

石家庄地区春季晴、霾天气气溶胶观测研究

孙霞¹, 银燕^{1*}, 孙玉稳², 段英², 吴志会² (1.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; 2.河北省人工影响天气办公室, 河北 石家庄 050021)

摘要: 利用 2006 年和 2007 年河北省机载粒子探测系统(PMS)获得的飞行探测资料, 分析了石家庄地区春季上空大气气溶胶粒子的浓度垂直分布特征、不同高度上的谱分布和水平变化特征, 并对粒子谱分布进行了负幂函数拟合. 分析表明, 霾天气下的气溶胶粒子数浓度高于晴天 1 个量级, 达到 10^4 个/cm³; 粒子平均直径为 0.13~0.26 μ m; 气溶胶粒子浓度水平变化受下垫面、云区等局地影响因子较大, 受不同天气状况影响较小; 负幂函数对细粒子谱分布有较好的拟合效果.

关键词: 气溶胶; 垂直分布; 水平分布; 谱分布; 机载 PMS 系统; 石家庄地区

中图分类号: x131.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6923(2011)05-0705-09

An observational study of aerosol particles using aircraft over Shijiazhuang Area in clean and hazy days during spring. SUN Xia¹, YIN Yan^{1*}, SUN Yu-wen², DUAN Ying², WU Zhi-hui² (1.China Meteorological Administration Key Laboratory for Atmospheric Physics and Environment, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2.Weather Modification Office of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China). *China Environmental Science*, 2011,31(5): 705~713

Abstract: The vertical profile of number concentration and size distribution of aerosol particles at different altitudes over Shijiazhuang area were analyzed based on aircraft measurements conducted in Hebei Province in 2006 and 2007. The size distributions were fitted with negative power function. The number concentration and size distribution of different heights were significantly different. The number concentration of aerosol particles in hazy days was one order of magnitude higher than that in the clean days, reaching 10^4 / cm³. The mean diameter of particles ranged from 0.13 to 0.26 μ m. Concentration of aerosol particles was very sensitive to weather conditions and the underlying surface. The size spectra of fine mode particles could be satisfactorily fitted with a negative power function.

Key words: atmospheric aerosol; vertical distribution; horizontal distribution; size distribution; airborne Particle Measurement System; Shijiazhuang Area

霾作为一种天气现象,其本质是大气气溶胶的细粒子浓度增加,且粒子表面吸附了有害物质. 不仅降低了能见度,也构成了对人体健康的危害. 随着经济发展及城市化进程加速,人为排放的气态污染物加剧了霾的生成. 因此研究霾天气下气溶胶粒子的分布特征具有重要意义.

国外利用机载粒子探测系统(PMS)对大气气溶胶的观测开始于 20 世纪 70 年代后期. 如 Twohy 等^[1]发现大多数气溶胶的直径 < 0.20 μ m. Snider 等^[2]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. Irena 等^[3]认为气溶胶会对碰撞冻结产生的云滴谱分布有中等程度的影响. Lo 等^[4]研究了美国冬

季风暴中降水粒子尺度谱分布.

我国气溶胶的飞机观测始于 1982 年,如游景炎等^[5]利用中国气象科学研究院购置的美国早期 PMS 的 ASASP-100 探头曾对晴空大气气溶胶的分布进行过观测分析. 逐步运用到一些省份的外场试验,取得了很多有价值的探测资料^[6-10]. 以上这些观测过程大部分是在晴空天气下进行的,分别研究了气溶胶粗、细粒子的浓度变化,粒

收稿日期: 2010-09-29

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY(QX)2007-6-36); 国家“973”项目(2006CB403706); 江苏省“333 人才工程”项目; 河北省气象局科研开发项目“河北省雾霾天气的飞机观测研究”(10ky14)

* 责任作者, 教授, yinyan@nuist.edu.cn

子谱分布特征以及引起这些变化的气象因素等。而对于霾天气下的PMS观测资料尚不多见,为此作者利用PMS粒子测量系统及天气资料,分析了2006、2007年春季石家庄地区气溶胶在晴、霾天条件下的垂直分布、水平分布、谱分布特征及大气状态的关系,为研究霾的形成机理提供飞机观测依据。

1 飞行概况及分析方法

1.1 PMS 观测仪器

观测使用的飞机是美国派珀飞机公司生产的夏延III A型,加装探测仪器后最大飞行高度8000m,巡航速度一般在360~400km/h。机上装载了由美国PMI公司生产的气溶胶粒子探头(PCASP-100X)、前向散射滴谱探头(FSSP-100-ER)、二维灰度云粒子探头(OAP 2DGA-2)和二维灰度降水粒子探头(OAP 2DGB-2)。PCASP-100X探头用于大气中气溶胶粒子的探测,它只有一个量程,其测量范围为0.10~3.00 μm ,整个量程被分为15个间隔不完全相等的测量通道,分辨率为0.02 μm (在最小的测量通道上),采样体积为1 cm^3/s ,并可根据高度变化在0.5~1.5 cm^3/s 之间调整。FSSPER探头分为4个量程(range=0,1,2,3),每个量程测量范围不一样,4个量程合计覆盖范围1~95 μm 。每个量程下分为15档,等间距。各探测仪器每秒钟采样一次。FSSP-100-ER探头量程一般无云的时候用量程3,有云的时候用量程1。此外,飞机上还安装了温度计、露点仪、气压传感器、液态含水量仪、GPS等设备。能够得到云粒子浓度、含水量、粒子的平均直径等数据的连续观测资料,也可以得到温度、露点、气压、高度、空速等资料^[11]。

