报, 2003, 48(7): 730-733  
Zhang Renjian, Xu Yongfu, Han Zhiwei. Inorganic chemical composition and source signature of PM<sub>2.5</sub> in Beijing during ACE-Asia period. Chinese Sci Bull(in Chinese), 2003, 48(7): 730-733
- [5] 毛节泰, 张军华, 王美华等. 中国大气气溶胶研究综述. 气象学报, 2002, 60(5): 625-634  
Mao Jietai, Zhang Junhua, Wang Meihua, et al. Summary comment on research of atmospheric aerosol in China. Acta Meteor Sinica(in Chinese), 2002, 60(5): 625-634
- [6] 王京丽, 谢庄, 张远航等. 大气细粒子的质量浓度特征研究. 气象学报, 2004, 62(1): 104-110  
Wang Jingli, Xie Zhuang, Zhang Yuanhang, et al. The research on quantificational relationship between mass concentration of fine particles and weather conditions in Beijing. Acta Meteor Sinica(in Chinese), 2004, 62(1): 104-110
- [7] 宋宇, 唐孝炎, 张远航等. 夏季持续高温天气对北京市大气细粒子(PM<sub>2.5</sub>)的影响. 环境科学, 2002, 23(4): 33-36  
Song Yu, Tang Xiaoyan, Zhang Yuanhang, et al. Effects on fine particles by the continued high temperature weather in Beijing. Chinese J Environ Sci(in Chinese), 2002, 23(4): 33-36
- [8] 周军, 柴国勇, 陈元. 城市大气中 PM<sub>2.5</sub> 污染控制的意义与途径. 甘肃环境研究与监测, 2003, 16(1): 29-31  
Zhou Jun, Chai Guoyong, Chen Yuan. Improvement of pollution control of PM<sub>2.5</sub> in urban atmosphere. Gansu Environ Study Monitoring(in Chinese), 2003, 16(1): 29-31
- [9] Wang J L, Zhang Y H, Shao M, et al. The chemical composition and quantitative relationship between meteorological condition and fine particles in Beijing. J Environ Sci, 2004, 16: 860-864

## THE DISCUSS ON RELATIONSHIP BETWEEN VISIBILITY AND MASS CONCENTRATION OF PM<sub>2.5</sub> IN BEIJING

Wang Jingli<sup>1</sup> Liu Xulin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Urban Meteorology, CMA, Beijing 100089*

<sup>2</sup> *Beijing Meteorological Information and Network Center, Beijing 100089*

### Abstract

The recent years' monitor results of Beijing indicate that the pollution level of fine particles PM<sub>2.5</sub> owing to atmospheric visibility deterioration through light extinction shows an increasing trend. Institute of Urban Meteorology, CMA, in cooperation with Peking University, performed a monitoring of PM<sub>2.5</sub> and visibility in 2001 at four seasons which were spring (March), summer (June), autumn (September), and winter (December). Its purpose was to investigate fine particle's physical and chemical characteristic, and the relationship between fine particle and atmospheric visibility. Six Anderson RAAS-400 samplers with four PM<sub>2.5</sub> channels were used to collect PM<sub>2.5</sub> particles. They were installed in six different stations to perform simultaneous sampling: Atmosphere Exploration Base of China Meteorological Administration (AEBCMA), Peking University (PKU), DongSi (DS), Capital Airport (CA), Yongledian (YLD), Mingling (ML). The sampling flow rate of four sampling channels is 16.7 L/min. The sampler used three kind filters: 2 Teflon filters with 2  $\mu\text{m}$  aperture, a nylon filter with 1  $\mu\text{m}$  aperture, and a quartz filter with 1  $\mu\text{m}$  aperture. One Anderson's CAMMS PM<sub>2.5</sub> sampler was installed on the ground of AEBCMA, which measured the real time mass concentrations of PM<sub>2.5</sub>. And for the filters, trace elements, ionic species and OC, EC of PM<sub>2.5</sub> were analyzed by ICP, x-ray fluorescence and thermo-optical method. The DPVS (Digital Photo Visibility System) is installed on the top of bungalow of AEBCMA' observation site, about 3 m above ground, monitoring the real time atmospheric visibility. Other relevant meteorological data were available from routine observation at AEBCMA, including diurnal horary wind speed; relative humidity at four times a day (02:00, 08:00, 12:00, 20:00 BST); precipitation data at 2 durations a day (20:00—08:00, 08:00—20:00). The relationship between mass concentration of PM<sub>2.5</sub> and visibility varied with meteorological parameters like relative humidity, and also varied with size distribution and chemical compositions of PM<sub>2.5</sub>, it was power in spring, exponential in summer except at higher relative humidity, logarithmic in autumn, power or exponential in winter. As in each season the meteorological parameters such as air temperature and relative humidity change from day to day, probably the reason of above correlations between PM<sub>2.5</sub> and visibility obtained at different seasons come from the differences in chemical compositions of PM<sub>2.5</sub>. The pollution of fine particles PM<sub>2.5</sub> is the main factor that results in atmospheric visibility dropping, and has become one of the most important issues in the air pollution aspect in China.

To avoid the complexity of mechanisms of impact of PM<sub>2.5</sub> on visibility, it would be helpful to obtain the statistical relationship between mass concentration of PM<sub>2.5</sub> and visibility in a city, which would provide a quick response of level of PM<sub>2.5</sub> pollution from solely visibility measurement. This work will investigate the quantitative relationship between mass concentrations of PM<sub>2.5</sub> and visibility under various meteorological conditions from a whole year measurement, and provide data for further detailed studies to understand the mechanisms of optical properties of PM<sub>2.5</sub>.

**Key words:** Fine particles (PM<sub>2.5</sub>), Visibility, Quantitative relation.