

银燕,陈晨,陈魁,等. 黄山大气气溶胶微观特性的观测研究 [J]. 大气科学学报, 2010, 33 (2): 129-136

Yin Yan, Chen Chen, Chen Kui, et al An observational study of the Microphysical Properties of atmospheric aerosol at Mt Huang [J]. Trans Atmos Sci, 2010, 33 (2): 129-136

黄山大气气溶胶微观特性的观测研究

银燕,陈晨,陈魁,安俊琳,王巍巍,林振毅,严家德,王静

(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:根据 2008 年 4—7 月黄山大气气溶胶观测资料,研究了气溶胶粒子的数浓度、谱分布特征及其与气象因子的关系,探讨了雾天和非雾天气溶胶颗粒物时间和尺度分布特点。分析发现,黄山光明顶春、夏季大气气溶胶数浓度的平均值分别为 3.14×10^3 个 / cm^3 和 1.80×10^3 个 / cm^3 ,其中超细粒子(粒径小于 $0.1 \mu\text{m}$ 的粒子)在春夏季分别约占总粒子数浓度的 79% 和 68%;高数浓度值集中在粒径 $0.04 \sim 0.12 \mu\text{m}$;积聚模态气溶胶粒子 ($0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$) 在体积浓度分布和表面积分布中占很大比例。结合气象资料比较了雾天与非雾天气溶胶分布的差异,发现细粒子浓度非雾天大于雾天,而气溶胶数浓度与温度呈正相关,与相对湿度成反相关。结果还发现,黄山在春季以西北风和偏南风为主,西北风时气溶胶数浓度较高,在夏季主要以偏南风,特别是西南风为主,但是气溶胶数浓度的高值多发生在偏东风的条件下。

关键词:黄山;大气气溶胶;数浓度;谱分布;气象因子

中图分类号: P402 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-7097 (2010) 02-0129-08

An Observational Study of the Microphysical Properties of Atmospheric Aerosol at Mt Huang

YIN Yan, CHEN Chen, CHEN Kui, AN Jun-lin, WANG Wei-wei, LIN Zhen-yi,
YAN Jia-de, WANG Jing

(Key Laboratory for Atmospheric Physics and Environment of China Meteorological Administration, NUIST, Nanjing 210044, China)

Abstract: Based on observational data of atmospheric aerosol from April to July 2008 at the top of Mt Huang, the characteristics of aerosol particles such as number concentration, size distribution and its relationship with meteorological factors were analyzed and a comparison was made between cloudy/foggy and clear weather conditions. The results show that the mean number concentration reaches $3.14 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$ in spring, and $1.80 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}$ in summer, respectively, and ultra fine particles (smaller than $0.1 \mu\text{m}$ in diameter) account for 79% and 68%, respectively, in the total number concentration in spring and summer. It is also shown that the size distribution of aerosol particles all appear as a single mode spectrum in spring and summer, with the peak value concentrating at particle sizes of $0.04 \sim 0.12 \mu\text{m}$ and that the accumulation mode particles ($0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ in diameter) dominate in the volume and surface distributions. It is found that the concentration of fine particles is higher under non-foggy weather conditions as compared with foggy periods and that particle concentration is positively correlated with the air temperature and negatively correlated with relative humidity. The results also show that while northwest and southerly winds dominate in spring, the particle concentration is highest when it is northwest. In summer, high particle concentration is observed when the wind blows from the east.

Key words: Mt Huang; atmospheric aerosol; number concentration; size distribution; meteorological factors

收稿日期: 2009-07-04; 改回日期: 2009-12-08

基金项目: 江苏省高等学校创新团队“大气成分变化及其环境、气候效应”; 江苏省“333 人才工程”计划; 国家重点研究发展计划项目 (2006CB403706)

作者简介: 银燕 (1962—), 男, 内蒙古丰镇人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为云降水物理学及大气气溶胶, yinyan@nuist.edu.cn

0 引言

气溶胶不仅可以通过吸收和散射太阳短波辐射和地气系统放出的长波辐射而直接影响气候,也可通过影响云的微观结构和降水而间接地影响气候。目前,气溶胶的间接辐射强迫效应是气候模拟和预测中最不确定的因子^[1]。随着我国工业化步伐的加快,人为排放气溶胶含量有逐年增加的趋势^[2]。认识和理解我国大气气溶胶的时空分布、谱分布和理化特性及其对我国云和降水以及区域气候的影响是亟待解决的科学问题。

研究气溶胶的气候效应必须充分细致地了解气溶胶粒子的谱分布和化学组成特性。近年来,国内外开展了一系列大气气溶胶的观测和分析。孙玉稳等^[3]分析了 1990 年秋季石家庄地区不同天气条件下飞机观测大气气溶胶的观测资料,认为逆温层和城市热岛效应对气溶胶浓度的分布有着重要影响。黄梦宇等^[4]结合气溶胶、云的探测资料对层状云进行分析,认为云下云滴数浓度和气溶胶之间存在正相关关系。Snider 等^[5]基于分析 ACE-2 试验的观测资料,认为相对湿度对气溶胶粒子的大小分布有影响。Mukai 等^[6]分析卫星 ADEOS/POLDER 获得的气溶胶、水汽和云的资料,认为气溶胶的数浓度与云滴半径成反比关系,通过观察卫星传回的全球照片,认为气溶胶的特性、云的微物理结构和水汽含量之间具有相关性,气溶胶在云凝结核的形成中扮演着重要角色。Rosenfeld^[7]结合飞机探测和卫星资料分析,认为污染气溶胶的增加,使云滴直径减小而抑制降水。牛彧文等^[8]、杨军等^[9]、延昊等^[10]、朱彬等^[11]和钱凌等^[12]则分别对我国不同地区大气气溶胶理化特性进行了观测分析,得到了一些有意义的结果。