1.2 观测期间地面天气实况及飞行概况

根据河北省2006年和2007年春季飞机人工增雨(大气探测)资料库,在确定观测期间地面天气实况时有一个区分霾与雾的问题。雾和霾的存在都会致使环境能见度的恶化。一般雾的厚度比较小,常见辐射雾的厚度大约从几十米到一百米左右,雾滴尺度较大,从10 μm 到10² μm ;而霾是水平能见度小于10km时,由非水成物组成的

气溶胶系统造成的视程障碍度小至 μm 大小。实际上近地层大气中每时每刻总是有气溶胶存在,而雾滴的存在是少见和罕见的。霾粒子要想通过吸湿增长成为雾滴,必须有足够的过饱和度,这在自然界并不容易。在非饱和条件下,不但非水溶性的霾粒子不能转化成雾滴,即便是水溶性的霾粒子一般也不可能吸湿转化成雾滴^[12]。根据吴兑^[13]提出的建议,将相对湿度<80%时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化的天气现象确定为霾,相对湿度>90%时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化确定为雾,相对湿度介于80%~90%之间时的大气混浊视野模糊导致的能见度恶化是霾和雾的混合物共同造成的,但其主要成分应该是霾。

根据观测期间宏观记录、机载仪器的相对湿度数据及天气图分析,可以确定2006年4月8日和2007年3月21日出现霾天气,其中3月21日的大气能见度仅为1300m。2006年4月29日与2007年5月20日为晴天,其中5月20日少云。

表1给出了4个日期架次的飞行时间与飞行航线统计。由表1可知,飞行时间为09:13:12~21:55:53,每个架次平均飞行时间为2h 20min,飞行区域主要在石家庄市区和郊区。由机载测量系统PMS中探头记录数据得出飞行高度由地面至7000m高度。

表1 飞行概况
Table 1 Flight survey

日期	飞行时间	飞行航线
2006-04-08	19:39:31~21:55:53	石家庄,藁城
2006-04-29	09:13:12~12:00:51	石家庄
2007-03-21	14:29:40~17:05:35	石家庄
2007-05-20	16:55:06~18:45:10	石家庄

1.3 计算方法

各微物理量的计算方法如下式(1)、式(2)。

$$\text{平均直径: } D = \sum(D_i \cdot N(D_i)) / N \quad (1)$$

$$\text{数密度谱: } n(D_i) = dN(D_i) / dD_i \quad (2)$$

式中: D_i 为*i*通道粒子的中值直径, μm ; $N(D_i)$ 为单位体积内*i*通道粒子的数浓度,个/ cm^3 ; N 为单位体积内粒子总数,个/ cm^3 ; $n(D_i)$ 为气溶胶粒子数密

度谱分布,个/($\text{cm}^3 \cdot \mu\text{m}$).数浓度值采用飞机上安装的 PCASP 探头中记录的相关数据经处理后的气溶胶浓度数据.

2 结果与分析

2.1 统计特征

表 2 气溶胶浓度及尺度统计结果

Table 2 Statistical results of number concentration and diameter of aerosol particles

日期	PCASP 浓度(个/ cm^3)		PCASP 直径(μm)	
	最大值	平均值	最大值	平均值
2006-04-08	39377.03	29531.31	0.13	0.12
2006-04-29	5118.943	2716.077	0.20	0.13
2007-03-21	4492.267	419.4033	0.26	0.21
2007-05-20	3138.083	1033.118	0.23	0.20

从 PCASP 粒子尺度来看,2006 年 4 月 8 日气溶胶小粒子直径为 $0.13\mu\text{m}$,4 月 29 日为 $0.20\mu\text{m}$,这两日的平均值均约为 $0.12\mu\text{m}$;2007 年 3 月 21 日气溶胶小粒子直径为 $0.26\mu\text{m}$,5 月 20 日为 $0.23\mu\text{m}$,这两日的平均值均约为 $0.2\mu\text{m}$.这些数据只是单次测量数据,不反映变化趋势.有待于取得大量观测数据后,进行统计,做进一步的研究.

结合表 1 和表 2 分析得出,气溶胶粒子数浓度与地面大气状况等有关.2006 年 4 月 8 日探测区域白天出现大风,风速达 $11\sim 13\text{m/s}$,晚间出现静风,出现霾天气.白天,西北风带来较多沙尘粒子,夜晚由于静风状况粒子水平输送程度小,使得该日的气溶胶小粒子数浓度高出其他架次测定值一个量级,达到 10^4 个/ cm^3 .2007 年 3 月 21 日平均直径较大,大粒子较多,根据天气实况飞行期间 16:00~17:00 风向由东南偏东转为东北风,得出由于气溶胶传输方向突然改变而出现了曲线气流,有些粒子特别是粒径稍大的粒子,脱离气流,这些粒子中有一部分沉积在地面或其他障碍物上^[14].

