

文章编号: 1674 - 6139 (2009) 09 - 0029 - 06

# 南京地区 $PM_{2.5}$ 污染特征及其影响因素分析

魏玉香<sup>1</sup>, 银燕<sup>2</sup>, 杨卫芬<sup>2</sup>, 芮冬梅<sup>1</sup>, 杭维琦<sup>1</sup>

(1. 南京市环境监测中心站, 江苏 南京 210013; 2. 南京信息工程大学 中国气象局大气物理与大气环境重点开放实验室, 江苏 南京 210044)

**摘要:** 文章利用 2007 年南京市草场门和迈皋桥采样点的  $PM_{2.5}$  在线监测资料研究了南京地区  $PM_{2.5}$  浓度的时空变化特征。对  $PM_{2.5}$  质量浓度进行了月季变化、日变化特征分析。并利用同时期气象资料分析了  $PM_{2.5}$  浓度与气象条件的关系。结果表明, 南京市细颗粒物污染较严重, 草场门采样点各月超标率均在 55% 以上, 年超标率达 72%; 2 采样点各季节霾天气下  $PM_{2.5}$  质量浓度均大于非霾日下浓度均值, 不管是霾天气还是非霾天气下, 草场门采样点各季节  $PM_{2.5}$  质量浓度均高于迈皋桥采样点 (除秋季非霾天气)。2007 年南京市  $PM_{2.5}$  质量浓度呈现出春冬季节较高、夏秋季节较低的特点; 日变化呈双峰分布。对  $PM_{2.5}$  质量浓度与水平能见度的相关性研究表明, 南京市大气能见度与细粒子质量浓度呈现很好的负相关性, 相关系数高达 0.98。草场门采样点霾天气下平均能见度水平仅 5.2 km, 最高能见度为 13 km, 最低为 1.7 km。

**关键词:**  $PM_{2.5}$ ; 霾; 气象因子; 能见度

**中图分类号:** X51

**文献标识码:** A

## Analysis of the Pollution Characteristics & Influence Factors of $PM_{2.5}$ in Nanjing Area

Wei Yuxiang<sup>1</sup>, Yin Yan<sup>2</sup>, Yang Weifen<sup>2</sup>, Rui Dongmei<sup>1</sup>, Hang Weiqi<sup>1</sup>

(1. Nanjing Environment Monitoring Centre Station, Nanjing 210013, China;

2. Key Open Laboratory for Atmospheric Physics & Environment of China Meteorological Administration, Nanjing Information Engineering University, Nanjing 210044, China)

**Abstract:** The article has researched the time and space changes characteristics of  $PM_{2.5}$  density in Nanjing area by 2007 on-line monitoring material at Caochangmen & Maigaoqiao sampling spots. It analysed monthly change, daily change of  $PM_{2.5}$  density & analysed the relationship between  $PM_{2.5}$  & weather condition by similtaneous meteorological data. The results showed that Nanjing fine granule waste poluts seriously, the excessive rate at Caochangmen is 55% each month, the annul excessive rate has reched 72%; 2 sampling spots  $PM_{2.5}$  density under hazy days is larger than the average value of non-hazy days. However it is hazy day or non-hazy day, the  $PM_{2.5}$  quality density at various Caochangmen sampling spots is larger than that at Maigaoqiao sampling spot (except non-hazy days in autumn). 2007 Nanjing  $PM_{2.5}$  quality density appears compatively high in Spring & Winter, comparatively low in Autumn & Summer. Daily change appears double peaks diagram. The research on relativity of  $PM_{2.5}$  quality density & level visiblity shows that atmospheric visibility and fine granule exists sound negative relativity, the index of relativity has reached 0.98. The average visibility under hazy days at Caochangmen is 5.2 km, highest 13 km, lowest 1.7 km.