黄山地处安徽省的南部山区,海拔高度达 1 840 m,与周围平原、丘陵形成强烈对比,黄山顶的大气环境受周围局地污染源的影响较小,因此,在黄山顶采集的样品更有区域代表性,分析探讨其气溶胶的浓度和粒径分布特征以及影响因素,是了解气溶胶对气候、大气能见度及人体健康影响的重要信息。对于评价大气污染现状,制定控制对策可提供一些科学支持。

1 资料与方法

1.1 实验仪器

使用近年引进的宽范围粒径谱仪 (WPS-wide

particle spectrometer model 1000XP) 观测气溶胶谱分布和数浓度。该仪器可以对空气动力学直径为 0.01 ~ 10 μm 的气溶胶颗粒进行自动计数和粒径分级,同时可以用于计算颗粒物的表面积和体积浓度。微分迁移率分析仪 (DMA) 和凝结核计数器 (CPC) 用来测量 0.01 ~ 0.5 μm 的气溶胶粒径分布特征,激光颗粒光谱仪 (LPS) 用来测量 0.35 ~ 10 μm 的气溶胶粒径分布特征。仪器的采样流量为: DMA 0.3 L / m in, LPS 0.70 L / m in。本观测中设定的时间分辨率为 7 m in,即在 7 m in 内仪器扫描 0.01 ~ 10 μm 粒径范围并测量出颗粒物个数。仪器在出厂前使用 NIST SRM 1691 和 SRM 1963 PSL 标准颗粒物 (平均直径为 0.269 μm 和 0.1007 μm) 对 DMA 进行标定。CPC 配有双蓄液池设计,用于防止样品空气中凝结水气对工作液体的污染。LPS 在标定中使用 NIST 标准颗粒物。仪器在观测期间对其进行定期检修和标定,以确保测量结果准确可靠。

1.2 采样地点与采样时间

黄山地处安徽省的南部山区,位于 30°10' N、118°09' E,地势呈东北、西南向,东与浙江省天目山相近,西南延伸至鄱阳盆地,西与江西省庐山遥接,北连九华山,是长江与钱塘江两大水系的分水岭,南北长约 40 km,东西宽约 30 km,面积约 1 205 km^2 ,其中精粹风景区 153 km^2 。由于受海拔高度、地理位置和相应大气环流的共同影响,黄山的气候特征既有华东北亚热带季风特点,又有山地气候垂直变化的特色。观测点设在黄山光明顶气象观测站 (海拔 1 840 m)。

观测时间为 2008 年春季 4 月 18 日—5 月 17 日、夏季 6 月 27 日—7 月 27 日,每天 24 h 进行测量。同时,使用自动气象站测量同步的气象要素资料,包括温度、压强、风速、风向、相对湿度 (RH) 等。

根据观测的实施情况,由于 WPS 适应的环境湿度为 0 ~ 90%、非冷凝,在有雾或者是小雨的情况下加了干燥剂,经数据处理后剔除了部分无效数据。本研究使用的资料是 54 个有效观测日的测量结果,共 11 016 组数据

2 结果与讨论

2.1 颗粒物粒径分布

大气气溶胶的形成、迁移、转化和清除过程及物理和化学性质,均与其粒径有着直接的关系。文中将空气动力学直径 10 nm 至 10 μm 范围内的大气细颗粒物分为 5 个粒径段,即 10 ~ 50 nm、50 ~ 100

nm、100 ~ 1 000 nm、1 ~ 2.5 μm 和 2.5 ~ 10 μm。粒径小于 100 nm 的超细颗粒物 (ultra fine particles)^[13], 主要是由污染气体经过复杂的多相大气化学反应转化而成, 或者由高温下排放的过饱和和气态物质冷凝而成。这部分粒子在大气中最不稳定, 而是很快通过碰并而长大, 或者成为云或雾滴的核, 其寿命通常不超过 1 h。文中体积浓度、表面积浓度是在球形粒子假定下计算的。

2.1.1 颗粒物数浓度分布特征

表 1 为观测期间春夏两季不同粒径范围颗粒物的数浓度。由表 1 可见, 在春季, 粒径为 0.01 ~ 0.05 μm、0.05 ~ 0.1 μm、0.1 ~ 1.0 μm 颗粒物的数浓度占总数浓度的比例分别为 47.8%、31.5%、20.9%, 其中 0.01 ~ 0.05 μm 粒子浓度最高, 1 ~ 2.5 μm 和 2.5 ~ 10 μm 粒径段粒子的数浓度和其他 3 个粒径段的数浓度相比小 3 个数量级以上。其中 0.01 ~ 0.1 μm 的超细粒子数浓度大约占 79%。