2.2 垂直分布特征

以飞机上升或下降阶段探测到的数据作为主要研究对象,飞机进行环绕爬升飞行.对所有数

据资料 $0\sim 600\text{m}$ 、 $600\sim 3000\text{m}$ 、 $3000\sim 6000\text{m}$ 作分阶段高度平均,来减少观测数据的波动,从而使图 1 能更明显的表现出数浓度(N)、算术平均直径(D)等参数的高度变化.图 1 给出了 4 次探测过程中的数浓度、平均直径以及大气温度的垂直分布廓线.

晴天状况下,2006 年 4 月 29 日(图 1c)气溶胶数浓度随高度的变化可分为 2 个阶段: $0\sim 2700\text{m}$ 间,数浓度随高度减小,期间由于几个弱逆温层的存在导致数浓度在逆温层底出现积累现象(图 1d).结合相对湿度和云粒子探头数据,平均直径在进入云区约 3200m 出现最大值 $0.202\mu\text{m}$,粗细粒子的最大值均出现在近地层.粗粒子数浓度的最大值仅为 4.14 个/ cm^3 ,对总粒子数浓度的贡献极小. $2700\sim 5200\text{m}$ 间,数浓度随高度变化不大.2007 年 5 月 20 日(图 1g)数浓度在逆温层底约 2738m 出现极大值,此逆温层强度为 $14.4^\circ\text{C}/\text{km}$ (图 1h),其后随高度递减.平均直径在进入云区 1500m 和 3926m 出现极大值.粗粒子浓度极大值也出现在 1500m 左右,这是由于观测期间该高度有云系存在,较大的相对湿度使部分吸湿性粒子活化成为凝结核,水汽在其上凝结使粒子增大,粗粒子数相对增多.

霾天状况下,如 2006 年 4 月 8 日(图 1a).由于通常是晴朗的天气,日照较强烈、湿度较低,如果遇到风速较小或静风时,容易出现霾天气^[15].由于白天出现西北向大风,风速高达 13m/s ,带来大量风沙质粒,晚间出现静风,出现霾天气,其飞行主要在石家庄至藁城间,其间工厂排放大量废气.在人为源和大气状况的综合作用下,气溶胶数浓度量级达 10^4 个/ cm^3 . 706m 高度出现逆温层,强度为 $7.8^\circ\text{C}/\text{km}$,使得粒子在该高度累积而出现极大值. 5000m 上数浓度随高度迅速减小.粗粒子数浓度极大值 42.667 个/ cm^3 出现在 721m ,相比晴天高一个量级.2007 年 3 月 21 日(图 1e)中,气溶胶总数浓度整体随高度递减,在约 1200 和 2400m 出现弱逆温,气溶胶粒子在此积累,出现小峰值.粗粒子数浓度极大值 45.867 个/ cm^3 出现在近地层.平均直径在相对湿度出现极大值的 6000m 高度左右也出现极大值.