**Key words:**  $PM_{2.5}$ ; haze; weather condition; visibility

随着经济的快速发展, 城市化水平的不断提高, 城市大气环境问题也日益突出。南京作为长三角地区的中心城市之一, 细颗粒物污染问题已引起越来越

越多的关注<sup>[1-2]</sup>。研究表明, 由于  $PM_{2.5}$  粒径小、比表面积大, 它易于富集空气中的有毒有害物质, 并可以进入人体的下呼吸道, 沉积在肺部, 甚至穿过肺泡进入血液<sup>[3-4]</sup>, 所以对人体特别是对处于肺功能生长发育的儿童有严重的危害<sup>[5]</sup>。国内外大量流行病学研究资料显示, 细颗粒物的浓度上升与疾病的发病率、死亡率关系密切<sup>[6-8]</sup>。此外,  $PM_{2.5}$  还能使大气能见度降低<sup>[9-11]</sup>, 影响全球气候变化。

收稿日期: 2009 - 03 - 27

基金项目: 南京市环保局科技项目 (200609); 南京市建委科技项目 (200611J)

作者简介: 魏玉香 (1971 - ), 女, 高级工程师, 主要从事环境监测工作。

近年来,南京等中国大城市霾污染现象越来越严重,而霾天气的发生与  $PM_{2.5}$  污染密切相关<sup>[12-13]</sup>。与中国其他地区相比,研究者们对南京地区  $PM_{2.5}$  的污染特征的研究仅限于较短时间的研究,且研究时间比较分散<sup>[1-2]</sup>,对于霾天气下  $PM_{2.5}$  的污染特征的研究也未见报道。因此,本文以  $PM_{2.5}$  为研究对象,分不同采样点对  $PM_{2.5}$  进行为期一年的连续采样,使对南京市的细颗粒物污染进行连续性研究成为可

能。

### 1 样品的采集

利用美国 RP 公司生产的 TEOM1400a 颗粒物测尘仪在线监测  $PM_{2.5}$  的质量浓度。本研究监测点为南京市 2 个大气监测国控点,监测点信息见表 1。文中取 2 个观测点的监测数据均值代表南京市  $PM_{2.5}$  污染水平。

表 1 监测点信息

点位名称	点位具体地址	地理位置	点位功能区类别	点位采样相对高度(米)	点位覆盖面积(平方公里)	点位覆盖人口(万)
草场门	南京市环境监测中心站楼顶	市中心	文化区	23	20	28
迈皋桥	迈皋桥职业中学教学楼顶	市区北部	特定工业区	20	30	18

本研究收集了 2007 年 1 月 - 12 月的  $PM_{2.5}$  质量浓度,其中迈皋桥采样点数据为 2 月至 12 月,各采样点每天每小时一组数据。霾的天气现象均以气象局观测员的记录为准,当日每 3 小时地面观测只要出现一次(或一次以上)就记为一个霾日。采样期间约有 130 d 为霾天,占总采样天数的 1/3 以上。

2007 年南京市环境大气中  $PM_{2.5}$  整体污染水平较高,月均值均在  $0.075 \text{ mg/m}^3$  以上,年均值达  $0.093 \text{ mg/m}^3$ ,低于黄鹂鸣等人<sup>[11]</sup>和樊署先等人<sup>[14]</sup>在南京的采样结果 ( $0.196 \text{ mg/m}^3$ 、 $0.124 \text{ mg/m}^3$ )。从图 1 可以看到,草场门采样点各季节  $PM_{2.5}$  质量浓度均高于迈皋桥采样点的浓度,且 2 个采样点的  $PM_{2.5}$  质量浓度均表现为冬春季节较高,夏秋季节较低的污染特征,这与黄鹂鸣等<sup>[11]</sup>2001 年对南京市的研究得出的秋季污染水平低于冬春两季的结果是一致的。由于冬春季节风速大于夏秋季节,导致地面扬尘增加,细颗粒物浓度升高。秋季秋高气爽,大气扩散条件好,初秋繁茂的植被对颗粒物有良好的吸纳作用。而且冬春季节温度较低,大气层结较稳定,易出现辐射逆温现象,这些都不利于  $PM_{2.5}$  迅速的扩散迁移,使其浓度发生积累而增大。

## 2 结果与讨论

### 2.1 $PM_{2.5}$ 质量浓度的季节变化特征

本研究取 2007 年 3 月 - 5 月,6 月 - 8 月,9 月 - 11 月分别代表春季,夏季,秋季,并取 2007 年 12 月、1 月、2 月代表冬季。采用每个月所有有效观测数据的日平均值作为  $PM_{2.5}$  质量浓度值。观测期间  $PM_{2.5}$  质量浓度的季节变化如图 1 所示。