春季, 气溶胶数浓度的平均数浓度是 3 135 个 /cm³。

在夏季, 粒径为 0.01 ~ 0.05 μm、0.05 ~ 0.1 μm、0.1 ~ 1.0 μm 颗粒物的平均数浓度占总数浓度的比例分别为 33.8%、34.08%、32.09%, 3 个粒径范围的比例较均衡, 超细粒子数浓度所占的比例大概为 68%。粒径为 0.01 ~ 0.05 μm 的颗粒物比起春季占的比例要小 14%, 由于夏季黄山阴雨天、雾天较多, 0.01 ~ 0.05 μm 粒径范围内的气溶胶可以通过布朗运动并入水滴, 或者是通过吸湿长大成较大粒子。夏季的气溶胶数浓度平均值为 1 798 个 /cm³。

不管春季还是夏季, 超细粒子所占的比重都很大。Buzorius 等^[13]和 Peters 等^[14]认为, 衡量大气污染对人体的危害程度可能是数浓度, 而不是质量浓度。一些实验室研究^[15]也发现, 在相同的质量下, 细颗粒物对人体健康的影响更大。因此, 对超细颗粒物的浓度应引起更多关注。

表 1 春夏两季黄山观测的各粒径范围内气溶胶数浓度

						个 /cm ³
	粒径范围 /μm	平均值	最大值	最小值	标准偏差	平均值所占百分比 /%
春季	0.01 ~ 0.05	1 498	11 480	92.00	615.42	47.80
	0.05 ~ 0.1	987	3 940	78.00	114.04	31.50
	0.1 ~ 1.0	655	1 783	12.00	49.42	20.90
	1.0 ~ 2.5	0.23	1.04	0	0.03	0.009
	2.5 ~ 10	0.03	0.14	0	0	0.001
夏季	0.01 ~ 0.05	607	1 239	185	285	33.80
	0.05 ~ 0.1	612	636	332	76	34.08
	0.1 ~ 1.0	576	470	341	37	32.09
	1.0 ~ 2.5	0.32	0.47	0.22	0.06	0.03
	2.5 ~ 10	0.03	0.10	0.01	0.02	0.002

表 2 为黄山光明顶粒径为 0.3 ~ 10 μm 的可吸入颗粒物数浓度变化的相关统计数据。与 1988、1989 年^[16]的观测结果相比, 近 20 a 来, 黄山 0.3 ~ 10 μm 可吸入颗粒物数浓度没有明显增加。

表 2 大气气溶胶数浓度年变化特征的比较

				个 /cm ³
时间	平均值	最大值	最小值	
1988-09, 1989-05	131	638	9.4	
2008-04, 2008-05	135	605	14	

表 3 将本研究中的超细颗粒物 (d < 100 nm) 和 100 ~ 500 nm 颗粒物与泰山顶的观测结果进行了对比。可以看出, 黄山观测点的浓度小于泰山站。这

主要是因为黄山海拔较泰山高, 与地面相对高度差大, 与周围平原、丘陵形成强烈的对比, 山顶的大气环境受周围地面的污染源的影响较小, 而且黄山阴雨天、雾天较多, 春夏两季又是降水较多时期, 当出现降水天气时, 降水将大气中的污染物溶解或者冲刷下来, 使污染物浓度降低。

表 3 本研究结果与其他清洁地区研究结果比较

				个 /cm ³
研究地点	数浓度		文献出处	
	10 ~ 100 nm	100 ~ 500 nm		
泰山	5 193	1 419	高健 ^[17]	
黄山	2 485	563	本研究	

2.1.2 颗粒物数浓度谱分布特征及其季节变化

图 1 是大气细颗粒物平均数浓度谱分布。由图 1 可见,黄山春夏两季平均数浓度谱型相似,峰值集中在 $0.04 \sim 0.12 \mu\text{m}$ 的细粒子区,在此峰值区间,春季的数浓度大概是夏季的两倍;在 $0.5 \sim 0.7 \mu\text{m}$ 范围内还有较小的峰值,这主要是因为仪器的不同测量原理造成的。对比国内外其他地区以及泰山山顶大气气溶胶粒子数浓度谱分布(表 4)可知,德国两个地区数浓度谱的峰值相差不大,都出现在超细粒子段(小于 $0.1 \mu\text{m}$);我国城市峰值主要出现在积聚模态:南京的主峰是在超细粒子段;北京的峰值在 $0.1 \sim 0.45 \mu\text{m}$;比起泰山,黄山的峰值要偏向较大的粒子。由于在 $<2.5 \mu\text{m}$ 的粒子中,粒径在可见光波长范围($0.4 \sim 0.7 \mu\text{m}$)内的气溶胶粒子的消光作用最强,因此在影响大气能见度的粒子中,直径为 $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ (积聚模态)粒子占有重要的地位。