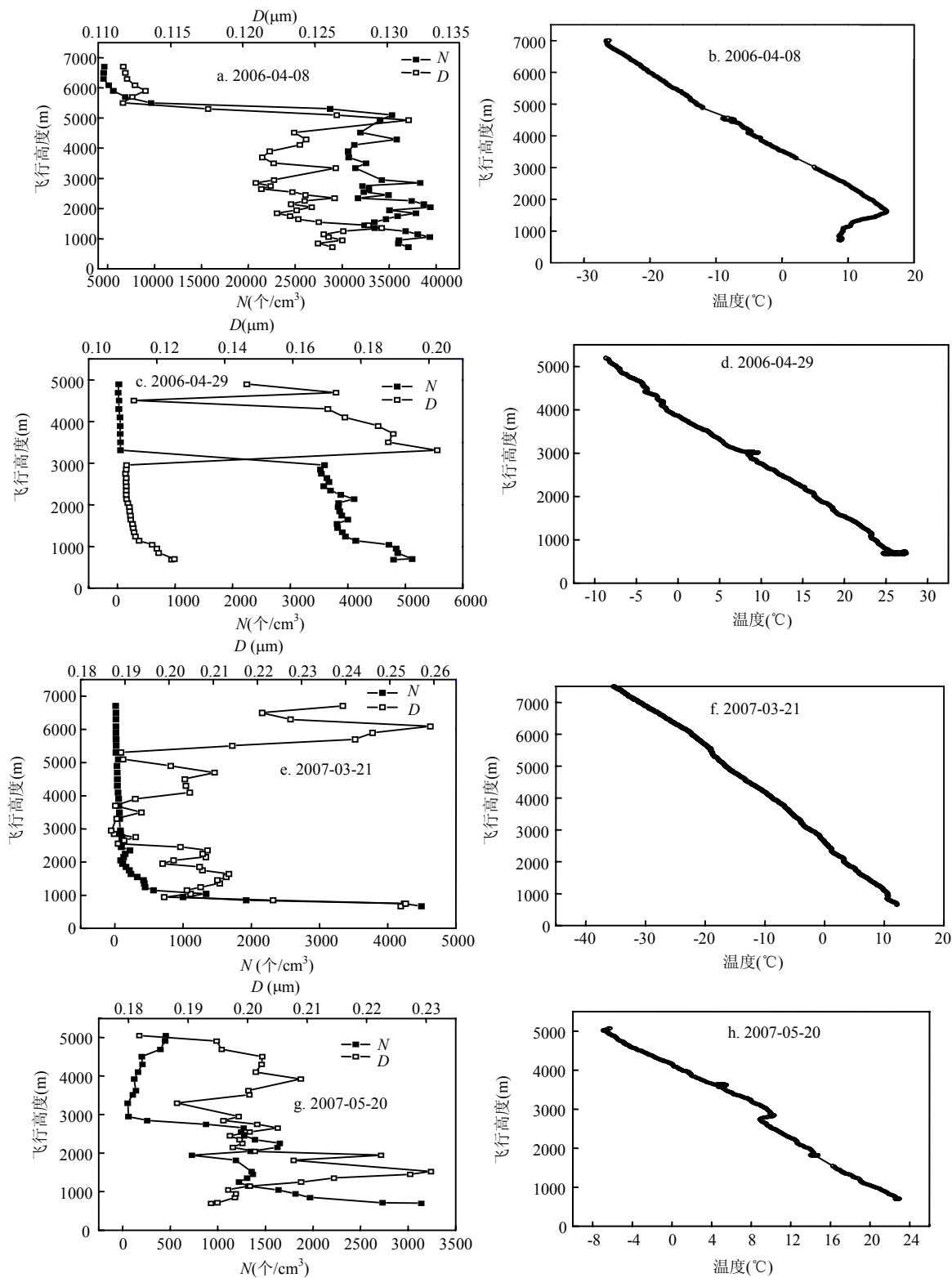


图 1 气溶胶平均数浓度、平均直径、温度的垂直分布

Fig.1 Vertical distribution of aerosol number concentration,mean diameter and atmospheric temperature

总体来说,有霾时气溶胶粒子浓度很高,在 3000m 或 5000m 以上才开始明显减少.而晴天时(2007 年 5 月 20 日)气溶胶低层浓度比较高,但 1000m 以上迅速减少.有霾时低层谱很宽,但高层谱较窄.无霾时(2007 年 5 月 20 日)低层谱很宽但因飞行时穿越少量高云,导致粒子吸湿性增长,所以高层谱比较宽.2006 年 4 月 29 日也是在 3000m 以上才开始明显减少.由于对流层的气溶胶是一个自然和人为源的包括固体和液体质粒的复杂的动力混合体系,虽然此处的细质粒可远距离输送,但是由于源区主要在地面,其中直接发射的大质粒常沉降在局地源区附近,故大多数气溶胶质粒集中于对流层边界层 1~2km 范围内,并表现出具有最宽的尺度和最大变动性,4~5km 以上,因地面直接发射的影响较弱,其尺度分布类似于稳定的背景气溶胶^[16].晴天状况下气溶胶浓度和直径基本随高度减小.无云情况下,0~1000m 之间存在着气溶胶的累积层,1km~3km 间气溶胶浓度随高度递减,3km 以上气溶胶随高度变化不明显.逆温层严重影响气溶胶粒子的垂直输送、扩散,并造成气溶胶在逆温层内垂直分布不连续,粒子在逆温层下累积;无逆温时数浓度最大值出现在近地面附近;平均直径在云区有明显增加.霾天状况下,气溶胶数浓度比晴天下高,粗粒子数浓度可比晴天下高一个量级.相对湿度对粒子直径有很大影响,湿度增大,粒子直径增大;湿度降低,粒子直径减小.

2.3 水平分布特征

气溶胶的水平变化一般远小于其在垂直方向上的变化.在研究气溶胶的水平分布特征时,对平飞阶段的数浓度和平均直径进行 30s 平均.飞行过程中基本位于石家庄市上空及周边乡镇地区.所选平飞阶段 2006 年 4 月 8 日 5000m 高度在市区和郊区环绕飞行,7000m 高度主要在市区周边的郊区平飞;2006 年 4 月 29 日 655m 高度和 7000m 高度均主要在郊区飞行,其间较少时间经过市区;2007 年 3 月 21 日 3310m 高度上主要飞行于市区(长安区与裕华区)内;2007 年 5 月 20 日 3310m 高度上桥东区及其附近工业园区飞行,5000m 高度上主要在裕华区及其西边郊

区飞行.

气溶胶质粒的水平输送受 4 种不同尺度空气运动的影响,包括小尺度(<10km),中尺度(10~100km),大尺度或天气尺度(km)和全球尺度(>10³km)^[16].石家庄地区春季气溶胶输送属于小尺度空气运动.小尺度空气运动涡动扩散机制比较重要,在边界层中表现明显,受局地排放源的不均匀性影响,数浓度的水平分布除存在随机波动外,还存在一定幅度的系统变化^[16].