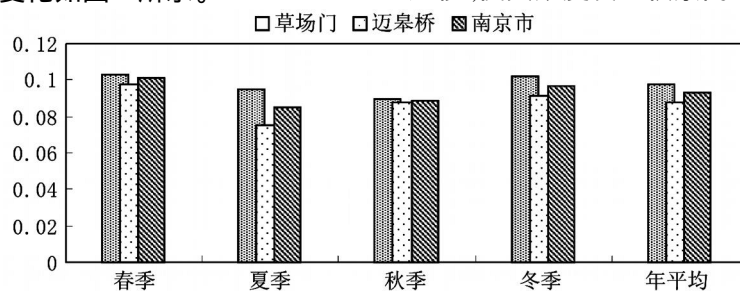


图 1 南京市 2007 年 2 个采样点  $PM_{2.5}$  质量浓度 (mg/m<sup>3</sup>)

对  $PM_{2.5}$  的统计结果表明,5 月份平均质量浓度最高,2 个采样点分别达到了  $0.143 \text{ mg/m}^3$  和  $0.126 \text{ mg/m}^3$ 。据南京市空气质量报告,该月有 12 天空气质量状况达到轻微污染以上,其中 5 月 26 日和 5 月 30 日达到轻度污染,空气质量为全年最差。地面常规气象资料显示,该月灰霾日数高达 14 d,尤其在 5 月底,灰霾日持续 6 日之久。由于每年的 5 月下旬到 6 月上旬是中国冬小麦收获时期。农民对秸秆进

行焚烧向大气排放大量空气污染物,使得空气质量遭遇突变。据气象卫星监测作物秸秆焚烧信息,2007 年 5 月底,安徽、河南、江苏等省出现大量的秸秆焚烧火点。南京位于江苏省西南部位,西临安徽与河南两省,空气质量受秸秆焚烧影响较大,这与  $PM_{2.5}$  质量浓度高值有很大关系。

而且南京城三面环山,在 2007 年 5 月 25 日至 5 月 30 日期间,南京城处于微风的状态并且被低气压

所控制,不利大气扩散,此时周边农村焚烧秸秆,在气候和焚烧秸秆的双重影响下,产生灰霾天气,造成较重的细颗粒物污染,资料显示该期间  $PM_{2.5}$  平均质量浓度达到  $0.254 \text{ mg/m}^3$ 。

由于中国目前尚未颁布  $PM_{2.5}$  标准,故以美国大气质量  $PM_{2.5}$  标准 ( $PM_{2.5}$  年平均值不大于  $0.015 \text{ mg/m}^3$ , 日平均值不大于  $0.065 \text{ mg/m}^3$ ) 为依据,计算  $PM_{2.5}$  超标率。2007 年草场门采样点各月超标率均在 55% 以上,年超标率达 72%。其中 5 月份超标率达到 97%,为全年最高,  $PM_{2.5}$  污染最重。超标倍数最大在 5、6 月份,分别达到 4.8 和 5.1 倍。

### 2.2 $PM_{2.5}$ 质量浓度的日变化特征

本文将监测期间  $PM_{2.5}$  各时刻质量浓度作算术平均,统计了 2 个监测点不同季节  $PM_{2.5}$  的质量浓度

日变化曲线。如图 2 所示,可见  $PM_{2.5}$  质量浓度随时间推移呈峰谷型变化,且夜间大部分浓度均高于白天。除冬季草场门站点第一峰值出现在早上十点左右以外,其他季节的第一峰值均出现在上午七八点左右,这可能是由于冬季人类活动开始较晚所致。所有季节一天中最低浓度值均在下午二点左右,草场门监测点的最低浓度值大小为冬季 > 夏季 > 秋季,浓度值分别为  $0.077 \text{ mg/m}^3$ ,  $0.075$ ,  $0.058 \text{ mg/m}^3$ 。夜间还存在一个高值区,这是因为傍晚以后,湍流活动减弱,同时出现交通高峰,且大气趋于稳定,稳定的气层使白天排放的颗粒物聚集在大气之中,不易扩散,因而  $PM_{2.5}$  质量浓度又开始上升,在夜间出现了全天第二个峰值。