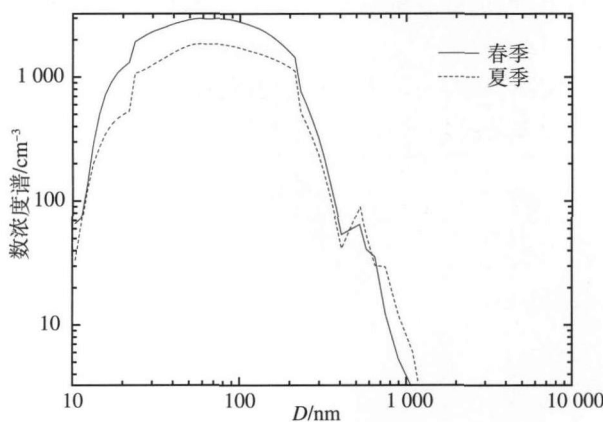


图 1 黄山春夏平均数浓度谱分布

Fig 1 The size distribution of mean number concentration in spring and summer

表 4 国内外部分地区大气气溶胶粒子数浓度谱分布

Table 4 The size distribution of mean number concentration in some areas at home and abroad μm

研究地点	第 1 峰值中心	第 2 峰值中心
德国 Erfurt 地区 ^[18]	0.016 ~ 0.025	0.158 ~ 0.251
德国 Munich 地区 ^[19]	0.016 ~ 0.025	0.052 ~ 0.080
南京 ^[20]	0.02 ~ 0.1	0.4 ~ 0.8
泰山 ^[17]	0.02 ~ 0.08	0.15 ~ 0.3
北京 ^[21]	0.1 ~ 0.45	—
黄山 ^(本研究)	0.04 ~ 0.12	—

2.1.3 颗粒物体积浓度分布特征

数浓度的分布很难反映尺度较大的粒子的分布特征。体积谱和质量谱之间只相差一个密度,实测的资料表明^[21]:一般情况下,气溶胶粒子的体积谱

和质量谱是相似的,可以近似反映粒子质量谱的变化规律和污染特征。

图 2 给出的是春夏两季各个粒径颗粒物体积浓度所占的百分比,在春季(图 2a),体积浓度主要分布在 $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 的积聚模态范围内(所占比例为 86%),特别是 $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 范围内(所占比例为 50.61%)。在夏季(图 2b),体积浓度仍然主要分布在 $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 的积聚模态范围内,所占比例同样是 86%,只是 $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 范围所占比例有所上升,占到了 62.22%,这主要是由于夏季相对湿度比较高,核模态更容易通过碰并、聚并、凝结、吸附而增大成积聚模态。

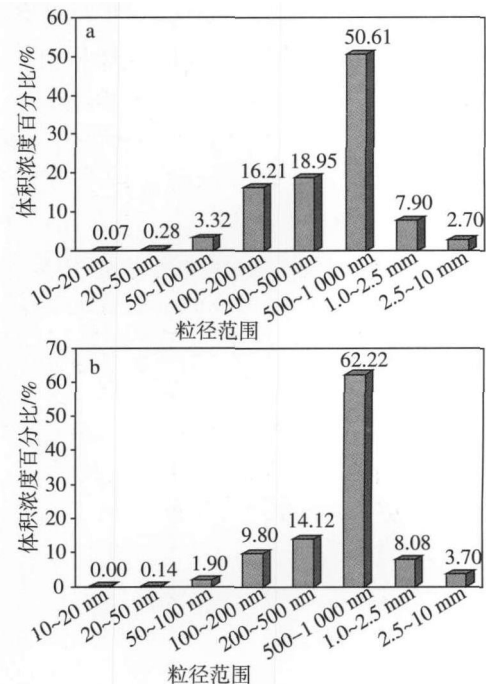


图 2 春季(a)、夏季(b)各粒径颗粒物体积浓度的百分比分布

Fig 2 The percentage of mean volume concentration of different sizes in (a) spring and (b) summer

2.2 颗粒物表面积浓度分布特征

气溶胶粒子的表面积浓度是大气异相化学反应的重要参数。图 3 给出的是各粒径颗粒物表面积浓度春季、夏季百分比分布。可见在 $10 \text{ nm} \sim 10 \mu\text{m}$ 的颗粒物,表面积浓度主要集中在 $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 的积聚模态范围内,在此粒径范围的颗粒物在春夏季各占总数的比例为 82%、86%。在春季, $100 \sim 200 \text{ nm}$ 粒径范围的颗粒物最多,占的比例为 33.7%,而在夏季则向较大的粒径范围转移, $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 粒径范围的颗粒物最多,占的比例为 41.41%。

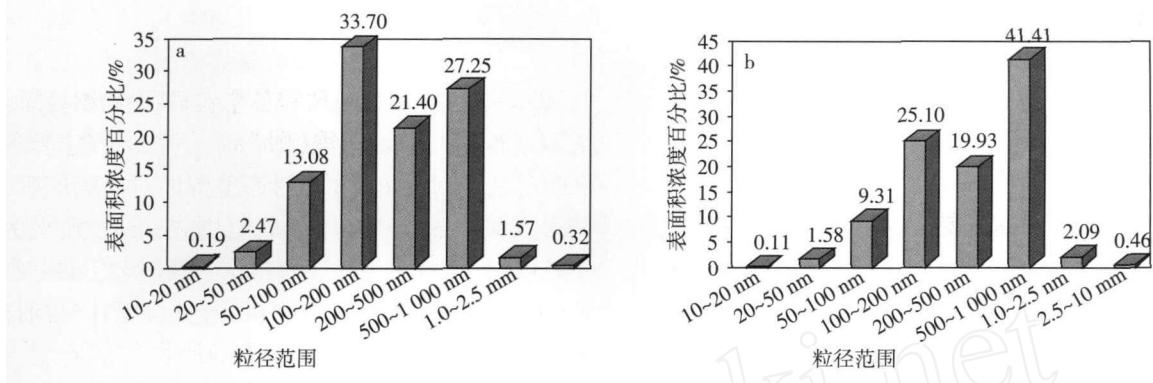


图 3 春季 (a)、夏季 (b) 各粒径颗粒物表面积浓度的百分比分布

Fig 3 The percentage of mean surface concentration of different sizes in (a) spring and (b) summer