由图 2 得出,粒子数浓度和平均直径在水平方向上的分布是不均匀的.655m 高度上,2006 年 4 月 29 日粒子数浓度的变化范围是 3924.87~5598.18 个/cm³,粒子尺度变化不大,为 0.125~0.129 μ m(图 2b).2007 年 3 月 21 日的数浓度较晴天时同高度大,变化范围为 4618.78~5983.27 个/cm³,平均直径也较大,变化范围是 0.247~0.254 μ m(图 2a).这是与 2007 年 3 月 21 日的霾天气状况相联系的.

3310m 高度上 2007 年 3 月 21 日与 5 月 20 日的粒子数浓度和平均直径的水平变化(图 2c、图 2d).3 月 21 日气溶胶数浓度的最小值为 108.93 个/cm³,最大值为 121.18 个/cm³,粒子平均尺度变化范围是 0.185~0.192 μ m.5 月 20 日平飞时间较短,数浓度最小值为 113.58 个/cm³,最大值出现在 17:53:42,为 187.82 个/cm³,由该平飞阶段的航线图可知此时正经过石家庄工业开发园区,工业废气等的排放可能导致上空气溶胶数浓度偏大.粒子平均直径变化幅度较小,为 0.197~0.198 μ m.

图 2e 得出 2006 年 4 月 8 日霾天气下高空仍保持较高的粒子浓度,飞行区域内最高值为 5089.47 个/(cm³· μ m),此时飞机在石家庄上空平绕飞行,经过裕华区、长安区以及大郭镇等周围乡村,导致浓度曲线出现波动,粒子浓度在经过郊区时出现低值,经过市区上空时,粒子浓度值回升.该高度上的气溶胶平均直径变化范围很小,全部为细粒子,平均值为 0.113 μ m.2007 年 5 月 20 日晴天飞机主要在石家庄市裕华区西部郊区飞行,由于天气状况和飞行区域综合原因,该高度上粒子浓度值低,整体呈下降趋势(图 2f).

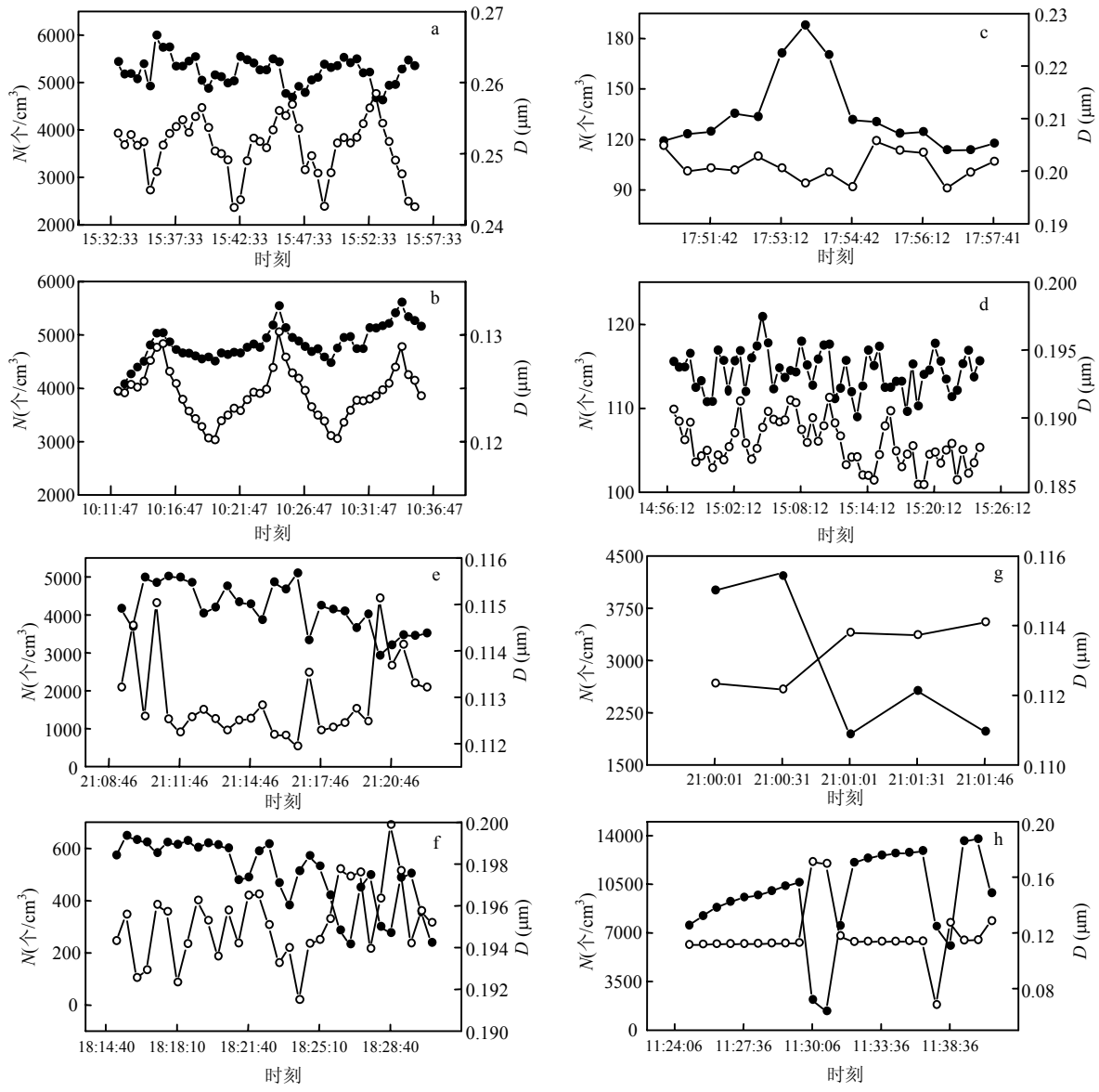


图2 不同高度组上气溶胶粒子的水平分布

Fig.2 Horizontal distribution of aerosol particles at different high level groups