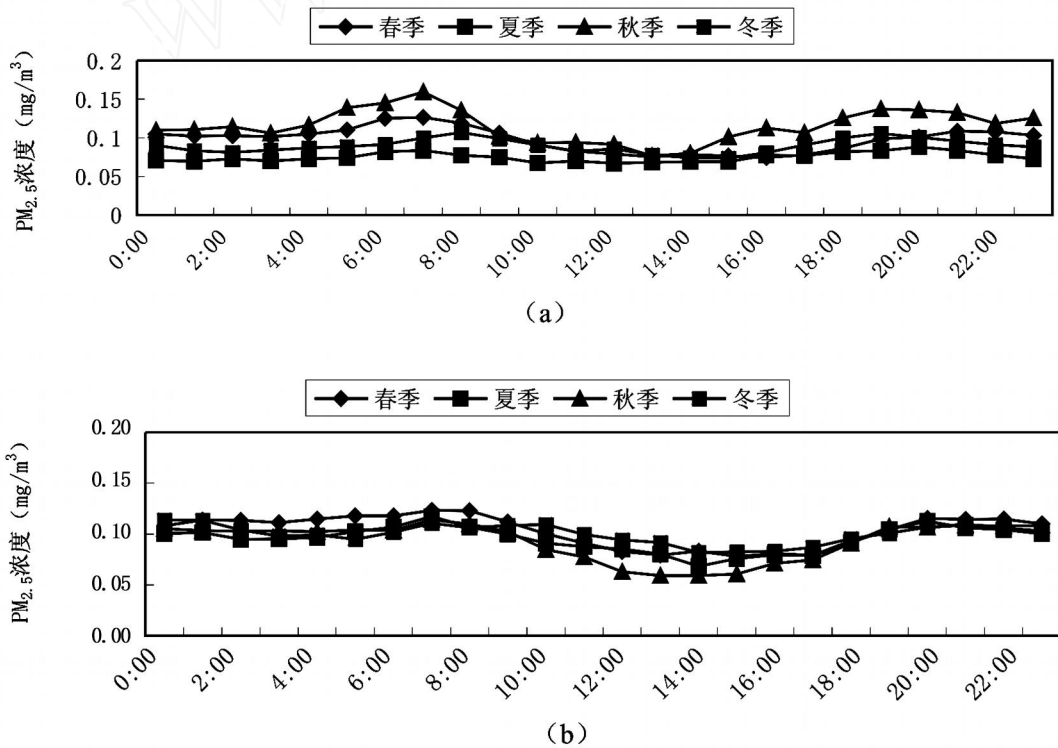


图 2 迈皋桥 (a) 和草场门 (b) 监测点  $PM_{2.5}$  质量浓度日变化特征

综上所述,两个高峰分别出现在上午和夜间,这与于建华、谈荣华<sup>[15-16]</sup>等人的研究结果一致。这主要与人为活动、污染物排放以及气象条件有关。上午和夜间大气层结较稳定,垂直方向湍流输送较弱,使  $PM_{2.5}$  在近地面堆积而出现浓度峰值。日出以后人类活动增加,  $PM_{2.5}$  的排放量开始增加,另外太阳刚刚升起大气层结还十分稳定,  $PM_{2.5}$  不易扩散,因而早上 8 点左右一般都会出现全天第一个峰值,之后随着气温升高,太阳辐射增强,大气稳定度减弱,

湍流运动增强,有利于污染物扩散迁移,使得  $PM_{2.5}$  浓度开始下降,导致下午二点左右出现一次低谷。

### 2.3 灰霾天气下 $PM_{2.5}$ 污染特征

由图 3 可见,2 监测点各季节霾天气下  $PM_{2.5}$  质量浓度均大于非霾日下浓度均值,不管是霾天气还是非霾天气下,草场门监测点各季节  $PM_{2.5}$  质量浓度均高于迈皋桥监测点(除秋季非霾天气)。尤其是夏季霾天气条件下,相差较明显。原因可能是草场门点受机动车尾气影响较大。