从表 1、图 2 和图 3 可以看出,颗粒物数浓度在小粒径范围内,超细粒子所占的比重都很大;表面积浓度和体积浓度则主要集中在积聚核模态。春夏两季,夏季的值比起春季都向较大的粒径范围移动。这主要是因为夏季黄山受太平洋上空水汽含量大的暖气团的影响,阴雨天较多,加之云雾天亦较多,气溶胶细粒子可以作为雾滴的凝结核被核化清除,也可通过降水冲刷以及雾滴的湍流和碰并过程清除。同时,由于核模态的粒子是不稳定的,可以通过增长和聚合转化为积聚模态,是积聚模态的源^[22],这些都使得夏季的超细粒子明显小于春季,积聚模态粒子的表面积浓度和体积浓度则大于春季。

2.3 大气气溶胶日变化的季节特征

图 4 给出的是春季、夏季大气气溶胶数浓度日变化。由图可知,春夏两季数浓度均是下午大于上午,且春季的数浓度明显大于夏季。春季在 18 时达到最大值 4 500 个 / cm^3 ,在 7 时达到最小值 2 206 个 / cm^3 ;夏季在 18 时达到最大值 2 688 个 / cm^3 ,在 7 时达到最小值 1 456 个 / cm^3 。这与陈金荣等^[18]在 1988 和 1989 年在黄山观测结果不同。由于是高山站,远离排放源,虽然可以受到边界层污染气团输送的影响,但是由于排放源直接影响的可能性较小,主要受到边界层发展和山谷风的影响。日出后,山坡增热较快,温度高于山谷上方同高度的空气温度,水平温度梯度由山坡指向谷中,坡地上的暖空气不断上升,并从山坡流向谷地上方,谷底的空气则沿山坡向上补充流失的空气,故在山坡和山谷间产生热力环流,风由山谷吹向山坡。由于气溶胶粒子浓度随高度减少,使得低层浓度高的气溶胶粒子向上输送,对气溶胶有一定的积累作用,所以气溶胶浓度下午比上午高。到了晚上,山坡因辐射冷却,其降温速度比同高度的空气要快,冷空气沿坡地下流入山谷,形成一个

与白天相反的热力环流,风由山坡吹向山谷,气溶胶浓度降低。

由于粒子受相对湿度影响较大,其中细粒子最为显著,能够吸湿长大成较大的粒子,而在粗粒子段不显著;黄山在夏季是多雨多雾的季节,较大雾粒子可以通过湍流输送作用和重力沉降作用对气溶胶粒子有清除作用,同时雨水对粒子也有冲刷清洁作用,这些因素使得夏季的数浓度较小。

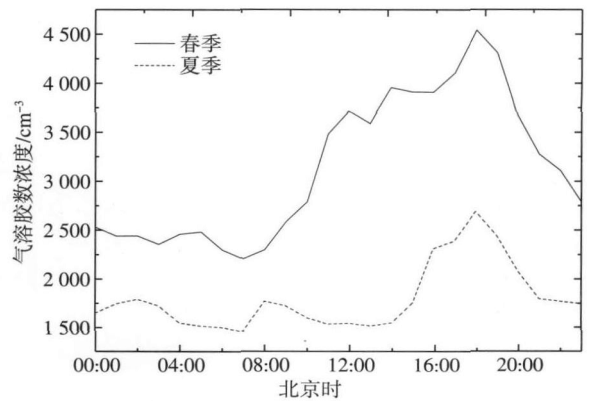


图 4 春季和夏季大气气溶胶数浓度的日变化

Fig 4 Diurnal variations of the particle number concentration in spring and summer

2.4 气溶胶浓度谱分布与气象条件的关系

2.4.1 雾天气溶胶粒子浓度谱分布特征

在观测期间,经常出现雾,根据自动气象站的记录,选取春季雾天与非雾天进行对比。图 5 给出了雾天、非雾天气溶胶粒子数浓度的谱分布,由图可以看出,雾天和非雾天的谱型相似,非雾天的细粒子浓度比雾天要多,即在 0.02 ~ 0.3 μm 范围内。在非雾天,数密度的最大值在 0.04 μm 达到最大值 2 973 个 / ($\text{cm}^3 \cdot \mu\text{m}$),而在雾天最大值只有 2 076 个 / ($\text{cm}^3 \cdot \mu\text{m}$)。说明雾滴对小粒子的清除作用,小粒