a.高度 655m(2007-03-21); b.高度 655m(2006-04-29); c.高度 3310m(2007-05-20); d.高度 3310m(2007-03-21); e.高度 5000m(2006-04-08);
 f.高度 5000m(2007-05-20); g.高度 7000m(2006-04-08); h.高度 7000m(2006-04-29)

●-N ○-D

图 2g 中 7000m 高度组上数浓度较 5000m 高度组值减小.2006 年 4 月 8 日飞机主要在石家庄市西部郊区沿线飞行,靠近市区时浓度有所增加.2006 年 4 月 29 日数浓度高达 10^4 个/ cm^3 ,对这一层气溶胶粒子谱的初步分析表明,粒子谱比下层有明显的展宽,大粒子数增加明显,卷

云的影响是可能的因素之一.在 11:32 分和 11:37 分出现低值,飞机飞出云区.此时飞机在裕华区上空飞行.

总体来说,郊区气溶胶数浓度低于市区或污染厂区.平均直径与气溶胶数浓度变化趋势呈负相关,细粒子数多时候,气溶胶数浓度增大,粗粒

子数增大时,气溶胶数浓度相对减小.纵向比较得出,高空气溶胶的数浓度和平均直径水平分布变化较低空幅度小,这是由于低空距地面的高度小,受下垫面和人类活动的直接影响.除 2006-04-29 飞行架次中 600m 高度飞行个例,其余个例中粒子浓度与平均直径平飞阶段变化呈现负相关性.细粒子对气溶胶浓度的贡献值大.气溶胶水平分布特征受下垫面、云区等局地影响因子较大,受不同天气状况影响较小.

2.4 平均谱分布特征

大气气溶胶是由许多尺度不同的粒子组成的,称为多谱气溶胶.描述多谱气溶胶的最重要的物理量是它的浓度随粒子尺度的分布,称为粒度谱分布.气溶胶的粒度谱分布式它在大气中的运输特性、寿命及其光学特性的决定因素之一^[17].不同来源的粒子会有不同的谱分布,由于大气条

件的变化,会改变粒子的吸湿、碰并、凝结等微物理过程,从而使粒子谱发生变化^[18].

由图 3 可以看出,同一尺度的气溶胶粒子在不同天气状况下的谱分布是有差异的.霾天气(2006-04-08 和 2007-03-21)下数密度谱往往较晴天天气状况下高出 1~2 个量级.细粒子数密度明显大于粗粒子.

分析图 3 中细粒子谱可以看出,细粒子谱分布在 0.2 μm 左右处出现峰值,这可能是由于在气~粒转化过程由低挥发性的均质成核过程开始,形成约为 0.2 μm 左右的小粒子.分析图 3 中粗粒子谱分布可以看出,粗粒子谱分布在 1.0 μm 附近有峰值.可能是由于在城市污染大气中,直径为 0.5 μm 左右的原生粒子比较丰富,一些污染性气体有可能在这些粒子上凝结使之增大成直径为 1.0 μm 左右的粒子.