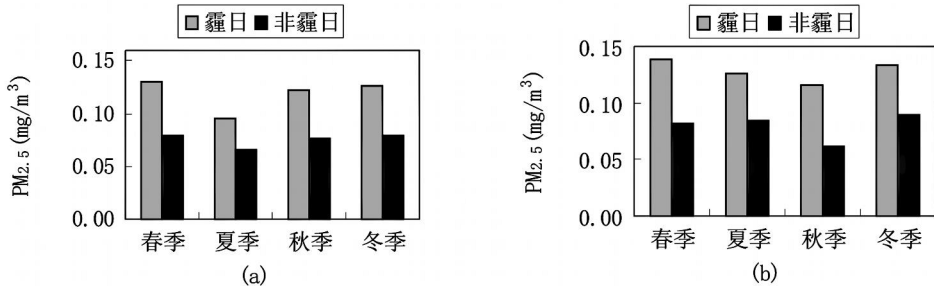


图 3 南京市迈皋桥  
(a)和草场门 (b)监测点 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度季节变化特征

2.4 南京市区 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度特征与气象条件的关系

细颗粒物 PM<sub>2.5</sub> 的化学组成及来源非常复杂,在空气中的质量浓度除了受到源排放、受体点与污染源的距离影响外,还与气象条件密切相关。因而,同一时间不同地区、同一地区不同时间空气中 PM<sub>2.5</sub> 的质量浓度可能会有很大的差异,文章对草场门采样点的 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度与风速、风向、能见度等气象条件的关系作了一些研究,研究结果如下:

2.4.1 降水对 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度的影响

据研究,降水能减少空气中可吸入颗粒物的浓

度,并能使降水后一段时间内空气中可吸入颗粒物浓度保持在较低水平<sup>[17]</sup>。2007 年南京夏季降水量最大,达 716.3 mm,最少为秋季,降水量为 72.3 mm,冬春两季分别为 209.7 mm 和 172.0 mm。冬季降雨日数为 26 d,仅次于夏季的 32 d,春秋分别为 14 d 和 19 d (按有效数据天数计算),这使得夏季对颗粒物湿沉降作用强烈,空气相对清洁,冬季颗粒物则有更长的时间在空中积蓄,造成颗粒物浓度的季节差异。由于降水的清洁作用,降水日的污染物浓度始终低于非降水日 (见表 2)。

表 2 2007 年南京市各季节降水日与非降水日 PM<sub>2.5</sub> 浓度比较

污染物	春季		夏季		秋季		冬季	
	降水	非降水	降水	非降水	降水	非降水	降水	非降水
PM <sub>2.5</sub>	0.081	0.110	0.079	0.104	0.062	0.096	0.085	0.109

2.4.2 地面风速、风向对 PM<sub>2.5</sub> 的影响

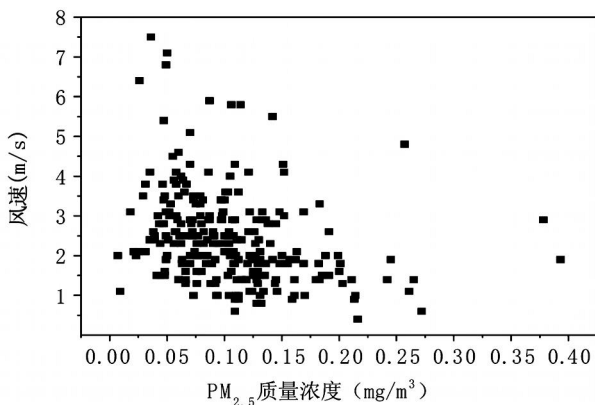


图 4 PM<sub>2.5</sub> 日均质量浓度与日均风速大小散点图

图 4 给出了全部 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度资料与对应风速的观测资料的统计关系 (不包括降水天气),从图中可以看出两者具有负相关性。当风速较小时,PM<sub>2.5</sub> 质量浓度变化不大;当风速较大时,质量浓度迅速下降。统计结果表明,静小风时 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度值最高,为 0.150 mg/m<sup>3</sup> 左右;当风力达 12 级以上时,PM<sub>2.5</sub> 质量浓度仅为 0.034 mg/m<sup>3</sup>。