子也可以吸湿长大成较大粒径的粒子。也可能是非雾天太阳辐射较雾天强,由气粒转化机制生成的小粒子更多。

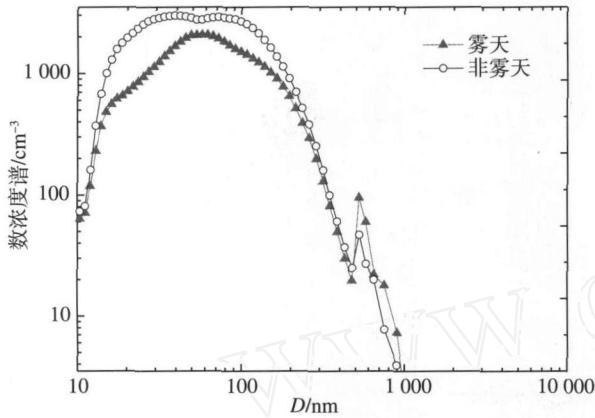


图 5 雾天、非雾天气溶胶粒子数浓度的谱分布

Fig 5 The mean number distribution in foggy and non-foggy weather

2.4.2 气溶胶数浓度与气象要素分析

在黄山观测点,剔除雾日和降水日资料,选取 4 月 24 日、25 日和 26 日来研究气溶胶和气象要素之间的关系。

(1) 风向和风速

图 6 给出了气溶胶数浓度与风速之间的时间序列,很明显可以看出,风向主要以西北风为主。在同一风向下气溶胶数浓度与风速呈负相关关系,风速较大时,气溶胶数浓度较小,风速较小时,气溶胶数浓度较大,风速较大时利于污染物的扩散。

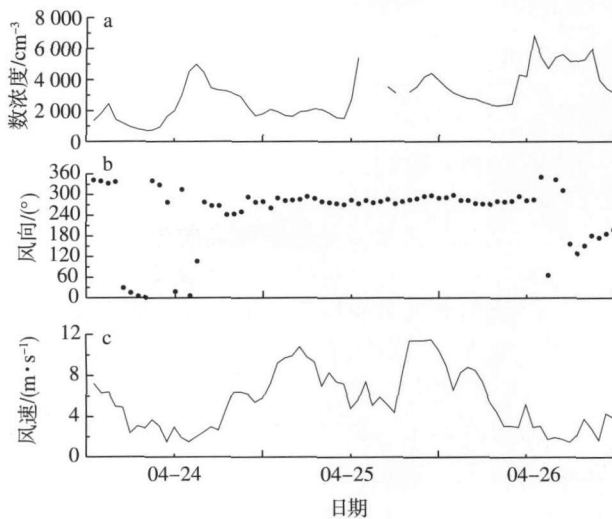


图 6 气溶胶小时平均数浓度 (a) 与风向 (b)、风速 (c) 的时间序列

Fig 6 The time series of (a) mean number distribution, (b) wind direction and (c) wind speed

(2) 温度与相对湿度

图 7 给出了气溶胶数浓度与温度和相对湿度的时间序列关系,可以看出气溶胶数浓度和温度呈显著的正相关,而和相对湿度成反相关。较高的温度和较低的相对湿度,这样的气象条件对超细颗粒物的形成和生长十分有利^[13],而且相对湿度增大到一定程度时,细粒子之间、细粒子与粗粒子之间相互碰撞、聚并,从而引起细粒子数目减少,总的气溶胶数浓度减少。

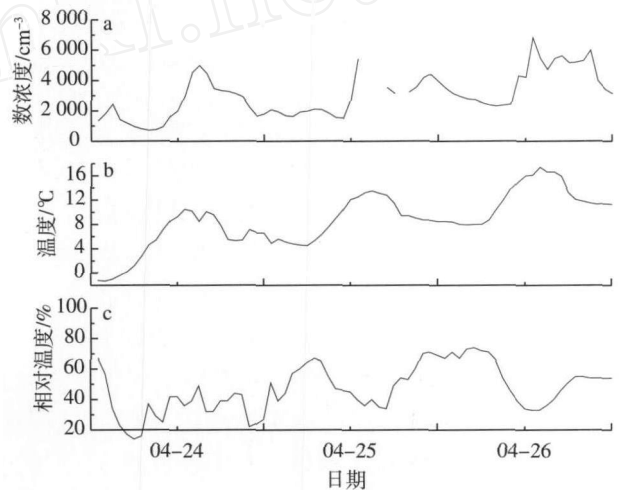


图 7 气溶胶数浓度 (a) 与温度 (b)、相对湿度 (c) 的时间序列

Fig 7 The time series of (a) mean number distribution, (b) temperature and (c) relative humidity

2.4.3 气溶胶数浓度与测站风向的分析

为了研究春夏两季测站不同风向下气溶胶浓度的变化,且由于降水对浓度有一定的冲刷作用,本节把气溶胶观测期间分为雾天、非雾天和降水日。

春季观测期间降水较少,没有单独给出雾天有降水的风向玫瑰图。图 8a 是春季非雾天、雾天风向玫瑰图,由图可以看出,在春季无雾天气主要以偏南风 and 西北风为主,西北风时气溶胶数浓度值较大,偏南风时浓度值较小一些。而由图 8b 知在雾天气溶胶数浓度明显比非雾天要高,风向仍主要是西北风和南风,在西北风的时候浓度明显要高于南风。