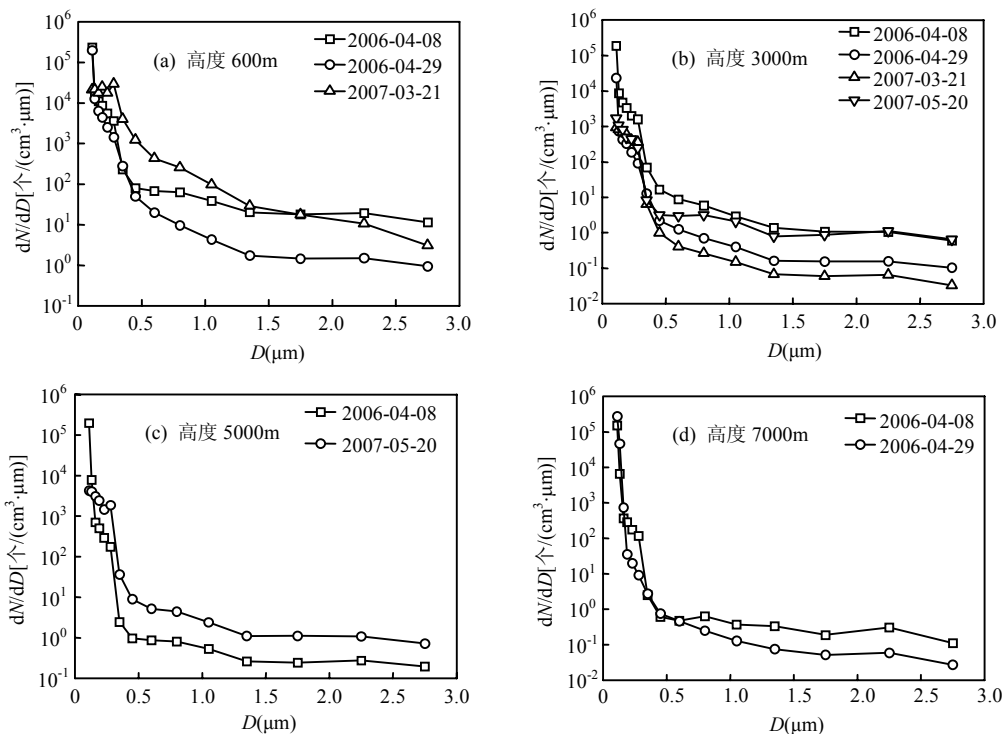


图 3 不同高度组粗细粒子谱分布

Fig.3 Size distribution of fine and coarse particles of different heights

尺度谱型类似,呈单峰或双峰分布,且随高度增加,峰值数密度值降低.细粒子谱分布中,600m

高度组中,峰值直径处,峰值数密度为 2007-03-21 架次 17603.73 个/($\text{cm}^3 \cdot \mu\text{m}$);3000m 高度组中,

峰值数密度为 2006-04-08 架次 1999.45 个/($\text{cm}^3 \cdot \mu\text{m}$); 5000m 高度组中, 峰值数密度为 2007-05-20 架次 1867.30 个/($\text{cm}^3 \cdot \mu\text{m}$); 7000m 高度组中, 峰值数密度为 174.55 个/($\text{cm}^3 \cdot \mu\text{m}$)。粗粒子谱分布中, 600m 高度组中, 峰值直径处, 峰值数密度为 2007-03-21 架次 38.61 个/($\text{cm}^3 \cdot \mu\text{m}$); 3000m 高度组中, 峰值数密度为 2006-04-08 架次 2.91 个/($\text{cm}^3 \cdot \mu\text{m}$); 5000m 高度组中, 峰值数密度为 2007-05-20 架次 1.08 个/($\text{cm}^3 \cdot \mu\text{m}$); 7000m 高度组中, 峰值数密度为 2006-04-08 架次 0.37 个/($\text{cm}^3 \cdot \mu\text{m}$)。可以看出晴天与霾天气状况下的气溶胶粗细粒子谱分布的峰值数密度最大值均出现在霾天气状况下。

晴天、霾天对比情况下, 600m 高度组中, 霾天气下气溶胶细粒子谱分布在 0.2~0.35 μm 及 >0.45 μm 后显著大于晴天下。3000m 高度组中, 晴天、霾天的细粒子谱分布差别不大。5000m 高度组中, 直径小于 0.15 μm 小粒子谱分布在霾天气下高于晴天。7000m 高度组中, 霾天气下气溶胶细粒子谱分布在 0.15~0.35 μm 段之间显著高于晴天。霾天气下粗粒子谱分布值在总波段都是高于晴天同尺度粒子谱分布值的。有一个例外是 3000m 高度组粗粒子谱分布上霾天 2007 年 3 月 21 日反而值最低, 谱宽较窄, 可能是由于此时处于密卷云区, 而云粒子多而较小, 粗粒子数较少。

对 4 个高度组中的细粒子谱分布图进行平均, 然后进行负幂函数拟合 $n_d=AD^{-b}$, 负幂函数对积聚态粒子有较好的拟合效果。参数值如表 3。负幂函数表示的分布曲线在对数坐标中是一条斜率为 $-b$ 的直线, A 为该斜线的截距。随高度增加, A 值变小, b 值相差不大。

表 3 不同高度组细粒子谱分布按负幂函数拟合参数值
Table 3 Parameters in fitting fine particle size distribution of different height groups in terms of negative power function

高度(m)	拟合参数	
	A	b
600	12.63238	4.08127
3000	1.35673	3.9978
5000	0.04479	6.34672
7000	0.02911	6.38641

3 结论

3.1 逆温层严重影响气溶胶粒子的垂直输送、扩散, 并造成气溶胶在逆温层内垂直分布不连续, 粒子在逆温层下累积; 无逆温时数浓度最大值出现在近地面附近; 平均直径在云区有明显增加。霾天状况下, 气溶胶数浓度比晴天下高, 粗粒子数浓度可比晴天下高 1 个量级。相对湿度对粒子直径有很大影响, 湿度增大, 粒子直径增大; 湿度降低, 粒子直径减小。

3.2 气溶胶的水平变化远小于其在垂直方向上的变化。郊区气溶胶数浓度低于市区或污染厂区。气溶胶水平分布特征受下垫面、云区等局地影响因子较大, 受不同天气状况影响较小。

3.3 霾天气下的同尺度下气溶胶数密度谱值一般要高出晴天下 1 个量级以上。

3.4 霾天气下数密度谱往往较晴天天气状况下高出 1~2 个量级。细粒子数密度明显大于粗粒子。粗粒子谱分布在 1.0 μm 附近有峰值。细粒子谱分布在 0.2 μm 左右处出现峰值, 气溶胶粗细粒子谱分布的峰值数密度最大值均出现在霾天气状况下。负幂函数对积聚态粒子有较好的拟合效果。