在分析南京市区 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度污染特征时,注意到地面风向为偏南风时往往伴随着高质量浓度 PM<sub>2.5</sub> 的出现,而偏北风时 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度往往较低。分析可知,PM<sub>2.5</sub> 质量浓度的分布特征与偏南风的出现频率有十分相似的趋势。全年各月份偏南风频率最高出现在 5 月份,与 PM<sub>2.5</sub> 最高浓度值的出现月份一致。5 月以后,偏南风频率降低,到 9 月时频率最低,而此时 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度值也最低,进入秋季以后,偏南风频率升高,PM<sub>2.5</sub> 质量浓度也呈上升趋势,说明南京市区 PM<sub>2.5</sub> 浓度与局地气候有着内在的联系。

为了进一步了解地面风向对 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度的影响,本文剔除了降水天气时段,在同一风速下对风向和 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度做了统计,结果见表 3。统计结果表明,PM<sub>2.5</sub> 在东南方位 (此处指 ESE 和 SSE 风向) 质量浓度最高,当风速 WS = 1 m/s 和 4 m/s 时,分别达 0.136 mg/m<sup>3</sup> 和 0.098 mg/m<sup>3</sup>;此外,东北方位 (此处指 NNE 和 ENE 风向) 浓度比西北方位稍低,不同风速下 PM<sub>2.5</sub> 平均质量浓度为 0.116 mg/m<sup>3</sup> 和 0.061 mg/m<sup>3</sup> 左右。其中东南方位偏东风向 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度值相对更高,这可能与南京地理位置及细粒子的远距离传输有关。

表 3 不同风向对 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度影响

风速 (m/s)	风向 (C = 146)											
	N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW
WS=1	97	119	114	143	142	129	106	150	118	152	116	124
WS=4	93	46	76	63	101	94	80	113	52	97	72	55

(注: WS 为风速大小, C 为静风。)

研究表明, PM<sub>2.5</sub> 在连续几日偏南风的情况下浓度都有较明显上升, 反之, 在连续几日偏北风的情况下浓度值略有下降。

### 2.4.3 逆温层对霾与 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度的影响

逆温层为雾霾现象发生的一个主要影响因子, 霾天气发生时一般均有逆温现象发生。一般逆温层厚度越大, 强度越强, 污染物越难扩散, PM<sub>2.5</sub> 质量浓度也越高。如 11 月 19 日和 11 月 29 日, 这两日的平均温度、相对湿度、风速、气压分别为 7.5、71.3%、1.5 m/s、1 026.4 hPa 和 5.7、71.0%、1.1 m/s、1 025.0 hPa, 可认为处于同一水平。资料显示, 这两日均为接地逆温层, 其中 19 日逆温层厚度为 256 m。29 日逆温厚度虽然仅 200 m, 但当日逆温强度达到 2.3 /100 m, 而 19 日逆温强度远小于 29 日 (0.005 /100 m), 因此 11 月 29 日霾污染较重, 一天中 8 个观测时刻均为雾霾天气, 研究表明该日能见度仅 4.2 km, 低于 19 日能见度水平 (9.5 km), PM<sub>2.5</sub> 质量浓度达 0.134 mg/m<sup>3</sup>, 远大于 19 日的浓度值 (0.048 mg/m<sup>3</sup>)。

为了研究逆温厚度和逆温层高度的影响, 将 11 月 23 日与 11 月 12 日的观测结果相比。11 月 12 日湿度较 23 日偏小, 风速偏大, 逆温层厚度为 220 m, 强度为 1.6 /100 m, 略低于 23 日 (2.1 /100 m), 但逆温层厚度较大 (23 日为 65 m), 该日 PM<sub>2.5</sub> 浓度值较高, 达到 0.137 mg/m<sup>3</sup>, 而 23 日为 0.112 mg/m<sup>3</sup>。由此说明在一定气象背景下, 近地面逆温层厚度越大、强度越强, 霾污染越重, PM<sub>2.5</sub> 质量浓度也越高。