图 9 给出的是夏季雾天无降水、雾天有降水日的风向玫瑰图。由图 9a 可以看出夏季雾天风向主要分布在偏南风风向上,主要是西南风,但是浓度的高值是在偏东风的条件下,西北风条件下的浓度值较小。雾天有降水的情况下 (图 9b),风向主要以 150~330 为主,西南风出现的频率最高,西北风的条件下浓度值较低。

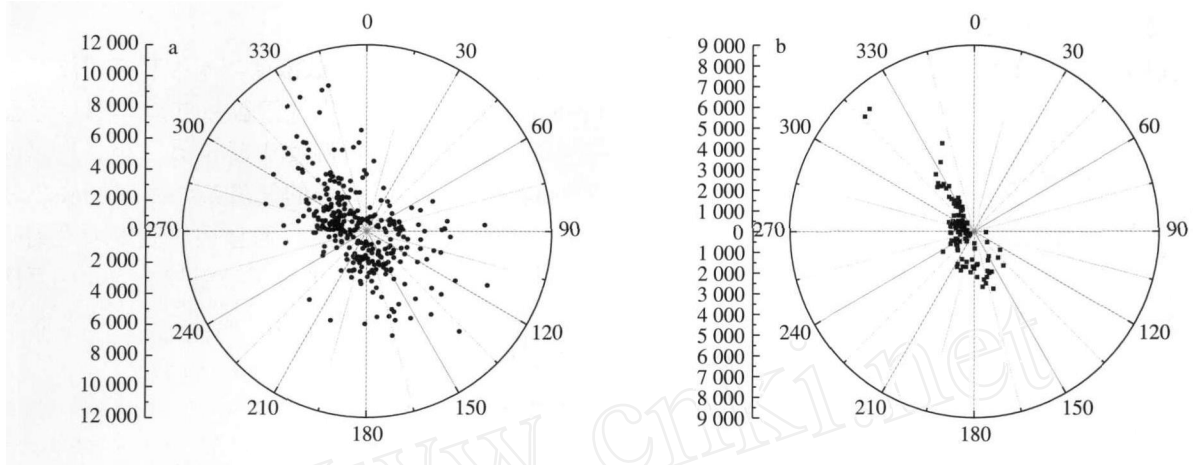


图 8 春季非雾天 (a)和雾天 (b)的风向玫瑰图

Fig 8 The wind direction rose map in (a) non-foggy and (b) foggy weather in spring

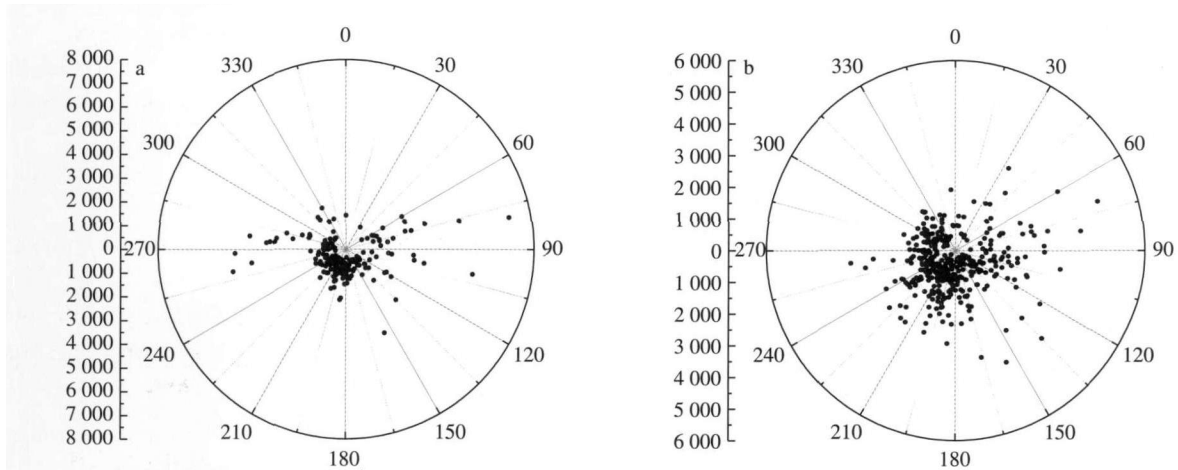


图 9 夏季雾天无降水 (a)和雾天有降水日 (b)的风向玫瑰图

Fig 9 The wind direction rose map in foggy weather (a) without precipitation and (b) with precipitation in summer

综上所述,在春季黄山以西北风和偏南风为主,西北风时气溶胶数浓度较高,夏季主要以偏南风为主,西南风的频率最高,但是气溶胶数浓度的高值出现在偏东风的条件下。

3 结论

本研究在黄山光明顶设立采样点,探测 2008 年春季 4 月 18 日—5 月 17 日、夏季 6 月 27 日—7 月 27 日粒径为 0.01 ~ 10 μm 的气溶胶颗粒的浓度和谱分布特征,比较分析雾日和非雾日气溶胶粒子的浓度变化、谱分布及其受气象条件影响的变化规律,得到以下几点结论:

(1)黄山光明顶春季大气气溶胶数浓度的平均值是 3.14×10^3 个/cm³,夏季的数浓度平均值为 1.80×10^3 个/cm³,其中超细粒子(粒径 < 0.1 μm)在春夏季约占总粒子数浓度的 79%和 68%。气溶胶粒子数浓度有明显的日变化,春夏两季均为下午

大于上午。且春季的数浓度明显大于夏季。

(2)数浓度谱分布集中在 0.04 ~ 0.12 μm。积聚模态气溶胶粒子在体积浓度分布和表面积分布中占很大比例。

(3)气溶胶数浓度与风速和相对湿度呈负相关关系,与温度呈正相关关系。较高的温度和较低的相对湿度,这样的气象条件对超细颗粒物的形成和生长十分有利,而较高的相对湿度和较低的温度则抑制埃根核模态颗粒物的生成和成长,而且相对湿度增大到一定程度时,细粒子之间、细粒子与粗粒子之间相互碰撞、聚并,从而引起细粒子数目减少,总的气溶胶数浓度减少。

(4)在春季黄山以西北风和偏南风为主,西北风时气溶胶数浓度较高,夏季主要以偏南风,特别是西南风为主,但是气溶胶数浓度的高值在偏东风的条件下出现。

参考文献:

- [1] Artaxo P, Bernsten T, Betts R, et al. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing [C]// IPCC 2007: The fourth assessment report—Climate change 2007, the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. IPCC/WMO/UNEP, 2007.
- [2] 童尧青, 银燕, 钱凌, 等. 南京地区灰霾天气特征分析 [J]. 中国环境科学, 2007, 27(5): 584-588.
- [3] 孙玉稳, 段英, 吴志会. 石家庄秋季大气气溶胶物理特征分析 [J]. 气象, 1996, 22(2): 40-43.
- [4] 黄梦宇, 赵春生, 周广强, 等. 华北地区层状云微物理特征及气溶胶对云的影响 [J]. 南京气象学院学报, 2005, 28(3): 360-368.
- [5] Snider J R, Guibert S, B renguier J L. Lack of closure between dry and wet aerosol measurements: Results from ACE-2 [J]. AIP Conference Proceedings, 2000, 534(1): 627-631.
- [6] Mukai S, Sano L, Yasumoto M. Interrelation of aerosols, water vapor and clouds on a global scale [J]. Advances in Space Research, 2003, 32(11): 2181-2191.
- [7] Rosenfeld D. Aerosols, clouds, and climate [J]. Science, 2006, 312(5778): 1323-1324.
- [8] 牛彧文, 何凌燕, 胡敏, 等. 深圳冬、夏季大气细粒子及其二次组分的污染特征 [J]. 中国科学 B 辑, 2006, 36(2): 173-180.
- [9] 杨军, 周德平, 宫福久. 辽宁地区大气气溶胶粒子的垂直分布特征 [J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(2): 196-203.
- [10] 延昊, 矫梅燕, 赵琳娜, 等. 中国北方气溶胶散射和 PM₁₀ 浓度特征 [J]. 高原气象, 2008, 27(4): 258-268.
- [11] 朱彬, 马力, 杨军, 等. 重庆冬季大气气溶胶的物理、化学特征 [J]. 南京气象学院学报, 2006, 29(5): 662-668.
- [12] 钱凌, 银燕, 童尧青. 南京北郊大气细颗粒物的粒径分布特征 [J]. 中国环境科学, 2008, 28(1): 18-22.
- [13] Buzorius G, Hameri K, Pekkanen J, et al. Spatial variation of aerosol number concentration in Helsinki city [J]. Atmospheric Environment, 1999, 33: 553-565.
- [14] Peters A, Wichmann H E, Tuch T, et al. Respiratory effects are associated with the number of ultra fine particles [J]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 1997, 155(4): 1376-1383.
- [15] Wichmann H E, Peters A. Epidemiological evidence of the effects of ultra fine particle exposure [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society, 2000, 358: 2751-2769.
- [16] 陈金荣, 蒋年冲, 夏增义, 等. 黄山大气气溶胶浓度和尺度谱分布特征 [J]. 南京气象学院学报, 1991, 14(3): 354-358.
- [17] 高健. 大气颗粒物个数浓度、粒径分布及颗粒物生成—成长过程研究 [D]. 济南: 山东大学, 2008.
- [18] Lamoree D P, Tumer J R. PM emissions emanating from limited-access highways [J]. JAWMA, 1999, 49(9): 85-94.
- [19] Kleeman M J. Source contributions to the size and composition distribution of urban particulate air pollution [D]. California, USA: California Institute of Technology, 1998.
- [20] 钱凌. 南京大气气溶胶的污染特征及其影响因素观测研究 [D]. 南京: 南京信息工程大学, 2008.
- [21] 陈义珍, 柴发合, 魏强. 北京市冬季气溶胶粒子尺度谱分布研究 [J]. 安全与环境学报, 2006, 6(1): 80-84.
- [22] 解以扬, 刘爱霞, 吴丹朱, 等. 气象条件对天津市大气气溶胶细粒子的影响分析 [C]//中国气象学会 2006 年年会“气候变化及其机理和模拟”分会场论文集. 2006.

(责任编辑:倪东鸿)