参考文献:

- [1] Twohy C H, Durkee A, Huebert B J, et al. Effect of aerosol particles on the microphysics of coastal stratiform cloud [J]. *Climate*, 1995, 8: 773-783.
- [2] Snider J R, Guibert S, Brenguier J L. Lack of closure between dry and wet aerosol measurements: Results from ACE-2 [J]. *AIP Conference Proceedings*, 2000, 534(1): 627-631.
- [3] Irena T Ivanova, Henry G Leighton. Aerosol-cloud interactions in a mesoscale model [J]. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 2008, 65: 289.
- [4] Lo K K, Passarelli R E. The growth of snow in winter storms: An airborne observational study [J]. *At. mos. Sci.*, 1982, 39: 697-706.
- [5] 游景炎, 段英, 游来光. 云降水物理和人工增雨技术研究 [M]. 北京: 气象出版社, 1994: 236.
- [6] 何绍钦. 西安市一次晴空空气溶胶粒子的观测分析 [J]. *气象*, 1987, 13(5): 19-22.
- [7] 王庆. 济南市一次晴空空气溶胶粒子的特征分析 [J]. *山东气象*, 1994, 4: 31-35.
- [8] 杨军, 周德福, 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): 197-203.

- [9] 郝立生, 闵锦忠, 段 英. 衡水湖湿地气溶胶分布的飞机观测 [J]. 南京气象学院学报, 2008, 31(1): 109-115.
- [10] 岳岩裕, 牛生杰, 桑建人. 干旱区云凝结核分布及其影响因子的观测研究 [J]. 中国环境科学, 2010, 30(5): 593-598.
- [11] 刘卫国, 苏正军, 王广和. 新一代机载 PMS 粒子测量系统及应用 [J]. 应用气象学报, 2003, 14(增刊): 11-18.
- [12] 吴 兑. 再论都市雾与霾的区别 [J]. 气象, 2006, 32(4): 9-15.
- [13] 吴 兑. 霾与雾的区别和灰霾天气预警建议 [J]. 广东气象, 2004, 4: 1-4.
- [14] 图 梅 S. 大气气溶胶 [M]. 北京: 科学出版社, 1984: 156.
- [15] 郭 军. 天津地区灰霾天气的气候特征分析 [J]. 城市环境与城市生态, 2008, 21(3): 12-15.
- [16] 章澄昌, 周文贤. 大气气溶胶教程 [M]. 北京: 气象出版社, 1995: 228-230.
- [17] 王明星. 大气化学 [M]. 北京: 气象出版社, 1991: 78.
- [18] 盛裴轩, 毛 节, 李建国, 等. 大气物理学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2003: 25-29.
- 作者简介:** 孙 霞(1988-), 女, 河北石家庄人, 南京信息工程大学硕士研究生, 主要研究方向为大气气溶胶与云降水相互作用、大气成分及其气候效应. 发表论文 2 篇.

IPCC 明确改革方向

政府间气候变化专门委员会(IPCC)及其饱受批评的主席、经济学家 Rajendra Pachauri 度过了地狱般的 1 年。

2009 年底, 英国东英吉利大学气候研究中心的邮件受到全世界的关注, 因为它批露了 IPCC 最新 1 次气候评估报告中的错误, 从而动摇了 IPCC 的权威性. 接下来的处理方式和对利益冲突的辩解遭到强烈批评, 使他面临被迫下台的巨大压力。

不过, 上周在韩国釜山召开的 IPCC 全体会议结束时, Pachauri 依然牢牢地掌管委员会. 德国波茨坦气候影响研究所首席经济学家、IPCC 减缓气候变化工作组联合主席 Ottmar Edenhofer 表示, 没有迫使他下台的打算, 但“委员会很明确地表示, 希望他能有所改革”, 在改进气候评估报告和提升其公信力方面, Edenhofer 补充说。

据 IPCC 官员介绍, 上周的协调会因保守争议的委员会主席的未来命运这一迫在眉睫的问题而变得有些棘手。“代表们避谈 Pachauri 的角色”, Edenhofer 说. 知情人透露, 因为担心激起富裕和贫穷成员国之间的对抗, 代表们不愿谈及来自印度的 Pachauri 的命运。

3 月, 联合国, 即 IPCC 的上级机构, 要求总部位于阿姆斯特丹的国际科学院理事会(IAC)对 IPCC 开展评估, 并就组织和程序上的改革提供建议. 釜山会议上, 代表们把重点放在 IPCC 中如何推行这些改革建议。

为恢复 IPCC 失去的公信力, 确保未来发布的评估报告更有说服力, 大会最终通过了 IAC 推荐的新指南, 在未经同行审查文献的使用、科学不确定性的表征以及如何处理和纠正错误等方面出台了相关规定. 将来, IPCC 的作者们将使用统一的科学术语定量描述不确定性, 将更加彻底地反复核对未经同行审核的“灰色文献”中数据和信息的真实性和可靠性。

赵 敏 译自《Nature》, October 21: 891-892 (2010)