### 2.5 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度对大气能见度水平的影响

研究表明, 大气能见度与细颗粒物浓度之间具有较好的相关性<sup>[9-11]</sup>。本文剔除降水和沙尘天气发生时段的数据后, 对草场门监测点的 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度与能见度的相关性进行分析。能见度数据取自地面常规气象资料。

由图 5 可见, 不同能见度水平条件下环境空气中 PM<sub>2.5</sub> 的质量浓度不同, 随着 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度上升, 能见度水平呈下降趋势。当 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度值较高时, 能见度可低至 1 km 以下; 随着 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度均逐步下降, 能见度呈上升趋势, 当 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度均值降至 0.07 mg/m<sup>3</sup> 以下时, 能见度可升至 12 km

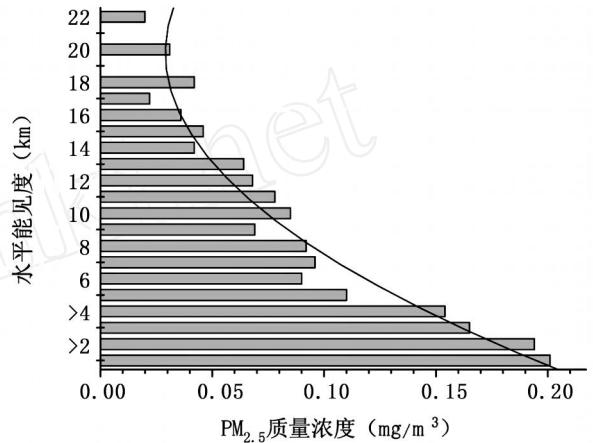


图 5 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度与水平能见度的关系

左右; 而当 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度值降至 0.04 mg/m<sup>3</sup> 以下时, 能见度较好, 可达 20 km 以上。

对 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度与水平能见度的相关性研究表明, 南京市大气能见度与细粒子质量浓度呈现很好的负相关性, PM<sub>2.5</sub> 与大气能见度线性相关系数高达 0.98。

研究表明, 雾霾天气发生时, 能见度水平较低。浓雾天气时, 能见度可低至 0.5 km 以下。如 2007 年 12 月 18 日, 南京地区发生大雾天气, 该日 08 时能见度仅 0.2 km, 为全年最低。对能见度的研究表明, 灰霾天气下水平能见度远小于正常天气下的能见度, 霾天气下平均能见度水平仅为 5.2 km, 最高能见度为 13 km, 最低为 1.7 km; 而正常天气下能见度可达 22 km。

## 3 结论

3.1 2007 年南京市环境大气中 PM<sub>2.5</sub> 污染水平较高, 年均值达 0.093 mg/m<sup>3</sup>; 2 监测点的 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度均表现为冬春季节较高, 夏秋季节相对较低的污染特征。PM<sub>2.5</sub> 质量浓度随时间推移呈峰谷型变化, 且夜间大部分浓度均高于白天, 两个高峰分别出现在上午和夜间。

3.2 草场门监测点各季节 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度均高于迈皋桥监测点的浓度, 年超标率达 72%; 2 监测点各季节霾天气下 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度均大于非霾日下浓度均值, 不管是霾天气还是非霾天气下, 草场门监测点

各季节  $PM_{2.5}$  质量浓度均高于迈皋桥监测点 (除秋季非霾天气)。

3.3 南京市风速与细粒子  $PM_{2.5}$  质量浓度呈负相关,  $PM_{2.5}$  受地面风向的影响明显, 东南方位偏东风向  $PM_{2.5}$  质量浓度最高; 东北方位  $PM_{2.5}$  质量浓度较低。

3.4 降水有利于细粒子的清除; 逆温较强时,  $PM_{2.5}$  质量浓度较高。

3.5 南京市大气能见度与细粒子质量浓度呈现很好的负相关性,  $PM_{2.5}$  与大气能见度线性相关系数高达 0.98; 灰霾天气下平均能见度水平仅为 5.2 km, 最高能见度为 13 km, 最低为 1.7 km, 而正常天气下能见度最高可达 22 km。

#### 参考文献:

[1] 黄鹂鸣, 王格慧, 王荟, 等. 南京市空气中颗粒物  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  污染水平 [J]. 中国环境科学, 2002, 22 (4): 334 - 337.

[2] 王荟, 王格慧, 黄鹂鸣, 等. 南京市大气中  $PM_{10}$ 、 $PM_{2.5}$  日污染特征 [J]. 重庆环境科学, 2003, 25 (5): 54 - 56.

[3] 闫向阳, 杜刚. 沈阳市环境空气颗粒物分布特征及重金属污染状况分析 [J]. 环境保护科学, 2007, (33): 20 - 22.

[4] 魏复盛, 滕恩江, 吴国平, 等. 我国 4 个大城市空气  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$  污染及其化学组成 [J]. 中国环境检测, 2001, (17): 1 - 6.

[5] 曹守仁, 陈秉衡, 洪传洁. 煤烟污染与健康 [M]. 1992 北京: 中国环境科学出版社.

[6] 魏复盛, 滕恩江. 空气污染与儿童肺功能指标的相关分析 [J]. 中国环境科学, 2001, 21 (5): 385 - 389.

[7] Victor H B, Borjab A, Margarita C, et al Mortality and Ambient Fine Particles in Southwest Mexico City, 1993 - 1995 [J]. Environmental Health Perspective, 1998, 106 (12): 849 - 854.

[8] Homberg C, Maciuleviciute L, Seemayer N H, et al Induction of Sister Chromatid Exchanges (SCE) in Human Tracheal Epithelial Cells by the Fractions  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  of Airborne Particulate [J]. Toxicology Letter, 1998, 96 - 97: 215 - 220.

[9] 宋宇, 唐孝炎, 方晨, 等. 北京市能见度下降与颗粒物污染的关系 [J]. 环境科学学报, 2003, 23 (4): 468 - 471.

[10] 董雪玲. 大气可吸入颗粒物对环境和人体健康的危害 [J]. 资源产业, 2004, 6 (5): 50 - 53.

[11] Sbane C S, White S, Warren H. Visibility: An Evolving Issue [J]. Environmental Science and Technology, 1986, 20 (8): 760 - 766.

[12] 刘攸弘. 广州城市灰霾的出现及其警示 [J]. 广州环境科学, 2004, 19 (2): 12 - 14.

[13] 段菁春, 毕新慧, 谭吉华, 等. 广州灰霾期大气颗粒物中多环芳烃粒径的分布 [J]. 中国环境科学, 2006, 26 (1): 6 - 10.

[14] 樊曙先, 樊建凌, 郑有飞, 等. 南京市市区与郊区大气  $PM_{2.5}$  中元素含量的对比 [J]. 中国环境科学, 2005, 25 (2): 146 - 150.

[15] 于建华, 虞统, 魏强, 等. 北京地区  $PM_{10}$  和  $PM_{2.5}$  质量浓度变化特征 [J]. 环境学研究, 2004, 17 (1): 45 - 47.

[16] 谈荣华, 张元茂, 郑叶飞, 等. 上海市城区典型居民住宅区  $PM_{2.5}$  的污染状况分析 [J]. 环境与职业医学, 2004, 21 (3): 226 - 229.

[17] 尹振东. 气象条件对可吸入颗粒物浓度的影响 [J]. 环境科学与管理, 2005, 30 (3): 46 - 47.

(上接第 145 页)

现象发生, 使划分工作更加合理、客观化。

## 4 结语

重要生态功能保护区的划分, 是一项功在当代、利在千秋的工作, 是加强生态环境保护、落实科学发展观的重要体现。正确划分重要生态功能保护区, 才能明确全省经济发展的生态底线, 合理规划全省土地的利用和保护, 引导产业结构合理布局。目前, 全省已基本实现重要生态功能保护区的划分和定界工作, 下一步的工作重点应对存在问题进行梳理, 修

改完善后报省政府批准, 出台管理办法, 从而真正发挥重要功能保护区对社会经济和生态环境协调发展的重要作用。

#### 参考文献:

[1] 燕守广, 沈渭寿, 江峰琴. 江苏省重要生态功能保护区的分类及建立方法 [J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23 (1): 16 - 18, 47.

[2] 冯效毅, 刘晓博, 刘春阳. 重要生态功能区划方法研究 - 以南京市为例 [J]. 污染防治技术, 2006, 19 (5): 11 - 14.